

山东省地方标准

DB 37/T 4306—2021

浅层地热能竖直地埋管施工技术规范

Technical specification for vertical buried pipe construction of shallow geothermal
energy

2021 - 02 - 02 发布

2021 - 03 - 02 实施

目 次

前言..... III

引言..... IV

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 总体要求..... 2

5 钻探施工组织设计..... 2

6 钻探..... 3

 6.1 设备的选择与安装..... 3

 6.2 钻进方法及工艺..... 3

 6.3 冲洗介质..... 4

 6.4 地埋管系统的检验..... 4

 6.5 换热器安装..... 5

 6.6 钻孔回填及固井..... 5

7 环保措施..... 5

 7.1 钻前..... 5

 7.2 钻探施工..... 5

 7.3 竣工搬迁..... 6

8 验收..... 6

 8.1 验收标准..... 6

 8.2 验收要求..... 6

附录 A（资料性） 施工组织设计编写提纲..... 7

附录 B（资料性） 工艺流程..... 9

附录 C（资料性） 常用地埋管管材外径及壁厚..... 10

附录 D（资料性） 地埋管回填材料的热物理性质..... 11

参考文献..... 12

前 言

本文件按照GB/T 1.1—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。

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。

本文件由山东省自然资源厅提出并组织实施。

本文件由山东省自然资源标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：山东省地勘局第二水文地质工程地质大队（山东省鲁北地质工程勘察院）、山东省地矿工程集团有限公司、山东省鲁南地质工程勘察院（山东省地质矿产勘查开发局第二地质大队）、山东省地矿工程勘察院（山东省地质矿产勘查开发局八〇一水文地质工程地质大队）、山东省地质环境监测总站。

本文件主要起草人：卢建荣、纪洪磊、张东生、李志恒、秦耀军、刘刚、刘欢、李东亮、赵长亮、冯守涛、赵季初、万鑫、颜翠翠、沙福建、冯克印、申中华。

本文件为首次发布。

引 言

随着浅层地热能资源开发利用规模的不断增加，应用的范围越来越广，目前对于地埋管孔施工、验收等阶段的质量管控尚无统一的、规范性的技术要求。因此，制定浅层地热能地埋管钻探技术规程，规范施工过程，对于提高成孔质量、提高换热孔换热效率有实际的指导意义。

本文件是参照相关技术规范和有关地埋管地源热泵施工项目技术要求的基础上，结合实际施工经验总结而成。

浅层地热能竖直地埋管施工技术规范

1 范围

本文件规定了地埋管换热孔钻探施工组织设计、钻探及验收等方面的要求。
本文件适用于深度为200 m以浅的新建、改建和扩建的竖直地埋管换热系统换热孔施工。

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 50366—2005 地源热泵系统工程技术规范
DZ/T 0225—2009 浅层地热能勘查评价规范

3 术语和定义

GB 50366—2005、DZ/T 0225—2009界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

浅层地热能 shallow geothermal energy

自然界江、河、湖、海等地表水源、污水(再生水)源及地表以下200米以内、温度低于25摄氏度的岩土体和地下水中的低品位热能，可经热泵系统采集提取后用于建筑供热(冷)，亦称浅层地温能。

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。

注：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。

3.3

勘查孔 exploration boreholes

用于岩土体热物性参数测试的钻孔，也叫测试孔或试验孔。

3.4

换热孔 heat exchange hole

用于下入和安装地埋管换热系统或换热器的钻孔。

3.5

(换热) 监测孔 (heat exchange) monitoring hole
用于监测换热过程中换热孔内地层温度变化的钻孔。

3.6

地埋管换热器 ground heat exchanger

供传热介质和岩土体热交换用的, 由埋于地下的密闭循环管组成的换热器, 又称土壤热交换器, 常采用U型管。

注: 根据管路埋置方式不同分为水平地埋管换热器和竖直地埋管换热器。

3.7

U型管 U pipe

将两根一定长度的PE或PB管平行连接下入钻孔中, 形成U型回路, 用于热交换。

注: 常用有单U型管、双U型管、三U型管和多U型管。

3.8

回填材料 backfill material

地埋管换热器下入地下钻孔后需要回填固定的材料, 一般选择钻孔排出的岩屑、砂粒或水泥砂浆。

4 总体要求

4.1 钻孔施工前应做好施工组织设计。

4.2 开工前应了解埋管场地内已有地下管线分布情况、其他构筑物的功能及其准确位置, 并标注在施工图纸上, 施工时注意避让。

4.3 钻孔定位应由现场技术人员、钻探施工人员共同测放。孔位一经确定, 不得擅自改动, 如需改动应报热泵系统设计人员确认。

4.4 钻探过程中, 始终贯彻“优质、高效、低耗、安全、绿色”和“质量第一”的原则, 推广应用钻探新设备、新方法、新工艺、新材料, 提高经济效益, 符合绿色勘查要求。

