万蓝通信 ANYMESH 自组网系列

新能源电力巡检与无人值守

宽带无线自组网通信解决方案

基于 SDR 软件无线电 + COFDM 调制 + MESH 无中心自组网技术体制

光伏电站

风电场

高压架空线路巡检

无人值守场站

北京万蓝拓通信技术有限公司

2026 年 10 月

目录

CONTENTS

01 行业痛点与通信困境

光伏 / 风电 / 线路 / 无人值守场景现状

02 技术体系与产品矩阵

SDR + COFDM + MESH 技术体制

03 四大场景解决方案

光伏 / 风电 / 线路巡检 / 无人值守

04 网络拓扑与链路预算

链式 / 网状 / 混合拓扑，覆盖计算

05 典型案例与方案价值

新能源场站落地实践与效益对比

06 部署实施与服务保障

快速部署流程与全生命周期服务

01 行业痛点

新能源场站普遍面临四类通信困境

01

公网覆盖盲区

光伏电站多建于戈壁、荒漠、山区；海上风电场离岸数十公里；高压线路穿越无人区。
运营商公网信号难以覆盖，场站监控与巡检业务无法依赖公网回传。

02

光纤部署成本高

光伏组件阵列绵延数平方公里，风机分散布置，输电线路动则数十至数百公里。
敷设光缆需开挖、立杆、破路，单公里造价数万元，后期维护困难。

03

巡检数据回传难

无人机巡检需实时回传 1080P 高清视频与红外热成像，单路带宽需求 4-8Mbps。
无专网条件下仅能落地后导出，巡检效率低、隐患发现滞后。

04

无人值守监控盲区

杆塔倾斜、导线温度、视频监控、周界入侵等感知设备分散部署。
缺乏统一回传链路，告警数据无法实时汇聚到集控中心，形成监控盲区。

核心诉求：无中心、快速部署、免布线、支持多跳中继、承载视频 + 语音 + 数据多业务

02 技术体系

SDR + COFDM + MESH 三层技术体制

技术分层架构

应用层

视频回传 · VOIP 语音 · IP 数据透传 · 串口透传 · 北斗定位

Mesh 网络层

无中心自组织 · OLSR 动态路由 · 多跳中继 · 自愈重构

物理层 / SDR 平台

国产 FPGA (FMQL45T900) + AD9361 · COFDM · 2T2R MIMO

关键性能指标

125

MIMO 峰值速率 Mbps@20MHz

64+

同频组网节点数

32

最大中继跳数

7ms

单跳端到端时延

调制方式：BPSK / QPSK / 16QAM / 64QAM / 256QAM / 1024QAM 自适应

工作频段：500-680MHz / 1300-1500MHz，其他频段可定制

来源：万蓝通信 AnyMesh-SDR 全国产化规格表 | 支持 AES256 / SM4 加密，跳频速率 ≥1000 跳/秒

02 产品矩阵

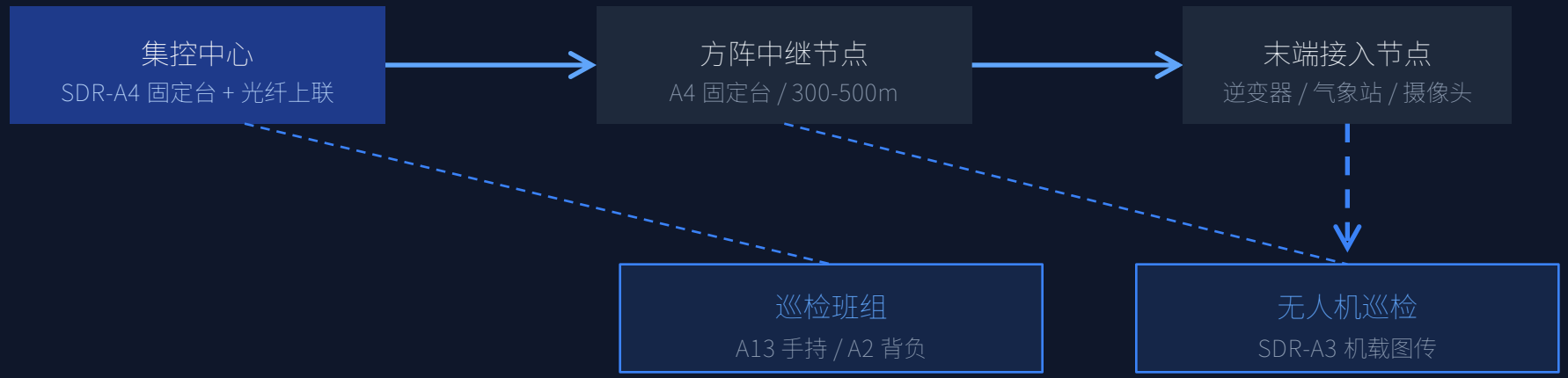
手持—机载—背负—车载—固定五级产品形态

型号	重量	发射功率	典型距离	新能源场景定位	关键接口
SDR-A13 手持	880 g	1~2 W	地地 5~10 km	巡检班组随身终端	WiFi / 网口 / PTT
SDR-A3 机载	160 g 起	0.5~40 W	地空 30~300 km	无人机巡检 / 空中中继	网口 / 串口 / SBUS
SDR-A2 背负	1.8 kg起	4~20 W	视距 50 km+	临时中继 / 应急布站	光口 / 网口 / HDMI / 4G
SDR-A5 车载	4.5 kg	10~40 W	视距更远	巡检车移动指挥站	双网口 / 语音 / WiFi
SDR-A4 固定	6.5 kg	10~80 W	广域覆盖	场站骨干基站 / 杆塔节点	网口 ×2 / 语音/ IP67

