

基于5G-A的无人机低空通信与感知 技术与产业化应用

中国移动（成都）产业研究院

2024年4月

01 行业政策背景

02 核心产品技术

03 实战应用案例

04 知识产权成果

05 未来展望愿景

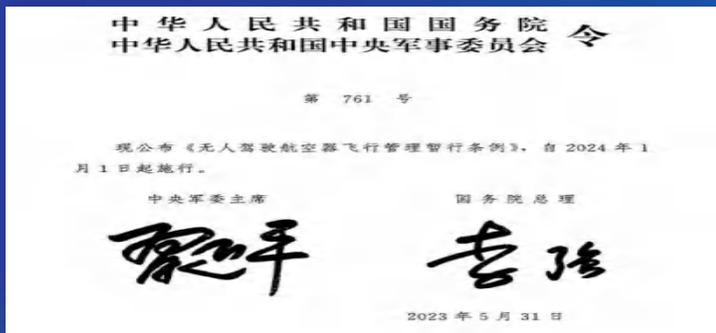
政策背景——融入国家战略，迎来发展机遇

2023年全国中央经济工作会，“低空经济”被列为战略性新兴产业。2024年全国两会，“低空经济”首次被写入政府工作报告。低空经济是指以民用有人驾驶和无人驾驶航空器为主，以载人、载货及其他作业等多场景低空飞行活动为牵引，辐射带动相关领域融合发展的综合性经济形态。根据摩根斯坦利（Morgan Stanley）数据，预计未来低空经济的市场规模将达到1.5万亿美元。

2023年12月全国中央经济工作会将低空经济列为战略性新兴产业



2024年1月我国首部专门行政法规《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》正式实施



2024年3月全国两会首次将低空经济作为新质生产力写入政府工作报告

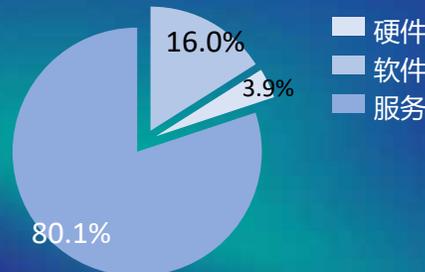


预计未来低空经济市场规模将达1.5 (万亿美元)



* 数据来源: 摩根斯坦利 (Morgan Stanley)

预计2026年应用及服务收入占比达到84%



* 数据来源: 爱立信咨询

2023-2024年国家增发万亿应急专项国债

中央财政增发1万亿元特别国债，旨在支持灾后恢复重建和提升防灾减灾救灾能力，其中包含大量机遇。

100亿

预警指挥能力提升项目

20亿

航空应急能力提升项目

200亿

基层防灾能力提升项目

25亿

工程抢险能力提升项目

行业背景——赋能低空经济，卡位战略价值

2018年，随着低空经济的“四张网”建设，由樊邦奎等五位院士领衔提出“低空智联网”，国务院将其作为低空开放和低空经济发展的重要新基建，也是中国移动的发展新机遇。

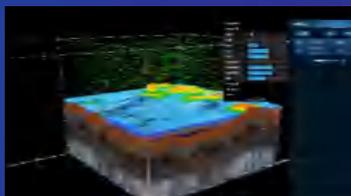


其中直接与中国移动相关的战略价值在低空智联网和监管领域！涵盖5G-A网络、终端、业务平台、通信测控、数据传输等应用场景和相关业务。

低空智联网的定义，是以空天地多网融合（低轨卫星、移动通信网络和地面网络等）、网络化感知、计算服务为核心，构建的支撑低空网络化、数字化、智能化、服务化综合系统，实现高密度、大流量、多用户等场景下的通信、导航、监视和服务的统一。

低空监管

空域资源数字化
要素管理精细化
任务使用规范化
社会共享公平化



智能运营

空天地海互联
有人无人互补
异构数据互通
连接算力互享



应用推广

认知标准统一
应用验证有序
运营监管可控
市场行业共建



01

行业政策背景

02

核心产品技术

03

实战应用案例

04

知识产权成果

05

未来展望愿景

技术背景——技术瓶颈制约，行业发展局限

国民经济各行业的应用

国防军事领域的应用

国家应急处置的应用

无人机的数据链瓶颈

技术瓶颈

每个无人机生产厂商都使用自己私有的自建通信与控制链路（数据链路）来控制无人机飞行。

- 1、飞行和控制距离受限，无法进行超视距的远程飞行控制和实时信息交互。
- 2、无法满足大带宽，低时延，高速率的业务应用场景，且不能实现互联互通。

5G网联是解决上述难题的有效方法和手段！

空域目标感知与监管瓶颈

技术瓶颈

探不到 感不准

探测范围易受限

感知精度难保证

监管难 风险大

黑飞行为难监管

低空安全难保证

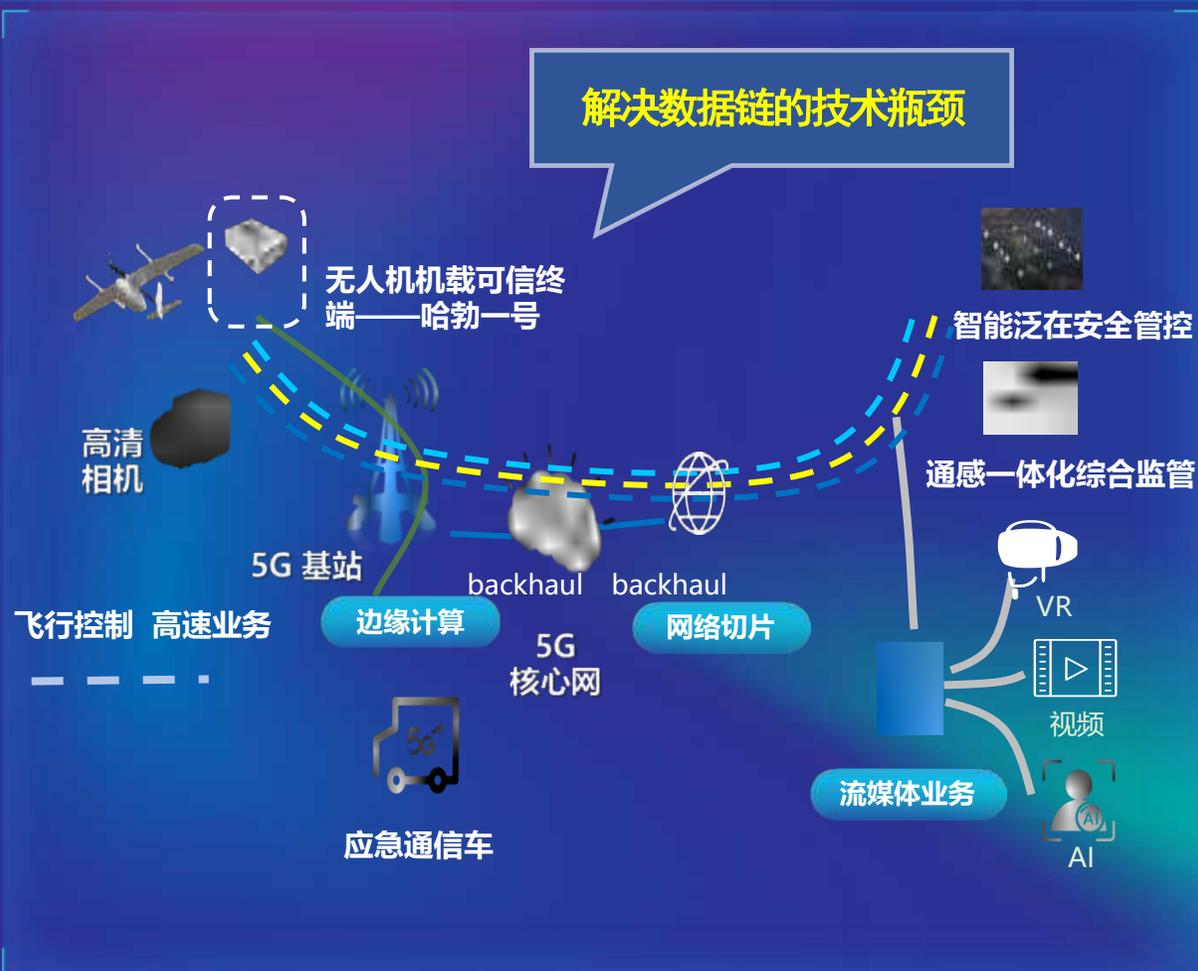
身份认证互信难

基于5G探测感知是解决上述难题的有效方法和手段！

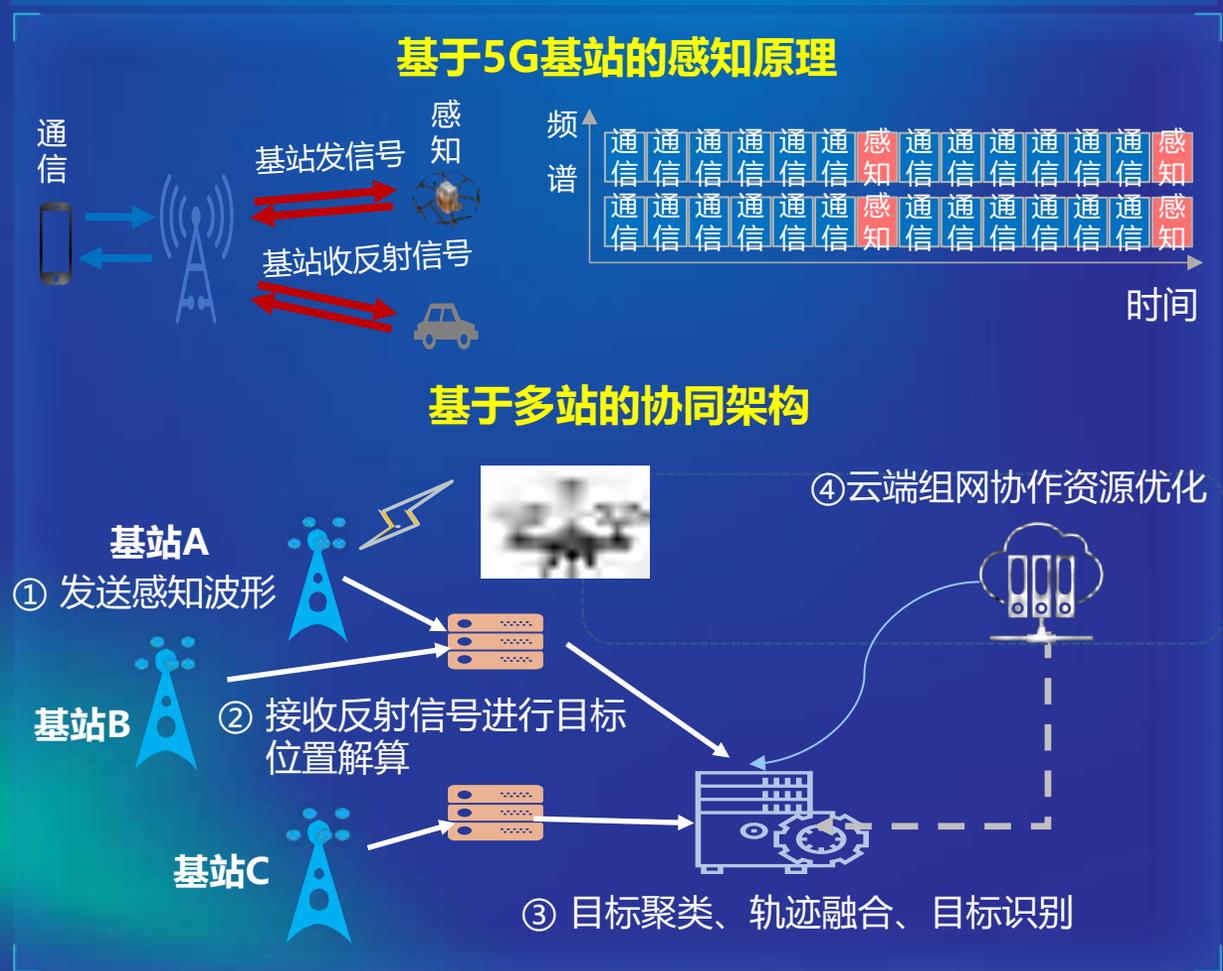
总体技术架构

在业界首次给出**5G网联无人机的定义**：用**5G移动通信蜂窝网络**替代传统无人机自建通信和控制链路（C2链路），实现了对无人机的超视距远程飞行控制，并实现交互信息的大带宽、高速率、低时延的实时传输和处理。开展了**基于5G的无人机通信与感知技术研究**。

