

# 关于征集《浅层地热能开发利用监测技术标准》（征求意见稿） 意见的通知

各有关单位：

根据《关于印发 2019 年上海市工程建设规范、建筑标准设计编制计划的通知》（沪建标定[2018]753 号文），上海市地矿工程勘察院会同相关单位，经深入调查研究，总结实践经验，编制完成《浅层地热能开发利用监测技术标准》征求意见稿，现面向社会公开征求意见。

请您对征求意见稿进行全面、详细的审阅，并提出具体的修改意见或建议，于 2020 年 5 月 21 日前以电子邮件或信函的方式返回编制组。非常感谢您的支持！

联系人：孙 婉

电子邮箱：sunwan820224@126.com      电话：021-56512262

地址：上海市静安区灵石路 930 号地质大厦      邮编：200072

附件：1、征求意见稿

2、《浅层地热能开发利用监测技术标准》征求意见表

《浅层地热能开发利用监测技术标准》编制组

2020 年 4 月 21 日

上海市工程建设规范

浅层地热能开发利用监测  
技术标准

The Regulation for Shallow Geothermal Energy Geological  
Monitoring

\*\*/\*\*-\*\*-\*\*

(征求意见稿)

2020年\*月\*日

## 前 言

本标准依据上海市城乡建设和交通委员会沪建标定[2018]753号文，由上海市地矿工程勘察院会同有关单位共同编制。编制组在深入的调查研究基础上，认真总结上海浅层地能开发利用监测技术经验，依托上海浅层地热能监测网，开展关键技术研究，制定本标准。

本标准共分7章和5个附录，涵盖了浅层地热能区域监测、场地监测、监测设备和监测系统运行维护及监测数据处理环节。主要包括：总则、规范性引用文件、术语、区域监测、场地监测、监测设备、监测系统运行维护及监测数据处理。

本标准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。

本标准在执行过程中，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：上海市静安区灵石路930号，邮政编码：200072），以供今后修订时参考。

本标准主编单位、参编单位及起草人：

主编单位：上海市地矿工程勘察院

参编单位：

主要起草人：

主要审查人：

上海市建筑建材业市场管理总站

2020年\*月\*日

## 目 录

1	总 则 .....	1
2	术 语 .....	2
3	基本规定 .....	3
4	区域监测 .....	4
4.1	监测网络.....	4
4.2	监测系统设计.....	4
4.3	监测系统施工.....	4
4.4	监测频率.....	6
5	场地监测 .....	7
5.1	监测要素.....	7
5.2	监测点布置.....	8
5.3	监测系统施工.....	9
5.4	监测频率.....	10
6	监测设备 .....	12
6.1	监测硬件.....	12
6.2	监测软件.....	12
7	监测系统运行维护及监测数据处理 .....	13
7.1	监测系统运行维护.....	13
7.2	监测数据处理.....	13
7.3	监测报告.....	13
附录 A	地温长期监测孔结构 .....	15
附录 B	场地监测孔结构 .....	16
附录 C	地温长期监测孔孔口保护装置 .....	17
附录 D	场地监测地温监测孔孔口保护装置 .....	19
附录 E	监测软件.....	20
	条文说明.....	22

# 1 总 则

**1.0.1** 为规范本市浅层地热能资源开发利用行为，提高浅层地热能开发利用效率，保护地质环境，制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于上海市浅层地热能的区域监测及新建、改建及扩建项目的场地监测。

**1.0.3** 浅层地热能开发利用区域监测、场地监测、监测设备和监测系统运行维护及监测数据处理除应符合本标准外，尚应符合现行国家和本市有关标准的规定。

## 2 术语

### 2.0.1 浅层地热能 shallow geothermal energy

蕴藏在地表以下200m以内深度范围的岩土体、地下水和地表水中，温度低于25℃，具有开发利用价值的热量。

### 2.0.2 区域监测 regional monitoring

对上海市全域范围典型地层原始地温及浅层地热开发利用集中区域温度场进行监测。

### 2.0.3 地温长期监测孔 Long term soil temperature monitoring hole

对地层原始地温进行长期监测的地温监测孔。

### 2.0.4 场地监测 Field monitoring

布置监测设施对浅层地热能项目现场进行跟踪监测。

### 2.0.5 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。

### 2.0.6 监测软件 Monitoring software

为采集、传输、存储、分析、共享监测数据而设计开发的计算机程序集合。

### 2.0.7 监测硬件 Monitoring Hardware

配合监测平台工作的各种物理装置的总称，主要包括传感器、采集设备、存储设备、传输设备等。

### 3 基本规定

**3.0.3** 浅层地热能监测系统宜采用自动化监测系统，监测数据应统一纳入上海市浅层地热能监测信息系统，并提供给用户或用能运营单位，为制定相关政策、加强用能管理等提供依据。

**3.0.4** 浅层地热能监测系统应作为浅层地热能建筑应用项目的组成部分，列入建设计划，同步设计、同步建设和同步验收。

**3.0.5** 浅层地热能监测系统应采用成熟、可靠的技术与设备。

**3.0.6** 浅层地热能监测系统不应影响建筑用能系统功能及降低系统设计指标。

**3.0.7** 浅层地热能监测系统建设除应执行本规定外，还应符合国家和本市现行相关标准、规范的规定。

## 4 区域监测

### 4.1 监测网络

**4.1.1** 应在上海市全域范围内设置地温长期监测孔对各典型区域地层原始地温及浅层地热开发利用集中区域温度场的状况进行监测。

**4.1.2** 地温长期监测孔的布置宜兼顾不同地层结构区，形成的监测网应能控制全域；并宜布设在浅层地热能开发利用项目周边区域，在浅层地热能开发利用密集区域应加大布置密度。

### 4.2 监测系统设计

**4.2.1** 地温长期监测孔监测深度应不小于150m。

**4.2.2** 地温长期监测孔监测点的垂向布置应在保证每一主要土层不少于一个监测点的前提下，12m以浅监测点布置密度适当加大，12m以深监测点布置以10m左右间距均匀布点。

**4.2.3** 地温长期监测孔孔深应大于设计监测深度2m，孔径应不小于200mm。

**4.2.4** 地温长期监测孔应在孔内设置无缝钢管作为孔内管材，单管，井管底部应密封，管壁不渗漏，井内应注水至井口。

**4.2.5** 地温长期监测孔回填材料宜采用黄沙与膨润土，两者配比为7:3，水灰比为0.5。

**4.2.6** 为避免人为或自然因素造成监测孔及监测设备损坏，地温长期监测孔应加装孔口保护装置。孔口保护装置应满足以下要求：

- 1 应具有坚固性，防止人为或自然因素引起破坏；
- 2 应具有防水性，防止雨水倒灌损坏监测设备；
- 3 应具有保温性，防止太阳辐射等因素对孔内温度造成影响。

地温长期监测孔孔口保护装置具体结构参照附录 C。

### 4.3 监测系统施工

**4.3.1** 钻孔定位、测量及开孔应符合下列规定：



1 监测孔孔位宜选在对场地原有活动影响小且便于施工的绿化或空地内，使用GPS进行孔位放样，成孔后测量孔口高程，孔口高程采用水准仪进行测量，宜按四等水准测量精度进行控制；

