

ICS 73.020  
CCS D 10

DB12

天 津 市 地 方 标 准

DB12/T 1258—2023

## 中深层换热技术应用规程

Application regulation for medium deep borehole heat exchange technology

2023-09-06 发布

2023-10-10 实施

天津市市场监督管理委员会 发布

## 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 基本规定 .....	2
5 工程勘查 .....	2
6 工程设计 .....	4
7 工程施工 .....	6
8 工程检验、调试与验收 .....	7
附录 A（资料性） 天津市地层热物性参数参照表 .....	9
附录 B（资料性） 天津市换热井换热能力估算 .....	10
附录 C（资料性） 换热影响半径估算 .....	11
附录 D（资料性） 常见管材规格参数表 .....	12
参考文献 .....	13

## 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。

本文件由天津市规划和自然资源局提出并归口。

本文件起草单位：天津地热勘查开发设计院、天津地热勘查开发设计院有限公司、天津市地热资源开发有限公司、天津地热开发有限公司、天津热建机电工程有限公司、天津市中发伟业供热工程有限公司、中国煤炭地质总局水文地质局、河北工业大学、天津大学建筑设计规划研究总院有限公司。

本文件主要起草人：林建旺、刘斐、阮传侠、贾佩、于建水、胡志明、刘杰、唐永香、尹航、朱挺、赵苏民、胥博文、肖全兴、邱蕊、杨忠彦、赵侃、杜槟、时光伟、石峰、王华军、王进、郑丹、任虎俊、于春勇、王锋利、蔡建新、王丽文、涂岱昕。

# 中深层换热技术应用规程

## 1 范围

本文件规定了中深层换热工程的勘查、设计、施工、监测、检验及验收标准的要求。

本文件适用于天津市以中深层地热能为热源，以封闭循环为换热方式，水为介质，采用热泵技术进行供热的工程。已有井改造工程可参照本文件执行。

## 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/T 11615 地热资源地质勘查规范
- GB/T 19409 水（地）源热泵机组
- GB 30721 水（地）源热泵机组能效限定值及能效等级
- GB 50054 低压配电设计规范
- GB 50055 通用用电设备配电设计规范
- GB 50093 自动化仪表工程施工及质量验收规范
- GB 50126 工业设备及管道绝热工程施工规范
- GB 50168 电气装置安装工程电缆线路施工及验收标准
- GB 50231 机械设备安装工程施工及验收通用规范
- GB 50235 工业金属管道工程施工规范
- GB 50275 风机、压缩机、泵安装工程施工及验收规范
- GB 50311 综合布线系统工程设计规范
- GB/T 50312 综合布线系统工程验收规范
- GB 50366 地源热泵系统工程技术规范
- GB 50736 民用建筑供暖通风与空气调节设计规范
- CJJ 28 城镇供热管网工程施工及验收规范
- CJJ 34 城镇供热管网设计规范
- CJJ 138 城镇地热供热工程技术规程
- DZ/T 0260 地热钻探技术规程
- HG 20507 自动化仪表选型设计规范
- HG 20512 仪表配管配线设计规范
- NB/T 10266 地热井钻井工程设计规范
- DB12/T 541 中低温地热钻探技术规程
- DB12/T 664 地热井资源评价技术规程

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**中深层地热能** medium deep geothermal energy

