

G345 江苏段示范通道数字化转型升级项目(扬州段)



详细设计

第一册 共一册

華設設計集團股份有限公司

南京智行信息科技有限公司

二零二五年十一月

目 录

第 1 章 项目概述.....	1	4.1.1 系统概述.....	10
1.1 项目背景.....	1	4.1.2 系统功能.....	10
1.2 设计依据.....	1	4.1.3 设备组成.....	10
1.3 工程范围及设计内容.....	2	4.1.4 部署方案.....	10
第 2 章 项目总体设计.....	4	4.2 事件检测系统.....	11
2.1 工程界面.....	4	4.2.1 系统概述.....	11
第 3 章 基础设施监测预警设计.....	5	4.2.2 系统功能.....	11
3.1 道路智能巡查车载系统.....	5	4.2.3 设备组成.....	11
3.1.1 系统概述.....	5	4.2.4 部署方案.....	11
3.1.2 系统功能.....	5	4.3 多功能交调站.....	12
3.1.3 系统组成.....	5	4.3.1 系统概述.....	12
3.1.4 服务内容.....	5	4.3.2 系统功能.....	12
3.2 桥梁结构监测系统.....	6	4.3.3 设备组成.....	12
3.2.1 系统概述.....	6	4.3.4 部署方案.....	12
3.2.2 系统功能.....	6	4.4 低空无人机.....	13
3.2.3 系统组成.....	6	4.4.1 系统概述.....	13
3.2.4 部署方案.....	6	4.4.2 系统功能.....	13
3.3 路基路面长期性能观测.....	9	4.4.3 部署方案.....	13
3.3.1 系统概述.....	9	第 5 章 恶劣气象通行安全预警设计.....	14
3.3.2 系统功能.....	9	5.1 智能冰雪监测系统.....	14
3.3.3 系统组成.....	9	5.1.1 系统概述.....	14
3.3.4 服务内容.....	9	5.1.2 系统功能.....	14
第 4 章 路网运行监测预警设计.....	10	5.1.3 设备组成.....	14
4.1 路侧视频监控.....	10	5.1.4 部署方案.....	14
		5.2 智能除雪融冰无人机.....	15

5.2.1 系统概述.....	15	7.3.1 系统概述.....	19
5.2.2 系统功能.....	15	7.3.2 系统功能.....	19
5.2.3 设备组成.....	15	7.3.3 系统组成.....	20
5.2.4 部署方案.....	15	7.3.4 部署方案.....	20
第 6 章 出入口协调控制设计.....	16	7.4 充电桩占用监测系统.....	20
6.1 无信号交叉口预警系统.....	16	7.4.1 系统概述.....	20
6.1.1 系统概述.....	16	7.4.2 系统功能.....	20
6.1.2 系统功能.....	16	7.4.3 系统组成.....	21
6.1.3 系统组成.....	16	7.4.4 部署方案.....	21
6.1.4 部署方案.....	16	7.5 服务区视频监控系统.....	21
6.2 匝道分合流预警系统.....	17	7.5.1 系统概述.....	21
6.2.1 系统概述.....	17	7.5.2 系统功能.....	21
6.2.2 系统功能.....	17	7.5.3 系统组成.....	21
6.2.3 系统组成.....	17	7.5.4 部署方案.....	21
6.2.4 部署方案.....	17	7.6 公众信息交互系统.....	22
第 7 章 智慧服务区设计.....	18	7.6.1 系统概述.....	22
7.1 服务区出入口抓拍系统.....	18	7.6.2 系统功能.....	22
7.1.1 系统概述.....	18	7.6.3 系统组成.....	22
7.1.2 系统功能.....	18	7.6.4 部署方案.....	22
7.1.3 系统组成.....	18	7.7 能耗监测系统.....	22
7.1.4 部署方案.....	18	7.7.1 系统概述.....	22
7.2 服务区停车位占用监测系统.....	18	7.7.2 系统功能.....	22
7.2.1 系统概述.....	18	7.7.3 系统组成.....	23
7.2.2 系统功能.....	19	7.7.4 部署方案.....	23
7.2.3 系统组成.....	19	7.8 智慧照明系统.....	23
7.2.4 部署方案.....	19	7.8.1 系统概述.....	23
7.3 加油排队情况监测系统.....	19	7.8.2 系统功能.....	23

7.8.3 系统组成.....	23	8.1.1 供电设计原则	26
7.8.4 部署方案.....	23	8.1.2 供电点位设计	26
7.9 智慧厕所系统.....	23	8.2 通信设计	27
7.9.1 系统概述.....	23	8.2.1 总体架构	27
7.9.2 系统功能.....	23	8.2.2 通信点位设计	27
7.9.3 系统组成.....	23	8.3 防雷设计	28
7.9.4 部署方案.....	23	8.3.1 直击雷的防护	28
7.10 智慧淋浴系统.....	23	8.3.2 电源防雷	29
7.10.1 系统概述.....	23	8.3.3 信号防雷	29
7.10.2 系统功能.....	24	8.4 接地设计	29
7.10.3 系统组成.....	24	第 9 章 计算存储、网络安全与系统接入	30
7.10.4 部署方案.....	24	9.1 视频上云建设	30
7.11 视频会议系统.....	24	9.1.1 扩容方案	30
7.11.1 系统概述.....	24	9.2 存储设施扩容	30
7.11.2 系统功能.....	24	9.2.1 扩容方案	30
7.11.3 系统组成.....	24	9.3 网络安全扩容	31
7.11.4 部署方案.....	24	9.3.1 扩容方案	31
7.12 三维采集建模.....	24	9.3.2 系统升级方案	32
7.12.1 系统概述.....	24	第 10 章 路侧系统施工要求	35
7.12.2 系统功能.....	24	10.1 结构监测传感器实施要求	35
7.13 中心配套设施.....	25	10.2 杆件安装要求	35
7.13.1 系统概述.....	25	10.3 机箱安装要求	36
7.13.2 系统功能.....	25	10.4 外场设备钢结构防腐处理	36
7.13.3 系统组成.....	25	10.5 基础施工要求	36
7.13.4 部署方案.....	25	10.6 管道施工要求	37
第 8 章 通信、供电设计及防雷接地设计.....	26	10.7 管道材料	37
8.1 供电设计.....	26	10.8 手孔井	37

第 11 章 施工组织..... 38

 11.1 施工准备..... 38

 11.1.1 施工工艺..... 38

 11.1.2 安全文明施工..... 40

 11.2 施工环保措施..... 43

 11.2.1 环保组织 43

 11.2.2 环保措施 43

第1章 项目概述

1.1 项目背景

2024年4月，财政部与交通运输部联合发布了《关于支持引导公路水路交通基础设施数字化转型升级的通知》（财建〔2024〕96号），以智慧扩容、安全增效、产业融合、体制机制创新为方向，计划用3年左右时间，支持30个左右的示范区域，打造一批线网一体化的示范通道及网络，力争推动85%左右的繁忙国家高速公路、25%左右的繁忙普通国道和70%左右的重要国家高等级航道实现数字化转型升级。

2024年5月，《交通运输部办公厅 财政部办公厅关于印发公路水路交通基础设施数字化转型升级工作实施细则的通知》（交办规函〔2024〕28号）中进一步明确了公路水路交通基础设施数字化转型升级的重点任务方向。文件要求示范区域必须统筹推进一体化任务建设，同时允许各省结合自身发展需求选择示范性任务。

2024年7月，江苏省交通运输厅立足本省交通发展实际与数字化转型升级需求，编制了《江苏省“一轴一网两融合”大流量示范通道及网络交通基础设施数字化转型升级实施方案》并通过竞争性评审，成功入选全国首批8个示范区域。

江苏省交通运输厅公路事业发展中心根据《交通运输部办公厅关于印发江苏省“一轴一网两融合”大流量交通基础设施数字化转型升级示范通道及网络实施方案的意见》（交办规函〔2024〕1892号），在原有申报方案基础上，结合江苏省普通公路的实际发展需求，组织编制了江苏省普通公路基础设施数字化转型升级项目建设方案及深化设计文件。

江苏省普通公路基础设施数字化转型升级项目建设方案重点聚焦智慧扩容、安全增效和体制机制创新的任务方向，以G228、G312、G345江苏段为载体，积极响应并推进7个关键任务场景建设（涵盖3个一体化任务和4个示范性任务），为全省普通公路数字化转型升级提供了实施路径。本项目为江苏省普通公路基础设施数字化转型升级项目深化设计文件编制，在建设方案指导下，围绕G345道路结合扬州市实际路域情况及需求开展G345扬州段深化设计编制。

1.2 设计依据

■ 相关文件及规定

(1) 财政部、交通运输部关于《支持引导公路水路交通基础设施数字化转型升级》的通知（财建〔2024〕96号）；

- (2) 交通运输部办公厅、财政部办公厅关于印发《公路水路交通基础设施数字化转型升级工作实施细则》的通知（交办规函〔2024〕28号）；
- (3) 交通运输部办公厅关于《支持公路水路交通基础设施数字化转型升级示范区域(第一批)》的函（交办规函〔2024〕1544号）；
- (4) 《交通运输部办公厅关于印发江苏省“一轴一网两融合”大流量交通基础设施数字化转型升级示范通道及网络实施方案的意见》（交办规函〔2024〕1892号）；
- (5) 《江苏省普通公路基础设施数字化转型升级项目建设方案》；
- (6) 《公路网运行监测与服务暂行技术要求》（交通运输部）；
- (7) 《省交通运输厅公路事业发展中心关于印发2024年江苏省普通国省道路网监测设施建设项目设计要点的通知》（苏交公便路网〔2024〕202号）；
- (8) 《省交通运输厅公路局关于进一步提升路网监测设施建设项目设计质量的通知》（江苏省交通运输厅）（苏交公路网〔2018〕182号）；
- (9) 《江苏省公路网视频上云应用建设方案》（苏交公路网〔2019〕81号）；
- (10) 《江苏省普通公路视频监控系统建设技术要求（2024年修订版）》（苏交公便信〔2024〕314号）；
- (11) 《江苏省普通公路网运行监测设施布局规划（试行）（2019-2030年）》（苏交公〔2020〕69号）；
- (12) 《江苏省公路交通情况调查站点布局规划方案（2020—2035年）》（苏交计〔2021〕3号）；
- (13) 《江苏省公路网运行管理办法》（江苏省交通运输厅）（苏交规〔2020〕7号）；
- (14) 《江苏省干线公路网运行监测点监测设施建设指南》（江苏省交通运输厅）；
- (15) 《江苏省普通公路信息发布系统建设技术规范》（江苏省交通运输厅）；
- (16) 《江苏省交通视频监控系统联网技术要求》（江苏省交通运输厅）；
- (17) 《省交通运输厅公路事业发展中心关于开展江苏省公路网监测视频上云应用工作的通知》（江苏省交通运输厅）；
- (18) 《关于加强公路交通情况调查设备技术管理的指导意见（试行）》（江苏省交通运输厅）；
- (19) 《省交通运输厅公路事业发展中心关于印发2025年全省公路事业发展重点工作任务分解方案及专项工作要点的通知》（苏交公便办〔2025〕80号）。

■ 规范及标准

- (20) 《外壳防护等级(IP 代码)》(GB/T 4208-2017)；
- (21) 《信息安全技术 网络安全等级保护基本要求》(GB/T 22239-2019)；
- (22) 《信息安全技术 网络安全等级保护定级指南》(GB/T 22240-2020)；
- (23) 《公路网图像信息管理系统平台互联技术规范》(GB/T 28059-2023)。
- (24) 《公共安全视频监控联网系统信息传输、交换、控制技术要求》(GB/T 28181-2022)；
- (25) 《公路交通气象监测设施技术要求》(GB/T 33697-2017)
- (26) 《公共安全视频监控联网信息安全技术要求》(GB 35114-2017)；
- (27) 《供配电系统设计规范》(GB50052-2009)；
- (28) 《低压配电设计规范》(GB50054-2011)；
- (29) 《建筑物防雷设计规范》(GB50057-2010)；
- (30) 《电气装置安装工程 电缆线路施工及验收标准》(GB50168-2018)；
- (31) 《电气装置安装工程 接地装置施工及验收规范》(GB50169-2016)；
- (32) 《电力工程电缆设计标准》(GB50217-2018)；
- (33) 《公路工程技术标准》(JTG B01—2014)；
- (34) 《公路交通标志和标线设置规范》(JTG D82—2009)
- (35) 《公路交通情况调查设备 第1部分：技术条件》(JT/T1008.1)；
- (36) 《公路交通情况调查设备 第2部分：通信协议》(JT/T1008.2)；
- (37) 《公路行车安全诱导装置》(JT/T 1032-2024)
- (38) 《道路交通信息发布规范》(GA/T 994-2017)
- (39) 《LED 道路交通诱导可变信息标志》(GA/T484-2018)
- (40) 《江苏省普通国道智慧公路建设技术指南》(JSITS/T 0002-2020)
- (41) 其它国家相关规范和标准。

1.3 工程范围及设计内容

本次数字化转型 G345 扬州建设总里程为 98.377km，从江苏泰州交界至仪征天长交界，桩号范围为 K271+517-K369+894。

表 1-1 G345 扬州段数字化转型范围

序号	起点	起点桩号	止点	对应桩号	管理单位
1	江都泰州交界	K271+517	江都广陵交界(夹江大桥西)	K289+195	扬州市公路事业发展中心江都分中心
2	江都广陵交界(夹江大桥西)	K289+195	仪征市新集镇八桥村(与 G328 交叉口)	K332+199	扬州市公路事业发展中心邗江分中心
3	仪征市新集镇八桥村(与 G328 交叉口)	K332+199	仪征天长交界	K369+894	扬州市公路事业发展中心仪征分中心



图 1-1 G345 扬州段数字化转型范围

本册设计内容包括基础设施监测预警、路网运行监测预警、恶劣气象通行安全预警、出入口协调控制、智慧服务区、通信供电及防雷接地共六部分，各部分内容如下：

- (1) 基础设施监测预警：包括道路智能巡查车载系统、桥梁结构监测系统、路面长期性能观测；
- (2) 路网运行监测预警：包括路侧视频监控、事件检测系统、多功能交调站、低空无人机；
- (3) 恶劣气象通行安全预警：包括智能冰雪监测系统；
- (4) 出入口协调控制：包括无信号交叉口预警系统、匝道分合流预警系统；
- (5) 智慧服务区：包括出入口抓拍系统、停车位占用系统、加油排队情况监测系统、充电桩占用监测系统、视频监控系统、公众信息交互系统、能耗监测系统、智慧照明系统、智慧厕所系统；

- (6) 通信供电及防雷接地：主要包括路侧相关设施供电通信以及防雷接地设计；
- (7) 计算存储、网络安全与系统接入：包括视频上云、存储扩容、网络安全系统接入。

第 2 章 项目总体设计

2.1 工程界面

1、本项目新建外场设施与应用系统建设边界

本项目外场设施设备进行数据采集后,需按要求将数据对接至市级应用系统及省级应用系统,工程量计入本项目中。市级应用系统中若有相应功能需进行升级增加,工程量计入本项目中,省级系统功能在其他项目中进行升级。

2、智慧服务区智能化设施建设与房建机电建设边界

本项目智慧服务区建设包含服务区出入口抓拍、停车位占用监测、加油排队情况监测、充电桩占用监测、服务区视频监控、公众信息交互、能耗监测、智慧照明、智慧厕所中智能化设备的建设,并为智能化外场设施接入设备网预留机柜空间,工程量计入本项目中。水表、电表点位部署等由房建机电相关专业提供、监控中心室内监控安防点位及交换机由电气专业配设,工程量在扬州市 G345 朴席服务区建设项目中体现。

第3章 基础设施监测预警设计

3.1 道路智能巡查车载系统

3.1.1 系统概述

面对日益增长的道路设施养护需求与精细化管理的挑战,道路智能巡查车载系统作为一种高效辅助手段,可有效弥补人工方式在覆盖广度与数据连续性上的局限。利用智能巡查车,对项目路面基础设施、沿线附属设施和公路安全的巡查信息进行实时采集与分析,实现病害精准定位、自动化巡查、隐患及时发现及发展态势研判,显著提升扬州市国省道巡查效率与智能化水平,为交通基础设施养护数字化管理提供有力支撑。

3.1.2 系统功能

通过搭载智能摄像机,对路面及交安设施进行全方位图像采集,依托先进的病害检测分类算法,对采集数据进行智能分析,自动识别路面病害类型、位置等信息,并将病害信息(包括病害发现时间、精确经纬度坐标、病害类别及巡查车辆编号等)推送至服务商病害分析系统,由该系统定期生成路况分析报告提交用户,实现病害检测的自动化与标准化,全面提升巡查效率与覆盖范围。

车载前端通过智能摄像头实时采集道路视频数据,并依托边缘计算主机对路面病害进行快速识别与轻量化处理,处理后的数据全量存储于车载本地存储设备,确保数据源头可溯、安全可控。

第三方技术服务商基于约定权限,对上传数据进行深度分析。通过 AI 算法实现精准比对与病害识别,结果在系统可视化展示,支持管养单位日常巡查与养护管理。系统生成的分析报告按季度提交用户,用户上传至江苏省公路养护管理系统国省干线管养子系统,包含公路巡查记录、巡查频次分析、病害统计分析等。

硬件设备:智能摄像机可适应复杂光线环境,保障全天候作业能力,并满足防震、防尘、耐高温等工业级防护标准。车载边缘分析主机能够自动识别裂缝、坑槽、修补、标线缺损及标牌损坏等多种病害目标,并将识别结果(包括时间、经纬度坐标、病害类型与车辆编号)本地化储存。

技术服务:实现病害数据深度分析、多维可视化展示、巡查养护全流程数字化管理、巡查报告生成及上报,覆盖从数据采集、分析、展示到养护闭环的全链路应用。

3.1.3 系统组成

硬件设备主要包括智能摄像机、RTK 定位、车载边缘分析主机、显示单元等。

在巡查车顶部安装智能摄像机、RTK 定位,智能摄像机用于 AI 机器视觉前端视像采集,进行路况实时检测;RTK 定位用于精准标定道路桩号位置以及车辆行进轨迹,确保道路巡检和后台监管达到准确、同步。

在巡查车内安装车载边缘分析主机,车载边缘分析主机利用边缘算力控制车载设备功能,边缘云计算和后台计算协同,提高车辆检测性能,实现病害或破损初步识别和标定。

视频图像与车载边缘分析主机之间通过 5G 通信模块进行数据传输,高带宽,低延时,提高巡检的实时性与时效性,解决现有网络带宽不足导致的视频图像丢帧卡顿、网络延时高等通信问题。

技术服务依托 AI 算法对前端识别结果进行精准复核与量化分析,并基于第三方服务平台,通过电子地图与数据看板实现巡检成果的多维可视化动态展示;同时提供覆盖巡查计划、任务执行至维修闭环的全流程数字化管理;并定期自动生成符合省级标准的分析报告。

3.1.4 服务内容

服务单位应定期维护保养和校准测试,确保巡查设备性能满足要求,维护保养的频次应不低于每季度一次,校准测试的频次应不低于每半年一次。服务单位承担智能摄像机、RTK 定位、车载边缘分析主机、显示单元等硬件设施的购置、安装、故障维修、日常维护、升级换代等费用。服务期限内,如果用户车辆发生调整,服务单位需将巡查设备拆卸、安装并调试至新的车辆,承担相关费用。服务期限为项目交工验收后 3 年,服务期结束后,智能摄像机、RTK 定位、车载边缘分析主机、显示单元等硬件设施归属扬州市公路事业发展中心。

智能巡查设备主要采集数据包含以下三个方面:

(1)路面基础设施巡查方面,包括裂缝、坑槽、松散、路面修补、沉陷、车辙、波浪拥包、桥面护栏、防撞墙及防眩板缺失或损坏、桥梁锚固区混凝土与伸缩缝损坏、桥头与涵顶跳车以及路面污损等具体项目;

(2)沿线附属设施巡查方面,涉及标线污损、标志污损、绿化管护不善和轮廓标管护不善等问题;

(3)公路安全巡查方面,重点关注路面抛撒物、路侧护栏状况。

2、采购数据分析技术服务

服务商需提供专业的病害分析系统,依托 AI 算法对前端识别结果进行精准复核与量化

分析,并在此基础上实现巡查多维度综合管理功能。

病害数据深度分析: 依托 AI 算法对裂缝、坑槽、标线缺损等路面与交安设施病害进行精准识别与量化分析,支持病害历史追踪与趋势研判;实现线路、路段两级 PCI 的自动化评定与多维度对比分析,为养护决策提供科学依据。

结果可视化展示: 通过电子地图动态展示全域病害分布、巡查指数、维修指数等关键指标;支持在监控大屏实时查看巡查视频、车辆轨迹与定位信息;提供日历图、数据看板等可视化工具,宏观展示巡查计划完成情况、病害统计、覆盖率、里程及时长等业务数据。

巡查全流程数字化管理: 提供从巡查计划制定、任务执行、病害识别、养护工单派发到维修反馈的全流程闭环管理模块;支持分析结果的任务调度与进度跟踪;具备完整的溯源能力,所有视频数据保留不少于 30 天。

巡查报告生成及上报: 服务平台支持自动生成标准化巡查报表、病害统计、路况评定等业务报表;支持定制化报告输出,可定期生成符合省级标准的分析报告,并提交用户;提供数据导出与多维分析功能,为养护计划制定、资源调配与管理决策提供全面数据支撑。

3.2 桥梁结构监测系统

3.2.1 系统概述

通过布置低功耗、易安装、高集成的感知设备,获取定量数据或定性结果,实现超限报警预警和长期数据跟踪观测,服务桥梁运营维护的多学科交叉融合技术。桥梁轻量化监测是对现行公路桥梁养护管理的有效补充,应与桥梁初始检查、日常巡查、经常检查、定期检查和特殊检查形成互补机制,与省级桥梁监测数据平台格式、协议兼容协调,从而实现对桥梁的集群式高效管理。

3.2.2 系统功能

进一步提高 G345 扬州段桥梁结构监测覆盖密度,实现示范通道内桥梁结构、荷载特性、桥面状况的实时、连续、在线监测与综合评估。

支撑桥梁运维与养护决策。根据桥梁设计建造信息、历史监测数据、病害检测数据,建立桥梁全生命周期健康度分析模型,并周期性自动生成桥梁健康度分析报告,为桥梁的结构检查、维修提供策略性和针对性的建议,提高桥梁运维效率,降低养护成本,提高决策效率。

