

团 体 标 准

T/CSGPC XXX-202X

水电水利工程测量观测设施建设规范

Code for construction of measurement facility
in hydroelectric and hydraulic engineering

(征求意见稿)

本稿完成时间：2026年2月28日

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中国测绘学会 发布

目 次

前言	1
1 范围	2
2 规范性引用文件	2
3 术语和定义	2
4 总则	2
5 基础控制测量设施	3
5.1 平面控制设施	3
5.2 高程控制设施	3
6 施工测量专用设施	4
6.1 施工控制设施	4
6.2 施工辅助设施	6
7 变形监测专用设施	7
7.1 监测基准设施	7
7.2 监测点设施	8
8 专项场景测量设施	8
8.1 本底测量设施	8
8.2 界桩测量设施	8
8.3 洞室测量设施	9
8.4 航空摄影测量设施	10
8.5 三维激光扫描测量设施	11
附录 A（资料性） 基本平面控制点标石规格	13
A.1 三、四等平面混凝土标石	13
A.2 五等平面混凝土标石	13
A.3 岩石平面控制点标石	14
附录 B（资料性） 基本高程控制点标石规格	15
B.1 三、四等高程混凝土标石	15
B.2 五等高程混凝土标石	15
B.3 岩石高程控制点标石	16

附录 C（资料性） 施工控制设施	17
C.1 观测墩	17
C.2 永久水准点	19
C.3 连续运行基准站	20
附录 D（资料性） 施工辅助设施	21
D.1 观测房	21
D.2 保护盖	22
附录 E（资料性） 监测基准点设施	23
E.1 智能测站	23
E.2 深埋钢管标	25
E.3 双金属标	26
附录 F（资料性） 界桩测量设施	27
F.1 永久界桩	27
F.2 临时界桩	27
附录 G（资料性） 洞室测量设施	30
G.1 金属构件标石	30
G.2 洞室底板标石	30
G.3 墙上水准标志	31
G.4 预埋套筒标志	31
G.5 高程测量杆件	32
G.6 平面测量杆件	32
附录 H（资料性） 航空摄影便携式标靶	33
附录 I（资料性） 三维激光扫描标靶	34

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。

本文件由中国测绘学会提出并归口。

本文件主要起草单位：XXXXXXX、XXXXX、XXXXX。

本文件主要起草人：XXX、XXX、XXX、XXX、XXX、XXX、XXX、XXX、XXX

水电水利工程测量观测设施建设规范

1 范围

本文件规定了水电水利工程中基础控制测量、施工测量专用、变形监测专用及专项场景测量观测设施的建设要求。

本文件适用于水电水利工程测量观测设施的建设和维护。

2 规范性引用文件

无。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

观测设施 observation facility

指专为获取工程结构或地表空间位置变化数据而布设的仪器、标点与监测系统的总称。

3.2

智能测站 intelligent monitoring station

通过集成传感器网络、数据分析和自动化技术，实现环境或结构变形实时监测的智能化站点。

4 总则

4.1 水电水利工程测量观测设施按其核心功能可分为基础控制测量设施、施工测量专用设施、变形监测专用设施和专项场景测量设施四类，按技术属性可细分出具体观测设施类型见表1。

表1 具体观测设施类型

核心功能	技术属性	观测设施
基础控制 测量设施	平面控制设施	基本平面控制点
	高程控制设施	基本高程控制点

核心功能	技术属性	观测设施
施工测量 专用设施	施工控制设施	观测墩、永久水准点、连续运行基准站
	施工辅助设施	防护栏、观测房、保护盖
变形监测 专用设施	监测基准设施	平面基准点、高程基准点
	监测点设施	水平位移监测点、垂直位移监测点
专项场景 测量设施	本底测量设施	断面基点
	界桩测量设施	建设征地界桩、库岸不稳定区警示界桩、土地权属界桩
	洞室测量设施	平面控制点、高程控制点、平高控制点
	航空摄影测量设施	像控点
	三维激光扫描测量设施	标靶

4.2 测量设施建设应根据测量目的、测量等级、交通条件、地形地质等因素确定，并能发挥其效能。设施建造应稳固、耐用，外观造型、整饰美观。

4.3 测量设施建设过程中，应对每个施工环节实施质量控制。

5 基础控制测量设施

5.1 平面控制设施

5.2.1 基本平面控制点均应埋设永久标志及标石。

5.2.2 基本平面控制点标志的设置应符合下列要求：

- a) 宜采用铜或不锈钢等坚硬并具有耐腐蚀性的金属材料制作；
- b) 标志点位刻划应清晰；

5.2.3 基本平面控制点的标石应符合下列要求：

- a) 三、四、五等可采用混凝土标石或岩石标石；
- b) 混凝土标石柱体可预制或现场浇筑，三、四等埋设规格见附录 A 图 A.1，五等埋设规格见附录 A 图 A.2；
- c) 岩石标石应设置于完整性较好的岩体上，设置时宜去除表面风化层，其埋设规格见附录 A 图 A.3；
- d) 点应设立清晰、统一的标识牌，标识信息应包括点号、埋设日期等；
- e) 整饰及标识牌应美观、与环境相协调，整饰和标识牌不能影响测点本身的稳定性和测量精度。

5.2 高程控制设施

5.2.1 基本高程控制点均应埋设永久标志及标石。

5.2.2 基本高程控制点标志宜采用铜或不锈钢等坚硬并具有耐腐蚀性的金属材料制作。

5.2.3 基本高程控制点的标石应符合下列要求：

- a) 三、四、五等可采用混凝土标石或岩石标石；
- b) 混凝土标石柱体可先行预制，底盘应在现场浇筑；三、四等埋设规格见附录 B 图

B.1，五等埋设规格见附录 B 图 B.2；

c) 岩石标石应设置于完整性较好的岩体上，设置时宜去除表面风化层，其埋设规格见附录 B 图 B.3；

d) 控制点应设立清晰、统一的标识牌，标识信息应包括点号、埋设日期等；

e) 控制点整饰及标识牌应美观、与环境相协调，整饰和标识牌不能影响测点本身的稳定性和测量精度。

6 施工测量专用设施

6.1 施工控制设施

6.1.1 一般要求

6.1.1.1 二等及以上施工测量平面控制宜采用观测墩，高程宜采用永久水准点；三等平面控制可采用观测墩或基本平面控制点，四等宜采用基本平面控制点；三、四等高程控制宜采用基本高程控制点。

6.1.1.2 大型水电水利工程施工控制基准宜建设连续运行基准站，其精度等级不宜低于三等。

6.1.1.3 观测墩、永久水准点及连续运行基准站建设通用要求

6.1.1.3.1 基础开挖

- a) 土体基础应严格按设计规格尺寸开挖，并减少对原状土的扰动；
- b) 岩体应清除表面风化层，基岩面存在倾斜时宜植入钢筋。

6.1.1.3.2 钢筋笼制作应符合下列要求：

a) 钢筋笼尺寸应符合设计要求，基础与墩柱固连成一体化结构，主筋与箍筋宜焊接或扎丝牢固；

b) 基础钢筋骨架宜水平，墩柱钢筋骨架应铅垂。

6.1.1.3.3 模板安装

a) 土体地基应在压实达标后安装基础模板，岩体地基清洗开挖表面干净后安装基础模板；

b) 基础模板和墩柱支模安装应采用水平尺校平四角或平面部位，墩柱支模还应采用垂球在两个正交方向上校正其铅垂度；

c) 墩柱支模应在基础混凝土浇筑完成且达到终凝后安装。支模模板可选用木质或钢制模板，也可选用硬塑料、钢制等材质的成品管；

d) 模板表面应涂刷隔离剂并不得污染钢筋。

6.1.1.3.4 混凝土浇筑

- a) 混凝土强度等级不宜低于 C25；气温低于 0℃施工时，混凝土应添加防冻剂，必要时宜添加减水剂和早强剂；
- b) 基础应一次性浇筑完成并振捣密实；
- c) 墩柱浇筑前，对墩柱与基础连接处的混凝土表面凿毛并冲洗干净；
- d) 墩柱宜一次性连续浇筑成型，并分段振捣密实；
- e) 混凝土浇筑时可根据情况选择添加卵石或碎石骨料；
- f) 混凝土浇筑过程中，应实时监测模板位移情况，并动态调整加固。

6.1.1.3.5 模板拆除

- a) 当混凝土达到预定强度时，应及时拆除模板，并对表面出现的蜂窝、麻面、露筋等缺陷进行修补处理；
- b) 若墩柱外观有大理石或瓷砖进行装饰要求时，模板拆除后应即刻开展相关处理工作。

6.1.1.3.6 混凝土养护

- c) 新浇筑混凝土养护应满足其对温度、湿度和时间的要求，并考虑环境条件、水泥品种、外加剂或掺合料以及混凝土性能等因素确定；
- d) 混凝土浇筑完成表面收面后宜立即覆盖并洒水保湿养护，覆盖可选用土工布等吸水性材料；
- e) 硅酸盐水泥及普通硅酸盐水泥混凝土的洒水保湿养护时间不应少于 7 d；
- f) 当日平均气温低于 5℃时，应采取保温防冻措施，不得向混凝土表面洒水；当日平均气温高于 25℃时，宜淋水降温保持覆盖物湿润。

6.1.1.3.7 外观整饰

- a) 未做装饰的墩体外表面应统一涂刷白色或红白相间涂料，涂料具备防晒、防雨、防风沙等性能；涂层应均匀、无流挂、无剥落，具有耐候性；
- b) 墩柱可见面或显著位置采用清晰、耐久的黑色或深色字体喷涂唯一性编号，字体高度不宜小于 50mm；
- c) 安装不锈钢或铜质铭牌，铭牌内容应包含点名、等级、埋设日期、管理单位等信息，采用铆接或焊接方式固定于墩体上部，不宜使用粘贴方式；
- d) 强制对中盘、铭牌、连接件等金属部件应进行热镀锌或不锈钢材质处理，防止锈蚀；混凝土墩体应避免使用含氯盐类外加剂，防止钢筋锈蚀诱发表面开裂；
- e) 基础顶面四周应利于排水，墩柱周边应设置警示标识，防止人为破坏或误动。

6.1.1.3.8 质量验收

- a) 自制混凝土应现场完成强度检测，商品混凝土应具备有效的强度检测报告；
- b) 规格尺寸偏差应控制在测量要求范围内，墩柱应无肉眼可见的垂直度偏差；
- c) 墩柱表面应平整光滑，表面不得有破损、掉角、明显裂缝、砂眼和麻面等缺陷。

6.1.2 观测墩

6.1.2.1 观测墩浇筑至距顶面约 0.2m 处时，应安放强制对中装盘，并确保其中心与模板中心重合；调节对中支架高度，使强制对中盘顶面与模板顶部平齐，且其倾斜角不得超过 4'。

6.1.2.2 对于有水准连测要求的观测墩，应在基础浇筑时，在基础顶面嵌入 1 个水准标志，并配置保护盖。

6.1.2.3 当观测墩设置在邻崖、邻水边坡或存在落石风险的区域时，应安装防护栏。

6.1.2.4 观测墩规格见附录 C 图 C.1 和图 C.2。

6.1.3 永久水准点

6.1.3.1 永久水准点基础应开挖至最大冻土层以下，使其基础底部不受冻胀影响。

6.1.3.2 水准标志应安放于模板几何中心，安装时通过校准工具使其端正且垂直。

6.1.3.3 永久水准点应加盖保护盖，保护盖材质需耐腐蚀、抗老化；可设置独立围护结构，其应与永久水准点分离。

6.1.3.4 永久水准点规格见附录 C 图 C.3。

6.1.4 连续运行基准站

6.1.4.1 根据地质条件、周边环境条件，连续运行基准站观测墩基础底部平面尺寸不宜小于 1.5 m×1.5 m，深度根据冻土层情况进行确定；墩柱正方形边长或圆直径不宜小于 0.3 m，高度不宜小于 2.0 m，规格见附录 C 图 C.4。

