

低空经济：千帆已起，奋楫为先

华泰研究

2024 年 4 月 20 日 | 中国内地

专题研究

政策扶持/供给升级/需求牵引，低空产业或迎三元共振

2024 年将为我国低空产业元年：1) 空域逐步完成划分并放开，产业有法可依；2) 中央经济工作会议和政府工作报告高规格定调，被视作新质生产力重点培育；3) 飞行器和应用场景均有实质性进展。低空经济作为全球竞速的新赛道，我国具有全球最完善的新能源汽车及消费电子产业链，领先的通信、导航基础设施，禀赋优异。未来低空产业的发展离不开政策、技术和商业模式的变化：1) 低空空域逐步开放；2) 飞行器性能、成本突破以及信息基础设施的完善；3) 各类场景逐步落地，运营公司从无到有。我们看好“低空新基建”下通导基础设施、三维高精地图及空管系统供应商的投资机会。

愿景和优势：瞄向未来出行产业革命；产业链&基础设施全球领先

我们认为国家政府出台低空政策的愿景在于：1) 从短期看，低空交通作为立体交通网的重要组成，能够显著改善我国地面交通拥堵严重/事故高发的问题；2) 从长期看，低空作为传统地面交通和航空产业的结合体，伴随空中巴士等场景出现，人类出行方式将迎来新一轮革命。从发展优势来看，我国具备发展低空产业的良好基础：1) 新能源汽车/消费电子产业所培育的能源、控制、机电、材料等成熟技术可广泛用于各类低空飞行器；2) 我国建有全球领先的信息基础设施，有望率先推动飞行器从目前的电动化向网联化、智能化演进。

路径和方法：低空产业的发展需要空域的开放、技术的突破和商业的闭环

我国低空产业的发展将是单体从简单到复杂、系统从局部到全域的过程，需要空域、技术、商业三个维度的齐步发展，才能不断壮大：1) 为满足持续增长的运输及交通需求，空域需要大规模放开，但必须逐步、有序；2) 核心技术必须要有突破，一方面，飞行器需通过三电系统的升级，提升载重、航程及安全性能，并在产业逐步成熟的同时优化成本；另一方面，信息基础设施需要持续推进融合化/高精化并提升大规模飞行器分类调度管理的能力；3) 政府牵头、吸收多方资本，组建运营公司，从文旅观光、物流货运先行，逐步落地特定通勤等场景，形成良性商业闭环，持续创造经济效益。

低空产业规模或突破万亿，关注领先的信息基础设施供应商

赛迪顾问预测到 2026 年我国低空产业将突破万亿规模，我们看好具备技术优势的通导基础设施、三维高精地图及空管系统供应商对低空运行体系的持续支撑和保障作用。信息基础设施供应商包括：1) 通信：海格通信、盛路通信、中国移动、中国电信、中国联通等；2) 导航：华测导航、海格通信（兼具通信与导航）；3) 三维地图：中科星图；4) 空管系统：莱斯信息、四川九州等。产业链相关公司还包括飞行器制造商：亿航智能、峰飞航空（未上市）、时的科技（未上市）、沃兰特航空（未上市）、沃飞长空（未上市）。

风险提示：1) 地方政府不及预期；2) 技术推进不及预期；3) 场景落地及用户需求不及预期；4) 本研报中涉及到未上市公司或未覆盖个股内容，均系对其客观公开信息的整理，并不代表本研究团队对该公司、该股票的推荐或覆盖。

通信

增持（维持）

通信设备制造

增持（维持）

研究员 王兴
SAC No. S0570523070003 wangxing@htsc.com
SFC No. BUC499 +(86) 21 3847 6737

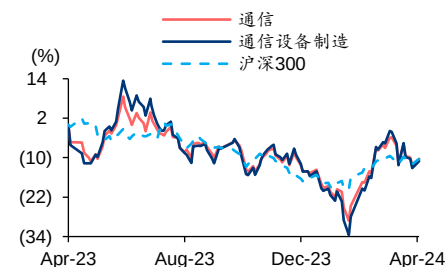
研究员 高名彦
SAC No. S0570523080006 gaomingyao@htsc.com
SFC No. BUP971 +(86) 21 2897 2228

联系人 王珂
SAC No. S0570122080148 wangke020520@htsc.com
+(86) 21 2897 2388

联系人 陈越兮
SAC No. S0570123070042 chenyuxi@htsc.com
+(86) 21 2897 2228

联系人 唐攀尧
SAC No. S0570124040002 tangpanyao@htsc.com
+(86) 755 8249 2388

行业走势图



资料来源：华泰研究

并购家 免费行业报告网

IPOIPO.CN 每日更新 不用注册会员 无广告 永久免费

正文目录

报告核心要点.....	5
核心观点	5
与市场不同的观点.....	5
低空经济：低空空域开放下形成的万亿级综合经济形态	6
“低空”：3000 米以下的特定空域，管制逐步放开，划分愈加精细	6
“经济”：空域要素转化带来广阔经济价值，潜在市场空间达万亿	8
我国低空经济的发展将呈现单体从简单到复杂，系统从局部到全域	11
愿景和优势：瞄向未来出行革命，产业链完善/基础设施领先	14
愿景：低空是立体交通网的重要组成，长期或引领人类出行革命	14
优势#1：飞行器产业链有望复用我国新能源车/消费电子产业基础	16
优势#2：基础设施端已建成全球领先的通信、导航等信息基础设施	18
通信方面，我国 5G 基建国际领先，5G-A 通感一体助力低空通信+监视体系建设	18
导航方面，我国北斗三号已全球组网，能够为低空提供全球导航定位及授时服务	21
路径和方法：产业壮大离不开政策扶持、技术升级和商业闭环	24
政策扶持：政策端持续开放空域、完善立法、给予供给/应用侧宏观指导	24
他山之石：参考美国通航，产业发展早期需要政府的大力扶持	24
低空经济受到国家高规格定调，政策持续为低空产业供给侧/应用侧发展指明方向	25
技术升级#1：eVTOL 是未来核心飞行器，关注电动化升级趋势	27
为什么说 eVTOL 是未来的核心飞行器？	27
三电系统升级：聚焦高功率密度/高能量密度，提升飞行器载重、航程及安全性能	28
技术升级#2：信息基础设施需融合化/高精化并举，结合 AI 实现分类调度	33
商业闭环：低空运营公司是产业闭环不可或缺的拼图	36
必要性：低空可借鉴深空发展，在政策扶持、技术升级后必须伴随场景落地形成商业闭环	36
商业闭环之匙：政府牵头成立低空运营公司，助力各类场景落地	39
产业链：关注具备领先技术优势的信息基础设施供应商	42
飞行器	42
通信基础设施	43
海格通信（002465 CH）	43
盛路通信（002446 CH）	43
三大运营商	43
信科移动（688387 CH）	43
导航基础设施	44
华测导航（300627 CH）	44
三维高精地图	44
中科星图（688568 CH）	44
空管系统	44
莱斯信息（688631 CH）	44

深城交（301091 CH）	44
四川九洲（000801 CH）	44
川大智胜（002253 CH）	45
国睿科技（600562 CH）	45
风险提示.....	45

图表目录

图表 1： 深空、中空、低空空域划分及主要适用场景	6
图表 2： 国家空域基础分类示意图	7
图表 3： 国家低空空域界定变化情况.....	7
图表 4： 低空经济产业全景图	8
图表 5： 低空经济场景应用情况.....	9
图表 6： 低空空域由自然资源转向可利用的经济资源图示	9
图表 7： 低空空域资源要素化、数字化及空域要素供给清单图示	10
图表 8： 中国低空经济市场规模及增速	10
图表 9： 中国 eVTOL 产业规模及增速情况	11
图表 10： 低空单体（飞行器）发展：从简单到复杂-类比信息通信产业中的计算机终端	12
图表 11： 低空系统发展：从局部到全域-类比信息通信产业中的网络.....	13
图表 12： 美英德三国每个司机平均每年地面拥堵时间成本	14
图表 13： 美英德三国每个司机平均每年地面拥堵经济损失	14
图表 14： 2022 年中国前十大拥堵城市情况.....	15
图表 15： 2007-2022 年我国汽车保有量和公路里程数增速对比.....	15
图表 16： 2000-2022 年中国道路交通事故死亡人数情况.....	15
图表 17： 低空出行（城市空中交通）未来构想图	15
图表 18： 低空交通是三维立体交通网的重要组成	16
图表 19： 城市空中交通与出租车、公共汽车、共享出行的对比.....	16
图表 20： 低空主流飞行器内部构造	17
图表 21： 低空飞行器与新能源汽车/消费电子产业链对比.....	17
图表 22： 我国能源、控制、机电、材料子产业在全球的地位情况	18
图表 23： 深圳 SILAS 系统-低空智能融合设施的“四张网”	18
图表 24： 2022 年全球电信运营商资本开支（百万美元）	19
图表 25： 我国 4G/5G 移动基站建设情况	19
图表 26： 我国移动互联网接入流量情况及月户均情况	19
图表 27： 通感一体原理示意图	20
图表 28： 通感算一体网络可实现的功能架构.....	20
图表 29： 基于 5G 网络的通信和无人机感知一体化系统场景示意图	20
图表 30： 北斗卫星定位系统	21
图表 31： 全球卫星导航系统四大供应商示意图	21
图表 32： 全球卫星导航系统四大供应商对比.....	22
图表 33： 北斗行业应用情况（截至 2021 年底）	23

图表 34: 航空体系中的通用航空	24
图表 35: 美国 1965-2020 年通用航空飞机出货量及出口量情况	24
图表 36: 2019 年我国与美国、巴西等通航机场数差距较大	24
图表 37: 我国中央及重要地方有关低空经济政策/法规一览	26
图表 38: 2024 年各省低空经济政策	27
图表 39: eVTOL 与传统直升机的对比	28
图表 40: 永磁同步电机与直流电机、感应电机等对比	28
图表 41: 永磁同步电机的两种形式: 轴向磁通 (AFPM) 和径向磁通 (RFPM)	29
图表 42: eVTOL 电推进系统电机参数	30
图表 43: eVTOL 对电池的参数要求	30
图表 44: 2022 年 eVTOL 电池功率密度可达 1kW/kg (5C 放电速率下)	31
图表 45: Li-S Energy 开发 20 层锂硫电池 (能量密度超过 400Wh/kg)	31
图表 46: 电池组紧凑化提升能力密度	31
图表 47: 全球电池企业航空级电池产品布局及研究进展情况	32
图表 48: 电机控制器适航开发流程	32
图表 49: 以过去 4G 低空通信向 5G 转换为参考, 低空通信覆盖高度范围有持续扩大的趋势	33
图表 50: 未来与低轨卫星系统融合的 5G-A 网络	33
图表 51: 基于北斗网格码构建三维高精地图可显著降低计算复杂度, 辅助进行无人驾驶飞行器航路规划	34
图表 52: 无人驾驶飞行器的大规模自主运行需要数字精密航迹等 GIS 基础的进步	34
图表 53: NASA 城市空中交通成熟度分级	35
图表 54: 低空无人机与公路、铁路、传统民航的对比	35
图表 55: 人工智能赋能低空飞行分类调度管理 (以无人机为例)	36
图表 56: 深空的应用场景	37
图表 57: 2016-2022 年全球深空经济产业收入	37
图表 58: 我国民商火箭公司正在突破大推力液体发动机技术	38
图表 59: 全球主流火箭成本对比	38
图表 60: 2023 年中美航天发射场发射次数统计	38
图表 61: 低空 eVTOL 应用场景更加高频	39
图表 62: 航空运营公司在民航产业链处于核心地位	40
图表 63: 航空公司承载民航主要经济收入效益	40
图表 64: 城市空中交通运营管理框架	40
图表 65: 运营平台在 UAM 体系中承担核心角色	40
图表 66: 目前我国政府部门或城投平台在低空运营上的布局 (不完全统计)	41
图表 67: 低空经济产业链	42

报告核心要点

核心观点

2024 年或将成为我国低空产业元年，产业发生多个关键性变化：1) 低空空域放开并完成划分，产业有法可依；2) 中央经济工作会议和政府工作报告连续高规格定调，低空被视为新质生产力重点培育；3) 飞行器（供给端）和应用场景（需求端）均有实质性进展。**当下低空经济作为全球竞逐的新赛道，我国相关产业链/基础设施完备，具有明显的竞争优势：**1) 我国具有全球最完善的新能源汽车及消费电子产业链，相关的能源、控制、机电、材料等成熟技术可广泛应用于各类低空飞行器；2) 我国已建成全球领先的通信、导航基础设施，飞行器在完成电动化后，必将向网联化、智能化演进，我国在这方面具有先天优势。

展望未来，低空产业的发展将是单体从简单到复杂、系统从局部到全域的过程，需要空域、技术、商业三个维度的齐步发展，才能不断壮大：1) 为满足持续增长的运输及交通需求，空域需要逐步、有序放开；2) 核心技术须持续突破，一方面，飞行器需通过三电系统的改进，提升载重、航程及安全性能，并在产业逐步成熟的同时优化成本；另一方面，信息基础设施需要持续推进融合化/高精化并提升大规模飞行器分类调度管理的能力；3) 政府牵头、吸收多方资本，组建运营公司，从文旅观光、物流货运先行，逐步落地特定通勤等场景，形成良性商业闭环，持续创造经济效益。赛迪顾问预测到 2026 年我国低空产业或突破万亿元规模，我们看好具备技术优势的通导基础设施、三维高精地图及空管系统供应商的投资机会。

与市场不同的观点

市场对于低空的研究主要集中在低空产业政策、飞行器技术、应用场景、市场空间等，比较零散，我们从“低空”和“经济”两个要素梳理了产业的演进历史，系统性分析了国家发展低空产业的底层逻辑：1) 从交通变革意义来说，短期来看，低空交通作为立体交通网的重要组成，将显著改善我国地面交通拥堵严重/事故高发的眼前问题；长期来看，低空作为传统地面交通和航空产业的结合体，伴随空中巴士等场景出现，将引领新的交通革命；2) 从基础禀赋来说，我国具备全球最完善的新能源汽车及消费电子产业链，领先的通信、导航基础设施禀赋，有望助力低空经济快速发展；3) 从要素转化角度来说，低空经济代表低空空域资源要素化，从自然资源走向经济资源，对我国后续对自然资源的经济利用及培育启示意义重大。

市场对低空产业如何发展的探讨，更多是参考欧美国家的通航发展历史给出可能的方向，没有认识到我国低空产业与通航产业在技术、场景、模式上的历史性差别。我们认为，差别主要在于：1) 技术方面，低空飞行器的发展或避开通航直升机发展的老路，更有可能参考汽车产业通过电动化、网联化、智能化实现产业的升级；2) 场景方面，过去通航多为小众的农林植保、应急救援，未来低空将聚焦文旅、物流、载人客运等高频、多层次场景，满足广大 C 端群体需求；3) 模式方面，过去通航产业链条较短，仅包含通航飞机制造商、运营商和用户，而低空产业以飞行活动为牵引，以运营公司为平台，辐射带动飞行器研发/制造、基础设施建设、飞行保障、综合服务厂商等各领域，生态系统更加完善。

市场研究更多是就低空论低空，鲜有跳出已有藩篱的讨论，本文横向将低空产业与同为新质生产力的深空经济（商业航天）以及信息通信产业进行了横向对比。我们认为，深空的发展对于低空来说有明显借鉴意义，两大产业的发展均呈现“顶层政策支持先行，技术突破带来性能提升、成本下降，最后推动新兴应用场景落地”的特征。我们结合信息通信发展史，对产业可能的发展模式和步骤给出了自己的思考：1) 模式：自下而上（各地先行先试，逐步连成一片）和自上而下（顶层政策规划引领，各地自主推进）相结合。2) 步骤：单体从简单到复杂，系统从局部到全域。

低空经济：低空空域开放下形成的万亿级综合经济形态

从《深圳经济特区低空经济产业促进条例》的定义看：低空经济是指以真高 1000 米以下、根据实际需要延伸至不超过 3000 米以下的空域为主要范围，以民用有人驾驶航空器和无人驾驶航空器的低空飞行活动为牵引，辐射带动航空器研发、生产、销售以及低空飞行活动相关的基础设施建设运营、飞行保障、衍生综合服务等领域产业融合发展的综合经济形态。

本文首先从“低空”、和“经济”两个要素对其进行分析：

“低空”：3000 米以下的特定空域，管制逐步放开，划分愈加精细

根据国家测绘局国土司的界定，我国空域从高到低可以划分为深空、中空和低空。深空指万米以上的空域，通常面向火箭发射、商业航天等市场；中空指 3000 米至 10000 米的空域，主要为军用航空、传统民用航空和部分通用航空的飞行区域（部分时候也可以飞至 10000 米以上）；低空则是 3000 米以下的区域，过去以通航活动为主体，未来将是 eVTOL、无人机等各类飞行器的主要活动区域。

图表1：深空、中空、低空空域划分及主要适用场景

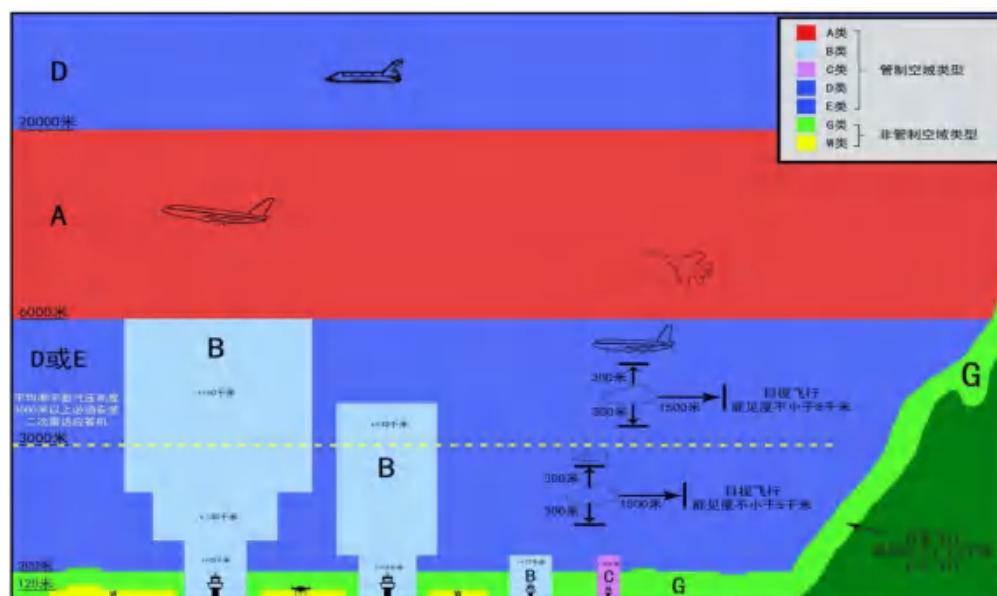


资料来源：国家测绘局国土司，深圳市规划和自然资源局，华泰研究

国家逐步开放低空空域并完成更精细的划分，目前的低空空域主要是真高 1000 米以下区域，可根据需要延伸至 3000 米。我们看到国家关于“低空空域”的界定有三个重要的时期：1）早在 2010 年，国务院、中央军委在《关于深化我国低空空域管理改革的意见》中明确：低空空域通常指真高 1000 米（含）以下的空间范围，并可根据不同地区特点和实际需要，作出具体划设和相应报批；2）在 2016 年，国务院下发《关于促进通用航空业发展的指导意见》，要求“实现真高 3000 米以下监视空域和报告空域无缝衔接，划设低空目视飞行航线，方便通用航空器快捷机动飞行”，该意见扩大了低空空域的范围，并较好地与当时的国际标准进行并轨；3）在 2023 年 12 月，国家空管委发布《国家空域基础分类方法》，对低空空域作出了更准确的界定，这也是目前对低空空域划分的主要依据，该方法宣布 A、B、C、D、E 类为管制空域，并开放 G、W 类空域作为低空活动区。

