

中低温地热钻探技术规程

Low-medium geothermal drilling regulations

2014 - 11 - 18 发布

2014 - 12 - 18

天津市市场监督管理委员会 发布

目 次

前言 V

引言 VI

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 总则 1

 3.1 目的、任务 1

 3.2 地热井钻探工作必须遵循的准则 1

 3.3 地热井钻探工作的基本要求 1

4 地热井类型、结构与施工设计 2

 4.1 地热井类型 2

 4.2 地热井结构 2

 4.2.1 地热井结构内容 2

 4.2.2 典型地热井井身结构型式 2

 4.3 钻井施工设计 2

 4.3.1 编制依据 2

 4.3.2 主要内容 2

 4.3.3 钻井施工设计编制与审批 3

5 设备选择与安装 3

 5.1 设备选择 3

 5.1.1 钻机选择 3

 5.1.2 泥浆泵选择 3

 5.1.3 井架与钻井平台选择 3

 5.1.4 钻井液固控系统选择 3

 5.1.5 井口防喷器选择 3

 5.2 场地作业要求 3

 5.3 设备安装 4

 5.3.1 井架安装 4

 5.3.2 钻机安装 4

 5.3.3 循环系统安装 4

 5.3.4 安全设施安装 4

 5.3.5 电气设备安装 4

6 钻进工艺 5

 6.1 钻井阶段及钻进方法 5

 6.1.1 钻井阶段 5

 6.1.2 钻进方法选择 5

DB ××/T ××××—××××

6.2	正循环钻进工艺	5
6.2.1	钻具组合一般要求:	5
6.2.2	牙轮钻头钻进	5
6.2.3	PDC 钻头钻进	5
6.3	气举反循环钻进	6
6.4	取心钻进	6
6.5	钻进操作要求和注意事项	6
6.5.1	钻进操作基本要求	6
6.5.2	牙轮钻头使用注意事项	6
6.5.3	PDC 钻头使用注意事项	8
6.5.4	气举反循环钻进注意事项	8
6.5.5	划眼作业	8
6.5.6	井控	9
6.5.7	井漏	9
6.6	井身质量要求	10
6.7	井身质量保证措施	10
7	钻井液	10
7.1	钻井液的选择	11
7.2	钻井液的配制	11
7.2.1	钻井液材料与处理剂	11
7.2.2	钻井液配制	12
7.3	钻井液维护与管理	12
8	成井工艺	12
8.1	通常采用的地热井井身结构	12
8.1.1	滤水管成井井身结构	12
8.1.2	射孔成井井身结构	13
8.1.3	基岩裂隙型地热井井身结构	13
8.2	成井结构基本要求	13
8.3	测井	13
8.3.1	一般要求	13
8.3.2	测井项目	14
8.4	下管	14
8.4.1	套管质量要求	14
8.4.2	下管前的准备	14
8.4.3	下管方法选择	14
8.4.4	技术措施与要求	14
8.5	止水固井	15
8.5.1	止水	15
8.5.2	固井	15
8.6	洗井	15
9	酸化增产措施	16

10	地热井完井产能测试	16
10.1	总体要求	16
10.2	水质分析	16
11	定向钻进工艺	17
11.1	定向井应用范围	17
11.2	定向井井身轨道的确定	17
11.2.1	地热定向井设计原则	17
11.2.2	定向井的轨道类型选择	17
11.3	定向井施工	17
11.3.1	直井段轨迹控制	17
11.3.2	定向造斜井段控制	18
11.3.3	定向方法	18
11.3.4	测斜要求	18
11.4	定向井造斜	18
11.4.1	动力钻具造斜	19
11.4.2	转盘钻造斜	19
11.4.3	造斜施工要求	19
11.4.4	定向井增斜	19
11.4.5	定向井稳斜	20
11.4.6	定向井降斜	21
11.5	定向钻井施工安全措施	21
12	地质录井	22
12.1	岩心录井	22
12.2	岩屑录井	22
12.2.1	岩屑录井资料	22
12.2.2	岩屑捞取	22
12.2.3	岩屑处理	23
12.2.4	岩屑描述	23
12.3	钻时录井	23
12.4	钻井液录井	23
13	钻井事故的预防和处理	23
13.1	基本要求	23
13.1.1	钻井事故预防的基本要求	23
13.1.2	钻井事故处理的基本要求	24
13.2	各类井内事故的预防和处理	24
13.2.1	卡钻事故	24
13.2.2	钻具事故	27
13.2.3	落物事故	28
14	工程质量的验收与评定	29
14.1	优良井	29

DB ××/T ××××—××××

14.2	合格井.....	29
14.3	不合格井.....	29
15	安全与健康防护规定.....	29
15.1	健康管理.....	29
15.2	安全管理.....	30
15.2.1	井场设备搬迁与安装安全要求.....	30
15.2.2	现场人员安全.....	30
15.2.3	井场安全与防护.....	30
15.2.4	井场用电安全规定.....	30
15.2.5	现场操作安全规定.....	30
15.2.6	井内事故处理安全规定.....	30
15.2.7	其他安全防护规定.....	31
15.2.8	安全管理.....	31
15.3	环境保护.....	31
16	地热井完井报告与资料归档.....	31
16.1	地热井完井报告.....	31
16.2	资料归档.....	31
附录 A (规范性附录)	地热井完井报告编写提纲.....	33
附录 B (资料性附录)	钻井液处理剂.....	36
附录 C (资料性附录)	三牙轮钻头型号选择.....	37
附录 D (资料性附录)	地热井常用套管选择.....	38
附录 E (资料性附录)	降压试验表格.....	40
附录 F (规范性附录)	地 热 钻 探 班 报 表.....	46
附录 G (资料性附录)	×× 号井成井井管、滤水管排列表.....	47
附录 H (资料性附录)	钻井设备安装检查验收表.....	48

前 言

本规程按照 GB/T -2009 给出的规则起草。

本规程由天津市国土资源和房屋管理局提出并归口。

本规程起草单位：天津地热勘查开发设计院。

本规程主要起草人：马忠平、李振杰、杜 槟、杨忠彦、徐云鹏、王 坤、鲍卫和、贾 志、钱洪强、林圣明、朱 挺、郭 充、李会娟、牟双喜、孙宝贵

本规程于 2014 年 11 月首次发布。

引 言

地热资源在天津的开发利用已有几十年的历史，开采流体为中低温地热资源，主要用于建筑供暖、居民生活热水、康乐理疗、温泉度假、农业种植、渔业养殖等领域，已经形成较大的规模。地热井钻探作为区别于水文地质钻探和石油钻探的一项钻探技术，地位和作用日趋明显。而天津地区目前还没有系统的地热钻探规程可依据实施，天津地热勘查开发设计院技术人员，自 1975 年以来通过改进水文井和借鉴石油钻井工艺，在实践中本着科学性、经济性、实用性的原则，在国内率先以采灌结合的方式开发地热资源，在利用中对地热资源加以保护，不断研究和发展地热钻探技术。地热井钻探以获取准确可靠的地热地质资料，满足地质设计要求为目的。在进行钻探设计和施工中采取切实可行的最优方法与工艺，同时要努力提高地质、施工设计的准确程度。为规范地热钻井工程，保障工程质量，天津地热勘查开发设计院组织有关技术人员，特制定本规程，以对地热钻井工程设计、设备选择、施工作业、成井工艺、产能测试、工程质量要求、安全、健康、环境管理要求、交井验收及资料汇交等内容进行标准化和规范化。

中低温地热钻探技术规程

1 范围

本规程规定了中低温地热地质钻探技术的总则、地热井类型、结构与施工设计、设备的选择与安装、钻进工艺、钻井液、成井工艺、酸化增产措施、地热井完井产能测试、定向钻进工艺、地质录井、钻井事故的预防和处理、工程质量的验收与评定、安全与健康防护规定、地热井完井报告与资料归档要求。

本规程适用于中低温地热井钻探工程，可作为地热钻探设计、施工、管理等各项工作的依据。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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/T 11615-2010 地热资源地质勘查规范

GB 50194-1993 建设工程施工现场供用电安全规范

GB 6067.1-2010 起重机械安全规程 第1部分：总则

SY/T 6059 塔型井架拆装作业规程

SY/T 5964-2006 钻井井控装置组合配套安装调试与维护

AQ 2004-2005 地质勘探安全规程

DZ/T 0148-1994 水文地质钻探规程

DZ/T 0227-2010 水文水井钻探技术规程

API Spec 7-1/ISO 10424-1 美国石油协会 钻具规范

3 总则

3.1 目的、任务

地热井钻探是地热勘探工作中取得地下地热地质资料的主要技术方法，也是开发利用深层地热资源的唯一技术手段。它的基本任务是查明热储层的岩性、层次、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，为评价和合理开发利用地热资源提供可靠的地热地质资料。

3.2 地热井钻探工作必须遵循的准则

地热井钻探工作必须贯彻执行先进行可行性论证，再进行设计、施工的原则。

3.3 地热井钻探工作的基本要求

3.3.1 满足地热钻井设计要求。

3.3.2 采用的钻井工艺技术应避免或减少对热储层的污染。

3.3.3 注意施工安全和环境保护。

3.3.4 要执行各项原始资料的记录与整理工作，提交的资料必须真实、准确。

DB ××/T ××××—××××

3.3.5 本规程中有些条款只是一般性和原则性的规定要求，在贯彻执行时允许施工单位依据具体情况制订实施细则或补充规定。

4 地热井类型、结构与施工设计

4.1 地热井类型

- a) 按地热井功能不同分为：勘探井、探采结合井、开采井、回灌井。
- b) 按热储层类型分为：孔隙型热储地热井、基岩裂隙型热储地热井。
- c) 按成井工艺不同分为：大口径填砾井、滤水管不填砾井、射孔井、基岩先期裸眼完井、地热定向井等。

4.2 地热井结构

4.2.1 地热井结构内容

地热井结构包括钻井结构、井身结构和套管程序（按习惯可统称为井身结构和套管程序，简称井身结构）。

钻井结构包括井径、井深。

井身结构包括井壁管、滤水管、沉淀管的直径和深度，以及基岩裸眼井段直径和深度，还包括固井、填砾井砾料和止水位置、射孔位置。

4.2.2 典型地热井井身结构型式

4.2.2.1 孔隙型热储井身结构

a) 滤水管井身结构

根据含水层岩性，一般可采用一开或二开井身结构。选择新近系明化镇组储层，砂岩粒径较细，为防出砂采用一开填砾井身结构，井径一般比套管直径大150mm~200mm；选择新近系馆陶组储层，砂岩胶结较好，可选择二开井身结构，根据砂岩的粒径，选择缠丝间距并包合适的铜网。

b) 射孔井身结构

对胶结较好的含水层，可在下管固井后对取水层位进行射孔成井。一般为二开井身结构。

4.2.2.2 基岩裂隙型热储井身结构

含水层上部有第四系、新近系等松散地层和水敏性基岩地层，需要几次变径下入套管柱，一般为三、四开井，除热储层破碎或强烈风化需下管外，一般取水目的段采用裸眼成井。

4.3 钻井施工设计

4.3.1 编制依据

地热钻井施工设计应根据预测地层、钻井目的进行编制，并符合相关标准及规范。

4.3.2 主要内容

主要内容包括：

a) 地热井设计依据

- 1) 地热井的地理位置、地热井类型。
- 2) 钻井目的与任务。

- b) 钻井地质设计：基本数据、地质构造条件、地层概况、热储层特征预测、钻遇地层预测、资料采集要求、录井要求、地球物理测井、降压试验方案、完井地质资料提交。
- c) 钻井工程设计：钻井设备选型、劳动力计划、井身结构、钻井进度计划、钻具组合、钻头选择、钻井液、成井工艺及保证质量的技术措施。
- d) 职业健康、安全与环境管理保障措施。

4.3.3 钻井施工设计编制与审批

4.3.3.1 由专业地质、钻探技术人员共同编制。

4.3.3.2 地热井施工设计上报地热主管部门审查。

4.3.3.3 在钻探施工中，如发现设计与实际情况不符时，应及时进行设计变更，报上级主管部门批准。

5 设备选择与安装

5.1 设备选择

5.1.1 钻机选择

地热井钻机的选择，主要根据地质情况、钻进工艺方法和设计井身结构等条件，选用的原则为最大提升载荷不能超过钻机大钩最大钩载的80%。

5.1.2 泥浆泵选择

泥浆泵的型号应根据钻机的类型、钻井工艺结合井身结构选择，排量 ≥ 1200 L/min。

5.1.3 井架与钻井平台选择

应根据钻遇地层情况选择井架与钻井平台，钻台高度应满足安装井控装置要求。

5.1.4 钻井液固控系统选择

钻井液固控系统的选择应根据钻机的类型、泥浆泵的型号和钻井工艺要求确定。

5.1.4.1 振动筛选择

单筛钻井液处理量 ≥ 1200 L / min。

5.1.4.2 除砂器选择

工作压力，0.25MPa~0.30MPa；分离颗粒， $30\mu\text{m}\sim 40\mu\text{m}$ ；处理能力，不小于 $20\text{m}^3/\text{h}$ 。

