

ICS 27.140
CCS P 26



团 体 标 准

T/CI 1073—2025

水利水电工程数字工地建设技术导则

Directive of technical for digital site construction of water conservancy
and hydropower projects

2025-07-01 发布

2025-07-01 实施

中国国际科技促进会 发布
中国标准出版社 出版

目 次

前言	Ⅲ
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缩略语	2
5 总则	2
6 数字工地建设架构	2
7 感知层	4
8 网络层	8
9 数据层	9
10 应用层	11
11 业务层	12
12 安全与保障	15
13 培训与验收	16
附录 A(资料性) 水利水电工程数字工地专项建设方案	18
附录 B(规范性) 水利水电工程数字工地建设各相关方的权限和职责	19

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国安能集团第二工程局有限公司提出。

本文件由中国国际科技促进会归口。

本文件起草单位：中国安能集团第二工程局有限公司、江苏淮阴水利建设有限公司、广东大禹水利建设有限公司、阜阳市水利水电建设集团有限公司、北京北控在线科技集团有限公司、安徽省长江河道工程有限责任公司、中铁水利水电规划设计集团有限公司、山东安澜工程建设有限公司、宁夏建工集团有限公司、福建省水利水电勘测设计研究院有限公司、长江水利水电开发集团(湖北)有限公司、中国水利水电第三工程局、河北省水利工程局集团有限公司、华北水利水电大学、中建三局集团有限公司、新疆北方建设集团有限公司、福建省水利水电工程局有限公司、阜阳市颍泉水利建筑有限公司、荆州市河道网络与信息化中心、中国水利水电第八工程局有限公司、中国电建集团江西省水电工程局有限公司、水利部交通运输部国家能源局南京水利科学研究院、东辰华夏(北京)工程技术有限公司。

本文件主要起草人：吴志刚、丁泽霖、蒋一波、罗进琛、罗晓峰、张昊、杨海兵、付典龙、杨德生、贾翔宇、李玉、方军、陈晨、杨磊、李志锋、涂启龙、孙雷、谭魏欣、丁竹青、黄锐彬、庄超男、彭剑彪、刘晓盼、冯华斌、杜国营、金方、黄寅浩、齐建飞、刘玉林、迟晓平、方涛、王少飞、徐军、李孙武、李恒、刘泽霖、张良群、王葵华、运文裕、刘登新、李京京、胡文亚、宋阿蒙、谢长江、宋涛、李洁、陈前安、蒋发芝、陈航、程木辉、魏越波、许立山、王文琦、杜鑫伟、雷昊然、王磊之、苏鑫。

水利水电工程数字工地建设技术导则

1 范围

本文件规定了水利水电工程数字工地建设的架构组成、感知层、网络层、数据层、应用层、业务层、安全与保障、培训与验收方面的要求。

本文件适用于新建、改建和扩建的水利水电工程项目。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB/T 18894 电子文件归档与电子档案管理规范
- GB/T 22239 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求
- GB/T 28847.5 建筑自动化和控制系统 第5部分:数据通信协议
- GB/T 36951 信息安全技术 物联网感知终端应用安全技术要求
- GB/T 50159 河流悬移质泥沙测验规范
- GB 50179 河流流量测验规范
- SL 21 降水量观测规范
- SL 34 水文站网规划技术导则
- SL/T 213 水利对象分类与编码总则
- SL 219 水环境监测规范
- SL 339 水库水文泥沙观测规范
- SL/T 478 水利数据库表结构及标识符编制总则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

水利水电工程数字工地 **hydraulic and hydropower engineering digital construction site**

应用大数据、物联网、云计算等现代信息技术,形成具有信息化、数字化、网络化、协同性的水利水电工程工地,提高施工效率、安全性和质量。

3.2

AI识别 **AI recognition**

运用图像识别、语音识别、人脸识别、文本识别等技术手段,模拟人类的认知过程,使机器具备识别与理解外部信息的能力。

3.3

施工模拟 **construction simulation**

在BIM三维模型基础上集成时间维度,实现施工过程动态推演。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AI:人工智能(Artificial Intelligence)
AR:增强现实(Augmented Reality)
BIM:建筑信息模型(Building Information Modeling)
COD:化学需氧量(Chemical Oxygen Demand)
CoAP:受限应用协议(Constrained Application Protocol)
GIS:地理信息系统(Geographic Information System)
LSTM:长短期记忆网络(Long Short-Term Memory)
Mesh:网状网络(Mesh Network)
MQTT:消息队列遥测传输协议(Message Queuing Telemetry Transport)
NDVI:归一化植被指数(Normalized Difference Vegetation Index)
RFID:射频识别技术(Radio Frequency Identification)
RPO:恢复点目标(Recovery Point Objective)
RTK:实时动态定位技术(Real Time Kinematic)
SSL:安全套接层(Secure Sockets Layer)
TLS:传输层安全协议(Transport Layer Security)
UWB:超宽带(Ultra Wideband)
VR:虚拟现实(Virtual Reality)

5 总则

5.1 水利水电工程数字工地建设应遵循《水利部关于印发〈关于大力推进智慧水利建设的指导意见〉〈智慧水利建设顶层设计〉〈“十四五”智慧水利建设规划〉的通知》(水信息〔2021〕323号),旨在运用先进的信息技术,实现工程建设全过程的数字化、智能化管理,提升工程质量、保障施工安全、控制工程进度与成本,为水利水电工程建设提供高效、科学的管理手段。

5.2 水利水电工程数字工地建设方应按照本导则编制专项建设方案并组织各相关方进行实施。专项建设方案应包括:工程概况、工程特点及重难点、数字工地建设内容、实施计划与措施、运行维护保障措施、预期成果等内容,见附录A。工地建设各相关方的权限和职责符合附录B的要求。

5.3 水利水电工程数字工地建设应以提升工程建设的效率、质量和安全性为目标,保证数字与物理工地条件及其响应的同步和一致性,实现工地的数字化管理,发现问题、优化方案,保障决策的安全性、科学性和有效性。

5.4 水利水电工程数字工地建设应遵循“统筹集约、先进实用、安全可靠、迭代升级”的原则,统筹存量资源和增量需求,充分整合利用现有信息化基础设施、数据资源和应用系统;融合云计算、大数据、物联网、人工智能等新一代信息技术,构建长时间跨度、多维度分析、细粒度描述的先进实用系统;同时注重用户体验,并遵照网络安全法、密码法等法律法规、标准规范要求,同步开展网络安全体系设计、实施和使用,强化数据安全,采用安全可靠的技术、产品和服务;应采用灵活可扩展的技术架构,不断升级优化系统。

