

ICS 93.080
CCS P 66

DB32

江 苏 省 地 方 标 准

DB32/T 5110—2025

高速公路工程智慧工地建设技术指南

Technical guidance for smart construction sites of expressway engineering

2025-04-16 发布

2025-05-16 实施

江苏省市场监督管理局 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	1
5 基本要求	2
6 系统架构	2
7 综合管理模块	3
7.1 一般规定	3
7.2 组织及办公管理	3
7.3 质量管理	3
7.4 安全管理	4
7.5 进度管理	4
7.6 合同管理	4
7.7 计量与支付管理	5
7.8 环境管理	5
7.9 档案管理	5
8 路基施工模块	5
8.1 一般规定	5
8.2 软土地基处理	6
8.3 路基压实	7
8.4 边坡监测	7
9 路面施工模块	7
9.1 一般规定	7
9.2 混合料拌和	8
9.3 混合料运输	8
9.4 路面摊铺	9
9.5 路面压实	9
10 桥梁施工模块	10
10.1 一般规定	10
10.2 水泥混凝土拌和	10
10.3 钢筋加工	10

10.4 水泥混凝土构件预制	11
10.5 桥梁钢结构制造	11
10.6 预制构件安装	12
11 隧道施工模块	12
11.1 一般规定	12
11.2 钻爆隧道施工	13
11.3 堆筑隧道施工	13
11.4 盾构隧道施工	14
12 系统集成与安全	15
12.1 系统集成	15
12.2 系统安全	15
13 系统运行维护	15
13.1 系统维护	15
13.2 系统升级	15
附录 A (资料性) 智慧工地应用场景及建设需求表	16
附录 B (资料性) 智慧检测参数建议表	18

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。

本文件由江苏省交通运输厅提出、归口并组织实施。

本文件起草单位：江苏省交通工程建设局、江苏中路工程技术研究院有限公司、华设设计集团股份有限公司、南京飞搏智能交通技术有限公司、江苏景行物元科技有限公司。

本文件主要起草人：蒋振雄、周进、张志祥、吴宇晟、刘朝晖、相阳、刘强、唐建亚、吴永生、庄笑伟、张培宏、徐一岗、马文宁、张韩帅、孙雪伟、何文政、顾春旺、庄晓波、徐慧、郑建、吕阳、黄爽。

高速公路工程智慧工地建设技术指南

1 范围

本文件提供了高速公路工程智慧工地建设的基本要求、系统架构、综合管理模块、路基施工模块、路面施工模块、桥梁施工模块、隧道施工模块、系统集成与安全、系统运行维护等内容的技术指导。

本文件适用于高速公路工程智慧工地建设,其他等级公路参照执行。

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 22239 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求
- GB/T 22240 信息安全技术 网络安全等级保护定级指南
- GB/T 25058 信息安全技术 网络安全等级保护实施指南
- GB/T 25070 信息安全技术 网络安全等级保护安全设计技术要求
- GB/T 33008 工业自动化和控制系统网络安全 可编程序控制器(PLC)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

智慧工地 smart construction sites

通过物联网、互联网、云计算、北斗定位、人工智能等技术,全面感知工地各环节信息,建立信息共享和协同管理系统,实现工地作业智能生产、科学监督、辅助决策等功能的系统工程。

3.2

数字孪生 digital twin

具有保证物理状态和虚拟状态之间以适当速率和精度同步的数据连接的特定目标实体的数字化表达。

[来源:GB/T 43441.1—2023,3.4]

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AI:人工智能(Artificial Intelligence)

BIM:建筑信息模型(Building Information Modeling)

FTP:文件传输协议(File Transfer Protocol)

GIS:地理信息系统(Geographic Information System)

IP:防护等级(Ingress Protection)

JMS:Java 消息服务(Java Message Service)

JSON:JavaScript 对象表示法(JavaScript Object Notation)
 MES:面向车间层的管理信息系统(Manufacturing Execution System)
 PLC:可编程逻辑控制器(Programmable Logic Controller)
 RFID:射频识别(Radio Frequency Identification)
 RTK:实时动态(Real-time Kinematic)
 SOAP:简单对象访问协议(Simple Object Access Protocol)
 TCP:传输控制协议(Transmission Control Protocol)
 UWB:超宽带(Ultra Wide Band)
 VPDN:虚拟专有拨号网络(Virtual Private Dial Network)

5 基本要求

- 5.1 智慧工地建设宜综合考虑工程项目特征、各参建单位职能、工程实施业务需求等因素,合理规划系统功能。
- 5.2 建设单位应建立智慧工地管理体系和规章制度。
- 5.3 施工单位宜根据项目特点与应用需求,编制智慧工地技术路线和具体方案。
- 5.4 数据采集硬件不宜低于IP65防护等级,并定期进行保养和检修。
- 5.5 应建立接收、分析、管理现场各类数据的集成式管理平台,动态反映工程建设质量、进度、费用、安全、环保等业务情况。
- 5.6 应采用网络通信方式获取业务和服务所需数据,施工全程数据采集满足及时性、有效性、真实性、安全性的要求,支持断网数据续传功能。
- 5.7 智慧工地服务期限宜从项目开工建设至项目交工结束。

