ICS 73.020

NB

中华人民共和国能源行业标准

NB/T XXXX—XXXX

浅层地热能监测系统技术规范

Technical Code of Shallow Geothermal Energy Monitoring System

征求意见稿

XXXX－XX－XX 发布　　XXXX－XX－XX 实施

发布

目　　次

前言 II
1　范围 1
2　规范性引用文件 1
3　术语和定义 1
4　基本规定 2
5　监测系统设计 3
5.1　监测内容 3
5.2　地质环境监测 5
5.3　系统运行状态监测 7
5.4　室内外环境监测 7
5.5　末端系统监测 7
5.6　数据采集与传输 7
5.7　监测设备 8
6　监测系统施工 8
6.1　监测孔施工 8
6.2　监测井施工 9
6.3　监测设备安装 9
6.4　数据中心建设 11
7　监测系统调试与验收 11
7.1　系统调试 11
7.2　系统验收 12
8　监测系统运行及维护 12
8.1　系统运行维护 12
8.2　监测数据处理 13
8.3　监测预警 13
8.4　监测报告 14
附录 A（资料性附录）　监测孔结构 15
附录 B（资料性附录）　监测井结构 16
附录 C（资料性附录）　数据中心框架图 17
附录 D（资料性附录）　监测系统验收表 18

前　言

为贯彻浅层地热能开发利用有关法律法规和政策，实现浅层地热能科学开发利用，保障地质环境安全，促进地源热泵系统高效运行，制定本标准。

本标准依据GB/T1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》的规则起草。

本标准能源行业地热能专业标准化技术委员会提出并归口。

本标准包括7章和4个附录。主要内容包括：术语与定义，基本规定，监测系统设计，监测系统施工，监测系统运行与维护等。

本标准起草单位：

本标准主要起草人：

本标准于2018年XX月XX日首次发布。

浅层地热能监测系统技术规范

1 范围

本标准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。

本标准适用于新建、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、施工和运行。

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 50366 地源热泵系统工程技术规范

GB 50027 供水水文地质勘察规范

GB 50296 管井技术规范

GB 50026 工程测量规范

GB 50093 自动化仪表工程施工及验收规范

GB 50174 数据中心设计规范

GB/T 51040 地下水监测工程技术规范

GB/T 50785 民用建筑室内热湿环境评价标准

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

SJ/T11449 集中空调电子计费信息系统工程技术规范

HJ/T 91 地表水和污水监测技术规范

DZ/T 0154 地面沉降水准测量规范

DZ/T 0133 地下水动态监测规程

3 术语和定义

3.1

浅层地热能 shallow geothermal energy

蕴藏在浅层岩土体、地下水或地表水中的热能资源。

3.2

地源热泵系统 ground-source heat pump system

以浅层地热能为低温热源，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和地表水地源热泵系统。

3.3

地埋管换热系统 ground heat exchange system

传热介质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,又称土壤热交换系统。

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。

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。

3.6

地温背景值监测孔 undisturbed soil temperature monitoring hole

用于监测未受地下换热系统影响的岩土层温度值的钻孔。

3.7

地温变化监测孔 variational soil temperature monitoring hole

用于监测受地下换热系统影响的岩土层温度值的钻孔。

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,可分为单层监测井和多层监测井。

3.9

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。

3.10

监测硬件 monitoring hardware

配合监测系统工作的各种装置的总称，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，以保证其运行可靠，测量精度在允许偏差范围内。

4.2 监测工作可采用人工或自动的方式进行，监测数据应能够分析地源热泵系统对地质环境的影响，指导地源热泵系统安全高效运行。

4.3 监测井（孔）位应满足监测站点的建设、监测、信息传输和设施维护的要求。

4.4 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。

4.5 监测工作应由建设单位负责，监测系统宜实现数据自动采集、远程传输，软件应具备综合分析功能。

4.6 浅层地热能利用监测系统作为地源热泵系统的组成部分，应列入建设计划，同步设计、施工和验收。

4.7 浅层地热能利用监测系统除应符合本规程外，尚应符合国家和本省现行有关标准、规范的规定。

5 监测系统设计

5.1 监测内容

5.1.1 浅层地热能开发利用监测系统内容应包括地质环境变化监测、地源热泵系统运行状态监测、室内外环境监测、末端系统监测等。

5.1.2 地质环境监测内容包括地下换热系统影响范围内岩土体温度场监测，地下水水位、水温、水质、水量、地面及周边建构筑物变形监测，地表水体变化监测等。

a) 地埋管地源热泵系统和地下水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应对水位、水质、水温、热源井抽灌量、含砂量以及周边地面、管网、建构筑物变形、热源井及附属设备运行情况（热源井淤塞、井管腐蚀等）进行监测。

c) 地表水地源热泵系统应对地表水水位、水质、水温、流速、流向、取排水口及水底地形变化等进行监测。

5.1.3 地源热泵系统运行状态监测内容包括：

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、水泵耗电量。

d) 热泵机组、阀门、水泵等设备的运行状态。

5.1.4 室内外环境监测内容包括空气干球温度、湿球温度、相对湿度等。

5.1.5 末端系统监测主要通过人工或计量计费系统，对用户空调的使用时间、用能情况等进行监测。

5.1.6 监测项目按表 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	分集水器温度流量	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	岩土层地温背景值	地下水监测	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 2 万 m^2 的居住建筑（设施），中型项目是指浅层地热能应用面积在 2 万～5 万 m^2 的居住建筑（设施），大型项目是指浅层地热能应用面积超过 5 万 m^2 的居住建筑（设施），重要及特殊项目是指公共建筑、或有科研示范等特殊要求、以及位于软土区上的地下水地源热泵系统应用建筑等。

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	分集水器温度流量	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	地下水水质	含砂量	岩土层地温	变形监测	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 2 万 m^2 的居住建筑（设施），中型项目是指浅层地热能应用面积在 2 万～5 万 m^2 的居住建筑（设施），大型项目是指浅层地热能应用面积超过 5 万 m^2 的居住建筑（设施），重要及特殊项目是指公共建筑、或有科研示范等特殊要求、以及位于软土区上的地下水地源热泵系统应用建筑等。