6 数字工地建设架构

6.1 概述

水利水电工程数字工地包括感知层、网络层、数据层、应用层、业务层等层级,如图1所示,水利水电

工程数字工地建设遵循分层设计理念,各层级相互协作,共同实现系统功能。

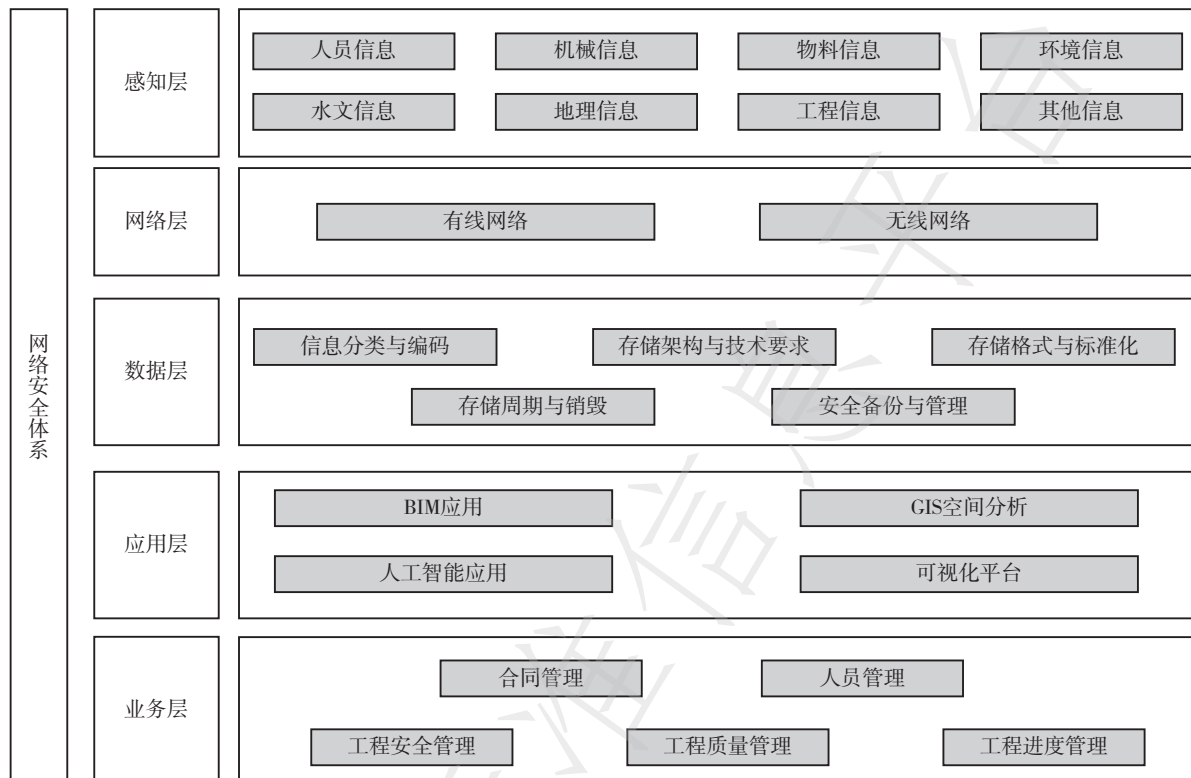


图1 水利水电工程数字工地架构示意图

6.2 架构组成

6.2.1 感知层

综合运用专业传感器、新型监测手段,全方位采集人员、机械、物料、环境、水文、地理、工程等各类信息,为工程提供数据支撑。

6.2.2 网络层

借助5G、光纤等通信技术搭建网络,结合边缘计算,保障数据低时延、高可靠的传输与交互。

6.2.3 数据层

对数据分类编码,构建多级存储架构,明确存储格式、周期与安全备份策略,实现规范化管理。

6.2.4 应用层

深度融合BIM、GIS、AI技术,开展协同管理、空间分析等应用,提升数据决策支持能力。

6.2.5 业务层

围绕合同、人员、工程安全、工程质量、工程进度等方面构建管理体系,实现工程业务数字化、精细化管理。

6.2.6 安全与保障

主要包括水利水电工程数字工地网络安全、数据安全、运行安全、系统维护等方面,为水利水电工程

数字工地建设提供安全保障。

6.2.7 培训与验收

主要包括水利水电工程数字工地技能培训以及系统平台验收,提升人员操作能力,保障后期水利水电工程数字工地安全、稳定运行并实现预期目标。

7 感知层

7.1 一般要求

7.1.1 构建覆盖工程全生命周期的数字化底座,涵盖勘察设计、施工建造、运维监测等核心参数,确保多源异构数据完整覆盖。

7.1.2 水利水电工程数字工地数据宜采用国际单位制(SI),严格遵循SL/T 213等行业规范,同时实现结构化与非结构化数据的标准化映射。

7.1.3 基础监测设施应采用专业传感器采集、视频监控、巡视巡查等监测感知方式,宜采用卫星遥感、高清视频、无人机、无人船、地面机器人、水下机器人等新型监测手段,满足复杂场景下的动态感知需求。

7.1.4 监测感知设施设备应集约建设、匹配兼容。

7.2 人员信息

7.2.1 所有人员入场前,应在工地指定登记处登记。出示身份证件,由工作人员录入姓名、身份证号、性别、出生日期等基本信息。同时提交近期免冠照片,用于人脸识别系统。

7.2.2 宜采用人脸识别、RFID手环等技术,实现人员实名制管理,实时采集人员基本信息、工种资质、培训记录等数据,确保人员信息与BIM模型中的岗位需求动态匹配。

7.2.3 宜通过UWB定位、智能安全帽等设备,记录人员在施工现场的移动路径、作业时长等数据,结合GIS地图实现区域安全管控,预防违规进入危险区域。

7.2.4 工作人员宜佩戴集成生物传感器,监测心率、体温等生理指标,结合环境数据(如噪声、粉尘浓度),预警职业健康风险。

7.2.5 特种作业人员信息,包括起重机械司机、司索信号工等,应涵盖个人资料、证书有效期、相关文件和培训记录,并实施系统预警管理。信息应包含姓名、身份证号、性别、岗位、所属公司、班组、进出时间、证书及有效期、培训情况,并上传至系统平台。

