

河南省工程勘察设计行业协会团体标准

T/HNKCSJ-002-2023

河南省地源热泵系统工程技术规范

Technical specifications for ground source heat pump system
engineering in Henan Province

2023—4—28 发布

2023—6—1 实施

河南省工程勘察设计行业协会发布

河南省工程勘察设计行业协会团体标准

河南省地源热泵系统工程技术规范

Technical specifications for ground source heat pump system
engineering in Henan Province

T/HNKCSJ-002-2023

主编单位：河南省地质工程勘察院有限公司

批准单位：河南省工程勘察设计行业协会

实施日期：2023 年 6 月 1 日

河南省工程勘察设计行业协会

关于发布团体标准《河南省地源热泵系统工程技术规范》的公告

由河南省地质工程勘察院有限公司、河南省地质矿产勘查开发局第五地质勘查院、河南省自然资源科技创新中心（生态环境评价与修复技术研究）等单位主编的团体标准《河南省地源热泵系统工程技术规范》已通过评审，现批准为河南省工程勘察设计行业协会团体标准，编号为T/HNKCSJ-002-2023，自2023年6月1日起实施，特此公告。

本文件已在河南省工程勘察设计行业信息网（www.hngks.com）和全国团体标准信息平台公开，由河南省工程勘察设计行业协会负责管理，河南省地质工程勘察院有限公司负责具体内容的解释。

2023年4月28日

前 言

根据河南省工程勘察设计行业协会 2022 年 4 月 15 日公布 2022 年第二批团体标准编制计划的通知，河南省地质工程勘察院有限公司作为主要编制单位，在 GB 50366-2005《地源热泵系统工程技术规范》的基础上，编制了河南省地源热泵系统工程技术规程。

本文件的主要内容：1.总则；2.术语和符号；3.工程勘察；4.工程设计；5.工程施工；6.工程验收；7.系统运行监测。

本文件在执行过程中，请各单位随时将有关意见和建议反馈给河南省地质工程勘察院有限公司，以便今后修订时参考。

地址：河南省郑州市高新区莲花街 56 号地矿大厦，邮编：450000

本文件主编单位：河南省地质工程勘察院有限公司

河南省第五地质勘查院有限公司

河南省自然资源科技创新中心（生态环境评价与修复技术研究）

本文件参编单位：中化地质河南局集团有限公司

黄河勘测规划设计研究院有限公司

河南省地矿建设工程（集团）有限公司

河南省第一地质勘查院有限公司

本文件主要起草人：王现国 刘海风 王建光 万伟锋 王邦贤

王晨旭 宋 黑 丁占稳 王春晖 曾 峰

张大志 吉建华 廉 勇 靳红兵 王宗炜

李茂军 张凤予 潘小雨 廉 芳 曾文青

吕志涛 黄金梅 贾金松 张 俊 王玉海

孙兴洛 任 升 李亚军 魏玉龙 杜红磊

刘 园 马广普 赵盈睿 赵利杰

本文件主要审查人：梁金国 蒋建良 戴一民 李清波 刘汉东

目 次

1	总 则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	4
3	工程勘察	5
3.1	一般规定	5
3.2	地埋管换热系统	6
3.3	地下水换热系统	9
3.4	地表水换热系统	11
4	工程设计	14
4.1	一般规定	14
4.2	地埋管换热系统	15
4.3	地下水换热系统	18
4.4	地表水换热系统	21
4.5	热泵机房和末端系统	23
5	工程施工	25
5.1	一般规定	25
5.2	地埋管换热系统	26
5.3	地下水换热系统	29
5.4	地表水换热系统	30
5.5	热泵机房和末端系统	31
6	工程验收	33
6.1	一般规定	33
6.2	地埋管换热系统	35
6.3	地下水换热系统	38
6.4	地表水换热系统	39
6.5	热泵机房和末端系统	41
6.6	整体运转、调试	43
6.7	竣工验收	44

7	系统运行监测	46
7.1	一般规定	46
7.2	地埋管换热系统	46
7.3	地下水换热系统	47
7.4	地表水换热系统	48
7.5	热泵机房和末端系统	49
7.6	系统性能评价	50
附录 A	岩土热响应试验	52
A.1	一般规定	52
A.2	测试内容	52
A.3	测试仪表精度要求	52
A.4	岩土热响应测试方法	53
A.5	测试数据处理	53
A.6	岩土体热物性参数	55
附录 B	地下水换热系统勘察抽水试验、回灌试验方法	60
B.1	抽水试验	60
B.2	回灌试验	60
附录 C	竖直地埋管换热器的设计计算	61
附录 D	地埋管及地表水换热器外径及壁厚	64
附录 E	地下水换热系统总需水量的确定	65
附录 F	地源热泵系统水压试验	66
附录 G	系统运行监测记录	68
附录 H	工程验收记录	71
	本文件用词说明	79
	引用标准名录	80

1 总 则

1.0.1 为规范河南省地源热泵系统工程勘察、设计、施工、验收及运行监测与管理，做到安全适用、经济合理、技术先进可靠，保证工程质量，并符合资源节约和保护环境的要求，制定本文件。

1.0.2 本文件适用于河南省新建、改建和扩建的以浅层岩土体、地下水、地表水、污水为低温热源，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、空调或生活热水供应的地源热泵系统工程勘察、设计、施工、检验与验收、监测与系统运行。

1.0.3 地源热泵系统工程应综合考虑地质条件、建筑用能特性和系统经济性要求，合理设计、规范施工、科学管理。

1.0.4 地源热泵系统工程勘察、设计、施工、验收、系统运行监测与管理，除应符合本文件外，还应符合国家现行有关标准以及河南省的相关规定。

2 术语和符号

2.1 术语

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

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

2.1.2 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。通常有水/水热泵、水/空气热泵等形式。

2.1.3 浅层地热能 shallow geothermal energy

蕴藏在浅层岩土体、地下水或地表水中，通过地源热泵换热技术利用的蕴藏在地表以下 200 m 以内，温度低于 25℃ 的热能。

2.1.4 地埋管换热系统 ground heat exchange system

传热介质通过垂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。

2.1.5 地埋管换热器 ground heat exchange

供传热介质与岩土体换热使用，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。

2.1.6 水平地埋管换热器 horizontal ground heat exchange

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。

2.1.7 竖直地埋管换热器 vertical ground heat exchange

换热管路埋置在垂直钻孔内的地埋管换热器，又称垂直土壤热交换器。

2.1.8 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。

2.1.9 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。

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

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

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

将封闭的换热器按照特定的排列方法放入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。

2.1.12 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。

2.1.13 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。

2.1.14 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、注水量等水文地质参数的试验。

含水层渗透性、注水量和水文地质参数的试验。

2.1.15 测试孔 vertical testing exchange

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竖直地埋管换热器称为测试孔。

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

地埋管换热器深度范围内不含回填材料在内的岩土的综合导热系数、综合比热容。

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

通过测试仪器，对项目所在的场区内的测试孔进行一定时间的连续加热，获得岩土综合热物性参数及岩土初始平均温度的试验。

2.2 符号

A——热扩散系数；

C——比热容；

Q——热量；

R——热阻；

V——流量；

a——热扩散率；

q ——单位延米换热器释热量；

w——含水量；

λ ——导热系数；

ρ ——介质密度；

EER ——热泵机组的制冷性能系数；

COP ——热泵机组的制热性能系数。

3 工程勘察

3.1 一般规定

3.1.1 勘察前应进行工程场区状况调查，并收集建设场地及其周边一定范围内的地质、水文地质资料、已建地源热泵工程勘察及运行情况等资料，针对拟建议的浅层地热能换热方式，进行勘察方案策划。

3.1.2 工程场地状况调查应包括下列内容：

- 1 场地规划面积、地形地貌特征；
- 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 场地内树木植被、地表水、供水排水系统、架空输电线、市政管网、交通设施、历史文化古迹、电信电缆的分布及综合管线分布；
- 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 交通道路状况及施工所需的电源、水源情况；
- 6 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；
- 7 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。

3.1.3 工程勘察完成后，应编写工程专项勘察报告，并对浅层地热资源的可利用方案和相关问题的解决与处理提出建议。

3.1.4 勘察范围应为地源热泵系统工程建设场地，可根据水文地质条件适当外延。对已具有水文地质资料或附近有水井的地区，应通过调查获取相关资料。

3.1.5 勘察手段可包括调查、物探、钻探、现场试验、动态监测、室内岩土水分析、综合研究等。岩土体地质条件勘察应执行《岩土工程勘察规范》GB 50021 及《供水水文地质勘察规范》GB 50027。

3.1.6 地源热泵系统工程勘察分级

- 1 根据场地复杂程度与建设项目规模，地源热泵系统工程勘察

可按照表 3.1.6-1 分为三级。

表 3.1.6-1 浅层地热能勘察分级划分表

项目类型	场地复杂程度		
	复杂	中等	简单
大型建设项目	一级	一级	二级
中型建设项目	一级	二级	三级
小型建设项目	二级	三级	三级

2 地源热泵系统项目大小分类可根据供暖制冷面积确定。供暖制冷面积在同一项目包含不同工程类型子项时，可按照表 3.1.6-2，以其中最高等级确定。

表 3.1.6-2 项目大小分类表

项目规模等级	大型建设项目	中型建设项目	小型建设项目
供暖制冷面积（m ² ）	大于50000	10000~50000	小于10000

3 当基础资料不够充分时，可依据有关区划图确定建设项目拟建场区地质环境条件复杂程度；基础资料较为充分时，可依据场地条件、岩土体结构、水文地质条件按表 3.1.6-3 划分。

表 3.1.6-3 建设场区地质环境条件复杂程度划分表

分类要素	复杂程度		
	复杂	中等	简单
场区条件	地面建筑物、地下构筑物占地面积达到场地面积2/3（含）以上。	地面建筑物、地下构筑物占地面积在场地面积的1/3（含）~2/3 之间。	地面建筑物、地下构筑物占地面积小于场地面积的1/3。
岩土体结构	岩土体结构岩土种类多，岩性差异大，分布不均匀；严重湿陷、膨胀等特殊岩土。	岩土种类较多，岩性差异较大，分布较均匀；中等程度湿陷、膨胀等特殊岩土。	岩土种类较单一，岩性差异较小，分布均匀；无特殊岩土。
水文地质条件	含水层系统结构复杂，含水层空间分布不稳定，地下水补给、径流和排泄条件、水动力特征、水化学规律复杂。	含水层层次多但具有一定规律，地下水补给、径流和排泄条件、水动力特征、水化学规律较复杂。	含水层空间分布比较稳定，地下水补给、径流和排泄条件简单，水化学类型单一。
注	只要符合上述一项条件，则场地复杂程度确定为该等级。		

3.2 地埋管换热系统

3.2.1 地埋管地源热泵系统方案设计前，应对工程场区状况、岩土体地质条件进行勘察，主要勘察任务应包括：

1 查明岩土层岩性结构、地下水赋存状况；

2 通过勘探取样、测试分析获得勘察场区岩土体的天然含水率、孔隙度、颗粒结构、密度、导热系数、比热容等参数；

3 通过勘察孔进行岩土热响应试验，取得换热孔的有效传热系数、岩土体平均导热系数、地层初始温度等参数，计算确定换热孔的合理间距；

4 进行地埋管换热系统场地浅层地热能评价，提出合理的开发利用方案。

3.2.2 勘察工作量的布置宜按表 3.2.2-1 确定。

表 3.2.2-1 地埋管换热方式勘察工作量

埋管方式	勘察分级		
	一级	二级	三级
竖直（勘察孔数）	≥ 3	≥ 2	≥ 1
热响应试验数量（组）	≥ 3	≥ 2	≥ 1
水平（探槽数量）	2~4	2~4	2~4
热响应试验数量（组）	2~4	2~4	2~4

注：跨越多个地貌单元时，宜每个单元均进行布置。

3.2.3 勘探孔深度应结合建筑需要、地层条件以及场地条件等确定，其应比设计最深的热交换器底端深不少于 5m。勘探孔结构的设计，应根据勘察区的地层特性、测试要求及钻探工艺等因素综合考虑。

3.2.4 拟采用水平地埋管换热器时，可采用槽探、坑探或钎探进行岩土体地质勘察。探槽的深度一般超过埋管深度 1m。

3.2.5 拟采用垂直地埋管换热器时，应采用钻探进行岩土体地质勘察。钻探方案应根据场地大小确定，勘察孔深度应至少大于设计孔深 2m。勘察孔施工应按《岩土工程勘察规范》GB 50021 相关规定执行。

3.2.6 当工程设计需要各层岩土层热物性参数时，应分层采取原状岩土样品进行室内热物性参数测试，主要岩土层的样品数量宜不少于 3 件。岩土试样测试分析应按《土工试验方法标准》GB/T 50123 的规定执行。

3.2.7 热响应试验应在勘探孔完成后进行，宜进行恒热流现场试验和测试。一级勘察项目还需进行稳定工况试验，试验工况应与设计要求一致。热响应试验期间和试验后均应观测地温恢复情况。

3.2.8 热响应试验测量仪器、仪表应具有有效期内的检验合格证、校准证书或测试证书。测试方法应符合附录 A 的规定。岩土热响应试验应符合《地源热泵系统工程技术规范》GB 50366 的相关规定。

3.2.9 测试孔设置方式、深度和回填方式应与拟建设的工程换热孔保持一致。

3.2.10 测试设备与测试孔的连接应减少弯头、变径，连接管外露部分应保温，保温层厚度不应小于 20mm。

3.2.11 勘察报告应包括下列内容：

1 文字部分

- (1) 勘察目的和任务；
- (2) 拟建工程概况；
- (3) 勘察方法和钻孔布置；
- (4) 岩土体的地质时代、成因类型、地层特征（松散、坚硬、破碎程度）、地层结构（单一、多层）和地质构造；
- (5) 地下水补给、径流及排泄特征，水位、水温、水质及地下水分布情况等；
- (6) 不良地质现象及特殊岩土体；
- (7) 岩土体热物性参数分析；
- (8) 对地埋管类型及深度提出建议；
- (9) 推荐施工方案，包含钻井方法、钻井机具的选择；
- (10) 成孔条件及难易程度；
- (11) 综合评价地埋管工程的适宜性；
- (12) 结论与建议。

2 图表部分

- (1) 勘察工作平面布置图；
- (2) 工程地质分区图、水文地质分区图；
- (3) 工程地质柱状图、工程地质剖面图；
- (4) 地埋管工程布置建议图；
- (5) 现场试验成果图表；

(6) 室内试验成果图表。

3.3 地下水换热系统

3.3.1 地下水地源热泵系统方案设计前，应对工程场区进行水文地质勘察，勘察精度应满足地源热泵系统对水量、水温和水质的要求。

3.3.2 地下水水文地质勘察内容应包括：

- 1 地下水类型、埋藏条件；
- 2 含水层（组）岩性、分布、埋深及厚度；
- 3 含水层（组）的富水性和渗透性；
- 4 各含水层（组）补给、径流、排泄条件，含水岩（组）之间水力联系和各隔水岩（组）的隔水性能；
- 5 含水层（组）地下水水位、水温、水质分布与动态特征；
- 6 地下水适应性评价。

3.3.3 地下水换热系统应进行水文地质钻探、试验，并提供以下成果：

- 1 抽水试验：提供钻孔柱状图，抽水试验综合成果图；
- 2 回灌试验：提供钻孔柱状图，回灌试验综合成果图；
- 3 水量、水温和水位量测结果；
- 4 分层采取水样的水质化验分析结果；
- 5 水流方向试验结果；
- 6 渗透系数计算结果。

3.3.4 当地下水换热系统的勘察结果符合浅层地源热泵系统要求时，应采用成井技术将水文地质勘探井完善成换热井加以利用。

3.3.5 勘察井勘察工作要求应符合下列规定：

1 抽水试验及回灌试验可利用已建井开展。不具备合适水井的应专门施工勘察井，勘察井施工应满足《供水水文地质勘察规范》GB 50027 的要求；

2 勘察井的数量应根据浅层地热能开发工程的建设需求、工作面积、工程负荷确定。最低勘察井布置按表 3.3.5-1 确定；

表 3.3.5-1 地下水换热系统工程最低勘察井数量要求

勘察分级	一级	二级	三级
抽水试验勘察井(个)	3~4	2~3	1~2
回灌试验(组)	3~4	2~3	1~2
注：跨越多个水文地质单元时，宜每个单元均进行布置。			

3 勘察井的深度应根据含水层或含水构造带埋藏条件确定，其不宜大于 200m。当有多个含水层组且无水质分析资料时，宜进行分层勘察，获取各层水化学资料；

4 勘察井的布置应依据地下水流场、渗透率及其他水文地质参数确定；

5 地下水换热系统勘察抽水试验和回灌试验方法应符合附录 B 的规定。抽水试验及回灌试验步骤应满足《供水水文地质勘察规范》GB 50027 的要求；

6 应在勘察井中取样对地下水进行分析。机组热源侧水质应符合《蒸气压缩循环冷水（热泵）机组 第 1 部分工业或商业用及类似用途的冷水（热泵）机组》GB/T 18430.1 的要求；

7 岩溶发育地区应对可能引起的地面塌陷等情况进行评价分析，提供响应的措施建议。

3.3.6 应用条件评估应根据水文地质勘察报告，采用水文地质学的方法，计算工程场区可持续的最大允许涌水量，并根据抽水井与回灌井的距离确定可利用的温差，对工程场区地下水源能提供的最大供热、供冷负荷能力。

3.3.7 勘察报告应包括下列内容：

1 文字部分

- (1) 勘察目的和任务；
- (2) 拟建工程概况；
- (3) 勘察方法和钻孔布置；
- (4) 岩土体的地质时代、成因类型、地层特征（松散、坚硬、破碎程度）、地层结构（单一、多层）和地质构造；

(5) 地下水补给、径流及排泄特征，水位、水温、水质及地下水分布情况等；

(6) 不良地质现象及特殊岩土体；

(7) 目标含水层分析评价；

(8) 换热井抽、灌能力分析评价；

(9) 岩土体钻探及成井工艺建议；

(10) 地质环境影响与评价；

(11) 结论与建议。

2 图表部分

(1) 勘察工作平面布置图；

(2) 水文地质分区图；

(3) 井孔综合成果图；

(4) 地下水换热工程布置建议图；

(5) 现场试验成果图表；

(6) 水土样品测试成果图表。

3.4 地表水换热系统

3.4.1 地表水地源热泵系统可包括直接利用河、湖、水库等地表水体进行换热。在方案设计前，应对工程场区地表水源的水文状况、水源利用条件、利用方式进行勘察和评价。

3.4.2 地表水地源热泵系统的勘察和评价应包括：

1 地表水水源性质、用途、深度、面积及其分布；

2 冬、夏两季不同深度的水温、水位动态变化；

3 地表水流速和流量的变化；

4 地表水水质及其变化：针对水质的硬度、腐蚀性、含沙量等情况进行综合评价，并对解决方案提供技术依据；

5 地表水利用现状与规划，特别是上游热利用现状、规划与影响；

6 地表水取水和排水的适宜地点及路线；

- 7 地表水换热器布置适宜区域及干管路线；
- 8 分析取用地表水时对水体水质、水量和生态环境的影响；
- 9 河床或湖底的岩性和淤积情况，河（库）岸稳定性；
- 10 航运情况；
- 11 附近取水排水构筑物情况。

3.4.3 当拟利用污水换热时，应对所利用的污水源利用条件、利用方式进行勘察。当利用的污水未达到“城市污水再生利用工业用水水质”或“城市污水再生利用生活杂用水水质”等标准时，应对污水利用方案进行环保、卫生与防疫方面的评估。其勘察和评价应包括：

