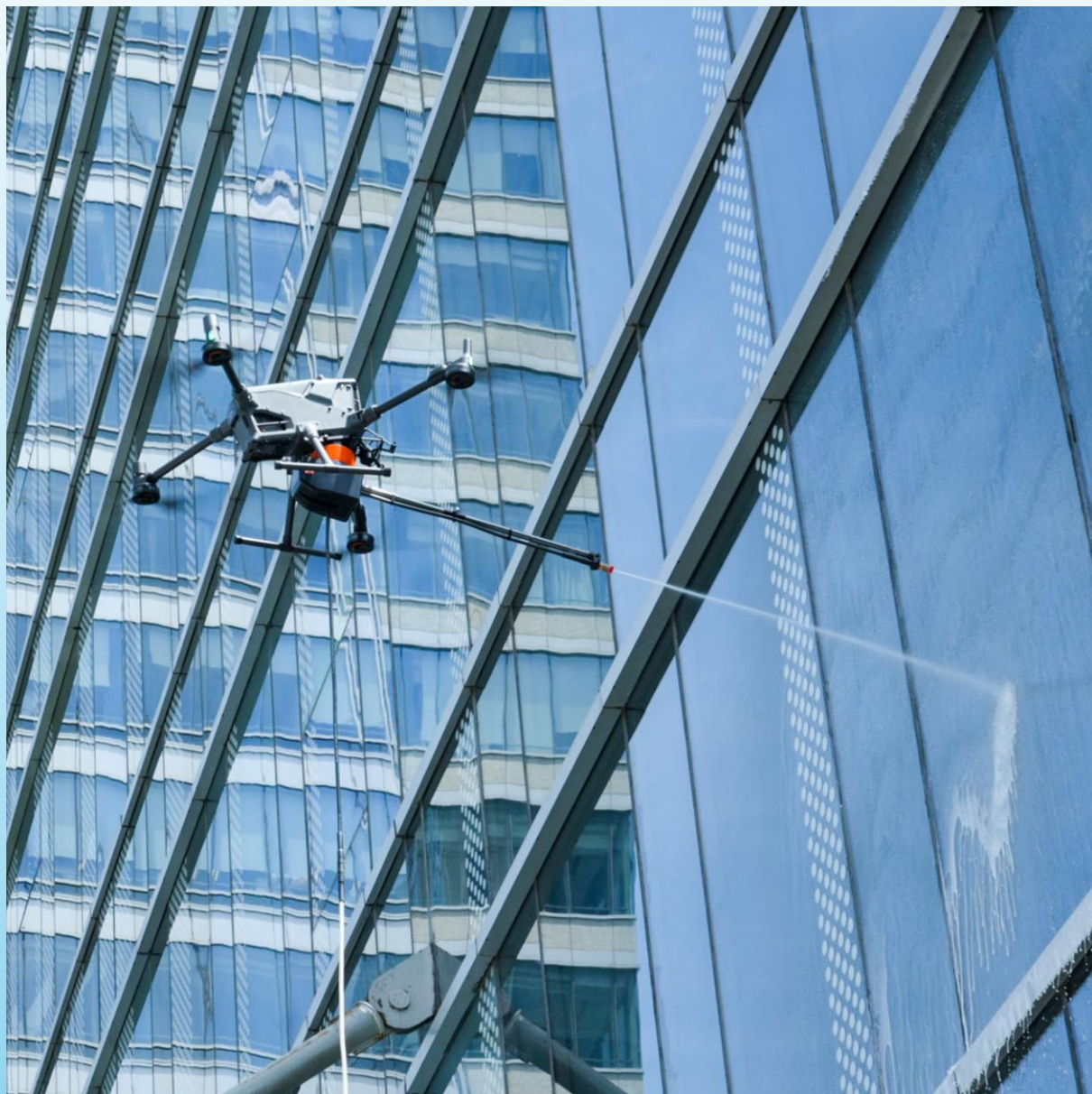




亿欧智库 <https://www.iyiou.com/research>

Copyright reserved to EO Intelligence, July 2025

2025全球无人机清洗 系统市场应用发展白 皮书

亿欧
智库

EO Intelligence

研
究
报
告

目录

CONTENTS

1 行业发展环境与背景

- 1.1 全球与中国市场发展方向
- 1.2 无人机清洗系统内外驱动因素
- 1.3 无人机清洗系统核心技术突破

2 行业驱动要素分析

- 2.1 建筑幕墙清洗市场痛点与挑战
- 2.2 无人机清洗系统行业应用特点
- 2.3 无人机清洗方案采购决策考虑因素
- 2.4 行业多角色需求差异

3 行业方案商分析

- 3.1 无人机清洗系统方案商与需求方图谱
- 3.2 方案商竞争力模型分析
- 3.3 优秀解决方案案例

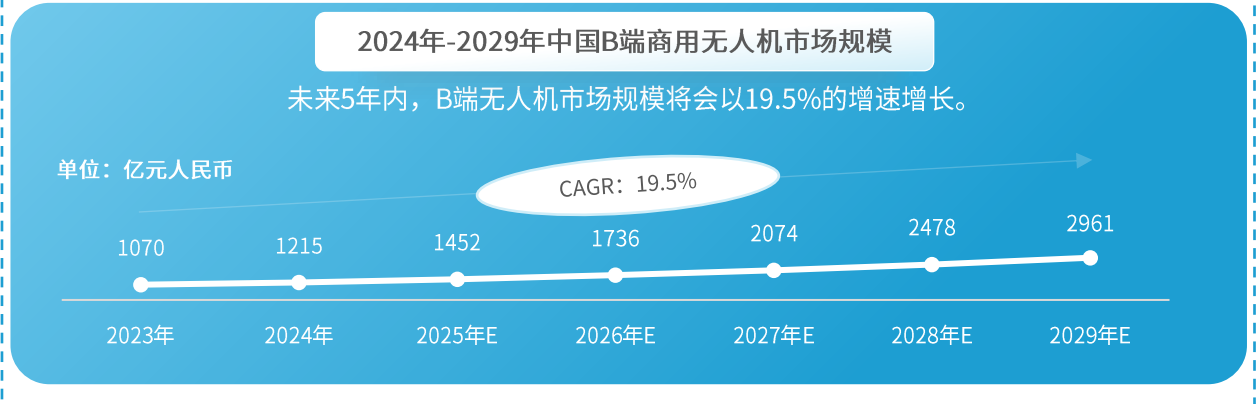
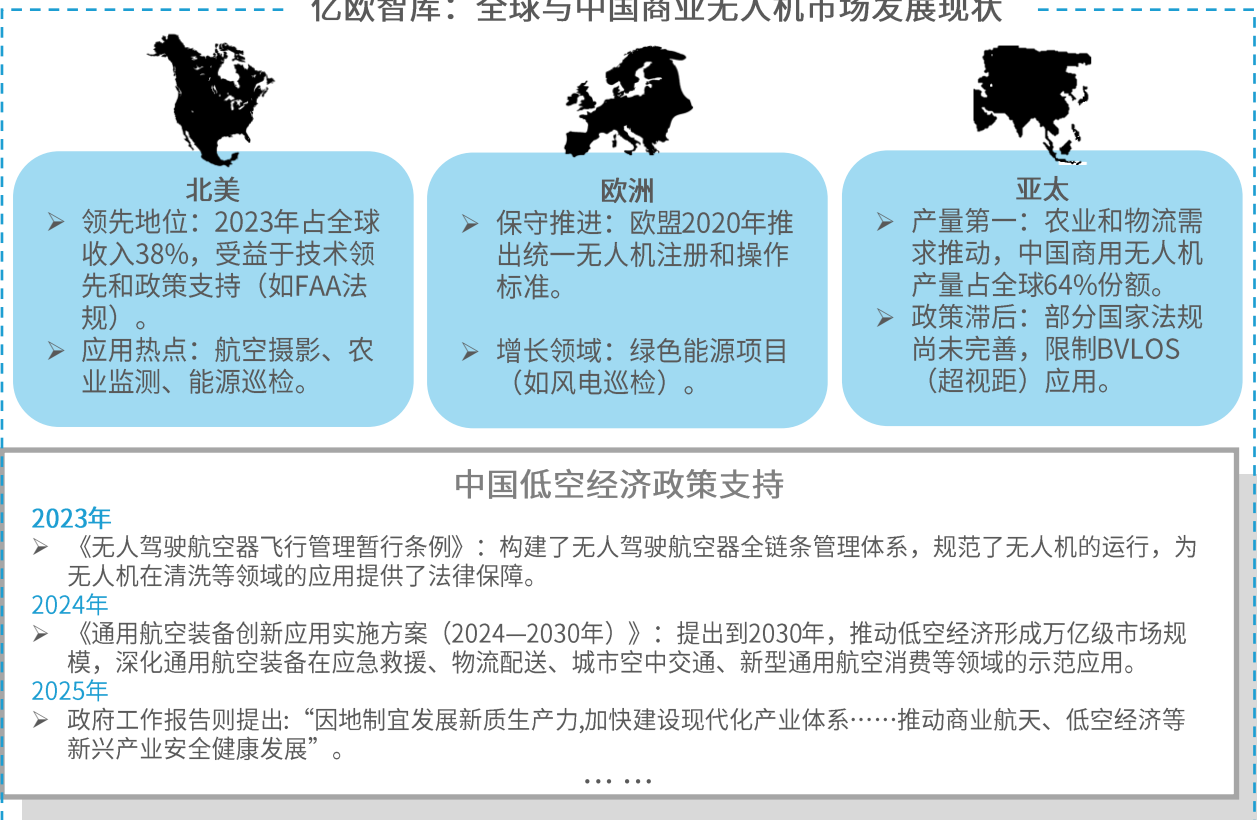
4 未来发展与趋势分析

