短波/超短波智能规划系统

预期建设效果展示

01

GIS | 数字孪生 | 知识图谱

智能规划 | 态势感知 | 故障诊断

方案阶段说明

本材料用于展示系统预期建设形态，界面与演示数据均为方案阶段效果示意，最终以详细设计和实际建设成果为准。

总体建设目标——形成规划、监视、诊断、处置一体化支撑能力

规划辅助 → 运行监视 → 故障诊断 → 人工处置 → 知识回流

总体建设目标

系统建成后，预计形成面向短波/超短波通信网络的规划辅助、运行监视、故障诊断和处置支撑一体化业务能力。

设备数字化建模 – 知识支撑 – 智能规划 – 运行态势 – 故障诊断 – 知识沉淀

拟建设设备数字底座

预计支持设备位置、状态、工作参数及基本配置的统一管理。

拟建设知识支撑体系

预计支持设备、网络和故障知识的组织、关联与查询。

拟建设智能规划能力

人工配置任务与约束，算法辅助生成方案并支持调整校验。

拟建设运行态势能力

系统建成后统一呈现拓扑、设备、链路、频谱和告警。

拟建设故障诊断能力

辅助开展故障定位、根因分析、影响评估和维修建议。

拟建设知识沉淀机制

典型案例和处置结果拟沉淀为后续知识与规则。

说明：本页仅展示总体建设目标，具体功能范围与实现方式将在需求确认和详细设计阶段进一步明确。

系统预期功能组成

设备数据是基础，知识图谱提供知识支撑，规划、态势和诊断构成核心业务应用

业务功能层

01

设备数字化建模与可视化

设备模型、GIS点位、运行状态、工作参数与参数配置

02

知识图谱支撑

设备、网络和故障知识的结构化组织、关联、审核与查询

03

智能网络规划

任务/站点规划 | 车载站部署 | 通联关系 | 路由规划
频率/功率分配 | 覆盖计算 | 干扰分析与抗干扰建议

智能网络规划主要子能力

抗干扰分析纳入规划验证环节，由用户配置参数并确认调整建议

04

综合态势感知

设备状态、网络拓扑、链路质量、频谱态势与告警展示

05

故障智能诊断

故障定位、根因分析、影响评估、维修建议与人工确认

公共技术底座

GIS可视化	知识图谱平台	规划与诊断算法	数据资源管理	权限管理	接口集成

公共技术底座由各业务模块统一调用；具体产品按照“按需规采用 / 拟采用”口径，在详细设计阶段结合甲方环境确认。

软件总体实现方案——开发语言、框架与运行平台

拟采用B/S架构，以浏览器为统一入口，优先采用Python贯通后台业务与算法服务

用户浏览器 → Web前端【拟采用 Vue 3 / TypeScript】 → REST / WebSocket → Python 3.9+后台业务服务【FastAPI拟采用】 → Python算法 / 知识图谱 → 数据库 / GIS服务 → 设备及必要外部系统

