

常州市普通国省道三维电子地图采集  
方案设计  
(报审稿)

南京市市政设计研究院有限责任公司

二零二四年九月

# 目 录

一. 项目概述.....	1
1.1. 项目名称.....	1
1.2. 项目背景.....	1
1.2.1. 政策背景.....	1
1.2.2. 技术背景.....	2
1.2.3. 行业背景.....	3
1.3. 项目范围.....	6
1.4. 建设目标和任务.....	6
1.4.1. 建设目标.....	6
1.4.2. 建设任务.....	6
1.5. 编制依据.....	7
二. 现状分析.....	10
2.1. 常州市公路事业发展中心职责现状分析.....	10
2.2. 常州市普通国省道总体情况分析.....	10
2.3. 常州市普通国省道路线现状分析.....	10
2.4. 常州市普通国省道桥梁现状分析.....	11
2.5. 常州市普通国省道管理与服务设施现状分析.....	11
2.6. 常州市普通国省道断面流量现状分析.....	11
2.7. 常州市普通国省道信息化系统三维现状分析.....	11
三. 需求分析.....	12
3.1. 数字化转型需求分析.....	12
3.2. 业务应用需求分析.....	12
3.3. 建设目的和意义分析.....	13
四. 总体建设方案.....	15
4.1. 设计原则.....	15
4.2. 总体任务.....	16
4.3. 总体架构.....	16
4.4. 逻辑架构.....	17
4.5. 网络架构.....	17
五. 三维数据建设方案.....	19
5.1. 总体建设要求.....	19
5.1.1. 总体建设原则.....	19
5.1.2. 总体建设情况.....	19
5.2. 采集要求.....	21
5.2.2. 桥梁.....	23
5.2.3. 隧道.....	24

5.2.4.	交通工程及沿线设施——交通安全设施.....	24
5.2.5.	交通工程及沿线设施——管理设施.....	24
5.2.6.	交通工程及沿线设施——服务设施.....	26
5.2.7.	环境保护与景观设计——绿化工程.....	26
5.2.8.	其他设施——公路渡口.....	27
5.3.	成果主要技术指标和规格.....	27
5.3.1.	数学基础.....	27
5.3.2.	成果及规格.....	27
5.3.3.	精度指标.....	27
5.3.4.	采集技术要求.....	28
5.4.	技术流程.....	28
5.5.	车载激光雷达采集方案.....	29
5.5.1.	作业流程.....	30
5.5.2.	数据采集.....	30
5.5.3.	数据处理.....	34
5.5.4.	质量要求.....	37
5.6.	无人机倾斜航空摄影方案.....	37
5.6.1.	作业流程.....	37
5.6.2.	作业准备.....	38
5.6.3.	数据采集.....	39
5.6.4.	像控测量.....	42
5.6.5.	数据处理.....	45
5.6.6.	质量控制.....	46
5.7.	三维模型更新维护方案.....	47
<b>六.</b>	<b>    三维模型建设方案.....</b>	<b>48</b>
6.1.	道路及沿线设施三维单体模型生产方案.....	48
6.1.1.	路线（路基、路面）.....	48
6.1.2.	桥梁.....	49
6.1.3.	交通工程及沿线设施——交通安全设施.....	50
6.1.4.	交通工程及沿线设施——管理设施.....	51
6.1.5.	交通工程及沿线设施——服务设施.....	53
6.1.6.	交通工程及沿线设施——绿化工程.....	54
6.1.7.	其他设施——公路渡口.....	55
6.2.	普通国省道三维模型的治理和优化方案.....	55
6.2.1.	既有三维模型整合.....	55
6.2.2.	三维模型语义化.....	56
6.2.3.	三维模型轻量化.....	58
6.2.4.	场景美化.....	59
<b>七.</b>	<b>    常州市三维典型场景应用建设方案.....</b>	<b>60</b>
7.1.	道路资产可视化.....	60
7.2.	路网运行状态可视化.....	60

<b>八. 信息资源和数据库设计</b> .....	<b>62</b>
8.1. 数据需求分析.....	62
8.2. 数据库选型.....	62
8.3. 数据量估算.....	62
8.3.1. 基础地理信息数据库数据量.....	63
8.3.2. 三维模型数据库数据量.....	63
8.3.3. 三维模型基本属性数据库数据量.....	64
8.3.4. 元数据库数据量.....	64
8.3.5. 数据总量与硬盘配置.....	64
8.3.6. 三维原始数据库数据量.....	64
8.4. 应用支撑系统设计.....	65
8.4.1. 操作系统.....	65
8.4.2. 数据库管理系统.....	65
8.5. 数据处理和存储系统设计.....	66
8.6. 网络安全设计.....	67
8.7. 数据安全设计.....	67
<b>九. 主要数据成果与汇交方案</b> .....	<b>69</b>
9.1. 主要成果内容.....	69
9.1.1. 数据.....	69
9.1.2. 软件.....	69
9.1.3. 文档.....	69
9.2. 成果汇交.....	70
9.3. 公路里程数据对比分析.....	70
9.3.1. 对比数据内容.....	70
9.3.2. 对比分析内容.....	70
<b>十. 组织实施方案及质量管理</b> .....	<b>72</b>
10.1. 生产流程.....	72
10.2. 建设时间进度计划.....	72
10.3. 数据质量管理.....	73
10.3.1. 质量管理目标.....	73
10.3.2. 质量管理体系.....	73
10.3.3. 主要检查内容明细.....	74
10.4. 保障措施.....	76
10.4.1. 经费控制保障.....	76
10.4.2. 人员和技术保障.....	76
10.4.3. 软硬件设备保障.....	76
10.5. 数据安全.....	77
10.5.1. 数据采集与存储安全.....	77
10.5.2. 数据应用安全.....	79
<b>十一. 设计预算</b> .....	<b>80</b>

11.1. 投资预算编制依据.....80  
11.2. 投资预算编制说明.....80  
11.3. 投资预算.....81

## 一. 项目概述

### 1.1. 项目名称

项目名称：《常州市普通国省道三维电子地图采集方案设计项目》。

### 1.2. 项目背景

#### 1.2.1. 政策背景

2023年9月，交通运输部专门印发了《关于推进公路数字化转型 加快智慧公路建设发展的意见》（以下简称《意见》），《意见》提出到2025年，全面实现公路数字化转型，建成安全、便捷、高效、绿色、经济的实体公路和数字孪生公路两个体系。到2027年，构建公路设计、施工、养护、运营等“一套模型、一套数据”，基本实现全生命期数字化，这为推动公路数字化转型工作指明了方向。2022年10月，江苏省交通运输厅发布《江苏数字公路发展行动计划（2022-2025年）》，提出要以强化科技创新为驱动，以夯实数字底座为抓手，促进数字治理能力和融合创新能力显著提升，加快构建完善“数字科技创新活跃、基础设施底座扎实、治理能力协同高效，智慧应用融合突破、支撑体系健全有力”的江苏数字公路发展体系，在安全提升、保通保畅、优质出行、产业发展等方面取得一系列成效。到2025年底，普通国省道、长大桥隧三维数字化率达到100%。

围绕普通国省道三维数字化建设，为保障三维数字化建设顺利实施，有效指导普通国省道三维数据建设，江苏省交通运输厅公路事业发展中心分别于2023年5月发布了《普通国省道基础设施三维数字化采集技术指南（试行）》、2024年1月发布了《江苏省普通国省道基础设施三维数据和数字化底座建设方案》两个专项指导文件，进一步明确了普通国省道三维数字化建设技术路线。按照江苏省交通运输厅公路事业发展中心统一部署，目前江苏13个地市都在积极推进普通国省道三维数字化进程，已在南京、徐州、扬州开展了试点。

因此，为积极响应国家、部委、省厅主管部门方针政策，进一步推进常州市普通国省道数字化转型，亟需开展常州市普通国省道及相关设施三维数字化采集应用等工作，推动公路业务转型升级、提质增效。

## 1.2.2. 技术背景

### (1) 低空航摄三维建模技术

低空航摄技术是对真实世界进行快速三维重建的有效方式。它突破了传统正射影像只有垂直角度的局限，通过无人机搭载多台传感器，同时从一个垂直、四个倾斜等五个不同的角度采集影像，能够实现大规模区域的快速三维重建，并以真实影像作为模型贴图。

### (2) 三维激光雷达扫描建模

激光雷达也是三维数据采集的一个重要技术途径。激光雷达是集激光、全球定位系统和惯性测量装置三种技术于一身的系统，具有分辨率高，隐蔽性好、抗干扰能力强等优势，能快速获取大量三维数据信息，为三维数据生产提供详细的数据来源。三维激光扫描建模适用于逆向三维建模。三维激光扫描建模使用的三维激光扫描设备由于制造技术要求高和应用群体小，设备较昂贵，门槛高。

### (3) BIM+GIS 参数化建模

BIM (Building Information Modeling, 建筑信息模型) 技术是参数化建模的典型代表。BIM 技术主要适用于手动或参数化正向精细化模型创建，建模的同时可以将模型各部件属性信息一同添加，模型数据能力强。BIM 技术起源于美国，随着计算机技术进步，欧美各国各软件开发商相继推出了自己的 BIM 建模平台，因而 BIM 技术在欧美等发达国家获得广泛应用。BIM 也是一种全生命周期的建筑信息管理的理念，在各阶段中利用各种数字化手段将 BIM 模型中包含的信息运用到工程管理中，实现提质增效降低成本的目的。BIM 模型是信息的三维载体，BIM 模型是动态生成的，根据功能需求创建不同阶段的模型，后面阶段的模型可提取前一阶段模型的有用信息，模型信息经过各阶段的不断集成丰富并存档，最后都作为运维阶段的信息库。BIM 模型具有信息的完整性、关联性、统一性的特点。BIM 技术正推动建筑业数字化与信息化发展的。

### 1.2.3. 行业背景

#### 1.2.3.1. 省外现状分析

##### (1) 北京延崇高速二三维一体智慧监控系统

北京依托多条智慧公路开展三维数字化应用探索，以延崇高速为例，建设了二三维一体智慧监控系统，应用 GIS+BIM 技术，多角度、多维度模拟显示隧道设备实时运行状况。通过 BIM 建模与三维 GIS 无缝融合，实现场景的立体化展现。数据采集系统将公路气象站、隧道环境数据、车流量、视频流、火灾报警等实时数据提取出来，并将采集到的数据赋予到三维模型中。监测人员即可直接通过三维场景的展示实时获得隧道的运行情况。

通过物理隧道的数字化，实现对隧道的立体化、精准化监控管理。二三维无缝衔接，二维监控画面、隧道实时监控视频以及隧道三维场景交错显示，监控人员能更直观、全面掌握隧道实际设备运行状态、交通状况、事件发生场景等，实现“二维—实时视频—数字隧道”的同时观看。

##### (2) 广东“高精度数字底图”

2023 年 7 月，广东省交通集团正式发布“高精度数字底图”，率先在全国建成了省级超万公里高速公路高精度地图“数字底座”，实现了高速行业“一盘棋建设运管”模式，可为高速公路建设、管理、养护、运营、服务等提供统一的地图和数据服务能力，进一步提高高速公路运营管理效率。

“高精度数字底图”项目搭建的基于地图的数字底座，其建设目标是以全省高精度地图数据为基础，结合行业数据，构建一个基于业务数据和空间计算能力的赋能平台，通过打造“高精度地图+高质量行业数据+统一地图服务入口”的图底座，初步建成广东省数字孪生公路体系。作为在全国范围内率先建成的路网级数字孪生项目，“高精度数字底图”覆盖里程达 2.7 万公里，高精度地图里程突破 1.12 万公里，三维高精数字资产超百万个，建模最高精度优于 3 厘米，地图数据类型涵盖标精地图、高精度地图、三维建模、低空航摄、BIM 等多种表现形式，建设规模之大、地图形态之多均为行业之最，是全国高速公路数字底座新标杆，从而赋能运营数字化转型，为高精底图在养护、运营、监测、应急等方面应用奠定基础。



### (3) 上海“云路中心”

2021年下半年以来，上海全力打造“云路中心”，涵盖道路设施管理、运输服务管理、安全动态监管和静态交通监管四大核心领域，形成道路运输管理的“智慧大脑”。作为“云路中心”数字孪生示范项目，杨浦大桥先行先试，用数字孪生赋能智慧监管，提升道路运输治理现代化水平。

实现对桥梁结构的设施静态孪生。全桥 5 万余个静态设施设备空间管理单元，依托唯一编码融合设施设备全生命周期的各种属性信息、技术档案信息、管理信息及动态感知信息，实现空间管理单元向全息数字单元的进化。

#### 1.2.3.2. 省内现状分析

##### (1) 各地市三维数字化试点应用

按照江苏省交通运输厅公路事业发展中心统一部署，目前江苏 13 个地市都在积极推进普通国省道三维数字化。江苏省公路基础设施三维数字化重点工作已于 2022 年开展试点研究，目前已在南京、徐州、扬州开展试点。

南京聚焦底层三维数字化平台构建，已进行三维数字化公路基础设施平台的部署、数据接入与试运行，并基于已建平台的标准架构体系，验证了数据的应用效果。项目建设内容包括标准规范建设、数据建设、数字化底座开发及示范应用建设。标准规范建设包含《普通国省道基础设施三维数字化数据规程》《普通国省道基础设施数字化底座接口规范》《普通国省道基础设施数字化底座运维规范》编制等三项内容，规范三维数据生产、公路空间数据库建设、服务资源发布等技术流程。数据建设包含南京市全域约 1035 公里普通国省道公路及其沿线服务区、普通养护工区、应急处置基地、管理单位、渡口的三维数据的采集与建模等工作内容。数字化底座开发及示范应用建设包括三维模型的治理与优化、高渲染引擎建设和双引擎体系建设、按照统一标准建设与管理空间数据库、包含统一服务门户、可视化、数据管理、运维管理模块及数据处理工具集，提供统一服务管理和标准、API、二次开发包以及应用示例等。

扬州聚焦桥梁、隧道、服务区等点状区域采集技术的适用性研究和数据采集建模，重点研究无人机、车载、低空航摄等各类采集方法在桥梁、隧道、停车区、服务区、工区工程上采集的适用性，针对依托工程进行数据采集和建模

处理，将采集的数据上传至三维数字化公路基础设施平台，并根据项目实施的经验编制了三维数据采集指南。扬州市全域普通国省道里程共计约 750 公里，数字化建设范围包含且不限于扬州市全域普通国省道沿线的路基、路面、桥梁、隧道、涵洞、安全设施、服务设施、管理设施等全部公路资产。

徐州聚焦道路以及附属设施的采集建模与业务应用试点，开展了业务场景应用工作，主要研究三维数字化采集技术与典型业务场景的结合，依托 272 省道徐沛快速路试点路段开展数据采集和建模工作，并在此基础上协助补充三维数字化公路基础设施平台的业务功能模块。项目建设内容主要是对徐州市普通国省道公路高精地图以及相关桥梁、隧道、涵洞、服务区、停车区、养护工区、安全设施（标志、标线、护栏等）、监控设施、收费设施及其他相关设施的三维数据采集、数据处理、建模、省级平台接入、面向公众出行服务、在省级三维数字化底座上实现典型业务场景应用等。

## （2）江苏交控高精一张图数字底座

目前，江苏交控高精一张图数字底座还在建设中。江苏交控高精“一张图”建设从数据采集、汇聚建库、数据管理、数据应用等方面。

构建数据治理融合路径，理清理定空间资源“一本账”。在数据合规的基础上，做精做实全域支撑“一张图”，面向建设、运营、养护和服务全场景，提供共建共用、实时精准、动态更新的高精度基础地理信息、时空数据信息等支撑服务能力，赋能高速公路管理和决策，助力江苏高速实现全过程数字管控和全方位服务。

江苏交控高精一张图数字底座对于江苏交控管辖高速公路的基础设施、沿线设施设备展开高精度地图数据采集，采用二三维一体化引擎和高渲染引擎，以全局二维高精+局部三维高精模式按需部署，满足桥梁轻量化 BIM 数据应用等要求。基于数据底座和地图引擎形成“一张图”底图，搭建地图开放平台，为上层应用系统提供调用基础引擎服务及数据能力，同时为开发人员提供低代码工具。形成统一桩号体系，同步建设高精度地图数据资源编码体系，构建一套空间基础数据标准体系，助力江苏交控空间数据资源的整合、服务和共享，充分发挥数据资产作用，提升数据价值。

### **1.3. 项目范围**

对标“十四五”公路数字化新目标，在常州市范围内推进公路数字化转型与管理工作，开展普通国省道公路、桥梁、沿线交安和机电设施的基础设施数字化建设工作。对常州市全域约 654.771 公里普通国省道公路及其附属设施，其中包括桥梁 520 座（含特大桥 1 座，大桥 115 座，中小桥 404 座），隧道 0 座，10 个工区，2 个服务区，1 个停车区，1 个公路收费站，4 个市/区公路事业发展中心，进行数字化采集、建模、治理与优化。

### **1.4. 建设目标和任务**

#### **1.4.1. 建设目标**

对标“十四五”公路数字化新目标，面向常州市推进公路数字化转型与管理工作，开展常州市普通国省道三维电子地图采集方案设计，包括对常州市普通国省道及相关设施进行数字化采集、建模方案；在此基础上对三维模型成果进行治理与优化及语义化等方案，为常州市普通国省道三维数字化建设工程提供指导。

本项目以《江苏省普通国省道基础设施三维数据和数字化底座建设方案》为指导，结合常州市公路事业发展中心的实际业务需求，支撑江苏省在役普通国省道及相关设施的三维数字化建设工作，以数字技术赋能公路高质量发展，加快推动公路基础设施数字化转型，进一步提升公路行业数字治理水平，全力促进公路数字科技成果转化和创新融合应用，为率先实现公路现代化增加新动能。

#### **1.4.2. 建设任务**

按照江苏省交通运输厅公路事业发展中心统一部署，常州市在十四五期间需完成所有在役普通国省道及相关设施的三维数字化建设工作。

##### **(1) 三维数据建设方案设计**

针对普通国省道及相关设施，设计三维数据的采集与建模，方案对不同的对象和场景，采取差别化策略，制定因地制宜、因路而异、性价比高的普通国省道及相关设施三维数字化建设方案。

## **(2) 三维模型的治理与优化方案设计**

对三维模型进行治理与优化，是对生产制作的国省道基础设施三维模型，进行数据的再整合，完成三维模型与业务基本属性的关联关系制作、数据的轻量化和美化等方案设计工作；为空间数据库和业务应用层的有序交互、基本信息查询、数据便捷调用提供支撑，增强普通国省道及相关设施三维数据使用价值。

