

ICS 93.160
P 57

SL

中华人民共和国水利行业标准

SL 245—2013

替代 SL 245—1999

水利水电工程地质观测规程

Specification for geological observation of
water resources and hydropower engineering

2013-01-29 发布

2013-04-29 实施



中华人民共和国水利部 发布

<https://www.slzjxx.cc>
水利造价信息网

中华人民共和国水利部

关于批准发布水利行业标准公告
(水利水电工程地质观测规程)

2013年第14号

中华人民共和国水利部批准《水利水电工程地质观测规程》
(SL 245—2013)标准为水利行业标准，现予以公布。

序号	标准名称	标准编号	替代标准号	发布日期	实施日期
1	水利水电工程地质 观测规程	SL 245—2013	SL 245—1989	2013.1.29	2013.4.29

水利部

2013年1月29日

http://www.slzx.com.cn
水利造价信息网

前 言

根据水利行业标准制修订计划，按照《水利技术标准编写规定》（SL 1—2002）的要求，对《水利水电工程地质观测规程》（SL 245—1999）进行修订。

本标准共 8 章和 3 个附录，主要技术内容有：

- 制定本标准的目的及其适用范围；
 - 基本规定，对各章节中共性内容进行了统一规定；
 - 地下水观测，包括地下水简易观测、地下水动态观测、资料整理与分析；
 - 边坡变形观测，包括观测布置、观测方法、观测频率与精度、资料整理与分析；
 - 采空区地面沉降观测，包括观测布置、观测方法、观测频率与精度、资料整理与分析；
 - 断裂活动性观测，包括观测布置、观测方法、资料整理与分析；
 - 水库诱发地震监测，包括水库地震监测系统设计与建设、测震台网运行管理、资料整理与分析。
- 本次修订的主要内容有：
- 增加了术语和基本规定；
 - 边坡变形观测中增加了 GPS 观测、分布式光纤传感件观测、声发射观测等新技术应用的内容；
 - 增加了采空区地面沉降观测内容；
 - 将区域构造稳定性观测内容分解为断裂活动性观测及水库诱发地震监测两章。

本标准全文推荐。

本标准所替代标准的历次版本为：

— SL 245—1999

本标准批准部门：中华人民共和国水利部
本标准主持机构：水利部水利水电规划设计总院
本标准解释单位：水利部水利水电规划设计总院
本标准主编单位：水利部长江勘测技术研究所
本标准参编单位：长江空间信息技术有限公司（武汉）
长江三峡勘测研究院有限公司（武汉）
本标准出版、发行单位：中国水利水电出版社
本标准主要起草人：夏金裕 包雄斌 邵中勇 陈开瑞
姜本海 曾新平 吕锋 徐克兴
周习军 杨红
本标准审查会议技术负责人：司富安
本标准体例格式审查人：牟广丞

<https://www.slzjxx.com>
水利造价信息网

目 次

1 总则	1
2 术语	2
3 基本规定	3
4 地下水观测	4
4.1 均下东简易观测	4
4.2 地下水动态观测	5
4.3 资料整理与分析	7
5 边坡变形观测	9
5.1 一般规定	9
5.2 观测布置	10
5.3 观测方法	10
5.4 观测频度与精度	12
5.5 资料整理与分析	12
6 采空区地面沉降观测	14
6.1 一般规定	14
6.2 观测布置	14
6.3 观测方法	15
6.4 观测频度与精度	18
6.5 资料整理与分析	18
7 断裂活动性观测	17
7.1 一般规定	17
7.2 观测布置	17
7.3 观测方法	17
7.4 资料整理与分析	18
8 水库诱发地震监测	19
8.1 一般规定	19

www.cnxixizis.com
水利造价信息网
www.sdl111.com

8.2 水库地震监测系统设计与建设	19
8.3 测站台网运行管理	21
8.4 资料整理与分析	22
附录 A 地下水观测记录表	23
附录 B 沉降变形的精度估计	24
附录 C 移动盆地最大沉降量的计算	26
标准用词说明	28
条文说明	29

<https://www.slzjxx.com>
 水利造价信息网

1 总 则

1.0.1 为统一水利水电工程地质观测技术要求，保证成果质量，根据《水利水电工程地质勘察规范》(GB 50487) 中有关观测的规定，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于水利水电工程地质勘察期间的地下水、边坡变形、采空区地面沉降、断裂活动性的观测和水库诱发地震的监测工作。

1.0.3 水利水电工程地质观测工作的任务是掌握地下水、边坡变形、采空区地面沉降、断裂活动性和水库诱发地震的动态变化规律，为查明有关工程地质条件、评价相关工程地质问题提供资料。

1.0.4 本标准的引用标准主要有以下标准：

《工程测量规范》(GB 50026)

《国家一、二等水准测量规范》(GB/T 12897)

《全球定位系统 (GPS) 测量规范》(GB/T 18314)

《地震台站观测环境技术要求 第一部分：测震》(GB/T

19531.1)

《水利水电工程地质勘察规范》(GB 50487)

《地震台站建设规范 测震台站》(DB/T 16)

1.0.5 水利水电工程地质观测工作除应符合本标准外，尚应符合国家现行的有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 岩石声发射 acoustic emission of rock

岩石在受力变形破裂过程中发射出声波或超声波的现象。

2.0.2 地面沉降 land subsidence

地面在铅直方向发生高程降低的现象。本标准中的“地面沉降”专指采空区塌陷（地下采掘洞穴塌陷）形成的地面沉降。

2.0.3 差分合成孔径雷达干涉测量 (D-InSAR) Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar

在 InSAR 基础上发展起来的，是利用同一地区的两幅干涉图像，通过干涉图差分处理来获取地表微量变形的的方法。

2.0.4 活动断层 active fault

晚更新世（10 万年）以来有活动的断层。

2.0.5 水库诱发地震 reservoir induced seismicity

因水库蓄水引起库盆及库周原有地震活动性明显变化的现象。

3 基本规定

3.0.1 地下水、边坡变形、采空区地面沉降、断裂带动性观测和水库诱发地震监测应符合下列要求：

1 观测网及观测点应在收集工作区已有水文气象、地形地质资料和相应勘察阶段工程地质测绘的基础上布设。

2 观测工作宜随勘察阶段的深入不断完善，逐步加密观测点且宜一点多用。

3 观测手段可根据需要逐步实现观测自动化。

3.0.2 观测工作应符合下列要求：

1 依据观测数据进行渗流和稳定相关参数的反分析。

2 检查工程地质模型和结论的正确性。

3 通过工程地质观测资料的初步分析，对可能危及工程安全的不稳定岸坡、边坡、采空区地面沉降、断裂活动性以及可能发生的水库诱发地震问题随时做出预测预报。

3.0.3 工程地质观测工作宜根据勘察大纲的要求编制观测方案。观测方案宜包括观测目的、内容、方法、布置、频率、精度要求及资料整理与分析等内容。

3.0.4 观测仪器、设备应符合国家标准和行业标准，稳定可靠、先进实用、便于维护，并按计量认证的相关要求进行计量检测。

3.0.5 观测网、点的布置应充分考虑工程的后期利用。

4 地下水观测

4.1 地下水简易观测

4.1.1 地下水简易观测宜利用钻孔、探洞、民井及地下水天然露头进行。

4.1.2 利用钻孔进行地下水简易观测应符合下列规定：

- 1 观测内容应包括钻孔初见水位、钻进过程水位、稳定水位，自流孔的承压水头和流量、水温观测。
 - 2 松散地层中初见水位应在不向孔内送水的条件下观测，并应同时测定初见水位出现时孔深。
 - 3 钻进过程中的地下水水位，应在钻探交接时观测一次，停钻期间应每隔 12h 观测一次。
 - 4 稳定水位观测应在封孔前提出孔内残存水后进行，每 30min 观测一次，直到两次连续观测的水位差值不大于 2cm 时，方可停止观测，最后一次观测值即为稳定水位。
 - 5 自流孔的承压水头，宜采取接管或安装压力表的方法进行观测，并应测量孔口涌水量及水温。
 - 6 钻进过程中发现新的含水层时，应停止钻进，进行临时止水隔离，观测新含水层的稳定水位。
 - 7 当同一钻孔中存在两个或两个以上含水层时，应分别测定稳定水位。记录中应同时附上钻孔结构图及分层观测的安装说明。
- 4.1.3 勘探平洞中的地下水出水点，应根据其水力联系特征分别采取单点分割或引流集中的方法量测其水流量及水温的变化。
- 4.1.4 勘探竖井和民井，应测量其水位、水温，必要时应测量其涌水量。
- 4.1.5 地下水天然露头应测量其高程及水温、流量。
- 4.1.6 地下水简易观测宜使用专用的水位、水温和流量量测器

