**T/CECS XXX-202X**

中国工程建设标准化协会标准

**水工建筑物灾后巡检标准**

Standard for post-disaster inspection of hydraulic buildings

(征求意见稿)

（提交反馈意见时，请将有关专利连同支持性文件一并附上）

中国工程建设标准化协会标准

水工建筑物灾后巡检标准

Standard for post-disaster inspection of hydraulic buildings

T/CECS XXX-202X

主编单位：东南大学

北京九通衢检测技术股份有限公司批准单位：中国工程建设标准化协会 施行日期：202X 年 XX 月 XX 日

202X 北京

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2022年第一批协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字〔2022〕13号）的要求，编制组经深入调查研究，认真总结实践经验，参考国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准分为 9 章和 2 个附录，主要内容包括：总则、术语、基本规定、巡检要求、巡检准备、巡检方法、巡检系统、巡检内容及资料整理等。

本标准的某些内容可能直接或间接涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国工程建设标准化协会检测与试验专业委员会归口管理，由东南大学负责具体技术内容的解释。执行过程中，如有意见或建议，请反馈给东南大学（地址：南京市江宁区东南大学路 2 号，邮编：211189）。

**主 编 单 位：**东南大学

北京九通衢检测技术股份有限公司

**参 编 单 位：**

**主要起草人：**吴刚

**主要审查人：**

**目 次**

[1 总 则 （1）](#_Toc142481744)

[2 术 语 （2）](#_Toc142481745)

[3 基本规定 （4）](#_Toc142481746)

[4 巡检要求 （5）](#_Toc142481747)

[4.1 巡检原则 （5）](#_Toc142481748)

[4.2 巡检方式 （5）](#_Toc142481749)

[4.3 质量要求 （5）](#_Toc142481750)

[5 巡检准备 （7）](#_Toc142481751)

[5.1 开工准备 （7）](#_Toc142481752)

[5.2 技术准备 （7）](#_Toc142481753)

[5.3 作业准备 （8）](#_Toc142481754)

[5.4 巡检流程 （8）](#_Toc142481755)

[6 巡检方法 （10）](#_Toc142481756)

[6.1 声呐探测技术 （10）](#_Toc142481757)

[6.2 遥感探测技术 （10）](#_Toc142481758)

[6.3 设备精度要求 （11）](#_Toc142481759)

[7 巡检系统 （13）](#_Toc142481760)

[7.1 系统组成 （13）](#_Toc142481761)

[7.2 水下机器人 （13）](#_Toc142481762)

[7.3 无人船 （13）](#_Toc142481763)

[7.4 无人机 （14）](#_Toc142481764)

[8 巡检内容 （16）](#_Toc142481765)

[8.1 巡检对象 （16）](#_Toc142481766)

[8.2 适用条件 （17）](#_Toc142481767)

[9 资料整理 （18）](#_Toc142481768)

[9.1 巡检报告 （18）](#_Toc142481769)

[9.2 巡检成果 （18）](#_Toc142481770)

[附录A 水工建筑物灾后巡检报告封面及扉页样式 （20）](#_Toc142481771)

[附录B 水工建筑物灾后巡检记录单 （22）](#_Toc142481772)

[用词说明 （23）](#_Toc142481772)

[引用标准名录 （24）](#_Toc142481772)

[附：条文说明 （25）](#_Toc142481772)

**Contents**

[1 General provisions （1）](#_Toc142418924)

[2 Terms （2）](#_Toc142418925)

[3 Basic requirements （4）](#_Toc142418926)

[4 Inspection requirements （5）](#_Toc142418927)

[4.1 Inspection principles （5）](#_Toc142418928)

[4.2 Inspection modes （5）](#_Toc142418929)

[4.3 Quality requirements （5）](#_Toc142418930)

[5 Preparation for inspection （7）](#_Toc142418931)

[5.1 Operating reserve （7）](#_Toc142418932)

[5.2 Technical preparation （7）](#_Toc142418933)

[5.3 Operation ratio （8）](#_Toc142418934)

[5.4 Inspection process （8）](#_Toc142418935)

[6 Inspection methods （10）](#_Toc142418936)

[6.1 Sonar detection technology （10）](#_Toc142418938)

[6.2 Remote sensing detection technology （10）](#_Toc142418939)

[6.3 Equipment accuracy requirements （11）](#_Toc142418940)

[7 Inspection system （13）](#_Toc142418941)

[7.1 System composition （13）](#_Toc142418942)

[7.2 Remote operated vehicle （13）](#_Toc142418943)

[7.3 Unmanned surface vehicle （13）](#_Toc142418944)

[7.4 Unmanned aerial vehicle （14）](#_Toc142418945)

[8 Inspection content （16）](#_Toc142418946)

[8.1 Inspection content （16）](#_Toc142418948)

[8.2 Application conditions （17）](#_Toc142418949)

[9 Date sorting （18）](#_Toc142418950)

[9.1 Inspection reports （18）](#_Toc142418952)

[9.2 Inspection results （18）](#_Toc142418953)

[Appendix A Post-disaster inspection report cover and title page style （20）](#_Toc142418954)

[Appendix B Post-disaster inspection records of hydraulic structures （22）](#_Toc142418955)

[Explanation of wording （23）](#_Toc142418955)

[List of quoted standards （24）](#_Toc142418955)

[Addition：Explanation of provisions （25）](#_Toc142418955)