7.3 机械信息

7.3.1 机械设备进场时,系统应进行登记。记录关键技术参数。核对设备资料后,录入系统。当设备信息出现变更,应及时更新。

7.3.2 机械设备监测系统宜在大型设备处安装振动传感器、倾角仪等终端,实时采集运行参数,结合BIM模型进行设备与结构的碰撞预警。

7.3.3 宜利用AI算法对设备运行数据进行聚类分析,识别异常工况,通过系统平台进行三维可视化预警。

7.3.4 宜建立设备台账数据库,关联采购、维护、报废等全流程信息,结合GIS空间数据优化设备调度路径。

7.4 材料信息

7.4.1 材料到货时应进行材料信息登记,检查材料外观是否有损坏、质量是否符合标准。核对无误后,

将材料的实际到货信息完整录入系统。对于周转材料,宜详细登记每次周转的时间、周转次数、损耗情况等信息。同时,应定期对材料使用过程中的登记信息进行审核与整理。

7.4.2 宜建立区块链溯源系统,采用RFID标签与区块链技术,记录材料从供应商到施工现场的全流程信息(如钢筋批次、检测报告),实现质量问题精准溯源。

7.4.3 材料入库后宜通过激光扫描、重量传感器等设备,动态监测材料堆场的储量与位置,结合BIM工程量清单进行智能补货提醒。

7.4.4 宜利用大数据技术分析材料使用规律,预测周转材料需求峰值,优化供应链管理。

7.5 环境信息

7.5.1 施工前,应进行全面的环境信息收集与登记,明确划定监测范围边界,对施工区域的生态环境状况进行详细登记,梳理施工区域内及周边的水系分布,并持续更新环境信息登记内容。同时,宜定期对施工过程中的环境信息登记内容进行审核与校对。

7.5.2 宜部署微型气象站、水质监测仪等设备,实时采集温湿度、PM_{2.5}浓度、COD等参数,结合GIS数据生成环境质量热力图。

7.5.3 宜利用卫星遥感与无人机影像,动态监测施工区域植被覆盖变化,结合水文模型预测水土流失风险。

7.5.4 宜通过AI算法分析环境数据,自动调节降尘设备运行参数,实现扬尘污染精准防控。

7.6 水文信息

7.6.1 雨量监测

7.6.1.1 应利用流域管理机构和地方水行政部门的雨量监测数据。根据SL 21和SL 34,必要时加密监测点。

7.6.1.2 在坝区、重要建筑物周边等关键点位至少设1个雨量监测站。沿河道、渠道等线性工程走向,按间距 ≤ 10 km 布设监测点,重要节点加密,形成连续监测线。以库区为单元,按每50 km²不少于2个监测站均匀布设。

7.6.1.3 应采用集水位、雨量和视频监控于一体的设备。

7.6.1.4 重点雨量监测站宜汛期每小时、降水时段内每5 min 自动采集一组降雨量数据,包括时段降雨量和当日累计降雨量;遇暴雨等突发状况时应能按要求加密采集。

7.6.2 水位监测

7.6.2.1 至少在坝前后流态平稳区各设一个自动监测站,并可结合视频监控校验数据。

7.6.2.2 工程可根据需要在库区设置自动监测站。工程重点断面应建立自动监测站或利用现有水文站数据。水位自动监测频率不应低于每6 min 一次。

7.6.3 流量监测

7.6.3.1 应对工程出、入库流量进行监测。

7.6.3.2 宜共享流域管理机构、地方水行政主管部门相关水文站监测数据。

7.6.3.3 可根据需要自行监测,建设必要的土建设施,在相应断面布置流量自动监测设备。

7.6.3.4 可综合利用水文学方法进行计算补充。

7.6.3.5 监测方案选择以满足测报精度需要为准,应符合GB 50179中的要求。

7.6.3.6 流量自动量测频次根据设备及量测环境合理确定,水位—流量关系曲线换算频次与水位监测一致。

7.6.4 泥沙监测

- 7.6.4.1 应符合 GB/T 50159 中的要求,采用自建等方式在工程重点区域进行淤积监测。
- 7.6.4.2 宜采用断面法测量,根据测验成果计算水库库容及冲淤量。
- 7.6.4.3 应按照 SL 339 的要求,按期复核断面法测验成果,优化调整断面设置。
- 7.6.4.4 针对冲淤变化明显区域或其他重点部位,宜开展水下地形扫描监测,精确测验冲淤形态变化。
- 7.6.4.5 针对多沙河流工程,在排沙期间应开展出库含沙量监测,并结合实际开展发电含沙量、泄流孔洞含沙量监测,推荐在适当位置设置含沙量自动化监测装置。
- 7.6.4.6 工程淤积监测,多沙河流工程宜每年不少于1次,少沙河流工程视情况开展相关工作。多沙河流水库出库含沙量监测不应少于每天1次,其他含沙量监测频率根据需要确定。

7.7 地理信息

7.7.1 地形地貌数据采集

- 7.7.1.1 宜采用遥感技术(如卫星影像、航空摄影)、三维激光扫描(LiDAR)和无人机倾斜摄影测量。
- 7.7.1.2 当采用卫星遥感测量地形特征信息时,分辨率 ≤ 2 m。
- 7.7.1.3 当采用无人机航测用于局部精细化建模时,精度要求应达到厘米级,并应通过 RTK 定位系统实现高精度坐标匹配。
- 7.7.1.4 当采用三维激光扫描(LiDAR)技术用于生成高精度数字高程模型(DEM)时,点云密度不应小于20点/m²。
- 7.7.1.5 地面实测采用全站仪或 GNSS 设备进行关键点位坐标校验,误差应控制在 ± 5 cm 以内。

7.7.2 地质构造数据采集

- 7.7.2.1 可采用“空-天-地”立体探测体系:卫星 InSAR 监测区域构造活动性(年形变速率精度0.1 mm/年),航空物探(磁法、重力)识别隐伏断裂,地面采用地震反射波法(检波器间距 ≤ 10 m)和地质雷达(天线频率100 MHz~500 MHz)探测岩体结构。
- 7.7.2.2 钻孔岩芯取样基岩区每100 m 布置验证孔,软弱夹层应连续取芯。
- 7.7.2.3 微震监测网络布设间距 ≤ 500 m,可实时捕捉构造活化信号。

7.7.3 土壤数据采集

- 7.7.3.1 土壤调查采用网格化采样(200 m \times 200 m 网格加密至50 m \times 50 m),表层土(0 cm~30 cm)用荷兰钻取样,深层土(> 3 m)采用机械钻探。原位测试包括十字板剪切、渗透试验和圆锥动力触探。
- 7.7.3.2 实验室分析应测定比重(比重瓶法)、粒度(激光衍射仪)、有机质含量(重铬酸钾法)及重金属含量。
- 7.7.3.3 无人机多光谱遥感反演表层土壤含水率,校准应与地面 TDR 探头数据比对。

7.7.4 植被覆盖数据采集

- 7.7.4.1 植被调查融合多源遥感数据:哨兵2号卫星(10 m 分辨率)监测大范围 NDVI 变化,无人机多光谱相机(5 cm 分辨率)识别优势种群,激光雷达计算林冠高度(精度 ± 0.3 m)。地面采用样方法(20 \times 20 m 样方)统计植被盖度、生物量(收割法),珍稀植物用 RTK 定位建档。
- 7.7.4.2 热红外遥感监测施工扰动引起的植被胁迫,光谱特征应与地面叶绿素荧光仪数据同步校准。
- 7.7.4.3 生态廊道应设置红外相机进行动物活动监测。

