

雄安新区地热生产井钻井技术规程（试行）

Technical Specification for geothermal development wells drilling
in Xiong'an New Area(trial version)

2023 - 08 - 01 发布

2023 - 08 - 01 实施

河北雄安新区管理委员会自然资源和规划局 发布

目 次

前 言	III
引 言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语与定义	2
4 总体要求	2
5 工程设计	3
5.1 设计要求	3
5.2 设计内容	3
6 钻前工程	7
6.1 道路勘测	7
6.2 场地和基础	7
6.3 设备选择	7
6.4 设备安装	7
6.5 钻前验收	8
7 地热生产井施工	8
7.1 钻进工艺	8
7.2 定向钻进	13
7.3 丛式井	17
7.4 分支井	17
7.5 热储保护与防漏钻进	18
7.6 钻井液	18
7.7 井控	20
7.8 录井	22
7.9 测井	23
7.10 固井	24
7.11 完井	26
7.12 酸化增产	28
8 井下复杂工况预防和处理	29
8.1 基本要求	29
8.2 卡钻的预防和处理	30
8.3 钻具复杂工况预防与处理	33
8.4 井内落物的预防与处理	34
8.5 井喷和有害气体侵害预防与处理	34
8.6 井漏的预防和处理	35
9 工程质量的验收与评定	36
10 健康、安全与环境保护	36
10.1 健康管理及措施	36
10.2 安全管理及措施	37
10.3 环境保护及措施	38
11 资料整编	39
11.1 资料汇交	39

11.2 记录及报告	39
附录 A 《XXX 开采井/回灌井/监测井钻井施工设计书》编写提纲	40
附录 B 《XXX 开采井/回灌井/监测井完井报告》编写提纲	41
附录 C 《XXX 开采井/回灌井/监测井测井报告》编写提纲	43
附录 D 《XXX 开采井/回灌井地热资源评价报告》编写提纲	44
附录 E XXX 开采井/回灌井/监测井记录	46
附录 F XXX 开采井/回灌井/监测井综合柱状图	53

前 言

本文件按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由河北雄安新区管理委员会自然资源和规划局提出并归口。

本文件起草单位：天津地热勘查开发设计院、中国地质大学（北京）、中国地质大学（武汉）、中国地质调查局水文地质环境地质调查中心、中国地质科学院勘探技术研究所、中国石油长城钻探工程分公司、河北省地质矿产勘查开发局第三水文工程地质大队（河北省地热资源开发研究所）、中煤水文局集团有限公司、北京泰利新能源科技发展有限公司。

本文件主要起草人：王志刚、程晓军、张更深、林建旺、杨忠彦、赵苏民、李红英、郑秀华、阮传侠、刘杰、于冬冬、贾玉泽、张曦、杜立新、朱挺、徐云鹏、窦斌、叶成明、宋志彬、苏庆民、景龙、任虎俊、叶宏宇、王庆晓、江国胜、杨永江、赖子威、万振卓、侯璐、孙玉东、安振营、李廷华、苏小飞、林圣明、王聪、吕殿臣、蔡金盟、郭充、林金锁、杨诗琪、余浩宇、田龙军、张仁杰等。

引言

地热生产井钻井施工是开发利用深层地热资源的唯一技术手段。通过科学规范的施工，提高钻进效率和完井质量、延长地热井的使用寿命，并验证热储层的岩性、岩层、构造、厚度、埋深、分布及水量、水质、水温等地热地质条件、特征和参数，为评价和开发利用地热资源提供可靠的地热地质资料。目前，雄安新区尚无专门的地热生产井钻井技术规程，地热生产井钻井工作主要参考地质行业标准《地热钻探技术规程》。

为进一步规范雄安新区地热钻井工程设计、招标、钻井施工、测试实验和质量管埋，针对雄安新区的地热地质条件和地热利用需求，编制《雄安新区地热生产井钻井技术规程（试行）》。编制组在深入调查、分析、吸收国内外有关标准规范的基础上，结合雄安新区地热资源特性和开发利用实践，并在广泛征求意见的基础上，制定了本文件。

本文件共分为 11 个章节，6 个附录。对地热生产井工程设计，钻前工程，地热生产井施工，包括钻进工艺、定向钻进、丛式井、分支井、热储保护与防漏钻进、钻井液、井控、录井、测井、固井、完井、酸化增产，工程质量的验收与评定，健康安全与环境保护，资料整编等做出了规定。

雄安新区地热生产井钻井技术规程（试行）

1 范围

本文件规定了雄安新区地热生产井设计、钻前工程、钻井施工、工程质量的验收与评定、健康安全与环境保护、资料整编等要求。

本文件适用于雄安新区地热生产井钻井设计与施工、管理等工作。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 6067 起重机械安全规程 第1部分：总则
- GB 8978 污水综合排放标准
- GB/T 11615 地热资源地质勘查规范
- GB 16297 大气污染物综合排放标准
- GB/T 22512.1 石油天然气工业 旋转钻井设备 第1部分：旋转钻柱构件
- GB/T 31033 石油天然气钻井井控技术规范
- GB 50194 建设工程施工现场供用电安全规范
- HJ 493 水质采样、样品的保存和管理技术规定
- AQ 2004 地质勘探安全规程
- DZ/T 0054 定向钻探技术规程
- DZ/T 0148 水文水井地质钻探规程
- DZ/T 0260 地热钻探技术规程
- DZ/T 0331 地热资源评价方法及估算规程
- DZ/T 0355 气举反循环钻井的规程
- NB/T 10097 地热能术语
- NB/T 10268 地热井录井技术规范
- NB/T 10269 地热测井技术规范
- SY/T 5088 钻井井身质量控制规范
- SY/T 5415 钻头使用基本规则和磨损评定方法
- SY/T 5431 井身结构设计方法
- SY/T 5467 套管柱试压规范
- SY/T5600 石油电缆测井作业技术规范
- SY/T 5876 石油钻井队安全生产检查规定
- SY/T 5957 井场电气安装技术要求
- SY/T 6057 塔型井架拆装与整体运移作业规程
- SY 6355 石油天然气生产专用安全标志
- SY/T 6543 欠平衡钻井技术规范
- SY/T 6592 固井质量评价方法
- SY/T 6690 井下作业井控技术规程
- SY/T 6857.1 石油天然气工业特殊环境用油井管第1部分：含 H₂S 油气田环境下碳钢和低合金钢油管和套管选用推荐做法
- DB12/T 664 地热井资源评价技术规程
- DB13/T 2553 地热回灌运行操作规程
- DB13/T 2554 单井地热资源评价技术规程

3 术语与定义

NB/T 10097-2018 界定的以及下列术语与定义适用于本文件。

3.1

地热生产井 geothermal productive well

用于开采地热资源、灌注地热尾水或检测地下水情况的圆形通道。包括开采井、回灌井和监测井。

3.2

开采井 production well

用于将地下热水或地热蒸汽开采出地面的地热生产井。

3.3

回灌井 reinjection well

用于将利用后的地热尾水和符合回灌标准的其他水体回注至热储层的地热井。

3.4

监测井 geothermal monitoring well

指不参与开采、回灌，仅用于监测水位、水温、流体化学组分和全井稳态温度与压力的地热井，按照监测方式可分为自动化监测井和人工监测井两种类型。

3.5

气举反循环钻进 air-lifting reverse circulation drilling

输送到一定深度的压缩空气在钻杆内腔与冲洗液混合，使钻杆内流体产生密度差形成反循环钻进的方法。

3.6

气动潜孔锤钻进 pneumatic DTH hammer drilling

以压缩空气作为动力，利用潜孔锤对钻头的往复冲击作用，达到破碎岩石的目的，被破碎的岩屑随潜孔锤工作后排出的废气携带到地表的钻进方法。

3.7

热储损害 formation damage

任何阻碍地热流体从井眼周围流入井眼的现象均称为热储损害，严重的热储损害将极大地影响地热井的产能。

3.8

热储保护 formation damage control

通过实施热储保护、防止污染的技术和措施将热储损害降至最低限度。

4 总体要求

4.1 应遵循“创新、协调、绿色、发展”的理念，并将该理念融入地热生产井项目策划、设计、施工、交付的全过程。

4.2 应坚持保护优先，节约集约，采用先进技术和经验，统筹污染治理，实现资源、生态和环境保护。

4.3 应贯彻“安全第一”准则，防控工程风险。在编制钻探工程与施工组织设计阶段，应根据项目情况，对可能存在重大安全隐患的工序应做出专项应急处置预案，主要内容应包含应急事故类型，应急小组成员及职责，应急响应流程，应急处置程序，应急演练等。

- 4.4 应在充分利用已有技术资料的基础上,开展必要的区域地质、地球化学和地球物理勘查等补充工作,再进行设计、评审和组织施工。
- 4.5 应坚持采灌均衡、清洁高效、永续合理开发、按需供能,实现科学开发利用地热资源。
- 4.6 应优先使用有利于储层保护的钻井技术和增产增效技术,以提高地热储层的保护和资源的优化利用。
- 4.7 应符合当地的相关法律法规,符合绿色勘查的管理要求。

5 工程设计

5.1 设计要求

- 5.1.1 按照施工的目的分为开采井、回灌井、监测井,按照井眼轨迹分为直井、定向井。
- 5.1.2 应有利于“安全、经济、优质、高效”的钻井施工。
- 5.1.3 应符合行业及地方相关技术标准。
- 5.1.4 应符合当地法律、法规,满足健康、安全、环境管理体系要求。
- 5.1.5 应有效保护目标储层,同时避免对其他含水层产生影响,取水井段宜采用欠平衡或平衡钻探工艺施工。
- 5.1.6 设计由地质、钻探技术人员共同编制,并经建设单位或主管部门组织专家审核通过后,方可实施。
- 5.1.7 当实际钻井情况与设计有变化,导致设计不能执行,或虽然可以执行但已不能作为质量验收与费用结算依据时,应及时变更设计并按原设计审批流程报批后执行。
- 5.1.8 应充分考虑消除地热生产井建设及取用水过程对上覆地下水影响。
- 5.1.9 试验期间废水处理标准应符合当地环保要求。

5.2 设计内容

5.2.1 前言

5.2.1.1 工程概况

项目情况、目的与任务、实物工作量。

5.2.1.2 设计编写的依据

项目任务书/合同、地热井钻井地质设计、相关行业标准及规范、成熟技术应用成果、邻井实钻资料和井位周边条件等。

5.2.2 地质设计

应在充分利用已有地质资料,包括地球化学、地球物理勘查等成果的基础上,结合项目所在地周边已有钻井工程地质情况进行设计。包括区域地质、区域构造、地层特征、钻遇地层预测、热储层特征、水温和水量预测、井位、设计井深、完井井径、井斜、录井和测井参数、抽水试验要求、钻井风险提示、含 H₂S 等有毒气体情况等。

5.2.3 质量要求

- a) 井身质量要求执行 SY/T 5088。
- b) 定向井直井段每钻进不大于 300m 宜进行短程起下钻一次,进行不少于一次的井身质量数据采集,完钻后宜进行一次井斜、方位、井深的连续测量,数据采集间隔不宜大于 30m。

- c) 斜井段每钻进 100m~200m 应进行一次短程起下钻，井身质量数据采集间隔不大于 30m。
- d) 常规定向井的最大全角变化率不宜超过 $5^{\circ}/30\text{m}$ ，如果连续三个测点的全角变化率超过 $5^{\circ}/30\text{m}$ 为全角变化率超标。
- e) 固井质量评价、套管试压执行 NB/T 10266。
- f) 地质、钻井液、录井、地球物理测井、中途测试等对钻井工程施工的要求。

5.2.4 钻井设备及场地布设

钻井主要设备和技术参数；地热井井控装置；施工场地面积、通水、通电、通路措施、场地平整；钻井平台搭建、设备安装及钻前准备。

5.2.4.1 钻井设备

- a) 应根据设计井深、地质情况、井身结构、施工时载荷等条件选择相应施工能力的钻机及配套设备。
- b) 应根据场地条件进行钻井设备动力形式要求。条件允许时应优先使用电力驱动。

5.2.4.2 场地要求

- a) 场地的大小应满足钻井设备的安装要求，钻深在 2000m 以浅时宜不小于 $70\text{m}\times 50\text{m}$ ，钻深在 2000m 以深时工作场地宜不小于 $100\text{m}\times 60\text{m}$ ，丛式井场地宜根据平台井数与井口间距合理布局，并预留钻机移动后设备摆放空间。
- b) 场地应满足电测井、固井、酸化压裂等阶段性作业设备、设施的布置安装基本要求。
- c) 施工场地形状及面积应满足各类井管、钻具、泥浆材料以及辅助设备摆放安装的要求。

5.2.5 钻井工程设计

设计内容应包括地热生产井类型，轨道，井身质量要求，井身结构，旁测管，钻进工艺，钻井液，井控，完井工艺，录井、测井和产能测试，井口装置和钻井交付等。

5.2.5.1 井身结构设计

依据地质设计要求，结合提供的钻遇地层和邻井钻井施工等情况做出井身结构设计。

- a) 井身结构设计要素
 - 包括各开次井径、深度、套管直径、套管下深及重叠要求，定向轨道，固井及止水。
- b) 井身结构设计考虑因素
 - 井身结构设计应执行 SY/T 5431，并考虑以下因素：
 - 1) 满足采水流量及井下工具尺寸要求；
 - 2) 满足完井管柱及完井作业要求；
 - 3) 重叠段应保持水泥环能有效实现两层套管间的密封。
- c) 常用井身结构尺寸
 - 1) 大流量（水量 $>200\text{ m}^3/\text{h}$ ）井可下入 $\phi 426/473\text{ mm}$ 套管作为泵室段，深度不小于 300m；下入 $\phi 244.5\text{mm}$ 筛管完井。
 - 2) 常规流量（水量 $\leq 200\text{ m}^3/\text{h}$ ）可下入 $\phi 339.7\text{mm}$ 套管作为泵室段，深度不小于 300m；采用 $\phi 177.8\text{mm}$ 筛管完井。
 - 3) 取水目的层埋藏较深，地层较复杂井可下入 $\phi 127\text{mm}/\phi 114.3\text{mm}$ 筛管完井。

5.2.5.2 旁测管设计

- a) 为满足储层温度和水位动态监测要求, 开采井和回灌井应在表层套管外安装旁测管系统(一开井径 $\geq 444.5\text{mm}$ 且井深 $\geq 800\text{m}$ 的开采井和回灌井除外)。
- b) 旁测管系统应与表层套管一同下入井内, 测管下深应大于 300m。
- c) 旁测管应与井内连通, 测管材质和管径应满足仪器下入和长期监测需求。