## **(3) 三维典型场景建设方案设计**

### **1) 普通国省道道路资产可视化展示应用设计**

将道路资产以三维模型的形式进行展示。本模块主要展示资产数据概览，展示路线、桥梁、服务设施、养护工区、交安设施在系统中通过列表和三维GIS地图统一展示。

### **2) 路网运行状态可视化展示应用设计**

实时获取路网视频数据、交调数据，并与摄像机、交调站等三维模型进行关联展示，为交通管理部门提供直观的路网运行状态。这有助于及时发现和处理交通问题，优化交通流，提高道路通行效率。

## **1.5. 编制依据**

(1) 《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》  
(交通运输部，2024年)

(2) 《关于推进公路数字化转型 加快智慧公路建设发展的意见》（交通运输部，2023年）

(3) 《江苏数字公路发展行动计划（2022—2025）》（江苏省交通运输厅，2022）

(4) 《江苏关于推进公路数字化转型 加快智慧公路建设的实施方案》  
(江苏省交通运输厅，2024)

(5) 《江苏省普通国省道基础设施三维数据和数字化底座建设方案（试行）》（江苏省交通运输厅公路事业发展中心，2024年）

(6) 《普通国省道基础设施三维数字化采集技术指南（试行）》（江苏省交通运输厅公路事业发展中心，2023年）

- (7) 《数字交通发展规划纲要》（交通运输部，2019 年）
- (8) 《“十四五”交通领域科技创新规划》（交通运输部，2022 年）
- (9) 《数字交通“十四五”发展规划》（交通运输部，2021 年）
- (10) 《江苏省“十四五”智慧交通发展规划》（江苏省交通运输厅，2021 年）
- (11) 《江苏公路信息化“十四五”发展纲要》（江苏省交通运输厅公路事业发展中心，2022 年）
- (12) GB 5768.1-2009 《道路交通标志和标线 第 1 部分：总则》
- (13) GB 5768.2-2022 《道路交通标志和标线 第 2 部分：道路交通标志》
- (14) GB 5768.3-2009 《道路交通标志和标线 第 3 部分：道路交通标线》
- (15) GB 5768.5-2017 《道路交通标志和标线 第 4 部分：作业区》
- (16) GB 5768.5-2017 《道路交通标志和标线 第 5 部分：限制速度》
- (17) GB 5768.6-2017 《道路交通标志和标线 第 6 部分：铁路道口》
- (18) GB 5768.7-2018 《道路交通标志和标线 第 7 部分：非机动车和行人》
- (19) GB 5768.8-2018 《道路交通标志和标线 第 8 部分：学校区域》
- (20) GB/T 18316-2008 《数字测绘成果质量检查与验收》
- (21) GB/T 20134 《道路交通信息采集事件信息集》
- (22) GB/T 24356-2023 《测绘成果质量检查与验收》
- (23) GB/T 27919-2011 《IMU/GNSS 辅助航空摄影技术规范》
- (24) GB/T 27920.1-2011 《数字航空摄影规范 第 1 部分：框幅式数字航空摄影》
- (25) GB/T 36100-2018 《机载激光雷达点云数据质量评价指标及计算方法》
- (26) GB/T 37378 《交通运输信息安全规范》
- (27) GB/T 39610-2020 《倾斜数字航空摄影技术规程》
- (28) CJJ/T 157-2010 《城市三维建模技术规范》
- (29) CH/T 1005-2005 《测绘技术设计规定》
- (30) CH/T 1029.2-2013 《航空摄影成果质量检验规程第 2 部分：框幅式数字航空摄影》
- (31) CH/T 1050-2021 《倾斜数字航空摄影成果质量检验技术规程》

- (32) CH/T 1027-2012 《数字正射影像图质量检验技术规程》
- (33) CH/T 2009-2010 《全球定位系统实时动态测量（RTK）技术规范》
- (34) CH/Z 3001-2010 《无人机航摄安全作业基本要求》
- (35) CH/Z 3002-2010 《无人机航摄系统技术要求》
- (36) CH/T 3003-2021 《低空数字航空摄影测量内业规范》
- (37) CH/T 3004-2021 《低空数字航空摄影测量外业规范》
- (38) CH/T 3005-2021 《低空数字航空摄影规范》
- (39) CH/T 3006-2011 《数字航空摄影测量 控制测量规范》
- (40) CH/T 3020-2018 《实景三维地理信息数据激光雷达测量技术规程》
- (41) CH/T 6003-2016 《车载移动测量数据规范》
- (42) CH/T 6005-2016 《车载移动测量技术规程》
- (43) CH/T 8023-2011 《机载激光雷达数据处理技术规范》
- (44) CH/T 8025-2011 《机载激光雷达数据获取技术规范》
- (45) CH/T 9025-2014 《三维地理信息模型数据产品质量检查与验收》
- (46) JTG/T 2420-2021 《公路工程信息模型应用统一标准》
- (47) JTG/T 2421-2021 《公路工程设计信息模型应用标准》
- (48) JTG/T 2422-2021 《公路工程施工信息模型应用标准》
- (49) DB32/T 3503-2019 《公路工程信息模型分类与编码规则》

注：1、以上引用文件如有现行有效版本，以现行有效版本为准；

2、报告中未尽事宜按国家现行有关规范执行。

## 二. 现状分析

### 2.1. 常州市公路事业发展中心职责现状分析

常州市公路事业发展中心主要职责，包括：

（一）贯彻执行国家和省、市有关公路的方针政策 and 法律法规，参与拟订全市公路行业发展战略、发展规划、行业政策、法规规章、标准规范。

（二）负责编制并实施全市普通国省道公路养护计划；负责编制全市农村公路建设与养护计划；参与编制并监督执行全市普通国省道公路建设计划。

（三）负责全市普通国省道公路的养护管理工作；承担全市普通国省道公路建设的行业管理事务性工作；负责全市普通国省道公路车辆通行费征收的行业管理事务性工作；承担全市农村公路建设管理养护的行业管理事务性工作。

（四）负责全市普通国省道公路生命防护工程及标志标线建设管理工作。

（五）负责全市普通国省道公路公共服务体系的规划、建设和管理工作；负责全市普通公路路网的统一调度、指挥、监督工作。

（六）负责全市普通国省道公路基础设施的安全管理和应急处置工作；承担全市普通国省道公路战备工作；指导全市普通公路抗震、防灾工作。

（七）负责全市普通国省道公路信息化以及公路行业统计调查工作；承担全市普通国省道公路绿色发展工作；承担全市普通国省道公路科研、标准化管理等工作。

（八）负责普通国省道公路赔（补）偿费征收工作；承担全市普通国省道公路行政许可事项前的事务性工作。

### 2.2. 常州市普通国省道总体情况分析

常州市辖区范围普通国省道 654.771 公里。包括 5 条国道（G104、G233、G312、G346、G635）、16 条省道（包括 S122、S230、S232、S238、S239、S240、S261、S262、S265、S340、S341、S342、S357、S360、S447、S504）。

### 2.3. 常州市普通国省道路线现状分析

常州市辖区范围普通国省道 654.771 公里，共涉及 21 条道路。

#### **2.4. 常州市普通国省道桥梁现状分析**

常州市共有大小桥梁 520 座，其中特大桥 1 座，大桥 115 座，中桥 247 座、小桥 157 座。其中特大桥即将交给地方管养。

#### **2.5. 常州市普通国省道管理与服务设施现状分析**

常州市普通国省道现有设施包括监控设施、工区设施、科技兴安等设施等。

#### **2.6. 常州市普通国省道断面流量现状分析**

目前常州市国省道已建路网上的交调站点共 34 个，均为 I 级交调，以激光+视频、超声波+微波、微波+视频为主。从断面流量分析来看，常州市普通国省道机动车平均当量交通量为 17660.43 pcu/d，机动车平均速度达 64.62km/h，常州 G104 南渡、常州 G233 夏宗悍大桥、常州 G312 牛塘、常州 G312 新桥头、常州 G312 邹区、常州 G346 青城、常州 S122 蒋家桥、常州 S232 剑湖、常州 S239 厚余、常州 S239 中关村、常州 S340 卜弋、常州 S340 治超站、常州 S342 漕桥等 13 个观测点断面的机动车年平均日交通当量超 20000 pcu/d，道路交通负荷较高，交通拥堵现象时有发生。

#### **2.7. 常州市普通国省道信息化系统三维现状分析**

目前常州市公路事业发展中心各科室以及各区县普通公路工作人员所使用系统主要依托于部级、省级系统，以及自建的系统平台，如江苏省普通国省道路面管理系统、江苏省公路养护统计报送系统、江苏省交通运输统计分析监测信息系统填报、交通固定资产投资统计报表系统、普通省道和农村公路“以奖代补”考核数据支撑系统、江苏省农村公路桥梁管理系统（CBMS）、江苏省一体化在线交通运输政务服务平台、大件运输审批系统、路网视频监控系统、常州市“四好农村路”路长制综合管理平台、常州干线公路桥梁安全智能监测预警管理平台、常州公路视频管理平台、科技兴安等系统。

在用业务系统已具备一定信息化基础，各业务系统使用状况基本良好，能够为普通公路业务管理提供信息化手段。除工程建设系统中部分功能使用了 BIM 数据外，其余绝大部分系统均基于二维 GIS 地图进行业务操作，亟需依托三维数字化技术手段促进常州市公路交通高质量发展。



### 三. 需求分析

#### 3.1. 数字化转型需求分析

普通国省道及相关设施数字化底座建设是立体交通建设发展的必然要求。随着城市建设的发展，公路基础设施日益完善，超大桥梁、高架路等立体交通对三维数字化建设的要求进一步凸显。道路三维数字化，一方面让距离和面积更为准确：从二维的平面投影距离（面积）到三维世界中真实的里程（曲面面积）；另一方面，让道路的立体互通显示更为直观，路线规划和导航也更清晰有效。

江苏作为首批交通强国试点省份，高度重视公路数字化转型工作，普通公路基础设施数字化走在全国前列。为保障全省普通国省道及相关设施数字化底座建设顺利实施，有效指导数据生产，严格把控成果质量，对标“十四五”公路数字化新目标，面向常州市推进公路数字化转型与管理工作，开展常州市普通国省道公路基础设施三维数字化采集和应用项目。

#### 3.2. 业务应用需求分析

随着城市建设的发展，交通基础设施建设日益完善，超大桥梁、高架路等立体交通对三维数字化建设的要求进一步凸显。具体业务表现在以下几个方面：

##### （1）公路业务精细化管养需求

国省道基础设施数字化底座建设是养护现代化的重要支撑。传统养护模式事后管理远超过事前管理，导致养护被动性强、缺乏系统性管养策略，治“未”病能力不足。公路基础设施数字化底座建设，通过数字仿真进行预测、科学评价和维持结构工作状态，制定管养策略，实现“一图查设施，一网管运维，一键防风险”的数智化管理模式，提高基础设施的使用寿命及管养部门的宏观管理水平。

##### （2）公路资产全生命周期管控需求

国省道基础设施数字化底座建设可实现全生命周期公路资产可视化、智能化管理。资产要素数字化，将规模化数据从静态变为动态可用的数据资源，提升公路数字化技术应用水平和管理水平。同时，以资产管控为核心，进行资产全生命周期管理；基于公路三维数字模型和核心业务数据的融合，实现公路全

资产要素的互联与通信，实时监测各要素运行状态，实现公路各要素的精准可视化和精细化管理，形成公路全维度资产三维数据图谱。

#### （3）桥隧监测预埋件信息可视需求

普通国省道及相关设施数字化底座建设为桥梁业务应用提供保障。在桥隧的养护检查中，通过健康监测数据与三维模型数据挂接，能准确展示其不同构件不同部位；同时，其上关联实时监测数据，对预埋件的位置及信息情况可及时有效的反馈，节省人力成本，降低作业风险，从而提高健康监测水平，实现高效、便捷、多维度、智能化的预防性养护。

#### （4）路网管理直观可视需求

在路网管理方面，解决当前既有路网运行监管系统多对路网交通流状况、交通事件等突发事件运行状况等方面可视化展示的效果有所欠缺，微观细节呈现不足，导致对路网运行形式判断不够精准，制定的应急处置措施不够贴合实际状况等情况的问题，三维数字化底座将互通等要素通过三维模型，汇集接入路网感知监测设备数据，可以实现同一平面位置不同高度的具体位置路网的精细化管理，从而提供友好的出行服务、避免交通拥堵等。

### 3.3. 建设目的和意义分析

以常州市范围开展普通国省道及相关的桥梁、工区等基础设施全要素的三维数字化采集与建模，并在此基础上建设普通国省道数字化底座，实现普通国省道数字化、精细化、资产化、场景化的管理与应用，具有以下重要意义：

#### （1）是贯彻落实交通强国、数字化转型等一系列国家、部省战略的“具体举措”

近年来国家、部省层面相继出台《国家综合立体交通网规划纲要》、《关于推进公路数字化转型 加快智慧公路建设发展的意见》等一系列政策文件，对公路数字化转型提出了明确要求。响应国家、部省战略号召，适时开展常州市普通国省道三维数字化建设，有助于常州市普通公路三维数字化转型工作的进一步做深、做实，为我省率先实现公路现代化增加新动能。

## **（2）是推动公路数字化转型建设发展，满足公路业务精细化管理的“必然要求”**

随着城市建设的发展，交通基础设施建设日益完善，超大桥梁、高架路等立体交通对三维数字化建设的要求进一步凸显。国省道三维数字化采集建模，一方面让距离和面积更为准确：从二维的平面投影距离（面积）到三维世界中真实的里程（曲面面积）；另一方面，让道路的立体互通显示更为直观，路线规划也更清晰有效；更重要的是，道路三维数字化成果能更好的服务于道路规划、运维、管理，进一步满足公路业务精细化管理需求。

## **（3）是围绕普通公路数字化转型需求，开展三维数字化建设的“常州样板”**

常州普通国省道三维数字化项目将充分运用数字技术，结合常州市公路不同的业务应用需求、信息化资源基础等，构建全感知、全联接、全场景、全智能的数字公路世界，精确呈现公路基础设施的每一个细节，从路面状况到交通流量，从桥梁到周边环境，所有的数据都以三维数字化的形式被收集、整理和分析，实现全生命周期公路资产可视化、智能化管理，为常州公路资产可视化、智能化提供基础支撑，为常州公路管理业务提供了直观、准确、及时的决策依据。将作为“常州样板”，在公路业务数字化转型中起到了引领和示范作用。

## 四. 总体建设方案

### 4.1. 设计原则

总体建设方案主要遵循以下原则和策略：

#### （一）实用性原则

实用性原则是普通国省道三维数字化建设方案的首要原则。采集、建模以及典型应用场景应紧密结合实际业务需求，确保三维数字化技术能够真正解决国省道管理中的问题。

#### （二）可靠性原则

可靠性原则是保障系统稳定运行的关键。在三维数字化建设方案设计过程中，应选择成熟、稳定的技术和设备，确保实际建设时，各项技术和设备能够持续、稳定地运行。同时，应建立完善的数据备份和恢复机制，以防止数据丢失或损坏。

#### （三）先进性原则

先进性原则要求项目设计过程中应采用先进的技术手段，以保持一定的竞争优势。在三维数字化建设方案设计过程中，应关注行业最新技术动态，积极引入先进的三维建模、数据处理、数字孪生等新一代信息技术，以便在未来能够方便地更新和升级业务应用系统，以满足不断变化的业务需求。

#### （四）经济性原则

经济性原则强调在保障三维数据成果的前提下，尽可能降低建设成本。在三维数字化建设过程中，应合理规划项目预算，选择性价比高的设备和技术。同时，应注重资源的合理利用和节约，降低系统运行和维护成本。

#### （五）可维护性原则

可维护性原则要求三维数据成果应具备良好的可维护性，便于后期维护和管理。在三维数字化建设过程中，应建立完善的系统文档和技术支持体系，为后期维护提供便利。同时，应注重应用系统的模块化设计，便于故障排查和修复。

#### （六）可扩展性原则

可扩展性原则要求应用系统应具备良好的可扩展性，以适应未来业务发展

的需求。在三维数字化建设过程中，应注重应用系统的可扩展性设计，确保系统能够方便地扩展功能和性能。同时，应关注系统的开放性和兼容性，以便与其他系统和设备进行集成和互联。此外，应建立完善的扩展机制，以便在未来能够方便地增加新的功能模块和设备。

## **4.2. 总体任务**

### **(1) 全市普通国省道及相关设施三维数据采集、建模方案设计**

针对常州市 654.771 公里普通国省道公路以及相关桥梁、涵洞、服务区、停车区、养护工区、安全设施（标志、标线、护栏等）、监控设施、收费设施及其他相关设施的三维数据采集、数据处理、建模、数据治理与优化，建设全市普通国省道及相关设施三维数据库。

### **(2) 常州市普通国省道及相关设施三维数据治理和优化方案设计**

对三维模型进行治理与优化，即为普通国省道及相关设施三维数字化平台提供可持续访问、可伸缩扩展的安全数据访问机制，提供一系列规则，改变数据访问无序交互的情况，将公路三维数据库和数据应用层的交互变为有序、可查询、可监管的，实现风险管控、成本降低、收益增大，将数据价值最大化。

### **(3) 典型的三维数字化场景试点应用方案设计**

基于采集制作的普通国省道及相关设施三维数字化模型，开发一个高效的三维数字化模型展示平台，实现国省道道路资产可视化展示、路网运行状态可视化展示的基础功能。

## **4.3. 总体架构**

总体架构包含基础设施层、数据层、支撑层和应用层。

基础设施层为采集车、无人机、图纸等建模数据的采集生成资料及政务云、省厅、市局提供的一系列现有存储、计算、网络、安全资源等，同时，还包括本项目中需采购的数据库服务器、应用服务器等计算资源。

数据层为常州各普通国省道三维数据的采集和建模成果的集成，包括二维 GIS 数据、点云数据、低空航摄数据和三维单体模型数据等，并构建基础地理信息数据库、三维模型数据库、三维模型基本属性数据库等，支持三维地理信

息数据的存储、调用和应用共享等。

支撑层为基础引擎，包括 WebGL 引擎和三维高渲染引擎两个部分，利用省厅现有引擎插件。WebGL 引擎负责在网页上实现高效的图形渲染，它使得三维图形能够在浏览器中流畅地展现。三维高渲染引擎则专注于提供更为精细、逼真的三维渲染效果，实现光影的细腻处理、材质的精准模拟，以及场景的实时动态变化。若项目采集、建模完成后，省里渲染引擎插件尚不能提供服务时，应有建设方提供临时性的三维渲染服务，以支撑三维数据可视化展示、应用。

