JKprd（已脱敏）

Jo | 今天修改

1 文档说明

1.1 文档目的

本产品需求规格说明书（PRD）为**全域空间设施资源数字孪生体智能生成系统**的核心交付文档，明确系统的产品定位、核心功能、非功能要求、交互设计、数据规范、验收标准及项目实施计划，作为研发、测试、验收、部署及军方使用的唯一技术依据，确保各方对产品需求的认知高度统一，保障项目在 12 个月内按质、按量、按时交付。

1.2 适用范围

本文档适用于参与本项目的所有单位及人员，包括：军方项目对接与使用人员、产品研发团队、测试团队、运维团队、国产化适配团队、硬件部署团队等。

1.3 参考文档

1. 《城市三维建模技术规范》（CJJ/T 157-2010）
2. 广域空间设施资源数字孪生体智能生成关键技术研究报告（20251225 版）
3. 军方全域空间设施资源数字化管控需求说明书（202601 版）
4. 国产 AI 硬件适配技术规范（华为昇腾 910B / 砺算 7G106 版）

2 术语与定义

表格

术语	定义
广域空间	基于 0.1 米亚米级多光谱卫星影像覆盖的万平方公里级空间范围，为宏观管控层级
局域空间	基于 5 厘米分辨率无人机倾斜摄影覆盖的平方公里级精细空间范围，为微观详查层级
数字孪生体	对物理空间设施资源的几何形态、属性特征、动态状态进行 1:1 数字化复刻的三维模型，具备**可视化、可计算、可分析、可更新**能力
LOD	细节层次（Level of Detail），本系统中广域孪生体为 LOD1.2 级、局域孪生体为 LOD2.5 级（支持人工编辑至 LOD3.0 级），符合《城市维建模技术规范》
3DGS	3D 高斯溅射（3D Gaussian Splatting），一种高保真三维重建技术，用于局域复杂军用 / 民用设施的精细化重建，实现照片级视觉效果
增量更新	针对设施资源变化区域进行局部模型修正 / 替换，而非全量重建的更新方式，为系统核心更新策略
多源数据融合	将卫星影像、无人机影像、GIS 数据、IoT 传感数据等多类型、多坐标系数据进行时空配准、坐标统一的技术过程
国产化适配	将系统从 NVIDIA 通用硬件平台迁移至华为昇腾、砺算等国产 AI 硬件平台，实现模型、算子、环境的全流程自主可控
高价值机动目标	军方重点关注的飞机、舰船、战车等具备移动能力的设施资源，为系统建模与解析的核心对象
语义解析	通过 AI 技术从影像 / 模型中提取设施资源的语义属性（如材质、型号、储量、承载力等），实现从“视觉复现”到“认知分析”的升级

3 产品概述

3.1 产品背景

当前国防空间资源管控与智慧城市治理进入全域化落地阶段，对广域空间设施资源的**高效、精准、现势性强**的数字化表达提出核心实战需求。传统人工驱动的数字建模技术存在三大核心瓶颈：

1. **规模化构建效率瓶颈**：自动化程度低，建模周期长、成本高，无法实现万平方公里级的快速覆盖；
2. **动态更新现势性瓶颈**：模型更新机制滞后，无法与物理世界同步演化，难以捕捉高价值目标的战术性位移 / 状态变化；
3. **语义解析认知深度瓶颈**：模型仅实现几何与纹理的视觉复现，缺乏可理解的语义信息，无法支撑军方战略决策与实战化推演。

高分辨率卫星影像与无人机倾斜摄影为空天数据获取提供了技术支撑，结合 AI 大模型、计算机视觉、三维重建等前沿技术，可构建全链路的数字孪生体智能生成解决方案，突破传统技术范式限制，实现从“人工建模”到“智能生成”的范式革命，满足军方对空间设施资源数字化管控的**大尺度、高精度、高现势性、自主可控**核心需求。

3.2 产品目标

3.2.1 总体目标

打造一套覆盖**空天地多源数据融合、广域 - 局域跨尺度建模、动态增量更新、智能属性解析**的全域空间设施资源数字孪生体智能生成系统，实现国防空间资源从物理世界到数字空间的**全要素、高保真、准实时**映射，**确保项目在 12 个月内完成全流程研发、适配、测试、验收与部署上线**，形成可直接投入军方实战使用的成熟产品。

3.2.2 具体目标

1. 实现广域 / 局域空间设施资源数字孪生体的**全流程自动化生成**，大幅降低建模时间与人力成本，满足军方大规模空间覆盖需求；
2. 构建**准实时动态更新闭环**，实现设施资源变化的快速感知与局部模型修正，适配军方对高价值目标动态监控的实战要求；
3. 完成设施资源从“可视化”到“可计算、可分析”的升级，输出精准的属性、状态与关联知识，支撑军方作战规划与资源评估；
4. 打造**标准化、可复用**的设施资源素材库，重点完善军用高价值目标模型库，支撑数字孪生体的快速实例化；
5. 实现系统的**100% 国产化适配**，兼容国产 AI 硬件、操作系统与芯片算子库，满足军方信息安全与自主可控要求；
6. 构建一套军方定制化的操作与监控界面，适配军方作业习惯，实现系统的简易操作、高效管控与 7×24 小时稳定运行。