3.2.3 系统组成

轻量化结构监测系统依托云边端架构搭建而成。从功能划分来看,边缘计算包含“云、边、端”三个部分:“云”作为传统云计算的中心节点,承担边缘计算的管控职能;“边”处

于云计算边缘侧,整合了设备边缘;“端”则指各类终端设备,像传感器、摄像头等都属于这一范畴。

该系统整体涵盖四大子系统,分别是数据分析与预警评估子系统、数据存储与管理子系统、数据传输子系统以及数据采集子系统。

数据分析与预警评估子系统: 负责处理分析监测数据,结合数据对结构安全状况开展预警与综合评估,能够借助邮件、短信等方式,及时推送监测结果与预警方案。

数据存储与管理子系统: 由具备数据预处理、存储、查询及推送等功能的软硬件模块组成,可实现对实时监测数据的处理、归档、查询、存储与管理。

数据传输子系统: 借助网关、交换机等网络设备,将传感器、测量仪等设备收集的监测数据传输至数据中心。

数据采集子系统: 通过在桥梁上安装光电挠度仪、智能振动传感器、应变计等智能设备,搭配抓拍相机和监控球机,完成对桥梁状态的监测工作。

本项目的用户界面子系统,采用江苏省交通运输厅公路事业发展中心研发的“江苏省普通国省道桥梁结构监测系统 2.0”,以此实现数据的统一管理与分析。

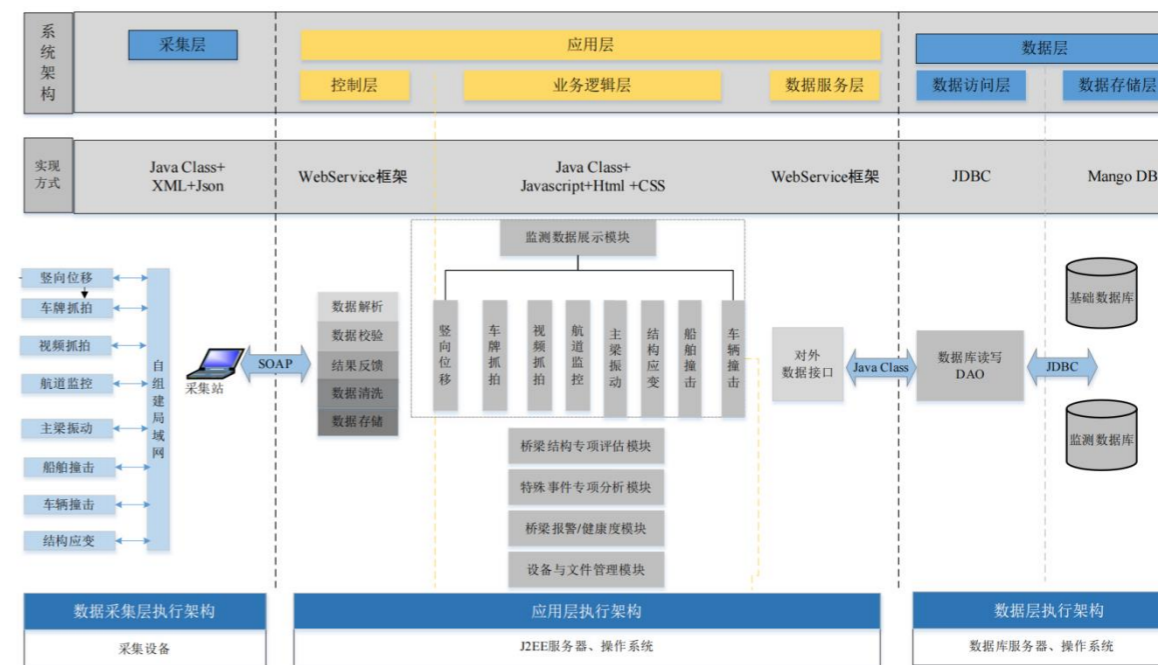


图 3-1 系统架构分析图

3.2.4 部署方案

轻量化监测系统主要针对存在一定运营风险的常规桥梁,根据实际情况,按需求选择部分具有针对性的监测指标实施,通过长期监测对运营期出现的异常状况及时作出诊断,当桥梁处于接近危险状态及时报警,最终确保桥梁的安全运营。

根据《江苏省普通国省道桥梁轻量化监测系统建设指南》(试行)、《公路桥梁群结构监测系统试点建设技术指南》(交通运输部公路局, 2025.1), 本次监测桥梁主要场景为重点关注结构体系桥梁、重载交通桥梁、撞击高风险桥梁等。

表 3-1 轻量化监测场景

监测对象	监测项目	测点布设	技术要求	
重点关注结构体系桥梁	拱桥	竖向动位移监测*	宜布置在跨中位置, 或根据主梁在交通荷载作用下的主梁挠度情况, 选择主梁挠度最大的截面位置布设测点	宜采用非接触式挠度测量技术
		裂缝监测	根据检查(测)、技术状况评定、养护维修结果确定测点位置	传感器量程应大于裂缝宽度的 5 倍, 测量最大允许误差不大于 0.02mm
		索力监测	根据索构件的布置形式、规格、型号、长短、索力和应力确定	索力监测宜采用间接测力或直接测力法
		振动监测	宜选择跨中、1/4 跨、3/4 跨	宜采用加速度监测方法
		拱脚位移监测	宜布设于拱脚承台处	宜设置桥梁永久观测点定期观测
		多片梁结构体系桥梁	竖向静位移监测*	布置在主梁跨中位置的多片相邻梁体
	桥墩倾斜监测*	桥墩墩台处	宜采用倾角传感器测量	
	沉降监测*	桥墩墩台处	宜采用水准仪或静力水准系统测量	
	裂缝监测	根据检查(测)、技术状况评定、养护维修结果确定测点位置	传感器量程应大于裂缝宽度的 5 倍, 测量最大允许误差不大于 0.02mm	
	重载交通桥梁	规划大件运输通行	竖向动位移监测*	宜布置在跨中或跨中区域附近
视频抓拍监测*			宜布置在主梁竖向动位移监测测点附近, 能够清晰拍摄到桥面交通通行状况的位置	宜采用 IP 网络摄像机, 像素应大于等于 200 万
重载交通通行量大		车辆荷载监测	宜选择在路基或有稳定墩柱支撑的混凝土结构铺装层内	宜采用动态称重方法, 单轴监测量程不宜小于限载车辆轴重的 200%
		竖向动位移监测*	宜布置在跨中位置, 或根据主梁在交通荷载作用下的主梁挠度情况, 选择主梁挠度最大的截面位置布设测点	宜采用非接触式挠度测量技术
		裂缝监测	应根据检查(测)、技术状况评定、养护维修结果确定测点位置	传感器量程应大于裂缝宽度的 5 倍, 测量最大允许误差不大于 0.02mm
应变监测	宜选择受力较大关键截面、部位	静应变监测可采用振弦式应变传感器, 动应变监测可采用电阻应变传感器		

监测对象	监测项目	测点布设	技术要求	
	振动监测	宜选择跨中、1/4 跨、3/4 跨	宜采用加速度监测方法	
撞击高风险桥梁	存在撞击记录桥梁	振动监测*	宜布置在车道/航道附近易于感知撞击信号位置处	宜采用加速度监测方法
	净空尺度不满足航道规划尺度或抗撞性能不满足	视频抓拍监测*	宜布置在振动监测测点附近, 能够清晰拍摄到车辆/船舶撞击的位置	宜采用 IP 网络摄像机, 像素应大于等于 200 万
	存在非通航孔撞击风险	净空监测	宜布置在通航净空上方梁底的高程最低位置处	宜采用超声波水位传感器
	存在下穿通道桥梁	振动监测*	宜布置在车道/航道附近易于感知撞击信号位置处	宜采用加速度监测方法
	存在漂浮物撞击风险桥梁	振动监测*	宜布置在车道/航道附近易于感知撞击信号位置处	宜采用加速度监测方法
安全状况差、运营风险高的桥梁	整体技术状况或主要受力构件的技术状况评定等级为三类及以上	竖向位移监测*	宜布置在跨中位置, 或根据主梁在交通荷载作用下的竖向位移情况, 选择竖向位移最大的截面位置布设测点	宜采用非接触式挠度测量技术
		裂缝监测*	根据检查(测)、技术状况评定、养护维修结果确定测点位置	传感器量程应大于裂缝宽度的 5 倍, 测量最大允许误差不大于 0.02mm
		应变监测	宜选择受力较大关键截面、部位	静应变监测可采用振弦式应变传感器, 动应变监测可采用电阻应变传感器

注: *为应测项, 其余监测项目为宜测项目

结构监测是个长时间、连续的观测活动, 布置的所有监测测点传感器要精确、寿命长、耐高温性好, 测点保护要可靠, 采集线路要规整并有可靠保护, 不易损坏。在传感器和测试设备选型上, 需要满足如下原则: 先进性、可靠性、耐久性、可更换性等。

①针对多主梁结构体系, 装配式梁桥梁间连接构件性能难以直接监测, 通过行车道满布动挠度监测设备获取各板梁挠度监测数据, 计算梁间协同变形情况, 评估装配式梁桥横向连接构件的性能。

②针对重载交通桥梁, 根据桥梁养护及服役环境调研结果, 选择合适孔跨进行跨中主梁竖向位移监测(多片梁结构体系桥梁可综合考虑横向联系评估监测), 同时根据实际需求布置视频抓拍。

③针对存在撞击记录的高撞击风险桥梁，结构受撞损伤难以直接监测，通过在车道、航道附近易于感知撞击信号位置处布置振动监测设备，获取振动响应监测数据，分析撞击信号特征，评估桥梁结构受撞损伤情况。

④针对安全状况差、运营风险高的桥梁，根据养护资料调研结果选择合适孔跨进行主梁竖向位移监测（多片梁结构体系桥梁可综合考虑横向联系评估监测）和结构裂缝监测。

⑤桥面温度便于及时掌控雨雪天气路面温度情况，为管养单位采取针对性措施，保障通行安全提供重要参考依据。

2、主要监测设备选择

根据《公路桥梁群结构监测系统试点建设技术指南》、《公路桥梁结构监测技术规范》(JT/T 1037-2022)、《江苏省普通国省道桥梁轻量化监测系统建设指南》(试行)、结合《2024-2025 年扬州市普通国省道桥梁综合养护检测报告》确定本次桥梁结构健康监测系统主要使用监测设备，具体设备如下表所示。本次 G345 扬州段选取 10 座桥建设桥梁结构监测系统及视频监控，分别为白塔河桥、古运河大桥、建华大桥、大寨河中桥、大樟沟大桥、沿山河大桥、中利水库溢洪河中桥、卞庄河中桥、如意桥、香沟桥。

表 3-2 主要监测设备表

序号	桥梁名称	监测场景	监测项	监测设备
1	白塔河桥	多片梁结构体系桥梁	竖向位移	光电挠度仪（2）、目标靶（18）
			视频监控	立杆高清摄像机（1）
2	古运河大桥	多片梁结构体系桥梁	桥面温度	红外测温仪（2）
			裂缝监测	裂缝计（2）
3	建华大桥	多片梁结构体系桥梁/船舶撞击	竖向位移	光电挠度仪（2）、目标靶（18）
			船舶撞击	智能振动传感器（4）
4	大寨河中桥	多片梁结构体系桥梁	竖向位移	光电挠度仪（2）、目标靶（18）
5	大樟沟大桥	多片梁结构体	竖向位移	光电挠度仪（2）、目标靶（6）

		系桥梁/船舶撞击	船舶撞击	智能振动传感器（2）
			桥下监控	高清摄像机（2）
			应变监测	应变计（4）
6	沿山河大桥	多片梁结构体系桥梁	竖向位移	光电挠度仪（2）、目标靶（18）
7	中利水库溢洪河中桥	多片梁结构体系桥梁/水位监测	竖向位移	光电挠度仪（2）、目标靶（18）
			水位监测	雷达水位计（1）
			视频监控	视频监控（1）
8	卞庄河中桥	多片梁结构体系桥梁	竖向位移	光电挠度仪（2）、目标靶（18）
9	如意桥	多片梁结构体系桥梁	竖向位移	光电挠度仪（2）、目标靶（18）
10	香沟桥	多片梁结构体系桥梁	竖向位移	光电挠度仪（2）、目标靶（18）
			裂缝监测	裂缝计（2）

3.3 路基路面长期性能观测

3.3.1 系统概述

结合 345 国道扬州段的地质条件、气候环境、交通荷载、建设特点，建立 345 国道扬州段路面长期性能观测点。通过长周期科学观测和大数据分析，构建具有 345 国道扬州段气候、环境、水文、地质特点的公路基础设施性能评估与设计体系，采用公路基础设施长期服役性能智能传感监测设备，为工程结构安全、设计等技术标准完善、养护科学决策等提供基础数据和技术支撑。依托 345 国道扬州仪征新集至刘集段路面长期性能观测点、345 国道扬州仪征新集南段路面长期性能观测点，针对路基湿度、路面温度、交通荷载、气象观测、路面力学响应，开展为期 3 年的日常数据采集与测试、特殊时间节点采集与测试。

3.3.2 系统功能

①路基湿度监测：按照路基湿度传感器监测方案，实现不同季节、不同深度条件下的路基湿度场监测。

②路面温度监测：按照路面温度传感器监测方案，实现不同季节、不同深度条件下的沥青路面温度场监测。

③交通荷载监测：按照路面动态称重布设方案，实现车型比例、车道分布系数、车速、超载和轴载谱的监测。

④气象观测：实现温度、湿度、太阳辐照、降雨量、风速、风向、紫外辐射、总辐射等气象环境要素的监测。

⑤路面力学响应监测：按照路面结构层内部传感器监测方案，实现路床顶与基层顶的土压力传感器监测、基层（底基层、下基层、上基层）底部的水平横向与纵向应变传感器监测、面层（横向、纵向、竖向）的应变传感器监测

3.3.3 系统组成

①路基湿度监测：由路基湿度传感器、湿度信号采集与测试分析系统组成。湿度传感器的测量范围为 0~100%，精度<3%F.S.。湿度信号采集与测试分析系统的数据采集频率不高于 200Hz。

②路面温度监测：由路面温度传感器、温度信号采集与测试分析系统组成。温度传感器为铂电阻型，测量范围为-30℃~+80℃，精度≤0.15℃。温度信号采集与测试分析系统的数据采集频率不高于 200Hz。

③交通荷载监测：检测车辆的轴重、车速、轴距，对车辆进行自动分离；形成完整的车

辆称重信息，包括车辆通过时间，轴（组）重、整车重、轴距、轴型、车速等。

④气象观测：采集温度、湿度、太阳辐照、降雨量、风速、风向、紫外辐射、总辐射等气象要素数据，对采集数据进行预处理和算法处理，对采集数据进行统计分析并存储。

⑤路面力学响应监测：由应力应变传感器、动态信号采集与测试分析系统组成。应力应变传感器包括沥青水平应变传感器、沥青竖向应变传感器、水稳基层水平应变传感器、压力传感器。动态信号采集与测试分析系统的采样频次不低于 2000Hz。

3.3.4 服务内容

345 国道扬州段路面长期性能观测点包括两个观测点，分别是 345 国道扬州仪征新集至刘集段路面长期性能观测点、345 国道扬州仪征新集南段路面长期性能观测点。345 国道扬州仪征新集至刘集段路面长期性能观测点已于 2020 年 12 月，345 国道扬州仪征新集南段路面长期性能观测点已于 2025 年 1 月，分别完成了观测点现场的传感器布设与施工。

依托 345 国道扬州仪征新集至刘集段路面长期性能观测点、345 国道扬州仪征新集南段路面长期性能观测点，针对路基湿度、路面温度、交通荷载、气象观测、路面力学响应，开展为期 3 年的日常数据采集与测试服务、特殊时间节点采集与测试服务、路面长期性能观测数据处理服务。

日常数据采集与测试服务的工作内容：①每月定期采集路基湿度数据，测试并形成报告；②每月定期采集路面结构层内部温度数据，测试并形成报告；③每月定期采集沥青路面动态称重系统和交通调查点的交通量数据，测试并形成报告；④每月定期采集温度、湿度、太阳辐照、降雨量、风速、风向、紫外辐射、总辐射等气象环境数据，测试并形成报告；⑤每月定期采集自然车流量条件下的路面力学响应数据，测试并形成报告。

特殊时间节点采集与测试服务的工作内容：①每年夏季高温与冬季低温，采用 3 类车或 6 类车，分别开展不同车速、不同位置、不同荷载的应力应变传感器动力响应测试并形成报告；②每年夏季高温与冬季低温，采用静力加载、落锤式弯沉仪加载以及移动荷载作用，开展测试并形成报告。

路面长期性能观测数据处理服务的工作内容：①沥青路面应力应变传感器的数据快速处理，包括原始数据的提取、降噪方式选取、计算、有效数据识别、交叉验证、有效数据输出；②车型比例、车道分布系数、车速、超载和轴载谱的数据处理；③温度、湿度、太阳辐照、降雨量、风速、风向、紫外辐射、总辐射等气象环境要素的数据处理。

第 4 章 路网运行监测预警设计

4.1 路侧视频监控

4.1.1 系统概述

视频是最常用、最直观的交通信息监控手段，在国内外交通管理领域已被广泛的应用。通过监控摄像机为管理人员直观地反映公路宏观交通信息及交通状况，便于及时掌握交通动态。由于视频监控系统所记录的图像具有很强的直观性、实时性，使得它在预防和疏导交通拥堵、及时响应交通突发事件等方面发挥着重要的作用。

4.1.2 系统功能

1、交通状况监视功能

通过实时采集的道路视频图像，管理人员可直观地了解和掌握交叉口的交通状况，及时采取措施诱导交通流向，减少交通拥堵。

2、视频录像功能

采用视频存储系统，将视频图像记录下来，为管理人员提供检索、查询、取证调用等功能。

3、资源共享功能

本项目建设的摄像机均将接入已有的系统，按照已有系统的管理和应用要求，为中心提供实时图像信息。

4.1.3 设备组成

由 400 万智能球机、智能机箱、工业以太网交换机（外场接入）等组成。

4.1.4 部署方案

在 K275+600 与科进大道交叉路口、K284+750 东园路西侧、K336+559 扬州 G345 下穿宁启铁路、K345+778 扬州 G345 邱庄交调位置布设视频监控点位，其中 K336+559 路侧泵房内 3 处球型摄像机。

表 4-1 布设点位表

序号	点位名称	设计桩号	方向	管理单位	设备类别	点位位置及说明	参考原则序号	安装方式	是否省规划
1	G345 与科进	K275+600	下行	江都分中	400w 球型摄	位于扬州市江都区 G345 与科进大道交	原则 14	路侧 12 米	是、重点路段

	大道交叉路口			心	像机	叉路口附近，沿江、沿海地段。		立柱（悬臂 3m）	加密
2	东园路西侧	K284+750	下行	江都分中心	400w 球型摄像机	G345 江都西段与 S264 交汇处附近，与交通量较大的普通国省道的交叉节点处，可在等级较高的公路上布设视频监控点。	原则 9、14	路侧 12 米立柱（悬臂 3m）	是、重点路段加密
3	扬州 G345 下穿宁启铁路	K336+559	上行	江都分中心	400w 球型摄像机	易发生积水的国道低洼路段或下穿公路、铁路易积水的低洼路段，应设置。	原则 4	路侧 12 米立柱（悬臂 3m）	否、重点路段加密
4	扬州 G345 下穿宁启铁路泵站	K336+559 附近	泵站	江都分中心	400w 球型摄像机	/	/	内设 3 处球型摄像机	否、重点位置加密

其中扬州 G345 下穿宁启铁路泵站监控示意如下：

线路	G345	设备选型	400w 球型摄像机
设计位置	下穿宁启铁路泵站	所属站点	仪征
供电	利旧	通信	利旧
新建点位			
			



4.2 事件检测系统

4.2.1 系统概述

采用大小模型协同模式。通过小模型算法设定，对路网监控视频源进行轮巡分析处理，自动检测出现在摄像头画面内的各类交通类、养护类异常事件，实现交通视频事件智能分析处理。采用多模态大模型技术，对检测后的各类交通类、养护类异常事件进行二次校验，进一步提高模型检测精度，降低误报率，并筛减同一事件的重复报警；自动生成事件描述、事件报告，智能派发至相应管理人员及管理单位，便于事件的快速应急处置及事件上报。

4.2.2 系统功能

1、路网事件检测

涵盖了路网异常事件、环境天气、设施设备等多维度智能识别，支持缓行事件、撞车事件、停车事件、抛洒物事件、积水事件、团雾事件、积雪事件、视频图像质量诊断；路面堆积、大件物品掉落、车辆自燃、事故导致交通阻断，共十二类事件的检测，异常情况中心会语音提示，对预警事件分类分级多维度呈现。

2、异常事件大模型复核

通过多模态大模型对事件检测结果进行审核判断，判断上报的事件图像是否符合对应事件类型，提升事件检验精度。检验同一事件是否在一时段内反复上报，剔除或融合重复报警数据，精简事件检测结果。

3、事件上报及回溯

针对检测出的交通事件，系统可实时进行报警提示，报警时可在 GIS 地图中叠加报警事件，并定位到事故发生地附近的监控摄像机，并语音报警“XX 路 XX 路段，上行方向桩号为 XX 发生 XX 事件”，以便工作人员处理。

系统可自动生成并展示事件信息（包括：事件编号、设备编码、里程桩号、所属路段、事件类型、事件等级、事件发生时间、车行方向、报警描述、事件发生时交通流参数），同时系统可对交通事件自动进行触发式录像，记录整个事件发生的过程生成报告文件。

各类路网事件的报警频率和报警策略，对于周期性常发事件和高准确率点位，实现轻度和中度事件系统自动确认归档，无需值班人员一一查看确认全部事件。同时报警信息可通过小程序下发到分中心及值班人员，实现短信日报配置功能，短信报警配置功能，实现路网事件跨部门协同处置，形成多部门协同处置合力。

支持与扬州路网应急事件 AI 功能联动。

4、技术服务配套

每天巡检视频源设备状态发现图像异常后（离线、花屏、遮挡、移位等）协同处置，摄像机替换、检测区域及识别参数优化提高识别率，实时监测系统功能运行情况。

每月运行报告从路段、事件类型、摄像机点位维度进行画像分析，强化事件成因分析，全面分析事件发生规律，服务路网管理决策。

每年视频分析顶层设计对报警事件常发时段、常发路段、路网车流量趋势等进行统计分析给出辅助决策。

4.2.3 设备组成

由 3 台事件检测服务器、1 台大模型分析处理一体机、算法新增/优化（含大小模型）及视频接入、3 年技术配套服务等组成。

4.2.4 部署方案

扬州市 G345 全部视频接入扬州公路视频资源智能分析服务系统，且算法优化与新增为一次性采购，无应用时间限制。

4.3 多功能交调站

4.3.1 系统概述

交通信息采集技术是交通科学发展的前提,为交通规划以及交通管理提供了可靠的依据。从早起的人为交通数据采集到现今的智能交通数据观测站的监理,这些变革推动了整个交通行业的发展,为路网建设、交通管理以及智能化交通系统功能的实现奠定了坚实的基础。