《国家空域基础分类方法》中规定:A类空域为标准气压高度6000米(含)至20000米(含);B类、C类空域分别划设在民用运输机场、建有塔台的通用航空机场上空;D类或E类机场为标准气压高度高于20000米的空域及A、B、C、G类空域外根据需求划设得到;G类、W类空域将开放,G类为B、C类空域以外真高300米以下空域(除W类)或平均海平面高度低于6000米且对民航公共运输飞行无影响的空域;W类为G类空域下真高120米以下的部分空域。国家要求,A、B、C、D、E类空域应当实现通信和监视覆盖,G类空域应当实现监视覆盖。

图表2: 国家空域基础分类示意图



资料来源: 中国民用航空局《国家空域基础分类方法》, 华泰研究

图表3: 国家低空空域界定变化情况



资料来源: 《关于深化我国低空空域管理改革的意见》,《关于促进通用航空业发展的指导意见》,《国家空域基础分类方法》, 华泰研究

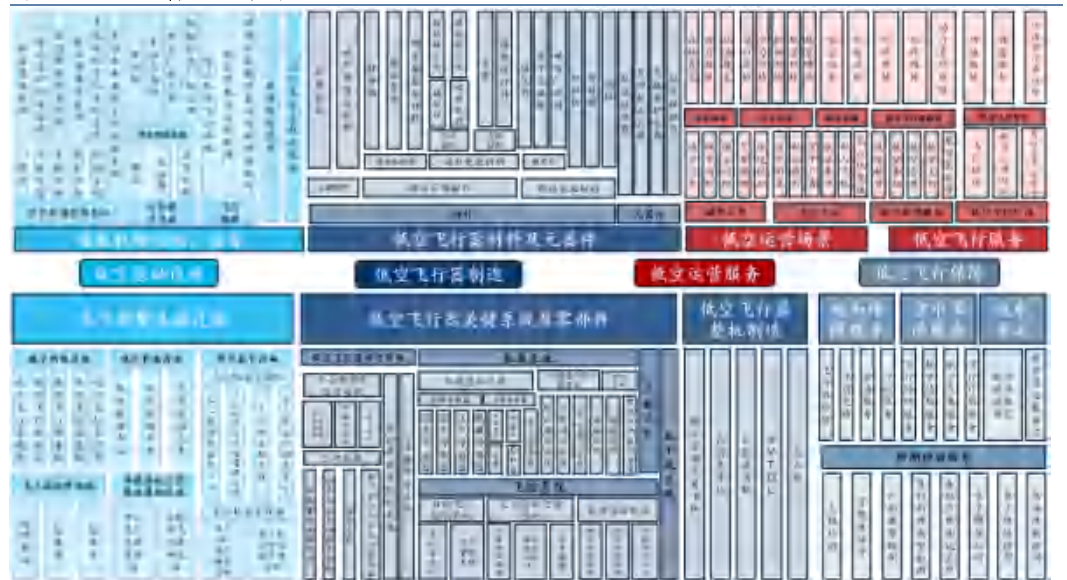
回顾国家对于“低空空域”的界定变革，我们认为深层含义有三，即空域划分必要性/空域功能及管控要求异构性/空域划分精细化趋势。具体来看，1) 空域划分具备必要性，即必须明确管制空域和非管制空域的构成，因为空域管理涉及领空安全，部分区域需要得到管制，但各国管制程度有所不同，如美国过往对低空的管制程度相对较低，通航发展领先，但仍有 FAA（美国联邦航空管理局）这样的机构进行宏观调控；2) 不同空域所从事的飞行活动不同，因而对应的管制要求也不同，深空的火箭发射、中空民航和军航运行皆有专业部门（如国家航天局、民航局、中央空管委等）进行严格管制，低空虽亦受到民航局和地方政府的管控，但管制相对开放，部分飞行器如无人机具备一定的自主规划性；3) 空域的划分会随着飞行活动的细分而不断精细化，如国家开放的 G、W 两类区域，在通信要求上也有所不同，G 类区域要求仪表飞行航空器和空管部门保持双向无线电通信，目视飞行在规范通讯频率上保持守听，而 W 类空域只需在飞行过程中广播式自动发送识别信息。

因此，我们认为未来低空的发展需要：1) 逐步且有序地放开更多空域，我国过去低空空域多为管制空域，大部分通用航空活动需要履行临时空域申请、飞行计划审批等，飞行服务过程中也采取严格的流量管控，未来应使更多低空空域资源得到充分利用，满足低空运输及交通的空域需求；2) 对空域进行更精细的划分，明确各个区域仪表/目视飞行所面临的通信、监视要求，界定飞行器自主飞行的范围及自主程度，避免统一的流量管制造成的低效率，使 eVTOL、无人机、通航飞机等各类飞行器“各得其所”。

“经济”：空域要素转化带来广阔经济价值，潜在市场空间达万亿

从产业构成角度来看，低空产业由低空飞行器制造、低空基础设施、低空飞行保障、低空运营服务构成。产业构成方面，根据赛迪顾问（2024 年 3 月），低空经济由低空飞行器制造、低空基础设施、低空飞行保障和低空运营服务等四大主体产业构成，在促进经济发展、加强社会保障、服务国防事业等方面发挥着日益重要的作用。

图表4：低空经济产业全景图



资料来源：赛迪顾问（2024 年 3 月），华泰研究

从应用场景来看，低空场景包含文旅、消防、巡检、物流、农业、载人客运等。按性质可将低空应用场景分为三类：1) 生产作业类为传统通航的场景延续，包括农林植保等各种作业飞行；2) 公共服务类包含医疗救护、应急救援、短/长途运输、航空物流及警用/海关/政务飞行等；3) 航空消费类包含飞行培训、空中游览、航空运动等。我们认为，未来随着低空各项产业的进一步成熟，文旅、物流、载人客运等“低空经济+”应用需求有望持续涌现。

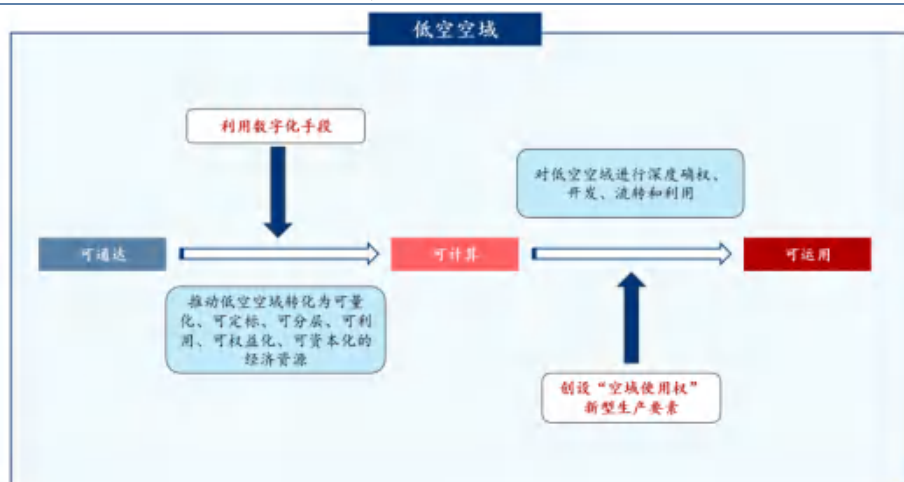
图表5：低空经济场景应用情况



资料来源：前瞻产业研究院，华泰研究

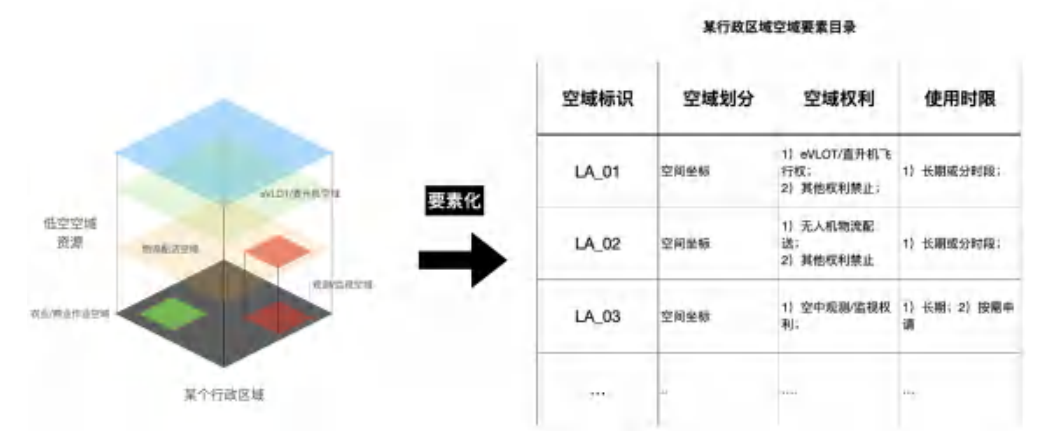
从要素转化角度来看，发展低空经济是在探索将低空空域这一自然资源转变为经济资源。根据粤港澳大湾区数字经济研究院（IDEA）《低空经济发展白皮书（2.0）》，低空空域作为一个远没被开发的自然资源，蕴藏着可能超过土地资源的经济价值。通过数字化手段，我们能够创建可计算的空域，推动低空空域转化为可量化、可定标、可分层、可利用、可权益化、可资本化的经济资源。在此基础上，我们可以创设一个类似“土地使用权”的“空域使用权”作为新型生产要素，对低空空域进行深度确权、开发、流转和利用，从而产生较大的经济价值和社会价值。因此，探索创设空域使用权能够促进低空空域从自然资源向经济资源转变，这是发展低空经济最核心、最具价值的方向。具体来看，低空空域要素化最终会形成区域的低空空域“要素供给清单”，这将成为地方政府的低空空域资产，后续随着要素逐渐市场化，有望释放更大的经济潜力，即形成“低空经济”。

图表6：低空空域由自然资源转向可利用的经济资源图示



资料来源：IDEA《低空经济发展白皮书（2.0）》，华泰研究

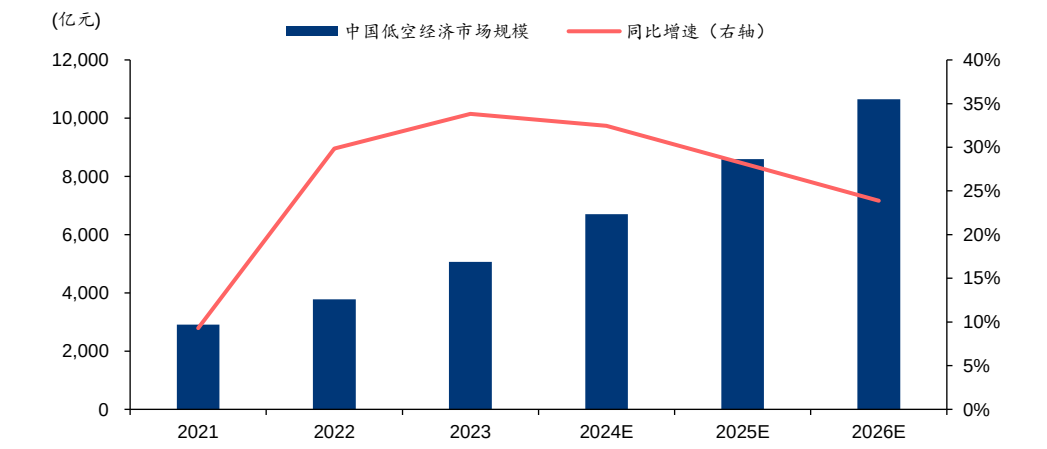
图表7：低空空域资源要素化、数字化及空域要素供给清单图示



资料来源：CSDN，华泰研究

从市场空间来看，低空产业有望于 2026 年突破万亿规模。从低空产业总值来看，根据赛迪顾问（2024 年 3 月）数据，受益于民用无人机产业高速发展、低空空域改革试点工作持续深化等影响，2023 年中国低空经济规模达 5059.5 亿元，同比增长 33.8%，赛迪顾问预测到 2026 年我国低空经济规模有望突破万亿元，2023-2026 年 CAGR 为 28.1%。从通用航空装备市场规模来看，根据《通用航空装备创新应用实施方案（2024-2030 年）》，到 2030 年通用航空装备全面融入人民生活生活各领域，成为低空经济增长的强大推动力，形成万亿级市场规模。

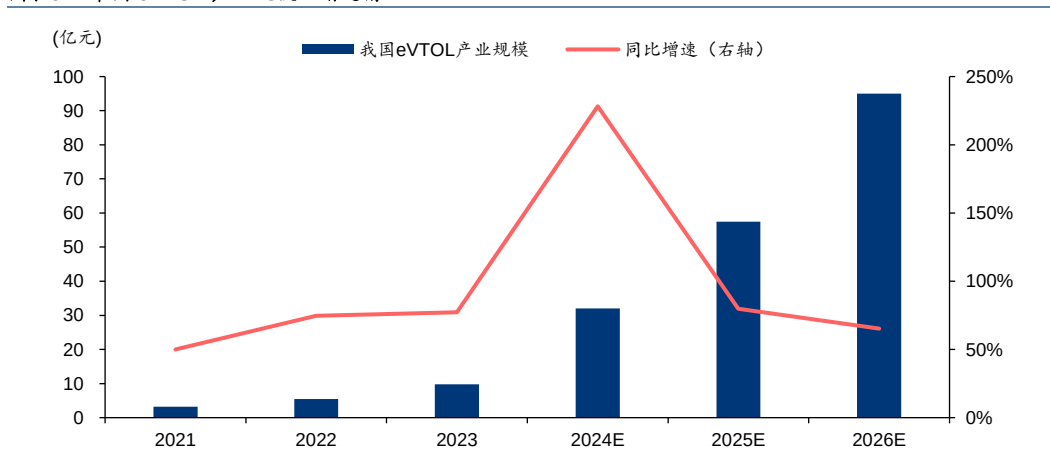
图表8：中国低空经济市场规模及增速



资料来源：赛迪顾问（2024 年 3 月），华泰研究

从重点赛道的空间来看，2026 年我国 eVTOL 产业规模有望达 95 亿元。根据赛迪顾问（2024 年 1 月），受益于低空经济政策驱动以及 eVTOL 商业化进程提速，我国 eVTOL 产业规模达 9.8 亿元，同比增长 77.3%。赛迪顾问预测 2024 年 eVTOL 产业将迎来新一轮商业化爆发周期，规模有望大幅提升，未来随着多机型适航认证的加速推进，到 2026 年产业规模可达 95.0 亿元，2023-2026E 的 CAGR 为 113%。

图表9：中国 eVTOL 产业规模及增速情况



资料来源：赛迪顾问（2024 年 1 月），华泰研究

我国低空经济的发展将呈现单体从简单到复杂，系统从局部到全域

类比信息通信产业发展，我们认为，低空经济的发展将分为两个层面：1) 单体：从简单到复杂；2) 系统：从局部到全域。

#1. 单体从简单到复杂。我们将低空中的飞行器视作“单体”，类比信息通信产业的计算机终端。飞行器由“电动化”到“网联化”再到“智能化”对应计算机终端由最初的“ENIAC”到“网联计算机”再到“AI PC”。具体来看：

1) “ENIAC” - “电动化”阶段：ENIAC 是人类第一台电子计算机，最初被用来进行弹道计算，是独立节点，没有通过网络与外界相连，相比之下，低空飞行器的第一步是从传统燃油飞机实现“电动化”的转变（如 eVTOL），电动化飞行器具备轻量、环保、低噪、低成本等诸多优势，但尚无法与外界做到有效的交互；

2) “网联计算机” - “网联化”阶段：互联网的普及使得单个计算机不再是一座“孤岛”，网联计算机能够通过网络实现资源共享、数据交互，相比之下，低空飞行器在通信、导航、监视等信息基础设施的支持下，完成“电动化”向“网联化”的演进，在这一阶段，飞行器能在飞行过程中与地面、与其他飞行器之间完成双向通信，使监管系统“看得见”、“呼得到”；

3) “AI PC” - “智能化”阶段：计算机发展到成熟阶段，引入 AI 技术，计算能力得到跃升（算力跃升是智能化的另一体现，由 ENIAC 时期的 300FLOPS 算力提升至 AI PC 时期英特尔 Ultra 9 的 3.4E+13 FLOPS），并能实现高度复杂的各种功能，相比之下，飞行器在自身飞控系统和外部信息基础设施（如高精度定位导航、高精度三维地图出现）的双重推动下，最终实现从“网联化”到“智能化”的飞跃，能够完成全自主的规划飞行和自动避障。

美此信息通信产业的计算机终端：由ENIAC到AI PC



ENIAC

- 世界上第一台电子计算机，耗资48万美元建造，占地15000平方英尺，重达30吨，需要1000名操作员。



网络信息基础设施

- 互联网和移动通信网络的发展，使得信息通信产业得以快速发展。



AI PC

- 计算机集成制造系统(CIMS)和人工智能(AI)技术的应用，使得计算机终端向智能化方向发展。

智能化的另一体现：算力量级不断增加





酷睿Ultra AI PC(英特尔)
算力3.4E+13 FLOPS



Geforce GTX1060Ti(英伟达)
算力1.08E+13 FLOPS



8086处理器(英特尔)
算力7.1E+05 FLOPS



英特尔Atom A5(英特尔)
算力2.6E+13 FLOPS



BBQ处理器(高通)
算力2.6E+13 FLOPS



ENIAC
算力100FLOPS



Pentium 4 HT 3.0GHz(英特尔)
算力7E+09 FLOPS

单体(飞行器)发展：由简单到复杂



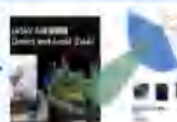
E20 eVTOL

- E20 eVTOL是一款电动垂直起降飞行器，具有体积小、重量轻、成本低、操作简单等优点。



网络信息基础设施

- 互联网和移动通信网络的发展，使得信息通信产业得以快速发展。



AI PC

- 计算机集成制造系统(CIMS)和人工智能(AI)技术的应用，使得计算机终端向智能化方向发展。

智能化的另一体现：算力量级不断增加

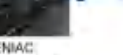




酷睿Ultra AI PC(英特尔)
算力3.4E+13 FLOPS



Geforce GTX1060Ti(英伟达)
算力1.08E+13 FLOPS



8086处理器(英特尔)
算力7.1E+05 FLOPS



英特尔Atom A5(英特尔)
算力2.6E+13 FLOPS



BBQ处理器(高通)
算力2.6E+13 FLOPS



ENIAC
算力100FLOPS



Pentium 4 HT 3.0GHz(英特尔)
算力7E+09 FLOPS

#2.系统从局部到全域。我们将低空中的飞行器的运行范围视作“系统”，类比信息通信产业的网络。飞行器的运行范围由“局部”到“系统化（区域扩大）”再到“全域”对应网络由“局域网”到“广域网”再到“互联网”。具体来看：

2) “广域网”-“系统化”阶段：随着更大范围内的流量互通需求增加，多个局域网可以组成广域网，广域网通常跨越大型园区，覆盖范围从方圆几十公里到几千公里不等，相比之下，低空飞行器的运行范围也逐步扩大，城市里的多个片区相连成全市级的低空系统，或多个城市的低空相连形成全省级的低空系统，应用场景亦从简单的文旅观光、物流运输拓展到城市内、城市间的载人客运，如广州东部中心低空航站楼规划建设“湾区半小时交通圈”；

3) “互联网”-“全域”阶段：互联网是由全球各地的计算机和网络设备构成的庞大的计算机网络系统，使用标准的传输控制协议/因特网协议（TCP/IP）进行通讯，覆盖范围可达全球各地，相比之下，低空产业自下而上发展的最终目标就是将全国各地的低空子系统通过某一标准协议连接在一起，消除各地不同的适用法规、保障体系之间的差异，形成统一的、全域级的低空系统。

