

T/GRM

中关村绿色矿山产业联盟团体标准

T/XXX XXXX—XXXX

集中式地热开发利用项目施工管理规范

Management specification for construction of centralized geothermal development
and utilization projects

(送审讨论稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

2026 - XX - XX 发布

2026 - XX - XX 实施

中关村绿色矿山产业联盟 发布

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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中关村绿色矿山产业联盟提出并归口。

本文件起草单位：中国煤炭地质总局水文地质局、中煤地华盛水文地质勘察有限责任公司、中煤水文局集团（雄安）地热科技有限公司。

本文件主要起草人：李冲、赵伟、常洪岩、王彦召、郭杰、付向锋、张静、成佳旋、吴冰洁。

本文件为首次发布。

引 言

随着国家“双碳”战略的深入实施，地热能作为一种稳定、清洁的可再生能源，其开发利用，特别是集中式供热/制冷项目，正迎来规模化发展。集中式地热项目具有投资大、工序复杂、涉及专业多、安全风险高等特点，其施工管理水平直接关系到工程质量、长期运行效益、施工安全及环境保护。

目前，我国针对集中式地热项目施工管理的专项标准尚属空白，现有标准多侧重于技术设计或单一环节（如钻探），缺乏覆盖施工全过程、聚焦“集中式”特点的系统性管理规范。为统一管理要求，保障工程质量与安全，提升资源利用效率，促进地热产业健康有序发展，特制定本规范。

本规范以全过程、精细化管理为核心，融合了国内外先进管理理念与实践经验，旨在为集中式地热项目的施工准备、过程控制、质量验收、安全环保及应急管理提供全面、科学、可操作的技术依据。

集中式地热开发利用项目施工管理规范

1 范围

本文件规定了集中式地热开发利用项目（包括地埋管换热系统、地下水换热系统、能源站及附属设施）施工管理的基本要求、施工准备、过程控制、质量验收、健康安全环境（HSE）管理、资料管理与应急管理。

本文件适用于以地源热泵系统为主要形式的集中式地热开发利用项目（包括新建、改建和扩建工程）的施工管理。

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 50194 建设工程施工现场供用电安全规范
- GB 50242 建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范
- GB 50243 通风与空调工程施工质量验收规范
- GB 50268 给水排水管道工程施工及验收规范
- GB 50274 制冷设备、空气分离设备安装工程施工及验收规范
- GB 50366-2005(2009 版) 地源热泵系统工程技术规范
- GB 50720 建设工程施工现场消防安全技术规范
- GB/T 13663 给水用聚乙烯（PE）管道系统
- CJJ 101 埋地塑料给水管道工程技术规程
- JGJ 33 建筑机械使用安全技术规程
- JGJ 46-2024 施工现场临时用电安全技术规范
- DZ/T 0260 地热钻探技术规程
- NB/T 10265 浅层地热能开发工程勘查评价规范
- NB/T 10277 浅层地热能钻探工程技术规范

3 术语和定义

GB 50366、MT/T 1256、NB/T 10277界定的术语和定义适用于本文件。

3.1

集中式地热开发利用项目 centralized geothermal development and utilization project

为满足一个或多个大型建筑（群）的供暖、制冷及生活热水需求，采用地源热泵技术，集中布设地埋管换热器群、地热井群或建设能源站的地热利用工程。

3.2

施工管理 construction management

从施工准备到竣工验收的全过程中，对人员、材料、设备、技术、环境、质量、安全、进度、成本、信息等进行计划、组织、协调、控制和监督的活动。

3.3

关键工序 critical process

对工程质量、安全及系统长期运行可靠性有决定性影响的施工工序，包括但不限于：钻孔垂直度控制、管道连接、回填密实度、地热井成井与洗井、防水防腐、系统水压试验等。

3.4

质量通病 common quality defect

施工过程中经常出现的、影响工程质量和使用功能的缺陷，如地埋管渗漏、回填不密实、热短路、地热井出砂、设备减震失效等。

3.5

热短路 thermal short-circuit

因地埋管之间回填不实或水力联系不当，导致进出水温度异常接近，换热效率显著下降的现象。

3.6

孔底返浆工艺 bottomup grouting process

通过导管从钻孔底部注入回填浆液，使浆液自下而上充满管孔环状空间的施工工艺。

3.7

HSE 管理体系 HSE management system

健康（Health）、安全（Safety）和环境（Environment）三位一体的管理体系，旨在通过系统化的预防管理机制，消除或降低施工过程中的各类风险。

3.8

集中式浅层地埋孔 centralized shallow borehole

在一定区域内，为大型建筑或建筑群提供冷热源而集中布置的、深度通常不大于200m的垂直地埋管换热孔群，孔间距不大于6m。

3.9

岩土热响应试验 rock-soil thermal response test

利用测试仪器对项目所在场区的测试孔进行一定时间连续换热，获得岩土综合热物性参数及岩土初始平均温度的试验。

4 基本规定

4.1 施工组织与策划

4.1.1 施工单位应具备相应的施工资质、安全生产许可证，并建立健全项目质量管理体系、安全生产责任制和环境保护管理体系。

4.1.2 施工前应编制专项施工组织设计（或施工方案），经监理单位审查、建设单位批准后方可实施。施工组织设计应包含以下内容：

- a) 工程概况：工程特点、地质条件、周边环境、主要工程量；
- b) 施工部署：施工区段划分、施工顺序、资源配置计划；
- c) 施工进度计划：横道图或网络图，明确关键节点和里程碑；
- d) 主要施工工艺及技术措施：钻孔、下管、回填、管道连接、设备安装等；
- e) 质量保证措施：质量控制点设置、检验计划、质量通病防治；
- f) 安全生产措施：风险辨识、安全技术措施、应急预案；
- g) 环境保护措施：泥浆处理、扬尘控制、噪声控制；
- h) 冬雨季施工措施：季节性施工专项方案；
- i) 劳动力计划：人员配备、特种作业人员名单；
- j) 施工机械与设备计划：设备型号、数量、进场时间；

k) 施工平面布置图：钻孔位置、管沟走向、材料堆放、临建设施。

4.1.3 应组织图纸会审和技术交底，明确设计意图、技术要点、质量标准和安全要求。技术交底应分级进行，直至作业班组，并形成书面记录，交底人和接收人双方签字确认。

4.1.4 施工前应对工程影响范围内的地下管线、构筑物、障碍物进行调查，必要时进行探查，制定专项保护或迁改方案。对于重要管线（燃气、高压电缆、供水干管），应取得产权单位书面确认后施工。