应用层对数据层提供的数据及应用场景进行可视化呈现，本项目典型场景包括国省干线道路资产可视化展示、路网运行状态可视化展示等，后续可拓展至建管养运全业务。

#### **4.4. 逻辑架构**

常州市普通国省道三维电子地图采集方案设计项目建设基于多层解耦架构。

三维数据采集对常州市内普通国省道进行感知建设，包括车载、机载激光扫描形成激光点云数据、无人机低空航摄形成倾斜摄影数据、基于三维图纸形成 BIM 模型数据。

通过三维模型搭建，基于采集的数据，分别构建三维点云模型、低空航摄三维模型、BIM 三维模型。

参考南京、徐州、扬州、泰州等地试点建设的成果，在本地化部署模型预处理、语义化、轻量化、场景美化平台，并支持与未来省级三维数字化平台的对接。同时，利用省级三维数字化底座中的三维引擎插件对模型进行渲染，通过 WebGL 引擎对网页端系统提供服务，通过高渲染引擎对系统提供高逼真三维服务。考虑省级底座建设周期较长，若项目采集、建模完成后，省里渲染引擎插件尚不能提供服务时，应有建设方提供临时性的三维渲染服务，以支撑三维数据可视化展示、应用。

最后，将处理后的模型数据对接的省市两级业务数据，实现三维模型在常州市综合管理系统中的应用。

#### **4.5. 网络架构**

本项目中应用场景需基于江苏省普通国省道基础设施数字化底座实现，因

此，系统网络架构需契合数字化底座基础平台网络架构。

江苏省普通国省道基础设施数字化底座网络结构依托省政务云平台和省交通运输厅信息中心，其中包括应用服务器集群，数据库服务器，GIS 引擎服务器，文件管理服务器，负载均衡服务器，中间件服务器，数据存储空间等部署在省政务云平台，高渲染服务器集群部署在省交通厅信息中心。本次采集数据经过省级技术支撑单位完成省级成果检核工作后，交由省公路中心统一进行管理。常州市公路事业发展中心所需要的数据服务发布共享及场景可视化呈现功能需通过政务外网进行访问使用。

同时，为满足场景高渲染需求，考虑到高渲染引擎为单机部署，本项目中需要在省交通运输厅机房集中部署 1 台高渲染服务器，与其他地市提供的高渲染服务器组成高渲染集群，为省交通运输厅、省公路中心、常州市公路中心提供高渲染服务。后期可根据各设常州市三维数字化相关工作开展情况，按需扩展服务节点和渲染集群。

## 五. 三维数据建设方案

### 5.1. 总体建设要求

#### 5.1.1. 总体建设原则

根据车载激光点云建模、低空航摄采集建模、BIM 建模（含手工建模，可根据图纸或示意信息等开展）特点及适应条件，结合公路设施特点，对采集建模作以下区分原则：

车载激光点云建模：适用于精度要求较高、采集物体尺寸较大的或需要单体化建模的物体，如路面、路肩等；

低空航摄采集建模：适用于大面积的、示意性建模的设施，如渡口、养护工区等；

BIM 建模（含手工建模）：适用于尺寸较小、其他两种采集方式不方便采集的物体，如隐蔽工程、监控摄像机、里程桩等。

公路管养设施以高精度单体化模型为主，非公路管养设施以模型示意为主。

#### 5.1.2. 总体建设情况

依据《江苏省普通国省道基础设施三维数据和数字化底座建设方案（试行）》、《公路工程信息模型应用统一标准》(JTG/T 2420-2021)、《公路工程设计信息模型应用标准》(JTG/T 2421-2021)、《公路养护技术标准》(JTG 5110-2023)（以下简称养护标准），普通国省道及相关设施三维数据建设内容与要求分类。由于常州无隧道基础设施，表中关于隧道部分已经移除。表中所述“模型示意”是通用模型，为可复用模型；“设施轮廓”为三维场景模型，是连续的三维表面模型；“单体化”是建立与实际结构一致的三维单体模型。

表 5-1 公路基础设施分类及建模情况

一级类	二级类	三级类	四级类	建模内容	建模方式	备注
路基	排水工程			边沟、排水沟等外观，模型示意、设施轮廓	低空航摄采集建模	公路
	防护工程			挡土墙、边坡等外观，模型示意、设施轮廓	低空航摄采集建模	公路
	涵洞			无	不建模	公路
路面	车道			公路面层，按路段划分（与公路养护	车载激光点云+低	公路
	路缘石					公路



一级类	二级类	三级类	四级类	建模内容		建模方式	备注	
	培路肩			统计年报的数据保持一致)，单体化		空航摄采集建模	公路	
	中央分隔						公路	
桥梁	上部结构			大桥、特大桥	桥梁主体单体化	车载激光点云+BIM建模	公路	
				中桥、小桥	特殊类型桥梁采用通用模型，一般路面式按道路面单体建模			
	下部结构			大桥、特大桥、特殊桥梁	模型示意	BIM 建模	公路	
				中桥、小桥	不表示	不建模	公路	
	桥面系和附属工程			单体化		车载激光点云建模	公路	
隧道	主体结构			无		不建模	公路	
交通工程及沿线设施	交通安全设施			交通标线	交通标线轮廓，单体化	车载激光点云建模	公路	
				交通标志	交通标志外观，单体化		公路	
				护栏和栏杆	模型示意，有方向的需保证方向正确		公路	
				视线诱导设施			公路	
				隔离栅			公路	
				防落网			公路	
				声屏障			公路	
				防眩设施			公路	
				其他交通安全设施			警示桩	模型示意，门架高度与实际一致
	限高门架、龙门架							
	科技兴安设施	模型示意	BIM 建模		公路			
	管理设施				监控设施	模型示意、单体化，需保证朝向正确	车载激光点云建模	公路
					收费设施	设施轮廓、单体化	低空航摄采集建模	公路
					通信设施	模型示意，根据业务需求可单体化，需保证方向正确	车载激光点云建模	公路
					供配电设施			公路
照明设施					非公路			
通风设施					/			不建模

一级类	二级类	三级类	四级类	建模内容	建模方式	备注	
		消防设施		/	不建模	公路	
		管理养护设施	管理中心	设施轮廓	低空航摄采集建模	公路	
			管理分中心			公路	
			管理站(所)			公路	
			养护工区	设施轮廓, 需去除 既建公路模型部分、 超出基地外水面部分。 智慧工区中部分要素 按需单体化	低空航摄采集建模	公路	
			应急处置基地			公路	
		泵站	设施轮廓、单体化	低空航摄采集建模	公路		
		治超设施		模型示意	低空航摄采集建模	非公路	
		交通量观测设施		模型示意	车载激光点云建模	公路	
		其他管理设施	交通信号灯	模型示意、单体化, 需保证朝向正确	车载激光点云建模	公路	
			交通信息设施(情报板)			公路	
			广播设施			公路	
			里程碑	模型示意	BIM 建模	公路	
	服务设施	服务区		设施轮廓	低空航摄采集建模	公路	
						停车区	公路
			客运汽车停靠站		设施轮廓、模型示意	低空航摄采集建模	非公路
			加油站/充电站(服务区、停车区外)				非公路
			观景台		单体化	低空航摄采集建模	非公路
			其他服务设施		无	不建模	公路
环境保护与景观设计	绿化工程			模型示意、根据业务需求可单体化	车载激光点云+低空航摄采集建模	公路	
其他工程	渡口码头			渡口外观, 单体化	低空航摄采集建模	公路	

## 5.2. 采集要求

为更好的支撑三维数据采集建模工作，以下对采集阶段较为重要的几类基

基础设施进行详细设计，包括路线、桥梁、渡口、监控设施、气象站、养护工区及应急服务基地、治超站、科技兴安设施等。路线（路基、路面）

路线包括：G104、G233（金坛段）、G312、G346、G635、S122、S232、S238、S239、S240、S342、S261、S262、S265、S340、S341、S357、S447、S504，其中 G635 与 S230、S360 重合。公路养护年报中统计的普通国省道公路总里程为 654.771km，实际公路管养总里程为 521.839km。

### 5.2.1.1. 路线采集方案

路线三维数据采集过程中，公路养护段按照不同设施类型进行建模，包括：对于路肩、防护工程、排水工程及其他一系列隐蔽工程，主要通过 BIM 建模方式，按照路段进行划分，进行单体化建模；对于路面，主要通过车载激光点云建模的方式，按照路段划分，进行单体化建模；对于路线交叉工程，主要通过车载激光点云建模方式，进行单体化建模；对于道路两侧环境，通过低空航摄方式进行公路沿线环境设施示意性建模。采集范围不小于道路边缘向外 50 米。此外，以下线路较为特殊，需要重点考虑：

#### （1）G312

常州市境内 G312 国道相关起终点、桩号、管养等信息。其中 G312 国道与青阳路高架存在约 3km 共线路段，在该路段中，高架桥下属 G312 国道的区域采用激光点云重点建模，高架路段规市政管养，采用低空航摄示意建模。

#### （2）G635

常州市境内 G635 国道为 2023 年新调整国道，分为武进区、溧阳市两段。

#### （3）S122

常州市境内 S122 省道相关起终点、桩号、管养等信息。该区域在奔牛机场的禁飞区范围内，对 S122 道路不采取低空航摄作业，使用激光点云作业。若对 S122 省道两侧 200 米内三维场景需求迫切，可由常州市公路中心向空管局申请作业空域，空域申请完成后，对该范围进行补采。

#### （4）S239

常州市境内 239 省道线路起点区域在奔牛机场的禁飞区范围内，对 S239 道路不采取低空航摄作业，使用激光点云作业。若对 S239 省道两侧 200 米内

三维场景需求迫切，可由常州市公路中心向空管局申请作业空域，空域申请完成后，对该范围进行补采。

#### (5) S357

常州市境内 S357 省道线路终点区域在奔牛机场的禁飞区范围内，对 S357 道路不采取低空航摄作业，使用激光点云作业。若对 S357 省道两侧 200 米内三维场景需求迫切，可由常州市公路中心向空管局申请作业空域，空域申请完成后，对该范围进行补采。

此外，S357 省道与龙城大道高架存在共线路段，在该路段中，高架桥下属 S357 省道的区域采用激光点云重点建模，高架路段规市政管养，采用低空航摄示意建模。

#### 5.2.1.2. 施工、调整路线

在建、改扩建的道路（如 G312 东段在建、G346 与 G233 大中修工程、S232 改线工程），应在规划调整或施工结束后，进行补充采集，现阶段暂不考虑采集建模。补充采集要求同普通路线。

#### 5.2.1.3. 穿越乡镇街区路线

对于此次任务区内的普通国省道贯穿的乡镇街区，需要以道路线向外 200 米为界限，采用低空航摄采集建模补充建模。

其中，受禁飞区影响，不建议在西夏墅镇、罗溪镇、薛家镇、奔牛镇、钟楼区进行低空航摄采集建模。

### 5.2.2. 桥梁

#### (1) 重点桥梁

对 115 座大桥的采集与建模包括：桥梁的上部结构、桥面系和附属设施主要采用 BIM 建模的方式，进行单体化建模；桥梁的下部结构，主要根据桥梁养护系统中的相关属性信息，进行示意性建模。

#### (2) 桥梁健康监测桥梁

根据业务需求，梳理 36 座健康监测桥梁（含 17 座大桥）等作为重点建设。这些桥梁在特定位置安装了桥梁健康监测的传感器，便于实现对桥梁全天候的

监测。在建模的过程中，桥梁的上部结构、桥面系和附属设施需要利用 BIM 建模的方式，进行单体化建模；桥梁的下部结构，需根据桥梁养护系统中的相关属性信息，进行示意性建模，并在模型中准确的表示出传感器的位置。

### (3) 示意性建模

对于普通国省道上不属于健康监测的中桥和小桥以及不属于公路管理的桥梁，桥梁上部结构的模型制作分为两种，一种是特殊类型桥梁，采用通用模型进行表示；另一种是一般路面式桥梁，利用车载激光点云建模方式按照道路面进行车载激光点云建模。桥面系和附属工程主要是按照路线要求通过车载激光点云建模方式进行单体化建模。桥梁下部结构则统一不进行建模。

### 5.2.3. 隧道

常州无隧道，该部分不做采集、建模考虑。

### 5.2.4. 交通工程及沿线设施——交通安全设施

本次采集项目中对交通工程及沿线设施全部进行采集、建模作业。在后续模型更新、运维管理期间，仅对沿线设施中归公路部门管理的部分进行日常更新和维护工作。此外，沿线设施中归属其他单位（如公安等）的部分若外单位提供更新维护数据的，也同步进行三维数据的更新维护工作，不提供数据的将不再更新维护。

道路安全设施在路线采集过程中可被车载激光点云采集车同步完成采集任务，不再另行采集建模。

### 5.2.5. 交通工程及沿线设施——管理设施

本次采集项目中对交通工程及沿线设施全部进行采集、建模作业。在后续模型更新、运维管理期间，仅对沿线设施中归公路部门管理的部分进行日常更新和维护工作。此外，沿线设施中归属其他单位（如公安等）的部分若外单位提供更新维护数据的，也同步进行三维数据的更新维护工作，不提供数据的将不再更新维护。

#### 5.2.5.1. 监控设施

道路监控基础设施采用 BIM 建模，对设备轮廓进行单体化建模。

#### **5.2.5.2. 收费站**

公路收费站基础设施包括：G104 溧阳收费站。公路收费站基础设施进行建模的时候，主要采用低空航摄采集建模，对整个基础设施范围进行设施轮廓的示意性表示。

#### **5.2.5.3. 供配电设施**

路侧供配电设施在路线采集过程中可被车载激光点云采集车同步完成采集任务，供配电设施不再另行采集建模。

#### **5.2.5.4. 照明设施**

照明设施非公路管养，在进行建模的时候按照通用模型进行示意性建模。

#### **5.2.5.5. 气象站（广播设施、交通信息设施）**

公路气象站基础设施包括：G104、G346 K202+880、G346 K211+080 共三处。公路气象站基础设施进行建模的时候，主要采用 BIM 建模，对整个基础设施范围进行设施轮廓的示意性表示。

#### **5.2.5.6. 治超站**

治超站基础设施属于非公路基础设施，在进行建模的时候，主要采用低空航摄采集建模，对整个基础设施范围进行设施轮廓的示意性表示。部分治超站位于奔牛机场禁飞区内的，使用 BIM 建模（手工建模）方式进行建模，使用现场拍照、激光点云辅助建模。

#### **5.2.5.7. 管理单位管理设施**

管理单位基础设施包括：常州、武进、金坛、溧阳公路中心四处。管理单位基础设施进行建模的时候，主要采用低空航摄采集建模，对整个基础设施范围进行设施轮廓的示意性表示。

#### **5.2.5.8. 养护工区（应急处置基地）**

##### **（1）普通养护工区**

普通养护工区基础设施进行建模的时候，主要采用低空航摄采集建模，对整个基础设施范围进行设施轮廓的示意性表示。其中奔牛工区位于奔牛机场禁

飞区内，无法执行低空航摄采集建模，建议用 BIM 建模（手工建模）方式进行建模，用现场拍照、激光点云辅助建模。

## （2）重点工区

根据业务需求，为创建绿色养护工区，重点建设工区为厚余养护工区（位于 S239 道路沿线）。在模型制作的过程中，不仅要通过车载激光点云采集的方式，进行模型的制作，还应通过低空航摄采集的方式进行路面的真实纹理贴图，并对模型场景进行精细美化。

### 5.2.5.9. 交通信号灯

交通信号灯非公路管养，在进行建模的时候按照通用模型进行示意性建模。

### 5.2.5.10. 里程碑管理设施

里程碑管理设施由于具有体积小、业务管理需求高的特征，使用车载激光点云进行采集建模。漏采补充时，采用 BIM 建模的方式进行单体化建模。

## 5.2.6. 交通工程及沿线设施——服务设施

### 5.2.6.1. 服务区（停车区）

公路服务区（G312 常州服务区、S122 常州服务区）及停车区（S239 停车区）基础设施进行建模的时候，主要采用低空航摄采集建模，对整个基础设施范围进行设施轮廓的示意性表示。

其中，G312 常州服务区与 S239 停车区为智慧服务设施，在低空航摄采集建模基础上进行部分设施单体化建模。

### 5.2.6.2. 客运汽车停靠站（加油站、观景台）

对普通国省道沿线的客运汽车停靠站（加油站、观景台）等非公路管养沿线设施，在进行建模的时候按照通用模型进行示意性建模。

## 5.2.7. 环境保护与景观设计——绿化工程

公路绿化在路线采集过程中可被车载激光点云采集车同步完成采集任务，公路绿化不再另行采集建模。建模过程应按照绿化大类进行示意性建模。

### 5.2.8. 其他设施——公路渡口

公路渡口基础设施包括：S504 圩塘汽渡。公路渡口基础设施进行建模的时候，主要采用低空航摄采集建模，对整个基础设施范围进行设施轮廓的示意性表示。

## 5.3. 成果主要技术指标和规格

### 5.3.1. 数学基础

- (1) 坐标系统：2000 国家大地坐标系；
- (2) 高程基准：1985 国家高程基准；
- (3) 投影方式：高斯-克吕格投影，3°分带，中央子午线为 117°，120°。

### 5.3.2. 成果及规格

- (1) 三维连续表面模型成果数据：osgb, fbx；
- (2) 点云数据：las, laz, xyz；
- (3) BIM 数据：rvt、dgn、3dxml、fbx、ifc、max、skp；
- (4) 栅格数据（DEM、DOM）：tiff；
- (5) 三维单体模型数据：obj、fbx；
- (6) 矢量数据：shp。

### 5.3.3. 精度指标

#### (1) 像控点精度

平高控制点相对邻近基础控制点的平面位置中误差不应超过 $\pm 0.06\text{m}$ 。

注：参考 CH/T 3006-2011《数字航空摄影测量控制测量规范》。

平高控制点和高程控制点相对邻近基础控制点的高程中误差不应超过基本等高距的 1/10。根据本项目精度要求和成图比例尺，基本等高距采用 0.5m。

对于特殊困难地区，像控点的平面位置中误差、高程中误差可相应放宽 0.5 倍，像控点最大误差为 2 倍中误差。

#### (2) 三维连续表面模型精度

三维连续表面模型的平面和高程精度要求见下表。



表 5-2 三维连续表面模型位置精度要求（单位：米）

平面精度	高程精度
0.3	0.25

(3) 道路设施三维模型精度

道路设施三维模型的平面和高程精度要求见下表。

表 5-3 道路设施三维模型位置精度要求（单位：米）

平面精度	高程精度
0.5	1

### 5.3.4. 采集技术要求

(1) 车载激光点云设备

车载激光点云设备必须包括三维激光扫描设备、卫星定位模块（GNSS）、惯性导航装置（IMU）、全景相机、总成控制模块和高性能板卡计算机高度集成等组成。主要设备技术参数如下：

