

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） 竖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。

3.2

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 3000m²时，宜进行岩土热响应试验；应用建筑面积大于 3000m²时，应进行岩土热响应试验；应用建筑面积大于 10000m²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 2500m²时，勘探孔数量不少于 1 个；
- 3 埋管区域面积大于 2500m²、小于等于 10000m²时，勘探孔数量不少于 2 个；
- 4 埋管区域面积大于 10000m²时，每增加 10000m²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 5000m² 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，单层管埋设深度宜为 1.2~2.0m，双层管宜为 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地埋管数不宜超过 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）连接的竖直地埋管环路数宜相等。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式(6.5.4)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)；
 ρ ——地埋管中流体密度 (kg/m³)；
 g ——重力加速度 (m/s²)；

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 $15\text{mm} \times 15\text{mm}$ 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°C 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。井孔直径除能不下入井管外，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，并应完成施工组织设计。

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 条水平地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/T19409 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, m^3/h ;

Q ——板式热交换器需要提供的冷（热）量，kW；

Δt ——地下水的设计温升或温降，℃。

9.3.5 水泵扬程为管路、管件、板式换热器、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℃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℃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：

λ_s ——岩土综合导热系数(m·℃/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下式计算:

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

式中:

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

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 $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})]$ 。

2 U形管的管壁热阻可按下式计算:

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

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

式中:

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

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

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下式计算:

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

式中:

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

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

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($\text{m} \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$);

I ——指数积分公式, 可按公式B.0.1-6计算;

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

a ——岩土体的热扩散率 (m^2/s);

r_b ——钻孔的半径 (m);

τ ——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下式计算:

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

式中:

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

τ ——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_{∞} ——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 (m^2);

d_j ——管道的内径 (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 (m/s);

G ——管道内流体的流量 (m^3/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;

ρ ——管内流体的密度 (kg/m^3);

μ ——管内流体的动力粘度 ($\text{N} \cdot \text{s}/\text{m}^2$), 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 (Pa);

P_d ——计算管段单位管长的沿程阻力 (Pa/m);

L ——计算管段的长度 (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 (Pa);

L_j ——计算管段管件的当量长度 (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 (Pa)。

表 C-1 水、乙二醇溶液的动力粘度 (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 ^{+0.5} /PE80	—
32	32.0	32.3	—	3.0 ^{+0.5} /PE80	3.0 ^{+0.5} /PE100
40	40.0	40.4	—	3.7 ^{+0.6} /PE80	3.7 ^{+0.6} /PE100
50	50.0	50.5	—	4.6 ^{+0.7} /PE80	4.6 ^{+0.7} /PE100
63	63.0	63.6	4.7 ^{+0.8} /PE80	4.7 ^{+0.8} /PE100	5.8 ^{+0.9} /PE100
75	75.0	75.7	4.5 ^{+0.7} /PE100	5.6 ^{+0.9} /PE100	6.8 ^{+1.1} /PE100
90	90.0	90.9	5.4 ^{+0.9} /PE100	6.7 ^{+1.1} /PE100	8.2 ^{+1.3} /PE100
110	110.0	111.0	6.6 ^{+1.1} /PE100	8.1 ^{+1.3} /PE100	10.0 ^{+1.5} /PE100
125	125.0	126.2	7.4 ^{+1.2} /PE100	9.2 ^{+1.4} /PE100	11.4 ^{+1.8} /PE100
140	140.0	141.3	8.3 ^{+1.3} /PE100	10.3 ^{+1.6} /PE100	12.7 ^{+2.0} /PE100
160	160.0	161.5	9.5 ^{+1.5} /PE100	11.8 ^{+1.8} /PE100	14.6 ^{+2.2} /PE100
180	180.0	181.7	10.7 ^{+1.7} /PE100	13.3 ^{+2.0} /PE100	16.4 ^{+3.2} /PE100
200	200.0	201.8	11.9 ^{+1.8} /PE100	14.7 ^{+2.3} /PE100	18.2 ^{+3.6} /PE100
225	225.0	227.1	13.4 ^{+2.1} /PE100	16.6 ^{+3.3} /PE100	20.5 ^{+4.0} /PE100
250	250.0	252.3	14.8 ^{+2.3} /PE100	18.4 ^{+3.6} /PE100	22.7 ^{+4.5} /PE100
280	280.0	282.6	16.6 ^{+3.3} /PE100	20.6 ^{+4.1} /PE100	25.4 ^{+5.0} /PE100
315	315.0	317.9	18.7 ^{+3.7} /PE100	23.2 ^{+4.6} /PE100	28.6 ^{+5.7} /PE100
355	355.0	358.2	21.1 ^{+4.2} /PE100	26.1 ^{+5.2} /PE100	32.2 ^{+6.4} /PE100
400	400.0	403.6	23.7 ^{+4.7} /PE100	29.4 ^{+5.8} /PE100	36.3 ^{+7.2} /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下式确定。

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

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下式确定。

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

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 (kg/m^3);

V_e ——机组蒸发器侧流体的体积流量 (m^3/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 (kg/m^3);

V_c ——机组冷凝器侧流体的体积流量 (m^3/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);

Δt ——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。

- G.2 热泵机组的能效指标及其要求应符合以下规定：
- G.2.1 热泵机组制冷能效比、制热性能系数应符合表 G-1 的规定。

表 G-1 热泵机组制冷能效比（EER）、制热性能系数（COP）限值

机组类型	名义制冷量 CC(kW)	EER	COP
活塞式/涡旋式	$CC \leq 528$	4.20	3.20
螺杆式	$CC \leq 528$	4.80	3.60
	$528 < CC \leq 1163$	5.20	4.00
	> 1163	5.60	4.40
离心式	$CC \leq 1163$	5.30	4.10
	$1163 < CC \leq 2110$	5.60	4.50
	> 2110	5.90	4.80

- G.2.2 热泵机组的实测制冷能效比、制热性能系数应符合设计文件的规定与要求。

- G.3 地源热泵系统的能效指标及其要求应符合以下规定：
- 地源热泵系统制冷能效比、制热性能系数应符合表 G-2 的规定。

表 G-2 地源热泵系统制冷能效比（EER）、制热性能系数（COP）限值

	EER_s	COP_s
限值	≥ 3.0	≥ 2.6

- G.4 地源热泵系统性能共分 3 级，1 级最高，级别应按表 G.0.4 进行划分。

表 G-3 地源热泵系统性能级别划分

工况	1 级	2 级	3 级
制热性能系数（COP）	$COP_s \geq 3.5$	$3.5 > COP_s \geq 3.0$	$3.0 > COP_s \geq 2.6$
制冷能效比（EER）	$EER_s \geq 3.9$	$3.9 > EER_s \geq 3.4$	$3.4 > EER_s \geq 3.0$

- G.5 地源热泵系统性能分级评价应符合下列规定：
- 1 当地源热泵系统仅单季使用时，即只用于供热或制冷，评价性能级别判别应根据表 G-3 中对应的季节性能值进行分级。
- 2 当地源热泵系统双季使用时，如果制冷能效比和制热能效系数级别相同时，评价性能级别应与此级别相同，如果不同时评价性能级别应与其中较低级别相同。

本规范用词说明

- 1 为便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：
 - 1) 表示很严格，非这样做不可的：
正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
 - 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；
 - 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；
表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。
- 2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

湖北省地方标准

地源热泵系统工程技术规程
(报批稿)

条文说明

目 次

1 范围..... 33

3 术语..... 33

4 工程勘察..... 33

5 可行性评价..... 35

6 地埋管换热系统..... 36

7 地下水换热系统..... 41

8 地表水换热系统..... 43

9 建筑物内系统..... 46

10 整体运转、调试与验收..... 48

11 监测与控制..... 48

附 录 A（规范性附录） 岩土热响应试验 51

附 录 B（资料性附录） 竖直地埋管换热器的设计计算..... 54

附 录 C（资料性附录） 地埋管阻力损失计算 56

附 录 D（资料性附录） 地埋管外径及壁厚 57

附 录 E（规范性附录） 地源热泵系统水压试验..... 58

附 录 G（资料性附录） 地源热泵系统能效计算与评价 59

1 范围

本规程适用于利用岩土体、地下水、地表水作为冷热源的地源热泵系统，其中地表水包括江、河、湖、水库和景观水体等。对于新建、改建和扩建的民用建筑，其地源热泵系统设计，应符合本规程的相关规定。

3 术语

3.16

为确保地埋管换热器的施工质量，一般采用单个或多个地埋管换热器与中间集、分水器进行连接，组成地埋管换热器环路，各地埋管换热器环路再通过环路集管连接至地源热泵机房。

3.18

成井工艺是指包括钻井、探井、换浆、井管安装、填砾、封堵止水以及洗井、抽水试验、采集水样等工序的施工工艺总称。应根据不同的水文地质条件选择采用相应的钻进方法和成井技术措施，并严格按照规范要求进行实施，确保热源井的施工质量。

3.25

勘探孔是指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。勘探孔应根据拟采用的地源热泵系统形式和相关规范要求钻进完成。

3.21

复合式冷热源系统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。湖北省的气候条件下，不同类型的建筑根据其功能和使用情况，其供冷供热负荷差异较大，应通过其负荷分析及与地源侧换热器的匹配来选择辅助散（加）热形式和设备，组成复合式地源热泵系统。

4 工程勘察

4.1 一般规定

地源热泵系统以岩土体、地下水、地表水为低温冷热源，查明岩土体、地下水、地表水源的分布特征及变化规律，是工程设计的前提条件。因此，工程场地状况调查和工程勘察是地源热泵系统工程建设的一项重要工作。

湖北省已完成武汉、襄阳、宜昌、黄石、十堰、荆州、荆门、鄂州、黄冈、孝感、咸宁、随州、恩施等13个主要城市的浅层地热能调查评价工作，充分利用已有资料，有利于合理确定勘察方案，提高勘察成果质量。地源热泵系统工程勘察应按照相关标准和规范执行。

地源热泵系统工程勘察的专业性很强，应由具有勘察资质的专业机构承担。其中地埋管换热系统应由具有地质勘察或岩土工程勘察资质的单位承担，地下水换热系统和地表水换热系统应由具有水文地质勘察资质的单位承担。

工程场地可利用面积应满足修建地下水抽水井和回灌井（地下水换热系统）或修建地表水抽水构筑物（地表水换热系统）或埋设水平或竖直地埋管换热器（地埋管换热系统）的需要。同时应满足操作和置放施工机具及敷设室外管网的需要。

4.2 地埋管换热系统勘察

地埋管换热系统勘察主要在于查明拟建场地的地质条件，获得岩土体热物性参数和地下水赋存情况，为工程设计及施工提供依据。

岩土体热物性指岩土体热物性参数，包括岩土体导热系数、密度及比热等。测定方法可采用实验室法或现场测定法。

1 实验室法：对勘探孔不同深度的岩土体样品进行测定，取样间距需结合湖北省地层特点确定，不宜大于6m，并以其深度加权平均，计算该勘探孔的岩土体热物性参数；对探槽不同水平长度的岩土体

样品进行测定,并以其长度加权平均,计算该探槽的岩土体热物性参数。试样应保持岩土原有结构和含水量,主要岩土层的样品数量宜不少于3件。

2 现场测试法:即岩土热响应试验,岩土热响应试验详见附录A。

岩土体的破碎程度对埋管换热孔施工设备选型、施工工艺确定有较大影响,其形成与风化作用密切相关。微风化,岩体完整性较好,风化裂隙少见;弱风化,岩体一般完好,原岩结构构造清晰,风化裂隙尚发育,时夹少量岩屑;强风化,岩体强烈破碎,呈岩块、岩屑,时夹粘性土;全风化,呈土状、或粘性土夹碎屑,结构已彻底改变,呈松散状或仅外观保持原岩状态,用手可折断、捏碎。

槽探是为了解岩土体构造线和破碎带宽度、地层和岩性界限及其延伸方向等在地表挖掘探槽的工程勘察技术。探槽应根据场地形状确定,探槽的深度一般超过埋管深度1m。

钻探方案应根据场地大小确定,勘探孔的深度应比钻孔至少深5m。钻探方法根据场地岩层性质采用冲击钻探、回转钻探或冲击回转钻探。

考虑湖北省目前地埋管地源热泵系统应用特点,结合国内外已有的经验,为了保证大、中型地埋管地源热泵系统安全运行和节能效果,在充分考虑到我省各区域地层特点的情况下作此规定。岩土体热响应试验应提供岩土体热物性参数及具有连续自动数据纪录的测试数据报告书。

湖北省处于中国地势第二级阶梯向第三级阶梯过渡地带,以第四系地层为主,岩土体类型多样,勘探孔数量需依据地层特点和工程勘察经验确定,但应保证每个工程地质单元应至少有1个勘探孔。勘察过程可参照《岩土工程勘察规范》GB50021和《供水水文地质勘察规范》GB50027进行。

由于拟建工程场地条件的多样性,很难对勘察孔的布置方式作出统一规定,本条文仅提出原则性要求。通常情况下,当勘察孔数量为2个时,可在中心控制线两端或场地对角线两端布置;3个以上时,可根据拟建工程场区的实际情况采用“之”型、梅花型等钻孔布置方式。

