

ICS 91.140.99

P 46

备案号:

# DB42

## 湖北省地方标准

DB 42/T 1304—2017

---

### 地源热泵系统工程技术规程

Technical regulation for ground-source heat pump system

2017 - 10 - 13 发布

2018 - 02 - 01 实施

---

湖北省住房和城乡建设厅  
湖北省质量技术监督局

联合发布

## 目 次

前 言.....	III
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 工程勘察.....	4
5 可行性评价.....	7
6 地埋管换热系统.....	7
7 地下水换热系统.....	10
8 地表水换热系统.....	12
10 整体运转、调试与验收.....	16
11 监测与控制.....	17
附 录 A（规范性附录） 岩土热响应试验.....	18
附 录 B（资料性附录） 垂直地埋管换热器的设计计算.....	20
附 录 C（资料性附录） 地埋管阻力损失计算.....	22
附 录 D（资料性附录） 地埋管外径及壁厚.....	24
附 录 E（规范性附录） 地源热泵系统水压试验.....	26
附 录 F（资料性附录） 地下水换热系统总取水量的确定.....	27
附 录 G（资料性附录） 地源热泵系统能效计算与评价.....	28
本规范用词说明.....	30
条文说明.....	31

## 前 言

根据湖北省质量技术监督局鄂质监标[2012]55号文件的要求,由中信建筑设计研究总院有限公司会同有关单位共同编制了本规程。

本规程经广泛深入的调查和科学研究,认真总结了当前湖北地区地源热泵系统的工程应用经验,吸收了国内外相关标准和先进技术,并在广泛征求意见的基础上,通过反复讨论、修改与完善,制定了本规程。

本规程共分10章和7个附录,涵盖了地源热泵系统工程勘察、设计、施工、验收与监测环节。主要内容是:总则,术语和定义,工程勘察,可行性评价,地埋管换热系统,地下水换热系统,地表水换热系统,建筑物内系统,整体运转、调试与验收及监测与控制。

本规程由湖北省住房和城乡建设厅负责管理和对条文的解释,由中信建筑设计研究总院有限公司负责具体技术内容的解释。

本规程在执行过程中如有意见和建议,请寄送中信建筑设计研究总院有限公司(地址:武汉市江岸区四唯路8号,邮政编码:40014)。

本规程主编单位: 中信建筑设计研究总院有限公司  
湖北省地质局武汉水文地质工程地质大队

本规程参编单位: 浙江陆特能源科技有限公司  
中冶集团武汉勘察研究院有限公司  
台佳机电(集团)有限公司  
华中科技大学  
中国地质大学(武汉)  
中南建筑设计院股份有限公司  
湖北风神净化空调设备工程有限公司  
武汉卓成机电工程有限公司  
武汉在线开科环境系统有限公司  
麦克维尔空调制冷(武汉)有限公司  
克莱门特捷联制冷设备(上海)有限公司  
武汉金牛经济发展有限公司  
武汉制冷学会  
湖北省土木建筑学会地源热泵专业委员会

本规程主要起草人员: 陈焰华 刘红卫 於仲义 陈继文 李海峰 丁雷 胡平放 段新胜 雷建平  
张银安 胡志高 胡元平 黄可华 吴建秋 肖飞 吴梅梁 刘伯州 胡先芳  
胡磊

本规程主要审查人员: 符永正 郭旭晖 文远高 官善友 赵福云  
程旦 熊成建

# 地源热泵系统工程技术规程

## 1 范围

本规程规定了地源热泵系统工程勘察、设计、施工、验收与监测环节的技术要求。

本规程适用于新建、改建和扩建建筑的以岩土体、地下水、地表水为低温热源，以水或添加防冻剂的水溶液为传热介质，采用蒸气压缩热泵技术进行供热、制冷或加热生活热水的地源热泵系统工程的设计、施工及验收。

## 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 50366 《地源热泵系统工程技术规范》
- GB 50027 《供水水文地质勘察规范》
- GB 50021 《岩土工程勘察规范》
- GB 50189 《公共建筑节能设计标准》
- GB 50736 《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》
- GB 50019 《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》
- GB 50296 《管井技术规范》
- GB/T 19409 《水源热泵机组》
- GB/T 13663 《给水用聚乙烯（PE）管材》
- GB/T 19473.2 《冷热水用聚丁烯（PB）管道系统》
- GB 3838 《地表水环境质量标准》
- GB/T 50801 《可再生能源建筑应用工程评价标准》
- GB 50243 《通风与空调工程施工质量验收规范》
- GB 50093 《自动化仪表工程施工及验收规范》
- CJJ 101 《埋地聚乙烯给水管道工程技术规范》
- CJJ 13 《供水水文地质钻探与凿井操作规程》
- GB 50013 《室外给水设计规范》
- GB 50268 《给水排水管道工程施工及验收规范》
- GB 50015 《建筑室内给水排水设计规范》
- GB 50274 《制冷设备、空气分离设备安装工程施工及验收规范》
- GB 50050 《工业循环冷却水处理设计规范》
- GB 50275 《风机、压缩机、泵安装工程施工及验收规范》

## 3 术语和定义

### 3.1

**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、热泵机房辅助设备组成的冷热源系统。根据地热能交换系统形式的不同，地源热泵系统分为埋管地源热泵系统、地下水地源热泵系统和地表水地源热泵系统。

### 3.2

**水源热泵机组** water-source heat pump unit

以水或添加防冻剂的水溶液为低温热源的热泵机组。通常有水/水热泵、水/空气热泵等形式。

## 3.3

**浅层地热能资源** shallow geothermal resource

蕴藏在浅层岩土体、地下水或地表水中的热能资源。

## 3.4

**传热介质** heat-transfer fluid

地源热泵系统中,通过换热器与岩土体、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。

## 3.5

**地埋管换热系统** ground heat exchanger system

传热介质通过地埋管换热器与岩土体进行热交换的地热能交换系统,也称土壤热交换系统。

## 3.6

**地埋管换热器** ground heat exchanger

供传热介质与岩土体换热用,由埋设于地下的密闭循环管组构成的换热器。根据管路埋置方式不同,分为竖直地埋管换热器和水平地埋管换热器。

## 3.7

**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。

## 3.8

**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。

## 3.9

**地下水换热系统** groundwater heat exchange system

与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。

## 3.10

**直接地下水换热系统** direct closed-loop groundwater heat exchange 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。

## 3.11

**间接地下水换热系统** indirect closed-loop groundwater heat exchange system

由抽水井取出的地下水,经中间换热器与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。

## 3.12

**地表水换热系统** surface water heat exchange system

与地表水进行热交换的地热能交换系统,分为开式地表水换热系统和闭式地表水换热系统。

## 3.13

**开式地表水换热系统** open-loop surface water heat exchange system

经处理的地表水在循环泵的驱动下，直接流经水源热泵机组或通过中间换热器进行热交换的系统。

## 3.14

**闭式地表水换热系统 closed-loop surface water heat exchange system**

将封闭的换热盘管按照特定的排列方法设置于具有一定深度的地表水体中，传热介质通过换热管管壁与地表水进行热交换的系统。

## 3.15

**环路集管 circuit header**

连接各并联环路的集合管，通常用来保证各并联环路流量相等。

## 3.16

**中间分、集水器 middle manifold**

直接连接某个区域单个地埋管换热器或环路集管的水流量分配和汇集装置。

## 3.17

**含水层 aquifer**

导水的饱和岩土层。

## 3.18

**成井工艺 well completion technology**

钻井、换浆、安装井管、填砾、封堵止水以及洗井、抽水试验、采集水样等工序的总称。

## 3.19

**抽水井 production well**

用于从地下含水层中取水的井。

## 3.20

**回灌井 injection well**

用于向含水层灌注回水的井。

## 3.21

**热源井 heat source well**

用于从地下含水层中取水或向含水层灌注回水的井，是抽水井和回灌井的统称。

## 3.22

**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。

## 3.23

**回灌试验 injection test**

一种向井中连续注水，并通过计量注水、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。

## 3.24

**岩土体 rock-soil body**

岩石和松散沉积物的集合体，如杂填土、粘土、砂砾石、砂岩、泥岩等。

### 3.25

#### 勘探孔 prospecting holes

用于查明岩土体分层及其热物性、地下水特征的钻孔，包括取芯鉴别地层的钻孔、岩土温度测试孔、热响应测试孔、地下水位观测孔等。

### 3.26

#### 岩土初始平均温度 initial average temperature of the rock-soil

从自然地表下10~20m至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。

### 3.27

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

为获取岩土热物性参数，通过测试仪器，对项目所在场区的测试孔在一定条件下进行的持续加热试验。

### 3.28

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

是指不含回填材料在内的，地埋管换热器深度范围内，岩土的的综合导热系数、综合比热容。

### 3.29

#### 热泵机组制热性能系数/制冷能效比 heating coefficient of performance (cooling energy efficiency ratio) of heat pump unit

热泵机组的制热量与机组耗电量之比/制冷量与机组耗电量之比，单位：kW/kW。

### 3.30

#### 系统制热性能系数/制冷能效比 heating coefficient of performance (cooling energy efficiency ratio) of heat pump system

地源热泵系统的总制热量与系统总耗电量之比/总制冷量与系统总耗电量之比，系统总耗电量包括热泵机组、各级循环水泵的耗电量，单位：kW/kW。

### 3.31

#### 复合式冷热源系统 combined heating & cooling source system

是指地源热泵系统需要辅助散（加）热设备时，采用冷却塔或与水冷冷水机组及其他冷热源设备组成的系统。

## 4 工程勘察

### 4.1 一般规定

4.1.1 地源热泵系统方案设计前，应进行工程场地状况调查，并应对浅层地热能资源进行勘察。应根据地源热泵系统形式，搜集利用附近已有工程地质、水文地质、地表水水文资料，制定合理的工程勘察方案。

4.1.2 工程勘察应由具有勘察资质的专业队伍承担，工程勘察完成后，应编写工程勘察报告，并对资源可利用情况提出建议。

4.1.3 工程场地状况调查应包含以下内容：

- 1 场地规划面积、形状及坡度；
- 2 场地内及场地周边已有建筑物和规划建筑物的分布及占地面积；

- 3 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；
- 4 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；
- 5 场地内已有水井的位置；
- 6 水源类型及条件、水源地与拟使用建筑物的距离及两者之间地形状况、建筑物和构筑物的分布情况。

