**DB21**

**辽 宁 省 地 方 标 准**

 DB21/T1643-xxx

 J11261-xxx

地源热泵系统工程技术规程

Specification code for ground-source heat pump system

（征求意见稿）

20xx-xx-xx发布 20xx-xx-xx实施

**辽宁省住房和城乡建设厅**

**联合发布**

**辽宁省质量技术监督局**

辽宁省建设厅

辽建发[20xx]xx号

关于发布辽宁省地方标准

《地源热泵系统工程技术规程》的通知

各市建委、有关单位：

由沈阳建筑大学会同有关单位编制的《地源热泵系统工程技术规程》，业经审定，批准为辽宁省地方标准，编号为DB21/T1643-2008，现予以发布，自20xx年xx月xx日起施行。

本标准由辽宁省住房和城乡建设厅负责管理，沈阳建筑大学负责解释。

 辽宁省住房和城乡建设厅

20xx年xx月xx日

前 言

为进一步贯彻国家节能政策，保护环境，实现国民经济可持续发展，加快节约型社会的城乡建设，推动辽宁省建筑节能工作更好更快的发展，根据《2015年辽宁省工程建设地方标准编制/修订计划》文件的要求，结合辽宁地区的实际情况，由辽宁省住房和城乡建设厅组织，沈阳建筑大学负责，会同有关单位，通过广泛调查研究，在省内广泛征求意见的基础上、经专家论证，修订了本标准。

本标准的主要内容有：1、总则；2、术语；3、工程勘察；4、地埋管换热系统；5、地下水换热系统；6、建筑物内系统；7、整体运转、调试与验收

本规程由辽宁省住房和城乡建设厅负责管理，由沈阳建筑大学负责具体技术内容的解释。在实施过程中如发现需要修改补充之处，请将意见和有关资料寄送到辽宁省住房和城乡建设厅或沈阳建筑大学（沈阳市浑南区浑南中路25号，邮政编码110168）。

本规程主编单位：沈阳建筑大学

本规程参编单位：沈阳建筑大学设计集团有限公司

辽宁省建设科学研究院有限责任公司

辽宁省建筑设计研究院有限责任公司

大连理工大学

沈阳华维工程技术有限公司

辽宁申和新能源科技有限公司

中冶沈勘工程技术有限公司

本规程主要编制人员：

本规程主要审查人员：

**目 录**

1 总 则 2

2 术 语 3

3 工程勘察 5

3.1 一般规定 5

3.2 地埋管换热系统勘察 5

3.3 地下水换热系统勘察 6

4 地埋管换热系统 9

4.1 一般规定 9

4.2 地埋管换热系统设计 9

4.3 地埋管换热系统施工 10

4.4 地埋管换热系统的检验与验收 11

5 地下水换热系统 12

5.1 一般规定 12

5.2 地下水换热系统设计 12

5.3 地下水换热系统施工 13

5.4 地下水换热系统的检验与验收 13

5.5 管井的维护与管理 14

6 建筑物内系统 15

6.1 建筑物内系统设计 15

6.2 建筑物内系统施工、检验与验收 15

7 整体运转、调试与验收 16

附录A 地埋管外径及壁厚 17

附录B 竖直地埋管换热器的设计计算 18

附录C 岩土热响应试验(新增) 20

条文说明 22

# 1 总 则

1. 为使地源热泵系统工程勘察、设计、施工及验收做到技术先进、经济合理、安全适用、保证工程质量，制定本规程。
2. 本规程适用于以岩土体、地下水为低温热源，以水或添加防冻剂的水溶液为传热介质，采用蒸汽压缩热泵技术进行供热、空调或加热生活热水的系统工程的勘察、设计、施工及验收。
3. 地源热泵系统工程勘察、设计、施工及验收除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

# 2 术 语

1. 地源热泵系统ground-source heat pump system

以岩土体、地下水或地表水为低温热源，由水源热泵机组、地热能交换系统、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和地表水地源热泵系统。

1. 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。

1. 地热能交换系统geothermal exchange system

将浅层地热能资源加以利用的热交换系统。

1. 浅层地热能资源shallow geothermal resources

蕴藏在浅层岩土体、地下水或地表水中可开发利用的热能资源。

1. 传热介质heat-transfer fluid

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

1. 地埋管换热系统ground heat exchanger system

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

1. 地埋管换热器ground heat exchanger

传热介质与岩土体换热用的，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。

1. 水平地埋管换热器horizontal ground heat exchanger

换热管路埋置在水平管沟内的地埋管换热器，又称水平土壤热交换器。

1. 竖直地埋管换热器vertical ground heat exchanger

换热管路埋置在竖直钻孔内的地埋管换热器，又称竖直土壤热交换器。

1. 地下水换热系统groundwater system

与地下水进行热交换的地热能交换系统，分为直接地下水换热系统和间接地下水换热系统。

1. 直接地下水换热系统direct closed-loop groundwater system

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

1. 间接地下水换热系统indirect closed-loop groundwater system

由抽水井取出的地下水经中间换热器交换后返回地下同一含水层的地下水换热系统。

1. 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。

1. 含水层aquifer

导水的饱和岩土层。

1. 井身结构 well structure

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

1. 抽水井production well

用于从地下含水层中取水的井。

1. 回灌井injection well

用于向含水层灌注回水的井。

1. 换热井 heat exchange 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。

1. 抽水试验pumping test

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

1. 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。

1. 岩土体

岩石和松散沉积物的集合体，如砂岩、砂砾石、土壤等。

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

通过测试仪器，对项目所在场区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。

1. 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。

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

从自然地表下10m～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。

1. 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。

1. 热贯通 thermal transfixion

回灌水与原始含水层的温度存在差异，在导热和对流等作用下，导致抽水井出水温度有不同程度的升高或降低的显著现象。

# 3 工程勘察

## 3.1 一般规定

1. 地源热泵系统方案设计前，应进行工程场地状况调查，并应对浅层地热能资源进行勘察。
2. 在工程场区内或附近有水井的地区调查收集已有的工程勘察及水井资料，了解工程场区地貌、地下水分布和运动的基本规律等。
3. 工程场地状况调查应包括下列内容：

1 场地规划面积、形状及坡度；

 2 场地内已有建筑物和规划建筑物的占地面积及其分布；

 3 场地内树木植被、池塘、排水沟及架空输电线、电信电缆的分布；

 4 场地内已有的、计划修建的地下管线和地下构筑物的分布及其埋深；

5 场地及其附近已有水井的位置；

6工程场区及附近地下水径流方向、速度、静水位、水温、水质分布、冻土层厚度等。

1. 当需查明岩土的性质和分布，采取岩土试样或进行现场测试时，可采用钻探、井探和地球物理勘探等方法。勘探方法的选取应符合勘察的目的和岩土的特性。
2. 布置勘察工作时应考虑勘察对工程场区自然环境的影响，防止对地下管线、地下工程和自然环境的破坏。钻孔、坑探、钎探和探槽完工后应妥善回填。
3. 工程勘察应由具有相应资质的专业队伍承担。工程勘察完成后，应编写勘察报告。

## 3.2 地埋管换热系统勘察

1. 地埋管地源热泵系统方案设计前，应对工程场区内岩土体地质条件进行勘察，采用水平地埋管换热器时，地埋管换热系统勘察采用槽探、坑探或钎探进行，探槽的深度一般超过埋管深度1m。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，勘探孔深度宜超过钻孔深度5m。
2. 地埋管换热系统勘察应包括下列主要工作内容：

1 查明场地岩土层的岩性、结构、埋藏深度；

2 查明地下水静水位、径流方向、水流速度、水温、水质及分布；

3冻土层厚度；

4 提供满足设计施工所需的岩土体温度及热物性参数，确定岩土层换热能力，预测浅层地热能换热量；

5 提出埋管方式、施工方案的建议。

1. 当地埋管地源热泵系统的应用建筑面积在30002～5000m2时，宜进行岩土热响应试验；当应用建筑面积大于等于5000m2时，应进行岩土热响应试验。
2. 岩土热响应试验应符合附录C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。
3. 勘察报告应包括下列内容：

1 项目概况；

2 勘察工作概况；

3 拟建工程场区场地条件；

4 拟建工程场区地质条件；

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。

## 3.3 地下水换热系统勘察

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，对工程场区进行水文地质勘察。
2. 水文地质勘察工作应完成下列工作内容：

1 查明场区含水层的特征、分布范围、埋藏条件，地下水的类型和补给、迳流排泄条件；

2 确定取水地段，建议取水构筑物的型式和布局；

3 评价地下水允许开采量及其水质、水温，确定单井出水量；

4 查明工程场地在满足同层回灌原则下的回灌能力，确定单井回灌量，提出回灌井形式和布局的建议；

5 研究地下水的动态变化；

6 提供场区最大系统循环水量，确定抽水井、回灌井的数量。

1. 水文地质勘察前应进行勘察准备工作，准备工作应包括下列内容:

1 根据勘察场区的特点和勘察任务有目的、有选择的进行资料搜集工作；

2 进行现场踏勘、对搜集的有关资料实地考证；

3 编制勘察纲要。

1. 地下水换热系统的勘察应进行水文地质试验。试验应包括下列内容：

1 抽水试验；

2 回灌试验；

3 测量出水水温；

4 取分层水样并化验分析水质；

5 水流方向试验；

6渗透系数计算。

1. 勘察工作量的布置应遵循下列原则：

1 勘察试验井的数量，应根据场地情况水文地质条件、需水量、单井出水量、单井回水量等因素确定。勘察试验井的数量不应少于一组（2眼，1抽1回）；

2 试验观测孔的数量根据实际情况确定，一般每组勘察试验井不宜少于2个；

3 勘察试验井的距离视场地条件等具体情况确定。

1. 勘察试验井应符合下列要求：

1 勘察试验井的深度，应根据含水层或含水构造带埋藏条件确定，宜小于200m。

2 勘察试验井的直径，应根据可能的出水量或回灌量、准备采用的抽水设备、过滤器的类型和直径等综合确定。

1. 勘察试验井的钻探工艺应根据当地水文地质条件确定。
2. 钻探中岩样的采取，应符合下列规定：

1 钻探中取出的岩样应正确反映岩层的颗粒组成，土试样质量应为Ⅲ级以上；

2 粘性土类、砂土类岩层应用取样器取样；

3 钻进中，非含水层宜每3～5m取一个鉴别岩样。含水层宜每2～3m取一个,变层时应加取一个；

4 含水层中应对取土试样进行筛分，土试料的重量宜满足：砂＞1.0kg，圆砾＞3.0kg，卵石＞5.0kg；

5 对取出的岩样及时编录、保存。

1. 试验观测孔的施工宜采用冲击套管钻进工艺，其布置宜符合下列要求：

1 以勘察试验井为原点，宜布置1～2条观测线。当一条观测线时，观测线宜垂直地下水流向；当两条观测线时，另一条观测线宜平行地下水流向；

2 每条观测线上的观测孔宜为2～3个；

3 靠近勘察试验井的观测孔，宜避开三维流的影响，最远观测孔的距离不宜太远，以保证各个观测孔内有一定的水位下降值；

4 观测孔的深度应大于勘察试验抽水井最大水位降深位置；

5 观测孔的过滤器长度宜相同，且上部、下部皆有过滤器。

1. 工程场地及其附近已有详细的水文地质资料，能够满足系统建设运行所需的地质、水文地质回灌能力等资料时，可根据实际情况，直接引用现有资料进行系统设计。
2. 勘察抽水试验井的结构应根据地层、地下水埋深及钻进工艺进行设计，并宜符合下列要求：

1 井径应根据管井设计出水量、允许井壁进水流速、含水层埋深、过滤器类型及钻进工艺等因素综合确定；

2 井深应根据拟开采含水层的埋深、厚度、水质、富水性、出水能力及地层的形成时代等因素综合确定；

3 井壁管、沉淀管及过滤器的材料，应根据地下水水质、井深、管材强度、无污染和经济合理等因素综合确定；

1. 勘察回灌试验井的结构与抽水试验井基本相同，其设计应符合下列要求：

1 在穿过地下含水层深度范围内，安装适当长度的过滤器；

2 过滤器不宜选择钢筋骨架缠丝过滤器；

3 井口部位应封闭止水。

1. 勘察试验井的护筒埋设及钻进方式的选择应符合下列施工要求：

1 护筒埋设深度宜穿过回填土进入原生土层；

2 护筒坑的开挖直径宜大于护筒外径200mm以上；

3 护筒外宜用粘土分层捣实，防止钻进时渗水，造成坍孔事故；

4 当地层为砂类土质时，钻进方式以冲击成孔方式为宜；当地层中含有较厚的粘土层时，钻进方式以回转反循环成孔方式为宜。

1. 勘察试验井井管安装应符合下列施工要求：

1 井管安装前，应做好下列准备工作：

1）根据井管结构设计，进行配管；

2）检查井管质量，并应符合要求；

3）下管前，应进行探井；

4）泥浆护壁的井，应用清水置换泥浆，并清除井底的沉渣。

2 下管方法，应根据管材强度、下置深度和起重设备能力等因素选定，并宜符合下列要求：

 1）提吊下管法，宜用于井管自重（或浮重）小于井管允许抗拉力和起重的安全负荷；

2）托盘（或浮板）下管法，宜用于井管自重（或浮重）超过井管允许抗拉力和起重的安全负荷。

3 下置井管时，井管必须直立于井口中心，上端口应保持水平。过滤器安装深度的允许偏差宜为±300mm。

4 沉淀管应封底。沉淀管长度应根据拟开采含水层的岩性和井深确定且不宜小于5m。当钻孔深度超钻时，钻孔深度大于井管长度，井管应在孔口固定，防止下沉。

5 井管下入时，应设置找中器。

1. 勘察试验井填砾与管外封闭应符合下列施工要求：

1 井管安装后，应及时进行填砾。填砾前，应做好下列准备工作：

1）井内泥浆应稀释（高压含水层除外）；

2）按设计要求准备滤料。

2 滤料的质量宜符合下列要求：

1）滤料应取样筛分，不符合规格的数量，不得超过设计数量的15%；

2）颗粒的磨圆度较好，严禁使用棱角碎石；

3）不应含粘土和杂物；

4）滤料宜用硅质砾石。

3 填砾时，滤料应沿井管四周均匀连续填入，随填随测。当发现填入数量及深度与计算有较大出入时，应及时找出原因并排除。

4 井管外围用粘土封闭止水时，应选用优质粘土做成球（块）状，大小宜为20～30mm，并应在半干（硬塑或可塑）状态下缓慢填入。

5 井管外围用水泥封闭时，水泥的性能指标及封闭方法，应根据地层岩性、地下水水质、管井结构和钻进方法等因素确定；封闭高度宜超过拟封闭含水层，且上下不宜小于5m.

6井口管外围应封闭。封闭深度不宜小于3m。

7井管封闭后，应检查效果，当未达到要求时，应重新进行封闭。

1. 勘察试验井洗井应符合下列施工要求：

1 洗井方法应根据含水层特性、管井结构及管井强度等因素选用，并宜采用两种或两种以上洗井方法联合进行。

2 松散层的管井在井管强度允许时，宜采用活塞、压缩空气、水泵三联合洗井。

3 洗井效果的检查，宜符合下列规定：

1) 出水浊度≤5；

2) 水的含砂量应小于1/200000[体积比]；

3）出水量稳定，连续两次单位出水量之差小于10%。

1. 抽水试验可按稳定流抽水试验或非稳定流抽水试验方法进行。
2. 回灌试验的试验方法应与抽水试验相同，还应符合下列要求：

1 抽水井及回灌井同时观测；

2 回灌试验的稳定延续时间应在36小时以上；

3 回灌水位上升幅度不宜超过5m；

1. 水文地质参数计算见《供水水文地质勘察规范》GB 50027。
2. 当地下水换热系统的勘查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察孔加以利用，成井过程应由水文地质专业人员进行监理。
3. 勘察报告应包括下列内容：

1项目概况；

2勘察工作概况；

3拟建工程场地条件；

4目标含水层分析评价；

5换热井抽、灌能力分析评价；

6地质环境影响与评价；

7结论与建议。

# 4 地埋管换热系统

## 4.1 一般规定

1. 地埋管换热系统设计前，应根据工程勘察结果评估地埋管换热系统实施的可行性及经济性。
2. 地埋管换热系统施工时，应进行详细的施工组织设计，严禁损坏既有地下管线及构筑物。
3. 地埋管换热器安装完成后，应在埋管区域做出标志或标明管线的定位带，并应采用2个现场的永久目标进行定位，并建立地埋管换热器的数据档案。
4. 在施工图设计及施工过程中应预留地源热泵系统测试仪器仪表的安装位置。

## 4.2 地埋管换热系统设计

1. 地埋管换热器设计前应明确埋管区域内各种地下管线的种类、位置、深度及埋管区域进出重型设备的车道位置和荷载，并为未来可能的管线施工预留空间。
2. 地埋管换热器设计的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。
3. 地埋管换热系统设计应对其供应的建筑物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。
4. 地埋管换热器换热量应满足地源热泵系统实际最大吸热量或释热量的要求。在技术经济合理时，宜采用辅助热源或冷却源与地埋管换热器并用的调峰形式。
5. 应确定不同换热量对地温场的影响。
6. 地埋管换热器应根据可使用地面面积、工程勘察结果及挖掘情况等因素确定埋管方式。
7. 地埋管换热器长度应通过计算确定。计算时应考虑管材、岩土体及回填材料热物性的影响，宜采用专用软件进行。竖直地埋管换热器的设计也可按本规范附录B的方法进行计算。
8. 当地埋管地源热泵换热系统的应用面积在5000㎡以上，或实施了岩土热响应试验的项目，应利用岩土热响应试验结果进行地埋管换热器的设计，且宜符合下列要求：

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宜高于4℃。

1. 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。
2. 水平地埋管换热器可不设坡度。地埋管换热器最上层埋管的埋深均应在最大冻土层以下0.4m。
3. 竖直地埋管换热器埋管深度宜大于20m，钻孔孔径不宜小于0.11m，钻孔间距宜大于3m。水平连接管的深度应在最大冻土层以下0.6m,
4. 地埋管换热器管内流体应保持紊流流态。水平环路集管坡度不应小于0.002。
5. 地埋管环路两端应分别与供、回水环路集管相连接，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。供、回水环路集管的间距不应小于0.6m。
6. 地埋管换热系统应根据地质特征确定回填料配方，回填料的导热系数不宜低于钻孔外或沟槽外岩土体的导热系数。
7. 地埋管换热系统设计时应根据实际选用的传热介质的水力特性进行水力计算。
8. 规模较大的地埋管换热器系统宜分区设置检查井，设计时要考虑地下换热器的分区与机组运行时开启台数相对应。
9. 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水源热泵机组系统分开。
10. 地埋管管材及管件应符合以下规定：

1 地埋管应采用化学稳定性好、耐腐蚀、导热系数大、流动阻力小的塑料管材及管件，宜采用聚乙烯管（PE80或PE100），不宜采用聚氯乙烯（PVC）管。管件与管材应为相同材料；

2 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1.0MPa。地埋管外径及壁厚可按本规范附录A的规定选用。

1. 地埋管换热器系统的总供、回水管道在设计时宜考虑流量及温度的检测。
2. 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。

## 4.3 地埋管换热系统施工

1. 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。
2. 地埋管换热系统施工前应了解埋管场地内已有地下管线、其它地下构筑物的功能及其准确位置，并应进行地面清理，平整地面。
3. 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。
4. 施工过程中，应严格检查并做好管材保护工作。
5. 选用传热介质时应符合下列要求：