图表11：低空系统发展：从局部到全域-类比信息通信产业中的网络



资料来源：Lifewire 官网，AWS，腾讯云官网，央广网，博学谷网，亿航智能，贝锐蒲公英官网，华泰研究

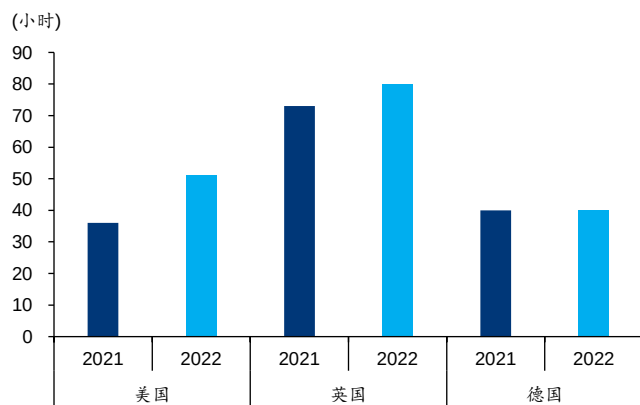
愿景和优势：瞄向未来出行革命，产业链完善/基础设施领先

愿景：低空是立体交通网的重要组成，长期或引领人类出行革命

国家近年来持续强调“交通强国”，在 2019 年《交通强国建设纲要》中提出“要在 2035 年基本建成交通强国，城市交通拥堵基本缓解”；在 2021 年《国家综合立体交通网规划纲要》中提出“到 2035 年基本建成便捷顺畅、经济高效、绿色集约、智能先进、安全可靠的现代化高质量国家综合立体交通网”。然而，我们看到传统城市地面交通长期存在：1) 交通拥堵导致的大量时间成本及经济损失；2) 道路安全问题，即交通事故引发的严重后果。

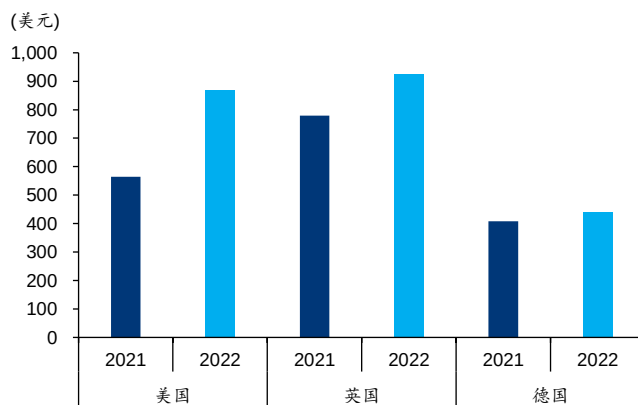
以海外为例：城市地面交通拥堵带来可观的经济损失，22 年美国拥堵成本达 810 亿美元。根据 INRIX 数据，2022 年美国、英国、德国因地面交通拥堵造成的经济损失成本分别为 810 亿美元、118 亿美元、41 亿美元（英镑、欧元兑美元汇率取 2022 年平均值），考虑到 2022 年交通仍受到疫情影响，我们参考疫情前的时间段，如根据《亿航智能城市空中交通系统白皮书（2020）》援引 INRIX 数据，2017 年交通拥堵给美国司机带来的总经济成本达 3050 亿美元。从单量来看，2022 年美英德三国每个司机因地面拥堵浪费的时间成本分别为 51h、80h、40h，同比+42%/+10%/持平；2022 年美英德三国每个司机因地面拥堵带来的经济损失分别为 869 美元、926 美元、439 美元，同比+54%/+19%/+8%。

图表 12：美英德三国每个司机平均每年地面拥堵时间成本



资料来源：INRIX，华泰研究

图表 13：美英德三国每个司机平均每年地面拥堵经济损失

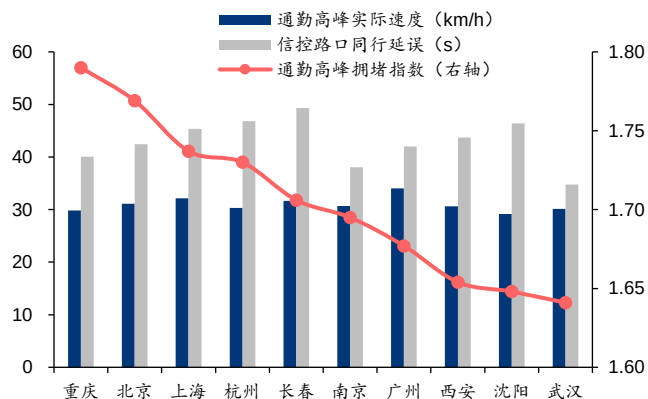


资料来源：INRIX，华泰研究

国内交通拥堵日益严重，新建道路并未缓解。根据《亿航智能城市空中交通系统白皮书（2020）》，研究表明道路流量（采用汽车行驶的公里数衡量）与道路容量（采用可用车道的公路公里数衡量）正相关，单纯新修道路会导致道路车流更加密集，而无法解决城市交通拥堵问题。对于我国来说，虽然道路建设路逐年增加，但交通拥堵的问题仍日渐严重，根据百度地图《2022 年度中国城市交通报告》，我们看到我国有 14 座城市在 2022 年通勤高峰拥堵指数（用通勤高峰时段实际形成时间/畅通形成时间计算）超过 1.6，9 座城市在高峰信控路口通行延误时间大于 40s。

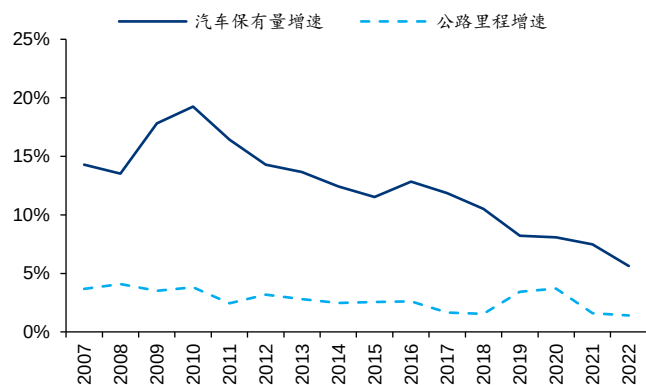
我国汽车保有量快速上涨，安全问题亟待重视。2007-2022 年我国汽车保有量与公路里程年复合平均增速分别为 12.3%/2.8%，汽车保有量的快速增加也为城市道路交通拥堵及安全事故增添了隐患。2022 年我国道路交通事故死亡人数达 60676 人，而 2010-2021 年我国平均每年道路交通死亡人数为 61620 人，没有见到明显的好转。此外，根据世界卫生组织估计，2016 年中国道路交通死亡率为每 10 万人 18.2 例。以上数据表明，我国目前仍面临一定的道路交通安全问题。

图表14：2022年中国前十大拥堵城市情况



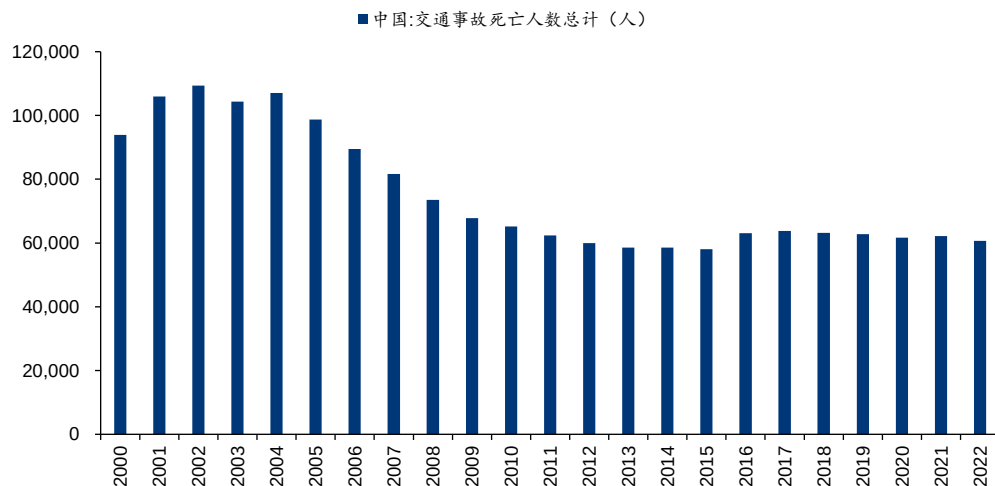
资料来源：百度地图《2022年度中国城市交通报告》，华泰研究

图表15：2007-2022年我国汽车保有量和公路里程数增速对比



资料来源：，华泰研究

图表16：2000-2022年中国道路交通事故死亡人数情况



资料来源：，华泰研究

图表17：低空出行（城市空中交通）未来构想图



资料来源：边界智控官网，华泰研究

我们认为，从短期看，低空交通将作为三维立体交通网的重要组成部分，凭借平台端的精准管理及设备端的有效配合，有望显著改善目前我国地面交通拥堵严重/事故高发的问题；从长期看，低空作为传统地面交通和航空产业的结合体，伴随空中巴士等场景出现，将引领人类出行方式的新一轮革命。

图表18：低空交通是三维立体交通网的重要组成部分



资料来源：《人工智能赋能空域系统，提升空域分层治理能力》（陈志杰等，2021），华泰研究

图表19：城市空中交通与出租车、公共汽车、共享出行的对比

交通方式	城市空中交通	出租车	公共汽车	共享出行
自动化	是	否	否	否
速度	130km/h	60km/h	40km/h	60km/h
有效路径	极短	长	极长	长
维度	三维	二维	二维	二维
预设路线	是	否	是	否
成本	高	高	低	中
拥堵	否	高	中	高
在线预订	是	是/否	否	是

注：1) 估算速度以城镇地区限速为基础；2) 城市空中交通有效路径极短，主要因为空中交通是直线运行
 资料来源：亿航智能《城市空中交通系统白皮书》（2020），华泰研究

优势#1：飞行器产业链有望复用我国新能源车/消费电子产业基础

飞行器是低空中各类飞行活动的参与方，是低空产业的核心部分，包括 eVTOL、无人机、传统直升飞机等。其中，eVTOL（electric Vertical Take-off and Landing，电动垂直起降器）的概念最早由美国直升机协会和美国航天航空协会于 2014 年提出，是指以电力作为飞行动力来源且具备垂直起降功能的飞行器，未来有望成为低空核心飞行器。

低空飞行器由电池、电机提供动力，内部配备通信、导航、飞控系统。外部构造来看：1) eVTOL：以亿航 EH216-S 为例，该机型构造主要包括共轴双桨、可折叠机臂、高功率密度电机、锂聚合物电池及电池管理系统、对地视觉系统等；2) 无人机：主要由电池、电机、电调、减震、云台等组成。内部构造来看，根据航空器适航审定司下发的《亿航 EH216-S 型无人驾驶航空器系统专用条件》，亿航 EH216-S 具备三套独立的飞行控制系统，通过传感器感知航空器的速度、高度、姿态、位置信息，实现对航空器空间位置和飞行状态的控制；亿航 EH216-S 为无人驾驶，需保持和地面的通信，远程机组也需要在飞行全程对航空器运行状态进行监视，因此我们推断该飞行器也配备相应的通信和导航系统。

图20：低空主流飞行器内部构造



资料来源：亿航官网，DFRobot官网，华泰研究

低空飞行器产业链与新能源车/消费电子产业链高度重合。我们看到：1) 新能源车方面，我国新能源车产业链和飞行器产业链在上游矿产资源、中游原材料及零部件重合度较高，如飞行器同样将用到锂、铝等金属原材料、碳纤维等复合材料，新能源汽车产业经过多年迭代的电池和电机技术经验也可直接迁移至飞行器中；2) 消费电子方面，飞行器也可移用消费电子产业中较为成熟的锂电池及通信、导航、飞控系统技术。

图21：低空飞行器与新能源汽车/消费电子产业链对比



资料来源：前瞻产业研究院，中商情报网，智研咨询，Stratview Research，华泰研究

我国具备全球领先的新能源汽车/消费电子产业链，两大产业培育出的能源、控制、机电、材料等成熟技术可规模化移植到各类低空飞行器产业链中。分别来说：1) 能源方面，以电池为例，根据 SNE Research, 2023 年中国厂商动力电池装车量占全球 6 成以上，全球 TOP 10 厂商中中国独占 6 席；2) 控制方面，以智能控制器为例，根据华经产业研究院，2022 年中国智能控制器市场规模达 30643 亿元，占全球的 25%；3) 机电方面，以工业电机为例，根据维科网，2021 年中国工业电机规模占全球的 32%，领先于美国(26%)、欧盟(19%)；4) 材料方面，以碳纤维材料为例，根据赛奥碳纤维《2022 全球碳纤维复合材料市场报告》，2022 年中国大陆碳纤维运行产能 11.2 万吨，占全球的 43%，排名第一。因此，低空飞行器有望凭借以上产业优势快速起步。

图表22：我国能源、控制、机电、材料子产业在全球的地位情况

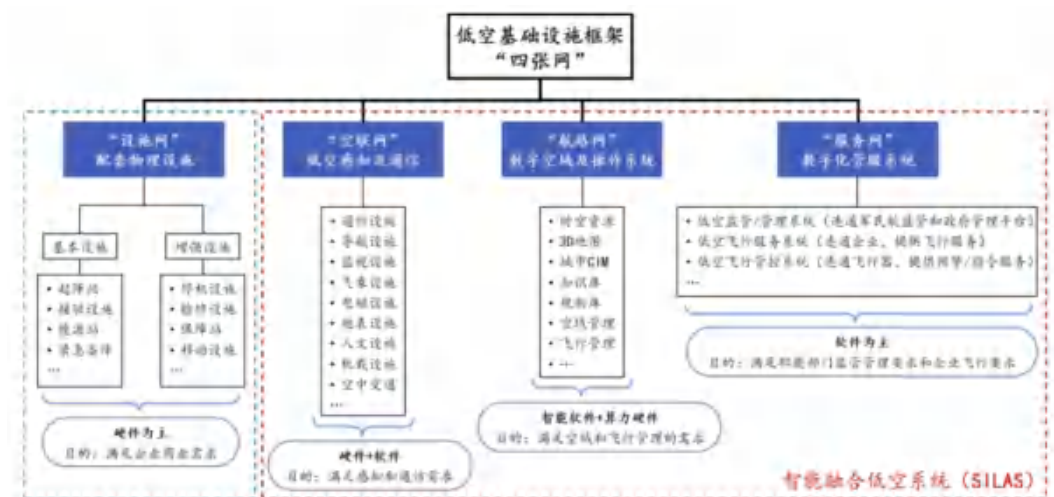


资料来源：SNE Research，华经产业研究院，维科网，赛奥碳纤维《2022 全球碳纤维复合材料市场报告》，华泰研究

优势#2：基础设施端已建成全球领先的通信、导航等信息基础设施

信息基础设施为低空飞行活动提供基本保障服务，包括通信、导航、监视、空管系统等关键组成部分。信息基础设施在深圳 SILAS 系统中也被定义为“空联网”，作用是将低空空域和飞行器信息数字化之后，通过 SILAS 系统的智能处理能力，完成对低空所有飞行器的精细化监测、识别、定位和报送。目前来看，我国已建成全球领先的通信、导航等信息基础设施，有望迅速利用原有基础禀赋助力低空场景落地。

图表23：深圳 SILAS 系统-低空智能融合设施的“四张网”



资料来源：IDEA《低空积极发展白皮书（2.0）》，华泰研究

通信方面，我国 5G 基建国际领先，5G-A 通感一体助力低空通信+监视体系建设

未来的通信基础设施（包含 5G-A）不仅能满足飞行器的基本通信要求，还能对现有的飞行器监视体系作出有效补充。与过去仅实现飞行器对地双向通信的系统不同，未来的通信系统将集成感知等一系列功能。根据中国电信《通感一体低空网络白皮书》（2024），通感算一体化中的通信能力旨在满足低空网联飞行器多样化的通信功能，包括基础的介入、数据/指令转发、信息上报、身份标识认证等；感知能力旨在利用无线信号实现对目标无人机或环境的主动感知功能，这与监管部门的需求相吻合。通过有效提取无人机等动态目标以及环境等静态目标对无线信号的影响，低空网络能够实现对低空飞行目标的测距、测角、测速、定位、追踪等功能，进而辅助实现无人机的入侵检测、碰撞规避及远程监控。

我国在 5G 建设方面的成功离不开运营商从 2019 年开始的大规模投入。2022 年中国移动资本开支领先全球，率先完成全球最大的网络建设，规模效应凸显。在全球电信运营商中，中国移动的资本开支占有最大份额，据 IDC 统计，2022 年全球电信运营商合计资本开支约为 3320 亿美元，约 53% 投资于无线网络建设，44% 投资于有线网络建设，3% 投资于其他。其中，中国移动的资本开支占总收入比达到 8.8%，位居全球首位，Verizon、DT、AT&T、中国电信分别占比 6.9%、6.6%、5.9%、4.7%，位居第 2-5 位。

图表24：2022年全球电信运营商资本开支（百万美元）

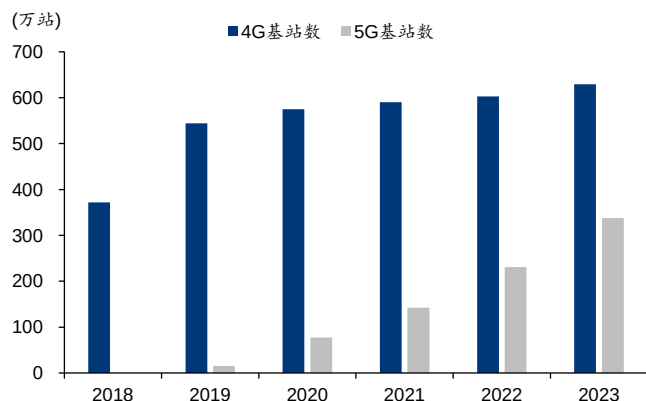
排名	公司名称	总资本开支	公司名称	无线资本开支	公司名称	有线资本开支
1	中国移动	29,090	中国移动	23,871	Comcast	9,578
2	Verizon	23,087	DT	15,679	Verizon	8,226
3	DT	21,927	AT&T	12,860	NTT	7,506
5	AT&T	19,748	Verizon	12,206	Charter	6,563
6	中国电信	15,716	中国电信	9,430	AT&T	6,473
7	NTT Docomo	13,344	中国联通	6,618	中国电信	6,287
8	Comcast	12,099	NTT	5,838	British Telecom	5,508
9	中国联通	11,611	Vodafone	5,354	中国移动	5,219
10	Charter	9,376	America Movil	4,385	中国联通	4,993
11	Orange	7,987	Softbank	4,301	DT	4,965
12	其他	168,216	其他	76,150	其他	79,988
	合计	332,201	合计	176,691	合计	145,304

注：部分公司有线资本开支及无线资本开支合计与其总资本开支有出入

资料来源：IDC、华泰研究

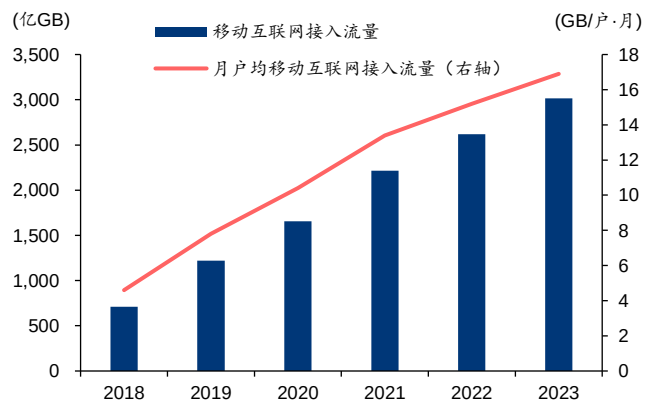
我国 5G 基建国际领先，5G 基站数超 337 万站。根据工信部数据，截至 2023 年底，我国 5G 基站总数达到 337.7 万站，同比提升 46%，占移动基站总数的 29.1%，自 2019 年 5G 牌照下发后，2020-2023 年 5G 基站数增长 CAGR 为 117%。5G 建设下我国移动互联网流量/DOU 快速增长，2023 年我国移动互联网接入流量达 3015 亿 GB，同比增长 15.2%，全年移动互联网月户均流量（DOU）达 16.85GB/户·月，同比增长 10.9%。根据第十四届人民代表大会第二次会议《2024 年政府工作报告》，2023 年我国 5G 用户普及率已超过 50%。

