

ICS 93.160

P 59

SL

中华人民共和国水利行业标准

SL 768—2018

水闸安全监测技术规范

Technical specification for sluice safety monitoring

2018 - 12 - 05 发布

2019 - 03 - 05 实施



中华人民共和国水利部 发布

中华人民共和国水利部

关于批准发布《水工隧洞安全监测技术规范》
等5项水利行业标准的公告

2018年第11号

中华人民共和国水利部批准《水工隧洞安全监测技术规范》
(SL 764—2018)等5项为水利行业标准，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	水工隧洞安全监测技术规范	SL 764—2018		2018.12.5	2019.3.5
2	大坝安全监测系统鉴定技术规范	SL 766—2018		2018.12.5	2019.3.5
3	山洪灾害调查与评价技术规范	SL 767—2018		2018.12.5	2019.3.5
4	水闸安全监测技术规范	SL 768—2018		2018.12.5	2019.3.5
5	水工混凝土结构耐久性评定规范	SL 775—2018		2018.12.5	2019.3.5

水利部

2018年12月5日

前 言

根据水利技术标准制修订计划安排，按照 SL 1—2014《水利技术标准编写规定》的要求，编制本标准。

本标准共 11 章和 9 个附录，主要技术内容有：

- 现场检查；
- 环境量监测；
- 变形监测；
- 渗流监测；
- 应力、应变及温度监测；
- 专项监测；
- 监测自动化系统；
- 监测资料整编与分析；
- 监测系统运行管理。

本标准为全文推荐。

本标准批准部门：中华人民共和国水利部

本标准主持机构：水利部运行管理司

本标准解释单位：水利部运行管理司

本标准主编单位：水利部大坝安全管理中心

本标准参编单位：南京水利科学研究院

水利部水闸安全管理中心

河海大学

淮河水利委员会沂沭泗水利管理局

本标准出版、发行单位：中国水利水电出版社

本标准主要起草人员：刘六宴 马福恒 顾冲时 胡 江

荆茂涛 李子阳 胡少伟 孟祥龙

徐志峰 成荣亮 魏 蓬 闻云呈

陈克振 边苏雷 戴 群

本标准审查会议技术负责人：匡少涛

本标准体例格式审查人：陈 昊

本标准在执行过程中，请各单位注意总结经验，积累资料，随时将有关意见和建议反馈给水利部国际合作与科技司（通信地址：北京市西城区白广路二条 2 号；邮政编码：100053；电话：010 - 63204533；电子邮箱：bzh@mwr.gov.cn），以供今后修订参考。

目 次

1	总则	1
2	术语	4
3	现场检查	6
3.1	一般规定	6
3.2	检查内容	6
3.3	检查要求和方法	8
3.4	检查记录和报告	8
4	环境量监测	10
4.1	一般规定	10
4.2	水位	10
4.3	流量	11
4.4	气温、降水量	11
4.5	上、下游河床淤积和冲刷	11
5	变形监测	13
5.1	一般规定	13
5.2	监测设计	14
5.3	监测设施及其安装	17
5.4	观测	18
6	渗流监测	20
6.1	一般规定	20
6.2	监测设计	20
6.3	监测设施及其安装	21
6.4	观测	22
7	应力、应变及温度监测	23
7.1	一般规定	23
7.2	监测设计	23

7.3	监测设施及其安装	24
7.4	观测	25
8	专项监测	26
8.1	一般规定	26
8.2	水力学监测	26
8.3	地震反应监测	27
8.4	冰凌监测	28
9	监测自动化系统	30
9.1	一般规定	30
9.2	系统设计	30
9.3	系统安装与调试	33
9.4	监测	34
10	监测资料整编与分析	35
10.1	一般规定	35
10.2	监测资料整编	35
10.3	监测资料分析	36
11	监测系统运行管理	38
11.1	一般规定	38
11.2	运行管理	38
11.3	设施维护	39
附录 A	监测项目与测次	41
附录 B	现场检查内容与记录格式	43
附录 C	变形监测设施的设计、安装和观测	48
C.1	垂直位移和倾斜的观测	48
C.2	各种标石结构图	48
C.3	静力水准仪的安装和观测	52
C.4	视准线的设计、安装和观测	52
C.5	交会点的设计、安装和观测	53
C.6	引张线的设计、安装和观测	54
C.7	测斜管的安装和测斜仪观测	55

C. 8	多点位移计的安装和观测	56
C. 9	测缝计安装	57
C. 10	倒垂线的设计、安装和观测	59
C. 11	倒垂造孔	61
附录 D	渗流监测设施安装方法	63
D. 1	测压管的制作及埋设安装方法	63
D. 2	渗压计埋设安装方法	66
附录 E	应力、应变及温度监测仪器埋设方法	69
E. 1	应变计	69
E. 2	应力计	70
E. 3	温度计	71
附录 F	电缆布置与连接	73
附录 G	地震反应监测	78
附录 H	监测自动化系统可靠性指标计算方法	82
H. 1	数据采集缺失率	82
H. 2	平均无故障时间	82
附录 I	监测资料整编与分析的方法和内容	83
I. 1	监测物理量相关图表	83
I. 2	各种监测物理量的整理与整编要求	89
I. 3	常用监测物理量的计算公式	93
I. 4	资料分析的方法	98
I. 5	资料分析的内容	100
I. 6	各时期监测资料分析报告的主要内容	101
标准用词说明	104
条文说明	105

1 总 则

1.0.1 为规范水闸安全监测，掌握水闸运行性态，指导工程施工和运行，反馈设计，降低水闸风险，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于大、中型水闸的安全监测，灌溉、供水、治涝和排水工程中的水闸及小型水闸、水利部门管理的船闸的安全监测可参照执行。

1.0.3 水闸安全监测范围应包括闸室段，上、下游连接段，管理范围内的上下游河道、堤防，以及水闸工程安全有关的其他建筑物和设施。

1.0.4 安全监测方法包括现场检查和仪器监测。

1.0.5 水闸的安全监测应遵循下列原则：

1 应根据工程规模、等级，并结合地基条件、施工方法及上、下游影响等因素设置监测项目；有针对性地设置专门性监测项目；相关监测项目应配合布置，突出重点，兼顾全面，关键部位测点宜冗余设置。

2 监测仪器设备应可靠、耐久、实用，技术性能指标应符合国家现行标准的规定并满足工程需求，宜技术先进和便于实现自动化监测。

3 监测仪器安装埋设或使用前应进行检测、检定或校准，安装埋设后应做好仪器设施的保护。

4 监测仪器安装应按设计要求精心施工，宜在减少对主体工程施工影响的前提下，及时安装、埋设和保护；主体工程施工过程中应为仪器设施安装、埋设和监测提供必要的时间和空间；应及时做好监测仪器的初期测读，并填写考证表、绘制竣工图，存档备查。

