

# JTG

中华人民共和国推荐性行业标准

JTG/T 3603—2026

## 公路工程智慧工地建设技术指南

Technical Guidelines for Smart Construction Sites of Highway Engineering

2026-06-10 发布

2026-08-01 实施

中华人民共和国交通运输部发布

## 前 言

根据《交通运输部关于下达 2023 年度公路工程行业标准制修订项目计划的通知》（交公路函〔2023〕270 号）的要求，由江苏省交通工程建设局承担《公路工程智慧工地建设技术指南》（JTG/T 3603—2026）（以下简称“本指南”）的制定工作。

编写组调研和收集了国内外公路工程智慧工地建设相关资料，参考了相关科研成果，吸收了建设经验，借鉴了国内外相关标准规范，在此基础上以多种方式广泛征求了全国相关单位和专家意见，最终完成了本指南的编制工作。

本指南包括 11 章和 3 个附录，主要内容包括：1 总则、2 术语和符号、3 基本规定、4 项目管理、5 路基施工、6 路面施工、7 桥梁施工、8 隧道施工、9 交通工程及沿线设施施工、10 数字化交付、11 系统支撑，附录 A 智慧工地特殊场景智慧化施工要求、附录 B 公路工程试验室智慧检测参数建议表、附录 C 智慧工地业务内容采集参数建议表。

本指南由蒋振雄负责起草第 1 章，潘卫育负责起草第 2 章，周进负责起草第 3 章，蒋振雄、周进、吴宇晟负责起草第 4 章，江臣、杨大勇负责起草第 5 章，张志祥、潘卫育负责起草第 6 章，张鸿、李洪涛、曹东威负责起草第 7 章，陈建福、羊勇、王峻负责起草第 8 章，江臣、刘强负责起草第 9 章，徐一岗负责起草第 10 章，汪林、刘强负责起草第 11 章，张鸿、陈建福负责起草附录 A，张志祥负责起草附录 B，刘强负责起草附录 C。

请各有关单位在执行过程中，将发现的问题和意见，函告本指南日常管理组，联系人：相阳（地址：江苏省南京市石鼓路 69 号江苏交通大厦，江苏省交通工程建设局；邮政编码：210004；电话：025-84464892；电子邮箱：18150962@qq.com），以便修订时参考。

**主 编 单 位：**江苏省交通工程建设局

**参 编 单 位：**中路交科科技股份有限公司  
交通运输部公路科学研究院  
华设设计集团股份有限公司  
中交第二航务工程局有限公司  
中铁十四局集团有限公司  
中铁山桥集团有限公司  
黑龙江省交通投资集团有限公司

四川路桥建设集团股份有限公司

主 编：蒋振雄

主要参编人员：周 进 张志祥 潘卫育 汪 林 张 鸿 王 峻  
曹东威 李洪涛 徐一岗 江 臣 吴宇晟 刘 强  
杨大勇 羊 勇 陈建福

主 审：宋神友

参与审查人员：王恒斌 宾 帆 张慧彧 张冬青 王 太 欧阳效勇  
杜博英 陈礼彪 李宗平 侯福金 楼晓寅 闫大伟  
赵 君 蒋 强 卢 伟 张永涛 何 光 段海澎  
许宏科 陈剑波 郑建中 刘子为

参 加 单 位：南京飞搏智能交通技术有限公司  
北京交科公路勘察设计研究院有限公司  
江苏景行物元科技有限公司

参 加 人 员：相 阳 唐建亚 马文宁 宋玉才 高昌炎 张韩帅

## 目 次

<b>1</b>	<b>总则</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>术语和符号</b>	<b>2</b>
2.1	术语	2
2.2	符号	2
<b>3</b>	<b>基本规定</b>	<b>3</b>
3.1	基本要求	3
3.2	基本原则	3
3.3	建设内容	4
3.4	管理要求与边界	7
3.5	建设保障	7
3.6	数据挖掘应用	8
<b>4</b>	<b>项目管理</b>	<b>9</b>
4.1	一般规定	9
4.2	综合管理	9
4.3	质量管理	10
4.4	安全管理	11
4.5	进度管理	12
4.6	合同与变更管理	13
4.7	计量与支付管理	13
4.8	环保管理	13
4.9	档案管理	14
<b>5</b>	<b>路基施工</b>	<b>15</b>
5.1	一般规定	15
5.2	路基测量放样	15
5.3	路基压实施工	16
5.4	边坡施工监测	17
5.5	特殊路基施工	18
<b>6</b>	<b>路面施工</b>	<b>22</b>
6.1	一般规定	22

6.2	水泥混凝土路面施工	22
6.3	沥青路面混合料拌和	23
6.4	沥青路面混合料运输	23
6.5	沥青路面摊铺	24
6.6	沥青路面压实	25
6.7	路面无人施工	25
<b>7</b>	<b>桥梁施工</b>	<b>27</b>
7.1	一般规定	27
7.2	钢筋施工	27
7.3	混凝土构件预制和安装	28
7.4	混凝土施工	30
7.5	基础施工	30
7.6	桥梁钢结构制造	31
7.7	主梁施工	32
<b>8</b>	<b>隧道施工</b>	<b>33</b>
8.1	一般规定	33
8.2	钻爆开挖	34
8.3	初期支护	35
8.4	二次衬砌	35
8.5	监控量测	36
<b>9</b>	<b>交通工程及沿线设施施工</b>	<b>37</b>
9.1	交通安全设施	37
9.2	机电工程	38
9.3	房屋建筑	38
<b>10</b>	<b>数字化交付</b>	<b>41</b>
10.1	一般规定	41
10.2	交付流程	41
10.3	交付内容	42
10.4	交付形式	42
<b>11</b>	<b>系统支撑</b>	<b>43</b>
11.1	一般规定	43
11.2	智慧工地系统架构	43
11.3	施工信息模型	44
11.4	数据库	45
11.5	信息安全	46

---

附录 A 智慧工地特殊场景智慧化施工要求 .....	47
附录 B 公路工程实验室智慧检测参数建议表 .....	53
附录 C 智慧工地业务内容采集参数建议表 .....	55
本指南用词用语说明 .....	69

交通运输部信息公开  
浏览专用

# 1 总则

**1.0.1** 为规范公路工程智慧工地建设，提升公路工程施工质量、安全、环保等管理水平，引导公路工程建设管理数字化、智慧化发展，制定本指南。

**1.0.2** 本指南适用于二级及二级以上公路、独立特大桥、（特）长隧道的新建和改扩建工程。

## 条文说明

本指南主要根据当前我国高等级公路工程智慧工地建设发展现状，经调研、分析、研究编制形成。考虑公路行业数字化发展要求，其他公路工程可根据项目特征与管理条件，选择必要建设内容，根据本指南相关内容，参照进行智慧工地的建设。

**1.0.3** 公路工程智慧工地建设内容可包括项目管理、路基、路面、桥梁、隧道、交通工程及沿线设施等的施工关键环节的智能化管理。

**1.0.4** 本指南适用对象包括建设、施工、监理、试验检测等单位。

**1.0.5** 本指南可用于制定智慧工地硬件设备技术参数要求及软件系统接口要求。

**1.0.6** 智慧工地宜基于 BIM 模型进行建设。

**1.0.7** 公路工程智慧工地建设除应符合本指南的规定外，尚应符合国家和行业现行有关强制性标准的规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

#### 2.1.1 智慧工地 smart construction sites

运用物联网、人工智能等现代信息技术，对公路工程建设工地关键环节进行智能化管理，建立信息共享和协同管理体系，推动实现具有智能建造、智能预警、科学监管、辅助决策等功能的新型工地形态。

#### 条文说明

现代信息技术内容包括物联网、大数据、云计算、卫星定位、人工智能、BIM等。

#### 2.1.2 智慧工地系统 smart construction sites systems

利用物联网、信息模型、人工智能、大数据等新一代信息技术，对公路工程建设全过程的“人、机、料、法、环”等关键要素进行动态感知、实时互联、智能分析、协同控制和科学决策的数字化、智能化管理系统，是智慧工地的重要组成部分。

### 2.2 符号

- AI——人工智能技术 (Artificial Intelligence);
- BIM——建筑信息模型 (Building Information Modeling);
- EBS——工程分解结构 (Engineering Breakdown Structure);
- GIS——地理信息系统 (Geographic Information System);
- PLC——可编程逻辑控制器 (Programmable Logic Controller);
- RFID——射频识别 (Radio Frequency Identification);
- RTK——实时动态载波相位差分技术 (Real-time Kinematic);
- WBS——工作分解结构 (Work Breakdown Structure)。

## 3 基本规定

### 3.1 基本要求

**3.1.1** 建设单位宜在项目前期组织策划智慧工地建设方案。

#### 条文说明

公路工程智慧工地建设一般要进行系统的方案策划，在项目前期明确建设原则与内容，可由建设单位发起研究编制智慧工地总体建设方案，并在招标文件中明确智慧工地建设具体要求与专项条款。

**3.1.2** 智慧工地建设方案宜结合项目管理目标、工程项目特征、各参建单位职能、工程实施业务需求等因素，明确智慧工地建设目标、任务和技术路径。

**3.1.3** 智慧工地建设方案宜建立基于 BIM 的施工过程信息管理机制，确保施工期形成的各类信息被系统化地记录、组织和管理，为数字化交付奠定数据基础。

**3.1.4** 参建单位宜综合考虑项目智慧工地建设方案、项目特点及应用需求等因素，确定智慧工地建设的目标和范围。

#### 条文说明

由于各地区、项目信息化发展水平存在差异，本指南提出的技术要求为普适性、推荐性要求。各工程建设项目智慧工地建设内容需根据合同要求开展，鼓励在本指南的智慧工地建设要求基础上进行完善、拓展和提升。

### 3.2 基本原则

**3.2.1** 公路工程智慧工地建设宜遵循下列原则：

- 1 科学性。充分考虑数字化技术在公路工程建设中的应用效果，宜选择适用、合理的场景及业务模块进行智慧工地建设。
- 2 规范性。充分聚焦智慧工地在公路工程建设中的管理支撑作用，宜搭建规范的

智慧工地建设管理体系，按照体系内容，指导项目建设单位、施工单位、监理单位、试验检测单位等多方的数字化行为。

3 针对性。充分考虑智慧工地在行业应用技术现状、技术要求与参数等级标准，宜能适应项目建设过程中智慧管控应用，满足建设目标需求。

4 兼容性。充分考虑信息化变革迭代周期及技术特征差异，宜具备兼容行业前沿技术与系统功能扩展的能力。

5 系统性。宜建立涵盖技术标准、管理体系、评价方法的智慧工地建设完整体系，系统性实现各子系统数据贯通、业务协同。

6 自主性。宜优先采用自主可控的技术、产品和服务，确保数据安全可靠。

### 3.3 建设内容

3.3.1 公路工程智慧工地建设内容可包括应用软件、硬件设备、系统平台、数据分析及辅助决策等。

3.3.2 公路工程智慧工地建设内容总体上宜包括项目管理和施工管理两部分。宜根据项目实际特征，在表 3.3.2 的基础上对智慧工地建设内容进行菜单选择性实施。

表 3.3.2 智慧工地建设内容

智慧工地建设内容			
类别	业务模块	适用场景	
项目管理	综合管理	组织机构	通用
		行政办公	通用
		人力资源	通用
	质量管理	工序报验	通用
		质量巡检	通用
		质检资料	通用
		试验检测	通用
	安全管理	安全活动	通用
		风险管控	通用
		隐患排查治理	通用
		危大工程	通用
		视频监控	通用
		安全监测	通用
		安全经费	通用
	进度管理	应急管理	通用
		进度计划	通用
进度跟踪		通用	

续表 3.3.2

智慧工地建设内容			
类别	业务模块		适用场景
项目管理	进度管理	进度统计	通用
	合同与变更管理	合同登记	通用
		合同台账	通用
		合同变更	通用
	计量与支付管理	计量审批	通用
		计量台账	通用
		支付报告	通用
		支付台账	通用
		资金监管	通用
	环保管理	过程管理	通用
		环境监测	通用
	档案管理	文件收集	通用
		文件组卷与归档	通用
档案查询与借阅		通用	
路基施工	路基测量放样		通用
	路基压实施工		通用
	边坡施工监测		通用
	软土地基处理		沿江、沿河地区
	湿陷性黄土地基施工		黄河中游地区
	冻土地基施工		东北、西北地区
	高饱和度粉土地基施工		滨海平原、内陆低洼盆地地区
路面施工	水泥混凝土路面施工		通用
	沥青路面混合料拌和		通用
	沥青路面混合料运输		通用
	沥青路面摊铺		通用
	沥青路面压实		通用
	路面无人施工		通用
桥梁施工	钢筋施工		通用
	混凝土构件预制和安装		通用
	混凝土施工		通用
	基础施工		通用
	桥梁钢结构制造		通用
	主梁施工		通用
	塔、墩施工		特大桥

续表 3.3.2

智慧工地建设内容			
类别	业务模块	适用场景	
桥梁施工	缆、索施工	特大桥	
	主梁吊装	特大桥	
	拱肋施工	特大桥	
隧道施工	钻爆隧道施工	钻爆开挖	硬岩/山岭地区
		初期支护	硬岩/山岭地区
		二次衬砌	硬岩/山岭地区
		监控量测	硬岩/山岭地区
	盾构隧道施工	工作井施工	软土地层
		盾构掘进	软土地层
		管片生产与拼装	通用
		注浆	软土地层
		施工运输	软土地层
		内部结构施工	软土地层
		堰筑隧道施工	围堰工程
	基坑围护及支护		浅水河/沿海
	钢筋混凝土结构		浅水河/沿海
	结构渗水和沉降监测		浅水河/沿海
	混凝土沉管隧道施工	管节预制	通用
		舾装	深水区域
		基槽开挖与清淤	深水区域
		地基与基础施工	深水区域
		管节浮运	深水区域
		沉放与安装	深水区域
最终接头施工		深水区域	
交通工程 及沿线设施施工	交通安全设施	通用	
	机电工程	通用	
	房屋建筑	通用	

### 条文说明

表 3.3.2 列出了当前公路工程智慧工地建设典型业务模块及适用场景，为项目智慧工地建设提供了应用场景参考。各项目可以根据智慧工地建设方案、项目特点，自主选择与项目建设需求匹配的场景进行实施应用。

### 3.4 管理要求与边界

3.4.1 建设单位宜负责智慧工地整体策划、项目管理和系统构建。

3.4.2 建设单位宜建立接收、分析、管理现场各类数据的管理系统，兼容各施工单位上传的关键参数，动态反映工程建设质量、安全、进度、合同与变更、计量与支付、环保、档案等管理业务情况。