#### 4.2 地埋管换热系统勘察

##### 4.2.1 地埋管换热系统勘察应包含以下内容：

- 1 岩土体的结构；
- 2 岩土体的热物性；
- 3 岩土体温度；
- 4 不同含水层地下水静水位、水温、水质及分布；
- 5 地下水径流方向、速度；
- 6 冻土层厚度；
- 7 岩土体的破碎程度。

4.2.2 水平地埋管换热系统的工程场地勘察宜采用槽探、坑探方法，勘探深度应大于地埋管埋设深度 1m。

4.2.3 竖直地埋管换热系统的工程场地勘察宜采用钻探方法，勘探深度宜大于地埋管拟埋设深度 5m。

4.2.4 地埋管地源热泵系统的应用建筑面积不大于 3000m<sup>2</sup>时，宜进行岩土热响应试验；应用建筑面积大于 3000m<sup>2</sup>时，应进行岩土热响应试验；应用建筑面积大于 10000m<sup>2</sup>时，应进行不少于两个测试孔或探槽的岩土热响应试验。

##### 4.2.5 勘探孔数量应符合以下规定：

- 1 每个工程地质单元应至少有 1 个勘探孔；
- 2 埋管区域面积小于等于 2500m<sup>2</sup>时，勘探孔数量不少于 1 个；
- 3 埋管区域面积大于 2500m<sup>2</sup>、小于等于 10000m<sup>2</sup>时，勘探孔数量不少于 2 个；
- 4 埋管区域面积大于 10000m<sup>2</sup>时，每增加 10000m<sup>2</sup>应增加 1 个勘探孔。

4.2.6 勘探孔孔数为 1 个时，宜布置在埋管区域的中部；2 个以上时，应根据埋管区域平面形态和场地状况合理布置。

4.2.7 勘察过程中应采取取芯钻进的钻探方式，钻探回次进尺不大于 2m，终孔孔深误差不大于 0.5%。

4.2.8 岩土热响应试验方法应符合附录 A 的规定，测试仪器仪表应具有有效期内的检验合格证、校准证书或测试证书。

##### 4.2.9 勘察报告应包含以下内容：

- 1 项目概况；
- 2 勘察工作概况；
- 3 工程场地状况；
- 4 岩土体特征及分布；
- 5 场地水文地质特征；
- 6 岩土体热物性特征；
- 7 岩土体硬度等级、可钻性；
- 8 环境影响分析
- 9 结论与建议。

#### 4.3 地下水换热系统勘察

4.3.1 水文地质勘察可根据相应设计阶段的要求采用测绘、物探、钻探、水文地质试验、动态监测等手段进行，分阶段实施。

##### 4.3.2 地下水换热系统勘察应包含以下内容：

- 1 地下水类型；
- 2 含水层的数量、岩性、分布、埋深、厚度及不同含水层的水力联系；
- 3 含水层的富水性和渗透性；
- 4 地下水径流方向、速度和水力坡度；

- 5 地下水水温及其分布;
  - 6 地下水水质;
  - 7 地下水水位动态变化。
- 4.3.3 地下水换热系统勘察应进行水文地质试验, 试验应包含以下内容:
- 1 抽水试验;
  - 2 回灌试验;
  - 3 测量含水层温度;
  - 4 取分层水样并化验分析分层水质;
  - 5 水流方向试验;
  - 6 渗透系数、影响半径计算;
  - 7 干扰井试验。
- 4.3.4 一级阶地松散含水层地区抽水试验降深不宜大于 5m 且不应低于含水层顶板, 既有建筑、采用桩基的建筑、对沉降要求不同的建筑物的主楼和裙楼等, 应分别进行评价。
- 4.3.5 岩溶发育地区应对可能引起的地面塌陷等进行重点评述。
- 4.3.6 水文地质勘察井应根据以下情况进行设置: 每个水文地质单元应至少有 1 个勘探井; 空调冷负荷小于 500kW 时, 设勘察井 2 个; 空调冷负荷小于 2000kW 时, 设勘察井 2~3 个; 空调冷负荷大于等于 2000kW 时, 勘察井不少于 3 个。
- 4.3.7 勘察试验井的施工要求应与热源井一致, 具体要求见本规程 6.4 节的规定。
- 4.3.8 当地下水换热系统的勘察结果满足地源热泵系统设计的要求时, 应采用成井技术将水文地质勘探井孔完善成热源井加以利用。成井过程应由水文地质专业人员进行监理。
- 4.3.9 勘察报告应包含以下内容:
- 1 项目概况;
  - 2 勘察工作概况;
  - 3 工程场地状况;
  - 4 场区水文地质条件;
  - 5 水井成井工艺;
  - 6 水文地质特征和参数;
  - 7 群井取(回灌)场地水力特征和温度场影响预测;
  - 8 取(回灌)水对周边建(构)筑物的影响评价;
  - 9 取(回灌)水对生态和环境的影响评价;
  - 10 结论与建议。
- 4.4 地表水换热系统勘察
- 4.4.1 地表水换热系统的工程勘察应进行地表水水文勘察和取水建(构)筑物工程地质勘察。
- 4.4.2 地表水换热系统勘察应包含以下内容:
- 1 地表水水源性质、水面用途、深度、面积及分布;
  - 2 地表水水体与建筑物的距离;
  - 3 地表水水位、不同深度的水温动态变化;
  - 4 地表水流速、流量动态变化;
  - 5 地表水水质及其动态变化;
  - 6 地表水利用现状与规划;
  - 7 开式系统地表水取水与退水的适宜地点和路线, 或闭式地表水换热器适宜布置区域;
  - 8 河(湖)床的地形和淤积情况, 岸线的稳定性。
- 4.4.3 勘察报告应包含以下内容:
- 1 项目概况;
  - 2 勘察工作概况;
  - 3 工程场地状况;
  - 4 地表水资源条件;
  - 5 取水建(构)筑物地基基础分析与评价;
  - 6 取(退)水对防洪、航道的影响评价;

- 7 取（退）水对生态和环境的影响评价；
- 8 结论与建议。

## 5 可行性评价

- 5.1 依据专项勘察结果评估地源热泵系统工程实施的可行性及经济性，编写可行性评价报告。
- 5.2 可行性评价报告应包含以下内容：
  - 1 工程概况：包括工程项目的地理位置、气象及水文地质条件、地形及地貌特征、项目建设规模等；
  - 2 专项勘察：包括工程场地状况调查、浅层地热能资源利用条件、项目建设对区域内的影响、地源热泵换热系统勘察结论与建议等；
  - 3 建设方案：对浅层地热能资源条件和影响进行评估，并根据评估结果，提出适宜的地源热泵系统建设方案；
  - 4 技术经济分析：对地源热泵系统建设和运营费用、增量投资回收期和项目费效比等相关指标进行技术经济分析，提出评价意见；
  - 5 效益与风险分析：根据工程项目建设方案分析预测项目建设和运营过程中产生的社会经济和环境效益，预测和评估其可能存在的风险，对建设方案进行合理优化；
  - 6 结论与建议。

## 6 地埋管换热系统

### 6.1 一般规定

- 6.1.1 地埋管换热系统设计前，应查明拟埋管区域内各种地下管线的种类、准确位置及埋深，并预留以后地下管线所需的敷设空间及埋管区域内进出重型设备的车道位置。
- 6.1.2 在现场工程勘察结果的基础上，综合现场可用地面积、岩土类型、桩基形式和施工成本等因素，确定地埋管换热系统的埋管方式。
- 6.1.3 地埋管换热器长度应通过计算确定。计算时应考虑岩土体热物性、建筑物负荷特性、管材、回填料、地下水等对换热性能的影响。
- 6.1.4 地埋管换热器宜结合冷热源机组的设计方案进行分区设置，以便于地埋管换热系统各换热环路的间歇运行。
- 6.1.5 地埋管换热器管内流体应保持紊流状态，水平环路集管敷设坡度不应小于 0.002。地埋换热器环路两端应分别与供、回水环路集管（或中间分、集水器）相连接，且宜同程布置。
- 6.1.6 当利用桩基埋管或在建筑物的底板基础下埋管时，应与有关专业协调衔接，考虑基础沉降、安全及施工工艺等因素。当埋管穿越建筑底板时，应采取严格的防水措施。
- 6.1.7 地埋管换热器宜以机房为中心或靠近机房设置，其埋管敷设位置应远离水井及室外排水设施。
- 6.1.8 地埋管换热系统应设自动充液及泄漏报警系统。地埋管换热器循环回路上应设置排气、定压、膨胀、自动补水及水过滤装置。
- 6.1.9 地埋管换热系统应设置反冲洗系统，冲洗流量应不低于工作流量的 2 倍。
- 6.1.10 地埋管换热系统宜设真空脱气设备来有效排除系统中的空气。
- 6.1.11 地埋管地源热泵系统应设置地温场监测系统。
- 6.1.12 地埋管换热系统施工时，应进行详细的施工组织设计，与各施工方协调衔接，严禁损坏既有地下管线及构筑物。
- 6.1.13 施工完毕的地埋管换热系统，应在埋管区域做出标志或标明管线的定位带，并应采用现场的 2 个永久目标进行定位。

### 6.2 地埋管换热系统设计计算

- 6.2.1 地埋管换热系统设计应进行全年动态负荷计算，最小计算周期不得小于 1 年，在此计算周期内，地源热泵系统总释热量宜与其总吸热量相平衡。

6.2.2 最大释热量和最大吸热量相差不大的工程，应分别按供冷与供热工况进行地埋管换热器的长度计算，并取其较大者确定地埋管换热器的长度；当两者相差较大时，宜进行技术经济比较，通过增加辅助热源或增加冷却塔辅助散热的措施来解决。

6.2.3 地埋管换热器设计计算宜根据现场热响应试验实测的岩土体及回填料的热物性参数，采用专用软件进行。竖直地埋管换热器的设计也可按附录 B 的方法进行计算。

6.2.4 地埋管换热器设计计算时，环路集管不应包括在地埋管换热器长度内。

6.2.5 当地埋管地源热泵系统的应用建筑面积在 5000m<sup>2</sup> 以上，或实施了岩土热响应试验的项目，应利用岩土热响应试验结果进行地埋管换热器的设计，且应符合以下要求：

- 1 夏季运行期间，地埋管换热器出口最高温度不宜高于 32℃；
- 2 冬季运行期间，不添加防冻剂的地埋管换热器进口最低温度不宜低于 4℃。

### 6.3 水平地埋管换热系统设计

6.3.1 空调负荷较小、可利用地表面积较大、地质条件适宜的工程项目，经技术经济比较，可采用水平地埋管换热系统。

6.3.2 水平地埋管换热器可不设坡度敷设。最上层埋管顶部距地面不宜小于 0.8m。供暖为主时，单管埋设深度宜为 1.2~2.0m，双管宜为 1.6~2.4m，其他埋深以经济挖掘深度为宜。

