

# DB64

## 宁夏回族自治区地方标准

DB 64/ T 1697—2020

---

### 宁夏浅层地热能勘察施工技术规范

Technical specification for

shallow geothermal energy exploration and construction in Ningxia

2020 - 02 - 28 发布

2020 - 05 - 28 实施

宁夏回族自治区市场监督管理厅

发 布

目 次

前言 ..... II

引言 ..... III

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 ..... 4

5 工程勘察 ..... 4

6 工程施工及检验 ..... 7

7 系统调试与验收 ..... 13

附录 A（规范性附录） 岩土体热响应试验 ..... 14

附录 B（资料性附录） 岩土体热物性参数 ..... 16

附录 C（资料性附录） 地埋管外径、壁厚 ..... 17

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》的规则起草。

本标准包括 7 章和 3 个附录。主要内容包括：范围、规范性引用文件、术语、基本规定、工程勘察、工程施工及检验、系统调试与验收。本标准附录 A 为规范性附录，附录 B 和附录 C 为资料性附录。

本标准由宁夏回族自治区自然资源厅提出并归口。

本标准起草单位：宁夏回族自治区地质工程院、天津地热勘查开发设计院、宁夏回族自治区水文环境地质勘查院、宁夏回族自治区国土资源调查监测院。

本标准主要起草人：董红俊、程国强、郑晓菲、雪彦宏、訾兵、赵苏民、岳丽燕、刘洋、胥博文、时光伟、杨超、郁冬梅、曹学刚、李龙亮、严绍文、扈志勇、刘君、刘峥、杨明辉、任光远、陈晶晶、杨凌雪、马江。

本标准于 2020 年 2 月首次发布。

## 引 言

为了规范宁夏回族自治区浅层地温能开发利用勘察与施工,提高地埋管换热系统和地下水换热系统的工程勘察质量与施工质量,使系统符合技术先进、资源节约和环境保护的要求,依据国家相关标准,结合宁夏地区地质特征、气候条件和区内浅层地温能开发利用实际情况制定本标准。

# 宁夏浅层地热能勘察施工技术规程

## 1 范围

本标准规定了浅层地热能勘察、施工的术语和定义、基本规定术语、基本规定、工程勘察、工程施工及检验、系统调试与验收等技术要素。

本标准适用于宁夏回族自治区以岩土体、地下水为冷 / 热源，以水或添加防冻剂的水溶液为地下循环介质，采用热泵技术进行供暖、制冷或提供生活热水的浅层地热能开发利用工程的勘察和施工。

## 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 11615 地热资源地质勘查规范  
GB 50021 岩土工程勘察规范  
GB 50027 供水水文地质勘察规范  
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 50296 供水管井技术规范  
GB 50366 地源热泵系统工程技术规范  
GB 50683 现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范  
GB/T 12220 工业阀门标志  
GB/T 19409 水源热泵机组  
CJJ 13 供水水文地质钻探与凿井操作规程  
CJJ 101 埋地聚乙烯给水管道工程技术规程  
CJJ/T 291 地源热泵系统工程勘察标准  
T/CMAS 0001 绿色勘查指南

## 3 术语和定义

### 3.1

浅层地热能资源 shallow geothermal energy resources

蕴藏在地表以下一定深度范围内（一般为200m以浅）岩土体、地下水和地表水中，温度低于25℃，具有开发利用价值的地热能资源。

### 3.2

### 地源热泵系统 ground-source heat pump system

以岩土体、地下水或地表水为低温热源，由水源热泵机组、地热能交换系统、建筑物内系统组成的供热空调系统。根据地热能交换系统形式的不同，地源热泵系统分为地埋管地源热泵系统、地下水地源热泵系统和地表水地源热泵系统。

#### 3.3

### 传热介质 heat-transfer fluid

地源热泵系统中，通过换热管与岩土体、地下水或地表水进行热交换的一种液体。一般为水或添加防冻剂的水溶液。

#### 3.4

### 地埋管换热器 ground heat exchanger

传热介质通过竖直或水平地埋管与岩土体进行热交换的地热能交换系统，又称土壤热交换器。包含水平地埋管换热器和竖直地埋管换热器。

#### 3.5

### 水平地埋管换热器 horizontal ground heat exchanger

换热管路埋置在水平管沟内的地埋管换热器，又称水平土壤热交换器。

#### 3.6

### 竖直地埋管换热器 vertical ground heat exchanger

换热管路埋置在竖直钻孔内的地埋管换热器，又称竖直土壤热交换器。

#### 3.7

### 换热孔 heat exchange hole

地埋管地源热泵系统运行期间，其中埋设的地埋管换热器参与热量交换的钻孔。

#### 3.8

### 地下水换热系统 groundwater heat exchanger system

通过地下水进行热交换的地热能交换系统，分为直接地下水换热系统和间接地下水换热系统。

#### 3.9

### 直接地下水换热系统 direct groundwater heat exchanger system

由抽水井取出的地下水，经处理后直接流经水源热泵机组热交换后返回地下同一含水层的地下水换热系统。

#### 3.10

### 间接地下水换热系统 indirect groundwater heat exchanger system

由抽水井取出的地下水，经中间换热器热交换后返回地下同一含水层的地下水换热系统。

### 3.11

抽水试验 pumping test

一种在井中进行计时计量抽取地下水，并测量水位变化的试验，目的是了解含水层富水性，并获取水文地质参数。

### 3.12

回灌试验 injection test

一种向井中连续注水，使井内保持一定水位，或计量注水、记录水位变化来测定含水层渗透性、注水量和水文地质参数的试验。

### 3.13

水文地质参数 hydrogeological parameter

表征含水层水文地质特征的数量指标，包括渗透系数、导水系数、释水系数、给水度、越流参数等。

### 3.14

灌采比 the ratio of recharge and pumping

同一个热源井中单位回灌水量与单位抽水水量的比值。

### 3.15

岩土体 rock-soil body

岩石和松散沉积物的集合体，如砂岩、砂砾石、土壤等。

### 3.16

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的连续换热试验，获得岩土体的初始平均温度、岩土体综合热物性及换热能力等参数。

