

G312 江苏段示范通道数字化转型升级项目(镇江段)



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 路侧视频监控.....	10
1.1 项目背景.....	1	4.1.1 系统概述.....	10
1.2 设计依据.....	1	4.1.2 系统功能.....	10
1.3 设计过程.....	3	4.1.3 设备组成.....	10
1.4 工程范围及设计内容.....	3	4.1.4 部署方案.....	10
第 2 章 项目总体设计.....	4	4.2 全景（高点）视频监控.....	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.....	12
3.1.1 系统概述.....	5	4.2.4 部署方案.....	12
3.1.2 系统功能.....	5	4.3 事件检测系统.....	12
3.1.3 设备组成.....	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 多功能交调站.....	13
3.2.3 设备组成.....	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 边坡结构监测系统.....	8	4.4.3 设备组成.....	14
3.3.1 系统概述.....	8	4.4.4 部署方案.....	14
3.3.2 系统功能.....	8	4.5 低空无人机系统.....	15
3.3.3 设备组成.....	8	4.5.1 系统概述.....	15
3.3.4 部署方案.....	8	4.5.2 系统功能.....	15
第 4 章 路网运行监测预警设计.....	10	4.5.3 部署方案.....	16
		第 5 章 恶劣气象通行安全预警设计.....	17

5.1 智能冰雪监测系统.....	17	7.4 服务区视频监控系统（含全景）.....	22
5.1.1 系统概述.....	17	7.4.1 系统概述.....	22
5.1.2 系统功能.....	17	7.4.2 系统功能.....	22
5.1.3 设备组成.....	17	7.4.3 设备组成.....	22
5.1.4 部署方案.....	17	7.4.4 部署方案.....	22
第 6 章 出入口协调控制设计.....	18	7.5 公众信息交互系统.....	23
6.1 无信号交叉口预警系统.....	18	7.5.1 系统概述.....	23
6.1.1 系统概述.....	18	7.5.2 系统功能.....	23
6.1.2 系统功能.....	18	7.5.3 设备组成.....	23
6.1.3 设备组成.....	18	7.5.4 部署方案.....	23
6.1.4 部署方案.....	18	7.6 车行道闸管控系统.....	23
第 7 章 智慧服务区设计.....	20	7.6.1 系统概述.....	23
7.1 服务区出入口抓拍系统.....	20	7.6.2 系统功能.....	23
7.1.1 系统概述.....	20	7.6.3 系统组成.....	23
7.1.2 系统功能.....	20	7.6.4 部署方案.....	23
7.1.3 设备组成.....	20	7.7 中心配套设施.....	23
7.1.4 部署方案.....	20	7.7.1 系统概述.....	23
7.2 服务区停车位占用监测系统.....	20	7.7.2 系统功能.....	23
7.2.1 系统概述.....	20	7.7.3 系统组成.....	24
7.2.2 系统功能.....	20	7.7.4 部署方案.....	24
7.2.3 设备组成.....	21	第 8 章 通信、供电及防雷接地设计.....	25
7.2.4 部署方案.....	21	8.1 供电设计.....	25
7.3 充电桩占用监测系统.....	21	8.1.1 供电设计原则.....	25
7.3.1 系统概述.....	21	8.1.2 供电点位设计.....	25
7.3.2 系统功能.....	21	8.2 通信设计.....	26
7.3.3 设备组成.....	21	8.2.1 设计原则.....	26
7.3.4 部署方案.....	21	8.2.2 建设方案.....	26

8.3 防雷.....	27
8.3.1 直击雷的防护.....	27
8.3.2 电源防雷.....	27
8.3.3 信号防雷.....	27
8.3.4 服务区防雷.....	27
8.4 接地.....	27
8.4.1 路侧设施接地.....	27
8.4.2 服务区接地.....	28
第 9 章 计算存储、网络安全与系统接入.....	29
9.1 视频上云建设.....	29
9.1.1 上云方案.....	29
9.2 计算存储设施扩容.....	29
9.2.1 扩容方案.....	29
9.3 网络安全.....	29
9.3.1 建设方案.....	29
9.4 现有系统接入.....	30
9.4.1 系统升级方案.....	30
第 10 章 江苏省公路养护管理系统桥隧信息管理子系统.....	31
10.1 总体架构.....	31
10.1.1 总体架构图.....	31
10.1.2 系统关系.....	31
10.2 业务功能.....	32
10.2.1 功能架构.....	32
10.2.2 功能描述.....	32
第 11 章 路侧系统施工要求.....	39
11.1 结构监测传感器实施要求.....	39
11.2 杆件安装要求.....	39

11.3 机箱安装要求.....	40
11.4 外场设备钢结构防腐处理.....	40
11.5 基础施工要求.....	40
11.6 管道施工要求.....	41
11.7 管道材料.....	41
11.8 手孔井.....	41
第 12 章 施工组织.....	42
12.1 施工准备.....	42
12.1.1 施工工艺.....	42
12.1.2 安全文明施工.....	44
12.2 施工环保措施.....	47
12.2.1 环保组织.....	47
12.2.2 环保措施.....	47

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G312道路结合镇江市实际路域情况及需求开展G312镇江段深化设计编制。

表 1-1 任务场景布局一览表

类型	序号	任务场景	任务范围	G312镇江段涉及场景
智慧扩容	1	出入口协调控制	G228 G312 G345 江苏段	涉及
	2	“一张网”出行服务(一体化)		/
	3	智慧服务区(一体化)		涉及
安全增效	4	智慧隧道	G312 江苏段	/
	5	基础设施监测预警	G228 G312 G345 江苏段	涉及
	6	路网运行监测预警(一体化)		涉及
	7	恶劣气象通行安全预警		涉及

1.2 设计依据

■ 相关文件及规定

- 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);
- 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);
- 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);
- 《交通运输部办公厅关于江苏省“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);
- 《交通运输部办公厅关于进一步加强监测预警提升公路防灾抗灾能力的通知》(交办公路〔2024〕1538号);
- 《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);
- 《江苏省普通国省道桥梁轻量化监测系统建设指南》(试行)(江苏省交通运输厅,2022.8);
- 《进一步推进公路桥梁隧道结构监测工作实施方案(2024年-2030年)》;
- 《全国公路边坡监测工作实施方案(2024年-2030年)》;
- 《公路长大桥梁结构监测数据质量管理办法(试行)》;

- (11) 《省级公路长大桥梁结构健康监测平台建设技术指南》;
- (12) 《公路长大桥梁结构监测数据质量评价技术指南(试行)》;
- (13) 《江苏省普通公路基础设施数字化转型升级项目建设方案》;
- (14) 《公路网运行监测与服务暂行技术要求》(交通运输部);
- (15) 《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);
- (16) 《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);
- (17) 《江苏省公路网视频上云应用建设方案》(苏交公路网〔2019〕81 号);
- (18) 《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);
- (19) 《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);
- (20) 《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);
- (21) 《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);
- (22) 《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);
- (23) 《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);
- (24) 《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);
- (25) 《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);
- (26) 《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);
- (27) 《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);
- (28) 《江苏省普通公路网络安全管理办法》(苏交公信〔2022〕235 号);
- (29) 《江苏省普通公路专网网络安全基本技术要求(试行)》(苏交公便信〔2021〕12 号);
- (30) 《江苏省普通公路外场感知设施运行环境监测技术要求(试行)》(苏交公信〔2018〕48 号);

(31) 江苏省交通运输厅关于江苏省普通公路基础设施数字化转型升级项目建设方案的批复(苏交技函[2025]86 号)。

■ 规范及标准

- (1) 《外壳防护等级(IP 代码)》(GB/T 4208-2017);
- (2) 《信息安全技术 网络安全等级保护基本要求》(GB/T 22239-2019);
- (3) 《信息安全技术 网络安全等级保护定级指南》(GB/T 22240-2020);
- (4) 《公路网图像信息管理系统平台互联技术规范》(GB/T 28059-2023)。
- (5) 《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);
- (6) 《公路交通气象监测设施技术要求》(GB/T 33697-2017)
- (7) 《公共安全视频监控联网信息安全技术要求》(GB 35114-2017);
- (8) 《供配电系统设计规范》(GB50052-2009);
- (9) 《低压配电设计规范》(GB50054-2011);
- (10) 《建筑物防雷设计规范》(GB50057-2010);
- (11) 《电气装置安装工程 电缆线路施工及验收标准》(GB50168-2018);
- (12) 《电气装置安装工程 接地装置施工及验收规范》(GB50169-2016);
- (13) 《电力工程电缆设计标准》(GB50217-2018);
- (14) 《公路工程技术标准》(JTG B01—2014);
- (15) 《公路交通标志和标线设置规范》(JTG D82—2009)
- (16) 《公路交通情况调查设备 第 1 部分: 技术条件》(JT/T1008.1);
- (17) 《公路交通情况调查设备 第 2 部分: 通信协议》(JT/T1008.2);
- (18) 《公路行车安全诱导装置》(JT/T 1032-2024);
- (19) 《公路隧道设计细则》(JTG/T D70-2010);
- (20) 《道路交通信息发布规范》(GA/T 994-2017);
- (21) 《LED 道路交通诱导可变信息标志》(GA/T484-2018);
- (22) 《江苏省普通国省道智慧公路建设技术指南》(JSITS/T 0002-2020);
- (23) 《江苏省普通国省道桥梁结构监测系统建设和运维管理办法(试行)》(江苏省交通运输厅, 2023.2);
- (24) 《桥梁轻量化监测系统建设规范》(DB32/T4987-2024);
- (25) 《公路桥梁结构监测技术规范》(JT/T1037-2022);
- (26) 《建筑与桥梁结构监测技术规范》(GB50982-2014);

- (27) 《公路桥涵养护规范》(JTG5120-2021);
- (28) 《公路桥梁技术状况评定标准》(JTG/TH21-2011);
- (29) 《系统接地的型式及安全技术要求》(GB14050-2008);
- (30) 《公路桥梁承载能力检测评定规程》(JTG/TJ21-2011);
- (31) 《公路桥涵设计通用规范》(JTGD60-2015);
- (32) 《公路隧道设计规范 第一册 土建工程》(JTG 33701-2018);
- (33) 《公路隧道设计规范 第二册 交通工程及沿线设施》(JTG D70/2-2014);
- (34) 其它国家相关规范和标准。

1.3 设计过程

- 2025 年 4 月, 项目中标后随即组织专业人员成立项目组, 收集资料准备开展工作;
- 2025 年 5 月, 项目组与镇江市公路事业发展中心进行初步方案沟通对接, 开展现状及需求调研, 同步开展外场道路现状调研;
- 2025 年 6 月上旬, 省公路事业发展中心组织召开《江苏省普通公路基础设施数字化转型升级项目建设方案》审查会;
- 2025 年 6 月-7 月, 项目组根据建设方案, 同时结合现场调研结果拟定详细设计内容, 与镇江市公路事业发展中心进行多次沟通汇报;
- 2025 年 8 月, 经过与镇江市公路事业发展中心多次沟通对接, 完成项目深化设计送审稿文件;
- 2025 年 8 月下旬, 完成项目深化设计专家评审。

1.4 工程范围及设计内容

本项目设计范围为常丹界到高资, 桩号范围 K198+319-K267+225, 全长约 68.906km。

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、计算存储网络安全与系统接入、江苏省公路养护管理系统桥隧信息管理子系统共八部分, 各部分内容如下:

- (1) 基础设施监测预警: 包括智慧巡查、桥梁结构监测和边坡结构监测;
- (2) 路网运行监测预警: 包括路侧视频监控、全景视频监控、事件检测系统、多功能交调站及低空无人机;
- (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;

- (5) 智慧服务区: 包括出入口抓拍系统、停车位占用系统、充电桩占用监测系统、视频监控系統、公众信息交互系统、车行道闸管控系统;
- (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、网络安全及数据接入;
- (8) 江苏省公路养护管理系统桥隧信息管理子系统: 主要包括运行监测、安全监测、养护管理、应急处置、综合报表、配置管理模块设计。

