地源热泵系统工程技术规程

上海市建筑建材业市场管理总站

上海市建筑建材业市场管理总站

上海市工程建设规范

地源热泵系统工程技术规程

Technical specification for
ground-source heat pump system

DG/TJ08－2119－2013
J12325－2013

2013　上海

上海市工程建设规范

地源热泵系统工程技术规程

Technical specification for
ground-source heat pump system

DG/TJ08－2119－2013

主编单位：上海市地矿工程勘察院
上海现代建筑设计(集团)有限公司
批准部门：上海市城乡建设和交通委员会
施行日期：2013 年 5 月 1 日

2013　上海

上海市城乡建设和交通委员会文件

沪建交[2013]218号

上海市城乡建设和交通委员会
关于批准《地源热泵系统工程技术规程》
为上海市工程建设规范的通知

各有关单位：

由上海市地矿工程勘察院、上海现代建筑设计(集团)有限公司主编的《地源热泵系统工程技术规程》，经市建设交通委科技委技术审查和我委审核，现批准为上海市工程建设规范，统一编号为DG/TJ08－2119－2013，自2013年5月1日起实施。

本规范由上海市城乡建设和交通委员会负责管理、上海市地矿工程勘察院负责解释。

上海市城乡建设和交通委员会

二〇一三年三月八日

前　言

本规程依据上海市城乡建设和交通委员会沪建交[2010]731号文，由上海市地矿工程勘察院和上海现代建筑设计(集团)有限公司会同有关单位共同编制。

编制组结合国外相关标准和先进技术，通过广泛深入的调查研究，认真总结上海地区工程实践经验，并开展地埋管换热系统的关键技术研究，在国家标准的基础上，制定本规程。

本规程共分8章和6个附录，涵盖了地源热泵系统工程的勘察、设计、施工、验收、系统性能测试和监测环节。主要内容包括：总则、术语、工程勘察、工程设计、工程施工、工程验收、系统性能测试、运行监测和管理。

本规程由上海市城乡建设和交通委员会负责管理，上海市地矿工程勘察院负责具体技术内容解释。

本规程在执行过程中，请各单位结合工程实践，认真总结经验，将有关意见和建议反馈给上海市地矿工程勘察院(地址：上海市灵石路930号，邮政编码：200072)，以供今后修订时参考。

本规程主编单位、参编单位和起草人：

主 编 单 位：上海市地矿工程勘察院

上海现代建筑设计(集团)有限公司

参 编 单 位：上海市建筑科学研究院(集团)有限公司

上海市地质调查研究院

上海市城市建设设计研究院

上海市闵行区建筑节能办公室

上海德昂实业发展有限公司

上海沃特奇勒暖通工程有限公司

上海嘉定新城发展有限公司

主要起草人：高世轩　高承勇　陆惠泉　寿炜炜　胡仰耆

朱伟峰　乔坚强　田　炜　张云达　王君若

王小清　叶大法　章长松　梁庆庆　何绍明

瞿　燕　方　正　寇　利　胡国霞　陈　东

王文根　项培林　张秀俊　诸英霞　王新南

陈建萍　魏　静　夏　麟　袁灯平　刘陕南

孙　婉

主要审查人：陆善后　朱乃钧　连之伟　张先林　张文龙

王勤芬

上海市建筑建材业市场管理总站

二〇一三年三月

目　次

1　总　则 …… (1)
2　术　语 …… (2)
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　地表水换热系统勘察 …… (7)
4　工程设计 …… (9)
4.1　一般规定 …… (9)
4.2　地埋管换热系统设计 …… (9)
4.3　地表水换热系统设计 …… (11)
4.4　热泵机房系统设计 …… (13)
5　工程施工 …… (16)
5.1　一般规定 …… (16)
5.2　地埋管换热系统施工 …… (17)
5.3　地表水换热系统施工 …… (18)
5.4　热泵机房系统施工 …… (19)
6　工程验收 …… (22)
6.1　一般规定 …… (22)
6.2　地埋管换热系统安装检验 …… (22)
6.3　地表水换热系统安装检验 …… (23)
6.4　热泵机房系统安装检验 …… (25)
6.5　系统调试 …… (27)
6.6　工程验收 …… (28)

7 系统性能测试 …… (29)
7.1 一般规定 …… (29)
7.2 测试条件 …… (29)
7.3 测试方法 …… (30)
7.4 系统性能评价 …… (31)
8 运行监测和管理 …… (32)
8.1 一般规定 …… (32)
8.2 运行监测 …… (32)
8.3 运行管理 …… (33)
附录A 岩土热响应试验 …… (35)
附录B 常用塑料管材及其规格 …… (38)
附录C 竖直地埋管换热器设计计算 …… (41)
附录D 管道阻力损失计算 …… (45)
附录E 地源热泵系统水压试验 …… (48)
附录F 热泵机组性能系数和系统能效比计算方法 …… (50)
本规程用词说明 …… (54)
条文说明 …… (55)

Contents

1 General provisions …… (1)
2 Definitions …… (2)
3 Engineering Investigation …… (5)
3.1 General …… (5)
3.2 Investigation of ground heat exchanger system … (5)
3.3 Investigation of surface water system …… (7)
4 Engineering design …… (9)
4.1 General …… (9)
4.2 Design of ground heat exchanger system …… (9)
4.3 Design of surface water heat exchanger system …… (11)
4.4 Design of plant room …… (13)
5 Engineering construction …… (16)
5.1 General …… (16)
5.2 Construction of ground heat exchanger system … (17)
5.3 Construction of surface water heat exchanger system …… (18)
5.4 Construction of system in the plant room …… (19)
6 Engineering inspection and acceptance …… (22)
6.1 General …… (22)
6.2 Construction and installation inspection of ground heat exchanger system …… (22)
6.3 Construction and installation inspection of surface water heat exchanger system …… (23)

6.4 Construction and installation inspection of plant room …… (25)
6.5 System commissioning …… (27)
6.6 Engineering acceptance …… (28)
7 System performance testing …… (29)
7.1 General …… (29)
7.2 Test conditions …… (29)
7.3 Test method …… (30)
7.4 System performance evaluation …… (31)
8 Operation monitoring and management …… (32)
8.1 General …… (32)
8.2 Operation monitoring …… (32)
8.3 Operation management …… (33)
Appendix A Rock-soil thermal response test …… (35)
Appendix B Commonly used plastic pipe and specifications …… (38)
Appendix C Design calculations of vertical ground heat exchanger …… (41)
Appendix D Calculations of pipeline pressure drop …… (45)
Appendix E Pressure test requirements of ground-surce heat pump system …… (48)
Appendix F Calculationg of heat pump coefficient of performance and system energy efficiency ratio …… (50)
Term note of code …… (54)
Terms description …… (55)

1 总 则

1.0.1 为规范本市地源热泵系统的技术应用，保证地源热泵系统工程质量，使地源热泵系统符合技术先进、资源节约和保护环境的要求，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于新建、改建、扩建建筑的地埋管地源热泵系统、地表水地源热泵系统的勘察、设计、施工、验收、性能测试、运行监测和管理。

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

1.0.4 地源热泵系统工程的勘察、设计、施工、验收、性能测试、运行监测和管理除应符合本规程外，尚应符合现行国家和本市有关标准的规定。

2 术 语

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

以岩土体、地下水或地表水为低温热源，由水源热泵机组、地热能交换系统、热泵机房辅助设备组成的冷热源系统。根据地热能交换系统形式的不同，地源热泵系统分为地埋管地源热泵系统、地下水地源热泵系统和地表水地源热泵系统。

2.0.2 换热介质 heat-transfer fluid

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

2.0.3 地埋管换热系统 ground heat exchanger system

换热介质通过地埋管换热器与岩土体进行热能交换的系统，也称土壤热交换系统。

2.0.4 地埋管换热器 ground heat exchanger

供换热介质与岩土体换热用，由埋于地下的密闭循环管组构成的换热器。根据管路埋置方式的不同，分为竖直地埋管换热器和水平地埋管换热器。

2.0.5 竖直地埋管换热器 vertical ground heat exchanger

竖直埋置在岩土体内的地埋管换热器。

2.0.6 地表水换热系统 surface water system

与地表水进行换热的能量交换系统，分为开式地表水换热系统和闭式地表水换热系统。

2.0.7 开式地表水换热系统 open-loop surface water system

经处理的地表水在循环泵的驱动下，直接流经水源热泵机组或通过中间换热器进行换热的系统。

2.0.8 闭式地表水换热系统 closed-loop surface water system

将封闭的换热管按照特定的排列方法放入具有一定深度的地表水体中，换热介质通过换热管管壁与地表水进行换热的系统。

2.0.9 环路集管 loop collection tube

连接各并联环路的集合管。

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

是指地源热泵系统需要辅助散热设备时，采用冷却塔或与水冷冷水机组、空气源热泵机组及其他冷热源设备组成的系统。

2.0.11 勘探孔 prospecting holes

用于查明地层及其热物性、地温场特征、地下水位分布的钻孔，包括取芯鉴别地层的钻孔、岩土温度测试孔、热响应试验孔、地下水位观测孔等。

2.0.12 岩土原始温度 initial temperature of the rock-soil

自然条件下岩土体的温度。

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

为获得岩土热物性参数，利用试验孔在一定条件下进行的持续散热(或取热)试验。

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

表征试验深度内岩土层的综合热物性参数，如综合导热系数、综合比热容等。

2.0.15 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/制热量与输入能量之比，单位：kW/kW。

2.0.16 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/制热量与输入能量之比,单位:kW/kW。

3 工程勘察

3.1 一般规定

3.1.1 地源热泵系统工程方案设计前应进行工程勘察。

3.1.2 工程勘察应根据地源热泵系统形式，搜集利用已有地质、水文地质、地表水水文资料，合理制定勘察方案。

3.2 地埋管换热系统勘察

3.2.1 勘察应查明：

1 场地现状；

2 地层结构、岩性及其分布；

3 岩土原始温度；

4 岩土热物性参数；

5 地下水位分布。

3.2.2 勘察深度应大于地埋管换热器埋设深度5m；勘探孔数量应符合下列规定：

1 埋管区面积小于等于2500m^{2}时，勘探孔数量不少于1个；

2 埋管区面积大于2500m^2、小于等于10000m^{2}时，勘探孔数量不少于2个；

3 埋管区面积大于10000m^{2}时，每增加10000m^{2}增加1个勘探孔。

3.2.3 勘探孔数为1个时，宜布置在埋管区的中部，大于等于2个时，应根据埋管区域平面形态和场地状况合理布置。

3.2.4 勘察过程中的钻探应取芯钻进，钻探回次进尺不大于2.0m，终孔孔深误差不大于0.5%。

3.2.5 钻探过程中应采取岩土样品进行常规物理性质指标测试，取样间距不宜大于6.0m。

3.2.6 岩土原始温度测试应符合下列要求：

1 在地温恢复后进行，地温恢复时间不少于48h；

2 测温深度不小于地埋管换热器设置深度；

3 测温点间距不大于10m；

4 测温允许误差为±0.2℃。

3.2.7 地埋管地源热泵系统工程埋管区面积大于2500m^2时，应进行岩土热响应试验。热响应试验孔的数量应符合以下规定：

1 埋管区面积大于2500m^2、小于等于5000m^2时，热响应试验孔数量不少于1个；

2 埋管区面积大于5000m^2、小于等于20000m^2时，热响应试验孔数量不少于2个；

3 埋管区面积大于20000m^2时，埋管面积每增加20000m^2增加1个热响应试验孔。

3.2.8 热响应试验宜采用恒热流法，试验方法和技术要求见附录A。

3.2.9 当工程设计需要各岩土层热物性参数时，应分层采取原状岩土样品进行热物性参数测试，主要岩土层的样品数量宜不少于3件。

3.2.10 实验室岩土热物性参数测试应符合以下要求：

1 测试方法根据试样岩性确定；

2 试样应保持岩土原有结构和含水量；

3 测试过程中试样与测试仪器的感温工作面紧密接触；

4 进行 2 次平行测试。

3.2.11 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 拟建工程场区地质条件；

5 岩土热物性特征；

6 结论与建议。

3.3 地表水换热系统勘察

3.3.1 勘察应查明：

1 场地现状；

2 地表水水源性质、水面用途、深度、面积及其分布；

3 地表水水源水位、不同深度的水温动态变化；

4 地表水流速和流量动态变化；

5 地表水水质及其动态变化；

6 地表水利用现状；

7 河床或湖底的岩性和淤积情况，岸带稳定性；

8 地表水取水和退水的适宜地点及路线。

3.3.2 地表水水文调查，应搜集可供工程设计使用的长期水文动态资料。

3.3.3 水工构筑物勘察按上海市工程建设规范《岩土工程勘察规范》(DGJ08－37)执行。

3.3.4 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　工程设计

4.1　一般规定

4.1.1　在空调系统冷热源选择时，宜将地源热泵系统列为重要的比选方案。

4.1.2　采用地源热泵系统方案时，应根据建筑负荷特性，对现场条件、能源政策、节能效果、经济效益、环境影响等进行可行性分析。

4.1.3　地源热泵系统方案设计时，应对系统全年冷、热负荷特性进行分析，宜与其它空调冷热源组成复合冷热源。

4.2　地埋管换热系统设计

4.2.1　地埋管地源热泵系统的容量应与系统冷热负荷、地埋管有效埋设空间匹配；确定地埋管的换热面积应有冗余。

4.2.2　地埋管地源热泵系统应进行全年冷、热负荷计算，计算周期应不少于1年；设计阶段宜进行系统十年以上岩土温度场数值模拟以及运行预期效果分析。

4.2.3　地埋管地源热泵系统宜设置地温场监测系统。

4.2.4　地埋管地源热泵系统的埋管如设在建筑物的基础下时，应与有关专业协调，考虑基础沉降、防水、安全及施工工艺等因素。

4.2.5　地埋换热管埋管区域，应避开地下各种管线与重型车辆的车道，并考虑未来可能有的管线施工和空间利用。

4.2.6　地埋换热管与管件应符合以下规定：

1 换热管与管件应采用化学稳定性好、耐腐蚀、导热系数大、流动阻力小的塑料管，两者材料应相同；各项性能指标应符合国家现行标准中的有关规定。

2 换热管与管件的公称压力及使用温度应满足设计要求，且公称压力值不应小于 1.0MPa；换热管的外径及壁厚可按本规程附录 B 的规定选用。

4.2.7 地埋换热管内的换热介质一般为水，选用其他介质时应符合下列要求：

1 安全，腐蚀性弱，与换热管材无化学反应；

2 冰点较低；

3 传热性能良好，摩擦阻力系数较小；

4 易于购买、运输和储藏。

4.2.8 竖直换热孔的回填料应根据地质条件确定，回填料的导热系数不应小于周围岩土体的导热系数。

4.2.9 地埋换热管长度应通过计算确定。计算时应考虑管材、岩土体及回填料热物性的影响，宜采用专用软件计算。竖直地埋换热管的设计计算也可按照附录 C 的方法。

4.2.10 地埋换热管的设计长度应满足热泵系统最大取热量或最大释热量的要求；当全年累计取热量和释热量不平衡时，应采取热量平衡措施。

4.2.11 设计地埋管换热管时，环路集管不应计入地埋换热管总长度内。

4.2.12 除桩基埋管外，竖直地埋换热管埋管深度宜大于 60m，小于 120m；单 U 管钻孔孔径不宜小于 110mm，双 U 管钻孔孔径不宜小于 140mm；钻孔间距宜为 4m～6m；水平环路集管距地面不宜小于 1.5m，且应在冻土层以下 0.6m。

4.2.13 地埋换热管内的流体应保持紊流状态，单U型管内的流速不宜小于0.6m/s，双U型管内的流速不宜小于0.4m/s，水平环路集管敷设坡度不应小于0.002。

4.2.14 地埋换热管系统的位置应远离水井及室外排水设施，并宜邻近机房或以机房为中心设置。

4.2.15 竖直地埋换热管环路两端应分别与供、回水环路集管（或中间分、集水器）相连接，且宜同程布置；与每对供、回水环路集管（或分、集水器）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。

4.2.16 大型项目中，竖直地埋换热管应分组连接，每组换热管的数量宜相等，且每组集管连接的竖直换热管环路数不宜超过8个。

4.2.17 大型地埋换热管系统宜分区域设计，宜与主机容量适应。

4.2.18 地埋换热管系统设计时，应控制系统最低点的工作压力在1.5MPa以内。若建筑物内系统压力超过地埋管换热器的承压能力时，应设中间换热器，将地埋管换热器与建筑物内系统隔离。