7.8 工程信息

7.8.1 变形监测

应对工程变形进行监测,可根据工程实际,选择水平位移与挠度、垂直位移与倾斜、裂缝及接缝变形等监测项目。

7.8.2 渗透监测

应对工程渗流进行监测,可根据工程实际,选择扬压力监测、渗流压力监测、绕坝渗流监测、地下水位监测、渗漏流量监测和水质监测等监测项目。

7.8.3 应力应变及温度监测

应对工程应力应变及温度进行监测,可根据工程实际,选择结构内部应力应变监测、支护工程应力应变监测和温度监测等监测项目。

7.8.4 环境监测

应对工程环境进行监测,可根据工程实际,选择库水温、气温、大气压力、冰压力、坝前淤积及下游冲刷等监测项目。

7.8.5 工程运行监测

应根据工程特点,选择对闸门开度、荷载、过流量、启闭时间、泵站流量、实时负荷、启停时间等工程运行状态进行监测。

7.8.6 险情监测

应根据工程特点,选择对散浸、漏洞、管涌和流土、滑坡、塌坑、漫顶、严重淘刷、裂缝、溢洪道泄洪能力不足等进行监测。

7.8.7 专项监测

可根据工程特点,进行地震反应监测、水力学监测、冰凌监测等。水力学监测包括水流流态、水面线、动水压力、波浪、水流流速、消能、冲刷等;冰凌监测包括静冰压力、动冰压力、冰厚、冰温等。

7.9 其他信息

7.9.1 安防监控

7.9.1.1 应构建智能化综合监管体系,集成视频监控、人员定位、设备状态监测及环境感知系统。

7.9.1.2 应采用AI算法实现安全帽佩戴识别、危险区域闯入预警、施工机械作业合规性检测,实时推送报警信息至监控中心。

7.9.2 设备运行状态监测

应对网络设备、计算存储设备、机房、会商调度中心等信息基础环境,通信网络,水文监测设备、工程安全监测设备、视频监控设备等监测设备,工程机电设备等设备设施的运行状态进行实时在线监控。

7.9.3 其他监测

可根据需要开展取水监测计量,土壤墒情、水土保持、岸线变化和利用、通航状况等监测,水质监测可共享生态环境部门的监测数据,也可根据需要依据SL 219在入库、出库等重要断面布设监测断面。土壤墒情监测可共享国家墒情站、地方墒情站的监测数据。

8 网络层

8.1 一般要求

- 8.1.1 水利水电工程数字工地网络传输应构建低时延、高可靠、广覆盖的通信网络。
- 8.1.2 基础传输设施应采用5G、光纤、工业物联网等通信技术,结合边缘计算节点实现数据实时处理与本地化传输。
- 8.1.3 宜部署卫星通信、Mesh自组网及多模态网络融合技术,适应复杂地形环境下的全域信号覆盖。
- 8.1.4 数据传输协议应统一遵循GB/T 28847.5的要求,支持结构化封装,并采用加密算法确保信息安全。
- 8.1.5 传输系统应具备冗余备份与负载均衡能力,通过双通道热备、断点续传及流量智能调度保障连续性,同时兼容BIM、数字孪生等平台接口,满足多源异构数据高效交互。

8.2 有线网络

- 8.2.1 在工地办公区域、固定监测点等位置,应铺设光纤网络,提供高速、稳定的数据传输通道,满足大量数据的实时传输需求,如高清视频监控数据的传输。
- 8.2.2 在信息化基础设施与数据传输网络之间,应部署物联网网关,对各类传感器数据进行汇聚、协议转换和初步处理,提高数据传输的可靠性和效率。
- 8.2.3 软硬件接口、协议应满足行业平台数据接口协议要求,并应通过行业平台实现对企业、项目、人员及数据的验证。
- 8.2.4 为满足数据服务接口的一致性和数据稳定传输要求,保证数据即时、有效,应符合下列要求。
 - a) 数据服务接口的元数据编制、数据库设计、业务代码编制、数据报文、数据交换格式应符合国家现行相关标准规定和技术要求。
 - b) 平台、仪器、设备、硬件应为需要数据传出、接入的其他平台提供可访问的接口。
 - c) 系统平台仪器设备、软件硬件之间应实现数据共享,可根据需要扩展、共享或集成其他外部系统的数据;数据共享应建立信息安全防护机制,通过权限管理、数据验证等方式进行控制。
- 8.2.5 系统平台的使用和数据的采集、传输、存储、共享、分析、处理等,应符合国家信息安全的规定。
- 8.2.6 应指定专门维护、使用人员,制定专岗专责、明确分级使用权限、进行身份验证和控制,实现分权分域管理。

8.3 无线网络

- 8.3.1 对于移动设备以及部分临时监测点,应采用4G/5G无线网络进行数据传输。
- 8.3.2 无线网络还应满足下列要求。
 - a) 高效传输技术,宜采用5G、Wi-SUN、LoRa等广域低功耗技术,支持Mesh自组网与卫星通信融合,适应复杂地形全域覆盖,保障传输速率与稳定性。
 - b) 安全加密机制,数据宜经AES-256或国密SM4加密,结合双向认证(如TLS/SSL协议),防范窃听与篡改,满足GB/T 22239中的三级防护要求。

- c) 抗干扰与可靠性,设备需具备工业级防护(IP67级以上)及电磁兼容性(EMC认证),在强电磁、高湿度环境下稳定运行。支持双通道冗余、断点续传及QoS优先级调度。
- d) 实时性与低时延,关键数据(如大坝形变、渗流监测)传输延迟 ≤ 100 ms,通过边缘计算节点本地预处理,减少云端负载。
- e) 多源设备兼容,统一MQTT/CoAP协议接口,兼容传感器、无人机、机器人等异构终端,数据格式标准化。
- f) 智能运维管理,部署网络状态实时监测平台,支持故障自诊断与动态频段切换,结合数字孪生技术优化传输路径。

9 数据层

9.1 一般要求

数据层应满足GB/T 18894中的要求。

9.2 信息分类与编码

9.2.1 信息分类

信息分类应包含以下内容:

- a) 工程基础信息:包括项目批复文件、设计图纸(DWG/PDF)、合同文件、BIM模型(IFC格式)等,需完整归档并版本化管理;
- b) 施工动态数据:涵盖施工日志、进度计划(XML/JSON)、无人机航拍影像(H.265编码)、设备运行记录(CSV格式)等;
- c) 质量安全数据:含传感器监测数据(应力、变形、渗流等时序数据)、质量检测报告(PDF/A)、安全隐患整改记录;
- d) 环境与资源数据:包括气象水文监测数据(每5 min采集1次)、地质雷达扫描数据、材料进场检验报告。