具进行观测。

4.1.7 对有代表性的地下水出露点及天然露头的水质应进行取样分析。

4.2 地下水动态观测

4.2.1 地下水动态观测内容应包括水位、水质、水温、承压水水头及流量、泉水流量，必要时应观测工作区的降水量和地表水体的水位、水质和水温。

4.2.2 地下水动态观测网应根据水文地质条件和水文地质单元布置，观测线应平行和垂直于地下水流向布置，观测点的选择均应具有一定的水文地质意义及代表性，同时应兼顾施工和观测上的便利。

4.2.3 松散地层宜布设观测线进行地下水动态观测。观测点间距可控制在500~2000m，主要观测线上的观测点不宜少于3个。

4.2.4 岩溶地区宜布设观测网进行地下水动态观测。观测网线距应根据岩溶水文地质条件确定，点距宜控制在200~1000m。

4.2.5 地下水可能集中渗漏带、高水头承压水和地下洞室高外水压力分布地段，应根据需要进行地下水动态观测。

4.2.6 边坡岩、土体的地下水动态观测点位置和数量应根据评价和预测边坡稳定性的需要确定，并宜与变形观测布置相结合。

4.2.7 观测孔安装应符合下列规定：

- 1 观测孔宜采用限管钻进或潜水钻进。
- 2 基岩观测孔安装前应进行冲洗。
- 3 分层观测孔应进行止水，并检查止水效果，分层观测孔可采用同孔并列或同孔同心式设置观测管。
- 4 观测管下入深度应考虑地下水位的最大变幅。
- 5 松散地层中的观测孔，应设置滤水管，滤水管外侧回填的砂砾石厚度不宜小于20mm。
- 6 孔口应设置固定标志，其高程不宜低于五等水准精度。
- 7 孔口应设保护装置。

4.2.8 承压水自流孔宜采用安装压力表的方法量测水头，并应设置相应的孔口保护装置。

4.2.9 地下水水位观测周期和频次应符合下列规定：

1 观测点宜每周观测一次，经过一个水文年后，可改为每两周观测一次，雨季或洪水期应加密观测，暴雨后应每天观测一次，延长时间不宜少于一周。

2 每一次地下水水位观测应重复施测，直至两次观测值之差不大于2cm。地下水水位观测值以m为单位测记。

4.2.10 地下水水质观测应符合下列规定：

1 丰水期、枯水期应在有代表性的观测点分别取水样进行水质筒分析。全年不宜少于6次。

2 每个含水层每次取水样点不宜少于3个，不同含水层应分别取样。

3 地下水取样的同时还应对附近的地表水体取样。

4 水质全分析可根据环境水文地质条件及工程需要决定取样地点、数量及特殊的试验项目等。

4.2.11 地下水水温观测应符合下列规定：

1 应选择有代表性的观测点进行水温观测，且宜与地下水水位观测同时进行。

2 地下水水温的观测次数可根据口的与要求确定。

3 地下水水温观测宜采用缓变水温计或热敏电阻温度计。缓变水温计置入水中时间不应少于10min，热敏电阻温度计不应少于3min，读数精度均应达到0.1℃。

4 地下水水温观测宜在含水层中部进行，观测部位应固定。

5 地下水水温每一次观测应重复2次，其差值不应大于0.2℃。

4.2.12 泉水观测应符合下列规定：

1 泉水流量宜采用量管法和堰测法施测，当泉水流量特大时，可采用流速法施测。

2 在泉水出口处修建引水和量水设施时，引水系统不应影

响涌水量、水温、水质的观测精度。

3 泉水流量观测每月应不少于1次，降雨特别是暴雨后应加密观测。

4.3 资料整理与分析

4.3.1 原始观测资料应进行现场校对、核实，发现问题及时解决，记录表格应符合附录A的规定。

4.3.2 观测资料的整理应包括下列内容：

1 计算地下水水位、水质、水温、流量、流量、地表水体水位等动态要素的物理量。

2 绘制动态要素的过程线、分布图、关系曲线图。

3 统计动态要素特征值，主要包括各动态要素的年最大值、最小值、平均值、观测周期及变化率等，并标出年最大值、最小值的出现时间。

4.3.3 应同时对观测资料进行分析，主要包括动态要素的时空变化规律，动态要素特征值的变化规律及其相关关系。

4.3.4 资料整编应包括下列内容：

1 考证资料。

2 审核观测资料。

3 编制成果图表。

4 编写资料整编说明。

4.3.5 考证资料应包括下列内容：

1 观测点的类别、位置及编号。

2 观测点附近影响观测精度的环境变化。

3 观测点的变动情况。

4 观测孔孔深、淤积、洗孔、灵敏度试验情况。

5 高程测量（包括引测和凌测记录）。

6 测具的校测情况。

4.3.6 审核观测资料应包括下列内容：

1 观测方法、误差。

- 2 原始记录的填写格式。
- 3 测具校测和高程校测的结果以及由此导致的观测数值修正。

4.3.7 编制的成果图、表宜包括下列内容：

- 1 观测点网平面、剖面分布图。
- 2 各动态要素观测成果表。
- 3 地下水动态要素过程线图、分布图和各种关系曲线图。
- 4 动态要素多年变化综合曲线图。
- 5 地下水水位、泉水流量特征值统计表。

4.3.8 资料整编说明宜包括下列内容：

- 1 资料整编的内容、方法及观测工作量。
- 2 观测点网的布置、调整和变更情况。
- 3 观测方法、精度和测具校测情况。
- 4 观测资料的质量评价。
- 5 观测资料阶段成果及结论。
- 6 存在问题及改进意见。

5 边坡变形观测

5.1 一般规定

- 5.1.1 边坡变形观测内容应包括边坡地表变形及内部垂直位移、水平位移和相对位移。
- 5.1.2 边坡变形观测同时，应开展地下水水位等因素的观测工作。
- 5.1.3 变形观测网的网点，宜包括基准点、工作基点和变形观测点。其布设方法和观测精度应符合 GB 50026 的相关规定。应同时在内部位移观测点对应的地表设置地表变形观测点。
- 5.1.4 水平位移基准网宜采用独立坐标系，必要时可与国家坐标系系统联测。垂直位移基准网宜采用工程区原有高程系统，并应布设成环线。
- 5.1.5 水平位移观测网基准点、工作基点、变形观测点宜增设为带有强制归心装置和观测墩。垂直位移基准点、工作基点宜埋设在裸露基岩上或原状土层内，垂直位移变形观测点可埋设在水位观测墩墩底部基座上。
- 5.1.6 边坡变形观测所使用的仪器设备应与观测精度要求相适应。
- 5.1.7 边坡变形观测的精度和方法应根据边坡变形的不同阶段适当调整。
- 5.1.8 变形观测数据的表达形式，应符合下列规定：
- 1 水平位移：与主滑方向一致为正，反之为负。
 - 2 垂直位移：下降为正，上升为负。
 - 3 裂缝张合：张开为正，闭合为负。
- 5.1.9 对一旦失稳造成严重后果的边坡，当变形速率和变形值出现异常时，应加强观测，并及时分析整理观测资料，立即上报。

