□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□

2026□2035全球低空经济城市空中交通（□□□）基础设施与运营蓝图

城市级电动垂直起降航空器（□□□□□）枢纽网格化布局与商业化运营方案

呈递：全球城市基础设施投资基金（□□□□）

□□□□□□2026年4月

版本□□2□1□□□30页完整版

执行总览

城市级□□□□□□枢纽网格化布局与商业化运营方案□—□五大核心模块

01 产业爆发点与城市准入标准

全球□□□市场规模预测、超大型城市拥堵率与空中交通溢价关联、15个试点城市政策成熟度对比

□3□—□□7

02 □□□□□□□□□□垂直起降场基础设施建设

网格化布局规划、枢纽站技术标准矩阵、□□□□精密着陆算法、□□□□□拆解、电网协同方案

□8□—□□14

05 安全冗余、伦理合规与未来愿景

十年期□□□联动验证、城市低空安全风险因子体系、伦理合规框架、2035□未来愿景

□28□—□□31

03 机队运营与空域协同调度

□□□□□机型对比矩阵、混合机队动态调度、□□□低空走廊设计、□□□区块链协议、机组培训体系

□15□—□□20

04 商业模型与投资回报分析

□2□2□商业模式、动态定价收益管理、□□□□精细化拆解、十年期□□□与敏感性分析、融资结构

□21□—□□27

□□□□□□□□□□□□□□□□□□□

01

产业爆发点与城市准入标准

分析2026年超大型城市地面交通拥堵率与空中交通溢价能力的关联，建立全球试点城市准入评估框架

□3□—□□7

□□□

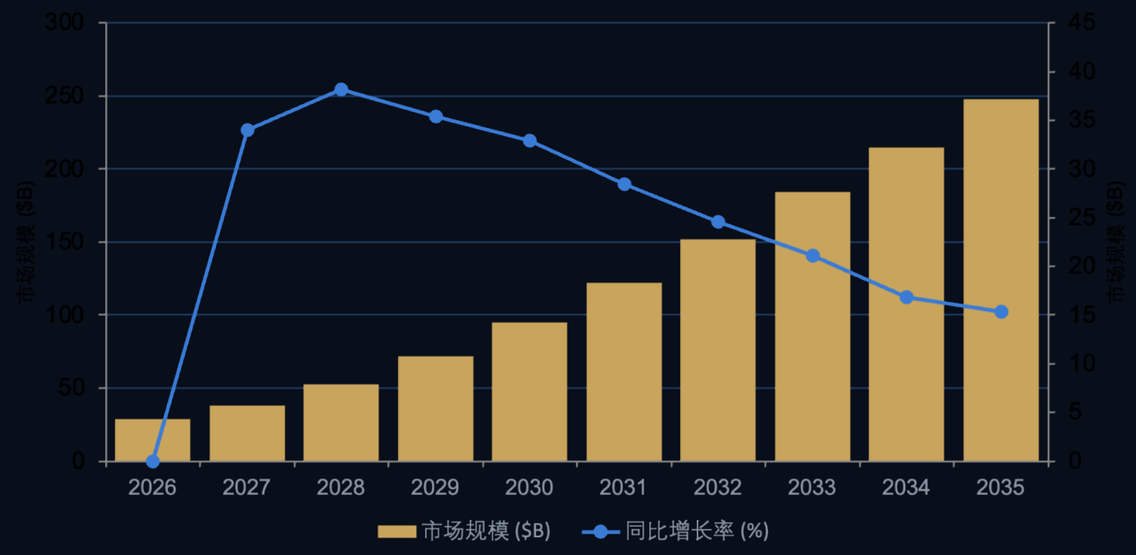
□4□□□全球□□□产业爆发窗口与市场规模预测

□247□8□
2035年全球□□□市场规模

27□3□
2026□2035□□□□□复合年增长率

48□
2035年基础设施与服务占比

400□□□□□□
电池能量密度突破阈值



2026年全球□□□产业正处于技术成熟度曲线从□泡沫化低谷□向□实质生产高峰期□过渡的关键拐点。根据□□□□□□□□□□□□□□与□□□□□□□□□□□□□□联合研究，全球□□□市场规模将从2026年的□28□5□增长至2035年的□247□8□。

其中，基础设施与服务运营占比将从2026年的35□提升至2035年的48□，成为产业链最大价值捕获环节。驱动因素包括：①□□□□□机型□□□□□取证加速（□□□□□□□□□□□□□□预计2026□2028年集中发证）；②电池能量密度突破400□□□□□，航程延伸至150□□以上；③5□□□□6□空天地一体化通信网络覆盖城市低空走廊；④碳中和政策倒逼城市地面交通电气化与空中化分流。

本方案聚焦□枢纽网格化布局□战略，通过高密度□□□□□□□□□网络实现城市内任意两点30分钟通达，构建□空中地铁□级公共服务体系。

四大核心驱动因素

取证加速
□□□□□□□□□□□□□□2026□28集中发证

电池突破
400□□□□□能量密度，150□□□航程

通信覆盖
5□□□□6□空天地一体化网络

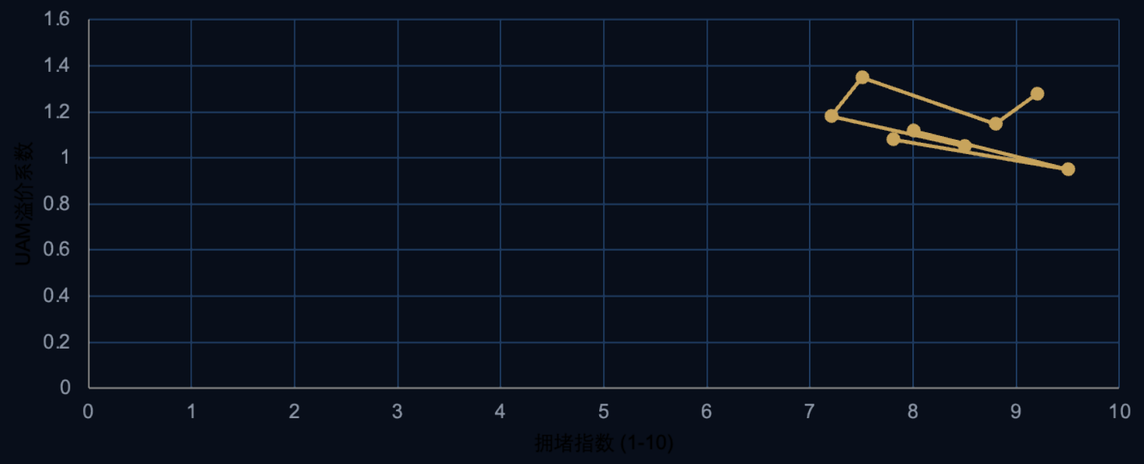
碳中和倒逼
地面交通电气化与空中化分流

□□□□□□□□□□□□□□□□□□□

□5□□□超大型城市地面交通拥堵率与空中交通溢价关联模型

全球15个□□□□□□□□□□（人口□1000万）的地面交通拥堵指数与□□□服务溢价能力呈现显著正相关（□□□□□□□□□□□0□84□□□□0□01）。以新加坡为例，2026年高峰时段平均车速降至18□2□□□□，拥堵成本占□□□的4□7□，市民对□时间价值□支付意愿（□□□）达到□42□小时，对应□□□单程票价可接受区间□85□□150。