6 系统架构

- 6.1 智慧工地系统架构应包括感知层、通信层、数据层、应用层、用户层,智慧工地系统架构见图1。

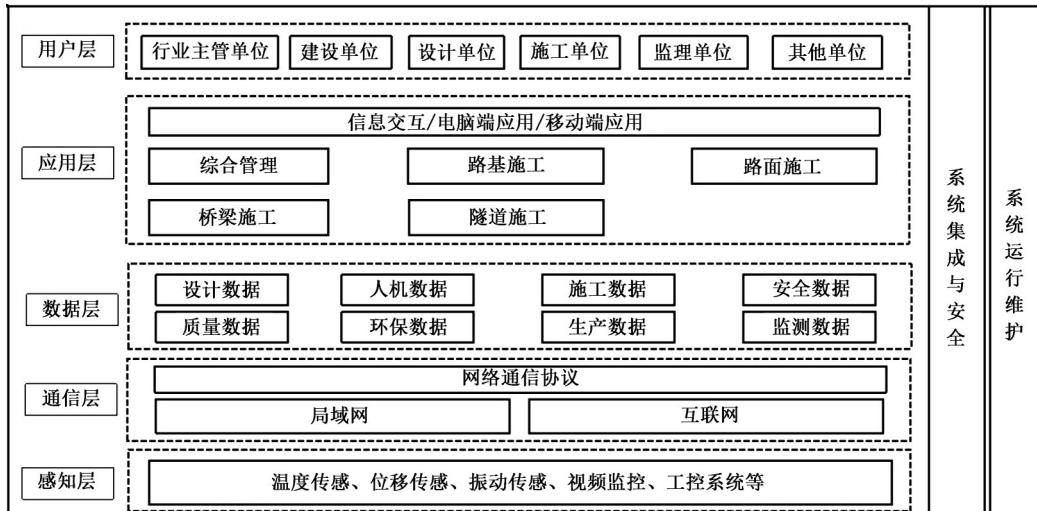


图1 智慧工地系统架构

- 6.2 感知层应具备感知、识别、控制和执行等功能,确保数据准确采集与转发。
- 6.3 通信层包括局域网、互联网等,应确保数据传输可靠、高效。

- 6.4 数据层包括设计数据、人机数据、安全数据等,应具备数据存储、数据计算、数据分析等功能。
- 6.5 应用层包括综合管理、路基施工、路面施工、桥梁施工、隧道施工等的人员、设备、物料、环境管理等,应具备信息交互功能,智慧工地建设应用场景及建设需求表见附录A。
- 6.6 用户层宜包括行业主管单位、建设单位、设计单位、施工单位、监理单位及其他单位。

7 综合管理模块

7.1 一般规定

- 7.1.1 应主要面向高速公路工程建设单位,部分功能涉及施工单位、监理单位及其他单位的协同配合。
- 7.1.2 应包括组织及办公管理、质量管理、安全管理、进度管理、合同管理、计量与支付管理、环保管理、档案管理等模块。

7.2 组织及办公管理

组织及办公管理功能要求见表1。

表1 组织及办公管理功能要求

项目	功能要求
组织机构管理	应具备设置组织机构层级、岗位责任划分、功能权限划分等功能
办公管理	1)宜具备收文、发文、工程用表等业务的线上审批功能; 2)应具备办公流程审批、电子签章功能
人员管理	1)应采用实名制进行管理; 2)要素应包括人员基本信息、工种、资格证书、培训考核、工资支付管理等; 3)宜具备人员实时定位功能,记录施工人员位置、进出施工区域时间等信息

7.3 质量管理

质量管理功能要求见表2。

表2 质量管理功能要求

项目	功能要求
工序报验管理	1)应具备工序验收相关工作的线上报审功能; 2)宜通过移动端实现现场影像资料上传功能
质检资料管理	1)宜与试验检测管理等子系统实现数据交互; 2)工序质检资料审核完成后,宜实时向计量支付系统推送工序及质检资料完成状态
试验检测管理	1)宜建立统一的试验检测管理子系统; 2)应具备样品登记、试验数据、试验报告、报告审核、报告审批、签发等功能; 3)实验室应采用物联检测设备,智慧检测参数建议表见附录B; 4)物联检测设备宜在传统检测设备上进行数据采集及传输模块开发,采用统一信息数据交换格式,采集数据向服务器传输时延不大于3 s; 5)物联检测设备应支持局域网、互联网等联网方式,支持JSON、字符串等数据结构,具备数据存储功能; 6)室内试验检测对温湿度有要求的,应配备具有实时数据采集和传输功能的温湿度仪

