

ICS XX.XXX

CCS P XX

DB XX

雄安新区地方标准

DBX/T XX XXXX-2024

雄安新区道路工程钢结构桥梁 制造安装与验收标准

Standard for Manufacturing, Installation and Acceptance of Steel
Structure Bridges in Xi'ong'an New Area Road Engineering
(征求意见稿)

2024-XX-XX 发布

实施 2024-XX-XX

河北雄安新区管理委员会建设和交通管理局

河北雄安新区管理委员会改革发展局 发布

雄安新区地方标准

雄安新区道路工程钢结构桥梁制造安装
与验收标准

Standard for Manufacturing, Installation and Acceptance of Steel
Structure Bridges in Xiong'an New Area Road Engineering

XXXXXX XXXX-2024

主编单位：中国建筑金属结构协会钢结构桥梁分会

中国工程建设焊接协会

雄安新区建设工程质量安全检测服务中心

发布部门：雄安新区管理委员会建设和交通管理局

批准单位：河北雄安新区管理委员会改革发展局

施行日期：2024年XX月XX日

2024 雄安

前 言

根据河北雄安新区管理委员会改革发展局发布地方标准雄安建交字[2023]第 52 号的通知要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国内标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，编制了本标准。

本标准包括 16 章和 8 个附录，主要内容包括：1 总则，2 术语，3 基本规定，4 详图深化设计，5 材料，6 焊接评定，7 零件加工，8 部件加工，9 构件组装，10 焊接，11 矫正与弯曲，12 试拼装、预拼装，13 涂装，14 检验与验收，15 防护、存放与运输，16 安装施工，附录 A 钢桥分项工程检验批质量验收记录表，附录 B 钢桥制作过程检验记录表，附录 C 桥梁检验用计量器具精度及检定周期，附录 D 无损检测设备校验以及检测技术，附录 E 原材料复验规程，附录 F 钢板、加工及焊缝外观缺陷的修补，附录 G 焊接评定试样检验方法及合格标准，附录 H 焊接人员技能评定管理。

本次编制的主要技术内容是：

- 1.；
- 2.；
- 3.；

本标准中以黑体字标志的条文为强制性条文，必须严格执行。

本标准由河北雄安新区管理委员会改革发展局负责管理和对强制性条文的解释，由雄安新区建设工程质量安全检测服务中心负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送雄安新区建设工程质量安全检测服务中心（地址：XXXXXXXX，邮编：XXXXXX）。

本标准主编单位：中国建筑金属结构协会钢结构桥梁分会
中国工程建设焊接协会
雄安新区建设工程质量安全检测服务中心

本标准参编单位：

金环建设集团有限公司
河北省交通规划设计研究院有限公司
石家庄铁道大学
交通运输部科学研究院

中国交通建设监理协会
河北雄安交通投资有限公司
国检测试控股集团雄安有限公司
石家庄市公路桥梁建设集团有限公司
邢台路桥建设集团有限公司
中国电建市政建设集团有限公司
二十二冶集团装备制造有限公司
中交第二公路工程局有限公司
中铁十二局集团有限公司
中铁三局集团有限公司
中交建筑集团有限公司
河北雄安京翼质量检测服务有限公司

本标准主要起草人员：

本标准主要审查人员：

编制说明

《雄安新区道路工程钢结构桥梁制造安装与验收标准》DB XXXX—2024，经河北雄安新区管理委员会改革发展局 2024 年 XX 月 XX 日以第 XX 号公告批准发布。

本标准是在参照《建筑工程施工质量验收统一标准》（GB50300-2013）、《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T3650-2020）、《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》（JTGT 3651—2022）、《公路工程质量检验评定标准》（JTG F80/1-2017）及《钢结构制造技术标准》T/CSCS 016-2021 等主要标准的基础上编制而成的。其中主编单位是中国建筑金属结构协会钢结构桥梁分会、中国工程建设焊接协会、雄安新区建设工程质量安全检测服务中心，参编单位是金环建设集团有限公司、河北省交通规划设计研究院有限公司、石家庄铁道大学、交通运输部科学研究院、中国交通建设监理协会、河北雄安交通投资有限公司、国检测试控股集团雄安有限公司、石家庄市公路桥梁建设集团有限公司、邢台路桥建设集团有限公司、中国电建市政建设集团有限公司、二十二冶集团装备制造有限公司、中交第二公路工程局有限公司、中铁十二局集团有限公司、中铁三局集团有限公司、中交建筑集团有限公司、河北雄安京翼质量检测服务有限公司。主要起草人是 。

本标准在编制过程中，编制组进行了广泛的调查研究，总结了我国几十年来的公路工程钢结构桥梁制造安装工程施工验收实践经验，借鉴了有关国内和国外先进标准，开展了多项专题研究，并以多种方式广泛征求了有关单位和专家的意见，对主要问题进行了反复讨论、协调和修改。

为了便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时正确理解和执行条文规定，编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明，还着重对强制性条文的强制性理由做了解释。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目录

1 总则	- 1 -
2 术语	- 3 -
3 基本规定	- 6 -
4 详图深化设计	- 8 -
4.1 一般规定	- 8 -
4.2 图纸及编号系统	- 10 -
4.3 详图深化流程及注意事项	- 14 -
4.4 三维建模软件在桥梁深化中的应用	- 25 -
4.5 图纸管理	- 26 -
5 材料	- 28 -
5.1 一般规定	- 28 -
5.2 材料采购技术要求	- 28 -
5.3 材料进场检验	- 29 -
5.4 材料存放要求	- 31 -
6 焊接评定	- 34 -
6.1 一般规定	- 34 -
6.2 焊接工艺评定	- 35 -
6.3 焊接人员操作技能评定	- 42 -
7 零件加工	- 52 -
7.1 一般规定	- 52 -
7.2 切割	- 52 -
7.3 制孔	- 61 -
7.4 过焊孔	- 62 -
7.5 机加工	- 63 -
8 部件加工	- 65 -
8.1 一般规定	- 65 -
8.2 部件分类	- 67 -
8.3 部件制作	- 67 -
8.4 部件检验	- 69 -
9 构件组装	- 73 -
9.1 一般规定	- 73 -
9.2 装配节点处理	- 73 -
9.3 钢桥、钢塔构件制作	- 75 -
9.4 装饰性外露钢结构	- 81 -
10 焊接	- 87 -
10.1 一般规定	- 87 -
10.2 焊接工艺	- 87 -
10.3 圆柱头焊钉的焊接	- 96 -
10.4 耐候钢的焊接	- 98 -
10.5 产品试板	- 99 -
11 矫正与弯曲	- 101 -
11.1 零件矫正	- 101 -

11.2	弯弧.....	- 102 -
11.3	构件矫正.....	- 103 -
12	试拼装、预拼装.....	- 107 -
12.1	一般规定.....	- 107 -
12.2	试拼装.....	- 107 -
12.3	实体预拼装.....	- 109 -
12.4	数字化测量及模拟预拼装.....	- 114 -
13	涂装.....	- 117 -
13.1	一般规定.....	- 117 -
13.2	表面处理.....	- 117 -
13.3	锈层稳定化处理.....	- 118 -
13.4	涂装工艺及试验.....	- 119 -
13.5	涂装作业.....	- 119 -
14	检验与验收.....	- 122 -
14.1	一般规定.....	- 122 -
14.2	钢桥制作过程检验.....	- 122 -
14.3	钢桥成品验收.....	- 163 -
14.4	钢桥安装过程检验.....	- 168 -
14.5	钢桥安装验收.....	- 169 -
15	防护、存放与运输.....	- 173 -
15.1	防护与标识.....	- 173 -
15.2	存放.....	- 173 -
15.3	运输.....	- 174 -
16	安装施工.....	- 176 -
16.1	一般规定.....	- 176 -
16.2	钢桥安装准备.....	- 180 -
16.3	支架法安装.....	- 181 -
16.4	高空散装法安装.....	- 185 -
16.5	悬臂拼装法.....	- 187 -
16.6	整孔及大节段安装.....	- 189 -
16.7	顶推施工.....	- 190 -
16.8	提升安装.....	- 194 -
16.9	转体安装法.....	- 205 -
16.10	装饰性外露钢结构安装.....	- 207 -
16.11	钢平台、钢梯等附属结构安装.....	- 208 -
16.12	工地连接.....	- 209 -
16.13	安装施工质量控制.....	- 210 -
附录 A	钢桥分项工程检验批质量验收记录表.....	- 211 -
附录 B	钢桥制作过程检验记录表.....	- 237 -
附录 C	桥梁检验用计量器具精度及检定周期.....	- 240 -
附录 D	无损检测设备校验以及检测技术.....	- 241 -
D.1	超声波检测.....	- 241 -
D.2	射线检测.....	- 247 -
D.3	磁粉检测.....	- 247 -

附录 E 原材料复验规程	- 249 -
E.1 检验频次	- 249 -
E.2 检验项目与方法	- 250 -
E.3 评定规则	- 251 -
附录 F 钢板、加工及焊缝外观缺陷的修补	- 253 -
附录 G 焊接评定试样检验方法及合格标准	- 254 -
G.0.1 钢材焊接工艺评定试样检验	- 254 -
G.0.2 圆柱头焊钉焊接工艺评定试样检验	- 255 -
G.0.3 手工焊焊工操作技能评定试样检验	- 256 -
G.0.4 定位焊焊工操作技能评定试样检验	- 257 -
G.0.5 机械化焊工和机器人焊接操作工技能评定试样检验	- 257 -
G.0.6 焊接工艺评定报告	- 258 -
附录 H 焊接人员技能评定管理	- 260 -
H.0.1 钢结构焊工技能评定委员会	- 260 -
H.0.2 常用焊工证书种类	- 260 -
H.0.3 焊工合格证包含的内容	- 260 -
H.0.4 钢结构焊工合格证有效期	- 260 -
H.0.5 补考	- 260 -
H.0.4 换证	- 261 -
H.0.5 免试	- 261 -
H.0.6 注销	- 261 -
H.0.7 技能评定项目标识原则	- 261 -
本标准用词说明	- 263 -
引用标准名录	- 264 -

1 总则

1.0.1 为适应雄安新区道路工程钢结构桥梁建设的需要，统一道路工程钢结构桥梁制造安装与验收技术准则，保证工程质量和施工安全，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于雄安新区道路工程钢结构桥梁的制造安装与验收工作。

条文说明

本标准涵盖雄安新区道路工程钢结构梁桥制造与验收的总则、术语、基本规定，详图深化设计、材料、焊接评定、零件加工、部件加工、构件组装、焊接、矫正，试拼装、预拼装、涂装、检验与验收、防护、存放与运输、安装、工地连接、安装施工质量控制的要求。条文中的"钢结构"一般指采用钢材通过制作加工而成并用于桥梁中承受荷载的主体结构，主要包括梁（钢混叠合梁、钢板梁、钢箱型梁、钢桁架梁）、钢拱桥梁、墩、斜拉钢桥、钢塔、钢锚梁、钢锚箱、钢塔钢锚箱、跨越式钢制管桥结构、装饰性外露钢结构、钢平台、钢梯等附属结构的制造安装工程过程施工质量的验收等，以及钢混组合结构中的钢梁或钢管等；不包括桥梁所用的预应力锚具、预应力筋、支座、伸缩装置、阻尼器，以及缆索结构桥梁中的索鞍、主缆、索夹、吊索（杆）、斜拉索等专用钢制产品。本标准未对附属结构的制造、运输及安装专门规定，需要时可以参照主体结构的要求进行。

"雄安新区道路工程钢结构桥梁"以下简称"钢桥"。

1.0.3 钢桥制造宜积极推广应用数字化、自动化和信息化的先进技术、工艺和设备。

条文说明

随着技术的发展，特别是信息技术的日新月异，各种数字化、自动化和信息化的手段不断增多，BIM技术、三维建模、数控设备以及工业机器人已在制造业和工程建设领域得到越来越多的应用，本标准鼓励和提倡在雄安新区道路工程钢结构桥梁的制造中积极推广应用这些先进的技术、工艺和设备，以提高效率，保证制造精度和工程质量。

1.0.4 钢桥制造和安装施工企业应建立健全质量管理体系和安全生产管理体系，应通过相关

政府部门或行业协会资质认证且在有效期内，具备桥梁结构图纸深化、制造工艺文件编制及审核能力。

1.0.5 钢桥的制造安装与验收除应符合本标准的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

2 术语

2.0.1 构件 assembly

由若干零件、板单元或杆件组合而成，可独立安装的结构单元。

2.0.2 杆件 member

组成钢桁梁和钢板梁的基本单元。按功能分为主要杆件和次要杆件，上弦杆、下弦杆、斜杆、竖杆、横梁、纵梁、横联、主梁等为主要杆件，其余为次要杆件。

2.0.3 板单元 steel panel

由板和纵横肋组成的基本单元。包括钢箱梁的顶板单元、腹板单元、底板单元、隔板单元，以及钢塔的壁板单元、隔板单元等。

2.0.4 零件 part

组成构件的最小单元。按功能分为主要零件和次要零件，钢箱梁的顶板、底板、腹板、横隔板、纵隔板、U形肋、斜拉索锚箱板；吊索的锚固耳板、拼接板；钢桁梁及钢箱拱的盖板、腹板、横隔板、节点板、拼接板；钢板梁的主梁盖板、腹板、横梁盖板腹板、拼接板；钢塔的壁板、隔板、锚固板、拼接板；钢管拱的拱肋弦管、腹杆、横撑管、内法兰等为主要零件。其余为次要零件。

2.0.5 部件 components

由若干个零件组成的单元。

2.0.6 主要焊缝 principal weld

主要焊缝是从结构重要性和安全性两方面考虑，纵向、横向连接焊缝及主要零件之间的连接焊缝。

2.0.7 试拼装 test assembly

在批量制造前，选取有代表性节段的杆件进行的试拼装。

2.0.8 预拼装 trial assembly

在钢构件出厂前，为检验构件安装质量而进行的连续匹配拼装。

2.0.9 节段 segment

为制造或安装需要而分段设置的结构或构件单元。

2.0.10 产品试板 product test plate

为检验焊接工艺参数实施效果而制作的试件。

2.0.11 环槽铆钉 ring groove rivet

杆部具有一系列同轴环槽的铆钉。

2.0.12 焊接操作工 welding operator

通过操作机械化或自动焊接设备进行焊接的人员。

2.0.13 定位焊工 tack welder

正式焊接前，为使焊件保持与对准合适位置而进行定位焊接的人员。

2.0.14 焊接热输入 E heat input

焊接热输入是指熔焊时，由焊接能源输入给单位长度焊缝上的热量，又称为焊接线能量。

焊接热输入等于焊接电流、电弧电压、热效率的乘积和焊接速度的比值。

$$E=I U \eta /V$$

E-焊接热输入 (J/cm)；I-焊接电流 (A)；U-焊接电压 (V)； V-焊接速度 (cm/s)；

η -热效率系数，其取值与焊接方法有关，对氩弧焊为 0.5、气保焊为 0.6~0.8、埋弧焊为 0.8~0.9。

2.0.15 基准线 Base Line

在单元装配前确定的轴线或参考线，是组装定位的基准。

2.0.16 焊后热处理 Post weld Heat Treatment

能改变焊接接头性能或残余应力的热过程。

2.0.17 先孔法 Drilling-first method

在单件零件或单块板上先钻孔，然后利用零件上的孔进行定位的装配方法；

2.0.18 后孔法 Drilling-latter method

先进行零件装配，再进行钻孔的装配方法。

2.0.19 密闭箱形构件 Sealed box member

指箱体成形封闭后内部空间较小，且箱体内部完全不与外界环境相接触的构件。

3 基本规定

3.0.1 钢桥在制造前，制造厂应依据设计文件及相关标准绘制加工图、编制制造工艺文件。当需要对设计图纸进行调整和变更时，应取得原设计单位的同意，并应履行相关的设计变更程序。

条文说明

制造前对设计文件进行工艺性审核，然后再将其转化为加工图，将结构构件分解为板单元和零件，主要是为了制造厂便于生产加工。对设计文件进行工艺性审核时，通常需要考虑以下内容：

- (1) 设计图的节段划分是否符合制造、运输和架设安装的条件；
- (2) 构件是否标准化、通用化，以减少工装的制造量；
- (3) 制造厂现有的设备和条件是否满足制造的要求；
- (4) 焊缝布置、焊缝形式及操作空间是否合理及焊接变形对质量的影响；
- (5) 选用钢材的品种规格是否与可能供应的材料相符；
- (6) 制造数量、质量要求和运输方式等是否明确。

3.0.2 应根据加工制造工艺要求对钢桥图纸进行必要的深化设计，深化设计文件应由原设计单位确认批准后执行。

条文说明

钢结构深化设计单位应具有相应的管理体系和设计团队，钢结构深化设计单位可以是钢结构施工单位和加工制作厂，也可以是专业的深化设计单位。按本标准的规定，设计单位主要是对钢结构深化设计文件进行审核把关，确认与设计文件的符合性，而深化设计单位则应对钢结构施工详图以及加工详图的完整性和准确性加以确认和批准。对钢结构深化设计过程进行细化，能有效克服因深化设计而影响建设工程项目进度的弊病，起到推动全面管控工程项目质量的作用。

3.0.3 钢桥的制造应按设计标准、施工标准、技术标准，加工图和制造工艺进行。

条文说明

技术标准、加工图和制造工艺是钢桥制造的主要依据，需要在制造过程中得到严格执行。

3.0.4 钢桥在制造过程中，各工序应按照技术标准进行质量控制；每道工序完成后，应进行检查，并形成记录；工序间应进行交接检验，未经检验或检验不合格的不得进行下道工序生产。

3.0.5 钢桥构件制造和安装阶段应建立测量控制体系，并在制造前确定其线形。

3.0.6 钢桥构件在制造完成后，制造企业应对其质量进行检验验收。

3.0.7 钢桥制造企业和安装企业应积极贯彻标准化设计、数字化生产、部品（件）一体化制造、集约化管理为主要特征的制造模式，提高数字技术与钢结构制造的融合程度。

3.0.8 对于本标准未涉及的新技术、新材料、新设备、新工艺，必须在确保制造质量的前提下，经过试验论证，并根据试验结果制定相应的技术标准，经审定后实施。

3.0.9 对于设计或合同文件中有特殊要求的钢桥构件或部件，钢结构制造单位还应对其进行工艺性试验。

4 详图深化设计

4.1 一般规定

4.1.1 深化设计原则

- 1 制造企业应依据合同规定、设计施工图标注的制图要求，以及本章节相关内容对钢结构桥梁及其附属结构进行图纸深化。
- 2 详图深化是指将设计施工图转化为制造和安装企业加工制作及安装图纸。应满足设计及标准相关规定和制造工艺、运输、安装等的工艺性要求。

4.1.2 深化设计流程

1 深化准备

1) 设计施工图有效性确定

制造企业收到设计施工图后，需进行以下复核工作：

- ① 复核设计施工图版本，是否为可用于加工制作的有效版本。
- ② 复核设计施工图有效性，是否有设计院或业主审批签字盖章。

2) 审核设计施工图

① 设计施工图内容需要包括但不限于，如桥型平立剖面图、桥体标高数据、支墩坐标、零部件截面尺寸及材质要求、桥型竖曲线及平曲线数值、细部节点做法、零部件焊缝要求、焊缝等级要求等。

② 设计施工图工艺可行性审核，包括零部件的装配、焊接，现场安装的可操作性。

3) 技术准备

① 编制详图深化计划，包括详图深化注意事项、质量控制要点、详图深化内容、图纸清单、详图编号原则、详图人员和审图人员配置、详图深化时间等相关内容。

② 根据设计施工图、相关标准、合同文件、技术文件以及安装方案等内容，进行以下准备工作：分段、桥梁线形复核、桥体尺寸复核、桥体部件截面尺寸复核等。

2 详图绘制

详图为工厂的制作图，是工厂加工的依据，也是构件出厂验收的依据。详图主要表达构件的出厂状态，主要内容满足在工厂内进行零件组装和拼装的要求，包括桥体总体布置和尺寸、零部件外形尺寸及定位、拼接尺寸、附属构件定位、制孔要求、焊缝坡口形式及焊接要求、工厂内节点连接方式等。

除此之外，通常还应包括表面处理甚至包装等要求。

3 安装图

安装图用于指导现场安装定位和连接。将每个构件安装到正确的位置，并采用正确的方式进行连接，是安装图的主要任务。一套完整的安装图纸，通常包括构件平面图、立面图、剖面图、节点大样图、临时连接措施、现场安装检测点、吊装位置及吊耳设置、桥体分块后的临时加固措施等内容。

4.1.3 质量控制流程

质量控制流程图如图 4.1.3 所示。从接到深化任务以后，一直到深化完成下发车间全过程的质量控制流程。

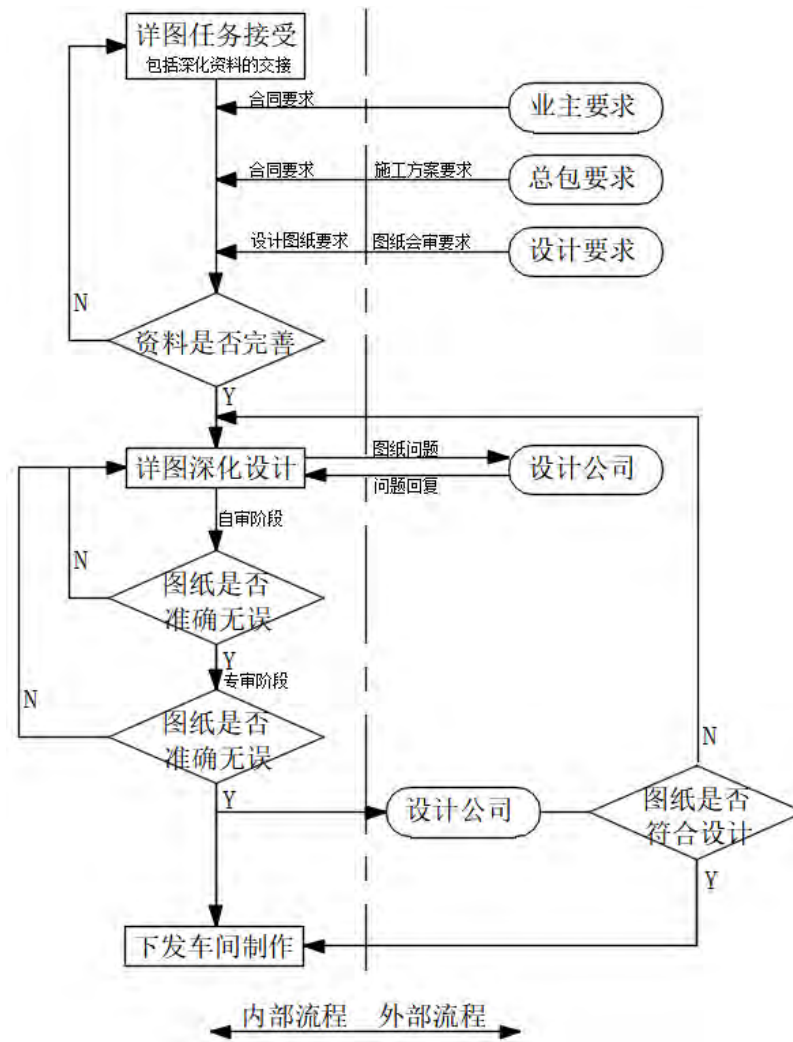


图 4.1.3 质量控制流程图

4.2 图纸及编号系统

4.2.1 单位制

所有下发的图纸全部采用公制尺寸。图纸中的尺寸标注除标高以米（m）为单位外，其它尺寸均以毫米（mm）为单位。标高小数点后保留 3 位小数。

4.2.2 图幅

常用图幅见表 4.2.2, 车间详图主要为 A2、A3 和 A4 图幅，便于视图及传达。

表 4.2.2 图纸幅面及图框大小

幅面代号 尺寸代号	A0	A1	A2	A3	A4
b×l	841×1189	594×841	420×594	297×420	210×297
c	10			5	
a	25				

注： b— 代表幅面短边尺寸； l— 代表幅面长边尺寸；
c— 代表图框线与幅面线间宽度； a— 代表图框线与装订边间宽度；

4.2.3 图样比例

图样比例应以阿拉伯数字表示，应为图形与实物相对应的线性尺寸之比。绘图所用的比例，应根据图样的用途与被绘对象的复杂程度选用，图形下应注出绘图比例。

一般情况下，一个图样选用一个比例；根据制图需要，同一图样可选用两种比例。

4.2.4 视图表达

图纸视图方向的选择，详图中桥体及塔节等的平立面布置图，图纸左侧一般为小桩号，图纸右侧为大桩号，无特殊情况不变。

截面剖视图均为从小桩号往大桩号剖视。

4.2.5 布局

图纸基本构成部分及表述，图签材料表、螺栓表，布置图表达方式，构件图表达方式、零件图表达方式。

1 图纸组成

常用图幅大小可按如下确定：布置图幅一般为 A1 - A3，构件图 A2-A4, 零件图图幅通常为 A4。图纸应包括图签、材料表、螺栓表、说明（A3 图横幅为例），见图 4.2.5-1。

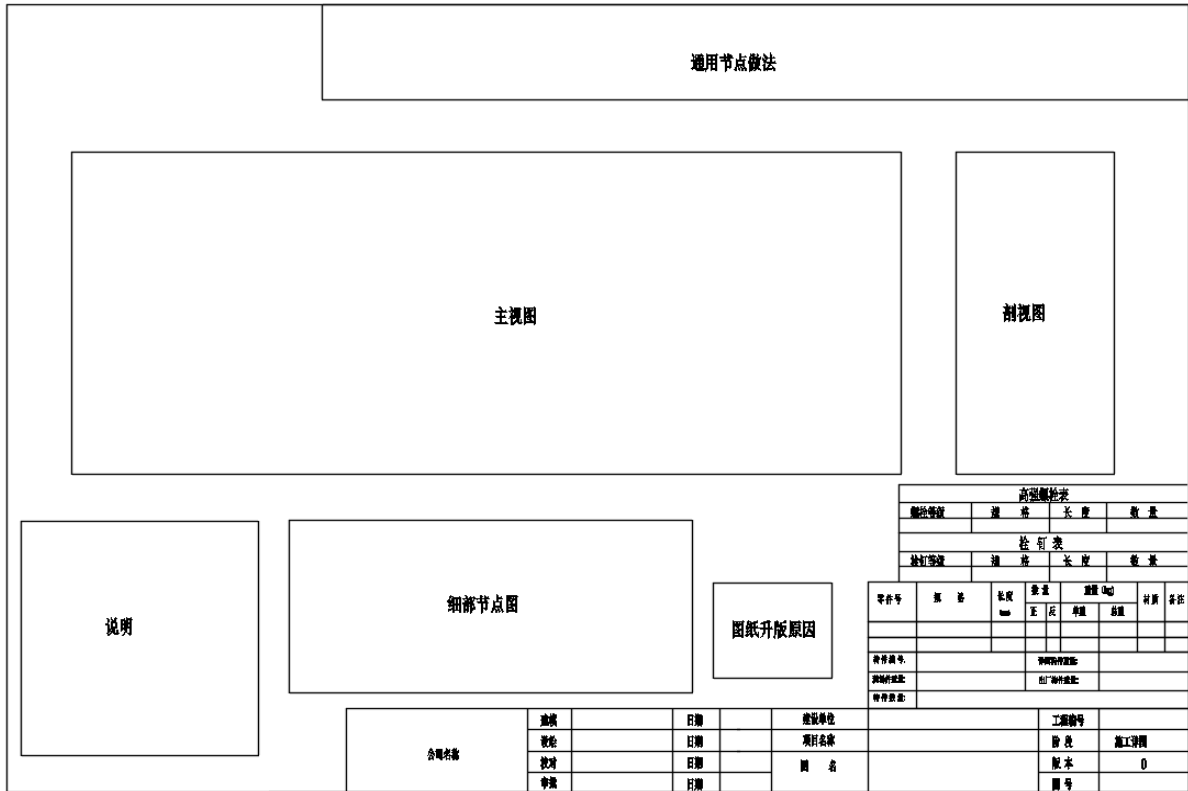


图 4.2.5-1 图纸组成布局图

2 图纸的版次

对于甲方报审的图纸版本号用字母表示，加工制作作用的由数字表示。

- 1) 用于加工制作图纸，版本号数字从 0 开始连续编码。
- 2) 1 版以上修改图，如需特殊注明的应说明升版原因。

3 图纸的升版

当图纸有修改变更时，其变更之处用“云线和版次”表示清楚，且版次应更新以区别新旧图之分。见图 4.2.5-2。

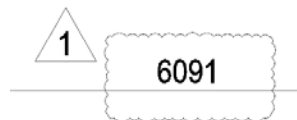


图 4.2.5-2 升版示意图

4 材料表

材料表是详图图纸中重要的组成部分，应包含组成其构件所有零件的信息。构件大样图只有在材料表配合下才能快速、准确地组装起来。

材料表一般都应包括所组成零件的规格、长度、数量、材质及重量等。见表 4.2.5-1。

表 4.2.5-1 材料表

零件号	规格	长度 (mm)	数量		重量 (kg)		材质	备注
			正	反	单重	总重		
构件编号:			详图构件重量:					
现场件重量:			出厂构件重量:					
构件数量:	共 1 件							

5 绘制螺栓表

通常所说的螺栓包括螺杆、垫圈、螺母在内的一整套螺栓连接副。

螺栓表的内容应该体现螺栓的等级、直径、长度、数量以及所连接的构件。需要注意的是：大六角头高强度螺栓连接副常用“HS”代表，由一个大六角头螺栓、一个大六角螺母和两个平垫圈组成；扭剪型高强度螺栓连接副常用“TS”代表，由一个扭剪型螺栓、一个大六角螺母和一个平垫圈组成，扭剪型高强度螺栓连接副的螺帽为梅花头，绘制时注意与大六角头区分。见表 4.2.5-2。

表 4.2.5-2 螺栓表

高强螺栓表			
螺栓等级	规格	长度	数量

4.2.6 图纸编号

1 项目编号原则

首先确定工程编号，可以取项目名称中的缩写字母，原则是易识别且简洁，例如某个项目编号为 HA。

根据桥分不同标段、不同联，可以细化项目编号依次为：HA1-*、HA2-*、HA3-*……

2 单元件编号原则：

不同联桥前缀依次为 HA1-*、HA2-*……单元件编号，可以采用单元件名称首字母作为代号，如隔板单元件，采用 G 字母作为图纸及零部件代码缩写：

- 1) 组件 HA1-G1、2……；
- 2) 零件 HA1-GF1、2……/现场件 HA1-GX1、2……；
- 3) 图号：HA1-GT1、2……；

4.2.7 常用焊缝符号的标注方法及含义

1 根据国家标准 GB/T 324 的规定，焊缝符号一般由基本符号与指引线组成。必要时

还可加上辅助符号、补充符号和焊缝尺寸等。

2 焊缝尾部需要标注的内容较多时，可参照如下次序排列，每个款项应用斜线“/”分开：相同焊缝数量；焊接方法代号；缺欠质量等级；焊接位置；焊接材料。

3 深化图纸焊缝标注细节

1) 深化图纸的焊缝标注，可以集中标注到焊缝布置图，便于焊接信息统一和后期查询追溯，见图 4.2.7。

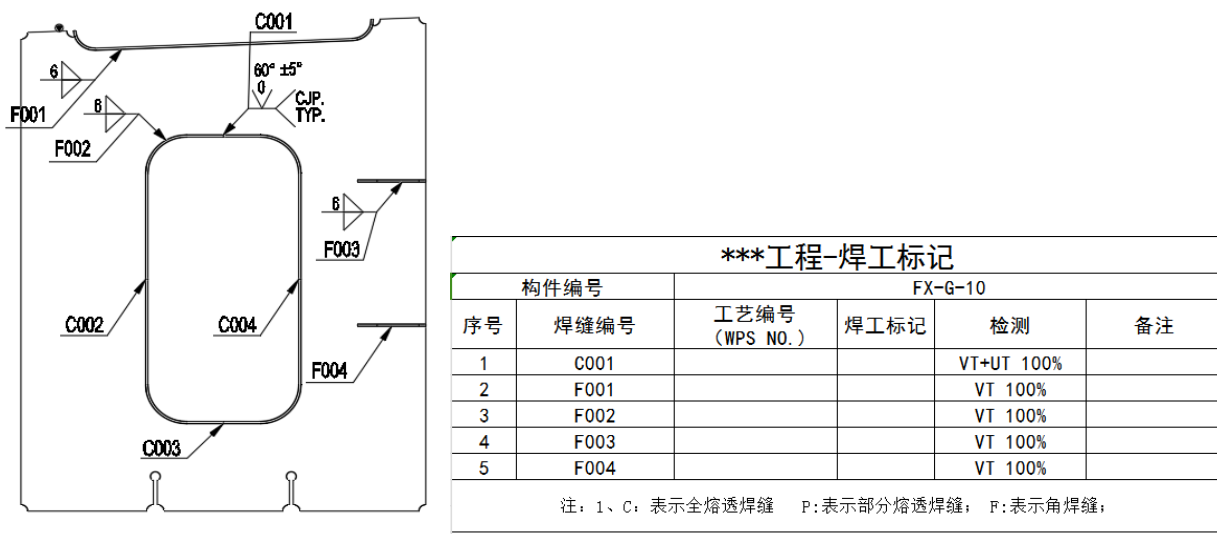


图 4.2.7 焊缝布置图

- 2) 深化图纸焊缝标注时，对于承受周期荷载的关键部位禁止采用钢衬垫，比如顶、底、腹板对接焊缝、锚箱主要承力焊缝等，关键部位优先采用清根或陶瓷等可去除衬垫进行焊接；
- 3) 深化图纸焊缝标注时，现场焊口尽量减少仰焊，坡口尽量朝向箱体内侧，便于站位焊接。
- 4) 在深化设计阶段，杜绝使用十字拼接焊缝，现场焊接尽量减少十字拼接焊缝。当十字拼接焊缝无法避免时，应首先满足拼接原则，见本规则 8.1.9 条款，并根据使用要求和结构特点，确定十字焊缝的位置，以确保其受力性能满足设计和标准要求。”

4.3 详图深化流程及注意事项

4.3.1 深化流程

钢桥详图深化流程，如图 4.3.1 所示，表示从接到深化任务到深化完成下发车间的全

过程控制流程。

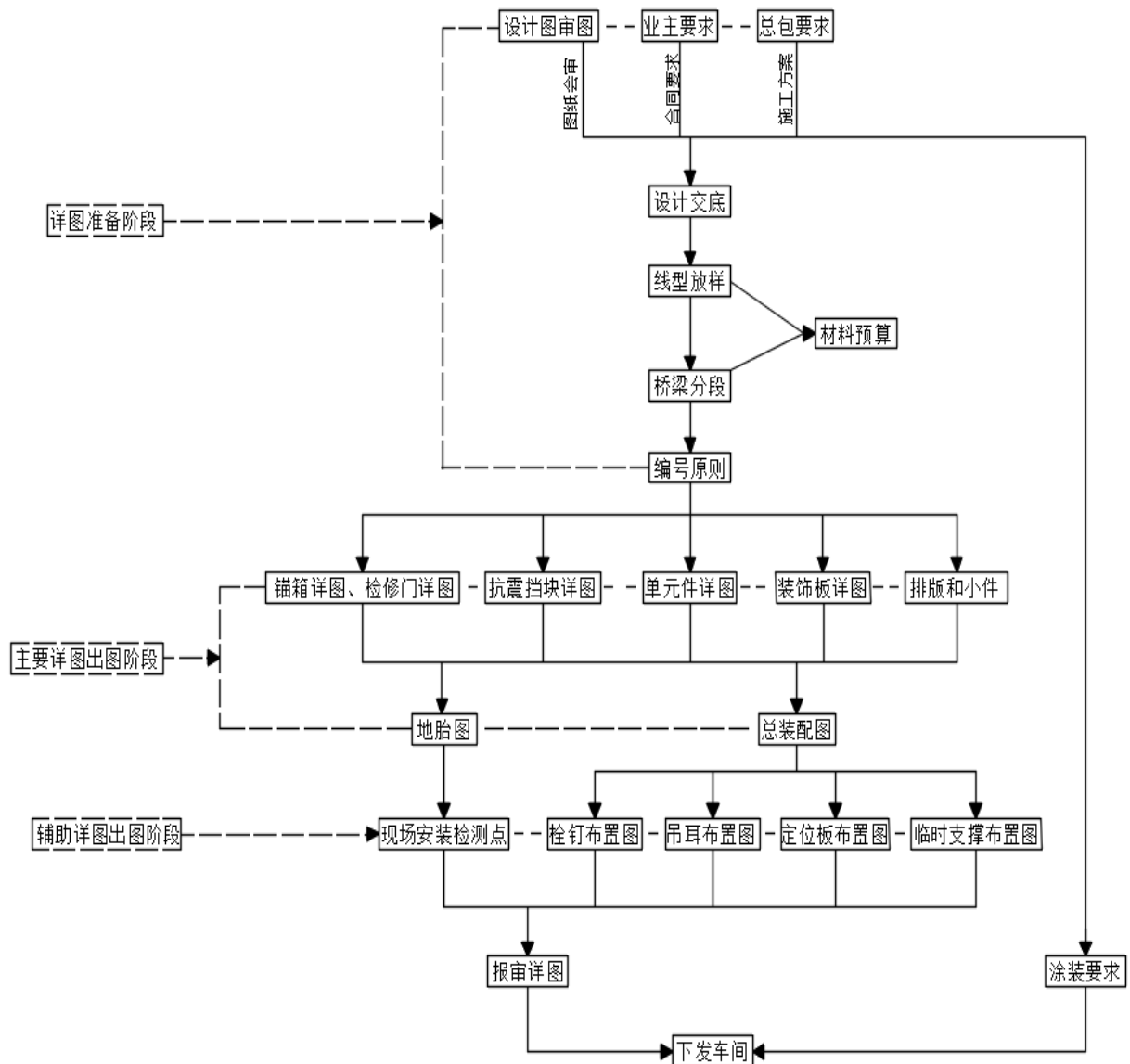


图 4.3.1 详图深化流程图

4.3.2 详图准备阶段

1 设计交底

设计单位在设计文件交付施工时，按法律规定的义务，就施工图设计文件向制造和安装企业做出详细的说明。包括设计意图，设计文件特点、难点、疑点的理解，关键工程部位的质量要求等。

2 线形放样

线形是桥梁制作过程中极其重要的控制指标，其关乎桥梁的安全性、舒适性以及美观性。收到设计施工图后，应优先对桥梁线形进行分析，复核线形数据的准确性和相互关系的一致性。

- 1) 核算桥梁图纸中各段的标高是否正确；桥梁中心线标高，结合铺装层做法，桥梁截面，垫板厚度等，复核桥墩及垫石标高的一致性。
- 2) 竖曲线参数是否全面，与桥体立面图是否走势一致；
- 3) 整理设计图中所给平面曲线，平曲线放样数值是否与平面布置图桥型一致；
- 4) 横坡数据是否完善，是否有超高渐变；
- 5) 整理设计图预拱度、车间制作预拱度和施工预拱度；
桥体施工控制高程=竖曲线计算高程+成桥预拱度+施工预拱度
- 6) 根据上述 1)~5) 放样提取线形 X、Y、Z 坐标，整理汇总成数据表格；
- 7) 将数据坐标导入绘图软件中用多线段描绘出三维线形。

3 桥梁分段

桥体进行分段时需要考虑因素如下：

条文说明

设计图中如果已经给出分段位置，综合其他因素，如果满足制作、安装、运输等条件的话，可以采用设计分段方式进行分段；

1) 设计意图及受力要求

熟悉设计图纸的设计意图，在设计图的基础上进行分段划分。

根据桥体结构，分段位置需要保证桥体结构的稳定性，分段加固最少化。

2) 运输能力

运输能力是桥梁分段的一个重要因素，在满足运输条件的情况下尽量减少分段数量。

运输路线考虑路线情况，包括路线转弯半径，桥梁承载，隧道限界等。

天气因素对运输能力的影响，提前考虑构件运输时间，到时是否会限行、高速封路，此因素多发生在冬季。

3) 车间加工能力

分段时选用焊接量小的分段型式，减少现场和车间的焊接量，提高工作效率。

分段形式要便于车间装配和下胎，考虑车间场地以及吊车起重量等因素。

4) 现场安装

根据现场安装方案确定桥梁分段。现场桥段安装方案，根据原位散拼、滑移、转体、提升等不同方式，确定分段单元及分段位置。首先遵循设计要求及相关标准，考虑制作、运输及安装的工艺可行性。

5) 闭口箱型梁分段时横向断口禁止在轮压范围内，顶、底及隔板断口不宜在一个断面，断口应避开支墩位置，同时现场断口需要有足够的操作空间。

4 材料预算

1) 编制材料预算依据：

① 桥体分段：根据桥体分段型式选用合适的板幅，尽量减少车间的对接焊缝，提高工作效率。

② 加工车间设备限制：了解车间所能加工钢板的最宽、最窄、最长、最短数据，了解这些数据后，合理定制板幅。

③ 运输成本：板幅太宽或太长将会极大增高运输成本，但板幅加宽和加长势必会减少车间焊接成本，此时需要在两者之间选取最优方案。

④ 喷砂除锈设备：板幅太宽无法使用抛丸机进行抛丸除锈，定制板幅时需要考虑抛丸机能够抛丸的最宽宽度。

2) 排版和小件加量及接料要求：

板件放样全部采用计算机按 1:1 比例放样，设计院所提供的绘电子版设计图仅供参考。

① 排版与小件焊接收缩量加量：

a. 顶底板宽度方向加量，按每个 U/I 型肋及每道腹板位置焊接收缩量进行加量。

b. 顶底腹板长度方向加量，按每个隔板位置及其它位置焊接收缩量进行加量；

c. 需要全熔透焊接的隔板，全熔透焊接位置需要加焊接收缩量；

② 材料拼接要求，应符合本标准第 8.1.8 条的规定。

5 出图任务计划编制

根据设计施工图、技术文件、安装方案、加工计划等，确定出图任务计划、图纸种类、加工工艺清单、图纸编号规则等。见表 4.3.2。

表 4.3.2 任务计划书

公司名称

详图设计任务计划书

文件编号		No.: XXXX				版本 REV: 0	
建设单位	XXXX	项目名称	XXXX		项目编号	XX	
设计阶段	施工详图	建筑面积	XXX平方米	层数(高度)	XX	项目负责人	XXX
合同编号					工程量(吨)	XX	
执行规范	XXX						
工作内容	设计人	校对	审批人	设计开始时间	设计完成时间	实际完成时间	绝对完成用时
XXXX	XXX,XXX	XXX	XXX	XXXX.XX.XX	XXXX.XX.XX	XXXX.XX.XX	XX天
备注	1. 此表由项目负责人填写。						

编制:

日期:

批准:

日期:

4.3.3 主要详图出图阶段

1 详图绘制说明

1) 所有单元件放样均根据设计图重新使用软件进行 1:1 放样。每种单元件根据桥梁横坡、纵坡以及预起拱线形的要求, 进行放样出图。

2) 单元件详图分类:

箱型桥梁可分为顶板单元、腹板单元、底板单元、隔板单元、挑臂单元。

钢混叠合梁可分为腹板 T 型单元、底板单元、隔板单元。

钢塔结构可分为壁板单元、隔板单元、锚箱单元。

钢管拱桥直接由零部件整体组装, 分段运输, 出图可采用分段出图原则进行。

其它附属单元件: 检修吊钩、水密门、爬梯等根据结构型式不同单元件详图类型也不尽相同。

3) 单元件上应明确标注焊缝要求, 包括角焊缝、全熔透焊缝或者部分熔透焊缝, 明确焊缝等级和检验标准。根据装配和焊接顺序确定坡口朝向和坡口形式, 并明确标记在单元件上。

4) 标记出单元件定位基准线和方向, 便于制作单元件, 并作为总体拼装基准。

5) 如单元件较复杂时, 需注明装配顺序, 如对装配顺序无要求, 可不写。

2 详图绘制基本原则

仅对桥梁主要单元件出图要求进行说明。

1) 箱体顶底板及塔节壁板单元件绘制

顶底板单元件及壁板单元件，是在整体线形确定后，将其三维立体线形描绘出来，采用三角形法展开成平面线形，再根据分段，将其分为拼接块，然后在其上布置 I (U) 型肋。

单元件上需要体现，I (U) 型肋定位、隔板处轴线定位、腹板定位线、定位基准线、坡口形式及方向、以及连接方向。见图 4. 3. 3-1。

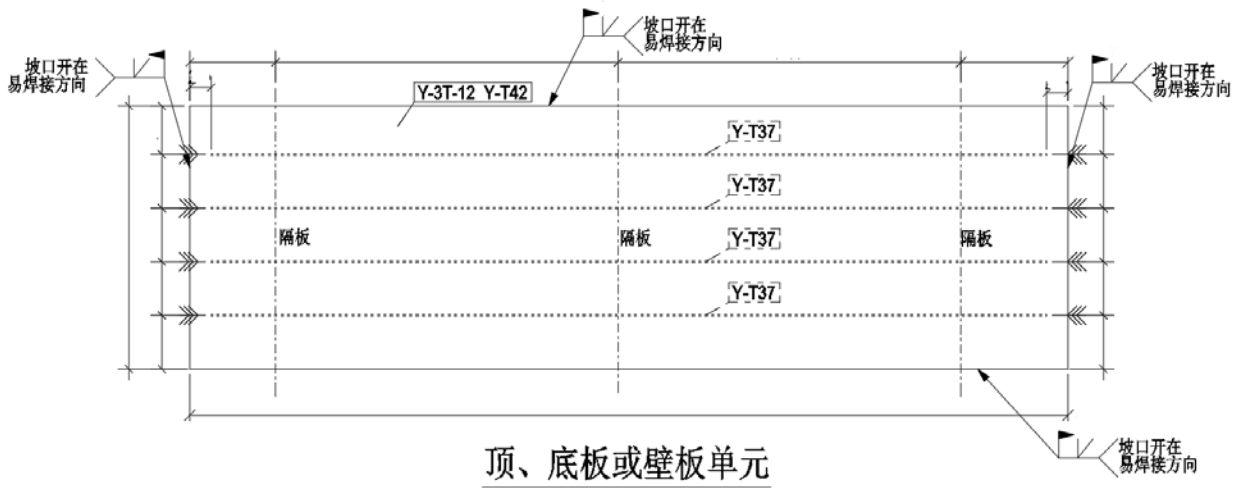


图 4. 3. 3-1 顶、底板或壁板单元示意

2) 腹板单元件绘制

腹板单元件，是在整体线形确定后，将腹板三维立体线形，采用三角形法展开成平面线形，再根据分段，将其分为拼接块，然后在其上布置 I 型肋。

腹板单元件，需要体现，I 型肋定位、隔板处轴线定位、定位基准线、坡口形式及方向、以及连接方向。见图 4. 3. 3-2。

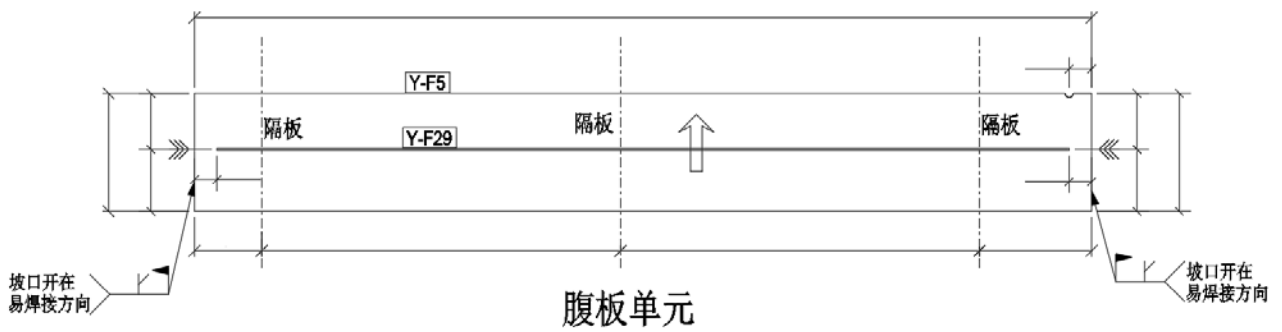


图 4. 3. 3-2 腹板单元示意

3) 隔板单元件绘制

隔板单元件，可以在三维模型进行建模，建模时可以将三维线形模型导入三维建模软件内，作为建模辅助线。I (U) 型肋开孔尺寸需增大 1~2mm，便于安装到位。

隔板单元件，需要体现，加劲肋定位、I（U）型肋开孔位置及尺寸、坡口形式及方向，见图 4.3.3-3。I 型肋开孔方向，需要考虑隔板安装就位方便，同时便于 I 肋与隔板焊接操作。

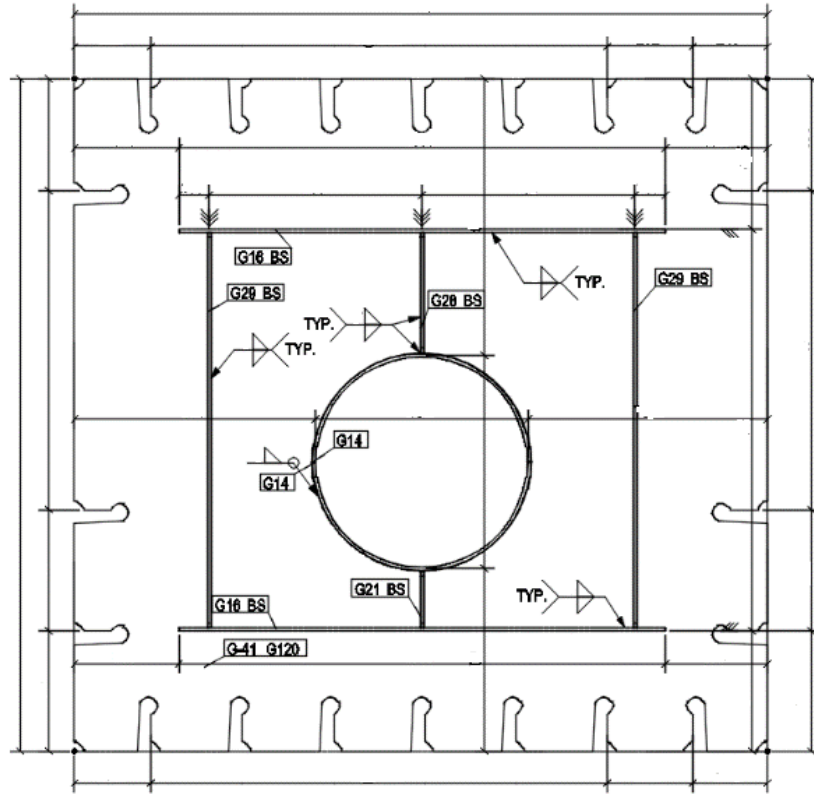


图 4.3.3-3 隔板单元示意

4) 抗震挡块详图

底板桥墩附近多需要布置抗震挡块，抗震挡块位置需按设计图所给位置布置，原则一般是横桥向在两个桥墩之间布置，纵桥向在上坡位置布置。

5) 装饰板详图

装饰板多布置于挑臂单元下侧，在挑臂底板之间布置，起封闭和装饰用，一般根据实际放样下料，在钢桥进行整体预拼装时，与挑臂底板进行研配焊接，但需注意现场焊缝位置留处现场焊接嵌补段。

6) 锚箱详图

- ① 锚箱根据设计图所给竖曲线、拉索坐标数据和锚箱坐标数据、以及拉索悬垂度等，在绘图软件中进行空间放样；
- ② 放样需将锚管中心线、张拉端点、固定端点、锚箱固定腹板边线和顶、底板边线放出；要在统一坐标系下，对每一组锚箱设置安装定位基准线和基准面。

条文说明

基准线和基准面可以根据锚点、锚管中心线等进行统一设置；

③ 锚箱放样完毕后需导入三维软件进行建模，建模时注意考虑装配次序；

④ 锚箱建模完成后，生成加工详图和所需预拼装数据；

3 地胎图

1) 地胎设置原则：（以下原则仅作为参考，具体还需要根据实际工程进行调节）

地胎水平方向，即 X\Y 坐标方向，根据桥体水平投影线形，选取桥体控制点。控制点主要设置在隔板与腹板交叉点、腹板变高及变宽点，现场接口位置，桥梁端部等位置。

地胎控制点的竖向坐标，即 Z 向值，需考虑桥体竖曲线、桥体高度、设计预起拱以及车间制作预起拱等数据，综合叠加取得。

2) 车间加工预起拱原则：

为避免车间加工焊接收缩，导致设计预拱度偏小，需在制作过程中，根据实际情况，增加车间制作预拱度。

条文说明

车间预拱度，需根据车间地胎设置、焊接次序等，进行综合考虑。

3) 立桩布置原则：

桥体长度方向：需在每个隔板位置、现场拼接缝两侧、梁端头以及变截面处立桩。

桥体宽度方向：多布置在腹板与隔板交叉位置下部、悬挑梁根部和端部。

条文说明

立柱设置要以稳定，减小变形为原则。同时设置高度尽量较小。对于桥梁高差较大的，可以采用旋转桥体来降低高差。

4 总装配图

1) 总装图上，应标注桥节段编号，标注各单元件的定位及编号，并标注桥体几何控制线等定位要求。这些定位线及定位点应与单元件图上的定位基准线一致，便于现场安装及车间预拼装要求。

- 2) 明确标注组装板单元的焊缝要求, 焊缝等级和检验标准。
- 3) 标记出桥体各类基准线 (如横向、纵向基准线, 锚箱基准线, 检修吊钩基准线) 和轴线方向, 作为现场安装依据。
- 4) 根据现场拼装和焊接顺序, 确定节段现场拼接坡口朝向和坡口形式, 并明确标记。
- 5) 部分零件工厂装配后对现场装配和焊接有影响的, 改为现场焊接的需要单独进行标记。
- 6) 标注螺栓孔类型及孔径, 标记孔群定位以及孔间距。

条文说明

总装配图显示信息较多, 包括特殊的加工要求、连接要求以及检验要求等, 均需体现出来。

4.3.4 辅助详图出图阶段

1 剪力键布置图

钢桥混凝土接触面多采用剪力键来加强混凝土结合力, 根据设计图要求出具布置图

- 1) 剪力键焊接应符合本标准 10.3 条的规定;
- 2) 布置图中要明确标注出剪力键的规格、间距、数量;
- 3) 如现场顶底板对接焊缝采用埋弧焊进行焊接, 焊缝一侧 500mm 范围内剪力键改为现场焊接。如果采用气保焊进行焊接时, 剪力键距离坡口不小于 200mm。

2 吊耳布置图

吊耳分为吊装吊耳和翻转吊耳, 吊装吊耳为工厂和现场吊装使用, 翻转吊耳为车间翻转桥体使用。

吊装吊耳设置原则如下:

- 1) 对角吊耳的连线相交点应通过钢构件的重心, 此为吊耳设置的最佳位置。如不能通过重心, 则应尽量靠近重心点, 减少构件偏重程度。
- 2) 吊耳一般布置在长度和宽度方向 1/3 位置。具体根据桥体重心位置进行调整。
- 3) 吊点强度需满足吊装要求。吊耳宜布置在腹板与隔板的交点处, 对吊点位置结构及连接强度进行计算, 并进行补强。吊耳设置不应破坏结构完整性。

3 连接件及导向定位件布置图

车间制作完成后, 在现场拼接缝位置设置连接件, 用于现场桥段之间定位加固使用。

顶底板设置导向定位件，用于现场桥体安装就位时导向定位用。见图 4.3.4-1。

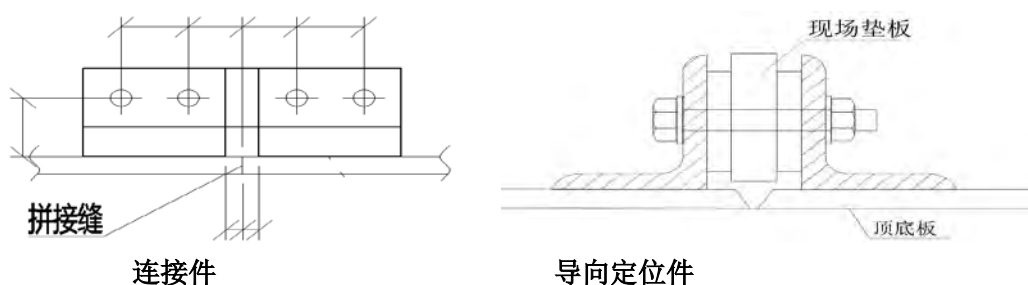


图 4.3.4-1 连接件和导向定位件示意

- 1) 连接件及导向定位件优先选用图 4.3.4-1 所示类型，以便于车间下胎。连接件和导向定位件设置时，需在整体桥梁构件焊接完成以后，复胎时调整线形及接口尺寸后，再进行安装定位。
- 2) 如空间条件不允许，可在图 4.3.4-1 所示定位板基础上进行调整。
- 3) 连接件在布置时，一般情况每个壁板及隔板现场焊口布置两组连接件，连接件位置可按照接口长度的 $1/3$ 设置。
- 4) 导向定位件设置在钢桥顶底板靠近腹板处、钢塔四块壁板靠近角部处。导向定位件各零部件之间保证贴合紧密，采用 0.2mm 塞尺检查贴合度不小于 75%，最大贴合间隙不大于 1mm。对于导向件不影响结构外观时，可以不去除。

4 临时支撑布置图

临时支撑设置原则：

- 1) 临时支撑需要在研配时安装，目的是防止桥分段下胎后或运输时变形。
- 2) 临时支撑截面，优先选用钢管、方管等各向抗弯能力接近的型材，要求支撑杆件长细比不大于 150。
- 3) 根据桥体吊装运输工况分析结果，确定桥体节段加固方法。

5 现场安装检测点

- 1) 检测点是工厂桥体焊接完成后，用以检验桥体线形、标高的数据点，由 X、Y、Z 三个坐标方向数值组成，并作为现场安装定位测量基准点。见图 4.3.4-2。

检测点设置原则：

- ① 检测点需在制作和安装全过程中均全程可视。
- ② 现场拼接缝两侧需要设置检测点，关键位置（如锚箱、支座）需要设置检测点，桥体外边线需要设置检测点。

- 2) 现场定位测量标记及数据

车间将检测点标定后，在相应位置做标记。然后进行测量点的实际坐标测量，并进行以下过程操作。

- ① 检测点实际坐标测量完后，与理论坐标进行比对，对出现超差的进行矫正。
- ② 桥体线形及标高检测点数据合格后，此数据为基准进行现场定位。

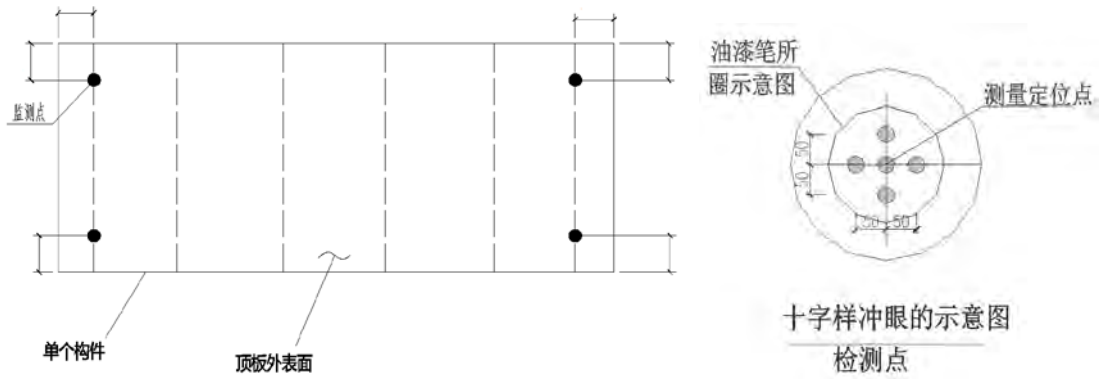


图 4.3.4-2 现场检测点示意

6 图纸注意事项

1) 过焊孔开设

过焊孔样式示意：

- ① 对于热轧型钢 T 接位置，或者主焊缝已经焊接完成的 T 接位置。需要开设过焊孔时，形状如图 4.3.4-3 所示。

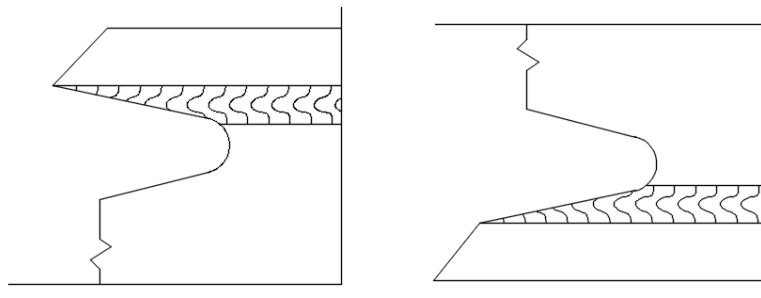


图 4.3.4-3 过焊孔样式图

- ② 对于先开过焊孔再进行组装的位置，过焊孔形状如图 4.3.4-4 所示。

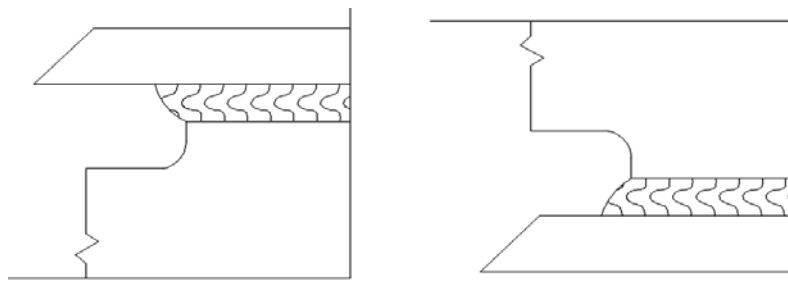


图 4.3.4-4 过焊孔样式图

③ 所有过焊孔应有足够的长度；过焊孔整体长度不小于被开孔材料厚度的 1.5 倍。
过焊孔的最小高度必须为开孔材料的厚度，但不小于 20mm。过焊孔最大尺寸不超过 50mm。

④ 过焊孔圆角半径必须光滑而无缺口； $R \geq 10\text{mm}$ （典型为 12mm）

2) 临时人孔开设：

为方便桥体制作，可在桥体上开设临时人孔，便于人员及设备出入。使用完毕后进行封闭。

临时人孔开设原则如下：

① 临时人孔数量应尽量减少，尺寸应尽量小。

② 临时人孔应避开支座位置，锚箱位置，避免在顶板上开孔。开孔位置及尺寸应征得设计同意。

4.4 三维建模软件在桥梁深化中的应用

4.4.1 三维建模软件的应用

三维实体建模软件在桥梁中应用，不是简单的将数字信息进行集成，而是一种数字信息的应用，并可以用于图纸深化、加工制造和数字化管理。可以支持桥梁工程的集成管理，能显著提高效率，大量减少风险。

条文说明

三维实体建模软件在桥梁中应用，主要是可以通过建模软件将设计平面施工图转换为 3D 实体模型，通过模型生成 2D 图纸用于车间加工制造和现场安装施工，可以在 3D 模型中检查施工碰撞，提前发现问题，减少后期制作、施工风险，提高项目建造效率。

4.4.2 三维建模软件使用效果

1 软件直观性和可操作性很强，可以自动生成和修编 2D 图纸，提供完整的组合干涉检查功能，减少人为的错误及校核时间。

2 可以进行异形结构建模，通过三角形模拟器，可以对桥体、异形塔楼等进行三维建模。然后将其异形截面进行展开成二维平面，方便制作以及出图。

3 可以通过服务器设置，多人协同操作，提高效率。

4.5 图纸管理

4.5.1 图纸管理包括前期桥体分段、桥体线形与深化详图的审批和后期竣工图资料管理。

4.5.2 图纸报审

1 详图图纸深化完成后，应向业主指定的设计师提交详图以供审核和确认。如果合同没有规定审核和确认期限，则需要 在 14 个日历天内，返回意见。

2 业主指定的设计师，应对详图进行逐一注释，可注明确认或确认但有待更正。完成审核后，设计师及业主应对审核情况进行签字盖章确认。

3 图纸报审的目的：让相关人员审核详图与设计图纸、结构受力、标准标准等一致性。

4 报审主要内容：包括节点做法、桥体分段、桥体线形、焊缝要求等，主要涉及到结构受力、安全和使用功能等重要指标，报审明细如表 4.5.2 所示。

表 4.5.2 图纸报审明细表

图纸报审确认单

编号：

项目名称：		
设计单位：		
图纸报审内容：	确认意见：	
结构受力和结构安全	桥体线形	
	桥体分段	
	节点做法	
	焊缝要求	
	其它相关内容	
建设单位签章	设计单位签章	
项目负责人：	设计负责人：	
年 月 日	年 月 日	

4.5.3 会审文件

1 对于项目上所有需要设计师批准的变更、澄清事项、问题回复等，均应采用会审形式给与回复。

2 会审文件应具有标准化的格式，包括文件编号、日期、创建者身份、参考的具体

设计图编号、需要做出回应的日期、解决方案建议的详细说明（复杂问题推荐使用图形描述），以及可能存在的时间和成本压力的迹象。

4.5.4 图纸及会审登记记录

- 1 所有图纸及会审文件报审发送、回复以及传递均需要进行登记，如表 4.5.4 所示。
- 2 主要记录图纸及会审编号、发送时间、版本号、接收方式等信息，对所有图纸及会审文件均可进行追溯。

表 4.5.4 图纸及会审记录表

项目文件控制清单												
QR-QG-003						NO: XXXX Rev: 0						
序号	发送文件编号	发送版本号	内容	发送日期	批复截止日期	来文单位	接收方式	接收文件编号	接收日期	传递情况	份数	传递方式
B1	XXX	0	XXX	XXXX/XX/XX	XXXX/XX/XX	XXXX	电子邮件	XXXX	XXXX/XX/XX	XXX	X	文件共享 (只读)

4.5.5 桥梁如增加设计要求以外的附属荷载，需经过原设计单位的受力验算及确认。严禁桥梁安装完毕，卸载后在桥梁结构上直接进行附属或临时结构的焊接。

5 材料

5.1 一般规定

- 5.1.1 钢桥制造所用的材料应符合设计文件和相关标准的规定，并应与项目具体技术要求相适应。
- 5.1.2 对各种材料的存放、使用和回收均应制定相应的管理制度，并应保证其性能稳定、可靠。

5.2 材料采购技术要求

5.2.1 材料采购时，采购单位应根据以下基本原则进行材料采购技术要求的制定：

- 1 应符合设计文件以及相关强制性标准的要求。
- 2 应满足该工程对材料的受力、工艺性、外观等特殊的技术要求。

5.2.2 钢材

- 1 钢材的性能和质量应符合设计文件和现行的标准。
- 2 根据不同项目具体要求，还需要明确：
 - 1) 交货状态，工艺性能，包括可焊性等。
 - 2) 根据不同受力情况，增加检测要求，比如 Z 向性能检测、超声检测。
 - 3) 根据项目对外观要求或有外露钢结构要求的，可以增加以下要求：
 - ① 增加钢材表面锈蚀程度要求；材料标记要求。
 - ② 板材表面平整度要求。
 - ③ 管材直径偏差、不圆度偏差以及直线度偏差要求。

5.2.3 焊接材料

- 1 焊接材料应根据焊接工艺评定试验确定，应符合现行国家标准及技术文件的要求；
- 2 根据不同项目具体要求，还需要明确：
 - 1) 根据焊接部位选择合适的焊接材料，包括药芯焊丝、气保焊实心焊丝、埋弧焊丝以及焊条等。

- 2) 焊接性能, 包括扩散氢、含水量等指标要求。
- 3) 根据项目使用环境温度, 确定低温冲击性能要求。

5.2.4 焊钉

根据工程需求, 增加焊钉采购技术要求。

5.2.5 高强螺栓

- 1 高强螺栓需符合现行国家标准及技术文件的要求;
- 2 根据设计及安装要求, 选择大六角头高强螺栓或扭剪型高强螺栓。

5.2.6 高强度环槽铆钉连接副

- 1 高强环槽铆钉需符合现行国家标准及技术文件的要求;
- 2 根据设计及安装要求, 增加采购技术条款。

5.2.7 涂装材料

- 1 涂装材料应符合设计文件和现行标准的规定。
- 2 还需要根据技术标准、项目使用环境以及项目特点, 明确以下要求:
 - 1) 油漆含量, 包括固含量、油漆金属锌含量、主要油漆成分占比等。
 - 2) 工艺性能, 耐腐蚀性、耐磨性、耐盐雾试验、耐冲击、耐弯曲、耐温变性以及抗紫外线能力要求。
 - 2) 附着力检测要求, 采用划格法、拉拔法以及具体数值。

5.2.8 CO₂ 气体

- 1 CO₂ 气体需符合现行国家标准及技术文件的要求;
- 2 根据用途, 约定 CO₂ 气体纯度。

5.3 材料进场检验

5.3.1 进场材料除应有质量证明文件外, 制造厂还应按相关标准和本标准附录 E 的规定进行抽样检验, 检验合格后方可使用。

5.3.2 钢材

- 1 钢材的性能和质量应符合设计文件和现行《低合金高强度结构钢》(GB/T 1591)、《桥梁用结构钢》(GB/T 714) 和《碳素结构钢》(GB/T 700) 的规定。钢材应具有合理的交货状态、化学成分、力学性能、工艺性能及焊接性能。型材应符合相关的国家标准。
- 2 耐候钢应符合《桥梁用结构钢》(GB/T 714) 和《耐候结构钢》(GB/T 4171) 的规定。
- 3 Z 向性能要求的钢板, 设计施工图无要求时 $\geq 40\text{mm}$ 厚钢板应具有 Z 向性能, Z 向性能

钢板应符合设计文件和现行《厚度方向性能钢（GB/T5313）》的规定。

4 钢板的尺寸、外形、重量等应符合设计文件和现行《热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》（GB/T 709）的规定。

5 钢板的表面质量应符合现行《热轧钢板表面质量的一般要求》（GB/T 14977）的规定。在加工过程中发现的缺陷需要修补时，应符合本标准附录 F 的规定。

6 钢材性能应满足合同及附加的技术条款要求。

5.3.3 焊接材料

1 焊条应符合现行《热强钢焊条》（GB/T 5118）、《非合金钢及细晶粒钢焊条》（GB/T 5117）的规定。

2 气体保护焊用焊丝应符合现行《熔化焊用钢丝》（GB/T 14957）、《熔化极气体保护电弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝》（GB/T 8110）、《热强钢药芯焊丝》（GB/T 17493）和《非合金钢及细晶粒钢药芯焊丝》（GB/T 10045）的规定。

3 埋弧焊所使用的焊丝和焊剂应符合现行《埋弧焊用热强钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂组合分类要求》（GB/T 12470）、《埋弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂组合分类要求》（GB/T 5293）的规定。