- 4.1 技术演进方向
- 4.2 产业链标准化协同
- 4.3 未来市场潜力

全球与中国市场发展方向

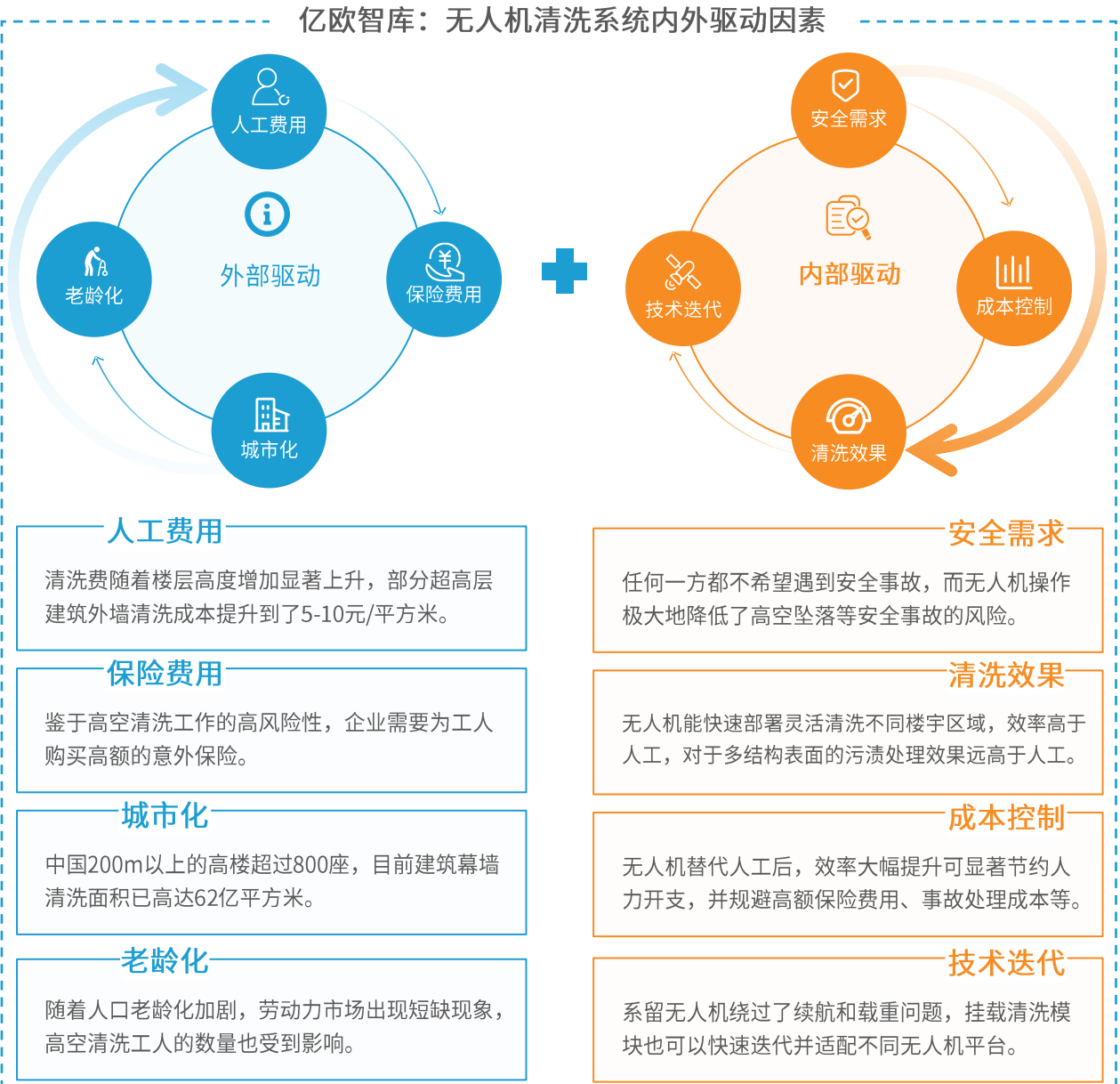
- ◆ 低空经济发展中，中美两国领先态势明显。美国凭借强大的通用航空产业及附属行业，积累了丰富经验，在航线规划、飞行器设计等关键领域占据优势。而中国在通用航空与无人机领域同样具备强劲竞争力，拥有完整制造业体系，无人机研发设计、装备制造等环节全球领先。中国低空经济发展展现出后发优势，能快速铺开适配低空飞行特点的基础设施。日韩及欧盟国家也培育出一批专注于特定行业的无人机企业。自2021年《国家综合立体交通网规划纲要》首次提出“发展低空经济”以来，中国支持无人机发展的政策不断涌现。随着中国城镇化进程加速，低空经济市场潜力持续释放。
- ◆ 从无人机消费应用市场来看，大疆（DJI）以70%+的消费级市场份额主导全球。从无人机商业应用场景来看，地理测绘、农业植保、能源巡检已形成规模化应用的成熟场景；**城市管理、物流配送、环境清洗等成新型领域市场**；**商用市场无人机解决方案服务商相对更加分散，待开发市场潜力巨大。**

亿欧智库：全球与中国商业无人机市场发展现状



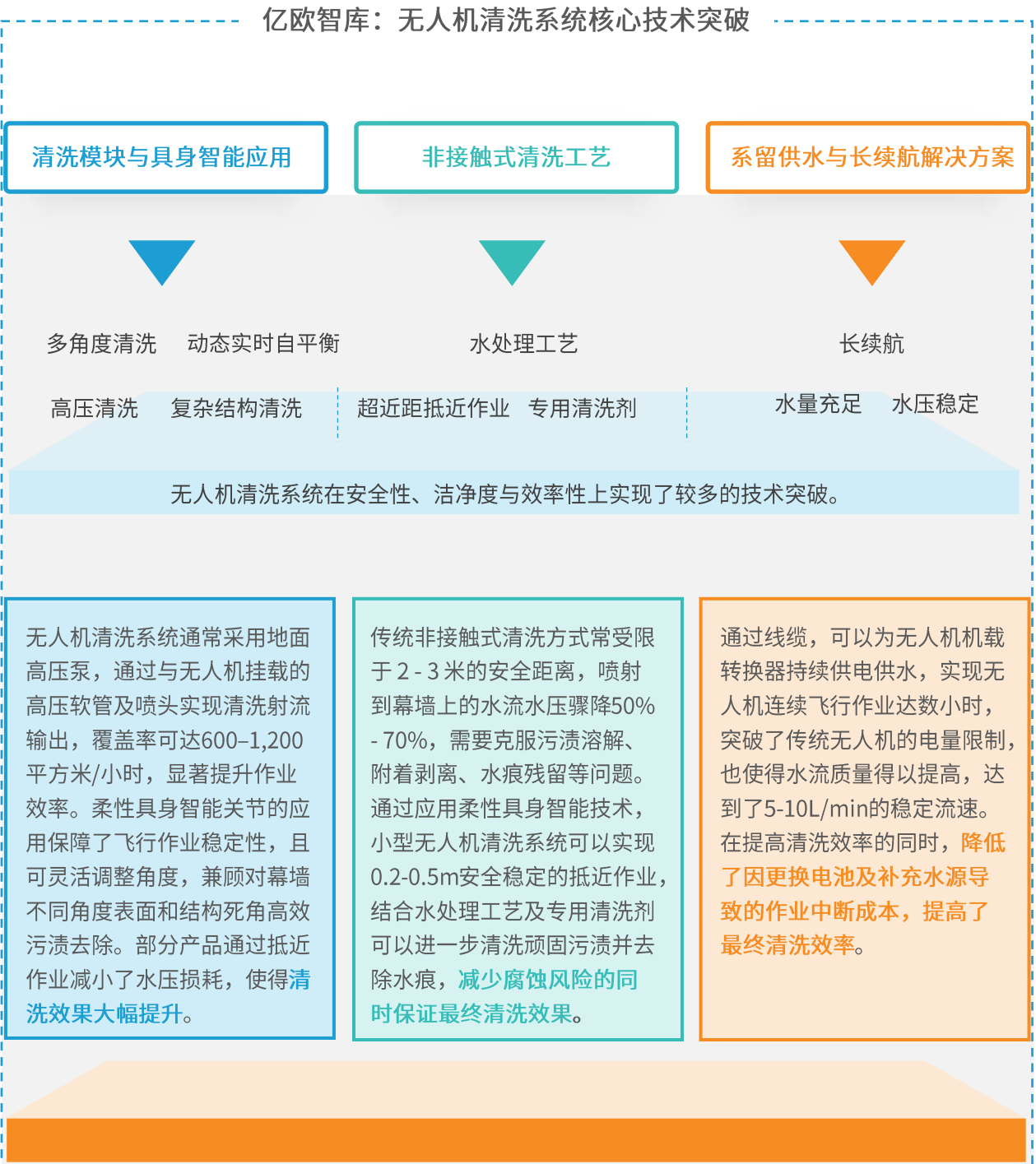
无人机清洗系统内外驱动因素

- ◆ 无人机清洗（清洗无人机、清洁无人机、空中清洗机器人）有多个不同场景应用，但以城市高层建筑幕墙清洗为核心的建筑清洗场景似最具潜力。城镇化与高层建筑增长正成为驱动建筑幕墙清洗需求的两大关键力量。随着中国城镇化进程的加速，2024年末全国常住人口城镇化率已达67%，城镇房屋数量超过4700万栋，100米以上建筑达到了2000座，城市建筑的密集化与高层化，使得对专业清洗服务的需求持续攀升，大城市中的高层建筑与商业综合体等场所，已成为建筑幕墙清洗市场的重要组成部分。此外，无人机清洗也正向非建筑的其他领域拓展。
- ◆ 在建筑幕墙清洗领域，无人机技术正带来变革性影响。行业无人机技术和消费级无人机技术有机结合，无人机清洗解决方案显著降低了人工费用及保险开支，并有效规避高空作业风险，保障人员安全及企业利益；同时适配城市大规模清洗需求，化解劳动力短缺困境，并凭借持续迭代的技术优势，推动行业向高效、安全、经济方向发展。



