

ICS×××××
××××××

DB××××

陕西省地方技术规范

DB××××/T×××-201×

浅层地热能开发利用地质环境监测规范

Specification of geological environmental monitoring in shallow geothermal
energy exploitation

(征询意见稿)

201×-××-××发布

201×-××-××实施

陕西省质量技术监督局 发布

目 录

前 言	1
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 总则	4
5 工程规模及地质环境和监测分级标准	4
5.1 工程规模分级	4
5.2 地质环境敏感性分级	4
5.3 综合分级	5
6 监测系统	5
6.1 系统组成	5
6.2 性能参数	6
6.3 监测数据采集和传输	6
7 地埋管换热系统监测要求	7
7.1 范围	7
7.2 监测内容、方法	7
7.3 监测精度、频率	8
7.4 监测网点布设	8
8 地下水换热系统监测要求	7
8.1 范围	10
8.2 监测方法、内容	10
8.2.1 抽水量和回灌量	10
8.2.2 水温	10
8.2.3 水位	11
8.2.4 水质	11
8.2.5 地面沉降变形和地面塌陷	11
8.3 监测精度、频率	11
8.3.1 抽水量和回灌量	11
8.3.2 水温	11
8.3.3 水位	11
8.3.4 水质	12
8.3.5 地面沉降变形和地面塌陷	12
8.4 监测网点布设	12
8.4.1 布设原则	12
8.4.2 监测工作量	12
8.4.3 监测孔布设	12
9 地质环境监测系统施工要求	7
9.1 地温监测孔施工要求	13
9.2 地下水监测孔施工要求	13
10 监测数据上报及分析	14
10.1 监测数据整理	14
10.2 监测数据上报	14

10.3 监测数据的分析及预警.....	14
11 监测系统运行与维护	15
11.1 系统运行	15
11.2 系统维护	15
附录 A (规范性附录) 监测系统记录表.....	16
附录 B (资料性附录) 地温监测孔结构.....	19
附录 C (资料性附录) 地下水监测井结构与孔口保护	20
附录 D (资料性附录) 地温监测传感器参数对比.....	21

前 言

本规范按照 GB/T1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》的规定编制。

本规范由陕西省地质调查院提出并归口。本规范起草单位：陕西省地质调查院、长安大学。

本规范主要起草人：穆根胥、金光、周阳、张亚鸽、官燕玲、张乐、王鸽。

浅层地热能开发利用地质环境监测规范

1 范围

本规范规定了浅层地热能开发利用地质环境监测的术语和定义、基本要求、总则、分级标准、监测系统的建立、地埋管换热系统地质环境监测要求、地下水换热系统地质环境监测要求、地质环境监测系统施工要求、监测数据采集传输及整理分析、监测系统运行与维护。

本规范适用于陕西省行政区域内的浅层地热能开发利用的各类换热系统工程在建设及运行过程中的地质环境监测工作。

2 规范性引用文件

下列文件对于本规范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（包括所有的修改版）适用于本文件。

- GB 50027-2001 供水水文地质勘察规范
- GB 50093-2013 自动化仪表工程施工及质量验收规范
- GB 50194-2014 建设工程施工现场供用电安全规范
- GB 50366-2005 地源热泵系统工程技术规范（2009年版）
- GB 50366-2005 地源热泵系统工程技术规范（2009年版）
- GB 50736-2012 民用建筑供暖通风与空气调节设计规范及条文说明
- GB/T 11615-2010 地热资源地质勘查规范
- GB/T 12897 国家一、二等水准测量规范
- GB/T 18314 全球定位系统(GPS)测量规范
- AQ 2004-2005 地质勘探安全规程
- DZ/T 0017-1991 工程地质钻探规程
- DZ/T 0133-1994 地下水动态监测规程
- DZ/T 0154-1995 地面沉降水准测量规范
- DZ/T 0225-2009 浅层地热能勘查评价规范
- DZ/T 0227-2010 水文水井钻探技术规程
- HJ/T 164—2004 地下水环境监测技术规范
- SL 58 水文测量规范

3 术语和定义

DZ/T 0225-2009 规定的以及下列术语和定义适用于本规范, 为了便于使用, 重复列出了部分术语。

3.1

浅层地热能 shallow geothermal energy

蕴藏在地表以下一定深度范围内岩土体、地下水或地表水中具有开发利用价值的热能。注：是指通过地源热泵换热技术利用的蕴藏在地表以下 200m 以内，温度低于 25℃ 的热能。 [DZ/T 0225-2009, 定义 3.1]

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空调系统。 [DZ/T 0225-2009, 定义 3.6]

3.3

地埋管换热系统 pipe heat exchanger system

传热介质（通常为水或加入防冻剂的水）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装置，又称土壤热交换系统。 [DZ/T 0225-2009, 定义 3.7]

3.4

地下水换热系统 groundwater heat exchanger system

通过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。 [DZ/T 0225-2009, 定义 3.8]

