

# DB61

## 陕 西 省 地 方 标 准

DB 61/T 1193—2018

### 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

2018 - 11 - 01 发布

2018 - 12 - 01 实施



陕西省质量技术监督局

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 总则..... 3

5 监测分级标准..... 3

6 监测系统..... 4

7 监测要求..... 4

8 数据处理..... 8

9 系统运行与维护..... 9

附录 A（资料性附录） 地下水监测孔结构示意图..... 10

附录 B（资料性附录） 地温监测孔结构示意图..... 11

陕西省地热协会  
www.sxsdrxn.com

## 前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准由陕西省地质调查院提出。

本标准由陕西省自然资源厅归口。

本标准起草单位：陕西省地质调查中心。

本标准主要起草人：穆根胥、金光、周阳、张亚鸽、张乐、王鸽。

本标准有陕西省地质调查中心负责解释。

本标准首次发布。

联系信息如下：

单位：陕西省水工环地质调查中心

电话：029-88419876

地址：西安市碑林区友谊西路243号

邮编：710068

陕西省地热协会  
www.sxsdrxh.com

# 浅层地热能开发利用地质环境监测规范

## 1 范围

本标准规定了浅层地热能开发利用地质环境监测的术语和定义、总则、监测分级标准、监测系统、监测要求、数据处理、系统运行与维护。

本标准适用于浅层地热能开发利用的地质环境监测工作。

## 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/T 12897 国家一、二等水准测量规范

GB/T 14157—1993 水文地质术语

GB/T 18314 全球定位系统（GPS）测量规范

DZ/T 0017 工程地质钻探规程

DZ/T 0148 水文水井地质钻探规程

DZ/T 0154 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 0283 地面沉降调查与监测规范

HJ/T 164—2004 地下水环境监测技术规范

SL 454—2010 地下水资源勘察规范

## 3 术语和定义

GB/T 14157—1993、DZ/T 0225—2009和SL 454—2010界定的以及下列术语和定义适用于本文件。为了便于使用，以下重复列出了GB/T 14157—1993、DZ/T 0225—2009和SL 454—2010中的某些术语和定义。

### 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和地下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。

### 3.2

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

以岩土体和地下水为低温热源，由浅层地热能换热系统、水源热泵机组、建筑物内系统组成的空调系统。

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。

[DZ/T 0225—2009，定义3.8]

3.5

地下水动态 groundwater regime

在各种因素综合影响下，地下水的水位、水量、水温及化学成分等要素随时间的变化。

[SL 454—2010，定义2.1.7]

3.6

恒温带 constant temperature layer

地面以下温度常年保持基本不变的地带。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。

3.7

混层污染 mixed layer pollution

贯穿不同含水层引起的某一含水层对其它含水层造成的污染。

3.8

区域地下水位降落漏斗 regional groundwater depression cone

井群同时开采某一含水层时（或矿井大量排水时），各井水位迭加而在含水层中形成范围很大的统一水位下降区。

[GB/T 14157—1993，定义9.2.9]

3.9

地面沉降 subsidence

在自然或人为因素作用下，某一范围的地表高程在一定时期内发生不断降低的环境地质现象。

[GB/T 14157—1993，定义9.2.10]

3.10

热影响半径 influence radius of thermal

以换热孔为中心，到距离土壤温度受影响的最大距离。

3.11

地温背景值 soil temperature background value

未受到浅层地热能系统换热影响的地层土壤温度值。

4 总则

- 4.1 应建立地质环境监测网，对地下水质污染、地下水动态、地温场、地下水位降落漏斗与地面沉降等地质环境变化进行监测。
- 4.2 监测应贯穿浅层地热能开发利用工程的设计、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 应根据工程规模和地质环境敏感性确定监测系统等级、内容以及工作量。

