



EHANG | 亿航
EH | Nasdaq Listed

未来交通：

城市空中 交通系统白皮书

目 录

摘 要	1
第 1 章 城市空中交通概念	2
城市空中交通系统的基础架构	2
飞行器	3
指挥调度平台	8
导航与定位系统	9
站点	9
交互软件	10
城市空中交通的关键特征	10
城市空中交通具有可行性	12
城市空中交通与传统航空公司的核心差异	12
自动无人驾驶飞行器与普通无人机的核心差异	12
自动无人驾驶飞行器与直升机的核心差异	13
城市空中交通相比现有共享出行的主要优势	13
现有共享出行平台带来的竞争风险?	14
第 2 章 城市空中交通的应用和商业化	15
解决城市拥堵、交通事故、环境污染等问题的最佳方案	15
城市空中交通的现实性	19
发展城市空中交通的必要条件	20
城市空中交通市场发展潜力	23
城市空中交通的主要参与者	24
商业运营模式	25
第 3 章 城市空中交通运营和影响	26
城市空中交通将如何改变人类生活?	27

城市空中交通将对当今交通方式产生巨大影响	28
第 4 章 主要应用场景	29
旅游和娱乐观光	30
急救医疗服务	31
消防救火	32
行业应用	34
第 5 章 发展城市空中交通生态系统	35
第 6 章 未来探索方向	37
电池技术	37
新型材料	37
空气动力学	38
5G 网络	38
降噪	39
结语	40
参考资料	41
关于作者	42
关于亿航智能	42

未来交通： 城市空中交通系统白皮书

摘要

“城市空中交通”这一概念被美国国家航空航天局定义为“城市内适用于载人飞行器和无人飞行器系统的安全高效交通运作方式”。随着政府、企业及研究机构日益关注，“城市空中交通”这一概念很快成为热词。

城市空中交通颠覆了人们固有的交通出行方式，将彻底变革公路、铁路、传统航空和水路等行业现状。据摩根士丹利 2018 年蓝皮书估算，2040 年全球城市空中交通的产业规模将达到 1.5 万亿美元。

随着城市人口数量增长，交通拥堵和空气污染仍将是严重影响经济增长的两大威胁。政府必须采取战略举措，寻求最终解决方案，将城市空中交通系统作为现有地面交通的补充选项，推广城市空中交通系统。

这样的背景下，我们的白皮书旨在基于一些真实案例，提出针对城市空中交通应用和商业化的更多深刻见解，探讨城市空中交通的可行性。白皮书先从城市空中交通概念和城市空中交通生态系统的构建着眼，然后进一步分析城市空中交通如何影响人类生活和现有交通方式。

现代化城市空中交通三个最基本的理念是：安全、智能、集群管理，因而未来的交通将变得非常流畅、智能、高效、环保。考虑到城市空中交通的革新性和颠覆性的特点，城市空中交通相比传统交通方式有绝对优势。即将到来的 5G 时代将进一步强化现有城市空中交通平台，平台将能远程指挥许多多功能“飞行机器人”。

城市空中交通将进一步在地面基础设施比较薄弱的乡郊和农村地区拓展应用。除交通运输外，城市空中交通飞行器在旅游、行业应用、医疗救护、消防灭火、应急救援及公共安全等特定场景也能发挥作用。

随着技术日渐成熟，城市空中交通需要政企合作，构建监管框架，推动未来发展。这对于城市空中交通来说尤为重要，着眼当下而非未来。另外，未来还将需要进一步收集商业运营和试点项目的数据，为私营和公营机构做出合理投资决策提供支持。

总而言之，亿航在城市空中交通领域内的实践经验和研究已让我们相信，城市空中交通不再是对于未来的畅想，未来已来。

第 1 章

城市空中交通概念

根据美国国家航空航天局在 2018 年 6 月 25 日发布的《城市空中交通空域整合概念和考虑因素》中的定义，“城市空中交通”是“城市内适用于载人飞行器和无人飞行器系统的安全高效交通运作方式”。然而依据现有的技术和法规，目前城市空中交通的概念仅能通过使用传统直升机来实现，全电力驱动的自动飞行器似乎还遥不可及。

但是，根据我们研发自动飞行器的实践经验和调查，我们相信城市空中交通这一革命性的概念在现阶段立刻就可以实现，并且是以一种更加创新智能的方式实现。在保证安全的基础上，实现智能化操作，并由集中式平台统一指挥，城市空中交通的未来将变得更加宽广。

安全是重中之重，因此城市空中交通飞行器需要具备冗余和备用电源。而我们说的“智能”是指自动驾驶，这样不仅能节省一个座位和飞行员成本，还增强了安全系数，确保了飞行器完全“服从指令”。

最终，利用集群管理技术，城市空中交通运营商可以同时安全有序地控制众多飞行器。飞行路线需要预先注册并规划，确保飞行器只能在经过认证的“航站”间来往运行。



来源：亿航

城市空中交通系统的基础架构

城市空中交通这种全新交通方式，更接近于公交系统，而非出租车系统，因为所有飞行器均需在城市空中交通系统平台登记注册，并统一监控，因而飞行器会遵循指挥调度平台设定的准确点对点航线进行飞行。每个起降平台是覆盖特定地区城市空中交通网络的一个单元，采用直线路径与其它站点相连。路线更密的大型站点构成城市空中交通网络的节点或者枢纽。为满足新出现的需求，随着新起降平台和新路线加入进来，网络规模逐渐扩大。

简而言之，城市空中交通系统由如下主要部分组成：飞行器（如自动驾驶飞行器、电动垂直起降飞行器）、指挥调度平台、导航与定位系统、站点（包括停机坪、充电站等基础设施）以及交互软件。整体而言，城市空中交通的关键功能包括城市内的客运和货运。相对而言，客运服务更具挑战，因为客运服务对于安全性与舒适性方面的监管标准更为严格。

事实上，城市空中交通航线已不再遥远：2019 年 5 月，亿航在中国浙江省启动了全球首个城市空中交通客运服务，将原本需要 40 分钟的道路交通路程缩短为 5 分钟的空中之旅。这是城市空中交通行业发展史上的一座里程碑。



来源：弗若斯特沙利文咨询公司

关键组成部分：

飞行器

城市空中交通飞行器指的是在城镇地区特定点对点路线上，载运乘客或货物的飞行器。因为受到城市里建筑、植物、道路交通、人群等因素的限制，理想的飞行器需要满足自动驾驶、小型、高效、灵活以及机动特性，可以垂直起降（不需要跑道）。

安全第一，是作为飞行器设计最根本的首要考量。简单来说，我们认为以下是确保城市空中交通系统安全性的重要设计理念：

1. 动力冗余，由多个独立发动机和桨翼驱动，提供充分的分布式动力冗余系统，减少因单一动力故障失效而造成的安全风险；
2. 完全自动化无人操作，避免因飞行员人为操作失误造成的风险；
3. 备份系统，提供多套飞控、通讯和导航系统同时兼容，确保安全飞行；
4. 中央指挥控制平台，集群化管理，保障安全运营；
5. 智能避障功能，如视觉定位、毫米波雷达等；
6. 智能自检功能，提前自动检测监控飞行器安全状态。

为了达到这些目的，可以开发特殊的计算机算法并“烧入”到飞行器硬件设备中，使得飞行器既智能化又安全。

近年来，空中客车（A³ Vahana）、波音（PAV）、Lilium（Lilium Jet）、Volocopter（VC2）、Kitty Hawk（Cora）等公司都发布了多款原型机，亿航则是领域内的先行者，旗下亿航 216 和亿航 116 自动驾驶飞行器成功投入了产线，用于实际载人飞行。

● 亿航全自动无人驾驶飞行器

“全自动无人驾驶飞行器”（AAV）一词由亿航首创。亿航是一家来自中国的城市空中交通企业，在 2016 年美国拉斯维加斯举办的国际消费类电子产品展览会发布了全球首架全自动飞行器-亿航 184。这台无人驾驶飞行器以 8 台 12 千瓦的电动机为动力，可由计算机平台远程控制，机上无需飞行员，可以载运 1 名乘客，续航时间 20 分钟。该飞行器基本设计理念以“安全、智能、中央平台化操控、在线互联、绿色环保”为基础。

经过进一步升级，亿航后续发布了更先进的亿航 116 和两座版亿航 216，这两款机型增加了额外的 8 个发动机和螺旋桨，安全性更高，动力更强劲。



来源：亿航

● 其它电动垂直起降飞行器

空中客车、波音等大公司以及 Lilium、Volocopter、Kitty Hawk 等新兴企业也正在打造自己的电动垂直起降飞行器以用于城市空中交通。

公司	产品	自动化	开发时间	设计	公告	验证测试	全尺寸测试	载人测试	生产	商业化推广(预计)
亿航 (EHang)	EHang 216 EHang 116 EHang 184	✓	2013							2019
Volocopter GmbH	Volocopter 2x Volocopter VC200	✗	2012							N/A
Lilium	Lilium Jet	✓	2014							2025
Airbus	Vahana CityAirbus Pop Up	✓	2016							2020
Boeing (Aurora Flight Science)	Aurora eVTOL	✓	1989							N/A
Bell Helicopter	Nexus	✗	2018							N/A
Kitty Hawk	Cora Flyer	✓	2010							2021
Joby Aviation	S4 / S2	✗	2009							N/A

来源：亿航

● 空中客车 A³ Vahana

这是一款具备 8 支螺旋桨的单座电动垂直起降飞行器原型机。全尺寸模型 Alpha 已经制造完成，并于 2018 年 1 月 31 日在俄勒冈州彭德尔顿进行了首飞，达到了 5 米（16 英尺）高度。第二款模型（Alpha 2）于 2019 年初制造完成。目前该机型已经完成约 80 次测试飞行。