6.3.3 水平地埋管换热器宜进行分组连接，并应在各环路的总接口处设置检查井，井内设置相应的阀门和仪表。

6.3.4 水平地埋管换热器铺设及回填应符合现行国家标准《埋地聚乙烯给水管道工程技术规范》CJJ 101 的要求。

### 6.4 竖直地埋管换热系统设计

6.4.1 地质条件适宜但可利用的埋管区域面积较小的工程项目，宜采用竖直地埋管换热系统。

6.4.2 具备条件时可结合建筑桩基进行地埋管换热器设置，宜将换热管捆扎在桩基的钢筋网架上，然后浇灌混凝土，使换热管固定在桩基内。

6.4.3 竖直埋管换热器埋管深度宜大于 50m，小于 120m；单 U 形管钻孔孔径宜大于 110mm，双 U 形管钻孔孔径宜大于 150mm；钻孔间距宜为 4~6m；水平环路集管距地面宜大于 1.5m，且应在冻土层以下 0.6m。

6.4.4 为保持紊流状态，单 U 形管内的流速不宜小于 0.6m/s，双 U 形管内的流速不宜小于 0.4m/s。

6.4.5 地埋管换热器可通过水平供、回水环路集管分组连接，也可采取多个单孔分组并联连接到中间分、集水器的方式。每组集管连接的竖直埋管数不宜超过 8 个。

6.4.6 为平衡各环路的水流量和降低其压力损失，每对水平供、回水环路集管（或中间分、集水器）连接的竖直埋管环路数宜相等。水平供、回水环路集管的间距不宜小于 0.6m。

6.4.7 桩基埋管换热器应根据桩基埋管长度，考虑与竖直埋管换热器的水力平衡。

6.4.8 地埋管换热系统应根据地质特征确定回填料配方，回填料的导热系数不应低于钻孔外岩土体的导热系数。

### 6.5 地埋管换热系统水力计算

6.5.1 地埋管换热系统宜采用变流量设计。

6.5.2 地埋管换热系统设计时，应根据实际选用的传热介质的水力特性进行水力计算，地埋管阻力损失可参照附录 C 计算。

6.5.3 地埋管换热系统设计时，应考虑地埋管换热器的承压能力，系统最不利点工作压力应控制在 1.5MPa 以内。若建筑物内系统压力超过地埋管换热器的承压能力时，应设中间换热器，将地埋管换热器与建筑物内系统隔离。

6.5.4 地埋管换热器的承压能力可按下列式计算确定：

$$P = P_0 + \rho gh + 0.5P_h \quad (6.5.4)$$

式中  $P$ ——管路最大压力 (Pa)；  
 $P_0$ ——当地大气压力 (Pa)；  
 $\rho$ ——地埋管中流体密度 (kg/m<sup>3</sup>)；  
 $g$ ——重力加速度 (m/s<sup>2</sup>)；

$h$ ——地埋管承压最不利点与闭式循环系统最高点的高度差 (m);

$P_h$ ——水泵扬程 (m)。

6.5.5 地埋管换热器的环路压力损失宜控制在 30~50kPa/100m, 最大不超过 50kPa/100m。

6.5.6 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、平衡阀和其它设备管件的压力损失, 并考虑一定的安全裕量来确定。

## 6.6 地埋管管材与传热介质

6.6.1 地埋管及管件应符合设计要求, 且应具有质量检验报告和生产厂家的合格证。

6.6.2 地埋管管材及管件应符合以下条件:

1 地埋管应采用化学稳定性好、耐腐蚀、导热系数大、流动阻力小的管件及管材, 管材寿命不小于 50 年;

2 宜采用聚乙烯管(PE80 或 PE100)或聚丁烯管(PB), 不宜采用聚氯乙烯(PVC)管;

3 必须采用同种材质的管材、管件;

4 地埋管质量应符合国家现行标准中的各项规定。管材的公称压力 (大于等于 1.0MPa) 及使用温度应满足设计要求;

5 地埋管外径及壁厚可按附录 D 的规定选用。

6.6.3 传热介质应以水为首选, 也可选用符合以下要求的其他介质:

1 安全、无毒、腐蚀性小、与地埋管管材无化学反应;

2 导热系数高、摩擦阻力低;

3 具有较低的冰点;

4 便于购买、运输及储藏。

6.6.4 在有可能冻结的管道系统中, 传热介质应添加防冻剂。防冻剂的类型、浓度及有效期应在充注阀处注明。

6.6.5 添加防冻剂后的传热介质的冰点宜比设计最低运行水温低 3~5℃。选择防冻剂时, 应考虑防冻剂对管道及管件的腐蚀性, 防冻剂的安全性、经济性及其对换热的影响。

## 6.7 地埋管换热系统施工

6.7.1 地埋管换热系统施工前应具备以下资料:

1 埋管区域的勘察资料;

2 经审批的设计文件和施工图纸;

3 施工方案及施工组织设计。

6.7.2 地埋管换热系统施工前应了解埋管场地内已有及规划埋设的地下管线、其它地下构筑物的功能及其准确位置, 并应进行地面清理, 铲除地面杂草、杂物和浮土, 平整地面。

6.7.3 地埋管换热系统施工过程中, 应严格检查材料的质量, 并做好管材、管件的保护工作。其工作内容如下:

1 地埋管及管件应符合设计要求, 且应具有质量检验报告和生产厂的合格证;

2 进入现场的地埋管及管件必须逐段进行外观检查, 破损和不合格产品严禁使用;

3 地埋管运抵工地后, 应用水试压进行检漏试验;

4 地埋管及管件存放和搬运时, 应做好相应的防护措施。

6.7.4 地埋管宜根据设计中选用的管材长度由厂家定制供货, 以减少埋管接头数量。竖直地埋管 U 形管的组对长度应满足置入钻孔后能与水平环路集管连接的要求。组对好的 U 形管的两开口端部应及时密封并标识。

6.7.5 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, 不得采用直管道煨制弯头, 也不应采用两个 90° 的弯管对接成 U 形弯头。有条件时宜由生产厂家将弯头或定型连接件与 U 形管连接好, 成套供货。

6.7.6 所有埋地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《埋地聚乙烯给水管道工程技术规范》CJJ 101 的有关规定。

6.7.7 水平地埋管换热器铺设时, 应符合以下规定:

1 埋管前应将沟槽中的石块等坚硬物清理干净, 并在沟槽底铺设相当于管径厚度的细砂;

2 待安装管道不应有折断、扭结等问题, 且应按设计要求连接完毕, 并经水压试验合格;

- 3 应检查沟槽中无石块且细砂平整后，再将管道放入沟槽中；
- 4 管道的安装位置应与设计相符，转弯处应光滑，且应采取固定措施。在铺设过程中，应避免重物撞击或碾压管身。
- 6.7.8 水平地埋管换热器回填料应采用网孔不大于 15mm×15mm 的筛子过筛，保证回填料细小、松散、均匀，且不应含有石块及土块。沟槽回填压实应逐层进行，且不得损伤管道。回填压实过程应均匀，回填土应与管道接触紧密。
- 6.7.9 地埋管钻进设备和钻进工艺，应根据换热孔孔径、孔深及地质结构分层等因素综合确定，施工前宜进行试验成孔。
- 6.7.10 竖直地埋管换热器安装应符合以下规定：
- 1 钻孔完成后，应立即下管。下管时应将灌浆管和 U 形管一起插入孔中，直至孔底。下管时，U 形管内应根据地下情况充满水或带压；
  - 2 当钻孔孔壁存在洞穴、孔洞或不牢固时，应设护壁套管；
  - 3 钻孔深度较小及孔内地下水（或泥浆）水位较低时，宜采用人工下管。当下管较困难时，应采用机械下管；
  - 4 U 形管宜每隔 2~4m 用固定卡将支管分开。采用双 U 形换热管时，环路集管与地埋换热管连接前应进行管道组对检验；
  - 5 U 形管安装完毕后，应立即灌浆回填封孔。灌浆应从钻孔底部开始，自下而上，密实无空腔。回填结束后，应检查回填质量，沉陷部分应及时补浆；
  - 6 当在软弱土层中埋管深度超过 40m 时，灌浆回填应在周围相邻钻孔均钻凿完毕后进行。
- 6.7.11 当地埋管换热器设在密实或坚硬的岩土体中时，宜采用水泥基料灌浆回填；仅有一层非承压含水层时，回填料宜采用石英质砾石或中粗砂；含有多层含水层时，宜采用灌浆回填。灌浆回填料宜采用膨润土和细沙（或水泥）的混合浆或专用灌浆材料。
- 6.7.12 地埋管换热器在安装前、与环路集管连接后及全部安装完成后均应对管道进行冲洗。
- 6.7.13 利用桩基安装地埋管换热器时，竖直埋管或盘管均应放置在钢筋笼内侧，并应顺钢筋扎紧绑牢。
- 6.7.14 桩基地埋管换热器安装时，应在管内注满水，并充压封闭后才能进行混凝土灌注。敷设于桩基内的换热管应预留长度，两端应密封、标识，截桩时应采取保护措施。
- 6.7.15 当地埋管换热器位于建筑基础底部，换热器在基坑开挖前施工时，敷设于孔内的换热管应预留长度，两端应密封、标识，基坑开挖时应采取保护措施。
- 6.7.16 当施工区域环境温度低于 0℃ 时，不应进行地埋管换热器的施工。
- 6.7.17 当钻孔出现井壁坍塌、钻孔垂直度不满足要求或 U 形管保压过程出现泄漏时，应及时处理，必要时应报废钻孔，并重新钻孔埋管。

## 6.8 地埋管换热系统检验与验收

- 6.8.1 地埋管换热系统安装过程中，应由专业单位进行现场检验，并提供检验报告。
- 6.8.2 管材、管件等应符合国家现行标准的规定，地埋管的长度、管径、壁厚均应符合设计要求，表面应无损伤与划痕。
- 6.8.3 钻孔和水平埋管管沟的位置与深度应符合设计要求，钻孔垂直度偏差不宜大于 1%。
- 6.8.4 回填过程的检验应与安装地埋管换热器同步进行。采用的回填料及其配比应符合设计要求。
- 6.8.5 地埋管换热系统各环路流量应平衡，系统循环水流量及进出水温差应符合设计要求。
- 6.8.6 地埋管换热系统安装完毕后，应按设计要求进行水压试验，水压试验应符合附录 E 中的相关规定。
- 6.8.7 地埋管换热系统安装完毕后，应进行管道冲洗，管道冲洗时应设置旁通管，并关闭所有空调设备的进出阀门。待系统施工杂物清除完毕后再循环运行 2h 以上，且在水质清澈后才能与空调设备连接。

