

ICS 27.140
P 59
备案号: 53978-2016

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL / T 1558 — 2016

大坝安全监测系统运行维护规程

Code for operation and maintenance of dam safety monitoring system

2016-01-07 发布

2016-06-01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 总则 2

5 监测系统运行 2

 5.1 一般规定 2

 5.2 环境量监测 3

 5.3 变形监测 3

 5.4 渗流监测 6

 5.5 应力应变及温度等监测 7

 5.6 监测自动化系统 7

 5.7 监测资料的整编和分析 8

6 监测系统维护 9

 6.1 一般规定 9

 6.2 环境量监测设施 9

 6.3 变形监测设施 10

 6.4 渗流监测设施 11

 6.5 应力应变及温度等监测设施 12

 6.6 监测自动化系统 12

附录 A（规范性附录） 表面变形观测方法 13

附录 B（规范性附录） 双金属标改正值计算方法 17

附录 C（资料性附录） 变形监测控制网观测外业成果的验算及整理要求 18

附录 D（规范性附录） 监测系统维护项目及频次 19

附录 E（资料性附录） 监测系统检查与维护记录 23

附录 F（资料性附录） 仪器设备故障处理 25

前 言

本标准根据《国家能源局关于下达 2010 年第一批能源领域行业标准制（修）定计划的通知》（国能科技〔2010〕320 号）要求制定。

本标准依据 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第 1 部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业大坝安全监测标准化技术委员会（DL/T C32）归口。

本标准起草单位：国家能源局大坝安全监察中心、中国长江电力股份有限公司、黄河上游水电开发有限责任公司、国网电力科学研究院、北京木联能工程科技有限公司。

本标准主要起草人：王玉洁、吕永宁、崔何亮、宫玉强、李长和、郭晨、崔岗、赵花城、蒋波、李秋炎、尚宏、濮久武、张军荣、胡波、王新寿。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

大坝安全监测系统运行维护规程

1 范围

1.1 本标准规定了大坝安全监测系统运行维护工作的技术要求。

1.2 本标准适用于水电站的大坝安全监测系统。

2 规范性引用文件

下列文件对于本标准的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适于本标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

- GB/T 3161 光学经纬仪
- GB/T 10156 水准仪
- GB/T 12897 国家一、二等水准测量规范
- GB/T 16818 中、短程光电测距规范
- GB/T 17942 国家三角测量规范
- GB/T 18314 全球定位系统（GPS）测量规范
- GB/T 27663 全站仪
- GB 50026 工程测量规范
- GB/T 50138 水位观测标准
- DL/T 1134 大坝安全监测数据自动采集装置
- DL/T 1254 差动电阻式监测仪器鉴定技术规程
- DL/T 1271 钢弦式监测仪器鉴定技术规程
- DL/T 5178 混凝土坝安全监测技术规范
- DL/T 5209 混凝土坝安全监测资料整编规程
- DL/T 5211 大坝安全监测自动化技术规范
- DL/T 5256 土石坝安全监测资料整编规程
- DL/T 5259 土石坝安全监测技术规范
- DL/T 5272 大坝安全监测自动化系统实用化要求及验收规程
- QX/T 50 地面气象观测规范 第6部分：空气温度和湿度观测

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

监测仪器设备 monitoring instrument and equipment

基于各种原理的传感器、监测装置及其相应的监测数据采集设备。

3.2

监测设施 monitoring installation

各类监测仪器设备及其辅助设施的统称。

3.3

监测系统 monitoring system

由各类监测设施和监测软件组成的系统。

3.4

监测人员 **monitoring stuff**

所有从事安全监测管理工作，监测系统建设、运行、检查和维护，监测资料整编和分析的技术人员。

3.5

运行维护 **operation and maintenance**

监测系统的日常操作、测读、检查、维护保养、故障处理、数据整编、记录和总结等工作。

3.6

人工比测 **manual comparison measurement**

对实现自动化监测的项目，通过人工测读方法，对自动化测值进行比较和验证。

3.7

监控指标 **operational monitoring index**

对已建大坝的荷载或效应量所规定的界限值。当有足够的监测资料时，可以采用由分析取得的允许值或允许范围。

4 总则

4.1 应制定监测工作管理制度和监测规程，开展大坝安全监测工作，进行监测系统的日常管理和维护。

4.2 监测系统应验收合格后投入运行。监测系统的功能、性能指标及运行稳定性应满足大坝安全监控要求。

4.3 监测人员应具备必要的水工专业知识，了解大坝结构特点及其运行特性，熟悉监测设施的布置及监测仪器设备的基本功能，掌握监测资料整编和分析方法。

4.4 应按监测规程规定的频次和技术要求进行日常监测，测值异常时应及时复测，并进行记录。

4.5 监测数据应按 DL/T 5209 和 DL/T 5256 的要求及时进行整编，监测资料按 DL/T 5178 和 DL/T 5259 的要求进行分析。

4.6 应按规定开展监测系统的日常检查、年度详查和定期检查，并进行维护和记录。

4.7 监测设施发生故障时应及时排除，故障排除后应重新检验、校正，并详细记录。

4.8 应定期对监测系统的运行性态进行鉴定评价，按规定程序审查、确认后，可对监测设施进行封存、报废和对监测项目、测点、频次进行调整。

4.9 监测系统不能满足大坝安全监控要求时，应对监测系统进行更新改造。监测系统的更新改造应当进行专项设计、专项审查、专项施工和专项验收。

4.10 监测系统运行维护工作的内容包括环境量监测、变形监测、渗流监测、应力应变及温度监测等项目涉及的相关监测仪器设备的运行、检查维护和故障处理。

5 监测系统运行

5.1 一般规定

5.1.1 日常监测应按照规定的时间、频次、技术要求进行，并根据工程特点和实际运行情况，进行加密监测和调整。

5.1.2 建立监测仪器设备台账和档案等管理制度；监测仪器设备应设置专库存放和管理，存放监测仪器设备的库房条件应满足仪器存放要求。

5.1.3 在监测仪器设备使用的有效期内，应定期进行检验，经检验合格的监测仪器设备可投入使用。各种测量仪器及其配套设备应送有资质的计量鉴定单位检验。

5.1.4 日常操作和测读前，应检查监测仪器设备的工作状态，确认正常后方可进行操作和测读。测读完成后，应恢复测读前的状态。

- 5.1.5 同一监测项目的监测方法、监测仪器和监测人员宜相对固定，监测仪器、监测方法或监测人员发生变更时应进行记录。
- 5.1.6 测值出现异常时应进行复测、确认，并进行记录和说明原因。
- 5.1.7 大地测量平差计算软件应有明确、详细、可验证的说明。
- 5.1.8 经核实确认变形工作基点发生位移时，应对其他相关监测项目的测值进行修正。
- 5.1.9 所有监测数据应完整记录，不得随意改动。自动化监测数据应全部入库，人工测读数据应在 2 个工作日内完成录入，所有的原始监测记录应整编归档。
- 5.1.10 应按照监测规程的要求，对监测资料进行整编和初步分析。

5.2 环境量监测

5.2.1 水位监测

- 5.2.1.1 每日定时测读水位。水位以 m 计，读数至 0.01m。
- 5.2.1.2 人工测读时，按水面与水尺的相交处读取数值。当水面出现风浪时，应读取浪峰、浪谷时的数值，取其平均值作为水位测值。
- 5.2.1.3 当水位监测断面全部结冰冻实时，可不测读水位，需记录冻实时间；水尺附近未冻实时，可将水尺周围的冰层清除，待水面平静后再测读水位。

5.2.2 气温监测

- 5.2.2.1 气温测值取日平均值，取每日 2 时、8 时、14 时、20 时观测值的平均值，时间误差不超过 1min。
- 5.2.2.2 气温以℃计，读数至 0.1℃。
- 5.2.2.3 人工测读气温时，应保持视线与温度计液面平齐，并迅速读数，避免人为影响气温测值。

5.2.3 库水温监测

- 5.2.3.1 库水温以℃计，读数至 0.1℃。
- 5.2.3.1 采用活动式温度计测读水温时，水深以 m 计，读数至 0.01m。温度计放在所测部位的时间不宜小于 5min。
- 5.2.3.3 在库水温测读的同时需观测气温。

5.2.4 降水量监测

- 5.2.4.1 日降水量的测读时间可视降水的实际情况确定。
- 5.2.4.2 降水量以 mm 计，读数至 0.1mm。

5.3 变形监测

5.3.1 视准线法

- 5.3.1.1 观测仪器应使用精度不低于 J1 级的经纬仪或全站仪。
- 5.3.1.2 视准线观测可采用活动觇牌法或小角度法。使用全站仪观测时，宜采用小角度法。观测方法和误差控制按 DL/T 5178 和 DL/T 5259 的规定执行。
- 5.3.1.3 观测时，仪器架设在工作基点上，以观测其邻近一半的测点为宜。视准线长度超过 300m 的混凝土坝和视准线长度超过 500m 的土石坝，应采用中间设站法观测。
- 5.3.1.4 采用小角度法观测时，每年应至少测量 1 次视准线各测点间及工作基点与邻近测点间的距离。
- 5.3.1.5 视准线工作基点的水平位移应进行校测，并根据校测成果对测点的水平位移进行修正。