A³ Vahana 的基本特性

机务人员	无；自动驾驶
负载量	1 名乘客；340 公斤
长度	5.7-5.86 米
翼展	6.25 米
高度	2.81 米
净重	726 公斤
最大起飞重量	1,066 公斤
螺旋桨	8 支直径 1.5 米螺旋桨
巡航速度	190-220 千米/时
航程	50 千米
实用升限	1,524-3,048 米（35 时）

来源：公司资料；ICAO 国际民航组织

● 波音载客飞行器

波音载客飞行器是由波音 NeXt 在波音子公司 Aurora Flight Sciences 协助下开发的一款原型机。最近的一次试飞是在 2019 年 1 月 22 日，美国弗吉尼亚的马纳萨斯完成。

波音载客飞行器的基本特性

机务人员	无；自动驾驶
负载量	2 名乘客，225 公斤
长度	9.14 米
翼展	8.53 米
高度	不详
空机重量	575 公斤
最大起飞重量	800 公斤
螺旋桨	1 支水平螺旋桨，8 支垂直螺旋桨
巡航速度	180 千米/时
航程	80 千米

来源：公司资料；ICAO 国际民航组织

● Liliium Jet

这是由德国 Liliium 公司设计的一款电动垂直起降飞行器。Liliium Jet 已经进行了多个小尺寸模型测试，包括半尺寸原型机 Falcon (2015 年) 和全尺寸两座原型机 Eagle (2017 年)。据 Liliium 称，未来计划在 2025 年前制造一款五座飞行器，采用 36 台电动机作为动力。

Liliium Jet 的基本特性

机务人员	1 人
负载量	4 名乘客
空机重量	440 公斤
最大起飞重量	686 公斤
螺旋桨	36 支垂直螺旋桨
巡航速度	300 千米/时
航程	300 千米

来源：公司资料；ICAO 国际民航组织

● Kitty Hawk Cora

Kitty Hawk 是美国一家电动飞行器制造商，据称在新西兰测试了一款名为 Cora（代号为“Zee.Aero”）的自动驾驶电动空中的士原型机。

Kitty Hawk Cora 的基本特性

机务人员	无；自动驾驶
负载量	2 位乘客，181 公斤
翼展	11 米
螺旋桨	12 支垂直螺旋桨+1 支水平螺旋桨
巡航速度	180 千米/时
航程	100 千米

来源：公司资料；ICAO 国际民航组织

● Volocopter VC2X

总部位于德国布鲁赫萨尔的 Volocopter 专门设计用作“空中的士”的电动多旋翼直升机。Volocopter 2X 是一款从早期单座 VC2 原型机（2011 年起飞）改进而来的两座机型。但是这并非是一款自动驾驶飞行器，仍需要飞行员驾驶操控。

VC2X 的基本特性

机务人员	1 名；飞行员驾驶
负载量	2 人（1 名乘客+1 名飞行员）；160 公斤
长度	3.2 米（不包括螺旋桨护罩）
宽度	9.15 米（不包括螺旋桨护罩）
高度	2.15 米
空机重量	290 公斤
最大起飞重量	450 公斤
螺旋桨	18 支 1.8 米直径的螺旋桨
最大速度	100 千米/时
航程	27 千米（速度 70 千米/时）
实用升限	2,000 米

来源：公司资料；ICAO 国际民航组织

● The Opener BlackFly

The Opener BlackFly 是一款电动垂直起降飞行器，由美国加利福尼亚州帕洛阿尔托的 Opener 公司在 2018 年 7 月 12 日公开推出，Opener 称这是世界首款超轻固定翼全电动垂直起降飞行器。不过，这款单座飞行器需要乘客具备驾驶飞机的能力。

BlackFly 的基本特性

机务人员	1 名；飞行员驾驶
负载量	1 名飞行员；113 公斤
长度	4.09 米（不包括螺旋桨护罩）
宽度	4.14 米（不包括螺旋桨护罩）
高度	1.5 米
空机重量	142 公斤
最大起飞重量	255 公斤
螺旋桨	8 支螺旋桨
最大速度	130 千米/时
航程	64 千米

来源：公司资料；ICAO 国际民航组织

指挥调度平台

根据目前世界上各家企业机构所给出的关于城市空中交通飞行器各种型号/原型机的设计构想，仅亿航 AAV 飞行器是采用集中式平台控制。而我们认为这才是未来城市空中交通发展的正确模式。难以想象，如果不采用集中式平台管理，而任由城市上空各个飞行器自由飞行的话，那么在现实世界中城市空中交通系统的安全性将难以保障。

不同于传统交通方式（如汽车、航空飞机），城市空中交通系统需要集中式的远程指挥调度平台自主完成多项任务。在计算机程序和集群管理技术的协助下，平台能够同时控制上千架飞行器，对具体飞行任务进行提前编码、登记、授权、执行、监督，确保安全、高效、高质量地完成飞行。这样一来，复杂的交通情况也易于管理。



来源：亿航

特别对于城市管理来说，指挥调度平台有显著的优势：一个城市仅仅需要一个平台即可预防事故和交通拥堵，同时提升政府各部门的行政管理水平，包括公安、急救、医疗、消防、林业、渔业、旅游等，成为“智慧城市”规划系统的重要组成部分。

而且，此理念也有别于美国联邦航空局的无人机交通管理系统，后者是一套适用于不受控运行的“交通管理”生态系统。美国联邦航空局称：“无人机交通管理系统发展最终将确定服务、职责、信息架构、数据交换协议、软件功能、基础设施、性能要求，从而可以对低空不受控无人机的运行进行管理。”与之相反，集中式指挥调度平台确保了空中所有飞行器都必须注册在案，并统一控制，按照计算机设置的特定路线飞行。

导航与定位系统

一般的全球导航卫星系统包括全球定位系统、伽利略卫星导航系统、中国北斗卫星导航系统、俄罗斯格洛纳斯导航系统，可为城市空中交通系统提供必要的导航服务。在复杂情况下（如办公大楼区域的物流运输，或人群密集区域的降落），要求更精准的导航时，需配备相应的地面设施，增强卫星系统的定位功能。另外，当卫星导航信号微弱或消失的情况下，还应配备视觉导航系统来保障飞行顺利安全。迄今为止，城市空中交通飞行器采用 4G 网络与指挥调度平台通信。未来，5G 技术将显著提升未来城市空中交通系统的功能与能力。

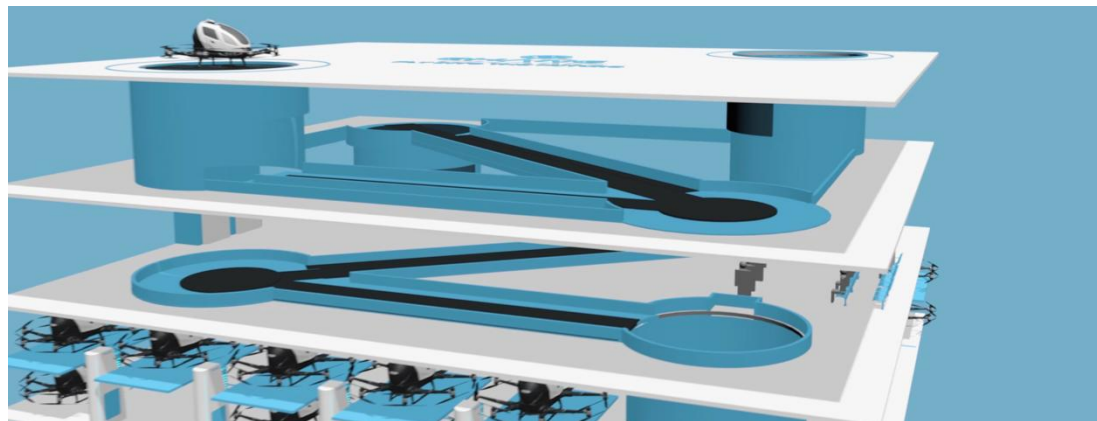


来源：亿航

站点

我们将城市空中交通的“站点”定义为用于飞行器起飞和降落的地面设施。每个站点需要在城市空中交通系统平台中登记备案，从而使飞行器仅在已经登记批核并可以识别的站点之间运行，也是乘客乘坐飞行器的唯一有效站点。基于出行需求，可以不断对新的站点进行登记备案，以纳入城市空中交通系统，从而扩大服务网络。

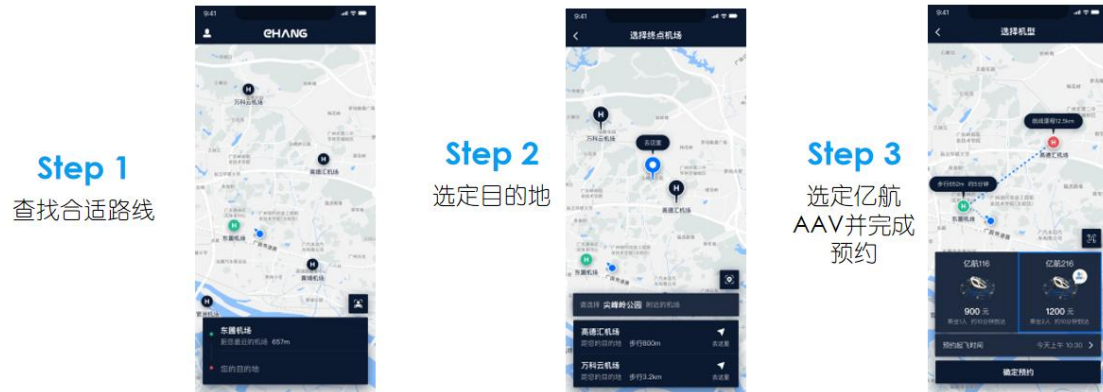
各个站点的规模和重要性取决于该站点的航线密度和客流量。站点可以是单一的停机坪，也可以是配备多个停机坪、充电站、候机区或其它设施的枢纽。虽然目前城市空中交通路线仅采用点对点连接，但城市空中交通网络的进一步扩张，能够为用户提供更方便的乘机地点。