5 监测分级标准

5.1 地质环境敏感性分级

地质环境敏感性分为高、中、低3个等级，分级标准见表1。

表 1 地质环境敏感性分级标准

| 换热类型                     | 地质条件                          | 敏感性等级                               |                                                    |                                   |
|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------|
|                          |                               | 高                                   | 中                                                  | 低                                 |
| 地埋管<br>换热系统              | 冷热平衡条件 I<br>(总释热量/总吸热量)       | 释、吸热量差别大， $I < 0.8$<br>或 $I > 1.25$ | 释、吸热量差别小， $0.8 \leq I < 0.9$ 或 $1.1 < I \leq 1.25$ | 释、吸热量相当，<br>$0.9 \leq I \leq 1.1$ |
|                          | 水文地质条件<br>$m^3 / (d \cdot m)$ | 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<br>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。 |                               |                                     |                                                    |                                   |

5.2 工程规模分级

根据工程建筑面积，地热能开发利用系统工程可分为4个规模等级：

- a) 大型工程：建筑面积  $S \geq 50000m^2$ ；
- b) 中型工程：建筑面积  $10000m^2 \leq S < 50000m^2$ ；
- c) 小型工程：建筑面积  $3000m^2 \leq S < 10000m^2$ ；
- d) 微型工程：建筑面积  $S < 3000m^2$ 。

5.3 监测分级

根据地质环境敏感性等级、工程规模，监测等级分为一级、二级、三级，分级标准见表2。

表 2 监测分级标准

| 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   | 一级   |
|           | 中型   | 二级   |
|           | 小型   | 三级   |
|           | 微型   | 三级   |
| 低         | 大型   | 二级   |
|           | 中型   | 三级   |
|           | 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 监测数据采集和传输

#### 6.2.1 数据采集

数据采集装置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,应预留总容量的30%~40%数据采集通道。

#### 6.2.2 数据传输

6.2.2.1 采用主-从结构的通信方式,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处理系统命令和主动定时向监测传感器发送请求命令两种模式。

6.2.2.2 数据采集装置和数据处理系统之间的传输数据通讯应使用基于 TCP/IP 协议的数据网络。

## 7 监测要求

### 7.1 地下水换热系统监测

#### 7.1.1 监测内容与方法

##### 7.1.1.1 水量监测

在抽水井出水管路、回灌井回灌(进水)管路中应安装流量计,同时监测抽水量和回灌量。

##### 7.1.1.2 水温监测

利用专门地下水监测孔测水温时,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,并记录所测深度和气温,在监测孔内,宜安装水位水温自动记录仪;利用抽水井、回灌井测水温时,宜在抽水和回灌时测孔口水温,同时测气温。

### 7.1.1.3 水位监测

在地下水监测孔应测量水位埋藏深度与起测点高程,宜采用自记水位仪、电测水位仪、地下水多参数自动监测仪测量。

### 7.1.1.4 水质监测

7.1.1.4.1 地下水水质的监测可采用人工监测和地下水自动化监测仪。人工监测时采用地下水采样分析的方法,应符合 HJ/T 164—2004 第 3 章的要求。

7.1.1.4.2 监测内容包括地下水水质常规监测指标(电导率、总硬度、pH 值、高锰酸盐指数、总磷、总氮、大肠杆菌数、砷、氟)和地下水全分析指标。

### 7.1.1.5 地面沉降(陷)变形监测

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卫星测控测量技术进行监测。地面沉降(陷)变形监测应符合 DZ/T 0283 的要求。

## 7.1.2 监测精度与频率

### 7.1.2.1 水量监测

水量测量的精度应达到  $0.1\text{m}^3$ , 频率为 10 日一次。

### 7.1.2.2 水温监测

水温测量精度应达到  $0.2^\circ\text{C}$ ; 在运行期间应增加监测频次, 采集频率应不小于 10 日一次; 停泵期间采集频率应不小于 30 日一次。

### 7.1.2.3 水位监测

水位测量精度应达到  $0.01\text{m}$ ; 在夏季制冷期始、末, 冬季采暖期始、末均应增加监测频次(3 日一次); 运行期间监测频率应不小于 10 日一次; 停泵期间应不小于 15 日一次。

