

UDC

中华人民共和国行业标准



P

CJJ/T 291 – 2019

备案号 J 2687 – 2019

---

# 地源热泵系统工程勘察标准

Standard for engineering investigation of  
ground-source heat pump system

2019 – 04 – 19 发布

2019 – 11 – 01 实施

---

中华人民共和国住房和城乡建设部 发布

中华人民共和国行业标准

地源热泵系统工程勘察标准

Standard for engineering investigation of  
ground-source heat pump system

**CJJ/T 291 – 2019**

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2 0 1 9 年 1 1 月 1 日

中国建筑工业出版社

2019 北 京

中国

# 中华人民共和国住房和城乡建设部 公 告

2019 年 第 93 号

---

## 住房和城乡建设部关于发布行业标准 《地源热泵系统工程勘察标准》的公告

现批准《地源热泵系统工程勘察标准》为行业标准，编号为 CJJ/T 291-2019，自 2019 年 11 月 1 日起实施。

本标准在住房和城乡建设部门户网站（[www.mohurd.gov.cn](http://www.mohurd.gov.cn)）公开，并由住房和城乡建设部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2019 年 4 月 19 日

# 前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2010年工程建设标准制订、修订计划〉的通知》（建标〔2010〕43号）的要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，编制了本标准。

本标准的主要技术内容是：1. 总则；2. 术语；3. 基本规定；4. 勘探与取样；5. 地下水；6. 地表水；7. 室内试验和现场试验；8. 现场监测；9. 成果报告。

本标准由住房和城乡建设部负责管理，由建设综合勘察研究设计院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中若有意见和建议，请寄送建设综合勘察研究设计院有限公司（北京东直门内大街177号，邮政编码：100007）。

本标准主编单位：建设综合勘察研究设计院有限公司  
江苏山水环境建设集团股份有限公司

本标准参编单位：机械工业勘察设计研究院  
中国有色西安勘察设计研究院  
河北建设勘察研究院有限公司  
中国建筑西南勘察设计研究院有限公司  
中南勘察设计院集团有限公司  
上海勘察设计研究院（集团）有限公司  
中航勘察设计研究院  
安宜建设集团有限公司  
重庆大学  
北京华清集团公司



北京勘察设计研究院有限公司  
内蒙古电力勘测设计院  
中国建筑科学研究院  
中国建筑设计研究院  
山东建筑大学  
北京工业大学建筑工程学院  
特灵空调系统（中国）有限公司  
中联世纪集团有限公司  
富尔达烟台低温热源工程技术研究中心  
北京际高建业有限公司

本标准主要起草人员：徐 前 吴方华 邓军涛 姚锁坤  
吴晓寒 毕文明 赵晓峰 周 涛  
王 勇 苏 强 孙保卫 崔俊奎  
姚锁平 董忠级 王享林 施恂根  
聂庆科 张宝藏 刘佑详 金宗川  
辛 伟 曾小兵 毛向阳 高俊彪  
朱清宇 刘凤玉 潘云刚 刁乃仁  
陈 超 贾 晶 栾丽艳 闫 立  
冯婷婷 陈凤君 张风安 李海滨  
本标准主要审查人员：徐张健 王长科 张海东 乔 社  
杨成斌 官善友 俞晋高 方肇洪  
李小杰

# 目 次

1	总则 .....	1
2	术语 .....	2
3	基本规定 .....	4
3.1	一般规定 .....	4
3.2	地埋管地源热泵系统工程勘察 .....	7
3.3	地下水地源热泵系统工程勘察 .....	9
3.4	地表水地源热泵系统工程勘察 .....	10
4	勘探与取样 .....	12
4.1	一般规定 .....	12
4.2	勘探点布置 .....	12
4.3	钻探 .....	12
4.4	地球物理勘探 .....	13
4.5	岩土取样 .....	13
4.6	地下水位量测及采取水试样 .....	14
4.7	埋设地埋管 .....	14
4.8	钻孔回填 .....	15
4.9	勘探编录与成果 .....	15
5	地下水 .....	17
5.1	一般规定 .....	17
5.2	含水层分布及特征、地下水来源 .....	17
5.3	水文地质参数测定及试验方法 .....	18
5.4	水质分析 .....	19
5.5	抽水试验 .....	19
5.6	回灌试验 .....	21
6	地表水 .....	23

6.1	一般规定	23
6.2	地表水调查	23
6.3	水质与水温	24
6.4	水体与地质勘察	24
7	室内试验和现场试验	25
7.1	一般规定	25
7.2	岩土物理性质指标和试验	25
7.3	室内热物理性试验	26
7.4	热响应试验	26
8	现场监测	28
8.1	一般规定	28
8.2	地埋管地源热泵系统的监测	28
8.3	地下水地源热泵系统的监测	29
8.4	地表水地源热泵系统的监测	30
9	成果报告	31
9.1	成果报告的基本要求	31
9.2	成果报告的内容和建议	31
附录 A	回灌试验方法	33
	本标准用词说明	36
	引用标准名录	37
	附：条文说明	39

# Contents

1	General Provisions .....	1
2	Terms .....	2
3	Basic Requirements .....	4
3.1	General Requirements .....	4
3.2	Engineering Investigation of Ground-coupled Heat Pump System .....	7
3.3	Engineering Investigation of Groundwater Heat Pump System .....	9
3.4	Engineering Investigation of Surface Water Heat Pump System .....	10
4	Exploration and Sample .....	12
4.1	General Requirements .....	12
4.2	Exploration Point Arrangement .....	12
4.3	Drilling .....	12
4.4	Geophysical Exploration .....	13
4.5	Rock and Soil Sample .....	13
4.6	Groundwater Level Measurement and Water Sample .....	14
4.7	Lay of Underground Pipe .....	14
4.8	Backfill of Drill .....	15
4.9	Record and Report of Exploration .....	15
5	Groundwater .....	17
5.1	General Requirements .....	17
5.2	Aquifer Distribution and Features, Groundwater Source .....	17
5.3	Hydrogeological Parameter Determination and Test Method .....	18

5.4	Analysis of Water Quality .....	19
5.5	Pump Test .....	19
5.6	Injection Test .....	21
6	Surface Water .....	23
6.1	General Requirements .....	23
6.2	Survey of Surface Water .....	23
6.3	Water Quality and Temperature .....	24
6.4	Investigation of Water Body and Geology .....	24
7	Indoor Test and Site Test .....	25
7.1	General Requirements .....	25
7.2	Rock and Soil Physical Property Index and Test .....	25
7.3	Indoor Thermal-Physical Test .....	26
7.4	Thermal Response Test .....	26
8	Site Monitor .....	28
8.1	General Requirements .....	28
8.2	Monitor of Ground-coupled Heat Pump System .....	28
8.3	Monitor of Groundwater Heat Pump System .....	29
8.4	Monitor of Surface Water Heat Pump System .....	30
9	Result Report .....	31
9.1	Basic Requirement of Result Report .....	31
9.2	Content and Proposal of Result Report .....	31
Appendix A	Injection Test Method .....	33
	Explanation of Wording in This Standard .....	36
	List of Quoted Standard .....	37
	Addition: Explanation of Provisions .....	39

# 1 总 则

**1.0.1** 为贯彻国家技术经济政策，在地源热泵系统工程建设中做到技术先进、因地制宜、经济合理、节能环保，确保工程建设质量，提高工程投资效益，制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于工业与民用建筑的地源热泵系统的工程勘察。

**1.0.3** 地源热泵系统工程勘察除应符合本标准的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。



## 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、换热系统、建筑物内系统组成的供热空调系统。根据换热系统的不同，地源热泵系统可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 换热系统 heat exchange system

与低温热源进行热交换的系统。

### 2.0.3 岩土导热系数 rock-soil thermal conductivity

表示沿热传导方向，在单位厚度岩土两侧的温度差为 1 开尔文时，单位时间内所通过的比热流量，又称岩土导热率。

### 2.0.4 岩土比热容 rock-soil specific heat capacity

单位质量岩土体的热容量，也就是使单位质量岩土体温度改变 1 开尔文时吸收或释放的热量，是表示物质热性质的物理量，代表物质的蓄热能力，又称岩土质量热容量。

### 2.0.5 地埋管换热器 ground-coupled heat pump system

由埋于地下的密闭循环管组构成的、用于传热介质与岩土体换热用的换热器，又称土壤热交换器。

### 2.0.6 地下水换热系统 groundwater heat pump system

与抽水井抽取的地下水进行热交换的系统。分为直接和间接地下水换热系统。

### 2.0.7 地表水换热系统 surface water heat pump system

与地表水进行热交换的换热系统。

### 2.0.8 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（槽）进行一定时间的连续加热，获得岩土综合热物性参数及岩土初始平均温度的



试验。

#### **2.0.9 回灌试验    reinjection test**

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

### 3 基本规定

#### 3.1 一般规定

**3.1.1** 地源热泵系统工程勘察应取得设计单位提出的勘察任务书。任务书内容应包括项目名称、用地面积及工程规模、供暖或空调面积、换热类型、基础形式及地下室情况、平面及立面布设特征等设计基础资料和对勘察工作的技术要求。

**3.1.2** 地源热泵系统工程勘察宜分为可行性研究阶段和施工图勘察阶段。当地质环境条件简单或有充分地区经验时，可合并勘察阶段。当场地进行岩土工程勘察时已经规划采用地源热泵系统时，地源热泵系统工程勘察也可与岩土工程勘察一并进行，勘察成果应符合地源热泵系统勘察要求。

**3.1.3** 地源热泵系统工程勘察应根据工程规模及地质环境条件，划分为甲、乙、丙三个等级。勘察等级可按表 3.1.3 划分。

表 3.1.3 地源热泵系统工程勘察等级

地质环境条件的 复杂程度 工程规模（应用 建筑面积）	I 级	II 级	III 级
	I 级	II 级	III 级
规模大（大于等于 50000m <sup>2</sup> ）	甲级	甲级	乙级
规模中等（5000m <sup>2</sup> ~50000m <sup>2</sup> ）	甲级	乙级	丙级
规模小（小于等于 5000m <sup>2</sup> ）	乙级	丙级	丙级

**3.1.4** 不同类型地源热泵系统的地质环境复杂程度，应依据岩土介质的复杂程度、地下水的复杂程度及地表水的复杂程度进行划分。

**3.1.5** 地埋管式地源热泵系统地质环境条件复杂程度，应根据

岩土介质的性质按表 3.1.5 划分。复杂程度等级划分时，应由Ⅰ级向Ⅲ级推定。同一级别中，岩土种类、岩土均匀性、岩土腐蚀性、不良岩土等满足其中之一即可判定为该级别。

**表 3.1.5 地质环境条件复杂程度按岩土介质性质分级**

地质环境复杂程度	Ⅰ级	Ⅱ级	Ⅲ级
岩土种类	种类多，岩性差异大	种类较多，岩性差异较大	种类较单一，岩性差异较小
岩土均匀性	不均匀	较均匀	均匀
岩土腐蚀性	强烈	中等	弱
特殊性岩土	存在严重湿陷、膨胀、盐渍、污染等	存在中等程度的湿陷、膨胀、盐渍、污染等	无不良岩土或存在轻微程度的湿陷、膨胀、盐渍、污染等