1. 前端展示层

Vue / OpenLayers / ECharts 拟采用

TypeScript + HTML + CSS
页面交互、表单、菜单、Tab、详情与用户反馈

Vue 3 + Vite
组件化页面、路由跳转、状态组织与工程构建

OpenLayers
GIS底图、站点/链路、覆盖/干扰图层、点选标绘与区域统计

Apache ECharts
设备状态、链路质量、频谱占用、告警与覆盖统计

2. 后端业务服务层

Python按需规 | FastAPI拟采用

Python 3.9+ + FastAPI
统一实现业务接口与算法调用，降低多语言集成复杂度

业务服务
设备、知识、规划、覆盖、干扰、态势、诊断、报告、用户与权限

按钮调用链
Vue → REST → FastAPI → Python算法 → 返回结果 → GIS/图表展示

3. 算法与知识层

按需规采用

NumPy / SciPy
科学计算与数值处理

NetworkX
通信网络建模、连通与路径分析

DSatur + 遗传算法
频率分配与冲突处理

NSGA-II
生成多目标推荐候选方案

传播 / 诊断
P.533；ITM + P.1546 + SRTM 30m；scikit-learn后续增强

4. 数据资源层

按需规采用

openGauss / MySQL
用户、设备、任务、方案、告警、工单与报告

Neo4j / NebulaGraph备选
设备、网络、故障关系知识与推理路径

TimescaleDB / InfluxDB
设备状态、链路、频谱与历史指标

Redis / RabbitMQ
根据实际性能需求用于缓存及耗时计算任务异步处理

GeoServer + MinIO
DEM/瓦片/分析图层；报告、导入文件与系统附件

5. 运行与部署平台

按需规采用

操作系统
银河麒麟 / 统信UOS

服务器平台
飞腾、鲲鹏、海光；兼容x86开发联调

接口与网络
千兆以太网；REST / JSON + WebSocket

部署方式
支持局域网与离线环境部署

方案阶段建议采用B/S架构：前端负责交互与可视化，Python后台组织业务流程并调用规划与分析算法，数据库、知识图谱和GIS服务提供统一支撑。

具体软件组件按照业务需求按需部署，最终技术选型在详细设计阶段结合甲方软硬件环境确定。

方案阶段技术路线建议 | Vue 3、FastAPI、OpenLayers、ECharts均为拟采用，可在详细设计阶段结合甲方环境调整

设备数字化建模与知识图谱——具体实施方式

输入业务资料与状态数据，经过建模、人工审核和接口处理，形成可查询、可配置、可调用的系统能力

设备数字化建模与可视化

Python 3.9+、openGauss/MySQL、REST/JSON、WebSocket【按需规采用】 | OpenLayers、Vue 3【拟采用】

01 输入 → 设备数据库模型
设备资料、属性、GIS坐标、运行状态、频率/功率/天线等参数 → Python组织 → openGauss/MySQL管理点位、参数、状态与配置记录。

02 GIS设备点位加载
GeoServer提供空间数据；OpenLayers展示固定站、车载站、任务站、中继站和指挥中心，并支持点选、标绘和图层控制。

03 设备数字镜像页面
Vue绑定设备数据，形成“设备数字镜像 + 状态展示 + 参数配置”，展示编号、类型、在线状态、频率、功率、模式、天线、信号质量和温度；不增加复杂三维物理孪生。

