

“风蚀”——以风之道，还治风之身

一、参赛信息

申报单位名称：齐齐哈尔大学

队伍名称：赛博工匠

产品名称：“风蚀”——以风之道，还治风之身

指导教师：崔有正、周晶晶

学生队员：周琨淇、于千贺、秦圣源、李美亮

二、作品背景

随着城市化进程的不断加快，城市绿化中杨柳树的种植密度日益增高，导致了春季飞絮问题愈发严重。根据国家林业和草原局的数据，我国杨柳树存量已超过 10 亿株，主要分布于华北、华东及西北地区。柳絮带来的危害是多方面的：首先，它携带花粉、灰尘和病原体，易引发过敏人群的呼吸道疾病和皮肤过敏，飞絮季节医院相关就诊量增加 30%-40%；其次，柳絮材质极度易燃，接触明火极易引发快速蔓延的火灾，对生命财产安全构成严重威胁；此外，柳絮堆积影响市容，堵塞空调外机、汽车散热器，飘散时遮挡视线，增加交通事故风险。

目前，应对柳絮的主要方式是人工清扫与高压喷水，这些传统方式效率低下、成本高昂，且难以彻底清除，甚至可

能造成二次污染。柳絮高发期每年可持续 30 至 45 天，市场对高效、环保的清理方案需求迫切。因此，本作品旨在通过自动化、智能化的技术手段，设计一款能够高效收集并安全处理柳絮的全地形小车，以科技赋能城市环境治理，保障公共健康与安全。

三、作品说明

本设计旨在解决现有柳絮处理方式效率低、成本高、存在安全隐患等问题。通过深入的市场调研和文献查阅，我们决定采用模块化设计理念，将小车划分为移动、收集、处理、控制、供电五大核心模块，确保各模块功能独立且协同高效。

设计过程充分考虑了实际应用场景的复杂性，如公园、街道、校园等不同地形，以及操作者的使用便捷性。我们重点优化了小车的通过性、收集效率和处理过程的安全性。在一体化智能控制的基础上，对小车结构进行创新，力求实现结构紧凑、操作智能、处理高效、运行稳定的目标。

动力与控制系统作为小车的“神经中枢”，为整机提供稳定动力和精确指令。通过高能锂离子电池供电，结合 PLC（可编程逻辑控制器）为核心的智能控制系统，集成多种传感器，实现了从环境感知、自主导航、高效收集到安全焚烧、环保排放的全流程自动化闭环控制。

