

UDC

湖南省工程建设地方标准

DBJ

DBJ 43/TXXX-2020

备案号 XXXX-2020

P

湖南省地源热泵系统工程技术标准

Technical standard for ground-source heat pump system in Hunan Province

2020-XX-XX 发布

2020-XX-XX 实施

统一书号：XXXXX·XXXXX

定价： 元

湖南省住房和城乡建设厅 发布

湖南省工程建设地方标准

湖南省地源热泵系统工程技术标准

Technical standard for ground-source heat pump system
in Hunan Province

DBJ 43/T xxx - 2020

批准部门：湖南省住房和城乡建设厅

施行日期：2020年 x月 x日

湖南省住房和城乡建设厅
关于发布湖南省工程建设地方标准
《湖南省地源热泵系统工程技术标准》
的通知

湘建科函[xxxx]xxx 号

各市州住房和城乡建设局，各有关单位：

由湖南省建筑设计院有限公司主编的《湖南省地源热泵系统工程技术标准》已由我厅组织专家审定通过，现批准为湖南省工程建设地方标准，编号为 DBJ 43/T xxx-2020，自 20xx 年 x 月 x 日起在全省范围内实施。

该标准由湖南省住房和城乡建设厅负责管理，由主编单位湖南省建筑设计院有限公司负责标准具体技术内容的解释。

湖南省住房和城乡建设厅

20xx 年 x 月 x 日

前 言

为规范和指导湖南省地源热泵系统工程技术应用以及贯彻执行国家《地源热泵系统工程技术规范》GB 50366-2005（2019 修订稿），和《关于大力推进浅层地热能建筑规模化应用试点工作的通知》（湘建科[2020]135 号）。受湖南省住房和城乡建设厅委托，湖南省建筑设计院有限公司会同有关单位编写了《湖南省地源热泵系统工程技术标准》（以下简称标准）。标准编制组结合湖南省气候特点、资源条件、经济状况等，总结地源热泵技术的最新研究成果，参考和借鉴相关规范和规程，在广泛征求意见的基础上制定本标准。

本标准的主要技术内容是：1 总则；2 术语；3 工程勘察；4 地埋管换热系统；5 地下水换热系统；6 污水换热系统；7 机房系统；8 整体试运转、调试和验收；9 系统检测、监测与评价以及相关附录。

本标准由湖南省住房和城乡建设厅负责管理，由主编单位湖南省建筑设计院有限公司负责具体内容的解释。在标准的在执行过程中，请各单位注意总结经验，积累资料，随时将有关意见和建议反馈给主编单位，以供今后修订时参考。

本标准主编单位：湖南省建筑设计院有限公司

本标准参编单位：湖南大学

长沙市规划设计研究院有限责任公司

湖南中大设计院有限公司

湖南省建筑科学研究院有限责任公司

中国能源建设集团湖南省电力设计院有限公司
湖南电投红橡气候智能科技有限公司
湖南新茂智慧能源有限公司
长沙城发能源有限公司

本标准主要起草人员：袁建新 汤远志 谷炳龙 欧阳焱
易金萍 周 晋 黄建光 易小文
贺德军 曾江月 段国权 段 勇
李志海 杨万鑫

本标准主要审查人员：徐 峰 张 泠 尹建新 段正湖
祝 玲 龙激波 刘和平 李享松
梁 高

目 次

1	总则.....	- 1 -
2	术语.....	- 2 -
3	工程勘察.....	- 6 -
3.1	一般规定.....	- 6 -
3.2	地埋管换热系统勘察.....	- 7 -
3.3	地下水换热系统勘察.....	- 8 -
3.4	污水换热系统勘察.....	- 9 -
4	地埋管换热系统.....	- 11 -
4.1	一般规定.....	- 11 -
4.2	地埋管管材与传热介质.....	- 11 -
4.3	地埋管换热系统设计.....	- 12 -
4.4	地埋管换热系统施工.....	- 13 -
4.5	地埋管换热系统的检验与验收.....	- 16 -
5	地下水换热系统.....	- 18 -
5.1	一般规定.....	- 18 -
5.2	地下水换热系统设计.....	- 18 -
5.3	地下水换热系统施工.....	- 21 -
5.4	地下水换热系统检验与验收.....	- 22 -
6	污水换热系统.....	- 23 -
6.1	一般规定.....	- 23 -
6.2	污水换热系统设计.....	- 23 -

6.3	污水换热系统施工.....	- 25 -
6.4	污水换热系统检验与验收.....	- 27 -
7	机房系统.....	- 28 -
7.1	一般规定.....	- 28 -
7.2	机房系统设计.....	- 29 -
7.3	辅助冷热源.....	- 30 -
8	运转、调试与验收.....	- 31 -
8.1	一般规定.....	- 31 -
8.2	试运转与调试.....	- 31 -
8.3	验收.....	- 33 -
9	监测与控制.....	- 35 -
9.1	一般规定.....	- 35 -
9.2	监测.....	- 35 -
9.3	控制.....	- 36 -
附录 A	现场热响应测试方法与要求.....	- 37 -
附录 B	埋地管外径及壁厚（资料性附录）.....	- 40 -
附录 C	竖直埋地管换热器的设计计算（资料性附录）.....	- 42 -
附录 D	地下水换热系统总取水量计算（资料性附录）.....	- 46 -
附录 E	地下水换热系统抽水井、回灌井数量计算（资料性附录）.....	- 48 -
附录 F	地下水换热系统能效比及供能率计算（资料性附录）..	- 50 -
	本标准用词说明.....	- 53 -
	引用标准名录.....	- 54 -
附：	条文说明.....	- 56 -

Contents

1	General Provisions	- 1 -
2	Terms	- 2 -
3	Engineering Investigations	- 6 -
3.1	General Requirements	- 6 -
3.2	Investigations of Ground Heat Exchanger System	- 7 -
3.3	Investigations of Groundwater System	- 8 -
3.4	Investigations of Sewage Heat Exchanger System.....	- 9 -
4	Ground Heat Exchanger System	- 11 -
4.1	General Requirements	- 11 -
4.2	Pipe Material and Heat-transfer Fluid of Buried Pipeline.-	11 -
4.3	Design of Ground Heat Exchanger System.....	- 12 -
4.4	Construction of Ground Heat Exchanger System	- 13 -
4.5	Debugging and Acceptance of Ground Heat Exchanger System	- 16 -
5	Groundwater System	- 18 -
5.1	General Requirements	- 18 -
5.2	Design of Groundwater System	- 18 -
5.3	Construction of Groundwater System	- 21 -
5.4	Debugging and Acceptance of Groundwater System.....	- 22 -
6	Sewage Heat Exchanger System	- 23 -
6.1	General Requirements	- 23 -
6.2	Design of Sewage Heat Exchanger System.....	- 23 -

6.3	Construction of Sewage Heat Exchanger System.....	- 25 -
6.4	Debugging and Acceptance of Sewage Heat Exchanger System.....	- 27 -
7	Cold and Heat Source System.....	- 28 -
7.1	General Requirements	- 28 -
7.2	Design of Cold and Heat Source System.....	- 29 -
7.3	Auxiliary Cold and Heat Source.....	- 30 -
8	Operation, Debugging and Acceptance	- 31 -
8.1	General Requirements	- 31 -
8.2	Commissioning and Debugging.....	- 31 -
8.3	Acceptance	- 33 -
9	Monitor and Control	- 35 -
9.1	General Requirements	- 35 -
9.2	Monitor	- 35 -
9.3	Control	- 36 -
Appendix A	Methods and Requirements of Rock-soil Thermal Response Test.....	- 37 -
Appendix B	Outer Diameter and Wall Thickness of Buired Pipeline (Informative Appendix).....	- 40 -
Appendix C	Design of Vertical Ground Heat Exchanger (Informative Appendix).....	- 42 -
Appendix D	Calculation of Total Water Intake of Groundwater Heat Exchange System (Informative Appendix)	- 46 -
Appendix E	Calculation of the Number of Production Wells and Injection Wells of Groundwater Heat Exchange System	

	(Informative Appendix).....	- 48 -
Appendix F	Calculation of Energy Efficiency Ratio and Energy Supply Rate of Groundwater Heat Exchange System (Informative Appendix).....	- 50 -
	Explanation of Wording in This Code	- 53 -
	List of Quoted Standards	- 54 -
	Addition: Explanation of Provisions	- 56 -

1 总 则

1.0.1 为使湖南省地源热泵系统工程勘察、可行性评估、设计、施工、验收、系统运行监测、控制与运营管理，做到安全适用、经济合理、技术先进可靠、节能环保，保证工程质量，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于湖南省新建、改建和扩建的以浅层岩土体、地下水、污水为低位热源，采用热泵技术进行供热、制冷或制备生活热水系统的工程勘察、可行性评估、设计、施工及验收。

1.0.3 地源热泵系统工程进行工程勘察、可研、设计、施工、验收、运行监测、控制与管理，除应符合本标准外，还应符合国家、省市现行的有关规范、标准的规定。

2 术 语

2.0.1 地源热泵系统 Ground-source heat pump system

以岩土体、地下水、地表水、污水等作为浅层低位热源，由水源热泵机组、地热能交换系统、建筑物内系统组成的供热、供冷或供应生活热水的系统。根据冷热源的不同，地源热泵系统分为土壤源（地埋管）地源热泵系统、地下水地源热泵系统、地表水地源热泵系统和污水源地源热泵系统。

2.0.2 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位热源的热泵机组。

2.0.3 地热能交换系统 Geothermal exchange system

将浅层地热能资源加以利用的热交换系统。

2.0.4 浅层地热能资源 Shallow geothermal resources

蕴藏在浅层岩土体、地下水或地表水中的热能资源。

2.0.5 传热介质 Heat-transfer fluid

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

2.0.6 地埋管换热系统 Ground heat exchanger system

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

2.0.7 地埋管换热器 Ground heat exchanger

供传热介质与岩土体换热用，由埋于地下的密闭循环管组构成的换热器，又称土壤热交换器，根据管路埋置方式不同，分为水平地埋管换热器和竖直地埋管换热器。

2.0.8 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，又称水平土壤热交

换器。

2.0.9 竖直埋管换热器 Vertical ground heat exchanger

换热管路埋置在竖直钻孔内的埋管换热器，又称竖直土壤热交换器。

2.0.10 地下水换热系统 Groundwater 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。

2.0.11 直接地下水换热系统 Direct groundwater 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。

2.0.12 间接地下水换热系统 Indirect groundwater system

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

2.0.13 污水换热系统 sewage heat exchanger system

与城市污水进行热交换的热能交换系统，根据热泵机组是否与污水接触可分为直接式污水换热系统和间接式污水换热系统。

2.0.14 直接式污水换热系统 direct sewage heat exchanger system

污水经过水处理直接进入热泵机组换热器进行换热的热交换系统。

2.0.15 间接式污水换热系统 Indirect sewage heat exchanger system

污水经过水处理进入中间换热器与水源热泵机组实现间接换热的换热系统。

2.0.16 岩土体 Rock-soil body

岩石和松散沉积物的集合体，如砂岩、砂砾石、土壤等。

2.0.17 岩土热响应试验 Rock-soil thermal response test

对岩土热响应试验测试井进行原始温度的测试，并在一定时间内（一般不低于 48 小时）对测试井内的换热管施加恒热流，获得换热管内温度变化的情况，根据土壤换热器的传热学模型，最终计算出岩