交通运行数据监测设施通常分为交通量调查站和轴载调查站,交通量调查站根据《公路交通情况调查设备行业标准》(JT/T1008.1、JT/T1008.2)依据采集内容不同有分为公路交通情况调查I级设备和II级设备,I级设备我们称为交调站,能采集7种车型,II级设备称为车检器,能采集4种车型。多功能交通调查站是设置在公路上进行车流量、车牌等数据采集的设施。根据其功能可分为I类和II类。I类多功能交通调查站应按照行驶方向、分车道采集单个机动车车牌数据,能够按5分钟周期自动汇总交通流量;II类多功能交通调查站应按照行驶方向、分车道采集单个机动车车牌数据,能够按5分钟周期自动汇总交通流量,因地制宜增加车型、车重、车速、视频监控、气象监测等其他功能。

4.3.2 系统功能

本项目多功能交调站功能满足交通运输部印发的《普通国省道多功能交通调查站布局和建设方案》(交规划〔2021〕),具备机动车车牌数据采集、自动汇总交通量、5分钟数据传输3项必须具备的数据采集功能,机动车车型、地点车速、视频监控3项可选数据采集功能。

(1) 机动车车牌数据采集

依据《机动车号牌自动识别系统》GB/T28649-2012,设备所采集的机动车车牌数据可分行驶方向、分车道采集单个机动车车牌数据。日间数据精度不小于90%,夜间数据精度不小于85%。

(2) 机动车车型数据采集

依据《公路交通情况调查设备第1部分:技术条件》(JT/T1008.1),单类车型数据精度不小于90%。

(3) 自动汇总交通量

依据《公路交通情况调查设备第1部分:技术条件》(JT/T 1008.1),交通量数据精度应不小于95%。

(4) 5分钟数据传输

具备按5分钟周期自动汇总、实时回传功能,支持有线或无线方式传输。

(5) 地点车速数据采集

依据《公路交通情况调查设备第1部分:技术条件》(JT/T1008.1),地点车速数据精度不小于92%。

(6) 视频监控

多功能交调站配设视频监控,实现公路运行状况宏观监测。

4.3.3 设备组成

由交通情况调查设备、400万智能球机、900W车牌识别设备、环保补光灯、融合终端服务器、交调站标识、智能机箱、工业以太网交换机(外场接入)等组成。

4.3.4 部署方案

本项目结合《普通国省道多功能交通调查站布局和建设方案》布设要求进行排查,升级扬州G345大桥交调站、扬州G345李典交调站、扬州G345八里交调站、扬州G345邱庄交调站为多功能交调站。将扬州G345大仪交调站的交调及抓拍设备移位至K361+130位置,并增设融合终端服务器,实现多功能交调站功能。新建扬州G345杨桥多功能交调站。

表 4-2 布设点位表

序号	点位名称	设计桩号	方向	管理单位	设备类别	点位位置及说明	安装方式
1	扬州G345杨桥交调站	K273+550	上行	江都分中心	1套交调设备+2套车牌识别	该交调站位置临近扬州、泰州交界,货车占比高,交通构成较为复杂,本次通过加设交调+车牌识别设备,建设扬州G345杨桥多功能交调站。	上行立杆+悬臂(L=10, H=7)
2	扬州G345大桥交调站	K281+020	断面	江都分中心	增设2套车牌识别	该交调站位置车流量较大,车型种类复杂,为提高路网运行监测能力、响应部省对交调站的要求,通过加设车牌识别设备,将原扬州G345大桥交调站升级改造为扬州多功能交调站。	利旧原门架增设车牌识别设备
3	扬州G345李典交调站	K298+991	断面	邗江分中心	增设2套车牌识别	该交调站位置位于G345与S462交叉口及G345与S461交叉之间,具有交通流量大、车型种类复杂的特征,原交调点位为门架式交调站,本次通过加设车牌识别设备,将原扬州G345李典交调站升级改造为多功能交调站。	利旧原门架增设车牌识别设备

4	扬州 G345 八里交调	K315+911	上/下行	邗江中心	增设 2 套 车牌识别	该交调站位置车流量较大, 货车占比高, 周边大型工厂密集, 通过加设车牌识别设备, 将原扬州 G345 八里交调站升级改造为多功能交调站。	双侧立杆+ 悬臂 (L=10, H=7)
5	扬州 G345 邱庄交调站	K345+778	断面	仪征中心	增设 2 套 车牌识别 +1 套视频监控	该交调站位置车流量较大, 车型种类复杂, 为提高路网监测能力、响应部省对交调站的要求, 通过加设车牌识别设备, 将原扬州 G345 大桥交调站升级改造为多功能交调站。	拆除原杆件, 新建 26m 三立柱门架
6	扬州 G345 大仪交调站	K361+130	断面	仪征中心	交调及抓拍设备移位、增设 1 套融合终端服务器	该交调站位置车流量较大, 车型种类复杂, 为提高路网监测能力、响应部省对交调站的要求, 将原大仪交调站移位, 并改造为多功能交调站。	原有门架 移位

4.4 低空无人机

4.4.1 系统概述

通过在交通枢纽、重点区域附近布设自动起降机场, 无人机巡查具有更广阔的视角, 可对公路路面、路基等进行全方位扫描, 自动识别道路拥堵、交通事故、抛洒物、施工、路面毁损等事件, 并采集影像、实时回传、同步分析, 精准标记其位置, 实现第一时间监测预警。待采集数据传输后, 巡查系统会对数据进行自动分类整理, 构建公路管理数据库, 管理人员基于 AI 分析和数据挖掘, 能够快速检索历史巡查记录, 进而预测公路病害发展趋势, 为公路管养提供科学决策支持。

4.4.2 系统功能

1、预警信息全景展示

无人机巡查具有更广阔的视角, 可对道路通行状况及路面、交通安全设施、排水设施等基础设施进行巡查, 特别是在涵洞、桥梁、建筑控制区等重点区域, 其优势更为突出, 既可深入复杂地形区域, 定期巡查桥梁结构情况, 又可高频次远程监控涉路施工情况, 低时延实时回传 4K 高清影像, 协助公路管理人员实时发现隐患问题, 如遇特殊情况, 还可以搭载音频设备对现场进行远程喊话指挥。

2、智能巡检任务管理

系统可支持设置不同任务的频率(如每日、每周、特定时间), 确保及时掌握路网状况。并可按预设航线自动执行巡检任务, 同时支持按需创建专项巡检任务(如针对重点路段、突

发事件响应), 精准捕捉隐蔽问题。

3、实时视频监控与数据采集

巡查过程中, 无人机实时回传画面, 支持直播查看; 任务结束后, 可进行视频回放及飞行轨迹追溯, 完整还原巡查过程, 实现室内即可完成的全域路网远程巡查, 巡查结束自动反仓充电。

4、智能视频分析

系统支持结合 AI 算法对无人机巡检视频进行智能分析, 自动识别各类事件, 大幅提升巡检效率与问题识别精准度。

5、告警消息推送

支持将巡检过程中检测告警结果分级分类, 并结合事件所属类别分别推送给业务科室人员, 用户可检索报警详细信息, 包括报警图片、报警短视频、报警内容、报警事件、报警类型、报警点位等辅助人工判断, 减少漏检、误检情况。

6、开放接口

提供丰富 API 接口, 支持根据业务需要, 将不同类别异常事件按科室业务划分分别推送至不同业务平台进行处置。确保异常问题快速流转至责任部门, 形成“发现-推送-处置”的闭环管理流程。

4.4.3 部署方案

对 G345 省道沿线部署 5 套无人机机场, 布设位置为仪征超限检测站、甘泉工区、朴席工区、李典工区、大桥交调站。通过预设巡查时间、巡查线路等方式, 无人机可实现自动起飞、巡查、降落, 每个机场巡查覆盖直径约 10 公里, 实现 G345 扬州段重点区域覆盖, 可提供非雨雾天气下每天早晚各 1 次重点区域巡检及不限次数突发情况应急起飞。低空无人机为采购服务模式, 服务期 3 年, 服务期结束后, 无人机、机场等硬件资产归属扬州市公路事业发展中心。

第 5 章 恶劣气象通行安全预警设计

5.1 智能冰雪监测系统

5.1.1 系统概述

江苏省作为我国东部经济较发达的省份之一，冬季路面结冰的典型状态为薄冰，存在重复结冰、融冻循环的现象。江苏地区水网密度大，冬季低温潮湿，横跨于水网之上的公路路面结冰现象较为普遍，由其是桥梁涵洞、长大纵坡、竖曲线路段、横风路段、匝道等线形设计复杂路段更容易积雪结冰。冰雪天气驾驶员易受外界环境干扰，使自身生理和心理发生变化，影响行车安全。扬州地区冬季低温潮湿，公路路面结冰现象较为普遍，尤其是桥梁涵洞，长纵坡路段更容易积雪结冰，且发生事故后果往往相较于路基段更严重，因此通过布设遥感式路面传感器实现路面等异常状态的实时监测，及时上报预警并联动路侧发布设施发布安全信息，为管理人员后续选择合适的消冰融雪作业方式提供数据支撑，减少事故发生。

5.1.2 系统功能

1、桥面状况监测

通过遥感式路面传感器实现桥面温度、湿度、桥面是否结冰积雪及冰雪厚度、湿滑系数等参数测量采集。

2、气象数据的本地预处理、存储、上传以及异常气象状态预警

实现对桥面状况数据的预处理和存储，并上传至公路中心进行数据应用；同时实现桥面积雪结冰等异常气象状态及时上报平台预警。

3、消冰除雪作业方式选择支持

发出异常状态警报后，供养护部门查看桥面状况及数据，为消冰除雪作业方式的选择提供支撑。

4、预警信息实时警示

夹江大桥桥面状况异常时，通过主路预警 LED 设备实现恶劣气象实时预警。当智能冰雪监测系统监测到路面结冰，显示“桥面结冰、谨慎驾驶”；当接收到桥梁健康监测预警后，显示“前方危险、谨慎驾驶”。

5.1.3 设备组成

夹江大桥：主要由路面状况检测器、控制器及主路悬臂式 LED 屏组成、智能机箱（冰雪监测）和 5G 路由器、4G 物联网卡等组成。

古运河大桥、扬溧高速跨线桥：主要由路面状况检测器、控制器、智能机箱（冰雪监测）和 5G 路由器、4G 物联网卡等组成。

5.1.4 部署方案

在夹江大桥、古运河大桥、扬溧高速跨线桥位置各布设 1 套智能冰雪监测系统，实时监测桥面结冰。夹江大桥上下行方向 100 米、500 米位置各布设 1 套（共计 4 套）主路预警设备，联动智能冰雪监测系统及桥梁健康监测预警设备对来往车辆进行提醒。

① 夹江大桥

夹江大桥中心桩号 K288+679，是 G345 全线唯一的特大桥，桥长 1061km，一级公路，三级通航，跨芒稻河。在夹江大桥桥面 K288+180 上行方向布设 1 套遥感式结冰预警设备，在临近桥面 K288+050 上行、K287+650 上行、K289+300 下行、K289+700 下行位置部署 4 套主路预警设备（距离桥梁边界上下行方向 100 米、500 米位置各布设 1 套）。主路预警设备可与遥感式结冰预警设备及桥梁健康监测系统做信息联动发布。

② 古运河大桥

古运河大桥中心桩号 K317+481，大桥，一级公路，六级通航，预应力混凝土材料、连续箱梁结构，桥长 317.481km。在 K317+310 下行位置布设 1 套遥感式结冰预警设备。

③ 扬溧高速跨线桥

扬溧高速跨线桥中心桩号 K319+682，桥体总长达 558km，在 K319+890 上行位置布设 1 套遥感式结冰预警设备。

5.2 智能除雪融冰无人机

5.2.1 系统概述

融雪除冰无人机系统依托于现代无人机飞行平台，以先进的航线规划、远程遥控、视频回传和数据分析能力为核心，形成一套集监测、作业和反馈为一体的应急处置模式。它不仅能够在气象预警发布后快速响应，分钟级完成任务调度和航线生成，还能够在桥面结冰区域实施精准喷洒和定点作业，实现“按需投放、定量控制”的作业模式，避免资源浪费并显著提高融雪除冰效率，提升道路安全保障。

5.2.2 系统功能

无人机除冰融雪处置系统的功能定位涵盖了“快速响应、精准作业、安全保障、数据留痕和拓展应用”五大方面，其核心在于实现传统作业模式的辅助与优化。

在快速响应方面，系统通过与气象预警和桥梁监测数据的实时联动，能够在出现冻雨、积雪信号后自动生成作业任务，并根据不同桥段的危险等级进行分级调度，实现分钟级的航线规划和任务下发。这一功能有效缓解传统人工和机械作业中存在的人员组织缓慢、车辆到场迟滞的问题。

在精准作业方面，系统利用无人机的高精度定位和航线控制能力，能够对桥面结冰区域进行分区覆盖或定点喷洒，使得融雪剂、除冰剂的投放更加科学和高效，不仅保证作业效果，还减少了药剂浪费和对环境的负担。

此外，系统强化了安全保障功能。由于无人机可替代人工进入低温、湿滑等高危作业环境，极大地降低了人员暴露风险，同时结合远程监控和人工干预功能，即使在突发情况下也能保障作业的稳定性和安全性。

在数据留痕方面，系统对整个作业过程进行视频记录和数据存档，包括航迹、喷量、环境参数和效果评估指标等，形成可追溯的完整档案，为事后复盘和长期管理提供依据。最后，系统还支持多场景拓展应用，包括应急巡查、事件处置等，实现设备资源的复用和价值的最大化。

5.2.3 设备组成

无人机除冰融雪处置系统的设备组成包括飞行平台、喷洒载荷系统、地面保障单元和调度管理平台四大部分，各部分相互配合，共同构建起完整的作业链条。

飞行平台方面，融雪除冰无人机具备行业领先水平的续航能力、抗风等级和载荷能力，

能够在满载条件下实现 40 分钟以上的持续飞行，并在 6 级风环境中保持稳定。喷洒载荷系统则是系统的核心功能部件，支持 50 公斤级环保型融雪剂的搭载和定量喷洒，具备防结晶、计量精度误差不超过 5% 的性能特点，从而确保在低温环境下的喷洒均匀性和药剂利用率。

地面保障单元主要由运输车辆和临时起飞点构成，车辆内部设置电池供电系统以及装卸和配装工具，能够保证设备和药剂在运输过程中的稳定性和安全性；临时起飞点则需提前完成选址和备案，配备必要的安全警戒设施，确保无人机在作业期间不受外界干扰。

调度管理平台则作为系统的大脑，负责航线生成、任务编排、视频回传、作业监控和数据留痕等核心功能，并实现与省级桥面冰雪灾害监控平台的数据交互。通过上述四个部分的有机组合，系统不仅具备强大的处置能力，还形成了标准化、可扩展的作业模式，为不同桥梁场景下的应用提供了灵活性与适应性。

5.2.4 部署方案

无人机除冰融雪处置系统的部署方案遵循“仓库—车辆—起飞点—作业—反馈”的完整链路设计，强调高效、规范和可复制性。

在仓库环节，设备与药剂统一存放和管理，形成标准化的库存清单，并配合定期维护和状态检查，确保出动时能够快速启用。

在运输环节，由专用车辆负责无人机及药剂的运送，车辆内部配置有车载供电和药剂保温功能，能够满足长时间低温条件下的现场保障需求。

抵达现场后，在提前踏勘并备案的临时起飞点进行设备布设与安全警戒，起飞点选址需满足开阔、平坦、无遮挡等基本条件，并遵循空域和道路交通的合规性要求。

作业过程中，采用短航线与多架次模式，根据桥梁长度和积雪厚度进行分段作业，提高覆盖率和安全性。同时，任务编排器能够根据实时反馈动态调整航线、喷量和时间窗口，确保作业效果达到预期。

作业完成后，系统自动生成效果评估报告，包括厚度回落率、温度回升、湿滑改善度和覆盖均匀性等指标，并将数据回传至监控平台，形成闭环反馈。通过这一部署方案，系统能够在保障安全和合规的前提下，实现快速出动、精准作业和高效反馈，真正做到可推广、可复制、可持续。

本次设计在扬州市 G345 夹江大桥和仪扬河大桥各部署 1 台融雪除冰无人机，共计 2 台。

第 6 章 出入口协调控制设计

6.1 无信号交叉口预警系统

6.1.1 系统概述

行人过街预警系统通过在主路和辅路上分别安装设备对车辆和行人进行精准检测,采用 LED 屏文字提示及声光提醒方式对主、辅路车辆和行人进行相互预警提醒,使车辆在通过交叉口时,能够提前减速避让行人和非机动车,避免碰撞事故发生。项目沿线部分村镇交叉口未设置信号控制灯,来往车辆速度较快,行人、非机动车穿过道路存在较大的安全隐患,因此为有效避免道路交通安全事故的发生,确保人民的生命财产安全,在存在行人过街需求的非信控交叉口设置行人过街风险感知系统非常有必要。

6.1.2 系统功能

1、车辆检测

在人行横道上游安装雷达,当车辆通过时,设备能够捕捉通过信号,并传递给下游接口;同时对监测数据进行加工处理,识别车辆车速、检测车流量,作为道路交通流分析的重要数据采集源,以便未来应用扩展。

2、行人检测

雷视安装于人行横道两侧,集成于声光一体式警示柱上。当人行横道内以及两侧出现正在通行或等待的行人、非机动车时,检测设备捕捉信号并发送至系统进行下一步控制。

3、联动警示

当支路有车辆及行人进入主路时,主路横杆上 LED 电子屏点亮,提醒主路行驶车辆;当主路有车辆接近非信控交叉口时,支路通过声光一体式警示柱爆闪,警示支路行人、非机动车。

4、标志自动调节亮度发光

LED 发光单元根据环境照度会自动调节亮度,确保标志既能被有效视认又不产生炫目。

5、数据预处理及上传

实现对雷达检测流量、速度、预警次数等数据的预处理,并上传至公路中心进行数据应用。。

6.1.3 系统组成

标准化无信号交叉口预警系统由主路悬臂式 LED 屏、主路雷达探测器、人行横道主动发光标志、支路声光一体式警示柱、智能检测摄像机、控制柜、工业以太网交换机(外场接入)等组成。支路布设支路声光一体式警示柱、智能检测摄像机;主路布设主路悬臂式 LED 屏、主路雷达探测器、控制柜、工业以太网交换机(外场接入)等、同步更换人行横道主动发光标志牌,通过对主路和支路双向检测,联动相关设施对主路及支路分别进行预警提示。

简易化无信号交叉口预警系统由人行横道主动发光标志、停车让行主动发光标志组成。主路更换人行横道主动发光标志、支路更换停车让行主动发光标志。

6.1.4 部署方案

根据 G345 事故分析、交叉口交通量现场调研,K355+720(与 X302 交叉口)发生过路口位置及其前后 300 米范围路段共计发生 3 起死亡事故、2 起受伤事故,且没有配设相关警示系统,按照标准化警示方案布设;K362+700(与香千路交叉路口)非信控路口近年来发生过 1 起亡人事故,且没有配设相关警示系统,按照标准化警示方案布设。K287+350(与中余公路交叉口东 130 米路口)、K290+200(与通江路交叉口)、K301+850(与通港路交叉口)、K323+910(与三联社区卫生服务站附近交叉口)是扬州市公路事业发展中心及交警部门提出货车占比高、交通流量大的四处高风险非信控路口,按照标准化警示方案布设。K285+120、K286+700、K363+300、K366+080 路口配设简易设施。

表 6-1 无信号交叉口预警系统布设点位

序号	桩号	路口特征	是否事故多发点位	区县	建设方案
1	K287+350	弯道位置、周边临近大型工厂,货车占比高、出行需求旺盛、交通组织复杂。	是	江都	标准
2	K290+200	周边临近大型工厂,货车占比高、出行需求旺盛、交通组织复杂。	是	邗江	标准
3	K301+850	汇集三条村户密集的支路,行人过街交通需求大,同时前后中分带开口距离较远,交通冲突较高。	是	邗江	标准
4	K323+910	位于经开区朴席智造园、朴席镇三联社区卫生服务站附近,交通出行需求大。	是	邗江	标准
5	K355+720	集镇段、周边大型工厂、村镇较多,行人过街需求大、交通组织复杂。	是	仪征	标准
6	K362+700	左侧视野由房屋遮挡,周边村户较多,主路车辆与支路等待过车的行人/非机动车互相存在视野盲区。	是	仪征	标准

7	K285+120	事故高发路段, 城镇化特征明显	否	江都	简易
8	K286+700	事故高发路段, 城镇化特征明显	否	江都	简易
9	K363+300	发生过伤人事故, 城镇化特征明显	否	仪征	简易
10	K366+080	发生过伤人事故, 城镇化特征明显	否	仪征	简易

6.2 匝道分合流预警系统

6.2.1 系统概述

公路分合流区域是事故高发的区段, 由于驾驶员视野受限、车辆加速减速变道复杂驾驶行为多等因素, 公路出入口匝道的事故率是普通路段的 4~5 倍, 属于事故多发路段, 安全问题比较突出。为提升分合流区域的行车安全性, 可设置匝道合流警示系统, 通过主动发光标志闪烁对驾驶员进行预警, 减少事故发生概率, 为交通出行者提供风险感知提示, 能够有效提升高速公路的运行安全、通行效率与用户体验。

6.2.2 系统功能

通过主动发光标志闪烁, 向主线行驶车辆发出预警, 提醒主线车辆匝道有车辆汇入。

6.2.3 系统组成

由主路注意合流主动发光标志组成。

6.2.4 部署方案

共建设 4 套主路注意合流主动发光标志, 分别布设在仪扬河大桥互通 K327+600 上行、K327+530 下行, 李典头桥互通 K293+230 上行、K292+800 下行的 4 个分合流位置。

第 7 章 智慧服务区设计

7.1 服务区出入口抓拍系统

7.1.1 系统概述

服务区出入口抓拍系统，统计进出服务区的车辆数量、记录服务区车辆进出信息并能通过智能分析提取车辆有效信息，服务区进出口布设视频、雷达、射频等设施，获取进入服务区内车辆信息，对服务区停车场出入口抓拍系统进行车辆信息的采集，包括车辆特征照片、车牌号码、车牌颜色等，数据实时上传，并根据管理要求提供统计报表。