5.1.4.3 离心机选择

钻井液处理量， $30\text{m}^3/\text{h}\sim 50\text{m}^3/\text{h}$ ；最小分离点， $2.5\mu\text{m}\sim 5\mu\text{m}$ 。

5.1.5 井口防喷器选择

应根据预期井口压力及安装套管的尺寸来确定，其安全压力应大于预测井口压力的1.5倍。

5.2 场地作业要求

5.2.1 场地的大小应满足钻井设备的安装要求, 钻深在 2000m 以上时工作场地不小于 100m×60m, 钻深在 2000m 以下时不小于 70m×50m。

5.2.2 场地的大小还应满足电测井、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。

5.2.3 施工场地形状及面积应能满足各类井管、钻具、泥浆材料、辅助设备安装的占地要求。

5.2.4 井场地基应平整、坚固、稳定、适用。井架底座的填方部分, 不得超过塔基面积的 1/4。

5.2.5 井场周围应设置防洪排水措施。

5.2.6 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 AQ2004-2005 要求。

5.2.7 井架及设备基础可采用混凝土固定基础、钢木活动基础, 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。

5.3 设备安装

5.3.1 井架安装

5.3.1.1 井架及附属设施的安装, 应符合 AQ2004-2005 和 SY/T 6057-2012 要求。

5.3.1.2 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。

5.3.2 钻机安装

5.3.2.1 应按照钻机各部分的安装顺序进行安装。

5.3.2.2 钻机安装完毕, 应进行试运转调试, 井队自检无异常后, 报请上级主管部门进行设备安装验收, 验收合格后开具开钻通知书, 方可开钻。

5.3.3 循环系统安装

5.3.3.1 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。

5.3.3.2 循环罐、钻井液搅拌罐、喷射加料斗、振动筛的布置与安装, 应以方便钻井液配制, 有利于泥浆泵吸浆及方便除泥、除砂、运砂。

5.3.3.3 钻井液池的容量除应满足钻井施工中的正常循环外, 还能足以容纳固井作业时, 因打入前置液、水泥浆液及顶替液而排出的井内钻井液。

5.3.3.4 地热井钻进时, 应采用振动筛、除砂器和除泥器“三级净化”装置, 进行地热定向井施工时, 还应采用离心机做到“四级净化”。

5.3.4 安全设施安装

5.3.4.1 井场安全设施包括: 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。

5.3.4.2 安全设施的安装确保规范、安全、有效。

5.3.4.3 对井场的安全设施、设备, 安全员必须对其有效性进行经常性的检查, 并督促责任者及时整改。

5.3.5 电气设备安装

5.3.5.1 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。

5.3.5.2 对井场电气设备、设施，专业电工必须对其安全性、可靠性，进行经常性的检查。

6 钻进工艺

6.1 钻井阶段及钻进方法

6.1.1 钻井阶段

地热井钻井阶段一般分为一开、二开、三开、四开，极少数五开。

6.1.2 钻进方法选择

开钻前应根据地层岩性、地质条件和技术要求，确定钻进方法和选用钻具，可参照DZ/T 0148-1994钻进方法选择表综合考虑。一般选择正循环钻进，钻头可选用牙轮钻头或PDC钻头，漏层或目的热储层可采用气举反循环钻进。如需取心钻进应按照钻井设计要求进行。

6.2 正循环钻进工艺

6.2.1 钻具组合一般要求：

6.2.1.1 根据钻井直径和深度选择合理的钻具级配，钻具的规格、质量和技术要求应符合 API Spec 7-1。

6.2.1.2 钻进中常用钻具组合

常用钻具组合包括：

- a) 钻头直径 $\geq 444.5\text{mm}$ 时，钻具组合为：钻头+ $\Phi 203\text{mm}$ 钻铤+ $\Phi 159\text{mm}$ 钻铤+ $\Phi 127\text{mm}$ 钻杆；
- b) 钻头直径为 311.2mm 时，钻具组合为：钻头+ $\Phi 203\text{mm}$ 钻铤+ $\Phi 159\text{mm}$ 钻铤+ $\Phi 127\text{mm}$ 钻杆；
- c) 钻头直径为 241.3mm 时，钻具组合为：钻头+ $\Phi 159\text{mm}$ 钻铤+ $\Phi 127\text{mm}$ 钻杆；
- d) 钻头直径为 215.9mm 时，钻具组合为：钻头+ $\Phi 159\text{mm}$ 钻铤+ $\Phi 127\text{mm}$ 钻杆；
- e) 钻头直径为 152.4mm 时，钻具组合为：钻头+ $\Phi 121\text{mm}$ 钻铤+ $\Phi 88.9\text{mm}$ 钻杆。

6.2.2 牙轮钻头钻进

6.2.2.1 钻头选择

应根据地层岩性合理选用牙轮钻头类型，钻头结构类型见附录C。基岩以上的松散泥岩和砂岩地层，选用铣齿牙轮钻头可获得较高的机械钻速；在砂砾岩和基岩井段可选用镶齿牙轮钻头。

6.2.2.2 钻进参数选择

- a) 钻压：按钻头直径单位长度所需压力计算：在基岩面以下硬岩层中钻进宜采用 $0.4\text{kN/mm} \sim 0.8\text{kN/mm}$ ，在基岩面以上较软地层中钻进可采用 $0.1\text{kN/mm} \sim 0.5\text{kN/mm}$ ；
- b) 转速： $50\text{r/min} \sim 100\text{r/min}$ 为宜；
- c) 泵量： $1200\text{L/min} \sim 2500\text{L/min}$ 为宜，设备能力允许尽量采用大排量。

6.2.3 PDC 钻头钻进

6.2.3.1 钻头选择

PDC钻头适用于浅部泥岩和砂岩地层，以及深部泥页岩地层，可获得高于牙轮钻头的钻进效率，PDC钻头不适合砂砾岩破碎、软硬变换频繁以及硬地层中使用。PDC钻头适于较高转速（可达400r/min），可配合井底动力钻具使用。

6.2.3.2 钻进参数选择

- a) 钻压：0.10 kN/mm~0.49 kN/mm（钻头直径）；
- b) 转速：60 r/min~300 r/min；
- c) 泵量：1200 L/min~2500 L/min，条件允许时，尽可能采用大排量。

6.3 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 0148-1994执行。

6.4 取心钻进

参照DZ/T 0227-2010有关规定执行。

取心与编录应遵循下列规定：

- 提取岩心时，要慢提轻放，细致小心，从岩心管内敲取岩心时，不能猛敲猛打；
- 取出的岩心样，应按上下顺序排列，不得颠倒，并及时填写回次标签或在岩心样上标明编号，及时编录、取样或装箱；
- 钻井未经验收，岩心样不得处理，所留岩样应保留至工程验收后，按工程设计要求办理。

6.5 钻进操作要求和注意事项

6.5.1 钻进操作基本要求

6.5.1.1 施工中，在钻头到达井底前，应先开泵循环，待井口返出冲洗介质后，慢速回转钻具，无蹩车蹩泵时，方可将钻具下放到井底钻进。

6.5.1.2 钻进过程中应保持井内干净，井底沉屑超过0.3m~0.5m时，应提高钻井液携带能力或专程捞渣。

6.5.1.3 在松散地层钻进，不宜长时间循环，提下钻速度不宜过快，提钻时应向井内回灌钻井液，防止井塌。

6.5.1.4 钻进过程中要随时注意井内情况变化，若出现回转阻力增大，负荷突变，泵压不足或蹩泵，井口返浆减少、不返浆以及钻速突然降低等异常情况时，要立即采取措施，经处理无效要及时提钻检查。

6.5.1.5 每次提钻后，应认真检查钻头磨损和变形情况，分析原因，有针对性地调整钻进技术参数和改进操作。

6.5.1.6 提钻遇阻时不准硬拉，要上下活动钻具，以防卡钻。

6.5.1.7 停钻时钻具不准在井底停放，必须将钻具提至井外或安全井段。

6.5.1.8 下钻遇阻不能硬压，采用一冲、二通、三划眼的办法。

6.5.2 牙轮钻头使用注意事项

6.5.2.1 钻头在使用前的检查

检查的事项包括：

- a) 钻头的型号和尺寸应与所钻地层、井径相适应；
- b) 牙轮转动灵活，三个牙轮在转动时不得发生相互咬死现象；
- c) 水眼畅通、牙齿完好、焊缝无裂缝及缺陷。

6.5.2.2 钻头入井注意事项

注意事项包括：

- a) 选用合适的装卸工具，钻头放进装卸工具时不得猛墩；
- b) 丝扣按规定扭矩上紧；
- c) 下钻平稳，控制遇阻吨位，遇阻不得硬压；下钻要慢，以免碰坏牙齿；
- d) 下钻遇阻划眼，应记录井深、时间及划眼情况，以便判断遇阻原因，控制钻头工作时间；
- e) 下钻距井底一个单根左右，应开泵、转动钻具、缓慢下放，严禁下到井底开泵；
- f) 钻头接触井底后，在低钻压、低转速下（钻压 10KN~30KN，转速 60r/min）磨合 0.5h 以上，造好井底形状后，方可逐步提高钻压和转速。

6.5.2.3 钻进要求

6.5.2.3.1 送钻均匀，严防溜钻、顿钻；

6.5.2.3.2 钻进中应随时分析岩性和钻头工作情况，及时调整钻井参数；

6.5.2.3.3 加压钻进中，钻具需要停止转动时，应待指重表恢复原悬重后，摘去转盘离合器；

6.5.2.3.4 应以钻头生产厂家推荐的钻压与转速的乘积为约束条件，不能同时使用最高钻压和最高转速；

6.5.2.3.5 做好钻速试验，即固定钻压，改变转速，或固定转速，改变钻压，使钻压和转速合理匹配，达到高钻速钻进。

6.5.2.4 起钻原则

根据轴承和牙齿的磨损确定，包括：

- a) 轴承损坏现象：转盘出现周期性蹩跳，钻速下降，泵压正常而指重表指针有摆动；
- b) 牙轮卡死现象：转盘负荷增大，转盘链条跳动，蹩钻，打倒车，钻速下降；
- c) 牙齿磨光或断齿现象：转盘负荷减轻，无蹩跳，钻速明显下降或无进尺，指重表指示平衡无摆动，泵压正常；
- d) 钻头泥包：转盘负荷增大有跳钻现象，钻速下降，上提钻具有不同程度的阻卡和拔活塞现象，泵压上升，严重时憋泵；
- e) 根据钻头每米成本确定：当成本上升时应更换钻头。

6.5.2.5 钻头用后管理

6.5.2.5.1 钻头提出卸下后，应填写标签，标明入井顺序、下入与提出时间、进尺等，标签宜放在钻头内。

6.5.2.5.2 钻头起出后应进行分析测量：

6.5.2.5.3 如果不合理磨损严重则该型钻头不适应所钻地层，应更换型号；

6.5.2.5.4 对于尚可继续使用的钻头应刷洗干净，丝扣涂油，并根据轴承是否密封采取防锈保护。

6.5.3 PDC 钻头使用注意事项

6.5.3.1 下钻平稳。遇阻不能硬压，采用一冲、二通、三划眼的办法，如遇阻井段长，需考虑起钻换牙轮钻头划眼。

6.5.3.2 离井底一个单根时开泵循环冲洗。

6.5.3.3 加压钻进时，注意扭矩变化，随时调整钻井参数。

6.5.3.4 钻速试验完毕，即可正常钻进，钻进中要确保排量满足要求。钻遇泥岩井段时，钻速会明显下降，此时可适当提高钻压，降低转速；若钻遇硬夹层发生轻微蹩钻现象时，可适当降低钻压，同时降低转速，等钻穿后再采用正常参数钻进。