3.4.3 施工单位宜负责路基施工、路面施工、桥梁施工、隧道施工、交通工程及沿线设施等智慧工地建设内容，其中特殊场景智慧化施工宜符合本指南附录 A 的规定。

3.4.4 其他参建单位宜协同参与智慧工地建设。

### 3.5 建设保障

3.5.1 建设单位宜牵头组织建立标准化、规范化的智慧工地管理体系和规章制度，作为参建各方建设智慧工地的工作准绳。

#### 条文说明

智慧工地一般要建立一套完整的系统管理制度，明确建设管理方与施工参与方在智慧工地建设中的职责与工作内容，提供清晰且可操作的方案流程及建设目标，减少系统的重复建设和不均衡应用问题，提升智慧工地系统应用的普适性和便易性。

3.5.2 施工单位宜根据项目智慧工地建设方案，结合项目特点及应用需求，编制智慧工地技术路线和具体建设方案。

#### 条文说明

为确保智慧工地方案在应用过程中技术的统一性和匹配度，一般由施工单位编制具体建设方案，技术方案中需明确智慧工地建设内容、负责单位、负责人员、采集内容、采集频率、分析方法等，形成一套切实可行的统一系统运行方案，并落实到具体参建单位负责人。

3.5.3 建设单位及施工单位宜建设所需的基础设施，包括信息采集设备、网络基础设施、数据集成系统、信息应用终端、数据安全保障等，满足智慧工地建设与运维管理需求。

**3.5.4** 项目开工前，建设单位宜组织制定软硬件技术要求，软硬件设施应满足信息协同的要求。

#### 条文说明

智慧工地中软件设备、硬件设备需采用通用型数据接口标准，满足信息协同的要求，避免形成数据孤岛现象。

**3.5.5** 宜采用智能化设备采集业务和服务所需数据、影像信息等，施工关键数据采集宜满足时效性、准确性、真实性、安全性的要求。

#### 条文说明

在经济允许和技术可靠的前提下，智慧工地建设尽量采用物联网终端设备来自动获取智慧工地业务管理所需的相关数据，尽量减少手动录入采集数据的行为，确保数据的真实性和不可篡改性，提升智慧工地系统的应用便捷性和数据真实性。

**3.5.6** 现场宜综合布设监控设施，对施工现场的人员、设备、材料、作业环境等开展过程监控、预警。

**3.5.7** 硬件设施宜定期进行检修及保养。

#### 条文说明

智慧工地硬件设备与传统设备相似，具有一定的生命周期，为了维持智慧工地良好运营状态，一般要定期对硬件设备进行维护及保养，如定期维护视频流量卡、检查传感器等，并鼓励相关硬件设备设施进行重复利用，提高智慧工地建设经济性。

### 3.6 数据挖掘应用

**3.6.1** 宜支持风险预警、进度优化、过程监管、统计分析等智能化应用。

**3.6.2** 宜支持综合管理、质量管理、进度管理、合同管理、计量支付、档案管理等子系统间的数据协同。

## 4 项目管理

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 项目管理宜包括综合管理、质量管理、安全管理、进度管理、合同与变更管理、计量与支付管理、环保管理、档案管理等。

**4.1.2** 项目管理中各业务宜基于统一的 WBS 和 EBS 原则分解与设计，并结合管理流和施工流专业逻辑，打通各环节关键数据，实现各功能层级的数据传递和映射。

### 4.2 综合管理

**4.2.1** 综合管理宜包括组织机构、行政办公、人力资源管理等。

**4.2.2** 组织机构管理宜能支持快速实现相关机构层级的配置，提升管理效能，具体包括组织机构层级、岗位责任、功能权限划分等。

**4.2.3** 行政办公管理宜满足下列要求：

- 1 支持收文、发文、工程用表等业务的线上审批，提升文件流转效率。
- 2 支持办公流程审批电子签章。

#### 条文说明

行政办公管理是智慧工地和管理数字化的基本建设内容，通过线上化审批流程提升综合管理办公效率，同时实现所有审批节点和审批数据留痕，便于后续相关问题的溯源。

**4.2.4** 人力资源管理应满足下列要求：

- 1 应采用实名制进行管理，全面掌握参建人员信息动态。
- 2 要素宜包括人员基本信息、工种、资格证书、培训考核、交底记录、工资支付管理等。
- 3 宜支持人员实时定位，记录特殊作业人员所在位置、进入施工区域时间和停留

时间。

4 可根据人员与班组情况,充分结合作业质量、安全等数据进行关联分析,对人员与班组专业技能、信用等进行综合评价。

### 4.3 质量管理

4.3.1 质量管理宜包括工序报验、质量巡检、质检资料管理、试验检测管理等。

4.3.2 工序报验应满足下列要求:

- 1 支持工序验收相关工作的线上报审。
- 2 通过移动端实现现场影像资料上传。

#### 条文说明

工序报验管理是质量管理的关键内容,线上工序报验流程审批的内容、节点数据与后续计量支付、档案管理等工作息息相关,采用线上流程、手持终端等方式可以实现与后续工作的数据交互,保障一数一源。

4.3.3 质量巡检宜具备问题上报、整改、审核等流程闭环管理,宜支持移动端线上填报及现场影像资料上传。

4.3.4 质检资料管理宜满足下列要求:

- 1 宜具备登记、审核、查询、归档等功能。
- 2 宜支持与计量支付系统对接,同步质检资料完成状态。
- 3 宜支持与档案管理系统对接,实现资料组卷归档。

4.3.5 试验检测管理应满足下列要求:

1 建设单位宜组织建立统一的试验检测管理系统,实现试验检测数据互联互通。

2 试验检测管理系统宜具备样品登记、数据管理、报告生成、报告审核、报告签发等功能。

3 试验检测管理系统宜支持与档案管理系统对接,实现资料组卷归档。

4 试验室宜采用物联网检测设备,实时上传试验数据。公路工程试验室智慧检测参数应符合本指南附录 B 的规定,对分项工程中未能开展物联检测的项目,可手动上传试验检测结果。

5 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,采集数据向服务器实时传输。

6 物联检测设备宜支持广域网、局域网及自组网等方式,支持 JSON、字符串等数据结构,具备数据存储功能。

## 条文说明

1 对于现场工地试验室来说，从集约资源角度出发，可以由建设管理单位牵头制定试验检测管理系统规则和数据要求，在各自个性化系统基础上进行顶层汇聚功能开发，避免重复建设。

4 通过对试验设备进行物联网化改造，配合试验检测管理系统，实现试验检测业务的数据自动化上传、审批、报告生成等业务目标，其从源头上可以大大降低试验检测数据造假、篡改等风险，从而更好促进质量管理。当前，由于相关物联网试验设备的技术与标准还在探索阶段，本指南中相关要求是在既有案例基础上进行的总结与提炼，鼓励从业单位进行多业务的探索与完善。

## 4.4 安全管理

**4.4.1** 安全管理宜包括安全活动管理、风险管控、隐患排查治理、危大工程管理、视频监控、安全监测、安全经费管理、应急管理等。

## 条文说明

安全管理已成为公路工程建设管理的关键因素，为进一步提升公路工程建设安全管理水平，建议采用信息化、智能化手段对施工建设全过程进行安全管控，在信息化系统功能方案与开发过程中，建议与安全生产管理体系充分融合。

**4.4.2** 安全活动管理宜支持安全教育培训、安全技术交底、班前教育、安全会议等在线查看，可采用移动终端、人脸识别等手段实现信息快速登记。

**4.4.3** 风险管控宜支持风险辨识与评估、风险防控管理、风险 GIS 地图、风险提醒等线上管理，对现场常见、突出问题宜进行重点标注及管控。

**4.4.4** 隐患排查治理宜支持隐患排查、隐患整改、整改评估等全流程闭环管理，可结合移动端、无人机、AI 技术等实现隐患智能识别、线上填报，支持预警信息推送。

**4.4.5** 危大工程管理宜支持专项方案编制、专家论证审查、安全生产条件核查、检查验收等线上管理。

**4.4.6** 视频监控宜支持在线播放、远程控制、离线报警等，宜具备 AI 隐患识别功能。

## 条文说明

根据具体工点作业安全生产特征，建议采用安全生产行为智能识别算法进行隐患识别。

**4.4.7** 安全监测宜支持对现场特种（专用）机械设备、重大危险源等在线监测、自动分析及预警信息推送。

**4.4.8** 安全经费管理宜支持安全经费清单管理、计划及投入管理、计量支付、统计分析等在线登记、审批及查看。

**4.4.9** 应急管理宜支持应急预案审批、应急演练、应急资源可视化管理，支持应急处置流程消息推送。

**4.4.10** 建设单位可根据项目安全生产管理体系，围绕安全管理要素，构建安全生产指数等评价指标，用于各单位的月度、季度、年度安全生产管理效能评价。

## 条文说明

安全生产指数可以由安全活动、风险管控、隐患排查、危大工程、安全经费、应急管理、视频监控、安全监测等方面参数组成，通过赋值不同权重系数进行指数计算，可以与劳动竞赛、履约考核等项目管理环节进行挂钩。

## 4.5 进度管理

**4.5.1** 进度管理宜包括进度计划、进度跟踪、进度统计等。

**4.5.2** 进度计划宜满足下列条件：

- 1 宜支持项目进度计划目标线上编制、填报与审批。
- 2 宜支持关键节点设置，与项目总体 WBS 进行协同计划编制。

**4.5.3** 进度跟踪宜支持利用工序报验数据获取相关分项工程实际施工进度，并与进度计划进行对比。

**4.5.4** 进度统计宜与合同清单数据互通，支持统计各施工标段的计划与实际进度及产值。

**4.5.5** 进度管理可采用可视化手段，包括无人机航拍视频、BIM、数字孪生、AI 等，

支持不同时期工程形象进度对比。

## 4.6 合同与变更管理

**4.6.1** 宜对项目建设中产生的合同进行在线登记、审核，合同信息宜包括合同名称、合同类型、合同清单、支付条款、合同附件等。

**4.6.2** 宜支持自动生成合同台账，并实时更新及查阅。

**4.6.3** 宜支持线上变更申报、变更立项、变更审批等，支持生成变更台账、实时更新及查阅。

## 4.7 计量与支付管理

**4.7.1** 计量管理宜支持工程量清单挂接、中间计量申报、材料调差、中间计量审批、资金监管等。

**4.7.2** 计量在线审批宜支持电子签章。

**4.7.3** 计量管理宜支持自动生成清单计量台账、实时更新及查阅。

**4.7.4** 计量管理宜支持与质量管理体系数据对接。

**4.7.5** 支付管理宜支持中间支付月报上报、审批等。

**4.7.6** 支付管理宜支持自动生成支付台账、实时更新及查阅，宜支持与档案管理系统对接，实现资料组卷归档。

**4.7.7** 资金监管宜整合计量申报、审核、支付全流程数据，支持资金流向实时追踪、拨付节点智能核验、风险隐患自动预警。

## 4.8 环保管理

**4.8.1** 环保管理宜包括过程管理、环境监测等。

**4.8.2** 过程管理宜结合工程环评要求，建立环保数字化管理体系，宜具备过程实时巡查功能。

**4.8.3** 可根据环评报告批复要求,对扬尘、噪声、水质等进行数字化管理,并满足下列要求:

- 1 扬尘监测支持扬尘数据统计、分析、查询、扬尘超标、设备故障现场提醒及预警信息推送等功能。
- 2 噪声监测支持施工工点实时噪声监测、数据统计、分析、查询。
- 3 水质监测指标包括 pH 值、悬浮物、石油类污染等,支持水质数据实时显示、自动记录、数据查询、存储生态环境参数因子。

## 4.9 档案管理

**4.9.1** 档案管理宜包括文件收集、文件组卷与归档、查询与借阅等。

**4.9.2** 档案宜结合项目 BIM 模型实现可视化查询。

**4.9.3** 文件收集宜与质量管理、计量支付、项目办公等业务系统建立数据接口,在线文件收集。

**4.9.4** 文件组卷与归档宜支持自动组卷,形成可长期保存的电子档案。

**4.9.5** 档案查询与借阅宜支持基于档案内容与关键字段的逻辑查询和渐进搜索,支持按授权范围进行档案借阅及审批。

**4.9.6** 档案管理系统在具备条件的情况下,宜符合档案管理与验收部门的要求。

**4.9.7** 宜支持竣(交)工验收线上记录各类专项工作推进情况及批复信息,实现报告上传、存档及查看。

## 5 路基施工

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 路基施工智慧管理宜包括路基测量放样、路基压实施工、边坡施工监测、特殊路基施工等施工场景的设备、物料、工艺智慧化管理。

**5.1.2** 施工设备智慧管理宜满足下列要求：

- 1 支持设备新增、查找、编辑、删除及台账导出。
- 2 支持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。
- 3 支持车辆信息登记、设定车辆门禁权限、车辆身份验证。
- 4 支持设备进出场管理，并自动生成记录及台账。
- 5 支持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及预警消息推送。

**5.1.3** 施工物料智慧管理宜满足下列要求：

- 1 支持物料采购计划、采购合同、库存盘点、库存台账等线上统计。
- 2 支持物料进场自动记录产地、生产单位、名称、规格、重量等参数，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。
- 3 支持物料领用申请，自动生成出库台账。

### 5.2 路基测量放样

**5.2.1** 路基测量放样可结合设计 BIM 模型，通过智能放样系统实时显示当前位置与目标点的偏差，引导精准放样。

**5.2.2** 宜使用无人机搭载高清相机或激光雷达进行航测，采用三维实景建模技术，生成高精度三维模型，辅助土方量计算和施工偏差分析。

### 5.3 路基压实施工

5.3.1 路基压实智慧施工宜实时监测振动压路机的行驶速度和振动频率、填筑体的压实程度等参数，确保压实稳定性和均匀性。

5.3.2 智能压实控制指标与常规压实质量检测指标之间的相关性可结合填筑工艺性试验，采用相关校验试验予以确定。

5.3.3 路基压实智慧施工设备要求宜符合表 5.3.3 的规定。

表 5.3.3 路基压实智慧施工设备要求

设备名称	设备硬件技术要求
振动传感器	1. 宜采用加速度传感器，传感器量程不小于 $10\text{m/s}^2$ ，频率响应宜不大于 $5000\text{Hz}$ ； 2. 线性范围振动幅值在 $5 \sim 100\text{m/s}^2$ 时相对误差宜不大于 $0.5\%$ ，振动频率在 $5 \sim 120\text{Hz}$ 时的相对误差宜不大于 $0.5\%$
定位设备	宜采用北斗高精度定位设备，水平方向误差不大于 $10\text{mm}$ ，垂直方向误差不大于 $20\text{mm}$

5.3.4 路基压实施工数据应用宜满足下列要求：

- 1 实时采集压实速度、遍数、轨迹等，引导操作手在正确的轨迹上完成压实。
- 2 实时监测遍数、压实度，避免压实过程中欠压、过压及压实不均衡。
- 3 对压实数据进行二次处理、显示，回放压实过程和生成压实质量控制图。
- 4 支持监测数据实时发送至云端进行质量分析，为施工质量追溯提供依据。