## 7 地下水换热系统

### 7.1 一般规定

- 7.1.1 地下水地源热泵系统应根据水文地质勘察资料进行设计。必须采取可靠回灌措施，确保置换冷量或热量后的地下水全部回灌到同一含水层，并不得对地下水资源造成浪费及污染。系统投入运行后，应对抽水量、回灌量及其水位、水质进行定期监测。

- 7.1.2 地下水地源热泵系统取用地下水，应根据当地地下水开采区划和地下水管理办法向水资源管理部门提出申请，获得取水许可后方可进行热源井的设计和施工。
- 7.1.3 地下水的持续出水量应满足地源热泵系统最大吸热量或释热量的要求。
- 7.1.4 地下水取水管、回灌管不得与市政管道连接。
- 7.1.5 地下水换热系统应根据水源水质条件选用直接或间接换热系统，水系统宜采用变流量设计，地下水取水管道宜保温。
- 7.1.6 应根据取水方式、建筑物冷（热）负荷、水源热泵机组性能、地下水温等因素，综合确定地下水换热系统总取水量。总取水量的确定参见附录 F。
- 7.1.7 热源井应由具有勘察资质的专业队伍进行设计、施工和监理。

## 7.2 取水与回灌

- 7.2.1 热源井设计前应调查了解工程场地及周边建、构筑物及地下水利用情况，如总体规划、周边建、构筑物特征、地下管线、市政设施、原有水井资料及运行情况等。
- 7.2.2 抽水井和回灌井的数量应根据专项勘察提供的单井取水量、群井取水量、回灌率，结合建设项目取水方案确定，应考虑群井同时抽水与回灌时对总取水量与回灌的影响。
- 7.2.3 抽水井和回灌井的平面布局应根据以下要求确定：
- 1 根据专项勘察报告和水资源评估报告，结合项目建设情况，确定抽水井和回灌井井位；
  - 2 根据地下水位的季节性动态变化、径流方向、渗透系数、水力坡度、影响半径等因素，确定抽水井之间的距离；
  - 3 根据项目场地水文地质结构和抽水、回灌试验数据，结合水位变化和热干扰等因素，综合确定抽水井与回灌井、回灌井与回灌井之间的距离。
  - 4 热源井井位的设置应避开有污染的地面或地层。  
热源井的布置应留出与建筑物足够的距离，不得对建筑物的安全造成影响。  
热源井的设计应符合现行国家标准《管井技术规范》GB 50296 的相关规定，并应包含以下内容：
    - 1 应根据主要含水层的分布及钻进工艺，确定抽水井的结构；
    - 2 管井的设计深度，应根据需水量和拟开采含水层的埋深、层厚、水质、渗透性等因素综合确定；
    - 3 井管直径可根据取水量和管内流速计算确定，并应保证抽水设备的正常工作。井孔直径除应能下入井管外，还应满足围填滤料的要求；
    - 4 地下水对钢材具有较强腐蚀性的地区，不宜选用钢管作为井管；地下水对混凝土具有较强腐蚀性的地区，不宜选用混凝土井管；
    - 5 井管壁厚应根据热源井的使用寿命、地下水对井管的腐蚀作用、地下岩土体应力变化对井管的影响等因素综合确定。钢管应采用无缝钢管，壁厚不应小于 6mm；混凝土井管宜选择加强型，壁厚不应小于 30mm；
    - 6 根据取水量和含水层岩性确定抽水井和回灌井的孔隙率，并合理设计滤水管的长度。根据含水层的竖向分布特点，合理确定滤水管的位置；
    - 7 应根据含水层的岩性选择过滤器类型，并按照标准要求进行过滤器设计；滤料宜选择石英质圆砾，抽水井滤料粒径宜为 2~10mm，回灌井滤料粒径宜为 5~20mm。管外止水时滤料顶部至井口段，采用干粘土球填实，上覆为软土时，应采用注浆的方法进行加固处理。
    - 8 沉淀管长度，应根据含水层岩性和井深确定，宜大于 2m，底部必须用钢板焊死，并坐落在坚实的基础上；
    - 9 管井抽水泵宜选用潜水泵。潜水泵应下放到动水位下 5m 处，安装要平稳，泵体应居中。
- 7.2.4 采用抽水井与回灌井互换方式时，应设具备单向通气能力的排气装置，并采取回扬措施，以防止热源井堵塞。
- 7.2.5 应根据专项勘察成果，充分考虑地下水含水层结构、含水层组成物质的粒径进行回灌井设计。
- 7.2.6 地下水回灌方式宜采用自然回灌。特殊情况，在不改变含水层渗透率的前提下，可采用加压回灌的方式。
- 7.2.7 回灌水管出水孔段应布置在主要含水层厚度的 1/2 附近。为保证回灌效果，泵井管的连接部位，泵管与井管之间均需做好密封。
- 7.2.8 热源井设计时应采取减少空气侵入的措施。抽水管和回灌管上均应设置计量装置、水样采集口及监测口，有条件时宜设置在线监测系统。

- 7.2.9 热源井井口应严格封闭，井内装置应使用对地下水无污染的材料。
- 7.2.10 热源井井口处应设检查井，检查井应作防水设计。井口之上若有构筑物，应留有检修用的足够高度或在构筑物上留有检修口。
- 7.2.11 取用河流冲洪积一级阶地的砂及砂卵石层中地下水时，热源井设计应按国家或地方相关规范或标准对因抽水引起的沉降值、沉降范围进行计算，并不得超过周边地面、管线设施、建（构）筑物沉降要求限值。
- 7.2.12 在可以取水的岩溶水地区取水时，应根据地貌、地层时代、地层组合、岩溶发育、岩溶水水头、水位变化、覆盖层厚度、季节补给等特征对取水稳定性进行评价。
- 7.2.13 地下水供回水管网的布置应考虑多口取水井、回灌井水量的平衡。
- 7.2.14 地下水的水质应符合现行国家标准《地源热泵系统工程技术规范》GB 50366 的要求。

### 7.3 地下水换热系统设计

- 7.3.1 间接式地下水换热系统，应采用板式换热器并选择合适的板间流速和压降。
- 7.3.2 采用分散小型单元式水源热泵机组时，宜设板式换热器间接换热。
- 7.3.3 应根据地下水源热泵系统的设计和热泵机组的选型，合理确定地下水取水量和其利用温差。
- 7.3.4 应根据单井的流量—降深曲线（Q—S 曲线）确定抽水机的流量，并考虑合适的安全余量。
- 7.3.5 抽水机的扬程应按式（7-1）计算：

$$H=H_1+H_2 \quad (\text{式 7-1})$$

式中：

$H$ ——抽水机的扬程(m)；

$H_1$ ——从动水位液面开始的抽水提升高度(m)；

$H_2$ ——水系统压力损失，含局部压力损失、沿程压力损失和出口压力损失(m)。

### 7.4 地下水换热系统施工

- 7.4.1 地下水换热系统施工前应具备热源井及其周围区域的工程勘察资料，并完成施工组织设计，按照经审批的热源井设计文件和施工图纸进行施工。
- 7.4.2 热源井施工应符合现行国家标准《管井技术规范》GB 50296 的规定。
- 7.4.3 热源井施工过程中应同时绘制地层钻孔柱状图。
- 7.4.4 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，管网安装完成后应进行群井抽水和回灌试验。
- 7.4.5 抽水试验应稳定 12h，出水量不应小于设计出水量，降深应根据取水量、环境影响等计算确定，在松散含水层中不应大于 5m；回灌试验应稳定 36h 以上，回灌量应大于设计回灌量。
- 7.4.6 热源井设置的检查井应设专门标志，地下水供回水管应在地面做出标明管线的定位带。
- 7.4.7 地下水供回水管宜采用无缝钢管或聚乙烯管（PE100），连接方式可采用法兰连接或焊接，热源井中的供回水管应采用法兰连接。

### 7.5 地下水换热系统检验与验收

- 7.5.1 热源井应单独进行验收，并应符合现行国家标准《管井技术规范》GB 50296 及《供水水文地质钻探与凿井操作规程》CJJ 13 的规定。
- 7.5.2 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第 6.4.5 条的规定。
- 7.5.3 抽水试验结束前应采集水样，进行水质测定和含砂量测定。经处理后的水质应满足系统设备的使用要求。
- 7.5.4 地下水换热系统验收后，施工单位应提交热源井成井报告。报告应包括管井综合柱状图，洗井、抽水和回灌试验、水质检验及验收资料。
- 7.5.5 输水管网设计、施工及验收应符合现行国家标准《室外给水设计规范》GB 50013 及《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 的规定。

## 8 地表水换热系统

## 8.1 一般规定

- 8.1.1 地表水换热系统设计前,应对地表水地源热泵系统运行对水环境的影响进行评估。
- 8.1.2 地表水换热系统形式应根据水体的用途、面积、深度、水质、水温、水位、径流量、系统经济性以及项目现场条件等因素综合确定。
- 8.1.3 地表水换热系统可采用开式或闭式两种方式,水系统宜采用变流量设计。
- 8.1.4 地表水换热系统的换热量应满足地源热泵系统最大吸热量或释热量的需要;当不能满足要求时,应采用复合式地源热泵系统。
- 8.1.5 对于江河水源热泵系统,设计时应考虑江河的丰水、枯水季节的水位差,并进行综合经济比较。

## 8.2 开式地表水换热系统设计

- 8.2.1 根据地表水水质条件,可选用直接供水的地表水换热系统或设置中间换热器的间接式地表水换热系统。
- 8.2.2 直接供水的地表水换热系统应根据水质条件选用适宜的换热器,选择合适的换热器污垢系数,并采用在线自动清洗装置。
- 8.2.3 地表水经水处理后悬浮物颗粒粒径小于 1.5mm 时,宜选用板式换热器,悬浮物颗粒粒径大于 1.5mm 时,宜选用壳管式换热器。
- 8.2.4 选用板式换热器时,设计接近温度不应大于 1.5℃。选用壳管式换热器时,设计接近温度不应大于 3℃。换热器阻力宜为 70~80kPa,不应大于 100kPa。
- 8.2.5 开式地表水换热系统中间换热器或热泵机组地表水侧应设反冲洗装置,过滤器目数应根据设备对杂质粒径的要求确定。
- 8.2.6 开式地表水换热系统应根据水质条件采取相应的灭藻措施。