为保证勘察工作的顺利进行和取土、取样质量,依据湖北省地层岩性特点和常用的钻进孔深度,采用取芯钻进的钻探方式。

在钻探过程中应做好地质编录工作,地质编录内容包括:回次深度、岩土层名称、颜色、状态、层理、包含物及取样深度、静止水位等,应由具有实际工程经验的专业人员担任。

岩土热响应试验宜采用恒热流法,试验方法和技术要求见附录A。测试仪器所配置的计量仪表,如流量计、温度传感器等,应满足测试精度与要求。

本条仅规定了勘察报告应包括的基本内容,勘察人员可根据工程需要和勘察工作实际情况,适当变更勘察报告的内容。

1 项目概况:包括拟建项目的功能、规模、冷热负荷需求、冷热源设置等;

2 勘察工作概况:包括任务要求、执行的技术标准、勘察手段、技术方法、勘察工作的布置及完成情况等;

3 工程场地状况:应根据工程场地应用现状调查结果,对场地范围、大小、地形地貌、已有建筑物及地下建(构)筑物等情况进行描述和分析;

4 岩土体特征及分布:工程场地岩土类型及其分布、地温场特征;

5 水文地质特征:工程场地地下水含水层分布和地下径流速度;

6 岩土体热物性:应包括岩土体热物性参数、热响应试验成果、试验条件下的地埋管换热能力等。

7 岩土体硬度及可钻性:钻进时岩石抵抗机械破碎能力的量化指标,包括岩土体硬度指标、钻进速度和钻井成本等;

8 环境影响分析:分析项目建成投产后可能对环境产生的影响,并提出污染防治对策和措施;

9 结论和建议:应根据拟建工程场地条件、地层及其热物性特征对地埋管地源热泵系统适宜性作出评价;对系统形式、可埋管区域、埋管深度、埋管间距、埋管布局、钻进方式和施工组织等在设计和施工中应注意的问题等提出建议。

4.3 地下水换热系统勘察

水文地质勘察一般要求包含完整的水文地质单元,水文地质单元的区域往往远大于工程建设场地。当缺乏区域性水文地质资料时,仅对工程建设场地的水文地质进行勘察,范围明显不足,而范围过大也不现实,因此,应采取必要的地质测绘、物探等手段。由于物探成果具有多解性,因此一方面应选择有效的方法综合探测,另一方面需要与钻探成果相互验证,以获得明确的结论。水文地质试验、动态监测是获取水文地质参数和资源评价的重要手段。

在可行性研究阶段,必选的勘察方法为测绘、钻探,可选方法为测试、动态监测;在详细勘察阶段,必选方法为测绘、钻探、测试、动态监测,可选方法为物探。

通过勘察,查明拟建热源井场地的水文地质条件,即场地所在区域地下水的分布、埋藏,地下水的补给、

径流、排泄条件以及水质和水量等特征。对地下水资源作出可靠评价,提出地下水合理利用方案,并预测地下水的动态及其对环境的影响,为热源井设计和布置提供依据。

地下水示踪试验是水流方向测定的主要途径和有效手段。在工程场地的某个部位投放能随地下水运动的示踪剂,并在预期可能到达的部位进行接收检测,根据检测结果,综合分析和评价场区的水力联系、判断地下水流的通道、地下水流的主导方向等水文地质条件。

渗透系数指单位时间内通过单位断面的流量(m^3/d),一般用来衡量地下水在含水层中径流的快慢。

干扰井试验是在多个抽水井中同时抽水,造成降落漏斗相互重叠干扰的抽水试验,地源热泵工程中一般采用干扰井群抽水试验,研究相互干扰下抽水井涌水量与水位降深的关系。

地下水抽取过程中水位降深过大时会形成一定范围内的降落漏斗,在不同类型建筑的承压之下可能会产生沉降和倾斜。长江、汉江一级阶地表层多沉积有淤泥、淤泥质土层及粉土粉砂互层、夹层等,对抽水沉降敏感,应根据需水量、含水层埋藏条件、抽水设备吸(扬)程以及防止有害地质作用等要求控制试验及工程取水水位下降深度。

岩溶发育地区普遍存在洞穴,且埋藏浅、分布密,顶部岩土体强度低,在地下水取水过程中可能引起地面坍塌,不同程度地威胁建筑物的安全和正常使用。进行地下水换热系统勘察时,应根据岩溶发育地区的地层、构造及水文地质情况进行可行性评价,并给出是否能取水的明确结论。

勘探井数量应依据地源热泵系统空调负荷、水文地质条件和类似工程实际使用情况综合确定,但应保证每个水文地质单元应至少有 1 个勘探井。

水文地质勘探井是为查明水文地质条件、地层结构,获取所需的水文地质资料而按水文地质钻探要求施工的钻井,完成后应作为热源井使用。热源井的钻探和成井施工专业性较强,为保证热源井成井质量,应由水文地质专业人员进行全过程监理。

本条规定了勘察报告应包括的基本内容,报告中的项目概况、勘察工作概况、工程场地状况可参照 4.2.9 条文说明的要求编写。

5 水井成井工艺:有目的性的疏通和封闭含水层的工艺步骤,主要包括钻孔、冲孔、换浆、安装井管、填砾、止水和试抽灌等工艺过程;

6 群井取水(回灌)场地水力特征和温度场影响预测:包括地下水流向、流速、降深等;多井取水(回灌)时取水、回灌量的变化、场地温度场分布以及“热贯通”现象的防范建议;

7 取水(回灌)对周边建(构)筑物的影响评价:长期周期性的取水(回灌)对周边地质状况和建筑物的影响分析;

8 取水(回灌)对生态和环境的影响评价:取水(回灌)过程改变了地下水的温度和水量的空间分布,评价其对生态和环境的影响;

9 结论和建议:根据工程勘察和试验结果对拟建场地地下水利用作出可行性评价,给出地下水合理利用方案,并提出在设计 and 施工中应注意的问题。

4.4 地表水换热系统勘察

地表水源资源和取水条件是能否应用地表水水源热泵系统的基础,应根据地表水换热系统的工程勘察结果选择适宜的地表水换热系统。水工构筑物的岩土工程勘察,应按照相关标准和规范执行。

由于受气候的影响,通常地表水水温、水量、水质在不同季节会呈现规律性变化,因此,地表水地源热泵系统必须在充分了解水源长期动态变化规律的情况下进行实施。如地表水水温、水位及流量勘察应包括近 20 年最高和最低水温、水位及最大和最小水量;地表水水质勘察应包括:引起腐蚀与结垢的主要化学成分,地表水源中含有的水生物、细菌类、固体含量及盐碱量等。

本条规定了勘察报告应包括的基本内容,报告中的项目概况、勘察工作概况、工程场地状况可参照 4.2.9 条文说明的要求编写。

5 取水建(构)筑物地基基础分析与评价:1)分析所在场地地基的稳定性和承载能力;2)分析取水构筑物场地施工条件、工程量和工期,评价实施和经济可行性;

6 取(退)水对防洪、航道的影响评价:评价取退水设计对航运、灌溉、排洪、水力发电等方面的影响和河流的综合利用效果;

7 取(退)水对生态和环境的影响评价:评价取退水过程中水温、水质和水量等变化对生态和环境的影响;

8 结论和建议:应根据勘察结果对采用地表水地源热泵系统适宜性作出评价;对系统形式,取、退口位置及路线、用水量及设计、施工应注意的问题等提出建议。

5 可行性评价

地源热泵系统可行性评价是地源热泵系统设计及实施的依据和基础。

根据国家、湖北省可再生能源发展战略和规划,在新建、改建、扩建民用建筑项目中,宜将节能、环保、可再生能源利用的地源热泵系统作为建筑供热供冷系统的冷热源比选方案。结合能源政策、浅层地热能资源条件、建筑空调冷热负荷特点、节能与环保要求等,进行多方案综合比较,当技术经济合理时,应优先采用地源热泵系统,达到经济合理利用能源的目的。

在项目规划设计阶段,应在充分了解当地法规、政策、能源条件与价格及浅层地热能勘察结果的基础上,对项目进行技术、经济、安全可行性评估,编制地源热泵系统可行性评估(研究)报告。地埋管地源热泵技术适用性强,主要做技术经济评价;地下水地源热泵技术受限于水文地质条件,既要做技术经济评价,也要做地质环境评价;地表水地源热泵技术是利用江、河、湖、库等水体,受资源条件、行船、作业约束,既要做技术经济评价,也要做环境、安全评价。

可行性评估(研究)报告可作为地源热泵系统工程立项的主要依据之一。**4.0.2** 可行性评价报告应重点进行系统方案设计与比选、经济性分析、节能性分析、环境影响预测,并提出项目应用地源热泵系统的适宜性建议。

6 地埋管换热系统

一般规定

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。预留重型设备的车道位置可避免地下敷设埋管变形甚至压坏。

地埋管换热器有水平和竖直两种埋管方式。当可利用地表面积较大,浅层岩土体的温度及热物性受气候、雨水、埋设深度影响较小,且场地开挖工作量不大的小型项目,宜采用水平地埋管换热器。不满足上述条件时,宜采用竖直地埋管换热器。针对湖北省气候、岩层地质条件和实际工程应用情况,对建筑面积大于 3000 平方米的工程项目,采用竖直地埋管换热器是较经济合理的。

在条件允许或没有合适的室外用地时,竖直地埋管换热器还可以利用建筑物的混凝土基桩埋设,即将 U 形管敷设在管桩内或捆扎在基桩的钢筋网架上,然后浇灌回填料或混凝土,使 U 形埋管换热器固定在基桩内。

地埋管换热性能主要受岩土体热物性、建筑负荷特性、水文地质情况、气候、井群布置等影响,是一个复杂的瞬态传热过程,其长度宜采用专业的软件动态计算。现场测得的单位长度换热量在设计时只能作为参考,不能作为地埋管换热器长度计算依据。

地源热泵系统的冷热负荷是系统设计的基础之一。湖北省建筑全年空调冷、热负荷共存,不平衡特性明显,如需提供生活热水,则负荷更为复杂。因此,在方案设计阶段,一般可依据经验或有关资料进行估算。为应对岩土体热堆积问题,确保系统可靠性,宜根据负荷情况与其它空调冷热源组成复合式冷热源系统。

大中型建筑功能复杂,各功能区空调系统运行时段不一,大多数处于部分负荷工况。利用建筑物的部分负荷特性,能进行水源热泵机组与地埋管换热器分区的调配运行,有利于提高换热效率和地下温度场的恢复。同时地埋管换热器分区设置也有利于减少岩土体的换热强度,便于系统分区管理、维护,提高地埋管换热系统使用的可靠性。

保持紊流状态是确保系统及时排气和加强换热。地埋管换热器内管道推荐流速:双 U 形埋管不宜小于 0.4m/s,单 U 形埋管不宜小于 0.6m/s。地埋管换热器环路采用同程布置有利于水力平衡及降低压力损失。利用建筑物桩基和底板下的空间敷设地埋管换热器可有效降低钻孔成本,增加埋管数量。但在施工操作上常需要与其他专业交叉、配合和衔接。因此,应根据埋管方式进行详细的施工组织设计,与桩基和土建施工方密切配合,综合考虑地埋管绑扎、混凝土浇灌、成品保护及对桩基底板、防水的影响等各种因素。

地埋管换热器靠近机房或以机房为中心设置是为了缩短供、回水集管的长度,降低输送能耗。地埋管换热器远离水井及室外排水设施,是为了减少水井及室外排水设施的影响,一般应与排水设施保持至少 0.7m 的间距。

目的在于增加地埋管换热系统的安全性、可靠性。一般应在分水器或集水器上预留充液管,在系统循环回路上设开式膨胀水箱或闭式稳压罐,安装压力表、温度计、流量计等基本仪器与部件。

冲洗施工时遗留在地埋管内部的杂物,以防止地埋管换热系统堵塞。

地埋管换热介质中存在的空气会对地源热泵系统带来很多不利影响。积聚的气体产生气阻,造成系统阻力不平衡,系统循环不畅,产生噪音、气蚀。这些问题会降低水泵的有效扬程和运行效率,减少设备及管网的使用寿命,降低传热效率,造成系统调试困难,应予以排除,否则直接影响整个系统的使用安全。

岩土体的温度场及其变化趋势是了解地源热泵系统运行工况、岩土体换热能力的重要参数，是调整地源热泵系统运行策略的重要依据和支持系统正常运行的重要手段。

地埋管换热器施工时会存在多个专业交叉作业和相互协调配合的问题，因此应进行详细的施工组织设计，各方统一协调和配合，以确保施工质量。

埋管区域不应以树木、灌木、花园等作为标识。

地埋管换热系统设计计算

全年动态冷、热负荷是指由地埋管地源热泵空调系统承担的全部负荷，如空调冷、热负荷，可能有的生活热水负荷。计算中应注意空调系统全年冷、热负荷与地埋管换热系统全年释热量、吸热量概念的不同，后者涉及水泵、热泵机组能耗转换的热量。地埋管换热系统设计应考虑全年释热量、吸热量的平衡问题，否则冷热失调将导致地埋管区域岩土体温度持续升高或降低，从而影响地埋管换热器的换热性能，降低地埋管换热系统的运行效率。