4.1.5 集中式地热项目的特征应满足以下条件之一：

- a) 竖直埋管换热器数量不少于 100 个，或钻孔总深度不小于 10000m；
- b) 地热井（抽水井、回灌井）数量不少于 3 口；
- c) 能源站供热或制冷面积不小于 10000 m²。

4.2 现场管理

4.2.1 施工现场应实行封闭管理，围挡高度、材质符合当地建设行政主管部门要求。场地应平整、硬化，道路畅通，排水设施完善。

4.2.2 施工材料、设备应按规划区域堆放整齐，标识清晰。管材应避免阳光直射，堆放高度不超过 1.5m，底部应设垫木。回填材料应防雨防潮，水泥应入库保存。

4.2.3 临建设施（办公区、生活区、加工区、库房）应布局合理，符合安全、消防、卫生和环保要求。办公区与生活区宜分开设置，宿舍不得兼作厨房或库房。

4.2.4 应设置规范的“五牌一图”（工程概况牌、管理人员名单及监督电话牌、消防保卫牌、安全生产牌、文明施工牌、施工现场总平面图）和安全警示标志。危险区域（泥浆池、基坑、孔口）应设置隔离设施和醒目警示。

4.3 分包与人员管理

4.3.1 分包单位应具有相应资质和安全生产许可证，并纳入总包单位统一管理。总包单位应与分包单位签订安全生产管理协议，明确各自职责。

4.3.2 特种作业人员（焊工、电工、高处作业人员、钻机操作手等）必须持有效证件上岗，并接受继续教育和复审。

4.3.3 所有施工人员上岗前应经三级安全教育（公司级、项目级、班组级）和必要的专业技能培训，考核合格后方可上岗。安全教育应建立档案，记录培训时间、内容、考核结果。

4.3.4 项目负责人、技术负责人、安全员、质量员等关键岗位人员应具备相应资格，并常驻现场履职。

5 施工准备管理

5.1 技术准备

5.1.1 施工前应收集并复核以下技术资料：

- a) 地质勘察报告、岩土热物性测试报告；
- b) 施工图纸、设计变更文件；
- c) 合同文件、技术要求；
- d) 现场踏勘记录、地下管线调查报告；
- e) 相关标准规范。

5.1.2 应根据勘察报告，识别复杂地层（如流沙层、卵石层、破碎带、溶洞），制定专项钻进与成孔方案，明确钻进参数、护壁措施、防塌孔措施。

5.1.3 应进行岩土热响应试验（如未在勘察阶段进行），获取岩土初始温度、导热系数、换热能力等参数，为施工参数优化提供依据。

5.2 资源准备

5.2.1 主要设备（钻机、热熔机、吊车、挖掘机、注浆泵等）应检验合格，性能满足工程要求。钻机垂直度调节装置、测斜仪应校准合格。

5.2.2 管材、管件、回填材料、水泥、钢筋、设备等应符合设计要求，并具有产品合格证、出厂检验报告、质量证明书。进场后应按规范进行外观检查和抽样复检，验收合格后方可使用。

- 5.2.3 地埋管管材应采用高密度聚乙烯（PE100），公称压力不小于 1.6MPa。管材、管件应为同一厂家、同一牌号材质，U 形弯头应为成品件，严禁现场煨制。
- 5.2.4 回填材料应进行配合比试验，确定最佳配比和浆液性能参数（密度、流动度、凝结时间、导热系数）。导热系数不应低于周围岩土体，且不应小于 $1.8 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 。
- 5.2.5 现场供水、供电应满足施工峰值需求。临时用电系统应采用 TNS 接零保护系统，实行三级配电、两级漏电保护。电缆应架空或穿管敷设，严禁拖地。

5.3 场地准备

- 5.3.1 复核测量基准点，进行施工放线，准确标定孔位、管沟、设备基础位置。孔位放线允许偏差不应大于 50mm。
- 5.3.2 规划泥浆池、循环系统及岩屑堆放区，并采取可靠的防渗、防溢流措施。泥浆池宜布置在两排钻孔之间，池深不应大于 2m，边坡距离钻机支架不应小于 1m。
- 5.3.3 规划场内运输路线，确保大型设备及材料运输通畅。运输道路宽度不应小于 4m，转弯半径应满足车辆要求。
- 5.3.4 对基坑、管沟周边应设置截水沟、排水沟，防止地表水流入。地下水位较高时，应制定降水方案。

6 竖直地埋管换热系统施工管理

6.1 钻孔施工

6.1.1 钻机就位

钻机就位应符合下列要求：

- 钻机作业地面应坚实平整，必要时铺设钢板或枕木加固。
- 钻机塔身应保持垂直，通过钻机自身水平仪双向调平，垂直度偏差应小于 0.5%。
- 钻机就位应考虑钻杆换取、泥浆调配与清运、钻机移位等的便利性。

6.1.2 钻孔工艺选择

应根据地层条件选择适宜的钻进工艺：

- 以黏土、砂土为主的松散覆盖层：宜采用正循环回转钻进或泵吸反循环钻进；
- 以卵石、碎石为主的粗颗粒地层：宜采用冲击钻进或振动回转钻进；
- 基岩地层：宜采用空气潜孔锤钻进；
- 上部松散、易塌地层：应采用跟管钻进，跟管深度宜小于 40m；
- 下部遇裂隙、夹层、流沙带：应采用泥浆护壁钻进。

