

ICS 27.010

CCS P45

DB 14

山 西 省 地 方 标 准

DB 14/T 2386—2021

中深层地热供热工程技术规范

Technical code for middle and deep geothermal heating engineering

2021 - 12 - 28 发布

2022 - 03 - 28 实施

山西省市场监督管理局 发 布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 基本规定 4

 4.1 工程勘察基本规定 4

 4.2 设计基本规定 5

 4.3 施工、调试与验收基本规定 6

5 工程勘察 8

 5.1 地热水供热工程勘察 8

 5.2 地埋管供热工程勘察 8

6 中深层地热供热系统设计 9

 6.1 中深层地热水供热系统 9

 6.2 中深层地埋管供热系统 9

7 地热能取热系统设计 10

 7.1 地热水取热系统 10

 7.2 地埋管取热系统 14

8 地热供热站设计 16

 8.1 地热供热站 16

 8.2 地热供热站设备 16

 8.3 地热供热站电源与供配电系统 19

9 地热供热管网与末端装置设计 19

 9.1 地热供热管网 19

 9.2 供热系统末端装置 21

10 防腐与除垢 21

 10.1 防腐措施 21

 10.2 防垢除垢措施 22

11 监测与控制 22

 11.1 地热能取热系统监测 22

 11.2 地热供热站监测 23

 11.3 能耗能效监控评估系统 24

 11.4 运行控制系统 25

12 施工、调试与验收 26

 12.1 施工 26

 12.2 调试 28

12.3 验收.....	29
13 运行维护与管理.....	30
13.1 地热能取热系统运行维护与管理.....	30
13.2 地热供热站运行维护与管理.....	31
14 环境保护.....	32
附录 A（规范性） 地热资源勘察报告编写提纲及附图附表要求.....	34
附录 B（资料性） 地热供热调峰系统工艺流程图.....	36
附录 C（资料性） 地热水供热系统工艺流程图.....	37
附录 D（资料性） 地热能梯级利用系统工艺流程图.....	39
附录 E（资料性） 中深层地埋管间接供热系统原理图.....	41
附录 F（资料性） 中深层地埋管直接供热系统原理图.....	43
附录 G（资料性） 中深层同轴套式换热器单井取热量.....	45
附录 H（资料性） 地热井开采回灌系统工艺流程图.....	47
附录 I（资料性） 中深层地埋管取热系统地埋管形式.....	48
附录 J（规范性） 中深层地埋管换热器的传热分析模型与取热量估算.....	49
附录 K（规范性） 非金属管材物理性能	51
附录 L（规范性） 地热水质全分析报告	52
附录 M（规范性） 拉申指数的计算方法和结垢性、腐蚀性判定.....	53
附录 N（规范性） 雷兹诺指数的计算方法和结垢性判定.....	54
附录 O（资料性） 套管试压记录表	56
附录 P（资料性） 系统运行测试记录表	57
参考文献.....	58

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。

本文件由山西能源局提出并监督实施。

本文件由山西省能源标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：山西双良再生能源产业集团有限公司。

本文件参与起草单位：太原理工大学、山西综改示范区供热有限公司、山西土木学会暖通空调专业委员会、山西省可再生能源研究院、山西省可再生能源行业协会、山西双良新能源热电工程设计有限公司、中石化新星双良地热能热电有限公司。

本文件主要起草人：李宝山、田琦、李泽、张亮亮、李沿英、徐坤、杜彦青、张震宇、白雪、胡锡荣、李占山、马宁甫、辛瑞江、王立强、李文、贾佳、杜源、赵国伟、朱青奇、杨艳、武瑞朋、何小鹤、王转花、刘鑫、刘宇、胡利民、仇凤和。

中深层地热供热工程技术规范

1 范围

本文件规定了中深层地热供热工程勘察、设计、施工、调试及验收、运行维护及管理 and 环境保护的相关要求。

本文件适用于山西省新建、改建和扩建的以中深层地热流体和岩土体为热源，利用地热能取热系统提取地下热能，直接或间接给建筑物供热的工程。

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 3096 声环境质量标准
- GB/T 8923 涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评审 第1部分：未涂覆过钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级
- GB 8978 污水综合排放标准
- GB/T 11615 地热资源地质勘查规范
- GB 12348 工业企业厂界环境噪声排放标准
- GB 12523 建筑施工场界环境噪声排放标准
- GB/T 14285 继电保护和安全自动装置技术规程
- GB/T 18430.1 蒸汽压缩循环冷水(热泵)机组 第1部分：工业或商业用及类似用途的冷水(热泵)机组
- GB/T 29044 采暖空调系统水质
- GB 30721 水(地)源热泵机组能效限定值及能效等级
- GB/T 37263 高密度聚乙烯外护管聚氨酯发泡预制直埋保温钢塑复合管
- GB 50016 建筑设计防火规范
- GB 50019 工业建筑供暖通风与空气调节设计规范
- GB 50041 锅炉房设计标准
- GB/T 50052 供配电系统设计规范
- GB/T 50053 20kV及以下变电所设计规范
- GB/T 50062 电力装置的继电保护和自动装置设计规范
- GB 50093 自动化仪表工程施工及验收规范
- GB 50126 工业设备及管道绝热工程施工规范
- GB 50189 公共建筑节能设计标准
- GB 50242 建筑给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 50289 城市工程管线综合规划规范
- GB 50411 建筑节能工程施工质量验收标准

GB 50736 民用建筑供暖通风与空气调节设计规范
GB 55010 供热工程项目规范
GB 55015 建筑节能与可再生能源利用通用规范
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/T 20679 化工设备、管道外防腐设计规范
JGJ 142 地面辐射供暖技术规程
SY/T 5088 钻井井身质量控制规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

地热资源 *geothermal resources*

指在可以预见的未来时间内，能够为人类经济、合理开发利用的地球内部地热能，包括作为主要地热载体的地热流体及围岩中热能。

3.2

中深层热储 *middle and deep geothermal reservoir*

埋藏于地下，具有有效空隙和渗透性的地层、岩体或构造带，其中储存的地热流体可供开发利用，深度一般 1000m~3000m。

3.3

中深层地热供热系统 *middle and deep geothermal heating system*

以贮存于中深层岩土体和流体中的地热能供热的系统。一般包括地热能取热系统、供热站和末端供热系统。

3.4

梯级利用 *cascaded utilization*

在地热供热系统中，根据不同的末端系统温度要求，利用换热器、热泵机组等设备，对地热能进行阶梯式有效利用的方式。

3.5

中深层地热水供热系统 *middle and deep geothermal water heating system*

通过热水型地热井开采贮存于中深层热储中的地热水并用以供热的系统。分为中深层地热水直接供热系统和地热水间接供热系统。

3.6

中深层地热水直接供热系统 *middle and deep direct geothermal water heating system*

由开采井取出的地热水直接进入终端用热设备的供热系统。

3.7

中深层地热水间接供热系统 *middle and deep indirect geothermal water heating system*

由开采井取出的地热水经换热器热交换取热后返回中深层热储的地热水供热系统。

3.8

地热供热调峰系统 peak load system for geothermal heating

承担供热尖峰热负荷的其他热源系统。

3.9

中深层地埋管供热系统 middle and deep borehole heating system

以中深层岩土体为低位热源，循环介质通过中深层地埋管取热系统提取地热能来供热的系统。当地埋管取热系统出水温度达不到供热末端装置温度要求时，可通过中深层地源热泵机组升温后供暖。

3.10

中深层地埋管直接供热系统 middle and deep borehole direct heating system

中深层地埋管取热系统中循环介质直接进入末端散热设备进行供热的系统。

3.11

中深层地埋管间接供热系统 middle and deep borehole indirect heating system

由中深层地埋管取热系统提取热量并通过中深层地源热泵机组向建筑供热的系统。

3.12

中深层地源热泵机组 middle and deep geothermal heat pump unit

以中深层岩土体中蕴含的地热能为热源，以水或水溶液为传热介质，适应中深层地热温度特征的热泵机组，又称地岩热泵机组。

3.13

地热能取热系统 geothermal energy heat exchanger system

提取中深层地热能系统，一般包括地热能取热装置、输送系统和换热器。

3.14

地热水取热系统 geothermal water heat exchanger system

通过地热井开采和回灌地下水，并提取热能的系统。

3.15

地埋管取热系统 borehole heat exchanger system

循环介质通过中深层地埋管换热器与中深层岩土体进行热交换的取热系统。

3.16

中深层地埋管换热器 middle and deep borehole heat exchanger

深埋地下的密闭循环管组成的换热器，供循环介质与中深层岩土体换热使用。目前根据管路埋置方式不同，分为同轴套管式换热器和U形管式换热器。

3.17

机房供热系统 machine room heating system

中深层地埋管供热系统中，使用中深层地源热泵机组或换热器产生的热水经由用户侧循环水泵和输配管网送至用户使用的系统。

3.18

热水型地热井 hot water type geothermal well

用于从中深层热储中取水或向热储灌注回水的井。

3.19

中深层地埋管地热井 middle and deep borehole geothermal well

以导出中深层岩土体中地热能为目的，区别于取水的钻井，又称地岩热换热孔。

3.20

地热水回灌 geothermal water reinjection

将供热利用后的地热流体通过回灌井，重新注入热储的措施。

3.21

同层回灌 geothermal reinjection for same reservoir bed

将地热流体回灌至同一开采热储的回灌方式。

3.22

异层回灌 geothermal reinjection for different reservoir bed

将地热流体回灌至不同热储的回灌方式。

3.23

采灌均衡 balance of production and reinjection

为保障地热资源开发的可持续性，地热资源的开采和回灌保持在动态平衡的状态。

3.24

地源侧管网 ground source side network

在地热热源与地热供热站之间输送地热流体或循环介质的管网系统。一般包括地热水管网与地埋管管网。

3.25

地热水管网 geothermal water network

在地热热源与地热供热站之间输送地热水的管网系统。

3.26

地埋管管网 borehole network

在中深层地埋管换热器与地热供热站之间输送循环介质的管网系统。

3.27

用户侧管网 consumer side network

由地热供热站至热用户的管网系统。

3.28

地热防腐 geothermal anticorrosion protection

防止地热流体对设备腐蚀而采取的措施。

3.29

地热防垢 geothermal scale prevention

防止地热流体结垢而采取的措施。

3.30

地热流体除砂 geothermal water sand removal

去除地热流体中固体颗粒的措施。

4 基本规定

4.1 工程勘察基本规定

4.1.1 中深层地热供热工程在进行方案设计前，应对工程场地及周边状况等资料进行搜集和调研，并对中深层地热能资源进行地质勘查。

4.1.2 工程场地及其附近已有详细的水文地质资料，且能够满足中深层地热供热工程设计所需的水文

地质条件时，可根据实际情况，直接引用现有资料进行中深层地热供热工程设计。

4.1.3 工程场地状况调查应包括以下内容：

- a) 场地规划面积、形状及坡度；
- b) 场地内已有建筑物和规划建筑物的占地面积及其分布；
- c) 场地内已有树木植坡、池塘、排水沟及架空输电线、市政管网、交通设施、历史文化遗迹、电信电缆的分布及规划综合管线分布；
- d) 场地内已有的、计划修建的地下管线和地下构筑物的分布及其埋深；
- e) 交通道路状况及施工所需的电源、水源情况；
- f) 场地内已有地热井和水井的相关资料，应包括场地附近已有地热井和水井的用途、类型、结构、深度、地质剖面、出水量、年用水量、水位及变化、水温和水质情况的调查；
- g) 工程场区及附近地下水径流方向、速度、地下水静水位、水温、水质分布、冻土层厚度等。

4.1.4 地热资源勘查的重点是在查明地热地质背景的前提下，确定地热资源可开发利用的地区及合理开发利用深度；查明热储的岩性、空间分布、空隙率、渗透率、产能及其与断裂构造的密切程度；查明热储盖层岩性、厚度变化、对热储的封闭情况及其地热增温率；查明地热流体的温度、赋存状态、物理性质与化学组份，并对其利用方向做出评价；查明地热流体动力场特征、补径排条件，计算评价地热资源/储量。

4.1.5 工程勘察完成后，应编写工程勘察报告，并对地热资源可持续开发利用提出建议。勘察报告编写提纲及附图、附表具体要求应符合附录 A 的要求。

4.2 设计基本规定

4.2.1 中深层地热供热系统设计应遵循保护地热资源、满足建筑物功能的要求、节能及运行管理方便等原则。

4.2.2 中深层地热供热系统设计应依据地热资源勘查部门所提供的资源可采储量及地热井参数进行设计。

4.2.3 地热资源可开采量的保证程度应符合 GB/T 11615 的相关规定。

4.2.4 应根据地热能取热系统进出口流体参数和末端系统温度、水质需求，合理选择供热系统形式。

4.2.5 中深层地热供热系统设计应确定地热供热负荷、调峰负荷、供热工艺流程和热泵选型。当地热井出口温度较低时或考虑梯级利用时，宜采用热泵系统。

4.2.6 中深层地热供热系统设计与能源配置应考虑下列措施：

- a) 采用地热梯级综合利用形式；
- b) 宜设置调峰系统；
- c) 采用自动控制装置；
- d) 采用低温高效的末端装置。

4.2.7 中深层地热供热系统地源侧水系统宜采用变流量系统。

4.2.8 地热供热系统设计应以地热承担基本热负荷，辅助能源承担调峰热负荷。热负荷应按下列规定计算：

a) 地热基本热负荷应按下式计算：

$$Q_d = \frac{1}{3600} \times G_d \times \rho_p \times C_p \times (t_{di} - t_{do}) \dots\dots\dots (1)$$

式中：

Q_d ——基本热负荷（kW）；

G_d ——地热井开采量 (m^3/h);
 ρ_p ——地热流体的密度 (kg/m^3);
 C_p ——地热流体的定压比热 [$\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$];
 t_{di} ——地热流体供水温度 ($^\circ\text{C}$);
 t_{do} ——无调峰装置时地热流体回水温度 ($^\circ\text{C}$)。

b) 调峰热负荷应按式(2)计算:

$$Q_t = Q - Q_d \quad (2)$$

式中:

Q_t ——调峰热负荷 (kW);

Q ——设计热负荷 (kW)。

4.2.9 地热利用率不应小于 60%。地热利用率应按式(3)计算:

$$\eta = \frac{Q_s}{Q_{\max}} = \frac{t_1 - t_2}{t_1 - t_0} \quad (3)$$

式中:

η ——地热利用率;

Q_s ——地热实际利用热量 (kW);

$Q_{\max}$ ——地热最大可供热量 (kW);

t_1 ——地热稳定流温 ($^\circ\text{C}$);

t_2 ——地热流体排放温度 ($^\circ\text{C}$);

t_0 ——当地年平均气温 ($^\circ\text{C}$)。

4.2.10 中深层地热供热系统应设置调峰系统,地热供热调峰系统工艺流程示意图见附录 B。调峰热源宜采用热泵、燃气锅炉、城市集中供热热源等。

4.2.11 设计调峰热负荷应依据地域气象条件、地热利用率、技术经济等因素确定。调峰热负荷宜占总热负荷的 20%~40%。

4.2.12 启动调峰系统的室外温度应按式(4)计算:

$$t_{wk} = t_n - \frac{Q_d}{Q_n} \times (t_n - t'_w) \quad (4)$$

式中:

t_{wk} ——启动调峰系统的外界空气温度 ($^\circ\text{C}$);

t_n ——供暖室内计算温度 ($^\circ\text{C}$);

Q_d ——基本热负荷 (kW);

Q_n ——设计热负荷 (kW);

t'_w ——供暖室外设计温度 ($^\circ\text{C}$)。

4.3 施工、调试与验收基本规定

4.3.1 施工

4.3.1.1 中深层地热供热工程施工应具备工程区域的工程勘察报告、设计文件和图纸会审记录等。

4.3.1.2 地热能取热系统施工应充分考虑现场条件和远期扩容需求。

4.3.1.3 地热能取热系统应按照“探采结合”原则进行布置和施工。地热勘探孔有条件成井的，应按地热生产钻井技术要求成井，在取得各项钻井地质及地热参数资料后转为生产井使用。勘探井口径应满足取样、测井及成井后安装抽水换热设备要求。

4.3.1.4 钻井施工工作应符合下列要求：

- a) 场地要求：施工场地宽度应大于 15m, 长度应大于 35m, 场地平整；
- b) 钻井施工：钻井施工可参考 DZ/T 0260；
- c) 钻井资料：按照设计文件和相关规范要求，及时整理钻井过程中的各项资料。完井后分类组卷装订，验收通过按时归档。

4.3.1.5 地热能取热系统施工完成后，应对地热井井位及直埋管道进行定位。

4.3.1.6 中深层地热供热工程施工安装完成后，必须对管道系统依次进行强度试验、严密性试验和清洗，并应符合 CJJ 28 和 GB 55010 的相关。

4.3.2 调试

4.3.2.1 中深层地热供热工程交付使用前应进行完整的系统调试、试运行与验收。

4.3.2.2 中深层地热供热工程调试之前施工单位应会同建设单位、设计单位、监理单位进行全面检查，符合设计与施工相关规范要求后，才能进行运转和调试。

4.3.2.3 中深层地热供热系统投入运行前应进行试运行，并应符合下列要求：

- a) 应对系统全面的检查、调试，包括供热循环水侧的注水、试压，按操作规程调试、启动机房设备；
- b) 应制定试运行方案；
- c) 系统的压力和温度应逐步提升至设计要求。