地源热泵系统最大释热量与建筑物的设计冷负荷相对应。包括：各空调分区内水源热泵机组释放到循环水中的热量（机组供冷量与压缩机耗功之和）、循环水在输送过程中得到的热量、水泵耗功释放到循环水中的热量。将上述三项热量相加就可得到供冷工况下释放到循环水中的总热量，即：

最大释热量 = $\sum[\text{空调分区冷负荷} \times (1 + 1/\text{EER})] + \sum\text{输送过程得热量} + \sum\text{水泵释热量}$

地源热泵系统最大吸热量与建筑物设计热负荷相对应。它包括：各空调分区内热泵机组从循环水中的吸热量（机组供热量，并扣除机组压缩机耗功）、循环水在输送过程中失去的热量并扣除水泵释放到循环水中的热量。将上述二项热量相加并扣除第三项就可得到供热工况下循环水中的总吸热量。即：

最大吸热量 = $\sum[\text{空调分区热负荷} \times (1 - 1/\text{COP})] + \sum\text{输送过程失热量} - \sum\text{水泵释热量}$

最大吸热量和最大释热量相差不大的工程，应分别计算供热与供冷工况下地埋管换热器的长度，取其大者确定地埋管换热器；当两者相差较大时，宜通过技术经济比较，与水冷冷水机组或冷却塔及其他冷热源设备组成复合式系统。

地埋管换热器的设计计算是地源热泵系统的重要设计内容。由于地埋管的换热性能受岩土体热物性和地下水流动等地质条件的影响很大，即使在同一地区，不同岩土体的热物性参数也有很大差别。为确保地埋管换热器的设计符合实际，通常在设计前需对现场岩土体热物性进行测定，并根据实测数据进行计算。此外，建筑物的全年动态负荷、岩土体的温度变化、换热管及传热介质的特性也都会影响它们的换热效果。由于地埋管换热器设计计算的特殊性及其复杂性，宜采用专用软件进行计算。这类软件应具有以下功能：

- 1 能计算或输入建筑物的全年动态负荷；
- 2 能计算岩土体的平均温度及地表温度波幅；
- 3 能模拟岩土体与换热管间的热传递及岩土体长期储热效果；
- 4 能计算岩土体、传热介质及换热管的热物性；
- 5 能对所设计系统的地埋管换热器结构如钻孔直径、换热管类型、回填情况等进行模拟。

在竖直地埋管换热系统中，环路水平连接集管的换热量可作为系统换热的冗余度。

利用岩土热响应试验进行地埋管换热器的设计，是将岩土综合热物性参数、岩土初始平均温度和吸/释热量输入专业软件，在夏季工况和冬季工况运行条件下进行动态耦合计算，通过控制地埋管换热器夏季运行期间出口最高温度和冬季运行期间进口最低温度，进行地埋管换热器的设计。

对冬夏运行期间地埋管换热器进出口温度的规定，是出于对地源热泵系统节能性的考虑，同时保证热泵机组的安全运行。夏季工况，如果地埋管换热器出口温度高于 33℃，地源热泵系统与常规的冷却塔运行工况相当，无法体现地源热泵系统的节能性；冬季工况，制定地埋管换热器出口温度限值，是为了防止温度过低，机组结冰，系统能效比降低。

水平地埋管换热系统设计

当埋管区域面积较大，浅层岩土体的温度及热物性受气候、雨水、埋设深度影响较小时，可采用水平地埋管换热器。常见的水平地埋管换热器有：水平直管式、垂直排圈式、水平排圈式、水平螺旋式等。设计时可根据不同的场地条件选择其中的一种形式，如图 6-1、图 6-2 所示。

湖北省冻土层厚度一般在 8~10cm，水平埋管埋设深度应以不受外界气温日变化影响和避免相互热干扰为宜，且要同时考虑对埋管的保护。合考虑，单层管埋深宜为 1.2~2.0m，双层管宜为 1.6~2.4m。对于年供冷和供暖负荷基本平衡的水平地埋管系统，可在挖掘机较经济的挖掘深度范围内（如 5.0m）布置地埋管，并可分层布置。

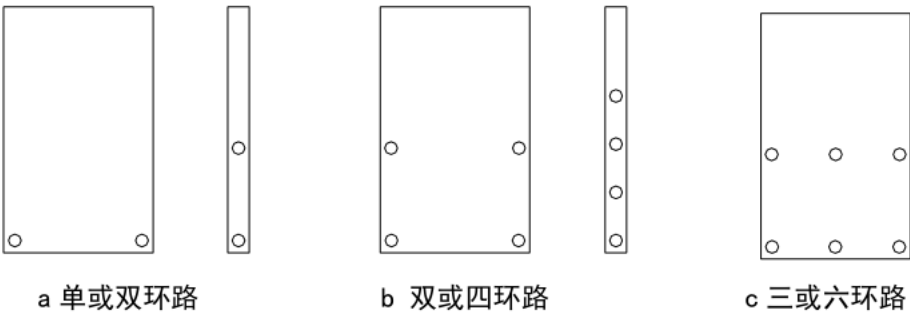


图 6-1 几种常见的直管式水平地埋管换热器形式

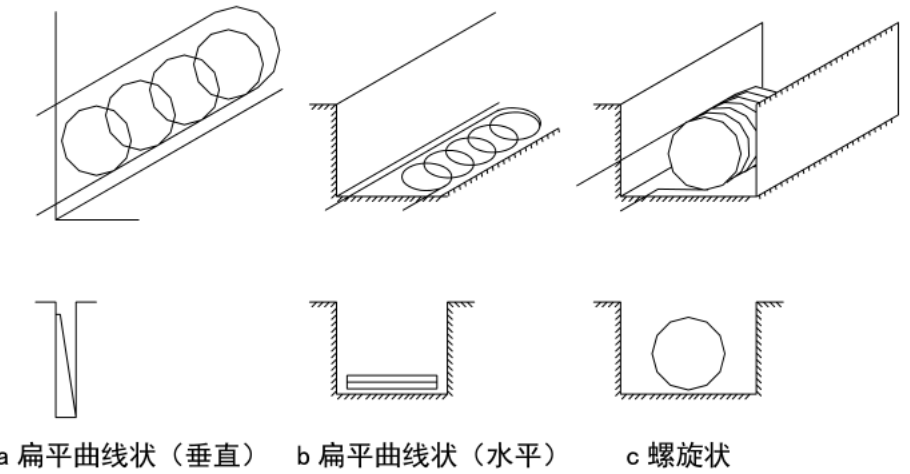


图 6-2 几种常见的曲线式水平地埋管换热器形式

竖直地埋管换热系统设计

竖直地埋管换热器具有占地少、工作性能稳定等优点，已成为工程应用中的主导形式。常见形式有单 U 形管、双 U 形管、螺旋管式和套管式等。

具备条件时，竖直地埋管换热器可以利用建筑物的桩基埋设，即将 U 形管、螺旋管捆扎在桩基的钢筋网架上，然后浇灌混凝土，使 U 形管、螺旋管固定在桩基内。

地埋换热管的埋管深度是综合考虑埋管区域面积、技术经济性及水系统承压等多方面因素给出的推荐值。为避免热短路，钻孔间距应通过计算确定。岩土体吸、释热量平衡时，宜取小值；反之，宜取大值。湖北地区冻土层厚度在 8~10cm，当水平环路集管距地面大于 1.5m 时，已在冻土层以下 0.6m。目的是确保系统及时排气和加强换热。

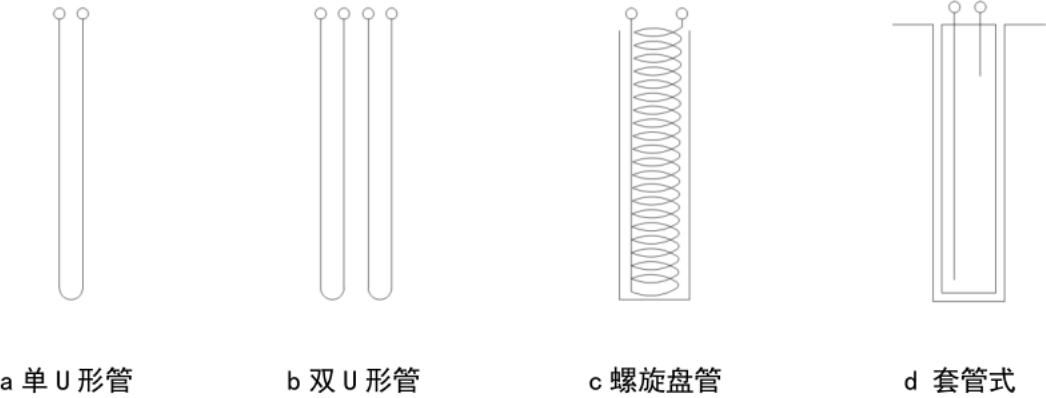


图 5.4.1 几种常见的竖直埋管换热器形式

埋管可根据项目情况采取与供回水环路集管连接或直接连接到中间分集水器，采用环路集管连接时，综合考虑水力平衡及系统安全性，每组连接的竖直换热管不宜超过 8 个。

供回水环路集管的间距不小于 0.6m，是为了减少供回水管间的热传递。

6.4.7 桩基埋管换热器的长度受制于桩基长度，应根据埋管形式考虑与竖直埋管换热器的水力平衡。

6.4.8 回填的目的是减少埋管换热器与周围岩土体的接触热阻，保证埋管的换热效果，使埋管换热系统稳定、高效运行。回填材料的导热性、抗渗性、经济性以及施工难易程度是选择回填材料的主要因素，不同地质条件对回填材料的性能要求不同。

回填料的导热系数一般不低于钻孔外岩土体的导热系数，但对于地质情况多为岩石的区域，回填料导热系数可低于岩土体导热系数。

埋管换热系统水力计算

6.5.1 埋管换热系统根据建筑负荷变化进行流量调节，可以节省运行电耗。

6.5.3 埋管换热系统不同位置承受的压力是不同的，最不利点并不一定是指埋管最低点。

如成孔为干孔，即钻孔完成后孔壁完整，孔内无地下水、泥浆等，这种情况下，埋管换热器安装完成后，换热器最低点承受压力最大，为最不利点。随着回填料的回填、地下水的渗透等，换热孔自下而上逐步密实，换热器会受到外部回填料、地下水等的压力，换热器不但内部承压，外部也承压，由于外部密度更大，外部压力会抵消内部压力，所以换热器最不利点会随着回填状况发生变化，回填密实无空腔的位置（通常是指地下水或地表水渗透到的位置）即为换热器最不利点。

如钻孔内有地下水，这种情况下，换热器安装完成后，由于孔外泥浆等的密度大于水的密度，水位以下的换热器外部所受压力增加大于内部压力增加，最不利点即为地下水位点。随着回填料的回填，地下水位发生变化，最不利点也发生变化，由于换热孔内地下水会挤压空隙，换热孔内压力会快速传递，地下水位最终与当地水位保持一致，最不利点即位于换热器与当地水位交界面。

综合以上两点，保守且简单的做法可以理解为，干孔内可以把 U 形管最低点视为最不利点，有地下水的情况下，把地下水位处视为最不利点。

6.5.4 埋管系统最大压力应小于管材的承压能力。埋管换热管的承压能力薄弱点在接头处，热熔连接处的承压值约为 1.0MPa，电熔连接处的承压值约为 1.6MPa。由于 U 形管的位置最低，可在地面上预先以电熔方式连接。如系统的最大工作压力是 1.5MPa，试验压力值不超过 1.6MPa。当承压过大时，需设置中间换热器。

6.5.5 根据埋管材料、施工和输送成本综合比较的经济比摩阻范围。考虑到大型工程埋管占地面积较大，埋管系统管线较长，可能还需要分区设置，此时连接分集水器和机组的集管部分管径、流量都较大，可按 100~300Pa/m 控制比摩阻，既满足排气要求，还可以降低环路阻力，节约水泵扬程和功耗。

埋管管材与传热介质

6.6.2 聚乙烯管应符合《给水用聚乙烯 (PE) 管材》GB/T 13663 的要求。聚丁烯管应符合《冷热水用聚丁烯 (PB) 管道系统》GB/T 19473.2 的要求。

6.6.3 传热介质的安全性包括毒性、易燃性及腐蚀性；介质的良好换热性能和较小的摩擦阻力系数是指具有较大的导热系数和较低的黏度。此外，可采用的其他传热介质有：氯化钠溶液、氯化钙溶液、乙二醇溶液、丙醇溶液、丙二醇溶液、甲醇溶液、乙醇溶液、醋酸钾溶液及碳酸钾溶液。