深圳作为粤港澳大湾区核心节点，地面交通日均拥堵时长142分钟，跨湾通勤需求催生强劲空中出行市场。迪拜凭借主权基金背书与宽松监管环境，□□□服务溢价系数达1□35（全球最高）。巴黎依托2024奥运会遗产基础设施与欧盟绿色新政，成为欧洲□□□政策最友好城市。



城市	拥堵指数	高峰车速□□□□□	拥堵成本□□□□	□□□□□□□□□	溢价系数	可接受票价□□□	市场容量□架次□日□
新加坡	9□20	18□20	4□70□	42□00	1□28	85□00□150□00	2□400
深圳	8□80	16□50	5□20□	28□00	1□15	55□00□120□00	3□200
迪拜	7□50	22□80	3□80□	55□00	1□35	95□00□180□00	1□800
巴黎	7□20	19□60	3□20□	38□00	1□18	70□00□140□00	2□100
洛杉矶	8□50	17□30	4□50□	35□00	1□05	60□00□110□00	2□800
首尔	8□00	15□80	3□90□	32□00	1□12	55□00□105□00	1□950
曼谷	9□50	12□40	6□80□	15□00	0□95	25□00□55□00	1□500

□□□□□□□□□□散点图，□轴为拥堵指数，□轴为□□□溢价系数，气泡大小为市场容量□

□6□□□□全球前15个试点城市空域开放政策成熟度对比

基于□法规框架完整性、空域分类精细度、认证审批效率、政府补贴力度、公众接受度□五个维度，对全球15个□□□试点城市进行政策成熟度评级（1□10级）。新加坡以9□2分位居榜首，深圳9□0分紧随其后，迪拜8□8分位列第三。

城市	法规框架	空域分类	审批效率	政府补贴	公众接受度	综合评分	关键政策亮点
新加坡	9□50	9□80	9□20	8□50	9□00	9□20	□□□□□□□□框架□60天审批
深圳	9□20	9□50	8□80	9□00	8□50	9□00	全国首个□□□□□城市试点
迪拜	8□80	9□00	9□50	9□80	7□80	8□80	2026□2首条商业航线
巴黎	8□50	8□80	7□50	8□20	8□00	8□20	欧盟绿色新政□奥运遗产
洛杉矶	7□80	7□50	7□20	6□50	7□50	7□50	□□□□□□□□框架推进中
首尔	7□50	7□80	7□00	7□80	7□00	7□42	□□□□□大挑战计划
悉尼	7□20	7□00	7□50	6□80	6□50	7□00	□□□□远程飞行员认证
曼谷	6□80	6□50	7□80	8□00	6□00	7□02	□□□□快速审批通道
圣保罗	6□50	6□20	6□80	7□20	5□80	6□50	□□□□□□□□工作组成立
伦敦	6□80	6□50	6□00	5□50	6□80	6□32	□□□保守审慎□噪音争议
雅加达	5□80	5□50	6□50	7□00	5□50	6□06	新首都□□□□□□□□□规划
墨西哥城	5□50	5□20	6□00	6□50	5□20	5□68	□□□□□□□□法规草案
孟买	5□20	4□80	5□50	6□00	4□80	5□26	□□□□□□□□概念验证
开罗	4□50	4□20	5□00	5□50	4□50	4□74	□□□初步法规框架

评分维度说明：法规框架完整性（□□□专项立法、空域管理法规、运营许可制度）、空域分类精细度（□□□分层、□□□□□□□□定义、电子围栏标准）、认证审批效率（□□□□□□□□审批周期、一站式窗口）、政府补贴力度（□□□□□补贴比例、运营补贴、研发资助）、公众接受度（噪音容忍度、隐私关注度、体验飞行参与度）。评分基于2026年□1公开政策文件与专家访谈。

□□□□□□□□□□雷达图对比前5名城市五维度评分□

□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□

□7□□□城市准入标准与分阶段准入路线图

□□□□□1□核心枢纽□2026□2028

准入门槛：

- □政策成熟度□≥□8□0
- □□□□□□□□□□□□□□□□□□□□50□
- □□□□□□□□□人口□□□1500万
- □直升机基础设施可改造率□□□60□

首批入选：

新加坡□□□深圳□□□迪拜□□□巴黎

□□□□□2□战略扩张□2028□2031

准入门槛：

- □政策成熟度□6□5□8□0
- □快速城镇化率□□□2□□年
- □政府承诺补贴□□□30□□□□□□□

候选名单：

洛杉矶□□□圣保罗□□□首尔□□□悉尼□□□曼谷

□□□□□3□生态培育□2031□2035

准入门槛：

- □政策成熟度□5□0□6□5
- □人口□□□800万
- □□□□增速□□□4□

观察名单：

雅加达□□□墨西哥城□□□开罗□□□孟买

72项量化准入评估指标（节选）

评估指标	新加坡	深圳	迪拜	巴黎	洛杉矶	基准阈值
可用□□□分层数	9	8	7	8	6	□□6
电网承载力□□□□□□□□	85□00	62□00	48□00	55□00	58□00	□□40
年均适飞天数□天□	335	310	350	285	320	□□280
噪音敏感区□□阈值	52□00	55□00	58□00	50□00	55□00	□55
紧急迫降场地密度	2□8	1□9	1□5	2□2	1□8	□□1□0

□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□07□□□□□□□□□

□□□□□□□□□世界地图热力图，标注□□□□□1□2□3城市及准入时间线□

02

□□□□□□□□□□垂直
起降场基础设施建设

从枢纽站建设技术标准到自动化引导降落系统，构建高密度、高冗余的城市级□□□□□□□□□网格网络

□8□—□□14

□□□

□10□□□□枢纽站建设技术标准矩阵（12列□12行）

技术参数	站点等级	占地面积□□□□	充放电能力□□□□	气象雷达□□□□	抗风等级	消防响应□□□	建设成本□□□□□	电网载荷□□□□□	日吞吐量□架次□	□□□精度	□□□冗余
□级□□□□标准型	□	12□000□00	6□350	45□00	12级	8□00	18□50□	8□00	480	□□□□□□□□	□□2
□级□□□□大型	□□	18□000□00	8□350	60□00	14级	6□00	26□80□	12□00	720	□□□□□□□□	□□2
□级□□□□紧凑型	□□	8□000□00	4□350	35□00	10级	10□00	13□20□	6□00	320	□□□□□□	□□1
□级□□□□□□□□标准型	□	4□500□00	4□200	共享	10级	12□00	7□20□	3□00	240	□□□□□□	□□1
□级□□□□□□□□大型	□□	6□500□00	6□200	共享	12级	10□00	9□80□	4□50	360	□□□□□□	□□1
□级□□□□□□□□紧凑型	□□	3□000□00	3□200	共享	8级	15□00	5□50□	2□00	180	□□□□□	□□1
□级□□□□□□标准型	□	800□00	2□120	区域网	8级	20□00	1□80□	1□00	80	□□□□□	□□1
□级□□□□□□屋顶型	□□□	500□00	2□80	区域网	6级	25□00	1□20□	0□50	48	□□□□□	□□1
□级□□□□□□停车房型	□□□	600□00	2□100	区域网	8级	22□00	1□50□	0□80	64	□□□□□	□□1
应急备用站	□	2□000□00	1□50	无	6级	30□00	0□80□	0□30	24	□□□	□□0
□□□维修中心	□	5□000□00	4□150	30□00	10级	15□00	8□50□	4□00	0	□□□	□□1