4.3.2.4 中深层地热供热系统试运行期间的测试与调整应符合下列要求：

- a) 取热系统的换热介质压力、温度、流量等技术参数应符合设计要求；
- b) 地面供热系统末端的介质压力、温度、流量等技术参数应符合设计要求；
- c) 取热系统和地面供热系统实现连续平稳运行，水管阻力、阀门阻力和水泵效率、电机功率应符合设计要求，消除不合理的管道阻力；
- d) 控制与监测系统的计量、检测传感器和执行器的工作正常、通讯正常，满足对地热供热系统进行监测和控制的设计要求，能正确显示监测结果，实现设备联锁、自动调节、自动保护等功能；
- e) 控制和监测系统检测的数据、设备状态，应按一定时间间隔（不长于 15 分钟一次）进行记录，并将记录结果自动存储于控制和监测系统的服务器存储器或云端存储器中，以备随时查验；
- f) 地热供热系统验收调试后应形成调试报告，包括调试前的准备记录、水力平衡、机组及系统试运转的全部测试数据和现场图像记录。

4.3.3 验收

4.3.3.1 中深层地热供热工程验收应包括地热能取热系统验收、地热供热站工程验收、末端供热系统工程验收。

4.3.3.2 中深层地热供热工程竣工验收应符合下列要求：

- a) 竣工验收应在工程施工质量得到有效监控前提下进行；
- b) 竣工验收应由建设单位组织设计、施工、监理单位有关部门共同进行，合格后方可办理竣工验收手续。

4.3.3.3 中深层地热供热工程竣工验收时，应提供竣工资料，包括但不限于下列文件和记录：

- a) 图纸会审、设计变更和竣工图等；
- b) 主要材料、设备的出厂合格证明及检验报告；
- c) 隐蔽工程检查验收和施工记录；
- d) 工程设备、管道系统安装及检验记录；
- e) 管道冲洗、试压记录；
- f) 设备试运行记录。

4.3.3.4 中深层地热供热工程验收除应符合本文件规定外，还应符合 GB 55015、GB 50411 和 CJJ 138 的相关规定。

5 工程勘察

5.1 地热水供热工程勘察

5.1.1 地热水取热系统设计前，应根据中深层地热水供热系统对水量、水温和水质的要求，对工程场区进行必要的地质调查和地球物理、地球化学勘查，研究地热形成的地质背景及地热流体的动力场、温度场和循环途径。

5.1.2 地热水取热系统地质勘查应包括以下内容：

- a) 地质条件；
- b) 地温场特征；
- c) 热储特征；
- d) 地热流体特征。

5.1.3 当地热水取热系统勘查结果符合地热水供热系统要求时，应采用成井技术将地热水地质勘探孔完善成地热井加以利用。

5.2 地埋管供热工程勘察

5.2.1 地埋管取热系统工程设计前，应采用适宜的物探方法对工程场区内中深层地热地质条件进行详细的勘查。

5.2.2 物探测井要求如下：

- a) 岩土测试与原位实验在勘探井及探采结合井中进行。
- b) 地热地质资料不充分区域应开展地热地质勘探，并最少选 1 个钻井作为探采结合井。岩土测试与原位试验宜包括以下内容：
 - 1) 样品采集与测试：对勘探井及探采结合井取热段每个热储层应采用 1 组~3 组岩心，并进行岩心样密度、孔隙度、导热系数、热扩散系数等测试，取岩心的位置、数量、质量应满足后期实验室测定参数及热储层评价的要求。
 - 2) 物探测量：探采结合井地球物理测井宜进行全孔测量，测井参数应包括视电阻率、自然电位、井温、自然伽马、声波速度、密度、孔径、磁化率、能谱等测量数据，并解译出孔隙度。

5.2.3 地埋管取热系统地质勘查应包括下列内容：

- a) 地层结构、断裂分布；
- b) 地温梯度；
- c) 岩性、厚度、温度平面及剖面分布情况；
- d) 地下流体温度、压力及化学组分；

- e) 地下热储的岩性、埋深、厚度及分布；
- f) 热储盖层的岩性、厚度及分布；
- g) 岩土体热物性分析及地热储层热物性分析；
- h) 开凿地热井所需的全部地质参数；
- i) 钻探方法与成本。

5.2.4 地埋管地热井建成后，应监测循环介质进出口温度、流量等参数，测算地下换热井换热量。宜进行三次不同循环流量试验，每次试验的延续时间不宜少于 120h，评价换热井的合理取热能力。

6 中深层地热供热系统设计

6.1 中深层地热水供热系统

6.1.1 中深层地热水供热系统由地热水取热系统、输配管网、末端用户组成，中深层地热水间接供热系统和直接供热系统工艺流程示意图见附录 C。

6.1.2 中深层地热水供热系统宜采用间接供热系统。

6.1.3 温度较高的地热流体应采用高温段和低温段适合的末端设备实现地热能梯级利用，地热能梯级利用系统工艺流程示意图见附录 D。

6.1.4 中深层地热水供热系统应设计抽水量、回灌量和地下水水位在线监测系统。

6.2 中深层地埋管供热系统

6.2.1 中深层地埋管供热系统包括地埋管取热系统、换热器或热泵机组、输配管网和末端用户组成。中深层地埋管间接供热系统示意图见附录 E 和中深层地埋管直接供热系统示意图见附录 F。

6.2.2 中深层地埋管供热系统设计应符合下列要求：

- a) 中深层地埋管供热系统设计前期应开展必要的可行性研究或初步设计，中深层地埋管换热器取热量可参考附录 G 进行估算确定；
- b) 施工图设计或实施阶段，宜按实际测试对中深层地埋管换热器取热量进行修正；
- c) 中深层地埋管供热系统应按末端形式合理选择供回水温度和温差；
- d) 当条件允许时，中深层地埋管供热系统应优先选用中深层地埋管直接供热的形式与运行模式。中深层地埋管换热器与供热末端用户直接连接时应采取相应的防护措施。

6.2.3 中深层地埋管直接供热不能满足要求时，开启热泵机组进行间接供热。

6.2.4 中深层地埋管间接供热系统应满足以下要求：

- a) 应根据建筑使用功能、供热系统形式、供热（或空调）系统热负荷，确定相适应机组的相关参数；
- b) 机组应具备容量或热量调节功能，应满足热负荷变化及部分负荷运行的调节要求；
- c) 机组用户侧循环流量应按机组的供热量及用户侧供回水温差计算确定；
- d) 地源侧循环介质应充足稳定，满足所选机组供热时对地源侧进水温度和流量的要求。

6.2.5 中深层地埋管供热系统宜选用变流量系统或使用可调节流量的循环泵。

6.2.6 中深层地埋管换热器循环系统以及中深层地源热泵机组供热循环系统的补水应进行软化水处理，其水质按 GB 55010 的相关要求执行。

6.2.7 中深层地埋管供热系统应设置热泵机组用电、循环系统循环水泵用电、机房照明用电计量装置，循环水系统补水量计量装置，热泵机组的供热量计量装置。

7 地热能取热系统设计

7.1 地热水取热系统

7.1.1 一般规定

7.1.1.1 地热水取热系统应根据地质勘察报告进行设计与施工。

7.1.1.2 地热水取热系统包括开采井、回灌井及地热水管网。

7.1.1.3 地热水取热系统设计包括：

- a) 地热井设计；
- b) 回灌系统的设计；
- c) 地热井室的设计。

7.1.2 地热井设计

7.1.2.1 地热井设计应包括但不限于以下内容：

- a) 地热井抽水量和回灌量、水温；
- b) 地热井数量、井位分布及取水层位；
- c) 井管配置及管材选用；
- d) 井身结构、固井及止水材料；
- e) 抽水试验和回灌试验要求及措施；
- f) 井口装置及附属设施；
- g) 泥浆处理和环保要求；
- h) 场地要求。

7.1.2.2 地热井设计时应采取减少空气侵入的措施。

7.1.2.3 地热水开采总水量应按照所选系统形式经过计算确定，地热井群设计的总出水量应小于开采地区地热水允许开采量。

7.1.2.4 地热井数目应满足持续设计出水量和完全回灌的需求。

7.1.2.5 开采井和回灌井宜能相互转换，其间应设排水装置。抽水管和回灌管上均应设置水样采集口及监测口。

7.1.2.6 开采井和回灌井的平面布局应根据下列规定确定：

- a) 根据地热资源勘察报告，结合项目建设情况，确定开采井和回灌井井位；
- b) 根据地下水位变化、径流方向、渗透系数、水力坡度、影响半径等因素，确定开采井之间的距离；
- c) 根据项目场地地质结构和抽水、回灌试验数据，结合水位变化和热干扰等因素，综合确定开采井和回灌井、回灌井与回灌井之间的距离；井位布置应避免开采井和回灌井的井距过近，防止出现热突破；
- d) 地热井的设置应避开有污染的地面和地层。地热井井口应严格密封，井内装置应使用对地下水无污染的材料。地热井与化粪池、污水池或中水处理站的间距不应小于 30m。

7.1.3 地热水回灌系统设计

7.1.3.1 地热水回灌系统设计包括回灌井设计、回灌系统工艺设计、主要设备和装置选型。

7.1.3.2 开展回灌试验测定回灌井的回灌量、压力、流体温度随时间的变化。结合示踪试验进行回灌能力评价、确定回灌影响范围及影响区内热储温度、储层压力和化学组分的变化特点等，并形成回灌能力评价报告。回灌试验的具体要求按照 GB/T 11615 的相关规定执行。

7.1.3.3 回灌井设计应符合以下要求：

- a) 应在基础资料和回灌试验的基础上，建立热储模型，设计开发方案；
- b) 回灌井钻井工程设计按照 DZ/T 0260 的相关规定执行。

7.1.3.4 回灌系统工艺设计应符合以下要求：

- a) 地热水回灌系统必须是一个完整的封闭系统。地热水从开采井抽取出来，经过换热利用后输送至回灌井，过程中采用除砂、过滤、排气等工艺，回灌至回灌井，实现回灌。
- b) 地热水回灌宜采取同层回灌模式，以维持开采热储的压力。特殊情况下可以实行异层回灌。当采用异层回灌时，必须进行回灌水对热储及水质的影响评价。
- c) 地热回灌可采用自然回灌或加压回灌方式。自然回灌不能满足全部回灌情况下进行加压回灌。
- d) 灰岩热储尾水全部回灌，岩溶热储瞬时回灌率不低于 90%，砂岩热储瞬时回灌率不低于 80%，孔隙型地热流体回灌率不低于 60%。
- e) 常见的地热水回灌工艺流程示意图见附录 H。
- f) 回灌管网设计应保证气体的排出和清洗方便。

7.1.3.5 地热水回灌系统主要装置及设备包括井室、井口装置、地热回灌监测装置、水质净化过滤装置、排气装置、加压装置、进排水管路等。

- a) 回灌水宜进行过滤处理，并应符合下列要求：
 - 1) 回灌过滤装置安装在换热器一次侧出口之后；
 - 2) 对基岩型热储，回灌过滤精度应达到 50 μ m；
 - 3) 对于孔隙热储，应分级过滤，最终过滤精度应依据地热尾水固体物、悬浮物的颗粒直径和数量确定，应达到 3 μ m~5 μ m。当回灌流体中泥质含量较高时，宜在粗过滤装置前加装排污器；
 - 4) 过滤器宜采用多个相同的过滤器并联的安装方式，粗过滤器宜采用自清洗；
 - 5) 过滤器应采用不锈钢材质。
- b) 回灌系统中排气罐应符合下列要求：
 - 1) 排气罐应安装在精过滤器之后，加压泵、回灌井口之前；
 - 2) 排气罐的容量应根据地热水中所含气体组分和含量确定；
 - 3) 当地热水中气体含量较高时，应采用排气管道方式将已释放出的气体排出设备间，以防止中毒、引发火灾和爆炸；
 - 4) 排气罐应采用不锈钢材质，顶部设置自动排气装置及压力表。
- c) 回灌系统加压泵应符合下列要求：
 - 1) 加压泵宜选用变频控制的管道离心泵，材质应考虑地热流体水质特点，条件具备时优先选用卧式直连离心泵；
 - 2) 加压泵应根据回灌压力和回灌量的要求确定，并符合压力容器和设备的设计安装要求。
- d) 相关管路设计
 - 1) 为避免净化后水质产生二次污染，回灌管路宜选用不锈钢、PERT 或钢塑复合管，同时进行防腐防垢处理，并应满足管道允许工作压力和工作温度要求；
 - 2) 回灌系统应严格进行密封处理，所有接口的连接方式除应采用法兰连接的设备和阀门外，其他管道应采用焊接。

7.1.4 地热井室设计

7.1.4.1 地热井室位置选择和总平面布置应符合下列要求：

- a) 地热井室位置应满足城镇规划和小区总体规划要求；
- b) 地热井室总平面布置应同时满足布置和安装各类管道、仪表和其他部件所需的尺寸要求，各设施之间应有运行操作及维修所必须的场地和检修通道；
- c) 设备检修时系统排水应有排放去处。

7.1.4.2 地热井室建筑应符合下列要求：

- a) 地热井室宜采用地上独立建筑；
- b) 地热井室建筑的高度应满足设备安装、起吊、检修、搬运所需的空間；
- c) 地热井室的大门应保证能将搬运的机件进入，应比最大件宽 0.5m；
- d) 地热井室的主要通道宽度不应小于 1.2m，并应符合 GB 50016 的相关规定；
- e) 地热井室建筑的耐火等级应不小于二级，并根据等级配置符合消防安全通道要求的门窗，室门应为向疏散方向开启的丙级以上防火门；
- f) 地热井室建筑内应设置防爆照明灯具及开关，其他电器设备应符合相应的国家防爆技术要求；
- g) 地热井室与周边建筑间距应符合 GB 3096 的相关规定。

7.1.4.3 地上式地热井室的建筑与结构应符合下列要求：

- a) 平面布置应满足工艺要求；
- b) 功能分区应明确且管理方便；
- c) 地热井室设备间地面应设 200mm×200mm 排水明沟，并连接市政排水沟；
- d) 地热井室地面标高应高于室外地面 200mm；
- e) 地热井中心线至内墙面的间距不应小于 1.5m；
- f) 应设置起重设备，并应符合下列要求：
 - 1) 当采用移动式起重设备时，室内净高不应小于 4.0m，且应在与井口垂直的屋顶设置不小于 1.0m×1.0m 的吊装孔；
 - 2) 当采用固定式起重设备时，室内净高不应小于 6.0m；
 - 3) 吊装孔可设计为活动盖板；
- g) 井室内宜采用自然通风，其换气次数不小于 1.0 次/h。

7.1.4.4 地下或半地下式地热井室的建筑与结构除应符合本文件第 7.1.4.3 条中第 a)～c) 款和第 e)～g) 款的规定外，还应符合下列要求：

- a) 地热井室屋顶应设置井泵提升孔、进出人孔、进气孔及排气孔，并做防水。进气孔、排气孔管道室外部分均应设防雨、防尘帽，并在附近设置警示标志；
- b) 宜设置机械排风及相应排风管道和防雨通气帽；
- c) 地热水气水分离设备的排气管道应直通室外，排气管道上低点应设自动排水阀；
- d) 开采含有可燃气体的地热水取热系统中回灌井井室应设计可燃气体检测报警仪及相对应的防爆排风装置，地面及井口装置涂装宜考虑防火花设计；
- e) 设备间排水明沟末端应设置集水坑和自动潜水排污泵，并应有不间断动力电源供应，排污泵应设置自动启闭装置；
- f) 进出井室的各种管道、电缆应预埋穿墙防水套管；
- g) 地下式井室不应建在其他建筑物之下；
- h) 出入通道或在屋顶开设备吊装孔的尺寸应满足设备最大组件的运输要求；

- i) 对于自流井，供热站必须与井口室隔离，两者之间不得设连接通道和开放型连接管道，也不得共用排污沟；
- j) 当地热井水温超过 45℃或含有易燃气体时，必须设置直通室外的安全通道。

7.1.4.5 地热井井泵应符合下列要求：

- a) 应满足地热流体的温度和腐蚀性要求，宜采用耐热潜水电泵或长轴深井热水泵。
- b) 地热井井泵台数按每口地热井 1 台配置，区域内单井水量、水位埋深相近的地热供热站统筹考虑公用的备用井泵。
- c) 井泵选型应结合实际入住率及增长率进行动态选择，其电气设计应考虑水位下降导致的井泵需用功率增大时的富余，富余系数宜为 10%～30%，回灌井较开采井规格应加大。
- d) 井泵的选型应根据地热井的温度、流量、水质、动水位、静水位、井口出水压力等要求确定，并应符合下列要求：
 - 1) 井泵的流量应根据单井的流量-降深曲线确定，并考虑发展余量；
 - 2) 井泵的扬程应按下式计算：

$$H = H_1 + H_2 + \frac{V^2}{2g} + h \cdots \cdots \cdots (5)$$

式中：

- H ——井泵的扬程（m）；
- H_1 ——动水位液面到泵座出口测压点的垂直距离（m）；
- H_2 ——系统所需的扬程（m）；
- V ——流体流速（m/s）；
- g ——重力加速度（m/s²）；
- h ——井内泵管的沿程阻力损失（m）。

- e) 地热井泵宜配置变频控制装置。
- f) 回灌井井泵与泵管连接应安装采灌逆止阀。
- g) 井泵管的设计应符合下列要求：
 - 1) 井泵的吸入口必须位于动水位下 8m～10m 处；
 - 2) 地热流体腐蚀性轻的地热井，井泵管的连接可采用法兰连接；腐蚀性严重的地热井，应选用特种石油套管并采用管螺纹连接；
 - 3) 井泵管应安装水位测量管；
 - 4) 井泵管表面应涂敷聚氨酯漆或环氧树脂漆等防腐涂料。