1 腐蚀性弱，与地埋管管材无化学反应；

2 较低的冰点；

3 良好的传热特性，较低的摩擦阻力；

4 易于购买、运输和储藏。

5 安全，环保，不会因泄漏对周边环境造成污染。

1. 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、浓度应在充注阀处注明。
2. 添加防冻剂后的传热介质的冰点宜低于设计最低运行水温3～5℃。选择防冻剂时，应同时考虑防冻剂对管道、管件的腐蚀性，防冻剂的安全性、经济性及其对换热的影响。
3. 管道连接应符合以下规定；

1 埋地管道应采用热熔或电熔连接。聚乙烯管道连接应符合国家现行标准《埋地聚乙烯给水管道工程技术规程》CJJ101的有关规定。

2 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，不宜采用直管道煨制弯头，也不宜采用以两个90°弯管对接方式构成的U型弯管接头

3 竖直地埋管换热器U型管的组对长度应能满足插入钻孔后与环路集管连接的要求，组对好的U型管的两开口端部，应及时作好封闭措施，防止进入杂物。

1. 水平地埋管换热器铺设前，沟槽底部应先铺设不小于100mm厚的细沙。水平地埋管换热器安装时，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。
2. 水平地埋管换热器回填料应细小、松散、均匀，且不应含石块及土块。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。
3. 钻孔设备宜根据岩土层的主要结构来选配；竖直地埋管换热器U型管安装应在钻孔钻好且孔壁固化后立即进行；当钻孔孔壁不牢固或者存在孔洞、洞穴等导致成孔困难时，应进行护壁处理或设护壁套管，保证换热器下管顺利。长度要符合设计要求；下管过程中，U型管内宜充满水，并宜采取措施使U型管换热器中各支管处于分开状态。
4. 竖直地埋管换热器U型管安装完成后应立即用灌浆材料采用专用设备回灌封孔。灌浆应密实，无空腔。
5. 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。当地埋管换热器设在密实或坚硬的岩土体中时，宜采用水泥基料灌浆回填。灌浆回填后应与原结构结合牢固不应有间隙或隔层。
6. 地埋管换热器安装前后均应对管道进行冲洗；充液前，应进行排气。
7. 当室外环境温度低于0℃时，不宜进行地埋管换热器的施工。

## 4.4 地埋管换热系统的检验与验收

1. 地埋管换热系统安装过程中，应进行现场检验，并提供检验报告。检验内容应符合以下规定：

1 管材、管件等材料应符合国家现行标准的规定；

2 钻孔、水平埋管的位置和深度、地埋管的直径、壁厚及长度均应符合设计要求；回填料及其配比应符合设计要求；

3 水压试验应合格；

4 各环路流量应平衡且应满足设计要求；

5 防冻剂和防腐剂的特性及浓度应符合设计要求；

6 循环水量及进出水温差应符合设计要求；

1. 水压试验应符合以下规定：

1 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，且不应小于0.6MPa；当工作压力大于1.0MPa时，应为工作压力加0.5 MPa。

2 水压试验步骤：

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

2）竖直或水平地埋管换热器与环路集管装配完成后，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完成后，回填前应进行第三次水压试验。在试验压力下，稳压至少2h，压力不降且无泄漏现象；

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

5）水压试验宜采用加压泵（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。

1. 回填过程的检验应与安装地埋管换热器同步进行。

# 5 地下水换热系统

## 5.1 一般规定

1. 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。必须在每口抽水井与回灌井的检查室内设置累积式流量表。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。流量表宜使用远传式。
2. 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。
3. 地下水供水管、回灌管不得与市政管道连接。
4. 地下水换热系统应尽可能保持全年内冷、热量提取及回灌的平衡。
5. 在施工图设计及施工过程中应预留地源热泵系统测试仪器仪表的安装位置和观测井。
6. 换热井的平面布置应避免抽水井和回灌井之间发生热贯通效应。

## 5.2 地下水换热系统设计

1. 地下水换热系统的设计应包括换热井的设计及换热井供水系统的设计。
2. 换热井的设计单位应具有水文地质勘察资质。
3. 抽水井和回灌井的平面布局应避开有污染的地面或地层。应根据专项勘察报告和水资源评估报告以及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、抽水和回灌试验数据等因素，确定抽水井、回灌井及抽水井与回灌井之间的距离。
4. 换热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换热井单井抽水量和单井回灌量、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，抽灌设备选择；

 4换热井的凿钻和洗井的设备和工艺 ；

 5井身材质与结构、填砾位置、滤料规格及止水材料；

 6抽水试验和回灌试验要求及措施；

 7井口装置及附属设施。

1. 换热井设计时应采取减少空气侵入的措施。
2. 抽水井与回灌井宜能相互转换。抽水管和回灌管，其间应设排气装置。抽水管和回灌管上均应设置水样采集口及监测口。
3. 换热井数目应满足持续设计出水量和完全回灌的需求。多井抽水或多井回灌，要考虑到井的集群影响。
4. 换热井位的设置应避开有污染的地面或地层。换热井井口应严格封闭，井内装置及地下水流经的所有管道、设备及其保温防腐均应使用对地下水无污染的材料。换热井的设置应满足下列规定：

1换热井与有污染源的最小间距：30米；

2换热井与化粪池或污水池最小间距：30米；

3换热井与中水处理站最小间距：30米。

1. 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。
2. 换热井的形式应根据当地具体的水文地质情况选择采用管井、大口井、辐射井等不

同形式。

1. 换热井供水系统的设计应包括下列内容：

1 直接供水方式和间接供水方式的选择；

2 井及井群管路的设计；

3 间接供水系统的换热器选型设计及二次管路的设计；

4 井泵的选型设计。

1. 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；地下水供水系统宜采用变流量设计。敷设在最大冻土厚度内的地下水供水管道必须保温，敷设在最大冻土层厚度下的地下水供水管道宜保温。分散式地下水源热泵空调系统应采用间接供水系统，当地下水水质标准符合表5.2.12要求时，集中式地下水源热泵空调系统可采用直接供水系统。

表 5.2.12 可采用直接供水系统的地下水水质标准

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 含砂量 | PH值 | CaO含量mg/L | 矿化度g/L | CL-含量mg/L | SO2+4含量mg/L | Fe+2含量mg/L | H2S含量mg/L |
| <1/200000体积比 | 6.5～8.5 | <200 | <3 | <100 | <200 | <1 | <5 |

1. 换热井供水系统管道与其他管线和建（构）筑物之间的最小水平及垂直净距应符合《室外给水设计规范》GB 50013-2006的要求。

## 5.3 地下水换热系统施工

1. 换热井的施工队伍应具有相应的施工资质。
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。
3. 换热井施工过程中应同时绘制地层钻孔柱状剖面图。
4. 换热井施工应符合现行国家标准《供水管井技术规范》GB 50296的规定。
5. 换热井的施工过程中应分阶段检查验收，并分别填写对应的检查验收报告。检查验收分为：成井工艺的检查；井壁管、过滤器（含滤料）及沉降管等安装前的验收和安装过程的监察；检查井井室的检查。
6. 换热井在成井后应及时洗井。洗井结束后应进行抽水试验和回灌试验。
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，回灌量应大于设计的回灌量。

## 5.4 地下水换热系统的检验与验收

1. 换热井应单独进行验收，且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凿井操作规程》CJJ13的规定。
2. 换热井持续最小的出水量和回灌量应稳定，并应满足设计要求。持续出水量和回灌量应符合本规范第5.3.6条的规定。
3. 抽水试验结束前应采集水样，进行水质测定和含砂量测定。经处理后的水质应满足系统设备的使用要求。[其含砂量应小于1/200000（体积比）]。
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和换热井分阶段检查验收报告。报告应包括管井综合柱状图，洗井、抽水和回灌试验、水质检验、换热井分阶段检查验收及其它验收资料。
5. 输水管网设计、施工及验收应符合现行国家标准《室外给水设计规范》GB 50013及《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268的规定。换热井抽水井及回灌井均应设有有效的监测孔，或其它监测装置。

## 5.5 管井的维护与管理

1. 保持井室内的环境，不得积水。
2. 建立和健全管井运行记录和维护管理档案。
3. 严格执行管井、机泵的操作规程和维修制度，按时进行日常维修和定期维修。
4. 如管井出现出水量减少，井水含砂量增大等情况，应请专家和工程技术人员进行仔细检查，找出原因和采取技术措施解决。
5. 在停泵期间，应隔一段时间进行一次维护性的抽水，以防止过滤器堵塞，并同时检查设备的完好情况。
6. 对机泵易损易磨零件，要有足够的备用件。
7. 应对回灌井定期采用回扬措施，确保回灌井的正常运行。

# 6 建筑物内系统

## 6.1 建筑物内系统设计

1. 建筑物内系统设计应符合国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB50736及辽宁省有关节能规范、标准等规定的要求。其中，涉及生活热水或其他热水供应部分，应符合现行国家标准《建筑给水排水设计规范》GB50015的规定。
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/T19409的相关规定，且应满足地源热泵系统运行参数的要求。
3. 水源热泵机房应尽量靠近换热井及冷热负荷比较集中的地区
4. 水源热泵机组应具备能量调节功能，其蒸发器出口应设防冻保护装置。
5. 水源热泵机组及末端设备应按实际运行参数选型。
6. 在额定制冷工况和规定条件下，水源热泵机组的性能系数（COP）不应低于《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021的规定。
7. 建筑物内系统应根据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。对于新建的建筑物的末端系统宜采用空气处理机、风机盘管、低温地板辐射采暖系统等。
8. 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。地下水直接流经水源热泵机组的系统应在水系统上预留机组清洗用旁通管。
9. 地源热泵系统在具备供热、供冷功能的同时，宜优先采用地源热泵系统提供（或预热）生活热水，不足部分由其他方式解决。水源热泵系统提供生活热水时，应采用换热设备间接供给。
10. 建筑物内系统设计时，应通过技术经济比较后，增设辅助热源、蓄热（冷）装置或其他节能设施。

## 6.2 建筑物内系统施工、检验与验收

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。
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》GB50274及《通风与空调工程质量验收规范》GB50243的规定。

