

江西省工程建设标准

DB 36

备案号 J××—2021

编号 DBJ/T 36 ××—2021

地源热泵系统工程技术标准

Technical code for
ground-source heat pump system

(送审稿)

2021-XX-XX发布

2021-XX-XX实施

江西省住房和城乡建设厅 发布

前言

本标准根据江西省住房和城乡建设厅《关于下达 2018 年第一批江西省工程建设标注、建筑标准设计编制项目计划的通知》（赣建设[2018]18 号）下达的任务要求，结合了江西省气候特点、地质及资源条件、经济状况等，进行了广泛深入的调查研究，总结了江西省工程实践经验，开展了地源热泵换热系统技术研究，在广泛征求意见的基础上编制了本标准。

本标准共分 10 章和 6 个附录，涵盖了地源热泵系统工程的勘察、可行性评估、设计、施工、验收、系统性能测试、运行监测与管理等环节。主要包括：总则，术语，工程勘察，可行性分析，地埋管换热系统，地下水换热系统，地表水换热系统，建筑物内系统，整体调试与验收，运行监测与管理以及相关附录。

本标准由江西省住房和城乡建设厅负责管理，由主编单位江西省勘察设计院负责具体技术内容的解释。本标准在执行过程中，请各单位结合工程实践认真总结经验，积累资料，随时将有关意见和建议反馈给江西省勘察设计院（地址：南昌市高新开发区昌东高校园区紫阳大道 169 号，邮政编码：330095），以供今后修订时参考。

本标准主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人：

主编单位：江西省勘察设计院

参编单位：（审查后补充）

主要起草人：（审查后补充）

主要审查人：（审查后补充）

目 录

1 总 则	1
2 术 语	3
3 工程勘察	8
3.1 一般规定	8
3.2 浅层地埋管换热系统勘察	10
3.3 中深层地埋管换热系统勘察	13
3.4 地下水换热系统勘察	15
3.5 地表水换热系统勘察	18
4 工程可行性分析	20
4.1 一般规定	20
4.2 可行性评估	20
5 地埋管换热系统	22
5.1 浅层地埋管换热系统	22
5.1.1 一般规定	22
5.1.2 浅层地埋管管材与传热介质	22
5.1.3 浅层地埋管换热系统设计	24
5.1.4 浅层地埋管换热系统施工	28
5.1.5 浅层地埋管换热系统检验与验收	32
5.2 中深层地埋管换热系统	33
5.2.1 一般规定	33
5.2.2 中深层地埋管管材与循环介质	34
5.2.3 中深层地埋管换热系统设计	35
5.2.4 中深层地埋管换热系统施工	36
5.2.5 中深层地埋管换热系统检验与验收	38
6 地下水换热系统	39

6.1 一般规定	39
6.2 地下水换热系统设计	40
6.3 地下水换热系统施工	43
6.4 地下水换热系统检验与验收	44
7 地表水换热系统	45
7.1 一般规定	45
7.2 开式地表水换热系统设计	46
7.3 闭式地表水换热系统设计	48
7.4 地表水换热系统施工	49
7.5 地表水换热系统检验与验收	51
8 建筑物内系统	52
8.1 一般规定	52
8.2 水源热泵机组	53
8.3 热泵机房及末端	54
8.4 建筑物内系统施工、检验与验收	54
9 整体调试与验收	56
9.1 一般规定	56
9.2 调试	56
9.3 验收	57
10 运行监测与管理	59
10.1 一般规定	59
10.2 监测系统	60
10.3 性能测试与能效评价	62
10.4 运行管理	63
附录 A 岩土热响应试验	65
A.1 一般规定	65
A.2 测试内容	66

A.3	测试仪表精度要求	66
A.4	岩土热响应测试方法	67
A.5	测试数据处理	68
A.6	测试报告样例	71
附录 B	地埋管外径及壁厚（资料性附录）	73
附录 C	竖直地埋管换热器的设计计算（资料性附录）	74
C.1	竖直地埋管换热器的热阻计算	74
C.2	竖直地埋管换热器钻孔的长度计算	75
C.3	岩土体的热物性参数	77
附录 D	地埋管压力损失和承压能力计算	78
D.1	地埋管压力损失计算	78
D.2	地埋管承压能力计算	80
附录 E	地下水换热系统总取水量计算（资料性附录）	81
E.1	夏季总取水量确定	81
E.2	冬季总取水量确定	81
附录 F	热泵机组性能系数和系统能效比的计算方法	83
F.1	热泵机组制热/制冷系数	83
F.2	系统能效比	83
	本规程用词说明	85
	引用标准名录	86

1 总 则

1.0.1 为规范江西省地源热泵系统工程的技术应用，保证工程质量，做到安全适用、经济合理、技术先进可靠，并符合资源节约和保护环境的要求，制定本标准。

【条文说明】我省开发利用地热能资源处于发展阶段，但市场潜力大，前景较好，但是，目前尚没有基于本地区地质、气候及资源条件特征编制的地源热泵系统标准。对企业的资质准入，资源勘察和技术评价、依据技术参数设计、工程施工、设备选型和安装、效能检测、质量监控、运行维护以及科学管理等方面缺乏针对性和指导性。许多项目在没有对当地资源状况进行充分评估的条件下，即进行实施，造成了系统工作不正常或不节能，影响了地源热泵系统的进一步推广和使用。为了规范地源热泵系统的勘察、设计、施工及验收，确保地源热泵系统安全可靠地运行以及更好的发挥其节能效益，特此制定本标准。

1.0.2 本标准适用于江西省新建、改建和扩建的以浅层岩土体、地下水、地表水为低温冷热源及以中深层岩土体为热源，以水或添加防冻剂的水溶液为传热介质，采用热泵技术进行供热、供冷空调或供应生活热水的地源热泵系统工程勘察、可行性评估、设计、施工、性能测试和验收、运行监测与管理。

1.0.3 地源热泵系统工程设计应遵循因地制宜的原则，结合地方经济发展条件，区域地质、水文地质条件、气象条件等综合因素确定热泵系统类型，并结合建筑用能特性和系统经济性要求，合理设计、规范施工与管理，施工过程不应影响周边环境及建筑。

【条文说明】地源热泵系统工程按换热方式不同可分为地埋管地源热泵、地下水地源热泵和地表水地源热泵，地源热泵适合类型主要取决于当地的水文地质情况、气象条件和有效的土地面积，如表 1 所示。

表 1 地源热泵类型及其适用范围

分类	冷热源方式	原理特点及要求	适用条件
地埋管地源热泵	岩土体	地埋管地源热泵根据埋管方式分为垂直地埋管换热器和水平地埋管换热器, 换热器埋于地下, 系统通过水等循环液体在封闭的地下埋管中流动, 实现系统与岩土体间的换热, 浅层地埋管换热孔深一般 60~120m, 其优点是对地下水要求低并且不受气候条件影响, 缺点是造价较高。	广泛适合于江西省大部分区域, 要求拟建场地内具有足够的施工面积。
地下水地源热泵	地下水	地下水直接进入热泵机组或通过板式换热器换热, 要求地下水 100%回灌, 且不被污染。其优点是换热效果较好、造价较低, 缺点是对地下水环境要求较高、受地下水水质条件的影响较大。	适合于具有丰富和稳定的地下水资源, 水质较好的地区, 一般为冲洪积平原地区。
地表水地源热泵	江、河、湖水	地表水直接进入热泵机组或通过板式换热器换热, 要求不破坏水体中的生态环境。其优点是造价低、系统相对简单, 维护管理方便, 缺点是受气候条件影响较大, 在极端气候下使用受影响较大。	靠近江河湖等大容量自然水体的地方。
	污水		

1.0.4 地源热泵系统工程的勘察、可行性评估、设计、施工、性能测试和验收、运行监测与管理, 除应符合本标准外, 尚应符合现行国家以及江西省有关标准的规定。

2 术 语

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

以浅层岩土体、地下水或地表水为低温冷热源及以中深层岩土体为热源，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、供冷空调或供应生活热水系统。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。

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

一种以岩土体、地下水或地表水为冷热源，利用水或添加防冻剂的水溶液作为传热介质，制取冷（热）风或冷（热）水的设备。通常有水/水热泵、水/空气热泵等形式。

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

以冷却塔、冷水机组或锅炉等其他辅助冷（热）源+地源热泵作为冷热源的供暖、空调或生活热水供应系统。

2.0.4 地热能交换系统 geothermal exchange system

利用热泵技术将地热能资源加以利用的热交换系统。

【条文说明】地热能交换系统是低位热能采集系统，向岩土体、地下水、地表水（江、河、湖水、城市污水）中取热或释热，为地源热泵系统提供低品位的冷热量的热交换系统，可分为地埋管换热系统、地下水换热系统、地表水换热系统。

2.0.5 浅层地热能资源 shallow geothermal resources

蕴藏在地表以下一定深度范围内（一般为恒温带至地下 200 m 埋深）岩土体、地下水和地表水中具有开发利用价值的热能资源。

2.0.6 中深层地热能资源 mid-deep geothermal resources

蕴含于中深层岩土体中，具有开发利用价值的地热能资源，深度一般可达 2000m~3000m。

2.0.7 传热介质 heat-transfer fluid

地源热泵系统中，通过换热管与岩土体、地表水、地下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。

2.0.8 浅层地埋管换热系统 ground heat exchanger system

传热介质通过垂直或水平地埋管换热器与浅层岩土体进行热交换，用于供热、供冷的地热能交换系统，又称土壤热交换系统。

2.0.9 中深层地埋管换热系统 mid-deep ground heat exchanger system

以中深层岩土体为热源，通过竖直地埋管换热器与中深层岩土体进行热交换，仅用于供热的换热系统。

2.0.10 地埋管换热器 ground heat exchanger

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。

【条文说明】地埋管换热器根据深度不同，分为浅层地埋管换热器和中深层地埋管换热器。其中浅层地埋管换热器是指埋于地下的密闭循环管组构成的供传热介质与浅层岩土体进行热交换的换热器，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；中深层地埋管换热器是指深埋于地下的密闭循环管组构成的供传热介质与中深层岩土体进行热交换的换热器，根据管路埋置方式不同，分为同轴套管式换热器和U型换热器。

2.0.11 地下水换热系统 groundwater heat exchanger 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。

2.0.12 直接式地下水换热系统 direct groundwater heat exchanger system

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

2.0.13 间接式地下水换热系统 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。

2.0.14 地表水换热系统 surface water heat exchanger 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。

2.0.15 开式地表水换热系统 open-loop surface water heat exchanger 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。

2.0.16 闭式地表水换热系统 closed-loop surface water heat exchanger 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。

2.0.17 水文地质条件 hydrogeological condition

地下水的分布、埋藏、补给、径流和排泄条件，水质、水温、水量及其形成地质条件等的总称。

2.0.18 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。

2.0.19 变温带 variable temperature zone

地下温度明显受到地表大气温度变化影响的地带，即自恒温带向上至地表的地带。

2.0.20 恒温带 constant temperature zone

地面以下温度常年保持不变的地带。在自然状态下，该层热能受太阳能和大地热流的综合作用，地球内热形成的增温带与上层变温带影响达到平衡。

2.0.21 地温梯度 geothermal gradient

又称地热增温率，地球不受大气温度影响的地层温度随深度增加的增长率。通常用恒温带以下每深入地下 100m 所增加的地温值来表示。

【条文说明】江西土壤的恒温带一般在地下 9~28m，恒温带温度 19.13~19.5℃，平均温度 19.32℃。浅层地温梯度(埋深<200m)1.82~5.4℃/100m，平均增温率为 3.87℃/100m。

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 抽水井 production well

用于从地下含水层中取水的井。

2.0.24 回灌井 injection well

用于向地下含水层灌注回水的井。

2.0.25 换热井 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。

2.0.26 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，目的是为了

解含水层富水性，并获取水文地质参数。

2.0.27 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。

2.0.28 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（槽）进行一定时间的连续换热试验，获得岩土综合热物性参数、岩土初始平均温度及岩土体换热能力等参数。

2.0.29 埋设温度传感器法 embedding temperature sensor method

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

2.0.30 无功循环法 reactive circulation method

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

【条文说明】无功循环法是一种便捷的岩土体初始温度测试方法，但是循环水泵运行功率及自然地表温度变化对内循环温度带来一定影响，需要做好地表附近管道及连接部分的保温措施，同时要保证循环流体稳流状态。

2.0.31 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。

【条文说明】导热系数是衡量岩土体导热能力的物理量，影响岩土体传热速率；比热容是表示物质热性质的物理量，代表物质的蓄热能力，因此导热系数和比热容共同决定了岩土体的热扩散能力。影响岩土导热系数的因素主要包括地层岩性、孔隙率、含水率、温度以及各向异性等。通常热响应试验测得的岩土导热系数是测试深度范围内岩土体的综合导热系数。

2.0.32 岩土初始平均温度 initial average temperature of rock soil

从自然地表下 10~20m 至竖直地埋管换热器埋设深度范围内，岩土常年恒定的平均温度。

2.0.33 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竖直地埋管换热器称为测试孔。

2.0.34 稳定热流测试 steady heat flow test

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

2.0.35 稳定工况测试 steady working condition test

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

2.0.36 热泵机组制热/制冷性能系数 heating (cooling) coefficient of performance of heat pump units

热泵机组的制冷/制热量与输入功率之比，单位：kW/kW。

2.0.37 系统（制热/制冷）能效比 energy efficiency ratio of heat pump system

地源热泵系统的制冷/制热量与输入功率之比，单位：kW/kW。

2.0.38 监测系统 monitoring system

监测系统由计量设备、数据采集装置和数据中心软件组成。

2.0.39 能效评价 Energy efficiency evaluation

能效评价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。

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地热能资源勘察。勘察工作应结合拟建工程功能特点、水文地质、工程地质、地表水等条件，并结合拟采用热泵系统的形式，制定合理的工程勘察方案。

【条文说明】拟建工程场地条件及区域的资源条件是采用地源热泵系统的前提。勘察工作进行前宜搜集利用附近已有的气象水文、工程地质、水文地质、岩土工程勘察报告、地热能勘察资料及拟建工程周边已建地源热泵工程运行情况及相关政策等资料。业主或设计单位应提供任务书，内容应包括项目用地面积及工程规模、空调使用面积、基础形式及地下室情况、拟建工程特征等。

3.1.2 工程勘察应由具有勘察资质的专业队伍承担，工程勘察完成后，应结合我省地源热泵适宜性条件以及地源热泵相关政策法规，编写工程勘察报告，对浅层地热能资源可利用情况以及热交换方式提出建议，并对周边环境影响作出评价。

【条文说明】由于地质条件对地源热泵系统的施工以及对后期的运行效率都有着重要的影响，为保障地源热泵系统顺利施工和高效运行，合理规范市场行为，地源热泵系统工程的勘察工作应由具有相应的岩土工程勘察、水文地质勘察资质的专业队伍承担。依据表 3.1.3 所划分的勘察等级，承接甲级工程勘察任务，应具有甲级岩土工程勘察、水文地质勘察资质，承接乙、丙级工程的勘察任务，应具有乙级以上岩土工程勘察、水文地质勘察资质。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、地下水或地表水地源热泵系统。

3.1.3 地源热泵工程勘察应根据工程规模和地质环境条件的复杂程度，按表 3.1.3 划分甲、乙、丙三个勘察等级，其中地埋管地源热泵系统、地下水地源热泵系统和地表水地源热泵系统工程地质环境的复杂程度应分别依据岩土介质的复杂程度、地下水水文地质条件的复杂程度及地表水的复杂程度进行划分。

表 3.1.3 地源热泵系统工程勘察等级

地质环境条件 复杂程度 工程规模（建 筑面积）	I 级	II 级	III 级
大规模 （大于等于 50000m ² ）	甲级	甲级	乙级
中等规模 （5000m ² ~50000m ² ）	甲级	乙级	丙级
小规模 （小于等于 5000m ² ）	乙级	丙级	丙级

【条文说明】地质环境条件复杂程度按岩土介质性质分级如表 3.1.3A 所示，地质环境条件复杂程度按地下水水文地质条件分级如表 3.1.3B 所示，地质环境条件复杂程度按地表水条件分级如表 3.1.3C 表示。在以下分级判定表中，从 I 级开始，向 II 级、III 级推定，以最先满足为准。

表 3.1.3A 地质环境条件复杂程度按岩土介质性质分级

地质环境复杂程度	I 级	II 级	III 级
场地复杂程度	地形地貌复杂，地质构造强烈发育，水文地质条件复杂	地形地貌较复杂，地质构造较发育，水文地质条件较复杂	地形地貌简单，地质构造不发育，水文地质条件简单
岩土类型	岩土种类多，很不均匀，岩性差异大	种类较多，较均匀，岩性差异较大	种类较单一，均匀，岩性差异较小
岩土腐蚀性	强	中	弱~微
特殊性岩土	存在严重湿陷、膨胀、盐渍、污染的特殊性岩土，以及其他情况复杂需要特殊处理的岩土	除 I 级以外的特殊性岩土	无特殊性岩土

注：腐蚀性等级划分参考《岩土工程勘察规范》GB50021。

表 3.1.3B 地质环境条件复杂程度按地下水条件分级

地质环境复杂程度	I 级	II 级	III 级
含水层性质	第四系沉积物分布错综复杂，含水层不稳定，地下水水位稳定性差	第四系沉积物分布不均匀，有多级阶地且显示不清，含水层埋藏深浅不一，地下水水位稳定性较差	第四系沉积物均匀分布，河谷平原广，含水层埋深浅，地下水水位稳定性好
补给、径流、排泄条件	含水层规模、补给和边界难以判定	地下水形成条件较复杂，补给和边界条件不易查清	地下水补给、径流、排泄条件清楚
富水性及储水性	差	较好	好
水质（pH 值、矿化度、含砂量等指标）	水质类型复杂，水质差	水质类型较复杂，水质较好	水质类型单一，水质好
周边环境的影响	周边环境对地下水开采控制要求高，已建工程对地下水变化敏感	周边环境对地下水开采控制要求较高，已建工程对地下水变化较敏感	周边环境对地下水开采控制要求低，已建工程对地下水变化不敏感

表 3.1.3C 地质环境条件复杂程度按地表水条件分级

地质环境复杂程度	I级	II级	III级
水量、水质	水量较少，水质差或污染程度严重	水量较丰富，水质较差或污染程度中等	水量丰富，水质较好或污染程度无~轻微
水量、水温季节变化	水量、水温随季节变化大	水量、水温随季节变化较大	水量、水温随季节变化小
洪水影响	洪水影响大	洪水影响较大	洪水影响小