# 1 总 则

**1.0.1** 为规范水工建筑物灾后巡检工作，提高巡检技术水平，保障水工建筑物灾后巡检安全和质量，制定本标准。

**1.0.2**  本标准规定了水工建筑物灾后巡检的基本规定、巡检要求、巡检准备、主要方法、巡检系统、巡检内容以及资料整理等。

**1.0.3**  本标准适用于指导水利水电工程、水运工程、引调水工程等自然灾害下水工建筑物的巡检作业。

**1.0.4** 水工建筑物灾后巡检工作除应符合本标准规定外，尚应符合国家现行有关标准和现行中国工程建设标准化协会有关标准的规定。

# 2 术 语

**2.0.1** 灾后巡检 post-disaster inspection

按照预先规划的路径，在全球导航卫星系统(GNSS)、卫星/惯性导航系统(GNSS/INS)等组合导航技术的支持下，对自然灾害发生后的水工建筑物自主执行巡检任务。

**2.0.2** 遥感探测技术 remote sensing technology

根据电磁波的理论，应用各种传感仪器（人造卫星、飞机、无人机或其他飞行器等）对远距离目标所辐射和反射的电磁波信息进行收集、处理，并成像，从而对地面各种物体进行探测和识别的技术。

**2.0.3** 多波束声呐技术 multibeam sonar technology

根据声呐阵列系统反射的回波信号水深信息，集成定位、姿态、罗经等修正，获取水下地物表观三维空间形态、数字信息的技术。

**2.0.4** 侧扫声呐技术 side-scan sonar technology

根据回声信号图像识别水底或水下被测物声学影像的主动声呐，检测水下物体表观形态、沉积物类型的技术。

**2.0.5** 成像声呐技术 imaging sonar technology

利用声学原理与图像分析技术获取物体方位、大小、形态等信息，实现目标探测与避碰的技术。

**2.0.6** 水工建筑物巡检系统 hydraulic building inspection system

由水工建筑物检测设备（无人机、无人船、水下机器人等）和监控平台组成，必要时应配备遥感监测设施、导航设施和实时监控装置等，可通过全自主模式、遥控模式或快速分析控制模式等进行水工建筑物巡检作业的系统。