5 监测应满足设计要求，相关监测项目应同步监测；发现测值异常时应立即复测；应做到监测资料连续，记录真实，注记

齐全，整理分析及时。

6 应定期对监测设施进行检查、维护和鉴定，监测设施不满足要求时应根据本标准有关规定做出监测系统更新改造。测读仪表应定期检定或校准。

7 已建水闸进行除险加固、改（扩）建或监测设施进行更新改造时，应对原有监测设施进行鉴定。

8 必要时可设置临时监测设施。临时监测设施与永久监测设施应建立数据传递关系，确保监测数据的连续性。

9 自动化监测宜与人工观测相结合，应保证在恶劣环境条件下仍能进行重要项目的监测。

1.0.6 水闸的安全监测各阶段工作应符合下列规定：

1 设计阶段。提出安全监测总体设计文件，包括监测项目设置、断面选择、测点布置、监测仪器设备选型、仪器设备的技术性能指标要求和清单、各监测仪器设施的埋设安装和监测技术要求、投资预算，以及监测系统布置图。

2 施工阶段。提出施工详图和技术要求；做好仪器设备的检验、埋设、安装、调试和保护工作，编写埋设记录和考证资料，及时取得初始（基准）值，专人监测，保证监测设施完好和监测数据连续、可靠、完整，并绘制竣工图；及时进行监测资料分析，编写施工期工程安全监测报告，评价施工期水闸安全状况，为施工提供决策依据。

3 初期运行阶段。首次过水前应制定监测工作计划，拟定监控指标。初期运行阶段应做好仪器监测和现场检查，及时分析监测资料，评价工程安全性态，提出初期运行阶段工程安全监测专题报告。

4 运行阶段。按规范和设计要求的开展监测工作，并做好监测设施的检查、维护、校正、更新、补充和完善等工作。监测资料应定期进行整编和分析，编写监测报告，评价水闸的运行状态，提出工程安全监测资料分析报告，及时归档；发现异常情况应及时分析、判断；如分析或发现工程存在隐患，应立即上报主

管部门。

1.0.7 水闸的安全监测项目及其测次应遵守附录 A 的规定。当发生地震、暴雨、台风、高潮位、闸内外水位骤变、检修及水闸工作状态异常时，应加强现场检查、增加测次，必要时应增加监测项目，发现问题应及时上报。

1.0.8 管理单位应每年对监测资料进行整编，并定期对监测资料进行分析，评判水闸的工作状态。当发现有危及水闸安全的异常情况时，应立即上报主管部门。

1.0.9 本标准主要引用下列标准：

GB 50026 工程测量规范

SL 203 水工建筑物抗震设计规范

SL 252 水利水电工程等级划分及洪水标准

SL 486 水工建筑物强震动安全监测技术规范

1.0.10 水闸安全监测除应符合本标准规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 水闸安全监测 sluice safety monitoring

利用现场检查、仪器监测与分析手段对水闸安全信息进行采集和分析的过程。

2.0.2 现场检查 in-situ inspection

对水闸的安全进行的巡视检查、检测与探测。

2.0.3 仪器监测 monitoring by instrumentation

通过在水闸布置仪器或设施，对控制水闸安全性态的参量进行的测量。

2.0.4 施工期 construction period

从工程开始施工到首次过水为止的时期。

2.0.5 初期运行期 initial operation period

工程首次过水后的前3年。

2.0.6 运行期 operation period

初期运行期后的时期。

2.0.7 侧向绕渗 lateral bypass seepage

除闸基渗流外，渗水从上游经闸的两侧填土层流向下流的渗流部分。

2.0.8 基准值 baseline value

作为计算起点的测值。

2.0.9 初始值 initial value

仪器设备安装埋设后开始正常工作的测值。

2.0.10 监控指标 monitoring index

水闸的荷载和监测效应量及其变化速率的限值。

2.0.11 监测站 monitoring station

安装人工或自动化数据采集装置的位置或场所。

2.0.12 监测管理站 monitoring management station

安装采集计算机、采集软件及其相关外部设备的场所。

2.0.13 监测管理中心站 central station for monitoring management

安装水闸监测管理计算机、监测管理软件及相关外部设备的场所。

3 现场检查

3.1 一般规定

- 3.1.1** 现场检查应包括日常检查、定期检查和专项检查，重点检查建筑物、金属结构和电气设备等的状况，具体内容见附录 B 中表 B.0.1。
- 3.1.2** 从工程施工期到运行期，各级水闸均应进行现场检查。
- 3.1.3** 应根据水闸的运行情况和阶段制定现场检查程序，制定检查的时间、路线、设备、内容、方法与人员等。
- 3.1.4** 现场检查中如发现水闸有异常现象，应分析原因并及时上报。

3.2 检查内容

3.2.1 建筑物的检查项目应包括下列内容：

1 闸室：闸室结构垂直位移和水平位移情况；永久缝的开合、错动和分缝止水工作状况；闸室混凝土及砌石结构有无破损；混凝土裂缝、剥蚀、冻胀及钢筋出露情况；门槽埋件有无破损；启闭机房和交通桥结构有无破损等。

2 铺盖：混凝土铺盖是否完整；黏土铺盖有无沉陷、塌坑、裂缝。

3 消能防冲设施：消能防冲设施有无磨损、冲蚀；排水孔是否淤堵；排水量、浑浊度有无变化。

4 河床及岸坡：上下游河床及岸坡是否有冲刷或淤积；岸坡尤其是土石结合部有无塌滑、错动、开裂迹象。

5 岸墙翼墙：岸墙及上、下游翼墙分缝是否错动，止水是否失效；混凝土裂缝、剥蚀及钢筋出露情况；下游翼墙排水管有无堵塞，排水量及浑浊度有无变化。

6 堤防：堤岸顶面有无塌陷、裂缝；背水坡及堤脚有无渗

漏、破坏；堤顶已硬化的路面有无破损。

7 流态：近闸段及过闸水流流态形态是否平稳，水跃是否发生在消力池内；有无折冲水流、回流、漩涡等不良流态；河道水质污染与水面漂浮物情况。

3.2.2 金属结构和电气设备的检查项目应包括下列内容：

1 闸门：闸门有无表面涂层剥落、门体变形、锈蚀、焊缝开裂，螺栓、铆钉有无锈蚀、松动或缺失；支承行走机构各部件是否完好，运转是否灵活；止水装置是否完好；闸门运行时有无偏斜、卡阻现象，局部开启时振动区有无变化或异常；门叶上、下游有无泥沙、杂物淤积；闸门防冰冻系统是否完好，运行是否正常。

2 启闭机：启闭机械是否运转灵活、制动可靠，有无腐蚀和异常声响；机架有无损伤、焊缝开裂、螺栓松动；钢丝绳有无断丝、卡阻、磨损、锈蚀、接头不牢、变形；零部件有无缺损、裂纹、凹陷、磨损；螺杆有无弯曲变形；油路是否畅通、有无泄漏，油量、油质是否符合要求。

3 电气设备：电气设备运行状况是否正常；外表是否整洁，有无涂层脱落、锈蚀；安装是否稳固可靠；电线、电缆绝缘有无破损，接头是否可靠；开关、按钮是否动作灵活、准确可靠；指示仪表是否指示正确；接地是否可靠，绝缘电阻值是否满足规定要求；安全保护装置是否动作准确可靠；防雷设施是否安全可靠；备用电源是否完好可靠。