6.5.3.5 送钻要均匀，防止跳钻和蹩钻，不能有超压、溜钻、顿钻等现象。

6.5.3.6 根据钻速、扭矩和泵压的变化，分析判断井下钻头工况并确定合理起钻时间。

6.5.3.7 钻头使用到后期，PDC 切削齿的磨损大，降低了 PDC 切削齿切入地层的深度，此时可适当提高钻压以维持较高的机械钻速。

6.5.3.8 在软地层钻进，必须具备足够的水力冲洗能量。

6.5.3.9 应使用优质钻井液。

6.5.3.10 遇到下列情况应起钻：

- a) 立管压力明显上升，进尺较慢；
- b) 地层岩性变化不大，而机械钻速和转盘扭矩明显降低；
- c) 有连续蹩钻现象且没有进尺；
- d) 综合经济指标低于其它类型钻头。

6.5.4 气举反循环钻进注意事项

注意事项包括：

- a) 下钻前严格检查双壁钻杆密封圈的磨损情况，有破损、漏气及时更换。
- b) 钻具内岩屑上返彻底方可停气。
- c) 钻进过程中及时清理上返岩屑，向孔内回灌、补充钻井液。

6.5.5 划眼作业

6.5.5.1 钻进过程中划眼

钻进过程中，有下列情况需要划眼：

- a) 新钻头距井底一个单根时；
- b) 单根钻完后，接单根前。

6.5.5.2 通井过程中划眼

通井过程中，有下列情况需要划眼

- a) 井底以上一个立柱；

- b) 起下钻及电测时遇阻遇卡井段；
- c) 钻后发现钻头磨损变小所钻的井段。

6.5.5.3 划眼原则

划眼原则包括：

- a) 一通、二冲、三划眼；停泵通，大排量冲，小排量划眼；
- b) 在松软、破碎地层、断层处划眼时，防止划出新井眼；
- c) 倒划眼完毕要进行正划眼，上提、下放钻柱至无阻卡为止；
- d) 带弯接头或弯马达的钻柱组合不可加压划眼。

6.5.6 井控

6.5.6.1 注意事项

注意事项包括：

- a) 在钻进施工高压层，必须安装井控装置，包括防喷器、压井管汇、放喷管汇和远程控制装置。并应合理选择使用钻具内防喷装置；
- b) 钻遇高层的基本安全生产措施
 - 1) 密切关注钻井液上返情况，钻井液不上返或上返量减小时，则井内存在漏失。此时应停止钻进作业，立刻启动防喷系统。密切关注向井内通浆情况，堵漏成功，钻井液正常上返后，再决定下一步工作；
 - 2) 备足钻井液，控制钻井液性能。钻井液失水量宜小于 12ml/30min；
 - 3) 工作场所严禁吸烟、明火。工作人员服装应防静电；
 - 4) 提钻过程中，及时补充钻井液，保持井内液面。

6.5.6.2 预防井喷

预防井喷措施包括：

- a) 工程措施：
 - 1) 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；
 - 2) 对防喷器、阻流管汇、立管管汇、方钻杆阀、安全阀和内防喷器等井控设备，必须按安全作业规程进行定期试压和功能试验。
- b) 钻井液技术措施：
 - 1) 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；
 - 2) 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。

6.5.7 井漏

6.5.7.1 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，控制钻速并做好地质循环，卡准地层，进入碳酸岩地层并在漏失前停钻，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漏失压力，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) 施工中要注意泵压变化，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 20h~24h）后，下钻至井底开泵循环不漏，方可继续施工；
- f) 钻进时突然不返泥浆，若上部有不稳定地层，则应立即抢提钻，并向钻具外环大排量灌浆。

6.5.7.2 堵漏要求和漏层施工

6.5.7.2.1 钻遇非目的热储层发生井漏，可采用添加惰性材料的高切力钻井液进行静止堵漏。也可采用水泥堵漏；

6.5.7.2.2 堵漏施工时，若漏层是其它邻井的热储层要避免对邻井和热储层产生损害。若井距允许，可申请变更开采热储层；

6.5.7.2.3 漏层施工可采用气举反循环钻进、泡沫钻井液等工艺；

6.5.7.2.4 基岩目的热储层发生井漏，若地层稳定可采用清水顶漏钻进方法。钻进时要注意泵压变化情况，泵压升高应立即将钻具提离井底，待泵压正常后再进行划眼、钻进。并注意观察井内沉砂情况，若沉屑超过 5 米要采取措施处理不可强行钻进。

6.6 井身质量要求

6.6.1 一开井段为泵室段，井斜 $\leq 1^\circ$ 。其它井段井斜每百米 $\leq 1^\circ$ ，但终孔井斜不能超过钻井设计要求。定向井按设计轨道钻进。

6.6.2 直井一般要求井底水平位移，井深在 1000m~4000m 范围内，水平位移小于 30m~200m。

6.6.3 井深误差 $\leq \pm 1\text{m}/1000\text{m}$ 。

6.7 井身质量保证措施

6.7.1 井架设备安装，要求调正、水平、稳固，保证天车、转盘中心、钻井中心三点成一线。

6.7.2 根据地质条件合理选择钻进方法，针对不同岩层条件确定合理的钻进技术参数，在条件相同时，各项钻进技术参数应保持一致。

6.7.3 根据钻井结构合理选择钻具组合。牙轮钻进要采用钻铤加压，并在钻铤的适当位置加扶正器（钟摆钻具）；用筒状钻具钻进要选择长、直钻具，换径时要采用导向钻具；扩孔时要采用引向钻具。

6.7.4 钻进软硬互层的易斜地层，卵砾石层及破碎带地层，要轻压慢转，送钻均匀。

6.7.5 按设计要求及时测斜，发现井斜征兆及时采取预防措施，使不同井深的地热井井底水平位移及全角变化率控制在规定的范围内。

6.7.6 在水敏性地层、易坍塌地层钻进时，选择合适的钻井液体系，且按设计要求调整好钻井液性能，确保井壁的扩大率不超过规定范围内。

7 钻井液

7.1 钻井液的选择

7.1.1 应依据地质信息、钻井工程要求、邻井资料、热储温度、水源条件、钻进方法等合理选择钻井液。钻井液体系及性能设计要体现优质、高效、安全、环保、实用的原则。地热井施工，应选用具有抗高温性能的钻井液。

7.1.1.1 钻井液类型，常用的有细分散钻井液、聚合物钻井液、堵漏钻井液、泡沫钻井液、清水等。

7.1.1.2 钻井液常用处理剂类型，可按附录 B 选择

7.1.2 常规钻进不同地层适用的钻井液性能指标

常规钻进不同地层适用的钻井液性能指标可参见表1。

表1 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	细分散钻井液	1.05-1.10	30-35	≤10	9-10	≤5
泥岩、砂岩	细分散钻井液、聚合物钻井液	1.08-1.15	35-40	≤8	9-10	≤5
砂砾岩	细分散钻井液、聚合物钻井液	1.15-1.2	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	1.2-1.5	60-80	≤8	9-10	≤5
漏失碳酸盐热储层	清水	1.0	25	—	—	—
漏失岩层	堵漏钻井液	1.03-1.08	60-80	≤15	9-11	≤5
	泡沫钻井液	≤1	基浆 30-35	基浆≤15	9-11	≤5

7.1.3 基岩稳定地层可采用清水、泡沫钻井液。

7.1.4 漏失地层应采用低密度钻井液。

7.1.5 承压地层应采用合适的高密度钻井液。

7.2 钻井液的配制

7.2.1 钻井液材料与处理剂

7.2.1.1 粘土是钻井液的主要造浆材料，常用的有：

- 膨润土（主要成分是蒙脱石，分为钙土和钠土）；
- 普通粘土（蒙脱石含量较低，高岭石或伊利石含量较高）。

7.2.1.2 钻井液处理剂可参见附录 B。

7.2.2 钻井液配制

7.2.2.1 设计钻井液的密度、漏斗粘度、失水量、泥皮厚度、初切力、终切力、pH 值、允许含砂量等主要技术指标；配制钻井液性能还应考虑胶体率、固相含量、流变性等重要因素；定向井钻井液应提高润滑性，降低泥皮粘滞系数。

7.2.2.2 钻井液处理剂用量计算可根据现场小型试验确定。

7.2.2.3 钻井液配制方法

- a) 基浆配制：粘土加水 and 纯碱充分搅拌，水化后方可使用；
- b) 钻井液处理剂可直接由喷射漏斗均匀加入，也可配制成液体钻井循环时加入（高分子处理剂必须溶解成胶液）；
- c) 钻井现场可根据测试的钻井液性能指标，选择处理剂的种类和调整添加量；
- d) 水质对钻井液性能有重要影响，应选用淡水配制钻井液（盐水钻井液除外）。

7.3 钻井液维护与管理

7.3.1 井场应配备振动筛、旋流除砂器、旋流除泥器等钻井液固相控制设备。定向井施工还应配备离心机。

7.3.2 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，每 4 小时至少测定一次钻井液的常规性能，并记录。应按标准操作，定期校验仪器仪表并填写校验记录，失灵后要立即更换。

7.3.3 将处理剂在一个或几个循环周内均匀加入。

7.3.4 钻井液性能大的调整尽量在套管内完成。

7.3.5 水泥污染的钻井液应清除其中的有害成分，使钻井液性能达到设计要求。

7.3.6 易漏地层钻进在保证井壁稳定的前提下，可尽量降低钻井液密度，减小钻井液静液柱压力，并适当降低钻井液排量。

7.3.7 易塌地层钻进要严格控制滤失量，并加入防塌剂，若井壁仍不稳定可适当加入加重剂提高钻井液密度。

7.3.8 钙侵地层钻进可通过加入纯碱清除钙离子，也可不除钙控制粘切，补充降滤失剂、稀释剂等材料，用钙处理钻井液体系维护钻井液的性能稳定。

7.3.9 一开造浆地层可先用少量清水作为钻井液，适当添加高分子处理剂，维持钻井液最小循环量即可，并随着钻井加深，自然造浆增加钻井液量。

7.3.10 将排出的废浆液运至指定地点或排入废浆池在现场进行无害化处理。

8 成井工艺

8.1 通常采用的地热井井身结构

8.1.1 滤水管成井井身结构

8.1.1.1 大口径填砾井身结构

井径550mm，下入Φ325mm泵室管连接Φ219mm套管和滤水管。

8.1.1.2 滤水管不填砾井身结构

- a) 一开：井径 444.5mm，下入 $\Phi 339.7\text{mm}$ 表层套管 400m，作为泵室管；
- b) 二开：井径 241.3mm，下入 $\Phi 177.8\text{mm}$ 套管和滤水管，钻具连接倒扣接头送入，与表层套管重叠不少于 30m。

8.1.2 射孔成井井身结构

8.1.2.1 一开：井径 444.5mm，下入 $\Phi 339.7\text{mm}$ 表层套管 400m，作为泵室管；

8.1.2.2 二开：井径 311.2mm，下入 $\Phi 244.5\text{mm}$ 套管，钻具连接倒扣接头送入，与表层套管重叠不少于 30m，对含水层井段射孔成井。

8.1.3 基岩裂隙型地热井井身结构

8.1.3.1 三开井

- a) 一开：井径 444.5mm，下入 $\Phi 339.7\text{mm}$ 表层套管 400m，作为泵室管；
- b) 二开：井径 311.2mm，下入 $\Phi 244.5\text{mm}$ 技术套管，钻具连接倒扣接头送入，与表层套管重叠不少于 30m；
- c) 三开：井径 215.9mm，裸眼成井（热储层地层不稳定下入滤水管成井）。

8.1.3.2 四开井

- a) 一开：井径 444.5mm，下入 $\Phi 339.7\text{mm}$ 表层套管 400m，作为泵室管；
- b) 二开：井径 311.2mm，下入 $\Phi 244.5\text{mm}$ 技术套管，钻具连接倒扣接头送入，与表层套管重叠不少于 30m；
- c) 三开：井径 215.9mm，下入 $\Phi 177.8\text{mm}$ 尾管，钻具连接倒扣接头送入，与技术套管重叠不少于 30m；
- d) 四开：井径 152.4mm，裸眼成井（热储层地层不稳定下入滤水管成井）；
- e) 完井井径不宜小于 152.4mm。

8.2 成井结构基本要求

8.2.1 表层套管直径应满足下入开采泵的要求，深度应满足开采量和开采期内相应的动压力的要求。

8.2.2 裂隙岩溶型、裂隙型地热井一般下管至热储层顶部，并采用水泥固井止水。若热储层地层井壁稳定可裸眼，否则应局部下入打眼或条缝滤水管护壁。

8.2.3 孔隙型地热井一般全井下管。滤水管长度依据测井分析的热储层情况，一般应小于开采层厚度，安放位置应与开采层位置一致。沉淀管长度一般不小于 15m。

8.2.4 射孔要求

8.2.4.1 $\Phi 244.5\text{mm}$ 套管采用 $\Phi 127\text{mm}$ 射孔枪，配备相应型号的射孔弹，要求孔密 15 孔/米，射孔孔径约 12mm，孔道深度 $\geq 600\text{mm}$ ，射孔井段长度依据测井分析的热储层情况，一般 $\geq 80\text{m}$ ；