无人机清洗系统核心技术突破

◆ 在无人机清洗系统的技术体系中，清洗模块和具身智能应用确保安全稳定地有效应对建筑各种立面和复杂结构下的脏污处理；相适配的非接触式清洗工艺逐渐成熟，使无人机清洗系统能够以“冲洗”而非“刮擦”模式，高效清除玻璃幕墙表面各类污垢，并解决可能的水渍遗留问题，达到人工作业水平；系留供水与长续航解决方案保障了长时间连续作业，满足大规模清洗任务的需求，推动了建筑幕墙清洗行业的智能化发展。



目录

CONTENTS

1 行业发展环境与背景

- 1.1 全球与中国市场发展方向
- 1.2 无人机清洗系统内外驱动因素
- 1.3 无人机清洗系统核心技术突破

2 行业驱动要素分析

- 2.1 建筑幕墙清洗市场痛点与挑战
- 2.2 无人机行业应用特点
- 2.3 无人机建筑幕墙清洗方案采购决策考虑因素
- 2.4 行业多角色需求差异

3 行业方案商分析

- 3.1 无人机清洗系统方案商与需求方图谱
- 3.2 方案商竞争力模型分析
- 3.3 优秀解决方案案例

4 未来发展与趋势分析

- 4.1 技术演进方向
- 4.2 产业链标准化协同
- 4.3 未来市场潜力

建筑幕墙清洗市场痛点与挑战

◆ 传统人工建筑外墙清洗行业面临多重挑战：动力方面，新生代对高风险岗位接受度低，导致一线城市的高空清洗作业依赖“老师傅”，人员更新慢，行业压力大；蜘蛛人作业风险高，易因风向突变、体力消耗大等因素受伤或损坏装备，且从业者以中老年为主，风险更高。设备与作业方式上，传统清洗设备如轨道吊篮等结构固定、适用性差，难以满足复杂建筑需求，长期使用后部件易磨损，性能下降，事故风险增加，还存在清洗死角。此外，清洗剂的使用会腐蚀石材和铝制幕墙，增加幕墙脱落风险，威胁安全，同时对环境造成污染。

亿欧智库：建筑幕墙清洗市场痛点

安全风险较高，更换清洗方式意愿明显

以蜘蛛人为代表的高空清洗作业风险高，高空气流复杂多变，风向突变时，蜘蛛人难以控制身体平衡，易撞到建筑物或障碍物，导致受伤或装备损坏。蜘蛛人作业体力消耗大，长时间作业易疲劳，影响操作准确性和反应速度，而从业者以中老年为主，身体机能下降，风险进一步增大。

考虑到安全、效率、成本问题 44%的企业有使用新清洗技术的意愿。

清洗效率低，存在死角影响清洗效果

商业楼宇幕墙玻璃每年清洗次数普遍在两次以上。传统清洗设备及作业方式弊端显著。轨道吊篮、人工升降平台等设备结构固定，施工周期长，适用性差，难以满足异形建筑或细部结构清洗需求。

长期使用后，吊篮的悬挂机构、平台、提升机、安全锁等部件易出现磨损、变形、疲劳等问题，性能下降，事故风险增加，检修占据了大量时间。

老龄化劳动力短缺，清洗成本上涨

传统人工外墙清洗行业面临严峻挑战。北上广等一线城市的高空清洗作业几乎全靠“老师傅”支撑，由于新生代对高风险岗位接受度极低，导致人员更新缓慢，行业整体承压。

而根据清洗难度不同，高空作业人员的工资约300-800一天，超高建筑费用更高，同时运营单位需要承担较高的保险费用。受访物业中过半的清洗费用超过了20000元每年。

问卷反馈

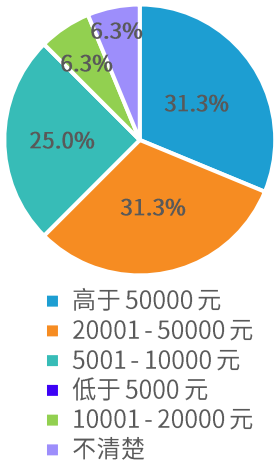
考虑更换传统清洗方式的物业比例



物业反馈

熟练的蜘蛛人每天可清洗500-1000平方米的玻璃幕墙。实际操作中，前后需要搭建及拆除脚手架或吊篮，过程耗时耗力。若遇到特殊结构，清洗效率会有所降低。同时考虑到安全问题，会存在无法人工清洗的死角。

商业楼宇幕墙玻璃清洁年度成本



无人机清洗系统行业应用特点

- ◆ 无人机清洗作为一种新型建筑外墙清洗方式，安全优势明显。其安全设计大幅降低了操作风险，能够有效应对复杂建筑环境和突发性危险，为作业人员和建筑本身提供可靠保障。
- ◆ 在清洗效果上，无人机清洗系统展现出了出色的结构适应性和灵活性，可以轻松应对各种特殊建筑结构，实现全面、精准的清洗。
- ◆ 与传统人工高空清洗相比，无人机清洗成本也更为经济，不仅减少了人力配置，还提升了作业效率，降低了整体作业成本，逐渐成为建筑幕墙清洗领域的安全、经济、高效的解决方案。

亿欧智库：无人机清洗系统行业应用特点及提升方向

⚡ 增加安全保障与长时间作业稳定性

传统高空作业“蜘蛛人”长期面临坠落、触电、风切扰动等多重人身风险。无人机清洗则彻底将人从危险场景中解放出来，由地面遥控操作完成全流程作业。部分先进解决方案具备柔性缓冲与保护设计，即便在强风或偶发碰撞中也可保障飞行稳定性与安全性，避免直接坠毁风险。在高层建筑中，企业通过设置安全绳和卷扬辅助系统，进一步提升了水管吊装与作业安全的标准化程度。

🏗️ 适应复杂立面与清洗效果提升

现代建筑设计类型多样，“蜘蛛人”在作业时难以处理各种复杂立面，部署耗时长清洗效果不佳。无人机清洗系统具备良好的结构适应性，能够清洗建筑表面凹凸不平、玻璃幕墙曲折转角等复杂结构，并基于清洗工艺和水处理系统提高幕墙洁净度。相较固定轨道或吊篮设备，无人机使用的灵活性大幅提升。

📈 提升作业效率与降低清洗成本

相比传统的人工高空清洗，无人机可连续作业，无需重复上下转场，显著提升单位时间作业面积。受访企业反馈显示，在标准楼宇外立面清洗中，无人机作业效率普遍比人工提升50%-60%，单台无人机配合1名操作员1名安全员即可完成过去需多人协作的任务，极大减少了人力配置，提高了效率，降低了成本。