4.3 地表水换热系统设计

4.3.1 地表水地源热泵系统形式应根据水体的用途、面积、深度、水质、水位、水温、径流量、系统经济性以及与项目现场条件等因素确定。

4.3.2 开式地表水换热系统在水深、水质、水量等条件合适时，宜采用直接供水系统。

4.3.3 地表水取水口应设置在回淤强度弱、水质较好、水体最低

水位下较深处；取水量变化较大或需要连续运行时，应设置多根取水管。

4.3.4 地表水取水口应避开水系中的集中释热点，退水口应位于取水口下游较远处；对于双向流动的水系，应避免取、退水口之间的热传递。

4.3.5 地表水取、退水口应邻近项目现场；系统取水所提升的水位不应过大；对于水位变化较大的水体，取水泵宜采用变频调速控制。

4.3.6 地表水取水系统的水处理方案应根据水质情况确定；取水段宜设机械或人工清污的拦污格栅装置；水泵压出段宜设自动反冲洗过滤器。

4.3.7 热泵机组的换热管材质和管型应根据水质情况和清洗、除污措施确定。淡水系统的换热管宜选铜管或铜镍合金管。

4.3.8 开式直接供水的地表水系统的换热器，应采用在线自动清洗装置。

4.3.9 开式地表水系统应采取药物灭藻措施。

4.3.10 闭式地表水换热系统的换热量，应满足系统设计释热量和取热量的要求。

4.3.11 闭式地表水换热器的型式，应由水体的面积、深度、水质等因素确定。

4.3.12 闭式地表水换热器换热单元的换热性能和规格应通过计算或试验确定；换热管内的流体应保持紊流状态。

4.3.13 闭式地表水换热器选择计算时，夏季工况下的接近温度宜取 2℃～10℃，冬季的接近温度宜取 1.5℃～6℃；设计工况下换热器夏季出水温度不应高于 32℃，冬季不宜低于 5℃。

4.3.14 闭式地表水换热系统宜同程布置。各中间分、集水器所

辖并联环路的水阻力宜相同;环路管道的布置应与水体形状相适应,供、回水集管宜分开布置。

4.3.15 闭式地表水换热盘管应可靠地固定在水体底部,换热盘管的底部与水体底部的距离不应小于0.2m;换热盘管的顶部与地表水最低水位距离不应小于1.5m;换热单元间应保持一定的距离。

4.3.16 闭式地表水换热系统的设计,应确保系统压力不超过换热盘管的承压能力。

4.3.17 地表水换热盘管的位置应远离其他取、退水口。

4.3.18 地表水换热盘管水系统宜采用变流量调节。

4.3.19 地表水换热盘管的管材与传热介质应分别符合本规程4.2.6条、第4.2.7条的规定。

4.4 热泵机房系统设计

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

4.4.2 热泵机组的装机容量,应按空调计算负荷确定,不另作附加。

4.4.3 地源热泵系统需要辅助散热设备时,可采用冷却塔;或与水冷冷水机组、空气源热泵机组及其他冷热源设备组成复合式冷热源系统。

4.4.4 地源热泵系统与其他冷热源系统,宜在空调水侧合并组成多源复合式水系统,不宜采用各自独立的水系统。

4.4.5 有条件时,地源热泵空调系统可作为生活热水系统的

热源。

4.4.6 地源热泵空调系统增设蓄热(冷)装置时,应进行技术经济性分析。

4.4.7 热泵机组的性能与台数,应适应空调负荷全年变化规律,满足季节及部分负荷要求,一般不宜少于两台。

4.4.8 热泵机组使用的制冷剂,必须符合国家现行的环境保护规定。

4.4.9 热泵机组、水泵、末端装置等设备和管路及部件的工作压力,应不大于其额定工作压力。

4.4.10 地源侧换热系统循环水泵的流量,应由所配主机与水系统设计温差确定;水泵的扬程应由循环管路的水力计算确定。

4.4.11 开式地表水换热系统循环水泵的安装高度应满足水泵允许吸水高度的要求;水力计算时应结合水质条件予以修正,并应考虑取、退水口落差和地表水位的变化。

4.4.12 管道的水力计算应依据管内换热介质的水力特性;管道的阻力损失可按附录D计算。

4.4.13 地源侧换热管系统宜具有反冲洗功能。

4.4.14 闭式管路换热系统应设置排气、定压、膨胀、自动补水以及水过滤装置。

4.4.15 热泵机组应与各相关设备进行电气联锁,顺序启停;采用自动运行方式时,宜利用冷(热)量、地源侧换热管内水温等参数进行优化控制。

4.4.16 热泵机房内系统的监测与控制可包括参数检测、参数与设备状态显示、自动调节与控制、工况自动转换、设备联锁与自动保护、能量计量以及中央监控与管理等。

4.4.17 地埋管地源热泵机组采用开式冷却塔作为冬、夏季地源

侧热平衡调节手段时，冷却塔的冷却水侧应增设板式换热器。

4.4.18 直供机组的地表水热泵系统的供冷、供热水侧切换管路，应具有放水与清洗功能。

4.4.19 采用板式换热器的地表水热泵系统机房，应有清洗、维护换热器的空间；必要时，可设置备用换热器。

5 工程施工

5.1 一般规定

5.1.1 地源热泵系统工程施工前，应根据工程勘察报告、设计文件和场地现状等编制施工组织设计。

5.1.2 施工中遇既有地下管线、构筑物和文物古迹时，应予以保护。

5.1.3 公共水域的地表水换热系统施工，应报请水务、航运等相关部门批准，不得对航运、防汛等造成影响。

5.1.4 地源热泵换热系统的管接头、U型弯管、变径管等配件应选用成品件。管材、管件及连接件等应符合国家现行标准《埋地聚乙烯给水管道工程技术规程》CJJ 101和《给水用聚乙烯(PE)管材》GB/T 13663、《给水用聚乙烯(PE)管道系统第2部分：管件》GB/T 13663.2的要求，且具有质量检验报告和出厂合格证。施工现场应采取措施对管材管件实施防护。

5.1.5 热泵机房设备安装施工应符合《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243、《风机、压缩机、泵安装工程施工及验收规范》GB 50275、《机械设备安装工程施工及验收通用规范》GB 50231、《制冷设备、空气分离设备安装工程施工及验收规范》GB 50274、《建筑给水钢塑复合管管道技术规程》CECS125的相关规定。

5.1.6 室外换热系统安装完成后，应对换热区域或管线位置做出标识。

5.2 地埋管换热系统施工

5.2.1 地埋管施工设备和钻进工艺，应根据换热孔孔径、孔深及地层条件等因素合理确定，施工前宜进行试成孔。

5.2.2 换热孔的成孔施工应符合下列规定：

1 钻孔深度应符合设计要求；

2 钻进过程中采取护壁措施，确保孔壁稳定；

3 钻孔垂直度偏差不大于1.5%。

5.2.3 地埋换热管的制作应符合下列规定：

1 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，除U型弯头外，竖直换热管应为整根管材，中间不得拼接；

2 管道连接采用热熔或电熔连接；

3 组对好的U型管应进行通水检验，并按附录E的要求进行水压试验，管道端口应及时密封。

5.2.4 地埋换热管下管应满足下列要求：

1 换热管应保持有压状态；

2 应采用专用工具将换热管送至设计深度；

3 换热管间宜采用管卡支撑，使U型管处于分开状态。

5.2.5 地埋管换热孔的回填应符合下列规定：

1 回填材料及配比应符合设计要求；

2 回填采用注浆管自孔底向上进行；

3 回填结束后，应检查回填质量，沉陷部分应及时补浆。

5.2.6 当换热器位于建筑基础底部、地埋管换热器施工先于基坑开挖施工时，下入孔内的换热管应预留长度，两端应密封、标识，基坑开挖时应采取保护措施。

5.2.7 地源热泵系统的环路集管施工按以下要求进行：

1 管沟开挖应根据表层土性和地下水位埋深合理确定开挖方案，宜采取围护措施，防止沟壁滑塌；

2 采用双U型换热管时，环路集管与地埋换热管连接前应进行管道组对检验；

3 环路集管铺设前，沟槽底部先铺设相当于管径厚度的细沙；

4 管道不应有折断、扭结等现象，应防止石块等重物撞击损坏管身；

5 环路集管管安装完成后，应进行水压试验，确认无泄漏后回填；

6 回填前宜采用中粗砂充填、覆盖管道两侧和上部，管道上部覆盖厚度不小于管径；

7 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。

5.2.8 当环境温度低于0℃时，不宜进行地埋管换热系统施工。

5.3 地表水换热系统施工

5.3.1 开式地表水换热系统施工应符合以下规定：

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

2 管道的敷设、安装、固定和管道支墩施工，应符合国家现行标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 的有关规定；

3 系统连接完成后应进行水压试验。

5.3.2 闭式地表水换热器和衬垫物的制作应符合以下规定：

1 换热盘管制作前应对换热管进行水压试验；

2 换热器的绑扎材料应选用强度符合要求的耐腐蚀材料；

3 换热器盘管各绑扎点必须牢固，且不得对换热器造成损伤；

4 盘管不得扭结；

5 衬垫物应选择耐腐蚀材料，其型式和尺寸应根据换热器型式和地基条件确定。

5.3.3 闭式地表水换热器安装应符合以下要求：

1 衬垫物安装应平整、坚固，地基强度应满足要求；

2 夏季盘管制作完成后应及时安装，不得长时间曝晒；

3 衬垫物平面定位误差不得大于200mm，高程误差不得大于50mm。

5.3.4 闭式地表水换热系统环路集管施工，应符合本规程5.2.7条的相关规定。

5.3.5 闭式地表水换热系统安装完成后，应进行管道冲洗并进行水压试验。

5.4 热泵机房系统施工

5.4.1 热泵机房设备安装前，应勘查机房内的设备基础和现场施工条件，编制重要设备吊装施工方案。

5.4.2 机房设备安装前应按设计要求校验主机、水泵、板式换热器、稳压设备、承压水箱等设备的型号、规格、性能及技术参数。

5.4.3 设备安装应按设计要求进行，并符合下列要求：

1 主机横向纵向的安装误差不大于1‰，水平误差不得大于2‰；

2 水泵的横向水平度误差小于2‰，纵向水平度误差小

于1‰；

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

4 减振措施有减振垫、减振器或减振台。

5.4.4 地源侧分集水器安装前应进行压力试验，试验压力为工作压力的1.5倍，且不小于1.0MPa。

5.4.5 冷热源系统的冷热转换阀门应在试压与关断性能检查合格后安装；压力试验应符合《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243的规定。

5.4.6 管道系统安装应符合下列要求：

1 应根据管道材质选择相应的施工工艺；

2 管道与主机、水泵等设备采用柔性连接，且不得强行对口连接；

3 在与主机、水泵等运动、振动设备连接的管道处，应设置独立、固定的支吊架；

4 支吊架的紧固件不宜直接接触塑料管、镀锌管、不锈钢管等；支吊架与管道间应避免产生冷桥。

5.4.7 机房管道穿越墙体或楼板处应设置钢制套管，并留出保温间隙；管道接口不得置于套管内；穿墙套管应做防水防火处理；穿人防处应满足人防设计要求。

5.4.8 管道系统安装完毕后，应进行水压试验。

5.4.9 保温工程施工应按下列要求进行：

1 管道保温工程应在管路系统试压、冲洗合格，除锈防腐工程完成后进行；

2 设备和管道系统的保温材料按设计要求选用；保温层与被保温体之间应无空隙；保温层搭接处应平滑过渡，缝隙密实一

致、均匀；保温层纵缝应错接、密闭、不渗漏空气；易被损坏处宜有保护措施；

3 需要经常拆装的阀门、过滤器、法兰等部位的保温结构宜能单独拆装。

6 工程验收

6.1 一般规定

6.1.1 地源热泵冷热源系统的管道、管件的材质及规格等，应符合设计要求和国家现行标准的规定。

6.1.2 水源热泵机组与附属设备的型号、规格、性能及技术参数等应符合设计要求。进场时设备应密封良好，随机合格证、说明文件与配件齐全。

6.1.3 地源热泵系统中的隐蔽工程，在隐蔽前应经监理人员验收，并形成验收记录。

6.1.4 水源热泵机组及机房系统的安装质量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、《风机、压缩机、泵安装工程施工及验收规范》GB 50275 及《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243 的要求。

6.2 地埋管换热系统安装检验

6.2.1 钻孔和水平埋管管沟的位置与深度应符合设计要求，钻孔垂直度偏差应不大于 1.5%。

检查数量：钻孔垂直度抽查率不少于 5%；孔位、孔深、水平埋管位置检查率 100%。

检查方法：垂直度采用测斜仪检查，其他内容采用卷尺、经纬仪、测绳等测量；查阅成孔的施工与检测记录。

6.2.2 地埋管的材质、管径、壁厚应符合设计要求，表面应无损伤与划痕。

检查数量：按批随机抽查一件。

检查方法：观察检查，检查进场合格证，用卡尺测量尺寸。

6.2.3 垂直和水平埋管的安装位置和深度应符合设计要求。

检查数量：全数检查。

检查方法：尺量、旁站检查。

6.2.4 采用的回填材料和配比应符合设计要求。

检查数量：按每批次抽查。

检查方法：检查配比记录，实物对照检查。

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

检查数量：系统全数检查。

检查方法：旁站检查，查阅试验记录。

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

检查数量：全数检查。

检查方法：旁站检查和检查试验记录。

6.3 地表水换热系统安装检验

6.3.1 开式地表水换热系统安装应符合以下规定：

1 开式地表水换热系统管道及配件的管材、管径、壁厚应符合设计要求。

检查数量：全数检查。

检查方法：检查进场合格证、卡尺测量、观察检查。

2 开式地表水换热系统管道及配件的安装位置和深度应符合设计要求。

检查数量：全数检查。

检查方法：测量、观察检查、核查施工记录。

3 开式地表水换热系统的取、退水口与管道设备的安装质量检验与水压试验，应符合现行国家标准《泵站施工规范》SL234和《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243 的相关规定。

6.3.2 闭式地表水换热系统的安装应符合以下规定：

1 换热管道的材质、管径、壁厚和辅助材料质量应符合设计要求。

检查数量：按批次检查。

检查方法：检查进场合格证，卡尺测量尺寸。

2 衬垫物强度、重量、耐腐蚀性满足设计要求；重量误差不大于 10%。

检测数量：不少于总数量的 30%，抽检总数不少于 3 件。

检查方法：观察，称重检查。

3 换热器型式、安装位置和深度应符合设计要求。

检查数量：全数检查。

检查方法：尺量，观察检查。

4 换热器管材、衬垫物绑扎应牢固。

检查数量：全数检查。

检查方法：观察，检查安装记录。

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

检查数量：系统全数检查。

检查方法：旁站，检查试验记录。

6 管道系统安装完毕后，应进行管道冲洗，冲洗可结合水压试验进行。待以上工序全部合格后再循环运行 2h 以上，且在水

质正常后才能与机组连接。

检查数量:全数检查。

检查方法:旁站,试验记录检查。

6.4 热泵机房系统安装检验

6.4.1 制冷设备与制冷附属设备的安装应符合下列规定:

1 设备的型号、规格和技术参数应符合设计要求,并具备产品合格证书、产品性能检验报告。

检查数量:全数检查。

检查方法:查阅图纸核对设备型号、规格、技术参数;产品质量合格证书和性能检验报告;观察检查。

2 设备安装的位置、标高应符合设计要求。主机横向纵向的安装误差不大于1‰,水平误差不得大于2‰;水泵的横向水平度2‰,纵向水平度小于1‰。

检查数量:抽检10%测量但不得少于一台。检查方法:观察检查,测量检查。

3 减振垫、减振器安装位置应正确;各个减振器的压缩量应均匀一致;弹簧减振的制冷机组,应设有防止机组运行时水平位移的定位装置。

检查数量:全数检查。

检查方法:观察检查,测量检查。

6.4.2 机房内的设备基础平面尺寸与承重符合设计要求。

检查数量:全数检查。

检查方法:按图纸核对,钢卷尺测量;承载力检验。

6.4.3 水泵、换热器、稳压设备、水箱的规格、型号、技术参数应符合设计要求,水泵正常连续试运行的时间不少于2h。

检查数量：全数检查。

检查方法：按图纸核对，观察检查外观质量、产品质量证明文件、材料进场验收记录；查阅试运行记录。

6.4.4 地源侧分集水器安装前应进行压力试验满足设计要求。

检查数量：全数检查。

检查方法：按设计图核对、观察检查；旁站、查阅试验记录。

6.4.5 阀门的规格、型号、材质及其安装位置、高度、进出口方向等符合设计要求，连接应牢固紧密、平整。

检查数量：抽查 10%，不少于 2 个。

检查方法：按设计图核对、观察检查；旁站、查阅试验记录。

6.4.6 冷热源水系统的冷热转换阀门应进行试压与关断性试验，检查合格后方能使用。

检查数量：全数检查。

检查方法：按设计图核对，旁站、查阅试验记录。

6.4.7 支吊架符合设计要求。

检查数量：固定支架全查，滑动支架抽检 5%。检查方法：核对图纸，观察检查。

6.4.8 管道规格、材质、连接方式符合设计要求。

检查数量：每个系统管道、部件数量抽查 10%，且不得少于 5 件。

检查方法：尺量、观察检查，旁站或查阅试验记录、隐蔽工程记录。

6.4.9 管道的绝热应采用不燃或难燃材料，其材质、密度、规格、厚度与施工安装应符合设计要求。

检查数量：按批随机抽查 1 件。

检查方法：观察检查、尺量检查、材料合格证查验、点燃。

6.5 系统调试

6.5.1 地源热泵系统工程的调试应由施工单位负责，监理单位监督，设计单位与建设单位参与和配合。

6.5.2 系统调试前，施工单位应编制调试方案，报送监理单位审核批准；调试结束后，应提供完整的调试资料和调试报告。

6.5.3 系统调试用的仪器与仪表，性能应稳定可靠，精度等级和最小分度值应满足测试要求，并应符合国家有关计量法规与检定规程的要求。

6.5.4 地源热泵机房内的系统在安装、试压、清洗合格后方可进行调试。调试应包括设备单机调试和系统联合调试。调试应符合国家标准《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243 中的相关规定。