- 1 污水性质与具体水质条件，包括 pH 值、污染物成份、污染物尺寸与含量等。
- 2 污水冬夏季流量及其分布，瞬时最小流量，污水处理厂维修规律与影响。
- 3 污水的冬夏季温度分布。
- 4 污水处理厂或利用污水源位置与建筑物的距离、取回水点标高、污水取水与回水的适宜路线与方式等。

3.4.4 勘察报告应包括下列内容：

1 文字部分

- （1）勘察目的和任务；
- （2）拟建工程概况；
- （3）地表水水源性质、用途、深度、面积及其分布；
- （4）地表水水温、水位、流速和流量的变化；
- （5）地表水水质及腐蚀性评价；
- （6）地表水取水和回水的适宜地点及路线建议；
- （7）地表水换热器布置适宜区域及干管路线建议；
- （8）取用地表水时对水体水质、生态环境的影响评价；
- （9）附近取排水构筑物情况；
- （10）结论建议。

2 图表部分

- (1) 勘察工作平面布置图；
- (2) 地表水水源平面图及剖面图；
- (3) 地表水取水和回水的适宜地点及路线建议；
- (4) 地表水换热器布置适宜区域及干管路线建议。
- (5) 现场试验成果图表；
- (6) 室内试验成果图表。

4 工程设计

4.1 一般规定

4.1.1 地源热泵系统设计应包括换热系统设计、热泵机房系统设计等内容。

4.1.2 地源热泵换热系统应根据场区调查评价结果并依据其专项勘察成果进行设计，选择适合的地源热泵系统。

4.1.3 地源热泵系统设计前应结合工程场地状况调查和工程勘察结果，综合考虑工程场地状况、浅层地热资源条件、建筑用能特性和系统经济性等因素，对工程应用进行可行性评估，评估应包括以下内容：

- 1 工程概况；
- 2 项目所在地浅层地热资源条件分析；
- 3 项目地源热泵系统建设初步方案；
- 4 技术经济性分析；
- 5 环境影响分析；
- 6 项目风险分析；
- 7 结论与建议。

4.1.4 地源热泵系统方案设计时，应对项目全年冷热负荷特性进行分析，对地源热泵系统全年总释热量、总吸热量、最大释热量和最大吸热量进行计算，周期内地源热泵系统最大释热量和最大吸热量宜平衡。

4.1.5 地热能交换系统施工前应具备工程勘察资料、设计文件和施工图纸，并完成施工组织设计。

4.1.6 当地源热泵系统的承载能力无法满足工程的总体需要时，可与其他冷热源组成复合冷热源。

4.2 地埋管换热系统

4.2.1 地埋管换热系统设计前，应明确待埋管区域内各种地下管线的种类、位置及深度，预留未来地下管线所需的埋管空间及埋管区域进出重型设备的车道位置。

4.2.2 地埋管换热器应在工程勘察成果的基础上，综合现场可使用地表面积、岩土类型、热物性参数、建筑物基础与设施及钻孔费用等因素确定埋管方式。

4.2.3 应用条件评估应根据可用的场地面积，结合岩土层的结构确定换热井井深，初步确定浅层地埋管换热器的布置。再根据单位延米的换热量，评估浅层地埋管换热系统具有的最大瞬时换热能力。计算方法如下：

$$Q = aql \cdots \cdots \cdots (4.2.3)$$

式中：

Q ——浅层地埋管换热器最大瞬时换热量（kW）；

a ——单位延米换热量修正系数，可取 0.8；

q ——单孔设计工况下单位延米换热量（W/m）；

l ——浅层地埋管系统总延米数（m）。

4.2.4 浅层地埋管换热系统设计应进行全年动态负荷计算，最小计算周期应不少于 1 年。计算周期内，浅层地埋管换热系统总释热量宜与其总吸热量相平衡。

4.2.5 地埋管换热系统的容量应考虑系统冷热负荷与地埋管有效埋设空间的合理匹配。地埋管换热器换热量应满足地源热泵系统最大吸热量或释热量的要求。

4.2.6 地埋管系统最大释热量和地埋管换热器数量应按建筑设计冷负荷或地埋管地源热泵系统承担的冷负荷计算确定。

4.2.7 地埋管系统最大吸热量和地埋管换热器数量应按建筑设计热负荷或地埋管地源热泵系统承担的热负荷计算确定。

4.2.8 地埋管换热器计算时应考虑负荷、岩土体及回填材料热物性

参数，宜采用专用软件计算。竖直地埋管设计应符合本文件附录 C 要求。

4.2.9 地下换热器换热能力分析的钻孔单位延米换热量可作为地埋管地源热泵系统方案设计的参考。地埋管换热器的设计宜符合下列要求：

- 1 夏季运行期间，地埋管换热器出口最高温度宜低于 33℃；
- 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应高于 4℃，添加防冻剂后的介质的冰点宜比设计最低使用水温低 3℃~5℃。防冻剂不得对地埋管、地表水换热系统的管道、配件、部件和设备产生腐蚀，并考虑对系统换热的影响。

4.2.10 在有可能冻结的地区，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。

4.2.11 浅层地埋管管材及管件应符合下列规定：

- 1 浅层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，管件与管材材质应相同；
- 2 浅层地埋管外径及壁厚应符合附录 D 的规定；
- 3 竖直浅层地埋管换热器的 U 形弯管接头，应选用定型的 U 形弯头成品件，不应采用直管道煨制弯头，也不应采用两个 90° 的弯管对接构成 U 型弯管。

4.2.12 防冻剂应从以下两类中选择：

- 1 盐类：氯化钙和氯化钠，醋酸钾和碳酸钾等钾盐；
- 2 水溶性有机化合物：酒精、甲醇、乙醛、乙烯基乙二醇和丙烯基乙二醇。

4.2.13 浅层地埋管换热器设计计算时，环路集管不应包括在浅层地埋管换热器总长度内。对于大面积的竖直浅层地埋管换热系统，且水平埋管部分在整个系统中占较大的比例，水平埋管部分应折算成适当的浅层地埋管换热器长度，并计入竖直地埋管总长度中。

4.2.14 水平地埋管换热器可不设坡度，最上层埋管顶部应在冻土层以下 0.6m，且距地面不宜小于 1.0m。单层管埋设深度宜为 1.4m~

2.0m，双层管宜为 1.6m~2.4m。

4.2.15 竖直地埋管换热器埋管深度宜为 40m~150m，钻孔孔径宜不小于 110mm，钻孔间距应满足换热需要，孔间距不小于 4m。

4.2.16 浅层地埋管换热器管内流体应保持紊流流态。竖直地埋管管内流速应满足下列规定：

- 1 单 U 形管不宜低于 0.6m/s；
- 2 双 U 形管不宜低于 0.4m/s；
- 3 水平环路集管坡度宜为 0.002。

4.2.17 地埋管环路两端应分别与供、回水环路集管相连接。供、回水环路宜采用同程布置。每对供、回水环路连接的地埋管环路数宜相等。供、回水环路中集管的间距不应小于 0.6m。

4.2.18 地埋管换热器安装位置应远离水井及室外排水设施，并宜靠近机房或以机房为中心设置。

4.2.19 地埋管换热系统应具备定压、自动补液、泄漏报警功能。高出地面部分的管路应采取防冻保护措施。

4.2.20 地埋管换热系统应根据井管周围的岩土层特性确定回填料配方，回填料的导热系数不宜低于钻孔外或沟槽外岩土体的导热系数。

4.2.21 地埋管换热系统宜采用变流量设计。

4.2.22 浅层地埋管换热系统设计时应考虑浅层地埋管换热器的承压能力。若建筑物内系统压力超过浅层地埋管换热器的承压能力时，应设中间换热器将浅层地埋管换热器与建筑物内系统分开。

4.2.23 大规模的浅层地埋管系统宜分区设置分、集水器，各区所有回路连接浅层地埋管换热器的数量和埋管深度宜保持一致。

4.2.24 规模较大的系统，竖直地埋换热器宜采用分换热区域设计，各换热区域间距不小于 8 m。

4.2.25 地埋管换热系统宜设置反冲洗系统，冲洗流量宜为工作流量的 2 倍。

4.2.26 地埋管换热器水平管在穿外墙接入室内机房处，应采取沉

降补偿措施，并宜设置检修井。

4.2.27 地埋管换热器水平管在穿越消防通道和消防登高面时应设置套管，并应在道路两侧设置检修井。

4.2.28 在建筑物基础下设置地埋管换热系统时，不得对结构安全造成隐患。地埋管穿越建筑物基础时，应采取相应的防渗措施。当建筑物存在抗浮问题时，应于抗浮结构与构件设计一同考虑相关构造措施。

4.3 地下水换热系统

4.3.1 地源热泵地下水换热系统，必须采取可靠的回灌措施，并不得对地下水资源造成污染。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。

4.3.2 地下水的持续出水量应满足浅层地源热泵系统最大吸热量或释热量的要求。

4.3.3 地下水换热系统应根据地下水水质条件选择直接或间接系统，水系统宜采用变流量设计。当采用直接系统时，进入热泵机组的地下水水质应满足以下规定：

1 pH 值为 6.5~8.5 时，含砂量不大于 1/200000，矿化度不大于 3g/L，CaO 不大于 200mg/L，Cl⁻ 不大于 100mg/L，SO₄²⁻ 不大于 200mg/L，Fe²⁺ 不大于 1mg/L，H₂S 不大于 0.5mg/L；

2 当水质条件不满上述要求时，应采用间接系统。

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

- 1 热源井抽水量和回灌量、水温和水质；
- 2 热源井数量、井位分布及取水层位；
- 3 井管配置及管材选用，抽灌设备选择；
- 4 井身结构、填砾位置、滤料规格及止水材料；
- 5 抽水试验和回灌试验要求及措施；
- 6 井口装置及附属设施；

7 减少空气侵入的措施。

4.3.5 热源井的设置应符合下列要求：

- 1 根据水文地质勘察报告，结合项目建设情况，确定热源井井位；
- 2 换热井井位的设置宜避开有污染的地面或地层；
- 3 热源井数目应满足持续出水量和完全回灌的需求；
- 4 在保证建筑物的安全和热源井正常工作的条件下宜靠近热泵机房；
- 5 应保持一定的井间距，避免热源井之间的相互干扰；
- 6 对于热源井群，应保持热源井中心连线的方向与当地地下水流方向垂直；
- 7 井位应避开有污染的地面或地层。

4.3.6 应根据水文地质勘察报告，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。回灌井井身结构宜与抽水井相同，单纯回灌井井身结构可不同于抽水井。

4.3.7 地下水换热系统的机组与取水设备设计应符合下列基本要求：

- 1 当采用集中设置的水源热泵机组时，可根据地下水水质、水温、水量等条件采用地下水直接换热系统或间接换热系统；采用分散小型单元机组时，应设中间换热器；
- 2 应根据建筑物的特点、使用功能及不同地区地下水的温度参数，确定机组合理的运行工况；
- 3 应明确系统对取水方式、取水构筑物的结构、生产工艺、施工组织、安全防护等方面的要求。

4.3.8 回灌井设计中应考虑回扬措施。

4.3.9 回灌水管出水孔段应布置在主要含水层厚度的 1/2 处。泵井管的连接部位，泵管与井管之间应做好密封。真空回灌时必须先抽真空，保持回灌所需的真空度。

4.3.10 地下水回灌设计应符合下列要求：

- 1 根据工程场区目的含水层的回灌率初步确定抽、回水井数

的比例；

2 必须采取可靠回灌措施，确保地下水置换冷热量后全部回灌到同一含水层，并不致引起其他不良的水文地质和工程地质现象；

3 地下水回灌类型包括地面渗入回灌、诱导回灌和注入式回灌。应根据水文地质条件和工程地质条件确定经济合理的回灌方案；

4 注入式回灌一般利用管井进行，采用的方式有自流回灌、真空回灌和压力回灌。

4.3.11 地下水换热系统应根据水源水质条件采用直接或间接系统；水系统宜采用变流量设计；地下水供水管道宜采取保温措施。

4.3.12 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。

4.3.13 渗透性好的地区抽水井与回灌井宜能相互转换，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。

4.3.14 地下水供回水管网的布置应考虑多口抽水井、回灌井水力的平衡。

4.3.15 地下水换热系统总需水量应根据取水方式、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。总需水量的确定应符合附录 E 的规定。

4.3.16 抽水泵的选型应符合下列要求：

1 应根据单井的流量-降深曲线（Q-S 曲线）确定抽水泵的流量，并考虑合适的安全裕量。

2 抽水泵的扬程应按下式计算：

$$H = H_1 + H_2 \cdots \cdots \cdots (4.3.16)$$

式中：

H ——抽水泵的扬程（m）；

H_1 ——动水位液面到泵座出口测压点的垂直距离（m）；

H_2 ——抽水系统所需压力，系统摩擦阻力和局部阻力损失的总和（m）。

4.3.17 应根据建筑物的特点、使用功能及地下水的温度参数确定机

组的合理运行工况。

4.4 地表水换热系统

4.4.1 地表水地源热泵系统应根据水质、水位、水温、水体面积及深度、环保要求等因素，选择开式或闭式换热系统。对满足环境评估要求的地表水，当水量、水质、水体深度、水温等条件适宜时，宜采用开式地表水换热系统，否则，应采用闭式地表水换热系统。

4.4.2 对地表水换热系统，其进入水源热泵机组的水质应符合《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736 中的规定。

4.4.3 地表水换热系统设计换热能力宜同时满足热泵系统最大释热量和吸热量要求。

4.4.4 开式地表水换热系统取、排水口的设置应符合下列要求：

- 1 开式地表水换热系统取、回水口应避免热短路；
- 2 取水口应设置在水质较好、水位较深处；
- 3 取水口应位于排水口上游且远离回水口，取水口水流速度不宜大于 1m/s，应避开水系中的其它集中排热点；
- 4 取、排水口之间应保持一定的间距；
- 5 取水口附近一定范围应设置污物初步过滤装置，应有沉淀、过滤等除泥、除砂、除藻等水处理措施，取水构筑物设计应符合《室外给水设计标准》GB 50013 中的规定；
- 6 取水量变化较大或需要连续运行时，应设置多根取水管。

4.4.5 开式地表水系统取水泵的扬程应通过水力计算确定。

4.4.6 开式地表水换热系统应选用适应水质条件的材质制造的制冷剂-水热交换器或中间水-水热交换器，并取合适的污垢系数。

4.4.7 开式地表水换热系统宜设置便于拆洗的热交换器作中间水-水热交换器，热交换器地表水侧宜设反冲洗装置。

4.4.8 闭式地表水换热系统宜为同程系统。每个环路集管内的换热环路数宜相同，且宜并联连接；环路集管布置应与水体形状相适应，供、回水管应分开布置。

4.4.9 闭式地表水换热系统中水体流速不宜大于 3.0 m/s。

4.4.10 闭式地表水换热系统宜设置反冲洗系统，冲洗流量宜为工作流量的 2 倍。

4.4.11 地表水换热系统室外部分管道宜采用直埋敷设方式，管道的埋设深度等应符合现行有关标准规定，直埋部分的管道可以不保温；室外裸露部分的管道及其他可能出现冻结部分的管道和管件应有保温措施。

4.4.12 闭式地表水换热盘管应牢固安装在水体底部，水体的最低水位与换热盘管顶端距离不应小于 1.5 m。换热盘管设置处水体的静压应在换热盘管的承压范围内。

4.4.13 闭式地表水换热盘管的型式，应由水体的面积、深度、水质等因素确定。换热盘管的换热性能和换热面积应通过计算或试验确定；换热管内的流体应保持紊流状态。

4.4.14 地表水侧水系统宜采用变流量设计。

4.4.15 当采用污水换热系统时应考虑污水水温、水质及流量的变化规律，设计应满足以下要求：

1 污水源热泵系统换热形式选择应符合以下要求：

(1) 经处理后水质满足污水源热泵机组产品技术要求的污水，宜采用直接式污水换热系统；

(2) 原生污水和经处理后水质不满足污水源热泵机组产品技术要求的污水，应采用间接式污水换热系统；

(3) 对于水质较差或系统规模相对较小的场合，宜采用闭式污水换热系统。

2 原生污水取水口应采取粗效过滤与防淤、清淤措施。污水换热系统宜采取过渡季清水保护措施。

3 开式换热系统应在循环泵与换热器前设置连续反冲洗防堵装置，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。

4 污水过滤器、热交换器污水侧进出水管应设置压力表，宜

设置压差远传与报警装置。

5 间接式污水换热系统宜根据污水水质选用壳管式换热器与套管式换热器等。壳管式换热器污水应走管程、中间换热介质或制冷剂应走壳程。

6 中间换热器或热泵机组污水侧换热器的材料应根据污水水质确定。

4.5 热泵机房和末端系统

4.5.1 浅层地源热泵系统的机房设计，应符合《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736 的规定。其中涉及生活热水或其他热水供应部分，应符合《建筑给水排水设计规程》GB 50015 的规定。

4.5.2 水源热泵机组性能应符合现行国家标准《水（地）源热泵机组》GB/T 19409、《水（地）源热泵机组能效限定值及能效等级》GB30721 等的相关规定，且应满足地源热泵系统运行参数的要求。

4.5.3 热泵机房设计应遵照以下程序进行：

- 1** 在设计之前全面了解工程情况；
- 2** 基于多方案综合技术经济比较分析确定设计方案；
- 3** 选择设备；
- 4** 确定机房位置、大小及房间组成；
- 5** 提出对配合专业的协作条件；
- 6** 布置机房管路；
- 7** 编制设计文件、图纸，并列出设备材料清单。

4.5.4 热泵机组台数的选择，应能适应空气调节负荷全年变化规律，满足季节及部分负荷要求且不宜少于 2 台。小型工程选用一台机组时，宜采用多压缩机分路联控的热泵机组。

4.5.5 热泵机组设计或运行工况与名义工况不一致时，应根据性能曲线对热泵机组制冷量、制热量及实际电机输出功率等参数进行修正。

- 4.5.6** 热泵机组、水泵、末端装置等设备和管路及部件的工作压力，应不大于其额定工作压力。
- 4.5.7** 热泵机组供热工况时，热源侧供回水温差不宜大于 10℃，设计供水温度不宜大于 65℃。
- 4.5.8** 浅层地源热泵换热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。
- 4.5.9** 直接地下水换热系统应在水系统上预留机组清洗用旁通管。
- 4.5.10** 热泵机组的换热器环路中添加防冻液时，应对热泵机组的制冷量、制热量和换热器阻力进行修正。机组的蒸发器和冷凝器应具有良好的抗腐蚀能力。
- 4.5.11** 对于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。
- 4.5.12** 对于物业与计量管理有细分要求或分期实施的项目，热泵机组宜采用分散布置方式。
- 4.5.13** 有热水需求的场所，宜采用部分或全部热回收型水源热泵机组。用作全年供热水时，应选用全部热回收型水源热泵机组或水源热水机组。
- 4.5.14** 复合式冷热源系统采用冷却塔作为辅助散热设备时，宜采用闭式冷却塔；当采用开式冷却塔时，冷却塔的冷却水侧宜设板式换热器。
- 4.5.15** 地源侧换热系统循环水泵的流量，应由所配主机与地源侧的设计温差确定；水泵的扬程应由循环管路的水力计算确定。
- 4.5.16** 当水源热泵机组不具备夏冬季功能转换阀门时，应在水系统上设置夏冬季节的功能转换阀门，并在转换阀门上作出明显标识。
- 4.5.17** 地表水直接流经水源热泵机组的系统应设净化设备保护主机，并应采用在线自动清洗装置。