基于5G的网联无人机技术架构-通信



基于5G的探测感知技术架构-感知



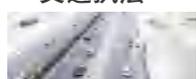
自主可控产品体系

自主研发打造了“1+1+3+3+3+N”核心产品和能力体系，积极融合行业构筑解决方案和品牌影响。

2023年迭代

N个行业
应用平台

行业应用

应急保障 	政府监管 	设施巡查 	园区管理 	农林植保 	森林防火 	娱乐表演 	景区直播 
交通执法 	公安警务 	军民融合 	智慧城市 	环保执法 	地理测绘 	海上救援 	物流配送 

3类
解决方案

重点方案

<p>监管解决方案</p> <p>政府 工信 民航</p> <p>军队 ...</p>	<p>其他行业应用解决方案</p> <p>交通 环保 物流</p> <p>...</p>	<p>应急解决方案</p> <p>应急 水利 林草 气象 自然资源</p> <p>通信 + 大数据 + 流程数字化 + 应急规划 + 生态能力 ...</p>
--	---	--

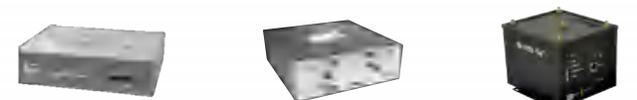
3种
核心能力

核心能力

<p>网联能力：移动通信网代替传统私有链路</p> 	<p>感知能力：低慢小目标探测技术</p> 	<p>应急通信能力：空天地海快速公/专网恢复</p> 
--	--	---

3类
产品体系

关键体系

<p>终端体系 (哈勃一号、中移应龙、中移空测仪)</p> 	<p>平台体系 (中移凌云平台)</p> 	<p>网络体系 (5G-A/5G/4G/北斗/卫星等)</p> 
---	---	--

1个
保障体系

安全体系

端到端可信安全 (平台安全、终端安全、网络安全、数据安全、空域安全等)



1个
能力底座

能力底座

中移凌云通信与感知平台、5G、5G-A、算力网络、云网融合、通感算智一体、AI+



布局云、网、端产品，锻造差异化优势

自主研发了中移凌云、哈勃一号、中移应龙、空中信号测量仪等核心产品，开放能力对接大疆、中航工业等30+头部品牌，涉及100+主流机型，形成差异化竞争优势。

我们的优势 ▶

智能网联能力

产学研团队

标准、专利核心卡位

行业生态整合能力

安全、开放和通用性强

品牌影响力

中移凌云

5G网联无人机管理运营云平台



监管平台



公安平台



应急平台



应用平台

公安部等保三级认证、CNAS认证、
工信部信创认证

业内首款

哈勃一号

5G可信机载专用通信终端



业内首款



厂商定制



边缘计算



超小型

型号进网许可和型号核准认证

业内首款

中移应龙

航空应急专用机载基站



自主设计
国内首款
适配业内主流机型
19项专利

型号核准证、入网许可证、CNAS
检测报告

业内首款

空中信号测量仪

低空无线网络测量和自动评估的系统



业内首款
扫频空测一体



业内首款
空测、语音一体



无线电干扰信号监测

平台、终端适配

30+头部品牌



100+主流机型



底层技术
智能网联

驱动服务进阶

第一阶段
基于监管的服务

第二阶段
基于空域管理的服务

第三阶段
基于运营的服务

核心技术创新点1——面向无人机飞行空域的5G立体移动通信盖技术 (1/2)

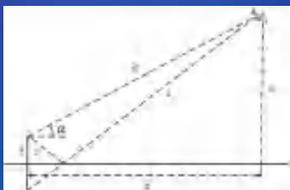
核心技术 (1) : 空地融合共网技术

主持发布 IEEE1939.1.3无人机低空组网与通信标准, 参与 IEEE1936.1无人机应用框架标准。

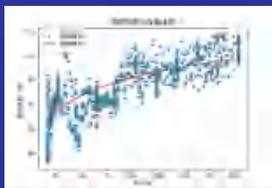
问题: 当前无人机行业存在无法进行超视距远程飞行控制和交互信息的大带宽、高速率、低时延实时传输和处理的技术瓶颈。

创新性: 设计了业界第一张针对无人机飞行空域覆盖的5G网络, 突破空地融合共网技术, 自主研发空中干扰优化方法和空域网络信号测量评估技术。

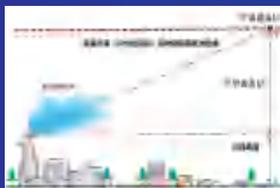
效果: 实现无人机的超视距飞行控制和高清数据图像实时传输, 端到端时延低至17ms, 大幅提升应用性能, 节约了面向无人机飞行空域的建网成本。



地对空无线信道传播场景建模



信道模型拟合



空中网络优化

信道模型:
$$P = \begin{cases} C & 0 < d \leq 1 \\ -9.2557 \log_{10}(d) - 0.4357 \sin(2\pi h_f / 3d) + C & d > 1 \end{cases} \quad C = 4.0967 \times 10^{-6} h^3 - 3.9 \times 10^{-3} h^2 + 1.1h - 144.96$$

发表SCI论文:

[1] Reinforcement Learning Based Resource Allocation for Coverage Continuity in High Dynamic UAV Communication Networks

发明专利: 《一种基于无人机的低空网络小区智能切换方法》、《一种低空信号测量通信装置及精细化自动测量方法》、《一种预测规划网联无人机飞行路线的方法及装置》、《基于信号围栏、飞行信息和MEC的无人机切换控制方法》、《一种基于分支定界的无人机天线射频通道关闭方法》、《一种针对网联无人机的小区切换方法》、《三维警示围栏制作方法、航路规划方法、飞行调整方法》

核心技术 (2) : 空对地立体动态连续网络覆盖技术

该技术成果专利《目标区域的信号连续覆盖方法、装置、设备及天线系统》已获中国发明专利授权和日本专利授权, 并已被欧盟、美国专利受理。

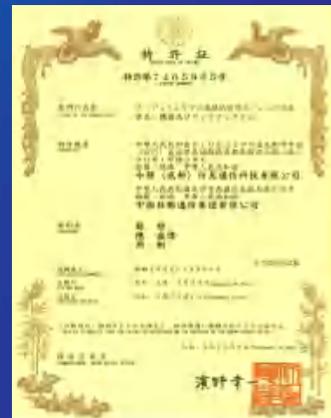
问题: 空中应急通信系统在飞行平台快速移动时, 无法实现对地指定区域连续实时广覆盖。

创新性: 业内首次提出适用于中高空的无线信道传播模型, 创新性引入用户仰角及3D动态天线增益因子。

效果: 可实现4000米高空对地60平方公里的连续无线网络覆盖, 提供一种应急通信的新手段。



机载通信吊舱吊装方案



日本国际专利授权书

- 创新性地提出内侧天线加边缘天线的设计方案
- 研究通信/飞行参数智能优化设计
- 结合飞机滚转角、俯仰角等参数, 通过链路预算, 设计天线挂载和飞行方案

发表SCI论文:

- [1] UAV Trajectory Planning for AoI-Minimal Data Collection in UAV-Aided IoT Networks by Transformer.
- [2] Two-Timescale Trajectory Planning and Resource Allocation in Air-Terrestrial Integrated Networks with CoMP.
- [3] UAV-based 5G Air-to-Ground Integrated Wireless Network Coverage.

核心技术创新点1——面向无人机飞行空域的5G立体移动通信盖技术 (2/2)

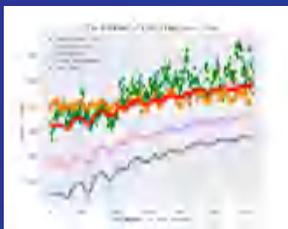
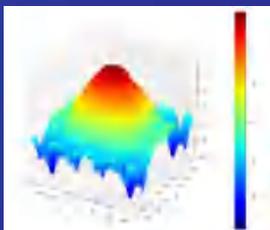
核心技术 (3) : 高空对地无线信道传播模型

主持完成 IEEE1937.12标准, 并已成功立项。

问 题: 传统的无线传播模型只针对300m高度以下, 并不适用于中高空、高动态状态下的机载应急通信场景。

创新性: 业内首次提出适用于中高空的无线信道传播模型, 创新性引入用户仰角及3D动态天线增益因子。

效 果: 填补了国际业内300m以上高动态场景下的空对地无线传播模型的空白。



- 传统静态环境空地路径损耗的建模和拟合方式难以直接应用于高动态、快速移动环境的路径损耗建模
- 空地路径损耗模型: 路径损耗与用户仰角 β 相关
- 动态3D增益: 终端和无人机位置动态变换, 各点位对应的天线增益是动态3D增益值。

$$PL = (\eta_{\text{Los}} - \eta_{\text{NLos}}) \left(\frac{1}{1 + a e^{-b(\frac{180}{\pi} \theta - a)}} \right) + K_1 \log d + K_2 \log f + K_3 \log \left(\frac{4\pi}{c} \right) + \eta_{\text{NLos}} + X_o \quad P_r = P_t + G_{t3D} + G_r - PL$$

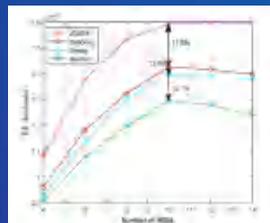
发表SCI论文: 【1】 High Altitude Air-to-Ground Channel Modeling for Fixed-Wing UAV Mounted Aerial Base Stations

核心技术 (4) : 接入回传一体化多基站协作技术

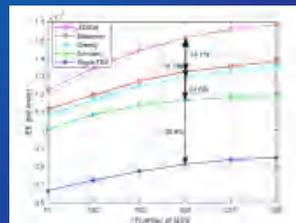
问 题: 空地网络多基站协同中, 存在网络覆盖和容量不足, 无法满足在高密度场景下获得稳定通信服务的瓶颈。

创新性: 创新性提出在接入回传一体化空地无线网络中的动态优化模型, 实现空中基站部署、用户关联、地面和空中基站下行链路功率的动态分配, 大幅提升网络吞吐量等性能, 降低网络能耗, 最大化提升用户体验。

效 果: 在满足地面用户速率要求和基站的发射功率限制的条件下, 提升网络能效30%, 容量50%以上。



系统能效随空中基站数量变化的曲线图



系统能效随地面用户数量变化的曲线图

- 1、在给定的空中基站空间配置的情况下, 使用响应于网络负载波动的基站下行链路功率的动态功率分配来解决资源分配问题, 以实现功率匹配;
- 2、使用粒子群优化算法和模拟退火算法相结合的混合算法来解决空中基站位置部署问题。

发表SCI论文: 【1】 Multi-UAV Trajectory Planning for Energy-efficient Content Coverage: A Decentralized Learning-Based Approach

已授权发明专利: 《一种面向空地网络的接入回传一体化能效优化方法及系统》

核心技术创新点2——中移凌云管理运营平台

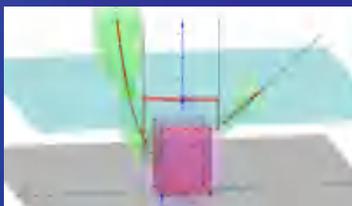
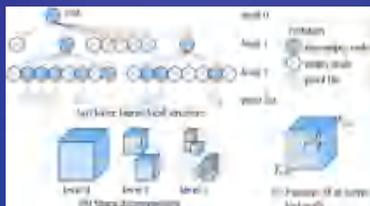
核心技术1：智能飞行控制

问题：现有技术难以实现对无人机的超视距，且高效智能的网联实时飞行控制。

创新性：自主研发了基于5G网络的一系列超视距智能网联飞行控制技术，包括兼容多机型无人机的精准导航以及多场景下自适应航线规划等相关技术，全面提升了网联无人机智能化水平。

超视距智能飞行控制——精准导航

智能化多机协同——自适应航线规划



效果：业界第一次实现了对无人机的超视距远程飞行控制，具备复杂作业场景下实时智能导航及高效航线规划能力，有效提高超视距飞行控制精准度及多机协同能力，较传统方法减少50%系统时延。

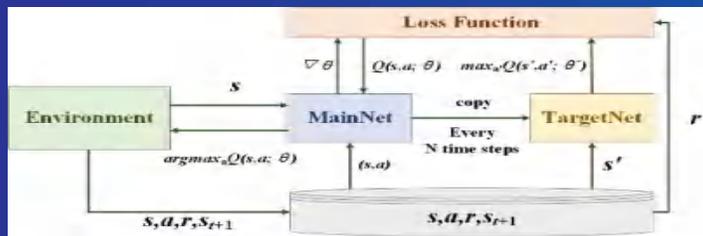
发表SCI论文：【1】 Learning-based Buffer Starvation Modeling for Packets Prefetching Strategies of Video Streaming Services

发明专利：《一种基于改进型RRT算法的无人机导航方法》，《一种三维空间静态曲线轨迹航线的航点坐标的自动生成方法》，《一种基于历史飞行任务加权信息的无人机热点航线的自动生成方法》

核心技术2：智能低时延资源调度

问题：5G网联无人机需要在复杂网络环境下动态调度端到端网络资源，现有技术时延较大且用户体验质量较差。

创新性：自主研发自适应端到端编解码器以及智能网络、流数据调度架构，对于不同网络环境均可有效降低时延，保障了无人机作业的安全性、可靠性。



效果：在兼顾稳定性的同时提高15-20%的信息传输效率，并大幅提高用户体验质量。

发表SCI论文：

【1】 Buffer evaluation model and scheduling strategy for video streaming services in 5G-powered drone using machine learning.

