

寒区地面沉降分层标组设计技术规范

(征求意见稿)

联系人：胡红岩

联系方式：18646648286

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

目 次

| | |
|----------------------------|-----|
| 前言 | III |
| 1 范围 | 1 |
| 2 规范性引用文件 | 1 |
| 3 术语和定义 | 1 |
| 4 总则 | 3 |
| 4.1 设计原则 | 4 |
| 4.2 工作内容 | 4 |
| 4.3 工作流程 | 4 |
| 4.4 分层标组类型 | 4 |
| 5 选址与布设 | 5 |
| 5.1 选址 | 5 |
| 5.2 布设 | 5 |
| 6 地质勘查孔 | 6 |
| 6.1 一般规定 | 6 |
| 6.2 钻孔设计 | 6 |
| 7 分层标组 | 7 |
| 7.1 基岩标 | 7 |
| 7.2 分层标 | 8 |
| 7.3 地下水位监测孔 | 10 |
| 7.4 孔隙水压力监测孔 | 11 |
| 7.5 地面标 | 12 |
| 8 监测仪器设备 | 13 |
| 8.1 一般规定 | 13 |
| 8.2 静力水准仪 | 13 |
| 8.3 水位计（孔隙水压力计） | 13 |
| 8.4 分层标组监测 | 14 |
| 9 附属设施 | 14 |
| 9.1 一般规定 | 14 |
| 9.2 标（孔）保护装置 | 14 |
| 9.3 场地设计 | 15 |
| 10 成果要求 | 15 |
| 10.1 一般规定 | 15 |
| 10.2 设计书编制 | 16 |
| 10.3 图件编制 | 16 |
| 附录 A（资料性） 基岩标标型结构示意图 | 17 |

| | | |
|------------|---------------------|----|
| 附录 B (资料性) | 扶正器结构示意图 | 18 |
| 附录 C (资料性) | 分层标标型结构示意图 | 19 |
| 附录 D (资料性) | 分层标标底结构示意图 | 20 |
| 附录 E (资料性) | 地下水位监测孔结构示意图 | 21 |
| 附录 F (资料性) | 孔隙水压力监测孔结构示意图 | 22 |
| 附录 G (资料性) | 地面标结构示意图 | 23 |
| 附录 H (资料性) | 静力水准监测系统构成示意图 | 24 |
| 附录 I (资料性) | 设计书编制提纲 | 25 |

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。

本文件由黑龙江省自然资源厅提出并归口。

本文件由黑龙江省自然资源厅负责组织实施。

本文件由黑龙江省自然资源厅负责解释。

本文件起草单位：黑龙江省生态地质调查研究院、黑龙江省地质环境监测总站。

本文件主要起草人：……

寒区地面沉降分层标组设计技术规范

1 范围

本文件规定了地面沉降分层标组设计的总则、选址与布设、地质勘查孔、分层标组、监测仪器设备、附属设施、成果要求等内容。

本文件适用于黑龙江寒区冻融-人类活动复合驱动型地面沉降的分层标组（含地质勘查孔、基岩标、分层标、地下水位监测孔、孔隙水压力监测孔、地面标、附属设施等）设计，也可同类型地区地面沉降分层标组设计提供参考。

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/T 50027-2024 供水水文地质勘察标准
- GB/T 18314-2024 全球导航卫星系统（GNSS）测量规范
- GB/T 50123-2019 土工试验方法标准
- GB 50324-2014 冻土工程地质勘察规范
- GB/T 50266-2013 工程岩体试验方法标准
- GB 50021-2009 岩土工程勘察规范
- GB/T 12897-2006 国家一、二等水准测量规范
- DZ/T 0064-2021 地下水水质检验方法
- DZ/T 0154-2020 地面沉降测量规范
- DZ/T 0276-2015 岩石物理力学性质试验规程
- DZ/T 0283-2015 地面沉降调查与监测规范
- DZ/T 0227-2010 地质岩心钻探规范
- DA/T 41-2008 原始地质资料立卷归档规则
- DZ/T 0130-2006 地质矿产实验室测试质量管理规范
- DZ/T 0181-1997 水文测井工作规范
- DZ/T 0133-1994 地下水动态监测规程
- DZ/T 0148-1994 水文水井钻探规程
- JGJ/T 87-2012 建筑工程地质勘探与取样技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

寒区

气候寒冷、地表岩土体经历季节性或常年冻结融化作用的区域，其核心特征是分布有季节冻土或多年冻土。

3.2

冻土

具有负温或零温度并含有冰的土(岩)。

[来源：GB 50324-2014，定义2.1.1]

3.3

地面沉降

因自然因素和人为活动引发松散地层压缩所导致的地面高程降低的地质现象，包括在其发育过程中伴生的地裂缝现象。

[来源：来源：DZ/T 0283-2015，定义3.1]

3.4

地面沉降监测分层标组

为获取地面沉降监测数据而建设的综合性监测设施，包括基岩标、分层标、地下水位监测孔、孔隙水压力监测孔、地面标及其他配套监测设施。

3.5

地质勘查孔

以了解地质情况（如地层岩性，含水层的数目、厚度、埋深、结构等），提供分层标组设计参数为目的的钻孔。

3.6

基岩标

埋设在坚硬基岩或稳定地层上的地面水准观测标志。

[来源：DZ/T 0283-2015，定义3.2.1]

3.7

分层标

埋设在不同深度可压缩地层分界面位置的地面水准观测标志。

3.8

地面标

监测地面沉降或冻融变形，用于获取其高程变化量的固定测量标志。

3.9

地下水位监测孔

用于监测地下含水层（组）水位动态变化的管井设施。

3.10

孔隙水压力监测孔

用于监测可压缩地层渗流压力的管井设施。

3.11

保护管

隔离周围土层摩阻与水动力、水化学环境及其动态变化，使引测标杆不受干扰的保护装置。

3.12

标杆

从被监测地层引伸至地面的硬连接装置。

3.13

扶正器

用于扶正标孔内柱形连接设施并保证其垂直状态的装置。安设在保护管与标杆间隙内的标杆扶正器，用以扶正标杆，增加其稳定性。安设在保护管与钻孔壁间隙内的保护管扶正器，用以扶正保护管、增加其稳定性。

3.14

标底

与基岩或被监测土层固成一体的底部刚性组合装置，是地层沉降信息向上传递的主要部件。

3.15

测量标志点

与监测设施相连的、符合水准测量规范的地面测量点。基岩标的测量标志点是标组的高程测量的起算点，分层标的测量标志点是监测某一土层沉降量的测点。

3.16

分层标监测

测量各分层标获得不同地层压缩量和回弹量以及不同地层的变形量之和的工作过程。

3.17

孔隙水压力监测

获取压缩地层渗流压力变化及规律的过程。

3.18

地下水位监测

获取地下含水层（组）水位动态变化及规律的过程。

3.19

附属设施

用于保护和宣传地面沉降监测标（孔）的设施，包括标（孔）保护装置、场地围护、标识牌和展示牌等。

4 总则

4.1 设计原则

本规范以寒区冻融—人类活动复合驱动型地面沉降防控为核心目标，遵循科学适用、长效稳定、精准监测、地域适配设计原则。立足黑龙江寒区冻土与气候特征，聚焦地层结构、地下水动态与冻融变形监测，统一分层标组选址、布设、结构与设备选型要求等。保障设施在低温、冻融循环下长期稳定运行，实现沉降量、水位、孔隙水压力精准获取，为机理研究、风险评价与防控决策提供技术支撑，兼顾经济合理与可操作性。

4.2 工作内容

4.2.1 设计工作开始前，应收集工作区周边的地质条件、地面沉降发育特征、地下水开采状况、人类工程活动等资料，收集已有地面沉降监测网情况及监测成果资料，重点收集冻土分布、冻土类型、冻融指数、冻结期与融化期时长及巨厚监测层的地层结构。在收集、整理和分析资料的基础上，编制设计书。当基础资料不足时，应按 DZ/T 0283-2015 中相关要求对工作区进行现场踏勘和补充调查。