6.5.5 系统调试应包括以下内容：

1 开启循环水泵，检测各分支环路流量，通过阀门开度调整，使各分支环路流量达到设计要求，允许偏差不大于 15%；实测循环总流量与设计流量偏差不大于 10%。

检查数量：系统全数检查。

检查方法：观察、旁站、查阅调试报告。

2 水源热泵机组试运行数据达到设备技术要求，然后连续进行 24h 的系统试运行，并填写运行记录。

检查数量：系统全数检查。

检查方法：观察、旁站、查阅 24h 运行记录。

3 地源热泵系统调试应分冬、夏两季进行，调试结果应达到设计要求，并编写调试报告。

检查数量：系统全数检查。

检查方法：旁站、观察、查阅调试报告。

4 当系统采用防冻剂时，其特性及浓度应符合设计要求。

检查数量：每个系统。

检查方法：取系统水进行化验或查阅测试报告。

6.6 工程验收

6.6.1 地源热泵系统工程竣工验收，应由建设单位负责，并组织施工、设计、监理等单位共同进行。

6.6.2 地源热泵系统工程验收时应提供以下验收文件与资料：

1 图纸会审记录、设计变更通知单和竣工图；

2 主要材料、设备、成品、半成品和仪表的出厂合格证明及进场抽检试验报告；

3 成孔（开沟）施工记录；

4 成孔检测报告；

5 回填施工记录；

6 压力试验报告；

7 隐蔽工程验收记录；

8 设备单机试运行记录；

9 系统联合试运行与调试记录；

10 工程检验批质量验收记录；

11 观感质量综合检查记录；

12 测量定位成果记录；

13 其他相关文件。

7 系统性能测试

7.1 一般规定

7.1.1 地源热泵系统性能测试应在工程竣工验收后进行，并应分别对系统的制冷制热性能进行测试。

7.1.2 地源热泵系统测试参数为系统地源侧供回水温度、流量；系统用户侧供回水温度、流量；热泵机组及系统其他设备耗电量和输入功率。

7.1.3 地源热泵系统的抽检数量应符合以下规定：

1 对于集中式热泵系统，不同类型的机房均需抽样，且不同类型的机组抽样不少于1台；

2 对于单体建筑或单户为单位的热泵系统，系统总样本大于30个时，抽样数量不少于2个，每个系统的机组抽样不少于1台。

7.1.4 地源热泵系统性能测试仪器应在标定有效期内使用，仪器精度、测量范围和最小分度值应满足测试要求。

7.2 测试条件

7.2.1 地源热泵系统性能检测应在典型制冷和制热季进行。热泵机组制热、制冷性能系数的测定工况应接近机组的额定工况，机组的负荷率宜达到机组额定值的80％以上；系统能效比的测定工况应接近系统设计工况，系统的负荷率宜达到设计值的60％以上。

7.2.2 夏季测试时室外气温应不低于30℃，冬季应不高于

16℃。室内热舒适参数检测(室内温度和相对湿度)应达到设计要求。

7.3 测试方法

7.3.1 地源热泵系统的水流量测试对象应为用户侧水流量和地源侧水流量。水流量检测应符合以下要求:

1 测点上游直管长度不少于10倍管径、下游直管长度不少于5倍管径。

2 利用系统已有的流量计时,应校验其性能;利用移动式超声波流量计进行检测时,应进行数据修正。

7.3.2 地源热泵系统的水温测试对象为用户侧供/回水温度、地源侧供/回水温度。水温检测应符合以下要求:

1 利用系统已有的测温仪表时,应校验其性能;

2 当被检测系统无安放温度计位置时,可利用热电偶温度计。

7.3.3 输入功率可用功率表直接测得,或用电流电压检测值计算获得;耗电量可用电能表直接测得,或用功率表和累计时间计算获得。

7.3.4 测试时间应符合以下规定:

1 测试时间至少为有完整运行参数记录的一个运行周期。对于居住建筑和公共建筑宜连续检测2d～3d,至少连续检测24h;

2 检测基本参数时间间隔要求见表7.3.4。

表 7.3.4　基本参数检测时间间隔表

测　试　参　数	时　间　间　隔	备　　注
定频水泵输入功率、定频系统水流量、其他定频设备输入功率	测试一次并记录运行时间	若测试期间设备一直在运行，则可选取测试期间的三次读数，取其平均值
变频水泵输入功率、变频系统水流量、其他变频设备输入功率	≤15min	—
供/回水温度、机组输入功率	≤15min	—
机组耗电量、水泵耗电量	累计记录	启止时间记录
辅助热源耗电量	累计记录	启止时间记录

7.4　系统性能评价

7.4.1　地源热泵系统性能评价参数为热泵机组制热/制冷性能系数、系统能效比。热泵机组性能系数和系统能效比的计算方法见附录 F。

7.4.2　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主要内容：

1　工程概况；

2　测试依据；

3　测试仪器和设备；

4　测试方法和数据处理；

5　测试结果和结论。

8 运行监测和管理

8.1 一般规定

8.1.1 地源热泵系统运行期间应进行系统运行状态参数监测；地埋管地源热泵系统宜进行地温场监测；地表水地源热泵系统应进行换热区水温监测，必要时增加水质监测。

8.1.2 监测数据应定期分析，以指导系统运行。

8.2 运行监测

8.2.1 地源热泵系统运行期间，应定时记录系统以下运行数据：

1 地源侧供/回水温度、流量、压力降值；

2 用户侧供/回水温度、流量、压力降值；

3 热泵机组和水泵功率。

8.2.2 地埋管地源热泵系统地温监测深度宜与换热孔深度一致，埋管区内部和外部宜分别设置监测孔，监测孔数量可根据换热孔数量、布置方式确定。

8.2.3 地温监测孔应能满足长期监测需要。

8.2.4 地温监测孔及与其相邻的换热孔施工时，应测量钻孔垂直度和钻孔倾斜方位，钻孔垂直度偏差宜不大于1.5%。

8.2.5 开式地表水地源热泵系统换热区水温的监测宜符合以下要求：

1 对于湖水，监测退水口30m范围内水温；

2 对于非感潮河流，监测退水口下游50m范围内水温；

3 对于感潮水体，监测退水口上下游50m范围内水温。

8.2.6 闭式地表水地源热泵系统换热区水温监测应满足以下要求：

1 水温监测应不少于1个监测断面，监测断面应垂直于换热器延伸方向设置，每个断面测温点数量宜不少于3个；

2 测温点的位置根据水源水文条件、换热器形状和尺寸确定，测温点位置宜固定。

8.2.7 系统运行状态参数和地埋管换热区地温、地表水换热区水温的监测宜采用自动监测系统，监测数据应有备份。

8.3 运行管理

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

8.3.2 地源热泵系统应根据运行检测数据、累计制冷(热)量、设备累计耗功率、地源侧累计换热量和地温场监测等基础数据，优化全年运行方案。

8.3.3 含有地源热泵的空调复合冷热源系统，应根据各子系统不同的季节性应用特点，制定系统的全年运行策略，并在此基础上予以调整、完善。

8.3.4 系统部分负荷运行时，地埋管换热器应能分组交替运行。

8.3.5 地源热泵系统宜配置计算机集中监控系统，并具备与楼宇自动化管理系统的通信接口，开放通信协议。计算机集中监控系统宜具有以下功能：

1 监测并记录8.2.1、8.2.5和8.2.6条规定的运行数据；

2 热泵机组的安全保护及故障报警；

3 地源侧水系统温度超限及循环液泄漏报警；

4 节能运行控制。

8.3.6 对闭式地表水系统的水下换热器，应定期检查其表面污垢情况，及时清洗。

8.3.7 开式地表水系统的取水口周围，需定期检查淤积情况，及时清淤；拦污格栅、自动清洗装置及过滤器应定期检查和清洗。

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

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

附录A　岩土热响应试验

A.1　一般规定

A.1.1　热响应试验应在岩土温度恢复后进行。

A.1.2　热响应试验孔的埋管方式、深度、回填方式、U型管内换热介质流速等，应与方案设计一致。

A.1.3　测试现场应具备稳定电源等可靠的试验条件，对测试设备进行外部连接时，应遵循先接水后接电的原则。

A.1.4　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。

A.1.5　岩土热响应试验过程应遵守国家和地方有关安全、防火、环境保护方面的规定。

A.2　试验方法及技术要求

A.2.1　热响应试验应遵循以下步骤：

1　制作试验孔；

2　测试岩土原始温度；

3　平整试验场地，提供水、电接驳点；

4　测试仪器与试验孔管道连接；

5　水、电等外部设备连接完毕后，对测试设备及外围设备的连接进行检查；

6　对试验孔换热管道进行清洗、排气；

7　启动测试设备，运转稳定后开始读取、记录试验数据；

8 试验结束后，做好试验孔的保护工作。

A. 2. 2 岩土热响应试验应符合以下要求：

1 试验期间，加热功率应保持恒定；

2 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数据应包括循环水流量、加热功率、进回水水温，数据采集的时间间隔不大于 5min；

4 岩土热响应试验应连续不间断，持续时间宜不少于 48h；

5 地埋管换热器的出口水温稳定后，该温度宜与岩土原始平均温度相差 5℃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℃，吸热试验时出口水温不宜低于 4℃。

A. 2. 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在岩土温度恢复后进行。

A. 3 测试精度要求

A. 3. 1 温度测量的允许误差为±0.2℃。

A. 3. 2 流量测量的允许误差为±1%。

A. 3. 3 功率测量的允许误差为±1%。

A. 3. 4 埋管深度测量的允许误差为±0.5%。

A. 4 试验数据处理

A. 4. 1 试验结束后，应提取试验数据计算岩土综合导热系数。

A. 4. 2 岩土综合导热系数可采用参数估计法或斜率法计算。斜率法计算公式：

$$\lambda_s = \frac{Q}{4\pi \cdot K \cdot H} \tag{A. 4. 2}$$

式中 λ_s——岩土综合导热系数[W/(m·K)]；

Q——地埋管换热器实际加热功率(W)；

K——地埋管进出水平均温度与时间对数关系的线性拟合直线的斜率；

H——钻孔埋管深度(m)。

附录 B　常用塑料管材及其规格

B. 0. 1　聚乙烯(PE)管外径及公称壁厚应符合表 B. 0. 1 的规定。

表 B. 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

续表 B.0.1

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
225	225.0	227.1	13.4+2.1/PE100	16.6+3.3/PE100	20.5+4.0/PE100
250	250.0	252.3	14.8+2.3/PE100	18.4+3.6/PE100	22.7+4.5/PE100
280	280.0	282.6	16.6+3.3/PE100	20.6+4.1/PE100	25.4+5.0/PE100
315	315.0	317.9	18.7+3.7/PE100	23.2+4.6/PE100	28.6+5.7/PE100
355	355.0	358.2	21.1+4.2/PE100	26.1+5.2/PE100	32.2+6.4/PE100
400	400.0	403.6	23.7+4.7/PE100	29.4+5.8/PE100	36.3+7.2/PE100

B.0.2 聚丁烯(PB)管外径及公称壁厚应符合表 B.0.2 的规定。

表 B.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

续表 B. 0. 2

公称外径 DN	平均外径		公称壁厚
	最小	最大	
90	90.0	90.9	8.2＋1.0
110	110.0	111.0	10.0＋1.1
125	125.0	126.2	11.4＋1.3
140	140.0	141.3	12.7＋1.4
160	160.0	161.5	14.6＋1.6

附录 C　竖直地埋管换热器设计计算

C. 0. 1　竖直地埋管换热器的热阻计算宜符合下列要求：

1　传热介质与 U 型管内壁的对流换热热阻可按下式计算：

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

式中　R_f——传热介质与 U 型管内壁的对流换热热阻(m·K/W)；

d_i——U 型管的内径(m)；

K——传热介质与 U 型管内壁的对流换热系数[W/(m²·K)]。

2　U 型管的管壁热阻可按下式计算：

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

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

式中　R_{pe}——U 型管的管壁热阻(m·K/W)；

λ_p——U 型管导热系数[W/(m·K)]；

d_o——U 型管的外径(m)；

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

3　钻孔注浆回填料的热阻可按下式计算：

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

式中　R_b——钻孔注浆回填料的热阻(m·K/W)；

λ_b——注浆材料导热系数[W/(m·K)]；

d_b——钻孔的直径(m)。

4 地层热阻，即从孔壁到无穷远处的热阻可按下式计算：

对于单个钻孔：

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

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

对于多个钻孔：

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

式中 R_s—— 地层热阻(m·K/W)；

I —— 指数积分公式，可按公式 C.0.1－6 计算；

λ_s—— 岩土体综合导热系数[W/(m·K)]；

a —— 岩土体的热扩散率(m^2/s)；

r_b—— 钻孔的半径(m)；

τ —— 运行时间(s)；

x_i—— 第 i 个钻孔与所计算钻孔之间的距离(m)。

5 短期连续脉冲负荷引起的附加热阻可按下式计算：

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

式中 R_{sp}—— 短期连续脉冲负荷引起的附加热阻(m·K/W)；

τ_p—— 短期脉冲负荷连续运行的时间，例如 8h。

C.0.2 竖直地埋管换热器的钻孔长度计算宜符合下列要求：

1 制冷工况下，竖直地埋管换热器的钻孔长度可按下式计算：

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

$$Fc = Tc_1 / Tc_2 \qquad \text{(C.0.2-2)}$$

式中 Lc —— 制冷工况下，竖直地埋管换热器所需钻孔的总长度；

Q_c —— 水源热泵机组的额定冷负荷(kW)；

EER —— 水源热泵机组的制冷性能系数；

t_{max} —— 制冷工况下，地埋管换热器中传热介质的设计平均温度，通常取 33℃～36℃；

t_∞ —— 埋管区域岩土体的初始温度(℃)；

Fc —— 制冷运行份额；

Tc_1 —— 个制冷季中水源热泵机组的运行小时数，当运行时间取 1 个月时，Tc_1 为最热月份水源热泵机组的运行小时数；

Tc_2 —— 一个制冷季中的小时数，当运行时间取 1 个月时，Tc_2 为最热月份的小时数。

2 供热工况下，竖直地埋管换热器钻孔的长度可按下式计算：

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

$$F_h = T_{h1} / T_{h2} \qquad \text{(C.0.2-4)}$$

式中 L_h —— 供热工况下，竖直地埋管换热器所需钻孔的总长度(m)；

Q_h —— 水源热泵机组的额定热负荷(kW)；

COP —— 水源热泵机组的供热性能系数；

t_{min} —— 供热工况下，地埋管换热器中传热介质的设计平均温度，通常取 0℃～6℃；

F_h—— 供热运行份额；

T_{h1}—— 个供热季中水源热泵机组的运行小时数；当运行时间取 1 个月时，T_{h1} 为最冷月份水源热泵机组的运行小时数；

T_{h2}—— 个供热季中的小时数；当运行时间取 1 个月时，T_{h2} 为最冷月份的小时数。

附录 D　管道阻力损失计算

D. 0. 1　确定管内流体的流量，公称直径和流体特性。

D. 0. 2　根据公称直径，确定地埋管的内径。

D. 0. 3　计算地埋管的断面面积 A：

$$A=\frac{\pi}{4}\times d_j^2 \tag{D. 0. 3}$$

式中　A —— 地埋管的断面面积(m^2)；

d_j—— 地埋管的内径(m)。

D. 0. 4　计算管内流体的流速 V：

$$V=\frac{G}{3600\times A} \tag{D. 0. 4}$$

式中　V —— 管内流体的流速(m/s)；

G —— 管内流体的流量(m^3/h)

D. 0. 5　计算管内流体的雷诺数 Re，Re 应该大于 2300 以确保紊流：

$$Re=\frac{\rho V d_j}{\mu} \tag{D. 0. 5}$$

式中　Re —— 管内流体的雷诺数；

ρ —— 管内流体的密度(kg/m^3)；

μ —— 管内流体的动力粘度($N\cdot s/m^2$)，水及乙二醇溶液参见表 D. 0. 5。

D. 0. 6　计算管段的沿程阻力 P_y

$$P_d=0.158\times\rho^{0.75}\times\mu^{0.25}\times d^{-1.25}\times V^{-1.75} \tag{D. 0. 6-1}$$

$$P_y=P_d\times L \tag{D. 0. 6-2}$$

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)。

D.0.7 计算管段的局部阻力 P_j

$$P_j = P_d \times L_j \qquad (D.0.7)$$

表 D.0.5 水、乙二醇溶液的动力粘度(N·s/m²)