赋存于地球内部地下深度200m以上，温度25℃以上的岩土体中，能为人类开发和利用的热能。

### 3.2

**换热井** heat exchange borehole

从中深层地层中换取地热能的封闭循环井。

### 3.3

**换热井系统** heat exchange borehole system

由换热井、配重头、连通管、内管、井口装置等组成的系统。

### 3.4

**地热能换热区** geothermal heat exchange zone

在换热单井周围岩土中设定一区域，其赋存的热能用于换热井换热，并且在一年内恢复初始状态。

### 3.5

**换热井换热影响半径** thermal disturbance radius of heat exchange borehole

地热能换热区的半径。

## 4 基本规定

4.1 工程实施前应对拟开发区域进行勘查，并依据中深层换热能源特点进行工程设计、施工、监测、检验及验收。

4.2 新建中深层换热井不应钻遇岩溶裂隙型热储层。

4.3 中深层换热井套管与内管宜采用同轴式结构。

4.4 供热工程末端宜采用地板辐射或风机盘管，并选择低温供回水设计参数。

4.5 新建中深层换热供热工程应包含监测系统。

## 5 工程勘查

### 5.1 勘查要求

中深层换热供热工程方案设计前，应进行工程场地调查、中深层地热能勘查、换热井换热能力分析并编写工程勘查与换热能力分析报告。

### 5.2 工程场地调查

#### 5.2.1 工程场地状况调查

工程场地状况调查应包括以下内容：

——工程地理位置、地形地貌；

——工程红线范围；

——场地内已有建筑物和规划建筑物的占地面积及其分布；

——场地内已有的、拟建的地下管线和地下构筑物的分布及其埋深；

——场地内电力、燃气、供水、排水情况；

——场地内其它辅助热源。

#### 5.2.2 建筑物供热需求调查

收集供热建筑采暖系统、大气环境等相关资料，对收集资料进行分析。供热建筑调查结果应包含以下内容：

- 供热建筑类型及用途；
- 供热建筑的建筑面积；
- 建筑热负荷或建筑热指标；
- 建筑末端设计形式及设计参数。

### 5.2.3 已有井改造工程

已有井改造工程还应调查成井工艺，已有井状态，评估分析改造可行性。

## 5.3 中深层地热能勘查

### 5.3.1 地热地质勘查

地热地质勘查应包括以下内容：

- 地形地貌特征；
- 气候变化特征；
- 地质研究；
- 地温场研究；
- 热储研究；
- 地热流体研究；
- 周边已有地热井开发利用现状。

地质研究、地温场研究、热储研究及地热流体研究内容与要求应符合GB/T 11615中5.1条的要求。

### 5.3.2 岩土体地质勘查

岩土体地质勘查应包括以下内容：

- 地层岩性结构；
- 岩土体的热物理性质参数（导热系数、比热容、密度等）及水文特性参数（孔隙度等）。天津市地层热物性参数见附录A。

## 5.4 换热井系统换热能力

5.4.1 换热井系统换热能力可采用专业软件或通过建立物理数学模型进行模拟计算，计算结果应通过试验数据或公认算例验证。

5.4.2 换热井系统换热能力估算见附录B。

## 5.5 换热井布设

5.5.1 换热井不应位于已有地热井开采权益保护范围内，开采权益保护半径的确定应符合DB12/T 664中7.3.3条的要求。

5.5.2 换热井宜远离水热型回灌井冷源影响范围。回灌井冷源影响范围按公式（1）计算：

$$D = \left[ \frac{3\rho_w c_w Q t}{\pi b (\varphi \rho_w c_w + (1-\varphi) \rho_r c_r)} \right]^{1/2} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- D ——冷源影响半径，单位为m；
- Q ——回灌井年总回灌量，单位为m<sup>3</sup>；
- b ——回灌井热储层有效厚度，单位为m；

$t$  ——回灌井回灌时间，50年；

$\rho_w c_w$  ——25℃时流体密度与比热之乘积，单位为MJ/m<sup>3</sup>·℃；

$\rho_r c_r$  ——25℃时岩石骨架密度与比热之乘积，单位为MJ/m<sup>3</sup>·℃；

$\varphi$  ——回灌井热储层的孔隙度或裂隙率。

- 5.5.3 根据工程场地条件布设换热井。依据建筑热负荷、单井换热能力确定换热井数量。
- 5.5.4 根据换热井换热能力，估算换热影响半径。换热影响半径估算见附录 C。
- 5.5.5 相邻换热井间的距离不应小于其换热影响半径之和。
- 5.5.6 群井井位应结合地面条件综合考虑，宜采用“一”型或“L”型布设。

