

G228 江苏段示范通道数字化转型升级项目（连云港段）

详细设计

第一册 共一册

苏交科集团股份有限公司

交通运输部规划研究院

二〇二五年十一月

目录

1 概述	4	4.2 多功能交通调查站子系统	15
1.1 工程名称	4	4.2.1 系统概述	15
1.2 项目背景	4	4.2.2 系统功能	15
1.3 项目设计依据、参照标准、规范及相关指导文件	4	4.2.3 系统方案	15
1.3.1 设计依据	4	4.3 视频监控子系统	16
1.3.2 技术标准	6	4.3.1 系统概述	16
2 总体设计	7	4.3.2 系统功能	16
2.1 工程边界	7	4.3.3 固定监控点位方案	16
3 基础设施监测预警系统	7	4.4 智能机箱	18
3.1 系统综述	7	4.5 机器视觉扩容方案（视频事件分析）	18
3.2 基础设施巡查子系统	7	4.5.1 系统方案	18
3.2.1 系统概述	7	4.5.2 前端 AI 事件分析系统接入方案	18
3.2.2 道路智能巡查车载	7	4.6 视频上云	18
3.2.3 智能巡查无人机子系统	8	4.7 视频存储扩容	19
3.3 桥梁结构监测子系统	8	4.8 应急指挥智能调度子系统	19
3.3.1 轻量化监测方案	8	4.8.1 系统概述	19
3.3.2 桥梁视频监控	9	4.8.2 系统构成	19
3.3.3 系统传输	9	4.8.3 无人机管理平台	19
3.3.4 系统维护与数据分析	10	4.8.4 系统方案	20
3.3.5 施工要求	11	5 恶劣气象通行安全预警系统	20
4 路网运行监测预警系统	15	5.1 系统综述	20
4.1 系统综述	15	5.2 恶劣气象行车诱导子系统	20
		5.2.1 系统概述	20
		5.2.2 系统功能	20
		5.2.3 系统方案	21

5.3 智能冰雪监测子系统	21	7.2.3 系统设计	25
5.3.1 系统概述	21	7.3 充电桩占用状态监测系统	26
5.3.2 系统功能	21	7.3.1 系统概述	26
5.3.3 系统方案	21	7.3.2 系统功能	26
5.4 智能融雪除冰无人机	21	7.3.3 系统设计	26
5.4.1 系统概述	21	7.4 多模式信息发布系统	27
5.4.2 系统功能	21	7.4.1 系统概述	27
5.4.3 系统方案	22	7.4.2 系统功能	27
5.5 护栏碰撞监测预警子系统	22	7.4.3 系统设计	27
5.5.1 系统概述	22	7.5 网络传输系统	27
5.5.2 系统功能	22	7.6 网络安全	27
5.5.3 系统方案	22	7.7 服务区外场设备供电、防雷接地方案	27
6 出入口协调控制系统	23	7.7.1 外场设备供电方案	27
6.1 非信控交叉口预警子系统	23	7.7.2 外场监控设施防雷、接地方案	27
6.1.1 系统概述	23	7.8 省级服务设施管理平台接入	28
6.1.2 系统功能	23	8 “一张网”出行服务系统	28
6.1.3 系统方案	23	8.1 系统功能	28
7 智慧服务区	24	8.2 系统方案	29
7.1 服务区运行监测系统	24	9 通信系统	29
7.1.1 系统概述	24	10 网络安全系统	30
7.1.2 系统功能	24	10.1 安全等级保护总体要求	30
7.1.3 系统方案	24	10.2 通信网络安全防护设计	30
7.2 智慧停车引导系统	25	10.3 外场设施安全设计	30
7.2.1 系统概述	25	10.3.1 情报板内容防护	30
7.2.2 系统功能	25	10.3.2 情报板安全加固	30

11 供电设施设计	31
11.1 供电方案	31
11.1.1 电力电缆供电方案	31
11.1.2 主要材料和施工要求	31
12 基础、杆件设计	34
12.1 设备基础	34
12.2 杆件设计	34
13 防雷、接地及立柱等钢构件的防腐处理	35
13.1 防雷	35
13.1.1 直击雷的防护	35
13.1.2 电源防雷	35
13.1.3 信号防雷	35
13.2 接地	35
13.3 立柱等钢构件的防腐处理	36

1 概述

1.1 工程名称

G228 江苏段示范通道数字化转型升级项目（连云港段）详细设计。

1.2 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。公路领域全面响应 15 个应用场景，包括 5 个一体化任务和 10 个示范性任务。

结合江苏省普通公路发展实际，聚焦智慧扩容、安全增效和体制机制创新的任务方向，选取 G228、G312、G345 江苏段实施数字化转型升级，着力打造具有示范意义的普通公路数字化转型升级通道。

为系统推进示范通道建设，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，统筹组织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的深化完善工作，为全省普通公路数字化转型

升级提供了可操作的实施路径。

G228 江苏段作为贯穿江苏沿海三市的重要通道，总里程达 512.51 公里，其中连云港段公里，沿线主要承载港口物流、临港工业和现代农业等产业运输需求，具有货运量大、重载车辆密集的特点。本次数字化转型升级聚焦提升安全管控能力，通过对外场感知设备的信息化建设和内场软件平台系统升级，重点强化对沿线重载车辆的监测预警服务。项目实施将有效保障车辆安全通行，显著降低沿海港区重载车辆安全运行风险，实现安全管控精细化目标，全力打造“沿海跨港区高等级安全畅达示范通道”，为区域产业经济发展提供坚实可靠的数字化交通支撑。



图1-1 江苏省“一轴一网两融合”交通基础设施数字化转型升级--公路空间布局图

1.3 项目设计依据、参照标准、规范及相关指导文件

本工程的设计过程和成果均须符合国家有关工程建设强制性标准、强制性条文和交通运输部关于公路、建筑设计方面现行的标准、规范、规程、定额、办法、示例。

1.3.1 设计依据

1、国家政策、规划及指导意见

(1) 中共中央、国务院《数字中国建设整体布局规划》（2023 年 2 月）；

- (2) 中共中央、国务院《交通强国建设纲要》（2019 年 9 月）；
- (3) 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）；
- (4) 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 号文）；
- (5) 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 号文）；
- (6) 《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实施方案的意见》（交办规函〔2024〕1892 号文）；
- (7) 交通运输部关于《推进公路数字化转型加快智慧公路建设发展》的意见（交公路发〔2023〕131 号）；
- (8) 交通运输部关于《加快建设交通强国五年行动计划（2023~2027 年）》的印发实施（交规划发〔2023〕21 号）；
- (9) 交通运输部关于印发《“十四五”交通领域科技创新规划》的通知（交科技发〔2022〕31 号）；
- (10) 交通运输部关于印发《交通领域科技创新中长期发展规划纲要（2021—2035 年）》的通知（交科技发〔2022〕11 号）；
- (11) 交通运输部关于印发《交通运输领域新型基础设施建设行动方案（2021—2025 年）》的通知（交规划发〔2021〕82 号）；
- (12) 交通运输部关于印发《数字交通“十四五”发展规划》的通知（交规划发〔2021〕102 号）；
- (13) 交通运输部《关于推动交通运输领域新型基础设施建设的指导意见》（交规划发〔2020〕75 号）；
- (14) 交通运输部办公厅关于印发《进一步推进公路桥梁隧道结构监测工作的实施方案（2024-2025 年）》的通知（交办公路〔2024〕26 号）；
- (15) 交通运输部关于印发《数字交通发展规划纲要》的通知（交规划发〔2019〕89 号）。

2、地方政策、规划及指导意见

- (1) 江苏省财政厅、江苏省交通运输厅关于印发《江苏省公路水路交通基础设施数字化转型升级资金和项目管理办法》的通知（苏财建〔2024〕205 号）；
- (2) 《江苏数字公路发展行动计划（2022—2025）》（苏交公路〔2022〕11 号）；
- (3) 《江苏数字交通发展三年行动计划（2022—2024 年）》（苏交公路〔2022〕7 号）；
- (4) 《江苏省“十四五”新型基础设施建设规划》（苏政办发〔2021〕45 号）；
- (5) 《江苏省“十四五”智慧交通发展规划》（苏交技〔2021〕25 号）；
- (6) 《江苏省“十四五”综合交通运输体系发展规划》（苏交运〔2021〕32 号）；
- (7) 《江苏省“十四五”公路发展规划》（苏交公路〔2021〕17 号）；
- (8) 《江苏省交通运输新型基础设施建设行动方案》（苏交技〔2020〕12 号）；
- (9) 《江苏公路科技“十四五”发展纲要》（苏交公信〔2022〕129 号）；
- (10) 《江苏公路信息化“十四五”发展纲要》（苏交公信〔2022〕130 号）。

3、其他

- (1) 《公路工程基本建设项目设计文件编制办法》（交通部交公路发〔2007〕358 号）；
- (2) 《江苏省干线公路网运行监测点监测设施建设指南》（江苏省交通运输厅公路局）；
- (3) 《江苏省干线公路网运行监测点布局规划（2019~2030 年）》（江苏省交通运输厅公路局）；
- (4) 《江苏省普通公路网络安全管理办法》（苏交公信〔2022〕235 号）；
- (5) 《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）；
- (6) 《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）；
- (7) 《全省公路工作座谈会》（2025 年 1 月）；
- (8) 《省交通运输厅公路事业发展中心关于印发江苏省普通国省道桥梁（隧道）结构健康监测体系建设实施方案的通知》（苏交公养〔2022〕12 号）；
- (9) 《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）》；

(10) 《交通运输部办公厅关于印发公路桥梁群结构监测系统试点建设技术指南的通知》(交办公路〔2025〕1号);

(11) 《江苏省普通国省道路路网监测设施建设项目设计要求》;

(12) 《江苏省普通国省道路路网监测设施建设项目设计要点》(苏交公便路网〔2024〕202号);

(13) 《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)

(14) 其他有关资料、传真、批复等。

1.3.2 技术标准

- 1、《公路工程技术标准》(交通部 JTG B01-2014);
- 2、《公路工程基本建设项目设计文件编制办法》(交公路发〔2007〕358号);
- 3、《公路工程质量检验评定标准 第二册 机电工程》(JTG 2182-2020);
- 4、《公路项目安全性评价指南》(JTG B05-2015);
- 5、《公路网运行监测与服务暂行技术要求》(中华人民共和国交通运输部 2012 年第 3 号公告), 交通运输部, 2012 年 1 月;
- 6、《公路网图像信息管理系统平台互联技术规范》(GB/T 28059-2023)。
- 7、《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);
- 8、《公共安全视频监控联网信息安全技术要求》(GB 35114-2017);
- 9、《民用闭路监视电视系统工程技术规范》(GB 50198-2011);
- 10、《以太网交换机技术要求》(YD/T 1099-2013);
- 11、《公路交通工程钢构件防腐技术条件》(GB/T 18226-2015);
- 12、《工业电视系统工程设计规范》(GB/T 50115-2019);
- 13、《工业以太网交换机技术规范》(GB/T 30094-2013);
- 14、《公共安全重点区域视频图像信息采集规范》(GB 37300-2018);
- 15、ISO/IEC 14496.2 信息技术音频-视频对象编码第 2 部分: 视频 (Information technology-Coding of audio-visual objects- Part 2: Visual);

16、ISO/IEC 14496.10 信息技术音频-视频对象编码第 10 部分: 先进视频编码 (Information technology-Coding of audio-visual objects-Part 10 Advanced Video Coding);

17、交通强国建设纲要(中共中央国务院, 2019 年) 数字交通发展规划纲要(交通运输部, 2019 年);

18、《公路交通情况调查设备 第 1 部分: 技术条件》(JT/T1008.1-2015);

19、《公路交通情况调查设备 第 2 部分: 通信协议》(JT/T1008.2-2015);

20、《公路行车安全诱导装置》(JT/T 1032-2024);

21、《公路桥梁结构监测技术规范》(JT/T 1037-2022);

22、《建筑与桥梁结构监测技术规范》(GB50982-2014);

23、《公路桥梁技术状况评定标准》(JTG H21-2011);

24、《桥梁结构健康监测系统设计规范》(DB32 T 3562-2019);

25、《公路机电工程施工技术规范》(JTG 3673-2025);

26、《信息安全技术网络安全等级保护基本要求》(GB/T 22239-2019);

27、《信息安全技术网络安全等级保护安全设计技术要求》(GB/T 25070-2019);

28、《信息安全技术网络安全等级保护测评要求》(GB/T 28448-2019);

29、《电力工程电缆设计标准》(GB50217-2018);

30、《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303-2015;

31、《综合布线系统工程设计规范》(GB 50311-2016);

32、《外壳防护等级 (IP 代码)》(GB/T 4208-2017);

33、《供配电系统设计规范》(GB 50052-2009);

34、《低压配电设计规范》(GB 50054-2011);

35、《民用建筑电气设计标准》(GB 51348-2019);