4 焊接材料应满足合同及附加的技术条款要求。

5.3.4 焊钉

1 圆柱头焊钉和焊接瓷环的质量及检验应符合现行《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》（GB/T 10433）的规定。

2 焊钉同时要满足合同及附加的技术条款。

5.3.5 高强螺栓

1 大六角高强度螺栓连接副的质量及检验应符合现行《钢结构用高强度大六角头螺栓》（GB/T 1228）、《钢结构用高强度大六角螺母》（GB/T 1229）、《钢结构用高强度垫圈》（GB/T 1230）和《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》（GB/T 1231）的规定。

2 扭剪型高强度螺栓连接副的质量及检验应符合现行《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》（GB/T 3632）的规定。

3 高强螺栓应满足合同及附加的技术条款要求。

5.3.6 高强度环槽铆钉连接副

1 高强度环槽铆钉连接副的质量及检验应符合现行《环槽铆钉连接副技术条件》（GB/T

36993) 的规定。

2 高强度环槽铆钉连接副应满足合同及附加的技术条款要求。

5.3.7 涂装材料

1 涂装材料应符合设计文件和现行《公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件》(JT/T722) 的规定。

2 涂装材料应满足合同及附加的技术条款要求。

5.3.8 CO₂ 气体

1 CO₂ 气体的质量和检验应符合现行《工业液体二氧化碳》(GB/T 6052) 的规定。

2 CO₂ 气体应满足合同及附加的技术条款要求。

5.4 材料存放要求

5.4.1 钢材

钢材的存放应符合下列规定：

1 应远离酸、碱、盐等侵蚀性介质。

2 不同品种和规格的钢材应分别存放，防止混淆。

3 宜存放在仓库内，且应设置垫木或其他适宜的支垫物，安放平直，防止其弯曲变形。

4 露天存放时，场地应有完善的排水设施；型钢的开口侧不得向上，避免积水。

5 钢材存放时，材料员及时做好钢材色标标识，具体要求如下：

1) 钢材色标应标识在钢材明显的位置，在钢板的厚度方向上用油漆进行色标标识，沿钢板长度方向，距离一端 300mm 位置，起始颜色（靠近板中）喷涂长度为 130mm，后面的颜色喷涂长度为 80mm，见图 5.4.1。

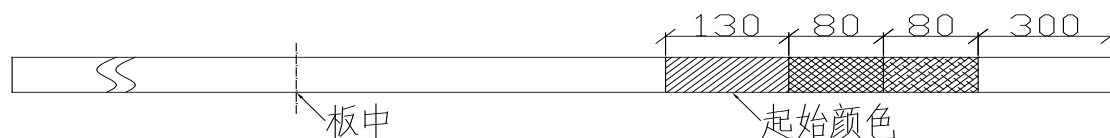


图 5.4.1 钢材色标喷涂位置

2) 余料须进行色标移植，保证原材的可追溯性。

3) 常用桥梁钢材色标涂色和道数如下所示：

① Q345qD 材质钢材色标涂色为白色+蓝色，Q345qE 材质钢材色标涂色为白色+紫色，道数均为 2 道，类别号为 II。

② Q355B 材质钢材色标涂色为白色+红色+绿色, Q355C 材质钢材色标涂色为白色+白色+绿色, Q355D 材质钢材色标涂色为白色+黄色+绿色, 道数均为 3 道, 类别号为Ⅱ。

③ 当钢板 Z 向性能为 Z15 时色标涂色增加一道黑色, 当钢板 Z 向性能为 Z25 时色标涂色增加一道黄色。

6 钢材存放和使用过程中, 要实现材料的可追溯性, 应符合本标准第 7.2.4 条的规定。

5.4.2 焊接材料

焊接材料的存放应符合下列规定:

- 1 焊接材料应按种类、牌号、规格和批号分类保管存放, 存放场所应干燥、通风良好。
- 2 焊接材料的储存库应保持适宜的温度及湿度。室内温度不低于 5℃, 相对湿度不超过 60%。焊材应存放在木制托盘上, 且距离地面不小于 200mm、距墙不小于 300mm。
- 3 在搬运、装卸、摆放过程中, 应小心操作, 避免混料、损伤焊条药皮、焊丝盘(桶)及密封包装等而影响使用及性能。

5.4.3 焊钉材料

焊钉材料的存放应符合下列规定:

- 1 圆柱头焊钉和焊接瓷环应按种类、牌号、规格和批号分类保管存放, 存放材料场所应干燥、通风良好。
- 2 圆柱头焊钉和焊接瓷环应在室内存放, 堆放应有防止生锈、潮湿及沾染脏物等措施。

5.4.4 高强螺栓

高强螺栓材料的存放应符合下列规定:

- 1 高强度螺栓连接副在运输、存放保管过程中应防雨防潮, 并应轻装、轻卸, 且不得损坏密封包装及损伤螺纹。
- 2 高强度螺栓连接副应按包装箱上注明的批号、规格分类保管; 室内存放, 堆放应有防止生锈、潮湿及沾染脏物等措施。高强度螺栓连接副在安装使用前严禁随意开箱。
- 3 高强度螺栓连接副的保管时间不应超过 6 个月, 当保管时间超过 6 个月后使用时, 必须按要求重新进行扭矩系数或紧固轴力实验, 检验合格后, 方可使用。

5.4.5 高强度环槽铆钉连接副

高强度环槽铆钉材料的存放应符合下列规定:

- 1 高强度环槽铆钉在运输、存放保管过程中应防雨防潮, 并应轻装、轻卸, 且不得损坏密封包装及损伤环槽。
- 2 高强度环槽铆钉应按包装箱上注明的批号、规格分类保管; 室内存放, 堆放应有防止

生锈、潮湿及沾染脏物等措施。高强度环槽铆钉连接副在安装使用前严禁随意开箱。

5.4.6 涂装材料

涂装材料的存放应符合下列规定：

- 1 涂料及辅助材料应储存在通风良好的荫凉库房内，且离墙至少 300mm 离地至少 200mm。
- 2 仓库温度一般控制在 5~38 °C，夏季温度如过高可使用空调降温，冬季采用暖气设施保温。
- 3 库存涂料应在规定的保质期内，过期油漆不允许发放，涂料的发放应先到先发。

5.4.7 CO₂ 气体

CO₂气体的存放应符合下列规定：

- 1 液体 CO₂ 气瓶的充装、标志、运输、贮存和使用应符合《气瓶安全监察规程》和《固定式压力容器安全技术监察规程》的规定。
- 2 充装液体 CO₂ 的气瓶应符合 GB5099 的规定，气瓶公称工作压力不应低于 15.0MPa。
- 3 CO₂ 气瓶充装应符合 GB14193 的规定，CO₂ 的充装量应不低于气瓶最大充装量的 90%。
- 4 用户将空瓶返回生产厂时，余压不应低于 0.2MPa。
- 5 液体 CO₂ 气瓶应竖放在通风、荫凉，干燥处，避免受热和日光曝晒。

6 焊接评定

6.1 一般规定

6.1.1 钢桥焊接工艺评定除遵守本标准规定外，还应符合钢结构相关标准、技术文件的要求。

6.1.2 焊接工艺评定（PQR）是编制焊接工艺的依据。所有焊接生产中所使用的焊接工艺规程（WPS）均应进行焊接工艺评定。

6.1.3 焊接工艺评定流程见图 6.1-1，制造或安装企业应根据所承担钢结构的设计节点形式、钢材种类、规格、采用的焊接方法、焊接位置等，按照项目要求制定焊接工艺评定方案，并编制预焊接工艺规程（pWPS），在业主代表或业主指定的独立第三方机构的见证下，按本标准的规定施焊试件、切取试样并由具有国家技术质量监督部门认证资质的检测单位进行检测试验，并出具报告。焊接工艺评定报告应通过专家评审并报工程质量监督验收部门和有关单位备案。

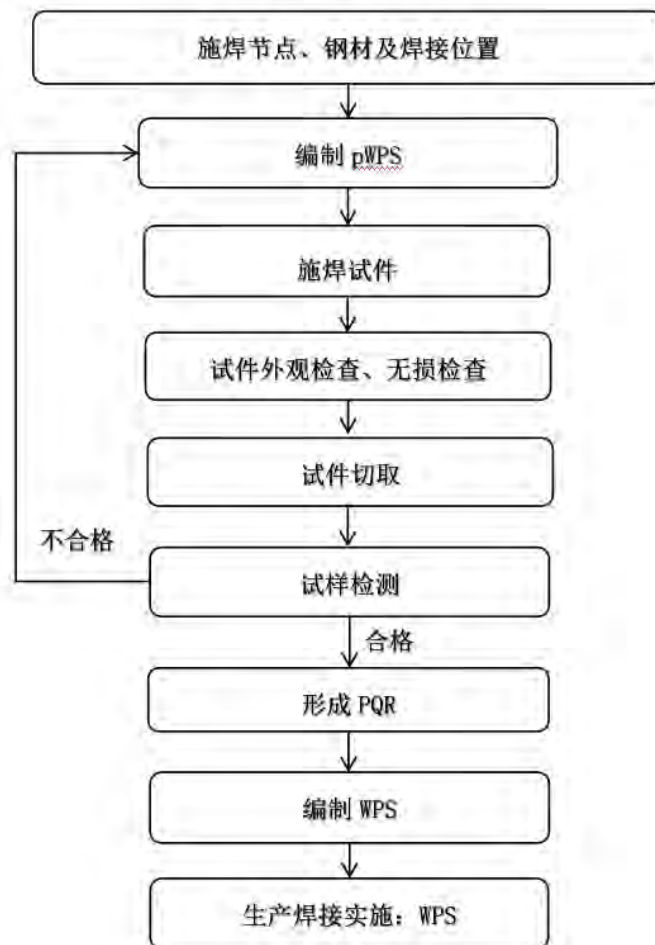


图 6.1-1 焊接工艺评定流程

- 6.1.4 焊接工艺评定应由制造、安装企业分别独立完成，且不能外借。
- 6.1.5 焊接工艺评定所用设备、仪表的性能应与实际工程施焊相一致并处于正常工作状态。评定所用钢材和焊材的牌号和等级必须与实际工程所用材料一致并符合相应标准要求，具有生产厂家出具的质量证明文件。
- 6.1.6 焊接工艺评定试件应由该工程施工企业中技能熟练且有焊工安全操作资质的焊接人员施焊。
- 6.1.7 在同一制造企业已批准合格的焊接工艺评定，如连续生产且各项生产条件没有变化，质量可控，该评定有效期为5年。但对于板厚 $t > 100\text{mm}$ ，材料屈服强度 $\sigma_s \geq 460\text{MPa}$ ，碳当量 $CEV > 0.5$ 且抗震设防烈度大于等于8级的直接动载结构的焊接工程应按工程项目进行焊接工艺评定。
- 6.1.8 选用的钢材应具备完善的焊接性能资料；新材料焊接工艺评定合格后，应经专家论证、评审方可在工程中采用。
- 6.1.9 焊接材料应由生产企业提供熔敷金属化学成分，性能鉴定资料及指导性焊接工艺参数。

6.2 焊接工艺评定

6.2.1 钢材焊接工艺评定方法

1 常用焊接方法分类见表 6.2.1-1

表 6.2.1-1 常用焊接方法分类

焊接方法	代号	类别号
焊条电弧焊	SMAW	1
半自动实芯焊丝 CO ₂ 气体保护焊	GMAW-CO ₂	2-1
半自动实芯焊丝混合气体保护焊	GMAW-MG	2-2
半自动药芯焊丝气体保护焊	FCAW-G	2-3
半自动药芯焊丝自保护焊	FCAW-SS	3
单丝埋弧自动焊	SAW-S	5-1
多丝埋弧自动焊	SAW-M	5-2
自动实芯焊丝 CO ₂ 气体保护焊	GMAW-CO ₂ A	8-1
自动实芯焊丝混合气体保护焊	GMAW-MA	8-2
自动药芯焊丝气体保护焊	FCAW-GA	8-3
自动药芯焊丝自保护焊	FCAW-SA	8-4
非穿透焊钉焊	SW	9-1
机器人实芯焊丝气体保护焊	RW-GMAW	10-1

焊接方法	代号	类别号
机器人药芯焊丝气体保护焊	RW-FCAW	10-2
机器人单丝埋弧焊	RW-SAW-S	10-3
机器人多丝埋弧焊	RW-SAW-M	10-4

2 焊接工艺评定板对接试板接头形式分为：对接接头、T形接头和角接接头。

试板焊接位置分为：平位、横位、立位和仰位。

焊缝形式分为：全熔透焊缝、部分熔透焊缝及角焊缝。

试板焊接位置见图 6.2.1-1 和 6.2.1-2：

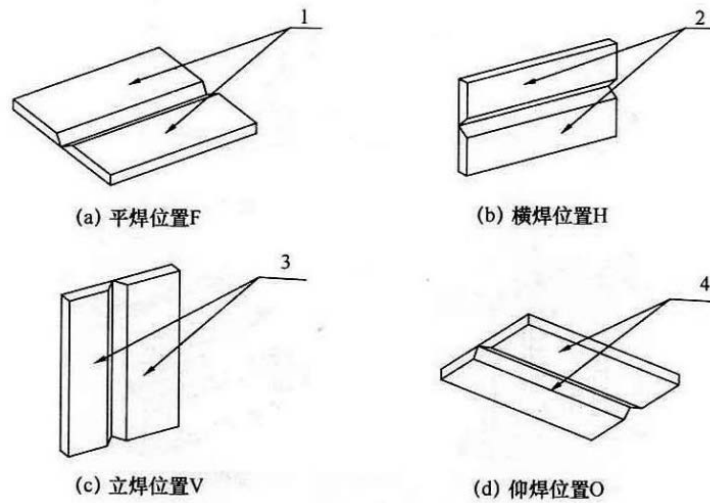


图 6.2.1-1 试板坡口焊缝焊接位置

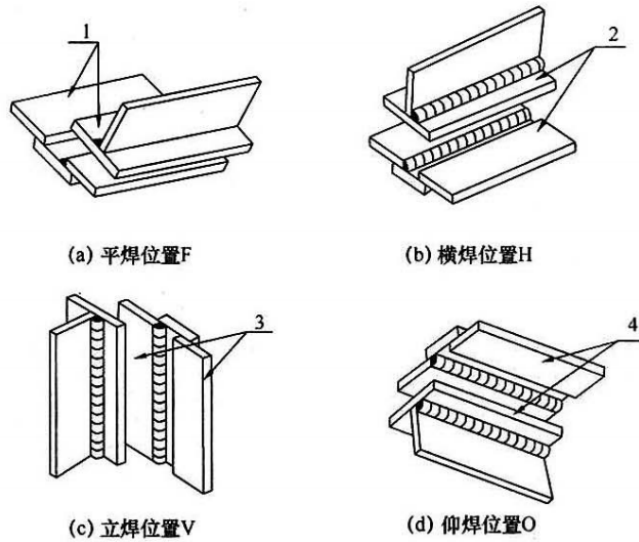


图 6.2.1-2 试板角焊缝焊接位置

3 重新进行焊接工艺评定的规定

制造企业首次采用的钢材和焊接材料应进行评定。遇有下列情况之一者，应重新进行评定：

- 1) 钢材牌号的改变;
- 2) 焊接材料改变;
- 3) 焊接方法或焊接位置改变;
- 4) 衬垫材质改变;
- 5) 焊接电流、焊接电压和焊接速度变化超过 $\pm 10\%$;
- 6) 坡口形状和尺寸改变 (坡口角度减少 10° 以上, 熔透焊缝钝边增大 2mm 以上, 无衬垫的根部间隙变化 2mm 以上, 有衬垫的根部间隙变化超过 -2mm 或 +6 mm);
- 7) 预热温度低于规定的下限温度 20°C 时;
- 8) 增加或取消焊后热处理时;
- 9) 电流种类和极性改变;
- 10) 加入或取消填充金属;
- 11) 焊接前焊接部位所涂车间防锈底漆没有进行打磨的。

4 焊接热输入的控制

焊接工艺评定应采用较大的焊接热输入进行焊接, 记录每道焊接热输入值。在评定实验中, 除根部和盖面外, 应记录每条焊道的电流、电压和焊接速度, 计算出每条焊道的热输入值。取其最大热输入值。生产用 WPS 除根部和盖面焊道外, 任何单道的热输入不应超过评定中所记录的最大热输入值。

5 试板厚度及评定认可范围

- 1) 对接接头和 T 形接头的全熔透和部分熔透试板认可的产品板厚范围按表 6.2.1-2 执行:

表 6.2.1-2 对接接头和 T 形接头的全熔透和部分熔透试板

认可产品板厚范围 (mm)

序号	试板厚度	认可板厚范围	备注
1	$t \leq 16$	$0.5t \leq \delta \leq 1.5t$	δ —产品板厚 t —试板板厚
2	$16 < t \leq 25$	$0.75t \leq \delta \leq 1.5t$	
3	$25 < t \leq 80$	$0.75t \leq \delta \leq 1.3t$	

注: 1. 全熔透或部分熔透 T 形接头试件翼缘板厚度一般与腹板厚度相同, 且不大于 20mm, 当需要保证熔透角焊缝冲击试样的取样长度时, 翼缘板厚度应大于或等于 28mm;

2. 部分熔透 T 形接头熔深为坡口深度减去 3mm。

- 2) T 形接头角焊缝试板, 应根据焊角尺寸选择腹板和翼缘板试板厚度, 见表 6.2.1-3;

表 6.2.1-3 T 形接头角焊缝的试板厚度 (mm)

序号	焊角尺寸	试板厚度	
		腹板	翼缘板
1	6.5×6.5	8~12	8~16
2	8×8	10~16	10~24
3	10×10	14~24	14~40
4	12×12	>20	>20

3) 评定合格的 T 形接头角焊缝, 其有效厚度 (焊喉) t_e 所认可的焊接产品有效厚度 (焊喉) T_e 范围见表 6.2.1-4:

表 6.2.1-4 认可的焊接产品有效厚度 T_e 范围 (mm)

序号	评定有效厚度 (焊喉)	认可的产品有效厚度 (焊喉)
1	$t_e < 10$	$0.75t_e \leq T_e \leq 1.5t_e$
2	$t_e \geq 10$	$T_e > 10$

注: t_e 评定试板的有效厚度 (焊喉); T_e : 产品的有效厚度 (焊喉)

4) 十字拼接接头评定合格后, 认可产品厚度 $\delta \geq 3\text{mm}$ 。

6 试验项目及试样数量应符合表 6.2.1-5 的规定

表 6.2.1-5 试验项目、试样数量及试验方法

序号	试件形式	试验项目	试样数量(个)	试验方法
1	对接接头 全熔透及部分熔透焊缝 试件	接头拉伸(拉板)试验	1	《焊接接头冲击试验方法》 (GB/T2650) 《焊接接头拉伸试验方法》 (GB/T2651) 《焊缝及熔敷金属拉伸试验方法》 (GB/T 2652) 《焊接接头弯曲试验方法》 (GB/T2653) 《焊接接头硬度试验方法》 (GB/T2654) 《钢的低倍组织及缺陷酸蚀检验法》 (GB/T226)
		焊缝金属拉伸试验	1	
		接头侧弯试验	1	
		低温冲击试验	6	
		接头硬度试验	1	
		宏观酸蚀	1	
2	T 形接头 全熔透焊缝 试件	焊缝金属拉伸试验	1	
		低温冲击试验	6	
		接头硬度试验	1	
		宏观酸蚀	1	
3	T 形接头 部分熔透及 角焊缝试件	焊缝金属拉伸试验	1	
		接头硬度试验	1	
		宏观酸蚀	1	
4	十字接头 全熔透焊缝	全焊缝接头拉伸试验 (先焊焊缝方向)	2	

序号	试件形式	试验项目	试样数量(个)	试验方法
	试件	焊缝区冲击试验	3	
		热影响区冲击试验	3	
		接头硬度试验	1	
		宏观酸蚀	1	

注：1. 对接接头侧弯试验：弯曲角度 $\alpha=180^\circ$ 。

当试板板厚 $t \leq 10\text{mm}$ 时，可用面、背弯各一个代替侧弯，面弯、背弯试样，厚度应为试件全厚度；

当试板厚度 $10\text{mm} < t \leq 40\text{mm}$ ，取侧弯试样，试样宽度为 10mm，试样厚度应为试件全厚度；

当试件厚度 $t > 40\text{mm}$ 时，可按 20mm~40mm 分层取样，做侧弯试验。

2. 对接接头和 T 形接头焊缝低温冲击试验缺口开在焊缝中心及熔合线外 1mm 处各 3 个；

对于接头为异种钢焊接接头，应在熔合线外 1mm 分别取样。

3. 板厚小于 12mm 的对接接头试件、焊缝有效厚度（焊喉）小于或等于 8mm 的部分熔透或角焊缝试件可不进行焊缝金属拉伸试验。

4. 试件单道焊缝的成型系数应为 1.3~2.0。

5. 焊缝及熔合区耐腐蚀性能试验的目的是评估焊接件在腐蚀环境下的耐久性和耐蚀性能。常见的焊接件耐腐蚀试验方法包括盐雾试验、湿热试验、酸雨试验和海水侵蚀试验等。这些试验方法都具有一定的优缺点，需要根据实际情况选择合适的试验方法进行检测。

6. 对于十字焊缝试验，可以根据业主和设计单位要求，取消或增加相关评定。

7 试件替代原则

1) 评定合格的对接接头全熔透焊缝可以替代相应焊接位置的对接接头部分熔透焊缝和 T 形接头角焊缝；

2) 十字形接头评定结果可替代 T 形接头评定和角焊缝评定结果。

3) 评定合格的 T 形接头全熔透焊缝可以替代相应焊接位置的 T 形接头部分熔透焊缝和 T 形接头角焊缝；

4) 评定合格的 T 形接头部分熔透焊缝可以替代相应焊接位置的 T 形接头角焊缝。

8 试件取样位置

试样样坯的截取位置见图 6.2.1-3、图 6.2.1-4 和图 6.2.1-5，根据焊缝外形及无损检测结果，在试板的有效利用长度内作适当分布。试样加工前可对样坯进行冷矫正。

试件长度 L 应根据样坯尺寸、数量（含附加试样数量）等因素予以综合考虑，

一般埋弧自动焊长度不宜小于 600mm，焊条电弧焊、二氧化碳气体（或混合气体）保护焊不得小于 400mm。宽度应根据板厚、实验设备和无损检测要求确定。

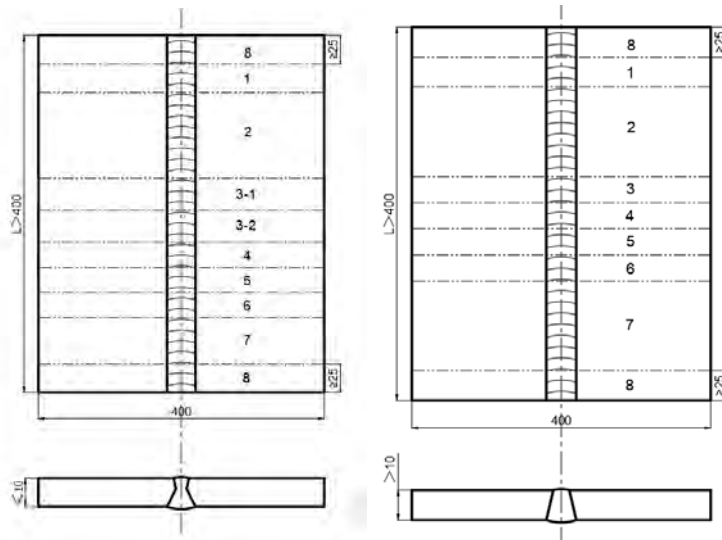


图 6.2.1-3 板材对接接头全熔透和部分熔透试件及试样取样

1. 接头拉伸试样
2. 焊缝金属拉伸试样
- 3-1. 接头面弯试样
- 3-2. 接头背弯试样
3. 接头侧弯试样
4. 低温冲击试样
5. 接头硬度试样
6. 宏观酸蚀试样
7. 备用
8. 舍弃

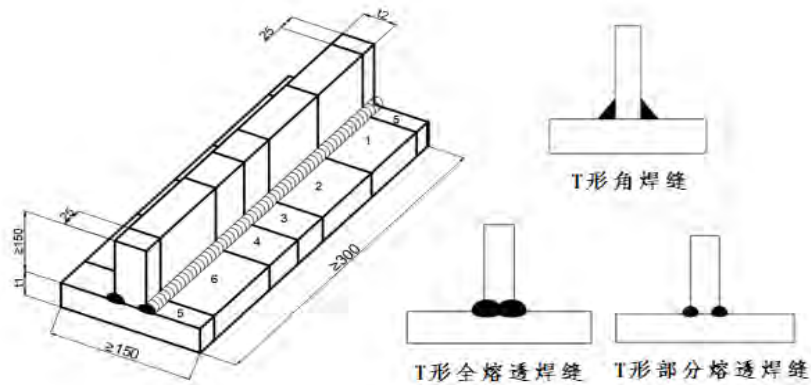


图 6.2.1-4 板材 T 形接头全熔透、部分熔透和角焊缝试件及试样取样

1. 焊缝金属拉伸试样
2. 低温冲击试样
3. 接头硬度试样
4. 宏观酸蚀试样
5. 舍弃
6. 备用

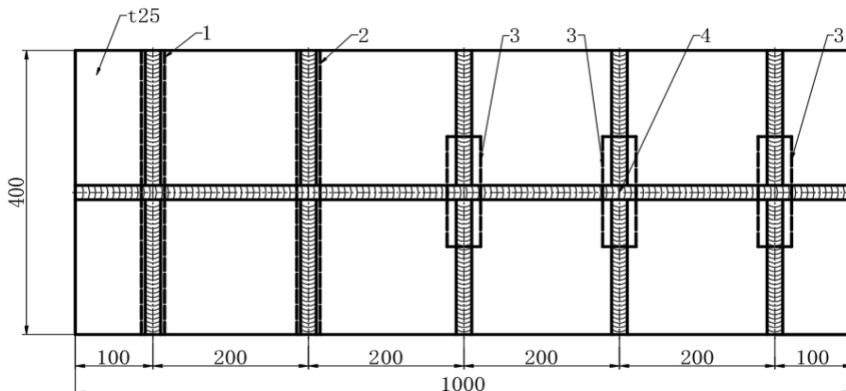


图 6.2.1-5 板材十字形拼接全熔透焊缝试件取样

- 1 全焊缝接头拉伸试验（先焊焊缝方向）
- 2 全焊缝接头侧弯试验（先焊焊缝方向）
- 3 焊缝区冲击试验（后焊焊缝区）
- 4 十字接头硬度试验

9 钢材焊接工艺评定试样检验见附录 G.0.1

6.2.2 圆柱头焊钉焊接工艺评定方法

1 一般要求

- 1) 试验用与圆柱头焊钉焊接的钢板牌号应与产品钢板相同,且应按较厚板选用;
- 2) 圆柱头焊钉、瓷环应符合现行《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》(GB/T 10433)的规定;
- 3) 试验用焊接设备应与生产用焊接设备相同;
- 4) 试验时应记录施焊参数;
- 5) 遇有下列情况之一者,应重新进行评定:
 - (1) 与焊钉焊接的 Q370 级以上的钢材牌号改变;
 - (2) 与焊钉焊接的钢材的厚度减小;
 - (3) 采用不同焊接方法焊接的焊钉应分别评定;
 - (4) 瓷环材料与规格的改变;
 - (5) 焊钉的材质、直径或焊钉端头镶嵌(或喷涂)稳弧脱氧剂的改变;
 - (6) 焊机与配套焊枪形式、型号与规格的改变;
 - (7) 焊接电流变化超过 $\pm 10\%$;焊接时间为 1s 以上时变化超过 0.2s,或焊接时间为 1s 以下时变化超过 0.1s;
 - (8) 焊钉焊接位置偏离平焊位置 15° 以上的变化,或立焊、仰焊位置的改变;
 - (9) 焊钉焊接时的伸出长度和提升高度的变化分别超过 1mm;常用焊钉的伸出长度和提升高度参考值见表 6.2.2-1。

表 6.2.2-1 常用焊钉的伸出长度和提升高度

焊钉规格/mm	伸出长度/mm	提升高度/mm
$\Phi 13$	4.0	2.0
$\Phi 16$	5.0	2.5
$\Phi 19$	5.0	2.5
$\Phi 22$	6.0	3.0

2 圆柱头焊钉评定试件形式及试样数量

试验的试样形式及尺寸如下图 6.2.2-1 试样形式及尺寸,试样数量为 6 个,一组 3 个进行 30° 弯曲检验;另一组 3 个进行拉伸检验。拉伸和弯曲实验形式见图 6.2.2-2。

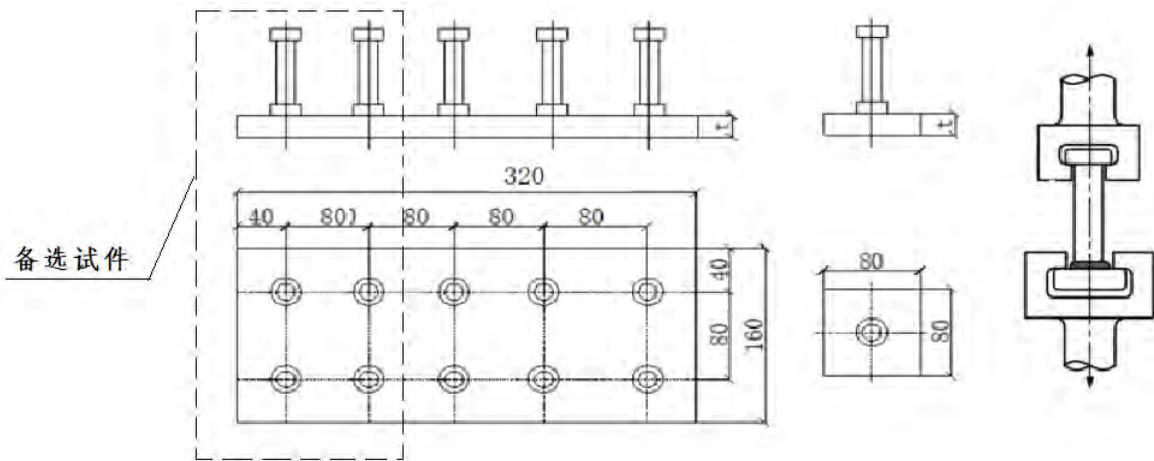


图 6.2.2-1 试件试样形式及尺寸

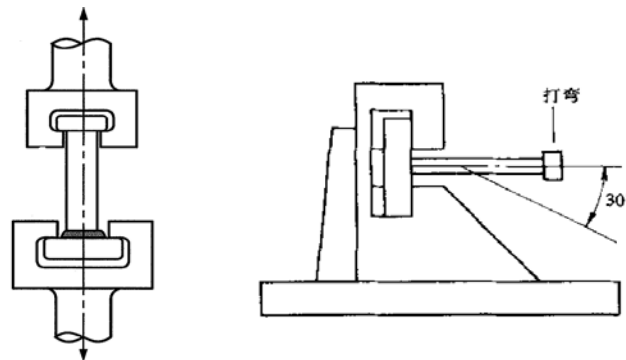


图 6.2.2-2 拉伸和弯曲实验形式

3 圆柱头焊钉焊接工艺评定试样检验见附录 G.0.2

6.3 焊接人员操作技能评定

6.3.1 通用要求

凡从事钢桥制作和安装施工的手工焊工、机械化焊工、机器人焊工以及定位焊焊工工应进行理论知识考试和操作技能考试，并应通过本节所述测试，取得相应的合格资格。

- 1 进行技能评定的焊工应首先经过相关的焊接安全培训，并获得国家安全生产监督管理部门颁发的中华人民共和国焊接与热切割的特种作业操作证书。
- 2 焊工经理论知识考试合格后方可参加操作技能考试。
- 3 首次参加技能评定人员应通过理论考试和相应焊接方法的操作考试，再次增加焊接方法考试时，不再进行理论考试。
- 4 操作技能评定所使用的母材材料应为焊接工艺评定所批准及认可的钢材。
- 5 操作技能评定前，应由监督人员与焊工共同确认下，在试件上标注技能评定试件的标识和焊工代码。

- 6 除另有要求外，在焊接前后评定用试件不得进行热处理、锤击、预热、后热等处理。
- 7 焊工应独立完成各项焊接操作，并应按照已经评定合格的焊接工艺参数进行焊接。
- 8 施焊后不应随意更换试件，不应改变焊接方向和焊接位置。
- 9 焊缝表面在目视检验合格后允许修磨。
- 10 对于焊工和机械化焊工，如果在相同条件下焊接，对接焊缝的焊接可替代角焊缝。在生产中主要为角焊缝焊接时，应对焊工进行相应的角焊缝考试。用不带衬板的全熔透焊缝的焊工资格评定可以替代带衬板的或背面清根全熔透焊缝的评定。带衬板的或背面清根全熔透焊缝的焊工资格评定可以相互替代。

6.3.2 理论考试

理论考试满分为 100 分，不低于 70 分为合格，理论知识考试应以焊工必须掌握的基础知识及安全知识为主要内容，并符合下列规定：

- 1 职业道德及职业守则；
- 2 焊接安全知识《焊接与切割安全》GB9448；
- 3 焊缝符号识别与识图能力《焊缝符号表示法》GB324、《气焊、焊条电弧焊、气体保护焊和高能束焊的推荐坡口》GB T985. 1、《埋弧焊的推荐坡口》GB T985. 2
- 4 焊接方法表示代号《焊接及相关工艺方法代号》GB/T 5185；
- 5 常用焊接方法的特点：焊接工艺参数、操作方法、焊接顺序及其对焊接质量的影响；
- 6 常用钢材类别的型号、牌号和主要合金成分、力学性能及焊接性能；
- 7 常用焊接材料型号、牌号、与钢材匹配及使用和保管要求；
- 8 常用焊接设备、装备名称、类别、使用及维护要求；
- 9 焊接质量保证要求，应符合有关钢结构施工验收规程、标准的要求；
- 10 焊接缺陷分类及定义、形成原因及防止措施；
- 11 焊接热输入的计算方法及热输入对焊接接头性能的影响；
- 12 焊接应力、变形产生原因、预防措施；
- 13 焊接热处理知识；
- 14 焊钉焊的焊接技术和质量要求。

6.3.3 手工焊焊工操作技能评定

1 一般要求

- 1) 取得熔化焊手工操作技能评定的焊工，均应认定为具备相应的定位焊操作资格；
- 2) 实芯气体保护焊、药芯气体保护焊手工操作技能评定合格可替代相应方法的机械化

焊工技能资格；

- 3) 按照本标准第 6.2 节完成了合格焊接工艺评定的焊工，可以获得与焊接评定相应的焊接资质；
- 4) 试件在根部焊道和盖面焊道上应至少有一次停弧和再起弧。当采用一种以上的焊接方法时，每种焊接方法至少有一次停弧和再起弧，这包括根部焊道和最终焊道，由监考人员在焊接前标明起停弧位置；
- 5) 在考试过程中，焊道间可以手工清理，但不允许电动清理；不得对层间及盖面焊道进行打磨或修补，但焊后应将焊渣，飞溅清除干净。焊道清理必须在评定位置上进行。

2 钢材分类及认证范围符合表 6.3.3-1 的规定。

表 6.3.3-1 钢材分类及认证范围

类别号	标称屈服强度	钢材牌号举例	对应标准号	认可范围
I	$\leq 295\text{MPa}$	Q195、Q215、Q235、Q275	GB/T 700	I
		Q235q	GB/T 714	
		Q235NH、Q265GNH、 Q295NH、Q295GNH	GB/T 4171	
II	$> 295\text{MPa}$ 且 $\leq 370\text{MPa}$	Q345	GB/T 1591	I、II
		Q345q、Q370q	GB/T 714	
		Q310GNH、Q355NH、Q355GNH	GB/T 4171	
III	$> 370\text{MPa}$ 且 $\leq 420\text{MPa}$	Q390、Q420	GB/T 1591	I、II、III
		Q420q	GB/T 714	
		Q415NH	GB/T 4171	
IV	$> 420\text{MPa}$	Q460、Q500、Q550、Q620、Q690	GB/T 1591	I、II、III、IV
		Q460NH、Q500NH、Q550NH	GB/T 4171	

3 焊接材料分类及认可范围应符合下列规定：

- 1) 药皮焊条及认可范围应符合表 6.3.3-2 的规定；
- 2) 专用焊条如打底专用焊条、向下立焊焊条应单独进行考试；

表 6.3.3-2 药皮焊条分类及认可范围

考试用 焊条类别	认可范围				
	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
	EXX20 EXX22 EXX27	EXX12 EXX13 EXX14 EXX03 EXX01	EXX15 EXX16 EXX28 EXX48	EXX10 EXX11	EXXXX-XX
(a) EXX20 类 氧化铁型焊条	○	—	—	—	—
(b) EXX12 类 钛型焊条	√	○	—	—	—
(c) EXX 15 类 低氢型焊条	√	√	○	—	—
(d) EXX10 类 纤维素型焊条	—	—	—	○	—
(e) EXXXX 类 不锈钢焊条	—	—	—	—	○

注:○为评定焊条类别;√为认可焊条类型。

4 焊接工艺方法认可范围

焊接工艺方法同焊接工艺评定，其焊接认可范围见表 6.3.3-3 常用焊接方法分类及认可范围。

表 6.3.3-3 常用焊接方法分类及认可范围

资格评定分类	焊接方法	代号	类别号	认可范围
手工焊工 定位焊工	焊条电弧焊	SMAW	1	1
	半自动实芯焊丝 CO ₂ 气体保护焊	GMAW-CO ₂	2-1	2-1, 2-2 8-1, 8-2
	半自动实芯焊丝混合气体保护焊	GMAW-MG	2-2	2-1, 2-2 8-1, 8-2
	半自动药芯焊丝气体保护焊	FCAW-G	2-3	3-1, 8-3
	半自动药芯焊丝自保护焊	FCAW-SS	3	3-2, 8-4
机械化 操作焊工	单丝埋弧自动焊	SAW-S	5-1	5-1
	多丝埋弧自动焊	SAW-M	5-2	5-1, 5-2
	自动实芯焊丝 CO ₂ 气体保护焊	GMAW-CO ₂ A	8-1	8-1, 8-2
	自动实芯焊丝混合气体保护焊	GMAW-MA	8-2	8-1, 8-2
	自动药芯焊丝气体保护焊	FCAW-GA	8-3	8-3
	自动药芯焊丝自保护焊	FCAW-SA	8-4	8-4
	非穿透焊钉焊	SW	9-1	9-1

资格评定分类	焊接方法	代号	类别号	认可范围
机器人 操作焊工	机器人实芯焊丝气体保护焊	RW-GMAW	10-1	10-1
	机器人药芯焊丝气体保护焊	RW-FCAW	10-2	10-2
	机器人单丝埋弧焊	RW-SAW-S	10-3	10-3
	机器人多丝埋弧焊	RW-SAW-M	10-4	10-3, 10-4

5 焊接位置分类及认可范围符合表 6.3.3-4 的规定。

- 1) 操作技能评定施焊位置分类及认可范围见表 6.3.3-4;
- 2) 板材各个焊接位置见图 6.2.1-1 和 6.2.1-2;

表 6.3.3-4 评定焊接位置分类及认可范围

评定测试		认可产品焊接位置	
焊缝	试件位置	坡口焊	角焊缝
板-坡口焊	1G 平位	F 平位	F 平位, H 横位
	2G 横位	F 平位, H 横位	F 平位, H 横位
	3G 立位	F 平位, H 横位, V 立位	F 平位, H 横位, V 立位
	4G 仰位	F 平位, OH 仰位	F 平位, H 横位, OH 仰位
	3G 和 4G	所有	所有
板-角焊缝 ^a	1F 平位		F 平位
	2F 横位		F 平位, H 横位
	3F 立位		F 平位, H 横位, V 立位
	4F 仰位		F 平位, H 横位, OH 仰位
	3F 和 4F		所有
焊钉焊	1F 平位	F 平位	
	2F 横位	H 横位	
	4F 仰位	OH 仰位	

注: a 立焊分为立向上和立向下, 相互不能替代;
b 不适用于两面角 $\psi \leq 60^\circ$ 的零件之间的角焊缝。

6 试板厚度及认可产品厚度范围符合表 6.3.3-5 的规定。

表 6.3.3-5 试板厚度及认可产品厚度范围

试件板厚度 t (mm)	认可产品厚度范围 (mm)
$3 \leq t < 10$	$3 \sim 1.5t$
$10 \leq t < 25$	$3 \sim 3t$
$t \geq 25$	≥ 3

7 试件的形式及规格尺寸

1) 板材对接接头试件形式

板材对接接头试件的规格尺寸及坡口形式应符合表 6.3.3-6 和图 6.3.3-1 的要求。

表 6.3.3-6 板材对接试件的规格尺寸及坡口形式

试件长度 L(mm)	试件宽度 B(mm)	衬板尺寸 $B_1 \times t_1$ (mm)	坡口尺寸					
			角度 $\alpha(^{\circ})$		间隙 b(mm)		钝边 p(mm)	
			不带衬板	带衬板	不带衬板	带衬板	不带衬板	带衬板
≥ 250	≥ 120	50×6	60 ± 2.5	45 ± 2.5	1~2	6 ± 1	≤ 2	≤ 1

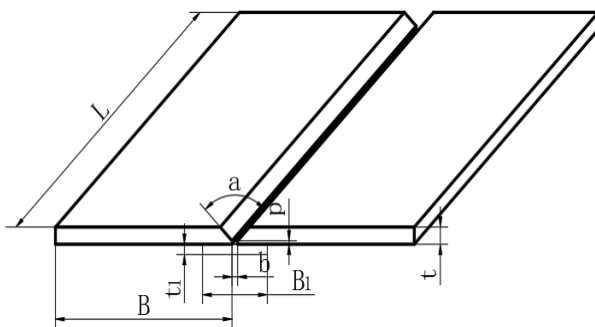


图 6.3.3-1 板材对接接头试件形式

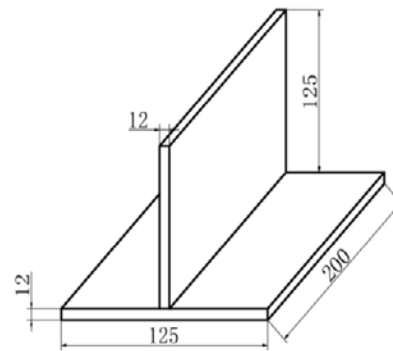


图 6.3.3-2 板材角接头试件形式

2) 板材角接头试件形式符合图 6.3.3-2 的要求。

8 考试试件的检验项目、取样数量、位置及试样制备见表 6.3.3-7。

表 6.3.3-7 焊工技能评定检验项目和数量

考试焊缝种类	评定试板位置	考试检验项目						
		外观	RT 或 UT #1	面弯 $t < 10$	背弯 $t < 10$	侧弯 $t \geq 10$	折断	宏观金相
板材坡口焊缝	1G、2G、3G、4G、3G+4G	要	要	1	1	2	-	-
		要	要	—	—	2		
板材角焊缝	1F、2F、3F、4F	要	要	$t \leq 14$ 1	$t \leq 14$ 1	$t > 14$ 2	要	4 #2
		要	要	—	—	2		

注：#1 除了采用短路过渡的实芯气体保护焊外，试板做射线探伤 RT 可以取代弯曲试验。

如果使用射线探伤 RT 取代上述弯曲测试，则焊缝余高应磨平。

#2 试件整长方向作为一个整体进行折断试验，或者进行宏观金相检验，检验面至少有一个在接头处。

9 试件取样位置，如图 6.3.3-3 和图 6.3.3-4。

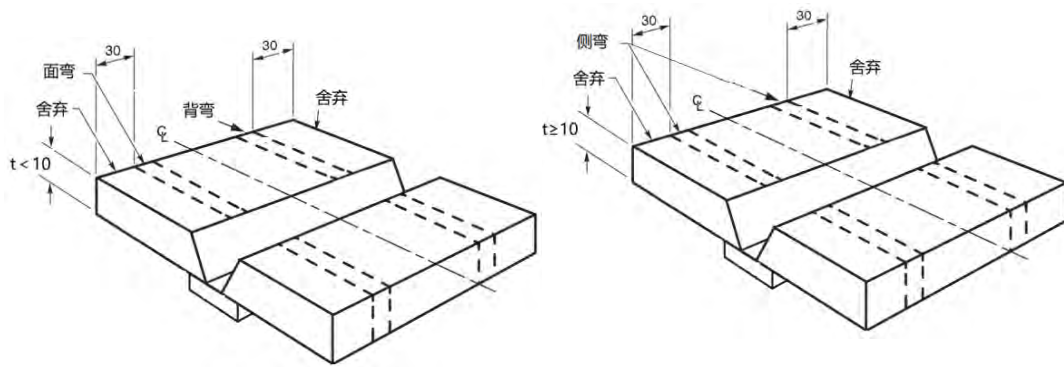


图 6.3.3-3 板材对接接头试件取样位置

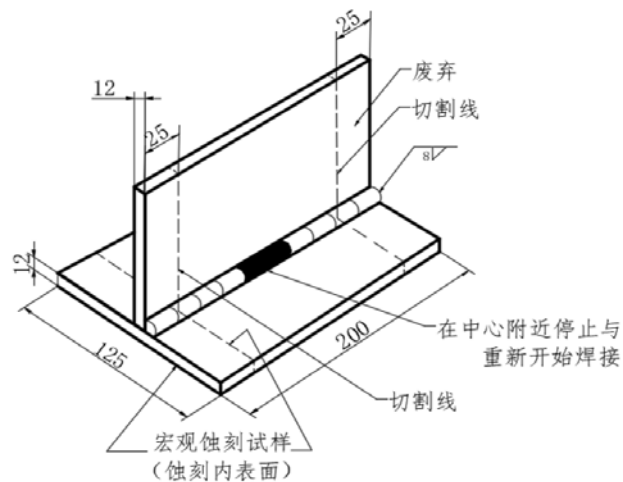


图 6.3.3-4 板材角接接头试件取样位置

10 手工焊焊工操作技能评定试样检验见附录 G.0.3。

6.3.4 定位焊焊工操作技能评定

1 一般要求

- 1) 定位焊工评定用母材分类同手工电弧焊，见表 6.3.3-1；
- 2) 定位焊工对每种焊接位置需单独评定；
- 3) 定位焊焊接工艺评定焊接方法，见表 6.3.3-3；
- 4) 评定合格的定位焊工应有资格使用与技能评定相同的工艺和焊接位置，对所有类型的坡口焊缝和角焊缝进行定位焊接；
- 5) 定位焊焊工评定合格后，可以认可产品厚度 $\geq 3\text{mm}$ 。

2 试样形式及尺寸要求，见图 6.3.4-1：

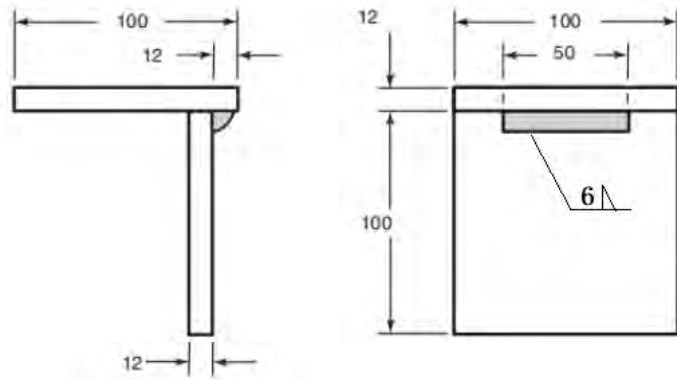


图 6.3.4-1 定位焊试件形式

3 定位焊试样检验方法：

焊缝表面与结构的表面应经过外观检查，确定有无缺陷。试件可以用任意的简便方法加载至试件断裂。见图 6.3.4-2。

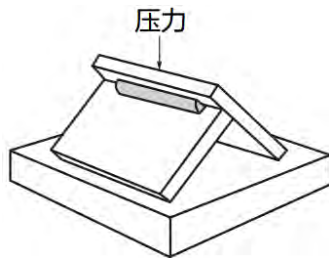


图 6.3.4-2 定位焊试样折断方法

4 定位焊焊工操作技能评定试样检验见附录 G.0.4。

6.3.5 机械化焊工操作技能评定

1 一般要求：

- 1) 按照本标准第 6.2 节完成合格的焊接工艺评定的机械化焊工，可以获得与焊接评定相应的焊接资质；
- 2) 机械化焊工经全熔透坡口焊接评定合格后，可同时获得该方法在评定位置的部分熔透和角焊缝的资格；
- 3) 机械化焊工使用多丝焊可以替代单丝焊，反之不可；
- 4) 焊道间可以手工清理，但不允许电动清理；除盖面焊道之外，允许焊工在征得考官或考试机构同意的条件下，通过打磨去除轻微的缺欠。盖面焊道只允许打磨停弧和起弧处。焊道清理必须在评定位置上进行；
- 5) 除特殊要求外，单面坡口和双面坡口要求全焊透的焊缝，应进行清根和清根后打磨。

2 机械化焊工评定用母材分类同手工电弧焊焊工评定，见表 6.3.3-1：

板对接评定用母材厚度 $\geq 25\text{mm}$ 时，评定认可施焊产品厚度不限；

板角接评定用母材厚度 $\geq 12\text{mm}$ 时，评定认可施焊产品厚度不限。

3 机械化焊工所用焊接材料分类及认可范围：

机械操作技能考试所用焊接材料、保护介质应根据被焊钢材种类按焊接工艺文件选配，技能评定不做规定。

4 机械化焊工对每种焊接位置需单独评定；

5 焊接工艺评定焊接方法，见表 6.3.3-3；

6 检验项目：

评定试件检验项目见表 6.3.5-1 的规定。

表 6.3.5-1 机械化焊工试件检验项目

试件形式	试件厚度 (mm)	外观 检验	无损 探伤	试样数量					
				面 弯	背 弯	侧 弯	宏 观	折 弯	拉 伸
板材对接	$t \geq 25$	要	RT 或 UT	—	—	2	—	—	—
板材角接	$t \geq 12$	要	—	—	—	—	1	1	—
焊钉焊	t: 12~20mm	要	—	—	—	—	2	5	5

7 机械化焊工板材试件形式及取样位置，见图 6.3.5-1；

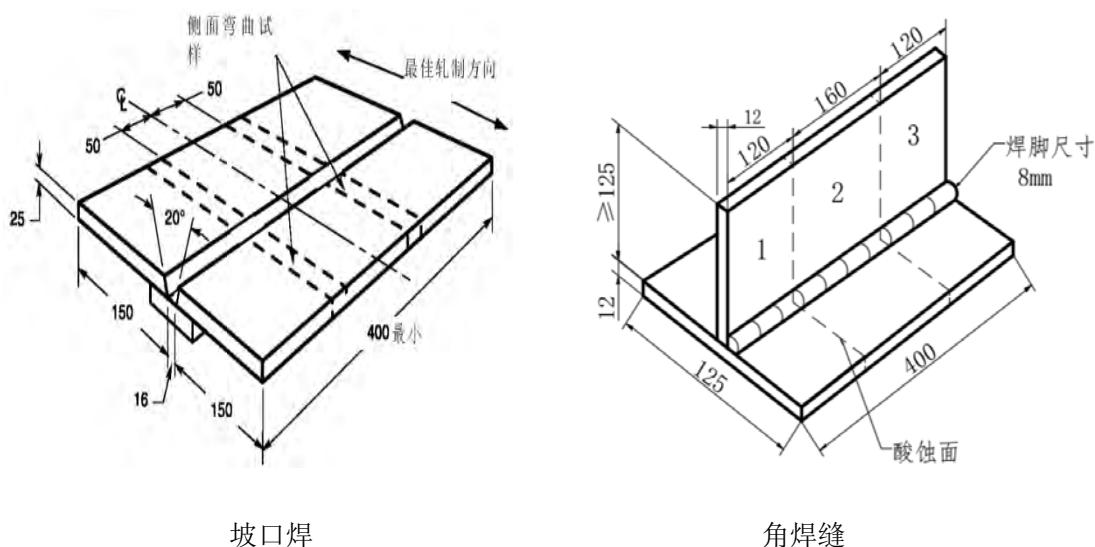


图 6.3.5-1 机械化焊工板材试件形式及取样位置

1-宏观酸蚀试样； 2-弯曲试样； 3-舍弃

8 焊钉焊焊工评定试件尺寸应符合图 6.3.5-2 的要求；

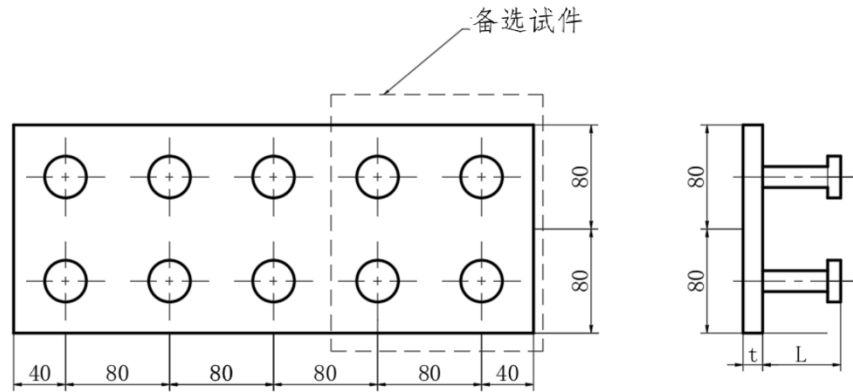


图 6.3.5-2 焊钉焊评定试件尺寸

9 机械化焊工操作技能评定试样检验见附录 G.0.5。

6.3.6 机器人焊工操作技能评定

1 参加机器人焊接操作技能评定的人员应具有与机器人焊接工艺方法相同的手工或机械操作资格。

2 机器人焊接操作人员的职责和技术能力应符合下列规定：

- 1) 启动电源、冷却液泵、焊枪清洁等机器人本体和外围设备；
 - 2) 调节、使用机器人焊枪和送丝机构，并应能完成焊枪、导电嘴、喷嘴、焊丝驱动辊以及焊丝的安装、更换和调节等工作；
 - 3) 应熟悉机器人控制面板的操作，应能熟练操控机器人的各种动作；
 - 4) 应具备机器人相关外围设备的操作使用以及维护能力；
 - 5) 应具备目视检查试件焊缝的能力，并应在焊接工艺规程允许的范围内调整焊接参数；
- 人员应有良好的焊接背景，对机器自动化程序和功能应有全面了解。

3 机器人焊接操作技能评定所用钢材，焊材及焊接方法分类和认可范围同机械焊工评定要求。

4 机器人焊接操作技能考试试件尺寸及试样取样位置、检验项目、方法及检验合格标准同机械焊工评定要求，见附录 G.0.5 机械化焊工和机器人焊接操作工技能评定试样检验。

7 零件加工

7.1 一般规定

7.1.1 钢板在下料前应按下列规定进行预处理：

- 1 预处理宜包括校平、抛丸除锈、除尘及涂防锈底漆等工序。
- 2 对构件在车间内加工制作且在非雨雪季节使用的钢材，当确认其不会产生锈蚀，且后期可做打砂或抛丸除锈的构件，其原材可不喷涂防锈底漆；设计对车间防锈底漆有要求时，应从其规定。
- 3 预处理完成后，应及时将钢板原有的牌号、规格、炉批号、项目代码等信息移植到经处理后的钢板上。

条文说明

下料前对钢板进行预处理的主要目的是：消除钢板轧制过程中在其表面留存的残余应力；调整提高钢板表面的平整度，防止进厂的钢板因弯曲、翘曲等因素影响切割质量；防止钢板在构件的制造过程中产生锈蚀等。

7.1.2 钢材的下料与加工应按加工图和工艺文件进行。在下料前应对钢材的牌号、规格、外观质量和质检资料等进行核对，确认无误后方可下料。

7.1.3 钢材在起吊、搬移和存放过程中，应防止其产生永久变形。钢板的起吊和搬移宜采用磁力吊，严禁使用易损伤钢板的钢丝钳等夹持式工具。

7.2 切割

7.2.1 切割的准备工作应符合下列规定：

- 1 切割工艺应根据切割工艺试验的结果进行编制。
- 2 下料尺寸应考虑焊接收缩，按要求预留足够的加工余量。
- 3 主要零件下料时，应使钢材的轧制方向与其主要应力方向一致。

条文说明

- 1 切割工艺试验的内容通常包括粗糙度、硬度和微裂纹等。
- 2 加工余量通常包括焊接变形、切割余量、机加工余量和二次切割余量等。

7.2.2 切割时钢板应放平、垫稳，切割缝的底面应留有空隙。切割表面不应有裂纹，切割产生的挂渣应清除。

7.2.3 零件宜采用火焰、等离子、激光（不可用于螺栓孔成孔）等数控、自动或半自动等切割下料方式，切割后其边缘不进行机加工的零件应符合下列规定：

1 切割面的质量应符合表 7.2.3-1 的规定；

表 7.2.3-1 切割面质量

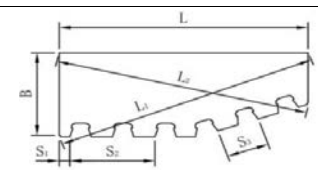
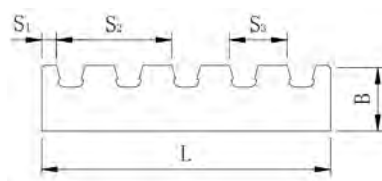

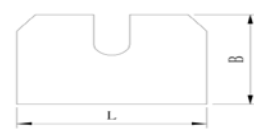
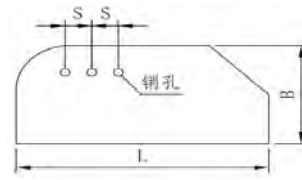
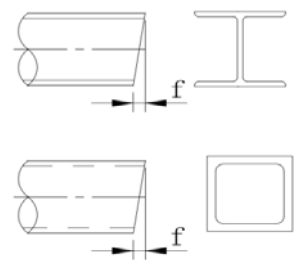
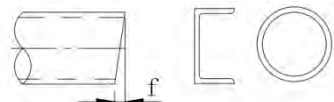
序号	名称	主要零件	次要零件	备注
1	表面粗糙度	25 μ m	50 μ m	按 GB/T 10610 用样块检测
2	崩坑	不允许	1000mm 长度内允许有 1 处 1mm	—
3	塌角	圆角半径 \leq 1mm		—
4	切割面垂直度	\leq 0.05t (t 为板厚)，且 \leq 2mm		—

2 尺寸允许偏差应符合以下规定：

1) 钢箱梁零件尺寸的允许偏差应符合表 7.2.3-2 的规定。钢箱墩、钢盖梁零件尺寸的允许偏差可按表 7.2.3-2 的规定执行。

表 7.2.3-2 钢箱梁零件尺寸允许偏差(mm)

序号	名称	允许偏差	简图	
1	U 形肋	长度 L	± 2	
		上宽 B_1	+3, -1	
		下宽 B_2	± 15	
		高度 H_1 、 H_2	± 15	
		两肢差 $ H_1 - H_2 $	≤ 2	
		旁弯、竖弯	$\leq L/1000$ 且 ≤ 6	
		扭曲	≤ 3	
2	顶板、底板、腹板	长度 L	± 2 ^①	
		宽度 B	± 2	
		对角线差 $ L_1 - L_2 $	≤ 3	
3	横隔板	长度 L、宽度 B	± 2	
		槽口尺寸偏差 S_1	+2, 0	
		任意两槽口间距 S_2	± 2	

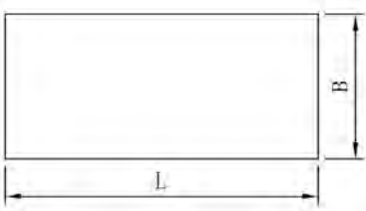
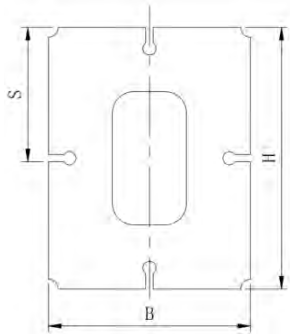
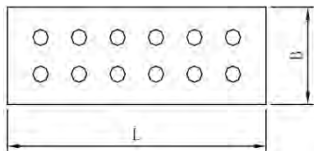
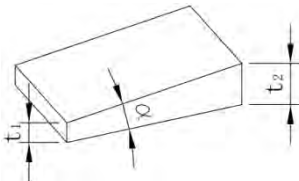
序号	名称		允许偏差	简图	
	相邻两槽口间距 S_3		± 1	 <p>注: ΔL_1、ΔL_2为理论值与实际值的差值</p>	
	对角线差 $ \Delta L_1 - \Delta L_2 $		≤ 5		
4	横隔板接板	长度 L	± 2		
		宽度 B	与横隔板搭接		± 2
			与横隔板对接		± 1
		槽口尺寸偏差 S_1	+2, 0		
		任意两槽口间距 S_2	± 2		
		相邻两槽口间距 S_3	± 1		
5	纵隔板	板件长度 L	± 2		
		板件宽度 B	± 2		
6	锚箱承力板	长度 L	± 2		
		宽度 B	± 2		
7	吊索锚固耳板	长度 L、宽度 B	± 2		
		孔间距 S	± 2		
8	其他板件	长度 L	± 2	—	
		宽度 B	± 2		
9	检查车轨道	长度 L	± 2		
		端面垂直度 f	≤ 2		
10	其他型钢	长度 L	± 3		

序号	名称	允许偏差	简图
	端面垂直度 f	≤ 2	

注：① 留二次配切量时正差可适当放宽。

2) 钢桁梁、钢板梁零件尺寸的允许偏差应符合表 7.2.3-3 的规定。钢桁梁桥面板块、桁梁腹板零件尺寸的允许偏差应按表 7.2.3-3 的规定执行。


表 7.2.3-3 钢桁梁、钢板梁零件尺寸允许偏差(mm)

序号	名称	允许偏差	简图		
1	钢桁梁的弦杆、斜杆、竖杆、横梁，纵梁，连接系构件，钢板梁主梁	翼缘板腹板长度 L	± 2 ①		
		翼缘板宽度 B	箱形		+2, 0
			工形		± 2
		腹板宽度 B	根据翼缘板厚度及焊接收缩量确定		
2	箱形构件内隔板	宽度	$B \leq 1000$	+0.5, 0	
			$B > 1000$	+1, 0	
		高度 H		0, -1	
		板边垂直度	$H \leq 1000$	≤ 0.5	
			$H > 1000$	≤ 1	
槽口尺寸偏差 S	± 1				
3	连接板	长度 L 、宽度 B	± 2		
4	其余零件长度、宽度		± 2		
5	楔形板 (支座垫板等)	厚度 t_1 、 t_2	± 1		
		斜角 α	$\leq 0.2^\circ$		

注：①留二次配切量时正差可适当放宽。

3) 钢塔零件尺寸的允许偏差应符合表 7.2.3-4 的规定。

表 7.2.3-4 钢塔零件尺寸允许偏差(mm)

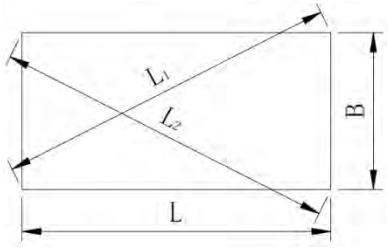
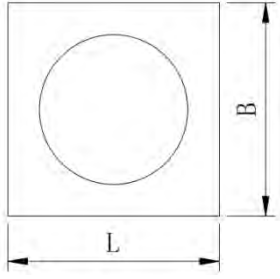
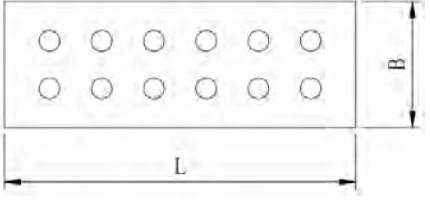
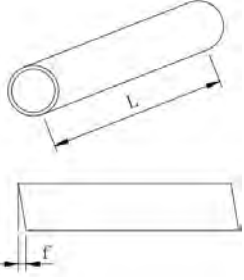
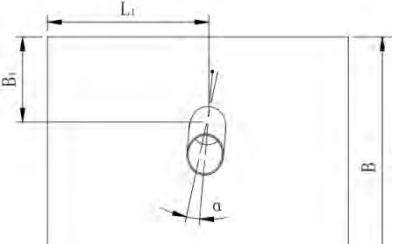
序号	名称	允许偏差	简图	
1	壁板和腹板、横梁翼缘板和	长度 L 、宽度 B	± 2	

序号	名称	允许偏差	简图
	腹板	对角线差 $ L_1-L_2 $	≤ 3
		板边直线度	≤ 2
2	隔板	长度L、宽度B	± 1
		槽口尺寸偏差 S_1	± 2
		槽口间距 S_2	± 2
		板边垂直度	≤ 2
		平面度	2/1000
3	钢锚梁锚垫板和锚下承压板	长度L、宽度B	± 2
		平面度	≤ 0.2
4	其他零件	长度、宽度	± 2

4) 钢锚梁、钢锚箱零件尺寸的允许偏差应符合表 7.2.3-5 的规定。

表 7.2.3-5 钢锚梁、钢锚箱零件尺寸允许偏差(mm)

序号	名称	允许偏差	简图
1	钢锚梁拉板	长度L	± 2
		宽度B	± 2
		对角线差 $ L_1-L_2 $	≤ 3
2	钢锚箱拉板	长度L	± 1
		宽度B	+1, -0.5
		对角线差 $ L_1-L_2 $	≤ 2
3	承力板	长度L	+1, 0

序号	名称		允许偏差	简图
		宽度 B	+1, -0.5	注: ΔL_1 、 ΔL_2 分别是 L_1 、 L_2 的理论值与实际值的差值。
		对角线差 $ \Delta L_1 - \Delta L_2 $	≤ 2	
4	锚箱隔板	长度 L	± 2	
		宽度 B	+1, 0	
		对角线差 $ L_1 - L_2 $	≤ 2	
		垂直度	0.1°	
5	锚垫板、承压板	长度 L、宽度 B	± 2	
		平面度	≤ 0.2	
6	连接板	长度 L、宽度 B	± 2	
7	套筒	长度 L	± 3	
		端面垂直度 f	≤ 2	
8	壁板	长度 L	± 2	
		宽度 B	± 1	
		椭圆孔轴线角度 α	$\pm 0.15^\circ$	

序号	名称		允许偏差	简图
		椭圆孔定位尺寸 L_1 、 B_1	± 2	
9	钢锚梁盖板、钢锚箱横隔板	长度	± 2	—
		宽度	± 1	
10	其余零件	长度、宽度	± 2	—

条文说明

钢锚梁通常由拉板、壁板、锚下承压板和锚垫板等零件组成，如图 7.2.3-1 所示；钢锚箱通常由拉板、壁板、锚下承压板、锚垫板、腹板和加劲隔板等零件组成，如图 7.2.3-2 所示。

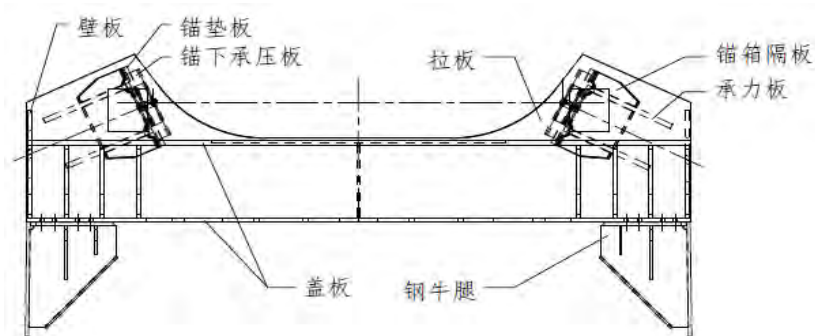


图 7.2.3-1 钢锚梁示意图

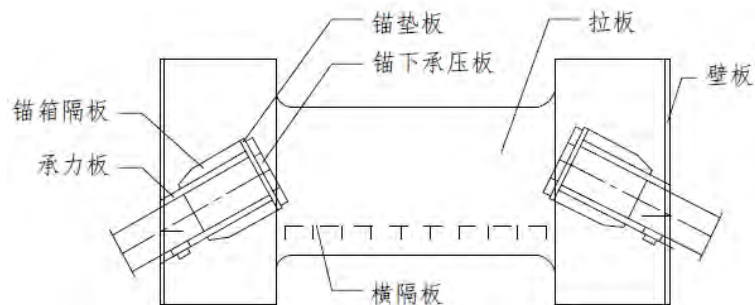
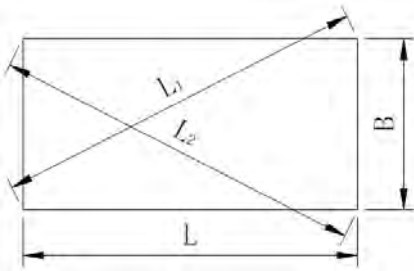
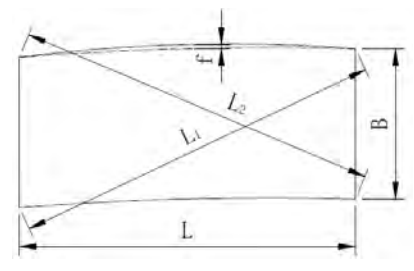
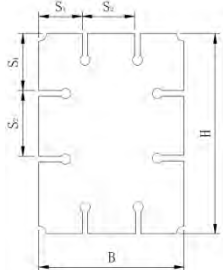



图 7.2.3-2 钢锚箱示意图

5) 钢箱拱拱肋零件尺寸的允许偏差应符合表 7.2.3-6 的规定。

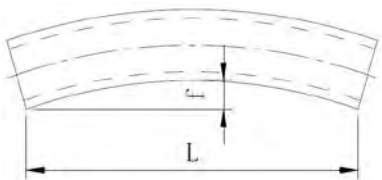
表 7.2.3-6 钢箱拱拱肋零件尺寸允许偏差(mm)

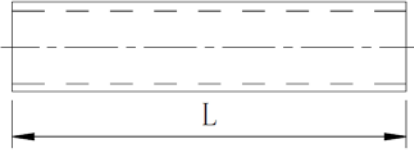
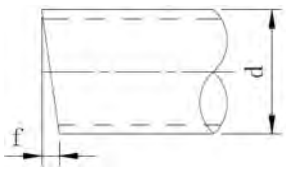
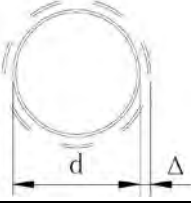
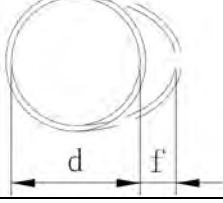
序号	名称		允许偏差	简图
1	顶板、底板、 腹板	长度 L	± 2 ①	
		对角线差 $ L_1 - L_2 $	≤ 2	
2	顶板、底板宽度 B		+2, 0	
3	腹板	宽度 B	± 2	
		对角线差 $ L_1 - L_2 $	≤ 2	
		矢高 f	≤ 5	
4	隔板	宽度 B、高度 H	± 1	
		槽口定位尺寸 S	± 1	
		板边垂直度	≤ 1	
5	其余零件	长度 L	± 2	
		宽度 B	± 2	