溶液温度(℃)	水	乙二醇溶液容积百分比浓度(%)			
		10	20	30	40
−5	—	—	3.65	5.03	7.18
0	0.001790	2.08	3.02	4.15	5.83
5	—	1.79	2.54	3.48	4.82
10	0.001304	1.56	2.18	2.95	4.04
15	—	1.37	1.89	2.53	3.44
20	0.001000	1.21	1.65	2.20	2.96
25	—	1.08	1.46	1.92	2.57
30	0.000801	0.97	1.30	1.69	2.26
35	—	0.88	1.17	1.50	1.99

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)。

管件的当量长度可按表 D.0.7 计算。

表 D.0.7　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

D.0.8　计算管段的总阻力 P_z

$$P_z = P_y + P_j \tag{D.0.8}$$

式中　P_z—— 计算管段的总阻力(Pa)。

附录 E　地源热泵系统水压试验

E.0.1　试验压力：

1　当工作压力小于等于 1.0MPa 时，试验压力应为工作压力的 1.5 倍，且不应小于 0.6MPa；

2　当工作压力大于 1.0MPa 时，试验应为工作压力加 0.5MPa。

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

E.0.3　地埋管地源热泵系统水压试验应符合以下要求：

1　竖直地埋管换热器下入钻孔前，做第一次水压试验。在试验压力下，稳压至少 15min，稳压后压力降应不大于 3%，且无泄漏现象；将其密封后，在有压状态下插入钻孔，完成灌浆之后保压 1h；

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

3　环路集管与机房分集水器连接完成后、回填前进行第三次水压试验。在试验压力下，稳压至少 2h，且无泄漏现象；

4　地埋管地源热泵系统工程全部安装完毕，且冲洗、排气及回填完成后，进行第四次水压试验。在试验压力下，稳压至少 12h，稳压后压力降应不大于 3%；

5　地埋换热器位于建筑物基础下部，先埋管后基坑开挖的工程，在基坑开挖完成后，竖直地埋管和环路集管连接前，宜增加一次水压试验，以检验竖直地埋管的完好性。在试验压力下，稳

压至少 15min，稳压后压力降应不大于 3%。

E.0.4 闭式地表水地源热泵系统水压试验应符合以下要求：

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

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

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

E.0.5 开式地表水地源热泵系统水压试验，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。

附录 F　热泵机组性能系数和系统能效比计算方法

F. 0. 1　瞬时数据处理方法

1　机组蒸发器换热量可由下式计算：

$$Q_e=\rho_{e,w}V_e c_{e,w}(T_{e,in}-T_{e,out})/3600 \quad (F.0.1-1)$$

2　系统蒸发器侧换热量可由下式计算：

$$Q_{e,s}=\rho_{e,w}V_{e,s}c_{e,w}(T_{e,in,s}-T_{e,out,s})/3600 \quad (F.0.1-2)$$

式中　Q_e—— 机组蒸发器换热量(kW)；

$Q_{e,s}$—— 系统蒸发器侧换热量(kW)；

$\rho_{e,w}$—— 蒸发器侧水密度(kg/m^3)；

V_e—— 机组蒸发器侧流体的体积流量(m^3/h)；

$V_{e,s}$—— 系统蒸发器侧流体的体积流量(m^3/h)；

$c_{e,w}$—— 蒸发器侧水的定压比热[$k_j/k_g \cdot k$]；

$T_{e,in}$，$T_{e,out}$—— 机组蒸发器侧流体的进、出口温度(℃)；

$T_{e,in,s}$，$T_{e,out,s}$—— 系统蒸发器侧流体的进、出口温度(℃)。

3　机组冷凝器换热量可由下式计算：

$$Q_c=\rho_{c,w}V_c c_{c,w}(T_{c,out}-T_{c,in})/3600 \quad (F.0.1-3)$$

4　系统蒸发器侧换热量可由下式计算：

$$Q_{c,s}=\rho_{c,w}V_{c,s}c_{c,w}(T_{c,out,s}-T_{c,in,s})/3600 \quad (F.0.1-4)$$

式中　Q_c—— 机组冷凝器换热量(kW)；

$Q_{c,s}$—— 系统冷凝器侧换热量(kW)；

$\rho_{c,w}$—— 冷凝器侧水密度(kg/m^3)；

V_c—— 机组冷凝器侧流体的体积流量(m^3/h)；

$V_{c,s}$—— 系统冷凝器侧流体的体积流量(m^3/h)；

$c_{c,w}$—— 冷凝器侧水的定压比热[$k_j/k_g \cdot k$]；

$T_{c,in}$，$T_{c,out}$—— 机组冷凝器侧流体的进、出口温度(℃)；

$T_{c,in,s}$，$T_{c,out,s}$—— 系统冷凝器侧流体的进、出口温度(℃)。

5 系统耗电量可由下式计算：

$$W_{s,t}=\frac{W_s\times 60}{\sum\triangle t}+\frac{Q_F\times 60}{\sum\triangle t}+\frac{Q_M}{T_{QM}} \qquad (F.0.1-5)$$

式中 $W_{s,t}$—— 热泵系统总输入功率(包括辅助能源耗电量)；

W_s—— 热泵系统耗电量(kWh)；

$\triangle t$ —— 数据采集时间间隔；

$\sum\triangle t$ —— 数据采集计算时间段的累计时间；

Q_F—— (监测系统采集)辅助能源耗电量(kWh)；

T_{QM}—— 人工定期输入辅助能源耗电量的时间段(h)；

Q_M—— (人工定期输入)辅助能源耗电量(kWh)。

6 机组瞬时供冷性能系数($COP'_{hp,cooling}$)可按下式计算：

$$COP'_{hp,cooling}=\frac{Q_e}{W_{hp}} \qquad (F.0.1-6)$$

7 系统瞬时供冷性能系数($COP'_{s,cooling}$)可按下式计算：

$$COP'_{s,cooling}=\frac{Q_{e,s}}{W_{s,t}} \qquad (F.0.1-7)$$

8 机组瞬时供热性能系数($COP'_{hp,heating}$)可按下式计算：

$$COP'_{hp,heating}=\frac{Q_c}{W_{hp}} \qquad (F.0.1-8)$$

9 系统瞬时供热性能系数($COP'_{s,heating}$)可按下式计算：

$$COP'_{hp,heating}=\frac{Q_{c,s}}{W_{s,t}} \qquad (F.0.1-9)$$

F.0.2 累计数据处理方法：

选取测试运行周期内的瞬时数据进行累计计算，以热泵机组及系统累计输出能量与累计输入能量之比，作为评价热泵机组及系统的性能参数。

1 机组蒸发器累计换热量可按下式计算：

$$Q_e = \triangle t \sum Q_e \qquad \text{(F.0.2-1)}$$

2 系统蒸发器侧累计换热量可按下式计算：

$$Q_{e,s} = \triangle t \sum Q_{e,s} \qquad \text{(F.0.2-2)}$$

式中 Q_e—— 计算时间段的机组蒸发器侧累计换热量(kWh)；

$Q_{e,s}$—— 计算时间段的系统蒸发器侧累计换热量(kWh)；

$\triangle t$ —— 数据采集时间间隔。

3 机组冷凝器累计换热量可按下式计算：

$$Q_c = \triangle t \sum Q_c \qquad \text{(F.0.2-3)}$$

4 系统冷凝器侧累计换热量可按下式计算：

$$Q_{c,s} = \triangle t \sum Q_{c,s} \qquad \text{(F.0.2-4)}$$

式中 Q_c—— 计算时间段的机组冷凝器累计换热量(kWh)；

$Q_{c,s}$—— 计算时间段的系统蒸发器侧累计换热量(kWh)。

5 热泵机组累计耗电量可按下式计算：

$$W_{hp} = \triangle t \sum W_{hp} \qquad \text{(F.0.2-5)}$$

式中 W_{hp}—— 计算时间段的热泵机组累计耗电量(kWh)。

6 系统累计耗电量可按下式计算：

$$W_{s,t} = W_s + Q_F + \frac{Q_M \times \sum \triangle t}{T_{QM} \times 60} \qquad \text{(F.0.2-6)}$$

式中 $W_{s,t}$—— 计算时间段的系统累计总耗电量(包括监测系统采集和人工输入的辅助能源耗电量)(kWh)。

7 机组平均供冷性能系数($COP_{hp,cooling}$)可按下式计算：

$$COP_{hp,cooling} = \frac{Q_e}{W_{hp}} \qquad \text{(F.0.2-7)}$$

式中 $COP_{hp,cooling}$—— 计算时间段的机组平均供冷性能系数。

8 系统平均供冷性能系数($COP_{s,cooling}$)可按下式计算：

$$COP_{s,cooling}=\frac{Q_{e,s}}{W_{s,t}} \qquad (F.0.2-8)$$

式中 $COP_{s,cooling}$—— 计算时间段的系统平均供冷性能系数。

9 机组瞬时冬季性能系数($COP'_{hp,heating}$)可按下式计算：

$$COP'_{hp,heating}=\frac{Q_c}{W_{hp}} \qquad (F.0.2-9)$$

10 系统瞬时冬季性能系数($COP'_{s,heating}$)可按下式计算：

$$COP'_{s,heating}=\frac{Q_{c,s}}{W_{s,t}} \qquad (F.0.2-10)$$

11 机组平均供热性能系数($COP_{hp,heating}$)可按下式计算：

$$COP_{hp,heating}=\frac{Q_c}{W_{hp}} \qquad (F.0.2-11)$$

式中 $COP_{hp,heating}$—— 计算时间段的机组平均供热性能系数。

12 系统平均供热性能系数($COP_{s,heating}$)可按下式计算：

$$COP_{s,heating}=\frac{Q_{c,s}}{W_{s,t}} \qquad (F.0.2-12)$$

式中 $COP_{s,heating}$—— 计算时间段的系统平均供热性能系数。

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”；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”。

上海市工程建设规范

地源热泵系统工程技术规程

DG/TJ08－2119－2013

条 文 说 明

2013　上海

目　次

1　总　则 …… (57)

3　工程勘察 …… (59)

3.1　一般规定 …… (59)

3.2　地埋管换热系统勘察 …… (59)

3.3　地表水换热系统勘察 …… (68)

4　工程设计 …… (70)

4.1　一般规定 …… (70)

4.2　地埋管换热系统设计 …… (71)

4.3　地表水换热系统设计 …… (77)

4.4　热泵机房系统设计 …… (82)

5　工程施工 …… (84)

5.1　一般规定 …… (84)

5.2　地埋管换热系统施工 …… (84)

5.3　地表水换热系统施工 …… (87)

5.4　热泵机房系统施工 …… (87)

6　工程验收 …… (90)

6.1　一般规定 …… (90)

6.2　地埋管换热系统安装检验 …… (91)

6.3　地表水换热系统安装检验 …… (91)

6.4　热泵机房系统安装检验 …… (91)

6.5　系统调试 …… (92)

6.6　工程验收 …… (93)

7　系统性能测试 …… (94)
7.1　一般规定 …… (94)
7.2　测试条件 …… (94)
7.3　测试方法 …… (95)
8　运行监测和管理 …… (97)
8.1　一般规定 …… (97)
8.2　运行监测 …… (98)
8.3　运行管理 …… (99)
附录 A　岩土热响应试验 …… (102)
附录 B　常用塑料管材及其规格…… (108)
附录 F　热泵机组性能系数和系统能效比计算方法…… (109)

Contents

1 General provisions …… (57)
3 Engineering Investigation …… (59)
3.1 General …… (59)
3.2 Investigation of ground heat exchanger system …… (59)
3.3 Investigation of surface water system …… (68)
4 Engineering design …… (70)
4.1 General …… (70)
4.2 Design of ground heat exchanger system …… (71)
4.3 Design of surface water heat exchanger system …… (77)
4.4 Design of plant room …… (82)
5 Engineering construction …… (84)
5.1 General …… (84)
5.2 Construction of ground heat exchanger system … (84)
5.3 Construction of surface water heat exchanger system …… (87)
5.4 Construction of system in the plant room …… (87)
6 Engineering inspection and acceptance …… (90)
6.1 General …… (90)
6.2 Construction and installation inspection of ground heat exchanger system …… (91)
6.3 Construction and installation inspection of surface water heat exchanger system …… (91)

6.4 Construction and installation inspection of plant room …… (91)
6.5 System commissioning …… (92)
6.6 Engineering acceptance …… (93)
7 System performance testing …… (94)
7.1 General …… (94)
7.2 Test conditions …… (94)
7.3 Test method …… (95)
8 Operation monitoring and management …… (97)
8.1 General …… (97)
8.2 Operation monitoring …… (98)
8.3 Operation management …… (99)
Appendix A Rock-soil thermal response test …… (102)
Appendix B Commonly used plastic pipe and specifications …… (108)
Appendix F Calculationg of heat pump coefficient of performance and system energy efficiency ratio …… (109)

1 总 则

1.0.1 地源热泵系统利用浅层地热能资源进行供热与供冷，具有良好的节能性和环境效益，近几年发展迅速。测试结果表明，本市已建地源热泵系统工程的总体性能指标良好，但部分地源热泵系统能效较低，反映出地源热泵系统工程从勘察到运行管理过程中存在的不足。因此，进一步规范地源热泵系统在建筑中的应用，提高可再生能源的开发利用水平，确保地源热泵系统工程质量，是本规程制定的宗旨。

1.0.2 本规程适用于地埋管地源热泵系统工程和地表水地源热泵系统工程(包括湖水、河水等)，不适用于地下水地源热泵系统工程。

上海市是历史上地面沉降严重的地区，过量开采地下水是地面沉降的主要诱发因素，出于地面沉降控制的需要，本规程未将地下水地源热泵系统列入应用范围。特殊情况下需要采用地下水地源热泵系统的，须经政府主管部门核准，其工程勘察、设计、施工和验收可按国家《地源热泵系统工程技术规范》GB 50366 的有关规定执行。

地埋管地源热泵系统可分为竖直地埋管地源热泵系统和水平地埋管地源热泵系统，水平地埋管地源热泵系统是指换热管路埋置在水平管沟内的地源热泵系统。上海市地处长江三角洲前缘，地域面积小，土地开发利用程度高，大部分地区 200m 以浅深度内为第四系松散沉积物，地表土层较为松散，潜水水位埋藏浅。浅部土层地温监测结果表明(参见图 1)，5m 以浅地温受气温影响波动较大，水平地埋管地源热泵系统换热效率较差。同时，由于

土层松散，地下水位较高，水平地埋管施工开挖超过一定深度时，需采取相应的围护措施，增加了施工难度和工程成本。综合考虑本地区土地资源状况、水平地埋管地源热泵系统的实际使用效果以及埋管施工成本，本规程不推荐使用水平地埋管地源热泵系统。

1.0.3 上海为夏热冬冷地区，供冷时间较长，供暖时间较短，全区200m以浅以第四系松散沉积物为主，地质、水文地质条件有其特殊性，不同功能建筑物的冷热负荷特性差异较大。因此，地源热泵系统工程的设计和施工只有在综合考虑气候特点、地质条件和建筑用能的要求时才能取得良好的技术和经济效果。

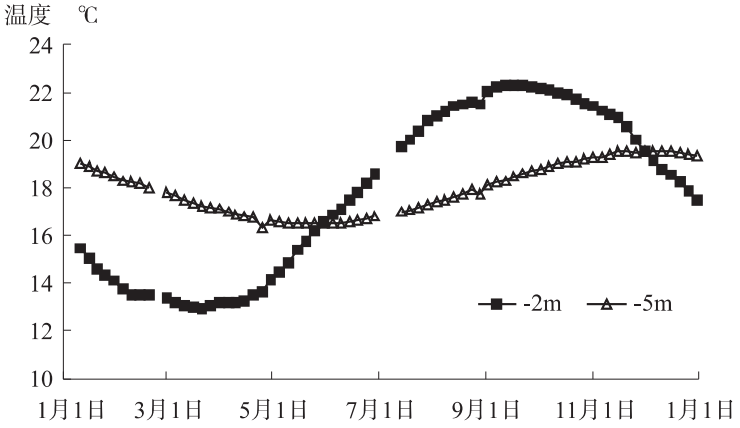


图1 浅部土层地温动态曲线图

1.0.4 本规程为地源热泵系统工程的专业性技术规程，是根据国家工程建设标准和规范编制的有关规定制定的，为简化规程内容，凡国家和地方其它标准、规范已有明确规定的内容，除有必要外本规程不再另加条文。

3　工程勘察

3.1　一般规定

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

地源热泵系统工程勘察的专业性很强，应由具有勘察资质的专业机构承担。

3.1.2　上海市地质和地表水资源勘查研究程度较高，积累了丰富的勘查、监测资料，充分利用已有资料，有利于合理确定勘察方案，提高勘察成果质量。

3.2　地埋管换热系统勘察

3.2.1　本条文所列为地埋管地源热泵系统工程的主要勘察内容。除本条文规定外，也可根据工程需要增加勘察内容，如埋管深度内主要含水层中地下水的径流方向、径流速度等。