2 钻孔前应确保地基水平、坚实，钻机定位应准确、水平、稳固，钻机立轴中心与井管中心允许偏差应不大于10mm；

3 应校正钻杆垂直度，钻机塔架头部滑轮组、立轴与孔位中心应在同一铅垂线上，并保证钻头在垂直的状态下钻进；

4 应设简易泥浆循环系统，配好沉淀池和循环池，沉淀池体积不小于成孔体积的1.5倍，并及时清除沉淀池中的沉砂。

#### 4.3.2 钻探施工应符合下列规定：

1 应根据地层、孔径、深度选择适当的转速、钻压、泵量，采用泥浆护壁，一径到底。每钻进50m和终孔后应校正孔深，其误差不大于千分之一，超差应校正；

2 监测孔钻进过程中应测量钻孔垂直度和倾斜方位，确定测温点的空间位置，有利于地温监测数据的分析，一般钻孔垂直度偏差宜不大于1.5%。

4.3.3 下管工序应在孔测井测斜结束后立刻进行，间隔不应大于30分钟。下管时利用钻机钢丝绳和端板卡口逐节丝扣下管，保证平稳下管；

4.3.4 灌浆回填前，应静置3-5分钟，再上拔钻杆3~5m，使钻杆与井管分离，间隔9-15m进行灌浆，每次在浆液涌出地面后停止，保证灌浆的连续性，拔出灌浆管，并固定管口。

#### 4.3.5 水平排线应符合下列规定：

1 水平线应穿入到DN32mm的PE管内利用地埋管水平开挖槽与地埋管换热器水平埋管同程铺设进入机房；

2 现场条件不适合水平线排设的，应采用无线发射的方式采集数据。

#### 4.3.6 温度传感器的下入应符合下列规定：

1 监测孔孔口保护装置安装好后，将温度传感器下到井管中；

2 温度传感器下入前应保证井管内注满水，温度传感器下入后应对井管进行补充注水，确保井管内注水至井口；

3 温度传感器下入到孔内后，应与水平排线连接并对线缆进行检测，保证能够连续稳定取得监测数据。

## 4.4 监测频率

4.4.1 地温长期监测孔内地温监测数据传输频率宜不大于1d。

## 5 场地监测

### 5.1 监测要素

5.1.1 浅层地热能应用项目监测要素应包含地源热泵机房系统监测和地质环境监测。

5.1.2 地源热泵机房系统监测应包含：

- 1 地源侧流量；
- 2 用户侧流量；
- 3 地源侧供、回水温；
- 4 用户侧供、回水温；
- 5 地源热泵机组耗电量；
- 6 循环水输配系统耗电量。

5.1.3 地埋管地源热泵项目地质环境监测应包含换热区土层温度和地下水水质。

5.1.4 地下水地源热泵项目地质环境监测应包含下列内容：

- 1 热源井抽取及回灌期间的地下水流量、水温、水位；
- 2 目标含水层水温、水位、水质；
- 3 换热区地面沉降。

5.1.5 地埋管地源热泵系统工程监测宜根据项目浅层地热能应用规模设置监测要素见表 5.1.5。

表 5.1.5 地埋管地源热泵系统监测要素设置

项目浅层地热能应用规模	热泵系统运行状态参数监测要素			地质环境监测要素		
	地源侧供回水温度、流量	用户侧供回水温度、流量	热泵机组及水泵耗电量	换热区地温		地下水水质
				换热区中心区域	换热区外围区域	
小型项目 (建筑面积小于 5000 平方米)	✓	✓	✓			
中型项目 (建筑面积 5000~20000 平方米)	✓	✓	✓	✓		
大型项目 (建筑面积 20000~50000 平方米)	✓	✓	✓	✓	✓	
超大型项目 (建筑面积大于 50000 平方米)	✓	✓	✓	✓	✓	✓

## 5.2 监测点布置

### I 机房系统监测

**5.2.1** 地源热泵机房内系统运行状态参数监测点的布置应具有代表性，尽可能能够直接反应系统运行状态，并不妨碍监测对象的正常工作。

**5.2.2** 机房系统监测的计量装置布置应符合下列要求：

- 1 地源侧总进水管布置1个循环水流量传感器；
- 2 用户侧总进水管布置1个循环水流量传感器；
- 3 地源侧总进水管、总出水管各布置1个水温传感器；
- 4 用户侧总进水管、总出水管各布置1个水温传感器；
- 5 地源热泵机组配电输入端布置功率传感器或者电能表，数量根据机组实际情况确定；
- 6 循环水输配系统配电输入端布置功率传感器或者电能表，数量根据输配系统实际情况确定。

### II 地埋管换热系统地质环境监测

**5.2.3** 地温监测宜布设监测孔，监测孔应符合下列规定：

- 1 监测孔能满足长期监测需要；
- 2 地温监测深度应不小于换热孔深度；
- 3 地温监测孔的平面布置方法及数量应根据换热孔群的布置方式及换热孔的数量确定，布置在换热孔密集区域。埋管区内部应不少于1个孔，应布置在包括相邻4个换热孔所组成的正方形或菱形对角线中点。埋管区外缘应不少于2个孔，应在埋管区外缘10m范围内及10~30m范围内各设置1个监测孔；
- 4 监测孔内温度传感器数量不少于5个，可根据埋管区岩土层结构确定；
- 5 地温监测孔钻探深度应大于设计深度2m，孔径应不小于160mm；
- 6 地温监测孔应在孔内设置井管，底部应密封，管壁不渗漏，井内应注水至井口；
- 7 地温监测孔回填材料宜采用黄沙与膨润土，两者配比为7:3，水灰比为0.5。

**5.2.4** 水质监测应符合下列规定：

- 1 应在换热区中心区域或换热孔布设最密集区域，布设1个地下水水质监测孔；
- 2 地下水水质监测孔深度应根据实际监测场换热孔深度范围内含水层分布情况确定；

3 水质检测指标包括电导率、PH值、溶解氧、浊度、高锰酸盐指数、总磷、氨氮、总硬度、砷（As）、钼（Mo）、氟（F）。

### III 地下水换热系统地质环境监测

5.2.5 目标含水层水温、水位、水质监测应布设地下水监测井，监测井应符合下列规定：

1 监测井数量不少于3个，根据热源井的位置进行布设，能控制场地地下水位、水温、水质的变化规律；

2 监测井深度根据目标含水层埋深确定；

3 监测井设计应符合《供水水文地质勘察规范》（GB50027）和《地面沉降监测与防治技术规程》（DG/TJ 08-2051）的要求；

4 水温传感器设置在监测井滤水器中间位置。

5.2.6 地下水换热系统地下水水质动态监测应符合本规程 5.2.4 条相关规定。

5.2.7 地下水换热系统地面沉降监测应符合下列规定：

1 监测范围包括热源井分布区及地下水抽、灌影响区；

2 建立由地面沉降基准点、水准点等监测设施组成的监测网，并布设覆盖监测影响范围的地面沉降水准剖面；必要时，可布设分层标组进行土体分层沉降监测；

3 当影响范围内存在保护建筑时，进行建筑沉降监测；

4 监测精度符合《国家一、二等水准测量规范》（GB/T 12897）、《地面沉降监测与防治技术规程》（DG/TJ 08-2051）的有关规定。

5.2.8 为避免人为或自然因素造成监测孔及监测设备损坏，地温监测孔及地下水监测井均应加装孔口保护装置。孔口保护装置应符合本标准 4.2.6 条规定，具体结构参照附录 D。