注：消防系统均为自动泡沫□干粉双模式；□□□精度基于□□□□系统；□□□冗余□□1表示主系统□1套备份

□□□□□□□□□三维□□□□□□□□□剖面图，标注各功能区与技术指标□

□11□□□自动化引导降落系统（□□□□）精密仪表着陆算法

多传感器融合架构

传感器类型	□□□□□□□□	□□□□□	毫米波雷达	视觉惯性里程计□□□□□
核心参数	水平□2□□□垂直□3□□	128线□200□□1□2□□□□□□□	77□□□□□500□穿透	6□□□□60□□□
功能定位	主定位源	地形扫描□避障	全天候探测	姿态估计□备份

核心控制算法□—□扩展卡尔曼滤波□□□自适应滑模控制

核心算法为扩展卡尔曼滤波（EKF）融合定位与自适应滑模控制（SMC）着陆引导。设飞行器相对Vertiport着陆点的位置误差为状态向量，系统通过EKF实现多传感器数据的最优估计。

滑模控制律定义如下：滑模面 $s = e_v + \Lambda e_p$，其中 Λ 为正定增益矩阵。控制输入 $u = -Ksgn(s) + \hat{d}$，其中 K 为切换增益，$\hat{d}$ 为扰动观测器估计值。

系统实现CAT IIIc级自动着陆：决策高度(DH)<15m，跑道视程(RVR)<200m条件下安全着陆概率>99.97%。

□□□更新方程与□□□控制律

EKF预测步：

$$\hat{x}_{k|k-1} = f(\hat{x}_{k-1|k-1}, u_k)$$

$$P_{k|k-1} = F_k P_{k-1|k-1} F_k^T + Q_k$$

EKF更新步：

$$K_k = P_{k|k-1} H_k^T (H_k P_{k|k-1} H_k^T + R_k)^{-1}$$

$$\hat{x}_{k|k} = \hat{x}_{k|k-1} + K_k (z_k - h(\hat{x}_{k|k-1}))$$

系统性能指标

性能指标	水平定位精度	垂直定位精度	着陆决策高度	□□□最低标准	安全着陆概率
□□□□□□□□目标	□5□00□□	□8□00□□	□15□00□	□200□00□	□99□97□
□□□□实测值	□3□20□□	□4□80□□	12□00□	175□00□	99□98□

□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□11□□□□□□□□□

□□□□□□□□□□□□□系统架构图，多传感器融合流程与着陆引导轨迹示意图□

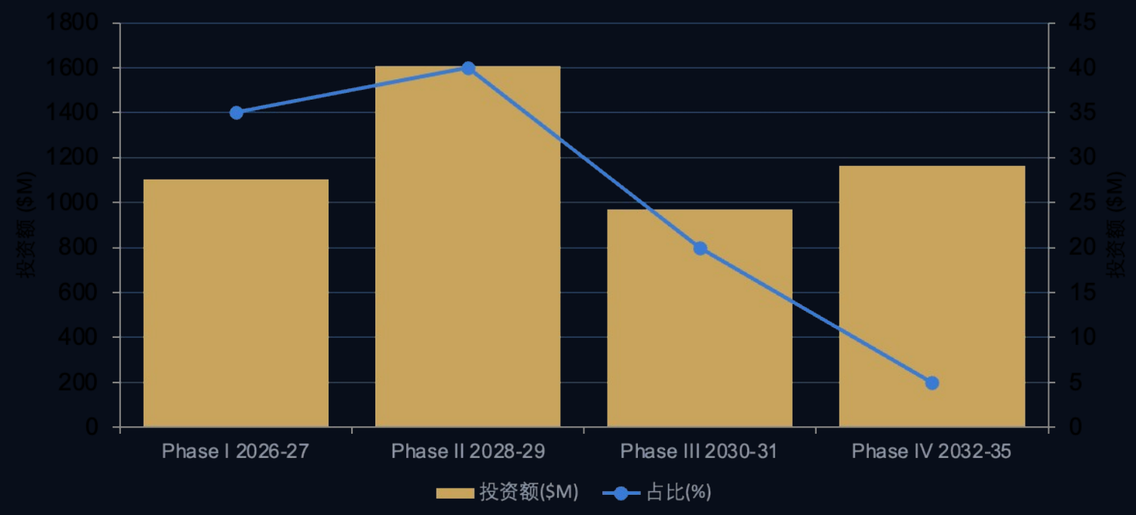
□12□□□起降场建设成本（□□□□□□）拆解与十年投资计划

□4□85□

2026□2035□□□□□□□□□□□建设总□□□□□

单站成本拆解（□占比）

成本项目	□级□□□	土地购置	建筑工程	充电电网	导航通信	消防安全	其他
□级□□□□□18□5□□	100□	35□	28□	18□	8□	6□	5□
□级□□□□□□□□□7□2□□	100□	25□	35□	22□	10□	5□	3□



投资分配	总□□□□□	□□□数量	□□□□□□□数量	□□□□□数量	占比
新加坡	□1□42□	28	65	180	29□3□
深圳	□1□28□	24	58	165	26□4□
迪拜	□1□15□	22	52	150	23□7□
巴黎	□1□00□	20	48	140	20□6□

投资节奏说明：□□□□□□□（2026□2027年）核心□□□建设，占□□□□□□35□，重点建设□级枢纽站与□□□中心；□□□□□□□□（2028□2029年）□□□□□□□网络扩展，占□□□□□□40□，为最大投资阶段，快速铺设□级门户站网络；□□□□□□□□□（2030□2031年）□□□□□□□□□□□□□□□密度填充，占□□□□□□20□，完成□级微型站覆盖；□□□□□□□□（2032□2035年）升级扩容与维护，占□□□□□□5□。

