

中华人民共和国水利行业标准

SL/T 794—2020

---

# 堤防工程安全监测技术规程

Technical code for levee project  
safety monitoring

2020 - 04 - 15 发布

2020 - 07 - 15 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《水利水电工程岩石 试验规程》等 4 项水利行业标准的公告

2020 年第 3 号

中华人民共和国水利部批准《水利水电工程岩石试验规程》  
(SL/T 264—2020) 等 4 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	水利水电工程岩石试验规程	SL/T 264—2020	SL 264—2001	2020. 4. 15	2020. 7. 15
2	水工钢闸门和启闭机安全运行规程	SL/T 722—2020	SL 240—1999 SL 722—2015	2020. 4. 15	2020. 7. 15
3	水利水电工程过电压保护及绝缘配合设计规范	SL/T 781—2020		2020. 4. 15	2020. 7. 15
4	堤防工程安全监测技术规程	SL/T 794—2020		2020. 4. 15	2020. 7. 15

水利部

2020 年 4 月 15 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 8 章，主要技术内容有：

- 监测方式；
- 巡视检查；
- 专项探测；
- 常规监测；
- 监测自动化系统；
- 监测资料整编。

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：黄河水利委员会黄河水利科学研究院

本标准参编单位：黄河水利委员会基本建设工程质量检测中心  
水利部堤防安全与病害防治工程技术研究中心

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：汪自力 周 杨 何鲜峰 张宝森  
李 娜 王润英 李姝昱 杨浩明

本标准审查会议技术负责人：梅锦山

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）。

# 目 次

1	总则	1
2	术语	2
3	监测方式	3
3.1	一般规定	3
3.2	监测原则	3
4	巡视检查	4
4.1	一般规定	4
4.2	检查分类和频次	4
4.3	检查项目和内容	5
4.4	检查方法和要求	9
5	专项探测	11
5.1	一般规定	11
5.2	隐患探测	11
5.3	根石探测	12
6	常规监测	14
6.1	一般规定	14
6.2	设计与实施	14
6.3	环境量监测	16
6.4	变形监测	16
6.5	渗流监测	17
6.6	土压力与应力应变监测	19
7	监测自动化系统	20
7.1	一般规定	20
7.2	系统设计	20
7.3	运行管理	21
8	监测资料整编	22

8.1 一般规定 .....	22
8.2 监测基本资料整理 .....	22
8.3 监测数据整编 .....	23
标准用词说明 .....	24
条文说明 .....	25

# 1 总 则

1.0.1 为做好堤防工程安全监测工作，规范其技术工作的内容、方法及要求，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于 3 级及以上江、河、湖、海堤防的安全监测。

1.0.3 堤防工程安全监测项目应根据堤防级别、结构型式及破坏模式确定。

1.0.4 对堤防工程安全监测结果应及时整理分析。

1.0.5 本标准主要引用下列标准：

GB/T 14914 海滨观测规范

GB/T 17501 海洋工程地形测量规范

GB/T 50138 水位观测标准

SL 58 水文测量规范

SL 59 河流冰情观测规范

SL 197 水利水电工程测量规范

SL 326 水利水电工程物探规程

SL 436 堤防隐患探测规程

SL 551 土石坝安全监测技术规范

SL 595 堤防工程养护修理规程

SL 601 混凝土坝安全监测技术规范

SL 725 水利水电工程安全监测设计规范

SL 768 水闸安全监测技术规范

1.0.6 堤防工程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 堤防工程安全监测 levee project safety monitoring

利用人工或仪器对堤防工程有关安全状态信息进行采集和分析的过程，包括巡视检查、专项探测、常规监测等。

### 2.0.2 巡视检查 routine patrol or visual monitoring

通过现场人工巡查或视频系统等对堤防安全状态及完整性进行检查、记录的工作。

### 2.0.3 专项探测 special detection

采用人工或物探等方法，对堤身和堤基可能存在的隐患或水下根石分布情况进行探测的工作。

### 2.0.4 常规监测 regular monitoring by instruments

采用监测仪器，按一定频次对堤防工程固定测点的安全信息进行采集和数据处理的工作。

### 2.0.5 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的堤防断面。

### 2.0.6 破坏模式 potential failure modes

堤防在洪（潮）水等外力作用下发生冲蚀、管涌、失稳等破坏的过程和形式。

### 2.0.7 堤防工程保护范围 protection area of levee project

为保护堤防工程，根据堤防的级别、堤基土质条件等，在堤防临水侧、背水侧护堤地边界外延一定范围划定的区域。

### 2.0.8 堤防监测区划 levee length division for safety monitoring

为便于堤防监测方式选择，对不同堤段安全管理风险大小进行划分的工作。

## 3 监测方式

### 3.1 一般规定

3.1.1 安全监测应充分考虑堤防工程的特点，合理进行堤防监测区划，选择适宜的监测方式。

3.1.2 堤防监测区划应综合考虑堤防重要性和自身安全性，并根据各堤段运行风险大小，将其分为高风险区、中等风险区和低风险区。

3.1.3 堤防工程安全监测方式分为巡视检查、专项探测和常规监测三类。

### 3.2 监测原则

3.2.1 不同风险堤段应选择不同的监测方式：

1 低风险区：应以巡视检查为主，专项探测为辅。

2 中等风险区：应以巡视检查为主，专项探测和常规监测为辅。

3 高风险区：应做到巡视检查、专项探测、常规监测并重，且互为补充。

3.2.2 监测工作应遵循下列原则：

1 巡视检查应作为堤防安全监测的基本手段，按要求的时间和频次进行，并规范记录。

2 专项探测应做到定期探测与应急探测相结合，注意探测位置和探测方法的可比性，并宜结合已有勘探资料和历史险情资料综合分析。

3 常规监测应根据堤防工程的级别、规模、结构型式和地形、地质条件及临河水情等因素，设置必要的监测项目，选用适宜的监测方法。其中水位（潮位）、堤顶沉降应列为不同风险堤段的一般监测项目。

## 4 巡视检查

### 4.1 一般规定

4.1.1 堤防工程巡视检查范围应包括工程管理范围和保护范围，并应编制巡视检查方案。

4.1.2 对堤防工程巡视检查中发现的问题，应查明原因、做好记录，并及时采取必要措施。对问题较严重的应报上级主管部门，并应通过堤防隐患探测、钻探检查等手段进一步查明原因。

4.1.3 堤防工程巡视检查应以人工巡查和图像视频监控为主，并宜采用无人机、物联网等先进技术，提升堤防工程管理的信息化、标准化、精细化、社会化水平。

### 4.2 检查分类和频次

4.2.1 堤防工程巡视检查可分为经常检查、定期检查、特别检查。

4.2.2 经常检查主要指外观检查，并应符合下列规定：

1 护堤人员应对所管堤段每 1~3 天巡查 1 次。

2 堤防工程的基层管理组织（班、组、站、段）应每 10 天左右巡查 1 次。

3 堤防工程的管理单位应每 1~2 个月组织巡查 1 次。

4 具体检查频次应根据堤防的重要性、所处位置及其运行状态等因素综合确定，汛期应根据汛情增加检查次数。

4.2.3 定期检查分为汛前检查、汛期检查、汛后检查、凌汛期检查等，并应符合下列规定：

1 汛前、汛后宜进行 1 次堤防工程检查，遇特殊情况应增加检查次数。

2 当汛期洪水漫滩、偎堤或达到警戒水位时，应加强对工程的巡视检查。

3 凌汛期间，当河面出现淌凌（流凌）或岸冰时，应对流凌密度、流凌速度及岸冰长度、宽度等每天观测 1~2 次，当出现封河时，对封河段每天观测应不少于 1 次。

4.2.4 特别检查，应在发生大洪水、大暴雨、台风、热带风暴、地震以及出现封河、开河等工程非常运用情况和发生重大事故后，及时进行。

### 4.3 检查项目和内容

4.3.1 经常检查应包括下列项目和内容：

1 堤身外观检查：

1) 堤顶：是否坚实平整，堤肩线是否顺直；有无凹陷、起伏、裂缝、残缺、积水，相邻两堤段之间有无错动，是否存在硬化堤顶与土堤或垫层脱离现象。

2) 堤坡：是否平顺，有无雨淋沟、滑坡、裂缝、塌坑、洞穴，有无杂物垃圾堆放，有无白蚁、獾、狐等害堤动物洞穴或活动痕迹，有无渗水；排水沟是否完好、顺畅，排水孔是否顺畅，渗漏水量、水质有无变化等。