土综合热物性参数。

2.0.18 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，岩土的综合导热系数、综合比热容。

2.0.19 岩土初始平均温度 Initial average temperature of rock-soil

主要是指地壳浅部恒温层（一般在地表下 10-20m 至 200m 左右的深度范围内），或地表下 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。

2.0.20 岩土柱状图 Rock-soil histogram

将工作范围内的各岩土层自下而上（即从老到新），按一定比例尺制成柱状图，并附简要文字描述各岩土层的基本岩性、水文地质与工程地质特征等基本地质信息。

2.0.21 测试孔 Vertical testing exchanger

按照测试要求和拟采用的成孔方案，将用于岩土热响应试验的垂直地埋管换热器称为测试孔。

2.0.22 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。

2.0.23 含水层 Aquifer

导水的饱和岩土层。

2.0.24 井身结构 Wellstructure

构成钻孔柱状剖面技术要素的总称，包括钻孔结构、井壁管、过滤管、沉淀管、管外滤料及止水封井段的位置等。

2.0.25 抽水井 Production well（含水层）

用于从地下含水层中取水的井。

2.0.26 回灌井 Injection well

用于向含水层灌注回水的井。

2.0.27 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。

2.0.28 抽水试验 Pumping test

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

2.0.30 回灌试验 Injection test

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

2.0.31 建筑物内系统 Building internal system

建筑物内的热泵机房和末端系统统称为建筑物内系统。

2.0.32 能效测评 Energy efficiency evaluation

能效测评是指对建筑能源消耗量及其用能系统效率等性能指标进行计算、检测，并给出其所处水平的活动，包括形式检查、性能检测、能效评估三方面内容。

2.0.33 数据监测系统 Data monitoring system

数据监测系统是指通过安装数据计量和采集装置，采用远程数据传输手段，实现数据在线、实时监测和动态分析功能的硬件和软件系统的统称。

2.0.34 复合式冷热源系统 Combined heating & cooling source system

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

2.0.35 检验批 inspection lot

是按同一生产条件或规定的方式汇总起来供检验用的，由一定数量样本组成的检验体，是建筑工程质量验收的基本单元，比如地源井成井、下管回填、单井埋管试压等。

3 工程勘察

3.1 一般规定

3.1.1 地源热泵系统方案设计前，应进行工程场地状况调查，并应对工程场地进行浅层地热能资源勘察。应制定合理的工程勘察方案，搜集利用附近已有工程地质、水文地质、地表水文资料。

3.1.2 工程勘察应由专业资质的队伍承担。工程勘察完成后，应提交浅层地热能工程勘察报告，并对浅层地热能资源可利用情况提出建议。

3.1.3 地源热泵系统工程勘察应收集气象水文资料、拟建项目功能特征、场地岩土工程勘察报告、场地及周边区域水文地质、所在地相关政策规定等资料。

3.1.4 工程勘察应查明工程场地状况，包括下列内容：

(1) 场地规划面积、形状、地形地貌、地层结构及水文地质条件等；

(2) 场地内已有建筑物和规划建筑物的占地面积及其分布、基础形式及埋深；

(3) 场地内已有植被、地表水、供水排水系统及架空输电线、市政管网、交通设施、历史文化遗迹、电信电缆的分布及综合管线分布；

(4) 场地内已有或计划修建的地下管线和地下构筑物的分布及其埋深；

(5) 交通道路状况及施工所需的电源、水源情况；

(6) 场地内及周边地下空间构筑物；

(7) 场地及周围地下水开采情况，已有水井的位置、水质、水位、水温和涌水量；

(8) 水源性质与条件、水源与设计建筑之间距离及水源与设计建筑之间场地内地面建筑和构筑物分布情况、地形情况；

3.1.5 地源热泵工程有关水质分析与评价按照《浅层地热能勘察评价规范》DZ/T0225 的执行。

3.2 地埋管换热系统勘察

3.2.1 地埋管地源热泵系统方案设计前，应对工程场区内岩土体地质条件进行勘察。

3.2.2 岩土体地质条件勘察应执行《岩土工程勘察规范》GB 50021-2009。

3.2.3 在勘察施工实施之前，对所有地下设施（如上下水、电力、燃气、蒸汽、通讯等）均应由相关单位责任人共同确认并标记出位置。

3.2.4 地埋管换热系统勘察应包括下列内容：

- (1) 地质构造及岩土层的结构；
- (2) 岩土体热物性（包括岩土体比热容、导热系数、密度）；
- (3) 岩土体温度（原始温度、竖向温度及变化规律）及钻孔范围内岩土体的平均温度；
- (4) 场地内及周边地下空间构筑物；
- (5) 钻探及成井工艺

3.2.5 采用水平埋管时，应通过槽探、坑探、钎探或钻探进行岩土工程勘察。探槽等方案应根据场地形状确定，探槽等工程的控制深度应超过埋管深度 1~2m。

3.2.6 采用垂直埋管时，应通过钻探进行岩土工程勘察。钻探方案应根据场地条件确定，勘探孔底标高等于地埋管最低标高低 1 米。

3.2.7 在地埋管地源热泵系统方案设计前，当地埋管地源热泵系统的应用建筑面积在 3000-5000 m²时，宜进行岩土热响应试验；当建筑应用面积大于等于 5000 m²时，应进行岩土热响应试验；应用建筑面积大于 50000 m²时，应进行不少于两个测试井或探槽的岩土热响应试验。热响应测试井数量参照表 3-1 进行。

表 3-1 不同场地热响应测试井数量

5000m ² 以下工程	5000m ² -50000 m ² 工程	大于 50000 m ² 工程
钻孔及现场热响应测试 0-1 点	钻孔及现场热响应测试 1-2 点	钻孔及现场热响应测试 大于 2 点

3.2.8 岩土热响应试验应由具有资质的检测机构完成，测试仪器仪表需要有关部门的检定认可，应具有有效期内的检验合格证、校准证书或测试证书。

3.3 地下水换热系统勘察

3.3.1 地下水地源热泵系统方案设计前，应根据地源热泵系统对水量、水温和水质的要求，对工程场区的水文地质条件进行勘察。

3.3.2 水文地质条件勘察可参照《供水水文地质勘察规范》GB 50027，《管井技术规范》GB 50296 进行。

3.3.3 地下水换热系统勘察应包括以下内容：

1. 地下水类型；
2. 含水层岩性、分布、埋深及厚度以及含水层相互之间的水力联系；
3. 含水层的富水性和渗透性；
4. 地下水补给、径流及排泄条件，包括径流方向、速度和水力坡度等；
5. 地下水水温及空间变化特征；
6. 地下水水质，层采集水样化验，查明地下水化学特征；
7. 地下水水位动态变化情况；
8. 地下水适应性评价。

3.3.4 地下水换热系统勘察应进行水文地质试验，试验应包括下列内容：

1. 抽水和回灌实验，抽水和回灌试验方法参照《浅层地热能勘察评价规范》DZ/T0225；
2. 地下水水质及出水温度测试；

3. 水流方向试验，当地下水条件复杂时，宜采用示踪试验，查明地下水径流方向；

4. 渗透系数和影响半径计算；

5. 干扰井试验。

3.3.5 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。

3.3.6 岩溶发育地区应对可能引起的地面沉降或塌陷等进行重点评述。

3.3.7 当地下水换热系统的勘察结果符合地源热泵系统要求时，应采用成井技术将水文地质勘探孔完善成热源井加以利用。热源井的钻探和成井施工专业性较强，为保证热源成井质量应由水文地质专业人员全过程进行监理。

3.3.8 地下水换热系统应在进行水文地质钻探、试验之后提供以下成果：

(1) 目标含水层（组）的抽水试验，并提供钻孔柱状图，抽水试验综合成果图；

(2) 目标含水层（组）的回灌试验，并提供钻孔柱状图，回灌试验综合成果图；

(3) 各目标含水层（组）的水量、水质分析试验报告。

3.4 污水换热系统勘察

3.4.1 污水（中水）地源热泵系统方案设计前，应对所利用污水（中水）的基本构成、水文状况、污水源利用条件、利用方式进行勘察和评价。

3.4.2 当利用城市污水（中水）时，勘察和评价应包括以下内容：

1. 污水资源利用现状及规划；

2. 全年水温、流量（平均值、峰值、谷值）等动态变化数据及污水特征值变化规律，污水处理厂运行情况及规律。

3. 污水的性质及水质条件；

4. 污水源位置、取回水点标高、取水和回水的适宜方式、地点及路线以及污水管网的布局和走向等。

4 地埋管换热系统

4.1 一般规定

4.1.1 地埋管换热系统初步设计前，应根据工程勘察报告（含岩土热物性测试报告）及相关基础资料确定技术经济合理方案。

4.1.2 地埋管换热系统应考虑年取热量与年释热量的平衡，不宜单一供热或供冷。如用户端只需要“冷”或“热”时，应采取热平衡措施。

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

4.2 地埋管管材与传热介质

4.2.1 地埋管管材及管件应符合设计要求，且应提供质量检验报告和产品合格证。

4.2.2 地埋管管材及管件应符合下列规定：

(1) 地埋管管材与管件应采用化学稳定性好、耐腐蚀、导热系数大、流动阻力小的塑料管材及管件，管材寿命不小于 50 年。宜采用高密度聚乙烯管(HDPE80 或 HDPE100)或聚丁烯管(PB)，且管件与管材材质应相同。

(2) 地埋管管材与管件的质量应符合国家现行标准中的各项规定。管材的公称压力及使用温度应满足设计要求，地埋管外径及壁厚可按附录 B 的规定选用。

(3) 地埋管应按设计长度要求定制，出厂成卷供应，中间不应有机械接口及金属接头。

4.2.3 传热介质应以水为首选，可以直接使用市政供水，有条件时，可以使用软化水。特殊情况下可添加防冻剂，应满足以下条件：

(1) 安全，腐蚀性弱，与地埋管管材无化学反应；

- (2) 较低冰点；
- (3) 良好的传热特性，较低的摩擦阻力；
- (4) 易于购买、运输和储藏。

4.3 地埋管换热系统设计

4.3.1 地埋管换热系统设计，应进行全年逐时动态负荷计算，最小计算周期不得小于 1 年。在计算周期内，地埋管换热系统总释热量宜与其总吸热量相平衡；当不平衡时，可采用辅助冷源或热源与地埋管换热器并用的复合式系统，保证土壤热平衡。

4.3.2 埋管换热器应根据现场工程勘察结果，综合可用地面积、岩土类型、桩基形式和钻井施工成本等因素确定埋管方式。

4.3.3 地埋管换热器设计计算应根据现场实测岩土体及回填料热物性参数，采用专用软件进行。竖直埋管的设计也可按本规范附录 C 的方法进行设计计算。且宜符合下列要求：

- 1、夏季运行期间，地埋管换热器出口最高温度低于 33℃；
- 2、冬季运行期间，地埋管换热器出口最低温度高于 4℃。

4.3.4 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总长度内。

4.3.5 水平地埋连管可不设坡度。最上层管道最低埋深应满足以下要求：

- (1) 距离地下室底板以下 0.2 m；
- (2) 大型乔木绿化区域，距离地面以下 1.5m；
- (3) 地下管网以下 0.5m；
- (4) 一般小区道路草坪灌木，距离地面以下 0.8m。

4.3.6 水平地埋管换热器宜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。

4.3.7 水平地埋管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》CJJ101 的要求。

4.3.8 具备条件时可结合建筑桩基进行地埋管换热器设置。

4.3.9 竖直埋管换热器埋管深度推荐为 30m~100m 以内，不宜超过 120m，钻孔孔径单 U 管不宜小于 0.11 m、双 U 管不宜小于 0.13m，间距宜为 4m~6 m。