图表25：我国 4G/5G 移动基站建设情况



资料来源：工信部，华泰研究

图表26：我国移动互联网接入流量情况及月户均情况



资料来源：工信部，华泰研究

当前我国正逐步从 5G 升级为 5G-A，包含通信、感知、计算一体化能力，保证监管对飞行器“看得见”、“呼得到”。中国移动《低空网络信息服务能力白皮书》（2023）提到“发挥 5G 及 5G-A 移动通信网络的技术优势，构建通感算一体化的监管体系”。具体来讲：1) 通信：通过通信技术广覆盖的优势实现与无人机实时双向通信；2) 感知：利用探测感知技术获取无人机的位置、行为、轨迹、环境等信息；3) 计算：充分发挥算网融合能力对数据进行处理、分析和决策。

图表27：通感一体原理示意图



资料来源：中国移动《低空网络信息服务能力白皮书》（2023），华泰研究

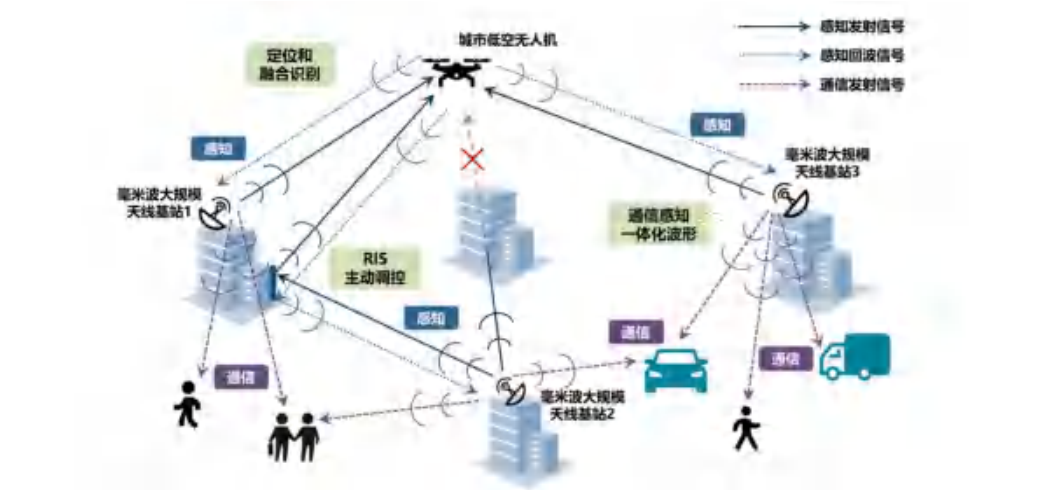
图表28：通感算一体网络可实现的功能架构



资料来源：中国电信《通感一体低空网络白皮书》（2024），华泰研究

我们认为，5G-A 通感一体有望取代 ADS-B 等传统监视技术。根据《ADS-B 技术在低空空域安全中应用的现状与展望》（陈晓等，2022），ADS-B 设备一套需要 10-40 万美元，相比之下，根据亿航官网，亿航的 EH216-S 在中国的官方定价仅为 239 万人民币，若搭载 ADS-B 系统，可能导致飞行器成本显著增加。而 5G-A 可以通过对原有的 5G 基站进行改造和升级，以较低的成本实现对低空空域的有效监视，未来有望取代 ADS-B 的角色。

图表29：基于 5G 网络的通信和无人机感知一体化系统场景示意图

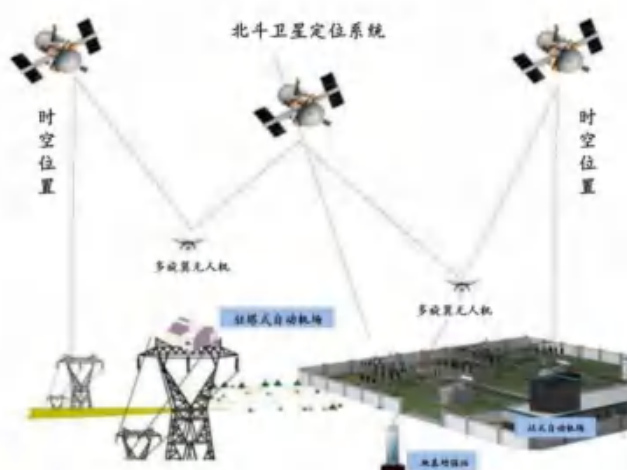


资料来源：《5G 新基建与低空无人机监测》（瓮其艳等，2021），华泰研究

导航方面，我国北斗三号已全球组网，能够为低空提供全球导航定位及授时服务

北斗系统为低空环境提供导航定位增强及授时等服务。基于低空空域环境复杂性和飞行器智能化的需求,北斗为低空用户在 GNSS 的基础上提供低轨导航定位增强服务,实现协同、融合、智能、全覆盖、全天候、全领域的定位服务,为低空经济中的通航载人飞行、无人物流、无人机巡检、无人机测绘、无人机遥感等领域提供高精度定位解决方案。“北斗”系统创新融合了导航与通信能力,具有实时导航、快速定位、精确授时、位置报告和短报文通信服务等五大功能,具备低空环境下导航位置服务能力。

图表30：北斗卫星定位系统



资料来源：《基于北斗短报文的无人机巡检通信技术研究》（王彦钊等，2023年6月），华泰研究

全球卫星导航系统属于国家战略基础设施，我国北斗在布局广度、定位性能上均处于国际中上水平。导航卫星系统在军事行动、情报收集和战略决策中发挥着重要作用。依赖其他国家的导航系统可能存在政治、经济或军事干扰的风险。拥有独立的导航卫星系统可以减少国家对他国系统的依赖，更好地维护国家安全。因此，目前全球卫星导航系统形成了四大供应商共存的局面,包括中国的北斗卫星导航系统(BDS)、美国的全球定位系统(GPS)、俄罗斯的格洛纳斯卫星导航系统(GLONASS)和欧盟的伽利略卫星导航系统(GALILEO)。

图表31：全球卫星导航系统四大供应商示意图



资料来源：Bodet-time，华泰研究

图表32：全球卫星导航系统四大供应商对比

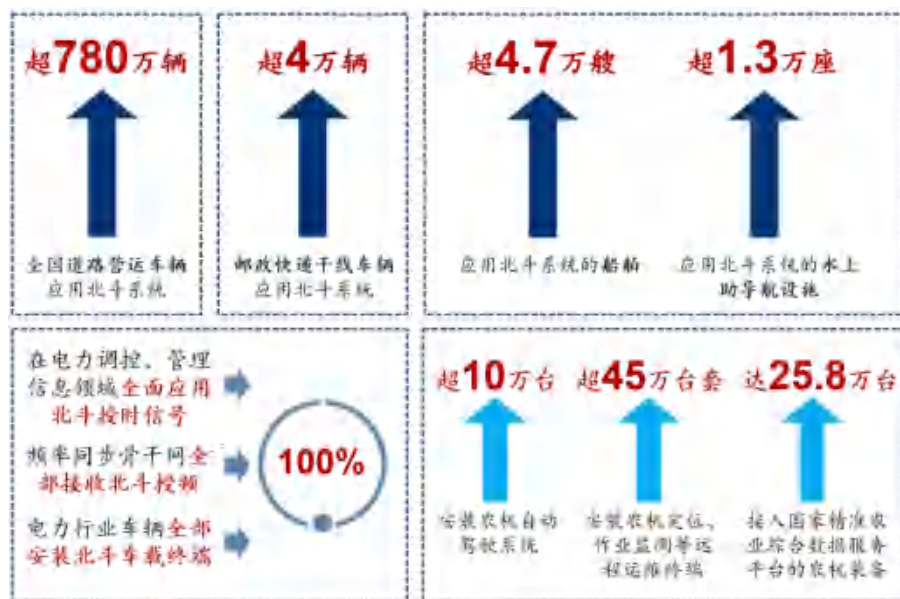
系统	BDS	GPS	GLONASS	GALILEO
研制方	中国	美国	俄罗斯	欧盟
首星发射时间	1989 年	1985 年	2000 年	2011 年
定位	军民两用	军民两用	军民两用	民用
组成	空间段、地面段、用户段	空间段、地面段、用户段	空间段、地面段、用户段	空间段、地面段
空间段（星座组成）	北斗三号星座由 24 颗中圆地球轨道（MEO）卫星、3 颗地球静止轨道（GEO）卫星和 3 颗倾斜地球同步轨道（IGSO）卫星，共 30 颗卫星组成。	截至 2022 年 6 月 26 日，GPS 星座中共有 31 颗运行卫星，包括 12 颗 GPS II R 卫星、7 颗 GPS II R-M 卫星和 12 颗 GPS II F 卫星，不包括退役的在轨备用卫星。	GLONASS 星座由 21 颗工作星和 3 颗备份星组成，共 24 颗星均匀地分布在 3 个两两相隔 120 度的近圆形轨道面上，每个轨道平面有 8 颗。	GALILEO 星座由 30 颗卫星组成，其中 27 颗工作星，3 颗备份星。卫星轨道高度约 2.4 万公里，位于 3 个倾角为 56 度的轨道平面内。
地面段（运行控制）	由分布主控站、时间同步/注入站和监测站组成。主控站收集各监测数据，进行数据处理；注入站主要负责完成星地时间同步测量，向卫星注入导航电文参数；监测站对卫星导航信号进行连续监测，为主控站提供实时观测数据。	由分布在世界各地的五个地面站组成，按功能可分为监测站、主控站和注入站三种。3 个主要子系统，1 个主控站，4 个地面天线网络和全球分布的监控站网络。	由 1 个系统控制中心，1 个中央同步器，和若干遥测遥控站（含激光跟踪站）、跟踪控制站、监测站及外场导航控制设备组成。	由 2 个位于欧洲的伽利略控制中心（GCC）和 29 个分布于全球的伽利略传感器站（GSS）组成，另外还有分布于全球的 5 个 S 波段上行站和 10 个 C 波段上行站，用于控制中心与卫星之间的数据交换。
定位精度及其他性能	定位精度：水平 10 米、高程 10 米（95%） 测速精度：0.2 米每秒（95%） 授时精度：20 纳秒（95%）	民用定位精度：7.8 米（95%）军用可达 0.2 米至 1 米	定位精度：10 米至 15 米 测速精度：20 至 30 纳秒	2023 年 1 月欧空局宣布，伽利略全球导航卫星系统高精度定位服务（HAS）已启用，其水平和垂直导航精度分别可达到 20 厘米和 40 厘米

资料来源：北斗卫星导航系统网站，GLONASS 官网，GPS 官网，欧盟官网，华泰研究

我国北斗地基增强站体量庞大，北斗加速融入各行各业。根据中国卫星导航定位协会《中国卫星导航与位置服务产业发展白皮书（2022）》，2021 年随着“新基建”战略推动，北斗加速融入自然资源、通信、交通、电力、水利等行业的基础设施建设步伐，截至 2021 年底：1) 在通信行业，中国移动在全国范围内建设超过 4000 座北斗地基增强基准站，建成全球规模最大的 5G+北斗高精度服务系统；2) 在电力行业，已完成超 2000 座电力行业北斗地基增强基准站的建设部署；3) 在交运行业，包括 106 座基准站的长江干线北斗卫星地基增强系统工程已经建成并投入使用。

北斗系统应用拓展优异。从服务调用次数来看，根据新华网报道，截至 2023 年 1 月，高德地图调用北斗卫星日定位量已超过 3000 亿次，创下历史新高。从终端搭载角度来看，根据中国卫星导航定位协会研究，2021 年国内卫星导航定位终端产品总销量超 5.1 亿台，其中具有卫星导航定位功能的智能手机出货量达 3.43 亿台。从行业应用角度来看，以交通为例，目前全国超 780 万道路营运车辆、近 500 架通用航空器应用北斗系统。

图表33：北斗行业应用情况（截至2021年底）



资料来源：中国卫星导航定位协会《中国卫星导航与位置服务产业发展白皮书（2022）》，华泰研究

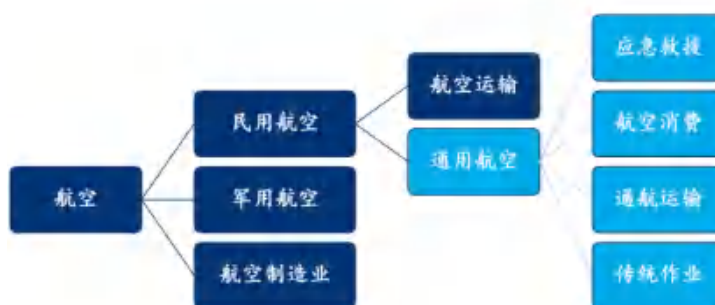
路径和方法：产业壮大离不开政策扶持、技术升级和商业闭环

政策扶持：政策端持续开放空域、完善立法、给予供给/应用侧宏观指导

他山之石：参考美国通航，产业发展早期需要政府的大力扶持

我们以美国早先的通航市场发展史为参考，找寻对我国低空经济发展的启示。通用航空是指使用民用航空器（最早是直升机）从事公共航空运输以外的民用航空活动，主要包括应急救援、航空消费、通航运输、传统作业四类活动。

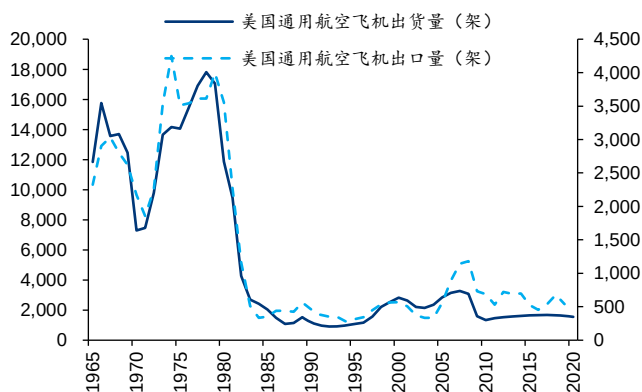
图表34：航空体系中的通用航空



资料来源：《“十四五”通用航空发展专项规划》，华泰研究

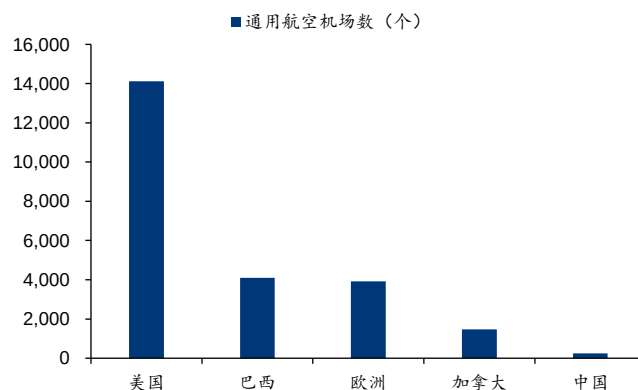
复盘美国通用航空的发展史，产业自上世纪 70 年代通航迅速崛起，现今飞行器、机场数量已达到全球最大。美国自上世纪 60 年代开始布局通用航空，通航飞机出货量在 70 年代达到顶峰，如 1978 年美国通航飞机出货量 17811 架，虽然近 30 年通航飞机出货已经进入平缓阶段，但美国仍是全球通航飞机规模最大的国家。从通航机场等设施来看，2019 年美国断层式领先，通用航空机场数达 14120 个，相比之下，我国通航与世界其他国家尚有差距，通用航空机场及参与企业仅数百个。根据民航智库，2021 年美国拥有 22.4 万架通航飞机，38 万名通用航空飞行员，通航每年飞行量 2480 万飞行小时，其中 1700 多万小时的飞行是载人运输飞行，约占总飞行小时的 70%。

图表35：美国 1965-2020 年通用航空飞机出货量及出口量情况



资料来源：，华泰研究

图表36：2019 年我国与美国、巴西等通航机场数差距较大



资料来源：前瞻产业研究院，华泰研究

我们看到，美国通航市场的快速发展离不开政策端的支持（空域开放）和保障作用。根据民航智库《全球通用航空产业的发展对中国民航业的启示》（李实萍，2021），美国通用航空发展有两大经验可供我国借鉴，其一是市场需求驱动，其二是政策支持保障。其中：1）市场需求是通航产业发展的核心动力。私人需求和商务需求为通航产业发展提供了成长的空间，丰富的航空文化、多元的融资渠道、多样的民间协会为通航产业发展提供了良好的市场环境；2）而更重要的是，美国政府一直担任通航产业发展的外部推动者和政策支持者。美国政府对通航的立法支持有一般立法和特殊立法，有州政府立法和联邦政府立法；特殊支持有空域的开放、机场设施的投入、政府补贴、行业准入、保障体系等，这些立法和政策倾斜显著加快了美国通航产业的发展。

综上，借鉴美国通航市场政府扶持的经验，我们认为我国低空产业的发展亦需要政府在政策端予以倾斜，包括持续开放空域、完善立法体系（如更精确地界定权责），并进行一系列的基础设施建设投入、提供补贴等。

低空经济受到国家高规格定调，政策持续为低空产业供给侧/应用侧发展指明方向

2024 年或将成为我国低空经济元年，国家为低空经济高规格定调，产业供给端/应用端迎来持续催化。2021 年 2 月，低空经济首次写入《国家综合立体交通网规划纲要》；2023 年 6 月国务院、中央军委公布实施《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》，明确了各个环节、各个部门的管理职责，于 2024 年 1 月 1 日起施行，低空经济产业迈向“有法可依”的阶段；2023 年 12 月中央经济工作会议、2024 年 3 月两会政府工作报告中均提到“打造生物制造、商业航天、低空经济等若干战略性新兴产业（或新增长引擎）”；2024 年 3 月 27 日，工信部四部门发布《通用航空装备创新应用实施方案（2024-2030 年）》，推进加强通用航空装备供给能力、打造 20 个以上可复制、可推广的典型应用示范，并发挥政府采购作用，推动基础设施及配套服务体系建设。在国家顶层设计的推动下，我们看到，全国至少有 17 个省陆续跟进，将“低空经济”写入地方政府工作报告。