场地现状调查主要包括以下内容：(1)场地地形、地貌；(2)场地内建筑物分布及其占地面积；(3)场地内树木植被、池塘、排水沟分布；(4)场地内地下构筑物分布及其埋深，包括地下建筑、给排水管线、电力管线、通信电缆、水井、残存桩基等；(5)场地内地下水开采井、回灌井位置和深度等。(6). 场地内和周边 100m 范围内已建地源热泵系统工程分布。

地下水开采井、回灌井是指取水段位于承压含水层、深度大

于 30m 的井。

3.2.2 工程勘察的主要目的是查明拟建场地的地质条件，获得岩土热物性参数，为工程设计、施工提供依据。

上海地区除西部、西南部剥蚀丘陵有基岩隆起出露外，其余地区均由第四系松散沉积物所覆盖。第四系厚度大部分区域介于 200m 到 320m 之间，受基底埋藏深度的控制，西南较薄为 100m～250m，向东北增厚至 300m～400m。

上海市 150m 以浅第四纪地层具有以下特征：①以海相和海陆交互相为主；②颗粒较细，以粘性土、粉性土、中细砂为主；③岩性在垂直方向上变化较大，具有成层分布特征。本条文中勘探孔数量要求是依据地源热泵系统工程性质、本地区地层特点和上海地区工程勘察经验确定的。

3.2.3 由于拟建工程场地条件的多样性，很难对勘察孔的布置方式做出统一规定，本条文仅提出原则性要求。

通常，当勘察孔数量 2 个时，可在中心控制线两端或场地对角线两端布置；3 个以上钻孔时，可根据拟建工程场区的实际情况采用“之”型、梅花型等钻孔布置方案。

3.2.4 地埋管地源热泵系统工程勘察深度较大，一般为 80m～120m。上海市 150m 以浅以第四松散相沉积物为主，钻探过程中，浅部的淤泥质软土层易产生缩径，粉土、砂土层易发生坍孔，故钻探应根据勘察深度和地层岩性特点合理选用钻探设备和钻探方法，以保证勘察工作的顺利进行和取土、取样质量。

钻探过程中应做好地质编录工作，地质编录内容包括：回次深度，土层名称、颜色、状态、层理、包含物及取样深度，静止水位等。

地质编录是一项专业性较强的技术工作，应由具有专业知识

和实际工程经验的从业人员担任。

3.2.5 工程勘察室内试验测试的岩土物理性质指标有：密度、含水量(率)、液、塑限(对于粘性土)、颗粒分析(对于粉土和砂土)，试验方法按照国家标准《土工试验方法标准》(GB/T 50123)执行。

本条文对于取样间距的规定，系根据岩土工程勘察规范对取样间距的要求并结合上海地区地层特点确定的。

3.2.6 岩土原始温度是地源热泵系统工程设计的重要参数之一，需准确测定。

自然界岩土体温度随深度的增加呈现有规律的变化，根据温度变化特征可分为变温带、恒温带和增温带。受地层岩性、构造运动和气候的影响，不同地区的地温及其在垂直方向的变化存在一定差异。

专项试验结果表明，钻探过程中，由于受循环液和埋管回填的影响，钻孔周围岩土体温度会发生变化，变化范围在 1.0℃～5.0℃之间，变化后的地温需要经过一段时间才能恢复到原始状态。

钻探施工对地温的影响程度取决于施工季节和施工时间的长短等因素。冬、夏季施工对地温的影响大，春秋两季施工对地温的影响小；施工周期长，对地温的影响大；施工周期短，对地温的影响小。而地温恢复所需时间与地温受扰动程度和岩土体的传热性能有关。

根据分布于不同区域的多个钻孔地温跟踪测量结果分析，春、秋季施工地温恢复时间一般在 2 天～10 天之间，而盛夏时节施工且施工周期较长时，地温恢复所需时间长达一个月(见图 2，表 1)。本条文地温恢复时间的规定依据多个钻孔地温恢复试验数据结合国家《地源热泵系统工程技术规范》GB 5366－2005

(2009 年版的规定确定的。冬、夏季施工周期较长时，应适当延长地温恢复时间。

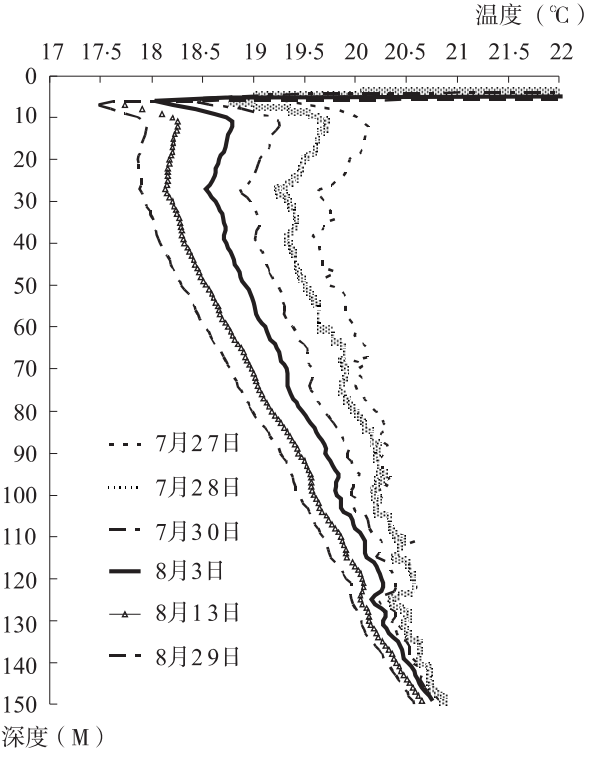


图 2　钻孔地温恢复曲线图

3.2.7 为保证大中型地埋管地源热泵系统的安全运行和节能效果，在充分考虑到本区地层特点的情况下作出本条规定。

3.2.8 恒热流法是目前国内外推荐的一种通用试验方法，可以提供岩土综合热物性参数计算结果，故本规程建议采用恒热流法。

热响应试验有释热和取热两种试验类型，相关研究成果表明，地埋管换热器吸热和放热试验条件下取得的岩土综合热物性参数基本一致。根据目前的测试仪器及技术条件，采用电加热器提供热源的释热工况时，其加热功率波动能较好地稳定在容许的范围内，而采用风冷或者其他的冷水机组提供冷源的取热工况时，受气温的影响吸热量较难稳定在容许的范围内。因此，一般情况下可采用释热工况下的热响应试验。

3.2.9 工程设计阶段所进行的一些模拟计算，通常需要分层的热物性参数值，此情况下，工程勘察应提供各土层的热物性参数。分层热物性参数一般通过取样测试的方式获得。为保证测试结果的准确性，岩土样须为原状样品。

主要岩土层是指连续分布厚度大于 5m 的岩土层。

3.2.10 地埋管地源热泵系统工程实验室测试的岩土热物性参数有：导热系数、热扩散系数、比热容等。

热物性参数的测试方法较多，不同的测试方法有其适用范围，测试前宜根据岩性、导热系数的大致范围，选用合适的测定方法。目前常用的方法有面热源法、热线比较法、热流计法及热平衡法。

岩土体为三相体，具有非均质和各向异性的特点，热物性参数的测试技术难度大，是众多材料中热物性参数测试技术要求高、难度大的物质之一，其测试难度主要来源于样品水分变化、样

品加工质量、测试条件对测试结果带来的影响，因此，测试工作应特别注意岩土样品的加工质量、试验环境和试验条件。

热物性参数测试报告应注明测试方法、测试仪器、试验环境和试验条件。

表 2 为上海市 83 个钻孔的原状土样，经实验室测试得到的热物性参数统计结果，测试方法为瞬变平面热源法。

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

1 项目概况：包括拟建项目的功能、规模、冷热负荷求等；

2 勘察工作概况：包括目的任务、执行的技术标准、采取的勘察手段、技术方法、勘察工作量的布置及完成情况等；

3 拟建工程场区场地条件：应根据场地应用现状调查结果，对场地范围、大小、地形地貌、已有建筑物及地下建(构)筑物等情况进行分析；

4 拟建工程场区地质条件应阐述和分析：

1)地层及其分布；

2)地温场特征。

表 2　上海市第四纪地层热物性参数统计表

序号	层号	地层名称	地质时代	层底埋深（m）	层底标高（m）	热物性参数			
						密度 ρ（kg/m³）	导热系数 λ[W/（m·K）]	比热容 C_p[J/（m³·K）]	热扩散系数 α（mm²/s）
1	②n	褐黄色粘性土	Q_{h3}	0.60 ～ 5.60	2.81 ～ 1.45	1.77 1.90 2.00	1.225 1.439 1.700	938 1520 1910	0.364 0.509 0.789
2	②f	灰色粉土		4.20 ～ 22.00	−0.55 ～ −18.14	1.81 1.90 1.96	1.523 1.731 1.952	1049 1349 1674	0.521 0.686 0.929
3	③n	灰色粘性土	Q_{h2}	4.70 ～ 17.00	−1.39 ～ −13.67	1.79 1.83 1.90	1.279 1.408 1.541	1422 1661 1881	0.396 0.469 0.564
4	③yn	灰色游泥质粘性土		4.00 ～ 19.00	0.60 ～ −15.12	1.73 1.80 1.87	1.197 1.374 1.627	1040 1567 2051	0.396 0.496 0.757
5	④yn	灰色淤泥质粘性土		10.20 ～ 30.90	−6.66 ～ −27.71	1.63 1.72 1.83	1.032 1.211 1.435	1011 1659 2201	0.321 0.433 0.718
6	⑤n	灰色粘性土	Q_{h1}	18.00 ～ 60.30	−12.97 ～ −56.90	1.74 1.82 1.91	1.112 1.360 1.618	1137 1592 1920	0.342 0.477 0.696
7	⑥n	暗绿色粘性土	Q_{p3}^2	7.70 ～ 53.40	−4.39 ～ −49.13	1.84 1.98 2.09	1.403 1.618 1.880	916 1361 2011	0.355 0.612 0.842
8	⑦f	灰黄色粉土		11.40 ～ 79.00	−8.09 ～ −74.72	1.81 1.95 2.07	1.564 1.834 2.183	802 1264 1589	0.546 0.758 1.026
9	⑦x	灰黄色粉细砂	Q_{p3}^2	35.50 ～ 73.70	−30.75 ～ −68.79	1.88 1.98 2.09	1.602 1.901 2.248	818 1180 1480	0.613 0.826 1.125

续表 2

序号	层号	地层名称	地质时代	层底埋深（m）	层底标高（m）	热物性参数			
						密度 ρ（kg/m³）	导热系数 λ[W/（m·K）]	比热容 C_p[J/（m³·K）]	热扩散系数 α（mm²/s）
10	⑧n	灰色粘性土	Q_{p3}^{2}	24.50 ～ 91.50	−21.19 ～ −87.75	1.74 1.88 2.06	1.285 1.493 1.731	848 1470 1854	0.414 0.555 1.022
11	⑧f	灰色粉土		42.50 ～ 78.70	−38.84 ～ −74.43	1.80 1.93 2.01	1.501 1.742 2.029	1021 1315 1657	0.532 0.696 0.942
12	⑨x	灰色粉细砂	Q_{p3}^{1}	56.60 ～ 134.00	−53.02 ～ −130.31	1.82 1.99 2.28	1.536 1.892 2.499	656 1167 1774	0.533 0.838 1.542
13	⑨c	灰色中粗砂		79.80 ～ 119.80	−75.94 ～ −114.15	1.95 2.07 2.19	1.833 2.339 2.772	508 978 1409	0.678 1.207 2.015
14	⑩n	兰灰色粘性土	Q_{p2}	90.20 ～ 138.40	−85.91 ～ −135.70	1.83 1.98 2.13	1.395 1.621 1.947	859 1388 1767	0.433 0.602 0.984
15	⑪x	灰色粉细砂		100.00 ～ 148.00	−96.45 ～ −144.27	1.90 2.01 2.18	1.621 1.941 2.600	745 1197 1515	0.597 0.824 1.305
16	⑪c	灰黄色中粗砂		119.00 ～ 148.10	−115.09 ～ −144.31	1.91 2.07 2.20	1.743 2.181 2.828	535 989 1486	0.608 1.131 1.758
17	⑫n	杂色粘性土	Q_{p1}	133.40 ～ 170.80	−130.56 ～ −166.51	1.89 2.03 2.15	1.357 1.591 1.952	879 1321 16119	0.448 0.607 1.051

注：1. 表中层底埋深、层底标高列的数值为：

最小值 ～ 最大值

2. 表中热物性参数列的数值为：

最小值
平均值
最大值

5 岩土热物性特征：应包括岩土热物性参数(实验室测试)、热响应试验成果、试验条件下的地埋管换热能力等。

6 结论和建议：应根据拟建场区场地条件、地层及其热物性特征对地埋管地源热泵系统适宜性作出评价；对系统形式、埋管深度、埋管间距、可埋管区域、设计和施工应注意的问题等提出建议。

3.3 地表水换热系统勘察

3.3.1 场地现状、地表水源资源条件是能否应用地表水水源热泵系统的基础；地表水水源热泵系统的方案设计，应根据地表水源资源条件选择适宜的地表水换热系统。

场地现状调查中的“场地”是指陆域场地，调查主要包括以下内容：(1)场区地形、地貌；(2)场区内建筑物分布及其占地面积；(3)场区内地下构筑物的分布及其埋深；(4)可利用的地表水水源距拟建水源热泵机房的距离；(5)河流上、下游一定范围内(通常指河流上、下游各 500m、湖水 200m 范围内)的地源热泵系统工程情况。

水工构筑物的岩土工程勘察，应按相关行业的岩土工程勘察规范执行。

3.3.2 由于受气候的影响，通常地表水水温、水量、水质在不同季节会呈现规律性变化，地表水的季节性变化对地源热泵系统运行工况有直接影响。因此，地表水地源热泵系统工程必须在充分

了解水源长期动态规律的条件下设计。

3.3.4 本条文规定勘察报告应包括的基本内容，报告中的项目概况、勘察工作概况、场地概况可参照 3.2.11 条文说明的要求编写。

4 地表水源条件应包括：

1)水源分布及水下地形；

2)径流量、径流速度及动态；

3)水温及动态；

4)水质及动态；

5)地表水源的单位水体热承载能力(需要时)。

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

4 工程设计

4.1 一般规定

4.1.1 上海市属夏热冬冷地区，夏季需供冷，冬季需供热。地源热泵系统是利用地表水和浅部土层的热容量，夏季时吸收空调系统排出的热量，冬季时提供空调系统所需热量，是一种利于节能、保护环境的系统，故在空调系统冷热源选择时，宜将其纳入比选方案。

4.1.2 地源热泵系统设计与应用涉及面较广，在我国推广应用的时间不长。目前，了解地埋管地源热泵系统中的地埋管换热特性主要依靠现场的岩土热物性参数测试和岩土温度数值模拟技术获得；地表水地源热泵系统水源侧的情况也比较复杂。因此，应用这两类系统都需在前期作深入研究，进行可行性分析。此外，系统的应用可能需向政府主管部门征询意见或需获得批准。例如，利用地下空间宜向规划部门了解有否其他用途；利用地表水需经水务、航道部门审批等。对于具体的地源热泵系统，方案设计时也应重视系统的节能性和经济性，应与常规空调冷热源系统进行全年能耗和运行费用比较，不能因为是可再生能源系统而盲目采用。

4.1.3 地源热泵系统的冷热负荷是系统设计的基础之一。上海市民用建筑的全年空调冷、热负荷通常不平衡，实际使用时负荷变化较大，如需提供生活热水，则负荷更为复杂。因此，在方案设计阶段，一般可依据经验或有关资料进行估算。为应对土层热堆积问题，确保系统可靠性，宜根据负荷情况与其它空调冷热源组

成复合冷热源系统，也可设置辅助热源或辅助冷却装置。

4.2 地埋管换热系统设计

4.2.1 近年来，有些地源热泵工程的地埋管系统因埋管空间受限而高估了地埋管的换热能力，或减小埋管间距，致使地埋管换热能力不足，影响系统持续运行，故列此条。

4.2.2 系统全年冷、热负荷是指由地埋管地源热泵系统承担的全部负荷，如空调冷、热负荷，可能有的生活热水负荷。计算中应注意系统全年冷、热负荷与系统全年释热量、取热量的不同概念，后者涉及热泵机组能耗转换的热量。对于蓄热性能很好的地下岩土层，应保持全年释热量与取热量平衡。

4.2.3 换热土层的温度场及其变化趋势是了解热泵系统运行工况、岩土承载负荷能力的重要参数，是调整系统运行策略的重要依据和支持系统正常运行的重要手段。

4.2.4 许多地埋管地源热泵系统的埋管位于建筑物的底板下，常需穿过底板，由于基础防水与沉降等潜在性问题较为复杂，故必须预先与有关工种进行研究和评估，以确保系统的可靠性。

4.2.5 地埋管换热系统设计前应了解待埋管区域内各种地下管线的种类、位置及深度，设计时应考虑其他地下管线的布置，预留未来地下管线所需的埋管空间及埋管区域进出重型设备的车道位置。