5.3.2 交会法及极坐标法

5.3.2.1 水平角观测仪器应使用 J1 级及以上精度的经纬仪或全站仪。经纬仪观测水平角时，各测回均采用同一度盘位置，测微器位置宜适当变动。

5.3.2.2 使用测距仪或全站仪进行边长观测，对混凝土坝宜使用标称精度不低于 $(1+D\times 10^{-6})$ mm (D 为测量距离，单位为 mm) 的仪器，对土石坝宜使用标称精度不低于 $(1+2\times D\times 10^{-6})$ mm 的仪器。边长观测一般应观测斜距，并根据精密水准法或对向三角高程法观测的高差进行倾斜改正，当端点间高差误差对边长改平精度影响较小时可直接观测平距。

5.3.2.3 宜在大气条件稳定均匀的时间段进行观测。

5.3.2.4 水平角、垂直角、边长观测的方法和限差按附录 A 中 A.1~A.3 的规定执行。

5.3.2.5 边角交会观测时，对两工作基点按极坐标法分别计算测点坐标及其闭合差，并校核工作基点间的边长变化情况。闭合差超限时应重测，当重测的闭合差仍超限时，应对工作基点进行稳定性分析。

5.3.3 精密水准法

5.3.3.1 混凝土坝的垂直位移应使用 S05 级及以上精度的水准仪及配套铟瓦标尺，按一等水准测量要求施测；土石坝的垂直位移可使用 S1 级及以上精度水准仪及配套铟瓦标尺，按三等及以上水准测量要求施测；近坝边坡的垂直位移可使用 S1 级及以上精度水准仪及配套铟瓦标尺，按二等水准测量要求施测。

5.3.3.2 各等级水准观测的方法和限差按附录 A 中 A.4 的规定执行。

5.3.3.3 当测站往返测超限或线路闭合差超限时应进行重测。对附合水准路线，重测仍超限时，应对工作基点进行稳定性分析。

5.3.3.4 在水准线路上，宜设置固定测站和固定转点。

5.3.4 三角高程法

5.3.4.1 采用三角高程法观测垂直位移时应观测垂直角和边长。

5.3.4.2 垂直角观测应使用 J1 级及以上精度的经纬仪或全站仪，观测的方法和限差按附录 A.2 规定执行。

5.3.4.3 边长观测具体要求按附录 A 中 A.3 的规定执行。

5.3.4.4 三角高程观测宜采用对向观测法，以减小大气折光等的影响，也可现场测定典型大气折光系数，并以此对其他观测边进行改正。

5.3.5 平面监测控制网

5.3.5.1 平面监测控制网观测应按 GB 50026、GB/T 16818、GB/T 17942、GB/T 18314 规定执行。

5.3.5.2 平面监测控制网宜采用边角网法进行观测。网点高程可采用精密水准法或三角高程法观测。

5.3.5.3 水平角和垂直角观测仪器应使用精度不低于 J1 级的经纬仪或全站仪；边长观测一般使用标称精度不低于 $(1+D\times 10^{-6})$ mm (D 为测量距离，单位为 mm) 的测距仪或全站仪观测斜距。

5.3.5.4 水平角、垂直角、边长观测按附录 A 中 A.1、A.2、A.3 的规定执行，观测成果报告参照附录 C 编写。

5.3.5.5 全球导航卫星系统 (GNSS) 观测应使用 B 级及以上精度的 GNSS 静态定位法，对网中距离较近的测点应进行同步观测。当实行分区观测时，相邻分区至少要有 2 个公共测点。GNSS 观测要求按 GB/T 18314 的规定执行。

5.3.6 高程监测控制网

5.3.6.1 高程监测控制网应采用精密水准法观测，并按 GB/T 12897 的规定执行。

5.3.6.2 一等水准观测应使用 S05 级精度水准仪及配套铟瓦标尺，二等水准观测可使用 S1 级及以上精度水准仪及配套铟瓦标尺。

5.3.6.3 水准观测的具体方法和限差按附录 A 中 A.4 的规定执行。

5.3.7 垂线法

5.3.7.1 垂线人工测读前应检查线体的运行情况。

5.3.7.2 对多测点垂线观测应尽量在较短的时间内完成。

5.3.7.3 采用垂线瞄准器测读时，应从同一方向缓缓滑移游标，使瞄准针被线体分为两个大小相等的三角形为准。每次应测读两测回，测回间应将游标滑移后重新瞄准，两测回读数差不得大于 0.20mm。

5.3.7.4 采用光学垂线坐标仪测读时，应按要求调平坐标仪，调整补光设备和目镜，在满足亮度和清晰度要求的情况下进行测读。测读时应缓慢旋转旋钮，使目镜内竖丝分别从一侧靠近线体边缘，各读数两次，两次读数差不得大于 0.15mm。旋转推进过度则应退回一定距离后重新旋进瞄准。两次读数的平均值作为该次测读值。每一测次应测读两测回，两测回差不得大于 0.15mm。

5.3.7.5 垂线测读前后，应分别测读光学垂线坐标仪零位，取其平均值与初始零位进行比较，计算零位偏差，并根据零位偏差对测值进行修正。

5.3.8 引张线法

5.3.8.1 引张线人工测读可使用读数显微镜、放大镜、光学仪器等设备，不应直接目视读数。

5.3.8.2 引张线测读前应检查浮船和测线的工作状态，在确认线体处在自由稳定的状况下进行测读。

5.3.8.3 采用人工测读标尺时，测线与读数尺的距离应小于 3.0mm，每次测读两测回。使用读数显微镜时，读数测回差不得大于 0.15mm；使用放大镜时，读数测回差不得大于 0.30mm。

5.3.8.4 采用垂线校测引张线端点位移时，应同时观测垂线测点的测值。

5.3.8.5 引张线测读完成后应恢复引张线的保护设施。

5.3.9 激光准直法

5.3.9.1 在真空管道内的真空度达到规定的范围后，才可进行真空激光观测。使用激光探测仪进行自动监测时，应先启动电源，待仪器预热达到要求后再采集数据。

5.3.9.2 大气激光应在大气稳定、光斑抖动微弱时进行观测。每次测读两测回，两测回读数差不得大于 1.5mm。

5.3.9.3 真空激光准直每次应测读一测回，一测回由两个“半测回”构成，两个“半测回”的读数差不得大于 0.3mm。

5.3.9.4 激光准直测读频次应与校核其端点位移的垂线、双金属标等的测读频次一致，两者测读时间差不宜超过 30min。

5.3.10 引张线式水平位移计法

5.3.10.1 测读前应按规定的要求加载重量，测读后应平稳卸掉加载的重量，加载和卸载过程均应缓慢平稳进行，不得转动或晃动。

5.3.10.2 引张线式水平位移计每次测读两测回。加载稳定 15min 后开始测读，每隔 10min 测读 1 次，当相邻两次测值之差小于 0.5mm 时，取其平均值作为一测回测值；卸载后重新加载重量，再进行下一测回的测读。两测回读数差不得大于 2.0mm。

5.3.10.3 在引张线式水平位移计测读时，宜同步测量其所在观测房的水平位移，并对相应测点的水平位移值进行修正。

5.3.11 水管式沉降仪法

5.3.11.1 水管式沉降仪测读前，应检查储水箱的水量，以及检查输水管路和排气管路的通畅情况。

5.3.11.2 在确认水管式沉降仪工作状态正常后，依次对每个测点进行补水，待补水结束和管内水位稳定后，每隔 10min 测读 1 次，读数至 0.1mm，当相邻两次测值之差小于 2.0mm 时，取其平均值作为该次的观测值。

5.3.11.3 在水管式沉降仪测读时，宜同步测量其所在观测房的垂直位移，并对相应测点的垂直位移值进行修正。

5.3.12 静力水准法

5.3.12.1 静力水准测读前，应检查管路内是否存在气泡或漏水情况，在确认设备工况运行正常及各测点水位稳定后，可进行测读，并在尽量短的时间内完成测读。

5.3.12.2 人工读数时，视线应与刻度保持正视，读数至 0.1mm。

5.3.12.3 应定期对静力水准系统基点的变形情况进行校测。采用双金属标校测静力水准基点时，宜同步观测双金属标测值。

5.3.13 双金属标法

5.3.13.1 双金属标测读前，应检查管口夹具和双金属标连接情况。

5.3.13.2 使用游标卡尺量测时，应先检查卡尺的活动情况，每次应在同一部位量测，读数至 0.01mm，每次量测两测回，两测回读数差不得大于 0.2mm。

5.3.13.3 当双金属标作为几何水准测量的基准点，并从钢管顶部的标心开始引测时，应按一等水准测量要求或采用游标卡尺测出两根管标的高差，并按附录 B 计算垂直位移改正值；当引测基点、静力水准端点或激光准直系统端点与双金属标的钢标、铝管独立，但采用同一基座时，应按一等水准测量要求或采用双金属标仪分别测出钢管和铝管相对基座的测值，并按附录 B 计算端点改正值。

