

云贵高原低空经济发展路径探索 ——以昆明市为例

简海云, 关学国, 戴曦霞, 王玉银
(昆明市规划设计研究院有限公司, 云南 昆明 650051)

摘要: 作为最具特色的城乡区域, 高原地区发展低空经济具有内在规律和特征。云贵高原山川割裂、水陆交通不便, 产业和基础设施薄弱, 但是具备丰富的低空经济应用场景。应结合高原地区的优劣势, 在城乡公共服务设施效能提升、特色资源利用、边境治理、城镇村依存关系优化等方面进行低空赋能, 通过培育丰富的应用场景, 促进产业要素聚集。以昆明市为例, 通过研判现状条件和发展挑战, 提出分散场景与试飞、集中场景与整合、链条延伸与提升3个阶段的低空经济发展路径。指出云贵高原地区宜结合自身的资源禀赋, 形成与中东部地区差异化的发展路径, 即通过下游推动中游、再延伸至上游的产业链发展模式, 注重应用场景潜力的挖掘, 并着力提升高原地区公共服务水平。

关键词: 低空经济; 发展路径; 产业链; 应用场景; 云贵高原; 昆明市

Low-Altitude Economic Development Path in the Yunnan-Guizhou Plateau Region: A Case Study of Kunming

JIAN Haiyun, GUAN Xueguo, DAI Xixia, WANG Yuyin

(Kunming Urban Planning & Design Institute Co., Ltd., Kunming Yunnan 650051, China)

Abstract: As a typical representative of urban and rural areas, the development of the low-altitude economy in plateau regions follows its own inherent laws and characteristics. The Yunnan-Guizhou Plateau is characterized by fragmented mountains and rivers and inconvenient water and land transportation, and weak industries and infrastructure, but it possesses abundant low-altitude economic application scenarios. Therefore, it is necessary to combine the advantages and disadvantages of the plateau region and empower low-altitude economy in terms of the efficiency improvement of urban and rural public service facilities, the utilization of characteristic resources, border governance, and the interdependence optimization of towns, villages, and cities. By cultivating rich application scenarios, the aggregation of industrial elements can be promoted. Taking Kunming as an example, this paper analyzes the current situation and development challenges, and proposes three stages of low-altitude economy development path: dispersed scenarios and test flights, concentrated scenarios and integration, and chain extension and improvement. It is pointed out that the Yunnan-Guizhou Plateau should combine their own resource endowments to form a differentiated development path from the eastern and central regions. That is, a downstream-driven midstream and then extended to the upstream industrial chain development model, focusing on the potential of application scenarios and striving to improve the level of public services in plateau areas.

Keywords: low-altitude economy; development path; industrial chain; application scenarios; Yunnan-Guizhou Plateau; Kunming

收稿日期: 2024-11-28

基金项目: 云南省科技人才与平台计划“云南省刘健专家工作站”(202305AF150126)、云南省科学技术厅基础研究专项“面向‘绿美+’生活圈空间绩效的城市公共绿地公平性布局优化——以昆明为例”(202401CF070132)

作者简介: 简海云(1972—), 男, 云南昆明人, 博士, 教授级高级工程师, 原副院长, 研究方向为城市规划、城市交通, 电子邮箱522728198@qq.com。

通信作者: 关学国(1985—), 男, 云南丽江人, 硕士, 高级工程师, 规划室主任, 研究方向为城市规划, 电子邮箱441656591@qq.com。

0 引言

2021年2月,发展低空经济写入《国家综合立体交通网规划纲要》。之后国家在战略规划、经济及财经会议、政府工作报告等层面均对发展低空经济提出要求,对应的法规和政策保障体系不断完善。各地也积极研究和跟进,相继出台政策和采取措施推动低空经济发展。广东、江苏等东部发达地区通过全产业链布局,快速推动了全国低空经济的发展。中国学者也从不同领域和视角对低空经济开展大量研究,聚焦发展现状、概念构成、基本特征等方面^[1],但总体上仍属于探索阶段^[2],针对特定区域发展路径的研究甚少。

中国是多高原和山地的国家,仅西部四大高原就占据了40%以上的陆地面积。作为最具特色的城乡区域,高原地区发展低空经济应有其内在规律和特征。高原城市群空间格局的演变受地形、道路网络的影响明显,山区城镇化快速发展引发的空间结构问题突出^[3]。昆明市是云贵高原上重要的特大城市,对探讨云贵高原地区的低空经济发展路径具有代表性。本文以昆明市为例进行探讨,旨在为中国高原地区等特定区域的低空经济政策和技术方法提供借鉴。