### 7.1.2.4 水质监测

地下水水质常规监测指标水样应在地下水地源热泵系统供暖/制冷稳定后、结束前一个月内和非运行期间各采样 1 次, 地下水全分析样应在每年供暖期采样 1 次。

### 7.1.2.5 地面沉降(陷)变形监测

地面沉降(陷)变形测量的精度为  $\text{mm}$ ; 测量技术要求应符合 GB/T 12897、GB/T 18314、DZ/T 0154 等标准的规定, 每个夏季制冷期及冬季供暖期始末均应监测 1 次~2 次, 发现异常, 应增加监测频次。

## 7.1.3 监测网点布设

### 7.1.3.1 布设原则

- 7.1.3.1.1 监测孔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。
- 7.1.3.1.2 地下水监测孔的布设应考虑一孔多用，宜利用抽水井与回灌井监测水量、水温、水位、水质。
- 7.1.3.1.3 监测孔布设应能在平面上和垂向上掌握和控制场地地下水水量、水温、水位、水质的变化以及可能产生的地面沉降（陷）变形。
- 7.1.3.2 监测孔布设数量

监测孔数量应按照表3确定，一、二级监测等级的工程应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（陷）监测可不作要求。

表3 地下水换热系统监测孔布设数量

单位为个

| 监测等级 | 以抽水井、回灌井作为监测孔 | 专门地下水监测孔 |
|------|---------------|----------|
| 一级   | $\geq 2$      | $\geq 2$ |
| 二级   | $\geq 1$      | $\geq 1$ |
| 三级   | $\geq 1$      | 不作要求     |

7.1.3.3 监测孔布设

7.1.3.3.1 地下水监测孔平面布置为：

- a) 监测等级为一级的，监测孔应至少在开采区地下水径流方向的上、下游各布置1个，且以抽水井、回灌井作为监测孔的个数均不少于1个；
- b) 监测等级为二级的，应至少在地下水径流方向下游布置1个专门的监测孔，且以抽水井作为监测孔的数量不少于1个；
- c) 监测等级为三级的，应保证监测孔至少有1个为抽水井；
- d) 监测孔间距应不小于2倍的抽水井、回灌井间距。

7.1.3.3.2 地下水监测孔结构参见附录A。

7.2 地埋管换热系统监测

7.2.1 监测内容与方法

7.2.1.1 地温监测

地温监测可采用基于光栅光纤、铂电阻等测温方法。

7.2.1.2 地下水监测

- 7.2.1.2.1 对地埋管换热系统周围主要含水层的地下水水位、水温和地下水水质常规监测指标进行监测。
- 7.2.1.2.2 地埋管循环水中有防冻液或其它药品成分的系统，应采取地下水样品检测。
- 7.2.1.2.3 当埋管深度范围内存在两层以上（含两层）含水层，应分层监测地下水水质。
- 7.2.1.2.4 利用专门设置的监测孔测水温的方法见本标准中7.1.1.2条。
- 7.2.1.2.5 地下水水质宜在地下水监测孔内取样检测。

7.2.2 监测精度与频率

7.2.2.1 地温监测

地温监测仪器测量精度应达到0.2℃。地埋管换热系统运行期间，自动监测设备的监测频率为每小时一次，人工监测频率为每日一次，非运行期间，监测频率为5日一次，停泵初期应增加监测频次，背景值监测频率为7日~10日一次。

7.2.2.2 地下水水温监测

地下水水温测量精度应达到0.2℃。地埋管换热系统运行期间，监测频率为3日~5日一次，非运行期间，监测频率为10日~15日一次。

7.2.2.3 地下水水质监测

地埋管换热系统运行前应采集水样1次，地埋管换热系统运行期间应采集水样不少于2次，地埋管换热系统运行结束后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，应增加监测频次。