3.1.4 地源热泵系统工程勘察前应进行现场踏勘、调查，必要时可布设少量勘探及原位测试工作，现场调查应包括以下内容：

- 1 场地规划面积、形状、坡度及地形地貌特征；
- 2 气象、水文情况；
- 3 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；
- 4 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、电信电缆的分布及规划综合管线分布；
- 5 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；
- 6 场地内及其附近地下水的开采情况，已有水井的位置、水质、水位、水温和开采量；
- 7 交通道路状况及施工所需的电源、水源情况；
- 8 取水水源与应用浅层地热能的建筑之间的距离及场地范围内地面建筑和构筑物分布情况和地形情况。

【条文说明】工程场地可利用面积应满足修建地表水抽水构筑物（地表水换热系统）或修建地下水抽水井和回灌井（地下水换热系统）或埋设水平或竖直地埋管换热器（地埋管换热系统）的需要。同时应满足运输、置放和操作施工机具及埋设室外管网的需要。工程场地情况调查应尽量详细，若附近存在已建地源热泵工程，还需要吸收其工程建设经验，并分析其对本工程可能存在的影响（如冷热堆积、地下水径流、抽水及回灌等），为后期的地源热泵项目建设提供基础资料。若场地范围内存在已建和在建的地铁、大型地下构筑物等设施，应重点查明地下工程平面范围、顶底板标高等，以及分析其对地温场、地下水补径排条件的影响。

3.2 浅层地埋管换热系统勘察

3.2.1 浅层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，且勘察范围宜大于建设场地范围。

【条文说明】竖直地埋管的分布和水平管的布设一般会涉及整个建设区，因此勘察范围不宜小于建设范围。所布置的测试孔和勘察孔的密度可根据场地的复杂程度（如表 3.1.3A）做适当调整。

3.2.2 浅层地埋管换热系统勘察应包括下列内容：

- 1 地形地貌、地质构造、岩土层的岩性、结构及分布；
- 2 岩土体热物性参数；
- 3 岩土体温度；
- 4 地下水静水位（全年水位变化范围）、水温、水质及分布；
- 5 地下水径流方向、水力坡度及速度。

【条文说明】地形地貌、地质构造等包含第四系松散层厚度、含水层类型和厚度、基岩裂隙发育及破碎程度等；岩土体热物性参数包括岩土体比热容、导热系数、热扩散系数、密度、孔隙度、渗透率等、以及井筒热阻通过实验室法或现场测定法；岩土体温度包括初始平均温度、竖向温度及变化特征，变温层、恒温层、和增温层的划分，测试方法宜采用热响应测试仪或温度探头等。地下水水位宜收集 1~5 年内的最低及最高水位。

3.2.3 水平地埋管换热系统的工程场地勘察宜采用槽探、坑探或钎探方法。探槽方案应根据场地形状确定，探槽的深度应超过埋管深度 1m。

【条文说明】水平地埋管工程占地面积相对较大，负荷较大时不能满足水平地埋管埋设的需求，仅适用于小型工程。槽探是为了了解构造线和破碎带宽度、地层和岩性界限及其延伸方向等在地表挖掘探槽的工程勘察技术，探槽应根据场地形状确定，钎探方法可与槽探配合使用，并参照相关标准执行。探槽或勘察孔的数量应随工程建筑规模的增大而增加，且尽量分散布置，使勘察结果可以代表换热孔布设区域的地质条件和换热条件。

3.2.4 垂直地埋管换热系统的工程场地勘察宜采用钻探方法。钻探方案应根据场地条件确定，勘探深度应比设计的地埋孔至少深 2~5m。

【条文说明】地埋孔钻探应执行《岩土工程勘察规范》GB50021，勘察孔深度比地埋孔设计深度大，是为了查明下部地层起伏变化及岩性变化情况。

3.2.5 当场地范围内的地质条件、水文地质条件及工程条件等变化较大，且对地埋管地源热泵系统的设计有显著影响时，应进行工程分区。

【条文说明】含水层的厚度、地下水流向和速度对于地下温度场的温度变化或温度恢复有显著的影响，这些条件在很大程度上影响地埋管地源热泵系统的设计，所以应依据这些条

件的不同进行工程分区。

3.2.6 勘探点和勘察孔数量的设置应结合系统应用建筑面积和地质情况的复杂程度共同决定，根据表 3.1.3 的工程分级，勘探点数量的确定应符合以下原则。

1 甲级工程勘察项目：对于同一场地内勘探点（槽）以及岩土热响应测试点的数量均不应小于 4 个，同一工程分区内勘探点（槽）和热响应测试孔数量不少于 1 个，且在场地内含多个地质单元时，应保证每个工程地质单元应至少布置 1 个测试孔。

2 乙级工程勘察项目：对于同一场地内勘探点（槽）以及岩土热响应测试点的数量均不应小于 2 个，同一工程分区内勘探点（槽）和热响应测试孔数量不少于 1 个，且在场地内含多个地质单元时，应保证每个工程地质单元应至少布置 1 个测试孔。

3 丙级工程勘察项目：当场地附近存在类似工程且场地地质条件相似时，可根据场地附近类似工程经验确定相关换热参数；当无类似经验或与附近类似工程场地地质条件差异较大时，应进行场地地质勘探和岩土热响应测试，同一工程分区内勘探点（槽）和热响应测试孔数量不少于 1 个，且在场地内含多个地质单元时，应保证每个工程地质单元应至少布置 1 个测试孔。

【条文说明】场地内工程分区是依据建筑物占地条件和地理管理设条件划分，而不同地质单元是依据地层岩性差异划分。根据相关研究结果，如果地层综合导热系数有 10% 的偏差，则地源热泵系统的埋管长度将偏差 4.5%~5.8%，而往往不同埋管区域、不同地质单元的岩土热物性参数会存在一定的差距，尤其在江西省境内地质条件复杂多变的情况下，本条文针对工程分区和地质条件布置勘察和测试任务，确保了工作精度。

3.2.7 竖直地埋管地源热泵系统勘探孔宜进行岩芯编录、地球物理测井，划分地层结构，岩土层单层厚度大于 1m 的，每层宜取代表性的原状样品，细砂粒径以上应取扰动样。

【条文说明】不同岩土层吸收冷（热）量的效率和能力具有显著差异，因此造成的温度场的变化和冷（热）堆积在垂向上显示出较明显的分层效应。每层选取代表性的原状样和扰动样进行层位划分，进行室内试验测试，可以了解不同岩土层的热物理性质，对推测地温场的变化，合理利用和恢复地温，持久高效的利用浅层地热能具有重要意义。

3.2.8 岩土热响应测试试验孔中地埋管换热器设置方式、孔深和回填方式及试验

方式应与拟建工程换热孔保持一致。

3.2.9 岩土热响应试验应委托具有相应资质的单位进行测试，测试方法应符合附录 A 的规定。测试仪器、仪表应具有有效期内的检验合格证、校准证书或测试证书。

【条文说明】岩土热物性参数与地层岩性、地下水径流等条件密切相关，故要求测试单位应具有岩土工程勘察类相关资质。

3.2.10 勘察报告内容应包括下列内容。

- 1 项目概况；
- 2 勘察工作概况；
- 3 拟建工程场区的场地条件；
- 4 拟建工程场区的岩土体工程地质特征、岩土体坚硬程度等级；
- 5 岩土热物性特征；
- 6 地下换热器换热能力分析评价；
- 7 结论与建议。

【条文说明】浅层地埋管地源热泵系统勘察报告内容中除了应包括以上规定的内容外，对于有特殊地质现象的地区（如岩溶、断层等），还应分析评价其与浅层地埋管系统工程的相互影响；对于有特殊位置条件的如与已有建筑物相距较近、地埋管位于地下室底板以下的，应考虑相互影响。在勘察报告中应对岩土体坚硬程度进行划分，在结论与建议中提出对地埋管类型及深度的要求，推荐钻井方法和钻井机具的选择，提出成孔的要求。

3.3 中深层地埋管换热系统勘察

3.3.1 中深层地埋管地源热泵系统方案设计前，应采用适宜的方法对工程场区内中深层地热地质条件和地热状况进行勘察。

【条文说明】工程勘察应以地质条件调查和地热状况调查为主，辅以适宜的物探方法对工程场区内中深层地热地质条件进行勘察。在已开采地热田区，勘察报告可在已有的地质钻孔及相关成果资料的基础上编制。地热地质资料不充分的地区应布设适当的钻孔进行取样及热物性测试。

3.3.2 中深层地埋管换热系统地质条件勘察应包括下列内容：

- 1 地形地貌；
- 2 地质构造；

- 3 地层岩性；
- 4 不良地质作用调查；
- 5 水文地质条件调查。

【条文说明】地形地貌以调查为主，可结合遥感影像解译，查明场地地貌类型，以及已有和规划的地面与地下建（构）筑物及植被、池塘的分布情况等；地质构造以资料收集为主，结合遥感影像解译、物探方法，查明区域地质构造类型、性质、时代、规模、产状、分布与地热传导的影响；地层岩性以资料收集为主，查明拟建区域地层时代成因、岩性特征等；不良地质作用以现场调查为主，查明拟建区域内是否存在滑坡、崩塌、泥石流、地面沉降、地裂缝等不良地质问题；水文地质条件以资料收集为主，查明拟建区域内第四系松散类孔隙水、浅层基岩裂隙水及深层热水的分布特征，补给、径流、排泄关系，以及当地水资源规划和相关政策。

3.3.3 中深层地埋管换热系统地热状况勘察应包括下列内容：

- 1 地温梯度；
- 2 地下流体温度、压力及化学组分；
- 3 热储结构，包括岩性、埋深、厚度及分布；
- 4 岩土体及地热储层热物性参数；
- 5 钻探方法与成本。

【条文说明】地热状况勘察过程中，在地热地质资料丰富的地区，以收集资料为主，全面收集地热地质相关报告、相邻地热水井或其他类型中深层钻孔资料，加以进行综合分析；查明拟建区域不同深度的地温变化，确定地温梯度，以及变温带、恒温带深度，研究开发深度内的地温场特征；热储结构包括地下热储和热储盖层的岩性、埋深、厚度及分布，相互关系与边界条件；结合拟建区域内岩土体及地热热储层的岩性、厚度、埋深、分布，分析各岩层的热导率、热扩散系数等参数，研究主要岩土体的密度、比热容、热传导系数、温度、压力及其变化，为中深层地埋管换热器设计提供依据；结合当地成熟的钻探工艺，对钻探方法和成本提出建议。

3.3.4 地热地质资料不充分的地区应进行地热地质勘探，并至少选择一个探采结合孔，对孔内每段热储层应采取岩芯进行室内岩土测试，岩芯的位置、质量和数量应满足测试要求和热储评价要求。

【条文说明】在地热地质资料匮乏区和地热地质条件不清楚的空白区，应开展地热地质勘

探，勘探包括物探、钻探和物探测井。每个热储层应至少采取3组岩芯进行岩土测试，岩土测试包括岩土体密度、导热系数、热扩散系数等地热地质基础参数。

3.3.5 勘察报告内容应包括下列内容。

- 1 项目概况；
- 2 勘察工作概况；
- 3 拟建工程场区的场地条件；
- 4 拟建工程场区的地质条件；
- 5 热储结构分析评价及热物性特征；
- 6 地下换热器取热能力分析评价；
- 7 结论与建议。

【条文说明】勘察报告根据拟建区域已有的地质资料和初步设计要求进行编制，报告内容应信息完整，满足后续设计、施工工作需求。中深层地埋管换热系统是通过间接换热方式吸收中深层换热井周围储存于地层中的地热能，取热不取水。中深层地热换热器取热量可依据地温梯度与换热器安装深度进行估算。

3.4 地下水换热系统勘察

3.4.1 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。

3.4.2 水文地质勘察可采用测绘、物探、钻探、水文地质试验、动态监测等手段进行。

【条文说明】水文地质勘察可参照《供水水文地质勘察规范》GB 50027，《管井技术规范》GB 50296。

3.4.3 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，相邻含水层之间的水力联系；
- 3 含水层的富水性和渗透性；
- 4 地下水补给、径流、排泄条件，包括径流方向、速度和水力坡度；
- 5 地下水水温及空间变化特征；
- 6 地下水水质、含砂量，以及地下水化学特征；
- 7 地下水水位动态变化情况；

8 周边地下建（构）筑物对含水层的补给、径流、排泄影响分析。

【条文说明】水文地质勘察时应分析地下水对取、回水管道材料的腐蚀性评价；随着城市的快速发展，深大基坑工程、地铁等地下建（构）筑物的建设，在施工过程中采用止水帷幕等止水措施，破坏了含水层的完整性，改变了地下水的补给径流条件，水文地质勘察时应搜集周边已建及规划的地下建（构）筑物对含水层取水的影响分析。

3.4.4 地下水换热系统的勘探点和勘察孔数量的设置应结合系统应用建筑面积和地质情况的复杂程度共同决定，根据表 3.1.3 的工程分级，勘探点数量的确定应符合以下原则：

1 甲级工程勘察项目：对于同一场地内勘探点不少于 3 个，抽水试验和回灌试验均应不少于 3 处，同一水文地质单元内勘探点数量不少于 1 个，抽水试验和回灌试验均不少于 1 处；

2 乙级工程勘察项目：对于同一场地内勘探点不少于 2 个，抽水试验和回灌试验均应不少于 2 处，同一水文地质单元内勘探点数量不少于 1 个，抽水试验和回灌试验均不少于 1 处；

3 丙级工程勘察项目：当场地附近存在类似工程且场地地质条件相似时，可根据场地附近类似工程抽水及回灌的工程经验确定相关的水文地质、水质、水温、水量等相关参数；当无类似经验或与附近类似工程场地地质条件差异较大时，同一场地内抽水试验和回灌试验均应不少于 1 处。

【条文说明】当拟建场地水文地质条件复杂，按照 3.4.4 条布置勘探点数量无法满足地下水换热系统水文地质评价要求时，应进行专项的水文地质勘察工作。

3.4.5 地下水换热系统勘察工作及现场试验应符合下列规定：

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查井，勘查井施工应满足现行国家标准《供水水文地质勘察规范》GB50027 和《管井技术规范》GB50296 的要求；

2 勘查井的深度，应根据含水层或含水构造带埋藏条件确定，大于用水工程预计抽水井和回灌井的最大深度，当有多个含水层组时，宜进行分层勘查，获取各层水文地质资料；

3 勘查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；

4 抽水试验及回灌试验方法及步骤应满足现行国家标准《供水水文地质勘

察规范》GB50027 的要求；

5 应结合抽水井的降深和回灌井的水头，对水井周围可能引起的不良地质现象进行评价，岩溶发育地区应对可能引起的地面塌陷等情况进行重点评述；

6 水文地质试验应包括地下水水质及出水温度测试、地下水流向试验，查明渗透系数、影响半径等水文地质参数。

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井改造成换热井加以利用。

【条文说明】本条主要是对地下水换热系统勘察工作及现场试验提出的要求，共有 7 款。

针对第 5 款，抽水井过量开采易引起地面沉降，造成周边建筑物下沉开裂，回灌井位于地下建筑物周边时，因回灌水头的局部增加，应对已有建筑的地下室产生的抗浮影响进行分析评价。江西省碳酸岩及碳酸盐岩分布较广泛，岩溶发育程度不均一。岩溶发育地区普遍存在溶洞，在覆盖型地区一般埋藏浅、溶洞及土洞密集，上部岩土体强度低，在地下水取水过程中易引起地面坍塌，不同程度地威胁建筑物的安全和正常使用。进行地下水换热系统勘察时，应根据岩溶发育地区的地层、构造及水文地质情况进行可行性评价，并给出是否可以取水的明确结论。

针对第 6 款，地下水地源热泵系统应采取水样进行全分析，每件试样宜为 3000ml，必要时应采取水样进行专门分析，试样数量根据具体项目确定。采取水样时应将水样瓶沉入水中预定深度并缓慢将水注入瓶中，严防杂物混入，水面与瓶塞间要留 1cm 左右的孔隙。水样采取后要立即封好瓶口，贴好水样标签，及时送化验室，清洁水放置时间不宜超过 72h，稍受污染的水放置时间不宜超过 48h。水中含有 Fe^{2+} 、 Mn^{2+} 等易氧化的离子应在水样中添加稳定剂。水质分析时应在抽水试验稳定后采取水样进行含砂率测试。

针对第 7 款，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。

3.4.6 勘察报告应包括以下内容：

- 1 项目概况；
- 2 勘察工作概况；
- 3 拟建工程场区场地条件；
- 4 拟建工程场区水文地质条件分析；
- 5 换热井抽、灌能力评价；

6 地质环境影响与评价；

7 结论与建议。

【条文说明】勘察报告应附目标含水层抽水试验和回灌试验的综合成果图、水井柱状图及水质分析报告等图件。

3.5 地表水换热系统勘察

3.5.1 地表水换热系统方案设计前，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，并对取水构筑物地质进行勘察评价。

【条文说明】对于江河水，应通过收集水文资料并实地调查来确定江河水量、水质和温度是否能够满足夏季供冷和冬季供暖的需要。对于湖水，应通过热平衡分析与计算来确定夏季供冷期间的最高水温 and 冬季供暖期间的最低水温。

3.5.2 地表水换热系统可利用江、河、湖泊、水库等地表水体，勘察主要以现场调查为主，应包括下列内容：

- 1 地表水水源性质、水面用途、深度、面积及其分布情况；
- 2 地表水水体的补给、排泄等均衡条件及水量、水位动态变化规律等；
- 3 不同深度的地表水水温、水位动态变化；
- 4 地表水流速和流量的动态变化情况；
- 5 地表水利用现状及规划；
- 6 地表水取水和回水对水质及生态环境的影响；
- 7 开式系统地表水取水和回水的适宜地点及路线；
- 8 闭式系统地表水换热器布置适宜区域及干管路线；
- 9 航运情况、附近取排水构筑物情况；
- 10 河（湖）床的地形和淤积情况，岸线的稳定性。

【条文说明】地表水源资源和取水条件是能否应用地表水水源热泵系统的基础，地表水温受气候影响大，全年波动大，掌握地表水的水温的变化规律是实施地表水水源热泵系统的前提。地表水水温、水位及流量勘察应包括近 20 年最高和最低水温、水位及最大和最小水量；地表水水质勘察应包括引起腐蚀与结垢的主要化学成分，地表水源中含有的水生物、细菌类、固体含量及盐碱量，地表水水质及其动态变化情况，并评价判定对工程管道材料的腐蚀性等。

3.5.3 当利用城市污水时，勘察和评价除应满足 3.5.2 外还应包括以下内容：

1 污水的性质及水质性质、来源、排水位置、污水管网的布局、走向和处
理工艺；

2 全年水温、水质、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；（水温、水质及流量动态数据
应包含枯、平、丰水期）

3 评价水质的腐蚀性和结垢性，并判定引起腐蚀和结垢的主要化学成分。

4 污水资源利用现状中长期发展规划；

【条文说明】污水勘察应前往相关管理部门进行调查，分析相关区域的城市污水、工业污
水等的变化规律和未来发展趋势。污水换热系统的布设应避开埋设燃气、排水、电力等系
统的位置。