1 低空经济概念与中国发展路径概述

低空经济是以各类有人驾驶和无人驾驶

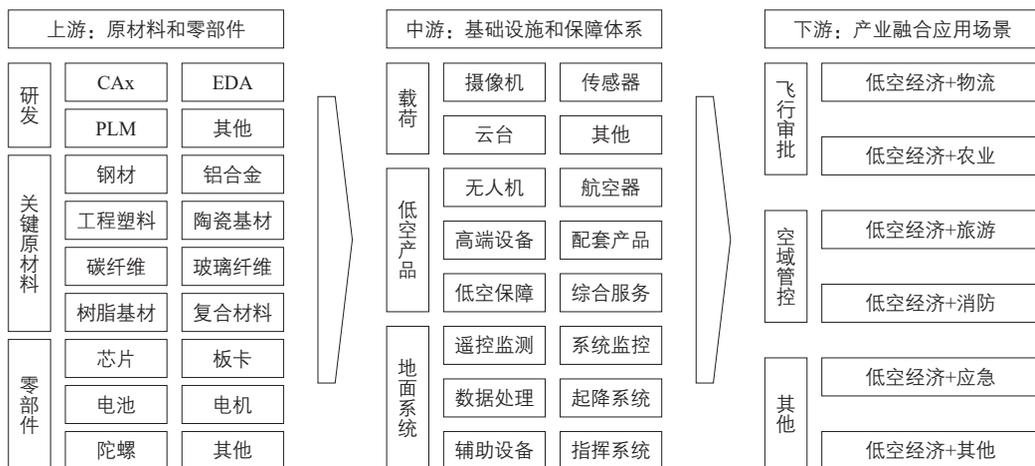
航空器的低空飞行活动为主导,辐射带动相关领域融合发展的综合性经济形态。低空经济具有以下特征:空间立体性强、空地衔接紧密;依托高度聚集的地区产业集群;开放式数字生态系统由多主体构成;为一、二、三产业注入新动能^[1]。其产业链可分为上游——原材料和零部件、中游——基础设施和保障体系、下游——产业融合应用场景3部分(见图1)。

2024年以来,全国各地持续推进低空经济发展,不同地区和城市基于资源禀赋差异,形成了各具特色的发展路径(见表1)。以北京、上海、广州和深圳为代表的东部发达城市,依托技术研发、产业集群、资金、人才及数据等核心优势,推动全产业链发展,尤其注重上游的研发创新、关键原材料及零部件制造;同时强化中游基础设施和保障体系,进一步促进下游应用场景的拓展。而以成都、重庆、武汉和长沙为代表的中部城市,虽同样布局全产业链,但更侧重中游公共性基础设施和保障体系建设,对上游研发与高端制造的投入相对减弱。

2 云贵高原发展低空经济的条件

2.1 上游:基础薄弱、不具备集群发展的条件

低空经济产业上游的研发、关键原材料和零部件生产制造,在产业门类上属于电子信息制造业,需要形成地区产业集群才具备



注: CAx 为计算机辅助技术(Computer-Aided X), EDA 为电子设计自动化(Electronic Design Automation), PLM 为产品生命周期管理(Product Lifecycle Management)。

图1 中国低空经济产业链

Fig.1 Low altitude economy industrial chain in China

资料来源:文献[4]。

上下游整合发展的条件。2023年，昆明市电子信息制造业产值为522亿元，贵阳市为330亿元，而作为东部发达城市的广州市则为3342亿元以上；截至2023年底，昆明市规模以上的电子信息制造企业共有50多家，在全市范围内分布较为分散，企业类型以智能终端制造、新型显示等领域为主，贵阳的情形也类似。这足以说明，受地理条件、城镇化进程、资源要素、科技人才和交通区位等方面的影响，以昆明市、贵阳市为代表的云贵高原地区，低空经济上游产业处于起步阶段，基础薄弱，企业分布分散。同时，与其相关的产业政策、基础设施、技术支撑、产业链完整度和规模效应等方面均滞后于东部地区，难以形成向中下游延伸和集聚的条件。

2.2 中游：基础设施和平台建设面临资金与回报的挑战

地面起降设施、空中航路航线、低空智能信息设施(包括通信、导航、监视、气象和电磁环境监测等)三类基础设施，以及以数字底座、飞行数据和交通管理为核心的低空信息平台是发展低空经济的重要基础。这些设施的建设均需要大规模的资金和技术投入，且短时间内难有经济效益回报。以深圳市为例，仅2024—2026年，对三类基础设施和信息平台建设的投入资金就超过120亿元，且未来3~5年的收益无法覆盖投入。在云贵高原地区，由于上游研发制造端和下游场景运用端的基础均很薄弱，即便确保了基础设施和信息平台的建设资金，也可能在10年甚至更长时间内面临收益无法覆盖投入的问题。

2.3 下游：应用场景潜力巨大

瑞典地理学家哈格斯特朗(T. Hagerstrand)提出的时空棱柱模型认为，在时空约束条件下，出行者的活动空间可达性反映了其能够到达的空间范围。中国学者沈青等^[5]也认为，有效距离(functional distance)不仅依赖于对象间静态的节点属性(nodal properties)，也依赖于其动态联系属性(associational properties)。