5 钻探施工组织设计

5.1 地埋管钻孔设计前应进行现场踏勘, 并收集施工地区以往地质资料。

5.2 根据现场踏勘、基础资料、设计和进度要求, 结合现场钻探施工的社会环境和自然环境, 并考虑施工工期与施工季节, 编写钻探施工组织设计, 提纲见附录 A。

5.3 钻孔孔身结构、换热器选择、回填材料选择等应满足以下要求:

a) 地埋管钻孔的孔身结构设计应满足如下要求:

- 1) 应满足顺利下入地埋管换热器及充分换热的要求;
- 2) 勘查孔取心后, 应扩孔以满足换热器安装及现场试验要求, 监测孔与换热孔宜一径到底;
- 3) 钻孔孔径根据 U 形管尺寸、地层岩性确定, 具体见表 1。

表1 常用钻孔直径推荐表

地层岩性	U型管类型及孔径			
	mm			
	单 U	双 U	三 U	多 U
松散岩类	110	130	150	200
基岩	110	110	130	150

注：U型管常用PE管直径为DE25 mm和DE32 mm。

- b) 换热器应以系统设计为准，并满足以下条件：
 - 1) 换热器材质应稳定性好、耐腐蚀、导热性能好、流动阻力小；
 - 2) 常用地埋管规格见附录 C。
- c) 回填材料应符合设计要求，并满足以下条件：
 - 1) 选择无污染，导热性、耐久性、经济性好，易施工的材料；
 - 2) 回填料的导热系数不应低于钻孔周围岩土体的导热系数，地下水位以下，在考虑热导率的同时，还应考虑材料的透水性；
 - 3) 选用现场泥浆+钻屑混合材料作为回填材料时，尽可能选择均匀的中粗砂（岩屑）和 0.8 %左右的膨润土混合材料，以便达到最佳的换热效果；
 - 4) 第四系钻孔可用中粗砂回填或水泥砂浆回填，完整基岩孔宜采用水泥砂浆回填；
 - 5) 几种经济适用性较好的地埋管回填材料的热物性指标可参见附录 D。

6 钻探

6.1 设备的选择与安装

- 6.1.1 钻探设备应便于迁移、拆装。
- 6.1.2 钻探设备要完成钻孔、成孔、安装和回填等多项工艺过程，要求钻具、钻杆的拧卸和提升机械化、省力、快速。
- 6.1.3 钻具组配要合理，钻具要安装准确、规范、不弯曲、不偏心，连接后其轴线要同心。

6.2 钻进方法及工艺

- 6.2.1 钻进方法应根据地质条件选择：
 - a) 第四系细颗粒地层宜采用回转钻进，钻头采用合金钻头；
 - b) 第四系粗颗粒地层可采用回转钻进或冲击钻进，回转钻进可采用合金钻头或牙轮钻头；
 - c) 基岩地层宜采用潜孔锤钻进；
 - d) 基岩地层上覆第四系地层，钻进第四系地层时应采用跟管钻进，跟管深度不宜大于 40 m。
- 6.2.2 钻进施工中应遵循以下要求：
 - a) 勘查孔：
 - 1) 勘查孔应全孔取心钻进，并根据设计要求采集原状样品。基岩地区取心钻孔直径宜为 75 mm，松散岩层宜为 108 mm。钻进参数参见 DZ/T 0148—2014 中取心钻进相关技术要求；
 - 2) 在岩层中钻进时，回次进尺不得超过岩心管长度，在软质岩层中不得超过 2.0 m；