3.5.4 勘察报告应包括以下内容：

1 项目概况；

2 勘察工作概况；

3 拟建工程场地条件；

4 地表水（污水）资源条件；

5 水工构筑物地基基础分析与评价；

6 结论与建议。

4 工程可行性分析

4.1 一般规定

4.1.1 在符合国家和江西省相关法规、政策的前提下，且地源热泵系统应用技术经济合理的建设项目，宜优先采用地源热泵系统。

【条文说明】根据国家、江西省可再生能源发展规划和相关政策，鼓励可再生能源的技术和系统应用，有条件的建设项目优先采用地源热泵系统。

4.1.2 采用地源热泵系统的工程项目，应根据工程勘察报告进行工程可行性评估，由建设单位委托相关单位或自行编制可行性评估报告。

4.2 可行性评估

4.2.1 项目评估前应收集建设项目影响区域的相关政策、规划、气象水文、河流（湖泊）水系、地质条件、地下管线和建（构）筑物设施及施工技术条件等资料，详细了解当地能源供应、能源价格、物价水平等。

4.2.2 可行性评估应包括以下内容：

1 建设条件评估：结合工程建设区的工程地质条件、气象及水文地质条件、建设规模及地区节能要求和相关政策分析工程项目建设的可行性和必要性。

2 建设方案评估：对浅层地热能资源利用场地的条件和影响进行评估，计算建设场地可利用的浅层地热资源量，评估是否满足建筑物设计负荷，根据评估结果提出适宜的地源热泵系统的建设方案。

3 建设成本评估：评估地源热泵系统建筑工程费、设备购置费、安装工程费、工程建设其他费用、基本预备费、涨价预备费和建设期利息等。

4 经济效益评估：按规定科目详细分析地源热泵系统运营收入和成本费用，计算项目与常规供暖供冷方式系统的增量成本、静态增量投资回收期和项目费效比等相关指标，评价项目的可行性。

5 环境影响评估：根据项目的建设方案分析预测建设项目可能存在的危险、有害因素的种类和程度，在环境质量现状监测和调查的基础上，运用技术手段进行分析、预测和评估，提出经济合理、技术可行的解决方案。

6 社会效益评估：根据项目的建设方案分析预测项目建设和运营过程中产

生的社会效益，分析估算项目全年系统常规能源替代量：二氧化碳（CO₂）、二氧化硫(SO₂)和粉尘等的减排量，分析项目对环境效益的积极作用，项目对社会影响和社会风险；分析社会对项目的支持和接受程度。

【条文说明】不同地源热泵类型的环境影响评估应具有针对性和侧重性，对于地埋管地源热泵应针对地埋管换热系统对土壤的热平衡和土壤环境的改变进行评估，以及循环介质泄漏对地下水水质的影响；对地下水地源热泵应重点开展对地下水回灌、渗流条件、水质变化、地面沉降、岩溶塌陷、地裂缝等地质环境影响进行评估；对于地表水地源热泵应评估换热系统对地表水水体环境的影响。

4.2.3 可行性评估报告应包含以下内容：

- 1 工程概况；
- 2 项目建设的必要性；
- 3 项目建设条件分析；
- 4 项目建设方案研究；
- 5 环境影响与安全预测评价；
- 6 投资估算；
- 7 财务评价；
- 8 社会评价；
- 9 结论与建议。

【条文说明】工程概况中应详细说明工程项目所在的地理位置、气象及水文地质条件、地形及地貌特征、工程项目规模（用地面积、建筑面积、性质、层高、基础类型）等。

5 地埋管换热系统

5.1 浅层地埋管换热系统

5.1.1 一般规定

5.1.1.1 浅层地埋管换热系统初步设计前，应根据可行性评估报告确定地埋管换热系统实施的可行性及经济性。

5.1.1.2 浅层地埋管换热系统施工前，应进行详细的施工组织设计，严禁损坏既有地下管线及建（构）筑物，预留后期规划地下管线的埋管空间及重型设备的车道位置。

【条文说明】管沟开挖施工中遇有文物古迹时，应予以保护，避开并及时与有关部门取得联系。地埋管换热器远离水井、室外排水设施等构筑物，以减少这些设施的影响，距离水井、化粪池宜不少于 15m。地埋管施工一般早于其它规划管线的铺设时间，施工时应明确规划管线的位置和埋管区域，同时确定进出重型设备的车道位置，应避开既有地下管线及建（构）筑物，确保在保护线以外。

5.1.1.3 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，并建立地埋管换热器的数据档案。

【条文说明】浅层地埋管换热器属于地下隐蔽工程，为避免后期其他工程对其破坏，应在埋管区域做出标志或标明管线的定位带。埋管区域作出标志或定位带应以永久性标识为主，不应以树木、灌木、花园等作为标识，每孔地埋管换热器都应建立数据档案，包括定位坐标、实际深度、钻孔完成时间等。

5.1.1.4 通过热平衡计算分析、优化设计、运行动态监测和管理控制手段，实现地下岩土热平衡，满足浅层地埋管换热系统长期安全运行。

【条文说明】动态监测地温场的变化，保证热平衡，实时了解浅层地埋管换热系统的运行情况，加强管理可避免夏季过度使用，从而导致热堆积。

5.1.2 浅层地埋管管材与传热介质

5.1.2.1 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。

【条文说明】管材正式使用前应进行质量检验，确保管材内外表面清洁、光滑，未有明显的划伤、凹陷、颜色不均等缺陷，管材端头应切割平整，并与管轴线垂直。为预防管道受热发生热变形，地埋管管材及管件运输及存放时，不得在阳光下暴晒。

5.1.2.2 浅层地埋管管材及管件应符合下列规定：

1 浅层地埋管应采用化学稳定性好、耐腐蚀、导热系数大、流动阻力小的塑料管材及管件，宜采用高密度聚乙烯管（PE80 或 PE100），不宜采用聚氯乙烯（PVC）管，不应使用再生塑料管材，管件与管材应为相同材料，管材寿命不小于 50 年。

2 浅层地埋管质量应符合国家现行标准中的各项规定。管材的公称压力及使用温度应满足设计要求。管材的公称压力不应小于工作压力的 1.5 倍，且不应小于 1.0MPa。地埋管外径及壁厚可参照附录 B 选用。

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

4 竖直地埋管换热器的 U 型弯管接头，宜选用定型的 U 型弯头成品件，不应采用直管道煨制弯头或焊接弯头。弯头成品件与竖直地埋管换热器的连接宜在工厂完成。

【条文说明】聚乙烯管应符合《给水用聚乙烯(PE)管道系统》GB/T 13663 的要求。公称压力是与管道系统部件耐压能力有关的参考数值，为便于使用，通常取 R 10 系列的优先数。竖直埋管的公称压力根据孔深与工作压力来确定。

5.1.2.3 传热介质应使用优于 III 类地下水质量标准的水为首选，进出水温度应符合下列要求：

1 夏季运行工况条件下，地埋管换热器出水温度不宜高于 33℃；

2 冬季运行工况条件下，地埋管换热器进水温度不宜低于 4℃。

【条文说明】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。

5.1.2.4 特殊条件下循环介质需添加防冻剂时，添加防冻剂的传热介质的冰点宜比设计最低运行水温低 3~5℃。选择防冻剂时，应同时考虑防冻剂对管道与管件的腐蚀性，防冻剂的安全性、经济性及其对换热的影响。严禁防冻剂对环境产生危害。

【条文说明】江西省在极端天气的条件下，会出现冰冻情况，在需要防冻的区域应添加防冻剂。

5.1.3 浅层地埋管换热系统设计

5.1.3.1 浅层地埋管地源热泵系统的设计应由具有相应设计资质的单位完成，应使建筑负荷需求与浅层地热能资源量相匹配。

5.1.3.2 浅层地埋管换热器设置应符合下列要求：

1 地埋管换热器宜结合系统末端需求和冷热源机组的设计方案进行分区设置；

2 地埋管换热器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；

3 应远离水井及避让室外排水设施，并宜靠近机房或以地埋管地源热泵机房为中心设置；

4 埋管穿越基础或地下室外墙时应采取相应的保护及防渗措施，同时应充分考虑防潮设置，避免管壁结露；

5 当利用桩基埋管或在建筑物基础、地下室底板下埋管时，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，不得对结构安全造成隐患。

【条文说明】本条主要是对浅层地埋管换热器设置提出的要求，共有 5 款。

针对第 3 款，地埋管换热器应远离水井及避让室外排水设施等构筑物，以减少对这些设施的影响，距离水井、化粪池宜不少于 15m。靠近机房或者以机房为中心是为了缩短供、回水集管的长度。

针对第 4 款，随着城市化进程的不断发展，土地资源紧张，主体建筑下一般均设有多层地下室，致使没有足够的空地、绿化带等区域用于设置地埋管换热器，导致地埋管换热器只能设置在地下室底板下，往往需要穿过地下室侧墙或底板进入机房，势必对地下室外墙或底板的防渗造成影响，水平管道的沟槽开挖会破坏土层的结构，因此采取相应的措施

进行保护。

针对第 5 款，具备条件时，竖直地埋管换热器可以利用建筑物的桩基埋设，即将 U 形管、螺旋管捆扎在桩基的钢筋网架上，然后浇灌混凝土，使 U 形管、螺旋管固定在桩基内。

5.1.3.3 浅层地埋管换热器设计应符合下列要求：

1 地埋管换热器应根据可利用地面面积、工程勘察和可行性评估结果及钻井成本、挖掘成本等经济因素确定具体埋管方式；

2 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。当最大吸热量和释热量两者相差较大时，在经济合理时，可采用辅助热源或冷却源与地埋管换热器并用的复合式系统；

3 地埋管换热器长度及间距宜根据现场实测岩土体及回填料热物性参数，并考虑负荷特征、管材性质、地下水径流的影响，采用专用软件进行计算。中、小型竖直地埋管换热器设计计算可按照附录 C 的方法进行计算；

4 地埋管换热器设计计算时，环路集管不应包括在地埋管换热器长度内；

5 岩土热物性测试得到的单位延米换热量可作为初步设计的参考，施工图设计应严格按照动态计算结果确定地埋管换热器的长度；

6 对地埋管换热器进行分区设计时，场地条件允许时宜采用条带状分散布设换热孔，当整场地均匀布设时宜中心间距取大值四周取小值的布设方式，保证地埋管运行的间歇性和地温的恢复；

7 水平地埋管换热器可不设坡度。最上层埋管顶部应距离地面不宜小于 1.5m，可分层埋设，分层间距不小于 1.0m，也可水平管沟埋设，水平间距不小于 1.2m；

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

9 竖直地埋管换热器深度和间距应根据工程勘察报告确定，深度宜为 60m~120m，且同一环路内钻孔孔深应相同。单 U 形埋管钻孔孔径不宜小于 110mm，双 U 形埋管钻孔孔径不宜小于 130mm，钻孔间距应满足换热需要，间距宜为 4~6m。水平连接管的深度宜在距离地表以下 1.5m，埋设在地下室底板以下时，距离地下室底板宜不小于 0.5m；

10 竖直地埋管换热器两端应分别与供、回水环路集管（或中间集、分水器）

相连，且宜同程布置，每对供、回水环路集管连接的地埋管环路数宜相等，并应在各环路的集、分水器 and 总接口处分别设置检查井，井内设置相应的阀门和压力表；

11 规模较大的项目中，地埋管换热系统分、集水器宜分区设置。竖直地埋管换热器应进行分组连接，每组换热器的数量宜相等或相近，且每组集管连接的地埋管环路数不宜超过 8 个。集管与分、集水器之间应设置阀门，分、集水器的间距不应小于 0.6m，否则管道应进行保温；

12 地埋管换热器内传热介质应保持紊流状态，单 U 型埋管管内流速不宜小于 0.6m/s，双 U 型埋管管内流速不宜小于 0.4m/s，水平环路集管坡度宜为 0.002。

【条文说明】本条主要是对浅层地埋管换热器设计提出的要求，共有 12 款。

针对第 1 款，地埋管换热器有水平和竖直两种埋管方式。当可利用场地面积较大，岩土体温度及相关参数受外界条件影响较小，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。水平地埋管形式和竖直地埋管换热形式详见《地源热泵系统工程技术规范》GB 50366 中 4.3.4 条文说明。

针对第 2 款，地源热泵系统最大释热量与建筑设计冷负荷相对应。包括：各空调分区内水源热泵机组释放到循环水中的热量(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。将上述三项热量相加就可得到供冷工况下释放到循环水的总热量。即：

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

地源热泵系统最大吸热量与建筑设计热负荷相对应。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。将上述前二项热量相加并扣除第三项就可得到供热工况下循环水的总吸热量。即：

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

最大吸热量和最大释热量相差不大的工程，应分别计算供热与供冷工况下地埋管换热器的长度，取其大者，确定地埋管换热器；当两者相差较大时，宜通过技术经济比较，采用辅助散热(增加冷却塔)或辅助供热的方式来解决，一方面经济性较好，同时，也可避免因吸热与释热不平衡引起岩土体温度的热堆积或冷堆积。

针对第 3~5 款，由于热响应测试均未考虑建筑的全年动态负荷情况，岩土层处于初始

温度，未考虑系统运行一定的时间后，整个地温场的温度随着供冷、供暖发生温度变化的情况，换热能力会有所降低。加之热响应测试一般都为单孔测试，未考虑群孔地埋管之间传热的影响，造成实际测得的排热或吸热能力比实际运行过程中钻孔的换热能力要强。另外，地埋管换热器换热效果受热物性参数的影响较大，同一地区不同的地层岩性、水文地质条件影响热物性参数差别较大。故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，可能会导致系统换热能力不足、节能效果较差，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，竖直地埋管换热器长度和埋管深度应通过国内外已开发的成熟地埋管设计计算软件进行计算，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。环路集管多位于地面以下 1.5m，处于变温带，对整个换热器的换热能力影响不大，故不予考虑在地埋管换热器长度内。

5.1.3.4 浅层地埋管换热系统设计应符合下列要求：

- 1 地埋管热泵系统设计应进行全年动态负荷计算，最小计算周期宜为 1 年。计算周期内，地源热泵地埋管换热系统总释热量宜与其总吸热量相平衡。
- 2 地埋管换热系统宜采用变流量设计；
- 3 地埋管换热系统应根据地质特征确定回填材料，宜采用膨润土和细沙（或水泥）的混合浆或专用灌浆材料。回填材料的导热系数不宜低于周围岩土体的导热系数，且应与周围岩土体相适应，具有良好的密封低渗透性能；
- 4 地埋管换热系统应设排气、定压、膨胀、过滤、自动充液装置及泄漏报警系统；
- 5 地埋管换热系统的设计应根据实际选用的传热介质的水力特性进行水力计算，地埋管压力损失和承压能力可按附录 D 计算。在此基础上，结合冬季取热、夏季放热两种工况合理确定循环水泵的流量和扬程；
- 6 与地埋管换热器连接的水泵、阀门、管道附件等选择应符合国家现行相关规范的要求，并应有可靠的保温措施；
- 7 地埋管换热系统设计时应考虑地埋管换热器的承压能力，若建筑物内系统压力超过地埋管换热器的承压能力时，应设中间换热器将地埋管换热器与建筑物内系统分开；
- 8 地埋管换热系统应设置反冲洗系统，冲洗流量宜为工作流量的 2 倍；
- 9 大规模地埋管地源热泵系统，宜进行 10 年以上地源侧热平衡计算；

10 根据表 3.1.3 的分类，对于甲级和乙级地源热泵工程应设置地温场动态监测系统；丙级地源热泵工程，宜设置地温场监测系统。

【条文说明】本条主要是对浅层地埋管换热系统设计提出的要求，共有 10 款。

针对第 3 款，换热孔回填是地源热泵换热器的关键工序，也是成本较大的工序。灌浆回填料一般为膨润土和细沙（或水泥）的混合浆或其它专用灌浆材料。膨润土的比例宜占 4%~6%。当原浆中成分为非泥浆，导热系数满足要求，且对回填积累了一定的施工经验时，可采用原浆回填，减少外来回填材料的输入量。如果地埋管换热器设在非常密实或坚硬的岩土体或岩石情况下，宜采用水泥基料灌浆，以防止孔隙水因冻结膨胀损坏膨润土灌浆材料而导致管道被挤压节流。

针对第 5 款，地埋管换热器的压力损失宜控制在 100Pa/m~300Pa/m，最大不应超过 500Pa/m。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，此时连接各区域分、集水器和热泵机组的管道管径、流量都较大，可参考空调水系统经济比摩阻进行选择，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。换热系统设计时，地源侧循环水泵的扬程应按最不利环路的压力损失（包括管路局部水头损失、沿程水头损失，热泵机组、平衡阀和其他设备管件的压力损失）来考虑，并考虑一定的安全富余量。

针对第 10 款，地源侧温度场的变化是地源热泵系统成功与否的关键，岩土体温度场及其变化趋势是了解系统热平衡的重要参数，为避免热堆积，及时调整地源热泵系统运行管理，甲、乙级地源热泵工程应设置地温场动态监测系统，丙级地源热泵工程可以在地埋管出水总管上设置温度监测系统，监测地埋管出水温度作为土壤温度变化定性评估指标。

5.1.4 浅层地埋管换热系统施工

5.1.4.1 浅层地埋管换热系统的施工应由具有相应地质勘察资质单位完成。

5.1.4.2 地埋管换热系统施工前应具备埋管区域的工程勘察资料、设计文件和施工图纸，并完成施工组织设计。施工组织设计应由监理工程师审核、批准，并报建设单位备案。

5.1.4.3 地埋管换热系统施工前应了解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。

5.1.4.4 地埋管换热系统施工过程中，应严格检查并做好管材保护工作，并应符

合下列规定：

1 进入现场的管材、管件应逐件进行外观检查，并按照相关规定进行抽检和取样复试，经有检测资质的单位检测合格后方可使用；

2 管材和管件存放、搬运和运输过程中，应小心轻放，排列整齐，采用柔韧性好的皮带、吊带或吊绳进行装卸，不得随意抛摔和沿地拖拽；

3 夏季施工应预防管道受热发生热变形，未安装的管道不应受太阳直射。

5.1.4.5 竖直地埋管钻孔施工设备和钻进工艺，应根据换热孔深度、孔径及地质条件等因素合理确定，施工前宜进行试验成孔。

【条文说明】竖直地埋管成孔与建筑场区的地质条件、水文地质条件，及成孔孔径、孔深有直接的影响。江西省地区一般采用回转钻井或潜孔锤施工，根据不同的地质情况，选择经济合理的施工设备和钻进工艺。在地下水丰富地区，针对上部砂土松散层较厚情况，以及遇回填土、卵石层、流沙带、破碎带等复杂地层，可采用套管或泥浆护壁的方式进行钻进，护壁套管内径应与设计钻孔孔径一致。当钻孔孔壁不牢固或存在孔洞、溶洞、洞穴等导致成孔困难时，应设护壁套管或用钻孔泥浆护壁。试验成孔的孔径、孔深等参数应与设计地埋孔保持一致。

