

ICS 91.140.99

F 15

**NB**

中华人民共和国能源行业标准

NB/T 10278—2019

---

## 浅层地热能监测系统技术规范

Technical code of shallow geothermal energy monitoring system

2019-11-04 发布

2020-05-01 实施

---

国家能源局 发布

中华人民共和国能源  
行业标准  
浅层地热能监测系统技术规范  
NB/T 10278—2019

\*

中国石化出版社出版发行  
地址：北京市东城区安定门外大街 58 号  
邮编：100011 电话：(010) 57512500  
石化标准编辑部电话：(010) 57512453  
发行部电话：(010) 57512575  
<http://www.sinopec-press.com>  
E-mail: [press@sinopec.com](mailto:press@sinopec.com)  
北京艾普海德印刷有限公司印刷  
版权专有 不得翻印

\*

开本 880×1230 1/16 印张 1.5 字数 38 千字  
2020 年 1 月第 1 版 2020 年 1 月第 1 次印刷

\*

书号：155114·1528 定价：25.00 元  
(购买时请认准封面防伪标识)

## 目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语与定义	1
4 基本规定	2
5 监测系统设计	3
6 监测系统施工	8
7 监测系统调试与验收	10
8 监测系统维护及运行	11
附录 A（资料性附录） 监测孔结构	13
附录 B（资料性附录） 监测井结构	14
附录 C（资料性附录） 监测系统验收表	15
附录 D（资料性附录） 监测评估报告	17

## 前 言

本规范按照GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规定起草。

本规范由能源行业地热能专业标准化技术委员会提出并归口。

本规范起草单位：中信建筑设计研究总院有限公司、湖北省地质局武汉水文地质工程地质大队、浙江陆特能源科技股份有限公司、湖北风神净化空调设备工程有限公司、郑州春泉节能股份有限公司、山东格瑞德集团有限公司、湖北洁能工程技术开发公司、湖北卓立集控智能技术有限公司、中国地质大学（武汉）、华中科技大学、青岛理工大学、中石化新星（北京）新能源研究院有限公司、武汉制冷学会。

本规范主要起草人：陈焰华、刘红卫、於仲义、夏惊涛、胡志高、陈传伟、刘国涛、刘朝阳、黄真银、段新胜、胡平放、胡松涛、雷建平、陈继文、马宏权、张望喜、柯立、周敏锐、赵丰年、杨东、朱娜、马春红。

本规范于2019年首次发布。

# 浅层地热能监测系统技术规范

## 1 范围

本规范规定了浅层地热能开发利用过程中监测系统的设计、施工、验收及运行维护的技术要求。

本规范适用于新建、改建及扩建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等浅层地热能利用项目监测系统的设计、施工、验收及运行维护。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 50026 工程测量规范
- GB 50027 供水水文地质勘察规范
- GB 50093 自动化仪表工程施工及质量验收规范
- GB 50174 数据中心设计规范
- GB 50296 管井技术规范
- GB 50311 综合布线系统工程设计规范
- GB 50366 地源热泵系统工程技术规范
- GB 50462 数据中心基础设施施工及验收规范
- GB/T 778 封闭满管道中水流量的测量 饮用冷水水表和热水水表
- GB/T 14914 海滨观测规范
- GB/T 50063 电力装置电测量仪表装置设计规范
- GB/T 50785 民用建筑室内热湿环境评价标准
- GB/T 51040 地下水监测工程技术规范
- DZ/T 0133 地下水动态监测规程
- DZ/T 0154 地面沉降水准测量规范
- HJ/T 91 地表水和污水监测技术规范
- NB/T 10097 地热能术语
- SJ/T 11449 集中空调电子计费信息系统工程技术规范
- SL 531 大坝安全监测仪器安装标准

## 3 术语与定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**浅层地热能 shallow geothermal energy**

从地表至地下200m深度范围内，储存于水体、土体、岩石中的温度低于25℃，采用热泵技术可提取用于建筑物供热或制冷等的地热能。

[NB/T 10097—2018, 定义2.1.6]

### 3.2

#### **地源热泵系统 ground-source heat pump system**

以岩土体、地下水和地表水为低温热源,由水源热泵机组、浅层地热能换热系统、建筑物内系统组成的供暖制冷系统。根据地热能交换方式,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。

[NB/T 10097—2018, 定义2.5.6]

### 3.3

#### **地埋管换热系统 pipe heat exchanger system**

也称土壤热交换系统,传热介质(通常为水或者是加入防冻剂的水溶液)通过竖直或水平地埋管换热器与岩土体进行热交换的地热能交换系统。

[NB/T 10097—2018, 定义2.5.8]

### 3.4

#### **地下水换热系统 groundwater heat exchange 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。

[NB/T 10097—2018, 定义2.5.9]

### 3.5

#### **地表水换热系统 surface water heat exchange 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。

[GB 50366—2005, 定义2.0.13]

### 3.6

#### **地温背景值监测孔 undisturbed soil temperature monitoring borehole**

用于监测不受地下换热系统影响的岩土体温度值的钻孔。

### 3.7

#### **地温变化监测孔 variational soil temperature monitoring borehole**

用于监测受地下换热系统影响的岩土体温度值的钻孔。

### 3.8

#### **监测井 monitoring well**

按照一定的时间间隔和技术要求对地下水含水层或含水段进行监测的水井。

### 3.9

#### **监测软件 monitoring software**

为采集、监测、存储、分析、输出数据而设计开发的计算机程序集合。

### 3.10

#### **监测硬件 monitoring hardware**

为配合监测软件运行的各种物理装置的总称,主要包括采集设备、传输设备、存储设备等。

## 4 基本规定

4.1 浅层地热能监测系统宜作为地源热泵系统的组成部分,列入建设计划,同步设计、施工和验收。

4.2 监测系统建设不应影响地源热泵系统既有功能,不降低系统技术指标,并应保证作业和环境安全。

4.3 监测系统应由数据采集系统、数据传输系统和数据中心软硬件设备及系统组成,软件应具备综合分析功能。

- 4.4 监测系统应采用成熟、可靠的技术与设备，监测设备和系统安装完成后应进行综合测试和调试，测量精度在允许偏差范围内。
- 4.5 监测井（孔）位的布置，应便于监测系统的建设、数据传输和设施维护。
- 4.6 监测系统数据宜采用自动实时采集方式，当无法采用自动方式采集时，可采用人工采集方式。
- 4.7 监测系统除应符合本规范外，尚应符合国家及行业现行有关标准、规范的规定。