6.6.4 系统管道内通常采用水为传热介质，当系统水在冬季可能会冰冻时，应在水中加氯化钠、氯化钙等无机盐或乙二醇、丙二醇等有机化合物防冻。乙二醇水溶液相对安全、腐蚀性较低、具有较好的导热性能、价格适中，但在低温工况下黏度会增加，从而降低了系统效率。氯化钠、氯化钙等盐类水溶液具有安全、无毒、导热性能好、价格低等优点，其缺点是有空气时，对大部分金属具有很强的腐蚀性。

6.6.5 为了防止系统出现结冰，添加防冻剂后的传热介质的冰点宜比设计最低使用水温低 3~5℃。

埋管换热系统施工

6.7.3 埋管的质量对埋管换热系统至关重要。进入现场的埋管及管件应逐件进行外观检查，破损和不合格产品严禁使用。不得采用出厂已久的管材，宜采用近期制造出的管材。聚乙烯管应符合《给水用聚乙烯 (PE) 管材》GB/T 13663 的要求；聚丁烯管应符合《冷热水用聚丁烯 (PB) 管道系统》GB/T 19473.2 的要求，且具有质量检验报告、出厂合格证、说明书及相关性能检测报告等质量证明文件。

埋管运抵工地后，应用空气试压进行检漏试验。埋管及管件存放时，不得在阳光下暴晒。搬运和运输时，应做好相应的防护措施，小心轻放，采用柔韧性好的皮带、吊带或吊绳进行装卸，不应抛摔和沿

地拖曳。

6.7.4 地埋管安装后无法更换,必须保证地埋管的施工质量。现场施工时,可根据设计钻孔长度及与环路集管的连接长度在现场成捆管材上截取或由生产厂家定制供货。钻孔内的 U 形管不得存在接头,钻孔外 U 形管两开口端部应及时密封并标识。

U 形管的端部密封质量会影响试压和保压效果,两接头应及时密封。工程上常用方法为一端采用相同材质的管帽承插式热熔连接,另一端宜热熔连接球阀,便于进行试压和保压。

6.7.5 管接头、U 形弯头、变径管等配件的质量直接影响系统的正常运行、运行效率和系统使用寿命,限于制作工艺和设备条件,现场加工制作质量不能确保稳定可靠,故应使用成品件。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。

6.7.8 回填料应采用网孔不大于 15mm×15mm 的筛子进行过筛,保证回填料不含有尖利的岩石块和其他碎石。为保证回填均匀且回填料与管道紧密接触,回填应在管道两侧同步进行,同一沟槽中有双排或多排管道时,管道之间的回填压实应与管道和槽壁之间的回填压实对称进行。各压实面的高差不宜超过 300mm。管腋部采用人工回填,确保塞严、捣实。分层管道回填时,应重点作好每一管道层上方 150mm 范围内的回填。管道两侧和管顶以上 500mm 范围内,应采用轻夯实,严禁压实机具直接作用在管道上,使管道受损。

6.7.9 地埋管孔钻进时,不同的钻孔孔径、深度、地层条件,对钻机的性能要求都不同,应采用相适应的钻机及钻进工艺。根据湖北省地质条件和状况,钻进宜采用冲击钻进或回转钻进工艺。

6.7.10 竖直地埋管安装工艺要求:

1 不同的钻孔在下管时,应根据孔内地下水状况采取不同的方式。对于有地下水且水位较高的钻孔不但下管时换热器应充满水,更应“带压”下管,以便随时通过压力表观测换热器下部是否有破损,可以及时更换换热器。对于孔壁完整、没有地下水的钻孔,应严禁“带压”下管,因为钻孔通常深 100m,充满水后换热器底部静压约 1.0MPa,若是再带压下管,很容易因超压损坏换热器。对于钻孔内有地下水但静止水位较深的钻孔,换热器充满水即可下管,一是充满水可防止地埋管受压变形;二是减小管材浮力,防止下入钻孔内的地埋管上浮。

对于地埋管设置在建筑物基础下部且采用先埋管后开挖施工方案的项目,由于地埋管一般不预留至地面,埋管过程中不能对管内压力进行监测,可在水压试验合格后下管前适当泄压至 0.3MPa~0.5MPa,在有压状态下插入钻孔;在基坑开挖后连接水平管前,应对竖直地埋管进行通水及水压试验检查。

2 护壁套管为下入钻孔中用以保护钻孔孔壁的套管。钻孔前,护壁套管应预先组装好,钻进完毕应尽快将套管放入钻孔中,并立即将水充满套管,以防孔内积水使套管脱离孔底上浮,达不到预定埋设深度。

3 人工下管困难时可采用专用的机械下管工具,应防止在下管过程中地埋管损坏。

4 下管时,可采用每隔 2~4m 设一弹簧卡(或固定支卡)的方式将 U 形管两支管分开,以提高换热效果。

5 U 形管安装完毕后,应立即灌浆回填封孔,隔离含水层。回填灌浆料要有较好的可泵性,通过灌浆管导入钻孔底部,再慢慢升到孔口,拔出注浆管时,管口通常要低于注浆面,以防止封闭进空气。灌浆泵的泵压应足以使孔底的泥浆上返至地表,当上返泥浆密度与灌注材料的密度相等时,认为灌浆过程结束。灌浆时,应保证灌浆的连续性,应根据机械灌浆的速度将灌浆管逐渐抽出,使灌浆液自下而上灌注封孔,确保灌浆密实,无空腔,否则会影响工程质量,降低换热效率。

6 当埋管深度超过 40m 时,灌浆回填宜在周围邻近钻孔均钻凿完毕后进行,目的在于一旦相邻孔倾斜将 U 形管钻伤,便于更换。

6.7.11 灌浆回填料应满足环保要求,不得污染地下水,一般为膨润土和细砂(或水泥)的混合浆或其他专用灌浆材料。膨润土的比例宜占 4%~6%。钻孔时取出的泥砂浆凝固后如收缩比例很小时,也可用作灌浆材料。如果地埋管设在非常密实或坚硬的岩土体或岩石情况下,宜采用水泥基料灌浆,以防止孔隙水因冻结膨胀损坏膨润土灌浆材料而导致管道被挤压节流。

地下水流丰富的地区,为保持地下水的流动性,增强对流换热效果,不宜采用水泥基料灌浆。当地埋管深度范围内仅有一层非承压含水层时,地下水位以下部分的钻孔可充填富含石英的干净的砾石或中粗砂(不设固定卡,以利于砾石或中粗砂的沉淀密实),钻孔上部用低渗透性(最好导热系数也大)灌浆材料密封,以防止表面污染源侵入到钻孔。地埋管深度范围内有多层地下水时,为防止地下水的层间污染,应采用灌浆回填。

6.7.12 系统冲洗是保证地埋管换热系统可靠运行的必须步骤,在地埋管换热器安装前、地埋管换热器与环路集管装配完成后及地埋管换热系统全部安装完成后均应对管道系统进行冲洗。

6.7.13 桩基埋管换热器受桩基结构长度影响多采用数个 U 形管串联或并联设置,放置在钢筋笼内侧可避免埋管损伤,下管方便,同时可实现数个 U 形管之间均匀分布,以提高换热效果。

6.7.14 桩基埋管在管内充满水的有压(压力大于等于 690kPa)状态下进行混凝土灌注可防止埋管受压

变形。在地埋管的端部用醒目的方式进行标识,便于在截桩时识别,防止挖土机械损坏地埋管换热器。

6.7.15 地埋管设置在基础下部时,按基坑开挖与埋管敷设的先后顺序可采用两种施工方案:1)先埋管施工后基坑开挖;2)先基坑开挖后埋管施工(基坑较浅时)。若埋管施工先于基坑开挖,因地埋管在孔内自然弯曲变形、钻孔超深等因素可能导致地埋管下沉,竖直地埋管的长度应在设计换热长度的基础上适当增加富余量,防止基坑超挖引起安全事故,冗余量应根据基础的不同形式和埋深确定,并纳入到项目的施工组织设计中。地埋管端部标识以防止基坑开挖时被损坏。

6.7.16 室外环境温度低于 0℃时,地埋管的物理力学性能将有所降低,容易造成地埋管的损害,故当室外环境温度低于 0℃时,不应进行地埋管换热器的施工。

地埋管换热系统检验与验收

6.8.2 地埋管材料的检测要求参照《给水用聚乙烯(PE)管材》GB/T 13663。

6.8.3 由于成孔后钻孔内泥浆中的砂土、碎石会在孔底沉积,易导致地埋管换热器不能安装至设计深度,故应根据地层、泥浆性能等因素适当增加钻孔深度。

目前湖北省竖直埋管深度多在 50~120m,埋管的间距在 4~6m,钻孔垂直度偏差不应大于 1.5%,不宜大于 1%。若钻孔垂直度偏差超过 1.5%,且相邻钻孔发生相向偏差,则钻孔可能会相交,损坏已埋设的地埋管,或因二个钻孔间距太近影响换热效率。

6.8.4 回填过程的检验内容包括回填料配比、混合程序、灌浆及封孔的检验。按每批次抽查进行回填料实物对照检查。通过将孔口返浆的取样实物与标准配合比的浆液实物留样进行对比,确保实际使用浆液与设计要求的相一致。

6.8.6 在地埋管安装、回填及水冲洗前后至少应进行 5 次水压试验。局部管道的单独试压必须采用手动泵缓慢升压,升压过程中应随时观察和检查,不得渗漏,不得以气压试验代替水压试验。水压试验应符合附录 E 中的相关规定。

6.8.7 管道系统的冲洗通常按下面方法进行:管道系统注满水;关闭地源热泵主机和其他末端设备进出口的阀门,打开旁通管路,启动水泵冲洗。当设计无规定时,则以出口的水色和透明度与入口处的透明度目测一致为合格。

7 地下水换热系统

一般规定

7.1.1 可靠回灌措施是指将地下水通过回灌井全部送回原来的取水层的措施,要求从哪层取水必须再灌回哪层,且回灌井要具有持续回灌能力。同层回灌可避免污染含水层和维持同一含水层储量,保护地下水资源。热源井取水只能用于置换地下冷量或热量,不得用于洗车、浇灌等其他用途。抽水、回灌过程中应采取密闭等措施,不得对地下水造成污染。

7.1.2 地下水的利用,应严格执行省及各地有关地下水资源的管理措施和管理办法,在地下水资源丰富且政策允许的地区,拟采用地下水的地源热泵项目,应委托有资质的单位编制水资源利用论证报告,经相关部门组织评审,并报水资源主管部门审批通过,在取得取水许可审批和凿井批准手续后,方可利用地下水,并严格按审批许可的取水量进行取水。

7.1.3 地下水地源热泵系统最大吸热量或释热量按本规范第 5.2.2 条条文说明的规定计算。

7.1.4 地下水供水管不得与市政管道连接是为了避免污染市政供水和使用自来水取热;地下水回灌管不得与市政管道连接,是为了避免回灌水排入下水道,保护水资源不被浪费。

7.1.5 地下水直接进入机组有利于提高机组效率,但需要根据多种因素综合确定:水质、水温和维护的方便性。水质若满足以下要求,可直接进入机组:含砂量小于 1/200000, pH 值为 6.5~8.5, CaO 小于 200mg/L,矿化度小于 3g/L, Cl⁻ 小于 100mg/L, SO₄²⁻ 小于 200mg/L, Fe²⁺ 小于 1mg/L, H₂S 小于 0.5mg/L。反之应采用间接方式。

变流量系统设计可降低地下水换热系统的运行费用,且进入地源热泵系统的地下水水量越少,对地下水环境的影响也越小。

7.1.6 地下水利用温差宜取 8~10℃,当水温和水量不能满足水源热泵机组使用要求时,可通过混水或设置中间换热器进行调节,以满足机组使用要求。

7.1.7 抽水井、回灌井的设计及成井质量,对地下水地源热泵的稳定持续运行至关重要,必须由具有勘察资质的专业队伍进行设计、施工和监理。

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，掌握现场施工条件，为设计做好准备，避免热源井与周边建、构筑物等发生冲突。

7.2.2 热源井数目应满足持续出水量和完全回灌的需求，应根据专项勘察报告提供的抽水、回灌试验数据进行确定，并应考虑群井同时抽水与回灌时对总取水量和回灌的影响。

7.2.3 抽水井和回灌井的平面布局对地下水地源热泵系统换热效果及稳定持续运行影响极大，应高度重视。

1 抽水井和回灌井的平面布置应避免抽水井和回灌井之间发生热贯通，同时应尽量避免对地面变形反应敏感的建、构筑物和地下管网，与化粪池等污染源或潜在污染源间的距离应大于抽水井水力梯度的影响半径；

2 根据湖北地区现有地下水地源热泵工程经验，抽水井与抽水井之间的距离不应小于 50m。

3 回灌井应根据工程场地最高水位进行合理设计，距抽水井的距离不应小于 35m，避免因回灌形成局部反漏斗，增加基坑壁外侧的水头高度，加大坑壁承受的压力；回灌井与回灌井之间的距离应根据勘察期间的回水水位壅高进行合理设计；