**3.1.6** 地下水地源热泵系统地质环境条件复杂程度应根据地下水条件按表 3.1.6 划分。复杂程度等级划分时，应由Ⅰ级向Ⅲ级推定。同一级别中，含水层埋深及厚度、富水及储水性、水质等满足其中之一即可判定为该级别。

**表 3.1.6 地质环境条件复杂程度按地下水条件分级**

地质环境复杂程度	Ⅰ级	Ⅱ级	Ⅲ级
含水层埋深及厚度	埋深大，厚度小	埋深较大，厚度较大	埋深浅，厚度大
富水性及储水性	差	较好	好
水质	水质差	水质较好	水质好

**3.1.7** 地表水地源热泵系统地质环境条件复杂程度应根据地表水条件按表 3.1.7 划分。复杂程度等级划分时，应由Ⅰ级向Ⅲ级推定。同一级别中，水量水质水温、水量季节变化、洪水影响、污染程度等满足其中之一即可判定为该级别。

**表 3.1.7 地质环境条件复杂程度按地表水条件分级**

地质环境复杂程度	I 级	II 级	III 级
水量、水质	水量较少， 水质差	水量较丰富， 水质较差	水量丰富， 水质较好
水量、水温 季节变化	水量、水温随季节 变化大	水量、水温随季节 变化较大	水量、水温随季节 变化较小
洪水影响	洪水影响大	洪水影响较大	洪水影响小
污染程度	严重	中等	无或轻微

**3.1.8 可行性研究阶段勘察应对拟建工程的适宜性作出评价，并应符合下列规定：**

1 应收集区域地质、地形地貌、场地岩土工程条件及当地类似工程经验等；

2 应了解当地政策、法律、法规对地源热泵系统勘察、设计及施工的相关要求；

3 在收集和分析已有资料的基础上，应通过踏勘了解场地地层、岩性、地下水、地表水体等条件，对工程的适宜性、拟采用的热交换方式及对环境影响等作出评价；

4 根据场地环境、地质条件、水文地质条件、工程条件等对场地提出工程分区建议及施工图勘察应解决的重点问题及注意事项等。

**3.1.9 可行性研究阶段勘察应进行现场踏勘、调查，必要时可布设少量勘探及原位测试工作。现场调查应包括下列主要内容：**

1 地形、地貌；

2 气象、水文情况；

3 场地规划面积、形状等；

4 场地已有建（构）筑物及拟建建（构）筑物的分布情况、基础形式、地基处理方法等；

5 场地植被、地表水体、排水沟（渠）、架空输电线、电信电缆等的分布情况；



6 场地内已有或计划修建的地下管线、地下设施的分布及埋藏情况；

7 场地内及其附近井、泉等的分布，并对井的运行情况及泉的出水量等进行调查；

8 收集附近类似工程的经验；了解附近已建的地源热泵系统及其对项目的可能影响；

9 对地埋管地源热泵系统，重点收集工程影响范围的地层结构、成因类型、地下水、各层土的物理力学性质指标及热物理参数，附近工程实测的岩土热响应试验成果等资料；

10 对地下水地源热泵系统，重点收集场地水文地质条件及地下水的补给、径流及排泄情况，附近场地工程抽水试验、回灌试验的成果资料等；

11 对地表水地源热泵系统，重点收集地表水水源性质、水面用途、深度、面积及其分布；地表水体的补给、排泄等水均衡条件及水量、水位动态变化规律等；不同区域及不同深度的水温动态变化；地表水流速和流量动态变化；地表水水质及其动态变化；地表水利用现状；洪水情况等。

**3.1.10** 施工图勘察阶段应提供工程施工图设计所需的岩土物理性质指标、水文地质参数、岩土热物理参数等，评价工程建设对地质环境的影响，预测工程建设过程及工程建成以后可能遇到的岩土工程问题，并提供相关建议。当可行性研究勘察与施工图勘察合并为施工图勘察阶段时，尚应满足拟建工程适宜性评价要求。

### **3.2 地埋管地源热泵系统工程勘察**

**3.2.1** 地埋管地源热泵系统工程勘察应包括下列内容：

1 应根据场地环境、地质条件、水文地质条件、工程条件等对场地进行工程分区。并按工程分区对其工程适宜性及其相关设计参数进行评价。

2 应查明工程影响范围地层结构、成因类型，工程需要时，

提供各层土的物理性质指标，同时尚应提供主要土层的热物理参数。

3 应查明工程影响范围内多层地下水的埋深、赋存条件、水质、水温，影响较大的地下水层（或厚度大于 3m）应查明径流方向与速度等水文地质条件。

4 工程需要时，应查明地下水的稳定水位、水温及水质情况，包括水位的年变幅、水温随深度及季节变化情况等。

5 应查明岩土体的温度，提出可能的变化规律。

6 应提供建设场地的冻土深度。

7 应判定水、土对工程管道材料等的腐蚀性。

**3.2.2 地埋管地源热泵系统的勘探点数量**，当地埋管孔数已由设计单位确定时，勘探点的数量不应低于设计孔数的 1%；当设计孔数没有确定时，不应低于预估孔数的 1%，且应符合下列规定：

1 甲级工程勘察项目：同一工程分区内勘探点数量不应小于 1 个，岩土热响应测试孔数量不小于 1 个；同一场地勘探点及岩土热响应测试点数量均不应小于 3 个；

2 乙级工程勘察项目：同一工程分区内勘探点数量不应小于 1 个，岩土热响应测试孔数量不应小于 1 个；同一场地勘探点及岩土热响应测试点数量均不应小于 2 个；

3 丙级工程勘察项目：可根据场地附近类似工程经验确定相关的换热参数。当无类似工程经验时，同一场地勘探点及岩土热响应测试点数量均不应小于 1 个。

**3.2.3 地埋管地源热泵系统勘探深度及现场试验、测试内容**应符合下列规定：

1 勘探深度应大于预计地埋管底标高 5.0m；

2 勘探深度范围内各土层均应进行岩土热物理指标的测试，或进行综合性的测试；

3 如遇厚度大于 1m 的含水层还应进行水温、水质等测试；调查地下水的赋存条件、补给、排泄、径流方向、流速等；

- 4 进行场地水、土对工程管道材料的腐蚀性测试等。

### 3.3 地下水地源热泵系统工程勘察

#### 3.3.1 地下水地源热泵系统工程勘察应包括下列主要内容：

- 1 根据场地环境、水文地质条件及工程条件等对场地进行工程分区；
- 2 详细查明工程影响范围内地层结构、成因类型，并应提供各层土的物理性质指标；
- 3 查明工程影响范围内的地下水的埋深、赋存条件、含水层岩性、含水层厚度及其分布情况；
- 4 拟取水含水层的富水性、储水、失水能力、渗透性评价、地下水位动态变化，地下水的径流方向、流速和水力梯度等；
- 5 拟抽取地下水的水温变化情况，地下水水质及其在热交换过程中的水质变化；
- 6 当场地靠近地表水时，地下水与地表水的水力联系及相互影响；
- 7 场地附近已有泉、抽水井、回灌井的流量、水质等调查；
- 8 判定水、土对工程管道材料等的腐蚀性。

#### 3.3.2 地下水地源热泵系统的勘探点数量应符合下列规定：

- 1 甲级工程勘察项目：同一工程分区内勘探点数量及抽水试验和回灌试验均不应少于 1 处；同一场地，勘探点数量不应少于 2 个，抽水试验和回灌试验均不应少于 2 处；
- 2 乙级工程勘察项目：同一场地勘探点数量不应少于 1 个，同一场地抽水试验和回灌试验均不应少于 1 处；
- 3 丙级工程勘察项目：可根据场地附近类似工程抽水及回灌试验的工程经验确定相关的水文地质、水质、水温、水量等参数；当无类似工程经验时，同一场地勘探点数量及抽水试验和回灌试验均不应少于 1 处；
- 4 当拟勘察工程已有的岩土工程勘察报告不能满足场地水文地质评价要求时，应进行专门的水文地质勘察工作。



**3.3.3 地下水地源热泵系统勘探深度及现场试验、测试内容应符合下列规定：**

- 1 勘探深度应大于预计工程用抽水井及回灌井的最大深度；
- 2 应通过抽水试验和回灌试验计算确定各含水层的渗透系数，估算单井、群井的涌水量、回灌量等；
- 3 应测试地下水水温及其变化情况；
- 4 应测试地下水水质及其随温度的变化情况。

### **3.4 地表水地源热泵系统工程勘察**

**3.4.1 地表水地源热泵系统工程勘察，以现场调查为主，应包括下列主要内容：**

- 1 地表水水源性质、水面用途、深度、面积及其分布；
- 2 地表水体的补给、排泄等水均衡条件及水量、水位动态变化规律等；
- 3 不同区域及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 地表水取水和回水的适宜地点及路线；
- 8 洪水情况；
- 9 判定水、土对工程管道材料等的腐蚀性。