7.1.2 系统功能

1. 入区和出区车辆主动识别与监测，包含车型、车牌、颜色、时间等数据，车辆出、入流量统计和照片抓拍等数据，准确率 $\geq 96\%$ ，夜间及恶劣天气下准确率 $\geq 90\%$ ；
2. 两客一危车辆的识别与监测，包含车头-车身-车尾实景图片等数据进出车辆特征比对，入区提醒、超停提醒、车辆统计分析、异常情况主动预警等。
3. 进出车辆特征比对、重点车辆布控等，异常情况主动预警；
4. 监测和分析数据可存储于本地算法服务器，并实时上报至服务区管理平台，支撑公众信息交互系统，保障停车安全，提高车位使用效率，掌握区域实时的拥堵情况，为沿线服务区制定疏导策略，为旅客提供路径规划参考。

7.1.3 系统组成

服务区出入口抓拍系统主要由车辆多维特征监测装置、卡口车辆管控服务器组成。

7.1.4 部署方案

车辆特征信息采集设备不仅限于一体化设备，可由多个采集设备组成。以满足特征信息采集要求为准。

设备安装部署要求：

根据服务区出入口进行布置，每个车道布置一套，新设备安装时，在服务区出入口道路侧设置 L 型杆，并在悬臂上安装车辆多维特征检测装置、补光灯等设备，确保能抓拍到出入服务区的所有车辆并识别其特征信息，设备应接入机房网络，和智慧服务区业务融合边缘计算主机网络互通。

7.2 服务区停车位占用监测系统

7.2.1 系统概述

服务区停车位占用监测系统是指，利用人工智能、计算机视觉等技术分析服务区停车位占用和饱和度情况，为提高服务区停车管理效率、旅客出行泊车体验感、业务统计分析能力等方面提供数据支撑。系统业务流程设计如下图所示。

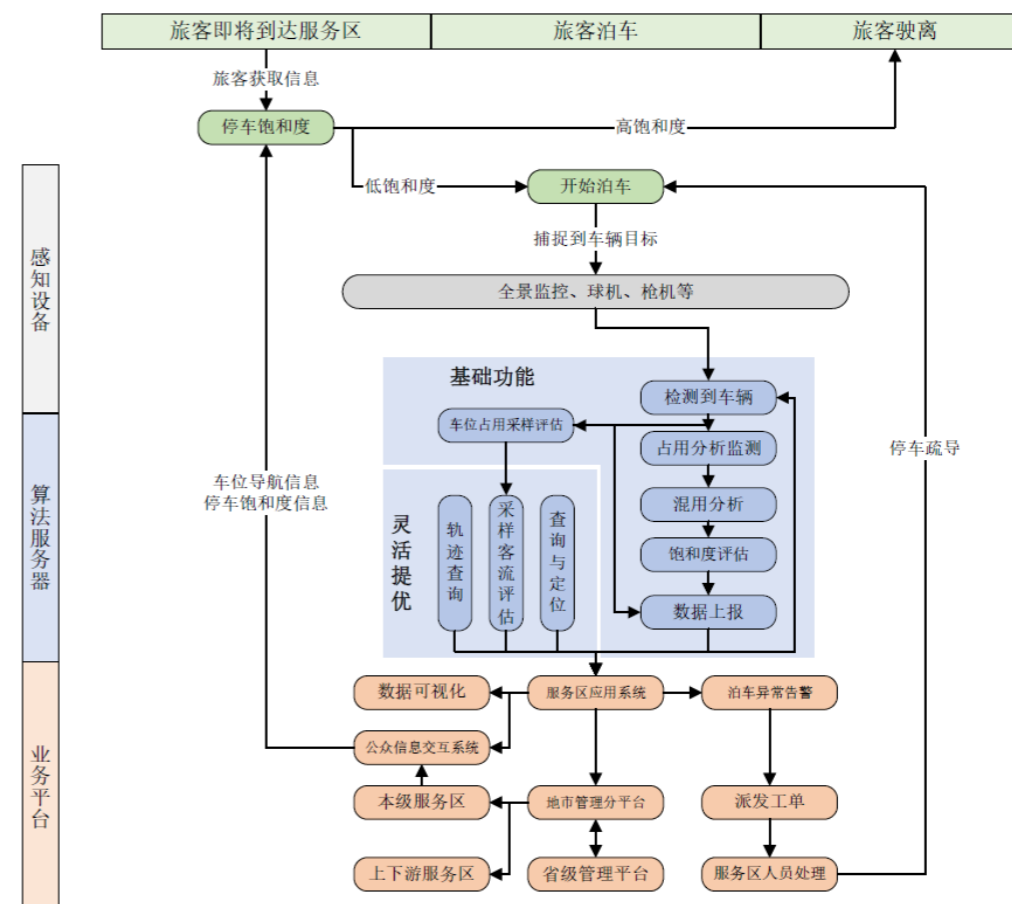


图 7-1 服务区停车位占用监测系统业务流程图

系统应对服务区的停车饱和度和车位占用情况进行分析和数据上报。一方面，对于旅客，业务平台能将上报数据通过情报板、小程序等公众信息交互系统进行发布，从而提供实时准确的泊车引导信息，方便旅客决策规划行程。另一方面，对于管理人员，系统提供实时的区域/整体停车饱和度情况或车位占用状态监测数据，不仅能够为本地停车引导、异常停车行为监管提供数据支撑，还能为服务区本地忙时增设车位、临时扩容提供位置和数量参考依据，辅助提升泊车管理效率。

7.2.2 系统功能

1. 识别车辆目标，并结合车位信息评估区域占用情况，准确率 $\geq 95\%$ ，夜间及恶劣天气下准确率 $\geq 85\%$ ；
2. 周期性抓拍、保存、上传停车场占用情况的图片，用于停车场泊车情况回溯、展示以及相关算法的准确度评估；
3. 识别车辆混停行为，并告警提醒管理人员跟进处理，保证车位的使用效率，准确率 $\geq 90\%$ ，夜间及恶劣天气下准确率 $\geq 80\%$ ；
4. 利用车位占用状态等数据，动态评估服务区停车饱和度（百分比形式），支撑公众信息交互系统发布信息，准确率 $\geq 95\%$ ，夜间及恶劣天气下准确率 $\geq 85\%$ ；
5. 选取服务区主楼附近、加油站附近、充电桩停车区、服务区出入口等区域的停车位，采样进行车位级占用情况监测，用于评估整个服务区停车位占用情况，准确率 $\geq 95\%$ ，夜间及恶劣天气下准确率 $\geq 85\%$ ；
6. 监测和分析等数据应存储于本地算法服务器，存储时间宜不少于 1 年，快照等图片数据宜不少于 3 个月。数据实时上报至省级管理平台等，支撑公众信息交互系统，保障停车安全，提高车位使用效率，掌握区域实时的拥堵情况，为沿线服务区制定疏导策略，为旅客提供路径规划参考，接口查询响应时间宜在 5 秒以内。

7.2.3 系统组成

服务区停车位占用监测系统主要由车位占用检测摄像机和车位监测算法服务器组成。

7.2.4 部署方案

视频监控布设宜灯杆挂载，宜采用较少监控实现最大范围停车区域的覆盖。如：可布设少量监控对广场主通道大部分停车区域进行覆盖，作为停车饱和度的主要依据。其次，在综合楼后方/侧面等偏僻的停车区域布设少量补盲监控，作为饱和度分析的次要依据。

监控宜采用球机，便于安装完毕之后调节视角。监控相机应尽可能布设在高点以获得更好的视野，避免视线受阻。监控相机的视角，“正照”优于“斜照”优于“侧照”。

系统部署于服务区本地机房的算法服务器，与服务区内网相连，该服务器须由智慧服务区业务融合边缘计算主机管控，实时监测算法的运行情况，并支持远程升级算法。

服务器数量应根据接入的监控视频路数进行调整，其中用于饱和度分析接入的监控视频流宜不超过 10 路。接入路数较少时，可与其它算法共用 1 台服务器进行部署，服务器内存、算力等参数要求应随接入的监控路数和算法种类按需提高，须满足实时性需求。

7.3 加油排队情况监测系统

7.3.1 系统概述

服务区加油排队情况监测系统基于人工智能与计算机视觉技术，识别当前排队加油的车辆，监测排队拥堵，温度变化情况，识别抽烟/打电话等安防事件，然后将监测分析结果实时上报，可用于数据可视化，信息发布等，辅助工作人员现场维持秩序，提升管理效率，增强旅客加油体验感和安全性。

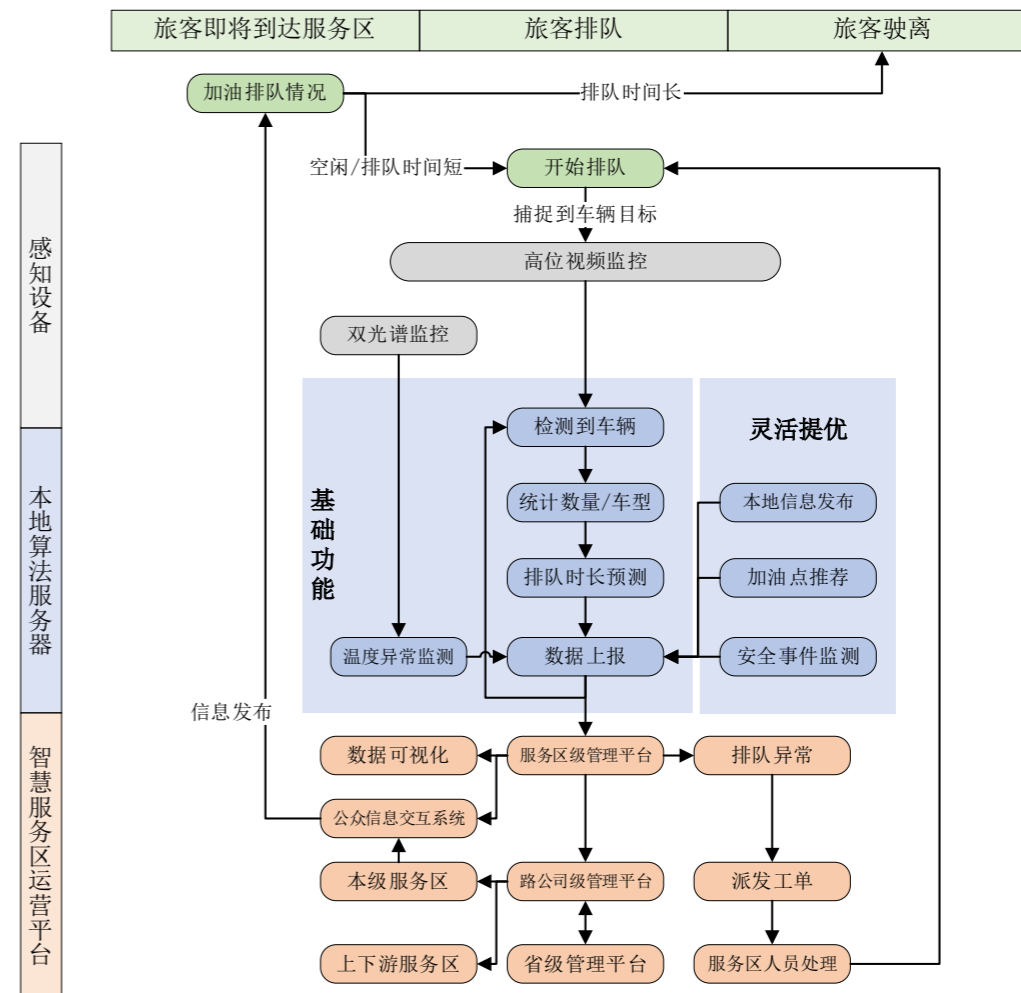


图 7-2 服务区加油排队情况监测系统业务流程图

对于旅客，系统能对服务区加油站前的拥堵情况进行监测和分析，并上报数据，进一步通过各级平台和公众信息交互系统进行发布，为旅客提供实时准确的加油引导信息，方便旅客制定加油计划。对于管理人员，上报数据可用于数据可视化、安防事件的预警、现场加油秩序维护，有助于提升工作人员的管理效率，保障加油安全。

7.3.2 系统功能

- 1、识别并统计当前加油等候区的车辆数，对当前加油排队拥堵情况进行分级判断：拥

堵/正常/空闲，分级准确率≥99%，夜间及恶劣天气下准确率≥90%；

2、综合当前加油站排队情况以及历史车辆加油数据预测当前加油排队时长；实时、准确地监测加油站油罐区温度异常变化情况；

3、分析结果应存储于本地算法服务器，存储时间宜不少于 1 年，快照等图片数据宜不少于 3 个月。数据实时上报至省级管理平台，支撑公众信息交互系统，发布给旅客和管理人员，辅助现场维护和旅客加油引导，接口查询响应时间宜在 5 秒以内。

7.3.3 系统组成

服务区加油排队状态监测系统主要由火点监测摄像机、加油排队情况监测摄像机和加油排队监测算法组成。

7.3.4 部署方案

排队区视频监控宜采用高位布设方式，实现站前加油等待区域的全覆盖，确保排队车辆在监测范围，但应注意监控的视角，避免侧照遮挡漏车辆，导致漏检车辆，影响分析效果。监控相机宜采用球机或云台相机，便于安装完毕之后调节视角。

双光谱相机应全覆盖加油排队等候区，确保温度异常发生时，能被及时监测到。

系统部署于服务区本地机房的算法服务器，与服务区内网相连。算法功能包括加油排队车辆监测，分级准确率≥99%；加油排队时长预测；全量数据归集、上传与分析；与服务区停车位占用监测系统共用服务器。

服务器数量应根据接入的监控视频路数进行调整，其中用于监测加油排队情况的监控视频宜不超过 4 路，接入路数较少时，可与其它算法共用 1 台服务器进行部署，服务器内存、算力等参数要求应随接入的监控路数和算法种类按需提高，须满足实时性需求。

7.4 充电桩占用监测系统

7.4.1 系统概述

服务区充电桩占用监测系统是基于人工智能、计算机视觉等技术，监测充电桩使用情况、排队拥堵/违规使用车位的情况，为提高服务区充电和管理效率、旅客充电体验感、业务统计分析能力等方面提供数据支撑。该系统业务流程设计如下图所示。

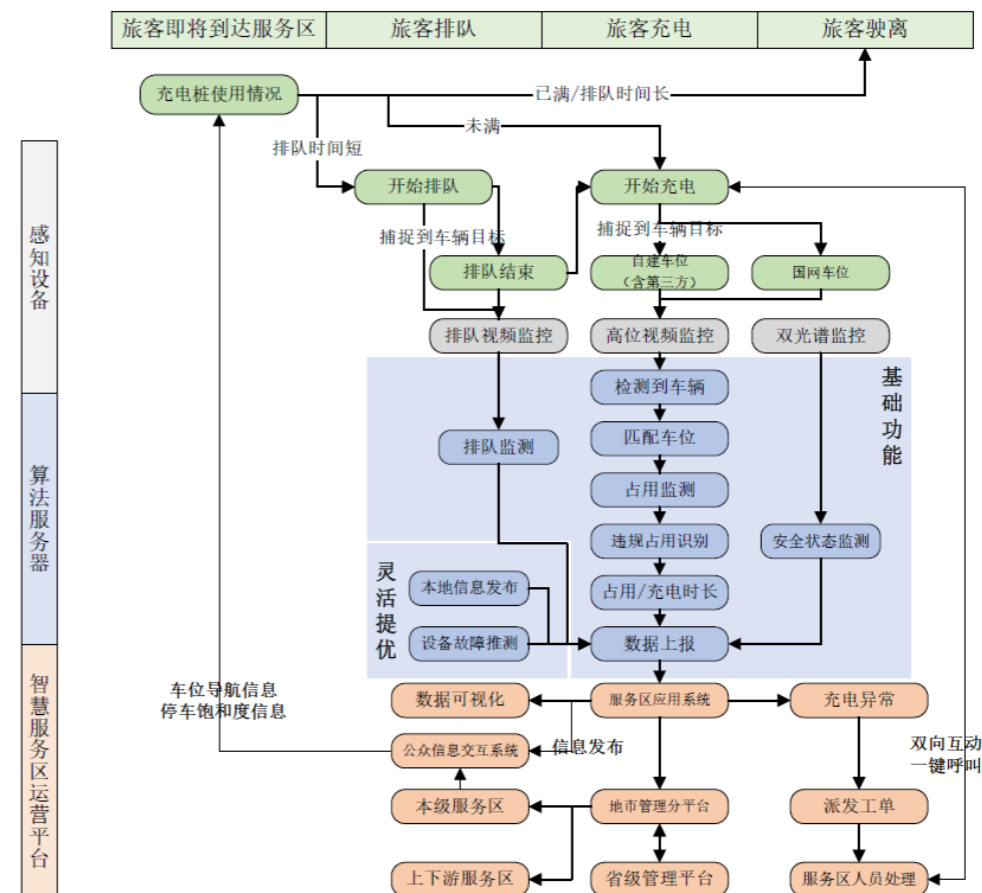


图 7-3 服务区充电桩占用监测系统业务流程图

系统应对服务区的充电桩使用、拥堵、温度异常等状态进行监测和数据上报。一方面，对于旅客，业务平台能将上报数据通过情报板、小程序等公众信息交互平台进行发布，从而提供实时准确的充电引导信息和排队信息，方便旅客决策规划行程。另一方面，对于管理人员，系统提供实时的余位统计，充电时长，或油车占用等异常行为、温度异常告警信息，可用于信息发布、数据可视化和异常充电跟进处理，不仅提高了对充电桩的管理效率，还有助于保障充电安全。

7.4.2 系统功能

识别充电车位上是否存有车辆停靠，能够清晰区分出空闲车位与被占用车位，准确率≥95%，夜间及恶劣天气下准确率≥85%；

对充电等候区域的拥堵情况进行明确的分级判定：拥堵/正常/空闲，分级准确率≥99%，夜间及恶劣天气下准确率≥90%；

监测摄像机对服务区充电桩的内外场环境进行监测，识别高温、明火、烟雾等异常现象，并在平台进行告警；

识别油车占用等充电车位违规行为，并进行告警提示，准确率 $\geq 90\%$ ，夜间及恶劣天气下准确率 $\geq 85\%$ ；

监测和分析数据应存储于本地算法服务器，存储时间宜不少于 1 年，快照等图片数据宜不少于 3 个月。数据实时上报至省级管理平台等，支撑公众信息交互系统，实现工单派发、拥堵/温度异常告警、提醒管理人员现场维护等功能，接口查询响应时间宜在 5 秒以内。

7.4.3 系统组成

服务区充电桩占用监测系统主要由车位占用检测摄像机、火点监测摄像机、充电桩占用监测算法、充电桩车位信息发布屏组成。

7.4.4 部署方案

车位区域视频监控按电网投建和自建充电桩划分，宜采用两种不同的方式布设。其中，自营自建充电车位，大部分车位状态数据可以直接通过对接充电桩系统获取，违规使用车位行为则可以采用高位视频一对多的方式进行统一监测。对于国网充电桩，视频监控宜安装在充电桩上方，单台相机同时监管两个车位，保证车辆及车牌能被监控清晰捕捉，避免视线遮挡，获取更多车辆特征。宜采用枪机，确保监控视角固定。

双光谱相机应全覆盖充电桩区域，确保温度异常发生时，能被及时监测到。

系统部署于服务区本地机房的算法服务器，与服务区内网相连，该服务器须由智慧服务区业务融合边缘计算主机管控，实时监测算法的运行情况，并支持远程升级算法。

服务器数量应根据接入的监控视频路数进行调整，其中用于监测排队情况的监控视频流宜不超过 2 路，接入路数较少时，可与其它算法共用 1 台服务器进行部署，服务器内存、算力等参数要求应随接入的监控路数和算法种类按需提高，须满足实时性需求。

7.5 服务区视频监控系统

7.5.1 系统概述

构建服务区全域安防视频监控系统，新增前端设备进行补盲，并接入原有监控系统，在服务区设置全景监控，对整个服务区室外广场进行无死角监控，全景画面掌控全局、低点细节监控、智能预警联动、画中画显示、报警信息实时可视化，将服务区内外场视频全部上云，工作人员可以通过 APP 和 PC 查看服务区内外场各路视频，进行在线视频巡查及事件跟踪，对综合楼内客流数据统计与分析。

通过智能监测摄像机内嵌的深度学习算法，实现对客流统计、区域关注度、人员密度等功能的准确统计及火点热量监测、明火烟雾监测、抽/持烟、持/打电话等特殊区域的安全

事件检测，对服务区的入区客流时间段进行分析，对客流的深度监管，不仅能够支撑服务区的安全管控，也能够通过对客流的聚集分布，合理调整商业布局，更好的支撑服务区各项营运监管工作的开展。

7.5.2 系统功能

1. 高位全景监控覆盖，对整个服务区室外广场进行无死角监控，全景画面掌控全局。
2. 构建服务区全域安防视频监控系统，新增前端设备进行补盲，并接入原有监控系统，并对存储系统扩容。
3. 综合楼内客流数据统计与分析，对服务区的入区客流时间段进行分析，对客流的深度监管。

7.5.3 系统组成

视频摄像机、全景摄像机、视频管理服务器、传输系统及存储系统等组成安防监控系统，摄像机与拼接及存储系统之间通过标准的交换机进行连接，并由拼接及存储系统负责流对外的转发与服务。

7.5.4 部署方案

视频摄像机主要包括上文所述出入口车辆特征信息采集设备、停车位占用监测摄像机、加油站排队区视频监控：

其中，出入口车辆特征信息采集设备根据服务区出入口进行布置，每个车道布置一套，新设备安装时，在服务区出入口道路侧设置 L 型杆，并在悬臂上安装车辆多维特征检测装置、补光灯等设备，确保能抓拍到出入服务区的所有车辆并识别其特征信息，设备应接入机房网络，和智慧服务区业务融合边缘计算主机网络互通。通过传输网线接至室外抱杆箱，然后通过光纤上传至服务区综合楼二层的监控中心，而后上传至省级管理平台。视频存储设备部署于分中心。

停车位占用监测摄像机布设宜灯杆挂载，宜采用较少监控实现最大范围停车区域的覆盖。如：可布设少量监控对广场主通道大部分停车区域进行覆盖，作为停车饱和度的主要依据。其次，在综合楼后方/侧面等偏僻的停车区域布设少量补盲监控，作为饱和度分析的次要依据。监控宜采用球机，便于安装完毕之后调节视角。监控相机应尽可能布设在高点以获得更好的视野，避免视线受阻。监控相机的视角，“正照”优于“斜照”优于“侧照”。系统部署于服务区本地机房的算法服务器，与服务区内网相连，该服务器须由智慧服务区业务融合边缘计算主机管控，实时监测算法的运行情况，并支持远程升级算法。服务器数量