来源：亿航

交互软件

基于计算机程序，城市空中交通的用户交互软件将是一个类似于共享出行的移动应用程序，乘客可以在线下单、支付服务费。城市空中交通 App 是一套实时的信息系统，将前端平台与后端指挥调度系统相连，通过分享关于乘客和飞行器的实时信息，城市空中交通运营商和乘客可以定位到特定范围内距离最近的可用飞行器，并发送出行订单。



来源：亿航

城市空中交通的关键特征

总的来说，我们认为城市空中交通系统应该具备如下特征：

1. **全自动无人驾驶** ——全自动飞行意味着不需要飞行员驾驶飞行器，乘客也无需取得任何飞行技能或资质。下单和支付都通过移动应用程序在线完成。这大幅节省了人工成本，最大限度提高了效率。更重要的是，这有助于降低大多因人为失误造成的事故风险。
2. **快速便捷** ——相对于传统地面交通，城市空中交通采用直线路径，大幅节省时间，速度显著提升，效率也大幅增加。地面路线很大程度上受到地形、江河、山岳、海洋影响，出行路线蜿蜒曲折，极其浪费时间。
3. **集中式平台** ——当今的汽车，甚至是全自动无人驾驶汽车，也还是以单独个体的形式在行驶。因人为失误或者缺乏集中式指挥调度，难免导致事故和交通拥堵。相反，城市空中交通系统以集中式指挥调度平台为后盾，采用自动驾驶，能够减少交通事故，确保交通有序畅通。
4. **共享经济** ——由于集中式平台提供了便利的网络，个人无需单独购买或拥有一架飞行器。共享飞行器由统一的运营平台管理，资产利用率高，减少了社会资源的浪费。在我们看来，现有汽车之所以难以实现共享经济，是因为欠缺自动化、有效的集中式指挥调度平台。设想一下，如果所有交通工具都实现共享，那么总量将大幅降低，从而节省了停放空间，而资产利用率更高，运行效率也会得到大幅提升。
5. **绿色能源** ——电动飞行器新型环保，可实现零排放。所有最新的城市空中交通模型/原型机都采用电力能源，这是所有设计者们的共识。



来源：亿航

城市空中交通具有可行性

城市空中交通是颠覆性的，即将极大地改变整个交通运输业的现状和发展。为帮助大众更好地理解未来交通，我们准备将城市空中交通与其它几种交通方式做一番对比，包括传统航空公司，无人机，直升机和共享出行平台。

城市空中交通与传统航空公司的核心差异

- **航程不同**——城市空中交通专注于城市区域内的中短途（3-100 公里）服务，将是传统民用航空的长航程服务的理想延伸。换言之，城市空中交通解决了航空公司“最后 50 公里航程”的问题。
- **飞行高度不同**——短途城市空中交通飞行是指高度 800 米以下的超低空飞行，对 8,000-12,000 米高度的常规航空空域没有影响。
- **指挥调控系统不同**——集中式智能化指挥调度平台实现了完全自动化的城市空中交通出行。虽然目前航空公司也正在研发自动无人驾驶技术，但要实现民航客机全自动飞行，尚需时日。
- **动力系统不同**——城市空中交通飞行器采用零排放全电动发动机，比航空公司运营的普通喷气式飞机更环保。
- **负载量不同**——目前的城市空中交通飞行器每次航程只能载运 1-2 名乘客，相比载运多达 500 名乘客的普通航班，乘客的乘机环境更加私密，不受他人干扰。

自动无人驾驶飞行器与普通无人机的核心差异

无人机通常不涉及载人飞行。而自动驾驶飞行器涵盖了客运，是对无人机的拓展，因为它可以载运乘客，也可以载运货物。具体而言，我们总结了两者的核心差异：

附表——自动无人驾驶飞行器与无人机的对比

自动无人驾驶飞行器		无人机
差异		
1	可以载运乘客，也可以载运货物	不载运乘客
2	集中式指挥调度	1 对 1 控制或集中式控制
3	4G/5G 网络	无线电频率、Wi-Fi 或 4G/5G
4	能够全球远程遥控	大多数仅为 100-3000 米的短程控制
5	集群管理（容易）	缺乏管理（困难）
6	可执行复杂任务（客运、物流递送）	功能有限（航拍照片、视频等）
7	有效载荷重达 200-600 公斤	有效载荷少于 10 公斤
相似之处		
自动化，遥控，电动，旋翼，垂直起降		

来源：亿航

自动无人驾驶飞行器与直升机的核心差异

自动无人驾驶飞行器相对于直升机的主要优势在于成本、安全性和效率，因而是城市空中交通的理想之选。我们在下表中做了比较，列出了主要优势。

附表——自动无人驾驶飞行器相对于直升机的核心优势

	自动无人驾驶飞行器	直升机
1	搭载多个螺旋桨的分布式推进系统，更加安全	单个螺旋桨，故障风险高
2	全自动飞行，避免了人为失误	人为失误导致的事故风险
3	飞行器价格合理	直升机价格高昂
4	无驾驶员成本	高驾驶员成本
5	低维修成本	高维修成本
6	低噪音	高噪音
7	零排放，绿色能源	燃料成本高，污染环境
8	体积小，方便起降	体积大，需要停机坪面积大

来源：亿航

城市空中交通相比现有共享出行的主要优势

得益于网络科技，共享出行平台（如优步、来福车、滴滴等），通过充分利用数以百万计的司机和私家车闲置资源，快速蓬勃发展起来。然而，由于个人司机与平台的松散联系，管理存在困难，所以安全问题和服务质量仍是两个重要问题。更不用说自动驾驶飞行器相比于汽车的诸多优势，在集中式城市空中交通平台管理下的全自动飞行，消除了因飞行员操控失误带来的安全风险。更重要的是，城市空中交通拥有一套可以盈利的商业模式，对投资者和其它参与者而言更具吸引力和可持续性。

附表——自动驾驶飞行器相对于共享出行汽车的关键优势

	自动无人驾驶飞行器	共享出行汽车
1	全自动无人驾驶	司机驾驶
2	隐私性和安全性较好	交通安全隐患
3	直线空中航线：无堵塞	地面路线：曲折且易堵塞
4	标准化的服务质量	服务质量难以标准化
5	高利润率，低成本	负/低利润率，高成本
相似之处		
	集中式平台，轻资产，技术驱动，共享经济	

来源：亿航

现有共享出行平台带来的竞争风险？

我们认为，现有共享出行平台成功打入传统出租车市场，主要得益于便利的移动应用程序，可为乘客即时提供服务，并同时充分利用数以百万计的个体司机资源，在先进的集中式调度管理系统下，创造价值，体现完美的效率优势。

虽然有可能充分利用闲置的直升机和飞行员资源，将共享出行模式由地面复制到空中，但智能化全自动运行的城市空中交通系统，将无疑成为一种更佳的解决方案，因为它更加安全，更加高效，也更加节省成本。我们相信，通过将飞行器设备制造和交通运营两大过程实现紧密的无缝整合，智能化全自动交通模式将变得更加自给自足，因而能够获得强劲的发展。

第 2 章

城市空中交通的应用和商业化

我们认为，现代化的城市空中交通系统未来取得成功的关键在于商业运营。新的科技创新，特别是集中式指挥调度平台模式，让飞行器制造商成为天然的飞行器运营商。纵观传统的飞机制造业，与航空业在运营上几乎完全脱离。航空业内充斥着竞争，全球数百家航空公司在微薄的利润率下相互搏杀。与之相反，城市空中交通行业天生就凭借着高度集中化智能化平台模式，全自动运行，实现了从设备制造到设备运营的高度整合，从而消除了不必要的行业竞争，赋予了运营商充分的定价权，确保了丰厚的投资回报。



来源：亿航

解决城市拥堵、交通事故、环境污染等问题的最佳方案

随着世界城市人口数量不断膨胀，交通拥堵已经严重影响了人们的生活质量，严重阻碍了总体经济增长。根据 Katy Pyzyk 撰写的一篇文章（“交通堵塞之困局：用数字讲述交通拥堵问题”，《解析智慧城市》，2018 年 3 月 27 日），每名美国司机每年平均有 41 个小时在拥堵高峰期困在车流中；而根据交通分析机构 INRIX 的估算，2017 年交通拥堵给美国司机带来的经济成本高达 3 千零 50 亿美元，意即平摊到每名司机的拥堵成本为 1,445 美元。此外，美国环境保护局估算每部乘用车平均每年排放 4.7 公吨二氧化碳，对大气的污染程度可见一斑。

交通拥堵导致的经济损失

国家/城市	经济损失（单位：亿美元）
美国	3,050
纽约	337
洛杉矶	192
旧金山	106
亚特兰大	71
英国	520
马尼拉	186
孟加拉国	114
雅加达	50
达卡	45

来源：INRIX, 2017

交通分析机构 INRIX 的一项研究报告列出了 2017 年美国交通最为拥堵的城市。

2017 年美国 10 座最拥堵的城市

2017 年排名 (2016 年排名)	城市	2017 年交通高峰时段（占 2016 年变化的百分比）	拥堵占总行驶时间 的百分比	2017 年每个驾驶员的总成本	2017 年城市总成本
1 (1)	洛杉矶	102 (- 2%)	12%	\$ 2,828	\$19.2bn
2 (2)	纽约	91 (+2%)	13%	\$ 2,982	\$33.7bn
3 (3)	旧金山	79 (- 5%)	12%	\$ 2,250	\$10.6bn
4 (4)	亚特兰大	70 (- 1%)	10%	\$ 2,212	\$7.1bn
5 (5)	迈阿密	64 (- 2%)	9%	\$ 2,072	\$6.3bn
6 (6)	华盛顿特区	63 (+3%)	11%	\$ 2,060	\$6.1bn
7 (8)	波士顿	60 (+3%)	14%	\$ 2,086	\$5.7bn
8 (9)	芝加哥	57 (0%)	10%	\$ 1,994	\$5.5bn
9 (10)	西雅图	55 (0%)	12%	\$ 1,853	\$5.0bn