与中东部地区相比，云贵高原地区复杂地形对地面交通的阻隔，降低了出行者的活动空间可达性，增加了联系属性的难度和距

离。通过低空飞行场景的运用，能有效减少这种阻隔。因此，低空应用场景具有巨大的发展潜力，主要体现在以下方面。

1) 交通通达和物流送达。

在高原山地区域，海拔高差1000m的两个点之间，车程通常为15~25km(高原公路的纵坡通常为1%~10%)，所需时间约为30min；而在“低空+交通”“低空+物流”场景下，运送距离仅为3km以内，所需时间约为3min。通过缩短实际出行距离和时间，形成新的空间布局模式和区位优势，能有效改善交通通达条件。由于乡村居民点布局分散、山川对地面交通阻隔严重的原因，采用传统的道路交通和物流模式效率低下、成本高昂。当前载重200kg以内、最

表1 中东部代表城市低空经济发展重点

Tab.1 Key focuses of low altitude economic development in representative cities of central and eastern regions

城市	低空经济发展重点	参考依据	发布时间
北京	研发制造技术创新、管控全国标杆、全产业链竞争力、监管及运行服务支撑体系、基础设施和服务保障、应用创新示范	《北京市促进低空经济产业高质量发展行动方案》	2024年9月
上海	研发制造领军企业培育、研发制造关键配套供给、软硬设施建设、研发制造产业空间载体打造、管理服务提升、商业场景推广	《上海市低空经济产业高质量发展行动方案(2024—2027年)》	2024年7月
广州	培育壮大低空经济主体、建设低空基础设施、加大低空科技创新力度、拓展低空经济应用场景	《广州市推动低空经济高质量发展若干措施》	2024年7月
深圳	引培研发制造链上企业、鼓励企业技术创新、扩大低空飞行应用场景、完善产业配套环境	《深圳市支持低空经济高质量发展的若干措施》	2023年12月
苏州	研发制造产业生态、飞行保障体系、低空应用场景、低空领域示范	《苏州市低空经济高质量发展实施方案(2024—2026年)》	2024年2月
合肥	研发制造企业及机构、关键技术研发及转化、商业化航线、示范及公共治理场景、基础设施及系统平台、标准规范、发展生态	《合肥市支持低空经济发展若干政策》	2024年6月
成都	空域使用、强基行动、场景拓展、技术创新、低空制造、支撑体系	《成都市低空经济高质量发展三年攻坚行动方案(2024—2026年)》	2024年9月
重庆	空域资源与管理、法规与政策制度、试点与改革、应用场景与业态、创新研发制造	《重庆市推动低空空域管理改革促进低空经济高质量发展行动方案(2024—2027年)》	2024年9月
武汉	研发制造重大项目、基础设施、标准规范、试点航线、企业科技创新能力、金融及人才、产业集聚	《武汉市支持低空经济高质量发展的若干措施》	2024年5月
长沙	低空经济空间布局、低空经济产业能级、低空经济应用场景、低空经济基础设施	《长沙市推动低空经济高质量发展实施方案(2024—2026年)》	2024年6月

大航程 20~50 km、最大时速 80~150 km·h⁻¹ 的无人机运送技术已经非常成熟^[2]，能实现跨越山峰、江河、悬崖、峡谷等极端空间区域的运送，不仅效率高，且成本(3~4元·kg⁻¹)仅为传统快递物流的50%左右。无人机优化模式与乡村传统快递物流模式对比见图2。

2) 城乡公共服务水平提升。

公共服务^①的水平和均衡性在很大程度上取决于交通可达性、便捷性以及低空基础设施低成本、广覆盖的优势。东部平原丘陵地区以及大中城市适合发展以高速公路、铁路、水运和商业航空为代表的高投入、高流量综合交通体系和大宗物流体系，而云贵高原地区更适合发展低空交通系统，以适应偏远地区城镇和村落分布零散、客货运量低、需求机动的特点。例如，医疗配套是城乡区域重要的民生设施，在地广人稀、居住分散以及交通可达性低的条件下，各级医疗配套的辐射范围极其有限，严重制约了乡村地区医疗保障水平。在“低空+医疗”应用场景下，日常药品配送、血液输送、紧急特效药配送、化验样本运输、病人转运等均可通过低空运输实现，进一步提升城乡医疗服务的覆盖范围和均衡性。

3) 旅游资源发掘利用。

与平原、丘陵地区相比，高原地区拥有丰富的旅游资源。首先，世界上的风景资源主要集中在地形地貌和生境变化显著的地方，而高原地区因为独特的地理空间特征，

拥有丰富多样的地形地貌和生境系统，从而形成了种类繁多的高价值风景资源集群。其次，高原地区虽然整体上被高山峡谷分割、地表破碎，但在局部区域存在适宜居住的坝区和缓坡地带，形成了适宜人类生存的独立空间；随着文明的演化，逐渐发展出多样化的民族、历史和文化特色，例如中国的少数民族主要分布在高原地区。