36、《电力工程电缆设计标准》(GB 50217-2018);

37、《建筑物防雷设计规范》(GB 50057-2010);

38、《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〔2024〕314号);

- 39、《公路工程项目概算预算编制办法》（JTG 3830-2018）；
- 40、《公路工程预算定额》（JTG/T 3832-2018）；
- 41、《公路工程机械台班费用定额》（JTG/T 3833-2018）；
- 42、《公路工程造价管理暂行办法》（交通运输部部令 2016 年第 67 号）。

2 总体设计

2.1 工程边界

1、与连云港市公路事业发展中心的界面

本项目承包人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连云港市公路事业发展中心的在用信息系统应用平台。由于涉计到在用平台及设备，在进行平台扩容集成工作时，公路事业发展中心应安排相关科室人员配合。

2、与省级平台的数据交互界面

本次数字化转型升级项目中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。

3 基础设施监测预警系统

3.1 系统综述

目前，G228 连云港段基础设施监测主要依赖人工巡查与巡查车巡检的方式，难以全面覆盖桥梁、边坡等复杂路段。同时，养护决策缺乏长期数据模型支撑，难以分析病害的时空演变规律，导致养护策略科学性不足，制约了预防性养护的有效实施。本次提升聚焦基础设施监测预警能力建设，重点通过升级基础设施巡查终端、加密桥梁结构监测覆盖密度、深化路面长期性能监测等措施，全面提升基础设施科学养护能力，构建数据驱动、智能决策的精细化管养体系。

3.2 基础设施巡查子系统

3.2.1 系统概述

利用智能巡查车与智能巡查无人机，对道路、桥梁等交通基础设施数据进行实时采集与分析，实现病害精准定位、自动化巡检、隐患及时发现及发展态势研判，显著提升巡检效率与智能化水平，使病害识别更便捷、精准，为交通基础设施养护数字化管理提供有力支撑。

3.2.2 道路智能巡查车载

3.2.2.1 系统概述

智能巡查车利用车载视频采集设备实时获取普通公路路面信息，通过边缘分析主机进行病害的即时处理与识别。实现从传统人工巡检向高效不停车巡检模式的转变，既显著提升巡检效能、强化病害监测精度，又通过非接触式检测，系统性规避人工下车作业的安全隐患。

3.2.2.2 系统功能

1、一般路段：纵向裂缝、纵向拼接缝、横向裂缝、横向拼接缝龟裂、坑洞、修补裂缝、修补网裂、修补坑槽、抛洒物等，重点关注货车碾压导致的路基塌陷、护栏变形等问题，结合货运通道分布，提前预警重载路段的结构损耗。

2、桥梁：采集桥面铺装破损、伸缩缝堵塞等数据，AI 算法分析结构病害与通行荷载的关联。

3、标志标线：自动识别指路牌缺失、减速带损坏等情况。

4、防护设施：统计波形护栏、防撞墩、防眩板的完好率，对弯道、学校路段等重点区域的设施状态进行专项追踪，避免因设施缺失导致的安全漏洞。

5、设备功能

智能摄像机，用于 AI 机器视觉前端视像采集，实时检测和定期检测路面病害、交安设施损坏等，拓展应用还包括交通流量、车型、车速、车道占有率等。

北斗定位，用于巡检车动态轨迹和定位，实现桩号标识和地理坐标精准对应，该设施利用旧有车载定位系统。

车载 3D 陀螺仪，用于车辆自身运动感知；采集车辆行驶过程中 3D 姿态数据，为精准识别提供数据支持。

车载边缘分析主机，利用边缘算力控制车载设备功能；实现边计算和后台计算协同，提高巡检车检测性能。

3.2.2.3 系统方案

通过在巡查车上装配车载智能巡查车载终端采集路面情况，利用机器视觉及人工智能技术，对路面病害进行智能识别，结合北斗定位技术，实现路面表观病害和道路交通事件的快速定位与定量检测，并将数据结果传至公路事业发展中心，以便于病害统计与跟踪，及时对公路进行养护作业，保障公路寿命与正常使用。智能巡查车系统组成共分三个功能：采集与预处理，病害检测和量化分析，自动化智能辅助巡查。

本项目 G228 连云港段分别在赣榆、连云、徐圩、灌云、灌南养护工区各设置 1 套道路智能巡查车载终端，实现对路面病害信息的采集分析，同时将分析的结果提交到江苏省公路养护管理系统，提供路面养护决策分析。

3.2.3 智能巡查无人机子系统

3.2.3.1 系统概述

桥梁墩柱、梁底等隐蔽部位人工巡检难度大、风险高。智能巡检无人机通过搭载高清摄像设备，可高效覆盖人工巡检盲区，实现全方位实时检测。智能巡查无人机支持定制化巡检方案与自主航迹规划，能自动化执行检测任务，突破地面环境限制，显著提升巡检效率与覆盖完整性，同步降低高空作业安全风险，尤其适用于桥梁高墩等复杂结构的精细化检测。

3.2.3.2 设备功能

基于人工智能、物联网的自动化巡查功能，以病害为中心、实现病害发现，如自动化巡查、经常检查、路政通知，实现日常养护全业务的自动化管理，支持养护巡查检查、道路机械清扫和保洁清障的定位签到、轨迹记录及回溯功能，提升管理效率、加强养护监管。

建立包含多种病害来源、多种处治方式、多维信息查询、多种状态显示等病害综合管理功能的统一病害库，支持移动应用和 PC 端应用，结合平台基础数据和技术状况等管理系统，实现基础数据、技术状况与养护维修、年度计划的数据融合，实现以病害为中心的闭环管理，提高养护质量。

3.2.3.3 系统方案

本项目在青口河特大桥和临洪河特大桥各设置 1 套无人机智能巡查设备。

无人机结合交调站位置，在门架和铁塔上安装无人机机舱。

无人机通过飞控平台和地面站软件对航线进行规划，无人机可从无人机场起飞后按照既定航线在桥梁表面自主飞行。在自主飞行过程中，无人机搭载高清相机对桥梁定点拍照，获取桥梁表面的高清照片。将照片导入边缘计算服务器中，通过对图片进行处理，获取巡检所需相关结果，并推送到连云港市公路全要素资产管理平台、连云港市干线公路交通设施管理平台、机器视觉应用平台。

3.3 桥梁结构监测子系统

3.3.1 轻量化监测方案

3.3.1.1 主要监测点布置

结合桥梁结构特点、桥梁现状等，考虑现场情况及对原状尽量少的干扰影响，确定监测内容的测点个数及位置，测点布置图，以下给出系统的监测内容及相应的测点数量详情：

表4-1 各桥梁轻量化监测内容与测点数量

序号	桥梁名称	桥梁中心桩号	拟选择监测项	设备型号	设备数量
1	黄沙坨小桥	K2915+151	主梁竖向位移监测	光电挠度仪	2
				目标靶	12
				基准靶	2
			视频监控	高清摄像头	已建
2	程圩干河中桥	K2926+835	主梁竖向位移监测	光电挠度仪	2
				目标靶	12
				基准靶	2
			视频监控	高清摄像头	已建
3	大浦河调尾大桥	K2927+522	主梁竖向位移监测	光电挠度仪	2
				目标靶	12
				基准靶	2
			视频监控	高清摄像头	已建
4	佟圩干河中桥	K2928+184	主梁竖向位移监测	光电挠度仪	2
				目标靶	12

序号	桥梁名称	桥梁中心桩号	拟选择监测项	设备型号	设备数量
				基准靶	2
			视频监控	高清摄像头	已建
5	运粮河中桥	K2931+896	主梁竖向位移监测	光电挠度仪	2
				目标靶	12
				基准靶	2
			视频监控	高清摄像头	已建
			裂缝监测	裂缝计	2
6	送水道 1 中桥	K2956+729	主梁竖向位移监测	光电挠度仪	2
				目标靶	12
				基准靶	2
			视频监控	高清摄像头	已建
			裂缝监测	裂缝计	2
7	新方洋河大桥	K2958+420	主梁竖向位移监测	光电挠度仪	2
				目标靶	12
				基准靶	2
			视频监控	高清摄像头	已建
8	方南河中桥	K2958+870	主梁竖向位移监测	光电挠度仪	2
				目标靶	12
				基准靶	2
			视频监控	高清摄像头	已建
9	塔山干渠小桥	K2929+570	主梁竖向位移监测	光电挠度仪	2
				目标靶	12
				基准靶	2
			视频监控	高清摄像头	1
10	无名小桥	K2936+457	主梁竖向位移监测	光电挠度仪	2
				目标靶	12
				基准靶	2
			视频监控	高清摄像头	1
11	排淡河大桥	K2942+050	主梁竖向位移监测	应变计	4
				光电挠度仪	2
				目标靶	10
				基准靶	2

序号	桥梁名称	桥梁中心桩号	拟选择监测项	设备型号	设备数量
			视频监控	高清摄像头	2
			车辆/船舶撞击监测	加速度计	2
12	小丁港河中桥	K2948+941	主梁竖向位移监测	光电挠度仪	2
				目标靶	12
				基准靶	2
			视频监控	高清摄像头	1
13	方洋港河小桥	K2955+939	主梁竖向位移监测	光电挠度仪	2
				目标靶	12
				基准靶	2
			视频监控	高清摄像头	1
14	老方洋河小桥	K2957+572	主梁竖向位移监测	光电挠度仪	2
				目标靶	12
				基准靶	2
			视频监控	高清摄像头	1

3.3.2 桥梁视频监控

视频监控建设应充分利用既有路网监控等视频设施，不宜重复建设。经复核已有的视频点位与连云港市 2025 年普通国省道桥梁健康监测系统项目建设情况，经过本项目视频补盲后，可满足 G228 连云港段桥梁监控的需要。

3.3.3 系统传输

1、桥梁结构监测数据传输

经核实本项目外场无线通信网络条件较好、同时考虑视频传输，各点位上行速率不低于 15 Mbps 时，通过 4G 无线网络传输数据。

桥梁结构监测系统数据包括主梁挠度、结构应变、裂缝、桥墩加速度等结构化数据，数据传输路径为直传至省级普通国省干线养护管理系统、养护管理系统桥梁结构监测子系统。

2、桥梁视频

桥梁视频设备数据传输项为视频流，数据传输路径为先传输至连云港市公路视频管理平台，而后接入至省级运营管理系统公路视频监控子系统、视频上云至运营管理系统路网云控平台，升级养护管理系统桥梁结构监测子系统，可从公路视频监控子系统调用桥梁视频。

3.3.4 系统维护与数据分析

3.3.4.1 系统维护

1、系统软件维护

(1) 软件系统日常检查包括以下内容：

a.每周 1 次远程巡检，每月定期维护，特殊情况下应急维护；

b.日常检查内容包括个软件模块功能工作状态检查、实施数据及历史数据检查、超限数据检查确认等；

c.在系统不停机状态下进行软件日常检查，确需停机维护操作的，在系统访问低谷时间段开展。

(2) 软件系统定期（专项）维护包括以下内容：

a.每月至少开展 1 次定期维护；

b.软件定期维护内容包括软件系统时间同步检查，磁盘存储空间检查及清理、数据库异地备份及软件运行日志检查等；

c.对于有配置参数修改、更正的维护操作，提前做好备份，并在维护完成后做好日志记录。

(3) 软件系统应急维护包括以下内容：

a.软件应急维护内容包括软件模块崩溃恢复、功能异常修复和数据异常更正等；

b.当发现软件功能故障时，及时进行确认和处治；

c.对于非软件因素造成的数据异常或中断等，联合硬件维护人员进行排查、修复并做好维护记录。

2、系统硬件维护

所有硬件均为 5 年质保期，每年应对设备进行标定，保证监测设备使用精度。

(1) 硬件设施日常检查包括以下内容：

a.日常检查结合桥梁日常巡查工作开展；

b.系统的日常检查对巡查路线上监测设备的表观完好性及稳固性进行检查，并对巡查情况进行记录；

c.对巡查中发现的问题或系统软件反馈的问题，及时处置或通知专业单位进行处置，并对处置结果进行记录。

(2) 硬件设施定期（专项）维护和应急维护包括以下内容：

a.不低于每半年进行 1 次定期维护；

b.对监测传感器、采集设备等表观完好性进行检查；对设备及防护罩的固定情况以及传感器、采集设备与传输线路的接头紧固情况进行检查；

c.对现场采集站、监控中心内等易受灰尘影响的设备及机柜进行除尘处理；

d.对维护发现的问题 24h 内快速响应并进行处理。

3.3.4.2 数据分析

1、报警阈值

系统报警设计依据《公路桥梁结构监测技术规范》（JT/T1037-2022）11.3 相关条款设计报警阈值，并依据不同指标实现在线实时报警和离线报警。通过后期报警行为的有效性调整报警值，最终形成针对这些桥梁最为有效的报警指标与阈值系统。本项目桥梁结构监测预警阈值初步设定如下表所示。