## 5 监测系统设计

### 5.1 监测内容

- 5.1.1 浅层地热能监测系统应包括地质环境、地源热泵系统运行状态、室内外环境和末端系统的监测。
- 5.1.2 地质环境监测内容包括：
  - a) 地埋管地源热泵系统应对岩土体地温背景值、地温变化情况进行监测；
  - b) 地下水地源热泵系统宜对水位、水质、水温、热源井抽灌量、含砂量、岩土体地温背景值、地温变化情况以及周边地面、管网、建构物变形、热源井及附属设备运行情况（热源井淤塞、井管腐蚀等）等进行监测；
  - c) 地表水地源热泵系统宜对地表水水位、水质、水温、流速、流向、取排水口淤积情况等监测。海水源热泵系统还宜对潮位、海水透明度、盐度、渗流系数等进行监测。
- 5.1.3 地源热泵系统运行状态监测内容应包括：
  - a) 地源侧供/回水温度、流量、压力；
  - b) 用户侧供/回水温度、流量、压力；
  - c) 热泵机组、水泵及辅助设备耗电量；
  - d) 热泵机组、阀门、水泵、辅助设备等运行状态。
- 5.1.4 室内外环境监测内容宜包括空气干球温度、相对湿度等。
- 5.1.5 末端系统监测宜对用户空调的使用时间、用能情况进行监测。
- 5.1.6 监测项目应按表 1、表 2、表 3 进行设置。

表 1 地埋管地源热泵系统监测项目设置

项目规模	热泵系统运行状态					地质环境				室内外环境		末端系统	
	埋管侧供/回水温度、流量、压力	用户侧供/回水温度、流量、压力	热泵机组及水泵耗电量	分集水器温度、压力	机组/阀门/水泵运行状态	换热孔内岩土地温	换热孔间岩土地温	岩土体地温背景值	地下水	室内温湿度	室外温湿度	用能时间	用能量
小型项目	●	●	●	☆						☆			
中型项目	●	●	●	●	●	●	●	☆	☆	☆	☆	☆	☆
大型项目	●	●	●	●	●	●	●	●	☆	●	●	●	●
重要及特殊项目	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

注 1：● 为应监测项，☆ 为宜监测项。  
 注 2：小型项目是指浅层地热能应用面积小于 20000m<sup>2</sup> 的居住建筑和小于 5000m<sup>2</sup> 的公共建筑；中型项目是指浅层地热能应用面积在 20000m<sup>2</sup>~50000m<sup>2</sup> 的居住建筑和 5000m<sup>2</sup>~20000m<sup>2</sup> 的公共建筑；大型项目是指浅层地热能应用面积超过 50000m<sup>2</sup> 的居住建筑和超过 20000m<sup>2</sup> 的公共建筑；重要及特殊项目是指有科研示范等特殊要求。其他建筑利用浅层地热能时根据单位面积负荷大小参照以上分类执行。

表 2 地下水地源热泵系统监测项目设置

项目规模	热泵系统运行状态						地质环境					室内外环境		末端系统		
	地下水侧供/回水温度、流量、压力	用户侧供/回水温度、流量、压力	热泵机组及水泵耗电量	分集水器温度、压力	机组/阀门/水泵运行状态	热源井运行状态	地下水水位	热源井抽水回灌量	水温水质	含砂量	岩土体地温	建筑物变形	室内温湿度	室外温湿度	用能时间	用能量
小型项目	●	●	●	●			●	●	●	●		☆				
中型项目	●	●	●	●	●	☆	●	●	●	●	☆	●	☆		☆	☆
大型项目	●	●	●	●	●	☆	●	●	●	●	☆	●	●	●	●	●
重要及特殊项目	●	●	●	●	●	☆	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

注 1: ● 为应监测项, ☆ 为宜监测项。  
 注 2: 小型项目是指浅层地热能应用面积小于 20000m<sup>2</sup> 的居住建筑和小于 5000m<sup>2</sup> 的公共建筑; 中型项目是指浅层地热能应用面积在 20000m<sup>2</sup>~50000m<sup>2</sup> 的居住建筑和 5000m<sup>2</sup>~20000m<sup>2</sup> 的公共建筑; 大型项目是指浅层地热能应用面积超过 50000m<sup>2</sup> 的居住建筑和超过 20000m<sup>2</sup> 的公共建筑; 重要及特殊项目是指有科研示范等特殊要求, 以及位于软土区的地下水地源热泵系统应用项目等。其他建筑利用浅层地热能时根据单位面积负荷大小参照以上分类执行。

表 3 地表水地源热泵系统监测项目设置

项目规模	热泵系统运行状态					地质环境				室内外环境		末端系统	
	地表水侧供/回水温度、流量、压力	用户侧供/回水温度、流量、压力	分集水器温度、压力	热泵机组及水泵耗电量	机组/阀门/水泵运行状态	水温水质	流速流向	水位潮位	取排水口淤积	室内温湿度	室外温湿度	用能时间	用能量
小型项目	●	●	●	●		●		☆		☆			
中型项目	●	●	●	●	●	●		☆		☆	☆	☆	☆
大型项目	●	●	●	●	●	●	☆	●	☆	●	●	●	●
重要及特殊项目	●	●	●	●	●	●	☆	●	●	●	●	●	●

注 1: ● 为应监测项, ☆ 为宜监测项。  
 注 2: 小型项目是指浅层地热能应用面积小于 20000m<sup>2</sup> 的居住建筑和小于 5000m<sup>2</sup> 的公共建筑; 中型项目是指浅层地热能应用面积在 20000m<sup>2</sup>~50000m<sup>2</sup> 的居住建筑和 5000m<sup>2</sup>~20000m<sup>2</sup> 的公共建筑; 大型项目是指浅层地热能应用面积超过 50000m<sup>2</sup> 的居住建筑和超过 20000m<sup>2</sup> 的公共建筑; 重要及特殊项目是指有科研示范等特殊要求。其他建筑利用浅层地热能时根据单位面积负荷大小参照以上分类执行。  
 注 3: 潮位监测为海水源热泵系统特有。

## 5.2 地质环境监测

### 5.2.1 地埋管地源热泵系统地质环境监测设计，应满足以下要求：

- a) 应按表 1 要求设置岩土地温背景值监测孔、换热孔间岩土地温变化监测孔和换热孔内岩土地温变化监测孔，形成监测网；
- b) 设置换热孔间岩土地温变化监测孔和换热孔内岩土地温变化监测孔时，单个埋管区域应设置不少于 2 组监测孔，当埋管区域较大时，应适当增加监测孔数量；有多个埋管区域时，每个区域应设置不少于 1 组监测孔。当埋管区域跨越不同地质结构单元时，应在不同地质单元分别至少设置 1 组监测孔；
- c) 应根据地埋管管群形状，选择代表性换热孔布设为换热孔内岩土地温变化监测孔。换热孔间岩土地温变化监测孔应布置在换热孔内岩土地温变化监测孔与相邻换热孔的中间位置；
- d) 每个项目应至少设置 1 个岩土地温背景值监测孔，孔位离地埋管管群最外围的距离不宜小于 10m；
- e) 沿地温监测孔垂直方向应根据地层变化分层设置地温监测点，地温监测点不宜少于 5 个；
- f) 地温监测孔深度应大于埋管深度 2m，孔径不宜小于 130mm，孔斜不应超过 1°；
- g) 温度传感器及线缆的埋设应满足长期监测的要求，宜采用埋设测管方式。测管宜采用 PE 管，管底应密封，管壁不渗漏；
- h) 线缆出监测孔后可沿水平换热管路布置。当现场不具备布置水平测线条件时，宜采用无线发射的方式；
- i) 当地埋管埋设区域有地下水径流时，地温变化监测孔应沿地下水径流方向设置，岩土地温背景值监测孔应设在地下水径流上游部位；
- j) 自动方式采集岩土地温监测数据时，在热泵系统运行期间，换热孔内的数据采集、传输频率宜每 30min 1 次，其他监测孔宜每 60min 1 次；热泵系统停止运行期间，采集、传输频率宜每 60min 1 次。采用人工方式时，热泵系统运行期间宜每天 1 次，停止运行期间宜每周 1 次；
- k) 监测孔应设置明显可见的标识；
- l) 典型地温监测孔结构参见附录 A。