综上所述，本设计紧密结合城市环境治理的实际需求，

通过模块化构建与智能控制技术的深度融合，打造出一款高效、安全、环保且适应性强的全地形柳絮自动收集处理小车。

四、作品设计思路

产品以“自动化收集+安全处理”为核心，通过模块化设计与智能控制技术实现对柳絮的闭环处理。

行业领域：智能机械与自动化设备

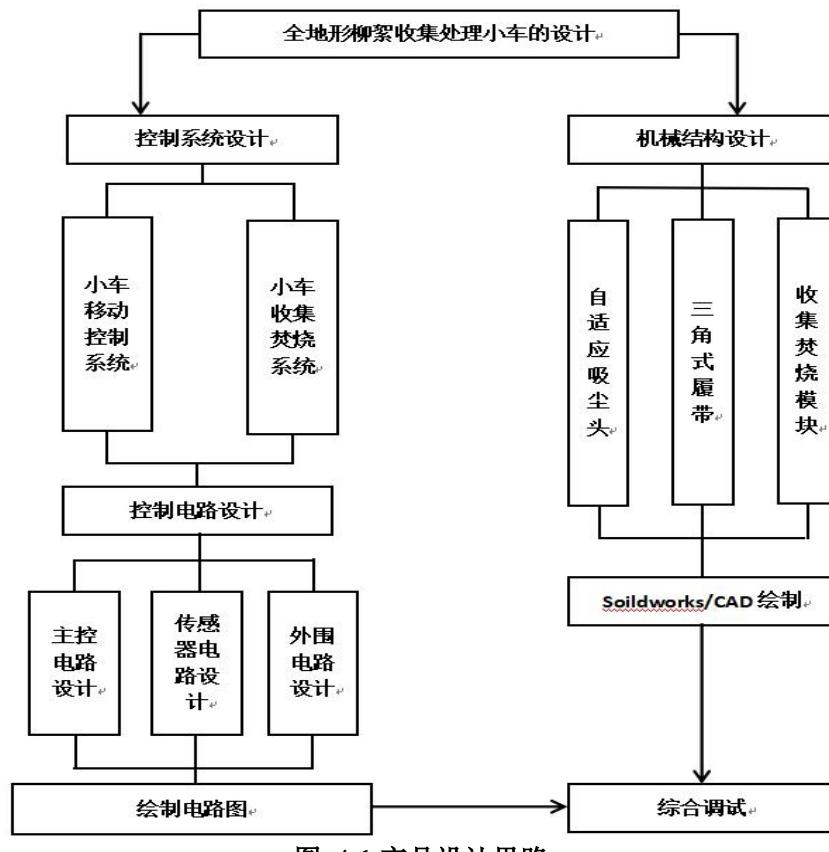


图 4-1 产品设计思路

五、功能介绍

本作品“全地形柳絮自动收集处理小车”集成了智能感知、高效收集、安全处理与环保排放于一体的综合功能。

1. 智能识别与自主导航：搭载视觉传感器与激光雷达，实时探测柳絮分布密度与障碍物，基于 AI 算法自主规划最优清扫路径，作业覆盖率 $\geq 95\%$ 。

2. 高效负压吸附收集：采用大功率风机（风量 $\geq 2000\text{m}^3/\text{h}$ ）产生强负压，通过前置收集罩高效吸附地面及飘散柳絮，收集效率 $\geq 10\text{kg}/\text{h}$ 。

3. 封闭式安全焚烧处理：焚烧室采用密闭设计，配备温度与氧气浓度传感器，自动调节供风，确保柳絮充分燃烧（效率 $\geq 98\%$ ），并通过阀门系统隔离火星，杜绝火灾隐患。

4. 环保废气过滤系统：采用三级过滤（初效+HEPA+活性炭）净化焚烧废气，颗粒物排放浓度 $\leq 20\text{mg}/\text{m}^3$ ，符合国家环保标准。