表4-2 桥梁结构监测阈值设置（单位：mm）

序号	桥梁	监测指标	超限阈值说明	超限阈值	报警级别
1	黄沙坨小桥	竖向位移监测	达到 0.8 倍的设计值	5mm	一级
			达到设计限值或一天内出现 10 次以上 二级报警	7mm	二级
2	程圩干河中桥	竖向位移监测	达到 0.8 倍的设计值	8mm	一级
			达到设计限值或一天内出现 10 次以上 二级报警	10mm	二级
3	大浦河调尾大桥	竖向位移监测	达到 0.8 倍的设计值	10mm	一级
			达到设计限值或一天内出现 10 次以上 二级报警	14mm	二级
4	佟圩干河中桥	竖向位移监测	达到 0.8 倍的设计值	8mm	一级
			达到设计限值或一天内出现 10 次以上 二级报警	10mm	二级
5	运粮河中桥	竖向位移监测	达到 0.8 倍的设计值	10mm	一级

序号	桥梁	监测指标	超限阈值说明	超限阈值	报警级别
			达到设计限值或一天内出现 10 次以上 二级报警	14mm	二级
		裂缝监测	结构性裂缝宽度超过规范限值或发展 加速	0.2mm	二级
6	送水道 1 中桥	竖向位移监测	达到 0.8 倍的设计值	8mm	一级
			达到设计限值或一天内出现 10 次以上 二级报警	10mm	二级
		裂缝监测	结构性裂缝宽度超过规范限值或发展 加速	0.2mm	二级
7	新方洋河大桥	竖向位移监测	达到 0.8 倍的设计值	10mm	一级
			达到设计限值或一天内出现 10 次以上 二级报警	14mm	二级
8	方南河中桥	竖向位移监测	达到 0.8 倍的设计值	10mm	一级
			达到设计限值或一天内出现 10 次以上 二级报警	14mm	二级
9	塔山干渠小桥	竖向位移监测	达到 0.8 倍的设计值	5mm	一级
			达到设计限值或一天内出现 10 次以上 二级报警	7mm	二级
10	无名小桥	竖向位移监测	达到 0.8 倍的设计值	4mm	一级
			达到设计限值或一天内出现 10 次以上 二级报警	5mm	二级
		应变监测	超过设计最不利工况计算值	2MPa	一级
11	排淡河大桥	竖向位移监测	达到 0.8 倍的设计值	12mm	一级
			达到设计限值或一天内出现 10 次以上 二级报警	15mm	二级
		船舶撞击	发生船撞事件	30cm/s ²	二级
12	小丁港河中桥	竖向位移监测	达到 0.8 倍的设计值	8mm	一级
			达到设计限值或一天内出现 10 次以上 二级报警	10mm	二级
13	方洋港河小桥	竖向位移监测	达到 0.8 倍的设计值	5mm	一级
			达到设计限值或一天内出现 10 次以上 二级报警	7mm	二级
14	老方洋河小桥	竖向位移监测	达到 0.8 倍的设计值	5mm	一级
			达到设计限值或一天内出现 10 次以上 二级报警	7mm	二级

表中报警阈值为根据有限元计算分析给出的理论值，实际设置由监测系统实施单位根据系统试运行、运维阶段对应监测数据统计值等进行修正后确定，特殊情况下考虑管养需求及通行管控进行调整。

2、结构健康度评估

桥梁结构健康度应包括结构整体健康度和结构构件健康度等级宜划分为 I 基本完好、II 轻微异常、III 中等异常、IV 严重异常四级，评定依据见下表：

表4-3 桥梁结构健康度评估评定依据

健康度等级	结构构件	结构整体
I基本完好	下述（1）中所列监测数据无超限	下述（2）中所列监测数据超限等级全部为一级或无超限
II轻微异常	下述（1）中所列监测数据超限等级一级	除塔顶偏位、锚碇位移、拱脚位移之外下述（2）中所列其他监测数据与分析结果超限等级仅有 1 项为二级、无三级
III中等异常	下述（1）中所列监测数据超限等级二级	下述（2）中所列监测数据与分析结果超限等级出现多项（2 项及以上）二级或 1 项三级；或当塔顶偏位、锚碇位移、拱脚位移出现 1 项或以上二级；或多项构件健康度中等异常
IV严重异常	下述（1）中所列监测数据超限等级三级	下述（2）中所列监测数据与分析结果超限等级出现多项三级；或多项构件健康度严重异常

3、数据分析

（1）季度监测报表

根据系统开发的报表软件每季度进行监测数据分析处理，并提交季度监测报告。

（2）特殊事件分析处理报告

桥梁运营中发生的突发事件如船撞、台风、地震、特殊车辆过桥的事件，根据监测系统的监测数据进行结构安全性分析，并提交特殊事件分析报告。

3.3.5 施工要求

3.3.5.1 实施总体要求

桥梁结构监测系统实施应科学合理，保证监测设备正常运行和使用寿命，确保监测数据准确、可靠。

桥梁结构监测系统实施必须严格遵守招标文件、设计文件和合同技术文件的相关规定。

桥梁结构监测系统实施必须按照《职业健康安全管理体系要求及使用指南》GB/T45001-2020 的相关要求，认真落实各项安全保障措施和环境保护要求。

桥梁结构监测系统实施，应按照施工工序，分别在前期准备阶段、现场实施阶段、质量检验阶段和交工验收阶段分别制定相关技术要求。

桥梁结构监测系统实施，除应符合本文件规定外，尚应遵守国家及行业现行有关标准的规定。

3.3.5.2 实施前准备要求

1、交底与现场勘查

系统实施前，建设单位应组织设计人员对施工单位和监理单位的相关人员进行设计交底。

系统实施前，施工单位应充分熟悉图纸，组织工程技术人员进行现场踏勘和实地测量，检查设计图纸与现场实际情况是否一致。

2、安全方案申报

桥梁结构监测系统现场实施前，应由施工单位完成施工安全方案申报，获得监理单位或建设单位批准后方可进行现场实施。

桥梁结构监测系统施工安全方案申报内容应包括安全生产承诺书、安全组织机构、进场人员资质证书、三级安全教育培训、施工现场危险源分析、施工现场安全防护措施和安全事故应急预案等内容。

3、组织设计评审

桥梁结构监测系统现场实施前必须完成施工组织设计，并报监理单位或建设单位审批，审批通过后方可进行现场实施。

施工组织设计中应包含完整的质量保证体系，保证每道工序按规范要求进行，确保工程质量。

施工组织设计中的工程进度计划应满足总工期要求，工序安排合理。

施工组织设计中应明确各分项、分部工程的施工方法和施工工艺。

施工组织设计中的管理人员和工程技术人员应与投标文件相符，如有更换，替换人员的资质应不低于被替换人员。

施工组织设计中的施工机械设备的数量、型号、规格、生产能力和完好率应与投标文件相符。

施工组织设计中应明确环保、文明施工的管理措施和方案。

4、设备进场报验

材料、设备进场检验应在建设单位或监理单位监督下进行，并保存完整的开箱照片、影像资料和检验记录。

材料、进场设备名称、型号和数量必须与合同文件一致，合格证书、标定证书、铭牌标志等质量证明文件齐全。

材料、设备进场后应按材质、型号和规格进行分区和分类保管，存放位置应通风干燥，存放时间不应超过产品保质期。

监测设备应设置耐久防水二维码，现场扫码应能查询生产厂家、产品型号、生产日期等信息，便于过程检测、验收、资产入库和长期运维。

5、申请

现场实施前，施工单位应完成进场人员资质申报、施工机械进场计划申报和施工材料、设备的进场报验。

现场实施前，施工单位应完成对现场人员的施工技术交底。

施工单位在完成所有准备工作后，向建设单位或监理单位申请开工，获得批准后方可进行现场实施。

3.3.5.3 现场实施要求

1、结构监测系统工程划分

桥梁结构监测系统实施宜按分项工程、分部工程和单位工程逐级开展相关工作。

工程桥梁结构监测系统工程宜分为传感器系统、数据采集与传输系统、数据存储与显示系统、软件系统和系统试运行五个分部工程，分别制定相关技术要求。

2、传感器系统实施要求

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。

3、数据采集与传输系统实施要求

1) 数据采集工作站施工要求：

2) 外站位置分布合理，安装稳固端正，无伤残痕迹；

3) 外站机柜尺寸、防腐措施满足设计要求；

4) 外站机柜内接线端子和接插座安装规范，强、弱电区分明确，金属机箱与接地端连接可靠；

5) 机柜整体密封性能良好，柜内无积水、尘土，机柜内宜安装温度控制系统；

6) 机柜内设备分布合理，布线整齐、捆扎牢固，标识清晰；

7) 机柜内供电应满足《供配电系统设计规范》GB50052-2016 的要求，设备工作状态正常；

8) 外站防雷接地应符合《建筑物电子信息系统防雷技术规范》GB50343-2012 的要求。

线缆敷设施工要求：

1) 防火电缆应单独穿金属管或敷设在防火桥架内，桥架需刷防火涂料。走线管道、桥架安装应符合《电气装置安装工程电缆线路施工及验收标准》GB50168-2018 的规定，

2) 电缆桥架、穿线管等应选用防火材质。避免线缆直接暴露在易燃环境中。成束敷设时，电缆间距需满足散热要求，防止局部过热（如间距 \geq 电缆外径的 2 倍）。

3) 线缆敷设应符合《电缆敷设国家标准》GB 50217-2018 的规定；

4) 线缆敷设位置不宜有腐蚀性物质排放、强磁场或强电场干扰，当无法避免时应采取防护或屏蔽措施。

5) 线缆敷设前应进行外观检查，线缆上厂名、产品型号和额定电压连续标识清晰，线缆外护套无伤痕、破损；敷设时应平直整齐、固定可靠；敷设后在线缆起始位置和终点位置应有清晰铭牌。

6) 线缆敷设前应检查电缆的防火性能检测报告（如阻燃、耐火、低烟无卤认证）。推荐使用阻燃 A 类（ZRA）或防火电缆（如 BTTZ）。

7) 光缆敷设应符合《商业建筑电讯布线系统标准-第 3 部分光纤布线部件标准》的要求；

8) 光缆敷设前应进行外观检查和导通测试，敷设时光缆弯曲半径不应小于光缆外径的 15 倍；

9) 光缆接续应采用专用设备熔接，熔接损耗应小于 0.3dB。

网络通讯施工要求

1) 网络通讯设备工作状态正常；

2) 网络接线符合设计要求；

3) 数据传输时延、光信号衰减等指标满足 EIA/TIA568 规范要求；

4) 数据传输误码率 BER \leq 10⁻⁸。

4、数据存储与显示子系统实施要求

硬件设备安装位置的环境温度、湿度控制应满足《电子信息系统机房设计规范》GB50174-2008 的要求；

系统供电应满足《供配电系统设计规范》GB50052-2016 的要求，强、弱电区分明确；

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

服务器机柜及其设备安装稳固端正，无伤痕，接线端子和接插座安装规范，标识清楚；

机柜内设备分布合理，裸露金属部分无锈蚀，柜内布线整齐、捆扎牢固，标识清晰。

5、软件系统施工要求

软件系统设计应符合《信息安全技术-信息系统通用安全技术要求》GB/T20271-2016 的规定；

软件系统测试应符合《计算机软件测试规范》GB/T15532-2016 的规定；

软件系统文档编制应符合《计算机软件文档编制规范》GB/T8567-2006 的规定；

数据采集与传输软件技术要求

1) 数据采集与传输软件应采用模块化设计，根据不同类型的监测设备进行选择、配置。

2) 数据采集与传输软件应保存运行状态文件，记录软件运行情况和错误代码。

3) 数据采集与传输软件应具备较强的鲁棒性，在网络过载或个别硬件设备故障等情况下，能够不崩溃，不影响其他设备的数据采集与传输。

4) 动态同步采集时，各传感器同步精度应小于 10ms。

5) 静态同步采集时，各传感器同步精度应小于 30s。

6、数据存储与显示软件技术要求

1) 数据存储与显示软件应具有原始数据保存功能，存储的原始数据精度不低于传感器的分辨率，原始数据存储时间不小于 1 年，到期后进行备份、存档。

2) 数据存储与显示软件应将预处理后的统计数据入库，动态数据库中的统计数据宜永久保存。

3) 数据存储与显示软件应作为统一的数据出口，实现多用户操作及数据共享。

结构状态评估和预警软件技术要求

1) 评估软件应综合判断环境因素和结构损伤状态，评估结构性能退化的征兆和趋势，实现对日常管理养护工作的指导。

2) 评估软件宜按照权重比例，对桥梁上部结构、下部结构和附属结构三部分的安全状态

进行评分。

3) 预警软件应采用分级报警机制，实现特殊事件报警功能。

7、试运行要求

系统试运行时长无相关规定时不得少于 90 天；

试运行期间，平均无故障运行时间应大于总时长的 95%。

试运行期间，数据缺失率应不大于 5%。

4 路网运行监测预警系统

4.1 系统综述

当前 G228 连云港段示范通道路网视频监控密度平均为 1.82 公里/处、交调密度为 13.52 公里/处，但部分路段仍存在监控盲区，无法实现视频在线巡查以及路网运行监测。路网运行与出行服务将公路监控、雷达等监测设备，运用机器视觉、异构数据融合等技术，构建多源感知的智能分析体系，全面提升 G228 连云港段的运行监测、风险预警、拥堵预判、重点车辆主动预警、应急指挥与智能调度能力。