8.2.4.2 $\Phi 177.8\text{mm}$ 套管采用 $\Phi 89\text{mm}$ (或 $\Phi 127\text{mm}$) 射孔枪，配备相应型号的射孔弹，要求孔密 15 孔/米，射孔孔径约 8mm (12mm)，孔道深度 $\geq 400\text{mm}$ ，15 孔/米，射孔井段长度依据测井分析的热储层情况，一般 $\geq 80\text{m}$ 。

8.3 测井

8.3.1 一般要求

8.3.1.1 测井前应保持钻井液性能良好，井壁稳定。

8.3.1.2 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。

8.3.2 测井项目

地热钻井下管前和完钻后一般应进行以下项目的测井：井深、井斜、井温、电阻率、自然电位、补偿声波、自然伽玛、双感应八侧向（三系孔隙井）、双感应双侧向（基岩裂隙井）等，特殊项目可根据地质设计要求增加。

8.4 下管

8.4.1 套管质量要求

套管应采用API标准石油套管，材质要求钢级J-55及以上（大口径投砾料井孔深小于800m，可采用焊接管，材质要求Q235B钢级及以上）。

8.4.2 下管前的准备

8.4.2.1 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；。

8.4.2.2 应校正井深，井深允许最大误差 $\pm 1\%$ 。确定下管深度、滤水管长度和安装位置，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，要确保滤水管安装位置与所开采热储位置对应一致。

8.4.2.3 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、滤水管缠丝错动等质量问题，必须进行修复或更换。

8.4.2.4 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。

8.4.2.5 做好组织、分工，明确下管程序和注意事项。

8.4.3 下管方法选择

8.4.3.1 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。

8.4.3.2 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。

8.4.3.3 采用浮力塞法和凡尔法套管要进行抗挤强度校核，安全系数要 ≥ 2 。

8.4.4 技术措施与要求

8.4.4.1 下管作业应统一指挥，互相配合，操作要稳。

8.4.4.2 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。

8.4.4.3 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。

8.4.4.4 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。

8.4.4.5 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。

8.4.4.6 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。

8.4.4.7 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，否则要适时活动井管。

8.4.4.8 如下管为技术套管且螺纹连接时，套管鞋应进入非渗透性稳定地层，且距井底应小于 3m，底部套管丝扣部分须段焊加工。

8.4.4.9 井管下至井底后，套管应处于受拉状态，同时要核查井管的安放深度，确保滤水管下至预定位置（与所开采热储位置一致），一般允许深度位置偏差为 $\pm 2.00\text{m}$ 。

8.5 止水固井

8.5.1 止水

8.5.1.1 孔隙型地热井一般采用橡胶伞止水，数量每组不少于 3 个；橡胶伞应安装于滤水管顶部泥岩等稳定、密实井段。填砾地热井应使用粘土球及优质粘土止水。

8.5.1.2 裂隙岩溶、裂隙型地热井一般采用固井方法止水，具体位置按设计要求进行。

8.5.2 固井

8.5.2.1 一般要求

- a) 表层套管固井时，水泥浆应返至地面；技术套管固井时，水泥浆返高宜大于 400m，套管重叠段应用水泥封固严密并试压，压力 $\geq 3\text{Mpa}$ ，稳定时间 $\geq 10\text{min}$ ，否则应重新进行挤水泥固井。
- b) 表层固井水泥标号不宜小于 P.S.A 32.5 矿渣硅酸盐水泥，宜采用水泥浆流动性好的水泥，不宜采用早强型水泥；其它井段固井宜采用 G 级油井水泥；
- c) 表层固井水泥浆密度 $\geq 1.70\text{g/cm}^3$ ，其它井段固井水泥浆密度 $\geq 1.85\text{g/cm}^3$ 。
- d) 井管内水泥塞高度宜控制在 10m~30m。

8.5.2.2 技术措施及要求

8.5.2.2.1 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；

8.5.2.2.2 固井前应循环钻井液不少于 2 个循环周；

8.5.2.2.3 注水泥浆前后应泵入 2 m^3 的清水做为隔离液；

8.5.2.2.4 注水泥浆过程中，应随时监控水泥浆密度；

8.5.2.2.5 固井计量一般采用容积法，要准确掌握溶解水量、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；

8.5.2.2.6 固井结束后，应及时清洗有关设备及工具；

8.5.2.2.7 固井后，一般候凝 36h 后方可开钻。

8.6 洗井

8.6.1 应根据地热井类型、水文地质条件、成井工艺、钻井液类型及井管、滤水管的材质、强度等确定洗井方法和洗井时间。常用以下洗井方法：活塞洗井、潜水泵洗井、高压喷射洗井、空压机气举洗井。洗井要求做到水清砂净，出水量和水温无明显变化方可停止。

8.6.2 孔隙型大口径投砾料地热井宜活塞洗井、潜水泵洗井及空压机气举洗井。

8.6.3 孔隙型滤水管地热井宜采用高压喷射洗井、空压机气举洗井。滤水管井段自深到浅逐段高压喷射完毕，热储层出现井漏后可以进行空压机气举洗井，风管长度一般 400m~600m。

8.6.4 孔隙型射孔地热井可直接采用空压机气举洗井。

8.6.5 裂隙型基岩地热井宜采用空压机气举洗井，若水位较深，施工时顶漏钻进，风管长度可增至 700m。

9 酸化增产措施

酸化增产措施包括：

- a) 碳酸盐热储层为增加出水量，可进行酸化压裂增产。
- b) 根据岩屑溶蚀试验和测井情况进行酸化设计，一般酸量 $\geq 50\text{m}^3$ ，盐酸浓度 18%~25%，注酸排量 $\geq 1000\text{ml/min}$ ，注酸泵要求额定压力 $\geq 20\text{Mpa}$ 。
- c) 酸化作业时，井下要安装封隔器，井口要安装采油树。
- d) 采用气化水排酸，井内残液要进行无害化处理（加适量的纯碱或片碱进行中和）方可排放。

10 地热井完井产能测试

10.1 总体要求

地热井完井后应进行产能测试，测试前应做好洗井工作。完井产能测试包括降压试验、放喷试验和回灌试验等，各类地热勘探孔与开采（回灌）井都应进行测试，通过测试取得地热流体压力、产量、温度等参数。

10.2 水质分析

10.2.1 水质分析项目

- a) 一般在降压试验结束前 2h，取水样 2.5kg 去做检测。检测名称为地热流体全分析，分析项目主要包括 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 、 NH_4^+ 等阳离子含量； Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 、 F^- 等阴离子含量； Hg^{2+} 、 TCr 、 AS^{3+} 、 Pb^{2+} 、 Cd^{2+} 等有害组分含量；可溶性 SiO_2 、总矿化度、固形物、总硬度、暂时硬度、总碱度、总酸度、游离 CO_2 、 COD_{Mn} 、PH 等含量或数值；ABS、 H_2SiO_3 等其他项目分析；色度、浊度、嗅、味、肉眼可见物等物性分析。
- b) 分析结束后，出水质分析报告一份。

10.2.2 水化学分类

一般采用舒卡列夫分类法，据离子成分划分地下水类型。把大于 25 毫克当量百分数的 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 、 Na^+ (K^+)、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等常见的 6 种离子，按阴离子在前，阳离子在后，含量大的在前，小的在后的顺序命名。如： $\text{Cl}-\text{Na}$ 型水，其义为地热流体中只有 Cl^- 和 Na^+ 两种离子组分毫克当量百分数大于 25。

10.2.3 产能测试参照 GB/T 11615-2010 有关规定执行。

11 定向钻进工艺

11.1 定向井应用范围

定向井应用范围包括：

- a) 地热井钻进受地面建筑物和设施影响时；
- b) 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；
- c) 在遇到井下事故无法处理或者不易处理时。

11.2 定向井井身轨道的确定

11.2.1 地热定向井设计原则

11.2.1.1 应考虑实现本定向井的目的, 有利于采水和维修。尽可能选择简单的轨道, 以减小井眼曲率。

11.2.1.2 尽可能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。

11.2.1.3 造斜段的位置应适中, 造斜段应选择在硬度较小、较稳定的地层中, 避免选择在破碎带和其它易膨胀、坍塌的复杂地层中。

11.2.1.4 造斜点应避开复杂地层, 选择地层硬度适中的位置。造斜点距离上层套管鞋应大于 50 m。

11.2.1.5 尽量减小最大井斜角, 以便减小钻井难度。但最大井斜角不得小于 15°。

11.2.1.6 在选择井眼曲率时, 应视造斜工具的造斜能力, 尽量减小起下钻、下套管的工作难度, 缩短造斜井段的长度。一般要求增斜率在 3°/30 m 左右, 降斜率在 1.5°/30 m 左右。

11.2.1.7 造斜井段应尽量保持均匀造斜率, 避免急弯。

11.2.1.8 在满足上述条件下, 设计中尽量缩短井身总长度。

11.2.2 定向井的轨道类型选择

11.2.2.1 定向井轨道设计应尽量选择在二维空间。

11.2.2.2 大斜度井、侧钻井井身轨道宜选择由垂直段、全增斜段组成的二段制轨道。

11.2.2.3 较深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。

11.2.2.4 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。

11.3 定向井施工

11.3.1 直井段轨迹控制

11.3.1.1 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, 以减少定向造斜施工的工作量。

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

11.3.1.3 造斜点深 500m~1000 m 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 $1^{\circ} 30'$ 。

11.3.1.4 造斜点深度大于 1000m, 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° 。

11.3.1.5 测斜时要求两测点间的测距不大于 50m; 直井段钻完后, 多采用多点测斜仪按照测距要求重新测量一次。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。

11.3.2 定向造斜井段控制

11.3.2.1 定向角和反扭角的确定: 根据垂直井段、井斜、方位、造斜点深度和造斜钻具组合、以及地层影响井眼轨迹的规律, 确定定向角和反扭角。

11.3.2.2 常用定向造斜钻具组合为: 造斜钻头—井下马达(涡轮或螺杆)—弯接头—非磁钻铤—钢钻铤—钻杆。

11.3.3 定向方法

11.3.3.1 单点定向

单点定向要求:

- 定向造斜钻具下入至造斜点位置;
- 单点测斜, 测量造斜位置的井斜角, 方位角(即井斜、方位)和弯接头工具面角;
- 在测斜照相的同时, 对井口钻杆, 方钻杆, 地面钻杆进行打印。并把井口钻杆的印痕投到转盘的外缘上, 作为基准点;
- 调整安置角(调整后的安置角是: 设计方位角+反扭角)。锁住转盘、开泵钻进;
- 定向钻进。每钻进一至二个单根进行一次单点测斜, 根据测量的井斜角和方位角及时修正反扭角的误差, 并调整造斜工具的安置角;
- 定向造斜井斜角在我国东部地区一般达到 8° 以上, 方位合适, 起钻更换转盘增斜钻具钻进。

11.3.3.2 有线随钻测斜仪定向: 定向造斜时, 把测斜仪的井下仪器总成下入钻杆内, 使定向鞋的缺口坐在定向键上, 钻进时可从地面仪表直接读出实钻井眼的井斜, 方位和工具面角, 并控制井眼按照设计轨迹延伸。当井斜增大到 8° 以上, 方位合适, 便可改用转盘钻进增斜。

11.3.3.3 无线随钻测斜仪(MWD)定向, 既可用于井下动力钻具定向造斜, 又可用于钻进中的连续测量。

11.3.3.4 在有磁干扰环境条件下(如丛式井)的定向造斜, 需采用陀螺定向用作直接定向钻进。

11.3.4 测斜要求

11.3.4.1 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。

11.3.4.2 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。

11.3.4.3 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。

11.4 定向井造斜

11.4.1 动力钻具造斜

11.4.1.1 动力钻具又称井下马达，包括涡轮钻具、螺杆钻具、电动钻具三种。动力钻具定向井造斜时，多使用弯接头钻具造斜。

11.4.1.2 地热定向井宜采用 1° 30′ ~2° 30′ 的弯接头。

11.4.2 转盘钻造斜

11.4.2.1 转盘钻造斜钻具宜使用变向器、射流钻头和扶正器组合。

11.4.2.2 扶正器的形式宜采用螺旋式，对软地层应使用大支撑面积的螺旋扶正器。

11.4.3 造斜施工要求

11.4.3.1 井下马达下井前应在井口进行试运转，工作正常方可下井。

11.4.3.2 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。

11.4.3.3 定向造斜钻进，要按规定加压，均匀送钻，以保持恒定的钻具反扭角。

11.4.3.4 造斜钻进起钻应用旋扣器或旋绳卸扣，不得用转盘卸扣。

- a) 使用中应注意：钻压越大，增斜能力越强；L₁ 越长，增斜能力越弱；近扶正器直径减少，增斜能力也减少，使用时应保持低转速。
- b) 在使用中注意保持正常钻压和较高转速。若需要更强的稳斜组合，可使用双扶正器串联起来作为近钻头扶正器。