5.3.13.4 双金属标测读应与相应的垂直位移监测项目同步进行，并根据双金属标测值的改正值对相应测点的垂直位移测值进行修正。

5.3.14 测斜仪法

5.3.14.1 活动式测斜仪读数时，将测斜仪高轮朝向正位移方向，沿测斜管导槽缓缓放至孔底，保持每次起测的高程相同；测斜仪在孔底放置 5min~10min，待其温度稳定后，自下而上进行测读，相邻两个测点的间距应与测斜仪标距相同，完成正向行程测量；将测斜仪调转 180°，再按正位移方向观测时的相同方法，完成反向行程测量。

5.3.14.2 正向、反向行程测量完成后，应及时进行“和校验”：将两组读数相加，取其平均值作为测斜仪传感器零偏移值，当零偏移值超过仪器规定值时应重测。

5.3.14.3 固定式测斜仪应采用专用读数仪或自动化监测，并按已标定的仪器参数和设定的计算公式计算各测点的水平位移。

5.4 渗流监测

5.4.1 测压管法

5.4.1.1 无压孔测压管水位人工测读宜使用电测水位计；有压孔测压管水位人工测读宜使用压力表。

5.4.1.2 使用电测水位计测读时，打开水位计电源，将测头小心放入测压管内，在水位计指示器发出信号时，宜将探头继续往下放 10cm~20cm，再缓慢提起测头确认水面后进行测读，读数至 0.01m。

5.4.1.3 使用压力表测读时，测值应测读至压力表的最小估读值。当测压管中有明显气压存在时，应卸压后再进行测读。

5.4.1.4 应选用量程合适的压力表，使测值长期处在 $1/3 \sim 2/3$ 量程范围内。测压管水位发生改变时，应适时更换相应量程的压力表。压力表应按规定的要求送检，并在有效期内使用。

5.4.1.5 当测压管内放置渗压计进行自动化监测时，应按照已标定的仪器参数和安装高程计算测压管水位。

5.4.2 量水堰法

5.4.2.1 日常应保持量水堰堰槽、堰板和水尺的清洁。

5.4.2.2 使用水尺测读时，堰上水头读数至 0.1mm。

5.4.2.3 使用水位测针测读时，应将测针缓缓下移，在测针接触到水面时即可测读，读数至 0.1mm。读数两次，两次读数差不得大于 0.2mm；测读完后将测针摇回，并将测针头部擦干净。

5.4.2.4 采用容积法观测时，量具集水的时间不得小于 10s，按相同方法量测两次，两次测值差不得大于平均值的 5%，取平均值为该次流量测值。

5.5 应力应变及温度等监测

5.5.1 传感器

5.5.1.1 采用集线箱测读时，应按以下要求测读：

- a) 集线箱内应设置测点信息表，表中标注每个通道接入的测点名称、编号、传感器类型等信息，测读时将集线箱信号线按接线顺序与测量仪表连接。
- b) 先将切换按钮旋转 1 周~2 周，检查设备工作状态；打开测量仪表，待测值稳定后，读取、记录和存储传感器测值；按顺序旋转按钮，切换至下一通道进行测读；测读完成后，保护好集线箱信号线。
- c) 对接入自动化监测的集线箱，人工测读完成后，应将集线箱恢复至自动化监测状态。

5.5.1.2 未采用集线箱测读时，应按以下要求测读：

- a) 测读前，应保持传感器电缆的清洁、干燥，无锈蚀、氧化现象；测读时，将传感器电缆与测量仪表直接连接。
- b) 用夹线夹连接传感器电缆对应颜色的芯线，待测值稳定后再读数、记录，测读时禁止用手直接接触传感器电缆芯线。
- c) 测读完成后，应将传感器电缆整理整齐并妥善保护。

5.5.2 测量仪表

5.5.2.1 各类传感器的测量仪表在使用前应进行检查，主要检查测量仪表的各功能键、接线柱、电池状态、显示情况等，检查合格的测量仪表方可用于测读。

5.5.2.2 测量仪表应按照仪器规定的要求进行操作。

5.5.2.3 测读时，如发生测值不稳、无测值或测值异常等情况，应对传感器电缆进行检查，可进行以下操作：

- a) 检查接线是否正确。
- b) 检查传感器电缆与测量仪表接触是否良好，电缆芯线是否出现断线等情况。
- c) 测量传感器芯线电阻和绝缘电阻，判断发生故障的原因。

5.6 监测自动化系统

5.6.1 一般规定

5.6.1.1 监测自动化系统应通过出厂验收、现场试运行期考核验收合格，并制定监测自动化系统的运行

管理、检查维护等规程后，才能投入正式运行。

5.6.1.2 监测自动化系统应作为水电站大坝安全监测的主要设备进行运行管理。

5.6.1.3 监测自动化系统的运行条件应满足 DL/T 5211、DL/T 1134 和 DL/T 5272 的要求。

5.6.1.4 监测自动化系统调试时，应与人工监测数据进行同步比测，并应将自动化监测的基准值调整到与人工监测相一致，应进行整机和抽样检验考核。

5.6.1.5 监测自动化系统安装、调试完成后，应进行为期一年的试运行，再进行竣工验收。

5.6.2 操作权限

5.6.2.1 操作监测自动化系统的监测人员应进行授权管理。监测管理站、监测管理中心站运行操作权限级别应分别设置。

5.6.2.2 应明确规定监测人员操作监测自动化系统的授权范围，主要包括仪器参数的设置、修改，采集时间、采集频次的设定，系统时钟的校正等。

5.6.3 系统防护

5.6.3.1 应保证采用专用电源供电，电源应有稳压及过电压保护措施。

5.6.3.2 应有可靠的防雷电感应措施，系统的接地应可靠，接地电阻应满足电气设备接地要求。

5.6.3.3 电缆应加以保护，特别是室外电缆应布设在电缆沟或电缆保护管内。电缆沟宜封闭，并应有排水设施。

5.6.3.4 易受周围环境影响的仪器应加以保护；安装在坝体外部的设备，应考虑日照、温度、雨雪、风沙等恶劣天气对监测设备的影响，必要时应采取特殊防护措施。

5.6.3.5 野外及离坝较远的设备应采取防雷措施，并应予以封闭，注意防盗。

5.6.4 运行

5.6.4.1 定时查看采集计算机、监测管理站或监测管理中心站的运行界面，及时查看系统越限报警信息和故障日志，故障报警及时上报，并按照规定程序进行处理。

5.6.4.2 定时通过监测自动化系统的诊断功能了解监测仪器设备、监测站数据采集装置、监测管理站、监测管理中心站各设备的运行状态。确保监测自动化系统的保护电源、防雷接地设施、信息传输网络处在正常工作状态。

5.6.4.3 按相关要求完成日报表、月报表等报表制作。有监测信息报送要求的，应每周确认上报正常。

5.6.4.4 按照设备说明书进行操作，发现问题及时处理或更换备件；及时登记台账和运行记录。

5.6.4.5 监测数据备份周期应不超过 30 天，相关监测数据和电子文档宜每年采用纸质文档或光盘进行 1 次备份。

5.6.4.6 宜每半年对自动化系统的测点进行 1 次人工比测，并根据具体情况进行校验。进行人工比测时，应切断电源；模块端口测量完成后，应及时恢复自动化系统的初始状态，并恢复供电。

5.6.4.7 监测自动化系统中的计算机不应安装与该系统运行、管理无关的软件；需要与外网连接时，应设置防火墙；需要接入移动存储介质时，宜采用专用设备。监测自动化系统的计算机应及时进行查杀病毒，系统时钟每月校正 1 次。

5.7 监测资料的整编和分析

5.7.1 监测资料应及时整理和整编。日常资料整理应在每次监测后随即进行；监测资料的定期整编应按规定时段进行；年度监测资料整编和初步分析应在次年 3 月底完成。

5.7.2 监测资料整理和整编及初步分析应按 DL/T 5209、DL/T 5256 的规定执行，初步分析应突出趋势性分析和异常数据和异常现象诊断。

5.7.3 在蓄水安鉴、竣工安鉴、大坝安全定期检查时，应开展监测资料的综合分析和报告，为评价大坝的工作性态提供依据。监测资料综合分析应结合水文、地质条件、结构特点、运行性态及环境量变化，突出趋势性分析、异常现象诊断和结构完全评价，对大坝的关键监测项目，应当提出运行警戒值。

5.7.4 监测资料分析的内容应包括坝区环境量、大坝变形、大坝渗流、结构物受力状态、工程边坡变形和地下水位，以及现场巡视检查结果等。

5.7.5 监测资料整编和分析时，发现异常情况应及时进行综合分析并报告。

5.7.6 监测资料的整编和分析成果应按档案管理规定及时归档。

6 监测系统维护

6.1 一般规定

6.1.1 应按监测系统的特点，从环境、安全、防护和功能等方面进行维护。监测系统维护应满足系统正常运行的要求，包括检查、检验、清洁、维修和保养等工作，保持各类监测设施标识完整、清晰。