5.1.4.6 竖直地埋管钻孔施工应符合下列规定：

1 钻孔施工场地应进行地面清理，铲除地面杂草、杂物和浮土，并平整地面，保证钻机具备良好的安装与运行条件；

2 钻进过程中，做好钻孔记录，包括地下岩土层情况、地下水情况；

3 实际钻孔孔深宜大于设计孔深 1~2m；

4 在回填土、卵石层、流沙带、破碎带等复杂地层宜采用跳孔施工顺序，下管灌浆完成 24h 内不宜进行相邻孔钻进施工；

5 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、存储钻孔浆液。设置排水沟和泥浆池应避开其他钻孔位置；

6 钻进成孔后下管前，采用压缩空气或清水进行清孔，孔底沉渣不大于 0.5m；

7 钻孔孔位偏差不应大于 0.1m，钻孔的垂直偏差不应大于 1.0%，钻孔终孔孔径不应小于设计孔径；

8 钻孔揭露多层地下水时，应采取回填封闭措施。

【条文说明】本条主要是对竖直地埋管钻孔施工提出的要求，共有 8 款。

针对第 1 款，钻孔施工应执行《岩土工程勘察规范》GB 50021、《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T 87 中的规定。

针对第 2 款，江西省地层相对复杂，针对红层地区岩土性质相对较好，实际钻探深度宜不小于设计孔深 1m，在岩层裂隙发育破碎带、灰岩溶蚀、溶洞发育区，建议实际钻探深度宜不小于设计孔深 2m，避免成孔后沉渣过厚，竖直换热器无法下至钻孔底部。

针对第 5 款，当采用泥浆护壁时，为避免泥浆污染周边环境，拟建区域内应设置泥浆池并存储，灌浆完毕后，统一外运清理。

针对第 8 款，对含有一层或多层地下水的地区，为防止地表水或上层滞水通过钻孔向下渗透或不同含水层之间地下水相互影响，保护地下水不受污染，不宜采用渗透性较强的沙土回填，应采用膨润土和细沙（或水泥）的混合材料灌浆回填。

5.1.4.7 竖直地埋管换热器的安装及回填灌浆应遵循以下要求：

1 竖直地埋管换热器 U 形管安装应在钻孔完成且孔壁固化后立即进行；

2 当钻孔完成后下管前，应先将 U 形换热管按设计要求组装好，水压试验合格后将 U 形换热管带压下入孔内，安装完毕后，应及时灌浆回填封孔。下管时应连续、缓慢，并应采取措施使 U 形换热管各支管处于分开状态。下管深度与设计深度误差不超过 0.5m；

3 灌浆液应从孔底自下而上灌注封孔，确保钻孔灌浆密实，无空腔；

4 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；

5 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。

6 当竖直地埋管换热器位于建筑地下室范围内并在基坑开挖前施工时，应预留足够的长度并采取相应的技术措施，保证地下室底板下有效换热器长度达到设计要求；

7 下管完毕后 U 形换热管上端应高出地面，管端应作好临时封闭措施，防止进入杂物；

8 采用双 U 形换热管时，环路集管与地埋换热管连接前应进行管道组对检验。

【条文说明】本条主要是对竖直地埋管换热器的安装及回填灌浆提出的要求，共有 8 款。

针对 3~5 款，回填材料应搅拌均匀后使用，宜根据地下水水位情况，选择孔口灌浆或孔底注浆。采用孔口灌浆时，灌浆过程应缓慢，并注意观察地埋管周围回填料的沉降情况，必要时需采用多次灌浆回填，确认稳定后方可结束该工序；采用孔底注浆时，注浆管和 U 形换热管一起下入孔中，注浆管内径不宜小于 20mm，注浆管底端宜设防堵堵头，且注浆时应能够将其冲开，注浆管下入深度宜距 U 形端头 0.3~0.5m，注浆设备应选用专用注浆泵。

针对第 6 款，地埋管换热器位于地下室底板以下时，按照基坑开挖与地埋管施工的先顺序，如先施工地埋管后进行基坑开挖时，地埋管需从原地面进行安装，考虑钻孔的超深、PE 管孔内弯曲等影响因素，竖直地埋管长度应在设计长度及地下室深度的基础上需要一定的富余量，并且基坑开挖时要做好管路的保护工作；或者采取相应的技术措施，确保竖直地埋管准确下放至设计标高处，有效换热器长度达到设计要求，并提前做好相应的施工组织设计。

针对第 8 款，当双 U 形换热管采用双腔式弯管接头时，供回水管宜用颜色或其它标识加以区分，防止供回水管相互混淆，环路集管与地埋换热管连接前应进行管道组对检验，防止供回水管搭接错误。

5.1.4.8 水平地埋管换热器及竖直地埋管水平管网部分埋设应遵循以下要求：

- 1 水平管网应布置警示带，警示带宜铺设于管道上方，沟槽深度的 1/2 处；
- 2 水平管网施工在竖直埋管完成后进行，水平管沟开挖应保护好 U 形换热管，防止损坏 U 形换热管过管内进入杂物。水平管开挖沟槽如位于填土上方，应采取相应的措施进行处理，避免填土沉降造成管材损坏；
- 3 水平管道铺设前，沟槽底部应先铺设相当于管径厚度的细砂。水平管道安装时应防止石块等重物撞击管身。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；
- 4 所有地埋管道应采用热熔或电熔连接。聚乙烯管道连接应符合国家现行标准《埋地塑料给水管道工程技术规程》CJJ 101 的有关规定；
- 5 地埋管系统水平集管与地埋管换热器的连接：当管径小于等于 De63 时，宜采用电熔套筒连接；当管径大于 De63 时，宜采用热熔对接方式。如需采用金属件丝扣连接时，必须在连接件外作防腐处理，并设置围护检查井；
- 6 水平埋管在挖沟转弯处需用圆角，避免 90° 直接转弯，或安装合适的弯管接头；

7 水平管沟的回填料应细小、松散、均匀，且不应含石块及土块。回填过程槽底至管顶以上 500mm，不得含有机物和冻土，应采用人工逐层均匀压实，每层厚度不宜大于 0.3m。回填料应与管道接触紧密，且不得损伤管道。

【条文说明】回填材料宜采用中粗砂充填、覆盖管道两侧和上部，中粗砂以上部分的回填料宜采用不含块石和建筑垃圾的土，回填应均匀、密实。

5.1.4.9 地埋管换热器安装前，地埋管换热器与环路集管装配完成后及地埋管换热系统全部完成后均应对管道进行冲洗。

【条文说明】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，避免赃物再次进入管内。

5.1.4.10 当室外环境温度低于 5℃，不宜进行管道连接、试压等操作活动；当室外环境温度低于 0℃时，不得进行地埋管换热器的施工。

【条文说明】当室外环境温度低于 0℃时，塑料地埋管物理力学性能将有所降低，容易造成地埋管的伤害，故不得低于该温度进行地埋管换热器的施工。

5.1.5 浅层地埋管换热系统检验与验收

5.1.5.1 浅层地埋管换热系统安装过程中，应按隐蔽工程相关规定和方法进行现场检验，并提供检验报告。检验内容应符合下列规定：

- 1 管材、管件等材料应符合国家现行标准的规定；
- 2 钻孔、水平管位置和深度、地埋管的直径、壁厚及长度均应符合设计要求；
- 3 回填过程的检验应与安装地埋管换热器同步进行，回填料及其配比应符合设计要求；
- 4 水压试验应合格；
- 5 各环路流量应平衡，且满足设计要求；
- 6 防冻剂和防腐剂的特性及浓度均应符合设计要求；
- 7 循环水流量及进出水温差均应符合设计要求。

5.1.5.2 水压试验应符合下列规定：

- 1 不应在有结冰的危险的寒冷天气中进行水压测试，不应以气压试验代替水压试验进行压力测试；

2 试验压力：当工作压力小于等于 1.0MPa 时，应为工作压力的 1.5 倍，且不小于 0.6MPa；当工作压力大于 1.0MPa 时，应为工作压力加 0.5MPa；

3 水压试验步骤：

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

2) 竖直或水平地埋管与环路集管装配完成后，回填前应进行第二次水压试验。在试验压力下，稳压至少 30min，稳压后压力降不应大于 3%，且无泄漏现象。

3) 环路集管与机房分集水器连接后，回填前应进行第三次水压试验。试验压力下，稳压至少 2h，稳压后压力降不应大于 3%，且无泄漏现象。

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

5) 系统联合调试时，应进行第五次水压试验。试验压力下，稳压至少 12h，稳压后压力降不应大于 3%，且无泄漏现象。

4 当换热孔中无地下水及回填不密实时，水压试验中系统最低点的压力不应大于管材的公称压力；

5 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，不应有渗漏。

5.1.5.3 地埋管换热系统的验收由建设单位组织，设计单位、施工单位、监理单位、勘察单位等参与，验收合格后应出具验收报告。

5.2 中深层地埋管换热系统

5.2.1 一般规定

5.2.1.1 中深层地热地埋管换热系统应以地热地质勘查与评价结果为依据，结合地热地质条件进行地热换热系统设计与施工。

5.2.1.2 中深层地热换热器的埋管型式应根据可使用地面面积、岩土结构、岩土竖向温度分布、钻井成本等因素综合确定，宜优先采用同轴套管型式。

【条文说明】中深层地热换热器现有同轴套管式和U型管式两种。由于江西省现阶段暂无中深层换热工程相关实例，参照国内已有的中深层换热工程，U形管式深埋管具有深层水平连接管，且埋管处于高温岩土区，埋管单位延米换热量一般较大，但钻井工艺复杂，成本较大。相对于U形管式中深层地热换热器，同轴套管式施工工艺更为成熟，经济性更好，故宜优先采用同轴套管型式。同轴套管中深层地埋管换热器应采用外进内出的型式。

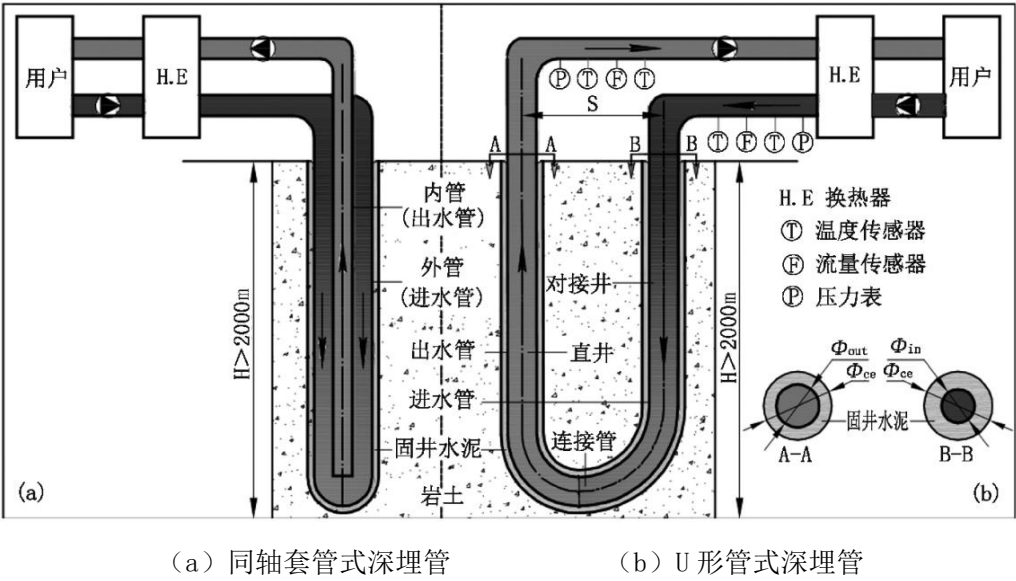


图 5.1 两种常见的中深层地埋管换热系统的埋管型式

5.2.1.3 中深层地埋管换热系统建设完成后，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，并建立地埋管换热器的数据档案。

5.2.1.4 中深层地埋管换热系统施工前，应进行详细的施工组织设计，严禁损坏既有地下管线及建（构）筑物，预留后期规划地下管线的埋管空间及重型设备的车道位置。

5.2.2 中深层地埋管管材与循环介质

5.2.2.1 中深层地埋管管材及管件应符合下列规定：

- 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 地埋管应采用化学稳定性好、耐腐蚀、耐高温、承压能力大、流动阻力

小的特制钢管或塑料管材及管件。

3 对同轴套管式地埋管换热器，外管应采用不锈钢管或石油套管等导热系数大、承压能力强的材料；内管宜采用聚乙烯管（PE100）等导热系数小、承压能力较大的材料。

4 管件与管材应为相同材料。

5.2.2.2 中深层地埋管循环介质宜以水为主，应具有良好的环保性能，并符合下列要求：

- 1 安全、无腐蚀性且与中深层地埋管管材无化学反应；
- 2 较低的冰点；
- 3 良好的传热特征，较低的摩擦阻力；
- 4 易于购买、运输和储藏；
- 5 不得加注乙二醇等添加剂。

【条文说明】循环介质应选用环保、性能稳定、导热率高的换热介质，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/T18430.1的要求。为防止因泄露等原因对地层造成污染，循环介质中不得加注乙二醇等添加剂。

5.2.3 中深层地埋管换热系统设计

5.2.3.1 中深层地埋管换热系统的设计应由具有相应设计资质的单位完成。

5.2.3.2 中深层地埋管换热系统应根据建筑物冬季用热负荷和地埋管换热系统的供热量进行设计，合理配置蓄能装置、削峰热源形式等。

【条文说明】中深层地埋管换热系统设计范围应包括中深层地埋管换热器和地源侧相应管路及设备。中深层地埋管换热系统的供热量应满足建筑物冬季用热负荷，热负荷计算方法应符合《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB50736、《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB50019的相关规定。

5.2.3.3 中深层地埋管换热系统建成后宜建立长期监测井，持续观测进出井口温度、流量及热交换量。

【条文说明】拟建项目为多井供热时，应选择代表性井作为监测井。在有条件时，可采用预置深井分布式光纤温度监测系统或深井测温仪等方式定期测量不同深度的井温。

5.2.3.4 中深层地埋管换热器安装至中深层热储层，埋深宜为2000m~3000m。

【条文说明】中深层岩土体是指埋深在 200~3000m 之间的岩土体，中深层地埋管换热系统以中深层岩土体为热源或低位热源，采用封闭环路取热不取水，直接向建筑供热或通过热泵提升后供热，埋深较深时不具备供冷功能。中深层地埋管换热器安装深度与地热资源条件相关，考虑换热效果、钻孔成本等条件，中深层地埋管钻孔孔深一般在 2000~3000m 时可以获得较好换热效果。具体应根据各地区实际地质条件因地制宜的设计中深层地埋管换热器安装深度。

5.2.3.5 中深层地埋管换热系统的水平管深度应满足地下交通、景观、绿化、人防等及地面荷载的要求，且水平管段应做保温措施。

5.2.3.6 中深层地埋管换热系统应根据建筑负荷和地埋管换热量，采用业内认可的专业软件进行动态计算，最小计算周期不宜少于 2 年。

【条文说明】项目前期换热量可依据地热增温率、中深层地埋管换热器安装深度以及岩土导热系数按国内已有经验的图表进行估算。详细设计阶段，中深层地埋管换热器换热量应采用业内认可的专业设计软件进行动态计算，并应根据实测值对地埋管取热量进行修正。专业设计模拟软件应根据岩土热物性参数、温度等，对地热换热系统的工况进行模拟，得到较准确的计算结果，设计出合理的换热器长度，满足换热量需求，节约成本。

5.2.3.7 中深层地埋管换热系统应根据地质特征确定回填材料配方，宜选用水泥作为回填材料的基料，回填材料的导热系数不应小于周围岩土体的导热系数。当换热系统穿过含水层时，应选用符合环保要求的回填材料。

5.2.3.8 中深层地埋管换热系统的管道水力计算应按照实际流量和传热介质的水力特性进行管道水力计算。

【条文说明】换热系统循环阻力，应结合地热换热器构造、流通截面、地热换热器内外管道材质及粗糙度、以及地热热泵机组热源侧水阻等因素计算确定，并作为地热换热系统循环水泵的选型依据。

5.2.4 中深层地埋管换热系统施工

5.2.4.1 中深层地埋管换热系统的施工应由具有相应地质勘察资质单位完成。

5.2.4.2 中深层换热井应实行“探采结合”，换热井的钻井、测试实验应分别按成井技术要求和地质勘察要求实施。

【条文说明】工程勘察阶段主要以地质条件调查和地热状况调查为主，对于成片开发区域

供热负荷较大的工程，宜先按照换热井的成井技术要求布置一眼勘查井，在钻进至换热目标热储层时，每层采取 1 组~3 组岩芯样品，测试其岩土密度、导热系数及热扩散系数，为后续换热孔优化设计提供依据。

5.2.4.3 中深层地埋管换热系统施工前应确认埋管场地内已有地下管线、其他地下建（构）筑物的功能及其准确位置，并应先进行“三通一平”，合理利用周围空间，并编制施工组织设计。

【条文说明】中深层地埋管换热系统钻孔施工对场地要求较高，要求施工场地宽度应大于 15m，长度应大于 35m，场地坡度应小于 3‰。在施工前应对场地进行通水、通电、通路并平整场地，针对填土区域应对场地进行夯实处理，避免因不均匀沉降造成钻孔倾斜。施工前收集勘察报告、地热地质等相关资料，完成施工组织设计方案。换热井周边的地下管线及构筑物位置由建设单位和施工单位共同标记，防止对其进行破坏。

5.2.4.4 施工钻进过程中应作好岩屑录井，并应符合下列规定：

1 每钻进 5m，宜捞取岩屑样一个；进入目的层后，每钻进 2m 宜捞取岩屑样 1 个；

2 每个岩屑样不宜小于 0.5kg；

3 每个岩屑样应装袋保存，并分别编号记录。

【条文说明】钻孔施工可参考《地热钻探技术规程》DZ/T 0260，录井工作可参考《地热井录井技术规范》NB/T 10268。

5.2.4.5 中深层地埋管换热系统应进行严格的固井，固井工作宜在钻孔作业结束后 24h 内完成，防止施工过程中出现地下水串层现象。

【条文说明】固井作业可参考《固井作业规程》SY/T 5374.1 和《固井质量评价方法》SY/T 6592。固井工作宜采用延迟水泥固井技术，封固套管外部环形空间。延迟固井水泥应选用无毒、稠化时间长且流动性好的材料。地热孔固井后 7 天内应进行固井质量检查。