4 热源井井位的设置应避免有污染的地面或地层，是为了避免地下水体受到污染。

7.2.4 热源井与建筑物留出足够的距离，是保证管井在施工和使用期间不影响建、构筑物的使用性能和安全。施工距离应根据场地的地基、已有建筑物情况、管井结构、含水层特性以及施工工艺等综合因素具体确定。采用筏板基础的建筑，抽水井与建筑物地下室外框线的距离不宜小于 6m；采用桩基础的建筑，抽水井与建筑物地下室外框线的最小距离不宜小于 10m。

7.2.5 热源井设计的具体要求：

1 渗透性相对良好且连续分布、厚度较大的含水层，应适当提高滤水管段的比例；渗透性或连续性较差的含水层，应设计合理的滤水管段的比例；

2 对于存在不同水质的含水层地区，水质亦是决定管井深度的因素之一，应引起注意。一般热源井的深度不宜超过 200m；

3 松散地层区抽水井井管内径不应小于 300mm，基岩地区抽水井井管内径不应小于 200mm，且应比取水泵外径大 40mm 以上；

5 无缝钢管壁厚的选取与公称直径相关，常用的公称直径为 300mm 和 250mm，壁厚分别不应小于 8mm 和 6mm；

8 沉淀管长度应根据含水层颗粒组成、含水层厚度、井深综合确定；

10 抽水井与回灌井互换利于开采、洗井及岩土体和含水层的热平衡。抽水井具有长时间抽水和回灌的双重功能，应要求不出砂并保持畅通。抽水井与回灌井设具备单向通气能力的排气装置，可避免将空气带入含水层。

7.2.6 抽水井是从井内向井外抽水，主要应防止出水量小、含砂量超标；回灌是将经热泵交换使用后的地下水用一定压力再灌入含水层，其物理性质和化学组成都有了不同。这种不同会导致产生新的成分，新成分和回灌水里的既有颗粒进入含水层就会造成堵塞，由于回灌水压力作用，使堵塞逐渐向管井四周扩散，最终导致回灌井效能下降，故应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。

7.2.7 加压回灌时应分析热源井渗透稳定性和水井井管顶托及下沉影响，控制抽水降深和回灌压力，并采取措施稳定井管。

7.2.8 为了防止微生物生长、化学沉淀和气泡堵塞，泵管与井管的连接部位应做好密封，必要时在回灌管的出口装节流阀，使整个回灌管中不致出现负压。

7.2.9 空气中的氧气会与水井内存在的低价铁离子反应形成铁的氧化物，也能产生气体黏合物，引起回灌井阻塞，为此，热源井设计时应采取有效措施消除空气侵入现象。

有条件时宜设置在线监测系统，是指在技术和经济都支持的条件鼓励使用在线监测系统。

7.2.10 管井内使用对地下水无污染的材料目的是保护环境，不污染地下水。

7.2.14 多个抽水井、回灌井供回水管网布置时应采取有效的水力平衡措施，特别是回灌井，应尽量避免因管道阻力差异影响回灌量。

7.2.15 直接进入水源热泵机组的地下水水质应符合现行国家标准《工业循环冷却水处理设计规范》GB 50050 的要求。

地下水换热系统设计

- 6.3.1 采用板式换热器有利于间接式地下水换热系统高效换热,板式换热器应根据水量、水质、水温及温差利用专用软件进行选型计算,板间流速应大于 0.4m/s,压降宜为 70~80kPa,不应大于 100kPa。
- 6.3.2 分散小型单元式水源热泵机组数量多、维护难度大,宜采用间接式供水。
- 6.3.3 较优的地下水利用温差和地下水量的确定,应使地下水地源热泵系统能效比(EER)和性能系数(COP)达到较高。加大地下水使用温差,可以减少地下水使用量,减少井泵功率和环路阻力,但在一定条件下会增大水源热泵机组的使用功率,反之则相反。因此,一定要根据实际工程的使用情况,在两者之间进行分析和比较,得出最优结合点。一般来说,在地下水温度较低、单井出水量较小的情况下,可选择较大的地下水利用温差;在地下水温度较高、单井出水量较大的情况下,可选择较小的地下水利用温差。
- 6.3.4 当地下水系统回灌需保证 3~5m 余压时,抽水泵扬程还应附加上 3~5m 余压。

地下水换热系统施工

- 7.4.1 热源井及其周围区域的工程勘察资料包括施工场区内地下水换热系统勘察资料及其他专业的管线布置图等。
- 7.4.2 热源井施工应符合现行国家标准《管井技术规范》GB50296 的规定,并严格执行。
- 7.4.4 洗井应在热源井成井后及时进行,并应从上部开始逐渐加深,以防止冲洗介质固结在井壁上而影响井的出水能力。洗井方法应根据含水层特性、管井结构及井管强度等因素选用,并宜采用两种或两种以上洗井方法联合进行,实施时,还应参照施工方面的经验。
- 洗井后即应进行抽水试验,以在较短的时间内达到水位和出水量的稳定。回灌试验根据试验目的、回灌地层特征、经济技术条件选用地面入渗法或地下灌注法。无论采用何种方法都不能污染地下水。
- 由于群井效应、地下水动态变化、管网影响等,单井试验结果与地下水换热系统整体运行状态可能存在差异,为保证达到设计要求,应进行群井整体抽水、回灌试验。
- 7.4.6 不宜以树木或其他非永久固定的目标作为标识。
- 7.4.7 地下水供回水管采用聚乙烯管直埋敷设时,采用热熔连接;地下水供回水管采用无缝钢管时,采用法兰或焊接连接,供水管宜保温。

地下水换热系统检验与验收

- 7.5.3 供水管井含砂量的体积比应小于 1/200000,管井出水含砂量的大小直接关系到井的正常运行、使用寿命和地面变形。特别是松散层地区的管井,因井水含砂量过高,导致抽水设备损坏、泵房地基下沉,井管弯曲以致断裂,基坑周边地面严重变形的现象频频发生。因此在管井设计和施工中,控制井水含砂量在允许范围内是保证管井质量的关键。

8 地表水换热系统

一般规定

- 8.1.1 目的是减少对地表水体及其水生态环境和行船等的影响。地表水换热后排入水体,会使水体温度上升或下降,从而破坏水中微生物生长环境,致使微生物死亡或过度生长,水质恶化,水体污染,因而对地表水体的温度影响应限制在:周平均最大温升不超过 1℃,周平均最大温降不超过 2℃,满足《地表水环境质量标准》GB3838 的规定。地表水换热系统的最大换热能力应根据允许的周平均最大温升与温降进行校核计算。
- 8.1.2 地表水地源热泵系统究竟选取何种形式除了应考虑水体的基本情况外,还应考虑投资、施工、运行维护等技术与经济方面的因素。地表水水质较好或水体深度、温度等不适宜采用闭式地表水换热系统,并经环境影响评估符合要求时,宜采用开式地表水地源热泵系统。地表水体环境保护要求较高或水质复杂,且水体面积较大、水位较深时,宜采用闭式地表水换热系统。
- 8.1.3 地表水换热系统采用开式系统时,从保障水源热泵机组正常的角度,地表水尽可能不直接进入水源热泵机组。直接进入水源热泵机组的地表水水质应符合相关规定。当系统处于部分负荷时,水系统采用变流量设计有利于降低输送能耗。
- 8.1.4 地表水换热系统的设计释热量或吸热量与空调设计的总冷负荷或总热负荷相对应。应根据地表水温度、水容量、水体容许温升(降)等条件分别验算地表水体所能承担的设计吸热量与释热量,当不能满足系统需求时,应采用复合式系统。

8.1.5 江河水源热泵系统可利用的地表水体包含江水、河流、湖泊、水库、池塘等，其取水构筑物受水源流量、流速、水位影响较大，设计时应考虑取水构筑物标高与丰水、枯水季节水位的关系，设计取水量要考虑水温因素和需水量的保证率。

开式地表水换热系统设计

8.2.1 开式系统可分为地表水直接进热泵机组的直接系统和地表水进板式换热器的间接系统两种形式。对于水质较好的地表水，除了热泵机组分散布置且数量众多，如采用单元式机组的场合外，宜优先采用换热效率高，不易堵塞的直接进热泵机组的开式地表水换热系统。当源水杂质较多、含盐度及其他矿化物浓度较高或水处理成本较高时，宜在源水与水源热泵机组之间增设中间换热器。

8.2.2 热泵机组的换热管材质和管型应根据水质情况和清洗、除污措施确定，在采取了可靠的除污、清洗措施的基础上宜采用高效换热管。由于表面污垢产生的热阻在换热器总热阻中占很大的权重，对选型计算结果影响明显，过低的污垢系数取值严重影响计算结果和设备容量选择，所以宜选择合适的换热器污垢系数。地表水中微小的污垢黏附在换热管内壁上会影响机组效率，运行时应采取自动清洗措施。

8.2.3 悬浮物颗粒粒径大于 1.5mm 时，选用壳管式换热器有利于减轻污垢沉积、管路堵塞，并便于设置换热表面的在线清洗系统，减少维护工作量。

8.2.4 接近温度是指进换热器的地表水温度与出换热器的热泵侧循环水温度之差。较小换热器接近温度说明换热器具有较好的换热能力，但需要的换热面积较大，会增加初投资。为减少输送能耗，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设反冲洗装置，目的是防止换热管道系统堵塞。地表水中悬浮物种类较多，大小不一，换热系统连续取水量大，在过滤器选择时应考虑排污对系统的影响，并应对水体的杂质粒径进行分析。

8.2.6 易生藻类的水系，应根据水质条件和水质分析结果采取相应的过滤、灭藻、防腐等可靠的水处理措施，经过处理后的排放水不应污染水体，同时应确保换热系统的换热效果和设计使用寿命不受水质影响。采取定期药物灭藻时，应局限在封闭系统管道内，对于所加药物，应充分了解其化学成分与性能、系统水量、水中的药剂浓度等因素，以便环保部门判定清洗后系统水排放到水体中的合法性。

取水、退水系统设计

8.3.1 取水口应选择水位较深，水质受泥沙、漂浮物等影响较小的地带，应位于退水口的上游且与退水口保持足够的距离。在弯曲的河段，取水口宜设在河流凹岸顶点的稍下游处；在顺直的河段，取水口应设在河流较窄、流速较大、水位较深的地点；在有支流入口处容易产生大量泥沙沉积，取水口应离支流入口处上游、下游有足够的距离。取水口离水体底部宜大于 1.5m，河床式进口过栅流速为 0.2m/s~0.5m/s，以减少泥沙吸入。

取水方式可根据水体情况选用直接式、沉井式、船坞式等方式；地表水取水系统的水处理方案应根据水质情况确定；取水段宜设沉淀、机械或人工清污的拦污格栅装置；水泵压出段宜设自动反冲洗过滤器。过滤和保护装置应便于清洗，取水口流速不宜大于 0.5m/s。

8.3.2 取水口应远离退水口，目的是避免热交换短路，取、退水口之间的热扩散发生“短路”现象将影响取水温度，即影响热泵机组效率。对于热扩散因素复杂的水体，应进行热排放的模拟分析。除了评估对水体的排热影响外，还需评估退水和取水对系统自身的影响。

8.3.3 降低水泵能耗是系统节能的重要手段，因此取、退水口位置离地源热泵机房不应太远，并尽可能减少提升高度。对于水位变化的水体，当水位升高时，水泵提升的水头会减小或因系统负荷变化，水泵的流量和扬程也会相应减小。因此，利用变频手段降低水泵转速，可获得节能效果。

8.3.4 对取水系统的设计流量进行规定。由于水处理设施的自用水量会影响到总取水量，所以规定设计中宜选择反冲洗水量和水损失量较小的水处理工艺和设备，以降低取水量，节约投资和能耗。

8.3.5 对于取水量变化较大的系统，应设置不少于 2 个取水头部，以在部分取水量时保持一定流速，利于减少管(渠)内泥沙沉积和交替清淤频次。当采用 2 个以上取水头部在江河水体中取水且漂浮物较多时，相邻头部在沿水流方向宜有较大间距，以便利用江河流速进行排沙。吸水管不宜少于 2 条，且流速不宜大于 0.5m/s。

8.3.6 当取水泵的安装高度大于水泵允许吸入高度时，会对水泵叶片和管道产生汽蚀，甚至不能正常工作，为防止汽蚀破坏，取水泵的安装高度应满足水泵允许吸水高度的要求。由于地表水的动力粘度、密度均大于清水，增加了流动阻力，因此在水力计算时应结合水质条件对比摩阻进行修正，并应考虑取、退水口落差和地表水位变化。

8.3.7 主要考虑到江水源换热系统和湖水源换热系统受纳水体的不同特点,对江水源换热系统和湖水源换热系统的尾水退水口应采用不同的布置方式。

研究表明,适宜的退水方式可实现对退水口附近水域温升影响最小。地表水换热系统的排放水向江、河等流动水体排放时,宜采用明渠顺水流方向排放,明渠与顺水流方向呈 $30^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 夹角。向静止水体排放水时,宜采用穿孔管射流表面退水方式,若采用重力出流,宜沿水平方向穿孔;若采用压力出流,并能提供足够的压力,可以设置适当角度倾斜向上排放,该角度宜取 $30^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 。当工程规模较大时,宜设置多个退水口,退水口间距不应小于 10m,以消除多口退水的温度累加效应。