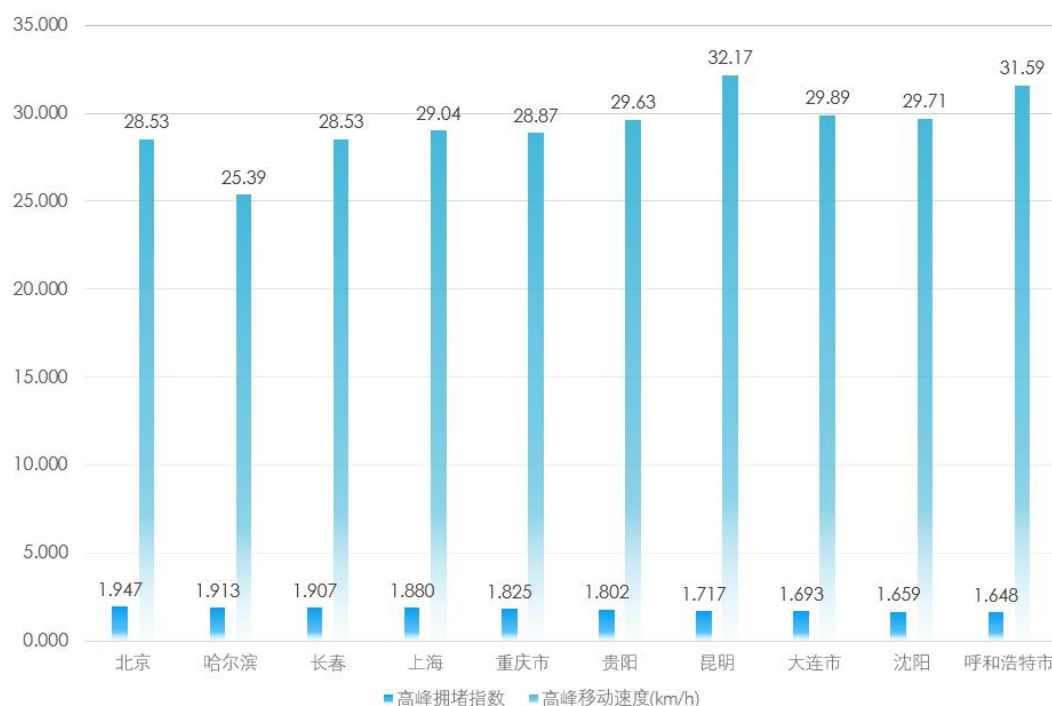
来源：INRIX, 2017 年

注：按照当年每部汽车浪费的平均小时数衡量

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，单纯新修道路只会导致道路车流更加密集，无法解决城市交通拥堵问题。

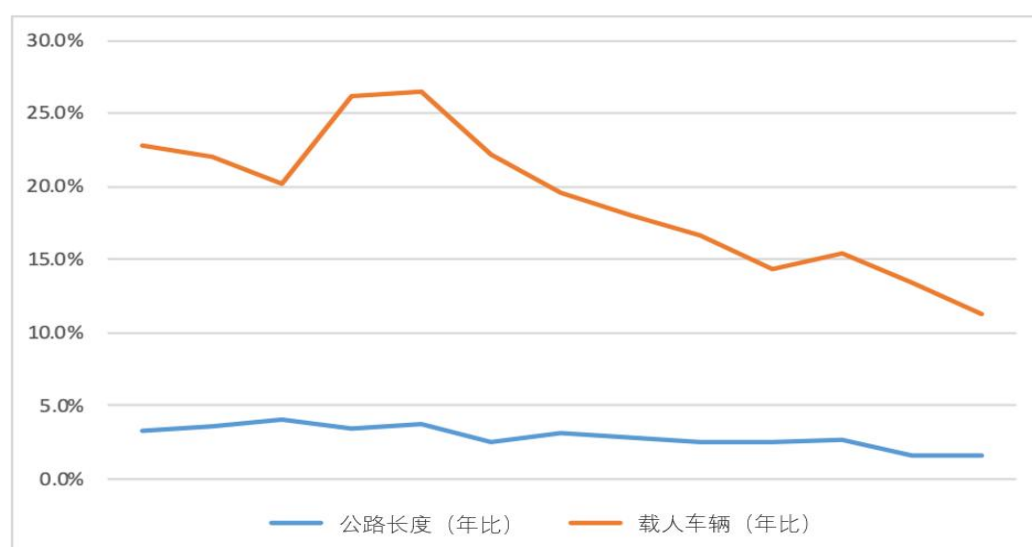
中国就是这样一个典型例子：虽然道路建设量在逐年快速增加，然而交通拥堵却日益严重。百度地图 2018 年的一份报告指出，中国最拥堵的 10 座城市是北京、哈尔滨、长春、上海、重庆、贵阳、昆明、大连、沈阳、呼和浩特。根据中国 100 座城市的大数据，大约 53% 的城市人口每天通勤会耗费 20-60 分钟。随着中国继续推行城镇化，人口激增的大城市将继续面对更加严重的交通拥堵问题。

2018 年第三季度中国 10 大最拥堵城市



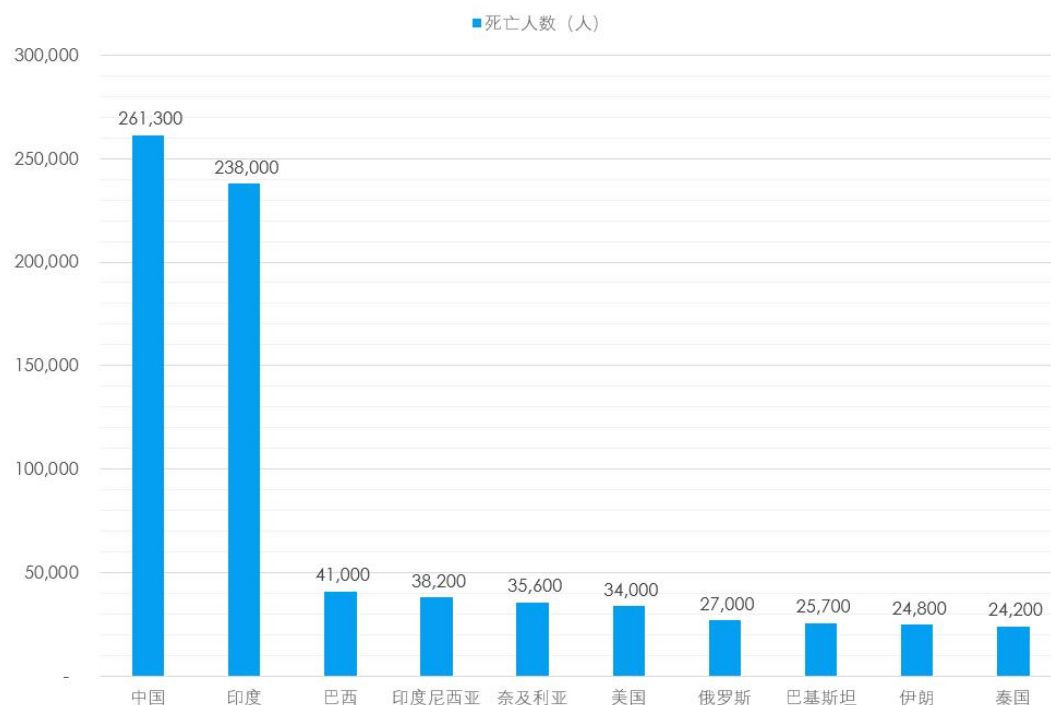
来源：2018 年《中国城市交通研究报告》

中国：汽车保有量增速超过了公路里程增速（2006 年-2018 年）



来源：中国交通运输部

此外，随着发展中国家（包括中国和印度等）汽车保有量的激增，车祸案件也与日俱增。根据世界卫生组织的资料，每年约有 125 万人死于汽车交通事故，即平均每天约 3,400 人死于汽车交通事故。这还不包括非致命性交通事故导致的数以百万计的受伤案例。由于自动驾驶汽车的普及率极低，因此人为失误仍是交通事故的主因。



来源：世界卫生组织

我们相信，全自动化的城市空中交通系统，凭借集中式平台的精准管理，将成为解决城市交通安全问题的最佳的解决方案。

城市空中交通系统依靠电力驱动，将取代现在的燃油车辆，从而大幅减少碳排放量，改善城镇地区的空气质量。根据我们的估算，发动机排量 1.6 升的轿车每年将消耗 1000 升汽油，排放 2.7 公吨二氧化碳。官方统计数据显示，中国 2018 年的碳排放总量达到了 1.04 亿公吨，城市雾霾形式严峻。

城市空中交通的现实性

考虑到日益严重的城市交通拥堵、空气污染和交通事故，我们跳开地面，试图在立体的三维空间找寻最佳解决方案。

我们现在关于城市空中交通的一切畅想早在 20 世纪 50 年代时就进入大众视野，这个概念在当时被称之为“飞行汽车”。例如 1957 年时美国的《大众机械》杂志曾预言，飞行汽车在“未来 10 年”会出现，然而市场一直等待了近 60 年，真实版的“飞行汽车”——亿航全自动飞行器才在 2016 年被正式刊登上了该杂志的封面。实际上，摩根士丹利在 2018 年发布的蓝皮书中表示，由于考虑到技术和政府法规的重大不确定性，保守地估计城市空中交通行业将到 2030 年才会开始发展。