4.2 多功能交通调查站子系统

4.2.1 系统概述

为全面、准确、实时反映公路运行情况，促进公路数字化转型升级，交通部发布的《普通国省道交通调查能力全面提升工作方案》提出了新的目标和要求。该方案聚焦普通国省道，积极采用新技术、新方法、新装备，系统整合行业内外数据资源，按照“统一布局、分类实施、能融尽融、边建边用”的原则，推进多功能交通调查站的融合、升级与新建。

通过多功能交通调查站实现 G228 连云港段示范通道内交通情况实时监测。构建智能化公路交调采集体系，考虑国、省、县、乡、村公路交通分流影响，兼顾路网规划和交通出行特征，采用车牌视频识别技术，通过“升级+融合+建设”的方式，在 G228 连云港段示范通道路段新建或改造部分多功能交通调查站，实时监测通行车辆信息，形成覆盖全面、及时准确、功能多样的智能化公路交调采集体系。

4.2.2 系统功能

交调功能：满足交通部《公路交通情况调查设备第 1 部分：技术条件》(JT/T 1008.1-2015)和《公路交通情况调查设备第 2 部分：通信协议》(JT/T 1008.2-2015)技术要求，通过权威部门检测 I 级交调设备，可搭载激光类、波频类和轴载类设备；

单车信息采集功能：交调系统和车牌系统结合能够对车辆车牌、车型、过车图片、车牌颜色、速度、流量等基本信息采集；

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；

具备采集数据存储功能，存储数据应能通过通信接口导出到外部存储介质；

具备通信异常、断电、电流电压异常、超温等故障自检与推送功能；

通信异常时，应能将未及时上传的数据进行存储，存储时间应不小于 7 天。通信恢复后，将通信中断期间保存的数据顺序传输至数据平台；

当断电后恢复至正常供电时，设备应能自行恢复至正常工作状态，设备内存储的数据应无丢失；

具备自动校时功能，24 小时累计时钟误差<3s；

具备远程控制功能。

4.2.3 系统方案

本项目新建 2 处多功能交通调查站。

另外对现有的交通量调查站进行现状评价，选取 2 处建成的部省级点位，升级多个功能交通调查站。

具体点位设置如下：

表5-1 新建多功能交通调查站点位表

序号	桩号	方向	区县	名称	建设类型
1	K2907+400	全断面	赣榆县	G228 青口	新建多功能交通调查站
2	K2988+000	全断面	灌南县	G228 新港大道	新建多功能交通调查站

表5-2 升级多功能交通调查站点位表

序号	桩号	名称	设备类型	升级后设备	升级类型	升级原因
1	K2925+100	G228 开发区	激光+视频	激光+视频+车牌识别设备	升级多功能交通调查站	新建门架加装车牌识别设备，多功能交通调查站规划路段
2	K2940+570	G228 物流园	激光+视频	激光+视频+车牌识别设备	升级多功能交通调查站	新建门架加装车牌识别设备，多功能交通调查站规划路段

4.3 视频监控子系统

4.3.1 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。

4.3.2 系统功能

1、视频控制

控制道路中监控点的前端设备，包括路口切换、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，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。

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、机器视觉功能

前端机器视觉摄像机自带算法模块，支持前端处理图像，包含检测如交通事件（指非周期性发生且使某段道路通行能力下降的事件）。为了预防和减少交通事件，及时有效地进行事故救援和处理，有效减少由于交通事件产生的交通延误及避免二次事故的发生，需要准确、快速地对交通异常事件进行检测和报警。交通事件检测摄像机利用先进的人工智能图像监测、跟踪识别、深度学习技术，针对普通国省干线场景，采用大量样本训练出深度神经网络模型，可准确检测异常停车、行人、逆行、交通拥堵和抛洒物等交通事件。

4、资源共享功能

本项目建设的摄像机均将无缝接入已有的系统，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。

4.3.3 固定监控点位方案

为保障全线畅通，提高本项目服务水平，充分体现“以人为本，安全第一”的理念，布设道路监控系统，本项目新增道路监控点位 23 处（包含 9 处高空监控），高空监控系统能够迅速捕捉现场情况，为应急响应提供及时、准确的信息支持。通过系统的实时监控和数据分析，应急管理部门可以迅速了解事件的性质、规模等信息，从而制定出更加科学、有效的应对措施，提高应急响应的效率和准确性，最大程度地保障市民的生命财产安全。

点位详见下表。

表5-3 新增固定监控点位表

序号	点位名称	桩号	方向	备注
1	K387+600 铁塔基站	K387+600	下行	高空监控
2	栢吴线交叉口北侧	K391+270	上行	
3	苏石线交叉口南侧	K397+350	上行	
4	韩拱线交叉口南侧弯道	K400+500	上行	
5	K2904+300 铁塔基站	K2904+300	下行	高空监控
6	金海东路交叉口南侧	K2909+850	上行	
7	K2911+550 铁塔基站	K2911+550	下行	高空监控
8	白鹭公园南侧交叉口	K2914+350	下行	
9	X402 交叉口南侧弯道	K2917+700	上行	
10	K2927+550 铁塔基站	K2927+550	上行	高空监控
11	K2930+350 铁塔基站	K2930+350	上行	高空监控
12	K2934+500 铁塔基站	K2934+500	下行	高空监控
13	景疏路交叉口南侧	K2936+100	下行	
14	泰山路交叉口南侧	K2936+580	上行	
15	K2937+000 铁塔基站	K2937+000	下行	高空监控
16	经十五路交叉口南侧	K2939+400	上行	
17	经十七路交叉口北侧	K2940+140	上行	
18	东疏港高速枢纽南侧	K2943+000	上行	
19	中云台大道交叉口北侧弯道 2	K2943+740	下行	

20	中云台大道交叉口北侧弯道 1	K2944+250	下行	
21	瑞和路交叉口南侧	K2950+390	下行	
22	K2953+650 铁塔基站	K2953+650	上行	高空监控
23	K2984+000 铁塔基站	K2984+000	下行	高空监控

4.4 智能机箱

本项目新建点位全部使用智能机箱，系统无缝接入连云港公路事业发展中心机器视觉平台。

智能机箱实时监测路网监测设施的电源、网络、柜门状态、站点设备网络状态、漏电、温湿度状态数据采集和异常报警功能；实现柜门远程开启；实现 4 路负载设备（视频监控、雷达等）的电源参数采集和远程开关控制；实现站点实时定位功能。

后台管理软件通过机箱监控单元获得数据，进行数据解析、查询统计、分析，及时报告前端设备状态，判定前端环境故障类型。通过电子地图展现在线状态，通过命令实现前端负载设备电源关闭、打开和重启。

智能机箱所在站点提供 1 路网络接口作为机箱辅助通信通道，该网络接口具有能够与周边设备通信的 IP 地址。

系统本身的通信协议应满足《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）》，接口开放。

4.5 机器视觉扩容方案（视频事件分析）

4.5.1 系统方案

机器视觉平台覆盖辖区内 16 条国省干线公路，接入 124 路监控视频，采用后台智能检测模式，主要负责智能识别道路交通拥堵、交通事故、车辆冲出路外、道路施工、道路抛洒、路面障碍物、恶劣天气等应用场景，此外，平台还进行了交调数据对接和情报板对接，具备结合交调数据判断道路运行情况和情报板信息发布功能。

一期配置应用服务器 2 台、AI 分析服务器 2 台，考虑 G228 现有视频的 AI 接入，本项目新增 2 台 AI 分析服务器，接入 128 路视频，AI 分析服务器部署现有的算法，算法包括算法管理、算力管理、算法训练、算法调度等，算法模型包括 AI 视频分析算法和数据研判分析算法两大类，AI 视频分析算法包括交通拥堵缓行、交通事故、道路施工、障碍物等。数据研判分析算法包括交通运行态势分析算法、特定车辆流量信息分析算法、过境车辆识别分析算法等。

4.5.2 前端 AI 事件分析系统接入方案

本次连云港新增固定监控点摄像机带交通事件的一共 14 台，只有“违法抓拍”这一事件，里面包含了 19 种小事件——违法变道、交通拥堵、压白线、超速、压黄线、违法停车、B 类违法停车、C 类违法停车、D 类违法停车、车辆排队加塞、逆行、卡口、禁货、欠速、不按车道行驶、有车占道、主驾驶员不系安全带、黄牌占道、预违停。其中，仅交通拥堵这一事件适用于本场景。参照参考《NetSDK 编程指导手册（智能 AI 分册）》的 2.4 节、7.1 节的内容，进行后台程序的开发。主要包含：SDK 初始化配置，登录连接，事件订阅与回调函数设置，事件结果的后处理与调用。随后将事件结果（字符串、图像、录像等）在网页平台页面上进行展示。

智能事件订阅，即前端设备智能算法或者后端智能算法对码流实时进行分析，当检测到预先设定好的智能事件时，就将该事件和事件信息上报给用户。在本文档中的智能事件包括，通用行为分析智能事件（绊线入侵、区域入侵等智能事件）、人脸检测、人体检测、智能交通的智能事件（卡口、超速、低速、交通拥堵等智能事件）。

4.6 视频上云

上云视频的视频转码前置机可根据需要部署于各级公路机构或视频资源汇聚点，接受江苏公路视频监控系统软件和云视频直播平台的管理，按指令同 NVR 或流媒体服务器交互获取视频流，进行转码，并推送至云端。

上云视频需要二次编码，码流统一控制在 100Kb/s 以内。

本项目利用市中心 100M 视频上云互联网专线，为了保证视频资源接入以及用户访问的安全性，通过在市中心接入汇聚点部署上云边界防火墙进行逻辑隔离和访问控制限制、并对流经的数据进行包过滤。视频转码设备部署在视频最初汇聚点，通过互联网安全隧道将降码后的视频资源推送到云端，在云端进行视频汇聚与分发，用户通过移动端可从云端拉流直接调看视频。PC 端用户则通过访问原有视频监控管理系统进行视频调看。基本框架如下图所示：

通过对连云港市现状上云设备运行情况调查发现，现状上云网关能容纳 800 路视频监控上云，连云港现状上云视频监控为 759 路，本次新建视频监控路数包含 2 处交调视频（6 路

图像)；其中新增摄像机点位 23 处，为三通道一体机（69 路图像），本次共增加上传视频 75 路，增设后共计上传 834 路，另外现有的视频上云网关有 6 台视频上云不满足视频上云网关应具备并发传输不少于 100 路 128Kbps（25 帧、CIF 分辨率）或不少于 30 路 1Mbps，或不少于 15 路 4Mbps 视频流的能力的要求且临近过保，其中 2 台视频上云网关负责 G228 的图像上传，本项目进行更换。考虑到实际使用需求，本项目新建 2 套 200 路视频上云网关。

4.7 视频存储扩容

根据《江苏省普通公路视频监控系统建设技术要求》规定：普通视频需存储 45 天。按 4Mbps 码流、24 小时不间断存储、数据保存周期 45 天计算，1 路图像所需硬盘容量为：

$$4\text{Mbps} \times 3600 \times 24 \times 45 \div 8 \div 1024 \div 1024 \div 0.8 = 2.32\text{TB} \quad (\text{考虑到格式化后硬盘损失容量})。$$

本项目共 69 路视频需要存储，需要 160T 的存储空间。

本次外场新增视频均接入连云港路网中心进行本地存储。经调研，现状存储情况如下表：

根据现状调研及存储的需求，目前中心已无本项目视频接入的存储空间，因此本次存储扩容设计将新增一台 24 盘位 16T 硬盘的存储服务器用于本次新增视频的存储，同时冗余一部分存储空间，便于后期根据业务场景需要，新增监控视频建设。

4.8 应急指挥智能调度子系统

4.8.1 系统概述

通过部署低空无人机系统实现应急协同指挥管理，当发生应急事件时，可以利用无人机进行应急救援，例如针对重点区域地形地貌发生滑坡、坍塌，交通工具无法第一时间达，可以通过无人机快速到达事发区域，提供照明，视频画面，语音通讯等实时交互。