1) 公路资产采集装置或高精度移动测量系统或三维测量系统设备技术参数：

- 测距精度：优于 10mm；
- 扫描范围：扫描视场角优于 330° ；
- 数据更新率：点频不低于 55 万/秒；

2) 全景影像分辨率要求不低于 2400 万像素。

3) 卫星定位模块（GNSS）必须能够接收北斗信号；数据采样频率不得低于 1Hz。

(2) 无人机倾斜摄影

无人机倾斜摄影系统主要包括无人机、航摄镜头、实时动态测量模块（RTK）等组成。主要设备技术参数如下：

1) 无人机最大可承受风速应不低于 12m/s；单架次飞行时间应优于 40 分钟；IP 防护等级应优于 IP45；

2) 航摄镜头分辨率应不低于 4200 万。

### 5.4. 技术流程

数据建设总体技术流程包括采用车载激光雷达、低空航摄、BIM 建模等方式进行相关数据的采集与处理，在此基础上完成倾斜摄影三维模型、道路及沿线设施三维单体模型制作，实现三维模型语义化，并对全过程进行质量控制。

## 5.5. 车载激光雷达采集方案

采用车载激光雷达系统测量方法进行点云和影像采集与处理，通过叠加三维点云及影像，适用于公路路面及沿线设施采集。数据采集作业应满足以下要求：

### (1) 点云密度要求

点云密度不少于 100 个点/m<sup>2</sup>，对于获取的点云数据成果，点云密度计算时以末次回波（含单次回波）计算。

### (2) 点云精度要求

不同车次间点云数据同名点的平面位置中误差应小于平均点云间距，高程中误差应小于项目激光点云高程精度要求。

### (3) 车载平台

车辆在行驶的过程中尽量保持低速匀速行驶，保证行驶在一条直线，非必要减少车辆换道行驶，确保车辆行进的稳定性，使具有适宜 LiDAR 设备要求的车载参数。

### (4) 设备要求

LiDAR 设备回波次数不得小于 3 次，设备激光最大发射频率不小于 500KHZ。POS 系统及 GNSS 接收机应满足 CH/T 8025-2011 及 GB/T 18315-2009 要求，机载 GNSS 接收机及基站 GNSS 接收机采样频率不低于 1Hz。

### (5) 系统检校

在将各部件装配在测量车前需要对激光测距系统、惯导系统等传感器进行精密的单机检校，消除激光测距系统的测距、测角及与外界环境和反射物有关的影响降低惯导系统随测量时间的增长而积累的测量误差。

### (6) GNSS 基站架设

根据扫描路线的长度和 GNSS 基站的覆盖半径来选取基站架设位置，单个基站控制半径不大于 10 公里，相邻基站间距应不超过覆盖半径的两倍，且需将道路完全覆盖。

### (7) 采集数据

根据设定好的行驶计划和实时道路情况机动进行，尽量匀速慢行，车辆行驶速度不超过 60 公里，在路政管理车辆同向跟随、每车道限速并距离采集工

作车约 300 米的情况下进行往返数据扫描采集。采集工作要在光线较为柔和时进行，按正视角度进行拍摄，应避免逆光拍摄。

#### (8) 质量检查

计算检查点采集数据中的对应激光点坐标进行比对并计算误差，最后制作精度报告。

#### (9) 补测或重测

采集过程各类资产清晰无遮挡。各类资产采集信息必须完整，数据获取应全覆盖测区范围，不得有漏洞，POS 系统局部数据记录缺失时，要补测或重测；原始数据质量存在局部缺陷，影响点云的精度或密度时，要补测或重测；过程中由于其他机动车辆影响，对公路资产有遮挡的，必须进行补充采集；其他情况根据各个设备评价指标检查是否满足要求，并决定是否补测或重测。

### 5.5.1. 作业流程

采集作业流程包括路线规划、控制测量和数据处理，采集作业流程如下：

- (1) 作业准备，包括资料收集与现场踏勘；
- (2) 设备检查，包括车载激光雷达系统测量设备与控制测量仪器检查；
- (3) 路线规划，包括采集时间、路线等；
- (4) 控制测量，包括地面控制点的布设、测量及检验；
- (5) 数据采集，包括定位测姿数据、点云数据及影像数据的采集；
- (6) 数据处理，包括数据配准、点云数据处理、影像数据处理等。

### 5.5.2. 数据采集

#### 5.5.2.1. 作业准备

##### (1) 资料收集与分析

应收集如下资料：

- 1) 测区概况、自然地理、人文资料等信息；
- 2) 测区已有的基础控制点成果数据；
- 3) 测区地形图及相关成果，如数字高程模型、正射影像图、地形图、行政区划图等；
- 4) 其他相关资料。

## (2) 现场踏勘

现场踏勘应遵守下列规定：

- 1) 了解作业区域的公路形态、交通状况及天气状况；
- 2) 了解已有资料的真实性和可用性；
- 3) 合理规划行车路线及控制点位置。

### 5.5.2.2. 设备检查

采集作业前应按照下列要求进行设备检查：

- (1) 检查并确实车辆处于正常运行状态；
- (2) 检查并确认供电设备工作正常，能满足持续作业需求；
- (3) 检查并确认车载激光测量系统各组件连接正常，包括激光扫描仪、高清全景相机、车轮编码器及控制电脑等；
- (4) 检查并确认数据存储空间和备份空间充足；
- (5) 检查并确认 GNSS 基准站能正常采集数据。

### 5.5.2.3. 路线规划

根据实地踏勘的情况，应按照实地公路类型（如高速公路、高架、桥梁）制定车载数据采集计划。

根据采集前的现场勘查规划采集路线，路线规划的原则如下：

- (1) 基于所采集普通国省道走向以及工作方案的设定进行采集作业区划分；
- (2) 采集过程中，根据采集区域内的公路分布情况，尽量避免采集过程的重复操作，提高效率；
- (3) 按照道路宽度、道路中央隔离带以及非隔离带的遮挡情况，再结合实际作业需求规划移动车数据采集行车路线；
- (4) 采集路线的选择要综合考虑 GNSS 信号的强度和覆盖范围，保证后期解算成果数据的精度；
- (5) 采集路线的时间应综合考虑人流量、车流量、限高限宽限行、光照及气象条件等条件合理安排。

#### 5.5.2.4. 控制测量

##### (1) 基站选点、架设

基站架设要求在卫星信号良好的地方，有已知控制点的话，优先架设在控制点上。根据采集路线的长度和基站的覆盖半径来选取基站架设位置，相邻基站间距应不超过覆盖半径的两倍，且需将道路完全覆盖。实际操作中，为保证解算精度，同时考虑不同地域的信号遮挡情况，应适当缩小基站与移动站间最大距离。

1) 采用地面静态基站模式，利用测区已有的控制点作为地面基站点。

2) 当任务区域超过 20km 时，应布设双基站作业，且布设的地面基站间距应小于 10km。

3) 基站记录数据时间大于有效作业时间，基站采集频率为 1Hz。

##### 4) 地面静态基站设置

①地面静态基站两点之间间隔小于 10km，架设在 GNSS 点上，架设基站的控制点均进行相容性分析、满足要求后作为地面静态基站；

②点位环视的视野开阔，高度角 15°以上无障碍物；

③不宜在微波通讯的过道中设点；

④测站点应远离大功率无线电辐射源（如电视台、微波站等），其距离不得少于 400m；

⑤测站点应离高压输电线、变电站的距离不得少于 100m。

##### (2) 控制场布设

控制场应布设在测区范围内，选择开阔、遮挡物少的地方，尽量使扫描数据在空间上均匀分布，并且方便进行常规测量。控制场选定后，选取一定数量具有明显特征的点位作为控制点，并采用 GNSS 接收机、全站仪精确测量其坐标值。

#### 5.5.2.5. 激光点云数据采集

(1) 采用车载激光测量系统按照规划好的路线进行数据采集。

(2) 车辆在主道行驶时速控制在 60km/h 以内，在匝道行驶时速控制在 40km/h 以内，尽量匀速行驶。采集车采集过程中，前后应安排路障车保障行驶

安全，且需与采集车保持足够的距离，避免造成路面影像的缺失。

(3) 主道数据采集时沿主路和外侧急车道分别采集道路两边地形数据。

(4) 控制软件参数设置：激光线速度和点频率设置为最高档位，相机触发设置为距离触发，触发距离根据实际需求进行设置，车轮编码器脉冲系数为设备标定参数。

(5) 动态初始化：动态初始化时禁止进行倒车，动态初始化路线一般为“日”字路线或者连续左转右转直行组合路线。动态初始化需要完成至少 2 次右转、2 次左转、一次加速、一次减速动作。初始化路线需要至少 2km，动态初始化区域要选择卫星信号良好的区域（GNSS7 颗以上，北斗 11 颗以上）。

(6) 开始工程：新建工程，开始静止，将汽车关闭发动机，采集人员下车等待，静止地点需要远离振动源。待静止结束，采集人员返回车内，进行数据采集工作。

(7) 数据采集：进入采集区域之前，提前通过采集程序开始采集，进入采集区域之后，按照规划路线进行采集。领航员通过当前定位和生成的路线判断已经采集路线和未采集路线，指引驾驶员前行方向。采集过程中，全景照片需要随时查看照片漏拍计数，随时关注卫星数量，适当调整行程车道。采集数据即将结束时，需要确保车辆在采集区域外再停止采集，确保数据完整性。

(8) 静止（采集后）：停止采集后回到初始化静止区域或者附近的静止地点进行静止。采集结束后静止要求与初始化静止要求相同，达到静止时间之后，关闭工程，拷贝采集软件采集的数据，待拷贝结束，关闭电源。

(9) 设备拆卸：关闭电源之后，拔掉线缆，拆除主机，清点设备，确保主机及相应配件完整齐全。

#### **5.5.2.6. 影像数据采集**

影像数据采集应符合下列要求：

(1) 采集过程中应选择晴朗天气，采集时段严格控制在 10 时-15 时，采集途中尽量避免逆光；

(2) 采集方式按距离触发进行影像采集；

(3) 在进出立交桥等光线变化较大时，应尽量降低车速并及时调整光圈大

小、快门速度、感光等参数，使影像符合需求；

(4) 数据采集过程中应根据成果要求及全景相机设备性能，适当控制采集速度，以保证影像像素和密度。

### 5.5.3. 数据处理

#### 5.5.3.1. 数据拷贝

数据采集结束之后，需要对数据的存储目录有一定的认识，了解各种类型文件的存放位置。采集后的数据目录结构及文件如下：

HD099\_20220410：车牌号\_日期，即表示 HD099 车载扫描仪于 2022 年 4 月 10 号采集数据；

HD099\_20220410\_1：车牌号\_日期\_pos 排序号，包含一个 pos 文件和多个采集工程，所有采集工程共用一个 pos 文件；

001\_HePing Road\_1：同级目录下工程排序号\_路径名\_同名路径排序号；

iScan-00010008-20220410105510：iScan-iScan 出厂 ID 号-工程开启采集时间；

Image：每个工程影像同步时间；

PointCloud：点云数据；

Pos：存放 IE 数据处理后导出.pos 数据，融合处理阶段使用；

iScan-Route.config：每个采集工程信息；

POS 目录：iScan 子文件夹中存放移动站.GNSS 数据；Base 子文件夹中存放.GNS 基站数据；IE 子文件夹存放 IE 数据处理中所有生成的相关数据，处理中需使用移动站.GNSS 数据和.GNS 基站转换后数据。

#### 5.5.3.2. 数据配准

在实地测量过程中，一般都要采用多站点、多测次对被测实体进行扫描，并且每次扫描得到的点云数据相邻两站间都要有重合部分。所以为了获得被测实体整个表面完整的形状信息，必须要将各个站点下扫描得到的点云数据转换到同一坐标系中。

每次配准时，根据参与的站点数不同，一般可以将点云配准分为多站点和两站点的点云配准。

数据配准应符合下列要求：

(1) 不同站点、不同测次拼接时，同名点平面匹配中误差应小于点云数据平均间距，高程中误差应小于规定中误差；

(2) 若中误差超限且存在系统误差时，应采用所布设的控制点或测量明显特征点作为地面控制点进行改正。

### 5.5.3.3. 点云数据处理

#### (1) POS 解算

将静态基准站数据和 GNSS 流动站数据导入进行差分计算，生成差分后轨迹数据，再和 IMU 数据进行融合结算，从而得到实时行车轨迹数据。

#### (2) 点云解算

1) 选择轨迹：选择没有重叠、往返、冗余的轨迹进行点云数据解算，注意数据的接边问题；

2) 利用定位定向数据、点云原始信息以及系统自身的各类参数获得激光发射点的位置信息，解算出离散、空间分布不均的三维点云数据；

3) 将初始点云数据中对公路建模无用的非地面点数据滤除，只保留路面点、边坡和边沟点数据；

4) 根据需求对点云数据进行去噪与抽稀，因不同实体反射产生的噪声点利用滤波方法进行处理，因遮挡物和激光穿透造成的噪声点通过人机交互的方式批量去除，仅保留扫描目标表面的点云数据；

5) 参数配置：配置静态数据过滤停车数据，三维滤波通常设置为 50m，灰度值滤波范围为 800-3000000，高程滤波和跳跃噪点滤波不配置；

6) 数据查看：检查点云数据是否有缺失和大面积遮挡等问题。若存在问题导致部分无法使用或者全部无法使用，需形成对应路段的 KML 文件，以便进行后续的补充采集。

### 5.5.3.4. 影像数据处理

影像数据处理应满足下列要求：

(1) 对采集的图像数据进行拼接处理，生成全景影像；

(2) 对采集的图像数据进行检查，确保输入的数据符合一定的格式；同时，



为保证数据的正确性，需要对数据进行查漏操作；

(3) 直接处理后的实景影像应包含坐标和时间信息，还应包含姿态信息；

(4) 进行相关的参数设置，输出全景影像数据；

(5) 为保证软件输出的影像质量，需要对批量自动生成的影像进行人工检查经过人工检查无误后，方可上线发布街景应用。如果人工检查过程发现部分影像拼接质量达不到要求或拼接错误时，可人工对该部分影像进行处理，处理方式主要有拼接线编辑、同名点编辑、参数纠正三个方面；

(6) 部分输出的全景影像，由于天气原因，整体清晰度、色彩等效果如果达不到要求，通过 PS 批量进行处理，提高全景影像的亮度、清晰度、色彩鲜艳度，达到最佳效果；

(7) 根据相关规定进行必要的加密和隐私处理。

#### **5.5.3.5. 成果检查**

(1) 控制点有效性检查

控制点有效性检查主要指控制点间距是否符合规范要求，控制点是否存在匹配错误和遗漏匹配情况。需要注意当控制点在路线的首尾时或者解算轨迹不连续时会造成图表中控制点间距过大情况，此时可以忽略。若存在控制点缺失情况，则需要补充控制点。

(2) 精度验证及精化

使用控制点对点云数据进行精度验证，利用控制点对点云数据进行纠正，提高点云数据的绝对精度。

(3) 数据输出

当纠正后数据精度满足项目需求时，则可以输出成果数据。输出成果数据主要包括：点云数据、彩色点云、全景照片及相关文件。

(4) 质量检查

质量检查的对象主要分为单工程和区域工程，检查完成之后生成对应文件；点云数据空洞、扭曲等需要人工进行检查。

1) 单工程检查：主要包括：点云覆盖情况、采集轨迹覆盖情况、跳变检测、POS 精度评估、全景漏拍检测、影像质量检测、纠正前控制点精度报告、纠正

前检查点精度报告、纠正后检查点精度报告、工程内分层检查。

2) 区域工程检查：主要包括：采集信息检查汇总、解算信息检查汇总和纠正信息检查汇总、工程间分层检查以及数据空洞统计。

#### **5.5.4. 质量要求**

##### **5.5.4.1. 车载点云质量要求**

普通公路基础设施三维数字化采集，激光点云质量要求应符合《GB/T 41452-2022 车载移动测量三维模型生产技术规程》中的规定，点云质量应符合相关最低等级要求，具体等级以省厅后续指导文件为准。

##### **5.5.4.2. 车载影像质量要求**

普通公路基础设施三维数字化采集，影像质量要求应符合《GB/T 41452-2022 车载移动测量三维模型生产技术规程》中的规定，车载影像质量应符合相关最低等级要求，具体等级以省厅后续指导文件为准。

#### **5.6. 无人机倾斜航空摄影方案**

重要结构物及服务设施可使用无人机低空航摄进行采集，采集过程需满足以下要求。

(1) 分辨率要求：航摄地面分辨率优于 0.015m；

(2) 重叠度要求：航向重叠度大于 80%，旁向重叠度大于 75%；

(3) 摄区边界覆盖保证：航向覆盖超出摄区边界线不少于两条基线。旁向覆盖超出摄区边界线一般不少于像幅的 50%；在便于施测像片控制点及不影响内业正常加密时，旁向覆盖超出摄区边界线不少于像幅的 30%；

(4) 航高保持：同一航线上相邻像片的航高差不大于 30m，最大航高与最小航高之差不大于 50m，实际航高与设计航高之差不大于 50m；

(5) 航摄平坦地区太阳高度角须大于 30°，建筑密集地区太阳高度角大于 40°，以保证具有充足的光照度，又避免过大的阴影。

##### **5.6.1. 作业流程**

使用无人机飞行平台搭载倾斜相机对项目区进行倾斜航空摄影。作业技术流程包括资料收集、实地踏勘、空域申请、航摄设计、无人机航摄作业、影像

数据处理、影像质量检查、像控测量、空三加密。航摄完成后，进行影像数据内业处理，解算相应地理坐标，整合航摄数据，进行补射等，并从飞行质量、影像质量、数据检查和相机畸变差改正等方面进行质量检查。

## **5.6.2. 作业准备**

### **5.6.2.1. 资料收集**

应收集如下资料：测区概况、自然地理、人文资料等信息；测区及测区周边卫星影像图；测区周边机场、军队驻地、政府驻地资料；测区全区及起飞场地环境、地形、高压线、金属矿地磁干扰、数目遮挡、高建筑物；其他相关资料。