注：①留二次配切量时正差可适当放宽。

6) 钢管拱、钢管墩零件尺寸的允许偏差应符合表 7.2.3-7 的规定。

表 7.2.3-7 钢管拱、钢管墩零件尺寸允许偏差(mm)

序号	名称		允许偏差 (mm)	简图
1	钢管拱	长度 L	± 3 ①	
2		纵向弯曲 f	$\leq L/1000$ 且 ≤ 3	
3		管端不平度 f	$\leq d/500$ 且 ≤ 3	

序号	名称		允许偏差 (mm)	简图
4	钢管墩	长度 L	$\pm 5^{\text{①}}$	
5		管端不平度 f	≤ 3	
6	外径 d		$\pm d/500$ 且 ± 3	
7	椭圆度 f	桩接部位	$\leq d/500$ 且 ≤ 3	
		其余部位		

注：^①留二次配切量时正差可适当放宽。

3 钢材切割面的硬度应不超过 350HV10。

7.2.4 由于钢桥产品自身的特殊性，在生产过程中需要保证构件中主要零件所用材料的可追溯性。因此需要在材料准备、材料切割、构件组装等各个工序中对材料信息进行跟踪移植记录，确保零件上的实物信息与材料信息一致。零件标识受到污损或破坏时，及时进行补写或重新移植，确保原材信息传递的连续性。同一构件号为多根构件时，需在构件号后增加构件流水号，以便对每个构件上同一种编号的零件进行区分。

材料信息在各工序中的传递靠实物零件信息标识和各工序记录，在项目制作过程中，要保存好对应文件，并整理形成备案文件保存。

7.2.5 相贯连接的钢管应采用相贯线切割机进行切割。

7.2.6 剪切仅可用于次要零件或剪切后仍需要加工的零件。采用剪切工艺时，钢板厚度宜不大于 12mm，剪切边缘应平整，无毛刺、反口、缺肉等缺陷。边缘缺棱应不大于 1mm，型钢端部垂直度应不大于 2mm。

7.2.7 手工焰切仅可用于工艺特定或焰切后仍需再加工的零件，手工焰切后不再加工的零件应修磨匀顺。

条文说明

工艺特定的零件是指不便采用自动切割或半自动切割边缘的零件。

7.2.8 切割完毕后，应对所有零件进行标识并记录，实现材料的可追溯性。

条文说明

标识的目的是使零件在制造过程中容易被识别，而且可以追溯。标识一般包括项目代码、钢材牌号、规格尺寸、炉批号/库号等信息。

7.2.9 对切割边缘的缺口或崩坑等缺陷，应按附录 F《钢板、加工及焊缝外观缺陷的修补方法》的规定进行修补。

7.3 制孔

7.3.1 高强度螺栓孔、铆钉孔和主要零件上的螺栓孔应钻制成形。禁止采用热切割成孔。

7.3.2 钻孔应在零件或构件矫正后进行。孔形应为正圆柱形，孔壁表面的粗糙度应不大于 Ra25 μ m，孔的圆度偏差应不大于 0.5mm。螺栓孔缘要求平顺、无损伤和不平、无刺屑，倒角为 2 \pm 0.5mm。

7.3.3 高强度螺栓孔、铆钉孔和主要零件上螺栓孔的孔径允许偏差应符合表 7.3.3 的规定。

表 7.3.3 高强度螺栓孔、铆钉孔和主要零件上螺栓孔的孔径允许偏差 (mm)

序号	螺栓、铆钉直径	螺栓、铆钉孔径	允许偏差	
			孔径	孔壁垂直度
1	M12	14	+0.5,0	板厚 \leq 30mm 时，不大于 0.3 板厚 $>$ 30mm 时，不大于 0.5
2	M16	18	+0.5,0	
3	M18	20	+0.7,0	
4	M20	22	+0.7,0	
5	M22	24	+0.7,0	
6	M24	27	+0.7,0	
7	M27	30	+0.7,0	
8	M30	33	+0.7,0	

注：在 U 形肋和板肋上孔径可比表中值大 2mm，但其连接板孔径应采用表中值。

7.3.4 高强度螺栓孔、铆钉孔和主要零件上螺栓孔的孔距允许偏差应符合表 7.3.4 的规定；设计文件对孔距偏差有特殊要求的，应符合其规定。

表 7.3.4 高强度螺栓孔、铆钉孔和主要零件上螺栓孔的孔距允许偏差 (mm)

序号	名称		允许偏差					
			钢箱梁	钢桁梁	钢板梁	钢塔	钢箱拱	其它构件
1	两相邻孔距离		±0.5	±0.4	±0.4	±0.4	±0.4	±0.4
2	同一孔群任意两孔距		±0.8	±0.8	±0.8	±0.8	±0.8	±1.0
3	多组孔群两相邻孔群中心距		-	±0.8	±1.5	±0.8	±0.8	±1.0
4	两端孔群中心距	L≤11m	±1.5 ①	±0.8	±0.8 (±4.0) ②	±1.5	±0.8	±1.5
		L>11m	±2.0 ①	±1.0	±1.0 (±8.0) ②	±2.0	±1.0	±2.0
5	孔群中心线与构件中心线的横向偏移	腹板不拼接	-	2.0	2.0	2.0	2.0	-
6		腹板拼接	-	1.0	1.0	1.0	1.0	-
7	构件任意两面孔群纵、横向错位		-	1.0	-	1.0	1.0	-
8	孔与自由边距③		±2.0					

注：①桥面板单元 U 形肋采用特配连接板时可适当放宽。

②括号内参数值为连接支座的孔群中心距允许偏差。

③连接板安装后，不与其余构件相连的，正差不受此限。

7.4 过焊孔

7.4.1 过焊孔的加工方法：

- 1 采用数控火焰、数控等离子、锁口机及半自动火焰等切割设备加工。通过编程或模板划线，利用机械设备在下料阶段直接开设后进入组装工序。
- 2 不便在下料工序直接切割过焊孔的零部件采用手工火焰切割加工。在构件焊接矫正完成后，利用过焊孔样板在相应部位划线后切割，并打磨至工艺要求。
- 3 对于翼板厚度大于 50mm 的轧制型材和腹板厚度大于 40mm 的焊接组合型材，在热切割之前应先预热至 65℃；在拼接腹板和翼缘板的坡口焊缝之前，打磨过焊孔的热切割边缘，并做 MT 或 PT 检测。

7.4.2 过焊孔加工质量要求：过焊孔表面不得有氧化铁、毛刺等，表面应光滑、平整，外形尺寸符合工艺要求，其允许偏差如下：

- 1 过焊孔的宽度、长度允许偏差为 $-1\sim+3\text{mm}$ 。
- 2 过焊孔切割面垂直度不超过 $0.05t$ ，且不应大于 2.0mm 。
- 3 过焊孔切割面粗糙度不大于 $Ra25\ \mu\text{m}$ 。

7.4.3 过焊孔缺陷处理：过焊孔切割面的平面度、割纹深度、局部缺口深度超过允许偏差的，必须按要求修补并打磨光滑平顺。

7.5 机加工

7.5.1 一般规定

1 零件的机加工应符合下列规定：

- 1) 加工面的表面粗糙度应不大于 $Ra25\ \mu\text{m}$ ，零件边缘的加工深度应不小于 3mm ，但零件边缘硬度不超过 $350\text{HV}10$ 时，加工深度可不受此限。
- 2) 顶紧传力面的表面粗糙度应不大于 $Ra12.5\ \mu\text{m}$ ；顶紧加工面与板面垂直度的偏差应小于 $0.01t$ (t 为板厚)，且不得大于 0.3mm 。

2 钢塔节段端面的机加工应符合下列规定：

- 1) 从事钢塔节段机加工的操作人员应进行岗前培训并经考核合格。
- 2) 节段端面机加工前，应设计定位工作平台，平台应具有足够的刚度、承载力和稳定的水平基准面，并应设置精确的定位调整装置，其精度应满足节段端面机加工的要求。部件或构件应与工作台面固定牢固，不会因加工时机械振动导致零件或构件移位。
- 3) 对钢塔节段划线时，应提前将其置于机加工车间，使各部位的温度达到均衡，且宜选择在钢塔节段的壁板、腹板温差不大于 2°C 时进行。
- 4) 构件或部件的端面铣加工应在构件或部件组装、焊接完成且检验合格后进行。
- 5) 构件或部件端铣量应根据基准面(线)和焊接收缩量确定，不宜小于 5.0mm 。
- 6) 机加工前应对节段的受力状态和支点位置进行分析计算，保证节段的端面与轴线垂直。在节段支撑稳定后，宜调整支点反力，使各点受力均匀后再进行划线及定位操作。
- 7) 端面加工时应按切削基准线进行铣削，同时应对加工时产生的切削热采取冷却措施。
- 8) 节段端面加工完成后，应采用钢划针划出预拼装对位线，并作出标识；加工端面宜进行临时涂装防锈保护。
- 9) 端铣后顶紧接触面应有 75% 以上的面积紧贴，用 0.2mm 塞尺检查，其塞入面积不得超过 25% ，且边缘最大间隙不得大于 0.8mm 。
- 10) 构件或部件端部铣平允许偏差应符合表 7.5.1-1 和表 7.5.1-2 的规定。

表 7.5.1-1 非钢塔构件的端部铣平允许偏差 (mm)

序号	项目	允许偏差
1	两端铣平时构件长度	± 2.0
2	两端铣平时零件长度	± 0.5
3	铣平面平面度	0.3

表 7.5.1-2 钢塔节段端部铣平允许偏差 (mm)

序号	名称	允许偏差	简图
1	长度 L	± 2	
2	两平面的平行度	≤ 0.5	
3	平面度 f	0.25/全平面 (面积 $\leq 42\text{m}^2$)	
		0.4/全平面 (面积 $> 42\text{m}^2$)	
4	表面粗糙度	$\leq \text{Ra}12.5\mu\text{m}$	
5	钢塔节段端面垂直度 (顺桥向 横桥向)	$\leq 1/10000$	

条文说明

节段端面机加工适用于采用“金属接触+螺栓连接”方式连接的钢塔，是钢塔制造过程中的一道重要工序，在组装、焊接修正后进行。机加工通常根据设计要求的节段精度来选择切削刀具、确定切削参数，并制订相应的铣削加工工艺及质量控制措施。对于采用“焊接连接”的钢塔一般不要求进行端面的机加工。

减少加工车间内的温度变化，防止阳光的直接照射及外部气流的影响，能降低机加工过程中钢塔节段的温度变形，提高加工精度。

7.5.2 镗孔

- 1 镗孔的加工余量不小于 5mm。
- 2 贴板加强的同心孔，贴板宜与主零件焊成一体再机械镗孔。
- 3 用划针划出孔的十字中心定位，标记线引到孔周围的零件面上，作为机械对中的基准。

8 部件加工

8.1 一般规定

8.1.1 组装前，应根据设计文件检查组装用零部件的材质、规格、数量、尺寸及外观等，检查板面的平面度，超差的要先修整，并清除组装焊接处连接接触面及沿边缘 20mm~30mm 范围内的铁锈、毛刺、污垢等。

8.1.2 部件组装应在基础牢固的工作平台或专用工装、设备上进行。

8.1.3 部件组装应有明确的基准面(线)，组装完成经检验合格后，应在部件上标记该基准面。

8.1.4 部件组装经检验(自检)合格后进行焊接。

8.1.5 在零部件上的焊缝交叉位置，应设置过焊孔，过焊孔大小见 7.4 节。

8.1.6 单面焊的部件，焊前要做反变形或刚性固定，减少焊后修整量。

8.1.7 焊接位置优先采用平位、横位、立位焊接，焊接参数应遵从焊接工艺规程(WPS)的参数控制要求。应优先采用机械焊、自动焊，减少人为因素的不利干扰，提高焊缝成型质量。焊后修整应清理飞溅和药皮，不合格焊缝需返修。

8.1.8 钢板及型钢的接料应在部件组装前完成，并应符合下列规定：

1 钢板的接料长度宜不小于 1000mm，宽度均不得小于 200mm，横向焊缝轴线距孔中心线宜不宜小于 100mm。钢箱梁顶板、底板、腹板接料的纵向焊缝与 U 形肋、板肋焊缝及隔板间距不应小于 100mm，因分段等特殊情况下不满足以上要求的需征得设计同意。主要零件下料时(顶底腹板)，应使钢材的轧制方向与其主要应力方向一致。

2 组焊型钢梁的接料宜在组立前完成，翼板接料不小于 2 倍翼板宽度且不小于 600mm，腹板接料不小于 600mm，且翼、腹板的接缝至少要错开 200mm，组焊梁的主缝宜采用埋弧焊焊接，焊缝尺寸应符合设计要求。

3 热轧型钢梁的接料在设计无明确要求的条件下，可采用直接口，最小接料长度为 2 倍截面高度且不小于 600mm。

4 组装时应将相邻焊缝错开，错开的最小距离应符合图 8.1.8-1 的规定。

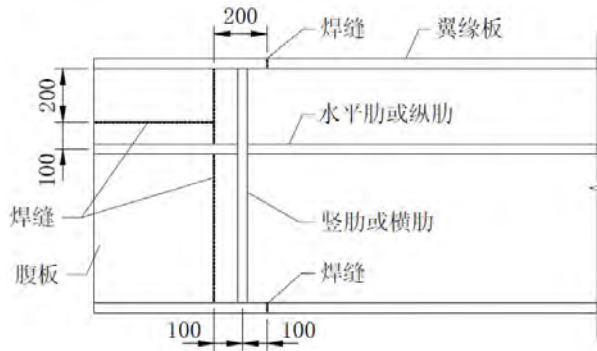


图 8.1.8-1 焊缝错开的最小距离（尺寸单位：mm）

5 节点板不宜接长或接宽；特殊情况下需接宽时，焊缝错开的最小距离应符合图 8.1.8-2 的规定。

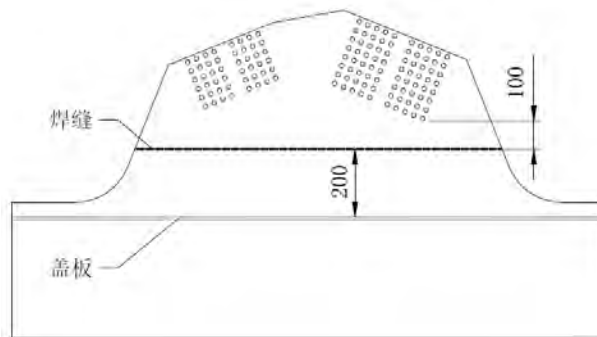


图 8.1.8-2 节点板焊缝错开的最小距离（尺寸单位：mm）

6 钢管拱弦管的接料长度应不小于 1000mm，且不小于钢管直径。焊缝错开的最小距离应符合图 8.1.8-3 的规定。

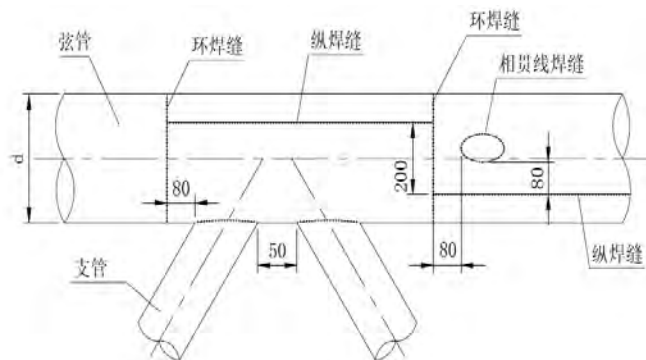


图 8.1.8-3 钢管拱弦管焊缝错开的最小距离（尺寸单位：mm）

8.1.9 十字焊缝：

钢桥的顶、底、腹板现场对接焊缝，可为十字形或T字形，T字形交叉点的间距不得小于 200mm。十字焊缝需做相应焊接工艺评定，合格后方可采用。

条文说明

6 一般情况下，节点板要尽量避免接料，但随着桥梁跨度的不断增大，相应地节点板也随之增大，有的节点板其宽度超出了钢板的轧制宽度，在这种情况下就需要接料。本款要求焊缝错开的最小距离，主要是为了减小接料对节点强度的不利影响。

8.2 部件分类

8.2.1 本章节部件均特指为板式单元件，即面板和加劲肋的组合单元，该单元部件既可能是在工厂参与桥梁整体组装制作的零件组合体，也可能是作为独立发货单元的构件。

8.2.2 箱型梁桥、钢箱拱桥和桁架桥一般分为顶板单元部件、底板单元部件、腹板单元部件、隔板单元部件。

8.2.3 顶板单元、底板单元、腹板单元的面板可能是多个零件的拼接，也可能是独立的一个下料零件。当面板采用不同厚度钢板拼接时，板厚差 $<4\text{mm}$ 的可采取焊缝过渡的接板形式，板厚差 $\geq 4\text{mm}$ 时，采取机械削坡过渡（坡度 $\leq 1:8$ ）再开坡口的接板形式；面板接料要遵从设计内对齐或外对齐的要求。

8.2.4 隔板单元一般为整体下料制作，下料时预留现场拼接断缝。

8.3 部件制作

8.3.1 顶、底板单元部件由顶、底板及 U 型肋、I 肋组成，因尺寸较大，每个顶、底板由多个零件组成。

- 1 按照面板单元拼接大样，进行面板拼焊，拼接焊缝经检验合格后，进入焊前区域打磨、划线工序。
- 2 在专用胎架上，组装 U 型肋、I 型肋。

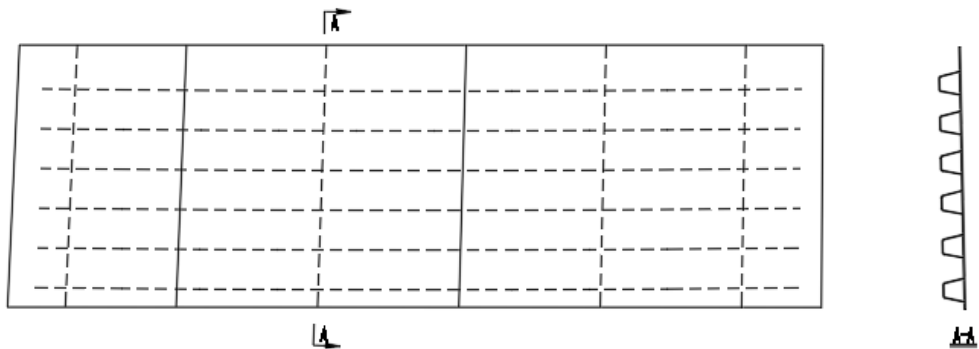


图 8.3.1-1 顶、底板单元件加工示意

- 3 在板单元焊接胎架上按焊接工艺施焊 U 形肋及板条肋焊缝，并按要求探伤。

- 4 采用冷矫正和火焰矫正的方法，矫正板块焊接翘曲变形，重点矫正边缘的波浪变形，满足对接平面度的要求。
- 5 以纵向基准线为基准修正横向基准线。

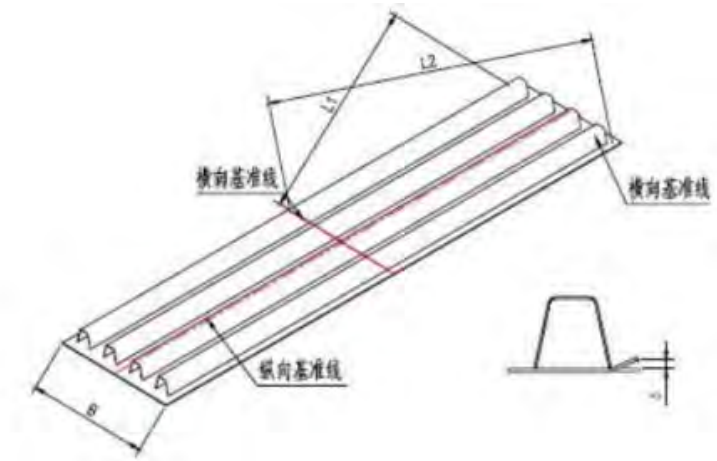


图 8.3.1-2 顶、底板单元纵横向基准线示意

- 6 在规定位置用白色油漆喷涂单元件编号，标明方向。

8.3.2 腹板单元部件

- 1 腹板单元部件由腹板及其水平加劲肋组成，因腹板尺寸较大，每个腹板由多个零件组成。
 - 1) 零件下料完成后，标识纵、横基准线。
 - 2) 在对接平台上进行腹板的对接，焊后修整焊接变形，修正各类位置线，划加劲肋位置线、隔板位置线。
 - 3) 在组装胎型上进行腹板单元的整体组装；将腹板铺设在组装胎架上；
- 2 按基准线组装水平加劲板，采用气体保护焊焊接；焊接完成后修正隔板位置线，示意图见图 8.3.2。

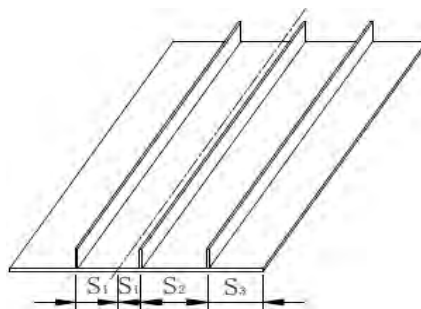


图 8.3.2 腹板单元件加工示意

- 3 板块焊接时先向一侧倾斜一定的角度，将加劲肋同侧的焊缝焊接完成后，再将板块向

相反的方向倾斜相同的角度，焊接加劲肋另一侧的焊缝，这样更有利于保证焊缝的熔深，并且焊接质量稳定。

4 所有焊缝焊接时都保持焊接方向一致，根据加劲肋数量以及焊缝焊接时产生侧向弯曲的倾向安排合理的焊接顺序，减小产生扭曲变形和侧向弯曲变形的倾向。

8.3.3 顶底板单元部件、腹板单元部件变形控制

为了控制焊接变形，采用专用的焊接反变形胎架，根据钢板宽度、厚度，横向设置不同的反变形量，板单元固定于胎架上后，在船位进行焊接。

8.3.4 隔板单元部件由隔板面板及其加劲肋组成，见图 8.3.4。

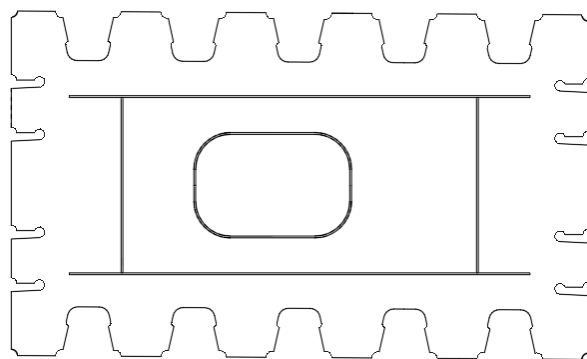


图 8.3.4 隔板单元部件加工示意

- 1 零件下料时预留隔板的现场割缝，间断切割，连接点预留 2~3 处，切割处切出现场缝间隙，并按图纸及工艺要求开好坡口；
- 2 划线定位装配加劲肋和人孔护板，定位焊要求见焊接章节，加劲肋的定位尺寸偏差不得超过 $\pm 3\text{mm}$ ；人孔圈需提前滚圆或采用模具预压成弧形，尺寸较大的人孔圈可分段预压再装配拼焊；
- 3 隔板焊接宜采用自动化或半自动化机械焊接，优先采用焊接机械臂或焊接机器人进行作业；
- 4 对隔板变形进行热矫正。

8.4 部件检验

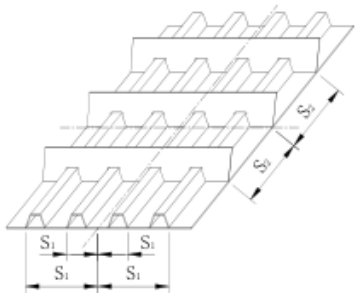
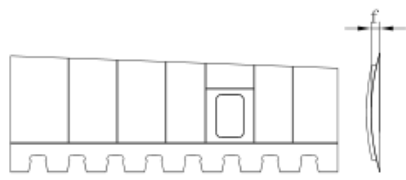
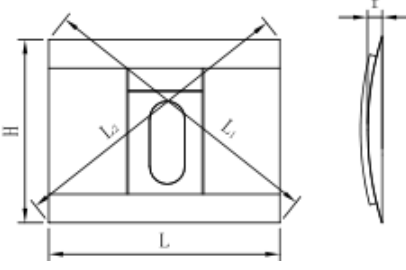
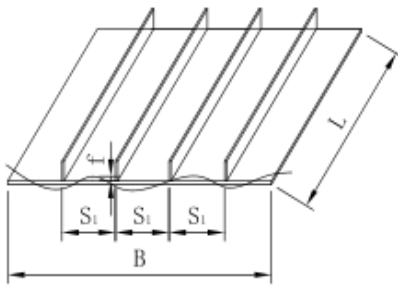
8.4.1 板单元组装尺寸允许偏差见表 8.4.1。

表 8.4.1 板单元组装尺寸允许偏差 (mm)

序号	名称		允许偏差	简图	
1	U 形肋组装间隙 Δ		≤ 0.5		
2	板肋组装间隙 Δ		≤ 1		
3	板肋垂直度 f		≤ 1		
4	顶板 底板	U 形肋与纵基线间距 S1	端部及横隔板处	± 1	
			其余部位	± 2	
5		横隔板接板间距 S2	上下对接形式	± 1	
			其余形式	± 2	
6	横隔板、横梁、横肋与桥面板组装间隙 Δ		≤ 2		
	横隔板与 U 形肋的组装间隙 Δ		≤ 2		
7	腹板	加劲肋与纵基线间距、加劲肋中心距 S1、S2、S3	端部及横隔板处	± 1	
			其余部位	± 2	
8	吊索 锚固 耳板	补强板组装间隙	≤ 0.5		

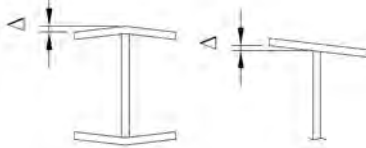
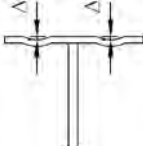

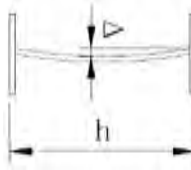
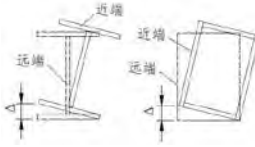
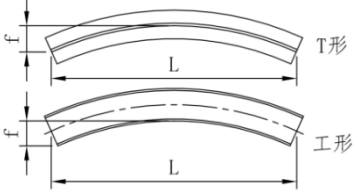

8.4.2 板单元矫正的允许偏差见表 8.4.2。

表 8.4.2 板单元矫正的允许偏差 (mm)

序号	名称		允许偏差	简图
1	顶板 底板	横向平面度	$S1/250$ 且 ≤ 5	
		纵向平面度	≤ 5	
		四角不平度	≤ 5	
		板边直线度	≤ 3	
		接板垂直度	≤ 2	
2	横隔板	平面度 f	≤ 5	
		板边直线度 f	≤ 2	
3	纵隔板	平面度 f	≤ 5	
		板边直线度 f	≤ 2	
4	腹板 风嘴	横向平面度 f	$S1/250$ 且 ≤ 5	
		纵向平面度 f	≤ 6	
		板边直线度	≤ 3	
		加劲肋与纵基线 间距、加劲肋中 心距 $S1$ 、 $S2$ 、 $S3$	端部及横 隔板处	
		其余部位	± 2	

8.4.3 部件矫正的允许偏差见表 8.4.3。

表 8.4.3 部件矫正的允许偏差 (钢板梁、钢混组合梁 mm)

序号	项目		允许偏差	简图
1	翼缘板对腹板的倾斜偏差	有孔部位	当 $b \leq 600$, $\Delta \leq 0.5$ 当 $b > 600$, $\Delta \leq 1.0$	
		其余部位	$\Delta \leq 2$	
2	翼缘板平面度	有孔部位	≤ 0.5	
		其余部位	≤ 2	
3	主纵梁腹板平面度 Δ	有孔部位及横梁接头板部位	1m 范围内不大于 1mm	
		其余部位	≤ 2.0	
4	横梁、小纵梁腹板平面度	有孔部位及横梁接头板部位	$H/500$, 且不大于 3.0	
		其余部位	$H/500$, 且不大于 5.0	
5	工形、箱型构件的扭曲 Δ		3.0	
6	T形、工形、箱型构件的弯曲: 纵梁、横梁的旁弯 f	$L \leq 4m$	≤ 2.0	
		$4m < L \leq 16m$	≤ 3.0	
		$L > 16m$	≤ 5.0	
7	拱度 f	主纵梁	+5 0	
		横梁、纵梁	+3 0	

9 构件组装

9.1 一般规定

9.1.1 组装前应熟悉施工图和工艺文件，并按图纸核对零件编号、材质、规格尺寸、坡口方向，确认无误后方可进行组装。

9.1.2 构件组装后坡口尺寸允许偏差应符合表 9.1.2 的规定。接头间隙中严禁填塞铁块、焊条头等杂物。坡口组装间隙偏差超过表 9.1.4 规定但不大于较薄板厚度 2 倍或 20mm 两值中较小值时，可在坡口单侧或两侧堆焊。角焊缝组装间隙不得大于 2mm，大于 2mm 且小于 5mm 的可通过增大焊角来实现，焊角增加的尺寸同组装间隙尺寸；大于等于 5mm 的组装间隙需调整为全熔透焊缝。

表 9.1.2 坡口尺寸组装允许偏差

序号	项目	背面不清根	背面清根
1	接头钝边	±2mm	—
2	无衬垫接头根部间隙	±2mm	+2mm -3mm
3	带衬垫接头根部间隙	+6mm -2mm	—
4	接头坡口角度	+10° -5°	+10° -5°
5	U 形和 J 形坡口根部半径	+3mm -0mm	—

9.1.3 采用先孔法的构件，组装时应以孔定位；采用胎架组装时，每一孔群所用的定位冲钉不得少于 2 个，冲钉直径宜根据孔径、板厚确定。

9.2 装配节点处理

9.2.1 组装前应熟悉施工图和工艺文件，并按图纸核对零件编号、材质、规格尺寸、坡口方向，确认无误后方可进行组装。

9.2.2 任何节点的装配均要以基准点、基准线、基准面为基准进行装配。

9.2.3 桥梁支墩处支座一般空间狭小、焊缝密集。首先考虑支座加劲分次装配焊接，前次的支座加劲焊接检验合格后，方可进行后续支座加劲的装配焊接；其次可考虑支座加劲断开二次拼焊来解决空间狭小的问题；如以上方案均不能解决，则需征得设计同意修改支座节点。

9.2.4 隔板 I 肋孔的设置方向和板单元 I 肋的布置要考虑装配的可行性和焊接的可焊性。I 肋

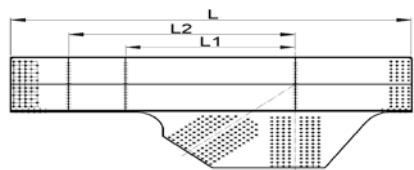
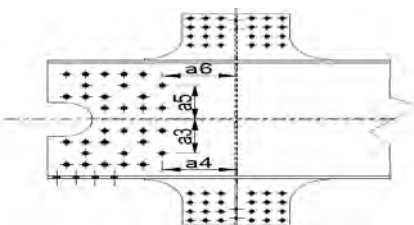
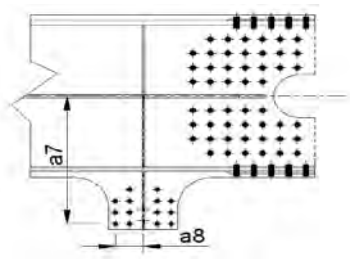
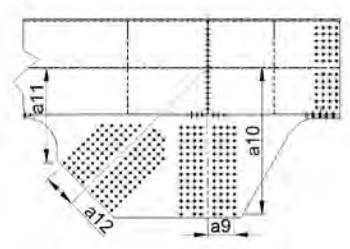
孔的设置方向，应保证后续单元件能够有装配调整空间和合理的焊接空间；如 I 肋设置间距影响到相关焊缝的焊接，可采取部分板单元 I 肋后穿焊接的方案解决。

9.2.5 零件坡口的设置方向，如涉及气刨工序，则气刨一侧宜设置在箱室外侧。

9.2.6 锚箱单元装配应考虑锚箱单元和腹板间焊接的可行性，避免锚箱单元制作完成无法进行锚箱和腹板间全部焊缝的焊接。

9.2.7 桁架桥的弦腹杆、弦杆连接节点宜采用后孔法钻孔，如有条件可采用对头钻钻孔，以更好地保证耳板孔群的同心性、孔组的定位精度偏差。为保证插入式节点耳板间距偏差，装配前应考虑焊接收缩影响，确保焊接后耳板间距偏差符合表 9.2.7 要求。杆件插入区域截面的尺寸偏差应严格控制，装配时应考虑合理的截面收缩工艺量，确保一次焊接合格，减少或避免焊接返修。

表 9.2.7 钢桁梁杆件成品尺寸允许偏差 (mm)

序号	项目		允许偏差	简图及说明
1	主桁构件	弦杆长度 L	± 4	
2		连接板的位置 L1、L2	± 1	
3	主桁构件	弦杆端头节点各孔组尺寸 a3、a4、a5、a6	± 0.8	
4		弦杆横梁连接板位置各孔组尺寸 a7、a8	± 0.8	
5		弦杆与腹杆连接节点螺栓孔的位置 a9/a10/a11/a12	± 0.8	

9.3 钢桥、钢塔构件制作

9.3.1 一般规定

- 1 钢材在下料前应统一做预处理涂装车间底漆，以是释放钢材的轧制应力和短期防腐保护。经预处理的钢材应做好原材信息移植，确保钢材信息的可追溯性。
- 2 钢桥制造应遵从先单元件装配、焊接、矫正、后总装的原则进行，严禁采用先零件散装后整体焊接的制造方案。
- 3 大尺寸钢塔箱体构件宜进行端面铣机械加工，保证装配基准面和线形的的制造精度。
- 4 钢桁梁、钢板梁的杆件在成批制造前，应进行试拼装；钢箱梁、大节段钢桁梁、钢塔、钢箱拱和钢管拱等构件应进行预拼装制作，单轮预拼装制作的节段数量不能少于 3 段。
- 5 预拼装胎架应稳固、有足够的刚度，在投入使用前，应进行胎架高程和平面位置复测，确保满足钢桥、钢塔制造精度要求。
- 6 钢桥加工制作流程应按图 9.3.1-1 执行。

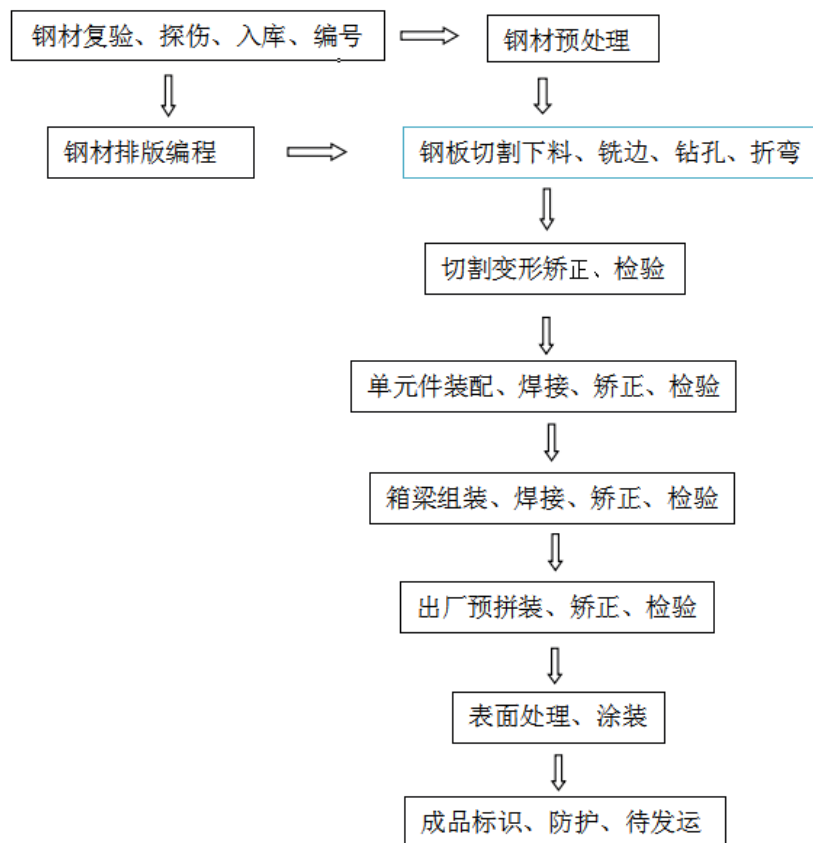


图 9.3.1-1 钢桥加工制作流程

- 7 钢桥工厂焊接宜采用平位、横位、立位焊接，仰位位置焊缝宜通过构件翻转采用平位、横位、立位焊接。

8 鉴于桥梁受动载特性，非必要不采用钢衬垫为垫板的形式进行焊接。

9.3.2 箱型梁制作

1 根据结构受力特点、工厂场地及吊装设备、道路运输条件、现场施工条件，合理划分分段。

2 根据箱型梁的结构特点（梁高变化、悬臂结构），合理确定反胎制作还是正胎制作，方便箱型梁的组装焊接，减少胎架材料使用量。

3 腹板按展开线形下料，线形需包括线路竖曲线、设计预拱度、制造预拱度的叠加影响；顶底板展开下料应考虑竖曲线的影响，不能完全依据投影尺寸下料；顶底腹的下料尺寸应考虑焊接收缩和纵向二次切除工艺量的影响。

4 根据正反胎的设置条件，合理布置隔板 I 肋孔的朝向，以满足装配需要。

5 根据竖向高程变化，合理确定是否旋转胎架，减少胎架高度，以增加安全保障。

6 桥梁平面尺寸过大可分胎设置，每个预拼装胎架至少应有 3 段预拼，且每个预拼装轮次要留最后一个梁段参与下一轮次的预拼装。

7 预拼装时为便于梁段间定位，可用**马板**码口，梁段组装间隙宜控制在 3~4mm。

8 板件交角处合理设置过焊孔，以满足焊接需要。

9 顶底腹板工厂接板焊缝需在检验合格后再装配加劲肋，支墩等关键节点区域的焊缝亦遵循焊缝焊接、探伤合格后方可进行二次装配的要求，以保证焊接质量。

10 封闭区域可开临时人孔，应保证装配、焊接和人员操作安全，人孔的封堵需按一级全熔透焊缝要求执行。人孔宜按矩形孔设置，四个角部采用圆弧过渡，以避免角部应力集中。

11 根据分段对受力及变形的影响，合理设置支撑，满足结构尺寸控制、运输和吊装需要。

12 合理布置吊耳，吊耳节点需经计算满足强度要求，重心与吊耳等距，且吊耳宜向心布置，吊耳节点的箱室内侧需有结构焊缝或加强措施。

9.3.3 板梁制作

1 钢梁拱度应符合设计线形要求，偏差不得大于 $L/5000$ (L 为计算跨度)。

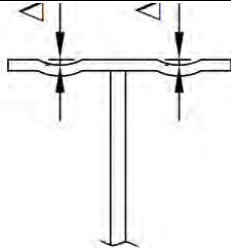
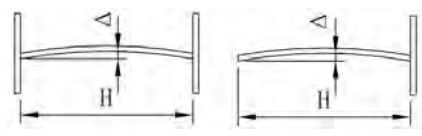
2 钢板梁及钢混组合梁应按试装图进行试装。首批制造或改变工艺装备（包括工艺装备大修）时，均应选择代表性的构件进行局部试装。成批生产的钢梁，每生产 15 孔（或节间）试装一次，设计有要求时，按设计文件执行。

3 提交试装的构件均应检验合格，试装应在涂装前进行。

- 4 试装应在专用胎架上进行，各构件应处于自由状态。
- 5 试装时板层密贴，所用冲钉不得少于螺栓孔总数的 10%，螺栓不得少于螺栓孔总数的 20%。
- 6 试装过程中应检查拼接处有无相互抵触情况，有无不易施拧螺栓处。
- 7 试装时，应用试孔器检查所有螺栓孔。主梁之间的螺栓孔应 100%自由通过较设计孔径小 0.75mm 的试孔器；主梁与横梁以及横梁与小纵梁螺栓孔应 100%自由通过较设计孔径小 1.0 mm 的试孔器。其它螺栓孔应 100 %自由通过较设计孔径小 1.5 mm 的试孔器。
- 8 磨光顶紧处的要求应依据本标准 7.5.1 条 2 款 9) 项。
- 9 试装应有详细记录，经检测合格后方可解体。
- 10 钢板梁试装的主要尺寸及允许偏差应符合表 9.3.3 的规定。

表 9.3.3 钢板梁主要尺寸及允许偏差 (mm)

序号	名称		允许偏差		备注
1	跨度 L		±8		测量两支座中心距离
2	全长		±15		测量全桥长度
3	梁高	H≤2m	±2		测量两端腹板处高度
		H>2m	±4		
4	纵梁长度		+0.5, -1.5		测量两端角钢背至背之间距离
5	横梁长度		±1.5		
6	纵梁高度		±1		测量两端腹板处高度
7	横梁高度		±1.5		
8	纵梁、横梁旁弯		≤3		梁立置时在腹板一侧距主焊缝 100mm 处拉线测量
9	纵梁、横梁拱度		+3, 0		梁卧置时在下翼缘板外侧拉线测量
10	主梁拱度 f		+5, 0	不设拱度	梁卧置时在下翼缘板外侧拉线测量
			+10, -3	设拱度	
11	两片主梁拱度差		≤4		分别测量两片主梁拱度，求差值
12	主梁腹板平面度		h/350 且 ≤8		用平尺测量 (h 为梁高或纵向加劲肋至下翼缘板间距离)
13	纵、横梁腹板平面度		h/500 且 ≤5		
14	主梁、纵横梁翼缘板对腹板的垂直度		≤1	有孔部位	用直尺测量
			≤1.5	其余部位	

序号	名称	允许偏差		备注
1	跨度 L	±8		测量两支座中心距离
2	全长	±15		测量全桥长度
15	翼缘板平面度	≤1	有孔部位	
		≤2	其余部位	
16	钢板梁、纵梁、横梁腹板平面度 Δ	H/500 且 ≤5		

9.3.4 钢拱桥制作

- 1 钢拱桥分为钢箱拱桥和钢管拱桥；钢箱拱和钢管拱的制造、安装线形应考虑设计拱度、工艺拱度的综合影响，有监控线形的应按照监控线形制造、安装。
- 2 钢箱拱、钢管拱一般采用卧式预拼装制作，成品尺寸允许偏差见表 9.3.4-1 和表 9.3.4-2。
- 3 拱肋合龙段下料需考虑各段拱肋长度方向累积焊接收缩的影响，如果采用整体地胎则地胎也需加工工艺量。
- 4 钢管拱多为复合钢管拱，一般有 2 管拱、4 管拱，此类钢管拱需严控孔肋整体截面的中心线形。
- 5 钢管拱制造一般以折代曲，一般单根长度以 2m 左右为宜，保证钢拱肋线形的平滑圆顺。
- 6 钢管拱、钢箱拱的壁板现场接口开坡口顶紧焊接，坡口形式、角度大小、坡口方向根据板厚和施焊条件决定。
- 7 锚箱或拉索节点需根据空间位置、角度放样后制作，能做成单元件的宜做成整体单元件，待能施焊的焊缝焊接完成，再进行锚箱或拉索节点的整体定位焊接。
- 8 如钢管拱、钢箱拱附带的桥面为钢桥面，一般为钢系梁+钢横梁+正交异性钢桥面板结构，钢系梁的制作工序同钢箱梁，桥面板的制作同桥面板单元制作，钢横梁制作应保证单榀线形、整体尺寸、槽口定位，尤其是制作拱度应经计算确定，确保安装后挠度满足设计要求。
- 9 桥面板纵肋如为栓接 U 肋，U 肋应采用先孔法成孔，且应尽量减少 U 肋的拼接缝。

表 9.3.4-1 钢箱拱拱肋成品尺寸允许偏差 (mm)

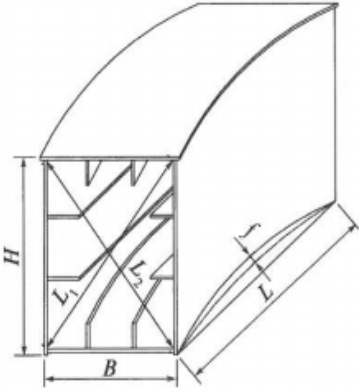
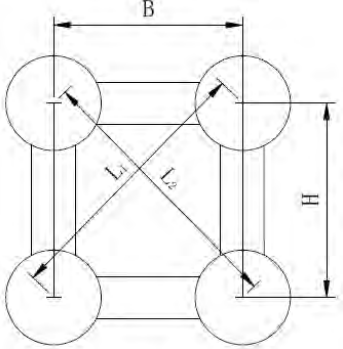
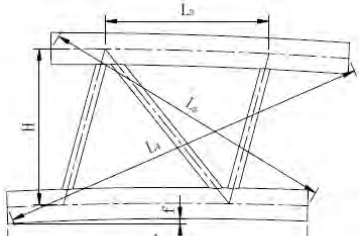
序号	名称		允许偏差		简图
1	长度 L		± 4		
2	宽度 B		± 2		
3	高度 H		± 2		
4	对角线差 $ L_1-L_2 $		≤ 4		
5	曲线度		+10, -3		
6	扭曲 f		≤ 3		
7	锚拉板孔中心		± 1		
8	吊杆锚箱中心线		± 2		
9	平面度	腹板横向	≤ 4		
		腹板纵向	$h/500$ 且 ≤ 5	h 为腹板高度	
		翼缘板横向	≤ 4		
		翼缘板纵向	$h/500$ 且 ≤ 5	h 为腹板高度	

表 9.3.4-2 钢管拱节段成品尺寸允许偏差 (mm)

序号	名称	允许偏差	简图
1	宽度 B	± 5	
2	高度 H	± 5	
3	横向对角线差 $ L_1-L_2 $	≤ 4	
4	拱肋内弧长度 L	0, -10	
5	节点板间距 L_3	± 3	
6	纵向对角线差 $ \Delta L_4-\Delta L_5 $	≤ 4	

序号	名称	允许偏差	简图
7	内弧偏离设计弧线 f	≤ 8	注： ΔL_4 、 ΔL_5 分别是 L_4 、 L_5 的理论值与实际值的差值。
8	节段平面度 $\Delta 3$	≤ 3	
9	吊杆位置与设计位置的偏差	≤ 5	—
10	扭曲	≤ 8	—

9.3.5 桁架桥制作

- 1 零件下料精度应满足制作精度、安装精度的需要。弦腹杆插入式桁架桥的隔板下料精度应控制边长偏差不超 $\pm 0.3\text{mm}$ ，对角线偏差不超 $\pm 0.5\text{mm}$ ，隔板加工可采用火焰、激光、等离子切割下料+机械铣边的加工工艺或激光一次切割成型的工艺。
- 2 横梁制造应加设制造工艺拱度，并在下料时考虑。
- 3 顶底腹板下料应考虑焊接收缩的影响，排料时预加工工艺量，不考虑二次切割。
- 4 装配胎架的精度应满足构件加工精度要求，尤其对采用高强螺栓孔群连接的桁架桥，严格控制弦杆截面偏差、弦杆耳板净距偏差、弦杆旁弯及扭曲度偏差。
- 5 杆件出孔可采用在基准胎架上划线+模板出孔，如有条件，宜采用双面对头钻机械出孔，以提高出孔精度。
- 6 第一轮杆件要经试装，试装合格后可进行全部杆件的加工，如有条件，在工厂宜对全部杆件进行预拼装。
- 7 试装时板层密贴，所用冲钉不少于螺栓孔总数的 10%，螺栓不少于螺栓孔总数的 20%。
- 8 试装过程中应检查拼接处有无相互抵触情况，有无不易施拧螺栓处。
- 9 试装时，应用试孔器检查所有螺栓孔。主梁之间的螺栓孔应 100%自由通过较设计孔径小 0.75mm 的试孔器；主梁与横梁以及横梁与小纵梁螺栓孔应 100%自由通过较设计孔径小 1.0 mm 的试孔器。其它螺栓孔应 100 %自由通过较设计孔径小 1.5 mm 的试孔器。
- 10 磨光顶紧处的要求应依据本标准 7.5.1 条 2 款 9) 项。
- 11 封闭箱体的焊接要预设透气孔，待所有焊缝焊接完成，方可进行焊接封堵。
- 12 桥面板纵肋如为栓接 U 肋，U 肋应采用先孔法，且应尽量减少 U 肋的拼接缝。如桥面板现场拼接缝为十字焊缝，则桥面板大桩号端要预留 20mm 的工艺量不切除，待现场该段纵缝全部焊接完成后根据实际尺寸现场切除。

9.3.6 钢塔制作

- 1 钢塔一般采用卧式预拼装制作。
- 2 锚箱或拉索节点、吊耳节点需根据空间位置、角度放样后制作，能做成单元件的宜做成整体单元件，待能施焊的焊缝焊接完成，再进行锚箱或拉索节点、吊耳节点的整体定位焊接。
- 3 钢塔壁板现场坡口顶紧焊接，坡口形式、角度大小、坡口方向根据板厚和施焊条件决定。
- 4 钢塔现场口处加设定位耳板、限位板，以满足现场安装定位需要。
- 5 钢塔节段均需加设吊装吊耳，吊耳应满足运输吊装需要和满足现场安装吊装需要，安装吊耳应保证节段起吊后基本保持待安装平衡姿态。
- 6 装配式钢塔锚箱应保证贴合面的贴合间隙，有 75%以上的面积接触，用 0.2mm 塞尺检查，其塞入面积不得超过 25%。

9.4 装饰性外露钢结构

9.4.1 一般规定

装饰性外露钢结构是指在桥梁施工完成后外露且作为观赏造型的结构部分。

条文说明

将构件认定为装饰性外露钢结构会增加成本，并且提高装饰性外露钢结构认定的级别，成本会变得更高。但是，并非所有外露的钢结构都必须认定为外露钢结构。在许多应用中，制作安装的钢结构，其成品外观可能已经达到要求，无需再增加任何特殊工序。

9.4.2 装饰性外露钢结构等级定义

- 1 级：基本要素。
- 2 级：在大于 6m 距离处观察到的特征要素。
- 3 级：在小于等于 6m 距离处观察到的特征要素。

条文说明

装饰性外露钢结构基本要素是指工艺要求超过非装饰性外露钢结构施工要求的要素。

2级和3级中的特征要素超出基本要求，目的是让人们看到金属加工的美感。2级装饰性外露钢结构主要通过无表面处理的几何结构实现，针对能在更远处看到的要素，如螺栓、焊缝、连接和制造细部的深化处理，以及间隙、槽口和类似细部的公差。3级装饰性外露钢结构是通过几何和基本表面处理实现，针对的是较近处看到的要素，或是能被观察者触摸到的要素，焊缝通常平滑处理但仍可见。3级涉及实体模型的使用，基于实体模型的批准情况验收。

9.4.3 构件制作及尺寸偏差要求

1 制造企业应小心处理钢构件，避免在构件上留下痕迹或造成扭曲。

- 1) 吊索应为尼龙型或带有软垫的链条或钢丝绳。
- 2) 应减少对任何车间油漆或者涂层的损害。
- 3) 当在制造、运输中或为了便于安装，需要临时支架或固定装置时，应注意避免因使用或拆除此类临时构件而造成的瑕疵或难看的表面。
- 4) 未熔入在最终焊缝中的定位焊缝应按最终焊缝的要求进行处理。
- 5) 应移除所有衬垫和引熄弧板，并将焊缝打磨光滑。
- 6) 连接中所有螺栓头均应位于指定的同一侧，并且从一个连接到另一个连接保持一致。

2 由半成品、重复使用、镀锌或耐候钢制成的装饰性外露钢结构构件，在已完工的表面上仍可能有安装标记、涂漆标记或其他标记。

3 装饰性外露钢结构系统构件尺寸允许偏差见表 9.4.3。

表 9.4.3 装饰性外露钢结构系统构件尺寸允许偏差

序号	检验项目	允许偏差 (mm)	
		1级及非外露钢结构	2级、3级外露钢结构
1	构件长度	±4	±2
2	截面宽度	±3	±1.5
3	截面高度	±3	±1.5
4	截面对角线	±4	±2
5	中心偏移	±3	±1.5
6	翼缘板与腹板垂直度	b/100, 且不大于 3	b/200, 且不大于 3

序号	检验项目	允许偏差 (mm)	
		1 级及非外露钢结构	2 级、3 级外露钢结构
7	腹板平面度	≤6	≤3
8	直线度	L/1000	L/2000
9	拱度	0~10	0~5
10	扭曲	h/250, 且不大于 5	h/500, 且不大于 5
11	对接错边	≤2	≤2

4 1 级、2 级和 3 级装饰性外露钢结构, 焊缝应满足本标准的要求, 但应去除可见的焊缝飞溅 (如果有)。

5 对于 1 级、2 级和 3 级装饰性外露钢结构, 在生产时焊缝背面的可呈现度可接受。

条文说明

焊缝背面的可呈现度是观察者对面表面上存在一个或多个焊缝的视觉指示。它是焊缝尺寸和材料厚度综合作用的结果, 在厚焊缝的薄材料中无法消除。当焊缝背面的可呈现度成为一个问题时, 应该在模型中解决。

6 对于 1 级和 2 级装饰性外露钢结构, 空心结构型材的接缝在出厂时应被接受。对于 3 级装饰性外露钢结构, 接缝方向应按照合同文件中规定的方向。

9.4.4 外观成型要求

3 级装饰性外露钢结构需要实体模型。如果实体模型用于其他装饰性外露钢结构类别, 则应写在合同文件里。必要时, 应在合同文件中规定实体模型的性质和范围。当制作实体模型不可行时, 可使用单元件或节点的第一个零部件确定可否接受。装饰性外露钢结构外观成型要求见表 9.4.4-1 和表 9.4.4-2。

条文说明

通常, 实体模型在车间制作并得到批准, 然后将其放置在现场。模型是否可接受由许多因素决定, 包括视距、照明和表面处理。合同文件中应规定在批准时实体模型所期望的位置和条件。

表 9.4.4-1 所示装饰性外露钢结构分类矩阵中列出了上述类别, 以及每个类别对应的特征,

并罗列出更详细和造价更高的要求。

表 9.4.4-1 装饰性外露钢结构分类矩阵

分类	3 级	2 级	1 级
特性	近距离观察的特征要素	非近距离观察的特征要素	基本要素
1.1 表面处理至 SSPC-SP6/Sa2	√	√	√
1.2 尖锐的边缘磨平，倒角半径 1~2mm	√	√	√
1.3 焊缝外观连续	√	√	√
1.4 螺栓朝向一致	√	√	√
1.5 清除焊接飞溅物	√	√	√
1.6 去除衬垫、引熄弧板，并打磨平整	√	√	√
2.1 目视样品件	可选	可选	
2.2 标准制造公差的一半	√	√	
2.3 制造标记不明显	√	√	
2.4 焊缝均匀光滑	√	√	
3.1 去除磨痕	√		
3.2 对接焊缝和塞焊打磨修补平滑	√		
3.3 面向中空型材观察，降低焊缝的能见度	√		
3.4 横断面对接对齐	√		
3.5 接头间隙公差最小化	√		
3.6 全焊接连接	可选		

注 1.1 喷砂清理前，通过溶剂清洗去除油脂和油，以满足 SSPC-SP1/溶剂清洗的要求。

1.2 粗糙表面去除毛刺并打磨光滑。磨平由火焰切割、研磨和特别是因剪切造成的尖锐边缘。

1.3 可以利用附加焊接、捻缝或主体填充物，使间断焊缝是连续的。对于腐蚀性环境，所有接头均采用密封焊接。中空结构部分的接缝应该是可接受的。

1.4 按照规定，连接中的所有螺栓头位于同一侧，并且从一个连接到另一个连接保持一致。

1.5 清除焊接飞溅物、废屑、表面不连续性。对接接头和塞焊接头可接受 2mm 以内的焊缝凸起量。

2.1 根据合同文件的规定，可视样品可以是三维渲染、物理样品、首次检验、比例模型或全尺寸模型。

2.2 这些公差是本标准规定的标准钢结构公差的一半。

2.3 制造和安装过程中的构件标记不可见。

3.1 成品中不可见所有磨痕。

3.2 捻缝或主体填充物是可以接受的。

3.3 接缝朝向不在视线范围内或在合同文件中规定的方向。

3.4 相邻截面的匹配是必需的。

3.5 该特性类似于上面的 2.2。

3.6 可以考虑使用隐藏的螺栓。

表 9.4.4-2 装饰性外露钢结构系统构件外观成型允许偏差

序号	检验项目		1 级	2 级	3 级
1	切割面峰谷差		≤0.3	≤0.3	≤0.1
2	外露的切割边倒角		R1~2	R1~2	R1~2
3	焊缝凹凸度		≤2.5	≤2	≤1
4	焊缝边缘直线度		≤2.5	≤2	≤1.5
5	对接焊缝、塞焊缝余高		≤2.5	≤2	0~0.3
6	单道	板材连接的平、横、仰焊位置	≤16	≤16	≤16
	焊缝宽度	板材连接的立焊以及管材连接的平、横、立、仰焊位置	≤25	≤25	≤25
7	多道焊压道凹槽		≤1.5	≤1.5	≤0.3
8	对接错边		≤2.5	≤2	≤1.5

9.4.5 装饰性外露钢结构的镀锌要求

- 1 钢材的 Si、P 含量要满足镀层外观对原材的相关要求。
- 2 钢结构表面的单位面积热浸镀锌质量应符合设计文件要求。
- 3 钢结构热浸锌应符合现行国家标准 GB/T19355.2《锌覆盖层钢铁结构防腐蚀的指南和建议 第 2 部分 热镀锌》的规定，满足热浸锌工艺要求，并采取措施防止热变形。
- 4 热浸镀锌造成钢结构的弯曲或扭曲变形，应采取延压、滚轧或千斤顶等机械方法进行矫正。矫正时，宜采取垫木方等措施，不得采用加热矫正。

9.4.6 装饰性外露钢结构的涂装技术要求

- 1 构件表面应平滑，无滴瘤、粗糙和锌刺，无起皮、漏镀及残留的溶剂渣等。
- 2 涂装环境的温湿度应满足涂装通用技术条件要求。
- 3 油漆供货商应确保所提供的油漆能够实现构件涂装外观的光泽度要求。
- 4 严格遵照油漆说明书和油漆工艺的要求进行涂装作业。

9.4.7 装饰性外露钢结构的成品保护、运输、存储

安装者在卸载、搬运和安装装饰性外露钢结构构件时应特别小心，以避免在装饰性外露

钢结构构件上留下痕迹或造成构件扭曲。安装人员在规划和执行所有操作时，应保证装饰结构的建筑外观：

- 1 吊索应为尼龙型或带有保护垫的链条或钢丝绳。
- 2 应注意尽量减少对油漆或涂层的损坏。
- 3 为方便安装，当需要临时支架或固定装置时，应注意避免因使用或拆除此类临时构件而产生任何瑕疵、孔洞或难看的表面。
- 4 没有融入到最终焊缝中的定位焊应该打磨光滑。
- 5 所有的背衬板和引熄弧板应移除，焊缝应打磨光滑。
- 6 连接中的所有螺栓头都应位于指定的同一侧，并且从一个连接到另一个连接应保持一致。

9.4.8 验收要求

- 1 严格执行各工序验收要求，有问题构件不应转入后续工序。
- 2 确保转涂装的构件均为制作、检验合格的构件。
- 3 构件涂装的干膜厚度、光泽度等验收指标应满足设计要求。

10 焊 接

10.1 一般规定

10.1.1 在钢桥焊接制作中，除遵守本标准规定外，还应符合国家钢结构相关标准、合同及图纸技术文件的要求。

从事钢桥的制作企业，应具国家认可的企业资质和焊接质量管理体系；

1 国家认定资格的焊接技术人员、焊接质检人员、无损探伤人员以及焊接操作人员。

焊接技术人员(焊接设计师)应具有焊接及相关专业中级以上技术职称或焊接工程师职业资格证书。对于如耐热钢焊接的技术难度较大或大型及重型特殊钢结构工程，制造企业的焊接技术责任人员应由中、高级焊接技术人员担任，并有五年以上焊接生产和施工经验。

焊接质检人员应接受过焊接专业的技术培训，并经岗位培训取得相应的质量检验资格证书。

焊缝无损检测人员应取得国家专业考核机构颁发的等级证书，并应按证书合格项目及权限从事焊缝无损检测工作。

焊接操作人员应经考试合格并取得资格证书，应在认可的范围内焊接作业，严禁无证上岗。

2 应具备与所承担工程焊接技术难易程度相适应的焊接设备、检验和试验设备；属计量器具的仪器、仪表应在计量检定有效期内；操作人员应按管理程序正确操作，以满足产品质量要求。

3 应具有与所承担工程结构类型相适应的桥梁钢结构焊接规程、焊接作业指导书、焊接工艺评定等技术文件，并应在施焊时严格执行。

10.2 焊接工艺

10.2.1 施焊环境要求

1 环境湿度应小于 80%；环境温度宜不低于 5℃，低于 5℃仍要进行焊接作业时，应制定寒冷施焊专项方案，采取焊前预热、保温和焊后缓冷等工艺措施，经专家论证按专项试验确定的焊接工艺参数执行。

2 除应满足上条规定外，还应采取必要的防风和防雨措施；对于实芯气体保护焊和药芯气体保护焊，除非有防风屏蔽措施保护焊缝，否则焊接处附近最大风速严禁超过 80000 米/每小时 m/秒。

3 室内焊接宜在构件组装后 24h 内完成；室外焊接宜在构件组装后 12h 内完成。

10.2.2 施焊母材准备

1 待焊母材表面与边缘应为光滑、均匀，没有撕裂、裂纹和对焊接质量与强度造成不利影响的其它不连续性缺陷。待焊表面和焊缝附近表面 20mm-30mm 范围内不得有松散或厚的氧化皮、割渣、铁锈、水雾、油脂和其他会妨碍正常焊接或产生有害烟雾的异物（见图 10.2.2-1），受拉焊缝必须清除掉所有的轧制氧化皮。

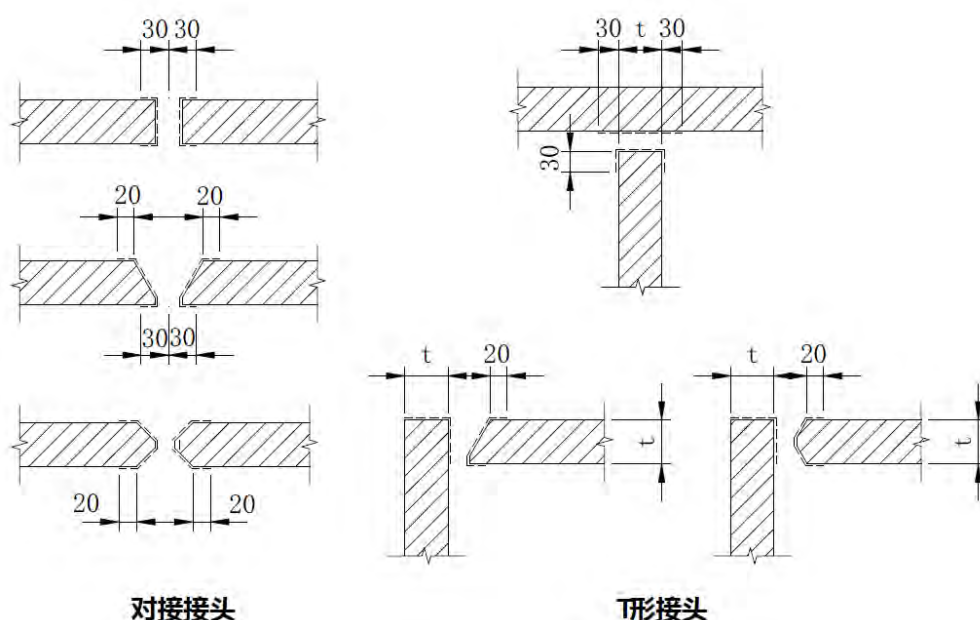


图 10.2.2-1 待焊表面和焊缝近表面清理

2 材料棱边打磨 对于周期载荷结构，满意的焊接棱边要求有助于获得能承受计算应力的焊缝，材料厚度大于下列规定时必须修磨：

- (1) 厚度大于 12 mm 的剪切材料；
- (2) 厚度大于 10mm 的钢板轧制棱边（非普通轧制钢板）；
- (3) 厚度大于 16mm 的角钢或型材的趾部（非宽翼缘型材）；
- (4) 厚度大于 25mm 通常轧制钢板或宽翼缘型材的翼缘棱边；
- (5) 对接接头的制备必须符合详图要求。

3 钢材轧制缺欠的检测和修复应符合下列要求

- 1) 焊接坡口边缘上钢材的夹层缺欠长度超过25mm时,应采用无损检测方法检测其深度,如深度不大于6mm,应用机械方法清除;如深度大于6mm时,应用机械方法清除后焊接填满;
若缺欠深度大于25mm时,应采用超声波测定其尺寸,当单个缺欠面积($a \times d$)或累计缺欠的总面积不超过被切割钢材总面积($B \times L$)的4%时为合格,否则该板不宜使用;
- 2) 钢材内部的夹层缺欠,其尺寸不超过条款1的规定且位置离母材坡口表面距离(b)大于或等于25mm时不需要修理;如该距离小于25mm则应进行修补,其修补方法应符合10.2.12节的规定;
- 3) 夹层缺欠是裂纹时(见图10.2.2-2),如裂纹长度(a)和深度(d)均不大于50mm,其修补方法应符合10.2.12节的规定;如裂纹深度超过50mm或累计长度超过板宽的20%时,该钢板不宜使用。

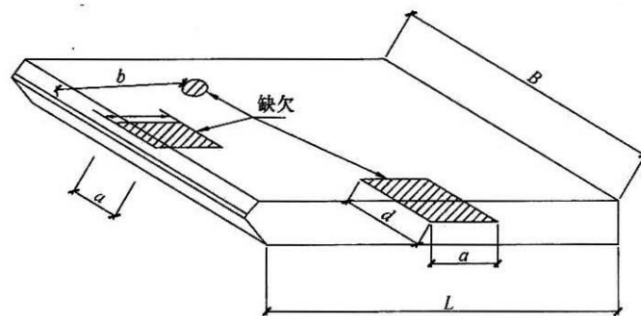


图 10.2.2-2 夹层缺陷

10.2.3 焊接材料要求

- 1 焊接材料包括焊钉磁环,焊条,焊丝,焊剂及保护气体,所有焊接材料必须有符合相应标准的材料质量证明书。保护气体还应满足标准中对露点的要求;
- 2 焊接材料应通过焊接工艺评定确定。焊接材料熔敷金属的力学性能不应低于相应母材标准的下限值,焊接材料的含氢量要满足设计文件要求;
- 3 焊接材料在使用前应处于密封包装之中,焊材库应干燥、通风良好,有专人保管、烘干、发放和回收,并应有详细记录;
- 4 焊条的保存、烘干应符合下列要求:
 - 1) 酸性焊条保存时应有防潮措施,受潮的焊条使用前应在 $100^{\circ}\text{C} \sim 150^{\circ}\text{C}$ 下烘焙 1h~2h
 - 2) 低氢型焊条应符合下列要求:

- (1) 对于手工电弧焊用碳钢低氢型焊条，使用前必须在300℃~430℃范围内烘焙1h~2h；对于手工电弧焊用低合金钢低氢型焊条，使用前必须在370℃~430℃烘焙至少1小时；或按厂家提供的焊条使用说明书进行烘干；
焊条放入时烘箱的温度不应超过规定最高烘焙温度的一半，烘焙时间以烘箱达到规定最高烘焙温度后开始计算；
- (2) 烘干后的低氢焊条应放置于温度不低于120℃的保温箱中存放、
待用；使用时应置于保温筒中，随用随取；
- (3) 焊条烘干后在大气中放置时间不应超过4h，用于焊接耐候钢的焊条，烘干后在大气中放置时间不应超过2h。重新烘干次数不应超过1次。

5 焊剂的烘干应符合下列要求：

- 1) 使用前应按制作企业家推荐的温度进行烘焙，已受潮或结块的焊剂严禁使用；
- 2) 烘干后在大气中放置时间不应超过4h。

6 焊丝和焊钉焊接端面应无油污、锈蚀；焊钉焊瓷环保存时应有防潮措施，受潮的焊接瓷环使用前应在120℃~150℃范围内烘焙1h~2h。

10.2.4 预热与层间温度要求

- 1 应有足够的预热与层间温度来防止产生裂纹。预热温度和道间温度应根据钢材的化学成分、接头的拘束状态、热输入大小、熔敷金属含氢量水平及所采用的焊接方法等综合因素并通过焊接工艺评定试验确定；
- 2 如要求，预热温度严禁低于焊接工艺中所列的最低温度。常用钢材采用中等热输入焊接时，最低预热温度宜符合表10.2.4-1的要求。

表 10.2.4-1 常用钢材最低预热温度要求（℃）

钢材类别	接头最厚部件的板厚 t (mm)				
	t≤20	20<t≤40	40<t≤60	60<t≤80	t>80
I ^a	-	-	40	50	80
II	-	20	60	80	100
III	20	60	80	100	120
IV ^b	20	80	100	120	150

注：

1. 焊接热输入约为 15KJ/m~25KJ/cm，当热输入每增大 5KJ/cm 时，预热温度可比表中温度降低 20℃；
2. 当采用非低氢焊接材料或焊接方法焊接时，预热温度应比表中规定的温度提高 20℃；
3. 当母材施焊处温度低于 0℃时，应根据焊接作业环境、钢材牌号及板厚的具体情况将表中预热温度适当增加，

且应在焊接过程中保持这一最低道间温度；

4. 焊接接头板厚不同时，应按接头中较厚板的板厚选择最低预热温度和道间温度；
5. 焊接接头材质不同时，应按接头中较高强度、较高碳当量的钢材选择最低预热温度；
6. 本表不适用于供货状态为调质处理的钢材；控轧控冷(TMCP)钢最低预热温度可由试验确定；
7. “—”表示焊接环境在0℃以上时，可不采取预热措施；
8. 铸钢除外，I类钢材中的铸钢预热温度宜参照I类钢材的要求确定；
9. 仅限于IV类钢材中的Q460、Q460GJ钢。