6.1.4.2 连续运行基准站观测墩基础应均匀埋设 4 个水准标志。

6.1.4.3 连续运行基准站供电系统建设应符合下列要求：

a) 市电供电时，供电线路应采用专用电缆，安装过压保护、过流保护及漏电保护装置，市电中断时应具备自动切换至备用电源的功能；

b) 太阳能供电时，光伏板安装可固定在墩柱或单独立柱，安装高度应满足当地积雪、积尘等环境因素要求；独立安装时，立柱应采用防腐材料，抗风等级不低于当地 30 年一遇最大风速；朝向正南方向，倾角根据当地纬度优化设计；蓄电池应埋设于地下防水箱体内，箱体需具备防潮、防腐蚀、防冻功能，埋设深度应满足当地冻土层要求；

c) 风力发电供电时，应单独立柱安装，立柱高度应高于周边障碍物，风力发电机应配备过速保护装置，蓄电池要求同太阳能供电，埋设于地下防水箱体内，并满足防潮、防腐蚀、防冻要求；

d) 混合模式供电时，应同时满足太阳能、风力发电及市电供电的上述要求，并设计智能切换系统，优先使用可再生能源，市电作为备用电源；混合系统应配备能源管理单元，实时监控各能源模块状态；

e) 供电系统应具备远程监控功能，可实时传输电压、电流、电量等数据至控制中心。

6.1.4.4 连续运行基准站应配备视频监控、避雷装置、防护栏等。

6.2 施工辅助设施

6.2.1 防护栏

6.2.1.1 防护栏可安装在观测墩基础上，也可通过设置独立基础进行安装。

6.2.1.2 防护栏高度应根据观测墩墩柱高度及观测要求确定，并符合下列规定：

- a) 人工观测使用的观测墩，防护栏高度不宜低于 1.0 m 且不应超过墩柱高度；
- b) 连续运行基准站观测墩，防护栏高度不宜低于 1.5 m 且不应超过墩柱高度。

6.2.1.3 防护栏材质宜根据现场环境要求选用镀锌钢管、铝合金、不锈钢等金属材料。

6.2.1.4 防护栏型式在满足安全功能的前提下，可融入美学与生态设计。

6.2.2 观测房

6.2.2.1 观测房应根据地质条件、周边环境条件及其用途进行设计，宜采用框架结构，设计时应考虑防水、排水、防风、防雷等因素，参考样式见附录 D 图 D.1。

6.2.2.2 观测房面积应根据实际需求确定，室内净高不宜小于 2.8 m。

6.2.2.3 观测房建筑材料应满足防火、防盗、防腐等安全要求，室内地面可采用防滑瓷砖，并作密封处理，内部地面应高出室外地坪 100 mm。

6.2.2.4 观测房应配备门和观测窗，观测窗数量和尺寸应根据实际观测需求确定；门宜选用带观察窗的防盗门，观测窗采用电控自动卷帘门结构。

6.2.2.5 观测房应具有保温隔热功能，并安装温湿度计，室内温度和相对湿度应满足仪器设备正常运行的要求。

6.2.3 保护盖

6.2.3.1 根据控制设施类型合理选择保护盖规格，具体规格见附录 D 图 D.2。

6.2.3.2 保护盖制作材料可选用高强度、耐腐蚀的混凝土、金属或工程塑料。混凝土保护盖板的直径或宽度应大于所保护对象围护结构内沿，其他材质应采取固定锁扣措施。

6.2.3.3 保护盖上应设置显著的警示标识，采用喷涂或刻蚀方式，并明确标示点名、“测量控制点 严禁破坏”等关键信息。

7 变形监测专用设施

7.1 监测基准设施

7.1.1 监测基准设施主要包括平面基准点和高程基准点。

7.1.2 平面基准点精度要求二等及以上的采用观测墩或智能测站，三等可采用观测墩或基本平面控制点。

7.1.3 高程基准点精度要求二等及以上的可选用永久水准点、钢管标或双金属标，三等可采用永久水准点或基本高程控制点。

7.1.4 智能测站建设应符合下列要求：

- a) 智能测站由基础、墩柱、观测台等组成，基础及墩柱应采用钢筋混凝土现浇结构，墩柱可采用圆柱、多棱柱结构，观测台应设置防护栏。智能测站埋设规格见附录 E 图 E.1；

b) 智能测站应同时监测其周边温度、气压、湿度（降雨）等环境信息，宜增加视频监控摄像头、红外入侵探测器等，必要时增加避雷设施；

c) 智能测站应配备设备保护罩和观测窗，保护罩和观测窗应具有人工和自动化两种方式的启闭功能。

7.1.5 钢管标和双金属标建设应符合下列要求：

a) 钻孔护管应垂直埋设至基岩或稳定的原状土，安装就位、调直后，护管壁与孔壁之间应采用细砂进行回填；

b) 心管底部应布置水泥砂浆垫层；

c) 钻孔护管与心管之间应安装柔性橡胶环减少外力及温度影响；

d) 采用双金属标时，采用的两种金属膨胀系数应具有明显差异，其膨胀系数应进行精确检测；

e) 钢管标规格见附录 E 图 E. 2，双金属标规格见附录 E 图 E. 3。

7.2 监测点设施

7.2.1 水平位移监测点精度要求二等及以上的应采用观测墩，三等可采用观测墩或基本平面控制点。

7.2.2 垂直位移监测点精度要求二等及以上的可采用观测墩或永久水准点，三等可采用观测墩、永久水准点或基本高程控制点。

7.2.3 大坝坝顶面垂直位移监测点标志应采用植筋胶、混凝土钻孔、焊接或抱箍等刚性连接方式埋设。

7.2.4 水平位移监测点标石宜安装固定棱镜并加装防护罩。

8 专项场景测量设施

8.1 本底测量设施

8.1.1 断面基点可采用实体桩或电子桩，实体桩设置在水库正常蓄水位以上不易受水位涨落影响的稳固地方。

8.1.2 断面基点实体桩可采用三、四等平面混凝土标石或岩石平面控制点标石。

8.1.3 实体桩混凝土强度等级不宜低于 C25，浇筑需一次成型，不出现蜂窝、麻面等缺陷，浇筑后应覆盖养护不少于 7 d。

8.1.4 在冻土地区，桩体底部宜在冻土层以下，并采取防冻胀措施；在强腐蚀性地质环境中，桩体应采用耐腐蚀混凝土或外包防腐涂层。

8.1.5 断面基点应建立完整的测量档案，包括桩点坐标、高程，实体桩还应包含埋设日期及施工人员信息，并绘制桩位布置图存档备查。

8.2 界桩测量设施

8.2.1 界桩按用途可分为建设征地界桩、库岸不稳定区警示界桩和土地权属界桩。建设征

地界桩可分为移民界桩、淹没界桩和征地界桩，界桩又分为永久界桩和临时界桩。

8.2.2 建设征地永久界桩、库岸不稳定区警示界桩和土地权属界桩应符合下列规定：

a) 界桩可采用钢筋混凝土、石材、钢管、玻璃钢等材质得预制标志，界桩表面应标刻清晰，金属界桩应做防锈处理；

b) 界桩宜采用截面为 100 mm×100 mm、高度 700 mm 的正方体柱，或直径 100 mm、高度 700 mm 的圆柱，规格见附录 F 图 F.1；

c) 界桩应垂直稳固埋设，顶部露出地面不应小于 200 mm，保持平整。

8.2.3 建设征地临时界桩可采用裸露岩上刻凿标志、木桩、树杆标志、墙壁标志等，规格见附录 F 图 F.2。

8.2.4 建设征地界桩建设应符合下列要求：

a) 水库淹没影响区通过沼泽地、水洼地、沙漠、陡崖、永久冻土等地区时可不埋设界桩；

b) 工程建设征地范围各转折点应埋设界桩，相邻转折桩之间不通视或距离超过 100m 时，应加密设置界桩；

c) 界桩或标志应设置在界线通过的地面、建筑物基础部位和大树下部距地面 1.5 m 内；

d) 在城市、集镇和重要的专业项目等敏感地段应增设水位标志牌，大型标志牌规格为 5000 mm×3000 mm，小型标志牌规格为 3000 mm×2000 mm；

e) 移民调查阶段宜布设临时界桩，可采用木桩，或在树干、岩石、墙壁上制作标志；

8.2.5 库岸不稳定区警示界桩应设置在不稳定区周边，相邻桩位间宜通视。

8.2.6 土地权属界桩建设应符合下列要求：

a) 界桩应设置在边界拐点、转折点及重要地物附近，直线段界桩间距不应大于 200m，复杂地形可根据实际情况加密设置；

b) 界桩表面应清晰标注权属单位、界桩编号、埋设日期等信息，编号应统一规范；

c) 界桩应定期检查，发现损坏或移位时应及时修复或补设。界桩位置应记录在土地权属档案及地籍图上。

8.2.5 为辨别界桩的测设时间和类别，编号可由测设年度、界桩类别及界桩顺序号组成。

8.3 洞室测量设施

8.3.1 洞室测量设施包括平面控制点、高程控制点和平高控制点，埋设位置应避开渗水点、施工扰动区及管线敷设位置。

8.3.2 平面控制点精度要求三等及以上的可采用观测墩或金属构件标石，四等可采用洞室底板平高控制点或预埋套筒标志。

8.3.3 高程控制点可采用洞室底板平高控制点、墙上水准标志或预埋套筒标志。

8.3.4 金属构件标石应设置在洞室侧壁，相邻两标志应通视，宜沿洞室轴线左右两侧交替

分布，观测标志规格见附录 G 图 G. 1。

8.3.5 洞室底板平高控制点可采用钻孔植入方式埋设在洞室底板上，标志顶面应低于洞室底板且加装保护盖，规格见附录 G 图 G. 2。

8.3.6 墙上水准标志应设置在离地不大于 1.0 m 的洞室侧壁上，安装宜采用水平钻开孔，孔内清渣后采用环氧砂浆或植筋胶锚固进行植入，具体规格见附录 G 图 G. 3。