5.2.5.3 定向轨道设计

a) 应用范围

在以下情况, 生产井设计为直井不能达到开发利用目的时, 应进行定向轨道设计。

- 1) 地热井钻进受地面建筑物和设施影响时。
- 2) 地质构造特点采用直井不能有效地勘探开发地下热储层时。
- 3) 在遇到井下事故无法处理或者不易处理时。
- 4) 简化管网线路及减少场地占用时。
- 5) 为达到特殊开发利用目的时。

b) 设计原则

- 1) 应考虑实现定向井的目的, 有利于开发利用、管理和维护。
- 2) 在保证井底合理距离的前提下, 宜选择简单的轨道, 以减小施工难度。
- 3) 宜利用地层的各向异性、地层倾角、地层走向的自然造斜规律, 进行井口、井底、井斜角、井斜方位角、造斜率等的设计。
- 4) 造斜段应选择在硬度较小、均质稳定的地层中, 避免选择在破碎带和其它易膨胀、坍塌的复杂地层中。
- 5) 造斜点距离上层套管鞋应大于 50m。
- 6) 在选择井眼曲率时, 应减小起下钻、下套管的工作难度。增斜率宜在 $3^\circ\sim 5^\circ/30\text{m}$ 左右, 降斜率宜在 $1.5^\circ/30\text{m}$ 左右。
- 7) 造斜井段应保持均匀造斜率, 避免急弯。

c) 定向井的轨道类型选择

- 1) 热储埋藏较浅, 地层条件简单区域的定向井井身轨道宜选择由垂直段、增斜段、稳斜段组成的三段制轨道。
- 2) 热储埋藏较深, 地层条件较复杂区域井身轨道宜选择由垂直段、增斜段、稳斜段、降斜段、垂直段组成的五段制“S”型轨道。

d) 丛式井设计要求

- 1) 位移大的井宜布置在外侧, 选择较浅的造斜点; 位移小的井宜布置在内侧, 选择较深的造斜点。相邻井造斜点的深度间距不宜小于 50m。
- 2) 按整个井组的各井方位, 宜尽量均布井口, 使井口与井底连线在水平面上的投影图尽量不相交, 且呈放射状分布, 以方便轨迹跟踪。
- 3) 造斜全角变化率高、最大井斜角大的井宜布置在外侧, 造斜全角变化率低、最大井斜角小的井宜布置在内侧。
- 4) 应有平面位置图或剖面结构示意图。

5.2.5.4 钻进工艺设计

对各井段钻进方法、钻头类型、钻具组合、钻进参数、技术要求和质量保障措施提出要求。要针对保护热储层, 避免或减少地层污染等方面提出措施, 取水井段宜采用欠平衡或平衡钻探工艺。

5.2.5.5 钻井液设计

- a) 应依据地质条件、钻井工艺、邻井资料、热储温度、水源条件、钻进方法等，选用液体钻井液、气体钻井液、水气混合钻井液、泡沫钻井液等钻井液体系。
- b) 钻井液设计应包括：钻井液性能参数、钻井液配方、配置与维护处理、固控设备配置、钻井液无害化处理。
- c) 根据地温特征选用具有相应抗高温性能的钻井液。
- d) 尽可能选择无固相或低固相钻井液体系，严格控制钻井液比重和固相含量，以保护地热储层。

5.2.5.6 井控设计

- a) 应对地质情况不明，可能钻遇高压油气层、高温高压水层、含有害气体层应按 GB/T 31033 要求进行井控设计。
- b) 井控设计中应提示本井或本构造区域内有毒有害气体含量情况。
- c) 设计合理的井身结构，防止上喷下漏或下喷上漏造成液柱压力下降而引起井喷；正确选用井控装置，发现溢流应及时使用井控装备，以防止井喷的发生等。

5.2.5.7 完井工艺设计

- a) 应根据钻进地层确定完井工艺、完井各层套管下入方法、固井方法及要求、洗井方法及要求。
- b) 套管宜采用 API 标准石油套管，材质要求钢级 J-55 及以上。应对套管进行抗拉、抗压和抗挤强度校核，套管强度校核设计安全系数应达到：抗外挤系数 ≥ 1.125 ，抗内压系数 ≥ 1.1 ，采用圆螺纹时抗拉安全系数 ≥ 1.8 ，采用偏梯形螺纹时抗拉安全系数 ≥ 1.3 。
- c) 应根据不同套管材料在高温下套管强度变化曲线，考虑孔内温度对套管柱强度的影响进行套管强度设计。
- d) 若生产井存在 H_2S 、 CO_2 等腐蚀性气体，应根据 SY/T 6857.1 选用抗腐蚀性能的套管材料，并采用相应的防腐蚀保护措施。

5.2.5.8 录井、测井和产能测试

- a) 应根据地热地质条件，制定录井相关要求。包括钻时录井、岩屑录井、钻井液录井、工程录井等。
- b) 应根据地热地质条件及工程目的，制定施工过程中裸眼井段、套管井段的测井项目和要求。
- c) 根据热储层性质及钻井现场条件，明确降压试验（抽水试验）、放喷试验或回灌试验过程及要求。产能测试设计应满足 GB/T 11615 中相关要求。

5.2.5.9 井口装置和钻井交付

依据项目及建设方需求提出适宜的井口装置及安装要求、钻井交付要求。

5.2.6 施工组织与进度计划

提出施工组织及管理体系、人员配置要求，做出施工工序及进度计划。

5.2.7 职业健康、安全与环境管理保障措施

钻井、完井过程中的安全环保、职业健康措施，满足健康、安全、环境管理体系及地方法律、法规的要求。

6 钻前工程

6.1 道路勘测

6.1.1 应提前确定进场路线各限制点条件，即进场通过的城镇、村庄的道路许可，河流、公路、桥、涵洞尺寸和载重要求，各转弯位置的半径等，满足运送钻井设备及物资的车辆和钻井特殊作业车辆的安全行驶要求。

6.1.2 进入井场道路宜选择在井架前场位置。

6.2 场地和基础

6.2.1 井场地基应平整、坚固、稳定。井架底座的填方部分，不得超过塔基面积的 1/4。井场周围应设置防洪排水措施。在经受各种车辆及自然因素作用下不应发生过大变形。

6.2.2 设备基础应高于井场地面 100mm~200mm，并应排水通畅。

6.2.3 设备基础地基承载能力不小于 0.15MPa，遇不良地基应进行技术处理。

6.2.4 井场要确保井架在起升过程中和工作工况时，井架与场地过空的高压输电线的安全距离符合 AQ 2004 要求。

6.2.5 井架及设备基础可采用混凝土固定基础、钢木活动基础等，其强度必须满足施工静载和动载安全要求，并根据施工季节做好防冻和防浸泡措施。

6.2.6 井场应布置封闭式围挡，安装进出场监控器材，设置安全通道、消防通道，标识明确。

6.2.7 井场各类物品分区摆放并设置明显标识，所有安全标志图案必须符合 SY 6355 的规定。

6.2.8 井场内应按 SY/T 5876 要求布置足够消防器材，挂牌管理，定期维护，不得挪用。

6.3 设备选择

6.3.1 应结合钻井工程实际情况选择配套设备。

6.3.2 设备应优先采用电力驱动设备。不具备电力条件，可采用柴油驱动设备，应做好尾气及噪声处理，避免造成环境污染。

6.3.3 应根据各类型钻机及主要设备的用电量来确定变压器及应急备用发电机组。

6.3.4 应根据钻机类型、钻井工艺、井身结构要求，选择满足泵压、排量的钻井泵。

6.3.5 应根据钻井液固相控制需要选择合适的固控系统。

6.3.6 应根据钻机、泥浆泵的需要，确定主要动力类型和功率。

6.3.7 应根据地热生产井施工及洗井的需求，选用满足风量及风压要求的空压机。

6.3.8 应根据预期井口压力及安装套管的尺寸选择防喷器，其额定压力应大于预测井口压力的 1.5 倍，并配齐相应节流压井管汇、钻井四通、放喷管线以及内防喷工具等。

6.3.9 宜采用泥浆不落地系统进行钻井液处理，降低钻井液对环境的影响。

6.4 设备安装

6.4.1 井架安装

6.4.1.1 井架及附属设施的安装，应符合 AQ 2004 和 SY/T 6057 要求。

6.4.1.2 井架的起落作业，应有专人指挥，各岗人员必须密切配合按指令操作。在拆安过程中，塔上、塔下作业人员，应相互配合，不得违章作业。

6.4.2 钻机安装

6.4.2.1 应按照钻机各部分的安装顺序进行安装。

6.4.2.2 钻机安装完毕，应进行试运转调试，确定运转正常并经验收后方可开钻。

6.4.2.3 井场电路应符合 SY/T 5957 的规定。

6.4.3 循环系统安装

6.4.3.1 钻井液循环管线的安装，应满足钻井施工各种工况下的作业工序、流量及压力要求。

6.4.3.2 循环罐、钻井液搅拌罐、喷射加料斗、固控设备的布置与安装，应方便钻井液配制，有利于泥浆泵吸浆及方便除泥、除砂、运砂。

6.4.3.3 钻井液循环罐的容量应满足钻完井作业各工序的要求。

6.4.3.4 地热井钻进时，应至少采用振动筛、除砂器、除泥器和离心机“四级净化”。

6.4.4 安全设施安装

6.4.4.1 井场安全设施应包括：消防器材、避雷器、机械防护罩、安全护栏、三级漏电保护装置及安全标识、标牌等。

6.4.4.2 安全设施的安装应做到规范、有效。

6.4.4.3 应对井场的安全设施的有效性进行检查、记录。

6.4.5 电气设备安装

6.4.5.1 电气设备、控制开关、连接线路的布置及技术参数，应满足施工要求，安全可靠并有一定的能力储备。

6.4.5.2 应由专业电工对井场电气设备、设施的安全性、可靠性进行检查并记录。

6.4.5.3 用电设施安装应遵守 GB 50194 的相关规定。

6.5 钻前验收

6.5.1 施工单位依据建设单位提供的工程设计和相关行业技术标准（规范），结合自身的设备、人员、技术以及以往的施工经验进行施工组织设计的编制，经建设单位评审批准后方可实施。

6.5.2 开钻前，施工单位应进行钻前检查和技术交底，对施工井场的钻井及附属设备安装调试情况、安全设施配备情况、环保措施落实情况进行全面检查。

6.5.3 施工单位检查合格后，报建设单位或建设单位授权的工程监理机构复检或验收。

6.5.4 验收合格后，由建设单位或建设单位授权的工程监理机构，签发工程开工令。

7 地热生产井施工

7.1 钻进工艺

7.1.1 钻进方法选择

7.1.1.1 全面钻进优先选用聚晶金刚石复合片钻头，不适合于聚晶金刚石复合片钻头时可以选用牙轮钻头及其它钻头，根据邻井使用效果，结合岩石硬度、研磨性和地层均质性、完整性选择相应型号。

7.1.1.2 聚晶金刚石复合片钻头适用于软至中硬的泥岩、砂岩、粉砂岩、细砂岩、硬度不高的石灰岩等地层以及岩性均匀、不易泥包的地层，高研磨性地层以及卵砾石、破碎、软硬变换频繁地层可选用牙轮钻头或孕镶金刚石钻头。聚晶金刚石复合片适于较高转速，大排量钻进，可配合井底动力钻具使用。应根据地层岩性、钻进方法等选择不同型号的聚晶金刚石复合片钻头。

7.1.1.3 牙轮钻头适用于多种地层，可采用强化井底水马力方式辅助破岩。松软地层（可钻性小于5级）宜选用铣齿牙轮钻头，砂砾岩和基岩地层（可钻性大于5级）可选用镶齿牙轮钻头，研磨性地层应选择保径镶齿牙轮钻头，在造斜、侧钻、纠斜等钻进时，宜选用适合于高速旋转的牙轮钻头，高温情况下宜采用抗高温、金属密封牙轮钻头。

7.1.1.4 常用钻进方法及适用条件见表1。

表1 钻进方法及适用条件

钻进方法		适用条件	特点
全面钻进	合金刮刀钻头钻进	第四系松软地层及中硬以下较致密、完整地层钻进	钻头加工容易、成本较低，但井径不规则
	牙轮钻头钻进	第四系松软地层及完整、破碎、研磨性岩石及卵砾石层，常用于不取心钻进	适用范围广、效率高，尤其在卵砾石及破碎地层钻进较其他回转钻进效果更好
	聚晶金刚石复合片钻头钻进	软至中硬地层	聚晶金刚石复合片钻头采用低钻压、高转速获得较高的钻速，可与螺杆钻具、涡轮钻具配合应用
	气动潜孔锤正（反）循环钻进	基岩及第四系胶结、半胶结地层和卵砾石层钻进，尤其适用于缺水或供水困难地区	具有冲击和回转双重碎岩作用，孔底岩石受压小、钻效高，且不污染含水层，完井后洗井容易
	气动潜孔锤跟管钻进	含有漂石、卵砾石、不稳定第四系覆盖层，钻进深度一般<50m	以潜孔锤破碎岩石，钻头超前钻进，套管随后紧跟，对易坍塌的卵砾石地层极为有效
	气举反循环钻进	第四系砂土、砂粒层及各类稳定性较好的基岩钻进，孔深>30m后使用，超过50m后效果更佳，须保证充足施工用水	钻井液上返速度快、洗孔彻底，孔内干净，钻进效率高，完井后洗井容易，对含水层没有淤塞作用
	液动冲击回转钻进	坚硬岩层钻进，常规钻孔口径	具有冲击和回转双重碎岩作用，可以使用钻井冲洗液护孔，不受水位限制，能在深孔钻进
	泡沫钻进	地层自稳定性较好的热储层、漏失地层、高温地层钻进	适宜在缺水地区、寒冻地区施工
	喷射钻进	对泥浆泵条件要求较高，泵压不宜低于13MPa	能有效克服泥页岩层糊钻、泥包钻头，能大幅度提高钻进效率

7.1.2 常用钻具组合

7.1.2.1 不同钻进工艺的推荐钻具基本组合如表2所示。

表2 常用的钻具组合

钻进工艺	钻具组合
回转钻进 (顶驱或转盘)	常规钻具组合：钻头+钻铤+钻杆 塔式钻具组合：钻头+大尺寸钻铤+中尺寸钻铤+小尺寸钻铤+钻杆 钟摆钻具组合：钻头+钻铤（易斜地层选大钻铤或加重钻铤）+稳定器+钻铤+钻杆 满眼钻具组合：钻头+钻头稳定器（1~3个）+短钻铤+稳定器+无磁钻铤（1~2根）+稳定器+大钻铤1根+稳定器+钻铤+加重钻杆+钻杆

钻进工艺	钻具组合
井底动力钻进	钻头+井底动力钻具+钻铤+钻杆
定向钻进	钻头+弯外壳井底马达（涡轮、螺杆等）+无磁钻铤（或无磁加重钻杆）+钻铤（加重钻杆）+钻杆 钻头+井底马达（涡轮、螺杆等）+弯接头+无磁钻铤+钢钻铤（加重钻杆）+钻杆
气举反循环钻进	反循环钻头+钻铤+加重钻杆+单壁钻杆+气水混合器+双壁钻杆+双壁主动钻杆+气水龙头（气盒子+水龙头）

7.1.2.2 根据钻井口径，常用钻具规格尺寸见表3。

表3 常用的钻具规格尺寸

钻头直径（mm）	钻具组合
≥444.5	钻头+Φ203.2mm 钻铤+Φ177.8mm 钻铤+Φ127mm（或139.7mm）钻杆
311.2	钻头+Φ203.2mm 钻铤+Φ177.8mm 钻铤+Φ165.1mm（或158.8mm）钻铤+Φ127mm（或139.7mm）钻杆
241.3	钻头+Φ177.8mm钻铤+Φ165.1mm（或158.8mm）钻铤+Φ127mm（或139.7mm）钻杆 或，钻头+Φ165.1mm（或158.8mm）钻铤+Φ127mm（或139.7mm）钻杆
215.9	钻头+Φ165.1mm（或158.8mm）钻铤+Φ127mm 钻杆
152.4	钻头+Φ120.7mm 钻铤+Φ88.9mm（或101.6mm小接头）钻杆