4.8.2 系统构成

本系统主要由多旋翼无人机（含机载相机、喊话器、照明灯、数据图传设备、5G 通信模块、无人机方舱等）、无人机管理平台等组成。

无人机基于 5G 和无线电双链路的通信服务，为无人机的稳定运行和可靠控制提供多链路通信保障，飞行数据和控制指令快速交互，操作人员发出的指令能够迅速传达至无人机，

无人机的飞行状态和传感器数据也能实时反馈到地面控制站，使对无人机的操控更精准、及时，大大拓展了无人机应用范围与功能，如远程操控、编队飞行、实时监控等。

利用 5G 高速、低延迟特性，实现无人机与地面控制站、云端服务器之间的高速数据互通，支持实时视频流高清、流畅传输，让操作人员实时清晰观察无人机飞行状态与作业现场情况；借助无线电链路，在 5G 信号不佳或受到干扰的情况下，保障通信的连续性，确保无人机与地面控制站之间的关键指令和重要数据能够稳定传输。

无人机搭载超清云台、任务载荷和数据远程传输模组，依靠地面站或无人机携带的 5G 模块作为传输链路，将采集到的视频监控直接通过 5G 专网传输到连云港公路事业发展中心飞行安全监控平台，通过部署在中心的操控台，可实现对无人机的远程调度起降操作、自动巡检任务设置和超清视频实时监控，所采集的视频数据通过专网配置接入指挥中心的管理平台，实现视频在大屏的调取和展示，并将采集的视频在本地完成存储，方便后期对历史视频的调度回看。

在发生严重自然灾害和交通事故灾害等突发事件时，快速释放无人机，不受地形限制和现场危险污染源影响第一时间直接飞往事发地点，为管理中心采集第一手视频资料，帮助指挥人员了解现场情况，从而掌握全局、通盘指挥和正确疏导，为抢险救灾的工作赢得宝贵时间。

本项目无人机操作应满足《民用无人驾驶航空器经营性飞行活动管理办法（暂行）》相关要求，即在中华人民共和国境内（港澳台地区除外）使用最大空机重量为 250 克以上（含 250 克）的无人驾驶航空器开展航空喷洒（撒）、航空摄影、空中拍照、表演飞行等作业类和无人机驾驶员培训类的经营活动。以上经营性飞行活动应当取得经营许可证，许可证持有人开展经营性飞行活动，应当遵守国家法律法规和无人驾驶航空器管理有关规定的要求，遵守空中运行秩序，确保安全。许可证持有人应在飞行活动结束后 72 小时内，通过系统报送相关作业信息。

4.8.3 无人机管理平台

本项目新增无人机应无缝接入连云港市公路事业发展中心现有的飞控平台。

4.8.4 系统方案

本项目分别在连云港 2 处交调站位置设置无人机，在门架上安装无人机机舱，具体位置如下。

- 1、G204 九里交调（G228 共线段）桩号： G204 K398+380；
- 2、G228 灌云超限监测站桩号：G228 K2981+420。

5 恶劣气象通行安全预警系统

5.1 系统综述

G228 连云港段里程较长、路况复杂，涵盖桥梁、隧道、城镇段等多种路段，面临恶劣天气、交通事故、设施碰撞等多重安全风险。为提升公路全场景安全应急保障能力，构建安全应急服务终端体系，整合恶劣气象行车诱导、智能冰雪监测、交通护栏碰撞预警、无信号交叉口预警等场景，通过多种技术实现高效安全应急服务管理，有效降低各类突发安全事件对公路通行的影响，全力保障示范段服务人民群众的生命财产安全与路网的运行畅通。

5.2 恶劣气象行车诱导子系统

5.2.1 系统概述

2018 年交通运输部、应急管理部、公安部三部门联合发布了交办运【2018】74 号文件《道路运输安全生产工作计划（2018-2020 年）的通知》明确提出“积极做好主动智能防控技术的推广应用，利用大数据提升决策支持水平，加大交通应急科技应用推广智能引导系统。”

恶劣气象行车诱导系统通过能见度检测仪、视频监控、多车同点降速报警、气象监测站等获取能见度及相关气象数据，为团雾天气事件感知及预测提供数据支撑。在团雾区域范围内的路侧智能诱导灯可以发出灯光警示，保证在团雾天气下能显示出道路轮廓边界，同时声光报警器发出声音警报，进行声光伴行警示，最大限度保证雾区内车辆安全通行。

5.2.2 系统功能

5.2.2.1 行车安全智能诱导功能

行车安全智能诱导系统根据能见度、天气现象（雨雪等）、现场交通事件等实时监

测数据或交通事故与施工作业管控需求，可启动道路轮廓强化、行车主动诱导、防追尾警示、事故施工保障等多重工作模式，满足不同天气与交通状况下的交通安全引导与事故预防需求。除个别人工干预情形外，系统完全处于智能化自主运行状态，并根据天气与交通环境条件，采用适合的工作模式，启动最优的系统工作参数。需要指出的是，系统并非一直处于特定模式的工作状况，通常白天无道路交通高影响天气时，系统处于关闭模式，设备处于低功耗待机状态。

道路轮廓强化功能：道路两侧的智能诱导装置呈黄灯常亮状态。

行车主动诱导功能：道路两侧智能诱导装置黄灯呈同步闪烁状态。

防止追尾警示功能：无车辆经过时，道路两侧智能诱导装置呈黄灯常亮状态；当有车辆经过时，车辆后方（上游）特定范围内的黄灯转换成红灯，形成一条随车辆前行的红色尾迹灯带，在标准中称为红色警示区间，用于动态交通环境下提示后方车辆其前方的交通状况。

事故施工保障功能：根据任一点的交通事故或施工作业位置，可人工手动开启特定范围内的智能诱导装置，使其处于黄灯或红灯同步闪烁状况，为交通事故发生点和施工作业区提供交通安全保障。

5.2.2.2 传感器接入功能

现场控制主机设备（数据预处理器）具备强大的外部传感器接入、数据采集分析处理与控制功能。视具体传感器与监控设备配置情况，现场控制主机设备可在其设置位置就近接入各类交通气象传感器、交流检测器、视频监控摄像机等。

5.2.2.3 通信功能

智能诱导装置之间采用 433Mhz 或附近频段无线通信技术，且具有容错能力和抗损毁功能，当连续 80 米范围内有智能诱导装置损毁时，不影响其它智能诱导装置的控制和使用。

现场控制主机设备与就近接入的传感器直接可根据需要采用 RS485、RJ45、CABBUS 等有线通信方式。

现场控制主机设备与行车智能诱导装置之间采用 LORA 无线通信技术。

现场控制主机设备与监控中心（远端上位机）之间采用有线通信。

5.2.3 系统方案

本次设计在龙王河和新沂河特大桥设置智能行车安全诱导系统。

5.3 智能冰雪监测子系统

5.3.1 系统概述

冬季低温天气下，桥梁、陡坡等路段易因路面结冰引发车辆打滑、追尾等事故，严重影响公路通行安全。为保障 G228 江苏段示范通道重点路段在冬季的安全畅通，引入智能冰雪监测路面信息采集设备。通过在路侧安装传感器，对路面温度进行实时检测，同时通过视频监控系​​统，实时监控桥面坡路的下雪情况，可有效提升冬季道路养护效率，降低因路面湿滑引发的交通事故风险。

5.3.2 系统功能

智能冰雪监测子系统，可实时感知路面温度、结冰程度等关键信息，并通过视频清晰记录路面实况并校准数据，为消冰融雪工作提供决策依据；系统采用遥感技术，利用光谱或微波对道路表面进行近距离遥测，能够区分道路表面的水、冰、雪等引起的特定波长的反射，从而实时监测路面的干湿、潮湿及覆盖物状态。能够对监测数据进行质控、分析以及应用。具体功能如下：

实时监测路面状态能够实时监测路面的温度、湿度、积水、结冰、积雪等状态，以及路面的平整度、摩擦力等多项数据，为交通管理部门提供及时、准确的路况信息。测量路面参数除了基本的路面状态检测外，还能测量多种路面参数，为道路维护和修复提供数据支持。

预警交通安全风险在恶劣天气条件下，如雨雪、结冰等，能够提前预警，提醒驾驶员注意安全，减少交通事故的发生。系统一旦检测到极端天气或路面异常，会及时向管理部门和驾驶员发送预警，提前采取限速、封闭路段等措施。优化交通管理提供的数据可以帮助交通管理部门制定更科学的交通管理方案，如调整交通流量、设置警示标志等，提升道路通行效率。可联动摄像头，对监测数据超标画面进行视频抓拍，为交通规划、交通监管合理布局提供依据。

5.3.3 系统方案

根据调研，本项目在冬季降雨和降雪期间，道路均会发生不同层次的结冰现象，桥梁因悬空结构导致热量散失快，桥面温度比普通路面低 2-3℃，在气温接近 0℃ 且湿度较高时，更容易形成难以察觉的薄冰层。桥梁结冰不仅会导致车辆打滑、刹车失灵，增加交通事故的风险，还可能对桥梁结构本身造成损害。冰层在桥梁表面累积，会增加桥梁的荷载，长期以往可能引发桥梁的疲劳损伤，甚至导致桥梁垮塌。因此，及时准确地监测桥梁结冰情况，对于保障交通安全和桥梁结构的耐久性至关重要。因此根据项目桥梁的养护统计，临洪河特大桥、排淡河大桥、烧香河大桥的结冰频率较高，因此本路段选取 3 座桥梁设置路面信息采集设施，加强道路巡查和重点路段处置，积极应对雨雪冰冻恶劣天气。各桥梁情况如下表：

表 6-1 智能冰雪监测子系统点位设置表

序号	名称	桥梁中心桩号	桥梁长度	监测点位数量
1	临洪河特大桥	K2920+691	2339	4
2	排淡河大桥（工程计列桥梁健康监控）	K2942+050	231.4	1
3	烧香河大桥	K2945+999	947	2

5.4 智能融雪除冰无人机

5.4.1 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。

5.4.2 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。

5.4.3 系统方案

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。

本项目在连云港市 G228 临洪河特大桥和张圩互通主线大桥各部署 1 台融雪除冰无人机。

5.5 护栏碰撞监测预警子系统

5.5.1 系统概述

随着公路设施服役年限的增加，道路交通安全设施，尤其是护栏的安全性面临着严峻挑战。在事故易发的城镇道路上，护栏遭受撞击损坏后，若未能得到及时妥善的清理和修复，将会形成新的安全隐患。受损护栏不仅丧失原有的防护功能，而且可能会诱使其他车辆、行人误判路况，进而引发一系列次生事故。

5.5.2 系统功能

- 实时监测：**实时感知护栏的倾斜、移位和震动情况。
- 自动报警：**当检测到异常情况时，自动发送报警信息至管理平台，并联动附近路网监测摄像机，调出异常点位监控画面。系统可以在几秒内完成信息传输，让相关人员迅速知晓事故的发生地点、时间和大致碰撞力度等信息，以便及时采取救援和交通疏导措施，极大地缩短了事故响应时间，降低了二次事故发生的风险。
- 数据汇集与分析：**对采集的数据进行汇集、存储和实时分析。
 - 精准定位事故位置：**通过先进的传感器技术和定位算法，智能终端可以准确地确定碰撞发生的具体位置，提高了救援效率。
 - 数据分析：**智能护栏碰撞监测终端可以收集和记录大量的碰撞数据，包括碰撞的时间、位置、力度、车型等信息。这些数据经过分析后，可归纳事故的发生规律、高发路段和时段等。
- 远程管理：**通过管理平台进行远程监控和管理。

5.5.3 系统方案

- 事故路段分析**

徐圩新区段 G228 与 K2956+550 环保大道交叉口、K2958+560 方洋路交叉口发生事故较多，根据分析，主线车辆行驶过快，遇路口时争夺路权，导致与前车碰撞；驾驶员驾驶未集

中精力，疏于观察；部分驾驶员不遵守交通规则。

赣榆区、灌云县、灌南县段发生事故较少，驾驶员应多注意观察路况，遵守交通规则。

开发区段交通事故较多，近几年时间内，共 435 交通事故，死亡人数 21 人。其中 K2919+300~K2922+240 临洪河特大桥段、K2933+600~K2934+100 涵洞下穿陇海铁路段事故较多；与 K2914+300 青农三路、K2916+150 青农一路、K2919+300 G25 宋庄连接线、K2922+240 临洪大道、K2923+289 大浦路、K2924+815 花果山大道、K2928+884 S242 、K2930+278 新光路等交叉口交通事故发生率较高。该路段车流量大，主线车辆行驶快，为保持安全距离；闯红灯、抢黄灯现象严重，遇紧急情况来不及刹车。小区出口处行人、非机动车较多，居民安全意识薄弱，不让主路优先行驶。

2、点位设置

本项目考虑在临洪河和龙王河特大桥段上下游各 100 米范围内，按 25m 间距布设碰撞感知设备。实现对护栏的实时监测和预警，及时发现和处理碰撞事故，降低二次事故的发生率。