6.1.2 监测系统维护包括日常检查维护、年度详查维护、定期检查维护和故障检查维护。日常检查维护可结合日常监测进行；年度详查维护可结合汛后检查进行；定期检查维护可结合大坝安全定期检查进行。监测系统维护内容和频次按附录 D 执行。

6.1.3 监测数据出现异常时，应对相关的监测仪器设备进行检查。监测自动化系统采集的数据出现异常时，应对系统及时进行检查，并与相关传感器的人工测值进行比较。

6.1.4 对监测自动化系统，日常应对测点、监测站、监测管理站、监测管理中心站的仪器设备及其相关的电源、通信装置等进行检查。每季度对监测自动化系统进行 1 次检查，每年汛前应进行 1 次全面的检查，定期对传感器及其采集装置进行检验。

6.1.5 应定期对光学仪器、测量仪表、传感器等进行检验；有送检要求的仪器设备，应在检验合格的有效期内使用。

6.1.6 监测系统检查维护情况应参照附录 E 进行记录；监测仪器设备进行维护或更换后，应作详细记录。

6.1.7 各类传感器、测量仪表和数据采集装置的故障处理可参照附录 F 执行。

6.2 环境量监测设施

6.2.1 水位监测设施

6.2.1.1 日常应检查、清理水位观测井或水尺附近的杂物，保持尺面刻度、标记的清晰，保持水尺及水位传感器安装位置或支撑体的稳固。

6.2.1.2 水尺零点标高每 1 年～2 年应校测 1 次，当水尺零点标高发生变化时，应及时进行校测和修正。

6.2.1.3 水位传感器及其采集装置应每年校验 1 次。

6.2.1.4 自记水位计的检查维护要求按 GB/T 50138 的规定执行。

6.2.2 气温监测设施

6.2.2.1 日常应检查、清洁百叶箱和气温传感器，检查和清洁要求按 QX/T 50 的规定执行。

6.2.2.2 日常应检查温度计变形、刻度磨损等情况，对遥测气温传感器的检查和维护应按仪器技术说明的要求进行。

6.2.3 降水量监测设施

6.2.3.1 日常应检查传感器器口变形、器口面水平、器身稳固等情况，检查、清除承水器滤网上的杂物

和漏斗通道堵塞物。对翻斗式雨量计,可用中性洗涤剂清洗翻斗表面,不得用手直接触摸翻斗内壁。

6.2.3.2 冰冻期较长的地区,在结冰前应将承水器口加盖,并切断电源。

6.2.3.3 应对自记雨量计的准确性定期进行比测和校验;定期检测承水器口的直径和水平度。

6.3 变形监测设施

6.3.1 表面变形监测设施

6.3.1.1 日常应检查维护变形监测控制网网点和表面变形测点的保护装置,检查并清除影响通视的障碍物,检查修复损坏的观测道路、网点或测点。

6.3.1.2 经纬仪、全站仪、水准仪应按照 GB/T 3161、GB/T 27663、GB/T 10156 的规定进行维护。

6.3.1.3 各种测量仪器在使用前,应进行外观检查和一般功能的检验,检查和检验要求按附录 D 中表 D.2~表 D.7 执行。检查发现有外观变形、连接部位松动等情况时,不得用于观测。对检验后的仪器常数、水准标尺每米真长等改正数,应确认其可靠后,方可对测值进行改正。

6.3.1.4 测量仪器使用时应特别注意以下事项:

- a) 应对边长检定提供的加常数和乘常数进行验证;
- b) 确保水准尺有每米真长检定值;
- c) 对每期水准观测的水准仪 i 角进行检验,使 i 角处在规范允许的范围。

6.3.1.5 变形监测控制网在复测后,应对各网点进行稳定性分析,并综合评价网的整体稳定性。对于稳定性差的网点,应根据实际情况,采取加固、重建等措施;对整体稳定性差的网,可考虑重新设计。

6.3.2 垂线装置

6.3.2.1 日常应检查垂线观测房和测点处的照明、串风、渗水、结露等情况,检查处理数据采集设备故障、支撑架松动或损坏,油桶漏油、油桶中存在杂物,倒垂浮筒内油位不够、倒垂浮体装置倾斜或浮子碰壁,正垂线重锤接触阻尼油桶壁,垂线线体有附着物或其他物体接触等情况。

6.3.2.2 光学垂线坐标仪主要检查并处理脚螺旋松动、丝杆滑丝、松动等现象;瞄准仪应保持尺面刻度的清晰及滑块滑动的灵活。

6.3.2.3 对遥测垂线坐标仪,主要检查处理 CCD 坐标仪的发光管镜头及感应窗的水汽或灰尘附着,电容式坐标仪的极板结露、中间极移位,步进马达式坐标仪的丝杆、发光管镜头及感应窗的水汽或灰尘附着。

6.3.2.4 每年检查处理垂线孔(管)中的其他线缆与垂线线体接触,悬挂点支撑架松动或损坏等情况。

6.3.3 引张线装置

6.3.3.1 日常应检查处理引张线测点的串风、浮船箱液位、浮船碰壁、线体松弛、线体与护管接触、测读装置及其支架松动或损坏等情况。

6.3.3.2 对遥测引张线仪,日常主要检查处理 CCD 坐标仪的发光管镜头及感应窗的水汽或灰尘附着,电容式引张线仪的极板结露、中间极移位,步进马达式引张线仪的丝杆、发光管镜头及感应窗的水汽或灰尘附着。

6.3.3.3 每年检查处理固定端或加力端的卡阻、加力端重锤不自由、两端支架松动或损坏等情况。

6.3.4 激光准直装置

6.3.4.1 对真空管道,日常应主要检查处理发射端与真空管道连接处、接收端与真空管道连接处、真空管道与测点箱连接处和波纹管等部位的变形和不密封等情况,保证真空管道的漏气率和真空度满足规范要求。

6.3.4.2 对发射装置进行检查维护时,不得触碰激光管及其微调装置、小孔光栏,不得改变激光管和小孔光栏的位置。

- 6.3.4.3 对跟踪仪进行维护时，应擦除附着在跟踪仪丝杆及导轨上的灰尘及油污，并重新进行润滑处理。
- 6.3.4.4 每季度应对跟踪仪输出的信号电缆进行测试，发现电缆接头接触不良时，应重新焊接或更换。
- 6.3.4.5 每季度应对真空泵油、麦氏表、真空表进行检查维护，对系统供电电压进行测试检查。
- 6.3.4.6 每季度应检查真空泵油的油质，按要求及时更换真空泵油。

6.3.5 引张线式水平位移计装置

- 6.3.5.1 对引张线式水平位移计的线体及其挂重装置，日常应检查处理外露端卡阻无润滑、测读装置不紧固、悬挂端重锤不自由、支架松动或损坏等情况。
- 6.3.5.2 每季度应对自动加载设备的电机、行程开关、限位开关、传递装置及加载装置等进行检查维护。

6.3.6 水管式沉降仪装置

- 6.3.6.1 日常应检查观测房内测量柜及水位指示装置的固定情况，检查维护各管路的通畅和接头密封情况，保持管内液体清洁。
- 6.3.6.2 对自动化数据采集装置，日常主要应对充水设备的电磁阀门及阀门继电器等进行检查维护。
- 6.3.6.3 应定期对进水管、通气管、排水管的连通性进行测试，按要求及时清洗管路。

6.3.7 静力水准装置

- 6.3.7.1 日常应主要检查静力水准系统各测点的人工读数窗、浮子状态和液位，对钵体和管路的保温情况进行检查。
- 6.3.7.2 对静力水准系统补充液体时，应缓慢加液，避免产生气泡，在液体中加少量硅油可减缓降低液体的蒸发速度。
- 6.3.7.3 每年应对钵体及其支撑体的变形、连通管路中的气泡及漏液部位等进行检查处理。

6.3.8 双金属标装置

- 6.3.8.1 每年应对管体变形、测点装置变形及其与金属管连接、金属管锈蚀等情况进行检查处理。
- 6.3.8.2 对双金属标仪，每年对双金属标仪底座与端点混凝土基座的固定情况进行检查处理，应定期对双金属标仪进行检测、校验。

6.3.9 测斜管及测斜仪

- 6.3.9.1 日常应检查活动式测斜仪的导轮、弹簧、密封圈的工作情况，确认输出正常。日常应对管口变形、管口保护装置进行检查。
- 6.3.9.2 每半年应对测斜仪电缆长度标尺进行校验，必要时应对测斜管进行测扭检查。