7.1.2.3 钻具组合的选择和使用宜参照 GB/T 22512.1 的相关要求。

7.1.3 钻进及注意事项

7.1.3.1 牙轮钻头钻进

a) 技术参数

牙轮钻头钻进应按以下方式确定钻进参数：

- 1) 钻压：按破碎岩石时钻头直径单位长度所需压力计算，并结合排量、钻井液性能、钻具强度和钻铤重量等安全因素合理选择。在中硬以上岩层中钻进宜采用 0.3kN/mm～0.8kN/mm，在中硬以下较软地层中钻进可采用 0.1kN/mm～0.5kN/mm，钻压最大值不超过钻铤浮重的 80%。
- 2) 转盘转速：50r/min～100r/min 为宜。宜采用螺杆以增加转速。
- 3) 排量：1200L/min～2500L/min 为宜，设备能力允许时尽量根据最大水马力方式确定水力参数。

b) 注意事项

牙轮钻头钻进应注意以下几方面内容：

- 1) 检查钻头的型号、尺寸和完好性，按规定扭矩上紧扣。
- 2) 下钻操作要平稳，不得猛蹾猛放，防止溜钻，当遇阻划眼时，应记录井深、划眼情况及时间，以便判断遇阻原因，控制钻头工作时间。
- 3) 新钻头到底后按规范跑合钻头，分析岩性和钻头的工作情况，及时调整钻进参数，当钻头非正常工作和成本上升时应提钻更换。
- 4) 根据转盘扭矩、钻进参数变化情况以及蹩跳、阻卡等现象及时判断钻头使用工况，工况异常时应提钻更换钻头。
- 5) 钻头出井后及时观察磨损情况，分析钻头与地层的匹配效果，按 SY/T 5415 记录钻头磨损与使用情况。

7.1.3.2 聚晶金刚石复合片钻头钻进

a) 钻进参数:

聚晶金刚石复合片钻头钻进应按以下方式确定钻进参数:

- 1) 钻压: 以钻头直径单位长度 $0.10\text{kN/mm}\sim 0.49\text{kN/mm}$ 为宜。
- 2) 转速: 以 $60\text{r/min}\sim 300\text{r/min}$ 为宜。
- 3) 排量: 以 $600\text{L/min}\sim 3000\text{L/min}$ 为宜, 在机泵能力允许情况下, 尽量提高循环排量, 提高钻速。

b) 注意事项:

聚晶金刚石复合片钻头钻进应注意以下几方面内容:

- 1) 入井前保证井内清洁无落物; 搬运时防止碰撞和冲击; 使用专用上扣工具按规定扭矩上扣。
- 2) 下钻操作平稳, 中途遇阻应大排量、轻压慢转下放, 避免强行划眼。
- 3) 到底后采用低参数井底造型, 待钻头全部进入新井眼后逐渐增加至设计参数。
- 4) 在软地层中采用高转速低钻压, 在中硬以上地层中采用低转速高钻压; 根据机械钻速优化钻压和转速。
- 5) 钻头使用到后期, 或钻进情况异常时, 应及时提钻, 分析出井钻头使用情况, 按 SY/T 5415 记录钻头磨损与使用情况。

7.1.3.3 井底动力钻进

a) 使用方法

应按以下方式对井底动力钻具选择:

- 1) 根据井身结构和钻井工艺要求对井底动力机具的种类、规格型号进行选择。包括动力钻具外径与井眼直径的匹配, 排量和转速的要求, 工作钻压条件下的工作压降、输出扭矩和输出功率以及连接螺纹标准、钻具组合的强度和刚度等因素。
- 2) 为提高钻进效率, 保障井下工具使用寿命, 较软地层宜选择高转速低扭矩井底动力钻具, 较硬地层宜选择低转速高扭矩井底动力钻具。
- 3) 根据钻遇地层预测温度选择井底动力钻具, 中低温地热井可选用螺杆钻具, 高温地热井可选用涡轮钻具。
- 4) 宜采用牙轮钻头或聚晶金刚石复合片钻头与井底动力钻具配合使用, 钻进参数应在井底动力钻具使用手册的推荐范围内, 并结合钻进工况进行优化。

b) 注意事项

使用井底动力钻具应注意以下内容:

- 1) 钻井液固相含量与含砂量应满足井底动力钻具使用要求, 减少钻具磨损, 提高使用寿命。
- 2) 入井前应进行地面检查及井口测试, 包括轴承轴向间隙、旁通阀、传动轴等, 并记录井口测试压降。
- 3) 需控制下放速度, 遇阻轻压慢放, 上下活动钻具, 不得长井段带螺杆钻具划眼, 必要时起钻采用常规钻具通井。
- 4) 钻进过程中, 应准确记录泵压变化和使用时间, 判断井下动力钻具使用情况。

7.1.3.4 液动冲击回转钻进

a) 使用方法

- 1) 钻头选择

可钻性 6 级以下的塑性均质地层，应优先选用耐冲击聚晶金刚石复合片钻头；可钻性 6 级以上的地层，应优先选用耐冲击牙轮钻头。

2) 钻进参数

①牙轮钻头钻进参数

钻压：以钻头直径单位长度 0.3 kN/mm~0.6 kN/mm 为宜。

转速：以 60 r/min~100 r/min 为宜。

②金刚石钻头钻进参数

钻压：以钻头直径单位长度 0.2 kN/mm~0.5 kN/mm 为宜。

转速：以 60r/min~300 r/min 为宜。

b) 注意事项

使用液动冲击回转钻具应注意以下内容：

- 1) 使用前，应仔细检查。如现场条件具备，宜进行探伤检查。
- 2) 各处螺纹应涂螺纹润滑脂。
- 3) 钻头喷嘴当量直径应大于液动冲击器内径喷嘴处最小直径。
- 4) 液动冲击器与牙轮钻头配合使用时，应密切关注井下牙轮钻头的工作情况，谨防牙轮轴承断裂。
- 5) 液动冲击器与聚晶金刚石复合片钻头配合使用时，冲击功不宜过大，以防复合片碎裂。
- 6) 液动冲击器上下螺纹连接时应达到规定的上扣扭矩，严防松扣。

7.1.3.5 水力振荡器钻进

a) 使用方法

水力振荡器在钻具组合中的位置应注意以下内容：

- 1) 应根据实际井斜角的大小、裸眼段长度以及水力振荡器的能量衰减规律优化水力振荡器的下入位置和个数。
- 2) 当工具用于比较弯曲井眼中，或重力集中效应发生在离井底较远井段时，应将工具组合在上部钻杆中。
- 3) 在井斜较小的井眼钻井中，水力振荡器应安放在受压位置（中性点以下），以避免跳钻发生。

b) 注意事项

使用水力振荡器应注意以下内容：

- 1) 开始钻进时，不宜过大，应逐渐加压，机械钻速最快时为最优钻压，然后保持该钻压钻进。
- 2) 排量宜与设定工具的排量一致，以达到使用效果最大化。

7.1.3.6 气动潜孔锤钻进

a) 工作条件

- 1) 适用于垂直井段，井筒内涌水温度低于当地沸点，且不存在大段构造破碎带的井段钻进；尤其适用于硬度大、地层相对完整井段钻进，具有很高的钻效和经济性。
- 2) 经济钻探条件：500m 以浅井段地层涌水量小于 80m³/h，500—1500m 井段地层涌水量小于 50m³/h，1500—2500m 井段地层涌水量小于 30m³/h。
- 3) 对于井底温度比较高的井段，应选用耐高温的气动冲击器，确保冲击器逆止阀安全可靠工作。

4) 根据井径大小确定使用气动冲击器的尺寸,根据钻井井段深度确定冲击器最低耐风压限值,根据工作风压选择工作气量。

b) 技术参数

不同直径钻头推荐钻压、最大钻压和推荐转速见表 4。

表 4 气动潜孔锤钻进推荐钻压转速表

井径(mm)	推荐钻压 (t)	最大钻压限值 (t)	推荐转速 (r/min)
325~445	2.5~3.0	3.5	20~30
311~325	2.0~2.5	3.0	20~40
222~311	2.0~2.25	2.75	20~40
216~222	1.5~2.0	2.5	25~50
160~216	1.5~1.8	2.25	25~50
156~160	1.0~1.5	2.0	30~50
152~156	1.0~1.25	1.5	30~50

注: 岩性硬度偏低时, 推荐钻压和推荐转速宜取高值, 岩性硬度偏高时, 推荐钻压和推荐转速宜取低值。同直径区间钻头, 钻头直径级差宜取 3~5mm, 用于中等硬度地层钻进时取低值, 用于硬度大的地层钻进时取高值。

c) 注意事项

- 1) 每次下钻前, 应在地面进行气动冲击器试验, 正常后方可下钻。
- 2) 下钻过程中遇阻严禁旋转钻具, 需上提钻具至安全位置, 分析原因并解决后方可继续下钻。
- 3) 尽量缩短接单根时间。
- 4) 钻进时平衡控制钻压, 防止发生钻头断裂事故。
- 5) 钻进期间应观测风压和地层涌水量变化情况。
- 6) 为确保钻进安全, 应对钻压、悬重、风压、风量、转速、扭矩等基础参数进行监测并记录。
- 7) 泡沫辅助钻进: 当钻进过程中返屑不畅时, 应及时开启泡沫泵, 利用泡沫辅助排屑。当地层无水或水量很小时, 宜用地面配置好的泡沫液注入井内; 当井孔内涌水量较大时, 宜使用纯泡沫液或高浓度泡沫液注入井内。

7.2 定向钻进

7.2.1 直井段

7.2.1.1 造斜点深度小于 500m 时, 采用钟摆钻具或塔式钻具组合, 严格控制钻压、最大井斜角不大于 1°。

7.2.1.2 造斜点深度为 500m~1000m 时, 采用塔式钻具或钟摆钻具组合, 合理选择钻井参数。钻至离造斜点 50m 时减压吊打, 控制井斜角不大于 1.5°。

7.2.1.3 造斜点深度大于 1000m 时, 采用塔式钻具或刚性满眼钻具组合。稳定器和钻铤未进入地层前吊打 50m, 逐渐加至设计钻压。钻至距造斜点 100m 时, 轻压吊打控制井斜角不大于 2°。

7.2.1.4 根据造斜点的深度和井眼尺寸合理选择钻具组合和钻井参数、严格控制井斜角, 保证定向质量。

7.2.1.5 直井段钻完后，按照两测点间不大于 30m 测距进行连续测斜；在有磁干扰的井段应陀螺测斜；根据测斜数据进行井眼轨迹计算并绘制水平投影图和垂直剖面投影图，重新校核井眼轨迹。

7.2.1.6 钻具组合应带无磁钻铤，轨迹数据测量间隔应小于 100m，每次下套管前应测电子多点，随时根据直井段的井底位移情况调整造斜点位置与轨迹剖面，在满足设计要求情况下，确保可以准确中靶。

7.2.2 造斜井段

7.2.2.1 定向方法

- a) 应采用无线随钻测斜仪（MWD）进行定向造斜以及钻进连续测斜。在有磁干扰环境条件下（如丛式井）的定向造斜，应采用陀螺定向钻进。
- b) 常用定向造斜钻具组合为：钻头-井下马达（涡轮或螺杆）-弯接头-非磁钻铤-钢钻铤-钻杆；或钻头-弯螺杆-非磁钻铤-钢钻铤-钻杆。

7.2.2.2 测斜要求

- a) 井眼轨迹计算和作图应以多点测斜仪测取的数据为准，并按当地的地理位置校正磁方位角。
- b) 在有磁干扰的环境中，应以陀螺测斜仪数据作为井眼轨迹计算和作图的依据，方位角应进行子午线修正角校正。
- c) 斜井段测量井斜、方位、两测点间的测距不大于 30m。重点井段应适当加密测点。

7.2.2.3 定向井造斜要求

- a) 井下马达下井前应在井口进行试运转，工作正常方可下井。
- b) 造斜钻具下井前应按规定扭矩紧扣，遇阻应起钻通井，不得硬压或划眼。
- c) 定向造斜钻进，应按规定加压，均匀送钻，以保持恒定的钻具反扭角。
- d) 钻进时每钻进 1 个单根（约 9.5m）进行一次测斜，根据测量的井斜角和方位角及时修正反扭角的误差，并调整造斜工具面角。
- e) 动力钻具采用弯外壳井底马达钻具组合造斜。
- f) 地热定向井采用螺杆加弯接头钻具组合造斜时，宜采用 $1.5^{\circ} \sim 2.5^{\circ}$ 的弯接头；若采用弯外壳井底马达钻具组合造斜时，宜采用 $1^{\circ} \sim 1.5^{\circ}$ 的弯外壳马达。
- g) 根据地区方位漂移经验，预留方位漂移角度，避免稳斜段调整方位，保证安全经济中靶。

7.2.3 增斜、稳斜井段

7.2.3.1 常用增斜钻具组合

- a) 常用增斜钻具组合为：钻头-近钻头稳定器-非磁钻铤（根据井斜角、方位角的大小选用非磁钻铤的长度）-钢钻铤（非磁钻铤和钢钻铤的总长度为 20m~30m 之间）-稳定器-钻铤（10m）-稳定器-钻铤-随钻震击器-加重钻杆-钻杆。
- b) 增斜钻具组合中钻头直径与稳定器外径允许差值为 3mm~4mm。
- c) 增斜组合是在转盘钻的基础上利用靠近钻头的钻铤部分，使用稳定器得到各种钻具的组合。按照增斜能力的大小分为强、中、弱三种结构。配合尺寸见表 5。

表5 增斜组合配合尺寸增斜钻具组合的配合尺寸 单位：m

类型	L ₁	L ₂	L ₃
强增斜组合	1.0~1.8	—	—
中增斜组合	1.0~1.8	18.0~27.0	—
弱增斜组合	1.0~1.8	9.0~18.0	9.0
注：L ₁ 为钻头与稳定器之间长度； L ₂ 为第一个稳定器与第二个稳定器之间长度； L ₃ 为第二个稳定器与第三个稳定器之间长度。			

7.2.3.2 增斜施工要求

- 按照设计钻井参数钻进，均匀送钻，使井眼曲率变化平缓，轨迹圆滑。
- 及时测量，随钻作图，掌握井斜，方位变化的趋势。如增斜率达不到设计要求时，应及时采取措施。
- 通过调整钻井参数改变增斜率，增加钻压可使造斜率增大；减小钻压，则造斜率降低。
- 更换钻具，改变近钻头稳定器与上面相邻稳定器之间的距离。改变的范围为10m~30m。距离越短，刚性越强，增斜率越低；距离越大，增斜率越高。
- 改变近钻头稳定器与上面相邻稳定器之间的钻铤刚性，刚性越强、增斜率越低；刚性越弱，增斜率越高。
- 控制井斜方位角的变化。
- 应用变向器调整井眼方位。适用于方位漂移不大，井眼规则，井径扩大率小的中硬地层井段。
- 因地层等因素造成方位严重漂移，影响中靶或侵入邻井安全限定区域时，应运用井下马达带弯接头等方法及时调整井眼方位。
- 斜井段进行设备检修，保修时不要长时间将钻具停在一处循环或空转划眼。

7.2.3.3 常用稳斜钻具组合

- 稳斜钻具组合：钻头-近钻头稳定器-短钻铤（2m~3m）-稳定器-非磁钻铤单根-稳定器-钻铤-随钻震击器-加重钻杆-钻杆。
- 按照稳斜能力的大小，分为强、中、弱三种。配合尺寸见表6。

表6 稳斜钻具组合配合尺寸 单位：m

类型	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅
强稳斜组合	0.8~1.2	4.5~6.0	9.0	9.0	9.0
中稳斜组合	1.0~1.8	3.0~6.0	9.0~18.0	9.0~27.0	—
弱稳斜组合	1.0~1.8	4.5	9.0	—	—
注：L ₁ 为钻头与稳定器之间长度； L ₂ 为第一个稳定器与第二个稳定器之间长度； L ₃ 为第二个稳定器与第三个稳定器之间长度； L ₄ 为第三个稳定器与第四个稳定器之间长度； L ₅ 为第四个稳定器与第五个稳定器之间长度。					