4.3.10 埋管换热器管内流体应保持紊流流态。De25 管不宜低于 0.4m/s，De32 管不宜低于 0.6m/s。

4.3.11 埋管环路宜同程布置，并保证每组环路连接的组数相等、环路集管（或中间分、集水器）以及阀门位置便于操作与维修更换。

4.3.12 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或沟槽外岩土体的导热系数。当原浆中成分为非泥浆时，可以用原浆回填。

4.3.13 埋管换热系统应设自动补水及泄漏报警系统，需要防冻的部位应有防冻保护措施。

4.3.14 埋管换热系统应采取有效措施排除系统中的空气。

4.3.15 埋管地源热泵系统宜设置地温场监测系统。

4.3.16 埋管换热器内运行压力不应超过管材的承压能力。

4.3.17 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。

4.3.18 埋管换热系统宜采用变流量设计。

4.3.19 埋管换热器的环路压力损失宜控制在 80~200Pa/m。

4.3.20 埋管侧循环水泵的扬程应按最不利环路的压力损失，并考虑不超过 10%的安全裕量计算。

4.4 埋管换热系统施工

4.4.1 埋管换热系统施工前应具备埋管区域的工程勘察资料，确认埋管场地内已有地下管线、其他地下构筑物的功能及其准确位置。结合施工图编制施工组织设计，在编制施工方案时，应采用先进、高效的埋管施工工法和工艺。

4.4.2 埋管换热器系统是《通风与空调工程施工质量验收规范》（GB50243-2016）重要的分部工程，应做好详细的施工方案、确定

成井与埋管检验批的检验验收内容。

4.4.3 应严格检查并做好管材、成品和半成品的保护工作，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。

4.4.4 管道连接应符合下列规定：

(1) 当室外温度低于 5℃时，不宜进行管道连接、试压等操作活动；

(2) 埋地管道应采用热熔或电熔连接。聚乙烯管道连接应符合《埋地聚乙烯给水管道工程技术规程》CJJ101 的有关规定；

(3) 竖直地埋管换热器的 U 型弯管接头，宜选用定型的 U 形弯头成品件，不应采用两个 90°的弯管对接构成 U 型弯管；

(4) 竖直地埋管换热器 U 型管的组对长度应能满足插入钻孔后与环路集管连接的要求，组对好的 U 型管的两开口端部，应及时密封；

(5) 竖直地埋管换热器使用的管道，应组对整根放入，不得拼接。

(6) 壁厚不大于 3.5mm 的 PE、PB 塑料管，应该使用活接头连接或承插连接；壁厚大于 3.5mm 的塑料管，宜采用对接焊接或活接头连接。

4.4.5 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. 沟槽如果在回填土上，应采取措施，避免土壤沉降带来的管道损坏；

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，应避免重物撞击或者碾压管身。

5. 铺设完毕并试压合格后覆土前应先先用细砂覆盖，厚度宜为200mm以上。

4.4.6 水平地埋管换热器回填料应细小、松散、均匀，且不应含石块及土块。沟槽回填压实应逐层进行，回填压实过程应均匀，回填料应与管道接触紧密，且不得损伤管道。

4.4.7 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型管一起插入孔中，直至孔底。下管时，U型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. U型管安装完毕后，应立即灌浆回填封孔。可采取人工自上而下灌浆或者或机械自下而上的灌浆方式。采用自上而下的方式，需人工多次回填，直到灌浆面无沉陷；

4. 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。

4.4.8 灌浆回填料宜采用非泥土原浆，原浆不符合要求时，可采用细沙加膨润土的混合浆或专用灌浆材料。回填材料应具有与周围岩土相适应的较高的导热性能和保证钻孔密封性的低渗透率。

4.4.9 地埋管换热器安装前后均应对管道进行试压和冲洗。

4.4.10 采用桩基内埋管时，换热管应放置在钢筋笼内侧，顺钢筋扎紧绑牢并在端部做好醒目标识，在管内注满水，封闭带压后才能进行混凝土灌注。

4.4.11 当垂直地埋管换热器位于建筑基础范围内,并在基坑开挖前施

工时，应预留相应的长度，两端应密封、标识，基坑开挖时应采取保护措施。

4.4.12 当成孔后井壁坍塌、导致埋管深度达不到设计要求时，应及时补井，保证埋管总长度达到设计要求。

4.4.13 地埋管换热系统施工应根据相关施工质量规范，进行多层次验收，并做好相应的验收记录（检验批验收记录表、隐蔽工程验收记录表、分项工程验收记录表、子分部验收记录表、分部工程验收记录表等）。

4.5 地埋管换热系统的检验与验收

4.5.1 地埋管换热系统安装过程中，应进行现场检验，并提供相应的检验报告，检验由施工方发起，建设方或监理方参加。检验内容应符合下列规定：

1. 管材、管件等材料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，表面应无划痕；
2. 垂直钻孔直径位置与深度均应符合设计要求；
3. 水平埋管的位置、管沟尺寸与深度应符合设计要求。
4. 回填密实度检验与回填料及其配比应符合设计要求；
5. 地埋管换热系统各环节流量应平衡，系统循环水流量及进出水温差应符合设计要求；
6. 水压试验应合格。

4.5.2 地埋管换热系统施工应根据相关施工质量规范，进行多层次验收，并做好相应的验收记录（检验批验收记录表、隐蔽工程验收记录表、分项工程验收记录表、子分部验收记录表、分部工程验收记录表等）。

4.5.3 水压试验应符合下列要求：

1. 试验压力：按设计文件要求，当设计文件不明确时，可以按照以下要求：当工作压力小于等于 1.0 MPa 时，应为工作压力的 1.5 倍，且不应小于 0.6 MPa；当工作压力大于 1.0 MPa 时，应为工作压

力加 0.5 MPa;

2. 水压试验规定:

(1) 竖直地埋管换热器插入钻孔前, 应做第一层次水压试验, 每组垂直埋管单独做, 在试验压力下, 稳压至少 15 min, 稳压后压力降不应大于 3%, 且无泄漏现象, 在设计压力状态下插入钻孔, 完成灌浆之后一直保持工作压力至下一步工序。水平地埋管换热器放入沟槽前, 应做第一次水压试验, 每组水平埋管单独做, 在试验压力下, 稳压至少 15 min, 稳压后压力降不应大于 3%, 且无泄漏现象, 并一直维持工作压力。

(2) 竖直或水平地埋管换热器与环路集管装配完成后, 回填前应进行第二层次水压试验。在试压合格后, 仍保持工作压力至下一步工序;

(3) 环路集管与机房分集水器连接完成后, 回填前应进行第三层次水压试验, 在试压合格后, 仍保持工作压力至下一步工序;

(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, 应进行第四层次水压试验, 在试压合格后, 仍保持工作压力至下一步工序;

(5) 系统联合调试时应进行第五层次水压试验。

3. 第一层次试压为局部管道的试压, 宜采用手动试压泵缓慢升压, 升压过程中应随时观察和检查。第二层次以后为系统试压, 可采用电动或手动试压泵缓慢升压, 升压过程中应随时观察与检查。不得以气压试验代替水压试验。

5 地下水换热系统

5.1 一般规定

5.1.1 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，获得水务部门取水许可证后方可进行热源井的设计和施工。

5.1.2 地下水换热系统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，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、回灌量及其水质进行全程运行监测。热源井取水只能用于置换地下冷量或者热量，不得用于等其他用途。

5.1.3 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。

5.1.4 地下水取水管、回灌管严禁与市政管道连接，以避免污染市政供水、使用自来水取热，防止回灌水排入下水道造成水资源浪费。

5.1.5 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。

5.1.6 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。

5.2 地下水换热系统设计

5.2.1 热源井的设计单位应具有水文或地质勘察专业相应的资质。

5.2.2 热源井设计应符合现行国家标准《管井技术规范》GB 50296 的相关规定，并应包括下列内容：

- (1) 热源井的抽水量和回灌量、水温和水质；
- (2) 热源井的数量、井位分布及取水层位；

- (3) 井管配置及管材选用，抽管设备选型；
- (4) 井身结构、填砾位置、滤料规格及止水材料；
- (5) 抽水试验和回灌实验要求及措施；
- (6) 井口装置及附属设施。

5.2.3 热源井数目应满足持续出水量和完全回灌需求，热源井总取水量应超过地下水热泵系统所需最大设计水量，为了保证回灌效果，回灌井数量应为抽水井数量的两倍以上。

5.2.4 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、水样采集口及检测口，有条件时设置在线检测系统。

5.2.5 热源井井口处应设检修井。

5.2.6 抽水井与回灌井宜能相互转换，其间应设排气装置。抽水管和回灌管上均应设置水样采集口及监测口。

5.2.7 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。

5.2.8 当供水井数量超过一口时，应安装井源逆止阀；每口回灌井稳压装置后面安装一个排气阀，避免空气被带入回灌区域。

5.2.9 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。

5.2.10 水质净化过滤装置应满足下列要求：

- (1) 基岩型地下水，过滤精度宜小于 50 μm ；
- (2) 松散层地下水，过滤精度宜为 3 松散层 5 μm 。

5.2.11 地下水宜采用旋流除砂器除去水中泥沙等杂质，利用吸附等物理方法除去水中铁、锰等金属离子。

5.2.12 地下水供回水设计温差不应小于 5℃。技术经济合理时，宜加大地下水供回水温差。

5.2.13 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。

5.2.14 地下水管路及配件等应采用适当的材料以保证水井具有合理的使用寿命。

5.2.15 间接式地下水换热系统应选用板式换热器并选择合适的板件流速和压降。

5.2.16 对于分散小型单元式水源热泵机组时，由于机组数量多，维护难度大，宜设中间换热器间接换热。

5.2.17 地下水换热系统设计计算应按照以下规定进行：

(1) 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。

(2) 应根据单井的流量—降深曲线(Q 根据曲线)确定抽水机的流量，并考虑合适的安全余量。

(3) 抽水机的扬程应按下式计算：

$$H = H_1 + H_2$$

式中：

H —水泵扬程 (m)；

H₁—从动水位开始的提升高度 (m)；

H₂—水系统压力损失 (m)。

5.2.18 地下水有腐蚀性时，应采取下列防腐措施：

(1) 采用间接换热，换热器前与地下水直接接触的管道或设备宜隔绝空气；

(2) 采用防腐材料，与地下水接触的热源井井管、设备和仪表应具有抗腐蚀性能；

(3) 热源井应采取减少空气侵入的措施；

- (4) 电化学防腐；
- (5) 受地下水流体高速冲击、易磨蚀的部件和转动的部件，其金属表面不应涂敷防腐涂料；
- (6) 不应在地下水中添加防腐剂；
- (7) 设备和管道的外防腐应符合《化工设备管道外防腐设计规范》HG/T 20679 的规定。

5.2.19 地下水换热系统应采取防垢除垢措施：

- (1) 对于结垢性地下水，与地下水直接接触的设备应采取防垢或阻垢措施；
- (2) 阻垢措施可采用增压法或物理阻垢法；
- (3) 回灌系统严禁使用化学法阻垢；
- (4) 除垢可采用化学清洗、水力破损和机械除垢方法。