3.3 核心价值

1. **大尺度覆盖**：支持数十万平方公里超大规模广域空间的自动化建模，兼顾平方公里级局域空间的精细化复刻，实现“宏观管控 + 微观详查”的跨尺度协同；
2. **高精度解析**：实现设施资源几何形态、物理属性、功能状态的精细解析，输出可量化的作战相关指标（如储量、承载力、作业效能），支撑军方精准化决策；
3. **高现势性更新**：依托卫星高重访能力与无人机机动侦察优势，实现数字孪生体与物理世界的分钟级同步，精准捕捉高价值目标的位移与状态变化；
4. **国产化自主可控**：全流程适配国产硬件、操作系统、AI 框架与算子库，无国外开源组件 / 技术依赖，符合国家信息安全与军方涉密项目要求；
5. **高可操作性**：数字孪生体全要素参数化、可编辑，结合“AI 监督检查 + 人工最终核验”的双重机制，保障数据可信度，适配军方实战化使用要求；
6. **高时效性交付**：严格遵循 12 个月交付周期，采用军工级敏捷开发模式，分阶段完成核心功能研发与验收，确保系统快速落地形成作战能力。

3.4 用户角色与权限

结合军方使用需求与项目实施流程，定义系统 6 类核心用户角色，明确各角色的核心职责与操作权限，实现**权限分级、操作可控、数据安全**：

用户角色	所属单位 / 团队	核心职责	核心操作权限	数据访问权限
军方总负责人	军方项目主管部门	项目整体管控、验收审批、需求确认	仅系统全局查看、验收审批、需求变更申请	全量数据只读
军方操作工程师	军方使用单位	孪生体生成 / 更新 / 解析任务配置、结果查看与分析	广域 / 局域建模任务创建、属性解析、三维场景分析、结果导出	授权区域数据全操作
军方数据管理员	军方数据管理部门	军方空天数据接入、预处理、质量校验	数据上传 / 审核 / 管理、数据格式转换、数据权限分配	全量数据管理操作
系统研发工程师	研发团队	系统模块研发、联调、BUG 修复	研发环境全操作、生产环境模块部署	研发环境数据全操作
系统测试工程师	测试团队	功能 / 性能 / 兼容性测试、BUG 反馈	测试环境全操作、生产环境测试验证	测试环境数据全操作
系统运维工程师	运维团队	系统部署、故障排查、性能优化、国产化环境维护	服务器资源监控、系统参数调整、故障修复、算力调度	生产环境运维数据全操作

4 产品整体架构

4.1 核心能力框架

本系统的核心能力围绕**智能生成、快速更新、智能解析**三大核心支柱展开，结合**多源数据融合、素材库管理、数据调度、国产化适配**四大支撑能力，形成“核心能力 + 支撑能力”的全链路解决方案，所有能力均需在 12 个月周期内完成研发与落地，核心能力框架如下：

plaintext

代码块

```
┌──────────────────────────────────────────────────────────────────────────────
│                                 核心能力层                                   │
```

```
│  智能生成（广域建模+局域建模）| 快速更新（广域+局域）  | 智能解析（广域+局域）  │
├──────────────────────────────────────────────────────────────────────────────┤
│                          支撑能力层                                          │
│ 多源数据融合 | 设施资源素材库管理 | 大规模数据调度 | 国产化适配                 │
├──────────────────────────────────────────────────────────────────────────────┤
│                          基础层                                              │
│  硬件层（国产AI服务器/渲染服务器）| 软件层（国产操作系统/AI框架）  │
└──────────────────────────────────────────────────────────────────────────────
```

4.1.1 核心能力

1. **智能生成**：基于卫星影像实现广域空间 LOD1.2 级数字孪生体自动化生成，基于无人机倾斜摄影实现局域空间 LOD2.5 级数字孪生体精细化生成，支持民用设施、军用设施、自然地物的全要素建模；
2. **快速更新**：依托卫星 / 无人机的多时相数据，实现设施资源变化的智能检测，通过增量更新完成模型修正，替代传统全量重建，提升更新效率；
3. **智能解析**：对广域 / 局域空间的核心设施资源（机场、港口、植被、地表、军用高价值目标等）进行属性提取与深度分析，输出可计算的军方作战相关指标。

4.1.2 支撑能力

1. **多源数据融合**：实现卫星、无人机、GIS、IoT 等多源数据的时空配准、坐标统一与融合编辑，适配军方多源数据接入需求；
2. **素材库管理**：构建标准化的设施资源素材库，重点完善军用高价值目标模型库，支持多维度检索、参数匹配与快速实例化；
3. **数据调度**：实现超大规模数据的并行处理、分布式任务编排与全流程监控，满足军方海量空天数据的处理需求；
4. **国产化适配**：完成系统在国产 AI 硬件、操作系统、算子库上的模型转换、部署与性能优化，实现 100% 自主可控。