9.2.2 信息编码

信息编码应采用五级编码体系:项目代码(6位)+专业分类码(SL/T 213)+数据类别码(2位)+时间戳(YYYYMMDDHHMM)+序列号(3位),确保全局唯一性。

示例: HDSD01-GB01-QC-202310150930-001(某项目-基础信息-全测数据-时间戳-序列号)。

9.3 存储架构

9.3.1 边缘层

施工现场部署边缘服务器,存储实时监测数据(如传感器数据)及临时视频监控流,数据应保留7 d。

9.3.2 本地数据中心

部署关系型数据库存储业务数据,对象存储系统存放大文件(图纸/视频),响应时间 ≤ 2 s。

9.3.3 云端灾备

通过私有云或混合云实现异地容灾,核心数据每日同步,RPO ≤ 1 h。

9.3.4 时序数据库

支持存储高频监测数据(如大坝沉降数据,采样频率 ≥ 1 次/min),支持10万级数据点/s写入。

9.3.5 图数据库

管理BIM模型构件关联关系,实现三维空间数据快速检索。

9.4 存储格式

9.4.1 数据格式

9.4.1.1 结构化数据:施工进度、设备台账等采用JSON/XML格式,字段命名按照SL/T 478的要求。

9.4.1.2 非结构化数据:

- a) 设计图纸:AutoCAD DWG+PDF/A-1b(长期存档格式);
- b) 视频监控:H.265编码,分辨率 ≥ 1080 P,帧率25f/s;
- c) 文档类:PDF/A(禁止使用扫描件存档)。

9.4.2 文件附加元数据

所有文件应附加元数据描述,主要包括:

- a) 创建者、修改时间、数据来源、坐标系(EPSSG代码);
- b) 监测数据需标注传感器编号、采样频率、单位;
- c) 图纸需注明比例尺、版本号、审签状态。

9.5 存储周期

9.5.1 水利水电工程数字工地信息采用分级存储方式,存储周期与相应存储介质见表1。

表1 水利水电工程数字工地信息存储周期与存储介质

数据类别	存储期限	存储介质	示例
临时数据	≤ 1 年	边缘服务器/SSD	施工监控视频原始流
过程数据	5年~10年	本地NAS/云存储	质量检测原始记录
永久档案	永久	蓝光光盘/磁带库	竣工图、项目验收报告

9.5.2 过期数据应经监理单位审核后,采用物理销毁(消磁/粉碎)或逻辑擦除。销毁过程应记录操作人、时间及销毁内容等。

9.6 安全备份与管理

9.6.1 安全备份

9.6.1.1 加密要求应符合下列要求:

- a) 传输加密:HTTPS/TLS 1.2+协议,监测数据采用MQTT over SSL;
- b) 静态加密:核心数据使用AES-256或SM4国密算法,密钥分离存储。

9.6.1.2 访问控制应符合下列要求:

- a) 实施RBAC(角色权限控制),划分四级权限;
- b) 管理员:可配置系统、导出数据;

- c) 工程师:可编辑、注释数据;
- d) 监理:只读+电子签批权限;
- e) 公众:受限访问脱敏数据。

9.6.2 备份策略

- 9.6.2.1 热备份:业务数据库实时主从复制,故障切换时间 <5 min。
- 9.6.2.2 冷备份:每周全量备份至离线磁带,保留3个副本。
- 9.6.2.3 区块链存证:对质量验收关键数据(如混凝土强度报告)进行哈希上链,确保防篡改。

9.6.3 责任分工

- 9.6.3.1 建设单位:审批存储方案,提供存储预算。
- 9.6.3.2 总包单位:负责数据采集、分类存储及定期自检。
- 9.6.3.3 监理单位:每月抽查10%数据,验证完整性与合规性。
- 9.6.3.4 运维单位:保障存储系统可用性,年度故障率 $<0.1\%$ 。

9.6.4 备份审查

- 9.6.4.1 日志审查:记录所有数据增删改操作,留存日志 ≥ 3 年。
- 9.6.4.2 每年委托第三方进行存储系统渗透测试与数据恢复演练。

10 应用层

10.1 BIM 应用

- 10.1.1 系统平台宜将施工进度数据与BIM模型关联,通过施工模拟动态展示各工序进展,自动预警工期延误风险。
- 10.1.2 系统平台应在BIM模型中标记实体质量问题(如混凝土蜂窝麻面),关联检测数据、整改记录等信息,实现全生命周期可追溯。
- 10.1.3 系统平台宜基于BIM工程量清单与实时进度数据,动态优化人力、机械、材料的时空配置方案。
- 10.1.4 系统平台宜将BIM与AR技术结合应用,将施工方案转化为三维可视化模型,通过增强现实技术进行工艺交底,记录交底时间和参与人员等数据。
- 10.1.5 系统平台应在混凝土浇筑等关键工序部署相关装置,实时采集振捣时间、强度数据,与BIM模型预设参数进行比对分析。

10.2 GIS空间分析

- 10.2.1 系统平台宜使用GIS平台整合地质、地形数据构建模型,优化工程布局与线路,如确定隧洞开挖路径和大坝选址,确保工程合规。
- 10.2.2 系统平台宜将GIS平台结合物联网、BIM技术,实时呈现施工进度,分析偏差。依据资源分布和需求,优化资源调配,如设备、材料运输路线规划。
- 10.2.3 系统平台宜使用GIS平台实时处理监测数据,对工程变形、渗流等异常精准定位并预警。模拟洪水、地震等灾害,制定应急预案,规划疏散路线。
- 10.2.4 系统平台应在GIS平台叠加生态红线、文物保护区等图层,自动识别施工区域合规性,预警生态破坏风险。

10.3 人工智能应用

- 10.3.1 系统平台应通过视频AI分析,自动识别未戴安全帽、违规动火等行为,结合定位数据实现精准报警。
- 10.3.2 系统平台宜利用LSTM神经网络分析设备历史运行数据,预测关键部件的剩余寿命。
- 10.3.3 系统平台宜采用计算机视觉技术,自动识别机械设备易磨损区域质量问题。
- 10.3.4 系统平台宜建立数字化标准操作程序库,通过视频监控与AI行为识别,自动比对实际操作与标准流程的偏差。

10.4 可视化平台

- 10.4.1 系统平台应构建以BIM、GIS为基础的三维可视化底板,整合工程地质、进度、监测等多源数据,实现全要素数字化映射。
- 10.4.2 可视化平台应采用微服务架构,支持模块化扩展,兼容无人机航拍、物联网传感器等实时数据接入。
- 10.4.3 可视化平台基于BIM模型实现施工进度动态推演,叠加GIS地形数据展示工程全貌,实时标注质量问题(如裂缝位置)、安全隐患(如高边坡变形)在模型中的位置。
- 10.4.4 可视化平台宜能通过点击模型节点获取设备运行参数、材料检测报告等关联信息。支持多方案对比,如不同开挖路径的工程量与工期模拟。
- 10.4.5 可视化平台应将进度偏差、设备故障等预警信息在三维场景中闪烁提示,关联应急预案。生态红线、文物保护单位等敏感区域通过图层叠加实现合规性可视化校验。