5. 远程运维与智能管理：通过物联网（IoT）平台，可实现设备状态远程监控、故障报警、数据统计及系统 OTA（空中下载）升级，极大提升了设备的维护管理效率。

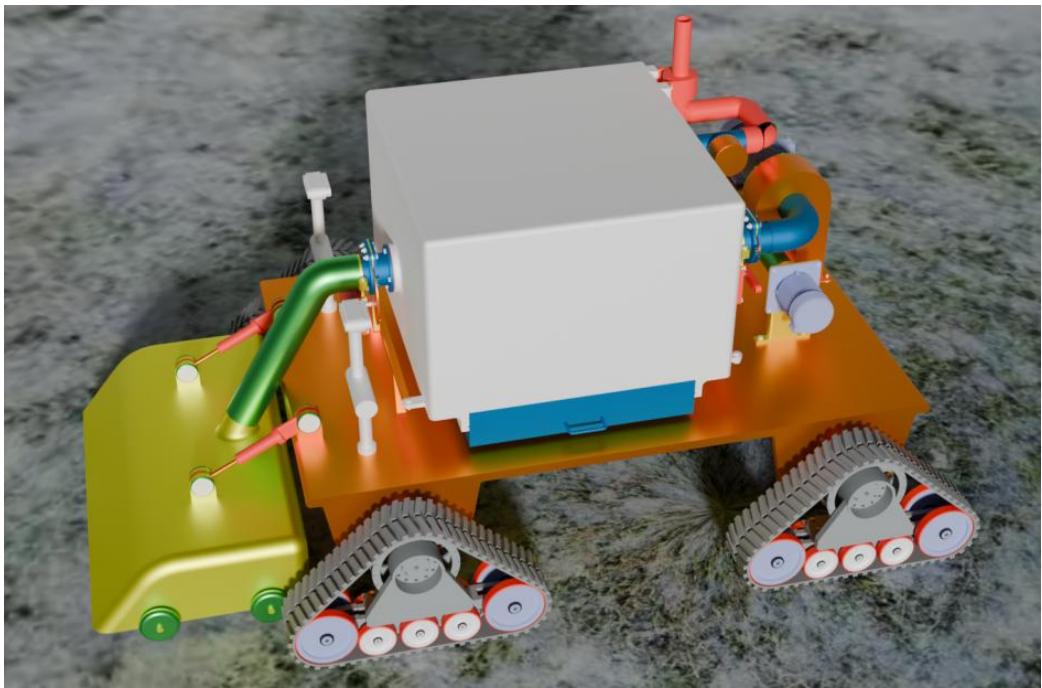


图 3-1 全地形柳絮收集处理小车渲染图

综上所述，本设计将紧密结合实际使用情况和用户需求，通过自动化、智能化的设计，打造出一款高效、安全且易于操作全地形柳絮收集处理小车

六、工作原理

启动与自检；设备通电后，自动执行系统自检程序，检查传感器（如温度传感器、氧气传感器）、风机、电池电量、焚烧室阀门状态等核心模块是否正常；若自检通过，进入下一流程。若发现故障，触发警报并暂停运行，环境感知与路径规划，通过前置探头检测视觉传感器或激光雷达扫描周围环境，识别柳絮聚集区域及障碍物（如树木、车辆、行人）并进行路径规划，基于检测数据，由 AI 算法生成最优作业路径，优先覆盖柳絮密度高的区域，支持自动避障与动态调

整路线。设备沿规划路径移动至目标区域，启动大功率风机，通过负压吸附系统将地面柳絮吸入收集管道到达焚烧室。持续吸附直至焚烧室内置传感器检测到柳絮容量达到预设阈值（例如 80% 容积）。当焚烧室满后，停止吸附，等待工作人员操控。

关闭焚烧室与外界连接的阀门，启动点火装置，同时风机切换为供风模式，为燃烧提供氧气。实时监测焚烧室温度（误差 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ ）和氧气浓度，确保充分燃烧（效率 $\geq 98\%$ ），避免生成有毒气体。焚烧结束，关闭点火装置，灰烬会自动落入下方收集箱。系统会持续监控电池电量，若电量不足，经过工作人员同意操作后，系统自动导航至充电点充电，充满后恢复作业。完成任务或收到停止指令后，设备停止所有操作，关闭电源，进入待机状态。