**2.0.7** 监控平台 monitoring system

由计算机（服务器）、通讯设备、监控分析软件和数据库等组成，用于存储、分析监控数据并做出报警或预警的系统。

**2.0.8** 水下机器人 remote operated vehicle

通过脐带缆进行信号和电力传输，在水下可自动定向、定深、悬浮或航行，通过水面控制单元被遥控进退、横移、转向或升沉，进行水下观察、检查和/或作业的遥控无人潜水器。

**2.0.9** 无人船 unmanned surface vehicle

利用无线电遥控，借助精确卫星定位和自身传感器可搭载声学、光学传感器按预设任务在水面航行的非载人船只。

**2.0.10** 无人机 unmanned aerial vehicle

利用无线电遥控设备和自备的程序控制装置操纵的不载人飞机。

# 3 基本规定

**3.0.1** 水工建筑物灾后巡检应包括方案制订、巡检准备、巡检实施、成果检验和成果提交。

**3.0.2**  水工建筑物灾后巡检过程中发现异常现象或存在隐患时，必须分析原因并及时上报主管部门。

**3.0.3**  在保证人员、装备安全的前提下，应提高巡检成果精度，其精度指标可参考国家现行有关标准执行。在特殊情况下，可适当放宽，并应备注说明。

**3.0.4** 水工建筑物灾后巡检应有预案，当发生应急响应或预测即将发生时，应启动水工建筑物灾后应急预案。

**3.0.5** 水工建筑物灾后巡检应严格遵守安全生产规章规程，巡检人员应具备良好的身体和业务素质。

**3.0.6**  针对水工建筑物的不同部位，宜根据灾后巡检任务、作业环境等采用单一检测技术或联合检测技术进行检测。

**3.0.7** 灾后巡检工作宜采用多种巡检技术或方法相互对比、验证，应保证检测成果的一致性。

**3.0.8**  水工建筑物灾后巡检外业原始检测数据严禁随意修改，必须及时处理、存储和备份。

**3.0.9** 水工建筑物灾后巡检外业结束后应及时进行分析总结，并应形成巡检成果与报告。

**3.0.10** 水工建筑物灾后巡检中所收集的影像资料、图件、文字记录及调查报告等成果均应归档保存。

# 4 巡检要求

## 4.1 巡检原则

**4.1.1**  水工建筑物的巡检应结合定期安全检查与安全评价进行，每5年不应少于1次。

**4.1.2** 对于大坝坝前进水口易淤部位、常年受水流冲刷或水库泄洪等部位，宜在每年汛后进行区域巡检，并应及时观察淤堵或缺陷发展情况。

**4.1.3**  在发生泥石流后，应及时进行水工建筑物及区域巡检，应重点检查进出水口、隧洞、明渠的淤堵及破损情况。

**4.1.4**  当水工建筑物出现危及工程安全的问题或其周边出现地震等自然灾害时，应及时进行水工建筑物巡检，应查明结构体现状及缺陷分布情况。

**4.1.5**  当发生特大暴雨或洪水泄水后，应及时进行水工建筑物及区域巡检，应查明结构体被冲刷、淘刷及区域淤积情况。

**4.1.6**  对发现有缺陷隐患的部位或根据运行管理单位的需要，应及时对工程进行水工建筑物结构体巡检。

## 4.2 巡检方式

**4.2.1**  灾后巡检应采用“面积性普查+局部性详查”的巡检方式，应根据不同工程部位特点进行选择；

**4.2.2** 面积性普查应根据现场条件选择适宜的巡检平台搭载无人机、侧扫声呐、多波束声呐或三维声呐等检测设备对检测对象的缺陷部位进行扫测，应根据摄影图像、声呐图像和水下三维地形数据确定检测对象的缺陷位置和类型；

**4.2.3**  局部性详查应针对普查阶段划出的异常区域，应选择适宜的巡检平台搭载高清摄像设备等对重点观察部位和声呐检查异常区域进行逐一详查，并应确认异常的性质规模和分布位置；

**4.2.4**  作业环境条件许可下，宜采用潜水员水下探摸对已发现的重要缺陷进行验证检查。

## 4.3 质量要求

**4.3.1** 水工建筑物灾后巡检应进行全过程质量管理，并应满足下列要求：

**1**  巡检过程的技术指导；

**2** 巡检数据的质量分析；

**3** 巡检成果的专家会商。

**4.3.2** 巡检的数据和结论应真实、可靠、有效。

# 5 巡检准备

## 5.1 开工准备

**5.1.1**  水工建筑物灾后巡检前应收集巡检目标的基本信息，并应对所收集的资料进行分析，收集的资料应包括下列内容：

**1**  水工建筑物历年的运行、检测、维护等资料；

**2**  工程监测资料；

**3**  巡检作业区域内的地质水文资料；

**4** 水工建筑物设计文件、竣工资料等。

**5.1.2**  水工建筑物灾后巡检前应进行作业环境踏勘，作业环境踏勘应包括下列内容：

**1**  应查看作业区域建筑物、地物、地貌及交通状况等特点；

**2**  应了解巡检水域的环境信息，包括水深、水温、水动力及风力风向等影响巡检的信息；

**3** 应查勘水下作业区深度、作业面情况等；

**4**  应规划水下巡检设备的安放和布设位置；

**5** 其他有助于巡检的有关资料。

## 5.2 技术准备

**5.2.1** 应熟悉之前的巡检项目和检测结果，对诸如修补过的部位和存在缺陷的部位应进行重点掌握，以便此次巡检具有针对性。

**5.2.2** 应熟悉图纸、明确巡检任务，应编制详细的巡检技术方案或任务书，应学习有关标准及施工规范。

**5.2.3**  巡检期间，宜根据收集到的最新信息，及时对巡检方案进行修改。

**5.2.4**  针对上次修补部位应进行重点巡检，应将检测结果与之前的检测结果进行对比，以观察是否有新增缺陷以及原有的缺陷是否有扩大的趋势。

**5.2.5**  方案制订应根据水工建筑物灾后巡检目的、巡检环境等因素确定巡检方式、配备巡检设备、制订巡检技术方案、评估巡检安全风险因素并应制订预防措施。

**5.2.6** 水工建筑物灾后巡检技术方案应经专家和主管部门审批后，付诸实施，技术方案应包括下列内容：

**1**  任务来源、目的；

**2**  编制依据；

**3** 巡检内容和方法；

**4** 设备及人员；

**5** 巡检作业流程；

**6**  巡检实施方案；

**7**  巡检进度计划；

**8**  提交资料和成果；

**9**  应急预案。

**5.2.7**  应进一步摸清现场情况及周边环境，便于巡检作业时采取保护措施并组织好交通，应避免发生意外事故。