3.2.3 监测设施检查项目应包括下列内容：

1 安全监测仪器设备、传输线缆、通信设施、防雷和保护设施、供电系统是否正常工作。

2 监测仪器及监测系统是否正常。

3.2.4 管理与保障设施检查项目应包括下列内容：

1 与水闸安全有关的供电系统、预警设施、备用电源、照明、通信、交通、安全标示与应急设施是否损坏，工作是否正常。

- 2 远程控制、监控系统是否正常。
- 3 办公自动化系统是否正常。
- 4 管理范围内有无危害工程安全的活动，是否有影响水闸安全运行的障碍物。

3.3 检查要求和方法

3.3.1 日常检查。应由有经验的水闸运行维护人员对水闸进行日常巡视检查。日常检查的次数：施工期，宜2次/周；试运行期，宜3次/周；正常运行期，可逐步减少次数，但每月不宜少于1次；汛期及遭遇特殊工况时，应增加检查次数；当水闸在设计水位及以上运行时，每天应至少检查1次。检查结果以表格方式记载，记录格式见附录B中表B.0.2。

3.3.2 定期检查。每年汛前、汛后，引排水期前后，严寒地区的冰冻期起始和结束时，应由管理单位组织专业人员按规定的检查程序，对水闸进行全面或专门的现场检查，并审阅水闸检查、运行、维护记录和监测数据等档案资料，编制定期检查报告。

3.3.3 专项检查。水闸经受地震、风暴潮、台风或其他自然灾害或超过设计水位运行后，发现较大隐患、异常或拟进行技术改造时，管理单位或主管部门应及时组织安全检查组进行专项检查，必要时还应派专人进行连续监视。位于冰冻严重地区的水闸，冰冻期间还应检查防冻设施的状况及其效果。

3.3.4 日常检查主要依靠目视、耳听、手摸、鼻嗅等直观方法，可辅以锤、钎、量尺、放大镜、望远镜、照相摄像设备等工（器）具，也可利用视频监视系统或智能巡检系统辅助现场检查。

3.3.5 定期检查和专项检查，除采用日常检查方法外，还应根据需要进行适当的检测与探测，可采用钻孔取样、注水或抽水试验，声呐成像或水下电视摄像等手段。

3.4 检查记录和报告

3.4.1 检查记录和整理应符合下列规定：

1 每次检查应详细填写现场检查表，其格式及内容见附录 B 中表 B.0.2。必要时应附简图、照片或影像记录。

2 应及时整理现场记录，并将本次检查结果与上次或历次检查结果对比分析，同时结合相关仪器监测资料进行综合分析，如发现异常，应立即在现场对该检查项目进行复查。重点缺陷部位和重要设备，应设立专项记录。检查记录应形成电子文档。

3.4.2 检查报告应符合下列规定：

1 日常检查中发现异常情况，应分析原因，并及时上报主管部门。

2 定期检查工作结束后，应及时提交检查报告；如发现异常，应立即提交检查报告，并分析原因。

3 专项检查结束后，应及时提交检查报告。

4 现场检查报告及其电子文档应存档备查，报告内容及格式见附录 B 中 B.0.3 条。

4 环境量监测

4.1 一般规定

4.1.1 环境量监测项目应包括水位、流量、降水量、气温、上下游河床淤积和冲刷等。

4.1.2 降水量、气温观测可采用当地水文站、气象站观测资料。

4.2 水位

4.2.1 应在水闸的上、下游设置水位测点观测上、下游水位。

4.2.2 上游（闸前）、下游（闸后）水位观测应符合下列规定：

1 测点应设在水闸上、下游水流平顺、水面平稳、受风浪和泄流影响较小处，宜设在稳固的翼墙或永久建筑物上。

2 观测设施和测次应符合下列规定：

1) 水闸运行前应完成水位观测永久测点设置。

2) 观测设施宜选用水位标尺或自记水位计。也可设遥测水位计，其可测读水位应高于设计最高水位和低于最低水位。

3) 水尺的零点标高每年应校测 1 次；水尺零点有变化时，应及时进行校测。水位计应在每年汛前进行检验。

4) 上、下游水位应同步观测。

5) 观测与水位相关的监测项目应同时观测水位。开闸泄水前、后应各增加观测 1 次，汛期还应根据要求适当加密测次。

4.2.3 水位观测精度应满足表 4.2.3 的要求。

表 4.2.3 水位观测精度

水位变幅 $\Delta Z/m$	≤ 10	$10 < \Delta Z \leq 15$	> 15
综合误差/cm	≤ 2	$\leq 2\% \cdot \Delta Z$	≤ 3

4.3 流 量

4.3.1 流量观测宜通过水位观测，根据闸址处经过定期率定的水位—流量关系推求出相应的过闸流量。对于大型水闸，必要时可设置测流断面，定期校核修正水位—流量关系或水位—开度—流量关系。

4.3.2 测流断面应设在水流平顺和水面平稳处，根据测流断面宽度，宜布置 3~5 个流速测线，观测设施宜选用浮标或流速仪。

4.3.3 在工程控制运用发生变化时，应将有关情况（起始时间、上下游水位、流量、流态等）进行详细记录、核对。

4.4 气 温 、 降 水 量

4.4.1 如果不具备可用气温、降水量观测资料，宜设气温、降水量观测点。

4.4.2 气温观测应符合下列规定：

1 气温观测点应设置在闸址附近，宜在运行前完成观测点设置。

2 气温观测仪器应设在专用的百叶箱内。

3 气温观测精度应不低于 0.5℃。

4.4.3 降水量观测应符合下列规定：

1 降水量应设置在闸址附近，宜在运行前完成观测点设置。

2 观测场地应在比较开阔和风力较弱的地点设置，障碍物与观测仪器的距离不应小于障碍物与仪器口高差的 2 倍。

3 降雨量观测宜采用自计雨量计或自动测报雨量计等。

4.5 上、下游河床淤积和冲刷

4.5.1 为保证水闸工程安全和正常运用，应对水闸上、下游河床淤积和下游冲刷情况进行观测。

4.5.2 水闸的上、下河床淤积及下游冲刷观测应符合下列

规定：

1 应根据水闸规模、工程布置、河道土质和冲刷、淤积情况设置监测断面。

2 监测范围应以上游铺盖或下游消力池末端为起点，分别向上、下游延伸，宜为 1~3 倍河宽距离，对于冲刷或淤积较严重的工程可根据具体情况适当延长，具体长度应根据各工程的管理范围确定。

3 监测断面的间隔应以能反映上下游河床的冲刷、淤积变化为原则，靠近工程处宜密，远离工程处可适当放宽。

4 对于冲刷、淤积变化比较严重的水闸，应增加测次。

4.5.3 水闸的上、下游河床淤积及下游河床冲刷宜采用人工巡视检查和水下地形测量结合的方式。对于大型水闸，可在上游或下游河床布置 2~3 条固定监测断面按不低于 1:1000 的比例尺进行水下地形测量。