## 8.3 取水、退水系统设计

- 8.3.1 取水口应设置在水位较深,水质受泥沙、漂浮物等影响较小的地带,并应位于水体最低水位下 1.5m。可根据水体情况选用适宜的取水方式,取水口应设置污物过滤装置。
- 8.3.2 取水口应位于退水口的上游且远离退水口,对于双向流动的水系,应避免取、退水口之间的热传递。
- 8.3.3 取水构筑物应靠近地源热泵机房;系统取水所提升的水位应进行经济性分析;对于水位变化较大的水体,取水泵宜采用变频调速控制。
- 8.3.4 取水量按换热系统设计工况下的最大流量进行计算,并考虑水处理设施的自用水量。设计中宜选用反冲洗水量和水损失量较小的水处理设备。
- 8.3.5 取水量变化较大或需要连续运行时,应设置不少于 2 个取水头部。采用多个取水头部时,应考虑对取水量和排沙等的相互影响。
- 8.3.6 取水泵的安装高度应满足水泵允许吸水高度的要求,水力计算时应结合水质条件对比摩阻进行修正。
- 8.3.7 地表水换热系统退水口应根据受纳水体的情况采用适宜的布置方式。
- 8.3.8 地表水换热系统的退水宜考虑水资源综合利用;退水直接排放时,应根据高差和流量考虑设置相应的消能措施。
- 8.3.9 排水管道的材质和连接方式应符合《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 的有关要求。

## 8.4 闭式地表水换热系统设计

- 8.4.1 水深小于 3m 的静止水体不宜采用闭式地表水换热系统。
- 8.4.2 闭式地表水换热系统的型式,应由水体的面积、深度、水质等因素综合确定。
- 8.4.3 闭式地表水换热器换热单元的换热性能及其选型应通过计算或试验确定;换热管内的流体应保持紊流状态。
- 8.4.4 闭式地表水换热系统的工作压力不应大于换热器管路及部件的承压能力。
- 8.4.5 闭式地表水换热系统宜同程布置。各中间分、集水器所连接并联环路的水阻力宜相同;应根据水体形状进行相应的环路管道布置,供、回水集管应分开布置。

- 8.4.6 闭式地表水换热器应可靠地固定在水体底部，换热器底部与水体底部的距离应大于 0.2m；换热器的顶部与水体最低水位距离应大于 1.5m；换热器单元间应保持一定的距离，供回水集管间距不宜小于 2m。
- 8.4.7 闭式地表水换热器选择计算时，夏季工况换热器出水温度与水体温差值宜为 5~10℃，冬季工况换热器出水温度与水体温差值宜为 3~5℃。换热器夏季进水温度可取 30~32℃，冬季换热器进水温度可取 6~8℃。
- 8.4.8 闭式地表水换热器单元的阻力不应大于 100kPa。环路集管比摩阻宜为 100~150Pa/m，流速宜小于 1.5m/s。系统供回水干管比摩阻宜小于 200Pa/m，流速宜小于 3.0m/s。
- 8.4.9 地表水换热盘管管材与传热介质应符合本规程第 5.6 节的相关规定。
- 8.4.10 闭式地表水换热器循环回路上应设置排气、定压、膨胀、自动补水及水过滤装置。
- 8.4.11 地表水换热盘管的敷设位置应远离其他取、退水口。

## 8.5 地表水换热系统施工

- 8.5.1 地表水换热系统施工前应具备地表水勘察资料、设计文件和施工图纸，并完成施工组织设计。
- 8.5.2 地表水换热盘管管材及管件应符合设计要求，且均应有出厂合格证和产品质量检验报告。换热盘管宜按照设计长度由厂家做成所需的预制件，且不应有扭曲。
- 8.5.3 地表水换热盘管组装前应对盘管进行试压和检查。盘管组装完成后应及时安装。
- 8.5.4 地表水换热器应在水体底部固定，并在换热盘管下放置衬垫物，衬垫物应高出水体底部的淤泥。
- 8.5.5 地表水换热盘管各绑扎点必须牢固，绑扎材料和衬垫物应选用强度符合要求的耐腐蚀材料。
- 8.5.6 地表水换热器在水体中安装完毕后，换热器埋设区域应设置醒目标志。
- 8.5.7 地表水换热器安装前后，应对管道进行清洁和冲洗，并按规范要求水压试验，水压试验应符合附录 E 中的相关规定。
- 8.5.8 地表水换热系统环路集管施工应符合第 5.7.7 条水平埋管换热器铺设时的相关规定。
- 8.5.9 开式地表水换热系统施工应符合以下规定：
- 1 取水头部的形式、安装位置、固定方式等应符合设计要求；
  - 2 取水构筑物的施工工艺，应根据取水水体类型及设计要求确定；
  - 3 取水管口的埋深、中心位置符合设计要求；
  - 4 取水口不应设置于河道回流处；
  - 5 取水口处应有防污物的过滤装置及清理设施；
  - 6 在具有航行功能的河道取水时，应根据河道航行规定设立航行标志及安全保护设施；
  - 7 管道的安装敷设和管道支墩施工，应符合国家现行标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB50268 的相关要求。
- 8 系统施工完成后应进行水压试验。
- 8.5.10 开式地表水换热系统水处理设备的安装应符合以下规定：
- 1 水处理流程应符合设计要求；
  - 2 水处理设备应设自动排气阀、水质检测口、压差控制装置；
  - 3 水处理设备排污口应设手动排污阀或电动排污阀。

## 8.6 地表水换热系统检验与验收

- 8.6.1 地表水换热系统安装过程中，应进行现场检验，并提供检验报告，检验内容应符合以下规定：
- 1 管材、管件等材料应具有产品合格证和质量检验报告；
  - 2 换热盘管长度、布管方式、环路数量应符合设计要求；
  - 3 管沟和挖掘、回填方式应符合设计要求；
  - 4 各环路流量应平衡，并应符合设计要求；
  - 5 防冻剂、化学缓蚀剂的特性及浓度应符合设计要求；
  - 6 循环水流量及进出水温差应符合设计要求。
- 8.6.2 水压试验应符合以下规定：
- 1 闭式地表水换热系统水压试验应符合附录 E 中的相关规定。
  - 2 开式地表水换热系统水压试验应符合现行国家标准《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243 的相关规定。

8.6.3 取水、排水管网设计、施工及验收应符合现行国家标准《室外给水设计规范》GB 50013 及《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 的相关规定。

## 9 建筑物内系统

### 9.1 一般规定

9.1.1 建筑物内系统的设计应符合现行国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB50736 和《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB50019 的规定。其中，生活热水或其他热水供应部分应符合现行国家标准《建筑室内给水排水设计规范》GB 50015 的要求。

9.1.2 应根据建筑物类型和使用功能确定水源热泵机组的设置方式，并按实际运行参数来进行水源热泵机组选型。

9.1.3 房间使用时间差异较大或建筑物存在内外分区需要同时供冷供热时，宜采用分散式水源热泵系统。

9.1.4 全空气系统或高大空间建筑物冬季供暖时，当采用标准型水源热泵机组不能满足建筑物使用功能要求时，应适当提高水源热泵机组出水温度。

9.1.5 应根据建筑物使用功能和冷热负荷情况，采用冷水机组与水源热泵机组组合或冷却塔辅助散热的复合式冷热源系统。冷水机组与水源热泵机组的冷却系统宜独立设置，冷热水系统宜合并设置。

9.1.6 采用冷却塔辅助散热的复合式冷热源系统宜选用闭式冷却塔。

9.1.7 地下水或地表水直接进入机组时，宜采用满液式水源热泵机组，制冷、制热工况转换时宜选用制冷剂侧转换的方式。采用水侧转换的水源热泵机组时，水系统管路应具有放水和清洗功能。

9.1.8 地源热泵系统供热、供冷时，宜优先采用地源热泵系统提供（预热）生活热水或其他热水供应，不足部分由其它方式辅助解决。生活热水的制备可以采用制冷剂环路间接加热或水路间接加热的方式。

9.1.9 集中布置的大型水源热泵机组应能适应空调负荷全年变化规律，满足季节及部分负荷要求，一般不宜少于 2 台。分散布置的小型水源热泵机组应具备良好的调节性能。

9.1.10 用于生活热水供应的水源热泵热水机组，机组数量不宜少于 2 台；选用 1 台机组时，宜采用多压缩机、多制冷回路的多机头水源热泵热水机组。

### 9.2 水源热泵机组

9.2.1 水源热泵机组性能应符合现行国家标准《水源热泵机组》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。

9.2.2 水源热泵机组应具备能量自动调节功能，蒸发器出口应设防冻保护装置，机组各环节的控制和安全保护装置应设置齐全。

9.2.3 换热系统中添加防冻液时，应对水源热泵机组的制冷量、制热量和换热阻力进行修正。机组的蒸发器和冷凝器应具有良好的抗腐蚀能力。

9.2.4 以空调制冷为主且有生活热水需求的场所，宜选用热回收型水源热泵机组。专为生活热水提供热源时，应选用热泵热水机组。

### 9.3 地源热泵机房设计

9.3.1 在水源热泵机组外进行冷、热转换的地源热泵系统应在水系统管路上设置冬、夏季节的功能转换阀门，转换阀门应性能可靠，并应作出明显标识。

9.3.2 间接地下水或地表水换热系统循环回路上应设置排气、定压、膨胀、自动补水及水过滤装置。换热器应预留清洗、维修空间，必要时可设置备用换热器。

9.3.3 建筑物内系统循环水泵的流量，应按水源热泵机组蒸发器和冷凝器额定流量的较大值确定，水泵扬程为管路、管件、末端设备、水源热泵机组蒸发器或冷凝器（选取较大值）的阻力损失之和。

9.3.4 当采用间接式水源热泵系统时，板式热交换器侧循环水泵的流量为：

$$G = \frac{Q}{1.163\Delta t} \quad (\text{式 9-1})$$

式中：

$G$ ——板式热交换器侧循环水泵流量， $\text{m}^3/\text{h}$ ；

$Q$ ——板式热交换器需要提供的冷（热）量，kW；

$\Delta t$ ——地下水的设计温升或温降， $^{\circ}\text{C}$ 。

9.3.5 水泵扬程为管路、管件、板式热交换器、热泵机组的蒸发器或冷凝器（选取较大值）的阻力损失之和。

9.3.6 板式热交换器和水源热泵机组的热交换温差应由机组运行参数和经济比较确定，宜取 $2^{\circ}\text{C}$ 对数平均温差。板式热交换器侧循环水泵宜为变速设计。