8.3.7 预埋套筒标志埋设安装应符合下列要求：

a) 应设置在洞室侧壁上，安装方式可采用竖向或横向，优先采用竖向安装。若采用横向埋设，套筒外露端应保持水平或向上倾斜，不得向下倾斜；

b) 开孔完成后应彻底清孔，采用环氧砂浆或植筋胶进行锚固植入；锚固时应将套筒稳固植入孔内，并与侧壁结构紧密结合；

c) 预埋套筒埋设见附录 G 图 G. 4；

d) 平面测量应安装平面测量杆，其构造及安装见附录 G 图 G. 5；

e) 高程测量应安装高程测量杆，其构造及安装见附录 G 图 G. 6。

8.4 航空摄影测量设施

8.4.1 像控点可分为平面像控点、高程像控点及平高像控点。

8.4.2 像控点建设应兼顾航摄成像辨识度、测量精度稳定性与长期使用耐久性，满足后续内业加密、数据拼接及成果测图的精度要求。

8.4.3 像控点布设的可见性应符合下列规定：

a) 应选在航摄飞行时段内无持续性遮挡的区域，不应位于高大树木、建筑物、高压线缆等障碍物下方或周边；

b) 山区、丘陵等地形宜选在地势相对平缓、视野开阔如山顶平缓区、山脊线、开阔谷底等位置，避免选在陡峭斜坡、冲沟等易遮挡区域。

8.4.4 像控点布设的稳定性应符合下列规定：

a) 地基应坚实、稳定，不应选在松软土、填方区、易沉降区域或易受外力扰动区域；

b) 长期使用的像控点应避开洪水淹没区、地质灾害隐患点，保障标靶长期完好。

8.4.5 像控点布设的辨识度应符合下列规定：

a) 像控点靶标颜色应与周边环境形成明显对比度，优先采用“黑-白”、“红-白”等高反差配色，不应使用与地表如草地、土壤、水泥地等颜色相近的配色；

b) 靶标形状宜选用规则几何图形如正方形或圆形，边长或直径应根据航摄比例尺确定。航摄比例尺 1: 5000~1: 10000 时，靶标边长宜为 1.0 m~1.5 m；航摄比例尺 1: 2000~1: 5000 时，靶标边长宜为 0.5 m~1.0 m；航摄比例尺大于 1: 2000 时，靶标边长不宜小于 0.3m，确保航摄影像中靶标轮廓清晰可辨。

8.4.6 永久像控点制作与埋设应符合下列规定：

a) 宜采用混凝土棱柱标石，棱柱尺寸宜为“顶面边长 300 mm×300 mm、底面边长 400

mm×400 mm、高度 600 mm~800 mm”，混凝土强度等级不低于 C25；标石顶面应嵌入金属标识牌，材质为不锈钢或铝合金，标识牌上需刻注像控点编号、建设日期及坐标类型；

b) 埋设前应平整场地，开挖深度不小于标石高度的 1/2，底部铺设 100mm 厚碎石垫层，分层夯实后浇筑混凝土，标石顶面应与地面平齐或高出不得超过 50mm，防止积水浸泡。

8.4.7 临时像控点制作与埋设应符合下列规定：

a) 可采用便携式靶标，制作要求见附录 H；

b) 便携式靶标应固定在如水泥路面、岩石表面等坚实载体上，采用膨胀螺栓、重块压制等方式固定，靶标无松动，倾斜角度不应大于 3°，靶标平面应平行于当地水平面或与航摄飞行方向垂直，偏差不超过 5°。

c) 采用金属板靶或 PVC 板靶时，靶标厚度应不小于 3mm，采用其他柔性材质时，表面平整无褶皱，靶标边缘应做加固处理，防止变形或损坏。

8.4.8 像控点维护与检查应符合下列规定：

a) 像控点布设完成至航摄作业前，应定期检查，周期不超过 7 天；重点排查靶标是否损坏、移位、被遮挡，标石是否沉降、开裂，发现问题应及时修复；

b) 航摄作业完成后，永久性像控点应做好长期维护，定期清理周边杂草、杂物，防止标识牌锈蚀或模糊；临时性像控点应根据项目需求确定保留期限，过期后应拆除靶标并平整场地，避免影响环境。

8.5 三维激光扫描测量设施

8.5.1 标靶的分类

a) 标靶按形状类型通常可分为平面标靶和球形标靶；

b) 标靶按监测用途可分为基准标靶和监测标靶。

8.5.2 标靶形状宜结合测量场景、精度要求、环境条件及操作便利性综合判断选型，并满足下列要求：

a) 室内高精度扫描、静态拼接、扫描距离不大于 50m 等场景宜选用平面标靶；

b) 室外复杂环境、大空间拼接、动态监测等场景宜选用球形标靶；

c) 当同一项目中存在高精度拼接与复杂环境监测需求时，可混合选用两种形状类型标靶。

8.5.3 标靶布设应符合下列规定：

a) 标靶应布设在视野开阔、易于寻找、视线良好处，且扫描激光宜垂直入射标靶；

b) 基准标靶应固定且强制紧固安置，并采取安全防护、保护措施；布设在远离可能失稳的地质灾害之外的稳固、安全区域；

c) 监测标靶布设应根据地质灾害的范围大小、变形方向、失稳模式、地质环境、地形地貌特征进行布置，网型满足监测剖面 and 监测点构成的表面三维立体监测系统要求。

8.5.4 标靶的制作材料应符合下列规定：

- a) 标靶的颜色应与现场地面形成巨大反差。可根据工程现场需要，选用黑、白、蓝、红等单色或两色相间的标志；
- b) 标靶宜选择反射强、不易褪色、表面光滑、防水抗老化、颜色鲜艳的材质，并根据携带方便、不易磨损等原则来决定；
- c) 标靶的主要类型和制作要求见附录 I。

8.5.5 标靶的规格可根据工程项目特点、测量精度、采样点间距、扫描仪测程等确定。标靶的直径应根据扫描站至标靶的距离确定，直径应大于该处预计扫描点间距的 3 倍~5 倍。

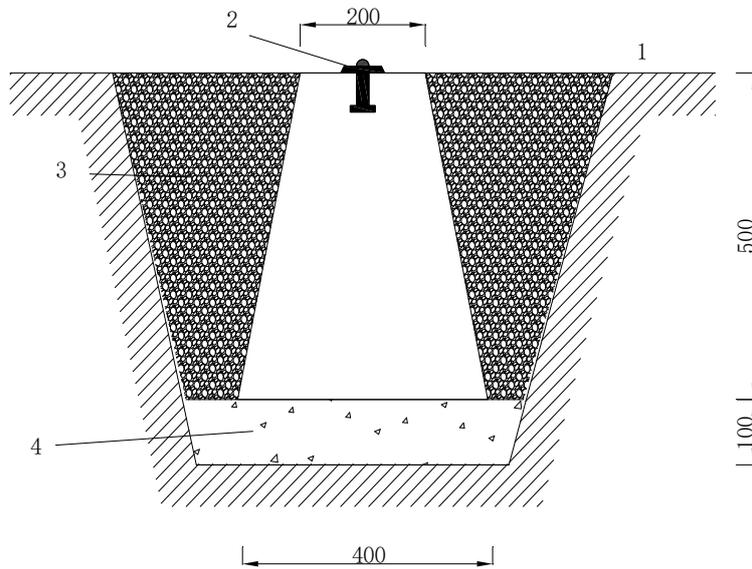
附录 A

(资料性)

基本平面控制点标石规格

A.1 三、四等平面混凝土标石

三、四等平面混凝土标石埋设规格见图 A.1。



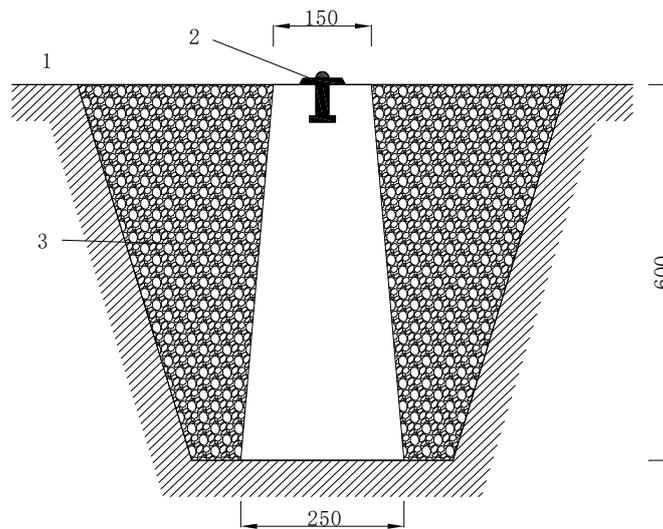
三、四等混凝土标石埋设规格 (单位: mm)

1-地面; 2-测量标志; 3-捣固的回填土; 4-混凝土垫层

图 A.1 三、四等平面混凝土标石规格

A.2 五等平面混凝土标石

五等平面混凝土标石埋设规格见图 A.2。



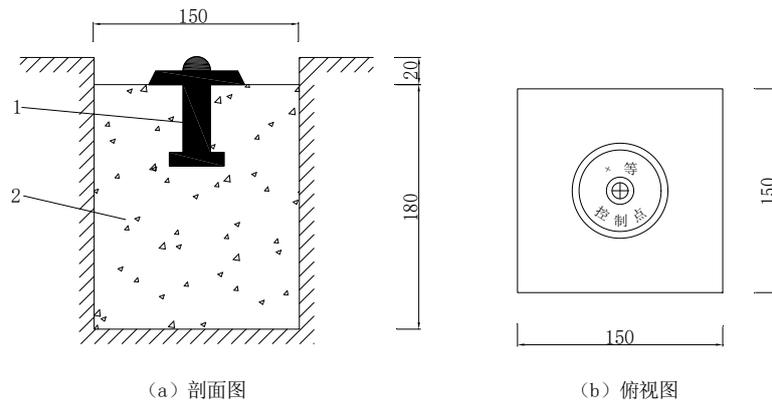
五等混凝土标石埋设规格 (单位: mm)

1-地面; 2-测量标志; 3-捣固的回填土

图 A.2 五等平面混凝土标石规格

A.3 岩石平面控制点标石

岩石平面控制点标石规格见图 A.3。



岩石标石规格 (单位: mm)

1-测量标志; 2-混凝土

图 A.3 岩石平面控制点标石规格

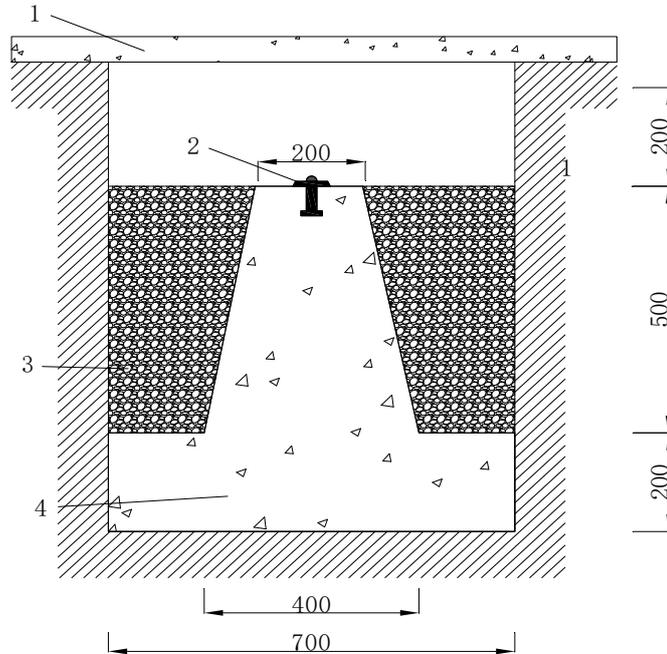
附录 B

(资料性)