## 5.6 工程勘查与换热能力分析报告

工程勘查与换热能力分析报告应包括以下内容：

- 工程概况；
- 工程场地调查；
- 中深层地热能勘查；
- 换热井系统初步设计，或者已有井改造方案；
- 换热井系统换热能力分析评价；
- 供热工程分析评价；
- 供热工程难点与风险提示；
- 结论与建议。

## 6 工程设计

### 6.1 一般规定

- 6.1.1 工程宜根据供热负荷需求、场地条件、辅助热源情况，设计适当比例的调峰热源。
- 6.1.2 中深层换热供热工程设计范围包括换热井系统、井室、供热站、监测与控制系统、热源管道和二次网管道。
- 6.1.3 换热井完井且地温恢复后，应进行连续测温、井斜测井。
- 6.1.4 换热井数量大于 5 眼时，宜进行至少一组现场单井换热试验。
- 6.1.5 中深层换热系统内循环水宜采用软化水。

### 6.2 换热井系统设计

- 6.2.1 换热井系统宜采用内外管同轴方式布设，见图 1。

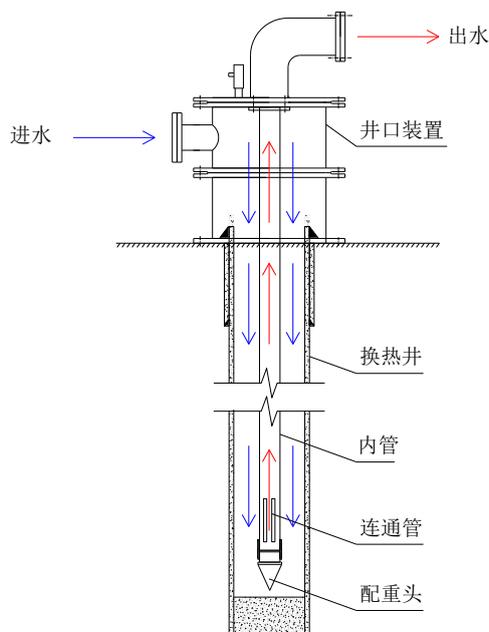


图1 同轴式换热井系统示意图

- 6.2.2 换热井深度设计应依据工程勘查与换热能力分析报告、工程需求与投资综合考虑。
- 6.2.3 换热井井身结构设计应根据预测钻遇地层、井深、换热井换热量、设计流速、沿程阻力、内管管径等因素确定。
- 6.2.4 根据浅表地层特征和周边环境，宜在井口下入护孔管维护井口稳定。
- 6.2.5 换热井应保证井身垂直，换热井井身质量应符合 NB/T 10266 中相关规定。
- 6.2.6 换热井钻井液参数应满足安全、环保、快速钻进的要求。
- 6.2.7 根据需要可选择适当换热井进行裸眼测井。测井项目一般包括：视电阻率、自然电位、自然伽玛等，特殊项目可根据设计要求增加。
- 6.2.8 全井段下入成井套管，成井套管材料宜选用导热性好，强度大的石油套管。常用规格见附录 D。
- 6.2.9 固井及其他设计与要求应符合 DZ/T 0260 中相关规定，套管外加装橡胶止水器防止各含水层之间联通。
- 6.2.10 配重头宜选用耐腐蚀材料，重量和外形应保证内管通畅下放并具有一定扶正作用。
- 6.2.11 连通管长度、打孔孔径和孔隙率应满足设计流量需求，材质宜选用耐腐蚀材料。
- 6.2.12 内管材料宜选用导热系数低、抗拉强度大的管材，长期耐热温度应高于井底温度。管径的确定应兼顾内外水流速。常用管材及规格见附录 D。
- 6.2.13 井口装置应与井管和内管配套连接，并安装温度、压力显示装置，预留地温监测孔。密封性应满足系统试验压力要求。

### 6.3 换热井室设计

- 6.3.1 井室大小应满足换热井系统仪表安装及检修要求。
- 6.3.2 换热井系统上方应有足够的空间完成内管的安装。
- 6.3.3 换热井室周围应有安装设备及材料的堆放场地。