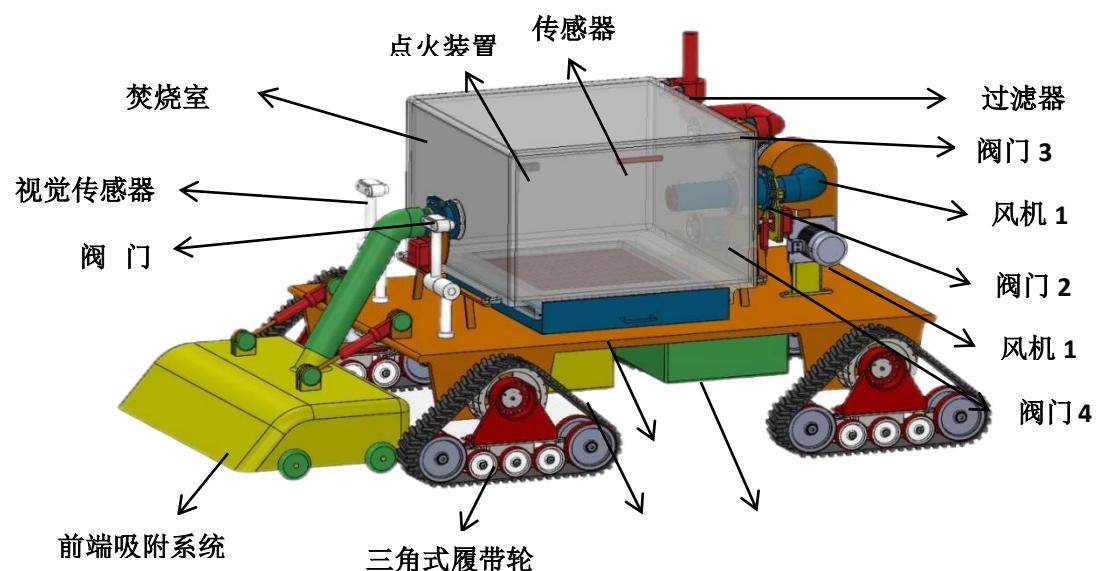


图 4-1 全地形柳絮自动收集处理小车

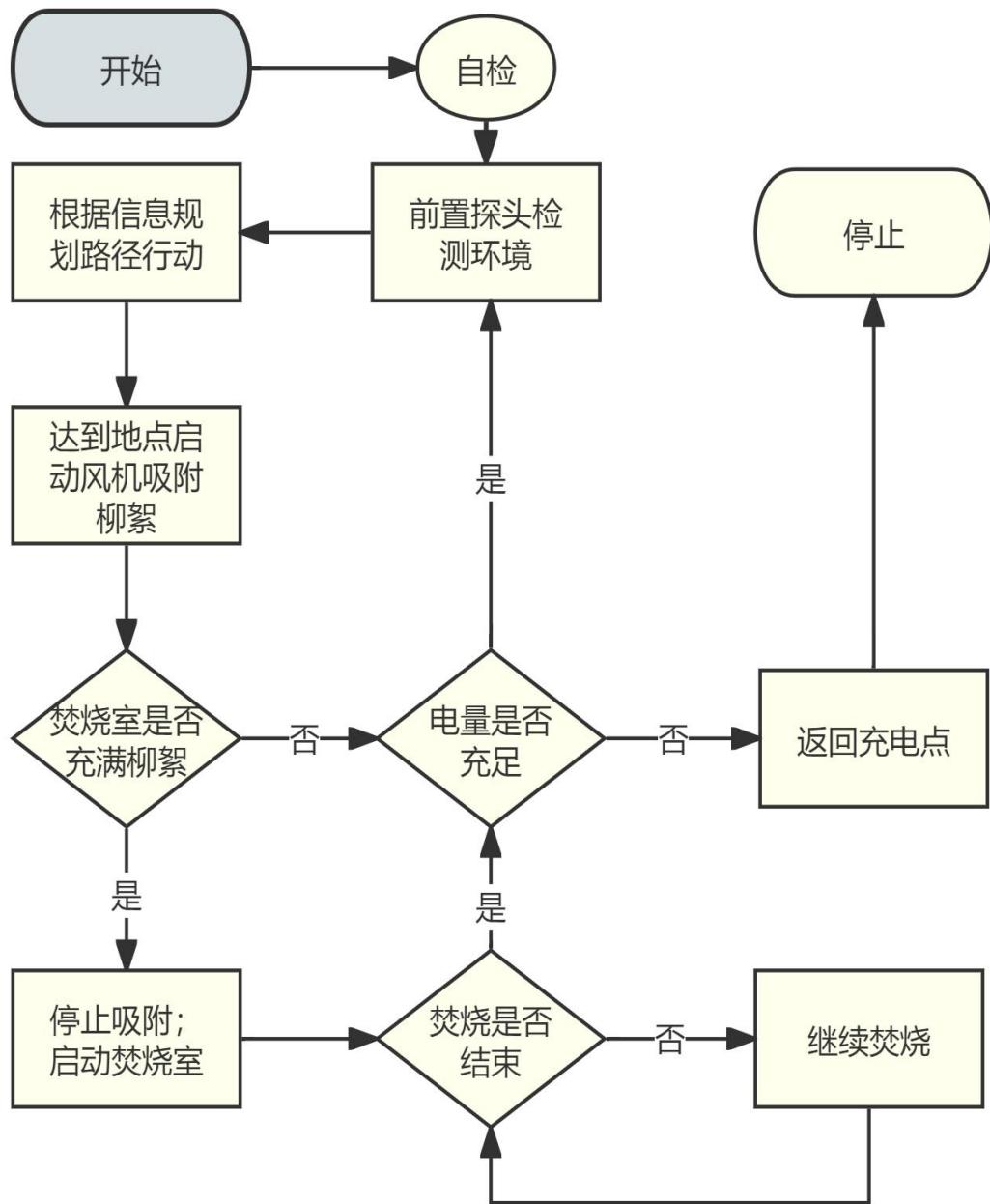


图 4-3 工作流程

七、结构说明

1. 全地形移动平台设计

移动模块是小车实现复杂地形作业的基础。本设计采用了独特的三角履带式车轮结构。这种结构接地面积大、压强

小，使其在松软、泥泞、有雪或不平整的路面上行驶不易下陷，具备卓越的越障能力（爬坡度 $\geq 30^\circ$ ）。同时，其结构紧凑，转向灵活，能够自如穿梭于公园、街道、校园等狭窄区域，极大地拓展了设备的应用范围。