4.2 系统技术架构

系统采用**分层式、模块化**的技术架构，从下到上分为**数据层、算力层、核心功能层、应用层、交互层**，同时配套**国产化适配层**与**运维监控层**，各层相互协同、解耦设计，支持模块的独立研发、测试与迭代，适配 12 个月的快速交付要求，系统技术架构如下：

plaintext

代码块

```
┌──────────────────────────────┐ 交互层：军方定制化可视化操作界面、三维场景展示、任务
├──────────────────────────────┤ 应用层：广域建模、局域建模、增量更新、属性解析、素材
├──────────────────────────────┤ 核心功能层：语义分割、三维重建、变化检测、多源融合、
├──────────────────────────────┤ 算力层：国产AI计算服务器、前端渲染服务器、分布式计算
├──────────────────────────────┤ 数据层：卫星影像、无人机影像、GIS数据、IoT数据、素材
├──────────────────────────────┤ 国产化适配层：国产硬件模型转换、算子库适配、国产化环
└──────────────────────────────┤ 运维监控层：全流程容错、性能监控、版本管理、日志分析、
                               └──────────────────────────────────────────────


┌──────────────────────────────────────────────────────────────────────────────
│ 安全层：数据加密存储/传输、权限控制、操作日志、防黑客攻击（贯穿所有层级）
└──────────────────────────────────────────────────────────────────────────────
```

5 核心功能需求

本系统的核心功能需求分为**7 大核心模块**，各模块下分设子模块 / 功能点，明确每个功能点的**输入、输出、核心产品要求**，所有功能均需满足**军方实战化要求**与**12 个月交付周期**，研发过程中采用 “模块化研发 + 并行集成” 模式，确保各模块高效协同。

5.1 智能生成系统

智能生成系统是本产品的核心模块，分为**基于卫星影像的广域建模子系统**与**基于无人机倾斜摄影的局域建模子系统**，实现从原始空天影像到数字孪生体的**全流程自动化生成**，是系统的基础能力。

5.1.1 广域建模子系统（卫星影像）

核心定位：基于 0.1 米亚米级多光谱（RGB+NIR）卫星影像，实现广域空间全要素 LOD1.2 级数字孪生体自动化生成，支撑军方万平方公里级的宏观空间管控。**硬件环境要求**：10 × NVIDIA A800 GPU（总显存 800G），2 × Intel Xeon Platinum 8378A CPU（共 64 核 128 线程），1024G DDR4 内存。
核心功能点与产品要求：

表格

功能点编号	功能点名称	输入	输出	核心产品要求
GS-G-001	卫星影像预处理与增强	0.1 米多光谱卫星影像（原始）	色彩矫正、去噪、超分辨率增强后的标准化卫星影像	1. 支持 TB 级影像批量处理；2. 自动完成影像配准、拼接、辐射校正；3. 输出格式兼容 TIFF/IMG/GeoTIFF，适配后续语义分割流程；4. 处理效率≥100GB / 小时
GS-G-002	全要素场景语义分割	增强后的卫星影像	建筑 / 地形 / 植被 / 水系 / 机场 / 港口 / 飞机 / 舰船等**像素级 + 实例级**语义分割结果	1. 分割结果具备精准的对象边界，IoU≥0.85；2. 对高反射、强阴影、云雾等成像扰动具备高度鲁棒性；3. 支持分割结果矢量化导出（SHP/GeoJSON）；4. 分割效率≥50 平方公里 / 小时
GS-G-003	民用设施资源参数化建模	语义分割结果	建筑 / 地形 / 植被 / 水体的 LOD1.2 级三维白模	1.**建筑**：自动提取轮廓、估计高度、垂直拉伸生成白模，单体化准确率≥90%；2. **地形**：轻量化参数曲面建模，降低数据冗余，保留宏观地形特征；3. **植被**：结合 NDVI 光谱验证，剔除人工草皮 / 伪装网，批量生成参数化植被模型；4. **水体**：水面 - 水底分层建模，保证水陆边界逻辑一致，为水文分析提供基础
GS-G-004	军用设施单视图自动化建模	卫星俯视影像（雷达阵地 / 临时机库等军用设施）	军用设施高保真三维实体模型	1. 支持雷达阵地、临时机库、军用阵地等典型军用设施建模；2. 自动生成多视角影像，实现从单张俯视影像到三维实体的重建；3. 模型拓扑合理、纹理一致，精度满足军方宏观识别要求；4. 建模效率≥10 个军用设施 / 小时
GS-G-005	程序化纹理生成	三维白模、卫星影像纹理	贴附高保真纹理的广域设施三维模型	1. 自动匹配建筑立面纹理库，支持 200 余种材质的快速适配；2. 生成的纹理与几何模型精准对齐，无拉伸 / 扭曲；3. 支持纹理分辨率调节（0.1m-1m）；4. 纹理贴附效率≥40 平方公里 / 小时
GS-G-006	广域孪生体生成与导出	纹理贴附后的三维模型	广域空间数字孪生体（LOD1.2 级）	1. 支持万平方公里级模型批量生成，初始构建效率≥30 平方公里 / 小时；2. 模型包含几何信息与基础语义属性（类型、位置、尺寸）；3. 支持主流三维格式导出（OBJ/FBX/3DS），兼容国产三维可视化平台；4. 生成的模型支持与局域孪生体的无缝融合

5.1.2 局域建模子系统（无人机倾斜摄影）

核心定位：基于 5 厘米分辨率无人机倾斜摄影 RGB 影像，实现局域空间全要素 LOD2.5 级数字孪生体精细化生成（支持人工编辑至 LOD3.0 级），承接广域发现的线索，实现军方高价值目标的微观详查。**硬件环境要求**：20 × NVIDIA A800 GPU（总显存 1600G），4 × Intel Xeon Gold 6338 CPU（共 128 核 256 线程），2048G DDR4 内存。**核心功能点与产品要求**：