## 5.3 作业准备

**5.3.1** 在进场和作业前，为保证巡检工作安全进行，应对全体作业人员进行技术交底和安全作业教育。

**5.3.2**  根据施工进度计划，应组织巡检班组陆续进场，并应对技术性工种的施工人员进行岗位培训，实行持证上岗。

**5.3.3**  施工前应对巡检仪器进行校核，应对业主所交付的测量基准点进行检测复核，并应按巡检需要加密控制网。

**5.3.4** 准备水上工作平台，应满足使用和设备布置要求，并应按照作业要求布置工作平台和水下巡检所有设备和器具。

**5.3.5** 对所有用于本项工程的仪器、设备和工具的可靠性和安全性应进行使用前的检测与调试。

## 5.4 巡检流程

**5.4.1** 水工建筑物灾后巡检应严格遵守安全生产规章规程，巡检人员应具备良好的身体和业务素质。

**5.4.2** 水工建筑物灾后巡检的工作流程宜按图5.4.2进行。



**图5.4.2 灾后巡检工作流程框图**

# 6 巡检方法

## 6.1 声呐探测技术

**6.1.1** 利用多波束声呐技术进行巡检时，应符合以下规定：

**1** 多波束声呐应适用于开阔区域水下巡检，水深、水温等作业工况应满足多波束作业要求；

**2** 多波束探测系统应包括多波束换能器、外围辅助设备（定位设备、罗经等）、数据采集和处理系统等；

**3** 多波束测深系统安装检校、测线布设、数据处理应符合现行行业标准《多波束测深系统测量技术要求》JT/T 790-2010的有关规定；

**4**  多波束声呐现场测试还应符合现行行业标准《多波束测深系统测量技术要求》JT/T 790的有关规定。

**6.1.2**  利用侧扫声呐技术进行巡检时，应符合以下规定：

**1** 侧扫声呐应适用于开阔区域水下普查，作业工况应满足侧扫作业要求；

**2**  侧扫声呐系统应包括水声换能器、集线盒、传输电缆及甲板控制电脑等；

**3** 侧扫声呐工作布置、数据处理、图件制作应符合现行行业标准《侧扫声呐测量技术要求》JT/T 1362-2020的有关规定。

**6.1.3** 利用成像声呐技术进行巡检时，应符合以下规定：

**1**  成像声呐应适用于区域范围较小的水下巡检，宜用作局部区域和结构的局部详查，可分为二维成像声呐和三维成像声呐；

**2** 成像声呐应包括声呐主体、载体、集线盒、传输电缆及甲板控制电脑等。

**3**  成像声呐工作布置、数据处理、图件制作应符合现行行业标准《航道整治工程水下检测与监测技术规程》JTS/T 241-2020的有关规定；

**4**  应根据探测目标、性质等合理设置扫描方式、旋转角度和旋转速度等参数，并应保证相邻扫描断面重叠带不少于测线间距的10%；

**5**  成像声呐资料处理应包括绘制缺陷分布图、对缺陷规模进行标记和制作统计缺陷统计表等。

## 6.2 遥感探测技术

**6.2.1**  利用无人机遥感技术进行巡检时，应符合以下规定：

**1**  无人机遥感应适用于水工建筑物开阔区域的水上部位巡检、区域内地质灾害（滑坡、崩塌和塌陷等）巡检和广域的地形地貌测量等。

**2**  无人机遥感系统应包括无人机、适配的笔记本电脑、可提供自主航线规划和摄影拍摄设置的应用软件。

**3** 应选择具有高精度建图与精准飞行设计功能的行业级无人机，无人机飞行应符合现行行业标准《农业航空作业质量技术指标》MH/T 1002-1995的有关规定。

**4**  无人机遥感技术用于水工建筑物巡检还应符合现行行业标准《无人机航摄系统技术要求》CH/Z 3002-2010的有关规定。

**6.2.2** 利用卫星遥感技术进行巡检时，应符合以下规定：

**1**  卫星遥感应适用于水工建筑物水上较大部位巡检、广域内地质灾害（滑坡、崩塌和塌陷等）巡检、地形地貌测量等。

**2** 卫星遥感探测应根据巡检精度和区域的需求选择不同类型、不同精度的影像数据。

**3**  卫星遥感技术用于水工建筑物巡检还应符合现行国家标准《自然灾害遥感专题图产品制作要求 第1部分：分类、编码与制图》GB/T 28923.1-2012和现行国家标准《基于地形图标准分幅的遥感影像产品规范》GB/T 37151-2018的有关规定。

## 6.3 设备精度要求

**6.3.1** 巡检前应检查与调试仪器设备，其状态和性能应满足现场巡检的要求；**6.3.2** 巡检设备精度要求应符合表6.3.2的规定。

**表6.3.2 主要****巡检设备精度要求**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 巡检方法 | 配备设备 | 精度要求 |
| 1 | 多波束声呐技术 | 多波束测深仪、姿态传感仪、罗经、定位仪、声速剖面仪、潮位仪等 | 最大量程不宜低于300m，最大耐压水深不宜小于100m。量程分辨宽度应不大于0.5°×1°，波束条带宽不宜大于15°，距离分辨率不宜大于2cm |

**续表6.3.2 主要巡检设备精度要求**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 2 | 侧扫声呐技术 | | 导航定位设备、水声换能器和其他辅助设备等 | 最大量程不宜低于150m，最大耐压水深不宜小于100m。水平波束宽度应不大于0.3°，航迹方向分辨率不宜大于0.005×换能器距水底的深度（m），垂直航迹方向分辨率不宜大于1.25cm |
| 3 | 成像声呐技术 | 二维成像声呐 | 搭载平台、声呐检测传感器、通讯供电缆、通讯供电模块及控制终端计算机等 | 最大扫描距离不宜小于15m，工作频率不宜小于900kHz，最大耐压水深不宜小于100m。波束大小应不大于1°×30° |
| 三维成像声呐 | 最大扫描距离不宜小于10m，工作频率不宜小于1300kHz，最大耐压水深不宜小于100m。波束大小应不大于1°×1°，距离分辨率不宜大于15mm |
| 4 | 水下摄像 | | 搭载平台、摄像设备、照明设备、通讯供电模块、控制终端计算机等 | 最大耐压水深不宜小于100m，  分辨率不宜小于500万像素 |
| 5 | 无人机遥感技术 | | 无人机、导航定位设备、控制终端计算机等 | 最大飞行高度不易低于100m，图像分辨率不易低于1000万像素，图像传输距离不小于10km，电池容量5h以上 |