7.1.4.6 地热井井口装置应符合下列要求：

- a) 当地热流体含有天然气或其他有害气体时，井口应安装气水分离器。
- b) 地热井井口装置设计应符合下列要求：
 - 1) 井口装置应满足动态监测设备、回灌设备等设施的安装要求；
 - 2) 井口装置能够承受所需的温度、压力；
 - 3) 井口材料应根据地热流体水质检测要求，选择具有抗地热流体腐蚀的材料；
 - 4) 井口装置应采用闭式装置；
 - 5) 井口装置结构设计应考虑井管的热胀冷缩特点，与井管的连接应采用填料函密封套接方式，并应具有良好的密封性能，不宜采用直接连接方式；
 - 6) 井口装置应预留水温、水位测量口，回灌井管道应具备溢流回流管道；

- 7) 井口装置应预留水泵线缆与自动监测设施线缆入口，且两种线缆入口应分布于井口装置两侧；
 - 8) 井口装置应做防腐处理，对于高温、腐蚀性强的地热井，井管外应设置保护套管。保护套管直径依井管直径确定，与井管之间的间距以 10mm~20mm 为宜，材质宜采用无缝套管，选料总长度应不小于 1200mm，留置在地面以上的高度应不小于 400mm，安装时应保证水平、牢固、密闭；
 - 9) 井口宜设置微正压氮气保护系统，且充氮装置应设置自动压力控制设备；
 - 10) 回灌井口装置应具备回扬功能。
- c) 地热井井口监测仪表应符合下列要求：
- 1) 应安装流量计、水位监测仪、压力计、温度计；
 - 2) 仪器、仪表材质应考虑防腐蚀、防结垢；
 - 3) 水位监测仪精度不应低于 $\pm 0.01\text{m}$ ，流量计精度不应低于 2.5%，压力计精度不应低于 $\pm 0.01\text{MPa}$ ，温度计精度不应低于 $\pm 0.3^\circ\text{C}$ 。

7.2 地埋管取热系统

7.2.1 一般规定

7.2.1.1 地埋管取热系统设计前，应根据地热资源勘查报告评估地埋管取热系统实施的技术可行性、经济性和风险性。

7.2.1.2 地埋管取热系统设计前，应明确施工场地内地下管线的种类、位置及深度，并预留远期地下管线所需的埋管空间及埋管区域进出重型设备的车道位置，严禁损坏地下既有管线和构筑物。

7.2.1.3 地埋管换热器的地埋管形式（地埋管形式见附录 I）应根据可使用面积、岩土结构、岩土竖向温度分布、钻井成本等因素综合考虑，宜优先采用同轴套管形式。

7.2.2 地埋管取热系统取热能力评价

7.2.2.1 单个同轴套管形式的中深层地埋管换热器取热量可依据地温梯度与中深层地埋管换热器安装深度进行估算，取热量估取计算公式如下，也可参考附录 G 进行快速查找。

$$Q_i = (17.61 \times T \times K_s + 49.2 \times T - 2.23 \times K_s) \times \frac{H}{1000} - 8.63 \times T \times K_s - 61.93 \times T - 7.92 \dots\dots (6)$$

式中：

Q_i ——中深层地埋管换热器单孔取热量（kW）；

K_s ——岩土导热系数 [W/（m·K）]；

H ——中深层地埋管换热器安装深度（m）；

T ——地温梯度（ $^\circ\text{C}/100\text{m}$ ）。

7.2.2.2 项目前期，单个中深层地埋管换热器取热量可根据地热增温率、中深层地埋管换热器安装深度以及岩土导热系数按照附录 J 中图表进行估算。

7.2.2.3 施工图设计阶段，中深层地埋管换热器换热能力宜根据埋管深度、岩体导热率、地热增温率，采用专业设计软件或按照附录 J 开发程序计算分析，并应根据实测值对地埋管取热量进行修正。

7.2.3 地埋管取热系统管材与循环介质要求

7.2.3.1 地埋管取热系统的管材及管件应采用相同材料，且应具有化学稳定性好、耐腐蚀、流动阻力小、导热系数大等特性。中深层地埋管换热器的管材一般采用可耐压制的特制钢管。同轴套管换热器的内管应采用高热阻管材，且其强度、耐温性及耐久性应满足设计和使用要求。

7.2.3.2 地埋管取热系统循环介质的材料要求：循环介质应选用环保、性能稳定、导热率高且合 GB/T 18430.1 附录 D 要求的换热介质，也可选用符合下列要求的其他介质：

- a) 安全、腐蚀性弱且与换热管材无化学反应；
- b) 较低的冰点；
- c) 良好的传热特性，较低的摩擦阻力；
- d) 易于购买、运输和储藏。

7.2.4 地埋管取热系统设计

7.2.4.1 地埋管取热系统设计范围包括中深层地埋管换热器、地源侧相应管道及设备 and 地热井井室。

7.2.4.2 地埋管取热系统根据建筑负荷和地埋管取热量进行动态计算，最小计算周期不宜小于 2 年。

7.2.4.3 地埋管间接供热系统机组供热量与中深层地埋管换热器取热量之间满足以下关系：

$$Q_s = (Q_q + Q_{h1}) \cdot \frac{COP}{COP-1} \dots\dots\dots (7)$$

式中：

Q_s ——中深层地埋管间接供热系统机组供热量 (kW)；

Q_q ——中深层地埋管换热器取热量 (kW)， $Q_q = \sum Q_i$ ， Q_i 为单个中深层地埋管换热器取热量 (kW)；

Q_{h1} ——地源侧水泵发热量 (kW)，一般可以忽略不计；

COP ——中深层地源热泵机组的制热性能系数。

7.2.4.4 地埋管取热系统宜采用大温差小流量水系统，宜提高中深层地埋管换热器的取热能力，同时降低中深层地埋管取热系统的输送能耗。中深层地埋管换热器的换热温差，宜结合中深层地埋管换热器的取热效率、热损失情况，以及中深层地源热泵机组一次侧水温要求等因素综合确定。

7.2.4.5 中深层地埋管换热器应安装至中深层热储层，埋深宜为 2000m~3000m。

7.2.4.6 同轴套管式中深层地埋管换热器进行内管、外管规格选取时，应综合考虑设计参数对取热能力与水泵功耗的影响。外管流速宜小于 1.0m/s。

7.2.4.7 采用深度为 2000m 左右的同轴套管式中深层地埋管换热器时，地源侧循环介质流量宜 $18\text{m}^3/\text{h} \sim 27\text{m}^3/\text{h}$ 。

7.2.4.8 中深层地埋管地热井设计应符合以下要求：

- a) 地热井位置宜靠近地热供热站，远离水井及室外排水设施，若有多个钻井，宜以地热供热站为中心进行布置；
- b) 中深层地埋管地热井口径不宜小于 220mm，井间距宜为 10m~25m；
- c) 中深层地埋管地热井设计还应符合本文件第 7.1.2 条的相关规定。

7.2.4.9 中深层地埋管地热井宜选用水泥作为固井止水材料。当中深层地埋管取热系统需穿透含水层时，应选用符合环保要求的固井止水材料。

7.2.4.10 地埋管取热系统的管道水力计算应根据实际要求的流量和实际选用的循环介质的水力特性进行管道水力计算。中深层地埋管取热系统循环阻力，应结合地热换热器构造、流通截面、地热换热器内、外管道材质及粗糙度、以及中深层地源热泵机组地源侧水阻等因素计算确定，并作为中深层地埋管取热系统循环水泵的选型依据。

7.2.4.11 地埋管取热系统的补水应进行除氧及软化处理。

7.2.4.12 地埋管取热系统宜设置反复冲洗系统，冲洗流量宜为工作流量的 2 倍。

7.2.4.13 地热井井室的设计应符合本标准第 7.1.4.1—7.1.4.4 条和第 7.1.4.6 条中的相关规定。

8 地热供热站设计

8.1 地热供热站

8.1.1 地热供热站的设计应符合以下规定：

- a) 地热供热站的位置须满足城镇规划和小区总体规划要求，靠近热负荷中心，并考虑噪声、振动对周围建筑的影响其位置、总平面布置和建筑应符合本文件第 7.1.4.1、7.1.4.2 条的规定；
- b) 地热供热站选址应利于热源、电源、水源接入，并且应有能满足施工安装或后期改造、更换、转运的设备进出通道或吊装孔；
- c) 应预留回灌临时排水、冲洗管道所需的外排管道接口；
- d) 地热站房设备布置必须考虑检修空间，电气间和值班室宜靠近设备机房送风口，地下站房电气间地坪宜高于地热供热站地坪 0.3m 以上，不具备条件时应使用防水挡鼠板；
- e) 热泵机组必须有充足的蒸发器、冷凝器换热管束拆装空间；
- f) 地热供热站应依据区域总体规划和供热规划进行设计，供热范围应通过技术经济比较确定，做到远近结合，以近期为主。

8.1.2 地热供热站通风设计应符合以下规定：

- a) 地热供热站应保持良好的通风，宜采用有组织自然通风，自然通风不能满足要求时，应设置机械通风。设备有特殊要求时，其通风应满足设备工艺要求。
- b) 含热泵机组的地热供热站应安装氟泄露检测仪。
- c) 当地热水含有易燃易爆气体时，地热供热站应符合以下要求：
 - 1) 地热供热站内送风、排风风机必须设计为连续运行的防爆风机；
 - 2) 站内设置可燃气体检测仪，检测报警并联动风机；
 - 3) 地热站内排气阀严禁排气直接排入站内，排气宜采用集气罐，将收集的气体排放至室外，排放高度距地不小于 4m，排放口宜在人员密集场所下风处；
 - 4) 可燃气体含量过高影响换热设备工作时，应在换热设备进水高点管道设计集气罐及排气管道，排气管道可接入换热设备出水管道。
- d) 机械排风系统的通风量应符合下列要求：
 - 1) 设备机房换气次数不小于 6 次/h，水处理机房换气次数不小于 4 次/h，设备机房排风系统宜独立设置且应直接排向室外；
 - 2) 变配电室的通风量应按热平衡计算确定，排风温度不宜高于 40℃。
- e) 事故通风系统设计应符合下列要求：
 - 1) 换气次数不小于 12 次/h；
 - 2) 采用氟类工质的供热站排风口上沿距室内地坪的距离不应大于 1.2m。

8.1.3 地热供热站内管道设计应根据热力系统和工艺布置进行，并应符合以下规定：

- a) 管网沿墙和柱敷设；
- b) 应满足装设仪表的要求；
- c) 不同标高管网宜上下层正对布置。

8.2 地热供热站设备

8.2.1 热水除砂设备

8.2.1.1 当地热水中含砂量超过 0.05‰（体积比）时，应采取除砂措施。

8.2.1.2 除砂设备应满足排砂方便、温度降低少、地热水不与空气接触等要求，宜选用旋流式除砂器。

8.2.1.3 除砂设备应考虑处理水量、外部接管管径、管道工作压力、水质要求等因素。

8.2.2 地热水换热器

8.2.2.1 换热器应符合下列要求：

- a) 传热性能好、流通阻力小、耐腐蚀，在使用压力和温度下安全可靠；
- b) 换热器应根据地热水温和水质选型及选材；
- c) 地热供热系统宜选用板式换热器，对于高温、高压的地热供热系统应采用管壳式换热器；
- d) 换热器进口处应设置过滤器；
- e) 一次侧设置梯级换热时，换热器宜按串并结合设计；
- f) 单个循环系统换热器台数不应少于两台，一台停止工作时，剩余换热器的设计换热量不应低于供热量的 70%。

8.2.2.2 板式换热器应符合下列要求：

- a) 板式换热器的换热端温差宜取 2℃，管壳式换热器的换热端温差不宜小于 5℃；
- b) 对于高温地热水，系统运行工况中当地热水存在汽化可能时，应使用汽水换热器；
- c) 对于热泵机组为主要负荷承担项目，配置热泵机组蒸发器侧换热器不宜少于 2 台；
- d) 所有换热器进出水管道应设计冲洗用旁通管，底部管道设计不小于 DN32 的排污泄水口；
- e) 板式换热器应具有在线清洗功能，换热器一次侧上部管道应预留接口，用于药液循环清洗或反冲洗；
- f) 板式换热器接口最小间距在设计中说明要求。

8.2.3 中深层地源热泵机组

8.2.3.1 中深层地源热泵机组性能应符合 GB 50189、GB 55015 和 GB 30721 的相关要求，并应满足中深层地热供热系统运行参数要求。

8.2.3.2 中深层地源热泵机组，地源侧进水温度宜按 20℃～50℃设置，进出水温差可按 10℃～20℃选取，设备容量与参数应根据项目设计工况选用。

8.2.3.3 中深层地源热泵机组的选用应符合下列要求：

- a) 热泵的总制热量应按照实际计算负荷，不另作附加；
- b) 热泵应具有优良的调节性能，适应供热负荷变化规律，并满足低负荷运行要求，压缩机类型应根据制热量范围确定，优先选择多机头型机组；
- c) 热泵供热进水口处应装设过滤器，过滤器的滤网不宜低于 30 目；
- d) 热泵蒸发器循环系统应设置补水定压，补水定压点宜设置在循环泵的进口，可利用供热系统的低区补水定压设施；
- e) 热泵机组蒸发器循环系统的补水水质硬度应满足要求，若不满足要求应与热水系统统一考虑补水软化处理设施；
- f) 热泵与其上方管网、电缆桥架的净空高度不宜小于 1000mm。

8.2.3.4 中深层地源热泵机组的性能与台数，应适应热负荷变化规律，满足部分负荷要求，一般不应少于 2 台。多台机组系统应设置必要的措施防止所有热泵机组同时启动。

8.2.3.5 中深层地源热泵蒸发器侧循环系统宜采用旁通管道及调节阀控制蒸发器进水温度。应设置进水口温度高于其最高允许温度的停机保护措施，当进水温度超过允许值时，应停机保护。

8.2.3.6 中深层地源热泵机组应具备自动调节功能。

8.2.3.7 中深层地源热泵机组应优先采用冷（热）量优化控制运行台数的方式；采用自动运行的方式时，用户侧供热系统和地热能取热系统中各相关设备及附件与热泵机组应进行电气联锁，顺序启停。台数控制的基本要求是：

- a) 让设备尽可能处于高效运行状态；
- b) 让相同型号设备的运行时间尽量接近，以保持同样的运行寿命（通常优先启动累积运行时间最少的设备）；
- c) 满足用户侧低负荷的需求。

8.2.4 热源侧水泵

8.2.4.1 水泵应配合地热换热系统的要求分别选用，系统宜优先选用具有变频调节功能的水泵。

8.2.4.2 当地热水含有大量水溶气时，应采用减压扩容类水气分离设备，设备出口需设计地热水增压泵，水泵扬程应考虑后端所有设备、部件的阻力损失。

8.2.4.3 地埋管侧循环水泵的选型应符合下列要求：

- a) 循环流量 G'_s 的计算方法如下：

$$G'_s = 0.86(Q_R + N)/\Delta t_{s,d} \dots\dots\dots (8)$$

式中：

Q_R ——地源热泵机组总制热量（kW）；

N ——地源热泵机组总耗电量（kW）；

$\Delta t_{s,d}$ ——冬季地源水进出热泵机组温差（℃）。

- b) 地埋管侧循环水泵的扬程应按地埋管最不利环路的压力损失，加上热泵机组、平衡阀和其他设备管件的压力损失，并考虑一定的安全裕量来确定。

8.2.5 用户侧循环水泵

8.2.5.1 地热供热站供热水系统应进行阻力计算及平衡优化。

8.2.5.2 循环水泵并联运行台数应不小于2台。

8.2.5.3 用户侧循环水泵应满足冬季工况要求，宜采用变频水泵，变频水泵控制系统应适应冬季设计工况水力特性要求及热泵机组特性要求。

8.2.5.4 用户侧循环水泵的输送能效比（ER）应符合 GB 50189 的相关规定。

8.2.5.5 用户侧循环水系统较大，技术经济比较合理时，可按建筑各区域使用功能（运行时段）的不同、距离远近或末端机组水侧阻力的不同因素，分设若干个环路。各环路阻力相差较大时，宜采用二级泵系统。

8.2.5.6 循环水泵除满足本文件外，还应满足 CJJ 34 和 GB 55010 的相关要求。

8.2.6 蓄热装置

8.2.6.1 根据工艺要求和场地情况，可采用蓄热措施。

8.2.6.2 选材应考虑地热流体的温度和腐蚀性；当采用钢制蓄热装置时，装置内部应进行防腐处理，且防腐处理应按国家现行有关标准执行。

8.2.6.3 蓄热装置应采取保温措施。

- 8.2.6.4 蓄热装置应设置溢流、泄水、放气口，并应设置温度及液位传感器。
- 8.2.6.5 在地下式或半地下式供热站，蓄热装置必须设置直通室外的排气通道，不得将气体排至供热站内。
- 8.2.6.6 蓄热装置应设置自动补水和水位高低限报警装置。

8.2.7 地热供热站其他设备

地热供热站其他设备应符合GB 55010、GB 50041和CJJ 34的相关规定。

8.3 地热供热站电源与供电系统

8.3.1 电源设计应符合以下规定：

- a) 地热供热站变配电继电保护按照 GB/T 50062 和 GB/T 14285 的相关规定配置；
- b) 地热供热站的供电负荷级别和供电方式，应根据工艺要求按照 GB/T 50052 的相关规定确定；
- c) 宜设计专用配电室，条件受限时也可设在其它建筑设施内。变配电室设计按照 GB/T 50053 的相关规定执行；
- d) 电源引接点应技术可靠，经济合理；
- e) 地热供热站进线电源采用 10kV 电压等级时，站内低压配电系统应单独设一回 0.38kV 市电电源，带单独计量装置，在地热供热站检修或停运时满足站内照明、仪控和通讯等设备用电需求；
- f) 对于仅用间接换热工艺就能满足热负荷需求的项目，宜预留热泵机组梯级利用工艺安装位置及配电容量。