**3.4.2 地表水地源热泵系统勘察应收集已有水文、水文地质、水量、水质、水温等资料和现场测绘调查。同一工程分区及分区内同一代表条件下，调查及测试点的数量均不得少于3处，并应满足地表水环境评价的要求。**

**3.4.3 地表水地源热泵系统现场工程勘察及测试内容应符合下列规定：**

- 1 地表水水温的勘察应调查近年的极端最高和最低水温，全年水温变化、流入水体的水源温度及变化。对于水深较深的水体，应对冬季和夏季不同深度的水温进行现场测试。

2 地表水水位及流量勘察应调查年最高和最低水位及最大和最小水量等。

3 地表水的水质勘察应取样测试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、固体含量及盐碱量等。

4 对利用海水作为热泵系统的冷热源，应评价海水对设备和管道的腐蚀性以及海洋生物附着造成的管道和设备的堵塞等。

## **4 勘探与取样**

### **4.1 一般规定**

**4.1.1** 查明岩土层分布情况，确定热物性能指标时，可采用钻探的方法并采取岩土试样。勘探方法的选取应符合地源热泵系统工程勘察的目的，并适合岩土的特性。

**4.1.2** 地源热泵系统勘探与取样应采取有效措施，保护环境和节约资源，保障人身及施工安全，并应对地下管网，地下工程采取保护措施。

### **4.2 勘探点布置**

**4.2.1** 勘探孔布孔前，应收集场区地层分布信息，了解换热器的分布范围及设计要求。

**4.2.2** 勘探孔宜沿场区对角线长向布置，勘探孔间距宜为 50m~100m。当对角线短向大于 50m 时，勘探孔应沿两条交叉的对角线布置。

**4.2.3** 勘探点的数量和深度应分别满足本标准第 3.2.2 条、第 3.3.2 条、第 3.3.3 条的要求。

**4.2.4** 勘探孔布置，应明确标明热响应试验孔。热响应试验孔孔数应达到设计要求和满足本标准第 3.2.2 条的要求。

**4.2.5** 勘察场区可在水平沟槽位置布置适量的槽探点，确定水平沟槽开挖及回填的相关施工参数。

### **4.3 钻 探**

**4.3.1** 钻探工作应符合现行行业标准《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T 87 的规定。

**4.3.2** 钻孔直径不应小于设计要求，且应满足取样、下地埋管

测试等要求。岩石地层成孔直径不应小于 130mm，非岩石地层成孔直径不应小于 150mm。

**4.3.3** 钻孔垂直度每 25m 测量一次，垂直度允许偏差应为 1%。

**4.3.4** 钻探方法应根据地层情况合理选取，并符合下列规定：

1 需采取岩芯的钻孔应采用回转钻进，无需取芯的钻孔可采用冲击或振动等钻进方法。

2 需鉴别土层天然湿度和划分地层的钻孔，地下水位以上应采用干钻；当需加水或使用循环液时，可采用无泵反循环钻进。

3 钻进时，应保持孔壁稳定，孔内通畅。应统计不同岩土层的钻进速度。

4 同一钻孔，对于不同的地层，可采用多种成孔方法。

5 当使用潜孔锤冲击钻进行钻进时，覆盖层应埋设套管，套管底端应置于中（微）风化岩层岩面上。

#### **4.4 地球物理勘探**

**4.4.1** 勘探场区在地埋管深度范围内，可能存在较为稳定的含水层时，可采用地球物理勘探的方法，确定含水层的空间分布。

**4.4.2** 地球物理勘探成果的判释具有多解性，可采用多种方法探测，应有一定数量的钻孔验证。

#### **4.5 岩土取样**

**4.5.1** 岩土试样质量分级及取样方法，应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定。

**4.5.2** 当有明确要求对岩土体取样进行室内热物性指标测试时，岩土试样的质量等级不得低于Ⅱ级样品质量。取样品数量宜按下列方法确定：

1 勘探深度范围内厚度大于 50m 的单一岩土层，该层取样数量应大于 6 组；

2 厚度 30m~50m 的岩土层，取样数量应大于 5 组；



- 3 厚度 10m~30m 的岩土层, 取样数量应大于 4 组;
  - 4 厚度小于 10m 的岩土层, 取样数量应大于 2 组。
- 4.5.3** 当岩土体试样不进行室内热物性指标测试时, 岩土试样的质量等级可低于 II 级。取样品数量应能满足土类定名及相关技术要求。

## **4.6 地下水位量测及采取水试样**

- 4.6.1** 地下水位量测应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定。
- 4.6.2** 每个含水层的取水样数量不宜少于 2 组。当有多个含水层时, 应采取分层隔水措施, 分层采取水样。
- 4.6.3** 除应分层测量含水层的稳定水位外, 应测量各含水层混合后的稳定水位。
- 4.6.4** 采取水样后, 应及时量测地下水温度, 精确到 0.1℃。

## **4.7 埋设地埋管**

- 4.7.1** 对需进行热响应试验的钻孔, 应按设计要求埋设地埋管。
- 4.7.2** 埋设地埋管前, 应进行下列工作:
- 1 应检查钻孔, 孔身不应有塌孔或缩颈现象, 下管前应确保孔身通畅;
  - 2 应明确钻孔循环液或地下水顶面标高, 循环液尚应测定比重。
- 4.7.3** 地埋管埋设时应符合下列规定:
- 1 若循环液或地下水顶面距地表小于 20m, 应用钻杆将地埋管导入孔底, 提钻杆时, 应采取措施防止地埋管上浮;
  - 2 无地下水或循环液的钻孔, 可依靠地埋管自重或在管头处配置重物, 在人力约束下落入孔底;
  - 3 无论采用何种方法下管, 均应定量记录下管速度和卡管情况。

**4.7.4** 地埋管埋设完成后，应在保压状态下对地埋管的通畅情况进行检验检测，并应定量记录。

## **4.8 钻 孔 回 填**

**4.8.1** 对于无需做热响应试验的勘探孔，应按照现行行业标准《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T 87 的规定及时进行回填。

**4.8.2** 对需要进行热响应试验的勘探孔，应按下列步骤回填：

1 检查地埋管的埋设情况，确保地埋管埋设达到设计要求后，方可进行回填；

2 勘探孔段回填可采用黏土或水泥砂浆注浆回填。

**4.8.3** 对有套管护壁的钻孔，应边起拔套管边进行回填。

**4.8.4** 回填全过程均不应损伤地埋管，回填完成后，应对地埋管通畅情况及保压性能进行检测。

## **4.9 勘探编录与成果**

**4.9.1** 勘探现场编录应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定，尚应符合下列规定：

1 对钻进方式及成孔速度应定量记录，对钻孔循环液的成分及比重应有描述与测量；

2 下地埋管全过程应定性和定量记录，主要包括：下管方式、地埋管抗浮方法、下管速度、地埋管损伤情况等；

3 应记录钻孔各段的回填方式、回填料的成分组成及回填难易程度，应描述回填对地埋管的影响情形。

**4.9.2** 勘探成果应包括下列内容：

1 勘探现场记录；

2 岩土芯样及照片；

3 钻孔柱状图及展开图；

4 勘探点坐标、高程数据一览表；

- 5 不同岩土层钻进方法、难易程度、回填方法一览表；
  - 6 采用基础下地埋管时，成孔及护壁方式对持力层的影响。
- 4.9.3** 室内热物性指标试验的岩土试样应保留芯样至地源热泵系统工程结束。



## **5 地 下 水**

### **5.1 一 般 规 定**

**5.1.1** 水文地质特征应根据地源热泵系统工程的要求，通过现场调查和勘察手段查明，应包括下列内容：

- 1 地下水类型和赋存状态；
- 2 主要含水层的分布规律，包括含水层岩性、分布、埋深、厚度、富水性和渗透性等；
- 3 地下水的水位、水温、水质及分布；
- 4 主要含水层地下水径流方向、流速；
- 5 区域性气候资料，如年降水量、蒸发量及其变化和对地下水位的影响；
- 6 地下水的补给排泄条件、地表水与地下水的补排关系及其对地下水位的影响；
- 7 对地下水和地表水的污染源及其可能的污染程度。

**5.1.2** 对缺乏常年地下水位监测资料的地区，地源热泵系统宜设置长期观测孔，对有关层位的地下水进行长期观测。

**5.1.3** 根据地源热泵系统采用的热源性质，宜对地源热泵系统可能造成的地下水位变化及由此引起的环境影响进行评价。

### **5.2 含水层分布及特征、地下水来源**

**5.2.1** 应通过收集资料、现场调查、钻探、物探等手段，查清工程场地的主要含水介质、主要含水层埋藏深度、厚度及水位变化情况。

**5.2.2** 应查明地下水补给、径流、排泄条件及相邻含水层关系等水文地质条件。

**5.2.3** 应查明地下水径流、排泄条件及相邻含水层关系等水文

地质条件。

### 5.3 水文地质参数测定及试验方法

**5.3.1** 水文地质参数测定项目，应根据地源热泵系统采用的换热方式进行确定。

**5.3.2** 对地下水地源热泵系统，应测定的水文地质参数包括地下水水位、渗透系数影响半径、最大涌水量；对地埋管地源热泵系统，应测定的水文地质参数包括地下水水位、渗透系数、地下水径流方向和速度等。

**5.3.3** 地下水位的量测应符合下列规定：

1 遇地下水时应量测水位；

2 对地源热泵系统工程有影响的多层含水层，应分层量测地下水水位，并应采取止水措施，将被测含水层与其他含水层隔开。

**5.3.4** 初见水位和稳定水位可在钻孔、探井或测压管内直接量测，稳定水位的间隔时间应按地层的渗透性确定，砂土和碎石土不应少于 0.5h，粉土和黏性土不应少于 8h，并宜在勘察工作结束后统一量测稳定水位。量测读数至厘米，精度宜为  $\pm 2\text{cm}$ 。

**5.3.5** 渗透系数应采用现场抽（注）水试验测定。

**5.3.6** 地下水地源热泵系统，应选择代表性地段进行回灌试验。回灌水水质不应低于回灌目标层地下水的水质，回灌试验之前应进行水质检验。

**5.3.7** 地下水径流方向应收集当地水文地质资料。确无资料可循时，宜采用几何法来量测，量测点不应少于呈三角形分布的 3 个测孔。测点间距按岩石的渗透性、水力梯度和地形坡度确定，宜为 50m~100m。应同时量测各孔内水位，确定地下水的径流流向。

**5.3.8** 地下水流速的测定可采用指示剂法或充电法。

## 5.4 水质分析

**5.4.1** 地埋管地源热泵系统宜采取水样进行水质简分析，每件试样宜为 1000ml；地下水地源热泵系统应采取水样进行水质全分析，每件试样宜为 3000ml，必要时应采取水样进行专门分析，试样数量根据具体项目确定。

**5.4.2** 地下水试样应代表天然条件下的客观水质情况。

**5.4.3** 水试样应及时试验，清洁水放置时间不宜超过 72h；稍受污染的水不宜超过 48h；受污染的水不宜超过 12h。

## 5.5 抽水试验

**5.5.1** 地源热泵勘察抽水试验，应测定含水层的渗透系数和管井最大涌水量。抽水试验应以稳定流法为主。

**5.5.2** 抽水试验前，应根据试验场地的水文地质条件及已有工程经验计算含水层的渗透系数，设计抽水试验方案。抽水试验方案内容应包括：

- 1 试验目的；
- 2 抽水孔和观测孔的布置；
- 3 造孔要求和钻孔结构；
- 4 抽水设备的规格及数量；
- 5 试验设备的安装和试验的技术要求；
- 6 计算公式的初步选择和对成果图件的要求等。

**5.5.3** 抽水试验可采用单孔或群孔抽水试验，宜布置观测孔。

**5.5.4** 观测孔的布置应根据试验的目的和计算公式要求确定，宜符合下列规定：

- 1 布置一条观测线时，观测线应以抽水孔为中心垂直地下水流方向布置。布置两条观测线时，宜垂直与平行地下水流向布置。

- 2 对岩性变化较大的松散层和基岩，可布置两条观测线分别平行和垂直于岩性变化较大的方向或透水性强的方向。



**3** 每条观测线上的观测孔宜为 3 个，若选用  $s\text{-}lgt$  关系计算最少应布置一个观测孔。

**4** 第一个观测孔应避开紊流的影响，最远观测孔距第一观测孔不宜太远，相邻两观测孔水位下降值的差不应小于 0.1m，观测孔相互距离应满足在对数轴上呈均匀分布的要求。

**5** 各观测孔的过滤器长度宜相等，并安置在同一含水层和同一深度。

**5.5.5** 单层厚度大于 10m 的多层含水层具有下列条件之一时，应分层抽水试验：

- 1** 水质差别较大；
- 2** 水文地质参数差异较大；
- 3** 不同类型含水层。

**5.5.6** 对富水性强的大厚度含水层，划分几个试验段进行抽水时，试验段的长度可采用 20m~30m。

**5.5.7** 当采用数值法评价地下水资源时，宜进行大流量、大降深的群孔抽水试验，并应以稳定流法抽水试验为主。

**5.5.8** 抽水试验前和抽水试验时，同步测量抽水孔和观测孔、点的自然水位和动水位。自然水位的日动态变化很大时，应掌握其变化规律。抽水试验停止后，应测量抽水孔和观测孔的恢复水位。抽水试验结束后，应检查孔内沉淀情况，必要时，应进行处理。

**5.5.9** 抽水试验时，应防止抽出的水在抽水影响范围内回渗到含水层中。

**5.5.10** 在同一试验区应采用同一方法和工具进行水位观测。抽水孔的水位测量应读数到厘米，观测孔的水位测量应读数到毫米。

**5.5.11** 出水量的测量，采用堰箱或孔板流量计时，水位测量应读数到毫米；当采用容积法时，量桶充满水的时间不宜少于 15s，应读数到 0.1s；当采用水表时，应读数到 0.1m<sup>3</sup>。

**5.5.12** 抽水试验井结构设计、施工、验收应符合国家现行标准

《管井技术规范》GB 50296、《供水水文地质钻探与管井施工操作规程》CJJ/T 13 的相关规定。

## 5.6 回灌试验

**5.6.1** 回灌试验前，应根据试验场地的水文地质条件及已有工程经验计算单井回灌量和回灌影响半径，进行回灌试验方案设计。

**5.6.2** 回灌试验方案设计主要内容应包括：

- 1 试验目的；
- 2 回灌孔和观测孔的布置；
- 3 钻孔结构和造孔要求；
- 4 回灌加压设备或装置；
- 5 试验设备的安装和试验的技术要求等。

**5.6.3** 回灌试验可采用单孔回灌试验，预估工程回灌井之间存在相互干扰时应进行单井和群井回灌试验，均应布置水位观测孔。

**5.6.4** 观测孔布置宜符合下列规定：

- 1 布置一条观测线时，观测线应以回灌水孔为中心垂直地下水流向布置，布置两条观测线时，应垂直与平行地下水流向；
- 2 对岩性变化较大的松散层和基岩可布置两条观测线分别平行和垂直于岩性变化较大的方向或透水性强的方向；
- 3 每条观测线上的观测孔不宜少于 2 个；
- 4 观测孔布置范围应能准确确定回灌影响范围；
- 5 各观测孔的过滤器长度宜相等，并应安置在同一含水层和同一深度。