# 7 巡检系统

## 7.1 系统组成

**7.1.1** 水工建筑物巡检系统应包括系统控制子系统、数据传输子系统、水上巡检平台、水下巡检平台和前端分析子系统等。

**7.1.2** 巡检系统应根据巡检任务和要求选择搭载不同平台和子系统，系统控制子系统应包括水下检测平台和水上检测平台的控制系统，水下巡检平台应包含水下机器人，水上巡检平台应包含无人机、无人船等。

## 7.2 水下机器人

**7.2.1**  水下机器人应适用于对巡检范围小、结构精细的部位进行详查。巡检区域内，要求水动力条件弱、所承载的检测设备不应超过水下机器人所能承载的最大负荷。

**7.2.2** 水下机器人可搭载水下探测、检测传感器、工具包以及辅助定位等设备，可对水工建筑物表观缺陷或异常情况的详查。

**7.2.3** 水下机器人应具备水上控制、电力及信号传输、水下作业和可选择性配件搭载等功能。

**7.2.4** 水下机器人技术要求应符合下列规定：

**1**  水下机器人应具有前进、后退、空档、变速、防侧翻等功能；

**2**  水下机器人应留有加装其他检测设施的通道，可拓展不同巡检方式；

**3** 水下机器人应能在水流速度不超过1.5m/s，最大工作水深不小于100m的环境下正常工作；

**4**  为方便操控和定位，机器人检测平台宜实现后端跟踪和姿态监控功能。**7.2.5**  水下机器人资料处理应针对典型缺陷影像图，分析缺陷规模、深度和性状，并应对其进行解译。

## 7.3 无人船

**7.3.1**  无人船应适用于对开阔水域的水工建筑物水下部分的形态、损伤和水上部分的形态、损伤等进行探测。

**7.3.2** 无人船可搭载水下声呐、惯导、罗经、姿态等定位传感器和水上激光等测量、观测设备。

**7.3.3**  无人船子系统应由无人船船体、控制单元、通信单元和岸基监控单元组成。

**7.3.4**  无人船技术要求应符合下列规定：

**1** 无人船应具有防碰撞、防侧翻的安全设计，应适用于河流、湖泊、水库等水体；

**2**  无人船系统应具有低电量情况下返航功能，宜设置为当电量低于15%时进行电量报警，并应要求返航，该电量阈值可根据实际情况进行调整；

**3** 无人船系统外部接口应具有扩展性，可扩展搭载水文、气象等传感单元；

**4** 无人船系统应具备船体、电源、通信三级防雷设计。

## 7.4 无人机

**7.4.1**  无人机应适用于水工建筑物灾后水上部位的巡检作业。

**7.4.2** 无人机可搭载高清摄像机、激光测距仪、云台及RTK定位装置等。

**7.4.3** 无人机系统应由飞行平台、任务装置、地面控制站、发射与回收系统组成。

**7.4.4**  无人机现场作业要点应符合下列规定：

**1** 无人机起飞和降落时，作业人员应与其始终保持足够的安全距离，不应站在其起飞和降落的方向前，不应站在无人机巡检航线的正下方；

**2** 起飞前，作业人员必须认真检查飞行参数设置是否正确，应预先设置无人机紧急情况下的安全策略，应避免造成意外事故；

**3** 确定可以飞行后，应在地面站软件进行航线规划，设置飞行高度、重叠度、起降场等，应形成飞行计划；

**4**  应将飞行计划上传至飞行控制系统，进行起飞、飞行、降落，应采集影像数据、记录飞行的POS（Position Orientation System）数据、获取飞行数据；

**5**  应实时关注无人机RTK状态，RTK失锁后应检查差分数据链路，连续失锁30秒后应终止任务，立即安全返航；

**6**  应密切关注遥控链路、图像链路信号状态、电池、风速、无人机航迹，如出现明显异常，应及时暂停作业。

**7.4.5**  无人机作业完成后必须在现场对作业数据进行检查，应核实有无漏拍错拍，检查照片质量情况，如存在不合格数据，应进行手动补拍，并修正航线。

# 8 巡检内容

## 8.1 巡检对象

**8.1.1** 根据水利工程巡检对象和运营状态，水工建筑物种类应包括挡水建筑物、泄水及消能建筑物、输水及通航建筑物、近坝库岸及工程边坡、水库、明渠渠道等水域底部、水工建筑物水上部位等。

**8.1.2** 不同的巡检项目和内容可参考表8.1.2所示。

**表8.1.2 水工建筑物巡检内容**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 建筑物 | | 巡检内容 |
| 挡水建筑物 | 大坝坝基  及大坝坝体 | 坝前淤积、障碍物、冲坑 |
| 外观缺陷 |
| 坝趾淘刷 |
| 导流洞堵头 | 堵头混凝土外观缺陷 |
| 泄水及消  能建筑物 | 岸边溢洪道 | 外观缺陷 |
| 结构变形、变位 |
| 泄洪隧洞 | 外观缺陷 |
| 结构变形、变位 |
| 大坝坝身  溢流表孔 | 外观缺陷 |
| 结构变形、变位 |
| 大坝坝身泄  水孔（管） | 外观缺陷 |
| 结构变形、变位 |
| 输水及通  航建筑物 | 输水隧洞 | 外观缺陷 |
| 引水隧洞 | 外观缺陷 |
| 明渠 | 水下淤积、冲刷 |
| 渡槽 | 外观缺陷 |
| 倒虹吸 | 水下淤积 |
| 近坝库岸及  工程边坡 | 近坝库岸 | 外观缺陷 |
| 工程边坡 | 外观缺陷 |

**续表8.1.2 水工建筑物巡检内容**

|  |  |
| --- | --- |
| 水库、明渠渠道等水域底部 | 水下地形、地貌 |
| 淤积、障碍物 |
| 水工建筑物水上部位 | 滑坡、坍塌、沉陷 |

## 8.2 适用条件

**8.2.1**  现场巡检中应根据工程特点及巡检内容，选择合适的巡检方法；

**8.2.2** 水下地形、地貌等可采用多波束声呐技术进行检测，应符合国家现行标准《海洋调查规范 第10部分：海底地形地貌调查》GB/T 12763.10-2007和行业标准《多波束测深系统测量技术要求》JT/T 790-2010的有关规定；

**8.2.3**  水下淤积、冲刷等可采用多波束测深、侧扫声呐等方法进行检测，应符合现行行业标准《多波束测深系统测量技术要求》JT/T 790-2010和行业标准《侧扫声呐测量技术要求》JT/T 1362-2020的有关规定；

**8.2.4**  水下障碍物、塌陷等可先采用侧扫声呐进行普查，然后采用光学成像进行详查，应符合现行行业标准《侧扫声呐测量技术要求》JT/T 1362-2020和行业标准《沿海通航水域应急扫测技术要求》JT/T 1381-2021的有关规定；

**8.2.5**  水下结构外观缺陷，应包括裂缝、剥蚀、磨蚀、冲蚀、冻融、空蚀、淘蚀、破损、露筋、错台等，可先采用多波束声呐、侧扫声呐进行普查，然后采用成像声呐、光学成像进行详查，应符合现行行业标准《水工混凝土结构缺陷检测技术规程》SL 713-2015的有关规定；