3、防碰撞系统数据传输项为设备状态数据和报警数据，数据传输路径为至连云港市公路事业发展中心，接入连云港机器视觉应用平台。

6 出入口协调控制系统

6.1 非信控交叉口预警子系统

6.1.1 系统概述

当前 G228 连云港段示范通道沿线存在穿越城镇路段，且车流量大，部分无信号交叉口存在较高碰撞风险。为提升公路的安全水平，为提升普通国省干线公路交通安全水平，以《交通强国江苏方案》为指导，以“低成本解决大隐患”为基本理念，以“风险分级、分层施策”为实施原则，实现主路、支路交通风险及隐患预警；通过在主路和支路上分别安装设备对车辆和行人进行精准检测，采用发光标志提示等多种声光提示方式对主、支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。

本系统主要以科技为手段，打造安全、畅通的道路通行环境。

1、设计一套目标识别准确率高的道路预警系统，高准确率地检测支路区域的机/非/人多种目标，并能够关联发光警示标牌进行信息播报，实现及时检测、实时发布提醒的效果；

2、采用“AI+深度学习”的理念和技术，提升对目标的捕获率、检出率，减少因误抓、误报导致不必要的减速和停车；

3、实现对非灯控路口的视频监控。

6.1.2 系统功能

将主路预警提醒设备和支路预警提醒设备结合在一起，达到主路、支路双向预警效果，降低事故黑点区域的安全风险，实现全天候交通安全智能警示。

1、支路预警提示

当支路有行人或者车辆即将汇入主路时，检测触发单元会将过路信息发送至主路 LED 屏幕和主动发光标志，此时主路 LED 屏幕会显示“行人汇入”红色文字，红色闪烁提醒，交叉口警告标志会由黄色闪烁变为红色闪烁提醒，智慧发光路砖会同步闪烁，三重预警使主路来车提前获知前方路口状态，提前减速避让。

当支路无行人车辆汇入时，主路 LED 屏幕（市电供电）显示绿色“减速慢行”字样，交叉口警告标志牌（三角形）会呈黄闪。

2、主路预警提示

当检测到主路来车时，支路设备最大优先级显示“主路来车、注意安全”字样，语音设备同步播报；

当主路设备未检测到车辆时，支路设备显示“注意安全”，语音设备同步播报（语音文字内容可自定义调整）；语音设备同步播报。

3、其他辅助预警：

支路口设有主动发光道口标，光感控制，可同步闪烁发光，提醒主路驾驶员交叉口的存在，起到进一步的提示预警作用。

6.1.3 系统方案

本次在 K2895+900 路口设置非信控交叉口预警终端。系统接入现有科技兴安管理平台。



图 7-4 K2895+900 路口现状照片图

7 智慧服务区

结合本次数字化转型升级中对服务区智慧化改造要求，通过在 G228 连云港段沿线服务区开展运行监测、智慧停车引导、充电桩占用监测、多模式信息发布等建设，面向公路中心行业主管部门以及社会公众提供管理及服务支撑，便于管理者实时掌握全网服务区资源和安全运营状态，实现对全网服务区的运营及安全监管，全面提升对外服务体验感。并通过实时掌握服务区内交通流量、车辆状态等信息，支撑路网交通运行态势监测与重点车辆安全跨部门协同监管。

7.1 服务区运行监测系统

7.1.1 系统概述

视频监控应实现全景观察服务设施服务运营情况及车辆进出情况。服务设施监控主要反映停车场、出入口、充电区域、加油区、综合服务楼广场等区域车辆、人员流动及运营服务整体状况。

本项目根据服务区现有监控设施布设情况，对照布设原则进行补充。使用期限较长的监控设施，可以进行升级改造。同时通过利用智能摄像机实现对重点区域入侵实时预警，且支持人体入侵实时检测，过滤非人体（树叶晃动、光线影印、猫狗等）入侵误报。实现对服务区重点区域安全监控，对入侵行为进行预警提醒。通过与报警求助系统对接，实现当有报警

信息时实时采集报警求助信息，并推送到智慧服务区系统平台。推送报警求助信息包括：设备 ID、设备名称、报警设备位置、报警时间、报警类型、报警级别、报警介绍时间、图片信息。

7.1.2 系统功能

- 1、具备多级联网能力，联网、传输、控制等应符合 GB/T 28181 要求；
- 2、系统接收中心指令，输入/输出路数满足实际要求，有扩展余量；
- 3、灵活、方便、可靠地遥控实现对摄像前端作全方位扫描、调整光圈、焦距等一系列动作；
- 4、接入移动视频信息；
- 5、中文菜单操作界面，多用户分级操作；
- 6、监视器信息、摄像机信息、系统状态信息、日期和时间都可以选择格式及在屏幕上的显示位置；
- 7、联机诊断；
- 8、数字化图像功能；
- 9、接口透明，操作控制信息开放，实现信息共享。

7.1.3 系统方案

7.1.3.1 监控补盲

本项目在连云港服务区广场进行全景监控补盲，结合新增的多功能杆件安装全景监控摄像机，另外利用多功能杆件增加监测摄像机，实现广场及停车区无死角监控，并具备人形/车辆 AI 识别、越界报警、客流热力图输出功能。通过高点全景监控联动地面监控实现“全景+细节”秒级定位，真正做到“一屏看全服务区”，大幅提升安防效率与应急响应速度。

利用智能摄像机实现对重点区域入侵实时预警，且支持人体入侵实时检测，过滤非人体（树叶晃动、光线影印、猫狗等）入侵误报。实现对服务区重点区域安全监控，对入侵行为进行预警提醒。通过与报警求助系统对接，实现当有报警信息时实时采集报警求助信息，并推送到智慧服务区系统平台。推送报警求助信息包括：设备 ID、设备名称、报警设备位置、

报警时间、报警类型、报警级别、报警介绍时间、图片信息。

7.1.3.2 传输方案

本项目所有新增外场摄像机设置 1 台工业以太网交换机，利用现有设备的备用光纤以星型的方式传至服务区三层以太网交换机（视频）汇聚后，接入现有的传输通道传输至连云港公路事业发展中心；部分点位附近没有现状设备，可通过敷设光缆至就近的监控设备处，利用已有光缆进行数据传输；距离较近的多个设备通过交换机组链进行数据传输。

视频监控系统网络传输信息延迟时间、网络传输带宽、网络传输质量应满足《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）等相关标准规范要求。

7.1.3.3 视频管理、存储

本项目在服务区机房新增 1 套 32 路 NVR，服务区各区域视频监控系统实时更新数据，永久存储汇总数据，明细数据存储周期不少于 90 天。

7.1.3.4 视频分析

考虑服务区场区已有监控摄像机设备利旧使用，根据实际情况新增监控摄像机。前端监控摄像机捕获到的车辆图像通过传输网络汇聚车流信息到服务区场区车辆监测子平台进行智能视频分析，实现对服务区场区内车辆的全面监管，提供危险品运输车辆驶入提醒、车辆违规停放预警、车辆驻留超时提醒、危险品运输车辆管理等功能。

7.2 智慧停车引导系统

7.2.1 系统概述

为更好的服务公路驾乘人员，提升江苏普通国省干线公路的管理水平和服务水平，本次方案主要采集服务区剩余车位数量，位于服务区前发布，提醒驾驶人员有选择的停车。

根据要求，服务区需要对停车位的使用情况进行监控，同时要及时将停车位的空余情况发布到分级引导显示屏上进行显示，连云港服务区的停车位分布情况如下：

对各型车位进行分区，不同的分区由不同的入口驶入，在行车路径的关键位置设置导流提示版，并辅以箭头指示对应不同的停车区域。

7.2.2 系统功能

1、实时车位监测

根据服务区停车位规划，将车位信息录入车位监测管理子平台，通过车位检测识别设备实时采集车位占用状态，实现车位状态的实时监测和可视化展示，可区分不同区域的停车位类型。

2、车位数据分析

对车位监测数据进行统计分析，包括车位利用率、车辆类型分布、停车时长等，当车位余量超过阈值时，向管理人员发出告警。可根据不同类型停车位占用情况和停放时长分析停车位使用情况，辅助管理人员对不同类型的停车位数量做出合理分配，提高服务区停车位利用率。

3、与服务区车流监测系统联动

将车位占用时间等数据传输至服务区车流监测系统，对超过阈值时间停放的车位发出预警信息，可联动附近监控摄像机进一步查看车辆信息，支撑管理人员及时对车辆驻留超时进行管理。

4、与服务区停车诱导系统联动

将车位占用数据和可用车位数据传输至服务区停车诱导系统，实现服务区可用车位信息发布和引导。

7.2.3 系统设计

1、服务区入口处

服务区主动式停车诱导系统可为主线段车辆提供服务区车位预知、预测信息，为已进入服务区的待泊车辆提供车位分区与剩余车位指引信息，从而缓解服务区停车流量不均衡现象，减少车辆在服务区的驻留时间，提高服务区停车周转率。采用三级停车诱导策略：

区域诱导为第一级停车诱导，为待进入服务区的不同车辆提供停车区域指引信息。该诱导屏设在进入服务区匝道入口前方布设，将服务区车位信息发布至可变情报板上，供公路上的司乘人员参考。本项目在驶入服务区前方设置一套 3×4m 悬臂式可变情报板进行车位信息的发布。

考虑到连云港服务区广场面积较小，停车位较少，不设置二级和三级停车诱导。

2、停车区

（1）停车位检测

1) 充电桩占用监测

复用充电桩占用状态监测系统。

2) 其他区域

除了新能源车位监测，其他客货车位及危化品车位也要全部监测，通过在室外停车场安装车位检测摄像机，对停车位占用/空余状态进行实时检测，并上传后端平台对停车位信息进行分类统计，将信息发布至 LED 诱导屏上，从而对停靠车辆进行指引。

车位监测相机采用新增多功能杆安装或者新增的 10m 监控杆件安装，多个车位监测相机可以共杆安装，确保场区所有停车位监测覆盖。连云服务区共有客车和大货车车位共 49 个（不含新能源车位），分为 2 个区域。本项目设置剩余车位监测点 6 处，共设置车位监测摄像机 7 套。

（2）车辆违停检测

服务区常出现旅客不在规定车位停车的情况，严重影响服务区交通秩序，造成安全隐患。通过场区视频实时检测非停车区停车行为后，自动产生告警提醒保安人员及时处置。本次在服务区设置视频分析服务器，利用人工智能视频分析技术，实现视频事件实时分析，视频分析内容包括：停车位占用、违规停车、人流量检测、人流密度检测、危化品停车区检测。

视频分析服务器采集的各项数据和自动发现的各类事件，直接上传服务区管理平台，用于数据统计分析和事件的联动处置。

3、服务区、停车区出口处

根据现场调研，本项目服务区已经设置了进出口高清卡口设备，本次利旧。

4、应用软件

管理系统软件平台，是一个基于服务器、操作系统、依托于数据库、架构于网络的服务系统，是出入口控制系统产品的中央管理平台。主要具备以下功能：

- （1）管理人员可对出入服务区、停车区的车辆数据进行查询；
- （2）系统可显示剩余车位的信息；
- （3）人工核对及修改空余停车位数量的功能；
- （4）抓拍车辆图片显示；
- （5）进出车辆图片关联；

（6）实时过车信息显示；

（7）系统日志显示；

（8）软件开关闸；

（9）设备连接状态显示；

（10）人工核对及修改空余停车位数量的功能。

7.3 充电桩占用状态监测系统

7.3.1 系统概述

通过服务区新能源车位识别设备建设，以及与新能源充电桩运营方对接充电桩状态数据形式，实现充电桩的智能化管理以及流量较大服务区的充电桩车位违规占用情况监测提醒，提高充电效率，保障设备安全运行，同时结合入口信息发布设备及公众小程序等，进行充电桩剩余提醒，提升用户的充电体验。

7.3.2 系统功能

1、充电桩实时占用监测及异常预警

基于数据采集及 AI 视觉分析，对车辆进场、充电中、充电完成离场的全流程进行联动管理，实时智能监测充电桩的占用情况，并对新能源车辆火情等异常情况进行报警。

2、充电桩占用统计

统计分析充电桩设备总数、占用数、空闲量、异常数；实时分析展示充电桩充电信息、告警信息；实时分析展示充电监控视频。

7.3.3 系统设计

按照每 2 个车位设置 1 台双目视频桩，对新能源车位进行监测。结合抓拍进出服务区的车辆信息，统计出入服务区的车流量、车型、进入时间、离开时间等数据，同时能通过智能分析提取车辆有效信息，包括车牌号码、车身颜色、车型、车标、车辆品牌、是否为新能源车辆等，并通过软件判断不同时段各车型在服务区内的停留时间、服务区内停留车辆数量、服务区的占有率等，通过数据的长期统计，判断服务区的充电车位规模是否满足要求。