4.5.4 水下地形测量可采用地形测量法、断面测量法或声呐成像法等。

5 变形监测

5.1 一般规定

5.1.1 变形监测项目应包括垂直位移、水平位移、倾斜、裂缝和结构缝开合度等。

5.1.2 变形监测平面坐标及水准高程应与设计、施工和运行各阶段的控制网坐标系统一致，宜与国家控制网坐标系统建立联系。

5.1.3 变形监测的精度要求见表 5.1.3。垂直位移和水平位移监测精度相对于临近工作基点计算。

表 5.1.3 变形监测的精度

监测项目		位移量中误差限值
位移	垂直位移/mm	±2.0
	水平位移/mm	±2.0
	倾斜/ (")	±3.0
裂缝和结构缝开合度/mm		±0.2

5.1.4 首次垂直位移观测应在测点埋设后及时进行，然后根据施工期不同荷载阶段按时进行观测。在水闸过水前、后应对垂直位移、水平位移分别观测 1 次，以后再根据工程运用情况定期进行观测。

5.1.5 变形监测工作应遵守下列规定：

1 被测建筑物上的各类测点应与建筑物牢固结合，能代表被测物的变形。被测物外的各类测点，应保证测点稳固可靠，能代表该处的变形。基准点应建在稳定区域。

2 监测设施应有必要的保护装置。各种表面变形设施不应设在可能被水淹没或影响较大的部位。

3 变形监测仪器、设备的精度应与表 5.1.3 的要求相适应，

并应长期稳定可靠，使用、维护方便。

4 采用光学仪器进行表面变形监测时，应选择有利时段进行。

5.1.6 变形量的正负号应遵守下列规定：

1 垂直位移：下沉为正，上抬为负。

2 水平位移：向下游为正，向左岸为正，反之为负。

3 翼墙、堤岸位移：水平向临空面为正，面向临空面向下游为正，反之为负。垂直下沉为正，上抬为负。

4 倾斜：向下游转动为正，向左岸转动为正，反之为负。

5 裂缝和结构缝开合度：张开为正，闭合为负。

5.2 监测设计

5.2.1 水闸变形宜采用下列监测方法：

1 垂直位移宜采用水准测量、静力水准、沉降计和位错计等方式进行监测。

2 当地基条件较差或水头较大时，宜进行水平位移监测。水平位移宜采用视准线、交会法或引张线等方式进行监测。

3 倾斜可采用测斜仪与水准测量或交会法相结合的方式监测，也可利用其中某一种方式或其他适宜的方式进行监测。

4 深层位移可采用多点位移计进行监测。

5 裂缝和结构缝开合度可采用测缝计或游标卡尺进行监测。

5.2.2 水准测量水闸垂直位移应符合下列规定：

1 大型水闸工程的垂直位移观测应符合二等水准测量要求，中型水闸应符合三等水准测量要求，并宜组成水准网。取得基准值。具体要求见附录 C.1 节。

2 水准路线上每隔一定距离应埋设水准点。水准点分为基准点、工作基点和测点三种。各种水准点应选用适宜的标石或标志。水准基准点应布置在距水闸较远处，基准点宜用双金属标或钢管标，若用基岩标应成组设置，每组应不少于 3 个水准标石。工作基点应设置在水闸两侧通视条件较好的岩基或坚实的土壤

上，可采用基岩标或钢管标，不应设置在已填平的旧河槽、淤土层、回填土和车辆往来频繁地段等处。水闸上的测点宜采用地面标志、墙上标志、微水准尺标。水准标石结构见附录 C.2 节。

3 垂直位移测点宜布置在闸室结构块体顶部的四角（闸墩顶部）、上下游翼墙顶部各结构分缝两侧、水闸两岸的结合部位或墙后回填土上。

4 垂直位移测点应及时埋设和开始观测，在工程施工期可先埋设在底板面层，在水闸过水前再引接到上述结构的顶部。

5.2.3 液体静力水准法适用于测量闸顶的垂直位移，连通管系统宜设在闸顶，并加设隔热防冻保护设施，两端应设双金属标或垂直位移工作基点。静力水准仪安装和观测的具体要求见附录 C.3 节。

5.2.4 沉降计宜布置在水闸闸室底板的四角，对于多孔连续水闸，可选择典型块体布设。沉降计应在水闸底板混凝土浇筑前钻孔埋设。

5.2.5 位错计宜布置在闸室段各块体间或闸室块体与翼墙及护坦板间的结合缝上。位错计宜在基础部位布设。

5.2.6 视准线法的布置设计应考虑下列因素：

1 视准线应使布置在水闸结构块体顶部的测点与两岸工作基点形成一条直线，可采用小角度法或活动觇标法进行观测。

2 视准线测点宜与沉降观测测点布设在同一标点桩上。

3 视准线长度不宜超过 300m，设计的具体要求见附录 C.4 节。

5.2.7 交会法的布置设计应考虑下列因素：

1 交会法除在水闸结构块体顶部的合适位置布置测点外，还应在水闸上、下游两岸可靠稳定的位置布置若干工作基点。可采用测角交会法、测边交会法和边角交会法进行观测。

2 交会法设计的具体要求见附录 C.5 节。

5.2.8 引张线的布置设计应考虑下列因素：

1 引张线应布置在闸墩上部，两端布置在倒垂线或工作基

点附近，引张线经过的闸室段宜设置测点。

2 闸顶引张线宜采用浮托式。线长小于 200m 时，可采用无浮托式。

3 引张线应设防风护管。

4 引张线法设计的具体要求见附录 C.6 节。

5.2.9 闸墩或翼墙倾斜的测点布置应符合下列规定：

1 测点宜布置在闸墩和翼墙的典型部位。

2 闸墩测点与基础测点宜设在同一垂直面上。

3 闸墩倾斜监测布置宜在基础高程面附近设置 1~3 个测点，闸墩内宜设置 2~4 个测点。

4 水闸闸墩和上下游翼墙顶部布设有水准点，可利用成对布设的水准点监测该部位的倾斜。用水准测量法测量倾斜，两点间距离，在基础附近不宜小于 20m，在闸顶不宜小于 6m。

5 用测斜管测量倾斜，其管底应深入到基础稳定的地层内。

5.2.10 钻孔测斜仪的钻孔宜铅直布置。钻孔孔口应设保护装置，有条件时，孔口附近应设水平位移测点。安装和观测要求见附录 C.7 节。

5.2.11 多点位移计宜布置在有断层、裂隙、夹层层面出露的闸基上，在需要监测的软弱结构面两侧各设一个锚固点，最深的一个锚固点宜布置在变形可忽略处。一个孔内宜设 3~6 个测点。钻孔孔口应设保护装置，必要时可在孔口附近设水平位移测点。安装和观测要求见附录 C.8 节。

5.2.12 混凝土建筑物结构缝的监测布置应符合下列规定：

1 对于基础条件较差的多孔连续水闸，应布置结构缝测点。

2 测点宜布置在建筑物顶部、跨度（或高度）较大或应力较复杂的结构缝上。可在岸墙、翼墙顶面、底板结构缝上游面和工作桥或公路桥大梁两端等部位的结构缝布置测点；对于地基情况复杂或发现结构缝变化较大的底板，应在底板结构缝下游面增设测点。