表格

功能点编号	功能点名称	输入	输出	核心产品要求
GS-L-001	无人机影像预处理与相机姿态估计	5 厘米分辨率无人机倾斜摄影影像（原始）	相机位姿参数、稀疏点云、标准化无人机影像	1. 自动完成 SfM 稀疏重建，精准解算相机内外参数；2. 支持无序、多视角影像的批量处理；3. 稀疏点云精度≤5 厘米，相机位姿误差≤0.1°；4. 处理效率≥50GB / 小时
GS-L-002	MVS 稠密重建	标准化无人机影像、相机位姿参数	高密度点云、深度图、三角网格模型	1. 生成的点云密度≥1000 点 / 平方米，满足 LOD2.5 级要求；2. 网格模型具备连续拓扑结构，无破损 / 空洞；3. 支持点云 / 网格的轻量化导出，兼容后续单体化流程；4. 稠密重建效率≥2 平方公里 / 小时
GS-L-003	大规模三维建筑场景单体化	三角网格模型、无人机影像	单体化的建筑三维模型	1. 解决建筑粘连问题，为每个建筑赋予独立身份标识；2. 支持平方公里级建筑场景的批量单体化，单体化准确率≥92%；3. 单体化结果包含建筑的几何信息与语义属性；4. 单体化效率≥1.5 平方公里 / 小时
GS-L-004	3DGS 高保真辐射场重建	无人机多视角影像	设施资源高保真辐射场模型	1. 支持镂空结构、细长杆件、高反光表面（如金属装甲、玻璃幕墙）的精细化重建；2. 实现照片级视觉效果，支持实时渲染与交互；3. 支持辐射场模型与三角网格模型的双向转换；4. 重建效率≥0.5 平方公里 / 小时
GS-L-005	民用设施结构化建模	3DGS 模型 / 高密度点云	具备规整几何与语义的结构化三维模型	1. 完成屋顶 / 立面 / 门窗的构件级重建，支持多坡 / 复合屋顶的拓扑闭合；2. 支持导出 IFC 格式，兼容 BIM 平台（如 Revit）与军方定制化分析平台；3. 自动修复模型破损、孔洞、构件粘连等问题；4. 结构化建模效率≥1 平方公里 / 小时
GS-L-006	地表 / 水体 / 植被模型优化	原始重建模型	优化后的地表 / 水体 / 植被三维模型	1.**地表**：道路平滑、非关键区域网格简化，降低渲染压力；2. **水体**：边界修复、动态材质赋予，模拟水波与光照反射；3. **植被**：单体化分割，替换为素材库高精度参数化模型，提升近景真实感；4. 优化后的模型无穿模 / 漏底，满足军方可视化要求
GS-L-007	高清纹理映射与优化	结构化模型、无人机高清纹理	贴附高清纹理的局域设施三维模型	1. 纹理精准映射，分辨率≤5 厘米，无拉伸 / 扭曲 / 重影；2. 支持纹理融合、细节增强与色彩校正；3. 支持纹理的批量替换与编辑；4. 纹理贴附效率≥1 平方公里 / 小时
GS-L-008	局域孪生体生成与导出	优化后的三维模型	局域空间数字孪生体（LOD2.5 级）	1. 支持平方公里级模型自动化生成，初始构建效率≥1 平方公里 / 小时；2. 模型具备可编辑性，支持人工升级至 LOD3.0 级；3. 包含精细的几何信息与语义属性，支持空间几何量测；4. 支持与广域孪生体的无缝融合，坐标系统统一

5.2 快速更新系统

快速更新系统实现数字孪生体与物理世界的**准实时同步演化**，分为**卫星影像广域更新子系统**与**无人机影像局域更新子系统**，核心为**智能变化检测 + 局部增量更新**，替代传统全量重建，是系统的核心生命力。

5.2.1 广域更新子系统（卫星影像）

核心定位：依托卫星 3 天 / 次的高重访能力，实现广域空间设施资源变化的智能检测与增量更新，捕捉设施建设进度与高价值机动目标的战术性位移，确保广域孪生体的现势性。**核心功能点与产品要求**：

表格

功能点编号	功能点名称	输入	输出	核心产品要求
RU-G-001	多时相卫星影像特征差分	历史 / 最新广域卫星影像、历史广域孪生体模型	像素级变化检测结果	1. 基于多尺度孪生网络实现特征对齐与差分，抑制光照、云雾、成像角度带来的“伪变化”；2. 支持数千平方公里的快速扫描，特征差分效率≥5000 平方公里 / 小时；3. 变化检测精度≥90%，误报率≤5%；4. 输出变化区域的像素掩码与地理坐标
RU-G-002	对象级语义变化推理	像素级变化检测结果、语义分割结果	矢量化变化图斑（含变化类型 / 置信度 / 地理范围）	1. 自动推理变化类型：新增 / 消失 / 属性变更 / 目标移动；2. 剔除无效变化（如水体自然波动、植被季节性变色）；3. 输出的变化图斑包含语义类别、置信度（≥0.8）、地理范围；4. 推理效率≥4000 平方公里 / 小时
RU-G-003	广域动态目标检测与定位	变化图斑、卫星影像	飞机 / 舰船等高价值机动目标的位置 / 状态变化信息	1. 目标检出率≥90%，定位误差≤10 米；2. 实现动态目标的快速定位与轨迹追踪，支持多期影像的轨迹拟合；3. 支持批量目标的实时检测，检测效率≥1000 个目标 / 小时；4. 输出目标的位置、状态、位移距离与方向
RU-G-004	广域孪生体增量更新	变化图斑、设施资源素材库、历史广域孪生体	更新后的广域数字孪生体	1. 自动索引素材库，实现新增目标的实例化植入、消失目标的剔除、属性变更目标的参数更新；2. 增量更新效率≥3000 平方公里 / 小时（1% 变化率）；3. 单个动态目标（飞机 / 舰船）更新时间≤2 秒，单个固定目标≤5 分钟；4. 更新后的模型与历史模型无缝融合，无拼接痕迹

