

中华人民共和国地质矿产行业标准

DZ/T 0225—20XX

代替 DZ/T 0225-2009

浅层地热能勘查评价规范

Specification for shallow geothermal energy survey and assessment

点击此处添加与国际标准一致性程度的标识

报批稿

20XX – XX – XX 发布

20XX – XX – XX 实施

中华人民共和国自然资源部 发布

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 总则 3

5 区域浅层地热能调查评价 4

6 场地浅层地热能勘查 8

7 浅层地热能开发利用评价 10

附 录 A （资料性） 浅层地热能评价相关计算方法 12

附 录 B （资料性） 岩土物性参数 17

附 录 C （资料性） 区域浅层地热能勘查评价设计编写要求 18

附 录 D （资料性） 区域浅层地热能勘查评价报告编写要求 19

附 录 E （资料性） 场地浅层地热能勘查评价设计编写要求 21

附 录 F （资料性） 场地浅层地热能勘查评价报告编写要求 22

附 录 G （资料性） 数值模型 23

附 录 H （规范性） 地源热泵水质要求 24

参考文献 25

前 言

本文件按照 GB/T1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替 DZ/T 0225-2009，与 DZ/T 0225-2009 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

—更改的部分术语和定义：浅层地热能、地埋管换热系统、现场热响应试验、容积法、热均衡评价；删除的部分术语和定义：恒温带、大地热流值；增加的术语和定义：抽水试验、回灌率、热短路（见 3.1、3.7、3.10、3.12、3.15、3.16、3.17）；

—更改了总则的部分内容，增加了勘查区按水文地质条件复杂程度分类（见 4.4）；

—更改了“勘查孔取样、测试及现场热响应试验”，分作“勘查孔取样及测试”和“现场热响应试验”两部分（见 5.3、5.4，09 年版 5.4）；

—增加了勘查孔布置的相关要求（见 5.3.2、5.3.3）；

—增加了现场热响应试验的目的；更改了现场热响应试验的基本要求（见 5.4.1、5.4.2）；

—更改了回灌试验工作的基本要求（见 5.5.4，09 年版 5.5.4）；

—增加了“地温监测”相关内容（见 5.6）；

—更改了适宜性分区的指标法（见 5.7）；

—更改了区域浅层地热能评价的体积法的计算深度（见 5.8.3）；

—增加了场地浅层地热能勘查手段（见 6.1.2）；

—增加了场地浅层地热能勘查场地勘查分级（见 6.1.3）；

—更改了地埋管换热方式浅层地热能勘查要求（见 6.2.2）；

—更改了地下水换热方式浅层地热能勘查工作量布置（见 6.3.2（b））；

—增加了场地浅层地热能评价内容（见 6.5）；

—删除了开发利用方案内容（见 09 年版 7.4）；

—增加了“区域浅层地热能勘查评价设计编写要求”和“区域浅层地热能勘查评价报告编写要求”（见附录 C 和附录 D）；

—删除了“附录 F（资料性附录）大地热流确定方法”；增加了现场热响应试验参数求取方法和地埋管换热系统换热功率计算方法（见附录 A.1 和 A.3（b））；

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中华人民共和国自然资源部提出。

本文件由全国自然资源与国土空间规划标准化技术委员会（SAC/TC 93）归口。

本文件起草单位：中国地质科学院水文地质环境地质研究所、湖北省地质局武汉水文地质工程地质大队、重庆大学、北京华清荣昊新能源开发有限责任公司。

本文件主要起草人：王贵玲、李曼、王文中、张薇、刘志明、刘红卫、王勇、毕文明、王婉丽、蔺文静、马峰、李亭昕、朱喜。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

—DZ/T 0225-2009。

—本次为第一次修订。

浅层地热能勘查评价规范

1 范围

本文件规定了浅层地热能勘查评价的目的任务、设计编制、区域浅层地热能调查和场地浅层地热能勘查、浅层地热能开发利用评价、勘查设计书和报告编写等要求。

本文件适用于区域浅层地热能调查和场地浅层地热能勘查工作。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 3838 地表水环境质量标准

GB 11615 地热资源地质勘查规范

GB 50021 岩土工程勘察规范

GB 50027 供水水文地质勘察规范

GB/T 14848 地下水质量标准

GB/T 50123 土工试验方法标准

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

从地表至地下一定深度范围内，一般情况下宜不超过 200m，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。

3.2

浅层地热能勘查 shallow geothermal survey

对地表水及地表以下一定深度范围内岩土体和地下水中换热能力的地质勘查。

3.3

浅层地热容量 shallow geothermal capacity

在浅层岩土体、地下水和地表水体中单位温差可吸收或排出的热量。

注：浅层地热容量的单位为 KJ/℃。

3.4

浅层地热换热功率 shallow heat exchanger power

从浅层岩土体、地下水和地表水中单位时间内可交换出的热量。

注：浅层地热换热功率的单位为 W。

3.5

地下水循环利用量 groundwater circulation amount

从含水层中抽取利用后，完全回灌到原含水层中的地下水量。

3.6

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冷（热）源，由热泵机组、浅层地热能换热系统、建筑物内系统组成的空调系统。

3.7

地埋管换热系统 ground heat exchanger system

传热介质（水或其它液体）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。

注：又称土壤热交换系统。

3.8

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。

注：分为直接地下水换热系统和间接地下水换热系统。

3.9

地表水换热系统 surface water heat exchanger system

通过地表水进行热交换的地热能交换系统。

注：分为开式地表水换热系统和闭式地表水换热系统。

3.10

抽水试验 pumping test

一种在井中进行计时计量抽取地下水，并测量水位变化的过程，目的是了解含水层富水性，并获取水文地质参数的试验。

3.11

回灌试验 reinjection test

向井中连续注水，并记录水位、水量的变化来测定含水层渗透性和水文地质参数的试验。

3.12

回灌率 reinjection ratio

单位回灌量与单位涌水量之比。

3.13

现场热响应试验 in-situ thermal response test

利用地埋管换热系统采用人工冷（热）源向岩土体连续制冷（加热）并记录传热介质的温度变化和循环量来测定岩土体热传导性能的试验。

3.14

热物性测试 thermophysical test

采用人工或天然热源对岩土体样品的热物理参数进行的测试。

3.15

容积法 volumetric assessment method

利用岩土体、地下水和地表水容积和热物性参数等计算的方法。

3.16

热均衡评价 geothermal balance evaluation

对在一定时间内浅层岩土体、地下水和地表水中的热能补给量、热能排泄量和储存热量进行热均衡计算，并评价热泵系统对浅层地质体温度影响。

3.17

热短路 short circuit of heat transfer medium

采用开式循环系统开发浅层地热能过程中，开采井和回灌井的水温快速趋同的现象。

4 总则

4.1 目的

为合理开发、可持续利用浅层地热能提供依据，减少开发风险，取得最大的社会、经济和环境效益。

4.2 主要任务

浅层地热能勘查评价的主要任务是采用综合勘查方法，查明浅层地热能赋存条件，确定可开发利用的地区及合理利用量，进行浅层地热能开发利用的环境影响预测和经济成本评估，为浅层地热能可持续开发利用提供依据。