### **5.6.2.2. 现场踏勘**

现场踏勘宜遵守下列规定：实地了解作业区域的自然地图、重要设备、及交通状况；确认周边禁飞区；查询测区天气，风级不得超过五级，不得在雨雪及大雾天气下飞行；确定无人起飞场地，应尽量靠近测区；勘查测区周围建筑高度，确定合适飞行高度。

### **5.6.2.3. 空域申请**

倾斜摄影数据的获取，其主要的载体是各类飞行器，根据《中华人民共和国民用航空法》、《中华人民共和国飞行基本规则》、《通用航空飞行管制条例》、《通用航空飞行任务审批与管理规定》、《2014 年低空空域使用管理规定（试行）》等现行航空管理法律法规，航空摄影任务实施前要办理空域使用申请和审批手续，获得使用许可后方可实施。无人机提交空域使用申请需要提供以下材料：

- (1) 飞行任务来源；
- (2) 飞行申请函（包括飞行空域范围、地间、性质、使用机型、飞行高度、有无使用外籍操作员、飞行安全责任等等）；
- (3) 飞行执行单位的情况（公司介绍、业务范围、资质证明等）；
- (4) 操作人员信息；
- (5) 无人机信息（包括实名登记资料、参数性能、实体机照片、控制方式

等)；

#### (6) 无人机保险。

在依法取得飞行许可后、航飞实施前，还需要主动向当地公安机关辖区派出所提供飞行审批、飞行计划、应急处置等材料进行报备，飞行结束后及时报告飞行实施情况，从而保证航飞的各个任务环节畅通无阻，在规定的时间内完成全部航摄任务。

#### 5.6.2.4. 限飞区作业

根据 2022 年民航局发布的《运输机场净空保护管理办法》，机场净空保护区是指为保障航空器在机场安全起飞和降落划设的一定空间范围。飞机完成一次飞行任务要经过起飞、爬升、巡航、下降、着陆几个阶段，就必须对机场附近沿起降航线一定范围内的空域提出要求，保证在飞机的起飞和降落的低高度飞行时不能有地面的障碍物来妨碍导航和飞行，这个区域称为机场净空保护区。

项目目标区域范围内存在常州市奔牛国际机场禁飞区和限飞区。图中红色糖果状区域为禁飞区，禁飞区涉及 S122、S357、S239、S238（规划段）道路，禁飞区内禁止进行低空航摄作业；图中灰色条状区域为限飞区，限飞区涉及部分 G312、G346，限制飞行高度 120 米，不影响低空航摄作业。

受限飞区影响的 S122、S357、S239 道路基础设施，不采取低空航摄作业，使用激光点云作业。

#### 5.6.3. 数据采集

航摄数据采集以无人机为飞行平台，负载五镜头相机进行拍摄，通过倾斜摄影测量技术，实现对三维立体地理信息的快速获取。

##### 5.6.3.1. 航测前准备

- (1) 结合踏勘情况，设计飞行平台航线预规划，设计航摄范围、航摄分区、飞行安全高度、飞行器起降点、安全防护及应急措施；
- (2) 对相机焦距和飞行平台性能进行调试；
- (3) 对航测相机进行检校。

### 5.6.3.2. 飞行控制要求

- (1) 飞行前对本架次使用的设备、材料进行认真检查；
- (2) 航摄现场负责人要严格掌握天气标准，确保航摄影像质量；
- (3) 飞行前应组织外业工作人员进行航线设计的技术讲评；
- (4) 飞行前，严格按照飞行检查单的要求进行飞行前检查，确保设备安装和各项设置正确无误；
- (5) 飞机及人员抵达测区后，立即安排设备和材料的试飞试照，为正式作业做好准备工作；
- (6) 作业期间，对飞机、倾斜相机等主要设备和电源系统、记录系统进行定期检查，使其保持良好工作状态。注意机体上各部位螺母的检查和飞控系统的测试，确保飞行安全。

### 5.6.3.3. 航摄设计

利用无人机地面站软件设计航线并实时监控飞行情况，从而保证采集数据的有效性。

#### (1) 航摄条件

航摄应选择能见度良好，风力较小的天气进行。

航摄时间应严格控制在 10:00 至 15:00 之间，尽量保证构筑物阴影较少，在飞行期间应保证天气状态一致。无人机飞行要求起飞和降落的地面风力 1-2 级为宜，故飞行时应充分考虑此因素。空中飞行的风力小于 4 级以保证航片的重叠度。

#### (2) 航摄分区

航摄分区尽量为矩形，航线沿矩形区域长边方向敷设，实际飞行范围应超出任务范围 1 个航高（以测量区中心线为基准，测量区域一般外扩 80-100 米，以满足测区边缘建模效果），分区内地形高差小于 1/2 航高；

#### (3) 航高设计

航高根据所在航摄区域的构筑物高度、地面分辨率、现场周边情况综合考虑设计。

#### (4) 航线设计

航线航向重叠大于 80%，旁向重叠大于 70%。

在实际飞行中，由于大气等各因素的影响，航向或旁向覆盖超出边界线的实际值一般按照基线数=理论值+2、航线数=理论值+1 进行计算。

每个航摄分区应统一进行航线设计，用在同一航线设计文件中删除多余航线的方法确定每架次的飞行参数文件。

#### (5) 相机设置

根据现场天气状况选择合适的曝光强度，保证像片明暗合理、对比清晰；拍照方式选择等距拍照。

### 5.6.3.4. 飞行质量要求

(1) 无扬尘（沙）、大气透明度好的气象条件进行摄影，航摄时应确保大气能见度大于 0.5km，当气象条件不满足要求时应停止作业，另行择机实施，确保航摄影像质量能够真实地显现地面细部。

(2) 根据测区覆盖情况，无人机从测区东北角第一条航线东侧进入测区进行航摄，从测区航线东南角结束飞行。

(3) 航摄时，既要保证具有充足的光照度，又要避免过大的阴影，无人机作业时间段为上午 10 点至下午 3 点钟，该时间段建筑物阴影面积较小。

(4) 严格按照航线设计执行航空摄影，飞行时严格控制飞行速度，在相机允许的速度范围和曝光时间内进行摄影。摄影中，飞机俯仰、旋偏角不应大于限定要求。

(5) 影像应清晰，层次分明，颜色饱和，色调均匀，反差适中，不偏色，能辨别出地面最暗处的影像细节，不得有色斑、线阵丢失以及曝光过度等情况。

(6) 数字影像有少量坏点或色斑，不影响立体模型连接、测图以及正射影像图制作时，成果资料可以使用，否则应予重摄。

### 5.6.3.5. 补摄或重摄

(1) 航摄过程中出现的绝对漏洞、相对漏洞及其他严重缺陷必须及时补摄。

(2) 漏洞补摄必须按原设计航线进行，补摄航线的长度应满足用户区域网加密布点的要求。

(3) 对于不影响内业加密点和模型连接的相对漏洞和局部缺陷（云、云影、

斑痕等），可只在漏洞处补摄。补摄航线长度应超出漏洞外两条基线。补摄采用同一飞行器与相机进行。

#### 5.6.4. 像控测量

像控点按照项目作业范围划分区域网布设，坐标和高程采用基于 JSCORS 的网络 RTK 方法获取，通过江苏似大地水准精化模型将获取的像控点大地高转换至 1985 国家高程基准的正常高。

##### 5.6.4.1. 像控点布设要求

布设像控点是为了保证空三的精度、确定地物目标在空间中的绝对位置，像控点布设的一般规则：

(1) 像控点的布设要求完全覆盖项目任务区作业范围，上下布设到项目任务区范围之外，航线首尾至少布设在超出项目任务区范围一个立体像对的位置上。

(2) 在项目任务区边缘像控点对精度的控制较低，因此要求在项目任务区边缘加密布设；空三区域网与航摄分区应尽量相同，若将多个航摄架次形成一个空三区域网，则新形成的区域网也应尽量规则。

(3) 在多个空三加密区域网接边的地方需要加密布设；区域网之间的像控点应尽量选择在上、下航线重叠的中间，相邻区域网尽量公用。

(4) 本次航摄计划采用的无人机携带含有 RTK 差分定位信息的 GNSS 定位系统，能够在航摄完成后获得影像较为准确的外方位元素，因此，可在空三加密网内部较为均匀稀疏的布设像控点。

因此在项目任务区外围和空三加密区域网相邻处，像控点布设可按照航摄外业规范有关区域网布点的规定要求执行。像控点的布设要求完全覆盖项目任务区作业范围，上下布设到项目任务区外测一条航线之外，航线首尾至少布设在超出项目任务区范围一个立体像对的位置上，避免项目任务区边缘缺少控制，精度达不到要求。

无人机航摄像控点布设的特殊性：

由于无人机航摄影像重叠率高，航向重叠率达到 80%，旁向重叠率达到 70%，航摄基线短，不能像传统大飞机航摄一样航向间隔 4~6 条基线，旁向逐

航带布设，否则像控点布设过于密集，也就失去了无人机航摄快捷、低廉的优势。

因相机镜头存在畸变、像主点偏移等因素的影响。使得像片边缘产生较大变形和像点移位，并且影像边缘部分清晰度差，导致像控点的判读、刺点和量测都更困难。

综合考虑无人航摄的特点，像控点的布设的一般规则为：

#### （1）规则区域

根据图幅接合表和航摄分区的划分，测区内部距离 1000m 左右进行像控点布设；在任务区边缘和空三加密网接边的地方间隔 700m 加密布设；测区内部每航向和旁向相邻的四个矩形区域中心加密布设一个像控点。

#### （2）不规则区域网

由于无人机航摄成本低，为了避免区域网不规则的现象，可将航摄分区以矩形划分，分区内航线长度相同，尽量避免不规则区域网的情况，像控点布设则参考规则区域网的布设方式。

#### （3）落水区域或无明显特征点区域

项目任务区地势低平，市域内水系较多。故水网密布的区域加密布设像控点。为了防止像主点落水影响模型连接，若在像控点预选区域选不出像控点时，则在落水区域两侧影像上下各自布设像控点。若旁向影像重叠区域落水，则需要在落水区域上下各自布设像控点。

对于项目任务区大面积农田区域，若在标准点位附近不易找到具有明显特征的地物，像控点布设困难，可在标准点位的左右具有明显特征的地物上各自布设像控点，或提前设定临时靶标。

#### （4）检查点布设

在布设像控点时在每个航摄分区内部中心位置布设像控点作为检查点，在检查点上设站，使用全站仪测量房角、桥墩等明显地物处的碎部点。

若检查点经过检测，精度符合要求，也可将检查点作为控制点重新参与空三加密平差，以提高像控精度。

### 5.6.4.2. 像控点选点



像控点应结合布点方案进行选取。选取的像控点应满足下列条件：

像控点应该选择在航摄像片上影像清晰、目标明显的像点，如斑马线等，或是在水泥地上用油漆画“十”标记，在没有条件画油漆的区域采用临时靶标进行布点。

平面控制要求选在影像清晰的明显地物点，接近正交的线状地物交点、地物拐点或固定的点状地物上，实地辨认误差应小于图上 0.1mm。弧形地物与阴影处不得作为选点目标。

高程控制要求选在局部高程变化很小的地方，当点位选在高出或低于地面的地物（如屋顶、围墙、陡坎等）上时，应量出其与地面的比高，注至厘米，并详细绘出点位略图。

本项目所有点位均为平高控制点，平高控制点的选刺应同时满足平面和高程控制点对点位目标的要求。

像控点在各相邻航线的影像上均应清晰可见，选择影像最清晰的航线影像数据做像控点。

像控点以“P+顺序号”，“顺序号”范围自 00001 到 99999，不得出现重号。

所有像控点均有第二人实地进行独立检查。

#### **5.6.4.3. 像控点测量**

(1) 像控点联测一般采用基于 JSCORS 的网络 RTK 作业方式联测。

(2) 采用网络 RTK 作业模式进行像片控制测量的要求：

1) 三脚架对中、整平，测量过程中仪器的圆气泡应严格稳定居中，观测测回数 $\geq 3$ 。

2) RTK 观测前设置的平面收敛阈值不应超过 2cm，垂直收敛阈值不应超过 3cm。

3) RTK 一测回观测应符合观测前对仪器进行初始化，观测值应在得到 RTK 固定解且收敛稳定后开始记录，每测回的自动观测个数不应少于 10 个观测值，应取平均值作为定位结果，平面坐标和高程应记录到 0.001m。

4) 测回间应对仪器重新初始化，测回间的时间间隔应超过 60s。

5) 测回间的平面坐标分量较差不应超过 2cm, 垂直坐标分量较差不应超过 3cm, 应取各测回结果的平均值作为最终观测成果。

6) 利用 GNSS-RTK 作业方法进行像控点测量时, 每天应联测测区内的已知控制点, 进行检核。检核较差应满足平面位置较差不大于 5cm、高程较差不大于 1/10 等高距。

(3) 用 RTK 方法施测的像控点成果应进行 100%的内业检查和不少于总点数 10%的外业检测。

(4) 像控点联测结束后的坐标应及时展点检查, 防止出现粗差, 确保成果准确性。

(5) 编制像控点点之记

为便于空三加密时进行像控点转刺, 像控点观测时应分别拍摄近景、远景照片各一张。其中, 近景照片要求能够清晰表达 RTK 天线位置或对中杆杆尖位置, 远景照片要求能够清晰表达像控点与周边地物的关系。根据像控点实测情况, 编制像控点点之记。

(6) 测量完成后, 通过江苏似大地水准精化模型将大地高转换至 1985 国家高程基准的正常高。

#### **5.6.4.4. 像控点检查**

测量完成后应及时展点分析, 实测像控点是否满足像控点布设的要求; 检查点之记内容是否齐全; 检查像控点是否在像片上清晰可见。然后随机抽取 10%的像控点进行复测。

#### **5.6.5. 数据处理**

对影像数据的检查和处理包括如下内容:

##### **5.6.5.1. 数据检查**

根据项目要求, 检查航空影像数据是否满足项目生产要求。项目低空摄影数据要求如下:

(1) 地面分辨率优于 3cm。

(2) 影像像点位移不大于 1 个像素, 最大不应大于 1.5 个像素。

(3) 通过目视观察，确保影像质量影像清晰，反差适中，颜色饱和，色彩鲜明，色调一致。有较丰富的层次、能辨别与地面分辨率相适应的细小地物影像，满足数据生产要求。

#### **5.6.5.2. 数据整理编号**

在影像数据符合生产要求的前提下，对数据进行整理编号处理。编号要求参照 GB/T 39610-2020《倾斜数字航空摄影技术规程》执行，按不同相机进行编号，整个航摄区域照片编号不许重复。

#### **5.6.6. 质量控制**

航摄完成后，需要对航摄质量进行控制检查，主要包括以下过程。

##### **5.6.6.1. 飞行质量**

###### **(1) 像片重叠度**

航线航向重叠应大于 80%，旁向重叠应大于 70%。

###### **(2) 航线弯曲度**

航线弯曲度不大于 3%。

###### **(3) 航高保持**

航高应满足以下要求：同一航线上相邻像片的航高差不应大于 20m，最大航高与最小航高之差不应大于 30m，航摄分区内实际航高与设计航高之差不应大于 50m。

###### **(4) 漏洞补摄与重摄**

航摄过程中出现的漏洞应及时补摄或重摄。航摄过程中出现的相对漏洞和绝对漏洞应及时补摄；漏洞补摄应按原设计要求进行；应采用第一次航摄飞行的航摄仪补摄；对不影响内业加密模型连接的相对漏洞，可只在漏洞处补摄，补摄航线的长度应超出漏洞之外两条基线。

###### **(5) 记录资料的填写**

每次飞行均应认真填写航摄飞行报告表。

##### **5.6.6.2. 影像质量**

(1) 影像应清晰，层次丰富，反差适中，色调柔和；应能辨认出与地面分

分辨率相适应的细小地物影像，能够建立清晰的立体模型。

(2) 影像上不应有云、云影，当有云影时，位于云影下的地物、地貌应可以判别和测绘。

(3) 最大曝光时间的限定，除保证航摄影探测器正常感光外，还应确保因飞机低速的影响，在曝光瞬间造成的像点最大位移不超过 1 个像素。

(4) 拼接影像应无明显模糊、重影和错位现象。

(5) 融合形成的高分辨率彩色影像不应出现明显色彩偏移、重影、模糊现象。

(6) 要确保摄区内所有构筑物、道路、桥梁等影像完整。

### **5.7. 三维模型更新维护方案**

普通国省道三维模型更新一般会涉及普通国省道及相关设施状态变化，包括养护大中修、改扩建、道路安防工程等工程实施结束时，普通国省道及相关设施状态发生较大变化，此情况下应由工程建设单位提供更新后的三维模型数据。

其他道路基础设施状态变动情况，由业务部门及时提出，信息部门进行统一采集、更新。

## 六. 三维模型建设方案

### 6.1. 道路及沿线设施三维单体模型生产方案

#### 6.1.1. 路线（路基、路面）

在路线采集过程中，较多使用车载激光点云与低空航摄建模，本部分以道路模型构建为例。

道路模型包含路面类和路基类。

##### 6.1.1.1. 模型制作要求

（1）道路模型表现形式应为三维表面连续模型，宽度应为上下行路段的实际宽度。

（2）道路按路段分段建模，通过桥梁、涵洞、道路平交路口、匝道、出入口、路宽发生变化处等处需分段，需要注意共线段的起点和终点处应分段。

（3）道路模型结构、几何、属性、关系与实际保持一致。避免出现上下关系混乱、不同路段重叠等问题。

（4）模型贴图要求细节清晰，准确反映模型材质特征，可采用通用纹理，不同材质或铺装形式之间的差别与分隔应能清晰反映。

（5）路面模型与其上桥隧模型分开建模，即遇到桥梁处的路面模型断开，桥隧处的路面归属于桥隧。

##### 6.1.1.2. 模型制作流程

道路模型构建是国省道公路三维数字化的基础，结合倾斜摄影模型与点云数据，进行模型构建，作业流程如下：

（1）导入激光点云、倾斜摄影模型。

（2）模型制作，根据激光点云数据或倾斜摄影模型进行建模，确保模型尺寸、位置、高度与实际相符。

（3）模型贴图，为空白模型赋予纹理。核查贴图效果，避免贴图丢漏、贴图坐标紊乱等问题出现。

（4）模型检查，对模型结构、几何、属性、关系进行检查，保证模型正确性。

### 6.1.1.3. 模型制作方式

依据构建难度分为互通式立交模型构建与普通路面类模型构建。

#### (1) 互通式立交模型构建

互通式立交模型可采用建模功能强大、扩展性好、具有较强灵活性、模型修改的自由度高的 3ds Max。

3ds Max 构建实体化模型。根据图像，绘制互通式立交路面模型，确保互通式立交上下道路以及匝道的宽度与位置影像保持一致。匝道与上下道路绘制无误后，导入激光点云数据，根据点云数据提供的高度，对模型高度进行调整，确保道路高度与实际相符。空白实体化模型构建完成后，将模型按路面路基、上下行、匝道进行分类，并按规定名称命名。