# 7 整体运转、调试与验收

1. 地源热泵系统交付使用前，应进行整体运转、调试。
2. 地源热泵系统运转调试之前施工单位应会同建设单位、设计单位、监理单位进行全面检查，符合设计施工与相关规范要求后，才能进行运转和调试。
3. 地源热泵系统整体运转与调试应符合下列规定：

 1 地源热泵机组及系统的温度、压力、流量显示与控制装置应齐全；除砂装置完备、便于操作或可自动操作，同时便于取样监测；

 2 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；

 3 地源热泵机组试运转前应进行水系统及风系统平衡调试，确定系统循环总水量、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 地源热泵机组的试运转后，应进行机组与系统的低水量、低水温保护及流量调节试验，以及其它在地源热泵机组出厂前未做的保护性试验，试验结果应符合设计要求；

 6 地源热泵机组的试运转及系统保护试验正常后，应进行连续24h的系统试运转，并填写运转记录；

 7 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。

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。
2. 地源热泵系统整体运转、调试与验收除应符合本规范规定外，还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、《制冷设备、空气分离设备安装工程施工及验收规范》GB 50274及《地源热泵系统工程技术规范》GB 50366-2005的相关规定。

# 附录A 地埋管外径及壁厚

A.0.1 聚乙烯（PE）管外径及公称壁厚应符合表A.0.1的规定。

表A.0.1 聚乙烯（PE）管外径及公称壁厚 （mm）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 公称外径dn | 平均外径 | 公称壁厚/材料等级 |
| 最小 | 最大 | 公称压力 |
|  |  |  | 1.0MPa | 1.25MPa | 1.6MPa |
| 20 | 20.0 | 20.3 | － | － | － |
| 25 | 25.0 | 25.3 | － | 2.3+0.5/PE80 | － |
| 32 | 32.0 | 32.3 | － | 3.0+0.5/PE80 | 3.0+0.5/PE100 |
| 40 | 40.0 | 40.4 | － | 3.7+0.6/PE80 | 3.7+0.6/PE100 |
| 50 | 50.0 | 50.5 | － | 4.6+0.7/PE80 | 4.6+0.7/PE100 |
| 63 | 63.0 | 63.6 | 4.7+0.8/ PE80 | 4.7+0.8/ PE100 | 5.8+0.9/PE100 |
| 75 | 75.0 | 75.7 | 4.5+0.7/ PE100 | 5.6+0.9/PE100 | 6.8+1.1/PE100 |
| 90 | 90.0 | 90.9 | 5.4+0.9/ PE100 | 6.7+1.1/PE100 | 8.2+1.3/PE100 |
| 110 | 110.0 | 111.0 | 6.6+1.1/ PE100 | 8.1+1.3/PE100 | 10.0+1.5/PE100 |
| 125 | 125.0 | 126.2 | 7.4+1.2/ PE100 | 9.2+1.4/PE100 | 11.4+1.8/PE100 |
| 140 | 140.0 | 141.3 | 8.3+1.3/ PE100 | 10.3+1.6/PE100 | 12.7+2.0/PE100 |
| 160 | 160.0 | 161.5 | 9.5+1.5/ PE100 | 11.8+1.8/PE100 | 14.6+2.2/PE100 |
| 180 | 180.0 | 181.7 | 10.7+1.7/PE100 | 13.3+2.0/PE100 | 16.4+3.2/PE100 |
| 200 | 200.0 | 201.8 | 11.9+1.8/PE100 | 14.7+2.3/PE100 | 18.2+3.6/PE100 |
| 225 | 225.0 | 227.1 | 13.4+2.1/PE100 | 16.6+3.3/PE100 | 20.5+4.0/PE100 |
| 250 | 250.0 | 252.3 | 14.8+2.3/PE100 | 18.4+3.6/PE100 | 22.7+4.5/PE100 |
| 280 | 280.0 | 282.6 | 16.6+3.3/PE100 | 20.6+4.1/PE100 | 25.4+5.0/PE100 |
| 315 | 315.0 | 317.9 | 18.7+3.7/PE100 | 23.2+4.6/PE100 | 28.6+5.7/PE100 |
| 355 | 355.0 | 358.2 | 21.1+4.2/PE100 | 26.1+5.2/PE100 | 32.2+6.4/PE100 |
| 400 | 400.0 | 403.6 | 23.7+4.7/PE100 | 29.4+5.8/PE100 | 36.3+7.2/PE100 |

A.0.2 聚丁烯（PB）管外径及公称壁厚应符合表A.0.2的规定。

表A.0.2 聚丁烯（PB）管外径及公称壁厚 （mm）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 公称外径dn | 平均外径 | 公称壁厚 |
| 最小 | 最大 |  |
| 20 | 20.0 | 20.3 | 1.9+0.3 |
| 25 | 25.0 | 25.3 | 2.3+0.4 |
| 32 | 32.0 | 32.3 | 2.9+0.4 |
| 40 | 40.0 | 40.4 | 3.7+0.5 |
| 50 | 49.9 | 50.5 | 4.6+0.6 |
| 63 | 63.0 | 63.6 | 5.8+0.7 |
| 75 | 75.0 | 75.7 | 6.8+0.8 |
| 90 | 90.0 | 90.9 | 8.2+1.0 |
| 110 | 110.0 | 111.0 | 10.0+1.1 |
| 125 | 125.0 | 126.2 | 11.4+1.3 |
| 140 | 140.0 | 141.3 | 12.7＋1.4 |
| 160 | 160.0 | 161.5 | 14.6+1.6 |

# 附录B 竖直地埋管换热器的设计计算

B.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：

 （B.0.1-1）

式中  *Rf*——传热介质与U型管内壁的对流换热热阻（m·K/W）；

*di*——U型管的内径（m）；

*h*——传热介质与U型管内壁的对流换热系数（W/m2 ·K）。

2 U型管的管壁热阻可按下式计算：

 （B.0.1-2）

 （B.0.1-3）

式中  *Rpe*——U型管的管壁热阻（m·K/W）；

*kp*——U型管导热系数（W/m·K）；

*do*——U型管的外径（m）；

*de*——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：

 （B.0.1-4）

式中 *Rb*——钻孔灌浆回填料的热阻（m·K/W）；

*kb*——灌浆材料导热系数（W/m·K）；

*db*——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式计算：

对于单个钻孔：

 （B.0.1-5）

 （B.0.1-6）

对于多个钻孔：

 （B.0.1-7）

式中 *Rs*——地层热阻（m·K/W）；

*I*——指数积分公式，可按公式B.0.1-6计算；

*ks*——岩土体的平均导热系数（W/m·K）；

*a*——岩土体的热扩散率（m2/s）；

*rb*——钻孔的半径（m）；

*τ*——运行时间（s）；

*xi*——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：

 （B.0.1-8）

式中 *Rsp*——短期连续脉冲负荷引起的附加热阻（m·K/W）；

*τp*——短期脉冲负荷连续运行的时间，例如8h。

B.0.2 竖直地埋管换热器钻孔的长度计算宜符合下列要求；

1制冷工况下，竖直地埋管换热器钻孔的长度可按下式计算：

 （B.0.2-1）

*Fc*＝*Tc1* / *Tc2* （B.0.2-2）

式中 *Lc*——制冷工况下，竖直地埋管换热器所需钻孔的总长度（m）；

*Qc*——热泵机组的额定冷负荷（kW）；

*EER*——热泵机组的制冷性能系数；

*tmax*——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27~32℃；

t∞——埋管区域岩土体的初始温度（℃）；

*Fc*——制冷运行份额；

*Tc1*—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，*Tc1*为最热月份水源热泵机组的运行小时数；

*Tc2*—一个制冷季中的小时数，当运行时间取一个月时，*Tc2*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：

 （B.0.2-3）

*Fh*＝*Th1* / *Th2* （B.0.2-4）

式中 *Lh*——供热工况下，竖直地埋管换热器所需钻孔的总长度（m）；

*Qh*——热泵机组的额定热负荷（kW）；

*COP*——热泵机组的供热性能系数；

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

*Fh*——供热运行份额；

*Th1*—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，*Th1*为最冷月份水源热泵机组的运行小时数；

*Th2*—一个供热季中的小时数；当运行时间取一个月时，*Th2*为最冷月份的小时数。

# 附录C 岩土热响应试验(新增)

C.1一般规定

C.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。地埋管地源热泵系统的应用建筑面积大于或等于10000㎡时，测试孔的数量不应少于2个。对2个及以上测试孔的测试，其测试结果应取算术平均值。

C.l.2在岩土热响应试验之前应通过钻孔勘察，绘制项目场区钻孔地质综合柱状图。

C.1.3岩土热响应试验应包括下列内容:

1 岩土初始平均温度;

2 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。

C.1.4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 参考标准;

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。

C.1.5 测试现场应提供稳定的电源，具备可靠的测试条件。

C.1.6 在对测试设备进行外部连接时，应遵循先接水后接电的原则。

C 1.7测试孔的施工应由具有相应资质的专业队伍承担。

C.1.8 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10mm。

C.1.9 岩土热响应的测试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。

C.2 测试仪表

C.2.1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%。

C.2.2流量的测量误差不应大于±1%。

C.2.3温度的测量误差不应大于±0.2℃

C.3岩土热响应试验方法

C.3.1 岩土热响应试验的测试步骤，应符合以下规定：

1 制作测试孔；

2 平整测试孔周边场地，提供水电接驳点；

3 测试岩土初始温度；

4 测试仪器与测试孔的管道连接；

5 水电等外部设备连接完毕后，应对测试设备本身以及外部设备的连接再次进行检查；

6 启动电加热、水泵等试验设备，待设备运转稳定后开始读取记录试验数据；

7 岩土热响应试验过程中，应做好对试验设备的保护工作；

8 提取试验数据，分析计算得出岩土综合热物性参数；

9 测试试验完成后，对测试孔应做好防护工作。

C.3.2 测试孔的深度应与实际的用孔相一致。

C.3.3 岩土热响应试验应在测试孔完成并放置至少48h以后进行。

C.3.4 岩土初始平均温度的测试应采用布置温度传感器的方法。测点的布置宜在地埋管换热器埋设深度范围内，且间隔不宜大于10米；以各测点的算术平均值作为岩土初始平均温度。