### 3.17

岩土综合热物性参数 parameter of the rock-soil thermal properties

地埋管换热器深度范围内，岩土体的综合导热系数、综合比热容。

### 3.18

岩土体初始平均温度 initial temperature of the rock-soil

竖直地埋管换热器埋设深度范围内岩土常年恒定的平均温度。

### 3.19

埋设温度传感器法 embedding temperature sensor method

在竖直地埋管换热器不同深度埋设温度传感器,通过实时监测温度传感器的监测数值,确定不同深度岩土体温度的方法。

### 3.20

#### 无功循环法 reactive circulation method

不向地埋管换热器内循环水加载冷、热量,利用循环水与岩土体达到热平衡时的温度,分析岩土体初始平均温度的方法。

### 3.21

#### 稳定热流测试 steady heat flow test

向地埋管换热器循环介质提供稳定的热量,记录地埋管换热器进、出水温度的响应情况,计算岩土体综合热物性参数或换热能力的测试方法。

### 3.22

#### 稳定工况测试 steady working condition test

建立稳定的地埋管换热器夏季或冬季运行工况,记录地埋管换热器进、出水温度的响应情况,计算岩土体综合热物性参数或换热能力的测试方法。

## 4 基本规定

4.1 浅层地温能开发利用工程开展前,应结合委托方要求及所需设计参数进行工程场地现状调查和浅层地温能勘察与评价。

4.2 浅层地温能开发利用工程施工前,应基于工程勘察结果和工程设计条件进行方案设计和施工图设计,工程施工应以施工图为依据。

4.3 浅层地温能开发利用工程勘察与施工不应破坏周围已有建筑物的正常使用,不应破坏周围生态环境;管沟开挖施工中遇有管道、电缆、地下构筑物或文物古迹时,应予以保护,并及时与有关部门联系协同处理。

4.4 浅层地温能利用监测系统应作为地源热泵系统的组成部分,应列入建设计划,同步设计、施工和验收。

4.5 在具有咸、淡水分层的地区勘察、施工时,钻孔应采取回填封闭措施,回填材料采用黏土或水泥砂浆注浆回填,封闭带厚度宜大于 10 m,防止地下淡水受到污染。

4.6 浅层地温能勘察应符合 T/CMAS 0001 的规定。

## 5 工程勘察

### 5.1 一般规定

5.1.1 勘察前应收集建设场地及周边一定范围内的工程地质、水文地质、区域地质、已建地源热泵工程勘察和运行情况等资料,选择适宜的浅层地温能换热方式,确定相应的勘察方法。

5.1.2 勘察范围应大于工程建设场地,一般宜外扩 100 m。

5.1.3 工程勘察完成后应编写工程勘察报告,并对浅层地温能的资源可利用情况、场地适宜性提出建议。



## 5.2 工程场地现状调查

工程场地现状调查应包括下列内容：

- a) 场地规划面积、形状及地形地貌特征；
- b) 场地内已有建筑物和规划建筑物的占地面积及其分布、基础的类型及埋深；
- c) 场地内树木植被、池塘、排水沟及架空输电线、电信电缆的分布；
- d) 场地内已有或计划修建的地下管线和地下构筑物的分布及其埋深；
- e) 场地内已有水井的位置；
- f) 场地内及周边交通道路状况及施工所需的电源、水源情况。

## 5.3 地埋管换热系统勘察

### 5.3.1 地埋管换热系统勘察应包括下列主要内容：

- a) 场地岩土层的岩性、结构、埋藏深度、地下静水位、地温场分布特征等；
- b) 工程场地冻土层厚度和恒温层深度及温度；
- c) 地下水类型、径流方向、速度及其变化规律；
- d) 各岩土层的物理性质（含水率、自然密度、孔隙度）和热物性（导热系数、比热容和热扩散系数）；
- e) 换热孔的吸热与放热能力。

### 5.3.2 勘察要求

5.3.2.1 水平地埋管换热系统工程场地勘察宜采用槽探或钎探进行。探槽位置和长度应根据场地形状确定，深度应超过埋管深度 1 m。

5.3.2.2 竖直地埋管换热系统工程场地勘察宜采用钻探进行，勘探孔深度应超过埋管深度 5 m。

5.3.2.3 勘察工作量的布置按表 1 确定。

表1 探槽和勘探孔工作量

| 埋管方式                 | 工程热负荷/ $q$ (kW)      | 探槽、勘探孔数量     |
|----------------------|----------------------|--------------|
| 水平                   | $q < 25$             | 1 (探槽)       |
|                      | $q \geq 25$          | 2 (探槽)       |
| 竖直                   | $q < 250$            | 1 (孔)        |
|                      | $250 \leq q < 1000$  | 1-2 (孔)      |
|                      | $1000 \leq q < 2000$ | 2-3 (孔)      |
|                      | $q \geq 2000$        | $\geq 3$ (孔) |
| 注：工程热负荷取建筑冷、热负荷中较大者。 |                      |              |

5.3.3 探槽或勘探孔数量为 1 个时，宜布置在埋管区的中部，大于等于 2 个时，应根据埋管区域平面形态和场地状况合理布置。

### 5.3.4 勘探孔取样及测试要求：

- a) 勘探孔取样及测试应符合 GB 50021 的规定；
- b) 取样品数量应符合 CJJ/T 291 第 4.5.2 条规定。

5.3.5 勘探孔应开展岩土热响应试验，获得场地岩土体初始平均温度、综合热物性参数及换热能力等参数。当埋管区域已具有权威部门认可的以上参数时，可直接采用已有数据。