5.3 地下水换热系统施工

5.3.1 热源井的施工队伍应具有相应水文或地质勘察专业资质。

5.3.2 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，并严格执行。

5.3.3 热源井施工前应具备热源井及其周围区域的工程勘察资料、施工图设计文件，并完成施工组织设计。

5.3.4 热源井施工过程中应同时绘制地层钻孔柱状剖面图。

5.3.5 热源井在成井后应及时洗井。洗井结束后应进行抽水试验和回灌试验。洗井应符合下列要求：

- (1) 出水量应接近设计要求或连续两次单位出水量之差小于 10%；

- (2) 出水量的含砂量应小于 1/200000（体积比）。

5.3.6 热源井的抽水试验应稳定延续 12h，出水量不应小于设计出水量，降深不宜大于 5m；回灌试验应稳定延续 36h 以上，回灌量应大于设计回灌量。

5.3.7 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。

5.3.8 地下水换热系统施工应根据相关施工质量规范，进行多层次验收，并做好相应的验收记录（检验批验收记录表、隐蔽工程验收记录表、分项工程验收记录表、子分部验收记录表、分部工程验收记录表等）。

5.4 地下水换热系统检验与验收

5.4.1 热源井应由建设单位、设计单位、施工单位、监理单位和质量监督单位进行联合验收，且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。

5.4.2 热源井的验收应在现场进行，并应符合下列规定：

- (1) 热源井的井身结构应符合设计要求；
- (2) 热源井的深度应现场测量；
- (3) 热源井持续出水量和回灌量应稳定，单井出水量（回灌量）及降深（上升值）应满足设计要求。持续出水量和回灌量应符合 7.3.6 条的规定。
- (4) 井底沉淀物厚度应小于井深 5%。

5.4.3 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。

5.4.4 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。

5.4.5 地下水输水管网设计、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。

6 污水换热系统

6.1 一般规定

6.1.1 污水换热系统设计前,应根据工程勘察报告及相关基础资料确定技术经济合理方案。

6.1.2 污水换热系统如采用市政污水管道内原生无水或者经污水处理厂处理后的二级污水,均应获得污水管理部门的许可。

6.1.3 用污水作为低品位热源时,引入水源热泵机组或中间换热器的“污水”应满足《城市污水再生利用—工业用水水质》GB/T 19923-2005或《城市污水再生利用—城市杂用水水质》GB/T 18920-2002等标准的要求。

6.1.4 直接将污水引入水源热泵机组或中间换热器时,应作环境与卫生防疫安全评估,并应取得相关部门的批准

6.1.5 直接利用城市原生污水时,应评估热能利用对后续污水处理工艺的影响。

6.1.6 污水流量应满足污水源热泵系统最大取热量或释热量需要,如不能满足,或污水处理厂检修期不能保证污水换热系统连续运行时,应有相应的辅助冷热源的措施。

6.2 污水换热系统设计

6.2.1 污水换热系统分为开式换热系统和闭式换热系统两种方式。

6.2.2 根据污水是否直接与水源热泵机组换热器接触,开式污水换热系统可分为直接式污水换热系统和间接式污水换热系统:

(1) 直接式污水换热系统:适用于污水处理厂处理过的二级污水(即中水或尾水),一般水质较好。

(2) 间接式污水换热系统:适用于水质较差或未经处理的原生

污水。

6.2.3 闭式污水换热系统适用于负荷相对较小的项目。

6.2.4 污水换热系统设计方案应根据污水源来源、流动走向，污水深度、污水水质、水量、水位、水温和周边建筑情况综合确定。

6.2.5 原生污水取水口应设置粗效过滤装置、并应具有连续反冲洗等防淤、清淤措施；取水口处污水量应稳定，排水口应位于取水口的下游并保持一定的距离。

6.2.6 间接式污水换热系统应根据污水水质选用相应的板式换热器、壳管式换热器与套管式换热器等，换热器应具备可拆卸功能，同时必须采取防结垢、防堵塞、防腐蚀、防微生物繁殖等技术措施。

6.2.7 污水换热器采用壳管式换热器时，污水宜流经管程，中间传热介质流经壳程，换热管管径不宜小于 25mm。

6.2.8 污水换热器采用宽流道式换热器时，污水侧流道高度不宜小于 30mm。

6.2.9 壳管式换热器换热对数温差不宜小于 2℃，换热管内流速不宜小于 1.5m/s。

6.2.10 污水设计流量按下式计算：

$$G=0.86Q/D_t$$

式中：

G—污水设计流量（m³/s）；

Q—污水换热系统设计释热量 Q_k 或设计取热量 Q_o (kw)；

D_t —污水设计温差（℃），夏季不应小于 5℃，冬季不宜小于 3℃。

6.2.11 污水换热系统应满足污水源热泵机组夏季冷凝器进水温度不宜高于 33℃，冬季蒸发器进水温度不宜低于 7℃的要求。

6.2.12 污水过滤器、热交换器污水侧进水管应设置压力表，宜设压差远传与报警装置。

6.2.13 污水专用换热器的接管设计应考虑可靠的防止串水、串压措施。

6.2.14 污水换热系统宜设置过渡季清水保护措施。

6.2.15 污水取水口和排水口处应设置工作井，引排水管道每隔 50m 应设置一口检查井，以方便日后维护清理。

6.2.16 循环系统应在循环泵与换热器前设置连续反冲洗防堵装置，通过连续反冲洗防堵装置的污水进水流速宜小于 0.5m/s，排水流速宜大于 2.0m/s。

6.2.17 污水换热系统循环水泵的安装高度应满足水泵允许吸水高度要求，确定水泵扬程时，应考虑取回水口落差，并在水力计算时结合水质条件对比摩阻进行修正，在没有试验数据时，其比摩阻可取洁净水的 2~3 倍。循环泵的输送能效比宜不大于 0.024。

6.2.18 污水换热器材质应根据污水水质确定。

6.2.19 污水换热器的总传热系数应根据专业设备厂家的技术参数，并考虑设计工况与厂家设备标准工况差异，修正后确定。

6.2.20 污水换热器应设置在独立的换热间内，并设置可靠的通风换气设施，中水换热间换气次数不少于每小时 6 次，原生污水换热间换气次数不少于每小时 12 次。

6.2.21 污水换热间应考虑地面排水措施。

6.3 污水换热系统施工

6.3.1 污水换热系统施工前应具备污水换热系统勘察资料、施工图设计文件，并完成施工组织设计。

6.3.2 污水换热系统施工前应了解施工场地内已有地下管线、其它地下构筑物的用途及其准确位置，并应进行场地清理，铲除地面杂草、杂物和浮土，平整地面。

6.3.3 施工过程中应严格检查并做好管材、成品、半成品的保护工作，管道应做好防腐和保温工作。

6.3.4 根据污水水质及其腐蚀性，选用相应的防腐材料与涂层，污水腐蚀性较强时，在满足环保要求的前提下，加入适当的缓蚀剂，减缓设备与材料的腐蚀；腐蚀性较强的系统，在技术经济较为合理的前提下可采用非金属类污水换热器。

6.3.5 采用沉浸式（浸没式）换热器的系统，其污水侧换热盘管应符合下列要求：

（1）换热盘管管材及管件应符合设计要求，且具有质量检验报告和生产厂的合格证。换热盘管宜按照标准长度由厂家做成所需的预制件，且不应有扭曲；

（2）供、回水管进入污水源处应设明显标志；

（3）塑料材质污水换热器管道应采用热熔或电熔连接。聚乙烯管道连接应符合《埋地聚乙烯给水管道工程技术规程》CJJ101-2004的有关规定。

6.3.6 污水换热系统换热器结构应尽可能简单，并应留有清洗开口或拆卸端头，便于清洗、更换管件等日常维护。

6.3.7 污水直接进入热泵机组时，机组污水侧换热器的材料应能适应水质条件。

6.3.8 污水换热系统取排水管宜采用水平直埋管敷设。

6.3.9 污水源热泵系统施工作业环境和条件应满足相关标准和施工工艺要求。

6.3.10 污水管道的施工应根据敷设位置，满足下列要求：

1）在市政道路上敷设管道，宜采用人工顶管或非开挖定向钻技术施工，并需获得相关市攻部的施工许可证；

2）在建筑红线内埋设管道，可采用沟槽开挖技术施工。

6.3.11 生活给水管道与污水管道交叉时，给水管道应敷设在污水管道上面，且无接口重叠，给水管覆土应大于 700mm。

6.3.12 污水换热系统安装前后应对管道进行冲洗充液前应进行排气。每根管必须保持 0.61m/s 以上的流速，至少运行十五分钟，以排出管道内的空气。

6.3.13 污水源换热系统施工应根据相关施工质量规范，进行多层级验收，并做好相应的验收记录（检验批验收记录表、隐蔽工程验收记录表、分项工程验收记录表、子分部验收记录表、分部工程验收记录

表等)。

6.4 污水换热系统检验与验收

6.4.1 污水取排水管道的验收应符合现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB50268 及《埋地聚乙烯给水管道工程技术规程》GJJ101 的规定。

6.4.2 污水换热系统安装过程中，应进行现场检验，并提供检验报告，检验内容应符合下列规定：

1. 与污水直接接触的设备和管道材质应满足相应的设计要求；
2. 污水处理设备应符合长期自动过滤、反冲洗、清理，且处理简便、能耗低的设计要求；
3. 管材、管件等材料应具有产品合格证和性能检验报告；
4. 取回水管道和换热盘管的长度、布置方式及管沟设置应符合设计要求。

6.4.3 污水源换热系统施工应根据相关施工质量规范，进行多层次验收，并做好相应的验收记录（检验批验收记录表、隐蔽工程验收记录表、分项工程验收记录表、子分部验收记录表、分部工程验收记录表等）。

7 机房系统

7.1 一般规定

7.1.1 机房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 及相关节能标准的要求。其中涉及到生活热水或其他热水供应部分，应符合现行国家标准《建筑给水排水设计规范》GB50015 的要求。

7.1.2 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。

7.1.3 建筑物内系统应根据地热能交换系统特性、建筑的特点及使用功能确定水源热泵机组的设置方式及末端空调系统形式，宜优先选用高温供冷、低位供热末端装置。

7.1.4 终端用户冷热负荷需求时空异大，物权划分及计量要求高，或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或水环热泵形式。

7.1.5 地源热泵系统具备生活热水-空调冷热联供条件时，宜优先利用地源热泵机组提供(或预热)生活热水，不足部分由其它方式解决补充。宜采用热回收型热泵机组提供（或预热）生活热水，热回收型地源热泵机组应具有参数自动监控与工况自动转换功能。

7.1.6 地埋管地源热泵机组采用开式冷却塔作为冬、夏季地源侧热平衡调节手段时，冷却塔的冷却水侧应增设板式换热器或采用闭式冷却塔。

7.1.7 依据地源热泵系统监测和检测相关规范和政策文件，要求安装数据监测系统的地源热泵系统必须同步进行能效数据监测系统的设计，要求进行能效检测的地源热泵系统必须同步设计检测预留方案。

7.2 机房系统设计

7.2.1 水源热泵机组应具备较好的能量调节功能。选用的机组性能参数应符合《湖南省公共建筑节能设计标准》DBJ 43/003 和《水（地）源热泵机组》GB/T 19409 的规定，且应满足地源热泵系统运行参数的要求。