### 5.2.2 地下水地源热泵系统地质环境监测设计，应满足以下要求：

- a) 监测井设计应符合以下规定：
  - 1) 应优先利用场地周边已有水井作为监测井，抽水井和回灌井可兼作监测井，一井多用，应设置井台（井室）和显著标识；
  - 2) 监测井的布置及设计应符合 GB/T 51040《地下水监测工程技术规范》的相关要求；
  - 3) 基岩监测井在稳定基岩段可采用裸孔结构，松散砂层监测井和基岩监测井不稳定井壁段应设置钢管或滤管护壁；
  - 4) 线缆出监测井后宜沿水平输水管路布置。当现场不具备布置水平测线条件时，宜采用无线发射的方式；
  - 5) 已报废或完成使用功能的监测井应进行回填处理；
  - 6) 典型监测井结构参见附录 B。
- b) 水位监测应符合以下规定：
  - 1) 自动监测系统的静压类水位传感器或人工监测时的测管管头应安装在监测井动水位以下。浮子类水位传感器其线缆应有防止浮子变动时拉断的措施；
  - 2) 自动监测时的监测频率，热泵系统运行期间宜每 30min 1 次，热泵系统停止运行期间宜每 60min 1 次。人工监测时，热泵系统制冷、供热季宜在抽水前、停泵前各监测 1 次，过渡季运行宜每周 1 次。

- c) 抽水、回灌量监测应符合以下规定：
    - 1) 宜在抽（回）水总管、热源井进出口处及溢流管上安装计量装置，监测地下水抽水量、回灌量、溢流回扬量；
    - 2) 自动监测时，监测频率宜每 30min 1 次；人工监测时，宜每天 1 次；
    - 3) 计量装置的选用及安装应符合 GB/T 778《封闭满管道中水流量的测量 饮用冷水水表和热水水表》的有关规定。
  - d) 水温监测应符合以下规定：
    - 1) 监测井内应设置温度传感器；
    - 2) 自动监测时，宜每 30min 1 次；人工监测时，宜每天 1 次。
  - e) 水质监测应符合以下规定：
    - 1) 水质全分析采样要求及水质全分析项目应符合 DZ/T 0133《地下水动态监测规程》的相关要求；
    - 2) 中小型项目每年、大型和重要及特殊项目每季度应取样进行水质全分析；
    - 3) 发现地下水水质出现较大变化时，应加密取样监测频率；
    - 4) 每个制冷季、供热季应对抽水井取水样分析含砂量、矿化度等，发生换热器堵塞或回扬发现地下水长时间浑浊时，应加密取样频率。
  - f) 变形监测应符合以下规定：
    - 1) 宜对抽水影响范围内的地面沉降、周边建构筑物沉降、开裂与倾斜、地下管网沉降及位移变形等进行监测；
    - 2) 变形监测范围应以控制周边主要建构筑物、管网和地面沉降变形敏感区为准，宜在井群影响半径范围内；
    - 3) 沉降测量的基准点宜设置在最深热源井的井口管上，或外围不受抽水影响的稳定物体上；
    - 4) 监测等级、监测网点布置、监测方法等应符合 GB 50026《工程测量规范》、DZ/T 0154《地面沉降水准测量规范》的相关要求；
    - 5) 新建项目宜与主体建筑沉降监测结合进行，应在热泵系统运行前取得基准值，运行期内宜连续进行监测，运行前两年内每季度应监测 1 次，变形稳定后每年应监测 1 次；出现异常情况应加密监测点位布置和监测频次。
  - g) 应布置一个监测井，观测抽水、回灌影响范围内含水层的温度变化，温度传感器宜按含水层变化分层设置。
- 5.2.3 地表水地源热泵系统地质环境监测设计，应满足以下要求：
- a) 应按表 3 设置水位、水温、流速监测点；
  - b) 水库、湖水等流动缓慢水体，应在退水口周边 30m 范围内监测水温；江河等流动水体，应在退水口下游 50m 范围内监测水温；
  - c) 闭式地表水地源热泵系统抛管换热器布设区域应设置不少于 1 个水温监测断面，监测断面应垂直于换热器延伸方向，每个断面监测点数量不少于 3 个；水温监测点位置宜根据水文条件、换热器形状和尺寸确定；
  - d) 开式系统宜在取水口、退水口附近进行水质监测；闭式系统宜在每个抛管换热器区域中心及边缘进行水质监测。具体采样分析方法参照 HJ/T 91《地表水和污水监测技术规范》执行；
  - e) 在海水内埋设前端换热器时，应对水下泥沙或砂砾的渗流系数、密度、比热容、换热系数进行测定；
  - f) 监测频率参照第 5.2.2 条地下水监测频率执行。
  - g) 热泵系统运行状态监测

- 5.2.4 热泵系统运行状态参数监测点的布置应具有代表性，监测数据和结果应能反映系统运行状态。
- 5.2.5 地源侧、用户侧供水及回水总管、支管上均应设置温度、压力监测点，供水总管上应设置流量监测点。
- 5.2.6 热泵系统设置有中间换热器时，应在换热器的一、二次侧供水及回水总管上设置温度、压力监测点，供水总管上设置流量监测点。
- 5.2.7 热泵机组与循环水泵电耗应分别监测，监测点应设置在动力配电柜（箱）处；不同类别水泵应单独安装电量计量装置。
- 5.2.8 应对水过滤器及水处理设备的进出口压差进行监测，当压差超限时应报警。
- 5.2.9 应对热泵机组、水泵的工况转换及联锁阀门的启停状态进行监测。
- 5.2.10 应监测并记录热源井淤塞、洗井、腐蚀破损与修复、输配水管网维修更换、热源井封井情况，以及深井泵及附属设施（线缆、井室、阀门、井管）运行及使用情况。
- 5.2.11 应监测并记录地埋管换热管群、管路、分集水器、井室等的清洗、维护、修复情况。
- 5.2.12 自动监测时，宜每 30min 1 次；人工监测时，宜每天 1 次。