- 5.3.6 岩土热响应试验应符合附录 A 的规定, 岩土体热物性参数参照附录 B。
- 5.3.7 岩土热响应试验测试孔回填材料应与拟建工程换热孔回填材料、工艺相同, 具体回填材料应符合 GB 50366 第 4.4.9 的规定。
- 5.3.8 回填时应保证灌浆的连续性, 确保回填密实、无空腔, 减少传热热阻。
- 5.3.9 地埋管换热系统勘察报告应包括以下内容:
- a) 项目概况;
  - b) 勘察工作概况;
  - c) 拟建工程场地条件;
  - d) 拟建工程场地地质条件;
  - e) 岩土热响应试验;
  - f) 结论与建议。

5.4 地下水换热系统勘察

- 5.4.1 地下水换热系统勘察应包括以下主要内容:
- a) 工程场地范围内地层岩性结构、含水层类型及埋藏条件等;
  - b) 地下水类型、水质、地下水径流方向、速度以及地下水水位动态变化;
  - c) 含水层的富水性和渗透性;
  - d) 地下水水温及其温度场分布;
  - e) 单井出水量及相应的降深、单井回灌量及相应的水位上升值、灌采比。
- 5.4.2 勘察要求:
- a) 通过地下水换热系统勘察, 应能确定地下水出水量和回灌量, 以及抽水井回灌井的井距;
  - b) 勘察试验井的布置应根据工程实际情况确定, 工作量按表 2 确定;
  - c) 勘察试验井的距离视水文地质条件、需水量、场地大小等具体情况确定。

表2 勘察试验井工作量

| 工程热负荷/ $q$ (kW)        | 勘察试验井数量 (眼) |
|------------------------|-------------|
| $q < 500$              | 2 (1抽1灌)    |
| $500 \leq q \leq 2000$ | 2-3         |
| $q \geq 2000$          | $\geq 3$    |
| 注: 工程热负荷取建筑冷、热负荷中较大者。  |             |

- 5.4.3 勘察试验井的结构应根据地层、含水层、含水层构造带埋藏条件、试验要求及钻井工艺进行设计。
- 5.4.4 地下水换热系统工程勘察应进行水文地质试验, 应包括下列内容:
- a) 抽水试验;
  - b) 回灌试验;
  - c) 测量出水温度、水量;
  - d) 取分层水样并化验分析各层水质;
  - e) 水流方向试验;
  - f) 渗透系数计算。
- 5.4.5 当有多层地下水时, 应采用同层回灌实验。
- 5.4.6 地下水换热系统勘察抽水试验和回灌试验方法应符合 CJJ/T 291 第 5.5 条、第 5.6 条的规定。

5.4.7 勘察工作完成后应采用成井技术将水文地质勘察试验井完善成热源井加以利用，成井工艺应满足热源井设计要求。

5.4.8 工程勘察中需布置试验观测井，观测井应位于抽水试验井和回灌试验井连线的中心位置，目的层需与勘察试验井目的层相同。

5.4.9 地下水换热系统勘察报告应包括以下内容：

- a) 项目概况；
- b) 勘察工作概况；
- c) 拟建工程场地条件；
- d) 拟建工程场地水文地质条件；
- e) 地下水水质对设备腐蚀性评价；
- f) 勘察试验井产能测试评价；
- g) 结论与建议。

## 6 工程施工及检验

### 6.1 一般规定

6.1.1 工程施工前应完成以下工作：

- a) 场地工程勘察报告；
- b) 工程设计施工图纸；
- c) 具备“三通一平”的场地条件。

6.1.2 施工前，施工单位必须编制施工组织方案并经监理单位（建设单位）审核批准后方可施工。

6.1.3 工程中所使用的材料、设备等应符合设计要求和国家相关标准规范，严禁购买、使用国家禁止使用和淘汰的材料、设备。

6.1.4 材料和设备进场后，应对其种类、规格、包装、外观和尺寸等进行检查验收，并对材料和设备的质量证明文件进行核查，经监理工程师（建设单位代表）确认后形成完整的进场验收记录；材料和设备使用前，应按相应的规定在施工现场采取抽样复验；在施工及储运过程中，应对材料和设备做好保护工作。

6.1.5 隐蔽工程隐蔽前，应经施工单位（总承包单位）、监理单位和建设单位三方专业技术人员验收。

### 6.2 地埋管换热系统

#### 6.2.1 地埋管换热系统工程施工

6.2.1.1 钻孔施工应符合以下规定：

- a) 根据现场工程地质条件，确定钻探工艺。第四系细颗粒地层宜采用回转钻进、第四系粗颗粒地层宜采用回转钻进或冲击钻进、基岩地层宜采用潜孔锤钻进，基岩地层上覆第四系地层则钻进第四系地层时应采用跟管钻进；
- b) 钻孔孔径、深度及埋管长度应符合设计要求，不得有负偏差。钻孔垂直度偏差不应大于 1%；
- c) 当钻孔孔壁不牢固或者存在孔洞、洞穴等导致成孔困难时，应设护壁套管或用钻孔泥浆护壁；
- d) 若发现不合格的钻孔，如井壁坍塌、钻孔垂直度不满足要求或埋管后保压时出现泄露，必须报废钻孔，重新钻孔埋管。

6.2.1.2 地埋管道连接一般要求：

- a) 当室外环境温度低于 0℃ 时，不宜进行管道连接、试压等操作；

- b) 地埋管管道宜应采用聚乙烯 (PE) 或聚丁烯 (PB) 材料, 管道规格参见附录 C;
- c) 地埋管管道应采用热熔或电熔连接, 聚乙烯管道连接应符合国家现行标准 CJJ 101 的规定。