4.2.2 根据区域地面沉降发育情况及影响因素、特定建设工程需要等，分析地面沉降产生的主要地层深度，确定监测标（孔）的平面和垂向布置，达到有效捕捉面状、缓慢、季节性波动的沉降特征，并具备量化冻融变形分量的能力。

4.2.3 明确地质勘查孔的孔位、钻孔结构、施工工艺、综合测井、样品采集及室内试验等技术要求。

4.2.4 选择合理的监测标（孔）组合类型，对基岩标、分层标、地面标、地下水位监测孔、孔隙水压力监测孔的钻孔结构、标（孔）结构及材料、施工工艺等做出设计和详细要求，应保证在冻融循环、低温环境下的长期稳定性、密封性与测量精度。

4.2.5 明确地面沉降分层标组保护装置与监测设备的耐寒性要求。部件、管路及系统应具备在极端低温下正常工作及有效防冻的能力，保障在寒区冻融循环环境下长期稳定运行。

4.3 工作流程

设计工作流程包括：

- a) 项目初步分析与现场踏勘。重点踏勘冻土分布、冻土类型、发育情况、地下水开采设施分布、油田活动迹象、已有沉降特征等；
- b) 资料收集与专项地质调查。应系统收集 4.2.1 所列资料，必要时开展针对冻土工程地质的专项调查；
- c) 分层标组选址与布设方案论证。选址应兼顾地质代表性、面状缓沉区域的覆盖度、与人类工程活动的协调性；对季节性波动和冻融变形监测宜开展专门论证；
- d) 设计书编制。编制内容应涵盖如何适应寒区气候、冻土条件、人类工程活动影响，并论证其技术经济合理性；
- e) 设计书审查。审查应重点关注设计对地域特色沉降机理的针对性、耐寒防冻技术措施的可靠性及与相关规划的符合性。

4.4 分层标组类型

4.4.1 分层标组按监测用途分为五类，包括基岩标、分层标、地面标、地下水位监测孔及孔隙水压力监测孔等。

4.4.2 按埋设深度分为：

- a) 浅标（孔）：深度 $D \leq 100$ m；
- b) 中深标（孔）： 100 m < 深度 $D \leq 500$ m；
- c) 深标（孔）： 500 m < 深度 $D \leq 1\ 000$ m；

d) 超深标（孔）：深度 $D > 1\ 000\text{ m}$ 。

5 选址与布设

5.1 选址

5.1.1 选址应符合国家、省、市等各级政府的相关规划。

5.1.2 选址应在充分收集区域地层结构、地质构造、冻土分布情况及特征、地震、环境地质、测量控制网等有关资料和野外调查的基础上进行，必要时应进行选址比选，科学论证。基岩标场地应稳定、可靠，分层标场地应能代表区域内冻融-人为复合驱动下地面沉降的特性。

5.1.3 选址应根据地形地貌、周边环境、道路交通、通讯、施工要求等条件，选取方便施工、监测和运行维护的建设场地。在农业区，应协调与农田作业、灌溉设施的关系；在油田区，应评估并规避采油设施动态运行的影响。

5.1.4 选址应考虑区域内已建和在建的基岩标、分层标和其他监测网情况综合确定，合理布置，避免重复建设。

5.1.5 在冻融作用强烈、农业井灌集中或油田活动显著的区域，优先考虑布设监测站点，反映“冻融波动”与“人为抽灌”沉降效应的时空关联，并兼顾对潜在沉降风险的早期识别。

5.2 布设

5.2.1 一般规定

分层标组的平面布设应均匀分布，各标（孔）间距应不小于4 m；垂向布设宜深浅结合，交叉布设。

5.2.2 地质勘查孔布设

5.2.2.1 地质勘查孔宜布置在场地边缘且距离分层标组施工点位宜不大于20 m，应不影响地面沉降分层标组的施工；

5.2.2.2 地质勘查孔深度应符合地面沉降分层标组设计对深度的要求。

5.2.3 基岩标布设

5.2.3.1 基岩标位置宜优先选在基岩露头处。若地表松散沉积物较厚时，基岩标标底宜设置在主要地下水开采层之下的稳定地层中；

5.2.3.2 无稳定基准点的地面沉降发育区应布设不少于三个基岩标。

5.2.4 分层标布设

5.2.4.1 应依据地面沉降易发性、地面沉降分布规律及监测目的、特定建设工程需要等，确定分层标布设位置；宜埋设在地面沉降漏斗中心、漏斗边缘、多个漏斗的结合部、监测目标土层变化部位等；

5.2.4.2 分层标布设时宜根据监测需要设置基岩标；

5.2.4.3 单组分层标的平面位置应结合建设用地面积和形状布设，宜优先布设成扇形且各标等距分布在圆弧上，圆心为测站位置，圆半径宜在4 m~10 m之间。当受场地条件等限制时，也可布设成矩形、线形等形状，各分层标最小间距应不小于4 m。

5.2.5 地下水位监测孔布设

5.2.5.1 在分层标布设时，宜在同层次含水层同步布设地下水监测井；

5.2.5.2 地下水位监测孔应结合分层标监测深度、含水层发育特征确定深度和个数；

5.2.5.3 地下水位监测孔深度宜揭穿目的含水层（组）。

5.2.6 孔隙水压力监测孔布设

5.2.6.1 在分层标布设时，宜在同层次可压缩地层同步布设孔隙水压力监测孔；

5.2.6.2 孔隙水压力监测孔埋设深度根据地质结构和监测目的确定。

5.2.7 地面标布设

地面标除布设于地面稳定、能代表区域地面高程的点位外，在冻融作用强烈区，宜专门布设用于监测和量化冻融变形的地面标。

6 地质勘查孔

6.1 一般规定

6.1.1 地质勘查孔应能够准确查明建标场地的地层结构、岩土体的物理力学特性和含水层条件，针对冻土、高含水量地层的钻探、取样、原位测试及样品低温保存应明确技术要求，为设计、施工提供所需的岩土参数，确定地面沉降分层标组的埋设目的层位。

6.1.2 地质勘查孔宜全孔取心，孔位距离建标点宜不大于 20 m，且不影响地面沉降分层标组的建设施工。采取冻土及高含水量软土的原状样时，应采用专用薄壁敞口式取土器或活塞式取土器，取样应在低温环境下快速完成，取出岩心后应立即进行密封、保温包裹，及时送检。

6.1.3 地质勘查孔终孔后应至少采用自然电位、电阻率、声波、自然伽马、孔斜五类测井方法进行综合测井，并符合判别岩性、确定含（隔）水层位置和厚度的要求。在冻土及高含水量地层中进行原位测试，应选用适用于低温、软土条件的测试设备与探头。

6.2 钻孔设计

6.2.1 松散地层中钻孔直径宜不小于 110 mm，岩层中钻孔直径宜不小于 75 mm，且符合岩土样品测试要求，有特殊目的的钻孔满足功能要求。

6.2.2 钻孔深度宜超过建标深度 5 m，深度偏差应不大于 0.5%。

6.2.3 钻孔顶角偏斜每 100 m 递增不大于 1°，终孔不大于 3°，钻孔方位角宜避开地面沉降分层标组建设场地所在方位。

6.2.4 同一建标场地地质或水文地质条件简单时，地质勘查孔可以借鉴利用；条件复杂时，宜逐孔进行勘查。

6.2.5 岩心采取率应符合表 1 的规定。

表 1 岩心采取率

| 岩土层 | 岩心采取率（%） |
|---------------|----------|
| 粘土层 | 大于等于90 |
| 粉土、砂土层（地下水以上） | 大于等于80 |
| 粉土、砂土层（地下水以下） | 大于等于70 |
| 碎石土层 | 大于等于50 |
| 完整岩层 | 大于等于80 |
| 破碎岩层 | 大于等于60 |

6.2.6 地质编录应符合 GB 50021-2009 和 DZ/T 0227-2010 的相关规定。对冻土地层，编录应包含冷生构造、含冰特征与冻结状态的描述。对高含水量软土地层，应描述其稠度状态、结构性与灵敏度。

6.2.7 应部署岩土体样品采集及测试工作。样品的采集、保存、测试应符合 GB 50021-2009 和 GB/T 50123-2019 的有关规定。冻土样品应采用专用低温保温箱保存，保温箱内应使用足量的干冰、冰袋或相变储能材料，确保在样品送达实验室前，箱内温度能持续维持在样品原有状态所需的低温范围。