**5.6.5** 当有多层地下水时，应采用同层回灌试验。

**5.6.6** 回灌试验井应布置在抽水井主要影响范围之外。

**5.6.7** 回灌试验前，应同步测量回灌孔和观测孔的自然水位和动水位。

**5.6.8** 水位的观测，在同一试验中应采用同一方法和工具，水

位观测读数至厘米。

**5.6.9** 若采用抽取的地下水进行回灌，应对地下水进行除砂处理。

**5.6.10** 回灌试验方法宜按本标准附录 A 进行。

## **6 地 表 水**

### **6.1 一 般 规 定**

**6.1.1** 地表水地源热泵系统工程勘察应以现场调查为主，应包括下列内容：

- 1 流动水体和滞留水体特征；
- 2 水体水温、水位、水质、水量等水体特征；
- 3 温度、湿度、太阳辐射、风速、降雨等当地气候特征；
- 4 取水、排水路线以及场地的地质特征。

**6.1.2** 当水体性质和水文特征发生变化时，原水体的水文特征不宜作为设计依据。应对现有水体的水温和水质进行长期监测。

### **6.2 地表水调查**

**6.2.1** 对冬夏季水位变化较大的水体，应调查冬季和夏季的最低水位和最高水位，以及 50 年一遇或设备生命周期内的最枯水位和洪水位。

**6.2.2** 对蓄水后水位变化的水体，应收集水文部门提供的水位变化成果资料。

**6.2.3** 地表水地源热泵系统工程周边的环境调查工作，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 场地内植被、池塘、排水沟及埋地输电线、电信电缆的分布；
- 4 场地内已有的、计划修建的地下管线和地下构筑物的分布及其埋深；
- 5 可利用的地表水源距拟建建筑物换热机房的距离及高差；



## **6 污染源性质与分布。**

### **6.3 水质与水温**

**6.3.1** 应对水体进行物理分析、化学成分分析。水体性质多年未发生变化的流动水体，已有资料可以利用，但应取样检测。滞留水体应进行现场检测和分析。

**6.3.2** 滞留水体有补充水源时，应对补充水源进行水质检测。

**6.3.3** 在勘察阶段，应测量水体不同深度的水温，并收集全年温度变化资料。对于滞留水体，应进行系统运行过程中的水温动态变化监测；对于以流动水体为低位冷、热源的大型地表水换热工程，应监测运行过程中排水影响区域的水温变化。

**6.3.4** 应调查补充水源的全年水温变化。

### **6.4 水体与地质勘察**

**6.4.1** 对流动水体应勘察水体河床的断面形态，应绘制断面图，确定断面流量。

**6.4.2** 对滞留水体应绘制横向和纵向的水体断面图，确定不同深度和断面的水量。

**6.4.3** 应对取水点的地质条件进行勘察，满足取水设施建设的需要；应对取水管路和排水管路铺设路线沿线的地质条件进行勘察，满足取水和排水管路铺设的要求。

**6.4.4** 取水构筑物的勘察应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定。

## 7 室内试验和现场试验

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 室内试验采集的试样、现场试验点的选取应具有代表性。

**7.1.2** 测试仪器应定期进行检定和校验，测试仪器应具有检验合格证、校准证书或检定证书。

**7.1.3** 试验和测试除应符合本标准要求外，还应符合现行国家标准《土工试验方法标准》GB/T 50123、《地源热泵系统工程技术规范》GB 50366 的规定。

### 7.2 岩土物理性质指标和试验

**7.2.1** 地源热泵系统勘察宜测定岩土物理性质指标，并应包含下列内容：

1 砂土的颗粒级配、比重、孔隙比、天然含水量、天然密度、最大和最小密度；

2 粉土的颗粒级配、液限、塑限、比重、孔隙比、天然含水量、天然密度和有机质含量；

3 黏性土的液限、塑限、比重、孔隙比、天然含水量、天然密度和有机质含量；

4 岩石的比重、天然含水量、天然密度。

**7.2.2** 岩土试验试样采取、保管、运输应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定，土试样质量等级应满足测定相关指标的要求。

**7.2.3** 岩土层的分类和鉴定，应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定。

### 7.3 室内热物理性试验

**7.3.1 导热系数试验。**原状的黏性土、粉土、砂土，以及岩石试样，宜采用稳态比较法热物性试验测定土和岩石的导热系数。

**7.3.2 比热容试验。**黏性土、粉土、砂土和岩石可采用绝热法测定比热容，可将试样烘干后按要求的含水率配制或采用天然含水率状态土样及岩石。

**7.3.3** 试验室的相对湿度应不大于 60%，并能通风换气。

### 7.4 热响应试验

**7.4.1** 岩土热响应试验测试参数应包括下列内容：

- 1 岩土初始平均温度；
- 2 地埋管换热器的循环水进出口温度、流量、压力以及试验过程中向地埋管换热器施加的加热功率。

**7.4.2** 岩土热响应试验装置可由恒加热系统、循环系统、电控系统、测量系统组成。岩土热响应试验测试仪表允许误差应符合下列规定：

- 1 加热功率的测量允许误差应为 $\pm 1\%$ ；
- 2 流量的测量允许误差应为 $\pm 1\%$ ；
- 3 温度的测量允许误差应为 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ ；
- 4 压力的测量允许误差应为 $\pm 0.3\text{Pa}$ ；
- 5 各个测量仪表与数据采集系统相连接时，数据采集系统接收并转化输出的显示数据与测量仪表记录数据间的允许偏差应为 $\pm 1\%$ 。

**7.4.3** 岩土热响应试验测试前，准备工作应符合下列规定：

- 1 平整场地，完成测试孔的施工；测试孔的深度应与工程孔相一致，并应符合设计要求；
- 2 测试用水、电接驳点应接至测试现场；测试仪器与测试孔、水源、电源应连接，连接顺序应为先接水后接电；
- 3 测试电源应稳定，符合供电电源相关规范；若采用发电



设备，则发电设备功率应大于测试设备最大功率 3 倍以上；

4 水电等外部设备连接完毕后，应对测试设备本身以及外部设备的连接再次检查；

5 测试仪器与测试孔的管道连接应减少弯头、变径，连接管外露部分应保温，保温层厚度不应小于 10mm；

6 回填工作完成 48h 后，方可进行热响应试验工作。

7.4.4 岩土热响应试验过程，应按下列步骤进行：

1 测试岩土初始平均温度；

2 启动加热器、水泵等试验设备；

3 设备运行正常后连续记录 U 形管进出口温度、水压、流量、加热功率等试验数据；

4 及时核对试验数据的可靠性。

7.4.5 岩土热响应测试应符合下列规定：

1 岩土热响应试验应在测试孔完成并放置至少 48h 以后进行；

2 岩土热响应试验应连续不间断，持续时间不应少于 48h；

3 试验期间，加热功率应保持恒定；

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

5 地埋管换热器管内流速不应低于 0.2m/s；

6 试验数据读取和记录的时间间隔不应大于 10min。

7.4.6 岩土热响应试验过程中，应对试验设备妥善保管，试验完成后，对测试孔应进行防护。

7.4.7 岩土热物性参数可根据试验条件按线热源或柱热源模型进行分析计算。

7.4.8 岩土热响应试验报告应包括下列内容：

1 项目概况；

2 岩土层特征、水文地质条件；

3 测试仪器，测试方法和过程，质量评价；

4 测试成果图表、分析计算；

5 岩土热物性参数参考值，钻孔单位延米换热量参考值。

## 8 现场监测

### 8.1 一般规定

8.1.1 地源热泵系统工程投入运行前应进行室外地下环境监测系统安装。

8.1.2 监测系统应在地源热泵系统安装过程中同步实施，监测系统应具备数据采集、查看、记录、存储及输出功能。

8.1.3 数据采集和记录宜以小时为单位。

8.1.4 信号传输和配电线缆应敷设在保护套管内，线缆敷设应符合现行国家标准《电力工程电缆设计标准》GB 50217 和《电气装置安装工程 电缆线路施工及验收标准》GB 50168 的有关规定。

### 8.2 地埋管地源热泵系统的监测

8.2.1 地埋管地源热泵系统监测主要为不同岩土体温度的监测。

8.2.2 每个岩土体温度监测点应包括 1 个换热孔内温度监测孔和至少 1 个换热孔间岩土体温度监测孔。

8.2.3 监测孔成孔及温度传感器布设应符合下列规定：

1 换热孔内温度监测孔的钻凿孔径宜适当放大。温度传感器布设应在变温层和恒温层分别布设温度传感器，并且应在含水层和隔水层分别布设温度传感器，温度传感器布设间距不宜大于 30m。

2 换热孔之间岩土体温度监测应单独钻凿监测孔，监测孔深度应至少达到恒温层。传感器布设位置应与换热孔内温度监测孔的温度传感器布设位置对应。

8.2.4 监测点的设置应符合下列规定：

1 监测点的数量应符合表 8.2.4 的要求；



表 8.2.4 监测点数量要求

换热孔数量 $n$ (个)	$n < 50$	$50 \leq n < 100$	$100 \leq n < 500$	$n \geq 500$
监测点数量	可不设置	不宜少于 1 个	不宜少于 2 个	不宜少于 3 个

2 少于 50 个换热孔的建筑若设置监测点可仅设置换热孔内温度监测孔，不设置换热孔之间岩土体温度监测孔；

3 至少应有 1 个监测点设置于换热孔中心区域；

4 大于 100 个换热孔的建筑中，若地埋管换热孔布置为若干区块，每个数量大于 100 个换热孔的集中布孔区块应在中心区域设置监测点；

5 当监测点数量大于 3 个时，可在换热孔区域外设置 1 个监测点（监测孔），该监测孔温度传感器的布设应与换热孔内温度监测孔的温度传感器布设原则一致。

8.2.5 温度传感器可采用直埋安装和测温管安装两种方法。

8.2.6 若用于数据采集的监控柜安装位置距离监测点大于 50m 时，应在监测点周边 2m 范围内就地设置检查井或地面基础安装监控柜，监控柜防护等级不应低于 IP65。