11.4.4 定向井增斜

11.4.4.1 常用增斜钻具组合

- a) 常用增斜钻具组合为：钻头—近钻头扶正器—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~30 m 之间）—扶正器—钻铤（10 m）—扶正器—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扶正器外径允许差值为 3mm~4 mm。
- 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，使用扶正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 2。

表2 增斜组合配合尺寸增斜钻具组合的配合尺寸

单位为米

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1：L ₁ 为钻头与扶正器之间长度； 注2：L ₂ 为第一个扶正器与第二个扶正器之间长度； 注3：L ₃ 为第二个扶正器与第三个扶正器之间长度。			

11.4.4.2 增斜施工要求

- 11.4.4.2.1 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。
- 11.4.4.2.2 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。
- 11.4.4.2.3 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。
- 11.4.4.2.4 更换钻具，改变近钻头扶正器与上面相邻扶正器之间的距离。改变的范围 10～30 m。距离越短，刚性越强、增斜率越低；距离越大，增斜率越高。
- 11.4.4.2.5 改变近钻头扶正器与上面相邻扶正器之间的钻铤刚性，刚性越强、增斜率越低；刚性越弱，增斜率越高。
- 11.4.4.2.6 控制井斜方位角的变化。
- 11.4.4.2.7 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。
- 11.4.4.2.8 扭方位。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。
- 11.4.4.2.9 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。

11.4.5 定向井稳斜

11.4.5.1 常用稳斜钻具组合

- a) 稳斜钻具组合：钻头—近钻头扶正器—短钻铤（2m～3 m）—扶正器—无磁钻铤单根—扶正器—钻铤—随钻震击器—加重钻杆—钻杆。
- b) 按照稳斜能力的大小，分为强、中、弱三种。配合尺寸见表 3。

表3 稳斜钻具组合配合尺寸

单位为米

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1：L ₁ 为钻头与扶正器之间长度； 注2：L ₂ 为第一个扶正器与第二个扶正器之间长度； 注3：L ₃ 为第二个扶正器与第三个扶正器之间长度； 注4：L ₄ 为第三个扶正器与第四个扶正器之间长度； 注5：L ₅ 为第四个扶正器与第五个扶正器之间长度。					

11.4.5.2 稳斜施工要求

11.4.5.2.1 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 只足尺寸扶正器，加强下部钻具组合的刚性。

11.4.5.2.2 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。

- a) 将近钻头扶正器与其相邻的上扶正器之间的距离增加到 5m~10 m；
- b) 减少钻头上第二只扶正器的外径（欠尺寸扶正器）。钻具组合举例：Φ215.9 mm 钻头+Φ214 mm 扶正器+短钻铤（3 m）+Φ210 mm 扶正器+无磁钻铤单根+Φ214 mm 扶正器；
- c) 需要更强的稳斜组合，可使用双扶正器串联起来作为近钻头扶正器。

11.4.6 定向井降斜

11.4.6.1 常用降斜钻具组合

- a) 降斜组合：钻头—非磁钻铤—钻铤（钻头与扶正器之间的距离为 10m~30 m）—扶正器—钻铤—钻杆。钻头与扶正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) 降斜钻具组合中扶正器的外径可以较增斜、稳斜钻具组合中扶正器外径稍小些。
- c) 按照降斜能力的大小分为强、中、弱三种结构，配合尺寸见表 4。

表4 降斜钻具组合配合尺寸

单位为米

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1：L1为钻头与扶正器之间长度； 注2：L2为第一个扶正器与第二个扶正器之间长度。		

11.4.6.2 降斜施工要求

11.4.6.2.1 降斜段宜简化下部钻具组合，减少钻铤和扶正器的数量，甚至可用加重钻杆代替钻铤。

11.4.6.2.2 施工中应注意保持小钻压和较低转速。

11.5 定向钻井施工安全措施

11.5.1 钻好垂直井段，井斜角≤1°30′。

11.5.2 把好定向造斜关：尽量减小定向造斜段的方位偏差,若发现偏差，应及时扭方位。造斜井斜角应≤80。

11.5.3 跟踪控制到靶点：钻进过程中应不断了解轨迹的变化发展情况，不断地使用各种造斜工具或钻具组合，使井眼轨迹沿着设计轨迹，使之不能脱离靶区。靶心距规定见表 5。

11.5.4 一般定向井的全角变化率要求连续三个测点的计算值不大于 5° /30m 特殊情况要在设计中注明，以设计要求为准。

表5 靶心距

单位为米

井深	靶心距	井深	靶心距
≤1000	≤30	>2500-3000	≤80
>1000-1500	≤40	>3000-3500	≤100
>1500-2000	≤50	>3500-4000	≤120
>2000-2500	≤65		

- 11.5.5 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 0.2。可采用混油泥浆、混油量 8%~15%。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。
- 11.5.6 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。
- 11.5.7 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，应配备三级以上净化装置，使钻井液含砂量小于 0.5%。
- 11.5.8 控制钻井液性能：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。
- 11.5.9 丛式井、绕障井、应根据邻井和设计井井眼轴线的相对位置，及时进行最近距离扫描跟踪，并作出防碰图。
- 11.5.10 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。

12 地质录井

12.1 岩心录井

地热钻井一般采用无心钻进，对尚无取心钻井控制的地区、代表性井段或地层判别有疑难的地区，应适当取心。具体操作根据钻井设计要求执行。

12.2 岩屑录井

12.2.1 岩屑录井资料

岩屑录井资料包括岩屑实物和相关描述资料。

12.2.2 岩屑捞取

- 12.2.2.1 捞取岩屑井深依据地质设计要求，录井间距为 2m。当地层变化较大，要加密取样，每 0.5~1m 取一包岩屑，接近于易漏失层基岩顶板时，应连续捞取岩屑，随时掌握钻井液漏失情况及深度，切实卡准漏失层基岩顶部风化壳的深度。
- 12.2.2.2 岩屑返出地面后，录井人员要严格按照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。

12.2.3 岩屑处理

12.2.3.1 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，对一些固结不好岩屑清洗时要注意不能冲洗太过。

12.2.3.2 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。

12.2.3.3 需要挑样时，岩屑要分装两袋，一袋供挑样用，一袋用来描述及保存，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。

12.2.4 岩屑描述

岩屑描述包括：

- a) 分层深度：岩屑分层深度以钻具井深为准。连续录井描述第一层时，在分层深度栏写出该层顶界深度和底界深度，以后只写底界深度；
- b) 岩性定名：同岩心各种岩性定名要求；
- c) 描述内容：包括颜色、矿物成分、结构、构造、化石及含有物、物理性质及化学性质；
- d) 岩性复查：中途测井或完井测井后，发现岩电不符合处需及时复查岩屑。复查前需进行剖面校正，找出测井深度与钻具井深的误差，在相应深度的前后复查岩屑，寻找与电性相符的岩性并在描述中复查结果栏进行校正。若复查结果与原描述相同时，应注明已复查，表示原描述无误。

12.3 钻时录井

钻时是指在钻井过程中，每钻进单位厚度的岩层所用的纯钻进时间，单位为“min/m”。在钻井工程中，单位时间的进尺称为钻速，单位为“m/min”。

钻时录井记录井深、进尺、纯钻进时间、放空井段等。

钻时录井井深依据地质设计要求。

12.4 钻井液录井

每4小时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。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。

记录发生井漏的井深、层位、漏失量、处理措施及井漏的原因。

记录发生井涌的井深、层位、涌水量、处理措施及井涌的原因。

13 钻井事故的预防和处理

13.1 基本要求

13.1.1 钻井事故预防的基本要求

13.1.1.1 钻井施工前，应根据施工地区地层、岩性、构造、稳定状况以及以往钻井发生事故的经验教训，针对施工具体情况，制定预防措施。

13.1.1.2 操作人员必须认真履行岗位职责，严格执行钻探规程，坚持“预防为主”方针。

13.1.1.3 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，不符合要求的不得使用。

13.1.1.4 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。

13.1.1.5 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。

13.1.1.6 要随时盖好井口，谨防井下落物。

13.1.2 钻井事故处理的基本要求

13.1.2.1 应配备专用处理事故工具，如公锥、母锥、打捞矛、打捞筒、打捞钩、打印器等。

13.1.2.2 事故发生后，要正确分析判断，做到三清：事故原因清、事故类型清、事故位置清，并制定详细的处理方案。

13.1.2.3 井内事故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。

13.1.2.4 事故处理及时，处理措施要积极、稳妥，并留有余地，防止措施不当造成事故复杂化。

13.1.2.5 井壁不稳定，要先护壁，后处理井内事故。

13.1.2.6 严禁超过设备、工具负荷。

13.1.2.7 处理事故过程中应将下入井的钻具及打捞工具和提出井的事故钻具的规格、长度、数量详细、准确地记录在班报表上。

13.1.2.8 事故排除后，由井队长组织全体人员，进一步剖析事故原因，总结经验，吸取教训，制定预防措施，杜绝类似事故发生。

13.2 各类井内事故的预防和处理

13.2.1 卡钻事故

13.2.1.1 卡钻事故类型

在钻井过程中，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。卡钻事故的类型：

- a) 压差卡钻；
- b) 沉砂卡钻；
- c) 键槽卡钻；
- d) 机械卡钻；
- e) 砂桥卡钻；
- f) 井塌卡钻；
- g) 泥包卡钻；
- h) 小井眼卡钻；
- i) 水泥卡钻。

13.2.1.2 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) 任何情况下，都不可长时间不活动钻具；上提下放、或者转动钻具活动幅度要大，一般大于 3m，否则，下部钻具仍可能处于静止状态；
 - 3) 保持钻井液的润滑性能。在砂岩井段，钻井液要做好失水控制，防止形成厚滤泥饼；
 - 4) 搞好钻井液地面的净化工作，保持对钻井液中有害固相等实施严格控制。常规井达到三级净化；
 - 5) 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；
 - 6) 接单根时间不超过 5min，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，通过提拉钻具及钻具变形，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 50m，环空液面以上钻具内预留 3 方解卡剂溶液。解卡剂用量确定后，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，然后用泥浆泵泵入到井内预定位置；
 - 3) 过清水。过清水主要目的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，不可以长时间浸泡，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，则需要进行套铣打捞。步骤是先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。

13.2.1.3 沉砂卡钻

- a) 沉砂卡钻的预防
- 1) 在奥陶系灰岩地层及蓟县系雾迷山白云岩地层钻进时，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，可以试以小排量顶通建立循环，并上提下压来活动钻具，以求解卡；
 - 2) 采用测卡点爆破松扣方法，自卡点位置实施爆破松扣，在下入震击器对扣，实施震击解卡；
 - 3) 震击无效，管柱被沉砂埋没的段长，可以采取分段套铣、分段松扣的方法，直至管柱解卡。

13.2.1.4 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，不可以大力上提，而应采用“倒划眼”，破坏键槽。
- b) 键槽卡钻的处理

- 1) 在地面接地面超级下击器，震击解卡；之后，再次下钻时，在已形成的键槽井段划眼若干次，直至此井段提钻阻力正常；
- 2) 若震击无效，则需要套铣技术进行处理。步骤：先采用测卡点爆破松扣技术，取出卡点以上钻具，再采用套铣技术进行处理。应特别注意的是，爆破松扣时，应该留较长的引子，使鱼头在“狗腿”或增斜段以上的平滑井段，否则，有可能发生在下套铣管时难以进“鱼”，甚至找不到“鱼头”，而使事故复杂化。