5.2.4.6 中深层换热井完成后应进行地球物理测井工作，测井结束后应做好孔口保护工作，并安装控制阀门，进出水流量计、温度计、压力计等。

【条文说明】地球物理测井工作应包含孔深、孔径、孔斜、孔温的测量，具体可参考《地热测井技术规范》NB/T 10269。

5.2.4.7 钻孔工艺所使用的材料必须为无毒性材料，换热井钻孔作业时污染物排放应达到国家和地方相关环保标准要求。

5.2.5 中深层地埋管换热系统检验与验收

5.2.5.1 中深层地埋管换热系统应按隐蔽工程相关规定和方法进行现场检验，并提供检验报告。检验内容应符合下列规定：

- 1 换热器管材、管件等材料应符合国家现行标准的规定；
- 2 钻孔结构应符合设计要求；
- 3 钻孔施工记录、安装记录、固井质量检查、测井记录等资料应完整齐全；
- 4 中深层换热器进出水温度、压力、流量、取热量等参数应符合设计要求；
- 5 各环路流量应平衡，且满足设计要求。

5.2.5.2 地埋管换热系统的验收由建设单位组织，设计单位、施工单位、监理单位、勘察单位等参与，验收合格后应出具验收报告。

6 地下水换热系统

6.1 一般规定

6.1.1 地下水换热系统取用地下水前，应向水资源管理部门提出申请，获得取水许可证后方可进行换热井的设计和施工。

【条文说明】地下水的利用，应严格执行江西省及各地市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，应根据当地地下水水资源规划及地下水管理办法编制水资源论证报告，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批准手续后，方可利用地下水，并严格按照审批许可的取水量进行取水，未经评审及主管部门审批时，不得取用。

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

【条文说明】按照合理开发与保护地下水资源并重的原则，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全部同层回灌，保护地下水资源。换热井只能用于置换地下冷量和热量，不得用于生活饮用、绿化灌溉等其他消耗水量的用途。

6.1.3 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。当不能满足要求时，宜采用复合式地源热泵系统。

【条文说明】地下水地源热泵系统最大吸热量或释热量按本规范第 5.1.3.3 条第 2 条条文说明的规定计算。为科学合理利用地下水资源，最大取水量应小于允许可开采量，地下水的过度抽取，会使孔隙水压力降低，有效压力增加，岩土压密，引起地面沉降。地面沉降除对地面的建筑、设施产生破坏作用外，还会对地下构筑物、管线等产生重大影响。当允许可开采量不能满足地下水换热系统的最大吸热量或释热量的要求时，宜采用冷却塔、锅炉等辅冷、辅热等复合式运行。

6.1.4 地下水取水管、回灌管不得与市政管道连接。

【条文说明】取水管不得与市政管道连接是为了避免市政供水和使用自来水取热；回灌管不得与市政管道连接是为了避免回灌水排入下水，保护水资源不被浪费。

6.1.5 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。

【条文说明】地下水直接进入机组时，有利于提高机组的效率，但地下水水质应满足机组对水质的要求，水质标准可参考下列要求：pH 值为 6.5~8.5，CaO 含量<200mg/L，矿化度<3g/L，Cl⁻<100mg/L，SO₄²⁻<200mg/L，Fe²⁺<1mg/L，H₂S<0.5mg/L，含砂量<1/200000。水质不能满足要求时建议采用间接方式。

变流量设计可以得到最优的地下水利用温差和地下水量，使地下水地源热泵系统能效比（EER）和性能系数（COP）达到较高。地下水供回水温度设计温差不宜小于 5℃，技术经济合理时，加大供回水温差，从而有效利用地下水资源。

6.2 地下水换热系统设计

6.2.1 换热井的设计单位应具有水文地质勘察专业资质。

6.2.2 应根据地下水换热系统供水方式、建筑物空调冷（热）负荷、水源热泵机组性能、地下水温度等，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 E。

6.2.3 换热井设计前应调查了解工程场地周边建（构）筑物及地下水开发利用情况，包括总体规划、周边建（构）筑物特征、地下管线、市政设施，以及周边已有水井资料及运行情况。

【条文说明】现场情况勘察是设计的基础和前提，设计前应了解总体规划、周边建（构）筑物特征、地下管线、市政设施，以及周边已有水井资料及运行情况，为设计做好准备，避免换热井与周边建（构）筑物和地下水利用政策发生冲突。

6.2.4 换热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，并应包含以下内容：

- 1 换热井抽水量和回灌量、水温和水质；
- 2 换热井数量、井位分布及取水层位；
- 3 井管配置及管材选用，抽灌设备、过滤及处理设备的选型，管道系统的布置；
- 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。

6.2.5 换热井设计时应采取减少空气侵入措施。

【条文说明】氧气会与水井内存在的低价铁离子反应形成铁的氧化物，也能产生气体黏合物，引起回灌井阻塞，因此，换热井设计时应采取有效措施消除空气入侵现象。为防止微生物的滋生、氧化物及黏合物阻塞管井，取水泵管、井管等的连接部位，泵管与井管之间应做好密封，必要时，可在回灌井的井口处设计阀门，避免出现负压。

6.2.6 抽水井与回灌井宜能相互转换，其间应设排气装置，并采取回扬措施，以防止换热井堵塞。抽水管和回灌管上均应设置计量装置、水样采集口及监测口。

【条文说明】抽水井和回灌井之间相互转化有利于开采、水井的清洗工作，以及保持岩土体和含水层的热平衡。换热井应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。根据江西省水资源管理的相关政策，取用地下水宜设置计量装置进行长期监测，有条件的可设置在线监测系统。

6.2.7 地下水供回水管网的布置应考虑群孔条件下取水井、回灌井水力的平衡。

6.2.8 抽水井和回灌井的平面布局应根据下列规定确定：

1 根据专项勘察报告和水资源评估报告，结合项目建设场地情况，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，综合确定抽水井和回灌井、回灌井和回灌井之间的距离；

4 换热井的布置应留出与建筑物足够的距离，不得对建筑物的安全造成影响；

5 换热井井位的设置应避开有污染的地面或地层。

【条文说明】本条主要是对抽水井和回灌井的平面布局提出的要求，共有 5 款。

针对第 1 款，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。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，同时应尽量避开对地面变形反应敏感的建（构）筑物和地下管网。

针对第 2~3 款，根据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宜

小于 50m，在地下水径流条件好，有工程经验地区，抽水井之间间距可适当调整；回灌井应根据工程场地最高水位进行合理设计，距抽水井的距离不宜小于 35m，在地下水径流条件好，有工程经验地区，抽水井与回灌井之间间距可适当调整；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。

针对第 4 款，当换热井与周边建（构）筑存在影响时，为保证换热井在施工和使用期间不影响建（构）筑物的使用性能和安全，以及换热井的出水能力，换热井与建筑物之间应保持足够的距离。

6.2.9 换热井总取水量应超过地下水热泵系统所需最大设计水量。换热井数目应满足持续出水量和全部回灌的需求。

【条文说明】抽水井和回灌井的数量应根据水文地质勘察提供的单井取水量、群井取水量、回灌率，结合建设项目取水方案确定，应考虑群井同时抽水与回灌时对总取水量与回灌的影响。一般为了保证回灌效果，宜采用一抽多灌的方式，根据抽水试验和回灌试验确定抽灌比例，根据工程经验，回灌井数量宜为抽水井数量的 2 倍以上。

6.2.10 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。

【条文说明】赣江沿岸及部分地区粉细砂层较厚，且一般地下水铁、锰离子会超标，当地下水水质含砂量超标，宜增加除砂器等过滤设施。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 $\geq 80\%$ 。

6.2.11 换热井结构应按照勘察成果资料，充分考虑地下水含水层结构、含水层组成物质的粒径进行回灌井设计；回灌水管出水段应布置在主要含水层厚度的 $1/2$ 位置处。

【条文说明】抽水井是从井内向井外抽水，主要应防止出水量小、含砂量超标；回灌是将经热泵交换使用后的地下水用一定压力再灌入含水层，其物理性质和化学组成都有了不同。这种不同会导致产生新的成分，新成分和回灌水里的既有颗粒进入含水层就会造成堵塞，由于回灌水压力作用，使堵塞逐渐向管井四周扩散，最终导致回灌井效能下降，故应充分考虑地下水含水层结构、含水层组成物质的粒径进行回灌井设计。地下水回灌方式宜采用自然回灌。特殊情况，在不改变含水层渗透率的前提下，可采用加压回灌的方式。加压回灌时应分析换热井渗透稳定性和井管上、下影响，控制抽水降深和回灌压力，并采取措施稳定井管。

6.2.12 换热井井口处应设检查井。井口之上若有构筑物，应留有检修用的足够高度或在构筑物上留有检修口。

6.2.13 地下水换热系统应采取防垢、除垢措施，并进行定期的清洗。

【条文说明】地下水换热系统应采取一定的防垢除垢措施。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，阻垢措施可采用增压法或物理阻垢法，除垢可采用化学清洗、水力破损和机械除垢方法；回灌系统绝不能采用化学法进行阻垢除垢措施。地下水换热系统使用一定时间后，抽水井、回灌井及机组换热器易产生污垢或阻塞，应进行定期的清洗，根据工程经验，清洗间隔建议为1年/次。抽水井和回灌井清洗一般可采用活塞、空压机、水泵及联合洗井。对于井壁附着大量结垢物的回灌井的清洗，可采用高压水射流洗井工艺。

6.3 地下水换热系统施工

6.3.1 换热井的施工队伍应具有水文地质勘察专业资质。

6.3.2 地下水换热系统施工前应具备换热井及其周围区域的工程勘察资料、设计文件和施工图纸，并完成施工组织设计。

【条文说明】换热井及其周围区域的工程勘察资料包括施工场地内地下水换热系统勘察资料及其他专业的管线布置图。正式施工前应对周围的管线实际位置进行确认。

6.3.3 换热井施工过程中应同时绘制地层钻孔柱状剖面图。

6.3.4 换热井施工应符合现行国家标准《管井技术规范》GB 50296 的规定。

6.3.5 换热井在成井后应及时洗井。洗井结束后进行抽水试验和回灌试验，管网安装完成后应进行群井抽水和回灌试验。

【条文说明】洗井应在换热井成井后及时进行，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，还应参照当地施工的经验，无论采用何种方法都不能污染地下水。洗井后应立即进行抽水试验，直到达到水位和出水量稳定的一定时间。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。由于群井效应、地下水动态变化、管网影响等，单井试验结果与地下水换热系统整体运行状态可能存在差异，为保证达到设计要求，应进行群井整体抽水、回灌试验。

6.3.6 换热井设置的检查井应设专门标志，地下水供回水管应在地面做出标明管

线的定位带。

6.3.7 抽水试验应稳定延续 12h，出水量不应小于设计出水量，降深应根据取水量、含水层厚度、允许开采量、环境影响等综合确定；回灌试验应稳定延续 36h 以上，回灌量应大于设计回灌量。

6.3.8 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，换热井中的供、回水管应采用法兰连接。

【条文说明】地下水供回水管采用聚乙烯管（PE100）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。

6.4 地下水换热系统检验与验收

6.4.1 换热井应单独进行验收，验收由建设单位组织，设计单位、施工单位、监理单位、勘察单位等参与，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管井施工操作规程》GJJ/T 13 的规定。

6.4.2 换热井施工过程中，应按隐蔽工程相关规定和方法进行现场检验，并提供检验报告。检验内容应符合下列规定：

1 井管管材、设备等材料应符合国家现行标准的规定；

2 换热井的井身结构应符合设计要求；

3 换热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标准第 6.3.7 条的规定；

4 换热井的位置、深度、井径等应符合设计要求，井下沉渣厚度小于井深的 5%。

6.4.3 抽水试验结束前应采集水样，进行水质测定和含砂量测定。若水质不达标，需进行处理，经处理后的水质应满足系统设备的使用要求。

6.4.4 地下水换热系统验收后，施工单位应提交换热井成井报告。报告应包括管井平面位置、管井综合成果图及验收资料。成果图应包括钻孔综合柱状图，抽水试验和回灌试验成果图表，水质分析成果表等。

6.4.5 输水管网设计、施工及验收应符合现行国家标准《室外给水设计标准》GB 50013 及《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 的规定。

7 地表水换热系统

7.1 一般规定

7.1.1 地表水换热系统设计前，应对地表水地源热泵系统运行对水环境的影响进行评估，并向水资源管理部门提出申请，进行水资源论证，获得取水许可证后进行设计和施工。

【条文说明】对水环境的影响评估目的是减小对地表水体及其水生态环境和航运等的影响。地表水的利用，应严格执行江西省及各地市有关地表水资源的管理措施和管理办法。

7.1.2 地表水换热系统设计方案应根据水面用途，地表水深度、面积，地表水水质、全年动态水位、水温、水体与建筑之间的地质情况综合确定。

【条文说明】地表水换热系统换热器或取水口的深度和位置应根据当地气象条件、水体流速、水域面积、建筑负荷等因素综合确定。当地表水体枯水位和洪水位相差较大时，取水管和水泵的标高应根据全年的水位高度变化确定。取水路径不宜过长，结合水体与建筑之间的地质情况，采用顶管或明挖等适宜的安装方式。地表水体的温度受气温和太阳辐射影响较大，若地表水最热月平均温度高于 30°C ，最冷月平均温度低于 8°C ，或冬季有结冰可能，不宜作为供热系统的热源。因此，地表水地源热泵系统设计前，应获得一年完整的地表水水量、水温、水质等相关资料。

7.1.3 地表水换热系统可采用开式或闭式两种方式，水系统宜采用变流量设计。

【条文说明】当地表水水体水质、水体深度、温度等条件适宜时，宜采用开式地表水换热系统，提高系统换热效率。当地表水水体环境保护要求高，或水质较差且水体面积较大、取水困难、系统规模较小时，宜采用闭式地表水换热系统。地表水换热系统采用开式系统时，从保障水源热泵机组正常的角度，地表水尽可能不直接进入水源热泵机组。直接进入水源热泵机组的地表水水质应符合相关规定。

地表水换热系统能效与取水温度、取水产生的能耗密切相关，当取水所需的能耗大于所取水体因高温差变化释放或吸收的热量时，不宜采用地表水换热系统。反之，当取水所需的能耗小于所取水体因低温差变化释放或吸收的热量时，也可选用地表水换热系统。因此必须通过取水温度和取水能耗的综合分析，进行技术经济比较，确定合理方案，保证地表水地源热泵系统的节能率。当系统处于部分负荷时，水系统采用变流量设计有利于降低

输送能耗。

7.1.4 地表水换热系统的换热量应满足地源热泵系统最大吸热量或释热量的需要，当不能满足要求时，宜采取复合式地源热泵系统。

【条文说明】地源热泵系统最大吸热量或释热量按本标准第 5.1.3.3 条第 2 条条文说明的规定计算。同时，大量的调研表明，对于滞留水体，若不进行水体的热承载能力计算，将会导致运行后期取水温度过高或过低，系统的节能率下降甚至系统无法运行。因此，对滞留水体宜同时满足水体的热承载能力计算，计算周期宜为一年。

7.1.5 地表水换热系统对地表水体的温度影响应满足《地表水环境质量标准》GB 3838 的限制要求。

【条文说明】地表水热能利用后排入水体，会使水体温度上升或下降，从而破坏水中微生物的生长环境，致使水中微生物死亡或过度生长，水质恶化，水体污染。为了防止水体热污染，应对热能利用后的地表水作热污染影响评价，地表水换热系统对地表水体的温度影响应限制在：周平均最大温升 $\leq 1^{\circ}\text{C}$ ，周平均最大温降 $\leq 2^{\circ}\text{C}$ 。

7.2 开式地表水换热系统设计

7.2.1 开式地表水换热系统宜根据水质条件，选用直接供水的地表水换热系统或设置中间换热器的间接式地表水换热系统。中间换热器宜根据悬浮颗粒粒径大小，选择板式换热器或壳管式换热器。

【条文说明】开式系统可分为地表水直接进热泵机组的直接系统和地表水进板式换热器的间接系统两种形式。地表源水水质或经水处理后的水质满足热泵机组对水质的要求时，宜采用地表水直接进热泵机组的方式。当地表源水杂质较多、含盐度及其他矿化物浓度较高或水处理成本过高时，宜在源水与水源热泵机组之间增设中间换热器，地表水经水处理后悬浮物颗粒粒径小于 1.5mm 时，宜选用板式换热器，悬浮物颗粒粒径大于 1.5mm 时，宜选用壳管式换热器。换热器材质应具有抗腐蚀性、耐磨损能力，以及适宜的污垢系数，并宜采用在线自动清洗装置。当采用污水源热泵时，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；原生污水和经处理后水质不满足污水源热泵机组要求的污水，宜采用间接式污水换热系统。

7.2.2 开式地表水换热系统应根据水质条件采取相应的灭藻措施。

【条文说明】易生藻类的水系，应根据水质条件和水质分析结果采取相应的过滤、灭藻、防腐等可靠的水处理措施，经过处理后的排放水不应污染水体，同时应确保换热系统的换

热效果和设计使用寿命不受水质影响。去除水中的藻类和微生物可采用高频电子水处理法。

7.2.3 开式地表水换热系统取、退水设计应符合下列规定：

1 取水口应设置在水位较深、水质较好的位置，应位于水体最低水位以下1.5m；

2 开式地表水换热系统取水口应远离退水口，并宜位于退水口上游，对于双向流动的水系应避免取、退水口之间的热传递，取水口应设置污物过滤装置；

3 取水构筑物的位置应尽量靠近地源热泵机房；

4 水位变化较大的水体，水泵宜采用变频调速控制；

5 取水量变化较大或需要连续运行时，应设置多根取水管；

6 水泵的安装高度应满足水泵允许吸水高度的要求，水力计算时应结合水质条件对比摩阻进行修正；

7 开式地表换热系统在滞留水体中取水宜采用多点取水的方式，并宜采用同温层排水。

【条文说明】本条主要是对开式地表水换热系统取、退水设计提出的要求，共有7款。

针对第2款，取、退水口之间的热扩散发生“短路”现象将影响取水温度，即影响热泵机组的效率。对于热扩散因素复杂的水体，应进行热排放的模拟分析。除了本工程对水体排热影响外，还需评估本工程退水和取水对系统自身的影响。

针对第3款，取水构筑物尽量靠近水源热泵机房，有利于减少源水输送能耗，提高水源热泵系统的能效比。取水构筑物的型式，应根据取水量和水质要求，结合河床地形及地质、河床冲淤、水深及水位变幅、泥沙及漂浮物和航运等因素以及施工条件，在保证安全可靠的前提下，通过技术经济比较确定。

针对第4款，对于水位变化的水体，当水位升高时，需水泵提升的水头减小；因系统负荷变化，地表水流量减小，水泵的流量和扬程也应减小。因此，利用变频手段降低水泵转速，可获得节能效果。此外，利用明渠等进行重力退水，也是一项节能措施。