7.2.3.4 稳斜施工要求

- a) 在方位漂移严重的地层钻进，为了稳定井斜方位，可在钻头上连续接上2~3只足尺寸稳定器，加强下部钻具组合的刚性。
- b) 因地层因素影响，采用稳斜钻具出现降斜趋势时，可用微增钻具组合稳斜。将近钻头稳定器与其相邻的上稳定器之间距离增加到5m~10m；减少钻头上第二只稳定器的外径（欠尺寸稳定器）。需要更强的稳斜组合，可使用双稳定器串联起来作为近钻头稳定器。

7.2.3.5 简化增斜稳斜钻具组合

- a) 增斜和稳斜井段，钻具组合都可以简化为：钻头+短钻铤+球形稳定器+非磁钻铤+钢钻铤+钻杆。
- b) 短钻铤的长短，应结合稳定器的实际大小来确定。
- c) 施工时应调整短钻铤长度和钻压的大小，改变钻具增斜，稳斜甚至降斜效果。若短钻铤长度小于4m，施工钻压偏大，则容易增斜。若短钻铤长度大于4m，施工钻压偏小，则容易降斜。以合适的短钻铤长度配合合适的钻压，达到设计稳斜要求。

7.2.4 降斜井段

7.2.4.1 常用降斜钻具组合

- a) 降斜组合：钻头-非磁钻铤-钻铤（钻头与稳定器之间的距离为10m~30m）-稳定器-钻铤-钻杆。钻头与稳定器之间的距离应根据井斜角的大小和要求的降斜率来确定。
- b) 降斜钻具组合中稳定器的外径可以较增斜、稳斜钻具组合中稳定器外径稍小些。
- c) 按照降斜能力的大小分为强、弱两种结构，配合尺寸见表7。

表7 降斜钻具组合配合尺寸 单位：m

类型	L ₁	L ₂
强降斜组合	9.0~27.0	—
弱降斜组合	0.8	18.0~27.0

注：L₁为钻头与稳定器之间长度；
L₂为第一个稳定器与第二个稳定器之间长度。

7.2.4.2 降斜施工要求

- a) 降斜段宜简化下部钻具组合，减少钻铤和稳定器的数量，甚至可用加重钻杆代替钻铤。
- b) 施工中应注意保持小钻压和较低转速。

7.2.5 定向钻井安全措施

7.2.5.1 同一裸眼井段底部钻具组合的刚性只能减少，不能增加，避免因钻具组合刚性不相容导致钻出新井眼。

7.2.5.2 防止压差卡钻。在定向钻井中，应尽量减少钻具与井壁间的摩擦力，宜加入润滑剂使泥饼摩擦系数小于0.08，宜采用环保或易酸溶、易清洗的润滑剂。下套管及电测之前应加入1.5%~2%的固体润滑剂，保证顺利施工。

7.2.5.3 预防键槽卡钻。在井眼曲率大的井段，应定期下入键槽破坏器，破坏键槽。认真记录起下钻遇阻遇卡位置，结合测斜资料分析，判断键槽位置，提前破坏处理。

7.2.5.4 其他类型的卡钻及预防。钻具组合变换时，应严格控制下放速度，遇阻不得硬压。用刚性小的钻具组合钻出的井眼，改换刚性强的钻具组合以前，应先用刚性适中的钻具组合通井划眼后，再下入刚性强的钻具组合。定向井应有良好的净化系统，应配备四级以上净化装置，使钻井液含砂量小于 0.5%。

7.2.5.5 控制钻井液性能。水平段、大斜度段应通过较低粘切钻井液、大排量循环、高速旋转钻具等方式避免出现岩屑床，减少摩擦扭矩。小井斜斜井段保持动切力不小于 6Pa，提高携屑能力，保持井眼干净，以利加快钻井速度和防止砂卡。

7.2.5.6 其他安全钻井措施。定向井使用的钻具，应比相同井深的直井强度高一级。使用 PDC 钻头或其他高效能钻头钻井，每钻进 300m（斜井段）应进行一次短起下钻。下井钻具、工具及配合接头，必须检查水眼直径和水眼内有无铁屑杂物，保证测斜仪器能顺利下入。

7.3 丛式井

7.3.1 丛式井目的

在能够避免地热生产井之间互相干扰的情况下，应采取丛式井布局，在同一施工场地进行多眼生产井施工，以减少施工占地和生产所需管线路由，达到绿色、高效、节能的目的。

7.3.2 丛式井布井模式

7.3.2.1 采灌群井模式，将所有开采井布设于一个场地形成开采井群，所有回灌井于另一个场地形成回灌井群。开采井群与回灌井群间的距离应保证开采过程中不产生热突破。

7.3.2.2 采灌对井模式，在一个场地内施工开采井和回灌井，采用定向井方式，利用目的层井段间的距离应保证开采过程中不产生热突破。

7.3.3 选择造斜点要求

7.3.3.1 造斜点位置选择应权衡考虑各地质及工程要素的影响。

7.3.3.2 造斜点宜选择在稳定性较强的地层中，注意避开容易发生漏失、破碎或坍塌等事故的岩层。

7.3.3.3 造斜点宜选择在均质性较强的地层中，注意避开含有夹层数量较多的岩层。

7.3.3.4 造斜点选位时，应尽量使斜井段处于方位自然漂移较小的地层中。

7.3.3.5 造斜点位置的选择应结合定向井的井身结构特点。

7.3.4 丛式井施工要求

7.3.4.1 钻井顺序宜先钻外侧井，后钻内侧井。

7.3.4.2 应在钻井液槽放置磁铁，并安排专人坐岗观察返出物情况。

7.3.4.3 出现与邻井相碰的征兆和现象时，应停钻，将钻具提离井底 5m 以上，分析确定原因，制定相应措施。征兆或现象主要包括：

- a) MWD 测量的当地磁场强度值超出正常值 $\pm 2\%$ 。
- b) 返出岩屑中含有水泥或铁屑。
- c) 钻具短暂放空。
- d) 钻速突然变慢。
- e) 泵压、扭矩变化异常，钻具蹩跳严重。

7.4 分支井

7.4.1 适用范围

- 7.4.1.1 地面为环境敏感地区，不允许建多个井场。
- 7.4.1.2 老井侧钻。
- 7.4.1.3 增产目的。
- 7.4.2 开窗点确认
 - 7.4.2.1 宜选择稳定、不塌不漏地层。
 - 7.4.2.2 宜避开气层、水层、盐层。
 - 7.4.2.3 宜位于稳斜段或曲率不超过 5°/30m 的井段。
 - 7.4.2.4 宜选择固井质量优质的套管段，段长不小于 20m。
 - 7.4.2.5 应避开套管接箍，选择在单根套管中上部开窗，窗口上下两端分别留出距接箍 1m 以上的间距。
- 7.4.3 施工安全措施
 - 7.4.3.1 注意保护井壁，除正常钻进外尽可能不转动钻具，活动钻具应以大幅度上提下放为主。
 - 7.4.3.2 宜采用短起下钻和分段循环的办法清除岩屑床。
 - 7.4.3.3 弯外壳体井下马达下井必须双钳紧扣，控制下放速度，防止突然遇阻。不允许用动力钻具划眼。
 - 7.4.3.4 带弯外壳体井下马达动力钻具起钻不能用转盘卸扣。
 - 7.4.3.5 钻井液要有良好的润滑性、抑制性和携砂性。

7.5 热储保护与防漏钻进

7.5.1 欠平衡钻进

为保护热储应优先采用欠平衡钻井技术，参照 SY/T 6543 执行。

7.5.2 气举反循环钻进

岩性稳定的漏失层或热储层可采用气举反循环钻进，参照 DZ/T 0148 执行。

7.6 钻井液

7.6.1 钻井液体系的选择

7.6.1.1 在结构较稳定地层钻进时，应选用聚合物钻井液、清水等钻井液。不同地层适宜的常规钻井液性能指标可参照表 8。

表 8 常规钻井液性能指标

岩层性质	钻井液类型	钻井液性能指标				
		密度 (g/cm ³)	粘度 (s) (马氏)	失水量 (mL/30min)	pH 值	含砂量 (%)
井壁稳定的基岩层	聚合物钻井液	1.05~1.10	30~35	≤10	9~10	≤5
泥岩、砂岩	聚合物钻井液	1.08~1.15	35~40	≤8	9~10	≤5
砂砾岩	聚合物钻井液	1.15~1.20	40~60	≤10	9~10	≤5
泥页岩坍塌掉块地层	聚合物钾基钻井液及加重钻井液	1.20~-1.50	60~80	≤8	9~10	≤5
漏失碳酸盐热储层	充气、泡沫钻井液、清水	≤1.0	—	—	—	—

7.6.1.2 在松散、破碎地层钻进时，应提高钻井液粘度和切力，选用较高密度优质钻井液，平衡压力钻进。

7.6.1.3 在热储层钻进时，宜选用对热储层有保护作用或对热储层损害小的钻井液。

7.6.1.4 在易水化膨胀坍塌的泥页岩地层钻进时，应使用失水量低的钻井液，宜选用钾基钻井液、钙基钻井液等具有较强抑制性能的钻井液。

7.6.1.5 钻井液气侵严重时，应采用液气分离器或除气器进行除气处理。

7.6.1.6 热储层钻进发生漏失，不宜进行堵漏作业。如果需要堵漏，宜制备暂堵型钻井液，完井后再进行解堵处理

7.6.2 常用钻井液材料

7.6.2.1 钻井液基浆材料可采用钙基膨润土、钠基膨润土、复合型膨润土。钙基膨润土须预先与纯碱混合后方可使用。

7.6.2.2 钻井液常用处理剂有纯碱（ Na_2CO_3 ）、烧碱（ NaOH ）、聚丙烯酸钾、钠羧甲基纤维素（CMC）、水解聚丙烯铵盐、腐植酸钾、润滑剂、发泡剂等。

7.6.3 钻井液施工准备和现场配置

7.6.3.1 钻井液现场作业人员应熟悉地质设计与钻井设计，并掌握钻井液设计内容。

7.6.3.2 按设计正确配备钻井液测量仪器。

7.6.3.3 应根据钻井液设计，计算钻井液材料用量、确定钻井液的制备方法。

7.6.3.4 钻井液原材料和处理剂应分类摆放、标识清楚，储放应满足“防雨、防潮、防晒、防冻”。

7.6.3.5 调配钻井液时，应优先使用淡水，无淡水条件下，需要水质处理。

7.6.3.6 宜采用烧碱（ NaOH ）控制钻井液 pH 值。

7.6.3.7 基浆配制程序：加水→加土→加无机化学处理剂→加有机化学处理剂；或者加水→加无机化学处理剂→加土→加有机化学处理剂。

7.6.3.8 处理剂应先在配置罐中溶解。加入清水后使用混浆泵均匀加入，并保持搅拌直到充分水化溶解。

7.6.3.9 膨润土浆液与处理剂胶液应分别配制，按设计配方混合并搅拌循环均匀。

7.6.4 钻井液主要性能参数

7.6.4.1 钻井液密度设计应以裸眼井段最高孔隙压力为基准，再增加一个安全附加值，一般取 $0.05\sim 0.10\text{g}/\text{cm}^3$ 。

7.6.4.2 在确保井眼清洁的前提下，宜选用较低的粘切值；钻速快导致环空当量密度增加时，宜适当提高钻井液粘度和动切力。

7.6.4.3 钻井液滤失量应综合考虑地层岩性、地层稳定性以及热储层特性等因素，合理控制。易水化坍塌泥岩地层，严格控制滤失量在 $10\text{mL}/30\text{min}$ 以内。

7.6.4.4 应最大限度地降低钻井液劣质固相含量，钻井液含砂量宜控制在 0.5% 以内。

7.6.4.5 根据地层岩性和不同种类处理剂要求，宜将钻井液 pH 值控制在 9~11。

7.6.5 钻井液性能测试

7.6.5.1 钻井液常规性能检测项目包括：密度、漏斗粘度、动切力、静切力、滤失量、pH 值和含砂量等。

7.6.5.2 正常钻进时，每 1h 检测一次钻井液密度和漏斗粘度，每 4h 检测一次滤失量和泥饼质量，每 8h 检测一次钻井液全套常规性能。

7.6.5.3 电测及下套管前，应调整钻井液性能至设计范围内。

- 7.6.5.4 钻开热储层应严格按照井控相关规定检测。特殊情况下，应加密检测。
- 7.6.5.5 钻井液测量仪应定期校检并填写校验记录，校检不合格的仪器严禁使用。

7.6.6 钻井液维护与管理

- 7.6.6.1 根据钻井液性能检测结果及井下情况，及时对钻井液进行维护处理，满足钻井作业需要。
- 7.6.6.2 较大的钻井液性能调整宜在套管内完成。
- 7.6.6.3 现场应配有足够数量的泥浆罐，以供钻井液的配置和临时存放。
- 7.6.6.4 钻进过程中，应按钻井液配方及时补充处理剂，保证钻井液中处理剂浓度和配比。
- 7.6.6.5 钻井液稳定工作温度小于 100℃，遇高温地层需增加耐高温材料。
- 7.6.6.6 井场应配备振动筛、除砂器、除泥器、离心机等钻井液固相控制设备。
- 7.6.6.7 井场应配备漏斗粘度计、比重称、失水量仪、pH 试纸和含砂量仪等，至少每 4 小时测定一次钻井液的常规性能，并做好记录。
- 7.6.6.8 钻井液处理应遵循均匀、稳定的原则。由井内钻井液总量与泵量，计算出钻井液循环一周所需时间，处理剂宜在一个或几个循环周内均匀加入。
- 7.6.6.9 钻水泥塞时，可清除受污染的钻井液，也可加处理剂使钻井液性能达到设计要求后使用。
- 7.6.6.10 易漏地层钻进，在保证井壁稳定前提下，宜降低钻井液密度，减小钻井液静液柱压力，并做好钻井液、堵漏材料和配浆材料储备。
- 7.6.6.11 易塌地层或破碎岩层钻进应严格控制滤失量，加入防塌处理剂，提高钻井液密度、粘度，若井壁仍不稳定可适当加入加重剂。
- 7.6.6.12 钻进易造浆地层时，宜使用包被剂抑制粘土分散，也可加清水稀释。
- 7.6.6.13 应执行相关环保法律法规，不使用禁用的处理剂，使用化学处理剂应注意防毒、防腐蚀，现场应配备必要的劳动防护用品。

7.7 井控

7.7.1 安装和使用

7.7.1.1 安装要求

- a) 防喷器安装完毕后，应校正井口、转盘、天车中心，其偏差不大于 10mm，并用 16mm 钢丝绳在井架底座的四角对角线上将防喷器紧绷固定。
- b) 闸板防喷器应配备手动或液压锁紧装置，手动操作杆手轮上应挂牌标明开关圈数及开关方向。
- c) 远程控制台宜安装在井场左前方，距井口不小于 25m，周围留有安全通道，同其他设施的距离应不少于 2m，周围 10m 内不应堆放易燃、易爆、易腐蚀物品。远控电源线由配电房使用专线直接引出，并设独立开关控制。
- d) 远控总气源管线由气泵单独接出，并配置排水分离器，气管线不可强行弯曲和压折。
- e) 司钻控制台应安放在有利于司钻操作的位置并固定，切不可安装剪切闸板控制手柄。
- f) 宜安装防喷器与钻机提升系统刹车联动防提安全装置，其气路与防碰天车气路并联。
- g) 放喷管线要考虑当地季节风向，接至距井口 75m 以上安全地带。管线通径不小于 78mm，使用两根时，应保持间距大于 0.3mm，并分别固定。
- h) 钻具内防喷工具的额定压力应不低于设计中要求的防喷器压力。旋塞阀定期活动，并保持处于常开状态。