7 分层标组

7.1 基岩标

7.1.1 一般规定

7.1.1.1 基岩标的设计除满足常规稳定性要求外，应考虑冻融循环、低温环境对结构材料、固井质量及长期稳定性的影响，确保其在复杂气候与地质条件下仍能提供可靠的高程基准。

7.1.1.2 基岩标标型结构示意图参见附录 A，滚轮式扶正器结构示意图参见附录 B.1，滚珠式扶正器结构示意图参见附录 B.2。

7.1.2 结构设计

7.1.2.1 基岩标包含的主要部件有：保护管、标杆、扶正器、标底、测量标志点。基岩标结构选型符合下列要求：

- a) 浅标、中深标保护管宜选用单层结构，标杆可采用“一径到底”结构；
- b) 深标、超深标保护管宜选用双层结构，标杆应采用“宝塔型”结构。

7.1.2.2 主要技术参数要求：

- a) 保护管：浅标保护管宜采用低温韧性好、抗脆断性能不低于 DZ40 标准的专用无缝钢管，中深标、深标和超深标保护管宜采用低温性能不低于 J55 标准的石油套管，壁厚不小于 5 mm；保护管外径应不小于 139.7 mm；
- b) 标杆：浅标标杆宜采用低温韧性好、抗脆断性能不低于 DZ40 标准的专用无缝钢管，中深标、深标和超深标标杆宜采用低温性能不低于 J55 标准的无缝钢管；标杆外径应不小于 60 mm；
- c) 扶正器：内扶正器间距应不大于 9 m，钻孔基岩段内的标杆，可不安装扶正器；外扶正器直径应与钻孔匹配，保证管体位于孔中心，间距宜为 30 m~50 m；
- d) 标底：可采用托盘式结构，厚度宜大于 20 mm。

7.1.3 钻孔设计

7.1.3.1 钻孔设计应包含孔深、孔径、孔斜、终孔和取心要求。

7.1.3.2 设计包括如下要求：

- a) 应考虑穿越季节冻融层可能遇到的孔壁不稳定、缩径等问题，宜采取跟管钻进、低温泥浆护壁等工艺措施；
- b) 钻孔孔深：基岩标钻孔深度应进入稳定基岩或稳定地层内不小于 5 m，保护管应进入稳定基岩或稳定地层不小于 2 m，确保引测标杆不受干扰，孔底岩体强度符合承载要求；
- c) 钻孔孔径：孔径宜大于 380 mm，并符合构件之间间隙尺寸规定。孔壁与井壁管之间环状间隙宜控制在 100 mm~150 mm，并充分考虑低温下材料收缩差异的影响，防止卡滞；
- d) 钻孔孔斜：钻进时应保持钻孔垂直，孔口处钻孔顶角应为 0° ，且终孔顶角不得大于 1° ；

- e) 钻孔终孔要求：终孔前（或距离目的层顶面）4 m 应全孔取心验证地层岩性，终孔后应进行综合测井；终孔孔径宜不小于 130 mm，孔深要求到达稳定基岩；终孔应进入稳定基岩不小于 5 m，且孔底岩体强度符合承载力要求；保护管进入稳定基岩不小于 2 m，与标底垂向间距不小于 3 m；
- f) 取心要求参照 6.2.5 相关要求执行。

7.1.4 成标技术要求

7.1.4.1 保护管设计符合下列要求：

- a) 与标杆扶正器接触的保护管应居中、垂直，底部应进入稳定基岩；
- b) 保护管的直径及壁厚应根据基岩标埋深和标杆及扶正器的规格确定：
 - 1) 浅标保护管外径宜不小于 139.7 mm，壁厚宜不小于 7.72 mm；
 - 2) 中深标保护管外径宜不小于 177.8 mm，壁厚宜不小于 8.05 mm；
 - 3) 深标、超深标外层保护管外径宜不小于 339.7 mm，壁厚宜不小于 9.65 mm；内层保护管外径不应小于 177.8 mm，壁厚宜不小于 8.05 mm。
- c) 保护管底部宜安装钢质环状托盘；
- d) 保护管扶正器宜与保护管的结构及规格、钻孔结构及孔径相匹配，宜采用弓形扶正器或灯笼式扶正器（扶正肋筋宜为三个），材质宜为钢质；
- e) 保护管外与钻孔之间的环空间隙应采用水泥浆固井。水泥标号宜不低于 P.0 42.5 普通硅酸盐水泥或采用 G 级油井水泥，水泥浆密度宜不小于 1.70 g/cm³。冬季施工时，水泥浆应掺加抗冻、早强等外加剂，保证固井体在冻融循环下的长期完整性与强度。日平均气温-20℃以下，不应施工。

7.1.4.2 标杆设计符合下列要求：

- a) 浅标、中深标选用一径到底结构，浅标直径为 60.3 mm、中深标直径为 73.0 mm；
- b) 深标选用“两层宝塔型”结构，直径自下而上为 73.0 mm~60.3 mm，自下而上长度配比按 1.0:0.8 确定；
- c) 超深标选用“三层宝塔型”结构，直径自下而上为 88.9 mm~73.0 mm~60.3 mm，自下而上长度配比按 1.00:0.45:0.35 确定；
- d) 冬季施工时，标杆连接丝扣处应采取涂抹低温抗咬合油脂等防冻措施。

7.1.4.3 标底采用水泥浆封固，水泥标号宜不低于 P.0 42.5 普通硅酸盐水泥或采用 G 级油井水泥，水泥浆密度宜不小于 1.70 g/cm³。封固用水泥浆性能要求同 7.1.4.1 e)。

7.1.4.4 标杆扶正器应与标杆、保护管的结构及规格匹配，可采用滚轮式、滚珠式，扶正器滚轮或滚珠外缘与保护管内壁应有 2 mm~3 mm 间隙。滚轮式扶正器结构示意图参见附录 B.1，滚珠式扶正器结构示意图参见附录 B.2。扶正器的滚轮、滚珠及弹簧等运动部件应采用耐低温材料，保证在负温环境下转动顺畅、功能正常。

7.1.4.5 测量标志点符合下列要求：

- a) 保护管顶部安装保护盖，保护管顶盖应开中心孔，其内径宜大于主标头外径 1.5 mm~2.0 mm；保护盖应具备良好的密封性，防止雨雪侵入，并易于在冬季开启；
- b) 在标杆上安装主测量标志点，保护管上安装副测量标志点；
- c) 测量标志点应符合 DZ/T 0283-2015 和 GB/T 12897-2006 中的有关规定，便于后期测量使用，并利于永久保护；
- d) 测量标志点均应采用耐候性、抗腐蚀性能强的不锈钢或铜材料制作，顶端宜制成半球弧形。测量标志点表面宜增设防冰涂层或加热元件（如电热带），以防止结冰影响测量。

7.2 分层标

7.2.1 一般规定

7.2.1.1 分层标标体结构、材料及连接工艺应保证在冻融循环、低温条件下的长期稳定性、密封性及测量精度，其设计应考虑分离和量化冻融变形分量的需求。

7.2.1.2 分层标层位及个数应依据地面沉降易发性、地面沉降分布规律及监测目的、特定建设工程监测需要等确定。

7.2.1.3 对于厚度大于 15 m 的监测层（组），宜分别在层（组）的顶板与底板位置布设分层标，以量化和分析该巨厚监测层（组）内的垂向形变分布特征。

7.2.1.4 分层标标型结构示意图参见附录 C，分层标标底结构示意图参见附录 D。

7.2.2 结构设计

7.2.2.1 分层标主要由标底、标杆、保护管、扶正器、标头（测量标志点）等组成。

7.2.2.2 分层标结构选型应符合 7.1.2.1 中的相关规定。

7.2.2.3 主要技术参数符合下列要求：

- a) 保护管、标杆、扶正器应符合 7.1.2.2 中的相关规定；
- b) 标底：分层标的标底结构采用保护管带伸缩管的结构形式，标底底部插钎应压入监测目的地层，标底托盘与监测目的地层紧密固连为一体。