6.1.3 钻进参数控制

钻进参数应按照以下要求控制：

- 钻进速度应根据地层硬度控制：软土层 $30 \sim 50 \text{ r}/\text{min}$ ，硬土层 $15 \sim 30 \text{ r}/\text{min}$ ；
- 钻压应均匀，避免荷载不均导致钻杆弯曲；
- 泥浆密度应根据地层条件调整：松散层 $1.10 \sim 1.20 \text{ g}/\text{cm}^3$ ，基岩 $1.02 \sim 1.05 \text{ g}/\text{cm}^3$ ；
- 开钻时慢速启动，逐步加速；换层、换径时应合理调整参数。

6.1.4 钻孔垂直度控制

钻孔垂直度应按照下列规定控制：

- 钻孔垂直度偏差不应大于 1.0%（即每 100m 孔深偏差不大于 1m）；
- 每 50m 应测斜一次，采用测斜仪或井径仪检测；
- 发现孔斜超标时，应立即纠斜，可采用纠斜钻具或回填重钻；
- 钻具组合应具有良好同心度，钻铤、钻杆应定期检测弯曲度。

6.1.5 钻孔记录与异常处理

钻孔过程中应做好记录，并按以下要求处理异常情况：

- a) 钻进过程中应记录钻进参数（压力、转速、速度）、地层变化情况、泥浆消耗量、异常现象等；
- b) 发生卡钻、埋钻时，应立即停钻，查明原因，严禁强行启动；
- c) 发生漏浆时，应采取堵漏措施（如加锯末、水泥浆等）；
- d) 发生邻孔串孔时，应做报废处理，并重新钻孔、下管。

6.2 管道安装

6.2.1 下管前准备

下管前应做好以下准备工作：

- a) 下管前应对地埋管进行外观检查，确保无破损、无变形、无划痕；
- b) 应按设计要求进行水压试验（第一次水压试验），试验压力应符合附录 B 的规定；
- c) 水压试验合格后，应将管口密封，保持有压状态准备下管。

6.2.2 U形管组对

U形管组对应符合下列要求：

- a) U形弯头应为成品件，严禁采用直管煨制；
- b) U形管组对长度应能满足插入钻孔后与环路集管连接的要求；
- c) 管材与管件连接应采用电熔或热熔连接，连接质量应符合 CJJ 101 规定；
- d) 组对好的 U形管开口端部应及时密封，防止杂物进入。

6.2.3 下管操作

下管操作应遵守以下规定：

- a) 应采用专用下管机或人工辅助下管，速度均匀（宜控制在 0.5m/min 以内）；
- b) 下管过程中应防止管材与坚硬物直接接触，避免损伤；
- c) 下管遇阻时，应查明原因，不得强行下管；
- d) U形管支管间应设分离定位管卡，间距 2~4m，使换热管之间保持分开状态；
- e) 下管至设计深度后，地面应保留约 0.5m 管段并固定，防止下滑；
- f) 下管过程中应防止将杂物带入钻孔内。

6.3 回填施工

6.3.1 回填材料

回填材料应符合下列要求：

- a) 回填材料宜选用膨润土和细砂的混合浆（膨润土含量根据配合比试验确定）或专用水泥基灌浆材料；
- b) 回填材料导热系数不应低于周围岩土体，且不应小于 1.8 W/(m·K)；
- c) 回填材料配比应通过试验确定，水灰比宜为 0.7~0.9；
- d) 当埋管深度超过 40m 时，灌浆回填应在周围临近钻孔均钻凿完毕后进行。

6.3.2 回填工艺

回填工艺应按以下规定执行：

- a) 回填应采用孔底返浆工艺，使用全自动注浆设备；
- b) 注浆管应下至孔底，注浆压力宜控制在 0.2~0.5MPa；
- c) 回填应连续进行，浆液流量与压力应实时监控，注浆速度应与拔管速度相协调；
- d) 回填至孔口后，应继续注浆 5~10min，确保孔口饱满；
- e) 回填完成后应保压 1h，观察压力变化，检查管口封堵情况。

6.3.3 回填质量检验

回填质量检验应满足下列要求：

- a) 回填密实度不应小于 95%（按击实试验标准）；

- b) 密实度检测可采用环刀取样法、电阻率 CT 法或声波测井法；
- c) 检测频率：每个分项工程不少于 3 点，或按钻孔总数的 5%抽检；
- d) 对检测不合格的钻孔，应进行补浆处理，直至合格。

7 水平管及检查井施工管理

7.1 沟槽开挖

7.1.1 沟槽开挖应在竖直地埋管完成并清理现场泥浆后进行，沟槽宽度和坡度应符合设计和相关标准要求，开挖时不应损坏竖直埋管换热器。

7.1.2 沟槽底部应人工平整，清除石块、杂物，平整度偏差±15mm。沟槽深度应满足设计要求，且应在冻土层以下 0.6m，距地面不应小于 1.5m。

7.1.3 在含水地层开挖时，应设置施工降排水设施，槽底不得长期积水。在软土、不稳定地层内开挖时，应设置沟槽支护或采取其他处理措施。

7.1.4 地下障碍物处理：

- a) 对于易破碎的障碍物，应将其破碎清除；
- b) 对于不易破碎的大块障碍物，应调整环路集管走向或施工方案；
- c) 遇有给水、排水、燃气、电缆、通信等地下管线时，应采取保护措施，管线附近不应使用机械设备施工。