## 5.3 监测系统施工

5.3.1 机房系统监测的计量装置安装应符合下列要求：

1 水流量传感器安装在水管直管段，距离上游不少于10倍管径，下游不少于5倍管径，流量传感器安装方向与管内循环水的流向一致；

2 温度传感器置于管道中流速最大处，且逆水流方向斜插或沿管道直线安装；

3 电能表垂直、牢固安装，表中心线倾斜不大于1°。

5.3.2 地温监测孔及地下水监测井的施工宜在换热孔施工前进行，并尽量减少对换热孔施工作业的不利影响。

**5.3.3** 地下水地源热泵项目监测井施工应符合《供水水文地质勘察规范》（GB50027）和《地面沉降监测与防治技术规程》（DG/TJ 08-2051）的要求。

**5.3.4** 地温监测孔钻孔定位、测量及开孔应符合本规程 4.3.1 条相关规定。

**5.3.5** 地温监测孔钻探施工应符合本规程 4.3.2 条相关规定。

**5.3.6** 地温监测孔下管工序应在孔斜测量结束后立刻进行，保压下管，压力为 0.3Mpa，完成灌浆之后稳压 1 小时，稳压后压力降不应大于 3%，如有渗漏必须尽快采取措施。

**5.3.7** 灌浆回填应采用专用设备（灌浆泵），通过在钻杆的灌浆管进行。开始灌浆前，先上拔钻杆 3~5m，使钻杆与井管分离，以免灌浆后再拔杆时使井管受到损伤，要控制拔管速度，保证灌浆的连续性，灌浆管口保持在孔内灌浆面的下面 1 米左右，在浆液涌出地面后停止灌浆，拔出灌浆管，并固定管口。

**5.3.8** 水平排线应符合下列要求：

1 水平线应穿入到 $\phi$  32mm的PE管内利用地埋管水平开挖槽与地埋管换热器水平埋管同程铺设进入机房；

2 现场条件不适合水平线排设的，应采用无线发射的方式采集数据。

**5.3.9** 温度传感器安装应符合下列要求：

1 监测孔孔口保护装置安装好后，将温度传感器下到井管中；

2 温度传感器下入前应保证井管内注满水，温度传感器下入后应对井管进行补充注水，确保井管内注水至井口；

3 温度传感器下入到孔内后，应与水平排线连接并对线缆进行检测，保证能够连续稳定取得监测数据。

## 5.4 监测频率

**5.4.1** 热泵系统运行期间，机房系统监测数据采集时间间隔应不大于10min，过渡季热泵系统停止运行期间，机房系统监测数据采集时间间隔应不大于1d。

**5.4.2** 地源热泵换热系统运行期间，地温数据采集时间间隔30min~60min，非运行期数据采集时间间隔12h~24h。

**5.4.3** 水质监测一般宜采用人工采集水样，系统夏季、冬季运行前和运行期末分别取样检测，当指标出现异常时，加密取样检测。

**5.4.4** 热源井地下水量、水温、水位监测数据采集间隔时间为30min~60min。

**5.4.5** 目标含水层水温、水位动态监测，运行期监测数据采集时间间隔为1d，非运行期为10d~15d。

**5.4.6** 沉降监测间隔时间不少于2个月。

## 6 监测设备

### 6.1 监测硬件

**6.1.1** 监测设备的选择宜符合以下要求：

- 1 可靠性：设备运行稳定可靠，符合长时间高强度监测要求；
- 2 先进性：设备应技术成熟、性能先进；
- 3 易维护：设备易于维护和更换；
- 5 高精度：设备应满足监测精度要求。

**6.1.2** 机房系统水温度传感器精度应不低于 $0.2^{\circ}\text{C}$ ，水流量传感器精度应不低于2%，输入功率传感器精度应不低于2.0级。

**6.1.3** 地温温度传感器监测精度应不低于 $0.2^{\circ}\text{C}$ 。

**6.1.4** 水位计监测精度应不低于 $\pm 1.0\text{cm}$ 。

### 6.2 监测软件

**6.2.1** 应用建筑面积大于2万平方米的地源热泵系统应设置数据中心，进行监测数据的显示、存储及处理。

**6.2.2** 监测软件应具有管理、数据采集、查询维护、数据分析以及数据共享等功能。监测软件的具体要求参照附录E。



## 7 监测系统运行维护及监测数据处理

### 7.1 监测系统运行维护

**7.1.1** 应对监测系统进行定期维护，包括监测系统故障定期排查，监测系统安全定期防护、监测设备定期校验保养等。

**7.1.2** 应对监测数据采集情况进行定期检查，保证监测数据的完整性及可靠性。

### 7.2 监测数据处理

**7.2.1** 监测数据应定期进行整理分析，剔除异常数据，绘制相关参数随时间变化曲线图。

**7.2.2** 浅层地热能地温长期监测孔应划分地温分布带并总结分析变温带、恒温带及增温带地温动态特征。

**7.2.3** 浅层地热能场地监测应根据地温变化曲线图并结合监测孔平面位置、孔深、时间段对监测孔地温变化进行分析并总结规律，掌握在系统长期运行条件下，地温场的影响范围、程度。

**7.2.4** 浅层地热能场地监测根据地下水水质监测数据，分析系统运行期间对地下水质的影响程度、地下水水质变化趋势和变化特征等。

**7.2.5** 浅层地热能场地监测应根据运行监测数据及地温场监测数据，计算累计制冷（热）量、设备累计耗功率及地源侧累计换热量等指标，并结合岩土体热平衡情况，优化全年运行方案。

**7.2.6** 浅层地热能场地监测应根据地温场监测数据对岩土体的热平衡情况进行分析。

### 7.3 监测报告

**7.3.1** 浅层地热能区域监测及场地监测场均应编制年度监测报告，并上交上级主管部门。

**7.3.2** 监测报告提供的数据、图表应客观、真实、准确、及时。

**7.3.3** 浅层地热能区域监测报告应包括以下几个部分：

#### 1 工程概况

包括监测孔布设地理位置、监测孔深度、监测点布设位置及数量等。

#### 2 监测系统运行情况

包括监测起止时间及监测系统运行情况等。

### 3 监测数据整理分析

给出地温随时间变化曲线，分析监测场地变温带、恒温带及增温带地温动态特征，场地年平均地温及历年平均地温对比分析。

### 4 结论建议

监测成果及监测工作建议。

#### 7.3.4 浅层地热能场地监测报告应包括以下几个部分：

##### 1 工程概况

包括应用工程项目地理位置、项目规模、建筑物功能、空调系统概况及冷热需求等。

##### 2 监测系统设置情况

包括地温监测孔的设置情况、运行参数监测点的设置情况、其他监测点的设置情况，监测系统运行情况等。

##### 3 地源热泵系统运行情况

地源热泵空调系统的运行情况。

##### 4 监测数据整理分析

各监测数据随时间变化情况，得出地温变化幅度、热影响半径、系统全年取排热量等，对系统热平衡情况进行分析。如对地下水进行监测，还应包括地下水水质动态变化情况分析。热泵机组性能分析，系统性能分析，系统能效等。对地质环境影响进行评价，对热泵系统运行情况进行评级，给出地质环境影响预防措施及空调系统运行策略建议。