7.2.3 监测网点布设

7.2.3.1 布设原则

7.2.3.1.1 监测网点以监测孔的形式布设，应收集工程地质资料和地埋管换热系统设计资料，根据监测目的不同分为地温监测孔和地下水监测孔。

7.2.3.1.2 地温监测应包括三种监测孔：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。

7.2.3.1.3 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，监测孔的探头布设深度应保持一致。

7.2.3.1.4 地温监测孔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，还可利用部分地埋管换热孔作为地温监测孔。

7.2.3.1.5 换热孔群区域不是规整的矩形或正方形的，宜在地埋管最多的区块布设监测孔。

7.2.3.1.6 地下水监测孔宜在埋管区域地下水径流方向的上、下游布设。

7.2.3.2 监测孔布设数量

监测孔布设数量见表4。

表4 地埋管换热系统监测孔布设数量

单位为个

| 监测等级 | 参与换热地温监测孔 | 热影响半径地温监测孔 | 地下水监测孔 |
|------|-----------|------------|--------|
| 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，应分别对每个区域及其外围布设工作。

7.2.3.3 地温监测孔布设

7.2.3.3.1 地温监测孔布设：

- a) 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；

b) 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；

c) 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。

7.2.3.3.2 热影响半径地温监测孔直径不小于 100mm，深度应大于换热孔深的 5%。地温监测孔垂向上每间隔 10m 应至少布设一个测温点，恒温层以上宜增加测温点密度。

7.2.3.3.3 地温监测孔的结构参见附录 B。

#### 7.2.3.4 地下水监测孔布置

7.2.3.4.1 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 个监测孔。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 个监测孔。

7.2.3.4.2 地下水监测孔深度应与换热孔相同，孔径不小于 200mm，距离孔群最外围不小于 10m。

7.2.3.4.3 地下水监测孔的结构参见附录 A。

### 7.3 地质环境监测系统施工

#### 7.3.1 地温监测孔

##### 7.3.1.1 地温监测孔施工

7.3.1.1.1 地温监测孔应与本片区地埋管换热系统同期施工。

7.3.1.1.2 地温监测孔的钻孔相关参数及工艺宜与地埋管换热孔一致。

7.3.1.1.3 地温监测孔的施工应符合 DZ/T 0017 的相关要求。

##### 7.3.1.2 地温监测孔温度传感器安装

7.3.1.2.1 温度传感器探头埋入前应进行检查校正，并按实际深度对温度传感器进行标记，误差为  $\pm 5.0\text{cm}$ 。

7.3.1.2.2 下放前应校测地温监测孔实际深度，温度传感器下放时应匀速缓慢下放，下放到位并固定后，应再次检验探头是否完好，校验合格应及时回填，并再次验证。

#### 7.3.2 地下水监测孔施工

监测孔施工技术应符合 DZ/T 0148 要求。

## 8 数据处理

### 8.1 数据整理

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。

### 8.2 数据分析及预警

#### 8.2.1 地埋管换热系统

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

8.2.1.2 分析地埋管换热孔群的换热效果并进行冷、热均衡评价，系统能效分析。

8.2.1.3 有下列状况，应予以预警：

a) 非运行期，恒温层以下同一监测点连续两年同月平均地温持续升高（或降低） $1.5^{\circ}\text{C}$ ；

b) 非运行期，同一地下水监测孔连续两年同月平均水温持续升高（或降低） $1.5^{\circ}\text{C}$ ；

- c) 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；
- d) 地埋管发生渗漏。

## 8.2.2 地下水换热系统

8.2.2.1 分析地下水抽水井、回灌井和监测孔的监测数据，掌握井群区域的水量、水温、水位及水质的动态变化特征。

8.2.2.2 有下列状况，应予以预警：

- a) 回灌量小于设计标准；
- b) 地下水水位下降至设计最低动水位；
- c) 水质在地下水换热系统运行期间发生明显变化或者其中某项指标超过规定的阈值；
- d) 抽水井地下水水温高于 25℃ 或者低于 5℃；
- e) 地面沉降速率大于 5mm/a。