改革开放至今，尽管公路、航空和铁路极大地促进了高原地区旅游发展，但受制于交通和时间成本，高原地区丰富的旅游资源仍未得到充分利用。而“低空+旅游”应用场景的发展，可以大大降低时间成本，扩大旅游目的地选择范围，提高偏远风景资源富集区的可达性，有效促进区域发展，提升旅游体验。

4) 城镇村协同发展。

低空飞行技术通过加强空间之间的联系，改变了物与物之间的有效距离。通过各类“低空+”场景的运用，能有效提升区域可达性，显著改善偏远城镇村的对外交通条件，实现人员和物资的快速运输。这种技术带来时空压缩，形成类似“时空隧道”的同城、同镇、同村化效应，使分散的大中小城镇之间的联系更加紧密，促进商贸、旅游、投资等领域的高效分工与协作。

5) 特色农林资源价值转化。

受高海拔、立体气候、充足日照和强紫外线等因素影响，高原地区盛产高钙稻米、高品质烟叶、茶叶、菌类、中药材、咖啡等高附加值农林产品。但这些耕地、园地和林地主要分布在斑块状的坝区和缓坡地带，整体上空间分布零散，且受限于交通基础设施的不足，导致特色农林产品的运输成本高，难以规模化加工，限制了高附加值产品的输出。

在“低空+农林植保”应用场景下，由于当前有效荷载200 kg以内的无人机技术非常成熟，通过多种无人机的协同作业，能够实现作物种植、病虫防治、土壤监测等生产任务。这不仅大幅提升了农业生产效率，还克服了地形分割和空间分散的局限，推动了农业种植和林业保护的机械化与规模化。此外，“低空+农林产品运送”的应用场景能有效促进农村地区的产品和商品流通，使高原地区高价值的农林产品能够快速集聚加工或外运，实现价值转化。

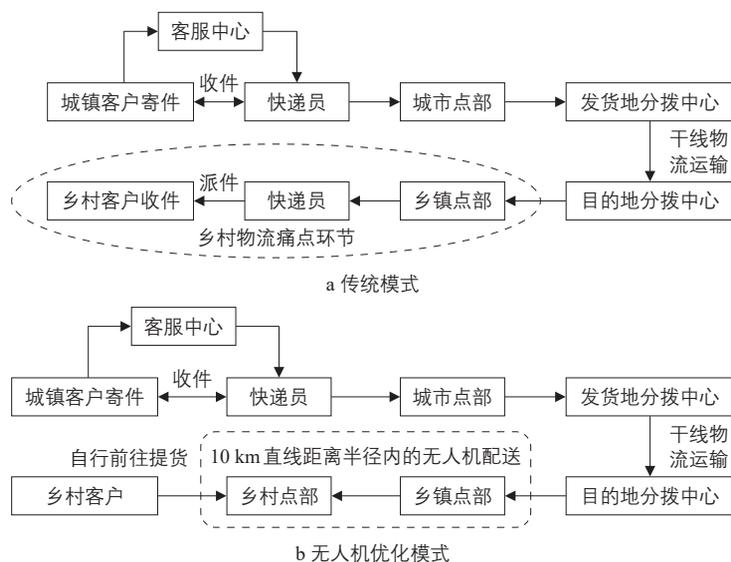


图2 无人机优化模式与乡村传统快递物流模式对比

Fig.2 Comparison of UAV optimization model and traditional rural express logistics model

6) 边疆地区治理。

云南省边界线较长，边疆地区城镇村体系的完整性、资源配置效率以及基本公共服务设施的均衡配置，对国防安全战略至关重要。在国际国内双循环和“一带一路”背景下，边境巡逻巡检、口岸商贸物流等为边疆和口岸地区的国土空间治理带来了新的要求和挑战。而各类“低空经济+”场景的推广能有效补足上述不足。

3 昆明市发展低空经济的现状条件和挑战

3.1 现状条件

昆明市位于云南高原(云贵高原的一部分)中部，下辖7区6县市。2023年末，全市常住人口为868万人，常住人口城镇化率达82.32%；国土面积为2.1万km²，其中山地丘陵约占84%，坝子占13%，湖泊占3%；地势由北向南呈阶梯状逐渐降低，海拔范围为746.0~4247.7m。北部受金沙江及支流切割，以轿子雪山、牯牛山和马鹿塘山为高海拔区域，形成急陡群山和大峡谷，原国家级贫困县和高寒山区集中于此；中部连绵群山与河谷并存，特色型镇村较多，但交通通达性仍然受限；南部以滇池盆地为代表的坝坝空间连片，是城市和人口集中区，单局部空间仍然受山体和湖泊的阻隔。总体而言，昆明市的城镇和人口主要集中在占全市国土面积13%的坝子上，整体空间被高原山川割裂严重，交通不便。