7.2.3 钻孔设计

7.2.3.1 钻孔设计应包括孔深、孔径、孔斜和终孔要求。

7.2.3.2 穿越季节冻融层时，施工工艺要求同 7.1.3.2 a)

7.2.3.3 钻孔结构及孔径应根据地层结构、标孔深度及监测目的选择，应符合保护管、标杆和标底安装需要，并符合构件之间间隙尺寸规定。孔壁与保护管之间环状间隙要求同 7.1.3.2 c)。

7.2.3.4 钻孔孔斜、孔深偏差应符合 7.1.3.2 中相关规定。

7.2.3.5 钻孔终孔前（或距离目的层顶面）4 m 应取心验证地层岩性。确定为目的层岩性后，应进行清孔、换浆等至符合下标要求。

7.2.4 成标技术要求

7.2.4.1 保护管设计符合下列要求：

- a) 保护管的直径及壁厚应根据分层标埋深和标杆及扶正器的规格确定，应符合 7.1.4.1 中相关规定；
- b) 保护管扶正器宜与保护管的结构及规格、钻孔结构及孔径相匹配，宜采用弓形扶正器或灯笼式扶正器，材质宜为钢质；
- c) 保护管外标底以上投入粘土球封孔止水、固井。所采用的粘土球应具有低渗透性和高塑性，确保止水效果在冻融循环下长期有效。

7.2.4.2 标杆结构应依据埋设深度确定，应符合 7.1.4.2 中相关规定。

7.2.4.3 分层标标底结构符合下列要求：

- a) 由底部插钎、钢质环状托盘、内标杆、滑筒、密封装置、对接接头等组成，相互连为一体；
- b) 标底与保护管的滑动间距应依据地层的特征及分层标的埋设深度确定，标底伸缩量宜 500 mm～1 000 mm。滑动部件（如滑筒）应进行表面硬化或润滑处理，以保证在低温、低润滑条件下仍能自由滑动，防止冻粘。密封装置应采用耐低温、抗老化的弹性材料。

7.2.4.4 扶正器及测量标志点的结构形式同基岩标，应符合 7.1.4.4 和 7.1.4.5 中相关规定。

7.2.4.5 宜在孔口段保护管外围采取隔热材料包裹等措施，减小温度变化对标孔内微环境的影响，提高监测数据的稳定性。

7.3 地下水位监测孔

7.3.1 一般规定

7.3.1.1 地下水位监测孔应结合分层标布置深度，设置在主要开采的含水层（组）中。结构设计应能有效防止井孔因结冰、生物或化学作用导致的淤堵。

7.3.1.2 监测孔的孔径应符合洗井维护的要求，井管内径宜不小于 108 mm。松散层孔壁与管壁的环状间隙宜不小于 100 mm。

7.3.1.3 管材应圆直，丝扣及变径连接应与管材同心。

7.3.1.4 地下水位监测孔结构示意图参见附录 E。

7.3.2 结构设计

7.3.2.1 地下水位监测孔主要部件有：井壁管、滤水管、沉淀管。

7.3.2.2 地下水位监测孔结构选型宜符合下列要求：

- a) 浅、中深标（孔），井管宜采用“一径到底”结构；
- b) 深、超深标（孔）的监测孔，井管宜选用井壁管变径结构。

7.3.2.3 井壁管、滤水管、沉淀管根据监测孔类型及孔深选择适宜的管材材质和规格，并符合下列要求：

- a) 管材质宜采用低温韧性好、抗脆断性能不低于 DZ40 标准的无缝钢管或低温性能不低于 J55 标准的石油套管；
- b) 管材规格应符合监测设备（或洗井设备）的安装与正常使用要求，可根据监测孔性质、井管材质等因素综合选取；
- c) 滤水管根据监测目的含水层的地下水类型和含水层岩性确定，并符合 GB/T 50027-2024 相关规范规定要求。

7.3.3 钻孔设计

7.3.3.1 钻孔设计内容应包括孔深、孔径、孔斜和终孔要求。

7.3.3.2 地下水监测孔钻孔孔径宜不小于 400 mm。

7.3.3.3 钻孔的孔斜应符合 7.1.3.2 的规定。

7.3.3.4 钻孔的深度偏差应符合 7.1.3.2 的规定。

7.3.4 成孔技术要求

7.3.4.1 井管设计符合下列要求：

- a) 井壁管及沉淀管应安装扶正器，保证井管位于孔中心；
- b) 滤水管安装长度一般与含水层厚度基本一致，厚度超过 30 m 时，可选用 20 m~30 m 安装在主要含水层处；若含水层透水性弱时，可适当加长；
- c) 沉淀管长度依据含水层岩性而定，松散层宜不小于 5 m，基岩层宜不小于 3 m；
- d) 井管与接箍连接不得使用有污染的润滑油（脂）和涂料，可用无污染耐高温高分子胶带（如“铁氟龙胶带”）缠绕公丝扣；
- e) 地面以上预留井管高度宜为 0.5 m~1.0 m，便于井口保护。井口保护装置应具备保温与防冻功能，防止井管冻裂及井口冻结。

7.3.4.2 填砾符合下列要求：

- a) 采用与目的含水层砂颗粒级配相匹配的砾料，围填砾料型号应根据监测目的层的颗粒粒度确定，并遵循 GB 50027-2024 等相关规范的规定，砾料宜用清水或蒸汽清洗；
- b) 填砾高度高于含水层顶面并高出滤水管顶端 2 m~5 m，但不得超越隔水层顶面，遇特殊情况则根据现场情况确定；
- c) 填砾宜采用动水投砾方式，投砾过程中应实时监测砾料所在深度。

7.3.4.3 止水与封孔符合下列要求：

- a) 止水应采用优质粘土球，止水层厚度宜不小于 10 m，粘土球直径根据井管与钻孔孔壁之间的环状间隙尺寸确定，宜为 20 mm~30 mm；所采用的粘土球应具有低渗透性和高塑性，确保止水效果在冻融循环下长期有效；
- b) 止水结束后应进行止水效果检验，检验合格后，孔口至止水深度间可采用粘土球围填，孔口应采用优质粘土封口。孔口封固应密实，并考虑地面冻胀影响，防止形成渗漏通道。

7.3.4.4 成标后应进行洗井，洗井方法应根据含水层类型及监测深度确定，宜采用潜水泵、活塞及空压机等方式洗井，洗井至水清砂净，含砂量小于 1：20 000，且地下水的单位涌水量与该含水层附近供水井相近或二次活塞洗井单位涌水量不再增加时，可停止洗井。洗井作业宜使用温度适宜的洗井液，避免对含水层造成冷冲击或洗井液冻结。

7.3.4.5 抽水试验参照 GB 50027-2024 的有关规定执行，抽水试验结束前应采集地下水样，水样的采集和保存按 DZ/T 0064-2021 相关规定执行。

7.4 孔隙水压力监测孔

7.4.1 一般规定

7.4.1.1 孔隙水压力监测孔测管、网管、传感器及传输线路应保证在低温、冻融循环及可能的高孔隙水压力（冰压力）环境下长期稳定、精准工作。结构设计应确保监测点与目标地层水力连通良好，同时有效隔绝非目标层的水力干扰。

7.4.1.2 对于厚度大于 15 m 的主要压缩层或弱透水层（组），宜在层（组）的顶板与底板附近分别布设孔隙水压力监测孔，以揭示该层（组）内孔隙水压力的垂向传递与消散规律。