4.3 勘查分类

4.3.1 浅层地热能勘查分为区域浅层地热能调查和场地浅层地热能勘查。

4.3.2 区域浅层地热能调查的目的是查明勘查区区域浅层地热能赋存条件、分布规律，进行适宜性分区和区域浅层地热能评价，为浅层地热能开发利用规划和布局提供依据。

4.3.3 场地浅层地热能勘查的目的是查明工程场地浅层地热能条件，进行场地浅层地热能评价、浅层地热能开发利用评价，为地源热泵工程项目可行性研究及设计提供基础依据。

4.4 地质环境条件复杂程度分类

依据地形地貌、地质条件、水文地质条件及环境地质等情况，勘查区按地质环境条件复杂程度分类见表 1。

4.5 勘查设计书编写要求

区域浅层地热能调查评价设计编写要求参见附录 C，场地浅层地热能勘查评价报告编写要求参见附录 E。

4.6 勘查报告编写要求

区域浅层地热能调查评价报告编写要求参见附录 D，场地浅层地热能勘查评价报告编写要求参见附录 F。

表 1 地质环境条件复杂程度分类

类别	简单	中等	复杂
特征说明	区域地质地貌条件变化不大，地层简单，岩相稳定，岩石成分均一，含水层是层状，厚度较稳定，人工对地下水的流场和水质等无大改变，气象水文条件简单，交通方便。	区域地形地貌起伏变化，地层复杂但有一定研究，岩相不稳定，岩石成分不均匀，含水层的深度厚度有变化，连续性、富水性一般，地下水流场和化学成分受到人为活动影响，气象水文地质条件较复杂，交通条件较差。	区域地形地貌起伏变化剧烈，地层复杂且缺少研究，岩相极不稳定，岩石成分极不均匀，含水层的深度厚度变化较大，连续性和富水性较差，地下水流场和化学成分受人为影响极大。气象水文条件复杂，交通极不方便。

5 区域浅层地热能调查评价

5.1 一般要求

5.1.1 区域浅层地热能调查应在充分收集区域地质、水文地质、环境地质等资料的基础上进行，适当补充区域地质和水文地质野外调查，在调查区布置钻探、取样测试，开展地温测量、现场热响应试验、抽水试验、回灌试验等专项调查和试验工作。

5.1.2 区域浅层地热能评价内容应包括：划分换热方式适宜区；分区计算换热功率和浅层地热容量；论证采暖期取热量和制冷期排热量的保证程度，进行浅层地热能热均衡评价，并进行浅层地热能开发利用环境影响预测。

5.2 野外地质调查

5.2.1 应收集水文、气象、区域地质、水文地质、地热地质、环境地质、城市规划及地下空间设施分布等资料及浅层地热能开发利用成果，并进行分析、整理和利用。

5.2.2 地质、水文地质调查应根据孔隙型、裂隙型和岩溶型含水层的特征确定具体调查内容，调查精度应达到 1:50 000 的比例尺要求。

5.2.3 调查内容应包括：岩土层岩性、结构，含水层分布及埋藏条件，地下水位、水量、水温、水质及动态变化，岩土体的热物理性参数（比热容、导热系数、热扩散系数、单位深度钻孔总热阻）及岩土体的物理性质参数（比重、孔隙率、含水率、密度、干密度），地温场自然分布特征、热响应规律、回灌量及有关水文地质参数等内容。

5.3 勘查与取样测试

5.3.1 勘查孔包括水文地质勘查孔和地质勘查孔，水文地质勘查孔应布置在地下水换热适宜区和较适宜区，进行抽水和回灌试验取得相关参数；地质勘查孔应布置在地埋管换热适宜区和较适宜区，进行热响应试验获取相关参数；地下水和地埋管均适宜区应分别布设抽水回灌试验和热响应试验。所有勘查孔

应进行取样和热物性测试。位于城市建成区和人口、建筑密集区时，须对勘查活动涉及到的深部地层充分开展地球物理探测，辨识地面塌陷、地面沉降、水土突涌等隐患，并组织专家论证施工安全性。

5.3.2 勘查孔应按照以下要求布置：地质环境条件复杂程度简单地区 2 个~3 个/100km²；中等地区 3 个~4 个/100km²；复杂地区 4 个~5 个/100km²。当有多个含水层组且无水质分析资料时，应进行分层勘查。

5.3.3 勘查孔取样及测试基本要求

- a) 岩土层单层厚度大于 1 m 的，每层应取代表性的原状土样(砂、砾石层除外)；
- b) 勘查孔施工及取样按 GB50021 的规定执行，固井材料的导热系数应大于地层平均导热系数。
- c) 岩土试样测试分析按 GB/T50123 的规定执行，主要测试项有天然状态下的密度、孔隙度、体积含水量和颗粒粒径等；同时进行岩土试样的热物性测试。

5.4 现场热响应试验

5.4.1 现场热响应试验的目的是获取地层导热系数、单位深度钻孔总热阻、热扩散系数、初始平均地温等参数，为地埋管热泵的设计和区域浅层地热能评价提供依据，参数求取参考附录 A。

5.4.2 现场热响应试验基本要求

- a) 在已钻好的勘查孔中埋设换热管并按设计要求回填。现场热响应试验应在换热管安装并回填完毕 48h 后进行，若回填水泥基填料则宜 10d 后进行；
- b) 应缩短设备与地埋管换热器的连接管路，并做好整套测试系统包括测试设备和连接管路的保温措施；
- c) 现场热响应试验时，应首先进行地层初始平均温度测试，后进行冷负荷和热负荷试验；
- d) 地层初始平均温度测试应采用无负荷循环法，无负荷循环法即无负荷循环的情况下记录地埋管换热器出水温度，温度稳定（1h 内变化幅度小于 0.3℃）后，观测不宜少于 12h，温度稳定至观测结束时间段内的平均温度作为地层初始平均温度；
- e) 现场热响应试验时，排热和排冷试验不宜在同一勘查孔内进行，若要在同一勘查孔内测试应在地层温度基本恢复至地层初始平均温度（温差小于 0.5℃）后进行；
- f) 测试过程中，热（冷）负荷和流量应基本保持恒定（波动范围在±5%以内），换热管内传热介质流速不应低于 0.2m/s，实时记录回路中传热介质的流量和进出口温度。在地埋管换热器出水温度 1h 内变化小于 1℃后，观测时间不少于 24h；
- g) 地埋管换热器出水温度 1h 内变化小于 1℃后，地埋管换热器出水温度与地层初始平均温度之差大于±5℃；
- h) 应对现场测试资料进行综合分析，剔除因试验条件如气温等变化造成的异常数据。

5.5 抽水及回灌试验

5.5.1 抽水及回灌试验的目的是确定一定区域内地下水循环利用量和抽水井、回灌井的数量和布局。

5.5.2 抽水回灌试验井应每 100km² 应不少于 3 处。

5.5.3 抽水试验按 GB50027 的要求。根据稳定流抽水试验数据，分析确定合理的抽水量和井间距。

5.5.4 回灌试验工作基本要求

- a) 对调查区区域水文地质条件具有控制意义的不同含水层（组）的典型地段，应有回灌试验点控制，与抽水试验点配套；
- b) 回灌试验宜采用定流量试验方法。试验前应测量静水位，试验过程中连续测量动水位，试验停止后，测量恢复水位直到初始状态。水位的观测在同一试验中应采用同一方法和工具，测量精