昆明市于2024年6月出台《昆明市促进低空经济发展的实施意见》，并于8月成立市级工作专班，加大推进低空经济发展的力

度。昆明市在以下低空经济应用场景取得了一定成效：2022年，西山区应用植保无人机开展玉米草地贪夜蛾统防统治；2023年，呈贡区运用无人机监测、航拍、信息传输、测绘等功能，在河湖治理、森林防火、应急指挥、城市管理等领域实现集群化应用；同年，昆明市城投公司开通市儿童医院书林院区至前兴院区的无人机物流业务，用于血液运输、样本配送和紧急医疗物资配送；此外，无人机还应用于飞行表演、体育赛事物资运送等领域。

3.2 发展挑战

截至2024年10月，昆明市在中游基础设施和信息平台建设，以及上游研发制造企业的招商引资等方面仍处于构想阶段，尚未启动专项规划或课题研究等实质性工作。当前推进低空经济发展主要面临以下挑战：

1) 平台公司承压显著，中游基础设施与信息平台建设推进困难。低空经济所需的物理基础设施(包括起降场、中转站、货物装卸区、航空器充换电站、电池存储库及飞行测试区等)与信息基础设施(如数字化管控平台、低空飞行通信系统等)涉及大规模土地资源重整，需由政府与平台公司主导实施，以确保国有资源规范高效利用。然而，市级平台公司普遍存在债务负担过重问题，导致项目资金筹措困难，后续运营维护亦面临严峻考验。

2) 产业链中下游支撑不足，上游企业引进条件欠缺。昆明市电子信息制造业基础较为薄弱，难以形成产业集聚效应。同时，中下游关键环节如高原试飞检测基地、空域航线体系、低空智能设施等配套体系尚未完

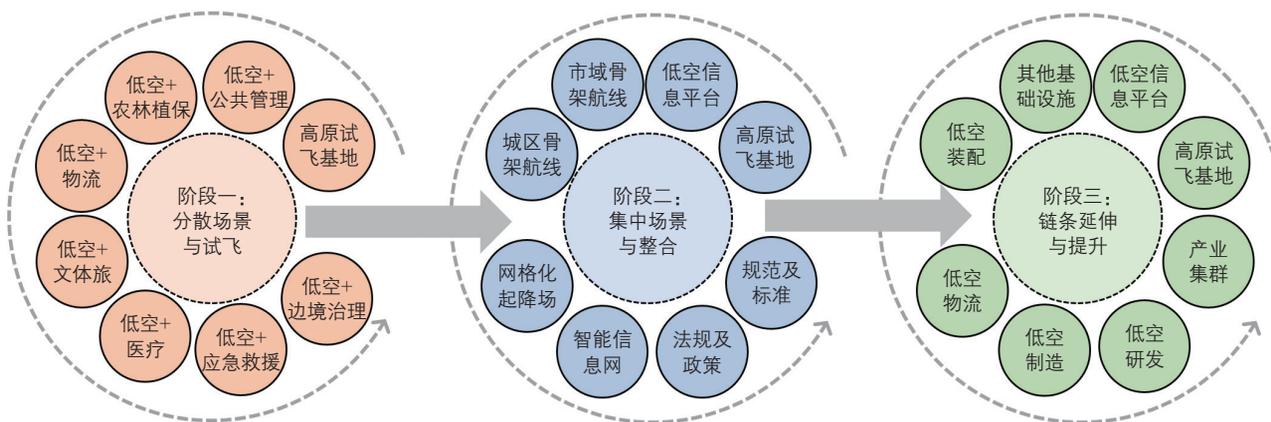


图3 云贵高原低空经济发展路径

Fig.3 Low altitude economic development path of Yunnan-Guizhou Plateau

善，直接影响企业落地意愿。在此背景下，吸引中东部地区研发制造企业的条件尚未成熟，招商引资工作面临较大阻力。

4 云贵高原低空经济发展路径

以昆明市为代表的云贵高原区域目前不具备优先发展上游和中游产业链的条件，宜结合自身的资源禀赋和实际情况，采用循序渐进、逐步拓展的战略路径。为此，将云贵高原低空经济的发展分为3个阶段：分散场景与试飞、集中场景与整合、链条延伸与提升(见图3)。

4.1 阶段一：分散场景与试飞

1) 分散场景培育与发展。

利用云贵高原低空应用场景潜力巨大的优势，从需求旺盛的“低空+公共管理”“低空+农林植保”“低空+物流”“低空+文旅”“低空+医疗”“低空+应急救援”“低空+边境治理”等场景入手(见表2)，以局部空域的分散场景和单个项目建设为起点，通过较小的资金投入，精准攻克特定单场景难题，积累建设和管理经验。