应根据接入的监控视频路数进行调整，其中用于饱和度分析接入的监控视频流宜不超过 10 路。接入路数较少时，可与其它算法共用 1 台服务器进行部署，服务器内存、算力等参数要求应随接入的监控路数和算法种类按需提高，须满足实时性需求。通过传输网线接至室外抱杆箱，然后通过光纤上传至服务区综合楼二层的监控中心，而后上传至省级管理平台。视频存储设备部署于分中心。

排队区视频监控宜采用高位布设方式，实现站前加油等待区域的全覆盖，确保排队车辆在监测范围，但应注意监控的视角，避免侧照遮挡漏车辆，导致漏检车辆，影响分析效果。监控相机宜采用球机或云台相机，便于安装完毕之后调节视角。双光谱相机应全覆盖加油排队等候区，确保温度异常发生时，能被及时监测到。系统部署于服务区本地机房的算法服务器，与服务区内网相连。算法功能包括加油排队车辆监测，分级准确率 $\geq 99\%$ ；加油排队时长预测；全量数据归集、上传与分析；与服务区停车位占用监测系统共用服务器。服务器数量应根据接入的监控视频路数进行调整，其中用于监测加油排队情况的监控视频宜不超过 4 路，接入路数较少时，可与其它算法共用 1 台服务器进行部署，服务器内存、算力等参数要求应随接入的监控路数和算法种类按需提高，须满足实时性需求。通过传输网线接至室外抱杆箱，然后通过光纤上传至服务区综合楼二层的监控中心，而后上传至省级管理平台。视频存储设备部署于分中心。

全景摄像机应在服务区广场安装室外全景摄像机，安装高度不低于 15 米，根据实际情况安装可安装多个全景摄像机确保服务区广场的监控全覆盖，设备应接入机房网络，和智慧服务区业务融合边缘计算主机网络互通，做好与新系统设备对接、统一接入平台工作。视频存储设备部署于分中心。

本次项目视频存储扩容方案如下：

根据服务区管理要求及实际需求，视频存储周期为 90 天，每一路视频按照 4Mbps 码流设定，保障视频监控 24 小时不间断运行，1 路视频图像所需硬盘容量为：

$4\text{Mbps} \times 3600 \times 24 \times 90 \div 8 \div 1024 \div 1024 \div 0.8 = 4.64 \text{ TB}$ （考虑到格式化后硬盘损失容量）

因此，本次项目设计总共 63 路视频监控，所需存储容量为：

$4.64 \text{ TB} \times 63 = 292.32 \text{ TB}$ （单块硬盘容量设计为 16TB）

所以，本次视频监控系统设计一套 NVR 网络硬盘录像机，总共 19 块硬盘，存储设备放置在服务区，由服务区统一管理，邗江分中心及扬州地市中心远程监管及调用。

7.6 公众信息交互系统

7.6.1 系统概述

公众信息交互系统作为一个与司乘互动的重要信息窗口，主要功能是将服务区充电桩使用情况、停车区拥挤程度、停车位使用等运营情况以及不同车型停车引导的信息通过不同的信息发布窗口传递给司乘人员。

通过公众信息交互系统发布车流引导、停车引导、充电桩排队、加油站排队、周边路况信息等信息精准有效得推送给司乘人员，提升公众服务满意度。

公众信息交互系统的主要媒介或者渠道为：服务区入口主线情报板、服务区入口分流屏、服务区场区智慧合杆屏、服务区充电桩占用时长信息发布屏、服务区充电桩使用状态信息发布屏、服务区及路网重要信息信息发布屏等。

7.6.2 系统功能

服务区公众信息交互系统支持管理人员在平台上进行发布内容的管理，如各类基础服务信息、停车诱导、服务导航、促销信息发布等。通过服务区各类信息发布屏，配套搭建信息发布硬件终端结合信息发布远程控制软件实现情报板运行。其业务功能应包含但不限于内容发布及运行状态监测、自动巡检、定时发布、数据归集、上传与分析等。

7.6.3 系统组成

公众信息交互系统的主要组成包括服务区入口可变情报板（距离入口约 200 米）、服务区充电桩信息发布屏、数字人智能交互屏等。

7.6.4 部署方案

在服务区出入口处设置入口可变情报板，在场区充电桩区域设置充电桩信息发布屏，在综合楼大厅设置数字人智能交互屏。

7.7 能耗监测系统

7.7.1 系统概述

能耗监测系统实现对末端使用单位的各类能耗分类计量：水量计量子系统，完成建筑各部分用水的计量和抄表；电量计量子系统，完成各区域用电量的计量和抄表。现场需计量的电表、水表及能量表具备远传通讯，通讯协议为 MODBUS RTU，通讯方式为 485 总线。

7.7.2 系统功能

能耗监测系统对服务区综合楼室内各出租商铺及自营区域的空调、照明、电力等特殊用

电分项的配电箱内的远传电表总能耗进行计量,对综合楼内卫生间用水、生活用水、消防用水等配置的远传水表进行能耗计量,对大屏、监控等设备总配电箱内的电表总能耗进行计量。

7.7.3 系统组成

能耗监测系统主要包括智能电表、智能水表、网络控制器、控制箱。

7.7.4 部署方案

能耗监测能对各用能设备和系统实施信息采集、显示、分析、处理、维护及优化管理。

本系统由智能电表、智能水表、网络控制器、控制箱、能耗监测管理软件等组成,完成能源采集管理功能(水、电表点位部署等由房建机电相关专业根据业主单位项目需求设计提供点位,)

网络控制器电源就近接入附近的强电箱内,供电电源:AC220V。

网络控制器等设备每套需要预留 2 个 RJ45 网络信息接口,网络信息接口及管线敷设由弱电系统计算机网络及综合布线专业统一规划并预留。

7.8 智慧照明系统

7.8.1 系统概述

智能照明系统用于控制灯光,便于管理与节能。在照明箱中分散安装有智能照明控制模块用于控制灯光。控制模块采用 DIN 导轨安装,每个模块均为标准数字化模块。现场安装有各类面板,采用 86 盒安装方式。

7.8.2 系统功能

系统支持实时监测并显示各个控制模块的在线状态,系统支持由照明控制模块等现场设备实点反馈各个照明回路的开闭状态,系统支持控制模块离线报警、通讯网关设备的掉线报警、状态反馈与下发控制命令不一致时的报警功能。

系统应支持状态反馈与下发控制命令不一致时的报警功能(可通过智能照明系统主机对智能模块的巡检、状态逻辑比较来实现)。

7.8.3 系统组成

智能照明系统主要由智能照明控制系统、智能照明管理软件组成。

7.8.4 部署方案

智能照明模块设置区域:东西区综合楼一层和二层照明配电箱和公共照明总箱。在配电箱内预留空间安装智能照明控制模块。智能照明系统主机放置在东侧综合楼监控中心内。

7.9 智慧厕所系统

7.9.1 系统概述

智慧厕所系统是通过物联网、传感器助力对厕所客流的统计、蹲位使用统计、空气质量检测、安全报警、等数据采集、分析和实时监测,实现服务资源的科学调度,了解厕所的使用整体情况,通过智慧的管理手段提高厕所服务品质,从而提升整体管理调度水平和体验。

7.9.2 系统功能

通过在厕所入口处设置液晶显示终端,直观展示当前厕所厕位分布情况,指引客户入厕以及实时展示厕位状态,提示有人、无人及剩余厕位信息、客流统计信息等。结合智能环境监测仪,实时监测厕所空气质量数量实时显示。

7.9.3 系统组成

智慧厕所系统主要包括智能管理终端主机、厕位活体探测器、双目客流统计器、智能环境监测仪、厕位指示灯、SOS 紧急按钮、声光报警器、厕位引导屏、智慧厕位引导软件等。

7.9.4 部署方案

在每个厕位的门楣上安装占用指示灯和厕位活体探测器;在男女厕门口分别设置双目客流统计器用于统计客流;在母婴室、无障碍卫生间和第三卫生间分别设置 SOS 紧急按钮,同时在母婴室、无障碍卫生间和第三卫生间外部壁挂安装声光报警器;在每间厕所内设置智能环境监测仪;在厕所外部壁挂安装厕位引导屏和智慧管理终端。

7.10 智慧淋浴系统

7.10.1 系统概述

智慧淋浴系统,是一种通过计量和智能控制来实现节约用水的设备,当用户插入 IC 卡或者通过手机扫码等方式开启淋浴时,水控系统开始工作,流量计实时监测水的流量,根据设定的计费标准进行扣费。一旦用户结束淋浴,取出 IC 卡或水控机操作终止等,电磁阀迅速关闭,水流停止。

这种系统更大的亮点在于它实现了按需用水、按量付费。以往在传统的淋浴模式下,由于没有明确的用水计量和费用核算,人们在洗澡时往往缺乏节水意识,肆意浪费水资源。而现在,有了淋浴控水系统,每一滴水的使用都被记录,费用也清晰明了,这就促使人们在洗澡时更加注重节约用水,合理控制用水时长和流量,在服务区淋浴间里安装了淋浴控水系统后,公众洗澡时会更加自觉地缩短时间,不再像以前那样长时间冲洗,从而有效减少了

水资源的浪费，也防止服务区周边的一些人员过来经常性肆意用水。

7.10.2 系统功能

智慧淋浴系统具备多种智能控制策略，以满足不同场景的用水需求。阈值控制是一种简单有效的策略，通过设定水流量、水压等参数的阈值，一旦监测到的参数超过阈值，系统会立即发出指令，关闭水源或调整供水量，有效防止水资源的过度消耗。定时控制则按照预先设定的时间周期，对水的供应时间和用量进行严格控制。分级控制策略则充分考虑到不同区域、不同用途的用水需求差异，将用水分为多个等级，针对每个等级制定个性化的控制策略，实现精细化的水资源管理，以确保服务区用水的稳定供应，同时合理控制生活用水的用量。

7.10.3 系统组成

智慧淋浴系统核心组件包括智慧控水器、系统管理平台、4G 通信系统等。

7.10.4 部署方案

在每个淋浴间的调节阀和花洒中间位置安装智慧控水器，智慧控水器预留两头 6 分的外丝接口，控制一根水路，无法控制三路出水设施，智慧控水器内部安装 4G 物联网卡，通水通电后自动连接附近基站，实时物联网通信，保障通信功能，智慧管理系统部署在云端，授权不用用户级别管理，实时管控设备运营状况及制定控制管理策略，智慧控水器的 220V 电源部分装置安装在淋浴室外或者淋浴室吊顶内，12V 电源装置管线预埋或明敷在墙体上，最大程度上杜绝浴室内的人体触电事故，保障淋浴间的洗浴安全。

7.11 视频会议系统

7.11.1 系统概述

视频会议系统，这是指两个或两个以上不同地方的个人或群体，通过传输线路及多媒体设备，将声音、影像及文件资料互传，实现即时且互动的沟通，以实现远程会议的系统设备。

7.11.2 系统功能

将声音、影像及文件资料互传，实现即时且互动的沟通，以实现远程会议的系统设备。视频会议的使用有点像电话，除了能看到通话的人并进行语言交流外，还能看到他们的表情和动作，使处于不同地方的人就像在同一会议室内沟通。

7.11.3 系统组成

本系统主要由液晶拼接屏、全频扬声器、功率放大器、反馈抑制器、数字音频矩阵、一拖二无线主机、电源时序器、数字会议主机、主席/代表单元、集中控制主机、摄像机、全向

麦克风、视频会议终端等设备组成。

7.11.4 部署方案

在区域养护应急智慧中心安装一套液晶拼接屏、一台视频会议摄像机，会议室四周墙壁壁挂安装全频扬声器，桌面放置一台全向麦克风和多套主席/代表单元等设备。

7.12 三维采集建模

7.12.1 系统概述

依托“空地一体、多源融合”的数字化理念，采用低空航摄(≤120 m)+ 贴近摄影测量(≤5 m)+ 手持 SLAM 点云三源协同采集方案，对朴席服务区全部构造物(综合楼、加油站、充电桩棚、高杆灯、监控门架、标志标线等)进行毫米级几何采集；通过 AI 单体化算法完成构件级语义分割与拓扑重构；最终输出“几何-语义-纹理”三同步的 Level-3 级精模(LOD3.0)，满足智慧高速、资产运维、数字孪生底座三类后续业务加载需求。

7.12.2 系统功能

(1) 多源数据采集

低空航摄：覆盖服务区全域 0.8 cm 地面采样距离(GSD) 倾斜影像 ≥5 镜头。

贴近测量：无人机 1 m 安全距离环绕飞行，获取立面 0.5 cm GSD，解决檐口/雨棚/镂空部位死角。

手持 SLAM：对照明、充电桩、标志、标线、监控立杆等小型构件进行 ≤2 mm 点云加密。

(2) AI 单体化建模

自动语义分割：基于 PointNet++深度学习，将设施自动分类(mIoU≥92%)。

参数化重构：对加油站网架、充电桩棚采用 BIM 模板驱动，保证结构级精度 ≤5cm。

纹理映射：多视角影像亚像素级配准，纹理分辨率 ≥4 K，无拉花、无缝。

(3) 场景美化与精模输出

PBR 材质库：自动匹配混凝土、铝塑板、热熔标线等材质。

光影烘焙：采用真实物理天空环境(CIE Clear Sky 15:00)，烘焙 AO+Lightmap 2048×2048。

多级 LOD：输出 LOD0-LOD3，三角网总量≤1200 万面，满足 WebGL/UE5 实时加载。

(4) 成果交付

原始数据：影像、点云（las 1.2 格式，带 RGB、Intensity、Classification）。

精模成果：FBX/3dt/S3M 三格式，坐标系 CGCS2000 / 3-degree 120 E，高程基准 1985 国家高程。

质保期：12 个月，几何误差 ≤ 2 cm，纹理缺失率 ≤ 1 %。

指标项	承诺值	备注
平面绝对精度	≤ 1 cm	检查点 30 个，RMS
高程绝对精度	≤ 2 cm	检查点 30 个，RMS
点云密度	≥ 500 点/m ²	构造物立面
影像分辨率	0.8 cm/0.5 cm	航摄/贴近
单体化构件级	18 类	含照明、充电桩、标志、标线、监控
纹理分辨率	≥ 4 K	PBR 金属/粗糙度/法线
三角网总量	≤ 1200 万面	LOD3 合并后
数据格式	las、fbx、s3m、3dtiles、3dt	一次采集，多格式输出
质保期	12 个月	几何/纹理免费返工

7.13 中心配套设施

7.13.1 系统概述

本项目监控中心及机房位于综合楼二层，作为服务区智能化系统设备管理及展示。

视频存储、服务器、网络及机柜等设施均放置在服务区，由服务区统一管理，邗江分中心及扬州地市中心远程监管及调用，区域养护应急智慧中心设置的内外场监控摄像机介入到服务区机房统一存储展示。

本项目在监控中心设置 4 个机柜。其中室内智能化系统设备已由电气专业负责，本项目为其接入设备网预留机柜空间。

7.13.2 系统功能

集中监控服务区内外视频信号。监控室设为禁区，具有保护自身安全的防护措施：监控室内设置视频监控装置，监控效果能清晰显示控制室内人员活动的情况

视频监控子系统由视频监控管理平台、视频存储、信号传输及前端各类摄像机组成。视频监控子系统采用数字视频网络模式，模块化设计以方便系统扩展。视频监控子系统中使用的设备必须符合国家法律法规和现行强制性标准的要求。

7.13.3 系统组成

本系统主要设备包括：液晶拼接屏、操作台、管理工作站、管理服务器、KVM 一体机、不间断电源主机、蓄电池、机房专用空调、网络安全设备等。

7.13.4 部署方案

监控中心位于综合楼二层，面积约为 40 平方米（5.9m*6.8m）。其中液晶拼接屏落地安装，操作台、机柜、不间断电源主机、蓄电池、机房专用空调落地安装。监控中心同时配套设置红外半球监控摄像机和门禁等安防设施。

第 8 章 通信、供电设计及防雷接地设计

8.1 供电设计

8.1.1 供电设计原则

本次供电点选取，优先在监测设施点位附近有低压外线供电条件的地方，直接从当地供电部门引入。综合考虑供电成本等因素，供电点距离监测设施距离不宜大于 500m（个别点位限于取电条件可考虑大于 500m）。监测点设施周边不具备供电部门直接开户引入条件的，可从已有市政设施引电，包括路灯箱变、信号控制机箱及公安监控所用的配电箱。

服务区管理服务设施供电主要包括 380/220V 低压配电系统、防雷接地系统。公众信息发布系统按三级负荷供电，就近取电。出入口抓拍系统等其余系统以及计算机网络系统按二级负荷供电，供电线路采用放射式及树干式相结合的供电方式，室外电力电缆采用 YJV-0.6/1.0kV 型，室内电力电缆采用 WDZ-YJY-0.6/1.0kV 型，室内支线采用 WDZ-BYJ-0.45/0.75kV 型。

8.1.2 供电点位设计

表 8-1 桥梁结构监测供电方式选取

序号	管理单位	布设桩号	设备类型	取电方式
1	江都	K285+717	光电挠度仪、立杆高清摄像机	市电（路侧监控取电）
2	邗江	K317+481	红外测温仪、裂缝计	利旧
3	邗江	K321+453	光电挠度仪、智能振动传感器	市电（路网监控取电）
4	邗江	K324+412	光电挠度仪	市电（路网监控取电）
5	邗江	K330+338	光电挠度仪、智能振动传感器、应变计、高清摄像机	市电（路网监控取电）
6	仪征	K336+383	光电挠度仪	市电（路网监控取电）
7	仪征	K344+609	光电挠度仪、雷达水位计、视频监控	市电（公安设施取电）
8	仪征	K350+088	光电挠度仪	市电（路网监控取电）
9	仪征	K353+076	光电挠度仪	市电（路网监控取电）
10	仪征	K365+495	光电挠度仪、裂缝计	市电（路网监控取电）

表 8-2 路侧视频监控供电方式选取

序号	管理单位	布设桩号	方向	杆件类型	取电方式
1	江都	K275+600	下行	12 米+3 米悬臂	市电（公安设施取电）
2	江都	K284+750	下行	12 米+3 米悬臂	市电（新开户）
3	仪征	K336+559	上行	12 米+3 米悬臂	市电（新开户）/泵房内 部取电

表 8-3 多功能交调站供电方式选取

序号	管理单位	布设桩号	方向	杆件类型	取电方式
1	江都	K273+550	上行	7 米+10 米单悬臂	市电（新开户）
2	江都	K281+020	断面	现状门架	利旧
3	邗江	K298+991	断面	现状门架	利旧
4	邗江	K315+911	上下行	7 米+10 米单悬臂	利旧
5	仪征	K345+778	断面	26m 三立柱门架	利旧
6	仪征	K361+130	断面	原 K361+900 处 35m 三立柱门架迁移	原市电（迁移）

表 8-4 智能冰雪监测系统供电方式选取

序号	管理单位	点位名称	布设桩号	方向	取电方式
1	江都	夹江大桥	K288+180（融雪除冰设备） K287+650、K288+050、 K289+300、K289+700（主路预 警装置）	上下行	市电（新开户）/市电 （K288+100、K289+200 路网视频）
2	邗江	古运河大桥	K317+310	下行	市电（K317+291 路网视 频）
3	邗江	扬溧高速跨线桥	K319+890	上行	市电（K320+000 路网视 频）

表 8-5 无信号交叉口预警系统供电方式选取

序号	管理单位	布设桩号	方向	取电方式
行人过街预警				
1	江都	K287+350	上下行	市电（新开户）
2	邗江	K290+200	上下行	市电（新开户）

3	邗江	K301+850	上下行	市电(新开户)/市电(K301+850 路网视频)
4	邗江	K323+910	上下行	市电(新开户)
5	仪征	K355+720	上下行	市电(新开户)
6	仪征	K362+700	上下行	市电(新开户)
主动发光人行横道标志牌				
1	江都	K285+120	上下行	太阳能
2	江都	K286+700	上下行	太阳能
3	仪征	K363+300	上下行	太阳能
4	仪征	K366+080	上下行	太阳能

表 8-6 匝道分合流预警系统供电方式选取

序号	管理单位	布设位置	取电方式
1	邗江	K293+230 上行、K292+800 下行	太阳能供电
2	仪征	K327+600 上行、K327+530 下行	太阳能供电

表 8-7 智慧服务区系统供电方式选取

序号	所属辖区	点位名称	取电方式
1	朴席服务区	朴席服务区东西区室内外控制箱	市电(电气专业负责)

8.2 通信设计

8.2.1 总体架构

路侧视频监控数据传输路径为分中心—市中心—省中心；事件检测系统在分中心做小模型初步检测，结果上传传到市中心，进一步做大模型校核；多功能交调统一直传至省中心；智能冰雪监测系统、行车诱导及防碰撞系统、无信控交叉口系统数据直传至市中心。

服务区运营的网络资源包括设备网、办公外网、收银外网等，不同服务区、为了配合本次数字化转型任务的要求，也为了智慧服务区一体化提升任务目标的实施，本方案将服务区网络划分为设备网、办公外网、收银外网三套独立网络，参照网络安全等级保护中安全通信网络、安全区域边界及安全计算环境方面的安全保护要求，并充分考虑外场设备的工控安全、物联网安全以及未来发展业务的安全预警等方面，建立完整的网络安全体系。

8.2.2 通信点位设计

结合外场设备传输稳定性及运维难度等需求，路侧视频、多功能交调站和无信号交叉口预警系统以租用 VPN 专线方式为主，保障各点位的数据传输。智能冰雪监测系统、匝道分合流预警系统采用物联网卡，保障各点位的数据传输。

表 8-8 桥梁结构监测通信方式选取

序号	管理单位	布设桩号	设备类型	通信方式
1	江都	K285+717	光电挠度仪、立杆高清摄像机	物联网卡
2	邗江	K317+481	红外测温仪、裂缝计	物联网卡
3	邗江	K321+453	光电挠度仪、智能振动传感器	物联网卡
4	邗江	K324+412	光电挠度仪	物联网卡
5	邗江	K330+338	光电挠度仪、智能振动传感器、应变计、高清摄像机	物联网卡
6	仪征	K336+383	光电挠度仪	物联网卡
7	仪征	K344+609	光电挠度仪、雷达水位计、视频监控	物联网卡
8	仪征	K350+088	光电挠度仪	物联网卡
9	仪征	K353+076	光电挠度仪	物联网卡
10	仪征	K365+495	光电挠度仪、裂缝计	物联网卡