### 8.3 地下水地源热泵系统的监测

8.3.1 地下水地源热泵系统的监测应包括地下水水位、地下水水温、取水量和回灌量，宜进行地下水水质、抽水井出水含砂量以及地面沉降的监测。

8.3.2 地下水水位和地下水水温监测应在抽水井和回灌井内安装液位变送器和温度传感器。水井内安装有潜水泵时，则液位变送器和温度传感器宜安装在潜水泵下方大于 10m 的位置，且配套的信号传输线缆应有保护套管。

8.3.3 抽水井和回灌井应进行取水量和回灌量监测，抽水井应在水泵出口安装水表或流量计，回灌井在水井进水口位置安装水表或流量计，抽灌互用井则应分别在相应位置安装两套水表或流量计。水表或流量计均应设置于水井的井室内。

**8.3.4** 地下水水质及抽水井含沙量监测时，宜采用定期采集水样化验的方式，每年采样频率宜为（1~2）次。

**8.3.5** 地面沉降监测，应符合现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 的规定。

**8.3.6** 每个监测点应单独设置数据采集监控柜。监控柜宜安装在抽水井和回灌井的井室内，监控柜防护等级不应低于 IP65。

#### **8.4 地表水地源热泵系统的监测**

**8.4.1** 地表水源热泵室外参数监测应包括地表水温度和室外环境温度监测，可进行地表水水质监测。

**8.4.2** 地表水温度监测应包括取水温度和排水温度监测，温度传感器应直接安装于取水口和排水口。

**8.4.3** 室外环境温度监测应将温度传感器安装在室外通风、空气流通良好的地方，避免阳光直射。

**8.4.4** 地表水水质监测应采用定期采集水样化验的方式，取水口和排水口水质均应监测。

**8.4.5** 地表水水质监测时，宜采用定期采集水样化验的方式。每年采样频率宜为（1~2）次，监测内容应符合现行行业标准《地表水和污水监测技术规范》HJ/T 91 的有关规定。

**8.4.6** 数据采集监控柜宜设置于取水构筑物内，也可根据现场条件选择安装位置，监控柜防护等级不应低于 IP65。

## **9 成果报告**

### **9.1 成果报告的基本要求**

**9.1.1** 地源热泵系统工程勘察成果所依据的原始资料，应经整理、检查、分析后使用。

**9.1.2** 地源热泵系统工程勘察报告应资料完整、真实准确、数据无误、结论有据、便于使用。

### **9.2 成果报告的内容和建议**

**9.2.1** 地源热泵系统工程勘察报告应包括下列内容：

- 1 勘察的目的、任务要求和依据的技术标准；
- 2 拟建工程概况及供热和供冷概况、要求；
- 3 勘察方法和勘察工作布置；
- 4 场地地形、地貌、地层、地质构造、岩土性质；
- 5 岩土物理性质、热物性指标及建议值；
- 6 勘察深度内各含水层地下水赋存情况、类型、水温及季节变化、水位及其变化、径流方向和流速、水质等；
- 7 地表水分布、深度、补给、水质、季节变化、水温及季节变化等；
- 8 如计划采用地下水地源热泵系统，还应提供周边影响范围内各类取水和补给、回灌点等的基本资料。

**9.2.2** 成果报告中的建议应包含下列内容：

- 1 地源热泵系统工程勘察报告应结合工程要求对该场地地源热泵系统的适宜性、项目对周边建筑的影响进行评价，对其长期运行可能存在的问题进行分析论证。
- 2 应结合场地地质条件和工程要求，对抽水井和回灌井设计与施工提出建议，对长期运行可能存在的问题提出警示。有条



件时对长期运行造成的地下水温度变化及这种变化对工程项目的影  
响作出预测。

3 应对地埋管施工中遇到的困难和问题提出建议。应对地埋管地源热泵系统的运行监控提出建议。具备条件时，可对系统长期运行导致的地下温度变化进行评价。

4 有条件时，结合地表水条件和水文变化，可对地表水地源热泵系统长期运行的可靠性和环境影响进行评价。

5 地源热泵系统可行性勘察应进行适宜性评价。适宜性评价条件应包括：工程要求、地质和水文地质条件、气候条件、换热系统的环境影响、技术条件、系统长期稳定性、工程经济因素、政策法规要求等。

#### 9.2.3 成果报告应附有下列资料：

- 1 勘探点平面布置图；
- 2 工程地质分区图、水文地质分区图；
- 3 工程地质柱状图、工程地质剖面图；
- 4 地表水分布平面图和剖面图；
- 5 现场试验成果图表；
- 6 室内试验成果图表。



## 附录 A 回灌试验方法

**A.0.1** 回灌试验井结构宜包括隔水段和回灌段，隔水段应采用井壁管，钻孔孔壁与井壁管之间应采用隔水材料填实，回灌段应采用滤水管，滤水管与钻孔孔壁之间应回填砾石，见图 A.0.1。

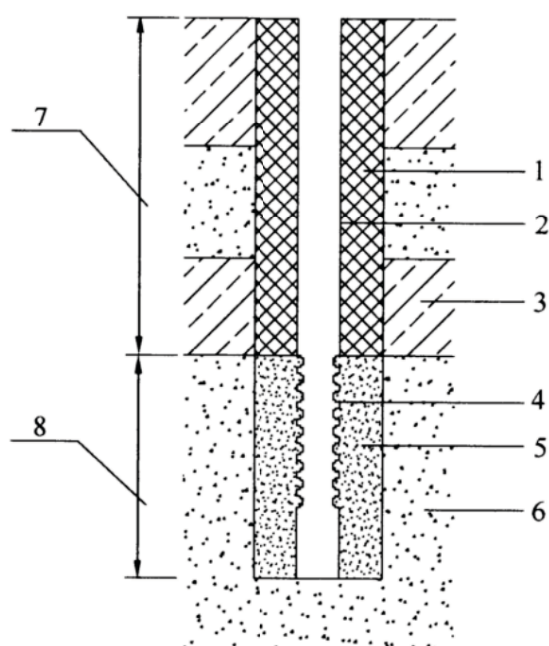


图 A.0.1 回灌井结构示意图

1—隔水材料；2—井壁管；3—隔水层；4—滤水管；  
5—回填砾石；6—回灌层；7—隔水区；8—回灌区

**A.0.2** 回灌试验井井径、井深、过滤器长度应根据含水层特征和回灌要求确定。

**A.0.3** 回灌试验井应在回灌层内设置过滤器，其余部分应作隔水处理，当为单一含水层，回灌水头低于地表时，可不设隔水段。

**A.0.4** 井管与钻孔之间的间隙不应小于 10cm。

**A.0.5** 回灌井成井可按照抽水试验井要求进行施工，安装完成

井管、填砾、隔水段封闭后应采用两种或两种以上方法洗井，并对洗井效果按国家现行标准《管井技术规范》GB 50296、《供水水文地质钻探与管井施工操作规程》CJJ/T 13 的相关要求进行检查。

**A.0.6** 当回灌水头超过地表时，应在井管孔口设置封闭结构。

**A.0.7** 稳定水量回灌时，回灌水量应保持不变，回灌过程中应同步测量回灌井和观测井的水位（水头高度），直至稳定。

**A.0.8** 测定稳定水头（压力）回灌时，回灌水头（压力）保持不变，回灌过程中同步测量回灌水量和观测井的水位，直至稳定。

**A.0.9** 宜根据预估最大回灌量或回灌水头高差，分三次等量递增进行试验。

**A.0.10** 当在注水稳定延续时间内，注水孔注水量或水位（压力）以及观测孔水位只在一定的范围内波动，且没有持续上升或下降的趋势时，应确定为注水试验的稳定标准。

**A.0.11** 当有观测孔时，应选取适当的观测孔或以最远观测孔的动水位判定。在判定动水位有无上升或下降趋势时，应考虑自然水位的影响。

**A.0.12** 注水试验的稳定延续时间，宜符合下列规定：

- 1 卵石、圆砾和粗砂含水层应为 8h；
- 2 中砂、细砂和粉砂含水层应为 16h；
- 3 基岩含水层（带）应为 24h。

**A.0.13** 注水试验时，动水位和注水量观测的时间，宜在注水开始后的第 5min、10min、15min、20min、25min、30min 各测一次，以后每隔 30min 或 60min 测一次。

注水结束后应立即观测恢复水位，观测时间为 1min、2min、3min、5min、7min、10min、15min、20min、30min、40min、60min、80min、100min，以后每隔 30min~60min 观测一次，直至稳定。

**A.0.14** 试验过程中，应详细记载所发生的有关情况，随时检

查各种观测记录，并现场绘制  $Q-H$  和  $H-t$  与  $Q-t$  曲线。

**A. 0. 15** 注水试验成果应包含下列内容：

- 1 试验地段的地质和水文地质文件；
- 2 试验情况和问题；
- 3 成果质量的评价和回灌试验结论与建议；
- 4 试验场地平面图；
- 5 注水孔和观测孔施工技术剖面图；
- 6  $Q-H$  曲线和  $H-t$  与  $Q-t$  曲线图；
- 7 基本数据和成果表。

## 本标准用词说明

1 为了便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。



## 引用标准名录

- 1 《岩土工程勘察规范》 GB 50021
- 2 《工程测量规范》 GB 50026
- 3 《土工试验方法标准》 GB/T 50123
- 4 《电气装置安装工程 电缆线路施工及验收标准》  
GB 50168
- 5 《电力工程电缆设计标准》 GB 50217
- 6 《管井技术规范》 GB 50296
- 7 《地源热泵系统工程技术规范》 GB 50366
- 8 《供水水文地质钻探与管井施工操作规程》 CJJ/T 13
- 9 《建筑工程地质勘探与取样技术规程》 JGJ/T 87
- 10 《地表水和污水监测技术规范》 HJ/T 91



中华人民共和国行业标准

地源热泵系统工程勘察标准

**CJJ/T 291 - 2019**

条文说明

## 编制说明

《地源热泵系统工程勘察标准》CJJ/T 291-2019，经住房和城乡建设部 2019 年 4 月 19 日以第 93 号公告批准、发布。

本标准制订过程中，编制组进行了广泛深入的调查研究，总结了我国工程建设地源热泵系统工程勘察领域的实践经验，同时参考了国外先进技术法规、技术标准，通过试验取得了多项重要技术参数。

为便于广大施工、监理、设计、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，《地源热泵系统工程勘察标准》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与标准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	43
2	术语	44
3	基本规定	45
3.1	一般规定	45
3.2	地埋管地源热泵系统工程勘察	46
3.3	地下水地源热泵系统工程勘察	47
3.4	地表水地源热泵系统工程勘察	47
4	勘探与取样	49
4.1	一般规定	49
4.2	勘探点布置	49
4.3	钻探	49
4.5	岩土取样	50
4.7	埋设地埋管	51
4.8	钻孔回填	51
4.9	勘探编录与成果	52
5	地下水	53
5.1	一般规定	53
5.3	水文地质参数测定及试验方法	53
5.4	水质分析	54
6	地表水	55
6.1	一般规定	55
6.2	地表水调查	55
6.3	水质与水温	55
6.4	水体与地质勘察	56
7	室内试验和现场试验	58