5.2 观测布置

5.2.1 水平与垂直位移观测网基准点应设置在边坡变形影响范围以外的稳定地带，并应满足观测精度的要求。每个项目至少应布设3个基准点；工作基点宜埋设在方便观测和稳固的基础上；观测点应与边坡的岩土体相结合。

5.2.2 观测点应根据边坡的变形范围、变形特征和地形地质条件等布设。

5.2.3 地表变形观测点的分布密度、间距和形式，应根据地形和边坡的规模、形态特征等确定。对于大型边坡和滑坡体，观测点的密度宜为 $10\sim 90$ 点/ km^2 ，间距宜为 $100\sim 400\text{m}$ ；观测点宜沿不稳定边坡和滑坡体的纵、横方向成网格形排列，纵向观测线不宜少于3条，横向观测线不宜少于2条。

5.2.4 滑坡裂缝观测点可布设在具有代表性的最大裂缝处及可能的破裂面部位。设点处其两侧岩土体宜相对完整，并避开风化严重的岩层和孤石。

5.2.5 内部位移观测点宜沿地表位移纵向观测线布设，观测点不宜少于2个。

5.2.6 在勘探平洞中，可采用多点位移计或收敛计对滑动面位移进行观测。

5.3 观测方法

5.3.1 边坡变形观测方法宜包括地质巡视、简易观测、工程测量、埋设仪器观测，也可采用分布式光纤观测、声发射监测等。

5.3.2 地质巡视宜包括下列内容：

- 1 裂缝的发生与发展变化。
- 2 边坡及其附近地表水体、泉点数与泉水流量。
- 3 边坡和坡顶上建筑物的变形。
- 4 沟谷、路堑边坡的岩土体滑动。
- 5 悬崖或高陡边坡的崩石频度与崩石量。

6 暴雨、洪水引发的滑坡体和崩塌体的个数、方量。

5.3.3 地质巡视记录应符合下列规定：

1 每一次地质巡视均应做好详细、全面的现场记录。

2 现场记录宜附素描图和照片，必要时应附录录像资料。

3 现场记录应随时整理，及时分析边坡的稳定状态，必要时提出加强监测和处理的建议。

5.3.4 简易观测应符合下列规定：

1 地表裂缝宽度可用钢尺在缝口直接量测。裂缝宽度的变化，宜采用在缝两边设置固定观测点，并定期量测点间距离的方法来确定。裂缝宽度应精确到 0.1mm。

2 地表裂缝两侧三向位移宜采用三点或多点的方法进行观测，测缝标志点间的距离应大致相等，量测的距离应精确到 0.1mm。

3 勘探平洞基本完工后，应及时沿洞壁以及洞壁与洞底的交线附近分别埋设玻璃条和砂浆条带，应定期观测错开的位置、时间、距离和方向。砂浆条带的强度宜为 M7.5~M10。

4 对勘探平洞中明显张开和错位的裂缝或滑移面，应在其两侧埋设固定桩、点，定期量测其距离变化，以求得滑移体的水平位移和垂直位移。量测桩、点间的距离应精确到 0.1mm。

5.3.5 工程测量观测应符合下列规定：

1 水平位移采用视准线法测量时，不稳定边坡或滑坡的宽度不宜超过 800m，在宽度方向上应具有较好的通视条件，并在其两端存在有可供选择的稳定测站点；观测方法应符合 GB 50026 的规定。

2 在地形条件比较复杂的情况下，水平位移宜采用交会法施测。

3 对地表的水平位移，在观测条件满足要求时宜采用 GPS 方法观测，观测仪器宜采用 GPS 双频接收机，具体可按 GB/T 18314 规定执行，观测精度宜不低于 C 级网的精度要求。

4 垂直位移宜采用精密水准法测量，观测中观测点应起测

基点的联测应采用国家二等水准标准，具体可按 GB/T 12897 规定执行。

5 当水准测量难以实施时，垂直位移可采用三角高程法测量。

5.3.6 埋设仪器观测可采用钻孔倾斜仪、钻孔多点位移计和伸缩仪（收敛计）。钻孔倾斜仪孔深应达到滑面或潜在滑面以下 5m 左右，主测方向应与预计的主滑方向基本一致；多点位移计与伸缩仪的测线方向也应与深层滑动的主滑方向一致。

5.3.7 对重要边坡，可采用分布式光纤观测。

5.3.8 对有崩塌危险的岩质边坡，可采用岩体声发射监测。

5.4 观测频度与精度

5.4.1 地质巡视与简易观测可每两个月观测一次，雨季或汛期每一个月观测一次，暴雨和有感地震过后宜及时进行观测。

5.4.2 工程测量观测点可每两个月观测一次，雨季或汛期每个月观测一次，工作基点的稳定性宜每季度检测一次，观测网每年观测一次。

5.4.3 埋设仪器观测可每月观测一次，雨季或汛期每两周观测一次。

5.4.4 当边坡位移有明显异常时，应加密观测。

5.4.5 分布式光纤监测宜采用自动监测。

5.4.6 声发射监测宜采用自动连续监测。如采用人工监测，观测周期宜为 7~14d，每次宜连续观测 5~10min。

5.4.7 变形观测应按 GB 50026 的规定执行，精度应符合下列要求：

- 1 位移量中误差为±3.0mm。
- 2 裂缝宽度张合量量测中误差为±1.0mm。

5.5 资料整理与分析

5.5.1 观测资料整理与分析应包括下列内容：

- 1 原始观测数据的检查。
 - 2 观测资料的日常整理与分析。
 - 3 编写观测报告。
- 5.5.2 原始观测数据的检查应符合下列要求：
- 1 现场作业方法符合要求。
 - 2 各项观测数据的检查结果在限差之内。
 - 3 数据记录准确、齐全、清晰。
 - 4 对检查中发现的问题在现场逐一解决。
- 5.5.3 观测资料的日常整理应包括下列内容：
- 1 计算水平位移、垂直位移、裂缝宽度等观测物理量，并记入相应的记录表
 - 2 绘制观测物理量过程线、分布图及变形关系曲线。
 - 3 统计观测物理量特征值。
- 5.5.4 观测物理量分析应包括下列内容：
- 1 观测物理量随时间、空间变化的规律。
 - 2 观测物理量统计特征值的变化规律。
 - 3 观测物理量之间的相关性。
 - 4 观测物理量变化趋势及今后可能给工程带来的不利影响等。
- 5.5.5 观测报告宜包括下列内容：
- 1 工程规划设计情况及边坡勘察工作量。
 - 2 地形、地质概况。
 - 3 边坡变形观测工作情况，包括观测网点的布置、维护、完好率、变更情况，以及仪器设备、量测工具的检测情况、观测工作量等。
 - 4 地质巡视观测情况及主要成果。
 - 5 观测数据分析方法说明。
 - 6 观测资料整理的成果图表。
 - 7 观测成果分析及结论。
 - 8 观测工作中存在的问题及今后改进的建议。