3) 堤脚：有无隆起、下沉，有无冲刷、残缺、洞穴等。

4) 混凝土：有无溶蚀、侵蚀、冻害、裂缝、破损等。

5) 砌石：是否平整、完好、紧密，有无松动、塌陷、脱落、风化、架空等。

2 护堤地和堤防工程保护范围检查：背水堤脚以外有无管涌、渗水等，有无可能影响堤防安全的涉河建筑或管线施工等，有无可能危害堤防安全的取土、建窑、倾倒和排放污染物等活动。

3 堤岸防护工程检查：

1) 坡式护岸：坡面是否平整、完好，砌体有无松动、塌陷、脱落、架空、垫层淘刷等现象，护坡上有无杂草、杂树和杂物等；浆砌石或混凝土护坡变形缝和止水是否正常完好，坡面是否发生局部侵蚀剥落、裂缝或破

碎老化，排水孔是否顺畅。

- 2) 坝式护岸：砌石护坡坡面是否平整、完好，有无松动、塌陷、脱落、架空等现象，砌缝是否紧密；散抛块石护坡坡面有无浮石、塌陷。土心顶部是否平整、土石接合是否严紧，有无陷坑、脱缝、水沟、动物洞穴等。
- 3) 墙式护岸：混凝土墙体相邻段有无错动、变形缝开合和止水是否正常，墙顶、墙面有无裂缝、溶蚀，排水孔是否正常；浆砌石墙体变形缝内填料有无流失，坡面是否发生侵蚀剥落、裂缝或破碎、老化，排水孔是否顺畅。
- 4) 护脚：护脚体表面有无凹陷、坍塌，护脚平台及坡面是否平顺，护脚有无冲蚀流失。
- 5) 河势有无较大改变，滩岸有无坍塌。

#### 4 防渗及排水设施检查：

- 1) 防渗设施：保护层是否完整，渗漏量和水质有无变化。
- 2) 排水设施：排水沟进口处有无孔洞暗沟，沟身有无沉陷、断裂、接头漏水、阻塞，出口有无冲坑悬空；减压井井口是否完好，有无积水流入井内；减压井、排水沟是否淤堵；排水导渗体或反滤体有无淤塞现象。

#### 5 穿堤、跨堤建筑物和管线及其与堤防接合部检查：

- 1) 穿堤建筑物、管线与堤防的接合部是否紧密。
- 2) 穿堤建筑物、管线与土质堤防的接合部临水侧截渗设施是否完好，背水侧反滤排水设施有无阻塞现象，穿堤建筑物变形缝有无错动、渗水。
- 3) 跨堤建筑物、管线支墩与堤防接合部有无不均匀沉陷、裂缝、空隙等。
- 4) 上、下堤道路及其排水设施与堤防的接合部有无裂缝、沉陷、冲沟。
- 5) 跨堤建筑物、管线与堤顶之间的净空高度，能否满足堤顶交通、防汛抢险、管理维修等方面的要求。

6) 穿、跨堤建筑物和管线有无损坏，能否安全运用。

6 堤防工程管理设施检查：

1) 观测（监测）设施检查：

- 各种观测（监测）设施是否完好，能否正常观测（监测）；
- 观测（监测）设施的标志、盖锁、围栅或观测房是否损坏；
- 观测（监测）设施及其周围有无动物巢穴。

2) 交通与通信设施检查：

- 堤防工程交通道路的路面是否平整、坚实，是否符合有关标准要求；
- 堤防工程道路上有无打场、晒粮等占道现象；
- 堤顶道路交通卡等管护措施是否完好；
- 堤顶交通道路所设置的照明等安全、管理设施及路口所设置的安全标志是否完好；
- 堤防工程通信网、视频监视系统以及供电线路设施是否完好，能否正常运行；
- 堤防通信网的可通率是否符合要求；
- 堤防通信设施和通信设备及通信网络的配置是否符合要求。

3) 其他管理设施检查：

- 堤防上的千米里程碑、百米桩、界牌、界标、警示牌、护路杆等有无丢失或损坏；
- 堤岸防护工程的标志牌和护栏有无损坏、丢失；
- 堤防沿线的护堤屋、防汛哨所、管理房等有无损坏、漏雨等情况。

7 防汛抢险设施检查：

- 1) 重要堤段是否按规定备有土料、砂石料、编织袋等防汛抢险料物。
- 2) 重要堤段是否按规定备（配）有防汛抢险的照明设施、

探测仪器和运载交通工具。

3) 各种防汛抢险设施是否处于完好待用状态。

#### 8 林草防护工程检查：

- 1) 防浪林带、护堤林带的树木有无老化和缺损现象；有无人为破坏、病虫害及缺水等现象。
- 2) 草皮护坡是否被雨水冲刷，人畜损坏或干枯坏死。
- 3) 草皮护坡中是否有荆棘、杂草或灌木。

#### 4.3.2 定期检查应包括下列项目和内容：

##### 1 汛前检查：

- 1) 堤身断面及堤顶高程是否符合设计要求，堤身内部有无隐患，外部有无冲沟、洞穴、裂缝、陷坑、堤身残缺，防渗铺盖及盖重有无损坏，以及有无影响防汛安全的违章建筑等。
- 2) 重要堤段、穿堤建筑物（管线）与堤防接合部，新建、改建和除险加固而未经洪水考验的堤段，及其他可能出现险情的堤段。对观测、监测设施的有效性和完整性应重点检查。
- 3) 堤岸防护工程应通过查勘河势，预估洪水着流部位，检查护脚、护坡完整情况以及历次检查发现问题的处理情况。
- 4) 当穿堤建筑物的底部高程在堤防设计洪水位以下时，检查为防洪设置的闸门或阀门能否在防洪要求时限内关闭，并能正常挡水。

2 汛期检查：应按防汛指挥机构所规定的巡堤查险内容和要求进行。

3 汛后检查：应检查堤身损坏情况、险情记录和洪水水印标记管护及施测情况，检查观测设施有无损坏，检查堤岸防护工程有无发生沉陷、滑坡、崩塌、块石松动、护脚走失等情况。

4 凌汛期检查：除应按汛期要求进行巡堤查险外，还应观测淌凌、岸冰、封河、冰盖等，并符合 SL 59 的规定。

### 4.3.3 特别检查应包括下列检查项目和内容：

1 事前检查：在大洪水、大暴雨、台风、暴潮到来前，应检查防洪、防雨、防台风、防暴潮准备工作和堤防工程存在的问题，以及可能出险的部位和应急预案。

2 事后检查：应检查大洪水、大暴雨、台风、暴潮、地震等工程非常运用及发生重大事故后堤防工程及附属设施的损坏情况，并应检查防汛抢险物资及设备动用情况，核查最高潮（洪）水位记录。

## 4.4 检查方法和要求

4.4.1 检查应根据年度计划要求进行，检查前应做好准备，检查人员应相对固定、分工明确、各司其责，并应由有经验的人员带领。

4.4.2 检查方法应符合下列规定：

1 外观检查应采用目视、耳听、手摸、脚踩和检查仪器、工具及视频进行，必要时可采用船只、无人机等平台进行有效巡视。

2 白蚁、獾、狐等害堤动物的检查应根据其习性因地制宜进行。

4.4.3 堤防工程检查应有清晰、完整、准确、规范的检查记录（包括拍照或录像），每次检查完毕后，应及时整理资料，并结合观测、监测资料，编写检查报告。

4.4.4 检查记录应符合下列规定：

1 堤防工程管理机构应结合所辖工程的具体情况，根据4.3节的规定，参照SL 595附表格式制定符合实际的经常检查记录表，必要时可附简图、照片或影像记录。

2 检查记录应及时整理分析，并与历史检查结果对比，如发现异常应及时分析原因。

3 重大缺陷部位应设立专项记录，经常检查中发现的较严重问题以及定期检查、特别检查记录表格可参照SL 595。

4 发生裂缝的堤防工程，应对裂缝详细调查，裂缝调查记录表格可参照 SL 595。

4.4.5 检查报告应包括下列内容：

1 检查基本情况：包括检查目的、参加人员（签名）及职务职称以及检查日期、检查环境条件等。

2 检查结果分析：包括检查过程、方法和结果（文字记录、图表、影像资料等），与以往检查结果的对比分析，发现的特殊或异常问题及原因分析。

3 检查结论与建议：包括对检查工作的总体评价，发现的问题及处理意见。

## 5 专项探测

### 5.1 一般规定

5.1.1 专项探测包括堤防隐患探测与水下根石（抛石）探测，其探测方法和探测频次应根据探测对象的类型及其形成发展过程确定。

5.1.2 专项探测应根据探测目的和现场条件，选用人工探测、物探方法探测、钻探等方法，必要时可进行不同方法的对比验证。

5.1.3 专项探测应由专业人员承担，并宜进行不同时间探测成果的对比分析。

5.1.4 堤防隐患探测宜定期进行，偃水堤段根石探测应每年汛前或汛后进行1次。在大洪水、大暴雨、风（暴）潮、地震等工程非常运用后可增加1次探测，对重点堤段可根据查险抢险需要适时进行应急探测。