### 6.4 供热站设计

- 6.4.1 热源侧设计供回水温度应根据换热井换热量、热泵机组性能综合确定。
- 6.4.2 热泵机组选型应满足工艺要求，并根据热源侧进水温度设置保护措施。产品性能应符合 GB/T 19409 的相关要求。热泵能效应符合 GB 30721 中 2 级节能型要求。
- 6.4.3 供热站工艺流程应根据换热井出水温度设计，温度较高时宜增加换热器换热。

- 6.4.4 换热器宜选用传热性能好、流通阻力小的板式换热器，进口处应设置过滤器，过滤精度宜为 60 目。
- 6.4.5 供热站内应设软化水处理装置及补水箱。
- 6.4.6 供热站系统设计、站内设备选型应符合 GB 50366 和 CJJ 138 中相关规定。
- 6.4.7 供热站配电设备及配电线路的选择与设计应符合 GB 50054 和 GB 50055 中相关规定。
- 6.4.8 供热站内自控系统应与工艺设计相互配合。供热站自动化仪表设计应符合 HG 20507 和 HG 20512 中相关规定。
- 6.4.9 供热站房内应有良好的采光、通风、排水、防潮、防洪、消防等设施。

## 6.5 监测与控制系统设计

- 6.5.1 监测系统应作为工程的组成部分，与工程同时设计、同时施工、同时运行。
- 6.5.2 监测系统宜由数据采集、数据传输和数据处理等组成。数据处理软件应具备综合分析功能，分析运行能耗数据，掌握运行变化，设置预警预报提示。
- 6.5.3 监测参数包括换热设备各进出口温度、压力、流量、热量、设备耗电量、地温等，满足下列要求：
  - 温度、压力、流量、热量、设备消耗电量应按设定时间间隔自动采集；
  - 采暖季前应进行一次地温恢复性监测，采暖运行期内应对地温持续监测；
  - 换热群井的地温宜选择有代表性换热井，或独立监测井监测。
- 6.5.4 监测系统应采用成熟、可靠的技术与设备。测量精度在允许偏差范围内。监测设备的工艺设计应满足设备环境要求和 GB 50736 中相关规定。
- 6.5.5 监测系统宜采用自动实时数据采集和常规网络通信协议数据传输的方式。
- 6.5.6 控制系统数据处理设计应满足下列要求：
  - 控制系统应根据负荷预测曲线和当前预报气温进行供热参数的优化调整；
  - 宜采用全自动智能控制系统，依据供热需求变化，对设备进行控制；
  - 故障情况下，现场控制器应可在脱离主控后完成各种控制与监测；
  - 控制系统应有完善的故障和报警功能。
- 6.5.7 监测系统布线设计应按 GB 50311 执行。
- 6.5.8 大型和区域项目宜建立监测数据储存及分析中心。

## 6.6 热源管道和二次网管道设计

- 6.6.1 热源管道和二次网管道宜选用聚乙烯外套预制保温管道直埋敷设。
- 6.6.2 管道水力计算、布置、敷设、保温与防腐等设计应符合 CJJ 34 中相关规定。

## 7 工程施工

### 7.1 一般规定

- 7.1.1 施工图和施工组织设计应通过相关单位审核，由具有相应施工资质的单位进行施工。
- 7.1.2 施工单位现场作业人员应具备相应作业资格，并培训上岗。
- 7.1.3 应做好施工前准备，做好组织管理和施工后现场保护。