7.4 安全管理

安全管理功能要求见表 3。

表 3 安全管理功能要求

项目	功能要求
安全活动	应包括安全教育培训、安全技术交底、班前教育、安全会议、安全巡检等功能,宜采用移动终端、人脸识别等手段实现信息快速登记
风险管控	应具备风险辨识与评估、风险防控管理、风险 GIS 地图、风险预警等功能
隐患排查	应具备隐患排查、隐患整改、整改评估等全流程闭环管理功能,宜结合 AI 设备实现隐患智能识别、风险预警
危大工程	宜具备专项方案编制、专家论证审查、开工条件核查、检查验收等在线登记功能
安全经费	应具备安全经费清单管理、计划及投入管理、计量支付、统计分析等功能,具备安全经费全流程在线审批与跟踪审查功能
应急管理	应具备应急预案审批、应急演练模拟、应急资源可视化管理等功能
视频监控	应具备在线播放、历史回放、远程控制、离线预警等功能
安全监测	应具备对现场特种机械设备、重大危险源在线监测和自动分析预警功能

7.5 进度管理

进度管理功能要求见表 4。

表 4 进度管理功能要求

项目	功能要求
进度计划	1)应具备项目进度计划目标编制、填报与审批功能; 2)宜支持甘特图功能,能够编制搭接甘特图;支持生成单代号网络图,并查询关键线路
进度跟踪	应具备利用工序报验数据获取相关分项工程实际施工进度,并与进度计划对比的功能
进度统计	宜与合同清单数据互通,具备统计各施工标段的计划与实际进度及产值的功能
进度可视化	宜采用航拍、BIM、数字孪生、AI 等技术,具备不同期工程形象进度对比功能

7.6 合同管理

合同管理功能要求见表 5。

表 5 合同管理功能要求

项目	功能要求
合约管理	1)应具备项目合同进行在线登记、审核的功能; 2)宜具备登记合同信息和条款、上传合同附件、自动生成合同清单、合同变更信息更新等功能; 3)应具备自动生成台账,并实时更新及查阅功能
变更管理	宜具备变更申报、变更审批、自动生成变更记录及查阅功能

7.7 计量与支付管理

计量与支付管理功能要求见表 6。

表 6 计量与支付管理功能要求

项目	功能要求
计量管理	1)应具备工程量清单挂接、中间计量申报、材料调差、中间计量审批、工程数量调整等功能; 2)应具备在线审批电子签章功能; 3)应具备自动生成计量台账,并实时更新及查阅功能; 4)宜与工序质检资料数据交互,避免超计、漏计
支付管理	1)应具备中间支付月报上报、审批等功能; 2)应具备自动生成支付台账、实时更新及查阅功能

7.8 环境管理

环境管理功能要求见表 7。

表 7 环境管理功能要求

项目	功能要求
环保管理	应具备环保巡查、环保经费管理、环境因素识别等功能
环境监测	应具备对扬尘、噪声、土壤、水质、水土保持等监测的管理功能
能耗与碳排放监测	1)宜采用在线监测方式获取能耗数据,宜包括化石燃料、水、电等; 2)宜采用在线监测和人工统计方式获取碳排放数据,宜包括碳源分析、碳管理目标、碳排放核算、碳排放因子、碳排放强度、碳经济指数等功能

7.9 档案管理

档案管理功能要求见表 8。

表 8 档案管理功能要求

项目	功能要求
文件归集与上传	宜与质量管理、计量与支付、组织及办公等子系统建立数据接口,在线收集文件
文件交付	宜采用数字交付方式,将工程项目勘察、设计、施工及竣工成果以数字化的形式进行表达和传递
文件组卷与归档	宜具备自动组卷功能,形成可长期保存的电子档案
档案查询与借阅	1)应具备基于档案内容与关键字段的逻辑查询和渐进式搜索功能; 2)应具备按授权范围进行档案借阅及审批功能

8 路基施工模块

8.1 一般规定

8.1.1 应包括软土地基处理、路基压实施工、边坡监测等。

8.1.2 施工设备智慧管理满足下列要求：

- 应具备设备新增、查找、编辑、删除及台账导出功能；
- 应具备自动生成设备二维码功能，二维码信息包括设备入场信息、检验检测记录、维修保养记录、进出场记录等；
- 应具备车辆信息登记、设定车辆门禁权限、车辆身份验证功能；
- 应具备设备进出场管理功能，并自动生成记录及台账；
- 宜具备实时监测特种设备工作环境参数、形变、位移等数据功能，支持设备运行轨迹回放，且具备预警消息推送功能。

8.1.3 施工物料管理满足下列要求：

- 应具备物料采购计划、采购合同、库存盘点、库存台账等线上统计功能；
- 应具备物料进场自动记录产地、生产单位、名称、规格、重量等参数功能，并自动生成台账，支持物料进场后向试验检测人员推送检测任务信息；
- 应具备物料领用申请，自动生成出库台账功能；
- 宜具备通过物料使用日期及位置信息进行物料质量追溯的功能；
- 应具备存储、查询和导出历史监测数据的功能。

8.1.4 应具备在监测数据超过阈值时自动推送预警消息的功能。

8.2 软土地基处理

8.2.1 功能要求

8.2.1.1 水泥搅拌桩软件功能满足下列要求：

- 应具备实时监测水泥用量、下钻时长、下钻速度等信息的功能；
- 应具备统计每天成桩数量及长度信息功能；
- 宜具备成桩高度灰量分布分析功能；
- 宜具备自动绘制成桩深度-密度曲线、流量-速度曲线等功能。