C.3.5 岩土热响应试验测试过程应符合以下要求：

1 岩土热响应试验应连续不间断，持续时间不宜少于48h；

2 试验期间，加热功率应保持恒定；

3 地埋管换热器的出口温度稳定后，其温度宜高于岩土初始平均温度5℃以上且维持时间不少于12h。

C.3.6 地埋管换热器内流速不应低于0.2m/s。

C.3.7 试验数据读取和记录的时间间隔不应大于10min。

**辽 宁 省 地 方 标 准**

地源热泵系统工程技术规程

DBXX/TXXXX-XXXX

# 条文说明

目 录

1 总 则 24

2 术 语 25

3 工程勘察 26

3.1 一般规定 26

3.2 地埋管换热系统勘察 26

3.3 地下水换热系统勘察 27

4 地埋管换热系统 30

4.1 一般规定 30

4.2 地埋管换热系统设计 30

4.3 地埋管换热系统施工 34

4.4 地埋管换热系统的检验与验收 35

5 地下水换热系统 36

5.1 一般规定 36

5.2 地下水换热系统设计 36

5.3 地下水换热系统施工 37

6 建筑物内系统 38

6.1 建筑物内系统设计 38

7整体运转、调试 39

附录A地埋管外径及壁厚 40

附录B 竖直地埋管换热器的设计计算 41

附录C岩土热响应试验 42

# 1 总 则

1. 制定本规程的宗旨。近年来地源热泵系统在我省得到了日益广泛的应用，但由于缺乏结合我省实际的相应规程的约束，地源热泵系统的推广出现一定的盲目性。影响了地源热泵系统的进一步推广和应用。
2. 规定了本规程的适用范围。
3. 本规程为地源热泵系统工程的专业性地方技术规范。为了精简规范内容，凡其它全国性及本省标准、规范等已有明确规定的内容，除却有必要者以外，本规程不在另设条文。目的是强调在执行本规程的同时还应注意贯彻执行相关规范、标准等的有关规定。

# 2 术 语

1. 地源热泵系统还被称为地热热泵系统（geothermal heat pump system） ，地能系统（earth energy system），地源系统（ground-source system）等。后来，由ASHRAE统一为标准用语即地源热泵系统（ground-source heat pump system），其中地埋管地源热泵系统也称地藕合系统（closed-loop ground-coupled heat pump system）或土壤源地源热泵系统。考虑实际应用中人们的称呼习惯，同时便于理解，本规程定义为地埋管地源热泵系统。
2. 本规程中抽水井和回灌井均用作地源热泵系统的低温热源，故将抽水井和回灌井统称为换热井。
3. 岩土综合热物性参数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。对于工程设计而言，最为关心的是地埋管换热系统的换热能力，这主要反映在地埋管换热器深度范围内的综合岩土导热系数和综合比热容两个参数上。由于地质结构的复杂性和差异性，因此通过现场试验得到的岩土热物性参数，是一个反映了地下水流等因素影响的综合值。
4. 岩土初始平均温度是指从自然地表下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。一般来说，从地表以下10～20m深度范围内，岩土受外部环境影响，其温度会随季节发生变化；而在此深度以下至竖直地埋管换热器埋设深度范围内，岩土自身的温度受外界环境影响较小，常年恒定。

# 3 工程勘察

## 3.1 一般规定

1. 工程场地状况及浅层地热能资源条件是能否应用地源热泵系统的基础。地源热泵系统方案设计前，应根据调查及勘察情况，选择采用地埋管、地下水地源热泵系统。浅层地热能资源勘察包括地埋管换热系统勘察、地下水换热系统勘察及地表水换热系统勘察。
2. 在工程场区内或附近有水井的地区可调查收集已有工程勘察和水井资料。调查区域半径宜大于拟定换热区100～200m，通过调查和野外实际观测，查明已有水井的位置、类型、结构、深度、地层剖面、出水量、水位、水温及水质情况，还应了解水井的用途、开采方式、年用水量及水位变化情况等。
3. 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）或埋设水平或垂直埋管换热器（地埋管换热系统）的需要。同时应满足置放和操作施工机具及埋设室外管网的需要。

## 3.2 地埋管换热系统勘察

1. 岩土体地质条件勘察可参照《岩土工程勘察规范》GB50021及《供水水文地质勘察规范》GB50027进行。采用水平地埋管换热器时，地埋管换热系统勘察采用槽探、坑探或钎探进行。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，探槽的深度一般超过埋管深度1m。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大小确定，勘探孔深度宜比钻孔至少深5m。

钎探应按现行国家标准《建筑地基工程施工质量验收标准》GB50202的规定执行；勘探孔施工按现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB50021的规定执行；工程场地内地层岩性差异较小时，应根据浅层地热能工程应用的建筑面积，按表3.2.2.C确定勘察工作量。工程场地地层岩性差异较大时，宜根据场地内地质条件增加勘探孔数量。

表3.2.1 槽探和勘探孔数量

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 埋管方式 | 系统应用建筑面积A（m2） | 槽探、勘探孔数量(个) |
| 水平 | A<500 | 1（探槽） |
| 500≤A | ≥2（探槽） |
| 竖直 | A<5000 | 1（孔） |
| 5000≤A<10000 | 2（孔） |
| 10000≤A＜50000 | 3~5（孔） |
| 50000≤A | ≥5（孔） |

1. 应用建筑面积是指在同一个工程中，应用地埋管地源热泵系统的各个单体建筑面积的总和。根据近几年对我国应用地埋管地源热泵系统情况的调查，大中型地埋管地源热泵系统的应用建筑面积多在5000m2以上，5000m2以下多为小型单体建筑;根据国外对商用和公用建筑应用地埋管地源热泵系统的技术要求，应用建筑面积小于3000m2时至少设置一个测试孔进行岩土热响应试验。考虑我国目前地埋管地源热泵系统应用特点，结合国外已有的经验，为了保证大中型地埋管地源热泵系统的安全运行和节能效果，作此规定。
2. 岩土体热物性指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。测定方法可采用实验室法或现场测定法。

 1 实验室法:对勘探孔不同深度的岩土体样品进行测定，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，岩土热响应试验详见附录C。

测试仪器所配置的计量仪表，如流量计、温度传感器等，满足测试精度与要求。

##  地下水换热系统勘察

1. 水文地质条件勘察可参照《供水水文地质勘察规范》GB50027、〈供水管井技术规范〉GB50296进行。通过勘察，查明拟建换热井地段的水文地质条件，即一个地区地下水的分布、埋藏，地下水的补给、径流、排泄条件以及水质和水量等特征。对地下水资源作出可靠评价，提出地下水合理利用方案，并预测地下水的动态及对环境的影响，为换热井设计提供依据。
2. 渗透系数指单位时间内通过单位断面的流量(m/d)，一般用来衡量地下水在含水层中径流的快慢。
3. 勘察试验井预期的出水量或回灌量与井深、直径、含水构造带埋藏条件以及准备采用的抽水设备、过滤器的类型等密切相关。其深度应满足预期出水量或回灌量，并增加3-5米沉淀管。
4. 常见的过滤器类型主要有：钢筋骨架缠丝、钢管条缝缠丝、钢管穿孔、钢管穿孔缠丝、钢管穿孔贴砾、钢管桥式等金属材质以及玻璃钢、PE等非金属材质。

根据含水层的性质确定采用的过滤器应符合下列要求：

1 过滤器长度：含水层小于30m时，宜取含水层厚度或设计动水位以下含水层厚度；含水层厚度大于30m时，根据含水层的富水性和设计出水量确定；

2 过滤器直径应根据设计出水量、过滤管长度、过滤管面层孔隙率和允许过滤管进水速度确定。

3 缠丝过滤器的设计，应符合下列规定：

1）骨架管的穿孔形状、尺寸及排列方式，应按管材强度和加工工艺确定，孔隙率宜为15%～30%；

2）骨架管上应有纵向垫筋。垫筋高度宜为6～8mm，垫筋间距宜保证缠丝距管壁2～4mm，垫筋两端应设挡箍；

3）缠丝材料应采用无毒、耐腐、抗拉强度大和膨胀系数小的线材。缠丝断面形状，宜为园形、梯形或三角形；

4）缠丝不得松动。缠丝间距允许偏差为设计丝距的±20%。

4 缠丝过滤器的孔隙尺寸，应根据含水层的颗粒组成和均匀性确定，并宜符合下列规定：

1）碎石土类含水层，宜采用*d20*；

2）砂土类含水层，宜采用*d50*；

 注：1 d20为碎石土类含水层筛分样颗粒组成中，过筛重量累计为20%时的最大颗粒直径；

2 d50为砂土类含水层筛分颗粒组成中，过筛重量累计为50%时的最大颗粒直径。

5 缠丝过滤器缠丝面孔隙率的设计，宜按下式计算确定：

  ( 3.3.11-1)

式中  *P*——缠丝面孔隙率；

 *d1*——垫筋宽度或直径（mm）；

  *m1*——垫筋中心距离（mm）；

  *d2*——缠丝直径或宽度（mm）；

  *m2*——缠丝中心距离（mm）。

6出水量设计复核

1）管井井群设计的总出水量，应小于开采地区地下水允许开采量。

2）管井设计出水量，应小于过滤器的进水能力。过滤器的进水能力，应按下式计算确定：

 *Qg=π•n•Vg•Dg•L*  （3.3.11-2）

式中 *Qg*——过滤器的进水能力（m3/s）；

 *n* ——过滤器进水面层有效孔隙率，宜按过滤器面层孔隙率的50%计算。

 *Vg*——允许过滤器进水流速（m/s），不得大于0.03m/s；

 *Dg*——过滤器外径（m）；

*L*——过滤器有效进水长度（m），宜按过滤器长度的计算。

3） 松散层管井的设计出水量，除应符合本规范第3.3.6-2式的规定外，还应按下式进行允许井壁进水流速复核：

  （3.3.11-3）

式中 Q——设计出水量（m3/s）；

 Dk——开采段井径（m）；

 L——过滤器长度（m）；

 Vj——允许井壁进水流速（m/s）。

d 允许井壁进水流速宜按下式计算：

 （3.3.11-4）

式中 K——含水层的渗透系数（m/s）。

f 当地下水具有腐蚀性和容易结垢时，对本规范第3.3.6-2式中的允许过滤器进水流速，应按减少1/3～1/2后确定。

1. 用于回灌的勘察试验井，为防止堵塞和泥土进入地下含水层，在试验井穿过地下含水层时，应在含水层深度范围内设置过滤器，过滤器的安装长度不应超出含水层。若过滤器位于泥土层时，将造成泥土随回灌过程渗入地下含水层，污染地下水，同时引发地层塌陷。
2. 按设计要求准备滤料的数量宜按下式计算确定：