#### 6.2.1.3 竖直地埋管换热器安装应符合以下规定:

- a) 竖直地埋管换热器的 U 形弯管接头, 应选用定型的 U 形弯头成品件, 不应采用直管道煨制弯头; U 形弯头成品件和竖直地埋管管道应采用电熔套筒连接;
- b) 竖直地埋管换热器插入钻孔前应对管道进行冲洗, 并做第一次水压试验。试验压力: 当工作压力小于等于 1.0 MPa 时, 应为工作压力的 1.5 倍, 且不应小于 0.6 MPa; 当工作压力大于 1.0 MPa 时, 应为工作压力加 0.5 MPa。在试验压力下, 稳压至少 15 min, 稳压后压力降不应大于 3%, 且无泄漏现象;
- c) 竖直地埋管换热器安装应在钻孔完成且孔壁固化后立即进行, 下管过程中竖直地埋管换热器应处于保压状态。宜采取措施使换热器竖直埋管处于分离状态;
- d) 下管完毕后, 应立即回填封孔。宜采用灌浆方式回填, 回填材料宜采用膨润土和细砂等混合浆; 当地埋管换热器设在密实或坚硬的岩土体时, 宜采用水泥基料灌浆回填;
- e) 回填完毕, 竖直地埋管换热器应至少保压 1 h 方可泄压;
- f) 竖直地埋管换热器管材须在设计换热垂直深度基础上预留 1~2 m 的管材, 保证竖直地埋管换热器插入钻孔后孔外有富裕管道。管道端口须用专门的管帽进行封堵, 对不够严密的管帽辅以胶带等加以固定, 防止泥沙等进入管道。

#### 6.2.1.4 水平管安装应符合以下规定:

- a) 水平支管沟槽施工应符合设计要求, 开挖时应避免竖直地埋管换热器遭到损坏, 防止沟内进入石块等硬质物体或杂物;
- b) 水平支管与竖直地埋管换热器连接前应对竖直地埋管换热器进行第二次水压试验, 在试验压力下, 稳压至少 30 min, 稳压后压力降不应大于 3%, 且无泄漏现象;
- c) 水平支管敷设前, 沟槽底部应先铺设相当于管径厚度的细砂; 管道安装不应存在折断、扭结等问题, 转弯处应光滑, 且应采取固定措施; 管道安装前后均应保持清洁;
- d) 水平支管连接时, 管径小于等于 De90 宜采用承插热熔连接或电熔套筒连接; 管径大于 De90 宜采用热熔对接方式;
- e) 水平支管与竖直地埋管换热器连接完成后, 回填前应进行第三次水压试验。在试验压力下, 稳压至少 30 min, 稳压后压力降不应大于 3%, 且无泄漏现象;
- f) 水压试验合格后支管沟槽应按设计要求保压回填。回填料应细小、松散、均匀, 且不应含石块及土块;
- g) 回填完毕, 水平支管应至少保压 1h 方可泄压;
- h) 水平支管、水平总管与热泵机房系统连接完成后, 回填前应进行第四次水压试验。在试验压力下, 稳压至少 2 h, 且无泄漏现象。

6.2.1.5 地埋管换热系统全部安装完毕, 且冲洗、排气及回填完成后, 应进行第五次水压试验。在试验压力下, 稳压至少 12 h, 稳压后压力降不应大于 3%。

6.2.1.6 水压试验宜采用手动泵缓慢升压, 升压过程中应随时观察与检查, 不得有渗漏; 不得以气压试验代替水压试验。

6.2.1.7 地埋管换热器安装完成后, 应在埋管区域做出标志或标明管线的定位带, 并应采用 2 个现场的永久目标进行定位。

### 6.2.2 地埋管换热系统工程检验

#### 6.2.2.1 地埋管换热系统检验应符合下列规定:

- a) 管材、管件等材料应符合国家现行标准的规定和设计要求;

- b) 钻孔、水平埋管的位置和深度、地埋管的直径、壁厚及长度均应符合设计要求；
- c) 回填料及其配比应符合设计要求；
- d) 水压试验应合格；
- e) 各环路流量应平衡，且应满足设计要求；
- f) 防冻剂和防腐剂的特性及浓度应符合设计要求；
- g) 循环水流量及进出水温差均应符合设计要求。

6.2.2.2 地埋管换热系统检查内容、方法、数量详见表 3。

表3 地埋管换热系统工程检验要求

| 序号 | 检查内容                                                               | 检查方法                                        | 检查数量                              |
|----|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------|
| 1  | 钻孔和水平管沟的位置与深度应符合设计要求，钻孔垂直度偏差不应大于1%。                                | 垂直度采用测斜仪检查，其他内容采用卷尺、经纬仪、测绳等测量；查阅成孔的施工与检测记录。 | 钻孔垂直度抽查率不少于5%；孔位、孔深、水平管位置检查率100%。 |
| 2  | 地埋管的材质、管径、壁厚应符合设计要求，表面应无损伤与划痕。                                     | 观察检查，检查进场合格证，用卡尺测量尺寸。                       | 每批次至少抽查一件。                        |
| 3  | 采用的回填材料和配比应符合设计要求。                                                 | 检查配比记录，实物对照检查。                              | 按每批次抽查。                           |
| 4  | 管道系统安装完毕后，应按上文要求进行水压试验，并应符合其要求                                     | 旁站检查，查阅试验记录。                                | 全数检查。                             |
| 5  | 管道系统安装完毕后，应按要求进行管道冲洗，冲洗可结合水压试验进行。待以上工序全部合格后再循环2 h以上，且水质正常后才能与机组连接。 | 旁站检查和检查试验记录。                                | 全数检查。                             |

### 6.3 地下水换热系统

#### 6.3.1 地下水换热系统工程施工

6.3.1.1 热源井施工应符合现行国家标准 GB 50296 的规定。施工过程中应同时绘制地层钻孔柱状剖面图。

6.3.1.2 热源井的施工应遵照以下程序进行：

- a) 钻探井孔；
- b) 换浆；
- c) 井管安装；
- d) 填砾和管外封闭；
- e) 洗井；
- f) 简易抽水试验；
- g) 管井验收。

6.3.1.3 护筒埋设及钻进方式的选择应符合下列要求：

- a) 护筒埋设深度宜穿过回填土进入原生地层；
- b) 护筒坑的开挖直径宜大于护筒外径 200 mm 以上；
- c) 护筒外宜用粘土分层捣实，防止钻进时渗水，造成坍孔事故；
- d) 当地层为砂类土质时，钻进方式以冲击成孔方式为宜；当地层中含有较厚的粘土层时，钻进方式以回转反循环成孔方式为宜。