8.2.1.2 预应力管桩软件功能满足下列要求：

- 应具备实时监测管桩的标高、倾角等关键参数；
- 应具备施工历史数据追溯功能。

8.2.2 监测参数

8.2.2.1 监测参数应包括位置坐标、桩长、工作时间等。

8.2.2.2 水泥搅拌桩施工监测参数应包括下钻与提钻速度、水泥用量、浆体流量等。

8.2.2.3 预应力管桩施工监测应包括锤击数、贯入深度等。

8.2.3 硬件要求

数据采集设备技术要求见表 9。

表 9 数据采集设备技术要求

设备名称	设备技术要求
水泥搅拌桩监测设备	对每根桩分段处理，最小分段应不大于 0.2 m
预应力管桩监测设备	1)深度传感器工作温度应范围满足 -20 °C~85 °C，压力范围满足 0 bar~30 bar(0 MPa~3 MPa)； 2)倾角传感器动态误差应不大于 0.1°

8.3 路基压实

8.3.1 功能要求

应具备实时记录压实速度、压实轨迹等信息,支持历史数据及轨迹查看功能。

8.3.2 监测参数

监测参数应包括压实速度、遍数、轨迹、振动值等。

8.3.3 硬件要求

数据采集设备技术要求见表 10。

表 10 数据采集设备技术要求

设备名称	设备技术要求
振动传感器	宜采用加速度传感器,传感器量程不小于 10 g,频率响应不小于 500 Hz
定位设备	应支持北斗高精度定位

8.4 边坡监测

8.4.1 功能要求

8.4.1.1 应具备实时监测边坡深部位移、表面位移、沉降、裂缝以及地下水位等功能。

8.4.1.2 宜具备智能分析能力,对收集的数据进行处理和分析,提供边坡稳定性的评估报告。

8.4.2 监测参数

8.4.2.1 路堤边坡监测参数应包括路基沉降量、变形范围等。

8.4.2.2 路堑边坡监测参数应包括变形范围、滑动面深度等。

8.4.3 硬件要求

数据采集设备技术要求见表 11。

表 11 数据采集设备技术要求

设备名称	设备技术要求
位移计	柔性位移计、垂向土应变计、水平向土应变计量程应满足 0 mm~30 mm
沉降计	单点沉降计量程应不小于 0 mm~100 mm,灵敏度不大于 1 mm
定位设备	应支持北斗定位,定位误差宜不大于 5 cm

9 路面施工模块

9.1 一般规定

9.1.1 应包括混合料拌和、混合料运输、路面摊铺、路面压实等。

9.1.2 施工设备管理及物料管理应符合 8.1.2 及 8.1.3 的有关规定。

9.1.3 应具备实时预警信息推送的功能。

9.2 混合料拌和

9.2.1 功能要求

9.2.1.1 水稳混合料拌和应具备实时监测级配稳定性、生产周期、水泥用量等数据的功能。

9.2.1.2 沥青混合料拌和应具备实时监测级配稳定性、生产周期、沥青用量等数据的功能。

9.2.1.3 应具备动态分析混合料材料消耗与拌和质量稳定性的功能。

9.2.2 监测参数

9.2.2.1 水稳混合料拌和监测参数应包括生产过程中水泥用量、配合比、用水量等。

9.2.2.2 沥青混合料拌和监测参数应包括各集料质量、矿粉质量、沥青质量、拌和温度、拌和时间、混合料级配、油石比等。

9.2.3 硬件要求

数据采集设备技术要求见表 12。

表 12 数据采集设备技术要求

设备名称	设备技术要求
数据采集设备	数据采集频率应不低于 5 次/min
温度感知设备	沥青混合料拌和温度感知误差应不大于 1 ℃, 温度范围满足 0 ℃~300 ℃