### 7.2 钻井施工

- 7.2.1 钻井液配置采用可降解环保型材料，严禁使用对环境有污染的材料。具体配置方法和维护管理可按照 DB12/T 541 中相关要求执行。

- 7.2.2 换热井施工过程中岩屑和废弃钻井液严禁随意排放，应满足国家和地方相关环保标准要求。
- 7.2.3 换热井施工要严格控制井眼垂直度，钻具组合宜加装扶正器，每钻进 100m 宜进行一次测斜校正。
- 7.2.4 下管作业按照 DB12/T 541 中相关要求执行。
- 7.2.5 下管到底后按设计要求进行固井，水泥封固段应确保安全、有效。固井后应进行试压，套管试压应符合 NB/T 10266 中相关规定。
- 7.2.6 换热井成井后，下钻杆至底部，将井内钻井液等用清水全部替出，要求达到水清砂净。
- 7.2.7 其他施工要求宜按照 DZ/T 0260 中相关要求执行。

### 7.3 换热井室施工

- 7.3.1 换热井室的建设应满足设计要求。
- 7.3.2 地下换热井室应做好防水措施。

### 7.4 供热站施工

- 7.4.1 水泵、热泵、换热器、水箱等设备应满足设计要求，安装应符合 GB 50275 及 GB 50231 的规定。
- 7.4.2 站内电气设备安装应符合 GB 50168 中相关规定。
- 7.4.3 站内管道及附件安装与绝热应符合 GB 50235 和 GB 50126 中相关规定。
- 7.4.4 管道色环、介质流向、介质名称清晰明确，保证设备标识、铭牌清晰。
- 7.4.5 供热站房内应清洁，通道畅通，地面宜有功能分区标识。

### 7.5 监测系统的安装

- 7.5.1 监测设备安装前应对型号、规格、尺寸、数量、性能参数进行检验，并应满足设计要求。
- 7.5.2 监控设备安装应符合 GB50093 中相关规定。
- 7.5.3 数据储存及分析中心施工应符合 GB/T50312 中相关规定。

### 7.6 热源管道和二次网管道施工

- 7.6.1 施工前应进行现场核查，对既有设施采取保护措施，不影响地下管线及建（构）筑物的正常使用和安全。
- 7.6.2 管道施工应满足设计要求，符合 CJJ 28 中相关规定。

## 8 工程检验、调试与验收

### 8.1 基本要求

- 8.1.1 工程项目交付使用前，应进行检验、调试与验收。
- 8.1.2 监测系统应作为工程的组成部分，同步检验、调试和验收。
- 8.1.3 隐蔽工程隐蔽前，应通过现场验收，保留现场照片及影像资料。
- 8.1.4 工程验收应按照 CJJ 138 的规定执行，满足下列检验、调试与验收的要求，经设计、施工、监理和建设单位四方专业技术人员确认。
- 8.1.5 换热井施工、监理单位应当在换热井验收后 10 个工作日内编写《换热井完井报告》和《换热井监理报告》，并由建设单位向天津市地质资料管理部门汇交地质资料。

### 8.2 检验

- 8.2.1 工程使用的材料应符合国家现行标准的规定和设计要求，进行入场检验和记录。
- 8.2.2 供热设备、监测仪表、电气设备应有符合规范要求的合格证明材料，进行入场验证。

8.2.3 换热井随着工程施工进度，逐项按照设计要求检验，应满足下列要求：

- 井身结构、井身质量、物探测井是否满足设计要求；
- 每个不同尺寸的套管是否下至设计深度，固井及试压是否满足设计要求；
- 原始记录与钻井技术档案是否整洁、准确、齐全、真实。

8.2.4 换热井系统整体检验应满足下列要求：

- 每个换热井成井后应进行水压试验，试验压力为设计压力的 1.5 倍（最小为 0.6MPa），稳压 10min，无泄漏现象。压力降至工作压力，保压时间为 1h，井内无泄漏现象；
- 每个换热井系统建成以后应进行系统大流量冲洗，冲洗流量为设计流量的 2 倍，管道加装过滤器，运行时间最少 2h，无砂粒淤泥现象；
- 换热井系统冲洗以后应进行二次水压试验，确保井口与换热井无泄漏现象。试验要求与换热井水压试验相同。