来源：万蓝通信 AnyMesh-SDR 产品规格表 | 全部型号支持全国产化版本，军品级器件选型，IP67 防护

光伏电站：方阵间无线覆盖，免光纤全场贯通

网络架构



业务承载

逆变器运行数据
组件热成像巡检
高清视频监控回传
气象环境监测
巡检人员语音调度
周界安防告警

免光纤部署 方阵间以无线中继替代光缆，施工周期从月级缩短至天级

移动覆盖 巡检车、人员、无人机任意入网，30 秒自动建链

多跳扩展 单站覆盖半径 3-5 km，多跳可延伸至 20 km 以上

风电场：风机塔链式组网，SCADA 与叶片巡检同回传

链式多跳网络（每台风机一个节点）



业务承载与部署要点

SCADA 数据

风速、功率、叶片桨距角、齿轮箱温度、塔筒振动，2 秒周期上报

叶片巡检图传

无人机搭载 SDR-A3，高清视频 + 红外热成像实时回传集控中心

免光纤建站

替代风机间光纤环网，单站成本节约约 85%，海上场景优势显著

典型参考：150MW 风电场 48 台风机，无线回传造价约为光纤方案的 15%（来源：行业公开案例）

杆塔链式多跳：沿输电通道构建空中巡检专网

塔上链式中继 + 无人机机载 + 地面移动节点



承载业务

无人机高清巡检视频
红外测温 / 可见光双光

杆塔倾斜 / 导线温度
微气象在线监测

防外力破坏视频监控
人员位置与语音调度

故障告警实时回传
施工占道监控

无人值守：边缘感知 + 自组网回传 + 集控联动

系统架构



核心能力

多业务接入 视频 / 传感 / 门禁 / 消防统一汇聚

混合上联 自组网 + 4G/5G + 卫星双链路冗余

主动告警 异常事件毫秒级触发，主动推送集控

双向对讲 现场告警联动语音喊话，远程指挥

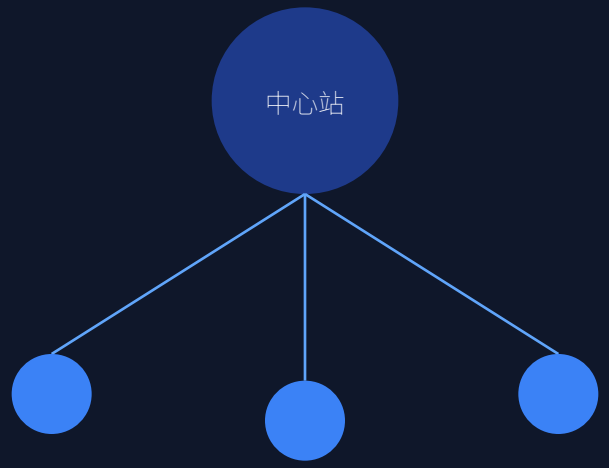
无人值守 低功耗设计，支持太阳能 + 蓄电池供电

适用场景：无人值守变电站、开关站、光伏/风电场站、水利水文站、森林防火卡口、石油管道阀室

04 网络拓扑

三种拓扑灵活组合，适应新能源场站形态

星状拓扑 · 光伏电站



中心站单点覆盖，方阵节点直接接入
适合平坦开阔、范围集中的光伏场区

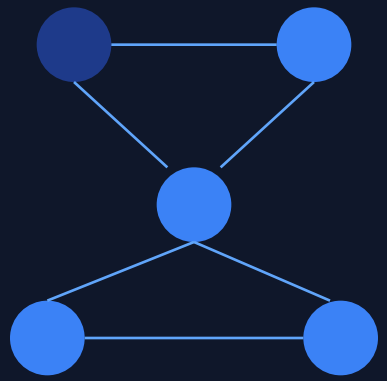
链式拓扑 · 风机/线路



单跳 3-5 km · 多跳延伸数十公里

沿风机列或输电线路逐跳中继
适合狭长带状的风电场与架空线路

网状拓扑 · 复杂地形



节点间多路径互联，单点故障自动绕行
适合山地、丘陵、地形遮挡严重区域

三种拓扑可混合部署：实际工程中常以"星状 + 链式 + 网状"组合，按地形与业务分布灵活规划

04 链路预算

链路预算决定覆盖距离：典型视距条件下可达 5-50 km

链路预算公式与关键参数（1.4 GHz 频段）

自由空间损耗：FSPL = 32.45 + 20log10(d) + 20log10(f)