第 2 章 项目总体设计

2.1 工程界面

1、与镇江市公路事业发展中心的界面

本项目外场设施设备接入 312 国道镇江段公路中心、丹阳市公路事业发展中心，本项目负责配合完成所有新增设备的数据、视频上传至上级管理平台、数据录入以及系统联调等工作，新增存储设备、视频上云等接入到原系统中。所有设备必须无缝接入现有镇江市公路事业发展中心的在用信息系统应用平台，市级应用系统中若无相应功能需进行升级增加，工程量计入本项目。

2、与省级平台的数据交互界面

本项目新建桥梁结构监测设备、边坡结构监测设备和交调数据需接入相应省平台系统，本项目负责配合完成所有新增设备的数据上传至省级管理平台、数据录入以及系统联调等工作。所有设备必须无缝接入现有江苏省交通运输厅公路事业发展中心的在用信息系统应用平台。

同时按照江苏省交通运输厅公路事业发展中心关于业务系统集成和数据汇聚的管理要求，本次数字化转型升级项目中所有外场基础设施设备和业务数据需要同步到省级管理平台进行数据汇聚、统计与应用，包含采购服务系统数据，本项目需负责将数据对接至相应省平台中。

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,显著提升镇江市国省道巡检效率与智能化水平,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。

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 设备组成

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。

在巡检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。

在巡检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

1、租用智能巡查设备

通过租赁设备形式,对 G312 镇江段升级建设 3 套智能巡查设备,设备布设重点服务于 G312 镇江段养护巡查,同步应用于路网巡查。

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。

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，服务桥梁运营养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 G312 镇江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 设备组成

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。

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	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

监测对象		监测项目	测点布设	技术要求
		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	宜采用非接触式挠度测量技术
		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
	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置测点	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

监测对象		监测项目	测点布设	技术要求
		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式应变传感器

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。

结合 G312 镇江段实际需求, 本次计划对尚未部署结构监测的 12 座桥梁新增轻量化结构监测, 全面提升桥梁结构安全状态感知覆盖密度。

3.2.4.1 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 年镇江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主要使用监测设备, 具体设备如下表所示。

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	吕渎河小桥	多片梁结构体系桥梁	竖向位移	光电挠度仪(2)、标靶(18)
			裂缝监测	裂缝计(2)
			视频监控	立杆高清摄像机(1)
			桥面温度	红外测温仪(2)
2	沼港小桥	多片梁结构体系桥梁	竖向位移	光电挠度仪(2)、标靶(18)
			视频监控	立杆高清摄像机(1)
			桥面温度	红外测温仪(2)
3	越渎河中桥	多片梁结构体系桥梁/桥下通行	竖向位移	光电挠度仪(2)、标靶(18)
			车辆撞击	智能振动传感器(4)
			桥面温度	红外测温仪(2)
4	任家小桥	多片梁结构体系桥梁	竖向位移	光电挠度仪(2)、标靶(18)
			桥面温度	红外测温仪(2)
5	横塘立交桥	多片梁结构体系桥梁/桥下通行	竖向位移	光电挠度仪(2)、标靶(18)
			振动监测	智能振动传感器(4)
			裂缝监测	裂缝计(2)
			桥面温度	红外测温仪(2)
6	简渎河桥	多片梁结构体系桥梁	竖向位移	光电挠度仪(2)、标靶(18)
			桥面温度	红外测温仪(2)
7	圩田小桥	多片梁结构体系桥梁	竖向位移	光电挠度仪(2)、标靶(18)
			桥面温度	红外测温仪(2)
8	后马陵小桥	多片梁结构体系桥梁	竖向位移	光电挠度仪(2)、标靶(18)
			桥面温度	红外测温仪(2)
9	长山中路桥	多片梁结构体系桥梁/桥下通行	竖向位移	光电挠度仪(2)、标靶(10)
			车辆撞击	智能振动传感器(2)
10	蔡家庄大桥	多片梁结构体系桥梁/桥下通行	竖向位移	光电挠度仪(2)、标靶(18)
			车辆撞击	智能振动传感器(2)
			桥面温度	红外测温仪(2)
11	巢凰山2号桥	多片梁结构体系桥梁	竖向位移	光电挠度仪(2)、标靶(18)
12	巢凰山3号桥	多片梁结构体系桥梁	竖向位移	光电挠度仪(2)、标靶(18)

3.3 边坡结构监测系统

3.3.1 系统概述

通过在边坡关键区域布设传感器网络,实时监测岩土体位移、应力变化及支护结构受力状态,同步采集降雨量、裂缝发展等关键参数;基于动态数据分析边坡从表层到深层的变形

趋势,为路段运营期的风险预警、应急预案制定及养护决策提供数据支撑,降低滑坡、坍塌等地质灾害风险,保障公路通行安全。

3.3.2 系统功能

采用微型集成化的无线低功耗传感器,对边坡失稳、变形、环境等外部和内部因素进行多维度监测,实时感知边坡结构的安全性,并监测支护结构的承载能力变化、运营状态和耐久性能,为边坡全生命周期健康管理提供数据支撑。

通过建立完整的监测剖面 and 监测预警网络,科学设置监测预警阈值,实现对边坡位移、变形等关键指标的实时监测与分析,及时预测滑坡风险并发布预警信息。采用多级预警机制,根据风险等级自动触发相应预警策略,实现边坡灾害“早发现、早预警、早处置”,有效降低地质灾害可能造成的损失,提升公路运营安全性。

3.3.3 设备组成

边坡监测系统包含四个子系统,分别为传感器子系统、数据采集与传输子系统、数据处理与分析子系统、结构健康预警与评估子系统。

传感器子系统:通过无线智能倾角传感器、裂缝宽度传感器、雨量计、水压力传感器等在线拾取边坡关键部位的信号;数据采集与传输子系统:将采集到的传感器信号转换成数字信号存储在本地工业用计算机内,同时通过计算机光纤网络输送到数据处理与管理子系统;数据处理与分析子系统:由计算机服务器与工作站组成的计算机系统完成数据的后处理、归档、显示及存储;并根据健康评估系统的指令为其提供特定格式和内容的数据以及处理结果;结构健康预警与评估子系统:健康评估系统根据监测系统传送的数据进行分析、统计、阈值判别给出评估意见及报警信息,为养护工作提出建议。边坡结构监测数据统一推送接入公路养护管理边坡结构监测功能模块。

3.3.4 部署方案

根据边坡调研结果与《建筑边坡工程技术规范》(GB50330-2013)、《公路边坡监测技术规范》(DB42/T1496-2019)等相关规定,一般边坡地质应监测项目见下表。

表 3-3 边坡仪器监测项目表

监测对象	监测项目	监测内容	监测等级		
			一级	二级	三级
边坡及支护结构	变形监测	地表水平位移、垂直位移	应测	应测	应测
		墙(桩)顶水平、垂直位移	应测	应测	应测

		深部水平位移	应测	宜测	可不测
		地表裂缝	应测	应测	应测
	应力监测	土压力	宜测	宜测	可不测
		支挡结构应力	宜测	宜测	可不测
		锚杆(索)内力	应测	宜测	可不测
地下水监测	地下水位、降雨量、水压	应测	宜测	可不测	
周边环境	邻近建(构)筑物监测	建(构)筑物垂直位移	应测	应测	应测
		建(构)筑物水平位移、倾斜	应测	宜测	可不测
		建(构)筑物裂缝	应测	应测	应测
	邻近地下管线监测	地下管线垂直位移	应测	应测	应测
		地下管线水平位移	宜测	宜测	可不测

注：“应测”为正常情况下应进行的监测项目，“宜测”为有条件宜进行的监测项目，“可不测”为可不进行的监测项目；边坡监测范围内有重要建(构)筑物，且破坏后果严重时，应加强应力监测。

镇江地处江苏平原地区，道路边坡为低缓边坡，整体稳定性较好，灾害发生率较低。针对 G312 镇江段边坡特点，本次构建轻量化、低功耗的全生命周期监测体系，重点采集边坡关键参数，实现对边坡全生命周期监测，提前感知预警，辅助养护决策，有效降低地质灾害风险，提升边坡安全管理水平。

表 3-4 轻量化监测项目内容

	监测内容	传感器	监测内容
轻量化监测项目	倾角变化	倾角仪	边坡倾角变化情况
	地表裂缝	裂缝计	局部裂缝发育变化情况
	地下水位	水位计	边坡地下水位变化情况
	降雨量	雨量计	边坡区域降雨量

根据现场实际情况、设计及相关规范要求，考虑高边坡稳定性因素与滑坡后果，边坡倾角变化、地表裂缝、地下水位与降雨量属于重点监测参数，其余属于低频参数。因此，本次边坡轻量化监测内容主要有倾角变化、裂缝、地下水位级降雨量。其中边坡倾角、裂缝监测、降雨量变化进行实时监测。

表 3-5 边坡监测内容

	监测方法	仪器/传感器	监测内容	测点布置位置
安全监测	边坡变形	无线智能倾角传感器	边坡的变形与发展	根据现场情况选 3 级边坡每级 5 个
	地表裂缝	裂缝计（无线组网）	局部裂缝发育变化情况	边坡裂缝
	降雨量	雨量计（无线组网）	边坡区域降雨量	根据现场情况选择位置

监测方法	仪器/传感器	监测内容	测点布置位置
地下水	水位计（无线组网）	地下水位	根据现场情况选择位置

测点布设：K265+870~K266+00 下行段第二级、第四级、第六级边坡各布置 5 个倾角计，共计 15 个倾角计；第一级边坡布置 1 个水位计，第 6 级边坡坡顶布置 1 个雨量计，根据检查结果第 3 级、4 级边坡各布置 1 个裂缝计。K265+330~K265+450 上行段进行升级建设，第 1 级、2 级、3 级边坡各新建 1 个水位计，坡面顶部位置布设 1 个雨量计。

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

由高清球形遥控摄像机、智能机箱等组成。

4.1.4 部署方案

1、布设原则

视频监测设施用于对公路沿线的交通运行状况、公路基础设施状况、气象状况等进行实时图像监测；对交通异常事件（包括交通拥堵、交通阻断、交通事故、隧道火灾等）和车辆特征进行实时图像监测，进而掌握实时路况，更好的为管养服务。根据《江苏省普通国省道网运行监测设施布局规划（2019~2030年）》，以普通国省道为对象，在以下特征路段或关键点进行布设：

1) 省界、市界、各地市城区出入口。

2) 特大桥应在桥梁两端或桥上设置视频监测设施，确保覆盖全部桥面；通三级及以上航道的桥梁宜在桥下设置视频监测设施。

3) 隧道的进出口；隧道内部，应按照 120m~150m 间距设置。

4) 易发生水毁、滑坡、塌方、落石等自然灾害或地质灾害路段和桥梁，易发生积水的

国道、省道低洼路段或下穿公路、铁路易积水的低洼路段，应设置。

5) 恶劣气象条件频发的普通国、省道路段和桥梁，宜设置。

a) 年平均能见度小于 200m 的雾天数达到 8 天（含）以上的路段；

b) 年平均有 20 天（含）以上出现 8 级以上大风的路段；

c) 年平均有 7 天（含）以上出现严重路面结冰的路段；

d) 三年内因恶劣气象条件发生 2 起（含）以上重特大公路突发事件的路段；

e) 三年内因恶劣气象条件发生 2 起（含）以上公路基础设施严重水毁的路段。

6) 易拥堵、易发生重特大公路突发事件的普通国、省道路段，宜设置。

a) 年平均发生 3 起（含）以上造成拥堵排队长度超过 5km 且拥堵时间超过 2h 的路段；

b) 年平均发生 5 起（含）以上一般突发类公路交通阻断事件的路段；

c) 3 年内发生 2 起（含）以上重特大公路突发事件的路段；

d) 长下坡、高边坡、急弯、避险车道等危险路段。

7) 与高速公路连接路段，以及通往 4A 级及以上景区且交通量较大的重要旅游公路，应设置。

8) 易发生非法占路、损坏公路基础设施等案件，易发生小型客车、电动自行车、行人违反交通信号、行人违法占道等违法行为的交通环境复杂的普通国、省道路段，宜设置。

9) 交通量较大的普通国、省道（机动车当量数 ≥ 20000 pcu/d）的交叉节点处，可在等级较高的公路上设置视频监测设施。

10) 省界收费站和地市入城收费站广场出入侧应分别设置视频监测设施；其他收费站广场宜根据大小设置 1~2 处视频监测设施。

11) 普通国省道服务区、停车区宜根据监测范围在出入口处设置 1~2 处视频监测设施。

12) 一类工区在出入口处设置 1~2 处视频监测设施。

13) 超限检测站点在出入口处设置 1~2 处视频监测设施。

14) 交通量较大的普通国省道（机动车当量数 ≥ 20000 pcu/d）、沿江、沿海、主要纵横通道及快速路，可参照高速公路的布设标准（2km 一处）进行统一设置，在事故易发地点应考虑增加密度。