5 工程施工

5.1 一般规定

5.1.1 地源热泵系统工程施工现场应建立相应的质量管理体系、施工质量控制和检验制度，具有相应的施工技术标准。

5.1.2 地源热泵系统工程施上，施工单位应编制地源热泵系统工程施工组织设计，并经监理（建设）单位审核批准。

5.1.3 地源热泵系统工程应按照经施工图审查机构审查合格的设计文件和经审查批准的施工组织设计施工。

5.1.4 地源热泵系统工程的施工作业环境和条件应满足相关标准和施工工艺要求。

5.1.5 地源热泵系统工程使用的材料、配件、部件和设备等必须符合设计要求及国家现行有关标准的规定，不得对环境造成污染。严禁使用国家禁止使用与淘汰的材料、配件、部件和设备。

5.1.6 对新的或首次采用的施工工艺，地源热泵系统工程在施工前应进行专项评价，并制定专门的施工技术方案。

5.1.7 地埋管、地表水换热器的管材及管件应符合下列规定：

1 管材及管件应具有产品合格证、出厂检测报告、产品说明书及产品性能检测报告等质量证明文件；

2 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，管件与管材应为相同材料；

3 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，且管材的公称压力不应小于 1.0 MPa；

4 地埋管按设计要求的管道长度定长供应，以减少地埋管接头数量；地表水换热器宜按照标准长度由厂家做成所需的预制件，且不应有扭曲。地埋管及管件存放时，应避免阳光下暴晒；

5 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《埋地塑料给水管道工程技术规程》CJJ 101 的有关规定。

5.1.8 换热系统施工过程中，应严格控制材料的质量，并做好管材及管件保护工作。

1 进入现场的管材及管件应逐件进行外观检查，破损和不合格产品严禁使用；

2 搬运和运输时，应小心轻放，采用柔韧性好的皮带、吊带或吊绳进行装卸，不应抛摔和沿地拖拽；

3 管材及管件存放时，应避免阳光下暴晒。

5.2 地埋管换热系统

5.2.1 地埋管换热系统施工前应了解埋管场地内已有地下管线、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，平整地面。

5.2.2 地埋管埋设应符合以下要求：

1 地埋管换热系统施工时，严禁损坏既有地下管线及构筑物，不得破坏建筑物基础安全性，与构筑物最小间距应满足现行国家有关标准的规定；

2 地埋管换热器安装完成后，应严格检查并做好管材保护工作；

3 管沟开挖施工中遇有管道、电缆、地下构筑物或文物古迹时，应及时与有关部门联系协同处理。

5.2.3 换热孔钻孔方法应根据地质条件，按以下原则选择：

1 第四系松散层孔隙岩类宜采用回转钻进或冲击钻进；

2 基岩地层宜采用潜孔锤钻进；

3 若基岩地层上覆第四系地层，则钻进第四系地层时应采用跟管钻进，跟管深度不宜大于 40m。

5.2.4 竖直浅层地埋管钻孔施工应符合下列规定：

1 钻进过程中，应做好钻孔记录，包括地下地层情况、地下水情况；

2 钻孔开孔及终孔宜采用同一设计口径，当钻孔孔壁不牢固

或者遇回填土、卵石层、流砂带、破碎带、孔洞、洞穴等复杂地层，应采取泥浆护壁或埋设套管护壁，护壁套管内径应与设计钻孔口径一致；

3 实际钻孔孔深宜大于设计孔深 1m~2m；

4 钻孔施工应及时清除孔口残渣，设置排水沟和泥浆池等设施，以过滤、储存钻孔浆液；

5 潜孔锤钻进成孔后下管前，应采用压缩空气或清水进行清孔，孔底沉渣不应大于 0.5m；

6 钻孔孔位偏差应不大于 0.1m，钻孔的垂直偏差应不大于 1.0%，钻孔终孔孔径应不小于设计孔径。

5.2.5 管道连接应符合下列要求：

1 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；

2 除 U 形弯管接头外，换热管应为整根管材，中间不得拼接；

3 竖直地埋管换热器 U 形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 形管的两开口端部，应及时密封；

4 管道连接按先地埋管，其次环路集管（水平管），最后连接机房分、集水器的顺序进行，不同阶段都应分别进行水压试验，并应有水压试验记录。

5.2.6 水平地埋管换热器铺设应符合以下要求：

1 铺设水平地埋管前，将沟槽清理干净，并应在沟槽底部先铺设不小于 100mm 的细砂，细砂铺设应平整；

2 管道不应有折断、扭结等问题，转弯处应光滑，且应采取固定措施；

3 水平地埋管换热器安装时，应防止石块等重物撞击管身。

5.2.7 水平地埋管换热器回填应符合下列规定：

1 回填料应细小、松散、均匀，不得含石块及土块；

2 槽底至管顶以上 500mm，不得含有机物和冻土；

3 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；管道两侧和管顶以上 500mm 范围内，应采用人工逐层均匀压实，每层厚度不宜大于 300mm，回填料应与管道外壁接触紧密且不得损伤管道，严禁压实机具直接作用在管道上。

5.2.8 竖直地埋管换热器安装应符合以下要求：

1 当钻孔钻好且固化后应及时下管，下管时应将灌浆管和充满水的 U 型管一起插入孔中，直至孔底，并应采取措施使 U 形管两支管处于分开状态；

2 钻孔深度及孔内地下水（或泥浆）水位较浅时应采用人工下管。当人工下管困难时，可采用机械下管；

3 在砂土、碎石土中灌浆，应设护壁套管，管头宜设防堵护罩；

4 竖直地埋管换热器 U 形管安装完毕后，应及时灌浆回填封孔；

5 灌浆液应从孔底自下而上灌注封孔；

6 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匀速抽出；

7 当埋管深度超过 40m 时，灌浆回填应在周围临近钻孔均钻凿完毕后进行。

5.2.9 竖直地埋管换热器灌浆回填料应符合下列要求：

1 灌浆回填料应按照设计要求调配；

2 灌浆回填料宜采用膨润土和细砂（或水泥）的混合浆或专用灌浆材料；

3 当地埋管换热器设在密实或坚硬的土壤、岩石内时，宜采用含水泥的基料灌浆。

5.2.10 地埋管换热器安装前后应对管道进行冲洗，管道安装后冲洗时，应预防杂物被冲入水平汇总管道和设备。

5.2.11 地埋管换热系统充注防冻液和防腐剂前，应进行排气。

5.2.12 换热管及管件应符合设计要求，且应具有出厂质量检验报

告及合格证。

5.2.13 当室外环境温度低于 0℃时，不宜进行地埋管换热器的施工。

5.2.14 施工过程中，应严格检查并做好管材、成品和半成品的保护工作。

5.2.15 警示带宜铺设于管道上方，沟槽深度的 1/2 处。

5.2.16 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。

5.2.17 浅层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，并应采用两个现场的永久目标进行定位，并建立浅层地埋管换热器的数据档案。

5.2.18 对于浅层地埋管换热系统，应确保地下淡水层不受污染；对于地下水抽水和回灌可能形成的地面沉降、岩溶塌陷和地裂缝等地质环境影响进行评价并提出相应的防治措施。

5.3 地下水换热系统

5.3.1 热源井施工应符合下列要求：

1 热源井施工过程中应同时绘制地层钻孔柱状图；

2 热源井在成井后应及时洗井，在出水含砂量未低于 1/200000 不得停滞。洗井结束后应进行抽水和回灌试验，管网安装完成后应进行群井抽水和回灌试验；

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

5.3.2 地下水换热系统检验应符合以下要求：

1 热源井持续出水量和回灌量应稳定，并应满足设计要求；

2 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。

5.3.3 热源井位置设置的检查井或建造的取水构筑物应有专门标志

并独立使用，进回水管道应在地面上做出标明管线的定位带。

5.3.4 地下水供回水管采用聚乙烯管（PE100）直埋敷设时，应采用热熔连接；地下水供回水管采用无缝钢管时，应采用法兰或焊接连接，供水管宜保温。

5.3.5 换热井井口应严格封闭，井内装置应使用对地下水无污染的材料。

5.3.6 热源井施工应符合《供水管井技术规范》GB 50296 和《水文地质钻探规程》DZ/T 0148 中的规定。

5.3.7 地下水回灌必须采取可靠回灌措施，确保地下水置换冷热量后全部回灌到同一含水层，并不致引起其他不良的水文地质和工程地质现象。

5.3.8 回灌水水质应符合水质标准，不得低于原地下水水质，回灌后不会引起区域性地下水水质污染。

5.3.9 为避免回灌水产生二次污染，回灌管路宜采用非金属材质。

5.4 地表水换热系统

5.4.1 换热器设置处及供、回水管进入地表水源处应设明显标志。

5.4.2 换热系统安装过程中应进行水压试验，水压试验应符合本文件附录 F 要求。

5.4.3 换热系统安装前后应对管道进行冲洗及排气，并进行流量和压力测试。

5.4.4 开式地表水换热系统施工应符合以下规定：

1 取水构筑物的施工工艺应根据取水水体类型和取水构筑物固定形式及设计要求确定；

2 管道的敷设、安装、固定和管道支墩施工，应符合《给排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 的有关规定。

5.4.5 闭式地表水换热器和衬垫物的制作应符合以下规定：

1 换热盘管制作前应对换热管进行水压试验；

2 换热器的绑扎材料应选用有足够强度的耐腐蚀材料；

3 换热器盘管各绑扎点必须牢固，且不得对换热器造成损伤；

4 盘管不得扭结；

5 衬垫物应选择耐腐蚀材料，其型式和尺寸应根据换热器型式和地基条件确定。

5.4.6 闭式地表水换热器安装应符合以下规定：

1 衬垫物安装应平整、坚固，地基强度应满足设计要求；

2 夏季盘管制作完成后应及时安装，不得长时间曝晒；

3 衬垫物平面定位误差不得大于 200mm，高程误差不得大于 50mm。

5.4.7 闭式污水换热盘管的施工应符合下列要求：

1 取水管、排水管进入污水源处应设明显标志；

2 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；

3 制作前后均应对换热盘管进行水压试验；

4 塑料材质污水换热器管道应采用热熔或电熔连接，并不应造成管径缩小；聚乙烯管道连接应符合国家现行标准《埋地塑料给水管道工程技术规程》CJJ 101 的有关规定。

5.4.8 开式系统中间换热器和热泵机组污水侧换热器的结构宜简单，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。

5.5 热泵机房和末端系统

5.5.1 机房设备安装前，应按设计要求校验主机、水泵、板式换热器、稳压设备、水箱等设备的型号、规格、性能及技术参数，并应具备产品合格证书、产品性能检验报告。

5.5.2 热泵机组安装应符合下列要求：

1 在机组安装前应对基础进行复查。混凝土基础的强度应符合设计要求；

2 热泵机组及附属设备安装的位置、标高和管口方向应符合

设计要求；

3 热泵机组与其他设备之间的管道连接，其坡度与坡向，应符合设计及设备技术文件要求；

4 固定措施宜采用普通膨胀螺栓、化学膨胀螺栓或地脚螺栓二次浇灌，并有防松动措施；

5 减振垫、减振器安装位置应正确；各个减振器的压缩量应均匀一致；弹簧减振的热泵机组，应设有防止机组运行时水平位移的限位装置；

6 水泵与电机采用联轴器连接时，联轴器两轴芯的允许偏差，径向位移不应大于 0.05mm，小型整体安装的管道水泵不应有明显的倾斜；

7 水泵的进出口均应设置阀门，进水口需设置过滤器，出水口应设置止回阀。

5.5.3 管道系统安装应符合下列要求：

1 应根据管道材质选择相应的施工工艺；

2 管道与主机、水泵等设备应采用柔性连接，且不得强行对口连接；

3 在与主机、水泵等运转、振动设备连接的管道处，应设置独立、固定的支吊架；

4 支吊架的紧固件不宜直接接触管道，支吊架与管道间应避免产生冷桥。

5.5.4 保温工程施工应按下列要求进行：

1 设备和管道系统的保温材料应按设计要求选用；保温层与被保温体之间应无空隙；保温层搭接处应平滑过渡，缝隙密实一致、均匀；保温层纵缝应错接、密闭、不泄漏空气；易被损坏处宜有保护措施；

2 需要经常拆装的阀门、过滤器、法兰等部位的保温结构宜能单独拆装。

5.5.5 机房管道穿越墙体或楼板处应设置钢制套管，并留出保温间隙；管道接口不得置于套管内；穿墙套管应做防水防火处理。

6 工程验收

6.1 一般规定

6.1.1 地源热泵系统工程质量验收应符合《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300、《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242、《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243、《制冷设备、空气分离设备安装工程施工及验收规范》GB 50274、《风机、压缩机、泵安装工程施工及验收规范》GB 50275、《建筑节能工程施工质量验收规范》GB 50411 等国家现行有关标准的规定等。

6.1.2 地源热泵系统工程验收应根据其施工安装特点进行系统分项工程验收和竣工验收，并填写工程验收记录。地源热泵系统工程验收资料应单独组卷。

6.1.3 地源热泵系统工程施工质量验收应包括施工过程的质量检查、隐蔽工程验收和检验批验收，施工完成后应按水源热泵机组、地热能交换系统和建筑物内供热空调系统分项工程分别进行验收，并统一纳入通风与空调分部工程。

6.1.4 地热能交换系统的分项工程可按《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 进行划分，该分项工程可根据工程量大小划分为一个或若干个检验批进行验收。检验批的划分可根据施工段的划分，与施工流程一致且方便施工与验收的原则。

6.1.5 地源热泵系统工程应对下列部位或内容进行隐蔽工程验收，并应有详细的文字记录和必要的图像资料：

- 1 成孔或沟槽；
- 2 竖直或水平地埋管换热器敷设；
- 3 环路集管敷设；
- 4 土方（灌浆料）回填；
- 5 成井及沟槽；
- 6 管网敷设；

- 7 潜水泵安装;
- 8 开式地表水换热系统取水泵安装;
- 9 闭式地表水换热系统环路集管和换热盘管安装。

6.1.6 检验批质量验收合格应符合下列规定:

1 当受检方通过自检, 检验批的质量已达到合同和本文件的要求, 并具有相应的质量合格的施工验收记录时, 可进行工程施工质量检验批质量的验收;

2 用全数检验方案检验时, 主控项目的质量检验结果应全数合格; 一般项目的质量检验结果, 计数合格率不应小于 85%, 且不得有严重缺陷;

3 采用抽样方案, 且检验批检验结果合格时, 检验批质量验收应予以通过;

4 质量验收中被检出的不合格品, 应进行修复或更换合格品。

6.1.7 分项工程质量验收合格应符合下列规定:

1 所含检验批的质量均应验收合格;

2 所含检验批的质量验收记录应完整。

6.1.8 分部 (子分部) 工程质量验收合格应符合下列要求:

1 所含分项工程质量均应验收合格;

2 质量控制资料应完整;

3 有关安全、节能、环境保护和主要使用功能的抽样检验结果应符合相关规定;

4 观感应符合相关质量要求。

6.1.9 地源热泵系统工程验收的资料应包括下列文件及记录:

1 图纸会审记录、设计变更文件和竣工图;

2 主要材料、设备的出厂合格证及进场检验报告;

3 隐蔽工程检查验收记录;

4 岩土热响应实验报告;

5 地埋管换热系统工程成孔 (开槽) 施工记录, 成孔检测报告, 回填施工记录, 压力试验报告;

- 6 地下水换热系统工程的成井施工记录，管井综合柱状图，洗井抽水和回灌试验记录，水质检验资料；
- 7 地表水换热系统工程的取水口位置记录，压力试验报告；
- 8 工程设备、风管系统、管道系统安装及检验记录；
- 9 管道清洗及压力试验记录；
- 10 设备单机试运转记录；
- 11 系统无生产负荷联合试运转与调试记录；
- 12 系统节能性能检验报告；
- 13 系统性能测试与评价报告；
- 14 换热系统工程勘察报告；
- 15 分部、子分部工程质量验收记录；
- 16 观感质量综合检查记录；
- 17 安全和功能检验资料的核查记录；
- 18 电气系统安装质量验收资料；
- 19 系统使用维护说明书等其他必要的文件和记录。

6.2 地埋管换热系统

I 主控项目

6.2.1 管材、管件等材料应符合国家现行标准的规定。

检验方法：核查产品合格证、出厂检测报告、产品说明书及产品性能检测报告。

检查数量：全数检查。

6.2.2 地埋管的材质、直径、壁厚及长度应符合设计要求。

检查方法：观察检查、尺量，按设计图纸核对。

检查数量：每批次随机抽查 10%，但不少于 10 件，少于 10 件的，全数检查。

6.2.3 垂直和水平埋管的安装位置和深度应符合设计要求。

检查方法：尺量、旁站检查，按设计图纸核对。

检查数量：随机抽查 10%，但不少于 10 件，少于 10 件的，全

数检查。

6.2.4 回填料及其配比应符合设计要求。

检查方法：检查配比单，与实物对照检查。

检查数量：每个竖直或水平换热器回填时抽样检查不少于 1 次。

6.2.5 防冻剂和防腐剂的特性及浓度应符合设计要求。

检验方法：核查产品合格证、出厂检测报告、产品说明书及产品性能检测报告，按设计图纸核对。

检验数量：全数检查。

6.2.6 各环路流量应平衡，且应满足设计要求。

检验方法：观察检查；核查施工安装记录。

检验数量：全数检查。

6.2.7 循环水流量及进出水温差应满足设计文件要求。

检验方法：旁站观察；核查施工安装记录。

检查数量：全数检查。

6.2.8 管道系统安装完毕后，应按设计要求进行水压试验：水压试验应符合附录 F 中的相关规定。

检查方法：旁站检查，核查水压试验记录。

检查数量：全数检查。

6.2.9 管道系统安装完毕后，应进行管道冲洗，冲洗可结合水压试验进行。水压合格后再循环运行 2h 以上，且在水质正常后才能与机组连接。

检查方法：旁站检查，检查管道冲洗记录。

检查数量：全数检查。

II 一般项目

6.2.10 管材、管件等材料的包装应完整无破损，表面应无损伤与划痕。

检验方法：观察检查。

检查数量：每批次随机抽查 10%，但不少于 10 件，少于 10 件的，

全数检查。

6.2.11 管道的连接方法应符合设计要求和国家现行有关标准、产品使用说明书的规定。

检查方法：观察检查。按设计图纸、产品使用说明书核对。

检查数量：随机抽查 10%，但不少于 10 件，少于 10 件的，全数检查。

6.2.12 钻孔、水平埋管管沟的位置和深度应符合设计要求，其允许偏差应符合表 6.2.12-1 要求。

表 6.2.12-1 钻孔、水平埋管管沟的位置和深度的允许偏差

项目	允许偏差(mm)
钻孔孔位	50
钻孔深度	+50, -50
钻孔垂直度	1%L, 且不得串孔
水平埋管管沟位置	50
水平埋管管沟标高	+50, -50

注：L——孔深(mm)

检查方法：采用测斜仪、钢卷尺、经纬仪、测绳等量测，按图纸核对；核查成孔的施工与检测记录。

检查数量：随机抽查 10%，但不少于 10 个，少于 10 个的，全数检查。

6.2.13 地埋管区域应做出标志或标明管线定位带。

检查方法：观察检查。

检查数量：全数检查。

6.2.14 阀门井施工质量应符合设计要求和国家现行有关标准的规定。

检查方法：观察检查，核查阀门井验收记录。

检查数量：全数检查。

6.3 地下水换热系统

I 主控项目

6.3.1 热源井应单独进行验收，且应符合设计要求和《供水管井技术规范》GB 50296 和《供水水文地质钻探与凿井操作规程》CJJ 13 的规定。

检查方法：核查每个热源井验收记录。

检查数量：全数检查。

6.3.2 抽水井和回灌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文件 5.3.2 条的规定。

检查方法：旁站观察，核查抽水试验、回灌试验记录。

检查数量：全数检查。

6.3.3 抽水试验结束前应采集水样，进行水质和含砂量测定。其水质和含砂量应符合系统设备的使用要求。

检查方法：核查水质和含砂量检测报告，按系统设备的使用说明书核对。

检查数量：每个热源井对水质和含砂量测定一组。

6.3.4 抽水井与回灌井间排气装置的设置应符合设计要求。

检查方法：旁站观察，核查施工安装记录。

检查数量：全数检查。

II 一般项目

6.3.5 输水管网安装应符合设计要求及《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 的规定。

检查方法：核查输水管网验收记录。

检查数量：全数检查。

6.3.6 热源井在成井后应及时洗井，洗井应符合《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 的规定。