### 5.3 室内外环境监测

- 5.3.1 空调房间温湿度监测点应选择有代表性的楼层和功能空间布置，监测点位、数量及方法应符合 GB/T 50785《民用建筑室内热湿环境评价标准》的相关要求。
- 5.3.2 监测点应避开电磁干扰，有稳定可靠的电力供应并易于安装检修。
- 5.3.3 室外温湿度监测应将传感器置于室外空气中（设有防辐射罩），应采取措施防晒、防雨、防风、防死角。
- 5.3.4 自动监测时，宜每 30min 监测 1 次；人工监测时，宜每天监测 1 次。

### 5.4 末端系统监测

- 5.4.1 末端系统监测应对用户的用能量和使用时间进行检测、采集、存储和统计。应按楼层和楼栋分别设置监测仪表，宜按一户一表配置监测（计量计费）设备。
- 5.4.2 末端系统监测数据采集宜使用计量计费系统自动采集，人工采集为辅。监测选用的当量空调表、热量表等仪表，应符合 SJ/T 11449《集中空调电子计费信息系统工程技术规范》的相关要求。
- 5.4.3 监测仪表应能准确识别末端系统运行状态，具备防盗、计量失效报警功能。
- 5.4.4 人工监测宜每天 1 次，自动监测宜按设定时间间隔采集数据。

### 5.5 数据采集与传输

- 5.5.1 监测数据可通过有线或无线方式传输并存储到计算机或监测数据中心，监测数据应及时备份。
- 5.5.2 应设置监测数据采集传输装置，包括必要的中继器、网关等传输设备，监测设备宜安装在弱电井。
- 5.5.3 数据采集装置通道数应满足监测的要求，不应低于 2 个数据采集通道，无线方式采集可使用单通道。
- 5.5.4 数据采集传输装置和监测传感器之间的传输宜采用主-从结构的半双工通信方式，监测仪表应执行数据中心的操作指令并应答。
- 5.5.5 数据采集装置和数据中心的传输宜采用基于 TCP/IP 协议的通信方式。
- 5.5.6 数据采集装置应具有以下功能：
- a) 支持标准输出的传感器；
  - b) 数据采集分辨率不低于 11bit；
  - c) 具备工业环境的现场应用能力和过压保护功能；

- d) 数据输出应以标准协议上传，应至少支持通用协议 M\_Bus、Modbus、BACnet、Lonmark 等中的一种；
  - e) 宜选用 RS-485 接口。
- 5.5.7 数据传输线路应采用标准的传输线缆和相关硬件连接，其配置应符合 GB 50311《综合布线系统工程设计规范》的相关要求。
- 5.5.8 大型和重要项目应设置监测数据中心。监测数据中心可与项目监控中心联合建设，设置在热泵机房控制室或项目中心控制机房内。
- 5.5.9 数据中心功能设计应满足以下要求：
- a) 数据中心监测软件应具有管理、数据采集、查询维护、数据分析、数据共享以及数据安全防护等功能；
  - b) 应具备监测数据或监测仪表异常报警功能，自动生成日志文件留存；
  - c) 数据中心应具备扩展功能，可向第三方平台系统传输数据；
  - d) 应通过技术防护措施和非技术防护措施建立信息安全技术体系，保障系统数据安全；
  - e) 数据中心应具有数据备份策略，自动备份数据资料，保存时间不应低于 2 年。
- 5.5.10 数据中心电源应设置双路市电，配置不间断工作电源系统（UPS），如不能设置双路市电，应配置后备柴油发电机组。
- 5.5.11 数据中心建设和硬件配置应符合 GB 50174《数据中心设计规范》的要求，达到 B 级标准，机房应具有良好的电磁兼容工作环境，关键设备应有冗余后备系统。

## 5.6 监测设备

- 5.6.1 监测设备应具有良好的稳定性和可靠性，按国家相关标准定期进行校准和标定。
- 5.6.2 监测设备精度应满足以下要求：
- a) 温度监测仪器测量误差不超过  $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ ；
  - b) 环境温湿度传感器测量误差不超过  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 、 $\pm 3\%\text{RH}$ ；
  - c) 压力传感器测量误差不大于  $\pm 0.01\text{MPa}$ ；
  - d) 流量监测仪器测量误差不大于  $\pm 1.0\%$ ；
  - e) 电量传感器的输入功率精度应不低于 3.0 级；
  - f) 水位传感器测量误差不大于  $\pm 20\text{mm}$ ；
  - g) 超声波物位变送器测量误差不超过  $\pm 0.5\%\text{F}\cdot\text{S}$ ；
  - h) 末端计量仪表的计时误差不大于 0.1%。
- 5.6.3 地下传感器根据其使用要求，应具有防水、抗压及防腐蚀、防冻、稳定可靠等性能。

## 6 监测系统施工

### 6.1 监测孔施工

- 6.1.1 监测孔施工过程应按现行国家标准 GB 50366《地源热泵系统工程技术规范》的有关规定执行。
- 6.1.2 施工准备及开孔应符合下列规定：
- a) 施工前应编制施工方案，准备施工材料、设备、场地等，准确测放监测孔孔位；
  - b) 钻孔前，钻机立轴中心与井管中心偏差不应大于 10mm；
  - c) 应校正钻杆垂直度，钻机塔架头部滑轮组、立轴与孔位中心应始终保持在同一铅垂线上；
  - d) 泥浆循环钻进时，钻场应设简易泥浆循环系统，配置沉淀池和循环池，沉淀池体积应不小于成孔体积的 1.5 倍，并及时清除沉淀池中的沉砂。

### 6.1.3 监测孔钻进应符合下列规定：

- a) 应根据设计和地层特征，选择适当的钻速、钻压、泵（气）量等进行钻进；
- b) 如地层复杂，可下置套管、变径钻进，终孔孔径不应小于设计值；
- c) 终孔时应测量孔斜，终孔孔斜不应大于设计值。孔斜超出标准时，应采取措施纠正；
- d) 终孔深度应大于设计孔深，终孔后应进行清孔换浆。

### 6.1.4 下置温度传感器或测管应符合下列规定：

- a) 直接埋设温度传感器时，应预先检查、标记温度传感器，绑扎固定好温度传感器和线缆，在监测孔清孔、验收完成后立即将其下入孔内指定位置。当线缆（管）承受浮力较大时，应在最下端部位适当增加配重；
- b) 在监测孔清孔、验收完成后，应将带有温度传感器、信号线的测管管底封闭，测管入孔后应立即回填钻孔。