6 采空区地面沉降观测

6.1 一般规定

6.1.1 采空区地面沉降观测内容应包括地表的垂直位移、水平位移、地表裂缝的张合以及地下水动态变化。

6.1.2 采空区地面沉降观测所使用的仪器、设备，应与观测精度要求相适应。

6.1.3 观测数据的表达形式，应符合下列规定：

- 1 水平位移：向沉降中心方向为正，反之为负。
- 2 垂直位移：下降为正，上升为负。
- 3 裂缝张合：张开为正；闭合为负。

6.2 观测布置

6.2.1 采空区地面沉降观测网基准点的设置与埋设应符合5.2.1条的规定。

6.2.2 观测点位应根据采空区地形地质条件、地面沉降的范围和特征等布设，并应符合下列规定：

1 老采空区应分别在采空区移动盆地的中间区、内边缘区、外边缘区及采空区的影响带布置观测点。

2 现采空区除应符合老采空区布置原则外，还应结合矿床地层走向、倾向、断裂的展布等地质条件以及开采方式，在预测的移动盆地范围内布置观测点。

6.2.3 观测线的布置应根据地形、采空区范围及形态特征确定，并应符合下列规定：

1 观测线应平行和垂直矿层走向布置，应至少有一条测线通过预测的移动盆地中心部位。

2 观测线上观测点的布置，应采用测区平均布点与移动盆地内边缘区加密布点相结合的方法，由外边缘区与中间区向内边

缘区密度逐渐加大，每条观测线的观测点不应少于3个。

6.2.4 裂缝观测点应布置在地表裂缝和建筑物变形破坏部位。

6.2.5 地下水动态观测根据需采布置，其位置宜结合地面沉降观测点选择。

6.3 观测方法

6.3.1 采空区地面沉降观测宜采用地质巡视、简易观测、工程测量等方法，必要时也可采用位移计和差分合成孔径雷达干涉测量（D-InSAR）方法观测。

6.3.2 地质巡视宜包括下列内容：

1 采空区地表裂缝、涌流、台阶的发生与发展。

2 采空区及其附近地表水体及泉水点数与泉水流量。

3 采空区工程建筑物与民房的变形破坏。

6.3.3 地质巡视记录应符合5.3.3条的规定。

6.3.4 简易观测除应符合5.3.1条的规定外，尚应符合下列规定：

1 地表台阶的阶高与阶宽，可采用钢尺直接量测。台阶的位置宜在台阶地表水平向与垂直向设置固定观测点观测。

2 地表陷坑的深度、长度、宽度，可用钢尺直接量测；陷坑范围及三维位移宜在陷坑沉降中心以及周边地表设置固定观测点进行观测。

3 条件具备时，可通过浅井或探槽进行裂缝观测。

6.3.5 工程测量方法应符合5.3.5条的规定。

6.3.6 观测范围较大时，可采用全球定位系统（GPS）观测，观测网布置应满足观测精度要求。

6.3.7 必要时，应对采空区及其附近范围进行地表水及地下水观测，观测内容、方法及资料整理与分析应符合第4章的有关规定。

6.3.8 大范围的采空区可用差分合成孔径雷达干涉测量（D-InSAR）方法观测。

6.4 观测频度与精度

6.4.1 地质巡视、简易观测、工程测量等的观测频度宜为每月一次。

6.4.2 观测精度应符合下列规定：

- 1 简易观测允许中误差为 $\pm 1.0\text{mm}$ 。
- 2 工程测量水平位移允许中误差为 $\pm 6.0\text{mm}$ 、垂直位移允许中误差为 $\pm 1.0\text{mm}$ 。

6.4.3 沉降变形的精度估计可参照附录 B 的规定。

6.5 资料整理与分析

6.5.1 资料整理与分析应包括观测资料日常整理和观测报告编写。

6.5.2 观测资料日常整理的内容应符合 5.5.3 条规定。

6.5.3 观测报告应包括下列内容：

- 1 采空区概况，包括采空区地形地质条件、矿层分布、开采过程和方式等。
- 2 地面沉降现状，包括地面沉降的形态、范围、地表及建筑物的变形破坏情况等。
- 3 地面沉降观测概况，包括观测网及观测点的布置、维护、完好率、变更情况，以及仪器设备、量测工具的校测情况。
- 4 观测成果，包括观测资料统计图表、移动盆地最大沉降量、地面沉降的变化规律及发展趋势预测等，其中移动盆地最大沉降量的计算可参照附录 C 的规定。
- 5 结论与建议。

7 断裂活动性观测

7.1 一般规定

7.1.1 断裂活动性观测应在收集分析区域地质、地震和断裂活动性等资料的基础上进行。

7.1.2 断裂活动性观测应包括断层位移及其变化趋势。

7.2 观测布置

7.2.1 综合形变观测站点宜选择主断裂有代表性地段横跨断裂布置。设站处断裂应出露清楚、活动迹象明显并兼顾设站和交通、通信方便。

7.2.2 观测点应跨断裂两盘布置于坚固稳定的基础上，宜一点多用。

7.2.3 跨断裂水准点、跨断裂三角网和 GPS 点位的布设除应符合前两条要求外，尚应分别符合 GB/T 12897 和 GB/T 18314 的有关规定。

7.2.4 跨断裂短基线、水管倾斜仪和伸缩仪观测宜在横跨断裂的洞室内进行，观测线可垂直断裂和与断裂成 30° 左右交角布置，洞内要求相对恒温并减少环境干扰。

7.2.5 在地形陡峻的河谷岸坡，设置断裂形变观测点，应考虑岩体重力变形的影响。

7.3 观测方法

7.3.1 断裂活动性观测方法宜包括跨断裂短水准线路、跨断裂短基线、跨断裂测距和三角网、GPS 网、水管倾斜仪和伸缩仪等。

7.3.2 跨断裂短水准线路观测，应按一等水准测量精度进行，当地形陡峻时可采用三角高程测量方法观测，测量应符合 GB/T

12897 的相关规定。

7.3.3 跨断裂短基线、跨断裂测距和三角网观测应符合 GB 50026 的相关规定。GPS 网观测应符合 GB/T 18314 的相关规定。

7.3.4 水管倾斜仪和伸缩仪观测应按仪器操作手册规定的程序进行。

7.3.5 跨断裂的垂直形变和水平形变观测周期宜 2 个月观测一次，当断裂形变量显著增大时，应当增加观测次数。

7.4 资料整理与分析

7.4.1 资料整理与分析应包括观测资料的整理与分析 and 观测报告的编写。

7.4.2 观测资料整理与分析应符合下列规定：

- 1 严格校核观测数据，并分段整编成册归档。
- 2 编制历时曲线图、矢量变化图及相应的表格等。

7.4.3 观测报告内容应包括区域地震地质条件、断裂活动性研究成果、观测方法、观测网点的布置情况、观测成果、结论与建议等。

8 水库诱发地震监测

8.1 一般规定

8.1.1 水库诱发地震监测应在收集分析区域地震、地质、断层活动性、库区地质资料和水库诱发地震危险性研究成果等基础上进行。

8.1.2 水库诱发地震监测应包括水库地震监测系统设计与建设、测震台网运行管理和资料分析等。

8.2 水库地震监测系统设计与建设

8.2.1 水库地震监测系统宜包括测震台网、强震动监测设施和数据库汇集分析处理中心，必要时可布置地壳形变和地下流体监测等。

8.2.2 测震台网的布置、建设应符合下列规定：

- 1 测震台网应包括地震台站和台网记录中心，地震台站数量应根据重点监测区范围大小和监测能力要求确定，且不应少于4个，台网记录中心宜具备较好的供电、交通、通信等条件。
- 2 对于没有建设测震台网的已建水库，当发生水库诱发地震时，应及时布设不少于4个台站所组成的临时地震台网，进行水库地震监测，必要时应设置固定监测台网。
- 3 测震台网重点监测范围，宜包括下游距坝址5~10km、上游距坝址30~40km、两侧距库岸5~10km的范围，以及可能发生地震强度5级以上（含5级）或震中烈度Ⅷ度以上（含Ⅷ度）水库地震的其他库段。
- 4 测震台网在重点监测范围内的地震监测能力应满足 $M_L \geq 0.5$ 级，震中定位精度应优于1km。
- 5 测震台网宜采用遥测方式组网。
- 6 地震台站宜均匀分布在重点监测范围内，相邻台站间距