4.2.6 换热管与管件在土层中易受腐蚀，为延长其使用寿命，应采用化学稳定性好、耐腐蚀的材料。导热系数大的材料，有助于减少热阻，提高换热效率。换热管与管件需承受系统的水压力，承压值除应满足设计工作压力要求外，还应不小于 1.0MPa，使承压能力留有裕度。

4.2.7 换热管系统内通常采用水为换热介质，当系统水在冬季可能会冰冻时，应在水中加乙烯基乙二醇防冻。系统水的冰点温度应比运行工况中可能出现的最低温度低 3℃～5℃。换热介质的安全性包括毒性、易燃性及腐蚀性；介质的良好换热性能和较小的摩擦阻力系数是指具有较大的导热系数和较低的黏度。此外，可采用的其他换热介质有：氯化钠溶液、氯化钙溶液、乙二醇溶液、丙醇溶液、丙二醇溶液、甲醇溶液、乙醇溶液、醋酸钾溶液及碳酸钾溶液。

4.2.8 换热孔的回填材料位于换热管与钻孔壁之间，可用于保证换热管和周围岩土的换热，并防止地表水通过钻孔向地下渗透或不同承压含水层之间的水力沟通，保护地下水不受污染或避免各承压水层之间地下水的相互影响。因此，适宜的回填材料对于保证地埋管换热器的性能、防止地质环境恶化有重要意义。

回填材料的导热性、抗渗性、经济性以及施工难易程度是选择回填材料的主要因素；不同地质条件对回填材料的性能要求也不同。

回填材料的导热系数是影响换热孔孔内热阻的重要因素，当回填材料的导热系数低于周围岩土的导热系数时，换热孔孔内的热阻在总热阻中所占比重较大，因此增大其导热系数有利于减小总热阻；当回填材料的导热系数大于周围岩土的导热系数时，孔内的热阻在总热阻中所占比重相对较小，增大其导热系数对总热阻的减少量不明显。

根据已有的勘察研究成果，上海地区 150m 以浅地层岩性主要由粘性土、粉土、砂性土组成，岩土体导热系数室内测试加权平均值为 1.547W/(m·K)～1.925W/(m·K)，100m、150m 深度热响应测试综合导热系数分别为 1.724W/(m·K)～1.911W/

(m·K)、1.762W/(m·K)～2.160W/(m·K)。为进一步了解国内常用回填料的性能,《规程》编制组组织有关人员对由膨润土、水泥、黄沙构成的回填料进行了试验研究,膨润土基回填材料(主要由黄沙、膨润土组成)、水泥基回填材料(主要由黄沙、水泥、膨润土组成)在不同配比条件下的导热系数、渗透系数试验测试结果见表3、图3、图4,可供勘察、设计、施工人员参考。

表3　水泥基回填材料不同配比导热系数测试结果表

序　　号	配　　比	导热系数 [W/(m·K)]
1	黄沙:膨润土:水泥	
2	5:4:1	1.205
3	5:3:2	1.221
4	5:2:3	1.257
5	5:1.5:3.5	1.324
6	6:3:1	1.334
7	6:2:2	1.411
8	6:1.5:2.5	1.531
9	6:1:3	1.596
10	7:2:1	1.492
11	7:1.5:1.5	1.641
12	7:1:2	1.695
13	7:0:3	1.883
14	8:0:2	1.948
15	9:0:1	2.147

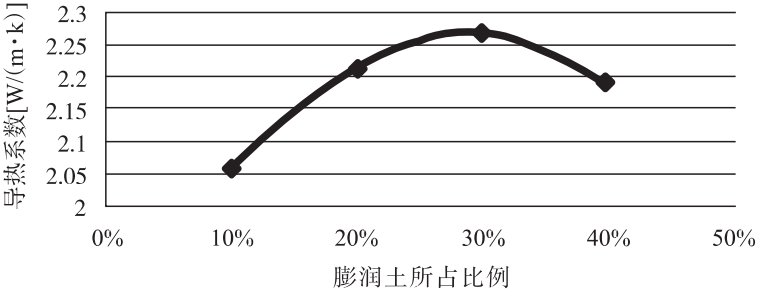


图 3　不同配比膨润土基回填材料导热系数

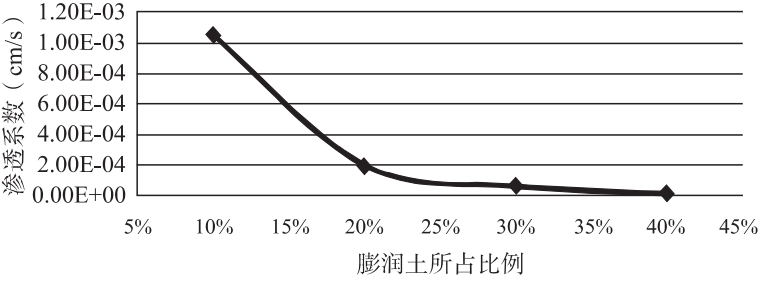


图 4　不同配比膨润土基回填材料渗透系数

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

最大释热量＝∑[空调冷负荷×(1＋1/*EER*)]＋∑输送过程得热量＋∑水泵释放热量

地埋管换热系统一般只有少量管道暴露在地下室，系统运行时可以忽略输送过程得热量，则：

最大释热量＝∑[空调冷负荷×(1＋1/*EER*)]＋∑水泵释放

热量

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

最大取热量＝∑[空调热负荷×(1－1/*COP*)]＋∑输送过程失热量－∑水泵释放热量

地埋换热管设计时不计集管的取热量，输送过程失热量也可以忽略，水泵的释放热量可以作为安全因素不予计入，则：

最大取热量＝∑[空调热负荷×(1－1/*COP*)]

最大取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；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，使之经济性较好，同时可避免因取热与释热量不平衡引起岩土体温度降低或升高。

夏热冬冷地区的地埋管热泵系统夏季时一般需要辅助冷却，如采用冷却塔或地表水换热系统。对于昼夜不间断供热用户，当地源侧工况不满足热泵机组正常供热工况时，需要辅助热源。对于负荷不大的项目（如别墅），可适量增加换热面积，以满足取热量和释热量的要求，保证地下岩土体温度在全年使用周期内得到有效恢复。

4.2.10 地埋换热管的设计计算是地源热泵系统的重要设计内容。由于地埋管的换热性能受岩土体热物性和地下水流动等地质条件的影响很大，即使在同一地区，岩土体的热物性参数也有差别。为确保地埋换热管的设计符合实际情况，通常在设计前需

对现场岩土体热物性进行测定，并根据实测数据进行计算。此外，建筑物的全年动态负荷、系统运行过程中岩土体的温度变化、换热管及传热介质的特性也都会影响它们的换热效果。因此，考虑到地埋换热管设计计算的特殊性与复杂性，其设计长度宜采用专用软件进行计算。这类软件应具有以下功能：

1 能计算或输入建筑物的全年动态负荷；

2 能计算岩土体平均温度与地表温度波幅；

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换热管体系如钻孔直径、换热管类型、回填情况等进行模拟。

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 Wisconsin-Madison 大学 Solar Energy 实验室(SEL)开发的 TRNSYS 程序；美国俄克拉何马州 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研究并编制了计算软件。

4.2.11 在竖直换热管系统中，水平连接管的换热量可作为系统换热的冗余度。

4.2.12 地埋换热管的埋管深度将影响所需钻孔地域的大小，也影响水系统的承压值，条文中的深度推荐值较国家规程中的值大，是考虑了上海市土地资源紧缺的缘故。钻孔孔径的大小以能较容易地插入所设计的 U 型管与灌浆管为准。为避免热短路，钻孔间距应通过计算确定。岩土体吸、释热量平衡时，宜取小值；反

之，宜取大值。

4.2.13 条文中对管内流速和管道坡度提出要求是为了利于换热和排气。

4.2.14 地埋换热管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对换热管换热的影响。换热管邻近机房或以机房为中心设置是为了减少供、回水集管的长度，利于节能。

4.2.15 同程布置有利于水力平衡。提出环路同程布置、与每对供、回水环路集管（或分、集水器）连接的换热管环路数宜相等是水力平衡的需要；供、回水环路集管的间距不应小于0.6m，是为了减少供、回水管间的热传递。

4.2.16 分组连接与建议每组集管所含竖直换热管环路数是为了便于运行管理与水力平衡调节。

4.2.17 地埋换热管分区域设计是为了便于系统管理、维护，另一重要的优点是在部分负荷时，可较方便地轮换运行部分换热系统，即一部分换热管按需工作，另一部分换热管可“休息养生”，利于岩土温度恢复，也不至于在部分负荷时、部分流量流动在较大的管系中，导致流速降低，换热性能变差，又浪费了水泵能量。

4.2.18 地埋换热管的承压能力薄弱点在接头处，热熔连接处的承压值约为1.0MPa，电熔连接处的承压值约为1.6MPa。由于U型管位置最低，可在地面上预先以电熔方式连接。如系统的最大工作压力是1.5MPa，试验压力值不超过1.6MPa。

4.3 地表水换热系统设计

4.3.1 地表水地源热泵系统有开式和闭式之分。系统究竟选取何种形式除了应考虑水系的基本情况外，还应考虑投资、施工、运行维护等技术与经济方面的因素。为满足空调负荷要求和防止

水体生态环境受到影响，对设计闭式地表水换热系统的可行性、经济性需进行分析与评估。作为空调系统的热源、热汇的地表水系，应具有一定的面积和深度，具体大小应根据气象参数、水的流速、系统释热量、取热量等因素综合确定。上海市地域内的地表水情况也有差异，一些几乎不流动的水体使用时会受很大限制。热泵机组运行应在一些水流量较大的流动水体中进行，如黄浦江等，当然也必须经过主管部门的批准。地表水换热系统的经济性在设计之初是设计人员必须重视的问题，经济性包括了系统的初投资、节能效果、维护成本、使用寿命等多方面内容。

4.3.2 地表水换热系统可采用开式或闭式两种形式。开式系统可细分为地表水直接进热泵机组的直接系统和地表水仅进入板式换热器的间接系统两种形式。除了热泵机组分散布置且数量众多，如采用单元式机组的场合外，宜优先采用换热效率高，不易阻塞的直接进热泵机组的开式系统。机组选型应符合水质要求。

4.3.3 水系中泥沙回淤会影响正常取水，必要时应进行回淤强度评估。取水口离水体底部宜不小于 1.5m，河床式进口过栅流速为 0.2m/s～0.6m/s，以减少泥沙吸入。对于取水量变化大的系统，可设置二个以上取水管（渠），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。

4.3.4 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。夏季（系统供冷）时，退水引起的取水温升应小于等于 0.2℃。

4.3.5 降低水泵能耗是系统节能的重要手段，因此取、退水口位置离项目现场不应太远，并尽可能少提升或不提升水位。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。

4.3.6 上海市域内的地表水水质变化很大，取水口应位于水质较好的位置。因开式系统的水还需退回到水体中，所以不可采用化学处理方法，通常采用物理方法，如格栅过滤、精过滤、离心除沙器、自动反冲洗过滤器等。拦污格栅装置应能除去粒径 10mm 以上的垃圾；自动反冲洗过滤器可除去粒径 1mm 以上的垃圾；虽然粒径 1mm 以下的细屑基本上不会阻塞地表水直供系统中热泵机组的换热管，但可根据需要采取其他更有效的清污措施。

4.3.7 换热管材质有铜镍合金和钛合金等，其中钛合金耐腐蚀性较好，但传热性能稍逊，故在满足耐腐蚀性的前提下，应尽可能选择传热性能好的管材。换热管的型式有管内壁带螺纹的高效管和光管两种，在采取了可靠的除污、清洗措施的基础上宜采用高效换热管。

4.3.8 地表水中微小的污垢黏附在换热管内壁上会影响机组效率，运行时应采取自动清洗措施。换热管内壁污垢的清洗有人工和机械两种方法。人工清洗方法是定期打开换热器管壳两端的端盖，用人工冲刷换热管去除污垢，此方法需停机，且劳动强度大；机械清洗方法是利用一个装置，借助机组换热管两端的水压差，迫使许多胶球或管刷通过众多的换热管，以洗刷其内壁上的污垢，清洗过程可定时、循环进行，胶球或管刷规格应由测得的换热管内径精确确定，此类装置效果较好。

4.3.9 易生藻类的水系，应采取药物灭藻措施，定期对系统进行封闭自循环灭藻。但药物排放需满足水体的环保要求。系统水

的加药灭藻处理应局限在管道系统内，对于开式地表水系统，应在设计时预先考虑加药时能将系统暂时变成闭式系统。此外，对于所加药物，应充分了解其化学成分与性能，系统水量、水中的药剂浓度等因素，以便环保部门判定清洗后系统水排放到水体中的合法性。

4.3.10 闭式地表水热泵系统的设计释热量或取热量计算可参照本规范4.2.9条的条文说明。

4.3.11 闭式地表水换热器有三种型式：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；螺旋盘管抛管型是将每一组螺旋换热管采用间隔方式捆扎好，然后按每组一定的间距固定于水体中，为保证与水体有充分的换热面积，它对水体的深度、水质等都有一定要求。此外，由于水体中的淤泥、水生物、藻类等都对换热管的投放、维护、更换有较大的影响，故设计时必须充分考虑这些因素。

4.3.12 闭式地表水的换热性能受诸多因素影响，通过计算或进行测试是较为可取的手段。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，换热器内流体的推荐流速宜不小于0.4m/s；环路集管的比摩阻不大于150Pa/m，流速不大于1.5m/s；系统供、回水管水流速宜为1m/s～2.5m/s，比摩阻不大于200Pa/m。

4.3.13 接近温度是指换热器出水温度与水体温度之差值。较小的换热器接近温度说明换热器具有较好的换热能力，但换热面积需较大，投资会增加。机组供冷时，设计工况下的换热器出水

温度不高于32℃，是为了使热泵机组运行时具有比用冷却塔更好的节能效果。机组供热时，设计工况下的换热器的出水温度不低于5℃，是为了使机组能可靠地运行。

4.3.14 本条文是为了改善系统水力平衡，使每一组换热盘管都能起到有效的换热作用。总集水器及总分水器之间的连接关系如图5所示。

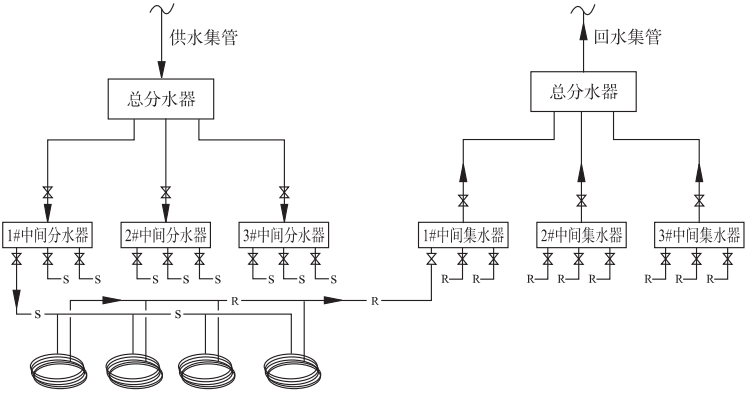


图5 中间分、集水器连接示意图

4.3.15 提出换热盘管位置与安装要求是为了保证换热效果。换热盘管下部通常有衬垫物，衬垫物有两个作用：首先衬垫物的重量能使换热盘管稳定地固定在水体底部，防止因各种因素造成水流移动换热盘管；其次是换热盘管的底部与水体底部有一定距离，以保证换热效果。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热对盘管换热的影响。

4.3.16 换热盘管的工作压力通常不超过1.0MPa。

4.3.17 此条要求是为了避免其他取、退水口引起的局部水流对水中盘管的换热有不利影响。

4.3.18 当系统处于部分负荷时，有可能只需要部分换热盘管换

热，即只需要运行系统部分流量，此时变频调节流量具有很大的节能效果。

4.3.19 上海市冬季地表水温度有可能较低，黄浦江水有可能低至3℃左右，致使机组换热管内换热后的介质温度低于0℃，若机组需在此工况下运行，则传热介质应采用防冻的乙二醇溶液。

4.4 热泵机房系统设计

4.4.2 采用单一的地源热泵系统供冷、供热时，热泵机组的容量确定应以计算冷、热负荷中的大者为依据，并考虑机组实际运行工况下的参数。当采用地源热泵与其它冷、热源结合的复合冷热源系统时，辅助加热装置和辅助散热装置的选型应经负荷分配综合分析确定。在实际确定机组规格时，常不能恰好满足负荷需要，此时可选择容量稍大一些的规格。一般情况下，所选机组的容量不应超出要求负荷的10%。

4.4.3 为满足土壤全年热平衡需要，地源热泵系统通常需设置辅助冷却设备，如闭式冷却塔，也可增设水冷冷水机组或空气源热泵机组等方法来解决。为保证系统冬季供热的可靠性，有时需增设辅助热源，如空气源热泵或其它热源设备。