15) 互通立交处按监视范围和角度设置 1~2 处视频监测设施。

16) 在每一个交通量调查站 I 级设备布设的位置同步建设一套视频监测设施。

17) 已有公路部门或公安等其他部门的视频监测设施处，且设施满足路网部门监测需求的，不宜重复设置。

2、布设点位

表 4-1 布设点位表

序号	点位名称	设计桩号	方向	管理机构	设备类别	点位位置及说明	参考原则序号	安装方式
1	屈家村	200.11	下行	312 国道镇江段公路中心	双目 400 万相机	事故多发	14	12 米杆 1.5 米悬臂
2	大荆村	203.9	下行	312 国道镇江段公路中心	双目 400 万相机	事故多发	14	12 米杆 3 米悬臂
3	徐巷里	209.9	下行	312 国道镇江段公路中心	双目 400 万相机	事故多发, 弯道补盲	6	12 米杆
4	小毛村口	214	下行	312 国道镇江段公路中心	双目 400 万相机	事故多发	14	12 米杆 3 米悬臂
5	永福路前	217.7	上行	312 国道镇江段公路中心	双目 400 万相机	事故多发	14	12 米杆 3 米悬臂
6	简渎河桥	224.8	下行	312 国道镇江段公路中心	双目 400 万相机	事故多发, 弯道补盲	6	12 米杆
7	G312 与庆丰路交叉口南侧	227.8	下行	312 国道镇江段公路中心	双目 400 万相机	事故多发, 弯道补盲	6	12 米杆 3 米悬臂
8	张茜庄	231.05	下行	312 国道镇江段公路中心	双目 400 万相机	靠近交叉口, 客货车多, 事故多发	8	12 米杆
9	三桥村	235.1	上行	312 国道镇江段公路中心	双目 400 万相机	事故多发, 弯道补盲	6	12 米杆
10	夏家村	239.57	上行	312 国道镇江段公路中心	双目 400 万相机	事故较多发且前后视频间距较远, 且为弯道	6	12 米杆
11	后马陵村	241.6	下行	312 国道镇江段公路中心	双目 400 万相机	事故多发, 弯道补盲	6	12 米杆
12	丹徒大	245.1	门架	312 国道镇	双目 400 万	在多功能交	16	现有门架

	道交调			江段公路中心	相机	调站的位置同步建设一套视频, 并且此处事故较多发		
13	贺家山头	249.6	中分带	312 国道镇江段公路中心	双目 400 万相机	前后视频间距较远	14	8 米杆 7 米双悬臂

4.2 全景（高点）视频监控

4.2.1 系统概述

全景视频监控可以独立实现大范围无死角的监控摄像, 对于监控大型互通枢纽具有天然的优势, 从宏观角度全面观测公路及衔接路网的交通状态, 支撑实施路网层面的管控诱导策略。

4.2.2 系统功能

1、视频监控

可实现全景监控, 支持自动或手动对全景区域内的多个目标进行区域入侵、越界、进入区域、离开区域行为的检测, 能够通过电子标签的方式与路测视频监控联动。

2、视频控制

前端控制: 控制道路中监控点的前端设备, 包括视频切换、焦距调节、光圈调节及预置位设置等功能。

图像切换: 应能通过手动实现和编程实现图像切换, 将图像信号在指定的监视器上进行固定或时序显示, 也可以进行图像混合、画面分割、字幕叠加等处理。

自动轮巡: 在可设定的间隔时间内对全网的监控点进行图像巡检, 参与轮巡的对象可以任意设定, 轮巡间隔可设置。

3、视频存储

前端存储应支持手动录像、自动定时录像、动态感知录像、报警联动录像、视频丢失报警、运动检测录像、循环录像等方式。

支持设置节假日设定、预录像设置、录像文件最大长度设置、存储容量设置、状态（自动、手动、报警、运动检测）显示。

4.2.3 设备组成

由全景高清摄像机、智能机箱等共同组成。

4.2.4 部署方案

1、布设原则

选取交通情况复杂的重要互通枢纽、重点交叉口开展布设。

2、布设方案

于 S243 互通一处互通枢纽位置布设全景视频监控，设于下行侧韦岗楼面角钢塔（塔高约 45m）。

4.3 事件检测系统

4.3.1 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；此外，基于多模态大模型的图像处理能力，可自动生成事件描述、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。

4.3.2 系统功能

1、路网事件检测

支持路面抛洒物、路面堆积物（货物堆积、广告牌倒伏、树木倒伏、龙门架灯杆倒塌等）、交通拥堵、涉路施工、交通事故（多车追尾、事故造成交通阻断等）、路面异常（路面大面积积水、路面塌陷等）等六类事件的检测，对事件严重程度进行分级。

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

自动生成事件初报，包括事件类型、事件发生时间、事发地路段桩号、事件图片、事件前后 30s 视频等详情，支持一键推送至管理平台，经管理人员可对事件报告初报修正，形成可存档的正式报告文本，供使用者查阅和下载。同时，系统支持对事件信息、图片、视频

的分级分类查询。

4.3.3 设备组成

交通事件感知算法一体机、大模型分析处理一体机、镇江公路运行安全状态智能巡查系统升级等组成。

4.3.4 部署方案

312 国道镇江段公路中心配备一台交通事件感知算法一体机，一台交通事件感知算法一体机可以并行 32 路视频进行检测，接入沿线 G312 镇江段包含新建及改扩建段视频监控共 130 路视频监控；镇江市公路事业发展中心配备一台大模型分析处理一体机，接入所有视频分析识别结果进行二次校验，保障审核后精度超 90%，最终将检测结果接入镇江现有公路运行安全状态智能巡查系统。

表 4-2 事件检测系统接入视频位置及路数

序号	站点名称	视频路数	桩号	位置	存储位置
1	G312 常州界	2	198.99	下行	312 国道镇江段公路中心
2	新孟河桥	2	201.35	上行	312 国道镇江段公路中心
3	蒋墅镇交调站	1	202.3	中分带	312 国道镇江段公路中心
4	镇江与常州交界处	2	203	上行	312 国道镇江段公路中心
5	G312 与导墅吕城线（X002）交叉口	1	205.49	下行	312 国道镇江段公路中心
6	后圩村	2	207.8	上行	312 国道镇江段公路中心
7	G312 与后皇线（X002）丁字路口	1	208.78	上行	312 国道镇江段公路中心
8	镇江 G312 陆巷里	1	211.35	上行	312 国道镇江段公路中心
9	镇江丹阳市陵口镇折柳村	1	213.08	上行	312 国道镇江段公路中心
10	横塘交调站	1	215.1	下行	312 国道镇江段公路中心
11	镇江 G312 陈甲	1	216.45	下行	312 国道镇江段公路中心
12	G312 与丹皇线（X205）交叉路口	1	218.98	上行	312 国道镇江段公路中心
13	丹金溧漕河桥东侧	1	220.55	中分带	312 国道镇江段公路中心
14	横塘立交桥西侧	1	221.7	下行	312 国道镇江段公路中心
15	G312 与 G233 横塘交叉口	1	223.645	下行	312 国道镇江段公路中心
16	G312 与丹延线交叉口	1	226.7	下行	312 国道镇江段公路中心
17	G312 香草河大桥	1	229.3	上行	312 国道镇江段公路中心
18	G312 与 S122 交叉口	1	230	上行	312 国道镇江段公路中心
19	钱甲村	2	232	下行	312 国道镇江段公路中心

序号	站点名称	视频路数	桩号	位置	存储位置
20	泥亭村	2	233.7	下行	312 国道镇江段公路中心
21	丹阳治超站	1	235.91	上行	312 国道镇江段公路中心
22	G312 与通港路交叉口	1	238.7	上行	312 国道镇江段公路中心
23	镇江 G312 三山	1	240.45	下行	312 国道镇江段公路中心
24	三山交调站	1	242.4	上行	312 国道镇江段公路中心
25	新 312 国道起点	1	244.1	上行	312 国道镇江段公路中心
26	盛园路桥	1	246.6	中分带	312 国道镇江段公路中心
27	S86 桥	2	247.9	中分带	312 国道镇江段公路中心
28	镇荣公路桥	1	250.8	中分带	312 国道镇江段公路中心
29	槐荫交调站	1	252.04	上下行	312 国道镇江段公路中心
30	G4011 西侧	1	252.97	路中	312 国道镇江段公路中心
31	恒园路口	1	254.5	上行	312 国道镇江段公路中心
32	海燕南路桥	1	256.48	路中	312 国道镇江段公路中心
33	长山桥	1	258.14	路中	312 国道镇江段公路中心
34	石韦路桥	1	260.11	路中	312 国道镇江段公路中心
35	S243 桥	2	261.2	上行	312 国道镇江段公路中心
36	蔡家庄桥	2	263.3	上行	312 国道镇江段公路中心
37	巢凤山	2	265.7	上行	312 国道镇江段公路中心
38	屈家村	2	200.11	下行	312 国道镇江段公路中心
39	大荆村	2	203.9	上行	312 国道镇江段公路中心
40	徐巷里	2	209.9	下行	312 国道镇江段公路中心
41	小毛村口	2	214	下行	312 国道镇江段公路中心
42	永福路前	2	217.68	上行	312 国道镇江段公路中心
43	简渎河桥	2	224.8	下行	312 国道镇江段公路中心
44	G312 与庆丰路交叉口南侧	2	227.8	路中	312 国道镇江段公路中心
45	张茜庄	2	231.05	下行	312 国道镇江段公路中心
46	三桥村	2	235.1	上行	312 国道镇江段公路中心
47	后马陵村	2	241.6	下行	312 国道镇江段公路中心
48	夏家村	2	239.57	上行	312 国道镇江段公路中心
49	丹徒大道交调	4	245.1	门架	312 国道镇江段公路中心
50	贺家山头	4	249.6	上行	312 国道镇江段公路中心
51	镇江 G312 与 G233 横塘交叉口	2	223.5	门架	312 国道镇江段公路中心

序号	站点名称	视频路数	桩号	位置	存储位置
52	镇江 G312 与通港路交叉口	2	238.2	门架	312 国道镇江段公路中心
53	镇江新 G312G4011 西侧	4	259	门架	312 国道镇江段公路中心

4.4 多功能交调站

4.4.1 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。

4.4.2 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。

4.4.3 设备组成

由交通情况调查设备、400万双目相机、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。

4.4.4 部署方案

1、 布置原则：

根据《普通国省道多功能交通调查站布局和建设方案》要求，以普通国省道路线为基础，识别国、省、县、乡、村道与普通国省道的交汇点，将普通国省道划分为若干个连续路段，综合考虑交通分流影响和路网规划、交通特征、数据精度等因素，形成全面覆盖、功能多样的交通调查布局。

