上海市工程建设规范

堤防（海塘）安全监测自动化技术标准

Technical standard for automation of dike(seawall) safety monitoring

（征求意见稿）

2026　上海

前　言

根据上海市住房和城乡建设管理委员会《关于印发<2026年上海市工程建设规范编制计划>的通知》（沪建标定〔2026〕7号）的要求，由上海市堤防泵闸建设运行中心、上海市水利工程设计研究院有限公司会同相关单位，在总结本市堤防（海塘）安全监测自动化等工作经验的基础上，开展专题调查研究、广泛征询意见，经多次研讨编制完成本标准。

本标准的主要内容包括：总则；术语；基本规定；监测要求；系统设计；安装调试和验收；运行与维护；附录A；附录B；附录C。

各单位及相关人员在执行本标准过程中，如有意见和建议，请反馈至上海市水务局（地址：上海市长宁区江苏路389号，邮编：200042；E-mail：kjxxc@swj.shanghai.gov.cn），上海市堤防泵闸建设运行中心（地址：上海市虹口区吴淞路80号，邮编200080；E-mail：inhandhero@163.com）上海市建筑建材业市场管理总站（地址：上海市小木桥路683号；邮编：200032；E-mail：shgcbz@163.com），以便修订时参考。

主　编　单　位　：　上海市堤防泵闸建设运行中心

上海市水利工程设计研究院有限公司

参　编　单　位　：　上海勘测设计研究院有限公司

中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司

上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司

上海上咨工程设计有限公司

主　要　起　草　人　：

主 要 审 查 人 ：

上海市建筑建材业市场管理总站

目 次

1 总 则 1
2 术 语 2
3 基本规定 4
4 监测要求 5
4.1 一般规定 5
4.2 水位（潮位）监测 6
4.3 变形监测 6
4.4 渗流监测 8
4.5 土压力及结构应力监测 9
4.6 潮闸门、潮拍门和防汛闸门开关状态监测 10
4.7 自动巡视检查 10
5 系统设计 13
5.1 一般规定 13
5.2 数据采集装置 13
5.3 安全监测综合平台 14
5.4 监测站、监测管理站和监测管理中心站 14
5.5 网络通信 15
5.6 电源及防护 16
5.7 防雷接地 16
6 安装调试和验收 18
6.1 一般规定 18
6.2 设备安装 18
6.3 设备调试 19
6.4 联机运行 20
6.5 系统验收 20
7 运行与维护 22
7.1 一般规定 22
7.2 系统运行 22
7.3 系统维护 23
附录 A 安全监测附表 24
A.1 监测项目、方法与频次 24
A.2 视频监视 30
附录 B 相关附图 33
附录 C 新技术应用 35

C.1 北斗系统 35
C.2 InSAR 沉降监测 36
C.3 北斗短报文 37
C.4 无人机 38
C.5 无人船 39
本标准用词说明 41
引用标准名录 42
条文说明 43

Contents

1 General provisions 1
2 Terms 2
3 Basic requirements 4
4 Monitoring reqirements 5
4.1 General provisions 5
4.2 Water level(tidal level) monitoring 6
4.3 Deformation monitoring 6
4.4 Seepage monitoring 8
4.5 Earth pressure and structural stress monitoring 9
4.6 Open/Close status monitoring of tidal gates,tidal flap gates and flood gates 10
4.7 Automatic routine inspection 10
5 System design 13
5.1 General provisions 13
5.2 Data acquisition device 13
5.3 Integrated 14
5.4 Monitoring stations, monitoring management stations and monitoring management center station Overall design 15
5.5 Network communication 15
5.6 Power supply and protection 16
5.7 Lightning protection and grounding 16
6 Installation,commissioning and acceptance 18
6.1 General provisions 18
6.2 Monitoring automation equipment installation 18
6.3 Monitoring automation system commissioning 19
6.4 Online operation 20
6.5 System acceptance 20
7 Operation and maintenance 22
7.1 General provisions 22
7.2 Monitoring operations management 22
7.3 Monitoring facility maintenance 23
Appendix A Safety monitoring appendix 24
A.1 Monitoring items and frequency 24
A.2 Video surveillance 30

Appendix B Relative pictures.....33
Appendix C Application of new technologies.....35
C.1 Beidou system.....35
C.2 InSAR deformation and settlement monitoring.....36
C.3 Beidou short message.....37
C.4 Unmanned aerial vehicle.....38
C.5 Unmanned surface vehicle.....39
Explanation of wording in this standard.....41
List of quoted standards.....42
Addition:Explanation of provisions.....43

1 总 则

1.0.1 为规范本市堤防（海塘）安全监测自动化系统的设计、安装、调试和运维工作，满足堤防（海塘）安全监测要求，保障本市堤防（海塘）工程安全运行，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于本市范围内三级及以上堤防以及主海塘、一线海塘工程的安全监测自动化工作。

1.0.3 堤防（海塘）安全监测自动化除应符合本标准外，尚应符合国家、行业和本市现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 堤防（海塘）安全监测 dike(seawall) safety monitoring

对堤防（海塘）安全状态信息进行采集的过程。

2.0.2 监测自动化 automation of monitoring

利用传感器技术、遥感技术等替代传统人工方式，实现对监测数据的自动采集、传输、处理。

2.0.3 监测断面 monitoring section

具有典型水文、地质和结构状态，并集中布置监测仪器设备的堤防（海塘）断面。

2.0.4 自动化设施 automatic facility

基于各种原理的监测仪器设备（传感器）、监测装置及其相应的监测数据自动采集、存储、传输和供电设备的总称。

2.0.5 安全监测综合平台 integrated safety monitoring platform

具备安全监测数据存储、编辑、查询、导出与备份、数据可靠性检验、报表与曲线分析、预警提醒及信息推送等功能的综合平台。

2.0.6 合成孔径雷达干涉测量 interferometric synthetic aperture radar（InSAR）

对合成孔径雷达在不同空间位置获取同一地区观测数据的干涉相位进行分析处理，获取地表高程或形变信息的技术。

2.0.7 北斗短报文 beidou short message

把卫星导航和通信技术融合，在没有地面通信网络覆盖的情况下，通过北斗实现短消息收发的技术。

2.0.8 人工比测 manual verification measurement

采用人工常规观测设备与自动化监测设备同步观测，对比校验自动化测值精度、稳定性的校准作业。

2.0.9 监测站 monitoring station

安装数据采集装置的位置或场所。

2.0.10 监测管理站 monitoring management station

安装采集计算机、在线采集软件及其相关外部设备的场所。

2.0.11 监测管理中心站 monitoring and management center station

安装安全监测管理计算机、安全监测综合平台和相关外部设备的场所。

2.0.12 安全监测自动化系统 automated safety monitoring system

由监测仪器设备、数据采集装置、在线采集软件、安全监测综合平台、网络通信、电源及防护设备、计算机及外部设备等组成，实现安全监测数据自动采集、传输、存储、处理、分析、预警和管理的系统。

3 基本规定

3.0.1 安全监测自动化系统应与堤防（海塘）新建、改（扩）建工程同步规划、设计、建设、运行。

3.0.2 堤防（海塘）进行安全监测自动化专项改造时，在专项设计前应对既有安全监测系统进行综合评价。

3.0.3 堤防（海塘）安全监测应采用统一空间定位基准，平面坐标和高程应符合下列规定：

1 平面坐标采用上海 2000 坐标系。

2 高程采用上海吴淞高程基准。

3.0.4 自动化设施宜集约化建设，并应相互兼容匹配。

3.0.5 宜利用卫星遥感、北斗卫星导航系统及机器视觉等新型监测技术，开展堤防（海塘）自动化监测。

3.0.6 自动化设施应在极端工况下正常使用。

3.0.7 应定期对自动化设施进行巡视检查，查看设备是否完好正常，对损坏的设备及时修复或更换。

3.0.8 应定期对自动化设施进行人工比测和校准。

3.0.9 安全监测自动化仪器设备选型应根据精度要求、使用条件及运行维护综合确定。

4 监测要求

4.1 一般规定

4.1.1 堤防（海塘）自动化监测断面宜每隔 2 km 布置一个，重要岸段应根据实际情况适当加密。

4.1.2 堤防（海塘）安全监测自动化项目应结合堤防（海塘）结构特点、建设条件、地形地质条件、水文气象条件及运行要求等设置，包括但不限于水位（潮位）监测、变形监测、渗流监测、土压力及结构应力监测、附属设施监测、自动巡视检查等。

4.1.3 安全监测自动化项目应设置报警值，报警值应以监测项目的变化速率和累计变化量两项指标控制。当任一指标达到报警值，触发报警，人工核实后根据情况采取相应措施。

4.1.4 自动化监测点标志应稳固、明显、结构合理，便于识别和观测。

4.1.5 自动化监测点应设置统一规范的监测点铭牌，标明监测点编号、监测项目及监测部位等信息。

4.1.6 自动化设施应设置必要的保护、警示装置，采取防盗、防破坏措施，且具备强拆自动报警功能；位于堤顶路面的监测点应设保护井，保护井高度应与路面齐平，结构强度需满足交通荷载要求。

4.1.7 堤防（海塘）自动化监测项目及方法（设备）选择见附录 A 中表 A.1.1；堤防（海塘）自动化监测项目常规监测频次见附录 A 中表 A.1.2；堤防（海塘）自动化监测项目应急监测频次见附录 A 中表 A.1.3。

4.1.8 当附近存在对堤防（海塘）有影响的施工作业时，堤防（海塘）施工作业应对既有自动化设施进行保护。

4.1.9　当附近存在对堤防（海塘）有影响的施工作业时，宜对堤防（海塘）进行自动化监测，监测范围应大于施工影响范围，监测项目及频次应结合附录 A 中表 A.1.4 和实际情况进行确定。

4.2　水位（潮位）监测

4.2.1　堤防（海塘）水位（潮位）监测断面布置应结合现有水文观测设施的设置情况合理布置。

4.2.2　水位（潮位）监测内容为堤防（海塘）临水侧的水位（潮位）情况。

4.2.3　水位（潮位）监测设备应采用自记水位计，并结合具体使用环境、安装条件及运行维护要求合理选型。

4.2.4　水位（潮位）监测误差不应大于± 20mm。

4.2.5　水位（潮位）监测应根据堤防（海塘）设计水位设定高、低水位（潮位）报警值等。

4.3　变形监测

4.3.1　堤防（海塘）变形监测断面应布置在冲刷险工、堤基条件较差、结构薄弱或变形敏感部位以及能反映堤防（海塘）结构变形特征的代表性部位。断面上的变形监测点应布置在堤顶两侧及各级平台上，堤防每个监测断面上变形监测点的数量宜不少于 3 个，海塘每个监测断面上变形监测点的数量宜不少于 5 个。

4.3.2　堤防（海塘）变形监测项目主要包括但不限于垂直位移监测、水平位移监测、防汛（浪）墙倾斜监测、防汛（浪）墙接缝（裂缝）监测和堤防（海塘）前沿滩面监测，堤防（海塘）自动化监测监测点布置示意图见附录 B 中图 B.1、B.2。堤防（海塘）变形监测项目设置应符合下列规定：