4.4.4 地源热泵系统与其他冷热源系统构成多源复合系统有利于互为备用，优势互补。

4.4.5 地源热泵同时供热、供冷，可大大提高系统能效比。

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

4.4.13 目的是防止换热管道系统堵塞。

4.4.17 此措施是为了避免地源侧系统中的循环介质受污和管路被堵塞。

4.4.18 供给机组的地表水虽经过一定处理，但水中的杂质、沉淀物等仍较多，另一方面，机组用户侧的系统水一般经化学处理。当机组进行供冷、供热切换时，与两系统相关的部分管道就会从原功能水系统的一部分转换成为另一功能水系统的一部分。若此时未将这段管道中的水放掉，并清洗管道，则会使较污的地表水进入用户系统，使含药剂的用户水进入地表水中。因此，为了系统有良好的换热效率和源水体的环境保护，在机组功能切换时有必要采取条文中的措施。

4.4.19 地表水间接进入机组的系统，需要采用换热器。为了提高换热效率，减少地表水的温度损失，减小换热器体积，设计常采用板式换热器。虽然地表水在进入该换热器前经过了多重过滤处理，但仍发现换热器的地表水侧很容易堵塞，影响使用效果，因此需要对换热器经常进行清洗和维护。为了避免影响使用，对于重要使用场合，建议设有备用换热器，以免因换热器的维护而影响系统正常工作。

5　工程施工

5.1　一般规定

5.1.2　地埋管系统工程需占用地下空间，施工时可能会对既有管道、电缆、地下构筑物或文物古迹造成影响，故应采取有效保护措施。

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

管材管件的防护包括标识、搬运、储存。搬运时避免受到剧烈的撞击、划伤和抛摔；存放场地应平整，远离热源及油污、化学品污染地；管材、管件应遮盖，防止阳光直接照射。

5.1.6　为了换热系统的保护与维护管理、保障水上运输安全，应对换热区域、地表水取水、退水口处设置明显标识，并采用两个以上现场的永久目标进行定位，不宜以树木或其它非永久固定的目标作为标识。

5.2　地埋管换热系统施工

5.2.1　换热孔钻进时，不同的钻孔孔径、深度、地层条件，要求钻机的性能也不同，应采用相适应的钻机及钻进工艺。根据上海市的地质条件，钻进宜采用正循环回转钻进工艺。

5.2.2

1　本条是对钻孔深度的要求。由于在成孔后孔内泥浆中的砂土会在孔底沉淀，易导致地埋换热器不能安装至设计深度，故

可根据地层、泥浆性能等因素适当增加钻孔深度。

2 在上海市地域内，竖直地埋换热器一般设置在浅部粘性土、粉性土和砂土层中，这类地层一般采用正循环回转钻进成孔。浅部土层存在饱和砂性土和承压含水层，换热孔施工穿越多个砂性土层，在钻进时易发生孔内坍塌，因此要求在换热孔钻进时采取护壁措施。砂性土层应采用人工造浆来保持孔壁稳定。

3 本条是对钻孔垂直度的要求。目前上海的竖埋管深度多在80m～120m，埋管的间距在4m～6m，垂直度偏差过大可能导致相邻钻孔相交，损坏已埋设的地埋管，或因二个换热孔距离太近影响换热效率。施工过程中一般可采用以下措施预防和减少孔斜：

1）钻进设备安装应稳固、水平，钻塔天车和钻机立轴及孔口中心在同一铅垂线上；

2）开孔时采用低钻压、低转速、小泵量钻进，保证开孔时的垂直度；

3）钻头上部安装与孔径相适应的导向钻具；

4）孔深时采取减压钻进措施，减小钻具在孔内的弯曲程度。

5.2.3

1 竖直地埋换热管安装后不能更换，必须保证地埋换热管的制作质量，消除拼接可能导致的质量隐患。所以本条要求竖直地埋换管除U型弯头外，应采用整根管材。可根据设计换热长度和与环路集管的连接长度由生产厂家整根定制或在现场整卷管材上截取。

3 U型管的端部密封质量会影响试压和保压效果，工程上常用方法为一端采用同质的管帽承插式热熔连接，另一端可热熔

连接球阀，便于进行试压和保压。

5.2.4

1 本条要求地埋换热管在下管时管内保持一定的水压力，并在水压试验后保压状态时下入孔内。此要求的目的：一是防止地埋换热管受压变形；二是减小管材浮力，防止下入孔内的地埋换热管上浮；三是在下管时通过监测管内压力变化，检查地埋换热管是否损坏。对于地埋管设置在建筑物基础下部且采用先埋管后开挖方案的项目，由于换热管一般不预留至地面，埋管过程中不能对管内压力进行监测，可在下管前水压试验合格后适当泄压至0.3MPa～0.5MPa，在有压状态下插入钻孔；在基坑开挖后连接水平管前，应对竖直地埋换热管进行通水及水压试验检查。

2 本条要求在下管时采用专用工具，防止在下管过程中地埋换热管损坏。单U管可使用带胶质防护层的U型叉卡住地埋换热管U型弯头，送至设计深度；双U型管的下管工具形式较多，应选择可靠的方式将地埋换热管安全送至设计深度。

5.2.5 回填料灌注宜采用砂浆泵等专用设备自下而上进行注浆封孔，确保孔内灌浆密实、无空腔，防止地下含水层相互沟通，保护地下水资源。对于地埋换热管设置于建筑物下部且采用先埋管后开挖方案的项目，回填料的灌注，应能有效防止基坑开挖后的管涌，对于基坑安全特别重要。

回填结束后，应通过孔口取样对回填质量进行检查，确保孔口返浆与注入浆液一致，且无夹泥和孔口坍陷现象。

5.2.6 部分地源热泵工程将竖向地埋换热管设置在基础下部。深基础下部的埋管方式因基坑开挖与埋管的先后顺序不同而不同，施工过程中一般有两种施工方案：(1)先埋管施工后基坑开挖；(2)先基坑开挖后埋管施工(基坑较浅时)。若埋管施工先于

基坑开挖，因地埋管在孔内自然弯曲变形、钻孔超深等因素可能导致地埋管下沉，竖直地埋管的长度应在设计换热长度的基础上适当增加富余量，防止基坑超挖引起安全事故，富余量应根据基础的不同形式和埋深确定，纳入项目的施工组织设计中。在地埋管的端部用醒目的方式进行标识，便于在挖土时识别，防止挖土机械损坏地埋换热管。

5.3 地表水换热系统施工

5.3.1 取水构筑物通常由进水部分、连接管渠、吸水部分及吸水泵站等组合而成。取水构筑物的组成、各组成部分的相互关系与所处位置、泵的吸水方式、外形及构造有多种多样的组合。施工过程环节复杂，所采用的工艺和材料众多，因此，施工过程应合理选取工艺。

5.3.2 换热器各支路宜按设计长度由厂家做成所需的预制件，通过现场试压，根据压力降判断管材质量是否合格和连接处是否有渗漏。

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满足换热器抛管就位及后期维护起升。

5.4 热泵机房系统施工

5.4.1 编制主机、水泵、板式换热器、水箱等设备的专项吊装施工方案，是为了保证吊装就位过程中设备安全、人员安全及施工顺利进行。机房内设备基础的检查和现场施工条件的勘查包括以下基本内容：

1 复核设备基础平面尺寸、基础相对位置、基础承载力；

2 检查预留孔洞尺寸与位置、吊钩位置、支吊架预埋铁位置等预留、预埋情况；

3 勘察主设备进入机房路线，检查主设备进出机房预留孔洞；

5.4.2 高层建筑空调系统的设备和部件往往承受较大压力，须核对设备冷凝器、蒸发器、热回收冷凝器等承受的压力等级要求；对于生活热水系统，需核对系统耐热性，不得在系统内有锈蚀产生。

5.4.5

1 如果冷、热转换阀门关闭不严，会造成系统制冷热效果差、效率低、耗电大，同时会引起地源侧和末端侧的串通，增加地埋管的承受的压力，给系统安全性带来隐患。因此，必须在安装前进行检查和检验；

2 安装在高空位置的阀门宜采用适当措施方便操作与维护；安装在地面上容易被碰撞的阀门，宜采用防撞保护措施；

3 阀门与管道连接处的密封材料宜根据连接方式和材质对应选择。法兰垫料宜采用聚四氟乙烯垫、优质石棉垫、缠绕生料带的石棉垫、涂抹二硫化钼类等密封膏的石棉垫；热水部位宜采用聚四氟乙烯垫、硅橡胶垫、金属缠绕垫、缠绕生料带石棉垫。对于运行压力高于 1.0MPa 的系统，宜采用聚四氟乙烯垫、金属垫、缠绕生料带中高压石棉垫等。

5.4.6

1 聚丙烯(PP-R)、高密度聚乙烯(PE)类塑料管宜采用热熔焊、电热熔焊；PVC 管采用胶接；钢塑管、镀锌管宜采用丝扣、沟槽连接，无缝镀锌管宜采用焊接或法兰连接，镀锌管道不宜采用焊接连接；焊接工艺宜采用氩电联焊；

2 钢塑管连接方式可采用丝扣与沟槽卡箍连接；

3 不同材质的塑料管不能直接连接，须采用专用转换接头过渡连接。塑料管与钢管的连接可采用法兰、丝扣等专用管件过渡连接。

6 工程验收

6.1 一般规定

6.1.1 地源侧冷热源系统的管道、管件包括地埋管地源热泵系统的换热器、闭式地表水地源热泵系统的换热器、开式地表水系统取排水所用的管道、管件以及地源热泵冷热源系统机房中的管道。地埋管材料检测应参照《给水用聚乙烯(PE)管材》GB/T 13663 的要求,换热器连接管道、机房中管道(大多为钢管)等检测应按设计要求和相应的国家现行管材、管件标准要求进行,并按进货批次检查生产许可证、检验报告与产品合格证。

6.1.2 地源热泵系统包括室外地源侧换热器或地表水取、退水系统,还包括机房内的热泵机组、附属设备与管道等。机房内的设备与附属设备要求保证设备齐全、质量完好,并提供进场质保书。

6.1.3 地源热泵系统中的地下埋管等都属于隐蔽工程,施工完毕后都无法直接进行施工质量检查,因此必须做好隐蔽前的施工验收工作,形成验收记录。

6.1.4 本条适用范围主要指水源热泵机组、水泵、附属设备及配套其他设备、管道、阀门等安装工程。这部分工程的施工安装质量的检验要求已在国家标准《制冷设备、空气分离设备安装工程施工及验收规范》GB 50274、《风机、压缩机、泵安装工程施工及验收规范》GB 50275 及《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243 中都有规定,本规程不再赘述。

6.2 地埋管换热系统安装检验

6.2.1 钻孔垂直度偏差：是指钻孔底部中心在水平方向偏离孔口中心垂线的距离与钻孔垂直深度的百分比。

目前上海的竖埋管深度在80m～120m，埋管的间距一般在4m～6m，若钻孔垂直度偏差超过1.5%，且相邻钻孔发生相向偏差，则钻孔可能会相交。

换热孔间距直接影响到地埋管换热器的换热效率，所以应严格控制孔位偏差。

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

6.2.4 回填材料实物对照检查，通过将孔口返浆的取样实物与标准配合比的浆液实物留样进行对比，确保实际使用浆液与设计要求相一致。

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

6.3 地表水换热系统安装检验

6.3.2 换热器管材的绑扎质量是地表水换热器施工的难点和重点，直接影响系统的耐久性，需要对其进行严格控制。

6.4 热泵机房系统安装检验

6.4.3 冷、热转换阀门是地源热泵系统中的关键部件之一，本条文重点对其提出了检验要求。

6.5 系统调试

6.5.1 本条文明确规定地源热泵系统工程完工后的系统调试，应以承包项目的施工企业为主，监理单位监督，设计单位与建设单位参与和配合。设计单位的参与除提供工程设计的参数以外，还应对调试过程中出现的问题提出明确的解决方案；监理、建设单位参加调试可起到工程的协调作用，有助于工程管理和质量的验收。

6.5.5 国家标准《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243对于设备单机试运转及调试要求如下：

1 水泵运行时不应有异常振动和声响、壳体密封处不得渗漏、紧固连接部位不应松动、轴封的温升应正常；在无特殊要求的情况下，普通填料汇漏量不应大于60ml/h，机械密封的不应大于5ml/h；

2 风机、空调机组、风冷热泵等设备运行时，产生的噪声不宜超过产品性能说明书的规定值；

3 风机盘管机组的三速、温控开关的动作应正确，并与机组运行状态一一对应。

系统联合运行不但对于地源侧管道系统、设备要求处于正常工作状态，对于空调负荷侧的管道系统、空调末端、控制阀门等也应处于正常工作状态，也就是说整个空调系统的设备、管道的调试都已调试合格。详细要求可见GB 50243国家标准的要求。

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，设备联锁、自动调节、自动保护应能正确动作；

5)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。

6.6 工程验收

6.6.2 观感质量综合检查的项目与质量标准可参照国家标准《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243 中 12.0.4 条中的有关要求。

7　系统性能测试

7.1　一般规定

7.1.2　地源热泵系统测试参数中，其他设备的耗电量和输入功率应包括循环水泵、潜水泵以及辅助冷热源等的耗电量和输入功率。

7.1.4　相同的参数所采用的仪器精度不同，测试结果的绝对误差也会相差较大，所以选用仪表时，应在满足被测量值范围的前提下，尽可能选择量程小的仪表。仪器精度及测量范围见表4。

表4　测试仪器性能参数表

仪　器　类　型	准确度或精度	测　　量　　范　　围
水温度测试仪器	小于或等于0.2℃	－20℃～100℃
水流量测试仪器	小于或等于2%	大于或等于循环流量的1.5倍
功率测试仪器	大于或等于3.0级	大于或等于额定功率的1.5倍

7.2　测试条件

7.2.2　室外气候条件：按照《采暖通风与空气调节设计规范》GB 50019、气象资料及相关设计手册，上海地区夏季空调设计室外温度为34℃，室内空调设计温度为22℃～28℃；上海地区冬季空调设计室外温度为－4℃，室内空调设计温度为18℃～24℃。2007年节能相关政策出台后，国家规定在夏季当室内温度高于26℃时，可以开空调制冷；在冬季当室内温度低于20℃时，可以开空调制热。

对开启空调的最低及最高温度，虽然国家还没有做出硬性规定，参考部分地方政府和上海市相关企业的节能建议：夏天 26℃、冬天 16℃开启空调。且根据相关研究，在上海地区过渡季节 28℃～30℃之间，可采用自然通风和室内提高风速感的手段，提高人体温度耐受性，即无须开启空调。

因此，结合空调负荷的影响，采用大于或等于 30℃作为夏季测试最低室外温度，采用小于或等于 16℃作为冬季测试最高室外温度。

7.3 测试方法

7.3.1 利用系统已有的流量计进行测量时，应通过标定有效期内的移动式超声波流量计进行校验。利用超声波流量计进行检测时，测点应布置在流速相对较稳定的直管段，应根据仪器说明书，注意相应检测条件，并进行数据修正。

7.3.2 由于现场一般采用非破损方法测试，较少采用断管安装温度计，且计算处理所用的为供回水温度差，故可采用现场温度套管和测试管壁温度差的方法。

预设或利用管路上原有的温度计套管（一般为薄壁钢管或不锈钢薄壁管，插入深度为二分之一管道直径），套管内注入导热性能良好的机油，再密封紧密安装，并确保探头与套管底部接触良好，注意读数时不应拔出温度计。

当因现场条件限制不能提供安放温度计的位置时，可利用热电偶温度计直接测量供回水管外壁面的温度，通过两者测量值相减得到供回水温差。测量时应注意在供回水管外壁面安放热电偶后，必须在测量位置覆盖绝热材料，保证热电偶和水管管壁的充分接触。热电偶测量误差应经校准确认满足测量要求，或保证

热电偶是同向误差，即同时保持正偏差或负偏差。

7.3.3 根据测试目的不同，地源热泵系统现场测试需要对设备的输入功率和耗电量等用电参数进行测试。电参数的测试可采用功率表、电流电压表、互感器或电能表，检测前应注意确认测试电路与测试设备的对应关系，通过启停设备并观察记录数据，以保证测试准确性。

7.3.4

1 检测持续时间：对于具备条件的工程系统，能安装监测系统进行长期运行监控最好；对典型工况下有限时间的检测，在确保合理兼顾经济的条件下，至少确保完整记录一个周期内的建筑物系统运行特点；对于常规的居住建筑和公共建筑，宜连续检测2d～3d，至少连续检测24h。

2 检测间隔时间：对于不同的基本参数检测，容许的测试时间间隔略有不同，但以能客观、及时反映系统的变动，宏观把握系统运行规律为原则。本条款参考相关标准、规范汇总得出。

8 运行监测和管理

8.1 一般规定

8.1.1 工程案例的分析研究结果表明，地源热泵系统的能效除与设计、施工因素有关外，与后期运行控制和管理有密切关系。一些工程，特别是复合地源热泵系统工程，常由于运行策略不尽合理而影响其效率的发挥。因此，进行系统运行状态参数和换热区地温、水温监测，对指导系统运行，提高系统能效有重要作用。

到目前为止，有关何种规模的地埋管地源热泵工程应当进行地温场监测尚无统一认识，故本规程未对地埋管地源热泵系统地温监测做出强制性要求。但地温监测对地埋管地源热泵系统运行策略的确定有重要意义，因此，在现阶段，对中型以上规模的地埋管地源热泵系统工程进行地温监测是必要的。