##### 5 结论建议

监测成果及监测工作建议等。

# 附录 A 地温长期监测孔结构

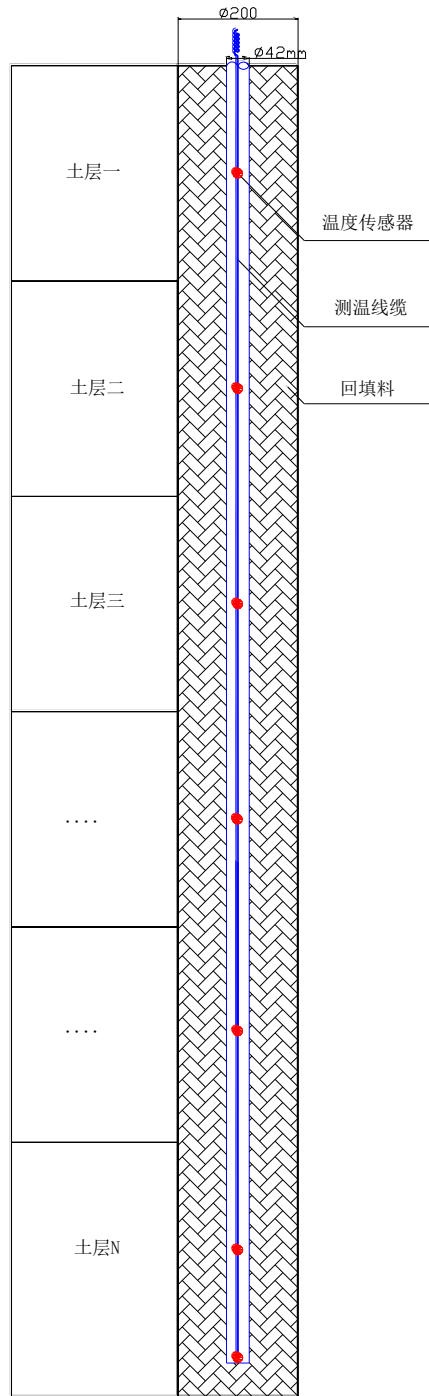


图 A 地温长期监测孔结构示意图

## 附录 B 场地监测孔结构

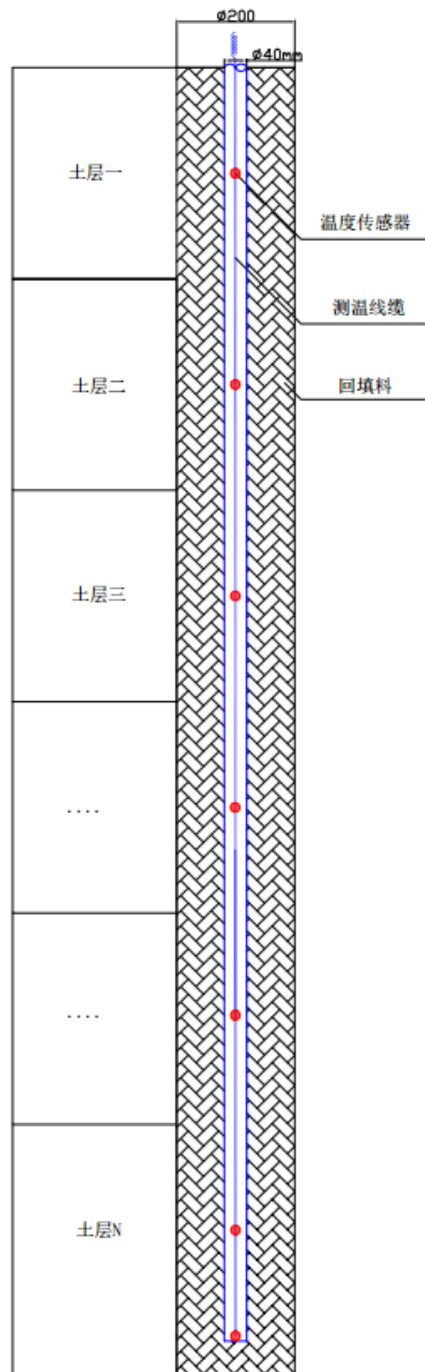


图 B 应用项目地温监测孔结构示意图

## 附录 C 地温长期监测孔孔口保护装置

地温长期监测孔孔口保护装置可采用直径 340mm、高 400mm 半封闭式金属圆桶，下部有三根约 250mm 金属支脚插入地下用于固定，圆桶底部仅预留与钢管外径相当的圆孔，钢管穿入桶内后将钢管与圆孔进行焊接封闭或涂刷满防水胶，防止水从底部进入桶内；上部设有桶盖，桶盖直径略大于桶体外径、桶盖与桶体之间设有橡胶密封圈，防止水从上部及侧面进入桶内，桶盖下部设有金属托架供数据采集器存放，防止有水意外进入桶内而造成采集器遇水损坏；保护桶两侧设有排气孔，孔内水汽可从此孔排出。地温长期监测孔孔口保护装置剖面图见图 C.1。

由于地温长期监测孔直接暴露于野外，因此为确保有效保护及后期维护，一般应在监测孔周围划出 2m×2m 区域增加围护栏，并设置孔标牌，标明监测孔名称、孔深、孔径、建设日期、建设单位、主管部门、联系电话及警示标语等。并且一般以孔口加盖、加锁保护为宜。地温长期监测孔孔口保护装置外部参考图见图 C.2。