针对第5款，对于取水量变化较大的系统，应设置多个取水管，以在部分取水量时保持一定流速，利于减少管(渠)内泥沙沉积和交替清淤频次。

针对第6款，为防止水泵叶片和管道的汽蚀破坏，水泵的安装高度应满足水泵允许吸水高度的要求。由于地表水的动力粘度、密度均大于纯水，增加了流动阻力，因此在水力计算时应结合水质条件对比摩阻进行修正，并应考虑取、退水口落差和地表水位变化。

针对第7款，在滞留水体中，夏季时地表水体存在明显的温度分层现象，上部表层水体温度受太阳辐射的影响较大，采用单点取水取水量较大时，通常直接导致水体上部高温度的水被卷吸进入到取水管中，无法实现该深度的取水温度。因此，采用多点取水的方案，可以有效降低取水管的负压，达到需求取水温度。采用同温层排水，目的是保证水体的水温不受地表水地源热泵系统运行的影响。

7.2.4 开式地表水换热系统中间换热器或热泵机组地表水侧宜设反冲洗装置。

7.3 闭式地表水换热系统设计

7.3.1 闭式地表水换热系统宜为同程系统。各中间分、集水器所连接并联环路的水阻力宜相同；应根据水体形状进行相应环路管道布置，供、回水集管应分开布置。

【条文说明】同程系统设计为了改善系统的水力平衡，使每一组换热盘管都能起到有效的换热作用。环路集管布置应与水体形状相适应，供、回水管应分开布置，在水中间距不宜小于1.5m，土壤中直埋段的供、回水管间距不应小于1.0m。每个环路集管内的换热环路数宜相同，且宜并联连接；每个环路集管的总长度相差不超过10%。各换热器组件的环路集管应采用直管，直接与机房内的集分水器相连。

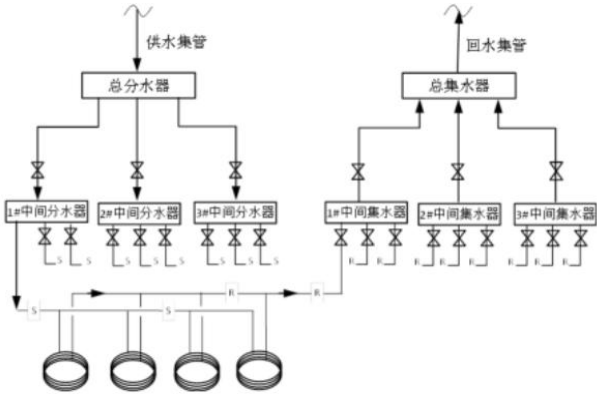


图 7.1 中间分、集水器连接示意图

7.3.2 闭式地表水换热系统设计应符合下列规定：

- 1 闭式地表水换热系统的工作压力不应大于换热盘管及管路的承压能力；
- 2 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；
- 3 闭式地表水换热系统应有排气、定压、膨胀、自动补水、泄水及清洁装置，补水管宜设计量水表与漏水报警装置；
- 4 闭式地表水换热器应牢固安装在水体底部，换热器底部与水体底部的距

离不宜小于 0.2m；换热器顶部距离地表水最低水位不宜小于 1.5m；换热器单元间应保持一定的距离，供回水集管间距不宜小于 2m；

5 闭式地表换热器换热单元的换热性能及选型应通过计算或者试验确定；

6 闭式地表水换热系统宜设置反冲洗装置。

【条文说明】本条主要是对闭式地表水换热系统设计提出的要求，共有 6 款。

针对第 1 款，出于系统的安全性考虑，当闭式地表水换热系统的管路及部件的工作压力超过其承压能力时，将导致换热系统使用寿命缩短甚至不能满足使用压力要求而破坏。

针对第 2 款，常见闭式地表水换热盘管有三种型式：U 型抛管型、平铺螺旋抛管型和螺旋盘管抛管型。由于 U 型抛管型占用水面面积大、水下固定工作量大，一般很少采用；平铺螺旋抛管型是将螺旋换热管平铺在水体下部，适用于水体较浅的场合；为保证与水体有充分的换热面积，螺旋盘管抛管型是将每一组螺旋换热管采用间隔方式捆扎好，然后按每组一定的间距固定于水体中，因此它对水体的深度、水质等都有一定要求。此外，由于水体中的淤泥、水生物、藻类等都对换热管的投放、维护、更换有较大的影响，故设计时必须充分考虑这些因素。

针对第 4 款，提出换热盘管位置与安装要求是为了保证换热效果。换热盘管的顶部与地表水最低水位的距离要求是为了减小气温与太阳辐射对盘管换热的影响，最低水位是指近 20 年每年最低水位的平均值，每组换热盘管间距的确定应考虑相互之间的影响。

针对第 5 款，闭式地表水换热器的换热性能受诸多因素影响，当基础数据较为齐全时可通过模拟计算确定；否则应通过相应天气环境下释热、吸热试验取得相关数据，测试持续时间宜大于 48h。

7.3.3 闭式地表水换热系统换热盘管内的流体应保持紊流状态，盘管管材与传热介质应符合本规范第 5.1.2.2 节的规定。

【条文说明】为利于换热器的换热效果及系统内气体的排放，闭式换热器内的传热介质应保持紊流状态流动，即雷诺数 Re 不小于 2300，换热器内流体的流速宜大于 0.4m/s。

7.4 地表水换热系统施工

7.4.1 地表水换热系统施工前应具备地表水换热系统工程勘察资料、设计文件和施工图纸，并应完成施工组织设计。

7.4.2 地表水换热系统管材及管件应符合设计要求，且均应具有出厂合格证和产品质量检验报告。换热盘管宜按照设计长度由厂家做成所需的预制件，且不应

有扭曲。

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

7.4.3 地表水换热器在水体中安装完毕后，换热器埋设区域及供、回水管进入地表水源处均应设置明显标志。

7.4.4 开式地表水换热系统施工应符合下列规定：

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，应符合现行国家标准《给排水管道工程施工及验收规程》GB50268 的有关规定。

7.4.5 闭式地表水换热系统施工应符合下列规定：

1 地表水换热盘管固定在水体底部时，换热盘管下应安装衬垫物；

2 地表水换热盘管各绑扎点必须牢固，绑扎材料和衬垫物应选用强度符合要求的耐腐蚀材料；

3 换热盘管在运输与存放过程中，均不得在阳光下暴晒，工地搬运不得拖曳与摔击。

【条文说明】本条主要是对闭式地表水换热系统施工提出的要求，共有 3 款。

针对第 1 款，换热盘管一般固定在排架上，并在下部安装衬垫物，衬垫物有两个作用：首先衬垫物的重量能使换热盘管稳定地固定在水体底部，防止因各种因素造成水流移动换热盘管；其次是换热盘管的底部与水体底部保持一定距离是为了保证换热效果，防止泥砂淤塞和损坏。衬垫物应选择耐腐蚀材料，可采用轮胎等，其型式和尺寸应根据换热器型式和地基条件确定。衬垫物安装应平整、坚固，地基强度应满足要求，且应高出水体底部淤泥。

针对第 2 款，换热器盘管各绑扎点必须牢固，且不得对换热器造成损伤。闭式地表水系统工程长期浸泡在水中，易受水流冲刷和水位变化的影响，绑扎材料必须具有防腐性，其强度应确保绑扎好的换热器的整体性能满足换热器抛管就位及后期维护起升。

7.4.6 地表水换热系统安装过程中应按设计要求进行水压试验，水压试验应符合本标准第 7.5.2 条的规定。地表水换热系统安装前后应对管道进行冲洗，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。安装完毕后应对换热器系统进行排气。

7.5 地表水换热系统检验与验收

7.5.1 地表水换热系统安装过程中，应进行现场检验，并应提供检验报告，检验内容应符合以下规定：

- 1 管材、管件等材料应具有产品合格证和性能检验报告；
- 2 换热盘管的长度、布置方式、环路数量及管沟设置应符合设计要求；
- 3 水压试验应合格；
- 4 管沟和挖掘、回填方式应符合设计要求；
- 5 各环路流量应平衡，且应满足设计要求；
- 6 循环水流量及进出水温差应符合设计要求。

7.5.2 水压试验应符合下列规定：

1 开式地表水换热系统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》GB 50243 的相关规定。

2 闭式地表水换热系统水压试验应符合国家标准《地源热泵系统工程技术规范》GB 50366，还应满足本标准 5.1.5.2 的要求。

7.5.3 地表水换热系统取、排水管网设计、施工及验收应符合现行国家标准《室外给水设计标准》GB 50013 及《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 的相关规定。

7.5.4 地表水换热系统的验收由建设单位组织，设计单位、施工单位、监理单位、勘察单位等参与，验收合格后应出具验收报告。

8 建筑物内系统

8.1 一般规定

8.1.1 根据建筑类型不同，建筑物内系统的设计应符合本标准及《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、《公共建筑节能设计标准》GB 50189、《江西省居住建筑节能设计标准》DBJ/T 36-024 等现行国家和江西省相关标准的要求。其中涉及到生活热水或其他热水供应部分，尚应符合现行国家标准《建筑给水排水设计规范》GB 50015 的要求。

8.1.2 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系统提供(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。

【条文说明】当采用地源热泵系统提供（或预热）生活热水较其它方式提供生活热水经济性更好时，宜优先采用地源热泵提供生活热水，不足部分由辅助热源解决。生活热水的制备可以采用水路加热的方式或制冷剂环路加热两种方式。建筑物同时存在生活热水需求时，宜采用部分热回收或全部热回收型水源热泵机组提供（或预热）生活热水。用作全年供热时，应选用全部热回收型水源热泵机组或高温水源热泵热水机组。水源热泵热水机组宜采用“冷回收”运行模式。回收的冷量可以不计入其他机组的总制冷量。系统提供生活热水时，宜采用换热设备间接供给。自来水硬度较低时，生活热水可由水源热泵热水机组或热回收型水源热泵机组直接加热，热泵机组冷凝器材质应符合现行国家标准《建筑给水排水设计规范》GB 50015 相关规定。参数自动监控与工况自动转换功能可以保障机组运行的安全性和调节性。

8.1.3 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。

【条文说明】末端设备应按水源热泵机组提供的实际运行参数进行选型。宜优先选用低温供热、高温供冷（如地板采暖系统）的末端设备。

8.1.4 终端用户冷热负荷需求时空差异大，物权划分及计量要求高，或存在内外

分区需要同时供热、供冷时，宜采用分散式水源热泵系统或水环热泵形式。

【条文说明】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。

8.2 水源热泵机组

8.2.1 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，并按实际运行的换热水温参数进行设备选型。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 的相关规定，且满足地源热泵系统相关参数的要求。

【条文说明】不同地区岩土体、地下水或地表水水温差别较大，设计时水源热泵机组除应符合《水（地）源热泵机组》GB/T 19409 外，尚应满足实际水温、流量等地源热泵系统相关参数，进行设备选型。

8.2.2 在水源热泵机组外进行冷、热转换的地源热泵系统应在水系统上设冬、夏季节的功能转换阀门，并在转换阀门上作出明显标识。地下水或地表水直接流经水源热泵机组时，宜采用满液式或淋液式水源热泵机组，应在水系统上预留机组清洗用旁通管。

【条文说明】夏季运行时，空调冷冻水进入机组蒸发器，源水进入机组冷凝器。冬季运行时，空调热水进入机组冷凝器，源水进入机组蒸发器。大型地源热泵机组供热、供冷工况转换基本依靠在机组外管路上的阀门进行切换，故在管路上设冬、夏季节的功能转换阀门，转换阀门应性能可靠，严密不漏。并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。采用满液式便于换热管束的清洗和免拆卸清洗系统的设置。机房管路系统复杂，水源热泵机组的供热、供冷工况采用水侧切换时，可能造成水资源浪费和对空调水系统的污染，故转换方式宜采用制冷剂侧转换。

8.2.3 集中布置的大型地源热泵机组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，一般不宜少于两台。分散布置的小型水-水热泵机组，应选调节性能优良的机组。

【条文说明】空调系统全年大多数时间是处于部分负荷运行状态下，两台热泵机组可以提高大型系统的安全性，调节也更加灵活。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组有利于节省能耗。当小型工程仅设一台机组时，应选择调节性能优良的机型（如双压缩机系统），并能满足最小负荷时的运行要求。

8.3 热泵机房及末端

8.3.1 地源热泵机房位置宜设计在靠近冷热源和冷热负荷比较集中的区域，且应做好防震、隔噪、消声及防潮等措施。

8.3.2 机房和室内管道应采取防结露及保温措施。

【条文说明】机房到室内的循环介质及管路与外界空气相对温差较大，应做好管道保温措施。

8.3.3 地源侧换热系统水泵的流量，应由所配主机与水系统设计温差等参数确定；水泵的扬程应由循环管路的水力计算确定。

【条文说明】水泵的选择必须满足使用流量和扬程的要求，即要求泵的运行工况点（装置特性曲线与泵的性能曲线的交点）经常保持在高效区间运行，这样既省动力又不易损坏机件。

8.3.4 地源侧循环系统与室内侧空调冷热水系统补水、定压、排气、排污系统应独立，并分别计量，应设置异常补水报警装置。热泵机组换热器应预留清洗、维修空间，必要时可设置备用换热器。

【条文说明】为及时发现换热器的渗漏，换热系统宜设置泄露报警装置。虽然地下水或地表水在进入换热器前经过了多重过滤处理，但仍发现换热器的源水侧很容易堵塞影响使用效果，因此需要对换热器经常进行清洗和维护。为了避免影响使用，对于重要使用场合，建议设有备用换热器，以免因换热器的维护而影响系统的正常工作。

8.3.5 热泵机房内系统的监测与控制宜包括参数监测、参数与设备状态显示、自动调节与控制、工况自动转换、设备联锁与自动保护、能量计量、故障自动报警及中央监控与管理等。

8.4 建筑物内系统施工、检验与验收

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

8.4.2 水源热泵机组及建筑物内系统安装应符合现行国家标准《制冷设备、空气分离设备安装工程施工及验收规范》GB 50274、《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243、《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB50242和《地源热泵系统工程技术规范》GB50366 的规定。

8.4.3 空调水系统安装完毕后，应进行系统试压和冲洗，系统冲洗时应设置临时旁通系统，关闭主要设备的阀门。且系统的施工与检验、冲洗、调试过程中，应避免建筑屋内水系统与“源”侧水系统相混。

【条文说明】空调水系统安装完毕后，内有泥沙、焊渣或其他施工污物，如不冲洗，在随流水循环过程中，极易堵塞在热泵机组冷凝器、蒸发器的换热管束内，导致制冷（热）量下降。因此，在空调水系统安装完毕后，应进行系统整体冲洗，必要时冲洗前应将管道上安装的孔板、滤网、温度计、调节阀等拆除，关闭主要设备的阀门，冲洗完毕应清除除污器（或过滤器）内污物，恢复原管道系统。

8.4.4 设有数据监测系统和能效测评预留方案的地源热泵系统必须严格遵照设计图纸进行施工安装。

9 整体调试与验收

9.1 一般规定

9.1.1 地源热泵系统交付使用前，应进行整体调试与验收。

【条文说明】地源热泵系统包括室外换热系统和室内系统，室外换热系统包括地埋管换热器、地下水或地表水取退水系统，室内系统包括机房内的热泵机组、附属设备与管道等。在完成室外换热系统和室内系统各分项施工、调试和验收后，交付使用前，应进行整体调试与验收。

9.1.2 地源热泵系统整体调试与验收应符合《制冷设备、空气分离设备安装工程施工及验收规范》GB 50274、《风机、压缩机、泵安装工程施工及验收规范》GB 50275、《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243、《地源热泵系统工程技术规范》GB 50366 及《建筑节能工程质量验收规范》GB 50411 等的相关规定。

【条文说明】阐述本标准与其他相关验收规范的关系。无论是本标准还是其他相关规范，在地源热泵系统工程验收中都应遵守，不得违反。国家标准《制冷设备、空气分离设备安装工程施工及验收规范》GB 50274、《风机、压缩机、泵安装工程施工及验收规范》GB 50275、《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243、《地源热泵系统工程技术规范》GB 50366 及《建筑节能工程质量验收规范》GB 50411 中对水源热泵机组、水泵、附属设备及配套的其他设备、管道、阀门等安装工程的施工安装质量的检验要求已有规定，需按规定执行。

9.2 调试

9.2.1 地源热泵系统在安装、试压、清洗合格后，应对室内、外系统关键部位及配套设施进行检查，确认满足调试要求后方可进行调试。

【条文说明】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 放气阀应能正常工作，及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。

9.2.2 地源热泵系统调试应符合以下规定：

1 地源热泵系统的试运转应由施工单位负责，调试应由建设单位负责组织施工、设计、主要设备供应商、监理等单位共同进行。

2 系统调试前应制定调试方案，并报送专业监理工程师审核批准；

3 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；

4 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；

5 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；

6 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。

【条文说明】 工程完工后的系统调试，应由建设单位组织，以施工单位为主，监理单位监督，设计单位及主要设备供应商参与配合。设计单位的参与，除应提供工程设计的参数外，还应对调试过程中出现的问题提出明确的修改意见；监理、建设单位参加调试，既可起到工程的协调作用，又有助于工程的管理和质量的验收；主要设备供应商参加调试，可及时解决调试过程中出现的设备问题。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。

9.2.3 地源热泵系统试运转的同时应进行自控系统调试。

9.3 验收

9.3.1 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

统的实测性能作出评价。

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

9.3.2 地源热泵系统工程竣工验收，应按相关标准规范执行，并提交完整的竣工验收文件和资料。一般包括以下文件及记录：

- 1 图纸会审记录、设计变更和洽商记录；
- 2 主要材料、设备成品、半成品和构件的质量证明文件、进场复验报告及见证试验报告；
- 3 隐蔽工程检查验收记录；
- 4 各检验批次验收记录和各分项工程质量验收记录；
- 5 热泵机组、辅助设备材料、监测与控制设备、水系统管路等的安装施工记录；
- 6 管道、设备强度及严密性试验，系统清洗、灌水、通水、通球试验，设备单机试运转、系统试运转调试等施工试验记录；
- 7 测量定位成果记录；
- 8 其他相关文件。

9.3.3 地源热泵系统工程竣工验收应由建设单位负责，并组织勘察、设计、施工、监理等单位共同进行，合格后方可办理竣工验收手续。

【条文说明】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；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、监理等单位项目负责人联合进行竣工验收。

10 运行监测与管理

10.1 一般规定

10.1.1 地源热泵项目建设单位应向省级能源主管部门录入项目备案/登记信息，并在运行期间内更新项目运行情况。

【条文说明】为加强对地源热泵项目的信息化管理，省级能源主管部门应负责对本地区应用面积超过1万平方米的地源热泵项目实施备案管理，规模以下的地源热泵项目需向当地能源主管部门登记，已投产运行的项目可直接到当地能源主管部门登记。