### 5.2 隐患探测

5.2.1 堤防隐患探测内容宜包括堤身堤基的洞穴、裂缝、松散体、渗水以及护坡脱空、土石接合部渗漏等。

5.2.2 采用物探方法进行单次隐患探测时，应根据隐患的导电参数、密实度等选择合适的探测方法，可采用电法、电磁法、弹性波法等物探方法，并宜进行多种物探方法比较，必要时宜通过人工探测开挖（钻探）加以验证。仪器性能、单次探测工作组织可参照 SL 326、SL 436 的规定，并应符合下列规定：

1 测线应根据堤防工程隐患特点和现场地形布置，可从上界桩号自上而下平行堤轴线布置，或自堤顶向堤脚垂直堤轴线布置。

2 探测人员应按要求做好现场测试记录，保证位置信息、

环境量等探测资料的准确与完整。

3 同一堤段（部位）的不同次探测，宜保证测线、仪器设备、操作人员、装置及参数设置的一致性。

4 探测过程中应做好探测数据的解释判断，随时检查和区分各种因素对探测结果的影响，必要时宜补充探测。

5 探测外业结束后，应及时将探测结果与上次比较，判断隐患的类别及发展趋势，必要时可开挖（钻探）验证。

5.2.3 隐患探测报告应包括下列内容：

1 探测基本情况：探测时间、探测位置（桩号）、探测目的、探测过程、探测队伍以及环境条件等。

2 探测方法与仪器：隐患类型、探测方法、探测仪器（含参数设置）以及测线布置等。

3 探测结果与分析：典型剖面成果图，与上次探测结果比较分析隐患变化情况，对异常变化的原因分析。

4 探测结论与建议：对探测工作的整体评价，隐患变化情况 & 处理意见。

### 5.3 根石探测

5.3.1 根石（抛石）探测内容应包括堤防险工、控导护岸工程的根石（抛石）的平面分布范围、顶界面位置等。

5.3.2 根石（抛石）探测方法可采用接触式、非接触式探测方法。接触式探测包括机械、人工锥探和探水杆等方法；非接触式探测包括浅地层剖面探测等物探方法，可参照 SL 326、SL 436 的规定。

5.3.3 根石（抛石）探测应符合下列规定：

1 探测应以基准点为参照，基准点应布置在地形变化影响范围之外，且长期稳定、易于保存、便于测量的位置。

2 探测断面应相对固定，间距宜为 5~20m。

3 测点布置：水上部分沿探测断面水平方向对各突变点观测；水下部分沿探测断面水平方向每 2m 探测一个点，遇根石深

度突变时，应增加测点，当探测不到根石时，应再向外 2m、向内 1m 各测 1 点。

**5.3.4 根石（抛石）探测报告应包括下列内容：**

1 探测基本情况：探测时间、探测位置（桩号或坝号）、探测目的、探测过程、探测队伍以及河势、水位环境条件等。

2 探测方法与仪器：探测方法、探测仪器以及测线布置等。

3 探测结果与分析：典型剖面成果图，与上次探测结果比较分析根石分布变化情况。

4 探测结论与建议：对探测工程的整体评价，根石变化情况 & 处理意见。

## 6 常规监测

### 6.1 一般规定

6.1.1 常规监测应与巡视检查、专项探测统一考虑，并进行相应的监测设计。

6.1.2 监测断面、监测项目及监测设施应根据堤防工程的级别、水文气象条件、地形地质条件、堤型、穿堤建筑物特点及工程运用要求设置。

6.1.3 监测项目应以环境量变形和渗流监测为主，并兼顾其他监测项目。对失事影响较大、水文地质条件特别复杂的高风险堤段，或需要进行试验研究的堤段，应进行专门性监测项目设计。

6.1.4 监测设施应具有针对性、可靠性、耐久性、经济性，且便于实现自动化和日常维护。仪器设备选型应根据地质条件、计算成果、类似工程经验等确定。

6.1.5 监测点应配置满足观测要求的交通、照明等设施，监测设施应配备满足安全要求的保护装置，并宜兼顾多种用途。

6.1.6 穿堤建筑物（管线）与堤防接合部位的监测应结合建筑物（管线）的监测统一布置。

### 6.2 设计与实施

6.2.1 常规监测设计内容应包括监测断面选择、监测项目设置、监测设施布置、拟定的监测方法和监测频次、监测资料整理分析的技术要求等。

6.2.2 常规监测设计应针对堤段潜在破坏模式进行。

6.2.3 监测设计应收集下列基本资料：

1 堤防级别、设计标准和工程规模、结构型式、施工方法等资料。

2 气象、水文泥沙、河势资料。

3 地形、水文地质及检测、探测、观测资料。

4 堤防设计成果、最新安全评价成果及堤防监测区划成果。

5 监测仪器设备资料等。

#### 6.2.4 监测设施布置应符合下列规定：

1 监测仪器设施的布置，应结合堤防工程特点，突出重点、配合布置，并宜做到一种监测设施兼顾多种用途。

2 监测断面和部位选择应有代表性，并应根据监测堤段水文地质条件变化等情况确定合理间距。

3 监测项目选择和监测点布设应反映堤防运行的主要工作状况，监测项目宜在同一断面布设。

6.2.5 对拟监测的堤段，监测断面宜布置 1~4 个，间距宜为 300~500m，如地形地质条件无异常变化，断面间距可适当扩大。监测断面宜选择在老口门、软弱堤基、浅层强透水带、承压水带以及有穿堤建筑物等特殊堤段，并宜集中布置监测项目。

6.2.6 监测项目可包括环境量、变形、渗流监测，其中临河水位（潮位）、堤顶沉降应列为常规监测项目。对土石接合部可增加土压力监测，对混凝土防洪墙等可增加应力应变监测。

6.2.7 常规监测的频次应满足堤防安全性态分析判断及防汛工作的需要，并不得少于 1 次/月。对于高风险堤段遇到高水位等不利工况时应增加监测频次，数据采集间隔不宜大于 1 小时。

#### 6.2.8 监测设施的选用、埋设与使用应符合下列规定：

1 应选择技术先进、实用方便、耐久性好的仪器、设施，监测与量测仪器的量程和精度应与所测量匹配，并在埋设或使用前对其校准。

2 仪器设施应由专业人员安装埋设或操作，按规定对电缆进行连接和编号，对仪器的存活率和安装埋设质量及时进行考证，并应保证不对堤身安全构成隐患。

3 仪器安装后应进行首次观测，并应适时建立基准值或背景值，按规定频次监测，当监测量值超过阈值或其变化速率较大时应加密监测频次。

4 应做到监测连续、记录真实、注记齐全、整理及时。发现异常，应立即复测，必要时可及时上报并做好记录。

5 对监测设施应做到定期维护，定期测量基准点高程。对携带式测量仪表应定期检定/校准，对埋设仪器应定期校准。

6.2.9 监测仪器安装埋设考证表、现场监测记录表格式应规范，具体格式可参照 SL 551、SL 601、SL 768 的有关规定。

## 6.3 环境量监测

6.3.1 环境量监测内容可包括水位（潮位）、河势、水下地形、降水量等项目，并应与水文站、气象站观测相结合布置。

6.3.2 环境量监测项目和监测频次应满足工程管理和防汛抢险的需要。

6.3.3 水位（潮位）观测应符合下列规定：

1 河道水位观测应结合水文观测断面统一布置。

2 在监测断面、险工段等重点部位应设水位观测点，测点应设置在水流平顺、便于安装设备和观测的部位。

3 观测设备可采用水尺、水位计。水尺零点高程每年应校测 1 次，怀疑水尺零点高程有变化时应及时校测。水位计校准应在每年汛前完成。

4 水位观测可参照 GB/T 50138，潮位观测可参照 GB/T 14914。

6.3.4 对河势变化快、水流淘刷严重的重点堤段（部位）应开展河势与水下地形观测，观测方法与要求可参照 GB/T 17501、SL 58。当出现崩岸险情时，应对崩岸坍塌形状、位置、时间、土质以及河势等进行观测并做好记录。