#### (2) 普通路面类模型构建

普通路面类模型与互通式立交模型相比，模型构建难度大大降低，DP Modeler 相较于 3ds Max 更具优势。

DP Modeler 实体化模型建设，是基于畸变校正后的倾斜摄影影像数据、影像内外方位元素以及构建好的倾斜摄影模型，进行的二三维交互式联动建模。通过交互方式构建空白模型后，根据倾斜摄影算法自动为空白模型选取最佳影像数据进行贴图，最终按照路面路基、上下行对普通路面模型进行分类命名。

## 6.1.2. 桥梁

桥梁是公路的重要组成部分，模型构建时应完整准确表示。桥梁模型构建时除表示其上部结构也要构建其下部桥墩、洞深等附属工程部分的模型。这类模型建设难度较大，可结合收集到的图纸资料和 CAD 数据，完成 BIM 建模。

### 6.1.2.1. 模型制作要求

(1) 对于提供相关图纸信息的桥梁、涵洞，应制作 BIM 精细化单体模型，体现桥梁、涵洞的整体外观，含上部和隐蔽结构。无相关图纸信息的桥梁、涵洞，进行示意性建模。

(2) 作为单体化建模的部分，注意与其相通的两端路面模型的融合，防止后期与路面路基模型融合错位。

(3) 桥梁、涵洞模型结构、几何、属性、关系与实际保持一致。

(4) 模型贴图应完整，准确反映模型材质特征，不同材质或铺装形式之间的差别与分隔应能清晰反映。

#### **6.1.2.2. 模型制作流程**

桥梁、涵洞模型制作流程如下：

(1) BIM 精细化建模，使用激光点云、图像及 Auto CAD 模型图纸，构建 BIM 精细化模型。

(2) 模型放置，依据影像、激光点云确定桥涵隧模型位置、高度，放置位置应与实际一致。

(3) 模型贴图，为空白模型制作模型贴图，并核查贴图是否丢漏、空洞、拉花。

(4) 模型融合，桥涵隧模型制作完成后，应与路面类模型进行融合。

(5) 模型检查，对模型结构、几何、属性、关系进行检查，特别注意与路面类模型的融合情况，保证模型正确性。

#### **6.1.3. 交通工程及沿线设施——交通安全设施**

##### **6.1.3.1. 模型制作要求**

(1) 交通标志要求进行单体化建模，体现模型外观；交通标线建模展示交通标线轮廓；其它设施模型起示意作用。

(2) 交通安全设施模型尺寸、类别、位置应与实际相符，摆放位置与其它模型不冲突。

(3) 模型贴图应完整，不应存在贴图缺失、贴图拉花变形、贴图纹理紊乱等情况。

##### **6.1.3.2. 模型制作流程**

沿线设施模型制作，以激光点云为基础，结合部分模型提供的 Auto CAD 模型图纸构建模型，依据图像、路面类模型、桥涵隧模型以及激光点云数据进行放置，制作流程如下：

(1) 提供 Auto CAD 模型图纸的沿线设施模型，依据图纸构建精确建模；未提供 Auto CAD 模型与图纸的设施，依据点云及现场照片，确定模型样式与

尺寸，再进行模型构建。

(2) 无规律放置规律的沿线设施，如指示牌、摄像头、隔离栅等，利用激光点云采集的照片确定其的信息，再结合点云、路面模型、影像的位置确定沿线设施模型位置。

(3) 有规律的沿线设施，如路灯、桥墩、行道树等，依据点云、影像、现场照片提取规律信息，利用 3ds Max 间隔工具算法，快速构建模型。

(4) 制作纹理贴图，注意贴图漏贴，贴图重复的情况。应特别关注交通标志的贴图，需核对现场照片逐一检查。

(5) 进行模型检查，避免出现位置偏移及模型丢漏的情况，对错误模型进行调整。沿线设施模型，特别是绿化、交通标线等，应跟随路面起伏。

### **6.1.3.3. 模型制作成效**

#### (1) 无规律沿线设施

无规律的沿线设施建模主要依赖手工建模的方式进行。

#### (2) 有规律的沿线设施

有规律的沿线设施可以通过半自动化提取的方式进行辅助性的 BIM 建模。

### **6.1.4. 交通工程及沿线设施——管理设施**

#### **6.1.4.1. 模型制作要求**

(1) 管理设施按具体类别不同，部分对象应进行单体化建模，体现设施轮廓；部分对象建立三维连续表面模型，其范围内的道路、水域应剔除。

(2) 管理设施模型尺寸、类别、位置应与实际相符，管理设施模型与其它模型之间位置不应冲突。

(3) 模型贴图应完整，不应存在贴图缺失、贴图拉花变形、贴图纹理紊乱等情况。

#### **6.1.4.2. 模型制作流程**

沿线设施模型制作，以激光点云为基础，结合部分模型提供的 Auto CAD 模型图纸构建模型，依据图像、路面类模型、桥涵隧模型以及激光点云数据进行放置，制作流程如下：



(1) 提供 Auto CAD 模型图纸的沿线设施模型，依据图纸构建精确建模；未提供 Auto CAD 模型与图纸的设施，依据点云及现场照片，确定模型样式与尺寸，再进行模型构建。

(2) 无规律放置规律的沿线设施，如指示牌、摄像头、隔离栅等，利用激光点云采集的照片确定其的信息，再结合点云、路面模型、影像的位置确定沿线设施模型位置。

(3) 有规律的沿线设施，如路灯、桥墩、行道树等，依据点云、影像、现场照片提取规律信息，利用 3ds Max 间隔工具算法，快速构建模型。

(4) 制作纹理贴图，注意贴图漏贴，贴图重复的情况。应特别关注交通标志的贴图，需核对现场照片逐一检查。

(5) 进行模型检查，避免出现位置偏移及模型丢漏的情况，对错误模型进行调整。沿线设施模型，特别是绿化、交通标线等，应跟随路面起伏。

#### **6.1.4.3. 模型制作成效**

##### (1) 监控设施

道路监控基础设施包括一般监控、高位监控、桥下空间监控。

##### (2) 收费站

公路收费站基础设施包括：G104 溧阳收费站。

##### (3) 供配电设施

路侧供配电设施具体模型效果示意性建模。

##### (4) 照明设施

照明设施非公路管养，具体模型效果示意建模。

##### (5) 气象站（广播设施、交通信息设施）

公路气象站基础设施包括：G104、G346 K202+880、G346 K211+080 共三处。整个基础设施范围内设施轮廓的示意性建模。

##### (6) 治超站

治超站基础设施属于非公路基础设施，具体模型效果示意建模。

##### (7) 管理单位管理设施

管理单位基础设施包括：常州、武进、金坛、溧阳公路中心四处。整个基

基础设施范围内设施轮廓的示意性建模。

(8) 养护工区（应急处置基地）

普通养护工区示意性建模。

(9) 交通信号灯

交通信号灯非公路管养，具体建模的示意性图。

(9) 里程桩管理设施

里程桩管理设施由于具有体积小、业务管理需求高的特征，采用 BIM 建模的方式进行单体化建模。

### 6.1.5. 交通工程及沿线设施——服务设施

#### 6.1.5.1. 模型制作要求

(1) 管理设施按具体类别不同，部分对象应进行单体化建模，体现设施轮廓；部分对象建立三维连续表面模型，其范围内的道路、水域应剔除。

(2) 服务设施模型尺寸、类别、位置应与激光点云与图像数据位置相符，服务设施模型与其它模型之间位置不应冲突。

(3) 模型贴图应完整，不应存在贴图缺失、贴图拉花变形、贴图纹理紊乱等情况。

#### 6.1.5.2. 模型制作流程

沿线设施模型制作，以激光点云为基础，结合部分模型提供的 Auto CAD 模型图纸构建模型，依据图像、路面类模型、桥涵隧模型以及激光点云数据进行放置，制作流程如下：

(1) 提供 Auto CAD 模型图纸的沿线设施模型，依据图纸构建精确建模；未提供 Auto CAD 模型与图纸的设施，依据点云及现场照片，确定模型样式与尺寸，再进行模型构建。

(2) 无规律放置规律的沿线设施，如指示牌、摄像头、隔离栅等，利用激光点云采集的照片确定其的信息，再结合点云、路面模型、影像的位置确定沿线设施模型位置。

(3) 有规律的沿线设施，如路灯、桥墩、行道树等，依据点云、影像、现场照片提取规律信息，利用 3ds Max 间隔工具算法，快速构建模型。

(4) 制作纹理贴图，注意贴图漏贴，贴图重复的情况。应特别关注交通标志的贴图，需核对现场照片逐一检查。

(5) 进行模型检查，避免出现位置偏移及模型丢漏的情况，对错误模型进行调整。沿线设施模型，特别是绿化、交通标线等，应跟随路面起伏。

### **6.1.5.3. 模型制作成效**

#### **(1) 服务区（停车区）**

公路服务区（G312 常州服务区、S122 常州服务区）及停车区（S239 停车区）基础设施进行建模的时候，对整个基础设施范围进行设施轮廓的示意性表示。

#### **(2) 客运汽车停靠站（加油站、观景台）**

客运汽车停靠站（加油站、观景台）非公路管养，在进行建模的时候按照通用模型进行示意性建模。

### **6.1.6. 交通工程及沿线设施——绿化工程**

#### **6.1.6.1. 模型制作要求**

(1) 绿化环保设施模型内容：绿化环保设施应进行单体化建模，以主要类型区分，进行适当综合，起示意性作用。

(2) 绿化环保设施模型尺寸、类别、位置应与实际位置相符，模型与其它模型之间位置不应冲突，特别是与路面类模型的位置关系。

(3) 模型贴图应完整，不应存在贴图缺失、贴图拉花变形、贴图坐标紊乱等情况。

#### **6.1.6.2. 模型制作流程**

沿线设施模型制作，以激光点云为基础，依据图像、低空航摄数据进行示意性建模。

#### **6.1.6.3. 模型制作成效**

公路绿化在路线采集过程中可被车载激光点云采集车同步完成采集任务。

## 6.1.7. 其他设施——公路渡口

### 6.1.7.1. 模型制作要求

- (1) 公路渡口要求进行示意性建模，体现模型外观。
- (2) 公路渡口设施模型尺寸、类别、位置应与实际相符，摆放位置与其它模型不冲突。
- (3) 模型贴图应完整，不应存在贴图缺失、贴图拉花变形、贴图纹理紊乱等情况。

### 6.1.7.2. 模型制作流程

沿线设施模型制作，以低空航摄为基础，依据图像、激光点云数据进行示意性建模。

### 6.1.7.3. 模型制作成效

公路渡口基础设施包括：S504 圩塘汽渡。对整个基础设施范围进行设施轮廓的示意性表示。

## 6.2. 普通国省道三维模型的治理和优化方案

三维模型数据治理、优化包括以下四个方面：

(1) 数据预处理。对采集到的多源数据和既有三维模型数据进行相关预处理工作，保证模型数据的属性完整、质量合规，且能够支持基于统一数据架构的通用数据格式。

(2) 语义化。通过三维模型的语义化使其具有空间上的唯一性，通过坐标系转换、数据结构转换、映射表制作、矢量图形匹配等数据标准化和规范化处理方式，丰富道路及沿线设施实体属性，实现三维单体模型的语义化。

(3) 轻量化。完成多源数据融合轻量化处理，实现三维模型数据在 Web 端、移动端的“轻量化”应用模式。

(4) 场景美化。对多源空间数据模型进行美化，改善模型渲染效果。

### 6.2.1. 既有三维模型整合

对收集到的多源数据和既有三维模型数据进行质量检查、坐标校准、数据

格式转换等处理工作，保证模型数据的结构完整、质量合规，能准确定位到地形，且能够支持基于统一数据架构的通用数据格式。

(1) 数据质量检查：三维模型数据应按照《三维地理信息模型数据产品质量检查与验收》要求进行质量检查。

(2) 数据坐标转换：主要完成各坐标系统到 CGCS2000 坐标系的转换功能，转换完成后的数据精度不能有损失。

(3) 数据格式转换：可实现原始数据到通用数据格式的转换，最终提交成果要求的通用数据格式。

### 6.2.2. 三维模型语义化

为解决三维模型无法检索、分析与单独管理等问题，对模型进行单体化处理，并基于单体化成果与公路基础数据库建立映射关系，完成三维模型的语义化。三维模型语义化需要完善三维模型基本信息表，通过三维模型的语义化使得每个单体化模型在空间上具有唯一性，并完成与相关属性的关联；使用唯一的标识码对模型进行区分与识别。

三维单体模型在空间上具有唯一性，可以通过三维公路基础设施编码与二维基础地理信息数据（或相关属性表）实现关联。三维公路基础设施编码采用数字、字符表示，编码结构分为 3 段，段与段中间通过“-”连接。

左起第一段为设施代码，由 13 位至 16 位数字、字符组成；左起第二段为分类对象编码，由 14 位数字、字符组成；左起第三段为顺序码及冗余码，由 9 位数字、字符顺序码及 1 位数字冗余码组成。

公路设施中桥梁、涵洞等的编号应符合 JT/T 132-2014 等的规定，江苏省辖区的行政区划代码应符合 GB/T 2260-2007 的规定。

公路桥梁编号以江苏省辖区的行政区划的路线为基础，自路线起点至终点（里程桩号递增）顺序编制，因道路改扩建在原有桥梁基础上新增的桥梁宜通过扩充位进行编号。由于公路路线代码不等长（为 2 位至 5 位不等），桥梁编号为不等长（13 位至 16 位）形式。

公路涵洞编号以江苏省辖区的行政区划的路线为基础，自路线起点至终点（里程桩号递增）顺序编制。由于公路路线代码不等长（为 2 位至 5 位不等），

涵洞编号为不等长（13 位至 16 位）形式。

### （1）公路设施代码

公路设施中代码结构由 2-5 位公路路线代码、6 位行政区划代码、4 位设施编号及 1 位扩充位组成。

公路设施中代码结构中设施编号的首位分类代码参考江苏省统一数据底座。其中桥梁、涵洞、收费站、服务区设施编号自路线起点至终点按顺序编制。

路基、路面、交通工程及沿线设施行政区划代码取各区县级代码“320\*\*\*”；设施编号采用设施对应的首位字母+“000”，其中“000”可按实际需要定义。

### （2）分类对象编码

分类对象编码由 2 位表代码、2 位一级类代码、2 位二级类代码、2 位三级类代码和 2 位四级类代码组成，表代码和一级类代码之间使用英文半角字符“-”连接，相邻层级代码之间使用英文半角字符“.”隔开。

一级类代码：前 2 位表示表代码，加 2 位一级类代码，后 6 位用“0”补齐。二级类代码，前 4 位与一级类编码相同，加 2 位二级类代码，之后 4 位代码用“0”补齐。三级类代码，前 6 位与二级类编码相同，加 2 位三级类代码，后 2 位代码用“0”补齐。四级类代码，前 8 位与三级类编码相同，后 2 位表示四级类代码。分类对象编码详见附录二。

### （3）顺序码及冗余码

公路设施单元顺序码采用 9 位数字+字母型代码表示，该代码为同种编码下多个设施重复出现时的唯一标识码。

第 1 位为方向代码，该部分采用 1 位数字型代码表示，其中“1”表示上行，“2”表示下行，“0”表示中央带。

第 2-7 位为具体标识代码，该部分采用 6 位数字型代码表示：

路基构件、路面构件中，具体标识代码用于区分连续型道路区域，从“0001”开始进行连续编码，在匝道区域，第 2-5 位是匝道开始的道路区段编号，第 6-7 位表示匝道自身区段内，按照分段规则划分后的连续代码；

桥梁构件、涵洞构件中，具体标识代码用于区分离散型桥梁区域，精确到

桥梁构件，第 2-5 位从“0001”开始进行连续编码，第 6-7 位代码用“00”补齐；

交通工程及沿线设施中成片连续布设的设施，主线第 2-5 位从“0001”开始进行连续编码，第 6-7 位用“00”补齐；匝道第 2-5 位设施编码与该匝道所在主线编码，第 6-7 位表示匝道自身区段内，按照交通流方向先左侧后右侧按分段规则进行划分后连续编码。非成片连续布设的设施，主线设备第 2-5 位从“0001”开始进行连续编码，第 6-7 位用“00”补齐；匝道设备第 2-5 位采用与匝道口最近的主线设备编码，第 6-7 位按交通流方向先左侧后右侧连续编码。

第 8 位为车道数代码，该部分采用 1 位字符型代码表示，其中“0”表示不在车道上，“E”表示紧急停车带，“Q”表示未区分车道，“1、2、3、4...”分别表示从中分带开始依次的车道数。

第 9 位为方位代码，该部分采用 1 位数字型代码表示，用于表示立交区域内匝道的方位，立交区域内匝道方位码见表 6-2。非立交区域设施该位用“0”表示。

冗余码，为 1 位预留位，用于后续扩充时使用，未使用时取 0。

三维公路基础设施编码举例如表 6-3 所示：如公路路线代码为“G104”；行政区划代码为“320412”，表示武进区；路基编号为“S001”；扩充位为“0”；分类对象编号为“18-02.00.00.00”，表示路基主体；顺序码采用 9 位数字+字母型代码，如 00000001；冗余码为“0”，该路基编码为“G104320412S0010-18-02.00.00.00-1000100000”。

基于数据整合后的三维模型基本信息用来描述三维模型的基本属性参数，其中 ENTIID（实体编码）、GLJCID（公路基础库编码）字段为必填项，三维单体命名对应按 ENTIID 字段命名。通过 ENTIID 字段与三维单进行关联，实现模型与语义信息的关联。（重复出现在不同路段的同一个设施为同一编码）。通过 ENTIID、GLJCID 字段与公路基础信息库关联，实现模型的语义化。

### 6.2.3. 三维模型轻量化

三维模型进行轻量化处理后，可采用智能的动态调度方案，使得数据的承载范围不再受到限制，提升加载和反应效率。

#### (1) BIM 模型数据轻量化

数据处理引擎工具支持建筑面积十万平米，构件数量千万级的 BIM 模型（如交通枢纽），支持 Revit, IFC 等软件格式。使用数据处理引擎可快速将各类 BIM 模型数据转换为统一的数据格式，达到 BIM 模型轻量化的目的。