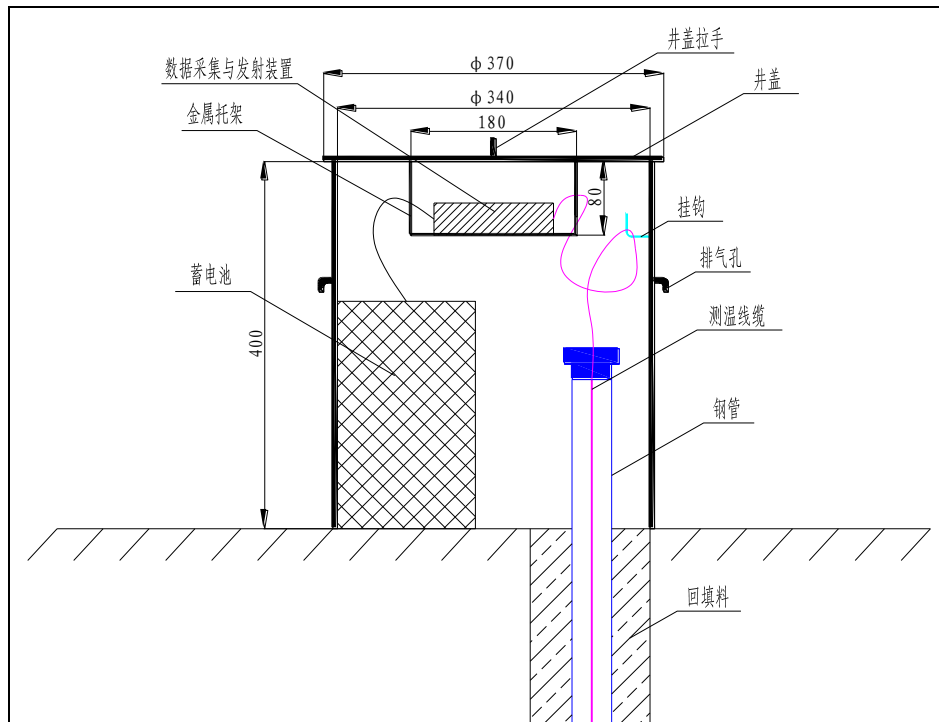


图 C.1 地温长期监测孔孔口保护装置结构图

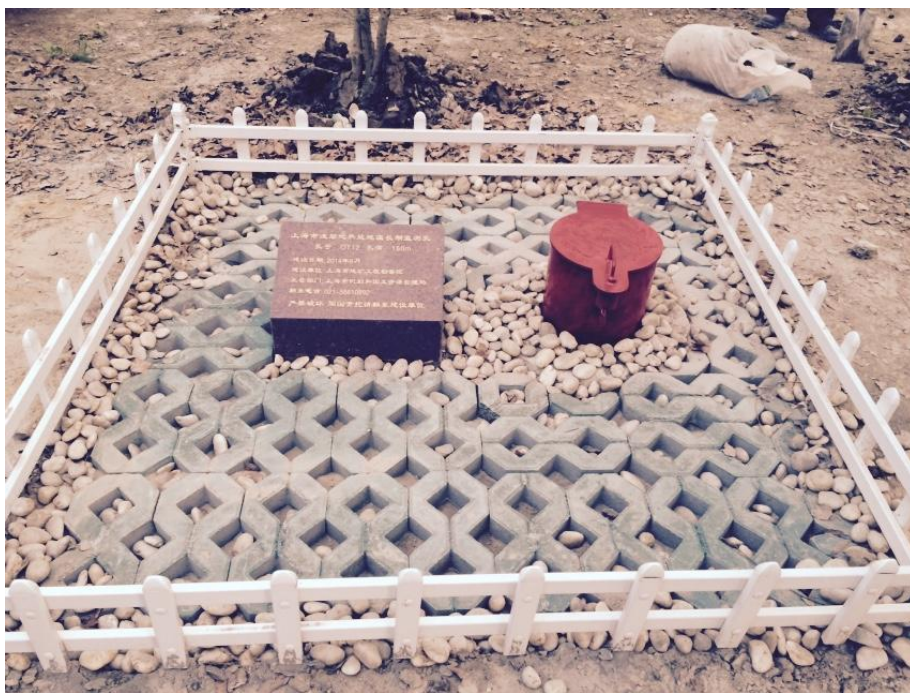


图 C.2 地温长期监测孔孔口保护装置外部参考图

## 附录 D 场地监测地温监测孔孔口保护装置

地温监测孔孔口保护装置保护套管可采用 DN350 PVC 管埋于地表以下，上面加盖Φ400mm 窨井盖。测温线缆与水平传输线缆随保护管进入孔内连接，进行地温数据采集及传输，孔底部设有排水管，保护套管外围浇筑混凝土进行封闭。监测孔孔口保护装置外部参考图见图 D.1。

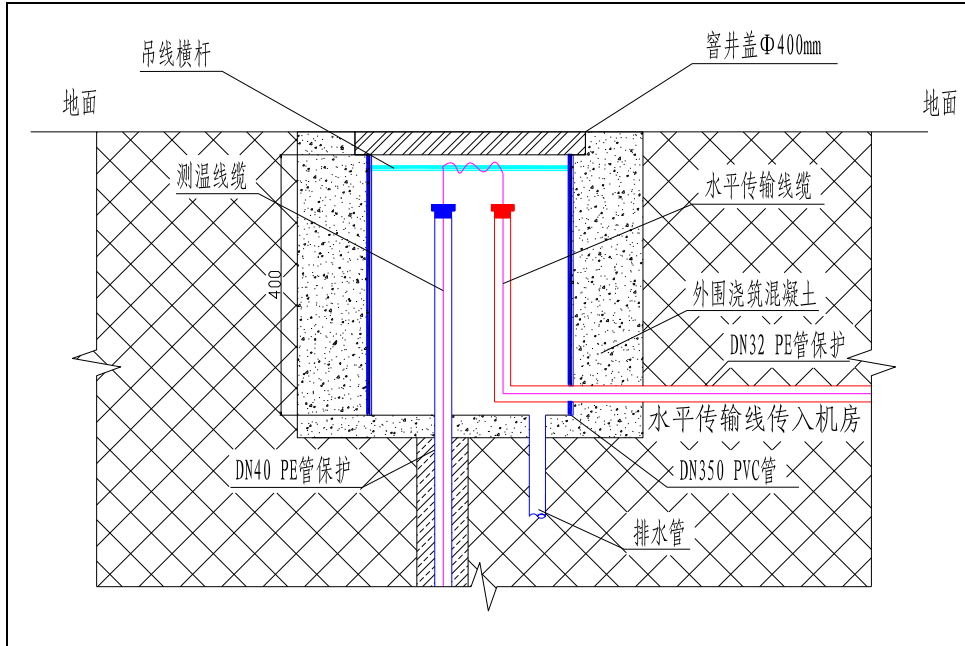


图 D 1 地温监测孔孔口保护装置结构图

## 附录 E 监测软件

监测软件一般可分为本地监测中心软件和远程监测中心软件两部分。本地监测中心软件部分在完成试验性建筑监测节点采集数据的存储、图形和表格显示、简单分析等步骤后将数据上传至远程监测中心。远程监测中心软件可采用 B/S(浏览器/服务器)结构，该软件将来自不同试验性建筑监测中心、不同的示范性建筑监测信息采集软件所上传的数据进行存储、分析和处理。