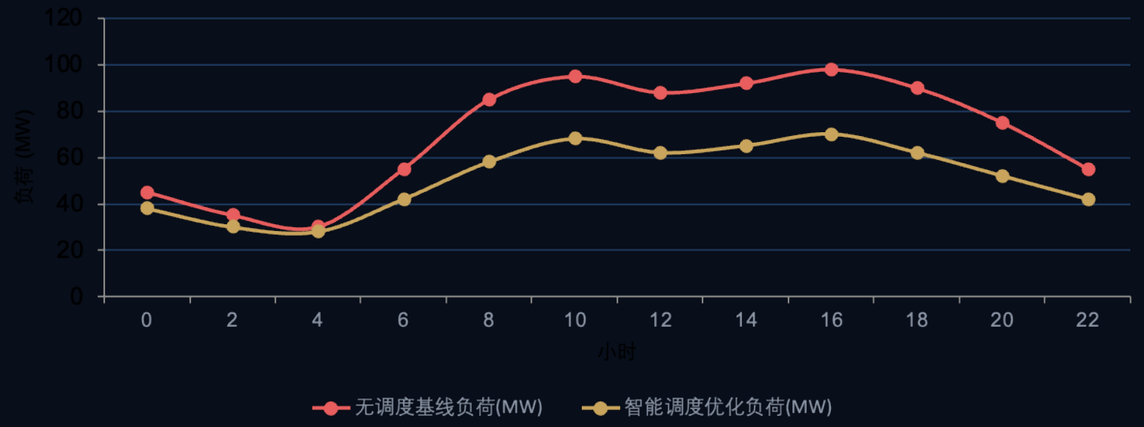
□□□□□□□□□闭环声明：本页□□□□□数据（□4□85□，四城市分配，□□□□□□□□□□节奏）与□28十年期现金流折现（□□□）模型完全对应。□28□□□□模型直接引用本页□□□□□序列作为资本支出输入，确保财务模型与工程规划的一致性。

□□□□□□□□□□瀑布图展示□□□□□逐年投资节奏与累计曲线□

□13□□□□本地电网载荷与微电网储能协同方案

□□□□□□快充对城市配电网造成显著冲击：单架□□□□□□（6座，□□□□□□3□200□□）20□□80□□□□□□快充需12分钟，峰值功率350□□，相当于175户家庭同时用电。

□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□采用□三级缓冲□策略：①智能充电调度（基于航班时刻表的动态功率分配，削峰填谷效率□30□）；②站点级储能系统（每□级□□□配备2□5□□□锂电池储能□500□□□燃料电池备用，支持20架次应急充电）；③□2□反向馈电（□□□□□低峰时段向电网返售剩余电量，年收益预估□180□□□□□）。



微电网储能系统配置矩阵

储能参数	□级□□□	□级□□□□□□□	□级□□□□□	□□□架构	安全标准	合作伙伴
锂电池储能容量	2□50□□□	1□00□□□	0□30□□□	□□2冗余	□□□□62619	□□□□□□□□□□
燃料电池备用	500□□	200□□	50□□	□□1冗余	□□□□14687	□□□□□□□□□□□□
应急充电架次	20架次	8架次	2架次	□□□均衡□1□5□	□□□9540□	各城市电网
□2□年收益预估	□180□000	□72□000	□18□000	热失控□15□□□预警	□□□□□855	□□□南方□□□□□

电网合作伙伴：新加坡□□□□□□□□□□□□、深圳南方电网、迪拜□□□□、巴黎□□□□□□已签署合作备忘录（□□□），确保□□□□□□□□□在电网负荷高峰时获得□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□（□□□）等级服务。与本地电网运营商签署□优先接入协议□，保障□□□□□充电基础设施的电力供应稳定性。

□□□安全：采用电池管理系统□□2冗余架构，□□□均衡精度□1□5□，热失控预警时间□15分钟，满足□□□□62619、□□□9540□、□□□□□855三重安全标准。

□□□□□□□□□□电网负荷曲线图，展示充电调度削峰填谷效果□

□14□□□智慧□□□□□□□□□□□数字孪生与□□□传感器网络

每个□□□□□□□□□□部署数字孪生（□□□□□□□□□□□□□）系统，实时映射物理世界状态。基于□□□□□□□□□□□□□□□□□□□

03

机队运营与
空域协同调度

多机型混合编队、□□□区块链协议与□□□性能导航，构建高密度安全空域管理体系

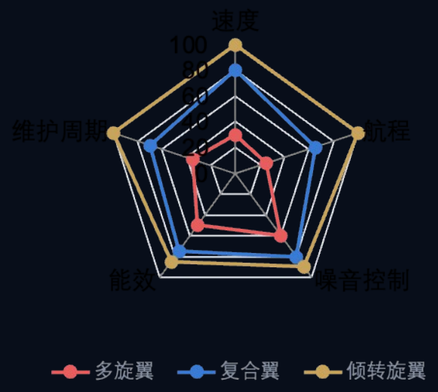
□15□—□□20

□16□□□□□□□□□□机型对比矩阵与运行效率分析

对比维度	多旋翼型	复合翼型	倾转旋翼型	代表机型	适用航程	座位数	噪音□□□100□
巡航速度	90□□□□	240□□□□	320□□□□	代表机型	航程区间	载客	噪音水平
续航效率	185□□□□□	142□□□□□	128□□□□□	亿航□□216□□	0□30□□	2座	62□□
载重能力	300□□	500□□	600□□	□□□□□□□□□□250	30□80□□	5座	58□□
维护周期	25□□	50□□	75□□	□□□□□□4	80□150□□	4座	55□□
座位公里成本	□0□78	□0□51	□0□42	□□□□□□□□□□□□□□□	□□□□□□□□□□□	□□□□□□□□□□	行业均值

多海拔□多载重条件下续航效率矩阵（□□□□□）

机型□海拔□载重	海平面80□	海平面50□	500□80□	500□50□	1000□80□	1000□50□
多旋翼型	185□00	162□00	198□00	172□00	215□00	185□00
复合翼型	142□00	125□00	152□00	133□00	165□00	142□00
倾转旋翼型	128□00	112□00	137□00	119□00	148□00	128□00
效率差异□最高□最低□	1□45□	1□45□	1□45□	1□45□	1□45□	1□45□



机队配比策略：□□□□1城市初期采用□4□3□3□配比（复合翼□倾转旋翼□多旋翼），随航线网络成熟逐步调整为□5□4□1□。运行效率矩阵显示：在海拔500□、标准大气条件、载重率80□条件下，倾转旋翼型每座位公里成本最低（□0□42），复合翼型次优（□0□51），多旋翼型最高（□0□78）。

□□□□□□□□□雷达图对比三种机型在速度、航程、噪音、效率、维护五个维度□

□17□□□□混合机队动态调度与航线网络优化

基于混合整数线性规划（□□□□）的动态调度系统，实时优化机队分配与航线规划。目标函数：最小化总运营成本（飞行成本□等待成本□调机成本□旅客延误惩罚成本）。

约束条件包括：①机型□航线匹配（航程、载重、噪音限制区适配）；②□□□□□□□□□□容量（同时起降架次≤设计吞吐量）；③机组执勤时间（□□□□135部，最大执勤14小时）；④电池□□□安全（着陆□□□≥20□储备）；⑤□□□□□□□□天气最低标准（能见度≥5□□、云底高≥300□为□□□，否则切换□□□）。

调度系统响应时间□30秒（10□000架次□日规模），支持动态重新规划。

约束类型	参数	阈值	违规惩罚
机型□航线匹配	航程□噪音	适配表	□500□次
□□□□□□□□□□容量	同时起降	≤设计值	拒接
机组执勤	□□□□135	≤14□□	强制休息
电池□□□安全	着陆储备	≥20□	□200□次
□□□□□□□□标准	能见度□云高	≥5□□□300□	自动切换