- i) 热储层使用转盘钻进时, 准备一根防喷钻杆单根, 顶驱钻进时准备防喷立柱。

7.7.1.2 使用要求

- a) 防喷器安装好后要进行不超过套管抗内压强度 80%的试压, 环形防喷器封闭钻杆试验压力为额定压力的 70%, 放喷管线试验压力不低于 10MPa。
- b) 当井内有钻具时, 严禁关闭全封闸板防喷器; 环形防喷器不宜长时间关井。
- c) 热储层钻井作业期间, 定期对防喷器和闸门开、关活动。
- d) 压井管汇不能用作日常灌注钻井液用, 放喷管线、节流管汇、压井管汇应采取防堵、防漏、防冻措施。

7.7.2 各工况下井控要求

7.7.2.1 准备工作

- a) 加强随钻地层录井对比, 及时提出可靠的地质预报。在进入高压热储层前 100m, 调整钻井液密度至设计最高值。
- b) 应向钻井现场所有工作人员进行工程、地质、钻井液、井控装置和井控措施等方面的技术交底, 并提出具体要求。
- c) 实行钻井队干部在施工现场 24h 轮班“坐岗”制度, 发现问题及时组织整改。
- d) 按设计储备加重钻井液、加重剂、堵漏材料等处理剂, 对储备加重钻井液进行循环处理, 保证其性能符合设计要求。

7.7.2.2 起下钻施工井控作业

- a) 保持钻井液具有良好的护壁性和流变性。
- b) 起钻前充分循环钻井液, 使其性能均匀, 进出口密度差不大于 0.02g/cm^3 。
- c) 起钻中严格按照规定及时向井内灌满钻井液, 并做好记录、校核, 及时发现异常情况。
- d) 起完钻应及时下钻, 检修设备时应保持井内有一定数量的钻具, 严禁在空井情况下进行设备维修。
- e) 下钻时控制钻具下放速度, 避免因井下压力激动导致井漏。

7.7.2.3 测井、固井施工井控作业

- a) 测井、固井前, 应对现场技服人员进行技术交底, 就井控风险防控提出具体要求, 明确应急处置程序。
- b) 测井作业发生溢流预警时, 立即停止电测, 尽快起出井内电缆。若不具备起出电缆条件, 应立即剪断电缆实施关井, 严禁关闭环形防喷器的方法起电缆。
- c) 固井作业全过程应保持井内压力平衡, 防止因井漏、注水泥失重造成井内压力失衡导致井喷。
- d) 固井作业结束侯凝期间, 不应拆卸井控设备; 若固井质量存在缺陷影响井控安全时, 应采取有效措施进行处理。

7.7.3 防硫化氢措施

7.7.3.1 在井场明显处和有关的设施、设备处应设置安全警示标志。

7.7.3.2 钻机设备的摆放位置应考虑当地主要风向和季节风向, 生活设施和居住区宜布置在相对井口的上风方向。

7.7.3.3 井场周围应设置临时安全区, 位于当地季节风的上风方向。

7.7.3.4 在钻台上, 井架上、防喷器远控台、生活区, 安全区等处设置风向标。

7.7.3.5 施工现场配备硫化氢监测仪, 并做到设备完好, 数据准确。

7.7.3.6 钻井队应制定防 H₂S 的应急预案并组织演练，一旦硫化氢溢出，立即启动应急处置程序，作出相应的应急响应。

7.7.4 溢流的预防及处理

7.7.4.1 起下作业前，在井口附近应准备好简易防喷工具。

7.7.4.2 起下管柱时应坐岗观察与记录。起管柱的灌入量或下管柱的排出量，应与起（下）管柱的本体体积计算值相符。

7.7.4.3 停止施工期间，应及时安装简易井口或关闭防喷器全封闸板。

7.7.4.4 发生溢流时，按 GB/T 31033 执行。

7.7.5 预防井喷

7.7.5.1 工程措施

- a) 对井控设备，必须按安全作业规程进行定期试压和功能试验。
- b) 根据井口压力及井口套管尺寸选择，其安全压力不小于 14MPa。
- c) 从事钻井生产、技术和安全管理的各级人员应持证上岗。
- d) 无钻台作业时，应在防喷器顶部加装防护板。
- e) 不应采用打开防喷器或防喷器旁通的方式来泄井内压力。

7.7.5.2 钻井液技术措施

- a) 选用合理的钻井液密度，使其所形成的液柱压力高于裸眼井段地层孔隙压力，低于地层漏失压力和裸眼井段地层破裂压力。应依据随钻地层压力监测的结果，及时调整钻井液密度。
- b) 在保证钻屑正常携带的前提下，应尽可能采用较低的钻井液粘度与切力，特别是终切力随时间变化幅度不宜过大，以降低起下钻过程中的抽吸压力或激动压力。
- c) 严防压漏，在钻进过程中需要加重钻井液时，应控制加重速度，防止因加重速度过快而压漏地层。应注意控制开泵泵压，防止憋漏地层。

7.7.6 井控培训

7.7.6.1 从事钻井生产、技术和安全管理的各级人员，现场操作和服务人员应持《井控培训合格证》上岗。

7.7.6.2 井控培训合格证到期应重新培训，考核合格后，持证上岗。

7.8 录井

7.8.1 岩屑录井

7.8.1.1 岩屑捞取

- a) 捞取岩屑井深应依据地质设计要求，基岩段录井间距应为 2m。当接近易漏失层顶板时，要加密取样，每 0.5m~1m 取一包岩屑。
- b) 针对基岩顶部风化壳严重破碎且极易漏失的地热井，宜采用近钻头随钻测井技术，综合卡准地层界面。
- c) 岩屑返出地面后，录井人员应按设计的取样间距在振动筛前捞取岩屑。岩屑捞取后要进行洗样、晒（或烤）样、描述、装袋、入库等工作。

7.8.1.2 岩屑处理

- a) 清洗岩屑时注意缓慢放水、充分搅动、慢慢倾倒，以防悬浮的粉、细砂和页岩等被

冲掉。清洗岩屑一般要清洗出岩屑本色，对固结不好岩屑清洗时要注意不能过量冲洗。

- b) 岩屑清洗干净后，要按深度顺序在砂样台上晾晒，在雨季或冬季需要烘烤时，要控制好烘烤温度。
- c) 岩屑要装袋，每袋应不少于 500g。装岩屑时，要把同时写好井号、井深、编号的标签放入袋内，按照井深顺序从左到右、从上到下依次排列于岩屑盒中，并在盒外标明井号、盒号、井段和包数。

7.8.1.3 岩屑描述

- a) 岩屑分层深度以钻具深度为准。
- b) 按颜色和岩性的顺序进行岩石定名。
- c) 描述内容包括颜色、矿物成分、结构、化石及含有物、物理性质和化学性质等其它内容。
- d) 测井后发现岩性与电性不符时，宜复查岩屑。

7.8.2 钻时录井

7.8.2.1 钻时录井应记录井深、进尺、纯钻进时间、放空井段等。

7.8.2.2 钻时录井井深应依据地质设计要求。

7.8.3 钻井液录井

7.8.3.1 每 4 小时应测定一次钻井液密度、粘度、失水量、含砂量、静切力变化，必要时加密测量，并记录。

7.8.3.2 当停钻时间大于 24h 时，应观测井内钻井液液面变化情况，并及时补充钻井液。

7.8.3.3 应记录发生井漏的井深、层位、漏失量、处理措施及井漏的原因。

7.8.4 自动录井

录井工作宜采用自动录井仪采集数据，实时自动监测井深、钻压、泵压、扭矩、钻井液漏失量、出口流量、温度、气体等参数。

7.8.5 其他相关录井工作宜参照 NB/T 10268。

7.9 测井

7.9.1 一般要求

7.9.1.1 井场外接电源应满足测井作业用电需求。

7.9.1.2 测井前应保持钻井液性能良好，井壁稳定。

7.9.1.3 测井前提钻要控制速度，防止产生抽汲作用，提钻无阻力方可测井，否则应通井；提钻时要连续灌入钻井液，保持环空液面不下降。

7.9.1.4 测井设备性能应要求不低于数控 ACE-5000 测井仪。

7.9.2 测井项目

7.9.2.1 测井项目应包含标准测井、综合测井和其他测井。

7.9.2.2 标准测井包括：自然电位、2.5m 底部梯度电阻率、0.4 m 电位电阻率。

7.9.2.3 综合测井包括：补偿声波、自然伽马；松散层加测双感应-八侧向，基岩加测双侧向-微球聚焦。

7.9.2.4 其他测井包括：连续测温、井斜测井、井径、固井质量、压力、流量等。

7.9.3 测井作业

7.9.3.1 测前准备

- a) 测井队应按照测井通知单的要求完成相关准备，并在约定时间前到达施工井场。如有特殊情况，不能按时到达的，应及时与钻井队沟通，协商解决。
- b) 测井队应根据测井通知单详细了解井下情况和井场安全措施等相关信息。

7.9.3.2 设备安装

- a) 现场车辆摆放、井口安装、仪器连接，参照 SY/T5600 执行。
- b) 下井仪器连接应可靠、密封良好。
- c) 应正确安装扶正器、偏心器、间隙器、柔性短节、防转短节等辅助装置。

7.9.3.3 测井施工

- a) 上提、下放电缆控制参照 SY/T 5600 执行。
- b) 多种仪器组合测井时，测井速度按其中最低测速要求执行。
- c) 测井时出现遇阻、遇卡、缠绕等复杂情况，参照 SY/T 5600 处理。
- d) 测井施工过程中，严禁人员进入电缆滚筒室，严禁人员跨越、接触电缆，严禁人员在电缆下停留。
- e) 如遇大风、大雨、雷电等恶劣天气，应停止测井施工，将仪器提至套管内。
- f) 曲线异常应分析原因，采取重复测井进行验证，必要时更换仪器或测井人员再次验证。
- g) 测井结束后，测井队应按设计要求绘制并提交测井曲线图。

7.9.4 其他相关测井工作宜参照 NB/T 10269。

7.10 固井

7.10.1 下管

7.10.1.1 下管前的准备

- a) 按要求调整钻井液性能并循环，做到井内井底无沉屑，要做好通井工作，确保下管畅通无阻。
- b) 应校正井深，井深允许最大误差 $\pm 1\%$ 。确定下管深度、筛管长度和安装位置，按下管先后次序将井管逐根丈量、排列、编号，转换接头和套管附件要提前试扣，要确保筛管安装位置与所开采热储位置对应一致。
- c) 对井管逐根通径检查，使用石油套管须将丝扣清洗干净并涂抹丝扣油，如有变形、损坏等质量问题，必须进行修复或更换。
- d) 对下管设备和工具进行检查，不符合要求的应立即进行修理、调整或更换。
- e) 做好组织、分工，明确下管程序和注意事项

7.10.1.2 下管方法选择

- a) 应根据下管深度和重量、设备能力以及井管强度、连接方式等条件选择恰当的下管方法。
- b) 地热井下管方法主要有直接提吊法、浮力塞法和凡尔法。直接提吊法适用于井管总重小于钻井设备的安全负荷，浮力塞法和凡尔法适用于井管总重大于钻井设备的安全负荷。
- c) 采用浮力塞法和凡尔法下管时，套管应进行抗挤强度校核，确保安全系数 ≥ 2 。

7.10.1.3 技术措施与要求

- a) 下管作业应统一指挥，互相配合，操作要稳。
- b) 井管下放速度不宜过快，通过复杂地层井段时下管速度应小于 0.3m/s。
- c) 下管中途遇阻时不准猛墩硬提，可适当上下提动井管或接方钻杆开泵循环，仍无效时，应将井管提出，下钻通井、循环，确认井内无砂桥和沉淀后可重新下管。
- d) 下管过程中发现井漏、井塌等现象，应及时提出井管，经处理井壁稳定后再重新下管。井管对接要保证质量，采用焊接时要防止漏焊和砂眼；采用螺纹连接时丝扣要涂油并上至规定扭矩。
- e) 套管下放过程中要时刻注意悬重变化，严密监控井管悬重、中途遇阻情况等，禁止吊卡离开井管接箍。
- f) 下管过程中，应尽量缩短井管焊接、对扣时间，以防发生吸附卡钻。
- g) 下管过程应及时做好灌浆工作。
- h) 下入螺纹连接的技术套管时，套管鞋应进入非渗透性稳定地层，且距井底应小于 3m，底部水泥塞段套管丝扣部分须段焊或涂锁紧螺纹油。
- i) 井管下至井底后，要核查井管的安放深度，确保筛管下至预定位置（与所开采热储位置一致）。

7.10.2 固井

7.10.2.1 一般要求

- a) 表层套管固井时，水泥浆宜返至地表；技术套管宜采用“全封固”或“穿鞋戴帽”方式固井。采用“全封固”方式固井时水泥浆应自管底返高至套管重叠段。采用“穿鞋戴帽”方式固井时，水泥浆自管底返高应不低于 400m，套管重叠段压入垂向深度不小于 100m，候凝后应试压合格，否则应重新进行挤水泥固井。尾管可采用一次固井或跟踪固井。
- b) 套管重叠段应用水泥封固严密并试压，压力 $\geq 6\text{MPa}$ ，稳定时间 $\geq 30\text{min}$ ，压降 $\leq 0.5\text{MPa}$ ，否则应重新进行挤水泥固井。
- c) 表层套管固井可采用 P.S.A 32.5 矿渣硅酸盐水泥，水泥浆密度 $\geq 1.70\text{g/cm}^3$ 。技术套管固井应采用 G 级油井水泥，水泥浆密度 $\geq 1.80\text{g/cm}^3$ 。
- d) 井管内水泥塞高度宜控制在 10m~30m。

7.10.2.2 技术措施及要求

- a) 固井前应做好水泥浆稠化时间试验工作，确保施工质量和安全。
- b) 固井前应循环钻井液不少于 2 个循环周。
- c) 注水泥浆前后应泵入 2m³ 的清水作为隔离液。
- d) 注水泥浆过程中，应随时监控水泥浆密度。
- e) 固井计量一般采用容积法，结合井径测井结果准确掌握溶解水量、水泥浆量和替浆量，观察分析泵压变化和井口返浆情况，确保水泥封固井段和套管内水泥塞高度。
- f) 固井结束后，应及时清洗有关设备及工具。
- g) 固井后，一般候凝 $\geq 48\text{h}$ 后方可开钻。
- h) 悬挂到上层套管固井候凝结束后应先进行抽水负压引流测试重叠段封固质量，测试合格后方可开始下阶段工作，测试不合格应按建设单位要求进行处理。

7.10.2.3 固井设备

固井应采用专用固井车，保证固井质量。

7.11 完井

7.11.1 目的层完井

7.11.1.1 目的层应下筛管完井。

7.11.1.2 筛管应采用 API 标准石油套管打孔加工而成,综合考虑筛管强度,筛管综合孔隙宜控制在 9%~12%。

7.11.2 洗井

7.11.2.1 应根据地热井类型、水文地质条件、完井工艺、钻井液类型及井管、筛管的材质、强度等确定洗井方法和洗井时间。常用以下洗井方法:洗井液浸泡洗井、活塞洗井、高压喷射洗井、空压机气举洗井。洗井要求做到水清砂净、目测无悬浮物,出水量、pH 值和水温无明显变化方可停止。