软件一般应有用户管理、数据采集、查询维护及分析共享功能。

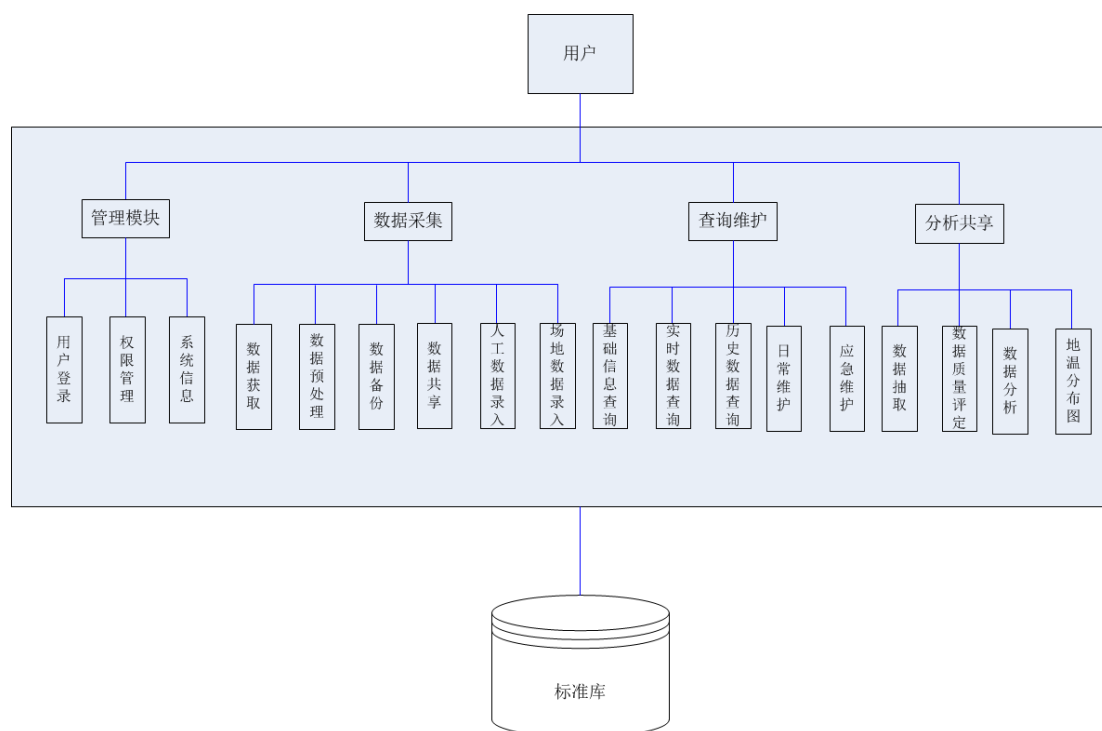


图 E 系统功能模块

### 1) 用户管理

主要包括用户信息管理、用户目录管理等，提供用户与各个数据、应用服务、数据交换等子系统的授权映射，这些人员包括系统维护管理人员、数据维护管理人员、系统使用人员，就是用户目录管理服务管理，包括服务目录管理、服务状态管理、服务配置管理等功能。

### 2) 数据采集

主要通过已有多个数据库的实时数据统一整合到标准数据库中，通过分析实时数据和历史数据对数据进行预处理、剔除明显错误数据、填补遗漏数据，为了更好的保护数据的安全，建立完备的数据备份机制，并建立共享机制，支持实时



获取数据，同时为了将部分场地、地温等纸质数据电子化并存入标准数据库。

### 3) 查询维护

提供用户对基础空间数据、地热能历史和实时监测数据的查询，并进行系统访问量、访问成功率的统计，建立日常维护业务流程，通过移动设备实现应急维护服务的无缝连接。

### 4) 分析共享

主要包含数据抽取、数据质量评定、数据分析、地温分布。

上海市工程建设规范

浅层地热能开发利用监测  
技术标准

The Regulation for Shallow Geothermal Energy Geological  
Monitoring

\*\*/\*\*-\*\*-\*\*

条文说明

2020年\*月\*日

# 目 录

1	总则 .....	24
2	术语 .....	24
3	基本规定 .....	24
4	区域监测 .....	24
4.1	监测网络.....	24
4.2	监测系统设计.....	24
4.3	监测系统施工.....	26
4.4	监测频率.....	26
5	场地监测 .....	26
5.1	监测要素.....	26
5.2	监测点布置.....	29
5.3	监测系统施工.....	29
5.4	监测频率.....	29
6	监测设备 .....	30
6.1	监测硬件.....	30
6.2	监测软件.....	30
7	监测系统运行维护及监测数据处理 .....	30
7.1	监测系统运行维护.....	30
7.2	监测数据处理.....	30
7.3	监测报告.....	31

## 1 总则

## 2 术语

## 3 基本规定

## 4 区域监测

### 4.1 监测网络

**4.1.1** 大量开发利用浅层地热能，将在一定程度上改变地层温度场特征，影响地质环境，因此建设地温长期监测孔对区域地温动态进行监测，其目的是一是掌握区域浅层地温背景值，二是监测浅层地热开发利用影响区域温度场的状况，对指导上海市浅层地热能的开发利用，保护地质环境、合理利用浅层地热能资源、保障能源安全具有重要的意义。因此，应在上海市全域范围内建设地温长期监测网对各典型区域地层原始地温及浅层地热开发利用影响区域温度场的状况进行监测。

**4.1.2** 根据区域地温动态监测的目的，地温长期监测孔的布设原则宜考虑以下两个方面：

1 地温长期监测孔的布设宜兼顾不同地层结构区，形成的监测网应能控制全域；

2 地温长期监测孔宜布设在浅层地热能开发利用项目周边区域，在浅层地热能开发利用密集区域应加大布设密度。

### 4.2 监测系统设计

**4.2.1** 综合考虑上海地区地源热泵埋管深度一般在 80~120m 之间的实际应用状况和可能应用的深度范围；结合区域地层结构特征，充分利用埋深为 150m 左右的具有良好导热性的含水砂层；对少量钻孔进行换热试验及部分地源热泵工程的换热试验资料进行分析，150m 以浅钻孔换热效率明显优于深度大于 150m 的钻孔；充分考虑对顶板埋深一般在 180~200m 之间的第四含水层的地下水资源的保护及适宜开发深度等因素，将监测孔的最大深度确定为 150m。因此，地温长

期监测孔监测深度宜设定为 150m。

**4.2.2** 监测点的垂向布置应兼顾各点地层结构，结合各场地地层特点，对各主要地层进行监测。

根据已有的上海地区地层原始温度调查资料，上海地区 12m 以浅地层为变温带，受气温影响显著，温度随季节变化，因此 12m 以浅土层温度传感器布设密度适当加大；12~20m 左右为恒温带，地温在 17~19℃ 之间，受气候影响较小（小于 0.4℃）；20m 以下地层基本为增温带，增温幅度每 100m 约为 2.5~3℃ 左右。而现有地温监测系统分辨率为±0.1℃，因此 12m 以下深度温度传感器原则上以 10m 左右间距均匀布点。

**4.2.4** 地源热泵监测场需进行长期监测，监测时间长达数年甚至更长，地温监测应能满足长期监测需要。传统的埋设温度传感器的方式，是将温度传感器绑在管外部，直接放入孔内埋入地下，进行温度监测，在下管施工及后期监测过程中存在以下问题：

- 1 埋设传感器及下管回填过程中容易造成传感器及导线损伤；
- 2 传感器埋设周围环境不确定因素较多，传感器受影响较大；
- 3 测温传感器和导线在出现异常后无法进行检查和维护；
- 4 测温传感器在出现漂移或其他情况时无法进行校准。

为防止埋设温度传感器过程中对传感器造成损坏，并保证传感器顺利下到准确位置，以及便于监测期间将传感器取出进行标定及维修，因此，温度传感器的安装宜采用在孔内设置小口径井管（井内充满水）方式，将温度传感器置于井管内测温。这种方式具有以下优点：