5.3.5 路基无人压实施工宜满足下列要求：

- 1 通过无人机航测，快速获取场地三维实景模型，并与 BIM 设计模型进行比对复核。
- 2 规划所有设备的作业区域、路径、工艺参数和协同逻辑，并进行模拟运行，验证无人压实方案可行性。
- 3 无人驾驶压路机集成高精度定位设备接收机，实现厘米级实时定位。
- 4 支持多台压路机通过控制系统进行编队、协同碾压，避免碰撞，优化碾压工艺。
- 5 配备激光雷达、摄像头等，能够识别施工边界、障碍物，当有人员闯入危险区域时，设备自动减速或停机。
- 6 无人压实调度系统根据实时进度，动态分配任务，优化机群效率。
- 7 支持自动记录、存储施工过程数据如轨迹、遍数、压实度等，自动形成电子施工档案。

## 5.4 边坡施工监测

**5.4.1** 边坡施工监测对象应结合自然灾害综合风险交通行业（公路水路）数据库，以及边坡风险评价成果进行确定。

**5.4.2** 边坡监测内容应依据监测等级及边坡类型进行确定，并能实时反映边坡灾变时空演化规律，主要包括变形监测、诱发因素监测、应力应变监测及短临监控。

**5.4.3** 监测等级为一级的边坡应采用专业监测，数据采集方式宜采用自动化监测。

**5.4.4** 地面公用网络信号覆盖不佳的地区，宜采用地面公用网络与卫星通信相结合的双模通信方式，支持无网络环境下前端解算、触发现场报警。

**5.4.5** 边坡施工监测设备要求宜符合表 5.4.5 的规定。

表 5.4.5 边坡施工监测设备要求

设备名称	设备硬件技术要求
位移监测设备	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 激光测距仪线性误差小于 5% MR;</li> <li>2. 地基雷达精度不低于 1mm;</li> <li>3. InSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar, 合成孔径雷达干涉测量) 精度不低于 5mm;</li> <li>4. 测斜仪精度不低于 0.25mm/m;</li> <li>5. 多点位移计精度不低于 0.5mm;</li> <li>6. 裂缝计精度不低于 0.1% F·S;</li> <li>7. 倾角仪精度不低于 0.1°, 范围满足 ±60°;</li> <li>8. 沉降计精度不低于 0.5mm</li> </ol>
影响因素监测	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 雨量计精度不低于 1mm;</li> <li>2. 温度计精度不低于 0.1℃;</li> <li>3. 风速传感器精度不低于 0.5m/s;</li> <li>4. 渗压计精度不低于 0.5% F·S;</li> <li>5. 水位计精度不低于 20mm;</li> <li>6. 振动监测仪灵敏度不低于 0.5V/g</li> </ol>
应力应变监测	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 土压力计精度不低于 0.5% F·S</li> <li>2. 钢筋计精度不低于 0.5% F·S</li> <li>3. 应力计、应变计精度不低于 0.5% F·S</li> </ol>

**5.4.6** 边坡施工监测数据应用宜满足下列要求：

- 1 通过测量土体不同深度倾斜角度变化量，计算边坡土体内部位移变化，分析结

构内部的形变发展趋势，及时发现潜在的安全隐患。

2 通过监测边坡水平位移与沉降位移，有助于预防地质灾害、评估边坡稳定性。

3 通过钢筋计或轴力计对钢支撑、混凝土支撑应力监测，分析边坡在不同工况下的受力情况，确定布置位置及数量满足专项方案要求。

4 通过监测降雨量变化，评估降雨对边坡稳定性的影响程度，预测潜在的滑坡、坍塌等地质灾害风险。

5 通过监测累计位移、变形速率、加速度的变化情况，结合其他监测资料选取合适的预测模型进行边坡变形预测。

**5.4.7** 边坡监测宜能满足建养一体化要求，可持续为运营养护期提供监测服务。

## 5.5 特殊路基施工

**5.5.1** 特殊路基施工智慧管理内容宜包括软土地基处理、湿陷性黄土地基施工、冻土地基施工、高饱和度粉土地基施工等，其中，软土地基处理内容包括水泥搅拌桩施工、预应力管桩施工等。

### 条文说明

软土地基不同施工方法需要监测的具体内容很多，根据监测技术的成熟度及普适性，本条列举的监测参数为当前阶段技术水平较为成熟的内容，具体施工监测参数可以根据当地施工条件优化增加。

**5.5.2** 软土地基处理宜满足下列要求：

1 宜监测水泥搅拌桩施工水泥用量、下钻时长、下钻速度、角度等，与工艺性试桩技术参数对比，保证施工工艺的可靠性。

2 宜监测水泥搅拌桩施工垂直度、回转速度、提升速度、水泥浆液比重、供浆流量等，保证机具平稳，掺入量满足设计要求。

3 宜监测水泥搅拌桩施工供浆流量、工作时间等，自动绘制成桩深度-密度曲线、流量-速度曲线等，协助管理人员判断成桩质量。

4 宜监测预应力管桩的高程、贯入度、锤击数等关键参数，减少管桩基础振动和挤土施工对临近构筑物、地下管线的正常使用和安全的影响。

5 宜通过预应力管桩工艺参数监测，自动生成完整施工记录及报表。

6 软土地基处理参数采集设备宜符合表 5.5.2 的规定。

表 5.5.2 软土地基处理参数采集设备要求

设备名称	设备硬件技术要求
水泥搅拌桩监测设备	1. 对每根桩分数段处理，最小分段不超过 0.2m； 2. 垂直度传感器偏差不超过桩长的 0.5%； 3. 回转速度、提升速度传感器偏差不超过设计值的 5%
预应力管桩监测设备	1. 高精度定位设备水平方向定位偏差不超过 20mm； 2. 垂直度传感器偏差不超过桩长的 0.5%； 3. 贯入深度传感器偏差不超过桩长的 0.5%

### 5.5.3 湿陷性黄土地基施工智慧管理宜满足下列要求：

1 湿陷性黄土地基施工智慧管理宜包括地基动态监测、地基处理、地基长期监测等。

2 地基动态监测宜满足下列要求：

1) 建立三维地质模型，通过 GIS 技术整合场地的地形、地貌、地层结构等信息。  
 2) 采用地下水位监测仪和土壤湿度传感器实时监测地下水位及黄土含水率变化情况。

3 地基处理宜满足下列要求：

1) 强夯法处理湿陷性黄土地基宜通过传感器实时监测夯锤的运动状态和冲击力，采用智能控制系统控制夯锤的落距、夯击次数和夯击能量。

2) 挤密桩法施工宜实时监测混凝土的灌注高度、充盈系数等参数；宜采用桩顶位移传感器，监测挤密桩施工过程中周围土体的位移情况。

4 地基长期监测宜在建筑物的关键部位（如基础边缘、转角处）采用沉降传感器和倾斜传感器，实时监测地基异常沉降或倾斜。

5 湿陷性黄土地基施工监测设备宜符合表 5.5.3 的规定。

表 5.5.3 湿陷性黄土地基施工监测设备要求

设备名称	设备硬件技术要求
位移监测设备	1. 测斜仪探头误差不大于 0.1mm/m； 2. 垂直度传感器偏差不超过桩长的 1%
环境监测设备	1. 时域反射仪含水量测量误差不大于 $\pm 2\%$ ，电容式含水量传感器测量范围为 0% ~ 50%，误差不大于 $\pm 3\%$ ； 2. 孔隙水压力计量程为 0 ~ 100kPa，误差不大于 1kPa

### 5.5.4 冻土地基热棒法施工智慧管理宜满足下列要求：

1 冻土地基热棒法施工智慧管理宜包括施工前地基评估、地基温控与施工、地基监测与维护。

2 施工前地基评估宜满足下列要求：

- 1) 冻土温度场监测在不同深度采用温度传感器长期自动采集温度变化情况。
- 2) 采用室内试验与现场原位测试相结合的方法进行冻土力学性能试验。
- 3 地基温控与施工宜满足下列要求：
  - 1) 地基施工过程中，采用智能温度控制系统，根据预先设定的温度范围，自动调节冷却介质的流量和温度。
  - 2) 钻孔过程中在钻杆上安装温度传感器，实时监测孔内温度变化。
- 4 地基监测与维护宜满足下列要求：
  - 1) 建立冻土地基长期监测系统，通过光纤传感器、位移传感器等，监测地基温度、变形和应力变化。
  - 2) 根据长期监测数据，建立冻土地基稳定性评价模型，当监测数据异常时可通过智能决策系统提出针对性的维护措施。
  - 3) 地基监测能满足建养一体化要求，可持续为运营养护期提供监测服务。
- 5 冻土地基施工监测设备宜符合表 5.5.4 的规定。

**表 5.5.4 冻土地基施工监测设备要求**

设备名称	设备硬件技术要求
温度测量设备	温度测量误差不大于 1℃，量程满足 0 ~ 300℃
位移监测设备	1. 量程不小于 30mm； 2. 单点沉降计量程不小于 100mm，灵敏度不大于 1mm
环境监测设备	1. 时域反射仪含水量测量误差不大于 ±2%，电容式含水量传感器测量范围为 0% ~ 50%，误差不大于 ±3%； 2. 孔隙水压力计量程为 0 ~ 100kPa，误差不大于 1kPa

**5.5.5 高饱和度粉土地基强夯法施工智慧管理宜满足下列要求：**

- 1 宜实时监测强夯施工中夯点位置、夯击次数、夯锤落距、夯沉量等，指导施工人员针对异常位置及时处理。
- 2 宜建立动态变形模量 (Evd) 边缘计算算法，实时输出 Evd、压实度等，避免漏夯/过夯，确保路基均匀沉降。
- 3 宜实时监测邻近结构振动与土体隆起，动态调整夯击参数，防止对旧桥、管线等造成损伤。
- 4 宜生成强夯数字孪生地图，记录施工全周期技术参数，支撑竣工验收与养护决策。
- 5 高饱和度粉土地基强夯法施工监测设备宜符合表 5.5.5 的规定。

**表 5.5.5 高饱和度粉土地基强夯法施工监测设备要求**

设备名称	设备硬件技术要求
定位设备	实时动态定位精度不大于 10mm
拉力传感器	精度满足 5cm/次；允许偏差不大于 10cm
编码传感器	精度不低于 10mm，允许偏差不大于 50mm

### 条文说明

对于改扩建高速公路路基拼接处、桥头台背填土等难以压实位置，可以参考强夯工艺监测方法进行智慧化管控。

交通运输部信息公开  
浏览专用

## 6 路面施工

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 路面施工智慧管理内容宜包括水泥混凝土路面的材料生产、铺筑、养生，沥青路面的材料生产、摊铺、运输、压实等施工场景的设备、物料、工艺智慧化管理。

#### 条文说明

路面施工根据材料主要分为水泥混凝土路面和沥青混合料路面，根据我国公路工程建设现状，智慧工地建设以沥青路面为主。沥青路面施工工艺主要包括基层底基层混合料材料生产、面层混合料材料生产、基层底基层摊铺压实、面层摊铺压实等。除此以外，路面施工分项工程中还包括中央分隔带、路肩、路面排水设施，其智慧施工本指南不做规定。

**6.1.2** 施工设备及物料智慧管理要求宜符合本指南第 5.1.2 条、第 5.1.3 条的有关规定。

### 6.2 水泥混凝土路面施工

**6.2.1** 水泥混凝土搅拌站宜采用智能传感器，实时监测砂石料、水、水泥、外加剂用量及拌和时间等，并与生产配合比进行实时对比及预警。

**6.2.2** 水泥混凝土路面铺筑宜采用自动振动设备，根据铺筑效果动态调节振动力、振幅、频率等参数。

**6.2.3** 水泥混凝土养生宜采用自动化养生设备，实时监测路表温度及湿度，自动控制洒水时间及洒水量。

**6.2.4** 水泥混凝土路面强度检测宜支持数据实时监测、统计分析等。

## 6.3 沥青路面混合料拌和

**6.3.1** 混合料拌和宜建立面向拌和站生产执行层的生产信息化管理子系统，对拌和站仓储、物料、工艺、质量等内容进行信息化数据采集与分析。

**6.3.2** 水泥稳定基层混合料拌和宜通过信息化手段获取生产过程中水泥用量、配合比、用水量等参数。

**6.3.3** 沥青路面混合料拌和宜通过信息化手段获取生产数据，包括各集料用量、矿粉用量、沥青用量、外掺剂用量、拌和温度、拌和时间、混合料级配、油石比等；数据超过系统设定的阈值时，宜自动进行预警消息推送，提示管理人员及时处理。

**6.3.4** 沥青混合料拌和设备宜符合表 6.3.4 的规定。

表 6.3.4 混合料拌和设备要求

设备名称	设备硬件技术要求
数据采集设备	生产数据采集频率不低于 5 次/min
温度测量设备	温度测量误差不大于 1℃，量程满足 0~300℃

**6.3.5** 沥青混合料拌和数据应用宜满足下列要求：

1 通过混合料拌和集料用量、矿粉用量、沥青用量等监测，自动生成每盘料的级配曲线，与系统中预设的施工允许上、下限曲线对比，使管理人员掌握混合料拌和级配分布。

2 通过沥青混合料油石比监测，与系统中预先设定油石比的合理范围自动对比。

3 通过对混合料生产数据监测，自动生成混合料质量曲线，记录监测点走势稳定性与偏差度，提供质量稳定性分析。

4 通过拌和温度监测，与系统中预设的出料温度的合理范围对比，记录每盘混合料的温度分布情况。

## 6.4 沥青路面混合料运输

**6.4.1** 沥青路面混合料运输智慧管理宜满足下列要求：

1 具备北斗定位功能，实时获取沥青运输车地理位置、行驶速度、行驶轨迹等，结合电子围栏技术，对车辆的行驶轨迹进行约束。

2 通过监测车辆运输温度、运输时长、运输轨迹等，方便现场车辆调度，提高车辆运输效率。

3 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、混合料摊铺起止时间等。

4 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，将到场车辆的信息匹配到对应的施工起始桩号上，反向追溯材料的运输、生产单位、生产批次、配合比等信息。

**6.4.2** 沥青混合料运输设备要求宜符合表 6.4.2 的规定。

**表 6.4.2 沥青混合料运输设备要求**

设备名称	设备硬件技术要求
RFID 设备	读写准确度误差不大于 1/1 000 次
定位设备	实时动态定位精度不大于 1m
温度测量设备	温度测量误差不大于 1℃，宜集成定位、网络传输模块

## 6.5 沥青路面摊铺

**6.5.1** 沥青路面摊铺宜实时监测混合料摊铺位置、摊铺速度、摊铺厚度、轨迹等，确保摊铺符合设计要求。

**6.5.2** 宜采用激光或超声波传感器，实现摊铺厚度自动校准。

**6.5.3** 沥青路面摊铺设备要求宜符合表 6.5.3 的规定。

**表 6.5.3 沥青路面摊铺设备要求**

设备名称	设备硬件技术要求
温度测量设备	温度测量误差不大于 1℃，量程满足 0 ~ 300℃
定位设备	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 实时导航显示运行轨迹和真实运行位置延时不大于 0.5s；</li> <li>2. 平面动态定位测量误差不大于 3cm；</li> <li>3. 定位传感器数据采集频率不小于 3 次/s；</li> <li>4. 采集摊铺速度精度误差不大于 0.1m/min</li> </ol>