宜为 10~15km。

- 7 地震台站土建工程应符合 DB/T 16 的规定。
- 8 台网仪器设备安装调试完成后，应分别进行不少于 3 个月前的试运行和考核运行，合格后才能进入正式运行。
- 9 台网考核运行期间，台站位置和所使用的仪器设备不得变更，并应保证台网系统运行率和地震波形完好率连续 3 个月平均不低于 95%。
- 10 水岸地震发生后，应根据震情发展增设若干流动台观测。

8.2.3 测震台址的选择应符合下列规定：

- 1 台址应避开对地震观测有影响的区域和可能产生的干扰源，避开干扰源的距离应符合 GB/T 19531.1 的相关规定。
 - 2 台址宜选在大面积出露的完整、坚硬基岩上，并应避开陡坡、风口和易发生洪涝灾害的地区。无线测震台台址的高度应首先满足信道要求。
 - 3 台址环境地噪声测试和地噪声水平应符合 GB/T 19531.1 的规定。
 - 4 台站宜选择在电力、通信和交通等条件较好的地方，人工值守台站还应具备工作和生活条件。
 - 5 台站的布设宜兼顾断裂活动性观测站点布置。
 - 6 台站位置选定和环境地噪声测试后，应对拟建的地震台网进行地震监测能力理论计算，并根据计算结果优化拟建台站的数量和位置。
- #### 8.2.4 遥测地震台网数据传输信道应符合下列规定：
- 1 传输信道宜采用公用有载光纤、无线超短波、微波及数字卫星信道传输方式。临时性台网可采用其他方式传输。
 - 2 无线超短波、微波或数字卫星信道选择应考虑传输路径、经费投资、维护管理以及无线发射对周围环境的影响等。
 - 3 台站监测数据宜直接传输到台网记录中心，条件不具备时应建立信道中继站转接。

4 利用有线信道传输地震监测数据时应选用 SDH 方式，误码率应低于 10^{-7} 。

5 无线超短波、微波或数字卫星信道应进行场强电平裕量或数据传输误码率的测试，测试时间不应少于 24h。

6 超短波信道场强的电平裕量不应小于 30dB，少数信道路径较差的台站，电平裕量不应小于 20dB，扩频微波或数字卫星信道数据传输误码率应低于 10^{-7} 。

8.2.5 强震动监测设施一般布置 1~3 个测点，其测点位置宜布设在库坝区和水库地震主要危险区，可结合测震台站统一考虑。

8.2.6 测震台网应不晚于水库蓄水开始前 1~2 年投入正式运行，水库水位达到设计正常蓄水位之后 5 年，如无水库地震迹象或水库地震活动连续平静 5 年后，地震监测台网可撤除。特大型水利水电工程的防震监测工作宜长期进行，其监测规程在库区地震活动性减弱 3~5 年后，可进行适当精简。

8.3 测震台网运行管理

8.3.1 测震台网运行管理应符合下列规定：

1 应建立台网中心 24h 全日值班制度和台网值班日志。

2 台网仪器设备出现故障后，应及时进行维修处理。

3 应每天检查各测震台站脉冲标定幅度及周期的变化。当发现脉冲标定波形的幅度或周期值变化大于 10% 时，应及时查明原因并排除故障。

4 应每天浏览测震台网记录的实时连续波形数据文件，对不满足触发条件的地震事件波形数据进行人工截取分析和存盘。

5 正常情况下应每年进行一次台站仪器系统的幅频特性和传递函数标定，若更换影响系统设备放大率的零配件，应及时标定。应在 3 天内根据仪器系统标定结果，对数据处理系统的幅频特性和传递函数进行修改。

6 台网系统运行率和地震波形完好率按月统计应不低于 95%。

8.3.2 在台网重点监测区内发生 $M_s \geq 2.5$ 级地震后，遥测台网应在发震后 15min 内将地震基本参数报送工程管理部门，人工值守台网应在发震后 1h 内报送。

8.3.3 对于台网重点监测区内发生的 $M_s \geq 2.5$ 级地震，应立即组织现场宏观地震调查，确定宏观震中和等震线分布情况，提交现场宏观地震调查报告。

8.4 资料整理与分析

8.4.1 对记录到的全部地震事件，应及时进行常规分析处理，包括震相分析、地震基本参数的测定、地震记录和观测站告警编制等，并应注意排除工程施工和其他人为活动造成地震动信号的影响。必要时，宜进行地震学方面的研究工作。

8.4.2 应积累地震观测资料，对库区及周围地区前地震活动性和地震活动成因进行现场调查和分析研究。

8.4.3 震情发生异常时，应对地震活动趋势进行实时跟踪分析。

8.4.4 应及时向有关单位报送地震观测成果和有关汇总资料。

8.4.5 地震事件波形数据文件及地震连续波形数据文件应全部采用电子文件方式永久保存。

8.4.6 台网的所有产出资料应及时整理归档，建立地震监测资料数据库。资料应包括地震事件波形数据、台站标定数据、系统运行日志、地震速报数据、日常资料分析处理结果、地震目录和观测报告，以及地震日报、周报、月报、年报和简报、各种调查报告和研究报告等。

附录 A 地下水现场观测记录表

附录 A 地下水现场观测记录表

工程名称								
序号	位置							
坐标		X	Y					
孔(井、泉)口高程					孔(井)深			
观测日期	水位	水温	流速	气味	口味	颜色	透明度	

观测:

汇水:

观测:



附录 B 沉降变形的精度估计

B.0.1 地面沉降水准测量每一次复测都应计算其相应的最弱点中误差，变形量是同点名两次高程之差，根据观测误差传播定律变形量中误差按下式计算：

$$m_0 = \pm \sqrt{m_i^2 + m_j^2} \quad (\text{B.0.1})$$

式中 m_0 ——变形量中误差；

m_i ——第 i 次观测的最弱点中误差；

m_j ——第 j 次观测的最弱点中误差。

B.0.2 各级水准测量偶然中误差 M_{Δ} 、全中误差 M_u 不应超过表 B.0.2 中规定的数值；按下式计算：

$$M_{\Delta} = \pm \sqrt{\frac{1}{4n} \left[\frac{\Delta\Delta}{S} \right]} \quad (\text{B.0.2-1})$$

$$M_u = \pm \sqrt{\frac{1}{N} \left[\frac{w\omega}{F} \right]} \quad (\text{B.0.2-2})$$

式中 n ——测试段数；

Δ ——测段往返闭合差（将等为二次往返测高差中数之差），mm；

M_{Δ} ——以测段往返测高差不符值计算每公里水准测量高差中数的偶然中误差；

S ——测段长度，km；

ω ——水准环线闭合差，mm；

M_u ——按环线闭合差计算每公里水准测量高差中数的全中误差；

F ——水准环线周长，km；

N ——水准环数。

表 B.0.2 各等水准测量的限差值

单位: mm

测站等级	符号	一等	二等
M ₂		≤0.3	≤0.45
M ₃		≤0.7	≤1.0
			≤2.0

B.0.3 地面沉降水准测量使用的水准仪应不低于表 B.0.3 的要求。

表 B.0.3 地面沉降水准测量使用的水准仪

序号	仪器名称	最低型号		
		特等	一等	二等
1	水准仪	N1002	DSZ05	DSZ1
			DZ05	DS1
2	水准标尺	同非沉降式图式图式符合标尺		

http://www.sdzjzj.com/ 水利造价信息网

附录 C 移动盆地最大沉降量的计算

C.0.1 开采倾斜矿层达到充分采动时,移动盆地最大沉降量可按下列公式计算:

$$S_0 = q_0 m \cos \alpha \quad (\text{C.0.1})$$

式中 m ——矿层走向开采厚度, m;

α ——矿层倾角, ($^\circ$)。

C.0.2 开采未达充分采动时,移动盆地最大沉降量可按下列公式计算:

$$S_0 = q_0 m \cos \alpha \sqrt{n_1 n_2} \quad (\text{C.0.2})$$

其中

$$n_1 = \frac{KD_1}{H}$$

$$n_2 = \frac{KD_2}{H}$$

式中 n_1 、 n_2 ——采空区沿矿层倾斜方向和走向的采动系数,均小于 1.0,如不小于 1.0 则表明已达充分采动;