问卷反馈

无人机清洗系统提升方向

最终洁净效果 78.57%

增加安全保障能力 64.29%

长时间作业稳定性 42.86%

成本控制能力 35.71%

多楼宇结构洁净能力（含凹凸幕墙、玻璃边角） 28.57%

操作便捷性与标准化流程 28.57%

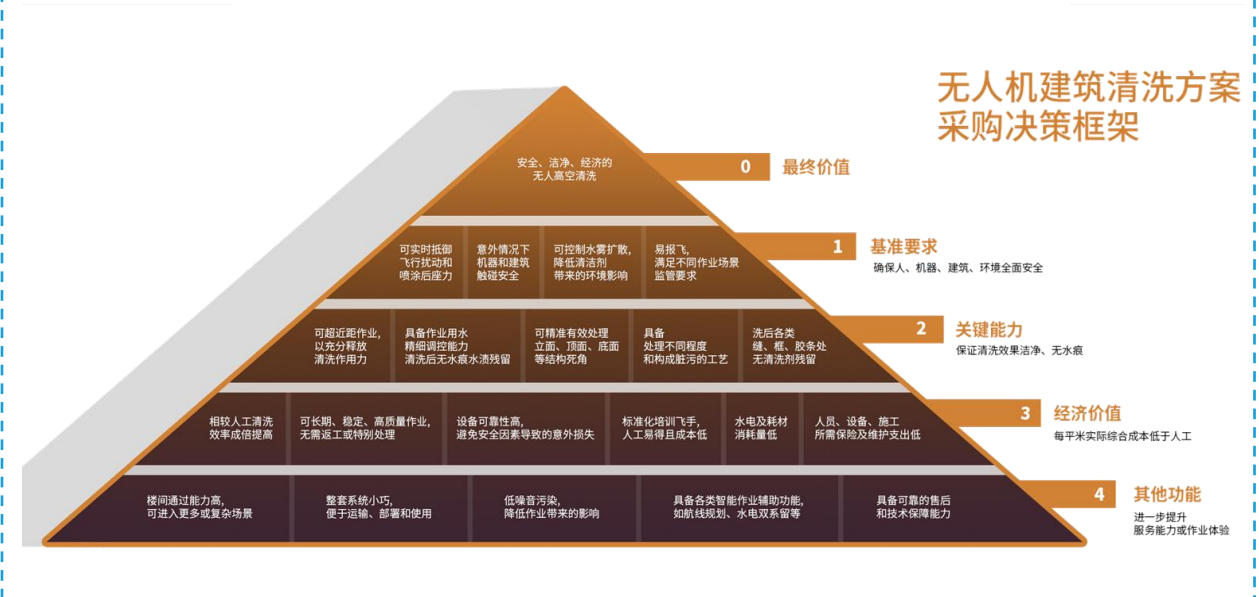
品牌口碑与行业影响力 21.43%

售后维护与培训体系 14.29%

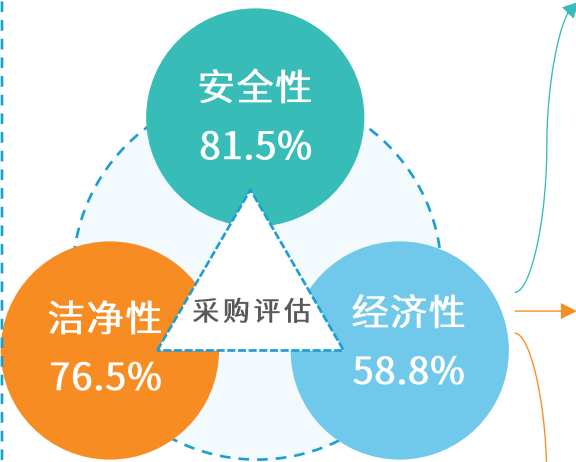
无人机建筑幕墙清洗方案采购决策考虑因素

◆ 随着无人机清洗系统的快速发展，市场上出现了大量不同方案，由此带来了选型成本上升问题。深圳无人机协会采购指南建议，采购决策应重点关注安全性、洁净性和经济性三大核心价值点——安全性涉及多维度风险，包括空间约束、系统稳定性、环境扰动和环境污染；洁净性则强调清洗效果，包括超近距离作业、污渍处理、水痕去除和清洗剂残留控制；经济性关注每平米综合成本，要求高效率、高质量、低资源消耗和高设备可靠性。此外，多元场景适配、低噪音、便携性、智能化和售后保障等“锦上添花”的功能，也能进一步提升服务能力及作业体验。

亿欧智库：无人机建筑幕墙清洗方案采购决策考虑因素



问卷反馈：无人机清洗方案采购阻碍



在确保安全性、洁净性和经济性的基础上，多元场景适配、低噪音设计、小巧便携性、智能功能以及可靠的售后保障等都是提升服务能力或作业体验的重要因素。

安全性

人、机、环境的全面安全性是首要考量因素。无人机清洗方案不仅要关注人员安全，还需考虑多维度的安全问题，包括空间约束风险、系统风险、环境扰动风险和环境污染风险。在遴选方案时，应重点考察其是否具备实时抗扰动能力、水雾精准控制能力、意外触碰安全防护能力以及报备便捷性。这些能力能够确保无人机在复杂作业环境下的全面安全性。

洁净性

能真正“洗干净”“不留水痕”的洁净性是无人机清洗方案的关键能力。能否清洗干净且不留水痕是客户的核心需求。为了实现理想的清洗效果，方案需要具备超近距离作业能力、多样化污渍处理能力、作业用水处理能力、复杂结构清洗能力以及清洗剂残留控制能力。这些能力能够确保清洗效果达到洁净无痕的理想状态。

经济性

相比人工作业显著的经济性是客户买单的重要决策点。无人机清洗方案需要在每平米的实际综合成本上低于传统人工清洗方式。这不仅要求方案具备高效率和高质量的作业能力，还需关注资源消耗、设备可靠性、人工成本优化以及保险和维护支出的合理性。通过这些方面的优化，方案才能在成本控制上表现出色，具备规模化商业应用的潜力。

资料来源：深圳无人机协会、调研问卷（n=30）

行业多角色需求差异

◆ 无人机清洗系统所提供的高空清洗服务依托其在安全保障、灵活操作及定制化解决方案等方面的优势，满足了不同端口的关键需求。在消费端，消费者最看重的是安全与彻底清洗效果，期待在确保安全的基础上获得合理价格。运营端则将作业安全放在首位，同时追求高效作业和简便操作。方案端更关注作业效果与系统集成，依据客户需求提供定制化服务。

亿欧智库：无人机清洗行业多端需求重要因素排序



客户端：

客户端如物业管理方、市政设施管理方等在选择建筑外墙清洗服务时，最为关注的是安全问题，希望确保清洗过程不会对人员和建筑造成伤害；其次是洁净效果，期望建筑外立面能够得到彻底清洗；最后才是成本敏感度，即在保证安全和效果的前提下，寻求较为合理的价格。

问卷反馈：楼宇无人机清洗系统的重要的发展要素 TOP3



运营端：

运营方在进行建筑外墙清洗时，首要考虑的是安全，保障作业人员及设备的安全运行；然后是在保证清洗质量的同时，提高作业效率，减少作业时间和成本；最后是易用性，便于人员结构快速优化，提升调度、运输和部署效率，简化维护管理工作，进而实现效益增收和业务形态升级。

现在无人机清洗行业发展处于“能否洗干净”的阶段：首先是解决人工和无人机高空作业安全问题。其次，无人机清洗需接近人工清洗效果，才有人接受无人机方案。过去大家不太接受无人机清洗，因为洗不干净就没意义。最后是成本和效益管控，无人机作为新技术，需在这方面做好平衡。

——城市清洗行业专家访谈



方案端：

方案提供商在提供无人机清洗系统或服务时，除了产品和服务本身的安全基本原则外，最注重作业效果，以满足客户对清洗质量的要求；其次是系统集成，目前主要采用自研遥控界面和集成于大疆操作系统两类方式；最后是定制化服务，受不同建筑的外立面类型、楼层高度以及脏污程度等因素影响，无人机清洗系统及服务需依据这些因素现场判断，制定相应的清洗策略。现阶段无人机清洗服务基本以定制化形式执行。

目录

CONTENTS

1 行业发展环境与背景

- 1.1 全球与中国市场发展方向
- 1.2 无人机清洗系统内外驱动因素
- 1.3 无人机清洗系统核心技术突破

2 行业驱动要素分析

- 2.1 建筑幕墙清洗市场痛点与挑战
- 2.2 无人机清洗系统行业应用特点
- 2.3 无人机建筑幕墙清洗方案采购决策考虑因素
- 2.4 行业多角色需求差异

3 行业方案商分析

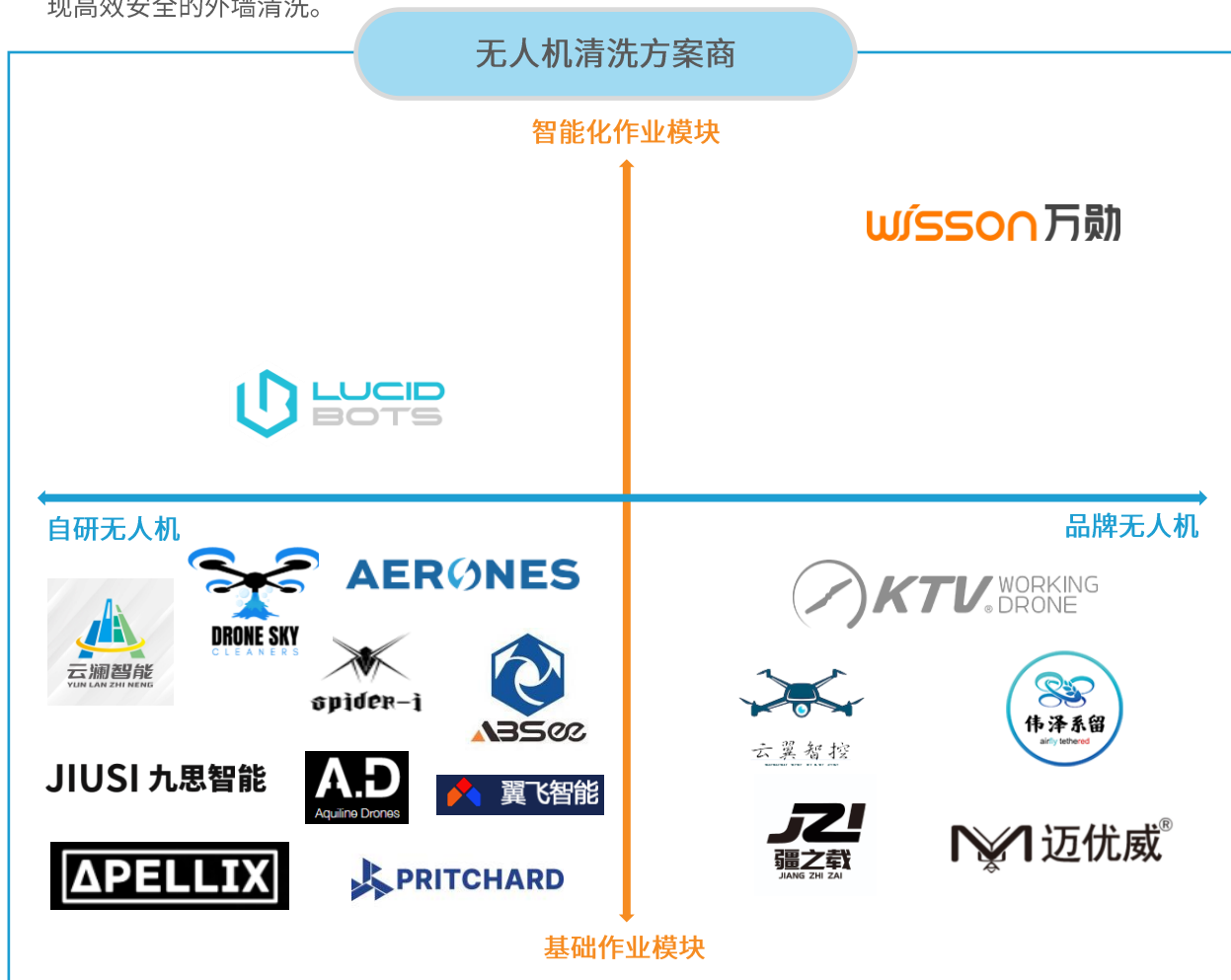
- 3.1 无人机清洗系统方案商与需求方图谱
- 3.2 方案商竞争力模型分析
- 3.3 优秀解决方案案例