**6.5.4** 沥青路面摊铺数据应用宜满足下列要求：

1 通过对采集的摊铺工艺数据进行实时分析，生成图表和报告，协助项目管理人员全面了解施工情况。

2 通过摊铺机行走速度监测，自动计算每阶段摊铺里程。

3 通过摊铺机温度及轨迹监测，生成沥青混合料铺面温度及摊铺施工断面温度分布情况，确保摊铺施工质量满足设计要求。

## 6.6 沥青路面压实

6.6.1 沥青路面压实施工宜实时监测压实速度、温度、位置、遍数等，为施工质量追溯提供依据。

6.6.2 宜实时采集压实速度、遍数、轨迹等，引导操作手在正确的轨迹上完成压实。

6.6.3 宜实时监测遍数、压实度，避免压实过程中欠压、过压及压实不均衡现象。

6.6.4 路面压实监测参数采集设备要求宜符合表 6.6.4 的规定。

表 6.6.4 路面压实监测参数采集设备要求

设备名称	设备硬件技术要求
温度传感器	温度测量误差不大于 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 0.5s； 2. 平面动态定位测量误差不大于 3cm； 3. 定位传感器数据采集频率不大于 1 次/s； 4. 压实速度精度误差不大于 0.01km/h

## 6.7 路面无人施工

6.7.1 路面无人施工宜满足下列要求：

1 支持施工信息输入，包括人工配置或自动配置混合料种类、混合料出厂温度、环境温度、环境风速、设备数量和种类等外部参数。

2 支持施工策略自动生成，系统能够自主地根据上述外部参数生成合适的施工策略，包括摊铺速度、摊铺厚度、分料速度、机群梯队配置、碾压往复长度、碾压速度、碾压遍数、振动遍数等。

3 支持网络通信组建，在同一施工区域中的所有摊铺压实车辆宜能组建在一个局域网中，并且能够通过可视化客户端查看所有车辆的状态。

4 支持施工任务生成，系统能够根据施工策略自主地生成各摊铺压实车辆的目标轨迹和运行指令，并通过局域网发送给各车辆。

5 支持施工模式切换，各摊铺压实车辆宜能够在人工驾驶模式、无人驾驶模式等多个模式中切换，并且各个模式之间宜具备明确的切换逻辑。

6 支持摊铺压实车辆智能控制，系统与设备的电气液压执行装置宜具备稳定的通信，并且设备可根据系统的控制指令完成行走、转向、振动等作业动作。

7 支持施工过程反馈，摊铺压实车辆宜能够向系统反馈自身的位置、速度、工作

状态等信息，以便系统动态实时规划施工任务。

8 支持安全避障功能，摊铺压实车辆宜通过激光雷达或毫米波雷达等传感器对周围障碍物进行检测，结合实时运行状态，保证施工安全有序。

#### 6.7.2 路面无人施工智慧化管理系统组成可满足下列要求：

- 1 智能摊铺压实设备装置组成包括传感装置、通信装置、运算装置及执行装置等。
- 2 智能摊铺机具备厚度检测装置，智能压路机具备压实度检测装置。
- 3 路面无人施工管控子系统支持定位感知、环境感知、路径规划、轨迹跟踪、任务同步、质量反馈、数据统计等。
- 4 路面无人施工管控子系统支持多种类型的传感器接口，将电磁波、声波、视觉等多维传感信息进行解析融合。
- 5 RTK 基站由接收机、数据处理单元和无线通信单元组成，且符合现行《全球定位系统实时动态测量（RTK）技术规范》（CH/T 2009）的要求，定位装置通过网络或电台模式接收 RTK 基站差分信号。
- 6 数据采集设备包括车顶电子标签、车尾电子标签、出料口射频识别装置、摊铺机射频识别装置等，支持温度、厚度、压实度、平整度等自动采集。

#### 6.7.3 路面无人施工智慧管理宜满足下列要求：

- 1 实时监测设备工作状态参数，如燃油油位、车辆故障状态等，保证设备工作稳定性及安全性。
- 2 实时监测施工过程中摊铺速度、摊铺厚度、碾压速度、混合料温度等，数据超出阈值时推送预警消息。

#### 6.7.4 路面无人施工参数采集设备宜满足表 6.7.4 的要求。

表 6.7.4 路面无人施工参数采集设备要求

设备名称	设备硬件技术要求
定位设备	水平方向定位精度误差范围宜不大于 10mm； 垂直方向定位精度误差范围宜不大于 20mm
射频识别设备	稳定读取距离宜满足 3 ~ 12m，读取能力宜不小于 1 000/s
温度测量设备	温度测量误差不大于 1℃，量程满足 0 ~ 300℃

## 7 桥梁施工

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 桥梁施工智慧管理内容宜包含钢筋施工、混凝土构件预制和安装、混凝土施工、基础施工、桥梁钢结构制造、主梁施工等施工场景的设备、物料、工艺智慧化管理。

**7.1.2** 施工设备及物料管理要求宜符合本指南第 5.1.2 条、第 5.1.3 条的有关规定。

**7.1.3** 监测设备的选用、点位布置宜满足施工方案要求，并符合现行《建筑与桥梁结构监测技术规范》（GB 50982）、《公路桥梁施工监控技术规程》（JTG/T 3650-01）的有关规定。

**7.1.4** 长大桥梁特殊场景智慧化施工要求宜符合本指南附录 A 的规定。

### 7.2 钢筋施工

**7.2.1** 钢筋加工宜采用标准化、部品化的生产模式，实现精准下料、高效加工与便捷配送。

**7.2.2** 在下列条件下，宜采用钢筋柔性生产线：

- 1 项目钢筋需求总量大、规格型号繁多。
- 2 桥梁结构复杂，钢筋构件标准化程度低，形状尺寸多变。
- 3 施工工期紧张，对钢筋加工效率要求高。
- 4 项目对钢筋加工精度、质量稳定性及材料损耗控制有严格要求。

#### 条文说明

钢筋柔性生产线是一种高度集成化、智能化的钢筋加工系统，具备智能排产、工艺参数自适应调节、多规格钢筋批量自动化加工与标识能力，实现与物料管理、订单配送及 BIM 系统等数据联动，提升钢筋加工效率与质量可控性，减少材料浪费与能源

消耗。

**7.2.3** 宜支持订单管理、翻样管理、料单管理、物料管理、加工排产、配送管理等。

**7.2.4** 宜结合不同业务需求，支持提供多套钢筋优化套裁方案。

**7.2.5** 应支持使用手机端、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。

**7.2.6** 部品化钢筋安装宜选用具备智能吊装、调位等功能的设备。

### 7.3 混凝土构件预制和安装

**7.3.1** 混凝土构件预制宜采用工厂化生产模式。

**7.3.2** 宜根据混凝土预制梁板构件类型、数量及工期要求，合理规划与建设智慧梁厂，选择性应用智能生产设备。

#### 条文说明

公路工程常见的混凝土预制构件包括预制板、梁、墩柱等。智慧梁厂是一种高度集约化的生产方式，它综合运用现代科技、新设备和管理方法，实现生产过程的机械化和自动化。通过流水线作业和自动化生产线，实现了大规模、高效率的生产。主要面向大型桥梁、隧道等预制化程度需求较高的工程。

**7.3.3** 智慧梁厂宜涵盖预制构件生产全过程，包括钢筋加工、模板安装、水泥混凝土拌和、布料、振捣、模板拆卸、蒸养、张拉、压浆以及试验检测等。

**7.3.4** 生产数据采集宜能够实现从相关仪器、智能设备或传感器中直接获取，并对其加密存储。

#### 条文说明

智慧梁厂智能设备宜包含钢筋数控加工设备、智能拌和设备、数控移动台座与液压模板、数控鱼雷罐、数控布料设备、预制构件智能养生设备、预制构件智能张拉与压浆设备。

**7.3.5** 智慧梁厂子系统建设宜留有扩展接口，满足功能扩展的需要。

### 7.3.6 混凝土构件预制生产管理数据应用宜满足下列要求：

- 1 生产计划管控自动分配构件唯一特征编号，根据安装顺序、节点时间，实现自动生成构件生产计划。
- 2 工序管理根据工序清单关联工序节点影像资料，并实现工序节点提醒、报验。
- 3 钢筋加工管理根据构件预制顺序与构件编号，自动计算钢筋数量，并具备自动下料功能。
- 4 拌和管理实时监控与查询剂量、级配、拌和时间等，实现产量统计及产能分析等。
- 5 布料管理实时监控与查询接料时间、放料时间、放料时长、放料生产线、放料方量等，实现布料浇筑量统计。
- 6 振捣管理实时监控与查询振捣频率、振捣时长、振幅等，并自动生成振捣数据台账。
- 7 蒸养管理实时监控与查询蒸养时长、温度、湿度、升降温速度等，并自动生成蒸养数据台账。
- 8 张拉管控实时监控与查询张拉应力、加载速率、停顿点、持荷时间等，实现张拉合格率统计及预警查询处置等。
- 9 压浆管理实时监控与查询水胶比、压力、流量等，并自动生成压浆数据台账。

**7.3.7** 宜根据预制构件生产监测相关数据，构建预制结构质量评价方法，用于预制质量与效能的评价，可采用数字孪生等方法对生产场景进行模拟，指导高效生产。

**7.3.8** 预制构件安装宜采用智能安装设备，通过安装应力元件、应变监测仪等设备，实时掌握构件安装受力状态、线形控制等，同时工作过程中辅以环境、视频监控，对构件位置与姿态进行安全监控。

### 7.3.9 预制构件智能安装设备宜满足下列要求：

- 1 智能安装设备作业过程中宜实时监控运行情况，支持自动控制、超限预警推送等。
- 2 宜支持实时监测应变、位移、倾角等参数，超限自动进行预警消息推送。

### 条文说明

可以通过构件预制过程中预留吊装孔的识别与定位，实现在箱梁、盖梁及墩柱等预制构件吊装架设时的全自动化精确吊装落位。

**7.3.10** 预制构件生产与安装相关监测数据信息，宜根据 WBS 和 EBS 的要求与 BIM 系统进行映射。

## 7.4 混凝土施工

**7.4.1** 混凝土拌和施工智慧管理宜包括生产过程中水泥、水、粗细集料、外加剂用量及搅拌时间、温度等。

**7.4.2** 混凝土拌和数据应用宜满足下列要求：

1 通过混凝土拌和水泥、水、粗细集料、外加剂等用量监测，自动生成每盘料的级配曲线，与系统中预设的施工允许上、下限曲线对比，使管理人员掌握混凝土拌和配合比分布。

2 通过混凝土中水泥、水、粗细集料、外加剂等用量监测，与系统中预先设定材料用量的合理范围自动对比，对不合格混凝土进行预警消息推送。

3 通过对混凝土生产数据监测，自动生成混凝土质量曲线，记录监测点走势稳定性与偏差度，提供质量稳定性分析。

**7.4.3** 混凝土现场浇筑施工智慧管理宜满足下列要求：

1 混凝土现场浇筑管理内容宜包括混凝土入模温度控制以及混凝土成型后裂缝、密实度、强度等质量检测。

2 大体积混凝土浇筑温度控制宜满足下列要求：

1) 监测内容包括环境温度、混凝土内部温度、混凝土表面温度、冷却水管进出水温等。

2) 大体积混凝土浇筑温度控制符合现行《大体积混凝土施工标准》(GB 50496)和《大体积混凝土温度测控技术规范》(GB/T 51028)的相关规定，建立混凝土智能温控系统，支持浇筑过程温度监测和预警。

3 混凝土质量检测宜满足下列要求：

1) 混凝土实体工程质量检测内容包括混凝土内部空洞及不密实、混凝土裂缝及强度检测等。

2) 混凝土浇筑空洞及裂缝质量缺陷采用超声波法、冲击弹性波法检测，当检测指标超过规定值时实时推送预警信息。

## 7.5 基础施工

**7.5.1** 基础施工建设内容宜包括桩基础施工、沉井基础施工、地下连续墙基础施工等，沉井基础施工、地下连续墙基础施工智慧施工要求宜符合本指南附录 A 的规定。

**7.5.2** 桩基础施工宜满足下列要求：

1 桩基施工宜采用智能回旋钻机或旋挖钻机成孔，配置桩基础智能施工监测子系

统实时采集施工数据。

2 钻进过程中，宜对钻压、扭矩、动力头行程、机架倾角等关键参数进行实时监测以保证施工安全，对超限数据实时预警。

3 混凝土浇筑过程中，宜配置混凝土浇筑面高度自动测量装置，自动检测混凝土浇筑过程中的液面高度。

## 7.6 桥梁钢结构制造

**7.6.1** 宜建立涵盖智能下料、智能焊接、智能总拼、智能涂装生产线的集成子系统。

**7.6.2** 宜采用涂装机器人及协同控制集成子系统进行钢箱梁外表面的喷砂除锈、热喷涂及喷漆作业。

**7.6.3** 宜采用便携式自动焊接小车、埋弧自动焊机、小型智能焊接机器人等进行节段总拼作业。

**7.6.4** 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。

**7.6.5** 圆柱头焊钉宜采用专用焊钉机器人进行焊接。

**7.6.6** 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，建立焊接质量管理体系，支持多种特征测量、数字报告管理及质量追溯。

**7.6.7** 宜采用数字化桥梁螺栓施工管控技术进行高强螺栓施拧，实时监控高强螺栓施拧数据、施工进度、螺栓出入库信息等，并自动生成电子资料。

**7.6.8** 宜支持从产品设计、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。

**7.6.9** 宜支持施工现场、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。

### 条文说明

对物料的收货、入库、上架、仓储、备货、下架、出库等全过程的作业状态和设备信息进行数据管控，并自动进行相应的分析，通过管理报表或智能看板进行数据输出、动态展示，为管理人员决策提供有效的数据支撑。

**7.6.10 桥梁钢结构制造参数采集设备要求宜符合表 7.6.10 的规定。**

**表 7.6.10 桥梁钢结构制造参数采集设备清单**

设备名称	设备硬件技术要求
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 ~ 650mm，测量误差不大于 0.1mm
压力传感器	钢结构喷漆压力传感器测量精度宜不大于 0.1MPa，喷漆路径与喷枪真实运行轨迹的时间误差不大于 0.5s

**7.6.11 桥梁钢结构制造管理数据应用宜满足下列要求：**

- 1 通过建立覆盖装备、在制产品、物料、人员的工业网络及数据采集，支持生产设备、制造资源动态调控。
- 2 通过 BIM 模型几何信息开展可视化辅助技术交底，利用模型属性信息指导物料采购准备和生产计划安排。