### 6.1.5 监测孔回填应采用与换热孔相同的材料和工艺。

### 6.1.6 监测孔完成后应做好孔口保护，设置标识。

### 6.1.7 监测孔施工过程中，应同时进行钻孔编录，获取地层资料，绘制岩性柱状图及监测设备安装示意图。

## 6.2 监测井施工

### 6.2.1 监测井施工过程应按现行国家标准 GB 50296《管井技术规范》和 GB 50027《供水水文地质勘察规范》的有关规定执行。

### 6.2.2 施工前应编制施工方案，准备材料、设备、场地等，准确测放监测井井位。

### 6.2.3 共用热源井时，可在热源井井口盖板上预留监测管孔，并下置测管。测管应下置至深井泵泵头下 5m。测管宜采用 DN40 镀锌管，测管下端 2m 应钻凿一定数量的小孔。

### 6.2.4 水位、水温传感器和测线下入测管后应预留一定长度的测线，下置过程中应通过数据采集设备对传感器、测线进行检测；测线、数据采集和传输设备应安装牢固并有保护措施。

### 6.2.5 当利用监测井监测岩土体温度时，宜在填砾前将温度传感器设置在井管与孔壁间。

### 6.2.6 井口端测线布置完成后，宜将线缆穿入到 DN25 的 PE 管内，做好密封，随水平集管接入到数据中心。

### 6.2.7 无线发射（接收）装置安装应稳妥可靠，符合通信传输装置安装要求。

### 6.2.8 监测井完成后应做好井口保护，设置标识。

### 6.2.9 监测井施工过程中，应同时进行钻孔地质编录，绘制岩性柱状图及井孔结构图等。

## 6.3 监测设备安装

### 6.3.1 监测设备安装前应对型号、规格、尺寸、数量、性能参数进行检验，并应符合设计要求。

### 6.3.2 管路上温度传感器、流量传感器、压力传感器等监测仪表安装应符合 GB 50093《自动化仪表工程施工及验收规范》的相关要求。

### 6.3.3 水量监测仪表安装应符合 GB/T 778《封闭满管道中水流量的测量 饮用冷水水表和热水水表》的相关要求。

### 6.3.4 电量监测仪表安装应符合 GB/T 50063《电力装置电测量仪表装置设计规范》的相关要求。

### 6.3.5 冷热量监测仪表安装应符合 SJ/T 11449《集中空调电子计费信息系统工程技术规范》的相关要求。

### 6.3.6 渗流传感器安装应符合 SL 531《大坝安全监测仪器安装规范》的相关要求。

### 6.3.7 潮汐监测设备在短期验潮站可只设立水尺和水准点，在长期验潮站应设置验潮井。具体安装应符合 GB/T 14914《海滨观测规范》的相关要求。

6.3.8 监测设备安装后应对设备运行状况进行全面检查，宜包括模拟传感器参数变化、遥测终端机的各项参数设置、数据发送和固态存储器数据的写入、读取及监测数据的一致性检查等。

#### 6.4 数据中心施工

6.4.1 数据中心施工应符合 GB 50174《数据中心设计规范》和 GB 50462《数据中心基础设施施工及验收规范》的相关要求。

6.4.2 数据中心的施工应包括部署和配置检测硬件和监测软件，设置运行环境和参数。

6.4.3 数据中心设备应检验合格后进行安装，设置主机房（机柜）区、辅助支持区和管理区。

6.4.4 数据中心安装完成后，应根据设计要求进行系统调试和性能测试。

### 7 监测系统调试与验收

#### 7.1 系统调试

7.1.1 监测系统施工完毕后，应根据设计要求进行设备、系统、软件的联合调试、性能测试和试运行。

7.1.2 监测系统调试应由施工单位负责，监理单位、设计单位与建设单位共同配合完成。

7.1.3 监测系统调试前的准备，应符合以下规定：

- a) 应编制系统调试方案，并报送专业监理工程师审核批准。
- b) 系统调试应由专业施工和技术人员实施；
- c) 对施工完毕的监测系统外观和安装状态应进行检查，确认符合设计和产品说明书要求；
- d) 应在地源热泵系统运转正常 24h 后，进行监测系统调试。

7.1.4 监测系统调试过程应进行记录，并应符合以下规定：

- a) 应测试监测设备采集数据、传输数据和存储数据的正确性、一致性；
- b) 监测系统应用软件的数据采集和处理功能应正常，并验证数据处理的正确性，各项性能应满足设计要求；
- c) 监测设备、服务器、交换机、存储设备等设备之间的网络连接应正确，并符合设计和产品说明书要求；
- d) 应对通信过程中发送和接收数据的正确性、及时性和可靠性进行验证，并符合设计要求。

7.1.5 监测系统调试应分夏、冬两季进行，调试结果应达到设计要求。调试结束后，应提交完成的调试报告及操作维护手册。

#### 7.2 系统验收

7.2.1 监测系统的竣工验收，应符合 GB 50093《自动化仪表工程施工及质量验收规范》和 GB 50462《数据中心基础设施施工及验收规范》的有关规定。

7.2.2 监测系统的竣工验收，应在完成设备和管线安装、系统联合调试及性能测试、系统试运行后进行。

7.2.3 监测系统调试完成后，在实际工作条件下联合试运行不应少于一个月。

7.2.4 系统验收应由建设单位组织施工、设计、监理等单位共同进行，形成验收意见，并填写验收表。浅层地热能监测系统验收表参见附录 C。

7.2.5 监测系统的质量控制资料应完整，并应包括以下内容：

- a) 施工现场质量管理检验记录；
- b) 设备材料进场检验记录；
- c) 监测井（孔）检验记录；
- d) 监测仪表、设备检验记录；

- e) 隐蔽工程验收记录;
  - f) 工程安装质量及观感质量验收记录。
- 7.2.6 监测系统的竣工验收资料应完整, 并应包括以下内容:
- a) 工程施工合同;
  - b) 图纸会审记录、设计变更通知单;
  - c) 竣工图纸;
  - d) 系统设备产品说明书;
  - e) 设备及系统测试记录;
  - f) 系统技术、操作和维护手册;
  - g) 系统调试和试运行报告。
- 7.2.7 验收合格的系统应全部符合设计和相关要求; 验收不合格时, 建设单位应责成责任单位限期整改, 直至验收合格, 否则不得通过验收。

## 8 监测系统维护及运行

### 8.1 系统维护

- 8.1.1 应编制监测工作实施方案, 定期排查、定期保养, 及时维修维护和排除监测系统故障, 保障监测系统安全、正常使用。
- 8.1.2 应定期对监测仪器稳定性和精度进行校准校验, 精度不符合要求的, 应及时校正或更换。
- 8.1.3 每个供冷或供热季运行前应进行现场调试, 宜进行数据比测, 消除监测误差。
- 8.1.4 应每月检查一次监测数据采集情况, 保证监测数据的连续性、完整性和可靠性。
- 8.1.5 每年宜对热源井进行一次井深测量, 当井深小于滤水管顶部 5m 或井内水深小于 2m 时, 应进行洗井。
- 8.1.6 增加监测点、监测内容时, 应按本标准要求设计、施工、验收和运行; 删减监测点和监测内容时, 应说明原因并留存记录。
- 8.1.7 数据中心应配备专业人员进行日常运行管理和维护。