【2】 Artificial Intelligence-Based Energy Efficient Communication System for Intelligent Reflecting Surface-Driven VANETs

发明专利：《一种基于机器学习的网络视频流传输缓冲区评估及信道资源调度方法》，《一种基于5G信道状态信息的自适应端到端视频编解码方法》，《一种5G蜂窝网络中基于深度强化学习的低时延带宽资源调度算法》，《基于强化学习的无人机链路动态选择方法》

核心技术3：实时数据采集及智能分析

问题：传统内业数据采集、分析流程割裂，处理时间长，缺乏对跨领域数据内在关系的挖掘。

创新性：自主研发了5G网联无人机跨领域实时数据自动采集链路以及实时数据挖掘处理方法，将内业作业从人工处理阶段转换到全流程实时在线自动处理阶段。



效果：将内业作业过程从持续数天的人工作业变成“数小时”甚至实时的自动作业，效率提升30+倍、人力成本节约>80%，同时大幅扩展了跨领域数据的应用价值。

发表SCI论文：

[1] Floop: An Efficient Video Coding Flow for Unmanned Aerial Vehicle

[2] A Trust-Based Security Scheme for 5G UAV Communication Systems

发明专利：《无人机集群智能化灾害应急救援系统》，《一种基于数据流模型的元数据管理方法》，《一种新型双目视觉定位方法》，《一种用于5G网联无人机的目标跟踪方法》，《一种无人机视频流与飞行参数实时同步传输方法》

核心技术创新点3——无人机机载可信网联终端

牵头主持完成IEEE1937.8无人机蜂窝通信终端接口、及空口国际标准并已进入正式出版前的编辑校对审核阶段，参与制定国家标准《民用无人机唯一产品识别码》、《民用无人驾驶航空器系统身份识别三维空间位置标识编码》。

问题：针对以“异构、高密度、高频次、高复杂性”为特征的大容量融合低空安全飞行监管存在飞不远，监管难，运营效率低的业界难题。

创新性：创新性自研无人机机载可信网联终端，研发了ANI-VAC(视频智能自适应编码)技术，在业界首次提出统一监管安全协议标准，实现无人机“四码合一”身份识别技术。

效果：实现海量无人机的安全飞行、可信监管运营，提升无人机运营效率和低空空域利用率，确保目标空域安全。

安全可靠

出厂可信：型号核准、入网许可、唯一标识(专用IMEI)、CNAS认证

监管可信：四码合一(一机一码、IMEI、IMSI、MSISDN/GPSI)、四维网格(经度、纬度、高度、时间)、三源定位(无人机定位、通信终端定位、基站定位)

控制可信：低空物联网可信、偏航预警、一键净空(应急处置)、违法取证

哈勃终端

安全SDK

MQTT/TLS

双向身份认证

会话密钥协商

数据加密传输

中移凌云

认证系统

发明专利：【1】一种飞行控制方法及装置、云平台、存储介质【2】5G+北斗无人机空中智慧交通系统【3】低空飞行器防撞的方法、装置、设备及计算机存储介质。

机载智能

ANI-VAC(视频智能自适应编码)：解决多种数据异构适配与视频智能自适应编码的难题

智能计算：支持端侧多传感数据融合与智能计算，辅助无人机安全飞行、智能作业。

通用版 V1.0

前装版 V2.0

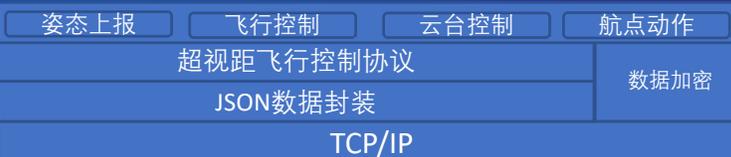
智能版 V3.0



发明专利：《一种图像处理方法、装置、设备及存储介质》《一种通信连接方法、终端及存储介质》《一种飞行轨迹的确定方法、装置、设备及存储介质》《一种蜂窝网联无人机安全管控方法及系统》《一种基于多分辨率地图的无人机路径规划方法》《一种预测多架无人机空中相互碰撞的系统及装置》《一种新型双目视觉定位方法》《一种基于单目视觉的无人机飞行中障碍物感知方法》

统一监管

协议标准：业界首次提出网联无人机安全监管协议标准，为各类无人机提供开放接口，统一适配、安全可靠的交互协议，实现无人机与网络安全的融合。



- 【1】牵头制定IEEE1937.8 国际标准;
- 【2】参与完成 IEEE1937.1国际标准。
- 【3】牵头制定5G AIA 005-2022《民用无人机系统基于5G技术的机载通信终端通用要求》;

发表SCI论文：

- 【1】A Trust-Based Security Scheme for 5G UAV Communication Systems
- 【2】Task allocation and route planning in multi-UAV collaboration
- 【3】Civil aviation data monitoring system based on encryptable consortium blockchain

核心技术创新点4——基于光学阵列的通感一体增强感知技术

问题：基于5G基站对空域目标的感知研究，仍存在无法区分无人机与其它飞行物（如鸟类、热气球等）瓶颈。

创新性：业界首创基于5G基站部署光学阵列，构建视场范围内的空域图像数据特征库，通过自研基于空域视觉的目标检测算法区分空中目标物体类别，降低基站雷达的虚警概率，为有效安全监管与拒止打击提供决策依据。

效果：融合多方数据的基于空域视觉的目标检测AI算法，可有效区分入侵空域的无人机与其它目标（如鸟类、热气球等），减少90%的5G基站雷达虚警信息。

基于光学阵列获取广视角空域视场



根据光学阵列视场范围和角度，辅助定位无人机等目标的时空信息

无人机运营管理平台提供无人机探测能力，可查看实时视频、告警、地图视场等信息

发明专利：《一种跟踪目标遮挡判定方法、装置、设备及存储介质》

整合多方数据，构建无人机探测框架



融合雷达、图像AI数据，构建体系化检测框架，有效检测目标类型
融合多场景、多环境的数据，对可针对复杂空域实现泛化

发明专利：《一种基于深度学习的多尺度航拍图像角点特征检测方法》、《一种应用于无人机的多相机的物体检测与定位方法》

核心技术指标突破

1) 空对地连续覆盖技术为国际国内首创、且对地覆盖范围业界最大!

主要创新技术1	指标名称	本项目技术指标	国内外先进性对比
面向无人机飞行空域的 5G立体移动通信覆盖	连续空对地覆盖面积	大于60平方公里	该技术成果为 国际国内首创 ，无其他实测数据!
	连续通信时长	24-36小时	
	VoLTE语音接通率	98% (连续覆盖范围内)	
	上/下行传输峰值速率	50/150Mbps	
	移动性支持	350km/h	

2) 面向低慢小无人机目标的探测感知技术为国际领先!

主要创新技术2	指标名称	指标数值	国内外先进性对比
面向低慢小无人机目标的 探测感知技术	探测距离	1200m	该技术在 国际国内 属于起步阶段，无其他实测数据，基于5G基站的无人机探测结果已在相关部委的试点项目中应用，为业界先进!
	探测RCS(雷达反射截面积)	0.01 m ² (可探测大疆最小的御2系列无人机)	
	探测精度	米级	

3) 基于5G通感的安全监管平台 (中移凌云) 为国际先进!

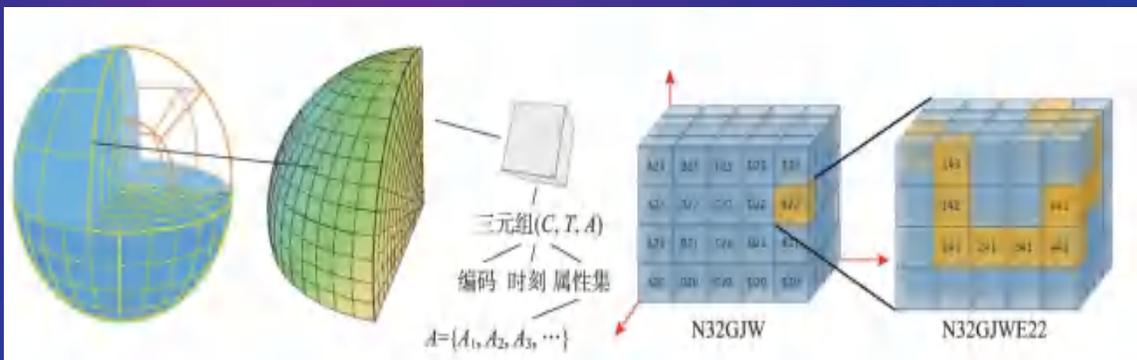
主要创新技术3	指标名称	国内外同类先进技术		本项目技术指标	国内外先进性对比
		机构	技术指标		
基于5G通感的安全监管 平台 (中移凌云)	智能飞行控制单步计算时长	Swedish Defence Research Agency	0.7ms	0.26ms	国际先进
	智能低时延资源调度卡顿率	Futurewei (华为北美研究所)	17%	5%	国际先进
	实时数据采集与智能分析效率	SPH Engineering	天	小时	国际先进

面向低空经济场景

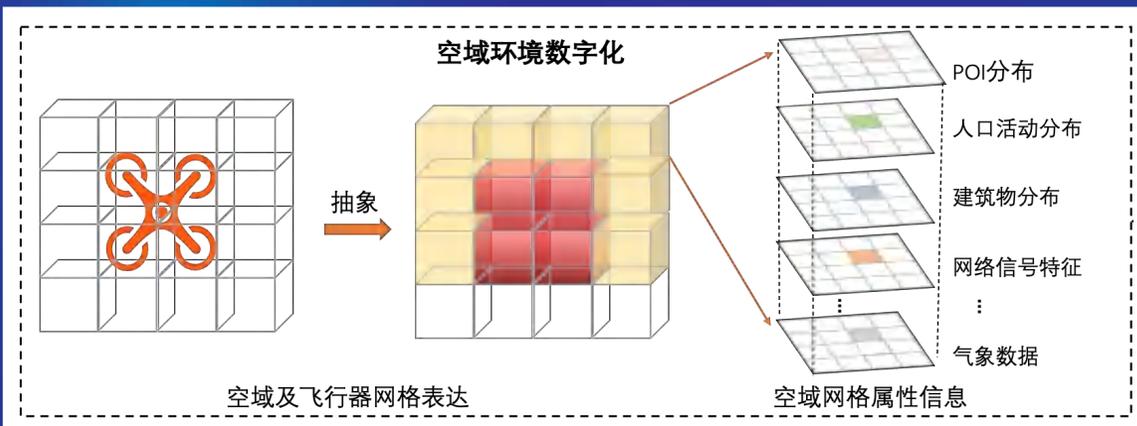
中国移动六大能力

核心能力 - 1: 低空空域智慧规划

陈志杰、樊邦奎等多位院士专家提出低空空域的有效利用和释放在低空经济建设中是至关重要的一步。中国移动成研院自主研发面向低空空域运营管理的中移凌云平台功能，通过构筑低空四维时空（经度、纬度、高度、时间）体系，在空域划设、空域评估、空域动态配置、空域数据管理等方向开展技术研究和产品功能研发，赋能低空监管运营者。同时，创新性制定国家标准《民用无人驾驶航空器系统身份识别三维空间位置标识编码》，为规范空域管理提出了有效方法手段。