**7.7 主梁施工**

**7.7.1** 混凝土主梁悬浇施工宜采用具备智能化的挂篮、预应力张拉、压浆等系统，使用自动化混凝土布料和振捣设备。智能挂篮系统宜支持自动行走、精确就位和实时称重，在行走过程中宜能实现自动监测与定位控制。

**7.7.2** 节段梁安装宜使用具备平衡监测、自动调位等功能的安装设备。

**7.7.3** 钢结构主梁安装的吊装、顶推等设备宜支持智能监测和控制。

**7.7.4** 宜开展主梁施工监测，对主梁高程、位移、应力应变、温度等关键参数进行监测和分析。

## 8 隧道施工

### 8.1 一般规定

**8.1.1** 隧道施工智慧管理内容按照施工工法类别可分为钻爆隧道、堰筑隧道、盾构隧道、沉管隧道等，本部分内容仅涉及钻爆隧道施工，其余工法相关要求宜符合本指南附录 A 的规定。

#### 条文说明

《公路隧道设计细则》(JTG/T D70—2010) 术语中隧道名称采用钻爆隧道、盾构隧道、沉管隧道。《公路水下隧道设计规范》(JTG/T 3371—2022) 中明确出现钻爆隧道、盾构隧道、沉管隧道、堰筑隧道，且盾构隧道未对盾构和 TBM 做区分。尽管现行标准不尽统一，按照参考新发布标准为原则，本指南将隧道施工分为钻爆隧道、堰筑隧道、盾构隧道和沉管隧道。本指南中，考虑到隧道工程类别和应用体量，盾构隧道和沉管隧道相关技术要求要符合本指南附录 A 的规定。

**8.1.2** 钻爆隧道智慧施工宜包括钻爆开挖、初期支护、二次衬砌、监控量测等方面的技术要求。

**8.1.3** 施工设备及物料管理要求宜符合本指南第 5.1.2 条、第 5.1.3 条的有关规定。

**8.1.4** 隧道作业设备宜优先选用具备自动化或智能化功能的大型机械设备，如全电脑三臂凿岩台车、智能型拱架安装台车、智能型湿喷台车等，以支持各类参数的自动输入和设备作业数据的自动采集、存储、传输和分析。

**8.1.5** 混凝土拌和与预制管理宜采用信息化技术对水泥混凝土拌和、预制构件生产等内容进行监管，具体要求宜符合本指南第 7.3 节、第 7.4 节的有关规定。

**8.1.6** 隧道施工安全宜满足下列要求：

- 1 人员安全管理宜支持实名制管理、进出场管理、安全教育培训、电子考勤等。
- 2 人员定位宜采用如北斗卫星导航、超宽带、蓝牙等定位技术进行实时精准定位，

支持实时定位监控、一键预警信息推送、区域人员统计、轨迹回放等。

3 含有瓦斯和有毒有害气体的隧道施工时，洞内气体检测设备宜支持实时、连续监测及阈值提醒断电，并与通风控制、人员定位、人员预警系统联动，监测结果实时同步至智慧工地系统。

4 洞内作业工程机械和车辆宜搭载车载标签，实时掌握洞内车辆位置及状态。

5 隧道二次衬砌安全步距宜根据所使用作业机械设备工作特点进行调整，以满足隧道大型机械设备作业空间要求。

**8.1.7** 隧道洞内宜建立稳定、可靠的传输网络，确保洞内各类数据、信息的可靠传输。

## 8.2 钻爆开挖

**8.2.1** 钻爆开挖前应进行超前地质预报，相关设备宜符合表 8.2.1 的规定。

表 8.2.1 超前地质预报参数采集设备要求

业务内容	设备名称	设备硬件技术要求
超前地质预报	地震波法 (TSP)、探地雷达 (GPR)、瞬变电磁仪、高密度电法仪、多功能地质钻机等	1. 结合超前地质预报需求，选择合理的超前地质预报手段； 2. 超前地质预报设备性能及其参数应符合相关规范要求； 3. 测量精度宜为 $\pm 1.0\%$

**8.2.2** 超前地质预报探测数据宜实时关联至隧道空间模型，宜采用信息化方法实时获取隧道掌子面里程桩号、循环进尺、围岩等级、开挖工法等信息，减少人为因素对数据的影响。

**8.2.3** 钻爆开挖宜满足下列要求：

1 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。

2 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。

3 爆破后，宜及时进行洞内通风，同时对掌子面一定范围内的颗粒物、烟雾浓度进行监测，监测数据应实时反馈并设置超限报警功能，确保作业人员进入掌子面区域时洞内环境满足作业要求。

4 宜采用三维激光扫描技术对隧道爆破后的超欠挖量进行检测，提高隧道超欠挖量信息化识别水平。

**8.2.4** 钻爆过程宜进行相关施工参数监测，相关设备宜符合表 8.2.4 的规定。

表 8.2.4 钻爆参数采集设备要求

业务内容	设备名称	设备硬件技术要求
钻爆开挖管理	振动传感器、颗粒物传感器	1. 振动传感器监测频率范围宜满足 5 ~ 500Hz; 2. 颗粒物传感器工作温度范围满足 -20 ~ 50℃

### 条文说明

利用颗粒物传感器可以实时监测隧道爆破开挖后洞内粉尘浓度水平，为隧道加强通风提供决策依据。

## 8.3 初期支护

**8.3.1** 初期支护环节宜配备智能传感器，监测初期支护结构变形、压力、位移和温度等参数，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。

### 条文说明

常用的变形传感器包括应变片传感器、测绘用变形传感器等；常用的压力传感器包括失稳穿透式压力传感器、电容式地下水压力传感器等；常用的位移传感器包括光电位移传感器、激光位移传感器等。

**8.3.2** 初期支护隧道监控设备宜符合表 8.3.2 的规定。

表 8.3.2 初期支护隧道监控设备要求

业务内容	设备名称	设备硬件技术要求
初期支护管理	变形传感器	1. 测量量程满足 0.5 ~ 20mm，测量精度 $\pm 0.5$ mm； 2. 角度测量范围满足 $0^\circ \sim 90^\circ$ ，分辨率不大于 $0.1^\circ$ ； 3. 正常工作温度范围满足 -15 ~ 50℃； 4. 数据传输频率可进行远程设置

## 8.4 二次衬砌

**8.4.1** 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。

**8.4.2** 宜实时监测衬砌混凝土、钢筋的应力及应变，获取二次衬砌在围岩压力作用下的受力状态，对比施工期与运营期数据，评估结构长期力学稳定性。

**8.4.3** 宜监测二次衬砌的整体变形趋势，避免因变形过大导致净空不足，并分析二次衬砌施作对围岩变形的约束作用。

**8.4.4** 宜实时监测衬砌接缝张开度与渗水量，指导渗漏点的注浆封堵处理。

**8.4.5** 宜实时监测衬砌混凝土温度，优化养护措施，避免温度应力开裂。

**8.4.6** 二次衬砌监测设备宜符合表 8.4.6 的规定。

表 8.4.6 二次衬砌施工参数采集设备要求

业务内容	设备名称	设备硬件技术要求
二次衬砌管理	受力监测设备	1. 电阻应变片精度不大于 $\pm 0.5\%$ F.S. ; 2. 混凝土应变计精度不大于 $\pm 0.1\%$ F.S. ; 3. 水压计精度不大于 0.1% F.S.
	渗压计	1. 测量精度不大于 $\pm 0.5\%$ F.S. ; 2. 量程满足 0 ~ 1MPa
	温度传感器	测量精度不大于 0.5°，量程满足 -20° ~ 85°

## 8.5 监控量测

**8.5.1** 隧道监控量测管理宜满足下列要求：

1 隧道监控量测必测项目数据宜纳入智慧工地数据统一管理的范畴，支持数据综合分析应用与反馈查看。

2 在满足隧道监控量测精度及施工要求前提下，宜采用自动化、智能化程度高的监控量测技术手段，如三维激光扫描技术、激光监测机器人、隧道智能监测系统等。

### 条文说明

1 隧道监控量测必测项目包括：洞内外观察、拱顶下沉、拱脚下沉、地表下沉和周边位移（洞周收敛），测点布置位置、监测频率以及测量精度要求可参照《公路隧道施工技术规范》（JTG/T 3660—2020）执行。

2 采用自动化、智能化程度高的隧道监控量测手段，可以提高隧道监控量测数据获取的时效性、连续性，为隧道围岩与支护结构的稳定性评价、二次衬砌施作时机判定提供可靠依据，也是隧道智慧工地建设的重要内容之一。

## 9 交通工程及沿线设施施工

### 9.1 交通安全设施

9.1.1 交通安全设施施工智慧管理内容宜包括交通标志、交通标线、护栏及其他交通安全设施施工。

9.1.2 交通标志施工宜满足下列要求：

- 1 可采用 BIM 模型与实景三维数据融合技术，自动排查交通安全设施与机电设施、地下管线等的空间冲突。
- 2 可通过北斗定位、传感器、回弹仪等监测平面位置偏差、垂直度、高程、基础混凝土强度、螺栓扭矩等。

9.1.3 交通标线施工宜满足下列要求：

- 1 宜通过视频监控、传感器等实时监测标线施工中热熔标线的施工温度、双组分涂料 A/B 组分比例、玻璃珠撒布量及嵌入率等关键参数。
- 2 可通过传感器，实时监测设备位置、工作进度及热熔划线机的运行参数。
- 3 可采用喷涂机器人，集成北斗导航与激光雷达，实现厘米级定位与自主路径规划。
- 4 可通过北斗定位和视频监控，实时比对设备实际作业轨迹与标线设计路径，偏差超限时自动报警。

9.1.4 护栏施工宜满足下列要求：

- 1 波形梁护栏施工宜实时监测护栏立柱打入深度等关键施工参数。
- 2 混凝土护栏施工宜实时监测断面尺寸、保护层厚度等关键施工参数；采用滑模施工时，宜实时监测施工速度等关键参数。
- 3 缆索护栏施工宜实时监测初张力、立柱位置、立柱打入深度等关键施工参数。
- 4 护栏安装可采用智能安装机器人，通过 BIM 模型导出护栏基础位置、横梁安装间距等精确坐标数据，集成高精度定位及智能识别系统，实现护栏精准放样及智能安装。

9.1.5 其他交通安全设施施工宜满足下列要求：

- 1 隔离栅、轮廓标、防眩设施等施工宜采用高精度定位技术确定施工点位。
- 2 隔离栅施工可实时监测隔离栅高度、立柱中距、立柱埋置深度等。
- 3 轮廓标施工可实时监测安装角度、反射器中心高度、柱式轮廓标竖直度等。
- 4 防眩设施施工可实时监测安装高度、防眩设施间距、防眩网网孔尺寸等。

**9.1.6** 交通安全设施智慧化施工检测或监测项目的限值或允许偏差应符合现行《公路交通安全设施施工技术规范》(JTG/T 3671)的规定。

## 9.2 机电工程

**9.2.1** 机电工程智慧管理内容宜包括 BIM 设计协同、设备管理、安装调试、智慧调度、风险预警等。

**9.2.2** 机电工程施工 BIM 模型宜继承设计 BIM 模型；机电工程施工期 BIM 模型宜考虑运营期施工需求，并建立设备台账。

**9.2.3** 宜基于 BIM 模型进行机电设备总体布设，防止设备遮挡及碰撞。

**9.2.4** 设备管理宜统一设备编码规则，覆盖监控、收费、通信、供配电等关键品类设备，具备在联网状态下识别与定位功能。

**9.2.5** 宜具备机电工程施工智慧调度功能，管理人员根据现场作业条件，线上下发模块进场、模块验收、现场安装、施工验收等流程指令，实现施工流程数字化及可视化。

**9.2.6** 设备安装位置可部署超带宽高精度定位基站，实时追踪施工人员及设备位置；可采用 AI 视觉识别技术，自动检测设备垂直度。

**9.2.7** 宜具备风险预警功能，并与施工人员穿戴设备联动预警。

### 条文说明

对于危险工程进行预警模块设置，并与个人穿戴设备进行联动预警，当人员靠近时进行预警（如电缆接头等易漏电的部位及隐蔽硐室等），或人员在风道、风机房等作业需要在系统平台进行预警提示，防止误操作造成危险。

## 9.3 房屋建筑

**9.3.1** 房屋建筑施工智慧管理内容宜包含地基基础、主体结构、围护结构、水暖电

设备安装、装饰装修等工程施工的设备、物料、成本等智慧化管理。

**9.3.2** 编制施工组织方案宜采用 BIM 等技术，辅助施工总平面布置规划、施工工序模拟和优化、施工进度模拟和资源配置优化、专项施工方案比选等。

**9.3.3** 在复杂施工环节宜采用人机协同施工作业，选用应用技术成熟度高、实施效益明显的智能建造装备及建筑机器人。

**9.3.4** 宜在施工数据模型中添加物资材料数据，自动输出物资材料清单，实现物资材料与施工进度的协同管理。

**9.3.5** 宜采用物联网、大数据、AI 等技术，实时监测、分析施工机械设备的位置信息和运行状态，实现施工设备智慧化管理。

**9.3.6** 宜采用 BIM 等数字技术开展造价管理，结合施工过程实际工程量，实现施工成本数据的精准管理。

**9.3.7** 地基基础施工宜满足下列要求：

- 1 可采用无人机测绘技术等辅助进行地基与基础工程测量、施工放样、高程点自动提取等。
- 2 可采用智能建造装备及建筑机器人进行辅助施工作业，包括测量放线、桩基施工、土方开挖、钢筋加工等。
- 3 宜通过监测边坡水平位移与沉降位移，确保工程及周边环境安全，有助于预防地质灾害、评估边坡稳定性。

**9.3.8** 主体结构施工宜满足下列要求：

- 1 可采用智能建造装备及建筑机器人辅助施工作业，包括测量放样、构件吊装、钢筋绑扎、混凝土布料、钢结构施工、砌体结构施工等。
- 2 宜采用智能安全监测设备对高支模、脚手架、塔式起重机、施工升降机等施工设施设备进行监测，实时采集运行数据，实现与其他系统的信息互通共享、工作协同、智能决策分析、风险预控。
- 3 宜采用智能顶升建造子系统、智能安全绳等施工装备，辅助施工并保障高空作业人员安全。
- 4 宜采用智能化混凝土浇筑装备、安装装备、灌浆装备及管理子系统。