7.2.2 水源热泵机组应按实际运行参数选型，选型时应根据实际情况进行修正：

1. 水源热泵机组设计运行工况与名义工况不一致时，应根据性能曲线对其实际出力进行修正。

2. 地源侧换热系统中添加防冻液时，应对水源热泵机组的制冷量、制热量和蒸发器、冷凝器阻力进行修正。

7.2.3 水源热泵机组正常工作的冷（热）源温度范围应与源水的供水温度变化范围相适应。

7.2.4 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-水热泵机组，应选调节性能优良的机组。

7.2.5 用于生活热水供应的水-水热泵机组，当其为唯一热源时，机组数量不宜小于 2 台。小型工程选用一台热泵机组时宜采用双压缩机、双制冷回路的多机头热泵机组。

7.2.6 在地源热泵机组外进行冷、热转换的水源热泵系统应在水系统管路上设冬、夏季节转换阀门，并在转换阀门上作出明显标识。应绘制与水源热泵机组季节转换配套的阀门启闭原理图，以便指导施工及运行管理。

7.2.7 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。

7.2.8 闭式换热系统与空调冷热水系统补水、定压系统应独立，并分别计量，应有异常补水报警措施。闭式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。

7.2.9 采用板式换热器的地表水热泵系统机房，应预留清洗、维修换热器的空间；必要时，可设置备用换热器。

7.2.10 机房内源水管道应采取防结露措施。

施。注意这里说的源水温度既指源水供水温度，也指源水退水温度。

7.2.11 供冷季源水供水温度不高于 18℃时，宜直接利用源水对室内空气、室外新风进行冷却处理或预冷。

7.2.12 地源热泵机组提供的空调热水温度不宜过高，一般为 45℃。带热回收功能的地源热泵机组提供的热水温度应尽量低，空调热水供回水温差不应小于 5℃。

7.2.13 机房应采取消声、隔振等措施。

7.2.14 宜采用 BIM 技术进行机房设计。

7.3 辅助冷热源

7.3.1 地源热泵换热系统实际最大释热量（取热量）不能满足设计要求时，应通过技术经济比较后，增设辅助（冷）热源、蓄热（冷）装置或其它节能设施。可采取经济可行的复合式（冷）热源。

7.3.2 地源热泵换热系统需要辅助散热时，可以增设冷却塔或其他散热设施。

7.3.3 地源热泵系统辅助冷热源有水冷冷水机组、空气源热泵机组、热源塔、燃气及燃油加热器、太阳能加热器、辅助加热锅炉及其他废热回收装置等。不应采用直接电加热生产热水或暖风的方式。

7.3.4 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，不应采用各自独立的水系统。

8 运转、调试与验收

8.1 一般规定

8.1.1 地源热泵系统在完成室外换热系统及室内系统各分项工程施工、检验和验收后，应进行整体运转、调试与验收。

8.1.2 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。

8.2 试运转与调试

8.2.1 地源热泵系统在安装、试压、清洗合格后方可进行调试。调试应包括设备单机调试和系统联合调试。

8.2.2 地源热泵系统调试前应检查以下内容，确认满足调试要求：

1. 现场安全防护措施可靠、供电、供水、排水等配套条件满足要求；
2. 相关设备及管路冲洗、严密性试验已完成且符合要求；
3. 相关电气系统和设备安全性、供电稳定性符合试运转要求；
4. 排气阀应能正常工作，时排出管道内的气体；
5. 系统安全阀安装前应经过校验，并按有关要求调整其压力，铅封；
6. 管道上的阀门、过滤器、软连接等附件正确安装、功能正常；
7. 水系统压力表、温度计、流量计等仪表正确安装、读数正常。

8.2.3 地源热泵系统整体运转与调试应符合以下规定：

1. 整体试运转与调试前应制定具体运转与调试方案，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，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 24h 的系统试运转，并填写运转记录；

5. 地源热泵系统调试应分冬、夏两季进行，且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，并提交甲方确认后存档。

8.2.4 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。

8.2.5 水泵调试运转与调试步骤及内容应符合下列规定：

(1) 检查水泵的地脚螺栓及减震装置，确保其运行的稳定性，水泵接地装置应良好；

(2) 对水泵进行通电点试，确定叶轮旋转方向正确；

(3) 停泵时检查叶轮不应出现反转，检查水泵出口止回阀应完好；

(4) 水泵电机温升正常，确保运转时不得出现过热现象；

(5) 调试过程中应对水泵的进口过滤网进行多次清洗，保证泵进口水流通畅；

(6) 对空调侧及地源侧补水泵，在运行时应进行观察，若无法补水，则停泵后，对水泵进行放气，确保其叶轮内充满水后，再开启水泵；

(7) 水泵运行稳定后，应对水泵性能进行测试，包括水泵流量、扬程、转速、三相电压、电流、功率因数、输入功率、噪声等参数。测试结果应符合要求。

8.2.6 水源热泵机组运转与调试步骤及内容：

(1) 调试时通过地源侧和空调侧旁通管冲洗管道，应避免冲洗管道的水进入水源热泵机组而损坏设备；

(2) 应对热泵机组地源侧、空调侧进水口过滤器进行多次清洗，确保设备的安全。

(3) 管道清洗打压后，关闭地源侧、空调侧旁通阀，使系统水进入机组内，机组地源侧、空调侧水系统进出口压力应正常，压力损失应小于 100kPa；

(4) 水源热泵机组制冷剂系统进出口压力应正常，温差、流量、压缩机吸排气温、电流、电压、噪声等控制指标应符合有关要求。

(5) 应在典型工况下对水源热泵机组制热（冷）性能进行测试，测试机组负荷不宜小于其额定负荷 80%，测试参数包含热机组用户侧及热源侧进、出口水温、流量、供冷（热）量、机组输入电压、电流、功率因数、功率等。

8.2.7 系统试运转的同时应进行自控系统调试。

8.3 验 收

8.3.1 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做出评价。

8.3.2 地源热泵系统工程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，并提交完整的竣工验收文件和资料。

8.3.3 地源热泵系统验收时，应检查验收的资料，一般包括下列文件及资料：

1. 图纸会审记录、设计变更通知书和竣工图；
2. 主要材料、设备、成品、半成品和仪表的出厂合格证明、进场检（试）验报告、产品性能检验报告及产品说明书等文件；
3. 隐蔽工程检查验收记录；
4. 工程设备、风管系统、管道系统安装及检验记录；
5. 管道试验记录；
6. 水系统及风系统平衡调试及试运转记录；
7. 单机试运转与调试记录；
8. 系统联合试运转与调试记录；
9. 检验批、分项、分部工程质量验收记录；
10. 观感质量综合检查记录；
11. 地源侧勘察、测量定位及成果记录等。

8.3.4 地源热泵系统整体运转、调试与验收除应符合本标准外，还应符合现行国家标准《地源热泵系统工程技术规范》GB 50366、《制冷设备、空气分离设备安装工程施工及验收规范》GB 50274、《建筑给排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242 及《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243 等相关规定。

9 监测与控制

9.1 一般规定

9.1.1 地源热泵系统应设置监测与控制系统，且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》GB 50736、《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50019、《湖南省公共建筑节能设计标准》DBJ43/003、《自动化仪表工程施工及验收规范》GB 50093 的相关规定。

9.1.2 具备设置楼宇智能化项目，地源热泵系统应纳入楼宇智能化管理系统中，实现智能化的控制。

9.2 监测

9.2.1 应根据建筑物规模、使用功能、节能与控制要求确定相应的监测内容。

9.2.2 地源热泵系统设备运行与监测内容如下：

1. 各设备工作状态显示，运行参数（温度、压力、流量、电流、电压）监测、显示和记录；

2. 用能分项计量（实时和累计）；

3. 工况转换连锁阀门的状态；

4. 水过滤器及水处理设备的压差；

5. 系统其它保护及故障报警；

6. 地理管换热系统地温监测。

7. 地下水换热系统抽水量、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。

9.2.3 系统中监测内容和运行参数，应能实现远程数据传输。

9.3 控 制

9.3.1 地源热泵系统的宜自动控制，有条件时，应根据建筑物使用功能和负荷特点制定相应的节能控制逻辑和策略，实现智能化的控制。

9.3.2 控制应包含如下内容：

1. 各设备启停连锁控制、报警及保护功能；
2. 水源热泵机组群控；
3. 部分负荷时，水泵变流量控制、冷却塔变风量控制；
4. 部分负荷时，机组出水水温自动调节；
5. 当采用复合系统时，实现系统最高能效比的辅助冷热源切换控制。

附录 A 现场热响应测试方法与要求

A.1 一般规定

A.1.1 现场热响应测试的目的主要是得到在埋管换热器设置深度范围内当地岩土层的热物性参数，包括表观导热系数、比热容、岩土初始平均温度等，作为按照一定的传热模型设计埋管换热器或模拟地源热泵系统性能的基础数据。

A.2 测试方法

A.2.1 现场热响应测试的原理是通过对钻孔埋管换热器施加一个恒定的热（或冷）负荷，记录循环液（通常是水）的进出口温度随时间的变化，根据一定的传热模型反推岩土层的热物理性质。根据试验得到的温度响应数据计算岩土体的导热系数时，宜采用线热源模型；此时，热响应试验初始阶段的数据（约 10-15 h）不适合线热源模型，应舍去。也可以采用基于数值计算模型参数估计方法来确定岩土层的热物性。

A.2.2 用作现场热响应测试的钻孔埋管换热器的设置方式、深度和回填方式应与拟建设的埋管换热器保持一致。

A.3 技术要求

A.3.1 对现场热响应测试的技术要求是：

1. 热响应连续测试的时间应大于 48h；
2. 加热功率应为每米钻孔 50W-80W，大致为实际 U 型管换热器高峰负荷值；
3. 加热功率的标准差应该小于其平均值的 1.5%，最大偏差应小于平均值的 $\pm 10\%$ ；或由于加热功率的变化引起的平均温度值对于 T

- (温度)-- $\log t$ (时间的对数)坐标上的一条直线的偏差应小于 0.3 K;
4. 循环水进出口温度的测量、转换和记录的综合精度应不低于 ± 0.3 K;
 5. 功率的测量、传输和记录仪器的综合精度应不低于读数的 $\pm 2\%$;
 6. U 型管内的流速应适当, 以保证 U 型管进出口温差为 3.5-7 K;
 7. 现场热物性测试应于完成埋管和回填 5 天以后再开始进行;
 8. 地下岩土体的初始温度在上述等待期以后测试, 可以在注满水的管中在不少于三处不同的深度直接插入测温元件测定并求平均值; 或在没有开始加热而循环泵已启动的情况下以短的时间间隔 (例如 10s), 在 10~20min 内连续记录 U 型管的出口水温, 得到的循环水柱塞流通过测温元件时的温度数据可反映岩土体的初始温度分布;
 9. 热响应试验数据采集的频率至少为 10min 一次;
 10. 试验钻孔的直径不应大于 150mm, 并应根据本标准的要求进行回填。回填材料的导热系数不宜低于 1.3 W/ m.K;
 11. 试验装置与钻孔的距离应不大于 1.5m, 地面以上的连接管路应充分隔热, 试验装置中的管路和水力组件也应充分隔热, 以尽量减小环境散热损失;
 12. U 型管实际长度的测量误差应不大于 $\pm 1\%$;
 13. 如果需要对钻孔重新进行测试, 则需要等 U 型管回路中的温度回复到与地层初始温度的差值不大于 0.3 K 方可进行。