**8.2.6**  水下结构体变形、变位可采用水下摄像、成像声呐技术进行检测，应符合现行行业标准《航道整治工程水下检测与监测技术规程》JTS/T 241-2020的有关规定；

**8.2.7**  水上结构的外观缺陷、外围地质灾害（滑坡、坍塌、沉陷等）可采用高清摄像机。

# 9 资料整理

## 9.1 巡检报告

**9.1.1**  通过资料整理和数据分析，应对水工建筑物运行情况做出判断，提交相关巡检报告，并应包括下列内容：

**1**  工程项目及巡检概况；

**2** 巡检内容及工作布置；

**3**  巡检方法及使用的仪器设备、人员组成；

**4**  技术指标、判断依据及巡检成果综述；

**5**  巡检结论及分析；

**6**  附图、附表。

**9.1.2** 巡检报告应经校核和审查后向用户提交，并应及时按照有关规定进行归档，巡检记录报告封面及扉页样式宜符合附录A的有关规定。

**9.1.3**  提交审查的成果报告，应是内容完整、图表齐全，且内容的形式应符合本标准的相应规定。如有下列情况，成果资料应不予审查：

**1** 未按要求绘制的图件；

**2** 未经有关人员校核签字的图件和图表；

**3**  资料和图表混乱，未经认真整理装订。

**9.1.4** 成果报告有下列情况之一者，审查应不予通过：

**1** 综合分析不够充分，对主要问题没有提出明确的结论和建议者；

**2** 概念不清，解释错误，结论不正确者；

**3**  文字报告章节不清，文理不顺，前后矛盾，图件中有严重错误者。

## 9.2 巡检成果

**9.2.1**  巡检成果应包括巡检原始资料和最终的检测报告。

**9.2.2**  巡检原始资料应包括巡检原始数据及其他相关数据，并应附巡检记录单。巡检记录单宜符合附录B的有关规定。

**9.2.3** 应提供巡检区域内地形地貌影像数据、高程数据及形变分析结果等，无人机应拍摄建筑物损伤、破坏及变形数据等。

**9.2.4**  水下地形地貌的判读应提供水下等深图。

**9.2.5**  淤积、淘蚀的判读应提供高程差对比分析及绘制水底地形剖面曲线图。

**9.2.6** 水下结构变形、变位的判读应提供三维点云数据分析。

**9.2.7**  水下成像或声呐检测获取的图片应标明目标属性、水流流向、水深等信息，采样位置和图形变异处应现场捕捉成像并进行数据保存。

**9.2.8**  声呐轮廓图不应作为外观缺陷的最终评判依据，应采用水下影像图予以核实或以其他方式检测评估。

**9.2.9**  缺陷图片宜采用现场抓取最佳角度和最清晰图片的方式，特殊情况下可采用观看录像截图的方式。

# 附录A 水工建筑物灾后巡检报告封面及扉页样式

|  |
| --- |
| **报告编号：**  **水工建筑物灾后巡检报告**  项目名称：  委托单位：  巡检单位名称（盖章）  编写日期 |

**图A.0.1 灾后巡检报告封面样式**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | 项目名称 |  | | | | 委托单位 |  | | | | 委托日期 |  | 巡检日期 |  | | 巡检项目 |  | | | | 巡检地点 |  | | | | 巡检内容 |  | | | | 巡检依据 |  | | | | 巡检结果 |  | | | | 巡检结论 |  | | | | 备注 |  | | |   批准： 审核： 巡检人员：  日期： 日期： 日期： |

**图A.0.2 灾后巡检报告扉页样式**

# 附录B 水工建筑物灾后巡检记录单

**表B.0.1 水工建筑物灾后巡检记录单**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 任务名称 |  | | 巡检日期 |  | |
| 巡检设备 |  | | 巡检方法 |  | |
| 巡检原因 |  | | | | |
| 巡检部位 |  | | | | |
| 工作负责人 |  | 作业区段 |  | 作业时段 |  |
| 巡检情况 |  | | | | |
| 巡检系统  工作情况 |  | | | | |
| 备注 |  | | | | |

巡检员： 技术负责人：

# 用词说明

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：

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：

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：

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，采用“可”。

# 引用标准名录

本标准引用下列标准。其中，注日期的，仅对该日期对应的版本适用本标准；不注日期的，其最新版本适用于本标准。

《海洋调查规范 第10部分：海底地形地貌调查》GB/T 12763.10-2007

《自然灾害遥感专题图产品制作要求 第1部分：分类、编码与制图》GB/T 28923.1-2012

《基于地形图标准分幅的遥感影像产品规范》GB/T 37151-2018

《无人机航摄系统技术要求》CH/Z 3002-2010

《多波束测深系统测量技术要求》JT/T 790-2010

《侧扫声呐测量技术要求》JT/T 1362-2020

《沿海通航水域应急扫测技术要求》JT/T 1381-2021

《航道整治工程水下检测与监测技术规程》JTS/T 241-2020

《农业航空作业质量技术指标》MH/T 1002-1995

《水工混凝土结构缺陷检测技术规程》SL 713-2015

中国工程建设标准化协会标准

水工建筑物灾后巡检标准

T/CECS XXX-202X

# 条文说明

**制定说明**

本标准制定过程中，编制组进行了南水北调中线工程沿线地质灾害等的调查研究，总结了我国水工建筑物灾后巡检的实践经验，同时参考了国外先进技术法规、技术标准。通过试验取得了水工建筑物灾后巡检内容和巡检方法等重要技术参数。

为便于广大技术和管理人员在使用本标准时能正确理解和执行条款规定,《水工建筑物灾后巡检标准》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明,对条款规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项等进行了说明。本条文说明不具备与标准正文及附录同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

**目 次**

[1 总 则 （28）](#_Toc142481744)

[2 术 语 （29）](#_Toc142481745)

[3 基本规定 （30）](#_Toc142481746)

[4 巡检要求 （31）](#_Toc142481747)

[4.1 巡检原则 （31）](#_Toc142481748)

[4.2 巡检方式 （31）](#_Toc142481749)

[4.3 质量要求 （31）](#_Toc142481750)