**9.3.9** 围护结构施工宜满足下列要求：

- 1 宜采用 BIM 等数字技术进行深化设计、碰撞检查、排版、材料下料、施工模拟

等工作。

2 可采用智能建造装备及建筑机器人辅助施工作业，包括测量放线、材料搬运、砌筑、抹灰、铺砖、喷涂、构件运输及安装、高空作业、外墙施工等工序环节。

3 宜采用智能检测设备对实体质量进行检测，实现自动化数据收集、分析及安全风险预警。

#### **9.3.10 水暖电设备安装宜满足下列要求：**

1 宜采用设备装配式技术，在设备机房建造、标准层设备安装和竖井管组安装环节等因地制宜应用装配式、模块化建造技术。

2 宜采用智能检测设备对设备工程实体质量进行检测，实现自动化数据收集、分析及预警。

3 宜采用管道在线监测等技术，实现设备工程施工的智能巡检和监测管理。

#### **9.3.11 装饰装修施工宜满足下列要求：**

1 可采用装配式装修部品集成技术，包括集成卫浴系统、集成厨房系统、隔墙和墙面系统、设备和管线系统等。

2 可采用建筑机器人辅助施工作业，包括测量放样、抹灰、铺贴、腻子涂敷、乳胶漆喷涂等。

3 宜采用智能检测工具，对装饰装修工程实体质量进行检测，实现自动化数据收集、分析及预警。

## 10 数字化交付

### 10.1 一般规定

**10.1.1** 数字化交付宜以 BIM 为核心载体，实现工程实体与数字化成果同步交付。

**10.1.2** 数字化交付应遵循下列原则：

1 准确性。交付信息模型应与工程实体及竣工图纸保持一致，模型几何精度和信息深度满足交付等级要求，所有数据真实可靠。

2 可追溯性。交付数据应建立版本管理机制，保留各阶段数据来源、变更记录和审核痕迹，信息链条完整闭合。

3 可扩展性。交付模型层级与编码宜预留拓展空间及接口，满足后续运维阶段业务和技术升级需要。

### 10.2 交付流程

**10.2.1** 宜由接收方和交付方在项目前期共同制定数字化交付策划方案，方案经双方确认后方可实施。

**10.2.2** 数字化交付策划方案宜满足下列要求：

1 宜明确数字化交付遵循的法律法规及标准，并明确交付物的内容和范围、组织方式、存储方式和交付形式等。

2 宜明确交付验收标准、质量管理方案和安全要求等。

**10.2.3** 数字化交付实施过程中宜满足下列要求：

1 交付方宜对关键交付内容、过程进行记录，实现交付过程全程可追溯。

2 交付方宜确保关键交付信息及时传递到接收方相关人员。

**10.2.4** 交付物移交时应提供数据、文档和信息模型的交付物清单，清单内容宜包括文件名称、格式、描述、修改日期和版本等。

**10.2.5** 交付物移交时应保障所有文件链接、信息链接的有效性。

### 10.3 交付内容

**10.3.1** 交付内容宜明确各交付物类型、几何表达精度和信息深度，使交付物符合各相关方需求。

**10.3.2** 交付物类型宜包括数字化模型、业务数据、变更信息等，并满足下列要求：

1 数字化模型宜由模型单元组成，可分为项目级、功能级、构件级和零件级四个层级。

2 业务数据宜包括施工过程中产生的质量、进度、计量支付等管理数据以及各类物联传感与影像数据等。

3 变更信息宜包括施工过程中发生的设计变更、施工方案变更等信息，宜在模型中同步更新。

**10.3.3** 数字化资源宜采用各方约定的统一通用数据格式，并符合现行《公路工程施工信息模型应用标准》(JTG/T 2422)的有关规定。

### 10.4 交付形式

**10.4.1** 数字化交付宜采用交付平台移交形式，也可采用电子传输方式形式。

**10.4.2** 交付平台宜具备多参与方协同及与其他项目相关方平台对接的功能。

**10.4.3** 应基于安全的网络和离线存储介质实施交付物交付和管理。

## 11 系统支撑

### 11.1 一般规定

**11.1.1** 系统支撑内容宜包括施工信息模型、数据库、信息安全等。

**11.1.2** 系统支撑应用范围宜包括项目管理、路基施工、路面施工、桥梁施工、隧道施工、交通工程及沿线设施施工等，支撑使用对象包括系统管理人员、各参建单位用户、系统维护人员、系统开发人员等。

**11.1.3** 智慧工地系统数据采集和传输等应保证数据及时性，智慧工地业务内容采集参数应符合本指南附录 C 的规定。使用单位可根据项目智慧化应用场景自主选择。

**11.1.4** 智慧工地系统应符合现行《信息安全技术 网络安全等级保护基本要求》(GB/T 22239) 中的有关规定。

**11.1.5** 硬件设备工业化控制系统应符合现行《工业自动化和控制系统网络安全可编程序控制器 (PLC) 第 1 部分：系统要求》(GB/T 33008.1) 的有关规定。

### 11.2 智慧工地系统架构

**11.2.1** 智慧工地系统架构组成宜包括感知层、通信层、数据层、应用层、用户层，系统架构见图 11.2.1。

**11.2.2** 智慧工地系统架构应体系化设计，明确感知层、通信层、数据层、应用层、用户层的层级关系和数据流向，确保各子系统互联互通。

**11.2.3** 感知层包括具有感知、识别、控制和执行等多种设备，宜确保数据准确采集、传输、转发。

**11.2.4** 通信层包括无线局域网、移动互联网等，宜确保数据传递的可靠、高效。

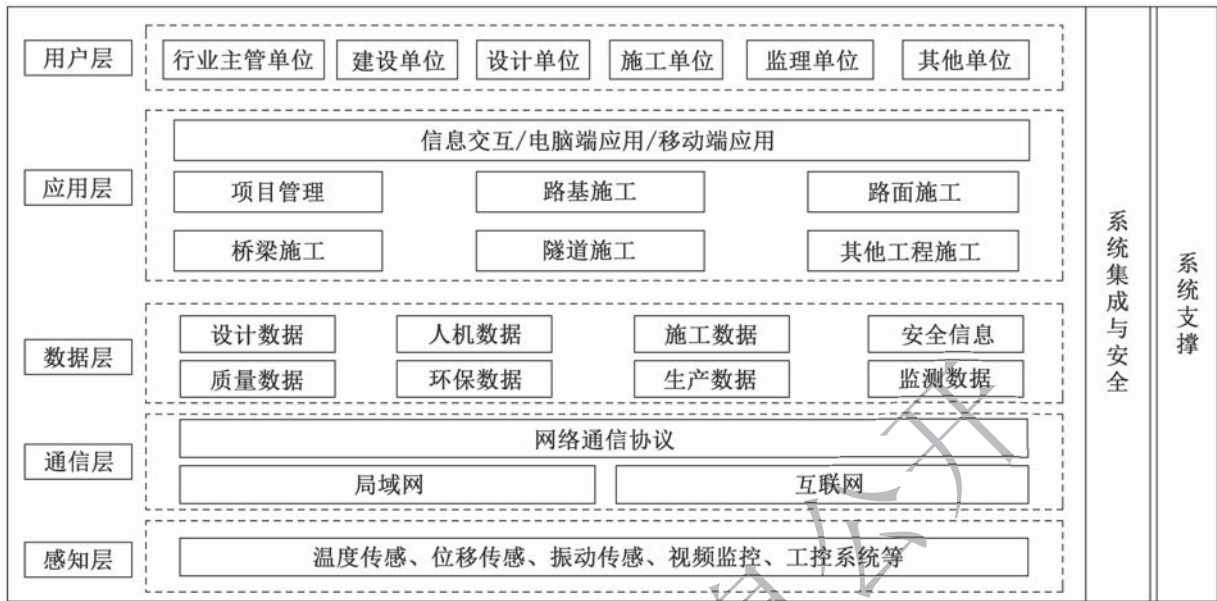


图 11.2.1 智慧工地系统架构

**11.2.5** 数据层包括设计数据、人机数据、施工数据、安全信息等，宜具备数据存储、数据计算、数据分析等功能。

**11.2.6** 应用层包括项目管理、各类分部分项工程施工生产与监控等，宜具备信息交互、系统使用等功能。

**11.2.7** 用户层宜包括但不限于建设单位、设计单位、施工单位、监理单位以及其他参与项目建设的单位。

### 11.3 施工信息模型

**11.3.1** 施工信息模型建设宜满足下列要求：

1 信息模型建设目标和范围宜根据项目特点、合同要求及施工应用水平等综合确定。

2 信息模型建设宜在施工图设计模型基础上进行深化，也可根据施工图、勘察资料等已有工程文件进行创建。

3 宜采用三维化建模，鼓励采用“三维设计+智能建造”，实现设计、施工、运维阶段的三维数据贯通。

4 模型信息宜包括模型创建软件及版本、模型单位、模型坐标、高程系统、模型组织、模型管理、模型命名规则、模型图元命名规则、模型图元外观表达等方面要求。

### 11.3.2 施工信息模型应用宜满足下列要求：

1 施工准备阶段宜基于信息模型进行三维场地布置优化、施工工艺模拟、施工方案模拟等。

2 施工实施阶段的质量、进度、安全、计量等管理宜基于信息模型进行，业务数据及信息附加或关联到模型。

3 宜建立基于三维模型的协同管理平台，支持三维化进度管理、质量追溯、安全监控等应用。

4 宜建立模型编码与工程 WBS 的映射关系，细化施工阶段数字化建造和项目管理需求，通过跨阶段数字交付和数字化系统的集成应用，实现基于 BIM 应用的施工工程、管理、生产数据贯通。

5 宜建立基于 BIM 的协同管理系统，支持移动端、PC 端和 Web 端协同管理，具备在线浏览、模型版本管理、项目文件管理、多终端同步用模等轻量化应用。

6 信息模型相关技术参数宜符合现行《公路工程施工信息模型应用标准》（JTG/T 2422）的有关规定。

## 11.4 数据库

11.4.1 数据库宜采用智慧工地数据中台形式，采用分层解耦系统架构方式支撑智慧工地数字底座。

### 条文说明

智慧工地数据中台是数据管理和服务平台，通过整合、治理、分析公路建设过程中数据资产，形成标准化服务接口，具备打破数据孤岛、沉淀业务模型、驱动数据价值转变的智慧工地决策支撑核心功能。智慧工地数字底座是支撑高速公路建设行业数字化转型的底层技术架构，通过整合数据、网络、算力等技术资源，提供统一的数据管理和服务能力，支持智慧工地业务场景下诸多上层应用的快速迭代和微服务方式。

11.4.2 数据库宜优先采用国产数据库管理系统，数据传输及存储宜采用国密算法加密。

### 11.4.3 数据分级分类宜满足下列要求：

1 数据分级分类应符合现行《数据安全技术 数据分类分级规则》（GB/T 43697）的有关规定。

2 数据分级定级过程宜包括数据资产梳理、数据安全级别判定、数据安全级别审核及数据安全级别备案。

### 11.4.4 数据存储宜满足下列要求：

- 1 宜建立智慧工地系统数据标准规范。
- 2 宜根据智慧工地具体业务需求，建立不同业务信息数据库。
- 3 宜根据数据分类分级，建立数据加密存储机制。

#### 11.4.5 数据备份宜满足下列要求：

- 1 宜具备自动备份功能，备份频率应根据数据重要性与更新频率分级设定。
- 2 宜建立数据复制、备份与恢复机制，覆盖智慧工地全业务数据，保证数据恢复可靠性。
- 3 宜建立容灾回溯和备用库机制，支持数据回溯。

#### 11.4.6 数据接口宜满足下列要求：

- 1 宜根据数据实时性、传输量需求，选择工业级或通用级标准协议，确保协议的通用性与可扩展性。
- 2 宜建立分级、分角色的权限体系，避免越权操作。
- 3 宜支持不同操作系统、开发语言调用，实现跨设备、跨系统、跨场景的灵活对接。

### 11.5 信息安全

#### 11.5.1 信息安全与系统防护技术宜满足下列要求：

- 1 数据传输及存储宜采用国密算法加密，敏感信息应脱敏处理后存储和展示。
- 2 关键操作宜采用国密算法进行数字签名，确保操作来源可追溯和不可否认。
- 3 核心业务数据可采用区块链技术防止篡改，重要数据变更应留存完整操作轨迹。
- 4 网络边界宜部署硬件防火墙和入侵检测/防御系统，内部网络宜实施分段隔离；服务器及终端设备宜启用安全审计日志；软件系统宜定期进行漏洞扫描并及时更新安全补丁。

#### 11.5.2 数据生命周期安全技术宜满足下列要求：

- 1 数据生命周期安全宜包括数据采集、数据传输、数据存储、数据处理、数据交换和数据销毁。
- 2 数据采集过程宜采用敏感标记、异常采集监控等手段实现安全管理。
- 3 宜对数据处理过程进行安全控制，保障数据在有效授权范围内被访问和处理，防止数据遭窃取、泄露和损坏。
- 4 宜建立数据交换安全机制，确保数据交换安全的有效执行。
- 5 宜使用专用数据销毁技术工具进行数据销毁，确保数据销毁后无法恢复。

## 附录 A 智慧工地特殊场景智慧化施工要求

### A.1 长大桥梁智慧化施工场景

#### A.1.1 沉井基础施工宜满足下列要求：

- 1 沉井定位施工宜采用动态监控技术。
- 2 沉井取土下沉宜采用能实现取土深度精确控制、自动作业的智能化取土设备。
- 3 沉井下沉过程，宜对沉井底高程、底口平面位置、扭转角、倾斜度、结构应力、几何姿态、下沉阻力、井孔内外泥面高程等参数进行实时监测和预警，通过计算沉井壁四角应力及应变衍变规律，对比各项阻力采集值，反演修正下沉力学状态。
- 4 沉井开挖施工宜采用智能取土装备与实时姿态监测系统，对开挖深度、井体姿态、结构应力、土体压力等关键参数进行自动采集、实时分析与预警，实现开挖过程的可视化与可控化管理。

#### A.1.2 地下连续墙施工宜满足下列要求：

- 1 地下连续墙成槽施工时，宜对成槽设备的姿态和运行参数进行实时监控和动态调整，实时监测垂直度、输送泵转速、进给速度和附加荷载等设备参数，保证设备工作状态。
- 2 成槽过程中宜采用以“接触式成槽检测 + 传统超声波成槽检测”为基础的动态监测与纠偏技术，提升成槽精度。
- 3 泥浆制备宜采用支持自动称量的泥浆自动拌制设备，定期对新制泥浆和循环泥浆的比重、黏度、含砂率及 pH 值等指标进行检测。
- 4 钢箱及钢筋笼下放安装过程中，宜采用“倾角传感器 + 三维调平”高精度控制技术，提高钢筋定位精度。
- 5 混凝土浇筑过程，宜配置混凝土浇筑液面高度自动测量装置，实时监测混凝土浇筑过程中的液面高度和导管入孔深度。
- 6 基坑施工宜采用智能监测系统对围护结构变形、支撑轴力、地下水位等关键参数进行实时采集、分析与预警，保障基坑施工安全与地下连续墙结构协同稳定。