8.3.2 供电系统等级宜根据负荷容量确定，进线线路宜采用电力电缆进线方式。户外电力电缆根据实际情况宜选用交联铠装电力电缆，电缆导体截面应满足负荷要求和动热稳定要求。

8.3.3 供电系统设计应符合地热供热站 10kV、0.38kV 配电系统采用单母线或单母分段接线形式。

8.3.4 配电柜设计时，含有热泵机组、站内井变频柜地热供热站，循环系统、热泵机组、井泵变频单独设计配电柜，配电柜安装远传电表，单独计量用电量。

8.3.5 10kV 系统应采用微机保护测控一体化装置，保护装置安装在开关柜上。

8.3.6 0.38kV 系统宜采用断路器、热继电器等保护型电气元件，安装在低压开关柜上。

8.3.7 输电线路应尽量利用城市建设的城市综合管廊系统和电缆沟、电缆隧道等公共设施，以敷设方便和减少输电线路距离为原则。

9 地热供热管网与末端装置设计

9.1 地热供热管网

9.1.1 地热水管网

9.1.1.1 地热水管网宜采用闭式单/双管制。

9.1.1.2 当地热井为丛式井场或群采群灌等相对集中的布置，开采井地热水管道宜采用丛式井场汇集、枝状管网汇集等多井集中输送形式，回灌井热水管道宜采用多井集中输送道丛式井场分散、枝状管网分散等形式。

9.1.1.3 设计开采井和回灌井互换的热储开发技术，地热水管网应同时满足输送和回灌两种工况。

9.1.1.4 地热水管网宜采用直埋敷设。

9.1.1.5 地热水管网采用顶管敷设，设计应考虑后期抽管空间。

- 9.1.1.6 回灌管网设计宜缩短管网长度以避免净化后地热水二次污染。
- 9.1.1.7 回灌管网宜设计排污口，方便冲洗管网，还应预留回灌临时排水、冲洗管路所需的外排管路接口。
- 9.1.1.8 地热水输配管道和管路附件应采取保温措施，设计工况下沿程温降不应大于 $0.6^{\circ}\text{C}/\text{km}$ 。
- 9.1.1.9 地热水管网应根据地热流体的化学成分，按其腐蚀性、结垢等特点，选用安全可靠的管材。地热水管路宜采用耐腐蚀性较强的不锈钢、PERT 或钢塑复合管，管路中的法兰、阀门、弯头、蝶阀等，应采用不锈钢材质；当采用复合管材时，其性能应符合本文件附录 K 的要求。
- 9.1.1.10 地热水管网的平面和竖向布置，应按照 GB 50289 的相关规定确定。
- 9.1.1.11 地热水管网应避免穿过污染及腐蚀性地段，无法避开时应采取保护措施。
- 9.1.1.12 与污水管道或输送有毒液体管道交叉时，地热水管网应敷设在上面，且不应有接口重叠。
- 9.1.1.13 地热水管路应符合下列要求：
 - a) 供水管、回灌管不得与市政管道连接；
 - b) 不得采用化学水处理方式；
 - c) 应采用闭式系统。

9.1.2 地埋管管网

地表处的水平埋管顶部应在冻土层以下 0.6m ，且距地面不宜小于 1.5m 。地埋管水平管路坡度不宜小于 2% 。

9.1.3 用户侧管网

- 9.1.3.1 用户管网设计应符合下列要求：
 - a) 管道系统运行中，应保证在各种设计工况下，管道不出现负压。
 - b) 压力输水管应考虑水流速度急剧变化时产生的水锤，并采取消除或削弱水锤的措施。
 - c) 供热热水管网管道管材、管道附件、管道系统的布置、最小覆土深度等设计应符合 CJJ 34、GB 50289 和 GB 55010 的相关规定。
 - d) 管道的温度变形应充分利用管道的转角管段进行自然补偿；当自然补偿不能满足要求时，应设置补偿器。
 - e) 管道支、吊架的设计，应计入管道、阀门与附件、管内流体、保温结构等重量以及管道热膨胀而作用在支、吊架上的力。支架（支座）的类型、间距和结构应根据管道结构、安装和运行条件、敷设环境、受力特征等因素确定。
 - f) 架空管网应避免使用铸铁材质阀门。
 - g) 排气阀管道加厚，支管坡向干管，坡向不宜小于 2% 。
- 9.1.3.2 用户侧管网布置和敷设应符合下列要求：
 - a) 城镇供热管网的布置应在城镇规划的指导下，根据热负荷分布、热源位置、其他管线及构筑物、园林绿地、水文、地质条件等因素，经技术经济比较确定。
 - b) 管径小于或等于 300mm 的供热管道，可穿越建筑物的地下室或开槽施工法自建筑物下专门敷设的通行管沟内穿过。
 - c) 城镇街道上和居住区内的供热管道宜采用地下敷设。当地下敷设困难时，可采用地上敷设。
 - d) 供热管道地下敷设时，宜采用直埋敷设。
 - e) 工厂区的供热管道，宜采用地上敷设。地上敷设的供热管道可与其他管道敷设在同一管架上，但应便于检修，且不得架设在腐蚀性介质管道的下方。

- 9.1.3.3 用户侧管网应按照 GB 50736 和 GB 50019 进行水泵输配比计算和审核。
- 9.1.3.4 用户侧管网应进行水力平衡计算，当设计工况下并联环路之间压力损失的相对差额大于 15% 时，应安装水力平衡装置，水力平衡装置及调控阀门的选用应根据下列条件确定：
- a) 供热管网形式；
 - b) 供热管网运行调节模式；
 - c) 热计量及温控形式；
 - d) 设计流量、压差。
- 9.1.3.5 可通过增加楼前混水装置进行调节的情况：
- a) 建筑供热系统供水温度、供回水温差及资用压差参数与供热管网不符；
 - b) 实现供热管网大温差小流量、楼内供热系统小温差大流量用热时；
 - c) 供热系统水力失调。

9.2 供热系统末端装置

- 9.2.1 地热供热系统末端装置的设计应符合 GB 50736、GB 50019 和 GB 55015 的相关规定。
- 9.2.2 地热供热系统末端装置的设计应与地热供热站设计统筹考虑，设计参数和系统形式应经过技术经济比较后确定。
- 9.2.3 地热供热系统末端装置的形式宜采用热水地面辐射供热系统和风机盘管水系统，末端形式与供水温度可按表 1 选取。

表1 地热供热系统末端装置形式与供水温度

末端装置形式	供水温度范围（℃）	宜采用的供水设计温度（℃）
地板辐射	35～45	≤40
风机盘管	40～60	≤50
散热器	55～75	≤65

- 9.2.4 地热供热系统的末端设备应设置室内温度自动调节装置。

10 防腐与除垢

10.1 防腐措施

- 10.1.1 地热供热工程防腐设计必须依据国家认定部门检测的水质全分析报告，报告内容和格式应符合本文件附录 L 的要求。
- 10.1.2 地热流体的腐蚀性 & 水型种类应基于水质分析报告，按拉申指数判定，腐蚀性判定应符合本文件附录 M 的相关规定。
- 10.1.3 当地热流体具有腐蚀性时，应采取下列防腐措施之一或同时采用两种以上措施：
- a) 采用有换热器的间接供热系统；
 - b) 采用防腐材料；
 - c) 系统隔绝空气；
 - d) 地热流体接触的金属表面涂敷防腐涂料；
 - e) 电化学防腐。
- 10.1.4 与有腐蚀性地热流体直接接触的管道或容器，宜采用非金属材料，并应符合下列要求：

- a) 室外输送地热流体的管道，宜采用适合该流体温度和压力的玻璃钢材料；
- b) 地热流体储存容器，宜采用内衬防腐材料的钢罐或采用玻璃钢及钢塑复合管；
- c) 室内地热流体输送管道，可按照 JGJ 142 的要求选用。

10.1.5 当采用间接供热系统时，换热器前与地热流体直接接触的管道或设备，应采取隔绝空气或采取井口充氮气的防腐措施。

10.1.6 受流体高速冲击、易磨蚀的部件和转动的部件，其金属表面不应采用涂敷防腐涂料的防腐方法。

10.1.7 严禁采用在地热流体中添加防腐剂的防腐处理方法。

10.1.8 金属表面涂敷防腐涂料时，应符合以下要求：

- a) 涂料的涂刷层数、涂层厚度及表面标记等应按设计规定执行，当设计无规定时，应符合下列规定：
 - 1) 涂刷层数、厚度应符合产品质量要求；
 - 2) 涂料的耐温性能、抗腐蚀性能应按供热介质温度及环境条件进行选择。
- b) 涂料涂刷前应对钢材表面进行处理，并应符合设计要求和 GB/T 8923 的相关规定。
- c) 对管道、管路附件、设备和支架安装后无法涂刷或不宜涂刷涂料的部位安装前应预先涂刷。

10.1.9 设备和管道的外防腐还应按照 HG/T 20679 的相关规定执行。

10.2 防垢除垢措施

10.2.1 地热流体的结垢性应基于水质分析报告，经下列相应的指数计算确定：

- a) 根据水质全分析数据，当地热流体中氯离子（ Cl^- ）摩尔浓度与其化合价的乘积占有所有阴离子的相应值的百分数小于或等于 25% 时，宜按雷兹诺指数（RI）判定地热流体的结垢性。雷兹诺指数的计算方法和结垢性判定应符合本文件附录 N 的相关规定；
- b) 当地热流体中氯离子（ Cl^- ）摩尔浓度与其化合价的乘积占有所有阴离子的相应值的百分数大于 25% 时，宜按拉申指数（LI）判定地热流体的结垢性。拉申指数的计算方法和结垢性判定应符合本文件附录 M 的相关规定。

10.2.2 对结垢性的地热流体，应对与地热流体直接接触的设备采取防垢或阻垢措施。

10.2.3 阻垢可采用增压法、化学法或物理阻垢法。

10.2.4 回灌系统严禁使用化学法阻垢。

10.2.5 除垢可采用化学清洗、水力破碎或机械除垢等方法。

11 监测与控制

11.1 地热能取热系统监测

11.1.1 地热水取热系统监测

11.1.1.1 地热资源日常开采动态监测项目包括开采井开采水量、水位、水温、压力以及回灌井回灌水量、水位、水温、压力等。并应符合下列要求：

- a) 地热井的水位监测应符合下列要求：
 - 1) 停采期应测量静水位，开采期应测量稳定的动水位；
 - 2) 供热期内，人工水位监测应每 5d 进行 1 次，每次测量 2 次～3 次，测水位时应同时记录水温；
 - 3) 测水位的量具应每年校验 1 次。

- b) 地热井地热流体稳定温度监测应符合下列要求：
 - 1) 稳定温度应每天监测 1 次；
 - 2) 停采期，测温仪的探头应置于静水位以下 1.0m 处；
 - 3) 开采期，测温点应靠近井口；
 - 4) 测量的仪器仪表应每年校验或标定 1 次。
 - c) 地热井的流量监测应符合下列要求：
 - 1) 流量监测应包括瞬时流量监测和开采量统计，瞬时流量监测应每天 1 次，开采量统计每月不应少于 1 次；
 - 2) 瞬时流量可采用井口水表进行监测，每次应测量 2 次～3 次，也可采用流量传感器自动监测；
 - 3) 计量流量的仪器，应每年校验或标定 1 次。
 - d) 地热井的水质监测应符合下列要求：
 - 1) 地热井的水质检测项目应为水质全分析；
 - 2) 地热井的水质监测应在供热期内进行，每年至少 1 次，取样时间应选在开采井达到稳态运行时；
 - 3) 取样点应靠近井口，采样要求应按照 GB/T 11615 的相关规定执行；
 - 4) 应委托有相应资质的单位进行水质检测。
- 11.1.1.2 对地热开发规模较大的地区，应设置地热专用动态观测井。对开发程度较低的地区，可利用地热供热井进行动态监测。
- 11.1.1.3 地源侧系统和设备应监测的内容包括但不限于：
- a) 地源侧循环水温度、流量，循环水泵耗电量；
 - b) 地热井换热媒介流量、进出口温度、进出口压力或压降。
- 11.1.1.4 地热井动态监测各项原始数据必须及时整理、校核，并应编制地热井动态监测资料统计表，资料应包括纸质文件和电子文档，且应按档案管理规定对资料进行系统归档保存。
- 11.1.1.5 在回灌结束后对工程动态监测资料进行分析，对回灌系统中的回灌设备设施做出评价，分析热储的动态变化趋势。编制回灌运行分析报告，宜指导和改进后续的回灌工作，保证实现采储平衡。

11.1.2 地埋管取热系统监测

11.1.2.1 地埋管取热系统应根据埋管选择典型位置设置测温装置，宜建立长期监测井（多井时应选择代表井），持续观测热交换量和井口温度，并采用预置深井分布式光纤温度监测系统或深井测温仪等方法，实时监测不同深度地下岩土温度变化。

11.1.2.2 地埋管取热系统监测应满足本文件第 11.1.1.3 条。

11.2 地热供热站监测

11.2.1 地热供热站应采用智能控制系统，实现对中深层地源热泵机组、地热能换热设备、输配水泵以及供热系统主要末端等设备的监测与控制，以及对设备仪表的信息采集和处理。

11.2.2 中深层地源热泵机组应监测的内容包括但不限于：

- a) 运行工况，开启或停止状态；
- b) 故障报警；
- c) 用户侧热水供回水温度、流量、供热量；
- d) 地热井进出口温度、流量、取热量；

- e) 机组运行电流、电压、电功率、累计耗电量；
- f) 机组蒸发器饱和温度、压力、冷凝器饱和温度、压力。

11.2.3 用户侧输配系统和设备应监测的内容包括但不限于：

- a) 用户侧水泵耗电量；
- b) 用户侧干管及主要支路的流量、回水温度、压力、供热量；
- c) 用户侧末端换热器、地源侧和用户侧的流量、进出口温度、压力以及地源侧供热量和用户侧换热量，换热器热损失及换热器效能；
- d) 用户侧输配管网供水温度沿程降低量，从供热站出口的供水温度、流量、压力，到最远端供水末端换热器或建筑物入口的供热温度、流量、压力。

11.2.4 其他设备监测内容包括但不限于：

- a) 循环水泵、补水泵运行工况，启动或停止状态；
- b) 水泵变频器工作状态，手动或自动，变频器控制频率和反馈频率；
- c) 电动阀门工作状态，阀门开度控制值和反馈值；
- d) 软水器、除氧器等供热水处理设备工作状态；
- e) 系统安全保护及故障报警。

11.2.5 地热供热站内应设 24h 实时集中监控系统，实现系统自动控制与优化调度。

11.2.6 集中监控系统控制的动力设备，应设就地手动控制装置，并通过远程、就地转换开关实现远距离与就地手动控制之间的转换。远程/就地转换开关的状态应为监控系统的监测参数之一。

11.3 能耗能效监控评估系统

11.3.1 能耗能效监测评估系统的目标是使管理者对中深层地热供热系统的能源供应量、能源效率、能源成本的现状、历史及未来发展趋势有准确的掌握；通过设备运行效率数据，使得管理者充分了解中深层地热供热系统和设备实际运行效率，保证系统和设备的始终运行在有条不紊、协调一致的绿色节能、清洁供热状态。

11.3.2 能耗能效监测评估系统应具备的基本功能：

- a) 能耗数据采集、存储、导出功能；
- b) 系统能耗实时监测功能；
- c) 能效指标实时监测功能；
- d) 依据室外温度，分析建筑负荷，进行智能运行调节功能；
- e) 数据报表管理功能。

11.3.3 能耗能效监测评估主要指标应包括以下内容：

- a) 地热热泵系统的瞬时总耗电功率；
- b) 地热热泵系统的累积耗电量（小时累计，日累计，月累计）；
- c) 地热换热井瞬时取热量（如果有多个换热井，应包括每个井的取热量和多个井的总取热量）；
- d) 地热热泵系统的累积取热量（小时累计，日累计，月累计）；
- e) 地热热泵系统的瞬时供热量；
- f) 地热热泵系统累积供热量（小时累计，日累计，月累计）；
- g) 建筑物入口处或板换处用户侧瞬时耗热量（如果有多个建筑物，应包括每个建筑物的瞬时耗热量和多个建筑物的总瞬时耗热量）；
- h) 建筑物累积耗热量（小时累计，日累计，月累计）；

- i) 系统制热性能系数，瞬时值或一个时间段（小时，日，月）平均值，这一能效比定义为供热量与热泵机组、地源侧水泵、用户侧水泵等设备耗电量之比；
 - j) 系统热源能效比，瞬时值或一个时间段（小时，日，月）平均值，这一能效比定义为供热量与热泵机组、地源侧水泵等设备耗电量之比（不包括用户侧水泵耗电）；
 - k) 热泵机组制热性能系数，瞬时值或一个时间段（小时，日，月）平均值，这一能效比定义为供热量与热泵机组耗电量之比；
 - l) 用户侧水泵输送系数，瞬时值或一个时间段（小时，日，月）平均值，这一能效比定义为供热量与用户侧水泵耗电量之比；
 - m) 地源侧水泵输送系数，瞬时值或一个时间段（小时，日，月）平均值，这一能效比定义为地热能取热系统取热量与地源侧水泵耗电量之比。
- 11.3.4 中深层地热供热系统效果评估应参考以下要求：
- a) 地热能取热系统出水温度应连续测量并记录，记录间隔不大于 15 分钟一次；
 - b) 在条件允许的情况下，宜对不同深度的地下温度进行连续测量并记录，记录的时间间隔不大于 1 小时一次，温度传感器沿地下深度方向布置，间隔宜小于 200m；
 - c) 在供热期和地温恢复期，宜对地热换热器的换热能力和地温变化进行监测，通过传热模型分析评估其换热能力的变化以及供热能力的变化，评价地热能取热系统对地下温度场的影响。