D_1 、 D_2 ——沿矿层倾向和走向采空区的水平投影的长度, m;

K ——岩性系数,沿线由软到硬可在 0.7~0.8 范围内选取。

C.0.3 半无限开采时,移动盆地地表移动和变形预测计算公式见表 C.0.3。

表 C.0.3 半无限开采带移动及变形预测计算公式

项目	最大移动量	任一点 (x) 的变形	式中符号
下沉量 (或 S) (mm)	W_{\max} 或 $(S_{\max}) = q_0 \sigma_0$	$W(x, t)$ 或 $(S_x) = \frac{W_{\max}}{r} \int_0^{\infty} e^{-u^2} \left(\frac{x}{r}\right)^2 du$	q_0 —下沉系数, 与矿层倾向、开采方法等因素有关, 宜取 0.51~0.83; r —开采带半径
倾斜了 (或 I) (mm/m)	$I(x, t) = \frac{W_{\max}}{r}$	$I(x, t) = \frac{W_{\max}}{r} e^{-u^2} \left(\frac{x}{r}\right)^2$	u —无量纲开采带 距: $u = \frac{x}{r}$
曲率 K (mm/m ²)	$K_{\max} = \pm 1.52 \frac{W_{\max}}{r^2}$	$K(x, t) = \pm 2 \frac{W_{\max}}{r^2} \left(\frac{x}{r}\right) e^{-u^2} \left(\frac{x}{r}\right)^2$	r —开采带半径, m; u —无量纲开采带 距: $u = \frac{x}{r}$
水平移动 U (mm)	$U_{\max} = \sigma W_{\max}$	$U(x, t) = \sigma W_{\max} e^{-u^2} \left(\frac{x}{r}\right)^2$	σ —水平移动系数, 宜取 0.28~0.35
下沉系数 σ (mm/mm)	$\sigma_{\max} = 1.526 \frac{W_{\max}}{r}$	$\sigma(x, t) = 1.526 \frac{W_{\max}}{r} \left(\frac{x}{r}\right) e^{-u^2} \left(\frac{x}{r}\right)^2$	

https://www.sdzl.com.cn/price/price.html
水利造价信息网

标准用词说明

标准用词	在特殊情况下的等效表述	要求严格程度
应	有必要、要求、要、只有……才允许	强 求
不应	不允许、不可、不要	
宜	推荐、建议	推 荐
不宜	不推荐、不建议	
可	允许、许可、能许	允 许
不必	不需要、不要或	

<https://www.slzjxx.com>
水利造价信息网

中华人民共和国水利行业标准

水利水电工程地质观测规程

SL 245—2013

条文说明



<https://www.sljzjxx.com/>
水利造价信息网

目 次

1 总则.....	31
2 术语.....	32
4 地下水观测.....	33
5 边坡变形观测.....	35
6 采空区地面沉降观测.....	39
7 断裂活动性观测.....	42
8 水库诱发地震监测.....	48

<https://www.slzjxx.com>
水利造价信息网

1 总 则

1.0.2 本标准是依据《水利水电工程地质勘察规范》（GB 50487）编写的，GB 50487 在除规划阶段以外的各个设计阶段的勘察中，都涉及到了有关工程地质观测的要求，而这些观测要求又都是在 GB 50487 有关章节下的勘察方法应遵守的规定中提出的。因此，在编写本标准的过程中，其内容除应遵循 GB 50487 对工程地质观测的基本要求之外，作为一种技术方法的本标准，还应具有可操作性。为此，本标准对在水利水电工程地质勘察中进行地下水、边坡变形、采空区地面沉降、断裂活动性及水库诱发地震观测的具体要求作出了规定，即规定了每项观测工作的一般规定，观测布置，观测方法，精度与精度要求，以及观测资料整理与分析等，由此可见，只要在水利水电工程地质勘察中，按照 GB 50487 要求开展这几项观测工作，本标准就适用。

1.0.3 本条在观测的共性要求中，突出地指出了工程地质观测作为一种勘察方法应当起的作用，即应实现的目标。在目标中虽然包括了列可能危及工程安全的岸坡、边坡、采空区地面沉降、断裂活动性以及可能发生的水库诱发地震问题随时做出预测预报，但区别于一般安全监测规程规范的是，特别强调了观测是为了查清有关工程地质条件，为评价重大工程地质问题提供重要补充数据（资料）。

2 术 语

2.0.2 目前国内外工程界所研究的地面沉降主要是指由抽取液体（以地下水为主，也包括油、气）所引起的区域性地面沉降。《岩土工程勘察规范》（GB 50021—2009）中对地面沉降的定义是：大面积区域性的地面下沉，一般由地下水过量抽取产生区域性沉降漏斗引起。大面积地下采空和黄土自重湿陷也可引起地面沉降。

本标准中的“地面沉降”专指采空区塌陷（地下采掘洞穴塌陷）形成的地面沉降，是地而岩土体在自重应力场（或构造应力场的参与）条件下垂向变形破坏及向深部架空或潜在空间方向的运动；区别于因下伏土层中地下水（也包括油、气）位的降落，有效应力的降低造成固结压密而引起的地面沉降。

2.0.3 差分合成孔径雷达干涉测量（Differential InSAR，简称 D-InSAR）是在合成孔径雷达干涉测量（Interferometric Synthetic Aperture Radar，简称 InSAR）基础上发展起来的，而 InSAR 又是在合成孔径雷达（Synthetic Aperture Radar，简称 SAR）基础上发展起来的，上述概念从 SAR、InSAR 到 D-InSAR 是逐步递进的。

合成孔径雷达（SAR）又称微波成像雷达，它使用复杂的雷达数据后处理方法来获取有效辐射波束以产生雷达图像，具有全天候获取遥感图像的能力，是近年来迅速发展起来的主动式微波遥感技术。

合成孔径雷达干涉测量（InSAR）是利用雷达信号中的相位信息提取地表三维信息的技术。

4 地下水观测

4.1 地下水简易观测

4.1.2

1~3 这三款所涉及到的观测内容及要求均属水利水电工程地质勘察中需正常开展的工作，但从总结工作经验教训上看，以往对这些工作的重视程度、记录完整性和观测标准化等都明显不足，这三款的有关规定就是针对存在的不足提出的。

4 对钻孔观测地下水位的稳定标准，提出现标准的理由主要有两点：①规定连续两次观测的水位差值不大于2cm，是为了尽量减少钻进过程中循环水带来的可能影响，由于钻进过程中孔壁易堵塞，地下水达到稳定水位的时间会延长，只有当连续两次观测的水位差不大于2cm时，才认为达到了稳定水位的标准；②根据统计学理论，采用连续多次观测水位过程判断水位的升降趋势更为可靠。

5 工程区勘察钻孔中发现承压自流水体本身就是一个值得重视的问题。条文中的规定主要是要达到能较全面、准确地收集到深部承压水的资料，也包括水温资料，了解承压水的成因非常重要。

6 注意在钻进过程中发现新含水层并采取临时止水措施进行分层观测地下水水位，主要是对工程区勘察初期阶段勘察钻孔的要求，在水文地质结构还没有完全弄清楚的情况下，钻进中发现新的含水层，采取临时止水措施观测地下水水位，将有助于随时随地的研究含水层与隔水层的分布以及它们的水力特性。

7 准确的钻孔结构图是保证分层观测地下水水位的关键，事先做好设计则是保证实现一定形式的钻孔结构的必要步骤，只有两者都做好，并在实施中还能进行止水效果检查，才能实现真正的分层观测地下水水位。

