

福建省工程建设地方标准

DB

DBJ/T13-156-2012

住房和城乡建设部备案号：J12158-2012

福建省地源热泵系统应用技术规程

Technical specification for ground-source heat pump

system of Fujian

2012-08-28 发布

2012-10-01 实施

福建省住房和城乡建设厅 发布

福建省工程建设地方标准

福建省地源热泵系统应用技术规程

**Technical specification for ground-source heat pump
system of Fujian**

DBJ/T13-156-2012

住房和城乡建设部备案号：J12158-2012

主编单位：福建省建筑科学研究院
福建建工集团总公司

批准部门：福建省住房和城乡建设厅

实施日期：2012 年 10 月 01 日

**福建省住房和城乡建设厅关于批准发布
省工程建设地方标准《福建省地源热泵
系统应用技术规程》的通知**

闽建科[2012]29 号

各设区市建设局（建委），平潭综合实验区交通与建设局：

由福建省建筑科学研究院和福建建工集团总公司共同编制的《福建省地源热泵系统应用技术规程》，经审查，批准为福建省工程建设地方标准，编号为 DBJ/T13-156-2012，自 2012 年 10 月 1 日起执行。在执行过程中，有何问题和意见请函告省厅建筑节能与科技处。

该标准由省厅负责管理。

福建省住房和城乡建设厅

2012 年 8 月 28 日

关于同意福建省《城市园林绿地养护质量标准》等四项地方标准备案的函

建标标备[2012]135号

福建省住房和城乡建设厅：

你厅《关于报送福建省工程建设地方标准〈城市园林绿地养护质量标准〉备案的函》（闽建科函[2012]138号）、《关于报送福建省工程建设地方标准〈福建省地源热泵系统应用技术规程〉备案的函》（闽建科函[2012]151号）、《关于报送福建省工程建设地方标准〈福建省既有居住建筑节能改造技术规程〉备案的函》（闽建科函[2012]152号）、《关于报送福建省工程建设地方标准〈建筑太阳能光伏系统应用技术规程〉备案的函》（闽建科函[2012]153号）收悉。经研究，同意该四项标准作为“中华人民共和国工程建设地方标准”备案，其备案号：

《城市园林绿地养护质量标准》 J12157-2012

《福建省地源热泵系统应用技术规程》 J12158-2012

《福建省既有居住建筑节能改造技术规程》 J12159-2012

《建筑太阳能光伏系统应用技术规程》 J12160-2012

该四项标准的备案公告，将刊登在近期出版的《工程建设标准化》刊物上。

中华人民共和国住房和城乡建设部标准定额司
二〇一二年九月十一日

前 言

本规程是根据福建省住房和城乡建设厅关于印发《福建省住房和城乡建设厅 2009 年科学技术项目计划》（闽建科[2009]42 号文）的要求，由福建省建筑科学研究院、福建建工集团总公司会同有关单位共同编制。

本规程共有 10 个章节 6 个附录，主要内容有：1.总则；2.术语；3.工程勘察和方案评估；4.地表水换热系统；5.地下水换热系统；6.地埋管换热系统；7.建筑物内系统；8.整体运转、调试与验收；9.地源热泵系统运行监测；10.地源热泵系统性能测试；附录 A 福建省地表水资源分布情况；附录 B 福建省地下水资源分布情况；附录 C 福建省地埋管资源分布情况；附录 D 福建省地源热泵适宜性分析；附录 E 热泵机组试运转记录表；附录 F 热泵机组性能系数和系统能效比的计算方法。

本规程由福建省住房和城乡建设厅负责管理，由福建省建筑科学研究院负责具体技术内容的解释。请各单位在执行过程中，注意总结经验，提出意见和建议，并反馈给福建省住房与城乡建设厅建筑节能与科技处（地址：福州市北大路 242 号，邮编：350001），福建省建筑科学建科院（地址：福州市杨桥中路 162 号，邮编：350025）以供今后修订时参考。

本规程组织单位：福州市城乡建设委员会

本规程主编单位：福建省建筑科学研究院

福建建工集团总公司

本规程参编单位：福建工程学院

福建省地质工程勘察院

福建互华土木工程管理有限公司

福建省水利水电勘测设计研究院

克莱门特捷联制冷设备（上海有限公司）

南京丰盛新能源科技股份有限公司

本规程主要起草人：王赛华 卢煜中 陆观立 陈仕泉

黄夏东 赖树钦 杨淑波 谢竹雯

陈定艺 李兴友 侯根富 范亚明

张意舟 王付立 马宏权 卫 新

本规程主要审查人：郭筱莹 邓鼎兴 林其昌 黄成根

黄可明 杨晓峰 丁丽萍

目次

1	总 则	1
2	术 语	2
3	工程勘察和方案评估	6
3.1	一般规定	6
3.2	地表水换热系统勘察	7
3.3	地下水换热系统勘察	7
3.4	地埋管换热系统勘察	8
3.5	地源热泵系统方案评估	9
4	地表水换热系统	11
4.1	一般规定	11
4.2	地表水换热系统设计	11
4.3	地表水换热系统施工	13
4.4	地表水换热系统检验与验收	13
5	地下水换热系统	15
5.1	一般规定	15
5.2	地下水换热系统设计	15
5.3	地下水换热系统施工	17
5.4	地下水换热系统检验与验收	17
6	地埋管换热系统	19
6.1	一般规定	19
6.2	地埋管换热系统设计	19
6.3	地埋管管材与传热介质	21
6.4	地埋管换热系统施工	22

6.5	地埋管换热系统的检验与验收	24
7	建筑物内系统	26
7.1	建筑物内系统设计	26
7.2	建筑物内系统施工、检验与验收	27
8	整体运转、调试与验收	28
9	地源热泵系统运行监测	29
9.1	地表水换热系统运行监测	29
9.2	地下水换热系统运行监测	29
9.3	地埋管换热系统运行监测	30
10	地源热泵系统性能测试	31
10.1	一般规定	31
10.2	测试条件	32
10.3	测试方法	32
10.4	系统性能评价	33
附录 A	福建省地表水资源分布情况	34
附录 B	福建省地下水资源分布情况	37
附录 C	福建省地埋管资源分布情况	40
附录 D	福建省地源热泵适宜性分析	44
附录 E	热泵机组试运转记录表	45
附录 F	热泵机组性能系数和系统能效比的计算方法	46
本规程用词说明		48
引用标准名录		49
附：条文说明		50

Contents

1	General provisions	1
2	Terms	2
3	Engineering investigation and scheme evaluation	6
3.1	General requirements	6
3.2	Investigation of surface water system	7
3.3	Investigation of groundwater system	7
3.4	Investigation of ground heat exchanger system	8
3.5	Scheme evaluation of ground-source heat pump system	9
4	Surface water system	11
4.1	General requirements	11
4.2	Design of surface water system	11
4.3	Construction of surface water system	13
4.4	Test and acceptance of surface water system	13
5	Groundwater system	15
5.1	General requirements	15
5.2	Design of groundwater system	15
5.3	Construction of groundwater system	17
5.4	Test and acceptance of groundwater system	17
6	Ground heat exchanger system	19
6.1	General requirements	19
6.2	Design of ground heat exchanger system	19
6.3	Material and heat transfer medium of buried pipe	21
6.4	Construction of ground heat exchanger system	22

6.5	Test and acceptance of ground heat exchanger system	24
7	Internal system in building	26
7.1	Design of internal system in building	26
7.2	Construction test and acceptance of internal system in building	27
8	Overall operation, test and acceptance	28
9	Operation monitoring of ground-source heat pump system	29
9.1	Operation monitoring of surface water system	29
9.2	Operation monitoring of groundwater system	29
9.3	Operation monitoring of ground heat exchanger system	30
10	Performance test of ground-source heat pump system	31
10.1	General requirements	31
10.2	Test condition	32
10.3	Test method	32
10.4	System performance evaluation	33
AppendixA	Distribution of surface water resources in Fujian Province	34
AppendixB	Distribution of underwater resources in Fujian Province	37
AppendixC	Distribution of ground heat in Fujian Province	40
AppendixD	Suitability analysis of ground source heat pump in Fujian Province	44
AppendixE	Record sheet of Heat pump unit commissioning	45
AppendixF	calculation method for The coefficient of performance of the heat pump unit and system energy efficiency	46
	Explanation of wording in this specification	48
	Normative standards	49
	Explanation of provisions	50

1 总 则

1.0.1 为规范我省地源热泵系统的技术应用，使地源热泵系统符合技术先进、经济合理、性能安全可靠、节能环保与减排的要求，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于我省行政辖区内新建、改建、扩建的地表水地源热泵系统、地下水地源热泵系统、地埋管地源热泵系统工程的勘察、设计、施工、验收、运行监测及性能测试。

1.0.3 地源热泵工程的勘察、设计、施工、验收、运行监测及性能测试，除符合本规程外，尚应符合国家和我省现行有关标准和法律法规的规定。

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、建筑物内系统组成的供热空调系统。根据地热能交换系统形式的不同，地源热泵系统分为地埋管地源热泵系统、地下水地源热泵系统、地表水地源热泵系统。

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

以水或添加防冻剂的水溶液为低温热源的热泵。通常有水/水热泵、水/空气热泵等形式。

2.0.3 地热能交换系统 geothermal exchange system

将浅层地热能资源加以利用的热交换系统。

2.0.4 浅层地热能资源 shallow geothermal resources

蕴藏在浅层（一般为恒温带至地下 200 m 范围）岩土体、地下水或地表水中的热能资源。

2.0.5 传热介质 heat-transfer fluid

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

2.0.6 地表水换热系统 surface water system

与地表水进行热交换的地热能交换系统，分为开式地表水换热系统和闭式地表水换热系统。

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

地表水在循环泵的驱动下，经处理直接流经水源热泵机组或

通过中间换热器进行热交换的系统。

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

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

2.0.9 地下水换热系统 groundwater system

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

2.0.10 直接式地下水换热系统 direct groundwater system

抽取的地下水经处理后直接进入水源热泵机组进行热交换并返回到地下同一含水层的地下水换热系统。

2.0.11 间接式地下水换热系统 indirect groundwater system

抽取的地下水进入中间换热器热交换后返回到地下同一含水层的地下水换热系统。

2.0.12 地埋管换热系统 ground heat exchanger system

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

2.0.13 地埋管换热器 ground heat exchanger

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

2.0.14 水平地埋管换热器 horizontal ground heat exchanger

换热管路埋置在水平管沟内的地埋管换热器，又称水平土壤热交换器。

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

换热管路埋置在垂直钻孔内的地埋管换热器，又称垂直土壤热交换器。

2.0.16 环路集管 circuit header

连接各并联环路的集合管，通常用来保证各并联环路流量相等。

2.0.17 含水层 aquifer

导水的饱和岩土层。

2.0.18 岩土体 rock-soil body

岩石和松散沉积物的集合体，如砂岩、砂砾石、土壤等。

2.0.19 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。

2.0.20 抽水井 production well

用于从地下含水层中取水的井。

2.0.21 回灌井 injection well

用于向地下含水层灌注回水的井。

2.0.22 热源井 heat source well

用于从地下含水层中取水或向含水层灌注回水的井，是抽水井和回灌井的统称。

2.0.23 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。

2.0.24 回灌试验 injection test

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

验。

2.0.25 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测试。

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

是指不含回填材料在内的，地埋管换热器深度范围内，岩土的综合导热系数、综合比热容。

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

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

2.0.28 监测井 monitoring well

用钻孔法完成的监测地下土壤温度，或者地下水水温、水位、水质变化情况的专用井。

2.0.29 回扬 return pump water

回灌管井堵塞到一定程度后，不再回灌，而改为抽水，将堵塞物抽出，并将浑水排放的过程。

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

热泵机组的制热/制冷量与输入功率之比。

2.0.31 系统能效比 energy efficiency ratio of pump system

地源热泵系统的制热/制冷量与输入功率之比。

3 工程勘察和方案评估

3.1 一般规定

3.1.1 地源热泵系统方案设计之前，应进行工程场地状况调查，并对浅层地热能进行勘察。

3.1.2 对已具备水文地质资料的地区，应通过调查获取初步的水文地质资料。我省地表水资源分布情况见附录 A，地下水资源分布情况见附录 B，地埋管资源分布情况见附录 C。