11.4 运行控制系统

11.4.1 中深层地热供热系统应采用智能控制系统，实现对地热供热系统热泵机组、换热设备、输配水泵、供热系统主要末端等设备的监测与控制，以及对设备仪表的信息采集和处理。

11.4.2 当中深层地源热泵机进水温度低于其低设定温度时，应联锁启动辅助加热设备，保证地源热泵系统的正常运行。辅助加热系统应根据进水温度控制加热量。

11.4.3 现场控制器宜在脱离主控或分控计算机控制后仍能维持掉线前的控制状态，并独立完成各种控制及监测工作。

11.4.4 宜设置视频监控系统，将主要设备参数及水位信号等远传至控制中心。

11.4.5 控制系统应具备以下基本功能：

- a) 控制系统可根据运行状态预设，并根据系统实际制热量、温度、水量等需要对中深层地热供热系统进行调节，实现与运营区域相关设备的控制和管理；
- b) 所有受控设备在启动时，凡可能危及到设备和操作人员安全时，应设有手动/自动转换开关，在中央控制器上显示上述设备的运行状态和手动/自动状态及故障报警显示；
- c) 控制系统宜具备多级操作权限的级别设置和用户口令，只有经过授权的操作人员才能完成系统有关程序和运行参数的增删和修改；
- d) 控制系统软件宜包括但不限于：运行系统、数据库管理、通信控制、操作人员接口、程序调度、时间与联锁程序等部分。工作站提供彩色动态图像显示，实时显示设备的运行状态，一旦发生故障，会立即报警，便于运营人员日常管理维护；
- e) 控制系统宜提供实时 24 小时在线帮助功能，以便操作人员及时获得处理疑难状况所需资源。系统应集中监控和管理机电设备的工作状态，及时诊断、显示设备的故障，对所有监视、控制点位的状态、运行数据、故障报警等历史记录进行存储、统计和打印。

11.4.6 中深层地热供热系统各种机电设备控制柜应给自动控制系统预留硬连接接口，并提供电气二次回路需预留的监视和控制接点。各种水泵控制柜电气二次回路预留水泵的运行状态、故障状态、手动/自动状态和远程启停接点接口。如果是变频泵，还需要提供变频控制及频率反馈接口。

11.4.7 各系统分级控器宜采用冗余设计。

12 施工、调试与验收

12.1 施工

12.1.1 地热井成井工艺

12.1.1.1 物探测井应符合下列要求：

- a) 测井前应进行通井，保证井眼畅通。若存在遇阻等情况，通过冲、划等手段消除附加阻力。通井至井底后开泵循环，至少循环两周，待振动筛处无岩屑返出后，方可起钻。
- b) 测井探头和电缆在起下过程中要缓慢匀速，防止产生抽吸作用。
- c) 常规测井项目包括：井深、井斜、井径、自然伽马、自然电位、双侧向、声波时差、测井固井质量的声幅-变密度、水文测井等。特殊情况根据地质情况和合同要求增减测井项目。

12.1.1.2 下管施工及管材应符合下列要求：

- a) 下管基本要求：
 - 1) 下管前应校正井深。
 - 2) 在物探测井和钻井时记录资料基础上，确定下管深度、过滤管安装位置，并做好排管记录。
 - 3) 下管前检查钻塔、天车、游动滑车、提升系统、管材、丝扣和下管辅助工具，并进行必要的检修和维护。严禁使用存在问题的管材和工具。焊接管注意焊缝质量并进行检查。
 - 4) 地热井成井管材应进行强度计算和校核。
 - 5) 下管过程中必须保证井管内外液面基本一致，防止产生负压导致井壁管或过滤管挤毁事故。液面差超过 10m 时须进行灌浆。
 - 6) 下管过程中遇到阻力或下入困难或井漏、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。
 - 7) 二次及多次下管时，井管重叠部分应在 15m~30m 为宜。
 - 8) 井管下放速度不宜过快，不稳定地层应小于 0.3m/s。
- b) 管材：
 - 1) 常用管材有石油套管、无缝钢管、螺旋和直缝高频焊管、PVC-U 塑料管等。
 - 2) 过滤管主要有桥式过滤管、梯形丝过滤管、贴砾过滤管、钻孔缠丝管等。
 - 3) 井深大于 1500m 或腐蚀性较强的地热井，宜选择石油套管。过滤管选择石油套管一缠丝（梯形丝）双层过滤管，不得直接使用单层桥式过滤管或梯形丝过滤管。
 - 4) 井管连接主要有丝扣和焊接两种类型。推荐使用丝扣连接方式。焊接连接时，井深不易超过 1500m。
 - 5) 对于基岩稳定地层可根据具体情况裸孔成井。对于破碎掉块地层必须下入井壁管或过滤管，过滤管可视情况选择钻孔式或条缝式等。
 - 6) 泵室段井管直径应满足下入开采泵和测量的要求，深度应满足与开采量相应的动水位的要求。
 - 7) 全井下管时，必须在底部有 15m~30m 沉淀管。

12.1.1.3 止水和固井施工应符合下列要求：

- a) 止水：

- 1) 较深的地热井可根据情况选用膨胀橡胶或膨胀橡胶-普通橡胶联合止水。止水位置应在最上部过滤器顶端,数量为2组~4组。
- 2) 裂隙岩溶型地热井一般采用水泥固井方法止水。
- b) 固井:
 - 1) 表层套管固井时,水泥浆应返至地表,采用钻井泥浆泵灌注。
 - 2) 技术套管固井时水泥浆返高应不低于400m,套管重叠段用水泥封固严密。
 - 3) 水泥标号不宜小于普硅P.042.5。当固井段深度大于2000m,宜采用油井专用水泥。
 - 4) 水泥浆密度一般控制在 $1.60\text{g}/\text{cm}^3 \sim 1.85\text{g}/\text{cm}^3$ 。
 - 5) 井管内水泥塞高度宜控制在10m~30m。
 - 6) 固井深度较大时,应采用专用水泥固井车和水泥浆储罐车,保证固井时的连续性。
- 12.1.1.4 套管试压应符合下列要求:
 - a) 套管试压是检查固井质量的手段之一,主要是检查水泥环的胶结强度和密封性。
 - b) 表层套管固井后,候凝24小时进行试压;其余套管固井后,候凝48小时进行试压。
 - c) 试压指标:试压介质为清水或钻井液,压力100MPa,稳压30min压力不降低0.5MPa为合格;若试压不合格,需要根据声幅-变密度测井结果,确定水泥胶结不合格井段,通过挤水泥作业进行补救。
 - d) 试压前钻井队必须通过甲方监督人员,待甲方监督人员到场后,方可进行试压作业。试压完后,需填写试验单,详见附录O。
- 12.1.1.5 洗井应符合下列要求:
 - a) 洗井应按照GB/T 11615或DZ/T 0260的相关规定执行,包括洗井方法、洗井介质选择和洗井技术措施。
 - b) 洗井前要及时破坏并清除井壁上附着的泥饼。
 - c) 根据地热井热储层特征,选择合理的洗井方式。常见的洗井措施包括但不限于以下方法:喷射洗井、替浆洗井、空压机洗井、化学洗井等。
 - d) 采用物化联合方式进行洗井,抽水试验前达到水清砂净,流体中含砂量小于1/20000(体积比)。
- 12.1.1.6 抽水试验和样品采集与化验应符合下列要求:
 - a) 地热井的抽水试验应按照GB/T 11615的相关规定执行。
 - b) 地热水样采集、化验与保存应按照GB/T 11615等相关规定执行。
- 12.1.1.7 地热井井口装置的施工应符合下列要求:
 - a) 基础的铸铁或钢制构件与混凝土基础应浇筑在一起。基础钢构件应保持水平位置,水平倾角不得超过 0.2° 。
 - b) 混凝土养护达到要求后,应在填料涵中嵌入填料盘根。当水温超过 100°C 时,应采用耐高温石墨盘根。
 - c) 地热井井口装置应考虑热膨胀。
 - d) 地热井井口装置安装时必须保证井口水平和密封。硬连接的井口在井管露出水泥地面时,应设置隔离护套。应在管道水平段设置不小于300mm长的金属软接管。

12.1.2 地热水取热系统施工

12.1.2.1 地热水取热系统施工前应具备地热井及其周围区域的工程勘察报告、设计文件和施工图纸。

12.1.2.2 热水型地热井的钻井作业除符合本文件第12.1.1条,还应满足DZ/T 0260的相关规定。

12.1.3 地埋管取热系统施工

12.1.3.1 地埋管换热井的钻井、测试试验应分别按成井技术要求和地质勘察要求实施，并收集整理各项地热地质资料。

12.1.3.2 应做好施工前准备，做好组织管理和施工后现场保护以及资料记录。

12.1.3.3 地埋管取热系统施工后，应在埋管区域作出标志或标明管线的定位带，并应采用 2 个现场永久目标进行定位。

12.1.3.4 钻井应布置在施工场地建筑物周边，与建（构）筑物、市政管网及其设施水平距离不应小于 10m。

12.1.3.5 中深层地埋管地热井的钻井作业除符合本文件第 11.1.1 条，还应符合 DZ/T 0260 和 SY/T 5088 的相关规定。

12.1.3.6 钻井工艺所使用的材料必须是无毒性材料，成井材料应满足承压能力、导热性能及设计使用年限要求。

12.1.3.7 施工钻进过程中应作好岩屑录井，并应符合下列规定：

- a) 每钻进 5m，宜捞取岩屑样一个；进入目的层后，每钻进 2m 宜捞取岩屑样 1 个；
- b) 每个岩屑样不宜小于 0.5kg；
- c) 每个岩屑样应装袋保存，并分别编号记录。

12.1.3.8 中深层地埋管地热井钻孔时污染物排放应达到国家和地方相关环保标准要求。

12.1.3.9 成井后，应立即安装中深层地埋管换热器，安装完毕后应固井。钻井作业结束应做好孔口保护工作，并安装控制阀门、进出水流量计、温度计、压力计等。

12.1.4 地热供热站施工

12.1.4.1 地热供热站施工应符合下列要求：

- a) 设备、材料、配件等应具有产品质量合格证和性能检验报告，并应实行设备、材料报验制度；
- b) 所有隐蔽工程应在隐蔽前检验合格，并应保留隐蔽工程的检验记录资料；
- c) 管道保温工程的施工及质量要求应符合 GB 50126 的相关规定；
- d) 管道接头保温应在管道系统强度与严密性检验合格和防腐处理结束后进行；
- e) 系统调试所使用的仪器、仪表的精度等级应符合国家计量法规和检验标准的规定；自动化仪器、仪表的安装及线缆敷设应符合 GB 50093 的相关规定。

12.1.4.2 水系统安装完毕后，应进行系统试压和冲洗。系统冲洗时热泵机组和地热换热器应设置临时旁通系统，关闭主要设备的阀门。

12.1.4.3 地热供热站安装应符合 GB 50243 的相关规定。

12.1.4.4 室内末端系统的安装应符合 GB 50242 和 GB 55015 的相关规定。

12.1.4.5 检验阀门严密性的排水短管及阀门应接至方便操作与观察处。

12.1.4.6 施工与检验、冲洗、调试过程中，应避免建筑物水系统与地源侧水系统相混。

12.2 调试

12.2.1 中深层地热供热工程调试前应检查以下内容，确认满足调试要求：

- a) 现场安全防护措施和供电、供水、排水等配套条件满足要求；
- b) 相关设备及管路冲洗、严密性试验已完成且符合要求；
- c) 相关电气系统和设备安全性、供电稳定性符合试运转要求；
- d) 放气阀应能正常工作，排出管道内的气体；
- e) 系统安全阀安装前应经过校验，并按有关要求调整其压力；

- f) 管道上的阀门、过滤器、软连接等附件正确安装、功能正常；
- g) 水系统压力表、温度计、流量计等仪表正确安装、读数正常。

12.2.2 中深层地热供热工程调试应符合下列要求：

- a) 调试前应制定调试方案；
- b) 供热站试运转前应进行水系统平衡调试，确定系统循环总流量、各分支流量及各末端设备流量均达到设计要求；
- c) 水力平衡调试完成后，应进行热泵机组的试运转，并填写试运转记录，运行数据应达到设备技术要求；
- d) 热泵机组试运转正常后，应进行连续 24h 的系统试运转，并填写试运转记录；
- e) 调试完成后应编写调试报告及运行操作规程，并提交建设单位确认后存档。

12.2.3 系统运转正常后，进行自控系统调试。

12.2.4 中深层地热供热工程整体验收前，应测定室内空气参数及系统运行能耗，并对地热能供热系统的实测性能做出评价。

12.3 验收

12.3.1 地热水取热系统验收

12.3.1.1 地热井完井应做好井口保护，完善井口装置。井口装置包括：安装控制阀门、进水口及出水口的流量计、温度计、压力表等。

12.3.1.2 完井验收应符合以下要求：

- a) 地热井的实物验收在现场进行，并应符合以下规定：钻井结构应符合设计要求；施工单位提供相应的钻井施工记录、套管购买及下人记录以便验证钻井实际深度；井口地面封闭硬化，按设计安装井口装置及相应的测量仪表；
- b) 地热井工程应提交钻井成井报告，报告文字说明包括设计与合同的工程要求、钻井结构、钻遇地层概况、热储层情况、成井质量、套管、施工说明等。报告内容应客观、详实，数据要真实、准确，应全面反映钻井施工和地质情况；
- c) 地热井验收结束后，提交验收报告。

12.3.2 地埋管取热系统验收

12.3.2.1 地埋管取热系统工程竣工后应及时整理《钻井施工报告》，存档备案。

12.3.2.2 中深层地埋管间接供热系统测试应进行典型供热日测试。典型供热日应进行连续测试，且连续测试时间不应少于 24h。

12.3.2.3 地埋管取热系统验收应符合下列规定：

- a) 中深层地埋管换热器出水温度、地下取热系统取热量应符合设计要求；
- b) 地埋管取热系统换热媒介压力、温度、流量等技术参数应符合设计要求，各循环管路水流量应平衡；
- c) 取热系统应连续稳态运行，管路沿程阻力、阀门局部阻力、循环水泵功率应符合设计要求；
- d) 监控系统各监测传感器、动作执行器为工作正常状态，满足对中深层地埋管供热系统进行监测和控制的设计要求。监控中心能正确显示监测结果，自动调节、自动保护等功能正常；
- e) 监控系统各监测设备工作状态正常，至少每 15min 对监测数据进行记录，并将数据存储于监控单元中、远传至数据监测机房或长传至系统监测云平台，以备导出查验分析。

12.3.3 地热供热站验收

地热供热站施工与验收还应符合 CJJ 138、GB 50242、GB 50243 和 GB 55010 的相关规定。

13 运行维护与管理

13.1 地热能取热系统运行维护与管理

13.1.1 一般规定

地热井应定期检查井口封闭情况，以及设备和管道的泄露情况，防止地下水污染。

13.1.2 地热水取热系统运行维护与管理

13.1.2.1 地热水取热系统中应对下列内容进行观测和记录：

- a) 地热水的开采量和回灌量；
- b) 换热器、过滤装置及管路的压力数据变化；
- c) 换热器冷、热流体进出口的温度；
- d) 事故、故障的记录；
- e) 维护、检修的记录。

13.1.2.2 地热水取热系统的开采量、回灌量、水位和水温超过系统设计允许值时，应停止运行并采取相应的措施。

13.1.2.3 地热井泵应在设计工况下运行 4h 后停泵，并迅速测量电机的热态绝缘电阻，其值大于 $5M\Omega$ ，方可投入正常运行。井泵重新启动必须在停泵 15min 后进行。

13.1.2.4 井泵正常运行后，每运行 2h 应检查电流表、电压表、压力表指示值，指示值不应有显著变化，且每周应对电机的绝缘电阻进行检查。

13.1.2.5 当出现下列情况之一时，地热井泵应立即停止运行：

- a) 井泵的工作状态没有改变，电压为额定值而电流超过电机额定电流值；
- b) 出水量不正常，水中含砂量显著增加；
- c) 机组有显著噪声和异常振动。

13.1.2.6 地热井泵应每年检修一次。

13.1.2.7 地热水回灌运行维护与管理应满足下列要求：

- a) 回灌开始前，记录开采井流量表、回灌井流量表的起始读数，开采井、回灌井液位埋深及温度；
- b) 回灌开始后，应及时检查整个回灌系统的密封情况，检查排气装置和过滤装置是否正常；
- c) 当过滤装置两端的压力差持续增大，数值达 $50kPa\sim 60kPa$ 时，应进行清洗或更换滤料；
- d) 回灌系统运行稳定后，需在 15 天内完成回灌井井口取样进行水质分析；
- e) 当采用加压回灌时，回灌压力不超过系统额定工作压力；
- f) 回灌运行出现下列现象之一时，可判断回灌井出现堵塞：
 - 1) 当保持一定的压力时，随着回灌时间的增长，回灌量逐渐减小；
 - 2) 当保持一定的回灌量时，随着回灌时间的增长，回灌液位持续上升；
 - 3) 连续回灌一段时间后，进行回扬时井的动水位显著下降或出现断水。
- g) 判断回灌井发生堵塞时应及时采取有效措施。

13.1.2.8 回灌结束后系统设施的养护内容包括：

- a) 停灌后，对回灌井进行回扬；

- b) 做好设备的维护保养及防腐、防锈等工作；
- c) 在停灌期间，宜将停用的地热井（开采井、回灌井）液面以上的井管部分充满惰性气体，对系统各部分定期进行密封检查；
- d) 停灌后每季度应监测液位并记录。