04 参数配置与设备下发
修改频率/功率/工作模式 → 合法性校验 → REST提交 → 配置下发 → 返回执行状态。

05 状态更新与界面形成
REST读取基础信息；WebSocket推送运行状态变化；最终对应当前“设备可视化与数字孪生”效果图。

知识图谱建设与调用

按照需规既定技术路线实施，不额外扩展复杂知识推理模型。
BERT领域微调 + BiLSTM-CRF、Neo4j、NebulaGraph备选【按需规采用】

01 输入 → 文档解析
技术说明书、维护说明书、维修手册、操作规范、历史故障案例和网络关系数据 → Python文档解析。

02 实体识别与关系抽取
NER实体识别采用BERT领域微调 + BiLSTM-CRF，继续开展关系抽取，形成待审核知识。

03 人工审核 → 图数据库
低置信度知识由领域人员人工确认，不采用无人化知识生成；Neo4j入库，国产ARM环境可评估NebulaGraph。

04 图谱形成与前端查询
形成设备、网络、故障知识图谱；通过图查询接口支持实体搜索、节点展开、关系查询、案例和维修方案查看。

05 支撑业务页面
知识图谱为设备知识查询、智能网络规划和故障诊断提供知识组织、关联与调用支撑。

设备数字化解决“设备数据怎么进入系统并可视化”，知识图谱解决“设备、网络和故障知识如何组织、关联和调用”。

智能网络规划与覆盖分析——核心算法实施方式

从任务与地形数据输入，到推荐候选方案生成、GIS显示、人工调整和重新校验的完整计算链

STEP 1 | 数据输入

任务、站点、参数与地形

输入任务、站点、设备、频率功率、通联关系、DEM及干扰源参数。

支持GIS标绘、表格导入和系统接口同步；默认任务区120 km × 120 km。

STEP 2 | 网络图建模【按需规采用】

Python + NetworkX

以固定站、车载站和任务节点构建通信网络图，计算连通性与链路属性，生成候选路径。

STEP 3 | 部署与路由

车载站位置与通信路径

综合站点、任务、通联、地形与连通性，推荐车载站位置、数量及主备路由，结果支持人工调整

STEP 4 | 频率规划【按需规采用】

DSatur + 遗传算法

处理同频、邻频冲突和频率约束，形成推荐频率方案，并返回冲突信息供人工检查。

STEP 5 | 功率与参数规划

链路预算与设备约束

依据覆盖要求、链路距离、传播损耗和设备能力，推荐功率与天线参数；人工修改后可重新计算

STEP 6 | 传播与覆盖【按需规采用】

短波与超短波分别计算

短波：ITU-R P.533计算传播损耗与接收场强。

超短波：SRTM 30m DEM结合Longley-Rice ITM与ITU-R P.1546分析。

输出GeoServer图层、覆盖热力图及分级统计。

STEP 7 | 多目标优化【按需规采用】

NSGA-II候选方案

NSGA-II用于规划目标之间的多目标权衡，具体目标函数、约束及权重在详细设计阶段依据需求确定。生成推荐候选方案，不承诺全局最优。

STEP 8 | 人工确认

调整、重算与重新校验

GIS展示推荐方案，人工调整站点、路由、频率和功率后重新计算、冲突检查并保存，全程保留人工复核。

任务输入 → 网络建模 → 站点部署与路由 → 频率/功率规划 → 覆盖计算 → 方案校验 → GIS展示 → 人工调整确认

实施口径：人工配置 + 算法辅助生成 + 人工调整 + 重新校验，不表现为无人化自主决策。

数据由甲方提供 | 方案阶段算法实施路径 | 传播模型、图算法和优化算法按现有需求口径采用 | 最终参数与测试条件在详细设计阶段确认

综合态势、故障诊断与系统集成——数据如何流动

状态数据通过数据库、服务和WebSocket进入页面；用户按钮通过REST触发后台服务、算法和结果发布

综合态势

数据来源：设备状态 + 链路状态 + 频谱采集 + 告警 + 规划结果

↓

Python态势聚合服务

↓

业务数据：openGauss / MySQL
时序数据：TimescaleDB / InfluxDB

↓

WebSocket持续推送【按需规采用】

↓

Vue前端【拟采用】

↓

形成网络拓扑、设备状态、链路质量、频谱态势、告警滚动、网络指标与历史趋势，实现当前态势页面动态刷新效果。

故障智能诊断

一期输入：设备异常、告警、链路中断、信号质量异常

↓

Python故障诊断服务

↓

基础诊断方式：故障规则 + 知识图谱关联分析【拟采用】

↓

候选故障节点、根因、受影响节点/链路和影响范围

↓

候选根因 + 维修建议 + 关联案例

↓

前端GIS/诊断页面 → 人工确认 → 案例回流知识图谱

机器学习诊断层按照需规，在真实确认案例达到规定条件后启用Random Forest / XGBoost辅助分类，不作为基础诊断功能实现的前置条件。

系统集成与运行链

浏览器

↓

Vue 3前端【拟采用】

↓

REST / WebSocket

↓

FastAPI业务服务【拟采用】

↓

设备 / 规划 / 态势 / 诊断 / 知识服务

↓

Python算法 + Neo4j + openGauss/MySQL + TimescaleDB

数据与服务组件按需部署：关系/时序数据、缓存与异步任务、GIS图层及文件服务；具体组合在详细设计阶段确定。

点击“自动规划”

前端提交规划任务 → 后端规划服务调用算法 → 返回规划结果 → GIS与图表展示。

点击“覆盖计算”

提交覆盖计算任务 → 调用传播模型 → 生成网格结果 → GIS显示覆盖热力图。

点击“执行诊断”

提交异常信息 → 故障分析服务处理 → 返回候选根因、影响范围及维修建议 → 人工确认。

当前效果图中的菜单、按钮、地图、规划计算、覆盖结果、态势刷新和故障诊断均可对应到具体前端组件、后台服务、算法模块和数据库，能够沿上述路径逐步开发为真实可运行软件。