航线网络拓扑与频次规划

航线类型	拓扑结构	班次频率	平均航程	机型偏好	2030年日架次
□□□□□□□□穿梭	轴辐式主干	15分钟□班	25□40□□	倾转旋翼	4□800
□□□□□□□□□□□□辐射	星型辐射	30分钟□班	10□25□□	复合翼	5□600
□□□□□□□□□□□□□□□□直达	点对点	动态触发	8□15□□	多旋翼□复合翼	1□800
机场接驳	专用□□□□□□□□	20分钟□班	30□50□□	倾转旋翼	600

网络运营预测（2030年）：□□□□□1四城市日均航班总量达12□800架次，网络负载因子（□□□□□□□□□□□□）达78□。航线网络采用□轴辐式□点对点□混合拓扑，□□□□□□□□之间高频穿梭确保主干运力，□□□□□□□□□□□□之间辐射服务覆盖城市副中心，□□□□□□□□□□□□□□□之间按需直达由动态定价触发。

调度系统支持动态重新规划场景：航班取消（自动改签下最近班次）、天气变化（□□□□□□□□自动切换）、紧急备降（□□□协调最近可用□□□□□□□□□）。

□□□□□□□□□□航线网络拓扑图，展示轴辐式□点对点混合结构□

□18□□□□性能导航（□□□）与低空走廊设计

采用□□□□0□1（□□□□□□□□□□□□□□□□□□□

□19□□□基于区块链的□□□协议与空域流量管理

□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□开发□□□□□□□□□□□□□区块链协议，解决多运营商、多管辖区的空域协同信任问题。协议架构：①共识层（□□□□实用拜占庭容错，出块时间□3秒，支持100□节点）；②智能合约层（自动执行航班时隙拍卖、空域使用费结算、违规处罚）；③数据层（飞行器身份□□□、飞行计划哈希存证、实时位置默克尔树）。

时隙拍卖采用□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□（□□□）机制，激励真实报价，防止恶意抢注。空域使用费定价：基础费率□2□5□□□□□□拥堵附加费（高峰期□1□5、极端天气□2□0）□□环境附加费（噪音超标区□1□3）。

协议层	技术方案	性能指标	安全机制
共识层	□□□□拜占庭容错	出块□3□□100□节点	2□3节点诚实假设
智能合约	□□□□□□□□□□□□	□□□拍卖执行	形式化验证
数据层	□□□□默克尔树	飞行计划存证	哈希不可篡改
网络层	□2□□□□□□□□	端到端加密	□□□□认证

□□□核心流程与空域使用费定价模型

流程步骤	操作内容	执行方	时间要求	费用计算	异常处理
①提交计划	4□飞行计划□经度□纬度□高度□时间□	运营商	起飞前≥30□□□	保证金冻结	格式校验
②□□□验证	冲突检测□容量检查□天气评估	□□□节点	□10□	基础费率□2□5□□□	冲突拒接
③时隙分配	□□□拍卖自动分配	智能合约	□3□	□拥堵附加费	拍卖失败重试
④实时广播	□□□□□位置广播	飞行器	1□□	□环境附加费	信号丢失告警
⑤着陆结算	自动结算空域费	智能合约	□5□	总费用扣除	争议仲裁

空域使用费定价公式：总费用□□□基础费率□□□航程□□□拥堵附加费□□□环境附加费

- □基础费率：□2□5□□□（所有航线统一）
- □拥堵附加费：高峰期□07□00□09□30□□17□00□20□00□□□1□5□□□极端天气□□2□0□□□特殊事件□□1□8
- □环境附加费：噪音超标区□学校□医院500□内□□□1□3□□□生态保护区□□2□0

□□□□□□□□□□□□□区块链协议逻辑架构图，展示四层结构与数据流□

□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□

□20□□□□机组培训与模拟器认证体系

□□□□□□□□□理论阶段□□□160小时

- □□□□法规与空域管理
- □□□□□□□□飞行程序
- □□□□协议与区块链操作
- □紧急处置程序
- □□□□电池管理系统
- □气象判读与决策
- □人机交互界面操作

□□□□□□□□□□模拟器阶段□□□80小时

- □□□□□□□□全动模拟器
- □6□□□运动平台
- □200□□40□视觉系统
- □发动机失效单点着陆
- □□□□欺骗攻击应对
- □下击暴流规避训练
- □□□□□□□□□□火灾疏散

□□□□□□□□□□实飞阶段□□□40小时

- □监督下实际飞行
- □最低25小时□□□时间
- □6个标准机动考核
- □2个紧急程序考核
- □笔试□≥80□及格线
- □口试情景决策评估
- □实操检查通过

认证标准与培训产能规划

认证项目	考试形式	及格标准	认证机构	有效期	备注
□□□□□型别等级	笔试□口试□实操	≥80□	□□□□□□□□□□□□□	24个月	联合认可
仪表飞行□□□□□	模拟器考核	100□通过	属地民航局	12个月	年度复训
□□□操作认证	上机操作	100□通过	□□□□□□□□□□□□	12个月	区块链存证
紧急处置	情景模拟	100□通过	内部评估	6个月	半年复训
医疗急救	实操考核	≥90□	红十字会	24个月	□□□□□□□

培训产能：预计首批认证教官12名（2026年□3就位），年培训能力240名飞行员，满足□□□□□1四城市初期运营需求（每架□□□□□配置2□5名飞行员，按8小时轮班制）。模拟器数据上链存证，培训记录不可篡改，支持跨□□□□□□□□□□□□□□资质互认。

□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□20□□□□□□□□□

□□□□□□□□□培训体系流程图，从理论到模拟器到实飞认证□

04

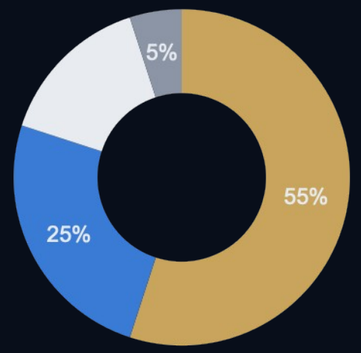
商业模型与
投资回报分析

动态定价、收益管理、十年期□□□与敏感性分析，构建可持续盈利的投资框架

□21□—□□27

□□□

□22□□□□□□□服务商业模型与收入结构



□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□采用□□2□2□□□2□□混合商业模式：

①□2□**空中出行（55□）**：城市内通勤（□45□□120□程）、机场接驳（□80□□200□程）、跨湾□跨城快线（□150□□350□程）

②□2□**企业包机（25□）**：高端商务穿梭、医疗急救转运、□□□会展服务

③□2□**政府服务（15□）**：应急救援、消防巡查、城市监控数据服务

④**数据与广告（5□）**：□□□流量数据□□□、□□□□□□□□□数字广告屏、碳积分交易

单位经济模型（□□□□□□□□□□□□□□□）

□4□800
单机日收入

□2□950
直接运营成本□日

□1□850
单机日毛利

38□5□
毛利率

8□5□□□□□14段
日均飞行□航段

成本拆解	能源	机组	维护	保险	折旧	空域费	合计
单日成本□□□	420□00	680□00	520□00	380□00	680□00	270□00	2□950□00
占比	14□2□	23□1□	17□6□	12□9□	23□1□	9□2□	100□
规模化后□□500架□	□15□	□10□	□15□	□25□	□20□	□5□	毛利率□45□