13.2.1.5 机械卡钻

- a) 机械卡钻的预防
 - 1) 做好工具的检查、检测、维修及使用，防止异物落井；
 - 2) 空井盖好井口；
 - 3) 在钻井操作上，严格遵守工艺要求，防止溜钻、顿钻事故的发生。
- b) 机械卡钻的处理
 - 1) 对于由于落物而形成的卡钻，采用震击的方法解除卡钻，然后打捞落物。步骤：测卡点，爆破松扣取出卡点以上钻具，接震击器下钻对扣，进行震击。解卡后选择合适的落物打捞工具打捞井底落物；
 - 2) 顿钻出现的螺旋形钻柱卡钻，其主要原因是钻柱与井壁的摩擦力超过了钻具抗拉极限，可以采用测卡点分段爆破松扣方法取出井内钻具。

13.2.1.6 砂桥卡钻

- a) 砂桥卡钻的预防
 - 1) 调整好泥浆性能，提高其携岩能力；
 - 2) 避免定点循环泥浆；
 - 3) 起钻遇阻有显示，自此位置缓慢“倒划眼”；
 - 4) 已经发生卡钻时，不可以用大排量强行开泵；否则，会卡得更死。
- b) 砂桥卡钻的处理
 - 1) 卡钻初期，可以缓慢开泵，小排量顶通，然后逐渐增大排量，建立循环，解除卡钻；
 - 2) 采用测卡点爆破松扣技术，取出卡点以上钻具，然后下震击器进行打捞；
 - 3) 采用测卡点爆破松扣技术，取出卡点以上钻具，然后下套铣管进行套铣和打捞。

13.2.1.7 井塌卡钻

- a) 井塌卡钻的预防
 - 1) 应该以保持钻井液性能为主，控制失水，提高防塌能力；
 - 2) 保持适宜的钻井液密度，有效保持井壁稳定；
 - 3) 钻井操作上，提高钻井速度，减少井眼浸泡时间；
 - 4) 起钻灌好钻井液，注意起钻“拔活塞”现象，保持井内压力的平衡；
 - 5) 下完钻开泵时要降低排量，防止憋漏地层，造成垮塌。
- b) 井塌卡钻的处理

先采用测卡点爆破松扣技术，取出卡点以上钻具。然后接套铣管柱，进行套铣作业，再下反扣工具和反扣钻具进行倒扣，取出已套铣过的钻具，重复以上操作，最后套铣打出井下所有的钻具。

13.2.1.8 泥包卡钻

- a) 泥包卡钻的预防

- 1) 钻进或循环中保持合适的钻井液排量;
- 2) 钻井液应有较好的性能;
- 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。柴油、解卡粉、清水、重晶石粉及快 T 按顺序及比例,配制成解卡剂。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。可以采用测卡点爆破松扣技术,取出卡点以上钻具,然后接震击器,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。

13.2.1.9 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,绝不可以强行下压;
- 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,应以大力上提方法,或者使用上击器震击解卡;
- 2) 利用测卡点爆破松扣方法,取出卡点以上钻具,然后接上击器下钻对扣,进行震击打捞;
- 3) 利用测卡点爆破松扣方法,取出卡点以上钻具,然后下套铣管柱进行套铣,下钻具对扣,再利用爆破松扣方法将已套铣的钻具倒扣捞出。重复以上作业,直至将井内钻具全部捞出。

13.2.1.10 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) 打完水泥塞起钻后,起钻要迅速;起到预计塞面 50 米以上后,开泵循环,循环出多余的水泥,循环期间,钻具应不停转动或上下活动;
- 3) 表套、技套尽可能不留口袋;
- 4) 水泥凝固时间需达到设计要求,下钻遇阻不要硬压,接方钻杆开泵循环,并进行扫水泥塞;
- 5) 钻水泥塞前处理好钻井液,使其有较好的防钙侵能力,并备足处理钙侵的处理剂。

b) 水泥卡钻的处理

- 1) 发生水泥卡钻,应尽快实施测卡点爆破松扣技术,取出卡点以上钻具,然后进行分段套铣和爆破松扣作业或者套铣倒扣作业;
- 2) 水泥凝固时间长,无法进行套铣作业的,可以考虑采用磨鞋进行磨铣作业;
- 3) 对于水泥掉块造成卡钻,可以采用泡盐酸的方法。

13.2.2 钻具事故

13.2.2.1 钻具事故的类型

包括断钻具、滑扣、脱扣、涨扣。

13.2.2.2 断钻具事故

a) 断钻具事故的预防

- 1) 做好钻具使用前的检验、检查工作，特别是对钻铤、接头的“探伤”；
- 2) 检验。杜绝有缺陷的钻具下井；
- 3) 注意钻井液性能，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；
- 4) 钻进过程中随时观察泵压变化，当泵压变化异常时，分析原因，并进行迟到时间测量，一旦发现钻具刺漏，及时提钻，提钻时必须使用旋绳卸扣；
- 5) 当钻进过程中跳钻比较严重时，应配备合适的减震器，以减轻交变应力对钻具的影响；
- 6) 科学使用和维护钻具。

b) 断钻具事故的处理

- 1) 断钻铤、接头事故，若鱼头完好，采用可退式打捞筒打捞；鱼头不规则，先采用磨鞋修鱼头，在下可退式打捞筒打捞。也可采用合适公丝锥进行打捞；
- 2) 对于断钻杆，鱼头规则的可以下可退式打捞筒打捞；鱼头不规则，根据具体情况，可以下外引子磨鞋修鱼头，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。

13.2.2.3 滑扣事故

a) 滑扣事故的预防

- 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) 注意定期更换接头及方钻杆保护接头；
- 4) 科学使用和维护钻具。

b) 滑扣事故的处理

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

13.2.2.4 脱扣事故

a) 脱扣事故的发生

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) 脱扣事故的处理

脱扣时，可用原钻具进行对扣，然后进行紧扣。

13.2.2.5 涨扣事故

a) 涨扣事故的发生

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) 涨扣事故的处理

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

13.2.3 落物事故

a) 落物事故的形成

在钻井作业中，常常发生落物事故，如钻台手工具及附件（搬手、管钳、钹头、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) 落物事故的处理

- 1) 钻头牙轮、碎片、巴掌、钳牙、螺栓、螺母等可以选用磁铁打捞器，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以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，可以采用磨鞋进行磨铣。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，可以采用内捞绳器和外捞绳器。

14 工程质量的验收与评定

14.1 优良井

优良井质量验收评定内容包括：

- a) 水温水量满足设计要求；
- b) 井身结构满足设计要求；
- c) 岩屑录井、物探测井、钻时录井、钻井液录井、岩心录井（要求取心的地热井）满足设计要求；
- d) 成井质量满足设计要求，即滤水管井滤水管准确对位，填砾、止水和洗井满足规定要求；
- e) 裸眼成井，每个不同尺寸的套管下至预订深度，并且固井及试压满足设计要求；
- f) 降压试验按设计进行，地热井出水量（Q 或 q）与动压力（s）的关系曲线正常；
- g) 终孔深度和层位达到地质设计要求；
- h) 实物地质资料（岩屑、岩心、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；
- i) 施工中未出现严重钻井事故（如埋钻、套管未下到预定位置、因钻井事故原因变更目的层、需侧钻施工新井段等）。

14.2 合格井

凡未达到优良井要求，但满足下列要求者，可评定为合格井，合格井要求：

- a) 岩屑样捞取，取心基本达到地质设计要求，含水层与非含水层的岩性，层位基本查清；按设计要求采取各种样品。
- b) 进行了降压试验并基本取得了符合质量要求的水量、水位、水温、水质资料者。

14.3 不合格井

凡未达到合格要求的钻井为不合格井（水温水量未达到质量要求且未完成钻井目的）。

15 安全与健康防护规定

15.1 健康管理

15.1.1 地热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，及确保饮食和作业居住场所卫生。

15.1.2 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。

15.1.3 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。

15.2 安全管理

15.2.1 井场设备搬迁与安装安全要求

15.2.1.1 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。

15.2.1.2 在气候条件许可的情况下方可进行设备的吊装作业。

15.2.1.3 使用起重机械起吊钻井设备时，应遵守 GB 6067-2001 相关规定。

15.2.2 现场人员安全

15.2.2.1 施工工作人员必须接受三级安全教育，经考核合格后方准上岗。

15.2.2.2 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。

15.2.2.3 高空作业时，必须系牢安全带。

15.2.3 井场安全与防护

15.2.3.1 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。

15.2.3.2 高压热储或含油气地区施工应根据 SY/T5964-2006 规定安设井控装置。

15.2.4 井场用电安全规定

15.2.4.1 井场用电应遵守 GB 50194 的相关规定。

15.2.4.2 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。

15.2.4.3 电气设备及其启动开关应安装在干燥、清洁、通风良好处。

15.2.5 现场操作安全规定

15.2.5.1 开钻前，应对设备安装情况、安全防护设施及安全措施进行检查，验收合格后方可开钻。

15.2.5.2 应经常检查绞车的制动装置、离合装置、吊卡、游动滑车、吊钳和其他拧卸工具等，确保灵活可靠。

15.2.5.3 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。

15.2.5.4 设备运转时，禁止进行机器部件的擦洗、拆卸和维修。

15.2.5.5 复杂钻进工况，应由熟练的司钻操作。

15.2.6 井内事故处理安全规定

15.2.6.1 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。

15.2.6.2 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。

15.2.6.3 禁止在处理事故中超过设备和机具的安全负荷。

15.2.7 其他安全防护规定

15.2.7.1 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。

15.2.7.2 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。

15.2.7.3 井场内应配备足够数量的灭火器材，要适宜扑灭电气和油料火灾，定点摆放及时更新。

15.2.7.4 大风、暴雨等恶劣天气应停止钻进施工，采取相应防范避险措施。

15.2.7.5 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。

15.2.8 安全管理

15.2.8.1 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。

15.2.8.2 井队应明确安全生产职责，并设置安全员。

15.2.8.3 施工单位应经常进行工地安全施工检查，消除安全隐患。

15.2.8.4 施工单位应制定安全保障和应急救援预案，并负责组织实施。

15.2.8.5 施工现场应建立安全生产管理档案。

15.3 环境保护

15.3.1 井场应按环境保护要求采取必要措施。

15.3.2 配制钻井液应优先选择无毒或低毒化学处理剂。

15.3.3 井场应有简易公共厕所和生活垃圾箱，并做好清洁和外运工作。

15.3.4 废弃钻井液、岩屑应进行无害化处理或外运到指定场所处理。

15.3.5 要采用先进设备，降低井场设备噪音，必要时安装隔音设施，减小对施工人员和周边居民影响。

15.3.6 施工完成后，井场应清除杂物，按建设方要求进行恢复。

16 地热井完井报告与资料归档

16.1 地热井完井报告

地热井竣工后，施工单位应编写“地热井完井报告”，概述地热井施工过程和采用的工艺方法，分析总结地层概况、热储层情况、成井质量和出水效果等内容。报告内容要如实全面反映钻井施工和地质情况。“地热井完井报告”编写提纲见附录A。

16.2 资料归档

16.2.1 地热钻探工程竣工后，应对全井原始记录、实物资料（岩屑、岩心）进行归档，并对全井技术资料进行整理编写技术报告，相关资料按规定保管。

16.2.2 地热钻探工程技术档案应以单井为单位立档。

16.2.3 资料归档的基本要求

16.2.3.1 应制定原始文本资料、报表的保存和汇交管理规定。

16.2.3.2 全井钻井技术档案应归档在一个文件盒内。

16.2.3.3 封面应有档案编号、施工起止日期、立卷人和审查人姓名以及归档日期等信息。

16.2.3.4 存档单位应建立档案总账和明细表，并建立电子文档。

16.2.3.5 资料应真实、完整、准确，反映钻井工作特点，责任签署完备，字迹工整、清晰。

16.2.4 技术档案基本内容

16.2.4.1 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》、《钻时原始记录表》、《钻井地质原始记录表》、《成井井管滤水管排列记录表》、《降压试验记录表》、《恢复水位观测记录表》、《钻井完井质量验收单》、《钻井井史》。

16.2.4.2 报告及综合成果包括：钻井施工设计书、各种测井曲线、钻井地质综合柱状图、水质及岩样检测报告、定向井技术报告、酸化压裂报告（如进行此工作需提交）降压试验报告、地热钻井现场验收单、完井地质总结报告等。

附 录 A
(规范性附录)
地热井完井报告编写提纲

A.1 前 言

应写清工程的来历、目的、地理位置、地热井的坐标、地热井与相邻井的关系（回灌或开采）等；概述地热井施工情况，包括开钻日期、完钻日期、实际井深、目的层及揭露厚度，物探测井，实测水温、水量、水位是否满足合同及设计要求，并定级（优质、合格、不合格井）。插入交通位置图。