3 温度控制应基于母材的厚度和强度等级。对于异种钢的焊接，必须将两者中最低预热温度较高的作为最低预热温度和道间温度。在焊接过程中必须保持这一预热温度和所有随后的最低道间温度；

4 特殊条件：对于厚材料，或高约束度的焊接接头或修补焊缝，应预热到规定的最低温度以上，以防止开裂或尽量减少层状撕裂；

5 焊接工艺规程最高的预热温度和道间温度不应大于230℃，除非设计另有要求；

6 焊前预热及道间温度的保持宜采用电加热法、火焰加热法，并应采用专用的测温仪器测量；

7 预热的加热区域应在焊缝坡口两侧，宽度应大于焊件施焊处板厚的1.5倍，且不应小于100mm；预热温度宜在焊件受热面的背面测量，测量点应在离电弧经过前的焊接点各方向不小于75mm处；

8 多层焊接时应连续施焊，且应控制层间温度。每一层焊缝焊完后应及时清理检查，在清除药皮、熔渣、溢流和其他缺陷后，方可施焊下一层；

9 焊工施焊时应做焊接记录，记录的内容宜包括构件号、焊缝部位、焊缝编号、焊接参数、操作者和焊接日期等。

10.2.5 定位焊焊接

1 定位焊缝和结构辅助焊缝必须按评定的WPS执行，并由持相应合格资质的焊工施焊；

2 限定：

- 1) 承受周期荷载结构区域严禁用不熔入最终的定位焊缝，也严禁采用结构辅助焊缝；
- 2) 在规定屈服强度大于485 MPa的淬火加回火钢制作的构件上，采用定位焊缝和结构辅助焊缝必须经设计单位批准。

3 定位焊应满足与最终焊缝相同的质量要求，必须符合目检要求；

定位焊焊缝不得有裂纹、夹渣、焊瘤等缺陷，弧坑应填满，对开裂的定位焊焊缝，应先查明原因，然后再清除开裂的焊缝，并应在保证构件尺寸正确的条件下补充定位焊。但以下情况例外：

- 1) 被连续的SAW、ESW或EGW焊缝重新熔合的单道定位焊缝不要求预热;
 - 2) 在SAW, ESW, 或EGW最终与定位焊重熔以前, 诸如咬边, 未填满的弧坑以及气孔的不连续性缺陷不需要去除。
- 4 定位焊焊缝距设计焊端部应不小于30mm, 其长度宜为50~100mm, 间距宜为300~600mm
定位焊焊缝的焊脚尺寸宜不大于设计焊脚尺寸的2/3, 且不小于4mm;
 - 5 在焊缝交叉处和焊缝方向急剧变化处不应进行定位焊, 焊缝的起弧点应避开焊缝相交处或转角处50mm 以上;
 - 6 钢衬垫焊接接头的定位焊宜在接头坡口内焊接; 定位焊焊接时预热温度宜高于正式施焊预热温度20℃~50℃; 定位焊缝与正式焊缝应具有相同的焊接工艺和焊接质量要求; 定位焊焊缝若存在裂纹、气孔、夹渣等缺欠, 要完全清除;
 - 7 定位焊的去除会引起超标硬度或HAZ的裂纹。承受拉力或反向应力的区域应通过MT进行测试 (优先采用磁轭法), 以确保不会出现裂纹。可进行硬度测试, 以确定结构上HAZ的硬度是否可以接受。HAZ硬度值不应超过380HV10或在未受影响的母材金属上测得的硬度值, 取两者较大值。由于热影响区硬化通常延伸到母材金属不到3mm, 因此可以通过浅磨削去除不可接受的硬化部位;
 - 8 对于要求周期载荷结构, 应制定专门的定位焊焊接工艺文件。

10.2.6 焊接引熄弧板

- 1 在焊接接头的端部, 在可能情况下均应设置焊缝引弧板和熄弧板, 应使焊缝在提供的延长段上引弧和终止。
- 2 引熄弧板和钢衬垫板的钢材其强度不应大于被焊钢材强度, 且应具有与被焊钢材相近的焊接性。
- 3 焊条电弧焊和气体保护焊焊缝引弧板和熄弧板长度应大于30mm, 埋弧焊引弧板、熄弧板长度应大于80mm。引弧板和熄弧板的坡口和板厚应与母材相同。
- 4 焊接完成并冷却后, 引弧板和熄弧板宜采用火焰切割、碳弧气刨或机械等方法在距焊缝端部至少3mm以上进行切割去除, 严禁使用锤击去除引弧板和熄弧板。去除时不得伤及母材并将割口处修至与焊缝端部平整, 并与对接件边缘齐平。

10.2.7 焊接衬垫

焊接衬垫可采用钢衬垫和陶质衬垫。

- 1 钢衬垫要求:

- 1) 钢衬垫应与接头母材金属贴合良好，其间隙不应大于1.5mm；
- 2) 钢衬垫在整个焊缝长度内应保持连续；
- 3) 钢衬垫应有足够的厚度以防止烧穿。

常用焊接方法钢衬垫最小厚度见表10.2.7-1。

表 10.2.7-1 常用焊接方法钢衬垫最小厚度

焊接方法	钢衬垫最小厚度 (mm)
SMAW	5
GMAW FCAW-S	6
SAW FCAW-G	10

4) 钢衬垫的去除：

- (1) 与计算应力成横向的焊接件上的钢衬垫应去除，并且接缝应研磨成平顺的。除非合同文件中有规定或由设计指定，否则，与应力方向平行，或不承受计算应力的钢衬垫不用去除；
- (2) 除非合同文件中有规定或由设计指定，否则，受压焊接件或T形接头和柱子中使用的钢衬垫不需要去除。

2 陶质衬垫的要求

陶质衬垫必须符合C B/T3715-95《陶质焊接衬垫》，并得到船级社的认可。

1) 陶质焊接衬垫厚度偏差见表10.2.7-2；

表 10.2.7-2 陶质焊接衬垫厚度偏差

厚度 (mm)	允许偏差 (mm)
≤3	±0.20
>3~10	±0.40
>10~30	±0.60

- 2) 三角形，梯形陶质衬垫块角度允许偏差为5°，球扁钢陶质衬垫块允许角度偏差为-1°；
- 3) 陶质衬垫块与母材接触面的平面度应满足每 25 mmX25mm小于0.2mm；
- 4) 陶质焊接衬垫块之间的接头应紧密连接，成型槽之间的接头间应小于0.3 mm；
- 5) 陶质焊接衬垫块表面不得粘有异物，其颜色基本均匀；受潮的陶质衬垫使用前应在120℃~150℃范围内烘焙1h~2h；

6) 不影响电弧稳定燃烧, 不增加焊接飞溅, 不影响焊缝成型良好, 不产生影响焊工健康的有害气体; 不应因陶质焊接衬垫质量问题而产生焊缝缺陷。

10.2.8 焊接工艺要求

- 1 焊接施工前, 施工单位应依据本标准第 6 章的焊接工艺评定报告数据编制所需要的焊接工艺用于指导焊接生产;
- 2 对于焊条电弧焊、实芯焊丝气体保护焊、药芯焊丝气体保护焊和埋弧焊焊接方法, 每一道焊缝的成型系数不应小于 1.1;

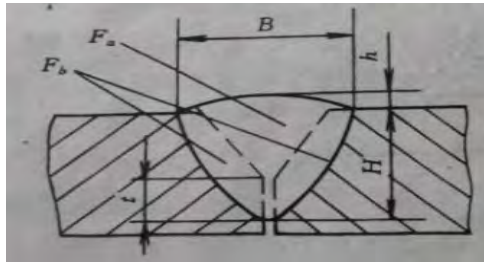


图 10.2.8-1 焊缝成型系数

B—焊缝宽度; H—焊缝计算厚度; h—焊缝余高; t—熔深;

F_a —焊缝中填充金属的面积; F_b —焊缝中母材熔化面积;

D 形状系数 = B/H 融合比 = $F_b / (F_a + F_b)$

- 3 除用于坡口焊缝的加强角焊缝外, 如果满足设计要求应采用最小角焊缝尺寸, 最小角焊缝尺寸应符合本标准表 10.2.8-1 的规定;

表 10.2.8-1 角焊缝最小焊角尺寸

母材厚度 (mm)	角焊缝最小焊角尺寸 (mm)
$t \leq 6$	3
$6 < t \leq 12$	5
$12 < t \leq 20$	6
$T > 20$	8

注: 1. 采用不预热的非低氢型焊接方法进行接时, 等于接头中较厚件厚度宜采用单道焊缝,

采用预热的非低氢焊接方法或低氢焊接方法进行焊接时 t 等于焊接接头中较薄件厚度;

2. 焊缝尺寸不要求超过焊接接头中较薄件厚度的情况除外;

3. 承受动荷载的角焊缝最小焊脚尺寸为 5mm。

- 4 对于焊条电弧焊、半自动实芯焊丝气体保护焊、半自动药芯焊丝气体保护焊、药芯焊丝自保护焊和自动埋弧焊焊接方法, 其单道焊最大焊缝尺寸应符合表 10.2.8-2 的规定。

表 10.2.8-2 单道焊最大焊缝尺寸

焊道类型	焊接位置	焊缝类型	焊接方法		
			焊条电弧焊	气体保护焊和药芯焊丝自保护焊	单丝埋弧焊
根部焊道最大厚度	平焊	全部	10mm	10mm	—
	横焊		8mm	8mm	
	立焊		12mm	12mm	—
	仰焊		8mm	8mm	
填充焊道最大厚度	全部	全部	5mm	6mm	6mm
单道角焊缝最大焊脚尺寸	平焊	角焊缝	10mm	12mm	12mm
	横焊		8mm	10mm	8mm
	立焊		12mm	12mm	—
	仰焊		8mm	8mm	

10.2.9 焊接变形的控制

焊接变形控制是钢桥制造精度和质量控制的主要内容之一，通过合理的焊接工艺和焊接顺序控制焊接变形，使最终构件的变形和收缩最小。应按以下原则进行焊接变形控制：

- 1 焊接方法选用：宜采用自动焊或半自动焊；
- 2 装配顺序：

- 1) 采取分部组装焊接，矫正变形后再进行总装；

对于十字拼接焊缝，采用合理的焊接次序（1—2—3），见下图10.2.9-1，且每焊完一条焊道，均应进行调平矫正，确保焊缝力学性能和焊接变形的质量要求。

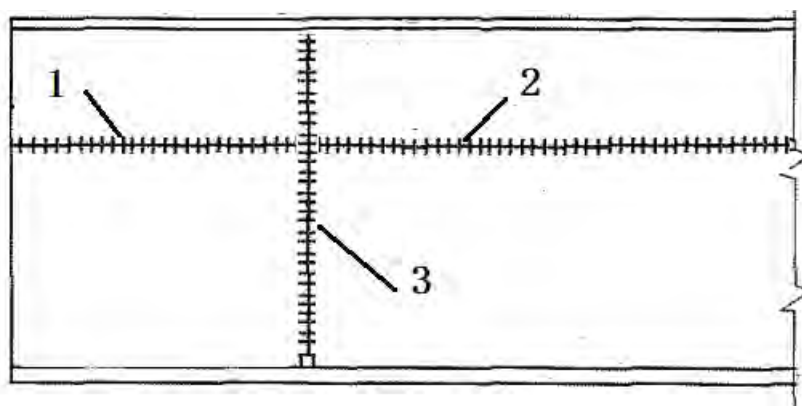


图 10.2.9-1 十字拼接焊缝焊接顺序

- 2) 先焊收缩量较大的接头, 后焊收缩量较小的接头;
- 3) 采用统一的焊接方法、焊缝断面、焊道数量、焊接参数、施焊顺序和施焊方向, 焊接各节段的同类焊缝;
- 4) 采用预留焊接收缩量或反变形方法控制焊接收缩和变形。

3 存在大的外部收缩拘束条件下的结构部位, 焊接一次成型;

4 根据构件上焊缝的布置, 可按要求采用合理的焊接顺序, 使焊接过程中的热量平衡。

10.2.10 焊缝的修磨和返修

- 1) 焊接修补前应将修补部位打磨干净, 并应按要求进行预热, 预热温度提高 $30^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$, 并应采用低氢焊接材料进行焊接;
- 2) 焊缝或母材的裂纹应采用酸蚀、MT、PT 或其他无损检测方法确定裂纹的范围及深度, 对于拘束度较大的焊接接头的裂纹用碳弧气刨清除前, 宜在裂纹两端钻止裂孔;
- 3) 返修部位应连续焊接。如中断焊接时, 应采取后热、保温措施, 防止产生裂纹; 厚板返修焊宜采用消氢处理;
- 4) 同一部位的返修焊不宜超过两次; 两次返修仍不合格时, 应重新制定返修方案并经业主或建筑设计师认可后方可实施, 返修焊的焊缝应按原检测方法和质量标准进行检测验收, 并做好记录, 作为工程验收及存档资料;
- 5) 焊缝缺陷的修补方法应符合附录 F 的规定。

10.3 圆柱头焊钉的焊接

10.3.1 一般规定

- 1) 钢桥制造厂负责按本标准第6章的规定进行焊接工艺评定和焊工资格评定;
- 2) 制造厂应负责生产前测试、生产过程中焊钉焊接质量检查和焊接管理;
- 3) 制造厂应提供焊钉所有的测试和文件。

10.3.2 通用要求

- 1) 焊钉端头轧制质量应均匀一致, 没有有害的折叠, 裂纹, 扭曲, 弯曲或其它有害的非连续性缺陷;
- 2) 各焊钉应提供防热陶瓷或其它适用材料的电弧罩 (金属环);

- 3) 直径等于或大于 8mm 的焊钉，必须提供有可以去氧化的电弧稳定熔剂；
- 4) 瓷环应按产品的规定烘干使用；
- 5) 每班开始生产前或更改焊接条件时，应按规定的焊接工艺试焊两个圆柱头焊钉，进行外观和弯曲 30° 角检验，检验合格后方可进行正式焊接；若检验不合格，应分析原因，调整工艺重新施焊，直至合格；
- 6) 当母材温度低于 0℃ 时，应从每 100 个焊钉中取 1 个焊钉进行测试，弯曲角度为 15°；当温度低于 10℃ 时，采用持续缓慢地施加负载来进行弯曲；对于螺纹焊钉，采用扭矩测试，取代弯曲测试；
- 7) 设置包括焊钉枪，电源，焊钉直径，枪的提升和下降，总焊接引线长度，以及大于 ±5% 的电流和时间变化；
- 8) 焊接前应清除圆柱头焊钉头部及钢板待焊部位（大于 2 倍圆柱头焊钉直径）的铁锈、氧化皮、油污和水分等有害物，使钢板表面显露出金属光泽；
- 9) 焊钉应采用专用焊接设备平位施焊，焊接过程中在焊缝金属完全凝固前不得移动焊枪。圆柱头焊钉焊接接头的最小焊脚尺寸应符合表 10.3.2 的规定。

表 10.3.2 采用电弧焊的圆柱头焊钉焊接接头最小焊脚尺寸 (mm)

序号	圆柱头焊钉直径 (mm)	角焊缝最小焊脚尺寸 (mm)
1	φ 10、φ 13	6
2	φ 16、φ 19、φ 22	8
3	φ 25	10

10.3.3 焊钉焊接质量检查

- 1) 检验人员应按焊钉焊接工艺文件规定的焊接参数进行抽检，每日至少一次。并记录抽检构件的名称、编号和施焊参数；
- 2) 焊钉焊接接头冷却到环境温度后进行外观检查。外观检查应逐一进行，并符合表 10.3.3 的要求；

表 10.3.3 焊钉焊接质量合格指标

检验项目	合格标准	检验方法

焊缝外形尺寸	360° 范围内焊缝饱满 拉弧式焊接：焊脚高 $G_1 \geq 1 \text{ mm}$ ，焊缝宽度 $\geq 0.5 \text{ mm}$ ； 电弧焊：最小焊脚尺寸应符合表 10.3.2 的规定	目测、钢尺焊缝量规
焊缝缺陷	无气孔、夹渣、裂纹等缺陷	目测、放大镜(5倍)
焊缝咬边	咬边深度 $\leq 0.5 \text{ mm}$ ， 且最大长度不得大于 1 倍的焊钉直径	钢尺、焊缝量规
焊钉焊后高度	高度偏差 $\pm 2 \text{ mm}$	钢尺
焊钉焊后倾斜度	倾斜角度偏差 $\theta \leq 5^\circ$	钢尺、量角器

- 3) 焊接生产中，焊钉缺焊焊缝长度超过周长的 1/4 或有其他项目不合格的焊钉应予以更换重新焊接。缺焊焊缝长度未超过周长的 1/4 时，可采用小直径低氢型焊条补焊，补焊时应预热 $50^\circ\text{C} \sim 80^\circ\text{C}$ ，并应从缺焊焊缝端部 10 mm 外引、熄弧，焊脚尺寸不应小于 6 mm。

10.4 耐候钢的焊接

10.4.1 耐大气腐蚀钢指在钢中加入一定数量的合金元素，如 P、Cr、Ni、Cu、Mo 等，使其在金属基体表面上形成保护层，以提高耐大气腐蚀性能的钢。耐大气腐蚀钢也称耐候钢，代号：NH，在牌号后加 NH。

10.4.2 焊接工艺

1 耐候钢焊接前，应严格按第六章的规定进行焊接工艺评定，编制合理的焊接工艺 WPS。两种不同材质的耐候钢组焊，按强度较低的母材选用焊条和焊丝，但焊接工艺需满足强度较高的母材的焊接工艺要求；当耐候钢与普通低合金钢组焊时，优先选用与耐候钢匹配的焊接材料。

2 预热和道间温度控制

1) 常用耐候钢材采用中等热输入焊接时，最低预热温度可参照表 10.4-2 的规定进行。

表 10.4.2-2 耐候钢最低预热温度和道间温度 (°C)

耐候钢 牌号	接头最厚部件的板厚 t (mm)			
	20≤t≤40	40<t≤60	60<t≤80	t>80
Q345qNH	/	50	80	100
Q420qNH	/	65	100	120
Q500qNH	80	100	120	150

- 注：1. “/”表示可不进行预热；
 2. 当采用非低氢焊接材料焊接时，预热温度应比该表规定的温度提高 20°C；
 3. 当母材施焊处温度低于 0°C 时，应将表中母材预热温度增加 20°C，且应在焊接过程中保持这一最低道间温度；
 4. 推荐焊接热输入约为 15~30GH/cm；
 5. 焊接接头板厚不同时，应按接头中较厚板的板厚选择最低预热温度和道间温度；
 6. 焊接接头材质不同时，应按接头中较高高强度、较高碳当量的钢材选择最低预热温度；
 7. 杆件拘束度大的可根据情况在推荐预热温度基础上提高 50°C。

2) 焊接过程中，最低道间温度应不低于预热温度。耐候桥梁钢焊接时，最大道间温度不宜超过 180°C。

10.4.3 焊接质量检验

无损检测应在外观检测合格后进行。高性能耐候钢应以焊接完成 24h 后无损检测结果作为验收依据；当钢材板厚 ≥40mm 时，以焊接完成 48h 后无损检测结果作为验收依据。

10.5 产品试板

10.5.1 产品试板分为工厂产品试板和现场产品试板两类，其数量应按表 10.5.1 规定执行，接头数量少于表中数量时，亦应做一组产品试板。

表 10.5.1 产品试板数量

序号	焊缝类型	工厂		现场	
		接头数量	产品试板数量	接头数量	产品试板数量
1	横向对接焊缝	45 条	1 组	30 条	1 组
2	桥面板单元横向对接焊缝	15 条	1 组	10 条	1 组
3	桥面板单元纵向对接焊缝	45 条	1 组	20 条	1 组
4	全断面对接焊缝 (横向多箱多幅按 1 个全断面计算)	15 个断面	平、立、仰焊缝 各 1 组	8 个断面	平、立、仰焊缝 各 1 组

10.5.2 产品试板的材质、厚度、轧制方向及坡口应与所焊对接板材相同。对不等厚板的产品试板，可利用薄板进行等厚对接试验。

10.5.3 制作产品试板时，应在焊缝端部加装试板，并于结构焊缝同时施焊；当焊缝端部不具备加装试板条件时可单独施焊，但应采用与构件焊接相同的工艺和设备，并应在同一地点施焊。

10.5.4 产品试板制作完成后，应先对焊接试板做出标记，包括项目号，所在产品部位焊缝编号，材料，焊工号等，然后再进行切割、送检。

10.5.5 产品试板焊缝的外观应按本标准 14.4.4 条款钢结构桥梁焊接外观检验批质量验收标准的规定，并按 I 级对接焊缝要求进行超声波检测。

10.5.6 产品试板的焊缝经外观和无损检测合格后，应进行接头拉伸、侧弯和焊缝金属低温冲击试验，试样数量和试验结果应符合本标准附录 G.0.1 的规定。

10.5.7 产品试板的试验结果不合格时，可在原试板上重新取样再做试验；如试验结果仍不合格，则应先查明原因，然后对该试板代表的接头进行处理，并重新进行检验。

10.5.8 产品试板的焊接，检验必须在驻厂监理的见证下进行。

11 矫正与弯曲

11.1 零件矫正

11.1.1 当零件下料后的变形量大于允许偏差时，可采用机械、火焰加热或火焰加热+机械的方法矫正。

11.1.2 矫正后的钢材表面，不应有明显损伤，压痕深度不应大于 0.5mm，且不应大于钢材厚度负偏差的 1/2。

11.1.3 钢桥零件宜采用冷矫正，零件冷矫时的环境温度不宜低于-12℃，矫正时应缓慢加力，弯曲后的零件边缘不得有裂纹。

条文说明

钢材在低温时塑性较差，为防止因冷矫导致脆断，故需要对冷矫时的环境温度加以限制。

11.1.4 冷矫正无法实现时，方可采用热矫，工艺要求应符合表 11.1.4 的规定。采用热矫正时，温度应控制在 600~800℃。矫正后的零件应自然冷却，冷却过程中不得锤击或用水急冷。温度低于 400℃时，应停止矫正。

表 11.1.4 热矫工艺要求

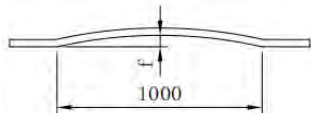
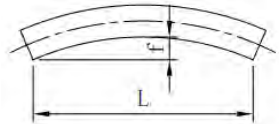
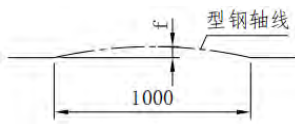
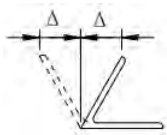
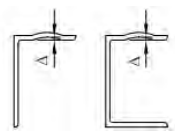
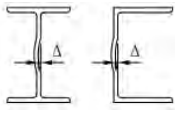
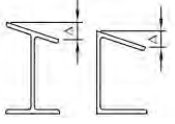
序号	牌号	交货状态	工艺要求
1	Q345qC、Q345qD、Q345qE、 Q370qC、Q370qD、Q370qE、 Q420qC、Q420qD、Q420qE	TMCP+回火、 TMCP	≤750℃，严禁保温
2	Q460qC、Q460qD、Q460qE、 Q500qC、Q500qD、Q500qE	TMCP+回火、 TMCP	≤700℃，严禁保温
3	其它钢种	热轧、正火等	≤800℃，严禁保温

条文说明

热矫正时，由于受热的高温区金属产生膨胀力，而使相距较远的低温区金属产生压应力，导致构件在两力交界处的组织疏松；一旦高温区急冷，无热量供给，疏松组织使其收缩复原而产生拉应力，有时会出现应力大于金属材料屈服点的情形，且加热区的钢材会有明显的脆化现象，因此规定不得用水急冷。

11.1.5 零件矫正的允许偏差应符合表 11.1.5 的规定。

表 11.1.5 零件矫正允许偏差(mm)

序号	名称	允许偏差		简图
1	钢板平面度	$f \leq 1$	栓接部位	
		$f \leq 2$	其余部位	
2	钢板直线度	$f \leq 2$	$L \leq 8m$	
		$f \leq 3$	$L > 8m$	
3	型钢直线度	$f \leq 1$		
4	角钢肢垂直度	$\Delta \leq 1$	栓接部位(角度不得大于 90°)	
		$\Delta \leq 2$	其余部位	
5	角钢肢、槽钢肢平面度	$\Delta \leq 1$		
6	工字钢、槽钢、H型钢腹板平面度	$\Delta \leq 1$		
7	工字钢、槽钢、H型钢翼缘垂直度	$\Delta \leq 1$	栓接部位	
		$\Delta \leq 2$	其余部位	

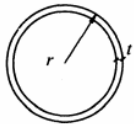
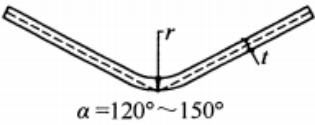
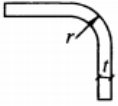
11.2 弯弧

11.2.1 主要受力零件冷作弯曲时，环境温度宜不低于-5℃，内侧弯曲半径不得小于板厚的 15 倍，小于者应热煨，热煨的加温温度、高温停留时间、冷却速率应与所加工钢材得性能相适应。冷作弯曲后的零件边缘不得产生裂纹。

11.2.2 冷轧弯弧

钢板冷轧弯弧可采用卷板机、折弯机或压力机加辅助工装压模的办法来实现。设备设置的变形量应考虑冷弯回弹的影响，且应大于设计要求的变形量。

表 11.2.2 冷轧弯弧

钢材类别	图例		冷弯最小曲率半径 r	
热轧钢板	钢板卷压成钢管		碳素结构钢	15t
			低合金结构钢	20t
热轧钢板	平板弯成 120° ~ 150°		碳素结构钢	10t
			低合金结构钢	15t
	方矩管壁板 (弯直角)		碳素结构钢	3t
			低合金结构钢	4t

11.2.3 热煨弯弧

- 1 热煨弯弧的方式可采用单面加热使钢板产生轻微变形，或采用双面加热且通过设备或工装施加外力，使母材产生较大的塑性变形。
- 2 热煨采用火焰加热时，母材温度要实时测量，避免过热、过烧。主要零件采用热煨成形时，热煨的加温温度、高温停留时间和冷却速率应与所加工钢材的性能相适应。零件可根据材料的含碳量，选择不同的热煨温度，可控制在 900~1000℃，或控制在 1100~1300℃；碳素结构钢和低合金结构钢在温度分别下降到 700℃和 800℃前，应结束加工；低合金结构钢应自然冷却。弯曲成形后的零件边缘不得有裂纹、褶皱。
- 3 钢管的热煨弯弧宜采用加热预压方式，实施前应进行钢管弯曲工艺评定试验，在确定弯曲度时尚应计入回弯的影响；弯曲时，钢管不应出现鼓包及拉薄等现象。
- 4 高强度结构钢（屈服强度不小于 420MPa）加热矫正后应缓慢冷却，可采取保温棉覆盖的保温缓冷措施。

11.3 构件矫正

11.3.1 构件外形矫正宜采取先总体后局部、先主要后次要、先下部后上部的顺序。

11.3.2 构件外形矫正可采用冷矫正和热矫正。当设计有要求时，矫正方法和矫正温度应符合设计文件要求；当设计文件无要求时，矫正方法和矫正温度应符合本标准第 11.1 节的规定。

11.3.3 采用热矫正时，工艺要求应符合表 7.6.4 的规定。矫正后的零件应自然冷却，冷却过程中不得锤击和用水急冷。

条文说明

热矫正时，由于受热的高温区金属产生膨胀力，而使相距较远的低温区金属产生压应力，导致构件在两力交界处的组织疏松；一旦高温区急冷，无热量供给，疏松组织使其收缩复原而产生拉应力，有时会出现应力大于金属材料屈服点的情形，且加热区的钢材会有明显的脆化现象，因此规定不得用水急冷。

11.3.4 冷矫正的环境温度应不低于 5 ℃；矫正时应缓慢加力。冷矫正的总变形量应不大于变形部位原始长度的 2%。时效冲击值不满足要求的拉力钢构件，不得矫正。


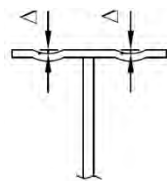
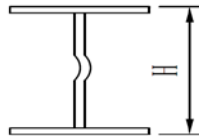
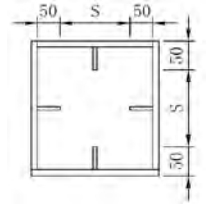
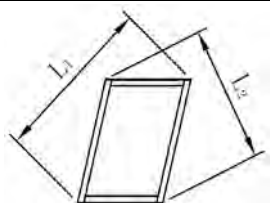
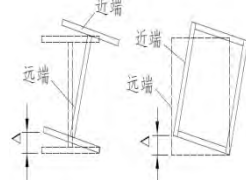
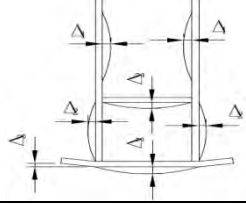
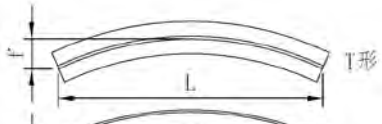
11.3.5 当设计文件对矫正有特殊要求时，矫正的方法和温度应符合其规定。

条文说明

随着各种新材料的应用，部分新钢种对矫正可能会有特殊要求，有的设计会对此作出规定，因此当设计有规定时，需要满足其要求。

11.3.6 钢桁梁构件矫正的允许偏差应符合表 11.3.6 的规定。

表 11.3.6 钢桁梁构件矫正的允许偏差 (mm)

序号	名称		允许偏差		简图
1	翼缘板对腹板的垂直度 Δ	有孔部位	当 $b \leq 600$ 时	≤ 0.5	
			当 $b > 600$ 时	≤ 1	
		其余部位	≤ 2		
2	翼缘板平面度	有孔部位	≤ 0.5		
		其余部位	≤ 2		
3	腹板平面度		$\leq h/500$ 且 ≤ 5		
4	箱形构件盖腹板平面度	工地孔部位	$S/750$ 且 ≤ 1		 <p>S: 孔群部位宽度</p>
		其余部位	$S/250$		
		纵向	$L_1/500$ 且 ≤ 5		
5	箱形构件对角线差 $ L_1-L_2 $	边长 < 1000	≤ 2		
		边长 ≥ 1000	≤ 3		
6	工形、箱形构件的扭曲		≤ 3		
7	整体节点构件节点板平面度		$\Delta_1 \leq 1$ $\Delta_2 \leq 1$ $\Delta_3 \leq 1.5$ (栓孔部位)		
8	T形、工形、箱形构件的	$L \leq 4000$	≤ 2		
		$4000 < L \leq 16000$	≤ 3		

序号	名称		允许偏差	简图
	弯曲；纵梁、横梁的旁弯 f	L > 16000	≤ 5	
9	节点板、接头板垂直度		$\Delta 1 \leq 1.5$ $\Delta 2 \leq 1$ $\Delta 3 \leq 1$	
	插入式连接节点板间距 S		+1.5, 0	
	整体节点下翼缘板平面度 Δ4		≤ 1 (不许内弯)	
	整体节点下翼缘板平面度 Δ5		≤ 2	

11.3.7 钢塔构件矫正的允许偏差应符合表 11.3.7 的规定。

表 11.3.7 钢塔构件矫正的允许偏差 (mm)

序号	名称		允许偏差	简图
1	壁板平面度 Δ	纵向	S/500 (S 为隔板间距)	
		横向	W/300 (W 为纵肋间距)	
2	横隔板	弯曲度 f	≤ 2	

11.3.8 钢箱梁、钢板梁、钢锚梁、钢锚箱、钢箱拱、钢管拱、钢管墩、钢箱墩和钢盖梁等构件矫正的允许偏差应符合其成品尺寸允许偏差的规定。

12 试拼装、预拼装

12.1 一般规定

12.1.1 钢桁梁、钢板梁的杆件在成批制造之前，应进行试拼装；钢箱梁、大节段钢桁梁、钢塔、钢箱拱和钢管拱等的构件在安装施工前，应进行预拼装。

条文说明

试拼装的目的是检验图纸、工装、工艺的准确性和合理性，预拼装的目的是检验节段间接口的匹配精度和桥梁整体线形精度，两者都是钢桥制造过程中非常重要的工序，其目标是通过制造过程的质量预控来保证现场安装施工的精度。

12.1.2 试拼装和预拼装应采用专用的平台或胎架，平台或胎架应具有足够的强度、刚度和稳定性，基础和地基应有足够的承载力。

12.1.3 试拼装、预拼装作业时，应符合起重吊装、高空作业等安全管理的相关规定。

12.2 试拼装

12.2.1 试拼装应按试装图的要求在制造企业内进行。首批制造杆件、改变工艺装备或工艺装备大修时，均应选取有代表性的杆件进行试拼装；成批连续生产的杆件，每生产 15 孔梁应试拼装一次。

12.2.2 试拼装应在钢结构涂装前在测平的胎架上进行，并应解除杆件与胎架之间的临时连接，使其处于自由状态。用于试拼装的零件、板单元和杆件等均应经检验合格。

12.2.3 钢板梁应整孔试拼装；钢桁梁应采用平面卧式试拼装。连续钢桁梁的试拼装杆件应包括所有节点类型，每轮试拼装的数量宜不少于 3 个节段。

12.2.4 试拼装时应使板层密贴，冲钉应不少于栓孔总数的 10%，螺栓宜不少于栓孔总数的 20%。

12.2.5 试拼装过程中，应对杆件的拼接处有无相互抵触以及螺栓不易施拧等情况进行检查。

12.2.6 试拼装时，应采用试孔器检查所有栓孔。对钢桁梁主桁弦杆竖板平面内和主桁间连接的栓孔，以及钢板梁主梁腹板平面内的栓孔，应 100% 自由通过较设计孔径小 0.75 mm 的试孔器；其他栓孔应 100% 自由通过较螺栓公称直径大 0.5mm 的试孔器。

12.2.7 有磨光顶紧要求的杆件，应有 75%以上面积密贴，采用 0.2mm 塞尺检查时，其塞入面积应不超过 25%。

12.2.8 钢桁梁试拼装的主要尺寸允许偏差应符合表 12.2.8 的规定。

表 12.2.8 钢桁梁试拼装的主要尺寸允许偏差 (mm)

序号	名称		允许偏差	备注
1	桁高		±3	上下弦杆中心间距
2	节间长度		±3	—
3	旁弯		≤L/5000	桥面系中线与其试拼装全长 L 的梁段中心所连直线的偏差
4	试拼装长度		±5	L ≤ 50000
			±L/10000	L > 50000
5	拱度	f ≤ 60	±3	f 为计算拱度
		f > 60	±f/20	
6	对角线		≤3	每个节间主桁斜杆与上、下弦杆中心线两交点的距离
7	主桁中心距	两片主桁	±3	—
		三片主桁	±2.5	边桁至中桁的中心距离
			±5	边桁至中桁的中心距离

12.2.9 钢板梁试拼装的主要尺寸允许偏差应符合表 12.2.9 的规定。

表 12.2.9 钢板梁试拼装的主要尺寸允许偏差 (mm)

序号	名称	允许偏差	备注
1	梁高H	±2	H ≤ 2m
		±4	H > 2m
2	跨度L	±8	支座中心至中心
3	全长	±15	全桥长度
4	主梁中心距	±3	—
5	拱度	+10, -3	与计算拱度相比
6	两片梁相对拱度差	≤4	—
7	旁弯	≤L/5000	桥梁中心线与其试拼装全长 L 的两端按中心所连直线的偏差

序号	名称	允许偏差	备注
8	两相邻梁段错边量	≤ 2	—
9	相邻两主梁横断面对角线差	≤ 4	—
10	平关节间对角线差	≤ 3	—
11	主梁倾斜	≤ 5	—
12	支点处高低差	≤ 3	三个支座处水平时，另一支座处翘起高度

12.2.10 试拼装的检验应在无日照影响的条件下进行，并应有详细的检查记录。试拼装检验合格后方可批量生产。

12.3 实体预拼装

12.3 预拼装示例

1 每批梁段制造完成后，应进行连续匹配预拼装，预拼装应按施工图纸规定的连接顺序进行。每轮预拼装结束并经检查合格后，应至少留下一个梁段参与下一轮次的匹配拼装。

条文说明

通常情况下，钢箱梁、钢桁梁、钢塔、钢箱拱和钢管拱的节段组装和预拼装可以同步进行。

2 每轮预拼装均应进行线形控制。立式预拼装应测量调整高程，胎架顶面（梁段底）的线形应与设计或施工监控要求的梁底线形相吻合；侧卧式预拼装的胎架顶面应测平，连接处的平面位置应与设计或施工监控要求拱轴线线形吻合。预拼装的测量应在解除工艺板后进行。

3 钢箱梁节段的每轮预拼装数量应不少于 3 段，预拼装的主要尺寸允许偏差应符合表 12.3-1 的规定。

表 12.3-1 钢箱梁节段预拼装主要尺寸允许偏差 (mm)

序号	名称		允许偏差	备注
1	预拼装长度 L		$\pm 2n, \pm 20$; 取绝对值较小者	n 为梁段数, 测最外侧两锚箱或吊点间距
2	顶板宽 B	2 车道	± 5	测梁段两端口宽度
		4 车道	± 6	
		6 车道	± 8	
		8 车道	± 10	
3	两相邻吊点纵距		± 3	测锚箱或吊点间距
4	梁段中心线错位		≤ 2	梁段中心线与桥轴中心线偏差
5	左右支点高度差 (吊点)		≤ 5	左右高低差
6	竖曲线或预拱度		+10, -5	测横隔板处桥面高程
7	旁弯		$3+0.1L_m$ 且 ≤ 6	测桥面中心线的平面内偏差。L _m 为任意 3 个预拼装梁段长度, 以 m 计
8	两相邻梁段接口错边量		≤ 1.5	梁段匹配接口处安装匹配件后
9	纵肋直线度 f		≤ 2	梁段匹配接口处
10	螺栓孔孔距		± 1 ^①	相邻梁段 ^①

注: ^①对于特配连接板可不受此限。

4 钢桁梁节段的每轮预拼装数量宜不少于 3 段, 预拼装的主要尺寸允许偏差应符合表 12.3-2 的规定。

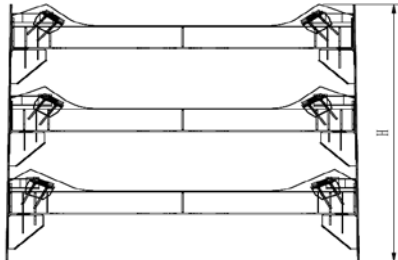
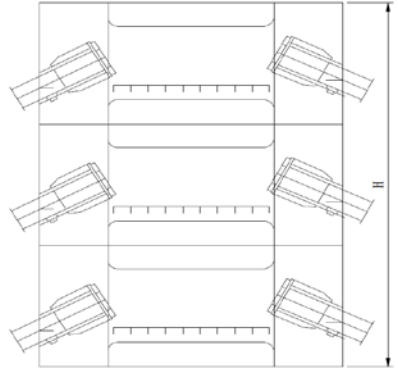
表 12.3-2 钢桁梁节段预拼装主要尺寸允许偏差 (mm)

序号	名称	允许偏差		简图
1	预拼装长度 L	L/10000 且 ≤ 10	主桁预拼装弦杆极边孔距	
2	节间长度 L ₁	± 3	两相邻节段的相邻节点纵向间距	
3	两相邻锚点间距 L ₂	± 3	两相邻节段的相邻锚箱锚点纵向间距	
4	1/2 斜杆接口位置 h	± 2	预拼装端部斜杆端头孔群与上弦杆腹板孔群距离	

序号	名称	允许偏差		简图
5	主桁中心线 直线度（旁 弯）	≤ 10		
6	桁片纵向偏 移 Δ	≤ 5		
7	预拱度	+10, -3		
8	节段间对接 错边	桥面板	≤ 1.5	
		弦杆	≤ 1.0	
9	两端支座连 接孔中心距 离	± 15		

5 钢锚梁、钢锚箱可采用立式或卧式预拼装，每轮预拼装的数量宜不少于 3 段，预拼装的主要尺寸允许偏差应符合表 12.3-3 的规定。

表 12.3-3 钢锚梁、钢锚箱预拼装主要尺寸允许偏差（mm）

序号	名称	允许偏差		简图
1	预拼装高度 H	$\pm 2n$ 且 ≤ 20	n 为梁段数	 <p>钢锚梁示意图</p>  <p>钢锚箱示意图</p>
2	壁板垂直度	$\leq 1/5000$		
3	预拼装箱体整体扭曲	≤ 4		
4	钢锚梁与支承面接触率 或钢锚箱端面接触率 ^①	$\geq 40\%$	不考虑竖向加 劲肋	
5	顶节和底节钢锚梁锚点 间距	± 15	12 节段累计	
6	节段间壁板错边量	≤ 2		

注：^① 钢锚箱端面接触率指端面有机加工要求的钢锚箱。

条文说明

本条规定适用于壁板连接的钢锚梁、钢锚箱的预拼装。

6 钢箱拱节段的每轮预拼装数量宜不少于 3 段，预拼装的主要尺寸允许偏差应符合表 12.3-4 的规定。

表 12.3-4 钢箱拱节段预拼装主要尺寸允许偏差 (mm)

序号	名称		允许偏差	备注
1	长度		$\pm 2n$ 且 ≤ 20	n 为节段数
2	相邻两节段吊点距离		± 5	—
3	纵向线形	旁弯	$L/5000$ 且 ≤ 10	L 为试拼装长度
		曲线度	+10, -3	—
4	相邻节段横基线间距		± 2	—
5	匹配件位置错边量		≤ 1	—
6	支点高度差		≤ 5	—

7 钢管拱拱肋节段可采用卧式预拼装，每轮预拼装的数量宜不少于 3 段。对大跨径桁架钢管拱拱肋节段，当卧式预拼装不能满足精度要求时，可采用“2+1”的方式进行立式预拼装。预拼装的主要尺寸允许偏差应符合表 12.3-5 的规定。

表 12.3-5 钢管拱拱肋节段预拼装主要尺寸允许偏差 (mm)

序号	名称	允许偏差	备注
1	预拼装总长度	$\pm 2n$ 且 ≤ 20	n 为节段数
2	节段水平长度	± 5	—
3	内弧偏离设计弧线	≤ 8	—
4	节段端口环缝对接错边量	≤ 2	—
5	旁弯	≤ 10	成拱后横向偏位
6	拱肋间距	± 5	适用于一次性组装的双排拱肋
7	对称接头相对高差	≤ 15	—

条文说明

钢管拱的拱肋一般根据主拱跨径的不同分别有单钢管、双钢管或多钢管截面，双钢管截面多为哑铃形，多钢管截面的拱肋通常设计为桁架式。钢管拱的拱肋节段采用卧式预拼装时，

胎架或支架的设置较为简单，操作上亦较容易，而且对跨径相对较小的钢管拱，一般能满足拼装精度的要求，因此可以采用这种方式进行预拼装。对大跨径桁架式钢管拱肋，例如主拱跨径大于或等于 200m 时，由于节段较长较重，自重荷载下的结构变形较大，采用卧式预拼装时无法反映自重荷载下的变形因素，可能达不到拼装精度的要求，因此，在卧式预拼装不能满足拼装精度的情况下，就可以采用立式的方式进行预拼装。虽然立式预拼装能够比较真实地反映出拱肋节段总重作用下的变形因素，拼装效果较好，能达到较高的精度要求，但由于其施工的难度要比卧式预拼装大，安全风险较高，效率亦较低，因此规定可以采用“2+1”的方式进行。

9 钢塔节段的预拼装宜在工厂的厂房内进行。预拼装可采用立式或卧式。

条文说明

立式是指将拟进行拼装的钢塔节段竖直叠加放置；卧式是指将拟进行拼装的钢塔节段水平顺序放置。

10 栓接钢塔节段采用立式预拼装时应符合下列规定：

- 1) 预拼装所使用的工作平台应具有足够的刚度和顶面平面精度，刚度应满足在拼装过程中不产生变形的要求，顶面平面精度应满足立式预拼装要求。
- 2) 对节段端面接触率进行检查前，应清除接触面边缘的机加工毛刺。
- 3) 钢塔立式预拼装时，每轮的预拼装数量应不少于 2 段。
- 4) 预拼装时应对端面接触率、螺栓孔位置和轴线偏位等情况进行检查，测量点应符合设计的规定，每个节段端面的顶紧处均应有检查记录。
- 5) 对节段端面接触率的判定，应采用 0.04mm 的塞尺进行检查，当塞尺的插入深度不超过板厚的 1/3 时判定为密贴，超过时应判定为不密贴。
- 6) 栓接钢塔立式预拼装的主要尺寸允许偏差应符合表 12.3-6 的规定。

表 12.3-6 栓接钢塔节段立式预拼装主要尺寸允许偏差 (mm)

序号	名称		允许误差	备注
1	预拼长度 L		$\pm 2n$	n 为预拼装钢塔节段数量
2	垂直度		$\leq 1/6000$	—
3	错边量		≤ 2	个别角点，3mm
4	端面接触率	壁板	$\geq 50\%$	金属接触率=密贴点数/检测点总数 $\times 100\%$ (测点频次为：壁板、腹板:1 点/每个加劲肋间隔；加劲肋：1 点/每条加劲肋)
		腹板	$\geq 40\%$	
		加劲肋	$\geq 25\%$	

11 栓接钢塔节段采用卧式预拼装时应符合下列规定：

- 1) 预拼装应在专用胎架上进行，胎架应具有足够的刚度及顶面平整度，刚度应满足在拼装过程中不产生变形的要求。
- 2) 钢塔卧式预拼装时，应按照设计的连接顺序依次进行，每轮的预拼装节段数量应不少于 2 段。
- 3) 预拼装时，应对水平放置的节段施加必要的轴向力，并应保证节段之间的受力状态与实际的受力状态相接近。
- 4) 对节段端面接触率的判定，应采用 0.2mm 的塞尺进行检查，当塞尺的插入深度不超过板厚的 $1/4$ 时判定为密贴，超过时应判定为不密贴。
- 5) 螺栓孔的位置应采用试孔器进行检查，所有螺栓孔均应 100% 自由通过较螺栓公称直径大 1mm 的试孔器方可认为合格。
- 6) 预拼装后，应在钢塔节段的适宜位置设置临时连接匹配件，并应标识清楚。
- 7) 栓接钢塔卧式预拼装的主要尺寸允许偏差应符合表 12.3.10 的规定。

条文说明

卧式预拼装一般在具有相当精度的测量仪器的控制下完成，重点控制的是钢塔的整体直线度和线形。

12 焊接连接的钢塔节段可采用卧式预拼装，且可不检测端面接触率，其长度、垂直度和错边量应符合本标准表 8.4.3 的规定。用于定位端面间隙的匹配件应在预拼装合格后安装，且匹配件承压面应密贴。

条文说明

焊接连接钢塔是通过连接焊缝传递荷载，而非通过金属接触面传递荷载，故不需控制钢塔节段之间的端面接触率。匹配件承压面是为了支承节段重量使其处于确定位置，如果预拼装时留有间隙，在实际安装时会使节段倾斜，影响垂直度。

12.4 数字化测量及模拟预拼装

12.4.1 一般规定

1 数字化测量模拟预拼装前，应采用三维测量或扫描设备，采集构件尺寸的特征数据，

形成构件形状、尺寸特征的三维坐标数据库。

- 2 三维测量和扫描设备的量程应满足被测量结构的最大外形尺寸，测量、扫描系统偏差应小于构件实体验证允许偏差。
- 3 数字化测量模拟预拼装应根据预拼装结构的形式、形状和特征要素，选定采用三维坐标点测量和扫描方法，或多种测量方法混合使用的数据采集方式，并保证预拼装构件数据采集的完整性。
- 4 三维坐标点测量时，测量数据应按设定的程序和格式直接输入到计算机模拟预拼装软件中，通过自动化数据绘图处理系统，形成结构定位点实测模拟预拼装点位的坐标图，使用精度分析软件，与设计模型结构定位点位坐标进行对比，确定其偏差是否符合允许偏差要求。
- 5 扫描测量系统应包含数据采集的硬件部分和数据处理的软件部分，用于测量物体的轮廓集合数据，建构和编辑生成通用输出格式的曲面数字化模型，与设计模型进行特征定位点对比后，形成模拟预拼装偏差表，用以判定模拟预拼装结果与设计的符合性。
- 6 数字化测量模拟预拼装的靶标测量应设置不少于两个观测站点，且测量过程中无振动。
- 7 数字化测量模拟预拼装时，构件测量数据与构件实体外形和定位点应相同。
- 8 数字化测量模拟预拼装应在计算机上形成全部杆件定位点的拼装偏差图表，并判定是否超出允许偏差。

条文说明

三维测量：即对被测物进行全方位测量，确定被测物的三维坐标测量数据。

扫描：利用电子束的左右移动在屏幕上显示出画面或图形。

12.4.2 数字化测量示例

- 1 全站仪现场测量，采集构件实测数据。保证构件处于空旷位置、无遮挡物，用全站仪测量结构周围的旋转标靶和构件法兰，转站测量另一端的法兰。
- 2 栓接孔群检测，同一连接板孔群数据采集点，为四角孔位加结构分中心点共计 6 处点位。栓接孔群数据采集时，如孔位有遮挡，通过孔位点位移的方式进行检测。
- 3 将全站仪的测量数据保存至 U 盘当中，然后将数据拷贝到电脑上，数据格式为 mes 文件。

12.4.3 模拟预拼装示例

- 1 通过三维分析软件，在电脑上分析全站仪测量出的三维数据，检查构件是否误差超差，构件超差通知施工现场进行返修。
- 2 出具单构件的分析报告，显示构件长度，螺栓孔偏差情况。报告提交质检部门，根据精度要求，质检人员判定构件精度是否合格，不合格构件按照精度报告显示误差进行修正，修正完成后申请报验复检。
- 3 模拟预拼装：为了项目现场拼装快速、安全、有效进行，对测量完成的单构件进行模拟预拼装，提前预判现场拼装可能出现的问题，规避风险。
- 4 根据模拟预拼报告误差进行分析，发现存在的问题，提前做好解决方案，为现场实际拼装做准备。

13 涂装

13.1 一般规定

13.1.1 钢桥的涂装应符合设计文件和现行《公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件》(JT/T 722)的规定。

13.1.2 涂装前应编制专项施工方案,并应依据专项施工方案编制工序作业指导书。

13.1.3 涂装前,应对施工人员进行涂装施工的专业培训并考核。喷砂、喷漆等关键工序的施工人员应获得涂装工中级及以上的资格证书,特种作业人员和质量检验人员应具备相应的职业资格。

13.1.4 涂装施工所使用的设备和工具应保持良好状况、安全可靠。

13.1.5 密闭构件的内部不宜涂装,如钢板已经过预处理下料,则密闭构件内部的预处理油漆因焊接、打磨破损后,不必修复。

13.1.6 涂装完成后应按技术要求对构件进行标识,且应待涂层干燥后再进行构件的存放。

13.2 表面处理

13.2.1 在喷砂除锈前,应对构件进行必要的结构预处理,焊缝、边缘、一般表面当项目没有特别规定时,按照标准 GB/T 8923.3 (ISO 8501-3) 表 1 中的 P2 级执行,并应符合下列规定:

- 1 应将粗糙的焊缝打磨光滑,对焊接所产生的飞溅物应清除干净。
- 2 切割边的峰谷差超过 1mm 时,应打磨到 1mm 以下。
- 3 表面有层叠、裂缝或夹杂物时,应对其进行打磨处理,必要时应先补焊再打磨。

13.2.2 构件的表面有油污时,可采用专用清洁剂对其进行低压喷洗或软刷刷洗,并应采用淡水枪将喷洗或刷洗后的所有残余物冲洗干净;亦可采用碱液、火焰等进行处理,但在处理完成后应采用淡水将残留的碱液冲洗至中性。小面积的油污可采用有机溶剂擦洗。探伤液耦合剂应在超声波探伤后还处于液体的状态下立即用清水洗净。探伤耦合剂在探伤后如果没有及时清理,在除锈前应用清水浸泡探伤液,然后用钢丝刷擦拭,最后用清水冲洗并吹干表面。

条文说明

对表面油污的检查通常有两种方法:一是粉笔试验法,适用于非光滑的钢结构表面,做法是:对怀疑有油污污染的区域,采用粉笔划一条直线贯穿油污区域;如果在该区域内,粉

笔线条变细或变浅，说明该区域可能被油污污染。二是醇溶液试验法，适用于所有钢结构表面，做法是：对怀疑有油污污染的部位，采用蘸有异丙醇的脱脂棉球擦拭，并将异丙醇挤入透明的玻璃管中；加入 2~3 倍的蒸馏水，振荡混合约 20min；以相同体积的异丙醇蒸馏水溶液为参照，如果溶液呈混浊状，表明钢结构表面有油污污染。

13.2.3 钢材表面的可溶性氯化物含量应不大于 $7\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ，超过时应采用高压淡水冲洗。当钢材不接触氯离子环境时，可不进行表面可溶性盐分的检测；当不能完全确定是否处于氯离子环境时，应进行首次检测。

13.2.4 涂装前，应对构件的表面进行喷砂除锈，除锈等级和表面粗糙度应符合现行《公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件》（JT/T 722）的规定。

13.2.5 喷砂除锈的磨料应采用清洁、干燥的钢砂、钢丸或其混合物或铜矿砂，其粒度和形状均应满足对表面粗糙度及清洁度的要求。

13.2.6 喷砂除锈完成后，应清除喷砂后产生的表面残渣，并应采用真空吸尘器或无油、无水的压缩空气，清理构件钢材表面的灰尘，清理后的表面清洁度应符合现行《涂覆涂料前钢材表面处理表面清洁度的评定试验第 3 部分：涂覆涂料前钢材表面的灰尘评定（压敏粘带法）》（GB/T 18570.3）的规定。

13.2.7 表面处理工序完成后，底漆宜在 4h 内进行涂装；当构件所处环境的相对湿度不大于 60%时，涂装施工的时间可适当延长，但最长应不超过 12h。在上述规定的时限内，如果钢材的表面已出现返锈现象，则应重新进行除锈处理。

13.2.8 磨料清洁度：应对磨料混合物的单个随机样品进行试验，检测样品中油含量：试验的水中不得有油，无论是浮在表面上的油，还是油混合成乳液，均不可接受。

13.2.9 应测试磨料混合物杂质：如果非磁性材料的重量大于初始样品重量的 1%，则应回收磨料混合料。

13.3 锈层稳定化处理

对耐候钢表面锈层稳定化处理可采用水处理法和加速锈层稳定剂法进行。后者需要对锈层稳定剂进行环保评价，难度较大，成本高。水处理法，即先对杆件进行整体喷砂处理，要求清洁度达到 Sa2 级，然后对喷砂除锈后的杆件进行喷水处理，每天对杆件均匀喷水一次，至少喷水 30 天，使杆件表面产生均匀的锈层。

条文说明：

采用耐候钢制造的钢桥为免涂装使用，需要对制造后的杆件进行锈层稳定化处理，即杆件制作完成后，使耐候钢表面快速形成均匀的锈层。

13.4 涂装工艺及试验

13.4.1 当设计要求或制造企业首次采用某涂料和涂装工艺时，应按 GB50205-2020《钢结构工程施工质量验收标准》中附录 D 的规定进行涂装工艺评定，评定结果应满足设计要求并符合国家现行标准的要求。

13.4.2 涂装工艺实验样品外观、漆膜厚度、涂层附着力要符合设计、标准要求中的较高者。

13.4.3 根据合格的涂装工艺实验、油漆说明书、设计要求，编制油漆工艺指导书，指导正式的涂装作业，涂装工艺指导书样板见表 13.4.3。

表 13.4.3 涂装工艺指导书样板

xx 项目-油漆工艺

项目编号：xx			编号 No.：xx			版本号：x			
项目	XX			名称	XX				
涂装区域	名称	道数	干膜厚度		组份	混合比例 (质量比)	混合方式	混合后适用期	无气喷涂参考参数
			设计厚度	检验厚度					
干膜厚度									
备注									

13.5 涂装作业

I 工厂涂装

13.5.1 工程涂装工厂涂装应在室内的封闭条件下进行。

13.5.2 涂装施工的环境条件应与涂料产品说明书的要求一致。

13.5.3 涂料的配制和使用时间应符合下列规定：

- 1 涂料宜采用动力搅拌装置经充分搅拌均匀后方可用于施工；对双组分或多组分涂料，应先将各组分分别搅拌均匀后，再按比例配制并搅拌均匀。
- 2 混合好的涂料应按产品说明书的要求进行熟化。
- 3 涂料的使用时间应符合产品说明书规定的适用期。

13.5.4 对已涂无机硅酸锌、无机富锌等车间底漆的构件外表面，在涂装底漆前，应采用喷砂方法进行二次表面处理；内表面的车间底漆基本完好，且涂装采用非富锌类底漆时，可不进行二次表面处理，但应除去表面的盐分和油污，并应将焊缝和锈蚀处打磨至现行《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》（GB 8923.1）规定的 St3 级。

13.5.5 涂装施工应符合下列规定：

- 1 涂装时，构件的表面不应有雨水或结露；亦不得出现返锈现象，否则应重新除锈。
- 2 大面积喷涂时，应采用高压无气喷涂工艺，滚涂或刷涂仅在预涂或修补时方可采用；对无机富锌涂料应采用空气喷涂或无气喷涂，不得采用滚涂或刷涂。
- 3 对小面积、细长以及复杂形状构件的喷涂，可采用空气喷涂或刷涂。
- 4 对不易喷涂到的部位，宜采用刷涂的方式进行预涂装，或在第一道底漆后进行补涂。
- 5 当涂装材料对工艺有特殊要求时，应执行其规定。
- 6 采用涂料防腐时，表面除锈处理后宜在 4h 内进行涂装，采用金属热喷涂防腐时，钢结构表面处理与热喷涂施工的间隔时间，晴天或湿度不大的气候条件下不应超过 12h，雨天、潮湿、有盐雾的气候条件下不应超过 2h。
- 7 各道涂层的涂装间隔时间应符合材料的技术要求。
- 8 涂装施工完成后的 4h 内应对涂层的表面采取必要的保护措施。

13.5.6 对在施工过程中局部损伤的涂层，应先按本标准第 13.2 节的规定进行表面处理，当原涂层的底漆为环氧富锌涂料时，可直接作为新的底漆；当原涂层的底漆为无机富锌涂料时，则应补涂环氧富锌涂料作为新的底漆，再按原设计涂层补涂各层涂料。

II 工地现场涂装

13.5.7 工地现场涂装的环境条件除应符合本标准第 13.4.2 条的规定外，对构件接头的涂装和涂层的修补应在临时作业棚内进行，并应采取有效措施减少或避免对周围空气、水源等的污染。

13.5.8 构件和梁段的现场对接焊缝两侧各 50mm 范围内不宜在工厂涂装，宜待安装完成后

进行，且该范围内的涂装总干膜厚度宜增加 10%。对该范围进行涂装时，应对与之连接的各层漆面进行阶梯状打磨，每层涂层的重叠长度应不小于 20mm，末道面漆的涂装范围宜为焊缝两侧各 150mm。

条文说明

焊接所产生的高温可能会损伤焊缝两侧的涂层，因此对接焊缝处一定范围内的涂装需要在现场安装后再进行。扩大受损处的涂装范围是为了保证受损部位全部得到修复，不致因施工偏差而遗漏。

13.5.9 在运输和安装过程中损伤的涂层应进行修复，并应符合下列规定：

- 1 对涂层的局部损伤部位采用机械打磨时，其除锈等级应达到现行《涂覆涂料前钢材表面处理表面清洁度的目视评定》（GB/T 8923）规定的 St3 级。
- 2 在对对接焊缝处局部损伤的涂层进行修复时，其补涂的范围应比受损的范围大 30mm。
- 3 当涂层有大面积损伤时，应对其进行重新喷砂、逐层修复。

13.5.10 在工地现场进行最后一道面漆涂装时，其施工应符合下列规定：

- 1 涂装前应对运输和安装过程中损伤的涂层进行修复处理。
- 2 对待涂表面，应采用淡水、清洗剂等进行必要的清洁处理，清除表面的灰尘和油污等。
- 3 应对涂层的相容性和附着力进行试验，涂装施工过程中有异常情况时应及时处理。

13.5.11 工地现场的风力大于四级时，不得进行涂装的施工作业。

III 摩擦面处理

13.5.12 在工地以高强度螺栓或高强度环槽铆钉连接的构件，其连接部位的摩擦面可采用无机富锌防滑涂料或热喷铝进行涂装处理。

13.5.13 摩擦面处理后的抗滑移系数应符合设计规定。摩擦面抗滑移系数试验方法应符合 JTG/T 3651 附录 G 的规定。

13.5.14 构件出厂后，摩擦面涂层抗滑移性能的保质期应为 6 个月；超过保质期后，应重新检验其抗滑移系数，合格后方可使用。

条文说明

摩擦面涂层的抗滑移性能保质期要求为 6 个月，与高强度螺栓的保质期是一致的，即构件在工地现场正常存放的情况下，摩擦面的抗滑移系数要求不小于 0.45。

14 检验与验收

14.1 一般规定

14.1.1 钢桥应分为制作与现场安装两个阶段的检验与验收。

14.1.2 钢桥工程施工质量的检验与验收，必须采用经计量检定、校准合格且在校准有效范围内的计量器具。

14.1.3 钢桥制作与安装检验应分为两类：

1 自检，是施工单位在制造、安装过程中，由本单位具有相应资质的检测人员或委托具有相应检验资质的检测机构进行的检验；

2 监检，是业主或其代表委托具有相应检验资质的独立第三方检测机构进行的检验。

14.1.4 从事钢桥检验与验收的人员应在金属制造、检验和测试方面培训或有经验、或既有经验又经过培训两方面条件均具备、能够胜任检验工作的个人。从事焊接无损检测的人员均应具有国家法定机构颁发的资格证书，且仅应从事资格证书规定范围内的工作。

14.1.5 钢桥的制造与安装应建立完善的质量检验制度，并编制专项的检验计划。检验计划具体应包含以下内容：

1 检验标准依据；

2 检验项目；

3 检验工具与检验方法；

4 检验比例；

5 检验参与方（包含制造和安装企业、客户或独立的第三方）；

6 检验参与方式，在检验计划中需要明确检验的方式，主要有：监督检查、停工检验、文件审阅和见证。

14.2 钢桥制作过程检验

14.2.1 钢桥制作过程检验按流程图 14.2.1 执行。

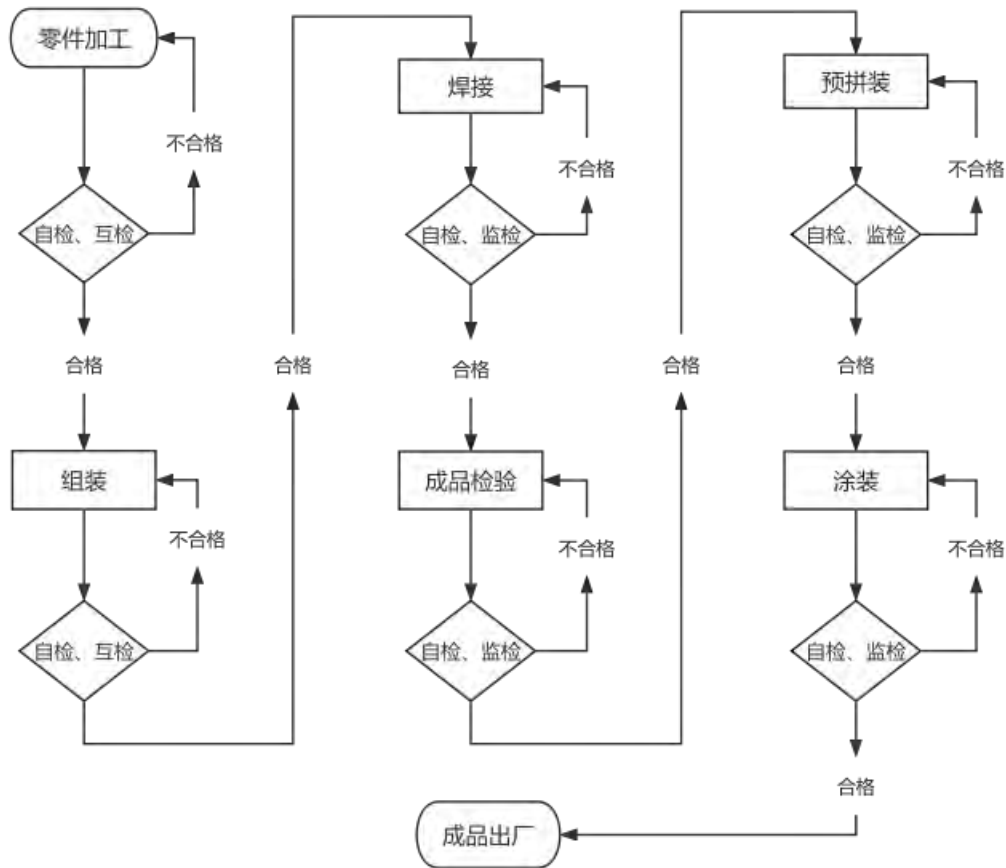


图 14.2.1 钢桥制作过程检验流程图

14.2.2 零件加工检验应符合下列规定：

- 1 任何零件应对首件进行 100%检验，检验合格后方可批量加工。任何零件的检验均要遵从自检、互检、专检检验程序。
- 2 零件下料切割应符合本标准第 7.2 节的规定，并应符合下列规定：
 - 1) 钢材切割面应无裂纹、夹渣、分层和大于 1mm 的缺棱。
检验方法：目视检查，有异议时做磁粉检查。
 - 2) 崩坑缺陷的修补应符合本标准附录 F 的规定。
检验方法：目视检查，有异议时做磁粉检查。
 - 3) 剪切的允许偏差应符合本标准第 7.2.5 条的规定。
检验方法：目视检查，用钢卷尺、直角尺、钢板尺、样块检查。
 - 4) 手工焰切应符合本标准第 7.2.6 条的规定。
检验方法：目视检查，用钢卷尺、直角尺、钢板尺、样块检查。
- 3 钢桥零件尺寸的允许偏差应符合本标准第 7.2.3 条第 2 款的规定。

检验方法：用钢卷尺、拉力器、直角尺、钢板尺检查。

4 制孔应符合本标准第 7.3 节的规定，并应符合下列规定：

1) 螺栓孔、铆钉孔的成形、孔壁表面粗糙度、孔缘应符合本标准第 7.3.2 条的规定。

检验方法：目视检查，比照样块检查。

2) 螺栓孔、铆钉孔的孔径允许偏差、孔壁垂直度应符合本标准第 7.3.3 条的规定。

检验方法：用游标卡尺、试孔器检查。

3) 螺栓孔、铆钉孔的孔距允许偏差应符合本标准第 7.3.4 条的规定；有特殊要求的孔距允许偏差应符合设计文件的规定。

检验方法：用游标卡尺、钢板尺、钢卷尺、拉力器检查。

5 过焊孔表面不得有氧化铁、毛刺等，表面应光滑、平整，外形尺寸应符合本标准第 7.4 节的规定。

检验方法：目视检查，钢卷尺、粗糙度对比样块检查。

6 机加工应符合本标准第 7.5 节的规定，并应符合下列规定：

1) 顶紧传力面的表面粗糙度、顶紧加工面与板面垂直度应符合本标准第 7.5.1 条第 1 款的规定。

检验方法：目视检查，直角尺、塞尺、比照样块检查。

2) 钢塔节段端面机加工应符合本标准第 7.5.1 条第 2 款的规定。

检验方法：钢盘尺，精密激光跟踪测量系统，粗糙度测量仪或样块对比法。

3) 零件应磨去边缘的飞刺、挂渣，使端面光滑匀顺。

检验方法：目视检查。

7 零件矫正与弯曲应符合本标准第 7.6 节的规定，并应符合下列规定：

1) 矫正后的钢材表面不应有明显的凹痕或损伤。

检验方法：目视检查。

2) 热矫正应符合本标准第 7.6.4 条的规定。

检验方法：测温仪检查

3) 零件矫正的允许偏差应符合本标准第 7.6.5 条的规定。

检验方法：目视检查，用钢卷尺、平尺、拉力器、直角尺、钢板尺、塞尺、样块检查。

8 弯弧应符合本标准第 7.7 节的规定。

检验方法：目视检查，用钢卷尺、平尺、样板、测温仪检查

9 零件加工检验比例：首件 100%检验，过程按零件数量抽查 10%，且不应少于 3 件。

10 零件加工检验记录按附录 A 表 A.0.5-1~表 A.0.5-2 进行记录。

14.2.3 组装检验应符合下列规定：

1 钢桥组装前应核对零件编号、材质、规格尺寸、坡口方向，确认无误后方可进行组装。

2 构件组装后坡口尺寸允许偏差及装配间隙应符合本标准第 9.1.2 条的规定。

检验方法：用角度尺、塞尺检查。

3 桁架桥的弦腹杆、弦杆连接节点的组装应符合本标准第 9.2.7 条的规定。

检验方法：用钢卷尺、拉力器、直角尺、钢板尺检查。

4 箱型梁组装应符合本标准第 9.3.2 条的规定。

检验方法：用钢卷尺、拉力器、塞尺、全站仪、水准仪、钢板尺检查。

5 钢板梁组装应符合本标准第 9.3.3 条的规定。

检验方法：用钢卷尺、拉力器、塞尺、全站仪、水准仪、钢板尺检查。

6 钢拱桥梁组装应符合本标准第 9.3.4 条的规定。

检验方法：用钢卷尺、拉力器、塞尺、全站仪、水准仪、钢板尺检查。

7 桁架桥组装应符合本标准第 9.3.5 条的规定。

检验方法：用钢卷尺、拉力器、塞尺、全站仪、水准仪、钢板尺检查。

8 钢塔组装应符合本标准第 9.3.6 条的规定。

检验方法：用钢卷尺、拉力器、塞尺、全站仪、水准仪、钢板尺检查。

9 装饰性外露钢结构制作及尺寸偏差应符合本标准第 9.4.3 条的规定。

检验方法：用钢卷尺、拉力器、塞尺、线绳、水准仪、钢板尺检查。

10 装饰性外露钢结构外观成型应符合本标准第 9.4.4 条的规定。

检验方法：目视检查、用焊缝量规、塞尺检查。

11 装饰性外露钢结构镀锌应符合本标准第 9.4.5 条的规定。

检验方法：目视检查、用覆层测厚仪检查。

12 装饰性外露钢结构涂装应符合本标准第 9.4.6 条的规定。

检验方法：目视检查、用温湿度摇表、测温仪、覆层测厚仪、拉拔仪等检查。

13 装饰性外露钢结构成品保护、运输、存储应符合本标准第 9.4.7 条的规定。

检验方法：目视检查。

14 装饰性外露钢结构检验记录按附录 A 表 A.0.8-1~表 A.0.8-8 进行记录。

14.2.4 焊接检验应符合下列规定：

1 一般规定

焊接检验的一般程序包括焊前检验、焊中检验和焊后检验。

焊后检验应包括焊缝的外观检验及无损检测。无损检测宜采用超声波、射线、磁粉及渗透等方法进行。

2 焊前检验

焊前检验应至少包括下列内容：

- 1) 按设计文件和相关标准的要求对工程中所用钢材、焊接材料的规格、型号（牌号）、材质、外观及质量证明文件进行确认；
- 2) 焊接人员资质证书及认可范围确认；
- 3) 焊接工艺技术文件及操作规程审查；
- 4) 坡口形式、尺寸及表面质量检查；
- 5) 组对后构件的形状、位置、错边量、角变形、间隙等检查；
- 6) 焊接环境、焊接设备等条件确认；
- 7) 定位焊缝的尺寸及质量检查；
- 8) 焊接材料的烘干、保存及领用情况检查；
- 9) 引弧板、引出板和衬垫板的装配质量检查。