A.4 测试精度要求

A.4.1 温度测量的允许误差为 $\pm 0.2^\circ\text{C}$ 。

A.4.2 流量测量允许误差为 $\pm 1\%$ 。

A.5 实验数据处理

A.5.1 实验结束后应提取试验数据计算岩土综合热物性参数。

A.5.2 岩土综合导热系数可采用参数估计法或斜率法计算。斜率法计算公式如下:

$$\lambda_s = \frac{Q}{4\pi KH}$$

式中：

λ_s —岩土综合导热系数 (m 土 °C/W)；

Q —地埋管换热器实际加热功率 (W)；

K —地埋管及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 —埋钻孔埋管深度 (m)。

附录 B 地理管外径及壁厚（资料性附录）

B.1 聚乙烯（PE）管外径及公称壁厚

聚乙烯(PE)管外径及公称壁厚应符合表 B.1 的规定。

表 B.1 聚乙烯(PE)管外径及公称壁厚 (mm)

公称外径 (DN)	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	2.3 ^{+0.5} /PE100
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

B.2 聚丁烯(PB)管外径及公称壁厚

聚丁烯(PB)管外径及公称壁厚应符合表 B.2 的规定。

表 B.2 聚丁烯(PB)管外径及公称壁厚 (mm)

公称外径 (DN)	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 C 竖直地埋管换热器的设计计算(资料性附录)

C.1 竖直地埋管换热器的热阻计算

C.1.1 传热介质与 U 型管内壁的对流换热热阻可按式 B.1-1 计算:

$$R_f = \frac{1}{\pi d_i K} \quad (\text{C.1-1})$$

式中:

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

d_i —U 型管的内径(m);

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

C.1.2 U 型管的管壁热阻可按下列公式计算:

$$R_{pe} = \frac{1}{2\pi\lambda_p} \ln\left(\frac{d_e}{d_e - (d_o - d_i)}\right) \quad (\text{C.1-2})$$

$$d_e = \sqrt{nd_o} \quad (\text{C.1-3})$$

式中:

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

λ_p —U 型管的导热系数 $[\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})]$;

d_o —U 型管的外径(m);

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

C.1.3 钻孔灌浆回填材料的热阻可按式计算(当埋管深度超过 50m 或钻孔遇风化岩类地质时应采取灌浆回填):

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

式中:

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

λ_b ——灌浆材料导热系数 $[\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})]$;

d_b ——钻孔的直径(m)。

C.1.4 地层热阻, 即从孔壁到无穷远处的热阻可按下列公式计算:

对于单个钻孔:

$$R_s = \frac{1}{2\pi\lambda_s} I\left(\frac{r_b}{2\sqrt{a\tau}}\right) \quad (\text{C.1-5})$$

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

对于多个钻孔:

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

式中:

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

I ——指数积分公式, 可按公式(B.0.1-6)计算;

λ_s ——岩土体的平均导热系数 $[\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})]$;

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 ——为第 i 个钻孔与所计算钻孔之间的距离(m)。

C.1.5 短期连续脉冲负荷引起的附加热阻可按式计算:

$$R_{sp} = \frac{1}{2\pi\lambda_s} I \left(\frac{r_b}{2\sqrt{a\tau_p}} \right) \quad (\text{C.1-8})$$

式中:

R_{sp} ——短期连续脉冲负荷引起的附加热阻(m·K/W);

τ_p ——短期脉冲负荷连续运行的时间, 例如 8h。

C.2 竖直埋管换热器钻孔的长度计算

C.2.1 制冷工况下, 竖直埋管换热器钻孔的长度可按下列公式计算:

$$L_c = \frac{1000Q_c [R_f + R_{pe} + R_b + R_s \times F_c + R_{sp} \times (1 - F_c)] \left(\frac{EER + 1}{EER} \right)}{(t_{\max} - t_{\infty})} \quad (\text{C.2-1})$$

$$F_c = T_{c1} / T_{c2} \quad (\text{C.2-2})$$

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性能系数;

t_{\max} ——制冷工况下, 埋管换热器中传热介质的设计平均温度,
通常取 37°C;

t_{∞} ——埋管区域岩土体的初始温度(°C);

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, 当运行时间取一个月时, 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, 当运行时间取一个月时, T_{c2} 为最

热月份的小时数。

C.2.2 供热工况下，竖直地埋管换热器钻孔的长度可按下列公式计算：

$$L_h = \frac{1000Q_c [R_f + R_{pe} + R_b + R_s \times F_h + R_{sp} \times (1 - F_h)]}{(t_\infty - t_{\min})} \left(\frac{COP - 1}{COP} \right) \quad (C.2-3)$$

$$F_h = T_{h1} / T_{h2} \quad (C.2-4)$$

式中：

L_h —供热工况下，竖直地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，地埋管换热器中传热介质的设计平均温度，
通常取 2~5℃；

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，当运行时间取一个月时， 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。当运行时间取一个月时， T_{h2} 为最冷月份的小时数。

附录 D 地下水换热系统总取水量计算(资料性附录)

D.1 夏季总取水量确定

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确定:

$$G = (Q_c + N_c) / (C_p(t_2 + t_1)) \quad (\text{C.1-1})$$

式中:

G —地下水换热系统总取水量(kg/s);

t_2 —进入换热器的地下水水温(°C);

t_1 —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。

D.2 冬季总取水量确定

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确定:

$$G = (Q_h - N_h) / (C_p(t_2 - t_1)) \quad (\text{C.2-1})$$

式中:

G —地下水换热系统总取水量(kg/s);

t_2 —进入换热器的地下水水温 (°C);

t_1 —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 —建筑物空调冷负荷 (kW);

N_h —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 E 地下水换热系统抽水井、回灌井数量计算（资料性附录）

E.1 夏季地下水循环量的确定

工程项目所需的热源井夏季制冷工况下的地下水循环量计算按照下列公式进行：

$$Q_c = \frac{3600q_c}{\rho c_p(t_2 - t_1)} \frac{(EER+1)}{EER} \quad (\text{E.1-1})$$

式中：

Q_c —夏季供冷地下水循环量（ m^3/h ）；

q_c —夏季建筑设计冷负荷（ kW ）；

ρ —地下水密度；

c_p —地下水比热容；

t_2 —换热器进口地下水温度（ $^{\circ}\text{C}$ ）；

t_1 —换热器出口地下水温度（ $^{\circ}\text{C}$ ）；

E.2 冬季地下水循环量的确定

冬季制热工况下地下水循环量计算按照下列公式进行：

$$Q_c = \frac{3600q_h}{\rho c_p(t_1 - t_2)} \frac{(COP-1)}{COP} \quad (\text{E.2-1})$$

式中：

Q_c —冬季供热地下水循环量（ m^3/h ）；

Q_h —冬季建筑设计热负荷（ kW ）；

COP—筑水源热泵机组制热性能系数。

E.3 抽水井数量的确定

抽水井数量的确定按照下式进行：

$$N_c = \frac{Q_c \text{或} Q_h}{q_w} (1 + K) \quad (\text{E.3-1})$$

式中：

N_c —抽水井数量，备用井不应少于一眼；

K —水安全系数，无量纲，宜取 10~20%；

Q_c/Q_h —单井地下水循环利用量 (m³/h)，取二者中的较大值，即满足制冷或制热最大负荷。

附录 F 地下水换热系统能效比及供能率计算（资料性附录）

F.1 地源热泵系统能效比计算

空调水系统输送能效比即输送单位热量或冷量所需的电耗，供热时地源侧输送能效比 ER_1 的计算公式为：

$$ER_1 = \frac{E_w}{Q_N(1-1/COP)} \quad (F.1-1)$$

供热时用户侧输送能效比 ER_2 的计算公式为：

$$ER_2 = E_M / Q_N \quad (F.1-2)$$

式中：

COP——热泵机组的平均 COP；

Q_N ——热泵机组的制热量。

F.2 输送能效比与节能率分析

对于地源热泵系统节能率的评价方法，目前国内应用较多的是《可再生能源建筑应用示范项目测评导则》中提出的方法。该方法选取燃煤锅炉作为计算供热节能率的比较对象，比较时需要将地源热泵能耗折算成燃煤的消耗量。我国目前平均供电煤耗为 349gce/kWh(gce: 克标准煤)，电网输电线路的平均损耗为 6.64%。考虑电网的输电损耗，终端用户每度电的实际煤耗为 373.8gce/kWh。按照《居住建筑节能检测标准》(JGJ/T 132) 的规定，取燃煤锅炉的平均效率为 68%，标准

煤的热值取为 29270 kJ/kg，则燃煤锅炉产生 1kWh 热量的煤耗为 181gce。将地源热泵与常规空调系统的用户侧水泵能耗视为相同，根据前文得出的结论，可以推导出输送能效比与供热节能率的关系式为：

$$ESR = \frac{EC_b - EC_g}{EC_b} = \frac{181 - 373.8 \left[COP^{-1} + ER_1 (1 - COP^{-1}) \right]}{181 + 373.8 \times ER_2} \quad (F.2-1)$$

式中：

EC_b ——常规空调系统的能耗，gce；

EC_g ——地源热泵空调系统的能耗，gce

用以上公式可以计算出不同的供热节能率对机组 COP 及输送能效比的要求。《中国地源热泵发展研究报告(2008)》统计了一些地源热泵项目的节能率测评结果，夏季地源热泵系统相对水冷式冷水机组系统的节能效果并不明显，但被测评的地源热泵系统的冬季平均供热节能率为 30%。例如：取地源热泵系统在设计工况下机组的供热 COP 为 3.4，用户侧输送能效比为 0.0241（《公建节能标准》的要求），若要使系统的供热节能率 $\geq 30\%$ ，则应有地源侧输送能效比 ≤ 0.053 。

工程应用时可以根据实际的热泵机组 COP 和地源侧、用户侧输送能效比，用上述公式计算出实际的节能率。如果由于地源侧输送距离过长或提升高度过大导致地源侧输送能效比过大，节能率过低，甚至不节能，则可以认为地源热泵方案不具备可行性。

F.3 常规供冷、供热方式

常规供冷、供暖方式可参照下表：

表 F.3 常规供冷、供暖方式

常规供冷、供暖方式	风冷热泵机组（螺杆式）	水冷螺杆+燃气锅炉
机组制冷/制热 COP	3.5/3.1	4.5/0.85~0.9
夏/冬典型季节系统能效比	3.3/2.8	4/0.8
冷热源系统初投资（元/m ² ）	100~150	120~180
冷热源系统运行费（元/m ² ）	45~60	40-50

注：以建筑应用面积为基准。

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，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”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的：

采用“可”。

2 标准中指明应按其他有关标准执行时，写法为：“应符合……的要求或规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- GB 50366-2005 地源热泵系统工程技术规范（局部修订版征求意见稿）
湖南省地源热泵系统工程技术导则
- GB 3838-2002 地表水环境质量标准
- GB50013-2018 室外给水设计标准
- CJJ/T291-2019 地源热泵系统工程勘察标准
- GB 50014-2006 室外排水设计规范（2016年版）
- GBT 18430.1-2007 蒸汽压缩循环冷水（热泵）机组
- GB /T50050-2017 工业循环冷却水处理设计规范
- GB/T19409-2013 水（地）源热泵机组
- GB 50736-2012 民用建筑供暖通风与空气调节设计规范
- GB 50015-2019 建筑给排水设计标准
- GB 50265-2010 泵站设计规范
- GB 50268-2008 给排水管道工程及验收规范
- GB50141-2008 给水排水构筑物工程施工及验收规范
- GB 30721-2014 水(地)源热泵机组能效限定值及能效等级
- GB 50189-2015 公共建筑节能设计标准
- GB/T 50801-2013 可再生能源建筑应用工程评价标准
- GB 50027-2001 供水水文地质勘察规范
- GB 50021-2001（2009年版）岩土工程勘察规范
- GB 50296-2014 管井技术规范