- 3) 完整岩层岩心采取率不宜小于 80%，破碎岩层的岩心采取率不宜小于 40%；在松散地层中钻进取心时，粘性土采取率不低于 80%，砂性土不小于 40%；
 - 4) 岩心按序存放在岩心箱内，标注出钻进起止深度。岩心缺失需标明，并留照片。箱体侧面标注钻孔编号、岩心箱顺序号及岩心起止深度；
 - 5) 岩、土原状样根据设计及岩（土）体厚度采取，岩（土）层单层厚度大于 1 m 的，每层取代表性原状岩、土样（砂、砾石层除外），取样间距不大于 5 m。样品采集后，立即用样品盒（第四系松散层）或塑料袋（岩样）包装并封蜡，尽快送实验室；
 - 6) 完成取心后，应扩孔以满足换热器安装及现场试验要求，扩孔孔径参见 5.1.3.1。试验结束后可兼做换热孔或监测孔；若不作为换热孔或监测孔，应回填封孔；
 - 7) 钻进过程中，应做好施工记录，转速、钻压根据地质条件和地层进行变化；
 - 8) 钻孔孔壁不稳定时，应设护壁套管或者调整冲洗介质性能指标；
 - 9) 钻孔每深 100 m 允许偏差为 $\pm 2^\circ$ ，施工中每 50 m 测斜一次；
 - 10) 钻进深度宜大于设计孔深 0.5 m~1.0 m，钻至设计孔深宜进行破壁、换浆，以满足换热器安放要求。
- b) 换热孔：
- 1) 换热孔宜采用全面钻进。根据场地地层条件可采用螺旋钻头、牙轮钻或潜孔锤钻进，一径到底，钻孔直径参见 5.1.3.1，钻头型号及钻进参数参见 DZ/T 0148—2014 相关条文要求；
 - 2) 在松散地层中大面积施工钻孔时，应隔孔跳打施工，避免相互影响；
 - 3) 其它要求参见 6.2.2.1。
- c) 监测孔：
- 1) 监测井孔深、孔径应与换热孔一致；
 - 2) 其它要求参见 6.2.2.2。

6.3 冲洗介质

- 6.3.1 应根据地质条件、钻进方法、设备条件合理选择冲洗介质类型，确定合适的冲洗介质性能。
- 6.3.2 在缺水地区施工时，宜采用节水冲洗介质（空气、泡沫、水雾、泡沫泥浆、雾化泥浆等）。
- 6.3.3 钻进致密、稳定地层，宜选用清水、空气、无固相冲洗液、气-液混合物或泥浆作冲洗介质。

6.4 地埋管系统的检验

6.4.1 换热器外观检验

换热器放入钻孔前应进行外观检查，其外观质量应符合：完整，无变形，无缺陷，合模缝交口应平整，无开裂，接头处密封。

6.4.2 换热器密封性检验

- 6.4.2.1 换热器安装前、安装后及钻孔回填前均应进行密封性检验，确保换热器密封完好、无泄漏现象。
- 6.4.2.2 换热器的密封性采用水压试验压力确定：当工作压力小于等于 1.0 MPa 时，应为工作压力的 1.5 倍，且不应小于 0.6 MPa；当工作压力大于 1.0 MPa 时，应为工作压力加 0.5 MPa。
- 6.4.2.3 水压试验宜采用手动泵缓慢升压，升压过程中应随时观察与检查，不得有渗漏；不得以气压试验代替水压试验。
- 6.4.2.4 水压试验应符合下列规定：

- a) 换热器插入钻孔前, 进行第一次水压试验, 稳压至少 15 min, 压力降不应大于 3%, 且无泄漏现象。将其密封后, 有压状态下插入钻孔;
- b) 回填前进行第二次水压试验, 稳压至少 30 min, 压力降不应大于 3%, 且无泄漏现象;
- c) 回填完成后, 应进行第三次水压试验, 稳压至少 2 h, 压力降不应大于 3%, 且无泄漏现象。

6.5 换热器安装

- 6.5.1 第四系松散层钻孔结束, 安放前应进行孔内换浆, 减小浆体密度和稠度。孔内泥浆稠度降低为 18 s 内, 密度小于 1.15 g/cm³。
- 6.5.2 换热器下放速度要均匀, 如遇到有障碍或不顺畅现象, 应及时查明原因, 待做好处理后才能继续安放。
- 6.5.3 换热器安放时宜带压下放。
- 6.5.4 钻孔深度及孔内地下水(或泥浆)水位较高时, 宜采用人工下管。当下管困难时, 可采用机械下管。
- 6.5.5 监测孔中换热器安装时, 传感器应按监测深度牢固地固定在换热管上, 与换热器同时下入。
- 6.5.6 下管过程中每 2 m~3 m 应安装一个管卡, 防止 U 型管短路。
- 6.5.7 室外温度低于 0℃, 安放地埋管换热器时应采取相应的保护措施。