基本高程控制点标石规格

B.1 三、四等高程混凝土标石

三、四等高程混凝土标石埋设规格见图 B.1。



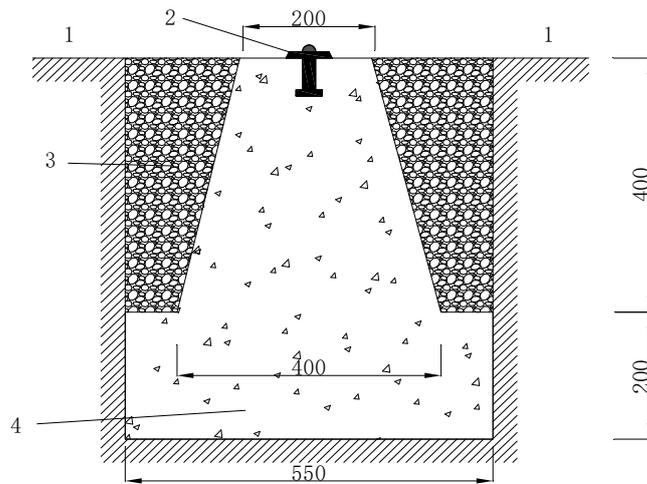
三、四等混凝土标石埋设规格 (单位: mm)

1-保护盖; 2-测量标志; 3-捣固的回填土; 4-钢筋混凝土标石

图 B.1 三、四等混凝土标石规格

B.2 五等高程混凝土标石

五等高程混凝土标石埋设规格见图 B.1。



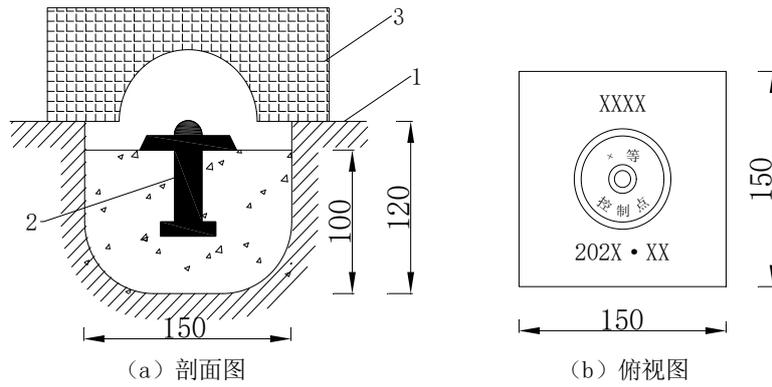
三、四等混凝土标石埋设规格 (单位: mm)

1-地面; 2-测量标志; 3-捣固的回填土; 4-钢筋混凝土标石

图 B.2 五等混凝土标石规格

B.3 岩石高程控制点标石

岩石高程控制点标石规格见图 A.3。



岩石标石规格（单位：mm）

1-岩石面；2-测量标志；3-混凝土保护盖

图 A.3 岩石高控制点标石规格

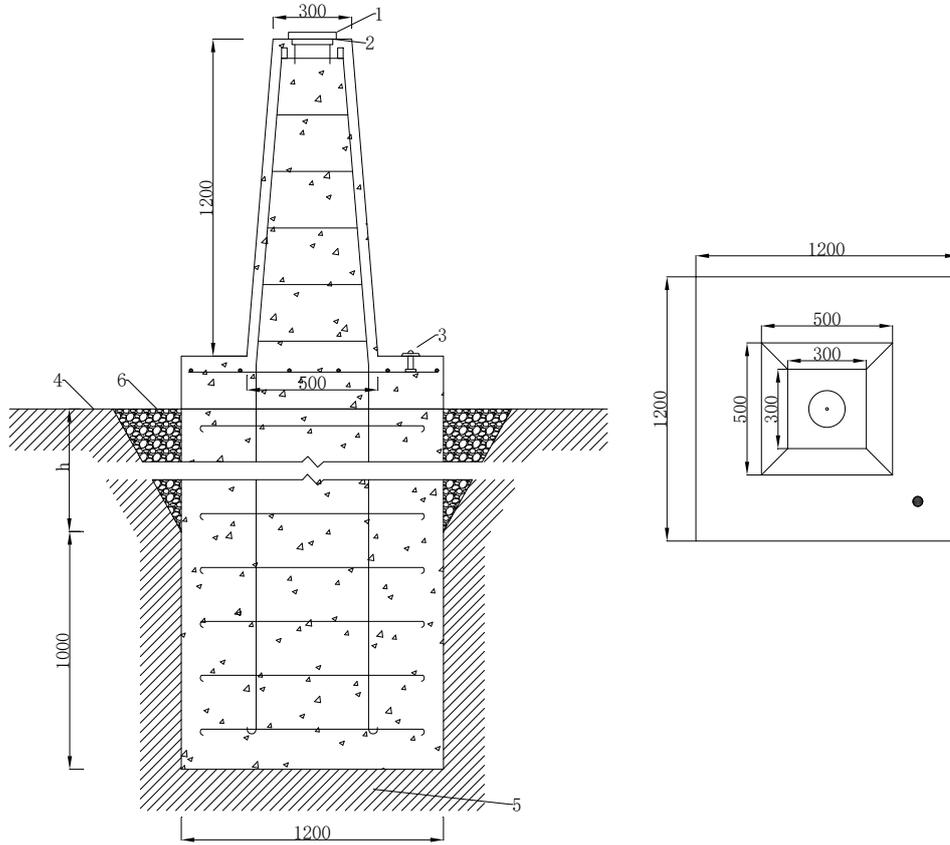
附录 C

(资料性)

施工控制设施

C.1 观测墩

墩柱为梯形柱的观测墩规格见图 C.1。

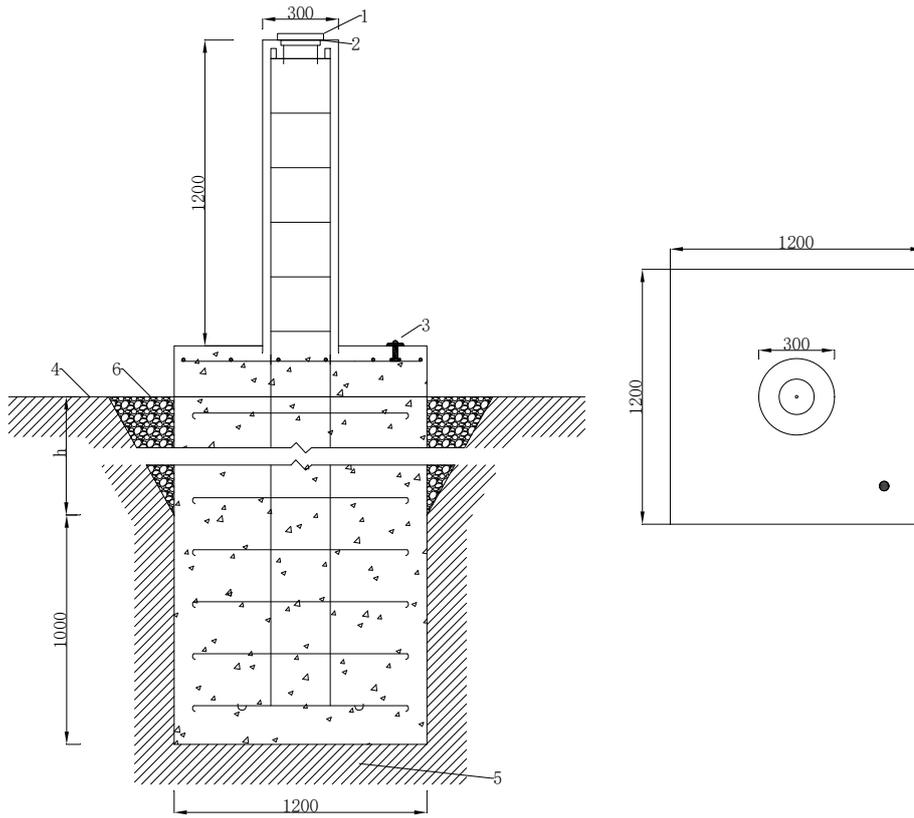


观测墩规格及埋设结构 (单位: mm)

1-保护盖; 2-强制对中盘; 3-水准标芯; 4-地面; 5-稳定原状土层或基岩; 6-捣固的回填土; h-冻土层厚度

图 C.1 观测墩 (梯形柱) 规格

墩柱为圆柱的观测墩规格见图 C.2。



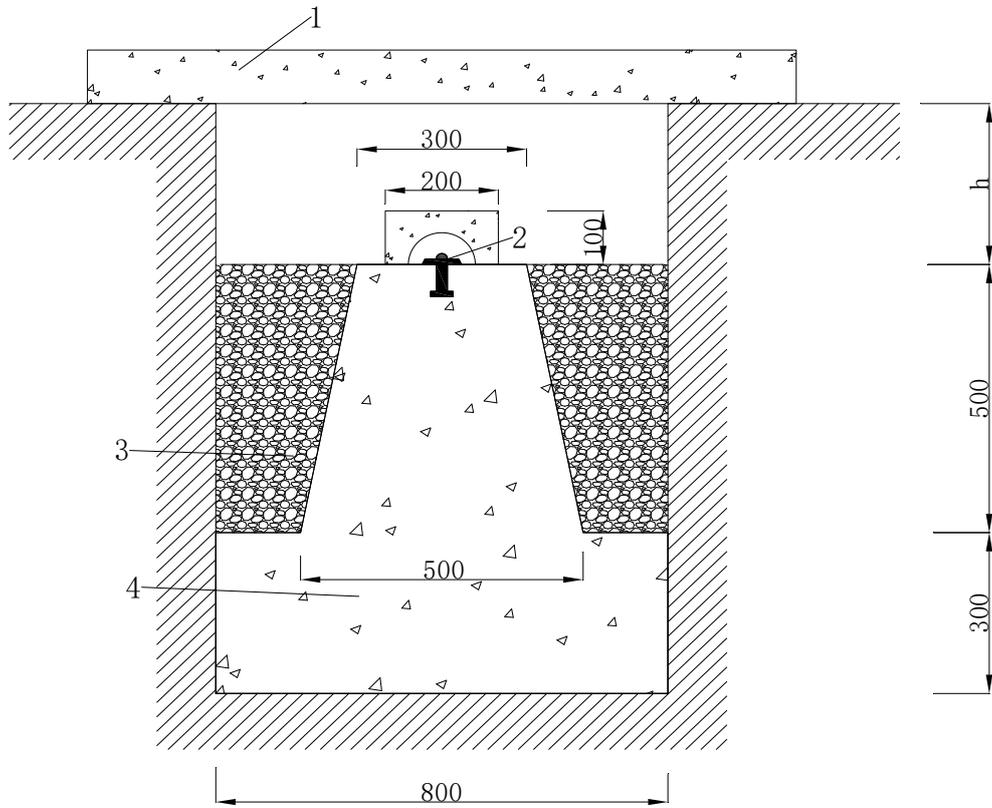
观测墩（圆柱）规格及埋设结构（单位：mm）

1-保护盖；2-强制对中盘；3-水准标芯；4-地面；5-稳定原状土层或基岩；6-捣固的回填土；h-冻土层厚度

图 C.2 观测墩（圆柱）规格

C.2 永久水准点

永久水准点规格见附录 C.3.