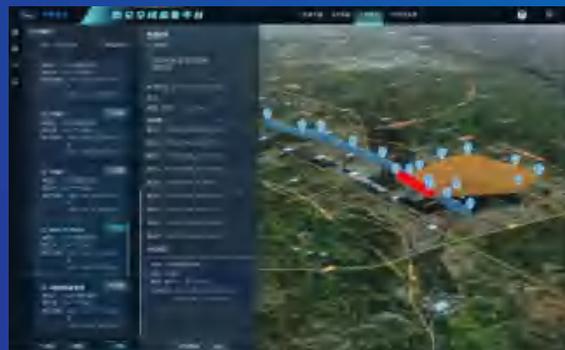
基于低空空空间的四维网格码（经度、纬度、高度、时间）



空域信息的网格化表达



空域划设



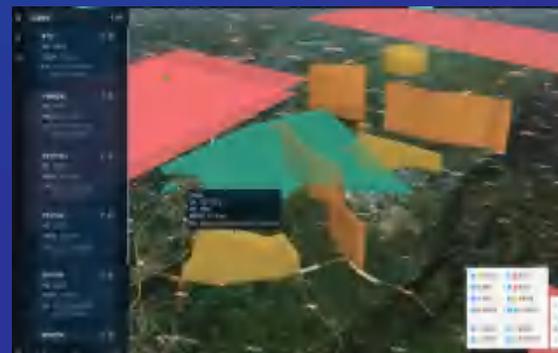
空域评估



空域动态配置

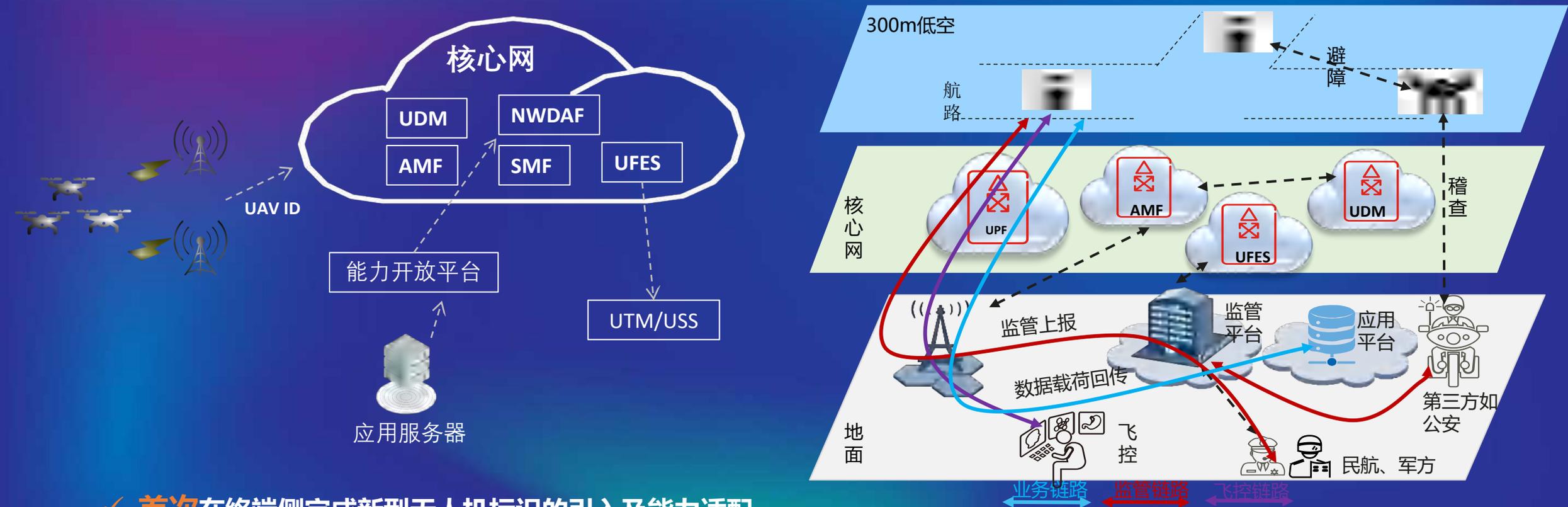


空域数据管理



核心能力 - 2: 5G-A网络实现无人机可信接入

在业界首次实现基于3GPP的“面向低空智联网的5G-A无人机可信接入”技术验证，在5G-A网络中首次引入新型无人机标识，端到端拉通芯片模组、网络和飞控平台，全面验证了无人机标识识别、鉴权、管理等核心能力，奠定了5G-A网络对网联无人机高效管控的基础。



- ✓ 首次在终端侧完成新型无人机标识的引入及能力适配
- ✓ 首次在网络侧通过升级支持UAS网络功能完成无人机可信标识的识别、映射、鉴权授权及全生命周期管理
- ✓ 首次在飞控平台侧完成与核心网能力开放平台的对接、实现标识与运营信息的绑定，端到端实现了5G-A无人机接入可管可控的基础性变革

核心能力 - 3：基于5G-A的无人机全生命周期管理

借鉴手机、车辆等成熟的管理模式，构建基于空天地一体化网络的无人机全生命周期管理系统。依据我国首部无人驾驶航空器专项行政法规《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》面向监管提供规范、标准、可靠的技术手段，保持低时延的**双向通信**，实现对无人机**看得见、叫得到、管得住**。



核心能力 - 4: 赋能低空经济的智慧运营服务

围绕低空经济场景，面向**无人驾驶航空器运营用户**，利用**中移凌云通信与感知平台**，提供**365天×24h全天候飞行安全监管、智能偏航预警、智能航线规划、多源数据融合与反制**等能力，为**无人机物流配送、Evtol载人飞行、无人机巡检及安防保障**等领域提供**数据分析、数据传输**等能力，助力低空经济发展。

构筑平台能力

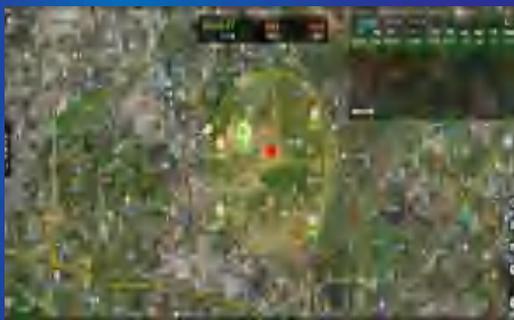
智能航线规划



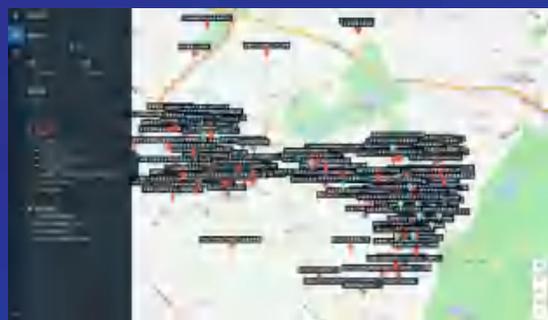
智能偏航预警



异常行为挖掘



多源数据融合分析



面向低空应用

无人机物流配送



Evtol载人飞行



无人机巡检



无人机安防保障



核心能力 - 5：基于5G-A的无人机低空探测和反制（1/4）

低慢小无人机目标因成本低、灵活性强等特点，雷达、光电、无线电等现有手段不易探测，威胁国家安全。

然而在俄乌战争中无人机已广泛应用于侦察指引、武器发射、通信中继等，所以国家亟需打造一张面向无人机飞行空域的感知监管与通信网络，为低空安全提供能力保障。

针对低慢小无人机目标的探测及面向无人机飞行空域的有效监管已成为国际国内亟待解决的技术瓶颈！

俄乌战争中空中精确打击的无人机



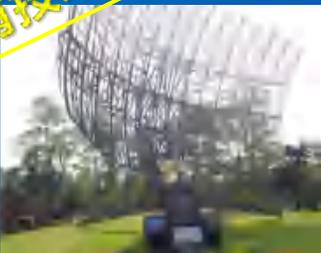
乌军展示战场使用的无人机



俄军前参谋长对无人机军事领域作用高度评价

俄罗斯前总参谋长巴鲁耶夫斯基将军：
✓ 中国制造的普通商用四旋翼无人机给传统身管炮和火箭炮的应用带来了一场真正的革命，实际上彻底解决了炮兵侦察、目标指示和火力修正方面的老问题。
✓ 当无人机持续悬停目标区上空进行调整时，火炮可以使用常规弹药，其精度和效率堪比精确制导弹药，同时杀伤所需的弹药和火炮数量大幅减少。
✓ 中国大疆公司制造的Mavic四旋翼无人机原则上已成为现代战争的真正象征。

低慢雷达技术



✗ 低慢雷达成本高，单套设备价格超过百万，对周边通信干扰严重，在市区和人员密集区禁止使用；

光电探测技术



✗ 采用激光捕捉技术，对环境要求较高，不能遮挡，无人机通过障碍物合理规划路线可“完美”规避监测；

无线电探测技术



✗ 仅能探测特定的频段，对于非标无人机难以探测，且环境中的电磁干扰影响大，不适合复杂电磁环境下。

现有技术均无法解决

核心能力 - 5: 基于5G-A的无人机低空探测和反制 (2/4)

无人机飞入5G网络后，一个基站主动发射探测电磁波，相邻基站接收反射波，使用相关规则进行解算，从而确定目标。基站通过不同天线共站方式实现通信感知一体化方案，运营商通过对外开放接口提供低空探测数据，实现低空监测服务。

基站通信感知融合

感知信号发射与处理

(相位/强度/多普勒)



运营商核心网支持感知解算

计算感知目标特征

(位置/速度/类型...)



行业应用平台

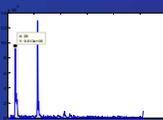
生成感知事件信息

(无人机入侵等)

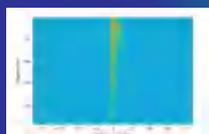


感知数据流

R谱估计
(相位/强度)



V谱估计
(多普勒)



反射点信息



目标信息



应用信息

无人机入侵XX大楼告警

.....