11 业务层

11.1 合同管理

11.1.1 合同执行与监控

系统应监控合同执行,追踪进度、费用和技术支持,通过图表展示状态;定期评估建设进度、质量和安全,预警偏差和风险,促进调整改进;系统应提供网络争议解决平台,便于上传信息和证据,进行在线协商、调解或仲裁,并提供流程指导和法律援助。

11.1.2 合同档案管理

应具备电子档案管理功能,实现合同及相关文件的电子化存储、分类和检索;应有档案追溯功能,记录操作日志,包括创建、修改、查阅和使用等。支持审计功能;系统应使用加密技术保护合同档案,防止未授权访问和数据泄露,并定期进行档案备份。

11.1.3 合同支付与结算

应建立在线支付流程,施工方按合同进度申请,监理审核,建设方审批,系统记录支付详情,确保支付合规;系统应自动核算费用,根据项目完成度、合同和结算标准生成报告,建设与施工方在线核对数据;系统应实时监控支付流程,设定预警规则,如支付超时或金额异常,预警触发时通知相关人员。

11.2 人员管理

11.2.1 人员管理系统

- 11.2.1.1 系统应具备身份读取能力。

11.2.1.2 应根据监管要求,按行业平台接口要求上传项目数据。

11.2.1.3 当人员入场出现下列情况之一时,系统应做出以下提示:

- a) 超龄、未成年;
- b) 身份证过期;
- c) 资格证书到期;
- d) 未接受安全教育;
- e) 不良记录;
- f) 黑名单。

11.2.2 人员考勤管理

11.2.2.1 工地现场应根据实际情况在工地出入口或项目施工区域进出口设置考勤系统。

11.2.2.2 应具备考勤信息的收集、记录与数据分析能力。

11.2.2.3 应满足与业务相关部门、公司的数据对接、业务互联要求。

11.2.3 人员工资管理

11.2.3.1 工程项目应使用工资专户系统,实现基于实名制管理的项目工资专户信息、从业人员按月、按人薪资发放信息及时填报、统计和调取功能。

11.2.3.2 工资专户系统应具备施工人员薪资的智能分析、欠薪提醒、处理及预警功能。

11.2.3.3 工资专户系统应实现现场施工人员按月、按人次的薪资发放记录和统计功能。

11.3 工程安全管理

11.3.1 安全管理制度

11.3.1.1 项目开工前,参建单位和项目法人应遵守安全法规,并确保安全管理制度得到制定、备案和数字化存储。

11.3.1.2 参建单位应明确安全责任和程序,并定期组织法规学习和年检。

11.3.1.3 项目法人应负责监督和修订安全制度,参建单位应根据评估结果动态管理安全制度。

11.3.2 施工安全管理

11.3.2.1 系统需管理专项方案,包括危险工程,并提供审批、查询功能等。

11.3.2.2 审批应电子化并共享信息。

11.3.2.3 系统还应记录施工中的问题隐患以及整改情况,施工单位应定期更新检查结果和进度,建设、监理单位负责审查。

11.3.2.4 系统应支持现场安全管理、随机检查记录、整改通知及回复,并允许使用移动终端处理隐患整改通知单和整改数据上传。

11.3.2.5 专项方案应包含详细信息,并上传至系统平台,危险性大的方案需经专家审批后上传至系统平台。

11.3.3 安全技术交底

11.3.3.1 应对安全技术交底(包含专项方案交底)进行管理,实现安全技术交底管理、维护和查询功能。

11.3.3.2 交底信息应实现各参与方协同管理、信息共享。

11.3.3.3 安全技术交底信息应上传至系统平台,具体应包括交底名称、交底类型、交底内容、交底人、交

底日期、被交底人等信息。

11.3.4 安全风险分级管控

11.3.4.1 应实现风险分级管理、维护和查询功能,涵盖风险辨识、评估、台账管理、防护措施及检查管理。

11.3.4.2 隐患排查功能应包括危险源库、检查计划、记录和整改通知单的生成。

11.3.4.3 系统应提供风险数据的统计、查询、分析和预警功能,支持远程查看整改情况、督促整改和离线数据处理。

11.3.4.4 风险隐患管理应实现闭合管理,且应将重大危险源信息上传至系统平台。

11.3.5 安全应急管理

11.3.5.1 应具备安全应急管理的管理、维护和查询功能。

11.3.5.2 应急管理模块应具有应急预案管理、应急人员管理、应急物资管理、应急事件处置信息管理、应急预警信息推送等功能。

11.3.6 施工安全教育

11.3.6.1 应采用VR和远程视频技术进行安全教育培训,并记录整个过程。

11.3.6.2 培训内容应包括三级安全教育和班前例会等,详细记录培训的各个方面。

11.3.6.3 培训内容应符合国家法律法规,其相关所有信息需上传至系统平台,具体包括项目名称、教育类型、培训时间及附件。

11.4 工程质量管理

11.4.1 质量方案管理

11.4.1.1 应具备对质量方案信息的管理、维护和查询功能,质量方案信息包括方案名称、方案类型、方案摘要、编制人、编制日期、审核人、审核时间、审核意见、方案审批人、审批时间、审批意见等。