9.3.7 根据建筑物的使用功能和负荷分配情况，通过技术经济比较后，可采用蓄冷（热）或其他节能技术和措施。

9.3.8 地热能交换系统的供水温度低于 $18^{\circ}\text{C}$ 时，宜直接利用换热系统的循环水对室内空气进行冷却处理或预冷。

9.3.9 水源热泵机组、热交换系统、水泵、末端装置等设备和管道及部件的工作压力不应大于其额定工作压力。

#### 9.4 末端系统设计

9.4.1 建筑物末端空调系统形式应根据建筑物的特点和使用功能确定。末端设备应按水源热泵机组提供的实际运行参数进行选型。

9.4.2 建筑物内系统可根据工程的具体情况，利用集中式中央监控技术自动调节、控制地源热泵系统运行，提高系统的运行效率。

#### 9.5 建筑物内系统施工、检验与验收

9.5.1 水源热泵机组、附属设备、管道、管件及阀门的型号、规格、性能及技术参数等均应符合设计要求，并提供产品合格证书、产品性能检验报告及产品说明书等文件。

9.5.2 地源侧分集水器安装前应进行水压试验，试验压力为工作压力的1.5倍，且不小于1.0MPa。

9.5.3 空调水系统安装完毕后，应进行系统试压和冲洗，系统冲洗时应设置临时旁通系统，关闭主要设备的阀门。

9.5.4 水源热泵机组及建筑物内系统安装应符合现行国家标准《制冷设备、空气分离设备安装工程施工及验收规范》GB50274及《通风与空调工程施工质量验收规范》GB50243的规定。

### 10 整体运转、调试与验收

#### 10.1 一般规定

10.1.1 地源热泵系统在完成室外换热系统及室内系统各分项施工、调试和验收后，交付使用前，应进行整体运转、调试与验收。

10.1.2 地源热泵系统整体运转、调试与验收应符合《制冷设备、空气分离设备安装工程施工及验收规范》GB50274及《通风与空调工程施工质量验收规范》GB50243的规定。

#### 10.2 整体运转、调试与验收

10.2.1 地源热泵系统整体运转与调试应符合以下规定：

1 整体运转与调试前应制定系统整体运转与调试方案，并报送专业监理工程师审核批准；

2 水源热泵机组试运转前应进行水系统及风系统平衡调试（水系统包括地下水循环系统、地埋管换热器系统、地表水开式或闭式循环系统），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；

3 水力平衡调试完成后，应进行水源热泵机组的试运转，并填写运转记录，运行数据应达到设备技术要求；

4 水源热泵机组试运转正常后，应进行连续24小时的系统整体试运转，并填写运转记录；

5 地源热泵系统调试应分冬、夏两季进行，调试结果应达到设计要求。调试完成后应编写调试报告及运行操作规程，并提交业主确认后作为移交文件存档。

10.2.2 系统试运转的测定与调整的主要内容：

1 系统的压力、温度、流量等各项技术数据应符合有关技术文件的规定；

2 系统连续运行应达到正常平稳；水泵的压力和水泵电机的电流不应出现大幅波动；采用板式换

热器作中间换热的，应对换热器的性能参数作出检测评定，并填写检测评定记录。

3 各种自动计量、检测元件和执行机构的工作应正常，满足建筑设备自动化系统对被测定参数进行监测和控制的要求；

4 控制和检测设备应能与系统的检测元件和执行机构正常沟通，系统的状态参数应能正确显示，设备连锁、自动调节、自动保护应能正确动作；

5 对采用变频调节和分户计量系统的，应在进行分项验收后，再进行整体运行调试验收。

10.2.3 地源热泵系统整体验收前，应进行冬、夏两季运行测试，并对地源热泵系统的实测性能作出评价。

10.2.4 地源热泵系统工程竣工验收，应由建设单位负责，并组织勘察、设计、施工、监理等单位共同进行。

10.2.5 地源热泵系统工程竣工验收，应按相关标准规范执行，并提交完整的竣工验收文件和资料。

## 11 监测与控制

### 11.1 一般规定

11.1.1 地源热泵系统应设置监测与控制系统。

11.1.2 监测与控制系统应根据建筑物规模、使用功能、系统形式、相关标准等综合确定，一般应包括以下内容：

- 1 运行参数监测和显示；
- 2 设备工作状态显示；
- 3 用能分项计量；
- 4 系统调节与工况转换；
- 5 设备连锁与自动保护。

11.1.3 地源热泵监测与控制系统的设置应符合现行国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB50736、《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB50019、《自动化仪表工程施工及验收规范》GB50093的相关规定。

### 11.2 监测要求

11.2.1 地源热泵系统应对以下参数进行监测：

- 1 地源侧供回水温度、流量、压力；
- 2 末端侧供回水温度、流量、压力；
- 3 中间换热器一、二次侧供回水温度、流量、压力；
- 4 水源热泵机组、水泵、工况转换及连锁阀门的启停；
- 5 水过滤器及水处理设备的压差；
- 6 系统安全保护及故障报警；
- 7 系统冷热量的瞬时值和累积值；
- 8 水源热泵机组、水泵等设备的运行参数。

11.2.2 地埋管换热系统应根据埋管分区选择典型位置设置测温装置。宜设置测温井，监测岩土温度和地下水环境变化。

11.2.3 地下水换热系统应对抽水量、回灌量、水温、水质、水位变化等进行监测。必要时，应对周边建构筑物、地面等进行沉降观测。

11.2.4 地表水换热系统应对水温、水质、水位变化、水体环境、过滤器堵塞情况进行监测。

### 11.3 控制要求

11.3.1 设有集中监控系统时，水源热泵机组应纳入集中监控系统。

11.3.2 水源热泵机组应采取机组群控策略，优先采用由冷（热）量优化控制运行台数的方式。

11.3.3 地源热泵系统各相关设备及附件应根据设计的运行顺序进行连锁启停控制。

11.3.4 制冷工况下，水源热泵机组进水温度高于其最高设定温度时，应连锁启动辅助冷却塔运行。

11.3.5 制热工况下，水源热泵机组进水温度低于其最低设定温度时，应连锁启动辅助加热设备运行。

11.3.6 应根据设置的埋管系统分区通过电动阀进行分组控制，实现埋管换热器的分区运行。

## 附录 A (规范性附录) 岩土热响应试验

### A.1 一般规定

- A.1.1 应根据设置的埋管系统分区通过电动阀进行分组控制，实现埋管换热器的分区运行。
- A.1.2 在岩土热响应试验之前，应对测试地点进行实地勘察，根据地质条件的复杂程度，确定试验孔的数量和测试方案。对 2 个及以上试验孔的测试，其测试结果应取算术平均值。
- A.1.3 岩土热响应试验孔的施工应有具有相应资质的专业队伍承担。试验孔的埋管方式、深度、回填方式、竖管内传热介质流速等，应与设计方案一致。
- A.1.4 测试现场应具备稳定的电源等可靠试验条件，对测试设备进行外部连接时，应遵循先接水后接电的原则。
- A.1.5 测试仪器与试验孔的连接管道长度宜小于 3m，且应采取保温措施，保温宜采用致密性闭孔橡塑材料，厚度应不小于 20mm。
- A.1.6 岩土热响应试验报告应包括以下内容：
- 1 项目概况；
  - 2 试验方案；
  - 3 试验过程中连续记录的参数，应包括：循环水流量、加热功率、埋管进出口水温；
  - 4 项目所在地岩土柱状图；
  - 5 岩土热物性参数；
  - 7 试验条件下，钻孔单位延米换热量参考值。
- A.1.7 岩土热响应试验过程应遵守国家和地方有关安全、防火、劳动保护和环境保护等方面的规定。

### A.2 试验方法及技术要求

- A.2.1 热响应试验应遵循以下步骤：
- 1 制作试验孔；
  - 2 平整试验场地，提供水、电接驳点；
  - 3 测试岩土初始温度；
  - 4 测试仪器连接试验孔的管道；
  - 5 水、电等外部设备连接完毕后，对测试设备及外围设备的连接进行检查；
  - 6 对试验孔换热管道进行清洗、排气；
  - 7 启动测试设备，运转稳定后开始读取、记录试验数据；
  - 8 试验结束后，做好试验孔的保护工作。
- A.2.2 岩土热响应试验应符合以下要求：
- 1 试验期间，加热功率应保持恒定；
  - 2 埋管换热器内的流体应处于紊流状态，流速不应低于 0.2m/s；
  - 3 数据采集和记录的时间间隔不大于 5min；
  - 4 岩土热响应试验应连续不间断，持续时间不宜少于 48h；
  - 5 埋管换热器的出口水温稳定后，该温度宜与岩土初始平均温度相差 5℃ 以上，且维持时间应不少于 12h，释热试验时出口水温不宜高于 32℃。
- A.2.3 试验孔的深度应与实际换热孔一致。
- A.2.4 岩土初始平均温度的测试应采用布置温度传感器的方法。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 10m；以各测点实测温度的算术平均值作为岩土初始平均温度。
- A.2.5 热响应试验前应尽量减少对试验孔原始地温的影响，应在试验孔完成并放置 48h 以后进行，重新进行热响应试验应在岩土温度恢复 48h 后。

### A.3 测试精度要求

- G.2.1 温度测量的允许误差为  $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 。
- G.2.2 流量测量的允许误差为  $\pm 1\%$ 。

- G. 2.3 A. 3.3 功率测量的允许误差为±1%。  
 G. 2.4 A. 3.4 埋管深度测量的允许误差为±0.5%。

#### A. 4 试验数据处理

- A. 4.1 A. 4.1 试验结束后，应提取试验数据计算岩土综合热物性参数。  
 A. 4.2 A. 4.2 岩土综合导热系数可采用参数估计法或斜率法计算。斜率法计算公式：

$$\lambda_s = \frac{Q}{4\pi KH} \quad (\text{式 A-1})$$

式中：

- $\lambda_s$ ——岩土综合导热系数(m·C/W)；  
 $Q$ ——地埋管换热器实际加热功率(W)；  
 $K$ ——地埋管进出水平均温度与时间对数关系的线性拟合直线的斜率；  
 $H$ ——钻孔埋管深度(m)。