A.2 地质部分

A.2.1 地质构造条件

简述地热井所处构造位置及构造特征，可引用论证报告和施工设计的相关内容，但必须加入地热井实钻地质资料，以此对构造做进一步的论述。

A.2.2 地层概况

A.2.2.1 地层资料必须真实、全面，要充分分析描述岩心、岩屑录井、物探测井、钻井（钻时、钻压、扭矩、漏浆等）等第一手资料，地层划分一定要几种录井相互对照，一般情况，新生界（第四系Q、新近系N、古近系E）地层划分以物探测井为主；基岩地层划分要求岩屑录井、物探测井、钻时录井等方面的特征，相互对照，实钻过程中，岩屑录井与钻时录井更为重要。

A.2.2.2 地层具体描述：阐明井深、岩屑录井开始深度，共取多少岩样。自上而下实际钻遇了哪些地层，然后分别论述。地层的埋深、地层的厚度，共取多少岩样。孔隙度（松散地层为孔隙度、基岩地层为裂隙度）、泥质含量、渗透率、及电性参数。地层描述尽可能分到组，如果组比较厚，又可再分为上部、中部、下部进行详细描述。岩屑具体描述：颜色、成分（比如白云质灰岩、灰质白云岩、泥质灰岩等）、构造（比如块状构造等）、结构（比如生物碎屑结构、鲕状结构、细晶结构等）、层理（岩屑不描述，但岩心应详细描述）、光泽（比如玻璃光泽、腊质光泽等）、断口（比如贝壳状、锯齿状等）、滴酸气泡（剧烈、中等、较弱、不气泡）、颗粒的大小、分选、磨圆度等，古生物、含有物（比如含泥炭、黄铁矿晶体等）。

A.2.3 目的热储层特征

写清热储层的顶板埋深、揭露厚度，含水层岩性特征，基岩要描述裂隙发育情况（一级、二级、三级裂隙及所占比例%）、裂隙度、泥质含量（%）、渗透率等；孔隙型热储要描述颗粒成分、胶结物及胶结程度、砂岩厚度及所占比例、孔隙度、泥质含量（%）、渗透率等水文地质参数。水质应写清为何类型水、PH值、矿化度等。

A.3 钻井施工部分

- a) 设备情况简介（列表）
- b) 钻井基本数据（列表）

- c) 钻前工程及设备安装
- d) 钻井施工情况
- e) 钻井液基本情况

A.4 降压试验

- a) 写清准备做单井(或多井)的三个落程的稳定流降压试验(或长时间非稳定流降压试验);水位降深将通过变频器控制;出水量用三角堰观测,三角堰的体积为长 mm×宽 mm×高 mm;泵管规格,如用钻杆替代泵管,应写出钻杆内径 mm;水位用测线和电流表观测;液面温度用留点温度计测量;井口水温与气温用水银温度计观测。
- b) 正式试验之前,必须在洗井结束后,经过一定时间,水位基本趋于稳定,在测出液面温度和静止水位后,方可进行,要求观测井同步观测。一个落程结束后,必须马上进行恢复水位观测,直至水位基本趋于稳定为止。降压试验过程中,如因各种原因造成停泵,如是短暂掉闸,可继续进行;如是停泵时间较长,则必须等水位基本趋于稳定后,重新做该落程的降压试验。不论何种原因,必须在报告中写清抽水过程中遇到的各种问题。
- c) 在整个降压试验将要结束前,取全分析水样送验。如是开发方想做矿泉水及其它利用,应提前通知开发方来现场采取水样(一般需要特殊容器和相应的药品)。
- d) 降压试验原始数据整理:原始记录表必须记录准确全面,要写清观测点距离地面的高度,尽可能写出地面的标高,必须逐页有观测人和负责人签字,可使用钢笔、水笔、铅笔,严禁用圆珠笔和彩笔,严禁涂改。
写清静止水位、动水位、水量、水温、气温、液面温度、热水头、单位涌水量,观测时间(包括抽水和水位恢复)等。进行数据分析并计算导水系数或渗透系数。计算方法与公式执行《天津地区地热单(对)井资源评价技术要求》(津国土房热[2006]239号文件)。
- e) 水质分析:写清水的颜色、透明度、气味、味觉及所取水样的体积(单位 L),水温。写清水化学类型,指离子毫克当量大于 25%的离子,按舒卡列夫分类,比如 $\text{HCO}_3\text{SO}_4\text{Cl}-\text{Na}$ 型水;PH 值、总矿化度(mg/l)、硬度、特殊成分等,判断水质的咸淡、酸性、碱性、硬度、腐蚀性等。

A.5 结论及建议

- a) 地热井的深度、目的层及揭露厚度、方位角、水平位移、水温、水量、施工工期等主要参数均满足(或不满足)设计及合同要求,地热监管部门组织验收合格(或不合格),为一口优质井(或合格井、不合格井)。证实井身结构和施工工艺是科学的合理的。
- b) 孔隙型热储层:由于出水量大、水清砂净、效果良好,证实所采用的滤水管类型、规格等参数是合理的,证实固井效果和止水效果是成功的。
- c) 基岩型热储层:水量大、温度高、水位稳定,证实该地区热储量丰富,可满足需要。是否酸化增产,水量增加值,效果。
- d) 该井附近(周边)开采同一目的层的地热井数量,年开采量,回灌井数量(或无),已形成(或还未形成)集中开采,建议切实重视加强回灌量,合理控制开采量,梯级利用,在保护中开发利用好宝贵的地热资源。
- e) 依据水质分析报告,得出该井地热流体类型,总矿化度(mg/l),PH 值为弱碱性水(或弱酸、中性、其它),属微腐蚀性水(或不腐蚀、中等腐蚀、强腐蚀等),建议采用间接供热方式,设备、管材采用耐高温耐腐蚀材质。
- f) 建议务必做好井口保护装置,应由有相应资质的经验丰富的施工队伍安装。

- g) 近期陆续发现使用年限较长的老地热井需要修复，但因地热井被盖于大楼内，无法施工。建议不要把地热井盖在永久性建筑内，可单独设置井房，以备日后维修。
- h) 建议做好地热井的水位、水温、水量长期观测工作，并保存好记录，尤其是水位变化需要长年观测，不分使用期和非使用期。

A.6 附图、附表（全部为复印件，原始件存档）

- a) 井身结构示意图
- b) 成井井管滤水管排列表
- c) 降压试验原始记录表
- d) 水质分析报告

附 录 B
(资料性附录)
钻井液处理剂

B.1 钻井液处理剂要求见表B.1。

表B.1 钻井液处理剂

处理剂类型	处理剂名称	主要用途
分散剂	碳酸钠 (Na ₂ CO ₃)、氢氧化钠(NaOH)	分散、调节 PH 值
	六偏磷酸钠(Na ₅ P ₆ O ₁₈)、三聚磷酸钠 (Na ₃ P ₃ O ₁₀)、焦磷酸钠 (Na ₄ P ₂ O ₇)	络合作用
稀释剂	丹宁酸钠 (NaT)、铬腐殖酸 (CrHm)	降粘、降滤失作用
	低分子量聚丙烯酸盐 (X-A40)、磺甲基五倍子丹宁酸钠 (SMT)	降粘、抗盐、钙、温作用
降失剂	羟甲基纤维素(LV-CMC、MV-CMC)	降滤失、增粘作用
	水解聚丙烯腈钠盐 (Na-HPAN)、水解聚丙烯腈钙盐 (Ca-HPAN)、磺化褐煤磺化酚醛树脂共聚物 (SCSP)	降滤失、抗盐、抗钙作用
	水解聚丙烯腈盐 (Ca-HPAN)、腐植酸钠 (Na-Hm)、腐殖酸钾 (KHm)、硝基腐殖酸钠	降滤失、降粘作用
增粘剂	羟甲基纤维素钠盐 (HV-CMC)、复合离子型聚丙烯酸盐 (PAC ₁₄₁)、羟乙基纤维素 (HEC)、磺化聚丙烯酰胺 (SPAM)	增粘、PAC ₁₄₁ 和 SPAM 兼有抗盐作用
絮凝剂	聚丙烯酰胺 (PAM)、水解聚丙烯酰胺 (PHP)	选择絮凝作用
泡沫剂	烷基磺酸钠 (A-S)、烷基苯磺酸钠 (ABS)	发泡作用
堵漏剂	惰性材料：棉花籽壳粉、蛭石粉、核桃皮粉、珍珠岩粉、锯末、稻壳碎末、粘土、水泥 油田用堵漏剂：SD 系列、N 型尿素甲醛树脂	堵塞裂隙、井隙等作用
抗高温材料	高岭土、海泡土、褐煤、丙烯酸盐、特种树脂、温石棉	抗高温作用
加重材料	重晶石粉 (BaSO ₄)、石灰石粉 (CaCO ₃)、氧化铁粉、钛铁矿粉、方铅矿粉	增大泥浆密度作用

附 录 C
(资料性附录)
三牙轮钻头型号选择

C.1 三牙轮钻头型号见表C.1。

表C.1 三牙轮钻头型号表

钻头类型	适用地层			钻头结构特征和代号						
	系列	岩性	分级	普通滚动轴 承 1	空气冷却滚动轴承 2	滚动轴承保 径 3	密封滚动轴 承 4	密封滚动保 径 5	密封滑动轴 承 6	密封滑动保 径 7
铣齿钻头	1	低抗压强度，高可钻性的软地层	1	111 / 111P		113 / 113P	114P	115P	116P	117P
			2	121 / 121P		123 / 123P	124P	125p	126P	127P
			3	131 / 131P		133 / 133P	134P	135P	136P	137P
			4							
	2	高抗压强度的中到中硬地层	1	211 / 211P		213 / 213P	214P	215P	216P	217P
			2							
			3							
			4	241 / 241P		243 / 243P	244P	245P	246P	247P
	3	半研磨性或研磨性地层	1							
			2	321 / 321P		323 / 323P	324P	325P	326P	327P
			3							
			4							
镶齿钻头	4	低抗压强度，高可钻性的极软地层	1							
			2							
			3					435P		437P
			4							
	5	低抗压强度的软到中硬地层	1					515P		517P
			2							
			3					535P		537P
			4							
	6	高抗压强度的中硬地层	1					615P		617P
			2							
			3					635P		637P
			4							
	7	半研磨性或研磨性硬地层	1							
			2							
			3					735P		737P
			4							
	8	高研磨性的极硬地层	1							
			2							
			3					835P		837P
			4							

附 录 D
(资料性附录)
地热井常用套管选择

D.1 常用套管规格见表D.1。

表D.1 常用套管规格表

规格 mm(in)	重量 Kg/m	钢级	壁厚 mm	内径 mm	通径 mm	标准接 箍外径 mm	挤毁 压力 MPa	管体屈 服强度 kN	容积 m ³ /m
139.7 (5 ¹ / ₂)	20.83	J-55	6.2	127.3	124.1	153.7	21.5	988	0.013
	23.07	J-55	6.99	125.7	122.6	153.7	27.9	1103	0.012
	17.86	J-55	7.72	124.3	121.1	153.7	33.9	1215	1.012
	20.83	K-55	6.2	127.3	124.1	153.7	21.5	998	0.013
	23.07	K-55	6.99	125.7	122.6	153.7	27.9	1103	0.012
	25.3	K-55	7.72	124.3	121.1	153.7	33.9	1215	0.012
	25.3	C-75	7.72	124.3	121.1	153.7	41.6	1655	0.012
	29.76	C-75	9.17	121.1	118.2	153.7	58	1944	0.012
177.8 (7)	29.76	J-55	6.91	164	160.8	194.5	15.7	1406	0.021
	34.23	J-55	8.05	161.7	158.5	194.5	22.5	1628	0.021
	38.69	J-55	9.19	159.4	156.2	194.5	29.8	1846	0.020
	29.76	K-55	6.91	164	160.8	194.5	15.7	1406	0.021
	34.23	K-55	8.05	161.7	158.5	194.5	22.5	1628	0.021
	38.69	K-55	9.19	159.4	156.2	194.5	29.8	1846	0.020
	34.23	C-75	8.05	161.7	158.5	194.5	25.9	2220	0.021
	38.69	C-75	9.19	159.4	156.2	194.5	36	2518	0.020
	43.16	C-75	10.36	157.1	153.9	194.5	46.4	2821	0.019
244.5 (9 ⁵ / ₈)	53.57	J-55	8.94	226.6	222.6	269.9	13.9	2509	0.040
	59.53	J-55	10.03	224.4	220.5	269.9	17.7	2803	0.040
	53.57	K-55	8.94	226.6	222.6	269.9	13.9	2509	0.040
	59.53	K-55	10.03	224.4	220.5	269.9	17.7	2803	0.040
	59.53	C-75	10.03	224.4	220.5	269.9	20.6	3822	0.040
273 (10 ³ / ₄)	60.27	J-55	8.89	255.3	251.3	298.5	10.9	2799	0.051
	67.71	J-55	10.16	252.7	248.8	298.5	14.4	3181	0.050
	60.27	K-55	8.89	255.3	251.3	298.5	10.9	2799	0.051
	67.71	K-55	10.16	252.7	248.8	298.5	14.4	3181	0.050