9.3 混合料运输

9.3.1 功能要求

9.3.1.1 应支持混合料拌和接口数据对接且兼容多种协议。

9.3.1.2 应具备运输车辆实时位置监测功能。

9.3.1.3 宜具备沥青混合料运输实时温度监测功能。

9.3.1.4 宜具备预警消息推送、运输数据查询与分析等功能。

9.3.2 监测参数

9.3.2.1 监测参数应包括车辆运输时长、运输轨迹、车牌号,应包括运输混合料温度。

9.3.2.2 宜通过联动拌和站 RFID 设备,动态获取运输车辆装载混合料生产信息。

9.3.2.3 宜与现场摊铺机进行数据交互,获取运输混合料摊铺桩号范围及摊铺起止时间等。

9.3.3 硬件要求

数据采集设备技术要求见表 13。

表 13 数据采集设备技术要求

设备名称	设备技术要求
RFID 设备	读写准确度误差不大于 1/1 000 次

表 13 数据采集设备技术要求（续）

设备名称	设备技术要求
定位设备	实时动态定位误差不大于 1 m
温度测量设备	温度测量误差不大于 1 °C

9.4 路面摊铺

9.4.1 功能要求

- 9.4.1.1 应具备实时监测摊铺机行走速度、统计摊铺里程的功能。
- 9.4.1.2 宜具备实时监测沥青混合料铺面温度及摊铺施工断面温度分布情况的功能。
- 9.4.1.3 应具备实时查询摊铺作业过程、摊铺作业历史记录等功能。
- 9.4.1.4 宜具备路面摊铺质量分析、进度分析等功能。
- 9.4.1.5 无人摊铺设备应具备摊铺设备姿态感知、路径规划、自动控制等功能。控制系统应包括机载电脑、牵引子系统、姿态矫正子系统等。
- 9.4.1.6 无人摊铺控制系统具备以下功能：
 - 摊铺设备三维位置定位系统包括光学测量模块及高精度定位模块。其中，宜采用光学测量模块实现摊铺设备对横坡、摊铺厚度的毫米级控制；
 - 应根据道路平纵曲线设计数据、施工组织设计方案，获取摊铺机的方向控制、夯锤震动、熨平板姿态等控制信息，对摊铺机械的驱动、方向牵引等施工姿态信息进行动态调整。

9.4.2 监测参数

监测参数应包括混合料摊铺位置、摊铺温度、摊铺速度、摊铺厚度、轨迹等。

9.4.3 硬件要求

数据采集设备技术要求见表 14。

表 14 数据采集设备技术要求

设备名称	设备技术要求
温度测量设备	温度测量设备误差应不大于 1 °C，采集范围满足 0 °C~300 °C
高精度定位设备	1) 实时导航显示运行轨迹和真实运行位置延时应不大于 0.5 s； 2) 平面动态定位测量误差应不大于 3 cm； 3) 摊铺速度数据误差不大于 0.1 m/min
厚度测量设备	厚度测量误差不大于 1 mm，采集范围应满足 0 mm~200 mm

9.5 路面压实

9.5.1 功能要求

- 9.5.1.1 应具备实时记录压实速度、压实轨迹等信息，支持历史数据及轨迹查询功能。
- 9.5.1.2 应具备压实效果智能评价功能。
- 9.5.1.3 无人压实设备应具备机械设备姿态感知、路径规划、自动控制、安全感知、通电自检、远程启停等

功能。

9.5.1.4 无人压实控制系统宜具备以下功能：

- 应根据道路平纵曲线设计数据、施工组织设计方案,对压实机械的行驶规划路径、不同时序的震动设置、不同时序的喷水设置进行动态调整;
- 应具备对施工后的数据进行均匀度、稳定性分析及施工质量评价的功能。

9.5.2 监测参数

监测参数应包括压实速度、压实温度、压实位置、压实遍数等。

9.5.3 硬件要求

数据采集设备技术要求见表 15。

表 15 数据采集设备技术要求

设备名称	设备技术要求
温度测量设备	温度测量设备误差应不大于1℃,采集范围满足0℃~300℃
定位设备	1)实时导航显示运行轨迹和真实运行位置延时不大于0.5 s; 2)平面动态定位测量误差应不大于3 cm; 3)数据采集频率应不大于1 Hz,压实速度数据误差不大于0.1 km/h

10 桥梁施工模块

10.1 一般规定

- 10.1.1 应包括水泥混凝土拌和、钢筋加工、水泥混凝土构件预制、桥梁钢结构制造、预制构件安装等。
- 10.1.2 施工设备管理及物料管理应符合 8.1.2 及 8.1.3 的有关规定。
- 10.1.3 应具备实时预警信息推送的功能。

10.2 水泥混凝土拌和

10.2.1 功能要求

- 10.2.1.1 应具备数据实时采集、存储和上传功能。
- 10.2.1.2 应具备拌和数据智能分析及设计配合比与实际配合比数据对比。

10.2.2 监测参数

监测参数应包括生产过程中水泥用量、粗细骨料用量、用水量及添加剂用量、搅拌时间等。

10.2.3 硬件要求

水泥混凝土拌和数据采集模块采集频率不小于 5 次/min。

10.3 钢筋加工

- 10.3.1 钢筋加工宜采用部品化模式生产。
- 10.3.2 宜具备订单管理、翻样管理、料单管理、物料(原材、余料、废料)管理、加工排产、配送管理等功能。

10.3.3 宜结合不同应用场景,具备提供多套钢筋优化套裁方案的功能。

10.3.4 宜支持使用手机端、PC 端或工位机掌握构件、设备及任务的实时加工进度,及时进行偏差管理。

10.4 水泥混凝土构件预制

10.4.1 功能要求

10.4.1.1 水泥混凝土构件预制宜采用工厂化生产。

10.4.1.2 工厂应包括台座管理、预制构件管理、制梁计划管理、生产工艺管理、施工信息管理、台账报表管理、数据分析管理等子系统,各子系统数据自动上传。

10.4.1.3 工厂生产管理具备以下功能:

- 应具备台座管理功能,通过二维码、RFID 等完成台座信息与梁的生产信息的动态更新;
- 应具备预制构件管理功能,维护预制构件基础信息及生产信息,宜结合移动端动态记录及追溯预制构件信息;
- 应具备制梁计划管理功能,根据总体架梁计划输出月度、季度、年度生产计划;
- 应具备生产工艺管理功能,根据工厂实际生产工艺自定义标准工序模板,通过移动端可填报梁生产工序进展信息、工序检验信息;
- 应具备施工信息管理功能,与张拉、压浆、养生等系统对接,生产数据集成,可查看所有混凝土智能生产数据;
- 应具备台账报表管理功能,自动生成生产台账如预制台账、存梁台账、架梁台账等;
- 应具备数据分析管理功能,具备自动生成图、表等多种形式的数据输出功能,可查看工厂综合信息以及数据分析结果。

10.4.1.4 宜采用数字孪生技术实现构件生产状态可视、数据可视及分析功能。

10.4.2 硬件要求

数据采集设备技术要求见表 16。

表 16 数据采集设备技术要求

设备名称	设备技术要求
传感器	1) 养生温度传感器测量误差不大于 1 ℃; 2) 张拉位移传感器测量精度不大于 ±1 mm; 3) 压浆传感器测量误差不大于 ±0.01 MPa, 压浆计量误差不大于 额定值的 0.5%

10.5 桥梁钢结构制造

10.5.1 功能要求

10.5.1.1 应建立覆盖装备、在制产品、物料、人员的工业网络与 MES 生产系统,具备生产设备数据采集、制造资源动态监控等功能。

10.5.1.2 宜具备从设计、生产资源规划、制造过程管理到质量保证等全过程数据集成共享、与 PLC、RFID 等多种自动化工业设备联机功能。

10.5.1.3 桥梁钢结构板单元、工型杆件、箱型杆件的主要焊缝宜采用焊接机器人或智能协作机器人等自动化设备进行焊接。

10.5.1.4 宜采用激光扫描或视觉识别方式对焊缝外观质量进行自动检测和统一管理,建立焊接质量管理系统,具备多种特征测量、数字报告管理及质量追溯功能。

10.5.1.5 宜具备物料、产品信息的全过程跟踪追溯功能。

10.5.1.6 应具备施工现场、工程进度、物料管理及统计分析结果可视化,具备预制场各功能区视频动态图像采集功能。

10.5.2 硬件要求

数据采集设备技术要求见表 17。

表 17 数据采集设备技术要求

设备名称	设备技术要求
激光传感器	钢结构焊接定位激光传感器测量范围宜满足 50 mm~650 mm,测量误差宜不大于 0.1 mm
压力传感器	钢结构喷漆压力传感器测量误差宜不大于 0.1 MPa,喷漆路径与和喷枪真实运行轨迹的时间误差不大于 0.5 s

10.6 预制构件安装

10.6.1 功能要求

10.6.1.1 预制构件安装宜采用一体化智能化设备,架桥机、龙门吊等大型起重设备宜具备运行监控、超载预警、自动控制等功能。

10.6.1.2 应具备通过电脑或手机查询预制件构件编码、生产状态、预制件生产工位、存放工位、架设位置等信息的功能。

10.6.1.3 宜具备实时监测大型起重设备起重量、起升高度/下降深度、风速、工作时间、运行行程、水平度等参数,自动推送预警消息功能。

10.6.2 硬件要求

数据采集设备技术要求见表 18。

表 18 数据采集设备技术要求

设备名称	设备技术要求
位移传感器	架桥机位移监测传感器动态测量误差宜不大于 2 mm
水平度传感器	水平度传感器精度误差宜不大于 0.1°

11 隧道施工模块

11.1 一般规定

11.1.1 隧道施工应按照钻爆隧道、堰筑隧道、盾构隧道等进行智慧管理。

11.1.2 施工设备管理及物料管理应符合 8.1.2 及 8.1.3 的有关规定。

11.1.3 混凝土拌和与预制管理应采用信息化技术对混凝土拌和、预制构件生产等内容进行监管,具体要求应符合 10.2 及 10.4 的有关规定。

11.1.4 隧道施工人员管理满足 7.2 有关规定,并具备下列功能:

——应采用电子门禁、超宽带 UWB、蓝牙定位等技术,对隧道工作人员的数量控制,隧道内工作人

- 员位置精准定位；
 ——应具备对隧道内多种有害气体浓度实时、连续监测，气体浓度超阈值声光提醒，并与通风、人员定位系统联动。
- 11.1.5 应具备实时预警信息推送的功能。

11.2 钻爆隧道施工

11.2.1 功能要求

- 11.2.1.1 应包括超前地质预报、钻爆开挖、初期支护、二次衬砌等数据监测功能。
 11.2.1.2 超前地质预报数据宜实时关联至隧道空间模型。
 11.2.1.3 钻爆开挖管理宜使用具备自动化控制系统的智能钻探机，开展高精度钻孔定位和深度控制，精确至毫米级。
 11.2.1.4 钻爆开挖过程宜使用智能化爆破设计软件，模拟爆破效果，优化爆破参数。
 11.2.1.5 初期支护管理支护材料宜配备智能传感器，监测变形、压力、位移和温度。
 11.2.1.6 初期支护管理宜建立实时通信和协作平台，使管理人员、施工团队等共享支护数据信息。
 11.2.1.7 二次衬砌宜使用混凝土供应链管理系统，确保混凝土的供应连续性和质量稳定性。