4 未来发展与趋势分析

- 4.1 技术演进方向
- 4.2 产业链标准化协同
- 4.3 未来市场潜力

无人机清洗系统方案商与需求方图谱

- ◆ 基于无人机飞行技术和搭载系统作业技术，可将无人机清洗方案商分为四个组合类别：**大部分为无人机开发企业，聚焦于研发无人机整机或者选择主流平台进行二次开发，适配有清洗功能的机械模块**——国内企业主要采用了大疆平台二次开发或者设计搭载功能模块，国外企业普遍自行开发清洗无人机来提供设备销售或者清洗服务。**小部分为智能机器人企业如万勋科技、Lucid Bots，更关注于机器人技术赋能作业模块，并搭配品牌或自研无人机系统。**最终，物业等消费端可直接采购整机或一揽子服务，实现高效安全的外墙清洗。



方案商竞争力模型分析

- ◆ 方案商竞争力模型分析分为四个核心部分：产品性能、场景适配、市场潜力和研发能力。每个部分都定义了关键指标，并结合案头研究、企业访谈、专家评估和消费者调研评估方案商的表现。
- ◆ 产品性能关注方案商提供的解决方案和产品性能。评估时，解决方案的形式和产品性能指标是关键。场景适配衡量方案商的设备和服务方式在建筑幕墙清洗场景中的适用性。飞机类别和除污类型是评估的重点。市场潜力涉及方案商在市场中的地位 and 区域覆盖。单位价格、市场覆盖和知名度是衡量市场认知度的重要指标。研发能力则关注方案商在研发中的人力、物力投入及成果。研发人员占比、研发资金投入量和专利数量是评估研发情况的关键指标。
- ◆ 评估企业选用用户调研中知名度大于40%且有一定研发能力的三家企业：万勋科技、迈优威、九思智能。



- ◆ 从整体评估结果来看，万勋科技在产品性能、场景适配、市场潜力和研发能力方面均实力强劲，堪称无人机清洗场景龙头企业，城市环境匹配度高、清洗完成度与人工相近，综合竞争力最强。迈优威的单机性能指标较强，其他方面表现适中。九思采用自研飞机，在无人机本身的性能方面有不少亮点。

方案商	产品性能	场景适配	市场潜力	研发能力
wisson万勋	●	◐	◐	●
M迈优威®	◐	◑	◑	◑
JIUSI九思智能	◐	◑	◐	◐

注：强弱程度由 ◐ 到 ● 依次增加。
数据来源：万勋、迈优威、九思智能、专家访谈

产品性能

- ◆ 依据厂商属性不同，目前无人机清洗系统主要分为两大类：自研或通用无人机挂载清洗模块，以及自研或通用无人机集成智能机器人系统。自研无人机清洗系统和改造原有无无人机通常为中型无人机，而智能机器人系统则依据底层技术不同，搭载在中、小型无人机上。
- ◆ 产品性能核心关注清洗效果及清洗效率，其次对于安全性的评估主要是无人机在作业中的动态稳定性，以及是否有额外配置的安全措施。
- ◆ 万勋作为机器人公司，在无人机方面选用了大疆的小型无人机平台，配合其基于独有软体机器人技术的清洗系统，展现出突出的安全性和洁净能力，同时作业灵活性较强；此外，其专利水处理技术可有效满足客户高度关注的“洗后不留水痕”需求。迈优威和九思科技主要聚焦无人机本身的性能提升，其大中型无人机清洗系统具有较高的负载能力和较大的设计水压，并对无人机系统进行了改进。

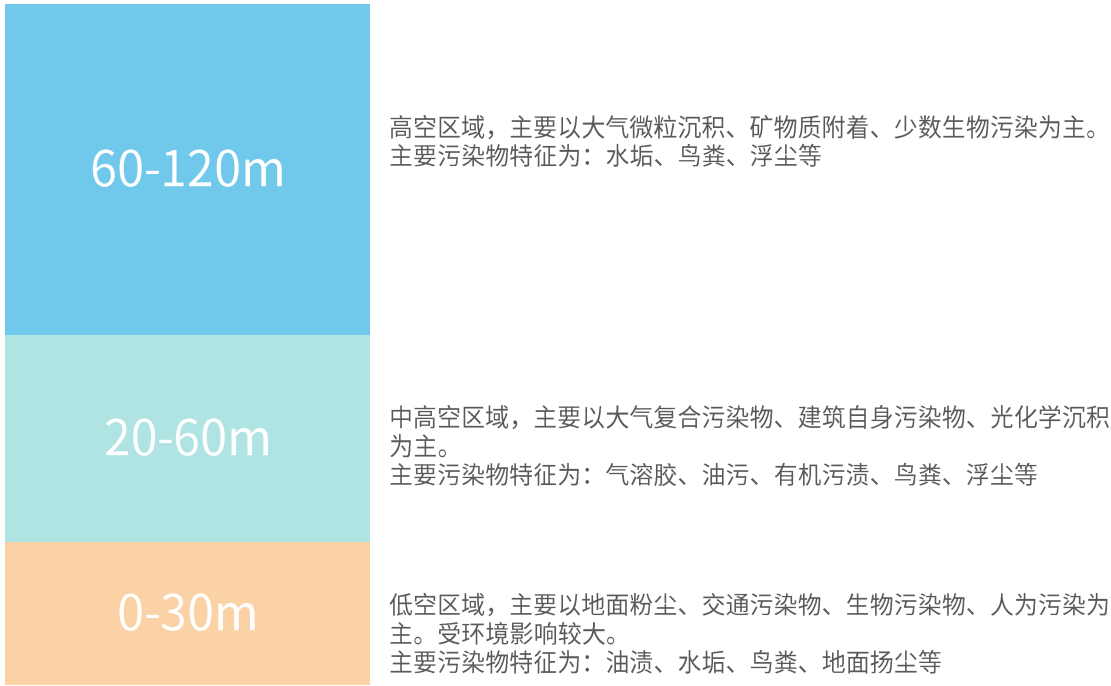
亿欧智库：方案商产品性能分析

方案商竞争力模型	品牌	产品类型	洁净性能	安全性能
产品性能	wison 万勋	猎户座AP3-P3 空中柔韧系留清洗系统+大疆无人机	20MPa出水压 0.2m最近作业距离	自适应平衡 柔韧形态 防护罩 逃脱装置 安全绳
场景适配		大疆 M300/M350/M400小型无人机平台	800m²/小时 专用清洗剂 专利水处理技术	
市场潜力		FC双系留高空清洗无人机系统 大疆平台 FC30 中型无人机二次开发	23MPa出水压 0.8m最近作业距离 1000m²/小时	紧急降落伞系统
研发能力	JIUSI 九思智能	D15R多功能清洗无人机+清洗挂载模块 自研无人机 D15R中型无人机平台	20MPa出水压 2m最近距离 1000m²/小时 专用清洗剂	N/A

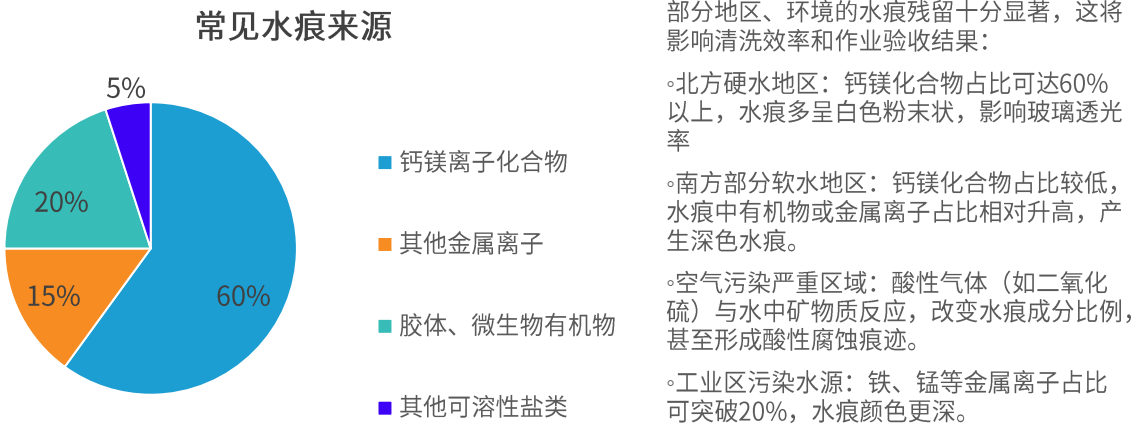
延展研究：无人机清洗工艺

- ◆ 与光伏、桥梁、风机等无人机清洗场景相对，建筑幕墙清洗主要针对于玻璃幕墙，透明玻璃更容易暴露污渍，同时，城市建筑环境复杂，污渍类型较多。在对无人机清洗系统的清洗能力评估时，清洗剂 and 清洗工艺是重要一环。
- ◆ 一方面是**针对于各类材质、污渍开发专用清洗剂**——不同区域、环境、高度的幕墙会附着不同的污渍，需要实时根据现场情况切换不同清洗剂方能有效应对，且既要保障清洗效果，还需考虑环保要求；
- ◆ 另一方面是**解决清洗水痕残留**——建筑幕墙清洗主要引用自来水冲洗，冲洗蒸发后会在玻璃上留下水痕水渍，需要采用特定的水处理工艺对自来水进行加工、规避水痕残留。