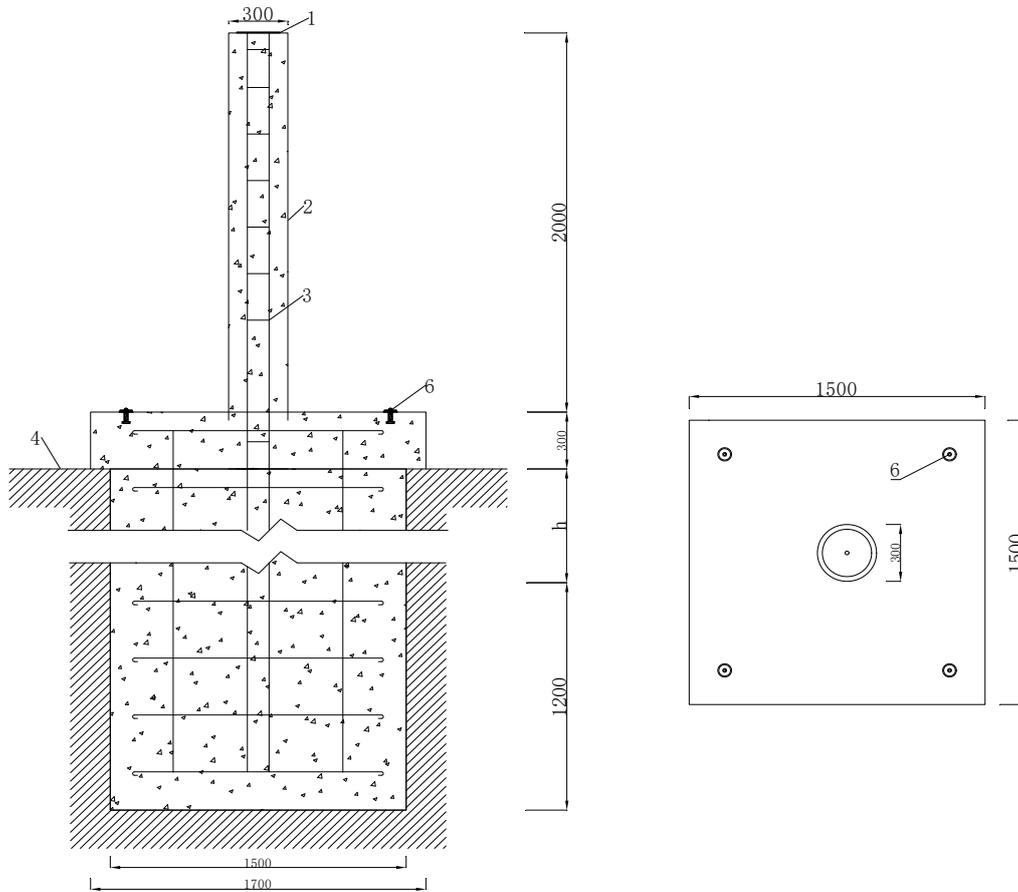
永久水准点标石规格及埋设结构 (mm)

1-保护盖；2-水准标志；3-捣固的回填土；4-钢筋混凝土标石；h-最大冻土层厚度

图 C.3 永久水准点标石

C.3 连续运行基准站

连续运行基准站规格见附录 C.4。



连续运行基准站（单位：mm）

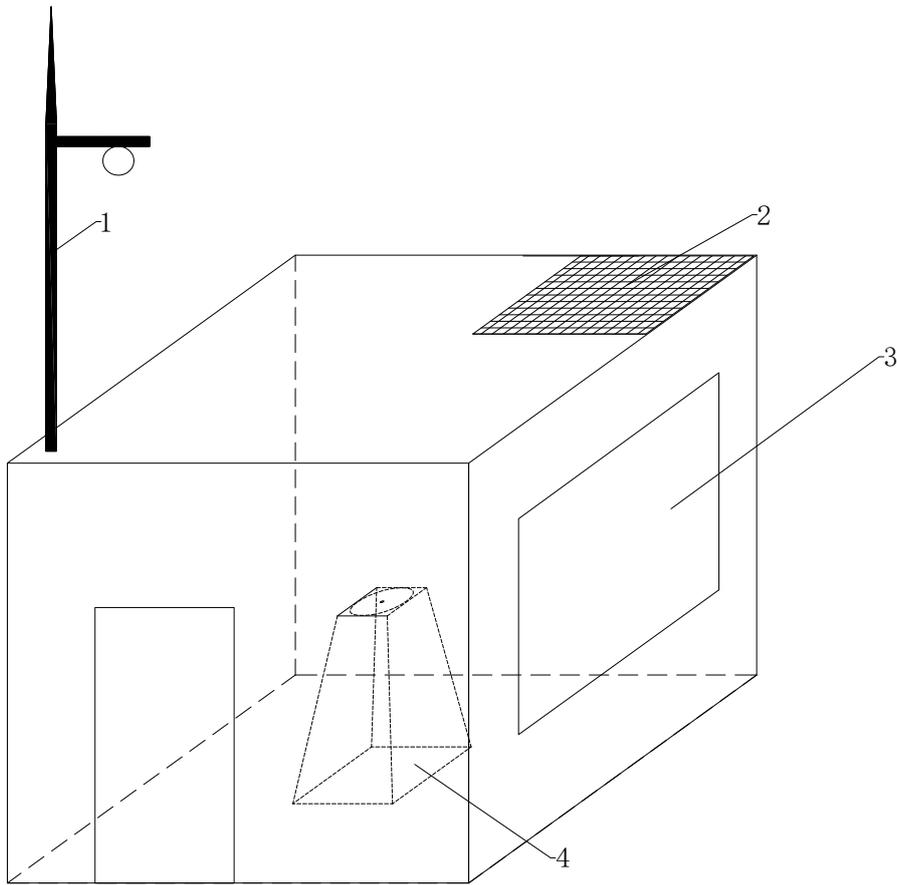
1-强制对中盘；2-墩柱；3-钢筋；4-地面；5-最大冻土层厚度；6-水准标志

图 C.4 连续运行基准站

附录 D
(资料性)
施工辅助设施

D.1 观测房

观测房规格见图 D.1。



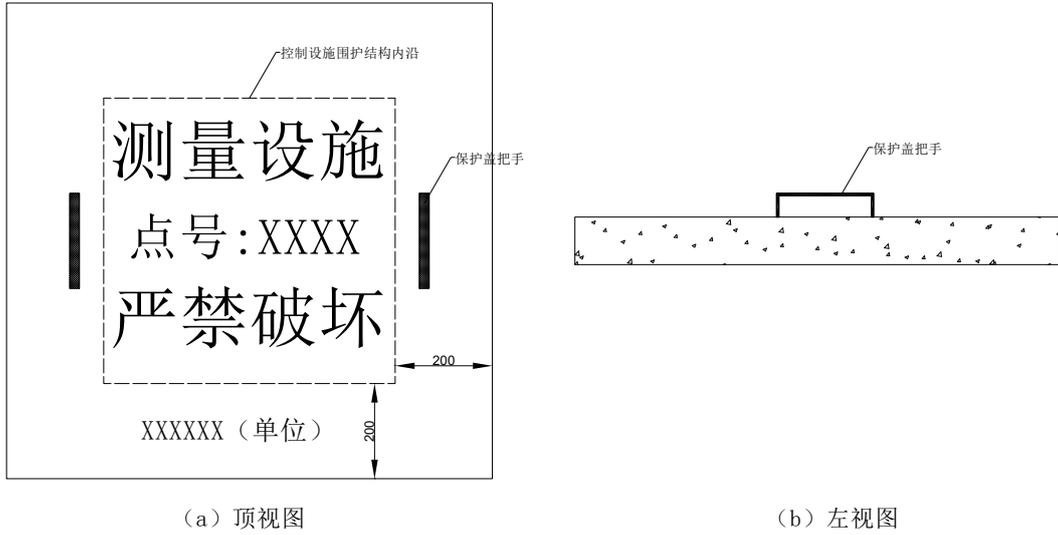
观测房

1-气象观测设施；2-供电系统；3-观测窗；4-观测墩

图 D.1 观测房

D.2 保护盖

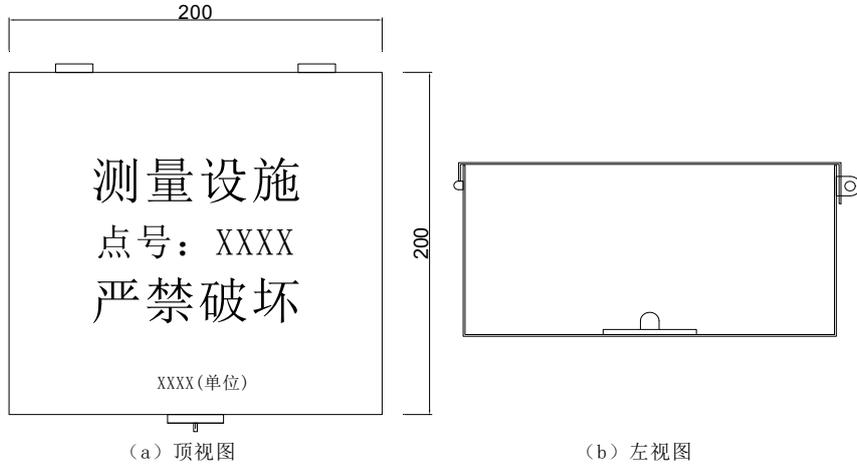
混凝土方形保护盖规格见图 D.2。



混凝土保护盖 (单位: mm)
1-控制设施维护结构内沿; 2-保护盖把手

图 D.2 混凝土保护盖

控制点保护盒规格见图 D.3。



控制点保护盒 (单位: mm)

图 D.3 控制点保护盒

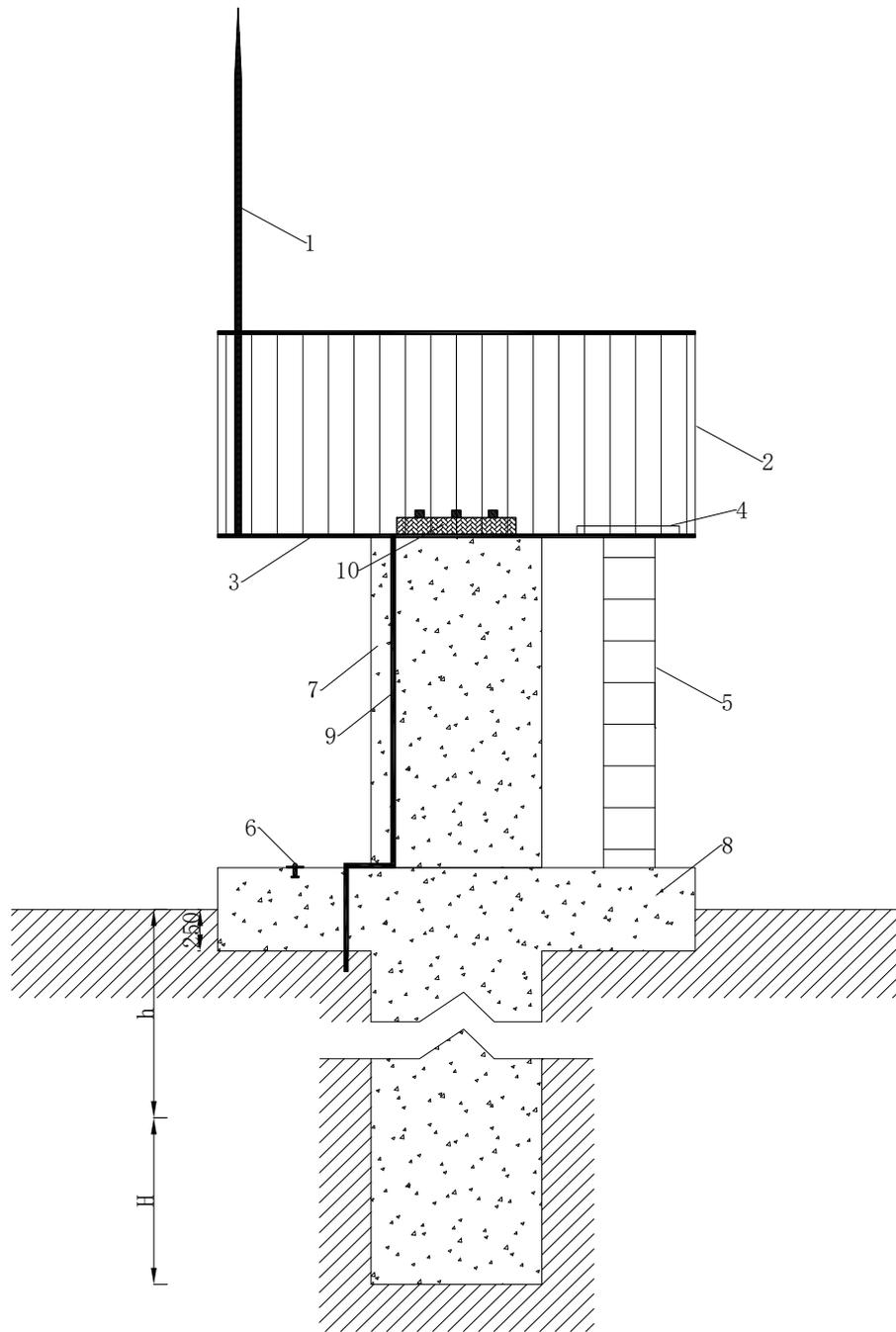
附录 E

(资料性)