3 结构缝宜采用测缝计进行监测。宜在结构缝两侧埋设一

对金属标点，也可采用三点式金属标点或型板式三向标点。测点上部应设保护罩。测缝计的安装要求见附录 C.9 节。

5.2.13 混凝土建筑物裂缝开度的监测布置应符合下列规定：

1 发现混凝土建筑物产生裂缝后，应选择有代表性的位置设置固定测点，宜采用测缝计、游标卡尺进行裂缝开合度监测。同时，还应与目测、超声波探伤仪检测相结合。

2 裂缝深度的观测宜采用金属丝探测或超声波探伤仪测定，必要时也可采用钻孔取样等方法测量。

5.3 监测设施及其安装

5.3.1 表面位移监测点安装应符合下列规定：

1 垂直位移测点宜采用地面标志、墙上标志、微水准尺标；闸外测点宜采用岩石标。水准标志的具体要求见附录 C.2 节。

2 表面水平位移观测墩应高出表面 1.2m，墩顶部应设强制对中底盘，其对中误差应小于 0.2mm，倾斜度不得大于 4'。表面水平位移观测墩的具体要求见附录 C.2 节。

5.3.2 双金属标的双金属管宜采用钢管和铝管，钢管和铝管安装前宜采样测定温度膨胀系数。具体要求见附录 C.2 节。

5.3.3 建筑物外的水准点不应设在地下水位高或易受剧烈振动影响的位置，并应便于观测。水准点的主标和双金属标应设置保护装置。

5.3.4 静力水准两端观测墩顶部应等高，墩面应水平，安装连通管时，应将水管中气泡全部排净。具体要求见附录 C.3 节。

5.3.5 视准线的具体要求见附录 C.4 节。

5.3.6 交会点的具体要求见附录 C.5 节。

5.3.7 引张线宜采用预留槽安装，引张线线体应设防风保护管。浮托式引张线相邻两测点上测读尺尺面间高差不得超过 ±3mm。引张线安装的具体要求见 C.6 节。

5.3.8 测斜管安装时，测斜管的导槽应位于可能产生最大变形的方向。具体要求见附录 C.7 节。

5.3.9 多点位移计安装的具体要求见附录 C.8 节。

5.3.10 各种测缝计的具体要求见附录 C.9 节。

5.3.11 应及时进行倒垂孔的施工，并埋设钻孔保护管。宜减少倒垂孔的倾斜度，保护管有效孔径根据孔深、位移大小等因素确定，但安装后的有效孔径应大于 75mm。倒垂线安装的具体要求见附录 C.10 节。倒垂造孔的具体要求见附录 C.11 节。

5.4 观 测

5.4.1 光学机械监测仪器、设备，在监测开始前，应先晾仪器，使仪器、设备的温度与大气温度趋于一致，再精密调平进行观测。在晾仪器和整个监测过程中，仪器不应受到日光的直接照射。

5.4.2 二等水准可用 S_1 型水准仪进行观测。也可用精度不低于相应等级的数字水准仪进行观测。各种观测方法的具体要求见附录 C.1 节。

5.4.3 双金属标采用人工观测时，每一测次应测读两测回，两测回观测之差不得大于 0.15mm。

5.4.4 静力水准采用人工观测时，每一测次应测读两测回，两测回观测之差不得大于 0.15mm。具体要求见附录 C.3 节。

5.4.5 视准线应采用视准仪或 J_1 型经纬仪或精度不低于 J_1 型经纬仪的全站仪进行观测。每一测次应观测二测回，采用活动觇标法时，两测回观测值之差不得超过 1.5mm；采用小角度法时，两测回观测值之差不得超过 3.0"。具体要求见附录 C.4 节。

5.4.6 采用边角交会法进行表面水平位移观测时，观测的具体要求见附录 C.5 节。

5.4.7 引张线观测可采用读数显微镜、两线仪、两用仪或放大镜，也可采用遥测引张线仪。严禁单纯目视直接读数。人工观测时，每一测次应观测二测回。当使用读数显微镜时，两测回观测值之差不得大于 0.15mm；当使用两用仪、两线仪或放大镜时，两测回观测值之差不得大于 0.3mm。具体要求见附录 C.6 节。

5.4.8 测斜仪的气泡格值不应大于 5″，测斜管观测的具体要求见附录 C.7 节。

5.4.9 多点位移计施工期间的观测，基准值确定后，当测点近区有施工扰动时，扰动前后应各观测 1 次，以观测位移增量。当扰动前后位移变化较大时，应加密观测次数。

5.4.10 单向机械测缝标点和三向弯板式测缝标点的观测，宜直接用游标卡尺或千分表量测。单向机械测缝标点也可用固定百分表或千分表量测。平面三点式测缝标点宜用专用游标卡尺量测。机械测缝标点每测次均应进行两次量测，两次观测值之差不得大于 0.2mm。

5.4.11 裂缝、结构缝开度观测，应同时观测上下游水位、气温和水温。如发现结构缝上、下缝宽差别较大，还应配合进行垂直位移观测。

5.4.12 倒垂线观测可采用光学垂线坐标仪、遥测垂线坐标仪，也可采用其他同精度仪器。采用人工观测时，每一测次应观测两测回，两测回观测值之差不得大于 0.15mm。具体要求见附录 C.10 节。

6 渗流监测

6.1 一般规定

6.1.1 渗流监测项目应包括闸基扬压力和侧向绕渗。

6.1.2 采用测深法测量测压管水位时，测绳（尺）刻度应不低于5mm。

采用渗压计测量渗透压力时，应根据被测点可能产生的最大压力选择渗压计量程。渗压计量程宜不低于1.2倍最大压力且不高于2倍最大压力，精度应不低于0.5%FS。

6.2 监测设计

6.2.1 闸基扬压力监测布置应符合下列规定：

1 闸基扬压力监测应根据水闸的结构型式、工程规模、闸基轮廓线、地质条件、渗流控制措施等进行布置，并应以能测出闸基扬压力分布及其变化为原则。

2 垂直水流向和顺水流向断面应结合布置。宜设垂直水流向监测断面1~2个；顺水流向监测断面应不少于闸孔数的1/3，并不少于2个，且应在中间闸室段布置1个。

3 垂直水流向监测断面宜布置在灌浆帷幕、齿墙、板桩（或截水槽、截水墙）等渗流控制设施前后及排水幕、地下轮廓线有代表性的转折处，每个闸室段应至少设1个测点；重点监测部位测点数量应适当加密。当闸基有大断层或强透水带的，宜在渗流控制设施和第一道排水幕之间加设测点。

4 顺水流向监测断面应选择地质构造复杂闸室段、岸坡闸室段和灌浆帷幕折转闸室段。横断面间距宜为20~40m，如闸轴线较长，闸室结构与地质条件大致相同，则可加大横断面间距。