### 8.2 监测数据处理

- 8.2.1 自动监测及数据处理应符合下列要求:
- a) 定时进行监测系统运行状态的监控, 出现故障的监测设备应及时进行维护;
  - b) 应比照前后监测信息, 分析异常。如有异常, 应检查监测仪器设备, 必要时进行复测;
  - c) 对监测的原始信息数据进行存储和备份, 编制系统运行日志, 记录出现的问题及处理结果。
- 8.2.2 人工监测及数据处理应符合下列要求:
- a) 监测应及时, 信息应准确, 记录应工整、清晰;
  - b) 应比照前后监测信息, 分析异常。如有异常, 应检查监测仪器设备, 必要时进行复测;
  - c) 原始记录不得毁坏和丢失, 应按要求及时上报。
- 8.2.3 应定期对监测数据进行分类整理, 剔除异常数据, 绘制相关参数随时间变化曲线图, 提出监测结论和运行建议, 宜包括以下内容:
- a) 根据地温变化监测数据, 掌握系统长期运行条件下地温场变化的幅度、范围、趋势, 分析岩土体温度动态变化规律, 并结合岩土体热平衡情况, 提出地下换热系统优化运行方案、建议;
  - b) 根据监测数据, 分析地源热泵系统运行时地下水水位、水质、水温、抽灌量变化特征, 提出地下水开采和抽灌井运行优化建议;

- c) 根据变形监测数据, 分析、评价地下水开采对周边建构筑物、管网的影响;
- d) 根据地表水监测数据, 分析、评价取退水和抛管换热器的可靠性及对环境的影响;
- e) 根据地源热泵系统运行状态监测数据, 分析机组能效、系统能效及换热设施、辅助设备运行状态, 评价运行策略, 提出优化运行方案和建议;
- f) 根据室内外环境监测数据, 评价地源热泵系统运行效果, 优化系统运行控制;
- g) 根据空调末端系统监测数据, 分析用户实际用能习惯和需求, 优化供能服务方案。

### 8.3 监测预警

#### 8.3.1 地埋管地源热泵系统出现下列状况, 应予以预警:

- a) 岩土体年平均温度的增幅或降幅超过  $1.5^{\circ}\text{C}$ ;
- b) 换热区范围地下水水质发生明显变化;
- c) 管道压力发生明显变化, 地埋管路发生渗漏或局部堵塞;
- d) 地埋管出水温度偏离设计值  $3^{\circ}\text{C}$  以上。

#### 8.3.2 地下水地源热泵系统出现下列状况, 应予以预警:

- a) 回灌量小于抽水量;
- b) 地下水水位下降至设计最低动水位;
- c) 水质明显变化或浑浊;
- d) 专用监测井地下水水温年变幅超过  $2^{\circ}\text{C}$ ;
- e) 地面沉降或周边建构筑物、管网等变形超限;
- f) 热源井抽水量低于设计值 20% 以上;
- g) 热源井淤塞、井管破损。

#### 8.3.3 地表水地源热泵系统出现下列状况, 应予以预警:

- a) 地表水水质发生明显变化;
- b) 对流动水体, 下游 50m 处水温超过取水口温度  $1^{\circ}\text{C}$ ;
- c) 水库、湖水等静缓水体抛管换热区域水温周平均最大温升  $\geq 1^{\circ}\text{C}$ , 周平均最大温降  $\geq 2^{\circ}\text{C}$ ;
- d) 开式系统地表水水深小于 4m, 闭式系统地表水水深小于 3m;
- e) 管道压力发生明显变化, 换热管路发生渗漏;
- f) 取水口水底淤积影响取水。

#### 8.3.4 热泵系统出现下列情况时, 应予以预警:

- a) 机房内流量、温度、压力或压差超过限值;
- b) 运行阶段用户室内温度高于或低于设计值  $3^{\circ}\text{C}$  以上;
- c) 系统输配管网压力下降、管道渗漏;
- d) 能源供应与用户用能情况 (计量情况) 相差 15% 以上。

### 8.4 监测评估报告

8.4.1 监测系统运行过程中的各种监测数据、检查记录、维修维护情况、运行状态分析等, 应定期形成监测评估报告。

8.4.2 监测评估报告应按月报 (运行期)、季报 (供冷季、供热季)、年报编报, 包括前言、总体运行情况、监测数据整理与分析评价、结论及建议。主要内容参见附录 D。