亿欧智库：建筑幕墙污渍类型



亿欧智库：清洗后水痕构成来源



场景适配

- ◆ 大、中型无人机具备更强的负载能力与较高水压，适用于大面积、高强度的清洗任务，能高效完成大型目标物表面等区域的轻污渍清洗需求。相比之下，小型无人机以灵活性与安全性著称，结合柔性作业系统后，其贴近表面作业能力提升，可实现 0.2-0.5 米近距清洗，显著增强清洗效果，并适应狭小缝隙、转角等复杂结构场景，同时更加适合城市密集环境内的建筑物清洗。
- ◆ 在应用方向上，迈优威、九思智能等企业依托无人机技术升级，在光伏清洗领域探索了一系列可持续滞空或加快作业速度的清洗方案。而万勋科技全面覆盖了小型和中型无人机清洗系统，针对建筑幕墙场景和风机、光伏等城市外场景设计不同的产品方案，特别是在建筑幕墙场景上适配性更强。

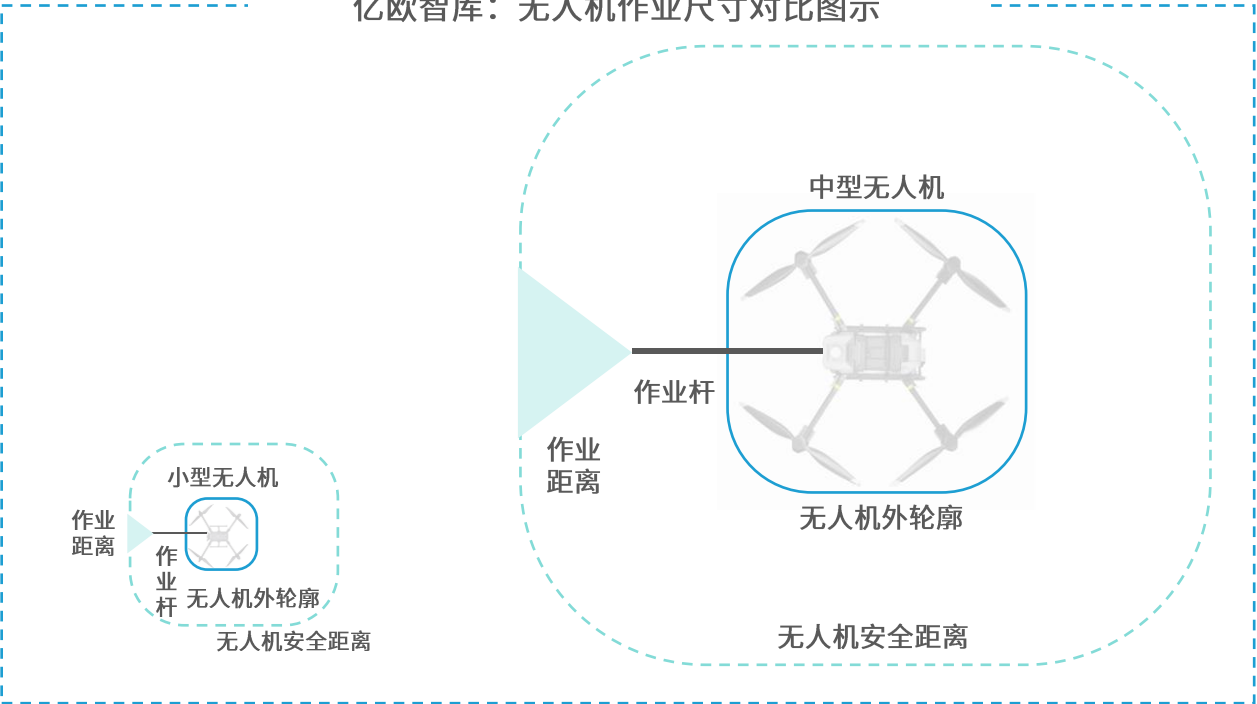
亿欧智库：方案商场景适配分析

方案商竞争力模型	品牌	飞行参数	适配场景	处理污渍
产品性能	万勋科技 wison 万勋	飞行重量： 约7.6Kg 飞行尺寸： 约810*670*430mm	多立面多结构幕墙 建筑死角覆盖： 垂直60°范围 悬停扫喷 水、电双系留	浮尘 积尘 油污 水垢 鸟粪
场景适配				
市场潜力	迈优威 M 迈优威®	飞行重量： 约74.3Kg 飞行尺寸： 约2800*3085*947mm	多立面平整幕墙 建筑死角覆盖： 水平35°摆动喷射 水、电双系留	浮尘 积尘 油污
研发能力	九思智能 JIUSI 九思智能	飞行重量： 约22Kg 飞行尺寸： 约2100*1800*820mm	平整幕墙 建筑死角覆盖： 未知 自动规划功能 水系留	浮尘 积尘

延展研究：无人机规格与作业效果

- ◆ 和人工及爬壁机器人擦拭式作业不同的是，无人机清洗是抵近式冲洗作业，其原理是采用清洗剂溶解污渍+高压水冲洗的方式去除污垢。专用清洗工艺和被洗表面冲洗水压决定无人机系统的清洗效果。
- ◆ 被洗表面水压受出水压及作业距离影响，**小型无人机在作业距离和飞行通过率上有优势**，但需要解决高出水压对飞行稳定性的影响。**中型无人机在清洗效率上更有优势，能获得较高出水压，但因安全距离会导致被洗表面水压降低**。除作业能力外，不同机型还存在安全性、报飞难度、运输难度的差异。

亿欧智库：无人机作业尺寸对比图示



亿欧智库：不同作业距离和被洗表面水压的关系

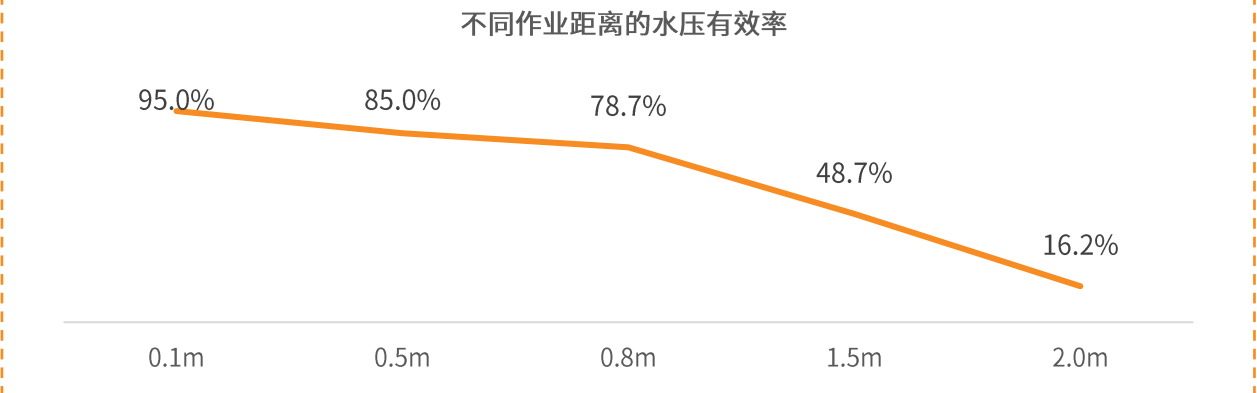
无人机往往携带高压喷头，但随着无人机与清洗表面的距离增加，作用在被洗表面的水压会急速大幅衰减，即使配备更大压力的水泵也难以发挥必要清洗能力：

大中型无人机作业距离一般在2-3米，仅能利用17%以下的有效水压。

小型无人机通常在1.5米以内作业，能保证有超过50%以上的有效水压。万勋通过柔性作业模块更可以实现0.2-0.5米之间作业，清洗效果提升明显，能够轻松应对各种复杂场景，更适用于城市环境。

从清洗效果和环保节水看，**小型无人机能够更好地利用水压，覆盖城市内建筑物的死角和复杂结构，确保清洗的全面性和环保性**，而大中型飞机较难兼顾清洗效果和环保节水。

不同作业距离的水压有效率

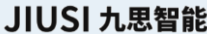


数据来源：万勋、迈优威、九思智能、专家访谈

市场潜力

- ◆ 国内无人机清洗系统行业正处于起步阶段，市场前景广阔，且能够很好地顺应出海潮流。目前，市面上主流的无人机清洗系统厂商均有海外市场布局。在价格方面，无人机清洗系统的服务费用基本在1.5-3元/m²，相当于人工成本的7-8成，降低终端成本的同时，有效缓解了高空清洗市场面临的劳动力缺口问题，因此深得终端客户和清洁服务商的欢迎。
- ◆ 作业覆盖方面，目前部分无人机清洗系统已可实现高至200米的有效清洗，可覆盖大部分作业需求场景。需注意的是，受《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》限制，禁飞区须提前申报作业，非禁飞区内的中型及以上的无人机飞行作业前必须进行飞行申报、小型无人机在120米以上的清洗作业需要进行飞行申报，此外；
- ◆ 万勋科技在出口覆盖范围和垂直场景市场知名度方面表现突出，显示出极强的市场竞争力。迈优威有一定的出口和较高知名度。九思智能有较多的海外市场，并在无人机圈内有较高影响力。