5.2.2 局域更新子系统（无人机倾斜摄影）

核心定位：依托无人机的机动侦察优势，实现局域空间设施资源变化的精细化检测与增量更新，捕捉卫星无法察觉的微观变化（如墙面涂装、部件破损、舷号变更），确保局域孪生体的精准性。**核心功能点与产品要求**：

表格

功能点编号	功能点名称	输入	输出	核心产品要求
RU-L-001	多期无人机数据配准	历史 / 最新无人机影像、历史局域孪生体模型	配准后的标准化无人机影像、统一坐标系模型	1. 消除飞行轨迹、拍摄角度、光照带来的视差 / 辐射差异；2. 实现模型的高精度空间配准，配准误差≤5 厘米；3. 支持多期数据的批量配准，配准效率≥2 平方公里 / 小时；4. 配准后的影像与模型坐标系统完全统一
RU-L-002	纹理几何联合变化检测	配准后的影像、历史 / 最新模型的深度图	高置信度局域变化检测掩码	1. 结合纹理变化与几何形变，检测卫星无法察觉的精细变化（如墙面涂装、部件破损、舷号变更）；2. 剔除行人 / 车辆 / 飞鸟等动态干扰，有效变化检出率≥91%；3. 支持厘米级精细变化检测，检测精度≤5 厘米；4. 检测效率≥1.5 平方公里 / 小时
RU-L-003	局域动态目标检测与定位	变化检测掩码、无人机影像	飞机 / 舰船等高价值目标的三维空间位置 / 状态变化信息	1. 实现目标的三维精准定位，定位误差≤5 厘米；2. 支持目标状态（损毁 / 移动 / 改装）的自动判定，判定准确率≥85%；3. 检测结果可直接关联至孪生体模型，实现属性同步；4. 单个目标检测与定位时间≤10 秒
RU-L-004	局域孪生体增量更新	变化检测掩码、素材库、历史局域孪生体	更新后的局域数字孪生体	1.**纹理变化**：仅更新 3DGS 辐射场，无需重构几何，更新时间≤1 分钟 / 区域；2. **结构变化**：定位 - 重构 - 替换目标模型，实现高精度更新，单体模型更新时间≤30 分钟；3. 增量更新效率≥100 平方公里 / 小时（1% 变化率）；4. 更新后的模型保留原有语义属性，新增 / 变更属性自动补充

5.2.3 模型更新与融合子系统

核心定位：实现广域 / 局域孪生体增量更新后的智能融合与时空版本管理，支持模型的版本回溯、对比与演化分析，为军方提供全周期的空间资源变化数据。**核心功能点与产品要求**：

表格

功能点编号	功能点名称	输入	输出	核心产品要求
RU-C-001	更新区域智能融合	增量更新模型、历史孪生体底座	无缝融合后的数字孪生体	1. 实现几何与纹理的无缝融合，无拼接痕迹、无色彩差异；2. 保持模型的拓扑一致性与语义完整性，融合后无模型破损；3. 支持批量更新区域的融合处理，融合效率≥5 平方公里 / 小时；4. 融合后的模型支持实时渲染与交互
RU-C-002	时空版本管理与可视化	各期更新的孪生体模型	孪生体版本库、版本对比 / 回溯界面	1. 对孪生体不同时相版本进行高效存储与管理，支持按时间 / 区域检索；2. 支持任意版本的回溯、预览与可视化对比，对比结果采用色差高亮展示变化区域；3. 展示设施资源的演化轨迹，支持时间轴筛选与轨迹导出；4. 版本库支持异地备份，数据丢失率为 0

5.3 智能解析系统

智能解析系统实现设施资源从 **“外在形态” 到 “内在属性”**的深度分析，分为**广域解析子系统与局域解析子系统 **，输出可计算、可分析的军方作战相关指标，是系统支撑军方决策的核心能力。

5.3.1 广域解析子系统（卫星影像）

核心定位：基于广域孪生体模型与卫星影像，实现广域空间核心设施资源的宏观属性解析，输出战略级决策指标，支撑军方广域空间资源评估与战略规划。**核心功能点与产品要求**：