7.11.2.2 裂隙型基岩地热井宜采用空压机气举洗井。

7.11.2.3 参考 DZ/T 0260。

7.11.3 产能测试

7.11.3.1 一般要求

- a) 地热井应进行产能测试,通过测试取得地热流体压力、产量、温度等参数。完井产能测试包括降压试验和回灌试验等。
- b) 观测数据应精确到水位 1cm、水温 0.1℃。开采流量采用堰板计量时,过水堰高测量应读数精确到 1mm;采用水表计量时,开采量与回灌量读数应精确到 0.1m³。
- c) 各组试验是否达到稳定以流量变化不大于 3%,观测水位埋深波动幅度不大于 20cm/60min,考虑区域水位、潮汐的影响,没有持续下降或上升趋势为标准。
- d) 一般流体质量化验为水质全分析,水质分析样宜在产能测试结束前采集,对于需要酸化的地热井应在酸化前取样。水质全分析项目主要包括 K⁺、Na⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、Fe²⁺、Fe³⁺、NH⁴⁺等阳离子含量;Cl⁻、SO₄²⁻、HCO₃⁻、CO₃²⁻、F⁻等阴离子含量;Hg²⁺、TCr、As³⁺、Pb²⁺、Cd²⁺等有害组分含量;可溶性 SiO₂、总矿化度、固形物、总硬度、暂时硬度、总碱度、总酸度、游离 CO₂、COD_{Mn}、pH 等含量或数值;色度、浊度、嗅、味、肉眼可见物等物性分析。
- e) 宜进行水溶性气体检测。

7.11.3.2 降压试验

a) 单井降压试验

单井降压试验应按以下方式进行:

- 1) 应进行 3 次定流量降压试验,反映 Q-s_w 曲线形态。先进行大落程抽水,大落程停泵之后立即进行水位恢复观测,观测时间不少于 6h,之后再进行中、小落程降压试验。
- 2) 降压试验各落程应采用流量控制,其大小分别为 Q₃=Q_{max}, Q₂、Q₁ 分别为最大流量的 2/3 和 1/3 左右。
- 3) 大落程降压试验延续时间不少于 48h,稳定延续时间不少于 24h;中、小落程试验稳定延续时间分别不少于 12h、8h;水位持续上升或下降的,应适当延长试验时间。

b) 多井降压试验

多井降压试验应按以下方式进行:

- 1) 条件允许时,宜进行多井降压试验;

- 2) 宜进行 1~2 个落程的稳定流或非稳定流降压试验,最大一次降压的延续时间不少于 120h。如果同期观测井出现水位持续下降或水位波动较大情况,应当延长试验时间;
 - 3) 试验资料除满足单井试验的各项要求外,还应能确定降压影响半径 R 、井间干扰系数等参数。
- c) 观测要求
- 降压试验观测应按以下方式进行:
- 1) 降压试验过程中,抽水井的瞬时流量、水位埋深、出水温度和观测井的水位埋深、液面温度均应同步观测。
 - 2) 稳定流观测时间为开泵后第 1、5、10、15、20、25、30、40、60、80、100、120、150、180min,稳定后间隔 60min 观测一次。
 - 3) 非稳定流观测时间为开泵后第 1、2、3、4、6、8、10、15、20、25、30、40、50、60、80、100、120min,之后间隔 30min 观测一次。
 - 4) 大降压试验停泵后立即观测恢复水位,按非稳定流间隔时间观测,持续时间不少于 6h,要求水位和液面温度同步监测。

7.11.3.3 回灌试验

- a) 回灌方式
- 宜采用回灌管内进水方式进行回灌,回灌管应下至回灌井静水面以下 10-15m 深度,保证回灌在真空密闭条件下进行,应对回灌水进行过滤后再进行回灌。
- b) 试验操作
- 回灌试验前应对回灌水进行过滤净化处理,回灌试验应按以下方式进行:
- 1) 至少进行三组试验。宜采用定流量方法,回灌量从小到大依次进行。第一组小灌量以其产能测试时最大抽水流量的 1/4 为宜,后续每组逐级增加,最大一组灌量应达到或接近产能测试时的最大涌水量。
 - 2) 第一组试验回灌井的动水位稳定延续时间不少于 8h,第二、三组动水位稳定延续时间不少于 16h、48h。
 - 3) 停灌后应进行水位恢复观测;
 - 4) 测试资料应满足确定流体运动方程的要求。利用多组回灌试验数据建立井流方程,计算热储注水渗透系数 $K_{\text{注}}$ 、导水系数 $T_{\text{注}}$ 和回灌影响半径 $R_{\text{注}}$ 等热储水文地质参数,评价合理回灌量。
- c) 观测要求
- 回灌试验观测应按以下方式进行:
- 1) 每一组试验观测时间为回灌开始后第 1、5、10、15、20、25、30、40、50、60、80、100、120、150、180min,之后间隔 60min 观测一次。
 - 2) 回灌试验过程中,要求动水位埋深、回灌温度、回灌量同步观测。

7.11.4 资料整理

7.11.4.1 产能试验现场应绘制必要的草图(如 $Q-s_w$ 、 $Q-t$ 、 $s-t$ 、 s_w-lgt 、 $s_w-\sqrt{t}$ 曲线),以了解水位水量的变化趋势,判断是否存在降压反曲线,若存在问题应重新做试验。

7.11.4.2 试验现场应做好原始数据记录工作。

7.11.4.3 现场应审查校对观测时间、流量、水位、温度等数据,发现记录错误的应及时修正,问题数据不可涂抹,应划掉后在旁边记录正确数值,备注原因并由核对人在修正处签字。

7.11.4.4 原始记录必须保持字体清晰、干净整洁,留档备查。

7.11.4.5 产能试验完成后应按照 GB/T 11615 有关规定进行资源评价。

7.12 酸化增产

7.12.1 酸化增产适用条件

- 7.12.1.1 适用于出水量偏小，具备酸化增产的碳酸盐热储层。
- 7.12.1.2 套管无破裂、无变形和无渗漏；固井质量良好，试压合格。
- 7.12.1.3 井筒干净、无落物，用标准通径规通井合格，保证井筒畅通无阻。
- 7.12.1.4 井口装置满足酸化施工要求，场地能安全布置酸压设备车辆摆放。
- 7.12.1.5 酸化增产作业结束后，具备条件立即进行排液。

7.12.2 施工准备

7.12.2.1 作业井口及高压管汇

- a) 井口规范安装注酸（采油树）设备，要求试压合格、阀门开关灵活、控制有效，并能够按施工流程开启或关闭。
- b) 高压管汇无裂纹、无变形、无腐蚀，采用耐压不低于 35MPa 的硬管线，所有高压管线由壬头均应清洗干净并紧固。
- c) 井口装置应按设计要求用钢丝绷绳固定。

7.12.2.2 施工管柱

- a) 施工管柱规格和钢级的额定工作压力应大于施工作业最高压力，满足施工要求。
- b) 施工管柱入井前进行严格检查，不合格严禁入井。使用封隔器时，应使封隔器所承受压差低于封隔器的额定压力。
- c) 酸压施工管柱应用标准的油管规通径；液压钳上扣扭矩符合要求，密封良好。

7.12.2.3 酸化液体准备

- a) 酸液配方必须符合设计要求，根据岩屑溶蚀试验确定酸液浓度，酸量 $\geq 50\text{m}^3$ 。
- b) 碳酸盐岩地层宜加入缓蚀剂、铁离子稳定剂、缓速剂、助排剂、防膨剂等材料。
- c) 酸液有效配置量达到设计量的 1.1 倍。
- d) 所配好的液体要逐一检验并记录。

7.12.2.4 施工准备

- a) 液罐数量和有效容积满足施工设计要求。
- b) 酸化所有设备性能必须满足设计施工参数要求，配套仪器，仪表齐全、灵敏、精确。
- c) 酸化设备、提升设备、辅助设备完好可靠，保证连续完成施工，起下油管柱和排液等作业。
- d) 应根据设计要求确定注酸泵数量及技术参数。
- e) 备有足够的防护用具等物资。

7.12.2.5 技术交底及开工前检查

- a) 施工前由酸压技服人员在现场组织召开施工设计交底会议，参加施工人员必须对设计参数、施工程序和安全措施清楚，岗位职责明确。
- b) 施工前由酸压技服人员、井队作业人员共同对井口装置、酸液、施工设备和高低压管汇进行全面检查，认真核对井下管柱结构尺寸、下入深度是否达到设计要求。

7.12.3 酸化施工

7.12.3.1 关闭采油树总阀门，打开生产阀门。

- 7.12.3.2 高压管线、井口试压压力要求达到设计最高工作压力的 1.2~1.5 倍。
- 7.12.3.3 逐台开启酸压泵车，清水冲洗泵内及高低压管线，先小排量循环，等确认井筒畅通后，逐渐提高排量，清洗液量至少为油管容积的 1.5 倍。
- 7.12.3.4 酸压采用平衡压力作业时，套管平衡压力不超过 5MPa。
- 7.12.3.5 工作压力和排量稳定后及时换酸液连续按设计注入，中途不得减量或停泵，必须保持注酸的连续性。
- 7.12.3.6 施工过程中密切注意施工参数的变化，根据工作压力的高低，随时调整平衡压力，保证封隔器工作压差。
- 7.12.3.7 按设计要求泵注顶替液，停泵关井，记录停泵压力。
- 7.12.3.8 酸压施工全部过程需要实时记录压力、排量、套压等相关数据。

7.12.4 酸化后作业

- 7.12.4.1 酸化后按设计要求及时进行排液，并记录相关数据。
- 7.12.4.2 排液方式：自喷、气举和反循环排液。
- 7.12.4.3 残液要专门排放到有烧碱池子内，待中和后才能将其排走。
- 7.12.4.4 排液应在注酸作业后 16 小时内进行。避免出现残液 pH 值升高，增加酸化二次沉淀。
- 7.12.4.5 排液率要求大于 100%。
- 7.12.4.6 排液颜色由浅黄色变成基本无色，pH 值接近 7，排液工作结束。

7.12.5 安全施工及环境保护要求

- 7.12.5.1 施工作业人员进入施工作业现场应穿戴相应的劳动防护用品。
- 7.12.5.2 现场施工负责人应召开所有施工人员参加安全技术交底会议，进行安全教育。
- 7.12.5.3 施工人员应坚守岗位，注意力集中，高压作业区内不许人员来往。非施工人员应远离施工现场。
- 7.12.5.4 施工现场应配备防护用具、苏打水、硼砂水和清水，以备酸液粘浸皮肤和眼睛马上处理。
- 7.12.5.5 施工中发生管线刺漏时，必须等停泵后，先放压后整改。
- 7.12.5.6 施工作业结束后对井场进行全面清理，残液不得随意排放，以免造成井场及周边环境的污染。

8 井下复杂工况预防和处理

钻井过程中发生井下复杂工况的风险主要包括卡钻、断钻具、钻具滑扣、钻具脱扣、钻具涨扣、落物、井喷和有害气体侵害、井漏。

8.1 基本要求

8.1.1 井下复杂工况预防的基本要求

- a) 钻探前，应根据该地区地层、岩性、构造、稳定状况以及以往钻探工作发生复杂工况的经验教训，针对具体情况，制定预防措施。
- b) 操作人员应认真履行岗位职责，严格执行钻探规程，坚持“预防为主”方针。
- c) 各种钻具、管材、接头、接箍的内径、外径、丝扣长度、锥度及钻杆加厚部分等应符合技术要求，并严格进行质量检验，否则不得使用。

- d) 钻进中遇有回转阻力、动力机响声异常、泥浆泵泵压升高、井口钻井液循环中断、钻具上提或下放遇阻现象等情况时应弄清原因并及时处理。
- e) 中途停钻，应将钻具上提，必要时直接将钻具提入套管内，并向井内灌满钻井液。
- f) 要随时盖好井口，谨防井下落物。

8.1.2 井下复杂工况处理的基本要求

- a) 应常备专用处理工具，如公锥、母锥、打捞矛、打捞筒、打捞钩、打印器、防喷器、有害气体检测器、检测纸、警报装置等及专用材料，如堵漏剂、加重材料、充足的水源等。
- b) 出现复杂工况时，要正确分析判断，做到原因清、类型清、位置清，并制定详细的处理方案。
- c) 井内复杂工况的处理一般应由井队长主持，各岗位人员明确分工、密切配合。
- d) 出现复杂工况应及时处理，处理措施应积极、稳妥，并留有余地，防止措施不当造成情况复杂化。
- e) 几种复杂工况叠加时，应分清主次，如卡钻时井壁不稳定，应先护壁，后处理卡钻；如卡钻时井下有漏失，应先堵漏，后处理卡钻。
- f) 任何操作不得超过设备、工具负荷。
- g) 处理过程中应将出入井所有钻具及处理工具的规格、长度、数量详细、准确地记录在班报表上。
- h) 复杂工况处理完成后，由井队长组织全体人员，进一步剖析原因，总结经验，吸取教训，制定预防措施，杜绝类似情况发生。

8.2 卡钻的预防和处理

8.2.1 卡钻类型

在钻探过程中，常因地层条件复杂、钻井液性能不好，或者技术措施不当、操作失误等原因造成钻具在井眼内，不能上下活动或者转动，这种现象就称为卡钻。卡钻的类型：压差卡钻、沉砂卡钻、键槽卡钻、井塌卡钻、泥包卡钻、小井眼卡钻、水泥卡钻。

8.2.2 压差卡钻

- a) 防止压差卡钻的措施
 - 1) 采用近平衡钻井技术，在满足安全钻进情况下，钻井液密度尽量低，降低压差卡钻机率；
 - 2) 应经常活动钻具；上提下放，或者转动钻具活动幅度要大，一般大于 3 m；
 - 3) 保持钻井液的润滑性能，控制滤失。做好钻井液的净化工作，控制钻井液中有害固相达到要求。直井做好防斜工作，定向井要控制好井眼轨迹，防止出现不规则井段；
 - 4) 接单根时间不超过 5 min，必要时可以用转盘活动井下钻具。
- b) 压差卡钻的处理方法
 - 1) 卡钻发生后，应立即停泵，这可以消除循环带来的动液柱压力，降低压差，然后转动钻具或大力下压提拉钻具，有可能解除卡钻；
 - 2) 泡解卡剂溶液。卡钻发生后，通过测卡，准确计算卡点位置，确定解卡剂的用量。解卡剂溶液的环空液面一般高于卡点 50 m，环空液面以上钻具内预留 3

方解卡剂溶液。解卡剂一般按照一定的比例将柴油、解卡粉、清水、重晶石粉、快T按顺序搅拌均匀，用泥浆泵泵入到井内预定位置浸泡；

- 3) 清水循环。是通过降低液柱压力而减低压差，实现解除卡钻的目的。由于清水易破坏井壁，不得长时间浸泡，否则可能造成井塌，使事故进一步恶化。井眼稳定性差时，慎用；
- 4) 套铣。若以上方法都不奏效，还可选择套铣打捞。采用测卡点爆破松扣技术，取出卡点以上钻具，再下入套铣管柱进行套铣作业。

8.2.3 沉砂卡钻

a) 沉砂卡钻的预防

- 1) 在碳酸盐岩地层钻进时，随时观察钻井液漏失及泵压变化情况，并且控制钻速，一旦发生异常，立即将钻具提离井底，待泵压及其它情况正常后，再继续钻进；
- 2) 确保地面循环设备运行良好；
- 3) 因地面设备故障而使循环排量突然下降时，立即停止钻进，将钻具提离井底，并大幅度活动钻具；
- 4) 钻井液要有良好的防塌、携砂性能；
- 5) 替出为处理粘卡或泥包等而泡的解卡剂或清水时，作业应连续，突然的停泵容易造成沉砂卡钻。

b) 沉砂卡钻的处理

- 1) 沉砂卡钻不严重，以小排量顶通建立循环，并上提下压来活动钻具，尝试解卡；
- 2) 采用测卡点爆破松扣方法，自卡点位置实施爆破松扣，再下入震击器对扣，尝试震击解卡；
- 3) 震击无效，管柱被沉砂埋没的段长，可采取分段套铣、分段松扣的方法，直至管柱解卡。