检查方法：旁站观察，核查洗井记录。

检查数量：全数检查。

6.3.7 抽水管和回灌管上水样采集口及监测口的设置应符合设计文件要求。

检查方法：观察检查，核查施工安装记录，按设计图纸核对。

检查数量：全数检查。

6.3.8 热源井井口处的检查井的施工质量应符合设计要求和国家现行相关标准的规定。

检查方法：观察检查，核查检查井的施工记录。

检查数量：全数检查。

6.4 地表水换热系统

I 主控项目

6.4.1 换热系统的管材、管件等材料应符合国家现行标准的规定。

检验方法：核查产品合格证、出厂检测报告、产品说明书及产品性能检测报告。

检查数量：全数检查。

6.4.2 换热系统的管材、管件的直径、壁厚及材质应符合设计要求。

检查方法：观察检查、尺量，按设计图纸核对。

检查数量：每批次随机抽查 10%，但不少于 10 件，少于 10 件的，全数检查。

6.4.3 闭式地表水换热系统的衬垫物强度、重量、耐腐蚀性应满足设计要求，重量误差不大于 10%。

检查方法：观察、称重，核查衬垫物性能检测报告，按设计图纸核对。

检测数量：随机抽查总数的 10%，但不少于 10 件，少于 10 件的，全数检查。

6.4.4 闭式地表水换热系统的防冻剂和防腐剂特性及浓度应符合设计要求。

检验方法：核查产品出厂合格证、出厂检测报告、产品说明书及产品性能检测报告，按设计图纸核对。

检验数量：全数检查。

6.4.5 开式地表水换热系统工程安装质量应符合以下要求：

1 管道及配件的安装位置和深度应符合设计要求。

检查方法：尺量、旁站检查，按设计图纸核对。

检查数量：随机抽查 10%，但不少于 10 件，少于 10 件的，全数检查。

2 换热系统的取水口、回水口及其管道设备的安装质量应符合设计要求和现行国家标准《泵站施工规范》SL 234 的相关规定。

检查方法：观察检查，按设计图纸核对，查阅施工安装记录。

检查数量：全数检查。

3 管道系统安装完毕后，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。

检查方法：旁站检查，核查水压试验记录。

检查数量：全数检查。

6.4.6 闭式地表水换热系统工程安装质量应符合以下要求：

1 换热器型式、安装位置和深度应符合设计要求。

检查方法：观察检查，尺量，按设计图纸核对。

检查数量：全数检查。

2 换热器管道、衬垫物绑扎应牢固。

检查方法：观察检查，检查施工安装记录。

检查数量：全数检查。

3 管道系统安装完毕后，应按设计要求进行水压试验；水压试验应符合附录 F 中的相关规定。

检查方法：旁站检查，核查水压试验记录。

检查数量：全数检查。

4 管道系统安装完毕后，应进行管道冲洗，冲洗可结合水压试验进行。水压合格后再循环运行 2h 以上，且在水质正常后才能与机组连接。

检查方法：旁站检查和检查管道冲洗记录。

检查数量：全数检查。

6.4.7 换热系统各环路流量应平衡，且应满足设计要求。

检验方法：观察检查；核查施工安装记录。

检验数量：全数检查。

6.4.8 换热系统循环水流量及进出水温差应满足设计文件要求。

检验方法：旁站观察；核查施工安装记录。

检查数量：全数检查。

II 一般项目

6.4.9 管材、管件等材料的包装应完整无破损，表面应无损伤与划痕。

检验方法：观察检查。

检查数量：每批次随机抽查 10%，但不少于 10 件，少于 10 件的，全数检查。

6.4.10 管道的连接方法应符合设计要求和国家现行有关标准、产品使用说明书的规定。

检查方法：观察检查，尺量。按设计图纸、产品使用说明书核对。

检查数量：随机抽查 10%，但不少于 10 件，少于 10 件的，全数检查。

6.4.11 阀门井施工质量应符合设计要求和国家现行有关标准的规定。

检查方法：观察检查，核查阀门井验收记录。

检查数量：全数检查。

6.4.12 供、回水管进入地表水源处应设明显标志。

检查方法：观察检查。

检查数量：全数检查。

6.5 热泵机房和末端系统

I 主控项目

6.5.1 水源热泵机组、附属设备、阀门、仪表、水泵、管材、管件

及绝热材料等产品的型号、规格、性能及技术参数应符合设计要求和国家现行有关标准的规定。

检验方法：观察、尺量检查，核查产品合格证、产品性能检测报告及产品说明书等质量证明文件。

检查数量：全数核查。

6.5.2 水源热泵机组、附属设备的安装质量，应符合下列规定：

- 1 设备安装位置、标高应符合设计要求；
- 2 减震垫、减震器安装位置正确。

检验方法：观察，量测检查。

检查数量：全数检查。

6.5.3 管道的安装质量应符合下列规定：

- 1 管道连接方式应符合设计要求；
- 2 管道支、吊架及其与管道之间的绝热衬垫设置应符合设计要求和国家现行相关标准的规定；
- 3 管道绝热层应采用不燃或难燃材料，其施工应符合设计要求和国家现行相关标准的规定。

检验方法：观察、尺量检查，按设计图纸核对。

检查数量：按数量抽检 10%，且不得少于 10 件（处），少于 10 件（处）的，全数检查。

6.5.4 阀门、仪表的安装质量，应符合下列规定：

- 1 规格、数量应符合设计要求；
- 2 方向应正确，位置应便于操作和观察。

检验方法：观察检查，按设计图纸核对，核查试验记录。

检查数量：全数检查。

6.5.5 水泵的安装质量应符合下列要求：

- 1 规格、数量应符合设计要求；
- 2 管道连接应正确。

检验方法：观察检查。

检查数量：全数检查。

6.5.6 机房内的设备基础施工质量应符合设计要求和国家现行相关标准的规定。

检查方法：观察、尺量检查，按设计图纸核对。

检查数量：全数检查。

II 一般项目

6.5.7 水源热泵机组、附属设备、管道及其配件的绝热，不得影响其操作功能。

检验方法：观察检查。

检查数量：按数量抽检 10%，且不得少于 10 件（处），少于 10 件（处）的，全数检查。

6.5.8 水源热泵机组、附属设备、管道、阀门、支吊架防腐防锈处理应满足设计和现行相关标准要求。

检验方法：观察检查，按图纸核对。

检查数量：按数量抽检 10%，且不得少于 10 件（处），少于 10 件（处）的，全数检查。

6.5.9 水源热泵机组、附属设备及其管道系统的设备间地面排水系统应通畅，满足设计要求和国家现行有关标准的规定。

检验方法：观察检查，按图纸核对。

检查数量：全数检查。

6.6 整体运转、调试

6.6.1 地源热泵系统整体运转与调试应符合下列规定：

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

2 地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，经总监理工程师审核，提交建设单位确认后存档。

6.6.2 系统运转正常后，进行自控系统调试。

6.6.3 地源热泵系统整体验收前，应进行冬、夏两典型季节运行测试，并对地源热泵系统的实测性能作出评价。

6.7 竣工验收

6.7.1 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。

6.7.2 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。其竣工验收程序：

1 地源热泵系统完工后，施工单位自行组织有关人员进行检验评定，自评合格后向建设单位提交竣工验收申请报告；

2 建设单位收到工程竣工申请报告后，由建设单位组织设计、施工等单位项目负责人联合进行竣工验收。

6.7.3 地源热泵系统工程竣工验收合格，应符合下列要求：

1 分项工程应全部合格；

2 质量控制资料应完整；

3 系统有关安全和功能性检测资料应完整；

4 观感验收应符合相关质量要求。

6.7.4 地源热泵系统工程竣工验收时，应对其质量控制资料、安全和功能性检验资料进行核查：

1 质量控制资料主要包括：图纸会审记录、设计变更单、洽商记录和竣工图；系统主要材料、配件、部件和设备的产品合格证、出厂检测报告、产品性能检测报告；隐蔽工程检查验收记录和相关

图像资料；施工安装记录；分项工程验收记录等。

2 安全和功能性检验资料：水压试验记录；地下水换热系统抽水试验、回灌试验记录；设备单机调试记录；系统调试记录；系统试运行记录等。

6.7.5 观感质量综合检查应包括以下项目：

1 热泵机房系统设备、管道安装位置应正确、牢固，外表平整无损伤，管道连接应无明显缺陷、不渗漏；

2 支吊架形式、位置及间距应符合《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242、《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243 等标准要求；

3 设备、管道、支吊架的油漆应附着牢固，漆膜厚度均匀，油漆颜色与标志符合设计要求；

4 绝热层的材料、厚度应符合设计要求；表面平整无断裂和脱落；

5 水源热泵机组设备间地面排水系统通畅，不积水；

6 室外检查井位置正确，井盖密封无缺损。

检查方法：尺量、观察检查。

检查数量：管道按每个系统抽查 10%，不少于 10 处。各类设备、部件、阀门及仪表抽检 10%，但不少于 10 件。少于 10 件的，全数检查。

6.7.6 地源热泵系统整体运转、调试与验收除应符合本文件外，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。

7 系统运行监测

7.1 一般规定

7.1.1 地源热泵系统交付使用后,应委托专业机构对其实施运行管理。

7.1.2 地源热泵系统的运行管理应贯彻节能、环保、卫生、安全和经济实用的原则,保证系统达到合理的使用功能。

7.1.3 地源热泵系统工程需进行节能效益、环境效益、经济效益评估时,应进行系统性能测试与评价。

7.1.4 地源热泵系统的监测与系统控制设计应符合《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736、《公共建筑节能设计标准》GB 50189、《智能建筑设计标准》GB 500314、《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB55015 等标准的规定。

7.1.5 地源热泵系统中监控仪表的安装应符合设计图纸和现行国家标准《自动化仪表工程施工及验收规范》GB50093 的规定,并符合仪表制造厂的要求。

7.1.6 应用面积超过 20000 m² 公共建筑或应用面积超过 100000 m² 的居住建筑,采用地源热泵系统时,在条件许可的情况下,其热泵机房及换热系统,宜采用集中控制系统,不具备条件或小型的工程中,宜采用就地自动控制系统。

7.1.7 地源热泵系统地源侧的水系统上应设置冷、热量计量装置;热泵机房系统主要设备应设用电分项计量装置。

7.1.8 地源热泵工程的监测系统验收应符合《智能建筑工程质量验收规范》GB 50339、《空调通风系统运行管理标准》GB 50365、《建筑节能工程施工质量验收规范》GB 50411 等标准和本文件的规定,并应填写相应验收记录。

7.2 地埋管换热系统

7.2.1 地埋管地源热泵系统岩土体温度监测孔(点)的设置宜符合以下要求:

1 埋管区内部及外部分别布设地温监测孔（点），其中埋管区内部监测孔（点）宜布置在换热井对角线的交叉点上，不应少于 1 个，外围区域不应少于 2 个；

2 监测井内在不同深度的岩土构造层布置相应的温度传感器，地温监测孔应能满足长期监测需要，埋入土壤的温度传感器应有防腐措施；

3 应用建筑面积大于 5000m² 时，监测孔（点）数目不少于 2 个；应用建筑面积大于 20000m² 时，监测孔（点）数目不少于 3 个，且每增加 20000m²，监测孔（点）数目应增加 1 个；

4 监测孔（点）位置和数量宜包含代表性地质结构；

5 监测孔（点）布置的传感器应能满足长期监测需要，布置深度宜为换热器深度中间位置。

7.2.2 应监测地埋管总分、集水器的压力；应监测分、集水器上供回水支路的温度；应监测地埋管换热器循环水的总流量。

7.2.3 应根据土壤监测结果制定地源热泵系统全年运行预案，进行土壤热平衡控制，并根据地温监测结果或实时计量进入地下的热量和取出的热量的平衡情况，对地源热泵运行方案进行调整。

7.2.4 系统部分负荷运行时，地埋管换热器应能分组交替运行。

7.2.5 系统运行时，可根据冷却水的供、回水温度对地埋管换热器及辅助散热（加热）进行切换和启停控制。

7.2.6 地埋管换热系统随着使用时间的增加，地埋管有可能产生堵塞和泄漏等异常情况，需要定期检查并及时做修复处理。一般地埋管的修复处理较为困难，当出现异常地埋管数量较少，在设计冗余量范围之内时，可采取封闭弃用措施；当出现异常地埋管数量较多，超过设计冗余量范围时，可考虑新增设地埋管或补充其他冷热源等措施。

7.3 地下水换热系统

7.3.1 应监测取水井水位及抽水量，当取水井水位低于设定值时，应

停止抽水。

7.3.2 应监测回灌水水压或回灌井水位和水量，当回灌井水位高于水位设定值，宜及时进行回扬或洗井。

7.3.3 应监测地下水系统的供回水温度（温差）。

7.3.4 应对周边建（构）筑物、地面等进行沉降观测，直至稳定为止。

7.3.5 对热源井应定期回扬，热源井及管道系统应定期清洗，并做好维护运行记录。

7.3.6 应对回灌水水质进行定期检测，出现异常应立即停止使用。

7.3.7 对地质环境影响监测应符合以下规定：

- 1 地质环境影响监测孔数量不少于换热孔数量的 1%；
- 2 其中地下温度监测时间间隔不大于 1h；
- 3 对地下水中细菌微生物宜逐月取样监测；
- 4 监测方式应为长期、连续监测。

7.4 地表水换热系统

7.4.1 地源热泵系统换热区水温的监测应符合以下要求：

1 开式地表水：对于静止水体，应监测退水口 30m 范围内水温。对于流动水体，非感潮水体时，应监测退水口下游 50m 范围内水温；感潮水体时，监测退水口上下游 50m 范围内水温。

2 闭式地表水：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。

3 闭式地表水：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。

7.4.2 应监测地表水过滤设备、消毒设备进出口水压力，当进出口水压差超限时应报警。

7.4.3 应对系统淤积结垢堵塞、室外系统细菌生长等情况进行定期监测。

7.4.4 水体出现热污染时，应停止水源热泵机组运行。

7.4.5 对闭式地表水系统的水下换热器，应定期检查其表面污垢情况，

及时清洗。

7.4.6 开式地表水系统的取水口周围，应定期进行相关管路与换热器的检查和清洗，宜采用自动清洗装置。

7.4.7 开式地表水地源热泵系统中，当机组换热器进行供冷、供热水路切换时，应进行相关管路切换和清洗。

7.4.8 当水体出现热污染和下列情况时应停止机组运行：

1 对静止水体，应设置水体最高允许温度，当水体温度超过允许值时；

2 对流动水体，当下游 30m 处水温超过取水口温度 1℃时。

7.4.9 污水源热泵系统的监测与运行管理应符合以下要求：

1 应监测污水取水、排水温度、热泵机组进出口温度。

2 应监测污水过滤处理设备进出口水压力，当进出口水压差超限时应报警。

3 设置排水最低允许温度，当水体温度超过允许值时，应停止机组运行。

7.5 热泵机房和末端系统

7.5.1 地源热泵机房系统监测参数应根据系统类型、功能要求、设备运行和管理的工程需要，通过技术经济比较确定。应对下列参数进行监测：

1 地源热泵系统的供、回水温度、流量和压力；

2 水源热泵机组的进、出水温度、压力及流量（或水流状态）；

3 地源侧循环水泵流量（或水流状态）、进出口压力；

4 过滤器前后压差；

5 换热器两侧温度、压力和流量；

6 水源热泵机组、附属设备、阀门等设备的工作状态及故障报警；

7 补水水位或压力，高低水位报警；

8 室外空气温度、湿度；

9 热泵系统运行模式切换阀门两侧压差、流量；

10 地源侧水系统泄漏报警。

7.5.2 地源热泵机房系统应根据运行监测下列数据，计算并记录系统运行的能量（耗）值：

- 1** 水源热泵主机耗电量、地源侧循环水泵耗电量；
- 2** 地下水抽水量和回灌量；地表水的取水量和排水量；
- 3** 空调系统的累计制冷量/制热量和瞬时制冷量/制热量；
- 4** 地源侧的瞬时换热量与累计换热量。

7.5.3 地源热泵机房系统运行控制应根据系统运行和管理的工程需要，通过下列技术经济进行比较确定：

- 1** 主要设备的联动、联锁和保护功能，自动/手动启停；
- 2** 运行模式自动/手动切换；
- 3** 地源热泵系统变流量运行；
- 4** 地源热泵系统（机组群控）节能运行控制。

7.5.4 地源热泵系统运行过程中，应做好设备运行记录、巡回检查记录、事故分析及其处理纪录、运行值班记录、维护保养记录、设备和系统部件的大修和更换情况记录，制定地源热泵系统运行管理技术规定。

7.5.5 运行管理部门应制定浅层地源热泵系统运行管理制度，规范浅层地源热泵系统日常操作和维护管理。

7.5.6 应根据浅层地源热泵系统制冷（热）量、设备耗电量、热源侧换热量、土壤温度变化、地下水位深度、涌水量及水温等运行监测数据，优化全年运行方案。

7.5.7 运行管理中应对机组、水泵、末端装置等的能耗及其它基础数据定期进行统计与分析，优化运行策略。

7.6 系统性能评价

7.6.1 系统运行过程中，应监测和计算地源热泵系统运行能耗和能效指标，及时排查和处理存在的问题，优化运行策略。

7.6.2 地源热泵系统的测试方法、评价方法应符合《可再生能源建筑应用工程评价标准》GB 50801 的规定。

7.6.3 地源热泵系统性能评价可根据实际工程需要确定，应包括下列性能指标：

- 1 热泵机组制热性能系数 COP、制冷性能系数 EER；
- 2 热泵系统的系统制热能效比 COP_{sh} 、热泵系统的系统制冷能效比 COP_{sl} 。

附录 A 岩土热响应试验

A.1 一般规定

A.1.1 勘察测试孔的地埋管换热器设置方式、深度和回填方式与拟建设的工程换热孔保持一致。

A.1.2 岩土热响应试验应在勘察测试孔施工完成后周围岩土温度恢复后进行，对于灌注水泥砂浆的回填方式，宜放置不少于 10d；对于其它的回填方式，宜放置不少于 2d。

A.1.3 热响应试验孔的埋管方式、深度、回填方式、U 型管内换热介质流速等，应与方案设计一致。

A.1.4 测试现场应具备稳定电源等可靠的试验条件，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不大于 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。同一管路中，勘察测试孔孔口水温与试验设备进、出水口水温差不宜大于 0.2℃。