度应读数到厘米。回灌量的测量，采用水表计量时，应读数到 0.1m³；用堰箱测量时，水面高度应读数到毫米；

- c) 回灌试验时，回灌井水位的稳定时间应不小于 24h，在稳定期间内，扣除试验前水位日变幅值后的水位波动范围应在±5%以内；
- d) 回灌水水质应不低于回灌含水层地下水的水质，含砂量体积比不大于 1/20 0000；
- e) 回灌试验结束后，应对井内沉淀物进行处理；
- f) 根据抽水和回灌试验数据，分析计算出单井最大出水能力和单井最大回灌能力及热短路间距，确定回灌率以及热源井布设间距。

5.6 地温监测

5.6.1 地温监测的目的是为浅层地热能评价和地源热泵工程的环境影响分析提供数据。分析地温的变化规律及发展趋势。

5.6.2 地温监测工作基本要求

- a) 地温监测应布置在新施工的勘查孔中。监测孔布置，简单地区 2 个~3 个/100km²，中等地区 3 个~4 个/100km²，复杂地区 4 个~5 个/100km²；
- b) 设置的监测点应测量坐标、地面标高及固定点标高，单位精确至厘米级；
- c) 监测孔测温点垂向间距应为 5m~10m；
- d) 地温的监测频率为每 10 日监测一次，日期宜为每月的 5、15、25 日，监测时间应不少于 1 年。

5.7 适宜性分区

5.7.1 根据地质、水文地质条件和换热方式，进行适宜性分区。划分为适宜性好、适宜性中等和适宜性差区。

5.7.2 对于地埋管换热方式，浅层地热能适宜性分区主要考虑岩土体特性、地下水的分布和渗流情况等因素，竖直地埋管换热系统适宜性分区主要指标见表 2。

表 2（竖直）地埋管换热方式适宜性分区

分区	分区指标				综合评判标准
	松散岩土体厚度 m	卵砾石层总厚度 m	含水层总厚度 m	导热系数 (w/m·k)	
适宜性好	>160	<5	>30	>2	四项指标均满足
适宜性中等	80~160	5~10	10~30	1.5~2	不符合适宜好和适宜性差区的分区条件
适宜性差	<80	>10	<10	<1.5	至少二项指标应符合

5.7.3 对于地下水换热方式，浅层地热能适宜性分区主要考虑含水层岩性、分布、埋深、厚度、富水性、渗透性，水位动态变化，水源地保护、地质灾害等因素。主要指标见表 3。

表 3 地下水换热方式适宜性分区

分区	分区指标					综合评判标准
	单位涌水量 $\text{m}^3/(\text{d} \cdot \text{m})$	回灌率/(水位埋深 %/ (m))	地下水位年 下降量 m	地下水温度 $^{\circ}\text{C}$	特殊地区	
适宜性好	>500	>80 / (>15)	<0.5	10-15	—	三项指标均符合
适宜性中等	120~500	50~80 / (10~15)	0.5~1.5	8-10	—	除适宜性好和适宜性差区以外的其他地区
适宜性差	<120	<50% / (<10)	>1.5	<8	重要水源地保护区、 地面沉降严重区及其他特殊保护区	任一项指标符合

5.7.4 对于地表水换热方式，浅层地热能适宜性分区主要考虑水温、水质、流量、水位及其动态变化、湖泊和水库的容积、深度、面积及其动态变化，以及流速、河道（海床）特征、航运、堤防管理、水环境生态与保护、邻近建筑规划，地表水目前的用途和水源保护要求等因素。

5.8 区域浅层地热能评价

5.8.1 区域浅层地热能评价的内容包括计算换热功率、浅层地热能热容量，采暖期取热量和制冷期排热量及其保证程度评价。

5.8.2 计算面积应结合当地的国土空间规划确定，并扣除不宜建设浅层地热能热泵系统的面积。

5.8.3 应在适宜性分区的基础上用体积法计算浅层地热能热容量，计算深度可根据当地浅层地热能利用深度确定，宜为评价区域浅层地热能可利用的最大深度。在计算浅层地热能热容量的基础上，可根据当地可利用温差，计算可利用的储藏热量。计算参数可参见附录 B。

5.8.4 应在适宜性分区的基础上计算浅层地热能换热功率，计算方法参见附录 A。

5.8.5 计算地埋管换热适宜区和较适宜区的换热功率时，在有地源热泵工程的地区可采取实际工程的平均换热功率，在没有地源热泵工程的地区可采用现场热响应试验取得的单孔换热功率，并确定可开发利用浅层地热能的面积，计算区域换热功率。

5.8.6 计算地下水换热适宜区和较适宜区的换热功率，在有地源热泵工程的地区，可采用实际工程的换热功率；在没有地源热泵工程的地区，可采用抽水 and 回灌试验取得的水量和合理井距，确定满足技术、经济和环境约束的区域地下水循环利用量，计算区域换热功率。

5.8.7 计算地表水的换热功率，宜用水量折算法计算区域换热功率。河流的水循环利用量应根据长系列监测数据确定，应小于枯水年枯水季最小流量。湖泊、水库等地表水体水循环利用量应根据其深度、面积确定。

5.8.8 当具有可靠的浅层地热能评价成果的条件下，在浅层地热地质条件类似地区可采用比拟法估算换热功率和浅层地热能热容量。

5.8.9 根据区域浅层地热能换热功率、采暖期和制冷期，确定采暖期取热量和制冷排热量，并可根据当地单位面积平均热负荷，估算供暖和制冷面积。

5.8.10 应进行区域浅层地热能均衡评价，论证取热量和排热量的保证程度。可分别计算大地热流、太阳能、周边热交换等热补给和热排泄量，并与采暖期取热量、制冷期排热量以及区域储藏热量的变化量进行一年或多年期动态平衡论证。

6 场地浅层地热能勘查

6.1 一般要求

- 6.1.1 勘查前应收集建设场地及其周边一定范围内的地质、水文地质、环境地质、地下空间设施分布、已建地源热泵工程勘查运行情况等资料，选择适宜的浅层地热能换热方式，确定相应的勘查方法。
- 6.1.2 勘查范围为地源热泵工程换热系统工程建设场地。勘查手段包括调查、钻探、物探、现场试验、动态监测、室内岩土水分析、模拟、综合研究等。勘查方法的选取应符合勘查目的和岩土的特性。
- 6.1.3 场地浅层地热能勘查根据地质环境条件复杂程度与建设项目大小，分为三级，见表 4。其中地源热泵空调系统建设项目的大小根据供暖制冷面积确定，供暖制冷面积在同一项目包含不同工程类型子项时，以其中大小分级最高的来确定；地质环境复杂程度分级可参照 4.4 表 1。