7.1.5 两管碰接处应设工作坑，工作坑的宽度和深度应能保证管材、管件的正常连接。

7.2 检查井砌筑

7.2.1 检查井砌体可用非黏土烧结实心砖、素混凝土或钢筋混凝土，当检查井在建筑基础下时应用钢筋混凝土。

7.2.2 检查井内分集水器两端应分别设置支墩，中间可增设支墩，确保分集水器不会产生受力弯曲变形。支墩高度不应小于 500mm。

7.2.3 水平集管进出检查井应采用穿墙套管，且穿墙管不小于管径的 1.5 倍，主管的穿墙套管不小于管道外径加 100mm。穿墙套管与管道间隙采用防水水泥密封。

7.2.4 检查井应做防水处理，井壁内外抹防水砂浆，外墙面粉防水涂料。井盖安装应与地面标高一致，偏差不应大于 5mm。

7.3 水平集管安装

7.3.1 水平集管的连接宜在检查井和分集水器制作完成后进行，可按分区分别安装。

7.3.2 水平集管坡度不应小于 3‰，确保分集水器侧排气畅通。供回水集管应分层布置，间距不应小于 600mm。

7.3.3 水平管敷设应在沟底标高和管沟基础质量检查合格后进行，安装过程中应防止砖瓦、石块等重物撞击管身。

7.3.4 水平集管不应有折断、扭结、折痕等情况，转弯处应光滑，弯曲半径不应小于管道外径的 20 倍。

7.3.5 每对供、回水环路集管连接的地理管数量宜相等，每个分集水器连接的环路数量宜相等，供、回水环路集管的间距符合设计要求。

7.4 沟槽回填

7.4.1 沟槽回填应在水平管水压试验合格后进行。回填前应清理沟内杂物、积水。

7.4.2 管底应先铺设 200mm 厚中粗砂，人工夯实。管周应用中粗砂包裹，管顶以上 300mm 范围内应采用中粗砂回填。

7.4.3 回填应采用分层回填、分层夯实，每层厚度不应大于 300mm，压实系数不应小于 0.94（轻型击实标准）。

7.4.4 回填过程中应保护管道，不得损伤管材。回填完成后应对地表进行平整，清理大块石砾、水泥块、垃圾等。

8 地下水换热系统施工管理

8.1 钻井与成井

8.1.1 钻井施工应严格遵循 DZ/T 0260、NB/T 10277 的规定。应根据地质条件选择合适的钻探工艺和冲洗介质。

8.1.2 井身结构设计应符合以下要求：

- a) 松散地层井身结构：按技术要求确定开采段和泵室段井径，按地层、钻井方法确定变径位置；
- b) 基岩地层井身结构：上部有覆盖层时应设井壁管，下部开采段破碎时应设过滤管；
- c) 井径：松散地层非填砾过滤器管井，井径应比过滤器外径大 50mm 以上；基岩地层不下过滤管时，井径不应小于 200mm。

8.1.3 成井工艺应包括下管、填砾、止水、固井、洗井等环节：

- a) 井管材质、规格应符合设计要求，过滤器、沉淀管安装位置准确；
- b) 滤料应洁净、均匀，粒径符合设计要求，填砾应连续、均匀，测量填砾高度；
- c) 止水材料应选用优质黏土球或水泥，止水位置应准确，止水效果应检验；
- d) 固井应全孔封闭，水泥浆应返至地表；
- e) 洗井应彻底，达到水清砂净，出水量稳定，含砂量小于 1/200000（体积比）。

8.1.4 钻井过程应记录地层岩性、钻进参数、冲洗液性能、异常情况等，成井后应提交成井报告和综合柱状图。

8.2 抽水与回灌试验

8.2.1 成井后应进行抽水试验，确定单井出水量、降深、水温等参数。抽水试验应进行三个落程，稳定时间不少于 8h。

8.2.2 回灌井应进行回灌试验，确定回灌量、回灌压力、回灌水温等参数，验证回灌可行性。回灌试验应进行不同压力下的回灌，稳定时间不少于 4h。

8.2.3 试验数据应记录完整，绘制 QS 曲线、Qt 曲线，并提交正式试验报告。

8.3 抽灌系统安装

8.3.1 潜水泵安装应符合以下要求：

- a) 潜水泵应选用耐热、耐腐蚀型号，电机防水等级应满足安装深度要求；
- b) 泵管连接应牢固、密封，下泵速度均匀，防止损伤电缆和泵体；
- c) 应安装止回阀、闸阀、压力表、流量计等附属设备。

8.3.2 回灌装置安装应符合以下要求：

- a) 回灌管道应设置过滤装置，过滤精度应根据回灌试验确定，一般不应大于 50 μm ；
- b) 应设置排气装置，防止气阻；
- c) 回灌井口应密封，回灌水管应始终浸入液面以下。

8.3.3 应安装水位、水温、流量、压力等监测仪表，数据宜实现自动采集和远传。

9 能源站及附属设施施工管理

9.1 设备基础与安装

9.1.1 设备基础应按照设计图纸施工，基础混凝土强度应符合设计要求，表面平整，标高、位置准确。

9.1.2 设备基础验收合格后方可进行设备安装。设备就位应平稳，减震装置符合设计要求，设备水平度、垂直度偏差应符合规范要求。

9.1.3 设备安装的允许偏差应符合 GB 50274、GB 50243 等规范的规定：

- a) 热泵机组：机身纵横向水平度 2‰；
- b) 水泵：纵向水平偏差不大于 1‰，横向水平偏差不大于 2‰；
- c) 分集水器：平面位置偏差 $\pm 15\text{mm}$ ，标高偏差 $\pm 5\text{mm}$ ，垂直度偏差 1‰。

9.2 管道安装与连接

9.2.1 机房内管道安装应遵循“先大管后小管、先高压后低压、先主管后支管”的原则，布局合理、美观，便于操作和检修。

9.2.2 管道焊接应符合以下要求：

- a) 焊工应持证上岗，并在有效期内；
- b) 焊接材料应具有合格证，焊条应烘干；
- c) 焊缝外观应光滑、饱满，无裂纹、气孔、夹渣等缺陷；
- d) 无损检测比例应符合设计要求，且不应低于 5%。