4.1.3 采取引流集中的方法量测流量,是指同一断层、破碎带或较大的裂隙单元,在平洞中的较短距离内存在两个或两个以上的出水点,在可能的条件下采取一定措施使滴(流)水汇集一处进行的流量量测。

4.2 地下水动态观测

4.2.1 地下水动态观测以同步收集观测工作区完整的降水量和地表水体水位、水质和水温资料为主,若观测工作区无完整的降水量和地表水体水位、水质和水温资料时,再设置本项观测工作。

4.2.2~4.2.6 地下水动态观测网布点密度及形式布网,虽然受多种因素影响,但起主要作用的因素是岩性和地下水类型。本标准根据一些已建和在建工程的经验,分别提出了不同岩类和相应地下水类型区的地下水动态观测网点的布置原则。这些原则的基本原则指导思想是地下水动态观测布置应依据不同的地形地质条件、水文地质条件,并结合水文、工程地质问题评价的需要选择观测点的位置,并确定网或剖面的形式。

4.2.7 观测孔的安装一共写了7款规定,基本可分为两类情况:一类是为了保证长期观测工作能够正常进行,例如要求精水钻进造孔,对于基岩孔,安装前严格清孔并达到预定孔深;松散地层的观测孔要求设置滤水管;观测孔口设保护装置等;二类是为了保证观测精度,例如分层观测孔进行严格止水及止水效果检查;孔口设置固定标志,其高程不低于五等(等外)水准精度。

4.2.9~4.2.11 从观测、精度要求和测量方法等方面分别对地下水水位、水质、水温的观测提出了具体要求和规定,这些规定和要求大多数都是目前工程勘察实践经验的总结。今后随着高新技术的快速发展,显然有可能发生变化,但当前仍需有一个统一的规定。该规定除能保证各工程现阶段的基本资料完整性和可靠性以外,还有利于区内资料的对比分析及区间资料的类比和互借鉴。

4.2.10

- 1 要求按照河流丰、枯时段均匀分布。

4.3 资料整理与分析

4.3.1~4.3.8 共8条都是有关地下水动态观测资料整理、分析和缩编的规定。从地下水动态观测自身任务出发，首先强调了观测资料随时校核、分析，还分别规定了观测资料整理、缩编包括的主要内容，以及在整理、缩编中需要编绘的主题图、表等。有关观测资料需通过计算机处理、管理及进一步分析，其方法可参阅有关技术文件及技术手册。

5 边坡变形观测

5.1 一般规定

5.1.1、5.1.2 边坡变形观测是不稳定或潜在不稳定岩体稳定性观测的重要内容之一，在水利水电工程建设前期勘察阶段的工程岩体稳定情况的研究中，只有边坡上的岩体才能实现直接观测和稳定性效果检验，并且边坡上岩体稳定问题往往是厂、坝址选址，水工建筑物总体布置，以及施工期和运行期安全的至关重要的问题。这些情况已经为许多已建和在建的大中型工程实际所证实。

边坡变形观测对象由工程勘察大纲确定，本条只规定了边坡变形观测的主要内容。

5.1.3~5.1.5 条文中的观测网即监测网或边角网，有关观测网的设计和优化设计，有相应的行业标准可遵循，所以本标准未再做具体规定。

5.1.7 边坡变形的不同阶段，变形量、变形速率差别很大。变形初期，要求观测精度高，能检测微小的变形，及时发现边坡变形的异常。在边坡变形的后期，尤其是临近破坏时，变形量、变形速率很大，此时对观测系统的要求，主要为能及时、有效地采集、处理变形数据，观测的精度要求可以降低。

5.1.8 本条为约定性条文，考虑到水利水电工程地质勘察的特点与习惯，对水平位移观测数据的正负号做了部分调整，即边坡岩体沿主滑方向的位移指向河谷、溪沟为正，反之为负，这样可以直接根据正负号看出边坡整体或局部是否正在滑动。

5.2 观测布置

5.2.1 由于网中的基准点、工作基点以及观测系统中的测点（观测点）的地基基础的重要性，以及这几种类型点的点位确定，

对工程地质和测量人员而言都具有同等重要的责任，所以本标准对这几类测点的稳定性、稳固性和代表性做了不同程度的强调。

5.2.2、5.2.3 这两条内容是按照 GB 50487—2008 第 5.2.8 条第 5 款所规定的原则编写的，并作了必要的细化和补充，如强调根据边坡的变形范围、变形特征并结合地形资料选择观测点，这些观测点均需具有一定的工程地质意义和充分考虑了边坡不同部位的力学特征。关于地表观测点的分布密度、间距和形式，经过对三峡库区几个大型滑坡、李家峡坝前 II 号滑坡、天生桥厂房高边坡等有关观测网点布置的数据统计，而列举出了一些可供参考或建议采用的数据。

5.3 观测方法

5.3.2 地质巡视法是观察物理地质作用发生、发展及其对岩土体稳定性影响程度和过程的基础方法，条文中指出巡视观察与访问的内容，是根据现有工程经验总结出来的几个主要方面，真正使地质巡视能成为一种不可缺少的观测方法，还要靠有经验的工程地质工程师以不懈的努力及认真负责的精神，做好观察、记录和对比分析。

5.3.4 简易观测可不需要使用专用的仪器设备，只要根据实际情况制作一定的标志和通用的量测工具就可以对不稳定的边坡和滑坡进行观测。目前主要应用于地表或平洞中的裂隙张合观测以及平洞揭露的滑表面的位错观测，这种方法的使用十分普遍，效果也颇理想，所以本标准将它作为一种独立方法提出来。

5.3.5 工程量观测方法是不稳定边坡和滑坡地表水平位移和垂直位移观测的首选方法。它不仅能宏观控制不稳定边坡和滑坡的变形特征；而且随着理论研究的不深入和仪器设备开发的不断进步，分辨率和精度亦会不断地提高，能较好地满足工程要求。此外，该方法已有完善的规程规范，所以本条有的要求是参照有关规范编写的，有的则是直接指出应按有关规范执行。

5.4 观测频度与精度

5.4.1~5.4.6 这6条分别规定了有关观测方法的观测频度。工程勘察阶段的观测主要是为了掌握边坡动态变化规律，观测周期不能太长，也不能太短，不能太长容易理解，太短了，边坡变形在此期间可能很小，以致几次的观测变化值都在误差范围内，造成无法分析其变形规律。因此，5.4.1~5.4.6条对观测频度的要求，是针对不同观测方法可能达到的不同精度，不同外部条件可能引起的不同变化分别提出的。

5.4.7 本条提出的精度要求是参照《工程测量规范》(GB 50026)中的规定，并结合国内在水利水电工程勘察阶段需要和可能配备的测距、水准和经纬仪的档次确定的。

5.5 资料整理与分析

5.5.1 本条所提出的内容是日前开展工程地质观测或有关观测的工程普遍进行的资料整理与分析的内容。条文中未涉及计算机技术应用问题，主要考虑目前对观测资料的整理分析，不仅在计算机应用上还没有形成一套完整的数据采集、存储、管理和分析的系统，而且即或形成了，它也应该是一个独立的部分。此外，本标准没有提供有关资料整理与分析的示范性实例，是因为这种比较成熟的方法参考资料较多，也易于查找，本条如果包括这项内容必然会显得十分累赘。

5.5.3 统计观测物理量特征值主要包括各观测物理量的最大值和最小值(包括出现的时间)、变差、周期、年平均值及年变化率等。

6 采空区地面沉降观测

6.1 一般规定

6.1.3 采空区地面沉降形态一般为椭圆形或长条形凹陷，凹陷中心即为沉降中心，除沉降中心外，沉降区内其余各点均存在水平位移和垂直位移，这里规定水平位移指向沉降中心时为正。