A.1.6 岩土热响应试验过程应遵守国家 and 地方有关安全、防火、环境保护方面的规定。

A.2 测试内容

A.2.1 岩土体初始平均温度测试，可采用埋设温度传感器法、无功循环法或水温平衡法。

A.2.2 岩土体换热测试，可采用稳定热流测试或稳定工况测试。

A.2.3 连续测试并记录地埋管换热器的循环水进出口温度、流量以及试验过程中地埋管换热器施加的加热功率。

A.3 测试仪表精度要求

A.3.1 在输入电压稳定的情况下，加热功率的测量误差不应大于±1%。

A.3.2 流量的测量误差不应大于±1%。

A.3.3 温度的测量误差不应大于 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 。

A.3.4 埋管深度测量的允许误差为 $\pm 0.5\%$ 。

A. 4 岩土热响应测试方法

A.4.1 热响应试验应遵循以下步骤：

- 1 制作试验孔；
- 2 测试岩土原始温度；
- 3 平整试验场地，提供水、电接驳点；
- 4 测试仪器与试验孔管道连接；
- 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.4.2 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 地埋管换热器内的流体流速应确保流体处于紊流状态，流速不应低于 0.2m/s ；
- 3 岩土热响应试验采集参数应包括循环水流量、加热功率、进出管口水温；数据采集的时间间隔不大于 5min ；
- 4 岩土热响应试验应连续不间断，持续时间宜不少于 48h ；
- 5 地埋管换热器的出口水温稳定后，该温度宜与岩土原始平均温度相差 5°C 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 33°C ，吸热试验时出口温度不宜低于 7°C 。

A. 4.3 热响应试验前应尽量减少对试验孔原始地温的影响，重新进行热响应试验时应待岩土温度恢复后进行。

A. 5 测试数据处理

A.5.1 试验结束后，应提取试验数据计算岩土综合导热系数。

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:

$$\lambda_s = \frac{Q}{4\pi KH} \dots\dots\dots (A.5.2)$$

式中: λ_s ——岩土综合导热系数 [W/(m · K)] ;

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)。

A.6 岩土体热物性参数

几类常见岩土体的密度、导热系数、比热容和热扩散系数见表

A.6。

表 A.6 河南省常见岩土体在不同地貌单元热物性参数表

地貌类型	岩性	含水量 $w(\%)$	密度 $\rho(\text{g/m}^3)$	导热系数 $\lambda[\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})]$	比热容 $C[\text{KJ}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})]$	热扩散系数 $A[10^{-3}(\text{m}^2/\text{h})]$
山前冲洪积 倾斜平原	粉土	13.3-17.95	1.79-1.93	1.49-1.58	1.19-1.27	
	砂质黏土	18.9-31.11	1.84-2.07	1.3-1.59	1.26-1.62	1.58-2.26
	粉质黏土	20.0-20.92	1.98-2.10	1.47-1.59	1.35-1.48	
	黏土	11.7-26.35	1.83-2.22	1.25-1.74	1.16-1.63	
	砂岩	2.78-21.87	2.01-2.5	1.53-2.55	0.90-1.17	2.39-4.16
	灰岩	5.44	2.43	1.72	1.05	
	泥岩	4.37-14.8	2.1-2.4	1.57-1.85	1.06-1.27	
	泥灰岩	11	2.18	1.83	1.15	
	卵石	0.62-1.26	2.51-2.59	1.76-1.81	0.8-0.84	
	卵砾石	5.4-6.4	2.31-2.46	2.2-2.7	0.97-1.0	
	砂砾石	11.5-29.3	1.93-2.03	1.19-1.79	1.48-1.68	1.43-1.7
	砾砂	3.67		1.78	0.91	
	粗砂	7.65-15.4	2.10	1.55-1.90	0.96-1.39	2.30
	中砂	7.15-18.4	2.06	1.64-1.82	0.95-1.66	
	中细砂	18.02-32.2	1.95-2.07	1.3-1.69	1.18-1.30	2.03-2.34
	细砂	17.25-17.52	2.01	1.75-1.78	1.3-1.65	
	粉细砂	20.1-24.1	2.03-2.09	1.76-1.82	1.37-1.42	
	粉砂	17.77		1.59	1.31	
冲洪积平原	粉土	18.12-22.97	1.98-2.05	1.46-2.70	1.35-1.54	2.09-2.24
	粘质粉土	22.47	2.01	1.72	1.67	1.85
	粉质黏土	17.44-26.0	1.95-2.09	1.33-2.77	1.34-1.50	2.17
	黏土	18-26.18	1.92-2.07	1.42-2.77	1.39-1.66	2.02
	砂质钙化	10.5	2.07	1.47	1.26	
	钙质胶结砂岩	11.8	2.29	2.3	1	3.71
	泥灰岩	16	1.97	1.62	1.61	
	泥岩	12.27	2.19	1.85	1.03	2.99
	粗砂	14.4-14.6	-	2.93-3.22	1.18-1.23	
	中粗砂	11.71	2.09	1.94	1.1	3.34
	中砂	12.02-17.1	1.97-2.01	1.43-3.18	1.1-1.63	3.07
	中细砂	11.91-21.5	1.90-1.96	1.74-2.57	1.08-1.59	2.97
	细砂	14.03-15.7	1.96-1.98	1.56-1.83	1.17-1.31	2.85
	粉细砂	17-19.6	1.92	1.7-2.93	1.34-1.6	
	粉砂	14.39-19.02	1.52-2.09	1.36-2.63	1.12-1.34	2.78

续表 A.6-1 河南省常见岩土体在不同地貌单元热物性参数表

地貌类型	岩性	含水量 w (%)	密度 ρ (g/m ³)	导热系数 λ [W/ (m·K)]	比热容 C [KJ/ (kg·°C)]	热扩散系数 A [10 ⁻³ (m ² /h)]
内陆河谷 型盆地	粉土	9.5-24.43	1.5-1.97	1.07-1.67	1.20-1.40	1.85-2.38
	粉质黏土	16-23.8	1.54-2.02	1.01-1.61	1.31-1.47	1.33-2.37
	黏土	22.52-26.2	1.83-1.97	0.96-1.25	1.41-1.52	1.26
	砾砂石	14.1	1.87	1.38	1.05	
	粗砂	4.8-14.87	1.81-1.93	1.3-1.38	1.04	2.49
	中砂	15.7	1.93	1.41	1.18	
	中细砂	3.1	1.47	1.13	0.89	3.09
	细砂	20.3	1.78	1.57	1.4	2.26
	粉砂	15.7	1.91	1.34	1.2	

*引自王现国等 2021 年编著的《河南省洁净能源浅层地热能勘察与开发关键技术研究》，黄河水利出版社， ISBN:9787550932524。

河南省浅层水水文地质分布见图 A.6-1，河南省地埋管地源热泵适宜性分区见图 A.6-2，河南省地下水地源热泵适宜性分区见图 A.6-3。

图A.6-1 河南省浅层水文地质图

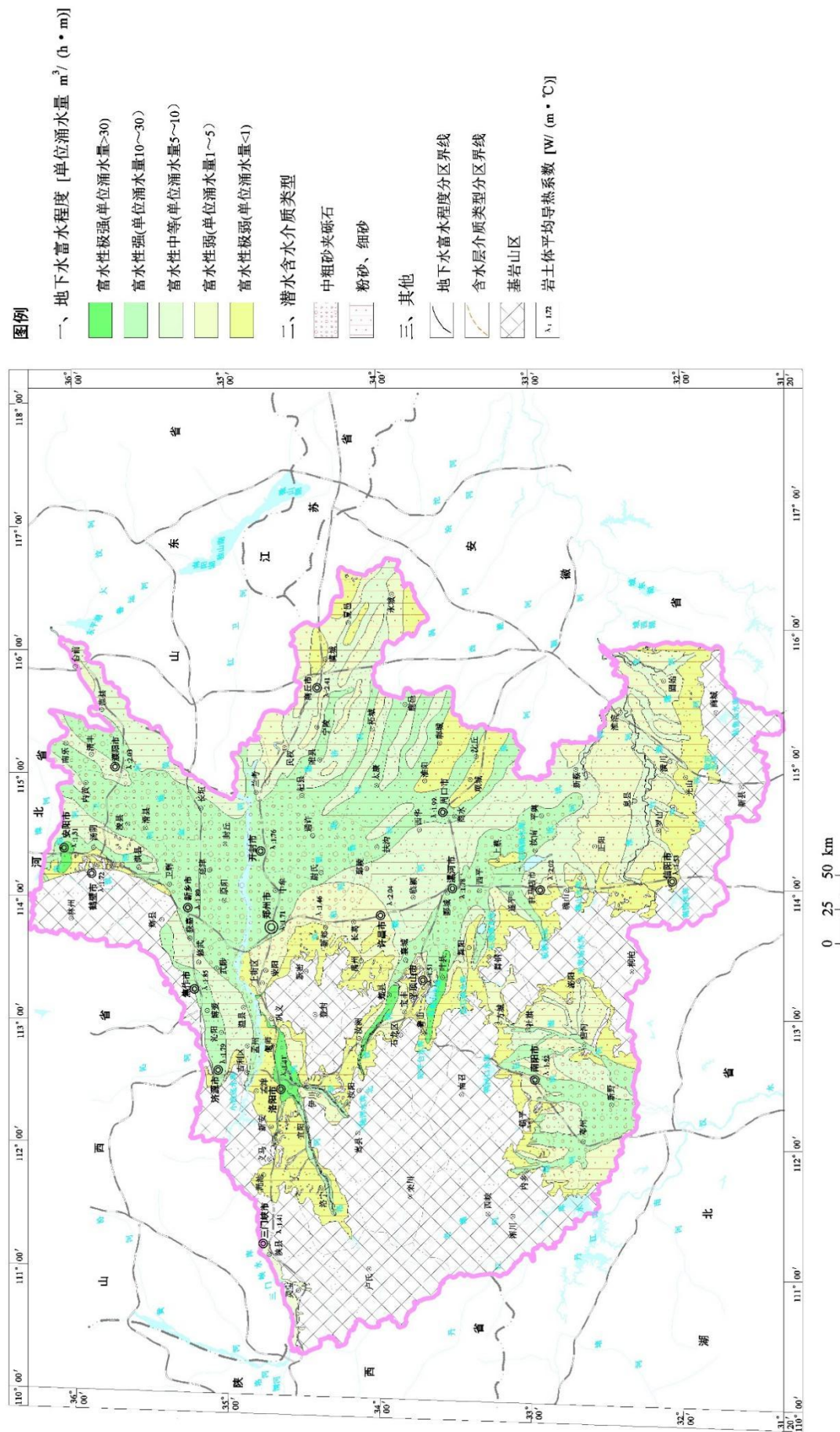


图 A.6-2 河南省地理管地源热泵适宜性分区图

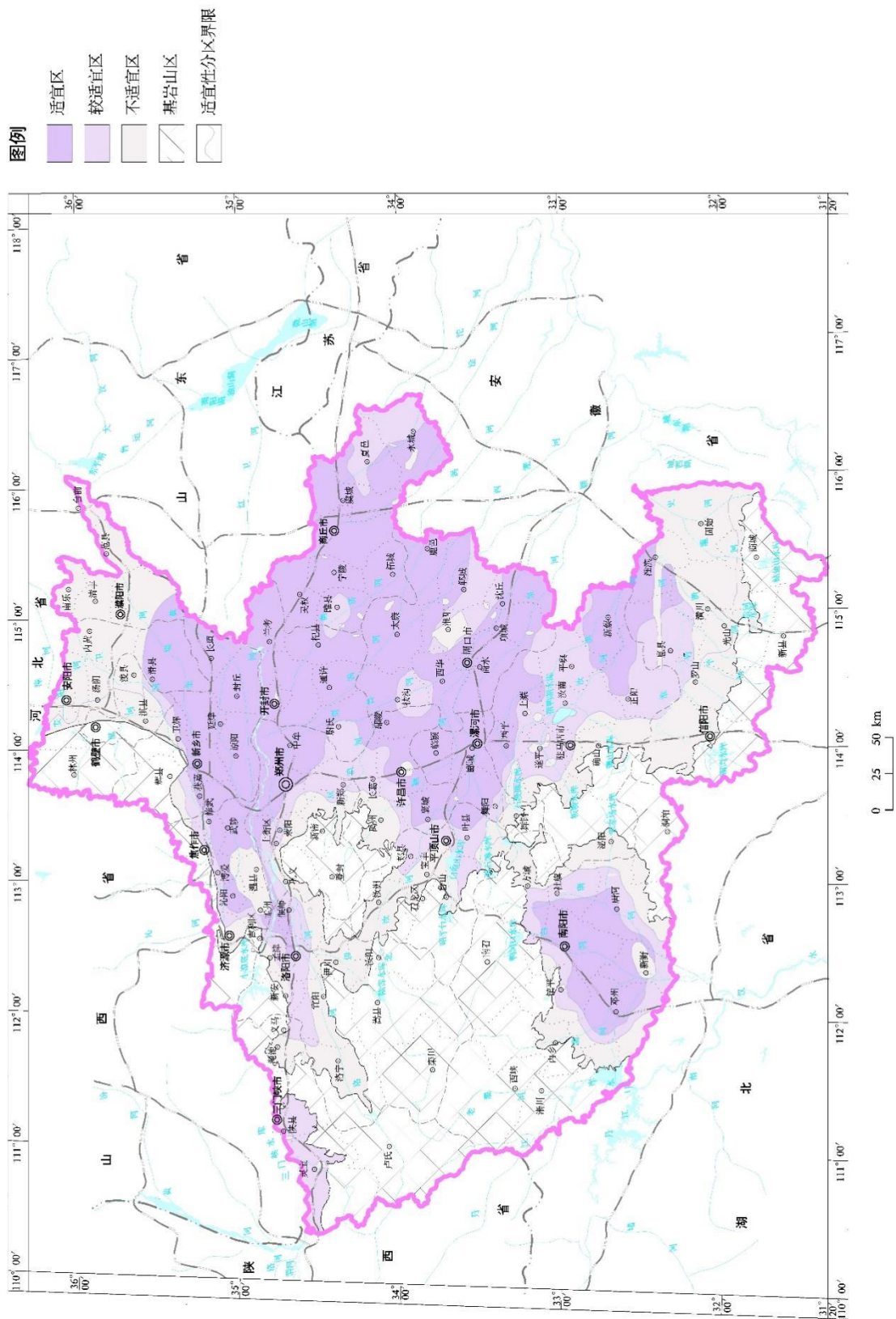
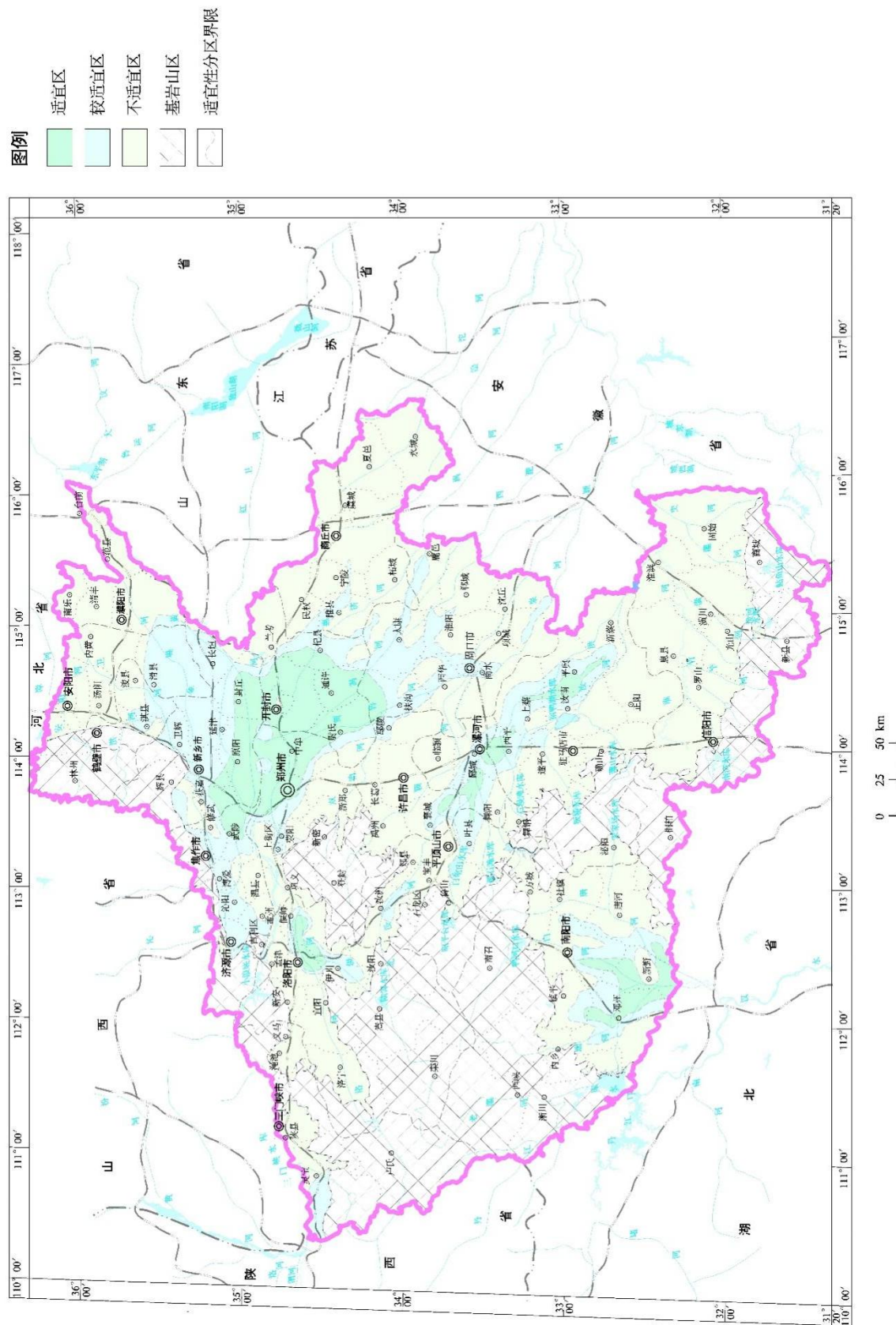


图 A.6-3 河南省地下水热源泵适宜性分区图



附录 B 地下水换热系统勘察抽水试验、回灌试验方法

B.1 抽水试验

B.1.1 抽水试验应符合以下要求：

- 1 可进行稳定流或非稳定流抽水试验；
- 2 在有多套含水层（组）且含水层（组）水力联系不密切的场区，宜采用分层（组）抽水；
- 3 对应小型建设项目，可采用单孔抽水试验；对应中型建设大型建设项目，宜采用多孔抽水试验（在抽水孔附近至少有 1 个观测孔）；对大型建设项目，宜采用群孔抽水试验（3 个或 3 个以上的抽水孔同时抽水）。

B.1.2 抽水孔和观测孔的钻探与成孔、数量与布置，抽水过程与观测，应符合《供水水文地质勘探规范》GB 50027 的有关要求。

B.2 回灌试验

B.2.1 根据场区岩性特征、渗透系数，地下水位情况及建筑物特点，选定量回灌方式，建议采用无压、微压回灌技术进行。

B.2.2 回灌井数量应结合类似工程的情况合理布置。回灌试验井井径、井深、过滤器长度应根据含水层特征和回灌要求确定。

B.2.3 回灌试验井应在回灌层内设置过滤器，其余部分应作隔水处理，当为单一含水层，回灌水头低于地表时，可不设隔水段。

B.2.4 回灌井成井可按照抽水试验井要求进行施工，安装完成井管、填砾、隔水段封闭后应采用两种或两种以上方法洗井，并对洗井效果按国家现行标准《管井技术规范》GB 50296、《供水水文地质钻探与管井施工操作规程》CJJ/T 13 的相关要求进行检查。