7.4.1.3 管材应圆直，丝扣及变径连接应与管材同心。

7.4.1.4 孔隙水压力监测孔结构示意图参见附录 F。

7.4.2 结构设计

7.4.2.1 孔隙水压力监测孔部件包括测管、网管。根据监测孔深度，采用相应长度的测管；测管下端安装网管，网管长度宜不小于 200 mm。

7.4.2.2 测管和网管宜采用低温韧性好、抗脆断性能不低于 DZ40 标准的无缝钢管或低温性能不低于 J55 标准的石油套管。

7.4.3 钻孔设计

7.4.3.1 钻孔设计内容应包括孔深、孔径、孔斜和终孔。

7.4.3.2 在冻土或高含水量软土层中钻进时，优先采用干钻、螺旋钻或低温泥浆护壁等工艺，减少对孔壁附近土体的扰动和含水率改变，以保持监测地层的原始状态。

7.4.3.3 钻孔的外径设计宜不大于 300 mm。

7.4.3.4 钻孔的孔斜应符合 7.1.3.2 的规定。

7.4.3.5 钻孔的深度偏差应符合 7.1.3.2 的规定。

7.4.3.6 目的层取心验证应符合 7.2.3.4 的规定。

7.4.4 成孔技术要求

7.4.4.1 成孔工艺应根据埋设深度、布设方式及土的性质等条件确定。

7.4.4.2 网管应准确安装在监测目的地层中。网管到达孔底后应将管内换成清水，清除管内泥浆及孔底沉渣，保证网管的畅通。

7.4.4.3 网管周围应投入适量砾料，确保网管与监测目的地层的水力连通；网管上部应采取止水措施，确保网管与监测目的层的上部地层水力隔绝。止水材料宜采用高膨润土含量的优质粘土球，其性能应满足抗冻融和长期稳定性要求。

7.5 地面标

7.5.1 一般规定

7.5.1.1 地面标应布设在地面稳定、利于观测和长期保存、具有地面高程代表性的地点。应专门布设用于分离和量化季节性冻融循环所引起的地表冻胀与融沉分量的地面标，为分析冻融-人类活动复合驱动型沉降提供关键数据。

7.5.1.2 地面标结构示意图参见附录 G。

7.5.2 结构设计

7.5.2.1 地面标主要由混凝土基座、托盘、保护管、标杆及标头组成。

7.5.2.2 地面标埋设深度应根据监测目的确定。专门用于监测冻融变形的地面标，埋设深度需根据冻土特征及监测目的进行专门设计，确保监测数据准确。其它地面标应位于稳定冻土层以下不小于 0.5 m。

7.5.2.3 主要技术参数要求：

- a) 托盘为金属材质，直径为 180 mm，厚度不小于 20 mm；
- b) 保护管宜采用低温韧性不低于 J55 标准的石油套管，壁厚不小于 5 mm；保护管外径应不小于 139.7 mm；
- c) 标杆宜采用低温韧性不低于 J55 标准的无缝钢管；标杆外径应不小于 60 mm；
- d) 对于冻融变形监测地面标，可在保护管外围增设套管，以减少侧向土体冻结对标体的影响，提高监测数据的指向性。

7.5.3 钻孔设计

7.5.3.1 钻孔设计应包括孔深、孔径要求。

7.5.3.2 孔径宜不小于 380 mm，孔壁与井壁管之间环状间隙宜控制在 100 mm~150 mm，并充分考虑低温下材料收缩差异的影响，防止卡滞。

7.5.3.3 在冻土地层中钻进，应防止钻进热扰动导致孔壁附近冻土融化。宜采用快速钻进、小泵量或干钻工艺，成孔后及时下管、浇筑基座，避免孔壁暴露过久。

7.5.4 成标技术要求

7.5.4.1 混凝土基座设计应符合下列要求：

- a) 浇筑混凝土基座时，应保证孔内无沉渣；
- b) 混凝土基座浇筑高度宜为 0.5 m。混凝土应选用抗冻等级不低于 F200 的混凝土，并宜掺加防冻、早强剂。浇筑和养护期间，基座温度应维持在 5℃ 以上，确保其强度发展并防止早期冻害。

7.5.4.2 保护管设计符合下列要求：

- a) 保护管布置在混凝土顶部至地面，保证地面标安全稳定；
- b) 保护管应有良好的圆直度，应居中、垂直；
- c) 保护管顶部安装保护盖，保护盖应开中心孔，其内径宜大于标头外径 1.5 mm~2.0 mm；保护盖应密封、防雨雪侵入，并便于冬季开启；
- d) 专门用于监测冻融变形的地面标，保护管外与钻孔之间的环空间隙宜采用砾料回填至地面以下 0.2 m；其它地面标宜采用砾料回填至地面以下 0.5 m。上部宜采用水泥或粘土球封孔。回填与封孔材料应具有良好的抗冻融性，避免因冻胀破坏标体。

7.5.4.3 标杆设计应符合下列要求：

- a) 标杆选用一径到底结构；
- b) 标杆底部安装钢质托盘，标杆与托盘的连接应牢固，能抵抗冻胀产生的上拔力。

7.5.4.4 测量标志点应符合下列要求：

- a) 测量标志点安装在标杆顶部；
- b) 测量标志点应采用耐候性、抗腐蚀性能强的不锈钢或铜材料制作，顶端宜制成半球弧形；
- c) 测量标志点应符合 DZ/T 0283-2015 和 GB/T 12897-2006 中的有关规定，便于后期测量使用，并利于永久保护。测量标志点表面宜增设防冰涂层，或配置便携式加热装置，防止结冰影响测量精度。

8 监测仪器设备

8.1 一般规定

8.1.1 用于分层标监测的水准监测仪器选型、检定校准和技术指标确定，应满足寒区低温、冻融循环、高湿度及大风雪等复杂条件下的长期稳定性、测量精度与可靠性要求。宜使用固定的监测仪器，标尺与水准仪相匹配，不宜互换使用。

8.1.2 监测仪器应按使用说明进行安装调试，所有仪器设备的技术参数应明确其工作温度范围，在低温工况下进行温度校验与性能测试，保存相关记录。

8.1.3 监测系统的供电、通信与数据采集单元应具备在低温条件下持续稳定工作的能力，并考虑电池效能下降的影响，配置足够的冗余或保温措施。

8.2 静力水准仪

8.2.1 静力水准监测系统应按分层标监测精度要求、工作温度范围、防冻及抗干扰能力等条件选型。静力水准监测系统构成示意图参见附录 H。

8.2.2 静力水准仪的使用环境温度应符合仪器工作温度范围的要求，宜采取建设标房、增设加热或保温等有效措施，保障仪器仓内环境温度不低于其允许的最低工作温度。

8.2.3 仪器安装时，连通液体应确保在低温环境下不冻结且性能稳定，宜采用防冻液、硅油等适宜液体。安装过程应保存相关记录。

8.2.4 设备安装后应检查其密封情况，在冬季来临前，必须对所有静力水准系统的防冻液冰点及液位进行专项检查与补充，包括仪器与标杆的固定状态，通液管是否有残存气泡、是否存在渗漏，防冻液是否充足等。

8.2.5 设备调试应联调联试，保证通讯功能正常，数值稳定完整。调试应包括低温启动、持续低温运行稳定性测试。

8.3 水位计（孔隙水压力计）

8.3.1 水位计（孔隙水压力计）应根据水位埋深、监测精度、工作温度范围及耐水压（冰压）能力等进行选型，防水符合 IP66 等级。安装时保存相关记录。

8.3.2 精度指标应在仪器标称的工作温度范围内，水位计监测精度允许偏差宜不高于 ± 0.01 m；孔隙水压力计监测精度宜低于 0.5% F.S，分辨率宜低于 0.2% F.S。

8.3.3 传感器及其电缆应具有良好的低温柔韧性与耐水解性能。安装于可能冻结的含水层时，传感器应置于滤水管中部，并确保其周围水流畅通，避免局部冻结导致监测失真。电缆引出孔应严格密封防渗。

8.4 分层标组监测

8.4.1 分层标组人工观测技术要求和精度应符合 DZ/T 0154-2020 的规定。人工监测应观测两个测回，测回间应变动仪器高，变动量不少于 3 cm。进行冬季人工观测时，应选择一天中气温相对稳定、风速较小的时段进行，并采取保护措施保证测量标志点无覆雪、结冰。

8.4.2 分层标组监测数据处理应符合 DZ/T 0283-2015 的有关规定。应着重分析监测数据与冻融周期及降水事件的关联性，识别和剥离不同驱动因素引起的变形分量。