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	分集水器温度及流量	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	水下地形	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 2 万 m^2 的居住建筑（设施），中型项目是指浅层地热能应用面积在 2 万～5 万 m^2 的居住建筑（设施），大型项目是指浅层地热能应用面积超过 5 万 m^2 的居住建筑（设施），重要及特殊项目是指公共建筑、或有科研示范等特殊要求、以及位于软土区上的地下水地源热泵系统应用建筑等。

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)　应设置岩土地温背景值监测孔、换热孔内岩土地温变化监测孔和换热孔间岩土地温变化监测孔，形成监测网。当地埋管埋设区域较大时，应加大监测孔布设密度；当地埋管埋设区域跨越不同地质结构单元时，应在不同地质单元分别设置地温监测孔。

b)　岩土地温背景值监测孔的孔位离地埋管管群最外围的距离不宜小于 10m；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;重要和特殊项目可布设多个和多组监测孔。

c)　沿地温监测孔垂直方向宜每隔 10m 设置 1 个地温监测点（温度传感器）。

d)　地温监测孔深度应大于埋管深度 2m，孔径应不小于 110mm，孔斜应不超过 1°。

e)　温度传感器及线缆的埋设应满足长期监测的要求，可直接埋设，也可采用埋设测管方式。测管应采用无缝钢管、PE 管等耐压耐腐管，管底应密封，管壁不渗漏。

f)　线缆出监测孔后可沿水平换热管路布置。若现场不具备布置水平测线条件时，宜采用无线发射的方式。

g)　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。

h)　采用人工方式时，热泵系统运行期间，地温变化监测数据采集频率宜不大于每天 1 次；热泵系统停止运行期间，宜不大于每 3 天 1 次。采用自动方式时，热泵系统运行期间，换热孔内岩土地温变化监测数据采集、传输频率宜不大于每 30 分钟 1 次，其它监测孔地温监测数据采集、传输频率宜不大于每 60 分钟 1 次；热泵系统停止运行期间，地温监测数据采集、传输频率宜为每 60 分钟 1 次。

i)　典型地温监测孔结构见附录 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

1)　应优先利用场地周边已有水井（监测井）作为监测井，抽水井和回灌井可兼作监测井，一井多用。

2)　监测井的布置及设计应符合《地下水监测工程技术规范》GB/T 51040 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。若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)　监测井应设置井台（井室）和显著标识。

6)　已报废或完成使用功能的监测井应进行回填处理。

7)　典型监测井结构见附录 B。

b)　水位监测

1)　自动监测系统的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。

2） 自动监测时，热泵系统运行期间监测频率宜为每 10 分钟 1 次，热泵系统停止运行期间监测频率宜为每 4 小时 1 次。人工监测时，热泵系统制冷、制热季宜在抽水前、停泵前各监测 1 次地下水水位，过渡季运行间歇期监测频率宜为每周 1 次。

c） 抽水、回灌量监测

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，监测频率宜为每 10 分钟 1 次；人工监测时，宜每天记录 1 次。

3） 计量装置的质量、选用及安装应符合《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 778 的有关规定。

d） 水温监测

1） 监测井内应设置温度传感器。

2） 自动监测时，监测频率宜为每 10 分钟 1 次；人工监测时，宜每天记录 1 次。

e） 水质监测

1） 中小型项目每年、大型和重要项目每季度应取样进行水质全分析。

2） 水质全分析采样要求及水质全分析项目应符合《地下水动态监测规程》DZ/T 0133 的相关要求。

3） 在战略水源地取用地下水，或监测发现地下水水质出现较大变化及有其他异常时，应加密取样监测频率。

4） 每个制冷、制热季应在抽水井中取水样分析含砂量，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

1） 应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，一般在井群及周边 300m 半径范围内。

3） 沉降测量的基准点可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《工程测量规范》GB 50026、《地面沉降水准测量规范》DZ/T 0154 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，运行期内应连续进行监测，运行前两年每季度应监测 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） 岩土层温度变化监测

应至少布置一个监测井，观测抽水、回灌影响范围内岩土层的温度变化，温度传感器宜按10m间距沿井深进行布置，监测井深度应超过热源井深度2m。

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） 在取水口或换热器抛管区域设置水位、水温、流速监测点。

b） 在开式地表水地源热泵系统退水口周边布设测温点监测地表水水温，对于水库、湖水等流动缓慢水体，应在退水口周边 30m 处布置和监测；对于江河等流动水体，应在退水口下游 50m 处布置和监测。

c） 在闭式地表水地源热泵系统抛管换热器放置区设置不少于 1 个地表水体水温变化监测断面，监测断面应垂直于换热器延伸方向设置，每个断面测温点数量不少于 3 个；水温测温点位置根据水源水文条件、换热器形状和尺寸确定，位置应固定。

d) 应在取水口、退水口附近及每个换热器设计分区中心及边缘取水样进行水质监测，具体采样分析方法参照《地表水和污水监测技术规范》HJ/T 91 执行。

e) 每年对取水口、退水口周围 50m 及换热器抛管区域的水下地形变化进行探测。

f) 监测频率参照第 5.2.2 条地下水监测频率执行。

5.3 系统运行状态监测

5.3.1 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全面反映系统运行状态。

5.3.2 地源侧供水及回水总管上均应设置温度、压力监测点，供水总管上设置流量监测点。

5.3.3 用户侧供水及回水总管上均应设置温度、压力监测点，供水总管上设置流量监测点。

5.3.4 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均设置温度、压力监测点，供水总管上设置流量监测点。