6.4 渗流监测设施

6.4.1 测压管装置

- 6.4.1.1 对测压管的孔口装置，日常应主要检查外露构件的防护情况，保持各连接部位的密封。
- 6.4.1.2 每季度应对电测水位计的测尺长度进行校测，保持尺度标记的清晰，对蜂鸣器的工作状态进行检查。
- 6.4.1.3 每季度应对压力表的灵敏度和归零情况进行检查测试。
- 6.4.1.4 应定期对测压管孔口高程、压力表中心高程、渗压计安装高程进行校测、修正，土石坝内的测压管孔口高程可根据实际情况确定校测频次。
- 6.4.1.5 应定期对测压管的灵敏性进行测试。

6.4.2 量水堰装置

6.4.2.1 日常应检查、清理堰板前后排水沟中的淤积物，清除水尺和堰板处的附着物，检查、清除量水堰仪浮筒及其进水口附近的杂物，对各渗水点的水质状况进行检查描述。

6.4.2.2 每年应对量水堰仪或水尺的起测点进行校测。

6.4.2.3 对自动化监测的，其自动化测值与人工测值之差超过限差时，应对传感器的准确性进行校测。

6.4.2.4 监测部位渗流量与量水堰量程不匹配时，应更换量水堰或采用其他监测方法。

6.5 应力应变及温度等监测设施

6.5.1 传感器

6.5.1.1 日常应主要检查传感器电缆标识、敷设保护、工作环境等情况，及时对电缆线头进行维护，清除氧化层，保持接触良好。

6.5.1.2 对安装在建筑物表面的传感器或传感器外露的，日常应检查其保护装置的完整性，出现松动、外壳破损、积水、电缆敷设异常等情况，须及时进行处理。

6.5.1.3 应定期对传感器的工作性态进行检测，评判其测值的可靠性。

6.5.2 测量仪表

6.5.2.1 测量仪表应保持清洁，防止灰尘、雨水进入，检查测量仪表电源的工作状态。

6.5.2.2 应按测量仪表技术要求进行日常检查和保养，每季度进行自检和准确性测试。

6.5.2.3 自检时，确认测量仪表出现下列情况的，应进行检验、维修：

- a) 差阻式测量仪表采用标准电阻箱进行自检测试，各挡位实测电阻比与标定值之差超过 2×10^{-4} ，各挡位实测电阻值与标定值之差超过 0.04Ω 。
- b) 钢弦式测量仪表采用信号发生器进行自检测试，各挡位实测频率值与标定值之差超过 0.2Hz 。

6.5.3 集线箱

日常应检查集线箱的工作温度，保持环境清洁、干燥，检查集线箱通道切换开关工作状况和指示挡位的准确性。

6.6 监测自动化系统

6.6.1 对自动化测点宜每半年进行 1 次人工比测，人工和自动化测值之差超过限差时，应对传感器及数据采集装置等进行检查，相关的限差要求按 DL/T 5211、DL/T 5272 的规定执行。自动化系统每年进行 1 次绝缘度检查。

6.6.2 对自动化系统采集的数据进行检查，发现数据缺失率高、异常数据增多时，应及时查明原因。

6.6.3 自动化系统的主设备、易损件、保护性器件应配备必需的备品、备件。

6.6.4 具有访问功能的自动化系统，在进行远程诊断和维护时，应按规定的程序，由经过授权的管理人员进行操作，操作完成后应及时关闭该功能。

6.6.5 应建立专门的自动化系统维护日志，做好记录并存档。

附录 A
(规范性附录)
表面变形观测方法

A.1 水平角观测

A.1.1 方向法观测时，采用双照准法：照准目标 2 次、读数 2 次。平面监测控制网的全部测回应在两个异午的时间段内各完成一半，每一时间段观测的基本测回数不超过总基本测回数的 2/3。在全阴天，可不受此限。

A.1.2 平面监测控制网的水平角宜采用方向法观测 12 测回。其他变形监测中，水平角宜采用方向法观测 1 测回~8 测回，测回数参见表 A.1。

表 A.1 表面变形观测方法及测回数要求

工作基点至测点平距 S m	全 中 误 差		
	水平位移 $\pm 1\text{mm}$	水平位移 $\pm 3\text{mm}$	垂直位移 $\pm 3\text{mm}$
$S \leq 100$	极坐标，2 测回 *1 测角交会，1 测回	极坐标，1 测回 测角交会，1 测回	三角高程，1 测回
$100 < S \leq 150$	极坐标，4 测回 *1 测角交会，2 测回		
$150 < S \leq 200$	测角交会，4 测回 边角交会，2 测回		
$200 < S \leq 300$	测角交会，6 测回 边角交会，4 测回	极坐标，2 测回 测角交会，2 测回	三角高程，2 测回
$300 < S \leq 400$	边角交会，8 测回 *2	极坐标，2 测回 测角交会，4 测回 边角交会，2 测回	三角高程，4 测回
$400 < S \leq 500$	—	极坐标，4 测回 测角交会，6 测回 边角交会，2 测回	三角高程，6 测回
$500 < S \leq 800$	—	边角交会，2 测回	三角高程，双测站 8 测回
$800 < S \leq 1000$	—	边角交会，4 测回	—
注 1：表中标有*1 的应采用 $(0.6 + D \times 10^{-6}) \text{ mm}$ 测距精度全站仪。			
注 2：表中标有*2 的应采用 $(0.6 + D \times 10^{-6}) \text{ mm}$ 测距精度全站仪，且交会角在 $(90 \pm 20)^\circ$ 。			
注 3：其他未标注的应采用 J1 级测角精度、 $(1 + D \times 10^{-6}) \text{ mm}$ 测距精度仪器对称交会观测，交会角在规定范围内、单向 EDM 三角高程观测大气垂直折光基本稳定情况下所需的最少测回数。			

A.1.3 平面监测控制网的水平角也可采用全组合测角法观测，其方向权 $m \cdot n = 24$ (25)，其中 n 为方向数， m 为测回数。全组合测角法按照 GB/T 17942 规定执行。

A.1.4 方向法观测时，方向观测读数取至 $0.1''$ ，从测回角度值开始取至 $0.01''$ ；水平方向观测限差见表 A.2。

表 A.2 水平方向观测限差

序号	项 目	限 差
1	二次照准目标读数的差	4"
2	半测回归零差	5"
3	一测回内 2C 互差	9"
4	同一角度各测回角值互差	5"
5	三角形最大闭合差	2.5"
6	按菲列罗公式计算的测角中误差	0.7"
7	极条件自由项	$1.4\sqrt{[\delta\delta]}$
8	边条件自由项	$2\sqrt{0.49[\delta\delta] + m_{1gs1}^2 + m_{1gs2}^2}$
注 1: 当照准点的垂直角超过 $\pm 3^\circ$ 时, 该方向的 2C 互差可与同一观测时间段内的相邻测回进行比较。如按此方法比较, 应在手簿中注明。 注 2: 表中 δ 为求距角正弦对数秒差; m_{1gs1} 、 m_{1gs2} 为起始边长对数中误差。		

A.2 垂直角观测

A.2.1 垂直角观测采用双照准法: 照准目标 2 次、读数 2 次。

A.2.2 平面监测控制网的垂直角宜按中丝法观测 4 测回~12 测回。其他变形监测中, 垂直角宜按中丝法观测 2 测回~6 测回, 测回数见表 A.1。

A.2.3 垂直角应在中午附近大气垂直折光变化最小的时间段观测, 取地方时 10 时至 14 时之间。平面监测控制网的垂直角全部测回也可在两个异午的时间段内各完成一半。

A.2.4 垂直角观测宜与边长观测采用同样的仪器高和目标高。量取仪器高(目标位置高)时须两次量取, 读至 0.1mm, 两次读数之差不超过 0.4mm。全站仪仪器高(棱镜高)两次量取应分别量测观测墩一侧底座面及其对角侧底座面至仪器(棱镜)中心高程面的垂直距离。

A.2.5 垂直角读数取至 0.1", 从测回角度值开始取至 0.01"; 垂直角观测限差见表 A.3。

表 A.3 垂直角观测限差

序号	项 目	限 差
1	二次照准目标读数的差	4"
2	一测回中各方向指标差互差	8"
3	测回差	5"
注: 无竖盘指标自动归零补偿的经纬仪观测时测回差限差取 6"。		

A.2.6 计算高差时取本测站一个时段经气象及仪器常数改正后的边长观测值进行计算, 高差及高程均取至 0.1mm。

A.3 边长观测

A.3.1 平面监测控制网的边长观测须对向观测, 每单向边在上午、下午或夜间时段中的两个对称时段观测, 每单向一个时段观测 2 测回, 一测回读数 4 次。其他变形监测中, 边长观测 2 测回~4 测回, 测回数见表 A.1。

A.3.2 边长观测宜与垂直角观测采用同样的仪器高和目标高。改正后的边长由水准网或三角高程网平差后的高程进行倾斜改正，倾斜改正后的边长投影至坝顶高程。

A.3.3 边长观测应使用规定的气象仪表观测当时气象元素，用于观测边长的气象改正。观测时将仪器设定为不进行气象改正（设置气象改正值为零），记录观测边长（斜距）再进行气象改正和常数改正计算（包括加常数、乘常数、周期误差、气象等）。边长读数至 0.1mm，计算至 0.01mm。温度读至 0.1℃，气压读至 0.1hPa。