- 1) 普通国省道与省界、市界连接的路段，其中省界路段布设轴载调查站；
- 2) 普通国省道与各地级市城区出入口连接的路段；
- 3) 普通国省道与高速公路、普通国省道交汇点之间的路段及快速路出入口匝道之间的路段(经过交汇点或匝道后交通量变化比例达到30%以上且运行流量达到设计车流量的70%，下同)；
- 4) 普通国省道与高速公路出入口连接的路段；
- 5) 普通国省道与主要港口、机场连接的路段；
- 6) 普通国省道与4A级及以上旅游景区连接的路段；
- 7) 普通国省道与长江汽渡连接的路段；
- 8) 普通国省道与重点物流园区、矿产资源区、货运集散中心等货运源头连接的路段；
- 9) 超限检测站下游主断面路段；

10) 日均货车流量 ≥ 5000 辆/日且货车流量占比达到35%的路段布设轴载调查站；

11) 沿江、沿海、“一带一路”战略覆盖路段布设轴载调查站；

12) 省内每条普通国省道应至少设置一个交通量调查站；

13) 每条重要县道应设置一个交通量调查站。

14) 突出代表性。新建站点要能够客观、准确反映区域普通国省道路货车运行特征，重点关注港口、车站码头、工业区和重要路网节点；路段运行环境发生较大变化的站点及时考虑升级改造。同时，新建和改造站点要避免设置在货车限行路段、靠近城区路段等货车流量占比较低路段。

15) 考虑样本覆盖的全面性。满足《江苏省公路交通情况调查站点布局规划方案(2020-2035年)》，对之前站点覆盖密度较低的区县和路段进行适当加密。

16) 设备运行稳定性。对使用年限较长的以及数据及时率、完整率、准确率不高的设备进行升级改造，选型上尽量选择数据质量较高的设备类型。

(1) 布局方法

1) 初始路段划分。

考虑到普通国省道中，普通国省道和三级及以上县、乡道承担了主要运输功能和绝大多数的交通量，应作为交通调查的主要对象。按照普通国省道自身交汇点，三级及以上县、乡道与普通国省道的交汇点划分路段，形成初始路段。

2) 优化合并路段。

参考高速公路主线视频点位布设原则，对初始路段中长度小于2公里的路段与邻近路段合并。鉴于人口与交通出行密切相关，对常住人口规模在20万以下的县级区域，将技术等级为三级的县、乡道与普通国省道的交汇点邻近路段合并。

3) 普通国道布局

按照上述布局方法，在每个路段至少布设一个多功能交通调查站，各省份可结合实际情况对重要路段进行适当加密，包括但不限于以下路段：

—高速公路平行路段；

—高速公路连接路段；

—城市群、都市圈、环城路、城市出入口路段；

—沿海、沿江、沿边通道路段；

—省界、市界、县界路段；

- 机场、火车站、港口码头、公路客货运站连接路段；
- 4A级及以上景区、产业园区、矿区连接路段；
- 跨海跨江跨河特大桥梁连接路段；
- 边境口岸境内连接路段。

(2) 布设要求

1) 升级可利用设施。

在无法融合公安交管卡口、治超非现场执法站和其他车牌识别设备数据的路段，优先升级存量交通调查站。同一路段已建有多个存量交通调查站的，充分考虑采集原理、在役年限，应至少选择一个交通调查站，通过加装设备、优化算法等方式进行升级，满足多功能交通调查站数据采集要求。调整存量交通调查站通信协议，满足新增采集数据传输要求。在无存量交通调查站的路段，至少选择一个现有的视频监控等路端监测设施，通过前端加装设备或后端数据处理等方式，满足多功能交通调查站数据采集要求。

2) 新建多功能交通调查站。

若路段内没有可融合路端数据和可升级利用设施，应在该路段内适当位置新建多功能交通调查站。

2、布设方案

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，同时结合镇江市发展需要，选取镇江 G312 与 G233 横塘交叉口、镇江 G312 与通港路交叉口、镇江新 G312G4011 西侧及镇江新 G312 巢凤山 上行、下行进行改造，升级为多功能交调站。

表 4-3 布设点位表

序号	点位名称	设计桩号	方向	辖区	设备类别	点位位置及说明	安装方式	管理机构
1	镇江 G312 新横塘	223.5	门架	丹阳	交调视频车牌识别	该交调站主要承担 G233 与 X002 间路段交通流量动态变化特征的监测职能，升级成多功能交调站	新建门架	镇江市公路发展中心
2	镇江 G312 通港路	238.2	门架	丹阳	交调视频车牌识别	该交调站主要承担 G233 与 G42 沪蓉高速间路段交通流量动态变化特征的监测职能，升级成多功能交调站	新建门架	镇江市公路发展中心
3	镇江新 G312G4011 西侧	259	门架	润州	交调视频车牌识别	该交调站主要承担 S243 与 G4011 扬溧高速间路段交通流量动态变化特征的监测职能，升级成多功能交调站	新建门架	镇江市公路发展中心

4	镇江新 G312 巢凤山	265.8	门架	丹徒	交调车牌识别	该交调站主要承担 G346 与 S243 间路段交通流量动态变化特征的监测职能，升级成多功能交调站	新建门架	镇江市公路发展中心
---	--------------	-------	----	----	--------	---	------	-----------

4.5 低空无人机系统

4.5.1 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。

4.5.2 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。

4.5.3 部署方案

结合管理需求、道路长度等采购无人机服务,包括站址服务、无人机平台服务、低空飞行服务和无人机配套服务(无人机机巢建设、塔体改造、电力、运维等)。实现项目建设范围内 312 路线覆盖,要求每天定期巡检 1 次,同时提供突发应急现场巡查每月 2 次。

结合沿线铁塔分布情况,规划共于 5 处点位放置无人机机库,每台方舱巡航半径 7km,展无人机日常巡检及应急查看,点位拟选定如下所示:

表 4-4 布设点位表

序号	安装位置	经纬度
点 1	铁塔基站:黄埭岗搬迁	119.328261, 32.107041
点 2	铁塔基站:谷阳陆村	119.482431, 32.099471
点 3	铁塔基站:丹阳张巷	119.523591, 31.989941
点 4	铁塔基站:丹阳 永福 宏站型	119.620547, 31.923253
点 5	铁塔基站:丹阳市吕城南基站机房	119.728221, 31.866341

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，路面冬季结冰也具有和其他地区差异很大的特征，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。

镇江 312 临河冬季低温潮湿，公路桥面结冰现象较为普遍，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、桥面情况、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，并上传至公路事业发展中心进行数据应用；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。

5.1.3 设备组成

智能冰雪监测系统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

1、布设原则

桥梁路段：覆盖坡度明显的跨河大桥及跨线桥、存在弯道等不利因素的桥梁；

陡坡急弯路段：针对长下坡、急弯等事故易发区域部署；

背阴易冻路段：优先覆盖常年光照不足、通风条件差的路段，避免局部结冰隐患。

同时结合沿线桥梁结构监测中温度监测建设情况，如结构检测中已进行监测则不再重复考虑。

2、布设方案

考虑沿线新孟河桥、丹金溧漕河桥、镇江支线上跨桥、谷阳互通桥、长山中路桥、巢凰山 2 号桥、巢凰山 3 号桥易结冰或跨度较大，本次进行桥面结冰积雪监测，新建路面状态检测器 7 套。设备安装于桥头位置或与桥上视频杆件共杆。

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 设备组成

标准化无信号交叉口预警系统由主路悬臂式 LED 屏、主路用雷达探测器、主动发光人

行横道标志牌、主动发光停车让行标志牌、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

1、部署原则

根据国务院安全生产委员会 2023 年发布的《公路交通事故多发点段及严重安全隐患排查工作规范》(试行)中对于事故多发点的定义,通过对近三年交通事故进行统计分析,对无信号交叉口按照重点交叉口(发生 1 起及以上死亡事故的或者发生 3 起及以上致人伤亡事故的交叉口)、次要交叉口(未发生过亡人事故,但发生过 3 起以下伤人事故或财产损失事故,且货车占比高、过街需求大的路口)、普通交叉口(其他发生过伤人事故或财产损失事故,或未发生事故但过街需求大的路口)进行分类,结合科技兴安建设的示范成效以及现有的信控、照明、警示等设施条件,对这三类非信控交叉口分别进行方案设计,主要分为标准方案、基础方案、简易方案三种类型,具体方案根据地市的实际情况及需求进一步调整。

(1) 标准方案

应用于重点交叉口。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,配置的设施主要为主路车辆检测、主路 LED 屏告知设备、支路行人和非机动车检测提示、主路车辆测速提醒、行人过街主动发光标志以及支路停车让行主动发光标志等。

(2) 基础方案

应用于次要交叉口。通过对主路车辆进行检测,联动相关设施及时对支路过街行人及非机动车进行预警提示,配置的设施主要为主路车辆检测、支路行人和非机动车检测提示等。

(3) 简易方案

应用于普通交叉口。通过增加标志牌或主动发光标志提高日常及夜间提醒效果,配置的设施主要为主路的行人过街主动发光标志提示、支路的停车让行主动发光标志等。

2、布设方案

根据 G312 事故分析、交叉口交通量现场调研,蒋家村处、有甲村处、丁甲村处、景巷村处、杏虎路处无信号交叉口均发生过死亡事故且交警未建设相关警示系统,需按照标准化

警示方案布设；前马陵村处无信号交叉口发生 1 起伤人事故且交警未建设相关警示系统，需按照简易化警示方案布设。但后续交警部门将结合交通管理整体规划建设哨兵系统，则本次公路无信号交叉口预警建设聚焦简易化应用，仅更换主动发光标志以满足当前路段安全通行需求。

同时结合现场调研情况及交调站的流量情况，选取临近村庄、行人过街需求大、且货车占比大、交通流量大的路口布设简易化预警装置，利用原杆件更换现状标志牌为主动发光标志。

序号	桩号	交叉口名称/相交道路名称	类型	是否通行需求较大	是否已有交警设施	备注
1	202.4	大寨路	人行横道	是	是	
2	217.63	小潘园	人行横道	是	是	
3	228.58	北庄村	人行横道	否	否	临近香草河大桥交调站，货车比例高
4	231.05	张茜庄村	人行横道	是	是	
5	233.875	泥亭村	人行横道	是	是	
6	240.4	河丰路	人行横道	是	是	临近三山交调站，车流量大
7	241.65	孙巷村	人行横道	是	否	

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等设施设备,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 设备组成

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。

1、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。

2、布设点位

丹阳服务区:在主出入口处共计布置 2 套车辆多维特征检测装置。

美人谷服务区:在南侧出入口布置 2 套车辆多维特征检测装置;在北侧出入口布置 4 套车辆多维特征检测装置。

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、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 设备组成

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

1、 布设原则

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。

2、 布设点位

丹阳服务区：在中心道路南、北侧停车区共计部署 7 套车位占用检测摄像机。

美人谷服务区：在场区内停车区共计部署 2 套车位占用检测摄像机。

7.3 充电桩占用监测系统

7.3.1 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。

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。

7.3.2 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 $\geq 95\%$ ，夜间及恶劣天气下准确率 $\geq 85\%$ ；

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 $\geq 99\%$ ，夜间及恶劣天气下准确率 $\geq 90\%$ ；

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。

7.3.3 设备组成

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。

7.3.4 部署方案

1、 布设原则

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。

2、布设点位

丹阳服务区:在充电车位对面绿化带的多功能集约型合杆上挂载 2 套充电车位占用检测摄像机。在充电车棚下方吊装 1 套火点监测摄像机。

美人谷服务区:在充电车位采用 1.8m 立杆,按照监控摄像机与充电车位 1 对 2 的原则,安装 4 套充电车位占用检测摄像机。在充电车棚下方吊装 1 套火点监测摄像机。