表 4 场地浅层地热能勘查分级表

地源热泵空调系统建设项目规模	地质环境条件复杂程度	分级
大型建设项目 (供暖制冷面积≥5 万 m ²)	复杂	一级
	中等	二级
	简单	三级
中型建设项目 (供暖制冷面积在 1~5 万 m ²)	复杂	二级
	中等	
	简单	三级
小型建设项目 (供暖制冷面积≤1 万 m ²)	复杂	三级
	中等	
	简单	

6.2 地埋管换热方式浅层地热能勘查

6.2.1 勘查内容

- a) 查明岩土层岩性结构、地下水位、地温场分布特征；
- b) 通过勘查孔取样、测试分析获得勘查场地岩土体的天然含水率、孔隙度、颗粒结构、密度、导热系数、比热容等；
- c) 勘查孔应进行现场热响应试验，取得换热孔的有效传热系数、岩土体平均导热系数、地层初始温度等参数；
- d) 进行地埋管换热系统场地浅层地热能评价和开发利用评价。

6.2.2 勘查要求

- a) 场地勘查孔工作量的布置，参见表 5 确定。对于规划阶段的场地勘查可酌情减少工作量；

表 5 地埋管换热方式勘查孔工作量

勘查分级	一级	二级	三级
勘查孔（个）	≥ 3	≥ 2	≥ 1
注：跨越多个水文地质单元时，宜每个单元均进行布置。			

- b) 采用水平地埋管换热器时，用槽探、坑探或钎探进行。探槽内埋管形式应根据设计确定，探槽的深度一般超过埋管深度 1m，数量 2 个~4 个；
- c) 勘查深度应结合建筑需要、地层条件以及场地条件等确定，应比设计最深的热交换器至少深 5m。孔径宜为 130mm~150mm，孔内埋管可采用单 U、双 U 方式，并填筑密实；
- d) 场地地形地貌复杂，岩土种类较多，不均匀，性质变化较大时，应增加取样数量或现场测试工作量；
- e) 勘查孔施工、取样及测试应符合 5.3 要求；
- f) 现场热响应试验应符合 5.4.2 要求。

6.3 地下水换热方式浅层地热能勘查

6.3.1 勘查内容

- a) 查明工程场地范围内地层岩性结构、含水层类型及埋藏条件、地下水位等；
- b) 勘查孔应进行抽水 and 回灌试验。通过抽水试验获得单井出水量、影响半径及相应的降深，水温，通过回灌试验获得单井回灌量及相应的水位上升值；
- c) 在勘查孔取样分析地下水水质，进行地球物理测井；
- d) 根据技术、经济和地质环境保护的要求确定合理的地下水循环利用量和地下水抽、灌井距；
- e) 进行地下水换热系统场地浅层地热能评价和开发利用评价。

6.3.2 勘查要求

- a) 当工程场地及其附近已有较详细的水文地质勘查资料时，可根据实际情况适当减少勘查工作量；
- b) 场地勘查工作量的布置，按表 6 确定。规划阶段的场地勘查可酌情减少工作量；

表 6 地下水换热方式浅层地热能勘查孔工作量

勘查分级	一级	二级	三级
勘查孔（个）	≥ 3	≥ 2	≥ 1
注：跨越多个水文地质单元时，宜每个单元均进行布置。			

- c) 勘查孔的深度，应根据含水层或含水构造带埋藏条件确定。一般宜小于 200m，当有多个含水层组且无水质分析资料时，应进行分层勘查，取得各层水化学资料，并判断是否存在地下水污染的情况；
- d) 勘查孔施工应符合 GB50027 要求；
- e) 抽水试验应符合 GB50027 要求；
- f) 回灌试验应符合 5.5.4 要求。

6.4 地表水换热方式浅层地热能勘查

6.4.1 勘查内容

- a) 查明地表水水源性质、利用现状、深度、面积及其分布；
- b) 查明地表水水温、流量及动态变化；
- c) 查明地表水悬浮物、无机物、有机物、微生物及衍生物的含量；
- d) 开式系统利用方式需进行过滤系统、换热系统、自清洗系统试验，闭式系统利用方式需进行水下换热器的热响应试验。相似水源条件工程可采用类比法；
- e) 确定地表水取水和回水适宜地点及路线；确定地表水循环利用量；
- f) 进行地表水换热系统场地浅层地热能评价和开发利用评价；
- g) 查明水体下（如河床）开发利用影响深度内的地层岩性结构。

6.4.2 勘察要求

- a) 应进行水量、水位、水温和水质动态监测工作，观测资料时间应不少于一个水文年；
- b) 试验测试工作应在采暖期或制冷期的最不利的水源条件下进行；
- c) 河流的水循环利用量应根据长系列监测数据所做的水文分析成果确定；
- d) 湖泊、水库等地表水体水循环利用量应根据其深度、面积确定，应不影响生态环境；
- e) 确定水源保证措施。

6.5 场地浅层地热能评价

6.5.1 场地浅层地热能评价的内容包括计算换热功率、浅层地热能热容量、采暖期取热量和制冷期排热量及其保证程度评价。

6.5.2 可采用体积法计算浅层地热能热容量，计算深度根据场地实际地热能利用深度确定。在计算热容量的基础上，可根据当地可利用温差，计算可利用的储藏热量。计算参数可参加附录 B，具体计算方法详见附录 A。

6.5.3 应计算场地浅层地热能换热功率，计算方法见附录 A。

6.5.4 根据场地浅层地热能换热功率、采暖期和制冷期，确定采暖期取热量和制冷排热量，并应根据当地单位面积平均热负荷，估算供暖和制冷面积。

6.5.5 应进行场地浅层地热能均衡评价，论证采暖期取热量和制冷期排热量的保证程度，宜建立数值模型对开采利用情况下地下温度场的变化和储藏热量的变化量进行预测评价。计算评价方法参见附录 A，数值模型方法可参考附录 G。

6.5.6 场地浅层地热能开发利用评价包括环境影响预测和经济成本评估。

7 浅层地热能开发利用评价

7.1 一般要求

7.1.1 浅层地热能开发利用评价内容包括：环境影响预测和经济成本评估。

7.1.2 环境影响预测的任务是评价和预测浅层地热能开发可能带来的生态环境效应和环境地质问题。

7.1.3 经济成本评估的任务是论证浅层地热能不同开发方式的建设和运行成本及经济性。

7.2 环境影响预测

7.2.1 主要内容：计算替代常规能源量和节能减排量，评价浅层地热能利用所产生的大气环境效应；评价浅层地热能开发对地下温度场的影响；根据地源热泵工程的换热方式评价相应的生态环境影响；提出防治浅层地热能利用产生不利环境影响的措施。

7.2.2 大气环境效应评价，可定量评价开发浅层地热能对减少大气污染、清洁环境的效应，估算减少排放的燃烧产物，包括：二氧化硫的排放量、氮氧化物排放量、二氧化碳排放量、煤尘排放量等，估算方法参考 GB 11615。