B.2.5 稳定水量回灌时，回灌水量应保持不变，回灌过程中应同步测量回灌井和观测井水位（水头高度），直至稳定。

B.2.6 通过回灌试验，确定抽水量与回灌量的关系，设计取水井和回灌井的数量，合理布置取水井及回灌井。

附录 C 竖直地埋管换热器的设计计算

C.0.1 竖直地埋管换热器的热阻计算宜符合下列要求：

1 传热介质与 U 型管内壁的对流换热热阻可按下式计算：

$$R_f = \frac{1}{\pi d_i K} \dots\dots\dots (C.0.1-1)$$

式中：

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

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 [$W/m^2 \cdot K$]。

2 U 型管的管壁热阻可按下式计算：

$$R_{pe} = \frac{1}{2\pi\lambda_p} \ln \left\{ \frac{d_e}{d_e - (d_o - d_i)} \right\} \dots\dots\dots (C.0.1-2)$$

$$d_e = \sqrt{n} d_o \dots\dots\dots (C.0.1-3)$$

式中：

R_{pe} ——U 型管的管壁热阻 ($m \cdot K/W$)；

λ_p ——U 型管导热系数 [$W/m \cdot K$]；

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， $n=4$ 。

3 钻孔灌浆回填料的热阻可按下式计算：

$$R_b = \frac{1}{2\pi\lambda_b} \ln \left(\frac{d_b}{d_e} \right) \dots\dots\dots (C.0.1-4)$$

式中：

R_b ——钻孔灌浆回填材料的热阻 ($m \cdot K/W$)；

λ_b ——灌浆材料导热系数 ($W/m \cdot K$)；

d_b ——U 型管的外径 (m)；

d_e ——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：

$$R_s = \frac{1}{2\pi\lambda_s} I \left(\frac{r_b}{2\sqrt{a\tau}} \right) \dots\dots\dots (C.0.1-5)$$

$$I(u) = \frac{1}{2} \int_u^\infty \frac{e^{-s}}{s} ds \dots\dots\dots (C.0.1-6)$$

对于多个钻孔：

$$R_s = \frac{1}{2\pi\lambda_s} \left[I\left(\frac{r_b}{2\sqrt{a\tau}}\right) + \sum_{i=2}^N I\left(\frac{x_i}{2\sqrt{a\tau}}\right) \right] \dots\dots\dots (C.0.1-7)$$

式中：

R_s ——地层热阻 ($m \cdot k/w$) ；

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 [$W/(m \cdot K)$] ；

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 ——第 i 个钻孔与所计算钻孔之间的距离 (m)。

5 短期连续脉冲负荷引起的附加热阻可按下式计算：

$$R_{sp} = \frac{1}{2\pi\lambda_s} I\left(\frac{r_b}{2\sqrt{a\tau_p}}\right) \dots\dots\dots (C.0.1-8)$$

式中：

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

τ_p ——短期脉冲负荷连续运行的时间，例如：8h。

C.0.2 竖直地埋管换热器钻孔的长度计算应符合下列要求：

1 制冷工况下，竖直地埋管换热器所需钻孔的长度可按下式计算：

$$L_c = \frac{1000Q_c[R_f + R_{pe} + R_b + R_s \times F_c + R_{sp} \times (1 - F_c)] \left(\frac{EER - 1}{EER}\right)}{(t_{max} - t_{\infty})} \dots\dots\dots (C.0.2-1)$$

$$F_c = T_{c1}/T_{c2} \dots\dots\dots (C.0.2-2)$$

式中：

L_c ——制冷工况下，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，地埋管换热器中传热介质的设计平均温度，通常取 $33^{\circ}C \sim 36^{\circ}C$ ；

T_{∞} ——埋管区域岩土体的初始温度（℃）；

F_c ——制冷运行份额；

T_{cl} ——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_{cl} 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。

2 供热工况下，竖直地埋管换热器钻孔的长度可按下式计算：

$$L_h = \frac{1000Q_c[R_f + R_{pe} + R_b + R_s \times F_h + R_{sp} \times (1 - F_h)]}{(t_{\infty} - t_{min})} \left(\frac{COP - 1}{COP} \right) \dots\dots\dots (C.0.2-3)$$

$$F_h = T_{hl} / T_{h2} \dots\dots\dots (C.0.2-4)$$

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_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，地埋管换热器中传热介质的设计平均温度，通常取-2℃～6℃；

F_h ——供热运行份额；

T_{hl} ——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_{hl} 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 D 地埋管及地表水换热器外径及壁厚

D.0.1 聚丁烯（PB）管外径及公称壁厚应符合表 D.0.1 的规定。

表 D.0.1 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	126.0	11.4+1.3
140	140.0	141.3	12.7+1.4
160	160.0	161.5	14.6+1.6

D.0.2 聚乙烯（PE）管外径及公称壁厚应符合表 D.0.2 的规定。

表 D.0.2 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		
			1.0 MPa	1.25 MPa	1.6 MPa
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	16.5+3.3/ PE100	20.5+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

附录 E 地下水换热系统总需水量的确定

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需水量可按下式确定：

$$m_{gw} = \frac{Q_c + N_c}{C_p(t_{gw1} + t_{gw2})} \dots\dots\dots (E-1)$$

式中：

m_{gw} ——地下水换热系统总需水量（kg/s）；

Q_c ——建筑物空调冷负荷（kW）；

N_c ——热泵机组制冷输入功率（kW）；

C_p ——地下水的定压比热容 [kJ/（kg·℃）]；

t_{gw1} ——进入换热器的地下水温（℃）；

t_{gw2} ——离开换热器的地下水温（℃）。

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。

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需水量可按下式确定：

$$m_{gw} = \frac{Q_h - N_h}{C_p(t_{gw1} - t_{gw2})} \dots\dots\dots (E-2)$$

式中：

m_{gw} ——地下水换热系统总需水量（kg/s）；

Q_h ——建筑物空调热负荷（kW）；

N_h ——热泵机组制热输入功率（kW）；

C_p ——地下水的定压比热容 [kJ/（kg·℃）]；

t_{gw1} ——进入换热器的地下水温（℃）；

t_{gw2} ——离开换热器的地下水温（℃）。

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。

附录 F 地源热泵系统水压试验

F.0.1 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，试验应为工作压力加 0.5MPa。

F.0.2 水压试验宜采用手动泵缓慢升压，升压过程中应随时观察与检查，不得有渗漏，不得以气压试验代替水压试验。

F.0.3 地埋管地源热泵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，做第一次水压试验。在试验压力下，稳压至少 15min，稳压后压力降应不大于 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；

2 竖直与环路集管连接完成后进行第二次水压试验。在试验压力下，稳压至少 30min，稳压后压力降应不大于 3%，且无泄漏现象；

3 环路集管与机房分集水器连接完成后，回填前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 地埋管地源热泵系统工程全部安装完毕，且冲洗、排气及回填完成后，进行第四次水压试验。在试验压力下，稳压至少 12h，稳压后压力降应不大于 3%；

5 地埋换热器位于建筑物基础下部，先埋管后基坑开挖的工程，在基坑开挖完成后，竖直地埋管和环路集管连接前，宜增加一次水压试验，以检验竖直地埋管的完好性。在试验压力下，稳压至少 15min，稳压后压力降应不大于 3%。

F.0.4 闭式地表水地源热泵系统水压试验应符合以下要求：

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

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

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

F.0.5 开式地表水地源热泵系统工程水压试验，应符合国家标准《通风与空调工程施工质量验收规范》GB50243 中的相关规定。

附录 G 系统运行监测记录

表 G.1 机组及附属设备运行记录表

日期：

机组编号：

时间	机组									循环泵系统进出口压力（MPa）							
	蒸发器				冷凝器				机组负荷率	源侧循环泵				负荷侧循环泵			
	温度（℃）		压力（MPa）		温度（℃）		压力（MPa）			泵 1		泵 2		泵 1		泵 2	
	供水	回水	进口	出口	供水	回水	进口	出口		%	进口	出口	进口	出口	进口	出口	进口

表 G.2 设备故障维修记录表

日期	故障时间	值班员	设备故障情况	维修时间	维修人	维修公司	备注

附录 H 工程验收记录

表 H.0.1-1 地埋管换热系统分项工程验收表

编号：

工程名称		分项工程名称		验收部位	
施工单位		专业工长		项目经理	
分包单位		分包项目经理		施工班组长	
施工执行标准名称及编号					
应用技术规程的规定			施工单位检查 评定记录	监理（建设） 单位验收记录	
主控项目	管材、管件等材料要求		第 6.2.1 条		
	地埋管的材质、直径、壁厚及长度要求		第 6.2.2 条		
	垂直和水平埋管的安装位置和深度		第 6.2.3 条		
	回填料及其配比要求		第 6.2.4 条		
	防冻剂和防腐剂的特性及浓度要求		第 6.2.5 条		
	各环路流量要求		第 6.2.6 条		
	循环水流量及进出水温差要求		第 6.2.7 条		
	管道系统水压试验要求		第 6.2.8 条		
一般项目	管道系统水压试验合格后与机组连		第 6.2.9 条		
	管材、管件等材料的外观、包装要		第 6.2.10 条		
	管道的连接方法要求		第 6.2.11 条		
	允许偏差	钻孔孔位	第 6.2.12 条		
		钻孔深度			
		钻孔垂直度			
		水平埋管管沟位置			
		水平埋管管沟标高			
地埋管区域标志要求		第 6.2.13 条			
阀门井施工质量要求		第 6.2.14 条			
施工单位检查 评定结果	项目专业质量检查员： （项目技术负责人） 年 月 日				
监理（建设） 单位验收结论	监理工程师： （建设单位项目专业技术负责人） 年 月 日				

表 H.0.1-2 地下水换热系统分项工程验收表

编号：

工程名称		分项工程名称		验收部门	
施工单位		专业工长		项目经理	
分包单位		分包项目经理		施工班组长	
施工执行标准名称及编号					
应用技术规程的规定			施工单位检查评定记录	监理（建设）单位验收记录	
主控项目	热源井应单独进行验收要求		第 6.3.1 条		
	抽水井和回灌井持续出水量和回灌量要求		第 6.3.2 条		
	抽水试验结束前应采集水样，其水质和含砂量要求		第 6.3.3 条		
	抽水井与回灌井间排气装置的要求		第 6.3.4 条		
一般项目	输水管网安装要求		第 6.3.5 条		
	热源井在成井后洗井要求		第 6.3.6 条		
	抽水管和回灌管上水样采集口及监测口的设置要求		第 6.3.7 条		
	热源井井口处的检查井施工质量要求		第 6.3.8 条		
施工单位检查评定结果	项目专业质量检查员： （项目技术负责人） 年 月 日				
监理（建设）单位验收结论	监理工程师： （建设单位项目专业技术负责人） 年 月 日				

表 H.0.1-3 地表水换热系统分项工程验收表

编号:

工程名称		分项工程名称		验收项目	
施工单位		专业工长		项目经理	
分包单位		分包项目经理		施工班组长	
施工执行标准名称及编号					
应用技术规程的规定			施工单位检查 评定记录	监理（建设） 单位验收记录	
主控项目	换热系统的管材、管件等材料要求		第 6.4.1 条		
	换热系统的管材、管件的直径、壁厚及材质要求		第 6.4.2 条		
	闭式地表水换热系统的衬垫物强度、重量、耐腐蚀性要求		第 6.4.3 条		
	闭式地表水换热系统的防冻剂和防腐剂特性及浓度要求		第 6.4.4 条		
	开式地表水换热系统工程安装质量要求		第 6.4.5 条		
	闭式地表水换热系统工程安装质量要求		第 6.4.6 条		
	换热系统各环路流量要求		第 6.4.7 条		
	换热系统循环水流量及进出水温差要求		第 6.4.8 条		
一般项目	管材、管件等材料的外观、包装要求		第 6.4.9 条		
	管道的连接方法要求		第 6.4.10 条		
	阀门井施工质量要求		第 6.4.11 条		
	供、回水管进入地表水源处的标志要求		第 6.4.12 条		
施工单位检查 评定结果	项目专业质量检查员： （项目技术负责人） 年 月 日				
监理（建设） 单位验收结论	监理工程师： （建设单位项目专业技术负责人） 年 月 日				

表 H.0.1-4 热泵机房系统分项工程验收表

编号：

工程名称		分项工程名称		验收项目	
施工单位		专业工长		项目经理	
分包单位		分包项目经理		施工班组长	
施工执行标准名称及编号					
应用技术规程的规定			施工单位检查 评定记录	监理（建设） 单位验收记录	
主控项目	水源热泵机组、附属设备、阀门、仪表、水泵、管材、管件及绝热材料等产品的型号、规格、性能及技术参数要求		第 6.5.1 条		
	水源热泵机组、附属设备的安装要求		第 6.5.2 条		
	管道的安装要求		第 6.5.3 条		
	阀门、仪表的安装要求		第 6.5.4 条		
	水泵的安装要求		第 6.5.5 条		
	机房内的设备基础施工质量要求		第 6.5.6 条		
一般项目	水源热泵机组、附属设备、管道及其配件的绝热要求		第 6.5.7 条		
	水源热泵机组、附属设备、管道、阀门、支吊架防腐防锈处理要求		第 6.5.8 条		
	水源热泵机组、附属设备及其管道系统的设备间地面排水系统要求		第 6.5.9 条		
施工单位检查 评定结果	项目专业质量检查员： （项目技术负责人） 年 月 日				
监理（建设） 单位验收结论	监理工程师： （建设单位项目专业技术负责人） 年 月 日				

H.0.2-1 地源热泵系统质量控制资料核查表

编号:

工程名称			施工单位		
建设单位			监理单位		
序号	资料名称		份数	核查意见	核查人
1	图纸会审记录、设计变更单、洽商记录和竣工图				
2	系统主要组成材料、配件、部件和设备的产品合格证、出厂检测报告、产品性能检测报告				
3	隐蔽工程检查验收记录和相关图像资料				
4	施工安装记录				
5	分项工程验收记录				
6	其它				
施工单位 检查结论		施工单位项目经理：_____年 月 日			
监理（建设） 单位验收结论					
		总监理工程师： （建设单位项目负责人）_____年 月 日			

表 H.0.2-2 地源热泵系统有关安全和功能性检测资料核查表

编号：

工程名称		施工单位		
建设单位		监理单位		
序号	资料名称	份数	核查意见	核查人
1	水压试验记录			
2	地下水换热系统抽水试验、回灌试验记录			
3	设备单机调试记录			
4	系统调试记录			
5	系统试运行记录			
6	其它			
施工单位 检查结论		 施工单位项目经理： 年 月 日		
监理（建设） 单位验收结论		 总监理工程师： （建设单位项目负责人） 年 月 日		

表 H.0.2-3 地源热泵系统观感质量验收表

编号：

工程名称											施工单位			
建设单位											监理单位			
序号	项目	抽查质量状况										质量评价		
												好	一般	差
1	热泵机房系统设备、管道安装													
2	支吊架形式、位置及间距													
3	设备、管道、支吊架的防腐													
4	绝热层的材料、厚度													
5	水源热泵机组设备间地面排水系													
6	室外检查井													
检查结论														
		施工单位项目经理： 年 月 日 总监理工程师： （建设单位项目负责人） 年 月 日												

表 H.0.2-4 地源热泵系统竣工验收表

编号：

工程名称			系统类型		
开工日期			竣工日期		
施工单位			技术负责人		
项目经理			项目技术负责人		
序号	项目	验收记录			验收结论
1	分项工程	共_____个分项工程，分项工程符合设计和本文件要求_____个分项工程			
2	质量控制资料核查	共_____项，经核查符合要求_____项，经核定符合设计和本文件要求_____项			
3	安全与功能性检测资料核查	共_____项，经审查符合要求_____项，经核定符合设计和本文件要求_____项			
4	观感质量验收	共抽查_____项，符合要求_____项，不符合要求_____项			
5	竣工验收结论				
参加验收单位	建设单位	勘察单位	设计单位	施工单位	监理单位
	(公章) 项目负责人 年 月 日	(公章) 项目负责人 年 月 日	(公章) 项目负责人 年 月 日	(公章) 项目负责人 年 月 日	(公章) 项目负责人 年 月 日

本文件用词说明

1 为便于在执行本文件时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

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用词：

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用词：

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 文件中指定应按其他规范、规程、标准执行时，采用“应按……执行”或“应符合……的要求或规定；

引用标准名录

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。

- GB 50013 《室外给水设计规范》
- GB 50015 《建筑给水排水设计标准》
- GB 50021 《岩土工程勘察规范》
- GB50027 《供水水文地质勘察规范》
- GB50093 《自动化仪表工程施工及验收规范》
- GB/T 50123 《土工试验方法标准》
- GB 50189 《公共建筑节能设计标准》
- GB 50242 《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》
- GB 50243 《通风与空调工程施工质量验收规范》
- GB 50268 《给水排水管道工程施工及验收规范》
- GB 50274 《制冷设备、空气分离设备安装工程施工及验收规范》
- GB 50275 《风机、压缩机、泵安装工程施工及验收规范》
- GB 50296 《供水管井技术规范》
- GB 50300 《建筑工程施工质量验收统一标准》
- GB 50314 《智能建筑设计标准》
- GB 50339 《智能建筑工程质量验收规范》
- GB 50365 《空调通风系统运行管理标准》
- GB 50366 《地源热泵系统工程技术规范》
- GB 50411 《建筑节能工程施工质量验收规范》
- GB 50736 《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》
- GB/T 50801 《可再生能源建筑应用工程评价标准》
- GB/T17219 《生活饮用水输配水设备及防护材料卫生安全评价规范》
- GB/T 18430.1 《蒸汽压缩循环冷水（热泵）机组 第1部分：工业或商业用及类似用途的冷水（热泵）机组》
- GB/T 19409 《水（地）源热泵机组》

SL 234 《泵站施工规范》

CJJ 101 《埋地聚乙烯给水管道工程技术规程》

CJJ 13 《供水水文地质钻探与管井施工操作规程》

DZ/T 0225 《浅层地热能勘查评价规范》

DZ/T 0148 《水文水井地质钻探规程》

NB/T 10097 《地热能术语》

河南省工程勘察设计行业协会团体标准

河南省地源热泵系统工程技术规范

XXXXXX-2022

条文说明

编制说明

河南省工程勘察设计行业协会于 年 月 日以豫建设协[2022] 号文发布了《河南省地源热泵系统工程技术规范》XXXXXX-2022。

本文件编制过程中，编制组进行了广泛深入的调查研究，总结了河南省地源热泵系统工程的勘察、设计、施工和验收实践经验，同时参考了国内类似先进标准，与河南省相关标准协调，通过调研、立项、分工编写，讨论、技术论证会等形成初稿，在广泛征求意见经国内、河南省内浅层地热能 and 地源热泵系统工程的勘察、设计、施工、监测等行业著名专家审查后修改编辑而成。鉴于河南省浅层地热能赋存条件和现有地源热泵系统工程规范标准等，在章节安排上依此为工程勘察、工程设计、工程施工、工程验收、系统运行监测与管理 and 资源保护的顺序进行。

为便于广大勘察、设计、施工、验收、科研院校等单位有关人员在使用本文件时能正确理解和执行条文规定，《河南省地源热泵系统工程技术规范》编制组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明和解释。本条文说明不具备与规范正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1	总 则	85
2	术 语	86
3	工程勘察	87
3.1	一般规定	87
3.2	地埋管换热系统	87
3.3	地下水换热系统	89
3.4	地表水换热系统	92
4	工程设计	93
4.1	一般规定	93
4.2	地埋管换热系统	94
4.3	地下水换热系统	98
4.4	地表水换热系统	98
4.5	热泵机房和末端系统	99
5	工程施工	101
5.1	一般规定	101
5.2	地埋管换热系统	101
5.3	地下水换热系统	102
5.4	地表水换热系统	102
6	工程验收	103
6.1	一般规定	103
6.2	地埋管换热系统	103
7	系统运行监测	105
7.1	一般规定	105
7.2	地埋管换热系统	105
7.3	地下水换热系统	106
7.4	地表水换热系统	106
7.5	热泵机房和末端系统	107
7.6	系统性能评价	107