监测基准点设施

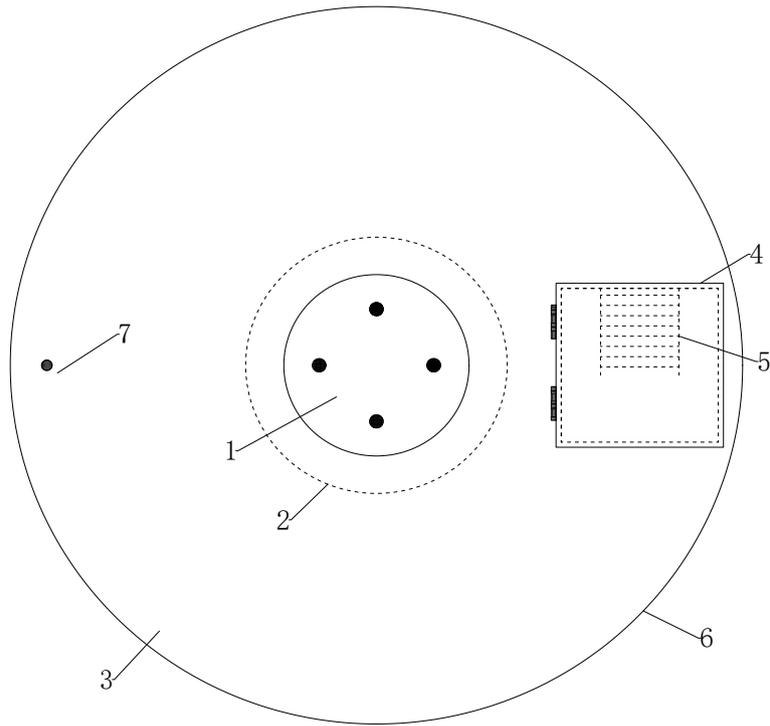
E.1 智能测站

智能测站建设规格见图 E.1。



(a) 智能测站剖面

1-避雷针; 2-防护栏; 3-观测平台; 4-爬梯孔盖; 5-爬梯; 6-水准标心; 7-墩柱;
8-基础平台; 9-防雷接地; 10-设备安装台; h-最大冻土层厚度; H-冻土层以下基础深度



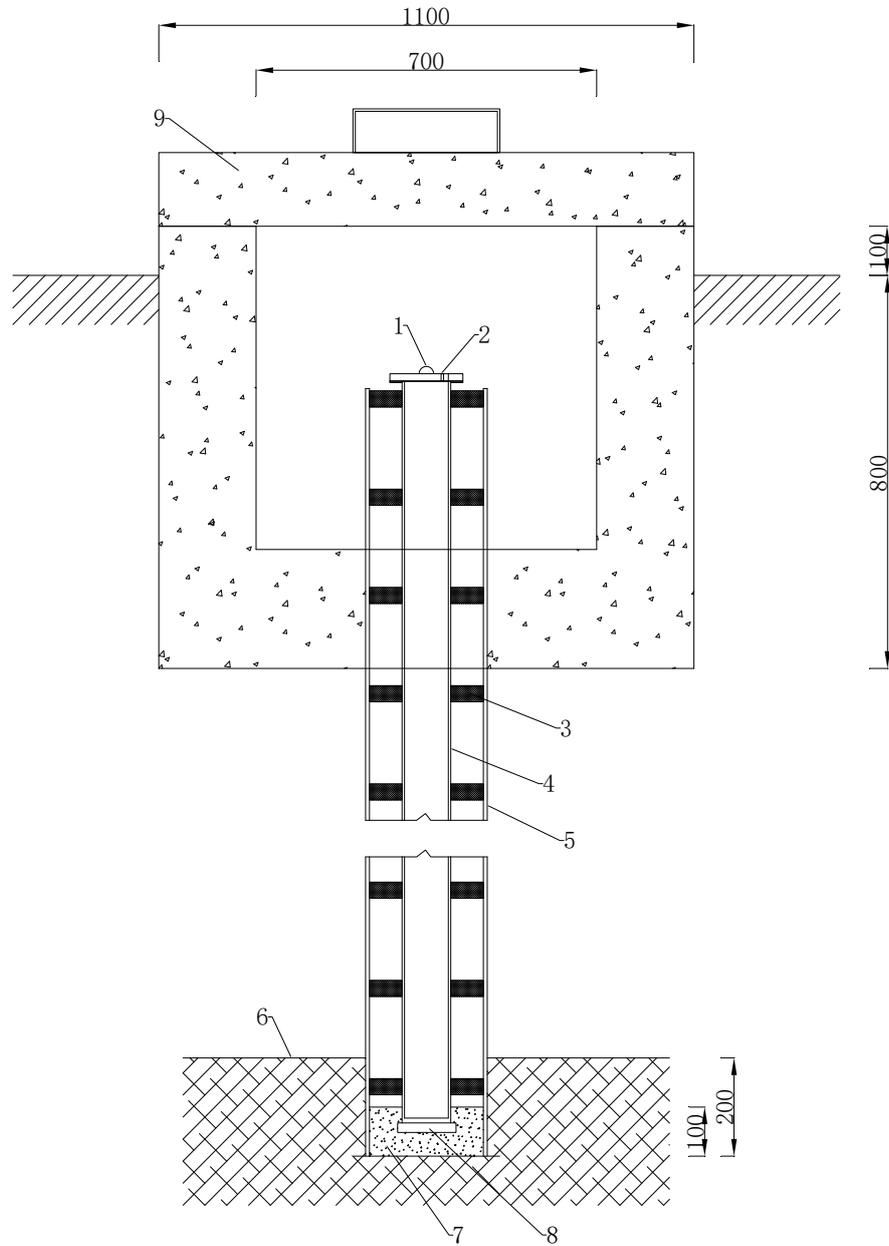
(b) 智能测站顶视图

1-设备安装台；2-墩柱；3-观测平台；4-爬梯孔盖；5-爬梯；6-防护栏；7-避雷针

图 E.1 智能测站

E.2 深埋钢管标

深埋钢管标埋设规格见图 E.2。



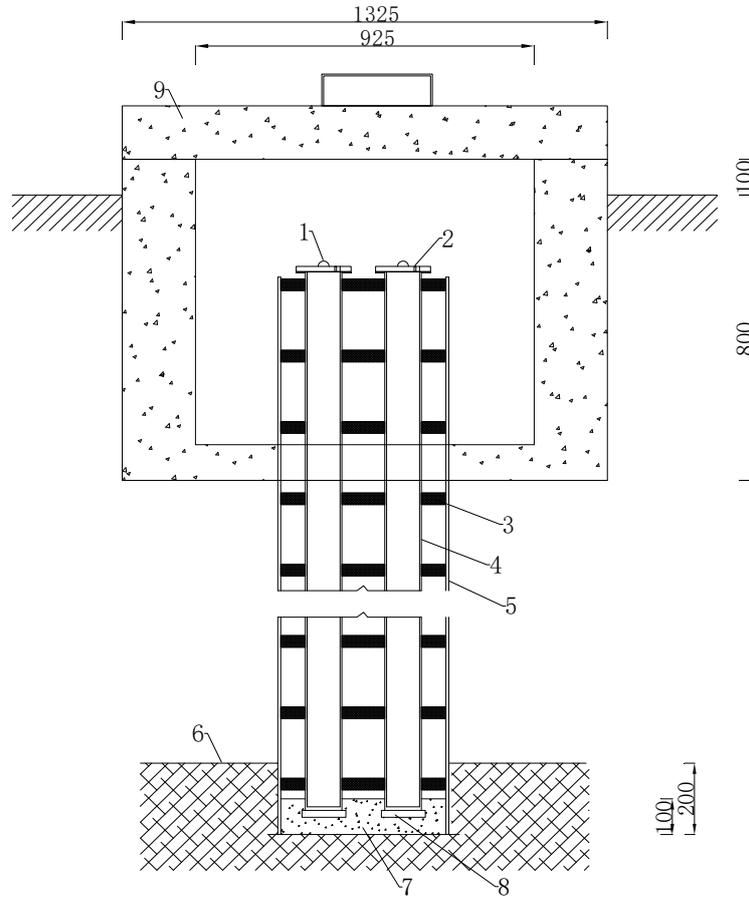
钢管标结构示意图 (单位: mm)