13.1.3 地埋管取热系统运行维护与管理

13.1.3.1 应根据设置的地埋管取热系统分区通过电动阀进行分组控制，实现地埋管换热器的分区运行。

13.1.3.2 在供热季开始前对地埋管取热系统进行检查，并应符合以下要求：

- a) 控制柜内设备工作应正常；
- b) 电动阀门、水泵等设备调控应正常；
- c) 热量表、温度变送器、压力变送器等仪表工作应正常。

13.1.3.3 供热运行初期，本地监控站宜采用手动控制模式，供热升温后应逐步切入自动控制模式。

13.1.3.4 地埋管取热系统应定期检查、维护硬件设备和设施。

13.2 地热供热站运行维护与管理

13.2.1 地热供热系统冬季运行过程中，应定期对实际运行状态进行测试（可见附录 P），包括供热建筑物室内环境参数和供热系统运行能耗能效的测定。其中供热系统运行能耗测试，应包括中深层地源热泵机组、地源侧和用户侧的循环水泵，以及供热末端设备的电耗和实际取热量、供热量等。

13.2.2 系统运行能效提升系统运行过程中宜参照本文件第 11.3 条设置能耗能效监测评估系统，定期对系统运行能效进行测评，并根据结果改进运行调节策略，从而提升运行能效。能效提升的主要措施包括但不限于：

- a) 根据建筑物实际供热需求，设定地热能取热系统投入运行的地热井数量、循环水流量和地下换热器入口水温，在保证供热系统效果的前提下合理取热；
- b) 根据建筑物实际供热需求，调节热泵供热的供水温度，避免过量供热；
- c) 根据建筑实际供热需求和管网平衡状况，调节供热侧水泵台数和频率，使得供热侧供回水温差达到设计值；
- d) 如当地有峰谷电价或消纳风力发电等可再生能源电价优惠政策，在运行中应充分考虑，以降低系统运行成本。

13.2.3 中深层地热水供热系统运行时严格实施地热水供热系统的回灌技术方案，结合水位、水质的监测情况进行必要的调整。

13.2.4 地热供热站机房环境应符合下列要求：

- a) 机房内做到温、湿度适宜，地面干净、无积水，环境清洁、严禁堆放杂物；
- b) 机房的积水及时排除，待积水排除后方可接入主电源，开启热泵系统；
- c) 管道、线缆等穿越机房地下室外墙、底板时，定期检查穿越处的防水情况，存在渗水情况时应及时进行防水处理；
- d) 定期检查机房地面及设备基础的承载力，发现沉降、开裂等情况应及时加固处理；
- e) 定期检查消防安全、事故通风和应急照明设备，保证设备正常有效的使用。

13.2.5 机房内设备、管道、部件的防腐保温层应保持良好状态。发现保温层、防潮层、保护层有破损和脱落现象，应及时修补。

13.2.6 热泵机组运行维护应符合下列要求：

- a) 热泵机组的主要运行参数值在设计文件和设备说明书中明确规定的范围内；
- b) 根据负荷情况及热平衡运行方案，调节热泵机组的开启台数和顺序；
- c) 定期检查热泵机组油过滤器、水过滤器、水流开关的通畅状况，每月应不少于一次。定期更换冷冻油及其它易损部件；
- d) 定期对热泵机组的冷凝器、蒸发器结垢状况进行检查和清除处理，每年不少于一次。

13.2.7 机房系统附属设备运行管理应符合下列要求：

- a) 定期检查热源站机房内设备管道的支吊架、管箍、减震装置和各类阀门，并及时修补或更换；
- b) 保持水处理设备中的加药装置有效运行，及时记录加药时间、加药品名和加药数量；
- c) 保持换热设备的温控装置、安全装置在正常工作状态。

13.2.8 供热期结束，应对循环泵、补水泵、热泵、换热器及调峰等设备进行维护保养。

13.2.9 地热热源与调峰热源联合运行的系统中，地热热源应首先投入运行。满负荷以后，调峰热源应按照多热源联网方式运行，并应随室外气温变化增减负荷。

14 环境保护

14.1 一般规定

14.1.1 地热资源开发利用应进行环境影响评价。

14.1.2 建立地热资源动态监测系统，实现地热井长期动态监测、日常开采动态监测和开发利用管理动态监测。

14.2 地热水回灌

14.2.1 应采取可靠的回灌措施，确保置换热量后的热水全部回灌。

14.2.2 地热水回灌采用未受污染的原水回灌，回灌不得对热储造成污染。

14.3 地面沉降防护

14.3.1 对于新生界松散沉积层及半成岩热储层，应对开采地热流体可能产生的地面沉降做出评价，针对可能出现的问题，提出相应的防治措施。

14.3.2 上覆松散层厚度小的岩溶热储或基岩热储层，应对开采地热流体可能引发的地面变形破坏(塌陷或沉降等)做出评价，针对问题提出相应的防治措施。

14.4 其他地质影响的环境保护

14.4.1 地热地质景观保护。地热流体长期开发，有可能导致热田及其周边地区的地热消失、地热景观的消失和天然温泉的锐减，应做出保护性评价，保护代表性的地热自然景观。

14.4.2 地下水源保护。与含水层有较密切水力联系的地区开采地热流体可能引起上覆含水层水质、水量的变化，应对此进行评价，确定热储合理开采量及地下水源保护对策。

14.5 噪声

施工期噪声排放标准按照 GB 12523 的相关规定执行；运营期厂界噪声功能区类型以当地声环境功能区划为准，排放标准按照 GB 12348 的相关规定执行。

14.6 设备检修排水

设备检修时系统排水温度必须小于 20℃，排放前根据需要进行水处理，确保水质符合 GB 8978 的相关规定。

14.7 钻井风险分析

14.7.1 邻井钻井过程中发生溢流、井涌、井喷、井漏、井塌、井斜层位等有关工程情况的提示。

14.7.2 可能遇见的断层、漏失层、高压层层位与井段等的预测。

附录 A

(规范性)

地热资源勘查报告编写提纲及附图附表要求

A.1 报告编写提纲包括以下内容：

- 1 前言
- 2 地热地质研究程度及勘查工作质量评述
- 3 区域地热地质条件
- 4 地热田(区)地热地质条件
 - 4.1 地热田(区)边界条件
 - 4.2 热储特征及其埋藏条件
 - 4.3 地热流体流场特征及动态
 - 4.4 地温场特征
 - 4.5 岩土热物性特征
- 5 地热流体化学特征
 - 5.1 地热流体化学组分特征
 - 5.2 地热流体化学组分动态变化
 - 5.3 同位素化学与地热田成因分析
- 6 地热资源计算与评价
 - 6.1 热储模型
 - 6.2 主要计算参数
 - 6.3 地热储量计算
- 7 地热流体可开采计算与评价
- 8 地下换热器换热能力分析与评价
- 9 地热资源开发利用与保护
- 10 结论

A.2 报告主要附图包括：

- a) 勘查区实际材料图；
- b) 区域地质（对隐伏地热田编制前新生界地质图）；
- c) 地热田（区）地质图（对隐伏热田编前新生界地质图）；
- d) 地热田地热资源开采条件分区图；
- e) 地热田地温分布图或一定深度内的地温等值线图；
- f) 地热流体化学图；
- g) 地热井动态曲线图；
- h) 各地热井综合地质柱状图。

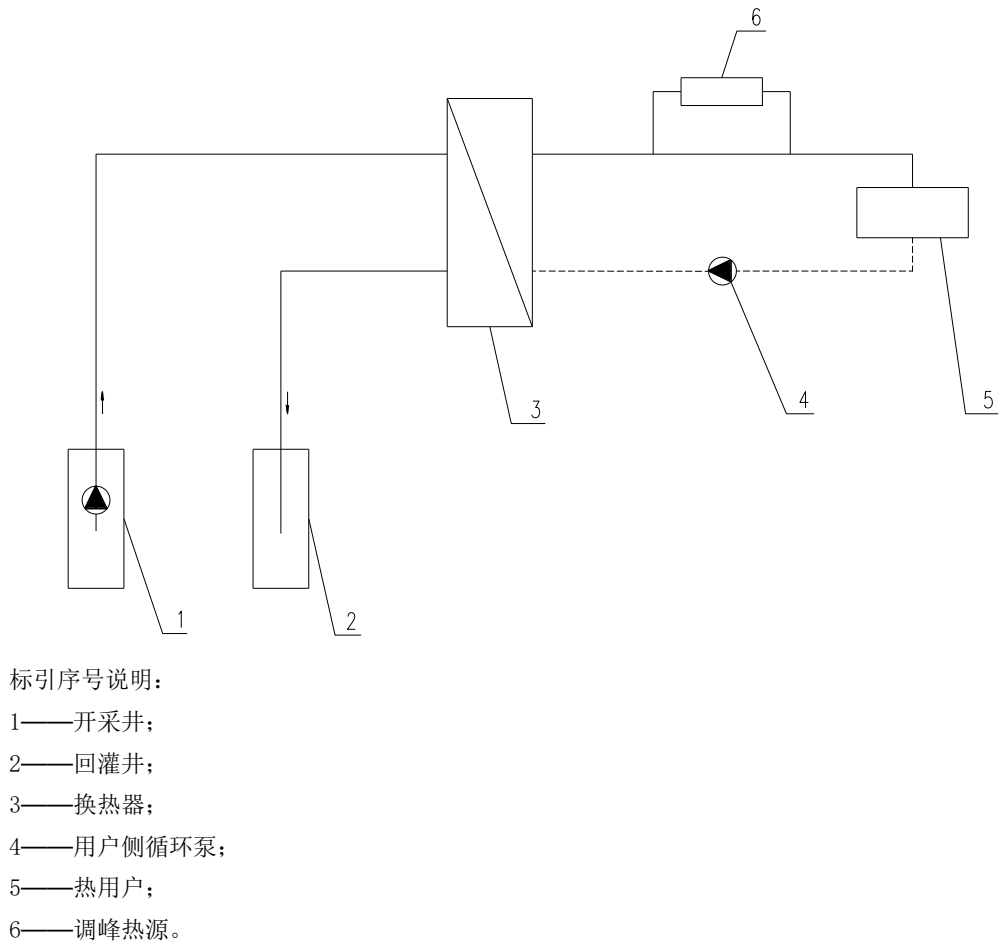
A.3 地热勘查过程中取得的各项测试数据应系统整理，列表成册。与勘查报告内容有关的，应作为报告的附表，一般包括：

- a) 地热流体、岩土化学成分（含同位素）及物理性质分析成果汇总表；
- b) 岩矿鉴定成果表；
- c) 地热井试验（含回灌）成果资料汇总表；
- d) 地热井测温资料汇总表；

- e) 地热井（泉）动态观测资料汇总表；
- f) 地热流体历年开采（回灌）量统计表。

凡与报告密切有关而报告本身未作详细论述的物化探报告、各种专题研究报告等，可作为报告附件提交。

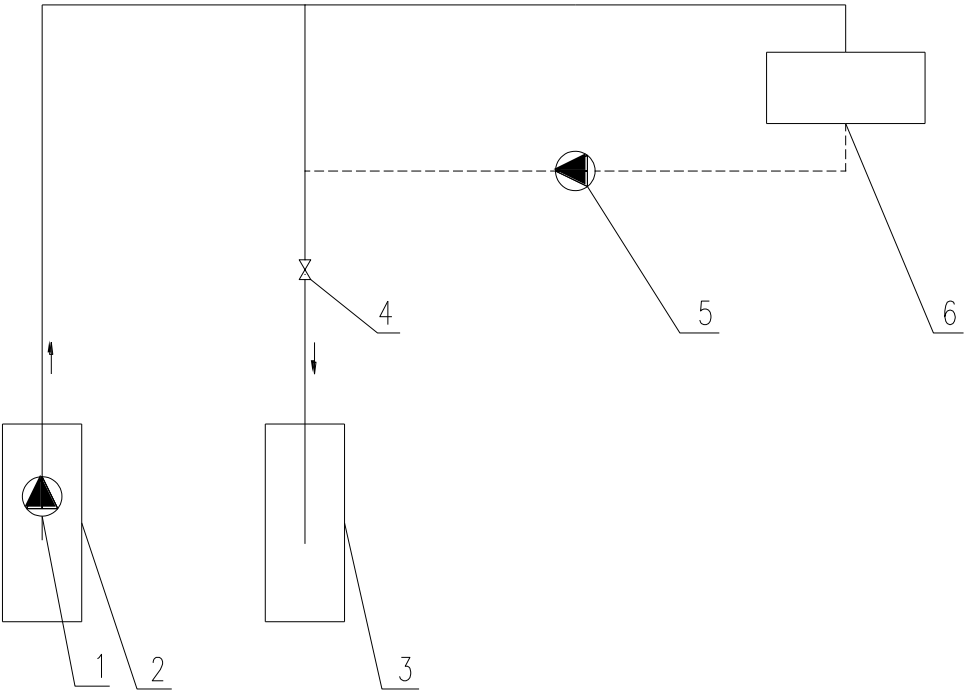
附录 B
(资料性)
地热供热调峰系统工艺流程图



- 标引序号说明：
- 1——开采井；
 - 2——回灌井；
 - 3——换热器；
 - 4——用户侧循环泵；
 - 5——热用户；
 - 6——调峰热源。

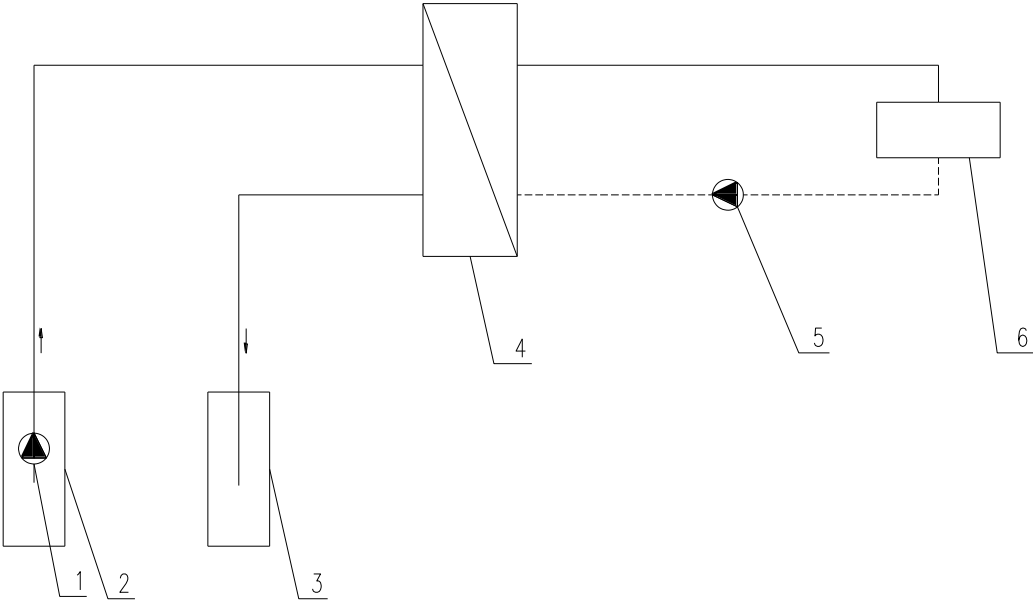
图B.1 地热供热调峰系统工艺流程图

附录 C
(资料性)
地热水供热系统工艺流程图



- 标引序号说明：
- 1——地热井井泵；
 - 2——开采井；
 - 3——回灌井；
 - 4——温控阀；
 - 5——用户侧循环泵；
 - 6——热用户。

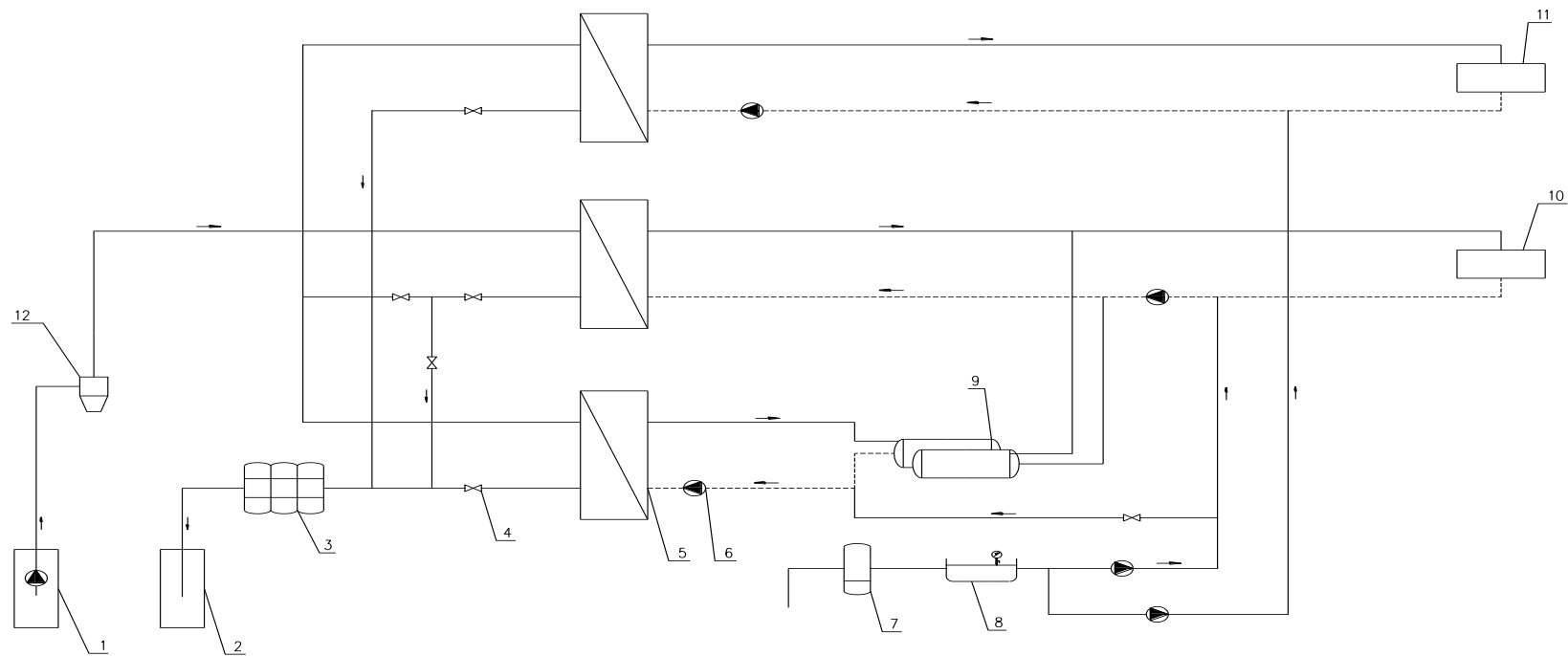
图C.1 地热水直接供热系统工艺流程示意



- 标引序号说明：
- 1——地热井井泵；
 - 2——开采井；
 - 3——回灌井；
 - 4——换热器；
 - 5——用户侧循环泵；
 - 6——热用户。

图C. 2 地热水间接供热系统工艺流程示意

附录 D
(资料性)
地热能梯级利用系统工艺流程图



标引序号说明:

- 1——开采井;
- 2——回灌井;
- 3——回灌处理装置;
- 4——阀门;
- 5——板式换热器;

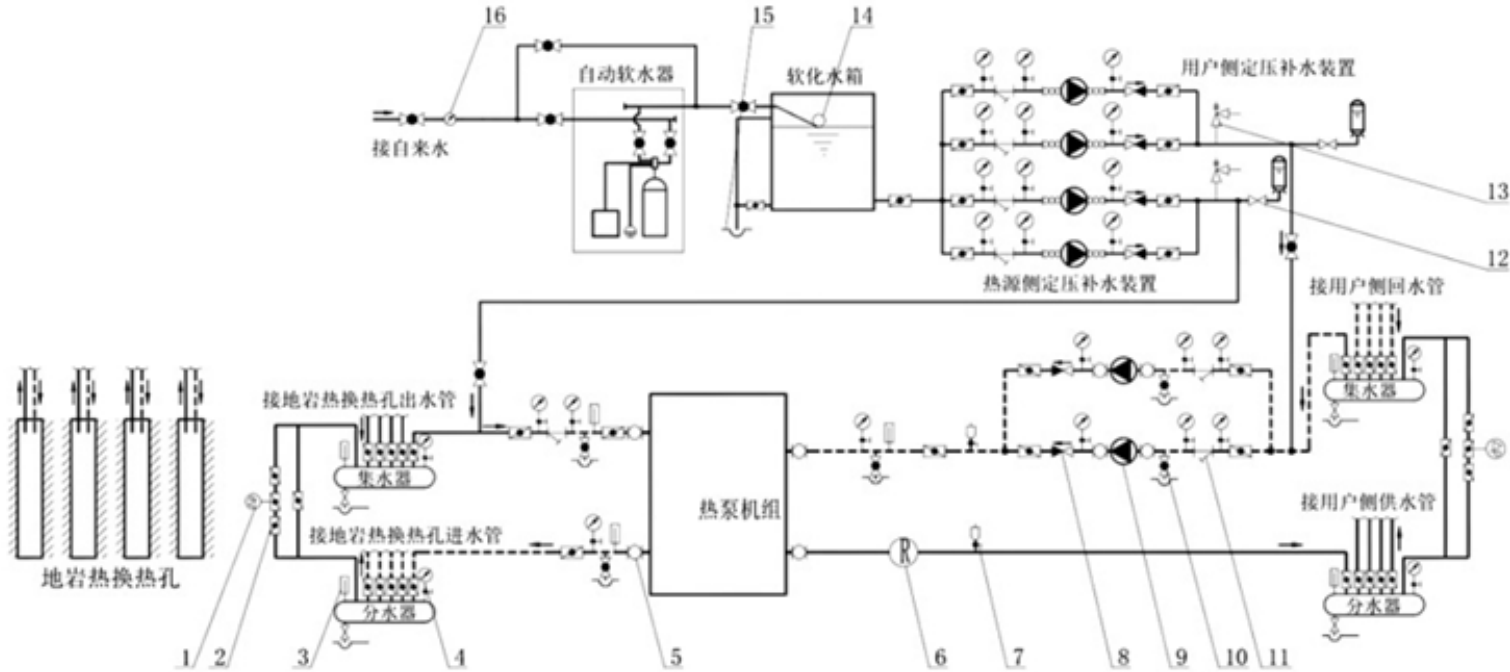
- 6——循环泵；
- 7——软化水装置；
- 8——软化水箱；
- 9——热泵机组；
- 10——低区热用户；
- 11——高区热用户；
- 12——旋流除砂器。

图 D.1 地热能梯级利用系统工艺流程图

附录 E

(资料性)

中深层地埋管间接供热系统原理图



标引序号说明:

- 1——压差调节阀;
- 2——蝶阀;
- 3——温度计;
- 4——压力表;
- 5——橡胶软接头;
- 6——热量表;

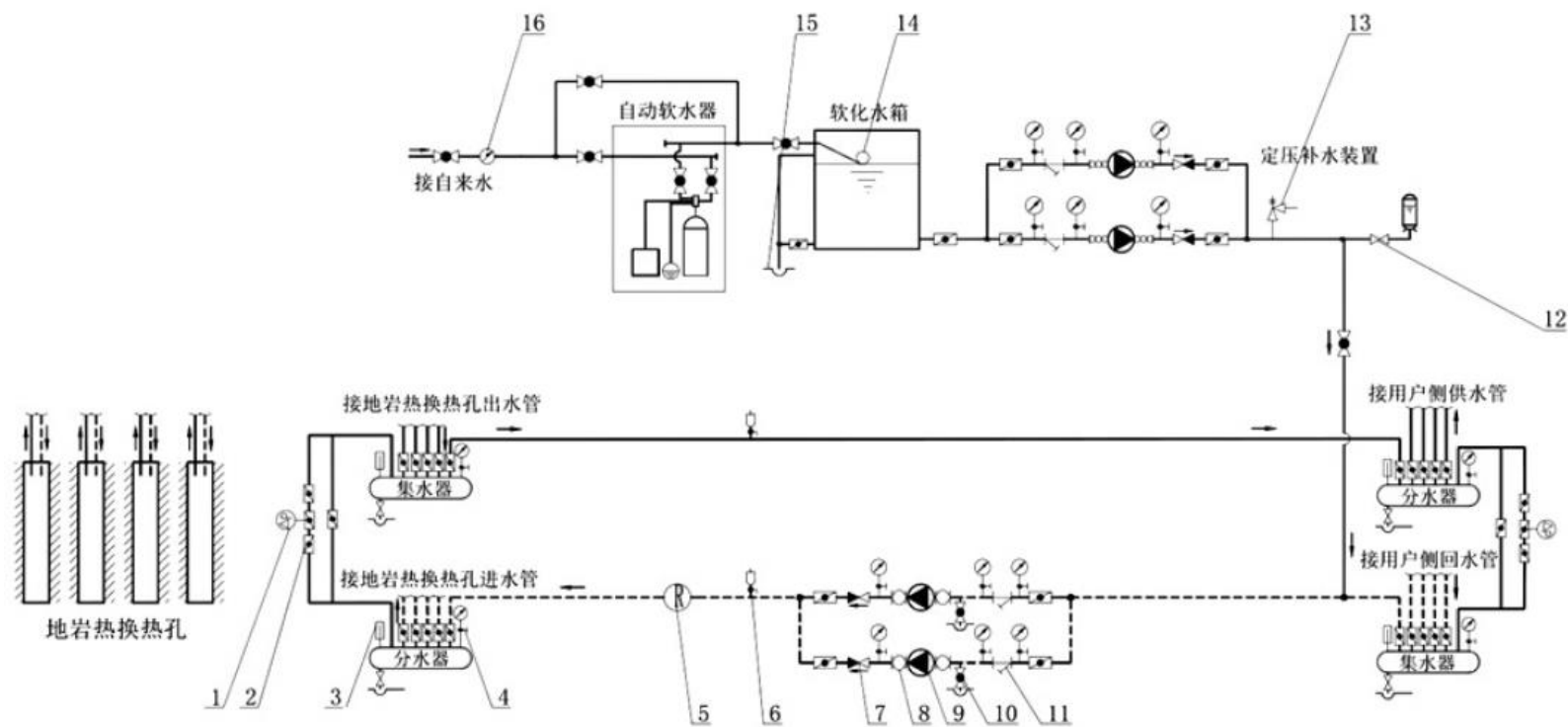
- 7——自动排气阀；
- 8——止回阀；
- 9——循环泵；
- 10——球阀；
- 11—— Y型过滤器；
- 12——冲截止阀；
- 13——安全阀；
- 14——浮球阀；
- 15——明沟排水；
- 16——水表。

图 E. 1 中深层地埋管间接供热系统原理图

附录 F

(资料性)

中深层地埋管直接供热系统原理图



标引序号说明:

- 1——压差调节阀;
- 2——蝶阀;
- 3——温度计;
- 4——压力表;
- 5——热量表;

- 6——自动排气阀；
- 7——止回阀；
- 8——橡胶软接头；
- 9——循环泵；
- 10——球阀；
- 11——Y型过滤器；
- 12——冲截止阀；
- 13——安全阀；
- 14——浮球阀；
- 15——明沟排水；
- 16——水表。

图 F. 1 中深层地埋管直接供热系统原理图

附录 G
(资料性)
中深层同轴套式换热器单井取热量

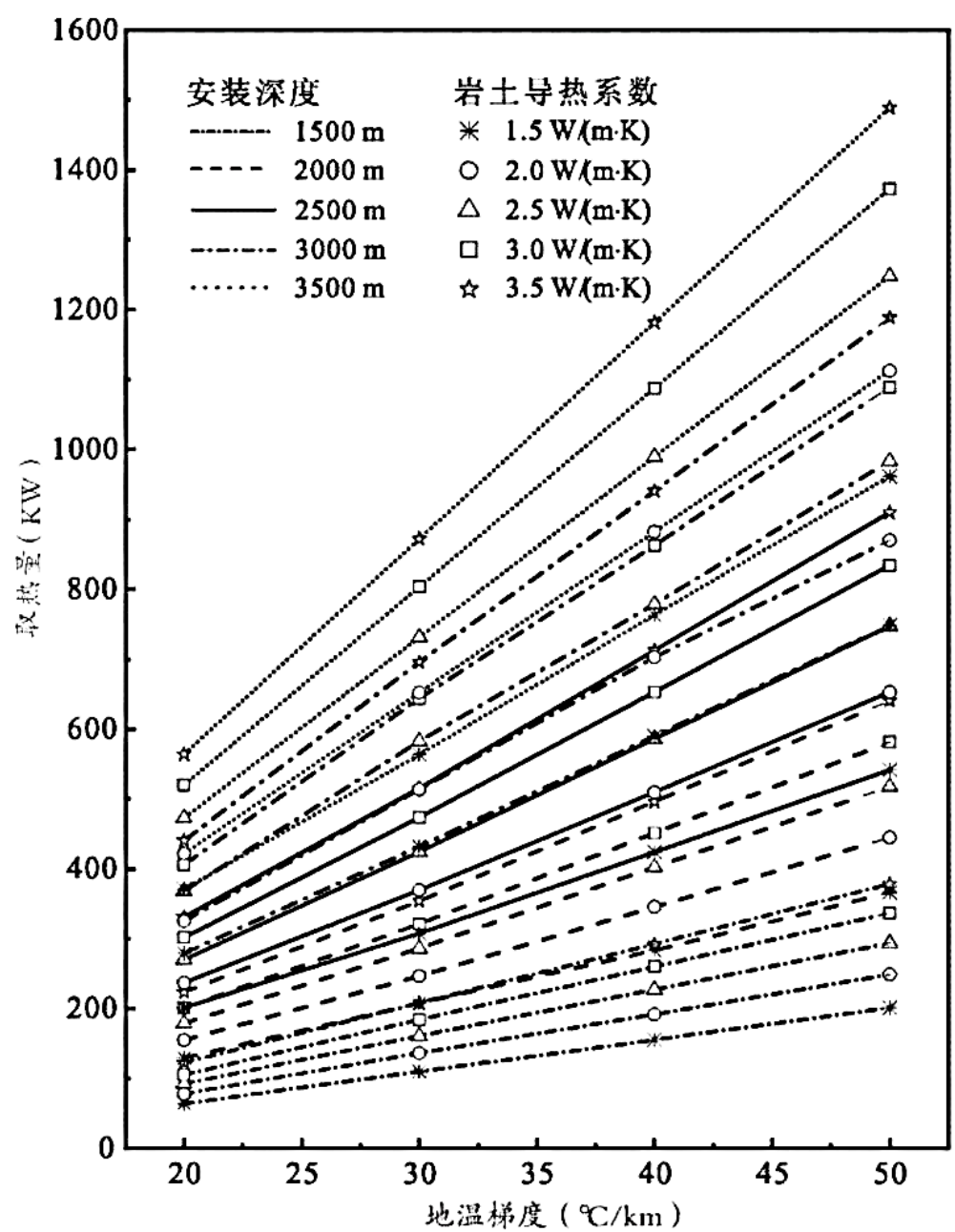


图 G.1 中深层地热同轴套管式换热器单孔取热量分布图

表G.1 不同管径组合的中深层地热同轴套管式换热器取热量调整系数

内管径	外管径		
	Φ177.8×9.19mm	Φ193.7×8.33mm	Φ244.5×10.3mm
Φ90×8.2mm	1.05	1.12	1.16
Φ110×10mm	1	1.09	1.14
注：基准工况为（外管径Φ177.8×9.19，内管径Φ110×10）中深层地热同轴套管换热器的取热量。			

附 录 H
(资料性)
地热井开采回灌系统工艺流程图

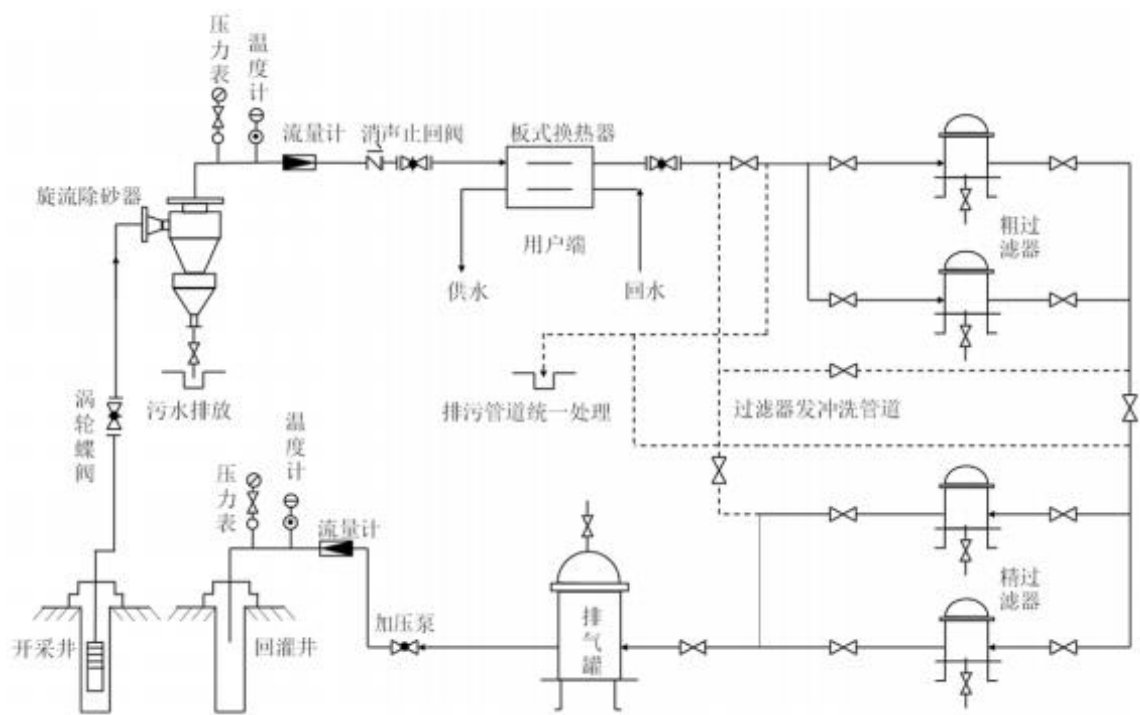


图 H.1 地热井开采回灌系统工艺流程

附 录 I
(资料性)
中深层地埋管取热系统地埋管形式

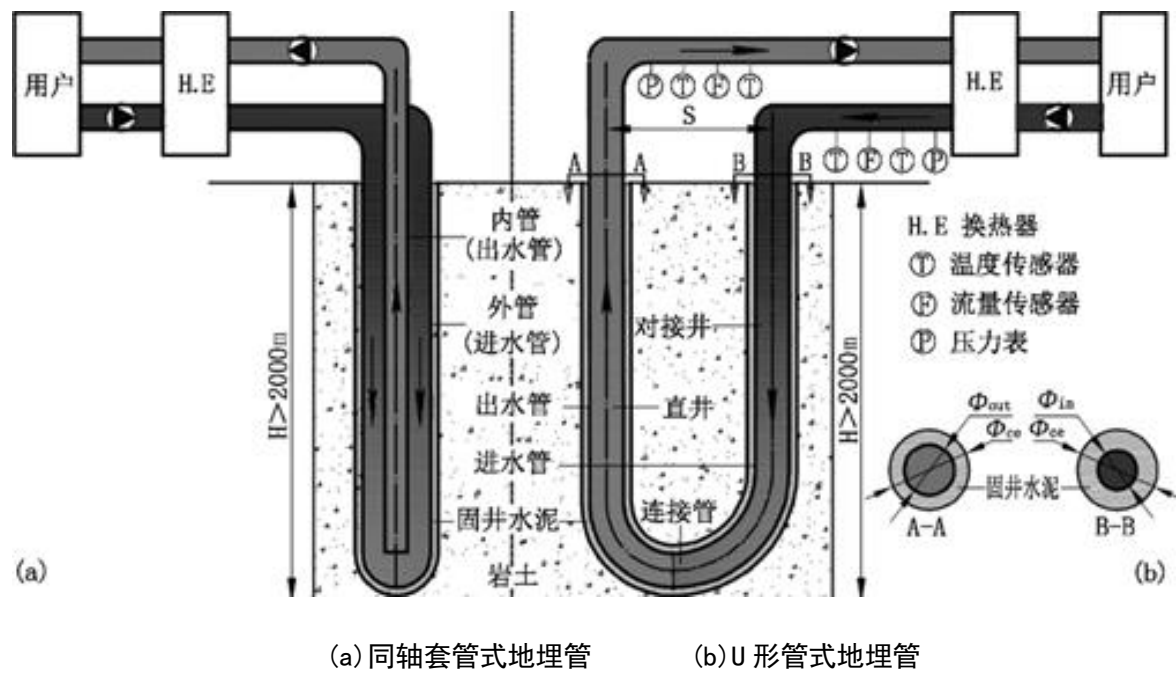


图 I.1 两种常见的地埋管取热系统的埋管形式

附录 J

(规范性)