3.5

数据中心 data center

用于接收地源热泵工程项目上传的监测数据，并进行汇总、分析和展示等的存储中心。

3.6

地下水动态变化 dynamic variation of groundwater

在自然和人为因素条件下，其水位、水量、流量、流速、水温、化学及气体成分含量等随时间改变而发生的变化。

3.7

地质环境 geologic environment

地壳上部包括岩石、水、气和生物在内的互相关联的系统。

3.8

恒温带 constant temperature layer

地面以下温度长年保持不变的地带。在自然状态下,该层热能受太阳能和大地热流的综合作用,地球内热形成的增温带与上层变温带影响达到平衡,该层温度与当地年平均气温大致相当。 [DZ/T 0225-2009, 定义 3.5]

3.9

混层污染 mixed layer pollution

由于钻孔贯穿不同含水层时,某一含水层对其它含水层造成的污染。

3.10

地下水漏斗 funnel of groundwater depression

区域地下水降落漏斗,也称区域地下水漏斗。注:是由于集中开采地下水,导致集中开采区的地下水位下降,从而使周边地下水流场发生改变,周边的地下水向集中开采区流动,形成区域性漏斗状凹面。

3.11

地面沉降 ground subsidence

人类工程经济活动影响下,由于地下松散地层固结压缩,导致地壳表面标高降低的一种局部的下降运动。

3.12

热影响半径 influence radius of thermal

以地埋管换热孔为中心,到距离土壤温度受影响的最远距离。

3.13

热影响半径地温监测孔 soil temperature monitoring hole of thermal influence radius

是指为取得地埋管换热器对周围土壤温度的动态变化而专门用来安装温度监测装置的钻孔。

3.14

地温背景值 soil temperature background value DB12/T 608-2015

是指距离地埋管换热孔群一定距离、未受到地埋管和地下水换热系统影响而变化的地层土壤温度值。

3.15

地温背景值监测孔 monitoring hole of soil temperature background value

是指为取得未受地埋管和地下水换热器影响而变化的地层土壤温度值而专门用来安装温度监测装置的钻孔。

3.16

动态自动监测系统 regime monitoring system

通过安装数据计量和采集装置，采用远程数据传输手段，实现数据在线、实时监测和动态分析功能的硬件和软件系统的统称。

4 总则

4.1 对于浅层地热能开发利用的监测工作，应建立明确的地质环境监测网。对地源热泵系统建设、运行过程中可能诱发的地下水漏斗与地面沉降、地下区域性水质污染、冷热堆积、地温场的变化、地下水动态变化等地质环境变化需要监测。

4.2 监测工作应贯穿地源热泵系统的设计、施工和运行管理整个过程。

4.3 监测系统设计应遵循相关技术规范，并确保监测传感器和数据采集装置的可靠性。

4.4 地质环境监测系统在设计前，应根据地质勘查资料、工程规模以及敏感性地质条件确定监测的等级、内容以及工作量。

4.5 监测系统的设计、施工、监理

确立地质环境监测系统建设应当与浅层地热能换热系统建设“同设计、同施工、同验收”的“三同时制度”。

监测系统的设计、施工、监理与验收应当应由具有相关资质单位完成且必须有地质环境相关专业的人员参与设计和验收。工程竣工后由建设单位组织验收，并向主管部门提交验收报告。

5 工程规模及地质环境和监测分级标准

5.1 工程规模分级

5.1.1 根据换热系统工程的换热建筑面积及采暖、制热负荷，地热能开发利用系统工程可分为 4 个工程规模等级：

- 1)大型工程：换热建筑面积不小于 50000 m²或者制热负荷不小于 2000kW；
- 2)中型工程：换热建筑面积 10000 m²~50000 m²或者制热负荷 500kW~2000kW；
- 3)小型工程：换热建筑面积 3000 m²~10000 m²或者制热负荷小于 150~500kW；
- 4)微型工程：换热建筑面积小于 3000 m²或者制热负荷小于 150kW；

5.1.2 对于单制冷系统，工程规模等级按换热面积大小确定；当按换热建筑面积和制热负荷进行工程规模分级，换热建筑面积和冷热负荷判断属不同等级时，以其中等级高者计。

5.2 地质环境敏感性分级

根据主要敏感性地质条件，将工程场地地质环境敏感性分为高、中、低 3 个等级，具体分级方法见

表 1。

表 1 地质环境敏感性分级

换热类型	敏感性地质条件	敏感性等级		
		高	中	低
地埋管 换热系统	冷热平衡条件 (冷热负荷比)	冷热负荷值差别大, $I < 0.8$ 或 $I > 1.25$	冷热负荷值差别小, $0.8 \leq I < 0.9$ 或 $1.1 < I \leq 1.25$	冷热负荷值相等, $0.9 \leq I \leq 1.1$
	水文地质条件 [$m^3 / (d \cdot m)$]	含水层富水性好, 单位出水量 >500 , 具有供水意义	含水层富水性中等, 单位出水量 300~500, 供水意义一般	含水层富水性差, 单位出水量 <300 , 不具有供水意义
	地下水污染源	场地污染严重或混层 污染危险性大	存在场地污染与混层 污染条件一般	场地无污染且无混层 污染条件
地下水 换热系统	地下水资源保护要求	高	中	低
	单位回灌量/单位出水量	$<50\%$	50%~80%	$>80\%$
	含水层岩性及组合	粗颗粒为主, 砂砾卵石 层占含水层 $>80\%$	粗颗粒的砂砾卵石层 占含水层 50~80%	粗颗粒的砂砾卵石层 占含水层 $<50\%$
注: 凡有一项满足较高敏感性等级的即确定为该等级				