8.4.3 分层标组应纳入地面沉降监测网，并定期计算高程。在冻融活跃期应适当加密监测频率，以捕捉快速变化过程。

9 附属设施

9.1 一般规定

9.1.1 附属设施主要包括：标房、保护箱、窞井、场地围护、展示牌和标识牌等设施。

9.1.2 附属设施应坚固、可靠，其结构、材料及工艺应满足寒区低温、冻融循环、风雪荷载及冻胀作用下的长期稳定性要求，并满足对地面沉降分层标组的保护要求。

9.1.3 附属设施不应影响城市市政设施的规划与建设。

9.2 标（孔）保护装置

9.2.1 标房设计

9.2.1.1 标房的面积宜不小于 100 m²、房屋的净高宜不低于 3.5 m；标房墙体与屋顶应具备良好的保温性能，宜采用双层墙体或增加保温层，传热系数应符合寒区节能建筑设计要求；

9.2.1.2 标孔与墙体之间的距离不小于 1.0 m；

9.2.1.3 标房应设置门窗，窗户的通风及透光等应满足观测的需要；应采用保温型材，密封性能良好，并配置防风雪、防结冰措施；

9.2.1.4 室内应设置照明装置，在醒目位置布置项目总体展示牌和单项标识牌；宜配备必要的采暖设备（如电暖器）与除湿设备（如除湿机），确保室内仪器在冬季处于标称的工作温度与湿度环境；

9.2.1.5 标房房顶设置避雷装置，考虑雪荷载，外侧醒目位置应设置监测标专用标识牌。

9.2.2 保护箱、窞井设计

9.2.2.1 保护箱、窞井尺寸应符合地面沉降分层标组及监测仪器、传输设备、电源的安装要求；内部布局应为线缆、防潮剂、备用电池等预留空间；

9.2.2.2 保护箱应进行防锈防腐处理，窞井应进行防水防渗处理；箱体材质宜采用耐低温冲击的不锈钢或高性能复合材料；井壁及底板应采用防水混凝土，宜在内壁增设保温层；

9.2.2.3 窞井井盖强度应符合上部冰雪荷载及偶然荷载的要求，具备防盗、防水、防冻结功能。宜采用重型球墨铸铁井盖或具有内部加热功能的复合材料井盖，边缘锁具应防锈、防冻，便于冬季开启。

9.3 场地设计

9.3.1 场地铺装

场地铺装应与建设场地周边环境相协调，便于后期地面沉降分层标组的运行和维护。铺装材料应抗冻、防滑，结构层应能有效抵抗冻胀变形，宜采用透水砖、抗冻混凝土或级配砂石等材料，避免使用易受冻融破坏的普通粘土砖或素混凝土。场地排水坡度应不小于0.5%，防止积水冻结。

9.3.2 场地围护

9.3.2.1 场地围护应封闭，设置于保护箱、窨井的四周，高度宜不低于1.5m，场地围护距离保护箱、窨井最近距离宜不小于0.5m；

9.3.2.2 场地围护宜采用镀锌钢管材质、热浸镀锌钢管、耐候钢或经特殊防腐处理的复合材料，其他材质应进行防锈防腐处理；所有构件在低温下应保持足够的韧性；

9.3.2.3 场地围护合适位置设置带锁的门，门的材质不低于栏杆材质。门锁应防锈、防冻，便于冬季操作。

9.3.3 展示牌

9.3.3.1 有标房的分层标组应将展示牌设置在标房内醒目位置，内容宜包括以下：

- a) 项目名称、任务来源；
- b) 分层标组位置、建标数量、建标深度；
- c) 地层简介、建标层位、地质柱状图及物探测井曲线；
- d) 标体结构图、标体材料实物照片；
- e) 建设单位、设计单位、施工单位及建标日期；
- f) 设专门版面，介绍寒区地面沉降冻融-人为复合驱动机理及本监测点的监测目的。

9.3.3.2 没有标房的分层标组应在一侧设立展示牌，内容宜包括以下：

- a) 项目名称、任务来源；
- b) 分层标组位置、建标数量、建标深度；
- c) 地层简介、建标层位；
- d) 建设单位、设计单位、施工单位及建标日期。

9.3.3.3 展示牌应采用耐高低温、防水的户外专用材料制作，固定方式应能抵御大风荷载。

9.3.4 标识牌

标识牌要求如下：

- a) 所有标（孔）均应在醒目处安装标识牌，有保护箱的可以镶嵌在箱体侧面；安装位置应避免被积雪覆盖；
- b) 标识牌内容应包括：标（孔）编号、监测目的、建标深度；
- c) 标识牌宜采用户外耐候型不锈钢或铝合金材质，文字采用蚀刻工艺；
- d) 同一项目标识牌的内容、材质和规格应统一。

10 成果要求

10.1 一般规定

10.1.1 分层标设计成果应包括：设计书文本和附图。

10.1.2 资料归档可按 DA/T 41-2008 及《国土资源部关于加强地质资料管理通知》（国土资规[2017]1号）要求执行。

10.2 设计书编制

10.2.1 在收集整理和分析资料的基础上，编制设计书。设计书编制提纲参见附录 I。

10.2.2 设计书应做到目的任务明确、依据充分、工作部署得当、技术方法合理、保障措施完备。

10.3 图件编制

10.3.1 设计图纸应包含图名、设计技术要求、比例尺、图例、责任栏等相关信息。

10.3.2 应根据图纸内容和标（孔）深度确定设计图纸的比例尺。浅、中深标（孔）宜采用 1: 100 或 1: 200；深标（孔）宜采用 1: 500；超深标（孔）宜采用 1: 1 000。