核心能力 - 5: 基于5G-A的无人机低空探测和反制 (3/4)

开展通感一体化测试

高频通信感知一体化原型样机

- ✓ 频段: 26GHz
- ✓ 感知模式: 基站A发B收
- ✓ 通感一体: 通信信号和感知信号时分, OFDM波形
- ✓ 无人机探测距离测试: 最大探测距离956m
- ✓ 无人机跟踪测试: 感知轨迹与预设轨迹吻合



低频通信感知一体化原型样机

- ✓ 频段: 4.9GHz, 100MHz带宽
- ✓ 感知模式: 基站A发基站A收
- ✓ 通感一体: 通信信号和感知信号时分, OFDM波形
- ✓ 无人机探测距离测试: 最大探测距离1240m
- ✓ 无人机跟踪测试: 感知轨迹与预设轨迹吻合



探测基站配置

	26GHz	4.9GHz
带宽	100MHz	100MHz
发射功率	2W	200W
上倾角	15°	15°
AAU水平波束宽度	120°	
AAU垂直波束宽度	30°	
探测距离	956m	1240m
探测高度	280m	300m
水平探测角度	100°	
垂直探测角度	25°	
开销占比	—	11%



26GHz测试效果



4.9GHz测试效果

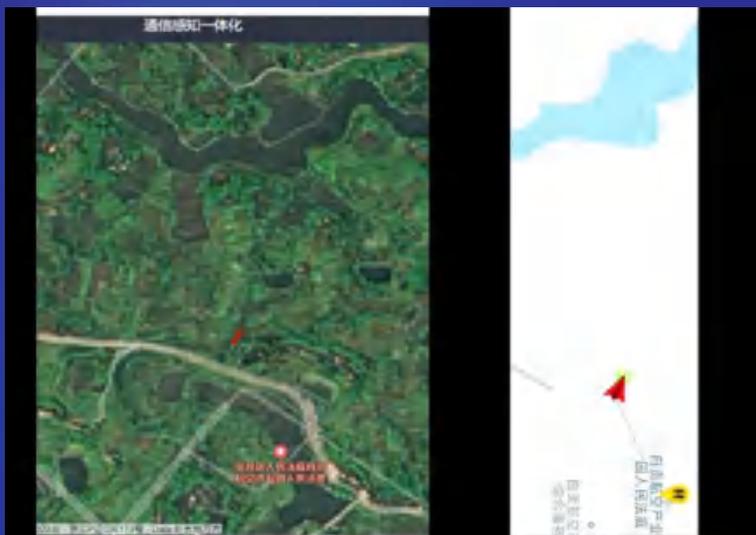
核心能力 - 6：基于5G-A的无人机低空探测和反制（4/4）

基于5G基站无人机探测结果，在中国移动自研的“中移凌云”平台进行实时显示，相比传统方案优势明显，蓝色线条为无人机实际飞行轨迹，红色为5G基站探测轨迹，黄色为无人机实际飞行方向。

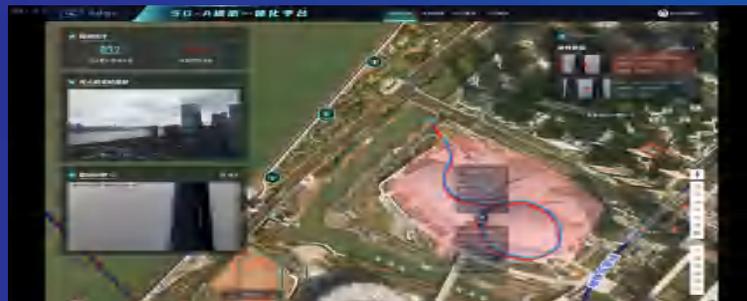
通信感知一体化基站样机实测验证

基站感知轨迹

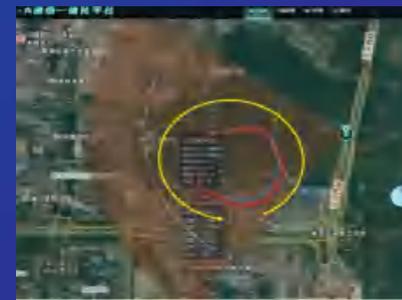
无人机飞行轨迹



通感一体实测效果在自研“中移凌云”平台实现！



央视报道



核心能力 - 7: 应急通信 (四纵-三横)

针对各类场景下应急通信保障的任务需求，中国移动构建四纵三横的多维度无缝应急通信保障体系。选配大型、中型、系留和无人直升机等**多类型飞行平台**，搭载**中移应龙航空应急专用基站**，结合**无人机应急管理平台**，实现在地震、洪涝、森林草原火灾、近海和重要活动等场景下的立体应急通信保障。

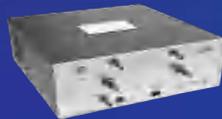
系列核心算法



实现4000米高空对地60平方公里的连续无线网络覆盖。该专利已获中国发明专利授权，已获得日本专利授权，并已被欧盟、美国专利受理。

中移应龙航空应急专用基站

自研的国内首款航空专用应急通信基站，高度适配无人机，低功耗高用户接入，核心算法自研。



设计

机载天线

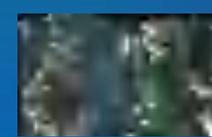
航空特性

兼容性强

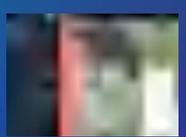
无人机应急管理平台



应急通信指挥大屏

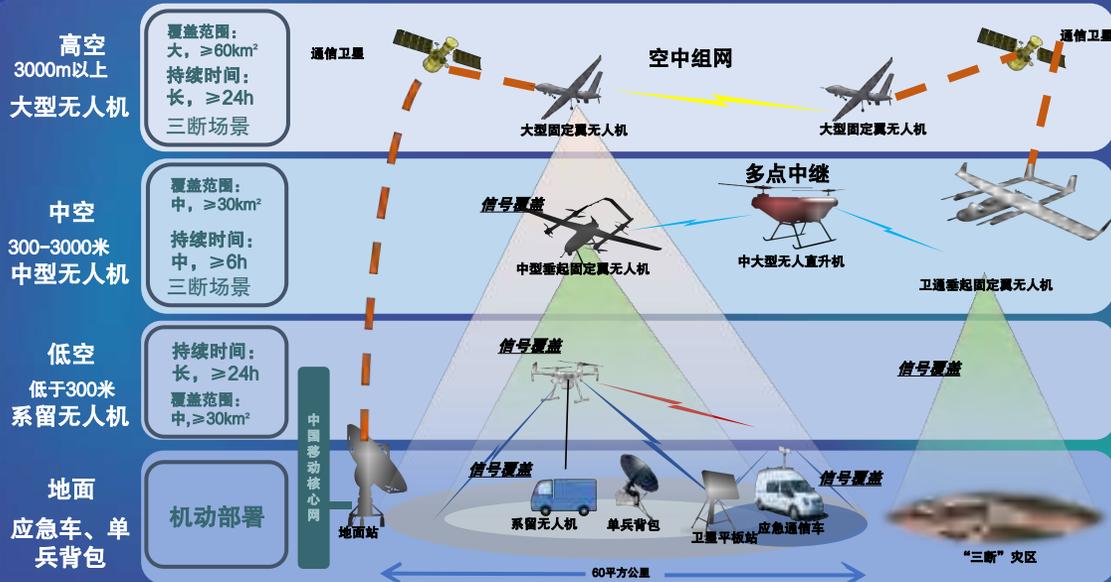


通信覆盖情况

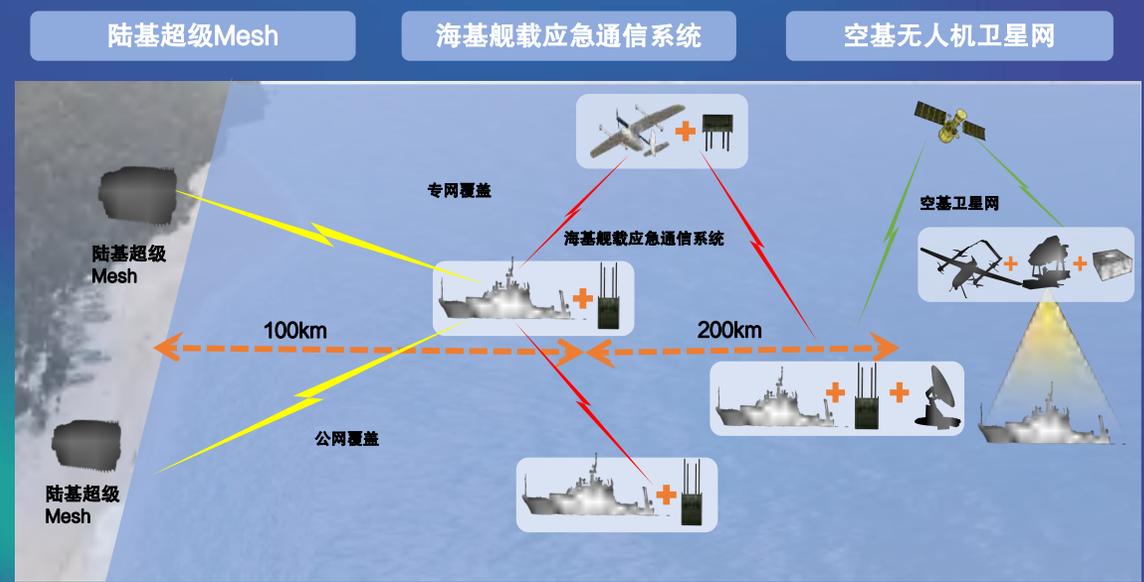


救援力量分布

陆上“四纵”



近海“三横”



核心能力 - 7: 应急通信 (四纵-三横)

在国家应急管理部科技和信息化司主办的应急救援无人机高海拔地区“三断”场景测试验证中，代表中国移动成为唯一完成实战验证并获得验证证书的运营商，助力提升中国移动应急产品能力。

(中型卫通无人机应急通信系统II型)



装备地面联合调试



三断场景通信测试



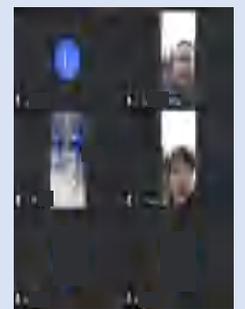
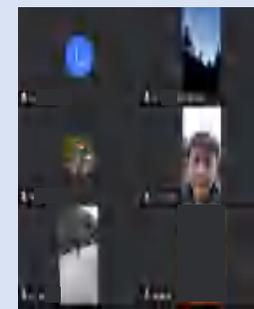
(中型卫通无人机应急通信系统IV型)



装备地面联合调试



三断场景通信测试



01

行业政策背景

02

核心产品技术

03

实战应用案例

04

知识产权及成果

05

未来展望愿景

实战应用——案例一：专用无人机通信保障

2020年3月2日，中国移动（成都）产业研究院正式**中标中共中央办公厅专用无人机通信保障项目**，此项目为成研院与中共中央办公厅**直接签约项目**。项目采用由成研院**完全自主研发产品中移凌云无人机管控服务平台及哈勃一号提供应急处置场景下的通信与安防巡查服务**。

中国移动（成都）产业研究院成功中标此项目，是成研院5G网联无人机关键技术及产品体系的又一重大突破，也体现了中共中央办公厅对成研院在5G和无人机领域的技术能力和总体实力的高度认可。

党政专用无人机载通信系统研制项目 终 验 意 见

中移（成都）信息通信科技有限公司：

2022年4月29日，项目组于北京对党政专用无人机载通信系统研制项目进行终验，经观看汇报PPT和实时演示，专家组认为无人机应急通信保障子系统、无人机空中侦查子系统、无人机自动巡检子系统功能完备、体系架构科学、用户体验好，在技术路线、性能指标、环境适应等方面均满足了用户需求，完成了预期内容，达到了预期目标。

中办通信局科研处
2022年4月29日



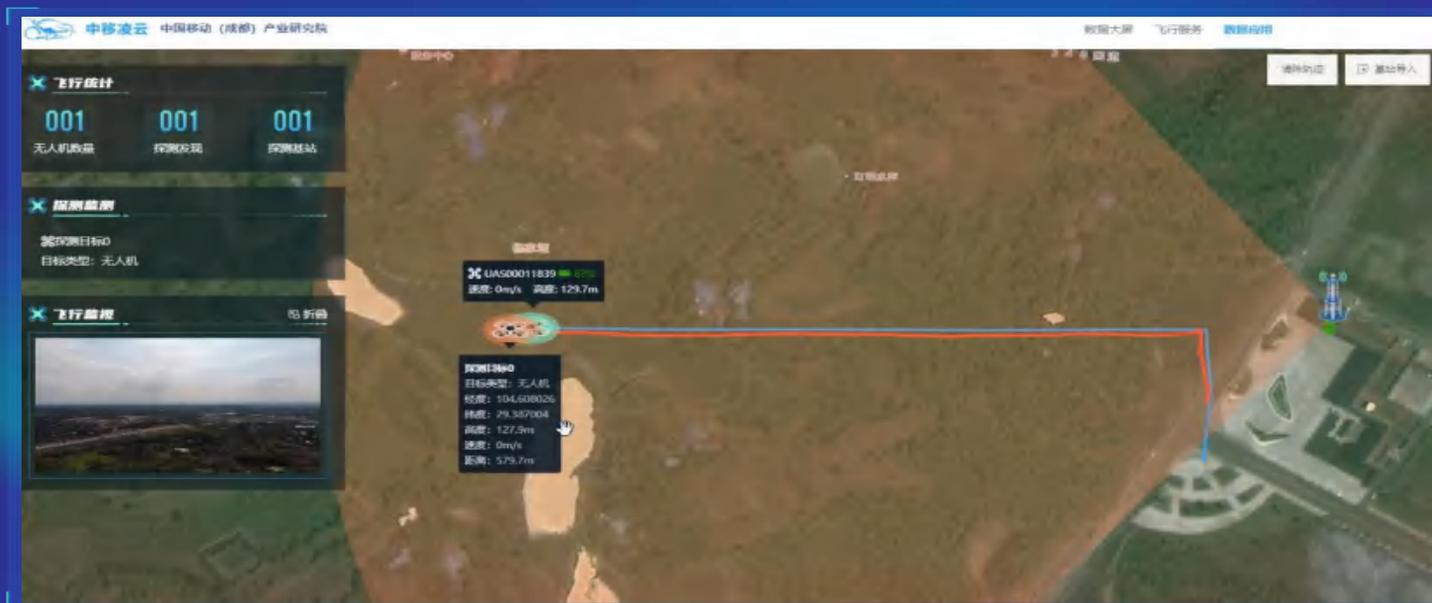
实战应用——案例二：公安部特勤局5G低空无人机探测项目

2023年，公安部特勤局组织开展基于5G的低慢小无人机探测感知系统盲测，测试结果显示中国移动牵头完成的基于5G的无人机通信与感知系统**可有效探测识别低慢小无人机目标，且探测精度领先于现有其他低慢小探测设备**，技术可行性和应用性已达到实战应用标准，**同意部署至钓鱼台国宾馆**。当前已完成平台与公安部相关系统对接和设备测试。