6.2 观测布置

6.2.2 采空区与移动盆地。

老采空区：已停止开采的采空区，或开采已达充分采动（充分采动是指地表移动盆地已形成平底），盆地内的各种变形已经稳定的采空区。

现采空区：正在开采的采空区，开采未达充分采动，则地表移动盆地呈尖底状，盆内各种变形仍在继续发展的采空区。

移动盆地：地下矿层大面积采空后，上部岩层失去支撑，产生移动变形，原有平衡条件被破坏，随之产生弯曲、塌落，以致发展到使地表下沉变形。地表变形开始形成凹陷盆地，此盆地称为移动盆地。

移动盆地根据变形程度可以分为均匀下沉区（中间区）、危险变形区（内边缘区或移动区）及轻微变形区（外边缘区）三个变形区。

6.2.3 根据观测线与矿层产状之间的关系分走向观测线和倾向观测线，观测线平行矿层走向的为走向观测线，观测线垂直矿层走向的为倾向观测线。

6.2.4 为分析和掌握地面沉降变化动态及其发展趋势，需对地面沉降引起的地裂缝进行长期的系统观测，包括地裂缝带两盘位移（水平与垂直位移）、沿走向延伸发展及深处发展观测、地裂

缝带地表变形观测（隆起、下沉、扭错及新生裂缝等）以及地面建筑物与构筑物的变形破坏监测。上述变形观测可采用经纬仪、水平仪等精密仪器进行三维位移长期观测。

6.3 观测方法

6.3.6 GPS 方法是当前应用最广泛的一种空间大地测量技术手段，采用大地高程系统，利用大地高程的变化来代替精密水准测量的沉降值，具有全天候、精度高、绝对坐标和连续观测的能力，故 GPS 方法适用于大规模的区域地面沉降观测。

GPS 的观测精度由于受卫星数量、GPS 接收机质量影响，同时受观测点的具体位置及其周围地面环境的影响较大。要求采用精度较高的接收机设备，同时观测点可避高电磁场、高压输电线、大面积水域、高大障碍物或高大树木。

6.3.8 差分合成孔径雷达干涉测量技术 (D-InSAR) 已经开始应用于变形观测领域。这项技术是在 InSAR 基础上发展起来的，它是利用同一地区的两幅干涉图像，通过干涉图差分处理来获取地表微量变形。许多试验结果表明，采用此技术可以探测到地面物体小于 1cm 量级的位移变化，这项技术可用于大面积的采空区地面沉降变形的观测。

6.5 资料整理与分析

6.5.1 资料整理与分析即对所有室内及野外资料都要进行综合分析整理分析，特别要对长期连续的动态资料（地面沉降及地下水等）的进行整理和分析。

地面沉降数据库包括地质背景资料库、地质勘探成果资料库、土工试验资料库、水准测量资料库、GPS 监测资料库、地面沉降灾害资料库等，为地面沉降的观测、沉降规律及机理研究、沉降计算和预报等服务，具有查询检索、综合统计、计算分析、报表和图形输出、数据信息的输入及编辑等数据库各项功能。

6.5.2、6.5.3 观测报告编写之前，需对所有原始资料、附件、表格进行全面的审查验收。地面沉降观测报告要充分反映当前的研究水平和研究程度，能为有关部门决策提供可靠的依据。



<https://www.sizjxx.cn/>
水利造价信息网

7 断裂活动性观测

7.1 一般规定

7.1.1 在进行断裂活动性观测之前, 强调收集区域地质、地震等基础资料和断层活动性等研究成果, 并进行综合分析, 了解区域地震地质背景, 以便更好地运用观测资料分析、研究断裂活动性。

7.1.2 断裂活动性观测内容包括断层位移及其变化趋势, 考虑到断层活动性的观测需要一定的周期, 为了解断裂变形特点、变形量级及变化趋势等, 故建议必要时在工程的可行性研究阶段就开始进行此项观测。

7.2 观测布置

7.2.1 “选择主断裂有代表性地段横跨断裂布置”是指当平行展布有多条断裂时, 选择其中主要的一条断裂布置; 对断裂密集带则跨越密集带布置; 对断裂交汇带则根据成生序和应力场特点布置。

7.2.2~7.2.4 7.2.2 条中建议“一点多用”, 主要是考虑到在断裂活动性观测中, 往往会采用多种观测方法, 故建议一点多种观测方法共用。

上述各条是对各种观测站点布置提出的综合要求, 各有关观测规范都有明确规定可以参照。但特别强调两点位必须置于坚固稳定的基础上, 这是总结国内外众多变形观测的经验教训得出的。

7.3 观测方法

7.3.1~7.3.4 断裂活动性观测方法有多种, 各类观测方法均应遵守相关规程规范, 操作手册的要求。

8 水库诱发地震监测

8.1 一般规定

8.1.1 本条规定所收集的资料是地震监测系统设计工作的基础资料。在水库蓄水后的地震活动性分析过程中，除本条规定所收集的资料外，还需收集库区水位、气象、工程运行等资料。

8.2 水库地震监测系统设计与建设

8.2.1 本条是根据多年的水库诱发地震监测和分析研究成果制定的，明确规定测震台网是水库诱发地震监测系统的必须手段，其他手段（如地壳形变和地下流体监测等）为选荐性方法。

8.2.2 第1款和第2款没有具体规定地震台网的台站数量，但一般不少于4个台站，其目的是以便能多台交会，正确确定地震基本参数。

第4款所提的“地震监测能力”是指在重点监测区内发生一次 $M_L \geq 0.5$ 级地震后，台网至少有4个台站能同时记录到。在地震台网建设条件特别困难的强地震活动地区，本条可放宽为：在重点监测区内发生一次 $M_L \geq 0.5$ 级地震后，台网至少有3个台站能同时记录到。

第3款和第4款是测震台网布置和地震台站数量确定的依据，因此，在进行地震台网设计前，要充分收集库区地震地质和水库诱发地震研究资料。

第6款是为了避免在求解地震基本参数时出现无确定解而确定的。地震台站分布成直线、二次曲线和四次曲线时，就会出现无确定解现象，在进行台网布局设计时，一般将台站布设成多个三角形。

第7款没有明确规定测震台站上建工程的尺寸，但在实施过程中，可按以下规定进行：对于短周期地震计为三分向一体

化的遥测地震台站，其土建工程占地面积宜根据当地地形、地质条件而定，但不得小于 100m^2 ；地震监测房建设面积不小于 15m^2 ；地震计裸露出地面尺寸为 600mm （长） \times 600mm （宽） \times 400mm （高）。

第10款规定的“增设若干流动台观测”，主要是指在水库区及邻区发生中强地震或震群活动后启用。

8.2.3 第5款规定主要是考虑到地震活动多与活动性断裂有一定关系，便于测震和断裂监测资料的对比分析和利用而制定的。

8.2.6 “测震台网应不晚于水库蓄水开始前1~2年投入正式运行”的规定，是为了收集库区天然地震活动资料，进行地震本底研究而制定的，能够再早一些投入正式运行则更好。

8.3 测震台网运行管理

8.3.2 “地震基本参数”是指地震震中位置、震源深度、震级和发震时刻。

8.3.3 本条没有规定地震现场宏观调查的具体技术要求，但在实施过程中，按CB/T 18208.3中的有关技术要求执行。现场宏观地震调查报告包括地震基本情况、震中区地震地质条件、地表及建筑物破坏情况、地震烈度等值线、地震活动成因和趋势分析、相关照片和影像资料等。

8.4 资料整理与分析

8.4.1 本条所提的“地震学方面的研究工作”，主要是指地震的震源机制解、波谱分析、波速比、Q值等。

8.4.4 本条所提的“地震观测成果”，主要是指地震目录和观测报告、地震日报、周报、月报、年报、简报等。

8.4.5 本条提到的“地震事件波形数据文件及地震连续波形数据文件”是珍贵的原始资料，特别是在发生意外事故或进行总结和科研中常具有十分重要的意义，故规定全部采用电子文件方式永久保存。