表2 分散场景与试飞阶段重点发展的场景

Tab.2 Dispersed scenes in distributed scenarios and flight testing stage

场景	关注重点
低空+公共管理	服务于政府职能系统，通过无人机巡视、监测、航拍、信息传输、测绘等功能，推进河湖治理、森林防火、应急指挥、城市管理、高速公路管理、高压走廊和石油管道巡检等领域的应用
低空+农林植保	城镇集中的滇池盆地以及安宁、嵩明等坪坝区的耕地和林地较少，而外围区县耕地和林地空间较为集中。针对耕地和林地面积较大的禄劝县、寻甸县、嵩明县、宜良县等地，依托农林部门出台细化政策和实施指引，为市场化、企业化和农民自主化应用提供支撑
低空+物流	针对烟叶、茶叶、菌类、中药材、咖啡、有机蔬菜等高附加值的农林产品，以及药物、电子信息类等轻型工业产品，提供跨山川、跨滇池、跨园区、跨物流节点的快速运输服务
低空+文体旅	利用西山、滇池、金沙江大峡谷等高原地区丰富的旅游资源，开展旅游体验、体育赛事、文化活动的低空服务。北部高海拔急陡群山和大峡谷群连片区集中分布着高价值的风景旅游资源，可结合低空旅游观光和物资运送进行开发
低空+医疗	昆明市的2座血液中心分别位于五华区 and 呈贡区，而19家三甲综合医院大部分集中在主城区，血液中心与三甲综合医院距离较远。可建立医院与血液中心之间以及各医院的总院与分院之间的低空服务航线，用于运送血液、检测样品、药物等
低空+应急救援	昆明市主城区高度超过110m的建筑约466座，传统高层建筑消防作业面少、手段少、耗时长。可将低空技术与消防车强大的灭火能力和物资携带能力相结合，提高城市高层灭火救援的效率和安全性
低空+边境治理	通过无人机等低空运输工具替代传统人员跨境往来，实现小件高值货物的快速运送，降低商贸成本；同时，可利用低空巡航系统，实现边境全域、全时空的巡检管控，保障国家安全

2) 建设高原试飞基地。

中国民用航空局规定，无人机须通过计算、分析、检查、试验等方式达到相关标准并取得证书后，才能进入市场。无人机在云贵高原的大规模推广，离不开高原试飞基地的试飞、检测与验证。试飞基地的核心内容包括空域、智能信息设施、起降场地、信息平台等，其建设投入成本较低，是一个地区缩小版的低空飞行系统，能为昆明市未来建设覆盖全市的低空飞行系统提供经验和数据积累。因此，在起步阶段应优先推进高原试飞基地的建设。

4.2 阶段二：集中场景与整合

1) 分散场景系统集成与整合。

在第一阶段的分散场景充分发展并形成规模后，成立本地低空运营平台公司，整合分散的低空应用场景、空域和航线航路等资源，实现多场景与多业务的高效复用，强化政府和公共管理层面的低空服务能力，有效降低分散场景的使用成本，最终实现规模效益。

2) 建设低空信息平台。

依托前期高原试飞基地的信息平台建设经验和数据积累，将试飞基地的信息平台升级为覆盖全市的低空信息平台，正式启动以数字底座、飞行数据和交通管理为核心的信息平台建设。同时，利用低空场景发展带来的利润回报，逐步覆盖信息平台的资金投入。

3) 构建骨架性低空基础设施网络。

应遵循“空地互补，促进城乡双向赋能，推动公共服务均衡化和提质化”的原则，按照“统一规划、分步实施”的策略，构建骨架性的低空航路体系。

在市域层面，昆明市群山连绵、山川阻隔，区域性低空飞行航路宜沿高速公路、国道等走向布局(空间不重叠但走向一致)，共同形成空地互补的综合交通廊道。充分依托交通走廊沿线重要城镇，建设具备物流中转与集散、仓储、空-陆-水多式联运及综合服务功能的大型低空功能节点；具有起降设施、维保场地、导航设施等功能的中小低空功能节点可充分利用高速公路、国道服务站的充电和补给设施，便于低空飞机事故的追踪与维修。此外，高原城镇体系与高速公路、国道体系多已形成空间耦合，有利于实现多要素、多系统协同赋能(见图4)。

在城镇内部，由于周围群山与城镇所在盆地、坪坝和缓地之间存在巨大高差，形成了以线形为主的行洪、汇水通道，绿地系统多沿着这些通道布局，例如昆明市主城区的入滇河道、安宁城区和富民县城螳螂川、禄劝县城的掌鸠河等。因此，低空飞行航路宜依托蓝绿开敞空间布局，并结合城市综合交通体系布局各级低空功能节点。以昆明市主城区为例，低空飞行航路宜依托盘龙江、宝象河、滇池东岸、呈贡中央公园带、南-东-北二环及高速公路沿线等线形蓝绿开敞空间进行布局，同时布局跨滇池航线，缓解滇池东西向阻隔城乡交通联系问题。兼容eVTOL起降场的中型低空功能节点布局应考虑与昆明站、昆明西站、昆明南站、长水国际机场等重要交通、物流枢纽的衔接；承担无人机物流配送功能的小型低空功能节点布局宜考虑服务半径；微型低空功能节点（即社区网格起降点）则应根据城市各个片区的实际需求合理布局(见图5)。