5.3 综合分级

根据地质环境敏感性等级、工程规模分级将监测要求分为一级、二级、三级，一级监测要求最高，具体分级见表 2。

表 2 监测系统分级表

地质环境敏感性等级	工程规模	监测等级
高	大型	一级
	中型	一级
	小型	二级
	微型	三级
中	大型	二级
	中型	三级
	小型	三级
	微型	三级
低	大型	三级
	中型	不作要求
	小型	不作要求
	微型	不作要求

6 监测系统

6.1 系统组成

地质环境监测系统应能实现自动采集监测数据和传输功能，监测数据应能够分析浅层地热能开发利用对周围地质环境的影响。监测系统应包括监测传感器、数据采集装置和数据处理系统三个部分。

6.2 性能参数

数据采集装置的性能参数应符合表 3 的参数要求。

表 3 数据采集装置性能参数要求

参数	指标要求
采集接口	能够采集模拟信号（含电量测量模块和其他模拟量测量模块）和数字信号，支持 Modbus 协议
支持监测传感器数量	需满足工程监测要求且数量不少于 20 个
数据处理方式	协议解析、转换和数据处理
存储容量	大于 1TB
远传接口	不少于 1 个有线接口（含 RS485 接口）或无线接口
支持数据服务器数量	不少于 3 个
配置/维护接口	具有本地和远程配置/维护接口，支持接收来自数据中心的查询、校时等命令。具备自动恢复功能，在无人值守情况下可以从故障中恢复正常工作状态
平均无故障时间（MTBF）	应不小于 3 万小时
网络功能	接收命令、数据上传、数据加密、断点续传、DNS 解析，支持 TCP/IP 协议
功耗	宜使用低功耗嵌入式系统
电磁兼容性	应符合国家和行业的相关电磁兼容性标准要求

6.3 监测数据采集和传输

6.3.1 数据采集

6.3.1.1 每个地源热泵项目宜设置 1 个数据采集装置，当项目的监测传感器分散设置时，需根据实际情况设计数据采集装置。数据采集装置至少应具有采集包括温度、地下水位、水质数据等信号的功能。数据采集装置通道数应根据项目具体监测要求确定，应至少预留 2 个数据采集通道。

6.3.1.2 数据采集装置施工安装应符合 GB 50093-2013《自动化仪表工程施工及质量验收规范》中第 10 章的规定。

6.3.1.3 信号线导体采用屏蔽线，尽量避免与强信号电缆平行走线，必要时使用钢管屏蔽。

6.3.1.4 监测点的标识应保持清楚。

6.3.1.5 一个模块的多路模拟量输入信号之间的压差不应高于 24V。

6.3.1.6 采集数据内容应包括基本信息和监测指标的采集。

6.3.1.7 数据采集方式包括人工采集方式和自动采集方式。

6.3.1.8 通过人工采集方式采集的数据为地源热泵项目的基本信息以及需要人工定期填写的监测数据，通过自动采集方式采集的数据为监测指标，由自动监测传感器实时采集监测数据，通过自动传输方式实时传输至数据中心。

6.3.2 数据的传输

6.3.2.1 监测传感器和数据采集装置之间的传输

采用主-从结构的半双工通信方式。从机在主机的请求命令下应答，数据采集装置是通信主机，监测传感器是通信从机。数据采集装置应支持根据数据中心命令和主动定时向监测传感器发送请求命令两种模式。

6.3.2.2 数据采集装置和数据中心之间的传输数据通讯应使用基于 IP 协议的数据网络，在传输层使用 TCP 协议。

7 地埋管换热系统监测要求

7.1 范围

地埋管换热系统规定的监测工作适用于竖直地埋管换热系统，水平地埋管可以据此参考。

7.2 监测内容、方法

7.2.1 地温监测

通过对地埋管换热系统周围岩土体温度进行动态监测，以掌握地埋管换热系统的影响范围及周围岩土体的温度变化。

7.2.2 地下水监测

7.2.2.1 对地埋管换热系统周围主要含水层的地下水水温和水质进行动态监测。

7.2.2.2 对于一级监测工程，现场监测指标包括地下水水温、电导率、pH 值、溶解氧、浊度、高锰酸盐指数、总磷、氨氮。

7.2.2.3 对于二级监测工程，现场监测指标主要针对地下水水温，地下水水质可不作要求。

7.2.2.4 针对地埋管循环水中有防冻液或其它药品成分的系统，每年应采取地下水样品检测，以监测可能存在的地埋管换热系统破损导致的防冻液或其它药品泄漏。

7.2.2.5 对于一级监测工程，当埋管深度范围内存在两层以上（含两层）地下水含水层的区域，应分层监测地下水水质，以监测可能存在的地下水混层污染。

7.2.3 监测方法

7.2.3.1 地温监测可采用基于光栅光纤、铂电阻的测温方法（不同地温监测传感器参数对比见附录 D）。

7.2.3.2 利用专门设置的监测井测水温时，应将电测温度计的探头或缓变温度计置于含水层过滤器部位，记录所测深度和当时气温。在监测井内，应尽可能安装水位水温自动记录仪。