6.3.1.4 井管安装应符合下列要求:

- a) 井管安装前,应做好下列准备工作:
  - 1) 根据井管结构设计,进行配管;
  - 2) 检查井管质量,并应符合要求;
  - 3) 下管前,应进行探井;
  - 4) 泥浆护壁的井,应用清水置换泥浆,并清除井底的沉渣。
- b) 下管方法,应根据管材强度、下置深度和起重设备能力等因素选定,并宜符合下列要求:
  - 1) 提吊下管法,宜用于井管自重(或浮重)小于井管允许抗拉力和起重机的安全负荷;
  - 2) 托盘(或浮板)下管法,宜用于井管自重(或浮重)超过井管允许抗拉力和起重机的安全负荷。
- c) 下置井管时,井管必须直立于井口中心,上端口应保持水平。过滤器安装深度的允许偏差宜为 $\pm 300$  mm。
- d) 沉淀管应封底。当钻孔深度超钻时,钻孔深度大于井管长度,井管应在孔口固定,防止下沉。
- e) 井管下入时,应设置找中器。

6.3.1.5 热源井在成井后应及时洗井,洗井结束后应进行抽水试验和回灌试验。抽水试验应稳定延续 12 h,出水量不应小于设计出水量;回灌试验应稳定延续 36 h 以上,回灌量应大于设计回灌量。

6.3.2 地下水换热系统工程检验

6.3.2.1 热源井应单独进行验收,验收时施工单位应提交下列资料:

- a) 热源井成井验收单。验收单包括管井结构图(井径、井深、过滤器规格和位置、填砾和封闭深度等),洗井方法,抽水和回灌等资料;
- b) 热源井使用说明。说明应包括抽水设备的型号及规格,井的最大允许开采量,水井使用中可能发生的问题及使用维修的建议等。

6.3.2.2 地下水换热系统工程检验要求详见表 4。

表4 地下水换热系统工程检验要求

| 序号 | 检查内容                                           | 检查方法                | 检查数量       |
|----|------------------------------------------------|---------------------|------------|
| 1  | 热源井应单独进行验收,且应符合现行国家标准GB 50296及CJJ 13的规定。       | 核查每个热源井验收记录。        | 全数检查。      |
| 2  | 热源井持续出水量和回灌量应稳定,并应满足设计要求。持续出水量和回灌量应符合本规程的规定。   | 旁站观察,核查抽水试验、回灌试验记录。 | 全数检查。      |
| 3  | 抽水试验结束前应采集水样,进行水质测定和含沙量测定。其水质和含砂量应符合系统设备的使用要求。 | 随机抽样检测,核查检测报告。      | 每个热源井检测一组。 |
| 4  | 热源井在成井后应及时洗井,并做好洗井记录。                          | 旁站观察,核查记录。          | 全数检查。      |
| 5  | 热源井施工应符合GB 50296的规定,并同时绘制地层钻孔柱状剖面图             | 旁站观察,检查地下水热源井验收记录。  | 全数检查。      |
| 6  | 抽水井与回灌井间排气装置的设置应符合设计文件及相关标准的规定。                | 核查隐蔽工程验收。           | 全数检查。      |
| 7  | 抽水管与回灌管上水样采集口及监测口的设置应符合设计文件及相关标准的规定。           | 观察,核查施工记录。          | 全数检查。      |
| 8  | 输水管网安装应符合设计文件及 GB 50268的规定。                    | 核查输水管网验收记录。         | 全数检查。      |



## 6.4 热泵机房系统

### 6.4.1 热泵机房系统工程施工

#### 6.4.1.1 设备安装应按设计要求进行，并符合下列要求：

- a) 热泵机组横向纵向的安装误差不大于 1%，水平误差不得大于 2%；
- b) 水泵的横向水平度误差小于 2%，纵向水平度误差小于 1%；
- c) 固定措施宜采用膨胀螺栓或地脚螺栓二次浇筑，并有防松动措施；
- d) 应有减振措施，包括减振垫、减振器或减振台。

#### 6.4.1.2 阀门安装前应进行外观检查，阀门的铭牌应符合现行国家标准 GB/T 12220 的有关规定，其中冷热转换阀门应在试压与关断性能检查合格后安装；阀门试压应符合 GB 50243 规定。

#### 6.4.1.3 管道系统安装应符合下列要求：

- a) 站内金属管道焊接施工与质量应符合 GB 50683；
- b) 管道与主机、水泵等设备采用柔性连接，且不得强行对口连接；
- c) 在与主机、水泵等运动、振动设备连接的管道处，应设置独立、固定的支吊架。支吊架的紧固件不宜直接接触塑料管、镀锌管、不锈钢管等，且与管道间应避免传热；
- d) 机房管道穿越墙体或楼板处应设置钢制套管，并留出保温间隙；管道接口不能置于套管内；穿墙套管应做防水防火处理；穿人防处应满足人防设计要求；
- e) 管道系统安装完毕后，应进行水压试验。；
- f) 水压合格后，应对碳钢管道与支架进行防腐处理。

#### 6.4.1.4 管道保温工程施工应按下列要求进行：

- a) 管道保温工程应在管路系统试压、冲洗合格，除锈防腐工程完成后进行；
- b) 设备和管道系统的保温材料按设计要求选用；保温层与被保温体之间应无间隙；保温层搭接处应平滑过渡，缝隙密实一致、均匀；保温层纵缝应错接、密闭、不渗漏空气；易被损坏处宜有保护措施；
- c) 需要经常拆装的阀门、过滤器、法兰等部位的保温结构宜能单独拆装；
- d) 管道的绝热应采用不燃或难燃材料，其材质、密度、规格、厚度与施工安装应符合设计要求。