地表水地源热泵系统运行后将引起换热区水温的变化并对系统的换热效率和水环境产生影响，应当进行换热区水温监测。当地表水换热系统水体面积较小、流动性较差，或者换热系统换热量较大、可能对水体水质造成影响时，应对地表水水质进行监测。监测项目可根据环境保护标准和水质变化情况确定。

8.1.2 监测数据是评判系统运行合理性和对地质环境影响程度的重要依据。为指导地源热泵系统合理运行，应定期对监测数据进行分析。监测数据分析的周期可根据工程的实际情况和运行管理需要确定。

8.2 运行监测

8.2.2 监测孔通常宜布置在埋管密集区。

埋管区外部的地温监测主要用于环境影响分析，如热影响范围和程度。据模拟计算结果，在取热、释热量比为 0.3 条件下，地源热泵工程运行十年的显著影响半径在 5m～10m，因而埋管区外监测孔可在 10m 范围内设置。

8.2.3 地温监测是长期性的，故地温监测孔应能满足长期监测要求，以保证监测工作不间断进行。

目前，地源热泵系统的地温监测一般采用两种方式：一种是将温度传感器直接埋入地下；另一种是设置小口径监测井（井内充满水），在井内测温。

工程实践表明，将温度传感器埋入地下的测温方法存在两个主要问题：

1 成活率低。一些工程在埋设传感器后不久，即发现部分传感器无法使用；一些工程在监测运行一段时间后失效传感器量在增加，直至有效传感器所剩无几。造成这种现象的原因主要是施工方法不当或传感器密封性不能满足要求；

2 随着时间的延长，传感器有数据漂移现象，不能准确反映测点温度，这主要与传感器的物理性质有关。

比较两种监测方式可以发现，设置监测井进行地温监测具有以下优点：

1）监测方式灵活。可以是人工测温，也可在井内不同深度放入温度传感器进行自动监测；

2）采用下入传感器方式时，传感器（或系统）损坏可以更换，也可以定期取出进行标定，能够保证监测工作长期

进行。

因此，建议采用监测井的方式进行地温监测。监测井口径可根据测温需要确定。监测井的施工应注意以下问题：

1)井管强度应满足要求；

2)井管底部应密封，管壁不渗漏；

3)井内应注水至孔口。

8.2.4 施工过程中测量钻孔垂直度和倾斜方位，是为了确定测温点的空间位置，有利于地温监测数据的分析。

8.2.6 对于闭式地表水地源热泵系统，换热区水源受影响的范围与系统负荷、水体积大小、地表水径流条件等因素有关，垂直于换热器延伸方向布置监测断面，可以了解换热器周围一定范围内水温变化，3 个测点是了解换热器两侧水温变化所需要的最少监测点数量。

8.2.7 自动监测系统具有准确、高效的特点，尤其适用于多要素同时监测的情况，故本规程建议采用自动监测系统。自动监测系统的数据采集频率可根据需要设置，通常热泵运行参数监测的数据采集频率宜不大于 3min，换热区地温、水温监测的数据采集频率不宜大于 30min。

8.3 运行管理

8.3.1 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。只有明确了人员职责，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。

8.3.2 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（也可进行全年岩土体热平衡模拟计算结果），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。

8.3.3 影响地表水地源热泵系统效率的重要因素之一是地表水温度。研究表明：地表水温度全天比较稳定，而冷却塔出水温度则受空气湿球温度的影响，夏季时白天的空气湿球温度可能高于地表水温度，晚上可能低于地表水温度。地表水的热惰性比空气大，地表水温度在初夏时会低于冷却塔出水温度，夏末时会高于冷却塔出水温度。地埋管地源热泵系统的地源侧水温则不受气候影响，如与地表水地源热泵构成复合式系统，应优先用于盛夏与严冬，而地表水地源热泵的优势则在盛夏与严冬之外的其他季节。

8.3.5 一般情况下，规模较大的地源热泵系统应设置计算机集中监控系统。设置该系统的目的是能提供恰当、合理的运行策略，取得有效的节能效果。较大规模的地源热泵系统往往是多能源复合系统，有了计算机集中监控系统可以把各种能源系统集合起来有效地进行控制，充分发挥各种能源系统的节能优势。

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

8.3.7 由于地表水中常有泥沙等污物，为保证开式地表水系统正常取水，应定期检查取水口周围污泥等淤积情况，并及时清淤。在地表水直接进入热泵机组换热器的开式系统中，地表水中的污垢会粘附在换热管内壁上，影响机组效率。自动清洗装置可在运

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

8.3.8 较大型水源热泵机组的蒸发器与冷凝器，在供冷、供热功能切换时需在机房内进行管路切换。对于开式地表水热泵系统，这两种管路水的水质是完全不同的，地表水侧的水质总是较差，而用户侧的水一般经过化学水处理，且长期不更换。在两种管路切换时，应排放掉换热器及相关管路中的循环水，并进行有效清洗，否则会使残留在换热器或相关管路中的地表水进入用户水系统中，不利于水质控制；也会使残留在另一换热器或管路中的用户系统水进入地表水系统中，不利于水环境保护。

8.3.9 节能不仅体现在系统设计中，也体现在运行管理中。气候、使用情况、设备性能等的变化会影响系统运行能耗，因此记录系统能耗与其他有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。

附录 A　岩土热响应试验

A.1　一般规定

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

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

A.1.4　为减小环境温度对试验的影响，测试仪器应尽可能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；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热损失。

A.2　试验方法及技术要求

A.2.2

1　为减小试验误差，加热功率应保持恒定。

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、测试现场情况进行设定，但不应低于 0.2m/s。

5 地埋管换热器出口温度稳定，是指在不少于 12h 的时间内，其温度的波动小于 1℃。加热功率大小的设定，应使换热流体与岩土保持有一定的温差。在地埋管换热器的出口温度稳定后，其温度宜与岩土原始平均温度相差 5℃以上，并宜使出口温度接近机组设计进水温度要求。根据上海市的气候特点，夏季工况设计流体平均温度宜为 33℃～36℃，冬季工况设计流体平均温度宜为 0℃～6℃。如果不能保持一定的温差，试验过程将变得缓慢，影响试验效果，不利于计算岩土热物性参数。加热功率应大致为实际换热器高峰负荷值，初步设定时，对于单 U 垂直埋管，一般可按埋管钻孔深度取 40W/m～60W/m 选取。

A.2.3 热响应试验过程中对仪器进行调试、断电或同一试验孔进行两次试验等情况发生时，会对岩土温度造成较大的影响，为减小试验孔周围地温扰动引起的试验误差，作出本条规定。

A.3 测试精度要求

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

A.3.4 实际埋管深度对导热系数的计算结果有明显影响，本条特做此规定。

A.4 试验数据处理

A.4.1 岩土综合导热系数用于设计工况下的动态耦合计算和静态下换热器总长度的设计计算。

A.4.2 换热孔常用传热模型有线热源和柱热源两种。当加热时间较短时，柱热源和线热源模型的计算结果有显著差别；当加热时间较长时，两模型的计算结果相对误差逐渐减小，而且时间越长差别越小。一般国内外通过实验推导钻孔传热性能及热物性所采用的普遍模型是线热源模型。采用线热源模型时，常用斜率法来计算岩土综合导热系数。斜率法在实际工作中应用较为简便，便于工程技术人员掌握，且精度能满足工程中地源热泵系统设计计算要求，具有较广泛的实用性。

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

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

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 $\frac{4a\tau}{d_b^2} \geqslant 5$ 时，$Ei\left(\frac{d_b^2 \rho_s c_s}{16\lambda_s \tau}\right) \approx \ln\left(\frac{16\lambda_s \tau}{d_b^2 \rho_s c_s}\right) - \gamma$，$\gamma$ 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。

$$T_f - T_b = \frac{Q}{H} R_b \tag{2}$$

根据式(1)(2)，可以导出 τ 时刻循环介质平均温度：

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

式中 Q —— 地埋管换热器实际加热功率(W)；

T_0 —— 岩土平均原始温度(℃)；

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

T_{in} —— 地埋管进水温度(℃)；

T_{out} —— 地埋管进水温度(℃)；

R_b —— 钻孔内传热热阻(m·k/W)；

λ_s —— 岩土综合导热系数[W/(m·K)]；

ρ_s —— 土壤密度(kg/m^3)；

c_s —— 土壤比热[J/(kg·K)]；

τ —— 时间(s)；

H —— 钻孔埋管深度(m)；

d_b —— 钻孔直径(m)。

当定加热功率条件下，式(3)可表示为时间对数的线性方程：

$$T_f = K \cdot \ln(t) + b \tag{4}$$

$$K = \frac{Q}{4\pi \cdot H \cdot \lambda_s} \tag{5}$$

$$b = \frac{Q}{H} \left\{ \frac{1}{4\pi\lambda_s} \left[\ln\left(\frac{16\alpha}{d_b^2} \right) - \gamma \right] - R_b \right\} + T_0 \tag{6}$$

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 —— 热扩散率(m^2/s)，$\alpha = \lambda_s / \rho_s c_s$。

由式(5)可得到综合导热系数为：

$$\lambda_s = \frac{Q}{4\pi \cdot K \cdot H} \tag{7}$$

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 及钻孔热阻 R_b 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(2)由拟合直线的纵轴截距 b 可以计算得出钻孔内总热阻 R_b；也可事先确定钻孔内总热阻 R_b，通过式(2)由拟合直线的纵轴截距 b 计算得出岩土的热容量 $\rho_s c_s$。

线热源斜率法导热系数算例：100m 深单 U 管试验孔在加热功率状态下得到的管内流体平均温度 T_f 与测试时间 τ 的变化曲线如图 6，舍去初期 10h 数据后得到 $T_f \sim \mathrm{Ln}(\tau)$ 关系曲线如图 7，经直线拟合得到 $K=2.235$，平均加热功率 $Q=5.183\mathrm{kW}$，最终计算得到该孔综合导热系数 $\lambda_s=1.85\mathrm{W/(m \cdot K)}$。

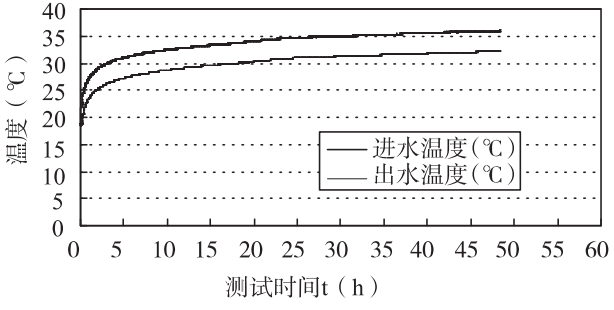


图 6　热响应试验进、出水温度变化曲线

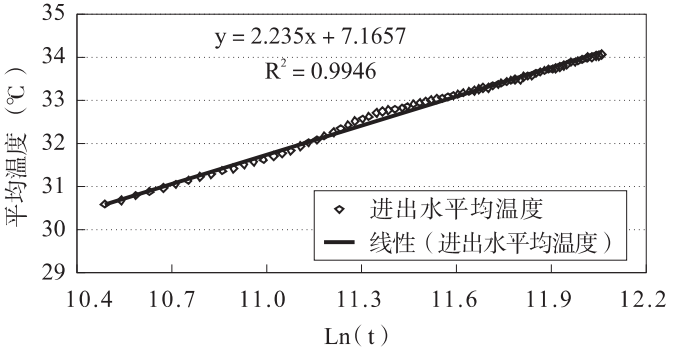


图 7　热响应试验进出水平均温度时间对数变化曲线

参数估计法的计算方法是：从计算机中取出实验测试结果，将其与特定传热模型计算结果进行对比，使得方差和 $f=\sum_{i=1}^{N}(T_{\mathrm{cal,i}}-T_{\mathrm{exp,i}})^2$ 取得最小值，此时通过特定传热模型调整后的物性参数值即为所求结果。其中，$T_{\mathrm{cal,i}}$ 为第 i 时刻由选定的传热模型计算出的埋管中流体平均温度；$T_{\mathrm{exp,i}}$ 为第 i 时刻实际测量的换热管中流体平均温度；N 为实验测试的数据组数。也可将试验数据直接输入专业的地源热泵岩土热物性测试软件，通过计算分析得到岩土的热物性参数。

附录 B　常用塑料管材及其规格

B. 0. 1　表中数值引自《给水用聚乙烯(PE)管材》GB/T 13663。

B. 0. 2　表中数值引自《冷热水用聚丁烯(PB)管道系统》GB/T 19473. 2。

附录 F　热泵机组性能系数和系统能效比计算方法

F. 0. 2　本条主要参考 GB 50189《公共建筑节能设计标准》、《通风与空调系统性能检测规程》DG/TJ08－802、《可再生能源建筑应用示范项目测评导则》等相关标准规范，通过研究和合理简化制定。

根据调研结果，目前对机组性能系数的试验方法，大多为机组在实验台上标准工况下的检验，对现场不稳定工况、实际运行系统的检测缺乏指导方法。而暂行的现场测评导则与一些地方检测规程也没有很好地解决这些问题，这也是一直困扰空调现场检测人员的难题。

目前行业中关于测试工况要求很含糊，导则“检测时热泵空调系统冷（热）负荷宜达到设计值的 60％以上；热泵机组出水温度接近设计工况”，即要求负荷率不低于 60％，没有明确是系统瞬时负荷还是日平均负荷率。如果是瞬时负荷，显然不科学，因为在连续测试过程中机组/系统的负荷率一直是在变化的；如果作为瞬时负荷率，这种提法也并不科学，因为在该负荷率附近可能是机组/系统 *COP* 最高的时候，若以该点的机组/系统性能来评价整个季节以至全年的能效，反而不科学。如果是日负荷，那么 60％的依据也很不充分，不同地区、不同功能建筑也许差别很大。

此外，关于机组性能系数的计算方法对于瞬时值和累计值没有明确要求，对于计算周期也没有明确定义。

因此，研究如何合理选择测试工况，如何对测试数据进行合

理处理，对于科学合理评价系统能效非常重要。本节主要目的是提出能科学反映系统运行性能和进行全年能效评估的适用的检测工况、检测周期和检测方法，并对其进行简化，使其具有可操作性。

按照相关建筑及文献，较为理想的现场检测方法是：测试不同负荷率下的机组/系统性能系数，按照机组/系统在各种负荷率下运行时间的加权因素，通过计算获得不同季节（夏季和冬季）下的测试综合部分负荷性能系数 Integrated Part Load Value（IPLV）。热泵机组的综合部分负荷性能系数 IPLV 宜按照下式进行计算和以下检测条件进行检测（$IPLV(C)$和 $IPLV(H)$表示机组制冷与制热的综合部分负荷性能系数）：

$$IPLV=a\times A+b\times B+c\times C+d\times D \tag{8}$$

式中 A、B、C、D —— 分别表示机组在负荷率 BLR（表示机组的实际制冷/热量与名义制冷/热量之比）分别为 100%、75%、50%、25%时的性能系数 COP（W/W）；

a、b、c、d —— 分别表示各 COP 所对应的权重系数，对应于机组在各负荷率下运行的总供冷（热）量的比例（%）。

事实上，该公式是从国外引入，其加权系数并不能代表实际的运行状况。由于各个地区气候不同，每栋建筑的功能不同，在各部分负荷下的运行时间差别很大，因此在实际计算中，应测试出不同部分负荷下机组的运行时间，然后进行全年能耗分析。我国在 GB 50189－2005《公共建筑节能设计标准》、《蒸气压缩循环冷水（热泵）机组》和《多联式空调（热泵）机组》中采用了 $IPLV(H)$评价指标，但考虑到产品类型与适用范围的差异，且主要是

针对实验台测试，很难在现场检测中操作。

现场检测理想方法的利弊分析：需要测试多种负荷率工况下机组性能系数，不仅需要监测系统连续长期运行状态，还要等候选取适合负荷率工况，时间较长，工作量较大；相对于一次性随机现场检测，它能较为科学地评价热泵机组性能，从而较为准确地把握系统的长期运行能效，对以研究为主进行长期监测的少数项目较为适用，对研究成果用于进一步技术推广具有较为重要的意义。

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

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

关于机组/系统性能系数的测试持续时间，由于能效评估的周期为一年，对于上海市，需要通过测试获得夏季性能系数和冬季性能系数。对于典型季节内的测试持续周期，由于建筑功能和室外气候的一昼夜周期变化，机组和系统运行参数也出现周期性变化，因此，结合建筑功能选取检测周期是较为合理。对一般公共建筑和居住建筑，系统运行周期一般为一昼夜即 24。当然对于其他功能建筑，测试持续周期也可能不同。

关于累计值和瞬时值的处理方法，由于系统负荷率、地源侧

进水温度与用户侧供水温度等相关参数的变化，在该建筑运行的一个周期(24h)中，瞬时 *COP* 值变化较大，如果只选取某一时刻的瞬时值作为机组性能评价，是不科学的。而将一个运行周期内热泵机组/系统累计输出能量与累计输入能量的比值作为评价热泵机组/系统性能的方法是合理的。