需求对照——任务书要求如何落到实际软件

需求要求 → 软件实现 → 最终可见效果

需求要求	软件实现	最终可见效果
设备数字化建模与可视化 **设备位置、状态、工作参数可视化及参数配置。**	建立设备模型、GIS点位和设备详情与参数面板。	点击设备 → 查看详情 → 修改参数 → 校验 → 配置下发。
知识图谱 **组织设备、网络和故障知识。**	知识结构化录入、审核、关联和查询。	选择知识类型 → 点击节点 → 展开关系 → 查看关联知识。
智能网络规划 **站点、通联、路由、频率、功率等规划。**	任务输入、地图标绘、算法规划和结果校验。	新建任务 → 自动规划 → 生成站点/链路/路由/频率/功率结果。
综合态势 **统一展示设备、拓扑、链路、频谱和告警。**	汇聚运行数据并统一可视化。	查看全网态势 → 点击异常节点/链路 → 查看详情。
故障智能诊断 **故障定位、根因、影响和维修建议。**	拟采用故障规则、知识关联与状态数据联合分析。	执行诊断 → 显示根因 → 高亮影响范围 → 显示维修建议。
抗干扰分析 **干扰源标绘、影响评估和规避建议。**	设置干扰参数，开展传播与C/I分析。	执行分析 → 显示干扰范围 → 高亮受影响链路 → 输出调整建议。