### 6.4.2 热泵机房系统工程检验

#### 6.4.2.1 水源热泵机组、附属设备、管道、管件及阀门的型号、规格、性能及技术参数均应符合设计要求。

#### 6.4.2.2 水源热泵机组及机房系统安装应符合现行国家标准 GB 50274、GB 50242 及 GB 50243 的规定。

#### 6.4.2.3 热泵机房系统工程检验要求详见表 5。

表5 热泵机房系统工程检验要求

| 序号 | 检查内容                                       | 检查方法                                     | 检查数量  |
|----|--------------------------------------------|------------------------------------------|-------|
| 1  | 机房内的设备基础平面尺寸与承重符合设计要求。                     | 按图纸核对、钢卷尺测量；承载力检验。                       | 全数检查。 |
| 2  | 热泵机组的型号、规格和技术参数应符合设计要求，并具备产品合格证书、产品性能检验报告。 | 查阅图纸核对设备型号、规格、技术参数；产品质量合格证书和性能检验报告；观察检查。 | 全数检查。 |

续表 5

| 序号 | 检查内容                                                                               | 检查方法                                      | 检查数量                         |
|----|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------|
| 3  | 除砂器、电子水除垢仪、水泵、板式换热器、稳压设备、软化水处理器、水箱等设备的规格、型号、技术参数应符合设计要求，水泵正常连续试运行的时间不少于 2 h。       | 按图纸核对、观察检查外观质量、产品质量证明文件、材料进场验收记录；查阅试运行记录。 | 全数检查。                        |
| 4  | 地源侧分集水器安装前应进行压力试验满足设计要求。                                                           | 按设计图纸核对、观察检查；人员旁站、查阅试验记录。                 | 全数检查。                        |
| 5  | 设备安装的位置、标高应符合设计要求。主机横向纵向的安装误差不大于 1%，水平误差不得大于 2‰；水泵的横向水平度小于 2‰，纵向水平度小于 1‰。          | 观察检查，测量检查。                                | 抽检 10%测量但不得少于 1 台。           |
| 6  | 减震垫、减震器安装位置应正确；各个减震器的压缩量应均匀一致；弹簧减震的热泵机组，应设有防止机组运行时水平位移的定位装置。                       | 观察检查，测量检查。                                | 全数检查。                        |
| 7  | 阀门的规格、型号、材质及其安装位置、高度、进出口方向等符合设计要求，连接应牢固紧密、平整。                                      | 按设计图纸核对、观察检查；人员旁站、查阅试验记录。                 | 抽查 10%，不少 2 个。               |
| 8  | 水路切换的冷热转换阀门应进行试压与关断性试验、检查合格后方可使用。                                                  | 按设计图纸核对、观察检查；人员旁站、查阅试验记录。                 | 全数检查。                        |
| 9  | 管道规格、材质、连接方式符合设计要求。                                                                | 尺量、观察检查，人员旁站或查阅试验记录、隐蔽工程记录。               | 每个系统管道、部件数量抽查 10%，且不得少于 5 件。 |
| 10 | 支吊架符合设计要求。                                                                         | 核对图纸，观察检查。                                | 固定支架全查、滑动支架抽检 5%。            |
| 11 | 焊接外观质量检验，焊缝应平整，无凹陷、多瘤等现象。                                                          | 观察检查。                                     | 全数检查。                        |
| 12 | 管道系统水压试验，试验压力为设计压力的 1.5 倍，最低不小于 0.6 MPa，保压 30 min，无泄露降压现象。降压至设计压力值，做严密性试验，保压 24 h。 | 观察检查。                                     | 全数检查。                        |
| 13 | 碳钢管道与支架涂防锈漆。                                                                       | 观察检查。                                     | 全数检查。                        |
| 14 | 管道的绝热应采用不燃或难燃材料，其材质、密度、规格、厚度与施工安装应符合设计要求。                                          | 观察检查，尺量检查、材料合格证查验、点燃测试。                   | 按批随机抽查 1 件。                  |

6.5 建筑末端系统

- 6.5.1 建筑末端系统安装应符合现行国家标准 GB 50243 中的安装要求。
- 6.5.2 建筑末端系统安装检验及验收应符合现行国家标准 GB 50243 的相关规定。

7 系统调试与验收



- 7.1 系统运转调试之前应会同建设单位、设计单位、监理单位进行全面检查，符合设计与相关规范要求后，才能进行运转和调试。
- 7.2 系统调试前，施工单位应编制调试方案，报送监理工程师审核批准；调试结束后，应提供完整的调试资料和报告。
- 7.3 系统调试过程中，应进行水力平衡调试，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。各环路流量、压力应达到基本平衡，并应符合设计要求。
- 7.4 水力平衡调试完成后，应进行设备单体试运转。运转结果应符合相关设备技术文件的要求，并填写系统设备运转记录。
- 7.5 测量无负荷系统试运转系统的各种性能参数，调整到符合设计要求。并填写系统设备运转记录。
- 7.6 单机试运转和无负荷系统试运转正常后，整个空调系统应试运行 24 h，观测整个系统的运行状态及相关参数，并调整到符合设计要求。
- 7.7 系统整体验收前，应分别按供冷、供暖两种工况进行调试，并通过运行测试对地源热泵系统的实际性能进行评价。循环水流量及供水、回水温度和温差应符合设计要求，热泵机组性能应符合 GB/T 19409 的相关规定，且应满足地源热泵系统运行参数的要求，方为合格。
- 7.8 调试完成后应编写调试报告并提交甲方确认并存档。
- 7.9 系统调试合格后进行竣工验收，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，验收合格后应办理竣工验收手续。