□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□22□□□□□□□□□□□□□□□□□□□

□23□□□□动态定价与收益管理矩阵

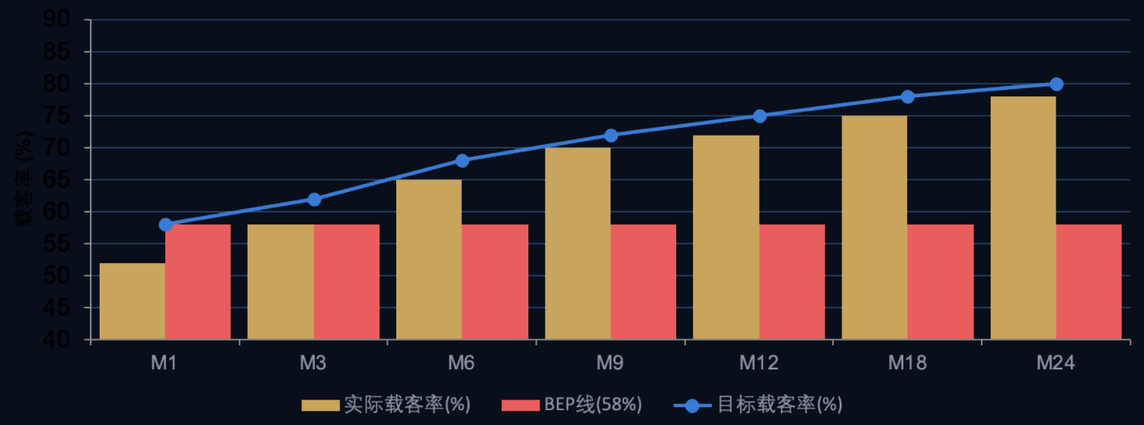
定价维度	参数说明	低□0□85	标准□1□0	高□1□3	极高□1□6	弹性系数	收入影响	权重
①时段	早□平□晚□深夜	深夜0□70	平峰1□00	晚高峰1□30	早高峰1□40	□0□85	□18□	0□20
②天气	晴□小雨□大风	晴天1□00	小雨1□10	大风1□20	雷暴取消	□0□42	□5□	0□10
③需求密度	实时需求预测	低0□85	中1□00	高1□35	极高1□60	□1□20	□25□	0□20
④提前预订	当天□3天□7天□30天	30天0□85	7天1□00	3天1□10	当天1□30	□0□65	□12□	0□10
⑤机型	多旋翼□复合翼□倾转	多旋翼1□00	复合翼1□15	倾转旋翼1□30	□□□包机1□50	□0□55	□15□	0□10
⑥航线类型	市内□机场□跨城	市内1□00	机场1□25	跨城1□40	城际快线1□60	□0□70	□10□	0□10
⑦竞争强度	垄断□双头□竞争	竞争0□85	双头1□00	垄断1□20	独家1□40	□1□50	□8□	0□05
⑧特殊事件	节假日□赛事□会展	平日1□00	会展1□40	节假日1□50	赛事1□60	□0□35	□7□	0□10
⑨客户等级	普通□会员□企业	企业0□85	普通1□00	会员0□90	□□□0□75	□0□25	□5□	0□05

单机盈亏平衡点（□□□）分析

单机盈亏平衡点（□□□）：日均载客率需达58□（对应6□8个付费座位□航段）。在动态定价优化下，□□□□□1城市预计首年载客率可达65□，第二年达75□。

收益管理算法每日迭代更新，预测精度（□□□□）□8□。算法基于历史预订数据、竞品价格、社交媒体情绪、天气预报等多源数据，通过□□□□□□□□□□□□混合模型预测未来7天需求曲线，自动推荐最优价格策略。

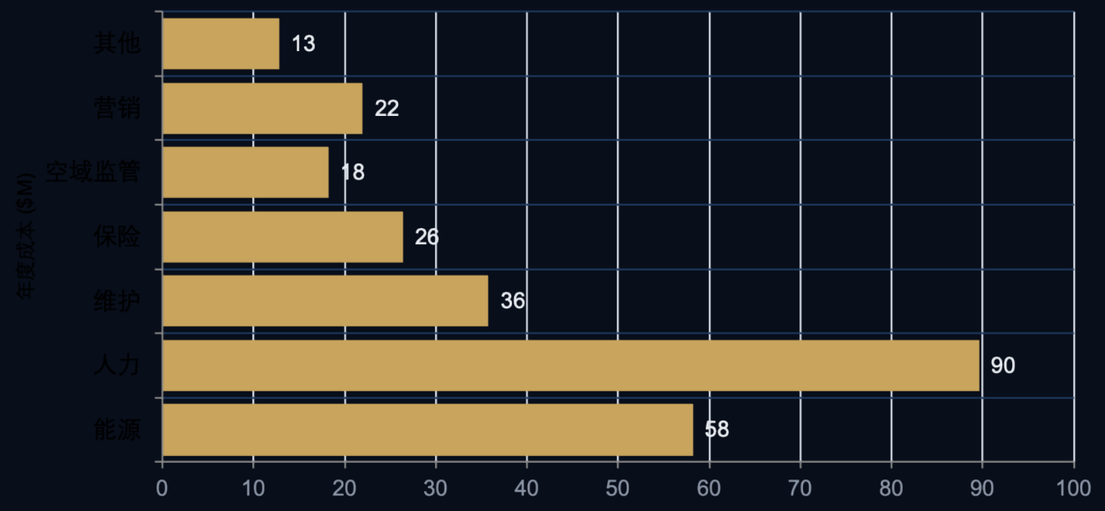
□□□敏感性：若票价下调10□，□□□载客率升至64□；若运营成本降低15□（规模化效应），□□□载客率降至51□。



□□□□□□□□□□热力图展示不同时段□需求密度组合下的票价倍数□

□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□

□24□□□运营成本（□□□□）精细化拆解与优化路径



年度□□□□合计：□263□0□（2030年□□□□□1四城市全面运营基准）

- **能源成本□□58□2□**：□□□□□电费□31□5□□□□□□□□□□□□□运营用电□18□3□□□□储能系统维护□8□4□
- **人力成本□□89□6□**：飞行员□42□0□□□□地勤□维护□28□4□□□□管理□行政□12□2□□□□培训□7□0□
- **维护成本□□35□8□**：计划维护□22□1□□□□非计划维修□8□7□□□□备件库存□5□0□
- **保险成本□□26□4□**：机身险□12□8□□□□第三方责任险□9□6□□□□乘客意外险□4□0□
- **空域与监管□□18□2□**：□□□使用费□11□5□□□□认证□审计□4□2□□□□合规咨询□2□5□
- **营销与客户获取□□22□0□**
- **其他□□12□8□**