1-标心; 2-测温孔; 3-橡胶环; 4-心管; 5-钻孔护管;
6-基岩或稳定的原状土层; 7-水泥砂浆; 8-心管底板; 9-混凝土盖板

图 E.2 深埋钢管标

E.3 双金属标

双金属标埋设规格见图 E.3。



双金属标结构示意图 单位：mm

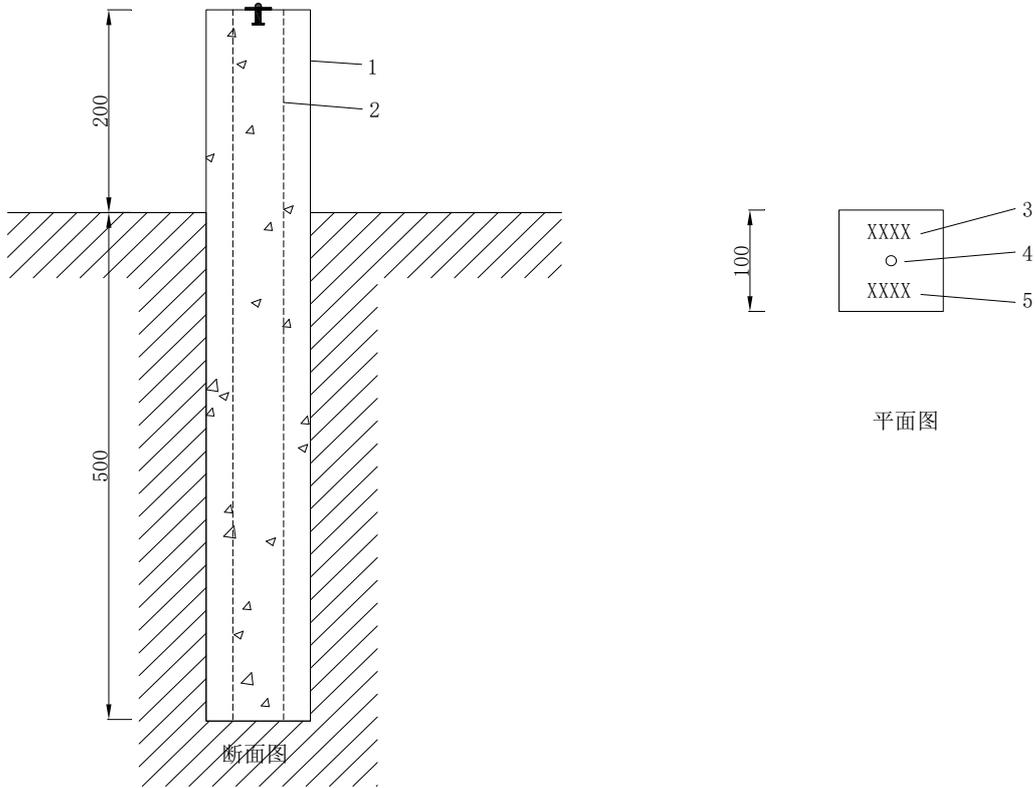
1-标心；2-测温孔；3-橡胶环；4-心管；5-钻孔护管；
6-基岩或稳定的原装土层；7-水泥砂浆；8-心管底板；9-混凝土盖板

图 E.3 双金属标

附录 F
(资料性)
界桩测量设施

F.1 永久界桩

永久界桩埋设规格见图 F.1。



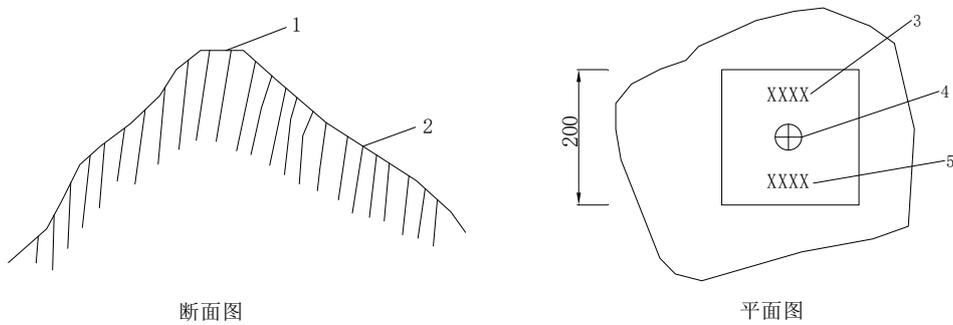
永久界桩标石规格及埋设结构 (mm)

1-标石; 2-钢筋; 3-界桩类型; 4-中心标志; 5-界桩编号

图 F.1 永久界桩规格

F.2 临时界桩

临时界桩(裸露岩上刻凿标志)埋设规格见图 F.2。

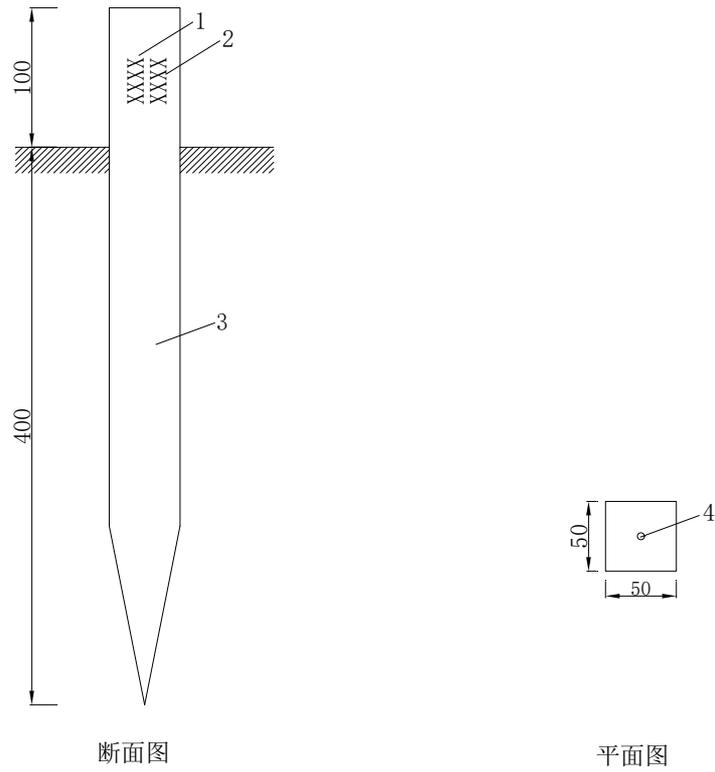


裸露岩上刻凿标石规格 (mm)

1-界桩标志位置; 2-岩石表面; 3-界桩类型; 4-中心标志; 5-界桩编号

图 F.2 裸露岩上刻凿标志

临时界桩（木质桩）埋设规格见图 F.3。

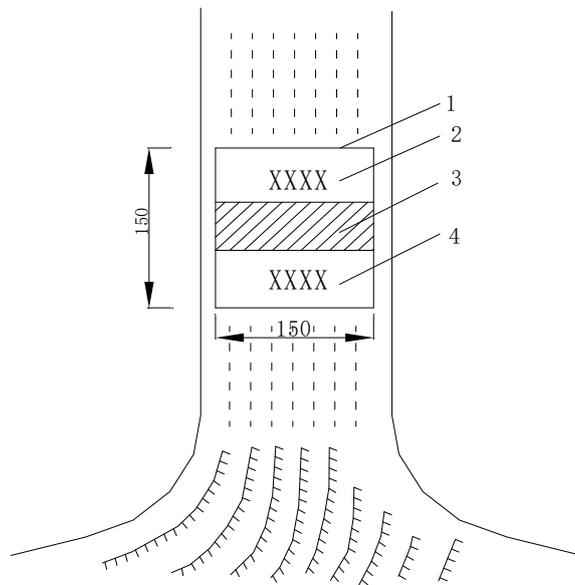


临时界桩（木质桩）规格（mm）

1-界桩类型；2-界桩编号；3-木桩桩体；4-测量标志

图 F.3 木质桩

临时界桩（树干标志）埋设规格见图 F.4。

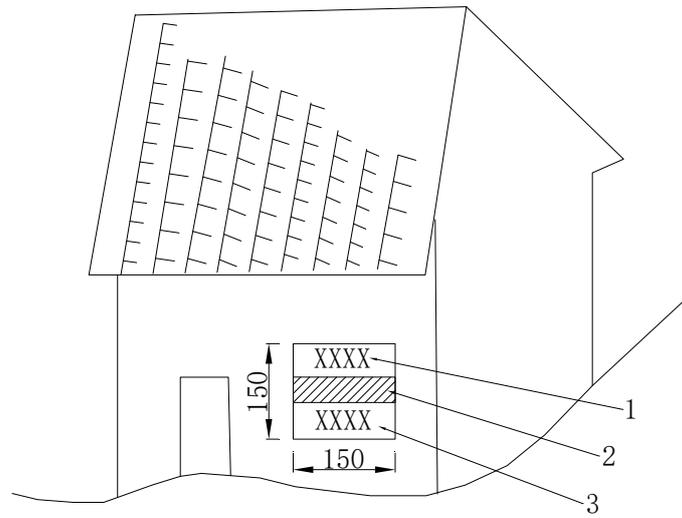


临时界桩（树干标志）规格（mm）

1-削皮处；2-标志类型；3-油漆；4-标志编号

图 F.4 树干标志

临时界桩（墙壁标志）埋设规格见图 F.5。



临时界桩（墙壁标志）规格（mm）
1-标志类型；2-油漆标志；3-标志编号

图 F.5 墙壁标志

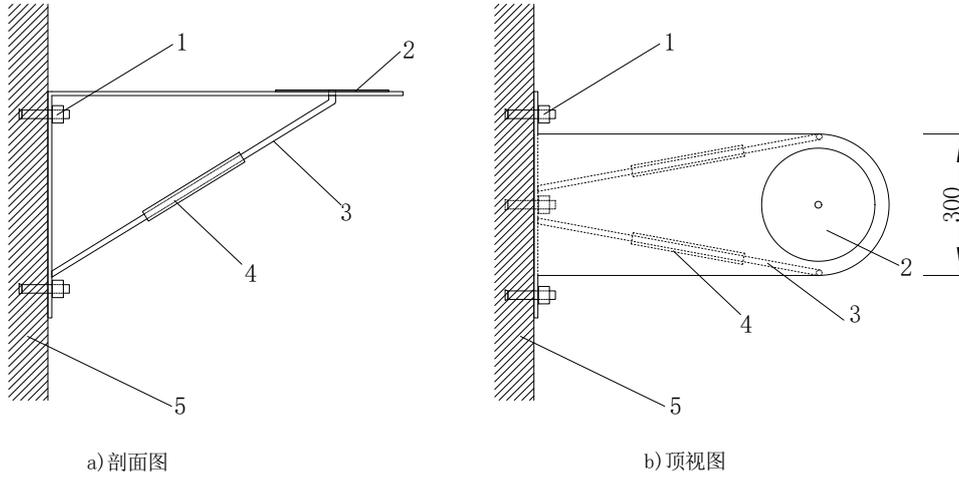
附录 G

(资料性)