图表37：我国中央及重要地方有关低空经济政策/法规一览

政策/法规名称	发布时间	发布部门/城市	主要内容
《国家综合立体交通网规划纲要》	2021 年 2 月	国务院	提出“发展交通运输平台经济、枢纽经济、通道经济、低空经济”，首次将发展“低空经济”写入国家规划。
《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》	2023 年 6 月	国务院、中央军委	我国首部针对无人驾驶航空器的行政法规，该条例构建了无人驾驶航空器全链条管理体系，明确了各个环节、各个部门的管理职责。
《民用无人驾驶航空器运行安全管理规则》	2023 年 12 月	交通运输部	为及时衔接《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》形成的配套章程。规范民用无人驾驶航空器的适航管理、人员资质、登记管理、飞行活动等工作。
《通用航空装备创新应用实施方案（2024-2030 年）》	2024 年 3 月	工信部等四部门	方案强调，以应用场景创新和大规模示范应用为牵引，加快通用航空技术和装备迭代升级，建设现代化通用航空先进制造业集群，打造中国特色通用航空产业发展新模式，为培育低空经济新增长极提供有力支撑。到 2027 年我国通用航空装备供给能力、产业创新能力显著提升，到 2030 年通用航空装备全面融入人民生活，推动低空经济形成万亿级市场规模。
《深圳经济特区低空经济产业促进条例》	2023 年 12 月	深圳	深圳市人民政府应当加强对低空经济产业发展工作的领导，将低空经济产业发展纳入深圳市国民经济和社会发展规划，建立低空经济产业发展协调机制，统筹低空经济产业发展，协调推进产业发展中的重大事项。深圳市人民政府支持社会资本依法参与低空飞行基础设施建设与运营，鼓励社会资本建设的低空飞行基础设施向社会开放共享。
《深圳市关于支持低空经济高质量发展的若干措施（征求意见稿）》	2023 年 12 月	深圳	具体围绕引培低空经济链上企业、鼓励技术创新、扩大低空飞行应用场景、完善产业配套环境四个方面提出 20 项具体支持措施。
《深圳市低空经济产业创新发展实施方案（2022-2025 年）》	2023 年 11 月	深圳	为各区低空经济产业的高质量发展指明了方向，其中要在坪山区打造低空经济企业研发制造及测试基地，在中心区、田心田头等区域开展多场景低空飞行业务。
《合肥市低空经济发展行动计划（2023—2025 年）》	2024 年 1 月	合肥	2023 年，落地 eVTOL 整机龙头企业，实现全球首条 eVTOL 商业化航线首飞，巩固全国低空经济第一梯队地位。2024 年，获批中国民航局第三批民用无人驾驶航空试验基地（试验区），基本建成骆岗低空融合飞行试验片区，实现载人 eVTOL、货运物流、公共治理等场景全覆盖，初步形成完备的低空经济产业链。2025 年，基本建成具有国际影响力的“低空之城”。
《安徽省加快培育发展低空经济实施方案（2024—2027 年）及若干措施》	2024 年 4 月	安徽省	规划到 2025 年，低空经济规模 and 创新能力快速提升，产业规模达到 600 亿元，到 2027 年，产业规模力争达到 800 亿元，基本形成布局合理、特色鲜明的低空经济发展格局。

资料来源：中国政府网，中国新闻网，交通运输部官网，央视网，深圳政府在线，航空产业网，飞行邦微信公众号，安徽省发改委，华泰研究

图表38：2024 年各省低空经济政策


资料来源：各省 2024 年政府工作报告，《天津市贯彻落实〈国家综合立体交通网规划纲要〉的实施方案》，华泰研究

技术升级#1：eVTOL 是未来核心飞行器，关注电动化升级趋势

为什么说 eVTOL 是未来的核心飞行器？

eVTOL 相比于传统飞行器，具有垂直起降、零排放、低噪音、低价格、低运营成本、起降场地要求低等特点，是一种面向未来城市空中交通场景、更符合未来城市综合立体交通系统的飞行器形态。具体而言：

- 1) 垂直起降：相比传统飞行器（如小型飞机）来说可以进行垂直起降，无需划设跑道，相对节省运行空间；
- 2) 环保性：eVTOL 使用电能驱动，相比传统燃油飞行器来说不会出现环境污染的问题；
- 3) 噪音：根据 Joby 的测试数据，其 eVTOL 产品在垂直起降运行时噪音小于 65dB，巡航时噪音仅 45.2dB，而传统直升机噪音可达 82dB；
- 4) 价格：亿航 EH216-S 价格仅 239 万元人民币，而传统直升机基本需要上千万元到 1 亿元人民币左右；
- 5) 运营成本：根据麦肯锡咨询的预测，未来城市空中交通 eVTOL 运营成本可低至每人每公里 0.5-2.5 美元，相比传统直升机运营成本下降约 79%；
- 6) 适用场景：eVTOL 目前可用于文旅观光，未来有望用于大型城市空中交通，均为高频场景，而传统直升机针对场景比较小众，主要为商务飞行、应急救援等；
- 7) 场地要求：我们认为，直升机所需的停机坪和 eVTOL 所需起降点在形态上类似，但 eVTOL 起降点所需空间更小、周边居民接受度更高（噪音小），更易于规模化铺设。

图表39：eVTOL 与传统直升机的对比



资料来源：各公司官网，Joby，中国民航局，新华网，麦肯锡咨询，cnBeta，央广网，飞行汽车之家，华泰研究

三电系统升级：聚焦高功率密度/高能量密度，提升飞行器载重、航程及安全性能

eVTOL 的三电系统包含电机、电池、电控。其中：1) 电机性能影响飞行器的能源利用率和推进效能；2) 电池的功率密度和能量密度分别决定飞行器的载重能力和航程；3) 电控系统的智能化水平则关乎飞行器的可靠性和安全性。因此，三电系统的优化和升级，是飞行器向更高技术水平迈进的关键。

#1.电机：eVTOL 的核心动力单元，决定能源利用率和推进效能。永磁同步电机凭借高功率、高功率密度、高转矩密度等优势成为主流选择。根据《电动垂直起降飞行器的技术现状与发展》（邓景辉，2024 年 3 月），电机系统是 eVTOL 电推进系统的核心动力单元，直接决定了电推进系统的能源利用率和推进效能。常用的电机系统可以分为有刷直流电机、步进电机、感应电机和永磁同步电机。

eVTOL 对电机效率和转矩密度的要求较高，因此永磁同步电机具有较好的发展前景。永磁同步电机通过永磁体提供励磁，结构简单，没有电励磁损耗，同时由于稀土永磁材料的高磁能积，永磁同步电机相比直流电机和感应电机，具有更高的效率、功率密度及转矩。当前海外 Joby S4、Archer Midnight 等 eVTOL 均采用了永磁同步电机。

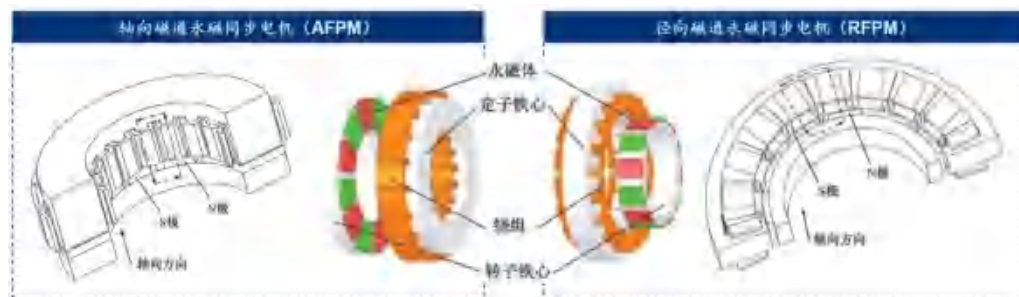
图表40：永磁同步电机与直流电机、感应电机等对比



资料来源：RF 技术社区官网，华泰研究

永磁同步电机分为轴向磁通（AFPM）和径向磁通（RFPM）两种形式，两种电机的主要部件均由定子部分（定子铁心与绕组）和转子部分（永磁体与转子铁心）组成。AFPM 电机定子铁心与转子铁心的外径与内径保持一致，轴向长度不同，定子部分与转子部分轴向方向相对装配；而 RFPM 电机转子部分装配于定子部分内部，这种结构的定子铁心与转子铁心的轴向长度保持一致。两者性能对比来看：轴向磁通永磁电机对径向空间的利用率高，在长径比较小的场合，功率密度和转矩密度具有优势。由于轴向磁通永磁电机单位径向长度的功率由外向内递减，而径向磁通永磁电机单位轴向长度的功率是均匀的，在相同气隙面积和相同最大转子线速度下径向磁通永磁电机功率更具优势。整体上来讲，轴向磁通电机在功率密度和转矩密度上更具优势。

图表41： 永磁同步电机的两种形式：轴向磁通（AFPM）和径向磁通（RFPM）



资料来源：EDC 电驱未来，电子工程世界网，华泰研究

未来电机将持续向高效率/高功率密度升级。目前，国内外应用于 eVTOL 电机的研究处于起步阶段，未来新型电机材料、先进制造工艺和新型电机拓扑结构式将持续推动电机效率、功率密度、转矩密度提升。比如，超导电机作为一种潜在的升级方向，通过超导线材部分或完全替代了传统铜导线，由于超导线材的零电阻特性，超导电枢绕组和超导励磁绕组能够承载的电流密度远大于铜绕组，使得电机的电负荷和磁符合均能得到极大提升，相比于常导电机，超导电机在效率和理论功率密度方面优势使其在 eVTOL 大功率电推进系统上更具潜力。

图表42：eVTOL 电推进系统电机参数

类型	功率	转速	功率密度	效率	状态	冷却方式
径向磁通电机（RFPMSM）	260 kW	2 500 r/min	5.2 kW/kg	95%	装机	直接液冷
	100 kW	1300 r/min	4.6 kW/kg	-	装机	直接液冷
	65 kW	11000 r/min	5.0 kW/kg	-	装机	液冷
永磁同步电机（PMSM）	280 kW	1200-2300 r/min	2.5 kW/kg (含散热器)	-	装机	-
	560 kW	1200-2300 r/min	2.8 kW/kg (含散热器)	-	装机	-
	300 kW	42000 r/min	8 kW/kg	-	样机	-
	2.5 MW	14500 r/min	-	98.9%	样机	-
径向磁通电机（RFPMSM）	4 MW	15000 r/min	16.1 kW/kg	98.3%	样机	直接液冷
轴向磁通电机（AFPMSM）	30-210 kW	-	4-5 kW/kg	92%-98%	装机	液冷
径向磁通电机（RFPMSM）	300 kW	3600 r/min	5 kW/kg	97.0%	设计	风冷
	1 MW	15000 r/min	14 kW/kg	96.4%	样机	风冷
	2.6 MW	3000 r/min	11 kW/kg	98.0%	设计	风冷
	1 MW	20000 r/min	23.7 kW/kg	97.2%	设计	液冷
	250 kW	15000 r/min	16.6 kW/kg	94.5%	设计	液冷
异步电机（IM）	1 MW	4000-5000 r/min	10.2 kW/kg	-	样机	直接液冷
	250 kW	14000 r/min	13.2 kW/kg	97.2%	设计	风冷
电励磁无刷同步电机（WRSM）	1 MW	19000 r/min	7.9 kW/kg; 6.4kW/kg	97.0%	样机	油冷
半超导电机（Semi SCM）	1.4 MW	6800 r/min	17.4 kW/kg	98.9%	设计	定子液冷、转子 62.8K 低温冷却
全超导电机（Fully SCM）	3 MW	4500 r/min	36.6 kW/kg	99.9%	设计	20K 低温冷却
	2 MW	2500 r/min	40 kW/kg	99.5%	设计	20K 低温冷却
	10 MW	9000 r/min	25.6 kW/kg	99.2%	设计	20K 低温冷却
超导永磁电机（SC-PMM）	10 MW	3600 r/min	40 kW/kg	-	设计	20K 低温冷却

资料来源：《飞机电推进系统高效能电机及其驱动控制技术》（张卓然等，【《中国电机工程学报》，2023 年 7 月），华泰研究

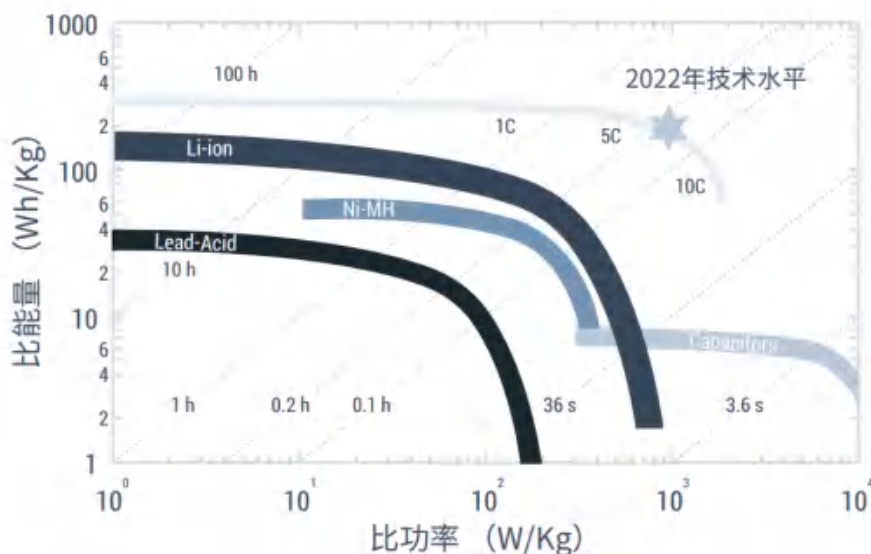
#2. 电池：功率密度、能量密度向上突破赋予 eVTOL 更高的载重、航程。根据《eVTOL 电池技术的关键介绍》（刘典生等，【2022 上半年亚太地区先进空中交通报告】），eVTOL 对于动力电池的性能要求比电动汽车更高，具体包括高能量密度、高功率密度、快充及长寿命等。具体来讲：1）功率密度（比功率）水平决定了飞行器的载重量；2）能量密度（比能量）水平决定了 eVTOL 的航程；3）充电速率为双刃剑，过快影响电池寿命，过慢会导致航班运行间隔变长。

图表43：eVTOL 对电池的参数要求

指标	eVTOL 参数要求
能量密度（比能量）	目前已达 285Wh/kg，2030 年目标 500Wh/kg，2040 年目标 1000Wh/kg
功率密度（比功率）	2030 年目标 1.25kW/kg，2040 年目标 2.5kW/kg
充电速率（倍率）	≥5C
循环次数	≥10000 次

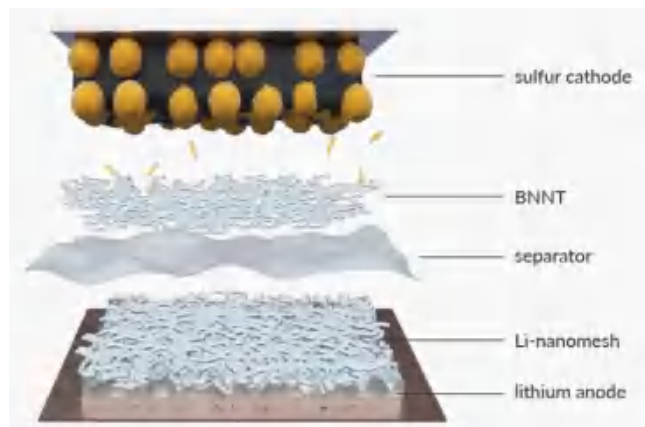
资料来源：高工产研锂电研究所（GGII）（2024 年 3 月），华泰研究

电池发展趋势 1：电池功率密度提升将提高 eVTOL 载重，可通过采用新型电芯材料或设计来实现。eVTOL 电池功率密度与其旋翼力效、电池重量的乘积将决定电池产生的总拉力，对应其能够牵引的总重量（即机体结构重量+电池重量+载荷重量）。由于旋翼力效通常变化不大，所以电池功率密度称为影响 eVTOL 载重能力的主要因素。根据 Asian Sky Group 数据，在 5C 放电速率下（eVTOL 运行时的典型放电率），2022 年的电池技术能达到 1kW/kg 的功率密度，Asian Sky Group 预计到 2040 年有望达到 2.5kW/kg 的目标，但这只有在电芯上采用新型材料或设计才能从根本上实现突破。

图表44：2022年eVTOL电池功率密度可达1kW/kg（5C放电速率下）


资料来源：《Expanding the Ragone Plot: Pushing the Limits of Energy Storage》（Bryan D. McCloskey., 2015），《eVTOL 电池技术的关键介绍》（刘典生等，2022），华泰研究

电池发展趋势 2：电池能量密度将向 400Wh/kg 及以上升级以增加 eVTOL 航程，实现路径包括更新电极材料、电池组紧凑化等。Uber《Fast-Forwarding to a Future of On-Demand Urban Air Transportation》（2016）指出，未来 eVTOL 飞行器最少应具备大于 100 英里（约 160km）的有效航程，据其换算电池最少需要约 230Wh/kg 的能量密度，但考虑到飞行器动力系统的效率、冗余电量需求及电池包的设计水平等因素，只有 50%-60% 的能量密度水平在飞行中是有效的，因此整个电池组的比能量应达到 380-460Wh/kg（即 400Wh/kg 左右）才能满足需求。目前 eVTOL 用电池的能量密度已到 285Wh/kg，仍需通过：1）使用更先进的电极材料（如锂硫电池）；2）使用更紧凑的电池组设计来提升能量密度，为 eVTOL 提供更高的航程。

图表45：Li-S Energy 开发 20 层锂硫电池（能量密度超过 400Wh/kg）


资料来源：Li-S Energy 官网，华泰研究

图表46：电池组紧凑化提升能力密度


资料来源：Luminati VTOL 官网，华泰研究

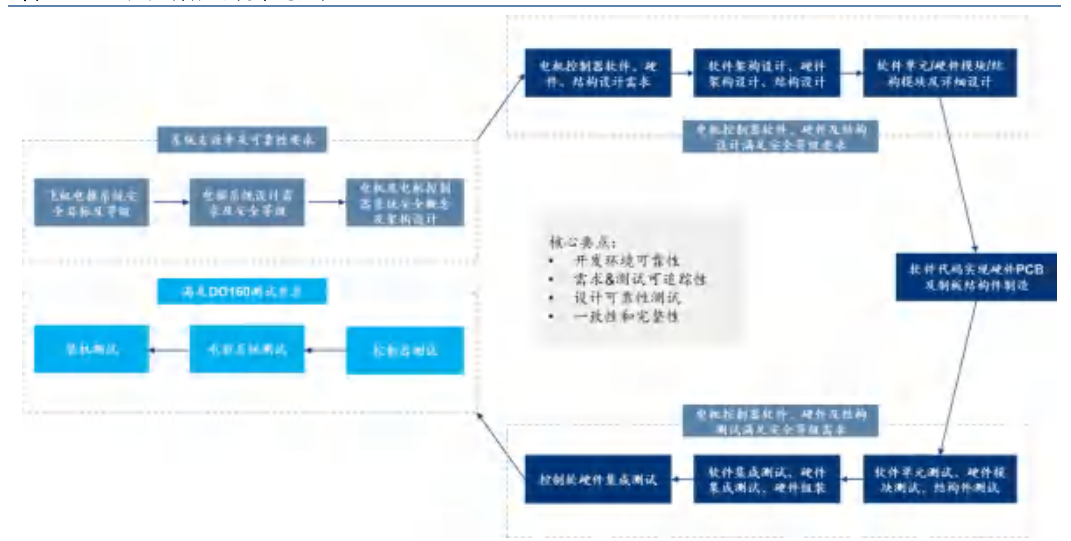
国家在 2023 年 10 月、2024 年 3 月两次强调航空级电池能量密度发展目标：**400Wh/kg 逐步投入量产，500Wh/kg 完成应用验证。**我国动力电池领先企业已有相应技术的突破。根据 EVTank，目前国内宁德时代、孚能科技、正力新源等锂电池企业已开展航空级技术攻关，部分厂商如宁德时代凝聚态电池能量密度已突破 500Wh/kg。我们认为传统的电池行业与新兴 eVTOL 产业存在相互促进的关系，一方面 eVTOL 行业兴起为锂电池及其下一代技术提供了新的应用领域，促进电池技术进行迭代发展，另一方面电池技术的持续进步直接提升了 eVTOL 的载重能力及航程，为低空产业商业化发展提供坚实助力。