3.1.3 工程勘察应由具有勘察资质的专业队伍承担。工程勘察完成后，应结合我省地源热泵适宜性分析（见附录 D），编写工程勘察报告，对资源可利用情况提出建议。

3.1.4 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 场地内已有树木植被、池塘、排水沟及架空输电线、电信电缆的分布及规划综合管线分布；
- 4 场地内已有的、计划修建的地下管线和地下构筑物的分布及其埋深；
- 5 场地内已有水井的位置；
- 6 场地的气温气象资料调查。

3.1.5 在完成勘察和工程场地状况调查后，应进行地源热泵系统

方案评估。通过方案评估后，方可进行地源热泵系统方案设计。

3.2 地表水换热系统勘察

3.2.1 地表水地源热泵系统方案设计前，应对工程场区地表水资源的水文状况进行勘察。

3.2.2 地表水换热系统勘察应包括下列内容：

- 1 地表水水源性质、水面用途、面积、深度、库容量及其分布，水体与建筑物的距离；
- 2 不同深度的地表水水温、水位动态变化；
- 3 地表水流速和流量动态变化；
- 4 地表水水质及其动态变化；
- 5 地表水利用现状与规划，特别是上游热利用现状、规划与影响；
- 6 航运情况、附近取排水构筑物情况；
- 7 地表水取水和排水的适宜地点及路线或地表水换热器布置适宜区域；
- 8 河床或湖底的岩性、淤塞和淤垫情况，以及岸边的稳定性。

3.3 地下水换热系统勘察

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

3.3.2 地下水换热系统勘察应包括下列内容：

- 1 地下水保护条件与情况；
- 2 地下水类型；

- 3 含水层岩性、分布、埋深及厚度；
- 4 含水层的富水性和渗透性；
- 5 地下水径流方向、速度和水力坡度，地下水补给条件；
- 6 地下水水温及其分布；
- 7 地下水水质；
- 8 地下水水位动态变化。

3.3.3 地下水换热系统勘察应进行水文地质试验。试验应包括下列内容：

- 1 抽水试验；
- 2 回灌试验；
- 3 测量出水水温；
- 4 取分层水样并化验分析分层水质；
- 5 水流方向试验；
- 6 渗透系数计算。

3.3.4 当地下水换热系统的勘察结果符合地源热泵系统要求时，应采用成井技术将水文地质勘探孔完善成热源井加以利用，成井过程应由专业人员进行监理。

3.4 地埋管换热系统勘察

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

3.4.2 地埋管换热系统勘察应包括下列内容：

- 1 岩土层的岩性、结构及分布；
- 2 岩土体热物性参数；
- 3 岩土体温度分布；

4 地下水静水位、水温、水质及分布；

5 地下水径流方向、速度。

3.4.3 当地埋管地源热泵系统的应用建筑面积在 $3000\text{ m}^2\sim 5000\text{ m}^2$ 范围时，宜进行岩土热响应试验；当应用建筑面积大于等于 5000 m^2 时，应进行岩土热响应试验。

3.4.4 热响应试验测试方法应符合现行国家标准《地源热泵系统工程技术规范》GB 50366 的相关规定。

3.5 地源热泵系统方案评估

3.5.1 应依据地源热泵系统的水文地质勘察资料，编写方案评估报告。

3.5.2 地表水地源热泵系统方案评估内容包括：

1 工程概况；

2 拟利用水体的水文资料概况；

3 室外换热系统方案，包括取排水设计方案（开式系统）、室外换热盘管设计方案（闭式系统）、水处理技术集成方案等；

4 室外换热系统对水体环境的影响；

5 热泵系统节省的运行费用及增量投资回收周期。

3.5.3 地下水地源热泵系统方案评估内容包括：

1 工程概况；

2 工程场区的水文地质概况；

3 室外换热系统方案，包括热源井设计方案、井群设计方案、回灌技术方案、水处理技术集成方案等；

4 室外换热系统对地下水环境的影响；

5 热泵系统节省的运行费用及增量投资回收周期。

3.5.4 地埋管地源热泵系统方案评估内容包括：

1 工程概况；

2 工程场区的水文地质概况；

3 室外换热系统方案，包括地埋管设计方案、土壤热平衡解决方案等；

4 室外换热系统对土壤环境的影响；

5 热泵系统节省的运行费用及增量投资回收周期。

4 地表水换热系统

4.1 一般规定

4.1.1 地表水换热系统设计前，应对地表水地源热泵系统运行对水环境的影响进行评估。

4.1.2 应根据工程勘察资料，结合地表水水体条件、水质与水环境保护要求、系统节能效果、投入与维护的经济性，确定地表水换热系统实施方案。

4.1.3 地表水换热系统的换热量应满足地源热泵系统最大释热量或取热量的要求。

4.2 地表水换热系统设计

4.2.1 夏季工况地表水换热系统最大释热量应按式(4.2.1)计算。

$$Q_c = Q_1 \times (1 + \frac{1}{COP}) + Q_2 + Q_3 \quad (4.2.1)$$

式中： Q_c ——地表水换热系统最大释热量 (kW)；

Q_1 ——由地表水地源热泵系统承担的建筑设计冷负荷 (kW)；

Q_2 ——地表水输送过程得热量 (kW)；

Q_3 ——水泵释放热量 (kW)；

COP ——热泵机组制冷性能系数。

4.2.2 冬季工况地表水换热系统最大取热量应按式(4.2.2)计算。

$$Q_h = Q_4 \times (1 - \frac{1}{COP}) + Q_5 - Q_6 \quad (4.2.2)$$

式中： Q_h ——地表水换热系统最大取热量 (kW)；

Q_4 ——由地表水地源热泵系统承担的建筑设计热负荷 (kW)；

Q_5 ——地表水输送过程失热量 (kW)；

Q_6 ——水泵释放热量 (kW)；

COP ——热泵机组制热性能系数。

4.2.3 开式地表水换热系统取排水口位置宜按照深取浅排，近取远排的原则布置。取水口应远离排水口，并宜位于排水口上游。取水口应设置污物过滤装置。

4.2.4 开式地表水换热系统应根据水质条件设置除泥、除砂、除藻等水处理措施，使水质符合热泵机组使用要求，且热泵机组宜设有自动清洁防垢措施。

4.2.5 开式地表水换热系统中间换热器或热泵机组地表水侧宜设反冲洗装置。

4.2.6 闭式地表水换热器的单元形式应根据设计换热量，河道、水库、湖泊的形状深度，可利用的地表水面积等比较确定。水体面积较大时，可选用 U 形等舒展性好的换热器单元形式。

4.2.7 当闭式地表水换热系统有低于 0℃运行的可能性时，应采用防冻措施。

4.2.8 地表水换热盘管应牢固地安装在水体底部，地表水的最低设计水位与换热器盘管距离不小于 1.5m。换热器单元间应保持一

定的距离。

4.2.9 闭式地表水换热系统宜为同程系统。每个环路集管内的换热环路宜相同，且并联连接。供、回水管应分开布置，水中间距不小于 1.5 米，土壤中间距不小于 1.0 米。

4.2.10 水系统宜采用变流量设计，变流量范围应与水源热泵机组相适应。

4.2.11 闭式地表水换热系统设计时应考虑换热器的承压能力。

4.2.12 闭式地表水换热系统应有排气、定压、膨胀、自动补水、泄水及清洁装置，补水管宜设计量水表与漏水报警装置。

4.3 地表水换热系统施工

4.3.1 地表水换热系统施工前应具备地表水换热系统勘察资料、设计文件和施工图纸，并完成施工组织设计。

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

4.3.3 换热盘管固定在水体底部时，换热盘管下应安装衬垫物。

4.3.4 供、回水管进入地表水源处应设明显标志。

4.3.5 地表水换热系统安装过程中应按设计要求进行水压试验。无设计要求时，水压试验应符合本规程第 4.4.2 条的规定。地表水换热系统安装前后应对管道进行冲洗。

4.4 地表水换热系统检验与验收

4.4.1 地表水换热系统安装过程中，应进行现场检验，并提供检

验报告，检验内容应符合以下规定：

- 1 管材、管件等材料应具有产品合格证和性能检验报告；
- 2 闭式地表水换热器换热盘管的长度、布置方式及管沟设置应符合设计要求；
- 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 循环水流量及进出水温差应符合设计要求。

4.4.2 水压试验应符合以下规定：

- 1 闭式地表水换热系统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 0.5MPa。
 - 2) 水压试验步骤：换热盘管组装完成后，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；换热盘管与环路集管装配完成后，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；环路集管与机房分集水器连接完成后，应进行第三次水压试验，在试验压力下，稳压至少 12h，稳压后压力降不应大于 3%。

2 开式地表水换热系统水压试验应符合现行国家标准《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243 的相关规定。

5 地下水换热系统

5.1 一般规定

5.1.1 地下水换热系统应根据水文地质勘察资料进行设计。应采取可靠回灌措施，确保置换完冷量或热量后的地下水全部回灌到同一含水层，不得对地下水资源造成浪费及污染。

5.1.2 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。

5.1.3 地下水供水管、回灌管不可与市政管道直接连接。

5.2 地下水换热系统设计

5.2.1 热源井的设计单位应具有水文地质勘察资质。

5.2.2 热源井设计应符合《供水管井技术规范》GB 50296 的相关规定，并应包括下列内容：

- 1 地下水径流方向、速度或水力坡度；
- 2 抽水试验井的数量、深度与位置；
- 3 回灌试验井的数量、深度与位置；
- 4 抽水井的数量、深度、抽水量与位置；
- 5 回灌井的数量、深度、回灌量与位置；
- 6 井身结构设计；
- 7 管材选用，抽灌设备、过滤及处理设备的选择，管道系统