10.1.2 地源热泵系统应设置监测与控制系统，且勘察等级为乙级以上的建筑工程或系统应用面积超过2万平方米的公共建筑及应用面积超过1万平方米的居住建筑，应设置地源热泵集中监测管理系统，并与地源热泵系统同步设计、施工及验收。

【条文说明】地源热泵监测与控制系统的建设目的是为了掌握地源热泵系统的实际运行效果，对系统的安全性、节能性进行长期的追踪。负荷面积过大和复杂的地质环境条件都易在运行过程中形成冷热堆积的问题，对运行效果产生不利的影响，因此，应设置地源热泵集中监测管理系统，由专业的管理平台对系统的运行效果进行监测，以便于对系统运行过程中出现的故障和问题进行及时的处理，保证系统运行的安全性和节能性。小型工程，在有条件的情况下，也宜接入集中监测管理系统，进行统一监测和管理。地源热泵监测系统宜作为地源热泵系统的组成部分，且监测系统建设不应影响地源热泵系统既有功能，不降低系统技术指标，并应保证作业和环境安全。

10.1.3 地源热泵运行监测系统的建设由建设单位负责，宜在省级地源热泵技术支撑单位指导下完成，监测数据统一发送至可再生能源建筑远程数据监测管理平台，并按要求通过平台统一上传至上级管理部门。

【条文说明】《江西省民用建筑节能和推进绿色建筑发展办法》第二十二条规定“县级以上人民政府建设主管部门应当对本行政区域内国家机关办公建筑和大型公共建筑能源消耗情况进行调查统计和评价分析，逐步建立能源消耗监管平台。”统一管理监测数据是为了使地源热泵系统更加有效、规范地运行，为我省地源热泵规模化运用提供基础数据支撑和经验储备，进而加快地源热泵的推广。

10.1.4 地源热泵运行监测与管理除应符合本标准外，还应符合国家标准《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、《自动化仪表工程施工及验收规范》GB 50093 及行业标准《浅层地热能监测系统技术规范》NB/T 10278 等相关规定。

10.2 监测系统

10.2.1 地源热泵监测系统由数据计量设备、数据采集设备、数据传输设备和数据中心软件组成。宜优先采用数据自动采集、远程传输设备，软件应具备综合分析功能。

10.2.2 监测与控制系统应根据建筑物规模、使用功能、系统形式、相关标准等综合确定，应包括下列功能：

- 1 运行参数监测、显示和记录；
- 2 各设备工作状态显示、启停连锁控制、报警及保护功能；
- 3 热泵机组台数、加卸载控制功能；
- 4 水系统温度或压力控制功能；
- 5 用能分项计量；
- 6 系统调节与工况转换。

【条文说明】对地源热泵系统在运行过程中的各种状态和参数进行监测，为运行管理及系统优化提供数据支持；当有关部门有相关要求时，还应预留或设置与能耗监测平台的接口。在地源热泵系统中，应对各主要用能设备设置功率监测设备或电能表，便于对系统运行进行节能诊断。

10.2.3 地热能监测系统应包括地质环境、地源热泵系统运行状态、室内外环境和末端系统的监测。

10.2.4 地质环境监测应根据不同换热系统类型和建筑物功能需求进行设计，且应符合《浅层地热能监测系统技术规范》NB/T 10278 中的相关规定。

【条文说明】地埋管换热系统应根据埋管分区选择典型位置设置测温装置。宜设置测温井，监测岩土温度和地下水环境变化；地下水换热系统应对抽水量、回灌量、水温、水质、水位变化等进行监测。必要时，应对周边建构筑物、地面等进行沉降观测；地表水换热系统应对水温、水质、水位变化、水体环境、过滤器堵塞情况进行监测。《浅层地热能监测系统技术规范》NB/T 10278 中对地质环境监测提出具体要求，本标准执行此规范。

10.2.5 中深层地埋管换热系统在有条件时，可在下管时安置分布式光纤监测系统，实时监测不同深度地下岩土温度变化。

10.2.6 地源热泵系统运行状态监测内容包括：

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

【条文说明】本条主要是对地源热泵系统运行状态的监测提出的内容，共有 8 款。

针对第 1~3 款，地源热泵系统地源侧、用户侧的供水及回水总管上均应设置温度、压力监测点，供水总管上设置流量监测点；地源侧和用户侧供回水支管上宜设置温度、压力监测点；地源热泵系统设置有中间换热器时，应在换热器的一、二次侧供水及回水总管上均设置温度、压力监测点，供水总管上设置流量监测点。

针对第 5~6 款，地源热泵系统水过滤器及水处理设备的进出口压差超限时，应具备报警功能，并对警报状态进行监测。

针对第 7 款，数据处理软件自动对末端的监测数据进行处理，计算系统供热和供冷量的瞬时值和积累值。

针对第 8 款，地源热泵机组、水泵耗电量监测点应设置在动力配电柜（箱）处，热泵机组电耗与循环水泵电耗应分别监测，分开记录；不同类别水泵应单独安装电量表。

10.2.7 地源热泵系统室内外环境和末端监测的监测点的布置应具有代表性，监测数据和结果应能全面反映系统运行态。

【条文说明】空调房间温度、湿度监测点应选择有代表性的建筑、楼层或用能空间处布置，监测点位、数量及方法应符合《民用建筑室内热湿环境评价标准》GB/T 50785 相关要求。室外温度、湿度采用自动监测时，应将传感器置于室外空气中并设有防辐射罩，仅与大气接触，做好防晒、防雨、防风措施。且自动监测点附近应严禁强大的电磁干扰，应有稳定可靠的电力供应并易于安装检修。末端系统监测宜按楼栋、楼层分别设置监测仪表，对用

户的用能量和使用时间进行监测，分户计量时对居住建筑宜按一户一表配置监测（计量计费）设备。监测仪表应能准确识别末端系统运行状态，具备防盗、计量失效报警功能。末端系统监测数据采集宜使用计量计费系统自动采集，人工采集为辅。监测设备应符合《集中空调电子计费信息系统工程技术规范》SJ/T 11449 的要求。

10.3 性能测试与能效评价

10.3.1 地源热泵系统性能测试与能效评价应在工程竣工验收后进行，性能测试与能效评价包括系统形式检查、系统性能测试、系统性能评价等工作内容。

10.3.2 地源热泵系统的性能测试方法、能效测评方法应符合现行国家标准《可再生能源建筑应用工程评价标准》GB/T 50801 的规定。

【条文说明】《可再生能源建筑应用工程评价标准》GB/T 50801 中对测试方法、评价指标、评价方法等有详细的阐述。

10.3.3 地源热泵系统性能测试参数包括室内温湿度；热泵机组制热性能系数（COP）、制冷能效比（EER）；热泵系统制热性能系数（COP_{sys}）、制冷能效比（EER_{sys}）。热泵机组（系统）制热性能系数和制冷能效比的计算方法见附录 F。

【条文说明】对于热泵机组制冷能效比、制热性能系数，应根据测试系统的安装情况选择长期测试或短期测试。

长期测试应符合下列规定：

- 1 对于已安装测试系统的地源热泵系统，其系统性能测试宜采用长期测试；
- 2 对于采暖和空调工况，应分别进行测试，长期测试的周期与采暖季或空调季应同步；
- 3 长期测试前应对测试系统主要传感器的准确度进行校核和确认。

短期测试应符合下列规定：

- 1 对于未安装测试系统的地源热泵系统，其系统性能测试宜采用短期测试；
- 2 短期测试应在系统开始供冷（供热）15d 以后进行测试，测试时间不应小于 4d；
- 3 系统性能测试宜在系统负荷率达到 60% 以上进行；
- 4 热泵机组的性能测试宜在机组的负荷达到机组额定值的 80% 以上进行；
- 5 室内温湿度的测试应在建筑物达到热稳定后进行，测试期间的室外温度测试应与室内温湿度的测试同时进行；
- 6 短期测试应以 24h 为周期，每个测试周期具体测试时间应根据热泵系统运行时间确

定，但每个测试周期测试时间不宜低于 8h。

10.3.4 地源热泵系统性能测试所使用的仪器设备应在标定有效期内，仪器设备精度、测量范围和最小分度值应满足测试要求。

10.3.5 地源热泵系统性能测试完成后，应提交性能测试报告，测试报告应包括以下内容：

- 1 工程概况；
- 2 测试依据；
- 3 测试仪器和设备；
- 4 测试方案和数据处理；
- 5 测试结果和结论。

10.3.6 地源热泵系统能效评价指标应包括以下内容：

- 1 常规能源替代量；
- 2 环境效益：二氧化碳减排量、二氧化硫减排量、粉尘减排量；
- 3 经济效益：静态投资回收期；
- 4 性能判定和分级。

【条文说明】《可再生能源建筑应用工程评价标准》GB/T 50801 中对性能合格判定、性能分级评价等有详细的阐述。

10.3.7 地源热泵系统能效评价完成后，应由测评机构出具测评报告。

10.4 运行管理

10.4.1 地源热泵系统运行管理部门应制定相应的管理制度，规范地源热泵系统日常操作和维护管理。

【条文说明】管理制度建设的目的是为了保证系统安全、高效运行。日常管理工作包括：定期清洗除污器、过滤器、换热器及相关管路，设备保养，仪表及传感器校准，运行数据记录等。应委派专门的技术人员对设备进行运转操作及维护，操作人员应接受技术交底、上岗前应进行岗前培训，并明确人员职责，明确日常操作与定期维护内容，才能确保系统持续、正常运行。

10.4.2 运行管理部门应根据地源热泵系统制冷、供暖量、设备耗电量、用户侧换热量、地温场变化、地下水水位及水温变化、抽水量及回灌量等运行监测数据，调整及优化全年运行方案。

【条文说明】岩土体热平衡是地埋管地源热泵系统的一个重要问题。除了在系统配置时要求提供岩土体热平衡调节手段外,更重要的是在运行过程中进行地层温度监测与控制调节。根据年运行测试结果,制定热泵系统全年运行预案,通过地温监测孔监测、记录岩土温度,运用计算机监控系统定期分析岩土温度变化,对地源热泵系统的运行策略进行调整,切实解决热平衡问题,提高系统运行效率。

10.4.3 运行管理中应对热泵机组、水泵、末端装置等能耗及其他基础数据定期进行统计与分析,优化运行策略。

【条文说明】节能不仅体现在系统设计中,也体现在运行管理中。影响系统运行能耗的因素包括气候、使用情况、设备性能等,因此记录相关运行数据是分析与制定运行策略的基础,以此使设备、系统运行工况始终与负荷需求相匹配,使机组与系统获得最佳能效比。记录的数据还应包括设备运行记录、检查记录、运行值班记录、维修保养记录、以及事故分析处理记录。并应将所有数据归档保存。

附录 A 岩土热响应试验

A.1 一般规定

A.1.1 在岩土热响应试验之前，应对测试地点进行实地的勘察，根据地质条件的复杂程度，确定测试孔的数量和测试方案。对2个及以上测试孔的测试，其测试结果应取算术平均值。

【条文说明】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前提。地源热泵系统方案设计之前，应根据实地勘察情况，选择测试孔的位置及测试孔的数量，确定钻孔、成孔工艺及测试方案。如果在打孔区域内，由于设计需要，存在有成孔方案或成孔工艺不同，应各选出一孔作为测试孔分别进行测试；此外，对于地埋管换热器埋设面积较大，或地埋管换热器埋设区域较为分散，或场区地质条件差异性大的情况，应根据设计和施工的要求划分区域，分别设置测试孔，相应增加测试孔的数量，进行岩土热物性参数的测试。

A.1.2 在岩土热响应测试之前，应通过钻孔勘察，绘制项目场区钻孔地质综合柱状图。

【条文说明】通过对岩土层分布、各层岩土土质以及地下水情况的掌握，为热泵系统的设计方案遴选提供依据。钻孔地质综合柱状图是指通过现场钻孔勘察，并综合场区已知水文地质条件，绘制钻孔揭露的岩土柱状分布图，获取地下岩土不同深度的岩性结构。

A.1.3 岩土热响应试验应在测试孔完成并放置至少48h之后进行。

【条文说明】通过近年来对多个岩土热响应试验的总结，由于地质条件的差异以及测试孔的成孔工艺不同、深度不一，测试孔恢复至岩土初始温度时所需时间也不一致，通常在48h后测试埋管的状态基本稳定；但对于采用水泥基料作为回填材料的，由于水泥在失水的过程中会出现缓慢的放热，因此对于使用水泥基料回填材料的测试孔，测试孔应放置足够的时间（宜为10d以上），以保证测试孔内岩土温度恢复至与周围岩土初始平均温度一致；此外，测试孔成孔完毕后，要求将测试孔放置48h以上，也是为了使回填料在钻孔内充分地沉淀密实。

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。

【条文说明】测试现场应提供满足测试仪器所需的、稳定的电源。对与输入电压受外界影响有波动的，电压波动的偏差不应超过5%；测试现场应为测试仪器提供有效的防雨、防雷电

等安全防护措施。对于测试设备的外部连接，应先连接水管和地埋管换热器等外部非用电的设备，在检查完外部设备连接无误后，最终再将动力电连接到测试仪器上，以保证施工人员和现场安全。

A.1.5 连接应减少弯头、变径，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。

【条文说明】为减少环境散热对试验的影响，测试仪器应尽可能的靠近热响应试验孔，同时减少水平连接管段的长度以及连接过程中的弯头、变径，减少传热损失；外露管道及试验装置中的管路和水力组件也应充分隔热进行保温处理。因测试场地限制，测试仪器与试验孔连接管道超出3m时应考虑连接管段的环境热损失。

A.1.6 岩土热响应试验过程应遵守国家和地方有关安全、劳动保护、防火、环境保护等方面的规定。

A.2 测试内容

A.2.1 岩土初始平均温度；

【条文说明】岩土初始平均温度测试应采用无负荷循环法或埋设温度传感器法。无负荷循环法即无负荷循环的情况下记录地埋管换热器出水温度，温度稳定（12h内出水温度变化幅度小于0.3℃）后，观测不宜少于12小时，温度稳定至观测结束时间段内的平均温度作为地层初始平均温度；埋设温度传感器法即在测试孔内不同深度埋设温度传感器或在达到平衡状态下充满水的换热管内下入温度传感器，测点的布置宜在地埋管换热器埋设范围深度内，且间隔不宜大于10m，以各测点实测温度的算术平均值作为岩土初始平均温度。

A.2.2 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向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±0.2℃。

【条文说明】对测试仪表的选择，在选择高精度等级的元器件同时，应选择抗干扰能力强，在长时间连续测量情况下仍能保证测量精度的元器件。

A.3.4 埋管深度测量的允许误差为±0.5%。

【条文说明】实际埋管深度对导热系数的计算结果有明显影响，本条特做此规定。

A.4 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 平整试验场地，提供水、电接驳点；
- 3 测试岩土初始温度；
- 4 测试仪器与试验孔管道连接；
- 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 岩土热响应试验过程中，应做好对试验设备的保护工作；
- 9 提取试验数据，分析计算得出岩土综合热物性参数；
- 10 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应不大于 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℃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℃，吸热试验时出口温度不宜低于 7℃。

【条文说明】岩土热响应试验应符合以下要求：

- 1 为减少试验误差，加热功率应保持恒定。加热功率的标准差应小于其平均值的 1.5%，最大偏差应小于平均值的 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 。
- 2 为强化换热，有效测定项目所在地岩土热物性参数，测试开始前应对流量进行合理化设置并宜满足方案设计流速要求，地埋管换热器内流速应能保证流体始终处于紊流状态。

流速的大小可视管径、测试现场情况设定，但不应低于 0.2m/s。

4 岩土热响应测试是一个对岩土缓慢加热直至达到传热平衡的测试过程，因此需要有足够的时间来保证这一过程的充分进行。

5 地埋管换热器出口温度稳定，是指在不少于 12h 的时间内，温度的波动小于 1℃。对于采用加热功率的测试，加热功率的设定，应使换热流体与岩土保持有一定的温差。在地埋管换热器的出口温度稳定后，其温度宜与岩土初始平均温度相差 5℃以上，并宜使出口温度接近机组设计进水温度要求。根据江西省的气候特点，夏季工况设计流体平均温度宜为 33℃~35℃，冬季工况设计流体平均温度宜为 7℃~10℃。如果不能保持一定的温差，试验过程将变得缓慢，影响试验效果，不利于计算岩土热物性参数。加热功率应大致为实际换热器高峰负荷值，初步设定时，对于单 U 垂直埋管，一般可以按照钻孔深度在 40W/m~60 W/m 之间选取。

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。

【条文说明】岩土初始平均温度对于热物性参数的计算影响很大。因此，在热响应试验过程中对仪器进行调试、断电或同一试验孔进行两次试验等情况发生时，会对岩土温度造成较大影响，为减少试验孔周围地温扰动引起的试验误差，应停止实验，待测试孔内温度恢复至与岩土初始平均温度一致时（不大于 0.3℃），才能再进行岩土热响应试验。

A.5 测试数据处理

A.5.1 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：

$$\lambda_s = \frac{Q}{4 \pi \cdot K \cdot H} \quad (\text{A.5-1})$$

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）。

【条文说明】在对测试数据进行处理之前，应对现场测试资料进行综合分析，剔除因试验条件如气温变化等造成的异常数据。

换热孔常用传热模型有线热源和柱热源两种。当加热时间较短时，柱热源和线热源模

型的计算结果有显著差别；当加热时间较长时，两模型的计算结果相对误差逐渐减小，而且时间越长差别越小。一般国内外通过试验推导钻孔传热性能及热物性所采用的普遍模型是线热源模型。

现有的计算岩土综合导热系数的方法可采用参数估计法和斜率法。这两种方法的基本原理都是利用反算法推导出岩土热物性参数。参数估计法是指从计算机中取出试验测试结果，

将其与软件模拟的结果进行对比，使得方差和 $f = \sum_{i=1}^N (T_{\text{cal},i} - T_{\text{exp},i})^2$ 取得最小值时，

通过传热模型调整后的热物性参数即是所求结果。其中， $T_{\text{cal},i}$ 为第 i 时刻由模型计算出的埋管内流体的平均温度， $T_{\text{exp},i}$ 为第 i 时刻实际测量的埋管中流体的平均温度， N 为试验测量的数据的组数（即采样点数）。也可将试验数据直接输入专业的地源热泵岩土热物性测试软件，通过计算分析得到当地岩土的热物性参数。

一般采用线热源模型时，常用斜率法来计算岩土综合导热系数。斜率法在实际工作中应用较为简便，便于工程技术人员掌握，且精度能满足工程中地源热泵系统设计计算要求，具有较广泛的实用性。

在测试初始阶段，传热主要是在钻孔回填层内进行，而不是周围的岩土层，钻孔回填材料对换热性能具有较大影响，一般认为宜舍去热响应试验初始阶段 10h~15h 数据。对于线热源模型，当时间较长时，线热源模型的钻孔壁温为：

$$T_b = T_0 + \frac{Q}{H} \cdot \frac{1}{4\pi\lambda_s} \cdot Ei\left(\frac{d_b^2 \rho_s c_s}{16\lambda_s \tau}\right) \quad (1)$$