5.3.5 地源侧和用户侧供回水支管上应设置温度、压力监测点。

5.3.6 热泵机组、水泵耗电量监测点应设置在动力配电柜（箱）处，热泵机组电耗与循环水泵电耗应分别监测，分开记录；不同类别水泵应单独安装电量表。

5.3.7 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。

5.3.8 应对热泵机组、水泵、工况转换及联锁阀门的启停状态进行监测。

5.3.9 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。

5.3.10 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。

5.4 室内外环境监测

5.4.1 空调房间温湿度监测点应选择有代表性的建筑、楼层或用能空间处布置，监测点位、数量及方法应符合《民用建筑室内热湿环境评价标准》GB/T 50785 相关要求。

5.4.2 监测点附近应无强大的电磁干扰，应有稳定可靠的电力供应并易于安装检修。

5.4.3 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），仅与大气接触，注意防晒、防雨、防风。

5.4.4 自动监测时，宜每 30 分钟监测 1 次；人工监测时，宜每天监测 1 次。

5.5 末端系统监测

5.5.1 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、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。

5.5.2 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《集中空调电子计费信息系统工程技术规范》SJ/T 11449 的要求。

5.5.3 监测仪表应具有数据通讯接口，宜优先选用 RS-485 接口、Meter-Bus 接口或无线收发接口。

5.5.4 监测仪表的计时误差不应大于 0.1%。

5.5.5 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。

5.5.6 监测仪表、计量装备应经过检验校验，计量数据应准确可靠。

5.5.7 人工记录宜每天 1 次，自动记录宜按设定时间间隔采集数据，监测数据应按月汇总，数据保存时间不低于 1 年。

5.6 数据采集与传输

5.6.1 监测系统宜采用自动化监测方式，监测数据可通过人工录入、有线或无线等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。

5.6.2 应设置专门的监测数据采集装置，包括必要的中继器、网关等传输设备，安装在弱电井或其它合适位置。

5.6.3 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。

5.6.4 数据采集传输装置和监测传感器之间的传输宜采用主——从结构的半双工通讯方式，监测仪表应执行数据中心的操作指令并应答。

5.6.5 数据采集装置和数据中心的传输宜采用基于 TCP/IP 协议的通讯方式。

5.6.6 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。

数据中心框架图见附录C，包括数据处理设备、网络设备、显示设备以及附属设备。

5.6.7 数据中心功能设计应满足以下要求：

a) 数据中心监测软件宜具有管理、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) 具备监测数据或监测仪表异常报警功能，可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。

5.6.8 数据中心的硬件配置应符合《数据中心设计规范》GB 50174 的要求，达到 A 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。

5.7 监测设备

5.7.1 监测设备应具有良好的稳定性和可靠性，定期进行校准和标定。

5.7.2 监测设备精度应满足以下要求：

a) 温度监测仪器测量精度应达到 0.1℃，测量误差不超过±0.1℃。

b) 压力传感器测量精度应达到 0.01MPa，测量误差不大于±0.01MPa。

c) 流量监测仪器测量精度应达到 0.1m^3，测量误差不大于±1.5%。

d) 电量传感器的输入功率精度应不低于 3.0 级。

e) 水位传感器测量精度应达到 0.01m，测量误差不大于±20mm。

f) 测绘仪器应符合测量精度要求。

5.7.3 传感器应具有防水、抗压及防腐蚀特性，宜选择数字式传感器。

5.7.4 监测软件应具备数据管理、查询、分析、报警和共享等功能。

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《地源热泵系统工程技术规范》GB 50366 的有关规定执行。

6.1.2 施工准备及开孔

a) 施工前应编制施工方案，准备施工材料、设备、场地等，准确测放监测孔位。

b) 钻孔前，要确保地基水平、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，以保证钻头在垂直的状态下钻进。

d） 泥浆循环钻进时，钻场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。

6.1.3 监测孔钻进

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，终孔孔径应不小于设计值。

c） 钻进过程中及终孔时应校正孔深，其误差应不大于 10cm，超差应校正。

d） 终孔时应测量孔斜，终孔孔斜应不大于设计值。孔斜超出标准时，需采取措施纠正。

e） 终孔深度应大于设计孔深，终孔后应进行清孔换浆，以便下置温度传感器。

f） 当监测孔位于换热孔之间时，钻进时应保证监测孔和四周钻孔的垂直度，防止因井斜过大串孔后温度传感器或换热管被破坏。

6.1.4 下置温度传感器或测管

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、验收完成后立即将温度传感器和线缆下入孔内指定位置及深度。当线缆（管）承受浮力较大时，应在最下端部位适当增加配重，以使温度传感器能下到指定位置。

b） 下置测管时，应在监测孔清孔、验收完成后立即保压下管，测管管底应封闭，管身无泄漏。下置过程中应进行稳压检验，试验压力为 0.3MPa，完成灌浆之后稳压 1 小时，稳压后压力降不大于 3%为合格，如有渗漏必须尽快采取措施处理。

c） 测管埋设好后，应保证测管内注满水，按要求检查、标记、固定温度传感器及线缆，并将其一起放入管内。

d） 下置温度传感器和线缆过程中，应同步下入回填灌浆管、换热管（共用换热孔时）。灌浆管应采用外径圆直、无凸出接头的管材，避免起拔灌浆管时擦碰到探头或线缆致其损坏。

6.1.5 监测孔回填

a） 监测孔回填灌浆应采用与换热孔相同的材料、工艺。

b） 回填灌浆应采用专用设备（灌浆泵），灌浆时应设定好压力、计算好灌浆用量、控制好泵量和灌浆管上提速度、注意泥浆上返情况，灌浆管口宜保持在孔内灌浆面之下 3～5m，连续稳定灌浆，确保回填密实、无空腔。

c） 监测孔上部如出现空孔应及时补浆。

6.1.6 监测孔完成后应做好孔口保护、标识装置。

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、监测设备安装示意图。

6.2 监测井施工

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

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

6.2.3 监测井成井应符合本标准 5.2.2 条“监测井设计”的相关规定。

6.2.4 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。测管下置深度应超过深井泵泵头下 5m 以上，或至测温目标层位处。测管一般采用 DN40mm 镀锌管（或者具防腐防锈性能的其它材质圆管），测管下端 2m 宜钻凿一定数量的小孔以便管内外地下水连通。测管应连接（焊接）可靠、牢固。