7.2.3.3 地下水水质可在地下水监测井内取样检测，进行定期取样分析，以掌握地下水水质变化动态。地源热泵系统运行之前，应对监测井中的水样应进行采样分析。

7.3 监测精度、频率

7.3.1 地温的监测

地温监测仪器测量精度应达到 0.1°C 。

地源热泵系统运行期间，监测周期为每小时一次；非运行期间，监测周期为 5 日一次，停泵初期应加密监测；背景值监测周期为 7~10 日一次。

7.3.2 地下水水温的监测

水温计的结构必须满足钻孔内地下水的测温要求，测量精度应达到 0.1°C 。

地源热泵系统运行期间，数据采集频率为 3~5 日一次；非运行期间，数据采集频率为 10~15 日一次。

7.3.3 地下水水质的监测

地源热泵系统运行前应采集水样 1 次；地源热泵系统运行期间，水样采集次数不少于 2 次；地源热泵系统运行结束后 10 日之内应采集水样 1 次。当地下水水质监测指标出现异常时，应加密监测频率。

7.4 监测网点布设

7.4.1 布设原则

监测工作主要以监测孔（井）的形式布设，根据监测目的不同区分为地温监测孔和地下水监测井。通过监测孔的布设，实现对地埋管换热系统周围的岩土体、含水层在垂向和平面上的综合监测。

7.4.1.1 监测工作设计布设前，应充分收集整理工程场地地质资料和地埋管换热系统设计资料，掌握天然地温场、地层结构和含水层水文地质特征、埋管间距等基础数据。

7.4.1.2 地温监测应设计三种监测孔：参与换热地温监测孔、热影响半径地温监测孔和具有地温监测功能的地下水监测孔。

7.4.1.3 地温监测孔主要由监测钻孔、温度传感设备及相关辅助装置等组成，其中温度传感设备在监测钻孔内垂向布设，以监测不同深度、不同地层层位的岩土体温度。不同监测孔的探头布设深度应保持大体一致，便于对比。

7.4.1.4 地温监测孔除布设在埋管换热孔周围岩土体中外，还应利用部分埋管换热孔以监测换热孔孔壁处岩土体的温度。宜根据埋管区域形状、内部分区及埋管深度内地层分布等进行布设，控制深度不得小于埋管换热系统埋设深度，垂向上兼顾主要地层层位，平面上覆盖埋管换热系统的埋设区域及外围。

7.4.1.5 实际工程项目中，换热孔群区域不是规整的矩形或正方形的，可把复杂形状的区域化分为几个矩形或正方形区域，选择埋管最多的区块进行监测孔布设。

7.4.1.6 在埋管深度范围内存在两层以上（含两层）地下水含水层等地质环境较为敏感的区域，应设置地下水监测井。

7.4.1.7 地下水监测井应在埋管区域布设，具体布设时根据地下水流向，在埋管区域地下水上游和下游分别布设。

7.4.2 监测工作量

对需要进行地温监测的工程，地温监测孔的设计数量要求见表 4。

表 4 埋管换热系统监测工作数量布设

单位：个

监测等级要求	参与换热地温监测孔	热影响半径地温监测孔	地下水监测井
一级	≥2	≥4	≥2
二级	≥1	≥2	≥1
三级	1	1	不作要求
注：当一级、二级工程有多个相对独立且范围较大的埋管区域时，应分别对每个埋管区域及其外围布设监测工作。			

7.4.3 地温监测孔布设

7.4.3.1 参与换热地温监测孔

参与换热地温监测孔为利用埋管换热孔作为地温监测孔（同时布设监测传感器）。

7.4.3.2 热影响半径监测孔

热影响半径地温监测孔为按照不同距离布设在参与换热地温监测孔周围的地温监测孔，直径不小于 100mm，深度与换热孔相同。

一级监测工程的热影响半径地温监测孔应按距离目标换热孔 0.9m 的整数倍向换热区外线性排列；二级监测工程的热影响半径地温监测孔应按距离目标换热孔 1.8m 的整数倍向换热区外线性排列；三级监测工程的热影响半径地温监测孔距离孔群最外围距离不小于 10m。