表格

功能点编号	功能点名称	输入	输出	核心产品要求
IA-G-001	广域核心设施资源分类与识别	广域孪生体模型、卫星影像	机场 / 港口 / 植被 / 地表的矢量化分布图层	1. 快速实现核心设施的宏观识别与定位，识别准确率≥90%；2. 形成广域资源分布 “一张图”，支持图层的叠加 / 隐藏 / 导出；3. 支持按语义类别（如机场 / 港口 / 军用阵地）进行图层筛选；4. 识别与图层生成效率≥300 平方公里 / 小时
IA-G-002	机场区域属性解析	机场分布图层、卫星影像	跑道材质 / 飞机大类 / 油罐储量 / 机场容量等指标	1. 跑道材质分类准确率≥95%（混凝土 / 沥青），可评估道面承载等级；2. 支持战斗机 / 运输机 / 直升机 / 预警机 / 加油机等 5 种以上飞机大类识别，识别准确率≥90%；3. 自动计算油罐底面半径与高度，推算单罐及总燃油储备量，误差≤10%；4. 基于跑道与停机坪面积，自动统计机场最大可容纳飞机数量，支持容量分析报告导出
IA-G-003	港口区域属性解析	港口分布图层、卫星影像	起重机类型 / 舰船类别 / 装卸效能等指标	1. 识别门座式起重机 / 集装箱岸桥等类型，识别准确率≥90%；2. 区分军用舰艇与民用货轮 / 油轮 / 集装箱船，类别识别准确率≥85%；3. 通过起重机密度与码头长度评估港口装卸效能，输出效能等级（高 / 中 / 低）；4. 统计港口泊位数量与可用泊位，支持港口作业能力分析报告导出
IA-G-004	广域地表地质类型分析	地表分布图层、卫星影像	岩石 / 松散土的地质属性分布图 + 承载力评估结果	1. 实现裸露地表的承载力分类，分类准确率≥85%；2. 地质属性分布图精度与卫星影像匹配（0.1 米），支持矢量化导出；3. 输出地表承载力评估结果，为地面载具通行性分析提供基础；4. 分析效率≥200 平方公里 / 小时
IA-G-005	植被群落属性解析	植被分布图层、卫星影像	树种类别（针叶林 / 阔叶林）/ 林分密度 / 平均树高	1. 精准细分植被群落类型，分类准确率≥90%；2. 自动计算单位面积内的林分密度（冠幅闭合度）与平均树高，误差≤15%；3. 构建包含树种类别、高度、密度的生态属性集，支持环境伪装与遮蔽分析；4. 分析结果支持 Excel/CSV 格式导出，兼容军方地理信息平台

5.3.2 局域解析子系统（无人机倾斜摄影）

核心定位：基于局域孪生体模型与无人机高清影像，实现局域空间核心设施资源的微观属性解析，输出战术级决策指标，支撑军方高价值目标的精细化评估与实战化推演。**核心功能点与产品要求**：

表格

功能点编号	功能点名称	输入	输出	核心产品要求
IA-L-001	局域核心设施资源分类与识别	局域孪生体模型、无人机影像	高价值设施的单体化识别结果 + 三维空间边界	1. 实现飞机 / 舰船 / 起重机 / 军用阵地等高价值目标的精细化识别，识别准确率≥92%；2. 精准定位目标的三维空间边界，边界误差≤5 厘米；3. 支持目标的批量标注与管理，为每个目标赋予唯一身份标识；4. 识别结果可直接关联至孪生体模型，实现属性挂载
IA-L-002	设施空间属性测量分析	局域孪生体模型	设施的长 / 宽 / 高度 / 基底面积 / 体积等参数	1. 支持点 / 线 / 面 / 体的精准量测，量测精度≤5 厘米；2. 支持批量设施的参数自动计算，计算效率≥100 个设施 / 小时；3. 量测结果支持实时显示与 Excel/CSV 格式导出；4. 支持自定义量测区域，量测数据可关联至目标属性
IA-L-003	重要设施语义参数识别	局域孪生体模型、无人机高清影像	目标舷号 / 机身编号 / 型号铭牌 / 部队标识等身份标识	1. 支持飞机机身编号、舰船舷号、军用装备型号铭牌的自动提取，提取准确率≥80%；2. 实现特定型号飞机 / 舰船 / 战车的高置信度判别，型号识别准确率≥85%；3. 识别结果可直接挂载至目标模型属性，支持模糊检索；4. 单个目标语义参数识别时间≤1 分钟
IA-L-004	设施物理属性分析	局域孪生体模型、无人机影像	设施损毁程度 / 结构状态 / 作业能力等指标	1. 支持设施损毁程度的量化评估（0%-100%），评估误差≤10%；2. 分析起重机臂架长度 / 起升高度 / 额定起重量等作业参数，误差≤5%；3. 评估机场跑道破损程度、港口码头结构状态，输出状态等级（完好 / 轻微破损 / 严重破损）；4. 输出设施物理状态分析报告，包含评估结果、建议措施
IA-L-005	设施表面材质分析	局域孪生体模型、无人机高清纹理	建筑 / 设施的表面材质类型与状态	1. 识别玻璃幕墙 / 砖混结构 / 工业蒙皮 / 金属装甲 / 混凝土等材质，识别准确率≥90%；2. 分析材质的老化 / 破损 / 锈蚀状态，输出状态评估结果；3. 生成材质分布与状态图，支持矢量化导出；4. 分析效率≥1 平方公里 / 小时
IA-L-006	植被单体化与生态属性解析	局域孪生体模型、无人机影像	单木树高 / 冠幅 / 树种 / 胸径等生态属性	1. 实现植被从“群落”到“单木”的精细化分割，单体化准确率≥90%；2. 提取单株树木的精准树高、冠幅直径、胸径，量测误差≤5 厘米；3. 识别松树 / 柏树 / 杨树 / 柳树等 40 种以上典型树种，识别准确率≥85%；4. 分析结果支持生态属性集导出，为环境伪装分析提供基础