附录 A
(资料性)
基岩标型结构示意图

基岩标型结构示意图见图A.1。

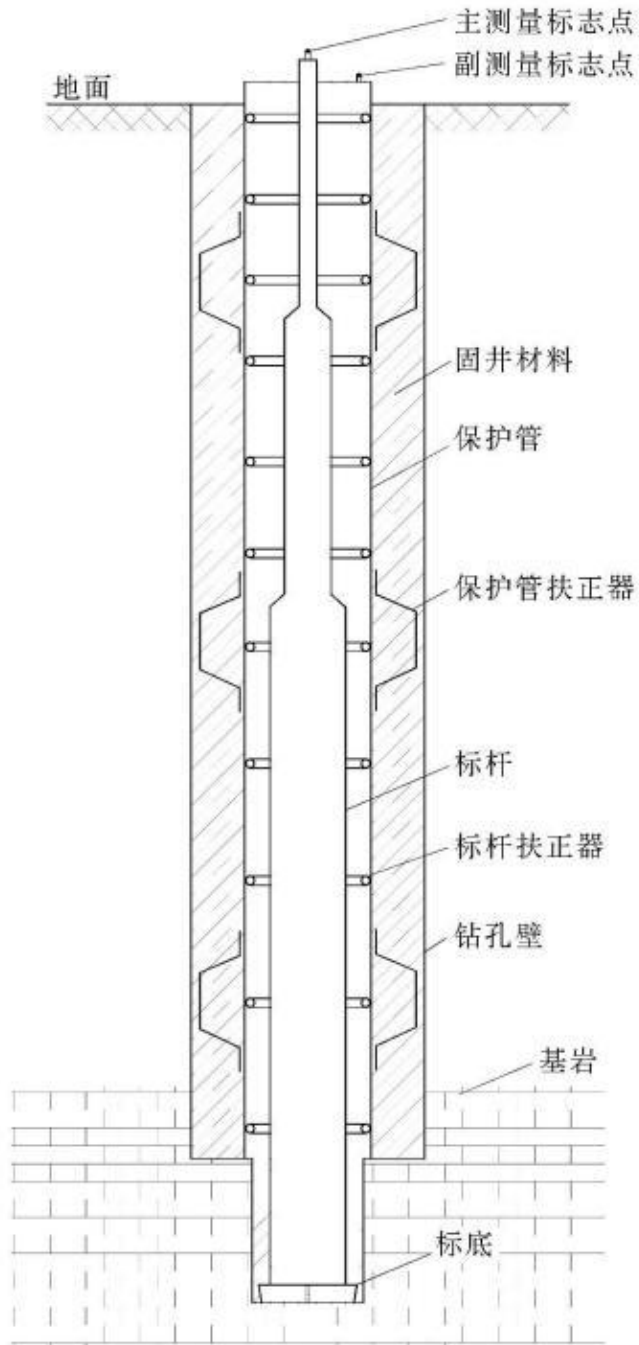


图 A.1 基岩标型结构示意图

附录 B
(资料性)
扶正器结构示意图

滚轮式扶正器结构示意图见图B. 1。

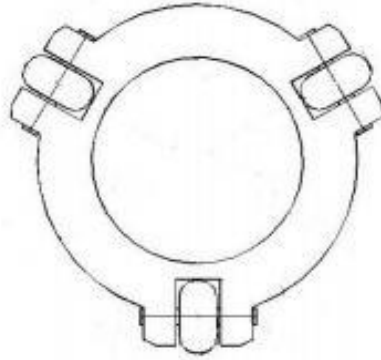


图 B. 1 滚轮式扶正器结构示意图

滚珠式扶正器结构示意图见图B. 2。

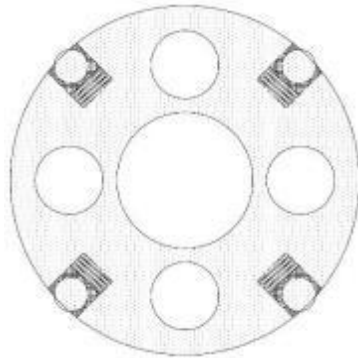


图 B. 2 滚珠式扶正器结构示意图

附录 C
(资料性)
分层标型结构示意图

分层标型结构示意图见图C.1。

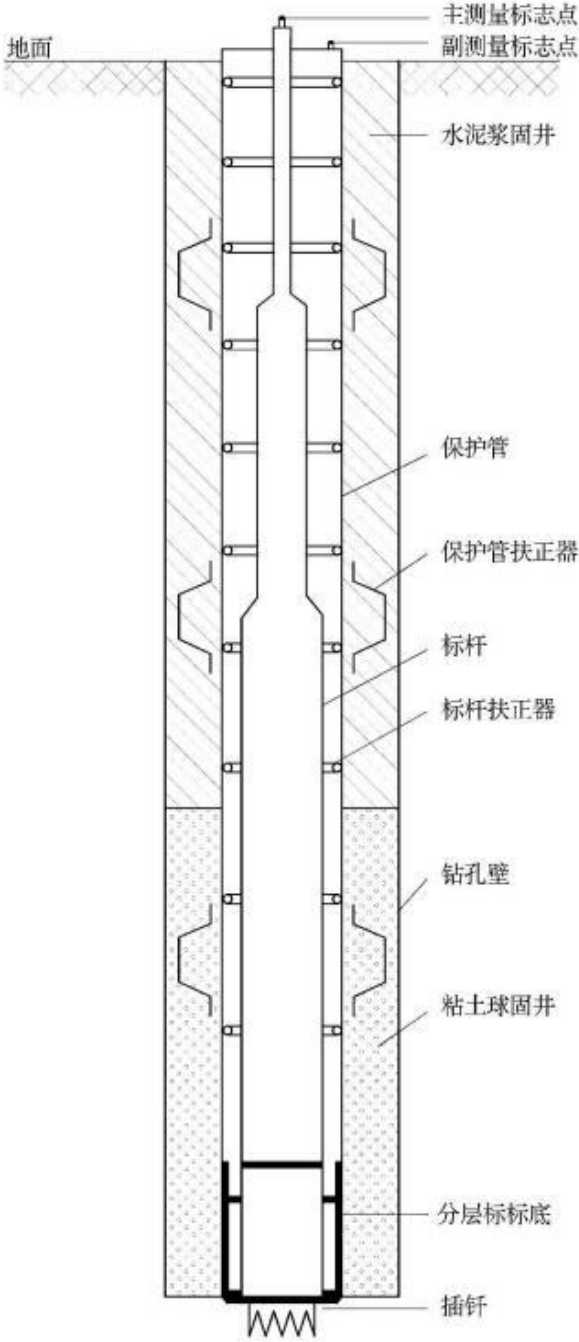


图 C.1 分层标型结构示意图

附录 D
(资料性)
分层标标底结构示意图

分层标标底结构示意图见图D.1。

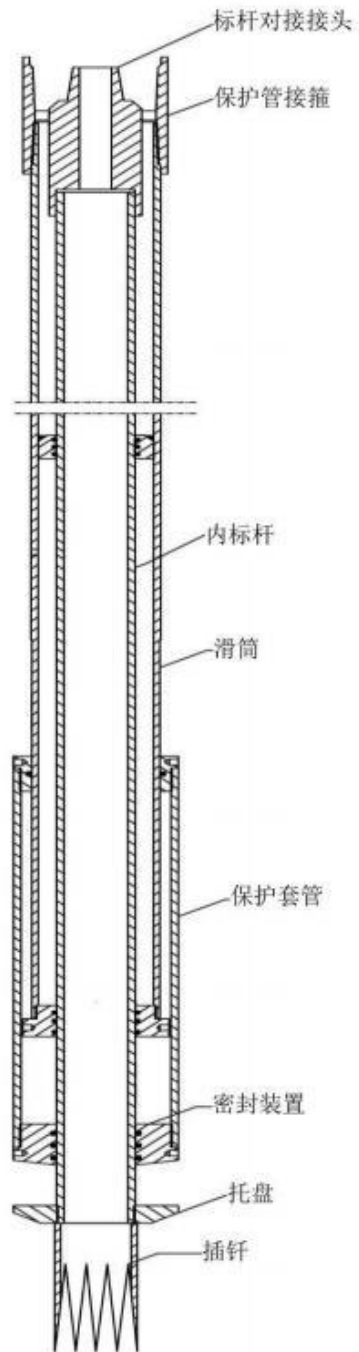


图 D.1 分层标标底结构示意图

附录 E
(资料性)
地下水位监测孔结构示意图

地下水位监测孔结构示意图见图E. 1。

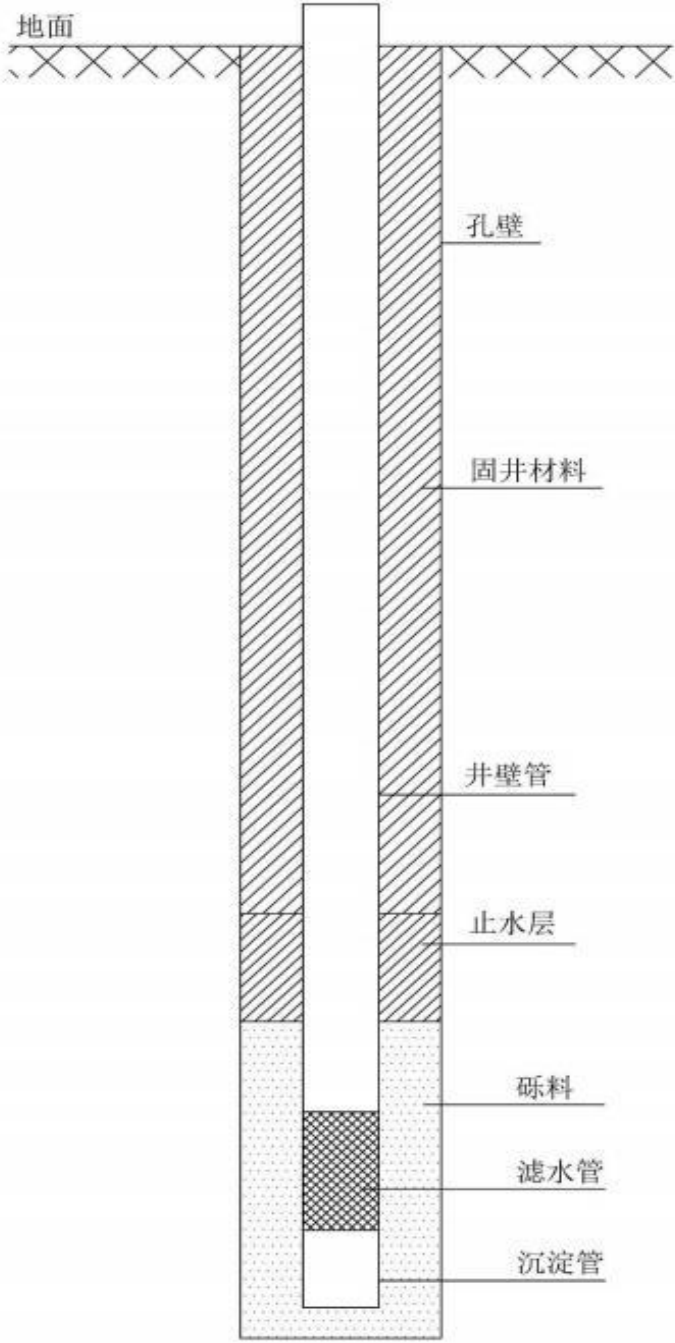


图 E. 1 地下水位监测孔结构示意图

附录 F
(资料性)