GB 50274-2010	制冷设备、空气分离设备安装工程施工及验收规范
GB 50242-2002	建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范
GB 50234-2016	通风与空调工程施工质量验收规范
GB 50300-2013	建筑工程施工质量验收统一标准
GB 50411-2007	建筑节能工程施工质量验收规范
GB 50131-2007	自动化仪表工程施工质量验收规范
GB 50229-2013	智能建筑工程质量验收规范
DBJ/T50- 2010	（重庆）地表水水源热泵系统设计标准
DBJ 43003-2017	湖南省公共建筑节能设计标准
DZ/T 0225-2009	浅层地热能勘察评价技术规范
GB/T 13663-2000	给水用聚乙烯（PE）管材
GB/T 19473.2-2004	冷热水用聚丁烯（PB）管道系统
SL 395-2007	地表水资源质量评价技术规范
SL 63-1994	地表水资源质量标准
HJ 522-2009	地表水环境功能区类别代码
HJ/T 91-2002	地表水和污水监测技术规程
HJ-T 3923-2007	循环冷却水用再生水水质标准
JGJ/T 177-2009	公共建筑节能检测标准

湖南省工程建设地方标准

湖南省地源热泵系统工程技术标准

DBJ 43/T xxx - 2020

条文说明

目 次

3	工程勘察.....	- 59 -
3.1	一般规定.....	- 59 -
3.2	地埋管换热系统勘察.....	- 59 -
3.3	地下水换热系统勘察.....	- 59 -
3.4	污水换热系统勘察.....	- 61 -
4	地埋管换热系统.....	- 62 -
4.1	一般规定.....	- 62 -
4.2	地埋管管材与传热介质.....	- 62 -
4.3	地埋管换热系统设计.....	- 62 -
4.4	地埋管换热系统施工.....	- 65 -
4.5	地埋管换热系统的检验与验收.....	- 67 -
5	地下水换热系统.....	- 68 -
5.1	一般规定.....	- 68 -
5.2	地下水换热系统设计.....	- 69 -
5.3	地下水换热系统施工.....	- 71 -
6	污水换热系统.....	- 72 -
6.2	污水换热系统设计.....	- 72 -
6.3	污水换热系统施工.....	- 72 -
7	机房系统.....	- 73 -
7.1	一般规定.....	- 73 -
7.2	机房系统设计.....	- 74 -
7.3	辅助冷热源.....	- 77 -

8	运转、调试与验收.....	- 78 -
8.2	试运转与调试.....	- 78 -
9	监测与控制.....	- 79 -
9.3	控制.....	- 79 -

3 工程勘察

3.1 一般规定

3.1.1 工程场地状况及浅层地热能资源条件是能否应用地源热泵系统的基础。地源热泵系统方案设计前,应根据调查及勘察情况,选择采用地埋管、地下水或地表水、污水源地源热泵系统。浅层地热能资源勘察包括地埋管换热系统勘察、地下水换热系统勘察、地表水换热系统勘察及污水换热系统勘察。

3.1.4 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)或埋设水平或垂直地埋管换热器(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。

3.2 地埋管换热系统勘察

3.2.4 若埋管区域已具有权威部门认可的热物性参数,可直接采用已有数据,否则应进行岩土体热响应试验。岩土热响应试验方法详见附录 A。

常用的钻探方法有:回转钻,适合粘性土、粉土、沙土、强分化岩石、中分化岩石。潜孔钻,适合弱分化岩石,不适合粉土、沙土和碎石、软质岩石。

3.2.7 测试孔孔数为 1 个时,宜布置在埋管区域的中部;两个以上时,应根据埋管区域平面形态和场地状况合理布置。

3.2.8 具有资质的检测机构是指具备 CMA 认证的检测机构。

3.3 地下水换热系统勘察

3.3.4 (1) 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。

(2) 渗透系数指单位时间内地下水沿主径流方向运移的距离(m/d),一般用来衡量地下水在含水层中径流的快慢。

(3) 干扰井试验实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。

3.3.6 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,并给出能否取水的正确结论。

3.3.7 水文地质勘探孔即为查明水文地质条件、地层结构,获取所需的水文地质资料。地下水换热系统水文地质勘察孔应符合下列要求:

(1) 勘察孔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,布置应符合表 3-3 规定:

表 3-4 地下水换热系统空调负荷(Q)与勘察井数量关系表

Q (kW)	勘察井数量 (个)
$Q < 500$	1~2
$500 \leq Q < 2000$	2~3
$Q \geq 2000$	≥ 3

(2) 勘察孔的深度应根据含水层或者含水构造带埋藏条件确定,宜小于 200m。当有多个含水层组且无水质分析资料时应进行分层勘察,取得隔仓水化学资料;

(3) 勘察孔设计和施工应符合 GB 50027《供水水温地质勘察规范》的规定，勘察孔的孔间距设计应避免抽水井与回灌井发生热贯通效应，抽水井与回灌井可通过试验或采用当地经验数据确定，松散卵砾石层宜为 100m 左右、中粗砂地层宜为 50m 左右。

3.4 污水换热系统勘察

3.4.1 污水（中水）资源勘察应通过市政公用管理部门调查、分析相关区域城市污水、工业污水等的变化规律和未来变化趋势。污水换热系统一般埋设于市政道路及建筑红线的地下，而市政道路及建筑红线地下大多埋设有公共气源、排水、电力和灌溉等系统，因此污水换热系统勘察时，应查阅相关资料，并且标记出公共气源、排水、电力和灌溉等系统的位置。

3.4.2 (1) 污水源水温、水深及流量勘察应包括夏季最高和冬季最低水温、全年污水流速和流量动态变化。(2) 污水中含杂质较多，因此应进行详细污水水质勘察，勘察应包括：污水中含有杂质成分，如发丝、油污等，和污水中含有的水生物、微生物、固体含量、盐碱量，以及引起腐蚀与结垢的化学成分。

4 地埋管换热系统

4.1 一般规定

4.1.3 埋管区域不应以树木、灌木、花园等作为标识。

4.2 地埋管管材与传热介质

4.2.2 (1) 聚乙烯管应符合《给水用聚乙烯 (PE) 管材》GB/T13663 的要求。聚丁烯管应符合《冷热水用聚丁烯 (PB) 管道系统》GB/T19473.2 的要求。

(2) 竖直埋管的公称压力根据孔深与工作压力来确定。

4.3 地埋管换热系统设计

4.3.1 (1) 全年逐时动态负荷是指地埋管换热系统承担的全部冷热交换负荷总量。地埋管换热器设计应考虑全年释热量、吸热量的平衡问题, 否则有可能导致地埋管区域岩土体温度持续升高或者降低, 影响地埋管换热器的换热能力, 从而降低整个系统效率;

(2) 岩土总释热量与总吸热量相差 10% 以上时, 认为不平衡;

(3) 地源热泵系统最大释热量包括: 各空调分区内水源热泵机组释放到循环水中的热量 (空调负荷和机组压缩机耗功)、循环水在输送过程中得到的热量、水泵释放到循环水中的热量, 即:

最大释热量 = Σ [空调分区分冷负荷 \times (1 + 1/COP)] + Σ 输送过程得热量 + Σ 水泵释放热量;

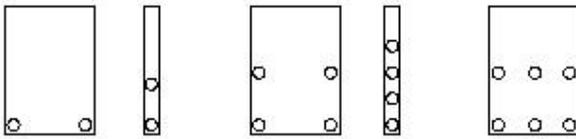
(4) 地源热泵系统最大吸热量包括: 各空调分区内热泵机组从循环水中的吸热量 (空调热负荷, 并扣除机组压缩机耗功)、循环水

在输送过程失去的热量并扣除水泵释放到循环水中的热量，即：

最大吸热量= Σ [空调分区热负荷 \times (1-1/COP)] + Σ 输送过程失热量- Σ 水泵释放热量；

(5) 对于别墅等小型建筑，可以将最大释热量和最大吸热量中的较大值作为地埋管换热系统的设计依据，并且不考虑其他辅助冷、热源和热平衡措施。

4.3.2 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。图 4.1 为常见的水平地埋管其形式；图 4.2 竖直地埋管换热形式。



(a) 单或双环路；(b) 双或四环路；(c) 三或六环路

图 4.1 水平地埋管换热器形式



(a) 单 U 型管；(b) 双 U 型管

图 4.2 竖直地埋管换热器形式

4.3.3 地埋管的换热性能取决于岩土体热物性，并与换热管形式与间距、管内流速、建筑物动态负荷动态有关，宜采用专用软件进行计算。

4.3.8 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 型管、螺旋管捆扎在桩基的钢筋网架上，然后浇灌混凝土，使 U 型管、螺旋管固定在桩基内。

4.3.11 地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，每组连接的换热井 3~10 个，且应保持各组井数相等。

4.3.12 回填是土壤源换热器关键的工序，也是资源耗费大的工序，当原浆符合导热系数要求时，尽量采用原浆回填，减少外来回填材料的输入量。

4.3.13 泄露是指地埋管换热系统需要连续补水，出现这种情况，需要通过报警系统告知管理人员，排查泄露位置，采取相应措施处置。自动补水与报警系统相关联，设计中一并考虑。

4.3.14 地埋管换热介质中存在的空气等不凝性气体是系统正常运行的障碍，当设置自动排气阀，不能满足需求时，可以采取真空脱气机等主动措施排除系统空气。

4.3.15 岩土体的温度场及其变化趋势是了解系统热平衡的重要参数，是调整地源热泵系统运行策略的重要依据。

4.3.17 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。对添加防冻剂的水溶液，可参考《地源热泵工程技术指南》(Ground-source heat pump engineering manual)进行计算。

4.3.18 地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。

4.3.19 根据地埋管材料、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。

4.4 地埋管换热系统施工

4.4.1 施工中遇有地下管线与构筑物或文物古迹时，应停止施工，并予以保护，并及时与有关部门联系协同处理。

经过多年的经验积累，已经出现很多先进、高效的施工工法和工艺，比如地埋管沟槽施工法。沟槽施工法，是一种值得推广的地埋管施工先进工法，先砌筑好水平管沟，再在管沟内打井并水平连管，突出特点：避免不均匀沉降带来的管道破坏，二是有利于后期管道保护，三是有利于安全文明施工。

4.4.3 (1) 进入现场的地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。

(2) 地埋管运抵工地后，不得在阳光下曝晒。搬运和运输时，端口应封闭，并做好相应的防护措施，小心轻放，文明装卸和搬运，不应抛摔和沿地拖曳。

4.4.6 回填料应采用网孔不大于 15mmx15mm 的筛子进行过筛，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。管腹部采用人工回填，确保塞严、捣实。分层管道回填时，应重点作好每-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。

4.4.7 竖直地埋管安装工艺要求：

1. 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，但是“带压”不宜超过 0.2MPa 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”高压“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。

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. U 型管安装完毕后，应立即灌浆回填封孔，灌浆方式因地制宜，采用人工和机械方式均可。最终保证灌浆回填材料密实，无空腔。

4. 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 型管钻伤，便于更换。

4.4.8 （1）灌浆回填料应满足环保要求，不得污染地下水，应尽量采用非泥土原浆。（2）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灌浆材料密封，以防止表面污染源侵入到钻孔。（3）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。