洞室测量设施

G.1 金属构件标石

金属构件标石埋设规格见图 G.1。

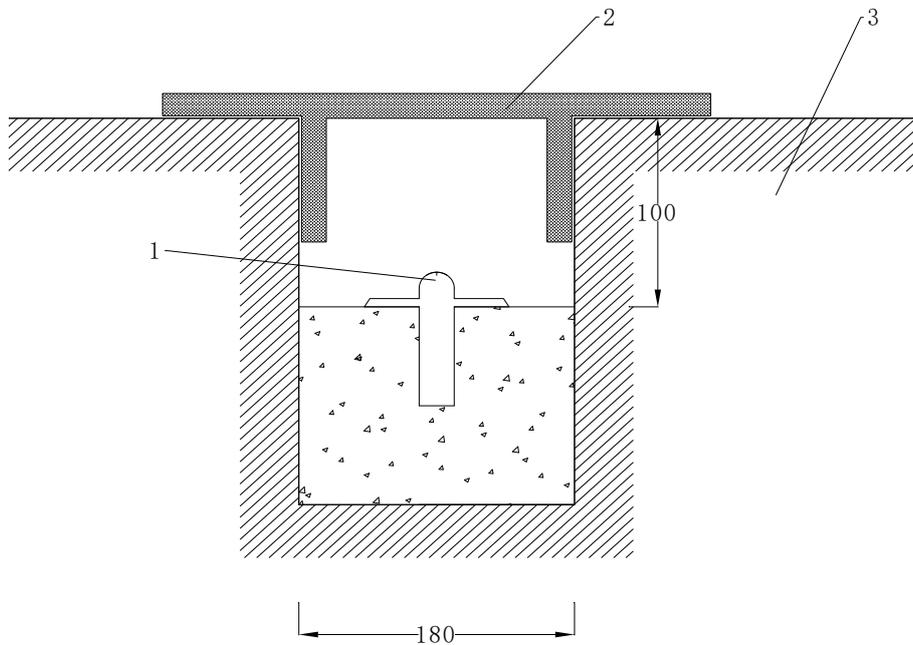


岩壁金属构件观测标志 (单位: mm)
1-膨胀螺栓; 2-对中盘; 3-撑杆; 4-调节杆; 5-洞壁

图 G.1 金属构件观测标志

G.2 洞室底板标石

洞室底板标石埋设规格见图 G.2。

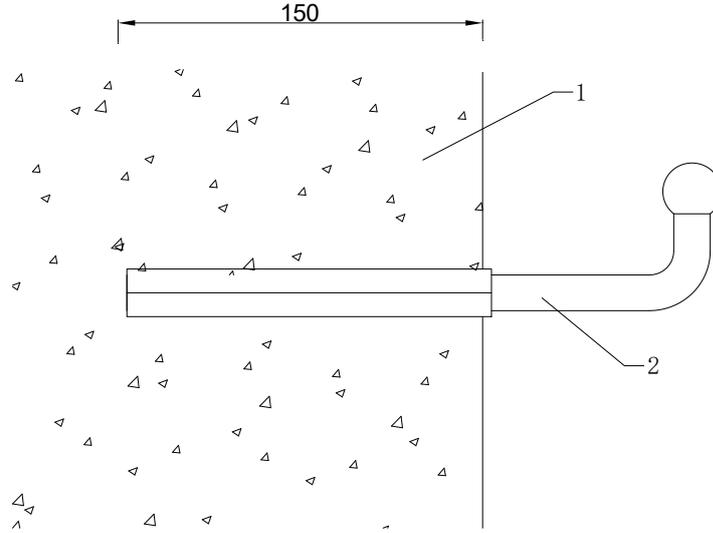


岩基高程基准点 (单位: mm)
1-标心; 2-保护盖; 3-洞室底板

图 G.2 洞室底板标石

G.3 墙上水准标志

墙上水准标志埋设规格见图 G.3。

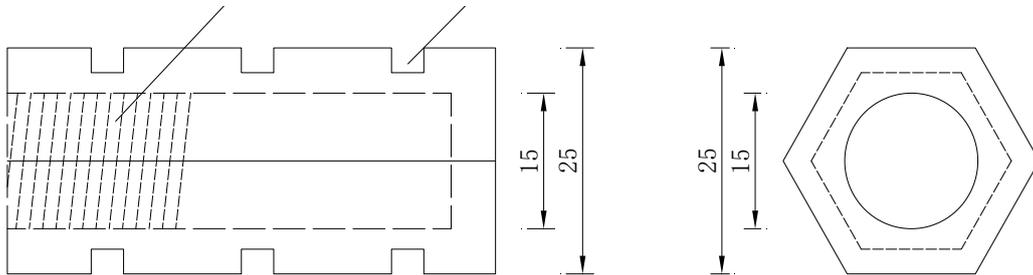


墙上水准标志 (单位: mm)
1-洞壁; 2-标心

图 H. G 墙上水准标志

G.4 预埋套筒标志

预埋套筒标志埋设规格见图 G.4。



预埋套筒标志 (单位: mm)
1-螺孔; 2-凹槽

图 G.4 预埋套筒标志

G.5 高程测量杆件

高程测量杆件规格及安装见图 G.5。

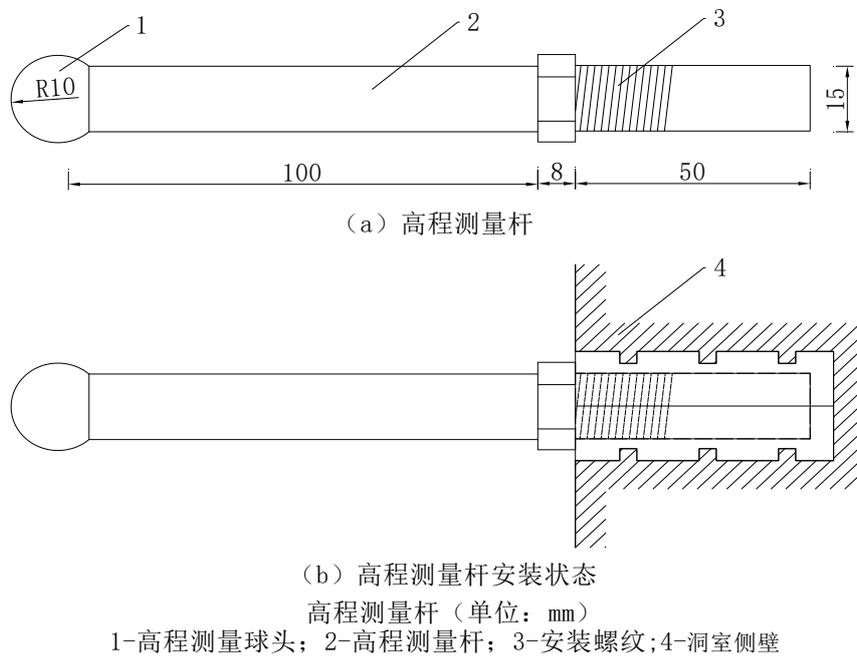
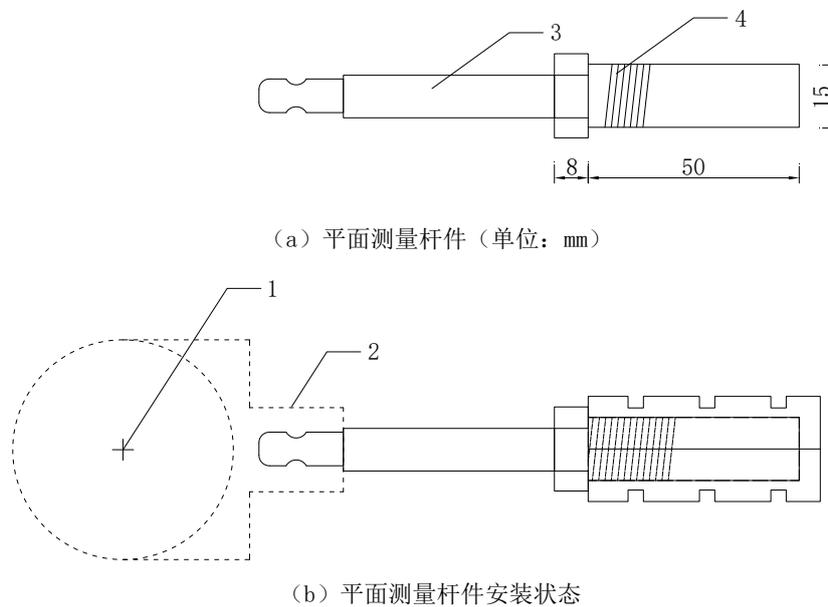


图 G.5 高程测量杆件

G.6 平面测量杆件

平面测量杆件规格见图 G.6。



平面测量杆件 (单位: mm)
1-棱镜中心; 2-棱镜; 3-平面测量杆件; 4-安装螺纹

图 G.6 平面测量杆件

附 录 H

(资料性)

航空摄影便携式标靶

航空摄影便携式标靶

航空摄影便携式标靶式样见图 H.1 所示。

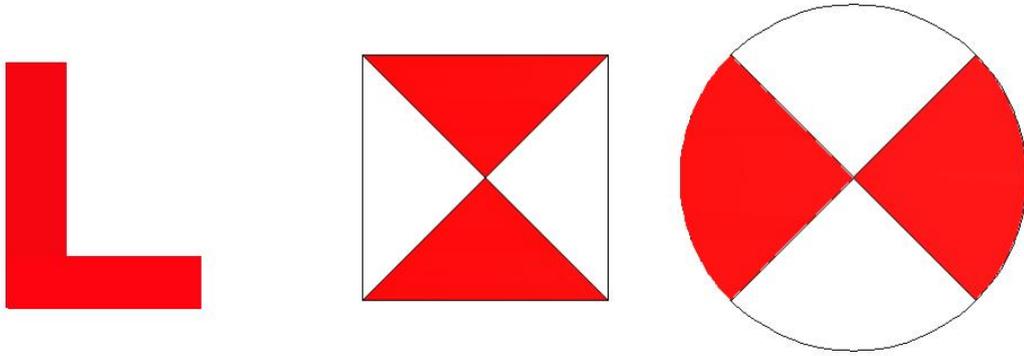
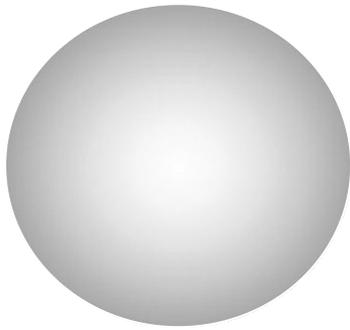


图 H.1 航空摄影便携式标靶

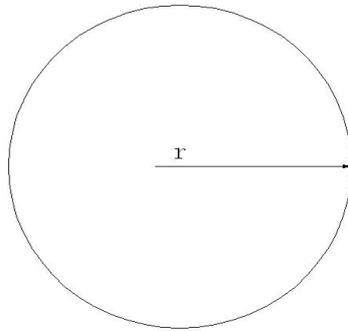
附 录 I
 (资料性)
 三维激光扫描标靶

三维激光扫描标靶

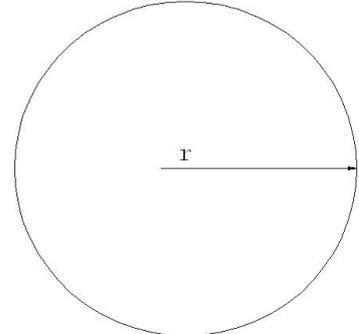
标靶式样见图 I.1 所示, r 为球形、平面标靶的半径。



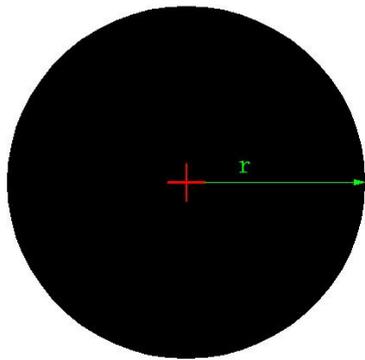
(a)球形标靶标志



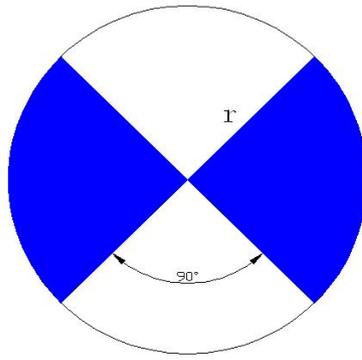
(b)球面标靶俯视图



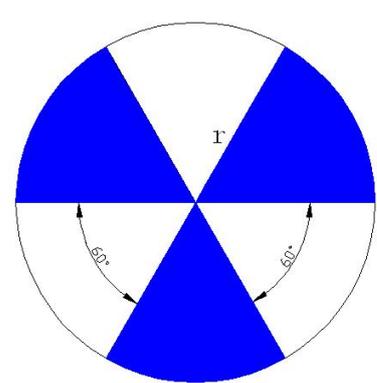
(c)球面标靶立面图



(d)圆形平面标靶标志



(e)圆形 X 型平面标靶标志



(f)圆形菱形平面标靶标志

图 I.1 三维激光扫描标靶