1　应以表面垂直位移、水平位移为主，重要堤段可设置必要的内部垂直位

移、水平位移监测项目。

2　表面垂直位移、水平位移监测点宜布置在堤顶、防汛（浪）墙顶或复式断面的戗台等位置。

3　重要堤段、软弱地基及冲刷情况严重部位的防汛（浪）墙应设置倾斜监测项目。

4　对已出现裂缝的防汛（浪）墙宜设置墙体裂缝自动监测项目。

5　对重要岸段的堤防（海塘）前沿滩面宜进行滩面变化监测。

4.3.3　变形监测方法（设备）应符合下列要求：

1　垂直位移

堤防（海塘）表面垂直位移（沉降）自动化监测可采用静力水准自动化监测系统、全球导航卫星系统、机器视觉测量、自动全站仪等。对于大范围无植被遮挡区域，宜采用合成孔径雷达干涉测量技术进行面状筛查与补充分析。

堤防（海塘）主体内部的深层垂直位移自动化监测可采用自动分层沉降仪或多点位移计。

2　水平位移

堤防（海塘）表面水平位移自动化监测宜采用自动全站仪（或测量机器人）、全球导航卫星系统、机器视觉测量等方法。

堤防（海塘）深层水平位移（测斜）自动化监测宜采用柔性测斜仪或固定式测斜仪。

3　防汛（浪）墙倾斜

防汛（浪）墙倾斜自动化监测宜采用倾角计、固定式测斜仪。

4　防汛（浪）墙接缝（裂缝）

防汛（浪）墙分缝宜采用测缝计、位错计等监测接缝开合度和错位；墙体裂缝自动化监测宜采用测缝计。

5　堤防（海塘）前沿滩面

堤防（海塘）前沿滩面宜采用单波束（多波束）测深、卫星遥感等方法进行水下地形测量。

4.3.4　变形监测基点应设立在变形影响范围以外的稳定地基上，当采用卫星定位静态相对定位方法测量时，监测基准站与测站之间的距离不宜大于 3 km；布置在近水区域的全球导航卫星系统设备宜采用抗多路径效应能力强的扼流圈天线。

4.3.5　垂直位移监测误差不应大于±3 mm；水平位移监测误差不应大于±3 mm；防汛（浪）墙倾斜监测误差不应大于 5”；接缝（裂缝）开合度监测误差不应大于1mm，堤防（海塘）前沿滩面监测误差不应大于±20cm 或水深的 1%。

4.3.6　变形监测报警值应为垂直位移单次变化大于 3mm 且同向连续 3 次，或累计变化大于 30 mm；水平位移单次变化大于 3mm 且同向连续 3 次，或累计变化大于 20 mm。

4.3.7　垂直位移应以下沉为正、上升为负；横断面水平位移应以偏向背水侧为正、偏向临水侧为负；倾斜应以偏向背水侧为正、偏向临水侧为负；接缝（裂缝）开合度应以张开为正、闭合为负。

4.4　渗流监测

4.4.1　堤防（海塘）渗流监测断面应选择布置在地质条件复杂、临背水位差大、高水位持续时间长、堤身或堤基透水性较大、渗径较短、堤基有较大承压水等可能出现异常渗流的典型堤段。

4.4.2　堤防（海塘）渗流监测项目包括但不限于堤身浸润线、堤基渗透压力、防汛（浪）墙后地下水位等，必要时可配合进行渗流量、水质分析等监测项目。

4.4.3　当土层渗透系数不小于 10^{-4} cm/s 时，堤身浸润线、堤基渗透压力、墙后

地下水位监测可采用测压管，在测压管中安装渗压计实现自动化监测；当土层渗透系数小于 10^{-4} cm/s 时，应埋设渗压计进行自动化监测。

4.4.4　穿堤（塘）建筑物应在与堤防（海塘）接合部位的两侧布置渗流监测断面。每个监测断面在穿堤（塘）建筑物防渗刺墙临水、背水侧各布置 1~2 个监测点，背河坡面及坡脚位置各布置 1 个监测点。当穿堤（塘）建筑物宽度较大时，应沿其轴线方向接合面增设监测断面。

4.4.5　堤身浸润线、堤基渗透压力监测点应沿堤防（海塘）横断面布置，每个断面不少于 3 个监测点，分别布置在堤防（海塘）横断面的临水侧、中部及背水侧。测压管或渗压计的埋设深度应低于预测最低浸润线以下不少于 2 m。

4.4.6　对长期渗水且渗流量较大的堤（塘）段，应在背水侧堤脚设置导渗沟，汇集渗漏水，监测渗漏量。

4.4.7　采用渗压计监测渗透压力时，应根据监测点可能产生的最大渗透压力选择渗压计量程，渗压计量程应不小于预测最大压力的 1.2 倍。

4.4.8　堤防（海塘）浸润线、渗透压力水位监测误差不应大于±50 mm，墙后地下水位监测误差不应大于±20 mm。

4.4.9　渗透压力、墙后地下水位报警值应为最不利工况计算值的 70%~80 %，并应结合工程实际情况综合确定。

4.5　土压力及结构应力监测

4.5.1　堤防（海塘）土压力及结构应力监测断面宜与变形、渗流监测断面一致，并重点布置在地质条件复杂、结构形式变化存在薄弱环节的典型堤段。

4.5.2　堤身内部竖向土压力监测可选 1~2 个高程截面，每个高程截面布置 1~3 个监测点。防汛（浪）墙基础与地基接触部位、高挡土墙迎土面宜布置土压力监测点。

4.5.3　防汛（浪）墙结构薄弱部位、新型防汛墙、新型挡土墙以及新型防渗墙宜布置结构应力应变监测点。

4.5.4　土压力监测应采用土压力计，结构应力应变监测应采用钢筋计、应变计；土压力计、钢筋计、应变计精度不应大于±0.5 %FS。

4.5.5　土压力及结构应力监测报警值应为最不利工况设计值的 70 %~80 %，并应结合计算分析与实际工程特性综合确定。

4.5.6　结构应力符号应以受拉为正、受压为负。

4.6　潮闸门、潮拍门和防汛闸门开关状态监测

4.6.1　堤防（海塘）沿线的潮闸门、潮拍门和防汛闸门应设置开关状态监测，及时发现设备故障和异常情况。

4.6.2　潮闸门、潮拍门和防汛闸门开关状态监测宜采用传感器动态感应方法，具备条件的，可采用视频图像智能识别方法。监测设备包括但不限于拉绳位移传感器、倾角传感器、角度传感器及 AI 智能摄像机等，宜根据监测对象的结构型式和运行特点合理选取。

4.6.3　应根据实际监测对象设定潮闸门、潮拍门和防汛闸门的开到位标识、关到位标识、超限报警等。

4.7　自动巡视检查

4.7.1　堤防（海塘）宜采用视频监控、无人机、地面移动机器人、水下机器人等智能化巡检手段，辅助或替代传统人工巡查。

4.7.2　视频监控、无人机、地面移动机器人、水下机器人应对堤防（海塘）重要区域、关键部位及重要设施进行视频监视和数据采集。

4.7.3　视频监控点的布置应覆盖重点区域，具体采集点和覆盖区域要求参见附

录 A 中表 A.2.1。

4.7.4　视频图像智能识别功能应用于入侵检测、水位识别、运行状态判断等场景，具体应用可参照附录 A 中表 A.2.2。

4.7.5　视频监控应满足下列要求：

1　摄像机应具备全天候工作能力，具备辅助照明或高感光低照度成像能力，日夜均能采集清晰图像。

2　图像存储周期不应少于 30 天。

3　视频监控点安装结构应满足相关防风要求，实行“一杆多用”，与周边环境相协调。

4.7.6　无人机巡检应满足下列要求：

1　主要应用于巡查堤身裂缝、塌陷、滑坡、护面损坏等表观缺陷。可用于监测工程沿线环境变迁、违法侵占、植被生长状况。

2　应具备航线自动规划、数据实时回传及定位功能，视频与图像数据应及时上传至安全监测综合平台。

3　抗风能力、快门速度、光照适应性应满足画面稳定、避免运动模糊的要求。

4.7.7　地面移动机器人巡检应满足下列要求：

1　适用于堤顶、坡等开阔区域，或临近水域、地形险峻等人工巡查风险较高的区段。

2　可搭载光学相机、热成像仪、激光扫描仪、环境传感器等载荷，实现对堤体表观、附属设施及环境参数的移动感知与采集。

4.7.8　水下机器人巡检应满足下列要求：

1　应用于堤脚、水下护岸、抛石体、水下基础等淹没区结构的探查。

2　应具备水下定位、高清摄像、声纳扫描等功能，可识别冲刷坑、结构缺

损、杂物堆积等情况。

5 系统设计

5.1 一般规定

5.1.1 安全监测自动化系统的建设原则应为“实用、可靠、先进、经济”，系统架构应简单，易于改造和升级，方便维护，并满足堤防（海塘）现代化管理需要。

5.1.2 安全监测自动化系统包括监测仪器设备、数据采集装置、在线采集软件、安全监测综合平台、网络通信、电源及防护设备、计算机及外部设备等。

5.1.3 安全监测自动化系统应设置监测站与监测管理站，根据工程的规模和需要，也可设置监测管理中心站。

5.1.4 系统应具备标准化的数据接口和通信协议，数据应支持与上级管理信息系统、水雨情监测系统、外部视频监控系统等其他自动化系统互联，并能实现与系统外局域网、广域网的安全数据交换及信息共享。

5.2 数据采集装置

5.2.1 数据采集装置应采用模块化结构，由机箱、数据采集模块、电源模块、防潮除湿部件、人工比测端口等组成。

5.2.2 数据采集装置应具备数据采集、数据存储、掉电数据保护、参数设置及查询、自诊断、通信、电源管理、实时时钟、防电磁干扰等基本功能。

5.2.3 数据采集装置机箱应便于安装，各部件装配牢固，电缆进口应采取密封措施。采集装置内部各部件应布局合理，便于维护。

5.2.4 数据采集方式应支持单点测量、选点测量、定时测量。

5.2.5 数据采集装置各通道数据存储容量不应少于 1000 测次。数据存储器存储采集数据后，按先进先出的原则自动覆盖历史数据。

5.2.6　可对采集时间、采集周期、装置网络地址、传感器信息及其他工作参数进行设置。

5.2.7　可对工作电源、数据及程序存储器、测量通道等基本工作状态进行诊断，具有备用电源自动切换功能。

5.2.8　可对内部实时时钟进行设置、校对。

5.3　安全监测综合平台

5.3.1　安全监测综合平台应能实现集中接收、管理各类监测感知数据，并采取措施保障数据安全，支持对自动化设施远程运维管理。

5.3.2　安全监测综合平台应具有监测数据存储、编辑、查询、导出与备份、数据可靠性检验、报表与曲线分析、预警提醒及信息推送、工程文档及影像资料管理、输出等功能。

5.3.3　安全监测综合平台应满足下列基本安全要求：

1　平台建设应严格遵循《信息安全技术 信息系统通用安全技术要求》GB/T20271 或《水利网络安全保护技术规范》SL/T803 的相关规定，充分考虑安全性要求。在设计和实施过程中，应采取有效措施，确保数据的完整性、保密性和可用性，强化对实时数据保护，防止数据遭到破坏、泄露和非法更改。