附 录 A  
(规范性附录)  
岩土体热响应试验

A.1 一般规定

- A.1.1 岩土热响应测试孔数量与勘探孔数量一致，具体见表1。对2个及以上测试孔的试验，其测试结果应取算术平均值。
- A.1.2 测试孔的埋管换热器设置方式、深度和回填方式应与拟建设的工程换热孔保持一致。
- A.1.3 岩土热响应试验应在勘探测试孔施工完成后周围岩土体温度恢复后进行，对于灌注水泥砂浆的回填方式，宜放置不少于10 d，对于其它的回填方式，宜放置不少于2 d。
- A.1.4 试验设备与测试孔连接应减少弯头、变径，连接管外露部分应保温，保温层厚度不应小于20 mm。同一管路内，测试孔孔口水温与试验设备进、出水水温差不宜大于0.2℃。

A.2 岩土热响应试验内容

- A.2.1 岩土体初始平均温度测试，可采用埋设温度传感器法、无功循环法或水温平衡法。
- A.2.2 岩土体换热能力测试，可采用稳定热流测试和稳定工况测试。

A.3 测试仪表要求

- A.3.1 加热功率的测量误差不应大于±1%，流量的测量误差不应大于±1%，温度的测量误差不应大于±0.2℃。
- A.3.2 岩土热响应试验设备的温度、流量测试仪表每年应进行不少于一次标定。

A.4 岩土热响应试验技术要求

- A.4.1 岩土热响应试验应连续不间断，测试持续时间应符合下列规定：
- a) 采用“埋设温度传感器法”测试岩土体初始平均温度时，测点的布置宜在埋管换热器埋设深度范围内，且间隔不宜大于10 m，以算术平均值作为岩土初始平均温度。
  - b) 采用“无功循环法”测试岩土体初始平均温度时，温度稳定（埋管出水温度连续12 h变化不大于0.5℃）后，持续时间不宜小于12 h；
  - c) 岩土体换热测试时间不宜小于48 h，采用稳定热流测试时，温度稳定（埋管出水温度连续12 h变化不大于1℃）后，持续时间不宜小于12 h；采用稳定工况测试时，温度稳定（埋管出水温度连续12 h变化不大于0.5℃）后，持续时间不宜小于24 h。
- A.4.2 采用稳定热流测试方法，宜进行两次不同负荷的试验，大负荷宜采用5~10 kW，小负荷宜采用3~5 kW；采用稳定工况测试的，设定工况应为系统的设计运行工况。
- A.4.3 埋管换热器内传热介质流态应保持紊流，单U型流速不宜小于0.4 m/s，双U型流速不宜小于0.2 m/s，水平环路集管坡度宜为0.002。
- A.4.4 稳定热流测试中，实际加热功率的平均值与加热功率设定值的偏差不应大于±0.2 kW。稳定工况测试中，实际供水温度平均值与供水温度设定值的偏差不应大于±0.2℃。

- A. 4. 5 实验数据读取和记录的时间间隔不应大于10 min。
- A. 4. 6 应对现场测试资料进行综合分析，剔除因试验条件如气温变化等造成的异常数据。

附 录 B  
(资料性附录)  
岩土体热物性参数

### B.1 岩土热物性参数

岩土热物性参数见表B.1。

表 B.1 岩土热物性参数表

| 岩石名称                                 | 比热容<br>kJ/(kg·℃) | 密度<br>kg/m <sup>3</sup> | 热导率<br>w/(m·℃) | 热扩散率<br>m <sup>2</sup> /d |
|--------------------------------------|------------------|-------------------------|----------------|---------------------------|
| 花岗岩                                  | 0.794            | 2700                    | 2.721          | 0.110                     |
| 石灰岩                                  | 0.920            | 2700                    | 2.010          | 0.070                     |
| 砂岩                                   | 0.878            | 2600                    | 2.596          | 0.098                     |
| 湿页岩 <sup>b</sup>                     |                  |                         | 1.4~2.4        | 0.065~0.084               |
| 干页岩 <sup>b</sup>                     |                  |                         | 0.64~0.86      | 0.055~0.074               |
| 钙质砂(含水率 43%)                         | 2.215            | 1670                    | 0.712          | 0.017                     |
| 干石英砂(中-细粒)                           | 0.794            | 1650                    | 0.264          | 0.017                     |
| 石英砂(含水率 8.3%)                        | 1.003            | 1750                    | 0.586          | 0.029                     |
| 砂质粘土(含水率 15%)                        | 1.379            | 1780                    | 0.921          | 0.032                     |
| 砂(砂砾石) <sup>a</sup>                  |                  |                         | 0.77           | 0.039                     |
| 粉砂 <sup>a</sup>                      |                  |                         | 1.67           | 0.050                     |
| 亚粘土 <sup>a</sup>                     |                  |                         | 0.91           | 0.042                     |
| 粘土 <sup>a</sup>                      |                  |                         | 1.11           | 0.046                     |
| 砂(饱水) <sup>a</sup>                   |                  |                         | 2.50           | 0.079                     |
| 空气(常压)                               | 1.003            | 1.29                    | 0.023          | 1.536                     |
| 冰                                    | 2.048            | 920                     | 2.219          | 0.102                     |
| 水(平均)                                | 4.180            | 1000                    | 0.599          | 0.012                     |
| 回填膨润土(含有 20%~30%的固体) <sup>b</sup>    |                  |                         | 0.73~0.75      |                           |
| 回填混合物(含有 20%膨润土、80%石英砂) <sup>b</sup> |                  |                         | 1.47~1.64      |                           |
| 回填混合物(含有 15%膨润土、85%石英砂) <sup>b</sup> |                  |                         | 1.00~1.10      |                           |
| 回填混合物(含有 10%膨润土、90%石英砂) <sup>b</sup> |                  |                         | 2.08~2.42      |                           |
| 回填混合物(含有 30%膨润土、70%石英砂) <sup>b</sup> |                  |                         | 2.08~2.42      |                           |

注：a引自 Ian Gale 2004 年编著的《地源热泵：潜在地点地质报告发展的描述》英国地质调查局出版，1.2 期，CR/05/21/217N，24 页；b引自 GB 50366；其它数据引自 GB 11615。