7.1	一般规定 .....	58
7.2	岩土物理性质指标和试验 .....	58
7.3	室内热物理性试验 .....	58
7.4	热响应试验 .....	58
8	现场监测 .....	59
8.1	一般规定 .....	59
8.2	地埋管地源热泵系统的监测 .....	59
8.3	地下水地源热泵系统的监测 .....	61
8.4	地表水地源热泵系统的监测 .....	63
9	成果报告 .....	64
9.1	成果报告的基本要求 .....	64
9.2	成果报告的内容和建议 .....	64

# 1 总 则

**1.0.1** 本条为制定本标准的宗旨。地源热泵系统可通过在浅部地质环境（包括地下和地表水体）中换热而更高效率地供热和供冷，以达到节能和保护环境的目。近年来，地源热泵系统在工程建设中应用日益普遍，但是由于缺乏对地质环境的正确认识和评价，造成一些地源热泵系统运行不正常。为规范以地源热泵系统建设为目标工程勘察活动，特制定本标准。

**1.0.3** 本标准是针对地源热泵系统的专项工程勘察标准，对于工程勘察已有标准作出明确规定的通用内容，除部分章节出于内容的连续性要求而编写外，本标准原则上不再另设条文。

## 2 术 语

**2.0.1** 本术语的定义引自《地源热泵系统工程技术规范》GB 50366-2005。地源热泵系统的组成包括换热系统、热泵机组、室内系统等，热泵机组一般为水源热泵。

地埋管地源热泵系统有时也称为土壤源地源热泵系统。严格意义上说地源热泵一词是不存在的，在正式文本中，以其代称地埋管或土壤源地源热泵系统是不合适的。水源热泵是指以水为低温热源的热泵机组，在正式文本中，以其代称地下水地源热泵系统也是不合适的。

**2.0.2** 地埋管地源热泵系统的换热系统包括地埋管、循环液、水泵等部分。地下水地源热泵系统的换热系统包括抽水井、回灌井、水泵、过滤器、换热板等部分。地表水地源热泵系统的换热系统包括取水管、泵房、水管、水泵、换热板等部分。

**2.0.3** 影响岩土导热系数的因素主要包括地层岩性、孔隙率、含水率、温度以及各向异性等。通常热响应试验测得的岩土导热系数是测试深度内包含了岩土体、回填料以及塑料管壁等因素的综合导热系数。导热系数是衡量岩土体导热能力的物理量，影响岩土体传热速率。

**2.0.4** 比热容是表示物质热性质的物理量，代表物质的蓄热能力。岩土体在传热时，自身吸收热能、温度升高。因此导热系数和比热容共同决定了岩土体的热扩散能力。



## 3 基本规定

### 3.1 一般规定

**3.1.2** 为满足不同设计阶段对工程勘察资料的要求；考虑地源热泵系统的应用实践性很强，对其认识也是一个由浅入深的过程；为尽早了解地源热泵系统的适宜性，减小盲目投资带来的风险等，地源热泵系统的勘察工作宜分阶段进行。但当在城市及工业区等，如已积累了大量的工程实践经验或勘察等级为丙级工程，也可合并勘察阶段直接进行施工图设计阶段的勘察工作。

**3.1.3** 工程规模一般可根据应用建筑面积来确定。应用建筑面积是指在同一工程中，应用地源热泵系统的各个单体建筑面积的总和。工程规模大小与一个地区地源热泵系统工程实例的多少、工程应用的成熟程度、地源热泵系统市场的发育程度等均有关系，所以不同的地区不同的发展阶段对于工程规模的大小划分标准也是不一样的，因此本标准没有给出具体量化标准。国家标准《地源热泵系统工程技术规范》GB 50366 - 2005（2009 年版）第 3.2.2A 条关于地埋管换热系统勘察内容中规定“当地埋管地源热泵系统的应用建筑面积在  $3000\text{m}^2 \sim 5000\text{m}^2$  时，宜进行岩土热响应试验；当应用建筑面积大于等于  $5000\text{m}^2$  时，应进行岩土热响应试验”。根据我国近几年对应用地源热泵系统项目的情况调查，大中型地埋管地源热泵系统的应用建筑面积多在  $5000\text{m}^2$  以上， $5000\text{m}^2$  以下多为小型单体建筑，考虑未来随着工程经验的积累和地源热泵项目的发展，应用面积会越来越大，因此一般将小于等于  $5000\text{m}^2$  以下定为规模小； $5000\text{m}^2 \sim 50000\text{m}^2$  为规模中等；大于等于  $50000\text{m}^2$  为规模大。

### 3.2 地埋管地源热泵系统工程勘察

**3.2.1** 当场地环境、地质条件、水文地质条件及工程条件等变化较大，且对地埋管地源热泵系统的设计有显著影响时，就需要进行工程分区。

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

**3.2.2** 勘探点包括钻探、井探、槽探及钎探等。

**3.2.3** 岩土体热物理性参数，包括岩土体导热系数、密度及比热容等。

目前国内外确定土壤热物性参数的方法主要有以下几种：

1) 根据前期钻井或钻探获得的地质资料，通过查找相关的技术手册进行确定。

如美国电力研究院（EPRI）编写的手册《Soil and Rock Classification for the Design of Ground-coupled Heat Pump Systems Field Manual》以及国际地源热泵协会（IGSHPA）编写的手册《Soil and Rock Classification Manual》等。

2) 试验室取样测试。

虽然热物性指标的试验室测试的指标数值比较准确，但是土的热物性指标与地理位置、地层组成及特性相关，还与地下水的情况也密切相关。所以，室内试验测得的土的热物性指标与现场原位测试结果相差较大。

3) 现场测试法。

现场测试法利用的是热响应试验法的原理，即通过向地下输入恒定的热量，进而检测土壤的温度响应来计算土壤热物性参数的方法。

### 3.3 地下水地源热泵系统工程勘察

**3.3.1** 地下水地源热泵系统是采用地下水作为低位热源，并利用热泵技术，通过少量的高位电能输入，实现冷热量由低位能向高位能的转移，从而达到为使用对象供热或供冷的一种系统。地下水地源热泵系统适合于地下水资源丰富，当地资源管理部门允许开采利用地下水的场地。地下水地源热泵系统的勘察应根据工程所在地自然条件及水文地质条件研究成果，充分收集当地水文地质普查、详查等资料，进行与地源热泵系统有关的勘探验证和现场试验的过程。

有关含水层及抽水试验的勘察可参照现行国家标准《供水水文地质勘察规范》GB 50027、《管井技术规范》GB 50296 等有关规定进行。

地下水地源热泵系统场地工程分区，主要指场地环境、水文地质条件及工程条件等对地下水地源热泵系统的设计影响大，工程跨越多个水文地质单元，且必须查明这些分区的差异性时，而进行的工程分区，并按工程分区对其工程的适宜性及其相关设计参数进行评价。

**3.3.3** 为了节约投资，在进行水文地质试验阶段可考虑以后在工程实施中将试验孔完善为工程热源井或回灌井等因素来设计水文地质试验。

### 3.4 地表水地源热泵系统工程勘察

**3.4.1** 地表水地源热泵系统，根据地表水源的不同可分为：淡水地源热泵系统、海水地源热泵系统及污水地源热泵系统（或称再生水地源热泵系统）。根据传热介质是否与大气相通，分为开式和闭式系统两种。

#### 1 江、河、湖水地源热泵系统

地表淡水的水温受气候影响较大，全年处于波动状态。掌握地表水的水温变化规律是实施地表水地源热泵系统的前提。地表



水水温的勘察包括近年的极端最高和最低水温，同时掌握全年水温变化规律也很重要。对于水深较深的水体，还需对冬季和夏季不同深度处的水温进行现场测试。

地表水水位及流量勘察包括年最高和最低水位及最大和最小水量。对流入水体的水源温度也应进行勘察，不同的流入水源可能温度不同，应分别进行勘察，如地下泉水的流入、河水的流入、人工水源的流入等。

地表水的水质勘察包括，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、固体含量及盐碱量等。

地表水地源热泵系统勘察还应对地表水地源热泵系统的设计方案提供相关建议。建议包括：取水方式和回水方式；取水口和回水口的位置；供水管和回水管网分布及埋深；水处理方式和处理设备。

## **2 海水地源热泵系统**

当利用海水作为热泵系统的冷热源时，人们普遍关心的技术问题是海水对设备和管道的腐蚀以及海生物附着造成的管道和设备的堵塞等问题。

**3.4.2** 测试点包括取水样点，水温、水质、流量、流速的测试点等。

**3.4.3** 地表水水温、水位及流量的最高、最低值指的是设计基准期内（一般为 20 年），水温、水位及流量的最大和最小值。

## 4 勘探与取样

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 地源热泵系统的工程勘察，不同项目往往有着不同侧重点，有的侧重土层综合热物性指标的测试，有的侧重成孔施工时的难易程度或确定施工方法。根据不同的目的，勘探施工时，可根据实际情况选择合理的钻机及钻进方法。

**4.1.2** 地源热泵系统工程勘察的勘探孔一般较深（约 100m），钻探过程中应确保不破坏地下结构物。若采用潜孔锤施工，尚应有除尘及降噪措施，避免对环境造成不利影响。

### 4.2 勘探点布置

**4.2.1** 场区地层信息，主要是指本场区或临近场地的岩土工程勘察报告书。根据拟建建筑的冷热工况及场地条件，预估地下换热器可能的分布范围，并在此范围内布设勘探点。

**4.2.2** 勘探点间距可根据场地条件及对地层信息的了解程度确定，当地层信息资料齐全时，可适当取大值，反之取小值。

**4.2.4** 热响应试验除进行成孔施工外，尚要进行热响应测试，在布孔图中明确热响应试验孔后，有利于科学合理地安排工作进程。

**4.2.5** 探槽的目的主要是为了揭示浅表地层，确定水平沟槽的施工参数，可采用人工或机械开挖。

### 4.3 钻 探

**4.3.2** 设计对成孔直径有明确要求时，应按设计孔径成孔；没有要求时，应满足下放 U 形管的要求。考虑到 U 形管弯头直径一般为 90mm~110mm，所以岩石地层的成孔直径不应小于



130mm，防止安放 U 形管时对管壁造成损伤，非岩石地层一般需要套管护壁，其成孔直径可能更大。对于不安放 U 形管的勘探孔，其成孔直径不受此条限制。

**4.3.3** 地埋管布设时的孔距一般为 4m~6m，如果成孔的垂直度没有保证，施工时会出现两孔交叉甚至窜孔现象，不仅影响换热器的效果，还有可能造成已成孔报废。对地源热泵系统工程勘察而言，因其勘探点间距大，不至于出现上述现象，但垂直度的偏差仍应满足 1% 的要求，是希望勘察单位在勘探过程，根据地层的实际情况，确定出一套满足垂直度要求的施工方法，并明确施工过程中影响垂直度的地层信息及垂直度的控制方法。这些措施及方法应成为勘察成果的一部分，体现在勘察报告中。

**4.3.4** 选择钻进方法主要是为了相关工作可顺利进行。选择钻进方法时考虑以下几个方面：

- 1 钻进方法要适应钻探地层的特点；
- 2 钻进方法要与后期成孔施工有较大的相似性，以便能指导后续施工；
- 3 钻进方法要能满足原位测试特别是土层热物性指标测试要求。