表 D.1 常用套管规格表（续）

规格 mm(in)	重量 Kg/m	钢级	壁厚 mm	内径 mm	通径 mm	标准接 箍外径 mm	挤毁 压力 MPa	管体屈 服强度 kN	容积 m ³ /m
339.7 (13 ³ / ₈)	81.11	J-55	9.65	320.4	316.5	365.1	7.8	3795	0.081
	90.78	J-55	10.92	347.9	313.9	365.1	10.6	4280	0.079
	81.11	K-55	9.65	320.4	316.5	365.1	7.8	3795	0.081
	101.20	C-75	10.92	315.3	311.4	365.1	15.3	6487	0.078

附 录 E
(资料性附录)
降压试验表格

E.1 降压试验数据对照见表E.1。

表E.1 90° 三角堰水头高度与流量换算表

h (mm)	Q		h (mm)	Q	
	(L/s)	m ³ /h		(L/S)	m ³ /h
10	0.014	0.051	42	0.513	1.848
11	0.018	0.065	43	0.544	1.960
12	0.022	0.081	44	0.577	2.076
13	0.027	0.099	45	0.610	2.196
14	0.033	0.119	46	0.644	2.320
15	0.039	0.141	47	0.680	2.448
16	0.046	0.166	48	0.717	2.580
17	0.054	0.193	49	0.755	2.717
18	0.062	0.222	50	0.794	2.858
19	0.071	0.254	51	0.828	2.982
20	0.080	0.289	52	0.869	3.130
21	0.091	0.327	53	0.912	3.283
22	0.102	0.367	54	0.955	3.440
23	0.114	0.410	55	1.000	3.601
24	0.127	0.456	56	1.046	3.767
25	0.140	0.505	57	1.094	3.937
26	0.155	0.557	58	1.142	4.112
27	0.170	0.612	59	1.192	4.292
28	0.186	0.671	60	1.243	4.476
29	0.203	0.732	61	1.296	4.665
30	0.221	0.797	62	1.350	4.858
31	0.240	0.865	63	1.405	5.057
32	0.260	0.936	64	1.461	5.260
33	0.281	1.011	65	1.519	5.468
34	0.303	1.090	66	1.578	5.680
35	0.325	1.172	67	1.638	5.898
36	0.349	1.257	68	1.700	6.121
37	0.374	1.346	69	1.763	6.348
38	0.400	1.439	70	1.828	6.581
39	0.427	1.536	71	1.894	6.818
40	0.454	1.636	72	1.961	7.061
41	0.483	1.740	73	2.030	7.309

表 E.1 90° 三角堰水头高度与流量换算表(续)

h (mm)	Q		h (mm)	Q	
	(L/s)	m ³ /h		(L/s)	m ³ /h
74	2.100	7.561	114	6.143	22.115
75	2.172	7.819	115	6.279	22.603
76	2.245	8.083	116	6.416	23.098
77	2.320	8.351	117	6.555	23.599
78	2.396	8.625	118	6.696	24.107
79	2.473	8.904	119	6.839	24.621
80	2.552	9.189	120	6.984	25.141
81	2.633	9.478	121	7.130	25.668
82	2.715	9.774	122	7.278	26.202
83	2.798	10.074	123	7.428	26.742
84	2.883	10.381	124	7.580	27.289
85	2.970	10.692	125	7.734	27.842
86	3.058	11.010	126	7.890	28.403
87	3.148	11.332	127	8.047	28.969
88	3.239	11.661	128	8.206	29.543
89	3.332	11.995	129	8.368	30.123
90	3.426	12.335	130	8.531	30.711
91	3.522	12.680	131	8.696	31.305
92	3.620	13.031	132	8.863	31.905
93	3.719	13.388	133	9.031	32.513
94	3.820	13.751	134	9.202	33.128
95	3.922	14.120	135	9.375	33.749
96	4.026	14.494	136	9.549	34.378
97	4.132	14.875	137	9.726	35.013
98	4.239	15.261	138	9.904	35.656
99	4.348	15.653	139	10.085	36.305
100	4.459	16.052	140	10.267	36.962
101	4.539	16.339	141	10.451	37.625
102	4.652	16.747	142	10.638	38.296
103	4.767	17.160	143	10.826	38.974
104	4.883	17.580	144	11.016	39.659
105	5.002	18.005	145	11.209	40.351
106	5.121	18.437	146	11.403	41.050
107	5.243	18.875	147	11.599	41.756
108	5.366	19.319	148	11.797	42.470
109	5.492	19.770	149	11.998	43.191
110	5.618	20.226	150	12.200	43.920
111	5.747	20.689	151	12.316	44.336
112	5.877	21.158	152	12.521	45.074
113	6.009	21.633	153	12.728	45.819

表 E.1 90° 三角堰水头高度与流量换算表(续)

h (mm)	Q		h (mm)	Q	
	(L/s)	m ³ /h		(L/s)	m ³ /h
154	12.936	46.571	194	23.042	82.951
155	13.148	47.331	195	23.340	84.024
156	13.361	48.098	196	23.640	85.105
157	13.576	48.873	197	23.943	86.195
158	13.793	49.655	198	24.248	87.293
159	14.012	50.444	199	24.555	88.400
160	14.234	51.241	200	24.865	89.514
161	14.457	52.045	201	24.996	89.985
162	14.683	52.857	202	25.308	91.109
163	14.910	53.677	203	25.622	92.241
164	15.140	54.504	204	25.939	93.381
165	15.372	55.338	205	26.258	94.529
166	15.606	56.181	206	26.580	95.686
167	15.842	57.031	207	26.903	96.852
168	16.080	57.888	208	27.229	98.026
169	16.320	58.754	209	27.558	99.208
170	16.563	59.627	210	27.889	100.399
171	16.808	60.507	211	28.222	101.599
172	17.054	61.396	212	28.557	102.807
173	17.303	62.292	213	28.895	104.023
174	17.554	63.196	214	29.236	105.249
175	17.808	64.108	215	29.578	106.482
176	18.063	65.028	216	29.924	107.725
177	18.321	65.955	217	30.271	108.976
178	18.581	66.891	218	30.621	110.236
179	18.843	67.834	219	30.973	111.504
180	19.107	68.786	220	31.328	112.782
181	19.374	69.745	221	31.685	114.068
182	19.642	70.712	222	32.045	115.362
183	19.913	71.688	223	32.407	116.666
184	20.186	72.671	224	32.772	117.978
185	20.462	73.663	225	33.139	119.299
186	20.739	74.662	226	33.508	120.629
187	21.019	75.670	227	33.880	121.968
188	21.301	76.685	228	34.254	123.316
189	21.586	77.709	229	34.631	124.672
190	21.873	78.741	230	35.011	126.038
191	22.161	79.781	231	35.392	127.412
192	22.453	80.830	232	35.777	128.796
193	22.746	81.886	233	36.163	130.188

表 E.1 90° 三角堰水头高度与流量换算表(续)

h (mm)	Q		h (mm)	Q	
	(L/s)	m ³ /h		(L/s)	m ³ /h
234	36.553	131.589	268	50.940	183.383
235	36.944	133.000	269	51.416	185.099
236	37.339	134.419	270	51.896	186.824
237	37.735	135.848	271	52.377	188.559
238	38.135	137.285	272	52.862	190.303
239	38.537	138.732	273	53.349	192.057
240	38.941	140.188	274	53.839	193.820
241	39.348	141.652	275	54.332	195.594
242	39.757	143.126	276	54.827	197.377
243	40.169	144.610	277	55.325	199.169
244	40.584	146.102	278	55.825	200.972
245	41.001	147.604	279	56.329	202.784
246	41.421	149.114	280	56.835	204.606
247	41.843	150.634	281	57.344	206.438
248	42.268	152.164	282	57.855	208.279
249	42.695	153.702	283	58.370	210.131
250	43.125	155.250	284	58.887	211.992
251	43.242	155.671	285	59.406	213.863
252	43.674	157.226	286	59.929	215.744
253	44.108	158.790	287	60.454	217.635
254	44.546	160.364	288	60.982	219.535
255	44.985	161.947	289	61.513	221.446
256	45.428	163.540	290	62.046	223.367
257	45.873	165.141	291	62.583	225.297
258	46.320	166.752	292	63.122	227.238
259	46.770	168.373	293	63.663	229.188
260	47.223	170.003	294	64.208	231.149
261	47.678	171.642	295	64.755	233.119
262	48.136	173.291	296	65.306	235.100
263	48.597	174.949	297	65.858	237.091
264	49.060	176.617	298	66.414	239.091
265	49.526	178.294	299	66.973	241.102
266	49.995	179.981	300	67.531	243.112
267	50.466	181.678			

E.2 降压试验汇总表见表E.2。

表E.2 降压试验汇总表

井 号		井 位	
井口坐标	X:	Y:	
基点距井口距离:	米	堰 形	
压力表中心距井口距离:	米		
第 一 落 程	静止水位:	米	动水位: 米
	降深:	米	单位涌水量: 米 3/时. 米
	观测时间:	时	水量: 米 3/时
	水温:	℃	气温: ℃
	恢复水位时间:	时	稳定水位时间: 时
第 二 落 程	静止水位:	米	动水位: 米
	降深:	米	单位涌水量: 米 3/时. 米
	观测时间:	时	水量: 米 3/时
	水温:	℃	气温: ℃
	恢复水位时间:	时	稳定水位时间: 时
第 三 落 程	静止水位:	米	动水位: 米
	降深:	米	单位涌水量: 米 3/时. 米
	观测时间:	时	水量: 米 3/时
	水温:	℃	气温: ℃
	恢复水位时间:	时	稳定水位时间: 时
质量控制过程及结果评价:			
钻井工程师:	地质工程师:	井队技术负责:	
日期:	日期:	日期:	

E.3 降压试验记录见表E.3

表E.3 降压试验记录表

井号

井位

静止水位

米

第

页

基点距井口距离

米

压力表中心距井口距离

米

堰形

落程

共

页

观 测 时 间					水 量 观 测			水 位 观 测				水 温 ℃	气 温 ℃	备 注	
月	日	时	分	时间间隔 (分)	累计时间 (时、分)	堰口读数 (厘米)	涌水量 (升/秒)	涌水量 (米 ³ /时)	由基点算起 (米)	压力表读数 (Kg/cm ²)	水位埋深 (米)				水位降落 (米)

记录:

审核:

附 录 F
(规范性附录)
地 热 钻 探 班 报 表

F.1 地热钻探班报表见表F.1

表F.1 地热钻探班报表

时 间			工 作 内 容							井 深		钻 进 参 数			泥 浆 性 质							取 心 情 况				
自	至	计								自	至	计	钻压	转速	泵量	泵压	粘度	比重	失水量	泥饼	切力	PH	含沙量	名称	长度	采取率
接班井深			交班井深							本班进尺							交班方									
钻具组合	名称								合计	钻头情况													备注(井内及设备情况)		出勤人员	
	规格																									
	数量																									
	长度																									
时间利用	纯钻	泥浆循环	提下钻	接单根	换钻头	其它辅助	测井	固井	抽水	拆迁安	孔内事故	机械事故	组织停工	自然停工	检修	其它	合 计									
孔 号:			井队:							年	月	日	时至	时	审核:							填表人:				

附 录 G
(资料性附录)
×× 号井成井井管、滤水管排列表

G.1 成井井管、滤水管排列表见表G.1

表G.1 ×× 号井成井井管、滤水管排列表

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

井队长：地质员：日期：

附 录 H
(资料性附录)
钻井设备安装检查验收表

H.1 钻井设备安装检查验收见表H.1

表H.1 钻井设备安装检查验收表

井号		井位			
施工单位			检查日期		
检查项目		检查结果			
井 架					
天车、游动滑车、转盘、 同一条线					
基础、排水、防涝					
泥浆循环系统					
机械设备： 钻机、泥浆泵、柴油机、 发电机					
电器设备、照明线路					
取暖、避雷、消防 及其它安全措施					
检查组成员 (签字)	主管单位领导	生产管理部门	安保部门	设备供应部门	
检查小组意见					
施工单位签字					