7.4.3.3 地温监测点布设

监测孔垂向上每间隔 10m 应至少设计一个测温点，恒温层以上应加密测温点。

7.4.3.4 地温监测孔结构

地温监测孔的具体结构见附录 B。

7.4.4 地下水监测井布设

7.4.4.1 地下水监测井布设

地下水监测孔应井设在埋管区域的外围，深度与换热孔相同，距离孔群最外围距离不小于 10m。

监测等级为一级的，应至少在埋管区地下水径流方向的上、下游各布设 1 个监测井。监测等级为二级的，应至少在埋管区地下水径流方向的下游布置 1 个监测井（当监测井数量不小于 2 口时，宜在地下水径流方向的上、下游分别布设）。

7.4.4.2 地下水监测井结构

地下水监测井的具体结构见附录 C。

8 地下水换热系统监测要求

8.1 范围

适用于直接地下水换热系统和间接地下水换热系统。

8.2 监测方法、内容

地下水换热系统运行的监测应采用仪器监测、试验测定与巡视检查相结合的方法。主要内容有：地下水抽灌水量、水温、水位、水质、地面沉降变形和地面塌陷等。

8.2.1 抽水量和回灌量

在抽水孔出水管路、回灌井回灌（进水）管路中应安装流量计监测抽水量和回灌量。

8.2.2 水温

在地下水监测井应进行水温监测。利用专门设置的监测井测水温时，应将电测水温计的探头或缓变水温计置于含水层过滤器部位，并记录所测深度和当时气温；利用抽水井、回灌井测水温时，可在抽水

和回灌时测孔口水温，同时测气温。

8.2.3 水位

在地下水监测井应测量水位埋藏深度与起测点(井口固定点)高程。根据条件，可选择采用自记水位仪、电测水位仪、地下水多参数自动监测仪或是手工法测量。

8.2.4 水质

地下水水质的监测主要针对回灌井，可采用地下水自动化监测仪和人工监测。人工监测时采用地下水采样分析的方法，此部分内容参照《地下水环境监测技术规范（HJ/T164—2004）》第3章地下水样品的采集和现场监测。

监测内容包括：电导率、总硬度、pH值、高锰酸盐指数、总磷、氨氮、大肠杆菌数、砷（As）、氟（F）以及水质全分析。

8.2.5 地面沉降变形和地面塌陷

对监测等级一、二级工程，应在抽水井和回灌井、主机房附近以及敏感建构筑物附近布设地面沉降变形和地面塌陷监测点。采用精密水准测量或GPS测量技术进行监测。

地面沉降变形和地面塌陷应参照《地质灾害危险性评估规范（DZ/T0286-2015）》、《地面沉降调查与监测规范》（DZ/T0283-2015）进行危险性评估。

8.3 监测精度、频率

8.3.1 抽水量和回灌量

使用流量计进行水量观测时，观测精度应为 $0.1\text{m}^3/\text{h}$ 。

抽水量和回灌量应同时观测，监测频率为10日一次。

8.3.2 水温

水温计的结构和精度必须满足在钻孔内地下水中测温的要求，允许误差不超过 $\pm 0.2^\circ\text{C}$ 。条件允许的，尽可能安装水位、水温自动记录仪。

在运行期间应加强监测，最小采集频率应不小于10日监测一次。停泵期间最小采集频率应不小于30日监测一次。

8.3.3 水位

水位监测结果以米计，记至小数点后两位。每次测水位时，应记录监测井是否曾抽回过水，是否受到附近井抽回水的影响，以及相应热泵机组的工况。

同一水文地质单元的地下水监测井，监测日期及时间尽可能一致。

在夏季制冷期始、末，冬季采暖期始、末均应加密监测地下水水位变化（3 日一次）；运行期间最小监测频率应不小于 10 日监测一次；停泵期间应不小于 15 日监测一次。

8.3.4 水质

水样采集频率，在地源热泵系统供暖/制冷稳定后、结束前一个月内、非运行期间各采样 1 次，分析除全分析外的其他指标。每年应采样进行 1 次水质全分析测试。

8.3.5 地面沉降变形和地面塌陷

精密水准测量、GPS 测量技术要求应符合 GB/T12897、GB/T18314、DZ/T0154 等标准的规定，定期监测，监测精度为 mm。

根据地质条件，每个夏季制冷期及冬季供暖期始末均应监测 1~2 次，如发现有异常状况，应加密监测，以了解和控制地面沉降和地面塌陷动态。

8.4 监测网点布设

8.4.1 布设原则

8.4.1.1 监测井布设应结合地下水地源热泵系统工程规模大小及场地水文地质条件。

8.4.1.2 一般在工程设计时应通盘考虑布设，监测井尽可能利用抽水井与回灌井。

8.4.1.3 地下水监测井的布设应考虑一孔多用，一孔多点，及水质、水温、水位多项监测。

8.4.1.4 监测井、点布设应能在平面上和垂向上掌握和控制场地地下水水位、水温、水质的变化规律以及可能产生的地面沉降和地面塌陷。

8.4.2 监测工作量

8.4.2.1 监测工作量应按照表 5 确定。

8.4.2.2 一级，二级监测等级的工程需要对所有监测内容进行监测；三级监测等级的工程对地面沉降和地面塌陷的监测可不作要求。

8.4.3 监测孔布设

8.4.3.1 地下水监测井平面布置

表 5 地下水换热系统监测工作量布设

监测等级要求	地下水监测井(眼)	专门地下水监测井(眼)
一级	≥4	≥2
二级	≥2	≥1
三级	≥1	不作要求

监测等级为一级的,监测井应至少在开采区地下水流的上游方向、下游方向各布置 1 个;且抽水井、回灌井个数均不少于 1 个。监测等级为二级的,应至少在地下水下游方向布置 1 个监测井,且回灌井的数量不少于 1 个。监测等级为三级的,应保证监测井至少有 1 个为回灌井。监测井间距应不小于 2 倍的抽水、回灌井间距。