2　安全监测自动化系统应进行应用安全、数据安全和入侵安全检测，确保系统的安全性。系统应达到 GB/T 22239 中规定的二级安全标准。

5.4　监测站、监测管理站和监测管理中心站

5.4.1　监测站应符合下列规定：

1　应布置在监测仪器设备相对集中的位置，并配置数据自动采集装置。

2　应选择交通方便、照明良好、通风条件好、有稳定可靠电源、无强电磁

干扰等的地点。

3　设置在露天或环境恶劣的位置时，应做好防尘、防晒、防水、防盗等防护措施。

5.4.2　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，有稳定的可靠电源和接地装置等，满足室内相关设备正常运行的环境要求。

2　应具备现场监测、数据存储和备份功能。

5.4.3　监测管理中心站应符合下列规定：

1　宜布置在管理办公区内，也可与监测管理站合并设置。应具备足够的设备空间和工作空间，具备良好的照明、通风、温度和湿度环境。

2　具备监测系统管理、数据分析、数据备份及信息发布等功能。

3　数据应在境内存储，数据中心和云平台不得设立在境外。

5.5　网络通信

5.5.1　应根据实际情况，采用有线、无线等通信方式，在条件允许时，宜优先使用有线通信，可采用 5G、NB-IoT、Wifi 等无线通信方式。

5.5.2　监测管理站与监测管理中心站之间的网络通信，宜根据站点所在物理位置选择局域网或者广域网连接，通信网络宜采用专用网络。

5.5.3　宜采取北斗短报文、卫星通信等应急通信措施，保障极端情况下的信息报送和预警发布能力。

5.5.4　无线通信的误码率不大于 10^{-6}，有线通信的误码率不大于 10^{-9}。

5.5.5　应对监测传感器及有线通信线路的线缆进行防护设计。

5.6 电源及防护

5.6.1 电源根据监测点周边用电条件应优先采用市电供电。当附近无可靠市电的条件下，可采用太阳能或风能等供电，且蓄电池容量应保证不小于 7 天连续供电。

5.6.2 监测站、监测管理站及监测管理中心站的重要设备应采用不间断电源（UPS）供电，其断电运行时间不应小于 1h。

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

5.6.4 配电设计应根据需要设置配电箱（柜），供给安全监测数据采集（装置）、监测仪器设备等用电，供电距离应满足相关设备的电压降要求，正常运行情况下用电设备端子处电压偏差为（+7%，-10%），单相负荷应均匀地分配在三相线路上。

5.6.5 设备外壳防护等级不应低于 IP65。应用于海塘的设备，所有金属部件及紧固件等宜采用 304L 不锈钢或等效防腐材料。

5.7 防雷接地

5.7.1 安全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。

5.7.2 安全监测自动化系统设备集中的监测管理站等建筑物直击雷防护可根据雷电防护等级设置接闪装置，并可靠连接接地系统。

5.7.3 安全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接闪器、隔离装置及过载装置等。

5.7.4 安全监测自动化系统宜接入工程接地系统，接地型式应采用 TN-S 系统。室外监测设备接地电阻不应大于 10 Ω；建筑物内优先利用共用接地装置，接地电阻不应大于 4 Ω。

5.7.5　监测管理站或监测管理中心站电子信息设备集中设置的控制室等部位应设置静电防护，内部所有设备的金属外壳、各类金属管道、监护线槽、建筑物金属结构等应进行等电位联结并接地。

6 安装调试和验收

6.1 一般规定

6.1.1 安全监测自动化系统应根据设计方案完成设备安装、设备调试、联机运行和系统验收。

6.1.2 设备安装应符合下列基本要求：

1 监测仪器设备安装前应进行校正、标定和测试，检验合格后方可安装使用。仪器设备安装应按照仪器设备说明书及相关技术要求执行。

2 监测仪器设备安装前应对每个监测传感器进行统一编号，编号应与设计图纸、监测系统数据库相对应，便于后续查询、追溯与维护。

3 监测网点施工安装结束后，应对土建、监测仪器设备及安全监测综合平台等进行系统性的检查验收，做好记录，并归入工程档案。

6.1.3 安全监测自动化系统安装调试应紧跟工程进度，并做好监测仪器设备在施工期间的保护，避免因土建施工造成设备损坏或数据中断。

6.1.4 安全监测自动化系统安装不应影响建筑物结构安全与防渗安全。钻孔、灌浆等施工作业位置应与已埋设的监测仪器设备和监测线缆保持安全距离，避免相互干扰或损坏。

6.1.5 安全监测自动化系统安装调试完成后，应按照相关标准和规定及时进行质量评定，评定结果应形成书面记录并归入工程档案。

6.2 设备安装

6.2.1 监测仪器设备在接入安全监测自动化系统前应对其工作状态进行现场检查、测试。

6.2.2 各类线缆需要连接时，芯线之间应焊接牢靠，做好绝缘及防潮处理，线

缆长度应留有一定裕量。

6.2.3　各类线缆应布线整齐并做好标识，室外线缆应放入电缆沟、穿金属钢管或设金属线槽保护。

6.2.4　数据采集装置宜安装在监测站内并做好接地连接，在室外安装时应设置雷电防护装置。

6.2.5　监测仪器设备支座及支架应安装牢固且与被测对象形成统一整体，支架应进行防锈处理。

6.2.6　监测食品设备安装前应进行自检，以确保监测感知成果的准确性与可靠性。

6.2.7　堤防（海塘）安全监测自动化设备的安装还应符合《水利水电工程安全监测系统运行管理规范》SL/T 782 的相关安装规定。

6.3　设备调试

6.3.1　逐项检查监测仪器设备的安装方向，核对接入监测点，检查仪器参数设置。在线采集软件中的相关参数配置应与实际接入的监测仪器设备正确对应。

6.3.2　监测项目及监测点，应通过人工干预实现一定的物理量变化，检查自动化测值能否正确反映外部变化。

6.3.3　设备进行调试时，各监测项目及监测点宜进行人工比测。

6.3.4　应确保数据的连续性，明确不同系统测值之间的关系，并对相关的处理方法进行说明，逐项检查自动化系统功能。

6.3.5　安全监测自动化系统安装调试完成后，应提供系统安装调试报告，报告内容应包括监测自动化系统组成及配置，主要仪器设备型号、参数，以及系统测试情况等信息。

6.4 联机运行

6.4.1 安全监测自动化系统联机运行后应能实现下列功能：

1 数据采集、处理及数据库管理功能。

2 系统运行状态自检和报警功能。

3 监测自动化相关信息设置功能。

4 监测信息录（导）入功能。

5 图形绘制与报表制作功能。

6 监测资料整编功能。

7 权限及日志管理功能。

6.4.2 系统时钟应满足在规定的运行周期内，系统设备月最大计时误差小于 3 min。

6.4.3 系统运行的稳定性应满足下列要求:

1 试运行期监测数据的连续性、周期性好，无系统性偏移，能反映工程监测对象的变化规律。

2 自动化测量数据与对应时间的人工实测数据比较，变化规律基本一致，变幅相近。

3 选取工作正常的传感器，在被监测物理量基本不变的条件下，系统数据采集装置连续 15 次采集数据的中误差应达到监测仪器设备的技术指标要求。

6.4.4 试运行期内系统可靠性应满足要求，系统应支持远程诊断与定期升级功能，降低运维成本。

6.5 系统验收

6.5.1 安全监测自动化系统的试运行期为一年，试运行期满后应进行正式验收。

6.5.2 验收包括现场施工检查，系统软硬件功能、性能检查、测试，以及相关

资料的审查等。

6.5.3 系统验收前应收集相关资料及技术报告，包括但不限于:

1 安全监测自动化系统设计报告。

2 安全监测自动化系统竣工报告。

3 安全监测自动化系统工程监理报告。

4 安全监测自动化系统试运行总结报告。

5 安全监测自动化系统安装调试技术总结报告。

6 系统软硬件设备清单、系统软硬件使用说明书。

7 运行与维护

7.1 一般规定

7.1.1 安全监测自动化系统运维管理应包括监测制度、设备管理、检查维护、数据处理、人员要求等内容。

7.1.2 应对安全监测自动化系统运行维护制定系统运行、维护管理制度，包括监测项目及其频次、监测仪器设备管理与维护、监测数据记录与处理、监测人员与岗位职责等要求。

7.2 系统运行

7.2.1 运行期间应严格执行安全监测自动化系统运行管理制度，正确使用和操作监测系统，开展现场检查、数据采集、记录、甄别和保存，保证数据的准确、可靠。

7.2.2 宜在每年汛前对系统的全部监测点进行 1 次人工比测。比测误差应控制在仪器精度允许范围内，若偏差大于限值，应强制校准或更换设备。比测数据应作为系统可靠性评估的重要依据，纳入系统年度运维验收标准。

7.2.3 当出现强降水、水位明显变化、强地震等特殊情况时，应提高监测频次。对监测中发现数据异常，应及时进行补测和比测，加强分析研判。

7.2.4 应及时分析监测数据及其反映的堤防（海塘）情况，工作期内出现数据异常的监测仪器设备，须在发现异常后 48 小时内响应，并采取相应措施及时排除异常。

7.2.5 每年应开展监测资料整编，编写年度整编报告，并进行资料分析，加强分析成果应用，掌握堤防（海塘）安全状况和存在问题，指导堤防（海塘）安全运行，并将监测资料和分析成果汇编归档。

7.2.6 监测资料整理与成果整编应项目齐全、考证准确、数据可靠、方法合理、图表完整、格式统一、说明完备。

7.2.7 所有原始实测数据应全部入库保存，监测数据应每 1 个月做 1 次备份。

7.3 系统维护

7.3.1 安全监测自动化系统维护工作内容包括硬件设备维护和软件更新与维护。硬件设备维护包括仪器各模块测试、仪器校正、传感器标定和传输、供电设施维护；软件更新与维护包括参数设置、显示、存储的校准，系统版本的升级、系统漏洞的修复和系统补丁的增装。

7.3.2 宜编制安全监测自动化系统使用维护手册，以及系统发生故障时应急预案。

7.3.3 安全监测自动化系统宜具备故障分类管理能力，根据故障对整个系统影响程度进行分类分级，确定不同故障响应及恢复处理时效。对于致命性系统错误应在 8 小时内做出响应并及时恢复正常。

7.3.4 对于硬件设备故障应及时分析原因并进行校正，采用维修、更换元器件、更换设备等方式确保监测的连续性。

7.3.5 对安全监测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。

7.3.6 安全监测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。

7.3.7 监测设施设备应定期开展检查维护和校验，建立专门的维护日志，做好记录并存档。检查维护宜至少每年汛前开展 1 次，校验至少每年开展 1 次；特殊情况时应加密维护和校测频次，根据实际情况确定。