 （3.3.15-1）

式中 V——滤料数量（m3）；

 Dk——填砾段井径（m）

 Dg——过滤管外径（m）

 L——填砾段长度（m）

 α——超径系数，一般为1.2～1.5。

1. 对稳定流抽水试验应按下列原则进行：

1 抽水试验时，水位下降的落程应根据试验目的确定，一般进行三个落程。其中最大下降值应尽量接近井的设计动水位，较小的两次下降值约分别为最大下降值的1/3和2/3。各个落程的水泵吸水管口的安装深度，应尽量相同。当水井出水量很小，试验时的出水量已达到水井的极限出水能力时，水位下降的落程可适当减少。

2抽水试验的稳定，应符合在抽水稳定延续时间内，钻孔出水量和动水位与时间关系曲线只在一定的范围内波动，而且没有持续上升或下降趋势的要求。

1） 当有观测孔时，应以最远测孔的动水位测定；

2） 在判定动水位有无上升或下降趋势时，应考虑自然水位的影响。

3 抽水试验的稳定延续时间，一般应符合下列要求：

1） 卵石、砾石和粗砂含水层为8小时；

2） 中砂、细砂和粉砂含水层为16小时；

3） 基岩含水层（带）为24小时。

根据含水层类型、已有抽水试验资料的多少、补给条件的好坏和试验的目的，上述稳定延续时间可适当增加或减少。

4 抽水试验时，动水位和出水量观测的时间要求，一般在抽水开始后的第5、10、15、20、25、30分钟各测一次，以后每隔30分钟或60分钟测一次；水温、气温观测的时间要求，一般每隔2～4小时测一次。

5 互阻抽水试验，应尽量符合下列要求：

1） 抽水试验井的结构相同；

2） 各抽水井的水位下降值一致；

3） 当一个抽水井抽水时，对另一个最近的抽水井产生的水位下降值，不宜小于200mm。

对非稳定抽水试验应符合下列规定：

1抽水试验井的出水量，应保持常量。

2抽水试验的延续时间，应按水位下降与时间[s（或△h2）—log *t*]关系曲线确定，一般符合下列要求：

1） 如s（或△h2）—log *t*关系曲线没有拐点，则延续时间宜至拐点后的线段趋于水平为止；

2） 如s（或△h2）—log *t*关系曲线没有拐点，则延续时间宜根据试验的目的确定。

注：1在承压水含水层中抽水时，采用s—log t关系曲线；在潜水含水层中抽水时，采用△h2—log t关系内线。△h2是指潜水含层在自然情况下的厚度H和在抽水试验时的厚度h的平方差，即△h2=H2–h2;

2拐点是指曲线上斜率的偏导数等于零的点；

3当有观测孔时，应以最远观测孔的s（或△h2）—log t关系曲线判定。

3 抽水试验时，对动水位和出水量的观测，应在同一时间进行。其观测的时间要求，宜

按开始后的第1、2、3、4、5、6、8、10、15、20、25、30分钟进行观测，以后可每隔30分钟观测一次。

# 4 地埋管换热系统

## 4.1 一般规定

1. 岩土体的特性对地埋管换热器施工进度和初投资有很大的影响。坚硬的岩土体换热性能较好，但将增加施工难度和初投资，而松软岩土体的地质变形对地埋管换热器也会产生不利影响，其换热性能不如坚硬的岩土体，但施工相对来说容易，投资低。为此，工程勘察完成后，应对地埋管换热系统实施的可行性及经济性进行评估。
2. 管沟开挖施工中遇有管道、电缆、地下构筑物或文物古迹时，应予以保护，并及时与有关部门联系协同处理。
3. 埋管区域不应以树木、灌木、花园等作为标识。

## 4.2 地埋管换热系统设计

1. 地埋管换热器远离水井及室外排水设施，是为了减少水井及室外排水设施的影响。靠近机房或以机房为中心设置是为了缩短供、回水集管的长度。
2. 地埋管换热器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，地源热泵系统总释热量宜与其总吸热量相平衡。全年冷热负荷平衡失调，将导致地埋管区域岩土体温度持续升高或降低，从而影响地埋管换热器的换热性能，降低地埋管换热系统的运行效率。因此，地埋管换热系统设计应考虑全年冷热负荷的影响。
3. 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中的总热量。即：

最大释热量=∑【空调分区冷负荷×（1+1/EER）】+∑输送过程得热量+∑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。将上述前两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：

最大吸热量=∑【空调分区热负荷×（1-1/COP）】+∑输送过程失热量-∑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降低或升高。

1. 在设计时应使用地下换热器设计软件，模拟计算地下换热器运行期间内不同换热量时流体的温度变化情况，从而确定不同的换热量对地温场的影响。
2. 地埋管换热器有水平和竖直两种埋管方式。当可利用地表面积较大，浅层岩土体的温度和热物性受气候、雨水、埋设深度影响较小时，宜采用水平地埋管换热器。否则，宜采用竖直地埋管换热器。图1为常见的水平地埋管换热器形式，图2为新近开发的水平地埋管换热器形式，图3为竖直地埋管换热器形式。在没有合适的室外用地时，竖直地埋管换热器还可以利用建筑物的混凝土基桩埋设，即将U型管捆扎在基桩的钢筋网架上，然后浇灌混凝

土，使U型管固定在基桩内。

a单或双环路 b 双或四环路 c三或六环路

图1 几种常见的水平地埋管换热器形式

a垂直排圈式 b水平排圈式 c水平螺旋式

图2 几种新近开发的水平地埋管换热器形式

a单U形管 b双U形管 c小直径螺旋盘管 d大直径螺旋盘管

e立柱状 f蜘蛛状 g套管式

图3 竖直地埋管换热器形式

1. 地埋管换热器设计计算是地源热泵系统设计所特有的内容，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的换热特性差别都很大。为保证地埋管换热器设计符合实际，满足使用要求，通常，设计前需要对现场岩土体热物性进行测定，并根据实测数据进行计算。此外建筑物全年动态负荷、岩土体温度的变化、地埋管及传热介质特性等因素都会影响地埋管换热器的换热效果。因此，考虑地埋管换热器设计计算的特殊性及复杂性，宜采用专用软件进行计算。所使用的软件应具有以下功能：

1 能计算或输入建筑物全年动态负荷；

2 能计算当地岩土体平均温度及地表温度波幅；

3 能模拟岩土体与换热管间的热传递及岩土体长期储热效果；

4 能计算岩土体、传热介质及换热管的热物性；

5 能对所设计系统的地埋管换热器的结构进行模拟，（如钻孔直径、换热器类型、灌浆情况等）。

目前，在国际上比较认可的地埋管换热器的计算核心为瑞典隆德大学开发的g-functions算法。根据程序界面的不同主要有：瑞典隆德Lund大学开发的EED程序；美国威斯康星Wison-sin-Madion大学Solar Energy实验室（SEL）开发的TRNSYS程序；美国俄克拉玛州Oklahoma大学开发的GLHEPRO程序。在国内，许多大专院校也曾对地埋管换热器的计算进行过研究并编制了计算软件。

1. 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。

 为了便于设计人员采用，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。

1. 引自加拿大地源热泵系统设计安装标准《Design and Installation of Earth Energy Systems for Commercial and Institutional Buildings》CAN/CSA-C448.1。
2. 为避免换热短路，钻孔间距应进行计算，通常宜大于3m。根据工程的使用情况，及其可以利用的打孔面积，在吸、放热量不平衡时，也可以通过适当加大钻孔间距的方法，利用软件模拟的温度变化曲线范围来确定孔间距，以减小地下换热器内流体温度的逐渐上升或下降的趋势。
3. 目的为确保系统及时排气和加强换热。地埋管换热器内管道推荐流速：双U型埋管不宜小于0.4m/s，单U型埋管不宜小于0.6m/s。
4. 利于水力平衡及降低压力损失。供、回水环路集管的间距不小于0.6m，是为了减少供回水管间的热传递。
5. 保证地下埋管的导热效果，但对于地质情况多为岩石的区域，回填料导热系数可低于岩土体导热系数。
6. 传热介质不同，其摩擦阻力也不同，水力计算应按选用的传热介质的水力特性进行计算。国内已有塑料管比摩阻均是针对水而言的，对添加防冻剂的水溶液，目前尚无相应数据，为此，地埋管压力损失可参照以下方法进行计算。该方法引自《地源热泵工程技术指南》（Ground-source heat pump engineering manual）。
7. 确定管内流体的流量、公称直径和流体特性。
8. 根据公称直径，确定管子的内径；
9. 计算管子的断面面积A（m2）：

A＝

式中 A—地埋管的断面面积（m2）；

 dj—地埋管的内径（m）；

1. 计算管内流体的流速V：



式中 V—管内流体的流速（m/s）；

 G—管内流体的流量（m3/h）；

1. 计算管内流体的雷诺数（Re），Re应该大于2300以确保紊流：



式中 Re—管内流体的雷诺数；

 ρ –管内流体的密度（kg/m3）

μ—管内流体的动力粘度（N·s/m2）；

1. 计算管段的沿程阻力Py：

Pd=0.158×ρ0.75×μ0.25×dj－1.25×v1.75

PY= Pd×L

式中：Py--计算管段的沿程阻力（Pa）；

 Pd--计算管段单位管长的沿程阻力（Pa/m）；

L--计算管段的长度（m）；

1. 计算管段的局部阻力Pj（Pa）

Pj= Pd×Lj

式中 Pj—计算管段的局部阻力（Pa）；

Lj--计算管段中局部阻力的当量长度（m）。

管件当量长度可按表1计算；

表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 |
| 1.0 | DN32 |  | 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PZ（Pa）