中深层地埋管换热器的传热分析模型与取热量估算

J.1 中深层套管地埋管传热分析宜采用下列方法：

a) 套管换热器的传热分析模型可按下列式计算：

$$\frac{1}{a} \frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{1}{r^2 \partial \sigma^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \dots\dots\dots (J.1)$$

$$\sigma = \ln\left(\frac{r}{r_0}\right) \dots\dots\dots (J.2)$$

b) 流动方式为内进外出时内管流体的能量控制方程可按下列式计算：

$$C_2 \frac{\partial t_{f2}}{\partial \tau} = \frac{t_{f1} - t_{f2}}{R_2} - C \frac{\partial t_{f2}}{\partial z} \dots\dots\dots (J.3)$$

c) 流动方式为内进外出时外管流体的能量控制方程可按下列式计算：

$$C_1 \frac{\partial t_{f1}}{\partial \tau} = \frac{t_{f2} - t_{f1}}{R_2} + \frac{t_b - t_{f1}}{R_1} + C \frac{\partial t_{f1}}{\partial z} \dots\dots\dots (J.4)$$

d) 流动方式为外进内出时内管流体的能量控制方程可按下列式计算：

$$C_2 \frac{\partial t_{f2}}{\partial \tau} = \frac{t_{f1} - t_{f2}}{R_2} + C \frac{\partial t_{f2}}{\partial z} \dots\dots\dots (J.5)$$

e) 流动方式为外进内出时外管流体的能量控制方程可按下列式计算：

$$C_1 \frac{\partial t_{f1}}{\partial \tau} = \frac{t_{f2} - t_{f1}}{R_2} + \frac{t_b - t_{f1}}{R_1} - C \frac{\partial t_{f1}}{\partial z} \dots\dots\dots (J.6)$$

f) 外管流体与套管外表面之间单位长度的热阻可按下列式计算：

$$R_1 = \frac{1}{\pi d_{1i} h_1} + \frac{1}{2\pi \lambda_{p1}} \ln \frac{d_{1o}}{d_{1i}} + \frac{1}{2\pi \lambda_g} \ln \frac{d_b}{d_{2i}} \dots\dots\dots (J.7)$$

g) 内管流体与外管流体之间单位长度的热阻可按下列公式计算：

$$R_2 = \frac{1}{\pi d_{2i} h_2} + \frac{1}{2\pi \lambda_{p2}} \ln \frac{d_{2o}}{d_{2i}} + \frac{1}{\pi d_{2o} h_1} \dots\dots\dots (J.8)$$

$$C_1 = \frac{\pi}{4} (d_{1i}^2 - d_{2o}^2) \rho c + \frac{\pi}{4} (d_{1o}^2 - d_{1i}^2) \rho_2 c_2 + \frac{\pi}{4} (d_b^2 - d_{1o}^2) \rho_g c_g \dots\dots\dots (J.9)$$

$$C_2 = \frac{\pi}{4} d_{2i}^2 \rho c + \frac{\pi}{4} (d_{2o}^2 - d_{2i}^2) \rho_1 c_1 \dots\dots\dots (J.10)$$

式中：

 C_1 ——为单位长度的内管中流体以及管壁的热容量 [kJ/(m·K)]； C_2 ——为单位长度的外管中流体以及管壁的热容量 [kJ/(m·K)]； ρc ——为水的体积比热容 [kJ/(m³·K)]； $\rho_1 c_1$ ——为内管材料的体积比热容 [kJ/(m³·K)]； $\rho_2 c_2$ ——为外管材料的体积比热容 [kJ/(m³·K)]； $\rho_g c_g$ ——为回填材料的体积比热容 [kJ/(m³·K)]。

J.2 中深层地埋管换热器名义取热量可按图 J.2 查取，作为方案设计的参考。

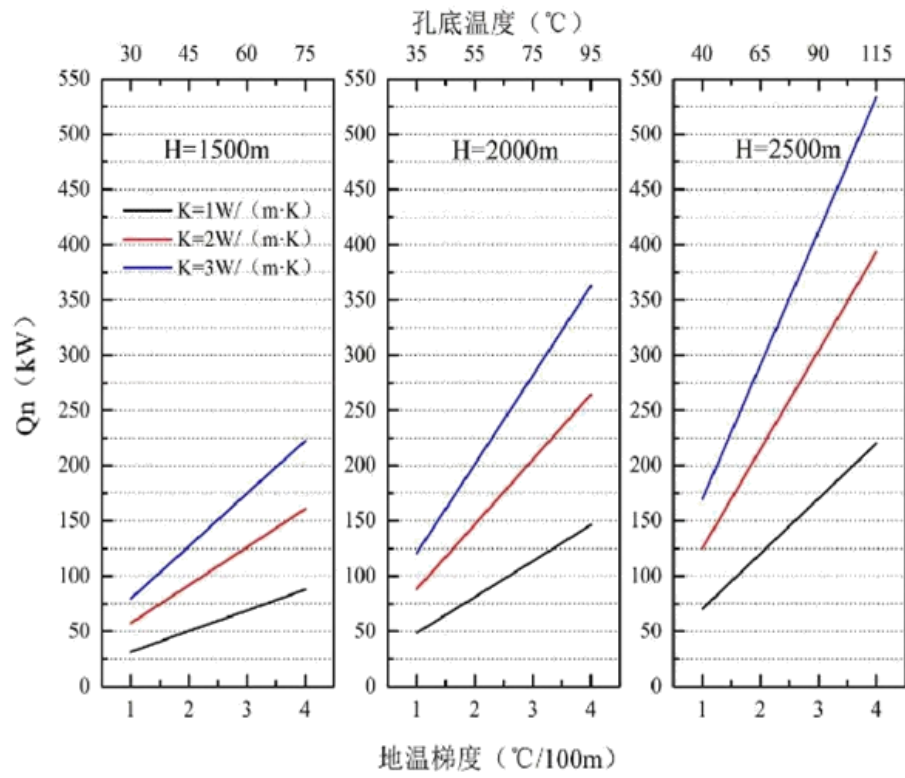


图 J.1 中深层地埋管换热器名义取热量估算线图

附 录 K
(规范性)
非金属管材物理性能

玻璃钢 (FRP) 的物理性能应符合表K. 1的规定。钢塑复合管应符合GB/T 37263的相关规定。

表K. 1 玻璃钢 (FRP) 的物理性能

物理参数	物理性能	
	环氧树脂	乙烯基树脂
膨胀系数 [mm/(m·K)]	0.0227	0.0189
导热系数[w /(m·K)]	0.35	0.19
密度 (kg/cm ³)	1800	1850
使用温度 (℃)	-30~120 (最高150)	-30~120 (最高150)

分析编号_____

送样日期_____

分析日期

分析项目		每公斤水中含量	
		mg	毫克当量 毫克当量%
阳离子	K ⁺		
	Na ⁺		
	Ca ⁺		
	Mg ²⁺		
	Fe ³⁺		
	Fe ²⁺		
	NH ₄ ⁺		
	Cu ²⁺		
	Al ³⁺		
	Mn ²⁺		
	Zn ²⁺		
	Li ⁺		
	总计		
阴离子	Cl ⁻		
	SO ₄ ²⁻		
	HCO ₃ ⁻		
	CO ₃ ²⁻		
	NO ₂ ⁻		
	NO ₃ ⁻		
	F ⁻		
	Br ⁻		
	I ⁻		
	PO ₄ ³⁻		
HBO ₂			
	总计		
可溶性 SiO ₂		mg/L	
总矿化度		mg/L	
固形物		mg/L	

分析项目	德国度	分析项目	mg/L
总硬度		游离 CO ₂	
永久硬度		侵蚀性 CO ₂	
暂时硬度		D0	
负硬度		COD	
总碱度		S ²⁻	
总酸度		Ph	

有害组分分析	
分析项目	mg/L
Hg ²⁺	
TCr	
Cr ⁶⁻	
As ³⁺	
Pb ²⁺	
Cd ²⁺	
CN ⁻	
酚	

放射性元素	
分析项目	mg/L
U	
Ra	
Rn	

气体分析	
分析项目	mg/L
CO	
CO ₂	
O ₂	
N ₂	
H ₂ S	

备注	
----	--

制表：

附录 M
(规范性)

拉申指数的计算方法和结垢性、腐蚀性判定

M.1 拉申指数应按下式确定：

$$LI = \frac{[Cl] + [SO_4]}{ALK} \dots\dots\dots (M.1)$$

式中：
LI ——拉申指数；
[Cl] ——氯化物或卤化物浓度，以等当量的CaCO₃（mg/L）表示；
[SO₄]——硫酸盐浓度，以等当量的CaCO₃（mg/L）表示；
ALK ——总碱度，即重碳酸根HCO₃⁻浓度，以等当量的CaCO₃（mg/L）表示。
上述[Cl]、[SO₄]、ALK 也可采用相应的该离子的毫克当量数确定。

M.2 地热流体的结垢性和腐蚀性可根据拉申指数按表 M.1 确定。

表K.1 根据拉申指数 (LI) 确定地热流体的结垢性和腐蚀性

拉申指数 (LI)	结垢性和腐蚀性
≤0.5	为结垢性流体，没有腐蚀
>0.5	为腐蚀性流体，不结垢
>0.5, ≤3.0	为轻腐蚀性流体
>3.0	为强腐蚀性流体

附录 N

(规范性)

雷兹诺指数的计算方法和结垢性判定

N.1 雷兹诺指数和流体的 pH 计算值应按下列公式确定：

$$RI = 2pH_s - pH_a \dots\dots\dots (N.1)$$

$$pH_s = -\log[Ca^{2+}] - \log[ALK] + K_c \dots\dots\dots (N.2)$$

式中：

RI ——雷兹诺指数；

pH_s ——流体的pH计算值；

pH_a ——流体的pH实测值；

$[Ca^{2+}]$ ——流体中钙离子的摩尔浓度；

$[ALK]$ ——总碱度，即重碳酸根 HCO_3^- 离子摩尔浓度；

K_c ——常数，按图N.1、图N.2取值。

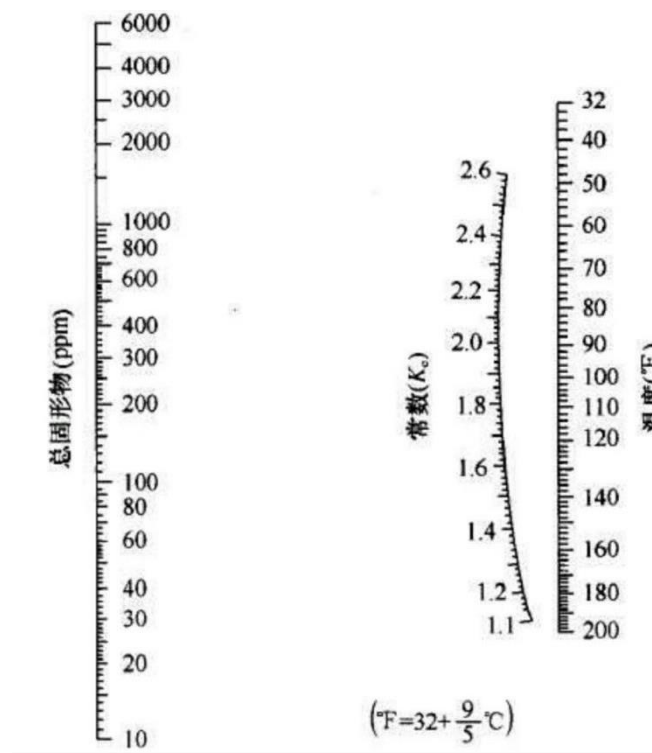


图 N.1 总固形物含量小于 6000ppm 时 K_c 求值图

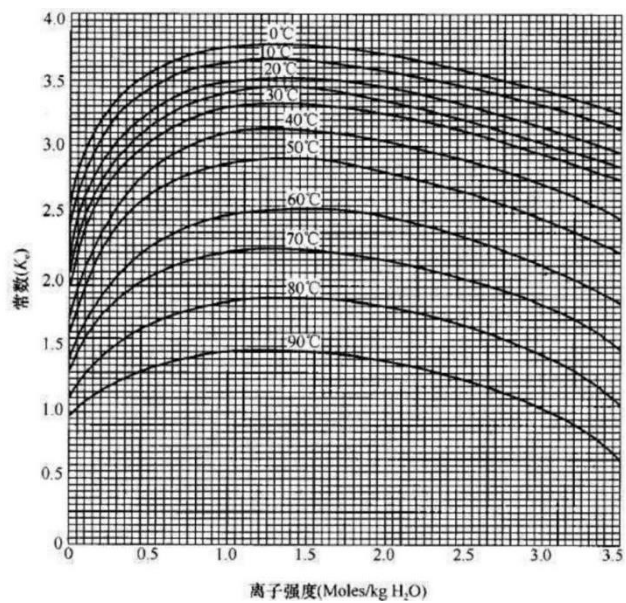


图 N. 2 总固形物含量大于 6000ppm 时K_c求值图

N. 2 地热流体的结垢性应根据雷兹诺指数按表 N. 1 确定。

表N. 1 根据雷兹诺指数(RI)确定地热流体的结垢性

雷兹诺指数 (RI)	结垢性
<4.0	非常严重
4.0~5.0	严重
5.0~6.0	中等
6.0~7.0	轻微
>7.0	不结垢

附 录 0
(资料性)
套管试压记录表

表0.1 套管试压记录表

井号		试压时间	
钻井单位		固井单位	
开始时间		立管压力 MPa	
结束时间		立管压力 MPa	
持续时间		立管压差 MPa	
结论			
钻井队技术员意见： 签字： 年 月 日		钻井队负责人意见： 签字： 年 月 日	
工号技术员(或监督员)意见： 签字： 年 月 日			

附 录 P
(资料性)
系统运行测试记录表

表P. 1 中深层地热供热系统运行基础参数测试记录表

工程名称：		施工单位：			
机组名称：		机组编号：			
测试日期：		第__测试周期		测试持续时间：	
时间	中深层地源热泵 机组用户侧流量/ (m³/h)	中深层地源热泵机 组用户侧进口介质 的温度/(℃)	中深层地源热泵 机组用户侧出口 介质的温度/(℃)	中深层地源热泵机 组用户侧进口介质 温差/(℃)	中深层地源热 泵机组输入功 率/(kw)
测试期间平 均值					
测试人：		记录人：	核查人：		

参 考 文 献

- [1] GB 19049 水（地）源热泵机组
 - [2] GB 50366 地源热泵系统工程技术规范
 - [3] NB/T 10099-2018 地热回灌技术要求
 - [4] NB/T 10266 地热钻井工程设计规范
 - [5] DB23/T 2661-2020 黑龙江省地热能供热系统技术规程
 - [6] DB61/T 1053-2016 陕西省无干扰地热供热系统工程技术规范
 - [7] DB6112/T 0001-2019 陕西省西咸新区中深层无干扰地热供热系统应用技术导则
 - [8] DB62/T 3144-2018 甘肃省无干扰地岩热供热系统工程技术规范
 - [9] DBJ61/T 166-2020 中深层地热地埋管取热系统应用技术规程
 - [10] Q/LYDR 002-2020 地热井钻探技术规程
 - [11] Q/LYDR 003-2020 地热回灌技术标准
 - [12] Q/LYDR 004-2020 地热供热工程设计技术标准
 - [13] Q/LYDR 007-2021 供热站运行管理规程
 - [14] Q/SH1050 005-2013 地热井成井技术规范
 - [15] Q/SH1050 007-2013 地热供热热力系统设计规范
 - [16] Q/SH1050 010-2013 地热供热站运行管理规范
 - [17] 中深层地热供热项目技术要求
-