[5 巡检准备 （32）](#_Toc142481751)

[6 巡检方法 （33）](#_Toc142481756)

[6.1 声呐探测技术 （33）](#_Toc142481757)

[6.2 遥感探测技术 （34）](#_Toc142481758)

[6.3 设备精度要求 （34）](#_Toc142481759)

[7 巡检系统 （35）](#_Toc142481760)

[7.1 系统组成 （35）](#_Toc142481761)

[7.2 水下机器人 （35）](#_Toc142481762)

[7.3 无人船 （35）](#_Toc142481763)

[7.4 无人机 （35）](#_Toc142481764)

[8 巡检内容 （36）](#_Toc142481765)

[8.1 巡检对象 （36）](#_Toc142481766)

[8.2 适用条件 （36）](#_Toc142481767)

[9 资料整理 （37）](#_Toc142481768)

[9.1 巡检报告 （37）](#_Toc142481769)

[9.2 巡检成果 （37）](#_Toc142481770)

**1 总 则**

**1.0.1** 说明制定本标准的宗旨目的。

**1.0.2** 规定本标准的适用范围。本标准适用的水工建筑物包括挡水建筑物、泄水及消能建筑物、输水及通航建筑物、近坝库岸及工程边坡等，不包括港口、码头、船坞等建筑物。对于水工建筑物渗漏检测、金属结构内部缺陷检测等，应参考相关的行业技术规范，在本标准中不再规定。

**2 术 语**

**2.0.1**  本章仅将本规范出现的、需要明确定义的术语列出，有关水工建筑物专业性的通用术语没有编入。

**2.0.2**  本次修订无删除和补充相关术语。

**2.0.3** 术语的解释，大部分则是概括性的涵义，并非国际或国家公认的。术语的英文名称不是标准化名称，仅供引用时参考。

**3 基本规定**

**3.0.1**  水工建筑物灾后巡检包含完备过程，水下检测工作的全过程要符合相关规定中各项程序、措施、方案、指标的要求。

**3.0.2**  水下检测的必要性是由于水下结构物属于隐蔽工程，其隐患、缺陷的及时、准确发现对其健康运行尤为重要，故水下检测成果应真实、直观、准确地对应水工建筑物水下缺陷或状态。

**3.0.3**  巡检工作的开展需以保证水下作业设备或人员的安全为基础，水下作业要始终处于水上的监督、控制、管理之下，确保通讯、供电、供气正常后再开展。

**3.0.5** 水工建筑物灾后巡检通常存在较多的安全隐患，需由经过系统、专业培训的检测人员开展相关的检测工作，检测人员、检测单位应有相关培训、能力评估认定的证明。水下检测工作的全过程要符合相关规定中各项程序、措施、方案、指标的要求。

**3.0.6** 巡检一般由运营管理单位提出检测任务的需求。对于常年发电、泄洪部位，需要适当增加频次以及时发现水下隐患或缺陷；对于应急突发情况，需要及时采用多类检测技术完成高效地水下检测。

**3.0.7 ~ 3.0.10**  水下检测成果应真实、直观、准确地范应水工建筑物水下缺陷或状态，检测技术与方法获得的检测成果如相悖时，需要进行复测或再引入其他方法检测确认。检测数据需要符合时代化的智慧水利、智慧水电的需求，建立检测数字化档案，以便于后期检测数据对比、分析变化特征。

**4 巡检要求**

## 4.1 巡检原则

**4.1.1** 水工建筑物水下检测频次与安全定检周期、水流冲刷程度、突发自然灾害等情况有关，一般由运营管理单位提出检测任务的需求。

**4.1.2 ~ 4.1.6** 针对各大类自然灾害情况，根据实际情况，按照规定及时明确巡检任务和巡检对象，并开展巡检工作。

## 4.2 巡检方式

**4.2.1 ~ 4.2.4** 水下检测工作宜先普查后详查，普查要能检测出缺陷分布情况，详查要能检测出缺陷性质、具体位置、规模等。

## 4.3 质量要求

**4.3.1** 水工建筑物灾后巡检所采用全过程质量管理是指在技术保证的前提下，获得相应准确的检测结果，最后由专家部门指导分析。

**4.3.2**  巡检数据要可靠、直观，以便于后期检测数据对比与分析。

**5 巡检准备**

**5.1 ~ 5.4** 本章节为确保灾后水工建筑物巡检工作的顺利开展，主要对检测工作开展前的现场开工准备、技术准备、作业准备以及巡检流程进行了相关规定，可作为项目实施的指导、参考。

**6 巡检方法**

## 6.1 声呐探测技术

**6.1.1** 多波束声呐技术

多波束声呐技术用于水下三维扫测，常用的多波束声呐为多波束测深声呐、三维多波束声呐、隧洞版多波束声呐。多波束测深声呐适用于开阔水域，联合 RTK、PPK 定位技术通过水深探测完成水下地形、水下结构物体型表观检测，但卫星定位精度受高耸的水工建筑物遮挡会影响数字信息的采集。三维多波束声呐可用于狭窄流道、闸门前等半封闭水域的扫测，扫测方式可为测站式或移动式，测站式主要通过特征点定位，移动式主要通过惯导或水声通讯定位。隧洞版多波束声呐用于隧洞、管道等有限空间的扫测，主要联合惯导系统完成水工隧洞三维数字信息采集。