6.2.5 地下水位、水温传感器和测线下入测管后应预留一定长度的测线便于连接井外仪器和设备，下置过程中应通过数据采集设备对传感器、测线进行检测；测线连接、数据采集和传输仪器设备应安装牢固并有保护措施。

6.2.6 当利用监测井监测岩土层温度时，宜在监测井成孔后、下管填砾时在井管与孔壁间固定、安放温度传感器。

6.2.7 井口端监测测线布置完成后，应进行测线的水平铺设，将线缆穿入到 DN40 的 PE 管内（当线管承受外部压力过大时，应使用钢管或镀锌管），做好密封，随水平集管接入到地源热泵系统控制室（数据中心）。

6.2.8 无线发射（接收）装置安装应稳妥可靠并符合通信传输装置安装要求。

6.2.9 井台或井盖、警示柱、井口标识等应按材料强度、尺寸、颜色、规格要求进行安装。

6.2.10 监测井（孔）施工过程中，应同时进行钻孔地质编录，获取地层资料，绘制岩性柱状图、井孔结构图等。

6.3 监测设备安装

6.3.1 设备安装和检查应按照产品使用手册、产品说明书和相关规程要求进行。安装过程应详细记录备查，满足《自动化仪表工程施工及验收规范》GB 50093 的相关要求。

6.3.2 设备安装后应对设备运行状况进行全面检查，主要包括模拟传感器参数变化、遥测终端机的各项参数设置、发送数据以及固态存储器数据的写入、读取和监测数据的一致性检查等。

6.3.3 温度传感器安装应符合以下要求：

a) 温度传感器布设应能反映被测介质的平均温度，便于检查和维修。

b) 管道温度传感器与管路的连接，应采用标准螺纹密封螺栓。

c) 温度传感器的感应部分应处于管道中流速最大的地方，温度传感器的保护管的末端应超过管道中心线约 5~10mm。

d) 温度传感器和传热介质间应具备充分良好的换热条件。在管道中插装的传感器应具有足够插入深度，宜为管道内径的 1/2～1/3。传感器宜迎着介质流动方向安装，传感器朝向与介质流向的夹角不应小于 90°。

e) 管道直径小于 DN25mm 时，安装温度传感器时要接扩大管，扩大管的直径要大于 80mm。

6.3.4 流量传感器安装应符合以下要求：

a) 流量传感器可水平、垂直或倾斜安装在管道上，测量时应保证管路中充满液体，宜安装在回水管上。

b) 流量传感器应安装在直管段上，其长度应满足上游不少于 10D、下游不少于 5D，流量计量设备的流向应与管内流体的流动方向一致。

c) 流量传感器安装应避免对管道产生附加压力，必要时设置支架或基座。

d) 流量传感器安装位置及方式应符合设计规定与产品安装要求，且便于拆卸更换。流量传感器安装后应不影响系统正常运行和管路流量。

6.3.5 电量传感器安装应符合以下要求：

a) 同一回路内应采用相同型号、额定电流变比、准确度等级和二次容量的电流互感器，且宜使用同一制造厂商的产品。

b) 采用电流互感器接入的低压三相四线电能表，其电压引入线应单独接自该支路开关下口的母线，禁止在母线和电缆连接螺栓处引出。

c) 电压、电流回路 U、V、W 各相导线应分别采用黄、绿、红色绝缘铜质线，中性线应采用黑色绝缘铜质线，并在导线上设置与图纸相符的端子编号。导线排列顺序应按正相序自左向右或自上向下排列。

d) 电流互感器进线端的极性符号应一致。

e) 电流互感器二次回路应安装接线端子，变压器低压出线回路宜安装试验端子。出线端子应编制序号。端子排应便于更换和接线，离地高度宜大于 350mm。连线与端子应连接可靠，杜绝开路现象的发生。

f) 电流互感器二次侧一端应可靠接地。

g) 电流测量回路应采用截面不小于 4.0mm^2 的铜质线缆。电压测量回路应采用耐压不低于 500V 的铜芯绝缘导线，且芯线截面不应小于 2.0mm^2。

6.4 数据中心建设

6.4.1 数据中心建设应按照《数据中心设计规范》GB 50174 的 A 级标准执行，机房应具有良好的运行环境，中心关键设备应有冗余后备。

6.4.2 数据中心基础设施、设备应检验合格后方可安装到位，并将中心空间分为主机房（机柜）区、辅助支持区和管理区等区域。

6.4.3 铺设安装防静电地板应可靠接地，吊顶宜使用金属吊顶。静电地板下应分别设有强电线槽、弱电线槽。

6.4.4 中心电源应满足双路市电，配置不间断工作电源系统（UPS），如不能保证双路市电，应配置后备柴油发电机组。

6.4.5 中心应安装恒温恒湿空调系统，配置必要的消防设施。

6.4.6 防雷和接地应按设计要求实施到位，桥架连接处应做接地处理。管线、桥架中的强、弱电应分开，避免相互干扰。

6.4.7 数据中心安装结束后，应根据设计要求进行系统联调和性能测试。

6.4.8 数据中心应有专业人员进行日常运行管理、维护。

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，应进行设备、系统、软件的调试和联合试运行，确定数据采集、存储、传输和分析的连续性、安全性、可靠性、科学性，确认达到监测系统建设目标任务要求。