附录 A　安全监测附表

A.1 监测项目、方法与频次

A.1.1　堤防（海塘）自动化监测项目及方法（设备）可按表 A.1.1 进行选择。

表 A.1.1　堤防（海塘）自动化监测项目及方法（设备）表

监测类别	监测项目	常规	应急	当附近存在对堤防（海塘）有影响的施工作业时	监测方法（设备）	适用范围、场所或特点
水位监测	水位（潮位）	○			超声波水位计	水面平稳的直立岸墙段
					雷达水位计	水面平稳的直立岸墙段
					投入式水位计	水面平稳的直立岸墙段及缓坡段
					浮子式水位计	水面平稳的直立岸墙段
					电子水尺	水面平稳的直立岸墙段，兼顾人工测读
变形监测	垂直位移	●	●	●	卫星定位	监测精度要求不高，范围较大的空旷场所
					静力水准仪	监测精度要求高，范围较小的场所
					机器视觉测量	监测精度要求高，范围较小的场所，可同时监测水平位移和垂直位移
					卫星遥感	大范围，大变形，植被覆盖少的场所
					自动全站仪	精度要求高、监测范围小、通视条件好的封闭管理场所

监测类别	监测项目	常规	应急	当附近存在对堤防（海塘）有影响的施工作业时	监测方法（设备）	适用范围、场所或特点
	水平位移	●	●	●	卫星定位	范围较大的空旷场所
					自动全站仪	精度要求高、监测范围小、通视条件好的封闭管理场所
					机器视觉测量	监测精度要求高，范围较小的场所，可同时监测水平位移和垂直位移
	倾斜	●	○	○	倾角计	单点测量，一般布置于结构物的表面
					测斜仪	多点测量，一般布置于结构物或土体的内部
	接缝、裂缝	●	○	○	测缝计	单点测量，一般用于结构物接缝、裂缝的拉伸监测
	前沿滩面	○		○	测深系统	一般需要人工定期操作
					固定式侧扫声纳	适用于全自动监测水下地形
					卫星遥感	适用于大范围，大变形
渗流监测	地下水位	●	○	○	测压管+渗压计	用于监测土层渗透性较好的墙后地下水位、堤身浸润线等
	渗透压力				渗压计	用于监测土层渗透系数较小（如小于 10^{-5} cm/s）的渗透压力
	渗流量				量水堰、容积法	具有将水流汇集到一起的地形地质条件

监测类别	监测项目	常规	应急	当附近存在对堤防（海塘）有影响的施工作业时	监测方法（设备）	适用范围、场所或特点
						量水堰法：适用于有固定排水出口、流量较大的标准断面。通过测量堰顶水头计算流量。 容积法：适用于流量较小、排水集中且无规则出水口的堤段。通过测量特定时间段内流入集水池（或已知容器）的水体体积来计算流量。 该方法设备简单、成本低，适合作为自动化系统的辅助校准手段或应急监测手段。
应力应变监测	土压力	●	○	○	土压力计	用于监测挡土墙土压力或堤基、堤身应力
	结构应力应变	●	○	○	钢筋计	监测挡土墙钢筋应力
					应变计	监测挡土墙混凝土应变或防渗墙应变
潮闸门、潮拍门和防汛闸门	拍门状态	●		○	光纤传感器	易损坏，用于供电不便的场所
					角度传感器	可靠性较高，需有稳定电源
					视频 AI	自动识别、报警
	闸门状态	●		○	光纤传感器	易损坏，用于供电不便的场所
					角度传感器	可靠性较高，需有稳定

监测类别	监测项目	常规	应急	当附近存在对堤防（海塘）有影响的施工作业时	监测方法（设备）	适用范围、场所或特点
						电源
					视频 AI	应用范围及案例快速拓展
					拉绳式位移计	可监测闸门开度范围较大的场所，可靠性较高，需有稳定电源
自动巡视检查	重要区域、重点部位及对象视频监控	●		○	摄像机	需借助人工判读
					视频 AI	自动事件识别、报警
	堤身表面裂缝、塌陷、滑坡以及环境变化、非法侵占、植被覆盖等情况	○	○	○	无人机、卫星遥感	监测堤身表面裂缝、塌陷、滑坡等明显、大范围的结构变形情况和堤防（海塘）沿线的环境变化、非法侵占、植被覆盖等
					陆上机器人、无人机	人工巡视存在安全风险的堤段、靠近水流湍急的堤段
					水下机器人	用于水下基础、护脚、水下岸坡等部位进行检查
注：●代表必选项；○代表可选项						

A.1.2　堤防（海塘）自动化监测项目常规监测频次按表 A.1.2 进行分类和选择。

表 A.1.2　堤防（海塘）自动化监测项目常规监测频次表

监测类别	监测项目	监测频次	
		汛期	非汛期
水位监测	水位（潮位）	连续	连续
变形监测	垂直位移	2 次/天	1 次/天
	水平位移	2 次/天	1 次/天
	倾斜	2 次/天	1 次/天
	接缝、裂缝	2 次/天	1 次/天
	前沿滩面	2 次/月	1 次/月
渗流监测	地下水位	2 次/天	1 次/天
	渗透压力	2 次/天	1 次/天
	渗流量	2 次/天	1 次/天
应力应变监测	土压力	2 次/天	1 次/天
	结构应力应变	2 次/天	1 次/天
附属设施	拍门状态	连续	1 次/天
	闸门状态	连续	1 次/天
视频监控	重要区域、重点部位及对象视频监控	连续	连续
自动巡视检查	堤身表面裂缝、塌陷、滑坡以及环境变化、非法侵占、植被覆盖等情况	1 次/周	

注：本表为堤防（海塘）自动监测项目的常规最低采集频次，可根据实际情况适当加密，必要时进行实时连续监测。

A.1.3　堤防（海塘）自动化监测项目应急监测频次按表 A.1.3 进行分类和选择。

表 A.1.3　堤防（海塘）自动化监测项目应急监测频次表

监测类别	监测项目	监测频次
水位监测	水位（潮位）	连续
变形监测	垂直位移	1 次/5 分钟
	水平位移	1 次/5 分钟
	倾斜	1 次/5 分钟
	接缝、裂缝	1 次/5 分钟
	前沿滩面	1 次/月
渗流监测	地下水位	1 次/5 分钟
	渗透压力	1 次/5 分钟
	渗流量	1 次/5 分钟
应力应变监测	土压力	1 次/5 分钟
	结构应力应变	1 次/5 分钟
附属设施	拍门状态	连续
	闸门状态	连续
视频监控	重要区域、重点部位及对象视频监控	连续
自动巡视检查	堤身表面裂缝、塌陷、滑坡以及环境变化、非法侵占、植被覆盖等情况	按需

注：监测项目达到各自报警值时或当出现强降水、水位明显变化、强地震、工程异常等特殊情况时，触发应急监测状态。

A.1.4　当附近存在对堤防（海塘）有影响的施工作业时，自动化监测项目监测频次按表 A.1.4 进行分类和选择。

表 A.1.4　堤防（海塘）自动化监测项目监测频次表（附近有施工作业时）

监测类别	监测项目	监测频次
水位监测	水位（潮位）	连续

监测类别	监测项目	监测频次
变形监测	垂直位移	1 次/1 小时
	水平位移	1 次/1 小时
	倾斜	1 次/1 小时
	接缝、裂缝	1 次/1 小时
	前沿滩面	1 次/1 小时
渗流监测	地下水位	1 次/1 小时
	渗透压力	1 次/1 小时
	渗流量	1 次/1 小时
应力应变监测	土压力	1 次/1 小时
	结构应力应变	1 次/1 小时
附属设施	拍门状态	连续
	闸门状态	连续
视频监控	重要区域、重点部位及对象视频监控	连续
自动巡视检查	堤身表面裂缝、塌陷、滑坡以及环境变化、非法侵占、植被覆盖等情况	按需

注：本表适用于堤防（海塘）附近有基坑开挖、堆载、打桩施工或盾构穿越等可能影响堤防（海塘）安全的施工工况。

A.2 视频监视

A.2.1 堤防（海塘）视频采集点和覆盖区域按表 A.2.1 进行选择。

表 A.2.1 堤防（海塘）视频采集点和覆盖区域

序号	采集点	安装区域/覆盖范围	设备类型	建设要求
1	堤防（海塘）全景	结合现场场景，应覆盖堤防（海塘）全景画面	高清筒型摄像机或高清全彩球型摄像机	●
2	重要水位尺	安装水位尺正面位置，与水尺距离在 50m 范围内，安装角度应保证正常监视水尺	水尺读取摄像机	○

序号	采集点	安装区域/覆盖范围	设备类型	建设要求
3	河道弯道	覆盖河道弯道处	高清筒型摄像机	○
4	亲水平台等人流密集	覆盖所有人员密集场所	高清全彩球型摄像机	●
5	通道闸门开关	覆盖重要附属设施	高清全彩球型摄像机	●
6	支河口、口门建筑物等部位	覆盖重要部位	高清筒型摄像机或高清全彩球型摄像机	○
7	监测管理站、监测管理中心站出入口	安装在出入口正向位置，应全画面覆盖出入口，宜采用具备人车分析能力，出入口进出留痕	人车抓拍摄像机或高清筒型摄像机	●
8	监测管理站、监测管理中心站域重要房间	视频应覆盖管理区重要房间内全景范围	高清半球摄像机	●
注：●代表必选项；○代表可选项				

A.2.2　堤防（海塘）视频图像智能识别应用场景按表 A.2.2 进行选择。

表 A.2.2　堤防（海塘）视频图像智能识别应用场景表

序号	应用场景	描述	建设要求
1	堤防（海塘）周边人员聚集监测	监测堤防（海塘）重点区域人员聚集情况，防止过度拥挤引发安全隐患。	●
2	堤防（海塘）周边人员撤离监测	监测堤防（海塘）重要区域人员撤离情况，防止紧急事件时人员未撤离。	●
3	船舶安全监管	监测堤防（海塘）重要区域航道内船舶的航行情况，避免碰撞，破坏防汛设施。	●
4	堤防（海塘）周边火灾预警	通过图像识别技术监测堤防（海塘）区域周边的火灾隐患，及时预警。	●
5	变形监测	监测堤防（海塘）表面可能存在的变形隐患。	○
6	管涌识别	利用 AI 算法智能识别管涌影像，快速定位管涌位置。	○
7	水位监测	从视频流中截取图像，通过算法识别水尺刻度，实时监测水位变化。	○
8	人员入侵检测	识别堤防（海塘）临水区域内的人员非法入侵	○
9	人员翻越监测	识别堤防（海塘）的人员翻越行为。	○
10	荷载风险识别	识别堤防（海塘）保护范围内违规停车和	○

序号	应用场景	描述	建设要求
		堆物等。	
11	堤防（海塘）周边非法建设监测	监测堤防（海塘）周边是否存在非法建设行为，保护堤防安全。	○
12	堤防（海塘）周边垃圾堆放监测	识别堤防（海塘）周边的垃圾堆放情况，及时清理，保护环境。	○
13	堤防（海塘）周边洪水淹没范围监测	通过视频图像分析洪水淹没范围，为防洪决策提供支持。	○
注：●代表必选项；○代表可选项			