## 6.4 变形监测

6.4.1 变形监测项目包括垂直位移和水平位移监测，应以表面监测为主，对 1 级、2 级堤防重要部位可设置必要的内部监测项目。

**6.4.2** 堤防变形监测点数和监测频次应根据监测目的选择。

**6.4.3** 堤身变形监测平面坐标及高程应与已有控制网相一致，并宜与国家控制网建立联系。堤身位移测量可参照 SL 197 的有关规定。

**6.4.4** 变形监测应符合下列规定：

1 堤顶沉降（垂直位移）沿堤轴线（纵向）测点间距宜为 1km，并宜与千米桩结合布置。

2 监测断面上的位移测点，应布置在临河堤肩、背河堤肩，复式断面宜在戗台增设一个测点；对软弱地基上的堤防应在背河堤脚外布置 1~2 个测点。

3 堤身内部变形监测可采用沉降仪、测斜仪等进行。布置有内部变形监测项目的位置，宜同时开展堤身渗压监测。

4 堤身垂直位移监测可采用精密水准法，水平位移监测可采用视准线法、极坐标法、三角网法等，位移量允许中误差限值为  $\pm 3.0\text{mm}$ 。

5 垂直位移以下沉为正、上升为负；横断面水平位移以偏向背河侧为正，偏向临河侧为负。

6 对防洪墙沉降缝（止水缝）的张开闭合可采用测缝计、位错计或标示线方法监测，张开为正，闭合为负，允许中误差限值为  $\pm 1.0\text{mm}$ 。必要时可在防洪墙背河侧或在墙体内部埋设测斜管监测墙体不同高程的水平位移。防洪墙变形监测可与应力应变监测项目相结合。

## 6.5 渗流监测

**6.5.1** 堤防渗流监测项目包括堤身浸润线、堤基渗透压力等，必要时可配合进行渗流量、水质监测。

**6.5.2** 渗流监测断面应选择临背水位差较大、水头作用时间长、堤身或堤基透水性较大、渗径较短、堤基有较大承压水等最有可能出现异常渗流的堤段。

**6.5.3** 堤身浸润线和堤基渗透压力监测宜采用测压管或渗压计。

**6.5.4** 测压管或渗压计应布置在临河堤肩以及背河堤肩、堤坡、坡脚不同高程，每个断面宜布置 3~5 个，测压管底部高程或渗压计埋设高程应低于非汛期地下水位。截渗墙背河侧宜埋设渗压计。

**6.5.5** 对穿堤建筑物（管线）与堤防接合部位渗流监测应根据接合部特点确定。接触面渗流监测宜采用渗压计，并在穿堤建筑物防渗刺墙临河、背河侧各布置 1~2 个测点，背河坡面及坡脚位置各布置 1 个测点。当穿堤建筑物宽度较大时，应沿建筑物轴线方向布置至少 1 个监测断面。

**6.5.6** 测压管制作与安装应符合下列规定：

1 测压管由堵头、进水花管、导管和管口保护设备组成。

2 测压管宜采用双面热镀锌无缝钢管或硬质工程塑料管，内径宜采用 50mm，进水花管段应在现场外包土工织物一周半并用铅丝等缠绕，并应避免长时间阳光直晒。所用土工织物应符合反滤要求。

3 测压管钻孔应采用干钻法，钻孔直径宜为 110mm，下落管子时应将管箍接头拧满丝并用皮带将管子套牢吊起以防脱落，同时应避免损坏土工布。

4 测压管安装到位后，应及时用中细砂下反滤料，同时应向测压管中注清水并晃动管子，反滤料应一次完成，其深度应与花管段相对应，导管段部分应用膨胀泥球封孔。

5 应进行测压管灵敏度试验并填写考证表。

6 测压管安装后应设保护装置，并记录管口坐标、管长及管口、管底高程。

7 测压管水位观测宜采用电测水位计，每次应平行测读 2 次，其读数差应小于 1cm。

**6.5.7** 渗压计选型与埋设应符合下列规定：

1 渗压计的量程和精度应与测点可能承受的水压力相适应，并应埋设在断面可能最低水位以下。

2 渗压计安装前应将仪器在清水中浸泡 24h 以上，确保仪

器达到饱和状态方可校准。

3 渗压计宜采用干钻钻孔埋设安装方式，钻孔直径宜为 110mm，钻孔深度应至预定深度以下 20~30cm。

4 在钻孔底部用干净的细砂回填到渗压计端头以下 10~15cm。

5 把渗压计封装在饱水的透水砂袋中，放入钻孔内的预定深度，并用干净的砂子回填，高度达到渗压计顶部 30cm 以上。

6 进行渗压计测试并确定仪器正常后，记录埋设高程，再用膨胀泥球回填封孔。

6.5.8 当有渗水出逸时，应观测渗水的透明度和含沙量，当渗水量较大时可在背水堤脚附近设导渗沟，采用容积法或量水堰等测其流量。

## 6.6 土压力与应力应变监测

6.6.1 土压力和应力应变监测频次应根据堤防监测部位受力情况变化确定。

6.6.2 防洪墙基础与地基接触部位宜埋设接触土压力计。

6.6.3 堤防土压力计布置与埋设应符合下列规定：

1 土压力观测断面宜与孔隙水压力、变形观测断面相结合，土压力测点应与孔隙水压力测点成对，土压力、孔隙水压力、竖向位移、水平位移测点之间的距离不宜超过 1m。

2 土压力观测断面上的测点可在不同高程布设 2~3 个。

3 土压力计的埋设应特别注意减小埋设拱效应的影响，并应符合 SL 551 的要求。

6.6.4 防洪墙应力监测布置应符合下列要求：

1 防洪墙应力应变监测宜与变形监测同断面结合布置。

2 钢筋计、单向应变计、混凝土压应力计的埋设应符合 SL 601 的要求。

6.6.5 应力正负号规定：以压应力为正，拉应力为负。

## 7 监测自动化系统

### 7.1 一般规定

7.1.1 监测自动化系统应充分考虑堤防监测的特点，本着“安全、实用、可靠、先进、经济”的原则，做到结构简单、性能稳定、维护方便、扩展性好，易于升级和改造。

7.1.2 自动化系统应配置有效的人工观测比测设施或手段，并宜具备与其他自动化系统、局域网或广域网连接的接口。

7.1.3 运行管理单位应根据所辖堤段工程特点和监测系统情况，制定监测自动化系统管理制度，包括仪器设备日常管理与维护、监测数据记录与处理、数据安全与应急管理预案等。