7.1.2 调试准备应符合以下规定：

a) 应备齐和阅读系统全部设计文件及施工过程中对设计图纸、资料的修正和变更以及监测设备产品的使用说明和技术资料。

b) 编写系统调试大纲，包括调试流程、测试项目、测试方法、相关技术标准和指标等。

c) 备齐调试需要的专用工具和检测仪器、仪表。

d) 现场查对监测设备安装部位和数量，应与设计图纸、设计变更和安装记录无误，安装外观、工艺应符合规范。

e) 查看浅层地热能利用系统，应具备系统的状态参数采集条件，设备连锁、自动调节、自动保护应能正确动作。

f) 检查系统内所有有源设备供电电源和接地，应准确无误。

7.1.3 调试过程应符合以下规定：

a) 设定初始值。对于具有计量数据积累的数据采集设备，应设定计量初始值与计量装置盘面数据一致。

b） 按规范和操作规程开启地源热泵系统，观察数据变化。逐一核对各计量装置能耗盘面值与管理服务器界面中各类、各项数据统计值两者应一致。

c） 分类、分项调试可根据工程进度和用能分类、分项实际分步、分次进行，也可集中一次性完成。但一次调试过程中监测系统连续运行应不少于 1h，即系统对每个计量装置能耗数据连续采集不少于 4 次。

d） 在分类、分项调试过程中，应同时检查系统在线监测功能和报警功能，其性能应符合设计规定的要求和指标。

e） 查核监测系统数据发送，应准确、有效，符合设计要求。

7.1.4 调试应根据地源热泵系统功能需求分冬、夏两季进行，调试结果应达到设计要求。调试完成后应编写监测系统调试报告及操作规程，并提交业主确认后作为移交文件存档。

7.2 系统验收

7.2.1 监测系统设备材料进场和施工过程中，应加强校准、送检、率定、检测和现场检验验收、分项工程验收及隐蔽工程验收，验收时应查验送检及施工记录，评定过程质量。

a） 分项、分段、分期检查监测井、监测孔、监测点位置、结构、深度及施工记录。

a） 检查传感器、计量（计费）器具数量、性能、校验情况、安装质量及记录，并进行现场检测，确认设备完好。

b） 检查线缆布线、埋设、接线、穿管保护、防水及检查维修井室施工情况与记录。

c） 检查监测软件配置及功能。

d） 检查地温（水温）背景监测、水样取样分析、变形监测等前期监测运行情况，监测基础资料和监测初始数据完整性、准确性、保存情况及资料。

e） 及时查明监测故障点故障原因并修复。

f） 检查监测工作管理、监测技术支撑单位、监测人员配置及培训情况。

g） 施工验收后，应编制监测系统分部分项施工图、施工小结、竣工图，说明施工、检验调试、验收情况，标注监测点位、编号及线路情况等。

7.2.2 调试合格后，应编制施工总结（竣工报告），并由建设单位组织监理单位、设计单位、施工单位、设备供应商、系统运营维护单位、监测支撑单位、主管部门等共同进行验收，形成验收意见，并填写验收表。

浅层地热能监测系统验收表见附录D。

7.2.3 当监测设施设备及安装质量、进度、性能全部符合第 5 章、第 6.1～6.4 节条款要求时，可定为合格；当监测设施设备未经检测，或精度、安装达不到要求，影响监测工作开展和监测数据准确性的，应整改修复直到合格为止。

7.2.4 监测系统验收时，应将设计文件、施工记录、试验及检验报告、地质资料、设备采购文件、调试记录、竣工报告、单项及整体验收记录、前期监测成果等资料整理建档、归档。

8 监测系统运行及维护

8.1 系统运行维护

8.1.1 监测工作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对，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 当监测井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 监测井（点）标志、校核水准点及基本水准点因人为原因或自然灾害发生位移或损坏时，应及时修复并重新引测高程，记入监测档案。

8.1.7 增加监测点、监测内容时，应按本标准要求进行设计、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。

8.2 监测数据处理

8.2.1 原始监测数据应及时分类整理。

8.2.2 人工监测及数据应符合下列要求：

a) 监测应及时，信息应准确。

b) 记录的字体应工整、清晰。

c) 应比照前后监测信息，分析异常，检查监测仪器设备，必要时进行复测。

d) 原始记录不得毁坏和丢失，应按要求及时上报。

8.2.3 自动监测及数据应符合下列要求：

a) 定时进行监测站运行状态的监控，出现故障的监测设备及时进行维护。

b) 应比照前后监测信息，分析异常，检查监测设备，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，对出现的问题及处理结果进行记录。

8.2.4 应定期对监测数据进行整理分析，剔除异常数据，绘制相关参数随时间变化曲线图，进行监测成果分析，提出监测结论和运行建议等。

a) 根据地温变化曲线图，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) 分析地下水水质变化特征和变化趋势，防范水质恶化和污染。

c) 根据地下水水位、水温、抽灌水量、含砂量等监测数据，分析地源热泵系统运行时地下水水位、水温、抽灌量变化特征，减轻或避免“热堆积”、“热贯通”和区域地下水降落漏斗产生，提出地下水开采和抽灌井运行优化建议。

d) 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，防范次生地质灾害的发生。

e) 根据地表水监测结果，避免环境污染，保障取退水和抛管换热可靠性，提高换热效率。

f) 根据地源热泵系统运行状态参数的监测，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。

g) 根据室内外环境监测结果，评价地源热泵系统运行效果，优化系统运行控制。

h) 根据末端系统监测结果，分析用户实际用能习惯和需求，优化供能服务方案，降低系统运行成本，提高运行质量。

8.3 监测预警

8.3.1 地埋管地源热泵系统有下列状况，应予以预警：

a) 换热孔间地温监测孔岩土层年平均温度的增幅或降幅超过 1.5℃。

b) 换热区范围地下水水质发生明显变化、污染。

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℃以上。

8.3.2 地下水地源热泵系统有下列状况，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) 水质明显变化或污染。
d) 专用监测井地下水水温年变幅超过 2℃。
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、破损。

8.3.3 地表水地源热泵系统有下列状况，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℃。
c) 水库、湖水等静缓水体抛管换热区水温周平均最大温升≥1℃，周平均最大温降≥2℃。
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 热泵系统有下列情况时，应予以预警：
a) 机房内流量、温度、压力或压差超过限值。
b) 运行阶段室内环境温度高于或低于设计值 3℃以上。
c) 能量输配管网压力下降、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 监测报告