充电桩监测系统由新能源车位监控摄像机及软件系统组成。

具体布设方案：连云服务区共设有新能源充电车位 4 个，按照每两个车位采用一根双目视频桩进行监测，共设置了 2 根双目视频桩。

7.4 多模式信息发布系统

7.4.1 系统概述

通过建设多功能集约型灯杆，集成多种监测设备、信息发布设备与控制终端，为服务区人员、车辆提供智能照明、视频监控、信息发布等功能，全面提升对外服务体验感。

7.4.2 系统功能

多功能灯杆设备，集成多种设备，实现远程实时调整、监控所需播放内容，通过多功能杆可变情报板进行信息发布；对服务区现场高清图像实时浏览、记录，了解和掌握监控区域的治安动态。

7.4.3 系统设计

本项目连云港服务区设置多模式信息发布终端。智慧灯杆上为车位检测摄像机、广告灯箱、室外有源防水音柱、全景摄像机、本项目结合连云港服务区设置多模式信息发布终端，将多种功能集成到一根杆上，不仅减少广场地面杆件的数量，同时节约了线缆布设成本。智慧灯杆上为车位检测摄像机、全景摄像机、监控摄像机等智能化设备预留安装接口与位置。

连云港服务区广场设计在进入服务区人流密集位置增设 5 基多功能杆，同时多功能杆的点位选取考虑剩余车位监测摄像机的视角，多功能杆件主要用于剩余车位监测摄像机安装。

7.5 网络传输系统

本项目将复用服务区现有数据通信传输网络，传输外场设施的各类数据和视频。

本项目新增外场设备数据传输、图像传输优先复用现有传输光缆，若现有不符合本项目需求，则新增光缆传输。

7.6 网络安全

根据《江苏省普通国省道智慧服务区建设指南》的联网与数据安全要求。系统安全保护等级应满足国家信息安全等级保护相关要求，根据系统的应用、数据、技术架构，将相同保护等级的信息系统适当集中，划分为不同的安全信息域，有区别地进行系统安全保护。

服务区信息汇聚点不低于网络安全等级二级要求进行安全防护，其中安全通信网络、安全计算环境、安全区域边界三项不低于网络安全等级保护二级要求，确保智慧服务区管理服

务系统网络安全。

本项目在连云港服务区设备网部署下一代防火墙，配置入侵防御和防病毒模块，具备防御攻击、病毒检测的功能效果。从业务、用户、应用和行为的角度出发，实现安全控制、流量分类、攻击防护和 QoS 等业务功能，并且应具备深度包检测功能，能够识别并过滤恶意数据包，有效阻止病毒、木马等网络威胁的入侵。

防火墙应支持静态路由、动态路由协议（如 OSPF、BGP 等），以及基于策略的路由，实现网络流量的高效调度与优化。通过 QoS 策略，合理分配网络带宽，确保关键业务的优先传输。同时，应能提供用户策略、应用策略和行为策略等智能控制手段，能够有效提升网络出口边界、跨网络数据局传输的安全性、稳定性、可溯性。

7.7 服务区外场设备供电、防雷接地方案

7.7.1 外场设备供电方案

外场设备采用低压电缆穿管敷设的供电方式。

7.7.2 外场监控设施防雷、接地方案

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。

本监控系统中直击雷防护对象主要有可变信息标志、信息发布屏、外场摄像机等构筑物，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。

配置方案：

（1）对于可变信息标志、信息发布屏等重要设施进行直击雷防护，可选用响应快、保护范围大、无需维护的专用避雷针（如预放电型避雷针）。

（2）对遥控摄像机等小范围的物体进行直击雷防护，可选用常规的富兰克林避雷针。

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 40KA（8/20 波形）的三相多脉冲电源过电压保护器作为首级防护；选用最大放电电流为 20KA（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、UPS 进线出线、外场配电箱、外场监控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。

配置方案：

（1）在变电站低压出线入总配电柜和上位机前每路安装复合型防雷器件组，作为首级防护；

（2）在电源室出线、UPS 出线端（引至室外）每路加装具有两级保护的复合型防雷器件组，具体应根据实际情况进行配置；

（3）按现场实际情况可在各场内或场外设备电源进线口加装具有两级保护的单相复合型防雷器件组。

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。

配置方案：

在监控外场设备的信号线两端安装网络信号过电压保护器。

4、接地方案

所有外场设备均做联合接地，其接地电阻 $\leq 1\Omega$ 。

其他要求按《建筑物防雷设计规范》（GB 50057-2010），《民用建筑电气设计标准》（GB 51348-2019），《数据中心设计规范》（GB 50174-2017），《民用闭路监视电视系统工程技术规范》（GB 50198-2011），《高速公路机电系统防雷技术规范》（GB/T 37048-2018）等执行。

7.8 省级服务设施管理平台接入

本项目服务区的数据均接入省级服务设施管理平台。

本项目专业负责各子系统设计，集成智能化子系统，对数据进行统一采集及下发管理控制内容，数据汇总到江苏省养护管理系统公路服务设施子系统智慧服务区管理平台，实现智慧服务区的统一管理。

8 “一张网”出行服务系统

一张网出行服务在接收各类交通事件/诱导信息基础上，通过可变情报板、第三方导航平台、小程序等进行信息发布，实现向道路使用者动态发布实时路况、事故预警、施工提醒、速度提示及高速出入口指引等关键信息，提升行车安全与路网通行效率。

8.1 系统功能

通过发布道路路况、施工占道、交通管制、交通事件等信息，诱导道路使用者的出行行为，从而减少车辆在道路上的逗留时间，防止交通阻塞的发生，并且最终实现交通流在路网中各个路段上的合理分配，改善路面交通系统。可实现设备状态、在播内容查询；宣传标语、警示信息、天气信息、施工占道、交通管制等信息的编辑和发布；实现人工干预和系统自动发布发放相关的交通路况信息；遇有道路交通事故、临时交通管制等突发性紧急事件的诱导发布；另可实现诱导信息历史发布记录的查询，以及诱导发布预案的创建、编辑、发布等功能。具体功能如下：

通过省级统一的情报板内容管理平台，实现对全省公路沿线各类情报板（包括道路状况提示板、施工警示牌、气象预警屏等）的集中化管控，支持文字、图形、符号等多种信息形

式的编辑、审核与定时/实时发布。系统内置信息分级分类管理机制，可根据道路等级、事件严重性和区域特性自动匹配信息模板与发布策略，确保交通管制、事故预警、施工绕行等关键信息以标准化格式精准推送至对应区域的情报板设备。

同时，平台集成实时监测模块，动态追踪情报板在线状态、信息显示效果及内容更新时效，结合数据统计功能分析不同区域、时段的信息发布频次与公众关注热点，为优化信息发布策略提供数据支撑。通过建立历史信息追溯机制，实现情报板内容发布记录的全程可查，确保信息发布的合规性与可审计性，最终形成覆盖信息全生命周期的标准化管理体系，提升公众获取公路出行信息的准确性与及时性。

8.2 系统方案

G228 连云港段分别在与 G204、S242 和 G310 交叉口前方设置悬臂式可变信息标志，向驾乘人员提供警示、诱导提示、交通控制、气象、交通状况等信息服务。具体设置点位如下：

表 9-1 可变情报板设置点位表

序号	桩号	方向	建设类型	取电点	设置理由
1	K404+500	上行	悬臂式可变情报板	现状 K404+350 监控取电	G204 交叉口，发布 G228（G204 共线断）往山东方向的交通运行状态
2	K2908+700	下行	悬臂式可变情报板	现状 K2908+510 监控取电	S242 交叉口，发布 G228 主线往连云港市区方向的交通运行状态
3	K2935+200	下行	悬臂式可变情报板	现状 K2935+100 监控取电	G310 交叉口，发布 G228 往赣榆方向的交通运行状态

9 通信系统

本项目除了表 10-1 外场设施数据供给一览表中采用 4G 或 5G 无线专线传输外，服务区场区内通过自建光传输网络传输至服务区机房，再通过服务区的互联网专线传输至连云港市公路事业发展中心，其他外场设施通信方案采用租用 20M 运营商数字链路方式传输至连云港公路事业发展中心。

10 网络安全系统

10.1 安全等级保护总体要求

本系统在信息安全上应满足国家信息安全等级保护二级要求。其区域安全划分、等级保护技术要求以及管理要求等设置应符合《信息安全技术网络安全等级保护基本要求》（GB/T 22239-2019）中相关要求，根据软硬件设备的部署情况合理划分安全区域、确定安全边界，进行分区域防护，并制定与之相适应的安全管理策略和目标。

10.2 通信网络安全防护设计

本工程在连云港公路事业发展中心新增 1 台日志审计设备，提供网络、安全设备、操作系统、数据库、应用、工控设备的日志信息采集合并汇聚，事件关联分析，日志查询、事后调查取证等功能；另外外场设备入口新增一台防火墙。

10.3 外场设施安全设计

10.3.1 情报板内容防护

连云港市公路事业发展中心核心交换机处已部署一套内容防护控制器，此设备为旁路部署，下联情报板设备前端串联部署防护控制前端，中心端与前端设备联动检测，进行内容全面防护。

情报板内容防护前端设备集成信息安全和内容安全防护双重功能，信息安全功能提供访问控制和入侵防护功能，内容安全功能基于 AI 技术，对发布信息中的播放画面进行内容分析和不良内容识别。设备安装在公路情报板的网络入口处，当发布平台向情报板播控器/播控卡发布信息内容时，由情报板内容防护前端设备对信息内容进行审核，确认无不良内容时，才能够下发至情报板的播控器/播控卡，实时检测“过滤”情报板文字屏的信息内容。

10.3.2 情报板安全加固

可变情报板前端配置安全防护设备，用于对情报板控制系统的身份认证、传输数据完整性校验与确认、告警、状态展示等，拒绝单机软件更新显示信息。

可变情报板控制系统与新建统一情报板发布系统进行加密通讯。

1、可变情报板控制系统与情报板发布平台中心通讯，必须在情报板发布平台中心取得通讯令牌。公路沿线的每一块情报板与情报板发布平台中心交互的指令，都必须带有效的通讯令牌。当通讯令牌失效后，情报板控制系统要及时向情报板发布平台中心发起刷新指令，获取有效的通讯令牌。

2、采用对称密码体制算法加密。情报板控制系统要与情报板发布平台通讯的每条指令，都是经过对称密码体制算法加密过的指令，未经加密的指令不予处理。对称密码体制密钥由情报板发布平台中心统一管理，通讯时动态指定。

3、前端可变情报板和情报板发布平台只需要通过加密通讯协议就可以实现之间的通讯和发布，不需要在后台中心再新增加密机。

11 供电设施设计

依据本项目设施对电力供应的要求，考虑公路供电系统，进行沿线电源系统设计。

11.1 供电方案

11.1.1 电力电缆供电方案

本项目道路监控摄像机、交通运行数据监测设施等设备分散布设于公路沿线，从供电的经济型、稳定性等方面因素考虑外场设备供电需考虑采用合适的供电方式。

本项目所在地区居民区较多，同时本设计外场监控设备主要分布在大的交通节点、集镇附近，采用低压电缆供电作为外场设备供电方式。

11.1.2 主要材料和施工要求

1、电缆

其他子系统（含通信、收费）的电缆要求均同本子目技术指标。

（1）总体要求

本工程中低压电力电缆包括由变电站低压侧配电柜至低压总配电箱和低压总配电箱至后端各级设备配电箱以及设备配电箱至现场设备所有的电力电缆敷设及电缆附件的采购、安装、电缆导管加工和敷设、电缆支架加工和敷设、电缆穿线槽的加工和敷设等工程。

低压电力电缆中间接头、终端头等电缆附件均包含在电缆工程中，本项目不单独计列。

电缆结构：电缆按规定为单芯或多芯组合。

导体（缆芯）：所有导体应按照 IEC-228 规定。铜导体用无氧退火圆铜线，性能符合 GB3953 的规定，采用紧压圆形结构，紧压系数不小于 92%。导体表面光洁、无油污、无损伤屏蔽及绝缘的毛刺、锐边、无凸起或断裂的单线。

绝缘：绝缘用低密度、可交联聚乙烯，绝缘厚度 1.2-2.2mm；绝缘平均厚度不小于标称值，最薄点厚度应不小于标称值 90%-0.1mm，任一断面的偏心率【(最大测量厚度-最小测量厚度)/最大测量厚度】应不大于 10%。

屏蔽：导体屏蔽为挤包的交联半导电层，半导电层均匀地包覆在导体上，表面光滑。无明显绞线凸纹，无尖角、颗粒、烧焦或擦伤的痕迹。在剥离导体屏蔽时，半导电层无卡留在导体绞股之间的现象。

衬垫（内部覆盖和填充）：多芯电缆应有衬垫，衬垫适用于规定运行温度和绝缘材料。衬垫采用耐高温材料。

铠装：铠装电缆要求提供不渗透的，封闭接合镀锌钢带铠装。

外护套：所有电缆应提供阻燃和耐低酸、透气性能好的外护套。护套是适用于不良工作环境。

（2）低压电力电缆产品执行标准

本项目的塑料绝缘控制电缆(450/750V)应满足 GB/T 9330-2020《塑料绝缘控制电缆》相关规范要求的合格产品、挤包绝缘电力电缆（0.6/1 kV）应是满足 GB/T 12706.1-2020《额定电压 1 kV(Um=1.2 kV)到 35 kV(Um=40.5 kV)挤包绝缘电力电缆及附件 第 1 部分：额定电压 1 kV(Um=1.2 kV)和 3 kV(Um=3.6 kV)电缆》相关规范要求的合格产品。