图表47：全球电池企业航空级电池产品布局及研究进展情况

公司	航空级电池产品布局及研发进展
宁德时代	2023年4月，公司发布凝聚态电池，其单体能量密度最高500Wh/kg，且满足航空级质量要求
孚能科技	2023年，与国际某头部eVTOL制造商的达成合作并已交付产品
正力新能	公司正式对外发布赋能三维交通领域的航空级战略产品——正力·航空电池。该电池能量密度达320Wh/kg，在兼顾高能量密度的同时，依然可以满足20%SOC下，12C的大倍率放电性能
国轩高科	与亿航智能达成战略合作，共同研发专为无人驾驶飞行器设计的电芯、电池组、储能系统和充电基础设施
力神	2024年1月，力神电池完成全新一代能量密度达402Wh/kg半固态电池开发，该产品未来将主要瞄准超长续航中高端电动汽车，以及eVTOL等领域
欣视界	亿航智能宣布与欣视界合作开展适用于亿航智能自动驾驶飞行器（AAV）产品的固态锂电池研发与生产。欣视界第一代能量密度450Wh/kg的6Ah-50Ah产品已经取得了相应测试和认证报告并且具备量产能力
Molicel	Molicel已经成为eVTOL初创企业Vertical Aerospace研制的VX4五座倾转旋翼eVTOL的电池供应商，与美国航空公司Archer Aviation共同宣布，将为Archer旗下eVTOL Midnight提供21700锂三元高镍电池
CustomCells	德国电动航空公司Lilium的电池供应商，其应用在空中交通领域的电池为高性能的软包和圆柱形电池
SES	2023年12月，锂金属电池企业SES AI Corporation（SES）宣布，已与一家车企正式签署锂金属电池B样品协议。这是全球锂金属电池领域首次进入B样阶段，预计将于2025年实现量产。SES对锂金属电池在城市空中交通领域的应用较为关注

资料来源：EVTank 微信公众号，高工产研锂电研究所（GGII）（2024年3月），华泰研究

#3.电控：电机控制器的开发需不断满足适航要求，保证软硬件高可靠性，将配合飞控系统保障eVTOL安全性能。电机控制器主要用于调节推进电机的转速和转矩，是电推进系统的重要组成部分。目前大多数eVTOL构型均采用3个及以上的分布式电推进系统，而分布式电推进系统中功率变换装置（电控）的重量占电气系统总重量超过30%的比例，因而电控的规格、性能要求较为严格。目前电控的适航标准遵循DO160、DO178和DO254，以确保软硬件的高可靠性、一致性、完整性等。

图表48：电机控制器适航开发流程


资料来源：中国电源学会，华泰研究

综上，我们认为，飞行器的技术进步是低空经济发展的核心动力。回顾过去，十年前我国通航发展之所以落后于欧美发达国家，主要原因在于通用航空器的技术未能取得关键性突破，导致成本、价格高居不下，应用场景局限于公务飞行、医疗救援等少数场景，未能触达更广泛的C端需求，因而无法形成商业闭环来推动产业进步；然而，随着低空产业的兴起，三电系统的升级将为飞行器带来载重能力、航程及安全性能的显著提升，这些进步使得飞行器能够满足更多的场景需求，从而获取海量客户。此外，技术的持续升级和产业链成熟将进一步降低飞行器成本。展望未来，随着信息基础设施的逐步完善，我国飞行器将在电动化基础上向网联化、智能化演进，有望在此过程中实现对欧美竞争对手的超越。

技术升级#2：信息基础设施需融合化/高精化并举，结合 AI 实现分类调度

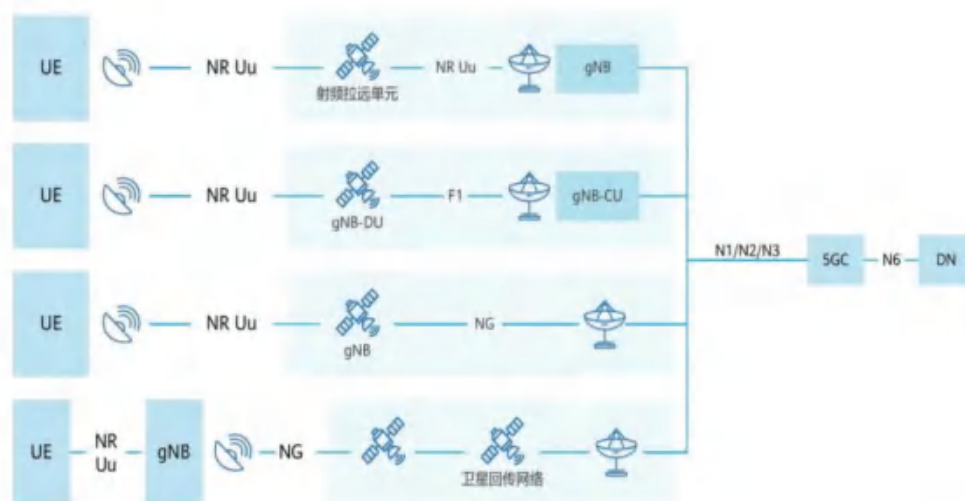
#1.通信：低空通信覆盖高度范围将逐步扩大，从方式上由过去通信手段单一或非标模式逐步向充分融合利用 **5G/5G-A/低轨** 等标准通信模式的综合形态发展。由于低空空域高度可达地面以上 1000 米，而现有的无线通信网络（4G/5G 网络）的有效覆盖高度大致为 150 米左右，所以通信基础设施需要进一步的完善和突破。为了实现飞行器“看得见、呼得到、管得住”，未来的通信解决方案或为融合当前 4G/5G 网络与专用通信链路/网络、通感一体化网络、低轨卫星网络的“天地一体”综合形态。此外，5G-A 通感一体的发展将监视系统所需的“感知”能力集成在通信系统内，有望为低空监视体系提供重要补充。

图表49：以过去 4G 低空通信向 5G 转换为参考，低空通信覆盖高度范围有持续扩大的趋势



资料来源：中国移动&华为《基于 5G 通信技术的无人机立体覆盖网络白皮书》（2021），华泰研究

图表50：未来与低轨卫星系统融合的 5G-A 网络

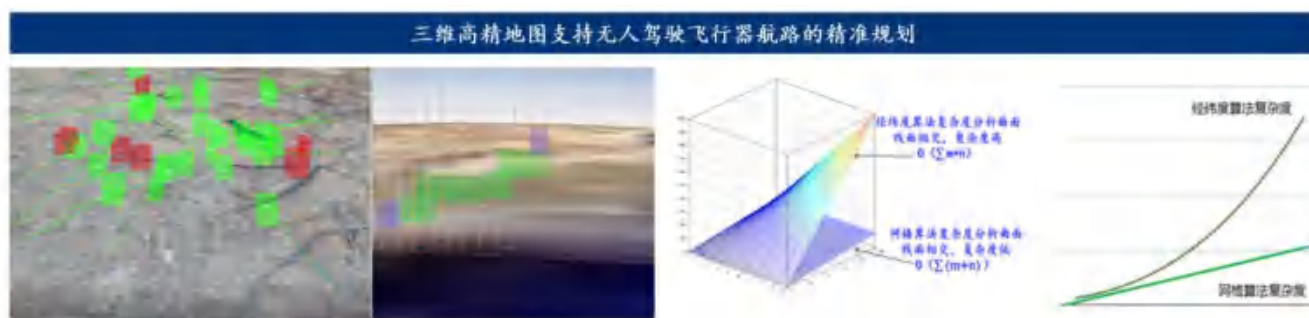


资料来源：中国电信《5G-A 安全白皮书》（2023 年 11 月），华泰研究

#2.导航：由过去无导航/仅惯导/低精度持续向高精度定位方向发展。过去，飞行器中的惯导系统基于陀螺仪和加速度计等传感器，能够测量飞行器的加速度和角速度，从而推算位置 and 方向信息，然而惯导经常受到误差积累的限制，导航精度较低。目前，导航系统开始引入更精密的传感器（更高的灵敏度和准确性）和算法（利用滤波、数据融合和自适应校正等手段减少误差影响），从而不断向高精度发展。路径方面，IDEA《低空经济发展白皮书（2.0）》指出，当前导航系统的精度需要通过辅助设施进一步提高；《无人机应用发展关键基础设施与低空公共航路网规划》（廖小军等，2022）提出针对复杂环境下导航定位漂移问题，建议通过使用基于图像的导航系统、协作导航或信号，以及额外地面基础设施辅助，实现更高的定位精度。

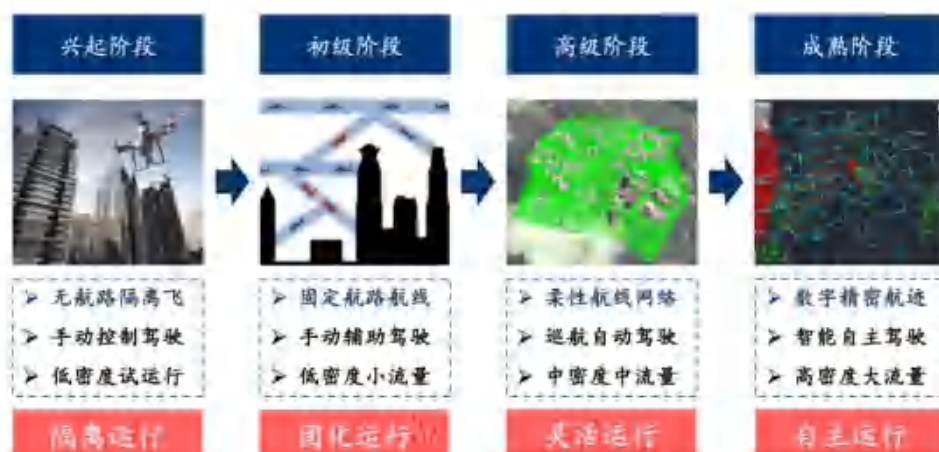
#3.GIS&地图：三维高精地图支持无人驾驶飞行器航路的精准规划。随着低空空域的开放，空域内飞行器数量快速增长，同时飞行器运动规律变化复杂，航路规划的计算或遇到瓶颈。传统方法普遍以经纬度为基础，通过结算三维曲线方程加安全裕度的方法实现对空间对象的航路规划和管控，该方法计算复杂度高，已无法适应飞行器快速增多的变化。业内如北斗伏羲提出基于北斗网格码构图进行三维路径的规划，此方法显著降低计算复杂度并提升空间管控效率。我们认为，未来空域内无人驾驶（自主运行）飞行器数量持续增加，需要使用到更高精度的三维地图（对应的地图分辨率提升），以辅助飞行器进行航路的精确规划。

图表51：基于北斗网格码构建三维高精地图可显著降低计算复杂度，辅助进行无人驾驶飞行器航路规划



资料来源：旋极伏羲官网，华泰研究

图表52：无人驾驶飞行器的大规模自主运行需要数字精密航迹等 GIS 基础的进步

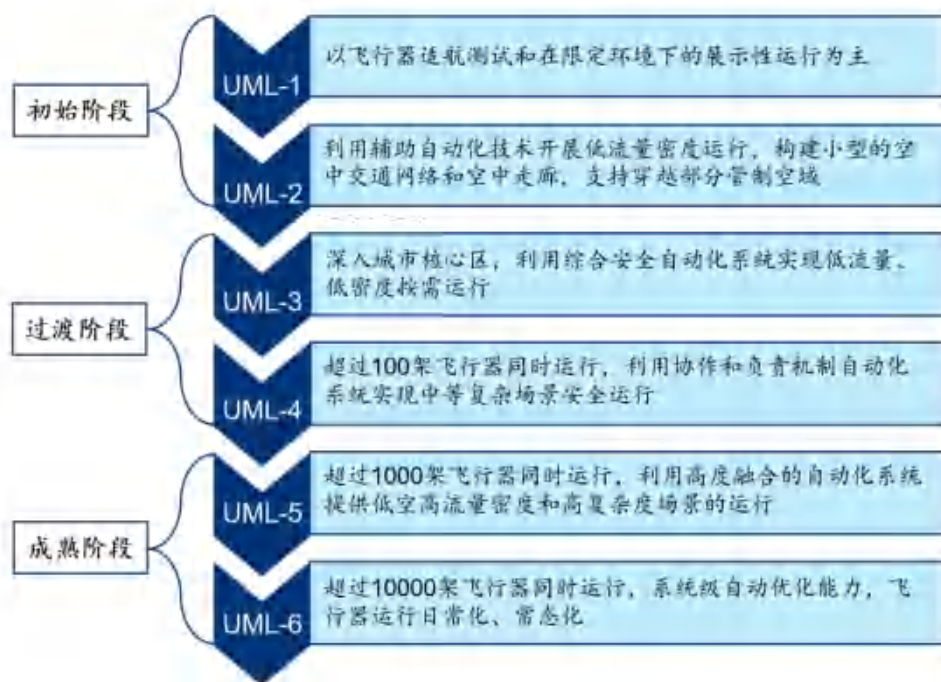


资料来源：深圳市无人机行业协会官网，华泰研究

#4.空管系统：结合 AI 技术实现分类调度管理，支撑空域内多种/大量飞行器运行
我们认为随着数字化精密航迹、飞行器自动驾驶性能的进一步发展，未来同一空域内多类型、大规模的飞行器有望同时运行，这将对空管系统的分类调度管理能力提出新的要求。

未来空域运行趋于“复杂化”（即同一空域内多类型、大规模的飞行器将同时运行），我国民航局和美国 NASA 均提出类似的构想：1) 我国民航局《民用无人驾驶航空发展路线图 V1.0（征求意见稿）》指出，在 2035 年实现有人/无人驾驶飞行器运行深度融合，形成复杂的航线网络，实现多种运输方式协同运行和多运行商协同分配任务，实现无人驾驶飞行器、机组、乘客/货物等多运行相关方协同；2) 美国 NASA 将低空飞行的发展分为三个阶段：a) 初始阶段，低空飞行器运行以适航测试和限定环境下的展示性运行为主，逐步开始利用辅助自动化技术开展低流量、低密度运行，构建小型的低空交通网络和空中走廊；b) 过渡阶段，低空飞行器开始深入城市核心区，利用综合安全自动化系统实现低流量、低密度、中等复杂场景安全运行；c) 成熟阶段，利用高度融合的自动化系统维持高流量密度和高复杂度场景的运行，实现超 10000 架不同飞行器同时运行。

图表53：NASA 城市空中交通成熟度分级



资料来源：NASA，华泰研究

我们认为传统的空管并不完全适用于未来复杂的低空系统。原因在于：1）低空飞行器数量庞大，难以像传统民航那样实现负载均衡：根据《低空无人机交通管理概览与建议》（全权等，2020），与传统民航交通相比，各类无人飞行器数量庞大，在低空小区域内可扩展到数千架，共享有限空域，无法像传统民航空管一样进行负载预测和分配；2）低空飞行器具有较高的自主性，难以集中管理：低空飞行器更近似于地面的公路汽车，在路径规划方面表现为少部分集中规划、大部分自主规划，且各类飞行器飞行开放程度、安全性要求各不相同，难以制定统一规则进行管理。因此，借鉴地面交通中铁路、地铁、公路各有专门的管理部门采取不同的方式进行管理，未来低空空管系统也将对不同种类、大规模运行的飞行器实施“分类调度管理”。

图表54：低空无人机与公路、铁路、传统民航的对比

交通	单位区域		网络动态				
	数量	空间维度	变化频率	入网申请	每天任务重复	是否可停留避让	路径规划
无人机	较密集	三维	高	有	中	可以	集中规划+自主
传统民航	稀疏	三维	低	有	高	一般不能	集中规划
公路	密集	二维	低	无	低	可以	偏自主
铁路	较密集	二维	低	有	高	可以	集中规划

资料来源：《低空无人机交通管理概览与建议》（全权等，【航空学报】，2020年1月），华泰研究

未来空管系统将引入 AI 技术以增强分类调度管理能力。根据《人工智能赋能空域系统，提升空域分层治理能力》（陈志杰等，2021），随着未来低空交通密度增加，空管需要解决各个飞行器在飞行过程中存在的冲突问题。未来空管系统可以利用 AI 技术对各类飞行器飞行的航线、空域、高度、次序和时间，进行科学的规划和调整，在保证飞行安全的前提下，提高空域的时空利用率。该研究给出了空管分类调度管理的流程框架，可以概括为“有限集中-分布协同-自主决策”，具体来讲：飞行器首先感知周围状态信息，然后通过空地一体、泛在高速网络回传状态信息至监管平台，监管平台利用云端算力根据汇总的状态信息进行分析，求解得出最优调度方案，分发至各飞行器进行执行，形成系统闭环，并在此过程中不断迭代优化。

AI 技术起到的核心作用在于以 AI 计算得到的认知代替经验判断。根据《人工智能赋能空域系统，提升空域分层治理能力》（陈志杰等，2021），空管流程可以划分为三个步骤，态势感知、规律认知和规划决策。在以往的空管系统中，“规律认知”这一环节主要依赖人的经验判断，这种做法在理想的空域运行状态下可以奏效，但在面对恶劣天气等突发事件引发的连锁反应时，系统可能无法快速有效地应对和处理。AI 技术的引入显著提升了空管系统在“规律认知”方面的能力：通过运用复杂网络和网络动力学、模式识别和数据挖掘等技术，AI 能够从大量积累的空管历史数据提取空域运行的时空规律，从而帮助空管系统作出更加精确的决策，提高整体的运行效率和应对突发事件的能力。

图表55：人工智能赋能低空飞行分类调度管理（以无人机为例）



资料来源：《人工智能赋能空域系统，提升空域分层治理能力》（陈志杰等，2021），华泰研究

商业闭环：低空运营公司是产业闭环不可或缺的拼图

必要性：低空可借鉴深空发展，在政策扶持、技术升级后必须伴随场景落地形成商业闭环

我们认为，低空和深空同被国家列入“经济增长新引擎”来重点打造，且深空（商业航天）的定调时间更为靠前，发展更早，因此深空的发展对于低空的借鉴意义重大，从共性来看，两大产业的发展均呈现“顶层政策支持先行，技术突破带来性能提升、成本下降，最后推动应用场景落地形成商业闭环”的模式。

深空：顶层政策支持先行，应用场景广阔，产业瓶颈待突破

深空最先亦由顶层政策支持，2024 年与低空经济一同列入“经济增长新引擎”。2015 年国家发改委、财政部、国防科工局等部门联合发布了《国家民用空间基础设施中长期发展规划（2015—2025 年）》，明确鼓励民营企业发展商业航天，就此开启了中国航天由单一政府主导向政府主导与市场推动相结合的转变进程。此后，国家发布多条政策推动商业航天领域发展，包括支持卫星互联网、卫星导航等关键应用的建设。2024 年政府工作报告提出：大力推进现代化产业体系建设，加快发展新质生产力，积极培育新兴产业和未来产业，积极打造生物制造、商业航天、低空经济等新增长引擎。

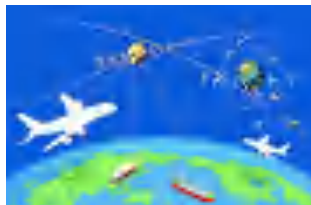
深空应用场景广阔，推动人类文明向宇宙迈进。“深空”以火箭技术与航天器制造、设计与应用为核心，代表着航天技术、信息通信技术、材料技术等一系列前沿科技的集群和创新的商业模式。在 SpaceX、蓝色起源、维珍银河等行业领头羊的推动下，卫星互联网、卫星通信、卫星导航、卫星遥感等传统领域得到了进一步的发展，这些技术通过提供全球范围内的实时信息交换、精确位置服务和地球表面监测，融入人类社会的方方面面，推动各行各业向智能化和信息化转型。同时，新兴应用场景开始涌现：太空殡葬、太空旅游已初步实现商业化，火箭洲际货运、太空挖矿等应用已进入设计研制阶段，更长期来看，如洲际交通运输、火星移民、太空基地等应用或将成为人类航天技术未来的发展方向。