附 录 C  
(资料性附录)  
地埋管外径、壁厚

C.1 聚乙烯 (PE) 管外径及公称壁厚

聚乙烯 (PE) 管外径及公称壁厚见表 C.1。

表 C.1 聚乙烯 (PE) 管外径及公称壁厚 (mm)

| 公称外径<br>dn | 平均外径  |       | 公称壁厚/材料等级                   |                             |                             |
|------------|-------|-------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|            | 最小    | 最大    | 公称压力                        |                             |                             |
|            |       |       | 1.0 MPa                     | 1.25 MPa                    | 1.6 MPa                     |
| 20         | 20.0  | 20.3  | ——                          | ——                          | ——                          |
| 25         | 25.0  | 25.3  | ——                          | 2.3 <sup>+0.5</sup> /PE80   | ——                          |
| 32         | 32.0  | 32.3  | ——                          | 3.0 <sup>+0.5</sup> /PE80   | 3.0 <sup>+0.5</sup> /PE100  |
| 40         | 40.0  | 40.4  | ——                          | 3.7 <sup>+0.6</sup> /PE80   | 3.7 <sup>+0.6</sup> /PE100  |
| 50         | 50.0  | 50.5  | ——                          | 4.6 <sup>+0.7</sup> /PE80   | 4.6 <sup>+0.7</sup> /PE100  |
| 63         | 63.0  | 63.6  | 4.7 <sup>+0.8</sup> /PE80   | 4.7 <sup>+0.8</sup> /PE100  | 5.8 <sup>+0.9</sup> /PE100  |
| 75         | 75.0  | 75.7  | 4.5 <sup>+0.7</sup> /PE100  | 5.6 <sup>+0.9</sup> /PE100  | 6.8 <sup>+1.1</sup> /PE100  |
| 90         | 90.0  | 90.9  | 5.4 <sup>+0.9</sup> /PE100  | 6.7 <sup>+1.1</sup> /PE100  | 8.2 <sup>+1.3</sup> /PE100  |
| 110        | 110.0 | 111.0 | 6.6 <sup>+1.1</sup> /PE100  | 8.1 <sup>+1.3</sup> /PE100  | 10.0 <sup>+1.5</sup> /PE100 |
| 125        | 125.0 | 126.2 | 7.4 <sup>+1.2</sup> /PE100  | 9.2 <sup>+1.4</sup> /PE100  | 11.4 <sup>+1.8</sup> /PE100 |
| 140        | 140.0 | 141.3 | 8.3 <sup>+1.3</sup> /PE100  | 10.3 <sup>+1.6</sup> /PE100 | 12.7 <sup>+2.0</sup> /PE100 |
| 160        | 160.0 | 161.5 | 9.5 <sup>+1.5</sup> /PE100  | 11.8 <sup>+1.8</sup> /PE100 | 14.6 <sup>+2.2</sup> /PE100 |
| 180        | 180.0 | 181.7 | 10.7 <sup>+1.7</sup> /PE100 | 13.3 <sup>+2.0</sup> /PE100 | 16.4 <sup>+3.2</sup> /PE100 |
| 200        | 200.0 | 201.8 | 11.9 <sup>+1.8</sup> /PE100 | 14.7 <sup>+2.3</sup> /PE100 | 18.2 <sup>+3.6</sup> /PE100 |
| 225        | 225.0 | 227.1 | 13.4 <sup>+2.1</sup> /PE100 | 16.6 <sup>+3.3</sup> /PE100 | 20.5 <sup>+4.0</sup> /PE100 |
| 250        | 250.0 | 250.0 | 14.8 <sup>+2.3</sup> /PE100 | 18.4 <sup>+3.6</sup> /PE100 | 22.7 <sup>+4.5</sup> /PE100 |
| 280        | 280.0 | 280.0 | 16.5 <sup>+3.3</sup> /PE100 | 20.5 <sup>+4.1</sup> /PE100 | 25.4 <sup>+5.0</sup> /PE100 |
| 315        | 315.0 | 315.0 | 18.7 <sup>+3.7</sup> /PE100 | 23.2 <sup>+4.6</sup> /PE100 | 28.6 <sup>+5.7</sup> /PE100 |
| 355        | 355.0 | 355.0 | 21.1 <sup>+4.2</sup> /PE100 | 26.1 <sup>+5.2</sup> /PE100 | 32.2 <sup>+6.4</sup> /PE100 |
| 400        | 400.0 | 400.0 | 23.7 <sup>+4.7</sup> /PE100 | 29.4 <sup>+5.8</sup> /PE100 | 36.3 <sup>+7.2</sup> /PE100 |

C.2 聚丁烯（PB）管外径及公称壁厚

聚丁烯（PB）管外径及公称壁厚见表C.2。

表 C.2 聚丁烯 (PB) 管外径及公称壁厚 (mm)

| 公称外径<br>dn | 平均外径  |       | 公称壁厚                 |
|------------|-------|-------|----------------------|
|            | 最小    | 最大    |                      |
| 20         | 20.0  | 20.3  | 1.9 <sup>+0.3</sup>  |
| 25         | 25.0  | 25.3  | 2.3 <sup>+0.4</sup>  |
| 32         | 32.0  | 32.3  | 2.9 <sup>+0.4</sup>  |
| 40         | 40.0  | 40.4  | 3.7 <sup>+0.5</sup>  |
| 50         | 50.0  | 50.5  | 4.6 <sup>+0.6</sup>  |
| 63         | 63.0  | 63.6  | 5.8 <sup>+0.7</sup>  |
| 75         | 75.0  | 75.7  | 6.8 <sup>+0.8</sup>  |
| 90         | 90.0  | 90.9  | 8.2 <sup>+1.0</sup>  |
| 110        | 110.0 | 111.0 | 10.0 <sup>+1.1</sup> |
| 125        | 125.0 | 126.2 | 11.4 <sup>+1.3</sup> |
| 140        | 140.0 | 141.3 | 12.7 <sup>+1.4</sup> |
| 160        | 160.0 | 161.5 | 14.6 <sup>+1.6</sup> |