8.2.5 供热站管道系统冲洗时应与换热井隔离，在换热井口处将连接换热井系统进出水管道短接，冲洗后再与换热井相连。

8.2.6 供热站、热源管道和二次网管道施工完成后，应按照设计和 CJJ 28 要求进行冲洗、水压试验，合格后方可进行调试与验收。

### 8.3 调试与验收

8.3.1 换热井检验合格后，应按隐蔽工程要求进行质量验收。

8.3.2 工程检验完成后，应进行设备单机试运转，设备运转正常。

8.3.3 单机试运转后，应进行系统试运转，达到设计要求。

8.3.4 单机试运转和系统试运转正常后，应连续运行不低于 24h，设备运转负荷不应低于 50%，宜在 50%~100%之间变工况运行。观测整个系统的运行状态及相关参数。

8.3.5 系统试运行期间对监测设备进行全面检查，包括现场显示表、数据采集、数据传输和储存设备读取及监测数据的一致性。监测系统调试合格后，应提交调试报告及操作维护手册。

8.3.6 监测系统的验收，应符合 GB 50093 和 GB/T 50312 的有关规定。

8.3.7 检验报告、调试报告、竣工资料逐项整理完成后，方可进行资料汇交，申请竣工验收。竣工验收应由建设单位负责，组织施工、设计、监理等单位共同进行。

附录 A  
(资料性)

天津市地层热物性参数参照表

天津市地层热物性参数参照表见表A.1。

表A.1 天津市地层热物性参数参照表

参数 地层		导热系数 (W/m·°C)	比热容 (J/kg·°C)	自然密度 (kg/m <sup>3</sup> )
孔隙 型	第四系	1.28~1.62	1228~1430	$1.92\sim 2.03\times 10^3$
	新近系	2.60~3.04	958~909	$2.10\sim 2.13\times 10^3$
	古近系	2.77~3.71	878~1003	$2.10\sim 2.39\times 10^3$
基岩地层		2.85~3.24	830~988	$2.60\sim 2.75\times 10^3$

## 附录 B

(资料性)

## 天津市换热井换热能力估算

天津市换热井换热能力估算见表B.1。

表 B.1 单井换热能力估算表

单位: kW

井深 (m)	导热系数 (W/m·°C)	地温梯度 (°C/100m)						
		1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
1000	1.0	12.62	13.22	13.81	14.41	15.00	15.60	16.19
	2.0	22.30	24.88	27.46	30.04	32.62	35.20	37.78
	3.0	31.98	36.55	41.11	45.68	50.24	54.81	59.37
1500	1.0	32.14	41.06	49.99	58.91	67.84	76.76	85.69
	2.0	55.12	71.26	87.39	103.53	119.66	135.80	151.93
	3.0	78.11	101.45	124.80	148.14	171.49	194.83	218.18
2000	1.0	51.65	68.91	86.16	103.42	120.67	137.93	155.18
	2.0	87.94	117.63	147.32	177.01	206.70	236.39	266.08
	3.0	124.23	166.36	208.48	250.61	292.73	334.86	376.98
2500	1.0	71.17	96.75	122.34	147.92	173.51	199.09	224.68
	2.0	120.76	164.01	207.25	250.50	293.74	336.99	380.23
	3.0	170.36	231.26	292.17	353.07	413.98	474.88	535.79
3000	1.0	90.68	124.60	158.51	192.43	226.34	260.26	294.17
	2.0	153.58	210.38	267.18	323.98	380.78	437.58	494.38
	3.0	216.48	296.17	375.85	455.54	535.22	614.91	694.59

附录 C  
(资料性)  
换热影响半径估算

当换热井套管外径  $d_b=244.5\text{mm}$ ，径向稳定温降  $\Delta T=3^\circ\text{C}/100\text{m}$  时，随着换热能力变化，换热影响半径估算值见图 C.1。