主要页面、按钮和结果均对应明确的软件需求来源，避免效果展示与实际建设内容脱节。

预期界面效果——综合首页

使用场景：快速掌握全网概况 | 主要能力：设备、链路、任务、告警、频谱与健康信息汇总 | 预期价值：统一工作入口

预期界面效果——设备可视化与数字孪生

使用场景：查看设备位置与状态 | 主要能力：GIS点位、设备详情、状态监测与参数配置 | 预期价值：形成设备基础数据

预期界面效果——设备知识展示

使用场景：查询设备结构、原理与操作规范 | 主要能力：设备资料、流程、操作指引与知识关联 | 预期价值：支撑规范作业；知识图谱提供后台组织与关联支撑

预期界面效果——智能网络规划

任务输入→站点部署→通联关系→路由/频率/功率→覆盖与校验 | 人工配置、算法辅助生成、结果人工调整与重新校验

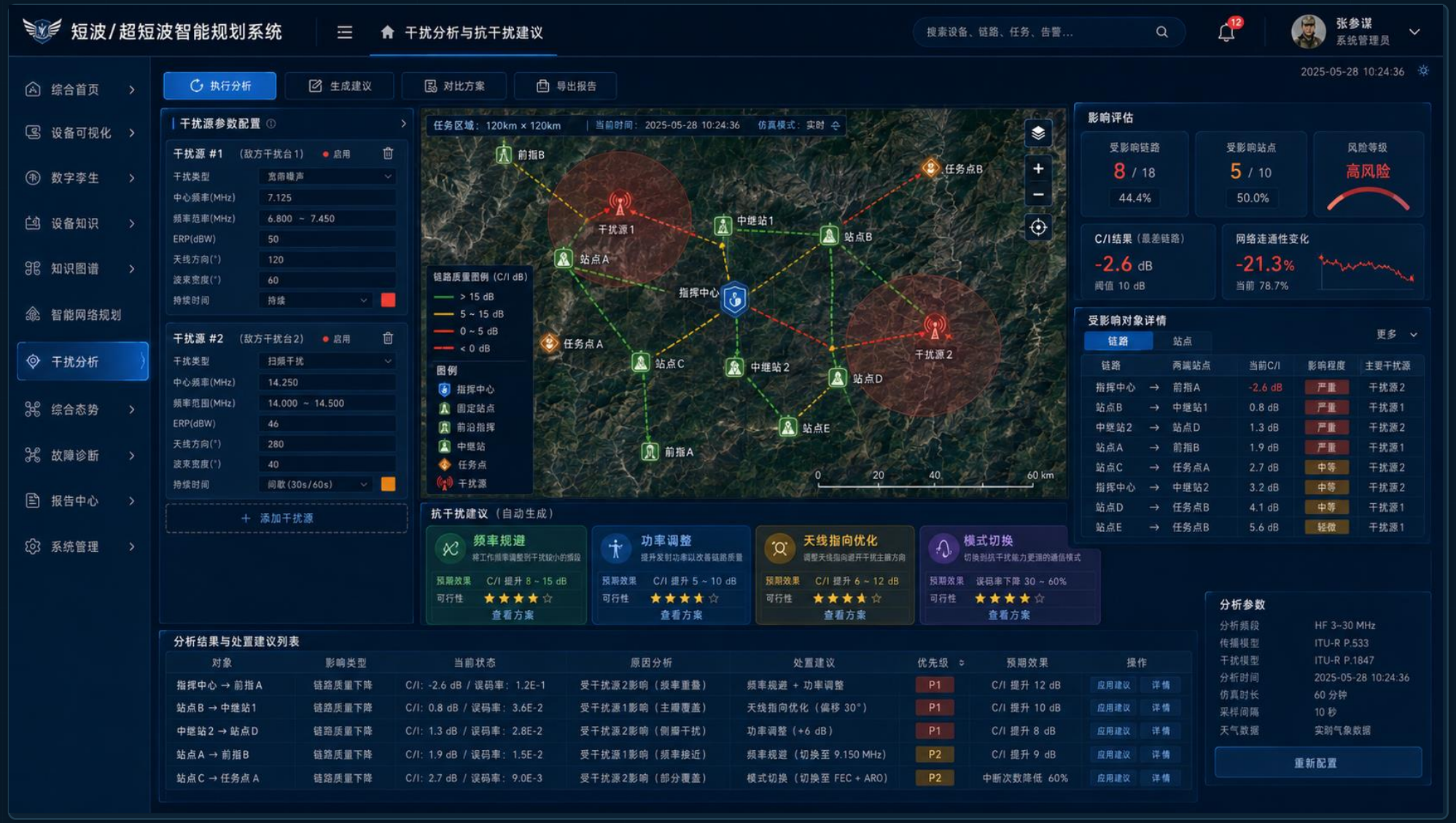
预期界面效果——覆盖计算与效果评估

使用场景：验证规划方案可用性 | 主要能力：真实地形、传播损耗、覆盖计算与方案对比 | 预期价值：辅助人工优化参数

实际业务数据由甲方提供 | 方案阶段效果示意 | 界面与演示数据为模拟内容 | 最终以详细设计和实际建设成果为准

预期界面效果——干扰影响与抗干扰建议

使用场景：评估干扰风险 | 主要能力：干扰源标绘、C/I分析、影响识别与调整建议 | 预期价值：为人工处置提供依据



预期界面效果——综合态势感知

使用场景：规划完成后的运行监视 | 主要能力：拓扑、设备、链路、频谱与告警统一展示 | 预期价值：及时发现异常

当前刷新周期：30s（可配置）

预期界面效果——故障智能诊断

故障输入 → 根因分析 → 影响评估 → 修复建议 → 人工确认 → 案例沉淀

IMPLEMENTATION CONTROL

实施可落地性与复杂度控制

以甲方需求为边界，优先采用成熟技术实现，不为效果展示额外增加建设范围

需求能力	实现原则	复杂度控制
设备数字化	数据库 + GIS + Web设备页面	不做复杂3D物理孪生
知识图谱	按需规进行知识抽取、审核和图数据库管理	不增加大模型、智能体等额外技术
网络规划	按需规采用图算法、频率算法和规划算法	算法辅助，保留人工调整与确认
覆盖与干扰	按需规采用传播模型与DEM地形数据	只针对任务区域计算，不做全国范围仿真
综合态势	状态数据 + GIS / 图表展示	达到需求刷新要求，不额外提高实时性
故障诊断	基础分析 + 知识支撑 + 人工确认	机器学习满足需求规定数据条件后再使用

控制原则：需求明确要求的能力按要求实现；需求未明确要求且会显著增加建设难度的能力不主动扩展。

主要建设指标

需求目标口径与能力要求，不代表当前完成情况

需求明确指标

短波设备 ≥50
超短波设备 ≥100
设备规模

≥120 km × 120 km
地图范围

≤1 min
态势刷新周期

≤4 min
快速规划时间

≥4类
故障场景

支持国产化/离线部署
部署能力

能力要求

支持20%节点失效场景下的增量重规划
能力要求

本页为需求目标口径，不代表当前完成情况；最终测试条件和验收口径以正式需求及测试方案为准。