附录 B　相关附图

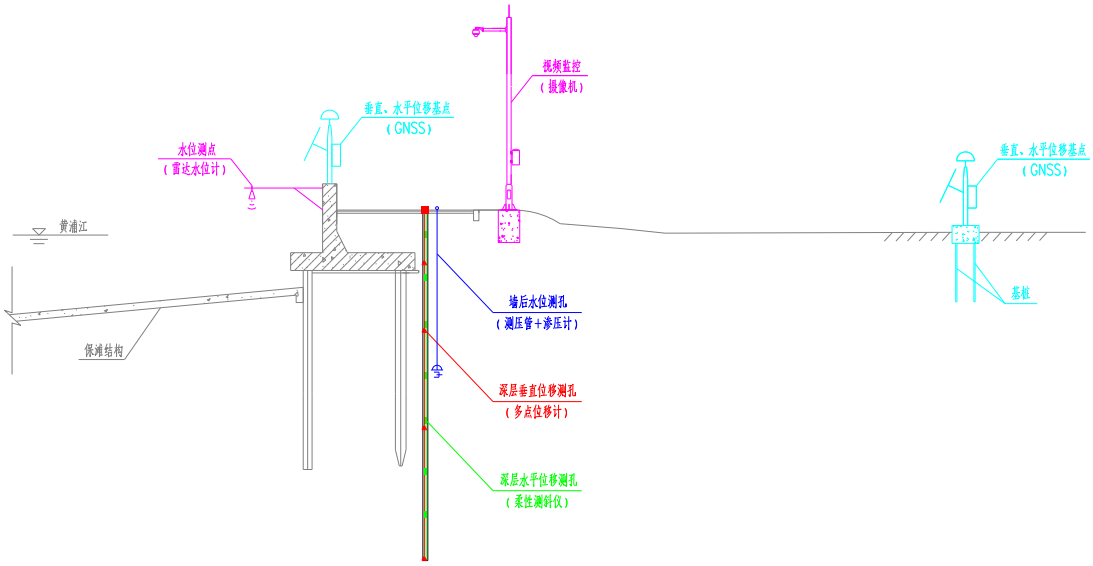


图 B. 1 堤防自动化监测点布置示意图

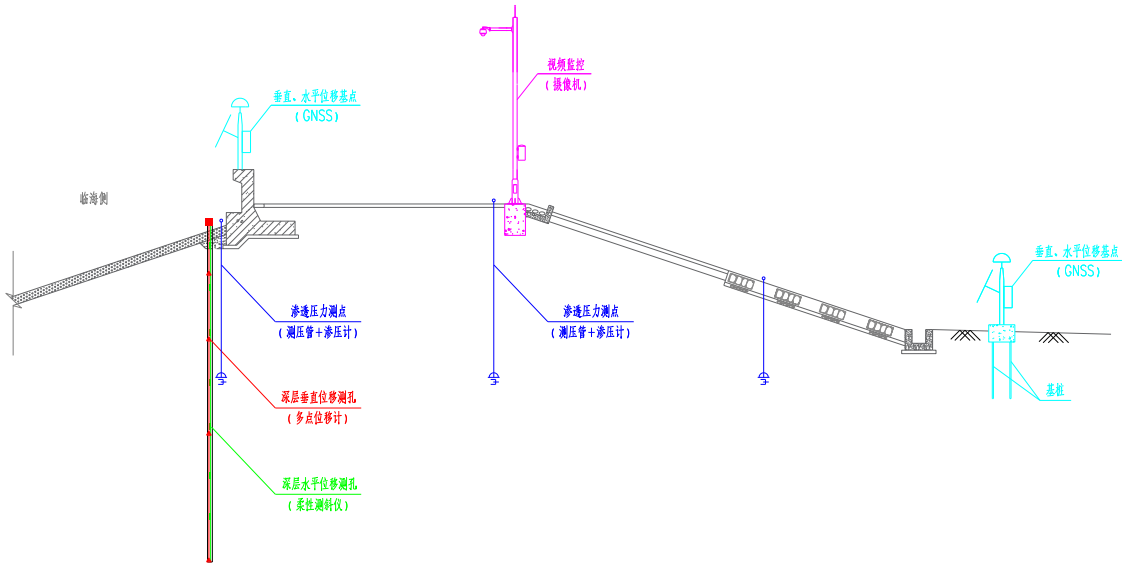


图 B. 2 海塘自动化监测点布置示意图

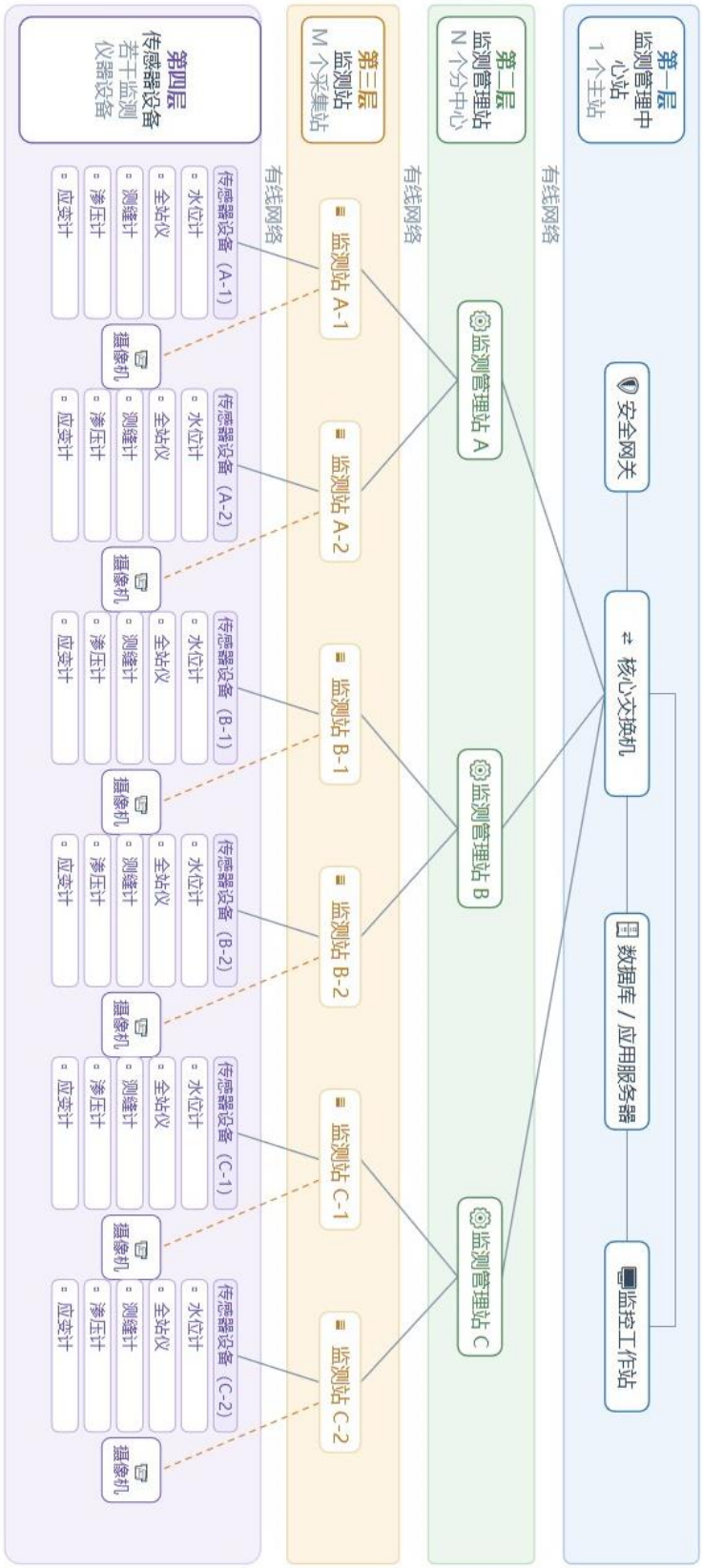

第一层
监测管理中心站
1 个主站
安全网关
核心交换机
数据库 / 应用服务器
监控工作站
有线网络
第二层
监测管理站
N 个分中心
监测管理站 A
监测管理站 B
监测管理站 C
有线网络
第三层
监测站
M 个采集站
监测站 A-1
监测站 A-2
监测站 B-1
监测站 B-2
监测站 C-1
监测站 C-2
有线网络
第四层
传感器设备
若干监测仪器设备
传感器设备（A-1）
传感器设备（A-2）
传感器设备（B-1）
传感器设备（B-2）
传感器设备（C-1）
传感器设备（C-2）
水位计
全站仪
测缝计
渗压计
应变计
摄像机

图 B. 3 系统网络拓扑图

附录C　新技术应用

C.1　北斗系统

C.1.1　北斗变形监测系统（BDS）监测设计应符合下列规定：

1　应支持接收BDS（B1I、B1C、B2I、B2a、B3I等）卫星信号。

2　固定基准站不宜少于2座。

3　固定基准站及监测点上部对空条件应良好，高度角15°以上范围应无障碍物遮挡，应远离大功率无线电信号干扰源（如高压线、无线电发射站、电视台、微波站等），且附近应无北斗变形监测系统（BDS）信号反射物。

4　连续24h时段内卫星信号数据完整率宜大于85%，多路径误差宜小于0.5 m。

5　基准站天线相位中心偏差应小于±1 mm，监测站天线相位中心偏差应小于+2 mm。

6　对永久性北斗变形监测系统（BDS）监测设施均应采取必要防护措施。

C.1.2　北斗变形监测系统（BDS）监测埋设安装应符合下列规定：

1　北斗变形监测系统（BDS）变形监测点观测墩结构与表面水平位移观测墩一致。

2　采用北斗变形监测系统（BDS）天线与测量机器人棱镜一体化装置的应采用托架支撑北斗变形监测系统（BDS）天线。

3　北斗变形监测系统（BDS）天线安装时应按天线的方位标进行定向，使之指向磁北极。

C.1.3　北斗变形监测系统（BDS）监测观测应符合下列规定：

1　北斗变形监测系统（BDS）接收机标称精度不应大于水平 2.5 mm+1 mm/km×D，高程5 mm+1 mm/km×D（D为基线长度，单位为km）。

2　北斗变形监测系统（BDS）接收机天线的水准器应严格居中，天线定向标志线应指向正北，天线相位中心偏差不应大于2.0 mm。

3　北斗变形监测系统（BDS）监测时间应通过现场试验方法予以确定，其固

定解算成果的点位精度应满足监测点位移监测的精度要求。

4　北斗变形监测系统（BDS）基本技术要求见表 B.1。

表 B.1.1　北斗变形监测系统（BDS）观测基本技术要求

卫星截止高度角（°）	同步有效观测卫星数	卫星分布象限数	采样间隔（s）
≥15	≥12	≥3	≥10

C.2　InSAR沉降监测

C.2.1　SAR数据获取应符合下列规定：

1　波源：应选择具有相同工作频率、带宽、脉冲重复频率、极化方向、轨道倾角且入射角相近的相干波源为 SAR 数据源。

2　轨道：应获取同一轨道且覆盖相同工作区的 SAR 数据，卫星飞行姿态稳定。

3　波长：应结合地物覆盖和任务要求选用 L 波段的 SAR 数据。

4　图像重叠率：当大尺度工作区需要同轨或跨轨的多景 SAR 图像进行拼接时，同轨相邻两景 SAR 图像的重叠率应超过沿轨图像长度的 15 % ；跨轨数据相邻两景图像的重叠率应超过图像幅宽的 15 %。