发射功率：4 W（36 dBm）

接收灵敏度：-103 dBm @ 5 MHz 带宽

收发天线增益：各 8 dBi · 馈线损耗：约 2 dB

不同功率等级典型覆盖距离

设备功率	链路余量	视距覆盖距离
1 W（手持）	10 dB	5 - 10 km
4 W（背负）	10 dB	15 - 25 km
20 W（固定）	10 dB	30 - 50 km
80 W（骨干）	10 dB	80 km+

多跳扩展

单跳 20 km，3 跳即可覆盖 60 km 输电通道

NLOS 能力

COFDM 抗多径，绕射能力强，山地半遮挡可通

链路余量

设计预留 10 dB 余量，应对雨衰、遮挡、多径

注：上表为典型视距条件估算值，实际距离受地形、天线挂高、树木遮挡、降雨等因素影响，工程设计需现场勘测

04 可靠性设计

无中心架构 + 动态路由 = 天然抗毁自愈

无单点故障

所有节点地位平等，不存在中心控制器或单点基站故障导致全网瘫痪的风险。任一节点退出网络，剩余节点自动重组拓扑。

多路径自愈

OLSR 动态路由协议实时感知链路质量，主路径中断时毫秒级切换到备用路径，业务不中断。

快速部署入网

设备开机 30 秒内自动完成邻居发现与组网，无需人工配置。新增节点上电即入，不中断现有业务。

工业级环境适应

IP67 防护等级，-40°C ~ +70°C 宽温工作，DC 12-36V 宽压输入，适应杆塔露天、场站野外等恶劣环境。

安全机制：AES-256 / SM4 国密加密 · 跳频 ≥1000 跳/秒 · 网络 ID 鉴权 · ARQ 自动重传 + FEC 前向纠错

新能源电力场景落地实践

01 西北戈壁光伏电站 · 全场无线覆盖

5 个光伏场站分布在不同区域，采用工业级自组网基站覆盖全场，无需敷设光纤。集控中心统一管理，场站二级查看设备在线状态与信号强度，为巡检人员提供可靠网络支持。

02 山区高压输电线路 · 塔链式多跳 + 无人机巡检

在输电铁塔上部署链式自组网设备，沿通道构建网络覆盖，满足高清视频回传需求。机载、便携、车载设备可任意接入塔上网络，实现无人机超视距巡检画面实时回传与杆塔倾斜、导线温度等监测数据汇聚。

03 内陆风电场 · 风机塔无线回传替代光纤环网

150 MW 风电场 48 台风机，在风机顶部部署自组网节点，承载 SCADA 数据（风速、功率、齿轮箱温度，2 秒周期上报）与视频监控。无线回传造价约为光纤方案的 15%，部署周期从数月缩短至数周。

案例来源：行业公开实践整理（甘肃华能光伏、输电线路空天地一体化巡检、风电场无线回传等），具体项目参数以实际勘测为准

三种通信方式对比：自组网综合优势显著

对比维度	光纤敷设	4G/5G 公网	AnyMesh 自组网
建设成本	高（数万元/公里）	低（流量费）	一次性投入，无月租
施工周期	数月（开挖立杆）	即插即用	数天，开机 30 秒成网
覆盖能力	沿线路固定覆盖	依赖运营商基站	无盲区，多跳延伸数十公里
带宽能力	万兆级	几 M~几十 M，拥塞受限	峰值 125 Mbps，专网专用
可靠性	单点断纤全段中断	基站故障即无服务	无中心自愈，多路径绕行
安全可控	物理专网	公共网络，数据出网	专网 + AES256/SM4 加密

结论：自组网不是替代光纤，而是在光纤难达、公网无覆盖的场景下提供高性价比的补充通信手段

06 部署实施

五步交付：从勘测到运维的全流程服务



现场勘测

地形测量、遮挡分析、
点位初选、链路仿真

方案设计

拓扑规划、设备选型、
频率规划、链路预算

设备安装

杆塔/风机/制高点架设、
天线调测、供电接入

网络调试

频率配置、功率调整、
业务开通、联调验收

运维保障

远程监控、定期巡检、
备件支持、7×24 响应

交付周期

典型场站 2-4 周完成从勘测到验收

质保服务

整机质保 3 年，关键备件本地库，终身技术支持

ANYMESH 万蓝通信

为新能源场站构建可靠的无线通信专网

AnyMesh 自组网以 SDR 软件无线电为底座，融合 COFDM 调制与无中心 Mesh 协议，
在光伏、风电、高压线路巡检和无人值守场景中，提供免光纤、无盲区、抗毁自愈的宽带通信能力，
承载高清巡检视频、SCADA 数据、语音调度与环境监测多业务统一回传。

北京万蓝拓通信技术有限公司

电话：010-84848775 | 王工：16619961788（微信同号）

网址：www.wlantop.com | www.ipmesh.cn

地址：北京市昌平区北七家宏福科技园 A 座 4027 室

ANYMESH-SDR 系列 | 全国产化可选

支持现场勘测与方案定制设计