9.2.3 法兰连接应符合以下要求：

- a) 法兰密封面应光洁，无径向沟槽；
- b) 螺栓应均匀紧固，外露 2~3 扣；
- c) 垫片应选用耐温、耐腐蚀材料。

9.2.4 阀门、仪表安装位置应正确，便于操作、观察和检修。有方向性要求的阀门，阀体上箭头方向应与水流方向一致。

9.3 防腐与绝热

9.3.1 管道、设备及支架应按设计要求进行防腐处理，涂漆应均匀、无漏涂，漆膜厚度应符合要求。

9.3.2 绝热层施工应符合以下要求：

- a) 绝热材料厚度应符合设计要求，接缝应错开，表面平整；
- b) 绝热层外应有保护层，金属保护壳应贴紧绝热层，接口搭接应顺水流方向；
- c) 绝热层表面温度不应高于 40℃。

10 质量控制与验收管理

10.1 过程质量控制

10.1.1 实行“自检、互检、交接检”的“三检制”。自检由操作人员完成，互检由班组长组织，交接检由施工员组织。上道工序不合格，不得进入下道工序。

10.1.2 设立关键工序质量控制点（参见附录 A），实施旁站监督或影像记录。关键工序包括：

- a) 测量放线；
- b) 钻孔垂直度检测；
- c) 管道水压试验；
- d) 地理管回填；
- e) 地热井成井与洗井；
- f) 系统水压试验；
- g) 系统调试。

10.1.3 关键工序应由监理工程师或建设单位代表进行旁站或见证，形成记录并签字确认。

10.1.4 对质量通病（参见附录 D）应编制专项防治方案，建立防治台账，记录防治措施执行情况及效果。

10.2 材料与设备验收

10.2.1 所有进场材料、设备必须进行验收，核对其规格、型号、数量、质量证明文件等，并按要求进行见证取样和复检。

10.2.2 复检不合格的材料、设备，应在监理见证下清退出场，不得使用。

10.2.3 设备开箱检查应有监理、建设单位代表参加，检查设备外观、随机文件、附件等，形成开箱记录。

10.3 隐蔽工程验收

10.3.1 以下工序应作为隐蔽工程验收重点，并留存影像资料：

- a) 钻孔深度、垂直度、孔径；
- b) 地理管下管及水压试验；

- c) 回填工艺及密实度检测；
- d) 井管下入、滤料填砾、止水；
- e) 管道防腐、保温基层；
- f) 设备基础隐蔽部分；
- g) 管道沟槽回填前状态。

10.3.2 隐蔽工程验收应由施工单位自检合格后，报监理单位组织验收。验收合格后方可进行下一道工序。

10.4 系统调试与性能测试

10.4.1 系统安装完成后，应进行水压试验（第四次），试验压力及稳压时间应符合附录 B 的规定。

10.4.2 水压试验合格后，应对系统进行冲洗，冲洗水流速不应小于 1.5m/s，冲洗至出水口水质与进水口一致。

10.4.3 系统冲洗完成后，应进行系统调试，调试内容包括：

- a) 单机调试：水泵、热泵机组、阀门、仪表等；
- b) 系统联合试运行：连续运行 24h，监测流量、压力、温度等参数；
- c) 性能测试：系统制冷能效比（EER_{sys}）、制热性能系数（COP_{sys}）应符合设计要求。

10.4.4 性能测试应在系统运行稳定后进行，测试时间不应少于 2h，记录时间间隔不应大于 10min。

10.5 竣工验收

10.5.1 工程竣工后，由建设单位组织施工、设计、监理等单位进行竣工验收。

10.5.2 竣工验收应具备以下条件：

- a) 工程已按设计文件和合同约定完成；
- b) 系统调试、性能测试合格；
- c) 竣工资料齐全、完整；
- d) 现场已清理完毕。

10.5.3 竣工验收资料应包括：

- a) 质量控制资料：图纸会审记录、设计变更单、洽商记录、竣工图；主要材料、配件、部件和设备的产品合格证、出厂检测报告、复检报告；隐蔽工程检查验收记录和相关影像资料；施工安装记录；分项工程验收记录；
- b) 安全功能性检验资料：水压试验记录、设备单机调试记录、系统调试记录、系统试运行记录、性能测试报告。

10.5.4 验收合格后，应办理竣工验收手续，签署竣工验收报告。

10.6 质量通病防治专项管理

10.6.1 防治责任

防治责任划分如下：

- a) 施工单位应设立质量通病防治小组，由项目技术负责人牵头，成员包括施工员、质检员、班组长等。
- b) 质量通病防治措施应纳入技术交底内容，施工人员应熟练掌握防治要求。

10.6.2 典型通病防治清单（参见附录 D）

10.6.2.1 钻孔阶段通病防治

钻孔阶段通病防治措施如下：

- a) 井斜超差：采用测斜仪实时监测，发现偏差及时纠斜；钻具组合应具有良好的同心度。
- b) 孔深不准：钻具丈量应使用合格钢卷尺，专人负责，交接班记录清晰；每回次起下钻应进行孔深校正。
- c) 塌孔/缩径：采用泥浆护壁或套管跟进；控制钻进速度，及时清理孔内沉渣。
- d) 钻井液性能失控：开钻前配置预水化泥浆，水化时间不小于 12h；钻进中使用固控设备，控制含砂量。

10.6.2.2 管道安装阶段通病防治

管道安装阶段通病防治措施如下：

- a) 管道渗漏：严格按热熔/电熔工艺操作，试压合格后方可下管；管道连接处应清洁、干燥。
- b) 管道堵塞：下管前管口应密封；下管过程中防止杂物进入；回填时注意保护管口。
- c) 管道损伤：搬运时应采用柔性吊带，严禁抛摔；下管时应使用专用工具，避免与硬物碰撞。