的布置；

8 井口装置及附属设施。

5.2.3 热源井设计时应采取减少空气侵入的措施。

5.2.4 抽水井与回灌井宜能相互转换，其间应设排气装置。抽水管和回灌管上均应设置水样采集口及监测口，且抽水管宜采用保温措施。

5.2.5 为预防和处理回灌井堵塞，设计中应考虑回扬措施。

5.2.6 热源井应结合工程场地情况和水文地质试验结果进行合理布置，并应满足持续出水量和完全回灌的要求。

5.2.7 热源井位的设置应避开有污染的地面或地层。热源井井口应严格封闭，井内装置应使用对地下水无污染的材料。

5.2.8 地下水系统宜采用变流量设计，根据系统负荷变化，动态调节地下水抽水量。

5.2.9 应根据建筑物的特点、使用功能及地下水的温度参数来确定机组的合理运行工况，以提高地下水地源热泵系统的整体运行性能。

5.2.10 热源井井口处应设置检查井。井口上若有构筑物，应留有检修空间或在构筑物上留有检修口。

5.2.11 地下水换热系统应根据地下水水质条件采用直接或间接系统。当采用直接系统时，进入热泵机组的地下水水质应符合《采暖通风与空气调节设计规范》GB 50019 的要求：含砂量小于 1/200000，PH 值为 6.5~8.5，CaO 小于 200mg/L，矿化物小于 3g/L， Cl^- 小于 100mg/L， SO_4^{2-} 小于 200g/L， Fe^{2+} 小于 1mg/L， H_2S 小于 0.5mg/L；当水质条件不满上述要求时，应采用间接系统。

5.3 地下水换热系统施工

5.3.1 热源井的施工队伍应具有相应的施工资质。

5.3.2 地下水换热系统施工前应具备热源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。

5.3.3 热源井施工过程中应同时绘制水文地质钻孔柱状图与管井结构图。

5.3.4 热源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。

5.3.5 热源井在成井后应及时洗井。洗井结束后应进行抽水试验和回灌试验。

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

5.4 地下水换热系统检验与验收

5.4.1 热源井应单独进行验收，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》CJJ 13 的规定。

5.4.2 热源井持续出水量和回灌量应稳定，并应满足设计要求。持续出水量和回灌量应符合本规范 5.3.6 的规定。

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

5.4.4 地下水换热系统验收后，施工单位应提交热源井成井报

告。报告应包括管井综合柱状图，洗井、抽水和回灌试验、水质检验及验收资料。

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

6 地埋管换热系统

6.1 一般规定

6.1.1 进行地埋管换热系统设计前，应根据工程勘察资料评估地埋管换热系统的可行性及经济性。

6.1.2 地埋管换热器施工过程中应注意保护措施，严禁损坏既有地下管线及构筑物。

6.1.3 地埋管换热器安装完成后，应在埋管区域做出标志或标明管线的定位带，并应采用两个现场的永久目标进行定位。

6.1.4 通过热平衡计算分析、优化设计、运行监测与控制手段，实现地下岩土热平衡，满足地埋管换热系统长期安全运行。

6.2 地埋管换热系统设计

6.2.1 地埋管换热系统设计前应明确待埋管区域内各种地下管线的种类、位置及深度。设计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。

6.2.2 地埋管换热系统设计释热量与设计取热量可按 4.2.1 式与 4.2.2 式计算。

6.2.3 地埋管换热系统设计应进行全年动态负荷计算，最小计算周期宜为 1 年。计算周期内，地源热泵系统总释热量宜与总取热

量相平衡。

6.2.4 地埋管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。

6.2.5 地埋管换热器应根据可使用面积、工程勘察结果及挖掘成本等因素确定埋管方式。

6.2.6 地埋管换热器设计计算宜根据现场实测岩土体、回填料及管材热物性参数，采用专业软件进行。

6.2.7 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，且应符合下列要求：

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℃。

6.2.8 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。

6.2.9 水平地埋管换热器可不设坡度，最上层埋管顶部距地面不宜小于 0.8m。

6.2.10 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，钻孔间距应满足换热需要，间距宜为 3~6m。水平环路集管距地面不宜小于 1.5m。

6.2.11 地埋管换热器管内流体应保持紊流流态，水平环路集管的坡度为 0.002。

6.2.12 竖直地埋管环路两端应分别与供、回水环路集管（或分集水器）相连接，且宜同程布置。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。

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

6.2.14 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。

6.2.15 地埋管换热系统应根据所选用的循环工质的水力特性进行水力计算。

6.2.16 地埋管换热系统宜采用变流量运行方式。

6.2.17 地埋管换热系统设计时应考虑地埋管换热器的承压能力，若建筑物内系统压力超过地埋管换热器的承压能力时，应设中间换热器将地埋管换热器与建筑物内系统分开。

6.2.18 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。

6.2.19 地埋管换热系统应有排气、定压、膨胀、自动补水装置，补水管宜设计量水表与漏水报警装置。进入地埋管换热系统的工质应经可靠的过滤处理。

6.3 地埋管管材与传热介质

6.3.1 地埋管及管件应符合设计要求，且应具有质量检验报告和出厂合格证。

6.3.2 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）或聚丁烯管（PB），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。

6.3.3 传热介质应以水为首选，也可选用符合下列要求的其它介质：

1 安全，腐蚀性弱，与地埋管管材无化学反应，泄露不会污染环境；

2 较低冰点；

3 良好的传热特性，较低的摩擦阻力；

4 易于购买、运输和储藏。

6.3.4 在有可能冻结的地区，传热介质应添加防冻剂。防冻剂的类型、浓度及有效期应在充注阀处注明。

6.3.5 添加防冻剂后的传热介质的冰点宜比设计最低运行水温低 3~5℃。选择防冻剂时，应同时考虑防冻剂对管道、管件的腐蚀性，防冻剂的安全性、经济性及其对换热的影响。

6.4 地埋管换热系统施工

6.4.1 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。

6.4.2 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，铲除地面杂草、杂物和浮土，平整地面。

6.4.3 施工过程中，应严格检查并做好管材保护工作。

6.4.4 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《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 形弯管接头，宜选用定形的 U 形弯头成品件，不宜采用直管道煨制弯头；

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

6.4.5 水平地埋管换热器铺设前，沟槽底部应先铺设相当于管径厚度的细砂。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。

6.4.6 水平地埋管换热器回填料应细小、松散、均匀，且不应含石块及土块。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。

6.4.7 竖直地埋管换热器 U 形管安装应在钻孔钻好且清孔后立即进行。当钻孔孔壁不牢固或者存在孔洞、洞穴等导致成孔困难时，应设护壁套管。下管过程中，U 形管内宜充满水，并宜采取措施使 U 形管支管处于分开状态，应用专用工具将 U 形管送至设计深度。

6.4.8 U 形管安装完毕后，应立即灌浆回填封孔。当埋管深度超过 40m 时，灌浆回填宜在周围临近钻孔均钻凿完毕后进行。

6.4.9 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。回填采用注浆管自孔底向上进行；回填结束后，应检查回填质量，沉陷部分应及时补浆。

6.4.10 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都应对管道进行冲洗。

6.4.11 当室外环境温度低于 0℃ 时，不宜进行地埋管换热器的施工。

6.5 地埋管换热系统的检验与验收

6.5.1 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；
- 3 回填料及其配比应符合设计要求；
- 4 水压试验应合格；
- 5 各环路流量应平衡，且应满足设计要求；
- 6 防冻剂和防腐剂的特性及浓度应符合设计要求；
- 7 循环水流量及进出水温差均应符合设计要求。

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

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

6.5.3 回填过程的检验应与安装地埋管换热器同步进行。

7 建筑物内系统

7.1 建筑物内系统设计

7.1.1 建筑物内系统的设计应符合《采暖通风与空气调节设计规范》GB50019 的要求。有生活热水供应时，应符合《建筑给水排水设计规范》GB50015 的有关规定。

7.1.2 水源热泵机组性能应符合现行国家标准《水源热泵机组》GB/T 19409 的相关规定，且应满足地源热泵系统运行参数要求。

7.1.3 水源热泵机组应具备能量调节功能，且其蒸发器出口应设防冻保护装置。

7.1.4 水源热泵机组及末端设备应按实际运行参数选型。

7.1.5 建筑物内系统的设计应根据建筑的特点及使用功能确定水源末端空调机组的设置方式及末端空调系统形式。

7.1.6 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设冬、夏季节的功能转换阀门，并在转换阀门上作出明显标识。地下水或地表水直接流经水源热泵机组的系统应在水系统上预留机组清洗用旁通管。

7.1.7 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。

7.1.8 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。

7.1.9 应对热泵机组、室内侧循环水泵以及室外侧循环水泵的耗电量进行分项计量。

7.2 建筑物内系统施工、检验与验收

7.2.1 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。

7.2.2 水源热泵机组及建筑物内系统安装应符合现行国家标准《制冷设备、空气分离设备安装工程施工及验收规范》GB 50274 及《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243 的规定。

8 整体运转、调试与验收

8.0.1 地源热泵系统交付使用前，应进行整体运转、调试与验收。

8.0.2 地源热泵系统整体运转与调试应符合下列规定：

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

2 水源热泵机组试运转前应进行水系统及风系统平衡调试，确定系统循环总流量、各分支流量及各末端设备流量均达到设计要求；

3 水力平衡调试完成后，应进行水源热泵机组的试运转，并填写运转记录（见附录 E），运行数据应达到设备技术要求；

4 水源热泵机组试运转正常后，应进行连续 24 h 的系统试运转，并填写运转记录；

5 地源热泵系统调试应分冬、夏两季进行，且调试结果应达到设计要求。调试完成后应编写调试报告及运行操作规程，并提交甲方确认后存档。

8.0.3 地源热泵系统整体验收前，应进行冬、夏两季运行测试，并对地源热泵系统的实测性能做出评价。

8.0.4 地源热泵系统整体运转、调试与验收除应符合本标准的规定外，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 和《制冷设备、空气分离设备安装工程施工及验收规范》GB 50274 的相关规定。

9 地源热泵系统运行监测

9.1 地表水换热系统运行监测

9.1.1 应实时监测取水、排水温度以及热泵机组用户侧进出口温度，监测频率宜取 5~30 分钟。

9.1.2 静止水体，应监测取水口上部 1~2m 处水温；流动水体，应监测排水口下游 30m 处水温。

9.1.3 水体出现热污染时，应停止机组运行。

1、静止水体，应设置水体允许最高与最低温度，当水体温度超过允许值时，应停机；

2、流动水体，当下游水温比取水口温度周升高 1℃或周降低 2℃时，应停机。

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

9.2 地下水换热系统运行监测

9.2.1 应实时监测热源井取水温度、回灌温度以及热泵机组用户侧的进出水温度，监测频率宜取 5~30 分钟。

9.2.2 应监测热源井的取水量、回灌量。

9.2.3 热源井应设置水质取样口，定期监测取水水质与回灌水水质。当回灌水水质受到污染时，应停止抽水，并查明污染原因。

9.2.4 热源井应设置水位监测装置。当抽水井水位低于设定值，应停止抽水；当回灌井水位高于设定值，宜及时进行回扬或洗井。

9.3 地埋管换热系统运行监测

9.3.1 应实时监测热泵机组热源侧进出水温度，以及热泵机组用户侧的进出水温度，监测频率宜取 5~30 分钟。

9.3.2 使用过程中应监测土壤温度的变化，对应用建筑面积超过 5000 m² 的项目，温度监测井不少于 2 个。温度监测井宜布置在换热井对角线的交叉点上，每孔井内在不同深度布置 2 组温度传感器。