#### （2）倾斜摄影数据轻量化

数据处理引擎工具支持 TB 级的倾斜摄影数据轻量化处理，纹理精度超过 3cm，支持带金字塔结构的 OSGB 格式倾斜摄影数据。使用数据处理引擎可快速将 TB 级的倾斜摄影数据转换为统一的数据格式，达到倾斜摄影数据轻量化的目的。

#### （3）点云数据轻量化

数据处理引擎工具支持 TB 级点云数据处理，支持 LAS 格式，支持带颜色点云。使用数据处理引擎可快速将点云数据转换为统一的数据格式，达到点云数据轻量化的目的。

#### （4）栅格数据轻量化

三维数字化平台支持 PB 级的地形影像栅格数据，影像精度超过 0.1 米，支持常见的栅格数据格式，譬如 IMG、TIFF，依托数据处理引擎可快速将地形影像栅格数据转换为统一的数据格式进而达到轻量化的目的。

### 6.2.4. 场景美化

利用高渲染引擎的美化工具，可以对三维数据进行加工和美化。三维数字化平台提供相应的数据美化工具，可根据具体需求对多源空间数据模型进行美化，改善公路模型质量。

除大场景美化外，针对公路各个要素，进行分级美化。对于道路模型，根据道路的等级、车流量等信息，选取典型路段进行重点优化。

对于桥梁模型，选取规模大、建设新的桥梁模型进行重点优化，参考实地环境，制作动态水面，模拟水流效果，进行纹理贴图与光照模拟，构建外观轮廓并做单体化处理，使其更好地融入场景中。

根据业务需求，对 435.970km 重点路段、重点桥梁（大桥、桥梁健康监测桥梁）的美化效果应做到精模，其他做到中模即可。



## 七. 常州市三维典型场景应用建设方案

本项目需重点实现常州公路资产管理、路网监控视频展示两个典型场景的示范应用建设方案设计，实现对采集、建模数据的可视化展示及验证，确保三维数据准确无误的上传到江苏省统一三维数据底座中。

### 7.1. 道路资产可视化

为确保公路资产有序管理，将三维模型与省厅数据超市、公路基础数据库中的资产属性信息进行挂接，形成公路三维资产台账，发布路网、设备、设施属性交互查询能力，用户点击三维模型查看路产属性信息，实现基于三维模型的常州市公路资产精细化管理。

#### (1) 资产列表查询

输入路段名称、桥梁名称、路侧设备设施名称、类型、起止点桩号等相关的公路资产关键词进行查询，可通过搜索结果直接定位至公路资产具体位置。

#### (2) 资产详情查询

在三维场景中点选路段、桥梁、灯杆、门架及其他路侧设备等相关的公路资产的三维模型，可查看所选资产的名称、类型、编号、位置、桩号、建设时间、上次维护时间、权属单位、示意图片等详情信息。

#### (3) 资产统计分析

对路基、路面、桥梁、路侧设备设施等公路资产进行专项统计分析，包括资产实物统计、资产技术状况评定。

### 7.2. 路网运行状态可视化

为提升路网监控能力，对接公路路网视频监控系统，将部署在不同位置的视频监控与数字化底座支撑软件的三维模型进行融合，关联摄像头与设备属性，调用视频流数据展现在对应的显示区域。点击对应摄像头，在弹窗中显示对应视频流数据，实现对摄像机图像的整体管理。

#### (1) 监控视频查询

输入监控摄像头名称、桩号等关键词进行查询，可通过搜索结果直接定位至监控摄像头具体位置。摄像头类型包括高空全景、交调点摄像机、可变情报

板摄像机、高清摄像机等全部类型。

### **(2) 监控视频实时浏览**

在三维场景中点选监控摄像头的图标，可查看所选摄像头的名称、类型、编号、位置、桩号、建设时间、上次维护时间、权属单位、实时视频码流等详情信息。

### **(3) 监控视频统计分析**

对监控摄像头进行专项统计分析，包括监控总数、在线总数、故障数量和分路段的总数和故障数统计。

## 八. 信息资源和数据库设计

### 8.1. 数据需求分析

根据《江苏省普通国省道基础设施三维数据和数字化底座建设方案（试行）》的要求，空间数据库包括基础地理信息数据库、三维模型数据库、三维模型基本属性数据库、元数据库。

基础地理信息数据库主要存储和管理普通国省道二维空间基础地理信息数据；三维模型数据库存储和管理普通国省道及相关设施三维数据；三维模型基本属性数据库存储三维模型基本属性信息；元数据库存储不同阶段所产生的各类元数据，包含数据名称、数据类型、数据格式、数据质量、空间范围、坐标系、编辑历史、历史版本等各类元数据标签。

常州市普通国省道空间数据库应与江苏省空间数据库在库表名称、库表键码（Key）及编码规则保持完全一致，常州市三维数据更新以常州市本地数据库为准。

### 8.2. 数据库选型

为实现数据的高效对接及信息共享，数据库推荐采用适配的国产化数据库。优先选择具有存储体积小、运算速度快、总体成本低等优势的数据数据库，能够充分利用 CPU 资源、提高信息查询速度。既能够作为一个单独的应用程序应用在客户端服务器网络环境中，又能够作为一个库而嵌入到其他的软件中，具有应用灵活的特点。特别是能够支持处理上万条记录的大型数据库，满足常州市普通国省道三维电子地图数据资源存储、处理、分析需求。

在项目建设前期，可使用 MySQL 等开源数据库做数据存储，普通国省道三维数字化模型正式投入生产环境进行使用后，必须考虑国产化适配。

### 8.3. 数据量估算

本次项目中将新建常州市基础地理信息数据库、三维模型数据库、三维模型基本属性信息数据库和元数据库。该部分数据库内容与省厅数据库的库表结构保持一致。首次建设时，须完成所有数据的全部入库；后期数据更新维护时，将依据省三维数据底座平台定期执行库表同步。

根据本次项目的业务数据特点以及未来 5 年业务的快速增长需求，对其数

据量进行分析。

### 8.3.1. 基础地理信息数据库数据量

空间数据库中的基础地理数据的存储对象主要是公路基础设施数据和基础地理数据。公路基础设施数据包含路基、路面、桥梁、安全设施、管理设施、服务设施、桩号等公路基础设施的二维数据或图层，包含公路基础设施的位置属性和基本属性的二维数据或图层。

基础地理数据主要对接省住建厅、省自然资源厅的基础地理数据成果，包含行政区划、电子地图、正射影像及其他公路基础设施相关数据或数据服务。

基础数据变化频率小，且数据更新通过刷新旧数据实现，因此采用总和计算方法计算数据量。每条基础数据按 50KB 计算，基础数据约 1000 万条，基础数据总容量约为  $50KB*10000000=0.48T$ 。

### 8.3.2. 三维模型数据库数据量

三维模型数据库中的模型数据包含公路三维模型源数据和轻量化数据。

主要处理内容包含：

- (1) 文件完整性校验；
- (2) 数据标准校验；
- (3) 数据脱密；
- (4) 投影坐标转换；
- (5) 金字塔创建；
- (6) 三维坐标一致性校验。

加工整理后的公路三维模型源数据统一存储在三维模型数据库中的源数据库。为解决普通国省道及相关设施三维场景模型体量大、数据格式不统一等问题，加工整理后的公路三维模型源数据须进行统一的轻量化和格式转换，生成统一格式的公路三维模型轻量化切片数据，存储在三维模型数据库中的轻量化切片库，支撑公路应用场景调用。

采用数据累加方法计算数据量。二维矢量文件数据约 1MB/km，三维模型数据约 300MB/km，三维数据 3dtiles 文件约 5MB/km，三维更新维护数据约 1GB/km，常州普通国省道约 654.771km，考虑公路里程数据按 10%递增。

5 年后的常州市三维模型数据容量为： $(1+300+5+1*1024)*654.771*(1+(1.1-$

$$1)+(1.1^2-1)+(1.1^3-1)+(1.1^4-1))\text{MB}=1.75\text{TB}$$

### 8.3.3. 三维模型基本属性数据库数据量

三维模型基本属性数据库的存储对象为描述三维模型特征和属性的公路三维模型的基本属性信息，包括模型编码、公路基础库编码、采集时间等。通过该属性信息数据库将三维模型与公路基础数据库关联起来。三维模型基础数据变化频率小，因此采用总和计算方法计算数据量。每条基础数据按 50KB 计算，基础数据约 2000 万条，基础数据总容量约为  $50\text{KB} \times 20000000 = 0.96\text{T}$ 。

### 8.3.4. 元数据库数据量

元数据库存储不同阶段所产生的各类元数据，包含数据名称、数据类型、数据格式、数据质量、空间范围、坐标系统、编辑历史、历史版本等各类元数据标签。

三维元数据体量较小，采用总和计算方法估算数据量。每条基础数据按 5KB 计算，基础数据约 4000 万条，基础数据总容量约为  $5\text{KB} \times 40000000 = 0.19\text{T}$ 。

### 8.3.5. 数据总量与硬盘配置

综上所述，常州市公路事业发展中心三维数据容量大小为：

$$0.48+1.75+0.96+0.19=3.38\text{TB}$$

综合考虑后期模型更新等各项因素，存储空间按照 30% 进行冗余设计，需配置存储空间大小为：

$$(1+30\%) * 3.38\text{TB} = 4.4\text{TB}$$

考虑低空航摄禁飞区估算误差影响，推荐使用存储硬盘 5TB。

### 8.3.6. 三维原始数据库数据量

为满足省级要求的三维原始数据汇交，需对原始数据进行存储，包括车载激光雷达采集的原始数据和无人机倾斜摄影采集的原始数据。采用总和计算方法计算数据量。车载激光雷达成果数据为 Las 文件，文件大小约为 65GB/km，无人机倾斜摄影成果数据为 osgb 文件，文件大小约为 45GB/km。根据第五章所述采集范围，车载激光雷达采集总里程约为 654.771km；受禁飞区影响，核减低空航摄里程约为：S122 约 23.804km，S239 约 23.490km，S357 约 25.603km，

因此低空航摄采集总里程约为（654.771-23.804-23.490-25.603）=581.874km。

考虑公路里程数据存在 30%冗余。常州市三维模型采集原始数据容量为：

$$(65*654.771+45*581.874)*(1+30\%)GB=87.37TB$$

考虑建模过程中，建模软件对原始数据处理时的数据增量，推荐采集建设放使用存储硬盘不低于 100TB。

注意，项目数据涉及国家地理信息数据，根据自然资源部和国家保密局联合印发的《测绘地理信息管理工作国家秘密范围的规定》，本项目数据属于机密级。数据存储与销毁要求见本报告 10.5 数据安全部分。

## **8.4. 应用支撑系统设计**

### **8.4.1. 操作系统**

操作系统为本项目所有软件提供基础的运行环境支撑，操作系统要求稳定可靠，功能完善，与本项目配置的中间件、数据库、系统软件、算法平台均兼容适配。操作系统应考虑国产化适配。

本项目配置操作系统应处于长期更新维护版本阶段，且具备支持国产化服务器硬件、国产化中间件、数据库等的的能力，建议配置安全性和稳定性高，运行速度快，系统配置快捷，适用于存储密集型和计算密集型任务的操作系统。

### **8.4.2. 数据库管理系统**

本项目建设了较多数据库，推荐使用国产化适配的关系型数据库管理系统。数据库与省数据底座定期进行数据同步，三维数据的日常维护以省数据库为主。本地数据库作为数据备份使用。

为对本项目的所有数据库进行统一管理和控制，以确保它们的安全性和完整性，需要数据库管理软件，要求如下：

#### **（1）数据定义**

提供用户定义数据库的三级模式结构、两级映像以及完整性约束和保密限制等约束，还支持用户建立和修改数据库的库结构。

#### **（2）数据操作**

提供用户实现对数据的追加、删除、更新、查询等操作。

#### **（3）数据库的运行管理**

运行控制、管理功能，包括多用户环境下的并发控制、安全性检查和存取限制控制、完整性检查和执行、运行日志的组织管理、事务的管理和自动恢复。

#### (4) 数据组织、存储与管理

支持分类组织、存储和管理各种数据，包括数据字典、用户数据、存取路径。

#### (5) 数据库的保护

包括数据库的恢复、数据库的并发控制、数据库的完整性控制、数据库安全性控制。

#### (6) 数据库的维护

包括数据库的数据载入、转换、转储、数据库的重组和重构以及性能监控等功能。

#### (7) 通信

须具有与操作系统的联机处理、分时系统及远程作业输入的相关接口，负责处理数据的传送。对网络环境下的数据库系统，还应该包括与网络中其他软件系统的通信功能以及数据库之间的互操作功能。

### 8.5. 数据处理和存储系统设计

#### (1) 应用服务器

应用服务器主要用于响应各应用系统的用户应用请求，负责业务逻辑的处理，并维护应用系统与数据库之间的连接。本系统的应用服务器主要用于搭建 Weblogic 的 Web 服务，负责承载所有的用户请求，针对服务器硬件配置要求低，无特殊硬件要求和 I/O 要求不高的 Web 服务可以部署在虚拟机上，以提高资源利用率。

目前 Web 服务器的评估方法一般使用 SPECweb2005 的估算方法，由于本服务需要满足特定吞吐量和时间响应要求的最大并发连接数，SPECweb2005 是专业针对 Web 服务器的估算标准和基准测试要求。针对本次 Web 服务器的配置 SPECweb2005 的值不小于 31.25。考虑到本项目中应用服务器需求较低，建议与数据库服务器合并。

## (2) 数据库服务器

为合理选择数据库服务器的技术指标，采用业界较为通用的方法对数据库服务器的计算能力进行初步估算。本项目采用基于 TPC-C 的经验公式来估算数据库服务器 CPU 性能要求。其计算公式为：

$$\text{tpmC}=\text{TASK}\times\text{Ct}\times\text{S}\times\text{F}/[\text{T}\times(1-\text{C})]$$

结合上文数据存储量计算结果，数据库服务器需配置 5TB 存储空间，故三维数据库服务器需配置硬件资源如下，且硬件设备应考虑国产化适配原则。

- CPU：16v，主频 $\geq$ 2.4GHz；
- 内存：32G；
- 系统盘：500GB；
- 数据盘：5T。

## (3) 三维高渲染服务器

本项目三维渲染服务需求迫切，需配置三维高渲染服务器，实现对常州市 654.771km 道路三维模型的渲染及可视化。根据行业经验估算，本项目中完成 654.771km 普通国省道三维模型的 1~2 路推流任务。

## 8.6. 网络安全设计

本项目建设将在《中华人民共和国网络安全法》要求下，参照二级等保要求（GB/T 22239-2019 信息安全技术网络安全等级保护基本要求）进行建设。在项目建设建成后进行等保测评，并对测评出现的问题进行相应的整改。常州市普通国省道三维典型场景应用系统部署在常州市公路中心机房内，使用现有交通专网进行数据传输。

本项目主要依托专线网络实现常州市普通国省道三维典型场景应用系统业务的传输，网络结构完全复用，不改变原始网络结构。常州市现有公路专网符合二级等保要求，不进行安全设备增补。

## 8.7. 数据安全设计

常州市普通国省道三维典型场景应用系统的智能化、网联化、数字化建设，产生了大量信息化节点，在给公路管养业务带来巨大便利的同时，也增加了信息安全风险。本次项目根据国家关于基础社会、网络安全等有关法律法规要求，



从设备安全、网络通信安全和信息系统安全 3 部分对常州市普通国省道三维典型场景应用系统信息安全进行整体考虑，项目建设中重点考虑信息系统安全。详细信息安全建设参照尚未安全系统设计部分，需满足二级等保要求进行安全系统建设。

## 九. 主要数据成果与汇交方案

### 9.1. 主要成果内容

#### 9.1.1. 数据

提交的数据成果主要包括基础地理信息数据、三维模型切片成果数据及源数据、三维模型属性信息及元数据。

市级数据成果目录按照省级要求进行组织，保证数据的目录结构、关联关系、内容的完整统一。其中，共线路段不重复存储，利用路段关系表和路线共线段属性信息表明确数据间关系。保证数据的目录结构、关联关系、内容的完整统一。

#### 9.1.2. 软件

完成常州市普通国省道基础数据库、三维模型数据库、三维模型基本属性数据库、元数据库建设，在三维典型场景基础上重点实现道路资产可视化、路网运行状态可视化 2 个基础场景，具体包括以下功能：

##### ➤ 道路资产可视化

三维模型与公路资产属性信息进行挂接，形成公路三维资产台账，发布路网、设备、设施属性交互查询能力，用户点击三维模型查看路产属性信息，实现基于三维模型的常州市公路资产精细化管理。

##### ➤ 路网运行状态可视化

对接公路路网视频监控系统，将部署在不同位置的视频监控与数字化底座支撑软件的三维模型进行融合，关联摄像头与设备属性，调用视频流数据展现在对应的显示区域。点击对应摄像头，在弹窗中显示对应视频流数据，实现对摄像机图像的整体管理。

#### 9.1.3. 文档

- (1) 《三维数字化建设项目建设方案》；
- (2) 建设项目《技术总结》、《检查总结报告》等；
- (3) 三维成果示范应用相关文档；
- (4) 《公路里程数据对比分析报告》；

公路里程数据对比分析报告是指以实际采集的成果对公路中心现有年报系统进行对比分析，包括不限于各路段的实际公里数、里程桩经纬度位置等；

#### (5) 科研报奖

对本次项目成果进行归纳总结，申报相关省部级奖项。

## 9.2. 成果汇交

### (1) 成果数据自查

为确保成果数据能够尽快通过省中心核查，建议在成果汇交前进行数据自查。自查流程应参照省中心检查流程。根据实施方案要求，首先进行总体符合性检查，其内容包括完整性检查及数据范围检查。如果在成果概查中发现重大缺陷，如主要数据不齐全或成果组织结构严重不符合要求，可能会影响后期的详细检查，则应将成果退回，由实施方进行调整、补采或重采。若概查未发现重大缺陷且基本符合要求，则进入成果详查阶段。详查内容包括数据完整性检查、数据准确性检查、数据一致性检查、数据有效性检查及数据接边检查等。检查中发现的问题应及时反馈给成果提交单位，以便进行整改。整改完成后，需复核相关问题，直至所有问题均已解决。