图表56：深空的应用场景

商业航天：传统通导遥+新型应用涌现



卫星通信



卫星导航



卫星遥感



太空旅行



太空挖矿

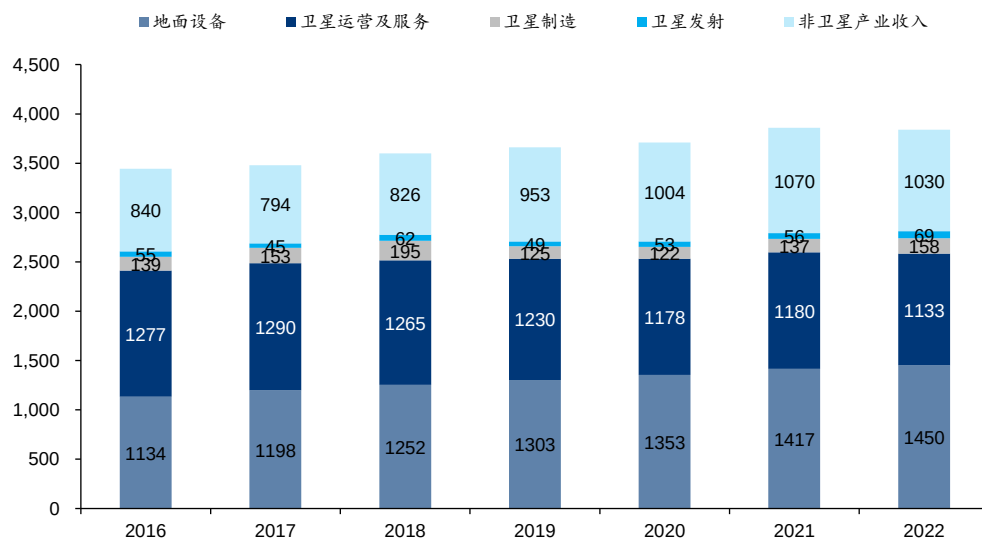


火箭洲际运输

资料来源：SpaceX 官网，华泰研究

深空经济星辰大海，2022 年全球市场规模超 3840 亿美元。根据美国卫星工业协会(Satellite Industry Association, SIA)历年发布的行业报告，全球深空经济分为卫星产业和非卫星产业，其中卫星产业可分为卫星发射、卫星制造、卫星运营及服务、地面设备四大环节，非卫星产业收入来自政府航天支出和商业载人航天订单。从 2016 年至 2022 年，全球深空经济产业总收入自 3445 亿美元增长至 3840 亿美元，累计增长近 400 亿美金；其中，增长较快的环节包括：1) 地面设备产业收入从 1134 亿美元增长至 1450 亿美元，17-22 年 CAGR 达 4.2%；2) 卫星发射产业收入从 55 亿美元增长至 70 亿美元，17-22 年 CAGR 达 3.9%；3) 非卫星产业从 840 亿美元增长至 1030 亿美元，17-22 年 CAGR 达 3.5%。

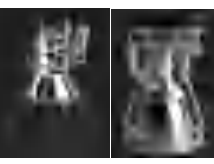
图表57：2016-2022 年全球深空经济产业收入



资料来源：SIA，华泰研究

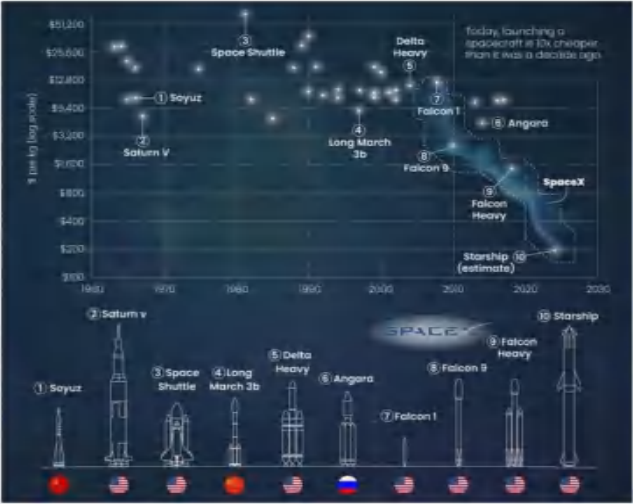
国内深空仍处于探索阶段，需要突破多个产业瓶颈。相比于美国，我国开放商业航天市场较晚，产业仍处于发展初期，需要突破多个瓶颈环节：1) 大推力火箭发动机：对比 SpaceX 猎鹰 9 号使用的可复用“梅林”液氧甲烷发动机，我国民营企业现役的液体发动机在推力、比冲和推重比均存在一定差距，目前仅天兵科技在研的“天火-12”发动机在性能上超越梅林发动机；2) 火箭可回收技术：根据 Visual Capitalist 官网数据，一级火箭成本约占火箭制造总成本的 60%，SpaceX 发射成本低于世界任何国家，主要得益于其一级火箭的回收和重复使用，我国商业航天企业正在加快攻关，我国可回收火箭有望在 25-26 年出现；3) 发射场资源：美国发射场资源丰富，且发射工位对 SpaceX 等商业私营公司开放使用，而我国现有发射设施主要服务于国家重大航天任务，商业化不足，随着卫星互联网等商业项目的推进，快速增长的商业发射需求与紧缺发射资源的矛盾日益凸显。

图表58：我国民商火箭公司正在突破大推力液体发动机技术

公司	SpaceX		天兵科技	星河动力	蓝箭航天	星际荣耀		东方空间
发动机	“梅林”发动机 “猛禽”发动机		天火12号	“苍穹”发动机	“天鹅”TQ-12	焦点1号	焦点2号	原力-85
示意图								
推进剂	液氧煤油	液氧甲烷	液氧煤油	液氧煤油	液氧甲烷	液氧甲烷	液氧甲烷	液氧煤油
海平面推力	86t	230t	110t	50t	67t	-	100t	70t
真空推力	100t	-	135t	60t	80t	15t	-	85t
海平面比冲	311s	350s	285s	265s	286s	-	大于300s	278.6s
真空比冲	348s	380s	355s	330s	350s	大于355s	-	325s
推重比	176	107	163	大于120	-	-	-	115
是否可复用	是	是	是	是	是	是	是	是
状态	现役	在研	在研	在研	现役	在研	在研	在研

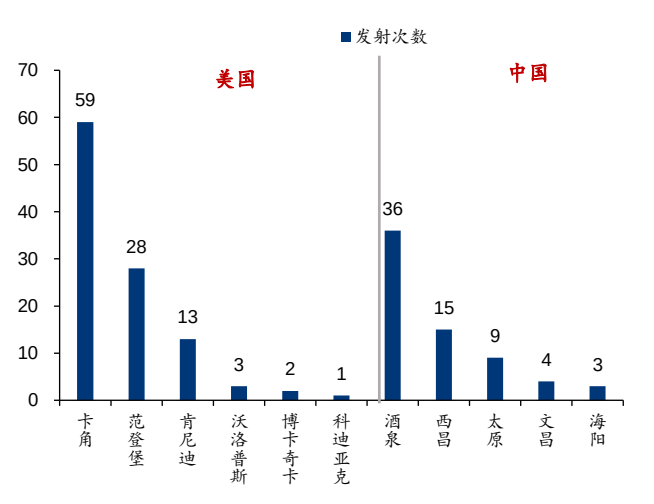
资料来源：各公司官网，华泰研究

图表59：全球主流火箭成本对比



资料来源：Visual Capitalist 官网，华泰研究

图表60：2023 年中美航天发射场发射次数统计



资料来源：中国航天报，华泰研究

总结深空与低空发展的共性与差异性，我们发现：1) 政策方面，深空和低空均被国家视作经济增长新引擎，并计划重点培育；2) 技术方面，深空火箭产业链存在一些关键技术瓶颈尚待突破（如大推力发动机、火箭可回收技术），低空 eVTOL 三电系统亦需进一步升级，推动载重能力、载重和安全性能的综合提升；3) 应用场景方面，深空与低空都拥有多样化的新兴应用场景，深空在通导遥传统场景基础下衍生出太空旅行、太空挖矿、洲际火箭运输等，低空将从文旅观光、物流配送、应急救援起步，逐渐向大型、综合化的城市空中交通场景拓展，从使用频率来看，低空场景的频率更高；4) 市场空间方面，深空与低空均具备万亿级产业空间，目前正处于高速发展阶段；5) 物理基础设施方面，深空需要发射场，建设难度较大，我国正在积极推进，而低空需要起降场，占用空间较小且相对易于铺设。

综上，借鉴深空经济的发展模式，低空产业在受到政策扶持并完成技术升级之后，需要实现各类应用场景落地并打造商业闭环，从而获取持续的经济效益，反哺上游产业链的发展，形成正向的经济循环。

图表61：低空 eVTOL 应用场景更加高频



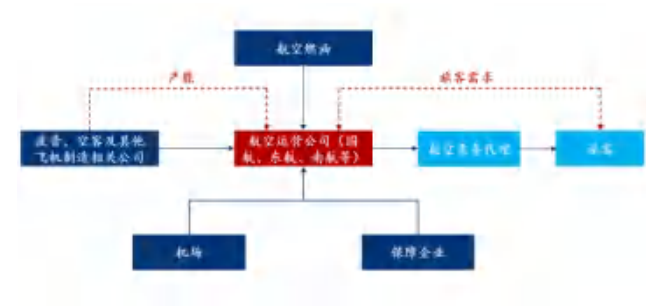
资料来源：中国民航网，民航新型智库官网，华泰研究

商业闭环之匙：政府牵头成立低空运营公司，助力各类场景落地

我们看到，目前低空产业的其他环节已在快速拓展：1) 飞行器正逐步创新，包括推动三电系统升级、完善产业链集群建设；2) 基础设施正由政府主管部门协同技术厂商共建；3) 应用方面文旅观光、物流配送、应急救援正逐步落地，远期载人客运亦在有序部署。但唯独运营服务公司的具体落地及商业模式能见度仍处于较低水平。我们认为，低空运营公司是实现商业闭环不可或缺的拼图。

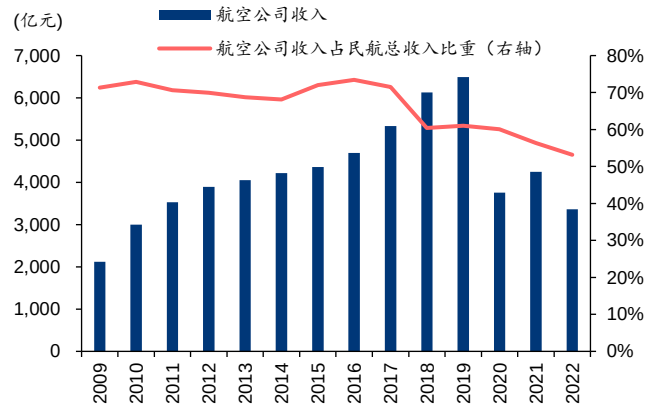
参考民航发展史，我们可以明确认识到运营公司在整个产业链的重要性：在民航产业中，航空运营公司负责协调上游飞机制造商及机建燃油供应商，中游机场及保障业务公司，以及下游民航旅客的需求和利益，也是经济效益的主要承载方。根据民航局数据，2022 年我国航空公司收入 3365 亿元，占民航总收入比重为 53.2%，2009-2022 年我国航空公司占民航总收入的平均比重为 66.4%，虽然从 2021 年以来，该比例已下降到 60% 以下，但航空公司作为民航收入的最主要部门的地位毋庸置疑。

图表62：航空运营公司在民航产业链处于核心地位



资料来源：航空产业网，华泰研究

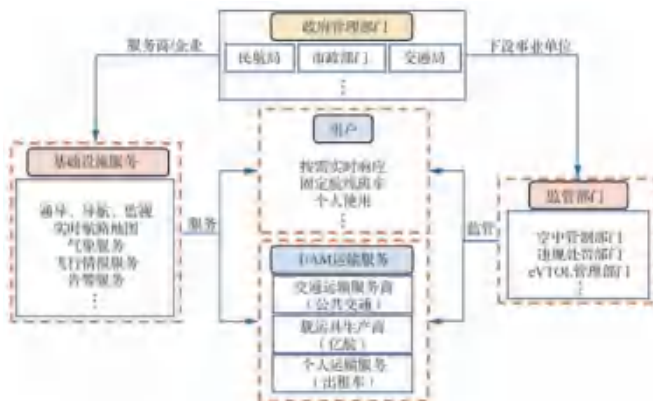
图表63：航空公司承载民航主要经济收入效益



资料来源：，华泰研究

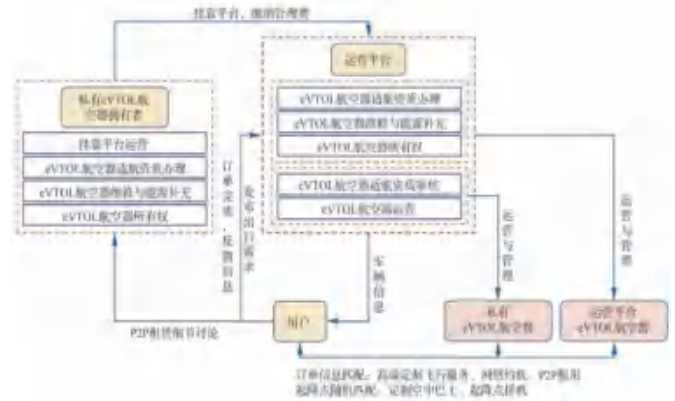
我们认为，低空经济的发展亦离不开“运营公司”这一协调各方、匹配供需、服务市场、助力各类场景落地的角色。根据《城市空中交通及其新型基础设施低空公共航路研究综述》（廖小罕等，2023年4月），UAM框架下，运营平台管辖业务分为：1）对于平台自有的eVTOL航空器，运营平台的功能包括掌握eVTOL航空器所有权、适航资质办理、维修与能源补充等；2）对于外部私有eVTOL航空器，运营平台可管理其eVTOL航空器的适航资质审核及运营；3）对于用户，用户可利用智能终端向运营平台发起行程需求，运营平台根据用户位置信息、行程起讫点为乘客匹配周边处于空闲状态的eVTOL航空器提供运输服务，未来“空中巴士”的到来，运营平台的管理模式也会相对简化。

图表64：城市空中交通运营管理框架



资料来源：飞行汽车网，《城市空中交通及其新型基础设施低空公共航路研究综述》（廖小罕等，2023年4月），华泰研究

图表65：运营平台在UAM体系中承担核心角色



资料来源：飞行汽车网，《城市空中交通及其新型基础设施低空公共航路研究综述》（廖小罕等，2023年4月），华泰研究

我们认为，运营公司的出资应为“地方政府+X”模式，地方政府将根据自身地域特点选择适合的低空经济发展路线，为低空建设的主力军，将为运营公司的牵头出资方，以便于回收前期投资；关于“X”的选择，根据我们的初步梳理，将分为两种角色，第一种是全国性的政府机构（如民航局），第二种是具备某一特殊技术或承建基础设施的产业内公司。因此我们建议密切关注各地城投公司与政府机构、民营产业公司合作的进展。

图表66：目前我国政府部门或城投平台在低空运营上的布局（不完全统计）

省份/城市	政府部门/城投公司	简称	布局表述
合肥	合肥市人民政府国有资产监督管理委员会	合肥国资委	合肥国资委下属合肥滨湖投资与亿航成立“合肥合翼航空有限公司”，致力于推动低空 eVTOL 领域城市商业化运营，主要运营 EH216-S 无人驾驶载人航空器，为客户提供覆盖空中交通接驳、低空文旅观光、智慧城市管理、物流配送和空中媒体等多领域的服务。
衢州	衢州智慧新城管委会	-	2023 年 8 月，智慧新城管委会与北斗伏羲信息技术有限公司正式签约，联合建立总投资 2.5 亿元的低空空域建设投资平台。 目前已成立浙江慧城低空智联科技有限公司，是全国首个市级无人飞行器管控与商业运营平台项目 ，该公司在市区范围内，已建成 27 个无人机起降台，旗下的无人机根据机型，可承接城市巡逻、物流配送、商业表演、载人观光等任务。
昆明	昆明市城建投资开发有限责任公司	昆明城投	尝试转型发展，探索布局低空经济产业项目，在盘龙区青云街道金沙片区打造了“低空经济产业园”。2023 年 5 月，昆明城投获得空军昆明基地批复，同意在昆明市内划设临时空域，用于开展无人机物流配送项目。空军昆明基地批复的 5 条航线，为昆明城投布局低空经济产业奠定了基础。
深圳	深圳市罗湖投资控股有限公司	罗湖投控	联合深圳市航空业协会共同发起成立深圳市首家低空经济服务中心——罗湖低空经济产业服务中心。旨在通过平台搭建，为罗湖低空经济全新产业链创新聚能发展打造良好产业生态，以进一步推动罗湖的产业结构优化。罗湖投控主要是围绕低空经济的后端运营服务在布局发力。
成都	成都交投航空投资集团有限公司	成都交投航投	表示将充分依托公司的资源优势，坚持国企担当和使命，牵头成都低空经济基础设施建设，推动成都低空经济发展。
海南	海南省金林投资集团有限公司	金林集团	积极在海南省内布局建设通用机场、低空空管保障体系，推动海南省低空经济产业发展，并围绕通用机场、低空空管飞行服务，开展航空体育赛事文化、通用机场周边配套开发、低空空管技术方案支持等业务。
重庆	重庆两江航空产业投资集团有限公司	两江航投集团	打造重庆两江新区航空航天产业园，建设重庆通航示范区核心区。
新沂	新沂市交通投资有限公司	新沂交投	2019 年 10 月通用机场建成运营，新沂交投规划建设通航产业园，招引上海啸翔、中国航油、中航国际等多家通航企业入驻。引入包括西锐 SR20 固定翼飞机、佳宝(Jabiru)230 型固定翼飞机、法国 G2 直升机等 10 余款通航飞机，开展飞行员培训、文化旅游和航空体育运动等业务。

资料来源：合肥市人民政府发布微信公众号，北斗伏羲官网，方达咨询微信公众号，企查查，华泰研究

产业链：关注具备领先技术优势的信息基础设施供应商

低空经济产业链分为上中下游：上游包括原材料（铝合金、碳纤维等）及关键组件（主控芯片、电机、电池等）；中游为产业链主体，涵盖飞行器、基础设施及服务运营公司，包括 eVTOL 整机组装、无人机整机及运营、空管系统、综合服务、通信、导航、GIS 等 7 大板块；下游为低空经济的应用需求方，主要为文旅观光、物流运输、低空出行、应急救援等。

我们认为，具备领先技术优势的信息基础设施提供商值得关注。在飞行器从电动化向网联化、智能化发展的过程中，信息基础设施的配套建设与支撑保障必不可少，具有领先技术优势的通导基础设施、三维高精地图、空管系统供应商已在各自领域积累了大量的技术开发经验，有望率先与各地政府达成合作，在行业发展中占据有利地位。

信息基础设施供应商包括：1) 通信：海格通信、盛路通信、中国移动、中国电信、中国联通等；2) 导航：华测导航、海格通信（兼具通信与导航）；3) 三维地图：中科星图；4) 空管系统：莱斯信息、四川九洲等。产业链相关公司还包括飞行器（eVTOL）制造商：亿航智能、峰飞航空（未上市）、时的科技（未上市）、沃兰特航空（未上市）、沃飞长空（未上市）。

图表67：低空经济产业链



资料来源：各公司官网，华泰研究

飞行器

我国飞行器厂商持续推进适航取证及商业化发展：1) 亿航智能（EH US）：截至 2024 年 4 月 7 日，公司 EH216-S 无人驾驶载人航空器已获得由中国民航局颁发的型号合格证（TC）、标准适航证（AC）、生产许可证（PC）三证，近期公司陆续在广州、合肥完成全球商业首飞演示，在深圳市罗湖区拓展 eVTOL+文旅新业态，持续引领 eVTOL 商业化落地；2) 峰飞航空（未上市）：公司成立于 2017 年，2024 年 2 月公司 eVTOL 盛世龙完成全球首条跨海跨城电动空中航线（深圳-珠海），3 月公司 V2000CG 获得中国民航局颁发的型号合格证（TC），为全球首个通过型号合格认证的吨级以上 eVTOL 航空器；3) 时的科技（未上市）：公司成立于 2021 年，2023 年 10 月公司 E20 eVTOL 完成中国首次倾转旋翼载人电动飞机的首轮试飞，同月公司型号合格证（TC）申请获得民航局受理；4) 沃兰特航空（未上市）：公司成立于 2021 年，以 VE25 型 eVTOL 为主力产品，目前其产品技术参数、性能都居于国内领先水平，2023 年 10 月公司 VE25-100 型号合格证申请获得民航华东局受理；5) 沃飞长空（未上市）：公司成立于 2020 年，于 2022 年 11 月获得中国首张有人驾驶载人 eVTOL 型号合格审定受理申请通知书。