#### A.1.3 塔、墩施工宜满足下列要求：

- 1 混凝土高墩柱施工宜采用自动液压爬模设备，具备安全自动预警功能。
- 2 混凝土塔柱施工宜采用部品化钢筋整体吊装，采用支持自动调平、同步提升、

智能浇筑、智能养护的液压爬模设备。

3 钢塔柱施工宜采用智能化吊具进行安装，配置满足高精度匹配、塔柱线形智能监测等功能的装置或设备。

4 宜配置塔柱施工监测系统，对塔柱倾斜度、位移以及混凝土浇筑过程中的温度、应力、应变等关键参数进行实时监测和分析。

#### A.1.4 缆、索施工宜满足下列要求：

##### 1 主缆施工宜满足下列要求：

1) 主缆架设采用智能猫道系统，支持猫道线形和张力的自动监测。

2) 使用高精度的索股牵引设备，具备张力精确控制和定位功能。

3) 配置主缆监测系统，对主缆架设过程中的索股架设精度、索股张力等关键参数进行实时监测和分析。

4) 配置具备自动检测功能的主缆紧缆和缠丝设备，对紧缆后的主缆直径、空隙率、缠丝的间距、张力等指标进行检测。

##### 2 斜拉索施工宜满足下列要求：

1) 斜拉索施工使用自动化斜拉索挂设设备。

2) 采用智能张拉设备，具备高精度索力和位移传感器，在张拉过程中实时显示索力和伸长量。

3) 配置斜拉索索力监测系统，对索力、索长、温度等关键参数进行实时监测和分析。

#### A.1.5 主梁吊装宜满足下列要求：

##### 1 缆索吊装施工宜满足下列要求：

1) 缆索吊装采用具备智能感知与控制功能的吊装系统，实时监测吊装力、位移、速度、吊点姿态等关键参数。

2) 配置吊装过程可视化系统，支持吊装碰撞检测、实时姿态显示与预警。

3) 吊装系统具备自动调平、防摇摆、同步控制等功能，确保主梁节段吊装过程中的稳定性与精度。

4) 通过传感器实时监测主梁节段吊装过程中的应力、变形、风速等参数，超限时自动预警。

##### 2 顶推施工宜满足下列要求：

1) 顶推施工采用智能顶推控制系统，实时监测顶推力、顶推位移、同步性、导向偏差等参数。

2) 顶推系统具备多顶推点同步控制功能，支持顶推速度、行程的自动调节与纠偏。

3) 顶推过程中进行动态模拟，预测顶推终点位置、梁体姿态，指导现场施工。

4) 对梁体、永久墩台及临时墩等的应力、变形、位移、温度等关键参数进行实时

监测和预警。

#### A.1.6 拱肋施工宜满足下列要求：

- 1 宜配置拱肋施工监测系统，对拱肋的应力、变形、位移、温度等关键参数进行实时监测和预警。
- 2 钢拱肋采用焊接或螺栓连接时，宜采用自动化和智能化设备，并通过信息化系统对连接质量进行全过程管控。
- 3 采用缆索吊装系统施工时，宜对缆索吊机的起吊力、位移及运行状态进行自动化监测和预警。
- 4 采用斜拉扣挂法施工时，宜对扣锚索的索力进行自动化监测、预警和控制。
- 5 钢管混凝土压注施工时，宜采用智能灌注系统，对混凝土工作性能、温度、顶升压力、顶升速度等关键参数进行实时监测与预警。
- 6 拱肋采用转体法施工时，宜配置转体智能监测系统，对千斤顶同步性控制、扣锚索索力、转体角度、速度等关键参数进行实时监测与预警。

### A.2 特殊隧道智慧化施工场景

#### A.2.1 盾构隧道施工宜满足下列要求：

- 1 盾构隧道施工宜包括工作井施工、盾构掘进、管片生产与拼装、注浆、施工运输、内部结构施工等方面的技术要求。
- 2 工作井施工宜满足下列要求：
  - 1) 采用超声波传感器，观测连续墙槽宽、钻孔直径、垂直度、孔壁状况等参数。
  - 2) 采用自动化降水技术，对水位实时监测、水泵智能控制。
  - 3) 针对软土地基施工，采用钢支撑轴力伺服系统进行 24h 实时监控，低压自动补偿、高压自动推送预警信息。
  - 4) 进行工作井围护结构渗漏水检测，确保基坑开挖前工作井止水帷幕安全有效。
- 3 盾构掘进宜满足下列要求：
  - 1) 盾构机具备运行状态、掘进参数的感知和反馈功能。
  - 2) 盾构掘进导向系统具备设计轴线管理、位置姿态检测、可视化显示等功能。
- 4 管片生产与拼装宜满足下列要求：
  - 1) 管片生产建立自动化生产线，实现机械化生产及智能监控。
  - 2) 管片生产建立集成控制系统和数据管理系统，支持信息识别、数据跟踪、生产工艺和质量检验记录等。
  - 3) 采用三维激光扫描，检查管片尺寸精度。
  - 4) 管片选型支持自动选型、人工确认。
  - 5) 支持管片半自动吊运和拼装。
- 5 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实时检测。

- 6 宜建立运输调度系统,实现物资运输和调度的信息化管理。
- 7 内部结构施工宜满足下列要求:
  - 1) 箱涵及附属结构施工采用激光测量标定位置,提升安装精度。
  - 2) 箱涵拼装采用精调台车(机器人)完成拼装作业,其他附属结构采用机械化施工。
  - 3) 盾构隧道联络通道施工中,机械法包含始发及接收的自动化掘进;冷冻法采用智能冻结系统,并对融沉和冻胀对结构的影响进行监测。

### 条文说明

3 盾构机感知主要涵盖刀盘刀具、驱动系统、推进系统、注浆系统、出渣系统、密封系统、润滑系统、冷却系统、吊运系统、气体检测等,涉及温度、压力、流量、比重、位移、行程等相关参数的监测和反馈。盾构机一般要具备在直线段单一地层的自动纠偏及自动推进功能。导向系统一般包括全站仪定位导向系统和惯性导航系统,具备测量基准点校核及盾构控制系统自动通信等功能,并满足相关测量精度要求;具备盾尾间隙、管片上浮自动测量等功能。

4 自动化生产线主要包括钢筋笼制作(自动下料、智能焊接)、混凝土入模浇筑(自动布料、振捣、抹面)、养护(自动蒸养、智能水养)、脱模(模具清理、脱模剂喷涂)等工序及相应设备。管片标识包括条形码、二维码、RFID标签等。管片选型要根据设计轴线、盾构姿态、盾尾间隙、推进油缸行程差、铰接油缸行程差等参数综合确定。

5 选择适当的无损检测手段,同步检查壁后注浆密实度情况,用于评估注浆质量;根据沉降监测结果,及时进行二次补强注浆处理。

7 智能冻结系统包括压力变送器、电磁流量计、插入型温度变送器等自动化传感监测设备,实时监测冻结站设备状态、冻结壁发展、盐水循环参数、冻胀压力、结构受力与变形等关键指标,并根据监测数据进行动态调控与分级预警。

#### A.2.2 堰筑隧道施工宜满足下列要求:

- 1 堰筑隧道宜包括围堰工程、基坑围护及支护、钢筋混凝土结构、结构渗水和沉降监测等方面的技术要求。
- 2 围堰工程管理宜使用地下水位监测设备,监测隧道周围地下水位的变化。
- 3 宜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。
- 4 基坑围护及支护管理宜满足下列要求:
  - 1) 基坑支护及开挖过程中,进行深基坑监测,监测数据包括基坑土压力、变形、地下水位等。
  - 2) 隧道基坑围护和支护过程中,建立基于原位土体参数的围护结构变形稳定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。

5 钢筋混凝土结构工程宜满足下列要求：

- 1) 采用自动化混凝土搅拌和浇筑机械设备，利用搅拌机和泵车精确控制混凝土配合比、流动性和浇筑速度。
- 2) 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。
- 3) 大体积混凝土浇筑时采用抗裂性原位实时监测技术，根据不同结构部位针对性地确定监测位置并布置传感器。

6 结构渗水、沉降监测数据分析可采用下列方式：

- 1) 采用水位监测和渗漏水检测系统，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。
- 2) 采用激光扫描仪、振动传感器、静力水准等，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。
- 3) 支持自动管控层级预警消息推送，通过联动位移监测设备和数据分析，位移数据出现异常时自动推送预警消息。

#### 条文说明

4 智能反演分析方法基于土体参数、围护结构参数、监测数据等其他相关信息，同时考虑不均匀沉降、沉降速率和变形趋势等因素，以便实时监测和分析围护结构变形情况。

5 抗裂性原位监测需提前确定监测点位并布置传感器，监测混凝土的关键参数。监测点位和传感器布置宜根据设计要求和混凝土结构确定。

6 分布式传感光缆在变形缝位置环向全覆盖布设，感知外界渗水体的温度差异，并通过传感光缆吸水膨胀产生应变变化识别渗漏事件。激光扫描仪能够用于实时监测隧道结构的三维变形，振动传感器用于监测结构的振动水平，静力水准测量适用于堰筑法隧道的高精度沉降监测。多种监测手段协同有助于确保隧道施工的安全可靠性。

#### A. 2.3 混凝土沉管隧道施工宜满足下列要求：

1 沉管隧道智慧化施工宜包括管节预制、舾装、基槽开挖与清淤、地基与基础施工、管节浮运、沉放与安装、最终接头施工等方面的技术要求。

2 管节预制施工管理宜满足下列要求：

1) 管节预制采用工厂化生产线，包括钢筋加工及绑扎、钢筋笼体系转换、模板安装、混凝土浇筑及养护、预应力张拉、管节顶推等工序的自动化控制。混凝土构件预制和安装符合本指南第 7.3 节的有关规定。

2) 管节预制模板中的底板、跨中、顶点、端头等关键部位，设置变形、位移、沉降等观测点，混凝土浇筑过程中实时观测。

3) 建立混凝土智能温控系统，在管节混凝土内部布设温度传感器阵列，实时监测不同深度、位置的温度变化。

4) 养护系统根据实时温度数据，自动调节养护环境温度、湿度及时间，联动喷淋

系统，控制内外温差，防止裂缝产生。

5) 建立管节裂缝实时监测系统，重点监测温度与收缩导致的混凝土早期裂缝，及管节在支撑、移动和存放等施工过程中由于荷载变化产生的裂缝。

3 管节舾装管理宜满足下列要求：

1) 管节压载水箱注水前，校核管节重量、注水的水重度，并结合管节的干舷高度确定起浮水位，预判管节起浮后的姿态。

2) 在管节两端安装拉合系统，实时监测拉合力及对接过程中的姿态变化。

4 沉管基槽开挖及清淤管理宜满足下列要求：

1) 采用具备疏浚监控系统的耙吸船或抓斗船，实现平面位置与开挖深度的精准控制。

2) 清淤后采用测深系统全面扫描基槽底部，生成三维地形模型，验证清淤效果。

5 地基及基础施工管理宜满足下列要求：

1) 基础处理施工的关键工艺参数通过传感设备进行实时、自动采集与监控。

2) 对扩散半径、充填饱满度等关键参数建立实时观测与预警机制，实现对施工流程的智能化引导与动态调整。

6 管节浮运管理宜满足下列要求：

1) 管节浮运配置导航与姿态监测系统，实时监测管节位置、航向、速度及倾斜状态等关键参数。

2) 监测水流力、波浪力等环境荷载，评估浮运安全性。

3) 建立浮运指挥中心，实现多船协同作业与应急响应。

7 管节沉放与安装管理宜满足下列要求：

1) 管节沉放和安装过程监控体系包括浮运安装安全监测系统、水域环境预报保障系统、沉管安装水力压接系统和沉管压载水系统。

2) 浮运安装安全监测系统主要包含船管连接监测、船管姿态监测、结构应力监测及沉管封门位移应力监测。

3) 水域环境预报保障系统主要包含工程区水域环境监测、浮运对接期间基槽区域监测预警、预报保障与应急服务等内容。

4) 水力压接系统实时监测排水流量、流速和结合腔压力，保障止水带的均匀压合和沉管对接精度。

5) 压载水系统实时监测各压载舱水位、压力及管节姿态，确保沉管水中重心平衡。

8 最终接头安装管理宜满足下列要求：

1) 最终接头安装采用智能吊装系统，实时监测吊点应力、结构变形及安装精度。

2) 实时监测记录接头焊接或混凝土浇筑过程中的温度、应力变化。

## 附录 B 公路工程试验室智慧检测参数建议表

表 B 公路工程试验室智慧检测参数建议表

检测类别		试验检测设备	设备可检测参数
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
			屈服强度
	钢筋及连接件	拉伸试验机	拉伸强度
	钢绞线	拉伸试验机	拉伸强度
	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	
	傅里叶红外光谱仪	改性剂含量	
混合料	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
		电子天平	级配
	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	动稳定度		
电子天平	最大理论密度		

续表 B

检测类别		试验检测设备	设备可检测参数
工程实体	路基工程	电子天平	最大干密度
			压实度
		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
			面层压实度
	桥隧工程	回弹仪	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			

注：试验检测设备应具备自动采集检测信息，实时对外传输数据的功能。

交通运输部信息  
浏览专用

## 附录 C 智慧工地业务内容采集参数建议表

## C.0.1 路基压实参数宜按表 C.0.1 采集。

表 C.0.1 路基压实

名称	路基压实采集参数	
参数名称	参数类型	是否必须 (Y/N)
压实速度	Float	Y
施工桩号	String	Y
经度	Float	Y
纬度	Float	Y
压实遍数	Int	Y
振动频率	Float	Y
开始时间	Date	Y
结束时间	Date	Y

## C.0.2 边坡监测参数宜按表 C.0.2 采集。

表 C.0.2 边坡监测

名称	边坡施工路堤采集参数	
参数名称	参数类型	是否必须 (Y/N)
沉降量	Float	N
沉降速率	Float	Y
变形范围	Float	Y
变形模式	String	Y
变形速率	Float	Y
稳定状态	String	Y
经度	Float	Y
纬度	Float	Y
时间	Date	Y
名称	边坡施工路堑采集参数	
参数名称	参数类型	是否必须 (Y/N)
滑动面深度	Float	N

续表 C.0.2

名称	边坡施工路堑采集参数	
参数名称	参数类型	是否必须 (Y/N)
变形速率	Float	Y
稳定状态	String	Y
变形范围	Float	Y
经度	Float	Y
纬度	Float	Y
时间	Date	Y

**C.0.3 水泥混凝土路面参数宜按表 C.0.3 采集。**

表 C.0.3 水泥混凝土路面

名称	水泥混凝土搅拌采集参数	
参数名称	参数类型	是否必须 (Y/N)
搅拌站名称	String	N
工程部位	String	Y
砂石用量	Float	Y
加水量	Float	Y
出料温度	Float	Y
生产时间	Date	Y
名称	水泥混凝土路面施工采集参数	
参数名称	参数类型	是否必须 (Y/N)
施工桩号	String	Y
振动力	Float	Y
振幅	Float	Y
频率	Float	Y
路表温度	Float	Y
路表湿度	Float	Y
强度	Float	Y