1 总 则

1.0.1 利用地源热泵进行供热与空调，具有良好的节能与环境效益，符合国家的节能减排政策，利国利民。近年来地源热泵系统在工程建设中得到了广泛的应用，但部分工程应设计不到位，施工不规范，运行维护不科学等问题，造成浅层地热能资源浪费以及地源热泵系统环境效益不能最大化体现，影响了地源热泵系统的进一步推广使用。为进一步规范和指导河南省浅层地热能合理、有序、可持续开发了利用，特制定本标准。

在借鉴近几年地源热泵技术的研究成果，并吸取省内外工程经验的基础上，通过对全省浅层地热能资源的地质条件调查评价与开发利用，以及地源热泵应用适宜性评价等的研究，并结合我省地源热泵建筑应用管理要求，制定适宜于我省地源热泵系统工程合理利用与保护浅层地热资源及生态环境的有针对性的技术标准，以指导和规范我省地源热泵系统的工程技术应用，确保地源热泵系统工程质量，是本标准制定的宗旨。

1.0.2 规定了本标准的适用范围。其中地表水包括河流、湖泊、水库等。

1.0.3 全省南北气候和地质条件差异性较大。同时，不同功能的建筑物其负荷特性也有较大差异，因此地源热泵系统的设计和施工只有在综合考虑气候特点、地质条件和建筑用能的经济性要求时才能取得良好的技术和经济效果。

1.0.4 本标准在地源热泵系统工程的专业性技术规程，是根据国家工程建设标准和规范编制的有关规定制定的，为简化标准内容，凡国家和地方其它标准、规范已有明确规定的内容，除有必要外本规程不再另加条文。执行中除应符合本标准要求外，尚应贯彻执行国家和河南省现行有关标准、规范的规定。

2 术 语

2.1.1~2.1.17 为规范本文件中用词，本章将涉及到的主要术语列出，供参考使用。

3 工程勘察

3.1 一般规定

3.1.1 浅层地热能勘察包括地埋管换热系统勘察、地下水换热系统勘察及地表水换热系统勘察。

3.1.3 地埋管换热系统应由具有地质勘查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查资质的单位承担。

3.1.5 地埋管换热系统勘察施工时,严禁损坏既有地下管线及构筑物。

3.2 地埋管换热系统

3.2.1 岩土体地质条件勘察可参照现行国家标准《岩土工程勘察规程》GB50021 及《供水水文地质勘察规程》GB50027 进行。

采用水平地埋管换热器时,地埋管换热系统勘察一般采用槽探进行。探槽方案应根据场地形状确定,探槽的深度一般超过设计埋管深度 1 m。采用竖直地埋管换热器时,地埋管换热系统勘察采用钻探进行。钻探方案应根据场地情况确定,钻探孔深度应比设计孔深至少深 5m。对于岩溶等不良地质应作针对性勘察。

岩土体的热物性参数,包括岩土体导热系数、密度及比热等。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,否则应进行岩土体导热系数、密度及比热等热物性测定。测定方法一般有实验室法和现场测定法,目前较多采用现场测试法进行测试。

1 实验室法: 对勘探孔不同深度的岩土体样品进行测定,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。

2 现场测试法: 即岩土热响应试验,详见现行国家标准《地源热泵系统工程技术规范》GB50366。

3.2.2 测试孔布置应结合项目场地的工程勘察报告，并结合具体地质条件，原则上应布置在代表主要换热地层的点位上。地质条件较为复杂时，可适当增加测试孔数量。

2 岩土热响应试验应由具有相应计量认证资质的单位完成。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。

6 不良地质现象指断裂、地震、岩溶、崩塌、滑坡、塌陷、泥石流、冲刷和潜蚀，特殊岩土指软土、湿陷性土、膨胀土、红粘土、填土、盐渍土、混合土、风化岩和残积土。

3.2.7 岩土体的热物性参数是地埋管换热器设计的主要参数之一，通过岩土体热响应试验是获取其热物性参数的主要方法。为保证地埋管地源热泵系统安全运行和节能效果，在地埋管地源热泵系统设计前，除应用建筑面积较小的工程项目，可直接采用埋管区域已具有权威部门认可的热物性参数外，均应根据实地勘察情况，选择测试孔位置及数量，进行岩土体热响应试验，并提供地下岩土热物性指标数据报告书。同时，为保证其测试的岩土体热物性参数与场地地质条件相符，对于地埋管埋设面积较大时，或地埋管埋设区域较分散，或场地地质条件差异性较大的情况，应根据设计和施工的要求划分区域，分别设置测试孔，相应增加测试孔数量，进行岩土体热响应试验。

河南省主要城市岩土体热响应试验获取的热物性参见表 3.2.7-1。

表 3.2.7-1 河南省主要城市现场热响应试验结果统计表

地貌单元	城市	有效埋管深度 m	循环流量 m ³ /h	埋管平均进水温度 ℃	埋管平均出水温度 ℃	平均加热功率 W	平均导热系数 W/(m·℃)	岩土容 积比热容 J/m ³ ·℃
山前冲洪积倾斜平原型城市	安阳市	147	1.39			3944	1.95	
	焦作市	200	1.3	27.04	22.67	6579	1.84	3528239
	鹤壁市	120	1.34				1.40	
	信阳市	28	1.51	28.4	27.67	1492	2.02	
	平顶山	76	1.5	42.92	39.25	5481	2.21	

续表 3.2.7-1 河南省主要城市现场热响应试验结果统计表

地貌单元	城市	有效埋管深度 m	循环流量 m ³ /h	埋管平均进水温度 ℃	埋管平均出水温度 ℃	平均加热功率 W	平均导热系数 W/(m·℃)	岩土容积比热容 J/m ³ ·℃
冲积平原原型城市	郑州市	124	1.37	31.43	27.52	5800	1.92	2502841
	开封市	93	1.04	38.04	32.35	6758	1.86	3051712
	新乡市	200	1.36	30.36	25.67	7394	1.89	2284796
	濮阳市	100	1.19	36.03	31.03	6601	1.95	2188583
	漯河市	148.5	1.28	27.89	23.16	5102	1.78	2570038
	周口市	150	1.34	26.73	23.59	4770	1.92	2545678
	驻马店市	126	1.18	29.44	25.64	5189	2	2715264
	商丘市	150	1.3	28.18	23.5	7036	2.41	2649077
	航空港	112	1.5	34.74	31.13	5338	2.04	
内陆河谷盆地型城市	南阳市	167	1.3	33.82	29.8	6240	1.78	2115861
	济源市	73	1.25	33	29.63	4899	2.09	2240034

3.3 地下水换热系统

3.3.2 地下水换热系统勘察，除应遵守本文件之外，还应遵守国家 and 地方地下水资源管理的有关规定。地下水换热系统工程水文地质勘察除需查明地下水的类型、分布、埋藏条件及动态变化等基本特征外；还需获得含水层的水文地质参数，对地下水资源和浅层地热资源进行评价，在遵从地下水资源管理的有关规定的前提下，提出地下水合理利用方案，并预测项目建设对地下水动态与环境的影响，为热源井设计提供依据。

3.3.3

4 同一工程场地同一目标含水层（组）的水质分析试样不应少于三组，水质分析试验报告应取试验分析数据的平均值。

3.3.5

1 勘察井施工应由具备相应资质的专业钻探单位施工，并应由水文地质专业人员进行监理。

河南省主要城市水文地质特征参见表 4.3.3-1。

表 3.3.3-1 河南省主要城市水文地质特征参数一览表

地貌类型	城市	主要水文地质特征			
		含水层岩性	含水层埋藏深度与厚度	富水性特征	水位埋深
山前冲洪积倾斜平原	焦作	中细砂、细砂、砂砾石、粗砂	40~60m 之间, 厚 6~30m; 60~150m 之间, 厚 20~36m。	富水区单井涌水量大于 100m ³ /h, 中等富水区 40~100m ³ /h, 弱富水区小于 40m ³ /h。	一般小于 5m, 市中心一代 8m 左右。
	安阳	卵砾石、半胶结钙砾石层	20~90m 之间, 厚 9~40m	单井涌水量一般 120~200m ³ /h。	一般 20~30m, 市中心地带大于 30m, 向东部渐浅, 一般 10~20m。
	平顶山	泥质中细砂、泥质砂卵石、砂砾石	150m 以浅, 城区厚度小于 10m, 东南部 20~30m。	东南部富水区单井涌水量 50~80m ³ /h, 其它地区为弱富水区小于 20m ³ /h。	一般大于 30m, 东南部小于 20m。
	信阳市	粗砂、砾石	30m 以浅, 厚度 7~11m。	河谷平原区 50~100m ³ /h, 岗丘区小于 20m ³ /h。	一般 2~6m。
	鹤壁市	砂及砂砾石层、卵砾石	分布在新城区, 50m 以浅, 厚度一般 5~10m。	新城区大于 100m ³ /h。	一般大于 4m。
内陆河谷盆地	洛阳市	砂卵石	100m 以浅, 厚 5~80m。	城区单井涌水量大于 100m ³ /h, 盆地边缘单井涌水量 15~100m ³ /h。	市区一带一般 10~15m。向南北两侧水位埋深逐渐增大至 20~25m。
	南阳市	卵砾石粗砂、砂砾石中粗砂、中细砂含砾石	东部平原 5~200m 之间, 厚 20~70m; 西部龙岗 5~140m 之间, 厚 10~30m。	富水区 100~300m ³ /h, 中等富水区大于 30m ³ /h, 贫水区小于 30m ³ /h。	白河北建成区、白河南棉纺厂—姚庄一带 10~20m; 白河侧渗影响带水位埋深小于 5m; 其他地区水位埋深 5~10m。
	三门峡	中细砂、含砾中细砂、粉细砂、砂卵砾石	30~80m 之间一般 10~15m; 100~200m 之间, 一般 30~50m。	一般 50~80m ³ /h, 局部大于 100m ³ /h。	三级阶地大于 60m, 一、二级阶地 6~20m。
	济源市	砂砾石、卵砾石、砂	200m 以浅, 厚度 30~70m。	富水区单井涌水量大于 100m ³ /h, 中等富水区 50~100m ³ /h。	一般 5~20m。西北部大于 20m, 东南部小于 5m。

续表 3.3.3-1 河南省主要城市水文地质特征参数一览表

地貌类型	城市	主要水文地质特征			
		含水层岩性	含水层埋藏深度与厚度	富水性特征	水位埋深
冲洪积平原	郑州市	细砂、中细砂、粉细砂、粗砂	埋深 5~55m 之间, 厚 25~45m; 60~190m 之间, 厚 30~80m。	富水区单井涌水量 50~200m ³ /h; 中等或弱富水区单井涌水量 20~50m ³ /h。	东区大部分小于 10m, 其他地区 10~20m, 西南部黄土台塬一带埋深大于 30m。
	开封市	中砂、细砂、粉砂	10~70m 之间, 厚 20~55m; 70~170m 之间, 厚 12.1~46.35m。	单井涌水量 50~105m ³ /h。	市中心一带为 10~20m, 南部及东南部 5~10m, 北部、西部、东部 < 5m。
	新乡市	中砂、细砂	6~100m 之间, 厚 20~45m; 100~180m 之间, 厚 10~40m。	富水区单井涌水量大于 125m ³ /h, 中等富水区 30~125m ³ /h, 弱富水区小于 30m ³ /h。	大致以共产主义渠为界, 南部小于 5m, 北部 5~11m。
	濮阳市	以粉细砂、细砂、中砂为主	15~140m 之间, 厚 15~60m; 100~200m 之间, 厚 30~40m。	主流带单井涌水量大于 80m ³ /h, 泛流带 20~40m ³ /h。	北部一般埋深 16~18m, 向南部至金堤河一带变浅至 4~6m。市区一带一般大于 20m。
	许昌市	粉砂、细砂、粉土	5~60m 之间, 厚约 20m; 64.5~195.9m 之间, 厚 26.6m。	富水区单井涌水量 40~60m ³ /h, 中等富水区 20~40m ³ /h, 弱富水区 10~20m ³ /h。	城区东北部水位降落漏斗区 10~17m, 南部漏斗区 11.24~22.34m。城区中部及北部 5~10m 为主。西部一般小于 5m。
	漯河市	粉细砂、细砂、砂砾石	埋深 5~45m 之间, 厚 5~20m; 80~200m 之间, 厚 20~50m。	富水区单井涌水量大于 80m ³ /h, 中等富水区 40~80m ³ /h, 弱富水区小于 40m ³ /h。	一般 2~6m, 漏斗中心大于 10m; 中深层水 10~30m。
	周口市	粉砂、细砂、中细砂	5.5~38.7m 之间, 厚 1.0~23.7m; 60~160m 之间, 厚 20~60m。	浅层水单井涌水量一般 20~40m ³ /h, 中层水一般 40~120m ³ /h。	沙河北区浅层水一般 5~10m, 沙河南区一般小于 5m; 中层水: 市区漏斗内 20~40m, 市区边缘部位 10~20m。
	驻马店	泥质卵砾石、中细砂	城区小于 10m, 北部 10~20m。	北部中等富水区单井涌水量 20~40m ³ /h, 城区小于 20m ³ /h。	浅层一般 4~8m, 中层大于 20m。
	商丘市	中砂、细砂、粉细砂	60m 以浅, 厚 10~15m; 100~190m 之间, 厚 16~38.6m。	浅层水单井涌水量一般 50~60m ³ /h; 中层水一般 40~50m ³ /h, 为微咸水。	城市漏斗区大于 10m, 市区边缘以外小于 10m。

3.4 地表水换热系统

3.4.2 地表水换热系统为开式系统时，勘察和评价应包括该条 1、2、3、4、5、6、8 和 9 款等 8 项内容，地表水换热系统为闭式系统时，勘察和评价时包括该条 1、2、3、5、7、8 和 9 款等 7 项内容。

3.4.3 应根据污水可用水量及允许温升与允许温降验算污水换热系统实际最大释热量（夏季）与吸热量（冬季）。

4 工程设计

4.1 一般规定

4.1.1 地源热泵系统方案设计前，应根据调查及勘察情况，结合水源条件、岩土体特征及项目供热需求等因素，选择适合的地源热泵系统。具体要求如下：

1 当工程项目符合以下条件之一，且经济技术合理时，宜采用土壤源热泵：

- (1) 场地内有适宜的埋管区域的；
- (2) 项目有季节性供冷和供热需求，有利于岩土体温度恢复的；
- (3) 系统间歇性使用，有利于岩土体温度恢复的；
- (4) 项目规模较小，地埋管受热堆积影响较小的；
- (5) 项目供热需求较大，综合节能效益较好的。

2 当工程项目符合以下条件之一，且地下水资源的开采和使用通过当地下水资源管理部门的批准后，可考虑采用地下水源热泵：

- (1) 地下水补给充沛的；
- (2) 地质条件适宜采用单井循环换热系统的。

3 当工程项目符合以下条件且经济技术合理时，宜采用地表淡水水源热泵：

- (1) 场地附近地表淡水资源丰富的；
- (2) 地表淡水水温、水质满足水源热泵系统要求的；
- (3) 地表淡水输送系统能耗合理的。

4 当工程项目符合以下条件，且经济技术合理时，宜采用污水源热泵：

- (1) 场地附近污水资源丰富的；
- (2) 污水水温、水质、水量满足污水源热泵系统要求的；
- (3) 污水输送系统能耗合理的。

4.2 地埋管换热系统

4.2.2 对于浅层岩土体的温度及热物性受气候、雨水、埋管深度影响较小，可利用地表面积较大，且无坚硬岩石的小型工程项目，可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。针对河南省气候、岩层地质条件，通过对地埋管地源热泵系统工程实际应用情况的调查，对建筑面积大于 3000m² 的工程项目，采用竖直地埋管换热器，是较经济合理的技术方式。地埋管换热器布置方式，可参考 GB 50366 第 4.3.4 条文说明。

4.2.3 地埋管换热系统所负担的全年总累计释热量与总累计吸热量不平衡，将导致地埋管区域岩土体温度的逐年累加变化，从而影响地埋管换热器换热性能，降低系统运行效率和系统运行效果。

4.2.4 地埋换热管的设计长度应根据全年总累计吸热量和总累计释热量的不平衡率，建设场地面积大小、土壤的传热特性等，并充分考虑地源侧设备的初投资、年运行费用和投资回收年限及地源侧水泵的能耗对冷热源系统综合能效的影响等因素。河南省夏、冬季的空调冷热负荷相差较大，全年总累计释热量通常大于总累计吸热量，为避免因全年累计吸热量与累计释热量不平衡引起的岩土体温降或温升，经技术经济比较后认为，地埋换热管的设计长度宜按满足建筑冬季供热负荷要求设计确定，夏季采用冷却塔或对于有生活热水需求的建筑采用热回收机组等技术措施，并通过换热系统运行方式的转换与控制，来保证地源热泵系统全年累计吸热量和累计释热量的热量平衡。

4.2.5 地源热泵系统最大释热量与建筑设计冷负荷或地埋管地源热泵系统承担的冷负荷相对应，地埋管换热系统最大释热量，可按下式计算：

$$Q_k = Q_l(1 + 1/EER) + N_1 + N_3 \cdots \cdots (4.2.5-1)$$

式中：

Q_k ——地埋管换热系统释热量（kW）；

Q_l ——建筑设计冷负荷，或由地埋管地源热泵系统承担的冷负

荷(kW);

EER——水源热泵机组制冷性能系数;

N_1 ——循环水输送过程得热量(kW);

N_3 ——水泵释放到循环水中热量(kW);

注: 机组 EER 为地埋管设计工况出水温度下的数值。

按地埋管地源热泵系统释热量设计地埋管换热器数量时, 以下式计算:

$$N = 1000(1 + K)Q_k / qL \cdots \cdots (4.2.5-2)$$

式中:

N ——地埋管换热器数量(个);

Q_k ——地埋管换热系统释热量(kW);

q ——单位延米换热器的释热量(W/m);

L ——单位延米换热器的有效深(长)度(m);

K ——安全裕量系数, 取 5-10%。

4.2.6 地源热泵系统最大吸热量与建筑设计热负荷或地埋管地源热泵系统承担的热负荷相对应, 地埋管换热系统最大吸热量, 可按下式计算:

$$Q_0 = Q_r(1 - 1/COP) + N_2 - N_3 \cdots \cdots (4.2.6-1)$$

式中:

Q_0 ——地埋管换热系统吸热量(kW);

Q_r ——建筑设计热负荷, 或由地埋管地源热泵系统承担的热负荷(kW);

COP——水源热泵机组制热性能系数;

N_2 ——循环水输送过程失热量(kW);

N_3 ——水泵释放到循环水中热量(kW)。

注: 机组 COP 为地埋管设计工况出水温度下的数值。

按地埋管地源热泵系统吸热量设计地埋管换热器数量时, 以下式计算:

$$N = 1000(1 + K)Q_0 / qL \cdots \cdots (4.2.6-2)$$

式中：

N ——地埋管换热器数量(个)；

Q_0 ——地埋管换热系统吸热量(kW)；

q ——单位延米换热器的吸热量(W/m)；

L ——换热器的有效深(长)度(m)；

K ——安全裕量系数，取 5~10%。

4.2.7~4.2.8 由于地埋管换热器换热效果受岩土体热物性及地下水流动情况等地质条件影响非常大，使得不同地区，甚至同一地区不同区域岩土体换热特性差别都很大。通过计算建筑物峰值冷热负荷，依据测试钻孔进行释热、吸热试验的方法获取现场岩土体钻孔单位延米换热量，确定总埋管长度的方法存在一定的缺陷。试验阶段的地层处于初始温度，系统运行一定时间后，供冷期管壁周围的地温会比初始地温高，供暖期管壁周围的地温会比初始地温低，换热能力将逐渐降低，试验条件中未考虑建筑物全年动态负荷、岩土体温度场的变化。另外，采用单井试验方法，未考虑地埋管管井间传热的影响等，钻孔的排热或吸热能力都较实际工程中群井钻孔的换热能力强，试验测得的钻孔单位延米换热量偏大。把钻孔单位延米换热量直接用于地埋管地源热泵系统的设计，可能会导致机组出力不足且电耗增加，严重时会使整个系统无法正常工作，影响工程的可靠性及安全性，因此地埋管换热器长度和埋管深度应通过软件进行计算，其试验获取现场岩土体钻孔单位延米换热量，仅作为地源热泵方案阶段的设计参考。