8.4.1 监测系统运行过程中的各种监测及测试、测量数据、维修维护、运行分析评估报告等，应定期报建设单位、运营单位，指导地源热泵系统运行。

8.4.2 监测工作应编制监测报告，主要内容应包括：

a) 前言：说明建设单位、项目位置、建筑规模、建筑用能需求、设计供冷供热量、热泵系统组成与运行规则、浅层地热能资源条件、监测系统组成、监测要求、监测及运营维护单位等。

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。

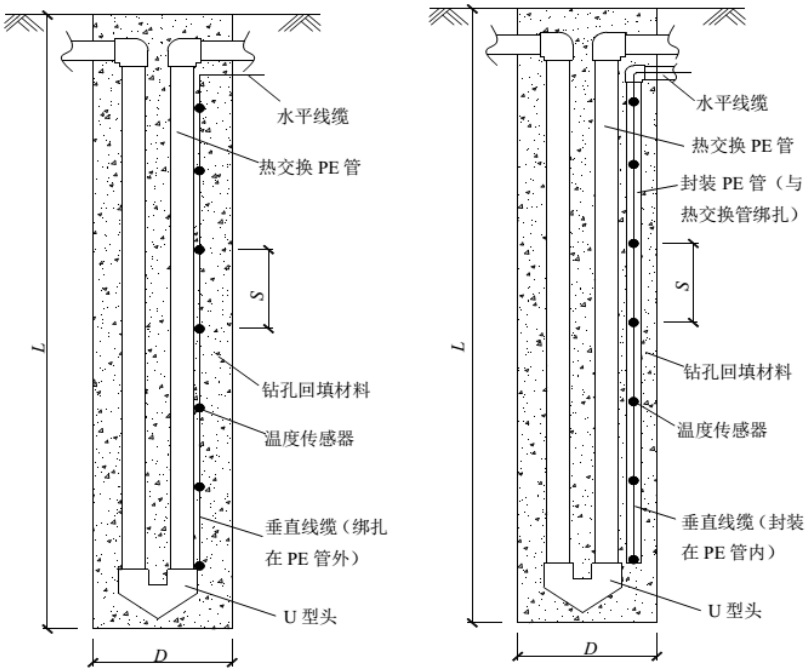
c) 监测数据整理与分析评价：对地质环境变化动态、热泵系统能耗能效及级别、末端使用情况及舒适性、节能环保效益等进行分析评价，预测变化趋势。