11.2.2 硬件要求

数据采集设备技术要求见表 19。

表 19 数据采集设备技术要求

应用场景	设备名称	设备技术要求
超前地质预报	位移传感器、地震仪、地下水位监测仪	1)水位监测仪流速测量范围应满足0 m/s~10.0 m/s； 2)传感器测量精度宜不大于1.0%
钻爆开挖管理	震动传感器、颗粒物传感器	1)震动传感器监测频率应满足5 Hz~500 Hz； 2)颗粒物传感器工作温度范围应满足-20 ℃~50 ℃
初期支护管理	变形传感器	1)测量量程宜满足0.5 m~20 m，测量误差不大于1.5 mm； 2)角度测量范围宜满足0°~90°，分辨率不大于0.1°； 3)工作温度范围应满足-15 ℃~50 ℃； 4)数据传输频率可进行远程设置
二次衬砌管理	受力监测设备	1)电阻应变片测量误差应不大于0.5%F.S.； 2)混凝土应变计测量误差应不大于0.1%F.S.； 3)水压计测量误差应不大于0.1%F.S.
注：F.S.表示满量程。		

11.3 堰筑隧道施工

- 11.3.1 应包括围堰工程、基坑围护及支护、钢筋混凝土结构、结构渗水、沉降监测等方面的技术要求。
 11.3.2 围堰工程智慧管理满足下列要求：
 ——应使用地下水位监测设备，监测隧道周围地下水位的变化；
 ——应对钢板桩围堰施工等关键工艺进行数字模拟，对关键质量数据自动采集、智能分析、动态管控。
 11.3.3 基坑围护及支护管理满足下列要求：

- 基坑支护及开挖过程中,应进行深基坑监测,监测数据应包括基坑土压力、变形、地下水位等;
- 隧道基坑围护和支护过程中,宜建立基于原位土体参数的智能反演分析方法和实时反馈分析系统,提出隧道不均匀沉降的动态控制措施。

11.3.4 钢筋混凝土结构工程智慧管理满足下列要求:

- 应采用自动化混凝土搅拌和浇筑设备,利用搅拌机和泵车精确控制混凝土配比、流动性和浇筑速度;
- 宜采用激光测距仪和相关参数控制系统,监测混凝土结构的尺寸和平整度;
- 大体积混凝土浇筑时宜采用抗裂性原位实时监测技术,根据不同结构部位针对性确定监测位置并布置传感器。

11.3.5 结构渗水、沉降监测智慧管理满足下列要求:

- 应采用基于温度识别的分布式光纤测温系统进行隧道接缝渗漏水监测;
- 宜监测隧道结构的变形和沉降程度,采取静力水准测量方法对隧道进行高精度沉降监测;
- 应具备自动管控预警功能,数据出现异常时自动推送预警消息。

11.4 盾构隧道施工

11.4.1 盾构法功能要求

11.4.1.1 盾构隧道施工应包括工作井施工、盾构掘进、管片生产与拼装、气体监测、注浆、施工运输、内部结构施工等方面的技术要求。

11.4.1.2 工作井施工管理满足下列要求:

- 宜采用超声波传感器,观测连续墙槽宽、垂直度、孔壁状况等参数;
- 宜采用自动化降水技术,对水位实时监测、水泵智能控制。

11.4.1.3 盾构掘进管理应满足下列要求:

- 应监测和反馈机器的推力、扭矩、贯入度、刀盘转速、护盾油缸压力、行程等参数;
- 应使用全球定位系统和惯性导航系统,实时跟踪盾构机的位置和姿态;
- 宜配置搭载式超前地质预报系统,对前方围岩进行实时探测;
- 应具备刀具监测系统,记录刀具磨损情况、更换情况、运动情况功能,支撑刀具更换决策。

11.4.1.4 管片生产与拼装管理满足下列要求:

- 管片生产应建立自动化生产线,实现机械化生产及智能监控;
- 管片生产宜建立集成控制平台和数据管理系统,具备信息识别、数据跟踪、生产工艺和质量检验记录等功能;
- 宜采用三维激光扫描,检查管片尺寸精度;
- 管片选型应具备自动选型、人工确认功能;
- 宜具备管片半自动吊运和拼装功能。

11.4.1.5 宜配备有毒有害气体检测系统,连续检测 H₂S、CH₄、NO、NO₂、CO、CO₂ 等气体含量,具备超限声光提醒功能。

11.4.1.6 宜采取地质雷达或超声波探测法等无损检测手段对注浆质量进行检查。

11.4.1.7 宜建立运输调度系统,实现物资运输和调度的信息化管理。

11.4.1.8 内部结构施工管理满足下列要求:

- 箱涵及附属结构施工应采用激光测量标定位置,提升安装精度;
- 箱涵拼装宜采用精调台车(机器人)完成拼装作业,其他附属结构宜采用机械化施工。

12 系统集成与安全

12.1 系统集成

12.1.1 设备、平台接口等数据传输宜支持 HTTP、HTTPS、TCP、UDP 等多种协议。

12.1.2 系统应建立唯一数据库,具备信息共享功能,提供标准接口,实现数据融合可视化展示。

12.2 系统安全

12.2.1 系统安全应符合 GB/T 22239、GB/T 22240、GB/T 25058、GB/T 25070、GB/T 33008 的有关规定。

12.2.2 应制定安全管理制度,编写安全数据接口,建立安全系统部署环境。

13 系统运行维护

13.1 系统维护

13.1.1 系统维护包括巡检计划、运维巡检及运维记录。

13.1.2 系统维护应定期对软硬件部署环境、应用平台、传输网络、数据库进行扫描与修复,对关键指标实时监管与预警。

13.1.3 系统维护应提前 24 h 通知相关人员,时间应选择在系统使用不活跃的时间段。

13.2 系统升级

13.2.1 软件部署环境、硬件系统应具备扩展能力。

13.2.2 应采用自动化系统升级技术,在升级过程中遇到故障可自动恢复至之前版本。

13.2.3 系统升级应提前 24 h 通知相关人员,时间应选择在系统使用不活跃的时间段。

附录 A
(资料性)

智慧工地应用场景及建设需求表

智慧工地应用场景及建设需求表见表A.1。

表 A.1 智慧工地应用场景及建设需求表

建设内容		建设需求	
模块	场景/项目	软件	硬件
综合管理	组织及办公管理	组织机构管理	√
		办公管理	√
		人员管理	√
	质量管理	工序报验管理	√
		质检资料管理	√
		试验检测管理	√
	安全管理	安全活动	√
		风险管控	√
		隐患排查	√
		危大工程	√
		安全经费	√
		应急管理	√
		视频监控	√
		安全监测	√
生产管理	进度管理	进度计划	√
		进度跟踪	√
		进度统计	√
		进度可视化	√
	合同管理	合约管理	√
		变更管理	√
	计量与支付管理	计量管理	√
		支付管理	√
	环境管理	环保管理	√
		环境监测	√
		能耗与碳排放管理	√
档案管理	文件归集与上传	√	—
	文件交付	√	—

表 A.1 智慧工地应用场景及建设需求表（续）

建设内容		建设需求	
模块	场景/项目	软件	硬件
综合管理	档案管理	文件组卷与归档	√
		档案查询与借阅	√
路基施工	软土地基处理	√	√
	路基压实	√	√
	边坡监测	√	√
路面施工	混合料拌和	√	√
	混合料运输	√	√
	路面摊铺	√	√
	路面压实	√	√
桥梁施工	混凝土拌和	√	√
	钢筋加工	√	√
	水泥混凝土构件预制	√	√
	桥梁钢结构制造	√	√
	预制构件安装	√	√
隧道施工	钻爆隧道施工	超前地质预报	√
		钻爆开挖	√
		初期支护	√
		二次衬砌	√
	堰筑隧道施工	围堰工程	√
		基坑围护及支护	√
		钢筋混凝土结构	√
		结构渗水、沉降监测	√
	盾构隧道施工	工作井施工	√
		盾构掘进	—
		管片生产与拼装	√
		气体监测	√
		注浆	√
		施工运输	√
		内部结构施工	√

注：“√”表示需要建设，“—”表示不需要建设。

附录 B
(资料性)
智慧检测参数建议表

智慧检测参数建议表见表B.1。

表 B.1 智慧检测参数建议表

检测类别		试验检测设备	检测参数
原材料	水泥	抗压抗折试验机	抗压强度
			抗折强度
	集料	电子天平	颗粒级配
			密度及吸水率
			针片状
			压碎值
			含泥量
	钢筋及连接件	拉伸试验机	屈服强度
			拉伸强度
	钢绞线	拉伸试验机	拉伸强度
混合料	沥青	针入度仪	针入度
		软化点仪	软化点
		延伸度仪	延度
		电子天平	蒸发残留物含量
		红外光谱仪	改性剂含量
	水泥混凝土	万能试验机	立方体抗压强度
			抗折强度
			劈裂抗拉强度
			砂浆强度
	无机结合料	万能试验机	无侧限抗压强度
	沥青混合料	马歇尔稳定度仪	稳定度、流值
		电子天平	空隙率
			油石比
			级配
		车辙试验仪	动稳定性
工程实体	路基工程	电子天平	最大理论密度
			最大干密度
			压实度

表 B.1 智慧检测参数建议表（续）

检测类别		试验检测设备	检测参数
工程实体	路基工程	万能试验机	无侧限抗压强度
	路面工程	渗水仪	渗水系数
		电子天平	基层压实度
			基层最大干密度
	桥隧工程	回弹仪	面层压实度
			混凝土强度
		钢筋保护层厚度测定仪	钢筋保护层厚度
		超声波基桩测试仪	基桩完整性
		低应变检测仪	