3 焊中检验

焊中检验应至少包含下列内容：

- 1) 实际采用的焊接电流、焊接电压、焊接速度、预热温度、层间温度及后热温度和时间等焊接工艺参数与焊接工艺文件的符合性检查；
- 2) 多层多道焊焊道缺欠的处理情况确认；
- 3) 采用双面焊清根的焊缝，应在清根后进行外观检查及规定的无损检测；
- 4) 层间清理情况确认；
- 5) 多层多道焊中焊层、焊道的布置及焊接顺序的检查。

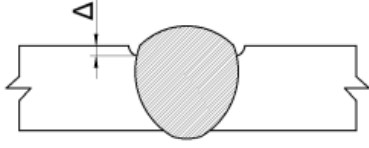
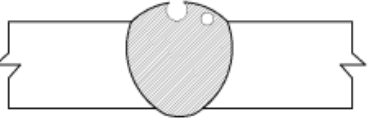
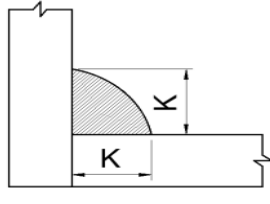
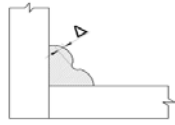
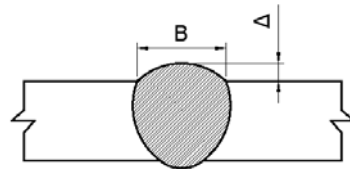
4 焊缝的外观检验

- 1) 焊接完毕且待焊缝冷却至室温后，应对所有焊缝进行全长范围内的外观检查。
- 2) 焊缝外观检验采用目测方式，裂纹的检查应辅以 5 倍放大镜并在合适的光照条件下进行，必要时可采用磁粉探伤或渗透探伤检测。焊缝外观质量应符合表 14.4.4-1 的规定。

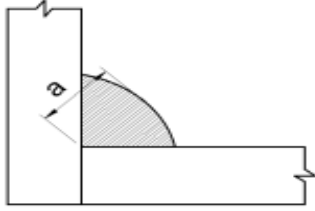
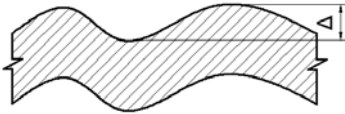
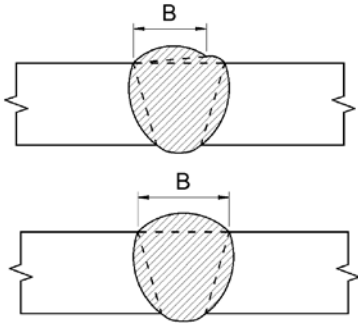
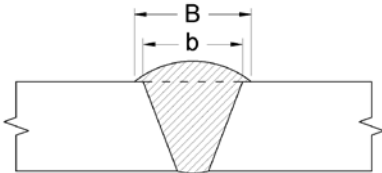
检验比例：100%检查。

检验方法：目视、钢尺、焊缝量规检查。

表 14.4.4-1 焊缝外观质量标准 (mm)

序号	检验项目		质量标准	简图
1	裂纹、未熔合、夹渣、未填满弧坑、焊瘤		不允许	—
2	咬边	受拉杆件横向对接焊缝、弦杆与横梁接头板角焊缝、桥面板与纵肋的角焊缝、竖加劲肋角焊缝 (腹板侧受拉区)	不允许	
		受压杆件横向对接焊缝及竖向加劲肋角焊缝 (腹板侧受压区)	≤ 0.3	
		纵向对接焊缝及主要角焊缝	≤ 0.5	
		其它焊缝	≤ 1	
3	气孔	横向对接焊缝	不允许	
		主要角焊缝 (直径小于 1mm, 间距 ≥ 20 mm)	≤ 3 个/m	
		其他焊缝 (直径小于 1.5mm, 间距 ≥ 20 mm)	≤ 3 个/m	
4	焊脚尺寸	主要角焊缝 K	+2, 0	
		其余角焊缝 K	+2, 0 手工焊角焊缝全长的 10% 允许 +3, -1	
5	焊波	对接焊缝和角焊缝	≤ 2 (任意 25mm 范围高低差)	
6	余高	不铲磨余高的对接焊缝	≤ 2 , 焊缝宽度 $b \leq 20$	
			≤ 3 , 焊缝宽度 $b > 20$	
7	余高铲磨后的表面	横向对接焊缝 (桥面板除外)	$\Delta 1 \leq 0.5$	
			$\Delta 2 \leq 0.3$	
			粗糙度 $50\mu\text{m}$	

续表 14.4.4-1

序号	检验项目		质量标准	简图
8	有效厚度	T形角焊缝	凸面角焊缝有效厚度应不大于规定值2mm，凹面角焊缝应不小于规定值0.3mm	
9	焊缝边缘直线度		≤ 3	
10	单道焊缝宽度		板材连接的平、横、仰焊位置的单道焊缝宽度 ≤ 16 ；板材连接的立焊以及管材连接的平、横、立、仰焊位置的单道焊缝宽度 ≤ 25	
11	整道焊缝宽度		$B \leq b+10$ 注：b为坡口宽度	

3) 采用电弧焊方法的焊钉焊接接头的最小焊脚尺寸应符合表 10.3.2 的规定。焊钉焊接接头的外观质量应符合本标准表 10.3.3 的规定。

检验比例：100%检查。

检验方法：目视检查，量角器、放大镜、焊缝量规检查。

4) 焊钉焊接接头外观质量检验合格后进行打弯抽样检查，合格标准：当栓钉弯曲至 30° 时，焊缝和热影响区不得有肉眼可见的裂纹，检查数量不应小于栓钉总数的 1% 且不少于 10 个。

14.2.5 无损检验应符合下列规定：

1 一般规定

1) 焊缝经外观检测合格后方可进行各项无损检测。各项无损检测应该在焊接完成 24h 后进行，当钢材标称屈服强度不小于 690MPa 或供货状态为调质状态时，以焊接完成 48h 以后无损检测结果作为验收依据。

2) 用射线和超声波两种方法检测的焊缝, 必须达到各自的质量要求, 该焊缝方可认为合格。

3) 渗透和磁粉均为待检焊缝或母材表面及近表面的检测方法, 部分焊缝或母材由于结构原因或材料原因导致无法进行磁粉检测时, 可使用渗透检测代替磁粉检测。

2 超声波检测

1) 超声波检测的适用范围应符合表 14.2.5-1 的要求。

表 14.2.5-1 超声波检测的适用范围

母材厚度	$\geq 8\text{mm}^1$
材质	低超声衰减 (特别是散射衰减小) 的铁素体类钢
焊缝形式	全熔透焊接接头
检测方法	手工超声检测技术
检测温度	焊缝及其母材温度在 $0\sim 60^\circ\text{C}$
钢材的声速限制	纵波: $(5920\pm 50)\text{ m/s}$ 横波: $(3255\pm 30)\text{ m/s}$
评定验收标准	基于显示长度和回波幅度的评定 (GB/T29712 标准)

注: 1 当检测板厚 $3.5\text{mm} \leq t < 8\text{mm}$ 时, 超声波检测的技术参数参照现行标准《钢结构超声波探伤及质量分级法》JG/T 203 执行。

2) 超声波检测设备应采用 A 型脉冲反射式超声检测系统, 检测系统的设备性能应符合表 14.2.5-2 规定, 检测系统组合性能应符合表 14.2.5-3 规定。

表 14.2.5-2 超声波检测设备的性能验证

测试项目	测试项目要求	检测方法的依据
水平线性	不大于全屏宽度的 $\pm 2\%$	参见附录 D.1.1
垂直线性	测试值与理论值的偏差不大于 $\pm 3\%$	参见附录 D.1.2

注: 1 超声波探伤仪应经有资质的计量部门检定并出具完整的仪器性能测试合格证书, 证书有效期不超过 12 个月。

2 超声波探伤仪的水平线性和垂直线性, 由使用单位在设备首次使用时应检查一次, 使用过程中至少每隔 2 个月应检查一次。

表 14.2.5-3 超声波检测系统组合性能测试

探头类型	测试项目	性能要求	测试周期	探头类型	测试项目	性能要求	测试周期	系统性能测试方法
斜探头	入射点	测试值与标称值的偏差 不大于±1mm	每次检测前	直探头	灵敏度余量	≥32dB	每次检测前	参见附录 D.1.3
	折射角	测试值与标称值的偏差 不大于±2°	每次检测前		远场分辨力	≥20dB	每次检测前	
	灵敏度余量	≥42dB	每次检测前		盲区	<10mm	每次检测前	
	远场分辨力	≥12dB	每次检测前					

- 3) 探头各项参数（频率、折射角度、晶片尺寸）的选用应符合现行《焊缝无损检测超声检测技术、检测等级和评定》（GB/T 11345）和本标准附录 D.1.4 规定。
- 4) 超声波检测用标准试块应选用 CSK-IA 试块（或等效的其他 IIW 型试块），对比试块应采用 RB-2 试块（或等效的其他 Φ3 横通孔对比试块）。上述试块要求应符合本标准附录 D.1.5 规定。
- 5) 超声波检测设备检测前应设定参考灵敏度、设定传输修正、调试扫查灵敏度，上述各项设定方法应符合本标准附录 D.1.6 规定。
- 6) 超声波设备检测前应设定时基线和灵敏度，检测中或检测结束后应对时基线和灵敏度进行复核。时基线和灵敏度的调节与复核应符合本标准附录 D.1.7 规定。
- 7) 探头移动区域应符合本标准附录 D.1.8 规定。
- 8) 耦合剂应选用适当的液体或糊状物，应具有良好透声性和适宜流动性，不对检测对象和人员有损伤作用，同时应便于检验后清理。典型的耦合剂为水、机油、甘油和浆糊，耦合剂中可加入适当的“润滑剂”或活性剂以改善耦合剂性能。时基范围调节、灵敏度设定和工件检测时应采用相同的耦合剂。
- 9) 焊缝检测区应符合本标准附录 D.1.9 规定，焊缝检测区内的母材检测应符合本标准附录 D.1.10 规定。
- 10) 探头扫查移动速度不得超过 150mm/s。在保持声束垂直焊缝做前后移动的同时，探头还应作 10° 左右的转动。
- 11) 超声波检测等级应符合现行《焊缝无损检测超声检测技术、检测等级和评定》（GB/T 11345）和本标准要求。验收等级应符合《焊缝无损检测超声检测验收等级》（GB/T 29712）的规定，质量等级、检测等级和验收等级的对应关系应符合表 14.2.5-4 的

规定。其中对开坡口且部分熔透焊接的角焊缝进行无损检测时，其检测深度应比设计坡口深度小 2mm。

表 14.2.5-4 超声检测质量等级、检测等级和验收等级的关系

序号	按 GB/T 19418 的质量等级	按 GB/T 11345 的检测等级 ¹	按 GB/T 29712 的验收等级
1	B	至少 B	2
2	C	至少 A	3
3	D	至少 A	3 ²

注：1 当需要评定显示特征时，应按 GB/T 29711 评定；根据现行标准《焊缝无损检测 超声检测 焊缝中的显示特征》GB/T29711 标准进行显示分类，确定为裂纹、未熔合、未焊透（对接接头）等危害性缺陷者，应判定为不合格。

2 不推荐做超声波检测，但可在设计要求后使用（与 C 级焊缝质量要求一致）。

12) 特殊结构 UT 检测方法

a 对于带有钢衬垫（不要求去除）的单面坡口接头焊缝的根部区域（图 14.2.5-1a~1c），必须使用一次波和一次反射波在 A 面进行检测，A 面为衬垫所在的对立面。（如果一次波和一次反射波无法彻底扫查焊缝根部，盲区部分也可将焊缝表面打磨平整或从衬垫一侧进行扫查）。

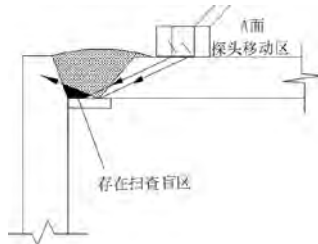


图 14.2.5-1(a) 带有钢衬垫单面坡口接头焊缝根部区域检测示意图

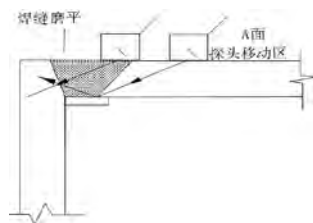


图 14.2.5-1(b) 带有钢衬垫单面坡口接头焊缝根部区域检测示意图

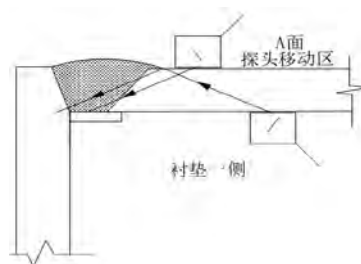


图 14.2.5-1a(c) 带有钢衬垫单面坡口接头焊缝根部区域检测示意图

b 只有为了符合 GB/T11345 附录 A 的规定，必须检测因母材表面无法打磨或因焊件其他部分对检测区域干扰而无法完成检测要求的焊缝，可允许使用二次反射波或三次反射波（此处二次反射波应为在母材内两次反射后的声束），如图 14.2.5-2 所示。

示例：此焊缝为圆管与法兰的 T 型接头，因障碍物导致无法使用一次波法进行扫查时，可如图 14.2.5-2 所示使用二次反射波进行焊缝扫查。

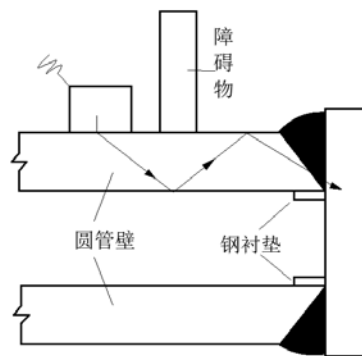


图 14.2.5-2 扫查面受限时 UT 检测补充扫查方法示意图

注：此扫查方法只允许特殊结构使用，如可通过调整装配顺序规避此类问题，则不允许使用此方法。

13) 对构造复杂或厚板钢构件的焊缝，可采用相控阵或 TOFD 等作为辅助技术手段进行探伤检测。

条文说明：

采用相控阵或 TOFD（超声波衍射时差法）等对焊缝进行探伤检测，在其他制造行业已多有应用。对于构造复杂钢构件的焊缝，相控阵探伤检测方法有其独特的优势；而对于厚板钢构件的焊缝，TOFD 探伤检测方法更为有效。为促进钢桥制造中无损检测的技术发展，本标准将其列入，但在执行本条时需要注意的是：公路钢桥行业尚无这两种检测方法的标准，因此如要采用这两种检测技术，可以参照相关行业的相应标准。

3 射线检测

1) 射线检测等级与验收等级应符合现行《焊缝无损检测射线检测第 1 部分：X 和伽玛射线的胶片技术》(GB/T 3323.1) 和《焊缝无损检测射线检测验收等级第 1 部分：钢、镍、钛及其合金》(GB/T 37910.1) 的规定。质量等级、检测等级和验收等级的对应关系应符合表 14.2.5-5 的规定，缺陷评定应符合本标准附录 D.2.1 的规定。

表 14.2.5-5 射线检测质量等级、检测等级和验收等级的关系

序号	按 GB/T 19418 的质量等级	按 GB/T 3323.1 的检测等级	按 GB/T 37910.1 的验收等级
1	B	B	1
2	C	B*	2
3	D	A	3

注：* 环焊缝检测最少曝光次数按 GB/T 3323.1 的 A 级要求执行

2) 要求进行射线检测板厚大于 30mm (不等厚对接时, 按薄板计) 的对接焊缝, 宜采用检测等级为 C 级、验收等级为 2 级的超声检测代替 X 射线检测, 此时焊缝余高应磨平, 使用的探头折射角应有一个为 45°, 检测范围应为焊缝两端各 500mm。焊缝长度大于 1500mm 时, 中部应加探 500mm; 焊缝长度小于 1000mm 时, 应对焊缝的全长进行超声检测。

4 渗透检测等级与验收等级应符合国家现行标准《无损检测渗透检测》(GB/T 18851) 和《焊缝无损检测 焊缝渗透检测验收等级》(JB/T 26953) 的规定。

条文说明:

磁粉检测的灵敏度要比渗透检测高, 特别是在钢结构中, 要求进行磁粉检测的焊缝大部分为角焊缝, 其中立焊缝的表面不规则, 清理困难, 渗透检测效果差, 且渗透检测难度较大, 费用高。因此, 为了提高表面缺陷检出率, 规定铁磁性材料制作的工件应尽可能采用磁粉检测方法进行检测。只有在因结构形状的原因 (如检测空间狭小) 或材料的原因 (如材质为奥氏体不锈钢) 不能采用磁粉检测时, 宜采用渗透检测。

5 磁粉检测等级与验收等级应符合现行《焊缝无损检测 磁粉检测》(GB/T 26951) 和《焊缝无损检测焊缝磁粉检测验收等级》(GB/T 26952) 的规定。磁粉检测常用湿磁粉磁轭式磁粉检测法, 设备及综合性能测试按照附录 D.3 执行。

6 焊缝质量等级与检测范围

焊缝质量等级与检测范围应满足设计要求, 设计无要求的按下列规定执行。

1) 钢箱梁焊缝无损检测的质量分级、检测方法、检测部位和等级应符合表 14.2.5-6 的规定。

表 14.2.5-6 钢箱梁焊缝无损检测质量等级及检测范围

序号	焊缝部位	质量等级	检测方法	检测比例 (接头数量)	执行标准		检测范围
					检测标准 /级别	验收标准 /级别	
1	顶板、底板腹板横向对接焊缝	B 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 2 级	焊缝全长
			X 射线	5%	GB/T 3323.1 B 级	GB/T37910.1 1 级	焊缝两端各 250~300mm (横向对接焊缝长度大于 6000mm 时, 中部加 探 250~300mm)
2	顶板、底板 腹板纵向对接焊缝	B 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 2 级/3 级	端部 1m 范围为 2 级, 其余部位为 3 级
			X 射线	5%	GB/T 3323.1 B 级	GB/T 37910.1 1 级/2 级	顶板焊缝两端、中间 250-300mm; 底板、腹 板焊缝两端各 250-300mm; 两端 1 级, 中间 2 级。
3	梁段间对接焊缝 (环焊缝)	B 级	超声	100%	GB/T 11345B 级	GB/T 29712 2 级	焊缝全长
			X 射线	顶板 100% 底板 10%	GB/T 3323.1 B 级	GB/T37910.1 1 级	十字交叉处焊缝横纵向 各 250~300mm
4	横隔板、纵隔板立 位对接焊缝	B 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 2 级	焊缝全长
5	横隔板、纵隔板横 位对接焊缝	B 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 2 级	焊缝两端各 1m
6	T 型接头和角接接 头熔透角焊缝	B 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 2 级	焊缝全长
7	腹板与风嘴顶板、 斜底板间熔透角焊 缝	B 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 2 级	焊缝全长
8	连接锚箱或吊耳板 的熔透角焊缝	B 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 2 级	焊缝全长
			磁粉	100%	GB/T 26951	GB/T 26952 2X 级	焊缝全长

续表 14.2.5-6

序号	焊缝部位	质量等级	检测方法	检测比例 (接头数量)	执行标准		检测范围
					检测标准 /级别	验收标准 /级别	
9	吊索耳板与贴板外侧角焊缝	C 级	磁粉	100%	GB/T 26951	GB/T 26952 2X 级	焊缝全长
10	锚拉板与顶板熔透角焊缝	B 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 2 级	焊缝全长
			磁粉	100%	GB/T 26951	GB/T 26952 2X 级	焊缝全长
11	非支座横隔板与顶板、底板间角焊缝	C 级	磁粉	100%	GB/T 26951	GB/T 26952 2X 级	两端各 1m
12	非支座横隔板与腹板间角焊缝	C 级	磁粉	100%	GB/T 26951	GB/T 26952 2X 级	焊缝全长
13	支座横隔板与顶板、底板、腹板间坡口角焊缝	C 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 3 级	焊缝全长
14	纵隔板与顶板、底板、横隔板间坡口角焊	C 级	磁粉	100%	GB/T 26951	GB/T 26952 2X 级	焊缝全长
15	U 形肋与顶板坡口角焊缝 ^①	B 级	超声	20%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 2 级	熔透角焊缝两端各 1m
			磁粉	100%	GB/T 26951	GB/T 26952 2X 级	焊缝两端各 1m
16	U 形肋与底板坡口角焊缝	C 级	磁粉	100%	GB/T 26951	GB/T 26952 2X 级	焊缝两端各 1m
17	U 形肋、板肋嵌补段对接焊缝及角焊缝	C 级	磁粉	100%	GB/T 26951	GB/T 26952 2X 级	焊缝全长
18	拆除临时连接件(含工艺板)的部位	C 级	磁粉	100%	GB/T 26951	GB/T 26952 2X 级	拆除临时连接的部位
19	焊接试板	B 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 2 级	焊缝全长

注：1 U 形肋与顶板熔透角焊缝，超声检测的比例和检测范围可根据焊接设备的自动化水平和稳定性适当调整。

2 序号 15 一栏中的超声检测仅用于 U 形肋与顶板熔透角焊缝。

2) 钢桁梁、钢板梁焊缝无损检测的质量分级、检测方法、检测部位和等级应符合表 14.2.5-7 的规定。

表 14.2.5-7 钢桁梁、钢板梁焊缝无损检测等级及检测范围

序号	焊缝部位	质量等级	检测方法	检测比例 (接头数量)	执行标准		检测范围
					检测标准 /级别	验收标准 /级别	
1	主要杆件受拉横向、纵向对接焊缝	B 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 2 级	焊缝全长
			X 射线	10%	GB/T 3323.1 B 级	GB/T37910.1 1 级	焊缝两端各 250~300mm, 焊缝长度大于 6000mm 时, 中部加探 250~300mm
2	主要杆件受压横向对接焊缝	B 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 2 级	焊缝全长
3	主要杆件受压纵向对接焊缝	B 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 2 级	两端各 1m
4	熔透角焊缝	B 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 2 级	焊缝全长
5	接头板处 T 型部分熔透角焊缝 ^①	C 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 2 级	焊缝全长
6	主要杆件棱角焊缝和 T 型焊缝	C 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 3 级	两端各 1m
7	U 形肋与顶板坡口角焊缝 ^②	B 级	超声	20%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 2 级	熔透角焊缝两端各 1000 mm
8	工地环缝对接焊	B 级	磁粉	100%	GB/T 26951	GB/T 26952 2X 级	焊缝两端各 1000 mm
9	角焊缝	C 级	磁粉	100%	GB/T 26951	GB/T 26952 2X 级	两端螺栓孔部位并延长 500mm, 钢板梁主梁、箱梁及纵、横梁跨中加探 1000mm
10	产品试板	B 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 2 级	焊缝全长
11	拆除工艺板的部位	C 级	磁粉	100%	GB/T 26951	GB/T 26952 2X 级	拆除工艺板的部位

注：1 接头板检测范围不包括圆弧区范围。

2 U 形肋与顶板熔透角焊缝，超声检测的比例和检测范围可根据焊接设备的自动化水平和稳定性在此基础上适当调整。

序号 7 一栏中的超声检测仅用于 U 形肋与顶板熔透角焊缝。

3) 钢塔焊缝无损检测的质量分级、检测方法、检测部位和等级应符合表 14.2.5-8 的规定。

表 14.2.5-8 钢塔焊缝无损检测质量等级及检测范围

序号	焊缝部位	质量等级	检测方法	检测比例 (接头数量)	执行标准		检测范围
					检测标准 /级别	验收标准 /级别	
1	壁板、腹板纵向对接焊缝	B 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 2 级	焊缝全长
2	壁板、腹板横向对接焊缝	B 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 2 级	焊缝全长
			X 射线	10%	GB/T 3323.1 B 级	GB/T37910.1 1 级	两端各 250~300mm
3	钢塔节段棱角坡口焊缝	C 级	超声	100%	GB11345 B 级	GB/T 29712 3 级	两端各 1m
			磁粉	100%	GB/T 26951	GB/T 26952 2X 级	两端各 1m
4	钢塔节段间壁板、曲臂节段间壁板对接焊缝	B 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 2 级	焊缝全长
5	钢塔节段锚箱传力板熔透角焊缝	B 级	超声	100%	GB11345 B 级	GB/T 29712 2 级	焊缝全长
			磁粉	100%	GB/T 26951	GB/T 26952 2X 级	焊缝全长
6	钢塔节段腹板与壁板间部分熔透坡口焊缝	B 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 2 级	焊缝全长
7	曲臂壁板间部分熔透坡口焊缝	B 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 2 级	两端各 1m
8	钢塔节段锚箱熔透角焊缝	B 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 2 级	焊缝全长
			磁粉	100%	GB/T 26951	GB/T 26952 2X 级	焊缝全长
9	钢塔节段间翼板、腹板横向对接焊缝	B 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 2 级	焊缝全长
10	钢塔节段与曲臂间联系杆间熔透角焊缝	B 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 2 级	焊缝全长
			磁粉	100%	GB/T 26951	GB/T 26952 2X 级	焊缝全长
11	钢塔节段、曲臂纵肋嵌补对接焊缝	B 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 2 级	焊缝全长
12	隔板与壁板角焊缝	C 级	磁粉	10%	GB/T 26951	GB/T 26952 2X 级	焊缝全长
13	连系梁对接隔板处角焊缝	C 级	磁粉	100%	GB/T 26951	GB/T 26952 2X 级	焊缝全长
14	产品试板	B 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 2 级	焊缝全长

- 4) 钢锚梁、钢锚箱焊缝无损检测的质量分级、检测方法、检测部位和等级应符合表 14.2.5-9 的规定。

表 14.2.5-9 钢锚梁、钢锚箱焊缝无损检测质量等级及检测范围

序号	焊缝部位	质量等级	检测方法	检测比例 (接头数量)	执行标准		检测范围
					检测标准 /级别	验收标准 /级别	
1	拉板与锚下承压板 间熔透角焊缝	B 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 2 级	焊缝全长
			磁粉	100%	GB/T 26951	GB/T 26952 2X 级	焊缝全长
2	牛腿托架板与壁板 间的熔透角焊缝	B 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 2 级	焊缝全长
			磁粉	100%	GB/T 26951	GB/T 26952 2X 级	焊缝全长
3	牛腿上承板与壁板 之间熔透角焊缝	B 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 2 级	焊缝全长
			磁粉	100%	GB/T 26951	GB/T 26952 2X 级	焊缝全长
4	拉板与顶板间 坡口角焊缝	C 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 3 级	焊缝全长
5	拉板与底板间 坡口角焊缝	C 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 3 级	焊缝全长
6	牛腿托架板与上承 板间坡口角焊缝	C 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 3 级	焊缝全长
7	端面连接板之间的 对接焊缝	B 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 2 级	焊缝全长
8	拉板与锚箱之间的 熔透角焊缝	B 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 2 级	焊缝全长
			磁粉	100%	GB/T 26951	GB/T 26952 2X 级	焊缝全长
9	拉板与锚下承压板 之间的熔透角焊缝	B 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 2 级	焊缝全长
			磁粉	100%	GB/T 26951	GB/T 26952 2X 级	焊缝全长
10	拉板与壁板之间的 坡口角焊缝	C 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 3 级	焊缝全长
11	节段间端面连接板 与拉板、壁板之间的 棱角焊缝	C 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 3 级	焊缝全长
12	腹板与锚下承压板 之间的坡口角焊缝	C 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 3 级	焊缝全长
13	腹板与壁板之间的 坡口角焊缝	C 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 3 级	焊缝全长
14	锚箱与座板间坡口 角焊缝	C 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 3 级	焊缝全长
15	加劲板与腹板、锚下 承压板之间的坡口 角焊缝	C 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 3 级	焊缝全长
16	节段间连接板与拉 板之间的坡口角焊 缝	C 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 3 级	焊缝全长

5) 钢箱拱拱肋焊缝无损检测的质量分级、检测方法、检测部位和等级应符合表 14.2.5-10 的规定。

表 14.2.5-10 钢箱拱拱肋焊缝无损检测质量等级及检测范围

序号	焊缝部位	质量等级	检测方法	检测比例 (接头数量)	执行标准		检测范围
					检测标准 /级别	验收标准 /级别	
1	拱肋对接焊缝	B 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 2 级	焊缝全长
			X 射线	10%	GB/T 3323.1 B 级	GB/T 37910.1 1 级	焊缝两端探 250mm~300mm, 焊缝长度大于 6000mm 时, 中部 加探 250~300mm
2	产品试板 焊缝	B 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 2 级	焊缝全长
3	拱肋顶底板与腹 板、拱肋吊点隔 板与拱肋壁板熔 透角焊缝	B 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 2 级	焊缝全长
4	其余对接焊缝	C 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 3 级	焊缝全长
5	坡口角焊缝	C 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 3 级	焊缝两端各 1m

6) 钢管拱焊缝无损检测的质量分级、检测方法、检测部位和等级应符合表 14.4.5-11 的规定。钢管墩焊缝无损检测不作射线检测要求, 其质量分级、检测方法、检测部位和等级应符合表 14.2.5-11 的规定。

表 14.2.5-11 钢管拱焊缝无损检测质量等级及检测范围

序号	焊缝部位	质量等级	检测方法	检测比例 (接头数量)	执行标准		检测范围
					检测标准 /级别	验收标准 /级别	
1	拱肋间对接 焊缝(环焊 缝)	B 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 2 级	焊缝全长
			X 射线	5%	GB/T 3323.1 B 级	GB/T 37910.1 1 级	十字交叉处焊缝 横纵向各 250-300mm
2	横撑、斜撑 纵环缝	B 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 2 级	焊缝全长
3	腹板对接焊 缝	B 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 2 级	焊缝全长
4	钢管直相贯 缝	C 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 2 级	焊缝全长

续表 14.2.5-11

序号	焊缝部位	质量等级	检测方法	检测比例 (接头数量)	执行标准		检测范围
					检测标准 /级别	验收标准 /级别	
5	钢管斜相贯缝 ^①	C 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 2 级	焊缝侧部、趾部
			磁粉	100%	GB/T 26951	GB/T 26952 2X 级	根部
6	腹板与拱肋坡口角焊缝	C 级	磁粉	100%	GB/T 26951	GB/T 26952 2X 级	焊缝两端各 1m

注：钢管斜相贯焊缝的检测，按角度划分超声检测范围，对不能检测的角度部分不做判定。

7) 钢箱墩、钢盖梁焊缝无损检测的质量分级、检测方法、检测部位和等级应符合表 14.2.5-12 的规定。

表 14.2.5-12 钢箱墩、钢盖梁焊缝无损检测质量等级及检测范围

序号	焊缝部位	质量等级	检测方法	检测比例 (接头数量)	执行标准		检测范围
					检测标准 /级别	验收标准 /级别	
1	盖板、腹板对接焊缝	B 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 2 级	焊缝全长
2	全熔透角焊缝	B 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 2 级	焊缝全长
3	坡口角焊缝	C 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 3 级	焊缝两端各 1m

8) 梁段间十字交叉焊缝无损检测的质量分级、检测方法、检测部位和等级应符合表 14.2.5-13 的规定。

表 14.2.5-13 梁段间十字交叉焊缝无损检测质量等级及检测范围

序号	焊缝部位	质量等级	检测方法	检测比例 (接头数量)	执行标准		检测范围
					检测标准 /级别	验收标准 /级别	
1	梁段间顶板十字交叉焊缝	B 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 2 级	焊缝全长
			X 射线	100%	GB/T 3323.1 B 级	GB/T37910.1 1 级	
2	梁段间底板十字交叉焊缝	B 级	超声	100%	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 2 级	焊缝全长
			X 射线	30%	GB/T 3323.1 B 级	GB/T37910.1 1 级	

7 焊接施焊过程记录应按本标准附录 B 中表 B.0.2 进行记录。

检验方法：目视、钢尺、焊缝量规、温湿度表、测温仪、钳形表检查。

8 焊缝外观检验记录应按本标准附录 A 中表 A.0.5-3 进行记录，焊钉焊接检验记录应按附录 A 中表 A.0.5-4 进行记录。

检验方法：目视、钢尺、焊缝量规、量角器检查。

14.2.6 成品检验应符合下列规定：

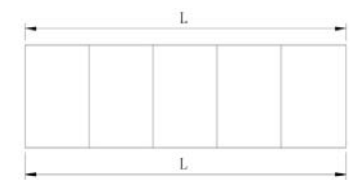
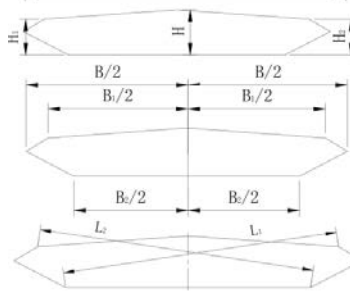

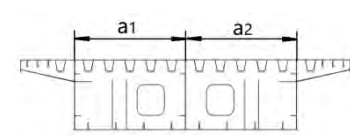
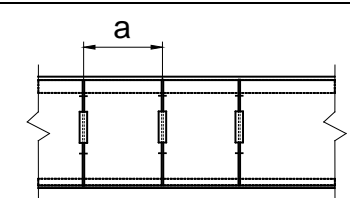
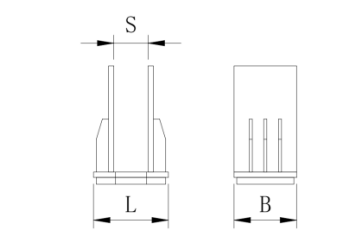
1 板单元作为成品发运时，出厂前成品尺寸的允许偏差应符合表 14.2.6-1 的规定。

表 14.2.6-1 板单元成品尺寸允许偏差 (mm)


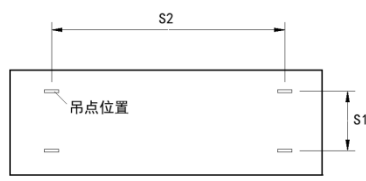
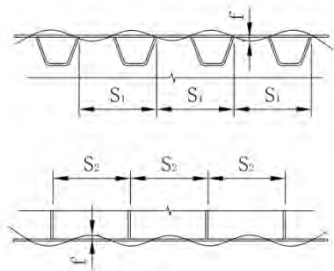

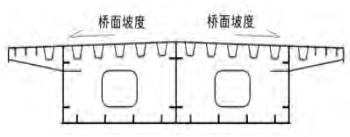
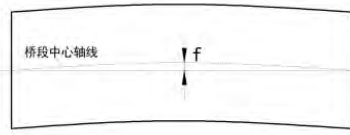
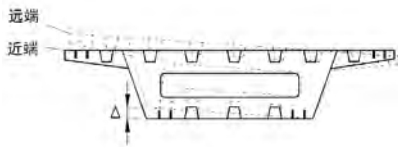
序号	检验项目		允许偏差	简图	检验方法	
1	顶板	长度 L、宽度 B	± 2		用钢尺检查	
		对角线差 $ L1-L2 $				≤ 4
		U 形肋与纵基线间距、U 形肋间距 S1	端部及横隔板处			± 1
	其余部位		± 2			
	底板	横隔板接板间距 S2	上下对接形式			± 1
			其余形式			± 2
	横向平面度		$S1/250, \leq 8$			用拉线、钢直尺和塞尺检查
纵向平面度		$S2/250, \leq 8$				
2	隔板	长度 L、宽度 B	± 2		用钢尺检查	
		对角线差 $ L1-L2 $				≤ 5
		平面度 f			$B/250, \leq 8$	用拉线和钢尺检查
3	腹板	长度 L、宽度 B	± 2		用钢尺检查	
		加劲肋与纵基线间距、加劲肋中心距 S1	端部及横隔板处			± 1
			其余部位			± 2
		横向平面度 f				$S1/250, \leq 8$
纵向平面度 f		≤ 6				
4	坡口面角度 α		$\pm 2.5^\circ$		用角度尺检查	
5	过焊孔	尺寸 R	-1~+3		用样板对比	
		切割面粗糙度	$\leq 25 \mu m$		用粗糙度对比样块对比	

2 钢箱梁梁段(含大节段)成品尺寸的允许偏差应符合表 14.2.6-2 的规定,并按本标准附录 A 中的 A.0.7 条进行记录。

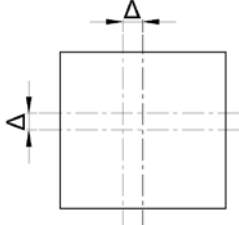
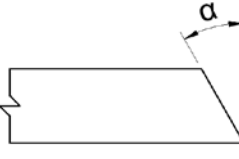
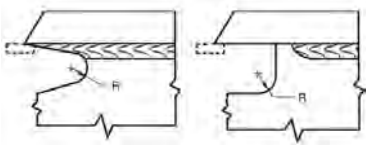
表 14.2.6-2 钢箱梁梁段（含大节段）成品尺寸允许偏差（mm）

序号	检验项目		允许偏差	简图	检验方法
1	长度 L	L≤20m	±4		以梁段两端检查为基准，使用钢尺检查
		20m<L<50m	±(4+0.3L)，且≤20		
		L≥50m	±20		
2	梁半宽 B/2、 顶板半宽 B1/2、 底板半宽 B2/2	2 车道	±2.5		测量两端口，以底部为基准，使用钢尺检查
		4 车道	±3		
		6 车道	±4		
		8 车道	±10		
3	截面尺寸	梁段中心处高度 H	±4		测量两端口，以底部为基准
		两边高度 H1、H2	±4		
		对角线差 L1-L2	≤6		
		备注：测量两端口，以底部为基准			
4	腹板中心距 a1、a2（测量两端腹板中心距）		±4		用钢尺检查
5	隔板间距 a		±3 （测量隔板板中心距）		用钢尺检查
6	锚箱单元	长度 L、宽度 B	±2		用钢尺、钢直角尺检查
		承力板间距 S	±1		
		承力板与锚垫板的垂直度	≤2		
		锚垫板与锚下承压板同心度	≤1		

续表 14.2.6-2

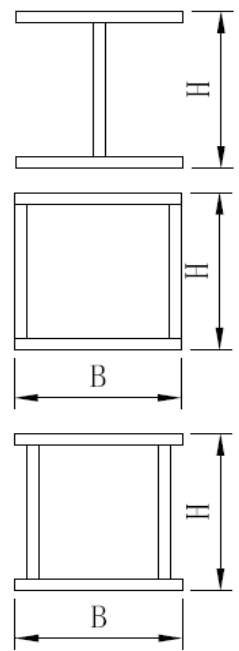
序号	检验项目		允许偏差	简图	检验方法
7	锚箱定位点测量 (使用全站仪测量)		± 2		用全站仪检查
8	吊点位置	横向中心距 S_1	± 6		用钢尺、水准仪检查
		纵向中心距 S_2	± 2		
		两吊点纵向错位 Δ	± 2		
		相对高差	≤ 5		
9	壁板平面度	横桥向 f	$S_1/250, \leq 8$		用钢直尺、塞尺检查
		纵桥向 f	$S_2/250, \leq 8$		
10	隔板平面度 f		$B/250, \leq 8$ B 为隔板高度		使用拉线、钢尺检查
11	桥面横坡		$\pm 0.1\%$		使用水准仪检查
12	旁弯 f		$3+0.1L$ 且 ≤ 10		使用拉线、钢尺检查
	注: L 为桥梁长度				
13	扭曲 Δ	$L \leq 20m$	≤ 10		使用钢尺检查
		$20m < L < 50m$	$10+0.2L$ 且 ≤ 20		
		$L \geq 50m$	≤ 20		
	注: L 为桥梁长度				

续表 14.2.6-2

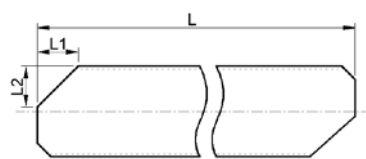
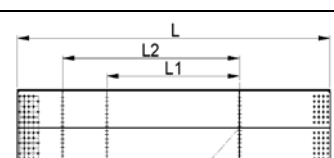
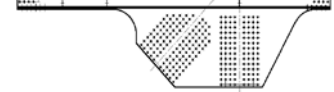
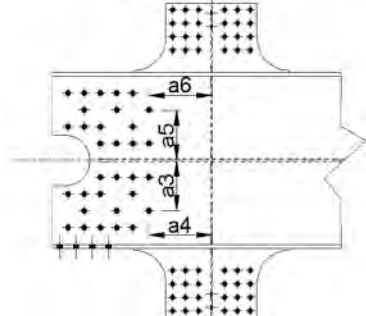
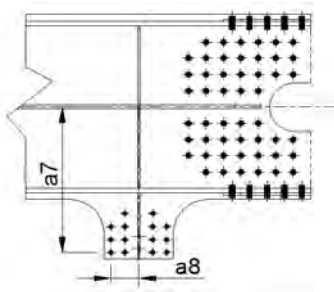
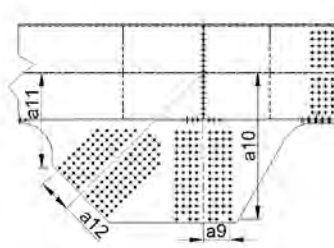
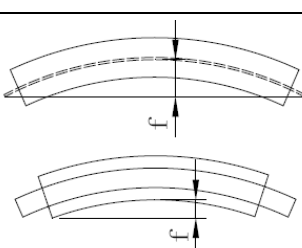
序号	检验项目		允许偏差	简图	检验方法
14	竖曲线或预拱度 (高程控制点)		$+(3+0.15L)$ 且 ≤ 12 , $-(3+0.15L)$, 且 ≥ -6	测量横隔板处顶面高程	使用水准仪检查
15	支座垫板偏移 Δ		± 2		使用钢尺检查
16	坡口面角度 α		$\pm 2.5^\circ$		使用角度尺检查
17	过焊孔	尺寸 R	$-1 \sim +3$		用样板对比
		切割面粗糙度	$\leq 25 \mu m$		用粗糙度对比 样块对比

3 钢桁梁杆件成品尺寸的允许偏差应符合表 14.2.6-3 的规定,并按本标准附录 A 中的 A.0.7 条进行记录。

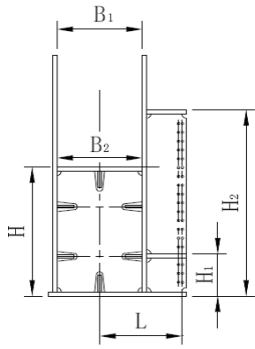
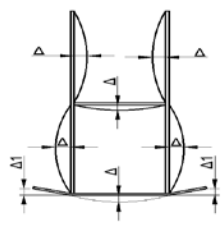
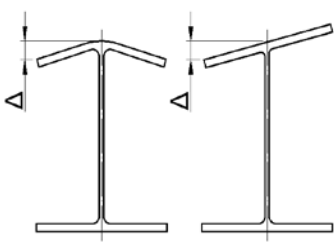
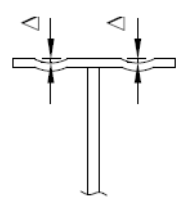
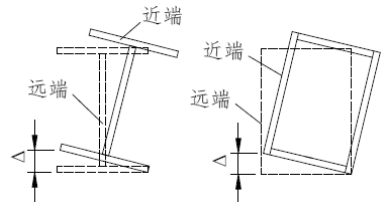
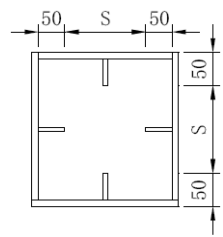
表 14.2.6-3 钢桁梁杆件成品尺寸允许偏差 (mm)

序号	检验内容		允许偏差	简图及说明	检验方法
1		高度 H	插入式: $-0.5, -2$		用钢尺检查
			对拼式: ± 1		
2	主桁构件	宽度 B	± 1 (腹板有拼接)		
			± 2 (腹板无拼接)		
3		箱形构件对角线差	≤ 2 (边长 < 1000)		
			≤ 3 (边长 ≥ 1000)		

续表 14.2.6-3

序号	检验内容	允许偏差	简图及说明	检验方法
4	腹杆长度 L	± 4		用钢尺及拉力计检查
	切肢 L1、L2	± 4		
5	弦杆长度 L	± 4		用钢尺及拉力计检查
6	连接板的位置 L1、L2	± 1		用钢尺及拉力计检查
7	弦杆端头节点各孔组尺寸 a3、a4、a5、a6	± 0.8		以盖板中心线为基准, 用钢尺及拉力计检查
8	弦杆横梁连接板位置各孔组尺寸 a7、a8	± 0.8		以底板及横梁连接处中心线为基准, 用钢尺及拉力计检查
9	弦杆与腹杆连接节点螺栓孔的位置 a9/a10/a11/a12	± 0.8		以腹板、直腹杆连接处及斜腹杆连接处中心线为基准, 用钢尺及拉力计检查
10	弯曲	≤ 2 ($L \leq 4000$)		用拉线和钢尺检查
		≤ 3 ($4000 < L \leq 16000$)		
		≤ 5 ($L > 16000$)		

续表 14.2.6-3

序号	检验内容	允许偏差	简图及说明	检验方法	
11	整体节点弦杆节点板内侧宽度 B1、B2	+1.5, 0		用钢尺检查	
12	整体节点弦杆端口高度 H	±1			
13	整体节点弦杆横梁接头板高度 H1、H2	±1.5			
14	整体节点弦杆节点板内侧中心线距横梁接头板外侧孔的距离 L	±1.5			
15	整体节点构件节点板平面度	$\Delta \leq 1$ $\Delta 1 \leq 1.5$		用钢直尺和塞尺检查	
16	翼缘板对腹板的垂直度 Δ	≤ 0.5 (有孔部位)	翼缘板宽度 ≤ 600		用直角尺和钢尺检查
		≤ 2 (其余部位)			
		≤ 1 (有孔部位)	翼缘板宽度 > 600		
		≤ 2 (其余部位)			
17	翼缘板平面度	≤ 0.5	有孔部位		用钢直尺和塞尺检查
		≤ 2	其余部位		
18	扭曲	≤ 3		构件置于平台上, 四角中有三角接触平台, 用钢尺检查悬空一角与平台间隙	
19	箱形构件盖腹板平面度	$S/750$ 且 ≤ 1	工地孔部位		用钢直尺和塞尺检查
		$S/250$	其余部位		
		$L/500$ 且 ≤ 5	纵向		

续表 14.2.6-3

序号	检验内容		允许偏差	简图及说明	检验方法	
20	主桁构件	支座垫板偏移 Δ	± 2		用钢尺检查	
21		现场对接坡口面角度 α	$\pm 2.5^\circ$		用角度尺检查	
22	纵梁	高度 H	纵梁: ± 1		用钢尺检查	
23			翼缘板宽度 B			横梁: ± 1.5
		± 2				
± 1 (箱形腹板有拼接时)						
24		长度 L	纵梁: $+0.5, -1.5$		用钢尺检查	
25			横梁: ± 1.5			
26		横梁	旁弯 f	$L_1: \pm 1$		用拉线和钢尺检查
				$L_2: \pm 5$		
27	上拱度 f	上拱度 f	$+3, 0$		用拉线和钢尺检查	
28			腹板中心偏移 Δ			1
29						腹板平面度 Δ

h 为纵、横梁端面高度

续表 14.2.6-3

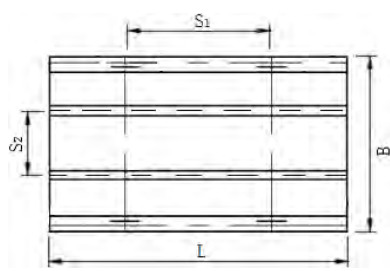
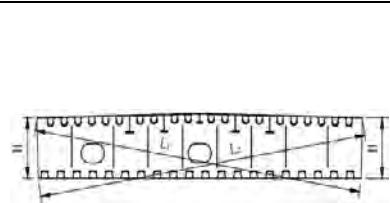
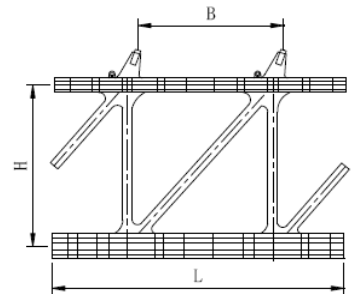
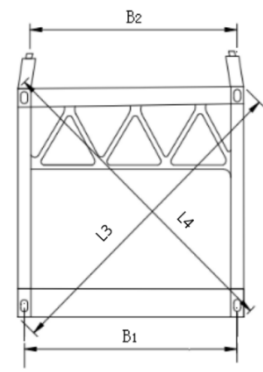
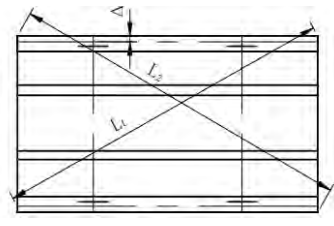
序号	检验内容		允许偏差	简图及说明	检验方法
30	联结系 构件	高差 H	± 1.5		用钢尺检查
31		翼缘板宽度 B	± 2		
32		长度 L	± 5		
33		箱形构件对角线差	≤ 2		
34	过焊孔	尺寸 R	$-1 \sim +3$		用样板对比
		切割面粗糙度	$\leq 25 \mu m$		用粗糙度对比样板对比

4 主桁桁片、横联桁片、桥面板块、桁梁节段（含大节段）成品尺寸的允许偏差应符合表 14.2.6-4 的规定，并按本标准附录 A 中的 A.0.7 条进行记录。

表 14.2.6-4 主桁桁片、横联桁片、桥面板块、桁梁节段（含大节段）成品尺寸允许偏差（mm）

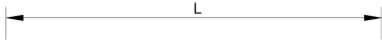
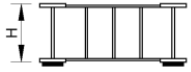

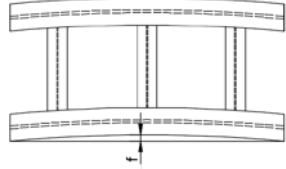
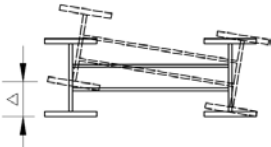
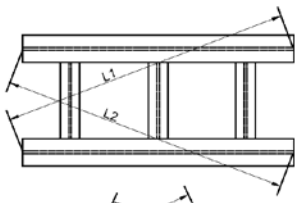
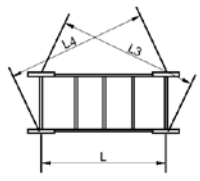
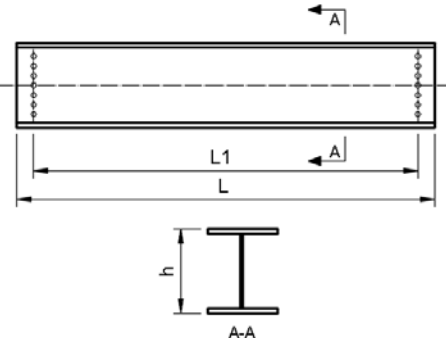
序号	检验内容		允许偏差	简图	检验方法
1	主桁 桁片	斜杆接口位置 H1	± 2		用钢尺检查
2		斜杆中心线长度 L4、L5	$+2, -1$		
3		对角线差 $ L2-L3 $	≤ 3		
4		节点中心距 L1	± 2		
5		弦杆端部孔与节点中心距 L0	± 1		
6		锚管间距 B1	± 3		
7	横联 桁片	桁高 H	± 2		用钢尺检查
8		全长 L	± 3		
9		节点间距 L0、L1	± 2		

续表 14.2.6-4

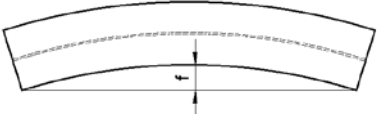
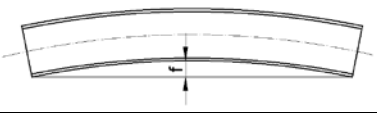
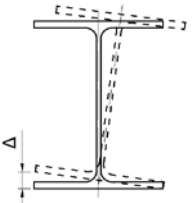
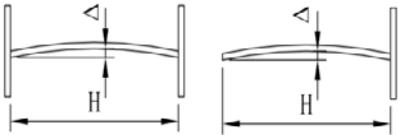
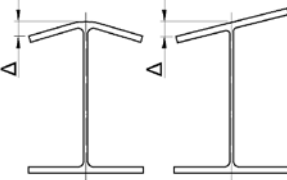
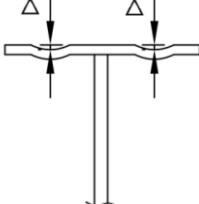
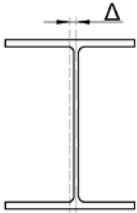
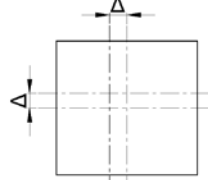
序号	检验内容		允许偏差	简图	检验方法	
10	桥面板	节间长度 L	± 2		用钢尺检查	
11		桥面板块宽度 B	± 2			
12		横梁、横肋、横隔板间距 S1	± 2			
13		纵梁中心距 S2	± 2			
14		桥面板块高度 H	± 2			用钢尺检查
15		对角线差 L1-L2	≤ 3			
16		横梁预拱度	+5, 0			用水准仪检查
17		横梁位置桥面各点标高	± 5			
18	桁梁节段	桁高 H	± 3		用钢尺检查	
19		极边孔距 L	± 1			
20		锚管间距 B	± 3			
21	桁梁节段	桁宽 B1	± 3		用钢尺检查	
22		锚点间距 B2	± 5			
23		端面对角线差 L3-L4	≤ 5		用经纬仪检查	
24		桁片垂直度	≤ 5			
25	桁梁节段	主桁中心线直线度 (旁弯)	≤ 3		用拉线和钢尺检查	
26		桁片纵向偏移 Δ	≤ 3			
27		平面对角线差 L1-L2	≤ 5			

5 钢板梁节段成品尺寸的正允许偏差应符合表 14.2.6-5 的规定, 并按本标准附录 A 中的 A.0.7 条进行记录。

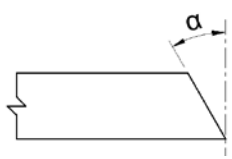
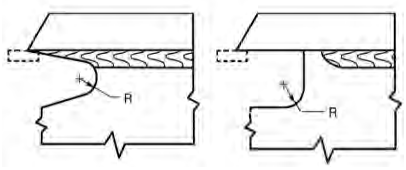
表 14.2.6-5 钢板梁节段成品尺寸允许偏差 (mm)

序号	检验项目		允许偏差	简图	检验方法	
1	单片钢梁	长度 L	±15		用钢尺检查	
2		跨度 L1	±8			
3		梁高	H≤2m	±2		
			H>2m	±4		
4	拱度 f	不设拱度	+5, 0		用拉线和钢尺检查	
		设拱度	+10, -3			
5	单片钢梁	旁弯 f	L/2000 且≤5		用拉线和钢尺检查	
6		扭曲	h/250 且≤10		用钢尺检查	
7		对角线差 L1-L2 、 L3-L4	≤3		用钢尺检查	
8		主梁中心距 L	±3			用钢尺检查
9	主梁	长度 L	纵梁	+0.5, -1.5		用钢尺检查
10			纵梁	高度 h		
	横梁	纵梁				
11		横梁	孔距 L1	≤11m		
	>11m			±1.0		

续表 14.2.6-5

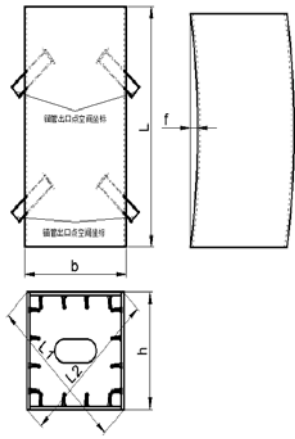
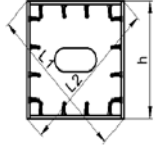
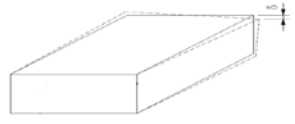
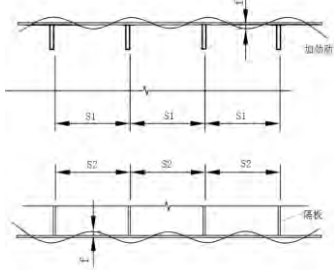
序号	检验项目		允许偏差	简图	检验方法	
12	主梁 纵梁 横梁	旁弯 f	≤ 3		用拉线和钢尺检查	
13		拱度 f	+3,0			
14		扭曲 Δ	$h/250$ 且 ≤ 10		用钢尺检查	
15		主梁腹板平面度 f	$H/350$ 且 ≤ 8		用钢直尺和塞尺检查	
16		纵、横梁腹板平面度 f	$H/500$ 且 ≤ 5			
17		翼缘板对腹板的垂直度 Δ	有孔部位	≤ 1		用钢直角尺和塞尺检查
			其余部位	≤ 1.5		
18	翼缘板平面度 Δ	有孔部位	≤ 1		用钢直尺和塞尺检查	
		其余部位	≤ 2			
19	腹板的中心偏移 Δ		≤ 1		用钢尺检查	
20	支座垫板偏移 Δ		± 2		用钢尺检查	

续表 14.2.6-5

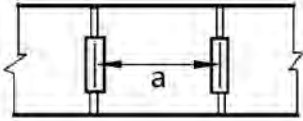
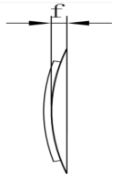
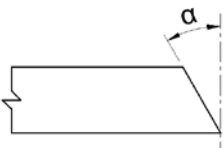
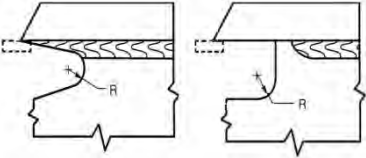
序号	检验项目		允许偏差	简图	检验方法
21	坡口面角度 α		$\pm 2.5^\circ$		用角度尺检查
22	过焊孔	尺寸 R	-1~+3		用样板对比
		切割面粗糙度	$\leq 25 \mu m$		用粗糙度对比 样块对比

6 钢塔节段成品尺寸的允许偏差应符合表 14.2.6-6 的规定，并按本标准附录 A 中的 A.0.7 条进行记录。

表 14.2.6-6 钢塔节段成品尺寸允许偏差 (mm)

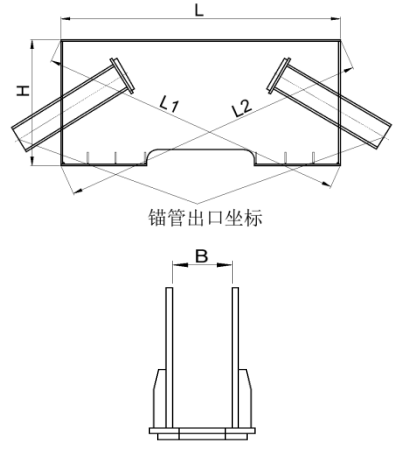
序号	检验内容		允许偏差	简图及说明	检验方法
1	长度 L		± 2		用钢尺检查
2	端口截面 尺寸检验	高度 h	± 2		
3		宽度 b	± 2		
4		对角线差 $ L1-L2 $	≤ 3		
5	锚管出口点空间坐标		± 2		用全站仪检查
6	旁弯 f		≤ 3		用拉线和钢尺 检查
7	扭曲 δ		≤ 3		用钢尺检查
8	壁板平面度检验 f		纵向 S2/500, ≤ 8		用钢直尺和塞 尺检查
			横向 S1/300, ≤ 8		
			栓接部位 ≤ 2		

续表 14.2.6-6

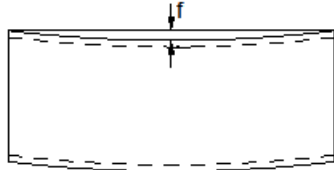
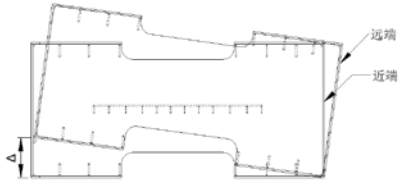
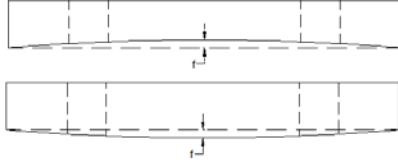
序号	检验内容		允许偏差	简图及说明	检验方法
9	隔板间距 a		± 2		用钢尺检查
10	隔板平面度 f		$B/250, \leq 8$ B 为隔板高度		用拉线、钢尺检查
11	坡口面角度 α		$\pm 2.5^\circ$		用角度尺和钢尺检查
12	过焊孔	尺寸 R	$-1 \sim +3$		用样板对比
		切割面粗糙度	$\leq 25 \mu m$		用粗糙度对比 样块对比

7 钢锚梁节段、钢锚箱节段成品尺寸的允许偏差应符合表 14.2.6-7 的规定，并按本标准附录 A 中的 A.0.7 条进行记录。

表 14.2.6-7 钢锚梁节段、钢锚箱节段成品尺寸允许偏差 (mm)

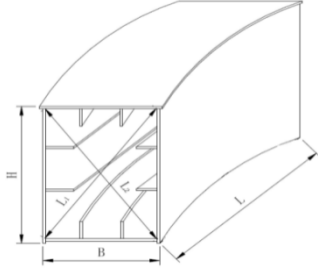
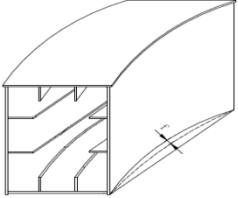
序号	检验项目	允许偏差	简图	检验方法
1	长度 L	± 2		用钢尺检查
2	拉板间距	± 2		
3	高度 H	± 2		
4	承力板间距 B	± 1		
5	箱口对角线差 $ L1-L2 $	≤ 3		
6	锚垫板坐标	± 3	用全站仪检查	
7	锚箱管出口空间坐标	± 2		

续表 14.2.6-7

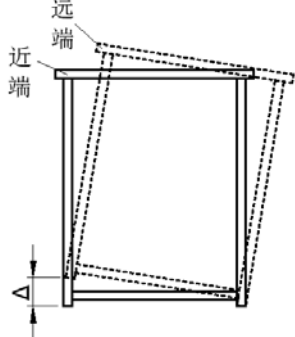
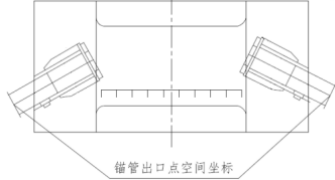
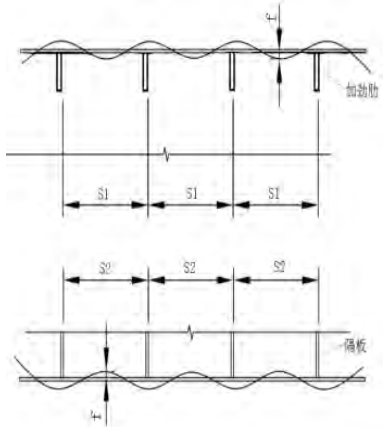
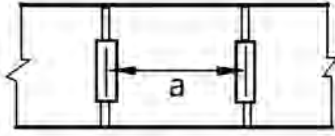

序号	检验项目	允许偏差	简图	检验方法
8	旁弯 f	≤ 3		用拉线和钢尺检查
9	箱体扭曲 Δ	≤ 3	 注：构件置于平台上，四角中有三角接触平台，测量悬空一角与平台间隙	用钢尺检查
10	连接法兰平面度 f	≤ 0.5		用钢直尺和塞尺检查

8 钢箱拱拱肋成品尺寸的允许偏差应符合表 14.2.6-8 的规定，并按本标准附录 A 中的 A.0.7 条进行记录。

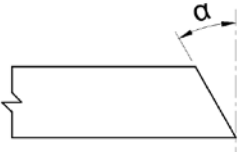
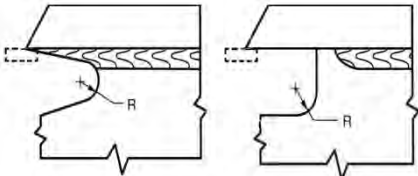
表 14.2.6-8 钢箱拱拱肋成品尺寸允许偏差 (mm)

序号	检验项目	允许偏差	简图	检验方法
1	长度 L	± 4		用钢尺检查
2	宽度 B	± 2		
3	高度 H	± 2		
4	截面对角线差 $ L1-L2 $	≤ 4		
5	曲线度 f	$+10, -3$		用拉线和钢尺检查

续表 14.2.6-8

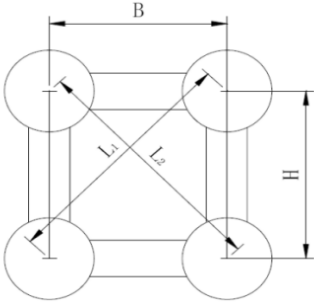
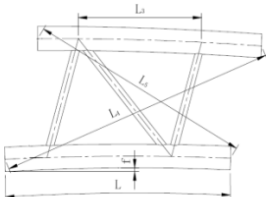
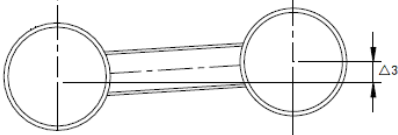
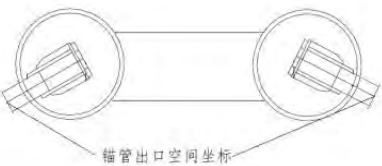
序号	检验项目	允许偏差	简图	检验方法	
6	扭曲 Δ	≤ 3		用钢尺检查	
7	锚管出口坐标	± 2		用全站仪检查	
8	壁板平面度	横向	$S1/300, \leq 4$		用钢直尺和塞尺检查
		纵向	$S2/500, \leq 5$		
9	隔板间距	± 3		用钢尺检查	
10	隔板平面度 f	$B/250, \leq 8$ B 为隔板高度		用拉线、钢尺检查	

续表 14.2.6-8

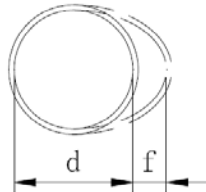
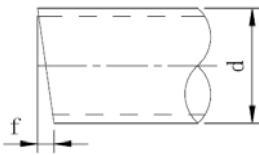
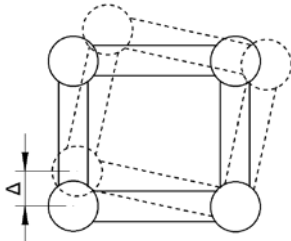
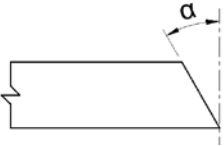
序号	检验项目		允许偏差	简图	检验方法
11	坡口面角度 α		$\pm 2.5^\circ$		用角度尺检查
12	过焊孔	尺寸 R	-1~+3		用样板对比
		切割面粗糙度	$\leq 25 \mu\text{m}$		用粗糙度对比样块对比

9 钢管拱节段成品尺寸的允许偏差应符合表 14.2.6-9 的规定,并按本标准附录 A 中的 A.0.7 条进行记录。

表 14.2.6-9 钢管拱节段成品尺寸允许偏差 (mm)

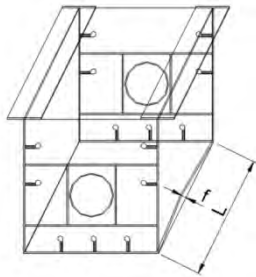

序号	检验项目	允许偏差	简图	检验方法
1	内弧长度 L	0, -10		用钢尺检查
2	宽度 B	± 5		
3	高度 H	± 5		
4	节点板间距 L3	± 3		
5	内弧偏离设计弧线 f	≤ 8	 注: ΔL_4 、 ΔL_5 分别是 L_4 、 L_5 的理论值与实际值的差值	用拉线和钢尺检查
6	横向对角线差 $ L_1-L_2 $	≤ 4		用钢尺检查
7	纵向对角线差 $ \Delta L_4-\Delta L_5 $	≤ 4		
8	节段平面度 Δ_3	≤ 3		用钢尺检查
9	锚管出口空间坐标	± 2	 锚管出口空间坐标	用吊线和钢尺检查

续表 14.2.6-9

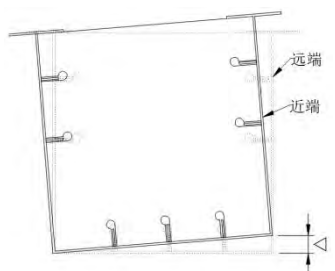
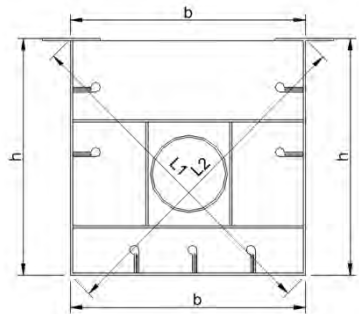
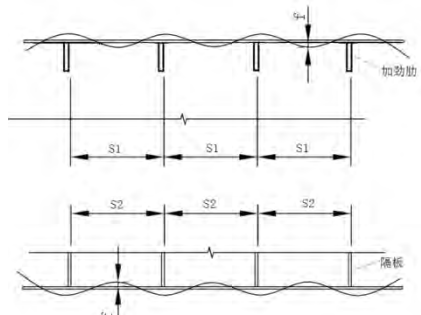
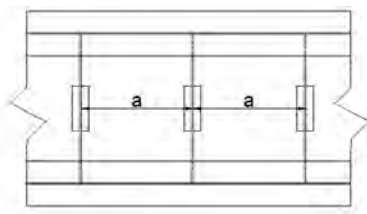

序号	检验项目	允许偏差	简图	检验方法
10	管端椭圆度 f	$\leq d/500$ 且 ≤ 5		用钢尺检查
11	管端不平度 f	$\leq d/500$ 且 ≤ 3		用钢直角尺和钢尺检查
12	扭曲 Δ	≤ 8		用钢尺检查
13	坡口面角度 α	$\pm 2.5^\circ$		用角度尺检查