来源：《大众机械》杂志

但是，我们认为那一天会比预想的更早来临。2016 年在美国拉斯维加斯发布的全球首款载人级全自动无人驾驶飞行器——亿航 184，为城市空中交通行业开启了新篇章。这不是关于未来的畅想，而是现在正在发生的事实。

这款自动驾驶飞行器具备 1 个客舱座位、4 支机臂、8 支螺旋桨，最大载重量为 200 公斤，按 100 公里/时的巡航速度行驶可以飞行 20 分钟。到目前为止，亿航全自动飞行器已经成功进行了 2000 多次载人及不载人飞行测试，为商业运营做好了准备。



来源：亿航

发展城市空中交通的必要条件

我们认为，城市空中交通系统的发展应该作为未来 30-50 年城市交通的重要战略。世界各地的政府应该采取行动，实施城市空中交通计划，提升城市的综合竞争力。

部分政府机构已经在这个大方向上向前跨进了第一步。2019 年 7 月，广州政府已与亿航就未来的城市空中交通发展签订了战略协议，广州将有望成为全球首个启动城市空中交通载客服务的城市。

2019 年 10 月，Volocopter 在新加坡进行了一次时长约 2 分钟，距离约 1.5 公里的 UAM 载人测试飞行。同时该公司发布了一款名为“Voloport”的起降平台，专门用于为 UAM 飞行器提供起飞和降落服务。

2019 年 6 月，优步宣布澳大利亚墨尔本成为优步首个国际空中出租车试点城市。墨尔本从而成为继达拉斯、洛杉矶之后加入该计划的第三座试点城市，预定于 2020 年开始测试飞行，2023 年开始商业运营。

总体而言，我们认为城市空中交通战略能否取得成功的三个必要决定因素包括：法规、技术、资本。

1. 法规

下面我们根据不同地区内城市空中交通的监管环境进行分别论述。

中国—CAAC（中国民用航空局）。在中国，发展城市空中交通需要三个层面的监管审批：部队（中国人民解放军空军）、民航（中国民用航空局）、以及当地政府。

● 中国人民解放军空军——空域审批

任何中国城市空中交通飞行都需要获得中国人民解放军空军当地部队对我们拟定路线的批准。一般这样的批准通常是一次有效，或者仅适用于限定时间段。

● 中国民用航空局——适航审定

中国民用航空局日前发布的《基于运行风险的无人机适航审定指导意见》确立了无人机适航体系框架，框架以无人机运行风险的评估、分级、管理为基础。

在此框架下，在特定地点进行载人级自动驾驶飞行器的适航情况评估和载人级自动驾驶飞行器的行业适航标准制定，载人级自动驾驶飞行器的试航需要取得中国民用航空局签发的书面认可。

根据《基于运行风险的无人机适航审定指导意见》，适航细则和法规预计将在 2019 年底前颁布。根据暂行规定，特定类无人机的运营商申请者必须提交试点运行申请。2019 年 2 月，亿航提交了在浙江省台州市进行亿航 216 全自动飞行器的试运营及适航申请，并已通过中国民用航空局的官方初审。

● 当地政府——交通运输管理

由于目前针对载人级自动驾驶飞行器商业运营方面的细则或法规尚未出台，所以中国的监管机构对是否允许在当前监管框架下开展商业运营没有一个清楚的答案。亿航有望在广州启动的战略合作中率先试水，提供城市空中载人运营，并有可能为未来商业运营开创先例。

欧洲 - EASA（欧盟航空安全局）是负责适航认证的监管机构。2018 年 6 月，欧盟理事会针对城市空中交通通过了新的航空安全法则，其中正式明确了欧盟航空安全局在无人机和城市空中交通领域的职责，为各种类型的无人机制定规则，并规范整个欧洲商业市场的标准。

同年 10 月 15 日，欧盟航空安全局就其制定的小型垂直起降（VTOL）飞机的适航认证标准，公开征询意见。这是制定监管框架的第一步，为了实现欧洲空中出租车和电动垂直起降（eVTOL）飞机的安全运行。

随后，欧洲航空安全局于 2019 年 7 月 2 日发布了《小型 VTOL 飞机的特殊条件》。这是一整套专用技术规范，专门规定了 VTOL 飞机的特殊条件。这项特殊条件提出了新的 VTOL 产品的独特特性，并规定了签发型号合格证的适航标准，以及有关载人 VTOL 飞机的附加条件。

美国 - FAA（美国联邦航空局）是美国的监管机构。据悉，它已经建立了无人机交通管理（UTM）系统，用于不受 FAA 空中交通管理（ATM）系统控制的运营。UTM 可管理多架超视距飞行的无人机同时运行的空域，而在这一范围内并没有交通服务。根据 FAA 的说法，UTM 开发的目的是最终实现对低空无人机的管理。

到目前为止，FAA，NASA 和工业界正在协调 UTM 理事会倡议，旨在确保低空领空的安全视线内和超视距无人机的飞行。具体来说，低空授权和通知功能（LAANC）将支持无人机操作的空中交通管制授权要求。通过 LAANC，在机场周围可控领空下 400 英尺范围内，远程飞行员可以申请接收 EASA 的近实时授权的新任务。

另一方面，NASA 正在 UAS 测试站点进行研究，进一步探索 UTM 功能，以适应规则制定过程，从而扩大无人机整合的机会。

全球-JARUS（无人系统规则制定联合机构） 由来自世界各地的监管专家组成，旨在为安全运行 RPAS（远程操控飞行器系统）相关的所有方面推荐一套技术的，安全的操作要求。通过考虑与有人驾驶飞机相关的现行法规，该委员会通过分析 RPAS 相关的特定任务，起草了涵盖 RPAS 独特功能的材料。

2019 年 3 月，JARUS 发布了“特定操作风险评估指南（SORA）第 2.0 版（附件）”，随后于 2019 年 5 月发布了另一份“SORA 标准场景 STS-01 高空作业操作指南”。特定操作风险评估（SORA）旨在提出一种风险评估的方法，该方法主要用于在运营人/申请人希望以受限或受限方式运行 UAS 时，支持在特定类别内运行无人驾驶飞机系统（UAS）的授权申请。

尤其考虑到 UAS（无人空中飞行系统）的创新性，传统的飞机认证方式（例如，批准空中滑行设计，发行适航批准和认证证书等）可能不再适用。

ICAO-国际民航组织。作为联合国专门负责全球民用航空事务的机构，国际民航组织正在密切关注未来可能彻底改变民用航空业现状的创新技术。”2019 年 9 月 22 日至 23 日，国际民航组织举办了最新的航空创新博览会，展示创新技术产品有来自包括 Loon、亿航、Wing 在内的科技初创企业，同时也有来自空客、庞巴迪、泰雷兹等传统大型航空企业。该次展会高度体现了国际民航组织对技术创新的强烈热情。

2. 技术

城市空中交通系统的解决方案提供者需要具备全面过硬的技术知识和研发能力。它应该是一个跨领域的专家，不仅需要制造相关智能飞行器的能力，还需要具备构建集中式平台支持商业运营的能力，同时还要全面精通航空、通信、计算机、材料科学等跨学科的技能。

事实上，强大的供应链对于研发和制造也至关重要。例如，亿航之所以能迅速推出载人级自动驾驶飞行器，部分得益于广东珠三角邻近号称“世界工厂”的超级供应链。

3. 资本

与传统重资产的交通方式（如航空、铁路、高速公路等）相比，城市空中交通系统所需要的资本投入相对较少。例如，亿航 216 自动驾驶飞行器的市场报价仅为 200 万人民币（约合 30 万美元）。这个价格与中国一部豪华汽车（梅赛德斯 S600、宝马 760i）的市价相当。然而，支持这台飞行器所需要的基础设施则明显偏低（附表）。相对而言，公路、桥梁、隧道、民航机场的建造成本都远高于城市空中交通网络站点的建造成本。

全自动飞行器与豪华汽车、低端直升机的对比

	亿航 216	梅赛德斯 S600	宝马 760	特斯拉 Model X	罗宾逊 R22
飞行器成本 (单位: 人民币元)	2,000,000	2,200,000	2,000,000	890,000	2,450,000
道路建设 (单位: 人民币 亿元/公里)	-	0.6-1.0	0.6-1.0	0.6-1.0	-
机场建设 (单位: 人民币万元)	1,000	-	-	-	8,000
司机/飞行员 (单位: 人民币元/年)	-	100,000	100,000	100,000	525,000
维修费用	低	中	中	低	高
排量	-	6 升	6 升	-	5.24 升