C.2.2　InSAR数据处理宜按照以下因素进行选择：

1　根据地壳形变量、持续时间、SAR 数据累积量、数据时间间隔分布、工作目标等选择 InSAR 处理方法。

2　当形变量大于或等于 0.02 m 时，宜选择 D-InSAR(差分干涉合成孔径雷达)方法；如有多期 SAR 数据，亦可选择 TS-In-SAR 方法。

3　当地表形变量小于 0.02 m ,宜选择 TS-InSAR（时序干涉合成孔径雷达）方法。

C.2.3　真实性检验宜符合以下规定：

应利用同时期形变沉降监测结果，对 InSAR 形变沉降监测结果进行对比验证。InSAR 形变沉降监测结果宜与水准测量、GNSS 测量等高精度监测结果进行对比。

C.2.4　InSAR处理数据成果制作应符合以下要求：

1　整理并存储原始数据与资料，包括参与InSAR处理的原始SAR观测数据，处理所需的各类辅助资料。

2　整理并存储中间结果数据与关键参数，包括相干性图数据、空间基线、时间基线、相干阈值、解缠参考点、PS 点阈值、差分干涉图数据、PS 点分布数据、PS 点地壳形变时序数据。

3　保存最终成果数据，包括地壳形变分布图数据、地壳形变时序数据、累积地壳形变量数据。

C.2.5　InSAR处理文档成果编制宜符合以下要求：

1　任务来源、工作目标和具体指标要求等资料与信息。

2　工作区的地形地貌、历史形变与沉降信息。

3　获取数据、历史存档数据、编程数据、数据接收时间及其质量等数据收集信息。

4　数据处理方法及关键参数选取。

C.3　北斗短报文

C.3.1　北斗短报文终端设备应具备以下功能：

1　具有北斗卫星通信功能，支持北斗二号和北斗三号区域短报文。

2　具备北斗/GPS 双系统定位功能。

3　具备自动位置上报功能。

4　支持北斗数传模式和数据透传模式切换。

C.3.2　北斗短报文终端设备应满足以下性能：

1　在正常通信环境下，通信成功率应不低于 95%，在信号较弱或复杂环境中，需保证成功率不低于 80%。

2　平均通信延迟应控制在 3 秒以内，以满足实时性要求较高的应用场景。

3　在空旷地区，定位精度要在 10 米以内，高海拔定位精度在 20 米以内。

4　北斗三号区域报文长度：1000 个汉字（最大）。

C.3.3　北斗短报文终端设备硬件及接口要求：

1　一个发送器可以通过一根连接线缆并入连接多个接收器。接收器的数目取决于发送器的驱动能力、接收器的输入驱动要求和是否使用终端电阻器。

2　互连线间可以通过一根屏蔽双绞线外加一根使装置共地的接地保护线互联。应对屏蔽双绞线增加一根单线或利用双层屏蔽绝缘电缆线的内绝缘层。

3　装置中应尽量选用通用连接器。

4　北斗三号终端物理接口采用 RS-232C 通信标准接口，9 孔 0 型或 DB-9 型串行接口。

5　数据以异步方式传送，第一位为起始位，其后是数据位。数据遵循最低有效位优先的规则。波特率：4800~115200 bps,数据位：8 bit，停止位：1 bit，校验：无。

C.4　无人机

C.4.1　无人机运行应符合下列规定：

1　无人机生产厂商应具备中国民用航空局颁发的生产许可证和对应产品的型号合格证。

2　无人机严禁自行改装。

3　无人机类型宜选择多旋翼无人机。

4　无人机登记、机操控员资格和空域申请必须符合中华人民共和国交通运输部签发的 CCAR-92 文件的规定。

5　运行前应制定飞行方案，包括飞行时段、操控方式、起降备降场地、飞行高度、飞行速度、应急处置程序、飞行保障需求等。

1　运行过程中应实时监控无人机状态，主要包括飞行姿态、飞行高度、飞行速度、图传信号、数传信号、GNSS 信号、电池电量等信息位于正常值范围。

2　运行后应对设备进行维护，检查数据质量，填写飞行记录。

C.4.2　无人机荷载安装应符合下列规定：

1　无人机荷载应根据监测目的选择传感器类型，一般包括光学相机、热红外相机、激光雷达等。荷载传感器应根据生产厂商的设计，与无人机型号匹配，严禁搭载未经生产厂商设计允许的荷载。

2　无人机部分零件及荷载一般需要现场安装，安装方式应根据生产厂商发布的用户手册执行，并在飞行前进行调试，满足用户手册飞行要求后方可实施飞行。

C.4.3　无人机可搭载光学相机对交叉建筑物、管线下穿段、高风险预警岸段等特殊区域实施监视和监测，监测内容包括裂缝、破损与剥蚀等。

C.4.4　无人机可搭光学相机对堤防（海塘）周边环境和地形实施测量和监测。实施航空摄影测量时，航摄系统应符合《无人机航摄系统技术要求》CH/Z 3002的要求，测量外业与内业应按《低空数字航空摄影测量内业规范》CH/T 3003、《低空数字航空摄影测量外业规范》CH/T 3004的有关规定执行。

C.4.5　无人机可搭载热红外相机对堤防（海塘）实施渗漏监测。监测宜选择在高水位时段，宜在午后或夜间实施。

C.4.6　无人机可搭载激光雷达对堤防（海塘）及周边地形实施测量和监测。实施机载激光雷达测量时，测量外业与内业应按《机载激光雷达数据处理技术规范》CH/T 8023、《机载激光雷达数据获取技术规范》CH/T 8024的有关规定执行。

C.5　无人船

C.5.1　无人船选型应满足下列要求：

1　无人船选型应考虑水文条件，船体负载动力应满足测区平均风浪等级。

2　无人船选型应根据监测目的选择搭载的传感类型，一般包括单/多波束测深仪、侧扫声呐、ADCP(声学多普勒流速剖面仪)、水质传感器等。

3　应具备导航与自动控制系统，实现精确定位及高精度走位航行。

4　宜具备图传系统、避障功能、低电量及失联自动返航等功能。

C.5.2　无人船实施河床冲淤监测应符合下列规定：

1　河床冲淤监测宜采用固定断面监测或水下地形测量的方式实施。

2　无人船搭载单波束测深仪实施监测时，测线布置应与水流方向垂直，宜采用无人船自动导航的方式航行，不适合布线区域，可采用人工遥控方式采集数

据。测量外业与内业应按《无人船水下地形测量技术规程》CH/T 7002 的有关规定执行。

3　无人船搭载多波束测深仪实施监测时，测线布置宜与水流方向平行，测量外业与内业应按《多波束水下地形测量技术规范》GB/T 42640 的有关规定执行。

C.5.3　无人船可搭载侧扫声呐对护底结构实施监测。测线布置宜与水流方向平行，测量外业与内业宜按《侧扫声呐测量技术要求》JT/T 1362的有关规定执行。

C.5.4　无人船可搭载ADCP、水质传感器等设备对水体流量、水质等实施应急监测：

1　无人船搭载 ADCP 实施监测时，应以走航式进行测验，测验外业与内业宜按《声学多普勒流量测验规范》SL 337 的有关规定执行。

2　无人船搭载水质传感器实施监测时，监测项目与频次、校准、比对等应按照相关标准要求执行。

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1）表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”；

反面词采用“严禁”。

2）表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”；

反面词采用“不应”或“不得”。

3）表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”；

反面词采用“不宜”。

4）表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行时的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

1 《工程测量标准》GB 50026

2 《信息安全技术 信息系统通用安全技术要求》GB/T 20271

3 《信息安全技术 网络安全等级保护基本要求》GB/T 22239

4 《多波束水下地形测量技术规范》GB/T 42640

5 《水位观测标准》GB/T 50138-2010

6 《声学多普勒流量测验规范》SL 337

7 《水利水电工程安全监测设计规范》SL 725

8 《水利水电工程测量规范》SL/T 197，

9 《土石坝安全监测技术规范》SL/T 551

10 《水利水电工程安全监测系统运行管理规范》SL/T 782

11 《堤防工程安全监测技术规程》SL/T 794

12 《水利网络安全保护技术规范》SL/T 803

13 《无人船水下地形测量技术规程》CH/T 1002

14 《大坝安全监测自动化技术规范》DL/T 5211

15 《无人机航摄系统技术要求》CH/T 3002

16 《低空数字航空摄影测量内业规范》CH/T 3003

17 《低空数字航空摄影测量外业规范》CH/T 3004

18 《无人船水下地形测量技术规程》CH/T 7002

19 《机载激光雷达数据处理技术规范》CH/T 8023

20 《机载激光雷达数据获取技术规范》CH/T 8024

21 《侧扫声呐测量技术要求》JT/T 1362

22 《海塘维修养护技术标准》DG/TJ08-2427

23 《堤防工程安全评价及维修养护技术标准》DG/TJ08-2471

上海市工程建设规范

堤防（海塘）安全监测自动化技术标准

条文说明

2026　上海

目 次

1 总 则 45
2 术 语 46
3 基本规定 47
4 监测要求 49
4.1 一般规定 49
4.2 水位（潮位）监测 50
4.3 变形监测 50
4.4 渗流监测 51
4.5 土压力及结构应力监测 52
4.6 潮闸门、潮拍门和防汛闸门开关状态监测 53
4.7 自动巡视检查 53
5 系统设计 55
5.1 一般规定 55
5.2 数据采集装置 55
5.3 安全监测综合平台 55
5.5 网络通信 56
5.6 电源及防护 57
6 安装调试和验收 58
6.1 设备安装 58
6.2 设备安装 58
6.3 联机运行 58
7 运行与维护 60
7.2 系统运行 60
7.3 系统维护 60

1 总 则

1.0.2 本市三级以上堤防主要包括黄浦江、苏州河及其他流域行洪河道、片外河道以及片内骨干河道等。上述堤防及主海塘、一线海塘可遵循本标准，结合需求、资金、实施条件等开展安全监测自动化建设。其他堤防、海塘在本标准基础上，可根据实际需求和情况适当简化。

2 术 语

2.0.7 GNSS 包括北斗短报文通信技术通过将卫星导航与通信技术深度融合，为无地面通信网络覆盖的环境提供了高可靠性的短消息通信服务。这一技术在偏远地区、特殊场景及应急通信中具有不可替代的优势。

3 基本规定

3.0.2 综合评价时，重点分析既有安全监测自动化系统运行状况、监测能力、数据可靠性及存在的问题，并据此编制专项改造设计方案，优化监测系统布局，遵循“整合已建、统筹在建、规范新建”的原则，充分利用现有资源，避免重复建设，实现系统的持续优化与有序衔接。

3.0.3 本条款明确了堤防（海塘）安全监测在空间定位基准上的具体要求，确保监测数据的准确性和一致性。堤防（海塘）安全监测涉及多个监测项目，如变形监测、渗流监测、水位（潮位）监测等，这些监测数据需要在统一的空间基准下进行采集和分析，以便实现数据的整合、对比和共享。