**附录 B**  
(资料性附录)  
**竖直地埋管换热器的设计计算**

B.1 竖直地埋管换热器的热阻计算宜符合以下要求:

1 传热介质与 U 形管内壁的对流换热热阻可按式 B-1 计算:

$$R_f = \frac{1}{\pi d_i h} \quad (\text{式 B-1})$$

式中:

$R_f$ ——传热介质与 U 形管内壁的对流换热热阻( $\text{m} \cdot \text{C}/\text{W}$ );

$d_i$ ——U 形管的内径 (m);

$h$ ——传热介质与 U 形管内壁的对流换热系数 $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{C})]$ 。

2 U 形管的管壁热阻可按式 B-2 计算:

$$R_{pe} = \frac{1}{2\pi\lambda_p} \ln\left[\frac{d_e}{d_e - (d_o - d_i)}\right] \quad (\text{式 B-2})$$

$$d_e = \sqrt{n}d_o \quad (\text{式 B-3})$$

式中:

$R_{pe}$ ——U 形管的管壁热阻( $\text{m} \cdot \text{C}/\text{W}$ );

$\lambda_p$ ——U 形管的导热系数 $[\text{W}/(\text{m} \cdot \text{C})]$ ;

$d_o$ ——U 形管的外径 (m);

$d_e$ ——U 形管的当量直径 (m), 对单 U 形管,  $n=2$ ; 对双 U 形管,  $n=4$ 。

3 钻孔灌浆回填料的热阻可按式 B-4 计算:

$$R_b = \frac{1}{2\pi\lambda_b} \ln\left(\frac{d_b}{d_e}\right) \quad (\text{式 B-4})$$

式中:

$R_b$ ——钻孔灌浆回填料的热阻( $\text{m} \cdot \text{C}/\text{W}$ );

$\lambda_b$ ——灌浆回填料的导热系数 $[\text{W}/(\text{m} \cdot \text{C})]$ ;

$d_b$ ——钻孔的直径 (m)。

4 地层热阻, 即从孔壁到无穷远处的热阻可按以下公式计算:

对于单个钻孔:

$$R_s = \frac{1}{2\pi\lambda_s} I\left[\frac{r_b^2}{4a\tau}\right] \quad (\text{式 B-5})$$

$$I(u) = \frac{1}{2} \int_u^\infty \frac{e^{-s}}{s} ds \quad (\text{式 B-6})$$

对于多个钻孔:

$$R_s = \frac{1}{2\pi\lambda_s} \left[ I\left(\frac{r_b^2}{4a\tau}\right) + \sum_{i=2}^N I\left(\frac{x_i^2}{4a\tau}\right) \right] \quad (\text{式 B-7})$$

式中:

$R_s$ ——地层热阻( $\text{m} \cdot \text{C}/\text{W}$ );

$I$ ——指数积分公式, 可按公式 B.0.1-6 计算;

$\lambda_s$ ——岩土体的综合导热系数 $[\text{W}/(\text{m} \cdot \text{C})]$ ;

$a$ ——岩土体的热扩散率 ( $\text{m}^2/\text{s}$ );

$r_b$ ——钻孔的半径 (m);

$\tau$ ——运行时间 (s);

$x_i$ ——第  $i$  个钻孔与所计算钻孔之间的距离 (m);

$N$ ——钻孔个数。

5 短期连续脉冲负荷引起的附加热阻可按式 B-8 计算:

$$R_{sp} = \frac{1}{2\pi\lambda_s} I\left(\frac{r_b^2}{4a\tau_p}\right) \quad (\text{式 B-8})$$

式中:

$R_{sp}$ ——短期连续脉冲负荷引起的附加热阻( $\text{m} \cdot \text{C}/\text{W}$ );

$\tau$ ——短期连续脉冲负荷连续运行的时间, 例如 8h。

## B.2 竖直埋管换热器的钻孔长度计算宜符合以下要求:

### 1 制冷工况下, 竖直埋管换热器的钻孔长度可按下式计算:

$$L_c = \frac{1000Q_c[R_f+R_{pe}+R_b+R_s \times F_c+R_{sp} \times (1-F_c)]}{(t_{max}-t_{\infty})} \left( \frac{EER+1}{EER} \right) \quad (\text{式 B-9})$$

$$F_c = T_{c1}/T_{c2} \quad (\text{式B-10})$$

式中:

$L_c$ ——制冷工况下, 竖直埋管换热器所需钻孔的总长度 (m);

$Q_c$ ——水源热泵机组的额定冷负荷 (kW);

$EER$ ——水源热泵机组的制冷能效比;

$t_{max}$ ——制冷工况下, 埋管内传热介质设计平均温度, 通常取 32~34℃;

$t_{\infty}$ ——埋管区域岩土体的初始温度 (℃);

$F_c$ ——制冷运行份额;

$T_{c1}$ ——一个制冷季中水源热泵机组的运行小时数, 当运行时间取 1 个月时,  $T_{c1}$  为最热月份水源热泵机组的运行小时数;

$T_{c2}$ ——一个制冷季中的小时数, 当运行时间取 1 个月时,  $T_{c2}$  为最热月份的小时数。

### 2 供热工况下, 竖直埋管换热器钻孔的长度可按以下公式计算:

$$L_h = \frac{1000Q_h[R_f+R_{pe}+R_b+R_s \times F_h+R_{sp} \times (1-F_h)]}{(t_{\infty}-t_{min})} \left( \frac{COP-1}{COP} \right) \quad (\text{式 B-11})$$

$$F_h = T_{h1}/T_{h2} \quad (\text{式B-12})$$

式中:

$L_h$ ——供热工况下, 竖直埋管换热器所需钻孔的总长度(m);

$Q_h$ ——水源热泵机组的额定热负荷(kW);

$COP$ ——水源热泵机组的供热性能系数;

$t_{min}$ ——供热工况下, 埋管内传热介质设计平均温度, 通常取-2~6℃;

$F_h$ ——供热运行份额;

$T_{h1}$ ——一个供热季中水源热泵机组的运行小时数; 当运行时间取 1 个月时,  $T_{h1}$  为最冷月份水源热泵机组的运行小时数;

$T_{h2}$ ——一个供热季中的小时数; 当运行时间取 1 个月时,  $T_{h2}$  为最冷月份的小时数。

附 录 C  
(资料性附录)  
地埋管阻力损失计算

C.1 地埋管阻力损失计算应符合以下要求:

- 1 确定流量、公称直径和流体特性。
- 2 根据公称直径, 确定管道的内径。
- 3 计算管道的断面面积:

$$A = \frac{\pi}{4} \times d_j^2 \quad (\text{式 C-1})$$

式中:

$A$ ——管道的断面面积 ( $\text{m}^2$ );

$d_j$ ——管道的内径 ( $\text{m}$ )。

- 4 计算管内流体的流速:

$$v = \frac{G}{3600 \times A} \quad (\text{式 C-2})$$

式中:

$v$ ——管道内流体的流速 ( $\text{m/s}$ );

$G$ ——管道内流体的流量 ( $\text{m}^3/\text{h}$ )。

- 5 计算管道的雷诺数 ( $Re$ ),  $Re$  应大于 2300 以确保紊流:

$$Re = \frac{\rho v d_j}{\mu} \quad (\text{式 C-3})$$

式中:

$Re$ ——管内流体的雷诺数;

$\rho$ ——管内流体的密度 ( $\text{kg/m}^3$ );

$\mu$ ——管内流体的动力粘度 ( $\text{N s/m}^2$ ), 水及乙二醇溶液参数见表 C.0.1。

- 6 计算管段的沿程阻力:

$$P_d = 0.158 \times \rho^{0.75} \times \mu^{0.25} \times d_j^{-1.25} \times v^{1.75} \quad (\text{式 C-4})$$

$$P_y = P_d \times L \quad (\text{式 C-5})$$

式中:

$P_y$ ——计算管段的沿程阻力 ( $\text{Pa}$ );

$P_d$ ——计算管段单位管长的沿程阻力 ( $\text{Pa/m}$ );

$L$ ——计算管段的长度 ( $\text{m}$ )。

- 7 计算管段的局部阻力:

$$P_j = P_d \times L_j \quad (\text{式 C-6})$$

式中:

$P_j$ ——计算管段的局部阻力 ( $\text{Pa}$ );

$L_j$ ——计算管段管件的当量长度 ( $\text{m}$ ), 见表 C.0.2。

- 8 计算管段的总阻力损失:

$$P_z = P_y + P_j \quad (\text{式 C-7})$$

式中:

$P_z$ ——计算管段的总阻力损失 ( $\text{Pa}$ )。

表 C-1 水、乙二醇溶液的动力粘度 ( $\text{Ns/m}^2$ )

溶液温度	水	乙二醇溶液容积百分比浓度 (%)

(°C)		10	20	30	40
-5	—	—	3.65	5.03	7.18
0	0.001790	2.08	3.02	4.15	5.83
5	—	1.79	2.54	3.48	4.82
10	0.001304	1.56	2.18	2.95	4.04
15	—	1.37	1.89	2.53	3.44
20	0.001000	1.21	1.65	2.20	2.96
25	—	1.08	1.46	1.92	2.57
30	0.000801	0.97	1.30	1.69	2.26
35	—	0.88	1.17	1.50	1.99

注：引自 2005 ASHRAE Handbook —— Fundamentals

表 C-2 管件当量长度表

名义管径		弯头的当量长度 (m)				T 形三通的当量长度 (m)			
		90°标准型	90°长半径型	45°标准型	180°标准型	旁流三通	直流三通	直流三通后缩小 1/4	直流三通后缩小 1/2
3/8"	dn10	0.4	0.3	0.2	0.7	0.8	0.3	0.4	0.4
1/2"	dn12	0.5	0.3	0.2	0.8	0.9	0.3	0.4	0.5
3/4"	dn20	0.6	0.4	0.3	1.0	1.2	0.4	0.6	0.6
1"	dn25	0.8	0.5	0.4	1.3	1.5	0.5	0.7	0.8
5/4"	dn32	1.0	0.7	0.5	1.7	2.1	0.7	0.9	1.0
3/2"	dn40	1.2	0.8	0.6	1.9	2.4	0.8	1.1	1.2
2"	dn50	1.5	1.0	0.8	2.5	3.1	1.0	1.4	1.5
5/2"	dn63	1.8	1.3	1.0	3.1	3.7	1.3	1.7	1.8
3"	dn75	2.3	1.5	1.2	3.7	4.6	1.5	2.1	2.3
7/2"	dn90	2.7	1.8	1.4	4.6	5.5	1.8	2.4	2.7
4"	dn110	3.1	2.0	1.6	5.2	6.4	2.0	2.7	3.1
5"	dn125	4.0	2.5	2.0	6.4	7.6	2.5	3.7	4.0
6"	dn160	4.9	3.1	2.4	7.6	9.2	3.1	4.3	4.9
8"	dn200	6.1	4.0	3.1	10.1	12.2	4.0	5.5	6.1