7.4 服务区视频监控系统(含全景)

7.4.1 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。

7.4.2 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。

7.4.3 设备组成

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。

7.4.4 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: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,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。算法功能包括排

队车辆监测，分级准确率 $\geq 99\%$ ；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，接入路数较少时，可与其他算法共用 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。

7.5 公众信息交互系统

7.5.1 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、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发布屏等。

7.5.2 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。

7.5.3 设备组成

服务区公众信息交互系统主要由入口分流显示屏、多功能集约型合杆组成。

7.5.4 部署方案

在服务区出入口处设置入口分流屏，在场区内设置多功能集约型合杆。

丹阳服务区：在主出入口处设置 1 套入口分流屏，在场区内设置 4 套多功能集约型合杆。

美人谷服务区：在 2 个出入口处共计设置 2 套入口分流屏，在场区内设置 2 套多功能集约型合杆。

7.6 车行道闸管控系统

7.6.1 系统概述

车行道闸管控系统是专门用于道路上限制机动车行驶的通道出入口管理设备，用于管理车辆的出入。

7.6.2 系统功能

车行道闸管控系统能够有效管理控制入场区的各类车辆，识别车牌，记录数据，与第三方业务平台系统对接，对接后完成数据共享、数据上传。

7.6.3 系统组成

车行道闸管控系统主要设备包括：道闸主机、智能道闸、数字车检器（防闸）、车行道闸控制软件。

7.6.4 部署方案

在美人谷服务区东侧临近 243 省道设置 2 套智能道闸，在北侧出入口设置 4 套智能道闸；同时为了将社会车辆停车区与办公楼区域分隔，在场区西侧设置 6 套智能道闸。

7.7 中心配套设施

7.7.1 系统概述

本项目监控中心位于公路中心办公楼一层，视频存储及服务器等设备放置在该位置，由管理人员统一管理存储视频数据及监管。

7.7.2 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。

7.7.3 系统组成

本系统主要设备包括：管理工作站、管理服务器、网络安全设备、VPN 专线等。

7.7.4 部署方案

丹阳服务区：监控中心位于办公楼，其中机柜落地安装。监控中心同时配套设置管理工作站、管理服务器、网络安全设备、VPN 专线等。

美人谷服务区：监控中心位于办公楼，其中机柜落地安装。监控中心同时配套设置管理工作站、管理服务器、网络安全设备、VPN 专线等。

第 8 章 通信、供电及防雷接地设计

8.1 供电设计

8.1.1 供电设计原则

本项目路侧设施供电点选取，优先在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，或直接接入现有路侧公路设施点位供电。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	所属辖区	点位名称	布设桩号	取电方式
1	丹阳	吕渎河小桥	K200+435	市电
2	丹阳	沼港小桥	K211+976	市电
3	丹阳	越渎河中桥	K213+065	市电
4	丹阳	任家小桥	K216+367	市电
5	丹阳	横塘立交桥	K221+214	市电
6	丹阳	简渎河桥	K224+905	市电
7	丹阳	圩田小桥	K233+224	市电
8	丹阳	后马陵小桥	K241+894	市电
9	丹徒	长山中路桥	K258+149	市电
10	丹徒	蔡家庄桥	K263+404	市电
11	丹徒	巢凰山 2 号桥	K265+482	市电
12	丹徒	巢凰山 3 号桥	K266+23	市电

表 8-2 边坡结构监测供电方式选取

序号	所属辖区	点位名称	布设桩号	取电方式
1	丹徒	巢凰山边坡	K265+870~K266+00/K265+330~K265+450	太阳能

表 8-3 路侧视频监控供电方式选取

序号	所属辖区	布设桩号	方向	杆件类型	取电方式
1	丹阳	K200+110	下行	12m 立杆，悬臂 1.5m	市电（新开户）
2	丹阳	K203+900	下行	12m 立杆，悬臂 3m	市电（新开户）
3	丹阳	K209+900	下行	12m 立杆	市电（新开户）
4	丹阳	K214+000	下行	12m 立杆，悬臂 3m	市电（新开户）
5	丹阳	K217+700	上行	12m 立杆，悬臂 3m	市电（新开户）
6	丹阳	K224+800	下行	12m 立杆	市电（新开户）
7	丹阳	K227+800	下行	12m 立杆，悬臂 3m	市电（新开户）
8	丹阳	K231+050	下行	12m 立杆	市电（新开户）
9	丹阳	K235+100	上行	12m 立杆	市电（新开户）
10	丹阳	K239+570	上行	12m 立杆	市电（新开户）
11	丹阳	K241+600	下行	12m 立杆	市电（新开户）
12	丹徒	K245+100	下行	利旧	利旧
13	丹徒	K249+600	中分带	12m 立杆，悬臂 3m	市电（新开户）

表 8-4 全景视频监控供电方式选取

序号	所属辖区	点位名称	布设桩号	方向	取电方式
1	丹徒	S243 互通	K261+400	下行	铁塔取电

表 8-5 多功能交调站供电方式选取

序号	所属辖区	布设桩号	方向	杆件类型	取电方式
1	丹阳	K222+500	断面	三立柱门架（宽 24m）	市电（新开户）
2	丹阳	K238+200	断面	三立柱门架（宽 24m）	市电（新开户）
3	润州	K259+000	断面	三立柱门架（宽 32m）	利旧
4	丹徒	K265+800	断面	三立柱门架（宽 34m）	利旧

表 8-6 智能冰雪监测系统供电方式选取

序号	所属辖区	点位名称	布设桩号	方向	取电方式
1	丹阳	新孟河桥	K201+900	上行	市电(新开户)
2	丹阳	丹金溧漕河桥	K220+520	上行	路网视频取电
3	丹徒	镇江支线上跨桥	K247+900	中分带	路网视频取电
4	丹徒	谷阳互通桥	K250+800	中分带	路网视频取电
5	丹徒	长山中路桥	K258+140	中分带	路网视频取电
6	丹徒	巢凰山 2 号桥	K265+400	上行	市电(新开户)
7	丹徒	巢凰山 3 号桥	K266+300	上行	市电(新开户)

表 8-7 无信号交叉口预警系统供电方式选取

序号	所属辖区	交叉口名称	交叉口桩号	取电方式
1	丹阳	G312 与大寨路交叉口	K202+400	太阳能
2	丹阳	G312 与蒋家村交叉口	K213+900	太阳能
3	丹阳	G312 与小潘园交叉口	K217+630	太阳能
4	丹阳	G312 与有甲村交叉口	K219+950	太阳能
5	丹阳	G312 与丁甲村交叉口	K222+750	太阳能
6	丹阳	G312 与景巷村交叉口	K224+680	太阳能
7	丹阳	G312 与北庄村交叉口	K228+580	太阳能
8	丹阳	G312 与张茜庄村交叉口	K231+050	太阳能
9	丹阳	G312 与泥亭村交叉口	K233+875	太阳能
10	丹阳	G312 与杏虎路交叉口	K238+300	太阳能
11	丹阳	G312 与河丰路交叉口	K240+400	太阳能
12	丹阳	G312 与前马陵村交叉口	K240+800	太阳能
13	丹阳	G312 与孙巷村交叉口	K241+650	太阳能

表 9-8 智慧服务区供电方式选取

序号	所属辖区	点位名称	取电方式
1	丹阳服务区	丹阳服务区室外控制箱	市电(就近低压电源点取电)
2	美人谷服务区	美人谷服务区室外控制箱	市电(就近低压电源点取电)

8.2 通信设计

8.2.1 设计原则

为确保通信质量，通信系统指标要符合国家标准及国际标准的有关规定。

- 1、满足公路管理部门的管理与运营要求；
- 2、建立实体之间的通信功能，支持双向通信；
- 3、通信网络稳定可靠和维护便利；
- 4、通信系统技术先进和经济实用；
- 5、符合江苏省公路通信网相关规范。

8.2.2 建设方案

结合外场设备传输稳定性及运维难度等需求，考虑以租用 20M、30M 或 50M 专线方式为主，保障各点位的数据传输；智能冰雪监测设备数据量较小可采用物联网卡无线传输形式传输。同时扩宽数据带宽实现服务区与镇江市的通信，专线需满足服务区监控、图片、结构化数据等传输要求，目前已趋于饱和，将其扩宽至 300M。并为服务区增加互联网专线，满足服务区日常办公及无线网络等外网访问要求，带宽不低于 100M。

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

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智能冰雪监测设备等，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。

8.3.2 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 Ng（或年均雷暴日 Td）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。

8.3.4 服务区防雷

按B级建筑物电子信息系统雷电防护等级设计，采用浪涌保护。

8.4 接地

8.4.1 路侧设施接地

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独立接地方式,接地电阻小于4Ω。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。

8.4.2 服务区接地

室外杆件基础应预埋接地极,整个杆件的防雷接地电阻应不大于 10Ω。接地装置采用 50*50*T5 热镀锌角钢制作,长度为 75cm,角钢一头用设备切尖角,利于深埋地下。角钢另一端焊接宽度为 50mm 的热镀锌扁钢,焊接宽度为扁钢宽度的 2 倍,并在焊接位置做防腐处理。

在机房内设置等电位连接端子箱。机房内各种设备的金属外壳、金属管道、金属线槽、金属构件、防静电地板、安全保护接地、浪涌保护器接地端等均应以最短的距离与等电位连接箱连接。等电位连接采用 M 型网格结构形式,等电位连接线路由集成商在深化设计中确定,施工方式请按照国标《等电位联结安装》15D502 执行。

机房局部等电位接地端子箱应就近与大楼框架柱内的主筋焊接(土建施工时预留接地端子)或通过连接线 WDZ-BYJ-1x25mm²与所在楼层弱电间等电位连接端子箱连接。各弱电间之间设置 40x4 铜排接地干线,使各楼层弱电间内的局部等电位端子连接箱与大楼的总等电位连接箱端子连接。等电位端子箱均嵌墙暗装,下沿距地 0.3m。

进出机房的各信号电缆的金属屏蔽层、金属保护管、金属线槽均应做等电位连接并接地。设备机房的信号线缆内芯线相应端口,应按照 GB50343-2012 要求安装适配的信号线路浪涌保护器,保护器的接地端及线缆内芯的空线对应接地。

金属信号线缆在进出机房的相应输入端口安装适配的信号 SPD,配线架、分配线架、终端用户盒和大对数电缆的内芯空线对就近接地。非屏蔽双绞线路 SPD 的标称导通电压大于

1.2 倍的额定工作电压,标称放电电流大于 1kA;屏蔽双绞线路 SPD 的标称导通电压大于 1.2 倍的额定工作电压,标称放电电流大于 0.5kA;同轴电缆线路 SPD 的标称导通电压大于 1.2 倍的额定工作电压,标称放电电流大于 3kA。

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 上云方案

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 312 公路中心原网关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，本次设计新增 1 套 200 路上云网关。

9.2 计算存储设施扩容

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。

经现状调研，目前已有NVR和存储已无法满足此次项目所需，且目前实时视频直接从NVR拉流观看存在卡顿现象明显，故本次在312国道镇江段公路中心配套1台网络硬盘录像机（NVR）、16个企业级硬盘，并配2台交换机和1台机柜。同时G312路侧设施和美人谷服务区机房在一处，本次数字化转型在312分中心机房配置较多服务器，需动态优化机房空间；镇江市中心增加一台视频流媒体服务器做接入转发。

2、服务区中心扩容

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，所以，本次视频监控系统分别为丹阳服务区和美人谷服务区设计一套NVR网络硬盘录像机，总共5块硬盘，放置在各分中心管理运行，服务区可调用监看视频监控。并分别增设1台服务区NVR存储视频、2台服务区管理工作站作为平台及应用软件展示端、1台服务区管理服务器运行后台服务应用支撑端，同时分别增加2台机柜放置各类服务器。