8.4.3.2 地下水监测井孔口保护结构

见附录 C。

9 地质环境监测系统施工要求

9.1 地温监测孔施工要求

9.1.1 地温监测孔施工技术要求

- 1) 地温监测孔应与本片区地埋管换热器同时施工。
- 2) 地温监测孔的钻孔相关参数及工艺宜与地埋管换热器保持一致。
- 3) 地温监测孔的施工按附录 B 的规定进行。

9.1.2 地温监测孔温度传感器安装要求

- 1) 将传感器导线按预定长度捆绑到管材上,并保证传感器安装牢固。
- 2) 温度传感器电缆应有明显刻度标记,误差为±5.0cm,下放前应用测绳校测固定传感器管材内实际深度,下放时应匀速缓慢下放,下放到位后应及时固定,并再次检验探头是否完好,安装完成并验收合格后,及时将孔口密封,防止杂物落入。

9.2 地下水监测孔施工要求

9.2.1 地下水监测孔施工技术要求

监测井钻探施工技术要求按水文地质钻探标准执行,孔径一般不小于 110mm,也不宜超过 180mm。

施工方法按附录 C 的规定进行，具体施工流程如下：

选定井位→钻进成孔→换浆、下井管→滤层、封隔层围填→监测井清洗→平台、井口保护管安装。

9.2.2 地下水监测孔温度传感器安装要求

温度传感器探头埋入前应进行检查校正，温度传感器探头捆绑井管时捆扎牢靠，同时做好传感器的防水、承压措施。

监测站点和监测井应有保护装置，并指定、委托专人或相应部门进行定期巡视。

10 监测数据上报及分析

10.1 监测数据整理

10.1.1 原始监测数据应按科技档案管理的要求分类整理成资料系列。

10.1.2 原始资料系列应由专人保管，长期保存。

10.2 监测数据上报

10.2.1 应确保报送资料的真实性和规范性。

10.2.2 报送资料应按附录 A 相关表格统一整理，于每年 4 月 30 日前报送至市级主管部门。

10.2.3 报送资料的时间跨度应为换热系统运行的一个完整周期。

10.2.4 资料报送应包括电子版和纸质版。

10.3 监测数据的分析及预警

10.3.1 一般规定

10.3.1.1 监测数据的分析工作应由市级及以上主管部门进行。

10.3.1.2 应定期对监测数据进行整理，剔除异常数据，绘制相关参数随时间的变化曲线图。

10.3.1.3 预测分析换热系统长期运行后水位、水温和地温的变化趋势。

10.3.2 地埋管换热系统

10.3.2.1 分析地埋管换热孔群区域地温监测数据，掌握区域地层温度动态变化特征。

10.3.2.2 分析换热井群的换热效果并进行冷、热均衡评价，系统能效分析。

10.3.2.3 有下列状况，应予以预警：

1) 非地埋管换热系统运行期间，连续两年同一地温监测孔或地下水监测井同时期地下恒温层或地水平均温度连续一个月内的平均温度的变化超过 $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ ；

2) 地下水水质发生明显变化或者其中某项指标的值超过规定的阈值；

3) 管道压力发生明显变化，地埋管发生渗漏。

10.3.3 地下水换热系统

10.3.3.1 分析地下水开采井、回灌井和监测井的监测数据，掌握井群区域的水位、水温及水量、水质的动态变化特征。

10.3.3.2 评价地下水开采井、回灌井和地理管换热井群设计的合理性。

10.3.3.3 有下列状况，应予以预警：

- 1) 当回灌量小于抽水量；
- 2) 当地下水水位下降至设计最低动水位时；
- 3) 当水质在地下水换热系统运行期间发生明显变化时或者其中某项指标的值超过规定的阈值；
- 4) 当抽水井地下水水温高于 25℃ 或者低于 5℃；
- 5) 地面沉降速率大于 5mm/a。