9.3.3 应监测地埋管换热器总集分水器各支路上的供回水温度。

5 测试结果和结论。

10 地源热泵系统性能测试

10.1 一般规定

10.1.1 地源热泵系统性能测试应在工程竣工验收后进行，应分别对制热、制冷性能进行测试。

10.1.2 地源热泵系统测试参数应为系统及机组地源侧的供回水温度、流量；系统及机组用户侧的供回水温度、流量；热泵机组及系统相关水泵的耗电量和输入功率；室内温湿度。

10.1.3 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，不同机房均需抽样，且每种型号机组抽样不少于 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，抽检系统的机组抽样不少于 1 台。

10.1.4 地源热泵系统性能测试所使用的全部仪器设备应在标定有效期内使用，仪器设备精度、测量范围应满足测试要求。

10.1.5 地源热泵系统性能测试完成后，应编制性能测试报告，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；

10.2 测试条件

10.2.1 地源热泵系统制热性能检测应在典型制热季进行，制冷性能检测应在典型制冷季进行。对于冬夏均使用的地源热泵系统，应分别对其制冷、制热性能进行检测。

10.2.2 热泵机组制热/制冷性能系数的测定工况应尽量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尽量接近系统的设计工况，系统的负荷率宜达到设计值的 60% 以上。

10.2.3 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。

10.3 测试方法

10.3.1 地源热泵系统的水流量测试对象应为系统及机组的用户侧水流量、地源侧水流量。水流量的检测应符合以下要求：

1 测点应布置在流速相对较稳定的直管段上，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进行校验。

10.3.2 地源热泵系统的水温度测试对象主要为系统及机组的用户侧供/回水、地源侧供/回水的温度。水温度的检测应符合以下要求：

1 利用系统已有的测温仪表时应进行校验；

2 当被检测系统不能提供安放温度计位置时，可利用热电偶

测量方法测量水温。

10.3.3 输入功率可用功率表直接测得，或用电流电压检测值计算得到；耗电量可用电能表直接测得，或用功率表时间累计计算得到。

10.3.4 热泵系统的检测应在系统运行正常后进行，测试周期为 2 天~3 天。

10.4 系统性能评价

10.4.1 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。

10.4.2 热泵机组性能系数和系统能效比的计算方法见附录 F。

附录 A 福建省地表水资源分布情况

A.0.1 主要流域分布情况

据 2010 年数据统计，我省地表水资源量 1651 亿 m^3 。地表水主要流域有：闽江流域(建溪段)、富屯溪流域、金溪流域、沙溪流域、尤溪流域、梅溪流域、大樟溪流域、鳌江流域、霍童溪流域、交溪流域、九龙溪流域、木兰溪流域、晋江流域东溪段、晋江流域西溪段、永丰西溪流域、诏安东溪流域，流域分布图见图 A-1、图 A-2。

A.0.2 主要流域 7 月、1 月的月平均水温和月平均径流量数据详见表 A-1、A-2。

A.0.3 主要流域逐月径流量和逐月平均水温数据详见表 A-3。

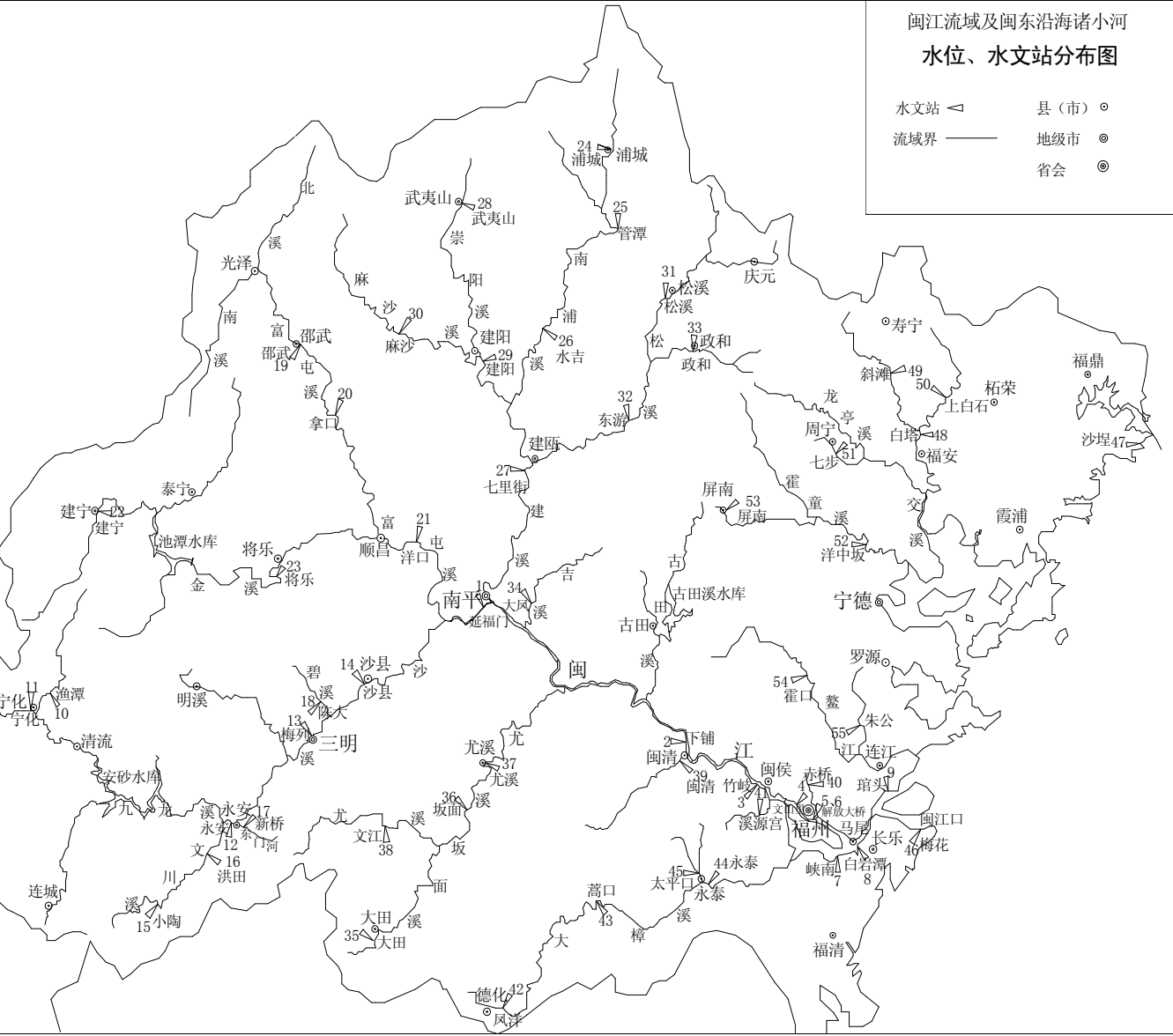


图 A-1 闽江流域及闽东沿海诸流域分布图



图 A-2 闽南沿海诸小河流域分布图

表 A-1 7 月份平均水温和平均径流量

序号	河流名称	水文站名	水温 (°C)	径流量 (亿 m³)	序号	河流名称	水文站名	水温 (°C)	径流量 (亿 m³)
1	闽江流域	武夷山	26.5	1.67	9	霍童溪流域	洋中坂	27.5	2.31
		七里街	29.1	18.5					
		竹岐	29.7	63.5	10	交溪流域	白塔	28.1	3.76
2	富屯溪流域	邵武	28.1	3.75					
		洋口	29.1	16.4	11	九龙江流域	麦园	25.9	0.53
3	金溪流域	建宁	27	1.45			漳平	27.4	5.12
		将乐	28.1	6.26			浦南	28.6	9.86
4	沙溪流域	渔潭	27	0.64	12	永丰西溪流域	郑店	28	5.21
		兴平	28.5	7.40					
		沙县	28.6	9.27	13	晋江流域东溪段	洪濑	25.8	2.37
5	尤溪流域	大田	27.3	0.32			石垄	29.3	7.21
		西洋	28.3	4.77	14	晋江流域西溪段	安溪	28.4	3.6
6	梅溪流域	潭口	32.1	0.84					
7	大樟溪流域	凤洋	26.4	0.44	15	木兰溪流域	濂溪	29.2	1.65
		永泰	28.7	5.10					
8	鳌江流域	塘坂	28	1.81	16	诏安东溪流域	诏安	30	1.84

表 A-2 1 月份平均水温和平均径流量

序号	河流名称	水文站名	水温 (°C)	径流量 (亿 m³)	序号	河流名称	水文站名	水温 (°C)	径流量 (亿 m³)
1	闽江流域	武夷山	10.5	0.32	9	霍童溪流域	洋中坂	11.5	0.67
		七里街	12.5	4.30					
		竹岐	13.0	16.2	10	交溪流域	白塔	11.4	0.87
2	富屯溪流域	邵武	11.3	0.79					
		洋口	12.0	4.02	11	九龙江流域	麦园	12.0	0.16
3	金溪流域	建宁	9.9	0.43			漳平	13.6	1.27
		将乐	11.4	1.83			浦南	14.4	2.22
4	沙溪流域	渔潭	10.7	0.17	12	永丰西溪流域	郑店	14.7	1.10
		兴平	12.4	2.15					
		沙县	12.7	2.89	13	晋江流域东溪段	洪濑	17.1	0.46
5	尤溪流域	大田	13.5	0.11			石垄	15.1	1.22
		西洋	12.1	1.50	14	晋江流域西溪段	安溪	13.8	0.71
6	梅溪流域	潭口	13.1	0.25					
7	大樟溪流域	凤洋	11.6	0.09	15	木兰溪流域	濂溪	14.2	0.16
		永泰	12.9	0.89					
8	鳌江流域	塘坂	12.0	0.55	16	诏安东溪流域	诏安	15.3	0.21