8.3.8 水源热泵机组退水的水质一般优于地表水原水,且往往有可以利用的优势,宜考虑综合利用。当综合利用时,应满足相应用途的水质标准要求,且应进行水量平衡计算,使其全部或部分用作绿化、道路浇洒用水。地表水地源热泵退水可与雨水综合利用及废水回用设施相结合。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,消能措施可参考城市排水工程中的有关方法,如消能井、阶梯式排水渠道等。

封闭式地表水换热系统设计

8.4.1 水深小于 3m 的湖、库等静止水体受太阳辐射、蒸发、传热的影响较大,水温接近大气干球温度,此时采用闭式换热的地源热泵系统一般难以保证机组的正常运行或达到节能的目的。但当建筑物规模较小时,取/排热量不大,可利用闭式地表水换热系统作为热泵机组的冷却系统。

8.4.2 闭式地表水换热器一般有三种型式:U 形抛管型、平面螺旋抛管型和螺旋盘管抛管型。由于 U 形抛管型占用水面面积大、水下固定工作量大,一般很少采用。平面螺旋抛管型是将螺旋换热管平铺在水体下部,适用于水体较浅的场合;螺旋盘管抛管型是将每一组螺旋换热管采用间隔方式捆扎好,然后按每组一定的间距固定于水体中,为保证与水体有充分的换热面积,它对水体的深度、水质等都有一定要求。此外,由于水体中的淤泥、水生物、藻类等都对换热管的投放、维护、更换有较大的影响,故设计时必须充分考虑这些因素。

8.4.3 闭式地表水换热器的换热性能受诸多因素影响,通过计算或进行测试是较为可取的手段。当基础数据较为齐全时可通过模拟计算确定;否则应通过相应天气环境下释热、吸热试验取得相关数据,测试的持续时间宜大于 48h。为利于换热器的换热效果及系统内气体的排放,闭式换热器内的传热介质应保持紊流状态,即雷诺数 Re 不小于 2300,换热器内流体的流速宜大于 0.4m/s 。

8.4.4 本条的设置是出于系统安全性考虑。闭式地表水换热系统的管路及部件的工作压力超过其承压能力时,将导致换热系统使用寿命缩短甚至不能满足使用压力要求而破坏。

8.4.5 本条文是为了改善系统水力平衡,使每一组换热盘管都能起到有效的换热作用。总集水器及分水器之间的连接关系如图 8-1 所示。

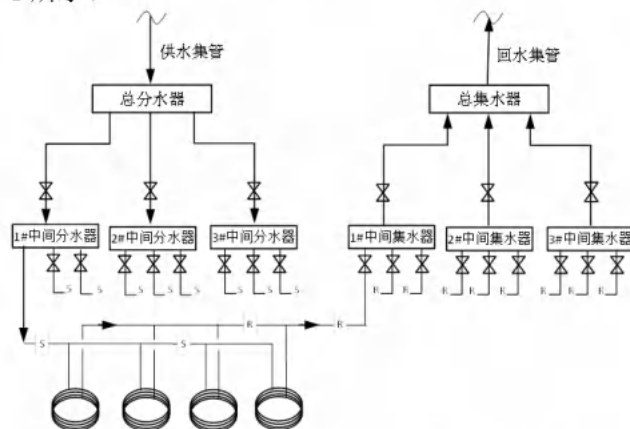


图 8-1 中间分、集水器连接示意图

8.4.6 提出换热盘管位置与安装要求是为了保证换热效果。换热盘管下部通常有衬垫物,衬垫物有两个作用:首先衬垫物的重量能使换热盘管稳定地固定在水体底部,防止因各种因素造成水流移动换热盘管;其次是换热盘管的底部与水体底部保持一定距离是为了保证换热效果,防止泥砂淤塞和损坏。换热盘管的顶部与地表水最低水位的距离要求是为了减小气温与太阳辐射热对盘管换热的影响,最低水位是指近 20 年每年最低水位的平均值,每组换热盘管间距的确定应考虑相互之间的影响。

8.4.7 机组供冷时,给出设计工况下换热器夏季出水温度 $30\sim 32^{\circ}\text{C}$ 是为了使热泵机组运行时具有比用冷

却塔更好的节能效果。机组供热时,给出设计工况下冬季换热器出水温度 6~8℃,是为了保证机组能可靠运行,换热盘管冬季过低的进水温度会带来热泵机组的能效下降,严重时可能造成机组保护性停机。

8.4.10 排气、定压、膨胀、自动补水及水过滤装置是闭式换热系统应该考虑的措施。为及时发现换热器的渗漏,换热系统宜设置泄露报警装置。

8.4.11 此条要求是为了避免其他取、退水口引起的局部水流对盘管的换热产生不利影响。

地表水换热系统施工

8.5.2 换热盘管任何扭曲部分均应切除,未受损部分熔接后须经压力测试合格后才可使用。换热盘管存放时,不得在阳光下暴晒。

8.5.3 地表水换热盘管组装前应对盘管进行试压和检查,如发现管材表面损伤和划痕,应切除重新焊接,并达到使用要求。盘管组装完成后应妥善保存和搬运,并及时安装,不得放置在阳光下暴晒或搬运时在地上拖曳。

8.5.4 为防止风浪、结冰及船舶可能对其造成的损害,地表水换热器底部应采用重物固定,一般采用 C20 混凝土块,混凝土块的高度不小于 250mm,混凝土块表面应预制钢制连接口,以便于沉块与盘管进行捆绑。换热盘管一般固定在排架上,并在下部安装衬垫物,衬垫物应选择耐腐蚀材料,可采用轮胎等,其型式和尺寸应根据换热器型式和地基条件确定。衬垫物安装应平整、坚固,地基强度应满足要求。

8.5.5 换热器盘管各绑扎点必须牢固,且不得对换热器造成损伤。闭式地表水系统工程长期浸泡在水中,易受水流冲刷和水位变化的影响,绑扎材料必须具有防腐性,其强度应确保绑扎好的换热器的整体性能满足换热器抛管就位及后期维护起升。

8.5.6 换热器埋设区域应设置醒目标志,便于换热器后期检修。

8.5.9 取水构筑物通常由进水部分、连接管渠、吸水部分及吸水泵站等组合而成。取水构筑物的组成、各组成部分的相互关系与所处位置、泵的吸水方式、外形及构造有多种多样的组合。施工过程环节复杂,所采用的材料和工艺众多,因此,施工过程应合理选取相应的工艺。水压试验应符合本规程第 7.6.2 条的规定。

9 建筑物内系统

一般规定

9.1.2 根据水源热泵机组的设置方式不同,分为集中、水环和分体热泵系统。一般情况下,为节约电能,宜采用大型水—水热泵机组。当采用直接地下水或开式地表水换热系统时,为便于冷凝器/蒸发器的清洗,不宜采用分散的小型水源热泵机组。当采用闭式地埋管地源热泵系统,冬季供暖期长且内区有较大余热时,可采用分散的小型水源热泵机组,即用水环路将小型水/空气热泵机组并联在一起,构成以回收建筑物内部余热为主要特征的热泵供热、供冷的系统。

不同地区岩土体、地下水或地表水水温差别较大,设计时应按实际水温参数进行水源热泵机组选型,保证地源热泵系统的使用效果,提高系统节能率。

9.1.3 住宅类建筑以及出租用的办公建筑,由于使用时间差异较大,宜采用分散式水源热泵系统,一般可采用分户水源热泵机组、水源多联机或水环式水源热泵系统。

9.1.4 高大空间均采用全空气系统,标准水源热泵机组的出水温度一般在 45℃左右,通过空气处理机组交换后其送风温度难以达到空调区域舒适性要求,因此应适当提高水源热泵机组出水温度。

9.1.5 湖北省属于夏热冬冷气候区,不同类型的建筑采用地源热泵系统时,其全年的释热量均大于吸热量,因此可按照供热工况确定地埋管换热器,供冷工况可与水冷冷水机组组成复合式系统或使用冷却塔辅助散热,一方面减少地埋管换热器初投资,经济性较好,同时也可有效解决释热和吸热的不平衡问题。地源热泵系统与其他冷热源系统,宜在空调水侧合并组成多源复合式水系统,冷却水侧宜采用各自独立的水系统。

9.1.7 采用满液式水源热泵机组,尤其是应用降膜技术的满液式机组有利于提高机组的能效,便于换热管束的清洗和免拆卸清洗系统的设置。

水源热泵机组的制热、制冷工况采用水侧切换,机房管路系统复杂,并可能造成水资源浪费和对空调水系统的污染。制冷剂侧切换的热泵机组能有效解决上述问题,推荐优先采用。

采用水侧转换的水源热泵机组时,供给机组的水体虽经过一定处理,但水中的介质、沉淀物等仍较多,另一方面,机组用户侧的系统水一般经过化学处理。当机组进行供冷、供热切换时,与两系统相关

的部分管道就会从原功能水系统的一部分转换成为另一功能水系统的一部分。若此时未将这段管道中的水放掉,并清洗管道,则会使较污浊的地表水进入用户系统,使含水处理药剂的用户水进入地表水中。因此,为使系统有良好的换热效率和加强对源水体的环境保护,在机组功能切换时,水系统管路应具有放水和清洗功能。

9.1.8 当采用地源热泵系统提供(预热)生活热水较其他方式提供生活热水经济性更好时,宜优先采用地源热泵提供生活热水,不足部分由辅助热源解决。生活热水的制备可以采用水路加热的方式或制冷剂环路加热两种方式。

9.1.9 为使热泵机组在全年负荷与各种工况下都具有良好的效率,机组的性能及选择台数非常重要。当小型工程仅设一台机组时,应选择调节性能优良的机型,并能满足最小负荷时的运行要求。

9.1.10 为了保证生活热水供应的可靠性和调节性能。

水源热泵机组

9.2.1 水源热泵机组正常工作的冷热源温度范围(引自《水源热泵机组》GB/T19409):

水环热泵系统 20~40℃(制冷) 15~30℃(制热)

地下水热泵系统 10~25℃(制冷) 10~25℃(制热)

地埋管热泵系统 10~40℃(制冷) -5~25℃(制热)

水源热泵机组正常的工作温度应与换热系统的供水温度变化相适应。大型地源热泵系统可根据换热系统供水温度变化范围定制专用的水源热泵机组。

9.2.2 当水温达到设定温度时,水源热泵机组应能减载或停机。用于供热时,水源热泵机组应保证足够的流量以防止机组出口端结冰。

9.2.3 防冻剂水溶液的密度、比热容、粘度以及导热系数与水有较大不同,应根据选用的防冻剂水溶液的热物性参数计算循环管路的阻力,水源热泵机组的制冷/热量和蒸发器/冷凝器阻力也应联系供应商进行修正。

9.2.4 当采用地源热泵系统供冷时,在技术经济合理、不影响机组制冷能效的前提下,生活热水宜优先由带热回收的水源热泵机组提供热源,不足部分由辅助热源提供。带热回收功能的水源热泵机组在满足需要的情况下,应选取较低的热热水供水温度。

热水温度越高,冷水机组的制冷性能系数越低(全热回收机组的热水出水温度每上升1℃,制冷性能系数下降3%左右),甚至会使机组运行不稳定。离心式机组热回收热水温度不宜超过45℃,螺杆式机组不宜超过55℃。

地源热泵机房设计

9.3.1 夏季运行时,空调水进入机组蒸发器,冷源水进入机组冷凝器。冬季运行时,空调水进入机组冷凝器,热源水进入机组蒸发器。冬、夏季节的功能转换阀门应性能可靠,严密不漏。设计图纸应绘出水源热泵机组在冬、夏季转换时,与之相适配的阀门启闭原理图,以便指导施工及运行管理。

9.3.2 排气、定压、膨胀、自动补水及水过滤装置是闭式换热系统应该考虑的措施。为及时发现换热器的渗漏,换热系统宜设置泄露报警装置。虽然地下水或地表水在进入换热器前经过了多重过滤处理,但仍发现换热器的地表水侧很容易堵塞,影响使用效果,因此需要对换热器经常进行清洗和维护。为了避免影响使用,对于重要使用场合,建议设有备用换热器,以免因换热器的维护而影响系统正常工作。

9.3.5 板式热交换器侧循环水泵采用变流量设计有利于降低输送能耗。

9.3.6 当供水温度低于18℃时,宜优先考虑直接利用换热系统的循环水对空气进行预冷,可降低空气处理的能耗。用于温湿度独立控制空调系统可满足空气显热处理的需要。

9.3.7 本条的设置是出于系统的安全性考虑。当水源热泵机组、循环水泵、末端装置等设备、管路及部件的工作压力超过其承压能力时,将导致其使用寿命缩短甚至超过使用压力而损坏。

末端系统设计

9.4.1 末端空调系统可采用风机盘管系统、冷暖顶/地板辐射系统或全空气系统,末端设备选择时应适应水源热泵机组供、回水温度的特点,保证地源热泵系统的应用效果,提高系统效率。