10.6.2.3 回填阶段通病防治

回填阶段通病防治措施如下：

- a) 回填不密实：必须采用机械回填（孔底返浆工艺），禁止原浆自然回填；控制注浆压力和速度。
- b) 热短路：U形管支管间设分离定位管卡（间距2~4m）；回填应确保环状空间充满。
- c) 浆液配比不当：回填前进行配合比试验，现场按配比计量，严禁随意调整。

10.6.3 防治记录与整改

防治记录与整改应按以下要求执行：

- a) 施工过程中应填写《质量通病防治记录表》，记录问题描述、防治措施、整改结果。
- b) 发现重大质量通病应立即停工整改，并报监理单位确认。整改完成后应进行复查，合格后方可继续施工。

11 健康、安全与环境（HSE）管理

11.1 健康管理

11.1.1 为施工人员配备合格的劳动防护用品（安全帽、防护手套、防尘口罩、防噪耳塞、绝缘鞋、防化服等），并监督正确使用。

11.1.2 高温季节应做好防暑降温工作，调整作业时间，供应清凉饮品；严寒季节应做好防寒保暖工作。

11.1.3 应建立现场施工人员健康检查制度，接触职业病危害因素的人员应进行岗前、岗中、离岗职业健康检查，并建立职业健康档案。

11.1.4 食堂应办理卫生许可证，炊事人员应持有健康证，生熟食分开，做好防蝇、防鼠措施。

11.2 安全管理

11.2.1 风险辨识与分级管控

风险辨识与分级管控应遵循下列规定：

- a) 施工前应系统辨识危险源，包括：坍塌、高处坠落、机械伤害、触电、物体打击、火灾、中毒、井喷等；
- b) 对辨识出的危险源进行风险评估，确定风险等级（低、一般、较大、重大）；
- c) 针对不同风险等级制定分级管控措施，重大风险应编制专项方案。

11.2.2 作业许可管理

作业许可管理应符合以下要求：

- a) 动火作业、高处作业、临时用电、受限空间作业、动土作业等应办理作业许可证；
- b) 作业前应进行安全技术交底，作业过程中应有专人监护；
- c) 作业完成后应清理现场，确认无安全隐患后方可撤离。

11.2.3 安全检查与隐患排查

安全检查与隐患排查应按以下制度执行：

- a) 建立“日巡查、周检查、月总结”的安全检查制度；
- b) 日巡查由安全员负责，检查作业面安全状况；
- c) 周检查由项目负责人组织，全面排查安全隐患；
- d) 月总结分析安全形势，部署下阶段安全工作；
- e) 对检查发现的隐患，实行“五定”闭环管理（定责任人、定措施、定资金、定时限、定验收）。

11.2.4 安全技术措施

安全技术措施应包括以下内容：

- a) 钻孔作业：钻机应稳固，防止倾覆；孔口应设防护，防止人员坠落；泥浆池周边应设围栏；
- b) 高处作业：作业人员应系安全带，作业平台应牢固；严禁上下抛掷工具、材料；
- c) 临时用电：配电箱应设防雨罩，接地保护应可靠；电缆应架空或穿管，严禁拖地；
- d) 起重作业：吊车应支腿稳固，吊索具应检查合格；起重臂下严禁站人。

11.3 环境保护

11.3.1 泥浆与废弃物管理

泥浆与废弃物管理应遵守下列规定：

- a) 废弃泥浆、岩屑应分类收集，运至指定地点处置，严禁随意排放；
- b) 泥浆池底部及周边应采取防渗措施（铺设 HDPE 膜或黏土夯实）；
- c) 泥浆应循环利用，减少排放量；
- d) 建筑垃圾应分类存放，及时清运。

11.3.2 扬尘与噪声控制

扬尘与噪声控制应采取以下措施：

- a) 现场应洒水降尘，干燥天气增加洒水频次；
- b) 土方作业时应采取湿法作业，土方堆放应覆盖；
- c) 噪声排放应符合 GB 12523 要求：昼间 $\leq 70\text{dB(A)}$ ，夜间 $\leq 55\text{dB(A)}$ ；
- d) 夜间施工应办理许可，并公告周边居民。

11.3.3 地下水保护

地下水保护应符合下列要求：

- a) 地热井施工应采取严格的止水措施，防止不同含水层串通；
- b) 回灌水质应符合要求，优于回灌热储层原生水质；
- c) 地理管系统应防止换热介质泄漏，选用无毒、可生物降解的防冻液；
- d) 应定期对地下水水质进行监测，发现污染应及时处理。

11.3.4 生态保护

生态保护应遵循以下原则：

- a) 施工临时占地应尽量减少，施工后及时恢复植被；
- b) 保护场地内原有树木，确需移栽的应按程序报批；
- c) 施工结束后，应进行场地平整、清理，恢复地貌。

12 运行维护管理

12.1 一般规定

12.1.1 系统交付使用前，应向建设单位提供完整的运行维护手册，内容包括：系统概况、操作规程、维护保养要求、常见故障处理等。

12.1.2 应建立定期维护制度，对系统运行状态进行监测。运行维护应配备专业人员、备品备件和应急装备。

12.2 维护要求

12.2.1 运行维护应包括以下内容：

- a) 定期检查系统压力、流量、温度参数，分析换热效率变化趋势；
- b) 定期检查管道、阀门、仪表，发现渗漏、损坏及时处理；
- c) 定期检查水处理设备，补充药剂，清洗过滤器；
- d) 定期对地理管系统进行反冲洗，防止堵塞；
- e) 定期检查地热井水位、水温、水质，必要时进行洗井。