表 A-3 福建省主要流域逐月径流量和逐月平均水温数据

水 系	站 名	项 目	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
闽 江	竹 歧	径流量 (亿 m ³)	16.2	23.2	41.9	60.0	97.0	128	63.5	42.7	33.5	24.8	17.6	15.9
		月平均水温 (℃)	13.0	13.4	15.4	19.4	21.3	25.5	29.7	28.9	29.0	24.7	18.6	11.6
沙 溪	渔 潭	径流量 (亿 m ³)	0.172	0.231	0.426	0.751	1.21	1.69	0.636	0.397	0.293	0.261	0.179	0.158
		月平均水温 (℃)	10.7	11.8	14.6	18.2	20.4	24.3	27.0	27.0	25.9	21.8	14.8	8.5
沙 溪	兴 平	径流量 (亿 m ³)	2.15	2.83	5.51	8.74	12.9	16.8	7.40	5.56	4.42	3.10	2.26	2.21
		月平均水温 (℃)	12.4	13.5	15.6	19.4	21.0	24.3	28.5	28.1	27.6	26.0	20.2	14.2
沙 溪	沙 县	径流量 (亿 m ³)	2.89	3.84	6.99	11.1	17.2	22.6	9.27	7.05	5.57	4.15	2.95	2.80
		月平均水温 (℃)	12.7	13.7	15.9	19.9	21.3	24.7	28.6	28.0	27.9	24.1	17.9	12.0
沙 溪	洪 田	径流量 (亿 m ³)	0.337	0.391	0.754	1.01	1.71	2.27	0.931	0.889	0.821	0.572	0.376	0.328
		月平均水温 (℃)	12.2	13.4	15.3	19.1	20.3	23.3	27.1	26.5	25.8	22.0	16.2	10.2
富屯溪	邵 武	径流量 (亿 m ³)	0.797	1.32	2.51	4.44	6.84	8.09	3.75	1.83	1.27	1.02	0.710	0.669
		月平均水温 (℃)	11.3	11.4	14.1	17.4	20.0	24.4	28.1	26.9	26.5	21.8	14.8	7.8
富屯溪	洋 口	径流量 (亿 m ³)	4.02	5.78	10.2	16.3	25.8	31.4	16.4	9.37	7.47	5.93	4.38	4.07
		月平均水温 (℃)	12.0	12.4	14.8	18.4	20.5	25.0	29.1	28.3	28.7	23.4	16.4	10.0
富屯溪	建 宁	径流量 (亿 m ³)	0.426	0.598	0.966	1.64	2.81	3.24	1.45	0.869	0.712	0.677	0.465	0.406
		月平均水温 (℃)	9.9	10.8	13.4	17.6	19.9	23.8	27.0	26.8	26.2	21.1	14.4	7.4
富屯溪	将 乐	径流量 (亿 m ³)	1.83	2.56	4.20	7.03	11.6	14.2	6.26	3.90	3.06	2.67	1.92	1.74
		月平均水温 (℃)	11.4	12.1	14.6	18.3	20.2	24.3	28.1	27.6	27.4	22.7	15.7	9.4
建 溪	七里街	径流量 (亿 m ³)	4.30	7.20	12.7	18.6	29.8	35.5	18.5	9.77	8.47	5.89	4.42	4.35
		月平均水温 (℃)	12.5	13.1	15.3	18.4	20.6	25.3	29.1	28.5	26.7	23.7	17.1	10.1
建 溪	武夷山	径流量 (亿 m ³)	0.323	0.558	0.933	1.65	2.79	3.33	1.67	0.921	0.687	0.476	0.307	0.271
		月平均水温 (℃)	10.5	11.3	13.4	16.4	18.9	23.4	26.5	26.6	25.6	21.2	14.6	7.9
建 溪	洪 尾	径流量 (亿 m ³)	1.54	2.55	4.54	7.13	11.4	13.5	7.14	4.03	2.86	2.25	1.52	1.48
		月平均水温 (℃)	11.9	12.5	14.8	17.9	20.1	24.6	28.3	27.7	27.8	23.1	16.3	9.4
闽 江	大 田	径流量 (亿 m ³)	0.114	0.134	0.236	0.281	0.528	0.698	0.322	0.330	0.303	0.179	0.107	0.0969
		月平均水温 (℃)	13.5	14.7	16.0	20.3	21.6	24.4	27.3	26.0	25.7	22.5	17.3	11.5
闽 江	西 洋	径流量 (亿 m ³)	1.50	1.89	3.25	4.47	8.22	10.1	4.77	4.08	3.79	2.33	1.54	1.49
		月平均水温 (℃)	12.1	13.3	15.1	19.9	20.8	24.5	28.3	27.6	27.1	22.9	17.2	10.6
闽 江	潭 口	径流量 (亿 m ³)	0.245	0.269	0.460	0.745	1.31	1.88	0.839	1.00	0.759	0.459	0.255	0.226
		月平均水温 (℃)	13.1	15.8	17.5	23.2	23.6	28.5	32.1	30.7	30.2	26.5	20.6	14.3

水 系	站 名	项 目	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
大樟溪	凤 洋	径流量（亿 m ³ ）	0.0933	0.105	0.161	0.224	0.443	0.680	0.444	0.488	0.384	0.219	0.119	0.0929
		月平均水温（℃）	11.6	13.2	14.7	20.1	20.7	23.3	26.4	24.9	24.7	21.2	16.1	9.3
大樟溪	永 泰	径流量（亿 m ³ ）	0.889	1.32	2.33	3.28	6.42	8.42	5.10	4.95	4.57	1.98	0.954	0.787
		月平均水温（℃）	12.9	13.6	14.6	20.3	20.9	25.0	28.7	26.8	27.0	23.2	17.9	11.8
水北溪	高 滩	径流量（亿 m ³ ）	0.097	0.160	0.229	0.378	0.502	0.673	0.444	0.610	0.576	0.323	0.096	0.080
		月平均水温（℃）	11.3	11.6	13.0	18.0	19.1	24.5	28.7	26.4	27.5	22.0	15.2	8.7
交 溪	白 塔	径流量（亿 m ³ ）	0.869	1.64	2.81	4.22	6.47	7.24	3.76	4.33	5.30	1.86	0.817	0.785
		月平均水温（℃）	11.4	11.7	13.6	18.7	19.9	24.8	28.1	26.8	26.4	22.0	16.0	8.9
霍童溪	洋中坂	径流量（亿 m ³ ）	0.668	1.08	1.73	2.53	4.12	5.06	2.31	2.83	2.68	1.14	0.596	0.551
		月平均水温（℃）	11.5	12.0	13.3	18.1	19.5	23.9	27.5	25.7	25.4	22.1	15.9	9.5
鳌 江	塘 坂	径流量（亿 m ³ ）	0.548	0.755	1.13	1.66	2.55	3.67	1.81	2.47	2.28	1.04	0.553	0.500
		月平均水温（℃）	12.0	12.7	13.5	19.4	20.3	25.1	28.0	26.3	25.9	22.8	16.7	10.3
木兰溪	濂 溪	径流量（亿 m ³ ）	0.158	0.241	0.411	0.635	1.26	2.23	1.65	1.53	1.25	0.526	0.230	0.148
		月平均水温（℃）	14.2	15.0	15.9	21.3	22.3	26.3	29.2	27.6	27.6	24.1	19.9	13.5
晋 江	石 垄	径流量（亿 m ³ ）	1.22	1.56	2.18	3.29	5.90	9.78	7.21	7.09	6.06	2.85	1.69	1.26
		月平均水温（℃）	15.1	15.5	16.3	21.5	22.7	26.4	29.3	28.0	27.9	24.7	19.7	14.3
晋 江	安 溪	径流量（亿 m ³ ）	0.708	0.877	1.26	1.76	3.28	5.08	3.60	3.58	3.22	1.62	0.940	0.715
		月平均水温（℃）	13.8	14.5	15.6	20.7	22.1	25.3	28.4	26.9	27.0	23.6	18.4	12.7
晋 江	洪 濂	径流量（亿 m ³ ）	0.457	0.521	0.635	0.822	1.63	2.91	2.37	2.28	1.89	0.954	0.579	0.507
		月平均水温（℃）	17.1	16.6	16.8	19.6	20.9	23.9	25.8	27.3	26.9	24.8	20.9	15.7
九龙江	漳 平	径流量（亿 m ³ ）	1.27	1.60	2.98	4.52	8.09	10.8	5.12	4.47	3.85	2.33	1.45	1.25
		月平均水温（℃）	13.6	14.7	16.2	20.0	20.8	23.8	27.4	26.5	25.8	22.8	17.4	11.6
九龙江	浦 南	径流量（亿 m ³ ）	2.22	2.81	4.85	7.44	12.4	18.1	9.86	8.78	7.83	4.55	2.74	2.30
		月平均水温（℃）	14.4	15.4	16.8	21.0	22.0	25.1	28.6	27.6	27.0	23.8	18.8	12.5
九龙江	麦 园	径流量（亿 m ³ ）	0.157	0.175	0.350	0.485	0.920	1.29	0.530	0.456	0.386	0.267	0.166	0.153
		月平均水温（℃）	12.0	13.1	15.1	18.8	20.0	23.0	25.9	25.4	25.0	21.4	16.1	10.1
九龙江	郑 店	径流量（亿 m ³ ）	1.10	1.21	1.60	2.48	3.78	6.79	5.21	5.17	4.94	2.64	1.63	1.21
		月平均水温（℃）	14.7	15.1	16.3	21.4	23.0	25.4	28.0	27.3	26.6	23.6	18.4	12.8
诏安东溪	诏 安	径流量（亿 m ³ ）	0.205	0.151	0.244	0.515	0.884	2.25	1.84	1.59	1.07	0.701	0.386	0.244
		月平均水温（℃）	15.3	16.1	17.4	22.9	25.3	27.9	30.0	29.3	28.7	25.7	20.2	14.5

附录 B 福建省地下水资源分布情况

B.0.1 地形地貌特征

福建省位于欧亚板块的东南部，境内峰岭耸崎，丘陵连绵，河谷、盆地穿插其间。地势自西北向东南下降，西部以武夷山脉为主体的闽西大山带，主峰黄冈山，海拔 2158m；中部由鹞峰山、戴云山、博平岭等山脉组成的闽中大山带，其间为互不贯通的河谷、盆地；东部沿海为丘陵、平原地带。

地下水源热泵系统一般适宜于丘陵、平原等第四系覆盖层达到一定厚度的地区，福建省中、西部地表第四系薄，多为基岩出露。因此，从区域上看，福建省地下水源热泵系统比较适宜建在东部沿海丘陵、平原地带，而中、西部基岩地区并不适合。

B.0.2 地下水类型及分布

据 2010 年数据统计，我省地下水资源量为 353.8 亿 m^3 ，地下水类型主要分为三大类型，松散岩类孔隙水、碳酸盐岩类岩溶水和基岩裂隙水。

松散岩类孔隙水主要赋存于第四系砂层、砾卵石层中，分布在东部沿海地区，其成因包括冲积、冲洪积、海积和风积等类型。整个第四系沉积厚度薄，一般厚 10~100m。含水层厚度最大也仅 20~30m。其分布面积小，仅分布于河流两岸，但在河口形成平原则相对面积大些，最大的漳州平原约为 500 km^2 。该类型地下水水量较充沛，且在松散岩地区地下水回灌效果好，适宜使用地下水地源热泵。

碳酸盐岩类岩溶水主要赋存于灰岩岩溶中，其地貌上多形成盆地。分布于我省西部龙岩、连城、长汀、大田、永安等地，其分布面积不到全省的 1%。岩溶水是我省最具供水意义的地下水。其中龙岩市区最具代表性。一般覆盖型盆地均有流量大于 1000 m^3/d 的岩溶泉，最大者为原龙岩水塘泉流量大于 2 万 m^3/d 。覆盖型岩溶水，由于岩溶埋深浅，一般在 30m 以内，单孔出水量都在 1000~3000 m^3/d ，大者可达 1.7 万 m^3/d 。而处于盆地边缘地区，由于岩溶发育程度不如中心区，所以富水性差些，一般在 500~1000 m^3/d 。但是，岩溶水主要分布地（龙岩盆地）在“省地下水功能区划”中属于集中式供水水源区，开发地下水源热泵可能会对该地区地下水水环境造成不利影响，因此不建议在碳酸盐岩类岩溶水地区开发地下水地源热泵系统。