平面坐标采用上海 2000 坐标系（基于 CGCS2000），高精度高可靠性，适用于本市工程测量与监测。高程基准采用上海吴淞高程基准，作为全市统一的高程参考，确保数据一致性与可比性，便于长期分析。

3.0.4 “相互兼容匹配”主要指各自动化设施在物理接口、通信协议、数据格式、控制逻辑及运行策略等方面应具备协调一致性，确保系统整体功能完整、运行稳定。

3.0.6 自动化设施在设计和建设时，应充分考虑极端工况下的运行需求，确保其具备高可靠性和稳定性。设施不仅需要具备防水、防风、防震、防雷等基本防护措施，以抵御日常环境中的不利因素，还通过配置备用电源、应急通信模块等方式，确保设施能够在强台风、大洪水、大暴雨及地震等极端工况下保持正常运行，为工程的安全运行提供持续、可靠的数据支持。

3.0.7 巡视检查的频率和详细要求按照《堤防工程安全评价及维修养护技术标准》DG/TJ08-2471、《海塘维修养护技术标准》DG/TJ08-2427 等标准执行。在检查过程中，应重点关注设备的外观、运行状态以及数据传输的稳定性。对于发现的损坏设备，及时进行修复或更换，以避免因设备故障导致监测数据中断或失真，影响工程的安全评估和管理决策。通过定期维护和及时修复，能够有效延长设备的使用寿命，提高监测系统的整体效能，为堤防（海塘）的安全运行提供坚实保障。

3.0.8 自动化设施在运行过程中，可能会因环境变化、设备老化或技术误差等

因素导致监测数据出现偏差。因此，需定期对自动化设施进行人工比测和校准，即通过人工测量的方式对自动化监测数据进行校准和验证，可以及时发现并纠正安全监测自动化系统中的误差，确保监测数据的真实性和准确性，为安全评估提供更可靠的依据。

4 监测要求

4.1 一般规定

4.1.1 为确保堤防（海塘）的安全运行，自动化监测断面的布置一般综合考虑工程特点、地质条件、水文特征及管理需求。在一般岸段，监测断面间距一般取2 km，以满足基本监测要求。在易冲刷段、跨穿堤建筑物段、人文重点保护段、船舶易撞击段、人员密集段等重点岸段，监测断面间距需要适当加密，以更精准地掌握工程安全状态。

4.1.2 安全监测自动化项目的设置需综合考虑工程特性、环境条件及运行需求，以确保监测项目设置的科学性、适用性和可靠性。本市堤防（海塘）岸线长、结构多样、穿堤建（构）筑物多、水情变化大、周围环境复杂，基于堤防（海塘）隐患分布的特点，需要采取不同方式进行监测。本条强调了自动化安全监测项目的全面性。

4.1.3 大多数监测项目以变化速率和累计变化量（包括单次和累计）作为报警指标，当堤防出现突变性位移、滑坡、管涌等严重险情时，及时采取工程应对措施，阻止险情进一步发展。报警值的设定一般结合工程初始状态基准值、变化速率、环境因素（如温度对变形的影响）进行动态分析和设定。

4.1.5 监测点设置需要考虑避免重复编号，以便于BIM或GIS系统联动，确保编号在安全监测自动化系统中的唯一性。通过结构化、可视化的编号设计，便于管理人员辨别、理解监测点位置与监测类型，实现“编号即地图，标识即说明书”的效果，提升运维效率与系统可靠性。监测点铭牌内容一般包括监测部位、项目、编号、安装日期以及二维码等，方便数字化管理。

4.1.6 为防止人员碰撞自动化设施导致设施损坏，避免车辆碾压破坏监测点，有必要设置自动化设施保护和警示装置。为确保路面监测点保护井在承受车辆碾压等荷载作用下不发生损坏，同时避免因保护井凸起或凹陷对行驶的车辆形成安全隐患，监测点保护井顶应与路面齐平且需满足交通荷载要求。

4.2 水位（潮位）监测

4.2.1 支河汇入口水流情况复杂，水位变化较大，对堤防（海塘）安全影响显著，通过设置监测断面可更准确地掌握水位（潮位）变化，也可作为对现有水文站点的补充观测。宜选择布置在水流平顺区。

4.2.3 水位（潮位）监测自记水位计主要包括超声波水位计、雷达水位计、投入式水位计、浮子式水位计、电子水尺等型式。超声波水位计和雷达水位计利用声波或电磁波反射原理测量水位，安装方便、适用广泛；电子水尺集人工观测和自动观测于一体，直观可靠；投入式水位计安装简便，可直接投入水中，适用于各类明渠、管道及地下水监测；浮子式液位计结构简单、运行稳定直观，但需修建测井或安装导向装置，适用于水质较清洁、无大量漂浮物的场合。不同型式的水位计各有优缺点和适用条件，需结合工程具体情况合理选择。

4.2.4 根据《水位观测标准》GB/T 50138，当校测水位与自记水位系统偏差超出±2cm 范围时，需要确认后重新设置水位初始值。结合本市堤防（海塘）特点和以往经验，水位（潮位）监测误差不应大于±20mm。

4.3 变形监测

4.3.1 本标准堤顶指堤防（海塘）顶部的统称，若堤防（海塘）两侧设有挡墙结构，堤顶也包括墙顶。本市海塘一般为土石坝结构，断面较宽，监测断面设置不少于 5 个监测点，既能满足变形分布的基本控制要求，又具备一定的冗余度，确保监测数据的代表性与可靠性。

4.3.2 本条明确变形监测的覆盖范围与实施要求：以易于实施、代表性强的表面垂直、水平位移监测为主，仅在高风险重要堤段按需增设内部位移监测，从而兼顾监测有效性与实施效率。表面位移测点优先布设在堤顶、防浪墙顶、复式断面戗台等结构关键并且对变形敏感的部位；对于软弱地基、冲刷严重的重要堤段，增设防浪墙倾斜监测；对于已出现裂缝的防浪墙，建议开展裂缝动态跟踪；对于重要岸段，开展前沿滩面变化监测。从而全面捕捉安全隐患，为运行状态评估与风险预警提供可靠的数据支撑。

4.3.3 卫星遥感一般适用于水深不大于 10 m 的水下地形测量，具体方法可参

照《无人船水下地形测量技术规程》CH/T 1002。

4.3.4　卫星定位静态相对定位的精度会受到基线长度的影响。基线越长，误差源如大气延迟、轨道误差等的影响越大，导致定位精度下降。3 km 的限制是为了控制误差。采用扼流圈天线有效降低因水面反射产生的多路径效应，提高监测精度。

4.3.5　根据《堤防工程安全监测技术规程》SL/T 794、《水利水电工程安全监测设计规范》SL 725 及《水利水电工程测量规范》SL/T197，堤防水平位移、垂直位移监测误差要求为±3 mm；防汛（浪）墙倾斜参照混凝土坝，监测误差要求为不大于 5”；接缝（裂缝）开合度监测误差要求为不大于 1mm；水下地形测量误差要求为不大于±20cm 或水深的 1%。

4.3.6　变形监测报警值应考虑具体结构类型、等级、运行条件等因素，结合计算分析成果进行设置，一般取计算值的 70%-80%。本条为缺少具体计算分析时，结合工程经验和目前监测仪器的性能指标提出的参考值。

4.3.7　明确垂直位移、水平位移、倾斜、接缝（裂缝）开合度的正负方向，统一数据记录和分析的标准，以便不同监测点之间的数据比较和分析，保证监测数据的一致性和准确性。

4.4　渗流监测

4.4.1　本条是堤防（海塘）渗流监测断面的布设准则，核心目的在于精准开展渗流监测，及时排查渗流隐患，全方位保障堤防（海塘）运行安全。上述重点堤段本身渗流风险更高，是渗流异常的多发区域，在此类堤段布设监测断面，能精准捕捉渗流变化，第一时间发现渗漏、管涌等隐患，提前处置险情，从源头规避渗流破坏风险，确保堤防（海塘）安全稳定运行。

4.4.2　建造在双层或多层地基上的堤防（海塘），汛期易发生堤坡滑移、堤基翻沙涌水等渗流破坏险情，因此需对重要堤段进行渗流监测。渗流量、水质监测的目的主要是判断堤防渗水的性质及发展趋势，如出现浑水、渗流量逐步增大情况则是管涌的征兆，除加强观测外，还需抓紧采取抢护措施。

4.4.3　根据 SL/T551《土石坝安全监测技术规范》的规定：土层渗透系数是决定监测滞后时间的关键参数。对于高渗透性土层（k≥10-4 cm/s，如砂砾石），

地下水流动快，测压管内水位能迅速响应水位变化，滞后时间短，使用测压管既经济又能保证精度，是目前常用的渗流监测方法。但对于低渗透性土层（k<10-4 cm/s，如粘土、淤泥），地下水流动极慢，测压管内的水位变化严重滞后于实际渗流压力变化（滞后时间可能长达数天甚至数月）。此时必须使用渗压计，直接捕捉孔隙水压力的瞬时波动，以反映真实的渗流安全状态。

4.4.4　堤防（海塘）与穿堤建筑物接触面是渗流容易发生的部位，合理布置监测断面可及时发现渗漏问题，保障堤防（海塘）和穿堤（塘）建筑物的安全。

4.4.5　每个断面不少于 3 个监测点，布置在临水侧、中部及背水处，是为确保全面覆盖堤防（海塘）横断面，以监测堤身浸润线、堤基渗透压力在堤防断面内的分布情况。监测点数量不足可能导致数据不全面，无法准确判断渗流状态。

4.4.6　堤防（海塘）渗流量监测通常在背水侧堤脚附近设导渗沟，在导渗沟内设置量水堰并安装量水堰计或选用适宜的量测设备，实现渗流量自动化监测。当背水堤脚排水沟满足渗流量监测条件时，也可在排水沟内进行渗流量监测。

对特殊重点地段，通过在堤段地表埋设传感器进行自然电场监测，实时了解堤防内部自然电位的变化情况。

4.4.7　渗压计的量程需不小于最大渗透压力测值，且留有一定余地，同时渗压计的精度与其量程有关，量程越大精度越低。本条综合考虑两方面因素，提出了渗压计的量程选取范围要求。

4.4.8　关于渗透压力水位监测精度要求，不同量程的仪器精度要求不同，部分渗压计的精度表示采用 0.5 %FS。本标准综合实际监测需求和现有技术水平采用统一值±50 mm。渗透压力根据工程习惯用水头值表示。

4.4.9　渗透压力报警值设定为计算值的 70 % ~ 80 %是平衡安全冗余与预警时效性的关键阈值，需结合工况特征与风险等级动态调整。

4.5　土压力及结构应力监测

4.5.1　同一断面上的多类型监测数据能够相互关联，便于综合分析堤防（海塘）的健康状况。通过重点监测地质条件复杂、结构形式变化存在薄弱环节的区域，可以有效监测堤防（海塘）的潜在风险，保障堤防（海塘）的安全性和稳定性，减少因堤防（海塘）监测失效导致的经济损失和社会影响。