6.6 钻孔回填及固井

6.6.1 回填材料

- 6.6.1.1 应根据地质特征确定回填料配方。
- 6.6.1.2 回填料的导热系数不应低于钻孔周围岩土体的导热系数。
- 6.6.1.3 第四系松散层及较软岩中宜采用膨润土和细砂(或水泥)的混合浆。
- 6.6.1.4 在密实或坚硬的岩土体中时, 宜采用水泥基料灌浆回填。

6.6.2 回填方法

- 6.6.2.1 换热器安装完毕后, 应立即采用人工回填或机械灌浆封孔。
- 6.6.2.2 人工回填应保持匀速, 确保回填均匀、密实, 必要时采用振捣法或水沉法。
- 6.6.2.3 钻孔回填要密实, 钻孔穿透上下两层含水层时, 应采用不同回填材料分层回填, 防止地下各个含水层之间水的越流引起串层污染。

6.6.3 固井

钻孔回填完成后应采用水泥或水泥砂浆固井, 固井深度自地表以下 3 m~5 m。

7 环保措施

7.1 钻前

- 7.1.1 施工场地确定后, 应对场地周边的自然环境(地形、地貌、地表水、植被、生物、大气、土壤)和人文环境进行调查, 提出环境保护措施。
- 7.1.2 修建通往场地的道路时, 应避免堵塞和填充自然排水通道, 并尽力减小设备搬迁过程对自然环境的影响。
- 7.1.3 场地内应设置废弃钻井液、生活污水处理设施, 污水沟池应进行防漏渗和防垮塌处理。
- 7.1.4 钻井液循环系统应配备铁皮或塑料箱槽, 需要挖掘钻井液池或循环槽时, 底部应做防渗处理。

7.1.5 场地设施建设要整齐清洁，要建设生活垃圾堆放池和简易公共厕所。

7.2 钻探施工

7.2.1 配制钻井液应优先选择无毒或低毒化学处理剂，不得使用污染环境和地下水的化学处理剂，限量使用 CaCl_2 、 NaCl 等可能造成水质与土质破坏的处理剂。应尽可能使用高分子聚合物和含钾类处理剂。

7.2.2 应控制和降低场地环境噪声，必要时安装隔音带和消声装置。在强噪声区域（噪声等效声级超过 70 dBA）工作时，现场人员应佩戴耳塞，并避免长时间连续工作。

7.3 竣工搬迁

7.3.1 钻探竣工后，废弃钻井液、污水、淤泥、岩屑和油料污染的土壤等应进行固化或者无害化处理，处理后运到允许倾倒的地方。

7.3.2 场地内的包装物、塑料、废料以及生活垃圾等，应统一回收利用，无法利用的可焚烧或送至当地垃圾填埋场掩埋。

7.3.3 竣工撤离后，施工场地应恢复原来的自然地貌和景观。

8 验收

8.1 验收标准

8.1.1 钻孔应达到设计孔深，孔径不小于设计孔径，保证换热器顺利放置，孔斜每深 100 m 允许偏差为 $\pm 2^\circ$ 。

8.1.2 换热器管材、管件等材料应符合国家现行标准的规定，现场应提供生产厂家检验报告。U 型管的直径、壁厚及长度均应符合设计要求。

8.1.3 U 型管密封性检查采用水压试验，其压力、压降满足 6.4.2 条要求。

8.1.4 回填料及其配比应符合设计要求，回填过程的检验应与安装埋管换热器同步进行。密实度检验采用振捣法或沉水法，密实度应达到原地层的 90% 左右，保证孔内无空腔，必要时应在 24 h 后进行二次回填。

8.2 验收要求

8.2.1 施工过程应在现场监理人员监督下完成，并由监理人员签字确认。

8.2.2 验收完成后应提交竣工验收报告，报告包括钻孔平面位置图，钻探施工资料、换热器安装情况，钻孔回填情况，密封性检查等。

附 录 A
(资料性)
施工组织设计编写提纲

A.1 总体概述

- A.1.1 工程概况
- A.1.2 编制依据
- A.1.3 质量目标
- A.1.4 工期目标
- A.1.5 文明施工目标
- A.1.6 施工阶段划分