11.4.1.2 应具备对施工项目、施工公司、监理项目、建设项目等相应方案的审批功能。审批宜具备电子签章或签名的功能,审批信息应实现各方共享。

11.4.2 日常质量巡检

11.4.2.1 应具备对日常质量问题的录入、处理、验收流程。

11.4.2.2 应对日常质量问题进行分类,且应与图纸、模型相关联,动态展示分布。

11.4.2.3 应支持多维度数据分析和展示。

11.4.3 工程质量验收

11.4.3.1 记录各方责任主体人员验收过程。

11.4.3.2 线上报验申请。

11.4.3.3 上传视频、图片、文字等验收信息实现监理人员接收报验申请。

11.4.3.4 对采集验收数据汇总。

11.4.3.5 实时形成验收记录。

11.4.3.6 查看和反馈参与验收各方验收意见及问题整改闭合情况。

11.5 工程进度管理

11.5.1 进度管理计划层级功能

11.5.1.1 基于初步设计文件编制三级进度计划(总控计划、月度计划、周计划),明确里程碑节点及资源需求。

11.5.1.2 针对高边坡开挖、隧洞施工等复杂工序编制专项进度计划,宜嵌入BIM模型标注施工参数与质量标准。

11.5.2 进度管理功能

11.5.2.1 宜基于BIM模型关联施工工序与时间节点,实现三维可视化进度推演,支持关键路径分析与资源冲突检测。

11.5.2.2 物联网设备数据采集频率不低于1次/min。

11.5.2.3 应设置进度偏差阈值(如关键工序滞后 ≥ 3 d触发黄色预警,滞后 ≥ 7 d触发红色预警),系统自动推送预警信息至责任单位。

11.5.2.4 通过移动端APP实现进度问题实时上报、任务分配与跟踪,审批流程线上流转时限 ≤ 24 h。

11.5.2.5 宜采用BIM 5D平台关联工程量与进度计划,实现资源动态分配与成本联动分析。

11.5.2.6 宜通过Synchro 4D等专业软件进行施工过程模拟,验证计划可行性,优化施工顺序与资源配置。

12 安全与保障

12.1 网络安全

12.1.1 网络安全体系的构建应遵循相关法律法规,建立分级分类的安全防护体系,确保数字工地系统稳定运行。依据GB/T 22239,实施三级等保防护。

12.1.2 建设单位应统筹网络安全规划,明确各方安全责任,制定应急预案。

12.1.3 施工单位应负责现场设备与数据传输安全,监理单位监督安全措施落实。

12.1.4 网络安全管理框架构建应采用国密算法(SM2/SM4)加密敏感数据,通信协议应符合GB/T 28847.5的要求。

12.1.5 物联网设备安全接入遵循GB/T 36951的要求。

12.2 数据安全

12.2.1 应按敏感性将数据分为核心数据(如设计图纸)、重要数据(如监测数据)、一般数据(如进度报表),实施差异化保护。

12.2.2 数据的访问控制宜采用RBAC角色权限管理,实现“最小授权原则”,关键操作需双因素认证(如指纹+动态口令)。

12.2.3 重要数据应每日增量备份,异地存储周期不应少于2年,恢复演练每年不应少于2次。

12.2.4 应对数据的完整性和准确性进行校验,通过数据备份和恢复测试,验证数据备份的有效性和一致性,对于重要数据,宜采用冗余存储和异地备份的方式进行保护。

12.3 运行安全

12.3.1 宜部署入侵检测系统(IDS)、日志审计系统,实时监控异常流量与违规操作,预警响应时间不应

大于 15 min。

12.3.2 应制定网络安全事件应急预案,明确病毒攻击、数据泄露等场景的处置流程,年度演练不应少于 1 次。

12.3.3 宜通过设定合理的阈值,当指标超出正常范围时及时发出警报,分析原因并采取相应措施。

12.3.4 第三方运维人员需签订保密协议,运维操作全程审计留痕,系统漏洞修复时限不应大于 72 h。

12.4 系统维护

12.4.1 应成立系统运维团队,团队成员宜包括系统工程师、网络工程师、数据库管理员、安全专家、水利水电工程业务技术人员。

12.4.2 运维团队应及时关注技术发展动态,持续优化系统算法和代码结构;对数据库查询语句进行优化,减少查询时间;对系统的缓存机制进行调整,提高数据的读取速度。

12.4.3 当操作系统发布新的安全补丁或功能更新时,应及时进行测试和部署;应对与系统相关的第三方软件和接口进行兼容性检查和优化。

12.4.4 制定完善的运维工作管理制度,涵盖系统巡检、故障处理、系统升级、数据备份等各个方面。

13 培训与验收

13.1 培训

13.1.1 培训目标

13.1.1.1 掌握数字化技术基础:理解数字工地的核心技术(BIM、物联网、大数据、AI等)及其在水利水电工程中的应用场景。

13.1.1.2 提升项目管理能力:实现工程全生命周期数字化协同管理,优化资源配置与风险控制。

13.1.1.3 强化运维实践技能:熟悉智能化运维工具,保障数字工地系统稳定运行。

13.1.1.4 培养安全意识与合规意识:确保数据安全、工程安全和环境合规。

13.1.2 培训效果

13.1.2.1 团队能够独立完成数字工地平台搭建、数据集成与系统运维。

13.1.2.2 实现工程效率得到提升,安全事故率大大降低。

13.1.2.3 形成标准化、可复制的数字工地建设运维流程。

13.1.2.4 通过系统化培训,团队将成为水利水电行业数字化转型的中坚力量,推动工程管理向智能化、精细化发展。

13.2 验收

13.2.1 验收程序

13.2.1.1 初步验收由建设单位组织施工总承包单位、监理单位等相关方进行初步验收,检查各系统、平台及硬件设备的安装和调试情况,初步评估其功能和性能。

13.2.1.2 专业验收应邀请第三方专业机构进行专业验收,对水利水电工程数字工地的数据平台、数据资产和硬件设备进行检测和评估。

13.2.1.3 最终验收应在初步验收和专业验收的基础上,由建设单位组织相关方进行最终验收,确认各系统、平台及硬件设备满足项目需求,并签署验收报告。

13.2.2 验收文档

在验收过程中,应形成完整的验收文档,包括验收报告、测试报告、数据资产清单、硬件设备清单等。

13.2.3 验收要求

13.2.3.1 硬件设备验收时应检查各类传感器、RFID设备等感知设备的安装和运行情况,网络覆盖情况,数据中心设备、服务器、工作站等硬件设备运行情况。

13.2.3.2 数据资产验收时应满足审核工程项目中所有材料数据、进度数据、环境数据、设备运行数据等数字资产的完整性和准确性,应检查数据资产的管理和存储情况。

13.2.3.3 系统平台验收时应验证系统平台的完整性、稳定性、集成性和安全性,检查系统平台的各项功能。

附录 A

(资料性)