A.3.4 观测边长超限时，除明显的单向一时段超限可补测外，须重测该边长的所有观测值。

A.3.5 边长观测限差见表 A.4。

表 A.4 边长观测限差

序号	项 目	限 差
1	一测回中各次读数差	1mm
2	一时段内测回差	2mm
3	各项改正后各时段观测边长较差	$\sqrt{2}(A+B \times D)$ mm
4	各项改正后对向观测边长较差	$\sqrt{2}(A+B \times D)$ mm
5	三角形中观测角与计算角的角值较差	$2\sqrt{2\left(\frac{m_s}{S}\rho''\right)^2(\cot^2\alpha+\cot^2\beta+\cot\alpha\cdot\cot\beta)+m_b''^2}$
6	测边为主的边角组合网角条件自由项	$2m_s\sqrt{[aa]}$
注 1：测回差应将斜距经气象改正后进行比较。 注 2：边长较差应将斜距化算到同一水平面上方可进行比较。 注 3：A——标称精度固定误差，mm；B——标称精度比例误差系数，mm/km；D——斜边长，km。 注 4： ρ'' ——常数 206265； m_s/S ——各边的平均测距相对中误差； α 、 β ——除观测角外的另两个角度； m_b'' ——相应等级三角形网规定的测角中误差，"。 注 5： a ——圆周角条件或组合角条件方程式系数； m_s ——（所有）观测边的平均测距中误差。		

A.4 精密水准观测

A.4.1 一条路线的往返测，应使用同一类型的仪器和转点尺承，沿同一道路进行。

A.4.2 同一测段的往返测应分别在上午与下午进行。在日间气温变化不大的阴天和观测条件较好时，若干里程的往返测可同在上或下午进行，但这种里程的总站数，一等不应超过该区段总站数的 20%，二等不应超过该区段总站数的 30%。

A.4.3 一、二等水准观测，须根据路线土质选用尺桩或尺台（尺台重量不轻于 5kg）作转点尺承，所用尺桩或尺台数应不少于 4 个，特殊地段可采用大帽钉。

A.4.4 测站视线长度（仪器至标尺距离）、前后视距差、视线高度按表 A.5 规定执行。

表 A.5 水准观测测站视线规定

单位：m

等级	仪器类型	视线长度	前后视距差		任一测站上前后视距差累积		视线高度	
			光学	数字	光学	数字	光学（下丝读数）	数字
一等	DS05	≤30	≤0.5	≤1.0	≤1.5	≤3.0	≥0.5	≥0.65
二等	DS1, DS05	≤50	≤1.0	≤1.5	≤3.0	≤6.0	≥0.3	≥0.55
注：下丝为近地面的视距丝。数字水准仪视线最大高度小于 2.8m。								

A.4.5 高程控制网水准测站观测限差见表 A.6。

表 A.6 水准观测测站限差

单位: mm

等级	上下丝读数平均值与中丝读数的差		基辅分划读数的差	基辅分划所测高差的差	检测间歇点高差的差
	0.5cm 刻划标尺	1cm 刻划标尺			
一等	1.5	3.0	0.3	0.4	0.7
二等	1.5	3.0	0.4	0.6	1.0

A.4.6 高程控制网水准往返测高差不符值、环闭合差和测段高差较差的限差见表 A.7。

表 A.7 水准观测闭合差限值

单位: mm

等级	测段、区段、路线往返测高差不符值	附和路线闭合差	环闭合差	测段高差较差限差
一等	$1.8\sqrt{K}$		$2\sqrt{F}$	$3\sqrt{R}$
二等	$4\sqrt{K}$	$4\sqrt{L}$	$4\sqrt{F}$	$6\sqrt{R}$
注: K ——测段、区段或路线长度, km, 当测段长度小于 0.1km 时, 按 0.1km 计算; L ——附和路线长度, km; F ——环线长度, km; R ——检测测段长度, km。				

A.4.7 高程控制网每千米水准测量的偶然中误差 M_{Δ} 、每千米水准测量的全中误差 M_w 的限差见表 A.8。表 A.8 每千米水准测量的偶然中误差 M_{Δ} 和全中误差 M_w 限值

单位: mm

测量等级	M_{Δ}	M_w
一等	0.45	1.0
二等	1.0	2.0

A.4.8 变形监测各等级水准路线闭合差的限差见表 A.9。

表 A.9 精密水准路线闭合差限值

单位: mm

等级	往返测不符值	附和路线闭合差	环闭合差
一等	$0.3\sqrt{n_1}$	$0.3\sqrt{n_2}$	$0.3\sqrt{n_2}$
二等	$0.6\sqrt{n_1}$	$0.6\sqrt{n_2}$	$0.6\sqrt{n_2}$
三等	$1.4\sqrt{n_1}$	$1.4\sqrt{n_2}$	$1.4\sqrt{n_2}$
注: n_1 ——测段站数 (单程); n_2 ——附和路线或环线站数 (单程)。			

附 录 B
(规范性附录)
双金属标改正值计算方法

B.1 当双金属标作为几何水准测量的基准点并从钢管顶部的标心开始引测时，垂直位移改正值的计算公式为：

$$\Delta_{\text{钢}} = \frac{\alpha_{\text{钢}}}{\alpha_{\text{铝}} - \alpha_{\text{钢}}} (h_i - h_0)$$

式中： $\alpha_{\text{钢}}$ ——钢管标线膨胀系数；
 $\alpha_{\text{铝}}$ ——铝管标线膨胀系数；
 h_i ——两根管标的本次高差；
 h_0 ——两根管标的初始高差。

B.2 当引测基点或静力水准端点或激光准直系统端点与双金属标的钢标、铝管独立，但采用同一基座时，端点改正值的计算公式为

$$\Delta_{\text{端点}} = (S_{\text{钢}i} - S_{\text{钢}0}) - \frac{\alpha_{\text{钢}}}{\alpha_{\text{铝}} - \alpha_{\text{钢}}} \times [(S_{\text{铝}i} - S_{\text{铝}0}) - (S_{\text{钢}i} - S_{\text{钢}0})]$$

式中： $S_{\text{钢}i}$ ——钢管标相对基座的本次高差测值；
 $S_{\text{钢}0}$ ——钢管标相对基座的初始高差测值；
 $S_{\text{铝}i}$ ——铝管标相对基座的本次高差测值；
 $S_{\text{铝}0}$ ——铝管标相对基座的初始高差测值。

附录 C
(资料性附录)

变形监测控制网观测外业成果的验算及整理要求

C.1 变形监测控制网外业成果验算:

- a) 测站观测工作结束之后,应及时对外业观测成果进行验算。闭合差不应超过某一规定的界限,否则即可能含有粗差,须对观测成果进行重测。只有在剔除含有粗差的观测值,外业成果验算全部合格后,才能进行控制网平差计算。
- b) 变形监测控制网外业成果验算按 GB/T 12897、GB/T 16818、GB/T 17942、GB 50026 等规范执行。

C.2 变形监测控制网平差计算应符合下列要求:

- a) 对于首期水平位移监测控制网一般采用经典平差计算法,平差时应确定两个以上稳定点或一个稳定点及一个固定方向。
- b) 水平位移监测控制网的复测成果平差,如能确定有两个以上稳定点或一个稳定点及一个起算方向的应采用经典平差,否则可采用秩亏自由网平差以确定相对稳定点后,采用拟稳平差。

C.3 变形监测控制网点稳定性评判应符合下列要求:

- a) 对变形监测控制网的一次复测成果,可根据单点变形量与取 k 倍中误差为极限的极限变形误差椭圆的关系或根据统计检验法,判断发生变形的情况,但网点的稳定性评判需综合各期复测成果及现场环境进行综合判断。
- b) 测点坐标有一个方向被确定发生显著位移,其三维坐标应采用复测后的成果,且与其相应的引用均需进行修正。

C.4 资料整理要求:

- a) 观测资料应附上观测期间气象情况及库水位情况。
- b) 按照规范要求进行外业测量成果的验算。
- c) 提交全部的闭合差(自由项)计算资料并进行外业成果的检查验收。
- d) 分析计算本次观测结果及测点稳定性评价。
- e) 编写技术总结,对本次观测及现有观测网进行评价。
- f) 提交全面的技术性报告和所有资料。