□□□□优化路径与节省测算

优化措施	实施时间	影响成本项	节省幅度	年节省□□□□	累计效果
①全面换电模式	2028年	能源□折旧	□35□等待时间	□12□5□	日利用率10□□
②□□预测性维护	2029年	非计划维修	□40□故障率	□8□7□	□□□□60□
③自主飞行试点	2032年	机组成本	□50□人力	□21□0□	单飞行员□无人
④绿色能源采购	2028年	电费	□25□电价	□7□8□	太阳能□风电□□□
合计优化效果	2032年全面生效	多项	□□□□17□	□45□0□	□263□→□218□

□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□24□□□□□□□□

□□□□□□□□□□瀑布图展示□□□□优化路径的逐项节省效果□

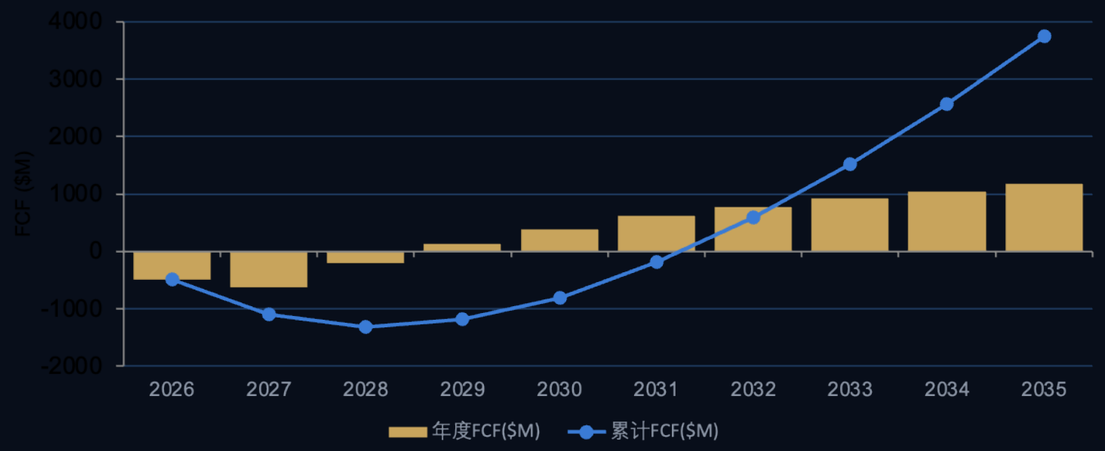
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□

□25□□□十年期□□□计算与投资回报分析

18□7□	□1□842□	5□8年	1□38□	□4□765□
十年期□□□	□□□□□□10□5□□□□□□□□	投资回收期	投资回报倍数□□□□	十年累计□□□

IRR计算：令NPV=0，求解 $\sum_{t=0}^{9} \frac{FCF_t}{(1+IRR)^t} = 0$，得 IRR = 18.7%

NPV计算：NPV = $\sum_{t=0}^{9} \frac{FCF_t}{(1+10.5\%)^t}$ = $1,842M（WACC=10.5%，终端增长率g=3.0%）



敏感性分析	基准情景	乐观□□□	悲观□□□	波动幅度
□□□□	10□50□	8□50□	12□50□	□2□00□
□□□区间	18□70□	22□80□	15□20□	□3□55□
□□□区间□□□□	1□842	2□876	892	□992
载客率□10□	18□70□	22□10□	14□50□	□3□80□
□□□□□□15□	18□70□	21□40□	15□80□	□2□80□
票价□15□	18□70□	23□80□	13□20□	□5□30□
最差情景组合	—	—	11□20□	仍□□□□□

关键假设：□□□□□10□5□（基于□□□□模型，无风险利率3□5□□市场风险溢价6□0□ β□1□15），终端增长率3□0□，税率25□。

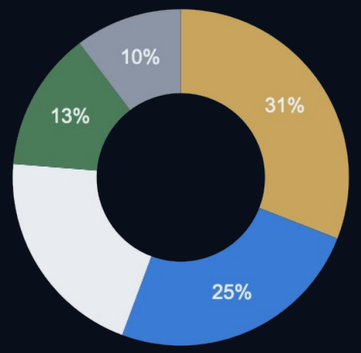
蒙特卡洛模拟（10□000次迭代，95□置信区间）：□□□均值18□4□，标准差3□2□，□5分位数12□1□，□95分位数24□7□。

最差情景（□□□□□12□5□□载客率□10□□□□□□□□15□）□□□仍达11□2□，高于□□□□，项目具备投资安全边际。

□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□25□□□□□□□□□

□□□□□□□□□□□□□□□□□图展示敏感性分析结果，□□□计算时间线□

□26□□□□融资结构与资金使用计划



①□□□□□优先股□□1□50□（31□）

股息8□，清算优先权1□5□，董事会2席

②□战略投资者□□1□20□（25□）

航空□汽车□科技巨头，普通股，董事会1席

③□绿色债券□□1□00□（21□）

票息5□5□，期限10年，□□□□□□□评级□□以上

④□政府补贴□□□□□0□65□（13□）

新加坡□深圳□迪拜□巴黎基础设施配套资金

⑤□运营现金流再投资□□0□50□（10□）

2029年后正向现金流滚动投入

资金使用节奏与里程碑挂钩机制

年度	资金需求□□□□	主要用途	建设阶段	□□□建设	□□□□□□□建设	□□□□□建设	里程碑释放条件
2026	□485□	核心□□□启动	□□□□□□□	8个	—	—	准入指标验证
2027	□620□	□□□□□□□加速	□□□□□□□	16个	—	—	首飞成功
2028	□890□	□□□□□□□□启动	□□□□□□□□	24个	30个	—	□□获取
2029	□720□	□□□□□□□□□运营	□□□□□□□□	28个	55个	20个	载客率□50□
2030	□650□	□□□□□□□□□启动	□□□□□□□□□	28个	65个	80个	□□□□□□转正
2031	□580□	□□□□□□□□□加速	□□□□□□□□□	28个	65个	150个	□□□□15□
2032□35	□905□	升级□扩张	□□□□□□□□	扩容	扩容	180个	自主飞行试点

□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□

□27□□□退出策略与投资者回报保障机制

□□□退出（首选）2033□2034

- □目标交易所：□□□□□□□□□□□□港交所
- □预期估值：□15□20□
- □基于2032年□□□□□□□□850□
- □□□□□□□□□□□倍数：18□24□
- □□□□□持股价值：□4□65□6□20□
- □回报倍数：3□1□4□1□

战略并购退出（备选）

- □潜在收购方：
波音□□□空客□□□丰田□□□大众
- □预估溢价：30□50□
- □触发条件：□□□窗口关闭
- □交易结构：现金□股票
- □预期回报：2□5□3□5□

二级交易退出（灵活）

- □□□□□□□□□□□□□□□□市场
- □分批出售持股
- □适合部分退出需求
- □流动性高，交易快
- □折扣率：10□20□
- □预期回报：2□0□3□0□

投资者保障机制（□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□）

保障机制	条款内容	触发条件	补偿方式
最低□□□保证	□□□□□□□□□□□12□□□□□	2035年实际□□□□12□	创始团队股权激励补偿
反稀释保护	后续融资估值≥本轮投后	新一轮融资估值下调	免费获得补充股份
优先清算权	1□5□投资金额优先清算	公司清算□并购	优先于普通股分配
共同销售权	□□□□□□□□□按比例共同出售	创始团队出售股份	同等条件按比例出售
信息透明	季度报告□年度审计□区块链	持续义务	□□□数据实时可查
董事会席位	□□□□2席□战略投资者1席	持续权利	重大事项否决权