建筑物内系统施工、检验与验收

9.5.3 空调水系统安装完毕后,内有泥沙、焊渣或其他施工污物,如不冲洗,在随流水循环过程中,极易堵塞在热泵机组冷凝器、蒸发器的换热管束内,导致制冷(热)量下降。因此在空调水系统安装完毕

后,应进行系统整体冲洗,冲洗前应将管道上安装的孔板、滤网、温度计、调节阀等拆除,关闭主要设备的阀门,冲洗完毕应清除除污器(或过滤器)内污物,恢复原管道系统。

10 整体运转、调试与验收

一般规定

10.1.1 地源热泵系统包括室外地源侧换热器或地表水取、退水系统,还包括机房内的热泵机组、附属设备与管道等。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。地源热泵系统工程完工后的系统调试,应以承包项目的施工企业为主,监理单位监督,设计单位与建设单位参与和配合。设计单位的参与除提供工程设计的参数以外,还应对调试过程中出现的问题提出明确的解决方案;监理、建设单位参加调试可起到工程的协调作用,有助于工程管理和质量的验收。

10.1.2 本条适用范围主要指水源热泵机组、水泵、附属设备及配套的其他设备、管道、阀门等安装工程。这部分工程的施工安装质量的检验要求已在国家标准《制冷设备、空气分离设备安装工程施工及验收规范》GB50274、《风机、压缩机、泵安装工程施工及验收规范》GB50275及《通风与空调工程施工质量验收规范》GB50243中都有规定,规程不再赘述。

整体运转、调试与验收

10.2.1 地源热泵系统试运转需测定与调整的主要内容包括:

- 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;
- 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。

调试报告应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。

10.2.2 地源热泵系统的冬、夏两季运行测试包括室内空气参数及系统运行能耗的测定。系统运行能耗包括所有水源热泵机组、水泵和末端设备的能耗。

10.2.4 地源热泵系统工程验收时应提供以下验收文件与资料:

- 1 图纸会审记录、设计变更通知单和竣工图;
- 2 主要材料、设备、成品、半成品和仪表的出厂合格证明及进场抽检试验报告;
- 3 成孔(开沟)施工记录;
- 4 成孔检测报告;
- 5 回填施工记录;
- 6 压力试验报告;
- 7 隐蔽工程验收记录;
- 8 设备单机试运行记录;
- 9 系统联合试运行与调试记录;
- 10 工程检验批质量验收记录;
- 11 观感质量综合检查记录;
- 12 测量定位成果记录;
- 13 其他相关文件。

其中观感质量综合检查的项目与质量标准可参照国家标准《通风与空调工程施工质量验收规范》GB50243中12.0.4要求,并提交完整的竣工验收文件和资料。

11 监测与控制

一般规定

10.1.1 为保证地源热泵系统满足建筑物空调负荷需求,实现节能运行,在全寿命期应设置监测与控制系统。通过对地源热泵系统相关参数的监测,在系统参数出现异常的情况下可有效进行控制,同时可提

高地源热泵系统安全和节能运行能力，降低对环境破坏的风险。

10.1.2 对地源热源系统在运行过程中的各种状态和参数进行监测，为运行管理及系统优化提供数据支持；当有关部门有相关要求时，还应预留或设置与能耗监测平台的接口。

在地源热泵系统中，应对各主要用能设备设置功率监测设备或电能表，便于对系统运行进行节能诊断。

监测要求

11.2.1 地源热泵系统应设置的监测要求，设计时应根据系统情况进行设置。

对地源热泵系统相关的温度、流量和压力进行监测，可以了解地源热泵系统的工作状况和各换热系统的换热效率，通过计算分析可以判断地下温度场的变化情况、换热器的结垢和堵塞情况，为地源热泵系统优化运行和换热器的运行管理、维修及辅助设备的启停提供实际依据。

建筑内系统各监测点应根据相关规范的要求进行设置。

11.2.2 地埋管换热系统应根据分区情况选择典型位置的换热孔，在其管壁外表面布置温度监测装置，在地埋管换热器运行过程中监测其运行状态。测温孔宜布置在埋管密集区，如布置在埋管场地（布置超过2个测点必须等面积分区）对角线的交叉点上，测点宜在地埋管埋设深度范围内均匀布置，且间隔不大于10m，并兼顾不同地层。有多个地埋管换热区时，每个区均应布置并覆盖整个地埋管换热范围。如果场地允许，宜在埋管范围以外增设测温孔。建筑面积超过20000m²的项目，测温孔不应少于2个，其孔径可根据测温需要确定。

11.2.3 地下水地源热泵系统应按各地水行政管理部门的要求设置水样采集口、监测口或同步建设观测井，对地下水水质、水位进行动态监测，有条件时可实行实时在线监测，防止地下水非正常使用和水质污染。

11.2.4 开式地表水地源热泵系统的水温宜按以下要求进行监测：对于湖水，监测退水口30m范围内水温；对于非感潮水体，监测退水口下游50m范围内水温；对于感潮水体，监测退水口上下游50m范围内水温。

闭式地表水地源热泵系统水温宜按以下要求进行监测：水温监测应不少于1个监测断面，监测断面应垂直于换热器延伸方向设置，每个断面测温点数量宜不少于3个；测温点的位置根据水源水文条件、换热器形状和尺寸确定，测温点位置宜固定。

控制要求

11.3.2 由于水源热泵机组的最高效率点为某一部分负荷区域，因此，采用冷（热）量控制运行台数的方式比采用传统的温度控制的方式更有利于水源热泵机组在高效率区域运行，也是目前最合理和节能的控制方式。但是，由于计量冷（热）量的元、器件和设备价格较高，因此规定在有条件时（如采用了DDC控制系统）应优先采用此方式。台数控制的基本要求是：

- 1 让设备尽可能处于高效运行状态；
- 2 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）；
- 3 满足用户侧低负荷的需求。

11.3.3 采用自动运行方式时，空调水系统和地热能交换系统中各相关设备及附件与水源热泵机组应进行电气联锁，顺序启停。

水阀、循环水泵以及水源热泵机组的顺序启停是为了保证机组在启动时有足够的水量流过蒸发器和冷凝器，实现对水源热泵机组的保护。

电动水阀、循环水泵应先于水源热泵机组开启，水源热泵机组在两侧水流得以确认后启动。一般采用的启动顺序为：电动水阀→地热能换热系统循环泵→空调水循环泵→水源热泵机组。系统停机顺序与启动顺序相反。

设有多台热泵机组时，应设置必要的措施顺序启动热泵机组，以防止对供电系统造成冲击，提高设备运行的可靠性。

11.3.4 制冷工况下，水源热泵机组进水水温过高会导致其制冷性能下降，地热能交换系统换热效率不佳并可能会对环境造成潜在的影响，因此应联锁启动辅助冷却塔运行。

11.3.5 制热工况下，水源热泵机组进水水温过低会导致其制热性能下降，地热能交换系统换热效率不佳并可能会对环境造成潜在的影响，因此应联锁启动辅助加热设备运行。

11.3.6 当地埋管换热器分区设置时，宜设置电动通断阀门进行分组控制，使其能在水源热泵机组对应

的部分负荷下分组交替运行。分组运行的目的是根据全年岩土体热平衡模拟计算结果或运行历史记录，制定地源热泵系统全年运行预案，使地埋管换热器交替运行，有利于岩土体温度恢复和排热与取热的平衡，保证地源热泵系统的长期运行效率。

附录 A (规范性附录) 岩土热响应试验

A.1 一般规定

A.1.1 岩土温度对热响应试验结果有较大影响。试验结果表明,施工过程会引起岩土温度波动,温度恢复到初始状态需要一定时间,故热响应试验前应预留充足的地温恢复时间。

A.1.2 现场岩土热响应试验的主要目的是为了获得拟设计地埋管换热器区域内岩土体的综合热物性参数,为后期设计计算提供依据。岩土综合热物性参数是对应埋管方式、深度、回填方式等各种条件下的岩土综合热物性参数。因此,热响应试验孔应与方案设计保持一致,如果试验孔与实际工程用孔相差过大,应当按照实际用孔的要求,重新制作试验孔。

A.1.4 为减小环境温度对试验的影响,测试仪器应尽可能靠近热响应试验孔,同时减少水平连接管段的长度以及连接过程中的弯头、变径;外露管道及试验装置中的管路和水力组件也应充分进行隔热保温处理。因测试场地限制,测试仪器与试验孔连接管道超出 3m 时应考虑连接管段的热损失。

A.1.5 作为地源热泵系统设计的指导性文件,报告内容应明晰准确。

参考标准是指在岩土热响应试验的进行过程中(含测试孔的施工),所遵循的国家或地方相关标准。

由于钻孔单位延米换热量是在特定测试工况下得到的数据,受工况条件影响很大,不能直接用于地埋管地源热泵系统的设计。因此该数值仅可用于设计参考。

报告中应明确指出,由于地质结构的复杂性和差异性,测试结果只能代表项目所在地岩土热物性参数,只有在相同岩土条件下,才能类比作为参考值使用,而不能片面地认为测试所得结果即为该区域或该地区的岩土热物性参数。

A.2 试验方法及技术要求

A.2.2 为减小试验误差,加热功率应保持恒定。

为强化换热,有效测定项目所在地岩土热物性参数,测试开始前应对流量进行合理化设置并宜满足方案设计流速要求,地埋管换热器内流速应能保证流体始终处于紊流状态。流速的大小可视管径、测试现场情况进行设定,但不应低于 0.2 m/s。

岩土热响应试验是一个对岩土缓慢加热直至达到传热平衡的测试过程,因此需要有足够的时间来保证这一过程的充分进行。在试验过程中,如果要改变加热功率,则需要停止试验,待测试孔内温度恢复至与岩土的初始平均温度一致时,才能再进行岩土热响应试验。

地埋管换热器出口温度稳定,是指在不少于 12h 的时间内,其温度的波动小于 1℃。加热功率大小的设定,应使换热流体与岩土保持有一定的温差。在地埋管换热器的出口温度稳定后,其温度宜与岩土原始平均温度相差 5℃ 以上,并宜使出口温度接近机组设计进水温度要求。如果不能保持一定的温差,试验过程将变得缓慢,影响试验效果,不利于计算岩土热物性参数。加热功率应大致为实际换热器高峰负荷值,初步设定时,对于单 U 垂直埋管,一般可按埋管钻孔深度取 40W/m~60W/m 选取。

A.2.3 随着岩土深度以及岩土性质的不同,各个深度的岩土初始温度也会有所不同。待钻孔结束,钻孔内岩土温度恢复至岩土初始温度后,可采用在钻孔内不同深度分别埋设温度传感器(如铂电阻温度探头)或向测试孔内注满水的 PE 管中,插入温度传感器的方法获得岩土初始的温度分布。

A.2.4 热响应试验过程中对仪器进行调试、断电或同一试验孔进行两次试验等情况发生时,会对岩土温度造成较大的影响,为减小试验孔周围地温扰动引起的试验误差,作出本条规定。

A.3 测试精度要求

A.3.1 本条文是根据目前常用测试仪器的精度以及对导热系数计算结果的影响程度提出的。对测试仪器仪表的选择,在选择高精度等级的元器件同时,应选择抗干扰能力强,在长时间连续测量情况下仍能保证测量精度的元器件。

A.3.4 实际埋管深度对导热系数的计算结果有明显影响,本条特做此规定。

A.4 试验数据处理

A.4.1 岩土综合热物性参数用于设计工况下的动态耦合计算和静态下换热器总长度的设计计算。

A. 4. 2 岩土热物性参数作为一种热物理性质, 无论对其进行放热还是取热试验, 其数据处理过程基本相同。因此本规范中只要求采用向岩土施加一定加热功率的方式, 来进行热响应试验。

换热孔常用传热模型有线热源和柱热源两种。当加热时间较短时, 柱热源和线热源模型的计算结果有显著差别; 当加热时间较长时, 两模型的计算结果相对误差逐渐减小, 而且时间越长差别越小。一般国内外通过实验推导钻孔传热性能及热物性所采用的普遍模型是线热源模型。采用线热源模型时, 常用斜率法来计算岩土综合导热系数。斜率法在实际工作中应用较为简便, 便于工程技术人员掌握, 且精度能满足工程中地源热泵系统设计计算要求, 具有较广泛的实用性。

在测试初始阶段, 传热主要是在钻孔回填层内进行, 而不是周围的岩土层, 钻孔的回填材料对换热性能具有较大影响, 一般认为宜舍去热响应试验初始阶段 10h~15h 数据。对于线热源模型, 当时间较长时, τ 时刻循环介质平均温度为:

$$T_f = T_0 + \frac{Q}{H} \left[R_b + \frac{1}{4\pi\lambda_s} \cdot Ei \left(\frac{d_b^2 \rho_s c_s}{C_p (16\lambda_s \tau)} \right) \right] \quad (\text{式 1})$$