- 1 监测方式灵活。可以进行人工测温，也可以在井内不同深度布设温度传感器进行自动化监测；
- 2 自动监测时，传感器（或系统）损坏可以更换，可以定期取出进行标定，能够保证监测工作长期进行。

地温长期监测孔内一般设置无缝钢管作为孔内管材，单管，丝扣连接，井身结构采用“一径成井，一道管柱，一种口径”。

**4.2.5** 回填材料的主要作用是充填井管与钻孔之间的空隙，并起到柳固井管的作用，同时也是监测孔内温度传感器对地层温度进行监测的中间介质，并且回填材

料的止水性（渗透性）在地下水和地质环境保护方面都起到至关重要的作用。因此，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。通过对常用的 15 组膨润土基及水泥基回填材料的性能进行试验研究，得出黄沙：膨润土=7：3 时导热性最好，并且渗透系数较低，止水性较好。

回填材料的水灰比的大小影响到灌浆施工的难易程度，水灰比过大或过小都将造成灌浆困难或无法灌浆。其次，回填材料水灰比增大回填材料的析水量将随之增大，析水量过大将使钻孔上部充满析出的水，从而造成灌浆回填不完全使钻孔导热性能降低，并且造成地下含水层沟通等和地表水下渗问题。因此，结合目前国内外研究成果以及大量现场施工经验，得出回填料水灰比 0.5 为最佳配比。因此，监测孔回填材料一般采用黄沙与膨润土，两者配比为 7:3，水灰比为 0.5。

### 4.3 监测系统施工

#### 4.4 监测频率

监测数据的传输频率对监测数据的分析及应用起到至关重要的作用，传输频率过大造成不必要的浪费，给数据处理分析造成困难，传输频率过小不能满足监测精度的要求，因此数据传输频率可根据需要设置。地温长期监测孔地温监测数据随时间变化幅度非常缓慢，因此在综合监测精度及以往监测经验，地温长期监测孔内地温监测数据传输频率宜不大于 1d。

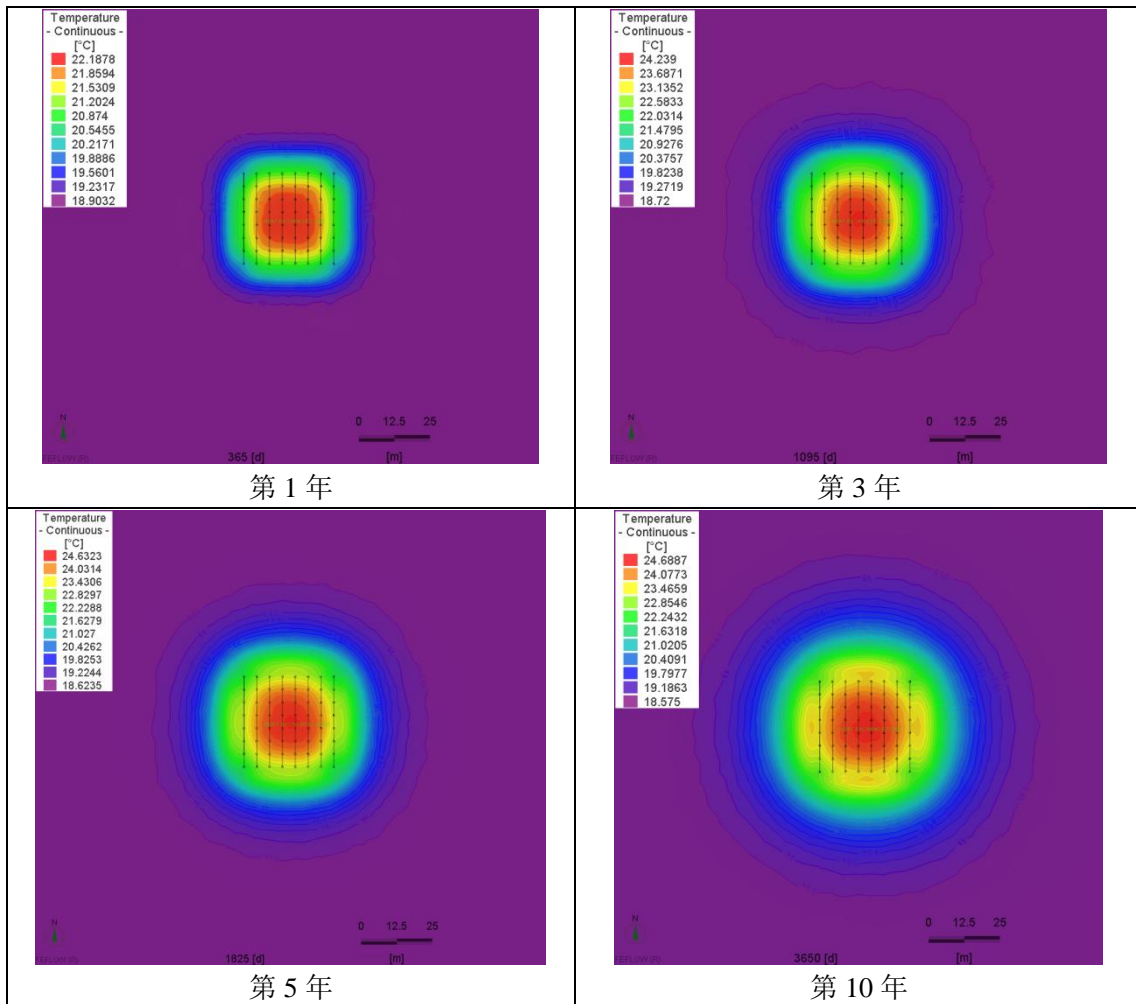
## 5 场地监测

### 5.1 监测要素

**5.1.1** 地源热泵系统运行对地下温度场影响问题一直是地源热泵系统运行过程中倍受关注的热点。由于地埋管地源热泵系统地下换热器为封闭系统，主要通过与土壤进行热量交换达到制冷和供暖的目的，在夏季供冷时，地埋管换热器向地下释热，经过整个夏季运行后，地下温度场会形成局部的 3~6℃温升；在冬季供热时，地埋管换热器向地下取热，如果热泵系统冬季从地下累计吸取的热量等于夏季累计排放的热量，则地下温度场又会形成局部的 3~6℃温降，理论上经 1

年的供冷供暖周期后恢复到原始的地层温度。

然而，上海地区夏季的制冷时间要大于冬季的供热时间，在一年的循环周期内，地源热泵系统从地下取热量与取冷量不能达到平衡。已有统计结果表明上海地区办公建筑吸排热比为 0.33 左右，商业建筑吸排热比为 0.16 左右，酒店宾馆吸排热比为 0.24 左右。通过模拟计算得出，64 个换热孔呈正方形布设方式，在吸排热比为 0.33 的条件下，地源热泵系统的长期运行将引起换热区地层温度的不断升高，系统运行前期（二~三年）地温升高迅速，之后趋缓，连续运行 1 年、3 年、5 年、10 年时，地温升高幅值为 3.23℃、5.29℃、5.68℃、5.74℃，见图 4。长期大规模的应用将会导致一定深度内土层局部的热积累，从而对地质环境产生影响。