表 8-9 路侧视频监控通信方式选取

序号	管理单位	布设桩号	方向	杆件类型	通信方式
1	江都	K275+600	下行	13 米+3 米悬臂	租用专网 20M
2	江都	K284+750	下行	12 米+3 米悬臂	租用专网 20M
3	仪征	K336+559	上行	12 米+3 米悬臂	租用专网 20M
4	仪征	泵站监控	/	/	利旧

表 8-10 多功能交调站通信方式选取

序号	管理单位	布设桩号	方向	杆件类型	通信方式
1	江都	K273+550	上行	7 米+10 米单悬臂	租用专网 30M
2	江都	K281+020	断面	现状门架	利旧

3	邗江	K298+991	断面	现状门架	利旧
4	邗江	K315+911	上下行	7米+8米单悬臂	利旧
5	仪征	K345+778	断面	26m三立柱门架	利旧
6	仪征	K361+130	断面	原 K361+900 处 35m 三立柱门架迁移	原专用网络(迁移)

表 8-11 智能冰雪监测系统通信方式选取

序号	管理单位	点位名称	布设桩号	方向	通信方式
1	江都	夹江大桥	K288+180(融雪除冰设备)、K287+650、K288+050、K289+300、K289+700(主路预警装置)	上下行	物联网卡
2	邗江	古运河大桥	K317+310	下行	物联网卡
3	邗江	扬溧高速跨线桥	K319+890	上行	物联网卡

表 8-12 无信号交叉口预警系统通信方式选取

序号	管理单位	布设桩号	方向	通信方式
1	江都	K287+350	上下行	租用专网 20M
2	邗江	K290+200	上下行	租用专网 20M
3	邗江	K301+850	上下行	租用专网 20M
4	邗江	K323+910	上下行	租用专网 20M
5	仪征	K355+720	上下行	租用专网 20M
6	仪征	K362+700	上下行	租用专网 20M

服务区本地网络系统架构建设方案如下:

1. 设备网

服务区本地局域网络,用于智能化业务功能系统数据传输与本地数据互通。原则上,设备网中各子系统中需要上传的业务数据均需要通过网络边界防护设施及系统后,再经专线分别传输至地市中心和省级平台的私有云与公有云。

2. 办公外网

服务区管理人员所使用的办公网络,该网络主要用于日常办公、文件传输、信息浏览等日常工作业务。为确保网络安全,办公外网与设备网、收银外网之间实现物理隔离,避免业

务数据与非业务数据的混淆,减少潜在的安全风险。原则上,办公外网可通过配置网络安全设备等安全的互联网接入方式,访问外部资源,以满足管理人员日常办公需求。同时,服务区应实施有效的访问控制和安全策略,确保外部访问不会威胁到内部网络的安全。

3. 收银外网

该网络具有独立的网络架构,与设备网、办公外网实现物理隔离,主要服务于服务区各个商铺收银业务,需确保交易数据的安全性和私密性。收银外网宜采用高性能的网络设备,保证交易数据的快速、准确传输,并需考虑冗余性和可扩展性,以适应未来业务增长的需求。原则上,收银外网还需配有网络安全设备与安全策略,以防范各种网络攻击和数据泄漏风险,为服务区商铺提供安全、可靠的收银服务。

4. 网络边界防护

网络边界防护内容包含但不限于防火墙、上网行为管理、漏洞扫描、安全管理中心等相关内容。

8.3 防雷设计

8.3.1 直击雷的防护

直击雷防护主要指建筑物或其它设施的防雷,其技术措施可分接闪器(避雷针、避雷带、避雷网等金属接闪器)、引下线、接地体和法拉第笼。根据建筑物的地理位置、现有结构、重要程度等,决定是否采用避雷针、避雷带、避雷网或其联合接闪方式。

本项目中直击雷防护对象主要有球形摄像机、交通量调查设备、行人过街预警设备等,均应考虑增加避雷针保护。避雷针的选择应根据当地的地形地貌、土壤电阻、建筑物的结构形式、保护范围、被保护对象的性质等条件进行选择。

8.3.1.1 配置方案

1、外场设备利用金属立柱作为引下线时,配电线路和信号线路(金属导体)应采用带防雷金属屏蔽护套的线缆并穿金属管屏蔽,金属屏蔽护套和金属管两端均应可靠接地。信号线路与配电线路应分开敷设,条件所限确实无法分开时,应分别敷设于不同的金属管内。

2、外场设备接地系统利用基础及独立接地系统接地,接地系统由垂直接地极(镀锌角钢 L50×50×5×2500mm)、水平接地极(镀锌扁钢-50×5mm)和接地引上线(6mm²的绝缘多股铜导线)组成,工频接地电阻不高于4Ω。

3、外场设备的信号线路宜依据相应端口类型安装适配的信号线路浪涌保护器。

8.3.1.2 主要技术指标

- 提前放电时间 $\geq 60\mu\text{s}$;
- 避雷针内部无电子部件，免维护；
- 不锈钢材料。

8.3.2 电源防雷

主要是防止雷电波通过电源线路对计算机及相关外场设备造成危害。为避免高电压经过避雷器对地泄放后的残压过大或因更大的过电压在击毁避雷器后继续毁坏后续设备，以及防止线缆遭受二次感应，依照有关防雷工程的设计规范，应采取分级保护、逐级泄流的原则。

根据项目防护区域的雷暴强度 N_g （或年均雷暴日 T_d ）来选择最大放电电流 I_{max} 作为首级防护。在雷击高发区（如水边、旷野），或高压架空线直接进户的情况下，设施极易遭受直击雷害，可选用最大放电电流为 100KA（8/20 波形）的三相电源过电压保护器作为首级防护；选用最大放电电流为40KA（8/20 波形）的电源过电压保护器作为次级和末级防护。

通常在变压器出线、外场配电箱、外场设备电源进线等处分别设置各级电源过电压保护器，形成多级保护。

8.3.2.1 配置方案

按现场实际情况可在各外场设备电源进线口加装 10~40KA 过电压保护器。

8.3.3 信号防雷

由于雷电波在线路上能感应出较高的瞬时冲击能量，因此要求网络系统设备能够承受较高能量的瞬时冲击，而目前大部分通信设备由于电子元器件的高度集成化而致耐过电压、耐过电流水平下降，设备在雷电波冲击下遭受过电压而损坏的现象越来越多，其后果是可能造成整个系统的运行中断，系统失灵等，因此必须在网络通信口处加装必要的防雷保护装置以确保网络通信系统的安全运行。

对系统通信进行防雷保护，选取适当保护装置非常重要，应充分考虑防雷产品与通信设备匹配。根据被保护设备的工作电压、接口连接形式特性阻抗、信号传输速率或工

作频率及传输介质等参数选用插入损耗低的过电压保护器。

8.3.3.1 配置方案

在外场设备处安装网络信号过电压保护器。

8.3.3.2 主要技术指标

1、网络信号过压保护器

- 额定电压：5V；
- 最大放电电流：500A；
- 动态电压（1Kv/ μs ）10V；
- 响应时间：1ns；
- 频宽：100MHz；
- 结构：屏蔽金属铝，RJ45 接口。

8.4 接地设计

地面道路接地极采用 L50×50×5mm 长 2.5m 的镀锌角钢（端头为尖端）、50×5mm 的镀锌扁钢，接地引线包括 6mm² 的绝缘多股铜导线。将接地极打入土层（最好是常年比较潮湿的地方）。角钢与角钢之间用 50×5 mm 的镀锌扁钢（也埋设在距顶端 0.7m 的地方）以焊接方式连接，焊接完成后，焊接处进行防腐防锈处理。接地电阻如果达不到要求，将增加接地极数量。

外场设备的接地采用联合接地方式，接地电阻小于 4 Ω ，而且附近几个在道路同侧的设备采用共用同一个接地的方式。施工单位在基础附近的护坡道或排水沟外侧埋设接地极、并通过镀锌扁钢引到附近电力手孔内，再采用铜导线引到附近的各设备机箱内。

为保证系统可靠性，严格施工质量，在电缆敷设及设备电气安装等施工过程中执行和参照《低压配电装置及路线设计规范（GBJ54）》、《电气装置安装工程电缆路线施工及验收规范（GB50168）》、《安装工程分项施工工艺手册 第二分册 电气工程》、部颁《通信工程施工及验收技术规范（YDJ39）》、《电气安装工程接地装置施工及验收规范（GB50169）》等国家标准和行业规范。

第 9 章 计算存储、网络安全与系统接入

9.1 视频上云建设

9.1.1 扩容方案

表 9-1 2025 年扬州市普通国省道路网分中心上云网关扩容工程量清单

序号	路网分中心	已建 100 路上云网关	已上云视频 (路)	G345 新增视频 (套)	G345 新增上云点位 (路)	本期新增 100 路上云网关	备注
1	江都	2	106	2	6	1	1 个网关为 2019 年采购
2	邗江	2	89	/	/	1	1 个网关为 2019 年采购
3	仪征	2	110	2	2	1	1 个网关为 2019 年采购
合计			305	2	8	3	

普通国省道视频上云属于“智慧路网”云控平台的配套工程，支撑路网云控平台种路网监测与管理与服务相关业务开展。

根据现有已上云视频及本期视频上云数量，考虑扬州市公路事业发展中心江都分中心、邗江分中心和仪征分中心各有 1 台原网关为 2019 年采购，型号不满足通过软件将视频升级为高清（从 48Kbps 升级为 128Kbps 码率）的要求，本次设计在上述 3 个分中心各增设 1 台 100 路上云网关。

9.2 存储设施扩容

9.2.1 扩容方案

1、路侧视频监控存储量

根据本项目各路网分中心实施的视频监控上云路数，计算出相应的视频存储容量。

本期视频存储容量按照 1 路高清视频按 4Mb/s 码流，循环存储周期 30 天计算。

下表为路侧视频 NVR 存储扩容工程量清单，本次针对视频 NVR 存储无需扩容。但为保障视频传输通畅与稳定，在扬州市公路事业发展中心江都分中心、仪征分中心、邗江分中心各增设 1 台视频流媒体服务器。

表 9-2 路侧视频 NVR 存储扩容工程量清单

序号	NVR 参数						

	路网分中心		已接入视频路数	当前容量 (T)	本期新增视频数量 (套)	存储 30d 共需容量 (T)	本期新增 8TB 硬盘数 (块)	本期新增 NVR
1	江都	128 路, 16 盘位	116	168	6	7.56	/	/
		128 路, 16 盘位						
		128 路, 16 盘位						
2	邗江	128 路, 16 盘位	89	208	/	/	/	
		128 路, 16 盘位						
3	仪征	128 路, 16 盘位	152	116	5	6.3	/	/
		64 路, 8 盘位						
合计			357	492	11	13.86	/	/

2、智慧服务区服务区存储量

根据服务区管理要求及实际需求，视频存储周期为 90 天，每一路视频按照 4Mbps 码流设定，保障视频监控 24 小时不间断运行，1 路视频图像所需硬盘容量为：

$$4\text{Mbps} \times 3600 \times 24 \times 90 \div 8 \div 1024 \div 1024 \div 0.8 = 4.64 \text{ TB} \text{ (考虑到格式化后硬盘损失容量)}$$

因此，本次项目设计总共 63 路视频监控，所需存储容量为：

$$4.64 \text{ TB} \times 63 = 292.32 \text{ TB} \text{ (单块硬盘容量设计为 16TB)}$$

所以，本次视频监控系统设计一套 NVR 网络硬盘录像机，总共 19 块硬盘，放置在服务区，由服务区统一管理，邗江分中心及扬州地市中心远程监管及调用。

表 9-3 服务区 NVR 存储扩容工程量清单

序号	路网分中心	服务区视频现状 NVR	本期新增视频数量 (套)	本期新增视频路数 (路)	存储 30d 共需容量 (T)	本期新增 16TB 硬盘数 (块)	本期新增 NVR
1	邗江	/		63	292.32	19	1

3、其余场景存储量

对智慧冰雪检测系统、行车诱导及防碰撞系统、无信号交叉口预警系统产生的结构化数据进行存储，存储周期按 3 年估算，存储容量约为 10GB，无需新增 NVR。

同时为保障大量外场设施的稳定接入与运行，在扬州市公路事业发展中心南四楼机房配设 1 台 UPS 不间断电源，并在扬州市公路事业发展中心江都分中心、仪征分中心、邗江分中心各增设 1 台交换机。

9.3 网络安全扩容

9.3.1 扩容方案

1、物联网防火墙

物联网防火墙兼容传统防火墙的边界保护、防病毒、入侵防御、应用防护等所有功能特性，同时针对物联网安全场景的需求，提供资产发现与识别、资产入网管控、资产仿冒检测等功能。

部署位置：在扬州市公路事业发展中心、扬州市公路事业发展中心江都分中心、仪征分中心、邗江分中心各部署 1 台物联网防火墙。

2、情报板网络安全设备

针对公路情报板信息发布网络安全可能存在的系统风险，需要通过部署自主可控的信息发布传输安全防护，为信息发布系统提供整体安全防护的基础支撑，解决信息发布平台与外场显示终端信息交互过程中的设备信任、通道安全、内容安全和操作安全等问题。

①网络信息内容监测与防护

路面情报板显示屏箱体内安装情报板内容防护终端，针对公路情报板播放的通知、引导信息等文本类内容，进行文本内容防护。对信息文字中涉政违规、涉黄、涉毒、涉赌、涉暴恐和用户可定义的文字内容可进行 AI 自动识别，发现问题及时黑屏保护，阻止违规内容显示并在平台发布告警信息。防护系统可自定义白名单严格限制发布内容。

防护终端为边缘计算设备不依赖后台中心，在断网情况下可正常工作。

②情报板内容发布专用终端

防护系统可配置访问控制、入侵防护等网络安全防护功能。支持通信协议(TCP/UDP)、IP、PORT 白名单访问控制，支持 IP 地址和 MAC 地址绑定访问控制功能。

市中心可根据实际应用需求，建立网络地址对应策略表，将指定的网络地址进行绑定，通过黑白名单策略，指定情报板内容发布专用终端。

③部署方式

在市中心部署一套情报板内容安全防护软件部署服务器及情报板内容安全防护软件，各前端情报板检修仓内安装一台智能防护终端设备。情报板智能防护终端和情报板内容安全防护软件、服务器等符合国家相关标准，能够兼容不同厂商的设备。

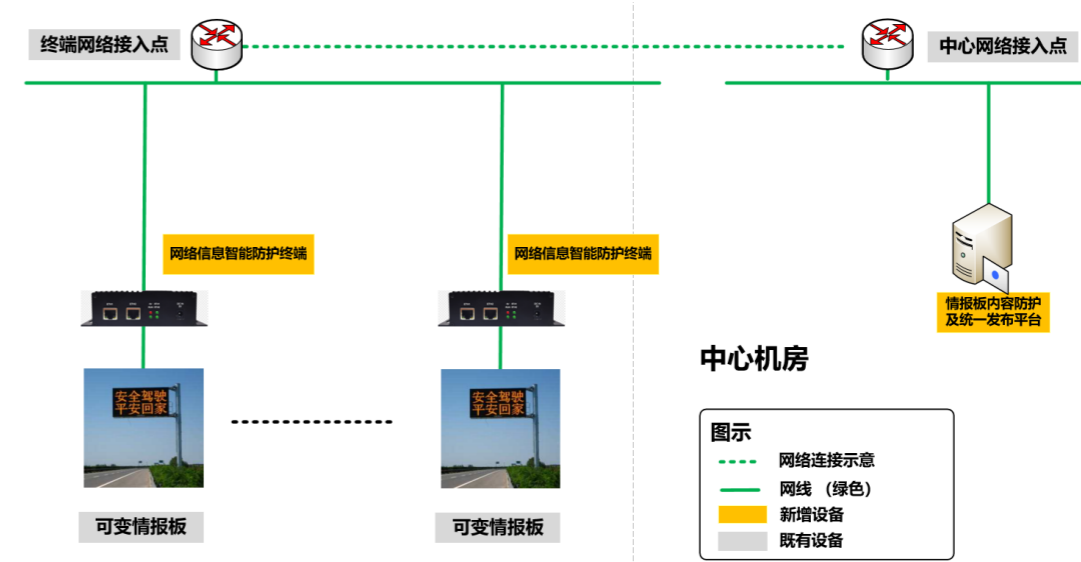


图 9-1 可变情报板网络安全架构图

3、智能机箱

针对沿线机电设施，通过智能机箱实现 IP 设备离线故障监测、断网监测、网络端口监测等，同时对各类故障开展异常远程重启及故障原因等分析定位，确保设备处于正常运行状态。鉴于本项目新增多路视频监控、交调站等各类设备，外场终端防护均采用智能机箱。同时将 G345 沿线 42 视频监控普通机箱或老化机箱更换为智能机箱。同步部署智能机箱控制与管理软件及智能机箱控制与管理软件部署服务器。

表 9-4 更换智能机箱监控点位表

序号	名称	桩号	更换内容
1	江苏-G345-扬州与泰州交界	K271+540	智能机箱
2	江苏-G345-与武嘶线交叉口	K274+150	智能机箱
3	江苏-G345-嘶马闸桥	K278+000	智能机箱
4	江苏-G345-大江线交叉口	K281+430	智能机箱
5	江苏-G345-中海船厂	K286+890	智能机箱
6	江苏-G345-夹江大桥	K288+100	智能机箱
7	江苏-G345-夹江大桥下	K288+200	智能机箱
8	江苏-G345-夹江大桥下	K288+450	智能机箱
9	江苏-G345-夹江大桥	K289+100	智能机箱
10	江苏-G345-新建交调站	K295+000	智能机箱
11	江苏-G345-沪陕高速江都南出入口	K297+400	智能机箱
12	江苏-G345-S531 交叉口	K297+571	智能机箱
13	江苏-G345-小夹江中桥	K301+790	智能机箱
14	江苏-G345-京杭运河大桥	K309+643	智能机箱
15	江苏-G345-京杭运河大桥	K310+191	智能机箱
16	江苏-G345-八里交调站	K315+911	智能机箱

17	江苏-G345-古运河大桥	K317+291	智能机箱
18	江苏-G345-S243 交叉口	K318+419	智能机箱
19	江苏-G345-扬溧瓜州出入口 1	K319+291	智能机箱
20	江苏-G345-扬溧高速跨线桥	K319+991	智能机箱
21	江苏-G345-建华大桥	K321+321	智能机箱
22	江苏-G345-G328 交叉口	K332+045	智能机箱
23	江苏-G345-与 S418 交叉口	K339+746	智能机箱
24	江苏-G345-与江宁路交叉口	K340+996	智能机箱
25	江苏-G345-与茶果路交叉口	K342+446	智能机箱
26	江苏-G345-与 X304 交叉口	K343+860	智能机箱
27	江苏-G345-中利水库溢洪河中桥	K345+346	智能机箱
28	江苏-G345-邱庄交调站	K346+846	智能机箱
29	江苏-G345-刘集收费站出入口	K347+600	智能机箱
30	江苏-G345-新扬高速刘集出入口	K348+146	智能机箱
31	江苏-G345-与仓房路交叉口	K349+646	智能机箱
32	江苏-G345-气象站	K351+246	智能机箱
33	江苏-G345-卞庄	K352+546	智能机箱
34	江苏-G345-与 S532 交叉口	K353+446	智能机箱
35	江苏-G345-如意桥	K353+970	智能机箱
36	江苏-G345-大仪镇王庄	K357+130	智能机箱
37	江苏-G345-扬州传化公路港	K359+050	智能机箱
38	江苏-G345-大仪交调站	K363+000	智能机箱
39	江苏-G345-张家村村委会	K364+450	智能机箱
40	江苏-G345-香沟中心学校	K367+720	智能机箱
41	江苏-G345-大仪公安检查站	K368+500	智能机箱
42	江苏-G345-苏皖省界	K369+700	智能机箱

9.3.2 系统升级方案

9.3.2.1 扬州普通公路感知系统——扬州公路 AI 应用

在扬州普通公路感知系统中开发扬州公路 AI 应用，通过 AI 技术与已建业务系统深度融合，解决系统数据查询效率低下，部门间业务协同不畅的问题，工作人员通过语音或文本下达指令需求，AI 即可快速完成数据检索与精准定位，大幅减少手动操作成本，打破信息壁垒，提升协同响应速度。实现了业务处理从“人找系统”到“系统随人”的转变，既优化了数据利用效率，同时又助力工作效率提升。

10.4.2.1.1 AI 应用（PC 端）

通过定制化开发各业务智能体，结合 MCP 协议使其提供相对应的 AI 应用服务，打造公路 AI 应用门户矩阵，支持多端融合，通过统一身份认证登录鉴权后提供“千人千面”的 AI

应用服务。

1.智能语音助手—扬小路

AI 管家“扬小路”以智能语音为核心交互载体，构建公路“AI 管家”模式，颠覆传统“人找系统”流程。通过语音或文本指令快速检索数据、打破信息壁垒，使协同响应提速超 30%，实现“系统随人”的主动服务，显著提升公路业务数据利用效率与处理效能。

通过自然语言处理（NLP）技术，深入理解语音指令的语义和意图，结合公路领域知识进行分析和处理，工作人员通过语音指令与系统进行交互，智能语音可通过指令唤醒服务、语音指令执行等缩短手动操作和文字输入时间，语音模型能通过识别语音指令后，调动各业务智能体执行相应操作，如语音下达“打开 6 月 10 日 xx 路段中缓行事件的视频”口令，系统可快速响应及查询到该路段最近发生的缓行事件并执行打开事件视频，提升信息获取效率。

2.语音唤醒

语音唤醒基于语音交互技术，用户无需手动操作，只需说出预设的唤醒词（如“扬小路”）或特定语句，AI 应用就能从休眠或待机状态被唤醒，进入可交互模式。

3.智能问答

以公路领域政策法规、技术指标、应急方案、行业规范等领域数据为基石，构建专业化、体系化的全域知识库，搭建公路领域智能问答助手，支持语音与文本双模态交互，基于深度语义理解与知识检索技术，从全域知识库中快速定位匹配答案，确保提供专业、准确的问答服务。同时，在输出的每一条回答中，关联展示引用知识库中的原文出处，实现问答知识点的可追溯性，保障答案输出的权威性与可信度，为公路领域从业者及相关用户提供可靠的知识获取渠道。

4.全域视频 AI

对接公路感知子系统中 500 多路交调站视频，采取“语音+文本”双模式视频检索功能，工作人员通过下达语音指令，通过 AI 赋能快速查询或打开当前视频与历史视频，旨在提升公路部门覆盖全市路网、打通历史与实时数据的全景监控能力，实现公路监控从被动查看到主动智能感知的质变。