5 每个顺水流向监测断面测点应不少于3个，测点宜布置在渗流控制设施前后及排水幕、地下轮廓线有代表性的转折处。

若地质条件复杂，可适当加密测点。闸基的渗流控制设施的前后应各设一个测点，闸底板中间设置一个测点。

6 承受双向水头的水闸，其垂直水流向、顺水流向监测断面应合理选择双向布置形式。

7 闸基若有影响闸室稳定的浅层软弱带，应增设测点，一个钻孔宜设一个测点。浅层软弱带多于一层时，渗压计或测压管宜分层布设，应做好软弱带处导水管外围的止水，防止下层潜水向上层的渗透。渗压计的集水砂砾段或测压管的进水管段应埋设在软弱带以下 0.5~1.0m 的基岩内。为便于观测应将测压管管口延伸至闸墩顶部。

8 闸基扬压力可埋设渗压计监测，也可埋设测压管监测。对渗透性较好的地基宜采用测压管，对渗透性较小的地基宜采用渗压计。但对于水位变化频繁或渗透性甚小的黏土地基上的水闸，其闸基扬压力观测应采用渗压计。

9 渗压监测设施应预先埋设，测点沿水闸与地基的接触面布置。但位于灌浆帷幕附近的测点应在灌浆施工完成后埋设。

6.2.2 侧向绕渗监测布置应符合下列规定：

1 侧向绕渗监测点应根据闸址地形、枢纽布置、渗流控制措施及侧向绕渗区域的地质条件布置。

2 侧向绕渗宜在岸墙、翼墙填土侧及其结合部布设测点，可沿不同高程布设测点。

3 在顺水流向测点数不应少于 3 个。对于运行水头较高、两侧土质渗透性较好的水闸测点应适当加密。

4 岸坡渗流宜埋设测压管监测；结合部宜采用渗压计监测。

6.3 监测设施及其安装

6.3.1 测压管安装应符合下列规定：

1 测压管包括进水管、导管与管口装置，进水管段应保证渗水能顺利进入管内。当有可能塌孔或产生管涌时，应加设反滤装置。在完整的基岩中安装测压管时，可不需要进水管反滤保护

和导管，仅安设管口装置，见附录 D.1 节。

2 测压管可采用施工期预埋方式，也可采用钻孔安装方式。帷幕附近的测压管应在灌浆完成后钻孔安装，见附录 D.1.2～D.1.3 条。测压管宜采用竖直管并铅直埋设。

3 测压管内安装渗压计监测时管口出线应密封；无压测压管可采用测绳（尺）观测，也可在管内安装渗压计或水位计监测，管口应设保护装置。

4 测压管安装后，应做抽、注水试验，其灵敏度应满足要求。

6.3.2 渗压计安装应符合下列规定：

1 渗压计可采用施工期预埋方式，也可采用钻孔埋设安装方式。帷幕或固结灌浆带附近埋设安装的渗压计应在灌浆后钻孔安装，见附录 D.2 节。

2 在基岩面预埋渗压计时，应采取措施，避免下一序混凝土浆液堵塞渗压计滤头，见附录 D.2.4 条。

6.4 观 测

6.4.1 渗压计埋设后应及时观测，确定初始值，埋设初期 1 个月内不少于 1 次/d，之后按附录 A 中表 A.0.2 中施工期测次要要求进行观测。

6.4.2 采用测绳（尺）测量测压管水位时，应平行测定 2 次，其读数差应不大于 2cm。

6.4.3 扬压力和侧向绕渗观测，应同时观测上、下游水位，并注意观测渗透的滞后现象。对于受潮汐影响的水闸，应在每月最高潮位期间选测 1 次，观测时间以测到潮汐周期内最高和最低潮位及潮位变化中扬压力过程线为准。

6.4.4 测压管管口高程宜按不低于三等水准测量的要求每年校核 1 次。测压管灵敏度检查可 3～5 年进行 1 次。

7 应力、应变及温度监测

7.1 一般规定

7.1.1 应力、应变及温度监测项目主要包括混凝土内部及表面应力、应变、锚杆应力、锚索受力、钢筋应力、地基反力、墙后土压力和温度等。

7.1.2 应力、应变及温度监测宜与变形监测和渗流监测项目相结合布置。

7.2 监测设计

7.2.1 钢筋混凝土结构应力和应变监测布置应符合下列规定：

1 对于建筑在软基上的大型水闸，或采用新型结构的水闸，应根据闸型、结构特点、应力状况及施工顺序，在受力复杂、应力集中和结构薄弱的部位，合理布设钢筋计、应变计以及无应力计，监测不同工作条件下结构应力应变和钢筋应力分布和变化规律。

2 水闸应力和应变测点的布置，宜根据结构应力计算成果，在闸门支撑附近垂直水流向布置监测断面，在断面的中下部、底部及应力集中区，少而精地布置钢筋计、应变计。应力和应变监测宜以钢筋应力监测为主，辅以混凝土应力、应变监测。

3 钢筋计布置在主受力构件的受力方向，应与受力钢筋焊接于同一轴线。

4 混凝土应变计数量和方向应根据应力状态而定，主应力方向明确的部位可布置单向或两向应变计。

5 根据实际，每一应变计（组）旁 1.0~1.5m 处可布置一只无应力计，无应力计与相应的应变计（组）距结构面的距离应相同。当温度梯度较大时，无应力计轴线宜与等温面正交。

6 对布置预应力锚杆或锚索的闸墩，可适当布置预应力锚

杆测力计或预应力锚索测力计。

7.2.2 地基反力监测布置应符合下列规定：

1 对于建筑在地质条件较差、土压力和边荷载影响程度高的水闸，宜在水闸基底布设土压力计，以监测水闸底板地基反力作用。

2 地基反力监测应选取有代表性部位，宜沿闸室整体结构顺水流方向和垂直水流方向各至少设置一个监测断面。

3 地基反力监测测点应沿水闸与地基的接触面布置。

4 地基反力监测宜与扬压力监测结合布置。

7.2.3 翼墙后土压力监测布置应符合下列规定：

1 对于翼墙背后有较高填土的水闸，宜在翼墙和背后填土的结合面上布置土压力计，以监测翼墙背后填土压力情况。

2 翼墙土压力监测应选择典型部位，在翼墙和墙后填土结合面的中下部，沿高度方向选取有代表性部位布置。

7.2.4 桩基受力监测布置应符合下列规定：

1 对于建筑在软基上并采用桩基加固的大型水闸，可布置压应力计或钢筋计，监测桩基受力情况。

2 监测测点宜沿桩底至桩顶分层布置，以监测混凝土桩不同高程的压应力分布。

7.2.5 温度监测布置应符合下列规定：

1 对于结构块体尺寸较大的水闸，可根据混凝土结构的特点、施工方法及温控需要，布设适宜数量的温度计。

2 水闸温度测点应根据温度场的特点进行布置，宜在闸墩和底板内比较厚实的部位分层布置，在温度梯度较大的部位测点可适当加密。

3 在能兼测温度的其他仪器处，不宜再布置温度计。

7.3 监测设施及其安装

7.3.1 仪器安装应保持正确位置及方向，安装前应对仪器进行必要的检测，并防止仪器损坏，各种仪器的安装要求见附录 E。

7.3.2 仪器周围回填混凝土时，应人工分层振捣密实。混凝土下料时应距仪器 1.5m 以上，振捣时振捣器与仪器的距离应大于振动半径，宜不小于 1.0m。

7.3.3 当施工机械化程度高、浇筑强度大时，可采用预置埋设槽的方法，即在混凝土浇筑后拆除埋设槽模板，清理冲毛，将仪器埋入槽内，然后回填混凝土。

7.3.4 监测仪器埋设时，应及时记录仪器及电缆埋设参数及附近浇筑的混凝土和环境条件。安装后，应及时做好标识与保护。

7.3.5 应按监测设计要求进行电缆连接和编号，具体要求见附录 F。

7.4 观 测

7.4.1 埋设初期 1 个月内，钢筋计、应变计、无应力计和温度计观测宜按如下频次进行：前 24h，1 次/4h；第 2~3d，1 次/8h；第 4~7d，1 次/12h；第 7~14d，1 次/24h；之后按附录 A 中表 A.0.2 中施工期测次要求进行观测。