7.1.4 自动化系统应适应智慧水利的发展趋势，在确保系统安全可靠的基础上积极采用云平台、移动终端和图像处理等技术。

### 7.2 系统设计

7.2.1 监测自动化系统包括监测仪器、数据采集装置、计算机及外部设备、网络通信设备、电源及防护设备、数据采集软件与安全监测管理软件等。

7.2.2 监测自动化系统设计应满足下列规定：

1 应具有自检和远程诊断功能，宜优先采用低功耗、高可靠性的现场仪器设备。

2 应具有多种电源和通信接口，并宜采用光缆（光纤）或无线公网通信。

3 宜采用太阳能（风能）/蓄电池或市电/不间断电源供电，并具有自动切换功能。

4 应具有特殊工况和应急条件下，保证系统供电、通信和数据可靠性的具体措施。

5 应具有可靠的防雷击、抗干扰能力以及防人为破坏的

措施。

**7.2.3** 自动化系统配套软件应具有数据采集和信息管理模块，并应符合下列规定：

1 数据采集模块应具有仪器设备、通信链路和电源供电等检测功能，以及任意测点组合选测和自动测量设置功能。

2 信息管理模块应具有针对堤防工程特点的过程线、分布图和相关线绘制功能，以及特征值统计和报警功能。

**7.2.4** 自动化系统功能及性能、数据采集装置主要技术指标以及监测站、网络通信、电源及防护、防雷接地等设计尚应符合 SL 725 的规定。

## 7.3 运行管理

**7.3.1** 运行管理应按照监测自动化系统管理制度，做好系统的日常运行和维护工作，定期提出分析报告，适时提出完善制度的建议。

**7.3.2** 运行管理应做好监测系统运行记录、监测数据及视频资料的保存，发现异常及时上报。

**7.3.3** 监测自动化系统运行与管理应符合下列规定：

1 制定操作性较强的监测自动化系统运行管理规程。

2 监测数据备份每月不少于 1 次。

3 系统时钟每月应校正 1 次。

4 监测自动化系统运行情况应每季度检查 1 次，并做好记录，存档备查。

5 系统维护维修应及时进行，并做好记录。

6 系统自动采集的数据宜每年进行 1 次人工比测，并编写比测报告。

7 适时开展监测自动化系统鉴定。

**7.3.4** 定期进行系统防雷击专项检查，每年应至少检测 1 次接地电阻。

**7.3.5** 应定期通过检验测试、校验测试和数据分析等方法，分析监测系统运行情况，提出运行维护或升级改造意见。

## 8 监测资料整编

### 8.1 一般规定

**8.1.1** 监测资料整编的范围应包括巡视检查、专项探测、常规监测等获得的资料。

**8.1.2** 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。整编所用方法、图表等可参照 SL 551、SL 601、SL 768 的有关规定。

**8.1.3** 监测资料整编应建立监测资料数据库，并宜建立监测数据信息管理系统。

**8.1.4** 监测资料除在计算机磁、光载体内存储外，巡视检查、专项探测和常规监测的原始记录、图表、影像资料以及全部资料整编、分析成果应建档保存，并按分级管理制度报送有关部门备案。

### 8.2 监测基本资料整理

**8.2.1** 监测基本资料应包括安全监测系统设计、布置、埋设、竣工等资料，以及系统运行后的维护和更新改造资料，并应包括下列内容：

- 1 监测系统设计、布置、埋设、竣工资料。
- 2 监测设施及测点平面、纵横剖面布置图。
- 3 有关各水准基点、起测基点、工作基点、校核基点、监测点，以及监测设施平面坐标、高程、结构、安设、设置日期和测读起始值、基准值等文字和数据考证表。

- 4 仪器资料。
  - 5 安装考证资料。
  - 6 其他相关资料。
- 8.2.2** 安装埋设考证资料记录应及时、准确、完备、规范，并

应符合下列规定：

1 初次整理时，应按堤段监测项目对各项考证资料全面收集、整理和审核。

2 运行阶段，发生校测高程改变，设施和设备检验维修，设备或仪表损坏、失效、报废、停测、新增或改扩建等情况时，应重新填制或补充相应的考证图表，并注明变更原因、内容、时间等有关情况。

### 8.3 监测数据整编

8.3.1 数据采集完成后，应及时检查、检验原始记录的准确性、可靠性、完整性，对于测量因素产生的异常值应进行处理。

8.3.2 计算各监测物理量应及时形成电子文档，并打印出主要图表供查用。

8.3.3 监测资料整编应包括监测资料统计、有关图表绘制、数据初步分析等。

8.3.4 监测资料整理整编后应编写年度整编报告，并及时归档。堤防安全评价时，应进行长序列监测资料整编与分析评价。

## 标准用词说明

标准用词	严格程度
必须	很严格，非这样做不可
严禁	
应	严格，在正常情况下均应这样做
不应、不得	
宜	允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做
不宜	
可	有选择，在一定条件下可以这样做

中华人民共和国水利行业标准

堤防工程安全监测技术规程

SL/T 794—2020

条文说明

## 目 次

1	总则	27
2	术语	28
3	监测方式	30
4	巡视检查	33
5	专项探测	35
6	常规监测	37
7	监测自动化系统	45
8	监测资料整编	46

# 1 总 则

**1.0.1** 为加强堤防工程安全管理，及时掌握其安全状况，弥补堤防安全评价中数据不足等问题，在高水位下对重点堤段和重要部位进行常规监测是必要的。GB 50286—2013《堤防工程设计规范》、GB/T 51015—2014《海堤工程设计规范》、SL 171—96《堤防工程管理设计规范》、SL 725—2016《水利水电工程安全监测设计规范》均提出了原则性要求。堤防工程具有堤线长、高度低、结构复杂和临河洪水位变化快等特点，受技术经济等因素制约，其安全监测工作一直是水利工程的短板，有必要加强并规范。

**1.0.2** 据《2018年全国水利发展统计公报》，截至2018年年底，全国已建成5级及以上江河堤防31.2万km，其中2级及以上堤防4.2万km。堤线长、差异大，对不同级别、不同类型堤防实施差异化监测要求符合管理实际。本标准适用于3级及以上堤防，是考虑堤防重要性及与SL/Z 679—2015《堤防工程安全评价导则》、SL 595—2013《堤防工程养护修理规程》等堤防管理类标准的一致性。4级、5级堤防参照时，以巡视检查及水位（潮位）、堤顶沉降观测为主，有条件的可进行专项探测工作。

**1.0.3** 堤防工程根据所保护对象的重要程度分为不同级别，其种类多、堤线长，水文气象及地质条件各异，堤身堤基结构复杂且接合部位多，破坏模式多样，管理水平参差不齐，安全监测项目应因地、因时选择。

## 2 术 语

**2.0.1** 堤防工程包括堤防和护岸工程，其安全监测的工作重点是获取信息和常规问题的分析判断，对专业性较强的问题应由专业人员完成。

本条将安全监测的概念进行了扩展，把巡视检查、专项探测（隐患探测、根石探测）列入安全监测中。

**2.0.2** 巡视检查包括日常检查与视频监视内容，是堤防工程安全监测的重点。

**2.0.3** 将堤身堤基隐患探测、水下根石探测归为专项探测，以强调堤防工程隐患探测及根石探测对于保证堤防安全的重要性。根石探测又称为护脚石探测，是对护脚抛石分布范围进行测量的工作。

探测与监测相比，多采用移动设备，测量频次低，手段多样，精度不高。

**2.0.4** 将堤防设计规范中的一般性监测项目和专门性监测项目列为常规监测，专门性监测是侧重于科研、设计或其他特殊需要的监测项目。

**2.0.5** 监测断面即常规监测所选代表性断面，能够代表所监测堤段的特征，尤其能反映监测堤段在高水位下的安全状态。一个断面集中布置多支监测仪器，有利于综合分析测值空间分布规律。监测断面数量及位置的确定是堤段常规监测工作的重点和难点。

**2.0.6** 破坏模式的确定是常规监测项目和监测方法选择的主要依据，可提高常规监测的有效性。冲蚀破坏主要是指由风浪、越浪、暴雨引起的对堤防表面的侵蚀。管涌破坏是对高水位、长历时条件下，堤身、堤基发生渗透变形破坏的统称。失稳破坏是指由于水流淘刷堤脚导致的崩岸、滑坡等险情。

**2.0.8** 鉴于堤防线长、隐患分布随机性大的特点，将风险管理的理念引入堤防监测管理中是必要的。对堤防进行监测区划，主要是确定高风险堤段，以便更有效利用有限的监测资源，增强常规监测工作的针对性和技术经济性。

## 3 监测方式

### 3.1 一般规定

**3.1.1** 鉴于堤防工程堤线长、堤身堤基组成复杂、穿堤建筑多、临河水情变化大、周围环境复杂，堤防安全监测内容多，需要采取不同方式进行。堤防隐患分布随机性大的特点，决定了堤防在高水位下破坏模式和位置都难以准确确定，因此宜将常规仪器监测作为重要堤段人工拉网式查险的补充手段。

**3.1.2** 堤防监测区划是根据不同堤段的运行风险大小确定的。风险大小理论上为堤防决口失事概率与单次决口所造成损失的乘积，具体操作时难度较大，一般需专业机构完成，其步骤一般为：

(1) 资料收集：包括水文地质资料、规划设计和施工资料、历次险情和处理加固记录、巡视记录和探测（监测）报告、安全评价最新成果等。

(2) 集中讨论：讨论堤防破坏模式并获取更多信息，参加人员应包括堤防管理人员、养护修理人员，岩土、地质、水文、探测、监测专家等，堤防运行、巡查、评价等报告的编写人员，其他有经验或可提供堤防有关信息人员。

(3) 风险分析：针对堤防破坏模式和堤防级别，进行堤防决口后洪水淹没风险及风险管控措施分析。

(4) 明确区划：根据堤防决口风险分析成果，综合堤防地质条件、供水情况、历史险情可容忍风险等，明确堤防不同堤段风险区划。

考虑到监测工作的实际需要，在具体操作时可作简化处理：单次决口所造成损失大小用堤防重要性（级别）表示，而决口失事概率用堤防自身安全状况类别反映，并参照 SL/Z 679—2015《堤防工程安全评价导则》进行类别判定，对应形成的堤防风险

区划见表 1。

表 1 堤防风险区划参照表

堤防安全类别	堤防级别		
	1 级	2 级	3 级
一类（安全）	中	低	低
二类（基本安全）	高	中	低
三类（不安全）	高	高	中

**3.1.3** 狭义的安全监测方式只包括常规的仪器监测，在本标准中指广义的，即将巡视检查、专项探测一并列入（具体解释见 2.0.1~2.0.4 条文说明），以体现堤防工程安全监测的特点，也便于反映不同监测项目的专业性、针对性和监测频次要求。