10 叠合梁节段成品尺寸的允许偏差宜符合表 14.2.6-10 的规定，并按本标准附录 A 中的 A.0.7 条进行记录。

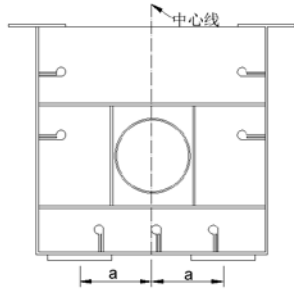
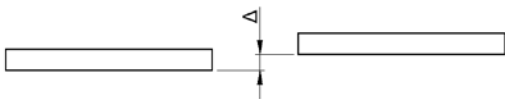
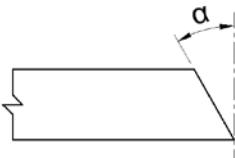
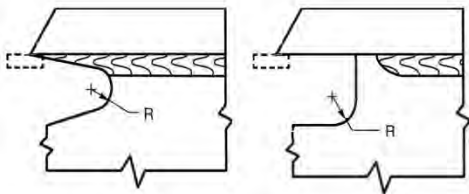
表 14.2.6-10 叠合梁节段成品尺寸允许偏差 (mm)

序号	检验项目	允许偏差	简图	检验方法
1	长度 L	$L \leq 5000$; ± 3 $5000 < L \leq 10000$; ± 5 $L > 10000$; ± 7		用钢尺检查
2	弯曲 f	$L/1000$; ≤ 10		用拉线和钢尺检查
3	拱度 f	$0 \sim +5$		用拉线和钢尺检查

续表 14.2.6-10

序号	检验项目	允许偏差	简图	检验方法
4	扭曲 Δ	$h/500$, h 为截面高度	 <p>注: 构件置于平台上, 四角中有三角接触平台, 悬空一角与平台间隙</p>	用钢尺检查
5	截面宽度 b	± 2		用钢尺检查
6	截面高度 h	± 2		
7	截面对角线 $L1$ 与 $L2$ 差值	± 4		
8	壁板平面度 f	横向 $S1/250, \leq 8$ 纵向 $S2/500, \leq 8$		用钢直尺和塞尺检查
9	隔板间距 a	± 3		用钢尺检查
10	隔板平面度 f	$B/250, \leq 8$ B 为隔板高度		用拉线、钢尺检查

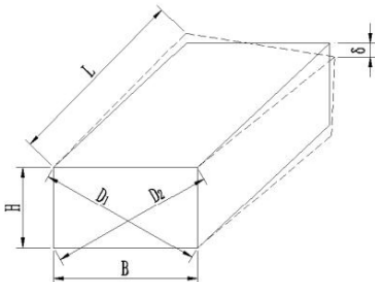
续表 14.2.6-10

序号	检验项目		允许偏差	简图	检验方法
11	支座垫板位置 a		± 2		用钢尺检查
12	支座垫板平面度 f		≤ 2		用钢直尺和塞尺检查
13	坡口面角度 α		角度: $\pm 2.5^\circ$		用角度尺检查
14	过焊孔	尺寸 R	$-1 \sim +3$		用样板对比
		切割面粗糙度	$\leq 25 \mu m$		用粗糙度对比样块对比

11 钢管墩节段成品尺寸的允许偏差宜符合表 14.2.6-9 的规定。

12 钢箱墩节段、钢盖梁节段成品尺寸的允许偏差应符合表 14.2.6-12 的规定。

表 14.2.6-12 钢箱墩节段、钢盖梁节段成品尺寸允许偏差 (mm)

序号	名称	允许偏差	简图	检验方法
1	长度 L 、高度 H	± 2		用钢尺检查
2	宽度 B	± 2		
3	对角线差 $ D1-D2 $	≤ 4		用吊线和钢尺检查
4	扭曲 δ	≤ 4		
5	横隔板间距偏差	± 2		用钢尺检查
6	旁弯	≤ 5		用拉线和钢尺检查

13 钢箱梁、钢桁梁、钢板梁、钢塔和钢箱拱等的高强度螺栓孔、铆钉孔和主要零件上的螺栓孔孔径、孔距的允许偏差应符合本标准第 7.3.3 条和第 7.3.4 条的规定。

14 钢桥构件的内外表面不得有超标的凹痕、划痕、焊瘤、擦伤等缺陷，边缘应无毛刺。

检验方法：目视检查

14.2.7 预拼装检验应符合下列规定：

1 一般规定

- 1) 预拼装应在钢结构涂装前在测平的胎架上进行，并应解除杆件与胎架之间的临时连接，使其处于自由状态。用于预拼装的零件、板单元和杆件等均应经检验合格
- 2) 预拼装的检测宜在温度恒定时进行，其温差变化的范围应为 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 。
- 3) 预拼装检测合格后应进行连接板的配制，并按图编号，在现场安装时应进行核对。

2 预拼装应符合本标准第 12.1 节和第 12.3 节的规定，并应符合下列规定：

- 1) 预拼装时，应使板层密贴，冲钉应不少于栓孔总数的 10%，螺栓宜不少于栓孔总数的 20%。

检验方法：目视检查，采用塞尺检查。

- 2) 预拼装过程中应检查拼接处有无相互抵触情况，有无不易施拧螺栓处。

检验方法：目视检查。

- 3) 预拼装时，应采用试孔器检查所有栓孔。对钢桁梁主桁弦杆竖板平面内和主桁间连接的栓孔，以及钢板梁主梁腹板平面内的栓孔，应 100%自由通过较设计孔径小 0.75mm 的试孔器；其他栓孔应 100%自由通过较螺栓公称直径大 0.5mm 的试孔器。

检验方法：目视检查，采用试孔器检查。

- 4) 磨光顶紧处应有 75%以上面积密贴，采用 0.2mm 塞尺检查时，其塞入面积应不超过 25%。

检验方法：目视检查，采用塞尺检查。

3 钢箱梁、钢桁梁、钢锚梁、钢锚箱、钢箱拱、钢管拱、钢塔节段预拼装的主要尺寸允许偏差应符合本规范第 12.3 节的规定。

检验方法：用全站仪、钢卷尺、钢板尺、直角尺、塞尺、钢丝线、弹簧秤、

4 叠合梁、钢箱梁、钢板梁、钢箱拱、钢管拱、钢桁梁、钢塔、钢锚箱钢锚梁预拼装检验记录应按本规范附录 A 中表 A.0.6-1~A.0.6-8 进行记录。

14.2.8 涂装检验应符合下列规定：

- 1 涂装施工前，构件的表面处理应符合本标准第 13.2.1 条的规定。

检验方法：目视检查。

2 涂装施工前，构件表面的除油应符合本标准第 13.2.2 条的规定。

检验方法：目视检查。

3 钢材表面的可溶性氯化物含量应符合本标准第 13.2.3 条的规定。

检验方法：使用盐分测试仪检查。

4 涂装前构件表面的清洁度及粗糙度应符合本标准第 13.2.4 条的规定。。

检验方法：表面清洁度采用图谱对照检查，表面粗糙度采用粗糙度比较样板或粗糙度测量仪检查。

5 喷砂除锈的磨料形状和粒度应符合本标准第 13.2.5 条的规定。

检验方法：卡尺、纯净水、玻璃杯检查。

6 除锈设备应符合本标准第 13.2.6 条的规定。

检验方法：干净、干燥的玻璃片、白纸或棉布检查

7 涂装前构件表面灰尘清洁度应符合本标准第 13.2.7 条的规定。

检验方法：压敏胶带法检查

8 磨料清洁度应符合本标准第 13.2.9 条的规定。

检验方法：纯净水、玻璃杯检查

9 磨料混合物杂质应符合本标准第 13.2.10 条的规定。

检验方法：磁铁、电子称检查。

10 涂料品种、施工环境应符合设计要求及所用涂装材料产品说明书的要求。

检验方法：采用温度计、湿度计或摇表，露点仪等检查施工环境。

11 涂料涂层的表面应平整、均匀一致，无漏涂、起泡、裂纹、气孔和返锈等现象，允许有轻微桔皮和局部轻微流挂。金属涂层表面应均匀一致，不允许有漏涂、起皮、鼓泡、大熔滴、松散粒子、裂纹和掉块等，允许有轻微结疤和起皱。

检验方法：目视检查，采用涂层附着力拉拔仪检查。

12 涂层厚度应符合设计要求及所用涂装材料产品说明书的要求。每个测量单元应至少选取 3 处基准表面，每个基准表面应按 5 点法进行测量。干膜厚度可采用“85—15”规则判定，即允许有 15%的读数低于规定值，但每一单独读数不得低于规定值的 85%。对于结构主体外表面，可采用“90—10”规则判定。涂层厚度达不到设计要求时，应增加涂装道数，直至合格为止。漆膜厚度测定点的最大值不得超过设计厚度的 3 倍。

检验方法：采用湿膜对比卡检查涂层湿膜厚度，采用漆膜测厚仪检查涂层干膜厚度。

13 涂料涂层附着力，当检测的涂层厚度不大于 250 μm 时，各道涂层和涂层体系的附着力宜按划格法进行，且应不大于 1 级；当检测的涂层厚度大于 250 μm 时，附着力试验宜按拉开法进行，涂层体系附着力应不小于 3MPa。用于钢桥面的富锌底漆，涂层附着力应不小于 5MPa。

检验方法：划格法，拉开法等。

14 涂装完成后，构件的标识、编号应清晰完整。

检验方法：目视检查

15 钢桥除锈检验记录应按本标准附录 A 中表 A.0.6-9 进行记录。

检验方法：目视检查、温湿度表、粗糙度对比卡、清洁度对比卡检查。

16 钢桥涂装过程记录应按本标准附录 B 中表 B.0.3 进行记录。

检验方法：目视检查、温湿度表、粗糙度对比卡、清洁度对比卡、测温仪、覆层测厚仪检查。

17 钢桥涂装质量验收记录应按本标准附录 A 中表 A.0.6-10 进行记录。

检验方法：目视检查、手摇干湿度表、露点对比卡、覆层测厚仪、拉拔仪、光泽度仪检查。

14.3 钢桥成品验收

14.3.1 钢桥成品出厂前应验收，验收流程按图 14.3.1 执行。

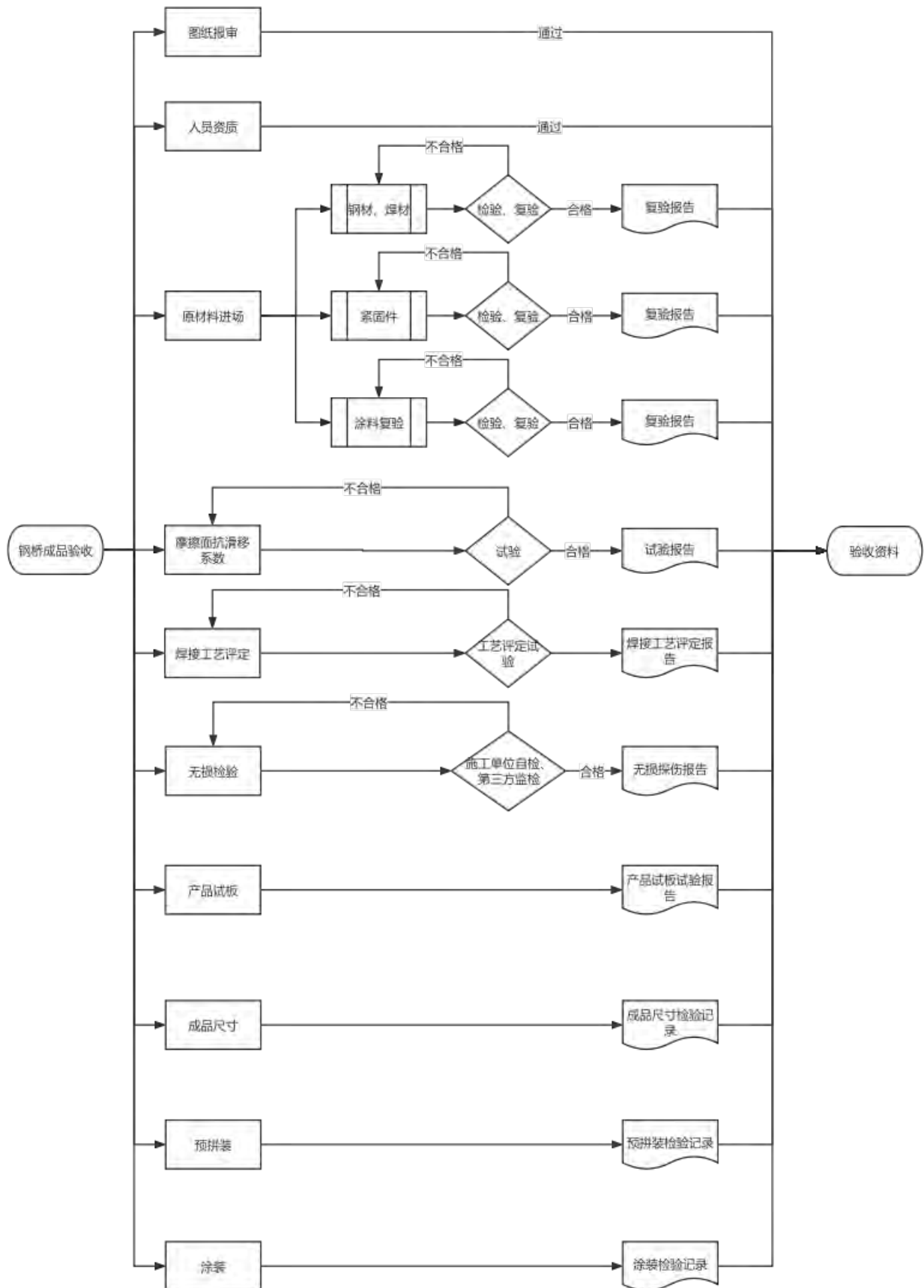


图 14.3.1 钢桥成品出厂验收流程图

14.3.2 钢桥成品验收项目

1 钢桥成品出厂前应按在施工单位自检合格的基础上，按照检验批、分项工程、分部（子分部）工程分别进行验收。钢桥分部（子分部）工程中的分项工程应由一个或若干检验批组成，其各分项工程检验批应按本标准附录 A 中表 A.0.1-1 的规定进行划分，并应经监理（或建设单位）确认。

2 检验批合格质量标准应符合下列规定：

- 1) 主控项目依据表 14.3.2-1 执行且必须满足本标准质量要求；
- 2) 一般项目依据表 14.3.2-2 执行且检验结果应有 80% 及以上的检查点（值）满足本标准的要求，且最大值（或最小值）不应超过其允许偏差的 1.2 倍。

表 14.3.2-1 钢桥成品验收主控项目

项次	主控项目		基本要求	检验方法及要求	检验比例
1	见证 取样 送样 检测	钢材复验	1. 由监理工程师或业主方代表见证取样送样； 2. 由满足相应要求的检测机构进行检测并出具检测报告	见附录 E	复验报告全数检查
		焊材复验		见附录 E	复验报告全数检查
		紧固件复验		见附录 E	复验报告全数检查
		涂料复验		见附录 E	复验报告全数检查
		焊接工艺评定	由满足相应要求的检测机构进行检测并出具检测报告	见第 6 章	评定报告全数检查
2	摩擦面抗滑移系数试验		由满足相应要求的检测机构进行检测并出具检测报告	见附录 J	试验报告全数检查
3	焊缝 无损 探伤 检测	施工单位自检	由施工单位具有相应要求的检测人员或由其委托的具有相应要求的检测机构进行检测	第 14.2.5 条	
		第三方监检	由业主或其代表委托的具有相应要求的独立第三方检测机构进行检测并出具检测报告	依据第 14.2.5 条，B 级焊缝按不少于被检测焊缝接头数量的 20% 抽检；C 级焊缝按不少于被检测焊缝接头数量的 5% 抽检	
4	板单元作为成品出厂时，单元件长宽尺寸；对角线尺寸		1. 由监理工程师或业主方代表指定抽样样本，见证检测过程； 2. 由施工单位质检人员或其委托的检测机构进行检测	第 14.2.6 条	按板单元数量抽查 10%，且不少于 3 件

续表 14.3.2-1

项次	主控项目	基本要求	检验方法及要求	检验比例		
5	钢箱梁、叠合梁、钢板梁梁长；端口及支座处尺寸宽、高；锚箱定位尺寸；吊点位置尺寸；支座处连接孔定位	1. 由监理工程师或业主方代表指定抽样样本，见证检测过程； 2. 由施工单位质检人员或其委托的检测机构进行检测	第 14.2.6 条	按钢桥数量抽查 10%，且不少于 3 件		
6	钢桁架单件桁架杆件孔间距；桁架杆件端部截面尺寸；桁架弦杆节点处孔距、截面尺寸；纵梁和横梁孔距，端部截面尺寸					
7	钢桁架单片桁架端部孔间距；桁架端部截面尺寸；桁架节点处孔距、截面尺寸；					
8	钢塔塔节端部截面尺寸；锚箱定位尺寸；塔节长度、端部平面度及垂直度					
9	钢拱构件端部截面尺寸；锚箱定位尺寸；构件长度、孔间距；					
10	钢拱节段端部截面尺寸；锚箱定位尺寸；节段长度、孔间距；					
11	钢桥预拼装高强螺栓连接节点，螺栓孔通过率检测				第 14.2.7 条	按预拼装单元全数检查
12	钢材表面处理；防腐涂层厚度；涂层附着力				第 14.2.8 条	按钢桥数量抽查 10%，且不少于 3 件

表 14.3.2-2 钢桥成品验收一般项目

项次	一般项目	基本要求	检验方法及要求	检验比例
1	钢材厚度、平整度、表面外观质量	1. 由监理工程师或业主方代表指定抽样样本，见证检测过程； 2. 由施工单位质检人员或其委托的检测机构进行检测	依据相应的国家现行标准进行检测	按数量抽查 10%，且不少于 3 件
	焊材包装、焊剂不应受潮结块			
	紧固件表面不应出现生锈和沾染脏物，螺纹不应损伤			

续表 14.3.2-2

项次	一般项目	基本要求	检验方法及要求	检验比例	
2	板单元作为成品出厂时, 平面度、单元件外观、切割面尺寸。	1. 由监理工程师或业主方代表指定抽样样本, 见证检测过程; 2. 由施工单位质检人员或由其委托的检测机构进行检测	第 14.2.6 条	按板单元数量抽查 10%, 且不少于 3 件	
3	钢箱梁、叠合梁、钢板梁平面度、腹板隔板定位尺寸、构件外观、梁中尺寸、锚箱单元尺寸、横坡、旁弯、扭曲、起拱、竖曲线。			按钢桥数量抽查 10%, 且不少于 3 件	
4	钢桁架单件平面度、桁架弦杆中部截面尺寸、桁架杆件起拱、扭曲、旁弯、纵梁和横梁中部截面尺寸				
5	钢桁架单片平面度、桁架中部截面尺寸、桁架节距、桁架起拱、扭曲、旁弯。				
6	钢塔平面度、塔节中部截面尺寸、扭曲、旁弯、锚箱单元尺寸。				
7	钢拱平面度、构件中部截面尺寸、扭曲、旁弯、锚箱单元尺寸。				
8	钢拱节段平面度、节段中部截面尺寸、扭曲、旁弯、锚箱单元尺寸, 节间距。				
9	钢桥预拼装尺寸				第 14.2.7 条
10	钢桥焊缝尺寸及焊缝外观质量		第 14.2.4 条		随机抽查 10%
11	钢桥涂装外观质量		第 14.2.8 条		

14.3.3 钢桥成品验收资料

钢桥构件成品出厂前, 应具备下列文件:

- 1 审批图纸
- 2 合格证明书;
- 3 钢材、焊接材料、高强度螺栓连接副、高强度环槽铆钉连接副和涂装材料的出厂质量证明书及复验资料;
- 4 焊接人员资质证书 (依据附录 H);
- 5 检验人员资质证书;
- 6 焊接工艺评定报告;

- 7 工厂高强度螺栓（环槽铆钉）摩擦面抗滑移系数试验报告；
- 8 焊缝无损检验报告；
- 9 焊缝重大修补记录；
- 10 产品试板的试验报告；
- 11 成品尺寸检验记录；
- 12 预拼装检查记录；
- 13 涂装检测记录。

14.4 钢桥安装过程检验

14.4.1 钢桥安装检验流程应依据图 14.4.1 执行。

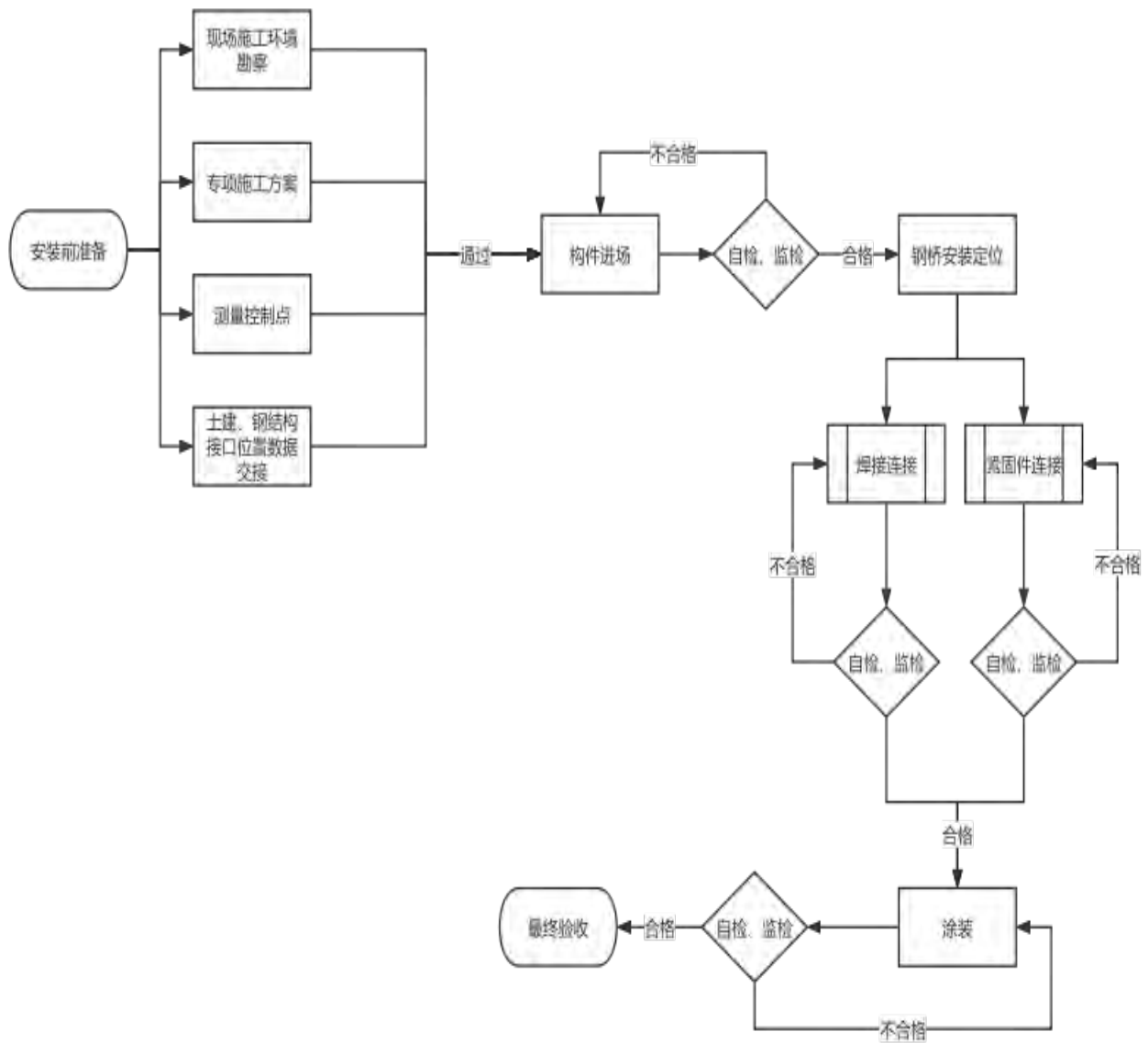


图 14.4.1 安装检验流程图

14.4.2 安装检验项目应符合下列规定：

- 1 安装检验前的现场环境勘察、专项施工方案、测量控制点及土建与钢结构接口位置数据交接、钢桥进场检验应符合本标准第 16.1.1 条的规定。
- 2 钢桥安装的平面位置与高程应符合下列规定：
 - 1) 支架上安装构件或节段时，构件或节段定位后的允许偏差应符合本标准 18.2.1 条的规定。

检验方法：全站仪、水准仪、钢尺检查。
 - 2) 悬臂拼装施工时，节段定位的允许偏差应符合本标准 18.2.2 条的规定。

检验方法：全站仪、水准仪、钢尺检查。
 - 3) 提升安装施工时，节段定位允许偏差应符合本标准 18.2.3 条的规定。

检验方法：全站仪、水准仪、钢尺检查。
 - 4) 顶推施工、整孔与大节段安装施工时，梁体定位允许偏差应符合本标准 18.2.4 条的规定。

检验方法：全站仪、水准仪、钢尺检查。
 - 5) 转体施工时，梁和拱肋的定位允许偏差应符合本标准 18.2.5 条的规定。

检验方法：全站仪、水准仪、钢尺检查。
- 3 钢桥安装连接方式为焊接连接时，连接位置的间隙、错边应符合本标准第 18.1.6 条的规定。
- 4 钢桥支座偏移、支座高程偏差、相邻支座高程相对偏差应符合本标准第 16.4.4 条的要求。钢桥安装完毕后，垫板与支座间应平整密贴，支座四周不得有 0.3mm 以上的缝隙，并应保持清洁。
- 5 钢桥安装连接方式为螺栓连接时应符合本标准第 17.3 节的规定。
- 6 钢桥安装连接方式环槽铆钉时应符合本标准第 17.4 节的规定。
- 7 钢桥安装焊缝质量应符合本标准第 17.2.2 条的规定。
- 8 钢桥安装涂装质量应符合本标准第 14.2.8 条的规定。
- 9 钢桥安装施工的线形控制应符合本标准 18.3 节的规定。
- 10 钢桥安装施工的内力与变形控制应符合本标准 18.4 节的规定。

14.5 钢桥安装验收

14.5.1 一般规定

- 1 钢桥现场安装完成后应按本章规定进行质量验收。
- 2 现场专项施工方案及相应的监控测量措施需经设计及监理认可。
- 3 钢桥现场安装检验应在原材料及成品进场验收、构件制作、焊接连接及紧固件连接等分项工程验收合格的基础上进行验收。
- 4 钢桥安装完毕验收流程依据图 14.5.1 执行。

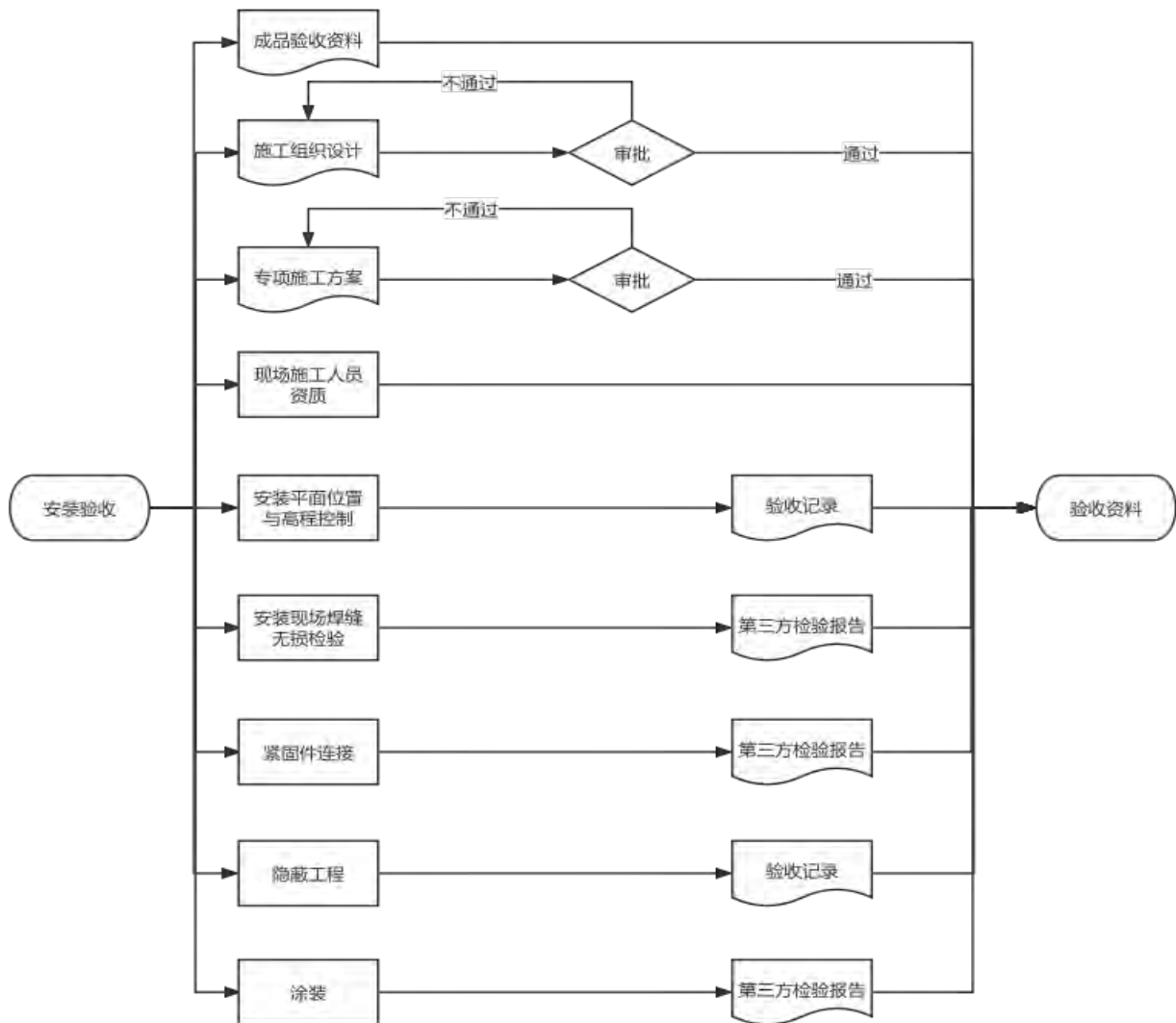


图 14.5.1 钢桥安装验收流程图

14.5.2 钢桥安装验收项目

- 1 钢桥现场安装按照本标准第 16.1.4 条进行构件检验批划分工作。
- 2 钢桥现场验收主控项目验收应符合表 14.5.2-1 的规定执行：

表 14.5.2-1 钢桥安装验收主控项目

项次	主控项目		基本要求	检验方法及要求	检验比例
1	钢桥安装现场基础上的定位轴线、标高、支座定位		1. 由监理工程师或业主方代表指定抽样样本, 见证检测过程; 2. 由施工单位质检人员或由其委托的检测机构进行检测	第 14.4.2 条	按钢桥数量抽查 10%, 且不少于 3 件
2	钢桥进场验收		1. 由监理工程师或业主方代表指定抽样样本, 见证检测过程; 2. 由施工单位质检人员或由其委托的检测机构进行检测	第 14.4.2 条	按钢桥数量抽查 10%, 且不少于 3 件
3	钢桥安装完毕后的平面位置与高程、垫板与支座的贴合		1. 由监理工程师或业主方代表指定抽样样本, 见证检测过程; 2. 由施工单位质检人员或由其委托的检测机构进行检测	第 14.4.2 条	按钢桥数量抽查 10%, 且不少于 3 件
4	焊缝无损探伤检测	施工单位自检	由施工单位具有相应要求的检测人员或由其委托的具有相应要求的检测机构进行检测	第 14.2.5 条	
		第三方监检	由业主或其代表委托的具有相应要求的独立第三方检测机构进行检测并出具检测报告	依据第 14.2.5 条, B 级焊缝按不少于被检测焊缝接头数量的 20% 抽检; C 级焊缝按不少于被检测焊缝接头数量的 5% 抽检	
5	钢桥紧固件连接		1. 由监理工程师或业主方代表指定抽样样本, 见证检测过程; 2. 由施工单位质检人员或由其委托的检测机构进行检测	第 14.4.2 条	按安装节点抽查 10%, 且不少于 3 处
6	钢材表面处理; 防腐涂层厚度; 涂层附着力		1. 由监理工程师或业主方代表指定抽样样本, 见证检测过程; 2. 由施工单位质检人员或由其委托的检测机构进行检测	第 14.4.2 条	按钢桥数量抽查 10%, 且不少于 3 件

3 钢桥现场验收一般项目验收应符合表 14.5.2-2 的规定执行:

表 14.5.2-2 钢桥安装验收一般项目

项次	一般项目		基本要求	检验方法及要求	检验比例
1	观感质量检查	焊缝外观检查	1. 由监理工程师或业主方代表指定抽样样本, 见证检测过程; 2. 由施工单位质检人员或由其委托的检测机构进行检测	第 14.4.2 条	随机抽查 10%
2		涂装外观检查		第 14.4.2 条	
3		钢平台、钢梯、钢栏杆及其他附属性结构		应连接牢固, 无明显外观缺陷	

14.5.3 钢桥安装验收资料

钢桥安装完毕后, 应具备下列文件:

- 1 成品验收资料，参见本标准第 14.3.3 条。
- 2 施工组织设计
- 3 专项施工方案
- 4 安装现场焊接人员资质
- 5 临时工程方案及图纸
- 6 基础工程验收资料，包括基础的强度、稳定性、沉降量、支座定位偏差等指标
- 7 钢桥的轴线、平面位置、标高、间隙、错边、垫板与支座贴合等指标检测记录
- 8 钢桥现场焊接的第三方检测报告
- 9 钢桥现场紧固件连接检测报告
- 10 观感质量检查记录

15 防护、存放与运输

15.1 防护与标识

15.1.1 构件在制造或涂装完成后宜进行必要的防护，防护应在涂装的涂层干燥后进行。

15.1.2 对构件进行防护时，应根据构件的类型和特点，选择适宜的防护材料（木头、胶垫）进行防护。

15.1.3 构件的防护应符合下列规定：

- 1 大截面的工形和箱形构件、桥面板单元等可采用裸装。
- 2 细长构件应采用框架捆装，构件之间应加设垫层。
- 3 连接板应采用盘装，板件之间应加设垫层。
- 4 螺栓、铆钉、螺母和垫圈等较小零件应分类装箱，箱内应装塞紧密，并应采取防雨措施。
- 5 包装时应对连接部位的摩擦面进行保护。
- 6 当设计对构件的防护有特殊要求时，应符合其规定。

15.1.4 栓合发运的零件应采用螺栓拧紧，且每个孔群应不少于 2 个螺栓。

15.1.5 对桥面板单元的 U 形肋端口、锚管孔以及构件上的工艺孔等敞开部位，宜采用适宜的材料封闭，防止水和杂物进入构件内部。

15.1.6 构件或其重要部位的防护措施应有醒目标识，表示内容明确，位置尽量统一，标识不得形成构件表面污染，亦不得影响构件性能。

条文说明

构件的标识一般采用喷涂、钢印、吊挂或粘贴等方式设置，表现方式通常采用文字、图形、色彩和二维码等，以达到信息识别、标记和警示的目的。

15.2 存放

15.2.1 构件的存放、转运、装卸和运输等应编制专项施工方案，并应符合相关安全管理规定。构件在存放、转运、绑扎、装卸和运输过程中，应采取有效措施，保证其不变形、不损伤、不散失和不被污染。

15.2.2 构件存放应提前进行场地规划，其布置应满足存放、移运及架设安装时的作业要求。对大型或大节段构件，其存放场地布置应结合移运通道和出运码头设置进行总体综合规划。

15.2.3 构件存放场地应平整、坚实、稳定、通风，应根据地基情况和气候条件设置必要的防

排水设施，并应采取有效措施防止场地地基沉陷。

15.2.4 存放时，构件之间的空间或空隙应满足设备作业和人员活动的要求。

15.2.5 存放台座应坚固，其基础及地基应有足够的承载力和稳定性，且不得产生不均匀沉降。

15.2.6 构件存放时，支承点的位置与数量应符合设计规定；设计未规定时，应通过结构受力验算确定。构件在自重作用下不得产生永久变形。

15.2.7 构件存放应符合下列规定：

1 构件宜按照移运或安装的先后顺序编号存放，且应分类码放整齐。

2 构件存放时，其支点处应采用垫木或其他适宜的柔性支垫材料进行支承，应避免其涂层受到损伤。

3 大节段构件在存放时，应设置足够的支承点，且支点应设在自重弯矩较小的位置，并应防止构件产生挠曲变形。

4 构件多层叠放时，各层之间应以垫木或其他适宜的支垫材料隔开，各层支垫位置应设在设计规定的支点处，上下层的支垫应在同一垂直面上；叠放时不宜过高，其高度宜按构件强度、台座地基的承载力、支垫材料的强度及叠放的稳定性等经计算确定，并应防止构件产生倾覆或变形损坏。

5 雨季或春季融冻期间，应防止地基软化下沉导致构件变形及损坏。

15.3 运输

15.3.1 构件运输应编制专项方案，并应根据构件的形状、种类、质量以及桥位处地形和水域特点，确定适宜的运输方式、运输路线和运输工具。

15.3.2 构件采取公路运输方式时，应提前对运输路线进行现场实地踏勘，确认运输车辆能顺利通行；当有障碍时，应采取相应措施予以处置。

15.3.3 构件运输所采用的运输设备应符合其额定承载能力，并应符合相应运输方式的安全管理规定，运输实施前应按规定办理相关手续。

15.3.4 构件运输绑扎及支撑点的设置亦应在自重弯矩较小的位置，防止构件产生挠曲变形。

15.3.5 构件在运输车辆和运输船舶上的装载应符合下列规定：

1 构件的支承应牢固、可靠，支承点的设置应考虑运输震动对构件产生不利影响，必要时应加密或对构件进行局部加固。

2 构件的装载应稳定，对高宽比较大的工形梁和不规则异形构件应采用辅助稳定的撑架，防止其在运输过程中倾倒。

- 3 钢箱梁宜按自然状态装载放置，避免变形。
- 4 开口槽型构件宜在两腹板之间设置剪刀撑予以加固。
- 5 对构件的剪力键，装载时应采取可靠措施予以保护，避免在运输过程中与其他物体产生碰撞而损伤。
- 6 构件装载完成后，宜采用钢丝绳或其他适宜的材料将其固定牢靠，且应在钢丝绳下加设柔性垫层，防止损伤构件的涂层。

15.3.6 公路运输构件时应符合下列规定：

- 1 构件的尺寸与质量应符合道路及交管部门的限制要求，超长、超宽等大型构件运输的专项方案应经运输主管部门批准。
- 2 运输车辆的起步和运行应缓慢，平稳前进，严禁突然加速或紧急制动。

15.3.7 运输构件时，不得使其在运输过程中产生任何形式的损伤及永久变形。

16 安装施工

16.1 一般规定

16.1.1 本章适用于钢桥在桥位现场的安装、工地连接及安装施工质量控制。

16.1.2 根据不同桥梁及施工要求，应完成安全专项施工方案、测量专项方案、卸载专项方案（超过一定规模的危险性较大分部分项工程专项施工方案）及其他一般施工方案的编制工作。

16.1.3 安装施工前，应根据桥位环境条件和桥梁结构及构件特点，合理选择安装方法，制定专项施工方案；当专项施工方案在实施过程中出现意外情况时，应进行修改或完善，并应按技术管理规定进行论证和审批，对各施工工序应编制作业指导书。

条文说明

依据《公路工程施工安全技术规范》（JTG F90），钢桥安装中的大型临时工程，梁、拱、柱等构件施工和起重吊装工程均属于安全风险等级较高（危险性较大）的工程，需要制定专项施工方案。

16.1.4 检验批划分

1 钢桥现场安装的检验批应根据桥梁的结构形式及施工方案划分检验批，一般桥型单一的结构，可按照安装检验批、焊接检验批、高强螺栓施工检验批、涂装检验批等进行划分，特殊结构的桥型，可以单独设置不同受力结构的检验批，现场大临设施应根据专家论证结果进行搭设并单独设置检验批。

2 检验批的划定应在项目合同签订后，由施工单位提交施工方案及分段划分形式，由监理单位结合设计图纸、经过论证后的施工方案及分段划分形式确定现场检验批次，并下发正式表格形式，施工单位应根据监理指令进行检验批报检工作。

16.1.5 钢桥进场安装前应完成以下工作

1 现场施工环境勘察：主要针对施工现场的下部管线、架空线路及其他影响安装的因素进行充分考察；

2 施工方案确定：安装施工前，应根据桥位环境条件、桥梁结构及构件特点，合理选择安装方法，制定专项施工方案；

3 构件进场验收：安装前应按照明细表核对进场的构件，查验产品外观尺寸及质量资料。

安装前应检查钢梁涂层，必要时进行补涂；

4 测量控制点交接：安装前应根据现场已有的测控点并根据施工方案、测量要求交接或导入现场测量点并建立测量体系；

5 临时结构设计：安装前应对支架、支承、吊机等临时结构、设备和钢桥结构自身在不同受力状态下的强度、刚度和稳定性进行验算。

6 土建、钢结构接口位置数据交接：安装前应对桥台、墩顶高程、中线、各孔跨径及支座位置、高程进行复测；

7 钢桥构件存放及预拼场地，应平整压实、排水良好和具有足够承载力，并应位于汛期洪水位以上。构件存放支承点应放在不因自重而产生永久变形的地方，并应防止构件积水锈蚀和栓接板面磨损、污染。安装作业面验收条件如表 16.1.5-1 所示。

表 16.1.5-1 安装作业面验收条件

项次	规定值或允许偏差
相邻支座垫石错台 (mm)	5
预埋件位置 (mm)	10
支座顶面高程 (mm)	±20
轴线偏位 (mm)	10
大面积平整度 (mm)	5

16.1.6 安装及卸载测量及监控

1 施工监控是对施工过程中的重要环节及过程进行监测和控制，保证施工过程及其结构处在绝对安全的控制之中，根据结构的实际状态，通过利用各种测试手段获取的反馈数据进行跟踪修正计算，给出各施工阶段的线形及内力控制数据，用以指导和控制施工，防止施工中的误差积累，保证成桥后的线形及内力符合设计要求。特大桥、特别复杂的桥梁及新结构型式的桥梁均需作施工监控。

2 施工监控是要对施工过程进行有效控制，修正在施工过程中各种影响成桥目标的参数误差确保成桥后结构受力和线形满足设计要求。

3 监控项目主要包括但不限于结构强度、结构刚度、结构变形控制、结构稳定性、焊接应力、温度应力、吊装过程等应力监控；监测受力要求，钢桥应力监测的主要内容是：各受力控制截面的应力监测。不论在施工状态还是在成桥状态，都要确保各截面应力的最大值在允许范围内，即监测桥段在每个施工阶段控制截面的应力值。

4 监控线形要求。线形主要是桥体的轴线、标高误差。成桥后各控制点以及标高和轴线

要满足设计要求。即监测桥体在每个施工阶段的变形值、以及桥体在每个施工阶段的空间位置。

5 调控手段，对于构件线形的调整，主要是通过顶面标高来实现。需要保持监控每个施工阶段的受力值。

6 对结构温度、材料特性等其他相关内容的把控。

7 安装时应进行施工监控，使桥体的内力和线形符合设计要求。对斜拉桥、悬索桥、拱桥、采用悬臂法施工连续刚构桥和连续梁桥，以及采用顶推或转体方法施工的钢桥工程，应编制专项施工监控实施方案。

条文说明

施工监控是指在施工过程中对桥梁结构的内力、线形进行监测与控制，以保证结构安全、内力与线形符合设计要求。条文所列的应编制专项施工监控实施方案的桥型和施工方法，其结构及施工过程较为复杂，需要通过对施工的模拟分析、现场监测、误差识别与预测、反馈控制等工作，达到结构安全、内力与线形符合设计要求的目标。

16.1.7 构件采用焊接与高强度螺栓相组合连接时，宜先初拧高强度螺栓再焊接，待焊缝经检验合格后再进行高强度螺栓的终拧。

16.1.8 卸载要求：钢梁卸载应编制专项施工方案，落梁前后应监控钢梁线形、拱度和平面尺寸，并作记录。卸载前，应计算应力集中状态并根据应力传递情况确定卸载位置、卸载顺序及卸载高程。当设计文件有特殊要求时以设计文件为准；

16.1.9 安装过程中安全控制措施

1 安装过程中应进行安全风险管理，对作业活动、设备、人员、环境、设施和材料进行安全危险源辨识和风险评估，采取安全风险防控措施，制定应急预案，保证施工安全。

对下列危险源或危险因素应制定安全技术措施：

- 1) 起重吊装，水上、高空、受限空间作业，交叉施工，起重设备安装与拆除等作业；
- 2) 各种支架（托架）、塔架（含地锚、风缆）、脚手架、栈桥、水上作业平台等临时设施；
- 3) 起重设备、特种设备、机具、吊具、钢丝绳、结构用钢材等设备和材料；
- 4) 特殊作业人员；

- 5) 工地临时用电;
- 6) 大风、暴雨、浓雾和洪水等。

条文说明

如果在安装施工中不对条文所列的危险源或危险因素加以防范,可能会导致安全事故,因此需要制定安全技术措施。

- 2 安装时应设置施工安全保护设施。安全保护设施宜采用标准化设计,且应与施工方案同步设计、同步实施、同步使用与维护。

条文说明

施工安全保护设施一般包括临边防护、通道防护、防坠网、安全绳、警示牌、机械及设备的超限保护器、防护罩、接地装置、临时用电保护装置、施工避雷装置、逃生通道等。

- 3 施工安全保护设施是安装施工中必要的安全保障,如果设置时间滞后,必然会造成部分施工环节的安全保障缺失,形成安全隐患。规定同步设计、同步实施、同步使用与维护,目的是使每一工序和每一步骤的施工作业均有安全保障,从而降低安全风险。

- 4 安装时,未经批准不得对构件随意开洞、切割或焊接。安装时及完成后,应采取措施防止构件受到损伤、污染或锈蚀。

条文说明

对于现场施工需要开制的临时人孔需要在制造厂完成开制,并针对临时人孔的封堵制定专项的焊接工艺。对构件随意开洞、切割或焊接,可能会严重损伤结构,导致其强度降低。构件安装时及完成后,在交叉或后续的桥面防水、桥面铺装、防撞设施、机电和交通工程等专业的施工作业中,可能会造成构件及连接的损伤、涂装的破坏和污染、钢材的锈蚀等情况,因此需要采取措施加以防止,常用的措施有防护、包裹、覆盖或封闭等。

16.1.10 钢桥施工绿色环保文明施工要求

- 1 钢桥施工临时便道设置:钢桥安装过程中,合理进行现场总体平面布置,充分利用现场临时场地,尽可能减少环境污染及资源浪费;
- 2 实施文明施工,标准工地秩序和人员行为,减少噪声及建筑垃圾对环境的污染,为周边居民营造良好的社会氛围,施工现场必须实施噪声控制措施;

- 3 施工现场各岗位必须穿戴标准劳保用品。
- 4 施工现场必须按要求设置临时设施，如办公室、工具库、卫生间等。

16.2 钢桥安装准备

16.2.1 施工准备工作

- 1 安装施工前的准备工作应包括技术准备、资源准备和现场准备等。安装施工正式开始时，各项准备工作应充分、到位。
- 2 安装施工前，应对施工测量控制网进行复测和加密，使其满足构件安装的测量精度要求；未经复测或不能满足测量精度要求时不得使用。
- 3 对重要、复杂的安装施工工艺，宜通过工况分析及施工模拟验证其可靠性和安全性，必要时应进行现场工艺试验。
- 4 对专门设计的起重吊装装置，应进行现场加载试验，并应符合设计要求。吊点及连接的形式、位置和方向应满足起重吊装工艺的要求。
- 5 对安装施工现场的组织管理，应确定各专业施工作业的内容和区域，且应明确职责和流程，责任到人，组织有序。起重安装作业应统一指挥。
- 6 安装施工使用的起重机械设备、运输设备及工具等应齐全、配套，并应经试车调试，保证其性能和状态满足施工要求。对专用设备和特种设备应完成验收和备案。

条文说明

特种设备是指列入《特种设备目录》中的设备，其验收要求通常包括：①进场设备符合合同的要求及相关的技术标准；②具备生产许可证、产品合格证和出厂检测报告；③安装和拆除由有相应资质的专业单位实施；④经现场检验、验收并按规定办理验收交接和使用许可。

专用设备是指虽未列入《特种设备目录》，但涉及施工安全、专门用于桥梁危险性较大的施工作业的设备。其验收一般是采用荷载试验或试吊等方法，检验其基础、构件或机构的受力和变形情况，以此判断设备的整体可靠性和安全性。检验通常遵循先局部后整体、先静态后动态、逐步加载的原则进行。

16.2.2 用于测量、试验和检测的仪器设备，其数量、规格和性能均应满足安装施工的要求，并应在检定周期内使用。

16.2.3 陆上安装时，应在施工前完成“三通一平”工作，场地功能区域的划分应合理，隔离、

防护和警示等设施应完善。

16.2.4 安装施工前，应对已完工的墩台、钢塔、拱座、钢混结合段、支座等基础部位的轴线、高程及桥梁跨径进行复测，且应与待安装构件的轴线、高程、纵横坡、边界尺寸等空间位置进行核对，确认其能满足安装作业和设计的要求。

16.2.5 安装方法选择及临时措施设计及验算

- 1 安装方法选择：**钢桥安装方案一般分为支架法、顶推或滑移安装法、转体（平转或竖转）、提升法等安装方案，需根据现场具体情况及施工能力选择。
- 2 临时支架设计：**临时支架也包括一般支撑用拼装支架、顶推拼装平台支架、滑移滑道支架、转体拼装支架、提升或竖转支架等。支架结构形式需根据临时支架受力方式的不同进行设计。施工准备阶段，根据现场情况确认结构分段及临时支架总体布置。临时支架设计包括结构形式设计、轴线布置及标高布置等。根据施工方案设计通用临时支架及特殊节点的专用临时支架设计。
- 3 支架设计计算：**临时支架安装位置及荷载确定后，需要进行结构设计计算，其计算内容包括强度验算、刚度验算、稳定性验算等，针对特殊受力结构设计的支架、钢塔、提升塔等结构，需要具备相关资质的设计计算单位出具计算书。

16.2.6 构件运输及现场存放

- 1 构件运输要求**详见本标准 15.3 节
- 2 构件的现场堆放**场地应平整坚实、无水坑，并应有排水设施，构件应按种类、型号、安装顺序分区堆放。构件底层垫块要有足够的支承面。相同型号的构件叠放时，每层构件的支点要在同一垂直线上。
- 3 构件在放置、搬运、组拼时**应尽量减少现场的搬运次数。

16.3 支架法安装

16.3.1 本节适用于简支梁和连续梁构件、拱桥的拱肋或梁的构件，以及斜拉桥钢塔区梁和悬索桥无吊索区梁的构件在支架上分节段安装的施工。

16.3.2 分段安装时，需根据结构分段形式及采用的施工方案对结构安全进行验算。

16.3.3 支架法安装示意图如图 16.3.3-1 所示。

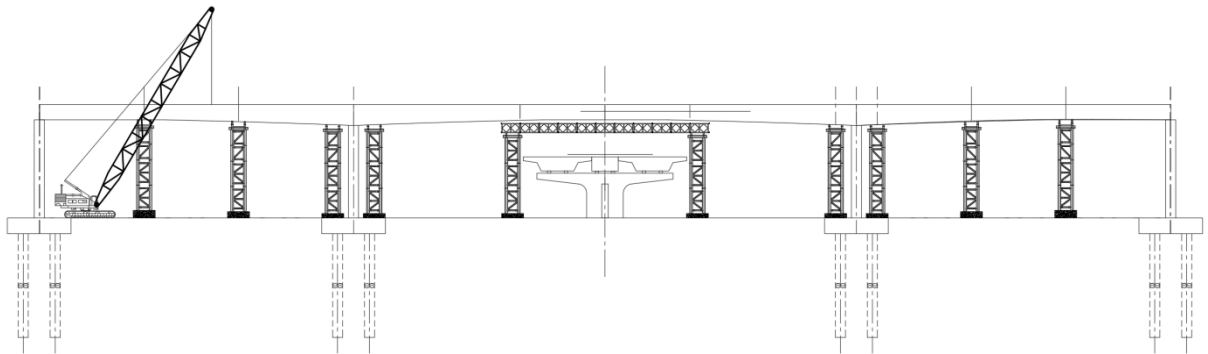


图 16.3.3-1 支架法安装示意图

16.3.4 用于构件安装的临时支架

- 1 拼装过程中应减少相邻梁段接缝偏差，在纵、横向及高度方向的拼接错边量应小于 2mm。
- 2 安装支架设计需充分考虑钢梁、预制板或现浇混凝土板的自重恒载及施工临时荷载。支架顶面标高符合安装线形的要求，并应考虑荷载带来的支架变形及基础沉降的影响。
- 3 桥体安装时需制定合理的安装顺序，并采取有效的措施，确保施工期间不发生偏移。用于构件安装的支架应进行专项设计，支架的设计和安装除应符合现行《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T 3650）的相关规定外，尚应符合下列规定：
 - 1) 支架纵横向临时支点的高程应与构件底面的拼装线形基本一致，同时应考虑待安装构件的预拱度、支架受力变形和温度变形等因素；支架应具备构件就位后进行平面纠偏、高程及纵横坡调整的功能。
 - 2) 支架上临时支点的支承杆件、分配梁受力和构件的局部应力，应在材料设计强度之内；临时支点位置与施工设计规定位置的偏差宜不超过 $\pm 20\text{mm}$ 。
 - 3) 临时支座应水平设置，构件底部有纵坡或横坡时应采用楔形块调平，坡度较大时应将楔形块与构件底固定连接。
 - 4) 对支承斜拉桥和悬索桥构件的支架，其计算荷载应考虑桥面吊机、卷扬机或临时材料堆放等施工荷载；支架宜与桥塔等永久结构进行临时连接，增强稳定性。
 - 5) 施工作业处应设置通道、操作平台和安全防护设施。
 - 6) 跨路或跨航道布设支架时，应设置交通警示标志和防撞设施。在河道中设置的涉水支架应考虑防洪、防冲刷的要求。

- 7) 当支架支承在软土地基或软硬不均的地基上时，宜通过预压或加大基础承载力等方式，消除不均匀沉降。
- 8) 支架在使用前应进行安装质量验收；构件安装过程中应监测支架变形及地基沉降等情况，超过允许值时应暂停施工、查明原因并采取措施消除异常。

16.3.5 起重设备相关规定

- 1 采用汽车吊、履带吊单机吊装构件时，设备性能应满足起吊高度、作业半径、荷载及容绳量的要求；地基应有足够的承载力，作业空间应满足吊装作业的要求。采用双吊机抬吊构件时，单机的实际起吊重量不得大于其额定起重能力的 80%；作业时双机应协调一致、同步起降。
- 2 采用龙门吊机吊装构件时，龙门吊机应由具有资质的专业生产厂设计及制造，并应具备良好的行走性能，能与待安装构件的尺寸、重量以及起吊高度等相适应。龙门吊机轨道的地基承载力应满足要求，基础应稳定坚固。
- 3 起重设备的实际吊装重量和工作状态不得超过其额定能力范围。
- 4 起重作业应统一信号、统一指挥，缓慢启动，匀速起降。吊装过程中吊机的臂架与邻近支架、建筑或其他障碍物的间距应符合安全要求。

条文说明

双机抬吊作业如发生动作不一致或遇到意外情况，可能会导致其中的一台吊机受力过大而超过其额定起重能力，发生安全事故，故规定实际起吊重量不得大于吊机额定起重能力的 80%，保证吊装作业的安全。

本条所述的起吊重量是指构件和吊索具的总重量。

16.3.6 支架上安装构件相关规定

- 1 构件应按设计或施工方案要求的顺序进行安装。
- 2 在起重设备能力足够的前提下，宜减少构件分段的数量，或通过采取预先组拼、扩大拼装单元的方式进行安装。
- 3 当构件过大或限于条件需将其横向分块进行起吊安装时，首次安装的块段应能自稳，否则应加设防倾覆装置；后续安装的构件应及时与已安装构件连接，形成稳定结构。
- 4 构件宜通过预拼装或采用匹配件的方式提高其安装精度。在安装过程中应及时对梁体进行纠偏，避免误差累积。

- 5 构件就位时，平面位置和高的偏差应符合本标准表 16.3.7-1 的规定。
- 6 对自身刚度较小的构件，安装时应加设临时固定杆件，防止其产生扭曲变形。
- 7 采用千斤顶顶升和下放构件时，应设置保护墩或使用自锁式千斤顶。
- 8 在支架上移动构件时，宜采用千斤顶、移位器、滑靴、轨道梁或滑道等专用工具，加力的支点或反力点宜设在轨道梁上；当采用支架以外的反力点移动或拖拉构件时，应对支架的强度、变形和稳定性进行验算。
- 9 在支架上栓接钢构件时，冲钉和普通螺栓的总数不得少于栓孔总数的 1/3，且其中冲钉的数量不得多于 2/3，其余栓孔应布置高强度螺栓并初拧，再逐步替换冲钉和普通螺栓。冲钉的直径应较栓孔设计直径小 0.3mm，普通螺栓的直径应较栓孔设计直径小 1.0mm，且其长度均应大于拼装板束的厚度。
- 10 在支架上焊接钢构件时，应先将构件准确定位并临时固定，定位时应预留焊缝焊接的收缩量和反变形量；焊接前，当构件的对接接口有间隙过宽、间隙宽度不一致、对接处钢板的错边量超差等问题时，应采用匹配件或定位件等临时工装对其进行矫正。
- 11 落架、体系转换和支架拆除应按设计及施工方案规定的方法和要求实施。对连续梁宜集中统一落梁。

条文说明

本款目的是充分利用吊装设备的能力，减少现场连接的工作量，这有利于连接质量控制，也能加快进度，但同时也要防止因构件过大带来的移运困难等问题。

自身刚度较小的构件，一般指钢桁梁、钢板梁以及开口钢箱梁等在未形成梁体之前的单个构件。这些构件通常横向刚度较小，容易在起吊时产生扭曲或翘曲，因此需要采取加固措施，防止变形。

钢梁构件尤其是钢箱梁的构件在支架上安装就位后焊接连接时，其焊缝在焊接后会产生收缩和变形，如果收缩量和变形量过大，可能会使钢箱梁的翼板外侧产生向上的翘曲，从而导致箱梁顶面横坡不足，因此需要预留焊缝焊接的收缩量和反变形量。构件在对接时其接口的偏差大是较为常见的现象，原因主要有：接口的边缘在切割或坡口加工时精度不够；焊接变形或在运输吊装过程中造成的接口处钢板变形；钢梁在预拼装时误差偏大等。因此除需要针对上述情况采取措施、减小制造时的误差、提高加工精度外，在安装连接时需要借助一些临时工装来对其进行矫正。

- 12 支架法安装实测项目如表 16.3.7-1 所示

表 16.3.7-1 支架法安装钢梁实测项目

项次	检验项目	规定或允许偏差值 (mm)	检验方法
1	轴线偏位	10	全站仪;
2	纵向位置	10	全站仪、经纬仪;
3△	线形 (高程)	符合设计和施工要求	水准仪;
4	梁顶水平度	6	水准仪;
注: △代表主控项目			

16.4 高空散装法安装

16.4.1 高空散装法一般适用于由杆件组成的结构,如钢桁架桥、钢桁架拱等结构,其特点是桥梁一般采用杆件通过栓接或焊接的形式组合形成,杆件间通过节点传递受力,该类结构杆件一般采用工厂预制,运输至施工现场后适用空中散件组装的施工方法。


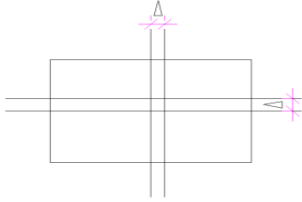
16.4.2 高空散装安装技术要求

- 1 高空散装安装的测量校正,钢桁架结构组装、拼装、安装等主要工艺,应在安装前进行必要的工艺试验或评定,并在此基础上制定相应的专项作业方案。
- 2 高空散装安装前应按施工组织设计及专项方案的要求逐级进行交底。交底双方应在交底记录上签字。
- 3 各组成桁架结构的杆件、节点在组装前以及钢桁架结构安装前应清除附在其表面上的灰尘、冰雪、油污和泥土等杂物。
- 4 高空散装安装时,结构上的安装荷载应予以限制,不得超过结构本身的承载能力。
- 5 设计要求顶紧的节点,接触面不应少于 90%密贴,且边缘最大间隙不应大于 0.5mm。
- 6 高空散装安装、校正时,应考虑外界环境(风力、温差、日照等)和焊接变形等因素的影响,由此引起的变形超过允许偏差时,应对其采取调整措施。

16.4.3 高空散装安装要求

- 1 高空散装安装前,应对结构安装部位的定位轴线、标高、支座位置线等与安装有关的尺寸进行复查,复查结果符合表 16.4.3-1 规定后方可开始施工安装。

表 16.4.3-1 桁架结构安装定位轴线、基准标高、支座位置的允许偏差 (mm)

项目	允许偏差	图例
定位轴线	$L/20000$, 且不应大于 2.0	
基准标高	0, - 2.0	
支座位置	1.5	

2 测量用的基准轴线和标高基准点,应符合设计及现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)的相关规定。

4 采用各杆件在高空散件组装时,合理的安装顺序应能保证组装精度,减少积累误差。

5 搭设组装支架时,应符合支架法相关规定。支架的承载力和稳定性应进行验算,必要时进行试压。支架支柱下应采取措施,防止下沉。

6 在拆除支架过程中应防止个别支撑点集中受力,宜根据各支撑点的结构自重挠度值,采用分区分阶段按比例下降或用每步不大于 10mm 的等步下降法拆除支撑点。钢桁架桥在组拼过程中应随时检查基准轴线位置、标高及垂直偏差,并应及时纠正。

16.4.4 安装精度要求

高空散装安装完成后,其安装尺寸应符合表 16.4.4-1 要求:

表 16.4.4-1 钢桁架桥安装尺寸允许偏差

项目		允许偏差 (mm)	检验方法
桥梁长度	$L \leq 24m$	+ 3, - 7	用拉线、钢尺检查
	$L > 24m$	+ 5, - 10	
桥梁支座偏移	横、纵向	$\leq l/3000$, 且 ≤ 10	
支座高程偏差-		≤ 10	
相临支座高程相对偏差		5	
上弦顶面标高		± 15	
桁架跨中高度		± 10	
跨中垂直度		$H/250$, 且不应大于 15	

项目		允许偏差 (mm)	检验方法
桁架跨中拱度	设计要求起拱	$\pm 1/5000$	用吊线、拉线和钢尺检查
	设计未要求起拱	10, -5	
相邻节点弦杆弯曲 (受压除外)		$1/1000$	
侧向弯曲矢高	$L \leq 30\text{m}$	$1/1000$, 且不应大于 10.0	吊线、钢尺、经纬仪、拉线
	$30\text{m} < L \leq 60\text{m}$	$1/1000$, 且不应大于 30.0	

16.5 悬臂拼装法

16.5.1 悬臂拼装法一般适用于斜拉桥及的拱桥的现场安装,斜拉桥安装方式示意如图 16.5.1-1 所示,带背塔的拱桥安装方式示意图如图 16.5.1-2 所示。

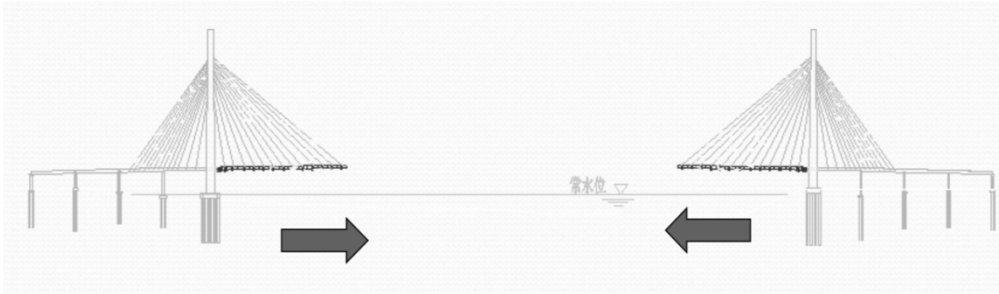


图 16.5.1-1 斜拉桥悬臂拼装法

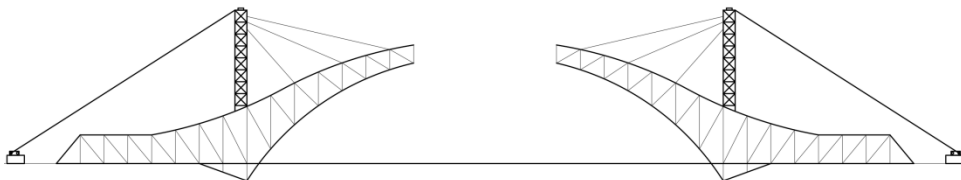


图 16.5.1-2 拱桥悬臂拼装法

16.5.2 悬臂拼装的专项施工方案应根据构件的结构构造特点和施工的环境条件等因素进行编制,并应符合下列规定:

- 1 悬臂拼装施工的方法和工艺宜结合安装设备的选择综合考虑确定。
- 2 应对悬臂拼装施工过程中节段和梁体的受力进行模拟计算分析,计算所采用的施工荷载应与实际的重量和位置相符合,节段和梁体在各施工阶段的应力和变形应满足设计要求。
- 3 双悬臂拼装节段时应对称平衡施工,各工况下整体抗倾覆安全性应满足设计要求;单

悬臂拼装节段时最不利工况抗倾覆安全系数应大于 1.3。

4 斜拉桥采用斜拉扣挂法进行悬臂拼装时，扣塔宜在墩、台顶上拼装，且塔的纵横向宜设置风缆。扣索和背索宜采用钢绞线或高强钢丝束，且对投影面垂直的拱肋，各扣、背索的位置应与所吊挂的拱肋在同一竖直面内。钢绞线的安全系数应不小于 2.0，钢丝绳的安全系数应不小于 3.0；用于承受低应力或动荷载的夹片式锚具应具有防松性能。

5 斜拉扣挂系统设计时，应对可能出现的各种工况进行强度、刚度和稳定性验算；扣、背索及扣塔受力应满足拱肋受力及变形的要求，并应有足够的安全储备。

6 悬臂拼装应满足施工监控实施方案的要求。

7 悬臂拼装应避免在不利的季节进行长悬臂状态下的施工和合龙施工；当无法避开时，应对主体结构采取临时支撑、加设风缆等稳定措施，保证结构在施工过程中的安全。

8 悬臂拼装施工处于大风、暴雨、高温等不利的气候条件下，或跨越公路、市政、铁路等既有结构时，应采取针对性的质量安全保证措施。

16.5.3 悬臂拼装施工的设备应根据桥梁跨径、结构形式、工期要求和现场条件等因素进行选择，其数量和性能应满足施工的需要，并应符合下列规定：

1 起重设备的能力应满足构件吊装的要求，所有吊装工况均应通过安全性验算。配套所用的卷扬机、滑轮组、钢丝绳等机具和材料应采用状况良好的合格产品。

2 桥面吊机应符合下列规定：

1) 桥面吊机应具有足够的强度、刚度和稳定性，且应满足构件吊装的高度及回转半径等要求。

2) 安装桥面吊机时应进行平面布置设计和受力验算，锚固系统应安全可靠。

3) 桥面吊机在工作和行走时，其抗倾覆安全系数应大于 1.5。

4) 悬臂拼装钢拱肋所用的桥面吊机除应具有足够的安全性外，其行走系统尚应适应拱圈外形和顶面坡度的变化。

3 龙门吊机、桥面吊机在使用前均应进行全面安全技术检查，并进行 1.25 倍设计荷载的静荷和 1.1 倍设计荷载的动荷的起吊试验；试验应按先空载后重载、先静载后动载、逐级加载试吊的原则进行，起吊试验经验收合格后方可使用。

4 龙门吊机、桥面吊机系统在使用过程中应设专人进行检查、检修和保养，发现异常时应停止使用，查明原因并及时处理，保证安装施工作业的安全。

条文说明

悬臂拼装施工常用的起重设备包括龙门吊机、桥面吊机等。龙门吊机通常用于在桥位现场的场地上将构件组装或组拼成安装节段，桥梁高度较小且在陆地上安装时，也可以用于悬臂拼装桥面吊机，桥面吊机是悬臂拼装施工时采用最多的起重设备，有斜撑桅杆式、步履式和回转式等多种形式，步履式桥面吊机用于梁桥和斜拉桥主梁的悬臂拼装时使用平面行走型，用于拱肋的悬臂拼装时使用爬坡式；回转式桥面吊机配置有 270° 或 360° 回转吊臂，可以分别将侧方或后方的构件吊移至悬臂前方进行安装。

16.5.4 悬臂拼装法安装实测项目悬臂拼装法施工节段定位允许偏差如表 16.5.4-1 所示：

表 16.5.4-1 悬臂拼装法施工节段定位允许偏差

桥型及构件		轴线偏差	高程偏差	对称点相对高差	同跨主梁/拱肋相对高差
梁式桥的梁	L < 100	≤10	±10	≤20	≤10
	L ≥ 100	≤L/20000	≤L/5000	≤L/5000	≤10
斜拉桥的梁	L < 200	≤10	±20	≤20	≤10
	L ≥ 200	≤L/20000	≤L/10000	≤L/5000	≤10
拱桥的主拱肋	L < 60	≤10	±20	≤20	≤20
	L ≥ 60	≤L/6000, 且 ≤40	≤L/3000, 且 ±40	≤L/3000, 且 ≤40	≤L/3000, 且 ≤30

16.6 整孔及大节段安装

16.6.1 当构件自重较轻，或者安装现场不具备采用支架法进行分节分块安装时，可以采用架桥机、起重机等机械设备对整孔钢梁与大节段进行安装施工。

16.6.2 钢桥整孔安装要求

1 钢桥采用整孔或大节段吊装的方式进行安装时，应符合下列要求：

- 1) 大节段整孔安装方式通常采用架桥机、起重机对整孔钢梁与大节段钢梁进行安装的施工。
- 2) 编制安装方案时应进行专项设计，并应根据安装的顺序或步骤对钢梁结构进行施工受力和体系转换的计算分析；钢梁的受力和变形应控制在允许范围内；起重设备和吊具等均应满足安全要求。

3) 应选择适当的时间段和环境条件进行钢梁的安装、连接或合龙施工，并应采取相应的技术措施减小环境温度等因素对吊装施工安全的影响。

4) 起吊安装时，最大起重量应不大于起重设备的额定能力。

2 整孔与大节段钢梁安装施工设备要求：

1) 应根据钢梁的结构形式、桥梁跨径大小、安装施工方法、工程进度要求和现场条件等因素选择安装设备，设备的数量和性能应满足施工的需要。

2) 整孔与大节段钢梁采用架桥机进行安装时，所用的架桥机应是由专业厂设计生产的定型产品，状况良好，并应有出厂合格证。架桥机在安装作业时的抗倾覆稳定系数应不小于 1.3，过孔时的抗倾覆稳定系数应不小于 1.5。