### (2) 汇交方式

采用数据成果、软件源代码和文档资料采用移动存储介质汇交。

## 9.3. 公路里程数据对比分析

### 9.3.1. 对比数据内容

本次对比分析的数据基础来源于两方面：一是采用无人机低空航摄、车载激光扫描等技术手段，对常州市普通国省道进行的高精度三维采集、建模数据，包括路面的几何形态、里程桩位置、经纬度坐标等详细信息；二是公路中心历年积累的年报系统数据，该数据通过传统测绘与统计方法获得，是公路管理部门日常管理和规划的重要依据。

### 9.3.2. 对比分析内容

实际的普通国省道三维采集成果与公路中心现有年报系统中的里程数据的对比分析报告，包括不限于以下内容：

### （1）实际公里数对比

将三维采集系统获取的各路段实际公里数与年报系统中的数据进行逐一比对，通过精确计算，统计部分路段因道路改扩建、维修养护等原因，实际公里数与年报记录存在的偏差。特别是新建或改建路段，其实际长度往往超出原有记录。该部分差异应梳理成册。

### （2）里程桩经纬度位置校验

利用三维采集成果中的经纬度信息，对年报系统中里程桩的位置进行校验。大部分里程桩的经纬度坐标与三维数据相吻合，但有少数里程桩因标记磨损、位置移动等原因，导致坐标偏差较大，该部分数据应梳理成册。

### （3）数据差异原因分析

针对上述差异，进行深入分析，揭示普通国省道三维采集成果与公路中心年报系统里程数据之间的主要差异及其成因，为提升公路管理效率与数据准确性提供支撑。

## 十. 组织实施方案及质量管理

按照统一设计和分级建设相结合、省市协同实施的要求，统一标准、统一管理、上下协同，避免重复建设，提升投入质量和效益。

### 10.1. 生产流程

由常州市公路中心下发项目计划及数据清单给具体的作业生产单位。作业生产单位完成相关数据生产，具体包括：外业数据采集、三维建模、三维模型语义化，成果自检，省级检核后整改，并完成最终成果入库工作。其中，在三维模型语义化环节，需要各公路中心、分中心与作业生产单位协调配合，收集整理相关资料，完成语义化环节。

### 10.2. 建设时间进度计划

#### （一）前期准备和项目启动

成立组织机构，建立各项规章制度，明确项目团队职责及要求。

#### （二）数据清单整理与对接

（1）整理确定采集路线，制作接合表，保证数据采集工作的不重不漏。

（2）明确倾斜航摄区域，划定区域范围。

（3）预估工作情况，制定工作计划。

#### （三）普通国省道三维数据采集

（1）按普通国省道采集清单开展车载激光点云外业采集工作，同步开展控制点布设等工作，采集完成的点云成果尽量当天解算完成。点云解算有问题的及时复测或补充控制点，确保点云成果质量。最终提交 las、laz、xyz 格式文件。

（2）按倾斜航摄区域的具体范围，开展倾斜航空摄影及像控测量工作。最终提交 osgb、fbx 格式文件。

#### （四）普通国省道三维数据建模

（1）基于车载点云成果数据分类别开展普通国省道三维数据模型建设工作。具体包括道路、标线、沿线设施、绿化等。模型建设完成后，完成模型数据的检查及修改工作。建设完成的三维模型数据按照方案要求的进行编码。最终提交 rvt、dgn、3dxml、fbx、ifc、max、skp 格式文件。

（2）基于倾斜航空摄影影像数据及像控测量成果数据完成倾斜三维模型建

设工作。按方案要求，对需要进行单体化的构筑物进行单体化处理。最终提交 rvt、dgn、3dxml、fbx、ifc、max、skp 格式文件。

#### **(五) 普通国省道矢量化文件制作**

基于车载点云成果数据分类开展普通国省道二维矢量数据建设工作。具体包括道路、标线、沿线设施等。矢量文件完成后，对矢量文件数据按照方案要求的进行编码。最终提交 shp 格式文件。

#### **(六) 数据治理与优化**

(1) 建设完成的三维模型与公路基础数据库进行属性对接，建立完善的三维模型基本信息表。

(2) 按照方案要求对成果数据进行组织。

(3) 重点路段及特殊区域场景美化等。

(4) 数据的轻量化。

对现有普通国省道三维数字化建设工作量进行评估，以确定项目各阶段所需工作时长。

考虑下半年常州当地因雨、夜、雾等可视程度较差的天气状况或一些不可抗力作用，采集时间按 200%进行预留。

### **10.3. 数据质量管理**

#### **10.3.1. 质量管理目标**

要求数据成果相关质检标准参考 CH/T 9024-2014《三维地理信息模型数据产品质量检查与验收》、GB/T 24356-2023《测绘成果质量检查与验收》和 GB/T 18316-2008《数字测绘成果质量检查与验收》执行。

#### **10.3.2. 质量管理体系**

本项目成果的质量实行“两级检查、一级检核”制度。

(1) 两级检查

1) 一级检查

一级检查对项目成果进行 100%内业检查，外业检查比例不得低于生产时外业的 30%，并应做好检查记录。检查出的问题、错误，复查的结果应在检查记录中记录。

一级检查提出的质量问题，作业人员应认真修改，并在检查记录上签字。

经一级检查未达到质量指标要求的，项目成果全部退回处理。退回处理后的项目成果资料须进行复查，确定问题是否修改彻底。

一级检查的检查记录随项目成果一并提交生产单位的质检部门进行二级检查。

## 2) 二级检查

项目成果通过一级检查后，才能进行二级检查。二级检查应审核一级检查记录。

二级检查对项目成果进行 100%内业检查，外业检查比例不得低于生产时外业的 10%，且原则上与一级检查的外业检查成果不重复。检查出的问题、错误，复查的结果应在检查记录中记录。

二级检查提出的质量问题，作业人员应认真修改，并在检查记录上签字。

经二级检查不合格或未达到质量指标要求的，项目成果全部退回处理。处理后的项目成果资料须重新执行二级检查，直至合格为止。

二级检查完成后，由生产单位质检部门进行成果质量等级评定，并编写检查报告，检查记录及检查报告随成果一并提交省级检核。

### (2) 一级检核

作业单位需配合省级技术支撑单位完成省级成果检核工作，对检核过程中发现的问题及时查改，最终通过检核。

## 10.3.3. 主要检查内容明细

### (1) 点云数据检查

表 10-1 激光点云检查内容

检查项	检查内容	检查方法
空间参考系	平面基准、高程基准、地图投影参数的正确性。	人工进行审核检查。
位置精度	平面位置精度、高程精度正确性和符合性。	采用人机交互方式检查。

### (2) 车载影像数据检查

普通公路基础设施三维数字化采集，影像质量要求应符合《GB/T 41452-2022 车载移动测量三维模型生产技术规程》中的规定。

### （3）倾斜摄影数据检查

利用航飞影像即时检查软件，在飞行完成后，把飞行数据导入到软件中，即可迅速地查看飞行成果，检查飞行成果是否满足要求。软件根据 POS 信息，将像片平铺显示在图形界面上，直观的检查像片质量以及飞行情况，对于漏片漏 POS 的情况能迅速发现，可通过导入范围线，检查飞行是否覆盖整个测区，以及自动计算重叠，检查航向重叠度、旁向重叠度和像片旋角是否满足要求。

### （4）像控点检查

外业像控点联测结束后的坐标应及时展点检查，防止出现粗差，确保下工序的空三加密得以顺利进行。主要检查像控布点设计、观测、计算是否规范，点之记内容是否齐全，检测像控点精度是否满足要求。检测像控点比例不低于总点数的 10%。

### （5）空三加密成果检查

通过人工内判和外业检核方式逐一进行基本定向点、检查点、公共点检查。平差后控制点误差应满足对基本定向点限差的要求，检核点残差应满足对检查点限差的要求。

### （6）三维连续表面模型检查

#### 1) 模型检查

在建模软件环境下，采用人机交互检查方式，检查空间参考系、建筑物模型完整性、场景协调性等；采用野外实测的方式获取检查点，通过检查点与模型对应点坐标比对检核的方式检查模型精度。

#### 2) 纹理检查

模型纹理检查主要通过核查分析方法，对于原始像片主要检查数据范围是否符合标准规范的要求，云雾覆盖量是否过大，对于模型纹理主要检查数据中色彩模式是否正确，模型墙面的平滑处理是否自然，墙面倾角是否合理，是否存在影像噪声及信息丢失。检查方法为，在建模系统中打开原始影像，人工查看三维模型质量信息，对于模型变形错位的地方通过人工修复的方式进行精细化建模。



## **10.4. 保障措施**

### **10.4.1. 经费控制保障**

普通国省道及相关设施数字化底座建设项目资金投入大，项目运行复杂，常州公路中心可敦促作业单位在项目管理的过程中，对资金到位情况、项目的运作情况、进度、成本的控制等进行实时监控，从而做出科学的计划调整决策，以保证项目的高效、安全进行。作业单位将以目标成本为基础，进一步整合合同与进度计划，实时统计项目实际发生成本，并与目标成本进行对比分析，实现项目成本的动态控制，有效控制投资风险，从而保证项目资金的充足。

同时，设立满足项目要求的流动资金，在实施进度计划中，给予资金保障，确保不因资金问题影响项目的正常开展，顺利完成三维数据建设项目。

### **10.4.2. 人员和技术保障**

常州公路中心可敦促作业单位组织学习能力强、技术精、经验丰富、有热情且踏实肯干的技术骨干成立项目实施组，负责项目管理、技术设计、技术问题解答以及质量控制等核心工作，通过集中培训、技术交流等形式，准确把握项目建设工作的技术要求，并在实践中迅速起到带动队伍的作用。

项目期间，利用视频以及现场多种方式，分期开展项目技术培训，组织培训参与项目工作的全体作业人员包括质量检查人员。对参与常州市公路三维数据建设的作业人员进行能力考核，作业人员的首件成果须经质量检查人员检查合格后，方可进行正式生产作业。

作业单位需确保所有参与项目工作的技术人员需认真学习省中心三维数据底座建设方案和相关技术规定，正确、全面地理解和掌握车载激光雷达采集、倾斜航飞、像控测量、三维建模、模型修饰、单体建模等工序的流程和具体技术要求。项目各级检查人员应熟悉整个作业流程及各项规定，按相关质量检查要求，控制好生产各工序的质量，保证数据质量符合相关规定要求。

### **10.4.3. 软硬件设备保障**

为保证按时、保质保量完成项目三维数据建设任务，结合实际需求，生产单位应保证软、硬件装备符合设计要求。

## **10.5. 数据安全**

### **10.5.1. 数据采集与存储安全**

#### **(1) 建立、健全安全机制**

根据《测绘作业人员安全规范》（CH 1016-2008），结合项目建设工作期间其他相关要求，严格执行各项安全生产规定，建立、健全安全管理机构、安全责任制度和安全保障及应急救援预案，落实相应管理要求。项目开展过程中，加强质量、环境、安全等方面的管理力度，最大程度地减少突发事件的发生。如发生重大环境事故、职业健康安全事故，以及社会治安、意识形态、自然灾害、泄密等重要突发事件，立即启动应急处置预案，采取相关措施，减轻其造成的损害及影响。

#### **(2) 生产安全**

常州公路中心需监督作业单位完善安全生产条件，加强对作业人员的安全生产知识教育培训，确保作业人员的人身财产安全和公路三维数据建设工作的安全顺利开展。

涉密计算机要专机专用，在使用、管理、维护等方面要严格区别于非涉密计算机，禁止混用、乱用。

涉密计算机不得直接或间接连入国际互联网等非涉密网，必须粘贴“涉密计算机”及国家秘密等级的标识。

#### **(3) 数据安全**

本项目涉及的各种纸质、数字成果资料，需做好信息安全管理。在项目开展过程中，各作业单位必须认真落实地理信息成果安全保密管理各项要求，严格成果安全保密关键环节的管理，并对涉密资料使用与管理人员开展岗位培训和保密形势与防范知识技能培训，切实树立并增强作业人员的安全保密意识，确保数据安全。

对于废弃的涉密资料，应按照《中华人民共和国保守国家秘密法》及时销毁。

项目数据涉及国家地理信息数据，根据自然资源部和国家保密局联合印发

的《测绘地理信息管理工作国家秘密范围的规定》，本项目数据属于机密级。根据国家相关法律法规，对存储数据设备要求如下：

1) 涉密计算机和涉密信息系统管理要求

涉密测绘地理信息必须在涉密计算机或涉密信息系统中存储和处理，涉密计算机应当登记备案并进行标识，涉密信息系统应当符合分级保护要求。涉密计算机和涉密信息系统严禁接入互联网及其他公共信息网络。

2) 介质使用和保管要求

存储涉密测绘地理信息的涉密移动存储介质不得在非涉密计算机上或非涉密信息系统中使用；非涉密移动存储介质以及手机、音视频播放器等具有存储功能的电子产品不得在涉密计算机或涉密信息系统中使用；严禁非法复制、记录、存储涉密测绘地理信息；不得非法获取、持有涉密测绘地理信息载体。涉密单位承担横向合作项目所持有的涉密载体必须纳入本单位统一管理范围，不留死角。

3) 涉密计算机外接设备管理要求

存储、处理涉密测绘地理信息的涉密计算机，必须拆除机内无线网卡等无线互联设备，切断无线联网渠道，不得连接无线鼠标、无线键盘等无线外围设备。

4) 涉密信息系统配置管理要求

涉密单位应当按照分级保护要求，建立涉密测绘地理信息系统设施、设备安全配置和审计制度，严格账户、口令管理，安装病毒防护软件并定期升级。

5) 涉密载体销毁管理要求

存储和处理涉密测绘地理信息的涉密计算机、涉密移动存储介质的淘汰、销毁，需履行清点登记审批手续，送保密行政管理部门授权的销毁机构或指定的承销单位销毁。

本次普通国省道三维数据采集过程中，涉密数据将分别存放于采集单位与建设单位、省级指定的原始数据存储单位。**相关单位须具备信息安全与保密相关资质。**

项目开始采集后至项目数据正式汇交前，相关数据由采集单位进行存储，采集单位须提供安全的存储方式和存储地点，且采集及存储单位**须具备信息安全**

**全与保密相关资质：**项目完成后，三维数据应汇交给江苏省交通厅，由省厅统一安排数据存储地点。数据汇交完成后，采集单位应按照规定流程完成保密数据在本地的销毁工作。

### **10.5.2. 数据应用安全**

常州市普通国省道三维模型数据应用的智能化、网联化、数字化建设，产生了大量信息化节点，在给公路管养业务带来巨大便利的同时，也增加了信息安全风险。

本次项目根据国家关于基础社会、网络安全等有关法律法规要求，从设备安全、网络通信安全和信息系统安全 3 部分对常州市普通国省道三维模型数据应用的信息安全进行整体考虑，项目建设中重点考虑信息应用安全。

信息系统的安全保护等级分为五级。

本项目信息系统初步考虑按照二级等保要求进行安全系统建设。常州公路中心现有机房及网络系统符合等保二级要求，不再增加安全设备。

## 十一. 设计预算

### 11.1. 投资预算编制依据

参考国家、工业和信息化部、交通运输部等制定的相关预编制方法及有关规定编制。

(1) 工业和信息化部《电子建设工程概(预)算编制办法及计价依据》(HYD41-2015)；

(2) 工业和信息化部《电子建设工程预算定额》(HYD41-2015)第一册；

(3) 《建设项目前期工作咨询收费暂行规定》(计价格[1999]1283号)；

(4) 《国家电子政务工程建设项目管理暂行办法》(国发改[2007]55号)；

(5) 《建设工程工程量清单计价规范》(GB50500-2013)；

(6) 《建设工程监理与相关服务收费标准》；

(7) 中华人民共和国国家发展改革委员会《招标代理服务收费管理暂行办法》；

(8) 国家计委、建设部计价格[2002]10号文《工程勘察设计收费管理规定》的通知；

(9) 《软件开发和服务项目价格构成及评估方法》(中国软件行业协会2006)；

(10) 《常州市人力资源市场部分职位工资指导价位(2022年)》

(11) 《江苏省交通运输行业政务软件研发费用测算规范指南(试行)》，江苏省交通运输厅，2022年；

(12) 相关厂商的产品报价；

(13) 国家及地方其他有关投资估算规定和取费标准；

(14) 交通行业相关信息系统同类工程建设的相关经验。

### 11.2. 投资预算编制说明

(1) 数据采集及建模费参考省内南京、扬州、徐州建设经验进行单价取值。

(2) 软件开发费：根据《电子建设工程概(预)算编制办法及计价依据》，  
应用软件开发费=软件开发人员的人工费+材料费+仪器仪表使用费+措施项目费+企业管理费+规费+利润+其他费用+税金，其中：

软件开发人员的人工费：参考《常州市人力资源市场部分职位工资指导价(2022年)》中计算机软件行业中位工资，取 50 分位全年工资为 12.2795 万元，按平均 10233 元/月记取。

材料费：本工程所涉及的应用软件开发不产生材料费；

仪器仪表使用费：本工程所涉及的应用软件开发不产生仪器仪表使用费；

措施项目费：本工程所涉及的应用软件开发不产生措施项目费；

企业管理费=人工费×10%；

规费：包括企业为软件开发人员缴纳的养老保险(人工费×20%)，失业保险(人工费×2%)，医疗保险(人工费×10%)，工伤保险(人工费×1%)，生育保险(人工费×0.8%)，住房公积金(人工费×12%)；

利润=人工费×15%，在实际计取时根据行业平均利润适当调整；

其他费用：本工程所涉及的应用软件开发不产生其他费用；

税金=(人工费+企业管理费+规费+利润)×6%。

为简便计算，折算软件开发人均单价=人工费+材料费+仪器仪表使用费+措施项目费+企业管理费+规费+利润+其他费用+税金=18526 元/(人\*月)

应用软件开发费=工作量×软件开发人均单价；

道路资产可视化、路网运行状态可视化软件开发需求约为 8 人月/个功能，应用软件开发费=(8+8)\*18526 元≈30 万元

(3) 设备材料购置费包括硬件设备价格、支撑软件及其他费用。硬件设备价格以当前市场价格计取；支撑软件主要以购买成熟的商业软件为主，费用按市场价格计取；硬件及支撑软件的运杂费、采购保管费、运输保险费等包含在设备费单价中。

(4) 安全等级测试费参照近期类似项目市场价计取，应包含等保测评费等。

### 11.3. 投资预算

项目投资预算总体为 484.23 万元，其中采集建模费用 406.43 万元，数据治理优化费 21.8 万元、设备采购购置费 26 万元、可视化展示 10 万元，科研报奖 20 万元。