## 3.2 监测原则

**3.2.1** 不同监测方式获得的监测信息不同，在具体选择时应根据风险区划结果，有所侧重、综合考虑。巡视检查侧重堤防工程表面的缺陷和险情巡查，是各类各级堤防都必须做的。隐患探测侧重堤身内部缺陷的判别，根石探测侧重水下根石走失情况的判别。常规监测侧重重要堤段、重点部位内部缺陷的实时性监测，应少而精。

**3.2.2** 本条要求仅是对不同监测方式的基本要求，后面各章还有更详细的要求。

巡视检查，整体与 SL 595—2013 中的“堤防工程检查”一章保持一致，但提高了对视频、图像监视的要求，并将隐患探测、根石探测有关内容纳入专项探测中。

专项探测，鉴于堤防工程堤线长、隐患分布随机、堤脚冲刷严重的特点，隐患探测和根石探测对于堤防安全管理更具技术经济性。单次探测要求仍遵循 SL 436—2008《堤防隐患探测规程》，但可通过探测结果与开挖验证等方法的比较，不断积累经验，提高探测结果的可靠性。应急探测是指根据查险抢险需要随

机安排的探测。

常规监测，对 SL 725—2016 进行了细化，增强了可操作性。对水位（潮位）、堤顶沉降监测容易做到，也是安全管理所需，故对 3 级及以上堤防均要求监测，只是频率有所不同。

## 4 巡视检查

### 4.1 一般规定

**4.1.1、4.1.2** 巡视检查为堤防工程安全监测工作的主要内容和日常工作，有关规定与 SL 595—2013 的要求基本一致，也应与堤防日常检查相结合。对检查中发现的一般问题，应及时进行处理；情况较严重的，除查明原因采取措施外，还应报告上级主管部门；情况严重的，应对异常和损坏现象做详细记录（包括拍照或录像），分析原因，提出处理意见，并报上级主管部门。

**4.1.3** 视频监控及图像识别等成熟技术，可用于堤防上下堤路口等重点部位和区域的日常监视，可根据现场条件和河道堤防管理的需要设置，一般 1km 可设置 1 个，并最好利用附近社会公网或无线传输。无人机在洪水期可有效辅助常规视觉检查，无人机红外线监视技术可望用于夜间应急巡查中，图像识别技术可望用于险工表面块石滑塌监测。

### 4.2 检查分类和频次

**4.2.1** SL 595—2013 中的“不定期检查”，即“对堤防险工、险段及重要堤段应不定期进行堤身、堤基探测检查或护脚探测。”在本标准中列入专项探测。

**4.2.2** 经常检查，堤防工程的基层管理组织检查一般由水工专业负责人带队，堤防工程管理单位检查一般由单位负责人带队。

### 4.3 检查项目和内容

**4.3.2** 汛前检查中，堤身隐患检查要求见 5.1、5.2。

汛期检查，应根据各地实际情况，按照原国家防总 2011 年 6 月印发的《国家防总巡堤查险工作规定》（国汛〔2011〕14 号）及各地制定的巡堤查险实施办法或细则执行。

凌汛期观测，SL 59—2015《河流冰情观测规范》对冰情目测、冰情图测绘、冰厚测量、冰流量测验、冰塞冰坝观测、水内冰观测和冰情资料整编的技术原则、方法和要求等都做出了规定。针对冰凌点观测，黄河水利科学研究院研发了一套“冰凌定点雷达监测系统”，并于2019年11月安装在内蒙古托克托什四份弯道，成功实现对环境温度、冰水面温度、水位（含冰下）、冰厚、流凌密度、流凌速度以及冰凌形成全过程的实时监测，经历了大风（10级）、暴雪（30cm）、低温（-31℃）等恶劣环境的考验。

#### 4.4 检查方法和要求

**4.4.1** 巡视检查由堤防工程管理部门负责组织，并列入年度工作计划，确保落实。

**4.4.2** 害堤动物的习性不同，适合其生存的地域条件差别也大，有的还是国家保护动物，故对其检查防治要因地制宜。近年来白蚁活动范围有向北发展趋势，应予以重视。其中白蚁检查方法可分为直接查找法、引诱法、探测法。

(1) 直接查找法：查找堤防蚁患区及其蚁源区的泥线、泥被、分群孔和真菌指示物，寻找白蚁喜食物里有无白蚁在活动或活动时留下的痕迹。

(2) 引诱法：包括引诱坑法、引诱堆法和引诱桩法。引诱坑法是在背水坡挖长和宽各30cm、深5~10cm的坑，将引诱材料放置在坑内；引诱堆法是铲除草皮，将引诱材料直接放在土层表面，盖上草皮或覆盖物；引诱桩法是用白蚁喜食带皮的干木桩，长50cm、直径5cm左右，插入堤坡内约30cm。

(3) 探测法：应用直流电法、探地雷达法等探测白蚁蚁巢的方法。

**4.4.3** 除常规记录方式外，还可以利用手机“有声照片”或视频功能提高现场采集信息的效率，有条件的也可实时传入管理系统。

## 5 专项探测

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 堤防隐患探测与根石探测是根据堤防工程的特点而确定的两个专项探测。部分流域根据自身情况出台了一些管理办法，如黄河水利委员会颁发了《黄河堤防工程隐患电法探测管理办法》（试行）（黄河务〔1998〕47号）、《黄河河道整治工程根石探测管理规定》（黄建管〔2014〕396号），可供参考借鉴。

**5.1.3** 隐患探测和水中根石探测专业性较强，探测数据和图像具有多解性，故该项工作一般委托专业队伍承担。

对比探测结果可分析堤防隐患变化情况或根石走失情况，故在单次探测时应考虑周围环境和操作过程的影响，力保不同时间同一部位探测结果的可比性。

**5.1.4** 专项探测要做到定期探测与应急探测相结合。堤防隐患探测的频次，需要根据影响堤防隐患发展变化的因素综合确定，主要因素包括偎水、降雨、害堤动物活动以及堤顶碾压情况等。结合黄河大堤管理规定和经验，建议每10年进行1次隐患普查；根石探测要根据堤防偎水及出险情况安排，对偎水或可能偎水的在汛前要探测1次，以确定补石量和防守重点，对汛期偎水的在汛后可补测1次。出现“4.2.4 特别检查”情况时要随时安排。

### 5.2 隐患探测

**5.2.1** 探测要对隐患类别、位置、大小等进行判别。对混凝土护坡脱空问题，可以通过物探方法探测。

**5.2.2** 采用物探方法进行隐患探测时，可通过不同时段隐患探测结果的比较以减小堤防背景值难以确定的影响，也可通过不同物探方法结果的比较以提高物探结果的可靠性。鉴于探测精度受限，对有代表性的隐患可通过开挖、钻探等手段对物探结果进行

验证。

SL 436—2008 等对堤防隐患探测的内容、方法和技术进行了相应的规定，近年来有所发展，在工作中要积极吸收最新研究成果。

### 5.3 根石探测

**5.3.1** 根石探测主要是探测抛石的位置，水下地形探测主要是探测泥沙淤积形态，二者可结合进行。

**5.3.2** 根石探测又可分为旱地和水下探测。水下探测黄河上已采用浅地层剖面探测系统在测船上进行，效率较高，精度也能满足要求。水下探测时要特别注意堤岸突然坍塌带来的危险。

**5.3.3** 根石探测精度与探测方法有关，测点平面定位误差一般不大于 0.1m，探测深度误差一般不大于 0.2m。

## 6 常规监测

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 监测方式选择原则见本标准 3.2 节，常规监测主要针对高风险堤段进行，中等风险堤段也可选择设置，低风险堤段一般不设（除水位、潮位与堤顶沉降外）。

**6.1.2** 常规监测一定要首先明确监测目的，根据监测目的和堤防实际情况进行监测设计。

监测目的可概括为：①监测工程安全状况，指导施工和运行；②检验工程设计；③积累科技资料。三者互相联系，但监测工程安全是工程监测的首要目的。开展常规监测可以对堤防渗漏、边坡失稳等及早发现并预警，以弥补人工查险方式的不足。同时对水位等变化较大的环境量可实时监测，以减小人工观测强度，为分析堤防安全状况提供更多数据支撑。