3、其余场景存储量

对智能冰雪监测系统产生的结构化数据进行存储，存储周期按3年估算，所需存储量约为10GB，利旧即可。

9.3 网络安全

9.3.1 建设方案

9.3.1.1 终端安全防护

1、终端智能机箱防护

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，并在市中心部署智能机箱控制与管理软件，保障智能机箱安全运行。

2、情报板终端网络安全防护

针对沿线情报板，通过增设国密安全防护模块，及时发现和阻断针对外场终端、路网中心的网络攻击，达到“管”与“端”的双向防护，例如：不法分子通过入侵公路专网通信线路，对交通 LED 信息发布设备实施篡改攻击的情况下，即便该信息发布设备与中心断网的情况下，依然能够通过非法设备的识别和接入拒绝实现自身保护，同时对断网设备的信息向中心回传，第一时间通过平台进行告警，实现精准防护、第一时间处置的效果。

现状 2 处情报板已安装相应安全防护模块，本次不再新增。

9.3.1.2 中心网络安全防护

根据现有网络拓扑图及网络安全需求，为有效应对当前安全挑战，需新增关键设备并合理利用现有资源，以构建更加安全、可靠的智慧公路网络体系。鉴于本项目新增较多外场设备并存储于 312 国道镇江段公路中心与丹阳市公路事业发展中心，需新增网络设备以满足安全防护需求，且 312 国道公路分中心和丹阳市公路分中心设备老化，多数设备采购于 2014 年，故本次计划美人谷服务区与丹阳服务区各新增两台汇聚交换机，一台核心交换机，两个防火墙用于实现三网物理隔离，识别并阻止来自内网及外网的攻击行为，确保设施网络安全，提升两个分中心的网络安全防护。同时考虑镇江市中心现状日志审计设备已使用超过 6 年，设备老旧，本次进行设备更换。

9.4 现有系统接入

9.4.1 系统升级方案

在公路运行安全状态智能巡查系统的基础上，围绕事件检测需求，针对新增公路路网事件的识别，涉及到的业务应用展示系统的功能调整包括：

首页一张图功能调整：针对新增路网事件，在地图上通过一张图展示，直观体现实时监测到的道路异常事件。首页支持事件类别的筛选过滤，实时监测数据展示、实时概况等功能，支持事件一屏统管。

事件派单功能调整：新增的道路事件统一纳入到派单模块中，根据事件所在的区域路段派单给辖区工作人员进行处置闭环处理。

统计分析功能调整：针对新增路网事件，路网事件类型分布、线路事件高发量排名、线路和里程桩号事件高发量排名、各类道路事件发生趋势等统计分析。

报警记录功能调整：支持新增的报警事件统一浏览，事件的处置过程（图片、文字、视频）留痕，事件信息查阅等。

数据管理功能调整：调整摄像头支持新增路网事件的配置，将摄像头、路线路段、算法类型等统一纳入配置管理，支持摄像头的信息管理，包括摄像头品牌、厂家、名称、类型、状态、安装位置、IP、通道号、经纬度等信息动态管理。

第三方对接功能调整：新增的事件结果或过程需要对接到上级或平级单位相应系统。

手机端企业微信小程序调整：在小程序中增加事件配置，支持新增路网事件的通报提醒。

第 10 章 江苏省公路养护管理系统桥隧信息管理子系统

10.1 总体架构

10.1.1 总体架构图

本系统采用感知层、支撑层、应用层三层体系架构，构建了集全面感知、智能支撑与协同应用于一体的智慧隧道管理系统。

感知层作为系统数据源头，通过视频监控、环境监测、结构监测、机电监测等多类物联感知设备，实时采集隧道内外运行状态数据。该层不仅实现对隧道本体及附属设施的全面感知覆盖，还通过标准化接口与省级既有平台对接，有效复用已有视频与智能识别能力，避免重复建设。所有感知数据通过统一规范的网络与安全通道进行传输，为上层应用提供可靠、连续的数据输入。

基础设施层包括计算、存储、网络和安全共同构成了系统运行的坚实底座。其中，计算资源提供了数据处理和业务逻辑执行的动力源泉，如同系统的大脑和肌肉；存储资源确保了数据的持久化存放与高效读写，是系统的记忆载体；网络资源构建了组件间互联互通的高速通道，是实现数据流动与协同的血管系统；而安全则贯穿于所有层面，为整个基础设施提供身份认证、访问控制、威胁防护等保障，是系统稳定可靠运行的守护神。这四者紧密协同，共同为上层应用提供稳定、高效、可靠且安全的运行环境，是整个系统得以存在和对外服务的必要前提。

支撑层是系统的数据与服务中枢，整合汇聚了多个现有业务系统资源与能力。该层集成国省干线公路养护管理子系统，提供标准化的养护业务流程与数据规范；扩展桥梁结构健康监测能力至隧道领域，提供专业的结构安全评估服务；依托统一的基础数据库，实现数据的集中存储与规范管理，确保数据完整一致；同时接入地方自建管理系统，实现与地市现有平台的数据共享与业务协同。通过提供标准化、组件化的数据服务与功能接口，为上层应用提供稳定、高效的能力支撑。

应用层采用“省级统筹、市级主战”的协同应用模式。省级层面构建全省隧道“一张图”监管体系，实现隧道运行状态的宏观展示、实景穿透监管与综合分析研判。地市级层面重点建设五大业务功能，各业务功能既相对独立又协同联动，通过调用支撑层提供的统一服务与数据，共同构建形成完整、高效的智慧隧道应用体系。

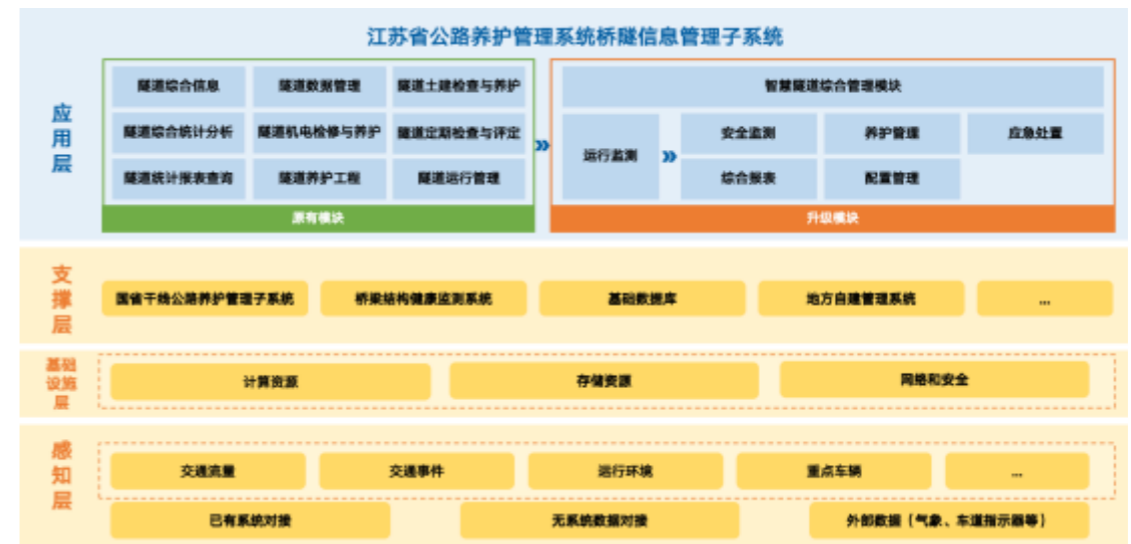


图 10-1 总体架构图

10.1.2 系统关系

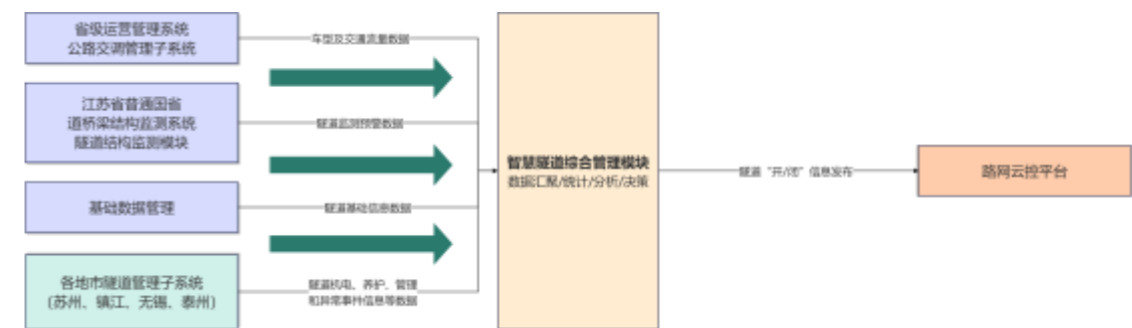


图 10-2 系统关系框架图

部分相关系统边界

- (1) 与江苏省普通国省道桥梁结构监测系统边界：隧道结构监测预警相关信息通过接口获取。两系统业务逻辑独立，不存在交叉。
- (2) 与基础数据边界：隧道基础信息通过接口对接获取。两系统业务逻辑独立，不存在交叉。
- (3) 与省级运营管理系统公路交调管理子系统边界：通过接口获取各隧道的车型以及交通流量数据，两系统业务逻辑独立，不存在交叉。
- (4) 与江苏省智慧路网云控平台系统边界：根据需要提供全省隧道车道指示器开启/关闭数据用于上报部级平台，两系统业务逻辑独立，不存在交叉。
- (5) 与各地市的隧道管理系统边界：部分机电设备监测状态信息、养护、管理、异常交通事件识别信息通过接口获取，省级系统与各地市隧道管理系统业务功能独立不存在功能交叉。