基岩裂隙水赋存于侵入岩、火山岩、变质岩及各类碎屑岩等。出露面积约 11.2 万 km^2 ，占全省面积 92.4%。地下水主要赋存于基岩裂隙中，其出水量大小与大气降水、基岩岩性、裂隙发育程度、地貌汇水条件和构造发育程度等因素密切相关。通常，基岩含水层裂隙率低、渗透性差，水量小，很难满足地下水源热泵系统的需水量要求；此外，地下水回灌难度极大，抽灌比高，开发难度大。裂隙岩含水层地区并不合适地下水源热泵系统的建设。

B.0.3 地下水水质情况

一般而言，地下水水化学主要受地形、岩性及距离海的远近等因素所控制。总的规律从山区经丘陵、台地至沿海平原，因水循环条件与现代海水或埋藏海水的影响，地下水的 pH 值从 6 渐增至 8。矿化度则自 0.1 增加至 1g/L 以上，最大可达 35g/L。其阴离子分带性明显，从山区至沿海，由 $\text{HCO}_3^- \rightarrow \text{HCO}_3^- \cdot \text{Cl}^-$

Cl·HCO₃→Cl 型。局部地带也有例外,如矿区附近有 HCO₃·SO₄ 型,山区小凹地中也有 Cl·HCO₃ 或 Cl 型水。阳离子则以 Na 为主,而第四系海积、冲积层中以 Na·Ca 为主,受海水影响则出现 Na·Mg 型,此外与岩性有关,灰岩地区则以 Ca 为主,佛昙层与玄武岩有关,则出现 Mg·Na 型水。我省东部沿海地区的松散岩孔隙水中阴离子主要为 Cl,阳离子主要为 Na、Mg;岩溶水和裂隙水中阴离子主要为 Cl、HCO₃,阳离子主要为 Na、Ca。PH 值在 6~8 之间。

B.0.4 地下水动态特征

我省实际情况浅层地下水动态有长期观测资料的仅有福州、漳州、东山三处。福州浅层地下水动态特征主要受开采地热水的影响,在地热田范围内,从 1980 年底至 2000 年底浅层地下水位下降最深的达 12.38m (G050200350102SC001)。远离地热田区,其动态变化幅度不大,一般仅在 0.5~1m 间,有的上升,有的下降。漳州仅有 4 个观测井,其动态变化幅度在 0.7~1m 间。东山有监测井 13 个,其动态变化幅度一般在 0.6~1.1m 间,个别仅 0.2~0.3m,最大变幅达 4.2~5.4m,主要原因也是受利用浅层地下水量大小的影响。

此外,在龙岩、连城两地对岩溶水进行长期监测。龙岩有观测井 8 个,其地下水动态变化幅度也不大,仅 1~1.5m 间,个别达 3m 左右。连城有监测井 8 个,其变化幅度在 0.7~7.1m 间。

总的来看,一般情况下福建省地下水动态较稳定,变幅小,适宜于地下水地源热泵系统的开发。但对地下水开发程度高的地区应作好调查工作。

附录 C 福建省地埋管资源分布情况

C.0.1 地质概况

福建省属全球地质构造的亚欧大陆型板块东南缘,据槽台观点,其大地构造单元属华南加里东褶皱系的东南部。以中生代燕山期为主的火山岩类和以花岗岩类为特色的侵入岩约各占全省陆域面积的 1/3,其余 1/3 为沉积岩和区域变质岩。陆域内除志留系及下第三系(海域有后者)外,其它时代地层均有出露。岩石类型较复杂,岩石地层的纵横向分区性明显。

陆域及海域地壳属硅铝质的典型的陆壳型,厚度中等,具有明显的分层特征。自地壳形成早期,主要是元古代(可能包括晚太古代)以来,经历了多旋回的发展过程,地质构造颇为复杂。晚三叠纪(距今 2.3 亿年)始形成福建海陆雏形,白垩纪则构成西部为陆地、东部为台湾海峡及东海的海陆基本格局。依据地质构造演化的差异,可将本省陆域划分为闽西北隆起区、闽西南拗陷区和闽东火山断拗带三个构造单元,其中平潭至东山沿海地带可能为一狭长隆起带(现命名为闽东南沿海断隆带)。

福建境内的地壳历经 20 多亿年的地质演化,特别是吕梁(中条或武夷)和加里东及燕山运动分别形成褶皱基底与一系列北东—南西、北北东—南南西走向为主的褶皱、断裂北西—南东和北东东走向断裂,奠定了地形的基本构造格局。全省:山体、构造谷地乃至海岸线的走向均以北北东—南南西及北东—南西走向为主体。全省山岭耸峙,丘陵起伏,山地和丘陵的面积占全省总

面积 90%以上。其中 1000 米以上的中山占 3.25%；500~1000 米的低山占 32.87%；50~500 米的丘陵、台地占 58.88%，平原仅占 5%。

全省地势以北北东—南南西为轴线，由西北向东南渐次下降，形成二起二伏的态势，即闽西大山带—闽西纵谷—闽中大山带—闽东南丘陵、台地、平原。

C.0.2 闽西大山带

闽西大山带以武夷山脉为主体，该山脉北起闽浙赣交界处，沿闽赣省界及福建西部向西南延伸到闽赣粤交界处，主峰黄冈山以北呈北东—南西走向，以南呈北北东—南南西走向，全长约 500 千米，宽度南北不一，北部为 30~50 千米，中部最宽达百余千米。

武夷山脉北段，即光泽、邵武及以北山体，山势高峻，海拔在 1000 米以上，1500 米以上的山峰比比皆是，主峰黄冈山海拔 2157.8 米，为全省最高峰。杉岭为闽西大山带的一部分，位于光泽与武夷山(市)、建阳、邵武之间，北接武夷山主峰黄冈山，顺北北东—南南西走向的构造线向西南延伸到邵武、泰宁边界。根据构造、山体走向及高度，杉岭应为武夷山主脊的组成部分，主峰背岗，海拔 1858.9 米。

从邵武、泰宁边界往南至宁化、长汀边界之山体为武夷山脉的中段，高度比北段略低，海拔一般在 750 米以上，1000 米以上的山峰屡见不鲜，最高峰为建宁、泰宁两县交界处的白石顶，海拔 1857.6 米。山体宽度较大，西起江西黎川、广昌，向东一直绵延到沙溪河谷；山脉被金溪、沙溪及其支流切割成数列山体，但其走向仍大致保持北北东—南南西或北东—南西走向。

武夷山脉南段是指长汀以南到闽、赣、粤边界的山体。此段山势较低，切割较为破碎，海拔在 500~1000 米之间，仅少数山峰在 1000 米以上，大部分为低山和丘陵。

武夷山脉由于受掀斜构造的影响，山岭西北坡陡峻，东南坡较为平缓。从位于闽赣省界的主脊向西到江西的信江、盱江的 200 米以下的河谷地带，水平距离仅 10~20 千米，部分地区只有几千米。而从主脊向东南则频繁起伏且呈阶梯状下降，坡降较平缓，每一起伏亦是西坡陡东坡缓。因而虽说武夷山脉位于闽赣边界，但进入江西后很快就湮没于信江、盱江、梅江等河谷，而在福建境内则向东连绵达数十至上百千米。

闽西大山带散布着许多山间盆地，但面积不大。主要有光泽、泰宁、夏茂、宁化、连城、长汀等盆地。这些盆地多为低丘，仅底部河谷两旁有小片平地。

C.0.3 闽西纵谷

闽西纵谷包括建溪流域和沙溪谷地。建溪流域较开阔，由多条支流组成一大面积的扇状地区，地面为许多互不连贯的河谷盆地和分隔这些盆地的丘陵及低山所组成；沙溪谷地较为狭窄，宽度一般只有几千米到十几千米。主要盆地有建阳、建瓯、浦城、王台(来舟)、沙县、永安、小陶等。本带为闽西北重要的农耕区及重要城镇的集中地。

C.0.4 闽中大山带

闽中大山带是指松溪—建溪—沙溪以东呈北东—南西走向的高大宽厚的山体。该山带被闽江、九龙江等深切分割成鹫峰山、戴云山、博平岭三条山脉。闽江以北称鹫峰山脉，山体高大宽厚、起伏连绵，南北长百余千米，东西宽达 60~80 千米，海拔 1000

米左右，最高峰辰山海拔 1822.2 米。鹭峰山脉主脊呈北北东—南南西走向，其东南坡受北西—南东方向构造影响较为明显，故东南坡之支脉呈明显的北西—南东走向，尤其在福州、连江、罗源一带更为显著。闽江至九龙江之间的山体称戴云山脉，该山脉为闽中大山带的主体，长宽均百余千米，海拔 1000 米上下，主峰戴云山高 1856.0 米，尤溪、梅溪——浚溪(大樟溪上游)将该山脉切割成三列仍保持北北东—南南西走向的平行山体。九龙江以南为博平岭，该山体较为低缓，地面切割较破碎，以低山丘陵为主体，海拔 750 米左右，但 1000 米以上山峰仍为数不少。

闽中大山带各山脉同武夷山脉一样，也是西坡陡峻、东坡平缓，且多起伏。再者，分水线偏于山体西侧。这些特点尤以鹭峰山脉为典型。此外，该大山带顺构造的河谷有串珠状的河谷盆地，由于差异性断块升降和外力的综合作用，山体中形成多级剥蚀面(夷平面)，以仙游钟山为典型。

C.0.5 东部丘陵、台地、平原带

东部丘陵、台地、平原带是指闽中大山带以东的沿海地带。该带在闽江口以北较为狭窄，主要以鹭峰山脉东支的余脉所形成的丘陵为主体。许多山丘直逼海岸，形成曲折的港湾式海岸。平原数量少、规模小，如连江、宁德等。闽江口以南的沿海地区，山前地带由高丘陵组成，沿海及半岛、岛屿的大部分为低丘和红土台地，仅河口或沿海的局部地带，才形成规模不大的冲积、海积平原。全省最大的平原——漳州平原，其长、宽不过 30 千米左右，面积仅 600 多平方千米。略具规模的还有福州平原、兴化平原、泉州平原以及诏安、漳浦、龙海、同安、长乐等地的平原。

附录 D 福建省地源热泵适宜性分析

D.0.1 福建省地表水地源热泵系统适宜性分析

我省主要流域 1 月份平均水温为 $9.9^{\circ}\text{C}\sim 17.1^{\circ}\text{C}$ ，7 月份平均水温为 $25.8^{\circ}\text{C}\sim 32.1^{\circ}\text{C}$ ，主要流域径流量充沛，较适宜使用地表水地源热泵系统。