**6.1.2**  侧扫声呐技术

侧扫声呐技术主要用于获取地貌影像、水下结构物表观影像信息，通过高效、快速的普查扫测，提供影像数据辅助多波束声呐的三维采集数据测解译，也可单独使用，先快速获知水下地形地貌特征及缺陷存在范围，再与潜水器联合详查缺陷。侧扫声呐的系统配置，除了考虑水下地形地貌的采集配置外，还需考虑到水下结构物缺陷检测时系统配置应具备的要求。侧扫声呐在针对水工建筑物的陡立面、倾斜面检测时，为保证两个声呐换能器采集数据的质量，首先应将换能器旋转一定角度，尽量与陡立面、倾斜面平行，避免存在交角产生的影像叠加对数据质量的影响，同时，采用悬挂式安装，使声呐换能器尽量靠近被测面，是为了减小盲区条带，尽可能呈现水面至被测面底部的影像全貌，获取稳定、清晰的数据影像条带。

**6.1.3**  成像声呐技术

成像声呐用于水下的二维、三维成像，主要用于详查阶段，包括前视声呐、二维图像声呐、多频数字图像声呐、三维全景成像声呐、三维实时成像声呐，三维全景成像声呐即同测站式三维多波束声呐，通常安置于潜水器上，可通过固定杆件安置在水面载具上，也可通过潜水员手持。成像声呐的工作布置，主要根据使用用途、被测面结构特征而定，因主要是用于详查阶段，布置原则遵循由远及近、由整体至局部的工作思路。成像声呐数据采集记录很关键，是数据后处理和数据解译的核心，在发现异常或缺陷的时刻，应进行时间和相对位置的记录，也可专门对异常或缺陷进行单独的采集记录。补测或重测主要针对实施过程中不能及时发现、或无法通过数据后处理改善的，提出相关技术要求。

## 6.2 遥感探测技术

**6.2.1** 无人机遥感技术

无人机遥感技术利用无人驾驶飞行及遥感等多种技术快速并准确地获取水下自然环境或灾害等信息，具有自动化、智能化、专业化等特点。在无人机技术中，数据处理、地面控制是主要的组织结构，无人机的所有能力都离不开此结构，可帮助各种领域获取空间信息，完成对信息的搜索。

**6.2.2** 卫星遥感技术

卫星遥感探测应根据巡检精度和区域的需求选择不同类型、不同精度的影像数据。卫星遥感适用于水工建筑物水上较大部位巡检、广域内地质灾害巡检、地形地貌测量等。

## 6.3 设备精度要求

**6.3.2**  现场巡测作业前，开展仪器设备检查，需要根据被测对象选择合适的仪器参数和技术参数，满足现场巡检的要求。

**7 巡检系统**

## 7.1 系统组成

**7.1.1**  水工建筑物巡检系统包括系统控制子系统、数据传输子系统、水上巡检平台、水下巡检平台和前端分析子系统等。

**7.1.2** 巡检系统根据巡检任务和要求选择搭载不同平台和子系统，系统控制子系统包括水下检测平台和水上检测平台的控制系统，水下巡检平台主要有水下机器人，水上巡检平台主要有无人机、无人船等。

## 7.2 水下机器人

**7.2.1 ~ 7.2.3** 水下机器人系统是以ROV 为载体搭载各种检测设备，并将其送至水下待检部位进行检测的一体化检测系统。系统可实时、准确地反映缺陷的详细情况并确定其位置，另外，水下机器人检测不受深度限制，适用于不同类型的水库大坝等水工建筑物，可为其除险加固方案的制定提供可靠依据，并为水工建筑物运行管理单位的例行检查和维护提供新的手段。

## 7.3 无人船

**7.3.1 ~ 7.3.3** 无人船是一种可远程操控、借助精确卫星定位和自身传感器按预设任务在水面航行的全自动水面机器人，搭载水下声呐、惯导、罗经、姿态等定位传感器和水上激光等测量、观测设备，对开阔水域的水工建筑物水下部分的深度、形态进行探测。无人船技术不适用于洞室等封闭空间的缺陷检测探测。

## 7.4 无人机

**7.4.1 ~ 7.4.3** 采用无人机搭载专业设备，对水工建筑物开展巡视检查，采集影像信息和遥感数据信息。基于现代大数据和人工智能算法，对无人机采集信息进行巡检缺陷智能识别、测量，充分进行信息挖掘及成果应用。

**8 巡检内容**

## 8.1 巡检对象

**8.1.1 ~ 8.1.2**  为保证灾后水工建筑物巡检的安全性和全面性，主要对灾后巡检的水工建筑物种类进行了相关规定，且各类建筑物针对性选择巡检部位，作为项目实施的指导、参考。

## 8.2 适用条件

**8.2.1 ~ 8.2.7**  结合工程特点及巡检内容，规定了各巡检内容所采用的巡检技术和要求，便于展开多层次、多方位的巡检工作，为项目实施提供内容规范和技术指导。

**9 资料整理**

## 9.1 巡检报告

**9.1.1 ~ 9.1.4** 通过资料整理和数据分析，对水工建筑物运行情况做出判断，提交相关巡检成果报告编制，检测成果与分析，应对比往年检测数据成果、设计竣工资料，多方面进行分析对比。需要进行精度评价，因水下巡检工作为非直观可视的具象检测，检测技术的先进性、真实性除与检测仪器设备的本身精度、分辨率有关以外，还与检测人员在数据采集过程中的工作布置、参数设置、载具性能与操控有关，故水下检测需检测人员、检测单位对采集数据的精度、多种方法互相验证的准确度做出中性、客观地评价，可考虑从数据的中误差、标准差、点密度、定位精度等方面提供评价依据。

## 9.2 巡检成果

**9.2.1 ~ 9.2.9**  水下检测成果的整编，需要符合水下检测技术数据处理、图件制作的相关规定，遵循普查与详查的检测思路，在成果数据图件表达上应侧重反映各类成果的检测特征，并对检测精度、缺陷级别、检测效果等进行相应的评价，且要根据数字化管理的需求，建立档案以便于后期成果的查询与数据调用。