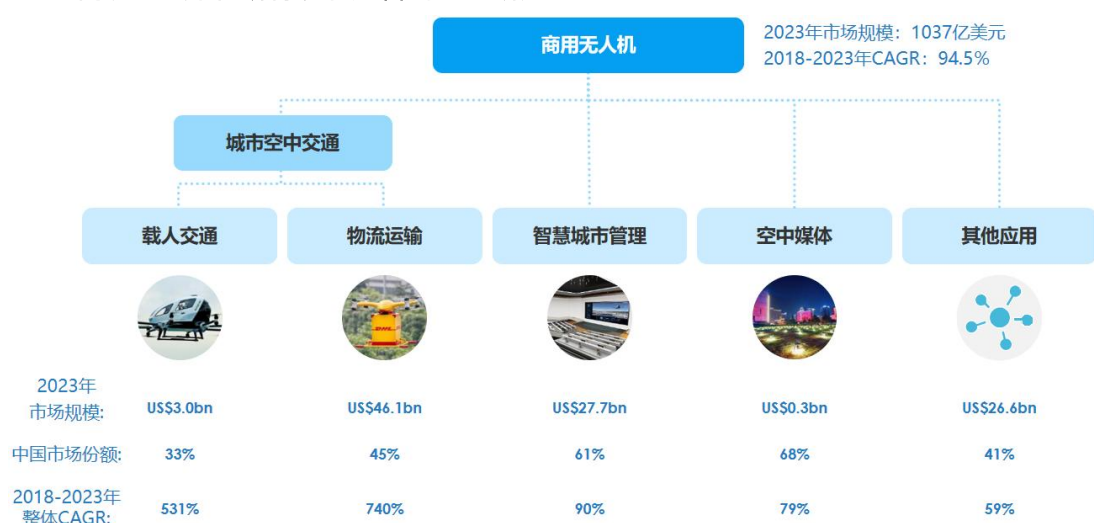
来源: 亿航

而且, 由于人员、维护、能源/燃料成本都比较低, 全自动飞行器的运营成本优势更加明显。

城市空中交通市场发展潜力

根据弗若斯特沙利文咨询公司的资料, 全球商用无人机市场的总收入将从 2019 年的 37 亿美元增长到 2023 年的 1,037 亿美元, 相当于以 95% 的年复合增长率增长。具体而言, 载人城市空中交通的收入将以 531% 的年复合增长率从 30 万美元激增至 29 亿 9500 万美元, 而同期货运/物流城市空中交通收入的年复合增长率为 740% (从 1800 万美元增长到 460 亿 4600 万美元)。同时, 受益于更加开明的政策以鼓励创新, 以及亿航这样的领导企业, 中国在未来城市空中交通领域将引领世界市场, 占据相当大的市场份额。

附表——弗若斯特沙利文咨询公司研究



来源: 弗若斯特沙利文咨询公司

December 2, 2018 10:00 PM GMT

Urban Air Mobility

Flying Cars: Investment Implications of Autonomous Urban Air Mobility

If you're bullish on autonomous cars, it's time to start looking at autonomous aircraft. To make this complex topic accessible, we collaborated across sectors and regions, using scenario analysis to size the addressable market – ~\$1.5tn in our base case by 2040. Logistics is leading the way.

alphawise α



而且，根据摩根士丹利最近的行业研究报告显示，到 2040 年，世界城市空中交通行业收入或将增长到 1.5 万亿美元。

不过，我们认为这两个报告在很多前提假设上可能都过于保守，特别是城市空中客运业务方面。根据我们判断，亿航全自动飞行器将在 2019-2020 年实现全面商业运营，进而可能提前触发市场的爆炸性增长。

城市空中交通的主要参与者

政府监管机构：相关机构可能包括军队、民航管理局（如美国联邦航空局、欧盟航空安全局、中国民用航空局等）、当地机关（包括公安、公共交通管理部门等）。

全球城市空中交通协会：为推动城市空中交通系统在全球的建设和应用，需要成立一个行业组织，确保参与者流畅沟通。与国际航协等全球性组织类似的城市空中交通协会将作为非官方机构，制定行业标准，监督行业发展，推动全球城市空中交通网络的建设。

网络合作伙伴：商业或政府机构可投资建立地区性城市空中交通平台，作为面向客户或公众的城市空中交通服务提供者。网络合作伙伴在全国网络甚至是全球网络中开展工作，可以享受共享客户资源的优势。另一方面，网络合作伙伴订购飞行器和建造基础设施，推动地区性城市空中交通系统的建设。

飞行器制造商 (OEM)：亿航已成功率先完成全球首次商用全自动飞行器的正式飞行。除亿航外，还有其他企业声称正在测试用于城市空中交通的机型。与手机行业类似，城市空中交通行业也需要更加透明和具体的行业标准，确保不同飞行器与现有城市空中交通管理平台兼容。如此，达到城市空中交通标准的各型飞行器都需要符合行业标准，才能加入飞行网络。

商业运营模式

考虑到亿航自动驾驶飞行器相对于直升机和汽车的强大优势，我们估计单元运营成本大约为人民币 10-12 元（单座/每公里），约合 1.43-1.71 美元，比纽约出租车费（2.5 美元基本费率加 1.56 美元/公里）略高的合理价格已足以支付成本。因此，我们相信这一盈利模式最终将被证明会产生可观利润，以保障运营商能在 2 年内收回成本。

我们的财务模型基于如下关键假设：

- 负载量：供乘客乘坐的 1-2 个座位，无需飞行员
- 客座率：不低于 90%
- 飞行器成本：30 万美元
- 电池寿命：500 次循环
- 折旧年限：10 年
- 电力成本：0.2 美元/1 度电
- 运营时间 20 小时/天，6000 小时/年
- 单位票价：2.5 美元/乘客/公里

基于我们的财务测算模型，亿航 216（2 座版）可以带来的年收入达到 352,174 美元（人民币 250 万元）。运营成本中 60% 以上为电池；扣除运营成本之后利润 138,000 美元，即运营利润率为 39%。我们相信我们的测算假设条件相当保守，并没有考虑规模经济带来的潜在效率增益。此外，改进电池技术，将可能减轻电池重量，延长电池寿命，降低电池价格，直接推升运营成效。

敏感性分析

电池——电池是亿航自动驾驶飞行器中单项成本最高的部件，敏感度分析表明，电池成本每降低 1%，运营成效将提升 2%。

定价——我们认为近期缺乏市场竞争会导致较为强势的定价权。根据我们的估算，单元票价每提高 1%，运营利润将增加 3%。

第 3 章

城市空中交通运营和影响

20 世纪，汽车这项伟大的发明对世界产生了深远影响，大幅提高了人类生活质量。当数以亿计的资金投入被用于建设公路、隧道、桥梁等基础设施，城市面貌大为改观；同时由于基建活动所带来的挖山凿洞、采伐林木，人类对大自然的破坏也是有目共睹。

然而，随着城市日益拥挤，城市交通变得愈加困难。通勤成本增加了，原因不仅是燃料价格上涨，也包括停车费和治理交通拥堵的通行费上涨。

我们相信，在 21 世纪，城市空中交通系统的应用，将进一步改变世界，创造更加安全、智能、高效、环保的日常交通出行方式。

城市空中交通将如何改变人类生活？

1. **安全交通**——电源冗余配合计算机集中控制，将消除人为失误导致的交通事故。
2. **智能交通**——自动化在线订票使出行更加便利，预定航线提高了出行的确定性。而且，智能交通是“智慧城市”的关键组成部分，旨在提高在速度、便捷性、效率方面的整体出行体验。
3. **提高效率**——节约时间的好处是不可估量的。采用城市空中交通，不仅巡航速度更快，直线路径效率也更高，不受拥堵困扰。而且，共享经济意味着资产利用率更高，乘客也不必担心寻找停机位问题，因此更多的人将享受到更加愉快的通勤体验。
4. **提升机动性和可达性**——借助城市空中交通，出行的人能够达到不容易达到的新目的地，比如岛屿、山川、湿地、森林。另一方面，采用城市空中交通，也将最大限度减少因为修建基础设施对自然的影响，且修建基础设施往往耗资数以亿计。
5. **缓解城市集中度**——交通出行的灵活机动性提高意味着人们在远郊生活更加便利，而且可以享受更充分的生活空间。这还会缓解在大城市（特别是中国）房地产价格高导致的生活成本压力。
6. **绿色生活**——城市交通采用绿色能源，减少了碳排放，从而提高空气质量。这一点特别有利于中国和印度等人口大国。



来源：亿航

城市空中交通将对当今交通方式产生巨大影响

作为全新的颠覆性模式，城市空中交通将把交通维度从二维提升至三维，而普通航空公司则无法提供城市短程出行服务。针对城市空中交通对特定行业的潜在影响，我们试分析如下。

● 航空公司

我们将城市空中交通系统视为现有航空客运服务的完美延伸，因为城市空中交通系统提供了到乘客家中的“最后 50 公里”无缝交通衔接。传统航空公司要保持竞争力，应该快速行动起来，与城市空中交通系统合作，为乘客提供增值服务。世界上最大的 2 个航空市场——美国和中国，在 2018 年分别载运了 8.93 亿人次和 6.12 亿人次旅客流量。假设其中仅有 10% 的乘客选择城市空中交通作为“最后 50 公里”中转，那仅美国和中国就会产生 1.5 亿人次的城市空中交通旅客量。

● 高铁

与航空公司类似，高铁运营商应该会发现城市空中交通与其现有服务是互补的关系。地铁和公共汽车服务是从高铁站换乘的自然之选，而全自动无人驾驶飞行器可以为高铁高端商务客提供便利。相比成本，高端乘客对时间更加敏感。根据中国国家铁路公司的资料，2018 年中国的高铁运送乘客约达 20 亿人次。假设其中只有 5% 的乘客选择城市空中交通从高铁站中转，每年的客流量也将达到约 1 亿人次。

● 高速公路

作为汽车的替代出行方式，城市空中交通最终可能蚕食城市内公路的市场份额。其实，交通拥堵和较高的基础设施投资与维护成本正在制约纽约、洛杉矶、伦敦、东京、香港、北京、上海等大城市的长期增长。统计数据表明，2018 年中国轿车数量达到了 2.056 亿部，其中大约 140 万部出租车运送了约 360 亿位乘客。这意味着这是一个庞大的城市空中交通市场。

● 水路

事实证明，城市空中交通是岛屿与近海区域之间极有价值的中转交通方式，城市空中交通采用直线路径，提供了更加快速、舒适、愉快的交通体验。它甚至可以与一些船舶服务相结合，因为一些大型游船甲板上可以方便地增加起降平台。