4.4.9 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均应对系统所有管道进行冲洗，冲洗之后做好防护措施，避免脏物再次进入管内。

4.4.10 放置在钢筋笼内侧可避免埋管损伤，下管方便，在地埋管的端部用醒目的方式进行标识，便于后续工序识别，避免人工损坏。带压地埋管换热器可防止埋管受压变形并随时通过压力表监测受损情况。

4.4.11 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。

4.5 地埋管换热系统的检验与验收

4.5.1 (1) 本部分只包含地埋管换热器施工部分的检验, 其它的检验要求按照国家相应的质量验收规范进行。(2) 在地埋管安装过程中, 应进行多次水压试验, 具体要求详见本节 4.5.3 条。

4.5.3 (1) 试验压力是指系统最不利点的承压, 不是指试压泵的出口压力。(2) 第一层次水压试验, 包含所有的垂直埋管或水平埋管组, 每组单独做, 有多少组, 做多少次。(3) 同上, 第二层次水压试验, 也需多次完成。(4) 如果系统有二级以上的环路集管, 则第二层次试压次数相应增加。(5) 压力试验是强度性试验, 在试验压力情况下不易维持太久。(6) 在工作压力下保压, 是检验系统是否泄漏最有效的途径。(7) 因具体情况不一, 同一层次试压的压力试验次数根据实际情况确定。

5 地下水换热系统

5.1 一般规定

5.1.1 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。

5.1.2 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。

5.1.5 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,小于 100mg/L,小于 200mg/L,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。

5.1.6 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。

5.2 地下水换热系统设计

5.2.2 (1) 抽水量和回灌量的确定应根据附录 F 进行；

(2) 热源井的数量、井位分布及取水层位的确定，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) 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；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，常用的公称直径为 300mm 和 250mm，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；

(4) 井身结构应根据主要含水层的分布及钻进工艺确定；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；

(5) 抽水和回灌实验满足 (0) 规定进行；

(6) 管井抽水泵宜选用潜水泵。潜水泵应下放到动水位下 5m 处，上部宜安装抽/灌分流器，安装要平稳，泵体应居中。

5.2.4 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。

5.2.6 抽水井与回灌井相互转换以利于开采、洗井、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，要求不出砂又保持通畅。抽水井与回灌井间设排气装置，可避免将空气带入含水层。

5.2.7 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 and 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) 根据湖南省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。

5.2.9 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,并采取措稳定井管。

5.2.11 除砂器的选型应符合能耗低、排砂方便、地下水温度降低少和地下水不与空气接触的要求,除砂粒径 $>0.08\text{mm}$,除砂率 $\geq 80\%$ 。

5.2.14 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,尤其对于回灌井应尽量避免因管道阻力差异影响回灌量。

5.2.15 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 $70\sim 80\text{kPa}$,不应大于 100kPa 。

5.2.17 (1) 应根据实际工程使用情况,确定较优的地下水利用温差和地下水量的确定,使地下水地源热泵系统能效比(EER)和性能系数(COP)达到较高。地下水使用温差大,可以减少地下水使用量,减少井泵功率和环路阻力,但可能会增大水源热泵机组的使用功率。

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。

(2) 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。

5.3 地下水换热系统施工

5.3.3 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。

5.3.5 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，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。

5.3.7 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。

6 污水换热系统

6.2 污水换热系统设计

6.2.1 一般情况下，闭式污水换热系统的热交换环节比开式污水换热系统多，热损失也比开式污水换热系统大，因此，开式污水换热系统的效能要高于闭式污水换热系统。

6.2.9 污水源中含有杂质较多，为了避免杂质在换热管内淤积，污水需保证一定的流速，一般流速为 $1.5\text{m/s}\sim 2\text{m/s}$ 。

6.2.13 实际工程中污水源热泵系统大多依靠水侧切换供冷供热工况，管路阀门复杂，而且污水专用换热器由于流道较宽，承压相应较低，因此需要采取可靠的防止串水、串压措施。

6.3 污水换热系统施工

6.3.1 污水换热系统施工前应详细检查进入现场的管道及关键的质量，破损和不合格产品严禁使用，且不得采用出厂已久的管材，宜采用近期制造的管材。管材运抵工地后，应进行检漏实验。

6.3.4 传热介质的安全性包括毒性、易燃性及腐蚀性；良好的传热特性和较低的摩擦阻力是指传热介质具有较大的导热系数和较低的粘度。从运行成本和安全性来考虑，首选清洁水作为传热介质，其它可采用的传热介质包括氯化钠溶液、氯化钙溶液等。

6.3.11 若无法保证，给水管从排水管下部通过时，应在给水管外部加装钢套管，长度应保证交叉点两侧各三米以上。

7 机房系统

7.1 一般规定

7.1.1 《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》(GB50736)、《建筑给水排水设计规范》(GB50015)、《公共建筑节能设计标准》(GB 50189) 及地方标准《湖南省公共建筑节能设计标准》(DBJ 43/003) 等是空调系统设计中应予遵守的母规范。

7.1.2 水源热泵机组应符合《水源热泵机组》GB/T19409 的要求。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):

表 9-1 水源热泵机组工作冷热源温度范围

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)

7.1.3 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量时,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。

如温湿度独立控制的空调系统，当热泵机组仅承担建筑物内空调显热负荷时，宜选用高温型水源热泵机组。

7.1.4 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。

7.1.5 制冷机组冷凝热的回收利用有冷却水热回收与排气热回收两种方式，排气热回收有部分热回收和全部热回收两种。冷却水热回收是在冷却水出水管路中加装热回收换热器。冷却水热回收和部分热回收的热水温度不高。部分热回收对提高机组的效率是有利的，但回收的热量不多，一般为总冷凝热的 10%~15%。全部热回收的热水温度较高，但过高的冷凝温度会降低机组的效率。

系统提供生活热水时，根据自来水硬度确定机组直接加热水或者采用换热设备间接加热供应热水。

7.1.6 此措施是为了避免地源侧系统中的循环介质受污和管路被堵塞。

7.2 机房系统设计

7.2.1 水源热泵机组性能应符合相关节能标准和行业标准要求，满足节能运行要求。

7.2.3 地表水源的水温特别是温跃层以上的水温受取水深度、大气环境温度、太阳短波辐射、地表水对天空的长波辐射、水面风速、水的污浊度、排（取）热量、流入/流出的水量等等因素的影响，会有一个波动范围，特别是对于面积较小的浅水塘要计算其水温波动的最大值和最小值，一般地表水温的波动范围应在选用的水源热泵机组正常工作的冷（热）源温度范围内。当地表水源的温度波动超过水源热泵机组正常工作的冷（热）源温度范围，且技术经济比较合理时，可设

置辅助热源或辅助排热装置，使进入机组的源水温度在水源热泵机组正常工作的冷（热）源温度范围内。源水上安装辅助加热装置且源水温升较大，使得进入水源热泵机组的源水温度满足机组的正常工作范围，很可能在技术经济上是不合理的，此种情况应严格禁止。本条强调经济技术比较合理时，才在地表水源的基础上设置辅助热源或辅助排热装置。

7.2.4 空调系统全年大多数时间是处于部分负荷运行状态下，通过热泵机组的台数和容量配置以及选择部分负荷下调节性能优良的机器有利于节省能耗。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。

7.2.5 当以水-水热泵机组作为生活热水供应的唯一热源时，机组数量不宜少于 2 台或选用多机头热泵机组，可提高生活热水供应的可靠性。

7.2.6 大型地源热泵机组的制冷/热工况转换基本是依靠在机组外管路阀门进行切换。制冷工况时源水进入冷凝器，空调冷冻水进入蒸发器，制热时源水进入蒸发器，空调热水进入冷凝器，应设置必要的阀门进行管路的转换。

7.2.7 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 and 清洗功能。

7.2.9 地表水间接进入机组的系统，需要采用换热器。为了提高换热效率，减少地表水的温度损失和换热器体积，设计常采用板式换热器。虽然地表水在进入换热器前经过了多重过滤处理，但发现换热器的地表水侧仍很容易堵塞，影响使用效果，因此需要经常对换热器进行清洗和维护。为了避免影响使用，对于重要使用场合，建议设置备用换热器，以免因换热器的维护而影响系统的正常工作。

7.2.10 为防较低位度的源水管道表面结露，对室内外使用空间造成影响，故做出规定。管道防结露保温材料及其厚度可查国家标准图集《管道与设备绝热—保冷》(08K507-2、08R418-2)。夏季从深水库湖取水时，源水温度可能低于 25℃时，源水管道应采取防结露措施。冬季源水温度低于 10℃，且源水管进入空调房间及其吊顶时，源水管也应采取防凝露措。

7.2.11 表面水体较深时，夏季水的热分层现象比较明显，下部水温往往较低。某水库 30m 水深在 6 月的预测水温为 13.6℃，7 月为 16.4℃，8 月为 18.4℃，可以用来对空气进行预冷；也可用于温湿度独立控制空调系统的空气显热处理。而 60m 以下的深层水温往往可达到 10℃ 以下，可以直接用于对空气进行完全的冷却；但此深度的水温较低，用作冬季水源热泵系统的热源是否经济合理，以及考虑到深层取水的难度，应作技术经济比较后确定。

7.2.12 热泵热水供水温度过高，会降低其制热性能系数，因此规定地源热泵机组提供的空调热水温度不宜高于 45℃。热回收机组热水温度越高，冷水机组的制冷性能系数越低（全部热回收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。

提供较高温度热水时应通过技术经济比较确定。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℃。

依据地源热泵系统监测和检测相关规范和政策文件，要求安装数据监测系统的地源热泵系统必须同步进行能效数据监测系统的设计，要求进行能效检测的地源热泵系统必须同步设计检测预留方案。

7.2.13 机组及水泵产生较大的噪声及振动，为了保证机房工作人员有害因素职业接触值不超标，为了防止噪声及振动传播到其他房间，因此机房需采取消声、隔振措施。

7.2.14 机房设备、管线复杂，利用 BIM 技术可优化设备、管道布置。

7.3 辅助冷热源

7.3.1 当建筑空调面积较大，地源热泵系统不能承担全部空调负荷时，或者在极端天气，换热系统换热量不能满足设计要求时，通过经济分析比较后，可采用冷热源进行辅助供冷、供热。

7.3.3 湖南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埋地管换热器，供冷工况可与水冷冷水机组组成等复合式系统或使用冷却塔辅助散热，一方面减少埋地管换热器初投资，经济性较好，同时也可有效解决释热和吸热的不平衡问题。

高效、节能、经济、环保的冷热源均可做为地源热泵系统的辅助冷热源。湖南省不符合《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB50736 关于采用电直接加热设备作为空调系统的供暖热源的条件。

8 运转、调试与验收

8.2 试运转与调试

8.2.3 管道系统水力平衡试验、单机无负荷试运转，由施工单位负责、监理单位监督、设备厂家技术人员参与；联动无负荷试运转、整体负荷试运转，由建设单位主持，施工单位、监理单位、设备厂家技术人员、设计人员参与。

9 监测与控制

9.3 控制

9.3.2 (1) 部分负荷时，变流量控制与变水温控制的选择是基于节能控制策略，前者是减少水泵输送能耗，后者是提高水源热泵机组的能效比，可以同时选择，但是后者需要制造厂商开开放通讯协议。

(2) 辅助冷热源的切换时机，对整个系统运行稳定与能耗产生巨大影响，所以实现系统最高能效比，是节能运行的有力措施。