4.2.9 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空调冷热负荷输入专业软件，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。

条文中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。在夏季，如果地埋管换热器出口温度高于 33℃，地源热泵系统的运行工

况与常规的冷却塔相当，无法充分体现地源热泵系统的节能性；在冬季，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。

本条文分别规定了冬夏期间地埋管换热器进出口温度的限值，通常地埋管地源热泵系统设计时进出口温度限值的确定，还应考虑对全年运行能效的影响：在对有利于提高冬夏及全年运行能效和节能量的条件下，夏季运行期间地埋管换热器出口温度和冬季运行地埋管换热器进口温度可做适当调整。

4.2.16 钻孔孔径的大小以能较容易地插入所设计的 U 型管与灌浆管为准。为避免热短路，钻孔间距应通过计算确定。岩土体释、吸热量平衡时，宜取小值；岩土体释、吸热量不平衡率较大时，宜取大值。通过对河南省不同地区夏、冬季的释、吸热量和热平衡的计算分析，大多数地区的岩土体释、吸热量不平衡率都较大，另外，工程中的地埋管的埋设深度通常较国家规定值大，为保证换热效果，钻孔间距不宜小于 4m。

4.2.22 浅层地埋管换热器的承压能力可按式计算确定：

$$P = P_0 + \rho gh + 0.5 P_h \dots\dots\dots(4.2.22)$$

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/m^3 ）；
- g ——重力加速度（ m/s^2 ）；
- 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（Pa）。

4.2.23 对于应用建筑面积较大或全年空调冷热负荷变化较大的地埋管地源热泵工程，可根据空调与供热负荷特点，分区设计地埋管换热系统，并监测地埋管回水温度，以满足系统在部分负荷运行时，采取地埋管分区或间歇换热运行方式来提高地埋管换热能力，有利于地温恢复，提高地源热泵系统运行的能效。

4.2.28 许多地埋管地源热泵系统的埋管在建筑物的底板下，常需穿

过底板，由于基础防水与沉降等潜在性问题较为复杂，故必须预先与有关工种进行研究和评估，以确保系统的可靠性，严禁对结构安全造成隐患，并由结构专业计算对基础造成的影响。

4.3 地下水换热系统

4.3.1 按照合理开发与保护资源并重的原则，可在地下水资源丰富的地区，适量发展地下水地源热泵系统，但必须有可靠的回灌技术方案，在抽水和回灌过程中，应采取密闭等技术措施，以保证所抽取的地下水能实现无污染 100%同层回灌，热源井只能用于置换地下冷量和热量，不得用于取水等其他用途。同时，对地下水浅层地热能的利用，应严格执行河南省及各地市有关对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，对利用浅层地下水地热能的工程项目，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，方可利用地下水浅层地热能，并严格按许可审批的取水量标准进行取水，未经评审及主管部门审批时，不得利用。

4.3.13 在抽水和回水系统上设置计量装置，严格监测抽水和回灌水量值。

4.4 地表水换热系统

4.4.1 直接利用地表水，其换热系统设计简单，初投资少，运行维护与管理方便，换热效率高，但对进入水源热泵机组的地表水的水质、水温要求较高，另外，取水、回水过程中会产生局部区域水环境的影响。因此，采用地表水换热系统，除满足技术要求外，还应满足环境影响评价指标。

4.4.3 对地表水换热系统的设计宜按同时满足热泵系统夏、冬季的最大释、吸热量要求，当换热系统最大释热量或吸热量不能同时满足要求好时，在技术经济合理时，可通过增设辅助冷、热设备，满足系统峰值负荷的要求。即实际最大释热量不能满足要求时，可以利用冷却

塔冷却系统作为辅助冷源；实际最大取热量不能满足要求时，可利用地埋管换热系统或锅炉、热网等提供热源。

4.4.8 有利于每个环路集管的换热器各环路水力平衡及降低压力损失，减少系统的输送能效值。

4.4.14 根据建筑负荷变化进行流量调节，并通过提高系统进出水温差，减少水泵的运行电耗。

地表水侧设计流量可按下式计算：

$$G = \frac{0.86Q}{\Delta t} \dots\dots\dots(4.4.14)$$

式中：

- G ——地表水设计流量（m³/h）；
- Q ——地表水换热系统设计释热量 Q_K 或设计吸热量 Q_o(kW)；
- Δt ——地表水设计温差（℃），夏季不应小于 5℃，冬季宜取 3～5℃。

4.5 热泵机房和末端系统

4.5.3 热泵机房设计应根据建筑物的冷、热负荷、发展规划、使用场所等，进行多方案综合技术经济比较制定出既能满足用户要求，且技术先进、经济合理的方案。

4.5.4 在大中型地源热泵系统中，水源热泵机组的台数和容量的选择，应根据冷（热）负荷大小及变化规律确定，单台机组制冷（热）量的大小应合理搭配，当单机容量调节下限的制冷（热）量大于建筑物的最小负荷时，可选一台适合最小负荷的水源热泵机组，在最小负荷时开启小型水源热泵机组满足使用要求。对小型工程，当仅设一台小型水源热泵机组时，应采用多台压缩机分路联控的机型，保证机组的运行安全。

4.5.5 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设备选型。当水温与水源热泵机组的名义工况设计参数不一致时，其机组制冷量、制热量和耗电量等参数均应按设备生产厂家提供的修正系数或修正曲线进行修正，并校核其修正值是否满

足设计要求。末端设备选择时应适合水源热泵机组供、回水温度特点，保证地源热泵系统的应用效果，提高系统节能率。

4.5.17 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。

5 工程施工

5.1 一般规定

5.1.6 地源热泵系统工程采用的新技术、新设备、新材料、新工艺，应按照有关规定进行评审鉴定及备案方可采用，地源热泵系统工程施工中应遵照执行。此外，对于从未有过的施工工艺，或者其他单位虽已做过但是本施工单位尚未做过的施工工艺，应进行“预演”，并进行评价，需要时应调整参数再次演练，直至达到要求。施工前应对新的或首次采用的施工工艺评价，并制定专门的施工技术方案。

5.2 地埋管换热系统

5.2.4 钻孔前，套管应预先组装好，施钻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。竖直地埋管换热器 U 形管安装应在钻孔钻好且孔壁固化后立即进行。孔内灌浆时，应使用泥浆泵通过灌浆管将混合浆灌入孔中，不宜用人工回灌的方法灌浆封孔。泥浆泵的泵压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。

5.2.7 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，应重点做好每一管道层上方 150mm 范围内的回填，回填土应采用网孔不大于 15mm×15mm 的筛进行过筛，保证回填土不含有尖利的岩石块和其它碎石。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。

5.3 地下水换热系统

5.3.2 若热源井施工不良可能造成抽取的地下水含砂量较大，甚至出现含水层被掏空的风险，进而对环境安全造成影响；若施工采取的降低含砂量措施不科学，则可能出现单井出水量减少、回灌量更小的问题，甚至出现向地表直接排放的情况。

5.3.3 热源井提供冷热源，它对地源热泵系统的正常有效运行起关键作用，检查井或取水构筑物必须保证热源井中水泵、管道的检修更换和热源井的清洗。

5.4 地表水换热系统

5.4.4 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，所采用的工艺和材料众多，因此，施工过程应合理选取工艺。

5.4.5 换热器各支路宜按设计长度由厂家做成所需的预制件，通过现场试压，根据压力降判断管材质量是否合格和连接处是否有渗漏。换热盘管长期浸泡在水中，易受水流冲刷、水质和水温变化的影响，绑扎材料必须具有防腐性和足够的强度。

6 工程验收

6.1 一般规定

6.1.1 阐述本文件与其他相关验收规范的关系。包括协调一致、互相补充的原则，即无论是本文件还是其他相关规范，在地源热泵系统工程验收中都应遵守，不得违反。

6.1.4 热源井应单独进行验收，应符合现行国家标准《供水管井技术规范》GB 50296 及《供水水文地质钻探与管井施工操作规程》CJJ/T 13 的规定。地表水换热系统的取水构筑物应单独进行工程验收。

6.2 地埋管换热系统

6.2.2 地埋管换热系统所使用的地埋管是否符合设计要求至关重要，本条是依据设计文件对地埋管的材质、直径、壁厚及长度进行检查验收。

地埋管宜采用聚乙烯管(PE80 或 PE100)或聚丁烯管(PB)，不宜采用聚氯乙烯管(PVC)。管 F 与管材应为相同材料。

PE 管材特性：

- 1 使用寿命长：在正常条件下，寿命超过 50 年；
- 2 卫生性好：PE 管无毒，不含重金属添加剂，不结垢，不滋生细菌，符合 GB 17219 及国家卫生部相关的卫生安全评价规定；
- 3 能耐多种化学介质的腐蚀，无电化学腐蚀；
- 4 内壁光滑，摩擦系数低，介质的通过能力相应提高并具有优异的耐磨性能；
- 5 柔韧性好，抗冲击强度高，耐强震、扭曲；
- 6 重量轻，运输、安装便捷；
- 7 焊接工艺简单、安全可靠，施工方便。

6.2.4 竖直地埋管换热系统 U 型管安装完毕后，应立即灌浆回填封孔，隔离含水层；灌注合适的浆液可以加强土壤和热交换器之间的热接触，

防止污染物从地面向下渗漏和防止各含水层之间水的移动。

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导管从被灌浆的竖直孔中逐渐抽出，使灌浆液自下而上灌注封孔，确保钻孔内被灌浆密实，无空腔；否则会降低传热效果，影响工程质量。

竖直地埋管换热器灌浆回填料宜采用专用灌浆材料或膨润土和细砂或水泥的混合浆。膨润土的比例宜占 4%~6%。当埋管深度超过 40m 时，灌浆回填宜在周围邻近钻孔钻凿完毕后进行，目的在于避免一旦孔斜导致相邻的 U 型管钻伤。

7 系统运行监测

7.1 一般规定

7.1.3 地源热泵系统集中监控与管理水平是系统能否节能运行的重要因素之一。对地源热泵系统参数检测、参数与设备状态显示、自动调节与控制、工况自动转换、能耗监测与计量等进行中央监控与管理，有利用提高设备和系统的综合运行效率。集中控制系统在设备及系统控制、运行管理等方面具有较大的优越性且能够较大的节约能源，大多数工程项目的实际应用过程中都取得了较好的效果。对于一些小型工程，由于需要控制和监测的参数较少，运行管理较简单，也可采用就地自动控制系统，以减少控制系统的投资费用。

系统性能测试是科学评估地源热泵系统实际节能效益的重要手段，也是开展建筑能效标识工作的基础，为推动地源热泵技术健康发展，应积极鼓励工程项目通过性能测试开展节能效益评价工作。

7.1.7 设置能量计量装置有利于地源热泵系统的监测与管理，实时计量和分析地源侧瞬时换热量和累计换热量的情况，及时调整地源热泵系统运行方案，加强系统综合运行管理，保证地源热泵系统总累计释热量与总累计吸热量的平衡。采取用电分项计量不仅能了解和分析设备的用能情况，优化和监测水源热泵机组、水泵等设备运行工作状态，并采取措施降低设备运行能耗，还能作为收取空调使用费的依据之一，有效地提高系统能源管理水平。

7.2 地埋管换热系统

7.2.1 使用过程中应监测土壤温度的变化，对应用建筑面积超过 5000m² 的项目，温度监测井不少于 2 个。温度监测井应布置在换热井对角线的交叉点上，每孔井内在不同深度布置 2~3 组温度传感器。埋入土壤的温度传感器应有防腐蚀措施。

7.2.2 应在地埋管换热器的总分集水器的各支路上分别设置供回水温度传感器，在分集水器上设供回水压力传感器。监测地埋管各环路的

供回水压力，有利于对环路的流通能力的控制；监测地埋管各环路的出水温度，有利于对各环路的流量平衡控制。

7.2.3 应根据全年土壤热平衡模拟计算结果或根据往年运行实测结果制定地源热泵系统全年运行预案，进行土壤热平衡控制，并保证热泵系统的运行效率。

7.3 地下水换热系统

7.3.1 地源热泵系统较常规空调系统复杂，运行参数较多，设置运行监测系统是保证地源热泵系统安全、节能运行的必要措施。

7.3.3 分别在供回水管道上设置不少于 2 个测温点；测温点的位置根据管道形状和尺寸确定，测温点位置宜固定。

7.3.4 在热源井投入使用前，在建筑物附近分别设置不少于 3 个坚固稳定的水准点和沉降观测点，安排固定人员使用固定仪器周期性进行观测，同时填写沉降观测表。

7.4 地表水换热系统

7.4.1 对于闭式地表水地源热泵系统，换热区水源受影响的范围与系统负荷、水体积大小、地表水径流条件等因素有关，垂直于换热器延伸方向布置监测断面，可以了解换热器周围一定范围内水温变化，3 个测点是了解换热器两侧水温变化所需要的最少监测点数量。对静止水体，应监测取水口上部 1~2m 处水温。对流动水体，应监测排水口下游测 30m 处水温。进水温度低于机组的总体下限时，应触发停机保护，启动辅助加热系统。

7.4.5 闭式地表水系统的水下换热器上很容易生长水生植物或堆积污泥，影响换热效果，故需要定期检查与清洁。

7.4.6 由于地表水中常有泥沙等污物，为保证开式地表水系统正常取水，应定期检查取水口周围污泥等淤积情况，并及时清淤。

在地表水直接进入热泵机组换热器的开式系统中，地表水中的污垢会粘附在换热管内壁上，影响机组效率。自动清洗装置可在运行中

自动清洗管壁，保持机组高效运行。在供冷工况下，机组冷凝温度与地表水出冷凝器的温度之差是衡量自动清洗装置清洗效果的主要标准；同理，在供热工况下，地表水出蒸发器的温度与机组蒸发温度之差也是衡量自动清洗装置清洗效果的主要标准。因此需定期检查该自动清洗装置，以保持机组能正常、持续运行。

7.5 热泵机房和末端系统

7.5.1~7.5.2 地源热泵系统较常规空调系统复杂，运行参数较多，为了降低地源热泵系统运行中的能耗，提高地源热泵换热系统运行的安全性与可靠性，应配置必要的监测与能耗计量设施。但实际工程情况错综复杂，作为一个总的原则，设计时要求结合具体工程实际情况，通过技术经济比较确定具体的控制内容。

7.5.3

4 机组群控是冷、热源设备节能运行的一种有效方式。水源热泵机组在某些部分负荷范围运行时的效率高于设计工作点的效率，因此简单地按容量大小来确定运行台数并不一定是最节能的方式；应采用水源热泵机组大、小搭配的设计方案，并采用合理运行模式的群控方式，对节能是非常有利的。由于工程情况的不同，其群控的运行模式也不一样，这里只是原则上提出群控的要求和条件。具体设计时，应根据负荷特性、机组容量、机组的部分负荷效率、自控系统功能以及投资等多方面进行经济技术分析后确定群控方案。

7.6 系统性能评价

7.6.1 与常规能源应用相比，地源热泵系统的节能效果、环境效益究竟如何，是建设单位、政府及全社会最为关心的问题，也是其应用的核心问题。在河南省不同的区域、不同的地质条件，不同的建筑类型和用户，具体的节能指标需要长期的监测分析。同时，地源热泵系统的应用形式很多，因地制宜选择适合的地源热泵系统满足建筑供热与空调的需要，优化系统设计，并考虑适宜的优化运行策略和调节方式

等都需要进行认真的研究。通过对系统的性能评价,有利于总结经验发现不足,对指导地源热泵系统的科学设计、节能运行具有积极作用。评价应结合运行效果、节能效果、管理水平等多方面进行综合评定,并以实际检测数据作为评价依据。评价一般由业主组织,必要时委托第三方专业机构完成。

7.6.2 当地源热泵系统的冷热源形式相同且系统装机容量偏差在 10% 以内时,视为同一类型地源热泵系统。

地源热泵系统的运行性能受环境影响较大,土壤的温度、污水的温度、地表水温度与测试时间段有较大关系,为了保证测试结果相对准确,测试应在供冷(供热) 15d 之后进行。经过对不同项目的设计资料 and 实际工程项目运行参数分析,对系统性能进行测试时系统负荷率在 60% 以上运行比较合理,系统能效比保持在相对较高范围,对机组性能进行测试时,机组负荷率宜在 80% 以上。

7.6.3 热泵机组性能系数、热泵系统的系统能效比可根据测试结果计算确定。

1) 热泵机组制冷、制热性能系数应根据测试结果,按下列公式计算:

$$EER = \frac{Q_l}{N_i} \quad (7.6.3-1)$$

$$COP = \frac{Q_h}{N_i} \quad (7.6.3-2)$$

式中:

EER —— 热泵机组的制冷性能系数;

COP —— 热泵机组的制热性能系数;

Q_l —— 测试期间机组的平均制冷量 (kW);

Q_h —— 测试期间机组的平均制热量 (kW);

N_i —— 测试期间机组的平均输入功率 (kW)。

机组测试期间的平均制冷(热)量按下式计算:

$$Q = V \rho c \Delta t_w / 3600 \quad (7.6.3-3)$$

式中：

V —— 热泵机组用户侧平均流量 (m^3/h)；

Δt_w —— 热泵机组用户侧进出口介质的温差 ($^{\circ}\text{C}$)；

ρ —— 冷（热）介质平均密度 (kg/m^3)；

c —— 冷（热）介质平均定压比热 ($\text{kJ}/\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$)。

2) 热泵系统的系统能效比应根据测试结果，按下列公式计算：

$$COP_{sl} = \frac{Q_{sl}}{N_i + \sum N_j} \quad (7.6.3-4)$$

$$COP_{sh} = \frac{Q_{sh}}{N_i + \sum N_j} \quad (7.6.3-5)$$

式中：

COP_{sl} —— 热泵系统的制冷能效比；

COP_{sh} —— 热泵系统的制热能效比；

Q_{sl} —— 系统测试期间的总制冷量 (kWh)；

Q_{sh} —— 系统测试期间的总制热量 (kWh)；

N_i —— 系统测试期间，热泵机组所消耗的电量 (kWh)；

N_j —— 系统测试期间，水泵所消耗的电量 (kWh)。

$$Q_{sl} = \sum_i^n q_{Li} \quad (7.6.3-6)$$

$$q_l = V\rho c\Delta t \quad (7.6.3-7)$$

式中：

q_l —— 热泵机组的制冷量 (kWh)；

V —— 系统用户侧的平均流量 (m^3/h)；

Δt —— 热泵机组用户侧进出口介质的温差 ($^{\circ}\text{C}$)；

ρ —— 冷媒介质平均密度 (kg/m^3)；

c —— 冷媒介质平均定压比热 ($\text{kJ}/\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$)。

$$Q_{sh} = \sum_{i=1}^n q_{Hi} \quad (7.6.3-8)$$

$$q_h = V\rho c\Delta t \quad (7.6.3-9)$$

式中：

q_h ——热泵机组的制热量（kWh）；

V ——系统用户侧的平均流量（ m^3/h ）；

Δt ——热泵机组用户侧进出口介质的温差（ $^{\circ}C$ ）；

ρ ——热媒介质平均密度（ kg/m^3 ）；

c ——热媒介质平均定压比热（ $kJ/kg\cdot^{\circ}C$ ）。