7.2.3 应评价换热系统对地下空间利用的影响，并对能否产生地面沉降、塌陷和地裂缝等地质环境问题进行评价。

7.2.4 对地下水换热系统，应评价回灌水对地下水环境的影响；对地埋管换热系统，应评价循环介质泄漏对地下水及岩土层的影响。

7.2.5 对地表水换热系统，应评价浅层地热能的开发利用对河流、湖泊、水库、海洋等地表水体的影响，评价回水对水环境的影响，评价对水生生物等生态环境的影响。

7.2.6 应对浅层地热能开发过程中地下水和土壤中的热平衡进行评价。分析地下温度场变化趋势及对生态环境可能造成的影响。

7.2.7 应依据地源热泵工程有关水质指标(按照附录 H 要求)，对进入水源热泵机组的水质做出评价，包括腐蚀评价和结垢评价，具体要求可参照 GB/T11615 地热资源地质勘查规范。对抽水和回灌到原含水层中的水质可参照 GB/T 14848 地下水质量标准进行分析、评价。对引水和排放到地表水体中的水质可参照 GB3838 地表水环境质量标准进行分析、评价。

7.3 经济成本评估

7.3.1 应分别估算地下换热系统不同开采方案的初投资。

7.3.2 地埋管换热系统的初投资估算宜包括埋管深度、管材、孔径和孔内结构、回填材料、地层岩性及钻孔成本等因素。

7.3.3 地下水换热系统的初投资估算宜包括抽灌井的数量、深度及钻探试验成本。

7.3.4 地表水换热系统的初投资估算宜包括取水口的远近、水质对换热管材、换热器的影响、取热方式等因素。

附录 A

(资料性)

浅层地热能评价相关计算方法

A.1 现场热响应试验参数求取

根据线热源理论, 流入与流出地埋管的水温平均值的计算式为:

$$T_f = \frac{Q_{heat}}{4\pi\lambda H} \left(\ln \frac{4at}{r^2} - \gamma \right) + \frac{Q_{heat}}{H} R_b + T_0 \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

T_f ——埋管内流体平均温度(取入口与出口的平均值), $^{\circ}\text{C}$;

Q_{heat} ——加热功率, W ;

λ ——土壤的平均热导率, $\text{W} / (\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C})$;

a ——热扩散率, m^2 / s ;

t ——测试时间, s ;

r ——钻孔半径, m ;

γ ——欧拉常数, 取 0.5772;

R_b ——钻孔热阻, $\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C} / \text{W}$;

T_0 ——岩土远处未受扰动的温度, 即初始温度, $^{\circ}\text{C}$;

H ——钻孔深度, m 。

上式可写为线性形式, 即:

$$T_f = k \ln t + m \dots\dots\dots (A.2)$$

$$k = \frac{Q_{heat}}{4\pi\lambda H} \dots\dots\dots (A.3)$$

$$m = \frac{Q_{heat}}{H} \left[\frac{1}{4\pi\lambda} \left(\ln \frac{4a}{r^2} - \gamma \right) + R_b \right] + T_0 \dots\dots\dots (A.4)$$

$$c = \lambda / a \dots\dots\dots (A.5)$$

绘制 T_f 随 $\ln t$ 的变化曲线, 求取其斜率, 可以计算得到土壤的平均热导率。再根据土壤的体积比热容 c , 计算得到热扩散率 a 。再根据 T_f 随 $\ln t$ 的变化曲线的截距, 可计算出单位深度钻孔总热阻 R_b 。

A.2 浅层地热能热容量计算

采用体积法计算浅层地热容量,应分别计算包气带和饱水带中的单位温差储藏的热量,然后合并计算评价范围内地质体的储热性能。

A. 2. 1 在包气带中, 浅层热容量按下式计算:

$$Q_R = Q_S + Q_W + Q_A \dots\dots\dots (A. 6)$$

$$Q_S = \rho_S C_S (1 - \varphi) M d_1 \dots\dots\dots (A. 7)$$

$$Q_W = \rho_W C_W \omega M d_1 \dots\dots\dots (A. 8)$$

$$Q_A = \rho_A C_A (\varphi - \omega) M d_1 \dots\dots\dots (A. 9)$$

式中:

Q_R ——浅层地热容量,单位为千焦每摄氏度(kJ/℃);

Q_S ——岩土体中的热容量,单位为千焦每摄氏度(kJ/℃);

Q_W ——岩土体所含水中的热容量,单位为千焦每摄氏度(kJ/℃);

Q_A ——岩土体中所含空气中的热容量,单位为千焦每摄氏度(kJ/℃);

ρ_S ——岩土体密度,单位为千克每立方米(kg/m³);

C_S ——岩土体骨架的比热容,单位为千焦每千克摄氏度[kJ/(kg·℃)];

φ ——岩土体的孔隙率(或裂隙率);

M ——计算面积,单位为平方米(m²);

d_1 ——包气带厚度,单位为米(m);

ρ_W ——水密度,单位为千克每立方米(kg/m³);

C_W ——水比热容,单位为千焦每千克摄氏度[kJ/(kg·℃)];

ω ——岩土体的含水量;

ρ_A ——空气密度,单位为千克每立方米(kg/m³);

C_A ——空气比热容,单位为千焦每千克摄氏度[kJ/(kg·℃)]。

A. 2. 2 在饱水带中, 浅层地热容量按下式计算:

$$Q_R = Q_S + Q_W \dots\dots\dots (A. 10)$$

式中:

Q_R ——浅层地热容量,单位为千焦每摄氏度(kJ / ℃);

Q_S ——岩土体骨架的热容量,单位为千焦每摄氏度(kJ / ℃);

Q_W ——岩土体中所含水的热容量,单位为千焦每摄氏度(kJ / ℃)。

其中,

$$Q_W = \rho_W C_W \varphi M d_2 \dots\dots\dots (A. 11)$$

式中:

d_2 ——潜水面至计算下限的岩土体厚度,单位为米(m)。

A. 3 地埋管换热系统换热功率计算

根据现场热响应试验取得的热导率或地埋管换热器传热系数等基础数据,计算单孔换热功率,在浅层地热能条件相间或相近区域,根据单孔换热功率和浅层地热能计算面积,计算地埋管换热功率。

A. 3.1 在层状均匀的岩土体或岩石中,稳定传热条件下U形地埋管的单孔换热功率按下式计算:

$$D = \frac{2\pi L |t_1 - t_4|}{\frac{1}{\lambda_1} \ln \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{\lambda_2} \ln \frac{r_3}{r_2} + \frac{1}{\lambda_3} \ln \frac{r_4}{r_3}} \dots\dots\dots (A. 12)$$

式中:

D ——单孔换热功率,单位为瓦(w);

λ_1 ——地埋管材料的热导率[W/(m·℃)], PE 管为 0.42 W/(m·℃);

λ_2 ——换热孔中回填料的热导率[W/(m·℃)];

λ_3 ——换热孔周围岩土体的平均热导率[W/(m·℃)];