注：引自《地源热泵工程技术指南》(Ground-source heat pump engineering manual)。

附 录 D  
(资料性附录)  
地埋管外径及壁厚

D.1 聚乙烯 (PE) 管外径及公称壁厚应符合表D-1 的规定。

表 D-1 聚乙烯 (PE) 管外径及公称壁厚 (mm)

公称外径 $d_n$	平均外径		公称壁厚/材料等级		
	最小	最大	公称压力		
			1.0MPa	1.25MPa	1.6MPa
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	252.3	14.8 <sup>+2.3</sup> /PE100	18.4 <sup>+3.6</sup> /PE100	22.7 <sup>+4.5</sup> /PE100
280	280.0	282.6	16.6 <sup>+3.3</sup> /PE100	20.6 <sup>+4.1</sup> /PE100	25.4 <sup>+5.0</sup> /PE100
315	315.0	317.9	18.7 <sup>+3.7</sup> /PE100	23.2 <sup>+4.6</sup> /PE100	28.6 <sup>+5.7</sup> /PE100
355	355.0	358.2	21.1 <sup>+4.2</sup> /PE100	26.1 <sup>+5.2</sup> /PE100	32.2 <sup>+6.4</sup> /PE100
400	400.0	403.6	23.7 <sup>+4.7</sup> /PE100	29.4 <sup>+5.8</sup> /PE100	36.3 <sup>+7.2</sup> /PE100

D.2 聚丁烯 (PB) 管外径及公称壁厚应符合表D-2 的规定。

表 D-2 聚丁烯 (PB) 管外径及公称壁厚 (mm)

公称外径 $d_n$	平均外径		公称壁厚
	最小	最大	

20	20.0	20.3	$1.9^{+0.3}$
25	25.0	25.3	$2.3^{+0.4}$
32	32.0	32.3	$2.9^{+0.4}$
40	40.0	40.4	$3.7^{+0.5}$
50	49.9	50.5	$4.6^{+0.6}$
63	63.0	63.6	$5.8^{+0.7}$
75	75.0	75.7	$6.8^{+0.8}$
90	90.0	90.9	$8.2^{+1.0}$
110	110.0	111.0	$10.0^{+1.1}$
125	125.0	126.2	$11.4^{+1.3}$
140	140.0	141.3	$12.7^{+1.4}$
160	160.0	161.5	$14.6^{+1.6}$

附 录 E  
(规范性附录)  
地源热泵系统水压试验

E.1 试验压力:

- 1 当工作压力小于等于 1.0MPa 时, 试验压力应为工作压力的 1.5 倍, 且不应小于 0.6MPa;
- 2 当工作压力大于 1.0MPa 时, 试验压力应为工作压力加 0.5MPa。

E.2 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。

E.3 地埋管换热系统水压试验应符合以下要求:

1 竖直地埋管换热器下入钻孔前, 应做第一次水压试验, 在试验压力下, 稳压至少 15min, 稳压后压力降不应大于 3%, 且无泄漏现象; 将其密封后, 在有压状态下插入钻孔, 完成灌浆之后保压 1h。水平地埋管换热器放入沟槽前, 应做第一次水压试验, 在试验压力下, 稳压至少 15min, 稳压后压力降不应大于 3%, 且无泄漏现象;

2 竖直或水平地埋管换热器与环路集管(或中间集、分水器)连接完成后, 应进行第二次水压试验。在试验压力下, 稳压至少 30min, 稳压后压力降不应大于 3%, 且无泄漏现象;

3 环路集管(或中间分、集水器)与机房分、集水器连接完成后, 回填前应进行第三次水压试验。在试验压力下, 稳压至少 2h, 且无泄漏现象;

4 地埋管换热系统全部安装完毕, 且冲洗、排气及回填完成后, 应进行第四次水压试验。在试验压力下, 稳压至少 12h, 稳压后压力降不应大于 3%;

5 地埋管换热器位于建筑物基础下部, 先敷设埋管后开挖基坑的工程, 在基坑开挖完成后, 竖直地埋管换热器和环路集管连接前, 宜增加一次水压试验, 以检验竖直地埋管的完好性。在试验压力下, 稳压至少 15min, 稳压后压力降不应大于 3%。

E.4 闭式地表水换热系统水压试验应符合以下要求:

1 换热盘管组装完成后, 应做第一次水压试验。在试验压力下, 稳压至少 15min, 稳压后压力降不应大于 3%, 且无泄漏现象;

2 换热盘管与环路集管装配完成后, 应进行第二次水压试验。在试验压力下, 稳压至少 30min, 稳压后压力降不应大于 3%, 且无泄漏现象;

3 环路集管与机房分、集水器连接完成后, 应进行第三次水压试验。在试验压力下, 稳压至少 12h, 稳压后压力降不应大于 3%。

E.5 开式地表水换热系统水压试验, 应符合现行国家标准《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243 的相关规定。

附 录 F  
(资料性附录)  
地下水换热系统总取水量的确定

F.1 夏季水源热泵机组按制冷工况运行时，地下水换热系统的总取水量可按式 F-1 确定。

$$G = \frac{Q_c + N_c}{C_p(t_2 - t_1)} \quad (\text{式 F-1})$$

式中：

$G$ ——地下水换热系统总取水量 (kg/s)；

$t_1$ ——进入换热器的地下水水温 (°C)；

$t_2$ ——离开换热器的地下水水温 (°C)；

$C_p$ ——地下水的定压比热容[kJ/(kg·°C)]；

$Q_c$ ——建筑物空调冷负荷 (kW)；

$N_c$ ——热泵机组制冷输入功率 (kW)。

在直接地下水换热系统中，换热器为热泵机组的冷凝器；在间接地下水换热系统中，换热器为中间换热器。进入换热器的地下水温，应考虑管道、水泵的温升。

F.2 冬季水源热泵机组按制热工况运行时，地下水换热系统的总取水量可按式 F-2 确定。

$$G = \frac{Q_h - N_h}{C_p(t_2 - t_1)} \quad (\text{式 F-2})$$

式中：

$G$ ——地下水换热系统总取水量 (kg/s)；

$t_1$ ——进入换热器的地下水水温 (°C)；

$t_2$ ——离开换热器的地下水水温 (°C)；

$C_p$ ——地下水的定压比热容[kJ/(kg·°C)]；

$Q_h$ ——建筑物空调热负荷 (kW)；

$N_h$ ——热泵机组制热输入功率 (kW)。

在直接地下水换热系统中，换热器为热泵机组的蒸发器；在间接地下水换热系统中，换热器为中间换热器。进入换热器的地下水温，应考虑管道温降、水泵的温升。

附 录 G  
(资料性附录)  
地源热泵系统能效计算与评价

G.1 测试数据计算方法

1 机组制冷量可由下式计算:

$$Q_c = \rho_{e,w} V_e c_{e,w} (T_{e,in} - T_{e,out}) / 3600 \quad (\text{式 G-1})$$

式中  $Q_c$ ——机组制冷量 (kW);  
 $\rho_{e,w}$ ——蒸发器侧水密度 ( $\text{kg/m}^3$ );  
 $V_e$ ——机组蒸发器侧流体的体积流量 ( $\text{m}^3/\text{h}$ );  
 $c_{e,w}$ ——蒸发器侧水的定压比热 [ $\text{kJ/kg} \cdot \text{K}$ ];  
 $T_{e,in}$ ,  $T_{e,out}$ ——机组蒸发器侧流体的进、出口温度 ( $^{\circ}\text{C}$ ).

2 机组制热量可由下式计算:

$$Q_h = \rho_{c,w} V_c c_{c,w} (T_{c,out} - T_{c,in}) / 3600 \quad (\text{式 G-2})$$

式中  $Q_h$ ——机组制热量 (kW);  
 $\rho_{c,w}$ ——冷凝器侧水密度 ( $\text{kg/m}^3$ );  
 $V_c$ ——机组冷凝器侧流体的体积流量 ( $\text{m}^3/\text{h}$ );  
 $c_{c,w}$ ——冷凝器侧水的定压比热 [ $\text{kJ/kg} \cdot \text{K}$ ];  
 $T_{c,in}$ ,  $T_{c,out}$ ——机组冷凝器侧流体的进、出口温度 ( $^{\circ}\text{C}$ ).

3 累计制冷量可由下式计算:

$$Q_{c,t} = \sum Q_c \Delta t \quad (\text{式 G-3})$$

式中  $Q_{c,t}$ ——测试期间系统累计制冷量 (kWh);  
 $\Delta t$ ——数据采集时间间隔。

4 累计制热量可由下式计算:

$$Q_{h,t} = \sum Q_h \Delta t \quad (\text{式 G-4})$$

式中  $Q_{h,t}$ ——测试期间系统累计制热量 (kWh)。

5 系统累计耗电量可由下式计算:

$$N_{s,t} = \sum N_i \Delta t + \sum N_j \Delta t \quad (\text{式 G-5})$$

式中  $N_{s,t}$ ——测试期间系统累计耗电量 (kWh);  
 $N_i$ ——热泵机组的输入功率 (kW);  
 $N_j$ ——水泵等设备输入功率 (kW)。

6 热泵机组制冷能效比、制热性能系数可由下式计算:

$$EER = \frac{Q_{c,t}}{N_i \Delta t} \quad (\text{式 G-6})$$

$$COP = \frac{Q_{h,t}}{N_i \Delta t} \quad (\text{式 G-7})$$

式中  $EER$ ——热泵机组的制冷能效比;  
 $COP$ ——热泵机组的制热性能系数。

7 地源热泵系统制冷能效比、制热性能系数可由下式计算:

$$EER_s = \frac{Q_{c,t}}{N_{s,t}} \quad (\text{式 G-8})$$

$$COP_s = \frac{Q_{h,t}}{N_{s,t}} \quad (\text{式 G-9})$$

式中  $EER_s$ ——地源热泵系统的制冷能效比;  
 $COP_s$ ——地源热泵系统的制热性能系数。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/338124076132006137>