PZ= PY+ Pj

式中 Pz—计算管段的总阻力（Pa）。

1. 要求地下换热器与机组的运行数量相对应，主要是考虑部分机组开启运行时，只有其相对应的水泵循环，因此为了保证地下换热器的紊流换热，地下换热器也投入相对应的数量运行。
2. 聚乙烯管应符合《给水用聚乙烯（PE）管材》GB/T13663的要求。聚丁烯管应符合《冷热水用聚丁烯（PB）管道系统》GB/T19473.2的要求。
3. 目的在于便于后期运行调试以及对地下换热器流体温度变化的监测；或者对地下换热器的累计吸、排热量的监测，便于指导运行，调整运行策略。
4. 目的在于防止地埋管换热系统堵塞。

## 4.3 地埋管换热系统施工

1. 地埋管的质量对地埋管换热系统至关重要。进入现场的地埋管及管件应逐件进行外观检查，破损和不合格产品严禁使用。不得采用出厂已久的管材，宜采用刚制造出的管材。聚乙烯管应符合《给水用聚乙烯（PE）管材》GB/T13663的要求。聚丁烯管应符合《冷热水用聚丁烯（PB）管道系统》GB/T19473.2的要求。

地埋管运抵工地后，应用空气试压进行检漏试验。地埋管及管件存放时，不得在阳光下暴晒。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。

1. 传热介质的安全性包括毒性、易燃性及腐蚀性；良好的传热特性和较低的摩擦阻力是指传热介质具有较大的导热系数和较低的黏度。可采用的其他传热介质包括氯化钠溶液、氯化钙溶液、乙二醇溶液、丙醇溶液、丙二醇溶液、甲醇溶液、乙醇溶液、醋酸钾溶液及碳酸钾溶液。
2. 可选择防冻剂包括：
3. 盐类：氯化钙和氯化钠；
4. 乙二醇：乙烯基乙二醇和丙烯基乙二醇；
5. 酒精：甲醇，异丙基，乙醛；
6. 钾盐溶液：醋酸钾和碳酸钾。

添加防冻剂后的传热介质的冰点宜比设计最低使用温度低3～5℃，是为了防止出现结冰现象。地埋管换热系统的金属部件应与防冻剂兼容。这些金属部件包括循环泵及其法兰、金属管道、传感器部件等与防冻剂接触的所有金属部件。

1. 回填料应采用网孔不大于15mm×15mm的筛进行过筛，保证回填料不含有尖利的岩石块和其他碎石。为保证回填均匀且回填料与管道紧密接触，回填应在管道两侧同步进行，同一沟槽中有双排或多排管道时，管道之间的回填压实应与管道和槽壁之间的回填压实对称进行。各压实面的高度不宜超过30cm。管腋部采用人工回填，确保塞实、捣实。分层管道回填时，应重点做好每一管道层上方15cm范围内的回填。管道两侧和管顶以上50cm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。
2. 护壁套管为下入钻孔中用以保护钻孔孔壁的套管。钻孔前，护壁套管应预先组装好，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。

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

1. U形管安装完毕后，应立即灌浆回填封孔，隔离含水层。灌浆即使用泥浆泵通过灌浆管将混合浆灌入钻孔中的过程。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。灌浆时，应保证灌浆的连续性，应根据机械灌浆的速度将灌浆管逐渐抽出，使灌浆液自下而上灌注封顶，确保钻孔灌浆密实，无空腔，否则会降低传热效果，影响工程质量。
2. 灌浆回填料一般为膨润土和细砂（或水泥）的混合浆或其他专用灌注材料。膨润土的比例宜占4%～6%。钻孔时取出的泥砂浆凝固后如收缩很小时，也可用作灌浆材料。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。
3. 系统冲洗是保证地埋管换热系统可靠运行的必须步骤，在地埋管换热器安装前、地埋管换热器与环路集管装配完成后及地埋管换热系统全部安装完成后均应对管道系统进行冲洗。
4. 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，容易造成地埋管的损害，故当室外环境温度低于0℃时，尽量避免地埋管换热器的施工。

## 4.4 地埋管换热系统的检验与验收

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

# 5 地下水换热系统

## 5.1 一般规定

1. 可靠的回灌措施是指将地下水通过回灌井全部送回原来的取水层的措施，要求从哪层取水必须再灌回哪层，且回灌井要具有持续回灌能力。同层回灌可避免污染含水层和维持同一含水层储量，保护地热能资源。换热井只能用于置换地下冷量或热量，不得用于取水等其他用途。抽水回灌过程中应采取密闭等措施，不得对地下水造成污染。在每口抽水井与回灌井的检查室内设置累积式流量表的目的是为了能够有效的检测到取水量和回灌量，便于监督地下水是否通过回灌井全部送回。
2. 地源热泵系统最大吸热量或释热量的计算：

最大吸热量＝∑（空调分区热负荷－机组压缩机耗功）+∑输送过程失热量－∑水泵释放热量

最大释热量＝∑（空调分区冷负荷＋机组压缩机耗功）+∑输送过程得热量+∑水泵释放热量

1. 地下水供水管不得与其他管道连接是为了避免污染市政供水或其他水污染地下水和使用自来水取热；地下水回灌管不得与其他管道连接，是为了避免回灌水排入下水或其他污水排入地下水，保护水资源不被浪费或污染。
2. 地下水换热系统冷、热量提取及回灌的失调，可能导致该区域地下水温度持续升高或降低，从而影响地下水换热系统的换热，降低地下水换热系统的运行效率。

## 5.2 地下水换热系统设计

1. 换热井供水系统是指由井泵将井水送到水源热泵机组经换热后再回到回灌井的管路系统。
2. 此条是为了保证换热井的质量，从而保证地下水换热系统的正常运行。
3. 氧气会与水井内存在的低价铁离子反应形成铁的氧化物，也能产生气体黏合物，引起回灌井阻塞，为此，换热井设计时应采取有效措施消除空气侵入现象。
4. 抽水井与回灌井相互转换以利于开采、洗井、岩土体和含水层的热平衡。抽水井具有长时间抽水和回灌的双层功能，要求不出砂又保持通畅。抽水井与回灌井间设排气装置，可避免将空气带入含水层。
5. 一般为了保证回灌效果，抽水井与回灌井比例不小于1：2。当多井抽水或多井回灌时，井的出水量和回灌量相对于单井的出水量和回灌量有一定的衰减。
6. 此条是为了避免污染地下水。
7. 管井一般指用凿井机械开凿至含水层中，用井壁管保护井壁，垂直地面的直井，又称机井。管井是目前地下水源热泵空调系统中最常见的。一般井径大于1.5m井称之为大口井，大口井可以作为开采浅层地下水的换热井。辐射井是由积水井与若干呈辐射状敷设的水平集水管（辐射管）组合而成。
8. 从保障地下水安全回灌及水源热泵机组正常运行的角度，地下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下水应满足此条要求。此条要求引自《采暖通风与空气调节设计规范》GB50019第7.3.3条条文说明。

当水质达不到要求时，应进行水处理。经过处理后仍达不到规定时，应在地下水与水

源热泵机组之间加设中间换热器。对于腐蚀性及硬度高的水源，应设置抗腐蚀的不锈钢换热器或钛板换热器。

当水温不能满足水源热泵机组使用要求时，可通过混水或设置中间换热器进行调节，以满足机组对水温的要求。

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

1. 此条是为了避免污染地下水。

## 5.3 地下水换热系统施工

1. 热泵井及其周围区域的工程勘察资料包括施工场区内地下水换热系统勘察资料及其他专业的管线布置图等。

# 6 建筑物内系统

## 6.1 建筑物内系统设计

1. 水源热泵机组性能应符合现行国家标准《水源热泵机组》GB/T19409的相关规定，水源热泵机组正常工作的冷（热）源温度范围（引自《水源热泵机组》GB/T19409）：

水环热泵系统 20～40℃（制冷） 15～30℃（制热）

地下水热泵系统 10～25℃（制冷） 10～25℃（制热）

地埋管热泵系统 10～40℃（制冷） -5～25℃（制热）

1. 机房位置即要力求靠近换热井，又要靠近冷热负荷比较集中的地区，这样可以缩短管路，节约管材，减少压力损失，而且也简化了管路系统的设计、施工与管理。
2. 当水温达到设定温度时，水源热泵机组应能减载或停机。用于供热时，水源热泵机组应能保证足够的流量以防止机组出口端结冰。
3. 不同地区地下水水温差别较大，设计时应按实际水温参数进行设备选型。末端设备选择时应适合水源热泵机组供、回水温度的特点，保证水源热泵系统的应用效果
4. 根据水源热泵机组的设置方式不同，分为集中、水环和分体热泵系统。水环热泵系统是小型水/空气热泵的一种应用方式，即用水环路将小型水/空气热泵机组并联再一起，构成以回收建筑物内部余热为主要特征的热泵供热、供冷的系统。水环热泵系统机组的进风温度不应低于10℃或高于32．2℃。当进风温度低于10℃时，应进行预热处理。对于冬季间歇使用的建筑物，宜采用分体热泵系统，以防止停止使用时设备冻坏。末端空调系统可采用风机盘管系统、冷暖顶/地板辐射系统或全空气系统。
5. 夏季运行时，空调水进入机组冷凝器，热源水进入机组蒸发器。冬、夏季节的功能转换阀门 应性能可靠，严密不漏。如果地下水的水质不适合直接进入水源热泵机组，可采用相应的技术措施（如加装除砂器、沉淀池、净水过滤器等），或采取加装板式换热器间接供水系统。
6. 当采用地源热泵系统提供（或预热）生活热水较其他方式提供生活热水经济性更好时，应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。
7. 为达到节能目的，可采用水侧或风侧节能器，且根据实际情况设置蓄能水箱。对于平均水温低于10℃的地区，由于供热量大，地埋管换热器出水温度较低，为节省热量，此时宜在水侧或风侧设置热回收装置对排风进行热回收；或根据室外气象条件及系统特点采用过渡季增大新风量等节能措施。