其中阻燃电缆、耐火电缆除满足上述标准外还应相应满足下述标准：

➤GB/T 19666-2019《阻燃和耐火电线电缆或光缆通则》；

➤XF 306.1-2007《阻燃及耐火电缆塑料绝缘阻燃及耐火电缆分级和要求 第 1 部分：阻燃电缆》；

➤XF 306-2007《阻燃及耐火电缆塑料绝缘阻燃及耐火电缆分级和要求 第 2 部分：耐火电缆》；

➤XF 535-2005《阻燃及耐火电缆 阻燃橡皮绝缘电缆分级和要求》；

本项目的阻燃、耐火电力电缆应是按照国家相关标准生产的合格产品，实施中应附公安部消防产品合格评定中心或国家固定灭火系统和耐火构件质量监督检验中心或国家消防装备质量监督检验中心或国家防火建筑材料质量监督检验中心出具的形式检验报告，并应附检验报告和合格证书。

（3）电缆的进场、施工及验收均应满足《电气装置安装工程电缆线路施工及验收

标准》（GB 50168-2018）、《建筑电气工程施工质量验收规范》（GB 50303-2015）等规范要求。

（4）技术要求

1) 控制电缆

- 控制电缆额定电压应为 0.45~0.75KV；
- 所有单独的芯线的绝缘应为相同颜色（黑色），表面按照 ICEA-NEMAWC7 或

ICEA-NEMA WC8 的方法 4 打上顺序号。线芯标号一定要清楚；

- 外护套为黑色；
- 交流额定电压：U₀/U；450/750V 耐压试验 3000V，5 分钟完好；
- 工作温度：-15℃ ~ +105℃耐高温控制电缆 -40℃~ +200℃；
- 绝缘电阻：在 20℃下温度不低于 105MΩm；
- 导体线芯直流电阻（20℃）符合（GB/T 3956-2008）规定；
- 电缆铜丝编织屏蔽要求覆盖密度大于 90%，其编织线直径应大于 0.1mm；
- 对于所有具有屏蔽层的特种电缆，组屏蔽引流线直径应大于 0.4mm；总屏蔽引流

线直径应大于 0.6mm；

- 无铠装电缆允许弯曲半径不小于电缆外径的 6 倍，铠装电缆允许弯曲半径不小于电缆外径的 12 倍；

- 所有控制电缆都应有屏蔽措施。

2) 电力电缆

- 电缆导体的长期最高额定温度不超过 90℃；
- 短路时（最长持续时间不超过 5s）电缆导体的最高温度 250℃；
- 额定电压 U₀/U 为 0.6/1kV；

● 导体表面应光洁、无油污、无损伤屏蔽及绝缘的毛刺、锐边，无凸起或断裂的单线。导体应为圆形单线绞合紧压导线，紧压系数不小于 0.9。铜导体材料为符合 GB/T 3956 的第一种或第二种裸退火铜导体（铜的纯度≥99.9%），铜导体单线必须采用 TR 型软铜线，每一根导体 20℃时的直流电阻应不超过 GB/T 3956 规定的相应的最大值。导体

截面与标称截面不得出现负偏差。

- 导体屏蔽、绝缘、绝缘屏蔽应采用三层共挤工艺，全封闭化学交联。应注明交联工艺全过程是否配置偏心度测量装置；

● 导体屏蔽由半导带和挤包半导电层复合组成，先绕包半导电带，然后再挤入半导电层屏蔽。挤包半导电层应均匀地包覆在导体上，和绝缘紧密结合，表面光滑，无明显绞线凸纹，不应有尖角、颗粒、烧焦或擦伤的痕迹。在剥离导体屏蔽时，半导电层不应有卡留在导体绞股之间的现象。导体屏蔽电阻率不超过 1000 Ω·m，导体屏蔽标称厚度应为 0.8mm，最薄处厚度不小于 0.7mm。标称截面 500mm² 及以上电缆导体屏蔽应有半导电带和挤包半导电层复合组成；

- 1kV 电缆选用交联聚乙烯绝缘电缆，绝缘标称厚度为按相关标准执行；

● 绝缘屏蔽为挤包的剥离半导电层，半导电层应均匀地包覆在绝缘上，表面应光滑，不应有尖角、颗粒、炼焦或擦伤的痕迹。绝缘屏蔽宜为可剥离型，绝缘半导电层的标称厚度 0.8mm，绝缘屏蔽电阻率不大于 500Ω·m；

- 电缆不圆度应不大于 15%，电缆不圆度=(电缆最大外径-电缆最小外径)/电缆最大外径×100%；

● 成品电缆的表面应有项目名称、制造厂名、产品型号及额定电压的连续标志，标志应字迹清楚，容易辨认，耐擦。成品电缆标志应符合 GB/T 6995.1~5 之规定。

（5）电缆的测试

所有电缆应进行型式测试、车间测试和现场测试，以保证所供应的电缆满足本规范和相关的中国标准所规定的性能要求，

所有电气工程应符合 GB50303-2015《建筑电气工程施工质量验收规范》和 GB50168-2018《电气装置安装工程 电缆线路施工及验收标准》。

2、混凝土

本项目混凝土均应采用商品混凝土，不得施工现场搅拌混凝土。

3、配电箱

- 若无其它规定，低压配电箱应按 GB 7251 制造。含稳压电源、电表箱和用电接入

调试费；建议供电开户由专业的供电公司进行接电，保证接电规范，须安装漏电保护器，保证安全；

- 备配电箱根据回路数定做，含空气开关等。配电箱的进线端应设置防浪涌保护器，形成过电压保护。配电箱应重复接地。

- 配电箱由自动空气开关、熔断器、防雷器、计量表、箱体等组成。箱体内应配备漏电开关。

- BC 级进户和出户电源防雷器的指标要求如下：单相复合型由 2 只开关型、2 只限压型防雷器、1 只带自动检测功能的智能自复位断路器器组成；每一只开关型防雷器可以抵御和吸收 10/350 微秒的直击雷电流 35 kA；每一只限压型防雷器可以抵御和吸收 8/20 微秒的最大放电电流 40kA；防雷器可以抵御相线及中性线对地线排 70 kA 的直接雷电流（L-PE/35kA；N-PE/35kA）；具有能量配合型的防雷器，保护电平等于 1.0kV；具备故障指示及远程遥信功能；前端安装 32A 的带自动检测功能的智能自复位断路器在输入端地线上安装无源雷击计数器；防雷器为模块化设计；防雷模块与底座可实现带电拔插；

- 配电箱的箱体外壳采用不锈钢，壁厚大于 2mm；

- 门锁要满足防盗破坏的要求，具备防水功能；

- 箱体内为了便于走线和美观，需要采用线槽。线槽采用高性能的抗老化的工程塑料，能够保证在高温条件下不变形、低温下不变脆，线槽尺寸根据线缆的情况具体确定；

- 箱体顶部不锈钢板需要卷曲至少 20mm；

- 门采用内扣式国际通用方式，且为右开方式。门的内衬条采用 2mm 的不锈钢板，增加其稳定性；

- 密封条必须有足够的弹力，能够起到密封的作用，而且密封条必须有足够的抗老化性能；

- 每一个空气开关在相应位置必须有明显、可替换的永久性标识，以防错误开关电源。

12 基础、杆件设计

12.1 设备基础

本项目设备基础主要为摄像机、多功能交通调查站、可变情报板等。

施工要求如下：

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，基底应首先整平、夯实，控制好标高。设备基础与手孔之间的连接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回复。基础内预埋件均采用热浸镀锌防腐处理，其螺纹部分镀锌后应进行清理；

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。施工前必须依据施工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 100~150mm 内，外露罗纹应用油纸包裹并用水泥封死，露出基础的钢管应堵塞，以避免进水。在浇筑基础混凝土时，应分两次进行，第一次浇筑到锚板以上 20 厘米左右，待混凝土凝固后，去掉浮渣，对预埋螺栓进行精确校正后，再浇筑剩余部分的混凝土，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。基础表面低于道路基面 10cm，施工完成后基础表面恢复与周边环境协调；

4、基础设施中采用的钢筋均为普通碳素结构钢，钢筋 $D < 10\text{mm}$ 时，采用 I 钢，钢筋 $D > 10\text{mm}$ 时，采用 II 钢。最小屈服强度为 23，最小抗拉强度为 370Mpa，钢筋保护层不小于 25mm，且钢筋型号、规格及材料性能应符合 GB1499 要求；

5、结构用钢材采用普通碳素结构钢，技术条件应符合《碳素结构钢技术条件》（GB/T700-2006）的规定；

6、地脚螺栓、法兰盘采用 Q345B（16Mn），底板、热轧钢采用 Q235；

7、所有钢材采用热镀锌处理，所用锌为《锌锭》（GB/T470-2008）规定的 0 号或 1 号

锌，镀锌量为 600g/m^2 、（外露部分）、 350g/m^2 （外露部分）。

12.2 杆件设计

考虑到夜间等视线较差的时间段的行车安全，本次杆件设计在杆件下部粘贴反光膜，以作安全警示的作用，选用IV类反光膜，密封胶囊式玻璃珠型结构，黄黑横向条纹，纹间距 10cm，下沿高度距地面 0.5m~2m。

外场摄像机立柱中的钢结构均采用热浸镀锌后再涂/喷塑的防腐处理方式。

地脚螺栓、基础法兰、锚板、连接螺栓采用热浸镀锌防腐处理，镀锌量不小于 350g/m^2 ；其他所有钢构件在作热浸镀锌防腐处理后，再作涂/喷塑防腐处理，作涂/喷塑防腐处理的构件镀锌量不小于 600g/m^2 。

钢构件作涂/喷塑防腐处理的材料采用聚酯涂料，为保证钢构件涂塑后的总体质量，涂/喷塑层满足《公路交通工程钢构件防腐技术条件》（GB/T18226-2015）。

13 防雷、接地及立柱等钢构件的防腐处理

13.1 防雷

13.1.1 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摄像机、多功能交通量调查站设备、可变情报板、智慧服务区外场设备、桥梁监控设施等，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。

13.1.1.1 配置方案

- 1、外场监控设备杆件顶部应安装避雷短针进行直击雷防护；
- 2、外场监控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；
- 3、外场监控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（镀锌扁钢-40×4mm）组成，工频接地电阻小于 1Ω；
- 4、外场监控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。

13.1.2 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 60KA（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 20KA（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、外场监控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。

13.1.2.1 配置方案

- 1、在外电开户箱和智能机箱进线端每路加装具有两级保护的复合型防雷器件组，具体应根据实际情况进行配置；
- 2、按现场实际情况可在各场内或场外设备电源进线口加装具有两级保护的单相复合型防雷器件组。

13.1.3 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。

13.1.3.1 配置方案

在外场设备处安装网络信号过电压保护器。

13.2 接地

所有外场设备均做联合接地，其接地电阻 $\leq 1\Omega$ 。

其他要求按《建筑物防雷设计规范》（GB 50057-2010），《民用建筑电气设计标准》（GB 51348-2019），《数据中心设计规范》（GB 50174-2017），《民用闭路监视电视系统工程技术规范》（GB 50198-2011），《高速公路机电系统防雷技术规范》（GB/T 37048-2018）等执行。

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），接地引线包括 50×5mm 的镀锌扁钢、50mm² 的绝缘铜导线。将接地极打入土层（最好是常年比较潮湿的地方），地线顶端埋深大于 0.7m，接地极与基础的距离 > 10m，以品字形分布，接地极之间的

距离 $>5\text{m}$ 。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联合接地方式，接地电阻小于 1Ω ，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《低压配电设计规范（GB 50054-2011）》、《电气装置安装工程电缆线路施工及验收标准（GB 50168-2018）》、《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（GB 50169-2016）》等国家标准和行业规范。

13.3 立柱等钢构件的防腐处理

外场摄像机立柱中的钢结构均采用热浸镀锌后再涂/喷塑的防腐处理方式。

地脚螺栓、基础法兰、锚板、连接螺栓采用热浸镀锌防腐处理，镀锌量不小于 $350\text{g}/\text{m}^2$ ；其他所有钢构件在作热浸镀锌防腐处理后，再作涂/喷塑防腐处理，作涂/喷塑防腐处理的构件镀锌量不小于 $600\text{g}/\text{m}^2$ 。

钢构件作涂/喷塑防腐处理的材料采用聚酯涂料，为保证钢构件涂塑后的总体质量，涂/喷塑层满足《公路交通工程钢构件防腐技术条件》（GB/T18226-2015）。