应用和界面冲突。

10.2 业务功能

10.2.1 功能架构

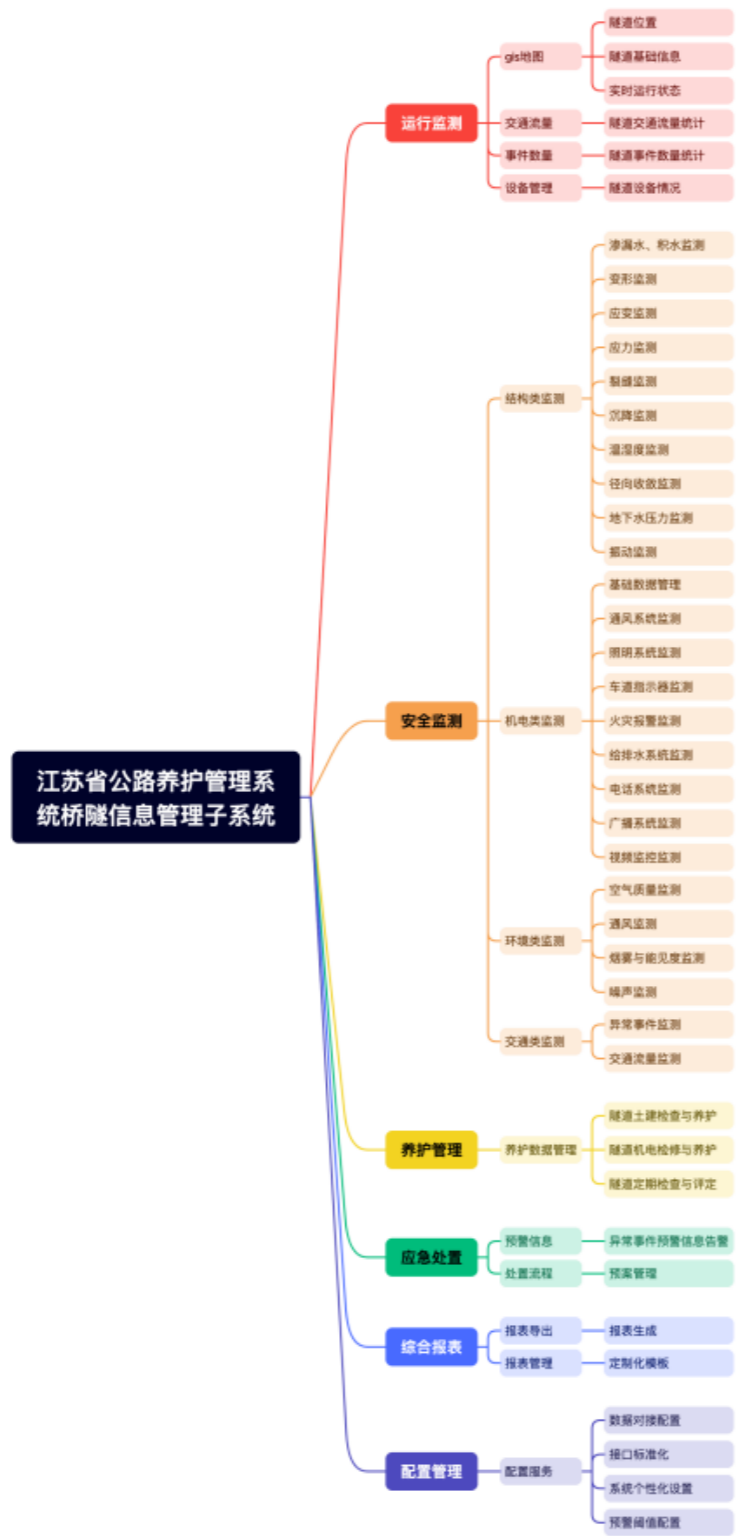


图 10-3 功能架构图

10.2.2 功能描述

10.2.2.1 运行监测

(1) GIS 地图

①隧道位置

➤基于 GIS 地理信息系统精准展示全省所有隧道的地理分布、空间位置、形态结构及其与周边路网的连接关系。

➤图层显示控制：图层包括高速公路网、国省道路网、隧道点位图标、地市行政区划边界、重要地名注记等，实现可视化内容的个性化配置。

②隧道基础信息

➤支持用户通过点击地图上的隧道模型或列表，触发交互操作。系统以信息弹窗的形式快速响应，展示该隧道的核心静态属性，包括但不限于隧道名称、起止桩号、设计长度与净空、车道数、建设年代、管养单位等。

③实时运行状态

➤对全省范围内的关键隧道（如城市隧道、山岭隧道、水下隧道等）的运行状态进行重点监控和集中展示。

➤通过图标颜色（如绿色代表通行、灰色代表封闭）等方式，展示重点隧道的实时状态。

➤地图可视化状态展示：GIS 地图上各隧道根据获取的实时车道诱导开启/关闭状态信息，以不同图标颜色显示各自的运行状态（如绿色图标代表通行、灰色图标代表封闭、隧道开启关闭信息无法获取的默认为通行状态）。

➤快捷操作入口：点击隧道选择查看隧道「通行状态」按钮，支持以平面图形式展示当前隧道具体车道的开启/关闭的状态、隧道内机电的安装点位以及实时运行状态和监测的数据。

(2) 交通流量

➤交通流历史趋势查询与分析：提供交互式图表，支持查询任意隧道或路段在过去任意时间段（如最近 24 小时、特定日期）的交通流参数历史曲线。

(3) 事件数量

➤全省隧道“今日”突发事件总数统计与类型分布：自动聚合今日 0 点以来全省范

围内由系统自动识别或人工上报的交通事件。

▶以统计卡片展示事件总数，同时以饼图或环形图展示事件的类型构成（如交通事故、车辆故障、交通拥堵、恶劣天气等各占百分比）。

（4）设备管理

▶实现对隧道内关键机电设备运行状态的深度感知。它以可视化的形式展示隧道设备的数量、类型、状态和在线率。

10.2.2.2 安全监测

（1）结构类监测

①渗漏水、积水监测

▶数据查询：支持对渗漏水、积水监测预警信息与处置结果信息进行查询。

▶列表视图：以表格展示数据（如隧道名称、监测设备、数据采集时间、监测值（含单位）、预警类型。支持表格分页、排序和列筛选）。

▶趋势图：以折线图形式展示一个或多个点位在不同时间点的监测值变化趋势。

▶分布图：以柱状图形式展示不同点位的预警次数或最新监测值分布。

▶导出的 Excel 内容严格遵循当前查询结果与列表视图所呈现的数据信息。

②衬砌剥落监测

▶数据查询：支持对衬砌剥落预警信息与处置结果信息进行查询。

▶列表视图：以表格形式展示所有符合条件的瓷砖剥落预警记录（如预警编号、隧道名称、具体桩号位置、预警类型、预警等级、剥落面积、剥落深度、发现时间、处置状态、处置人、处置时间）。

▶导出的 Excel 内容严格遵循当前查询结果与列表视图所呈现的数据信息。

▶预警统计看板：显示当前预警总数和各状态预警数量。

▶紧急预警提示：对一级预警进行特殊标识和提醒。

▶处置进度跟踪：显示预警处置完成率和待处理数量统计。

③变形监测

▶数据查询：支持对变形监测预警信息与处置结果信息进行查询。

▶列表视图：以表格形式展示所有符合条件的预警记录（如预警编号、隧道名称、具体监测点位/断面编号、预警类型、预警等级（以文字和颜色同时显示）、预警时间）。

▶导出的 Excel 内容严格遵循当前查询结果与列表视图所呈现的数据信息。

④应变监测

▶数据查询：支持对应变监测预警信息与处置结果信息进行查询。

▶列表视图：以表格形式展示所有符合条件的预警记录（如预警编号、隧道名称、具体监测点位/断面编号、预警类型、预警等级、预警时间）。

▶导出的 Excel 内容严格遵循当前查询结果与列表视图所呈现的数据信息。

⑤应力监测

▶数据查询：支持对应力监测预警信息与处置结果信息进行查询。

▶列表视图：以表格形式展示所有符合条件的预警记录（如隧道名称、监测设备编号、预警类型、预警等级、预警时间、应力值（MPa）、设计允许值（MPa）、超限比例、处置状态、处置人、处置时间）。

▶导出的 Excel 内容严格遵循当前查询结果与列表视图所呈现的数据信息。

⑥裂缝监测

▶数据查询：支持对裂缝监测预警信息与处置结果信息进行查询。

▶列表视图：以表格形式展示所有符合条件的预警记录（如预警编号、隧道名称、具体监测点位编号、预警类型、预警等级、触发时间、裂缝宽度（mm）、裂缝长度（m）、发展速率（mm/天）、设计允许值（mm）、处置状态、处置人、处置时间）。

▶导出的 Excel 内容严格遵循当前查询结果与列表视图所呈现的数据信息。

⑦沉降监测

▶数据查询：支持对沉降监测预警信息与处置结果信息进行查询。

▶列表视图：以表格形式展示所有符合条件的预警记录（如预警编号、隧道名称、具体监测点位编号、预警类型、预警等级、触发时间、累计沉降量（mm）、沉降速率（mm/天）、差异沉降量（mm）、设计允许值（mm）、处置状态、处置人、处置时间）。

▶导出的 Excel 内容严格遵循当前查询结果与列表视图所呈现的数据信息。

⑧温湿度监测

▶数据查询：支持对沉降监测预警信息与处置结果信息进行查询。

▶列表视图：以表格形式展示所有符合条件的预警记录（预警编号、隧道名称、具体监测点位编号、预警类型、预警等级、触发时间、监测值（温度/湿度）、单位、处置

状态、处置人、处置时间)。

➤导出的 Excel 内容严格遵循当前查询结果与列表视图所呈现的数据信息。

⑨径向收敛监测

➤数据查询：支持对径向收敛预警信息与处置结果信息进行查询。

➤列表视图：以表格形式展示所有符合条件的径向收敛预警记录(如预警编号、隧道名称、监测断面桩号、预警类型、预警等级、收敛值、变化速率、设计允许值、预警时间、处置状态、处置人、处置时间)。

➤导出的 Excel 内容严格遵循当前查询结果与列表视图所呈现的数据信息。

⑩地下水压力监测

➤数据查询：支持对地下水压力监测预警信息与处置结果信息进行查询。

➤列表视图：以表格形式展示所有符合条件的地下水压力预警记录(如预警编号、隧道名称、监测点位、监测深度、当前水压值、预警等级、触发时间、处置状态、处置人、处置时间)。

➤导出的 Excel 内容严格遵循当前查询结果与列表视图所呈现的数据信息。

⑪振动监测

➤数据查询：支持对振动监测预警信息与处置结果信息进行查询。

➤列表视图：以表格形式展示所有符合条件的预警记录(如预警编号、隧道名称、具体监测点位编号、预警类型、预警等级、触发时间、振动幅度(mm/s)、振动频率(Hz)、持续时间(s)、处置状态、处置人、处置时间)。

➤导出的 Excel 内容严格遵循当前查询结果与列表视图所呈现的数据信息。

(2) 机电类监测

①基础数据管理

➤数据查询：支持对机电设备基础信息进行查询。

➤列表视图：以表格形式展示所有符合条件的设备记录(如设备编号、隧道名称、安装位置、设备类型、设备名称、设备型号、生产厂家、安装时间、运行状态、最后维护时间、负责人)。

➤导出的 Excel 内容严格遵循当前查询结果与列表视图所呈现的数据信息。

②通风系统监测

➤数据查询：支持对通风系统预警信息和处置结果信息进行查询。

➤列表视图：以表格形式展示所有符合条件的设备状态记录(如设备编号、隧道名称、安装位置、设备型号、运行状态、运转方向、当前风速(m/s)、运行时长(h)、功率(kW)、最后状态更新时间)。

➤导出的 Excel 内容严格遵循当前查询结果与列表视图所呈现的数据信息。

➤提供预警信息推送人员、推送方式的配置功能，支持预警处置功能，支持根据业务需要将预警和处置信息推送至相应省级平台的功能。

③照明系统监测

➤数据查询：支持对通风系统预警信息和处置结果信息进行查询。

➤列表视图：以表格形式展示所有符合条件的照明设备记录(如根据接入的数据进行展示如设备编号、隧道名称、安装位置、设备类型、运行状态、当前亮度、用电量(kWh)、今日运行时长、最后状态更新时间等)。

➤接入照明控制子系统进行远程控制系统：亮度调节：提供滑动条或数值输入框，支持对单个或批量照明设备进行亮度调节(0%~100%)。开关控制：提供一键开启/关闭指定照明设备的控制按钮。控制确认：所有控制操作需进行二次确认，并记录操作日志。

➤导出的 Excel 内容严格遵循当前查询结果与列表视图所呈现的数据信息。

➤提供预警信息推送人员、推送方式的配置功能，支持预警处置功能，支持根据业务需要将预警和处置信息推送至相应省级平台的功能。

④车道指示器监测

➤数据查询：支持对车道指示器预警信息和处置结果信息进行查询。

➤列表视图：以表格形式展示所有符合条件的车道指示器状态记录(如设备编号、隧道名称、安装位置、车道编号、当前显示状态、运行状态、最后心跳时间、最后状态变更时间)。

➤状态指示灯：在设备列表中用颜色标识设备运行状态(绿色：通行，黄色：封闭，红色：故障)。

➤显示状态图标：使用直观图标展示当前车道指示器的显示状态。

➤导出的 Excel 内容严格遵循当前查询结果与列表视图所呈现的数据信息。

⑤火灾报警监测

➤数据查询：支持对火灾报警监测预警信息和处置结果信息进行查询。

➤列表视图：以表格形式展示所有符合条件的火灾报警监测记录（如设备编号、隧道名称、安装位置、设备类型、当前状态、报警等级、最后报警时间、报警值、处置状态、最后更新时间）。