5.交调流量决策 AI

对接感知子系统全域普通公路交调流量数据，针对系统中海量数据的再加工与标注，通过 AI 赋能可快速实现交调流量数据的查询、比对、解析；再结合大模型的深度智能学习，创建的“交通态势推演模型”，能提前 72 小时预测路段拥堵指数，在节假日高峰期，模型能够有效提供分流方案，提升通行效率。

6.路网事件应急 AI

整合普通公路监控资源,工作人员采取“语音+文本”双模态指令,通过事件编号、类型、事件程度、交调站等多维度检索可秒级调取缓行、停车等多类突发事件数据及事件现场视频,结合视频“轮播上墙”,可快速定位及播放事件视频。

在现在路网事件应急 AI 的基础上,再结合 AI 模型的推理与自我学习能力,创新探索“公路事件应急态势决策模型”,预留对接气象、交警等多个部门数据库,实现积水、团雾等突发事件的智能研判,突遇路网事件后,平台将自动触发应急预案,30 分钟内完成“视频取证—路况推送—分流引导—形成事件全流程报告”等全流程闭环处理。

7.智能辅助决策 AI

针对公路中心已有的核心数据资产,如公路基础路况数据(公路、桥梁基础信息)、养护数据、技术指标数据、交通流量数据、交通政策法规、热线工单信息、巡检数据档案(台账)、充电桩、设备、人员、服务区、公路年报等各业务部门数据,通过智能语音交互实现数据查询、数据比对、数据分析、数据辅助决策等,按需生成数据报表,真正实现让数据“跑”起来。

8.养护需求预测与决策 AI

通过收集与整合市公路中心历史养护数据、交通流量数据、路况监测(巡检)数据等,采取“AI 算法模型+车载巡检+视觉识别”多模态协同方式,针对路基、路面等设施,可检测裂缝、坑槽、沉陷、积水等多种道路病害,通过智能研判、人工复验后进行智能诊断,根据诊断结果智能推荐养护方案,由系统生成养护工单,有助于养护部门提前规划养护资源,确定养护优先级。

10.4.2.1.2AI 应用(移动端)

按需提供 APP 和小程序(H5)移动服务端。

扬州公路 AI 移动端面向市公路中心业务科室、分中心工作人员 APP 和小程序(H5),根据用户权限开放智能问答、路面病害识别、智能辅助决策(查数、问数等)、事件工单处置模块。

10.4.2.1.3数据应用

1.数据管理

数据管理层面,实现结构化、非结构化数据的跨源采集与标准化接入,打通业务系统与算法模型的数据链路;数据加工通过 ETL(提取、转换、加载)与特征工程,完成数据清洗、

聚合及算法可用特征构建,形成标准化数据资产;数据治理依托元数据管理、质量管控与安全合规机制,确保数据的一致性、准确性与可用性;数据标注则通过人工与半自动化工具结合,为计算机视觉、自然语言处理等任务提供高质量训练样本,通过数据全生命周期管理,实现从数据到知识的价值转化,为 AI 模型训练与业务场景赋能。

2.数据接口

数据接口层面,构建统一、标准化的数据交互通道与平台功能入口,高效支撑数据全流程管理与价值释放。数据对接提供多样化的连接器与标准化 API/SDK,实现跨源、跨平台数据的灵活接入与无缝集成,确保业务系统、外部数据源与平台内部管道的互联互通;数据加工通过封装化的 ETL 任务调度、特征处理接口及可视化编排能力,赋能用户便捷配置与执行数据清洗、转换、聚合及特征构建等核心操作;数据治理集成元数据自动捕获、质量规则引擎与访问控制策略接口,保障流经接口的数据满足质量、安全与合规性要求,实现治理规则的动态应用与结果反馈;数据服务基于标准化 API 网关与服务目录,提供按需、可控的数据资产订阅与访问能力,支持低延时查询、批量数据交付及结果集推送等多场景需求;数据共享则通过安全隔离机制、授权审批流程与审计追踪功能,实现跨部门、跨系统数据的安全可控分发与协作。通过规范化、松耦合的接口服务体系,数据接口作为核心枢纽,打通数据供给与消费链路,促进数据资产的敏捷流通与高效复用,直接赋能智能应用构建与业务价值转化。

9.3.2.2 扬州科技兴安管理平台

围绕数字化转型需求,开展扬州科技兴安管理平台功能升级、数据接入等工作,一是细化行人过街预警分析功能,新增精细化数据分析页面;二是平台通过内网安全边界接入数字化转型沿线外场感知设备数据及杨走市科技兴安无信号交叉口预警平台数据,为公路设施智能感知、精准分析、科学养护与公众服务提供安全、实时的数据支撑。

1、软件功能

(1) 交通参数统计与分析

1) 流量统计

a. 分方向流量计数

系统每 5 分钟汇总主路/支路上行、下行、左行、右行四个方向机动车与非机动车流量,页面以数字翻牌形式呈现。

b. 路口流量排行

对全部路口进行实时、当日、近 7 日、近 30 日流量 TOP5 排行，点击“详情”展示该路口的流量-时间柱状图。

2) 速度统计

统计七日 15:00~16:00 时间段内各方向主路/支路上行、下行、左行、右行四个方向车辆平均车速。

(2) 设备管理

1) 设备列表与状态监控

统计每个设备的“物联网编码、设施编码、设备名称、安装地址、在线/离线状态、最后在线时间、数据更新时间”项关键信息，并支持一键刷新及按任意字段排序，便于定位异常设备。

2) 设备详情展示

点击设备列表查看设备的详细信息，物联网编码、设施编码、设备名称、安装地址、在线/离线状态、最后在线时间、更新时间、经纬度及地图上的位置，并支持地图随意拖动，查看设备周边情况，便于运维人员定位设备详细位置

(3) 地图服务

1) 路口图层

在矢量地图上以图标形式展示全部路口，图标颜色按路口等级区分，点击图标弹出路口基础信息及实时行人车辆流量。

2) 设备图层

将摄像头、雷达、行人过街等设备点位叠加于地图，图标样式随在线/离线状态变化，支持分类别查看设备。

(4) 无信号交叉口预警数据展示

实时呈现无信号交叉口雷视检测器的行人-车辆轨迹、冲突预警及处置状态，支持 10 秒级态势刷新。

2、数字化转型外场设备数据接入

扬州科技兴安管理平台开展扩容升级，新增接入扬州普通国道已有无信号交叉口视频、行人过街预警等道路感知设备数据，数据类型包含车辆坐标、速度、方向等实时交通数据及无信号交叉口的行人与车辆预警等信息；同时以单点登录形式集成到智能感知平台。

第 10 章 路侧系统施工要求

10.1 结构监测传感器实施要求

1、传感器

传感器供电应根据设备参数选择相应电源，供电线路施工应满足《供配电系统设计规范》GB50052-2016 的要求。

传感器防雷接地应符合《建筑物电子信息系统防雷技术规范》GB50343-2012 的要求。

传感器安装位置、方位、角度、高度符合设计要求；对于有测量方向要求的传感器，方向角偏差应小于 1°；对于有平整度要求的传感器，倾斜角应小于 1°。

传感器和保护装置表面应光泽一致、无划伤、无刻痕、无剥落、无锈蚀。

传感器安装立柱、支架及螺栓应符合设计要求，防腐措施得当，裸露金属部分无锈蚀。

埋入式安装的传感器安装时，信号线缆应与内部构件进行固定，禁止悬吊，线缆出口位置应使用套管加以保护。

通过钻孔埋入的传感器，空洞直径应大于传感器垂直于钻孔方向最大尺寸的 1.5 倍，且小于 5 倍；孔洞内杂物和灰尘应清理干净，埋入传感器后应采用混凝土砂浆或环氧树脂填充，养护时间不应小于 7 天。

表面贴附安装的传感器与被测构件需要紧密贴合，必要时结合处可填充结构胶并安装辅助装置固定，固定时间不宜少于 1 天，胶结材料固化后应及时拆除辅助装置。

通过附属设施安装的传感器，附属设施刚度应满足设计要求。

每个通道内各传感器中心波长应尽量分散，避免解调时相互干扰。

传感器安装后应在 24 小时内完成初始数据的记录。

传感器系统施工全过程应保留完整的影像或图片资料。

2、电线敷设：

(1) 为避免电源感应对仪器测量、系统通讯带来影响，本系统所用的电源电缆不能同传感器电缆、通讯电缆敷设在同一保护管内。

(2) 敷设时绝对防止火花溅落在电缆上，因此要沿敷设线有专人监视。电缆敷设前要核对长度和清单，防止电缆长度不足。电缆盘要编号，顺次写下所敷电线号。敷设前要做电缆绝缘记录，敷设好一根就要整理一根。敷设后电线头要临时用塑料薄膜封头以防湿气浸入。

(3) 电缆应穿管保护，保护管规格为 PVC 管，特殊困难线段以不锈钢软管连接。顺桥部分沿线缆槽道路由敷设。

(4) 所有的保护管均应联入主桥的防雷接地体系。

(5) 对施工工人要作一次详细交底，分清负责范围。

3、设备调试：

(1) 设备电源线和配线的导线要求清洁、无软化及绝缘破裂等现象。

(2) 接线处要求牢固，各处标记需醒目正确、不易褪色并与设计图一致。

(3) PVC 管要完善无损。

(4) 各电气部件要完好无损，内外清洁无灰尘、无腐蚀。

(5) 各部件连接调试应正常。

10.2 杆件安装要求

(1) 立杆

杆件由立杆、连接法兰、造型支臂、安装法兰及预埋钢结构构成。杆件及其主要构件为耐用结构，由能承受一定的机械应力，电动应力及热应力的材料构成，此材料和电器元件需采用防潮，无自爆，耐火或阻燃产品。杆件材质为Q235材质，立柱高度参考深化设计图纸，整体采用热镀锌后喷塑处理。设备设置位置、支撑方式、结构设计及材料应符合《公路交通标志和标线设置规范》(JTG D82—2009) 总体要求部分。

立杆安装应保证坚固耐用、防盗等安全性。路侧新立杆件距离硬路肩外侧不小于0.5m，若路侧现状存在波形梁护栏则需安装于波形梁护栏外侧且距离波形梁护栏不小于0.5m，杆件上安装设备任何部分不得侵入道路建筑限界内。

悬臂式杆件安装设备下边缘与路面的垂直高度应考虑满足建筑限界的要求，并考虑横杆下垂变形、路面维修加厚等因素，下边缘与地面的垂直高度不得低于550cm。悬臂上LED屏幕安装宜根据设置地点道路的平、竖曲线线形调整板面的水平或俯仰角度，保证面向来车方向，减少对驾驶员的眩光。道路上方LED诱导屏应与道路中心线垂直，并与道路垂直线成8°~10°俯角，速度较低时取俯角较低值，速度较高时取俯角较高值。

标志立柱应保持垂直，其倾斜度不得大于立柱高度的0.5%，且不得向车行道一侧倾斜。

立柱、杆件等的钻孔、冲孔和车间焊接，应在钢材表面进行表面防腐处理之前完成。

(2) 基础

杆件基坑使用C30商品混凝土进行浇灌，浇灌后注意保养，最终基础不得有沉降。基础的混凝土浇注面平整度小于5mm/m尽量保持立杆预埋件水平。预埋件法兰盘低出周围地面20~30mm，再用C25细石砼把加强肋盖住，以防止积水，混凝土强度不低于25MPA。

基础施工前应探明施工影响范围内管线情况，再进行基槽开挖。由于地下管线较复杂，基槽开挖建议使用人工开挖并对已有管线采取保护措施，避免大型机械开挖时破坏管线。地下管线与基础有冲突的时候，应采取偏移基础位置避让管线，基础偏移时要注意基础顶部外轮廓线不得超出中分带或绿化带边线。如上述避让解决不了冲突问题，请及时通知设计院，另行处理。

10.3 机箱安装要求

在有需要的路侧系统中设置机箱，设备箱、光交箱均采用冷轧钢板制作，整体热浸镀锌喷塑，壁厚不低于 1.2mm，根据箱内设备及后期可预见增加设备空间，箱体上注明“江苏公路”及“维护单位名称、联系电话”等字体。

设备箱内部应提供电源配电模块、防雷模块、自动重合闸、绕线盘、接地铜排、散热风扇，预留网络传输设备（前端传输设备）放置空间。

●采用螺栓法兰对接方式与杆件固定，机箱底部距离路面的垂直高度不低于 2.5m，大小适中；机箱防护等级不低于 IP55；内部电线排列整齐，分区合理，杆件与机箱连接布线隐藏走线；机箱颜色为交通白色（国际色彩号 RAL9016）；

- 安装位置同时要考虑市政对市容的要求，不能阻挡行人或磕碰行人；
- 在管线引入和引出部位要作防潮、防雨处理；
- 箱体要安装智能锁，保护内置元器件免遭偷盗和破坏；
- 设备机箱内应设置专用接地铜排；
- 独立置于基础上的机箱应在基础达到设计强度并经验收合格后方可安装；
- 机箱安装应稳固，垂直度允许偏差为 2‰。

10.4 外场设备钢结构防腐处理

主杆件经除锈处理之后采用热浸镀锌防腐处理，镀锌量应不小于 350g/m²。涂塑材料采用聚酯涂料，厚度 >0.076mm，颜色为乳白色，施工时应严格按照规范要求进行。为保证标志结构喷塑后的总体质量，涂塑层应满足以下要求。下文提及的试验方法应符合《公路工程钢结构防腐技术条件》（GB/T18226-2015）有关试验规定。

（1）涂塑层厚度

钢管、钢板及其它需要喷塑构件的涂塑层厚度应 >0.076mm。

（2）涂塑层的均匀性

涂塑层应均匀光滑、连续、无肉眼可分辨的小孔、空间、孔隙、裂缝、脱皮及其它有

害缺陷。

（3）涂塑层的附着性

涂塑层应附着良好，对于聚酯涂层，经划格试验后，刻痕光滑，涂塑层无剥离脱落。

（4）涂塑层抗弯曲性能

涂塑层经弯曲试验后，试样应无肉眼可见的裂缝或涂塑层脱落。

（5）涂塑层耐磨性

涂塑层经耐磨性试验后，每 1000 转测得的重量损失应不超过 100mg。

（6）涂塑层耐冲击性能

在 24±2℃时，用 1kg 钢球从高度 1m 处冲击试样，涂塑层应无碎裂、开裂或脱落现象。

（7）涂塑层耐盐雾腐蚀性能

8h 盐雾试验后，除划痕部位在任何一侧 0.5mm 内，涂层应无起泡、剥离、生锈等现象。

（8）涂塑层耐湿热性能

将试样在 47±1℃、相对湿度在 96±2%的调温调湿箱中放置 8h 后，除划痕部位在任何一侧 0.5mm 内，涂层应无起泡、剥离、生锈等现象。

（9）涂塑层耐低温脆化性能

将试样在 -60±5℃的调温箱中放置 168h 后，涂塑层性能无下降。

（10）涂塑层耐化学腐蚀性能

涂塑层在经过常温下耐酸、耐碱、耐盐试验后，涂塑层应无起泡、软化、丧失黏结等现象。

（11）涂塑层耐候性能

1000h 人工加速老化试验后，涂塑层不允许产生裂缝、破损等损伤现象，允许轻微褪色。

10.5 基础施工要求

1、应按设计文件规定的位置设置预埋件，路基段基础采用明挖法施工，基底应先整平、夯实，控制好标高。设备基础与手孔之间的连接 PE 管、钢管摆放位置可根据现场情况进行调整。施工完毕，基础应分层回填夯实，对于破坏的护坡应加以恢复。

2、基础工程所用材料的规格及质量应由施工单位在使用前进行检验，发现问题应及时处理。施工前必须依据深化设计图纸和现场交底的控制桩号进行基础位置复测，并按照施工需求布设桩点。

3、基础法兰与基础对中，并保持法兰顶面水平，预埋的地脚螺栓应与法兰平面保持垂直。施工完毕，地脚螺栓外露长度应控制在 80~150mm 内，外露螺纹应用纸包裹并用水泥封死，露出基础的管道应堵塞，以避免进水。在浇注基础混凝土时，应分两次进行，第一次浇筑到基底以上 20cm 左右，待混凝土凝固后，去掉浮渣，对预埋螺栓进行精确校正后，再浇注剩余部分的混凝土，施工单位也可以依次浇筑完成，必须确保预留预埋的螺栓位置正确并保持垂直，基础表面应平整。

4、基础设施中采用的钢筋均为普通碳素结构钢，钢筋 D 小于 10mm 时，采用 HPB300 级钢筋，钢筋 D 大于等于 10mm 时，采用 HRB400 级钢筋。钢筋型号、规格及材料性能应符合 GB 1499 最新规范要求。

5、结构用钢材采用普通碳素结构钢(Q235)，技术条件应符合《碳素结构钢技术条件》(GB/T 700-2006)的规定。

6、地脚螺栓、法兰盘采用 Q345，底板、热轧扁钢采用Q235。

10.6 管道施工要求

管道埋设在土路肩外侧，每隔 50m 左右设置手孔 1 个。

供电管道通过切槽方式过路时采用 SC50 管，供电管道横穿路基时采用顶管方式时采用 PE50 管。供电管道明敷通过构造物（桥梁、涵洞等），采用 SC50 镀锌钢管，电缆穿在 SC50 镀锌钢管内，采用卡箍固定在构造物（桥梁、涵洞等）外侧，过桥钢管建议走桥台，不要影响桥体安全。

10.7 管道材料

1、聚乙烯管道 PE

供电管道在路上采用聚乙烯管道（以下简称 PE）铺设，管材规格为 PE50。要求管道外壁无破损、变形，管道内壁应光滑平整，无裂缝、无划痕，符合信息产业部《地下通信管道用塑料管道》(YD/ T841- 2008)中的各项技术指标的规定。

2、钢管

供电通信管道过路及过构造物时需外套钢管保护，所有钢管均采用镀锌焊接钢管，规格 SC50。

钢管及钢构件均做热浸镀锌防锈处理，热镀锌的镀锌量为 600g/ m² 热浸镀锌所用的锌应为《锌锭》(GB470- 2008) 中规定的特一号锌或一号锌。

10.8 手孔井

电缆牵引张力限制的间距处必须设置手孔井；电缆方向较大改变处必须设置手孔井，手孔间距不得超过 50m；所有顶管两端均设有手孔，深度为顶管深度+20cm；所有过桥钢管两端均设有手孔；手孔的尺寸见设计图。

手孔施工应严格按设计图纸，统一尺寸，规范施工。

第 11 章 施工组织

11.1 施工准备

1、技术交底

正式开工前建设单位应组织设计单位向施工单位进行交底，介绍各场景的功能与特点、设计理念、原则与要求，同时答疑施工单位对施工图的疑问。

2、施工技术交底

施工前由施工单位专业技术人员向参与施工的人员进行的技术性交待，详细介绍工程特点、技术质量要求、施工方法与措施和安全等。

3、施工人员及物资准备

施工单位人员项目经理、技术负责人、施工员、材料员、质量员、安全员应配备齐全且持证上岗，还需根据工程用工量编制专业工种劳动力计划表。根据施工内容配置相应的测量仪器和检验仪器，并及时校定。根据工程量编制工程材料和设备供应计划，周转材料、安全设施和施工机具的配置计划。

4、开工报验

开工前应将评审通过的施工组织设计方案、施工进度计划、安全专项方案、应急预案、交通组织方案、施工许可证等上报监理单位审核，审核通过后方可开工。

11.1.1 施工工艺

11.1.1.1 施工流程

1、基础及杆件施工：定位、放线→基坑及管道开挖→钢筋笼及预埋件制安、管道预埋→基础混凝土浇筑、管道沟槽回填→杆件吊装

2、设备安装调试：穿线、校线→设备安装→设备调试→系统联调

11.1.1.2 施工工艺要求

1、定位放线

应根据施工平面图所示桩号找到相邻百米桩，进行初步定位，与公路中心线平行和垂直的方向各拉一条线作为定位线，基础一侧与中心线应保持平行，基础外侧距离路缘应保持40~70cm。门架式钢构件两个立柱中心之间的连线应与道路中心线垂直，允许偏差为 $\pm 1^\circ$ 。基坑尺寸应按照图纸大样图进行放样并撒石灰线，报监理单位验收合格后开挖。

2、基础施工

(1) 基础开挖。基础应放样定点后开挖，当开挖时遇到管线应避让，应及时通知建设单位、监理单位与设计单位，重新选址开挖，基坑的位置和几何尺寸均应满足设计文件的要求，基坑开挖时应保护施工现场周围。开挖的基坑四周应设置围挡，并设立明显的警示标志。

(2) 基底处理。基坑开挖后应平整基底、清理坑壁、检测基底的地基承载力。出现软弱地基等不良地质条件时，应对基坑进行处理。当开挖时遇到管线应避让。

(3) 模板安装。基坑验收合格后，在基础混凝土外露部分和基坑上沿以下10~20cm位置安装模板。模板不得有移位和凸出，应对其平面位置、顶部高程、节点联系及纵横向稳定性进行检查，模板安装规定值或允许偏差见表。

表 11-1 模板安装规定值或允许偏差

检查项目	允许偏差
模板高程 (mm)	± 10
模板内部尺寸 (mm)	± 20
相邻两板表面高低差 (mm)	≤ 2
表面平整度 (mm)	≤ 5
预埋件中心线位置 (mm)	± 3

(4) 钢筋绑扎。钢筋应平直、无弯折，表面应洁净，无油渍、漆皮、鳞锈。每片受力钢筋网应在中断面取一点进行检查，钢筋位置允许偏差见表。

表 11-2 钢筋位置允许偏差表

检查项目		允许偏差
受力钢筋间距 (mm)		± 10
钢筋骨架尺寸	长 (mm)	± 10
	宽、高 (mm)	± 10
保护层厚度 (mm)		+10

(5) 法兰盘安装。模板和钢筋验收合格后,在浇筑混凝土之前应按照设计图纸准确安装底座法兰盘,可在与公路中心线平行和垂直的方向各拉一条线作为定位线,然后在侧模板上中分画线,放置法兰盘时应确保基础纵横轴线与法兰盘纵横轴线两两重合。预埋地脚螺栓应与法兰盘垂直固定,底座法兰盘应安置水平。浇筑混凝土前后均应用水平尺等仪器检查法兰盘水平情况,法兰盘平整度允许偏差 $\leq 4\text{mm}$,预埋件应齐全,地脚螺栓外露部分应妥善保护。