5.4 多源数据融合与编辑系统

核心定位：作为系统的基础支撑模块，实现卫星、无人机、GIS、IoT 等多源数据的**时空配准、坐标统一、融合编辑**，解决多源数据坐标系不一致、数据格式不兼容的问题，为智能生成、快速更新、智能解析提供标准化的数据基础。**核心功能点与产品要求**：

表格

功能点编号	功能点名称	输入	输出	核心产品要求
MF-001	多源数据时空配准与坐标统一	卫星影像 / 无人机影像 / GIS 数据 / IoT 数据（多坐标系）	时空配准、坐标统一后的标准化多源数据	1. 支持 WGS84/GCJ02/BD09 / 地方独立坐标系等主流坐标系的转换与统一；2. 时空配准误 ≤5 厘米（局域）/≤10 米（广域）；3. 支持批量数据的自动化配准，配准效率≥100GB / 小时；4. 输出数据包含统一的地理坐标与时间戳
MF-002	多源数据接入与管理	卫星影像 / 无人机影像 / GIS 数据 / IoT 传感数据	标准化数据资源库 + 数据接入管理界面	1. 支持主流数据格式的接入（TIFF/IMG/JPG/SHP/JSON/CSV）；2. 支持 IoT 设备实时监控 传感器数值的接入，接入延迟≤1 秒；3. 将 IoT 数据挂载至三维模型的对应设施，实现“模型 + 数据”的一体化展示；4. 数据资源库支持按类型 / 时间 / 区域检索，检索响应时间≤1 秒
MF-003	三维场景智能编辑与标注	数字孪生体模型、多源数据	编辑 / 标注后的数字孪生体模型 + 标注结果库	1. 提供半自动 AI 辅助编辑工具：模型修复 / 裁剪 / 拼接 / 融合，支持批量编辑；2. 提供多 度标注工具：目标标注 / 属性标注 / 区域标注 / 事件标注，支持标注结果的存储与导出；3. 注结果可关联至模型属性，支持模糊检索与筛选；4. 编辑与标注操作简单高效，符合军方作 习惯
MF-004	多源数据融合可视化	标准化多源数据、数字孪生体模型	多源数据融合可视化场景	1. 实现卫星影像 / 无人机影像 / GIS 图层 / IoT 数据在三维场景中的叠加展示；2. 支持各图 的透明度调节、显示 / 隐藏切换，支持三维场景的缩放 / 平移 / 旋转；3. 支持 IoT 数据的实 可视化展示（如传感器数值、设备状态）；4. 融合可视化场景支持实时渲染，无卡顿 / 延迟

5.5 设施资源素材库调用系统

核心定位：构建**标准化、可复用**的设施资源素材库，重点完善军用高价值目标模型库，支持素材的多维度检索、参数匹配与快速实例化，为智能生成与增量更新提供素材支撑，提升建模与更新效率。**核心功能点与产品要求**：

表格

功能点编号	功能点名称	输入	输出	核心产品要求
ML-001	素材库构建与管理	植被 / 建筑 / 飞机 / 舰船 / 军用设施的模型 / 纹理数据	标准化设施资源素材库 + 素材管理界面	1. 素材库包含：≥700 种参数化植被模板、≥200 种建筑立面纹理、≥150 种飞机模型、≥80 种舰船模型、≥50 种军用设施模型；2. 支持素材的新增 / 删除 / 修改 / 审核，素材上传后自动进行标准化处理；3. 为每个素材赋予唯一标识与详细属性（类型 / 尺寸 / 材质 / 适用场景）；4. 素材库支持异地备份，数据丢失率为 0
ML-002	素材库智能检索	检索关键词（语义 / 几何 / 功能 / 型号）	素材检索结果 + 实例化预览	1. 支持多维度检索：语义（如松树 / 战斗机）、几何（如尺寸 / 形状）、功能（如军用 / 民用）、型号（如歼 - 20/055 驱逐舰）；2. 检索响应时间≤1 秒，支持模糊检索与联想检索；3. 检索结果支持按相似度排序，支持实例化预览；4. 支持检索历史记录保存与常用素材收藏
ML-003	素材参数匹配与实例化	检索结果、场景语义 / 几何参数	实例化后的素材模型 + 精准放置的三维场景	1. 根据场景语义和几何参数，自动调整素材模型的尺寸 / 纹理 / 朝向 / 比例；2. 支持素材模型的批量实例化与精准放置，放置误差≤5 厘米（局域）/≤10 米（广域）；3. 实例化后的模型与场景无缝融合，无比例失调 / 纹理不符；4. 批量实例化效率≥100 个素材 / 小时
ML-004	素材库版本管理	素材的更新 / 修改数据	素材库版本库 + 版本回溯界面	1. 对素材的更新 / 修改进行版本管理，支持按版本检索与回溯；2. 记录每个版本的修改内容、修改时间、修改人，实现操作可追溯；3. 支持旧版本素材的恢复与复用，不影响当前使用的素材；4. 版本库支持自动备份，备份频率可配置