本条需要特别指出的是，钻进过程中一些量化指标，如钻进速度，循环液成分及比重等，对日后的成孔施工具有重要的指导意义。这些指标应该成为成果勘察报告的组成部分。另外，采用潜孔锤冲击成孔时，覆盖层应设置钢套管，防止高压空气对覆盖层产生扰动，特别是场区内有天然地基基础的建筑物时，一定要确保成孔时不对地基土造成影响。

## **4.5 岩土取样**

**4.5.2** 目前，室内热物性指标测试的应用尚不成熟，主要是室内条件与土层原状条件有较大差别。另外，室内热物性指标的测试成果与现场热物性指标的测试成果也有较大差别，一般按现场原位热物性成果进行设计。即使如此，本条仍对现场取样数量作

了明确规定，主要目的是获取一定量的室内测试成果，从而与原位测试成果建立起对应关系，为本行业的发展奠定基础。

土样的采取，除了在数量上应满足要求外，尚应考虑其在不同勘探孔中分布的均匀性。当土层均匀性较好或勘探孔数足够时，少量钻孔也可不采取样品，专门用于施工参数确定或原位测试。

## **4.7 埋设地埋管**

**4.7.2** 埋设地埋管前，应首先检查孔身是否出现塌孔现象。若出现塌孔，应记录塌孔部位及范围、孔身疏通的方法和防止再次塌孔的措施，这些均应作为勘察成果，体现在成果报告中。

**4.7.3** 即使孔内充满循环液，地埋管在浮力作用下，很难依靠自身的重量下落至设计孔底，一般用钻杆导入孔底，导入过程中应注意观察阻力情况，遇阻碍时，应分析原因，不可强行下管。导入孔底后，首先轻提钻杆约 0.5m，观察地面管是否有上浮现象，若出现上浮，应及时回填一定量的黄砂后，才可慢提钻杆。下管完成后，应对保压状况进行检测，并记录压力表的压力值，便于后期确定 U 形管的保压性能。当保压状况较差时，应分析原因并重新安装地埋管。

## **4.8 钻孔回填**

**4.8.2** 地埋管埋设达到设计要求后，要检查管内水流的通畅情况及保压性能，当此两项指标均达要求后才能进行钻孔回填。因地下水比热容大，流动性能好，能提高地下换热口整体换热性能，故钻孔回填时应考虑地下水流动性的利用情况。当要利用地下水的流动性，且不会造成不良环境影响时，可用粗骨料回填，在不破坏其流动性的同时，也不阻碍其与 U 形管直接进行热交换。当没有地下水或不考虑利用地下水的流动性时，可直接采用注浆回填或利用原浆掺入少量水泥以注浆的方式回填。

**4.8.3** 回填物高度接近套管底部时，应适当控制回填量，尽量

避免回填物高出套管底部，从而导致套管无法拔起或拔断 U 形管。

**4.8.4** 回填后应检查 U 形管的保压状态，若压力值下降，应分析原因，明确注意事项和防范措施。

## **4.9 勘探编录与成果**

**4.9.1** 勘探的编录成果除了应描述土层性质，还应对钻进方法，成孔速度及护壁情况进行定性或定量的详细描述。因为地源热泵系统工程勘察除了掌握地层信息及土层热物性指标外，还应对地埋管的成孔施工具有指导意义。因此，在有条件的场区，可考虑在同一场区采用不同的成孔方法，并从工期、质量、经济等多方面对不同的成孔方法列表比较，以便确定最优的施工方案。

**4.9.2** 天然地基建筑物下采用地埋管时，应详细分析评价各成孔方法对地基土的扰动情况，最好用量化指标（如泥浆比重、套管埋设深度、风压范围等）界定施工参数。

**4.9.3** 为了便于室内热物性指标与现场热响应试验进行对比。



## 5 地 下 水

### 5.1 一 般 规 定

**5.1.1** 对于地埋管地源热泵系统，地下水径流方向和速度对地下岩土体温度的短期和长期变化有很大影响。对地下水地源热泵系统的水温影响也较大。在工程勘察中提供相应参数是必要的，主要用于评价地下岩土体温度变化。

**5.1.2** 此条主要是针对热源为地下水的情况，地下水的变化直接影响地源热泵系统正常运行。为准确确定场地的地下水位，观测孔宜按照三角形布置，孔数不宜少于 3 个。地下水位变化较大的地段、上层滞水或裂隙水赋存地段，均宜布置观测孔。

**5.1.3** 在选择地下水地源热泵系统时，应考虑建设场地是否已受到地裂缝、降落漏斗、地面沉降等的影响，以及地源热泵系统建成后是否会对地裂缝等产生更不利的影响。因此在开展地源热泵系统项目建设时，应对可能造成的环境影响进行评价。

### 5.3 水文地质参数测定及试验方法

**5.3.5** 渗透系数等水文地质参数的测定，有现场试验和室内试验两种方法。一般室内试验误差较大，现场试验比较切合实际，故本条规定通过现场试验测定，当需要了解某些弱透水层的参数时，也可采用室内试验方法。

**5.3.6** 此处的回灌试验主要用于评价含水层的回灌能力。

**5.3.7、5.3.8** 对地下水流向流速的测定作如下说明：

1 对于地源热泵系统工程而言，当地的水文地质调查资料已能满足工程要求。故本条提出只是对没有水文地质资料的工程地点采用几何法来测定。几何法测定地下水流向的钻孔布置，除应在同一水文地质单元外，尚应考虑形成锐角三角形，其中最小

夹角不宜小于  $40^{\circ}$ ；孔距宜为 50m~100m，过大、过小均会影响量测精度；

2 用指示剂法测定地下水流速时，试验孔与观测孔的距离由含水层条件确定，一般细砂层为 2m~5m，含砾粗砂层为 5m~15m，裂隙岩层为 10m~15m，岩溶水可大于 50m；指示剂可采用各种盐类、着色颜料等，其用量决定于地层的透水性和渗透距离。需要注意的是，选择指示剂时注意不要对地下水造成污染；

3 用充电法测定地下水的流速适用于地下水位埋深不大于 5m 的潜水。

## 5.4 水质分析

5.4.2、5.4.3 地下水样的采取应注意下列几点：

1 取水容器要洗净，取样前应用水试样的水对水样瓶反复冲洗至少 3 次；

2 采取水样时应将水样瓶沉入水中预定深度并缓慢将水注入瓶中，严防杂物混入，水面与瓶塞间要留 1cm 左右的空隙；

3 水样采取后要立即封好瓶口，贴好水样标签，及时送化验室。



## 6 地 表 水

### 6.1 一 般 规 定

**6.1.1** 现场调查可确定地表水地源热泵系统方案的可行性。因此，地表水现场调查资料，是方案选择的主要依据。

**6.1.2** 由于流动水体和滞留水体的温度分布差异较大，应区别对待其水体特征。合适的水温、水质、水量是保证地表水地源热泵系统高效运行的前提，而水位涉及地表水地源热泵系统的取水标高，涉及系统的节能量。气候特征总体上对供热、供冷系统的运行有较大的影响。取水管路和排水管路的铺设方式涉及取水和排水系统的安全。

地表水地源热泵系统项目中，若利用的水体为江、河等大型流动水体，由于存在水电站蓄水后对水温水质的影响，因此原有的水文勘察资料已经发生变化，应该对蓄水后的水体进行水温和水质的长期监测。

### 6.2 地表水调查

**6.2.1** 对于水体冬夏不同季节以及不同条件的水位勘察，目的是确定取水方式和取水标高，这涉及整个系统的取水能耗。而最枯水位和洪水位对地表水地源热泵系统取水泵房的安全性构成影响。

**6.2.2** 水位变化计算表可以确定蓄水后的最枯水位以及多年不遇的洪水位，同时也能得到蓄水之后的淤后水位和排沙层标高，为确定取水管的标高提供资料。

### 6.3 水质与水温

**6.3.1** 对于多年的流动水体，水文地质、环境状况、水质数据

一般变化较小，勘察可采用原有的水文、环境数据。但对于滞留水体，通常情况下缺乏基本的原始水体性质资料，应进行现场检测和分析。

**6.3.2** 由于补充水源的水质将影响和改变原有水体的水质，因此，对于滞留水体的补充水源，应进行水质检测。

**6.3.3** 相对于流动水体，滞留水体无法立即将换热系统的排热量带走，水体的水温变化剧烈。因此，监测水温动态变化对于系统的正常运行、合理利用水体是很重要的。虽然流动水体相对滞留水体更能迅速地带走换热系统的排热量，但大型地表水工程的排热量很大，其影响江河水温的区域也较大，为保护水生生态环境以及下游地表水地源热泵系统的取水安全，同样要进行水温变化的监测。

**6.3.4** 对于水体而言，补充水源的温度将影响水体的原始温度分布，应进行补充水源水温变化检测。

## **6.4 水体与地质勘察**

**6.4.1** 绘制河床断面构造的目的是为确定取水方式，断面形态和标高是地表水地源热泵系统设计时确定取水点标高、取水位置的重要数据。根据流速与断面面积，即可计算得到流动水体的流动水量，对于冬季枯水位较低以及河床断面复杂的地表水体，翔实准确的勘察资料是极为重要的。计算冬夏不同排热和排冷量情况下，排水区域的温度变化情况，应满足国家标准《地表水环境质量标准》GB 3838 的温度要求，以及系统节能率基础上的温变要求。设计取水位置和方式后，计算的流动水量应满足系统运行和上述标准的要求。

**6.4.2** 对于滞留水体，由于水温分布在竖向上分布是不一致的，这时地表水地源热泵系统取水标高的设定是极为关键的。不同的取水标高，取水温度不同，而水体的水量和取水层的水量对地表水地源热泵系统是不同的概念，高效的地表水换热需要合适水温的足够水量，而低于一定深度的水体水量对于地表水地源热泵系

统没有意义。在实际勘察过程中，应重点勘察水体 3m 以下的水量，以保证地源热泵系统的安全运行。因此，应绘制横向和纵向的水体断面图，以确定不同深度和断面的水量。勘察得到的水量信息，主要用于满足计算：

**1 确定建筑的供热供冷负荷特性。**

**1) 计算建筑总的负荷量；**

**2) 确定建筑负荷在不同负荷率下的负荷时间。**

**2 通过建筑负荷计算建筑在冬季和夏季对水体的排冷量和排热量。**

**3 利用水体的特征、冬夏的排冷排热量计算水体的温升。**

**4 满足现行国家标准《地表水环境质量标准》GB 3838 的温变要求以及系统节能率基础上的温变要求。**

**5 对比勘察水体水量，满足上述要求的计算水量才是保证换热系统的水量。**

**6.4.3** 在取水方案中，渗滤取水的取水方式是在河床底部进行取水，通过地下涵洞引水到换热机房，因此，应对取水线路以及取水点的工程地质条件进行勘察。而任何取水方案，岸上的取水、排水管路敷设以及相关施工方案的确定涉及取水、排水管路沿线的地质条件，因此，也应进行水管路和排水管路的工程勘察。