与公安部联合开展对5G低空探测样机的外场调测

基于5G基站无人机探测结果，在中国移动自研的“中移凌云”平台进行实时显示，该技术为**业界先进!**



实战应用——案例三：香港特别行政区智慧城市应用

2020年12月9日，中国移动接获香港通讯事务管理局正式公函，该项目入选香港特别行政区**2020年首批“鼓励及早使用5G技术计划”**的智慧城市应用项目。

2020年7月9日，成研院在香港完成本地化部署与组网联调，联合香港本地客户在港岛鰂鱼涌柏架山道花园试验基地、新界屯门中国建筑工地**首次进行5G网联无人机陆警森林搜救实战**。

2021年7月正式中标中国港湾香港巡检项目。成研院为客户量身定制基于中移凌云平台和哈勃一号的飞行器+载荷方案。为香港葵涌港口建设工地**提供巡检及数据采集服务**。是香港特别行政区第一个5G网联无人机商业订单。



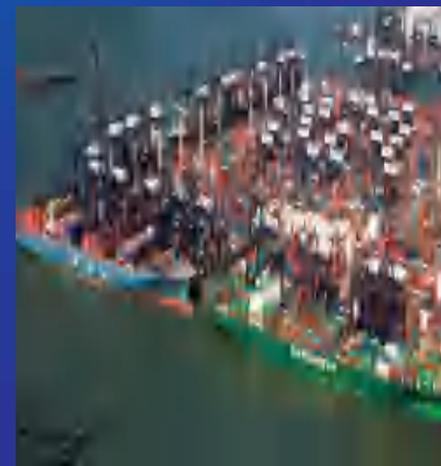
香港通讯事务管理局公函



参与陆警森林搜救实战

China Mobile Hong Kong Company Limited				
Level 20, Tower 1, Kowloon Commerce Centre, No. 51 Kwai Chung Road, Kowloon Tel: (852) 9445 8000 Fax: (852) 9445 7747				
Purchase Order		Purchase Order	PO20210709019	
Supplier Code		Revision No.		
Supplier Name		Purchase Order	Date	
Contract Person		Total Page(s)	2 / 2	
Email		Quote Ref. No.		
Delivery Address				
Contact Person				
Item No.	Product Description	Quantity	Unit Price (CNY)	Amount (CNY)
1	5G network 5G network platform including Flight Service/Waypoint Flying Map Integration/Multiplatform Interfacal Access/ICT/Asset Management/Access/NET	1		

项目Purchase Order

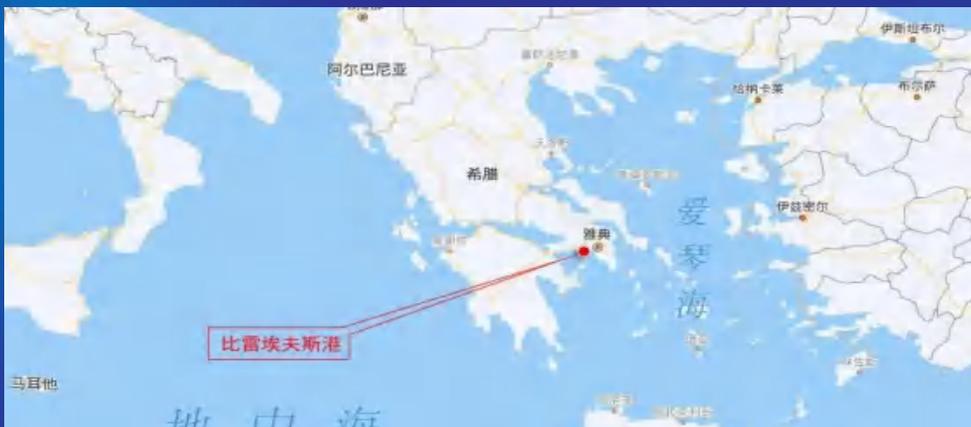


香港葵涌港口

实战应用——案例四：希腊比雷埃夫斯港项目

2022年6月，中标希腊比雷埃夫斯港5G网联无人机智慧港口应急保障和巡检项目，该项目是中国移动在海外落地建设的首个5G网联无人机项目，成功实现5G网联无人机产品和能力出海，助力国际大型港口5G+数字化信息化转型，共建“一带一路”海外5G港口建设标杆案例。

2024年初，该项目已成功完成交付。



实战应用——案例五：巴塞罗那世界移动通信大会（MWC）

巴塞罗那世界移动通信大会（MWC）于2024年2月26日--29日举行，中国移动5G网联无人机首次亮相巴展现场，结合先进的产品研发成果及实践，吸引了来自**200多个国家和地区**的全球科技企业和与会者参观，累计接待包括国家网信办、工信部领导在内**超30个SVIP参观团组**。

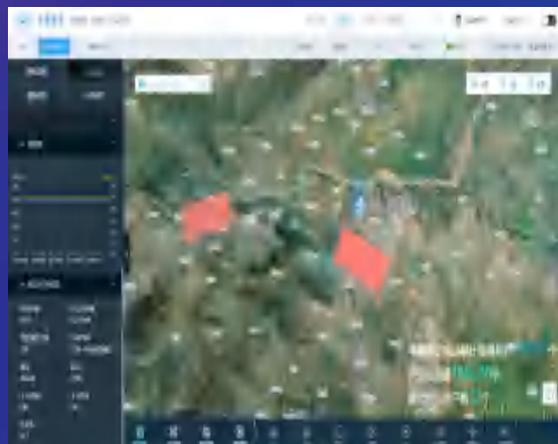
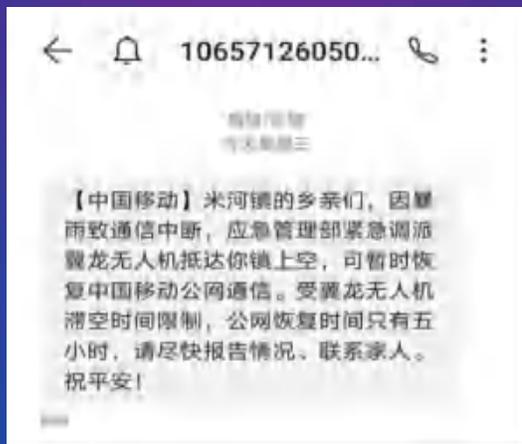
取得各界良好反应

- ✓ 中国移动展台整体效果**获得2024MWC最佳展台奖称号**。
- ✓ 获得了包括**央视、人民网、新华社**的高度评价，并获得境外媒体主动自发关注。
- ✓ 相关新闻报道经媒体自发转发已达**1800多篇次**。
- ✓ 累计获得曝光（阅读或播放）量超过**6000万次**（传播效果仍在发酵），**为参展历年之最**。
- ✓ 获得**土耳其电信、越南电信以及西班牙、意大利、美国相关企业**等客户**高度关注及认可**。



实战应用—案例六：空天地大型固定翼无人机应急通信系统驰援河南7.20特大洪涝灾害

- 在国际国内第一次实现了在断电、断路、断网场景下空对地的应急通信恢复,运用专利“目标区域的信号连续覆盖方法、装置、设备及天线系统”的核心技术。
- 应急管理部领导在7月22日国家防汛抗旱总指挥部全体会议上向时任国务委员王勇做了基于翼龙无人机平台的空中应急通信系统恢复公网信号的专题汇报,高度肯定了中国移动的社会贡献。

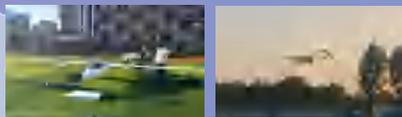


- 2021年7月20日郑州特大洪涝灾害, 我院基于翼龙无人机平台自主研发的**大型固定翼无人机空天应急通信系统**在应急管理部和工信部的统一指导和安排下, 先后奔赴河南**巩义市米河镇**、**郑州市阜外华中心血管病医院**, 成功完成应急通信的保障任务。
- 飞机一共执行了**16小时**的飞行时长, 跨越**3战区4省**, 长途奔袭**1200公里**, 到达灾害区域, 实现**超过50平方公里范围**长时稳定的连续移动信号覆盖。
- 在救援期间, 空中基站累计接入用户**5953个**, 产生流量**1.14GB**, 单次最大接入用户**648个**, 短信提醒发送有效号码**2704个**, 持续恢复通信**6个小时**, 有力支撑防汛指挥调度互通信息, 让灾区群众能报个平安。

实战应用—案例七：2023年赴多省驰援“杜苏芮”台风救援

- 在2023年8月“杜苏芮”台风灾害和北京、河北、黑龙江、陕西洪涝灾害救援、12月甘肃临夏州积石山县地震救援中，第一时间派出党员应急保障突击队奔赴受灾一线展开救援保障工作，共计转战9个省份9000余公里，累计通信覆盖面积超过600平方公里，有效保障了灾区人民的通讯“生命线”。

8月11日，陕西西安突发山洪泥石流灾害，应急保障团队赶赴陕西开展应急通信及侦察作业。



8月10日-8月18日

按照统一部署，应急保障团队转战黑龙江五常市，成功打通失联灾区群众通信“生命线”。



应急管理部科技和信息化司 应用证明

应用证明

应用名称	无人机应急通信系统参与2023年京津冀暴雨洪涝灾害救援的实战应用
应用单位	应急管理部科技和信息化司
应用成果起止时间	2023年7月-8月

应用情况：

2023年7月-8月期间，受台风“杜苏芮”影响，河北多地出现极端强降雨天气并导致通信中断。我单位紧急调派中国移动（成都）产业研究院【中移（成都）信息通信科技有限公司】携带无人机应急通信系统2套赴河北涿州涿县协助执行应急指挥通信保障任务，支援当地救援行动。

单位：应急管理部科技和信息化司
日期：2024年10月17日

12月19日

携带中型无人机应急通信设备3套，侦查无人机设备2套及卫通等奔赴甘肃地震灾区并做好机动响应的灾备工作，并全力参与灾区无人机应急抢险任务。



8月2日-8月10日

随着京津冀地区洪水灾害严重，转战北京门头沟、河北涿州等地开展应急通信保障作业。河北省应急厅主要领导成功打通了给汤家村的第一通电话。



7月26日-8月2日

成研院赶赴福建厦门、泉州等地开展应急通信保障及侦测测绘任务。



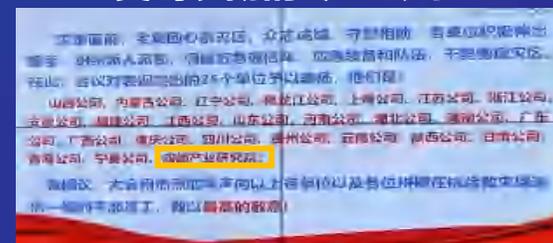
7月26日

成研院紧急调配应急保障团队30余人，携带应急通信无人机设备2套、侦查无人机设备3架、应急照明无人机3架及卫通等多种应急装备，分批前往福建、江西、浙江各省驻点并做好机动响应的灾备工作