附录 A  
(资料性附录)  
监测孔结构

监测孔结构示意图A.1。

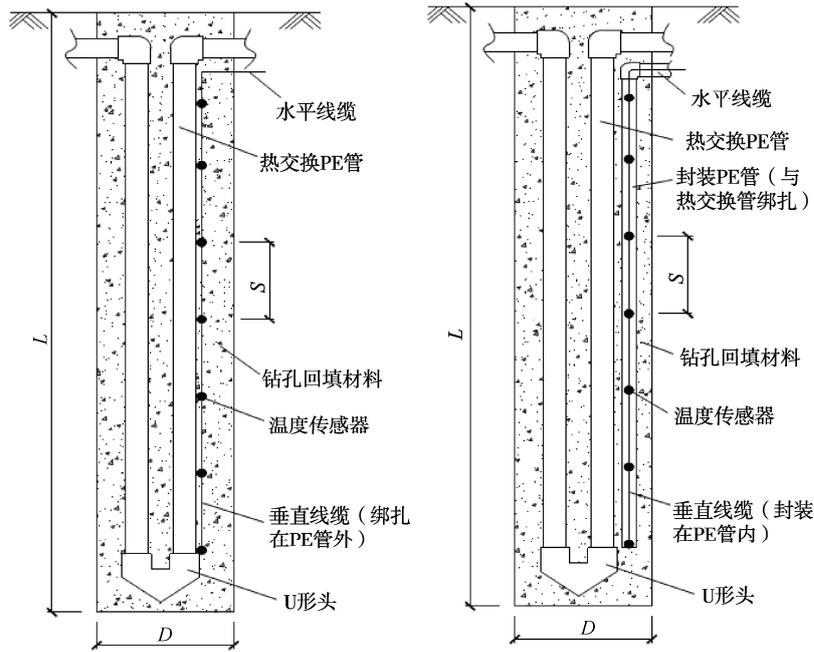


图 A.1 换热孔内地温监测孔结构图

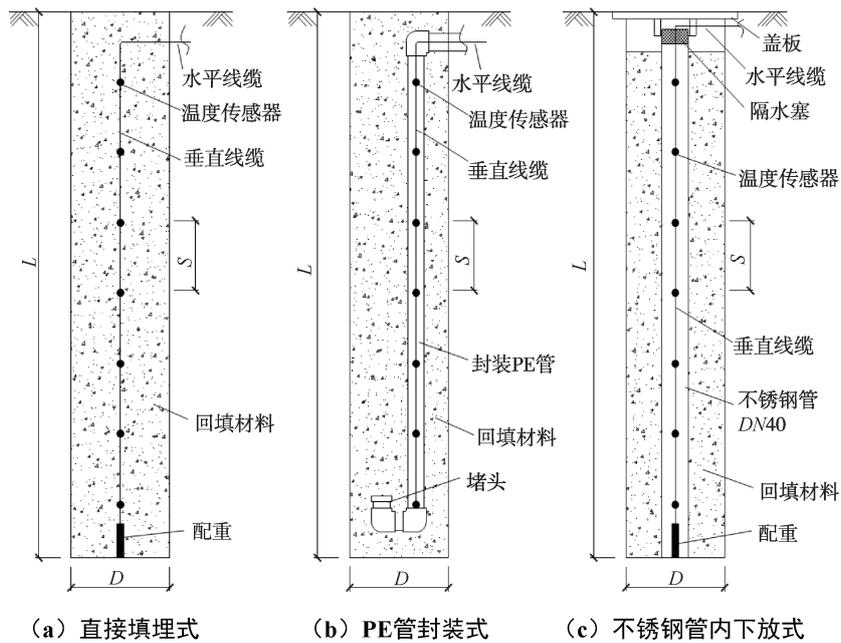


图 A.2 换热孔间地温及地温背景值监测孔结构图

附录 B  
(资料性附录)  
监测井结构

监测井结构示意图B.1。

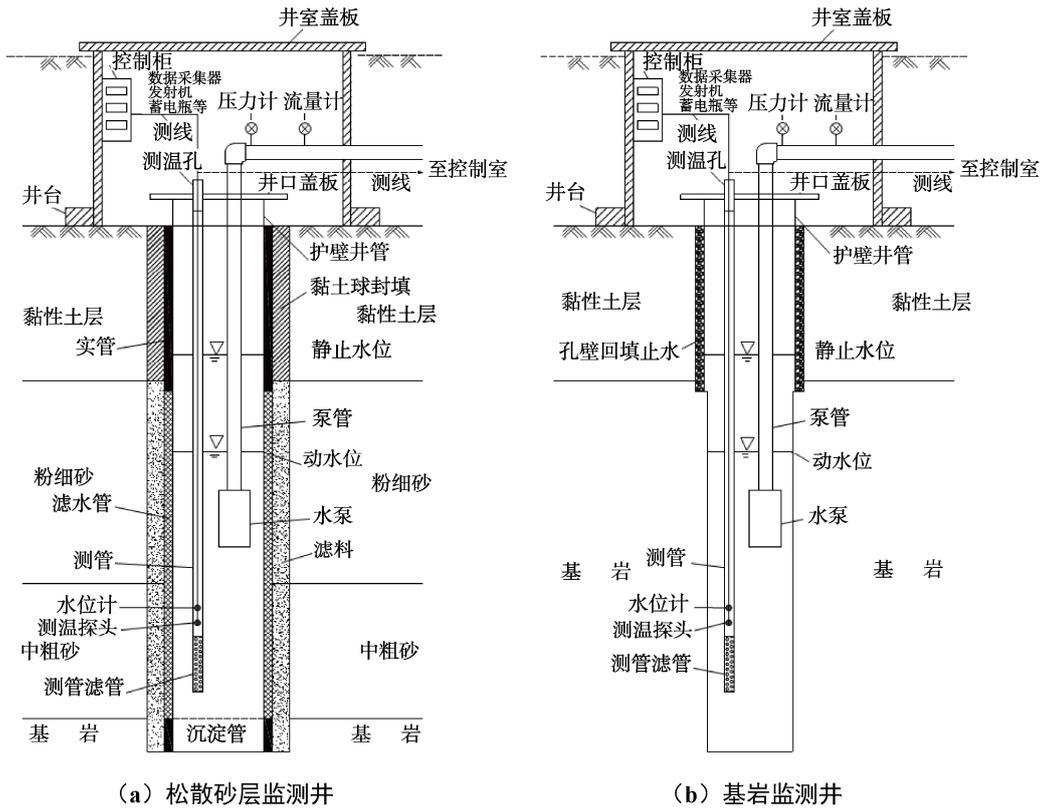


图 B.1 监测井结构示意图

附 录 C  
(资料性附录)  
监测系统验收表

浅层地热能利用监测系统验收表见表C.1。

表 C.1 浅层地热能利用监测系统验收表

一、项目概况					
项目名称		应用面积 (m <sup>2</sup> )		系统负荷 (kW)	热负荷: _____ 冷负荷: _____
地源热泵形式	埋管地源热泵 <input type="checkbox"/>	地下水地源热泵 <input type="checkbox"/>	地表水地源热泵 <input type="checkbox"/>	辅助系统 <input type="checkbox"/> (注明):	
系统配置	主机台数: _____台; 地源侧循环水泵: _____台; 用户侧循环水泵: _____台; 板式换热器: _____台; 末端用户数量: _____栋 _____户; 计费系统形式: _____ ( _____ 栋 _____ 户); 热源井数量: _____口(抽水井 _____口, 回灌井 _____口, 监测井 _____口); 埋管数量/深度: _____孔/ _____ m; 地表水换热取水性质: _____ 地表水换热抛管长度(范围): _____ m( _____ m× _____ m)。				
项目类型	公共建筑 <input type="checkbox"/> 民用建筑 <input type="checkbox"/> / 小型项目 <input type="checkbox"/> 中型项目 <input type="checkbox"/> 大型项目 <input type="checkbox"/> 特殊(重要项目) <input type="checkbox"/>				
二、监测系统设置					
(一) 监测项目设置					
地质环境监测	设计 _____项/完成 _____项				
运行状态监测	设计 _____项/完成 _____项				
室内外环境监测	设计 _____项/完成 _____项				
用能情况监测	设计 _____项/完成 _____项				
(二) 监测点设置					
温 度	设计 ( _____个), /完成 ( _____个); 位置是否符合要求: <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否				
湿 度	设计 ( _____个), /完成 ( _____个); 位置是否符合要求: <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否				
压 力	设计 ( _____个), /完成 ( _____个); 位置是否符合要求: <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否				
流 量	设计 ( _____个), /完成 ( _____个); 位置是否符合要求: <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否				
电 量	设计 ( _____个), /完成 ( _____个); 位置是否符合要求: <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否				
冷(热)量	设计 ( _____个), /完成 ( _____个); 位置是否符合要求: <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否				
水 位	设计 ( _____个), /完成 ( _____个); 位置是否符合要求: <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否				
水 质	设计 ( _____个), /完成 ( _____个); 位置是否符合要求: <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否				
流 速	设计 ( _____个), /完成 ( _____个); 位置是否符合要求: <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否				
变 形	设计 ( _____个), /完成 ( _____个); 位置是否符合要求: <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否				
含 砂 量	设计 ( _____个), /完成 ( _____个); 位置是否符合要求: <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否				
附属设施	设计 ( _____个), /完成 ( _____个); 位置是否符合要求: <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否				
三、监测系统施工					
项目分项	验收内容(符合要求√, 不符合要求×)				
监测井	井类型 <input type="checkbox"/> 井数 <input type="checkbox"/> 井位 <input type="checkbox"/> 井径 <input type="checkbox"/> 井深 <input type="checkbox"/> 井斜 <input type="checkbox"/> 井管材料 <input type="checkbox"/> 成井工艺 <input type="checkbox"/> 探头(测管)埋设 <input type="checkbox"/> 成井试验 <input type="checkbox"/> 附属设施 <input type="checkbox"/> 监测标识 <input type="checkbox"/>				