L ——地埋管换热器长度,单位是米(m);

r_1 ——地埋管束的等效半径,单位是米(m),单 U 为管内径的 $\sqrt{2}$ 倍,双 U 为管内径 $\sqrt{4}$ 倍;

r_2 ——地埋管束的等效外径,单位是米(m),等效半径 r_1 加管材壁厚;

r_3 ——换热孔平均半径,单位是米(m);

r_4 ——换热温度影响半径,单位是米(m),可通过现场热响应试验时设观测孔求取或根据数值模拟软件计算求得;

t_1 ——地埋管内流体的平均温度,单位是摄氏度 (℃);

t_4 ——温度影响半径之外岩土体的温度,单位是摄氏度 (℃)。

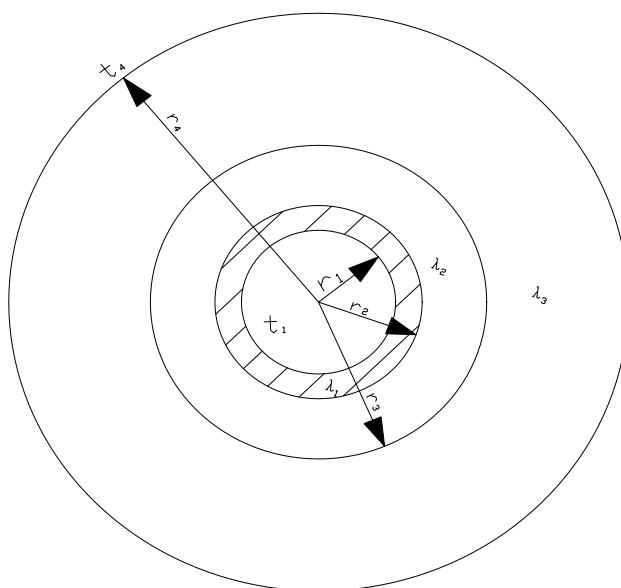


图 A.1 地埋管热功率计算示意图

A. 3.2 在层状均匀的岩土体或岩石中,当 $at/r_b^2 \geq 5$ 且为排热时,非稳定传热条件下U形地埋管的单孔换热功率可按式计算:

$$D = \frac{T_f - T_g}{R} \quad R = \frac{\ln(\frac{4at}{r_b^2}) - 0.5772}{4\pi\lambda_s L_1} + \frac{R_0}{L_1} \dots\dots\dots (A. 13)$$

式中:

T_f ——地埋管进、出口温度平均值, °C;

T_g ——岩土体远边界温度, °C;

r_b ——钻孔半径, m;

λ_s ——周围岩土体的导热系数, W/m · °C;

L_1 ——钻孔深度, m;

t ——时间, h;

a ——土壤的热扩散率, m²/h;

R_0 ——为单位深度钻孔总热阻, (m · °C)/W。

A. 3. 3 根据地埋管换热器传热系数 k_s , 计算单孔换热功率。

$$D = k_s \times L \times |t_1 - t_4| \dots\dots\dots (A. 14)$$

式中:

k_s ——地埋管换热器传热系数, 单位为瓦每米摄氏度 W / (m · °C), 即单位长度换热器、单位温差换热功率。

A. 3. 4 根据地埋管单孔换热功率, 计算评价区换热功率。

$$Q_h = D \times n \times 10^{-3} \dots\dots\dots (A. 15)$$

式中:

Q_h —— 换热功率, 单位为千瓦 (kW);

D —— 单孔换热功率, 单位为瓦 (W);

n —— 计算面积内换热孔数。

$$n = \frac{M}{M'} \times \tau_1 \dots\dots\dots (A. 16)$$

式中:

n —— 计算面积内换热孔数;

M —— 计算面积, m²;

M' —— 单个换热孔所占面积, m²;

τ_1 —— 地埋管的土地利用率。

A. 3. 5 地层的平均导热系数和地埋管换热器传热系数的应用:

- a) 通过现场热响应试验装置, 连续以固定功率向测试孔加热(或吸热), 得到一条完整的地埋管进出口温度时延曲线, 用这条曲线可以求取地层的平均导热系数 λ 。也可以求取地埋管换热器传热系数 k_s 。

- b) 地层的平均导热系数 λ 可以用来进行设计工况下的动态耦合计算,得出地埋管的进出水温度和换热器的计算参数,并可以带入式(A.12)求得D。
- c) 地埋管换热器传热系数 k_s 可依据式(A.15)计算特定换热温差下单孔的最大换热功率D,为计算换热器总长度提供依据(静态)。

A.4 地下水和地表水换热系统换热功率计算

适用于取得地下水或地表水循环利用量后,计算换热功率,公式如下:

$$Q_h = q_w \Delta T \rho_w C_w \times 1.16 \times 10^{-5} \dots\dots\dots (A.17)$$

式中:

- Q_h —— 单井换热功率(kw),单位为千瓦(kw);
- q_w —— 地下水或地表水循环利用量,单位为立方米每天(m^3/d);
- ΔT —— 地下水或地表水利用温差,单位为摄氏度($^{\circ}C$)。

A.5 热均衡分析

可采用以下两种方法,对浅层地热能的热均衡进行分析评价。方法a)分析了热泵的取热量和排热量;方法b)考虑了所有的热补给量和热排泄量。

- a) 按照热泵效率和运行情况,进行采暖期总能耗分析,计算换热系统在一个采暖期的总取热量;进行制冷期总能耗分析,计算换热系统在一个制冷期的总排热量;进行全年动态分析,分析热恢复状况,进行系统的热恢复预测。
- b) 在地质、水文地质和浅层地热能勘查资料具备的区域,可以进行浅层地热能的热均衡评价,确定浅层岩土体、地下水和地表水中热的补、排状况和储存热量的变化。可以采用数值模型进行热均衡评价。

在一个时段中的热均衡可以用下式表示:

$$Q_{in} - Q_{out} = \Delta Q \dots\dots\dots (A.18)$$

式中:

- Q_{in} —— 热补给量,单位为千焦(kJ);
- Q_{out} —— 热排泄量,单位为千焦(kJ);
- ΔQ —— 热储存量的变化量,单位为千焦(kJ)。

在岩土体中,热量补给项有:热泵工程排热量、太阳照射热量、大地热流量、地表水和地下水向土壤散发热量、侧向传流入热量等;热量排泄项有:热泵工程取热量、向大气散发热量、向地表水和地下水散发热量、侧向传流出热量等。

在地下水和地表水中,热量补给项有:热泵工程排热量、太阳照射热量、大地热流量、水补给带来的热量、侧向传流入的热量等;热量排泄项有:热泵工程取热量、向大气散发的热量、水排泄带走热量、侧向传流出的热量等。

可以按采暖期、制冷期和恢复期等不同时段进行热均衡计算。可以进行一个典型年或多年均衡计算。均衡计算需要有长期动态监测数据的支撑,适用于评价浅层地热能取热量的保证程度。在调查中,须定量查明在天然状态和开发状况下浅层地热能各均衡项情况。

附录 B

(资料性)