(6) 混凝土浇筑。法兰盘安放合格后,应固定底座法兰盘和地脚螺栓,然后开始浇筑混凝土,混凝土的强度应符合设计要求,混凝土的浇筑应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)规定。混凝土的浇筑不应影响地脚螺栓和法兰盘的位置。混凝土外露表面应密实、平整,蜂窝、麻面面积不超过结构同侧面积的 0.5%,不得有肉眼可见的明显裂缝。混凝土强度检测应符合现行《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》(JTG F80/1)的规定。

(7) 调整养护。混凝土浇筑完成后,应再次对法兰盘水平情况进行检查、调整。法兰盘表面应擦拭干净,不得留有混凝土或其他异物,预埋螺栓的外露部分应清理干净并采取保护措施。对基础外露部分进行抹平后,应按照现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)规定进行混凝土养护。

(8) 基础回填。基础的回填土应分层夯实,本次杆件基础需做下沉式基础,基础包封处需在水平面以下,做好原土覆盖或绿化覆盖,保障安全。

3、钢构件的加工、运输和安装

(1) 应根据施工放样协调后基础实际位置、净空要求和设计文件确定立柱和横梁的加工长度。

(2) 悬臂式标志横梁制作应按照设计文件的要求设置预拱度。

(3) 所有钢构件的切割、钻孔、冲孔、焊接等加工均应按现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)和设计文件的要求,在防腐处理之前完成。

(4) 所有钢构件应无变形或损坏。所有钢构件防腐层应均匀、颜色一致,不得有流挂、滴瘤或多余结块,表面应无缺漏、损伤等缺陷。用钢卷尺或游标卡尺测量立柱、横梁的断面尺寸,应符合设计要求,用钢尺测量立柱、横梁的制作长度,与经现场调整确定的长度允许偏差为 $\pm 5\text{mm}$ 。法兰盘尺寸应正确,连接紧密,无裂纹、未熔合、夹渣、凹槽等缺陷。抱箍、扣压块、螺栓、螺母等紧固件应符合设计要求。

(4) 所有钢构件在运输过程中不应出现变形或损坏,不应损伤防腐层,宜采用保护性

包装材料隔离保护。

(5) 钢构件应在基础混凝土强度达到设计强度的 80%以上后,经监理工程师批准后安装。安装前应依据设计文件对钢构件进行核对。检查钢构件结构是否存在裂缝、变形等影响安装的缺陷。

(6) 钢构件立柱安装时应用垂线、直尺或经纬仪由相互垂直的两个方向测量检查立柱垂直度,立柱的内边缘距土路肩边缘线距离应满足设计要求,立柱垂直度允许偏差应 $\leq 3\text{mm}$ 。各部位连结螺栓应齐全、拧紧程度应一致。用水泥砂浆对加劲法兰盘与基础之间的缝隙进行封闭。

4、预埋管道施工

根据设计图纸、技术交底的要求,管道施工流程为划线定位、开凿路面、挖掘沟(坑)、敷设基础、敷设管道、管道包封、砌筑人手孔、安装附属设施、回填夯实、废料清除等。

(1) 划线定位,施工前,必须依据设计图纸和现场交底的控制桩点,进行通信管道及人(手)孔位置的复测,并按施工需要钉设桩点,复测钉设的桩(板)应符合下列规定:直线管道,自人(手)孔中心 3~5m 处开始,沿管线每隔 20~25m 宜设一桩(板);设计为弯管道时,桩(板)应适当加密。平面复测允许偏差应符合下列规定:管道中心线不得大于 $\pm 10\text{mm}$ 。直通型人(手)孔的中心位置不得大于 100mm。管道转角处的人(手)孔中心位置不得大于 20mm。单个管道段必须先划线定位,确定沿线的环境及地质情况。满足设计高程、坐标、中心线、孔位的要求。

(2) 开凿路面及挖掘沟坑

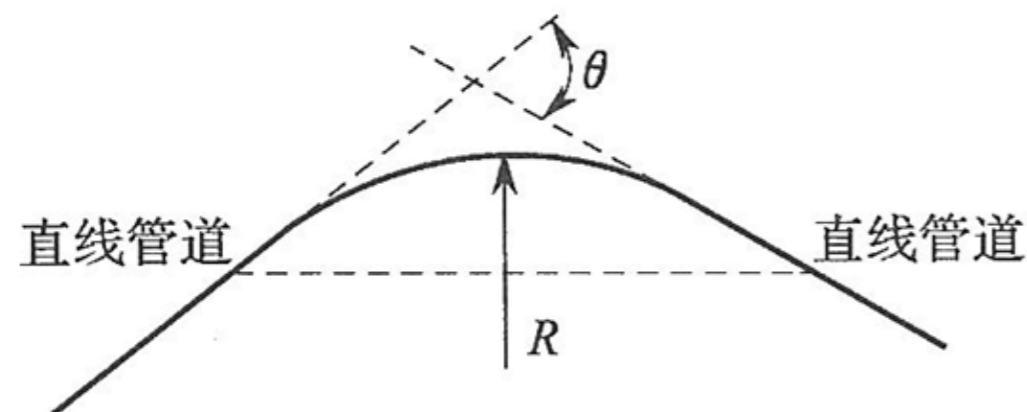
管道沟槽施工中,遇到不稳定土壤或有腐蚀性的土壤时,施工单位应及时提出,待有关单位提出处理意见后方可施工。管道施工开挖时,遇到地下已有其他管线平行或垂直距离接近时,应按设计规范的规定核对其相互间的最小净距是否符合标准。如发现不符合标准或危及其他设施安全时,应向建设单位反映,在未取得建设单位和产权单位同意时,不得继续施工。按照确定的中心线位置,以管道总宽度加上作业面宽度为上口宽度开凿路面,向两侧及下面开挖。遇到不稳定地质情况时应该采取必要的支护措施。挖掘不需支撑护土板的人(手)孔坑,其坑的平面形状应与入(手)孔形状相同,坑的侧壁与人(手)孔外壁的外侧间距不应小于 0.4m。挖沟(坑)接近设计的底部高程时,应避免挖掘过深破坏土壤结构,如挖深超过设计标高 100mm,应填铺灰土或级配砂石并应夯实。

(3)管道敷设

塑料管道的铺设应满足设计规定的各项要求,塑料管铺管及接续时,施工环境温度不宜

低于-5℃。

弯曲管道的曲率半径不应小于 10m，弯管道的转向角度应尽量小，同一段管道不应有反向弯曲(即“S”形弯)或弯曲部分的转向角度 $>90^\circ$ 。的弯管道(即“U”形弯)。弯曲管道示意图。



管道进入人(手)孔时，管道不应凸出人(手)孔内壁，应终止在距墙体内侧 100mm 处，并应严密封堵，管道做成喇叭口。管道基础进入人(手)孔时，在墙体上的搭接长度不应小于 140mm。各塑料管的接口宜错开排列，相邻两管的接头之间错开距离不宜小于 300mm；弯曲管道弯曲部分的管接头应采取加固措施。波纹管、硅芯管组成管群应间隔 3m 左右用勒带绑扎一次，蜂窝管或梅花管宜用支架分层排列整齐。

(4)沟槽回填

管道工程的回填土，应在管道或人(手)孔按施工顺序完成施工内容，并经 24h 养护和隐蔽工程检验合格后进行。回填土前，应先清除沟(坑)内的遗留木料、草帘、纸袋等杂物。沟(坑)内如有积水和淤泥，必须排除后方可进行回填土。管道工程的回填土，除设计文件有特殊要求外，应符合下列规定：在管道两侧和顶部 300mm 范围内，应采用细砂或过筛细土回填。管道两侧应同时进行回填土，每回填土 150mm 厚，应夯实。管道顶部 300mm 以上，每回填土 300mm 厚，应夯实。

(5)手孔井砌筑

砖、混凝土砌块(以下简称砌块)砌筑前应充分浸湿，砌体面应平整、美观，不应出现竖向通缝。砖砌体砂浆饱满程度应不低于 80%，砖缝宽度应为 8~12mm，同一砖缝的宽度应一致。砌块砌体横缝应为 15~20mm，竖缝应为 10~15mm，横缝砂浆饱满程度应不低于 80%，竖缝灌浆必须饱满、严实，不得出现跑漏现象。砌体必须垂直，砌体顶部四角应水平一致；砌体的形状，尺寸应符合设计图纸要求。设计规定抹面的砌体，应将墙面清扫干净，抹面应平整、压光、不空鼓，墙角不得歪斜。抹面厚度、砂浆配比应符合设计规定。勾缝的砌体，

勾缝应整齐均匀，不得空鼓，不应脱落或遗漏。

5、穿线、校线

(1)施工工具，电缆或光缆的接续工具：剥线器、光纤切断器、光纤熔接机、光纤磨光机等必须进行检查，合格后方可在工程中使用。

(2)对角电缆电气性能、机械特性、光缆传输性能及连接器件的具体技术指标和要求，应符合设计要求。

(3)线缆的型式、规格应与设计规定相符。线缆的布放应自然平直，不得产生扭绞、打圈、接头等现象，不应受外力的挤压和损伤。线缆两端应贴有标签，应标明编号，标签书写应清晰、端正和正确。标签应选用不易损坏的材料。

(4)线缆间的最小净距应符合规范要求。

(5)线缆的弯曲半径应符合下列规定：

- 1) 非屏蔽 4 对对绞电缆的弯曲半径应至少为电缆外径的 4 倍。
- 2) 屏蔽 4 对对绞电缆的弯曲半径应至少为电缆外径的 10 倍。
- 3) 4 芯水平光缆的弯曲半径应大于 25mm,其它芯数的水平光缆的弯曲半径应至少为光缆外径的 10 倍。

(6)敷设暗管采用钢管或者阻燃聚氯乙烯硬质管。布放大对数主干电缆及 4 芯以上光缆时，直线管道的管径利用率应为 50%~60%，弯管道应为 40%~50%。暗管布放 4 对对绞电缆或 4 芯以下光缆时，管道截面利用率应为 25%~30%。

11.1.2 安全文明施工

1、建立安全管理机构

施工单位应成立以项目经理组长的安全、文明施工管理体系，对项目安全、文明施工管理等问题进行决策和管理；项目部应设立安全环保部，全面负责工程的安全生产、文明施工与环境保护管理工作。施工企业也应当建立项目生产安全巡查机构，所属项目进行安全生产监督。

2、安全生产管理制度

1) 安全生产责任制。明确各级人员的安全责任，各级职能部门、人员在各自的工作范围内，对实现安全生产要求负责，做到安全生产工作责任横向到边、层层负责，纵向到底，一环不漏。

2) 安全专项方案论证。根据建设部《危险性较大分部分项工程安全专项方案编制及专家论证审查办法》，符合危大工程的分项工程应编写相关安全施工方案，并报相应部门审查、

论证、审批，从技术上保障生产安全。

3) 安全教育制。凡进入施工现场的作业人员，必须先接受入场三级安全教育，只有具备相应的安全知识，掌握相应的安全技能，经考核合格后方可上岗作业。

4) 特种作业持证上岗制。特种作业人员必须具有良好的安全操作技能，持有相应工种的操作证，经查验后方可上岗，并在施工过程中随时携带备查。

5) 安全技术交底制。根据安全技术方案要求和现场实际情况，各级管理人员需逐级进行书面交底，最终向作业工人交代清楚作业流程、注意事项、可能存在的危险等事宜，并在施工过程中进行指导，检查安全技术交底的落实情况。

6) 机械设备安装验收制。汽车吊等大中型机械设备安装 实行验收制，未经验收不得投入使用。

7) 重要过程旁站制。对于危险性大、工序特殊的生产过程，必须有管理人员现场指挥，出现问题及时处理。

3、安全生产管理人员及安全生产资料配备

施工单位应根据项目规模配备专职安全员，并持证上岗。

施工单位应当为员工、作业人员配备必要的劳动保护用品，并督促作业人员在作业时正确使用。用人单位应建立和健全劳动防护用品的采购、验收、保管、发放、使用、更换、报废等管理制度。劳动防护用品应符合国家标准或行业标准。劳动防护用品按人体生理部位分类：**(1)头部防护**：安全帽。**(2)面部防护**：头戴式电焊面罩、防酸有机类面罩、防高温面罩。**(3)眼睛防护**：防尘眼镜，防飞溅眼镜，防紫外线眼镜。**(4)呼吸道防护**：防尘口罩，防毒口罩，防毒面具。**(5)听力防护**：防噪音耳塞，护耳罩。**(6)手部防护**：绝缘手套，耐酸碱手套，耐高温手套，防割手套等。**(7)脚部防护**：绝缘靴，耐酸碱靴，安全皮鞋，防砸皮鞋。**(8)身躯防护**：反光背心，工作服，耐酸围裙，防尘围裙，雨衣。**(9)高空安全防护**：高空悬挂安全带、电工安全带、安全绳。

施工单位应配备足够的施工告示牌、道路施工安全标志标牌、交通锥、警示灯等，各类物品随施工需要适应增加，同时做好损耗后的及时补足。

(1) 施工告示牌：设置在本工程的两端，标明工程的各项内容。

(2) 施工安全标志标牌：具有夜间反光功能，蓝底白字。设置在施工段两端，标志标牌分为：前方施工、左道封闭、右道封闭、向左行驶、向右行驶、限速标志。

(3) 交通锥：柔性橡胶制作，高度 45cm，具有反光功能，用于辅助隔离栏或分隔交通，及施工车辆占用行车道时。

4、安全文明施工保证措施

(1) 高空施工技术安全措施

1) 施工人员必须遵守《建筑施工高处作业安全技术规范》的有关规定。

2) 作业人员必须配安全绳和安全帽，工人在坠落高度基准面 2 米以上(含 2 米)，无法采取可靠防护措施的高处作业人员均须系好安全带，使用时高挂低用。

3) 作业时衣着轻便，禁止穿硬底和带钉易滑的鞋。

4) 作业所用材料要堆放平稳，工具应放入工具袋内。

5) 作业所用梯子缺档，不得垫高使用。

6) 高空作业，凡高血压、心脏病等不得从事此作业。

7) 移动式操作平台的轮子与平台的接合处应牢固可靠,必须有锁死装置。操作平台可采用门架部件组装,作业面满铺脚手板,根据实际层高需要设置防倾覆措施。操作平台四周按临边作业要求设置不低于 1200mm 防护栏杆,防护栏杆底部设置不小于 200mm 高挡脚板,并布置登高扶梯。

8) 保持与带电线路最小安全距离(10KV 为 5m,35KV-110KV 为 10m,220KV 为 15m)。

9) 办理电力线路附近作业许可证并经供电部门审批，作业人员持有有效高压电工证，接受专项安全交底，穿戴 10kV 绝缘靴、绝缘手套及屏蔽服。

10) 设置双层绝缘隔离屏障或装配式防护架,起重设备安装力矩限制器及近电报警装置。

11) 空气湿度超过 70%或风速达 10.8m/s 时停止作业，现场配置 35kV 绝缘操作杆及心肺复苏设备。

12) 设置专职监护人员实时监测机械臂动态安全距离。

(2) 焊接施工技术安全措施

1) 为了防止触电事故的发生，除按规定穿戴防护工作服、防护手套和绝缘胶鞋外，还应保持干燥和清洁。

2) 焊接工作开始前，首先检查焊机和工具是否完好和安全可靠。如焊钳和焊接电缆的绝缘是否有损坏的地方，焊机的外壳接地和焊机的各接线点接触是否良好，不允许未进行安全检查就开始操作。

3) 身体出汗后而使手潮湿时，切勿站在带电的钢板或工件上，以防触电。工作地点潮湿时，地面应铺有橡胶板或其他绝缘材料。

4) 更换焊条一定要戴皮手套，不要赤手操作。

5) 在带电情况下，为了安全，焊钳不得夹在腋下接被焊工件或将焊接电缆挂在脖子

上。

6) 推拉闸刀, 脸部不允许直对电闸, 以防短路造成的火花烧伤面部。

7) 工作完毕或临时离开工作现场时, 焊接作业时, 其附近应无易燃易爆物品, 并设置接火斗, 以防发生火灾。

(3) 基坑开挖安全措施

1) 大型基础基坑开挖应严格按照施工方案进行分层开挖、严禁超挖。

2) 遇到不稳定地质情况时应该采取必要的支护措施, 根据开挖深度以及边坡稳定性及时设置支护措施防止边坡塌方。

3) 密切关注基坑周边的建筑物、道路、地下管线等设施, 防止基坑开挖过程中对周边环境产生不良影响。

4) 开挖完成的基坑应立即设置安全围挡和安全警示标识, 防止人员跌落基坑。

(4) 机械设备的使用安全措施

1) 手持电动机具: 配戴个人防护用品, 不得随意接长电源, 开关箱与手持电动机具距离不超过 3m。

2) 钢筋冷拉及焊接作业区要有防护措施, 传动部位要有防护罩, 开关箱与机械之间的距离不大于 3m。

3) 电焊机安装后验收合格方可使用, 设置保护接零和漏电保护器, 并设置可见分段点的隔离开关和断路器, 保证一次接线、二次接线分别不超过 5m 和 12m。

4) 各种气瓶距明火大于 12m, 气瓶设置防振圈和防护帽; 电焊机施焊现场的 12m 范围内禁止堆放氧气瓶、乙炔发生器、木材等易燃物; 气焊严禁使用未安装减压器的氧气瓶进行作业, 五级以上大风天气严禁明火作业。

(5) 起重机械及索具

1) 工作前严格检查验收吊索具, 在吊装不同重量的构件时应使用不同型号的钢丝绳, 禁止小绳吊大物, 同时建立钢丝绳定期检查制度和每次吊装前的目测巡视检验制度, 在定期检查时注意对所检查的钢丝绳应做好标记。

2) 钢丝绳的正常使用时间不得超过 45 天, 超期及时更换。

3) 起吊重物离地面 50cm 时暂停提升, 检查物件的捆扎牢固情况和构件的平直情况, 确认无误后方可继续吊升。

4) 工作时升钩或吊杆要稳, 避免紧急刹车, 起重吊物在高空时, 严禁调整刹车。

5) 起重工要严格执行“十不吊”制度。

(6) 安全用电措施

严格执行《现场临时用电安全技术规范》的要求, 采用三级配电、TN-S 接零保护和二级漏电保护系统, 并安排专业电工 24 小时维护检修, 确保安全用电无事故。临时用电管理

1) 施工现场用电编制专项施工方案, 报经主管部门及监理单位批准后实施。

2) 施工现场临时用电按有关要求建立安全技术档案。

3) 用电由具备相应专业资质的持证专业人员管理。

4) 配电箱的电器安装板上应分设 N 线端子板和 PE 线端子板。N 线端子板应与金属电器安装板绝缘; PE 线端子板应与金属电器安装板做电气连接。进出线中的 N 线应通过 N 线端子板连接; PE 线应通过 PE 线端子板连接。

5) 总配电箱中漏电保护器的额定漏电动作电流应大于 30mA, 额定漏电动作时间应大于 0.1s, 额定漏电动作电流与额定漏电动作时间的乘积不应大于 30mA.s。开关箱中漏电保护器的额定漏电动作电流不应大于 30mA, 额定漏电动作时间不应大于 0.1s。

整个施工现场临时用电线路及设备采用三级配电, 漏电保护作两级保护。

(7) 文明施工措施

1) 施工作业区应设置不低于 1.8m 高度的围挡, 并张贴警示标志。

2) 裸露泥地应采用防尘网、碎石覆盖, 或种植速生植物绿化, 做到边施工、边覆盖、边绿化。

3) 土石方机械开挖作业, 机械剔凿作业, 开挖的土石方、工程垃圾等易产生扬尘的废弃物的装卸作业, 作业过程中应采用移动式雾炮机喷雾降尘。

4) 土石方施工阶段, 工地车辆出入口应配备冲洗设备。出工地车辆的车身、车轮、底盘冲洗干净后方可上路。

5、交通组织

本项目在现有通行道路上施工, 需要占用一定的原有车道, 使车辆的通行能力降低。施工单位应密切联系交管部门, 配合做好施工期间交通维护工作和封道前后的过渡工作。按照“严禁堵塞、减少干扰、确保畅通”的总方针, 采取自然分流与管制分流相结合。针对本工程边通车边施工的特点, 提出相应方案, 并认真组织实施。

(1) 采取合理的施工方案

1) 为了保证在工程施工过程中公路畅通, 施工单位应采取一切措施, 确保车辆的正常通行, 分段分幅施工, 做到施工、通车两不误。

2) 根据道路实际合理安排, 并控制好施工长度, 防止全线铺开; 维持足够宽度, 确保

车辆顺利交会；保持良好平整度，使车辆能平稳通过。

3) 施工安排上，精心组织，精心施工，选择最佳时机，配备最佳的施工力量，以最快的速度、最好的质量完成那些影响施工顺畅的施工任务。

(2) 采取合理的交通组织方案

1) 加强与交警的联系、沟通、协商，确定合理的交通安全方案，确保施工安全顺利进行及行人、行车的安全，以维持正常的交通秩序。

2) 各交叉口根据人流、车流通行进行交通疏导，如人流、车流过小且附近无居民出入的可以封闭。

3) 监控外场设备施工在施工过程中，会影响现有车道的通行。严格做好安全维护措施，在施工路段摆设各类施工标志及橡胶路锥。随着安装的进展，安全维护设施紧跟其后。

4) 专人专职负责对沿线施工安全的检查，同时，在重点路段施工时，由专人负责两端的交通指挥。加强对施工道路段的巡逻监控和交通疏导工作，重点放在上下坡，连续弯道，流量大，易拥堵，事故多发点等薄弱环节，实行定时间、定人员、定车辆、定路段，做到专人、专点、专责。

5) 施工安全安全设施的设置

施工作业控制区应按照警告区、上游过渡区、纵向缓冲区、工作区、下游过渡区和种植区的顺序依次布置；在施工路段的起点与终点两端设置“施工告示牌”及“施工标志”，提醒过往车辆进入施工路段后，减速慢行；根据分段施工的原则，在正在施工路段的两端设置相应的警告标志及限速标志，夜间设置警告灯，同时由于道路施工时，按要求设置隔离带，并按需要设置指示标志及引流设施等。

11.2 施工环保措施

11.2.1 环保组织

(1) 建立施工现场环境管理体系，落实项目经理制；

(2) 加强施工现场环境的综合治理。

11.2.2 环保措施

(1) 妥善处理泥浆水，未经处理不得直接排入城市排水设施和河流；

(2) 除设有符合规定的装置外，不得在现场熔融沥青或者焚烧油毡、油漆以及其他会产生有毒有害烟尘和恶臭气体的物质；

(3) 使用密闭式的圈筒或者采取其他措施处理高空废弃物；

(4) 采取有效措施控制施工过程中的扬尘；

(5) 禁止将有毒有害废弃物用作土方回填。