对修筑在软基上面的堤防（如海堤）施工期常规监测也很重要。对新建或改建、扩建堤防，其施工期监测一般要与运行期相结合布置，以降低监测成本并得到连续的监测数据。

**6.1.3** 堤防工程堤线长、地形地质条件变化大，安全监测断面、项目总量多，管理工作量大。但是堤防工程一般高度不大，影响到堤身安全的主要是水位、沉降变形和堤身、堤基渗流状况。

**6.1.4** 从总体上说，堤防工程沿线分布的地形地质条件较复杂，工程受综合环境因素的影响较突出，故监测设计要统筹规划、合理布局、突出重点。常规监测一定要根据监测目的，考虑监测设施埋设与运行期费用，并进行技术经济比较后确定。

监测设施包括安装埋设的各种设备和专门仪器。选用的设备和仪器的质量、性能和精度均要满足要求。安装埋设的部件需要精心施工，在设计周期内能正常使用，保证安全，收到实效。

**6.1.5** 监测设施沿堤线布设，工作环境是露天或在水中，汛期

发生大洪水或海潮时，又是最需要观测的时候，所以监测条件特别重要；如至各观测点应有交通条件，险工险段汛期需要有临时性照明设施，监测水流形态与护岸工程应有交通工具等。监测设施要有安全保护措施（特别注意防雷击），以防发生人员伤亡和设备损坏事故。需要进行长时段连续自动化观测的监测断面，可考虑设置必要的供电及通信设施。

**6.1.6** 穿堤建筑物的沉降尤其是不均匀沉降、止水的好坏会直接造成土石接合部脱空、渗漏隐患，因此接合部监测布置要结合穿堤建筑物的特点进行。

## 6.2 设计与实施

**6.2.1** 本条对常规监测设计内容进行了要求，其中监测设施包括监测仪器等。

**6.2.2** 常规监测针对堤段潜在破坏模式进行，以提高监测的有效性。堤段潜在破坏模式需根据堤防修建和运行情况综合分析判定，堤防修建情况包括堤防材料、结构型式以及除险加固、抢修等情况，运行情况包括所处河段水文地质特征、历史险情等。堤防破坏的基本形式有堤坡表面冲蚀、堤身堤基管涌与岸坡失稳破坏等，但其组合形式较多，可概括为：

- (1) 漫决：洪水漫顶破坏。
- (2) 溃决：渗流侵蚀破坏（通过堤身、堤基或土石接合部）。
- (3) 冲决：水流顶冲淘刷临水侧堤基、堤身引起的破坏。
- (4) 洪水期滑坡，导致漫决。
- (5) 洪水期滑坡，导致堤防开裂和渗透破坏引起的溃决。
- (6) 洪水期背河堤脚处管涌，导致出现上述第（1）、第（2）、第（4）模式之一发生。
- (7) 地震和洪水联合作用下滑坡导致的漫决。
- (8) 地震和洪水联合作用下滑坡导致的溃决。

上述破坏模式中，第（3）冲决是堤防特有的也是较为常见的一种。第（7）、第（8）考虑到地震与大洪水遭遇的概率较小，

本标准常规监测暂不考虑地震影响，只在特别检查中考虑。对地震高发区，在风险分析时可考虑地震与设计洪水水位遭遇的风险。

**6.2.3** 本条对拟开展常规监测的高、中风险堤段，从监测设计所需，规定了重点收集的资料。

**6.2.4** 本条对监测设施的布置提出了原则性要求，以体现堤防工程监测的特点。

**6.2.5** 监测断面的选择是监测设计的一个重点和难点，包括拟监测堤段的监测断面位置、断面间距和断面数量。本条规定与 SL 725—2016 中第 12.1.2 条保持一致。监测断面要集中布置在工程结构及地形地质条件有显著特征和特殊变化的堤段和建筑物处，使其对工程全局有较好的控制性和代表性。这样可使各项监测资料的可比性、相关性、适用性较好，应用价值较高，不致因项目选点布置不当而造成大量人财物力的浪费，达不到预期的观测效果。

对临背河水位差较大、供水时间长、堤基透水性较大、堤身断面不达标等易形成渗流破坏的堤段可设置渗流监测断面；对河势变化较大、根石走失严重或存在软基、堤身抗冲蚀性差的堤段或控导工程可设置变形监测断面。

鉴于堤防土石接合部易出现渗漏险情而且发展较快难以抢护，考虑土石接合部形式较多，故宜结合土石接合部的特点和水利闸、涵管、管线等穿堤建筑物自身监测工作，选择渗流、变形监测。城市防洪墙作为堤防的一种结构形式，多为钢筋混凝土结构，有可能发生基础渗流破坏、整体倾覆失稳以及止水失效渗漏和混凝土局部拉压破坏，宜根据其运行状态的不确定性因素，选择必要的监测项目。

**6.2.6** GB 50286—2013、GB/T 51015—2014 等将常规监测项目分为一般性监测项目和专门性监测项目两类。一般性监测项目主要针对堤坡失稳和堤防渗流破坏，并兼顾其他项目，可根据工程建设和管理需要设置：水位或潮位，堤身（基）垂直、水平位移，堤身浸润线，渗透压力、渗流量及水质、软土堤基孔隙水压力等。专门性监测项目可根据需要选择设置：近岸河床或海滩的

冲淤变化，护岸工程的变化，河流形态及河势变化，生物及工程防浪、消浪设施的效果，波浪及爬高，冰情等。当需要进行施工期监测时，要根据堤防地质条件、施工条件等具体情况，并结合运行期监测需要设置监测设施。

SL 725—2016 规定：堤防安全监测项目应按表 2 的要求进行选择。

表 2 堤防安全监测项目分类和选项表

监测类别	监测项目	堤防级别		
		1 级	2 级	3 级
变形监测	表面变形	★	★	★
	内部变形	☆	☆	
	接缝、裂缝开合度	☆	☆	☆
渗流监测	地下水位	★	★	☆
	渗透压力	★	★	☆
	渗流量	☆	☆	☆
注：有★者为必设监测项目，有☆者可选监测项目，可根据需要选设。空格为不做要求。				

临河水位（潮位）属于环境量监测，堤顶沉降属于堤防变形监测中表面变形中的垂直位移，二者均属堤防安全管理必须的也是能够做到的，故列入必设监测项目。但在设置数量上还应结合工程实际确定。

堤防土石接合部监测较为复杂，增加土压力监测有利于低水位下判别接合部位密合程度。防洪墙多为钢筋混凝土结构，增加应力应变监测有助于高水位下实时分析墙体受力变形状况。

**6.2.7** 由于大多数堤防供水时间有限，监测频次主要视监测目的和供水情况而定，堤防供水后一般应能提供实时监测数据，更好服务防汛查险需要。非汛期为积累资料也为查看监测设施工作状态，每月也应至少监测 1 次。SL 725—2016 提出了正常情况下人工测读的基本要求（见表 3）。各时期的观测频次应根据工

程实际情况适当增减。特殊时期，如发生暴雨、大洪水、临河水位较快变化等情况时，应适当增加测次，运行期如测值长期保持基本不变，可适当调减测次。采取自动化监测的，可根据需要适当加密测次。

表 3 堤防安全监测频次表

监测类别	监测项目	监测频次		
		施工期	汛期	非汛期
变形监测	表面位移	1次/月	4次/月	1次/2月
	内部位移	1次/月	4次/月	1次/2月
	接缝、裂缝开合度	4次/月	4次/月	1次/月
渗流监测	地下水位	4次/月	4次/月	1次/月
	渗透压力	4次/月	4次/月	1次/月
	渗流量	4次/月	4次/月	1次/月

**6.2.8** 监测设施的安装埋设至关重要，是一项非常细致的工作，如安装埋设不当易引起仪器无法正常工作且难以修复。设计时需考虑施工条件，提出保护措施，并尽量降低安装困难，保证精度达到要求，方便检测。施工时要保护监测设施的完好。要重视电缆连接和编号工作，GB/T 16529.2—1997《光纤光缆接头 第2部分：分规范 光纤光缆接头盒和集纤盘》对此做出了规定。电缆接头要做好防水处理以防雷击，仪器在埋设前应校准。

对各监测量，设计时应根据其变化规律设置预警阈值，一旦超过阈值，应加强监测，并按规定报告。如属仪器故障误报要及时报修，并做好记录。

**6.2.9** 监测设施埋设及监测方法在大坝、水闸上相对成熟，可供不同类型堤防及接合部埋设监测设施时参考。

### 6.3 环境量监测

**6.3.1** 影响堤防安全的环境因素较多，要因地制宜选择性设置。在高寒地区或防凌需要，也可设气温观测点。当附近无雨量站或

已有雨量站无法满足堤防安全管理需要时，可增设雨量站并应符合 SL 21—2015《降水量观测规范》的规定。

水位（潮位）观测，是做好工程控制运用、监测工程安全的重要手段，也是堤防监测必设项目。水位观测点分布范围广，服务项目多，诸如监测了解堤防沿线的水情、凌情、潮情及海浪的涨落变化；调控各类供水、泄水工程的过流能力、流态变化及消能防冲效果；与有关的工程观测项目进行对比观测，综合分析观测资料的精确度和合理性等。这些都需要选择适宜地点进行水位观测，因此 6.3.3 条也对水位观测站和观测断面位置的选择做了一般性规定。