水利水电工程数字工地专项建设方案

水利水电工程数字工地专项建设方案见表 A.1。

表 A.1 水利水电工程数字工地专项建设方案

项目	建设方案
工程概况	<ol style="list-style-type: none"> 1. 基本信息,包括工程名称、地理位置、建设规模、建设目的等 2. 主要建设内容,包括涉及的水利水电设施、建筑结构、设备安装等 3. 建设背景,如政策依据、社会需求、环境影响评估等 4. 投资情况,包括预算、资金来源、资金使用计划等
工程特点及重难点	<ol style="list-style-type: none"> 1. 技术特点,如采用的先进技术、施工工艺、管理方法等 2. 地理与环境特点,如地形地貌、地质条件、气候条件等对施工的影响 3. 重难点分析,如技术难题、施工难度、安全风险等,同时针对重难点提出的解决方案或应对措施
数字工地建设内容	<ol style="list-style-type: none"> 1. 定义与目标,如提高施工效率、保障施工安全、优化资源配置等 2. 感知层,构建覆盖工程全生命周期的数字化底座 3. 网络层,构建低时延、高可靠、广覆盖的通信网络 4. 数据层,明确存储格式、周期与安全备份策略,实现规范化管理 5. 应用层,深度融合 BIM、GIS、AI 技术,提升数据决策支持能力 6. 业务层,围绕合同、人员、工程安全、工程质量、工程进度等方面构建管理体系
实施计划与措施	<ol style="list-style-type: none"> 1. 实施时间表,包括各阶段的任务、时间节点、责任人等 2. 具体措施,如人员培训、设备采购、系统集成等 3. 风险管理与应急响应计划,如风险识别、风险评估、风险控制等 4. 评估与调整机制,如定期评估数字化工地的实施效果,并根据评估结果进行必要的调整
安全与保障	<ol style="list-style-type: none"> 1. 网络安全,包括防护体系、传输加密、通信协议等 2. 数据安全,包括数据分级、权限管控、数据备份等 3. 运行安全,包括入侵检测、预警响应、漏洞修复等 4. 系统维护,包括运维团队、升级优化、维护制度等
预期成果	<ol style="list-style-type: none"> 1. 提高施工效率、降低施工成本等 2. 对施工质量、安全、环境等方面的改善 3. 对企业形象、产业升级等方面的促进

附录 B

(规范性)

水利水电工程数字工地建设各相关方的权限和职责

B.1 建设单位权限与职责

B.1.1 全周期数据监控

B.1.1.1 建设单位应通过 BIM+GIS 三维可视化平台实时查看工程进度,动态分析关键节点延误风险。

B.1.1.2 建设单位应通过集成物联网传感器数据,自动生成工程健康度评估报告。

B.1.1.3 建设单位宜建立投资动态管控模型,实时对比概算与实际支出,预警超支风险。

B.1.2 智能决策支持

B.1.2.1 建设单位应接收现场质量问题照片,标注模型对应位置并发起设计复核流程。

B.1.2.2 建设单位应根据地质超前预报数据动态优化支护方案。

B.1.2.3 建设单位宜开展施工模拟,验证复杂工艺可行性。

B.1.3 协同监管体系

B.1.3.1 建设单位应建立参建单位信用评价机制,对设计变更响应速度、监理日志完整率等,动态记录履约情况进行分析管理。

B.1.3.2 建设单位宜通过区块链技术存证关键验收文件,确保责任可追溯。

B.1.3.3 建设单位宜召开线上协调会,同步各单位问题清单。

B.2 设计单位权限与职责

B.2.1 BIM 协同设计

B.2.1.1 设计单位宜在云端 BIM 平台实时更新设计模型,自动检测专业间冲突。同时施工单位宜通过移动端查看三维节点详图,减少技术交底误差。

B.2.1.2 设计单位应记录设计变更历史,自动生成变更影响分析报告。

B.2.2 施工反馈闭环

B.2.2.1 设计单位应接收现场质量问题照片,标注模型对应位置并发起设计复核流程。

B.2.2.2 设计单位宜根据地质超前预报数据动态优化支护方案。

B.2.2.3 设计单位宜开展施工模拟,验证复杂工艺可行性。

B.2.3 知识库建设

B.2.3.1 设计单位宜建立典型工程案例库,共享同类项目设计经验。

B.2.3.2 设计单位宜分析已建工程运行数据,反哺设计优化。

B.3 施工单位权限与职责

B.3.1 数字化施工管理

- B.3.1.1 施工单位宜通过二维码标签实现设备全生命周期管理,记录维修保养、检定状态。
- B.3.1.2 施工单位宜通过移动端APP自动生成每日施工日志,关联进度计划与质量验收单。
- B.3.1.3 施工各单位宜采用AR技术进行复杂工序可视化交底。

B.3.2 实时质量管控

- B.3.2.1 施工单位宜现场质检员使用移动终端扫描材料二维码,自动校验检测报告有效性。
- B.3.2.2 施工单位宜混凝土浇筑时通过物联网传感器实时监控坍落度、入仓温度。
- B.3.2.3 施工单位宜通过无人机航拍施工区域,AI识别安全隐患。

B.3.3 资源优化调度

- B.3.3.1 施工单位宜采用智能排程系统根据设备状态、人员技能自动分配任务。
- B.3.3.2 施工单位宜通过预测性维护系统通过振动传感器数据提前预警设备故障。
- B.3.3.3 施工单位宜通过劳务管理平台记录工人技能证书、安全教育记录,自动生成特殊工种作业许可。

B.4 监理单位权限与职责

B.4.1 智能监理软件

- B.4.1.1 监理单位宜通过移动端APP扫描施工部位二维码,自动调取设计图纸、验收规范。
- B.4.1.2 监理单位宜通过视频监控自动识别违规行为,实时推送预警。
- B.4.1.3 监理单位应自动比对施工日志与监理旁站记录,标记异常数据。

B.4.2 动态跟踪管理

- B.4.2.1 监理单位宜通过电子整改单系统自动跟踪问题整改进度,超时未处理触发升级机制。
- B.4.2.2 监理单位应对重复发生的质量问题,自动生成统计分析报告。
- B.4.2.3 监理单位宜通过监理平行检测数据与施工自检数据自动比对,差异超限自动预警。

B.4.3 标准化文档管理

- B.4.3.1 监理单位宜通过水利水电工程数字工地系统自动生成监理月报,包含关键节点验收情况、旁站记录摘要。
- B.4.3.2 监理单位宜采用电子签章系统,支持在线会签。
- B.4.3.3 监理单位宜建立监理知识库,共享常见问题处理方案(如大体积混凝土温控措施)。

B.5 政府监管部门权限与职责

B.5.1 全要素监管

- B.5.1.1 政府监管部门宜通过系统对接各参建单位数据中台,实时获取工程影像、检测报告等原始数据。

B.5.1.2 政府监管部门宜建立工程合规性知识库,自动校验审批手续完备性。

B.5.1.3 政府监管部门宜通过三维可视化监管大屏动态展示流域内所有工程的进度、质量、安全状态。

B.5.2 风险预警与处置

B.5.2.1 政府监管部门宜通过系统对隐患及整改设定关键指标阈值。

B.5.2.2 政府监管部门应对重大质量事故启动应急响应,通过系统自动通知相关单位。

B.5.2.3 政府监管部门宜采用区块链,存证监管执法过程,确保行政处罚程序合规。

B.5.3 行业治理优化

B.5.3.1 政府监管部门宜分析全行业工程数据,识别共性问题。

B.5.3.2 政府监管部门宜建立企业信用档案,实施差异化监管。

B.5.3.3 政府监管部门宜在线发布政策解读、技术标准,实现行业知识即时更新。

中国国际科技促进会
团体标准
水利水电工程数字工地建设技术导则
T/CI 1073—2025

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 1.75 字数 41 千字
2025年11月第1版 2025年11月第1次印刷

*

书号:155066·5-16513 定价 54.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



T/CI 1073-2025