亿欧智库：方案商市场潜力分析

方案商竞争力模型	品牌	价格	出口国家/地区	知名度 (问卷反馈)
产品性能	万勋科技 	机器价格：15-20万 作业单价：勘测后分级报价	100+国家/地区 出口北美、欧洲、中东、东南亚市场	97%
场景适配	迈优威 	机器价格：约32万 作业单价：不详	20+国家/地区	76%
市场潜力	九思智能 	机器价格：15-20万 作业单价：不详	80+国家/地区	43%
研发能力				

研发能力

- ◆ 无人机清洗系统的研发正成为清洗行业的创新焦点，其技术发展迅速，应用前景广阔。传统人工清洗方式存在高风险、低效率和高成本等问题。无人机技术的出现为解决这些难题提供了新思路，其灵活、高效、安全的特点使其在清洗领域展现出巨大潜力。
- ◆ 目前，无人机清洗系统的研发主要集中在无人机平台选型、清洗系统设计、除污清洗工艺开发、控制系统架构、传感器系统以及路径规划与避障策略等方面。
- ◆ 万勋科技为具身智能机器人公司，在研发投入和专利数量上都表现突出，展现出显著的技术实力和创新力优势。迈优威在无人机能源管理和电池方向有专注的研发，整体研发投入和专利数量较少。九思智能重点开发自研无人机，研发投入同样可观，但专利数量较少。

亿欧智库：方案商研发能力分析

方案商竞争力模型	品牌	研发投入	专利数量与方向 (至2024年)
产品性能	万勋科技	研发费用 年均2000万+	专利数量：189 研发方向：具身智能机器人技术与应用
场景适配	迈优威	研发人员占比 65%+	研发方向：机载电源与系留装置
市场潜力	九思智能	研发费用 年均1000万+	专利数量：16 研发方向：无人机导航与定位
研发能力	JIUSI 九思智能	研发人员占比 50%+	专利数量：6 研发方向：无人机导航与定位

国外优秀解决方案案例——KTV Working Drone

- ◆ KTV Working Drone是一家由KTV Group于2022年创立的公司，是全球首家获得批准提供自主无人机清洗服务的企业，主要通过加盟模式推动其全球业务布局，主打高品质精品服务路线。
- ◆ KTV Working Drone的无人机清洗系统基于大疆无人机，融合清洗工艺、传感器技术，通过结合先进的传感器和智能算法，使无人机能够自主地在建筑物表面飞行并进行清洗工作，其专有传感器技术可实现厘米级的精准度。每年清洗面积达到了6000万m²。

KTV 历史沿革

2020年起，KTV Group的无人机已在挪威各地用于清洗建筑物，客户包括 Statoil、Equinor、Total、McDonald 的总部以及卑尔根机场等。

2023年11月，KTV Working Drone 与阿联酋的清洗和设施管理公司 Aquarius Facilities Management 签订了主特许经营协议，共同开拓阿联酋市场。

2024年3月，KTV Working Drone 在德国迈尔造船厂完成了首次官方作业，为即将交付的邮轮 Asuka III 的造船厂外墙进行翻新。

2024年11月，KTV Working Drone 与印度最大的清洗公司之一的设施管理业务 Satyam Facility Management Pvt. Ltd. 签订了特许经营协议。

KTV 主营业务

外墙清洗

可快速、高效地清洗多层建筑的外墙，保护建筑免受环境因素造成的磨损，预防污垢和污染物的堆积，延长建筑使用寿命。

窗户清洗

适用于高层建筑的窗户清洗，能深入传统方法难以触及的区域，提供更快清洗速度和更出色的结果，且不会对窗户造成划痕或损伤。

太阳能板清洗

采用无刷清洗方式，不会机械损坏太阳能板表面，同时利用高压水和两个特殊喷嘴及专有清洗水方法，每小时可清洗高达1200平方米的面积，显著提高清洗效率。

无人机巡检

除了清洗服务外，还提供无人机巡检服务，可对建筑物、基础设施等进行检查和监测，及时发现潜在问题。

KTV 清洗方式

KTV Working Drone 配备屋顶锚定系统，确保飞行稳定性；采用自主飞行技术，操作员主要负责监控和安全管理。
机体直径约1米，设计紧凑，适用于高层建筑、桥梁等复杂结构的清洗作业，**最高作业高度50米**。

SelfCleaner：使用低压泡沫喷洒环保清洗剂，无需高压冲洗，适用于外墙清洗。

Clean-Water：采用反渗透纯净水进行玻璃幕墙清洗，无需化学剂，环保高效。

KTV 应用案例



国内优秀解决方案案例——万勋科技

- ◆ 作为通用软体机器人全球领航者，万勋科技在全球范围内首创了具备强大商业化能力的通用软体机器人技术——Pliabot®柔韧技术，从而为各行各业打造低成本、高任务成功率、高适应性、高安全性、可广泛适用的新一代高性能智能机器人，产品目前已在十余个行业不同场景实现商用，包括各类空中作业、新能源车自动充电、特种作业机器人等。
- ◆ 在空中清洗领域，万勋将柔性具身智能与无人机系统创造性结合，并不断推动空中清洗机器人相关能力建设，在安全性和清洁能力方面具备显著的差异化优势，作业案例已遍布全国各省市，成功服务了华润、万科、合生创展、农夫山泉、中国移动、天津轨交集团、成都轨交集团等多家头部企业，覆盖地标写字楼、酒店公寓、厂房、园区、市政设施、异形大楼等各类建筑，技术能力与作业效果经受了客户与市场的严苛检验，得到广泛认可与好评。

Pliabot®柔韧技术

Pliabot®柔韧技术，以“神经元具身智能+柔韧肌肉”双螺旋驱动构成柔性具身智能架构，具备高成功率、高适应性、原生碰撞安全、软硬件低成本、适配场景广、商业化落地能力强六大核心技术优势，从而得以为所赋能的空中作业平台各产品带来独有能力和优势，如超近距乃至接触式作业、精准大角度作业、适配小机型等

SlimCell 柔韧智能肌肉单元

关节

单臂

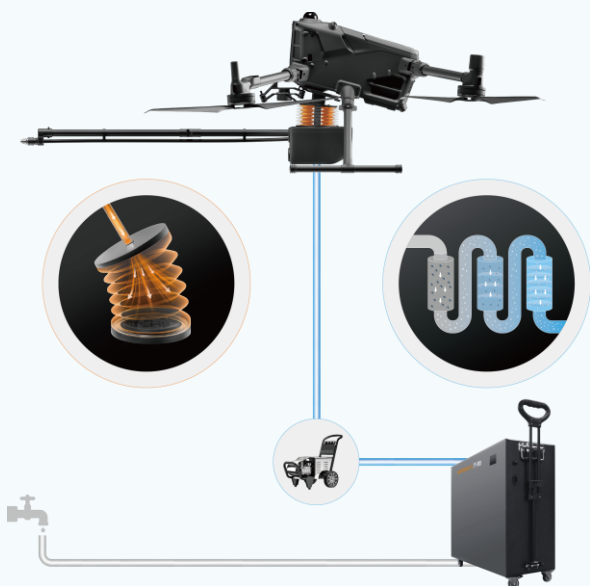
双臂



猎户座 Orion AP3-P3和DIC水处理器

依托Pliabot®柔韧关节+触觉AI构成的柔性具身智能架构，AP3-P3具备智能主被动自适应平衡能力，能有效抵抗飞行后座力与气流扰动，柔性消解意外碰撞，进而支持“零距离”强效作业；同时，柔韧关节可多角度精准气动控制，清洗全面，不留死角。

此外，专利技术加持的DIC水处理系统，可智能精准调控水质，确保清洗后不留水痕。



AP3-P3 为深圳某办公楼清洗

技术优势

- 安全保障：**适配小型无人机，柔韧关节保障抵近作业下的建筑人员设备安全；
- 强效洁净：**通过抵近作业、多种适配清洗工艺和水处理技术，可洁净水垢油污鸟粪各种城市幕墙污渍；
- 无死角作业：**通过柔韧关节实现大角度调整，有效清洗城市建筑墙面各种结构死角；
- 灵活快捷：**SUV即可快速运输部署，响应大片区清洗任务，适配大疆飞控10分钟即可起飞作业；
- 高效降本：**2人1组作业，效率是人工4倍以上。

目录

CONTENTS

1 行业发展环境与背景

- 1.1 全球与中国市场发展方向
- 1.2 无人机清洗系统内外驱动因素
- 1.3 无人机清洗系统核心技术突破

2 行业驱动要素分析

- 2.1 建筑幕墙清洗市场痛点与挑战
- 2.2 无人机清洗系统行业应用特点
- 2.3 无人机建筑幕墙清洗方案采购决策考虑因素
- 2.4 行业多角色需求差异

3 行业方案商分析

- 3.1 无人机清洗系统方案商与需求方图谱
- 3.2 方案商竞争力模型分析
- 3.3 优秀解决方案案例

4 未来发展与趋势分析

- 4.1 技术演进方向
- 4.2 产业链标准化协同
- 4.3 未来市场潜力

技术演进方向

- ◆ 场景的快速发展也推动了技术持续演进——当前无人机清洗系统在智能化清洗上仍存在提升空间，特别是具身智能的应用将进一步赋能清洗模块、提升高空作业能力和边界；传统清洗剂成分对环境和建筑材料或有一定影响，有待优化；智能化污渍检测技术不仅支撑客观验收，更助力实现环保且高效的智能化自动清洗；供能供料方式正向水电双系留演进，保障强度与安全性的同时大幅减重，以推动连续作业时长和效率。