# 7整体运转、调试

1. 检查内容主要针对换热井打井位置，以及涉及环境影响和安全隐患等内容。
2. 地源热泵系统试运转需测定与调整的主要内容包括：

 1 出水井出水量；回灌井的回灌能力；出水及回灌水含砂量等应符合有关标准及有关技术文件的规定。

2 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；

3 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度波动；

4保护性试验应根据机组使用说明书等文件中所列项目进行。严寒地区，夏季运行地下水温较地低，冬季运行刚开机时循环水温也较低，因此，机组应有冷凝压力过低的保护性措施，如：当冷凝压力过低时，冷凝器供水电动三通阀应能自动调整水量，以保证机组正常工作。

5 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；

6 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。

1. 地源热泵系统的冬、夏两季运行测试，包括运行过程中地下换热器内流体温度变化情况，热泵机组的进、出水温度情况，热泵机组的运行能耗，水泵的运行能耗。并对采用地源热泵系统的室内参数进行测定，结合地源热泵系统的实测性能对整个空调系统做出评价。

# 附录A地埋管外径及壁厚

A. 0.1表中数值引自《给水用聚乙烯(PE)管材》GB/T 13663。

A.0.2表中数值引自《冷热水用聚丁烯(PB)管道系统》GB/T19473. 2。

# 附录B 竖直地埋管换热器的设计计算

B.0.1为了便于工程计算，几种典型土壤、岩石及回填料的热物性可参考表3确定。表3引自《2003 ASHRAE HANDBOOK HVAC Applications》中Geothermal Energy一章。

**表3几种典型土壤、岩石及回填料的热物性**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 导热系数 | 扩散率 | 密度 |
| 土壤 | 致密黏土(含水量15%) | 1.4~1.9 | 0.49~0.71 | 1925 |
| 致密黏土(含水量5%) | 1.0~1.4 | 0.54~0.71 | 1925 |
| 轻质黏土(含水量15%) | 0.7~1.0 | 0.54~0.64 | 1285 |
| 轻质黏土(含水量5%) | 0.5~0.9 | 0.65 | 1285 |
| 致密砂土(含水量15%) | 2.8~3.8 | 0.97~1.27 | 1925 |
| 致密砂土(含水量5%) | 2.1~2.3 | 1.10~1.62 | 1925 |
| 轻质砂土(含水量15%) | 1.0~2.1 | 0.54~1.08 | 1285 |
| 轻质沙土(含水量5%) | 0.9~1.9 | 0.64~1.39 | 1285 |
| 岩石 | 花岗岩 | 2.3~3.7 | 0.97 ~1.51 | 2650 |
| 石灰石 | 2.4~3.8 | 0.97~1.51 | 2400~2800 |
| 砂岩 | 2.1~3.5 | 0.75~1.27 | 2570~2730 |
| 湿页岩 | 1.4~2.4 | 0.75~0.97 | — |
| 干页岩 | 1.0~2.1 | 0.64~0.86 | — |
| 回填料 | 膨润土(含有20%~30%的固体) | 0.73~0.75 | — | — |
| 含有20%膨润土、80%SiO2砂子的混合物 | 1.47~1.64 | — | — |
| 含有15%膨润土、85%SiO2砂子的混合物 | 1.00~1.10 | — | — |
| 含有10%膨润土、90%SiO2砂子的混合物 | 2.08~2.42 | — | — |
| 含有10%膨润土、90%SiO2砂子的混合物 | 2.08~2.42 | — | — |

B.0.2地埋管换热器中传热介质的设计平均温度的选取，应符合本规范第4. 3. 7条的规定。

# 附录C岩土热响应试验

C. 1 一般规定

C.1.1 工程场地状况及浅层地热能资源条件是能否应用地源热泵系统的前提。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。

C.1.2 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。

C.1.4 作为地源热泵系统设计的指导性文件，报告内容应明晰准确。

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

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

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

C.1.5 测试现场应提供满足测试仪器所需的、稳定的电源。对于输人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。

C.1.6 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，最后再将动力电连接到测试仪器上，以保证施工人员和现场的安全。

C. 2测试仪表

C. 2. 3对测试仪器仪表的选择，在选择高精度等级的元器件同时，应选择抗干扰能力强，在长时间连续测量情况下仍能保证测量精度的元器件。

C.3岩土热响应试验方法

C. 3 .1测试仪器的摆放应尽可能地靠近测试孔，摆放地点应平整，便于有关人员进行操作，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。

 在测试现场，应搭设防护措施，防止测试设备受日晒雨淋的影响，造成测试元件的损坏，影响测试结果。

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

现有的主要计算方法，是利用反算法推导出岩土热物性参数。其方法是: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，为第时刻由模型计算出的埋管内流体的平均温度; 为第时刻实际测量的埋管中流体的平均温度; 为试验测量的数据的组数。也可将试验数据直接输人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。

以下给出一种适用于单U形竖直地埋管换热器的分析方法，以供参考。

地埋管换热器与周围岩土的换热可分为钻孔内传热过程和钻孔外传热过程。相比钻孔外，钻孔内的几何尺寸和热容量均很小，可以很快达到一个温度变化相对比较平稳的阶段，因此埋管与钻孔内的换热过程可近似为稳态换热过程。埋管中循环介质温度沿流程不断变化，循环介质平均温度可认为是埋管出入口温度的平均值。钻孔外可视为无限大空间，地下岩土的初始温度均匀，其传热过程可认为是线热源或柱热源在无限大介质中的非稳态传热过程。在定加热功率的条件下:

1钻孔内传热过程及热阻

 钻孔内两根埋管单位长度的热流密度分别为和，根据线性叠加原理有:

 （9）

式中 ——分别为两根埋管内流体温度(℃);

 ——钻孔壁温度(℃);

 ——分别看作是两根管子独立存在时与钻孔壁之

 间的热阻

 ——两根管子之间的热阻

在工程中可以近似认为两根管子是对称分布在钻孔内部的，其中心距为D，因此有:

 （10）

 （11）

其中埋管管壁的导热热阻和管壁与循环介质对流换热热阻

 （12）

分别为:

 式中——埋管内径(m)；

 ——埋管外径(m)；

 ——钻孔直径(m)；

 ——埋管管壁导热系数「W/(m·K)]；

 ——钻孔回填材料导热系数「W/(m2·K)]；

 ——埋管周围岩土的导热系数「W/(m2·K)]；

 ——循环介质与U形管内壁的对流换热系数

 [W/m2·K)]。

 取之为单位长度埋管释放的热流量，根据假设有：

,

则式(9)可表示为： （13）

由式(10)一(13)可推得钻孔内传热热阻为

 （14）

 2钻孔外传热过程及热阻

当钻孔外传热视为以钻孔壁为柱面热源的无限大介质中的非稳态热传导时，其传热控制方程、初始条件和边界条件分别为

 （15）

 （16）

 （17）

 （18）

式中 ——埋管周围岩土的平均比热容

 ——孔周围岩土温度(℃)

 ——无穷远处土壤温度(℃);

 ——岩土周围岩土的平均密度(kg/m3);

 ——时间(s) 。

由上述方程可求得时刻钻孔周围土壤的温度分布。其公式非常复杂，求值十分困难，需要采取近似计算。

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;而当加热时间较长时、两模型计算结果的相对误差逐渐减小，而且时间越长差别越小。一般国内外通过实验推导钻孔传热性能及热物性所采用的普遍模型是线热源模型的结论，当时间较长时，线热源模型的钻孔壁温度为:

 （19）

式中

 是指数积分函数。当时间足够长时，

是欧拉常数， 。

为钻孔外岩土的导热热阻。

由式(13)和式(19)可以导出时刻循环介质平均温度，为

 （20）

式〔14)和式((20)构成了埋管内循环介质与周围岩土的换热方程。式(20)有两个未知参数，周围岩土导热系数和容积比热容，利用该式可以求得上述两个未知参数。

C.3.2测试孔的深度相比实际的用孔过大或过小都不足以反映真实的岩土热物性参数;如果测试孔与实际的用孔相差过大，应当按照实际用孔的要求，制作测试孔;或将制成的实际用孔作为测试孔进行测试。

C.3.3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性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作回填材料的测试孔，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。

C.3.4随着岩土深度以及岩土性质的不同，各个深度的岩土初始温度也会有所不同。待钻孔结束，钻孔内岩土温度恢复至岩土初始温度后，可采用在钻孔内不同深度分别埋设温度传感器(如铂电阻温度探头)或向测试孔内注满水的PE管中，插人温度传感器的方法获得岩土初始的温度分布。

C.3.5岩土热响应试验是一个对岩土缓慢加热直至达到传热平衡的测试过程，因此需要有足够的时间来保证这一过程的充分进行。在试验过程中，如果要改变加热功率，则需要停止试验，待测试孔内温度恢复至与岩土的初始平均温度一致时，才能再进行

岩土热响应试验。

 对于采用加热功率的测试，加热功率大小的设定，应使换热流体与岩土保持有一定的温差，在地埋管换热器的出口温度稳定后，其温度宜高于岩土初始平均温度5℃以上。如果不能保持一定的温差，试验过程就会变得缓慢，影响试验结果，不利于计算导出岩土热物性参数。

 地埋管换热器出口温度稳定，是指在不少于12h的时间内，其温度的波动小于1℃

C.3.6为有效测定项目所在地岩土热物性参数，应在测试开始前，对流量进行合理化设置:地埋管换热器内流速应能保证流体始终处于紊流状态，流速的大小可视管径、测试现场情况进行设定，但不应低于0.2m/s。