8.2.4 键槽卡钻

a) 键槽卡钻的预防

- 1) 加强井眼轨迹控制，避免出现大的“狗腿”；
- 2) 起钻至可能存在键槽的井段，放慢起钻速度；若有遇卡显示，不应大力上提，而应采用“倒划眼”，破坏键槽。

b) 键槽卡钻的处理

- 1) 接地面超级下击器，尝试震击解卡；
- 2) 若震击无效，则需要套铣技术进行处理。采用测卡点爆破松扣技术，取出卡点以上钻具，再下入套铣管柱进行套铣作业。处理完成后，再次下钻时，对键槽井段划眼，破坏键槽。

8.2.5 井塌卡钻

a) 井塌卡钻的预防

- 1) 严格控制钻井液滤失量，提高防塌能力；
- 2) 保持适宜的钻井液密度，有效维护井壁稳定；
- 3) 易塌井段钻进时，宜提高钻速，减少井眼浸泡时间；

- 4) 起钻防止出现“拔活塞”现象，灌好钻井液，保持井内压力平衡；
- 5) 下钻到底开泵时应降低排量，防止憋漏地层，造成垮塌。

b) 井塌卡钻的处理

采用测卡点爆破松扣技术，取出卡点以上钻具，再下入套铣管柱进行套铣作业，打捞出井下钻具。

8.2.6 泥包卡钻

a) 泥包卡钻的预防

- 1) 钻进或循环中保持稳定、适宜的钻井液排量；
- 2) 钻井液应保持良好的性能；
- 3) 注意钻具管理和使用，防止因钻具原因而引起短路循环，在钻井作业中注意泵压的异常变化。

b) 泥包卡钻的处理

- 1) 泡解卡剂。解卡剂一般按照一定的比例将柴油、解卡粉、清水、重晶石粉、快T按顺序搅拌均匀，用泥浆泵泵入到井内预定位置浸泡；解卡剂渗透力强，可以软化破坏泥包，并有效降低接触面之间的界面张力，使泥包脱落；
- 2) 泡解卡泥浆。解卡泥浆解卡机理大致与解卡剂相同；
- 3) 震击。可采用测卡点爆破松扣技术，取出卡点以上钻具，接震击器，对扣，进行震击。起钻过程中卡死的，应进行下击；卡在井底的，应进行上击。

8.2.7 小井眼卡钻

a) 小井眼卡钻的预防

- 1) 每次起出的钻头都应检查，若直径磨小，再次下钻过程中，在遇阻位置以下井段应进行扩划眼作业，不得强行下压；
- 2) 对于膨胀性地层，应改善钻井液性能，减小地层膨胀，起钻到“缩径”位置，应采取“倒划眼”起出；下钻“缩径”位置，应进行扩划眼。

b) 小井眼卡钻的处理

- 1) 对于由钻头直径减小而在下钻过程中引发的卡钻，可大力上提，但拉力不得超过设备及钻具的负荷，或者使用上击器震击解卡；
- 2) 采用测卡点爆破松扣技术，取出卡点以上钻具，接上击器进行震击打捞；
- 3) 采用测卡点爆破松扣技术，取出卡点以上钻具，再下入套铣管柱进行套铣作业，打捞出井下钻具。

8.2.8 水泥卡钻

a) 水泥卡钻的预防

- 1) 打水泥塞前，做好准备工作。一是地面设备运行良好；二是水泥稠化时间满足施工要求；
- 2) 打完水泥塞，起钻要迅速，至预计塞面 50 m 以上后，开泵循环出多余的水泥，期间，钻具应不停转动或上下活动；
- 3) 表套、技套不宜留口袋；

- 4) 水泥凝固时间需达到设计要求，下钻遇阻不应硬压，接方钻杆开泵循环，扫水泥塞。

b) 水泥卡钻的处理

- 1) 发生水泥卡钻，采用测卡点爆破松扣技术，取出卡点以上钻具，下入套铣管柱进行套铣作业，打捞出井下钻具；
- 2) 水泥凝固时间长，无法进行套铣作业的，可采用磨鞋进行磨铣作业；
- 3) 对于水泥掉块造成卡钻，可采用泡盐酸的方法。

8.3 钻具复杂工况预防与处理

8.3.1 钻具复杂工况的类型

包括断钻具、滑扣、脱扣、涨扣。

8.3.2 断钻具

a) 断钻具的预防

- 1) 做好钻具使用前的检验、检查工作，杜绝有缺陷的钻具下井；
- 2) 加强钻井液性能监测，保持合适的密度和 PH 值，消除 H₂S 的产生和存在的条件和环境，防止“氢脆”发生；
- 3) 钻进过程中泵压变化异常时，应分析原因，测量迟到时间，发现异常，及时提钻；
- 4) 严重跳钻时，应配备减震器，以减轻交变应力对钻具的影响；

b) 断钻具的处理

- 1) 断钻铤、钻具接头，若鱼头完好，宜采用可退式打捞筒打捞；鱼头不规则，宜先采用磨鞋修鱼头，再下入可退式打捞筒打捞。也可采用合适公锥打捞；
- 2) 对于断钻杆，鱼头规则的宜采用可退式打捞筒打捞；鱼头不规则的，宜采用外引子磨鞋修鱼头，再下可退式打捞器打捞；或者下母锥使开裂的鱼头收口，再下带长筒的可退式打捞筒打捞。

8.3.3 滑扣

a) 滑扣的预防

- 1) 做好钻具使用前的检验、检查工作；
- 2) 按规定扭矩对钻具进行紧扣；
- 3) 定期更换接头及方钻杆保护接头；

b) 滑扣的处理

- 1) 因滑扣而落井的钻杆，可采用涨大接头、正扣公锥打捞；
- 2) 因滑扣而落井的钻铤或接头，可选用涨大接头、正扣公锥、正扣母锥、可退式打捞筒等打捞。

8.3.4 脱扣

a) 脱扣的产生

丝扣未损坏，而由于转盘或钻柱的反转或反弹而使钻具自某部位自动退开。

b) 脱扣的处理

脱扣时，可用原钻具进行对扣，再进行紧扣。

8.3.5 涨扣

a) 涨扣的产生

钻具在井下受扭矩较大，母扣涨大，甚至涨裂；在卡钻发生后，强行转动钻具时常发生涨扣。

b) 涨扣的处理

若涨扣钻具落井，可采用正扣公锥、涨扣接头等工具打捞；或采用磨鞋修鱼头后，用可退式打捞筒打捞。

8.4 井内落物的预防与处理

a) 落物的形成

在钻探作业中，常常会发生井内落物，如钻台手工具及附件（扳手、管钳、榔头、钳牙、卡瓦牙、螺栓、螺母等）、井下工具（钻头牙轮、钻头巴掌、钻头轴承、PDC切削片、钻头镶齿、钻具碎片等）、电缆和钢丝绳等落井。

b) 落物的处理

- 1) 钻头牙轮、碎片、巴掌、钳牙、螺栓、螺母等可选用磁铁打捞器，简易一把抓等工具打捞。
- 2) 钻头镶齿、PDC 切削片等较小落物可选用随钻打捞杯进行打捞。
- 3) 对于井底落物比较复杂，用以上工具无法进行打捞时，可采用磨鞋进行磨铣。采用磨鞋的同时可以连接随钻打捞杯，以打捞中间产生的、不能通过循环携带到地表的碎小颗粒。对于电缆、钢丝绳的打捞，可采用内捞绳器和外捞绳器。

8.5 井喷和有害气体侵害预防与处理

a) 井喷和有害气体侵害的预防

- 1) 钻探前应充分了解井位区域地质构造特性和地层特性，若存在油气、煤层气，采空洞（坑）等异常地层，应提前制定预防和处理井喷的预案。
- 2) 进入异常地层前，应配制一定数量的高密度钻井液，随时准备实施压井作业。
- 3) 完成一开下管固井之后，应根据地层的预测压力，选择和安装井控装置。井控装置的配套及性能参数应符合地热流体的温度、压力、腐蚀性等要求，并按使用规范进行安装调试。
- 4) 在异常地层中钻进，应注意观察钻井液的循环状况、泵压变化以及钻井液池液面情况，及早发现溢流、溢气情况，为实施井控争取主动。
- 5) 在异常地层中提下钻，要求平稳、缓慢，防止因提钻抽吸而诱发井喷。
- 6) 钻探作业单位应定期进行专项应急演练并记录。

b) 井喷和有害气体侵害的处理

- 1) 发现井喷预兆，应采用地层压力平衡钻进技术，通过调高泥浆密度，调节与地层压力关系，达到抑涌、防喷的目的。争取“一次井控”成功，若不成功，再实施“二次井控”。

- 2) 实施“二次井控”，关井后，井口压力会不断上升，应合理控制井口压力值，使其不得超过井口装置的额定工作压力、套管最大抗内压强度的 80%、套管鞋处的地层破裂压力三项中的最小者。
- 3) 发现井喷预兆，应立即清除井台上及附近的一切火源，防止井喷发生后，造成火灾。
- 4) 对于地热蒸汽中甲烷等可燃性气体，应先用分离器分离出来，收集到储气罐后加以利用，或在放喷位置进行充分燃烧。
- 5) 发生硫化氢等有害气体侵害情况时，工作人员应佩戴好正压式呼吸器。

8.6 井漏的预防和处理

8.6.1 井漏的预防

井漏预防措施包括：

- a) 采用优质钻井液，要求比重小、粘度高、失水量低；
- b) 接近易漏碳酸岩地层顶板，做好岩屑录井和钻时录井，控制钻速并做好钻井液循环，卡准地层，下入套管封闭上部不稳定地层；
- c) 孔隙型地层钻进要做好钻井液净化和通井工作，防止钻井液密度过高和井内岩屑过多，导致液柱压力大于地层孔隙压力，而压漏砂岩地层；
- d) 控制下钻速度，开泵不可过猛，改善钻井液流变性，深井下钻要分段循环，以防压力激动造成井漏；
- e) 钻进中要注意泵压变化，开泵时要观察井口液面，钻井液循环时要注意地面液面变化，发现井漏要将钻具提至安全井段，静止一段时间（一般静止 20 h~24 h）后，下钻至井底开泵循环不漏，方可继续施工；
- f) 进入断层、漏失层前，现场地质人员做好井漏提示；出现特殊情况时可考虑提前完钻。
- g) 若钻进速度过快，井内或钻井液残留固相过多，应停钻循环净化处理。

8.6.2 井漏的处理

a) 孔隙与微裂缝漏失堵漏

漏失量小，井口能够返流，宜采取下列措施：

- 1) 惰性材料堵漏。加入 3%左右的惰性堵漏材料随钻循环，在漏失位置架桥封堵；
- 2) 交联封堵。部分水解聚丙烯酰胺（PHP）或水解聚丙烯腈钠盐（HPAN）钻井液中加入 CaCl_2 、石灰或水泥作交联剂封堵。

b) 压差引发的漏失堵漏

压差引发的漏失时，宜采取下列措施：

- 1) 降低钻井液密度。采用逐步稀释钻井液、降低钻井液密度，平衡地层孔隙压力止漏；
- 2) 充气钻井液止漏。通过向钻井液中加入泡沫剂并充气，形成可循环微泡沫。降低钻井液密度（ $0.60 \text{ g/cm}^3 \sim 0.95 \text{ g/cm}^3$ ）的方法达到止漏目的；

- 3) 单向压力暂堵。加入 1%~3% 的单向压力堵漏剂随钻封堵，压力消失或降低后自行解堵。此法宜用于取水层作屏蔽产层的暂堵剂。

c) 裂缝和破碎带漏失堵漏

裂缝和破碎带漏失时，宜采取下列措施：

- 1) 堵漏浆液在液柱压力下迅速失去水分，在井壁形成一层致密、具有较高强度的滤饼封堵漏失层；
- 2) 水泥护壁堵漏。宜选择速凝、早期强度高、密度低的硫铝酸盐水泥，也可选择普通硅酸盐水泥加速凝剂、早强剂。作业前应检测水泥浆性能指标，包括水灰比，浆液密度、初凝和终凝时间，再用平衡法灌注水泥浆。

d) 涌漏交替或漏失带存在迳流的堵漏

涌漏交替或漏失带存在迳流漏失时，应使用速凝浆封堵。可先灌注部分速凝胶体，在漏层通道狭窄处凝固，再注入普通水泥浆。选定速凝胶体的配方(如石灰水、水玻璃混合物)，根据漏失层深度计算浆液输送时间，确定加量。

e) 大裂缝和溶洞漏失堵漏

大裂缝和溶洞漏失时，宜采取下列措施：

- 1) 充填与堵漏液复合封堵，从井口投入碎石、粗砂、水泥球至井底，灌注堵漏浆液；
- 2) 尼龙袋桥堵，将钻杆用销钉或安全接头与有弹性的橄榄形的大尼龙袋连接，下放到溶洞漏失部位后，从井口注入定量的水泥浆，硬化后扫孔。

9 工程质量的验收与评定

达到以下所有条件的地热生产井可评定为合格：

- a) 水温水量满足设计要求。
- b) 采、灌热储层与设计目的热储层一致。
- c) 井眼轨迹满足设计要求。直井垂直度满足设计要求；定向井靶点位置的主要参数井底方位角、井底水平位移等满足设计要求。
- d) 完井质量满足设计要求。主要包括井身结构、套管质量、固井质量等满足设计要求。
- e) 采集及测试项目满足设计要求。主要包括岩屑录井、物探测井、钻时录井、钻井液录井、产能测试等满足设计要求。
- f) 实物地质资料(岩屑、水样等)按设计取得，原始记录与钻井技术档案整洁、准确、齐全、真实。

10 健康、安全与环境保护

10.1 健康管理及措施

10.1.1 钻井施工单位应为施工人员提供相应劳动保护用品，预防职业病发生，并应安排定期体检，做好疾病预防工作，确保饮食和作业场所卫生。

10.1.2 施工人员健康和体能状况应能胜任本职工作。施工单位应合理安排作息，避免人员疲劳或带病作业。

10.1.3 根据季节特点，施工单位应采取防暑降温和冬季御寒措施，保障施工人员健康。

10.2 安全管理及措施

10.2.1 管理制度

10.2.1.1 施工单位应具有安监部门颁发的安全生产许可证,并根据非煤矿山安全管理的有关规定,建立安全生产规章制度并落实。

10.2.1.2 施工单位应按规定设置安全生产管理机构,井队应配置专(兼)职安全员。

10.2.1.3 施工单位应制定安全保障制度、应急救援预案和现场处置方案,并负责组织实施。

10.2.1.4 施工现场应建立安全生产管理档案。

10.2.1.5 安全生产管理机构应定期对工地进行安全生产检查,消除安全隐患。

10.2.1.6 井队应严格执行安全操作规程,落实安全生产责任制。

10.2.1.7 施工单位应做好特殊地区、特殊气候条件下的安全生产管理工作,制定相应的安全措施。

10.2.2 井场设备搬迁与安装安全要求

10.2.2.1 应对钻井设备迁移路线所经过的公路、桥涵进行实地踏勘和调研,并采取必要的安全措施。

10.2.2.2 在气候条件许可的情况下方可进行设备的吊装作业。

10.2.2.3 使用起重机械起吊钻井设备时,应遵守 GB 6067 相关规定。

10.2.3 现场人员安全

10.2.3.1 施工作业人员必须接受三级安全教育,经考核合格后方准上岗。

10.2.3.2 上班前 8 小时和上班时不准饮酒。进入井场工作时,必须整齐穿戴工作服和工作鞋,戴好安全帽。

10.2.3.3 高空作业时,必须系牢安全带。

10.2.3.4 电气焊等特种作业人员应持证上岗,特种作业应遵从作业审批制度。

10.2.3.5 井场修建、井架基础加固、设备选型布设以及井场安全防护设施等应符合钻井工程设计的相关规定。

10.2.3.6 严格遵守防火规定,动火作业前,应清理周围可燃、易燃物,并配备灭火器。

10.2.3.7 施工过程中做到三不伤害。

10.2.4 井场用电安全规定

10.2.4.1 井场用电应遵守 GB 50194 的相关规定。

10.2.4.2 井场用电线路应采用电缆,电缆应架空或在地下作保护性埋设。

10.2.4.3 电气设备及其启动开关应安装在干燥、清洁、通风良好处。

10.2.4.4 电气设备熔断丝规格应与设备功率相匹配。不得使用铜、铁、铝等其他金属丝代替熔断丝。

10.2.4.5 工地应配备专职电工,电气作业时应至少有两人,修理电气设备时,应切断电源,设监护人并悬挂警示牌,非电气工作人员不得进行与电气有关的作业。临时电源等使用完毕后,应及时拆除。