➤状态指示灯：在设备列表中用颜色标识设备状态（如绿色：正常，黄色：预警，红色：报警，灰色：故障）。

➤报警分布图：显示隧道平面图上各报警设备的分布位置和当前状态。

➤导出的 Excel 内容严格遵循当前查询结果与列表视图所呈现的数据信息。

➤提供预警信息推送人员、推送方式的配置功能，支持预警处置功能，支持根据业务需要将预警和处置信息推送至相应省级平台的功能。

⑥给排水系统监测

➤数据查询：支持对排水系统监测预警信息和处置结果信息进行查询。

➤列表视图：以表格形式展示所有符合条件的排水设备记录（如设备编号、隧道名称、设备名称、安装位置、运行状态、当前水位、流量数据、运行时长、预警状态、故障信息、最后更新时间）。

➤水泵启停控制：提供启动/停止控制按钮，支持对单个或批量水泵设备进行远程控制。

➤实时状态显示：用颜色标识设备运行状态（如绿色：运行中，灰色：停止，红色：故障，黄色：预警）。

➤水位趋势图表：显示各监测点水位变化趋势图。

➤导出的 Excel 内容严格遵循当前查询结果与列表视图所呈现的数据信息。

➤提供预警信息推送人员、推送方式的配置功能，支持预警处置功能，支持根据业务需要将预警和处置信息推送至相应省级平台的功能。

⑦视频监控监测

➤视频资源状态统一监控：以列表或树形结构，清晰展示所有视频点的在线状态（如在线、离线）、所属位置（如隧道、方向）。状态信息实时更新，并以颜色编码（如绿色在线、灰色离线）直观显示。

➤视频可用性统计告警：自动计算视频在线率，并对视频点位的长时间离线状态进

行实时监测，一旦发现异常立即触发平台告警，通知运维人员及时介入排查，确保安全监控无盲区。

➤视频覆盖范围管理：展示视频点位在隧道示意图或地图上的分布，辅助管理人员评估关键区域（如洞口、弯道、应急设施）的监控覆盖是否完备，为优化摄像布局提供依据。

➤视频资源快速筛选定位：提供按地市、路线、隧道名称等多条件筛选功能，帮助用户从海量资源中秒级定位目标视频点位，支持按摄像头编号精准搜索。

➤高清视频实时播放与云控：提供视频播放组件，流畅播放高清视频流。对于球机，支持远程云台控制（如方向、缩放），使用户能调整视角，追踪目标，获取最佳监控画面，深入研判安全状况。

➤多路视频同步分屏查看：支持 1/4/9 分屏显示，可同时对比查看同一事件的多角度画面或不同隧道的实时状态，极大提升监控效率和态势感知能力。

(3) 环境类监测

①空气质量监测

➤数据查询：支持对空气质量监测预警信息和处置结果信息进行查询。

➤列表视图：以表格形式展示所有符合条件的空气质量预警记录（如预警编号、隧道名称、监测点位、监测指标、监测数值、计量单位、预警等级、标准限值、超标倍数、触发时间、处置状态、处置人、处置时间）。

➤预警统计：展示各类预警等级的分布情况。

➤处置进度：显示预警处置完成率和待处理数量。

➤浓度统计分析：统计各污染物的平均浓度、最大值、最小值。

➤预警趋势分析：分析预警发生的时段规律和趋势变化。

➤超标频次统计：统计各监测点的超标发生频次。

➤导出的 Excel 内容严格遵循当前查询结果与列表视图所呈现的数据信息。

➤提供预警信息推送人员、推送方式的配置功能，支持预警处置功能，支持根据业务需要将预警和处置信息推送至相应省级平台的功能。

②通风监测

➤数据查询：支持对通风监测预警信息和处置结果信息进行查询。

➤列表视图：以表格形式展示所有符合条件的通风预警记录（如预警编号、隧道名称、监测点位、预警类型、预警等级、风速值（m/s）、风向角度、标准范围、触发时间、处置状态、处置人、处置时间）。

➤通风状态分布图：以隧道示意图形式展示各监测点通风状态。

➤预警统计图表：显示各类预警的等级分布和时段分布。

➤导出的 Excel 内容严格遵循当前查询结果与列表视图所呈现的数据信息。

➤提供预警信息推送人员、推送方式的配置功能，支持预警处置功能，支持根据业务需要将预警和处置信息推送至相应省级平台的功能。

③烟雾与能见度监测

➤数据查询：支持对烟雾与能见度监测预警信息和处置结果信息进行查询。

➤列表视图：以表格形式展示所有符合条件的预警记录（如预警编号、隧道名称、监测点位、预警类型、监测数值（如能见度值（m）/烟雾浓度值）、标准限值、预警等级、触发时间、持续时间、处置状态、处置人、处置时间、处置结果）。

➤环境指标展示：显示各隧道实时能见度值和烟雾浓度值。

➤预警统计图：展示各类预警的等级分布和时段分布。

➤处置进度跟踪：显示预警处置完成率和待处理数量统计。

➤导出的 Excel 内容严格遵循当前查询结果与列表视图所呈现的数据信息。

➤提供预警信息推送人员、推送方式的配置功能，支持预警处置功能，支持根据业务需要将预警和处置信息推送至相应省级平台的功能。

④噪声监测

➤数据查询：支持对噪声监测预警信息和处置结果信息进行查询。

➤列表视图：以表格形式展示所有符合条件的噪声预警记录（如预警编号、隧道名称、监测点位、实测分贝值（dB）、标准限值（dB）、超标幅度、预警等级、触发时间、持续时间、处置状态）。

➤噪声实时显示：展示各监测点实时噪音分贝值。

➤预警状态监控：实时显示当前预警数量及分布情况。

➤超标统计：显示各隧道噪声超标时长和频次统计。

➤导出的 Excel 内容严格遵循当前查询结果与列表视图所呈现的数据信息。

➤提供预警信息推送人员、推送方式的配置功能，支持预警处置功能，支持根据业务需要将预警和处置信息推送至相应省级平台的功能。

（4）交通类监测

①异常事件监测

➤数据查询：支持对异常事件预警信息和处置结果信息进行查询。

➤AI 识别事件实时接入：通过标准接口对地市已建管理系统，实时接收各地市 AI 事件检测服务器上报的结构化事件和处置结果数据，包括事件类型、发生位置（如桩号）、发生时间、关联视频 URL 等关键信息。

②交调流量监测

➤数据查询：支持对交调流量信息进行查询。

➤隧道上游关联路段流量监测：实时接收并展示隧道上游一定范围内的交通流数据。

10.2.2.3 养护管理

（1）养护数据管理

①隧道土建检查与养护

➤数据查询：支持对隧道土建检查与养护信息进行查询。

➤列表视图：以表格形式展示所有符合条件的检查记录（如检查编号、隧道名称、检查类型、检查日期、检查单位、检查人员、发现病害数量、处置状态、检查结论）。

➤按病害类型统计：裂缝、渗漏水、变形等分布情况。

➤按病害等级统计：各级别病害数量及占比。

➤按隧道区段统计：不同区段病害发生频率。

➤导出的 Excel 内容严格遵循当前查询结果与列表视图所呈现的数据信息。

②隧道机电检修与养护

➤数据查询：支持对隧道机电检修与养护信息进行查询。

➤列表视图：以表格形式展示所有符合条件的检查记录（如检查编号、隧道名称、设备类型、设备名称、检查类型、检查日期、检查单位、发现问题数量、设备状态、处置进度）。

➤设备状态总览看板：设备运行状态分布。

➤导出的 Excel 内容严格遵循当前查询结果与列表视图所呈现的数据信息。

③隧道定期检查与评定

- ▶数据查询：支持对隧道定期检查与评定信息进行查询。
- ▶列表视图：以表格形式展示隧道定检评定结果（如隧道编号、隧道名称、管辖单位、上次评定等级、本次评定等级、等级变化、总得分、结构物评分、机电评分、土建评分、评定日期）。
- ▶数据可视化展示：技术等级分布饼图。病害类型雷达图。
- ▶导出的 Excel 内容严格遵循当前查询结果与列表视图所呈现的数据信息。

10.2.2.4 应急处置

(1) 预警信息

①异常事件预警信息告警

- ▶数据查询：支持对异常事件预警信息告警信息和处置结果信息进行查询。
- ▶列表视图：以表格形式展示所有符合条件的预警记录（如预警编号、隧道名称、预警类型、预警等级、事件描述、触发时间、持续时长、处置状态、责任人、最后更新时间）。
- ▶综合监控看板：预警类型分布饼图、预警等级分布统计、处置状态进度展示。
- ▶导出的 Excel 内容严格遵循当前查询结果与列表视图所呈现的数据信息。

(2) 处置流程

①预案管理

- ▶应急预案数字化录入与编辑：提供可视化编辑工具。
- ▶应急预案分类体系构建：按“事件类型”构建分类目录，确保预案归类清晰、查找便捷：如交通类（如交通事故、拥堵、车辆故障）、结构类（如结构裂缝、沉降、坍塌）、环境类（如 CO 超标、能见度低、危化品泄漏）、设备类（如通风/照明/消防设备故障）、灾害类（如火灾、水灾、地震）。
- ▶应急预案查询与检索优化：提供“多维度查询+智能检索”功能。
- ▶预案核心内容结构化设计：按“启动-处置-收尾”逻辑，将预案内容拆分为标准化模块。

10.2.2.5 综合报表

(1) 报表导出

①报表生成

市级用户登录后：

- ▶一键生成安全监测和预警信息等综合报表，可按照日/周/月/年进行筛选。
- ▶支持报表导出下载。
- ▶各地市通过该功能生成本地的报表，方便对本地隧道的安全管理工作进行总结和分析，发现工作中的不足之处并及时改进。

(2) 报表管理

①定制化模板

市级用户登录后：

- ▶能够自定义综合报表的内容和模板，对综合报表进行配置。
- ▶各地市可以根据本地的实际情况和特定需求，定制适合本地的报表模板。
- ▶不同的用户角色，如管理人员、技术人员等，也可以根据自己的工作需要定制个性化的报表模板，提高工作效率。

10.2.2.6 配置管理

(1) 配置服务

①数据对接配置

- ▶管理平台与外部系统（如传感器、第三方平台）的数据连接参数，包括协议类型、地址、端口、密钥等，实现监测数据的自动接入与同步。

②接口标准化

- ▶接口统一纳管：管理平台与外部系统的接口配置，包括地址、协议、认证方式、数据格式映射等。监控接口调用状态、数据交换质量、报文合规性，并提供故障告警与重试机制。支持接口调用日志的记录、分析与审计。

③系统个性化设置

- ▶根据用户角色和偏好，定制系统界面主题、仪表盘布局、显示语言等个性化参数。

④预警阈值配置

- ▶为各项监测指标（如 CO 浓度、沉降量、设备状态）设置不同等级的预警阈值和告警规则，定义触发条件与通知方式。

市级用户登录后：

➤对新增的监测设备采集数据，根据各项监测指标设置不同等级的预警阈值和告警规则，定义触发条件与通知方式。

➤根据省公路管理部门制定的基础的预警阈值框架进行设置。

➤分级根据设置的预警阈值判断产生的预警等级进行推送的配置功能。

➤分类如第一类结构类监测、第二类养护类监测（环境类监测、机电类监测）、第三类异常事件进行预警推送。

➤各地市则可以根据本地隧道的实际情况进行调整和细化。

第 11 章 路侧系统施工要求

11.1 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。

11.2 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

的混凝土浇筑面平整度小于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C30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。

11.3 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“镇江公路”。

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‰。

11.4 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《公路工程钢构件防腐技术条件》（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。

11.5 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。

11.6 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。

11.7 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。

11.8 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 12 章 施工组织

12.1 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。

12.1.1 施工工艺

12.1.1.1 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

12.1.1.2 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

±1°。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 12-1 模板安装规定值或允许偏差表

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 12-2 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人(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。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、布线、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%。

12.1.2 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,焊钳不得夹在腋下去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) 钢丝绳的正常使用寿命不得超过 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。

12.2 施工环保措施

12.2.1 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。

12.2.2 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。