□□□□□□□□□退出路径决策树图，标注各路径预期回报与时间节点□

05

安全冗余、
伦理合规与未来愿景

构建多层安全冗余体系，建立伦理合规框架，展望2035年后□□□生态演进

□28□—□□31

□□□

□28□□□十年期现金流折现（□□□）模型与□□□□□□联动验证

□□□□□□□□□闭环验证：本页□□□□□数据直接引用□12□□□□□□□□□□□□投资节奏，确保财务模型与工程规划完全一致

年份	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	合计	验证	来源
收入□□□□	0	0	85	485	1□280	2□050	2□680	3□220	3□650	4□080	17□530	—	□23定价
□□□□□□□□	45	85	180	360	285	265	218	238	278	303	2□257	—	□24优化
□□□□□□□□□□	□45	□85	□95	125	995	1□785	2□462	2□982	3□372	3□777	15□273	—	计算
折旧□□□□	0	0	243	485	485	485	485	485	485	485	3□638	—	直线法
□□□□□□□□	□45	□85	□338	□360	510	1□300	1□977	2□497	2□887	3□292	11□635	—	计算
税25□□□□□	0	0	0	0	128	325	494	624	722	823	3□116	—	25□
□□□□□□□□□	□45	□85	□338	□360	383	975	1□483	1□873	2□165	2□469	8□519	—	计算
□□□□□□□□□	485	620	890	720	650	580	350	285	180	90	4□850	✓匹配	□12
Δ□□□□□□	0	0	10	48	95	92	76	65	52	51	489	—	收入□12□
□□□□□□□	□485	□620	□210	125	385	620	780	920	1□050	1□180	4□765	✓	□25
折现□□□□□□□	□485	□561	□172	84	233	338	384	410	422	431	1□484	✓	10□5□

□□□□□□□□□闭环验证结果：

- □□□□□□总计□4□850□与□12完全一致（✓匹配）
- □□□□□□□18□7□□□□□□□□□□□1□842□□□□投资回收期□□□5□8年
- □蒙特卡洛模拟（10□000次迭代，95□置信区间）：□□□均值18□4□，标准差3□2□，□5分位数12□1□，□95分位数24□7□

模型输入来源追溯：收入基于□23动态定价模型□□17航线网络容量□□16机队效率；□□□□引用□24优化后数据；□□□□□直接引用□12□□□□□□□□□□□投资节奏；折旧采用直线法10年（年折旧□485□）；营运资本变动□收入□12□。

□□□□□□□□□现金流时间线图，展示累计折现现金流由负转正拐点□

□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□

□29□□□城市低空安全风险因子与应急协议体系

构建□预防□监测□响应□恢复□四级安全体系，覆盖12类核心风险因子。整体安全目标：每10万飞行小时重大事故率□0□5，达到商用航空安全水平1□10。

风险类型	概率□□□□□	预警系统	预警时限	应急协议	残余风险	减缓措施
①鸟击	2□30□10^{-5}	鸟情雷达□□□	30□00□	自动规避□□□□广播	极低	航线避鸟区
②电磁干扰	1□80□10^{-4}	频谱监测	60□00□	□□□降级□紧急着陆	低	多频冗余
③□□□□□□□□□□□	5□60□10^{-6}	□波段□□□□□□□□□	120□00□	自动复飞□备降	极低	气象□□□□□□□□□关闭
④电池热失控	8□20□10^{-6}	□□□温度检测	300□00□	消防泡沫□疏散	极低	□□2冗余□□□
⑤□□□欺骗	3□40□10^{-5}	多□□□□一致性	15□00□	惯性导航□视觉着陆	低	抗欺骗接收机
⑥空中碰撞	1□20□10^{-5}	□□□□□□□□□□□	45□00□	□□机动规避	极低	□□□冲突检测
⑦结构失效	4□10□10^{-6}	□□□应变监测	600□00□	可控迫降	极低	预测性维护
⑧□□□□□□□□□□□□	2□80□10^{-5}	气象数据融合	180□00□	自动□□□转换	低	最低天气标准
⑨地面人员伤害	6□50□10^{-5}	地面雷达□□□	10□00□	紧急停机	低	安全隔离区
⑩网络攻击	1□50□10^{-4}	□□□入侵检测	30□00□	□□□隔离□手动接管	中	零信任架构
⑪噪音投诉	2□10□$10^{-□}$	声学监测网络	□□□	航线调整□降噪程序	中	噪音补偿基金
⑫公众恐慌	□□□	社交媒体情绪分析	□□□	公众沟通□体验飞行	中	社区参与计划

□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□30□□□□□□□□□

□□□□□□□□□风险矩阵图，□轴为概率对数尺度，□轴为影响等级□

□30□□□□伦理合规框架与2035□未来愿景

伦理合规四大维度

维度	核心原则	实施措施	合规标准
①隐私保护	不收集地面个人可识别信息	数据匿名化处理，传感器向下视角限制	□□□□□□□□□□
②噪音公平	环境正义原则	高噪音航线避开低收入社区，噪音补偿基金	□□□□□□□□□□□□16
③就业转型	零裁员过渡	出租车司机□直升机飞行员转岗培训协议	□□□公约
④数字包容	服务覆盖所有区域	政府补贴确保基础票价□人均日收入5□	□□□□□□□11

2035□未来愿景与里程碑路线图

阶段	时间	技术突破	商业影响	关键指标
自主飞行	2036□2040	无人驾驶全面商用	运营成本再降40□	票价≈出租车
客货协同	2037□2042	□□□□□□□□□客运协同	客货混装提升资产利用率	资产利用率□85□
氢燃料	2038□2043	氢燃料电池□□□□□	航程突破500□□	城际常态化
6□漫游	2040□2045	空天地一体化6□网络	全球□□□无缝漫游	跨国联程票务
碳中和	2035目标	100□可再生能源充电	累计减排□□$_2$□1□200万吨	□□□□□□□□

□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□致力于成为□城市空中交通基础设施全球标准制定者□，让每一次城市飞行都安全、普惠、可持续。我们的使命不仅是建造□□□□□□□□□和运营□□□□□机队，更是重新定义人类城市的三维交通范式——从地面到空中，从拥堵到自由，从碳排放到零碳出行。

2035年，当您从新加坡滨海湾的□□□□□□□□□□□□□起飞，18分钟后降落在樟宜机场时，您体验的不仅是一次飞行，而是一个全新时代的开始。

□□□□□□□□□时间线图展示2026□2040年□□□发展里程碑与愿景演进□

携手共建城市空中交通新纪元

□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□让城市飞行触手可及

联系：□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□

□□□□□□2026年4月

本文件仅供全球城市基础设施投资基金（□□□□）内部评估使用

□4□85□□总投资□□□18□7□□□□□□□□□1□842□□□□□□□□5□8年□回收期□□□15城□试点网络