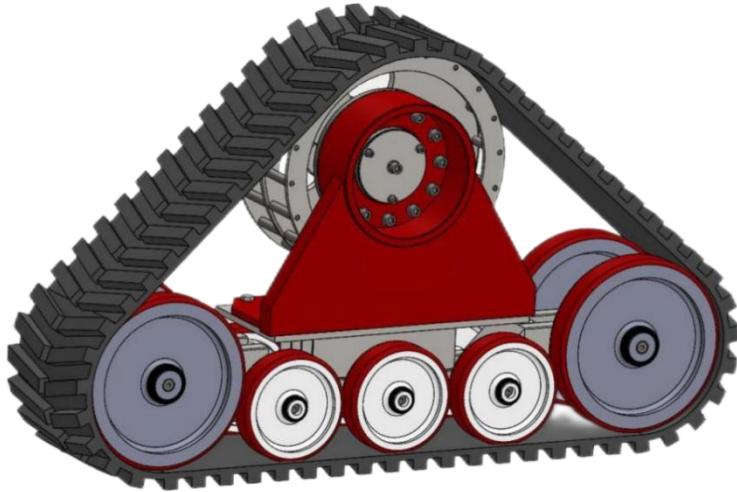


图 5-1 三角履带式车轮

2. 高效负压吸附系统

吸附系统是完成柳絮收集任务的核心。该系统主要由大功率风机、抽料管道、前置收集罩及控制阀门组成。其核心原理是利用风机产生强负压，形成高速气流，将柳絮快速吸入系统。前置收集罩采用模块化设计，可根据不同作业场景（如开阔地、绿化带缝隙）进行更换或调整，增强了设备的场景适应性。系统可根据传感器反馈的柳絮密度，动态调节风机功率，实现能效与效率的最优匹配。