表 C.1 (续)

监测孔	孔类型（背景监测孔、孔内监测孔、孔间监测孔） <input type="checkbox"/> 孔数量 <input type="checkbox"/> 孔位 <input type="checkbox"/> 孔径 <input type="checkbox"/> 孔深 <input type="checkbox"/> 孔斜 <input type="checkbox"/> 回填下管 <input type="checkbox"/> 试压记录 <input type="checkbox"/> 探头埋设 <input type="checkbox"/> 附属设施 <input type="checkbox"/> 监测标识 <input type="checkbox"/>				
监测设备及安装	类型 <input type="checkbox"/> 数量 <input type="checkbox"/> 合格证 <input type="checkbox"/> 说明书 <input type="checkbox"/> 设备标定 <input type="checkbox"/> 安装位置 <input type="checkbox"/> 检验校测 <input type="checkbox"/> 设备环境 <input type="checkbox"/> 安装记录 <input type="checkbox"/> 设备编号 <input type="checkbox"/> 监测标识 <input type="checkbox"/>				
数据采集、传输	传输方式 <input type="checkbox"/> 数据采集 <input type="checkbox"/> 传输线路 <input type="checkbox"/> 数据存储 <input type="checkbox"/> 检修井 <input type="checkbox"/> 线路及标识 <input type="checkbox"/>				
监测软件	监测分析功能 <input type="checkbox"/> 接口 <input type="checkbox"/> 互联互通 <input type="checkbox"/>				
数据中心	硬件配置 <input type="checkbox"/> 温湿度环境 <input type="checkbox"/> 电源 <input type="checkbox"/> 电磁环境 <input type="checkbox"/> 线缆安装质量 <input type="checkbox"/> 冗余备份 <input type="checkbox"/>				
其他	变形监测（范围、对象、点位、基准、标识） <input type="checkbox"/> 取样 <input type="checkbox"/>				
四、系统调试及试运行					
调试记录	符合要求 <input type="checkbox"/> 不符合要求 <input type="checkbox"/>				
监测频率	符合要求 <input type="checkbox"/> 不符合要求 <input type="checkbox"/>				
试运行记录	符合要求 <input type="checkbox"/> 不符合要求 <input type="checkbox"/>				
试运行调试报告	符合要求 <input type="checkbox"/> 不符合要求 <input type="checkbox"/>				
五、验收资料					
资料内容	设计资料	齐全 <input type="checkbox"/>	合格 <input type="checkbox"/>	缺失 <input type="checkbox"/>	不合格 <input type="checkbox"/>
	施工方案	齐全 <input type="checkbox"/>	合格 <input type="checkbox"/>	缺失 <input type="checkbox"/>	不合格 <input type="checkbox"/>
	施工记录	齐全 <input type="checkbox"/>	合格 <input type="checkbox"/>	缺失 <input type="checkbox"/>	不合格 <input type="checkbox"/>
	采购资料（合格证）	齐全 <input type="checkbox"/>	合格 <input type="checkbox"/>	缺失 <input type="checkbox"/>	不合格 <input type="checkbox"/>
	检验及标定资料	齐全 <input type="checkbox"/>	合格 <input type="checkbox"/>	缺失 <input type="checkbox"/>	不合格 <input type="checkbox"/>
	地质资料	齐全 <input type="checkbox"/>	合格 <input type="checkbox"/>	缺失 <input type="checkbox"/>	不合格 <input type="checkbox"/>
	化验分析报告	齐全 <input type="checkbox"/>	合格 <input type="checkbox"/>	缺失 <input type="checkbox"/>	不合格 <input type="checkbox"/>
	调试运行记录	齐全 <input type="checkbox"/>	合格 <input type="checkbox"/>	缺失 <input type="checkbox"/>	不合格 <input type="checkbox"/>
	隐蔽工程验收记录	齐全 <input type="checkbox"/>	合格 <input type="checkbox"/>	缺失 <input type="checkbox"/>	不合格 <input type="checkbox"/>
	分部分项工程验收记录	齐全 <input type="checkbox"/>	合格 <input type="checkbox"/>	缺失 <input type="checkbox"/>	不合格 <input type="checkbox"/>
	竣工图纸	齐全 <input type="checkbox"/>	合格 <input type="checkbox"/>	缺失 <input type="checkbox"/>	不合格 <input type="checkbox"/>
	竣工报告（小结）	齐全 <input type="checkbox"/>	合格 <input type="checkbox"/>	缺失 <input type="checkbox"/>	不合格 <input type="checkbox"/>
	其他	齐全 <input type="checkbox"/>	合格 <input type="checkbox"/>	缺失 <input type="checkbox"/>	不合格 <input type="checkbox"/>
六、验收意见					
验收等次	合格 <input type="checkbox"/> 不合格 <input type="checkbox"/>				
验收意见					
七、验收单位					
建设单位（盖章）		技术负责人（签字）		日期	
施工单位（盖章）		技术负责人（签字）		日期	
设计单位（盖章）		技术负责人（签字）		日期	
监理单位（盖章）		技术负责人（签字）		日期	

**附 录 D**  
**(资料性附录)**  
**监测评估报告**

监测评估报告，应包括以下主要内容：

- a) 前言：说明建设单位、项目位置、建筑规模和使用功能、浅层地热能资源条件、地源热泵系统形式、供冷供热量、热泵系统组成、运行管理方式、监测系统组成、监测要求、监测及运行维护单位等。
  - b) 运行情况：说明热泵系统和监测系统运行情况，监测工作开展情况，完成的监测工作量及存在的问题。
  - c) 监测数据整理与分析评价：对地质环境动态变化、热泵系统运行状况、运行能效及级别判定、空调末端设备使用情况及室内舒适性、节能环保效益等进行分析评价，预测系统运行变化趋势。
  - d) 结论及建议：评估浅层地热能监测系统运行的可靠性，根据监测系统分析评价结果总结地源热泵系统运行状况，提出地源热泵系统优化运行、地质环境保护和强化系统运行维护的意见建议。
  - e) 附件：报告应附必要的监测、检查、维修记录，运行分析曲线、图标等及小结和报告单。
  - f) 监测评估报告应按月报（运行期）、季报（供冷季、供热季）、年报编报。
-