是唯一一个

受到表扬的专业公司！



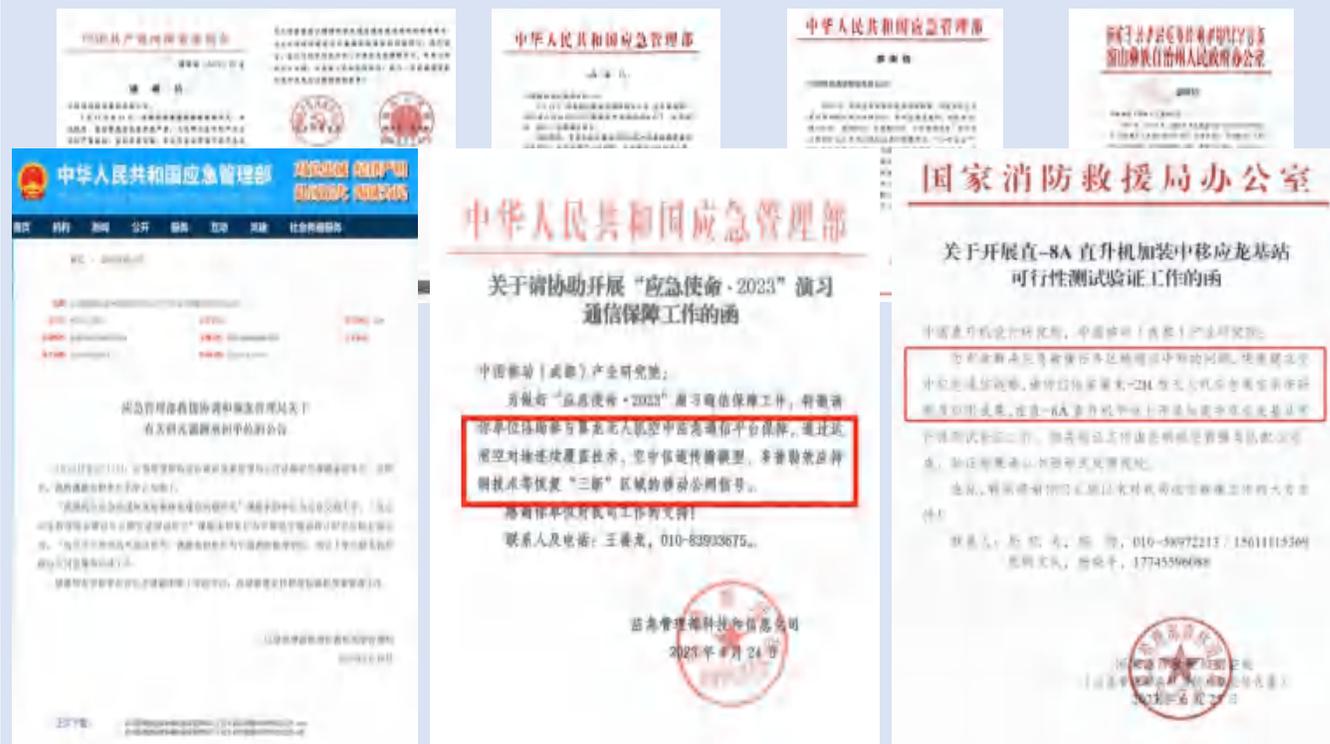
实战应用—坚持胸怀国之大者，助力国家应急能力现代化建设

● 受国家应急管理部和国家消防救援局邀请，参与顶层设计和测试，助力国家应急能力现代化建设。

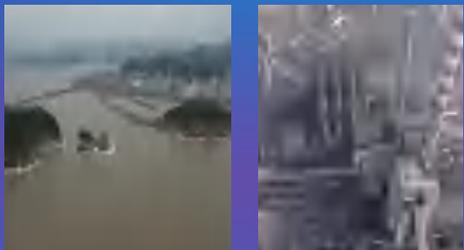
- 2019年，在四川长宁地震地震执行测绘搜救任务；
- 2020年4月，四川省西昌市森林火灾应急救援；
- 2020年4月，四川省绵阳市森林火灾应急救援；
- 2020年6月，宁夏应急通信演练；
- 2020年9月，乐山水灾通信抢险；
- 22020年11月，四川省应急救援拉练；
- **2021年1月，中标应急管理部应急通信服务项目**
- 2021年5月，“应急使命·2021”国家抗震救灾演习
- **2021年7月，河南洪涝灾害应急通信保障**
- 2021年9月，四川省泸州泸县地震应急保障
- 2021年10月，四川省宜宾市森林防火巡检
- **2021年11月，参与云南哀牢山失踪人员搜救**
- 2022年2月，参与应急管理部“北德汶川”应急通信测试
- 2022年5月，参与四川省2022年综合实战演练
- 2022年5月，参与“应急使命·2022”抗震救灾演习
- **2022年6月，参与6.10马尔康地震应急救援。**
- 2022年6月，参与“应急黔行2022”贵州综合应急演练
- **2022年7月，参与7.12四川平武山洪灾害救援**
- **2022年8月，参与8.24重庆山火救援**
- **2022年9月，参与9.5泸定地震救援**
- 2023年5月，“应急使命·2023”国家抗震救灾演习
- **2023年8月，参与台风“杜苏芮”应急通信保障**
- **2023年12月，参与甘肃积石山地震应急救援行动。**



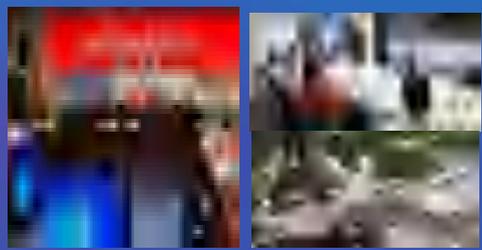
应急管理部及各级政府单位邀请函及感谢信



实战应用——行业典型标杆示范



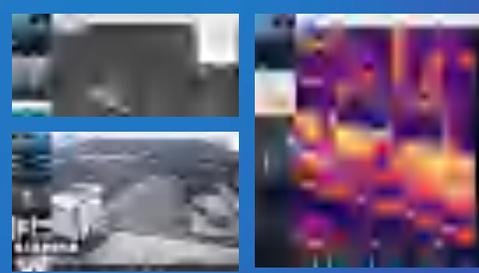
**业内首个智慧核电综合监管
和应急应用
福建福鼎核电站**



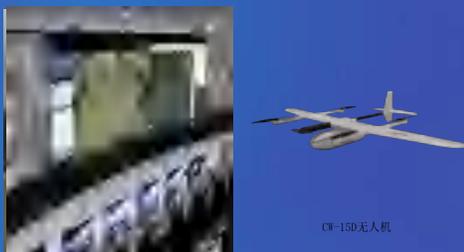
**全国首个
5G网联无人机警务安防应用
深圳公安**



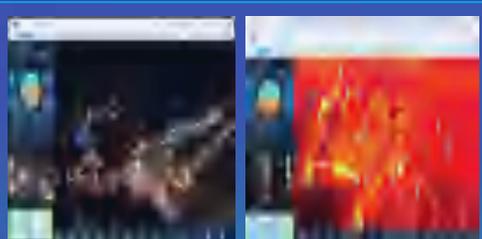
**业内首个全省
环保监管与应急一体化应用
河南环保厅**



**全国首个大型钢铁园区
无人机应急综合应用
湖南湘钢**



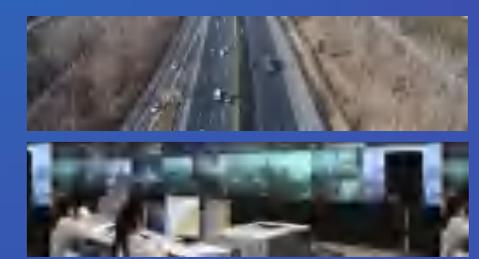
**空地协同作业典型应用
四川绵阳无人机智慧治理**



**夜间智慧安防典型应用
江苏无锡灵山景区安防保障**



**智慧文旅典型应用
四川乐山大佛文旅直播**



**交通管理典型应用
郑州高速公路智能巡检**

01 行业政策背景

02 核心产品技术

03 实战应用案例

04 知识产权成果

05 未来展望愿景

创新成果和知识产权

牵头制定国际国内标准12项，申请国家/国际发明专利75项，发表SCI、EI学术论文50余篇。

12项国际国内标准

制定6项IEEE的无人机通信与组网国际标准（主持3项，参与3项），3项国家标准，1项行业标准，2项团体标准。



75件发明专利

申请75件发明专利，其中10件PCT国际专利，日本专利已通过授权评审。



50篇高水平论文

发表50篇SCI、EI学术论文，其中14篇SCI收录(JCR Q1区7篇)。



49件软著

以高效开发助力研究成果落地，49件软著已取证。



著作、白皮书

- 出版著作《5G赋能行业应用与创新》，《5G网联无人机原理与应用》已入选中国科技出版社十四五工程出版重大支持项目。
- 牵头编制并发布《GSMA 无人机白皮书》、《5G网联无人机低空覆盖白皮书》等一系列白皮书6份。



空对地连续覆盖技术相关专利《目标区域的信号连续覆盖方法、装置、设备及天线系统》，为该领域首个国家授权发明专利，已通过日本专利授权，同时已被欧盟、美国专利受理。

参与国家和省部级科研专项

2018年启动关键技术及产品研发，承担国家自然科学基金、国家科技部、国务院国资委、中央军委装备发展部、工信部、集团公司及省市各级重点科研研发项目二十余项。

承担国家和省部级重大科研专项	项目类别	项目来源	项目名称
	国家自然科学基金	国家自然科学基金委员会	《5G行业专网孪生模型构建与优化关键技术研究》
	国家科技部重点研发计划	国家科技部	《低空智联网安全管控与服务关键技术》
	国家科技部重点研发计划	国家科技部	《基于5G通讯的无人机与大田物联网联合组网技术》
	国家科技部重点研发计划	国家科技部	《6G无线覆盖扩展技术》
	国务院国资委重大科技专项-中央企业5G创新联合体	国资委	《基于多类型无人机平台的空天地一体化应急通信系统关键技术攻关》
	国务院国资委重大科技专项-中央企业5G创新联合体	国资委	《5G低空无人机通感一体关键技术研究及应用》
	应急管理部重点项目	应急管理部 救援协调和预案管理局	《航空灭火救援战术战法研究》
	四川省科技厅重点研发项目	四川省科技厅	《5G关键技术在民生领域的应用示范项目》
	四川天府峨眉计划	四川省人才办	天府峨眉计划-5G网联无人机云网端核心技术研究
成都市科技局重点研发项目	成都科技局	《基于5G网联无人机的智慧空管技术研究与应用示范项目》	

承担中国移动集团重点科研任务	2023年5G网联无人机管理运营平台关键能力攻关	2023年5G+无人机端到端前沿技术研究	2022年无人机行业重点产品及平台研究项目	2022年5G+无人机端到端前沿技术研究项目	无人机行业核心技术研究
	2021年网络联结-无人机关键技术攻关	2021年网联无人机低空覆盖网络研究	大型长航时无人机空天应急通信系统研发项目	5G网联无人机端到端关键技术解决方案	2021、2022、2023年无人机工程项目

技术成果获得权威认可

截至目前为止，已获得各级奖项**20余项**，其中国际级4项，省部级8项。

入选2022年国务院国资委《中央企业科技创新成果推荐目录》

作为第一完成单位获得2021年中国通信学会科学技术一等奖

作为第一完成单位获得2023年中国电子学会科学技术二等奖

2022、2020入选国家网信办“世界互联网大会领先科技成果名单”

获得2022年商务部金钥匙-面向SDG中国行动 优胜奖

获得2021年工信部“应急通信优秀解决方案”一等奖

获得2019年GSMA“移动互联创新先锋奖——智慧城市先锋奖”