4.5.2　在不同高程布置土压力监测点有助于了解土压力在堤身中的分布情况，发现是否存在局部压力过大的区域。基础与地基接触部位是防汛墙受力的关键区域，布置土压力监测点可以监测这一区域的土压力变化，及时发现是否存在因地基承载力不足或土压力过大而导致的风险。高挡土墙迎土面布置土压力监测点可以监测填土对挡土墙的压力，确保挡土墙能够承受设计荷载，避免因土压力过大导致挡土墙破坏。

4.5.3　通过在防汛（浪）墙结构薄弱部位、新型防汛墙、新型挡土墙、新型防渗墙中合理布置结构应力应变监测点，可以有效监测堤防（海塘）结构的受力情况，及时发现和解决潜在问题，保障堤防（海塘）的安全性和稳定性。

4.5.4　传感器的精度一般与其量程有关，量程越大精度越低，因此传感器选型时要选择适当的量程，以保证所需的监测精度。

4.5.5　70%-80%是工程实践中常用的预警阈值范围，旨在提前发现潜在风险，避免直接达到设计极限（通常对应 100%）。例如：当监测值达设计值的 70%时，触发黄色预警，提示加强观测；达 80%时，升级为红色预警，需启动应急响应。实际工程中，地质条件、施工工艺、荷载组合等可能偏离理论假设，还需结合具体场景修正阈值。

4.5.6　"拉正压负"是材料力学的通常规定，用于统一表达结构中拉力和压力的正负号，确保了监测数据的统一性和可比性。

4.6　潮闸门、潮拍门和防汛闸门开关状态监测

4.6.2　根据潮闸门、潮拍门和防汛闸门的结构型式和运行特点，潮闸门开关状态监测宜采用拉绳位移传感器，潮拍门开关状态监测宜采用倾角传感器，防汛闸门开关状态监测宜采用角度传感器。

4.6.3　根据实际监测对象设定开到位标识、关到位标识、超限报警等，明确报警条件，当设施运行状态不符合要求时及时报警，便于及时进行处理。

4.7　自动巡视检查

4.7.1　智能化巡检手段可对采集到的图像、数据进行自动分析处理，自动识别潜在的安全隐患并进行风险预警。

4.7.2　摄像机点位选取需考虑重要区域、关键部位及重要设施等因素，无人机、地面移动机器人、水下机器人巡查对象的选择需考虑人工巡查难以覆盖的区域或设施，确保巡视检查全覆盖。

4.7.3　视频监控重点布置区域包括存在遮挡、弯曲度较大的堤段，支河口、口门建筑物等部位，河道弯道，亲水平台，通道闸门等。这些区域容易出现安全隐患或需要进行人员、设备管控，加密布置摄像机可及时发现和处理应急及突发事件。

4.7.8　水下机器人可对堤防（海塘）水下区域，特别是在水位较高、水流较急或水下环境复杂，人工检查存在安全风险的情况下，对堤防（海塘）水下基础、护脚、水下岸坡等位置进行检查，检查是否存在基础冲刷、淘空、裂缝等问题；检查水下岸坡的稳定性、护脚工程的完好状况等；也可对穿堤建筑物的水下部分进行检查，查看是否存在渗漏、裂缝、腐蚀等情况；可对水下地形的变化进行测量和记录。

5 系统设计

5.1 一般规定

5.1.4 为实现堤防（海塘）安全监测自动化系统的高效管理和数据共享，系统需要具备与其他自动化系统、系统外局域网或广域网连接的接口。这种接口设计可以方便地实现监测数据的实时传输和共享，支持与其他水利业务应用系统的无缝衔接。通过标准化的通信接口和协议，确保系统之间的兼容性和互操作性，提升系统的整体效能和扩展性。

5.2 数据采集装置

5.2.4 数据采集方式支持单点测量、选点测量、定时测量，可以满足堤防（海塘）安全监测中不同场景和需求下数据采集的灵活性与适应性。单点测量的即时性、选点测量的针对性和定时测量的规律性相结合，能够确保监测系统在紧急情况、重点区域和长期管理中高效运行，为堤防（海塘）的安全运行提供全面、准确的数据支持。

5.2.5 堤防（海塘）的安全监测自动化系统可能面临网络中断、设备故障等突发情况，导致数据无法实时传输到安全监测综合平台。规定各通道数据存储容量不少于 1000 测次，可以确保在这些情况下，采集装置能够存储足够多的监测数据，避免数据丢失。这对于堤防（海塘）的安全管理至关重要，特别是在紧急情况下，历史数据可以为事故分析和应急处置提供重要依据。

5.2.8 在复杂的监测系统中，多个数据采集装置需要协同工作，确保所有设备的时间同步。通过提供设置和校对功能，可以方便地将所有设备的时间校准到同一标准时间（如北京时间），从而实现系统的整体同步。这对于数据的集中管理和分析至关重要。

5.3 安全监测综合平台

5.3.3 《信息安全技术——信息系统通用安全技术要求》GB/T 20271 是我国信息安全领域的重要标准，为信息系统的安全设计、实施和管理提供了全面的指导。

堤防（海塘）的安全监测自动化系统涉及大量敏感数据，这些数据直接关系到的安全运行和管理决策。因此，系统建设必须严格遵循该标准，确保系统的安全性。

《信息安全技术网络安全等级保护基本要求》GB/T 22239 中规定的二级安全标准要求系统具备基本的安全防护能力，能够有效防止常见的安全威胁，确保系统的正常运行。

5.5 网络通信

5.5.1 本条规定了堤防（海塘）安全监测自动化系统中通信方式的选择原则。堤防（海塘）的监测站点具有分布广、环境复杂多样的特点，不同的监测站点可能面临不同的通信条件，因此需要根据实际情况选择合适的通信方式。

有线通信具有可靠性高、抗干扰能力强、数据传输稳定等优点。在条件允许的情况下，优先使用有线通信可以确保监测数据的准确性和连续性，减少数据丢失或传输错误的风险。但在一些难以铺设电缆的区域，无线通信可以提供更灵活的解决方案。此外，无线通信技术（如 5G、NB-IoT、WiFi 等）近年来发展迅速，具有覆盖范围广、部署快速、成本较低等优点。在实际应用中，结合有线和无线通信方式可以实现优势互补。

5.5.2 堤防（海塘）的监测管理站和管理中心站可能分布在不同的地理位置。根据站点的物理位置选择合适的网络连接方式（局域网或广域网）可以确保通信的高效性和经济性。采用专用网络可以确保数据传输的安全性和可靠性，防止数据泄露或被非法篡改，专用网络还可以提供更高的通信优先级和带宽保障，确保监测数据能够实时、准确地传输到管理中心站，为堤防（海塘）的安全管理提供及时的数据支持。

5.5.4 堤防误码率（BER）是衡量通信系统传输质量的重要指标，表示传输过程中出现错误的比特数与总传输比特数的比率。在不同的通信系统中，误码率的要求有所不同，具体取决于应用场景和技术要求。

在传统的电话语音通信中，误码率一般要求控制在 10^{-3} 到 10^{-6} 之间；对于有线网络（如以太网），误码率通常要求低于 10^{-9}；而对于无线网络（如 Wi-Fi），误码率要求一般在 10^{-5} 到 10^{-7} 之间；卫星通讯由于传输距离远且易受干扰，误

码率一般要求在 10^{-6} 到 10^{-7} 之间。

在堤防（海塘）安全监测自动化系统中，考虑到数据传输的实时性和可靠性要求，误码率不大于 10^{-6} 是一个合理的标准。这一标准既能满足大多数应用场景的需求，又能在经济和技术上实现平衡。

5.6 电源及防护

5.6.1 本条规定蓄电池容量一般需要保证不小于 7 天连续供电，主要是为了确保在极端情况下（如连续阴雨天、无风天或市电中断等），监测系统仍能持续运行，避免因电力不足导致监测数据的中断。7 天的连续供电时间是一个相对合理的标准，能够在大多数情况下满足监测系统的基本需求，同时兼顾经济性和实用性，在重要场所可以增加蓄电池的连续供电要求。

6 安装调试和验收

6.1 设备安装

6.2.1 本条中的现场检查、测试，特指安全监测自动化系统开始安装后、监测仪器设备接入数据采集装置前，需要进行的前期准备工作，以了解仪器当前的短期稳定性及仪器绝缘等工况，与常规的仪器鉴定工作不同，常规的仪器鉴定工作一般包括对仪器的历史资料进行分析评价、现场检测评价与综合评价等工作。

6.2 设备安装

6.3.2 对每个自动化监测点进行连续测试，以检查测值的稳定性并及时观测、设置初始值。

6.3.3 比测指标可用下列标准：实测数据与同时同条件人工比测数据偏差δ保持基本稳定，无趋势性漂移。与人工比测数据对比结果δ小于等于2σ，具体可参照《大坝安全监测自动化技术规范》DL/T 5211 附录 D。

6.3.4 本条主要对监测系统升级改造或新老系统更替过程中的数据衔接与处理提出要求。自动化监测系统的更新迭代不得破坏监测数据的连续性与完整性。在新老系统交接过程中，应开展平行观测与比对分析，明确新老系统测值之间的对应关系，对数据处理方法、系统误差或偏差规律以及基准值衔接规则做出清晰说明；对可能产生的数据断层、跳变或量程差异，制定合理的校正与衔接处理方案，并在数据库中对历史数据与新测数据作明确标注。上述说明应纳入系统调试报告或验收资料，作为后续运行管理和资料分析的重要依据。

6.3 联机运行

6.4.2 本条的月最大计时误差主要针对安全监测的一般性设备。

6.4.3 中误差计算方法参照《大坝安全监测自动化技术规范》DL/T 5211 或《工程测量标准》GB 50026 中方法。

6.4.4 系统可靠性从系统平均无故障时间及系统自动采集数据缺失率两个指标

考核。其中系统平均无故障时间(MTBF)大于 6300 h，计算方法参照《大坝安全监测自动化技术规范》DL/T 5211 附录 A。系统自动采集数据缺失率不大于 3 %，计算方法参照《大坝安全监测自动化技术规范》DL/T 5211 附录 B。

7 运行与维护

7.2 系统运行

7.2.2 参考《水利水电工程安全监测系统运行管理规范》《堤防工程安全监测技术规程》《水利水电工程安全监测系统运行管理规范》等相关规范要求，结合本市地区实际，将本标准系统运行期间人工比测的要求定为每年对系统的部分或全部监测点进行 1 次人工比测，以分析评价监测系统的工作状况与监测数据的准确性和可靠性。

7.2.7 参考《堤防工程安全监测技术规程》《水利水电工程安全监测系统运行管理规范》等相关规范的要求，确定监测数据备份每月不少于 1 次。

7.3 系统维护

7.3.3 具备条件时，系统可以通过远程诊断等功能实现智能运维。

7.3.7 监测设备的校验、校准包括传感器校准、摄像头校准、北斗基准站坐标核查等内容，监测设施的维护包括传感器的清洁、蓄电池的更换等内容，其频次需要根据不同设施设备的特点和使用环境等多种因素来综合确定。