**6.3.2** 水（潮）位、降水量尽量采用自动记录仪实时观测，水下地形一般在冲淤变化较大河段或可能出现堤岸工程失稳情况时测量。水下地形测量相对根石探测较易进行，只需探测出淤泥顶部高程，不需判别淤泥与根石分界线，探测时也要特别注意堤岸突然坍塌带来的安全风险。

**6.3.3** 自动水位计技术已成熟，在满足精度和通讯等条件要求下可优先采用。当河道无水或低于水尺零点高程时，要在记录中予以标注，以便监测资料分析时考虑。

**6.3.4** 水下地形测量可结合 5.3 节根石探测进行。崩岸一般分为条崩和窝崩，在保证人员安全前提下，尽可能获得水深、流速、流向数据，以便定量分析水力条件对不同土质岸坡崩塌速度的影响。崩岸监测可结合遥感、无人机以及水下多波束探测仪等进行。如进行抢护，应将有关情况一并记录。

## 6.4 变形监测

**6.4.1、6.4.2** 堤防工程竣工后，无论是初期运行或正常运行期，都要定期进行位移监测。主要是表面变形，重点要进行堤身沉降量监测，必要时也可设置部分内部监测项目。

工程运行初期，堤身填土尚未固结稳定，大部分沉降量将在这一阶段发生，因此要加强对堤身进行沉降监测，以了解土体的

沉降速度和稳定性。当工程进入正常运行状态，且堤身填土已逐步趋于稳定时，监测次数可适当减少，但每年汛前、汛后至少要分别进行一次全面检查，为工程度汛及工程岁修提供资料，若土质堤防沉降观测只为复核防洪标准服务，可5~10年观测1次。

堤坡位移监测，主要是选择一些有潜在滑坡危险的代表性堤段进行垂直位移监测，必要时也可结合进行水平位移监测。

**6.4.3** SL 197—2013《水利水电工程测量规范》对平面及高程控制测量方法都做了相应规定，位移测量多采用视准线法和三角网法，也可根据堤防自身条件采用其它监测方法。如对表面位移观测，必要时可采用效率较高、精度也能满足安全管理要求的激光雷达（LiDAR）方法。

**6.4.4** 测量精度要求与SL 725—2016保持一致。中误差是指在测量中按有限次观测的偶然误差求得的标准差。

## 6.5 渗流监测

**6.5.1、6.5.2** 建造在双层或多层地基上的堤防工程，汛期堤坡滑坡、堤基翻沙涌水，是最易发生的渗流破坏现象，因此要选择一些有代表性的堤段进行渗流监测。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。设置有减压井的堤段，要对其减压排渗效果进行观测。

**6.5.3** 渗流监测通常采用测压管进行监测，直观方便，也能较好适应经常处于非饱和状态的堤身。但当测压管布置不便，或对堤防稳定有影响时可采用埋设渗压计进行监测。对于重要堤防及大型穿堤建筑物附近的堤段，有条件时可埋设渗压计，方便自动化监测。分布式光纤在空间上可满足堤防线性结构的监测需求，为推动该技术的发展，可结合新建或堤防加高培厚施工进行埋设，施工中需要注意对光纤的保护。

**6.5.4** 要求测压管底部高程及渗压计埋设高程低于非汛期地下水位，主要是考虑在非汛期也能取得监测数据，同时也是确保渗

压计能在水中浸泡，避免在无水条件下渗压膜前进入空气，降低测值准确性。

**6.5.6** 测压管的灵敏度判断，通常根据测压管周围土体性质及水位回归时间确定：对于黏壤土，注入水位在 120h 内降至原水位为合格；对于砂壤土，24h 内降至原水位为合格；对于砂性土，1~2h 降至原水位或注水后升高不到 3m 均为合格。测压管灵敏度试验步骤为：

- (1) 测量测压管中水位。
- (2) 向测压管中注入清水，注满后量测不同时刻管中水位。
- (3) 分析测压管灵敏度，若在规定时间内管中水位回落到注水前水位，则灵敏度较好，否则灵敏度不好；如曲线有突变，则表明有漏水点。对灵敏度不好或发现的漏水点位置应特别标注，并在分析观测资料时参考。

在实际操作中，也可将渗压计置入测压管中，以便于实现自动化监测。但要注意安装时采用合适的土工织物外包渗压计以防淤堵，运行中必要时可采取高压水流等进行测压管清淤。

**6.5.8** 对长期渗水且渗流量较大的堤段，可在堤脚外侧设置截排水沟，并在合适位置设三角量水堰观测。

## **6.6 土压力与应力应变监测**

**6.6.1~6.6.5** 土压力与应力应变监测，一般仅对新建、改建堤防特别重要堤段或土石接合部或城市防洪墙开展，且需充分论证必要性后实施。本节只提出了基本要求。

## 7 监测自动化系统

### 7.1 一般规定

7.1.1、7.1.2 考虑到堤防工程堤线长、地理位置偏僻、周围环境复杂等特点，应积极提高监测的自动化水平，促进智慧水利建设。

7.1.4 监测自动化系统应积极采用成熟的技术，最好与办公自动化系统、巡查系统、视频监视系统等结合，提高系统利用率、便于管理。

### 7.2 系统设计

7.2.1~7.2.4 SL 725 对有关问题已做了比较详细的规定，在执行时要结合堤防堤线长，监测数据分散、有限，室外设施保护及供电困难、电磁干扰源不确定等特点进行合理的设计。系统建成后应对监测系统各项功能指标与性能参数进行测试验收。

### 7.3 运行管理

7.3.4 鉴于监测设施多在野外堤顶布设，易受雷击，故应加强对接地电阻的检查。一般独立的防雷保护接地电阻应不大于 $10\Omega$ ，独立的安全保护接地电阻、独立的交流工作接地电阻、独立的直流工作接地电阻应不大于 $4\Omega$ ，防静电接地电阻应不大于 $100\Omega$ ，共用接地体（联合接地）接地电阻应不大于 $1\Omega$ 。除此之外，监测设备电路中进行隔离防雷设计也是有益的。

7.3.5 监测自动化系统鉴定时间根据系统运行情况、技术发展趋势及管理单位需求等因素综合确定，鉴定需由具备相应能力的单位承担，并由堤防管理单位的主管部门审定鉴定结论。

## 8 监测资料整编

### 8.1 一般规定

**8.1.1** 监测资料在此是广义的，包括巡视检查、专项探测和常规监测的资料，整编时应根据各类监测的特点分类整理。巡视检查结果整编以年度大事记形式表现为宜，专项探测以报告形式为宜，常规监测以本标准 8.2 节、8.3 节规定的方法进行整编。对出现的重大险情，要围绕险情发生的原因、发展过程、监测抢护及后续处置等形成专题报告。

**8.1.2** 资料整理在每次观测结束后进行，以便及时对观测资料进行计算、校核、审查。

**8.1.3** 资料整编每年进行一次，并由堤防管理单位的上级主管部门组织对年度监测成果进行全面审查。监测资料整编时，对资料的分析只是初步的，即堤防管理单位人员能够判断的，更深入、更全面的分析应由专业人员完成。

**8.1.4** 监测资料归档工作非常重要，应符合档案管理有关要求。

### 8.2 监测基本资料整理

**8.2.1** 强调对监测设施有关资料的整理与存档，监测设施也包括视频监视系统。

**8.2.2** 本条强调监测工作的规范性，并强调对监测设施变化的情况要及时进行记录和更新。

### 8.3 监测数据整编

**8.3.2、8.3.3** 对有关物理量计算公式、整编所用图、表和方法，SL 551、SL 601、SL 768 都有详细描述，可参照。

监测数据初步分析可根据物理量的性质及时间序列的长短采取不同的方法进行，包括监测资料的趋势性分析、特征值分析、

相关性分析、突变值判断等内容。如有异常，要检查计算有无错误和监测系统有无故障，经综合比较判断，确认监测物理量异常时，要及时上报，必要时还需要及时进行安全复核或专题论证，适时启动预警机制。