式中， $Ei(x) = \int_x^\infty \frac{e^{-s}}{s} ds$ 是指数积分函数。当时间足够长，即 $\frac{a\tau}{r^2} \geq 5$ 时，

$$Ei\left(\frac{d_b^2 \rho_s c_s}{16\lambda_s \tau}\right) \approx \ln\left(\frac{16\lambda_s \tau}{d_b^2 \rho_s c_s}\right) - \gamma, \gamma \text{ 是欧拉常数, } \gamma \approx 0.577216, R_s = \frac{1}{4\pi\lambda_s} \cdot Ei\left(\frac{d_b^2 \rho_s c_s}{16\lambda_s \tau}\right)$$

为钻孔外岩土的导热热阻。

$$T_f - T_b = \frac{Q}{H} R_0 \quad (2)$$

根据式 (1) (2)，可以导出 τ 时刻循环介质平均温度：

$$T_f = T_0 + \frac{Q}{H} \cdot \left[R_0 + \frac{1}{4\pi\lambda_s} \cdot Ei\left(\frac{d_b^2 \rho_s c_s}{16\lambda_s \tau}\right) \right] \quad (3)$$

式中： Q ——地埋管换热器实际加热功率 (W)；

T_0 ——岩土平均初始温度 (°C)；

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

T_{in} ——地埋管进水温度 (°C)；

T_{out} ——地埋管出水温度 (°C)；

R_0 ——钻孔内传热热阻 (m·K/W)；

λ_s ——岩土综合导热系数 [W/(m·K)]；

ρ_s ——土壤密度 (kg/m³)；

c_s ——土壤比热 [J/(kg·K)]；

τ ——测量时间 (s)；

H ——钻孔埋管深度 (m)；

d_b ——钻孔直径 (m)。

当定加热功率条件下，式(3)可表示为时间对数的线性方程：

$$T_f = k \cdot \ln(t) + b \quad (4)$$

$$k = \frac{Q}{4\pi \cdot H \cdot \lambda_s} \quad (5)$$

$$b = \frac{Q}{H} \left\{ \frac{1}{4\pi\lambda_s} \left[\ln\left(\frac{4\alpha}{r^2}\right) - \gamma \right] + R_0 \right\} + T_0 \quad (6)$$

式中： k ——地埋管进出水平均温度与时间对数的线性拟合直线的斜率；

b ——拟合直线的纵轴截距；

α ——岩土体热扩散率， $\alpha = \lambda_s / \rho_s c_s$ ， (m²/s)；

r ——钻孔半径 (m)。

由式(5)可得到岩土综合导热系数为：

$$\lambda_s = \frac{Q}{4\pi \cdot k \cdot H} \quad (7)$$

前人研究成果表明：钻孔外岩土的热容量 $\rho_s c_s$ 作为一个未知数对流体温度变化影响较小，同时计算 $\rho_s c_s$ 的误差对于导热系数 λ_s 及钻孔热阻 R_0 的影响可以忽略。因此根据土层结构合理估算 $\rho_s c_s$ 的数值后，通过式（6）由拟合直线的纵轴截距 A 可以计算得出钻孔内总热阻 R_0 ；也可事先确定钻孔内总热阻 R_0 ，通过式（6）由拟合直线的纵轴截距 A 计算得出岩土的热容量 $\rho_s c_s$ 。

线热源斜率法导热系数算例：100m 深单 U 管试验孔在加热功率状态下得到的管内流体平均温度 T_f 与测试时间 t 的变化曲线如图 1，舍去初期 10h 数据后得到 $T_f \sim \ln(t)$ 关系曲线如图 2，经直线拟合得到 $k=2.233$ ，平均加热功率 $Q=5.183\text{kW}$ ，最终计算得到该孔综合导热系数 $=1.85 \text{ W/(m.K)}$ 。

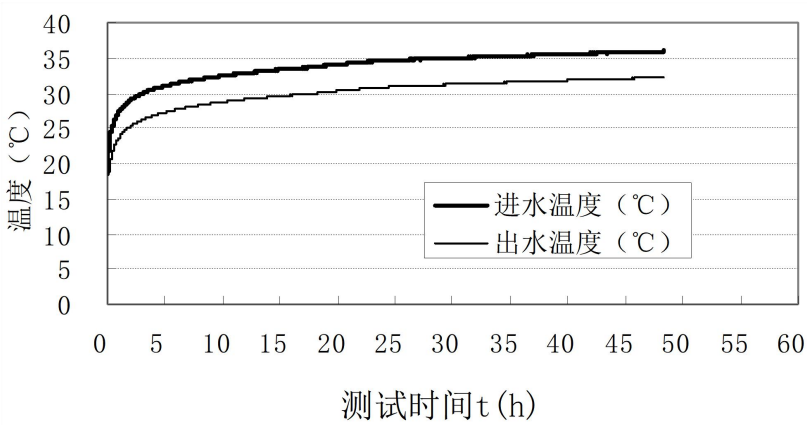


图 A.1 热响应试验进、出水温度变化曲线

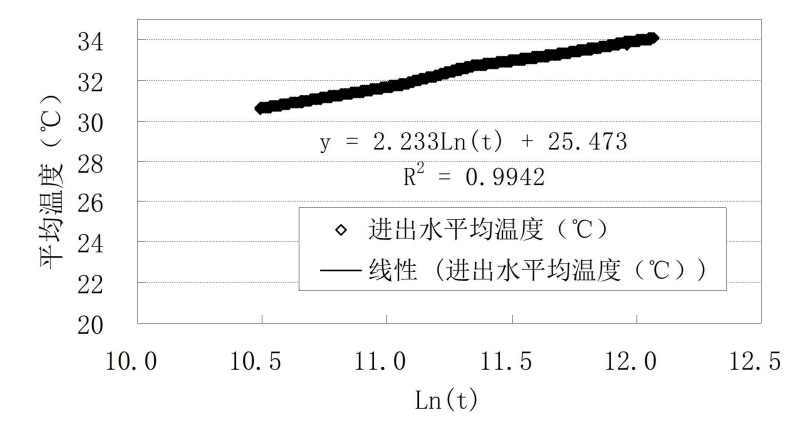


图 A.2 热响应试验进水平均温度时间对数变化曲线

A.6 测试报告样例

A.6.1 岩土热响应试验报告应包括下列内容：

1项目概况；

2测试方案；

3测试依据；

4测试过程中参数的连续记录，应包括：循环水流量、加热功率、地埋管换热器的进出口水温；

5项目所在地岩土柱状图；

6岩土热物性参数；

7测试条件下，钻孔单位延米换热量参考值。

【条文说明】作为地源热泵系统设计的指导性文件，报告内容应明晰准确。

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

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

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

附录 B 地埋管外径及壁厚（资料性附录）

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(d_n)	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	—	2.3 ^{+0.4} /PE80	2.3 ^{+0.4} /PE100
25	25.0	25.3	2.3 ^{+0.4} /PE80	2.3 ^{+0.4} /PE100	2.3 ^{+0.4} /PE100
32	32.0	32.3	2.3 ^{+0.4} /PE100	2.4 ^{+0.4} /PE100	3.0 ^{+0.4} /PE100
40	40.0	40.4	2.4 ^{+0.4} /PE100	3.0 ^{+0.4} /PE100	3.7 ^{+0.5} /PE100
50	50.0	50.4	3.0 ^{+0.4} /PE100	3.7 ^{+0.5} /PE100	4.6 ^{+0.6} /PE100
63	63.0	63.4	3.8 ^{+0.5} /PE100	4.7 ^{+0.6} /PE100	5.8 ^{+0.7} /PE100
75	75.0	75.5	4.5 ^{+0.6} /PE100	5.6 ^{+0.7} /PE100	6.8 ^{+0.8} /PE100
90	90.0	90.6	5.4 ^{+0.7} /PE100	6.7 ^{+0.8} /PE100	8.2 ^{+1.0} /PE100
110	110.0	110.7	6.6 ^{+0.8} /PE100	8.1 ^{+1.0} /PE100	10.0 ^{+1.1} /PE100
125	125.0	125.8	7.4 ^{+0.9} /PE100	9.2 ^{+1.1} /PE100	11.4 ^{+1.3} /PE100
140	140.0	140.9	8.3 ^{+1.0} /PE100	10.3 ^{+1.2} /PE100	12.7 ^{+1.4} /PE100
160	160.0	161.0	9.5 ^{+1.1} /PE100	11.8 ^{+1.3} /PE100	14.6 ^{+1.6} /PE100
180	180.0	181.1	10.7 ^{+1.2} /PE100	13.3 ^{+1.5} /PE100	16.4 ^{+1.8} /PE100
200	200.0	201.2	11.9 ^{+1.3} /PE100	14.7 ^{+1.6} /PE100	18.2 ^{+2.0} /PE100
225	225.0	226.4	13.4 ^{+1.5} /PE100	16.6 ^{+1.8} /PE100	20.5 ^{+2.2} /PE100
250	250.0	251.5	14.8 ^{+1.6} /PE100	18.4 ^{+2.0} /PE100	22.7 ^{+2.4} /PE100
280	280.0	281.7	16.6 ^{+1.8} /PE100	20.6 ^{+2.2} /PE100	25.4 ^{+2.7} /PE100
315	315.0	316.9	18.7 ^{+2.0} /PE100	23.2 ^{+2.5} /PE100	28.6 ^{+3.0} /PE100
355	355.0	357.2	21.1 ^{+2.3} /PE100	26.1 ^{+2.8} /PE100	32.2 ^{+3.4} /PE100
400	400.0	402.4	23.7 ^{+2.5} /PE100	29.4 ^{+3.1} /PE100	36.3 ^{+3.8} /PE100

【条文说明】表中数值引自《给水用聚乙烯（PE）管道系统》GB/T 13663。

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 形管内壁的对流换热热阻可按下式计算：

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

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

d_i ——U 形管的内径(m)；

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

C.1.2 U 形管的管壁热阻可按下列公式计算：

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

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

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

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

d_o ——U 形管的外径(m)；

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

C.1.3 钻孔灌浆回填材料的热阻可按下式计算：

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

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.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下式计算：

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

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

τ_p ——短期脉冲负荷连续运行的时间，例如 8 h。

C.2 竖直地埋管换热器钻孔的长度计算

C.2.1 制冷工况下，竖直地埋管换热器钻孔的长度可按下列公式计算：

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

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

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 $35^{\circ}\text{C}\sim 37^{\circ}\text{C}$;

t_{∞} ——埋管区域岩土体的初始温度($^{\circ}\text{C}$);

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。

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:

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

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

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_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 $2^{\circ}\text{C}\sim 5^{\circ}\text{C}$;

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。

C.3 岩土体的热物性参数

C.3.1 为方便工程计算，表 C.3 给出了集中典型岩土体的热物性参数。

表 C.3 江西省主要岩土的热物性参数表

岩土名称	c 比热容 (kJ/kg·°C)	Λ 导热系数 (W/m·°C)	α 热扩散系数 (10 ⁻⁶ m ² /s)
粘土	0.492	1.090	1.576
含砾粘土	0.825	1.252	0.893
粉质粘土	0.552	1.139	1.488
粉土	0.905	1.159	0.902
细砂	1.127	2.051	1.071
粗砂	0.716	1.502	1.164
砾砂	0.937	1.651	1.054
圆砾	0.973	1.616	1.204
含粘土角砾	0.685	1.231	1.082
卵石	0.888	1.957	1.336
泥质粉砂岩	1.016	2.118	1.014
细砂岩	0.807	3.077	1.494
砂砾岩	0.773	2.891	1.995
砾岩	0.829	4.126	2.379
炭质页岩夹灰岩	1.001	2.978	1.149
灰岩	0.671	3.019	1.916
注：根据江西省内进行的热响应测试和土样的热物性确定。			

附录 D 地埋管压力损失和承压能力计算

D.1 地埋管压力损失计算

D.1.1 地埋管压力损失可参照以下方法进行计算。

1 确定管内流体的流量、公称直径和流体特性。

2 根据公称直径，确定地埋管的内径。

3 计算地埋管的断面面积 A ：

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

式中： A ——地埋管的断面面积（ m^2 ）；

d_j ——地埋管的内径（ m ）。

4 计算管内流体的流速 V ：

$$V = \frac{G}{3600 \times A} \quad (\text{D.1-2})$$

式中： V ——管内流体的流速（ m/s ）；

G ——管内流体的流量（ m^3/h ）。

5 计算管内流体的雷诺数 Re ， Re 应该大于 2300 以确保紊流：

$$Re = \frac{\rho V d_i}{\mu} \quad (\text{D.1-3})$$

式中： Re ——管内流体的雷诺数；

ρ ——管内流体的密度（ kg/m^3 ）；

μ ——管内流体的动力黏度（ $\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$ ）。

6 计算管段的沿程阻力 P_y ：

$$P_d = 0.158 \times \rho^{0.75} \times \mu^{0.25} \times d_j^{-1.25} \times V^{1.75} \quad (\text{D.1-4})$$

$$P_y = P_d \times L \quad (\text{D.1-5})$$

式中： P_y ——计算管段的沿程阻力（ Pa ）；

P_d ——计算管段单位管长的沿程阻力（ Pa/m ）；

L ——计算管段的长度（m）。

7 计算管段的局部阻力 P_j ；

$$P_j = P_d \times L_j \quad (\text{D.1-6})$$

式中： P_j ——计算管段的局部阻力（Pa）；

L_j ——计算管段管件的当量长度（m），见表 D.1.1。

表 D.1.1 管件当量长度表

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

8 计算管段的总阻力 P_z ：

$$P_z = P_y + P_j \quad (\text{D.1-7})$$

式中： P_z ——计算管段的总阻力（Pa）。

D.2 地埋管承压能力计算

D.1.2 地埋管承压能力可参照以下方法进行计算。

地埋管换热器的承压能力可按下式计算确定：

$$P = P_0 + \rho gh + 0.5P_h \quad (\text{D.2-1})$$

式中： P ——管路最大压力（Pa）；

P_0 ——当地大气压力（Pa）；

ρ ——地埋管中流体密度（kg/m³）；

g ——重力加速度（m/s²）；

h ——地埋管承压最不利点与闭式循环系统最高点的高度差（m）；

P_h ——水泵扬程（m）。

附录 E 地下水换热系统总取水量计算（资料性附录）

E.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下式确定：

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

式中： G ——地下水换热系统总取水量（kg/s）；

t_1 ——进入换热器的地下水水温（℃）；

t_2 ——离开换热器的地下水水温（℃）；

C_p ——地下水的定压比热容[kJ/(kg·℃)]；

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水温，应考虑管道、水泵的温升及地下水回灌的附加温升。

E.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下式确定：

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

式中： G ——地下水换热系统总取水量（kg/s）；

t_1 ——进入换热器的地下水水温（℃）；

t_2 ——离开换热器的地下水水温（℃）；

C_p ——地下水的定压比热容[kJ/(kg·℃)]；

Q_h ——建筑物空调热负荷（kW）；

N_h ——热泵机组制热输入功率（kW）。

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

附录 F 热泵机组性能系数和系统能效比的计算方法

F.1 热泵机组制热/制冷系数

热泵机组制冷/制热性能系数根据测试结果，按下式计算：

$$COP_L = \frac{Q_L}{N_i} \quad (F.1-1)$$

$$COP_H = \frac{Q_H}{N_i} \quad (F.1-2)$$

式中： COP_L ——热泵机组的制冷性能系数；

COP_H ——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：

$$Q = \frac{\rho c \Delta t_w V}{3600} \quad (F.1-3)$$

式中： ρ ——冷（热）水平均密度，kg/m³；

c ——冷（热）水平均定压比热，kJ/（kg·℃）；

Δt_w ——热泵机组用户侧进出口水温差，℃；

V ——热泵机组用户侧平均流量，m³/h。

ρ ， c 可根据介质进出口平均温度由物性参数表查取。

F.2 系统能效比

热泵系统的典型季节系统能效比根据测试结果，按下式计算：

$$COP_{SL} = \frac{Q_{SL}}{N_i + \sum N_j} \quad (F.2-1)$$

$$COP_{SH} = \frac{Q_{SH}}{N_i + \sum N_j} \quad (F.2-2)$$

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，kW·h；

Q_{SH} ——系统测试期间的总制热量，kW·h；

N_i ——系统测试期间，热泵机组所消耗的电量，kW·h。

N_j ——系统测试期间，水泵所消耗的电量，kW·h。

系统测试期间的总制冷（热）量按下式计算：

$$Q = \sum_i^n q_i \quad (F.2-3)$$

$$q = V \rho c \Delta t_w \quad (F.2-4)$$

式中： ρ ——冷（热）水平均密度，kg/m³；

c ——冷（热）水平均定压比热，kJ/（kg·℃）；

Δt_w ——系统用户侧进出口水温差，℃；

V ——系统用户侧的平均流量，m³/h。

ρ ， c 可根据介质进出口平均温度由物性参数表查取。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，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 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

《岩土工程勘察规范》	GB50021
《供水水文地质勘察规范》	GB 50027
《管井技术规范》	GB 50296
《给水用聚乙烯(PE)管道系统》	GB/T 13663
《地源热泵系统工程技术规范》	GB 50366
《建筑工程地质勘探与取样技术规程》	JGJ/T 87
《埋地塑料给水管道工程技术规程》	CJJ 101
《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/T18430.1
《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》	GB50736
《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》	GB50019
《地热钻探技术规程》	DZ/T 0260
《地热井录井技术规范》	NB/T 10268
《固井作业规程》	SY/T 5374.1
《固井质量评价方法》	SY/T 6592
《地热测井技术规范》	NB/T 10269
《供水水文地质钻探与管井施工操作规程》	GJJ/T 13
《室外给水设计标准》	GB 50013
《给水排水管道工程施工及验收规范》	GB 50268
《地表水环境质量标准》	GB 3838
《通风与空调工程施工质量验收规范》	GB 50243
《公共建筑节能设计标准》	GB 50189
《建筑给水排水设计规范》	GB 50015
《江西省居住建筑节能设计标准》	DBJ/T 36-024
《水（地）源热泵机组》	GB/T 19409
《制冷设备、空气分离设备安装工程施工及验收规范》	GB 50274
《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》	GB50242

《风机、压缩机、泵安装工程施工及验收规范》	GB 50275
《建筑节能工程质量验收规范》	GB 50411
《自动化仪表工程施工及验收规范》	GB 50093
《浅层地热能监测系统技术规范》	NB/T 10278
《民用建筑室内热湿环境评价标准》	GB/T 50785
《集中空调电子计费信息系统工程技术规范》	SJ/T 11449
《可再生能源建筑应用工程评价标准》	GB/T 50801