## 9 系统运行与维护

### 9.1 系统运行

- 9.1.1 应设专人从事监测系统的日常监测工作。
- 9.1.2 运行前应进行设备调试。
- 9.1.3 每月应检查一次监测数据采集情况。

### 9.2 系统维护

- 9.2.1 应由专人负责监测系统日常维护。
- 9.2.2 定期检查监测系统运行情况，故障设备应及时更换。
- 9.2.3 定期对监测仪器进行校验。

附录 A  
(资料性附录)  
地下水监测孔结构示意图

地下水监测孔结构示意图见图 A.1。

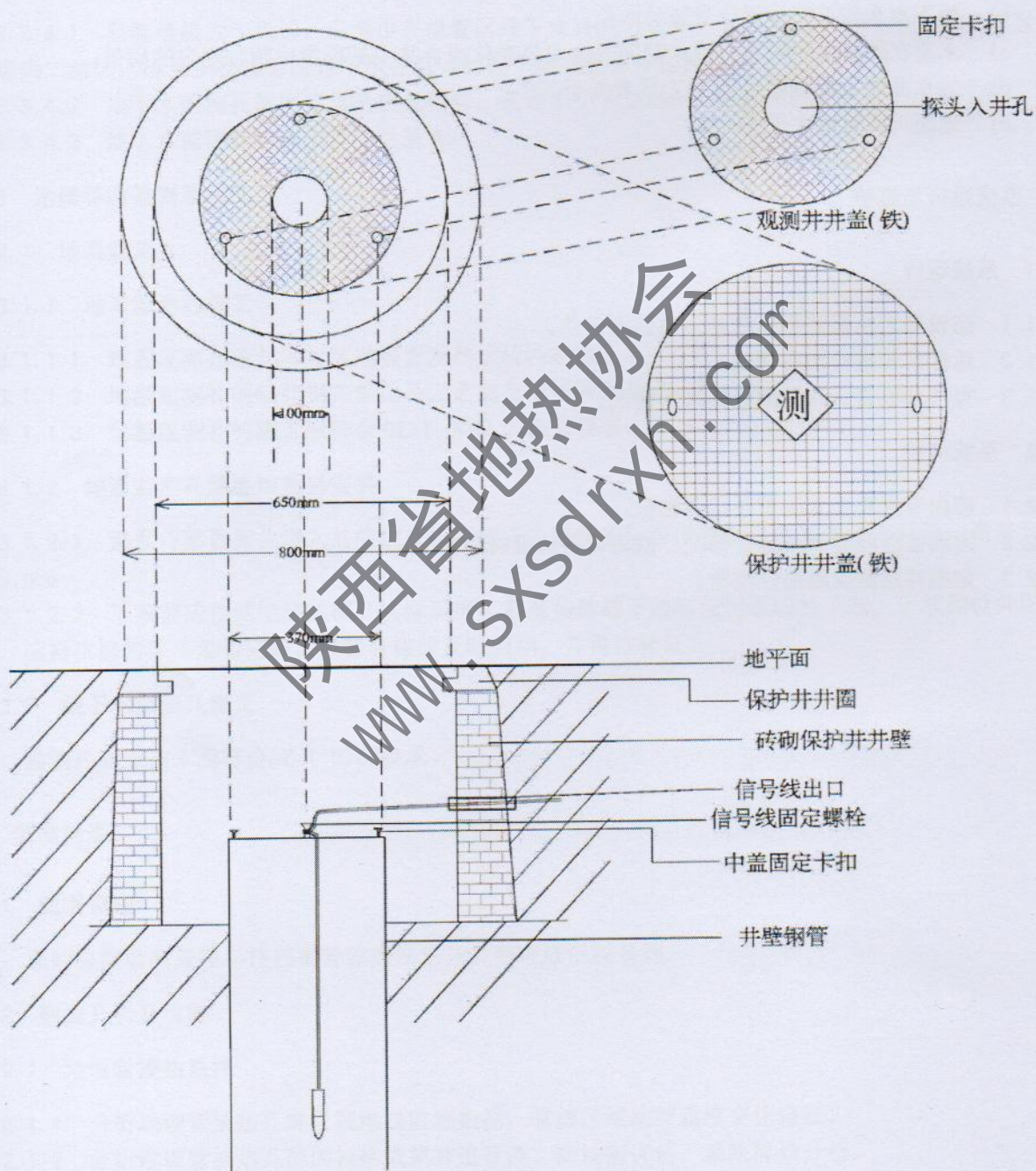
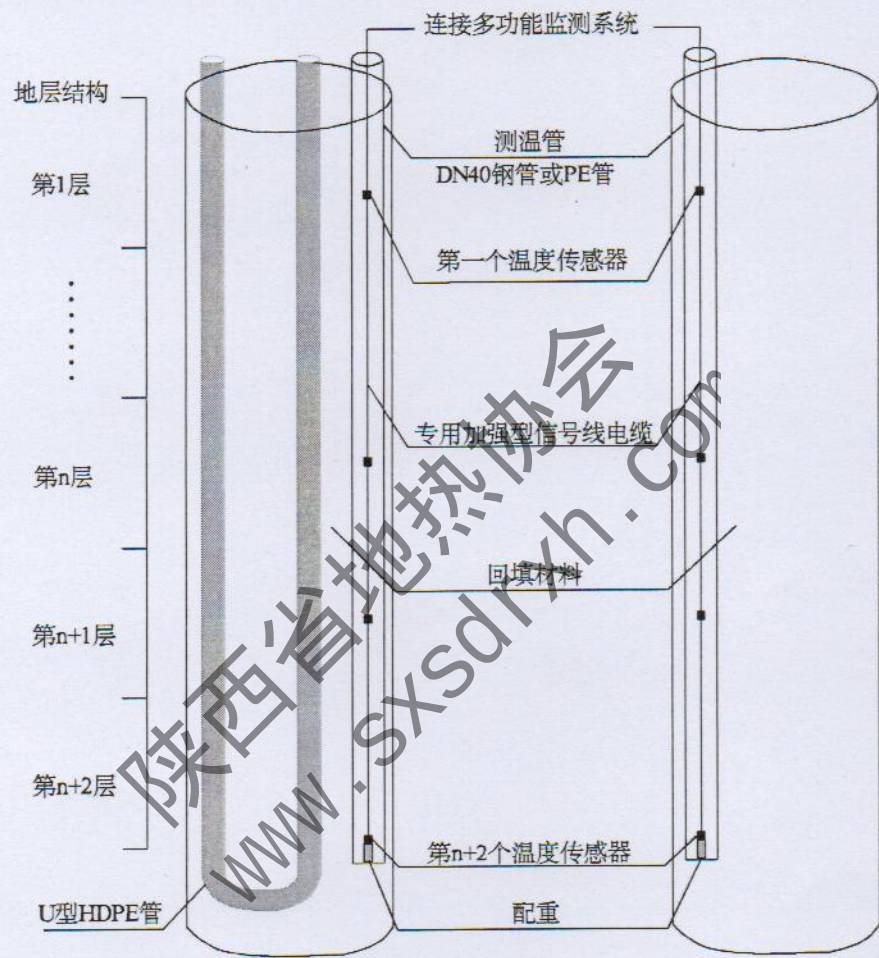


图 A.1 地下水监测孔结构示意图

附录 B  
(资料性附录)  
地温监测孔结构示意图

地温监测孔结构示意图见图B.1。



- 说明：
- 1——监测孔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；
  - 2——回填方式采用从井底向上回填，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；
  - 3——孔内埋设与钻孔长度相当的钢管或PE管并注满水，管内放入温度传感器及加强型信号线电缆。

图 B.1 地温监测孔结构示意图

陕西省地热协会  
www.sxsdrxh.com