10.2.5 现场操作安全规定

10.2.5.1 开钻前,应对设备安装情况、安全防护和安全警示设施及安全措施进行检查,验收合格后方可开钻。

10.2.5.2 应经常检查绞车的制动装置、离合装置、吊卡、游动滑车、吊钳和其他专用工具等,确保灵活可靠。

10.2.5.3 经常检查机械传动系统、钻井液低压和高压循环系统、气路控制系统等，确保维护到位灵活可靠。

10.2.5.4 操作升降机应平稳，不得猛拉猛放，不得同时使用刹把和升把。钻具升降过程中不得用手触摸钢丝绳。

10.2.5.5 提下钻具时，孔口操作人员应站在钻具起落范围之外；摘、挂吊卡或提引器时，不得用手抓其底部；提完钻后应立即盖好井口；操作升降机未锁住制动闸时，操作员不得离开操作台。

10.2.5.6 需大吨位提升、大扭矩旋转、大泵压循环等具有一定危险性的操作时，除直接操作人员外，其他人员应撤离至安全距离之外。

10.2.5.7 钻具处于悬吊或倾斜状态时，不得用手探摸或伸头探视悬吊钻具内部。提升拧卸钻柱过程中，井口人员不得手扶吊卡或垫叉底部。

10.2.5.8 设备运转时，禁止进行机器部件的擦洗、拆卸和维修。

10.2.5.9 复杂钻进工况，应由熟练的司钻操作。

10.2.6 井内事故处理安全规定

10.2.6.1 处理井内事故前，应全面检查井架构件、天车、游动滑车、钻井钢丝绳、大钩、水龙头等设备，指重表、扭矩表、泵压表等仪表准确灵敏，动力及传动设备工况良好。

10.2.6.2 处理井内事故时，应由机、班长亲自操作，并设专人指挥。

10.2.6.3 禁止在处理事故中超过设备和机具的安全负荷。

10.2.6.4 处理井内事故时，防止工具掉入井内，造成双重事故。

10.2.7 其他安全防护规定

10.2.7.1 冬季施工要做好气路和钻井液高低压管路防冻工作，防止因低温冻结造成事故。冬季还应做好防滑工作。

10.2.7.2 井架应设置避雷装置。避雷装置的安装应符合 AQ 2004-2005 的相关规定。

10.2.7.3 井场内应配备足够数量消防器材，要适宜扑灭电气和油料火灾，定点摆放及时更新。

10.2.7.4 大风、暴雨等恶劣天气（风力5级及以上）应停止钻进施工，采取相应防范避险措施。

10.2.7.5 使用具有腐蚀性钻井液处理剂如氢氧化钠等，应做好个人防护。

10.2.7.6 应注意运油、储油安全，避免造成安全事故。

10.2.7.7 做好危险化学品管理，危险化学品应单独存放，并做防雷、防静电等防护措施，并加强通风。

10.3 环境保护及措施

10.3.1 井位确定后，应对井场周围的自然环境（地质、地貌、水环境、植被、生物、大气、土壤和人文环境等）进行调查或评价，依据有关法律、法规和绿色勘查相关要求，制定环境保护具体方案和措施。

10.3.2 进行地面洒水、地面硬化、裸土覆盖等措施，减少井场扬尘。

10.3.3 应配备并全程使用泥浆不落地系统进行钻井液处理。

10.3.4 配制钻井液应选用无毒害的化学处理剂。

10.3.5 采取措施降低设备噪音，在居民区施工应安装隔音带和消声装置。

10.3.6 防止有害气体外溢，现场配备有害气体检测仪器，做好安全防范。

10.3.7 井场应有简易公共厕所和生活垃圾箱，并做好清洁消毒和清理外运工作。

10.3.8 洗井和降压试验时，应做好地热水的排放处理，不得随意排放，处理达标后排放至环保部门指定位置。

10.3.9 钻井工程竣工后，废弃钻井液、污水、淤泥、岩屑和油料污染的土壤等应进行固化或无害化处理，处理率应达到 100%。

10.3.10 竣工撤离后，施工场地及营地应进行土地复垦或恢复原来的自然地貌和景观。

11 资料整编

11.1 资料汇交

11.1.1 钻井工程竣工后，应对工程实施整个过程中所形成的、具有保存价值的文字、图、表、影像等技术材料进行整理、编目、造册、建档，并按规定保管，按要求将成果汇交。

11.1.2 钻井工程技术档案应以合同项目或单井为单位立档。

11.1.3 封面应有档案编号、工程起止日期、编写人和审查人姓名以及提交日期等信息。

11.1.4 资料应真实、完整、准确，责任签署完备，字迹工整、清晰。任何单位和个人不得篡改、伪造原始资料和监测数据。

11.2 记录及报告

11.2.1 记录包括：钻井设备安装检查验收表、钻井开钻通知书、地热钻探班报表、钻具丈量记录表、钻时原始记录、钻井地质原始记录、完井井管滤水管排列记录、降压及回灌试验记录、恢复水位观测记录、钻井完井质量验收单、钻井井史。

11.2.2 报告及综合成果包括：钻井施工设计书、完井报告、单井资源评价报告、各种测井曲线和测井解释、钻井地质综合柱状图、降压及回灌试验报告、水质及岩样检测报告、完钻总结报告等。

附录 A

(资料性附录)

《XXX 开采井/回灌井/监测井钻井施工设计书》编写提纲

A.1 前言

阐述项目情况、目的、任务、实物工作量、设计依据等内容。

A.2 地质概况

区域构造、区域地层特征、钻遇地层预测、热储层特征、水温和水量预测、风险分析。

A.3 质量要求

井身质量要求等。

A.4 定向井设计

基本数据、轨道设计等。

A.5 井身结构设计

井身结构设计原则、井身结构、井身结构数据表、井身结构示意图。

A.6 钻井设备、工具

施工设备，工具选型。

A.7 钻进工艺设计

钻头选型、钻具组合、钻进参数、钻井液、施工操作要点。

A.8 井控设计

井控设计原则、井控主要措施、井控要求等。

A.9 测井及录井

测井项目、岩屑录井、钻时录井、钻井液录井等。

A.10 套管选材

套管材质及强度校核等。

A.11 固井设计

固井目的、固井方法、固井施工工艺、固井质量要求。

A.12 洗井

洗井方法、洗井作业要求等。

A.13 产能测试及取样

产能测试要求、取样要求等。

A.14 质量保障措施

施工质量控制措施、常见事故应急处理措施、突发事件应急处理措施等。

A.15 职业健康、安全、环保要求

施工安全技术措施、现场文明环保施工措施、消防保卫措施、冬雨季施工技术措施。

A.16 钻井进度计划

施工工艺流程及工期、施工进度保证措施。

A.17 项目组织机构

施工准备、劳动力配备计划。

A.18 钻井资料要求

钻井资料记录文件、资料归档要求。

附录 B

(资料性附录)

《XXX 开采井/回灌井/监测井完井报告》编写提纲

B.1 概述

包括工程项目来源、工程性质和目的,地理位置、坐标与交通概况(插入交通位置图),开钻日期、完钻日期、验收日期,完成工程量,水温、水量、水质等主要指标是否满足设计及合同要求、地热井定级等。

B.2 钻井施工

1. 钻井设备

钻井设备、仪器、工具的型号、规格、数量、技术参数等(列表)。

2. 钻井工艺

1) 井身结构

附地热井实际井身结构图。

2) 钻进方法

阐明采用的各种钻进方法、钻具组合、钻头、钻进参数、操作方法等。

3) 钻井液

阐明使用的钻井液类型、配制方法、固控净化、管理与维护、护壁堵漏和热储保护技术与措施等。

4) 施工质量保证措施

防斜打直措施、定向井轨迹控制措施、复杂地层施工措施、事故预防措施、事故处理方法以及针对钻井安全、提高钻进效率和热储保护采取的专项技术对策及效果等。

3. 录井及地球物理测井

采样、录井、编录方法及成果(附岩屑录井记录表 D.0.4)。

测井设备型号、测井方法、时间、测井项目、比例(附测井解释成果表)。

4. 完井工艺

阐明下管、止水(固井)、洗井方法等,以及效果和质量检验结果(附地热井固井记录表 D.0.5)。

B.3 产能/回灌能力测试

产能测试采用的方法和试验过程及取得的成果(包括水样采取及送检情况),(附降压试验原始观测记录表 D.0.6)。

B.4 地热水水质分析

用途分析、腐蚀及结垢分析、环境影响分析(附水质分析报告)。

B.5 施工组织管理、安全技术与文明施工、环境保护。

B.6 地质认识

1. 地质构造条件

结合地热井实钻地质资料,简述地热井所处构造位置及构造特征。

2. 地层概况

1) 地层划分

依据岩心描述、岩屑录井、物探测井、钻时录井、钻井液录井等实际资料划分地层。

2) 地层描述(细分到层、组)

包括地层埋深、地层厚度、空隙度、渗透率、泥质含量、电性参数、地层接触关系等,岩屑描述。

3. 目的热储层特征

包括热储层顶板埋深、揭露厚度，含水层岩性特征；孔隙型热储要描述颗粒成分、胶结物及胶结程度、砂厚比、空隙度、泥质含量、渗透率等水文地质参数；基岩裂隙型热储要描述裂隙发育情况、空隙度、泥质含量、渗透率等；降压试验主要成果；根据水质分析结果，确定热水的类型、pH 值、矿化度等。

B.7 结论与建议

地热工程成果概述、主要经验、存在的主要问题。

B.8 附件

附件一：XXX 开采井/回灌井/监测井井管排列表（见附录 E.3）

附件二：XXX 开采井/回灌井/监测井岩屑记录表（见附录 E.4）

附件三：XXX 开采井/回灌井/监测井固井记录表（见附录 E.5）

附件四：XXX 开采井/回灌井/监测井综合柱状图

附录 C

（资料性附录）

《XXX 开采井/回灌井/监测井测井报告》编写提纲

C.1 前言

1. 任务来源
2. 测井任务
3. 任务完成情况
4. 提交成果

C.2 地热井施工概况

C.3 测井施工及质量评价

1. 测井施工单位及仪器型号
2. 测井情况
3. 测井质量评价

C.4 测井资料处理

1. 测井资料预处理
2. 测井解释模型
3. 处理参数选择

C.5 井温资料分析

C.6 测井解释

1. 地层划分
2. 储层综合评价

C.7 工程测井评价

1. 井身轨迹
2. 固井质量评价

C.8 结论及建议

1. 结论
2. 建议

C.9 附件

附表一：地热井测井解释成果表（中间）

附表二：地热井测井解释成果表（完井）

附录 D

(资料性附录)

《XXX 开采井/回灌井地热资源评价报告》编写提纲

D.1 前言

1. 概况

- 1) 项目概况
 - 2) 地热井概况
井口坐标和标高、测点至自然地面的距离；井深、井径、直井/定向井、水量、水文等。
- ###### 2. 完成工作量及质量评述

D.2 开采区块地质条件

1. 构造特征

2. 地层概况

3. 地热地质条件

大地热流、地温场特征。

4. 热储层特征

5. 开发利用现状

周边地热井及开发利用现状、动态监测等资料。

D.3 地热井施工及分析

1. 完井结构及资料采集

- 1) 完井结构
- 2) 固井情况
- 3) 录井情况
- 4) 测井情况

2. 钻遇地层特征

3. 热储层特征

热储盖层岩性、厚度变化、对热储的封闭情况及其地热增温率；热储层段的岩性、空间分布、空隙率、渗透性等。

D.4 地热井产能测试与可开采量计算评价

1. 降压试验

- 1) 降压试验基本情况
- 2) 试验过程

2. 回灌试验

- 1) 回灌试验基本情况
- 2) 试验过程

3. 数据整理与热储参数计算

- 1) 降压试验热储水文地质参数计算
- 2) 回灌试验热储水文地质参数计算

4. 地热井可灌性分析及可开采量计算

- 1) 地热井回灌能力初步估算
- 2) 地热井可采量初步估算

5. 开采保护区论证及可采资源量评价

- 1) 地热井开采影响半径计算
- 2) 开采影响区论证
- 3) 开采期内热储层可采热能量评价

D.5 地热流体质量评述

1. 地热流体化学特征

2. 地热流体质量评价

- 1) 地热流体腐蚀性分析

2) 地热流体结垢性分析

D.6 结论与建议

1. 结论

地热井地热资源量、可开采的控制范围、可开采量及采、灌井距等。

2. 建议

地热资源保护与可持续开发利用的建议。

D.7 附件

附件一：XXX 开采井/回灌井/监测井钻孔综合柱状图

附件二：XXX 开采井/回灌井/监测井降压试验原始观测记录表（见附录 E.6）

附件三：XXX 开采井/回灌井/监测井回灌试验原始观测记录表（见附录 E.7）

附件四：XXX 开采井/回灌井/监测井水质分析报告

E.3 地热井井管排列见表 E.3

表 E.3 地热井井管排列表

顺序	单管长度 (m)	井管规格	累计长度 (m)	相应井深 (m)	顺序	单管长度 (m)	井管规格	累计长度 (m)	相应井深 (m)
总长	m		井管高处地表	m		井管连接方法			
滤水管深度 (m)									
滤水管长度 (m)									

井队长:

记录人:

日期:

E.4 地热井岩屑录井记录见表 E.4

表 E.4 地热井岩屑录井记录

地层名称	地质、水文地质描述	钻头		备注
		种类	直径	

记录人:

审核:

E.5 地热井固井记录见表 E.5

表 E.5 地热井固井记录表

施工单位				井号				日期			
固井作业单位				固井设备名称				固井项目			
套管直径		套管钢级:		套管壁厚:				固井方法			
固井时井深		回压凡尔位置		引鞋位置		井身结构示意图					
井径											
干水泥用量	设计	干水泥型号		干水泥用量							
	实际	水泥塞预留高度		实际水泥塞高度							
水泥浆密度	设计	前置液类型		前置液数量							
	实际	水泥浆上返高度		侯凝时间							
替浆量	设计	注浆时间		实际替浆							
第二次固井	干水泥用量	干水泥型号									
	水泥浆密度	替浆量									
试压情况		井口压力									
		稳定时间									
质量控制过程及结果评价:											
施工单位:			监理单位:			建设单位:					
日期:			日期:			日期:					

附录 F

(规范性附录)

XXX 开采井/回灌井/监测井综合柱状图

F.1 XXX 开采井/回灌井/监测井综合柱状图见图 F.1

图 F.1 XXX 开采井/回灌井/监测井综合柱状图

XXX 井综合地质柱状图					
地理位置				设计井深	
构造位置				完井深度	
井 别		钻机类别		开钻日期	
钻头程序				完钻日期	
套管程序				补心高度	

地 层	自然电位 (SP)	层底深度	地层厚度	岩性	视电阻率 (RA2.5)	岩性描述	井身结构