附 录 D
(规范性附录)
监测系统维护项目及频次

D.1 监测系统维护项目及频次要求见表 D.1。

表 D.1 监测系统维护项目及频次要求

监测类别	监测仪器设备	维 护 项 目	频次要求
环境量 监测	水位监测设施	水位观测井、进水口和水尺的外观检查	1 次/月
		水位传感器及其采集装置校验	1 次/年
		零点标高校测	1 次/ (1 年~2 年)
	气温监测设施	百叶箱和温度传感器清洁; 温度传感器比测	1 次/月
	降水量 监测设施	雨量计外观检查, 清除滤网和漏斗杂物	1 次/月
		检测承雨器口直径、水平度; 自记雨量计比测校验	定期检查
变形 监测	表面变形 监测设施	线路巡查, 检查网点和测点完好性和通视情况	1 次/半年
		大地测量仪器和配件自检	表 D.2~D.7
	垂线	观测房、测点工况、支撑架、油桶、线体等的检查; 光学垂线坐标仪、遥测垂线坐标仪工况检查	1 次/月
		垂线孔、正垂线悬挂点检查	1 次/年
	引张线	测点和线体工况检查; 遥测引张线仪工况检查	1 次/月
		固定端和加力端检查	1 次/年
	激光准直系统	真空管道连接工况、漏气率和真空度检查	1 次/月
		测试、维护跟踪仪输出的视频电缆; 检查真空泵油质、麦氏表、真空表、供电电压	1 次/季
	引张线式 水平位移计	挂重装置和线体检查	1 次/月
		自动化加载设备检查	1 次/季
	水管式沉降仪	观测房、测量柜、水位指示装置、管路和接头、液体工况检查; 自动化采集装置的电磁阀门及继电器检查	1 次/季
		进水管、排水管、通气管连通性检查	定期检查
变形 监测	静力水准系统	测点工况、保温设施和液位检查	1 次/月
		钵体和支撑体外观检查, 管路检查	1 次/年
	双金属标	管体和测点装置变形、连接情况、锈蚀检查; 双金属标仪固定情况检查	1 次/年
		双金属标仪检验或校测	定期检查
	测斜管和 测斜仪	活动式测斜仪导轮、弹簧、密封圈等的工况检查; 管口变形情况和保护装置检查	1 次/月

表 D.1 (续)

监测类别	监测仪器设备	维 护 项 目	频次要求
变形监测	测斜管和测斜仪	测斜仪电缆长度标尺复核	1 次/半年
渗流监测	测压管	孔口装置、各部位密封情况检查	1 次/月
		电测水位计尺长校测, 蜂鸣器灵敏度检查; 压力表灵敏度和归零情况检查	1 次/季
		管口高程、压力表中心高程和渗压计安装高程校测; 测压管灵敏性测试	定期检查
	量水堰	排水沟、水尺和堰板清淤, 检查和清洁量水堰仪浮筒和进水口; 渗水点水质状况的检查描述	1 次/月
		量水堰仪和水尺的起测点校测	1 次/年
应力应变及温度等各类传感器监测	传感器	电缆标识和敷设情况检查, 电缆线头维护; 检查传感器外露部分和保护装置	1 次/季
		传感器工作性能检查和评判	定期检查
	测量仪表	准确性测试和自检	1 次/季
	集线箱	工作温度检查, 清洁维护, 通道切换开关和挡位检查	1 次/季
自动化系统	自动化测点	人工比测	1 次/半年
	传感器及监测数据采集设备	绝缘度检查	1 次/年
注 1: 表中未提及的仪器设备和检查维护项目, 根据现场条件和仪器设备状态确定其检查维护的周期。如遇强震、狂风、沙尘、暴雨、冻融或受水流冲击等情况时, 其后应及时进行检查, 发现问题应及时处理。 注 2: 每年一次进行的检查维护项目, 宜安排在汛前进行, 每年绝缘度检查时间宜安排在环境湿度较大的情况下进行。 注 3: 频次要求为定期检查的, 可结合大坝安全定期检查进行, 或根据仪器使用要求进行。			

D.2 光学经纬仪定期检验项目及频次要求见表 D.2。

表 D.2 光学经纬仪定期检验项目及频次要求

序 号	检 验 项 目	周 期
1	外观及各部件相互作用	仪器变动时
2	望远镜十字分划板竖丝的铅垂性	
3	水准器轴与竖轴的垂直度	
4	视准轴与横轴的垂直度 (C)	
5	横轴与竖轴的垂直度 (i)	
6	竖盘指标差 (I)	
7	光学对中器对中误差	
<p>注 1: 经纬仪配套活动觇牌应在每年进行一次自检, 首先应对觇牌的水准管轴与竖轴的垂直性、圆水准轴与竖轴的平行性等进行检校; 活动觇牌零位、固定觇牌的图案中心轴与竖轴的重合性进行检验。</p> <p>注 2: 测量仪器使用过程与该检验项目无关, 则可不进行该项目检验, 如不使用光学对中器则可不检验光学对中器对中误差、不进行距离观测则可不检验测距部分检验项目。</p> <p>注 3: “仪器变动时”是指监测项目首次观测前、更换仪器观测前、长途运输或剧烈震动或碰撞后观测前、仪器送检或外借后观测前、距上次检验间隔较长时间观测前等情况。</p>		

D.3 光学经纬仪检验项目技术指标见表 D.3。

表 D.3 光学经纬仪检验项目技术指标

序号	仪器技术指标项目	指 标 限 差		超限处理办法
		J1 级仪器	J2 级仪器	
1	水准器轴与竖轴的垂直度	0.5 格	0.5 格	调整
2	视准轴误差 C	$6''$	$8''$	
3	横轴误差 i	$10''$	$15''$	送检
4	竖盘指标差 I	$12''$	$16''$	送修
5	光学对中器对中误差	1mm	1mm	

D.4 全站仪（测角部分）检验项目及频次要求见表 D.4。

表 D.4 全站仪（测角部分）检验项目及频次要求

序号	检 验 项 目	周 期
1	外观及一般功能检查	仪器变动时
2	基础性调整与校准	
3	水准器轴与竖轴的垂直度	
4	视准轴误差 C （照准误差）、横轴误差 i 、竖盘指标差 I	
5	ATR 准直差	
6	望远镜十字分划板竖丝的铅垂性	每年
7	光学对中器视准轴与竖轴重合度	
<div>注 1：测距时所用气象仪表包括通风温度表和空盒气压表应定期送有关气象部门检验，其中温度表每三年检验一次，气压表每年检验一次。</div> <div>注 2：全站仪配套目标棱镜应在每年进行一次自检。首先应对目标棱镜的圆水准轴与竖轴的平行性进行检校；目标棱镜纵横向偏心，用于高程观测的目标棱镜还包括高程向偏心进行检验。</div> <div>注 3：“仪器变动时”是指监测项目首次观测前、更换仪器观测前、长途运输或剧烈震动或碰撞后观测前、仪器送检或外借后观测前、距上次检验间隔较长时间观测前等情况。</div>		

D.5 全站仪（测角部分）检验项目技术指标见表 D.5。

表 D.5 全站仪（测角部分）检验项目技术指标

序号	仪器技术指标项目	指 标 限 差		超限处理 办法
		I 等仪器	II 等仪器	
1	水准器轴与竖轴的垂直度	1/2 水准器分划值		送修
2	望远镜十字分划板竖丝的铅垂性	无可见倾斜		
3	ATR 准直差	仪器规定		
4	光学对中器视准轴与竖轴重合度误差	1m		
5	视准轴误差 C （照准误差）、横轴误差 i 、竖盘指标差 I	$5''$ 、 $10''$ 、 $10''$	$8''$ 、 $15''$ 、 $16''$	校正

D.6 水准仪及其配套设施检验项目及频次要求见表 D.6。

表 D.6 水准仪及其配套设施检验项目及频次要求

序号	仪器	检 验 项 目	周 期
1	水准 标尺	标尺的检视	仪器变动时
2		标尺上圆水准器的检校	
3		标尺分划面弯曲差的测定	每年
4		一对标尺零点不等差及基辅分划读数差常数的测定	
5	水准仪	水准仪的检视	仪器变动时
6		水准仪上概略水准器的检视	
7		视准轴与水准轴相互关系（交叉角、 i 角）的检验	
注：“仪器变动时”是指监测项目首次观测前、更换仪器观测前、长途运输或剧烈震动或碰撞后观测前、仪器送检或外借后观测前、距上次检验间隔较长时间观测前等情况。			

D.7 水准仪及其配套设施检验项目技术指标见表 D.7。

表 D.7 水准仪及其配套设施检验项目技术指标

序号	仪器技术指标项目	指 标 限 差			超限处理 办法
		一等	二等	三等、四等	
1	标尺弯曲差	4.0mm	4.0mm	8.0mm	对标尺施加改正
2	一对标尺零点不等差	0.10mm	0.10mm	1.0mm	调整
3	标尺基辅分划常数偏差	0.05mm	0.05mm	0.5mm	采用实测值
4	i 角	15.0″	15.0″	20″	校正，一等、二等测量超过20″所测成果作废
5	交叉角检验时气泡 两端异向离开值	2cm	2cm	2cm	校正

附 录 E
(资料性附录)
监测系统检查与维护记录

监测系统检查维护记录格式参见表 E.1 和表 E.2。

表 E.1 监测系统检查记录表

监测仪器设备名称:	
安装部位:	
检查时间:	
检查人员/单位:	
检查 内容	
检查 结论	结论:
	存在问题和处理意见:

表 E.2 监测系统维护记录表

监测仪器设备名称:	
安装部位:	
故障发生时间:	年 月 日 时 分
故障排除时间:	年 月 日 时 分
维护人员/单位:	
故障 现象	
故障 判定	<input type="checkbox"/> 操作不当 <input type="checkbox"/> 维护不当 <input type="checkbox"/> 自然劣化 <input type="checkbox"/> 设备老化故障 其他说明:

表 E.2（续）

维护 方案	
测值 连续性	测值变动说明（监测数据核实，监测数据衔接，前后一致）
预防 措施	

附录 F
(资料性附录)
仪器设备故障处理

F.1 一般规定

F.1.1 发现异常监测数据时应及时做出响应,分析异常原因,查明或排除系统故障。仪器设备主要部件损坏或故障无法排除时,应由专业单位进行维修或更换。

F.1.2 对发生故障的监测仪器设备,应先检查电缆接线、集线箱和测量仪表的工作状态,再根据各类传感器的特性,进行进一步的排查处理。

F.1.3 监测自动化系统发生故障无法正常工作,应采用人工方式进行测量,直至监测自动化系统恢复运行。

F.2 传感器故障及处理**F.2.1 差动电阻式仪器**

按 DL/T 1254 要求对差动电阻式仪器的工作状态进行评价。

F.2.2 钢弦式仪器

按 DL/T 1271 要求对钢弦式仪器的工作状态进行评价。

F.2.3 电容式仪器

F.2.3.1 当测值超量程时,可适当调整仪器的安装位置,并修改相应计算参数。

F.2.3.2 检查极板和中间极,及时清理极板或中间极上的附着物。

F.2.3.3 检查传感器中间极引线,发现断线时应重新进行焊接。

F.2.3.4 检查传感器绝缘度,当绝缘度小于 $10\text{M}\Omega$,应进行防水绝缘处理或更换电缆。

F.2.4 电位器式仪器

F.2.4.1 检查滑动杆及连接钢丝,当滑动杆变形或连接钢丝断裂,可调整仪器安装位置或根据需要更换仪器。

F.2.4.2 在仪器量程范围内拉动滑动杆或钢丝,观察仪器输出,当测值时有时无时,可判断滑动端接触不良,须更换仪器。

F.2.4.3 检查仪器历史测值,当测值已到量程上下限,可调整仪器安装位置并做记录,调整相应计算参数。不能恢复正常测量时,须更换仪器。

F.2.4.4 检查仪器电缆,断线或仪器滑动端引线与其他芯线短路时应更换电缆,仍不能恢复正常则须更换仪器。

F.2.4.5 检查传感器绝缘度,绝缘度小于 $50\text{M}\Omega$ 时应进行防水绝缘处理或更换电缆。

F.2.5 变送器电流/电压信号仪器

F.2.5.1 仪器无输出信号时,按下列方法进行检查:

- a) 需要外加供电的仪器,检查仪器供电电源。
- b) 将传感器的续接电缆断开,从出厂引线端测量。

F.2.5.2 仪器测值超出输出范围时，按下列方法进行处理：

- a) 对输出信号与安装位置有关的仪器，可调整仪器安装位置并做记录，调整相应计算参数。当不能恢复正常测量时，可判断为仪器故障。
- b) 对输出信号与安装位置无关的仪器，可更换大量程仪器。

F.2.6 光电式（CCD）仪器

F.2.6.1 无光源时，应在测量状态下检查仪器供电、光路，若供电正常、光路无遮挡，可判断仪器内部故障。

F.2.6.2 出现多个阴影时，应检查光路，清除异物。

F.2.6.3 无阴影时，检查监测装置的挡光部件，发现问题及时修复。

F.2.7 步进电机式仪器

F.2.7.1 光电照准器失灵时，应及时更换探头。显示备用光路工作时，应及时检查修理或更换探头。

F.2.7.2 测值数据明显异常时，及时进行现场检查与处理，检查线体和加热装置工况，并用步进式测量仪表，观察探头运行平滑和稳定性。

F.2.7.3 测量失败时，应用步进式读数仪及时现场检查与处理，检查探头、传动轴的工况，为传动轴丝杆加适当的黄油。

F.2.8 数字化传感器

F.2.8.1 无法建立通信时，可按下列步骤检查处理：

- a) 检查供电电源。
- b) 检查传感器地址设置。
- c) 将仪器从总线上脱开后测试。
- d) 逐一复位同一总线上的仪器，排除总线上故障仪器造成的干扰。
- e) 上述 4 种故障均排除后，通信仍然异常，须咨询专业单位进行维修。

F.2.8.2 通信正常而仪器不能正常工作时，可判断仪器为故障，并根据仪器类型进行排查。

F.3 测量仪表故障及处理

F.3.1 无法开机：应按照仪器技术要求进行充电，无法充电或充电后仍无法开机，则可判断为内部故障。

F.3.2 测量时间短，充满电开机后又马上自动关机：可能系电池老化或故障，应及时更换电池；当为内置铅酸蓄电池时，应至少每 3 个月充电 1 次。

F.3.3 读数异常时，可按下列步骤检查处理：

- a) 检查传感器接线，根据各种仪表的接线方式，按照仪器技术要求指示接线。
- b) 按仪器技术要求选取正确的激励信号或输出信号范围，选择正确的测量挡位。
- c) 排除以上两种原因后，传感器读数仍异常，可判断为仪表内部故障。

F.4 数据采集装置故障及处理

F.4.1 数据采集测量模块

F.4.1.1 通信故障：首先检查电源、通信线路、地址参数设置，然后逐个排查采集装置故障，可将待查设备线从通信总线上脱开后再进行检查。

F.4.1.2 测量数据异常：依次检查传感器接线、通道参数设置、测量激励电源，可采取同类型设备或通道互换的方法进行检查。

F.4.1.3 时钟异常：重新校准时钟，当仍异常时，则可判断为内部时钟故障。

F.4.2 系统供电

当系统供电异常时，应检查跳闸、短路、断路或漏电等情况，并应由专业技术人员检查处理。

F.4.3 电源模块

F.4.3.1 无输出电压：系统供电正常时，应检查回路熔丝和电源负荷。

F.4.3.2 输出电压异常：将负载断开，在输出端测试；当仍异常时，则可判断为内部故障。

F.4.3.3 外部交流供电失去后无输出：蓄电池故障或电量已耗尽，应更换电池或充电，当无法充电时可判断为内部故障。

F.5 计算机和软件故障及处理

F.5.1 计算机及配套设备

计算机及配套设备发生故障时，应按照仪器技术要求进行检查和处理，在检查、拆装、送检之前，对相关数据进行备份。

F.5.2 计算机网络

F.5.2.1 检查网络参数、IP 地址等设置。

F.5.2.2 检查网线连接，排除线缆脱落、松动、断路等情况。

F.5.2.3 对计算机、交换机及其他网络设备进行重新启动，维修或更换故障设备。

F.5.3 计算机软件

F.5.3.1 计算机操作系统存在异常时，应对操作系统进行修复或重新安装，重新安装前应对数据库及软件程序进行备份。

F.5.3.2 系统配置正常但软件无法正常启动时，应检查程序文件的完整性，可用备份程序进行替换，或对软件进行重新安装或升级。

F.5.3.3 软件不能正常连接时，应检查系统配置和计算机防火墙，确保参数设置正确。

F.5.3.4 软件工作正常但计算结果有误时，应首先检查软件系统内计算参数等信息设置情况，若有误应及时更正参数并重新计算。

F.6 通信系统故障及处理

F.6.1 软件设置：检查软件系统和硬件系统的设置情况。

F.6.2 通信转换装置：从计算机设备开始，对通信线路上信号转换设备逐个进行检查，对不能正常工作的装置应修复或更换。

F.6.3 通信线路：检查线缆连接情况。采用双绞线通信时，用万用表测量通信线缆芯线；采用光纤通信时，检查光纤与光电信号转换装置连接以及光路损耗情况。

F.6.4 通信干扰：当存在干扰源导致通信故障时，采取措施屏蔽干扰源恢复通信正常。

F.6.6 无线通信：当信号传输设备中安装有 SIM 卡时，应首先检查欠费或相应业务的状态；当存在明显天气变化等外部因素时，可改变时段进行测量。

中 华 人 民 共 和 国
电 力 行 业 标 准
大坝安全监测系统运行维护规程
DL/T 1558 — 2016

*

中国电力出版社出版、发行
(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)
北京传奇佳彩数码印刷有限公司印刷

*

2016 年 8 月第一版 2016 年 8 月北京第一次印刷
880 毫米×1230 毫米 16 开本 2 印张 55 千字
印数 001—200 册

*

统一书号 155123·3245 定价 17.00 元

敬 告 读 者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

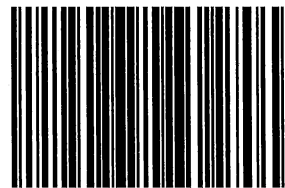
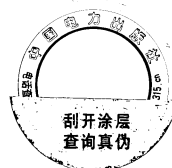
版 权 专 有 翻 印 必 究



中国电力出版社官方微信



掌上电力书屋



155123.3245

上架建议：水利水电工程/
水利水电施工