换热区地温升幅变化图

并且随着换热区地下温度场发生大幅变化，将造成地埋管出口温度即热泵机组进口温度不能满足热泵机组要求，从而对热泵机组的性能造成影响，进而

影响地源热泵系统的运行效率。

因此，对地埋管地源热泵系统换热区地温进行监测，主要有以下目的：对地源热泵系统埋管区地温进行监测，实时掌握地温动态变化，保护地质环境；换热区地温监测数据可以为系统运行策略的制定提供依据，提高系统运行效率。

地埋管地源热泵系统地埋管换热区是一个封闭的系统，一般不会通过物质交换对地下水产生影响。但是，地埋管换热器在与地层进行热交换的同时改变了地层温度，进而改变了地下水温度，温度的变化将影响地下水中微生物的生长繁殖，即影响了微生物对进入地下水中污染物的降解，也就是说影响了地下水的水质。有研究表明，地源热泵系统夏季运行，地下水温度升高，将有利于氧化亚铁硫杆菌和硝化菌的生长与繁殖，前者将导致地下水硬度和  $\text{SO}_4^{2-}$  含量的增加，后者将使地下水的氮污染加剧。地源热泵系统冬季运行，地下水温度降低，有利于控制各种细菌的生长繁殖，即有利于控制地下水硬度和  $\text{SO}_4^{2-}$  含量的增加，但不利于地下水氮污染和有机污染物的去除。因此，当需要了解地埋管地源热泵系统对地下水质的影响时，运行可选择性对换热区地下水水质进行监测。

**5.1.2** 根据调研走访上海市 296 个地源热泵应用项目，浅层地热能建筑应用总面积约为 658 万平方米。项目类型主要以公共建筑和居住建筑为主，工业建筑、农业建筑项目数量较少。因此针对公共建筑及居住建筑，以小型（建筑面积小于 5000 平方米）、中型（建筑面积 5000~20000 平方米）、大型（建筑面积 20000~50000 平方米）、超大型（建筑面积大于 50000 平方米）为标准对项目进行统计，结果表明小型项目占总数 51.7%，其次为大型项目，占总数的 16.6%。居住建筑中因别墅类项目较多，因此小型项目为主，数量占总数 39.9%，其次为大型项目，中型项目最少。公共建筑中以中大型项目为主，各占总数 12.5%，其次为小型项目，占总数的 11.8%。

项目规模不同，对监测系统设置的要求不同，大型及超大型项目地源热泵系统运行存在风险较大，对换热环境影响也较大，对运行策略的科学性要求较高，因此应进行全面监测。中小型项目相对运行风险小，对换热环境影响也较小，因此可根据项目实际情况进行监测。



## 5.2 监测点布置

1 根据已有研究表明，竖直埋管换热器在竖直方向上也存在传热，使换热器下方土层温度发生变化，因此地温监测深度宜不小于换热孔深度。

2 工程实践表明，埋管地源热泵系统埋管与地层进行热交换，由于埋管区中心区域最不利于热量扩散，因此温度变化幅度最大，并且出现热堆积情况最为严重，那么对地质环境的影响也最为严重。因此，应对埋管区中心区地温进行监测，从而掌握换热区最不利区域地温动态变化，保护地质环境。并且地源热泵系统长期运行引起的热影响范围不断扩大，并大致呈线性增长，连续运行1年、3年、5年、10年的最大影响范围为10、14、18、26m。上海是人口密集、建筑密度大、地下空间开发利用程度高的地区，一些重要的地下工程，如地铁等，以及建筑密集区域地源热泵工程的建设及运行方式都应进行规范，那么了解和掌握地源热泵系统长期运行引起的热影响范围和程度至关重要，因此需对埋管区外围地温进行监测。

4 上海地区150m以浅地层一般以粘土、粉土及砂土为主，根据统计结果，新近沉积的、固结程度较低的淤泥质粘土导热性最差，砂土的导热性远好于粘性土，含砾中粗砂导热性最好，这导致不同土层地温变化程度也存在较大差异。因此，监测孔内温度传感器布置的数量和深度应根据埋管区岩土层结构确定，不应少于5个。

## 5.3 监测系统施工

### 5.4 监测频率

5.4.1 冬夏季热泵系统运行期间，系统运行状态参数随时间变化幅度较大，过渡季热泵系统停止运行，系统运行状态参数随时间变化幅度较小甚至不发生变化，因此，根据工程经验设置不同的数据采集频率。

5.4.2~5.4.6 监测数据采集时间间隔对监测数据的分析及应用起到至关重要的作用，间隔时间过大造成不必要的浪费，给数据处理分析造成困难，间隔时间过小不能满足监测精度的要求，因此监测数据采集时间间隔可根据系统运行情况、监测指标特点以及需要设置。

## 6 监测设备

### 6.1 监测硬件

### 6.2 监测软件

**6.2.1** 目前地源热泵系统运行监测、分析、诊断及评价主要依靠物业管理人员人工读取相关监测仪表的数据来完成，方法原始，费时费力，特别不能及时进行地源热泵系统运行的管理和维护，而且，判断地源热泵系统有没有必要进行节能改造，改造前后节能程度多大，都缺乏一个评判的依据。所以，对地源热泵系统进行监测和评价具有迫切的实际需求和重要的现实意义。某些已建设的浅层地热能监测平台所掌握的数据成果，目前主要存在的问题有：数据由不同供应商采集比较分散；数据质量不完善等。针对浅层地热能数据库中数据中以上问题，完善数据库扩容需求，改善数据的不一致性，克服数据统计口径与实际用途之间的差异性，建立浅层地热能成果实时分析与预警，提高数据的准确性。

## 7 监测系统运行维护及监测数据处理

### 7.1 监测系统运行维护

**7.1.1** 为了延续监测设备的寿命和发挥其自身的效能，必须对监测机房定期维护，监测系统故障定期排查，监测系统安全定期防护、监测系统前端设备定期保养。通过监测系统维护，保障监测设施安全、稳定运行，取得实测数据。为确保监测自动化系统的稳定、可靠运行，必须对系统进行经常性的巡视检查，发现问题应及时维护处理，并做好详细记录。

### 7.2 监测数据处理

**7.2.1** 岩土体热平衡是地埋管地源热泵系统的一个重要问题。土壤的温度变化量，取决于实际从土壤中吸热量和排热量的差异。热不平衡率直接影响地埋管的换热能力，对地源热泵系统的运行效率有很大影响。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策略，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。

### **7.3 监测报告**

监测报告应能体现监测工作情况及监测结果，包括监测对象概况、监测内容及监测结果的统计分析等。场地监测还应评估系统性能，识别长期运行可能面临的不利因素，提出改进措施，保证系统长期、稳定、高效运行。

## 《浅层地热能开发利用监测技术标准》征求意见表

姓 名			职 务		单 位	
联系电话			邮政编码		地 址	
E-mail			传 真			
序号	条号	原条文		修改意见		修改理由
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						

（纸面不够，可另增页）

联 系 人：孙 婉  
 通信地址：上海市静安区灵石路 930 号地质大厦  
 电 话：021-56512262  
 E - mail：sunwan820224@126.com

邮 编：200072  
 传 真：021-56613523