4) 不断健全低空智能信息网。

结合低空基础设施空间布局，梳理已有的智能信息设施，通过通感导技术升级或新建补充，构建覆盖通信、导航、气象及电磁环境监测、监视与反制系统的全方位低空智能信息网络。

5) 健全法规及政策体系。

衔接国家低空法规政策，立足云贵高原实际需要，制定地方性配套法规及政策，为低空经济活动提供制度保障，维护各方主体合法权益。

6) 因地制宜制定规范及标准。

细化落实法规政策体系，加快制定省级、州市级低空活动技术标准、指南及管理细则，重点完善行政审批所需的量化、具象化管控要求。

4.3 阶段三：链条延伸与提升

可在已建成的高原试飞基地、低空信息平台及完善基础设施的基础上，推动发展重心逐步由低空装配、低空物流向低空制造延伸，进而升级至低空研发，最终形成涵盖上下中游的完整低空产业链(见表3)。

5 结论

云贵高原地区发展低空经济面临基础设

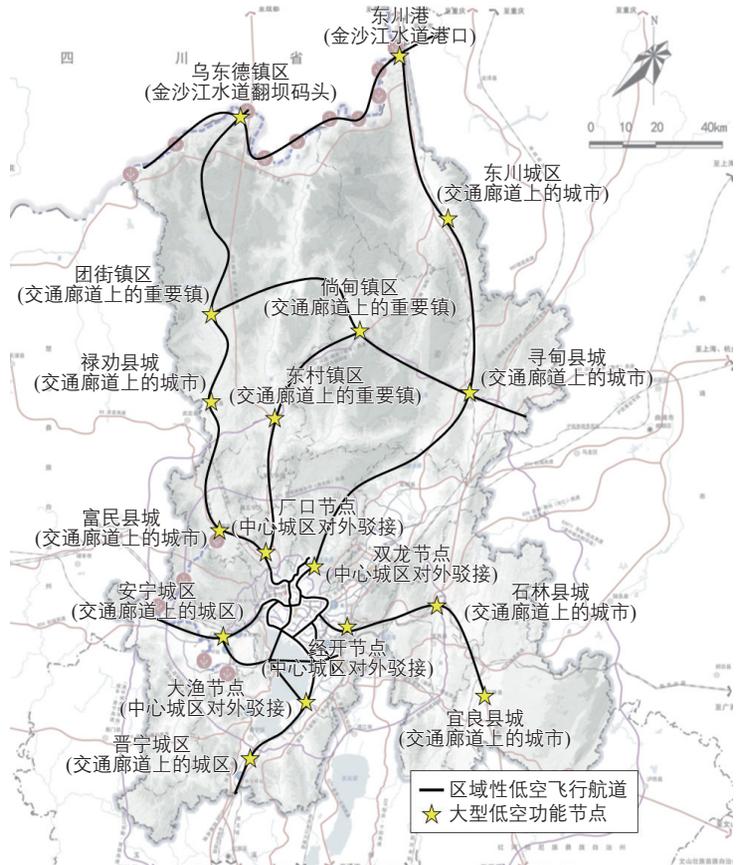


图4 昆明市域低空基础设施空间布局

Fig.4 Spatial layout of low-altitude infrastructure in Kunming

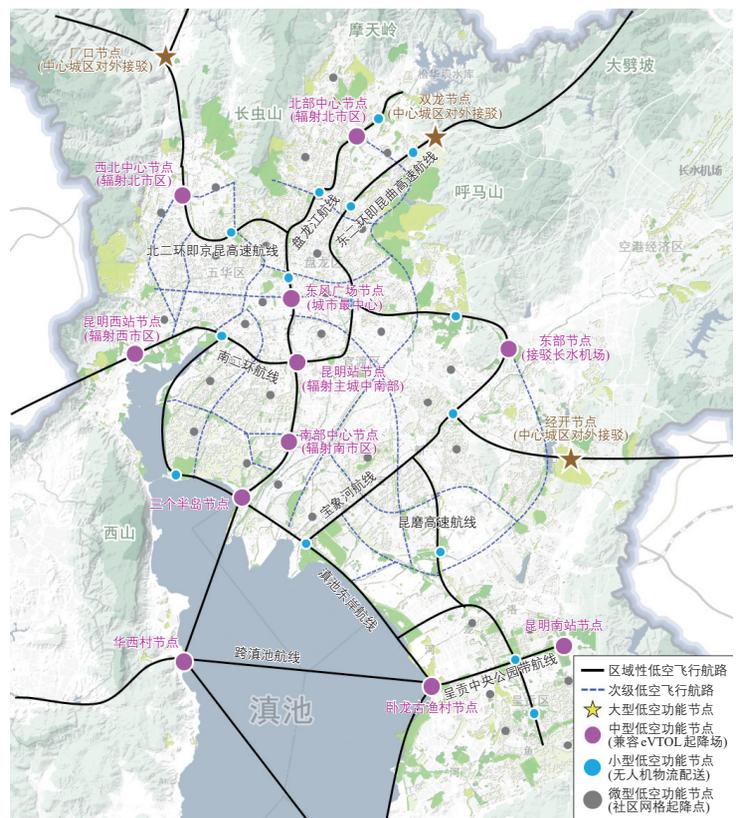


图5 昆明市主城区低空基础设施空间布局

Fig.5 Spatial structure of low-altitude infrastructure in Kunming urban area

表3 链条延伸与提升阶段重点发展的方向

Tab.3 Prioritizing development of chain extension and lifting stage

场景	关注重点
低空装配	将中东部地区运送来的芯片、电池、陀螺、板卡、电机等低空航空器部件在昆明市组装成整机，并进行飞行测试和技术验证，然后向云南省市场推广和销售
低空物流	依托昆明作为辐射南亚、东南亚几十亿人口的重要国际交通枢纽城市的优势，发展低空物流产业链，将中国低空航空器销往南亚、东南亚以及云南省域市场
低空制造	以长水国际机场、昆明南站两个国家级交通枢纽为依托，利用发展方向上的多条高速公路、快速路、地铁(规划)以及省市级物流通道，串联主城东部和东南部的产业园区，发挥存量空间大、产业要素集聚的优势，打造低空制造产业园区
低空研发	依托昆明作为云贵高原第一特大城市和省会城市，以及大学及科研人才集中的优势，发展低空研发相关产业
产业集群	在下游应用场景丰富和成熟、中游基础设施和信息平台建设完善、上游研发制造初具规模的基础上，形成完整的低空产业集群

施支撑能力不足、产业规模效应不强、监管风险和机制体制不完善等劣势，同时还需应对成渝地区的外部竞争。然而，其立体多样的地形地貌催生了丰富的应用场景和需求，同时拥有辐射南亚/东南亚地区、适飞时间较长、用电成本较低等优势。因此，云贵高原地区宜结合自身的资源禀赋，形成与中东部地区差异化的发展路径：

1) 产业链发展路径：下游推动中游，再延伸至上游。与东部发达城市的发展路径不同，云贵高原地区宜优先通过“分散场景与试飞”促进下游应用场景繁荣，进而通过“集中场景与整合”完善中游基础设施和信息平台建设，最后通过“链条延伸与提升”支撑上游研发与制造端的发展。

2) 注重应用场景潜力的挖掘。由于云贵高原地区独特的地质构造、地理空间格局和资源禀赋，低空技术的运用能够显著提升时空收敛性和便捷性。因此，该地区在应用场景潜力和需求方面具有巨大优势。