5.6 大规模数据处理与智能调度系统

核心定位：作为系统的“算力大脑”，实现**超大规模数据的并行处理、分布式任务编排与全流程监控**，优化算力资源利用率，确保系统在海量空天数据处理场景下的高效、稳定运行，适配军方 TB 级数据的处理需求。**核心功能点与产品要求**：

表格

功能点编号	功能点名称	输入	卫星 / 无人机影像、建模 / 更新 / 解析任务	输出	
DS-001	超大规模数据并行接入与预处理	卫星 / 无人机影像（TB 级）、预处理任务配置	标准化数据 + 预处理任务报告	1. 构建高吞吐、可扩展的数据接入流水线，支持 TB 级数据的并行接入，接入吞吐率≥10GB/s；2. 实现数据自动分片、任务分发与负载均衡，预处理效率≥500GB / 小时；3. 支持数据预处理任务的配置与批量执行，任务成功率≥99.9%；4. 输出预处理任务报告，包含处理进度、处理结果、异常信息	
DS-002	分布式建模任务编排与计算资源管理	建模 / 更新 / 解析任务、算力资源状态	任务执行结果 + 算力资源监控报告	1. 管理成千上万个建模 / 更新 / 解析任务的生命周期，支持任务的创建 / 执行 / 暂停 / 终止；2. 智能调度算力资源（GPU/CPU/ 内存）至各任务，资源利用率≥80%；3. 支持任务优先级配置，高优先级任务（如军方实战任务）优先调度算力；4. 实时监控算力资源状态（使用率 / 温度 / 负载），支持资源告警	
DS-003	全流程监控、容错与性能优化	系统各模块运行数据、任务执行数据	全流程监控报告 + 性能优化建议	1. 提供从数据接入到模型输出的全链路监控，支持实时查看模块运行状态、任务执行进度；2. 实现故障自愈：任务失败自动重跑、算力节点故障自动切换，故障恢复时间≤5 分钟；3. 自动分析系统性能瓶颈，输出性能优化建议；4. 支持监控数据的可视化展示与历史查询，监控数据保存时间≥1 年	
DS-004	任务日志管理与分析	系统各模块、各任务的操作 / 运行日志	日志数据库 + 日志分析报告	1. 记录所有操作与运行日志，包含操作人 / 操作时间 / 操作内容 / 运行状态 / 异常信息；2. 日志数据库支持按时间 / 模块 / 任务 / 操作人检索，检索响应时间≤1 秒；3. 自动分析日志数据，识别异常操作与系统故障，输出日志分析报告；4. 日志数据保存时间≥3 年，符合军方涉密项目日志管理要求	

5.7 国产化适配与优化系统

核心定位：作为系统的**自主可控核心模块**，完成系统从 NVIDIA 通用硬件平台到国产 AI 硬件平台的全流程适配与优化，实现**模型、算子、环境**的 100% 国产化，满足军方信息安全与涉密项目要求。**核心功能点与产品要求**：

表格

功能点编号	功能点名称	输入	NVIDIA 平台 AI 模型、系统源码、国产硬件环境	输出	国产化适配后的 AI 模型、优化后的系统、国产化部署包
LA-001	国产 AI 硬件模型转换与部署	NVIDIA 平台 AI 模型（分割 / 检测 / 分类 / 重建）、华为昇腾 / 砺算硬件环境	国产化 AI 模型、模型部署包	1. 将 PyTorch/TensorFlow 框架的 AI 模型高效迁移至华为昇腾 CANN / 砺算 AI 框架；2. 模型转换后推理精度无损失，推理速度≥原平台的 90%；3. 支持模型的批量转换与自动化部署，部署时间≤1 小时 / 模型；4. 提供模型部署指南与推理测试报告	
LA-002	国产芯片算子库适配与性能优化	系统核心 AI 算子、国产芯片架构（鲲鹏 / 昇腾）	适配后的算子库、性能优化报告	1. 针对国产芯片的计算架构，对核心 AI 算子（如卷积 / Transformer / 点云处理）进行适配；2. 解决算子不兼容、性能低下问题，算子执行效率≥原平台的 90%；3. 构建国产化算子库，支持算子的新增 / 修改 / 优化；4. 输出算子库适配报告与性能优化报告，包含算子执行效率对比	
LA-003	国产化操作系统适配与优化	系统源码、银河麒麟 / OpenEuler 国产操作系统	适配后的系统源码、系统优化包	1. 完成系统在银河麒麟 V11（桌面版）、OpenEuler 22.03 LTS（服务端）的适配；2. 解决系统与国产操作系统的兼容性问题，系统运行稳定无卡顿；3. 针对国产操作系统进行系统性能优化，启动时间≤5 分钟，运行内存占用≤原系统的 90%；4. 输出操作系统适配报告与性能优化报告	
LA-004	国产化环境部署与持续集成	国产化 AI 模型、适配后的系统、国产硬件 / 操作系统环境	国产化环境部署包、持续集成流水线	1. 构建面向国产硬件 / 操作系统的容	