7.4.2 土压力计埋入后，在浇筑垫层和绑扎钢筋的过程中，应按 1 次/d 观测，持续至底板浇筑完成时为止。

7.4.3 使用直读式接收仪表进行观测时，每年应对仪表进行一次检验。如需更换仪表，应先检验是否有互换性。

7.4.4 仪器设备应妥加保护。电缆的编号牌应防止锈蚀、混淆或丢失。电缆长度需改变时，应在改变长度前后读取测值，并做好记录。集线箱及测控装置应保持干燥。

7.4.5 仪器埋设后，应及时按适当频次观测以便获得仪器的初始值。初始值应根据埋设位置、材料的特性、仪器的性能及周围的温度等，从初期各次合格的观测值中选定。为便于监测资料分析，在各分析时段的起点应按适当频次观测，以获得仪器的基准值。

8 专项监测

8.1 一般规定

8.1.1 水闸应根据其工程规模、等级、运用条件和环境等因素，有针对性地设置专门性监测项目。

8.1.2 专项监测项目主要包括水力学、地震反应和冰凌等。

8.2 水力学监测

8.2.1 对于大（1）型水闸，宜在初期运行期进行水力学监测。

8.2.2 水力学监测项目包括水流流态、水面线（水位）、波浪、水流流速、消能、冲刷（淤）变化等。

8.2.3 水流流态监测应符合下列规定：

1 进口流态应包括水流对称性、水流侧向收缩、回流范围、旋涡漏斗大小和位置及其他不利流态。

2 闸室流态应包括水流形态、折冲水流、波浪高度、水流分布及闸墩的绕流流态等。

3 出口流态应包括上、下游水面衔接形式、面流、底流等。

4 下游河道的流态应包括水流流向、回流形态和范围、冲淤区、水流分布、对岸边建筑物的影响等。

5 水流流态可采用文字描述、摄影或录像进行记录。

8.2.4 水面线监测应符合下列规定：

1 水面线观测应包括水面和水跃波动水面等。

2 沿程水面线，可用直角坐标网格法、水尺法或摄影法进行观测。

3 水跃长度及平面扩散可用水尺法或摄影法进行测量。

8.2.5 流速监测应符合下列规定：

1 流速观测应根据水流流态及消能冲刷等情况确定，宜布置在底部、局部突变处、下游回流及上下游连接段等部位。

2 顺水流方向选择若干观测断面，在每一断面上量测不同水深点的流速，特别注意水流特征与边界条件有突变部位的流速观测。

3 流速可用浮标、流速仪、毕托管等进行观测。

8.2.6 振动监测应符合下列规定：

1 振动测点应布置在闸门、支撑梁、导墙等易产生振动的部位。

2 振动观测可用拾振器和测振仪等观测。

8.2.7 消能监测应符合下列规定：

1 消能观测应包括底流和面流各类水流形态的测量和描述。

2 消能观测可用目测法和摄影法，也可用单经纬仪交会法和双经纬仪交会法。

8.2.8 冲刷监测应符合下列规定：

1 冲刷观测点应布置在闸门下游底板、侧墙、消力池等处。

2 水上部分可直接目测和量测；水下部分可采用抽干检查法、测深法、压气沉柜检测法、声呐成像法及水下电视检查法等。

8.3 地震反应监测

8.3.1 对于建筑在设计烈度为Ⅶ度及以上的大（1）型水闸，应对建筑物的地震反应进行监测。

8.3.2 地震反应监测应符合下列规定：

1 地震反应监测应根据水闸设计烈度、结构类型和地形地质条件进行仪器布置。

2 地震反应监测宜采用自动触发和自动记录的强震仪。

3 地震反应监测应与现场调查相结合。当发生有感地震时或闸基记录的峰值加速度大于 $0.025g$ 时，应及时对水闸结构进行震害的现场调查。

8.3.3 监测设计应符合下列规定：

1 地震反应监测设计应包括确定结构反应台阵的类型和规模、布置方案、仪器的性能指标，仪器安装和管理维护的技术要

求等。

2 结构反应台阵测点应在抗震计算的基础上，布置在结构反应的关键和敏感部位。宜布置在地基、墩顶、机架桥、边坡顶，宜布置成水平顺河向、水平横河向、竖向三分量，次要测点可简化为水平横河向。

3 结构反应台阵的规模应按 SL 486 的规定执行。

8.3.4 记录分析系统应符合下列规定：

1 强震仪应具有自动触发功能，触发后地震记录信息应自动存储并传至计算机系统。

2 应配备适合工业应用环境，有较高运算速度和较大存储容量的工业控制计算机，并配有打印机等外围设备。

3 宜配置便携式计算机作为移动工作站；配置强震动加速度记录处理分析软件。

8.3.5 水闸地震反应监测仪及传感器的技术参数应满足的指标见附录 G。

8.3.6 监测设施及其安装应符合下列规定：

1 应根据监测设计要求对测点进行传感器安装及电缆布设，传感器安装要求见附录 G.0.4 条，电缆布置与要求见附录 F。

2 强震仪安装时应记录仪器出厂编号、仪器安装时间及埋设前后的检查和对水闸脉动响应的监测数据。

8.3.7 观测应符合下列规定：

1 地震反应监测系统安装完成后，应对系统的运行情况进行现场观测检查，确认各通道信号及背景噪声情况。

2 监测系统运行正常后，应进行场地地脉动和水闸的脉动反应测试，记录脉动加速度时程，并进行分析。

3 地震反应监测资料处理分析按附录 G.0.9 条的要求进行。

8.4 冰凌监测

8.4.1 冰凌观测主要包括静冰压力、动冰压力、冰厚、冰温等。

8.4.2 静冰压力、冰温及冰厚观测应符合下列规定：

1 结冰前，可在坚固建筑物前缘，自水面至最大结冰厚度以下 10~15cm 处，每 15~20cm 设置 1 支压力传感器，并在旁边相同深度设置 1 支温度计，进行静冰压力及冰温监测。