通信基础设施

海格通信 (002465 CH)

公司成立于 2000 年，各项业务与低空经济高度交叉。公司主业覆盖广阔，有望深度参与低空经济全产业链：1) 低空通信+导航：发挥公司传统优势，可部署无人机通信、导航系统；2) 飞行器制造：子公司驰达飞机从事无人机整机、航空零部件制造；3) 飞行器模拟：子公司摩洁创新是国内领先的飞行模拟器供应商，可提供模拟仿真服务；4) 网络运营：子公司怡创深耕运营商网络代维，可延伸至低空网络运维。

盛路通信 (002446 CH)

盛路通信成立于 1998 年，作为军工+民用协同企业，是国内领先的集天线、射频产品研发、制造、销售于一体的高新技术企业，战略聚焦军、民两用通信技术，在军工电子及民用通信两大领域提供产品与服务。公司利用军民产品在微波技术领域的协同，在超宽带上下变频系统、毫米波通信、6G 低轨卫星互联网系统等关键技术上继续保持竞争优势，公司在低空经济领域有相关技术储备，后续会持续加强相关应用布局。

三大运营商

三大运营商发力 5G-A 通感一体及无人科技技术，助力低空智联。中国移动完成首期 5G-A 八大关键新技术试验，推动通感一体化、天地一体化、无源物联等标志技术和产业逐步成熟，牵头完成业界首次“面向低空智联网的 5G-A 无人机可信接入”技术验证，助力构建低空智联网服务体系，此外中国移动宣布 24 年将在超过 300 个城市部署 5G-A 商用网络。**中国联通** 5G-A 通感一体着力赋能低空管理，在低空领域，分别在深圳沙河产业生态园和南京民用无人驾驶航空试验区，通过 5G-A 通感基站挖掘低空感知数据，为低空经济注入新动能。**中国电信**于 2 月 5 日在江苏成立中电信无人科技（江苏）有限公司，业务涵盖通用航空服务、智能无人飞行器销售、5G 通信技术服务及物联网技术研发等。中国电信亦联合产业伙伴正式发布“北斗+5G 高可信时空体系”，加快北斗与 5G 深度融合，推动 PNT（定位导航授时）规模应用，为数字经济构建坚实的时空信息底座。

信科移动 (688387 CH)

公司成立于 1998 年，是科技央企中国信息通信科技集团有限公司下属核心企业。公司是我国在第五代移动通信技术、标准和产业化实现全球引领发展的重要贡献者，致力于为全球通信运营商和行业客户提供领先的移动通信技术、产品与解决方案。公司针对 5G-A 产业化开展全面布局，包括上下行超宽带三载波聚合、宽带实时交互 XR 增强、新型物联网技术 Redcap 增强等，进一步提升网络性能。公司 4 月 3 日在互动易平台上表示已在通感一体、高精度定位等领域进行了技术及产品布局，可为低空经济发展提供网络侧的技术能力支撑。

导航基础设施

华测导航（300627 CH）

上海华测导航技术股份有限公司创建于 2003 年，以高精度导航定位技术为核心，持续打造高精度定位芯片平台、全球星地一体增强网络服务平台两大基础平台，研发生产高精度 GNSS 接收机、GIS 数据采集器、三维激光雷达、无人机、无人船等多种高精度定位导航智能装备及位移监测、农机自动导航、数字施工、精密定位服务等系统应用解决方案。2010 年入选“国家火炬计划重点高新技术企业”，2012 年承接国家 863 专项。公司基于高精度定位+激光雷达+无人机等技术和项目经验，有望在低空空域导航方面持续拓展。

三维高精地图

中科星图（688568 CH）

中科星图参股北斗伏羲，两者协同推进低空空域 GIS 制图及数字化。中科星图成立于 2006 年，孵化于中科院，为国内最早从事数字地球产品研发与产业化的企业。北斗伏羲依托北斗网格编码技术研制开发北斗网格码基础产品，为客户提供标准网格码输出、网格计算、地图绘制等接口服务。2023 年 8 月，公司与衢州智慧新城管理委员会正式签约，联合建立低空空域建设投资平台，该项目总投资 2.5 亿元。此后公司与将与衢州慧城产业集团合作建设和运营低空智联运营中心、空域网格图生产基地、低空智联低空交通指挥与服务中心等，支撑无人机企业、飞行汽车企业等使用低空智联网，以衢州为基点带动浙江低空产业发展。

空管系统

莱斯信息（688631 CH）

国内空管系统领军者积极涉足低空领域，或凭借技术积累获取先发优势。公司是中电科 28 所“军转民”核心平台，目前主营民航空中交通管理、城市道路交通管理、城市治理三大业务板块。根据三胜咨询数据，莱斯信息在国内空管自动化系统、空管场面管理系统、模拟训练系统板块均为国内龙头，截止 2022 年 12 月，公司三项业务市占率分别为 42%/50%/66%。公司前瞻布局通航赛道，力争成为低空智联体系建设主力军：1）于 2020 年与镇江大路航空共建江苏（镇江大路）通用航空飞行服务站，为江苏省首个 A 类飞服站；2）于 2022 年与中国民航管理干部学院签订价值 7888 万元合同，向其提供空中交通管制自动化系统的同时，也开发民航通用航空运行重点实验室运行仿真平台相关硬件设备；3）于 2024 年拿下低空经济首标，中标安徽省新技术融合应用低空飞行服务平台项目，该项目是继前期承建的肥东白龙通航机场、安徽省低空航路信号补盲等项目后，落地的又一平台级标杆项目。

深城交（301091 CH）

公司成立于 2008 年，业务聚焦于城市交通领域，以交通大数据分析为基础，为客户提供城市交通整体解决方案，具体业务包括规划咨询、工程设计和检测、大数据软件及智慧交通等。根据深城交 3 月 22 日在互动易上对投资者问题的回答，公司目前已与另外一家深圳研究咨询机构组成的联合体正式承接了深圳低空智能融合基础设施建设项目一期项目，该项目主要围绕深圳市低空经济发展，开发可覆盖全市范围的智能融合系统的软件平台（包括低空操作管理系统和低空管理服务系统），建设配套的管服中心、数据中心及无人机测试场，接入典型的城市场景，进行软件平台的验证，并提供咨询规划-工程设计-数字管控-数字运营-数字运维的全过程服务。

四川九洲（000801 CH）

历史悠久的军民用空管装备领军企业，布局智能终端、空管产品与微波射频三大业务。公司前身绵阳湖山电子于 1991 年成立，并于 1998 年在深交所上市。公司空管行业经验丰富，拥抱低空经济机遇。公司在投资者互动平台表示，低空经济发展需要空管先行，空管产品可为低空飞行提供综合服务保障平台，将进一步释放应用需求，带动外部市场。公司空管业务的技术和产品已在四川省低空试点开展应用，积累了丰富的行业经验。

川大智胜（002253 CH）

产学研深度融合，校内企业跻身空管自动化领域。公司前身由四川大学校内科研团队发展而来，由成立于四川大学计算机系模式识别研究室发展而来，1994 年成立校办企业；2000 年四川川大智胜软件股份有限公司成立。公司长期坚持自主创新，将图形图像技术、人工智能技术应用到三维测量与人脸识别、航空与空中交通管理、飞行模拟等领域。在低空经济领域，公司提供技术支持和服务，包括空中交通管理、飞行路径规划等，促进低空飞行活动的商业化和规范化。此外，公司在无人机应用和 eVTOL 飞行器技术方面也有所布局，包括技术研发、系统集成、飞行控制系统等方面，为低空经济的发展贡献力量。

国睿科技（600562 CH）

国内雷达龙头企业，主营业务为雷达装备、工业软件及智能制造、智慧轨交。雷达装备及相关系统业务方面，公司拥有完备的空管一、二次雷达产品谱系，产品覆盖军工电子、空中交通、公共气象等多个领域，为国内外用户提供全谱系预警探测装备，为气象、空管、应急管理等部门以及新能源电力、水利、交通运输等国民经济行业，提供从气象探测装备到大数据处理应用的整体解决方案。公司的多款低空监视装备、系列气象雷达产品以及软硬一体的智能制造产品构成的低空经济解决方案，满足低空经济需要的低空飞行产业、低空保障产业、低空制造产业以及综合服务产业等多个应用场景。

风险提示

- 1) 地方政府支持不及预期：**若地方政府对低空经济重视程度减弱或产业发展路径选择不当，或将造成发展速度缓慢、发展频遇瓶颈的问题，影响当地低空经济规模拓展；
- 2) 技术推进不及预期：**当前 eVTOL 飞行器的适航取证有诸多限定条件（如载人/安全性限制），动力/飞控系统及相关基础设施能力也尚未完备，若技术推进不及预期，则无法满足民众对于综合性大型城市空中交通的需求，因而影响低空经济的进一步拓展；
- 3) 场景落地及用户需求不及预期：**若用户心智培育不成熟，民众对于城市空中交通的安全性存疑，或不愿尝试，将阻碍场景需求落地，影响低空经济产业规模的增长。
- 4) 本研报中涉及到未上市公司或未覆盖个股内容，均系对其客观公开信息的整理，并不代表本研究团队对该公司、该股票的推荐或覆盖。**

免责声明

分析师声明

本人，王兴、高名焱，兹证明本报告所表达的观点准确地反映了分析师对标的证券或发行人的个人意见；彼以往、现在或未来并无就其研究报告所提供的具体建议或所表达的意见直接或间接收取任何报酬。

一般声明及披露

本报告由华泰证券股份有限公司（已具备中国证监会批准的证券投资咨询业务资格，以下简称“本公司”）制作。本报告所载资料是仅供接收人的严格保密资料。本公司及其客户和其关联机构使用。本公司不因接收人收到本报告而视其为客户。

本报告基于本公司认为可靠的、已公开的信息编制，但本公司及其关联机构（以下统称为“华泰”）对该等信息的准确性及完整性不作任何保证。

本报告所载的意见、评估及预测仅反映报告发布当日的观点和判断。在不同时期，华泰可能会发出与本报告所载意见、评估及预测不一致的研究报告。同时，本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可能会波动。以往表现并不能指引未来，未来回报并不能得到保证，并存在损失本金的可能。华泰不保证本报告所含信息保持在最新状态。华泰对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。

本公司不是 FINRA 的注册会员，其研究分析师亦没有注册为 FINRA 的研究分析师/不具有 FINRA 分析师的注册资格。

华泰力求报告内容客观、公正，但本报告所载的观点、结论和建议仅供参考，不构成购买或出售所述证券的要约或招揽。该等观点、建议并未考虑到个别投资者的具体投资目的、财务状况以及特定需求，在任何时候均不构成对客户私人投资建议。投资者应当充分考虑自身特定状况，并完整理解和使用本报告内容，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，华泰及作者均不承担任何法律责任。任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。

除非另行说明，本报告中所引用的关于业绩的数据代表过往表现，过往的业绩表现不应作为日后回报的预示。华泰不承诺也不保证任何预示的回报会得以实现，分析中所做的预测可能是基于相应的假设，任何假设的变化可能会显著影响所预测的回报。

华泰及作者在自身所知情的范围内，与本报告所指的证券或投资标的不存在法律禁止的利害关系。在法律许可的情况下，华泰可能会持有报告中提到的公司所发行的证券头寸并进行交易，为该公司提供投资银行、财务顾问或者金融产品等相关服务或向该公司招揽业务。

华泰的销售人员、交易人员或其他专业人士可能会依据不同假设和标准、采用不同的分析方法而口头或书面发表与本报告意见及建议不一致的市场评论和/或交易观点。华泰没有将此意见及建议向报告所有接收者进行更新的义务。华泰的资产管理部门、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告中的意见或建议不一致的投资决策。投资者应当考虑到华泰及/或其相关人员可能存在影响本报告观点客观性的潜在利益冲突。投资者请勿将本报告视为投资或其他决定的唯一信赖依据。有关该方面的具体披露请参照本报告尾部。

本报告并非意图发送、发布给在当地法律或监管规则下不允许向其发送、发布的机构或人员，也并非意图发送、发布给因可得到、使用本报告的行为而使华泰违反或受制于当地法律或监管规则的机构或人员。

本报告版权仅为本公司所有。未经本公司书面许可，任何机构或个人不得以翻版、复制、发表、引用或再次分发他人（无论整份或部分）等任何形式侵犯本公司版权。如征得本公司同意进行引用、刊发的，需在允许的范围内使用，并需在使用前获取独立的法律意见，以确定该引用、刊发符合当地适用法规的要求，同时注明出处为“华泰证券研究所”，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。本公司保留追究相关责任的权利。所有本报告中使用的商标、服务标记及标记均为本公司的商标、服务标记及标记。

中国香港

本报告由华泰证券股份有限公司制作，在香港由华泰金融控股（香港）有限公司向符合《证券及期货条例》及其附属法律规定的机构投资者和专业投资者的客户进行分发。华泰金融控股（香港）有限公司受香港证券及期货事务监察委员会监管，是华泰国际金融控股有限公司的全资子公司，后者为华泰证券股份有限公司的全资子公司。在香港获得本报告的人员若有任何有关本报告的问题，请与华泰金融控股（香港）有限公司联系。

香港-重要监管披露

- 华泰金融控股（香港）有限公司的雇员或其关联人士没有担任本报告中提及的公司或发行人的高级人员。
- 有关重要的披露信息，请参华泰金融控股（香港）有限公司的网页 https://www.htsc.com.hk/stock_disclosure 其他信息请参见下方 “美国-重要监管披露”。

美国

在美国本报告由华泰证券（美国）有限公司向符合美国监管规定的机构投资者进行发表与分发。华泰证券（美国）有限公司是美国注册经纪商和美国金融业监管局（FINRA）的注册会员。对于其在美国分发的研究报告，华泰证券（美国）有限公司根据《1934 年证券交易法》（修订版）第 15a-6 条规定以及美国证券交易委员会人员解释，对本研究报告内容负责。华泰证券（美国）有限公司联营公司的分析师不具有美国金融监管（FINRA）分析师的注册资格，可能不属于华泰证券（美国）有限公司的关联人员，因此可能不受 FINRA 关于分析师与标的公司沟通、公开露面和所持交易证券的限制。华泰证券（美国）有限公司是华泰国际金融控股有限公司的全资子公司，后者为华泰证券股份有限公司的全资子公司。任何直接从华泰证券（美国）有限公司收到此报告并希望就本报告所述任何证券进行交易的人士，应通过华泰证券（美国）有限公司进行交易。

美国-重要监管披露

- 分析师王兴、高名焱本人及相关人士并不担任本报告所提及的标的证券或发行人的高级人员、董事或顾问。分析师及相关人士与本报告所提及的标的证券或发行人并无任何相关财务利益。本披露中所提及的“相关人士”包括 FINRA 定义下分析师的家庭成员。分析师根据华泰证券的整体收入和盈利能力获得薪酬，包括源自公司投资银行业务的收入。
- 华泰证券股份有限公司、其子公司和/或其联营公司，及/或不时会以自身或代理形式向客户出售及购买华泰证券研究所覆盖公司的证券/衍生工具，包括股票及债券（包括衍生品）华泰证券研究所覆盖公司的证券/衍生工具，包括股票及债券（包括衍生品）。
- 华泰证券股份有限公司、其子公司和/或其联营公司，及/或其高级管理层、董事和雇员可能会持有本报告中所提到的任何证券（或任何相关投资）头寸，并可能不时进行增持或减持该证券（或投资）。因此，投资者应该意识到可能存在利益冲突。

新加坡

华泰证券（新加坡）有限公司持有新加坡金融管理局颁发的资本市场服务许可证，可从事资本市场产品交易，包括证券、集体投资计划中的单位、交易所交易的衍生品合约和场外衍生品合约，并且是《财务顾问法》规定的豁免财务顾问，就投资产品向他人提供建议，包括发布或公布研究分析或研究报告。华泰证券（新加坡）有限公司可能会根据《财务顾问条例》第 32C 条的规定分发其在华泰内的外国附属公司各自制作的信息/研究。认可投资者、专家投资者或机构投资者使用，华泰证券（新加坡）有限公司不对本报告内容承担法律责任。如果您是非预期接收者，请您立即通知并直接将本报告返回给华泰证券（新加坡）有限公司。本报告的新加坡接收者应联系您的华泰证券（新加坡）有限公司关系经理或客户主管，了解来自或所分发的信息相关的事宜。

评级说明

投资评级基于分析师对报告发布日后 6 至 12 个月内行业或公司回报潜力（含此期间的股息回报）相对基准表现的预期（A 股市场基准为沪深 300 指数，香港市场基准为恒生指数，美国市场基准为标普 500 指数，台湾市场基准为台湾加权指数，日本市场基准为日经 225 指数），具体如下：

行业评级

增持：预计行业股票指数超越基准

中性：预计行业股票指数基本与基准持平

减持：预计行业股票指数明显弱于基准

公司评级

买入：预计股价超越基准 15% 以上

增持：预计股价超越基准 5%~15%

持有：预计股价相对基准波动在-15%~5%之间

卖出：预计股价弱于基准 15% 以上

暂停评级：已暂停评级、目标价及预测，以遵守适用法规及/或公司政策

无评级：股票不在常规研究覆盖范围内。投资者不应期待华泰提供该等证券及/或公司相关的持续或补充信息

法律实体披露

中国: 华泰证券股份有限公司具有中国证监会核准的“证券投资咨询”业务资格, 经营许可证编号为: 91320000704041011J

香港: 华泰金融控股(香港)有限公司具有香港证监会核准的“就证券提供意见”业务资格, 经营许可证编号为: AOK809

美国: 华泰证券(美国)有限公司为美国金融业监管局(FINRA)成员, 具有在美国开展经纪交易商业业务的资格, 经营业务许可编号为: CRD#:298809/SEC#:8-70231

新加坡: 华泰证券(新加坡)有限公司具有新加坡金融管理局颁发的资本市场服务许可证, 并且是豁免财务顾问。公司注册号: 202233398E

华泰证券股份有限公司**南京**

南京市建邺区江东中路228号华泰证券广场1号楼/邮政编码: 210019

电话: 86 25 83389999/传真: 86 25 83387521

电子邮件: ht-rd@htsc.com

深圳

深圳市福田区益田路5999号基金大厦10楼/邮政编码: 518017

电话: 86 755 82493932/传真: 86 755 82492062

电子邮件: ht-rd@htsc.com

北京

北京市西城区太平桥大街丰盛胡同28号太平洋保险大厦A座18层/

邮政编码: 100032

电话: 86 10 63211166/传真: 86 10 63211275

电子邮件: ht-rd@htsc.com

上海

上海市浦东新区东方路18号保利广场E栋23楼/邮政编码: 200120

电话: 86 21 28972098/传真: 86 21 28972068

电子邮件: ht-rd@htsc.com

华泰金融控股(香港)有限公司

香港中环皇后大道中99号中环中心53楼

电话: +852-3658-6000/传真: +852-2567-6123

电子邮件: research@htsc.com

http://www.htsc.com.hk

华泰证券(美国)有限公司

美国纽约公园大道280号21楼东(纽约10017)

电话: +212-763-8160/传真: +917-725-9702

电子邮件: Huatai@htsc-us.com

http://www.htsc-us.com

华泰证券(新加坡)有限公司

滨海湾金融中心1号大厦, #08-02, 新加坡 018981

电话: +65 68603600

传真: +65 65091183

©版权所有2024年华泰证券股份有限公司