D.0.2 福建省地下水地源热泵系统适宜性分析

依据福建省地下水资源分布情况，我省地下水地源热泵系统适宜性可划分以下 3 个区域（详见图 D-1）。

1 区（东部福州、福清、厦门、漳州沿海一线）第四系覆盖层分布相对较广，且达到一定的厚度，岩性主要为砂层、砾卵石层，地下水富水性、岩层渗透性均较好，划分为适宜区。

2 区（中、西部大部分地区）为侵入岩、火山岩、变质岩及各类碎屑岩等，第四系覆盖层分布极少，且厚度薄，地下水富水性、岩层渗透性差，划分为不适宜区。

3 区（龙岩盆地）主要为埋藏性岩溶发育区，且埋深较大，富水性好，但分布面积小，占全省面积不到 1%，在“省地下水功能区划”中属于集中式供水水源区，因此划分为不建议开发区。

D.0.3 福建省地埋管地源热泵系统适宜性分析

依据我省地埋管资源分布情况可知，我省地形山岭耸峙，丘陵起伏，山地和丘陵的面积占全省总面积 90% 以上，这些区域地表第四系薄，大多为基岩出露，会造成地埋管地源热泵施工难，造价高。在这些区域使用地埋管地源热泵系统应慎重考虑。

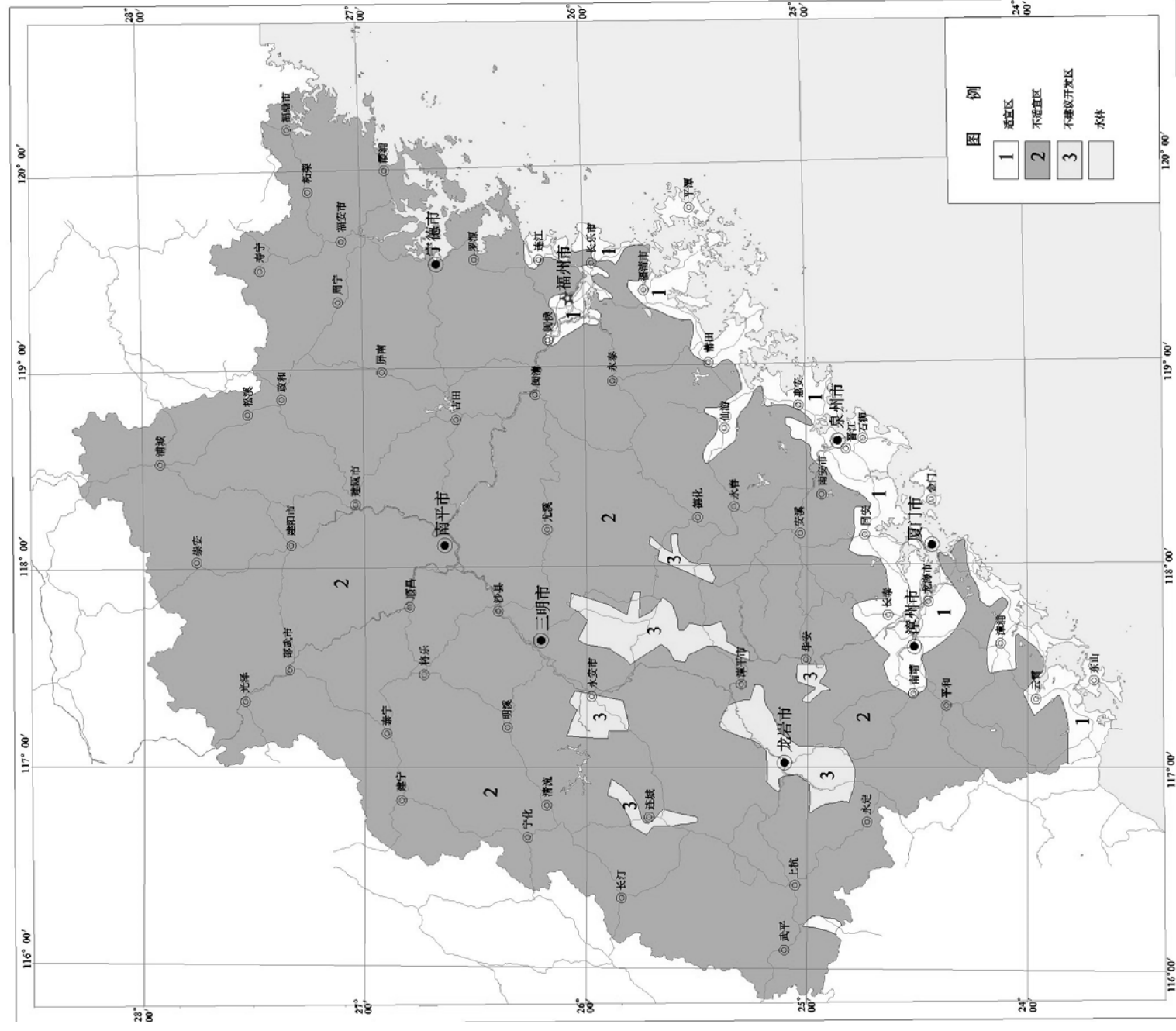


图 D-1 福建省地下水地源热泵适宜性分区图

附录 E 热泵机组试运转记录表

单位工程名称							分部工程名称				
分项工程名称							施工执行标准 名称及编号				
测试仪器及精度							试验日期				项目经理
设备名称	制冷量 (kW)	制热量 (kW)	额定 功率 (kW)	制冷剂	允许 噪声 (dB)	试验电流(A)	试验电压(V)	运转时间(h)	测试过程	测试结果	
验收 结论	施工单位 项目专业质量检查员(签名): 项目专业技术负责人(签名):					专业监理工程师(签名): (建设单位项目专业技术负责人)					
	年 月 日					年 月 日					

附录 F 热泵机组性能系数和系统能效比的计算方法

F.0.1 热泵机组制热/制冷性能系数

热泵机组制冷/制热性能系数根据测试结果，按下式计算：

$$COP_L = \frac{Q_L}{N_i} \quad (\text{F.0.1-1})$$

$$COP_H = \frac{Q_H}{N_i} \quad (\text{F.0.1-2})$$

式中： COP_L ——热泵机组的制冷性能系数；

COP_H ——热泵机组的制热性能系数；

Q_L ——测试期间机组的平均制冷量，kW；

Q_H ——测试期间机组的平均制热量，kW；

N_i ——测试期间机组的平均输入功率，kW。

机组测试期间的平均制冷（热）量按下式计算：

$$Q = V\rho c\Delta t_w / 3600 \quad (\text{F.0.1-3})$$

式中： V ——热泵机组用户侧平均流量， m^3/h ；

Δt_w ——热泵机组用户侧进出口水温差， $^{\circ}\text{C}$ ；

ρ ——冷（热）水平均密度， kg/m^3 ；

c ——冷（热）水平均定压比热， $\text{kJ}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})$ ；

ρ 、 c 可根据介质进出口平均温度由物性参数表查取。

F.0.2 系统能效比

热泵系统的典型季节系统能效比根据测试结果，按下式计算：

$$COP_{SL} = \frac{Q_{SL}}{N_i + \sum N_j} \quad (\text{F.0.2-1})$$

$$COP_{SH} = \frac{Q_{SH}}{N_i + \sum N_j} \quad (\text{F.0.2-2})$$

式中： COP_{SL} ——热泵系统的制冷能效比；

COP_{SH} ——热泵系统的制热能效比；

Q_{SL} ——系统测试期间的总制冷量， $\text{kW}\cdot\text{h}$ ；

Q_{SH} ——系统测试期间的总制热量， $\text{kW}\cdot\text{h}$ ；

N_i ——系统测试期间，热泵机组所消耗的电量， $\text{kW}\cdot\text{h}$ ；

N_j ——系统测试期间，水泵所消耗的电量， $\text{kW}\cdot\text{h}$ 。

系统测试期间的总制冷（热）量按下式计算：

$$Q = \sum_i^n q_i \quad (\text{F.0.2-3})$$

$$q = V\rho c\Delta t_w \quad (\text{F.0.2-4})$$

式中： V ——系统用户侧的平均流量， m^3/h ；

Δt_w ——系统用户侧的进出口水温差， $^{\circ}\text{C}$ ；

ρ ——冷（热）水平均密度， kg/m^3 ；

c ——冷（热）水平均定压比热， $\text{kJ}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})$ ；

ρ 、 c 可根据介质进出口平均温度由物性参数表查取。

本规程用词说明

- 1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：
- 1) 表示很严格，非这样做不可的用词：
正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。
 - 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。
 - 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；
表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。
- 2 本规程中指明应按其他有关部门标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《地源热泵系统工程技术规范》GB 50366
- 2 《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243
- 3 《供水管井技术规范》GB 50296
- 4 《供水水文地质钻探与凿井操作规程》CJJ 13
- 5 《室外给水设计规范》GB 50013
- 6 《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268
- 7 《制冷设备、空气分离设备安装工程施工及验收规范》GB 50274
- 8 《供水水文地质勘察规范》GB50027
- 9 《水源热泵机组》GB/T19409
- 10 《采暖通风与空气调节设计规范》GB50019
- 11 《地表水质量标准》GB3838

福建省工程建设地方标准

制 订 说 明

福建省地源热泵系统应用技术规程

Technical specification for ground-source heat pump
system of Fujian

DBJ/T13-156-2012

住房和城乡建设部备案号：J12158-2012

条文说明

《福建省地源热泵系统应用技术规程》DBJ/T 13—156—2012 经福建省住房和城乡建设厅 2012 年 8 月 28 日以闽建科[2012]29 号文批准发布，并经住房和城乡建设部 2012 年 9 月 11 日以建标标备[2012]135 号文批准备案。

本标准在编制过程中，编制组主要以福建省重大专项中第三专题《可再生能源在节能建筑上综合利用的研究》成果，结合我省水文地质情况，充分分析和吸收工程实例的经验，广泛征求了省内外设计、施工、监理、建设和质量监督部门的意见的基础上，通过反复讨论、修改后编制而成。

为了便于广大建筑工程设计、施工、监理等人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定，《福建省地源热泵系统应用技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程条文说明，对条文规定的目的、依据、以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与规程正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1	总则	55
3	工程勘察和方案评估	56
3.1	一般规定	56
3.2	地表水换热系统勘察	56
3.3	地下水换热系统勘察	57
3.4	地埋管换热系统勘察	57
4	地表水换热系统	58
4.1	一般规定	58
4.2	地表水换热系统设计	58
4.3	地表水换热系统施工	59
5	地下水换热系统	60
5.1	一般规定	60
5.2	地下水换热系统设计	60
5.3	地下水换热系统施工	62
5.4	地下水换热系统检验与验收	62
6	地埋管换热系统	63
6.1	一般规定	63
6.2	地埋管换热系统设计	63
6.4	地埋管换热系统施工	64
6.5	地埋管换热系统的检验与验收	66
7	建筑物内系统	67
7.1	建筑物内系统设计	67

8	整体运转、调试与验收	69
9	地源热泵系统监测	70
9.1	地表水换热系统运行监测	70
9.2	地下水换热系统运行监测	70
9.3	地埋管换热系统运行监测	70
10	地源热泵系统性能测试	71
10.1	一般规定	71
10.3	测试方法	71