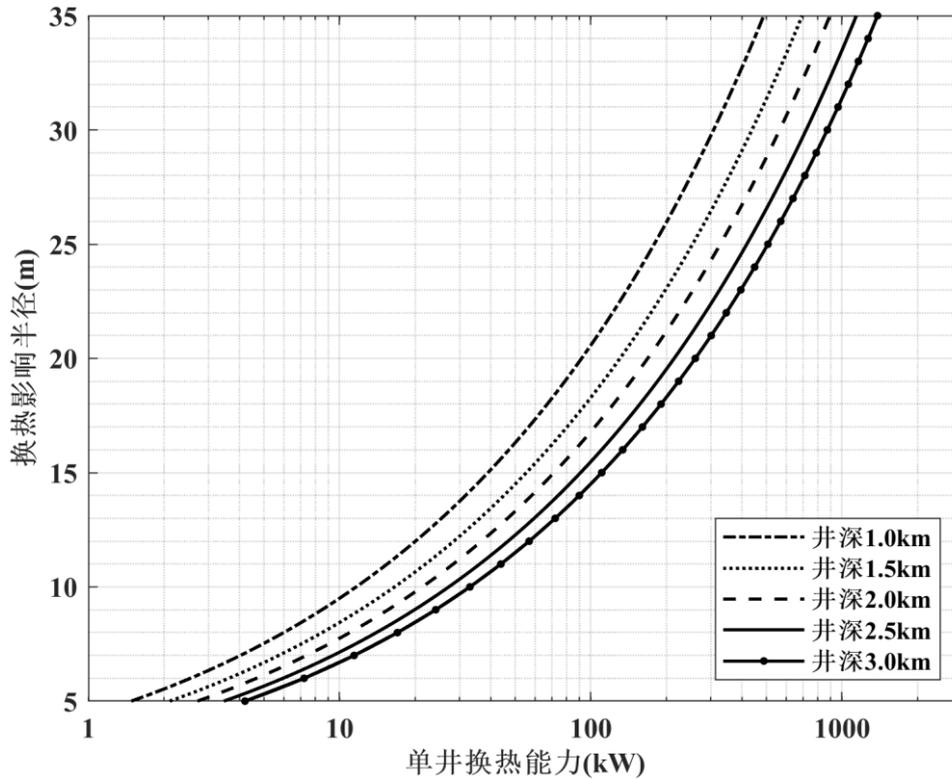


图 C.1 换热影响半径图

不同的径向稳定温降，换热影响半径修正系数见表 C.1。

表 C.1 换热影响半径修正系数表

径向稳定温降 ( $^\circ\text{C}/100\text{m}$ )	2.0	2.5	3.0	3.5	4.5
修正系数	0.67	0.83	1	1.17	1.5

附 录 D  
(资料性)  
常见管材规格参数表

常见管材规格参数见表D.1。

表 D.1 常见管材规格参数表

换热井内管常用规格							
材料	规格 DN	外径 mm	内径 mm	壁厚 mm	理论重量 kg/m	接头外径 mm	导热系数 (W/m·°C)
纤维增强聚 乙烯管	75	96.4	75	10.7	2.97	120	0.4
	80	102.4	80	11.2	3.3	125	
	90	112.4	90	11.2	3.67	130	
	100	122.4	100	11.2	4.03	140	
PERT	80	90	73.6	8.2	8.38	--	0.4~0.42
	100	110	90	10	10.26	--	
	125	160	130.8	14.6	12.73	--	
换热井套管常用规格							
材料	规格 mm	内径 mm	通径 mm	壁厚 mm	理论重量 kg/m	接箍外径 mm	导热系数 (W/m·°C)
石油套管 J55、N80、 P110	177.8	159.4	156.2	9.19	38.73	194.5	40~45
	219.1	201.2	198	8.94	47.66	244.5	
	244.5	224.4	220.4	10.03	59.58	269.6	

### 参 考 文 献

- [1] GB/T 20000.1—2014 标准化工作指南 第1部分：标准化和相关活动的通用术语
  - [2] DBJ61/T 166-2020 中深层地热地埋管供热系统应用技术规程
  - [3] DB13(J)/T 8429-2021 中深层地热井下换热供热工程技术标准
  - [4] DB14/T 2386-2021 中深层地热供热工程技术规范
-