岩土物性参数

表 B.1 为空气、水和几种常见岩土的比热容、密度、热导率和热扩散率。

表 B.1 岩土热物性参数表

岩石名称	比热 [kJ/(kg·℃)]	密度 (kg/m ³)	热导率 [W/(m·℃)]	热扩散率 (m ² /d)
花岗岩	0.794	2700	2.721	0.110
石灰岩	0.920	2700	2.010	0.070
砂岩	0.878	2600	2.596	0.098
湿页岩 ^b			1.4~2.4	0.065~0.084
干页岩 ^b			0.64~0.86	0.055~0.074
钙质砂(含水率 43%)	2.215	1670	0.712	0.017
干石英砂(中-细粒)	0.794	1650	0.264	0.017
石英砂(含水率 8.3%)	1.003	1750	0.586	0.029
砂质粘土(含水率 15%)	1.379	1780	0.921	0.032
砂(砂砾石) ^a			0.77	0.039
粉砂 ^a			1.67	0.050
亚粘土 ^a			0.91	0.042
粘土 ^a			1.11	0.046
砂(饱水) ^a			2.50	0.079
空气(常压)	1.003	1.29	0.023	1.536
冰	2.048	920	2.219	0.102
水(平均)	4.180	1000	0.599	0.012
回填膨润土(含有 20%~30%的固体) ^b			0.73~0.75	
回填混合物(含有 20%膨润土、80%石英砂) ^b			1.47~1.64	
回填混合物(含有 15%膨润土、85%石英砂) ^b			1.00~1.10	
回填混合物(含有 10%膨润土、90%石英砂) ^b			2.08~2.42	
回填混合物(含有 30%膨润土、70%石英砂) ^b			2.08~2.42	
^a 引自 Ian Gale 2004 年编著的《地源热泵：潜在地点地质报告发展的描述》英国地质调查局出版，1.2 期，CR/05/21/217N，24 页。				
^b 引自《地源热泵系统工程技术规范》(GB 50366-2005)，其它数据引自《地热资源地质勘查规范》(GB11615-2010)。				

附 录 C

(资料性)

区域浅层地热能勘查评价设计编写要求

C.1 设计提纲

- 第一章 前言
- 第二章 以往工作程度
- 第三章 地热地质概况
- 第四章 工作方法和技术要求
- 第五章 工作部署
- 第六章 实物工作量
- 第七章 预期成果
- 第八章 组织机构与人员安排
- 第九章 设备使用与购置计划
- 第十章 经费预算
- 第十一章 质量保障与安全措施

C.2 设计编写要求

第一章，简述工程概况、项目来源、任务、工作起止时间及有关要求；调查区地理位置、行政区划、自然地理、气候、交通以及社会经济发展等（附调查区交通位置图）。

第二章，简述以往区域基础地质工作情况，包括各种比例尺区域地质调查、区域化探、遥感地质等；总结以往的水工环地质调查成果，分析测区内存在的问题，编制区域水文地质工作程度图；并对矿产勘查、土壤调查及与浅层地热能开发利用调查等其它调查工作中存在的问题进行阐述。

第三章，简述调查区地质、水文地质、地热地质、环境地质及城市地下空间设施分布概况，包括地貌、地层、构造、含水层和隔水层类型、分布、控水构造、地下水的补、径、排条件、地面沉降、塌陷及地裂缝、城市规划及地下空间设施分布情况等，并说明调查区地热勘查程度以及开发利用中存在的主要问题。

第四章 工作方法和技术要求，简述本项勘查设计采用的调查方法、精度要求以及侧重解决的地质问题。对水文地质测绘、遥感解译、水文地质钻探、物探、野外试验、室内试验、资源计算等各项工作提出具体的技术要求。

第五章 工作部署，简述部署原则、工作重点、工作计划、时间安排。

第六章 实物工作量，为完成目标任务设计实物工作量。

第七章 预期成果。

第八章 组织机构与人员安排。

第九章 设备使用与购置计划。

第十章 经费预算。

第十一章 质量保障与安全措施。

附 录 D

(资料性)

区域浅层地热能勘查评价报告编写要求

D.1 报告提纲

- 第一章 前言
- 第二章 自然地理概况与区域地质背景
- 第三章 浅层地热能赋存条件
- 第四章 浅层地热能开发利用适宜性分区
- 第五章 浅层地热能资源评价
- 第六章 浅层地热能开发利用评价
- 第七章 地质环境影响监测
- 第八章 结论与建议

主要附件：

- (1) 勘探孔综合资料；
- (2) 分析成果表；
- (3) 动态监测图表；
- (4) 现场测试和室内测试成果图表；
- (5) 实际材料图；
- (6) 地质图及其剖面图；
- (7) 浅层地热能勘查开发利用条件图；
- (8) 主要开采层地下水源热泵适宜性分区图；
- (9) 地埋管地源热泵适宜性分区图；
- (10) 地下水地源热泵潜力评价图；
- (11) 地埋管地源热泵潜力评价图；
- (12) 浅层地热能勘查开发利用区划图。

D.2 报告编写要求

第一章 简要介绍项目的目标和任务；对取得的主要成果进行归纳总结和阐述。

第二章 对调查区所处的地理位置、地形地貌、气候条件、河流水系、构造特征、地层、环境地质及城市地下空间设施分布等进行阐述。

第三章 简要阐述与浅层地热能利用有关的地层结构、岩相变化、空间展布、岩性、厚度、时代等内容；简要阐述与浅层地热能利用有关的含水层特征。简要阐述垂向上和不同平面上的地温分布规律，确定恒温带及温度，阐述盖层地温梯度的分布规律；说明岩土体热物性特征：包括导热系数、比热容、热扩散系数、密度、干密度、含水率、孔隙率（裂隙率）等参数，以及热物性参数在空间的展布特征。

第四章 主要阐述地下水地源热泵适宜性分区和地埋管地源热泵适宜性分区的目的、原则、依据、类型、评价方法等。如采用层次分析法进行适宜性分区，则主要阐述分区原则、评价指标选取、评价体系的建立、因子权重的确定和综合评价等内容。如采用指标法进行适宜性分区，则主要阐述分区原则、指标条件对比、分区结果分析等内容。

第五章 进行浅层地热能容量和浅层地热能换热功率计算,要求对地下水地源热泵和地埋管地源热泵在适宜性分区的基础上分别进行计算。并根据计算的浅层地热能换热功率,结合当地的土地利用规划以及供暖、制冷削峰负荷, , 计算当地的可供暖和制冷面积, 进行浅层地热能潜力评价。

第六章 分析浅层地热能开发利用的特点,统计浅层地热能开发利用现状,分析浅层地热能开发利用存在问题。并从经济和社会效益两个方面分析浅层地热能开发利用的效益。

第七章 从地下水源热泵和地埋管热泵开发利用对地质环境两个方面阐述浅层地热能开发利用对地质环境的影响。地下水源热泵开发利用对地质环境的影响又从对地下水水位的影响,含水层岩性、水位、水温、水质和回灌方式等对回灌能力的影响,对水质的影响,对温度场的影响等方面进行阐述。地埋管热泵开发利用对地质环境的影响又从对土壤温度的影响、对地下空间利用的影响、防冻液对环境的影响等方面进行论述。

第八章 结论和建议。

附 录 E

(资料性)