2021年中国移动集团科技进步奖一等奖

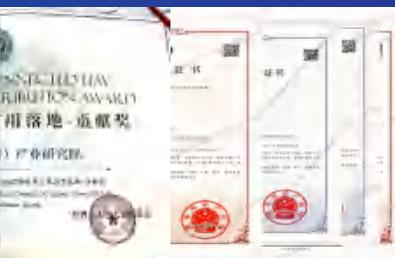
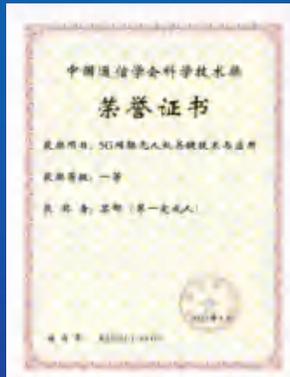
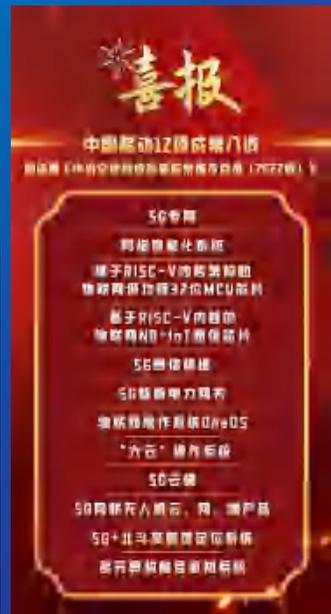
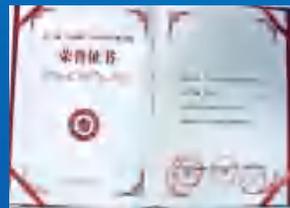
2021年第五届世界无人机大会5G网联无人机应用落地贡献奖

2020全球无人系统大会科技创新金翼奖

其他
科研获奖

2023年中国移动集团创客马拉松大赛创客先锋奖

2019年四川省应急管理厅5G应急职业技能大赛冠军 · 中国通信企业“英诺（Innovation）双推活动”优秀案例奖



积极构筑国内外行业影响

5G网联无人机成果被**多位院士、专家**评定为项目研制难度大、系统复杂、创新性强、核心关键技术自主可控，**总体技术达到国际先进水平**，其中研制的无人机机载专用终端属**重大创新**，空对地信道建模方法处于**国际领先水平**。

- 积极参与国际组织工作，**牵头参与发布多项IEEE国际标准，并担任IEEE无人机应用与通信标委会秘书长单位。**

- **担任GSMA无人机工作组联席主席单位**，推动网联无人机国际生态体系的建立，提升成研院无人机团队在国际话语权。

IEEE

团队担任IEEE无人机应用与通信标准委员会秘书长单位

- 标委会下已有3个正式发布的国际标准
- 6个正在撰写中的国际标准

- **牵头三项IEEE无人机通信国际标准制定：**

- IEEE 1939.1 (已正式发布)
- IEEE 1937.8 (标准草案已定稿)
- IEEE 1937.12 (已完成立项)



- **参与两项IEEE无人机通信国际标准制定：**

- IEEE 1937.1 (已正式发布)
- IEEE 1936.1 (已正式发布)

GSMA

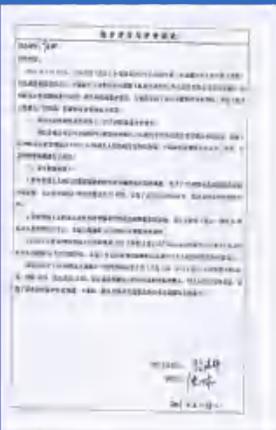
团队担任GSMA无人机工作组主席单位

- 负责GSMA无人机工作组 (DIG) 相关日常事务，促进供应商以及其他生态系统参与者合作
- 参与GSMA网联无人机商务模式白皮书的起草、撰写工作



院士专家积极评价

EXPERT



信息处理领域著名专家 中国工程院张锡祥院士主持评价会

该成果对传统无人机的通信和感知领域进行了颠覆性的创新，通过面向无人机飞行空域的5G立体移动通信覆盖技术等解决了业界难题，总体达到国际先进水平，其中空地融合共网技术达到国际领先水平。

EXPERT



空中管制领域著名专家 中国工程院陈志杰院士主持评价会

该成果研制难度大、系统复杂、创新性强、核心关键技术自主可控，总体技术达到国际先进水平，其中基于5G通感的智能泛在安全监管系统属重大创新，多基站协同感知的干扰管理与资源优化方法处于国际领先水平。

EXPERT



航空领域著名专家 中国工程院刘大响院士主旨报告

在2021年珠海航展主旨报告中刘大响院士特别指出基于大型固定翼翼龙无人机飞行平台的空天应急通信系统在河南720特大洪涝灾害中的成功实战是5G移动通信与航空技术的突破性创新成果，满足国家发展战略和未来行业需求。

EXPERT



移动通信领域著名专家 中国工程院张平院士交流评价

中国移动（成都）产业研究院在5G低空无人机探测与感知技术领域做了出色的研究工作，将为低空经济发展注入新动能。

业界同行积极评价

EXPERT



GSMA
Advanced Air Mobility
执行董事
Barbara Pareglio

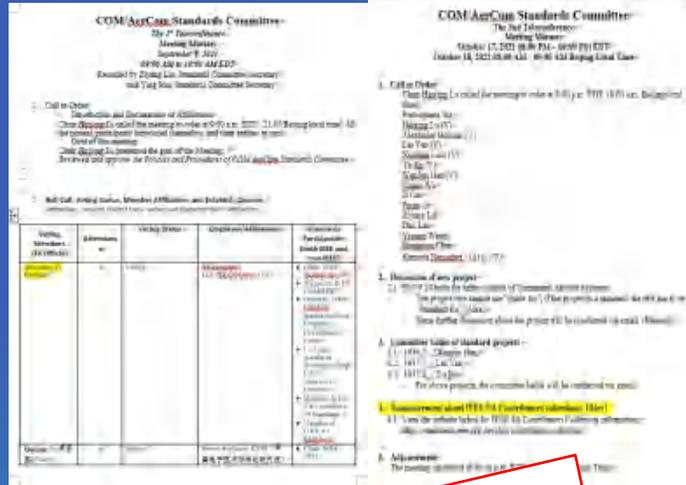


“基于5G的无人机通信感知成果是移动通信运营商在航空领域的新突破，希望与中国移动一起，共同努力为实现科技创新产业升级，贡献积极力量。”

EXPERT



IEEE 终身会士
IEEE 标准协会副主席
COM/SDB 董事会成员
Alexander Gelman教授

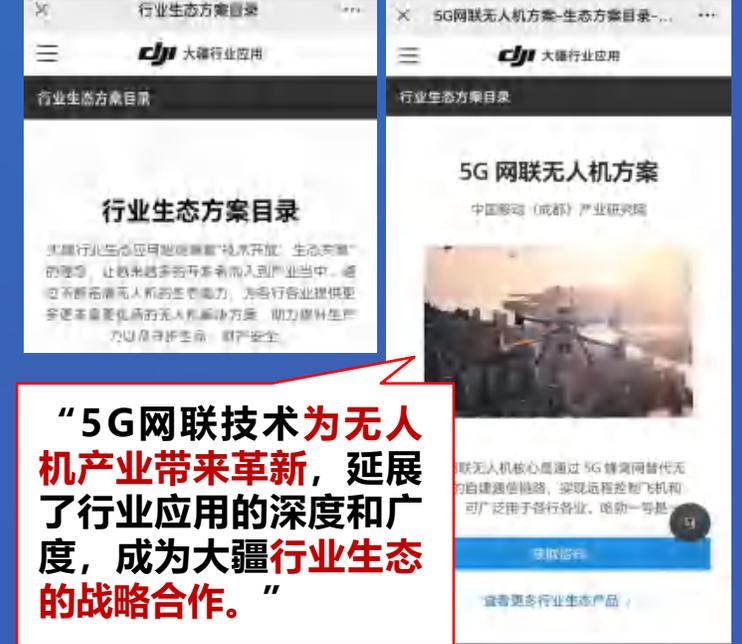


“中国移动（成都）产业研究院提出的1937.8和1937.12的标准内容是应用5G技术促进无人机产业的发展。”

EXPERT



DJI
深圳大疆创新科技有限公司
副总裁
邵建伙



“5G 网联技术为无人机产业带来革新，延展了行业应用的深度和广度，成为大疆行业生态的战略合作。”

01 行业政策背景

02 核心产品技术

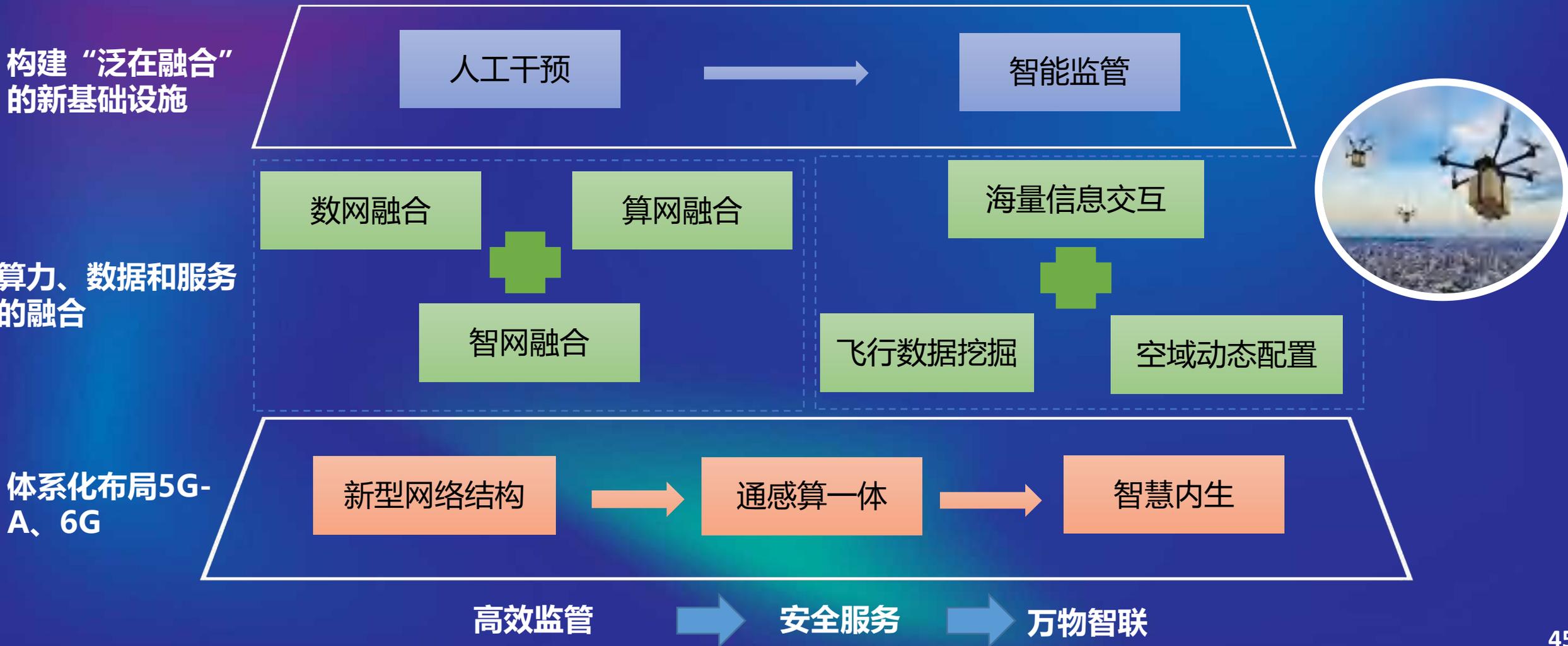
03 实战应用案例

04 知识产权成果

05 未来展望愿景

技术赋能国家低空经济发展愿景

建立面向未来**大规模、高密度、多频次、多场景**的超前试验区。以未来**综合性应用场景**出发，在政府监督指导下**划定范围**，给予“试错”政策，配置相关资源，开展试点试验。推动“5G+”向“AI+”、**无人机+**延伸拓展，以全方位、系统性、深层次融合创新，开辟低空经济转型升级的新路径。



**开启低空智联网新基建
打造数字经济新业态**

Try to fail , not fail to try