具身智能智慧作业技术



- 污渍感知、水流控制系统与飞控系统间的数据融合度不高，仅依赖于水泵高压喷射难以有效对焦以及采取不同冲洗模式去除顽固污渍。

通过引入具身智能模块，将清洗无人机从带水管飞行变成带机器人模块执行空中作业。使用机器人模块配合污渍检测技术的“眼手”反馈，实现高效定向定点去除顽固污渍。具身智能进一步提高了无人机在高空复杂环境下的作业能力、安全能力和作业范围。

视视觉AI

柔韧机器人模组

数据&算法

环保清洗剂技术



- 许多传统清洗剂含有三氯生、磷酸盐等难降解且易生物累积的化学物质，在废水处理中难以完全去除，导致水体富营养化及生态毒性问题。特定场景使用的强碱、强酸成分则可能对玻璃、金属等建筑外墙表面造成腐蚀，加速基材老化，缩短结构使用寿命。

引入蛋白酶、脂肪酶等多酶配方，实现对有机污垢的高效催化分解；开发基于柠檬酸、醋酸等天然有机酸配方的软性清洗体系实现生物降解；利用高纯度去离子水结合纳米气泡增强剪切力，减少化学添加剂，进一步降低挂壁痕迹。

生物基酶

纳米气泡

纯化水

有机酸

智能化污渍检测与飞控技术



- 现阶段污渍识别的准确率受限于视觉系统对不同材质、光照、反射条件下污渍类型的分辨能力，常出现误判或漏检，难以支撑“按需清洗”的作业逻辑。

基于视觉与光谱传感器的污渍检测算法，可在作业前准确定位污染区域并评估污垢类型，结合自动飞行算法完成自动飞行自动验收自动补洗，大幅提升作业效率和清洗效果。

光谱传感器

除污算法

智能检测

空中长时作业能力



- 由于电池技术受限，目前无人机以电池供电单次作业时长通常不超过20分钟，频繁更换电池降低了作业效率；清洗介质需随载荷搭载，受限于无人机负重能力，水箱或清洗剂容量较小，无法支撑长时间、高强度的连续作业。

双系留（双缆）无人机清洗系统是目前无人机清洗系统提高作业效率的主要方向，其通过同时引入地面电力与水源供给，实现长时间、高强度的清洗作业能力，兼具安全性与效率优势。充足的电力与水源供给也为智能化污渍检测技术创造了实现条件。

双系留无人机

电力安全管控

双重持续供给

产业链标准化协同

- ◆ 构建无人机清洗系统跨行业联盟需以标准为纽带、数据为血液、政策为骨架，通过建立分层治理架构、差异化标准体系和共享式创新平台，实现政府监管效能、企业技术能力与市场需求的三重跃迁。
- ◆ 未来需重点关注标准动态迭代机制与国际话语权争夺，将中国的“无人机+幕墙清洗”模式打造为全球智能城市治理的范式样本。

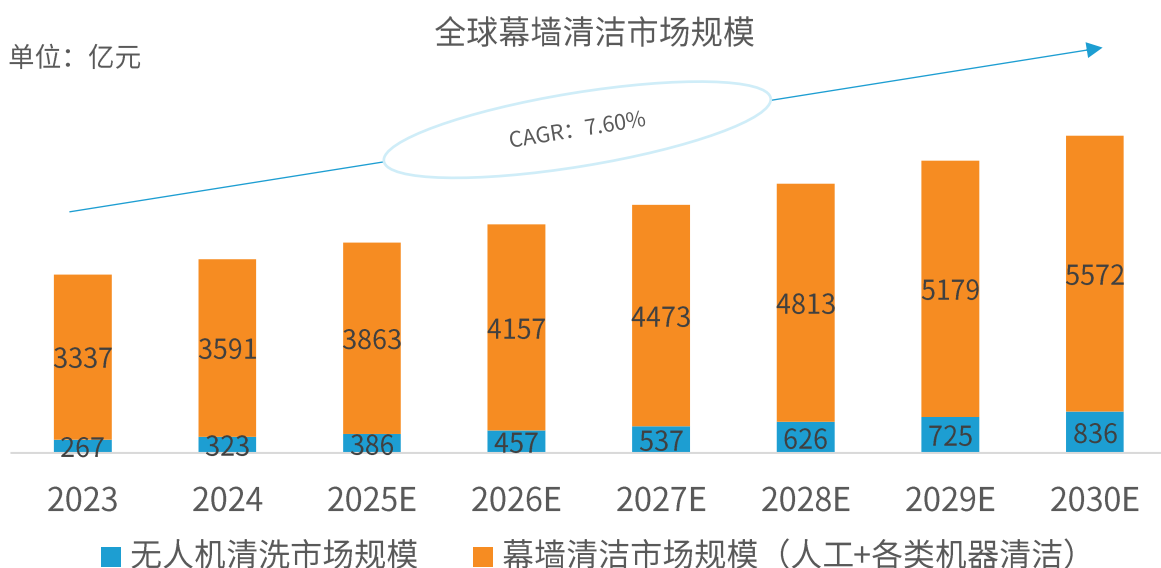
亿欧智库：多方主体在标准化对接中的角色与需求



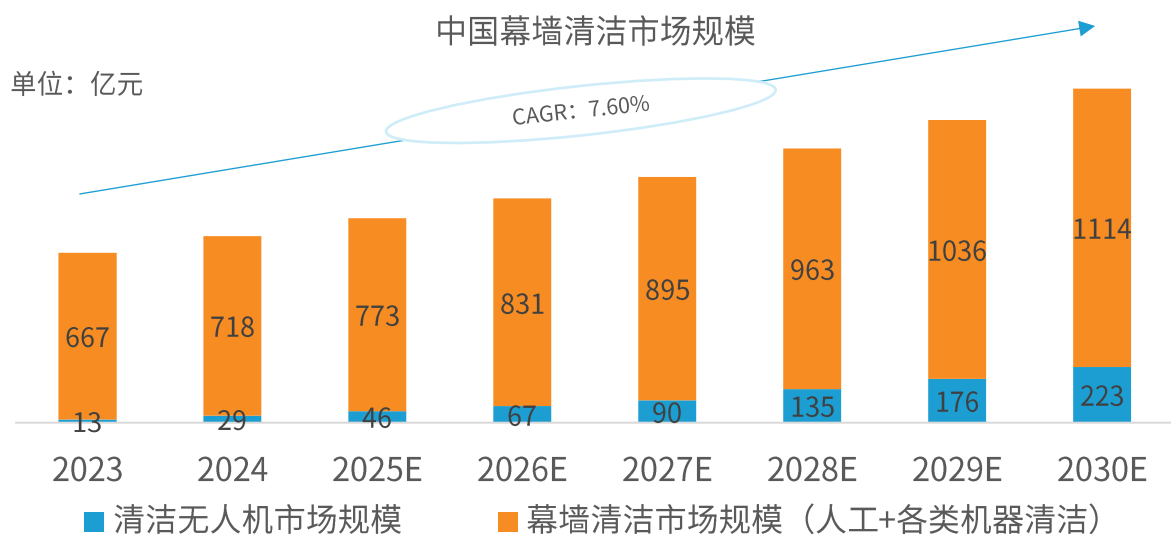
未来市场潜力

- ◆ 2024 年全球幕墙玻璃清洗市场规模约 3591 亿元，预计到 2030 年将增至约 5572 亿元，年复合增长率约 7.6%。无人机清洗领域中国市场约占全球市场的 20%，2030 年无人机幕墙清洗渗透率有望增长至 10%，市场规模达到 223 亿元。若政策进一步放开，可能会出现爆发式增长。

亿欧智库：幕墙无人机清洗系统未来市场潜力



- 目前，受到用工成本，保险费用等因素影响，国际市场无人机清洗渗透率在10%左右，并将逐渐增长至15%，2030年全球无人机清洗市场预计达到836亿元。



- 亚太区在全球无人机清洗系统服务市场中的份额已达约25%，并在未来继续提升，其中中国约占80%的市场，即20%的全球市场份额。2024年中国无人机清洗渗透率约为2%，预计2030年增长至20%左右，即中国幕墙无人机清洗系统市场规模达到223亿元。
- 《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》规定，小型及以下无人机120m以下非禁飞区可自由飞行，更大尺寸、更高高度飞行需要进行飞行活动申请。如政策进一步放开，中国在全球市场的份额将显著增长。

团队介绍

- ◆ 亿欧智库 (EO Intelligence) 是亿欧旗下的研究与咨询机构。为全球企业和政府决策者提供行业研究、投资分析和创新咨询服务。亿欧智库对前沿领域保持着敏锐的洞察，具有独创的方法论和模型，服务能力和质量获得客户的广泛认可。
- ◆ 亿欧智库长期深耕新科技、消费、大健康、汽车出行、产业/工业、金融、碳中和等领域，旗下近100名分析师均毕业于名校，绝大多数具有丰富的从业经验；亿欧智库是中国极少数能同时生产中英文深度分析和专业报告的机构，分析师的研究成果和洞察经常被全球顶级媒体采访和引用。
- ◆ 以专业为本，借助亿欧网和亿欧国际网站的传播优势，亿欧智库的研究成果在影响力上往往数倍于同行。同时，亿欧内部拥有一个由数万名科技和产业高端专家构成的资源库，使亿欧智库的研究和咨询有强大支撑，更具洞察性和落地性。

报告作者



何舒阳

亿欧智库 分析师

Email: heshuyang@iyiou.com

报告审核



孙毅颂

亿欧智库 研究总监

Email: sunyisong@iyiou.com