11 监测系统运行与维护

11.1 系统运行

11.1.1 应设专人从事监测系统的日常监测。

11.1.2 运行前应进行现场调试，消除现场测试误差。

11.1.3 每月应检查一次监测数据采集情况。

11.2 系统维护

11.2.1 应由专人负责监测系统日常维修，确保其正常运行。

11.2.2 定期检查监测系统运行情况，故障设备应及时更换。

11.2.3 定期对监测仪器进行稳定性校验和精度检定。

表 A.2 地下水换热系统水质监测表

采样日期	采样性质及编号	监测项目												
		电导率 S/m	pH 值	溶解氧	浊度 JTU	高锰酸盐指数	总磷 (以 P 计) mg/L	氨氮 (以 N 计) mg/L	大肠杆菌数 个/L	细菌总数 个/L	总硬度 (以 CaCO ₃ 计) mg/L	砷 mg/L	氟 mg/L ^a
	回灌井													
	监测井													
	回灌井													
	监测井													
	回灌井													
	监测井													
	回灌井													
	监测井													
	回灌井													
	监测井													
采样人: 检测人:														
注 1: 表中未监测项目填“/”。														
a. 填写为防管道锈蚀所使用的化学成分。														

表 A.3 地埋管换热系统水质监测表

采样日期	电导率 S/m	pH 值	溶解氧	浊度 JTU	高锰酸盐指数	总磷 (以 P 计) mg/L	氨氮 (以 N 计) mg/L ^a
采样人: 检测人:								
a. 填写循环液中添加的化学成分。								

表 A.4 地理管换热系统地温监测表

日期:

运行状态^a:

气温:

单位为摄氏度

深度 (m)	背景值监测孔		参与换热监测孔			热影响半径地温监测孔					地下水监测井		
	A ₁ ^b	B ₁	B ₂	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	D ₁	D ₂
10													
20													
30													
40													
50													
60													
70													
80													
90													
100													
110													
120													
130													
140													
150													
160													
170													
180													
190													
200													

填报人:

审核人:

注 1: 换热系统运行期每周填写, 非运行期每月填写。

注 2: 填写当天中午 12:00 监测数据。

注 3: 按照地温布设孔实际情况填写。

注 4: 表中未监测项目填“/”。

a. 填写制冷、供暖或停泵。

b. 各点编号可根据实际情况调整。

附录 B

(资料性附录)

地温监测孔结构

监测孔孔深一般应大于有效埋深度 2m，孔径可根据实际情况确定，一般为 110mm~180mm，终孔孔斜每百米不超过 1.5° ，孔内管材一般采用 PE 管。回填材料一般由石英砂和膨润土组成，两者比例一般为 7:3，水灰比一般为 0.5，近地表段可用混凝土、水泥砂浆等水泥基材料封孔。孔内埋设与钻孔长度相当的钢管或 PVC 管并注满水，孔内放入温度传感器及加强型信号线电缆，详见图 B.1。