3) 采用两台起重机进行联合作业时，宜选择负荷能力相同或接近的设备分配给单起重机的重力不得超过其允许起重力的 80%；钢梁及吊具总重力不得高于两起重机额定起重量之和的 75%，并应采取措施保证各起重设备的同步性。

4) 吊具应经无损检测并定期检查。

16.6.3 整孔安装实测项目

表 16.6.3-1 整孔安装实测项目

项次	检验项目		规定值或允许偏差 (mm)	检验方法
1	轴线偏位 (mm)	钢梁中线	10	经纬仪
		两跨相邻横梁中线相对偏位	5	
2	梁底高程 (mm)	墩台处梁底	±10	水准仪
		两跨相邻横梁相对超差	5	

16.7 顶推施工

16.7.1 本章节适用于等截面钢梁，包括钢箱梁、钢混结合梁等结构形式的顶推或拖拉施工。

16.7.2 顶推施工方法涵盖步履式顶推、拖拉式顶推、履带支撑移动法及带滑道的滑移施工等方式。

16.7.3 钢梁的顶推施工示意图如图 16.7.3-1 所示。

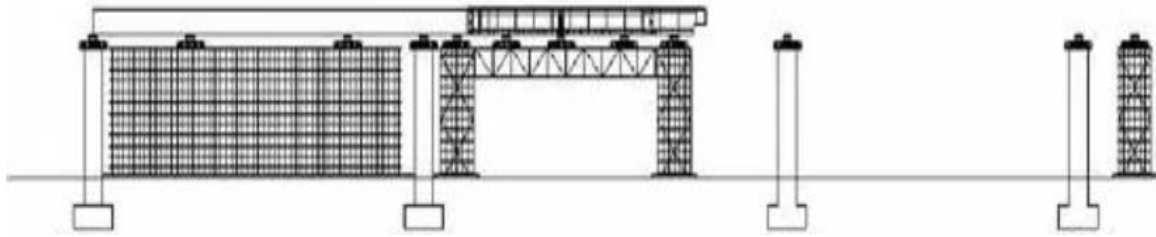


图 16.7.3-1 顶推法安装简图

16.7.4 在城市桥梁施工中，存在桥梁跨越区域不具备搭设支架的情况，一般可采用顶推或滑移的方式进行构件安装工作，钢梁顶推或拖拉的专项施工方案应符合下列规定：

- 1 应根据设计图纸分析计算施工所需的顶推力、拖拉和制动牵引力、各支点反力，以及钢梁的应力、稳定性和悬臂挠度等；钢梁处于竖曲线时，应计入纵坡变化的影响。
- 2 应合理布置拼装平台、顶推平台、临时墩和支承等设施；对主要临时结构应进行专项设计，在不同受力状态下的强度、刚度和稳定性应满足使用要求。
- 3 钢梁的拼装平台应具备纵坡调整的功能；应使待拼装钢梁节段能与顶推梁体尾端的转角顺接，保证钢梁梁体的线形与制造线形一致。
- 4 当需要设置临时墩时，其数量和位置应按顶推跨径的要求确定。临时墩应满足承载、梁体纵横向移动和高程调整的要求，在平曲线上顶推施工时，尚应适应曲线半径较小时产生的横坡和横向超宽。在水中设置临时墩时，其基础应考虑水流的冲刷作用以及可能出现的流冰、洪水作用。
- 5 在桥梁墩台附近设置顶推用千斤顶的支承架时，宜将其支立在承台顶面，且宜与墩台身进行临时连接固定，增强稳定性；对高支架则应控制水平力作用下的变形。
- 6 顶推所用的导梁宜采用变截面钢桁梁或钢板梁，且宜分段设计、分段采用栓接连接方式拼装；导梁的长度宜为顶推跨径的 0.6~0.8 倍，前端的最大挠度应不大于施工设计的规定；导梁与钢梁梁体连接处的刚度应协调，连接强度应满足梁体顶推时的受力要求。
- 7 导梁应由具有资质的专业生产厂制作加工，并应在厂内完成预拼。导梁节间的拼装应平整，其中线偏差应不大于 5mm，纵、横间底面的允许高差为 $\pm 5\text{mm}$ 。
- 8 导梁与钢箱梁连接时，连接接头范围内钢箱梁的 U 形肋、纵隔板加劲肋可暂时不焊接连接，待钢箱梁顶推到位、导梁拆除后再在现场进行焊接。
- 9 直线顶推时，导梁的拼装线形可与钢梁梁体的线形保持一致。平曲线顶推时，导梁宜为直线，在与钢梁梁体的连接处设折角，并宜将导梁前端的中心落在桥梁设计线形的中

线上；顶推施工时梁体宜沿设计线形前行。

10 钢梁在制造时应根据现场拼接的要求，在梁体节段上设置匹配定位的标记和匹配组对件，定位标记和匹配组对件的精度应不超过 1mm。

11 顶推过程中应采取措施保护钢梁的防腐涂层。

16.7.5 顶推施工所用的设备应符合下列规定：

1 同一顶推工程宜采用同一型号的顶推设备进行施工。

2 对多点式顶推施工，应该根据实际情况，选择合适的布置方式。

3 采用步履式顶推方式施工时，应配备三向千斤顶，并应根据计算分析确定千斤顶的台数、顶升能力及行程距离。单台千斤顶的承载能力应不小于最大反力的 1.2 倍，步履式顶推系统的同步精度应不低于 5mm。

4 顶推设备宜采用计算机自动控制系统。

5 顶推设备进场时应进行验收，并应编制设备操作规程。

16.7.6 顶推施工作业的一般要求应符合下列规定：

1 钢梁应在平台上进行拼装，拼装线形应满足设计或监控的要求。

2 支承架安装完成后，应经检验合格后方可投入使用；对位于软弱地基处的独立支承架，在顶推前可进行预压检验，必要时宜沿顺桥方向采取钢丝绳捆绑、设置拉剪刀撑等措施，增加其纵向稳定性。

3 钢梁与顶推设备之间的支承处宜设置橡胶垫块或其他适宜的缓冲材料，并应防止不当的支承方式导致构件局部应力的超标。

4 钢梁在竖曲线上顶推时，拼装台座及过渡段应处于同一圆弧曲线内，梁体的拼装曲线应满足设计要求；沿平曲线顶推钢梁时，梁体应满足设计要求的平面线形。

5 正式顶推施工前，应先进行预顶调试，全面检验顶推系统的性能和可靠性，满足要求后方可按设定的顶推力和行程进行顶推作业。

6 采取多点方式顶推施工时，导梁前端到达并支承于前方的桥墩或临时墩后，应及时使该墩上设置的连续千斤顶参与顶推作业，尽早实现多点顶推。

7 多点顶推时，应对顶推千斤顶的同步性进行集中控制，并应对顶推过程中的顶推力或行程突变等情况进行监测、预控和调整。

8 顶推时应使梁体保持匀速前移，并应保证对称和各点同步。顶推过程中，应及时纠正

梁体在横向和竖向的偏差，应力和变形不得超过设计或施工监控允许的范围；顶推完成一孔或一联后，应对梁体进行一次线形复核。

9 顶推时至少应在两个墩上设置保险千斤顶。宜在墩台顶上设置导向装置，防止梁体在顶推过程中产生偏移。顶推过程中，宜对梁体的轴线位置、墩台的变形、主梁及导梁控制截面的挠度和应力变化等进行施工监测；发生异常情况时，应停止顶推，查明原因并进行处理后方可继续施工。

10 对钢梁梁体进行最后一次顶推时，千斤顶宜采取小行程点动，使梁体能精确就位。

11 顶推到位后的梁体在落梁时，应根据钢梁的受力情况，对分批落梁的次数和顺序进行控制；曲线梁落梁时，应控制曲梁的几何偏心扭转。

16.7.7 单点和多点顶推作业除应符合上述 16.7.6 节规定外，尚应符合下列规定：

1 拼装平台和临时墩的顶面均宜布置滑道，且宜在滑道顶面涂硅脂或其他适宜的润滑材料减小其摩擦系数；滑道的侧面宜布置侧向限位导向滑轮和横向水平千斤顶，防止钢梁梁体在顶推过程中产生偏移，以及在产生偏移后进行横向纠偏。应控制钢梁构件底部与滑道接触位置的应力，必要时应对构件进行局部补强，防止其局部受力过大产生变形。

2 牵引钢绞线的数量应根据考虑安全系数后的牵引力确定，下料长度应根据牵引长度、支承墩长度、油缸工作长度、固定端工作长度和张拉端预留长度等确定。

3 顶推过程中应保证滑道上的滑板完好平整，排列紧密有序，钢梁与滑道间不得脱空，滑板损坏时应及时更换。

4 顶推过程中，当钢梁中线偏位超过 40mm 时应进行纠偏。

16.7.8 步履式顶推施工作业除应符合本标准上述 16.7.6 规定外，尚应符合下列规定：

1 拼装平台的长度宜不小于 3 个钢梁节段的长度，同时应满足顶推配套设备的布置、人员操作及钢梁节段连接作业等要求。拼装台座的顶面高程应以钢梁的竖向线形为推进行设置。

2 多点步履式顶推施工的设备宜布置在各个顶推点上，桥梁左右幅两侧的每两套顶推装置中间宜布置 1 台液压泵站，主控台宜设置在拼装平台上。

3 顶推设备安装完成后，应对其进行全面调试，应保证手动和自动两种模式在工作状态下均能正常运行，且系统在自动模式下各千斤顶应满足协调性和同步性的要求；对所有设备的纵向轴线均应进行测量与标定，并应保证顶推时能与钢梁梁体的轴线保持平行。

4 顶推过程中，宜按“分级调压，集中控制”的原则对顶推的进程进行控制；对竖向偏差的调整宜以支点反力控制为主、高程控制为辅。

16.7.9 拖拉法施工除应符合上述 16.7.6 规定外，尚应符合下列规定：

- 1 正式拖拉施工前应进行试拖拉，并应检测牵引动力系统的机械性能和启动牵引力。
- 2 水平牵引拖拉时应保证对称、同步，且应能拉动梁体匀速前移。当滑道的纵坡为平坡或下坡时，应设置反向卷扬机作为牵引拖拉的制动装置；
- 3 钢梁梁体的中线相对于设计中线的偏移值应不大于 50mm，且前后端不应同时偏向设计中线一侧，否则应进行纠偏。
- 4 在曲线上拖拉钢梁时，墩台的承载力和宽度应满足安装要求。牵引拖拉时，单孔梁的拖拉中线可取桥梁设计中线；多孔梁的拖拉中线可取设计中线的平均值或采用接近的梁跨中线，纵向拖拉到位后再横移到位。

16.7.10 顶推安装实测项目如表 16.7.10-1 所示。

表 16.7.10-1 顶推安装实测项目

项次	检验项目		规定值或允许偏差 (mm)	检验方法
1	偏位 (mm)	梁段轴线	<10	全站仪
		两跨相邻端横梁中线	<5	全站仪
		固定支座处支承中心	简支梁≤10；连续梁≤15	全站仪
2	高程 (mm)	墩台处	<5	水准仪
		两跨相邻端横梁中线	<5	全站仪
		梁段顶面	<10	水准仪

16.8 提升安装

16.8.1 提升安装一般适用于钢塔、钢盖梁、钢墩、悬索桥钢加劲梁以及大节段钢梁的提升安装。拱肋提升示意图见图 16.8.1-1，大节段钢梁提升示意图见图 16.8.1-2

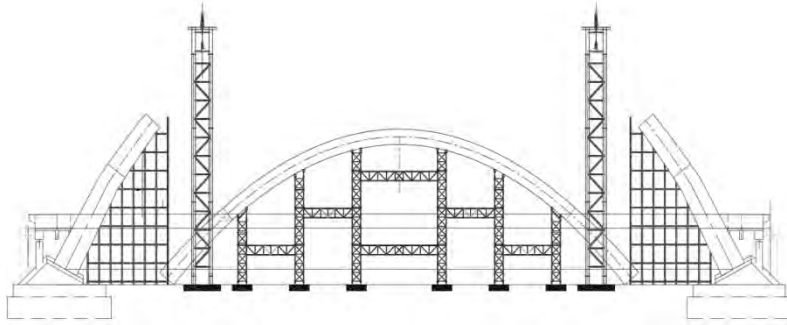


图 16.8.1-1 拱肋提升法安装示意图

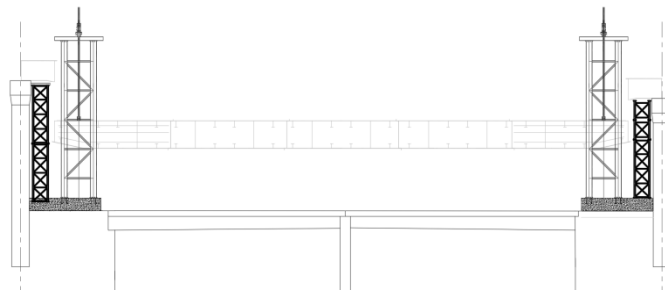


图 16.8.1-2 大节段钢梁提升法安装示意图

条文说明

提升法一般指采用起重设备将构件或节段垂直提升就位进行安装，提升安装施工采用的起重设备通常有塔式起重机和专用提升系统等。

钢塔属于高耸结构，其节段的安装需要有较大提升高度的起重设备，通常只有大型的塔式起重机才能满足其节段安装的要求；

专用提升系统则多用于大节段钢梁的垂直提升安装施工，例如连续钢构桥中钢-混凝土混合梁的中跨大节段钢梁，就是利用设置在混凝土梁悬臂端上的提升系统将运至桥下的大节段钢梁垂直提升就位进行安装的。

大节段拱肋也有采用专用提升系统进行垂直提升安装施工的工程实例。专用提升系统的组成主要包括支承架和提升机构，支承架有门式、悬臂式等多种结构形式，适用于不同的环境和条件；提升机构包括卷扬机或连续千斤顶等。钢墩、钢盖梁一般采用汽车吊、履带吊等定型设备安装，本节规定主要针对上述几种安装方法。

16.8.2 提升安装的专项施工方案的相关规定

1 提升安装施工的方法应根据桥梁的结构特点、设备的性能和作业效率、现场环境条件等因素综合确定；所采用起重设备的能力应满足提升重量和提升高度等的要求。

2 应对结构在施工阶段的受力状况进行分析和验算，并应控制已安装结构和待安装构件的应力和变形。提升安装过程中的临时结构体系应能承受结构自重、风以及偶然冲击等荷载的作用，必要时应增设临时支承或稳定缆绳。

3 利用永久结构作为提升的支承时，应就支承对永久结构所产生的影响进行分析和验算，控制永久结构的整体强度、变形及局部应力。

4 提升吊点低于构件或节段的重心位置时应进行抗倾覆验算。

5 采用多吊点提升系统时，应根据提升系统位移同步的控制精度，分析吊点的不同步效应；必要时，可采取分级加载和分级卸载进行控制，或设置平衡梁等措施，降低不同步效应的不利影响。

6 采用专用起重设备时，应进行专项设计和论证。

7 采用塔式起重机进行钢塔节段的提升安装时，应就塔式起重机的附墙等临时结构、风荷载、环境温度、日照对钢塔变形的影响等进行分析和验算；同时应分析钢塔节段安装时产生的竖向压缩变形对结构的影响，必要时，应根据影响的程度和钢塔的结构特点，采取预调高节段安装高程的措施。

条文说明

2 构件或节段在临时支承、提升和就位过程中的受力，与在成桥后的结构中的受力有较大差别，为保证施工阶段的结构安全，需要进行相应的结构分析和验算。

3 在实际施工中，有时会利用已施工完成的永久结构作为提升系统的支承，例如写境吊机一般利用悬索桥的主缆作为支承，大节段钢梁的专用提升系统通常会支承在已完成的混凝土梁或钢梁的悬臂端上，此时，永久结构将会承受较大的施工荷载，为保证结构的安全，需要对结构的受力状况进行分析和验算，并采取相应的措施。临时支承点是应力集中的部位，需要通过分析验算后进行局部加强。

5 提升或卸载时产生的不同步过大会引起偏载，影响施工作业安全，故有必要对此进行分析并采取相应的措施。

16.8.3 提升安装设备相关规定

1 专用提升系统应进行专项设计，并应编制动、静载试吊方案，进行荷载试验。

2 专用提升系统应由具有资质的专业生产厂制造，并应有出厂合格证，由多家专业生产厂制造的关键部件应分别出具出厂合格证。

3 专用提升系统所用的卷扬机、滑轮组、千斤顶、油泵、钢丝绳、钢绞线、工具锚、吊具等机具和材料，应采用合格的定型产品。

4 采用液压提升系统进行提升安装施工时，各吊点液压提升油缸的额定荷载应不小于对应吊点荷载标准值的 1.25 倍；对受力复杂和不同步较为敏感的提升体系，宜不小于 1.5 倍。单根钢绞线的设计拉力值宜取破断拉力的 25%~35%，特殊情况下应不超过其破断拉力的 40%。由多个提升油缸组合的吊点，宜采用同一型号规格的提升油缸。

5 用于提升安装作业的钢丝绳和钢绞线应具备质量证明文件和抗拉试验复测报告：对重复使用的钢绞线，应检测其外径及夹片的啮合深度，并应根据钢绞线受荷的大小确定能否重复使用，当有硬弯、松股、断丝、肉眼可见的较深麻点锈蚀及被电弧灼伤时，不得使用。

6 对各种起重设备的提升系统，应具备在出现停电及有故障时能自动制动的安全保护功能。

7 塔式起重机应采用具有资质的专业生产厂制造的定型产品，并应有出厂合格证。

8 提升安装采用汽车吊、履带吊、龙门吊等起重设备及使用应符合本标准第 16.3.6 节的规定。

9 所有起重设备在使用前均应进行全面安全技术检查；专用提升系统在使用前尚应对主要构件进行无损检测，经验收合格后方可投入使用。起重设备在首次吊装前均应进行试吊。

条文说明

1 跨缆吊机和专用提升系统一般是专门为提升单一、特殊的大型构件或大节段钢梁而设计。设计起吊重量大，对其进行一次性荷载试验的难度较大，故需要编制试吊方案以指导荷载试验，方案的内容需要涵盖从本构件到整体，从空载运转到首件安装的全过程，分步骤验证其安全性。

2 提升油缸的额定荷载是指油缸在额定压力下的承载能力，对受力复杂和不同步较为敏感的提升体系，将提升油缸的额定荷载取高值，是为了保证提升能力，防止意外因素的干扰而影响提升施工。通常情况下，单根钢绞线的设计拉力值取破断拉力的 25%~35%时，锚具夹片与钢绞线之间的自锁作用较强且能灵活脱锚，钢绞线拉力值过小时锚具夹片与钢绞线在低应力下的自锁作用较弱，过大则脱锚不灵活，考虑到钢绞线提升时受挤压作用，其受力不

同于单纯受拉，拉力值需要大些，但又不能过大，因此规定钢绞线的设计拉力值不超过其破断拉力的 40%。

3 对专用提升系统主要构件进行无损检测，是为了保证构件的强度和吊装的安全。试吊是为了检验起重设备的系统安全性和可靠性，是保证提升作业安全的重要措施。

16.8.4 提升安装施工作业相关规定

1 提升作业前，应在已安装结构和待提升的构件或节段上分别做好定位标记，清除构件表面的油污、泥沙等杂物，排除提升通道的障碍，并应对提升系统、提升吊点、加固部位和导向限位等进行检查和验收。

2 宜选择在风力、能见度和气温等各项指标较好的气象条件下进行提升作业。

3 提升时应对各关键部位的应力应变、结构变形及基础沉降等进行监测。

4 构件或节段移运到桥下时应保证垂直提升。采用荡移法或其他有特殊需要的斜向提升时，应根据专项施工方案规定的允许偏差进行控制。

5 在桥下组装构件时，提升作业应在构件与胎架之间的连接解除之后进行，且宜通过分级加载的方式进行试提升；宜将构件吊起 200~300mm 高度后悬停，对吊点、吊具和绳索等进行全面检查，确认无异常后再正式提升。

6 多点提升时，应对提升过程中各提升点的负荷、高差等进行监测，实测偏差应在允许范围内。

7 用于保证提升系统结构稳定的缆风绳在提升作业过程中不得进行拆除、转换。

8 将构件提升到设计位置后，应对其进行平面位置和高程的校正，并应及时固定，防止构件失稳或倾覆。

9 提升安装过程中的高空作业、交叉作业应遵守相关的安全规定。

条文说明

1 钢丝绳、钢绞线、吊装带、卸扣、吊钩和吊具等在使用过程中可能存在局部的磨耗或其他缺陷，使用时间越长存在缺陷的可能性越大，因此需要在作业前进行检查，使其在额定许可用荷载的范围内使用；电气液压系统、安全装置等也需要在作业前对其可靠性进行检查，以保证提升作业的安全。

2 通常情况下构件的起吊需要保持垂直提升，以防止被提升的构件在脱离支承时产生过大的晃动或冲击，悬索桥施工中的荡移法以及专门设计的多点转向提升、空中计向移运提升

等是经特殊设计的工艺，提升吊点与提升点并不在铅垂线上，需要依据设计允许偏差进行控制，防止受力超过要求。

3 试提升的目的是检验提升系统和被提升构件的安全性，提升加载一般按 20%、40%、60%、80%、90%、95%、100% 的荷载比例分级加载；

4 多点提升时容易产生不同步现象，会影响结构和施工的安全，因此需要进行监测。

5 对提升系统中高耸的塔架或门架，为保证侧向稳定，通常会在其顶部加设缆风绳，并分级对称施加预拉力使其达到一个相对平衡状态，如在提升过程中对缆风绳进行拆除或转换，容易使架体产生较大的不平衡力，严重者会导致架体坍塌，借鉴以往发生类似事故的教训，本款予以强调。

16.8.5 钢塔节段的提升安装作业除应符合本标准第 16.8.2~16.8.4 条的规定外，尚应符合下列规定：

1 安装首节钢塔节段时，应采用定位支架、垫块和限位板等进行辅助定位，校正合格后应及时连接固定。

2 吊装节段时，应设置节间定位导向装置及节间匹配锁定装置。节段就位、连接施工作业应在作业平台上进行。

3 每一节段安装后应形成稳定结构，并应在完成连接确认结构安全后方可安装下一节段。

4 钢塔节段在安装过程中应进行监测，控制结构的变形和偏位，保证结构的安全及钢塔的最终线形。

5 钢塔每一节段的定位轴线应从基准控制轴线的转点引测，不应从相邻下节钢塔的轴线引测；应对风荷载、环境温度和日照、自重对结构变形的影响进行分析，并应采取措施减小或消除其影响。

条文说明

1 首节节段是钢塔的基准，安装精度要求较高，所以有必要采取辅助定位措施。

2 要求每一节段的定位控制轴线从基准控制点进行引测，是为避免产生累积误差风荷载、环境温度和日照等因素对钢塔结构的变形影响较大，因此需要对这些影响进行必要的分析，并采取措施抑制这些影响。

16.8.6 钢墩、钢盖梁的提升安装作业除应符合本标准第 16.8.2~16.8.4 条的规定外，尚应符合下列规定：

- 1 采用汽车吊、履带吊等起重设备安装前，应对地基承载力进行验收。
- 2 安装钢墩、钢盖梁时，宜设置定位导向及调节装置。
- 3 钢墩、钢盖梁安装就位并完成连接确认结构安全后，方可解除吊钩。
- 4 安装过程中应监测钢墩和钢盖梁的位置、高程及垂直度。
- 5 高空作业宜采用专用高空作业车，或设置具有外围护的操作平台及连接可靠的上下通道。

16.8.7 整体提升支架质量标准

- 1 提升支架的高度确定应考虑预拱度和支架变形；提升支架的结构，应根据实际高度及荷载大小确定，并满足稳定性要求。
- 2 提升支架基础应满足受力计算要求，置于河流中的支架应验算基础的冲刷深度。
- 3 对河道中的支架，应有可靠的防洪、防漂浮物措施并满足通航要求。支架的拆除应按设计或施工计算所规定的程序进行。
- 4 提升支架结构的制造质量验收应按《钢结构工程施工质量验收标准》（GB 50205）的规定及设计文件执行。
- 5 提升支架结构安装应编制专项的安装方案。
- 6 整体提升支架结构的组件应符合技术要求；钢结构构件应有出厂合格证及预拼装记录。
- 7 安装区域内应场地平整，无影响吊机作业、缆风绳设置的障碍物，地耐力应符合设计要求。
- 8 6 级以上的大风和雨雪天不应进行提升支架结构的安装。
- 9 提升支架结构门型支架底节安装宜采用垫铁抄平、二次灌浆工艺。二次灌浆层强度达到设计强度的 70% 时，方可进行上部支承结构安装。
- 10 提升支架结构的连接螺栓应采取二次拧紧工艺。提升支架结构的连接螺栓在桥段悬空后，对松动的螺栓应补拧紧。
- 11 提升支架结构将被提升结构提升离地后，螺栓不应有松动或支架缆风绳。
- 12 卷扬机、起重钢丝绳、扣件、滑轮组、吊耳应符合起重吊装的规定。

13 对缆风绳施加预拉力的同时应用测量仪器对塔顶位移进行监控，宜对称分级施加预应力。

14 提升支架结构顶部位移值不应大于计算值的 1.2 倍。

15 支架施工完成后钢梁提升前相关检查应满足表 16.8.4-1 的要求。

表 16.8.4-1 整体提升支架质量检测标准

检查项目	检查子项目	检查内容及标准	检查方法
专项方案	审批程序	编制专项施工方案，并经专家审批通过，严格按照方案要求组织施工	查看
计算书	计算书	提升系统是否有专项计算书，是否缺项，是否按照设计要求	查看
提升支架基础	资料	技术、安全交底详细，有针对性	查看
		提升支架桩基、承台检验批齐全、桩基检测报告是否齐全；钢管原材质质保资料齐全、原材检测报告齐全；	查看
钢管立柱（提升支架）	技术交底	技术交底详细，钢管立柱接高方法及接高长度	查看
		钢管立柱接高前有安全技术交底。特殊工种持证上岗。吊装作业有专人指挥。高空作业有按照要求进行佩戴安全带	查看
	原材料检测	钢管原材、法兰盘钢板、高强螺栓质保资料齐全、原材检测报告齐全。高强螺栓品种、规格、性能等是否符合国家产品标准和设计要求，出厂时是否随箱带有扭矩系数或紧固轴力（预拉力）的检验报告。钢管立柱表面有严重腐蚀、弯曲、压扁或裂纹的不应使用	查看
	垂直度	钢管立柱接高垂直度要求在 0.4% 范围内	全站仪、测斜仪
	结构尺寸、位置	钢管立柱是否设置在指定位置，立柱间距是否满足技术交底要求	尺量
	焊缝外观质量	钢管与连接钢板之间外部焊接采用深熔焊，熔深 11mm~13mm，内部焊接采用间断焊，焊缝长度 100mm，焊角高度 8mm~10mm	尺量
钢管立柱（提升支架）	焊缝外观质量	焊缝感观应达到：外形均匀，成型较好，焊道与焊道，焊道与基本金属间过渡较平滑，焊渣和飞溅物基本清除干净	外观检查
	焊缝探伤情况	见焊缝探伤记录	查看
	高强螺栓	高强度螺栓连接副终拧后，螺栓丝扣外露应为 2 扣~3 扣，其中允许有 10% 的螺栓丝扣外露 1 扣或 4 扣。同一节点的高强度螺栓安装方向一致。高强度螺栓连接摩擦面应保持干燥、整洁，不应有飞边、毛刺、焊接飞溅物、焊疤、氧化铁皮、污垢等，除设计要求外摩擦面不应涂漆	扭力扳手、查看

检查项目	检查子项目	检查内容及标准	检查方法	
	混凝土	钢管支架立柱内是否浇筑混凝土，是否浇筑至设计位置	检查	
	栓接与焊接	钢管支架接长是否按照技术交底要求施工。检查法兰盘连接是否贴紧，有无间隙；检查法兰盘规格是否与设计相同；检查高强螺栓是否拧紧；检查焊接质量是否满足要求，焊接长度达到 20 cm，检查焊缝外观质量：外形均匀，成型较好，焊道与焊道，焊道与基本金属间过渡较平滑，焊渣和飞溅物基本清除干净	检查、查看	
横向联系 (提升支架)	技术交底	技术交底详细；加劲板拼装方法交底明确	查看	
横向联系 (提升支架)	技术交底	横向钢管拼装前有安全技术交底。特殊工种持证上岗。吊装作业有专人指挥。高空作业有按照要求进行佩戴安全带	查看、检查	
	钢管原材料检测	钢管原材质质保资料齐全、原材检测报告齐全。钢管表面有严重腐蚀、弯曲、压扁或裂纹的不应使用	查看、尺量、外观检查	
	钢管	钢管型号及拼装尺寸符合技术交底要求	检查	
	位置	横联系设置是否与技术交底要求一致，位置是否吻合	检查、尺量	
	临时横撑	是否按照方案要求设置临时横撑，临时横撑位置满足方案要求。	检查、尺量	
	焊缝外观质量		钢管之间满焊连接，焊缝宽度 10mm	尺量，外观检查
			焊缝感观应达到：外形均匀，成型较好，焊道与焊道，焊道与基本金属间过渡较平滑，焊渣和飞溅物基本清除干净	外观检查
焊缝探伤情况	见焊缝探伤记录	查看		
提升装置	技术交底	技术交底详细	查看	
		提升装置施工有安全技术交底。特殊工种持证上岗	查看、检查	
原材料检测	钢板质保资料齐全、原材检测报告齐全	查看		
提升装置	结构尺寸、位置	是否安装技术交底要求拼装焊接，结构尺寸是否满足技术交底要求，提升装置位置是否与设计位置一致，预留孔洞位置是否与技术交底要求一致	检查、尺量	
	焊缝外观质量	钢板之间、钢板与拱肋之间是否按照技术交底要求全部焊接，焊角高度、宽度满足标准技术交底要求	检查	
		焊缝感观应达到：外形均匀，成型较好，焊道与焊道，焊道与基本金属间过渡较平滑，焊渣和飞溅物基本清除干净	检查	

检查项目	检查子项目	检查内容及标准	检查方法
	焊缝探伤情况	见焊缝探伤记录	查看
	过程验收	过程检查资料是否齐全	查看
钢梁	技术交底	技术交底详细	查看
		柱顶钢箱梁施工有安全技术交底。特殊工种持证上岗	查看、检查
	原材料检测	支座、钢板质保资料齐全、原材检测报告齐全	查看
	结构尺寸、位置	是否按照技术交底要求拼装焊接，结构尺寸是否满足技术交底要求，柱顶钢箱梁位置是否与设计位置一致，预留孔洞位置是否与技术交底要求一致，与提升装置预留孔洞位置偏差满足标准要求	检查、尺量
	支座	是否按要求设置柱顶支座，支座材料、大小是否满足方案要求、支座位置是否符合要求，支座与钢箱梁焊接质量是否满足要求	检查、尺量
钢梁	焊缝外观质量	钢板之间是否按照技术交底要求全部焊接，焊角高度、宽度满足标准技术交底要求	检查
		焊缝感观应达到：外形均匀，成型较好，焊道与焊道，焊道与基本金属间过渡较平滑，焊渣和飞溅物基本清除干净	检查
	焊缝探伤情况	见焊缝探伤记录	查看
	横撑	是否按方案要求设置横撑，横撑材料满足方案要求，焊接牢固。	
	过程验收	过程检查资料是否齐全	查看
安全防护与爬梯	防护	施工人员劳动防护用品是否穿戴齐全。检查走道长、宽、高是否合格，检查角钢与钢管相接处是否焊接稳固。临边防护是否按照标准要求设置，是否有缺失。是否悬挂安全警示标牌	检查
防护与爬梯	爬梯	梯笼式爬梯：检查爬梯与爬梯之间连接点焊缝好坏，节段间螺栓连接是否合格，检查爬梯与钢管立柱连接点焊缝是否稳固；爬梯是否按照技术交底要求安装，是否安装牢固。单节标准箱形梯笼依次整体吊装组拼而成的每个框架，其架体构造、垂直度、水平度是否符合设计。人员上下一般爬梯：是否按照标准要求设置，是否焊接牢固	检查
防雷措施	接地处理	整体提升支架结构顶部应有避雷针、支柱的引下线和基础防雷接地。三者应作为导体连通，防雷接地电阻不应大于 4Ω	摇表检查
监测	设备	风速风向传感器、温度、应力感应原件、变形监控点、水平倾角探头安设是否按照方案要求设置	检查、尺量
	数据	各项数据是否超出预警值	监测

16.8.8 液压提升设备要求

- 1 控制系统的验收规程按 GB 50254《电气装置安装工程施工及验收规范》、GB 50258《961kV 及以下配线工程施工及验收规范》的有关规定执行。液压泵站、LSD 系列提升千斤顶设计及生产均应符合 JG/T 321《预应力用液压千斤顶》、JG/T 319《预应力用电动油泵》的规定，并应经检验合格，具有产品合格证方能与电气控制系统配置使用。
- 2 每套提升系统出厂前应进行出厂试验，全部出厂试验项目检验合格后应发给产品合格证明书。
- 3 出厂试验中，如有不符合本文件的规定，则该产品为不合格品，应返修并再次试验合格后方可发给产品合格证明书。
- 4 直观检查：按设计图样，直观地对结构要求、电器安装、绝缘配合、接线方法、布线方式、接合紧固件和涂覆处理等方面进行检查。
- 5 接地连接电阻的检查：用电桥法或直流压降法，检测接地螺钉与金属件间的连接电阻。
- 6 通电操作试验：试验前，需先检查设备的内部接线。当所有接线正确无误后，控制系统通电状态检查，要求可编程序逻辑控制器正常运行，无错误标志；操作面板显示正常，且保证各个电器元件操练件动作灵活，顺序准确。
- 7 控制柜绝缘电阻大于或等于 $0.8M\Omega$ 。
- 8 电动泵站绝缘电阻大于或等于 $0.8M\Omega$ 。

16.8.9 构件提升到位后质量标准应满足表 16.8.9-1 的要求。

表 16.8.9-1 拱肋施工阶段质量检测标准

项目	规定值或允许偏差	检查方法
轴线偏位 (mm)	± 5	全站仪
高程 (mm)	± 10	水准仪
同跨各构件相对高差 (mm)	± 10	水准仪

16.8.10 桥体合龙质量标准

- 1 提升安装的桥体应在设计要求的合龙温度下合龙，如条件限制，无法在设计温度下合龙时，应选择在温度相对稳定的时段进行，并取得设计单位及第三方监控单位的认可。
- 2 构件节段间的焊接宜按安装顺序同步进行，且宜对称施焊。施焊前应有可靠的临时连接，确保施焊时焊缝处于无应力状态。合龙口的焊接或栓接作业应选择在环境温度相对稳定的时段内尽快完成。
- 3 构件合龙后解除施工辅助措施的体系转换过程，应按照设计要求及施工控制的程序，

有序、对称、均匀进行。

4 构件合龙松除外力后的精度应满足表 16.8.10-1 的要求。

表 16.8.10-1 拱肋安装质量检测标准

项目	规定值或允许偏差	检查方法
轴线偏位 (mm)	$L/6000$, 且不超过 50	全站仪
接缝错台 (mm)	0.2 倍壁厚, 且不大于 2	钢尺
高程 (mm)	$\pm L/3000$, 且不超过 ± 50	水准仪
同跨各构件相对高程 (mm)	$L/3000$	水准仪
焊缝尺寸、焊缝探伤	符合设计要求	焊缝检验尺、探伤仪
注: L 为跨径。		

16.9 转体安装法

16.9.1 转体施工一般适用于钢拱肋和钢塔的现场转体施工。钢拱肋竖转施工示意如图 16.9.1-1 所示。

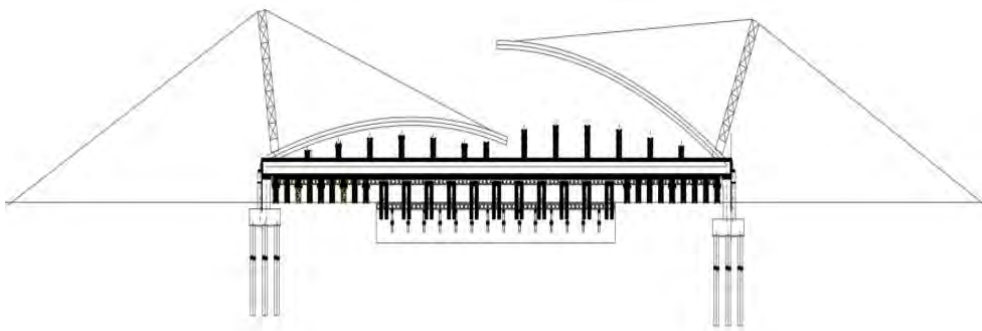


图 16.6.1-3 拱肋竖转安装法示意图

条文说明

转体施工通常有平转、竖转和平竖结合等方式, 平竖结合又可以分为先平转后竖转和先竖转后平转两种方式。钢拱肋的转体可以采用平转方式, 也可以采用竖转方式, 或采用平竖结合的组合方式; 钢塔的转体则多采用竖转的方式进行施工。对某些特殊的地形条件, 当其他的施工方法受到一定限制时, 转体施工具有较好的适用性。

16.9.2 转体施工除应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650) 的规定外, 尚应符合下列规定:

1 编制专项施工方案时, 转体施工的方法应根据桥梁结构的特点、地形条件、工期要求

和设备等情况综合确定。

2 应对结构转体的各个施工工况进行分析验算；应对转盘结构、锚固、转动和位控系统等专项设计。

3 利用提升架或塔架竖转时，提升架或塔架应进行专项设计，并应符合本标准第 16.6 节的相关规定。

16.9.3 转体施工设备要求应符合下列规定：

1 千斤顶、卷扬机等设备的最大工作负荷不宜超过设备额定工作能力的 80%，且在使用前应对油表、张力测力仪和起重力限制器等计量器具进行标定。

2 千斤顶、卷扬机等设备应有过载保护装置。

3 用于测量拉力和位移的设备应满足施工要求的量程和精度。

16.9.4 转盘结构、锚固系统、转动系统和位控系统等应符合下列规定：

1 转盘、竖转铰结构宜由专业制造单位加工制作，并应满足设计要求。

2 系统应安全可靠，锚碇的抗拔、抗滑安全系数应不小于 2。

3 转动系统应在转动支承之外设置防倾保护；牵引系统宜选用同步、连续液压千斤顶，且千斤顶的牵引力宜为阻力的 1.5~2.0 倍。竖向转动铰的强度安全系数应不小于 2。

4 系统除应设置必要的转体限位、微调装置外，尚应设置测力装置、测量变形装置和测量转体平衡装置。钢塔竖转时，应设置八字形反向拉索，防止转动时的横向偏位和竖直时的过位失控。

5 塔架或提升架竖转施工时，拉索和扣索应选用钢丝绳或钢绞线，钢丝绳的安全系数不得小于 6，钢绞线的安全系数不得小于 2。塔架应有临时锁定拉索的装置；提升架应有临时固定构件的装置。

6 的拼装和连接应按设计要求的顺序进行；设计未要求时，宜从转盘结构处向另一端依次顺序安装。

16.9.5 转体施工作业应符合下列规定：

1 平转所用的活动铰支座进场时，应对支座弧形板的粗糙度、椭圆度、平整度以及构件的相对位置进行测量验收；应结合制造误差确定安装的确切位置，使其达到设计精度要

求。

2 转体施工作业转动前应进行试转。平转时的角速度宜不大于 0.02rad/min，或桥体悬臂端的线速度宜不大于 2.0m/min；竖转的速度宜控制在 0.005~0.01rad/min 范围内。

3 利用提升架或塔架竖转时，施工作业应符合本标准相关条款规定。

4 转体作业时应统一指挥、统一信号、统一行动；各部位的操作人员在未得到指令或指令不明的情况下严禁操作；转体作业应采用计算机自动控制系统。

5 平转过程中应对转动体系、锚固点和动力系统等进行实时检查；竖转时应对扣索、锚索、转盘、钢塔的应力和位移等进行跟踪监测。监测数据超过方案设计允许值时应暂停施工，采取措施消除异常后方可继续施工。

6 转体施工时，转动影响区域 10m 范围内应无其他障碍物。

7 大风、大雨、浓雾、寒冷等恶劣天气条件下不宜进行转体施工。

16.9.6 转体施工安装验收

表 16.9.6-1 钢塔安装完成后允许偏差

序号	控制内容	允许误差
1	地面处水平偏位	10mm
2	断面尺寸	±20mm
3	倾斜度	塔高的 1/3000 且不大于 30mm
4	横连高程	±10mm
5	锚固点高程	±10mm
6	孔道位置	10mm 且两端同向

16.10 装饰性外露钢结构安装

16.10.1 对于装饰性外露钢结构，主要针对其观感质量进行检验及验收。

16.10.2 外观检查要求如表 16.10.2-1 所示：

表 16.10.2-1 装饰性外露工程观感质量检查项目

项次	项目	抽检数量	检验方法及要求	备注
1	防腐、防火涂层表面	随机抽查 3 个轴线结构构件	涂层应均匀，无明显皱皮、流坠、针眼和气泡等。 检查数量：全数检查。 检验方法：观察检查。 金属热喷涂涂层的外观应均匀一致，涂层不得有气孔、裸露母材的斑点、附着不牢的金属熔融颗粒、裂纹或影响使用寿命的其他缺陷。	

项次	项目	抽检数量	检验方法及要求	备注
			检查数量：全数检查。 检验方法：观察检查。	
2	钢平台、钢梯、钢栏杆	随机抽查 10%	连接牢固，无明显外观缺陷	

16.11 钢平台、钢梯等附属结构安装

16.11.1 主控项目

1 钢平台、钢梯尺寸偏差及变形控制：钢栏杆、平台、钢梯等构件尺寸偏差和变形，应满足设计要求并符合本标准的规定。运输、堆放和吊装等造成的钢构件变形及涂层脱落，应进行矫正和修补。

检查数量：按构件数抽查 10%，且不应少于 3 个。

检验方法：用拉线、钢尺现场实测或观察。

2 钢平台、钢梯、栏杆安装要求：应符合现行国家标准《固定式钢梯及平台安全要求第 1 部分：钢直梯》GB 4053.1、《固定式钢梯及平台安全要求第 2 部分：钢斜梯》GB 4053.2 和《固定式钢梯及平台安全要求第 3 部分：工业防护栏杆及钢平台》GB 4053.3 的规定。

3 钢平台、钢梯和防护栏杆安装的允许偏差应符合表 16.12.1-1 规定：

表 16.11.1-1 钢平台、钢梯和防护栏杆安装的允许偏差(mm)

项目	允许偏差	检验方法
平台高度	± 10.0	用水准仪检查
平台梁水平度	$l/1000$ ，且不大于 10.0	用水准仪检查
平台支柱垂直度	$H/1000$ ，且不大于 5.0	用经纬仪或吊线和钢尺检查
承重平台梁侧向弯曲	$l/1000$ ，且不大于 10.0	用拉线和钢尺检查
承重平台梁垂直度	$h/250$ ，且不大于 10.0	用吊线和钢尺检查
直梯垂直度	$H'/250$ ，且不大于 15.0	用吊线和钢尺检查
栏杆高度	± 5.0	用钢尺检查
栏杆立柱间距	± 5.0	用钢尺检查

注：l 为平台梁长度；H 为平台支柱高度；h 为平台梁高度；H' 为直梯高度。

16.11.2 一般验收项目

1 踏步验收要求：相邻楼梯踏步的高度差不应大于 5mm，且每级踏步高度与设计偏差

不应大于 3mm。

检查数量：按楼梯总数抽查 10%，且不应少于 3 处。

检验方法：钢尺。

2 栏杆直线度检查：栏杆直线度偏差不应大于 5mm。

检查数量：栏杆按总长度抽查 10%，且每侧不应少于 5m。

检验方法：拉线、水准仪、水平尺、钢尺现场实测。

3 栏杆间距误差要求：楼梯两侧栏杆间距与设计偏差不应大于 10mm。

检查数量：栏杆按总长度各抽查 10%，不应少于双侧 5m。

检验方法：钢尺现场实测。

16.12 工地连接

6.12.1 一般规定

- 1 钢桥现场连接要求参见《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》（JTG/T 3651）相关规定。
- 2 钢桥现场焊接顺序应根据安装方案进行选择，一般先焊接成桥后应力较大的位置，如钢箱梁底板对接焊缝，分块进行安装的桥段宜先焊接纵向对接缝，焊接环向对接缝。
- 3 构件采用焊接与高强度螺栓混合连接时，宜先初拧高强度螺栓再焊接，待焊缝经检验合格后再进行高强度螺栓的终拧。
- 4 构件采用焊接与高强度环槽铆钉混合连接时，宜先进行高强度环槽铆钉的连接，再进行焊接。
- 6 摩擦面抗滑移系数试验方法参见《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》（JTG/T 3651）相关附录 G 规定。
- 7 高强度螺栓安装施拧工艺规程参见《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》（JTG/T 3651）相关附录 H 规定。
- 8 高强度环槽铆钉安装铆接工艺规程参见《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》（JTG/T 3651）相关附录 J 规定。

6.12.2 焊接连接、栓接连接和铆接连接

对于焊接连接，栓连接，铆连接章节严格参见《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》（JTG/T 3651）相关规定。

16.13 安装施工质量控制

6.13.1 一般规定

- 1 本章适用于钢桥安装施工过程的质量控制。
- 2 现场应根据工程实际情况编制质量检验计划。检验计划应包含以下内容：检验标准依据、检验项目、检验工具与检验方法、检验比例、检验参与方（包含制造商、客户或独立的第三方）及检验方式（停止点、见证点、监督检查、报告审核）。
- 3 安装施工应使用质量合格的构件、焊材或连接件，并应对构件的轻微缺陷进行矫正或修补。

条文说明

构件在运输和存放过程中，可能会产生锈蚀、变形、损坏、摩擦面及涂装涂层损伤等缺陷，如果不进行矫正或修补，将会形成质量隐患。

- 4 安装施工时，构件的定位宜按初步定位和精确定位两个步骤进行。初步定位时宜对构件的轴线、平面位置和高程进行调整，使其满足设计或施工监控的要求；精确定位宜在初步定位的基础上，采用适宜的装备和工具对构件节段之间的对接间隙和错边量等参数进行精确调整，且应满足焊接或栓接、铆接连接施工的误差要求。构件定位完成后，应对其进行临时固定。
- 5 构件在安装过程中，应对其定位和连接工序的质量进行控制。应按不同步骤分别对构件的轴线、平面位置和高程以及对接间隙和错边量等进行检验，不合格时不得进行下一工序及构件节段的连接施工。
- 6 焊接连接时，相邻构件精确调整定位后，错边量应符合本标准第 8 章的有关规定，未规定的应不大于 2mm。栓接连接和铆接连接时，摩擦面间隙处理应符合本标准附录 K 的规定，并应按设计或施工方案要求的数量安装冲钉和普通螺栓。

6.13.2 线形控制和内力与变形控制

对于线形控制、内力与变形控制严格参见《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》（JTG/T 3651）相关规定。

附录 A 钢桥分项工程检验批质量验收记录表

A.0.1 钢桥检验批划分

1 钢桥检验批划分按照表 A.0.1-1 执行。

表 A.0.1-1 钢桥检验批划分

分部工程	分项工程	检验批质量证明文件	检验批抽样数量
叠合梁 箱型连续梁 钢板梁 钢拱桥梁 桁架桥梁 钢塔	材料	合格证明书	按附录 E 中 E.1 条的规定
		钢材、焊接材料、高强螺栓连接副、涂装、焊钉材料的出厂质量证明书及复验资料	
	紧固件连接	工厂高强度螺栓摩擦面抗滑移系数试验报告	按附录 E 中 E.1 条的规定
	零部件加工	零部件加工检查记录	按表 A.0.1-2 的规定
	焊接	焊接工艺评定报告	按第 6 章相关条款执行
		产品试板的试验报告	按表 10.5 条款规定
		焊缝无损检测报告	按 A.0.2 条款的规定
		焊接检查记录	
	钢构件组装	成品尺寸检查记录	按 A.0.2 条款的规定
	防腐涂料涂装	涂装检查记录	
现场安装	现场安装检查记录		
桥梁装饰性外露 钢结构	钢构件组装	构件尺寸检查记录	按 A.0.3 条款的规定
	焊接	外观成型检查记录	
	现场安装	镀锌层检查记录	
		涂装检查记录	

2 检验批最小抽样数量按照表 A.0.1-2 执行。

表 A.0.1-2 检验批最小抽样数量

检验批的容量	最小抽样数量	检验批的容量	最小抽样数量
2~15	2	151~280	13
16~25	3	281~500	20
26~90	5	501~1200	32
91~150	8	1201~3200	50

A.0.2 钢桥按梁段作为成品发运时，按桥长方向分段，每段为 1 个检验批。

A.0.3 钢桥装饰性外露钢结构外观质量应全数检查。

A.0.4 钢桥材料进场检验批按照表 A.0.4-1~A.0.4-5 进行记录。

表 A.0.4-1 钢材进场验收记录表 (mm)

编号:

工程名称				验收日期					
序号	名称	规格型号	进场数量	生产厂家	外观与尺寸检验项目			复试报告编号	备注
				质量证明书编号	表面锈蚀、麻点等深度	表面锈蚀等级	尺寸	复验结果	
1									
2									
施工单位检查意见:									
监理/建设单位验收意见:									
签字栏	监理(建设)单位			施工单位					
				技术负责人		质检员		检验员	

表 A.0.4-2 焊材进场验收记录表 (mm)

编号:

工程名称				验收日期					
序号	名称	规格型号	进场数量	生产厂家	外观与尺寸检验项目		复试报告编号	备注	
				质量证明书编号	无锈蚀、麻点、机械损伤, 色泽均匀, 包装完好标志清晰	尺寸	复验结果		
1									
2									
施工单位检查意见:									
监理/建设单位验收意见:									
签字栏	监理(建设)单位			施工单位					
				技术负责人		质检员		检验员	

表 A.0.4-3 涂装材料进场验收记录表 (mm)

编号:

工程名称				验收日期				
序号	名称	规格型号	进场数量	生产厂家	有效期	外观与包装	复试报告编号	备注
				质量证明书编号		开盖后无杂质、结皮、结块、凝胶等现象,包装完好,标志齐全、正确、清晰	复验结果	
1								
2								
施工单位检查意见:								
监理/建设单位验收意见:								
签字栏	监理(建设)单位			施工单位				
				技术负责人	质检员	检验员		

表 A.0.4-4 焊钉进场验收记录表 (mm)

编号:

工程名称				验收日期				
序号	名称	规格型号	进场数量	生产厂家	尺寸与外观检验项目		复试报告编号	备注
				质量证明书编号	尺寸	焊钉表面无锈蚀、氧化皮、油脂和毛刺等,杆部表面不得有影响使用的裂缝,但头部裂缝的深度(径向)不得超过 0.25(d _k -d)	复验结果	
1								
2								
施工单位检查意见:								
监理/建设单位验收意见:								
签字栏	监理(建设)单位			施工单位				
				技术负责人	质检员	检验员		

表 A.0.4-5 高强螺栓进场验收记录表 (mm)

编号:

工程名称				验收日期					
序号	名称	规格型号	进场数量	生产厂家		外观与包装		复试报告编号	备注
				质量证明书编号	扭矩系数保证期	无裂纹、接缝、螺纹重叠、刻痕，螺纹无损伤，包装完好		复验结果	
1									
2									
施工单位检查意见:									
监理/建设单位验收意见:									
签字栏	监理(建设)单位			施工单位					
				技术负责人		质检员		检验员	

A.0.5 钢桥零部件加工及焊接检验批按照表 A.0.5-1~A.0.5-4 进行记录

表 A.0.5-1 钢零部件加工(切割)检验批质量验收记录 (mm)

编号:

工程名称				施工单位					
墩号、部位		施工日期		构件编号					
质量验收标准的规定				检查记录				抽检数	合格数
1	主要零件下料应使钢材的轧制方向与其主要应力方向一致								
2	钢材切割面或剪切面应无裂纹、夹渣、毛刺和分层								
	实测项目		理论值	允许偏差		实测数值			
3	零件长度			±2					
4	零件宽度			±2					
5	崩坑			不允许					
6	切割面垂直度			≤0.05t, 且≤2					
7	表面粗糙度	主要零件		25μm					
		次要零件		50μm					
8	塌角			圆角半径≤1					
9	切割面硬度	钢材强度级别≥420MPa		≤380HV10					
		其他钢材		≤350HV10					
施工单位自检结果		施工员:			质检工程师:			年 月 日	
监理单位验收结论		专业监理工程师:						年 月 日	

表 A.0.5-2 钢零部件加工（制孔）检验批质量验收记录（mm）

编号：

工程名称					施工单位						
墩号、部位					施工日期						
质量验收标准的规定					检查记录				抽检数	合格数	
1	孔边缘应平顺、无损伤、无刺屑										
实测项目			理论值	允许偏差	实测数值						
2	孔径	M12~M16		+0.5,0							
		>M16		+0.7,0							
3	垂直度	t≤30		≤0.3							
		t>30		≤0.5							
4	孔壁粗糙度			≤Ra25μm							
5	圆度			≤0.5							
6	两相邻孔距离			±0.4							
7	同一孔群任意两孔距			±0.8							
8	孔群中心线与构件中心线的横向偏移	腹板不拼接		2.0							
		腹板拼接		1.0							
施工单位自检结果		施工员：_____ 质检工程师：_____ 年 月 日									
监理单位验收结论		专业监理工程师：_____ 年 月 日									

表 A.0.5-3 钢桥焊缝外观检验批质量验收记录表 (mm)

编号:

工程名称				施工单位		
墩号、部位				施工日期	构件编号	
质量验收标准的规定				图示	检验结果	
1	裂纹、未熔合、夹渣、未填满弧坑、焊瘤			不允许		
2	咬边	受拉杆件横向对接焊缝、弦杆与横梁接头板角焊缝、桥面板与纵肋的角焊缝、竖加劲肋角焊缝（腹板侧受拉区）	不允许			
		受压杆件横向对接焊缝及竖向加劲肋角焊缝（腹板侧受压区）	≤0.3			
		纵向对接焊缝及主要角焊缝	≤0.5			
		其它焊缝	≤1			
3	气孔	横向对接焊缝	不允许			
		主要角焊缝(直径小于1mm, 间距≥20mm)	≤3 个/m			
		其他焊缝(直径小于 1.5, 间距≥20)	≤3 个/m			
4	焊脚 尺寸	主要角焊缝 K	+2, 0			
		其余角焊缝 K	手工焊角焊缝全长的 10%允许+3, -1			
5	焊波	对接焊缝和角焊缝	≤2 (任意 25 范围高低差)			
6	余高	不铲磨余高的对接焊缝	焊缝宽度 $b \leq 20, \leq 2$			
			焊缝宽度 $b > 20, \leq 3$			
7	余高 铲磨后的 表面	横向对接焊缝 (桥面板除外)	余高允许高于母材 0.5			
			余高允许低于母材 0.3			
			粗糙度 50μm			

续表 A.0.5-3

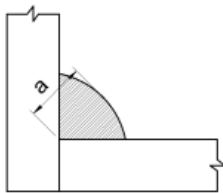

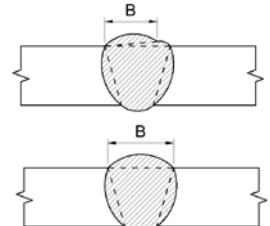
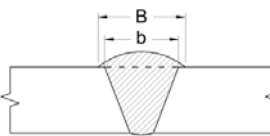
质量验收标准的规定(mm)			图示	检验结果	
8	有效 厚度	T形角焊缝 凸面角焊缝有效厚度应不大于规定值2，凹面角焊缝应不小于规定值0.3			
9	焊缝边缘直线度		≤3		
10	单道焊缝宽度		板材连接的平、横、仰焊位置的单道焊缝宽度 ≤16； 板材连接的立焊以及管材连接的平、横、立、仰焊位置的单道焊缝宽度 ≤25		
11	焊缝宽度		$B \leq b + 10$ 注：b为坡口宽度		
施工单位自检结果		施工员：	质检工程师：	年 月 日	
监理单位验收结论		专业监理工程师：		年 月 日	

表 A.0.5-4 焊钉焊接检验批质量验收记录表 (mm)

编号：

工程名称		施工单位		
墩号、部位	施工日期	构件编号		
质量验收标准的规定		检查记录	抽检数 合格数	
焊缝外观质量	1	焊缝应饱满，无气孔、夹渣、裂纹等缺陷		
	2	焊钉底角在 360° 周边均有焊脚，焊脚高≥1，焊缝宽度≥0.5		
	3	咬边深度应不大于 0.5，且最大长度应不大于一次的焊钉直径		
	4	焊钉焊后高度偏差≤±2		
	5	焊钉焊后倾斜角度偏差≤5°		
焊接弯曲检验	1	随机抽取各部位圆柱头焊钉总数的 1%进行 30° 弯曲检验		
	2	弯曲后圆柱头焊钉的焊缝和热影响区不应有肉眼可见的裂纹；检验合格的圆柱头焊钉可保留其弯曲状态		
施工单位自检结果		施工员：	质检工程师： 年 月 日	
监理单位验收结论		专业监理工程师：	年 月 日	

A.0.6 桥梁预拼装检验批、涂装检验批、出厂前验收记录以及钢桥高强螺栓连接检验批验收按照表 A.0.6-1~A.0.6-12 进行记录。

表 A.0.6-1 叠合梁预拼装检验批质量验收记录表 (mm)

编号:

工程名称				施工单位				
墩号、部位				施工日期		构件编号		
验收项目		理论值	允许偏差	实测值			抽检数	合格数
1	预拼装长度		$\pm 2n$ 且 ≤ 20					
2	腹板中心距		± 3					
3	横断面对角线差		≤ 4					
4	旁弯		$L/5000$					
5	对接口间隙		-2, +6					
6	两相邻梁段接口错边量		≤ 1.5					
7	坡口角度		-5° , $+10^\circ$					
8	线形控制		± 10					
9	预留安装定位点检验		/					
10	连接板与构件摩擦面间隙应 75% 以上面积密贴, 采用 0.2mm 塞尺检查, 其塞入面积应不超过 25%							
11	螺栓孔	孔数	冲钉数量(比例 10%)	螺栓数量(比例 20%)	试孔器直径	通过率 (100%)		
	通过率							
施工单位自检结果		施工员:		质检工程师:		年 月 日		
监理单位验收结论		专业监理工程师:				年 月 日		

表 A.0.6-2 箱型连续梁预拼装检验批质量验收记录表 (mm)

编号:

工程名称		施工单位								
墩号、部位		施工日期		构件编号						
序号	验收项目		理论值	允许偏差	实测值				抽检数	合格数
1	预拼装长度			$\pm 2n, \pm 20$; 取绝对值较小者						
2	顶板宽度	2 车道		± 5						
		4 车道		± 6						
		6 车道		± 8						
		8 车道		± 10						
3	两相邻吊点纵距			± 3						
4	左右支点高度差 (吊点)			≤ 5						
5	竖曲线或预拱度			-5, +10						
6	旁弯			$3+0.1Lm$ 且 ≤ 6						
7	纵肋直线度 (梁段匹配接口处)			≤ 2						
8	梁中心线与轴线错位			≤ 2						
9	两端支座中心距			± 20						
10	两相邻梁段接口错边量			≤ 1.5						
11	螺栓孔孔距 (相邻梁段)			± 1						
12	对接口间隙			-2, +6						
13	坡口角度			$-5^\circ, +10^\circ$						
14	线形控制			± 10						
15	预留安装定位点检验			/						
16	连接板与构件摩擦面间隙应 75% 以上面积密贴, 采用 0.2mm 塞尺检查, 其塞入面积应不超过 25%									
17	螺栓孔通过率	孔数	冲钉数量 (比例 10%)	螺栓数量 (比例 20%)	试孔器直径	通过率 (100%)				
施工单位自检结果		施工员: _____ 质检工程师: _____ 年 月 日								
监理单位验收结论		专业监理工程师: _____ 年 月 日								

表 A.0.6-3 钢板梁预拼装检验批质量验收记录 (mm)

编号:

工程名称				施工单位					
墩号、部位				施工日期		构件编号			
验收项目		理论值	允许偏差	实测值				抽检数	合格数
1	长度		±15						
2	跨度		±8						
3	梁高	H≤2	±2						
		H>2	±4						
4	主梁中心距		±3						
5	拱度		-3, +10						
6	旁弯		L/5000						
7	支点处高低差		≤3						
8	相邻两主梁横断面对角线差		≤4						
9	两相邻梁段错边量		≤2						
10	两相邻梁段间隙		-2, +6						
11	坡口角度		-5° , +10°						
12	线形控制		±10						
13	连接板与构件摩擦面间隙应 75%以上面积密贴, 采用 0.2mm 塞尺检查, 其塞入面积应不超过 25%								
14	螺栓孔通过率	孔数	冲钉数量(比例 10%)	螺栓数量(比例 20%)	试孔器直径	通过率 (100%)			
施工单位自检结果		施工员: _____ 质检工程师: _____ 年 月 日							
监理单位验收结论		专业监理工程师: _____ 年 月 日							

表 A.0.6-4 钢箱拱桥梁预拼装检验批质量验收记录表 (mm)

编号:

工程名称				施工单位					
墩号、部位				施工日期					
验收项目		理论值	允许偏差	实测值				抽检数	合格数
1	预拼装总长度			$\pm 2n$ 且 ≤ 20 , n 为节段数					
2	相邻两节段吊点 距离			± 5					
3	相邻节段横基线 间距			± 2					
4	匹配件位置错边 量			≤ 1					
5	支点高度差			≤ 5					
6	纵向线 形	曲线度		钢箱拱桥+10, -3					
		旁弯		钢箱拱 L/5000, L 为拼装长度					
7	对接口错边			≤ 2					
8	对接口间隙			-2, +6					
9	坡口角度			-5° , $+10^\circ$					
10	预留安装定位点 检验			/					
施工单位自检结果		施工员: _____ 质检工程师: _____ 年 月 日							
监理单位验收结论		专业监理工程师: _____ 年 月 日							

表 A.0.6-5 钢管拱桥梁预拼装检验批质量验收记录表 (mm)

编号:

工程名称				施工单位					
墩号、部位				施工日期				构件编号	
验收项目		理论值	允许偏差	实测值				抽检数	合格数
1	拼装总长度		$\pm 2n$ 且 ≤ 20 n 为节段数						
2	节段水平长度		± 5						
3	吊杆锚箱位置		± 2						
4	拱肋间距		± 5						
5	节段端口环缝对接错边量		≤ 2						
6	内弧偏离设计弧线		≤ 8						
7	旁弯		≤ 10						
8	对称接头相对高差		≤ 15						
9	对接口间隙		-2, +6						
10	坡口角度		-5° , $+10^\circ$						
11	线形控制		± 10						
12	预留安装定位点检验		/						
施工单位自检结果		施工员: _____ 质检工程师: _____ 年 月 日							
监理单位验收结论		专业监理工程师: _____ 年 月 日							

表 A.0.6-6 钢桁梁预拼装检验批质量验收记录表 (mm)

编号:

工程名称				施工单位					
墩号、部位				施工日期		构件编号			
序号	验收项目	理论值	允许偏差	实测数值			抽检数	合格数	
1	预拼装长度		L/10000 且 ≤10						
2	节间长度 L1		±3						
3	两相邻锚点间距 L2		±3						
4	极边孔距		±1						
5	桁高		±3						
6	1/2 斜杆接口位置		±2						
7	主桁中心线直线 (旁弯)		≤10						
8	桁片纵向偏移 Δ		≤5						
9	预拱度		+10, -3						
10	对角线差		≤3						
11	各点标高		±5						
12	两端支座连接孔中心距离		±15						
13	相邻节段吊点中心距		±2.5						
14	对接口间隙		-2, +6						
15	节段间对接错边	桥面板	≤1.5						
		弦杆	≤1.0						
16	坡口角度		-5°, +10°						
17	线形控制		±10						
18	预留安装定位点检验		/						
19	连接板与构件摩擦面间隙应 75%以上面积密贴, 采用 0.2mm 塞尺检查, 其塞入面积应不超过 25%								
20	螺栓孔通过率	孔数	冲钉数量(比例 10%)	螺栓数量(比例 20%)	试孔器直径	通过率 (100%)			
施工单位自检结果		施工员:		质检工程师:		年 月 日			
监理单位验收结论		专业监理工程师:					年 月 日		

表 A.0.6-7 钢塔预拼装检验批质量验收记录 (mm)

编号:

工程名称				施工单位					
墩号、部位				施工日期		构件编号			
序号	验收项目	理论值	允许偏差	实测数值				抽检数	合格数
1	预拼装总长度		$\pm 2n$						
2	垂直度		$\leq 1/6000$						
3	锚箱定位偏差		± 2						
4	预拼装整体扭曲		≤ 4						
5	对接口错边		≤ 2						
6	对接口间隙		-2, +6						
7	坡口角度		-5° , $+10^\circ$						
8	线形控制		± 10						
9	预留安装定位点检验		/						
施工单位自检结果		施工员: _____ 质检工程师: _____ 年 月 日							
监理单位验收结论		专业监理工程师: _____ 年 月 日							

表 A.0.6-8 钢锚箱、钢锚梁预拼装检验批质量验收记录 (mm)

编号:

工程名称				施工单位					
墩号、部位				施工日期		构件编号			
序号	验收项目	理论值	允许偏差	实测数值				抽检数	合格数
1	预拼装高度		$\pm 2n$, 且 ≤ 20						
2	壁板垂直度		$\leq 1/5000$						
3	钢锚梁与支承面接触率或钢锚箱端面接触率		$\geq 40\%$						
4	顶节和底节钢锚梁锚点间距		± 15						
5	预拼装箱体整体扭曲		≤ 4						
6	节段间壁板错边量		≤ 2						
7	预留安装定位点检验		—						
施工单位自检结果		施工员: _____ 质检工程师: _____ 年 月 日							
监理单位验收结论		专业监理工程师: _____ 年 月 日							

表 A.0.6-9 钢桥节段除锈检验批质量验收记录表

编号:

工程名称				施工单位			
墩号、部位			施工日期			构件编号	
环境温度℃			相对湿度%			露点温度℃	
磨料类型			磨料清 洁度			磨料杂质	
检验项目	质量要求		检验结果				
构件表面除锈等级							
构件表面粗糙度							
外观检查	钢结构表面无可见的油污、污物、氧化皮、铁锈、飞溅和油漆涂层等附着物						
施工单位自检结果	施工员:		质检工程师:			年 月 日	
监理单位验收结论	专业监理工程师:					年 月 日	

表 A.0.6-10 钢桥节段涂装检验批质量验收记录表

编号:

工程名称				施工单位			
墩号、部位			施工日期			构件编号	
环境温度℃			相对湿度%	露点温 度℃			构件表面温 度℃
油漆材料	品名	颜色		批号	有效期	备注	
验收项目	理论值	检验结果					平均值
干膜厚度 (μm)							
附着力 (MPa)							
光泽度							
外观	不应误涂、漏涂、涂层不应脱皮和返锈。涂层表面应平整、均匀一致,无明显皱皮、流挂、针孔和气泡等缺陷。						
施工单位自检结果	施工员:		质检工程师:			年 月 日	
监理单位验收结论	专业监理工程师:					年 月 日	

表 A.0.6-11 节段出厂前验收记录

编号:

工程名称		施工单位	
监理单位		施工日期	
验收内容	焊接人员资质证书 <input type="checkbox"/> ; 检验人员资质证书 <input type="checkbox"/> ; 焊接工艺评定报告 <input type="checkbox"/> ; 焊缝无损检测出报告 <input type="checkbox"/> ; 焊缝重大修补记录 <input type="checkbox"/> ; 产品试板的试验报告 <input type="checkbox"/> ; 预拼装检查记录 <input type="checkbox"/> ; 涂装检测记录 <input type="checkbox"/> ; 成品尺寸检验记录 <input type="checkbox"/> ; 材料质量证明书及复验资料 <input type="checkbox"/> ; 高强螺栓摩擦面抗滑移系数报告 <input type="checkbox"/> ; 产品合格证明书 <input type="checkbox"/> ;		
报检单位自评意见			
监理单位认定意见			
验收结论			
施工单位		监理单位	
技术负责人:	监理工程师:		
项目经理:			
	(公章)		(公章)
	年 月 日		年 月 日

表 A.0.6-12 钢桥高强螺栓连接检验批质量验收记录

编号:

工程名称		施工单位	
墩号、部位		监理单位	
终拧结束日期/时间		检查扳手编号	
检查开始日期/时间		检查结束日期/时间	
质量验收标准的规定		检查记录	抽检数 合格数
1	高强度螺栓连接副的实际摩擦面抗滑移系数必须符合设计要求		
2	高强度螺栓连接摩擦面应保持干燥、整洁,不得有飞边、毛刺、焊接飞溅物、焊疤、氧化铁皮、污垢等。除设计要求外摩擦面不应涂漆		
3	高强度螺栓应自由穿入螺栓孔。高强度螺栓孔不得采用气割扩张,扩孔数量应征得设计同意。扩孔后的孔径不应超过 1.2d		
4	高强度螺栓连接副终拧后,螺栓丝扣外露应为 2~3 扣,其中允许有 10%的螺栓丝扣外露 1 扣或 4 扣		
5	终拧扭矩检查应在螺栓终拧 1h 之后、24h 以内完成。		
部位名称/编号	本部位螺栓总数	螺栓规格	施工扭矩值 (N.m)
			终拧扭矩检查 (N.m)
			抽检数 合格数
施工单位自检结果	施工员:	质检工程师:	年 月 日
监理单位验收结论	专业监理工程师:		年 月 日

A.0.7 钢桥成品检验及安装验收按照下述条款进行记录。

1 叠合梁检验批质量验收按照表 A.0.7-1 进行记录，作为成品出厂的单元件、钢箱梁、钢管拱、钢箱拱、钢塔、钢桁梁、钢板梁等钢桥检验批质量验收项目及允许偏差依据本标准第 14.2.6 条执行，表格格式依据表 A.0.7-1 执行。

表 A.0.7-1 叠合梁成品尺寸检验批质量验收记录表 (mm)

编号：

工程名称				施工单位							
墩号、部位				施工日期				构件编号			
验收项目			理论值	允许偏差	实测值				抽检数	合格数	
1	长度	L≤5000		±3							
		5000<L≤10000		±5							
		L>10000		±7							
2	弯曲			L/1000; ≤10							
3	拱度			0~+5							
4	扭曲			h/500							
5	截面宽度			±2							
6	截面高度			±2							
7	截面对角线差值			±4							
8	壁板平面度	横向		S1/250, ≤8							
		纵向		S2/500, ≤8							
9	隔板间距			±3							
10	隔板平面度			B/250, ≤8							
11	支座垫板位置			±2							
12	支座垫板平面度			≤2							
13	坡口面角度			±2.5°							
14	过焊孔	尺寸		-1~+3							
		切割面粗糙度		≤25 μm							
施工单位自检结果			施工员：		质检工程师：		年 月 日				
监理单位验收结论			专业监理工程师：		年 月 日						