d) 结论及建议：总结热泵系统运行及监测分析评价结果，提出系统优化运行、保护地质环境和系统运行维护的意见建议。

e) 附件：报告应附必要的监测、检验、试验数据、分析曲线、函件、小结和报告单。

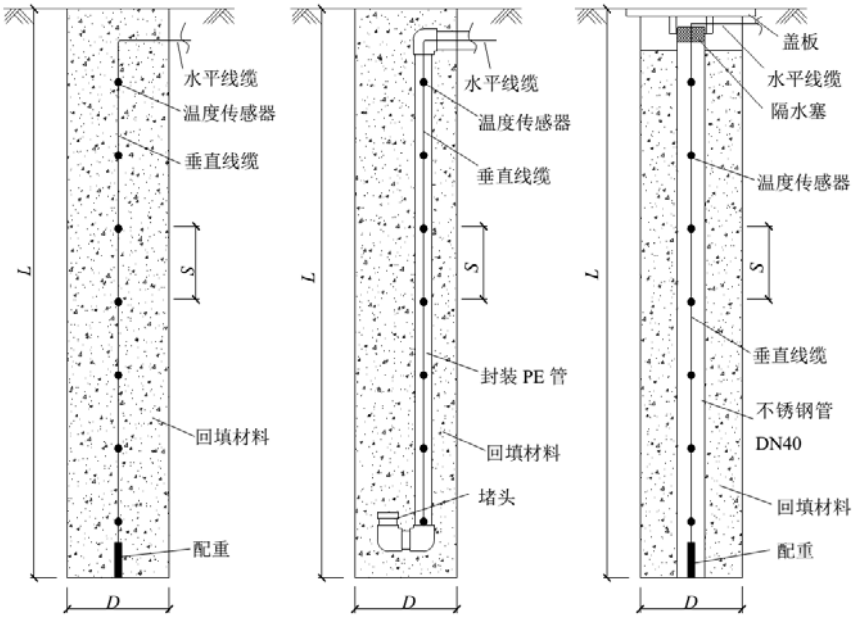
f) 监测报告应按月报（运行期）、季报（制冷季、供暖季）、年报编报。

附 录 A
（资料性附录）
监测孔结构



（a）热交换 PE 管外直接绑扎式　　（b）专用 PE 管封装式

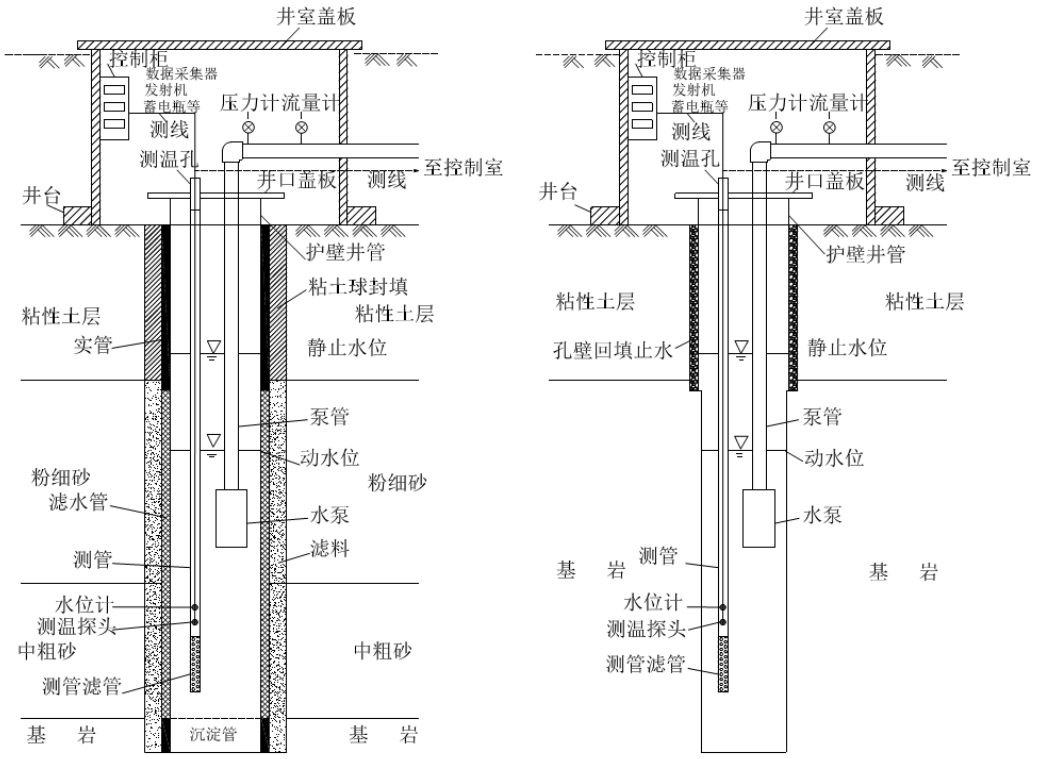
图 A.1　换热孔内地温监测孔结构图



（a）直接填埋式　　（b）PE 管封装式　　（c）不锈钢管内下放式

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



（a）松散砂层监测井　　（b）基岩监测井

图 B.1　监测井结构示意图

附 录 C
（资料性附录）
数据中心框架图

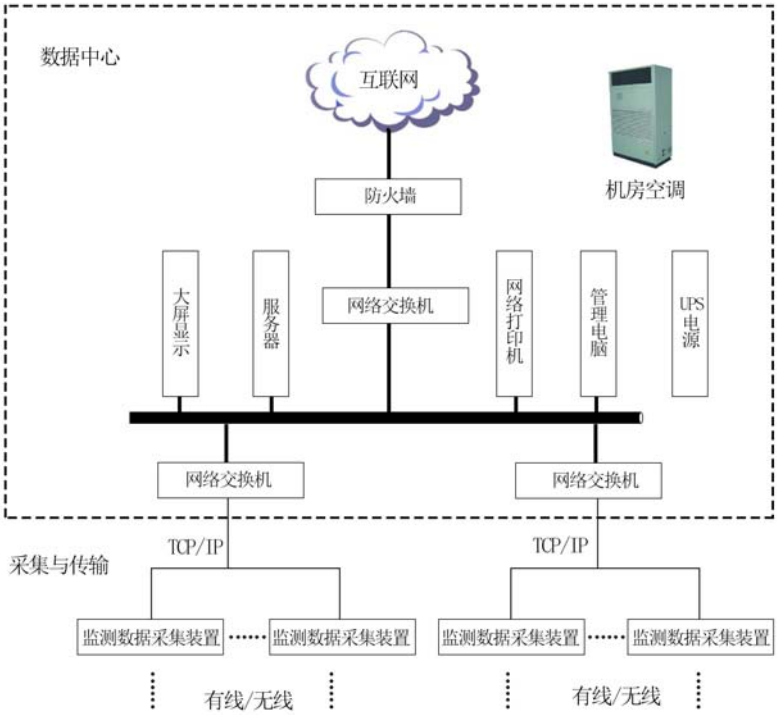


图 C.1 数据中心结构示意图

附 录 D
（资料性附录）
监测系统验收表

典型浅层地热能利用监测系统验收表见表D.1。

表 D.1 典型浅层地热能利用监测系统验收表

<table>
<tr><td colspan="6">一、项目概况</td></tr>
<tr><td>项目名称</td><td></td><td>建筑面积（m²）</td><td></td><td>系统负荷（kW）</td><td>热负荷：_____
冷负荷：_____</td></tr>
<tr><td>地源热泵形式</td><td>地埋管地源热泵□</td><td>地下水地源热泵□</td><td>地表水地源热泵□</td><td colspan="2">复合系统□（写明）：</td></tr>
<tr><td>系统配置</td><td colspan="5">主机台数：____台；冷却水泵：____台；冷冻水泵：_____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）；地埋管数量：_____孔；
地表水换热取水体性质：_____ 地表水换热抛管长度（范围）：_____m（____m×____m）。</td></tr>
<tr><td>项目类型</td><td colspan="5">公共建筑□ 民用建筑 □ / 小型项目□ 中型项目 □ 大型项目□ 特殊（重要项目）□</td></tr>
<tr><td colspan="6">二、监测系统设置</td></tr>
<tr><td colspan="6">（一）监测项目设置</td></tr>
<tr><td>地质环境监测</td><td colspan="5">设计（应测）____项/完成（应测）____项 // 设计（宜测）____项/完成（宜测）____项</td></tr>
<tr><td>运行状态监测</td><td colspan="5">设计（应测）____项/完成（应测）____项 // 设计（宜测）____项/完成（宜测）____项</td></tr>
<tr><td>温湿度环境监测</td><td colspan="5">设计（应测）____项/完成（应测）____项 // 设计（宜测）____项/完成（宜测）____项</td></tr>
<tr><td>用能情况监测</td><td colspan="5">设计（应测）____项/完成（应测）____项 // 设计（宜测）____项/完成（宜测）____项</td></tr>
<tr><td colspan="6">（二）监测点设置</td></tr>
<tr><td>温 度</td><td colspan="5">设计（数量____个，位置____，深度___，精度___）/完成（数量___，位置___，深度___，精度___）</td></tr>
<tr><td>压 力</td><td colspan="5">设计（数量____个，位置_____，精度_____）/ 完成（数量_____，位置_____，精度_____）</td></tr>
<tr><td>流 量</td><td colspan="5">设计（数量____个，位置_____，精度_____）/ 完成（数量_____，位置_____，精度_____）</td></tr>
<tr><td>电 量</td><td colspan="5">设计（数量____个，位置_____，精度_____）/ 完成（数量_____，位置_____，精度_____）</td></tr>
<tr><td>水 位</td><td colspan="5">设计（数量____个，位置___，深度___，精度___）/完成（数量___，位置___，深度___，精度____）</td></tr>
<tr><td>水 质</td><td colspan="5">设计（数量____个，位置_____）/ 完成（数量_____位置_____）</td></tr>
<tr><td>湿 度</td><td colspan="5">设计（数量____个，位置_____，精度_____）/ 完成（数量____，位置_____，精度_____）</td></tr>
<tr><td>流 速</td><td colspan="5">设计（数量____个，位置_____，精度_____）/ 完成（数量_____，位置_____，精度_____）</td></tr>
<tr><td>变 形</td><td colspan="5">设计（数量____个，位置_____，精度_____）/ 完成（数量_____，位置_____，精度_____）</td></tr>
<tr><td>含 砂 量</td><td colspan="5">设计（数量____个，位置_____ ）/ 完成（数量_____，位置_____）</td></tr>
<tr><td>附属设施</td><td colspan="5">设计（数量____个，位置_____）/ 完成（数量_____，位置_____）</td></tr>
<tr><td colspan="6">三、监测系统施工</td></tr>
<tr><td>项目分项</td><td colspan="5">验收内容（符合要求√，不符合要求×）</td></tr>
<tr><td>监测井</td><td colspan="5">井类型□ 井数□ 井位□ 井径□ 井深□ 井斜□ 井管材料□ 成井工艺□
探头（测管）埋设□ 成井试验□ 附属设施 □ 监测标识□</td></tr>
</table>