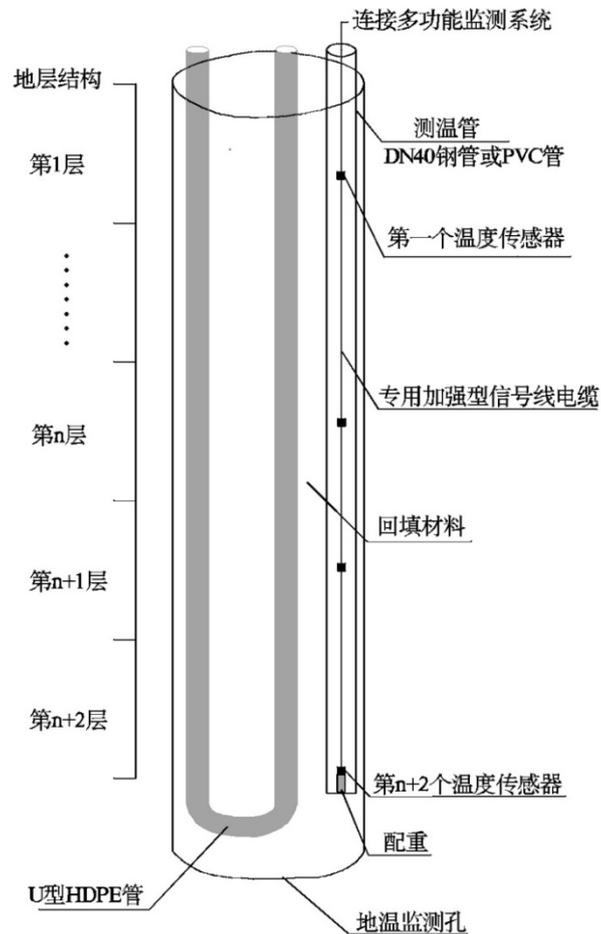
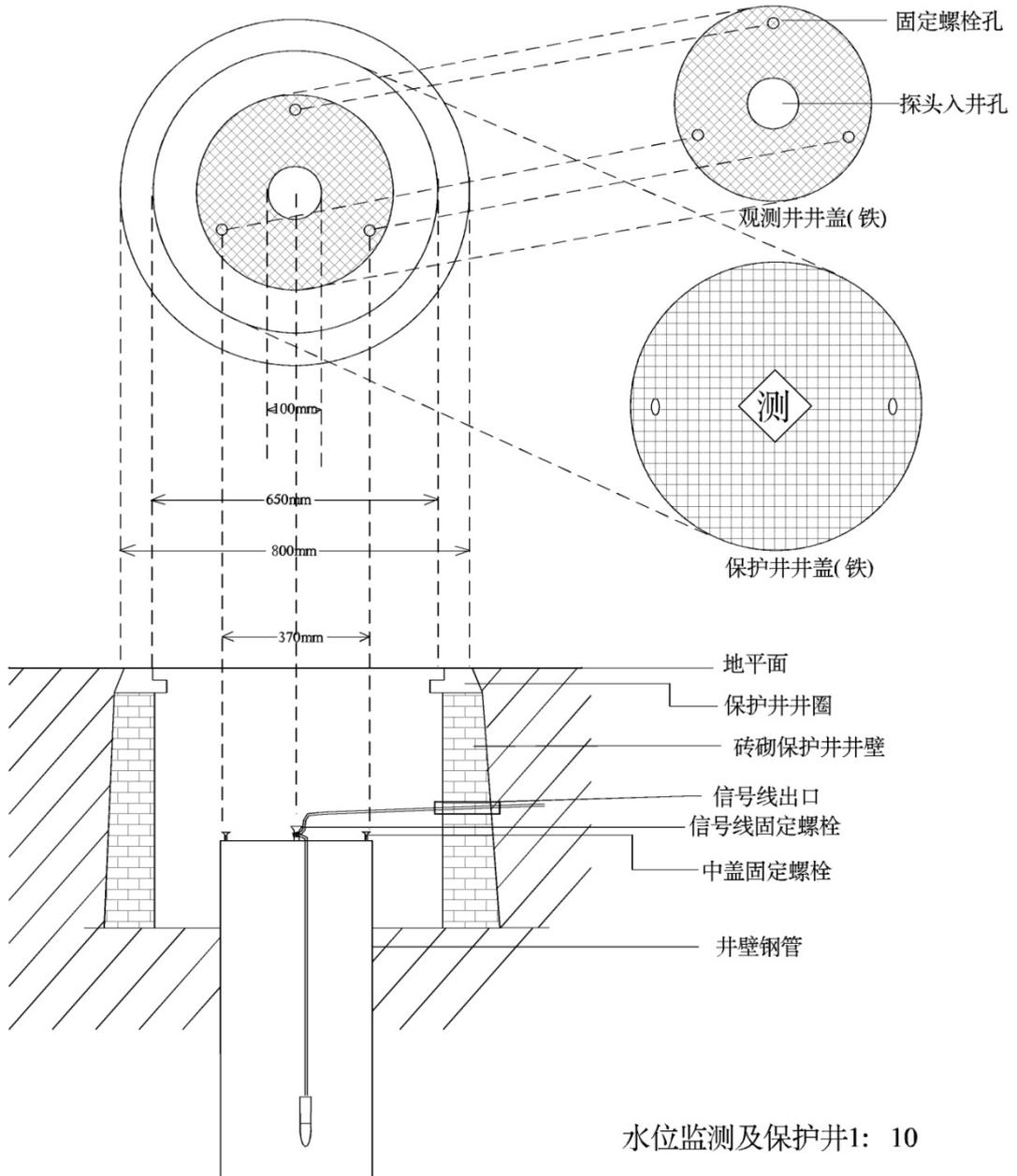


图 B.1 利用已有地埋管换热孔的地温监测孔结构示意图

附录 C

(资料性附录)

地下水监测井孔口保护结构示意图



附录 D

(资料性附录)

地温监测传感器参数对比表

比较内容	光纤光栅	铂电阻
测温原理	光波长值表征温度，属于光纤数字测温技术	电阻值表征温度，需借助电流/电压转换为可检测的物理量
最大测温范围	-271℃~+200℃	-200℃~1000℃
测温分辨率	0.01℃	取决于检测电路
精度	±0.1	±0.1℃~±0.5℃ (测温精度低于±0.5℃时需采用精密电桥)
长期零点漂移	无	1. 测量电流自热产生的零点漂移：±0.1℃(20℃典型值)； 2. 环境震动产生的零点漂移：±0.1℃~±0.5℃ (测温精度为±0.1℃左右时铂电阻温度计内部为电阻丝结构，对震动敏感；对震动不敏感的铂电阻温度计内部为薄膜铂电阻结构，精度通常为±0.5℃)。
温度校准方式	只需出厂一次性校准 (精密恒温槽)	出厂一次性校准(精密恒温槽)； 每年至少需进行一次零点检定(三相点保温桶)。
传输距离(传感头到采集设备)	(测温精度与传输距离无关)	与检测电路方式有关，最大距离(测温精度与传输方式和距离有关)。
20个测温点 单次测量时间	50ms	1s(取决于检测电路)
传感头和传输线路是否供电	否(光纤无源)	电流/电压
传感头和传输线路抗干扰能力	不受电磁和辐射影响，不需要雷击防护	易受干扰，长距离需要考虑线路雷击防护
设备后期维护费用(以10年为准)	无	维护费是光纤的3~4倍