A.2 施工现场平面布置

A.3 施工进度计划及各阶段保障措施

- A.3.1 施工进度计划
- A.3.2 工期保障措施

A.4 各分部分项工程的施工方案和质量保障措施

- A.4.1 分部分项工程施工方法
- A.4.2 分部分项工程质量保障措施

A.5 安全文明施工和环境保护措施

- A.5.1 安全文明施工措施
- A.5.2 环境保护措施

A.6 项目管理人员岗位及分工

- A.6.1 组织管理机构
- A.6.2 主要管理人员及分工

A.7 劳动力、机械设备和材料投入计划

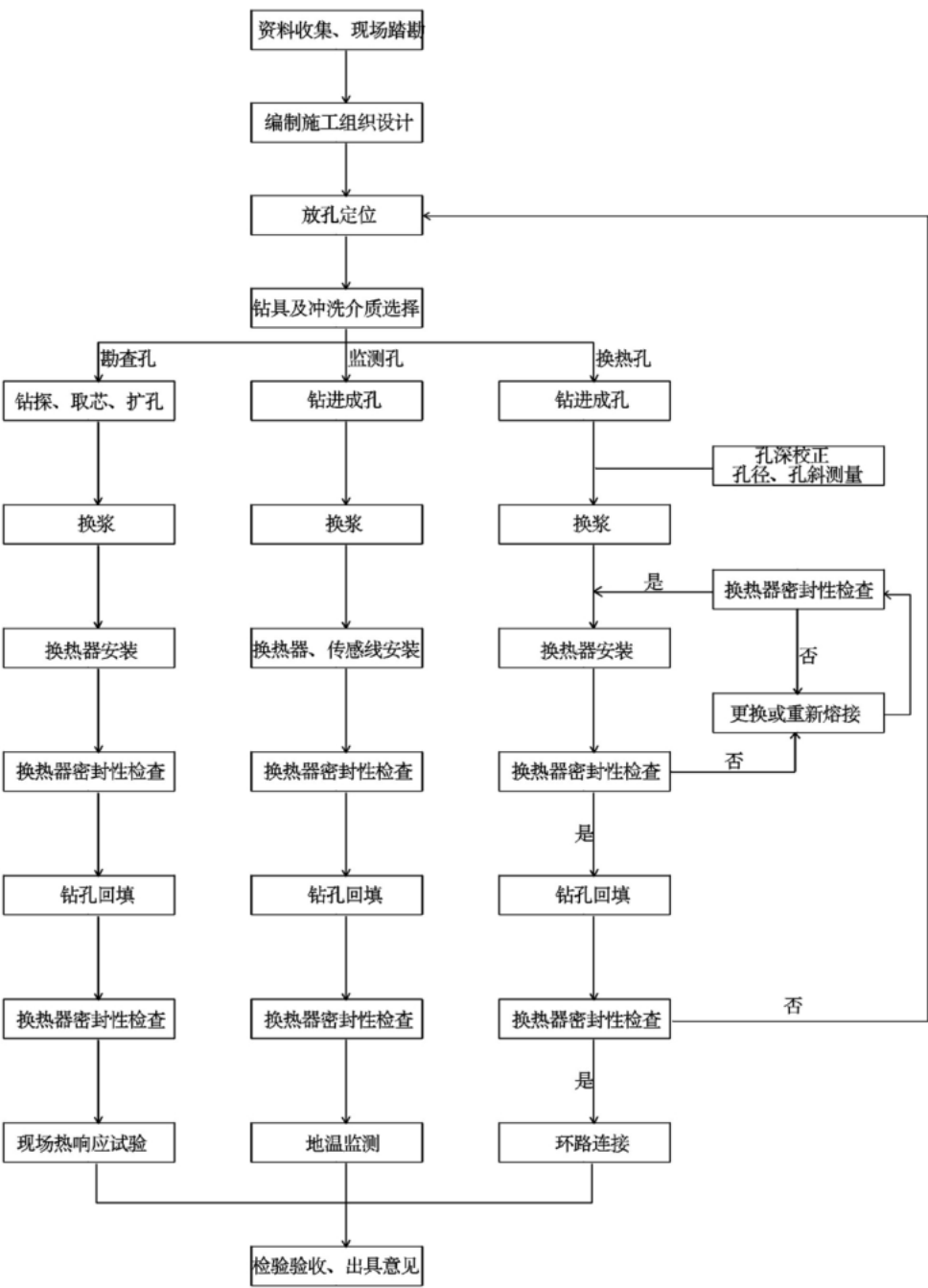
- A.7.1 拟投入工程主要施工设备
- A.7.2 拟投入工程劳动力计划

A.8 关键施工技术、工艺、及工程实施的难点

A.9 合理化建议及针对本项目的优化方案

附 录 B
(资料性)
工艺流程

在资料收集的基础上，按照现场踏勘，场地勘察，施工设计，现场施工的工艺流程进行地埋管钻探施工。具体工艺流程如下：



附 录 C
(资料性)
常用地埋管管材外径及壁厚

常用地埋管管材外径及壁厚见表C. 1、C. 2。

表C. 1 聚乙烯（PE）管外径及公称壁厚

单位为毫米

公 称 外 径 dn/mm	平 均 外 径		公称壁厚/材料等级		
	最 小	最 大	公 称 压 力		
			1. 0 MPa	1. 25 MPa	1. 6 MPa
20	20. 0	20. 3	--	--	--
25	25. 0	25. 3	--	2. 3 ^{+0. 5} /PE80	--
32	32. 0	32. 3	--	3. 0 ^{+0. 5} /PE80	3. 0 ^{+0. 5} /PE100
40	40. 0	40. 4	--	3. 7 ^{+0. 6} /PE80	3. 7 ^{+0. 6} /PE100
50	50. 0	50. 5	--	4. 6 ^{+0. 7} /PE80	4. 6 ^{+0. 7} /PE100

注：本表引自CJ/T 319—2009 地源热泵系统用聚乙烯管材及管件。

表C. 2 聚丁烯（PB）管外径及公称壁厚

单位为毫米

公称外径 dn	平均外径		公称壁厚
	最小	最大	
20	20. 0	20. 3	1. 9±0. 1
25	25. 0	25. 3	2. 3±0. 4
32	32. 0	32. 3	2. 9±0. 4
40	40. 0	40. 4	3. 7±0. 5
50	50. 0	50. 5	4. 6±0. 6

附 录 D
(资料性)
地埋管回填材料的热物理性质

常见地埋管回填材料的热物性指标见表D. 1。

表D. 1 常见地埋管回填材料热物性指标

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	0.691	2660	3.360	0.899
石灰岩	0.605	2550	3.600	1.303