12.2.2 维护人员应经过专业培训，维护操作合格率应达到 98%以上。

13 资料管理与信息化

13.1 资料管理

- 13.1.1 施工过程中应同步收集、整理、归档各类施工记录、报审表、验收单等（可参照附录 C）。
- 13.1.2 档案资料应真实、准确、完整，签字盖章齐全，并按单位工程分类归档。
- 13.1.3 竣工资料应在工程竣工验收后 30 日内完成归档。

13.2 信息化管理

- 13.2.1 宜采用信息化管理系统或平台，对施工进度、质量、安全、人员、设备、材料等进行动态管理。
- 13.2.2 鼓励应用 BIM 技术进行施工模拟和碰撞检查，优化施工方案。
- 13.2.3 关键工序（如钻孔测斜、回填密实度检测、地温监测）数据宜实现数字化采集和存储，建立电子档案。
- 13.2.4 应建立材料、设备追溯系统，记录进场、检验、使用全过程信息。

14 应急管理

14.1 应急组织与预案

- 14.1.1 施工单位应成立应急领导小组，由项目经理任组长，明确各成员职责，并配备应急救援队伍。
- 14.1.2 应针对可能发生的突发事件编制专项应急预案和现场处置方案，包括但不限于：
 - a) 坍塌事故应急预案；
 - b) 火灾事故应急预案；
 - c) 触电事故应急预案；
 - d) 机械伤害事故应急预案；
 - e) 中毒事故应急预案；
 - f) 井喷事故应急预案；
 - g) 泥浆泄漏应急预案；
 - h) 恶劣天气应急预案。

14.2 应急资源

应储备必要的应急救援物资和设备，并建立台账，定期检查、维护、补充。应急物资包括：

- a) 急救药品、担架、氧气袋；
- b) 灭火器、消防沙、消防水带；
- c) 水泵、沙袋、铁锹；
- d) 防毒面具、安全绳、安全带；
- e) 应急照明、通讯设备。

14.3 应急演练与响应

- 14.3.1 应定期组织应急演练，每年不少于 1 次综合演练，每半年不少于 1 次专项演练。演练应有方案、有记录、有评估。
- 14.3.2 发生事故后，应立即启动相应预案，组织救援，并按规定程序及时、准确上报。
- 14.3.3 事故处理应遵循“四不放过”原则：事故原因未查清不放过；责任人员未处理不放过；责任人和群众未受教育不放过；整改措施未落实不放过。

附录 A

(规范性)

表 A.1 关键工序质量控制点一览表

序号	工序名称	控制内容	检查方法/标准	检查频次	记录要求
1	测量放线	孔位、轴线、标高	仪器复测, 误差 $\leq 50\text{mm}$	100%	测量记录
2	钻孔施工	垂直度、孔深、地层	测斜仪每50m测一次, 深度测量	100%	钻孔记录、测斜报告
3	地埋管水压试验(第一次)	试验压力、稳压时间、压降	压力表监测, 稳压15min, 压降 $\leq 3\%$	100%	试压记录
4	地埋管下管	下管速度、管卡间距、管口保护	旁站监督, 目测	100%	下管记录、影像资料
5	地埋管回填	回填料配比、注浆压力、密实度	配比检验, 压力监测, 密实度检测($\geq 95\%$)	每个分项工程不少于3点, 或按钻孔总数的5%抽检, 且不少于3点	回填记录、密实度报告
6	水平管水压试验(第二次)	试验压力、稳压时间、压降	压力表监测, 稳压30min, 压降 $\leq 3\%$	100%	试压记录
7	地热井成井	井管下入、滤料填砾、止水	旁站监督, 电测井	100%	成井记录、电测井图
8	管道焊接/热熔	焊工持证、焊缝外观、接头强度	外观检查, 无损检测(按设计要求)	100%	焊工记录、检测报告
9	分集水器安装后水压试验(第三次)	试验压力、稳压时间、压降	压力表监测, 稳压 $\geq 2\text{h}$, 压降 $\leq 3\%$	100%	试压记录
10	系统水压试验(第四次)	试验压力、稳压时间、压降	压力表监测, 稳压12h, 压降 $\leq 3\%$	100%	试压记录
11	系统调试	流量、压力、温度、COP/EER	仪表监测, 计算	100%	调试报告

附录 B

(规范性)

水压试验技术要求

B.1 试验压力

水压试验压力应按以下规定确定：

- a) 当工作压力 $\leq 1.0\text{MPa}$ 时，试验压力 = $1.5 \times$ 工作压力，且不应小于 0.6MPa ；
- b) 当工作压力 $> 1.0\text{MPa}$ 时，试验压力 = 工作压力 + 0.5MPa 。

B.2 试验步骤

表B.1 水压试验步骤表

试验阶段	试验时机	稳压时间	合格标准
第一次	竖直地埋管下管前	$\geq 15\text{ min}$	压降 $\leq 3\%$ ，无泄漏
第二次	水平集管安装后、回填前	$\geq 30\text{ min}$	压降 $\leq 3\%$ ，无泄漏
第三次	分集水器安装后	$\geq 2\text{ h}$	压降 $\leq 3\%$ ，无泄漏
第四次	系统全部安装、冲洗、回填完成后	$\geq 12\text{ h}$	压降 $\leq 3\%$ ，无泄漏

B.3 试验要求

- B.3.1 水压试验应采用手动泵缓慢升压，升压过程中应随时观察与检查，不应有渗漏。
- B.3.2 严禁以气压试验代替水压试验。
- B.3.3 不应在有结冰危险的寒冷天气中进行水压试验。
- B.3.4 试验完成后，应及时排空管内积水，防止冻裂。

附 录 C
(资料性)
典型施工记录表格

表C.1 竖直地埋管钻孔施工记录表

工程名称		孔位编号	
设计孔深	m	实际孔深	m
开钻时间		终孔时间	
钻机型号		钻头直径	mm
地层描述	深度 (m)	岩性	钻进情况 (异常)
垂直度检测	检测深度 (m)	最大偏差 (mm)	合格 (√/×)
记录人		检查人	