场地浅层地热能勘查评价设计编写要求

E.1 设计提纲

- 第一章 前言
- 第二章 工程场地浅层地热能概况
- 第三章 浅层地热能勘查及技术要求
- 第四章 实物工作量
- 第五章 预期成果
- 第六章 人员编制和管理
- 第七章 经费预算

E.2 设计编写要求

第一章，简述工程概况、项目来源、任务、工作起止时间及有关要求；调查区地理位置、行政区划、自然地理、气候、交通、地下空间设施分布等（附调查区交通位置图）。

第二章，简述场地以往区域地质、水文地质、地热地质及环境地质等工作程度，并对其主要成果和存在问题予以评述，简述场地及其周边浅层地热能利用现状，并根据地质条件和利用情况决定勘查工作方向。

第三章，根据项目规模和勘查工作方向确定、部署勘查工作；选用的勘查技术方法及质量要求现场测试及试样的采取、送样要求。

第四章 实物工作量，应附勘查孔布置图及进度安排。

第五章 预期成果。

第六章 人员编制和管理。

第七章 经费预算，按照有关要求编制。

附录 F

(资料性)

场地浅层地热能勘查评价报告编写要求

F.1 报告提纲

第一章 序言

第二章 自然地理及地质概况

第三章 勘查工作

第四章 浅层地热能评价

第五章 结论和建议

主要附件：

- (1) 勘查工作平面布置图；
- (2) 地质图及其剖面图；
- (3) 孔柱状图、测井图、抽水试验综合图；
- (4) 分析成果表；
- (5) 水动态观测图表；
- (6) 换热试验成果图。

F.2 报告编写要求

第一章 说明任务的来源及要求，建设项目的规模、功能及冷热需求；简要评述勘查区以往地质工作的程度及浅层地热能开发利用的现状；简述勘查工作的进程以及完成的工作量。

第二章 概述勘查区的自然地理条件；简述气象和水文特征，区域地质条件，环境地质条件，地层分布特征，地下空间设施分布情况；叙述含水层的空间分布，地下水的水质、水位动态特征及补给、径流、排泄条件。

第三章 论述勘查主要内容及其布置；工作的主要成果。

第四章 现场换热试验结果或地下水源井抽水、回灌试验结果；论述浅层地热能利用量计算的依据，正确计算浅层地热能；根据保护地下水资源、合理开发地热能的原则，提出相应的利用方式，论证其保证程度，并预测其可能的变化趋势。

第五章 评价浅层地热能的资源条件；提出拟建换热系统的方式；建议换热系统的初步方案；指出在施工中和运行后应注意的事项；建议地温场动态观测网点的设置及要求；指出本次工作的不足和存在的问题。

注：编写报告时，应根据工程的不同要求、换热量的大小、场地地质—水文地质条件的复杂程度，对本提纲的内容进行合理的增、删。论述应突出资源评价，言简意赅。文字与图表相互呼应。

附 录 G

(资料性)

数值模型

G.1 传导模型公式

$$\frac{\partial}{\partial x}(K_{xx} \frac{\partial T}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}(K_{yy} \frac{\partial T}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z}(K_{zz} \frac{\partial T}{\partial z}) + Q = \rho_{s+w} C_{s+w} \frac{\partial T}{\partial t} \dots\dots\dots (G.1)$$

式中:

 K_{xx} 、 K_{yy} 、 K_{zz} ——分别为 x 、 y 、 z 方向的热导率; T 、 t ——分别为温度和时间; ρ_{s+w} 、 C_{s+w} ——分别为岩土体与水的联合密度和联合比热; Q ——汇源项。

G.2 对流与传导模型公式

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial x}(D_{xx} \frac{\partial T}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial x}(D_{xy} \frac{\partial T}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial x}(D_{xz} \frac{\partial T}{\partial z}) + \frac{\partial}{\partial y}(D_{yx} \frac{\partial T}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}(D_{yy} \frac{\partial T}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial y}(D_{yz} \frac{\partial T}{\partial z}) \\ & + \frac{\partial}{\partial z}(D_{zx} \frac{\partial T}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial z}(D_{zy} \frac{\partial T}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z}(D_{zz} \frac{\partial T}{\partial z}) - \rho_w C_w \frac{\partial}{\partial x}[(V_x + u_x)T] - \rho_w C_w \frac{\partial}{\partial y}[(V_y + u_y)T] \\ & - \rho_w C_w \frac{\partial}{\partial z}[(V_z + u_z)T] + Q = \rho_{s,w} C_{s,w} \frac{\partial T}{\partial t} \dots\dots\dots (G.2) \end{aligned}$$

式中:

 D_{xx} 、 D_{xy} 、 D_{xz} 、 D_{yx} 、 D_{yy} 、 D_{yz} 、 D_{zx} 、 D_{zy} 、 D_{zz} 为热扩散系数张量[D]的分量,由热导率、热弥散度等换算得到。

G.3 边界条件

$$T(t) \Big|_{x,y,z \in \Gamma_1} = T(x,y,z,t) \dots\dots\dots (G.3)$$

$$K_{xx} \frac{\partial T}{\partial x} \cos(n,x) + K_{yy} \frac{\partial T}{\partial y} \cos(n,y) + K_{zz} \frac{\partial T}{\partial z} \cos(n,z) \Big|_{x,y,z \in \Gamma_2} = Q(x,y,z,t) \dots\dots\dots (G.4)$$

式中:

 $T(x,y,z,t)$ ——第一类边界的温度函数; $Q(x,y,z,t)$ ——第二类边界的热流函数; $\cos(n,x)$ 、 $\cos(n,y)$ 、 $\cos(n,z)$ ——分别为边界外法线 n 方向与 x 、 y 、 z 方向的夹角余弦。

附 录 H

(规范性)

地源热泵水质要求

地源热泵机组循环水水质要求见表 H.1。

表 H.1 地源热泵水质要求

序号	项目名称	允许值	序号	项目名称	允许值
1	含砂量	<1/200 000	9	CaO	<200mg/L
2	浊度	≤20NTU	10	SO ₄ ²⁻	<200mg/L
3	pH 值	6.5~8.5	11	SiO ₂	≤50mg/L
4	硬度	≤200mg/L	12	Cu ²⁺	≤0.2mg/L
5	总碱度	≤500mg/L	13	矿化度	<3g/L
6	Fe ²⁺	<1mg/L	14	油污	<5mg/L
7	Cl ⁻	<100mg/L	15	游离 CO ₂	<10mg/L
8	游离氯	0.5~1.0mg/L	16	H ₂ S	<0.5mg/L

参考文献

- [1] 中国地质科学院水文地质环境地质研究所.全国重点城市浅层地温能调查评价技术要求.2012
 - [2] 武汉地质工程勘察院. 武汉市场地浅层地温能勘查指南. 2013
 - [3] 重庆大学. 地表水源热泵系统技术适宜性研究报告.2011
 - [4] GB 50366-2005 地源热泵系统工程技术规范
 - [5] GB11615-2010 地热资源地质勘查规范
 - [6] DB12/T 469-2012 地源热泵地下水储能系统建设运行技术规范
 - [7] NB/T 10097-2018 地热能术语
 - [8] DZ/T 0331-2020 地热资源评价方法及估算规程
-