**6.4.4** 通常的取水方案是在岸边设置取水构筑物，由于有管道和设备的安装，进行取水构筑物的结构设计显得极为重要。因此，对于涉及取水构筑物的设计方案，应进行构筑物的工程勘察。



## **7 室内试验和现场试验**

### **7.1 一般规定**

**7.1.1** 土的热物理参数与孔隙比、含水量、渗透系数等紧密相关，需要做土的热物性试验的土样应是原状土样。

### **7.2 岩土物理性质指标和试验**

**7.2.1** 岩土体的热物性指标和孔隙比、含水量、密度等指标密切相关，在缺乏准确测定的热物性参数时，可使用物理性质指标进行估算。在有经验的地区，可通过物理性质指标的对比，简单评价地源热泵系统的适宜性。

### **7.3 室内热物理性试验**

**7.3.2** 比热容试验装样时如果改变土的状态，例如压紧压实，测得的比热容参数可能不符合实际情况。

### **7.4 热响应试验**

**7.4.1** 本试验目的为测定岩土层的综合热物性参数，包括比热容和导热系数，适用于竖直埋管地源热泵系统。

**7.4.2** 岩土热响应试验装置一般由恒加热系统、循环系统、电控系统、测量系统组成。



## 8 现场监测

### 8.1 一般规定

**8.1.1** 通过对室外地下环境的监测，能够预测、预报地质环境的变化，从而保障地源热泵系统高效、可靠、持久地运行，与此同时更好地保护环境和资源。

**8.1.2** 地源热泵系统的地下换热器和管线为隐蔽工程，当该项工作结束后若进行地下环境监测系统的施工，容易对已完工的地下换热器和管线路由造成破坏，影响系统使用。

**8.1.4** 信号传输和配电线缆是指传感器至监控柜的信号传输线缆、监控柜至机房（上位机所在位置）的信号传输线缆和配电线缆。由于这些线缆通常采用埋地方式敷设，为防止损坏，需要外套保护套管。

### 8.2 地埋管地源热泵系统的监测

**8.2.1** 由于地埋管地源热泵系统的地埋管换热器换热介质不直接与岩土体接触，系统运行过程中不消耗地下水，因此地下环境的监测内容仅为岩土体温度。

**8.2.2** 换热孔内温度监测孔是为了监测换热孔内沿纵向的温度分布，换热孔间岩土体温度监测孔是为了监测换热孔间的热干扰情况。每个监测点的监测孔组合可参考图 1 实施。

**8.2.3** 便于同时安装 PE 管和温度传感器。变温层受地表大气温度影响较大，其温度变化规律与恒温层差别较大，且对地埋管换热器的换热贡献不同，因此需要在变温层和恒温层分别布设温度传感器。地埋管换热器在含水层与隔水层的换热机理有所不同，分别是对流换热为主和导热为主，因此需要在含水层和隔水层分别布设温度传感器。换热孔之间岩土体温度监测孔传感器布

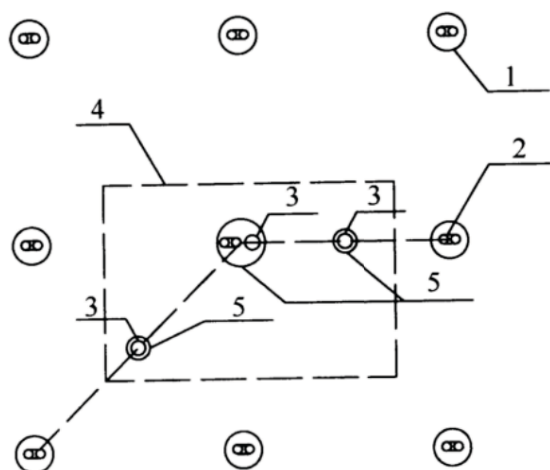


图 1 监测点监测孔位置示意

1—换热孔×9；2—PE管；3—测温管；4—监测点；  
5—换热孔间岩土体温度监测孔

设位置应与换热孔内温度监测孔的温度传感器布设位置一一对应，其目的是为了了解同一深度换热孔间热干扰情况。传感器的布设可参考图 2 实施。

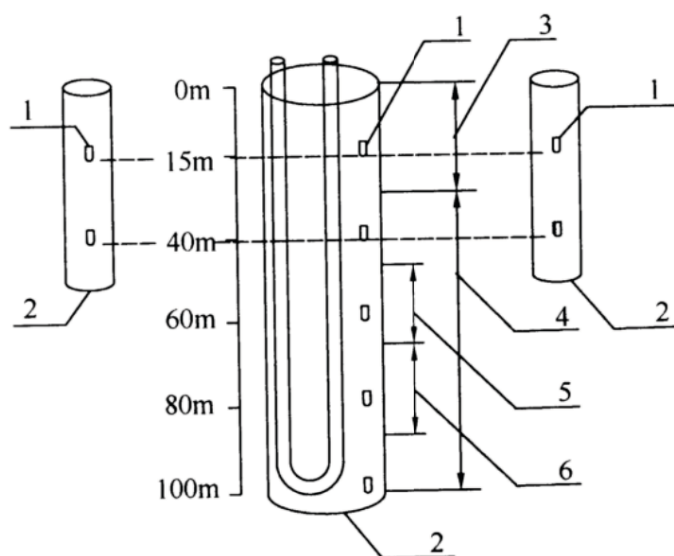


图 2 温度传感器布设位置示意

1—温度传感器；2—换热孔间岩土温度监测孔；  
3—变温层；4—恒温层；5—含水层；6—隔水层

**8.2.4** 当监测点数量大于 3 个时，在换热孔区域外设置 1 个监测点（监测孔）的目的是为了将地层的背景温度（即不受地埋管

换热器影响) 与换热孔区域的温度进行对比。

**8.2.5 温度传感器的两种埋设方式**可参考图 3 和图 4。直埋安装相对方便, 传感器可直接接触并测得岩土体或地下水温度, 但一旦传感器出现故障则无法更换, 造成测温点缺失。而在测温管内安装温度传感器施工复杂, 而且传感器不直接接触岩土体和地下水, 测量结果有一定误差, 但当传感器出现故障时可更换。

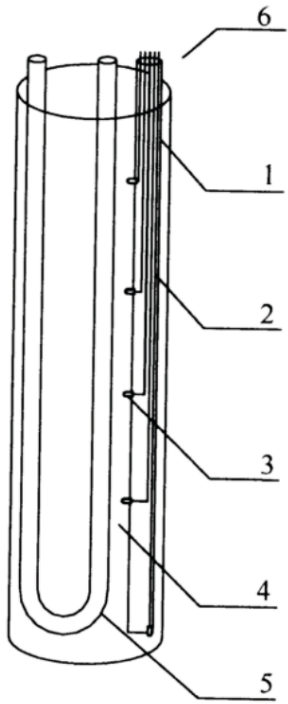


图 3 传感器直埋示意  
1—信号传输线缆保护线管;  
2—信号传输线缆; 3—温度  
传感器; 4—回填材料;  
5—PE 管; 6—连接监控柜

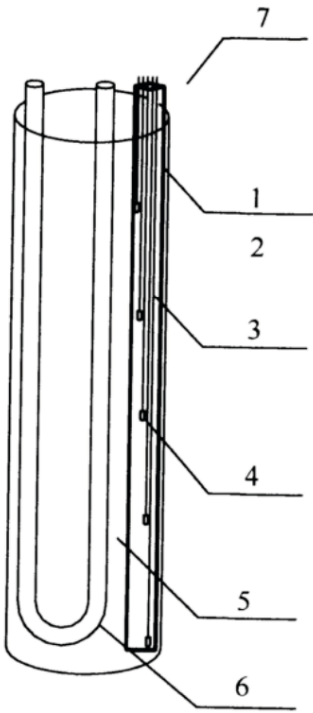


图 4 测温管内安装传感器示意  
1—测温管; 2—信号传输线缆保护线管;  
3—信号传输线缆; 4—温度传感器;  
5—回填材料; 6—PE 管; 7—连接监控柜

**8.2.6 传感器配套的信号传输线缆长度越长, 测量误差越大, 因此要求监测点和监控柜的距离不大于 50m。**

### 8.3 地下水地源热泵系统的监测

**8.3.1 地下水水位和地下水水温监测**的目的是及时了解地下水情况, 从而更好地指导地下水地源热泵系统的运行。取水量和回

灌量监测的目的是及时了解地下水的回灌情况。通过上述监测数据可以了解到水井的使用效率，使用一段时间后可以由抽水井与回灌井互换使用，以提高地下水地源热泵的运行效率，同时减少对地下水环境的影响。地下水水质监测目的是为了及时了解地下水环境是否被污染。抽水井含沙量监测的目的是及时了解水井的使用情况，防止出现抽水含沙量过大导致水井的破坏。地面沉降的监测数据是及时了解地下水是否被过量抽取，或者回灌效果是否良好的判断依据之一。

**8.3.2 液位变送器和温度传感器的安装示意**可参考图 5。潜水泵运行时的震动易造成周边的地下水大范围波动，导致液位和温度测量不准确，因此液位变送器和温度传感器宜安装在潜水泵下方大于 10m 的位置，且信号传输线缆应有保护套管。

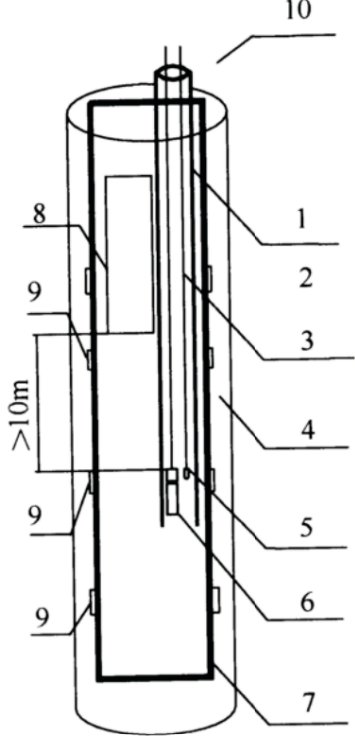


图 5 液位变送器和温度传感器安装示意

- 1—测温（液位）管；2—钢管或 PVC 管；
- 3—信号传输线缆；4—滤料；5—温度传感器；
- 6—液位变送器（含配重）；7—井管；
- 8—潜水泵；9—滤水管；10—连接监控柜



## **8.4 地表水地源热泵系统的监测**

**8.4.1** 可以根据室外环境温度的变化对地表水地源热泵的运行进行设置以达到良好的使用效果。对地表水水质的监测，可以避免水质变化对换热器产生影响。

## **9 成果报告**

### **9.1 成果报告的基本要求**

**9.1.1** 拟建工程的概况，尤其是供热供冷需求、基础形式等，对于地源热泵系统的适宜性评价、工程设计有很大影响，这些基本情况也是提出相关建议的基础。尽管这些资料来源于设计方，但是为保证资料的完整性，同时为了说明建议的合理性，详细列出工程概况是必要的。

### **9.2 成果报告的内容和建议**

**9.2.1** 场地工程地质分区图、水文地质分区图的目的是按照不同的分区进行工程设计。

**9.2.2** 成果报告中的建议应包含下列内容：

**1** 地源热泵系统的适宜性难于制定统一的评价标准，更加不适合采用定量的标准。适宜性在目前综合考虑各种因素，尤其是考虑制约性因素，由工程勘察人员作出判断。

**5** 这些条件或因素影响到地源热泵系统的经济合理性及节能效果。