第 4 章

主要应用场景

把目光从城市再放远一点到偏远的郊外和农村地区，我们可以看到更多的应用潜能。因而我们认为“城市空中交通”这一名词似乎过于局限。除城市交通外，全自动空中飞行器可以满足现在主要由民用直升机覆盖的各领域特定需求。根据航空咨询公司 AsianSky 的资料，截止 2018 年底，亚太地区民使用燃气涡轮的直升机数量规模达到了 4,265 架，同比增长 4.6%，预估重置成本达 309 亿美元。基于亿航 216 的市场价格（30 万美元），这相当于 103,000 架自动驾驶飞行器的市值。它的关键应用领域包括油气（陆上/海上）、林业、消防、航拍、农业与害虫防控、电线维修与巡检、新闻报道、近海作业、搜救、医疗急救服务、执法等。

附表——直升机和重置成本

任务	机队规模 (单位) / 市场份额	重置成本 (\$M) / 市场份额
多任务	2,248 (53%)	11,950 (39%)
公司自用	377 (9%)	2,228 (7%)
海洋石油	343 (8%)	5,971 (19%)
搜寻救援	311 (7%)	3,903 (13%)
执法	307 (7%)	2,512 (8%)
医疗急救	267 (6%)	2,323 (8%)
租赁	266 (6%)	1,439 (5%)
私人用途	87 (2%)	374 (1%)
培训	59 (1%)	199 (1%)
总计	4,265	\$30,899

来自 AsianSky 集团

注 (1)：“重置成本”数字是基于这样的假设：现有直升机被其特定原始设备制造商的最新版本以 2018 年的定价所取代。

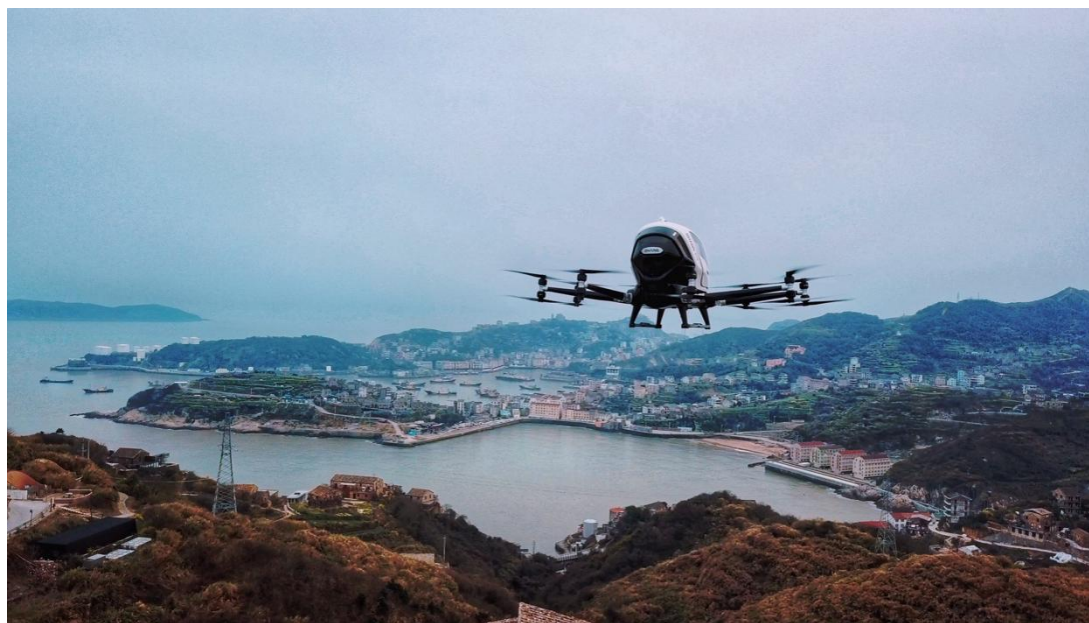
目前普通无人机在这些场景的应用还比较有限，主要因为：1) 负载量不足，普通无人机只能载运 10 千克的有效载荷；2) 体积较小，普通无人机是针对消费者使用设计，比如航拍；3) 缺乏集中式命令和控制平台，难以安全准确地大规模运营。

考虑到城市空中交通飞行器相对于普通无人机的强大优势，设想城市空中交通进入当前被传统直升机占领的各领域，更具可行性。特别是，城市空中交通较低的运营成本会进一步刺激当前直升机未能充分提供服务的新市场的增长。

具体而言，我们尝试选择多个应用场景进行讨论。

旅游和娱乐观光

城市空中交通可在景区、游乐园、旅游景点等指定地点提供空中旅游服务。游客搭乘城市空中交通飞行器，可以游览以前难以到达或者无法到达的新地区，比如深谷、高峰、丛林、荒岛、瀑布。



来源：亿航

仅中国国内，就有 259 个 5A 级旅游景区和 1,528 个 4A 级旅游景区。根据中国旅行社的资料，中国 2018 年国内游客达到 55.4 亿人次，总消费超过人民币 5.13 万亿元（7,430 亿美元）。假设其中仅 893 个景区（50%）引入了城市空中交通服务，每个景区只设置 10 架自动驾驶飞行器，那么短期中国的自动驾驶飞行器需求量将达 8,930 架。

对于选择城市空中交通的乘客来说，相比交通出行的场景，旅游休闲时对价格的敏感度相对不高，那么从商业角度上，旅游业应用对运营商而言更有吸引力。

急救医疗服务

城市空中交通具备快速移动的特性，是“空中救护车”的理想解决方案，尤其当地面交通拥堵可能严重影响普通救护车执行应急任务的情况下。



来源：亿航

截至目前，中国有约 11 万辆救护车、365 个急救中心，主要部署在城镇地区。根据庞大的总人口计算，那么每 10 万人仅有 127 台救护车。鉴于中国超过 40% 的人口（5.8 亿）生活在农村，农村不易获得急救服务，政府还存在较大的缺口，需要提升农村居民的医疗条件。

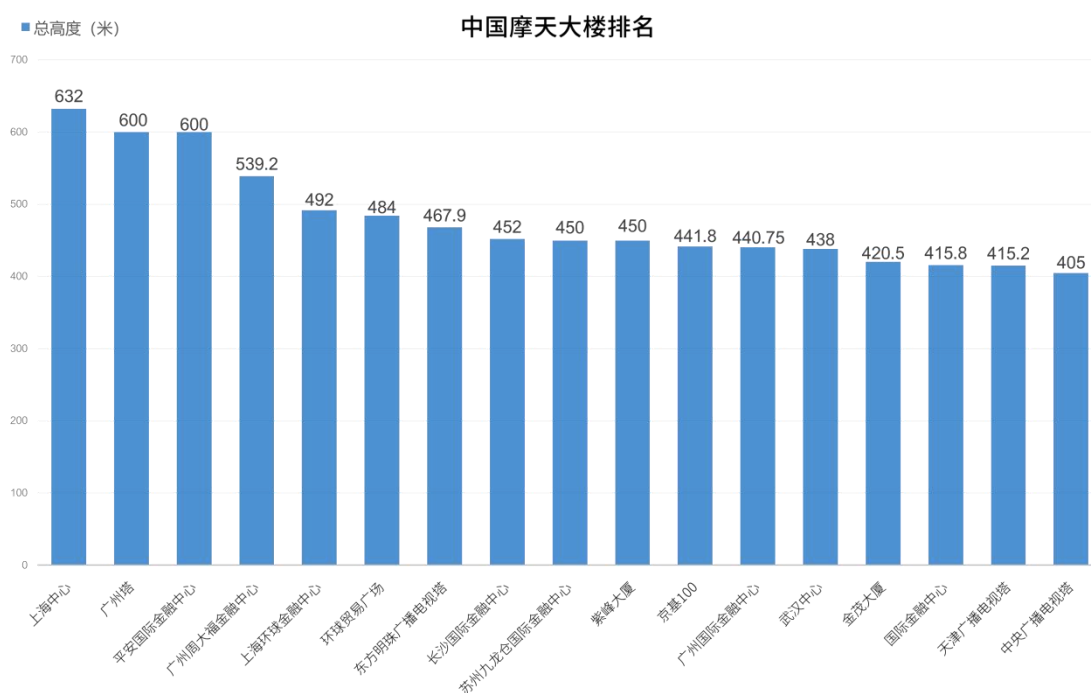
考虑到更为分散的农村人口生活在山中、岛上、高原，甚至是荒地上，构建必要的急救系统需要在基础设施方面进行投资（道路、隧道、桥梁等），可能既耗费资金，又占用时间。城市空中交通飞行器相比普通救护车优势明显，因而城市空中交通飞行器可能是更加快捷、高效、经济的解决方案，可以改善中国的农村急救系统。

假设中国准备按照仅 10/100,000 的比率向 5.8 亿农村人口提供空中救护车服务，那么潜在需求将达 5.8 万架全自动飞行器。

与此类似，对于南亚和非洲人口众多但是经济不发达的国家，那里基础设施和医疗条件甚至更加糟糕，城市空中交通会是一个解决方案。

消防救援

随着近年来摩天大楼在中国拔地而起，中国拥有了全世界主要的高层建筑，其数量可能比任何一个国家所拥有的摩天大楼数量还要多。到 2019 年，中国 400 米以上的前 15 栋高楼同时也位列全球前 26 之中。此外全国各大城市还建有许许多多略矮一些的高楼没有统计在内。



来源：亿航

年代	摩天大楼建成数量
2003-2004	133
2005-2006	125
2007-2008	126
2009-2010	127
2011-2012	105
2013	83
2014	149
2015	137
2016	127
总计	1112

来源：亿航

注：高于 150 米的大楼数量

然而，从消防安全着眼，高楼的崛起给传统的消防灭火方式带来新的挑战，毕竟空中

消防平台和云梯车能够达到的高度是有限的。经过改装的亿航空中飞行器给未来空中消防带来新的解决方案，它配备了自动喷水枪和水泵，能够在空中喷射灭火，还可以将消防队员运送到 400 米以上的高楼内，并解救被困人员。