**C.0.4 沥青路面混合料拌和参数宜按表 C.0.4 采集。**

表 C.0.4 沥青路面混合料拌和

名称	水稳混合料拌和采集参数	
参数名称	参数类型	是否必须 (Y/N)
拌和站名称	String	N
工程部位	String	Y

续表 C.0.4

名称	水稳混合料拌和采集参数	
参数名称	参数类型	是否必须 (Y/N)
水泥用量	Float	Y
砂率	Float	Y
配合比	Float	Y
生产时间	Date	Y
材料类型	String	Y
油石比	String	Y
混合料级配	String	Y
沥青重量	Float	Y
集料重量	Float	Y
矿粉重量	Float	Y
拌和温度	Float	Y
拌和时间	Float	Y
出料温度	Float	Y
出料时间	Date	Y

C.0.5 沥青混合料运输参数宜按表 C.0.5 采集。

表 C.0.5 沥青混合料运输

名称	沥青混合料运输采集参数	
参数名称	参数类型	是否必须 (Y/N)
拌和站名称	String	N
材料类型	String	Y
车牌号	String	Y
开始时间	Date	Y
结束时间	Date	Y
运输重量	Float	Y
混合料温度	Float	Y
经度	Float	Y
纬度	Float	Y

C.0.6 沥青路面摊铺参数宜按表 C.0.6 采集。

表 C.0.6 沥青路面摊铺

名称	沥青路面摊铺采集参数	
参数名称	参数类型	是否必须 (Y/N)
材料类型	String	Y
施工桩号	String	Y
结构层	Int	Y
左右幅	Int	Y
摊铺速度	Float	Y
摊铺温度	Float	Y
温度离析	Float	Y
经度	Float	Y
纬度	Float	Y

C.0.7 沥青路面压实参数宜按表 C.0.7 采集。

表 C.0.7 沥青路面压实

名称	沥青路面压实采集参数	
参数名称	参数类型	是否必须 (Y/N)
施工时间	Date	Y
经度	Float	Y
纬度	Float	Y
压实遍数	Int	Y
振动频率	Float	Y
开始时间	Date	Y
结束时间	Date	Y
压实温度	Float	Y
压实速度	Float	Y
设备类型	Int	Y

C.0.8 混凝土施工参数宜按表 C.0.8 采集。

表 C.0.8 水泥混凝土拌和

名称	水泥混凝土拌和采集参数	
参数名称	参数类型	是否必须 (Y/N)
项目名称	String	Y
标段	String	Y
拌和站名称	String	N
工程部位	String	Y

续表 C.0.8

名称	水泥混凝土拌和采集参数	
参数名称	参数类型	是否必须 (Y/N)
水泥用量	Float	Y
添加剂用量	Float	Y
水用量	Float	Y
细骨料用量	Float	Y
粗骨料用量	Float	Y
生产时间	Date	Y

### C.0.9 水泥混凝土构件预制和安装参数宜按表 C.0.9 采集。

表 C.0.9 水泥混凝土构件预制和安装

名称	水泥混凝土构件预制采集参数	
参数名称	参数类型	是否必须 (Y/N)
构件编号	String	Y
构件类型	String	Y
钢筋绑扎时间	Date	Y
模板准备时间	Date	Y
水泥混凝土拌和的时间	Date	Y
生产方量	Float	Y
浇筑时间	Date	Y
张拉伸长误差率	Float	Y
张拉时间	Date	Y
压浆时间	Date	Y
稳压压力	Float	Y
持压时长	Float	Y
蒸养时间	Date	Y
蒸养温度	Float	Y
蒸养湿度	Float	Y
蒸养时长	Float	Y
出厂时间	Date	Y
负责人员	String	Y
名称	智能设备采集参数	
参数名称	参数类型	是否必须 (Y/N)
设备名称	String	Y
设备型号	String	Y

续表 C.0.9

名称	智能设备采集参数	
参数名称	参数类型	是否必须 (Y/N)
设备状态	Int	Y
设备厂家	String	Y
工作时长	Float	Y
进场时间	Date	Y
离场时间	Date	N
维修记录	Float	N
构件编号	String	Y
生产状态	String	Y
预制件生产工位	String	Y
存放工位	String	Y
主线架设位置	String	Y
应变	Float	Y
位移	Float	Y
倾角	Float	Y
施工时间	Date	Y
负责人员	String	Y

C.0.10 桥梁钢结构制造参数宜按表 C.0.10 采集。

表 C.0.10 桥梁钢结构制造

名称	桥梁钢结构制造采集参数	
参数名称	参数类型	是否必须 (Y/N)
构件编号	String	Y
生产时间	Date	Y
生产人员	String	Y
检验人员	String	Y
检验结果	Int	Y
存放位置	String	Y
出厂时间	Date	Y
焊缝编号	String	Y
焊接电流	String	Y
焊接电压	String	Y
焊接速度	String	Y

## C.0.11 基础施工参数宜按表 C.0.11 采集。

表 C.0.11 基础施工

名称	基坑施工监测参数采集	
参数名称	参数类型	是否必须 (Y/N)
监测点	String	Y
支护顶部水平位移	Float	Y
支护顶部竖向位移	Float	Y
深层水平位移	Float	Y
土压力	Float	Y
坑底隆起	Float	Y
结构应力	Float	Y
水位	Float	Y
名称	沉井施工监测参数采集	
参数名称	参数类型	是否必须 (Y/N)
监测点	String	Y
结构应力	Float	Y
水平位移	Float	Y
垂直位移	Float	Y
下沉速度	Float	Y
井体倾斜度	Float	Y
坑底隆起	Float	Y
名称	桩机施工监测参数采集	
参数名称	参数类型	是否必须 (Y/N)
桩号	String	Y
桩长	Float	Y
垂直度	Float	Y
承载力	Float	Y
沉降	Float	Y
位移	Float	Y
强度	Float	Y
名称	围堰施工监测参数采集	
参数名称	参数类型	是否必须 (Y/N)
监测点	String	Y
支护顶部水平位移	Float	Y
支护顶部竖向位移	Float	Y
土体深层水平位移	Float	Y
地下水水位	Float	Y

续表 C. 0. 11

名称	围堰施工监测参数采集	
参数名称	参数类型	是否必须 (Y/N)
土压力	Float	Y
水流压力	Float	Y
浮力	Float	Y
支撑结构内力	Float	Y
水流速度	Float	Y
浪高	Float	Y

**C. 0. 12** 塔、墩、缆、索施工参数宜按表 C. 0. 12 采集。

表 C. 0. 12 塔、墩、缆、索施工

名称	斜拉索、缆索施工参数采集	
参数名称	参数类型	是否必须 (Y/N)
主梁线形	String	Y
生索力	Float	Y
温度	Float	Y
名称	索塔施工参数采集	
参数名称	参数类型	是否必须 (Y/N)
风力	Float	Y
防护完好性	String	Y
线形	String	Y
控制截面应力	Float	Y
名称	爬模施工参数采集	
参数名称	参数类型	是否必须 (Y/N)
模板沉降	Float	Y
模板侧压力	Float	Y
爬模油缸压力	Float	Y
同步性	String	Y
行程	Float	Y
速度	Float	Y
荷载	Float	Y

**C. 0. 13** 钻爆隧道参数宜按表 C. 0. 13 采集。

表 C.0.13 钻爆隧道

名称	超前地质预报采集参数	
参数名称	参数类型	是否必须 (Y/N)
监测位置	String	Y
位移	Float	Y
水位	Float	N
钻孔位置	String	Y
开孔时间	Date	Y
终孔时间	Date	Y
孔深	Float	Y
钻进压力	Float	Y
钻进速度	Float	Y
监测时间	Date	Y
名称	钻爆开挖采集参数	
参数名称	参数类型	是否必须 (Y/N)
开挖位置	String	Y
孔位	String	Y
孔深	Float	Y
扬尘	Float	Y
温度	Float	Y
湿度	Float	Y
裂缝位移	Float	Y
裂缝形状	String	Y
监测时间	Date	Y
名称	初期支护施工监测采集参数	
参数名称	参数类型	是否必须 (Y/N)
支护位置	String	Y
压力	Float	Y
位移	Float	Y
温度	Float	Y
变形系数	Float	Y
监测时间	Date	Y
名称	二次衬砌施工监测采集参数	
参数名称	参数类型	是否必须 (Y/N)
二次衬砌位置	String	Y
喷射混凝土配合比	String	Y

续表 C. 0. 13

名称	二次衬砌施工监测采集参数	
参数名称	参数类型	是否必须 (Y/N)
喷射混凝土强度	String	Y
喷射时间	Date	Y
喷射量	Float	Y
喷射速度	Float	Y
喷射压力	Float	Y
监测时间	Date	Y

C. 0. 14 堰筑隧道参数宜按表 C. 0. 14 采集。

表 C. 0. 14 堰筑隧道

名称	围堰工程管理采集参数	
参数名称	参数类型	是否必须 (Y/N)
监测位置	String	Y
水平位移	Float	Y
沉降量测	Float	Y
围堰内水位监测	Float	Y
围堰外水位监测	Float	Y
监测时间	Date	Y
名称	基坑围护及支护管理采集参数	
参数名称	参数类型	是否必须 (Y/N)
监测位置	String	Y
基坑土压力	Float	Y
变形系数	Float	Y
地下水位	Float	Y
监测时间	Date	Y
名称	钢筋混凝土结构工程管理混凝土施工采集参数	
参数名称	参数类型	是否必须 (Y/N)
浇筑点	String	Y
混凝土量	Float	Y
混凝土配合比	String	Y
浇筑速度	Float	Y
凝结时间	Date	Y
监测时间	Date	Y

续表 C. 0. 14

名称	钢筋混凝土结构工程管理混凝土结构检测采集参数	
参数名称	参数类型	是否必须 (Y/N)
监测点	String	Y
外观尺寸	Float	Y
偏移量	Float	Y
监测时间	Date	Y
名称	钢筋混凝土结构工程大体积混凝土养护数据监测采集参数	
参数名称	参数类型	是否必须 (Y/N)
监测点	String	Y
温度	Float	Y
湿度	Float	Y
喷淋水量	Float	Y
喷淋时间	Date	Y

**C. 0. 15** 盾构隧道参数宜按表 C. 0. 15 采集。

表 C. 0. 15 盾构隧道

名称	地下连续墙成槽监测采集参数	
参数名称	参数类型	是否必须 (Y/N)
监测点	String	Y
槽宽	Float	Y
转孔直径	Float	Y
垂直度	Float	Y
孔壁状况	String	Y
监测时间	Date	Y
名称	地下连续墙监测采集参数	
参数名称	参数类型	是否必须 (Y/N)
监测点	String	Y
水平位移	Float	Y
墙顶竖向位移	Float	Y
立柱竖向位移	Float	Y
监测时间	Date	Y
名称	地下工作井开挖钢支撑轴力采集参数	
参数名称	参数类型	是否必须 (Y/N)
支撑编号	String	Y
支撑轴力	Float	Y
获取时间	Date	Y

续表 C. 0. 15

名称	钢筋混凝土结构工程大体积混凝土养护数据监测采集参数	
参数名称	参数类型	是否必须 (Y/N)
监测点	String	Y
温度	Float	Y
湿度	Float	Y
喷淋水量	Float	Y
喷淋时间	Date	Y
名称	工作井井筒空气监测采集参数	
参数名称	参数类型	是否必须 (Y/N)
监测点	String	Y
空气质量	String	Y
温度	Float	Y
湿度	Float	Y
氧气浓度	Float	Y
有害气体浓度	Float	Y
监测时间	Date	Y
名称	盾构施工施工监测采集参数	
参数名称	参数类型	是否必须 (Y/N)
盾构机名称	String	Y
盾构位置	String	Y
推进速度	Float	Y
前端水平偏差	Float	Y
前端垂直偏差	Float	Y
后端水平偏差	Float	Y
后端垂直偏差	Float	Y
滚动角	Float	Y
仰俯角	Float	Y
刀盘温度	Float	Y
刀盘转速	Float	Y
总推力	Float	Y
刀盘扭矩	Float	Y
监测时间	Date	Y
名称	盾构施工环境监测采集参数	
参数名称	参数类型	是否必须 (Y/N)
监测点	String	Y
温度	Float	Y

续表 C. 0. 15

名称	盾构施工环境监测采集参数	
参数名称	参数类型	是否必须 (Y/N)
湿度	Float	Y
一氧化碳浓度	Float	Y
硫化氢浓度	Float	Y
甲烷浓度	Float	Y
监测时间	Date	Y
名称	管片钢筋笼生产采集参数	
参数名称	参数类型	是否必须 (Y/N)
管片厂名称	String	Y
管片类型	Int	Y
钢筋笼数量	Float	Y
生产日期	Date	Y
名称	管片生产各工序采集参数	
参数名称	参数类型	是否必须 (Y/N)
管片厂名称	String	Y
管片类型	Int	Y
管片编号	String	Y
生产线名称	String	Y
模具名称	String	Y
清模时间	Date	Y
涂油时间	Date	Y
入笼时间	Date	Y
浇筑时间	Date	Y
浇筑量	Float	Y
振捣时间	Date	Y
振捣平均频率	Float	Y
静养时间	Date	Y
蒸养持续时间	Float	Y
蒸养温度	Float	Y
蒸养湿度	Float	Y
脱模时间	Date	Y
管片水养时间	Date	Y
水池温度	Float	Y
水池 pH 值	Float	Y

续表 C. 0. 15

名称	盾构施工注浆采集参数	
参数名称	参数类型	是否必须 (Y/N)
注浆位置	String	Y
注浆速度	Float	Y
注浆压力	Float	Y
注浆流量	Float	Y
注浆均匀性	String	Y
注浆结果	String	Y
注浆时间	Date	Y
名称	泥水平衡盾构输送采集参数	
参数名称	参数类型	是否必须 (Y/N)
位置	String	Y
泥浆流量	Float	Y
泥浆浓度	Float	Y
泥浆压力	Float	Y
监测时间	Date	Y
名称	盾构工程内部结构施工采集参数	
参数名称	参数类型	是否必须 (Y/N)
位置	String	Y
箱涵尺寸	Float	Y
烟道板尺寸	Float	Y
温度	Float	Y
湿度	Float	Y
位移	Float	Y
时间	Date	Y

## 本指南用词用语说明

1 本指南执行严格程度的用词，采用下列写法：

- 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 引用标准的用语采用下列写法：

- 1) 在标准总则中表述与相关标准的关系时，采用“除应符合本指南的规定外，尚应符合国家和行业现行有关强制性标准的规定”。
- 2) 在标准条文及其他规定中，当引用的标准为国家标准和行业标 准时，表述为“应符合《××××××》(×××)的有关规定”。
- 3) 当引用本指南中的其他规定时，表述为“应符合本指南第×章的有关规定”、“应符合本指南第×.×节的有关规定”、“应符合本指南第×.×.×条的有关规定”或“应按本指南第×.×.×条的有关规定执行”。