砂岩	0.689	2380	2.517	1.142
千页岩 ^a			0.64~0.86	0.055~0.074
钙质砂(含水率43%) ^a	2.215	1670	0.712	0.017
干石英砂(中-细粒) ^a	0.794	1650	0.264	0.017
石英砂(含水率8.3%) ^a	1.003	1750	0.586	0.029
砂质粘土(含水率15%) ^a	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	1.274	2080	1.555	0.318
粉质粘土	1.224	1990	1.584	0.274
粉土	1.182	1970	1.686	0.306
砂(饱水) ^a			2.50	0.079
闪长岩	0.608	2690	2.483	0.486
变粒岩	0.759	2760	3.054	1.470
安山岩	0.896	2500	1.732	1.272
空气(常压) ^a	1.003	1.29	0.023	1.536
冰 ^a	2.048	920	2.219	0.102
水(平均) ^a	4.180	1000	0.599	0.012
回填膨润土(含有20%~30%的固体) ^a			0.73~0.75	
回填混合物(含有20%膨润土、80%石英砂) ^a			1.47~1.64	
回填混合物(含有15%膨润土、85%石英砂) ^a			1.00~1.10	
回填混合物(含有10%膨润土、90%石英砂) ^a			2.08~2.42	
回填混合物(含有30%膨润土、70%石英砂) ^a			2.08~2.42	
^a 引自DZ/T 0225—2009 浅层地热能勘查评价规范的附录B.1, 其它数据根据山东省浅层地热能调查评价实测数据汇总。				

参 考 文 献

- [1] GB 9151—1988 钻探工程名词术语
 - [2] GB/T 11615—2010 地热资源地质勘查规范
 - [3] GB 50021—2001 岩土工程勘察规范
 - [4] DD 2010—01 地质调查岩心钻探技术规程
 - [5] DZ/T 0017—91 工程地质钻探规程
 - [6] DZ/T 0053—93 液动冲击回转钻探技术规程
 - [7] DZ/T 0148—2014 水文水井地质钻探规程
 - [8] DZ/T 0227—2010 地质岩心钻探规程
 - [9] JGJ/T 87—2012 建筑工程地质勘探与取样技术规程
 - [10] 山东省绿色勘查技术要求（试行）
 - [11] 鄢泰宁, 卢春华等. 节水钻探技术 [M]. 北京: 中国地质大学出版社. 2009. 3.
 - [12] 赵国隆, 刘广志等. 勘探工程技术 [M]. 上海: 上海科学技术出版社. 2003. 12.
 - [13] 顾新鲁, 李清海等. 空气泡沫钻进在干旱地区水井钻探方面的应用[J]. 西部探矿工程, 2005 (8) .
-