初步统计显示，2018 年全国共接报火灾 23.7 万起，造成 1407 人死亡、798 人受伤、直接财产损失达 36.75 亿元。2018 年全国消防救援队伍出动消防救援人员 1273.2 万人次，出动消防车辆 219.3 万辆次。我们认为，未来的城市消防灭火对空中飞行器的需求巨大，全自动空中消防飞行器将在实践中证明其价值。



来源：亿航

行业应用

以近海海洋产业为例，城市空中交通飞行器可以作为直升机的合理替代方案，近海海洋产业频繁使用直升机在海上钻井平台和近海总部之间载运员工和物资补给。城市空中交通飞行器更加安全、成本更低，可以二十四小时不间断运行，会是更好的选择。



来源：亿航

AsianSky 的直升机研究报告表明，截止 2018 年底，一共有 343 架民用燃气涡轮直升机专用于在亚太地区进行近海油气作业，估计重置成本达 59.1 亿美元。我们认为这相当于约 2 万架亿航 216 自动驾驶飞行器的市值。

此外，开发近海风电场还会带来潜在机会。根据 AsianSky 估算，未来 10 年，亚太地区近海风电容量将增长 20 倍，可能大幅增加客运和物流的交通运输需求。

在其它行业应用领域，比如电网维护和管道检查，城市空中交通飞行器也会是理想之选。

第 5 章

发展城市空中交通生态系统

发展城市空中交通生态系统需要多方的投入和付出。和传统出租车网络相比，城市空中交通系统虽然也提供单独的飞行器（最多乘坐 2 人），但它与出租车网络最大的区别是 1) 城市空中交通飞行器与公交车系统类似，需要按照预定路线，提供点对点运输；2) 城市空中交通飞行器为全自动飞行，无需飞行员/司机。

城市空中交通与出租车、公共汽车、共享出行的比较:

	城市空中交通	出租车	公共汽车	共享出行
自动	是	否	否	否
速度（注）	130 千米/时	60 千米/时	40 千米/时	60 千米/时
有效路径（注）	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

备注:

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，主要因为是空中交通是直线。

系统网络开发商

开发商是负责设计、建造、运营包括指挥调度中心在内城市空中交通网络的技术企业。出于安全方面的原因，指挥调度中心与现在的共享出行平台类似，在城市指挥系统中的城市空中交通飞行器方面发挥着独特作用。指挥调度中心接收乘客使用移动应用程序传来的订单，即时处理信息，自动分派可用城市空中交通飞行器以执行订单。

飞行器制造商

它们是制造与城市空中交通完全兼容城市空中交通飞行器的原始设备制造商（OEM），需要满足较高的质量标准，从而确保运营安全性。

网络合作伙伴

网络合作伙伴被定义为拥有一定数量城市空中交通飞行器、覆盖指定城镇地区的区域运营商。作为有效投资者，他们负责向制造商购买飞行器，并负责当地的所有相关事宜，包括场地租赁、运营团队的构建、电池充电、维修等。根据其财务实力和运营能力情况，特定网络合作伙伴的服务区域甚至可以覆盖整座城市。

基础设施

基础设施主要包括机场场地、维修中心、充电设施、客运服务设施等。

供应链

供应链包括相关供应商以提供电动机、电池、电池管理系统、速度控制、飞行控制、航空电子设备、复合材料等。新产品能否成功开发、生产和交付，取决于是否具备完善的供应链网络。

监管机构

监管机构主要包括政府、军队、民航等。商业化需要空域审批、适航审定、运营许可证。虽然监管许可是城市空中交通生态建设的第一步，但在立法上如何兼顾传统安全标准和技术创新的融合，仍是一项挑战。企业和政府需要密切深度合作，以应对安全、空中流量控制、噪音控制、空域规划等方面出现的问题。

第 6 章

发展前景

城市空中交通这个新兴产业，已经吸引了全世界政府、企业、研究机构、投资者的关注。在资源投入充足的情况下，我们预计这个行业会迎来很快的发展。

展望未来，我们预计在下列领域的潜在技术突破将进一步推动城市空中交通行业的发展。

电池技术

我们的运营分析表明，电池是单项成本最高的部件，以 500 次充电循环考虑，电池在亿航 216 自动驾驶飞行器总运营成本中占比超过 60%。我们估算，电池成本降低 1%，运营商的运营利润将增加 3%；而电池寿命延长 1%，运营利润将增加 2%。

而且，由于电池重量在自动驾驶飞行器的空机重量中占大约 1/3，电池继续减重将大幅增加自动驾驶飞行器的航程。

最终，从商业角度而言，缩短电池充电时间，将提升资产利用率，提高运营成效。



来源：亿航

新型材料

与普通飞机类似，自动飞行器对重量非常敏感。复合材料质量轻盈，结构坚固，是理想的航空材料，例如电动机等关键零部件采用金属制成。进一步减轻飞行器的新材料或新设计将帮助延长航程，提升总体性能。



来源：亿航

空气动力学

电动垂直起降飞行器尽管存在诸多优点，但缺乏固定翼的固有升力，意味着能效不高，航程有限。改进设计，结合电动垂直起降飞行器和固定翼飞行器的优势，可能会有所帮助。贝尔波音的 V-22 Osprey 就是一个比较好的例子，V-22 Osprey 相比普通直升机，巡航速度、高度更高，航程更远。



来源：亿航

5G 网络

即将到来的 5G 网络将增强城市空中交通飞行器的互联互通能力，扩展指挥调度平台的能力。

具体而言，采用 5G 网络，可以实时传输高清图片，可以遥控，还能精确定位多架同时运行的城市空中交通飞行器。5G 网络还将通信环路，从单架城市空中交通飞行器与指挥调度平台之间的环路，拓展到在飞行器之间运行。



来源：亿航

降噪

尽管亿航自动飞行器的噪音明显低于直升机，但降噪方面仍有较大改进空间，以支持飞行器在居民区的正常运行。理想状态下，我们认为自动飞行器起降的噪音不应超过在附近施工运行的工程车辆所发出的声响。我们需要研究降低噪音的技术（例如改变螺旋桨的尺寸和造型等），进一步降低自动驾驶飞行器的噪音。



来源：亿航

结论

作为城市交通拥堵，交通事故和空气污染问题的最终解决方案，城市空中交通具备巨大的市场潜力。为了使城市更加高效，智能和具有竞争力，政府必须采用有效的城市空中交通战略，在集中的指挥控制平台的基础上构建完整的生态系统。未来的城市空中交通系统应该是安全，自主，高效，环保和集中控制的，并开放给公众乘客。凭借未来技术进步带来的潜在优势，我们认为城市空中交通服务的成本能够与当前正常的出租车服务一样低廉，以达到真正造福大众的目的。因此，这种新的城市交通方式将最终取代汽车，并释放大部分被道路占用的土地资源。

作为全球城市空中交通行业的领导者，亿航致力于为每个人提供安全，自动和环保的空中交通方式。除了制造自动驾驶飞行器外，亿航还致力于构建一个支持城市空中交通生态系统运营的完整平台。为此，我们寻求与包括政府，监管机构和商业组织在内的各方合作。凭借亿航在航空、自动化和集群控制领域的专业知识，我们探索出多种潜在的应用场景，如旅游和娱乐，紧急医疗服务和其他行业应用。

作者

徐华翔

亿航首席战略官

编委

胡华智

亿航创始人、董事长、首席执行官

熊逸放

亿航联合创始人、首席市场官

刘剑

亿航首席财务官

萧尚文

亿航联合创始人

参考资料

Uber Elevate

Fast-Forwarding to a Future of On-Demand Urban Air Transportation ([Oct 27, 2016](#))

NASA Urban Air Mobility

Urban Air Mobility (UAM) Market ([November, 2018](#))

Morgan Stanley

Flying Cars: Investment Implications of Autonomous Urban Air Mobility ([Dec 2, 2018](#))

Roland Berger GmbH

Passenger Drones Ready to Take-off ([Dec 21, 2018](#))

关于作者

徐华翔（Edward Xu）先生是全球领先的城市空中交通解决方案提供商亿航智能的首席战略官，协助 CEO 负责集团战略管理、运营和财务相关工作。

加入亿航智能之前，徐先生在全球领先的跨国金融服务公司摩根士丹利担任亚太交通运输研究部主管兼执行董事，负责带领研究团队覆盖区域内尤其是中国交通运输相关行业，包括航空、物流、机场、铁路等领域三十余家企业。自 2004 年加入摩根士丹利研究部，徐先生拥有 15 年专业股票研究经验，曾经参与中通快递、嘉里物流、亚洲航空（AirAsia X）、泰国曼谷轻轨列车、中银航空租赁等重大项目的上市融资（IPO）。自 2012-2019 年，徐先生带领的亚太交通研究团队连续被机构投资者杂志（Institutional Investor）评为最佳亚太交运分析师（前三名），在投资界和行业内享有盛誉。

徐先生持有全球注册金融分析师（CFA）资格及美国伊利诺大学香槟分校（UIUC）工商管理硕士（MBA）学位。

关于亿航智能

亿航智能(NASDAQ: EH)是一家全球领先的智能自动驾驶飞行器科技企业，致力于让每个人都享受到安全、自动、环保的空中交通。亿航智能为全球多个行业领域客户提供各种自动驾驶飞行器产品和解决方案，覆盖城市空中交通（包括载人交通和物流运输），智慧城市管理和空中媒体等应用领域。作为全球城市空中交通行业中，自动驾驶飞行器创新技术与应用模式的领军者，亿航智能不断探索天空的边界，让飞行科技普惠智慧城市的美好生活。