对于常见的U形地埋管钻孔内传热热阻为:

$$R_b = \frac{1}{2} \left\{ \frac{1}{2\pi\lambda_b} \left[\ln \left(\frac{d_b}{d_o} \right) + \ln \left(\frac{d_b}{D} \right) + \frac{\lambda_b - \lambda_s}{\lambda_b + \lambda_s} \cdot \ln \left(\frac{d_b^4}{d_b^4 - D^4} \right) \right] + \frac{1}{2\pi\lambda_p} \cdot \ln \left(\frac{d_o}{d_i} \right) + \frac{1}{\pi d_i h} \right\} \quad (\text{式 2})$$

式中:

Q ——地埋管换热器实际加热功率 (W);

T_0 ——岩土平均原始温度 (°C);

T_f ——循环流体进出平均温度 (°C), $T_f = \frac{T_{in} + T_{out}}{2}$;

T_{in} ——地埋管进水温度 (°C);

T_{out} ——地埋管出水温度 (°C);

R_b ——钻孔内传热热阻 (m · k/W);

λ_s ——岩土综合导热系数 [W/(m · K)];

ρ_s ——土壤密度 (kg/m³);

c_s ——土壤比热 [J/(kg · K)];

τ ——时间 (s);

H ——钻孔埋管深度 (m);

d_b ——钻孔直径 (m);

d_i ——埋管内径 (m);

d_o ——埋管外径 (m);

λ_p ——埋管管壁导热系数 [W/(m · K)];

λ_b ——钻孔回填材料导热系数 [W/(m · K)];

h ——循环介质与埋管内壁的对流换热系数 [W/(m² · K)]。

当定加热功率条件下, 式 (1) 可表示为对数的线性方程:

$$T_f = K \cdot \ln(\tau) + b \quad (\text{式 3})$$

$$K = \frac{Q}{4\pi \cdot H \cdot \lambda_s} \quad (\text{式 4})$$

$$b = \frac{Q}{H} \left\{ \frac{1}{4\pi\lambda_s} \left[\ln \left(\frac{16a}{d_b^2} \right) - \gamma \right] - R_b \right\} + T_0 \quad (\text{式 5})$$

式中:

K ——地埋管进出水平均温度与时间对数的线性拟合直线的斜率;

b ——拟合直线的纵轴截距;

a ——热扩散率 (m²/s), $a = \lambda_s / \rho_s c_s$ 。

由此可得综合导热系数为:

$$\lambda_s = \frac{Q}{4\pi \cdot H \cdot K} \quad (\text{式 6})$$

体积热容量 $\rho_s c_s$ 可通过式 (5) 由拟合直线的纵轴截距 b 计算得出岩土的热容量 $\rho_s c_s$ 。

线热源斜率法导热系数算例: 100m 深单 U 形管试验孔在加热功率状态下得到的管内流体平均温度 T_f 与测试时间 τ 的变化曲线如图 1, 舍去初期 10 数据后得到 $T_f - \tau$ 关系曲线如图 2, 经直线拟合得到 $K=2.235$, 平均加热功率 $Q=5.183\text{kW}$, 最终计算得到该试验孔综合导热系数 $\lambda_s = 1.85\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 。

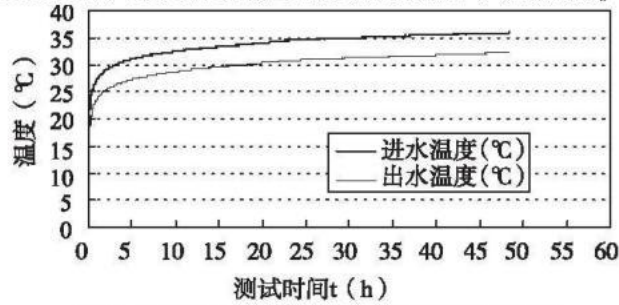


图 1 热响应试验进、出水温度变化曲线

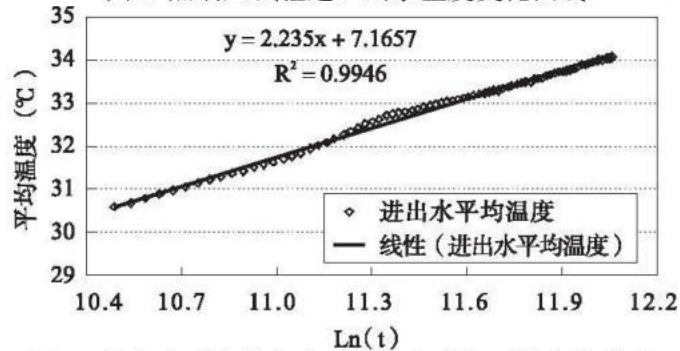


图 2 热响应试验进水平均温度时间对数变化曲线

参数估计法的计算方法是: 将实验测试结果将其与特定传热模型计算结果进行对比, 使得方差和

$f = \sum_{i=1}^N (T_{cal,i} - T_{exp,i})^2$ 取得最小值, 此时通过特定传热模型调整后的物性参数值即为所求结果。其中,

$T_{cal,i}$ 为第 i 时刻由选定的传热模型计算出的埋管中流体平均温度; $T_{exp,i}$ 为第 i 时刻实际测量的换热管中流体平均温度; N 为实验测试的数据组数。也可将试验数据直接输入专业的地源热泵岩土热物性测试软件, 通过计算分析得到岩土的热物性参数。

附录 B
(资料性附录)
竖直地埋管换热器的设计计算

B.1 《地源热泵系统工程技术规范》GB50366 附录B中地层热阻 R_s 及由短期连续脉冲负荷引起的附加热阻 R_{sp} 的计算公式的表述存在一定的歧义，也不完整，在实际应用中会产生较大的误差甚至错误。

依据热传导理论对指数积分 $E(i)$ 的定义并参考IGSHPA模型中对地层热阻的表述，当采用式(B.1-5)的形式进行地层热阻计算时，积分下限值应为 $r_b^2/(4a\tau)$ ，则单个竖直钻孔地层热阻的正确计算式应为：

$$R_s = \frac{1}{4\pi\lambda_s} \int_{\frac{r_b^2}{4a\tau}}^{\infty} \frac{e^{-s}}{s} ds = \frac{1}{4\pi\lambda_s} E\left(\frac{r_b^2}{4a\tau}\right) \tag{式1}$$

如果采用《地源热泵系统工程技术规范》GB50366附录B中式(B.0.1-6)不变，则式(B.0.1-5)、式(B.0.1-7)和式(B.0.1-8)分别调整为：

$$R_s = \frac{1}{2\pi\lambda_s} I\left(\frac{r_b^2}{4a\tau}\right) \tag{式2}$$

$$R_s = \frac{1}{2\pi\lambda_s} \left[I\left(\frac{r_b^2}{4a\tau}\right) + \sum_{i=2}^N I\left(\frac{x_i^2}{4a\tau}\right) \right] \tag{式3}$$

$$R_{sp} = \frac{1}{2\pi\lambda_s} I\left(\frac{r_b^2}{4a\tau_p}\right) \tag{式4}$$

为了便于工程计算，几种典型岩土及回填材料的热物性可参考表1确定。表1引自《2003 ASHRAE HANDBOOK HVAC Application》中Geothermal Energy章节。

表1 几种典型岩土及回填材料的热物性

热物性参数 岩土及回填材料		导热系数 λ [W/m·K]	扩散率 a ($10^{-6}m^2/s$)	密度 ρ (kg/m^3)
土 壤	致密黏土（含水量15%）	1.4~1.9	0.49~0.71	1925
	致密黏土（含水量5%）	1.0~1.4	0.54~0.71	1925
	轻质黏土（含水量15%）	0.7~1.0	0.54~0.64	1285
	轻质黏土（含水量5%）	0.5~0.9	0.65	1285
	致密砂土（含水量15%）	2.8~3.8	0.97~1.27	1925
	致密砂土（含水量5%）	2.1~2.3	1.10~1.62	1925
	轻质砂土（含水量15%）	1.0~2.1	0.54~1.08	1285
	轻质砂土（含水量5%）	0.9~1.9	0.64~1.39	1285
岩 石	花岗岩	2.3~3.7	0.97~1.51	2650
	石灰石	2.4~3.8	0.97~1.51	2400~2800
	砂岩	2.1~3.5	0.75~1.27	2570~2730

	湿页岩	1.4~2.4	0.75~0.97	—
	干页岩	1.0~2.1	0.64~0.86	—
回 填 材 料	膨润土 (含有20%~30%的固体)	0.73~0.75	—	—
	含有20%膨润土、80%SiO ₂ 砂子的混合物	1.47~1.64	—	—
	含有15%膨润土、85%SiO ₂ 砂子的混合物	1.00~1.10	—	—
	含有10%膨润土、90%SiO ₂ 砂子的混合物	2.08~2.42	—	—
	含有30%混凝土、70%SiO ₂ 砂子的混合物	2.08~2.42	—	—

B.2 地埋管换热器中传热介质的设计平均温度的选取，应符合本规范第 5.2.5 条的规定。

附 录 C
(资料性附录)
地埋管阻力损失计算

C.1 传热介质不同，其摩擦阻力也不同，水力计算应按选用的传热介质的水力特性进行计算。国内已有塑料管比摩阻均是针对水而言，对添加防冻剂的水溶液，目前尚无相应数据，可按本附录方法计算。该方法引自《地源热泵工程技术指南》(Ground-source heat pump engineering manual)，乙二醇动力粘度数据引自 2005 ASHRAE Handbook—Fundamentals。

附 录 D
(资料性附录)
地埋管外径及壁厚

- D.1 表中数值引自《给水用聚乙烯 (PE) 管材》GB/T 13663。
- D.2 表中数值引自《冷热水用聚丁烯 (PB) 管道系统》GB/T 19473.2。

附 录 E
(规范性附录)
地源热泵系统水压试验

E.1 地埋管换热系统多采用聚乙烯(PE)管。聚乙烯(PE)管是一种热塑性材料,管材本身具有受压发生蠕变和应力松弛的特性,与钢管不同。因此,对聚乙烯(PE)管水压试验期间压力降值的理解应更全面些,充分考虑到压力下降并不一定意味着管道有泄漏。

国内地埋管换热系统应用时间不长,在水压试验方法上缺乏试验与实践数据。现有规范《通风与空调工程施工质量验收规范》(GB50243)、《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》(GB 50242)、《埋地聚乙烯给水管道工程技术规程》CJJ 101 对水压试验有各自的规定,但其水压试验方法与地埋管换热系统工程应用实践有较大差距,也不宜直接采用。

国外相对成熟的地源热泵系统标准规范中,《Design and installation of earth energy systems for commercial and institutional buildings》CAN/CSA-C448.1 (简称加拿大标准)与《Closed-loop/geothermal heat pump systems design and installation standards》1997 (简称美国标准)在水压试验方法方面相比,前者步骤清晰与目前地埋管换热系统工程应用实践相一致,故本规范水压试验方法是建立在加拿大标准基础上,在试验压力上考虑了与国内相关标准的一致性。

附 录 G
(资料性附录)
地源热泵系统能效计算与评价

G.1 地源热泵机组和系统制冷能效比、制热性能系数，是反映系统节能效果的重要指标，能效比过低，系统可能还不如常规能源系统节能，因此有必要对地源热泵工程进行现场测试并对其实际运行性能作出评价。

地源热泵现场测试的关键是能选取合适的工况，以便测试参数能较为科学反映在该典型季节内机组的运行性能，从而尽量减少全年系统能效计算偏差，以便公正、公平地评估一个系统；同时使得现场测试周期、投入的成本尽量降低，做到合理性和经济性的综合平衡。

由于机组的性能系数与其负荷率相关，也就与其地源侧进水温度、室内供水温度、室外气候以及冷媒充注量等较多因素相关，因此对于现场测试，在一定允许误差范围内，选择大部分机组性能系数稳定且机组和平均运行负荷率作为测试工况，是较为合理的选择。

关于机组/系统性能系数的测试持续时间，由于能效评估的周期为一年，需要通过测试获得夏季性能系数和冬季性能系数。对于典型季节内的测试持续周期，由于建筑功能和室外气候的昼夜周期变化，机组和系统运行参数也出现周期性变化，因此，结合建筑物功能选取检测周期是较为合理。对一般公共建筑和居住建筑，系统运行周期一般为一昼夜即 24h。

G.2 地源热泵系统按热源形式可分为岩土源、地下水源、地表水源等。不同热源形式的地源热泵系统能效由于热源品质的不同而有一定的差别，但工程所在地的气候条件、资源状况、工程规模等因素同样也会影响系统能效比的高低。所以，不容易区分哪种热源形式系统能效比高、哪种热源形式的系统能效比低。因此工程项目应综合考虑气候区域、资源条件、工程规模等因素选择适合的地源热泵系统并进行合理设计。无论选择何种热源形式，其系统性能应优于常规空调系统。表G.0.2、G.0.3、G.0.4 摘自现行国家标准《公共建筑节能设计标准》GB50189、《水源热泵机组》GB/T19409、《可再生能源建筑应用工程评价标准》GB/T50801 对热泵机组、地源热泵系统能效比的规定。