A.0.8 装饰性外露钢结构系统构件检验批按照表 A.0.8-1~A.0.8-8 进行记录。

表 A.0.8-1 装饰性外露钢结构系统（1级）构件尺寸检验批质量验收记录表（mm）

编号：

工程名称		施工单位		外露钢结构级别					
墩号、部位		施工日期		构件编号					
验收项目		允许偏差		实测数值				抽检数	合格数
		1级	2、3级						
1	构件长度	±4	±2						
2	截面宽度	±3	±1.5						
3	截面高度	±3	±1.5						
4	截面对角线	±4	±2						
5	中心偏移	±3	±1.5						
6	翼缘板与腹板垂直度	b/100, 且不大于 3mm	b/200, 且不大于 3mm						
7	腹板平面度	≤6	≤3						
8	直线度	L/1000	L/2000						
9	拱度	0~10	0~5						
10	扭曲	h/250, 且不大于 5	h/500, 且不大于 5						
11	对接错边	≤2	≤2						
施工单位自检结果		施工员：_____ 质检工程师：_____ 年 月 日							
监理单位验收结论		专业监理工程师：_____ 年 月 日							

表 A.0.8-2 装饰性外露钢结构系统（1 级）构件外观成型检验批质量验收记录表（mm）

编号：

工程名称		施工单位	外露钢结构等级					
墩号、部位		施工日期	构件编号					
验收项目			检验结果				抽检数	合格数
1	外露焊缝应连续，不得有断续焊							
2	构件表面清洁度应满足 GB/T8923.1 规定的 Sa2 级或 SSPC-SP6							
3	焊接飞溅物应清理彻底							
4	连接中的所有螺栓头应按规定在同一侧，并从一个连接到另一个连接保持一致							
5	外露部分的衬垫、引熄弧板应去除，并将去除部位打磨平整							
6	吊装钳痕、表面磕碰不可见							
实测项目		允许偏差	实测数值				抽检数	合格数
7	切割面峰谷差		≤0.3					
8	外露的切割边倒角		R1~2					
9	焊缝凹凸度		≤2.5					
10	焊缝边缘直线度		≤2.5					
11	对接焊缝、塞焊缝余高		≤2.5					
12	单道焊缝宽度	板材连接的平、横、仰焊位置的单道焊缝宽度	≤16					
		板材连接的立焊以及管材连接的平、横、立、仰焊位置的单道焊缝宽度	≤25					
13	多道焊压道凹槽		≤1.5					
14	对接错边		≤2.5					
施工单位自检结果		施工员：_____ 质检工程师：_____ 年 月 日						
监理单位验收结论		专业监理工程师：_____ 年 月 日						

表 A.0.8-3 装饰性外露钢结构系统（2 级）构件外观成型检验批质量验收记录表（mm）

编号：

工程名称		施工单位	外露钢结构等级					
墩号、部位		施工日期	构件编号					
验收项目			检验结果				抽检数	合格数
1	外露焊缝应连续，不得有断续焊							
2	构件表面清洁度应满足 GB/T8923.1 规定的 Sa2 级或 SSPC-SP6							
3	焊接飞溅物应清理彻底							
4	连接中的所有螺栓头应按规定在同一侧，并从一个连接到另一个连接保持一致							
5	外露部分的衬垫、引熄弧板应去除，并将去除部位打磨平整							
6	吊装钳痕、表面磕碰不可见							
7	制作过程中的标识应隐藏							
8	焊缝轮廓应均匀，不得有明显的凸起和凹陷							
实测项目		允许偏差	实测数值				抽检数	合格数
9	切割面峰谷差		≤0.3					
10	外露的切割边倒角		R1~2					
11	焊缝凹凸度		≤2					
12	焊缝边缘直线度		≤2					
13	对接焊缝、塞焊缝余高		≤2					
14	单道焊缝宽度	板材连接的平、横、仰焊位置的单道焊缝宽度	≤16					
		板材连接的立焊以及管材连接的平、横、立、仰焊位置的单道焊缝宽度	≤25					
15	多道焊压道凹槽		≤1.5					
16	对接错边		≤2					
施工单位自检结果		施工员：		质检工程师：		年 月 日		
监理单位验收结论		专业监理工程师：				年 月 日		

表 A.0.8-4 装饰性外露钢结构系统（3 级）构件外观成型检验批质量验收记录表（mm）

编号：

工程名称		施工单位					
墩号、部位	施工日期				构件编号		
验收项目		检验结果			抽检数	合格数	
1	外露焊缝应连续，不得有断续焊						
2	构件表面清洁度应满足 GB/T8923.1 规定的 Sa2 级或 SSPC-SP6						
3	焊接飞溅物应清理彻底						
4	连接中的所有螺栓头应按规定在同一侧，并从一个连接到另一个连接保持一致						
5	外露部分的衬垫、引熄弧板应去除，并将去除部位打磨平整						
6	吊装钳痕、表面磕碰不可见						
7	制作过程中的标识应隐藏						
8	焊缝轮廓应均匀，不得有明显的凸起和凹陷						
9	对接焊缝和塞焊缝应磨平						
10	钢厂凸起标记应清除，并打磨平整						
11	中空型结构对接焊缝应位于目视看不见的位置						
12	外露部分不得有明显的磨痕						
实测项目		允许偏差	实测数值			抽检数	合格数
9	切割面峰谷差	≤0.1					
10	外露的切割边倒角	R1~2					
11	焊缝凹凸度	≤1					
12	焊缝边缘直线度	≤1.5					
13	对接焊缝、塞焊缝余高	0~0.3					
14	单道板材连接的平、 焊缝横、仰焊位置的单	≤16					

	宽度	道焊缝宽度								
		板材连接的立焊以及管材连接的平、横、立、仰焊位置的单道焊缝宽度	≤25							
15		多道焊压道凹槽	≤0.3							
16		对接错边	≤1.5							
施工单位 自检结果	施工员：		质检工程师：		年 月 日					
监理单位 验收结论	专业监理工程师：				年 月 日					

表 A.0.8-5 装饰性外露钢结构系统构件镀锌层检验批质量验收记录表

编号：

工程名称				施工单位						
墩号、部位			施工日期			构件编号				
质量验收标准的规定				检验结果					备注	
采用正常或矫正视力在 1m 以上距离目测所有热浸镀锌制件，其主要表面应平滑，无滴瘤、粗糙和锌刺，无起皮，无漏镀，无残留的熔剂渣等										
验收项目	理论值	允许偏差	检验结果					抽检数	合格数	
镀锌层厚度 (μm)										
施工单位自检结果	施工员：		质检工程师：		年 月 日					
监理单位验收结论	专业监理工程师：				年 月 日					

表 A.0.8-6 装饰性外露钢结构系统构件涂装检验批质量验收记录表

编号：

工程名称				施工单位						
墩号、部位			施工日期			构件编号				
环境温度℃		相对湿度%		露点温度℃		构件表面温度℃				
油漆材料	品名	颜色	批号		有效期		备注			

验收项目	理论值	检验结果					平均值
干膜厚度 (μm)							
附着力 (MPa)							
光泽度							
外观	不应误涂、漏涂、涂层不应脱皮和返锈。涂层表面应平整、均匀一致，无明显皱皮、流挂、针孔和气泡等缺陷。						
施工单位自检结果	施工员：		质检工程师：		年 月 日		
监理单位验收结论	专业监理工程师：				年 月 日		

表 A.0.8-7 装饰性外露钢结构系统构件产品保护检验批质量验收记录表 (mm)

编号：

工程名称	施工单位		
墩号、部位	施工日期	构件编号	
序号	质量验收标准的规定		检验结果
1	吊装吊具	吊装应采用尼龙型吊带或带软管的钢丝绳，防止对构件表面造成损伤	
2	包装	1、构件在包装、存放、转运、绑扎、装卸和运输过程中，应采取有效措施，保证其不变形、不损伤、不散失和不被污染。	
		2、细长构件应采用框架捆装，构件之间应加设垫层。	
		3、连接板应采用盘装，板件之间应加设垫层	
		4、包装时应对连接部位的摩擦面进行保护	
3	存放	1、构件存放时，其支点处应采用垫木或其他适宜的柔性支垫材料进行支承，应避免其涂层受到损伤	
		2、大节段构件在存放时，应设置足够的支承点，且支点应设在自重弯矩较小的位置，并应防止构件产生挠曲变形	
4	运输	1、构件运输应编制专项方案，并应根据构件的形状、种类、质量以及桥位处地形和水域特点，确定适宜的运输方式、运输路线和运输工具	
		2、构件的支承应牢固、可靠，支承点的设置应考虑运输震动对构件产生不利影响，必要时应加密或对构件进行局部加固	
		3、构件的装载应稳定，对高宽比较大的工形梁和不规则异形构件应采用辅助稳定的撑架，防止其在运输过程中倾倒。	
		4、钢箱梁宜按自然状态装载放置，避免变形	
		5、开口槽型构件宜在两腹板之间设置剪刀撑予以加固。	
		6、构件装载完成后，宜采用钢丝绳或其他适宜的材料将其固定牢靠，且应在钢丝绳下加设柔性垫层，防止损伤构件的涂层	

		7、运输构件时，不得使其在运输过程中产生任何形式的损伤及永久变形	
5	临时支架或固定装置移除	当需要临时支架或固定装置以方便安装时，应注意避免因使用或移除这些临时元件而造成的任何瑕疵、孔或难看的表面	
6	油漆保护	构件包装应采取稳定的支架，避免对油漆涂层造成损伤	
施工单位自检结果		施工员：_____ 质检工程师：_____	年 月 日
监理单位验收结论		专业监理工程师：_____	年 月 日

表 A.0.8-8 装饰性外露钢结构系统构件安装检验批质量验收记录表 (mm)

编号：_____

工程名称		施工单位			
墩号、部位		施工日期		构件编号	
序号	质量验收标准的规定		检验结果		备注
1	使用尼龙型吊带或带软管的钢丝绳搬运、提升和对齐零件				
2	未显示的临时连接应在最终结构中不可见的位置或经建筑师批准的位置进行。拆除临时安装装置和修整外露钢结构构件的方法应在安装前得到建筑师的批准。				
3	去除由临时支架或固定装置造成的污点或难看的表面				
4	仅在指定位置拼接构件，不得随意拼接				
5	在安装过程中对热切割部分进行表面处理				
6	不要通过燃烧或使用冲头扩大构件上的孔。铰孔必须扩大，以容纳螺栓。如果孔无法与可接受的最终外观对齐，则更换未对齐的连接板				
7	按照批准的制造或安装文件，将螺栓头对准连接的同一侧				
8	现场焊接焊缝应连续，轮廓表面均匀，平缓过渡				
9	清除所有可见的焊接飞溅物				
10	去除所有衬垫和引熄弧板				
11	构件安装完毕后的线形应平顺，无明显变形和弯折				
	实测项目	理论值	允许偏差	实测数值	抽检数 合格数

12	匹配相邻的横截面		±1								
13	现场对接和塞焊缝余高		≤2								
14	接头间隙应均匀		≤3								
施工单位自检结果		施工员：_____ 质检工程师：_____ 年 月 日									
监理单位验收结论		专业监理工程师：_____ 年 月 日									

附录 B 钢桥制作过程检验记录表

B.0.1 焊缝施焊过程记录及涂装施工过程记录不作为竣工资料，如业主无特殊要求，只作为施工方自检资料。

B.0.2 钢桥焊接过程检验实行监督检查制度，对焊接过程参数进行抽样检查。钢桥焊缝施焊过程施工人员自检与质检员监督检查应按照表 B.0.2 进行记录。

表 B.0.2 焊缝施焊过程记录表

工程名称				施工单位			
墩号、部位				构件编号			
检查项目			焊缝编号及检验数据				
焊前检查	WPS						
	焊工编号						
	焊材烘焙						
	焊接材料						
	焊接方法						
	装配间隙						
	坡口、钝边	标准要求					
实测值							
焊中检查	电流 (A)	标准范围					
		实测值					
	电压 (V)	标准范围					
		实测值					
	保护气体流量 (L/min)	标准范围					
		实测值					

	焊接速度 (cm/min)	标准范围						
		实测值						
	预热温度 (°C)	标准范围						
		实测值						
	层间温度 (°C)	标准范围						
		实测值						
层间清理								
施工单位自检结果		施工员： _____ 质检工程师： _____ 年 月 日						

B.0.3 钢桥涂装过程检验施工人员自检与质检员监督检查按照表 B.0.3 进行记录。

表 B.0.3 涂装施工过程记录表

编号：

工程名称				施工单位			
墩号、部位			施工日期		构件编号		
除锈方法				表面粗糙度 (μm)			
表面清洁度				记录人			
杂质确认			水溶物确认		油渍确认		
确认油漆在施工前喷砂质量满足要求				抛丸结束时间			
油漆牌号、混合比例、搅拌是否正确							
(底、中、面) 漆施工记录							
(底、中、面) 漆材料	品名		颜色	批号	有效时间		
使用寿命				混合比			
稀释剂材料/增加稀释剂的数量				熟化时间			
环境温度 ($^{\circ}\text{C}$)	湿度 (%)			露点 ($^{\circ}\text{C}$)	构件温度 ($^{\circ}\text{C}$)		
油漆混合结束日期时间			喷涂开始日期时间		喷涂结束日期时间		
设备名称编号			喷枪类型/喷嘴大小/压力 (MPa)				
标准干膜厚度 (μm)			实际测量干膜厚度 (μm)				
(底、中、面) 漆外观缺陷							
施工单位自检结果	施工员：		质检工程师：		年 月 日		

附录 C 桥梁检验用计量器具精度及检定周期

表 C 桥梁检验用计量器具精度及检定周期要求

序号	名称	型号/规格	精度	检定周期
1	钢卷尺	5~100m	1mm	一年
2	钢直尺	1000mm	1mm	一年
3	钢直角尺	(250*500)mm	1mm	一年
4	钢直角尺	(600*1000)mm	0.5mm	一年
5	焊接检验尺	KH45B 型	0.05mm	一年
6	红外测温仪	UT302C+、UT302D	0.1 °C	一年
7	钳形数字多用表	UT207A	电流 0.1A/电压 0.1V	一年
8	楔形塞尺	(1-15) mm	0.1mm	一年
9	游标卡尺	(0-300) mm	0.02mm	一年
10	游标卡尺	(0-500) mm	0.02mm	一年
11	千分尺	0-25mm	0.01mm	一年
12	塞尺	(0.05~1.00)mm	0.05mm	半年
13	超声波测厚仪	TIME 2100	0.1mm	一年
14	万能角度尺	(0~360)°	2'	一年
15	覆层测厚仪	MC-3000S/F1.2	0.1μm	一年
16	表面粗糙度仪	—	1μm	一年
17	手摇干湿表	—	1 °C	一年
18	温湿度表	HTC-1	温度 0.1 °C 湿度 1%	一年
19	管型测力计	LTZ-30	0.5kg	一年
20	光泽度计	DK-Z60	0.1GU (光泽度单位)	一年
21	拉拔试验仪	0-25MPa	1MPa	半年
22	水准仪	DSZ1	±3mm/km 以上	一年
23	全站仪	—	2"以上	一年
24	电子经纬仪	EDJ2-CL	2"以上	一年
25	盐分测试仪	E138-BSM	0.1μg/cm ²	一年
26	超声波探伤仪	—	水平线性、垂直线性符合标准要求	一年
27	磁粉探伤仪	—	提升力符合标准要求	一年

注：如果检验器具在使用过程中，检验人员对器具精度存在怀疑时，应及时送至第三方实验室进行外校。

附录 D 无损检测设备校验以及检测技术

D.1 超声波检测

D.1.1 水平线性测试方法

将直探头压在 CSK-IA 试块厚度方向上,中间加适当的耦合剂,以保持稳定的声耦合,调节检测仪器的增益和扫描控制器,使屏幕上显示出第 6 次底波。当底波 B1 和 B6 的幅度分别为满刻度的 50%时,将它们的前沿分别对准刻度 0 和 100 (设水平刻度为 100 格),B1 和 B6 的前沿位置在调整中如相互影响,则应反复进行调整。在依次分别将底波 B2、B3、B4、B5 调到 50%满刻度,并分别读出底波 B2、B3、B4、B5 的前沿与刻度 20、40、60、80 的偏差 a2、a3、a4、a5 (以格数计),然后取其中最大的偏差值 amax。即为水平线性误差。

D.1.2 垂直线性测试方法

将探头压在 DB-P(Z20-2)试块上,中间加适当的耦合剂,以保持稳定的声耦合,并将平底孔的回波调至屏幕上时基线的适当位置。调节衰减器或探头位置,使孔的回波高度恰为 100%满刻度,此时衰减器至少应有 30dB 的衰减余量以每次 2dB 的增量调节衰减器,每次调节后用满刻度的百分值记下回波幅度,一直继续到衰减值为 26dB,测量准确度为 0.1%,将测试结果记录表 D.1.2。测试值与波高理论值之差为偏差值。

表 D.1.2 垂直线性记录表

衰减量 Δ dB	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
理论波高	100	79.4	63.1	50.1	39.8	31.6	25.1	20	15.8	12.5	10	7.9	6.3	5
实测值														
偏差														
垂直线性误差: $D=(\text{正偏差 max} + \text{负偏差 max}) * 100\%$														

D.1.3 超声检测系统组合性能探头入射点、折射角、灵敏度余量、分辨力和盲区应按照 JB/T 9214 的推荐方法进行测试。

D.1.4 探头各项参数 (频率、折射角度、晶片尺寸) 的选用应按照下列条款执行。

1 探头频率范围: 2MHz~5MHz

1) 当按 GB/T29712 标准 (基于显示长度和回波幅度的评定) 评定显示时,初始检测应尽可能在上述范围内选择较低检测频率,常用 2.5MHz。

2) 当按 GB/T29711 标准 (基于显示特性和显示尺寸的评定) 评定显示时,如有需

要，可选择上述范围内较高的检测频率，提高探头分辨力。

3) 当被检对象的衰减系数高于材料的平均衰减系数时，可选择 1MHz 左右的检测频率。

2 斜探头折射角度应注意保证声束与底面反射面法线的夹角在 35°至 70°之间(推荐角度：70°、60°、45°)。

1) 根据《焊缝无损检测 超声检测 技术、检测等级和评定》GB/T11345 附录 A 要求进行检测时，**纵向显示部分**：当只需要 1 种角度探头扫查时，应选用 70°探头进行扫查¹；**横向显示部分**：当只需要 1 种角度探头扫查时，应选用 45°探头进行扫查²。

2) 根据《焊缝无损检测 超声检测 技术、检测等级和评定》GB/T11345 附录 A 要求,当需要多探头进行检测时，**纵向显示部分**：在保证 70°探头为必选探头的同时，至少保证一个探头的声束尽可能与焊缝熔合面垂直。**横向显示部分**：在保证 45°探头为必选探头的同时，至少保证一个探头的声束尽可能与焊缝熔合面垂直。

3) 多探头间的折射角度差不小于 10°。

条文说明：

1 探头 70° 能够最有利地探测和精准的评估下述缺陷：其主尺寸的取向垂直或接近垂直于残余应力和施加拉应力的合力方向（此类缺陷最不利于焊缝的完整性）。应该假定所有缺陷均有可能依此方向取向，因此尽可能采用 70° 探头。而且标准对探头（角度、频率、尺寸）极为严格的要求是为了保证能使检测结果具可重复性。

2 横向缺陷的扫查选用 45° 探头相对于其他角度探头显示波幅更为明显，不易漏检。

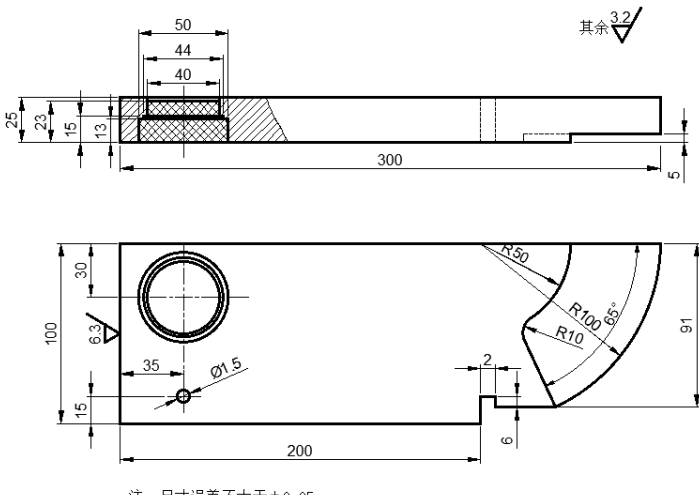
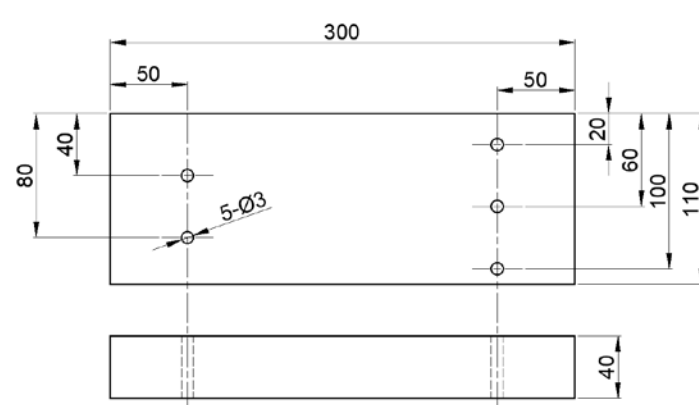
3 晶片尺寸选择与频率和声程有关。频率给定时，探头晶片尺寸越小，近场长度和宽度越小，远场中声束扩散角越大，晶片尺寸选用应符合表 D.1.4 的要求。

表 D.1.4 晶片尺寸选用规则

探头类型	检测声程	
	晶片直径 6mm~12mm（或等效面积的矩形晶片）	晶片直径 12mm~24mm（或等效面积的矩形晶片）
直探头	≤100mm	>100mm
斜探头	≤200mm	>200mm

D.1.5 超声波检测用试块参数依据表 D.1.5 执行。

表 D.1.5 超声波检测用试块

试块型号	试块标号	材料特性 尺寸要求	试块形状
标准试块	CSK-IA	符合《无损检测 超声检测用试块》 GB/T23905 中各项规定	 <p>注：尺寸误差不大于±0.05mm。</p>
Φ3mm 横孔 对比试块	RB-2	符合《无损检测 超声检测用试块》 GB/T23905 中各项规定	 <p>注：对比试块采用与被检材料相同或声学性能相近的钢材制成，该材料用探头检测时，不得有大于或等于Φ2mm 平底孔当量直径的缺陷。</p>

D.1.6 超声波检测设备检测前的设定参考灵敏度、设定传输修正、调试扫查灵敏度的设定方法符合以下规定：

1 参考灵敏度设定应符合表 D.1.6-1 的规定。

表 D.1.6-1 超声波检测设备参考灵敏度的设定

基准反射体选择	试块类型	技术说明
以直径为 3mm 横孔作为基准反射体	RB-2	至少需要 3 个不同深度，直径为 3mm 横通孔来制作距离-波幅曲线（DAC 曲线）

2 当使用对比试块设定参考灵敏度时，应在工件和试块有代表性的位置测量声能传输损失差值，传输修正的准则应符合表 D.1.6-2 的要求。

表 D.1.6-2 超声波检测设备传输修正准则

传输损失差值	修正设定	传输修正值测定方法	备注
$\leq 2\text{dB}$	无需补偿	参照 GB/T11345-2013 附录 F 固定声程法或比较法	当检测对象存在较大的声能传输损失差值,但未发现明显原因时,应测量检测对象不同位置的声能传输损失,并应采取修正措施。
$2\text{dB} < \text{差值} < 12\text{dB}$	应进行补偿		
$\geq 12\text{dB}$	应考虑原因,可进一步修整探头移动区		

3 扫查灵敏度应不低于评定线灵敏度,此时在检测范围内最大声程处的评定线高度应不低于满屏的 20%。

D.1.7 时基线和灵敏度 (增益调节) 的调节与复核应符合下列规定:

1 时基线和灵敏度 (增益调节) 调节时温度与焊缝检测时的温度之差不应超过 $15\text{ }^{\circ}\text{C}$

2 检测前时基线和灵敏度 (增益调节) 的调节应符合下列要求:

a 斜探头系统检测前应测定零点、入射点、声速、K 值和主声束偏离,同时调节和复核时基线和灵敏度 (增益调节)。

b 直探头系统检测前应测定始脉冲宽度、灵敏度余量和分辨力,同时调节和复核时基线和灵敏度 (增益调节)。

3 检测人员如果遇到下列情况应对检测系统进行重新校验:

a 校准后的探头、耦合剂和仪器调节旋钮发生改变时;

b 检测人员怀疑时基线和灵敏度有变化时;

c 系统参数发生变化或等同设定变化收到质疑时;

d 连续工作 4h 以上时;

e 工作结束时。

如果在重新校验过程中时基线和灵敏度 (增益调节) 发现偏离,应按表 D.1.7 要求进行修正。

表 D.1.7 超声波检测设备的灵敏度和时基线修正

灵敏度		
序号	误差值	修正措施
1	偏离值 $\leq 4\text{dB}$	继续检测前,应修正设定
2	灵敏度降低值 $> 4\text{dB}$	应修正设定,同时该设备前次校验后检查的全部焊缝应重新检测
3	灵敏度增加值 $> 4\text{dB}$	应修正设定,同时该设备前次校验后检查的全部已记录的显示应重新检测
时基线		
序号	误差值	修正措施
1	时基线偏差值 $\leq 2\%$	继续检测前,应修正设定
2	时基线偏差值 $> 2\%$	应修正设定,同时该设备前次校验后检查的全部焊缝应重新检测

注:校准、复核和对仪器进行线性检测时,任何影响仪器线性的控制器(如抑制或滤波开关等)都应放在“关”的位

置或处于最低水平上。

D.1.8 探头移动区应符合下列规定：

- 1 表面应平滑，无焊接飞溅、铁屑、油垢及其他外部杂质。探头移动区表面的不平整度，不应引起探头和工件的接触间隙超过 0.5mm。如果间隙超标，应修整探头移动区表面。
- 2 当焊缝表面局部变形导致探头与焊缝的间隙大于 1mm，可在受影响位置用其他角度探头进行补充扫查。如果该扫查能弥补未扫查到的检测区域，此局部变形是允许的。探头移动区和声束反射面应允许存在无干扰的耦合剂和反射物。
- 3 探头移动区应足够宽 ($b \geq P + 10\text{mm} = 2Kt + 10\text{mm}$)，以保证声束能覆盖整个检测区域（见图 D.1.9-1。增加检测面，可缩短探头移动宽度。

注：b-探头移动宽度；P-跨距；K-探头角度正切值；t-待检焊缝母材厚度。

D.1.9 焊缝检测区域是指焊缝和焊缝两侧至少 10mm 宽母材或热影响区宽度（取二者较大值）的内部区域（图 D.1.9）。任何情况下，声束扫查应覆盖整个检测区域。如果声束不能覆盖整个检测区域，或者探头折射角不能满足本节中的要求时，检测人员可采用的方法如下：

- 1 更换超声波检测技术：例如，双晶斜射波束检测，爬波检测或其他超声波检测技术；
- 2 增加其他的无损检测技术：例如，渗透检测、磁粉检测、射线检测等方法；
- 3 磨平焊缝余高。

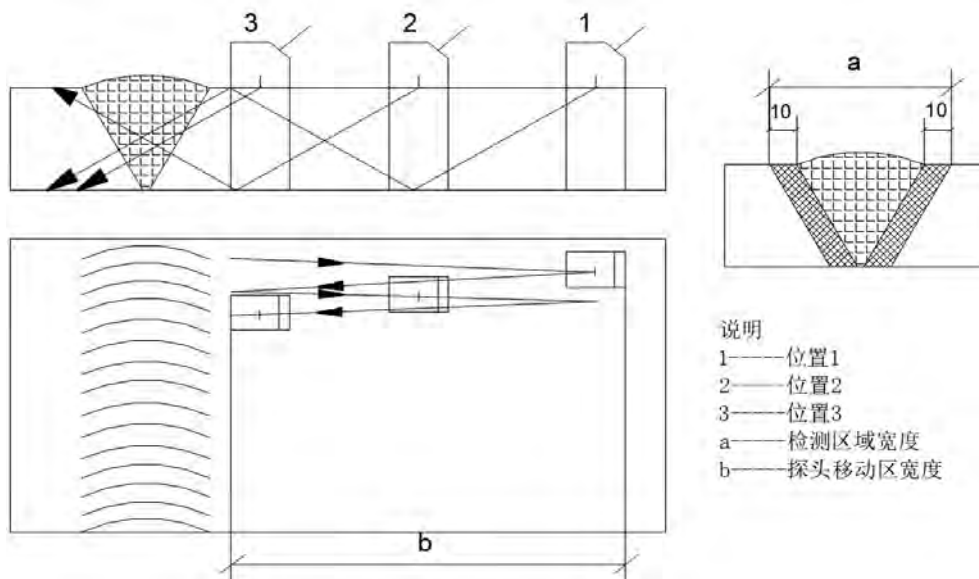


图 D.1.9 扫查纵向显示时检测区域示意图

D.1.10 母材检测应符合下列规定：

- 1 除非能够证实焊缝区域母材金属高衰减或缺陷的存在不影响横波检测，否则探头移动区（见图 D.1.9）的母材金属应在焊前或焊后进行纵波检测。纵波检测内容：金属材料的衰减度和缺陷的存在与否。

2 存在缺陷的母材部位，应对其是否影响横波检测效果进行评估。如果有影响，调整焊缝超声波检测技术。如果严重影响声束覆盖整个检测区域时则应考虑更换其他检测方法。

D.1.11 探头选择示例：

1 接头形式：接头形式为 T 型全熔透焊缝，腹板厚度为 48mm，底板厚度为 60mm，坡口角度为双开 45°K 型坡口（见图 D.1.11）。

2 检测依据：根据本标准及 GB/T11345 附录 A 中表 A.2。

3 探头角度：斜探头角度应选择 70°（必选探头）和 45°（主声束与融合面垂直）各 1 个、1 个直探头，探头频率可选择 2.5MHz。

4 晶片尺寸选择

1) 纵向显示部分：

a 根据板厚 $T=48\text{mm}$ ，70°探头其跨距声程为 $S=280.7\text{mm}>200\text{mm}$ ，应选择晶片直径 12mm~24mm（或等效面积的矩形晶片），可选择晶片尺寸为 15mm×15mm；同理 45°探头其跨距声程为 $S=135.7\text{mm}<200\text{mm}$ ，应选择晶片直径 6mm~12mm（或等效面积的矩形晶片），可选择晶片尺寸 10mm×10mm。

b 直探头声程 $S_3=T$ （底板厚度）=60mm<100mm，应选择晶片直径 6mm~12mm（或等效面积的矩形晶片），可选择晶片直径为 $\Phi 10\text{mm}$ 。

2) 横向显示部分：根据本节要求应选择 45°探头，其跨距声程为 $S=135.7\text{mm}<200\text{mm}$ ，应选择晶片直径 6mm~12mm（或等效面积的矩形晶片），可选择晶片尺寸 10mm×10mm。

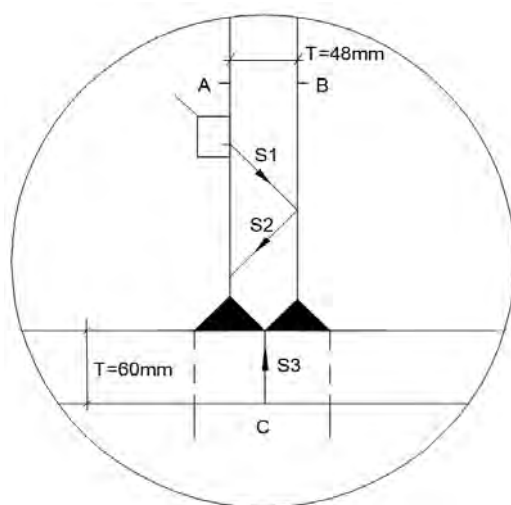


图 D.1.11 探头选用示例图

注：斜探头跨距声程 $S=S_1+S_2$ ， $S_1(S_2)=T$ （腹板厚度）/ $\cos \alpha$ （ α 为探头角度），直探头声程 $S_3=T$ （底板厚度）。

D.2 射线检测

D.2.1 焊接接头射线检测的质量评定应包括圆形缺陷评定、条形缺陷评定和综合评定，并应符合表 D.2.1。

表 D.2.1 射线检测缺陷评定

序号	缺陷类型	验收等级 2 级	验收等级 1 级
1	均布气孔、球形气孔，单层	$A \leq 1.5\% d \leq 0.3s$ ，最大 4mm $L=100\text{mm}$	$A \leq 1\% d \leq 0.2s$ ，最大 3mm $L=100\text{mm}$
2	均布气孔、球形气孔，多层	$A \leq 3\% d \leq 0.3s$ ，最大 4mm $L=100\text{mm}$	$A \leq 2\% d \leq 0.2s$ ，最大 3mm $L=100\text{mm}$
3	局部密集气孔	$d_A \leq WP$ ，最大 20mm $d \leq 0.3s$ ，最大 4mm $L=100\text{mm}$	$d_A \leq WP/2$ ，最大 15mm $d \leq 0.2s$ ，最大 3mm $L=100\text{mm}$
4	链状气孔	$l \leq s$ ，最大 50mm $d \leq 0.3s$ ，最大 3mm $L=100\text{mm}$	$l \leq s$ ，最大 25mm $d \leq 0.2s$ ，最大 2mm $L=100\text{mm}$
5	条形气孔、虫形气孔	$h < 0.3s$ ，最大 3mm $\sum l \leq s$ ，最大 50mm $L=100\text{mm}$	$h < 0.2s$ ，最大 2mm $\sum l \leq s$ ，最大 25mm $L=100\text{mm}$
6	夹渣、焊剂夹渣、氧化物夹杂	$h < 0.3s$ ，最大 3mm $\sum l \leq s$ ，最大 50mm $L=100\text{mm}$	$h < 0.2s$ ，最大 2mm $\sum l \leq s$ ，最大 25mm $L=100\text{mm}$
7	金属夹杂（不包括铜）	$l < 0.3s$ ，最大 3mm	$l < 0.2s$ ，最大 2mm
8	裂纹、未焊透、未熔合、缩孔、弧坑缩孔、铜夹杂	不允许	不允许

注：1 表中：A—显示投影面积总和在 $L \times WP$ 区域中百分比，d—气孔直径， d_A —气孔包络区域直径，h—显示的宽度，L—焊缝任意 100mm 检测长度，l—显示的长度，s—对接焊缝公称厚度，WP—焊缝宽度， $\sum l$ —在 L 范围内缺陷总长度。

2 如果单条焊缝长度小于 100mm，则显示的最大长度应不超过整条焊缝长度的 25%。

3 如果任意相邻缺陷的间距小于或等于其中较小缺陷的主要尺寸，则应被视为一个缺陷。

4 显示不应被划分到不同的 L 中。

D.3 磁粉检测

D.3.1 磁轭式磁粉检测设备性能测试

磁轭式磁粉探伤仪提升力测试应符合现行《无损检测 磁粉检测 第 3 部分：设备》（GB/T15822.3）要求。

注：1. 提起质量为 4.5Kg 钢板的提升力为 44N。

2. 校验周期为每次检测前进行校验。

D.3.2 磁轭式磁粉检测设备综合性能测试

根据 GB/T 26951 附录 C 要求对系统灵敏度的综合性能进行测试。

注：1. A 型灵敏度试片应选用 30/100 或 15/50。

2. 校验周期为每次检测前进行校验。

D.3.3 被检表面光照强度测试

观察条件应符合 GB/T5097《无损检测 渗透检测和磁粉检测 观察条件》要求。

注：1. 校验周期为每次检测前进行校验。

D.3.4 磁悬液浓度的性能测试

磁粉检测用磁悬液浓度应符合现行《无损检测 磁粉检测 第 2 部分：检测介质》（GB/T15822.2）要求。

注：1. 校验周期为每次检测前进行校验。

附录 E 原材料复验规程

E.1 检验频次

E.1.1 钢材应按同一厂家、同一牌号、同一板厚、同一出厂状态，每 10 个炉（批）号抽验一组试件；探伤钢板应按每种板厚数量的 10%（至少 1 块）进行抽验。特殊情况下，材料的复验可前移至钢厂。

E.1.2 制造厂首次使用的焊接材料应按首次采购数量作为一批进行复验；连续使用同一厂家、同一型号的焊接材料的检验频次应符合下列规定：

- 1 药芯焊丝和手工焊条应每年进行一次复验；
- 2 实芯焊丝、埋弧焊焊丝、埋弧焊焊剂应按每次进厂数量组成检验批。

E.1.3 圆柱头焊钉应按相同型号规格、相同生产批号组成检验批，同批最大数量应为：直径小于或等于 12mm 时，应不大于 10000 套；直径大于 12mm 时，应不大于 5000 套。进场数量少于上述规定时亦应视为一批。

E.1.4 高强度螺栓连接副的复验应按批进行，组批应符合下列规定：

- 1 同批高强度螺栓连接副应由同批高强度螺栓、螺母、垫圈组成。
- 2 同批高强度螺栓应由同一性能等级、材料、炉号、螺纹规格、长度（当螺栓长度小于或等于 100mm、长度相差小于或等于 15mm 时；或当螺栓长度大于 100mm、长度相差小于或等于 20mm 时，均可视为同一长度）、机械加工、热处理工艺、表面处理工艺的螺栓组成。
- 3 同批高强度螺母应由同一性能等级、材料、炉号、螺纹规格、机械加工、热处理工艺、表面处理工艺的螺母组成。
- 4 同批高强度垫圈应由同一性能等级、材料、炉号、规格、机械加工、热处理工艺、表面处理工艺的垫圈组成。
- 5 同批高强度螺栓连接副的最大数量应为 3000 套，进场数量少于 3000 套时亦应视为一批。

E.1.5 涂装材料应按相同品种、相同生产批号、同批进厂（场）的组成检验批，每批抽取样品一个。检验结果中如有某项指标存在争议时，可允许在该批涂装材料中再随机抽取一个样品，重新进行检验。

E. 2 检验项目与方法

E. 2. 1 钢材的复验项目与方法应符合下列规定：

- 1 应检验化学成分 C、Si、Mn、P、S、Nb、V、Ti、Al 等主要元素的含量；对碳素钢，检验化学成分 C、Si、Mn、P、S 等主要元素的含量。
- 2 应检验屈服强度 ReL 或 ReH 、抗拉强度 R_m 、伸长率 A 、弯曲（ 180° ）、冲击功 KV_2 等力学性能。
- 3 对耐候钢，除应检验本条第 1、2 款项目外，还应检验化学成分 Cr、Ni、Cu、Mo、N 等元素的含量。
- 4 有探伤要求的钢板应进行超声波检测。
- 5 对 Z 向性能钢，除应检验本条第 1、2、4 款所列项目外，尚应检验断面收缩率和 Z 向拉伸。
- 6 检验方法应按本标准第 5.3.1 节中相关标准的规定执行。

E. 2. 2 焊接材料的复验项目与方法应符合下列规定：

- 1 药芯焊丝应检验熔敷金属的化学成分（C、Si、Mn、P、S、Ni 元素含量）和力学性能（屈服强度 ReL 或 ReH 、抗拉强度 R_m 、伸长率 A 、冲击功 KV_2 ）；
- 2 实心焊丝应检验熔敷金属的化学成分（C、Si、Mn、P、S、Ni 元素含量）和力学性能（屈服强度 ReL 或 ReH 、抗拉强度 R_m 、伸长率 A 、冲击功 KV_2 ）；
- 3 手工焊条应检验熔敷金属的化学成分（C、Si、Mn、P、S、Ni 元素含量）和力学性能（屈服强度 ReL 或 ReH 、抗拉强度 R_m 、伸长率 A 、冲击功 KV_2 ）；
- 4 埋弧焊焊丝应检验焊丝化学成分（C、Si、Mn、P、S、Ni 元素含量）和熔敷金属的力学性能（屈服强度 ReL 或 ReH 、抗拉强度 R_m 、伸长率 A 、冲击功 KV_2 ）；
- 5 埋弧焊焊剂应检验化学成分（复验 P、S 元素含量）；
- 6 对耐候钢用的焊丝和焊条，除应符合上述各款的规定外，还应检验化学成分 Cr、Cu、Mo、N 等元素的含量；
- 7 检验方法应按本标准第 5.3.2 节中相关标准的规定执行。

E. 2. 3 圆柱头焊钉的复验应核查质量证明书和质量检验试验资料，并按批抽检 5 套，检验表面缺陷、尺寸、机械性能和焊接性能等，检验方法应符合现行《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》（GB/T 10433）的规定。

E. 2. 4 高强度螺栓连接副的复验项目与方法应符合下列规定：

- 1 生产厂提供的质量证明书和质量检验试验资料应齐全、完整；
- 2 连接副扭矩系数的检验应按批抽检 8 套，平均值和标准偏差应符合现行《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》(GB/T1231) 的规定；
- 3 楔负载试验、螺母的保证载荷、螺母硬度、垫圈硬度等应按批抽检，样本数 $n=8$ ，合格判定数为 $Ac=0$ ；
- 4 对螺栓、螺母、垫片等的尺寸、外观及表面缺陷的复验应符合现行《紧固件检查验收》(GB/T 90.1) 的规定；
- 5 复验有异议时，在正常运输和保管条件下，应在产品出厂之日起 5 个月内向供货方提出。

E. 2.5 涂装材料的复验方法应符合相关标准的要求，复验内容除应审核生产厂提供的质量证明书和质量检验试验资料外，尚应包括下列项目：

- 1 无机硅酸锌车间底漆：干燥时间、附着力；
- 2 环氧富锌防锈底漆：不挥发物含量、不挥发物中的金属锌含量、附着力；
- 3 环氧云铁中间漆（厚浆型）：不挥发物含量、弯曲性、附着力；
- 4 环氧磷酸锌封闭底漆：不挥发物含量、干燥时间、附着力；
- 5 环氧沥青涂料：不挥发物含量、耐冲击性、附着力；
- 6 氟碳面漆：氟含量（主剂）、不挥发物含量、细度、耐冲击性、附着力；
- 7 无机富锌防锈防滑涂料：不挥发物中的金属锌含量、干燥时间、附着力；
- 8 铝丝：化学成分；
- 9 油漆生产厂提供的近期环氧富锌底漆耐盐雾试验检验报告，氟碳面漆耐人工加速老化性能的检验报告。

E. 3 评定规则

E. 3.1 对各项复验试验结果的评定应按相应的国家现行标准进行；当订货合同对技术条件有特殊规定时，应按其规定执行。

E. 3.2 钢材检验批的评定应以抽样试件试验结果为准。对钢材检验批的质量评定应按下列原则进行：

- 1 当试件试验结果合格时，应评定整个检验批为合格；
- 2 当试件试验结果不合格时，应在该检验批其余炉（批）号内再随机抽取两个炉（批）

号的两组试件进行试验；

3 若两组试件试验结果均合格，则该检验批其余炉（批）号均应判定为合格；

4 若两个试验炉（批）号试件均不合格，则应对该检验批剩余的 7 个炉（批）号逐炉（批）取样进行试验，逐炉（批）评定；

5 若两个试验炉（批）号试件有一个合格另一个不合格时，应在该检验批剩余的 7 个炉（批）号中再抽取两个炉（批）号试件进行试验；如果两个试验炉（批）号试件均合格则应判定该 7 个炉（批）号合格，否则应对该检验批剩余的炉（批）号逐炉取样试验，逐炉（批）评定。

E. 3. 3 焊接材料、圆柱头焊钉、高强度螺栓连接副和涂装材料的评定应以每一批的抽样试验结果为准；当抽样试验结果合格时，应评定检验批为合格；抽样检验结果不合格时，应在该批材料中再加倍抽检样品，重新进行检验，检验结果全合格则应判定该批材料合格，检验结果不是全合格则应判定该批材料不合格。

附录 F 钢板、加工及焊缝外观缺陷的修补

F.0.1 钢板、加工及焊缝外观缺陷的修补方法应符合表 F.1 的规定。

表 F.1 钢板、加工及焊缝外观缺陷修补方法

序号	缺陷种类	修补方法
1	钢板麻点等伤痕	$\leq 1\text{mm}$ 修磨匀顺（高强度螺栓连接面不处理）
		$> 1\text{mm}$ 补焊后修磨匀顺
2	钢材边缘局部层状裂纹（深度不超过5mm时）	补焊后修磨匀顺
3	焰切边缘的缺口或崩坑	$\leq 2\text{mm}$ 修磨匀顺
		$> 2\text{mm}$ 磨出坡口补焊后修磨匀顺
4	弯曲加工产生的边缘裂纹	清除裂纹，补焊后修磨匀顺
5	焊缝的咬边	$\leq 1\text{mm}$ 修磨匀顺
		$> 1\text{mm}$ 补焊后修磨匀顺
6	焊缝电弧擦伤	$\leq 0.5\text{mm}$ 修磨匀顺
		$> 0.5\text{mm}$ 补焊后修磨匀顺
7	焊缝表面裂纹	补焊后修磨匀顺
8	焊缝凹坑	补焊后修磨匀顺
9	焊瘤	清除后修磨匀顺
10	拆除吊具等临时连接残留痕迹	$\leq 1\text{mm}$ 修磨匀顺
		$> 1\text{mm}$ 补焊后修磨匀顺
11	角焊缝焊角不足	补焊后修磨匀顺
12	对接焊未填满	补焊后修磨匀顺

F.0.2 焊接修补前应将修补部位打磨干净，并应按要求进行预热。

附录 G 焊接评定试样检验方法及合格标准

G.0.1 钢材焊接工艺评定试样检验

焊缝的外观质量检验

焊接完毕且待试件冷却至室温后，应对焊缝全长范围进行外观检查。

焊缝不得有裂纹、未熔合、夹渣、未填满弧坑、焊瘤以及超出本标准 14.4.4 的缺陷。

焊缝应全长进行超声波检测，对接焊缝、全熔透 T 形角焊缝的检测等级应符合现行《焊缝无损检测超声检测技术、检测等级和评定》(GB/T 11345) 中 B 级的规定，验收等级应符合现行《焊缝无损检测超声检测验收等级》(GB/T 29712) 中 2 级的规定。部分熔透 T 形角焊缝的检测等级应符合现行《焊缝无损检测超声检测技术、检测等级和评定》(GB/T 11345) 中 B 级的规定，验收等级应符合现行《焊缝无损检测超声检测验收等级》(GB/T 29712) 中 3 级的规定。

力学性能试验评定应符合下列规定：

- 1) 拉伸试样的试验方法应符合现行国家标准《金属材料焊缝破坏性试验 横向拉伸试验》GB/T2651 的有关规定；当拉伸试验结果（屈服强度、抗拉强度及伸长率）均不低于母材标准值时，判为合格；当试验结果低于母材标准值，允许从同一试件上双倍取样重新试验，若重新试验的结果不低于母材标准值，则仍可判为合格，否则判为不合格。异种母材接头拉伸试验以低强度母材为标准；
- 2) 弯曲试样的试验方法应符合现行国家标准《焊接接头弯曲试验方法》GB/T2653 的有关规定；接头侧弯试验结束后，若试样受拉面上的裂纹总长度不大于试样宽度的 15%，且单个裂纹长度不大于 3mm 时，则判为合格；当试验结果未满足上述要求，允许从同一试件上双倍取样重新试验，若试验结果满足上述要求，则仍判为合格，否则，判为不合格；
- 3) 冲击试样的试验方法应符合现行国家标准《金属材料焊缝破坏性试验冲击试验》GB/T2650 的有关规定。

焊接接头冲击试验的每一组（3 个）试样试验结果的平均值不低于规定值，且任一试验结果不低于 0.7 倍的规定值，判为合格；当试验结果未满足上述要求，允许从同一试件上再取一组（3 个）附加试样重新试验，若总计 6 个试验结果的平均值不低于规定值，且低于规定的试验结果不多于 3 个（其中，不得有 2 个以上的试验结

果低于 0.7 倍的规定值，也不得有任一试验结果低于 0.5 倍的规定值），则仍可判为合格，否则判为不合格。焊接接头的冲击功规定值见表 G.0.1。

表 G.0.1 焊接接头的冲击功规定值

钢材牌号	Q345		Q345q	Q370		Q370q	Q420		Q420q	Q500		Q500q
质量等级	C	D	E	C	D	E	C	D	E	C	D	E
试验温度 (°C)	0	-20	-40	0	-20	-40	0	-20	-40	0	-20	-40
对接焊缝和 熔透角焊缝	34J			41J			47J			54J		

注：1.试验温度可按照设计规定；

2.板厚 $\leq 20\text{mm}$ 的薄钢板接头冲击功规定值为 27J。

- 4) 不同钢材牌号焊接接头的拉伸、冲击、弯曲等力学性能应按性能要求较低的钢材牌号进行评定；
- 5) 硬度试验应符合现行国家标准《焊接接头硬度试验方法》GB/T2654 的有关规定；
- 6) 焊接接头的硬度值不大于 380HV10 时，判为合格，否则判为不合格；
- 7) 每一评定应做一次宏观断面酸蚀试验，试验方法应符合现行《钢的低倍组织及缺陷酸蚀检验法》(GB/T 226) 的规定，试样接头焊缝及热影响区表面不应有肉眼可见的裂纹、未熔合等缺陷，并应测定根部焊透情况及焊脚尺寸、两侧焊脚尺寸差、焊缝余高等。单道焊缝的成型系数应为 1.3~2.0。

G.0.2 圆柱头焊钉焊接工艺评定试样检验

1 外观检验

圆柱头焊钉焊接完成后，应及时敲除焊钉周围的瓷环，并进行外观检验。应保证焊钉底角在 360° 周边挤出焊脚，焊缝应饱满，无气孔、夹渣、裂纹等缺陷；焊脚高 $\geq 1\text{mm}$ ，焊缝宽度 $\geq 0.5\text{mm}$ ；咬边深度应不大于 0.5mm，且最大长度应不大于一倍的焊钉直径；焊钉焊后倾斜角度偏差 $\leq 5^\circ$ ；

2 弯曲检验应符合现行《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》(GB/T 10433) 的规定。

弯曲试验宜采用手锤敲击（或使用套管压弯）圆柱头焊钉的方法，弯曲角度应为 30°。当焊钉焊脚未出现肉眼可见裂缝时，该焊钉焊缝应判为合格，否则应判为不合格。弯曲试验的 3 个焊钉全部合格，则该组弯曲评定试验应判为合格，若出现 2 个不合格，该组

弯曲评定试验应判为不合格。若出现 1 个不合格，应加倍补做，加倍补做的试验全部合格后，该组弯曲评定试验应判为合格；

3 拉伸检验应符合现行《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》（GB/T 10433）的规定。

焊钉焊接头拉伸时，当拉伸试样的抗拉荷载大于或等于焊钉焊接端力学性能规定的最小抗拉荷载时，则无论断裂发生在何处，且拉力荷载满足现行《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》（GB/T 10433）的规定，焊钉焊缝应判为合格，否则应判为不合格。当 3 个焊钉焊缝全部合格时，则该组拉伸评定试验应判为合格；若拉伸试验出现 2 个不合格，该组拉伸评定试验应判为不合格；若出现 1 个不合格，应加倍补做试验，加倍补做的试验全部合格后，该组拉伸评定试验应判为合格。

G.0.3 手工焊焊工操作技能评定试样检验

检验方法和合格指标

1 焊工试板的外观检查

- 1) 每个试件需先进行目视检验，合格后再进行其他项目检验；
- 2) 焊缝外观检查宜用 5 倍放大镜目测，其表面质量应符合下表 G.0.3 的要求；

表 G.0.3 焊缝外观尺寸要求 (mm)

试件形式	焊缝余高		焊缝高低差		焊缝宽度	
	平焊位置	其它位置	平焊位置	其它位置	比坡口增宽	每侧增宽
板材	0-3	0-4	≤2	≤3	2-4	1-2

- 3) 焊缝边缘应圆滑平缓过渡到母材；焊缝表面不得有裂纹、夹渣、气孔、未熔合和焊瘤；咬边和表面凹陷深度不应大于 0.5mm。对接焊缝两侧咬边总长不应大于焊缝全长的 10%且不大 25mm；
- 4) 角焊缝表面凸度不大于 3mm，角焊缝焊脚尺寸偏差为 0~3mm；
- 5) 焊后试件的角变形 θ 不应大于 3° ，见图 G.0.3；

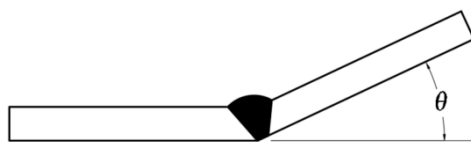


图 G.0.3 试件角变形

- 6) 焊缝错边量不应大于 10%板厚且不大于 2mm。

2 射线及超声波探伤的检测结果应不低于国家标准《钢结构焊接规范》GB50661 规定的一

级焊缝质量要求。无损检验不合格的判定为该项技能评定不合格。

3 焊接接头弯曲试验应符合如下要求：

- 1) 对接接头弯曲试验应符合现行国家标准《焊接接头弯曲试验方法》GB/T 2653 的有关规定，弯心直径为 4 倍的弯曲试样厚度，弯曲角度为 180°。面弯、背弯时，试样宽度为 38mm，试样厚度应为试件全厚度；侧弯时试样宽度为 10mm；试件厚度不大于 40mm 时，试样厚度应为试件的全厚度；试件厚度超过 40mm 时，可按 20mm~40mm 分层取样；
- 2) 质量标准应符合：对接接头弯曲试验时试样弯至 180° 后，试样任何方向裂纹及其它缺欠单个长度不应大于 3mm；
所有 >1mm 但 ≤3mm 的不连续面最大尺寸之和为 7mm；
角部最大裂纹 ≤3mm。除非拐角裂纹是由可见的夹渣或其他熔合型不连续性造成的，最大裂纹允许为 6mm。

4 角焊缝宏观检验要求：

角焊缝宏观试验应符合现行国家标准《钢的低倍组织及缺陷酸蚀检验法》GB/T226 的规定，并应测定根部焊透情况及焊脚尺寸、两侧焊角尺寸差、焊缝余高等。试样的宏观金相应符合如下规定：

- 1) 没有裂纹和未熔合；
- 2) 焊缝根部焊透；
- 3) 气孔或者夹渣的最大尺寸不得超过 1.5mm；
当气孔或者夹渣大于 0.5mm, 不大于 1.5mm 时，其数量不得多于 1 个；
当存在小于或者等于 0.5mm 的气孔或者夹渣时，其数量不得多于 3 个。

5 焊接接头折断试验质量应符合如下要求：

角焊缝外观应均匀，应无搭接、裂纹与过大的咬边。焊缝表面上应无明显的气孔；焊缝应焊透至根部，不应有未熔合或直径大于或等于 1.5mm 的气孔、夹渣，且直径小于 1.5 的气孔、夹渣不应超过 2 处。

G.0.4 定位焊焊工操作技能评定试样检验

- 1 定位焊焊缝外观表面应均匀，严禁有裂纹、未熔合、气孔、夹渣、焊瘤等缺陷；焊缝咬边深度严禁超过 0.5mm，且两侧咬边总长不应超过焊缝长度的 10%；
- 2 断面检验时，焊缝应焊透至根部，不应有未熔合或直径大于或等于 1mm 的气孔或夹渣。

G.0.5 机械化焊工和机器人焊接操作工技能评定试样检验

1 外观检验 对接接头坡口焊缝和角焊缝外形尺寸应符合表 G. 0. 5-1 的要求;焊钉焊接头外观与外形尺寸应符合表 G. 0. 5-2 的要求:

表 G. 0. 5-1 对接接头坡口焊缝和角焊缝外形尺寸要求

焊缝余高		焊缝宽度		角焊缝焊脚尺寸 (h_f)	
余高	高低差	比坡口 增宽	每侧 增宽	差值	不对称
0-4	≤ 3	2-4	1-3	$\Delta h_f \leq 3$	$\leq 1+0.1 \times h_f$

表 G. 0. 5-2 焊钉焊接头外观与外形尺寸要求

外观检验项目	合格标准
焊缝形状	360° 范围内, 焊缝高 $>1\text{mm}$, 焊缝宽 $>0.5\text{mm}$
焊缝缺陷	无气孔, 无夹渣
焊缝咬边	咬边深度 $<0.5\text{mm}$
焊钉焊后高度	焊后高度偏差 $\pm 2\text{mm}$

2 板材对接焊缝内部无损检测:检测前应将背面垫板用机械方法加工去除。如果需要射线探伤,应符合现行国家标准《钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级》(GB3323)中 II 级或 II 级以上的规定, 超声波探伤应符合《钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果分级》(GB11345)中 BI 级的规定。

3 弯曲、宏观及拉伸试验

- 1) 对接接头弯曲试验应符合现行国家标准《焊接接头弯曲及压扁试验法》(GB2653)的规定,试样冷弯至规定角度后,试样表面任意方向的裂纹及其他缺陷单个长度应不大于 3mm,且单个试样裂纹及其他缺陷总长应不大于 7mm;
- 2) 角接焊缝弯曲试验,在加载 150mm 试样时,使焊缝根部处于张力状态。负载应保持稳定或者重复,使焊缝根部受力,直至试样断裂或压弯到两板平贴;
- 3) 宏观试验应符合现行国家标准《钢的低倍组织及缺陷腐蚀试验法》(GB226)的规定;宏观蚀刻测试试样的端部应保持光滑,从而方便进行蚀刻;
- 4) 焊钉焊接头弯曲试样打弯到 30° 后,焊接区应无裂纹;试样拉伸至破坏后,不应在焊缝处断裂。

G. 0. 6 焊接工艺评定报告

预焊接工艺规程、焊接记录表、外观、无损探伤、力学检验报告及材料质量证明文件(钢

材及焊材材质单)及焊接工艺规程形成一份完整的焊接工艺评定报告,并依此编制相应的焊接工艺 WPS,用于焊接生产指导。其内容如下表 G.0.6-1 所示。

表G.0.6-1焊接工艺评定报告目录

序号	焊接工艺评定报告目录		页码
1	焊接工艺评定预工艺规程(方案)		
2	焊接工艺试验记录表		
3	焊接工艺规程		
4	外观检验报告		
5	无损检测		
	5.1	超声波检验报告	
6	破坏性试验		
	6.1	拉伸试验报告(接头和焊缝金属)	
	6.2	弯曲试验报告	
	6.3	低温冲击试验报告	
	6.4	接头硬度试验报告	
	6.5	宏观酸蚀试验报告	
	6.6	焊钉弯曲试验结果	
7	材质质保书		
	7.1	钢材质质保书	
	7.2	焊材质质保书	

附录 H 焊接人员技能评定管理

H.0.1 钢结构焊工技能评定委员会

焊工技能评定应由桥梁钢结构制作或安装企业的焊工技能评定委员会进行组织和管理，其组成及职责应符合下列要求：

经认证机构认证、授权的企业焊工技能评定委员会应由企业主管经理、技术部、质控部、人力资源部等部门的主管人员、焊接主管工程师、中高级焊接检验人员、认证监督人员等组成，负责组织和管理本企业钢结构焊工技能资格考试工作。

H.0.2 常用焊工证书种类

焊工除必须具备按照《特种作业人员安全技术培训考核管理办法》要求考核发放的特种作业操作证外，还必须具有与行业操作技能评定相匹配的焊工合格证书，并在其焊工合格证书规定的认可范围内施焊。

H.0.3 焊工合格证包含的内容

焊工合格证规定了焊工所能从事的焊接工作具体范围，是对焊工现时技术能力的证明。

《钢结构工程施工质量验收标准》GB50205 和《钢结构焊接规范》GB50661 等标准要求焊工应具有与其工作相适应的焊工合格证。

H.0.4 钢结构焊工合格证有效期

焊工合格证有效期应为 3 年，且焊工一直在他所评定合格的项目范围内进行焊接工作，间断不能超过 6 个月。

H.0.5 补考

- 1 焊工理论考试未通过的应允许进行一次补考。
- 2 对于手工焊工和机械化焊工，可根据以下条件进行重复测试：

- 1) 立即进行重复测试

对于手工焊工和机械化焊工未通过的每种类型与每个位置进行两次焊接测试，所有重复测试的试样应满足规定要求；

- 2) 经过进一步培训或者实践后再次进行测试评定

手工焊工和机械化焊工经过进一步培训或者实践，则可以进行再次测试。测试时，应对未通过测试的位置与类型按照 6.3.3 和 6.3.5 的规定重新进行评定；

- 3) 定位焊工

定位焊焊工如果没能通过角焊断裂测试，则定位焊焊工可在不接受其他培训的情况下进行重复测试。

H.0.4 换证

焊工合格证有效期终止前应重新进行换证复试。复试应符合下列规定：

- 1 应进行理论知识及操作技能考试；
- 2 持续中断焊接操作时间超过半年的原合格焊工重新参加焊接工作时，必须进行原认可资格科目的重新考试。该重考可免去理论知识考试，考试试件可不进行冷弯项目检验。

H.0.5 免试

合格证有效期满后免试应遵守下列规定：

- 1 持证焊工在规定的认可范围内工作，焊接质量一贯优良，焊缝无损探伤合格率保持在不小于 90% 时，可经焊工所在企业的技术管理、质量检验两个部门的主管签字认可，由企业焊工技术考试委员会核准后报原发证的上级管理机构予以免试；
- 2 准予免试的焊工资格证书有效期延长不得超过 3 年，且不得连续免试。

H.0.6 注销

合格证注销应符合下列规定：

- 1 焊工在生产过程中施焊焊缝质量一贯低劣，经质量检查部门提出，由企业焊工技术考试委员会核准可注销其合格证，同时应报上级管理机构备案；
- 2 有伪造经历、弄虚作假或涂改合格证者，企业焊工技术考试委员会可注销其资格证书，并应报上级管理机构备案。

H.0.7 技能评定项目标识原则

操作技能评定试件的标识应能反映评定类别、焊接方法、钢材、焊材、焊接位置以及衬垫、焊缝类型等信息，见图 6.3.6-1。

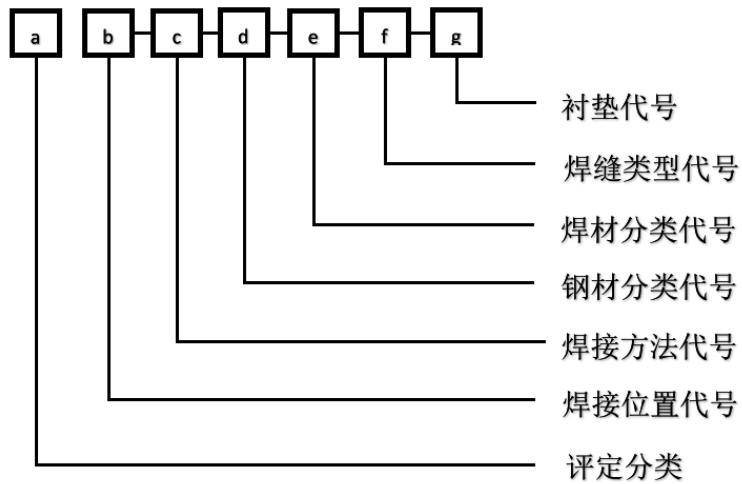


图 6.3.6-1 操作技能评定试件标记

注：a 定位焊技能评定为“定”；其它基本技能评定省略。

b 焊接位置代号：1G(F)、2G(F)、3G(F)、4G(F)，见表 6.3.3.5-1；

c 焊接方法代号：1、2-1、2-2、3-1、3-2、5-1、5-2、8-1~8-4、9，见表 6.3.3.4-1；

d 钢材分类代号：I、II、III、IV、V，见表 6.3.3.2-1；

e 焊材分类代号：F1、F2、F3、F4，见表 6.3.3.3-1，气保焊和埋弧焊可省略；

f 焊缝类型代号：角焊缝为 C、对接焊缝为 B、对接与角接组合焊缝为 BC；

g 衬垫代号：背面加衬垫及双面焊为 D，不带衬垫可省略。

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对本标准执行严格程度的用词，采用下列不同的用词写法说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的用语写法采用如下：

1) 在标准总则中表述与相关标准的关系时，采用“除应符合本标准的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定”。

2) 在标准条文及其他规定中，当引用的标准为国家标准和行业标准时，表述为“应符合《xxxxxx》(xxx)的有关规定”。

3) 当引用本标准中的其他规定时，表述为“应符合本标准第 x 章的有关规定”、“应符合本标准第 x . x 节的有关规定”、“应符合本标准第 x . x . x 条的有关规定”或“应按本标准第 x . x . x 条的有关规定执行”。

引用标准名录

本导则引用下列标准。其中，注日期的，仅对该日期对应的版本适用本导则；不注日期的，其最新版适用于本导则。

1 设计及施工标准

- 1) . 《钢结构设计规范》 GB50017
- 2) . 《公路桥涵设计通用规范》 JTG D60
- 3) . 《铁路钢桥制造规范》 Q/CR9211
- 4) . 《公路桥涵施工技术规范》 JTG/T3650
- 5) . 《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》 JTGT 3651；
- 6) . 《公路工程质量检验评定标准》 JTG F80/1
- 7) . 《公路工程施工安全技术规范》 JTG F90
- 8) . 《桥梁用结构钢》 GB/T714
- 9) . 《建筑工程施工质量验收统一标准》 GB50300
- 10) . 《钢结构工程施工质量验收规范》 GB50205
- 11) . 《钢结构工程施工规范》 GB 50755
- 12) . 《建筑施工高处作业安全技术规范》 JGJ80
- 13) . 《施工现场机械设备检查技术规范》 JGJ160
- 14) . 《施工现场临时用电安全技术规范》 JGJ46
- 15) . 《起重机械安全规程》 GB6067.1
- 16) . 《起重设备安装工程施工及验收规范》 GB50278
- 17) . 《建筑施工起重吊装工程安全技术规范》 JGJ276
- 18) . 《起重机械用钢丝绳检验和报废实用规范》 GB/T5972
- 19) . 《重要用途钢丝绳》 GB 8918-2006；
- 20) . 《建筑施工安全检查标准》 JGJ59
- 21) . 《厚度方向性能钢板》 GB/T5313
- 22) . 《结构用无缝钢管》 GB/T 8162
- 23) . 《碳素结构钢》 GB/T700

- 24). 《普通螺纹基本尺寸》GB/T 196
- 25). 《普通螺纹公差》GB/T 197
- 26). 《钢铁及合金化学分析方法》GB/T 223 系列标准
- 27). 《金属材料拉伸试验 第1部分：室温试验方法》GB/T 228.1
- 28). 《金属材料夏比摆锤冲击试验方法》GB/T 229
- 29). 《金属材料弯曲试验方法》GB/T 232
- 30). 《钢及钢产品 力学性能试验取样位置及试样制备》GB/T 2975
- 31). 《固定式钢梯及平台安全要求 第1部分：钢直梯》GB 4053.1
- 32). 《固定式钢梯及平台安全要求 第2部分：钢斜梯》GB 4053.2
- 33). 《固定式钢梯及平台安全要求 第3部分：工业防护栏杆及钢平台》GB4053.3
- 34). 《预应力混凝土用螺纹钢筋》GB/T 20065

2 焊接规范

- 1). 《钢结构焊接规范》GB50661
- 2). 《焊缝符号表示法》GB/T324
- 3). 《焊接术语》GB/T337559.
- 4). 《美国焊接协会》AWS d1.1-2020

3 焊材标准

- 1). 《非合金钢及细晶粒钢焊条》GB/T5117
- 2). 《热强钢焊条》GB/T5118
- 3). 《熔化焊用钢丝》GB/T14957
- 4). 《气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝》GB/T8110
- 5). 《碳钢药芯焊丝》GB/T10045
- 6). 《低合金钢药芯焊丝》GB/T17493
- 7). 《不锈钢焊条》GB/T983
- 8). 《埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂》GB/T5293
- 9). 《埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂》GB/T12470

4 高强螺栓规范

- 1). 《钢结构用高强度大六角螺栓》 GB/T1228
- 2). 《钢结构用高强度大六角螺母》 GB/T1229
- 3). 《钢结构用高强度垫圈》 GB/T1230
- 4). 《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》 GB/T1231
- 5). 《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》 GB/T3632
- 6). 《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》 GB/T 10433
- 7). 《钢结构高强度螺栓连接技术规程》 JGJ82
- 8). 《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》 GB/T 3098.1

5 涂装规范

- 1). 《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第1部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理》 GB/T8923.1
- 2). 《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第2部分：已涂覆过的钢材表面局部清除原有涂层后的处理等级》 GB/T8923.2
- 3). 《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第3部分：焊缝、边缘和其他区域的表面缺陷的处理等级》 GB/T8923.3
- 4). 《铁路钢桥保护涂料及涂料供货技术条件》 TB/T1527
- 5). 《漆膜附着力测定法》 GB 1720
- 6). 《色漆和清漆 拉开法附着力试验》 GB/T 5210
- 7). 《热喷涂涂层厚度的无损测量方法》 GB/T 11374
- 8). 《色漆和清漆 漆膜的划格试验》 GB/T 9286
- 9). 《热喷涂 金属和其他无机覆盖层 锌、铝及其合金》 GB/T 9793
- 10). 《公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件》 JT/T722
11. 《涂装作业安全规程涂漆工艺安全及其通风净化》 GB6514

6 无损检测标准

- 1). 《金属熔化焊焊接接头射线照相》 GB/T3323
- 2). 《铸钢件 超声检测 第1部分：一般用途铸钢件》 GB/T 7233.1
- 3). 《铸钢件 超声检测 第2部分：高承压铸钢件》 GB/T 7233.2

- 4). 《焊缝无损检测 射线检测 第 1 部分: X 和伽玛射线的胶片技术》GB/T 3323.1
- 5). 《焊缝无损检测 射线检测 第 2 部分: 使用数字化探测器的 X 和伽玛射线技术》GB/T 3323.2
- 6). 《低合金钢 多素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法》GB/T 20125
- 7). 《碳素钢和中低合金钢 多元素含量的测定 火花放电原子发射光谱法 (常规法)》GB/T 4336
- 8). 《焊缝无损检测焊缝磁粉检测验收等级》GB/T26952
- 9). 《焊缝无损检测超声检测技术、检测等级和评定》GB/T11345

7 详图制图标准

- 1). 《钢结构设计制图深度和表示方法》03G102
- 2). 《建筑结构制图标准》GB/T50105

8 结构防火涂料

- 1). 《结构防火涂料》GB 14907