孔隙水压力监测孔结构示意图

孔隙水压力监测孔结构示意图见图F.1。

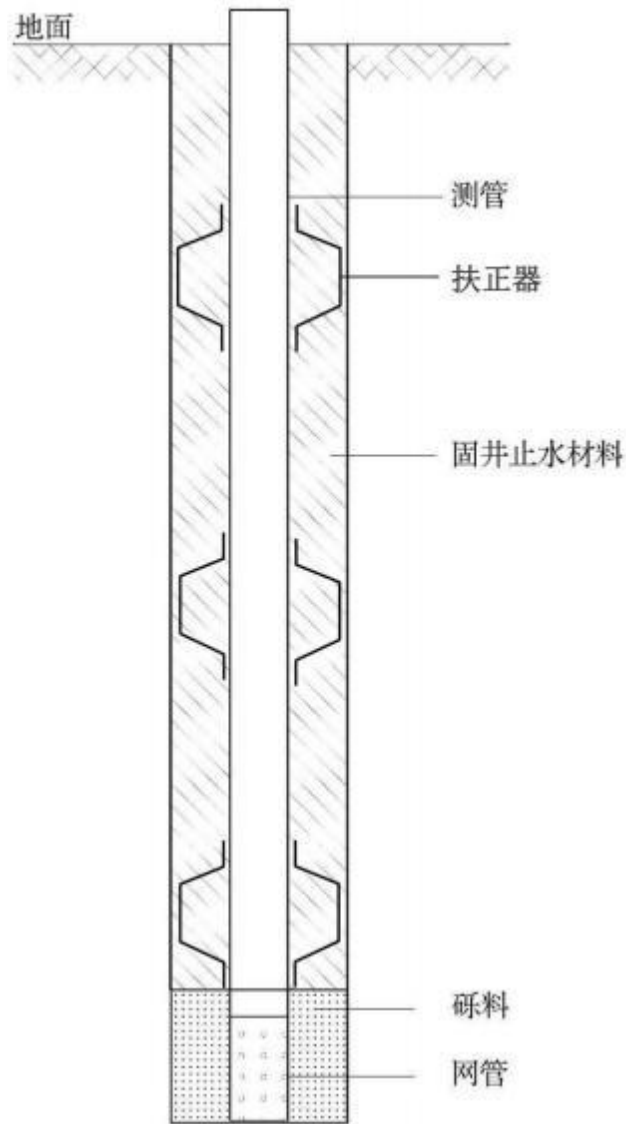


图 F.1 孔隙水压力监测孔结构示意图

附录 G
(资料性)
地面标结构示意图

地面标结构示意图见图G.1。

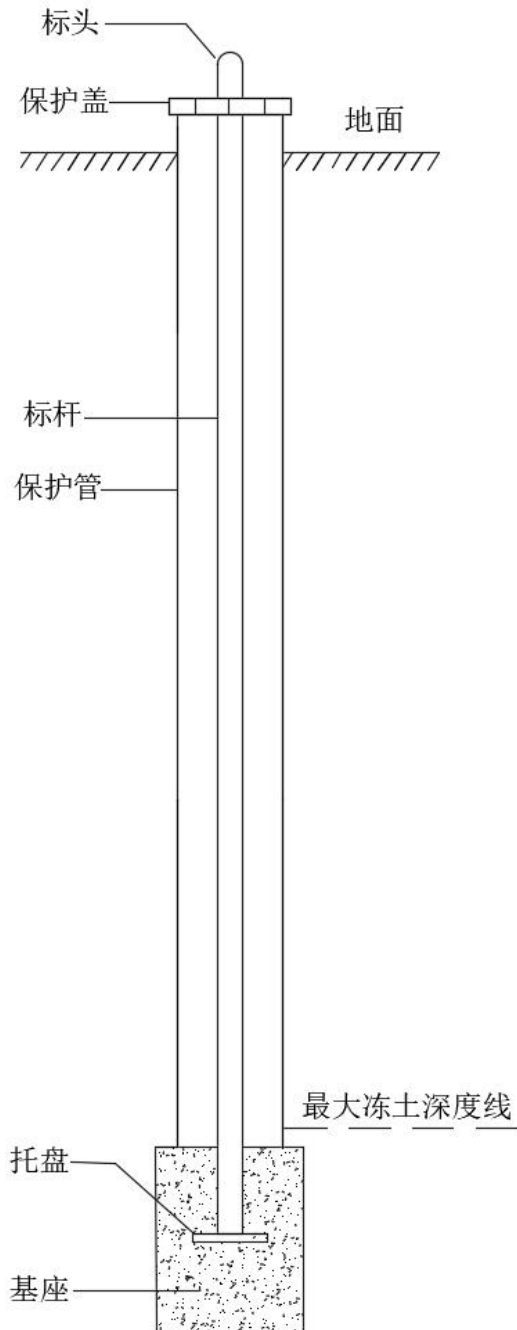


图 G.1 地面标结构示意图

附录 H
(资料性)

静力水准监测系统构成示意图

静力水准监测系统构成示意图见图H.1。

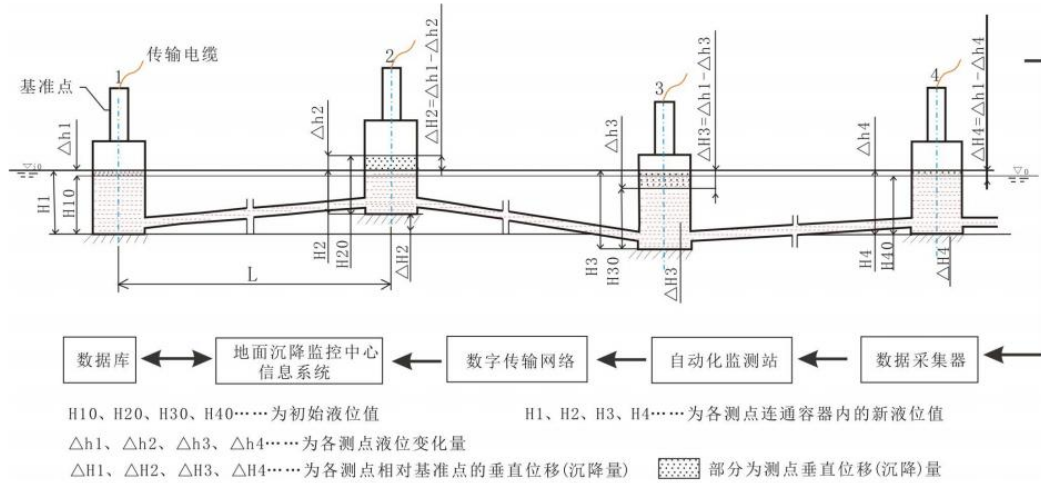


图 H.1 静力水准监测系统构成示意图

附 录 I
(资料性)
设计书编制提纲

- 一、前言。包括项目来源、项目背景、项目目的任务等。
 - 二、以往工作程度。包括地面沉降监测工作程度、分层标监测存在的问题。
 - 三、区域地质环境概况。包括自然地理、地形地貌、地质构造、区域地层、水文地质、工程地质、地下水开采利用情况、地面沉降发育特征。
 - 四、工作部署及进度安排。包括部署依据及原则、场址选择、分层标组布置、工作进度安排。
 - 五、工作方法和技术要求。包括地质勘查孔设计及施工、分层标组设计、分层标组施工、岩矿测试、监测设备、监测要求（施工期及运营期）、分层标组保护。
 - 六、实物工作量及提交成果。
 - 七、经费预算。
-