3) 提升高原地区公共服务水平。云贵高原独特的空间格局使其更适合借助低空航空器的快速、便捷特性，支撑高度离散化的城镇村空间，从而提升交通、物流、医疗、应急、公共管理等公共服务体系的服务水平和均衡性。

由于中国低空经济发展尚处于起步和探索阶段，各地区的基础条件差异较大，因此，清晰、科学且适用的发展路径对地区发展至关重要。应进一步加强相关研究和论证，为低空经济发展提供更有力的支持。

注释：

Notes:

① 本文中公共服务不仅指医疗、福利、应急、教育、文体、行政等基本公共服务，也包括交通，物流，一、二、三产业发展条件等保障要素。

致谢：

Acknowledgement:

特别感谢毕靖怡、尹安藤、朱宁等同志的智慧和贡献。

参考文献：

References:

[1] 张越, 潘春星. 低空经济的基本内涵、特征与产业发展逻辑[J]. 延边大学学报(社会科学版), 2024, 57(4): 73-81.
ZHANG Y, PAN C X. Low-altitude economy: its basic connotation, characteristics and industrial development logic[J]. Journal of Yanbian University (social sciences), 2024, 57(4): 73-81.

[2] 任晓栋, 张玉. 低空经济领域城市交通运输的发展思考[J]. 中国市政工程, 2024(4): 1-6.
REN X D, ZHANG Y. Thoughts on the development of urban transportation in the field of low altitude economy[J]. China municipal engineering, 2024(4): 1-6.

[3] 李志英, 陈宁歆, 裴玉力, 等. 滇中高原山地城市群空间格局演变及驱动机制[J]. 科学技术与工程, 2022, 22(28): 12579-12589.
LI Z Y, CHEN N X, PEI Y L, et al. Spatial pattern evolution and driving mechanism of the plateau urban agglomeration in central Yunnan [J]. Science technology and engineering, 2022, 22(28): 12579-12589.

[4] 前瞻产业研究院. 2024年中国低空经济报告：蓄势待发，展翅万亿新赛道[R/OL]. (2023-12-26)[2024-11-23]. <https://bg.qianzhan.com/report/detail/2312261407040532.html>.

[5] 沈青, 刘贤腾, 翁加坤. 更新城市研究中的空间视角和分析框架[J]. 国际城市规划, 2010, 25(2): 53-61.
SHEN Q, LIU X T, WENG J K. Updating spatial perspectives and analytical frameworks in urban research[J]. Urban planning international, 2010, 25(2): 53-61.