1 总 则

1.0.1 本规程宗旨：地源热泵系统是利用浅层地热资源，通过输入少量的高品位能源（如电能），实现低品位热能向高品位热能转移，从而达到供热与制冷的目的。该技术具有显著的节能与环保效益，符合我省可持续发展的目标，近年来在我省得到了广泛应用。但是，由于缺乏相应技术规程予以规范，一些项目实施前没有进行合理设计与评估，造成系统运行问题，无法发挥其应有的节能潜力，浪费了人力和物力，影响了地源热泵系统的良性发展。为了规范福建省地源热泵系统安全可靠地运行以及更好地发挥其节能效益，特制定本规程。

1.0.3 福建省地源热泵系统设计时除了执行本规范外，尚应符合其他有关标准规范的相关规定，主要有：《地源热泵系统工程技术规范》GB50366、《水源热泵机组》GB/T19409、《通风与空调工程施工质量验收规范》GB50243、《供水水文地质勘察规范》GB50027、《采暖通风与空气调节设计规范》GB50019 等。

3 工程勘察和方案评估

3.1 一般规定

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

3.1.2 我省主要流域径流量、主要流域水温数据为我省各水文站多年数据的平均，附录 A、附录 B 和附录 C 仅供方案设计时参考，施工图设计时应以实测数据为准。

3.2 地表水换热系统勘察

3.2.1 工程场地状况及地表水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方案设计前，应根据调查及勘察情况，选择合理的地表水水源热泵系统形式。

3.2.2 地表水水温、水位及流量勘查应包括近 20 年最高和最低水温、水位及最大和最小水量；地表水水质勘查应包括：引起腐蚀与结垢的主要化学成分，地表水源中含有的水生物、细菌类、固体含量及盐碱量等。

3.3 地下水换热系统勘察

3.3.1 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，查明拟建热源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、排泄条件以及水质水量等特征。对地下水资源做出可靠评价，提出地下水合理利用方案，并预测地下水的动态及其对环境的影响，为热源井设计提供依据。

3.3.2 勘察工程场区拟开发利用地下水的保护情况，地下水不应处在保护区保护范围内或者属于禁止开发类型。

3.3.3 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。

3.3.4 水文地质勘探孔即为查明水文地质条件、地层结构，获取所需的水文地质资料，按水文地质钻探要求施工。

3.4 地埋管换热系统勘察

3.4.1 岩土体地质条件勘察可参照《岩土工程勘察规范》GB 50021 及《供水水文地质勘察规范》GB 50027 进行。

3.4.3 岩土体热响应试验参考《地源热泵系统工程技术规范》GB 50366 进行。

4 地表水换热系统

4.1 一般规定

4.1.1 目的是减小对地表水体及其水生态环境和行舟等的影响。

4.1.2 地表水体应具有一定的深度和面积，具体大小应根据当地气象条件、水体流速、建筑负荷等因素综合确定。

4.1.3 根据地表水换热系统的换热量，可以确定地表水换热系统的取水。

4.2 地表水换热系统设计

4.2.3 取水口应远离回水口，目的是避免热交换短路，取水口与回水口距离可通过流体计算软件模拟论证确定。

4.2.4 直接进入水源热泵机组的水质应满足以下要求：含砂量小于 1/200000，PH 值为 6.5~8.5，CaO 小于 200mg/L，矿化物小于 3g/L， Cl^- 小于 100mg/L， SO_4^{2-} 小于 200g/L， Fe^{2+} 小于 1mg/L， H_2S 小于 0.5mg/L。

4.2.6 U 形等舒展性好的换热单元可减小流动阻力。

4.2.7 可采用 20% 酒精溶液、20% 乙二醇溶液、20% 丙烯乙二醇溶液等作为换热器循环工质。但有污染水体风险时，不应采用防冻液。

4.2.9 同程设计有利于水利平衡，供、回水管分开设置以防止热短路。

4.3 地表水换热系统施工

4.3.2 换热盘管任何扭曲部分均应切除，未受损部分熔接后须经压力测试合格后才可使用。换热盘管存放时，不得在阳光在下曝晒。

4.3.3 换热盘管一般固定在排架上，并在下部安装衬垫物，衬垫物可采用轮胎等。

5 地下水换热系统

5.1 一般规定

5.1.1 该条文引自《地源热泵系统工程技术规范》GB50366 第

5.1.1 强制条文，请遵照执行。

5.1.3 地下水供水管不得与市政管道直接接连是为了避免污染市政供水和使用自来水取热；地下水回灌不得与市政管道直接连接，是为了避免回灌水排入下水，保护水资源不被浪费。

5.2 地下水换热系统设计

5.2.2 热源井井身结构设计包括：渗滤管段、沉降管段以及实管段的长度和位置设计；滤料层厚度，滤料规格设计；渗滤管段过滤器的选型；抽回两用井分流器的选型等。

5.2.3 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，热源井设计时应采取有效措施消除空气侵入现象。

5.2.4 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重功能，要求不出砂又保持通畅。抽水井与回灌井间设排气装置，可避免将空气带入含水层。

5.2.5 回扬是指回灌井堵塞到一定程度后，不再回灌水而改为抽

水，将堵塞物抽出，并将浑水排放的过程。

5.2.6 为保证持续出水量和完全回灌的要求，应根据抽水试验和回灌试验结果，确定抽水井与回灌井配置，典型的灌抽比和井的配置见下表。

表 1 典型的灌抽比和井的配置

含水层情况	回灌水量/抽水量 (%)	井的配置
砾石	>80	一抽一灌
中粗砂	50-70	一抽二灌
细砂	30-50	一抽三灌

5.2.7 为了避免污染地下水。

5.2.11 从保障地下水安全回灌及水源热泵机组正常运行角度考虑，地下水地源热泵室外换热系统宜采用间接系统；从提高热泵系统运行效率角度考虑，地下水地源热泵室外换热系统宜采用直接系统。

直接系统地下水水质应符合要求，当水质达不到要求时，应进行水处理。我省大部分地区地下水 Fe^{2+} 超标情况较突出，在水处理时，应特别注意，以防止系统堵塞。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，以满足机组对温度的要求。

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

5.3 地下水换热系统施工

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

5.4 地下水换热系统检验与验收

5.4.3 水质要求符合本规范第 5.2.11 条的规定。

6 地埋管换热系统

6.1 一般规定

6.1.1 岩土体的特性对地埋管换热器施工进度和初投资有很大影响。坚硬的岩土体将增加施工难度及初投资，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。为此，工程勘察完成后，应对地埋管换热系统实施的可行性进行评估。

6.1.2 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。

6.1.3 埋管区域不应以树木、灌木、花园等作为标识。

6.2 地埋管换热系统设计

6.2.3 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。

6.2.5 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，浅层岩土体得温度及热物性受气候、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。

6.2.6 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设计热物性及地下水流动情况等地质条件影响非常大，使不同地区，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。

6.2.7 热响应试验方法参考《地源热泵系统工程技术规范》GB50366 附录 C。

6.2.10 为避免换热短路，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；反之取大值。

6.2.12 利于水利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。

6.2.13 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。

6.2.14 保证地下埋管的导热效果，但对于地质情况多为岩土的区域，回填料导热系数可低于岩土体导热系数。

6.2.15 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。

6.2.18 目的在于防止地埋管换热系统堵塞。

6.4 地埋管换热系统施工

6.4.3 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。

6.4.6 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。各压实面的高差不宜超过 30cm。管腋部采用人工回填，确保塞严、捣实。分层管道回填时，应重点作好每一管道层上方 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。

6.4.7 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 形管支管分开，以提高换热效果。

6.4.8 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孔，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。

当埋管深度超过 40m 时，灌浆回填宜在周围邻近钻孔均钻凿完毕后进行，一旦孔斜将相邻的 U 形管钻伤，便于更换。

6.4.9 对地下水流丰富的地区，为保持地下水的流动性，增强对流换热效果，不宜采用水泥基料灌浆。

6.4.11 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。

6.5 地埋管换热系统的检验与验收

6.5.3 回填过程的检验内容包括回填料配比、混合程序、灌浆及封孔的检验。

7 建筑物内系统

7.1 建筑物内系统设计

7.1.3 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，水源热泵机组应保证足够的流量以防止机组出口端结冰。

7.1.4 不同地区岩土体、地下水或地表水水温差别较大，设计时应按实际水温参数进行设备选型。末端设备选择时应适合水源热泵机组供、回水温度的特点，保证地源热泵系统的应用效果，提高系统节能率。

7.1.5 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/空气热泵机组并联在一起，构成以回收建筑物内部余热为主要特征的热泵供热、供冷的系统。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损。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。

7.1.6 夏季运行时，空调水进入机组蒸发器，冷源水进入机组冷凝器。冬季运行时，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。

7.1.7 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，宜优先采用地源热泵提供生活热水，不足部分由辅助热源解决。生活热水的制备可以采用水路加热的方式或制冷剂环路加热两种方式。

7.1.8 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热进行回收；或根据室外气象条件及系统特点采用过度季增大新风量等节能措施。

8 整体运转、调试与验收

8.0.2 地源热泵系统运转需测定与调整的主要内容包括：

1 系统的压力、温度、流量等各项技术数据应符合有关技术文件的规定；

2 系统连续运行应达到正常平稳；水泵的压力和水泵电机的电流不应出现大幅波动；

3 各种自动计量检测元件和执行机构的工作应正常，满足建筑设备自动化系统对被测定参数进行监测和控制的要求；

4 控制和检测设备应能与系统的检测元件和执行机构正常沟通，系统的状态参数应能正确显示，设备连锁、自动调节、自动保护应能正确动作。

调试报告应包括调试前的准备记录、水力平衡、机组及系统试运转的全部测试数据。

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

9 地源热泵系统监测

9.1 地表水换热系统运行监测

9.1.3 水体允许的最高温度与最低温度设置应参考《地表水环境质量标准》GB3838 中对人为造成环境水温变化的限制。

9.1.4 词条目的是为了能够及时对过滤消毒设备进行清洗。

9.2 地下水换热系统运行监测

9.2.2 当回灌量小于取水量时，应对系统进行检查，确保地下水百分百回灌。

9.2.4 低水位设定值应能保护到抽水泵，防止抽水泵干转。

9.3 地埋管换热系统运行监测

9.3.3 监测目的是为方便地埋管换热器的分组控制。通过分组控制，地埋管换热器在部分负荷下能分组交替运行，以保证热泵系统运行效率。

10 地源热泵系统性能测试

10.1 一般规定

10.1.4 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，在满足被测量的数值范围的前提下，尽可能选择量程小的仪表。仪器精度及测量范围见表 2。

表 2 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℃	0℃~100℃
水流量测试仪器	小于或等于 5%	大于或等于循环流量的 1.5 倍
功率测试仪器	小于或等于 5%	大于或等于额定功率的 1.5 倍

10.3 测试方法

10.3.2 由于现场一般采用非破损方法测试，因此较少断管安装温度计。且计算处理所用的为供回水温度差，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，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，读数时不应拔出温度计。

因现场条件限制，当不能提供安放温度计位置时，可以利用温度测试仪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。测量时注意在供回水管外壁面安放热电偶后，应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。

10.3.3 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。