表 D.1　典型浅层地热能利用监测系统验收表（续）

监测孔	孔类型（背景监测孔、孔内监测孔、孔间监测孔）□　孔数量□　孔位□　孔径□　孔深□ 孔斜□　成孔工艺□　回填下管□　试压记录□　探头埋设□　附属设施□　监测标识□				
监测设备及安装	类型□　数量□　合格证□　说明书□　设备标定□　安装位置□　检验校测□ 设备环境 □　安装记录□　设备编号□　监测标识□				
数据采集、传输	传输方式□　数据采集□　传输线路□　传输信号□　数据存储□　检修井□　线路及标识□				
监测软件	监测分析功能 □　接口□□　互联互通□				
数据中心	硬件配置□　温湿度环境□　电源□　电磁环境□　线缆安装质量□　发射接收□　冗余备份□				
其它	变形监测（范围、对象、点位、基准、标识） □　取样□				
四、系统调试及试运行					
调试记录	符合要求□　不符合要求□				
监测频率	符合要求□　不符合要求□				
试运行记录	符合要求□　不符合要求□				
调试报告	符合要求□　不符合要求□				
五、监测数据处理与应用					
数据分析	符合要求□　不符合要求□				
预报预警	符合要求□　不符合要求□				
监测报告	符合要求□　不符合要求□				
六、验收资料					
资料内容	设计资料	齐全□	合格□	缺失□	不合格□
	施工方案	齐全□	合格□	缺失□	不合格□
	施工记录	齐全□	合格□	缺失□	不合格□
	采购资料（合格证）	齐全□	合格□	缺失□	不合格□
	检验及标定资料	齐全□	合格□	缺失□	不合格□
	地质资料	齐全□	合格□	缺失□	不合格□
	试验测试资料	齐全□	合格□	缺失□	不合格□
	化验分析报告	齐全□	合格□	缺失□	不合格□
	调试记录	齐全□	合格□	缺失□	不合格□
	试运行记录	齐全□	合格□	缺失□	不合格□
	隐蔽工程验收记录	齐全□	合格□	缺失□	不合格□
	分部分项工程验收记录	齐全□	合格□	缺失□	不合格□
	前期监测资料	齐全□	合格□	缺失□	不合格□
	竣工报告（小结）	齐全□	合格□	缺失□	不合格□
	其　它	齐全□	合格□	缺失□	不合格□
七、系统运行维护					
监测管理制度	符合要求□　不符合要求□				
岗位职责	符合要求□　不符合要求□				
人员配置	符合要求□　不符合要求□				

表 D.1　典型浅层地热能利用监测系统验收表（续）

<table>
<tr><td>培训情况</td><td colspan="5">符合要求□　　不符合要求□</td></tr>
<tr><td>专业监测支撑单位</td><td colspan="5">符合要求□　　不符合要求□</td></tr>
<tr><td colspan="6">八、验收意见</td></tr>
<tr><td>验收等次</td><td colspan="5">合格□　　不合格□</td></tr>
<tr><td>验收意见</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td>整改意见</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="6">九、验收单位</td></tr>
<tr><td>建设单位</td><td></td><td>签字（盖章）</td><td></td><td>日 期</td><td></td></tr>
<tr><td>监理单位</td><td></td><td>签字（盖章）</td><td></td><td>日 期</td><td></td></tr>
<tr><td>设计单位</td><td></td><td>签字（盖章）</td><td></td><td>日 期</td><td></td></tr>
<tr><td>施工单位</td><td></td><td>签字（盖章）</td><td></td><td>日 期</td><td></td></tr>
<tr><td>运营维护单位</td><td></td><td>签字（盖章）</td><td></td><td>日 期</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">监测支撑单位</td><td></td><td>签字（盖章）</td><td></td><td>日 期</td><td></td></tr>
<tr><td></td><td>签字（盖章）</td><td></td><td>日 期</td><td></td></tr>
<tr><td></td><td>签字（盖章）</td><td></td><td>日 期</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">设备厂商</td><td></td><td>签字（盖章）</td><td></td><td>日 期</td><td></td></tr>
<tr><td></td><td>签字（盖章）</td><td></td><td>日 期</td><td></td></tr>
<tr><td></td><td>签字（盖章）</td><td></td><td>日 期</td><td></td></tr>
</table>