2 自结冰之日起开始观测，每日至少观测 2 次。在冰层胀缩变化剧烈时期，应加密测次。

3 静冰压力、冰温观测的同时，应进行冰厚观测。

8.4.3 动冰压力观测应符合下列规定：

1 应在各观测点动冰过程出现之前，消冰尚未发生的条件下，在坚固建筑物前缘适当位置及时安设压力传感器进行观测。

2 在风浪过程或流冰过程中应进行连续观测。

3 应同时进行冰情、风力、风向观测。

9 监测自动化系统

9.1 一般规定

9.1.1 监测自动化系统设计应遵循“实用、可靠、先进、经济”的原则，并满足水闸现代化管理需要。

9.1.2 仪器设备在满足精度的前提下，监测自动化系统宜结构简单、稳定可靠、维护方便，易于改造和升级。

9.1.3 监测自动化系统的监测点或监测站，应配备独立的人工观测比测设施或手段。

9.2 系统设计

9.2.1 监测自动化系统由监测仪器、数据采集装置、计算机及外部设备、通信线路及装置、电源及防护装置、防雷装置、数据采集和管理软件等组成。

9.2.2 监测自动化系统结构总体设计应符合下列规定：

1 根据工程规模和特点，监测自动化系统可由一个或多个基本采集系统组成，采集系统的数据采集装置宜分散设置在靠近监测仪器的监测站。

2 根据工程的规模和需要，监测自动化系统可仅设置监测管理站，也可分别设置监测管理站及监测管理中心站。

3 网络拓扑可采用星形、环形和总线结构，通信介质可采用双绞线、光纤和无线等。

9.2.3 纳入监测自动化系统的测点应至少包括下列测点：

1 需要进行高精度、高频次监测而难以进行人工观测的测点。

2 监测点所在部位的环境条件不允许或不可能用人工方式进行观测的测点。

9.2.4 数据采集装置主要技术指标应符合下列规定：

- 1 数据存储容量：不少于 50 测次的数据。
- 2 测量方式：定时、单检、巡检、选测或设测点群。
- 3 定时采集周期间隔：不大于 10min，并可调节。
- 4 数据采集缺失率：不大于 2%，其计算方法见附录 H.1 节。

5 工作环境：温度和湿度可适应工程现场环境要求。

6 人工观测接口：人工观测时不应影响自动化系统的正常运行和接线配置。

9.2.5 监测站应符合下列规定：

1 应布置在监测仪器相对集中的位置，并配置数据自动采集装置。

2 宜选择交通方便、照明及通风条件好、有稳定可靠的电源、无强电磁干扰等部位。

3 设置在露天或环境恶劣的部位时，应加装防护设施。

9.2.6 监测管理站应符合下列规定：

1 宜布置在现场管理场所，应有良好的照明、通风条件、稳定可靠的电源和接地装置等，以及满足室内相关设备正常运行的环境要求。

2 具备现场监测和数据存储功能。

9.2.7 网络通信应符合下列规定：

1 监测站之间、监测站与监测管理站计算机之间的网络通信，可采用 232 接口（EIA - RS - 232C）、485 接口（EIA - RS - 485/422A）、串行总线接口（CANbus）、网络通信协议（TCP/IP）以及其他国际标准构建的通信网络，宜采用局域网连接。

2 监测管理站与监测管理中心站之间的网络通信，宜选择局域网或广域网通信方式连接，通信网络宜采用专用网络，也可采用公用网络。

3 网络通信可采用有线或无线传输介质，误码率不应大于 10^{-6} 。

9.2.8 电源及防护装置应符合下列规定：

1 监测自动化系统的电源容量应根据系统功率计算确定，电源宜采用双回路专线供电。附近无可靠市电供应的条件下，可采用太阳能或风能等现地电源供电。

2 监测管理站应配置不间断电源（UPS），其容量宜按维持设备正常工作 2h 以上配置。

3 监测自动化系统的计算机及数据采集装置的电源，应设置避雷器、隔离装置及稳压装置。

9.2.9 防雷及接地应符合下列规定：

1 监测自动化系统应进行直击雷防护和雷电感应过电压防护设计。宜接入工程接地网。

2 监测自动化系统设备集中的建筑物的直击雷防护可采用避雷针、避雷带和接地系统等。

3 监测自动化系统的电源、传感器、采集装置及通信介质的雷电感应过电压防护可采用避雷器、隔离装置及过载装置等。

4 监测站接地电阻不应大于 10Ω ，监测管理站接地电阻不应大于 4Ω 。

9.2.10 监测自动化系统应具备下列基本功能：

1 数据采集功能。

2 掉电保护功能。

3 自检、自诊断功能。

4 数据异常报警及故障显示功能。

5 数据存储、分析、管理及备份功能。

6 现场网络数据通信与远程通信及网络安全防护等功能。

7 防雷及抗干扰功能。

9.2.11 监测自动化系统性能应符合下列基本规定：

1 环境条件：监测站温度， $-10\sim+50^{\circ}\text{C}$ （ $-20\sim+60^{\circ}\text{C}$ 可选），湿度， $\leq 95\%$ ；监测管理站温度， $15\sim 35^{\circ}\text{C}$ ，湿度， $\leq 85\%$ 。

2 工作电源：电压， $220\times(1\pm 10\%)$ V 或 $36\times(1\pm 10\%)$ V；频率， $50\times(1\pm 2\%)$ Hz。

3 采样时间：巡测， $<10\text{min}$ ；单点采集， $<30\text{s}$ （带驱动控制测量的仪器除外）。

4 测量周期： $10\text{min}\sim 30\text{d}$ （可调）。

5 系统平均无故障时间（MTBF）： $>6300\text{h}$ ，其计算方法见附录 H.2 节。

6 抗瞬态浪涌能力：防雷电感应， $500\sim 1500\text{W}$ ；瞬态电位差，小于 1000V 。

7 数据采集装置功耗：工作状态， $\leq 3\text{W}$ ；待机状态， $\leq 0.5\text{W}$ 。

9.2.12 监测管理站配置的数据采集与管理软件应具有下列功能：

- 1 在线监测功能。
- 2 信息管理。
- 3 图表制作功能。
- 4 离线分析。
- 5 系统管理功能。

9.3 系统安装与调试

9.3.1 监测自动化系统安装过程中，应对系统仪器设备进行检查、检验、试验、参数标定，并做好详细记录。

9.3.2 系统设备安装及电缆布线应整齐，系统设备应采取必要的保护措施。系统设备支座及支架应安装牢固。

9.3.3 对于监测设施自动化更新改造的工程，在监测仪器设备安装时，不宜破坏原有可用的监测设施。

9.3.4 应对每个自动化监测点进行快速连续测试，以检验测值的稳定性。

9.3.5 监测自动化系统调试时，应与人工观测数据进行同步比测。

9.3.6 应按设计要求逐项检查系统功能。

9.3.7 系统安装调试完成后，应提交系统安装与调试报告。

9.4 监 测

9.4.1 监测自动化系统在试运行期，测量频次应不低于1次/d；在正常运行期，其测量频次在满足附录A条件下，应不低于1次/周；特殊情况（如高水位、闸内外水位骤变、特大暴雨、台风、风暴潮、地震等）下，可根据需要增加测量次数。

9.4.2 所有实测数据应全部存储至数据库。

9.4.3 应对每次测量数据进行检查甄别，发现异常，应及时复测。