表C.2 -1水压试验记录表

工程名称		试验阶段	
------	--	------	--

工程名称		试验阶段	
试验回路/部位		试验日期	
工作压力	MPa	试验压力	MPa
稳压时间	min	压力降	%
是否泄漏	是 / 否	试验结论	合格 / 不合格
试验人员		监理/业主	

表C.3 隐蔽工程验收记录表

工程名称		隐蔽部位	
隐蔽内容		验收日期	
验收依据		影像资料编号	
验收内容及自检情况			
验收结论			
施工单位代表		监理/业主代表	

C.4 质量通病防治记录表

工程名称		部位/工序	
问题描述		发现日期	
通病类型	<input type="checkbox"/> 井斜超差 <input type="checkbox"/> 孔深不准 <input type="checkbox"/> 塌孔 <input type="checkbox"/> 管道渗漏 <input type="checkbox"/> 回填不密实 <input type="checkbox"/> 其他		
防治措施			
整改结果			
整改人		复查人	

附录 D
(资料性)

表 D.1 质量通病防治清单

阶段	通病名称	主要表现	防治措施
钻孔阶段	井斜超差	钻孔垂直度偏差>1%	1. 钻机就位应水平、稳固；2. 每50m测斜一次；3. 发现偏差及时纠斜
	孔深不准	实际孔深与设计不符	1. 钻具丈量应准确；2. 每次起下钻进行孔深校正
	塌孔/缩径	孔壁坍塌，孔径变小	1. 采用泥浆护壁或套管跟进；2. 控制钻进速度；3. 及时清理孔内沉渣
	钻井液性能失控	泥浆密度、粘度不符合要求	1. 开钻前预水化泥浆；2. 使用固控设备；3. 定期检测泥浆性能
管道安装阶段	管道渗漏	接口处漏水	1. 严格按热熔/电熔工艺操作；2. 试压合格后方可下管
	管道堵塞	管道内有杂物	1. 下管前管口密封；2. 下管过程中防止杂物进入
	管道损伤	管材划痕、变形	1. 搬运时使用柔性吊带；2. 下管时使用专用工具
回填阶段	回填不密实	存在空洞，密实度<95%	1. 必须采用机械回填(孔底返浆)；2. 控制注浆压力；3. 禁止原浆自然回填
	热短路	进出水温差小，换热效率低	1. 设分离定位管卡(间距2~4m)；2. 回填应确保环状空间充满
	浆液配比不当	回填料性能不达标	1. 回填前进行配合比试验；2. 现场按配比计量
成井阶段	出砂	抽水含砂量超标	1. 滤料规格符合要求；2. 洗井彻底；3. 控制抽水强度
	止水失效	不同含水层串通	1. 止水材料优质；2. 止水位置准确；3. 止水效果检验

附 录 E
(资料性)
表 E.1 HSE 检查清单

检查项目	检查内容	合格标准	检查结果
个人防护	安全帽、防护手套、防尘口罩等	正确佩戴，完好有效	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格
钻孔作业	钻机稳固、垂直度	水平仪调平，垂直度<0.5%	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格
	孔口防护	设防护盖板或围栏	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格
	泥浆池防护	设围栏，防渗措施	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格
临时用电	配电箱	上锁，防雨，接地可靠	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格
	电缆敷设	架空或穿管，无拖地	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格
	漏电保护器	灵敏有效	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格
消防安全	灭火器配置	数量充足，压力正常	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格
	易燃物管理	分类存放，远离火源	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格
环境保护	泥浆处理	集中收集，合规处置	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格
	扬尘控制	洒水降尘，土方覆盖	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格
	噪声控制	昼间≤70dB，夜间≤55dB	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格
应急管理	应急物资	齐全有效，台账清晰	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格
	应急预案	已编制，已演练	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格
检查人		检查日期	
整改要求			
复查结果		复查人	

参 考 文 献

- [1] GB 50366-2005 地源热泵系统工程技术规范（2009年版）
- [2] GB 50242-2002 建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范
- [3] GB 50243-2016 通风与空调工程施工质量验收规范
- [4] GB 50268-2008 给水排水管道工程施工及验收规范
- [5] GB 50274-2010 制冷设备、空气分离设备安装工程施工及验收规范
- [6] GB 50194-2014 建设工程施工现场供用电安全规范
- [7] GB 50720-2011 建设工程施工现场消防安全技术规范
- [8] GB/T 50801-2013 可再生能源建筑应用工程评价标准
- [9] GB/T 19409-2013 水（地）源热泵机组
- [10] GB/T 13663-2018 给水用聚乙烯（PE）管道系统
- [11] GB/T 38678-2020 浅层地热能利用通用技术要求
- [12] MT/T 1256-2025 地埋管换热系统施工技术规范
- [13] NB/T 10277-2019 浅层地热能钻探工程技术规范
- [14] NB/T 10265-2019 浅层地热能开发工程勘查评价规范
- [15] DZ/T 0260-2014 地热钻探技术规程
- [16] DZ/T 0225-2009 浅层地热能勘查评价规范
- [17] CJJ 101-2016 埋地塑料给水管道工程技术规程
- [18] CJJ 138-2010 城镇地热供热工程技术规程
- [19] JGJ 46-2024 建筑与市政工程施工现场临时用电安全技术标准
- [20] JGJ 33-2012 建筑机械使用安全技术规程
- [21] DB13/T 2555-2017 地埋管地源热泵工程技术规范
- [22] DB37/T 4306-2021 浅层地热能垂直地埋管施工技术规范
- [23] DB1331/T 063-2023 雄安新区地埋管地源热泵系统工程技术规程
- [24] T/CABEE 001-2020 地源热泵系统运行技术规程