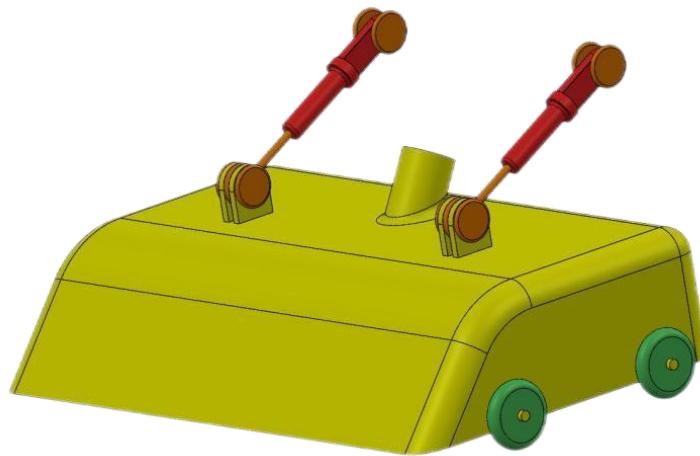


图 5-2 前置收集罩

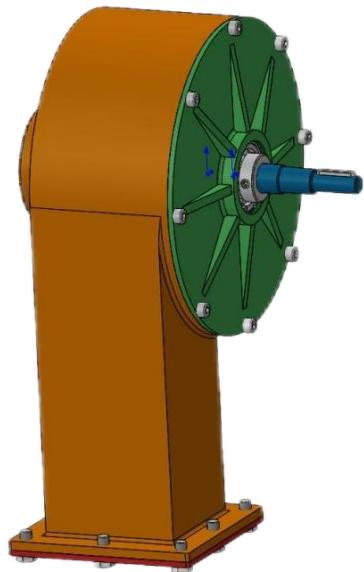


图 5-3 风机

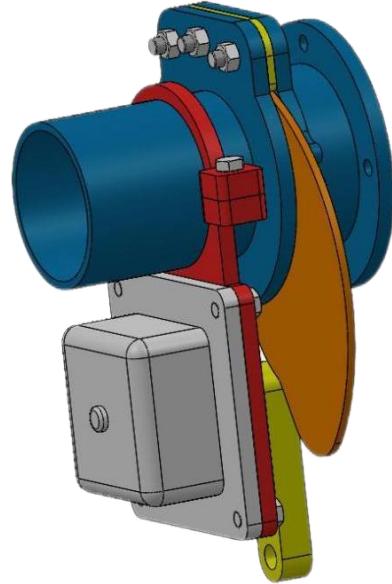


图 5-4 阀门

3. 封闭式安全焚烧室

焚烧模块承担着对收集到的柳絮进行无害化处理的关键任务。焚烧室采用耐高温不锈钢材料制成，具备优良的耐热性和结构强度。设计上采用可拆卸的模块化结构，便于维护和清洁。内部集成电热点火装置、温度传感器和氧气浓度传感器，能实时监测并自动调节燃烧状态，确保柳絮在最佳条件下充分燃烧，从源头减少有毒气体的产生。阀门系统严格隔离焚烧室与外部环境，防止火星外泄，确保作业安全。

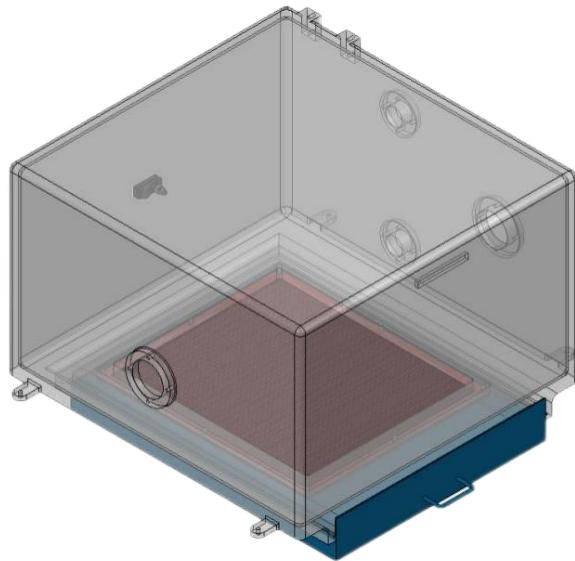


图 5-5 焚烧室

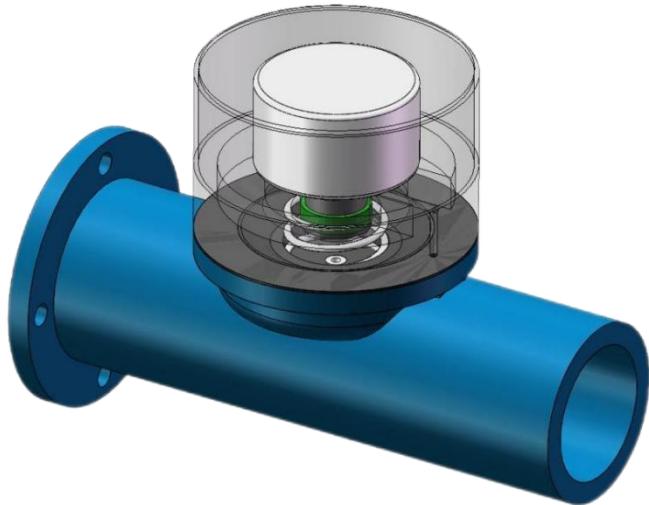


图 5-6 焚烧室

4. 智能控制系统

控制模块是小车的“大脑”。本设计以 PLC（可编程逻辑控制器）为核心，整合了视觉传感器、激光雷达、温度传感器、氧气传感器等多种感知元件。PLC 负责处理所有传感器数据，执行核心控制算法，指挥移动、吸附、焚烧、过滤各模块协同工作。它实现了从路径规划、收集启停、燃烧控制到故障诊断的全流程自动化。结合 IoT 技术，支持远程数据传输和控制系统 OTA 升级，保证了设备的持续优化和智能化。

管理。



图 5-7 可编程逻辑控制器

5. 三级环保过滤系统

过滤系统是确保小车环保性的最后一道关口。为了有效处理柳絮焚烧产生的颗粒物及可能的气态污染物，本设计采用了三级串联过滤方案：

- 初效过滤器：拦截较大的颗粒物和余烬。
- HEPA 高效过滤器：对直径 $0.3 \mu\text{m}$ 以上的细小颗粒物过滤效率达 99.97% 以上，有效去除烟尘。
- 活性炭过滤器：吸附燃烧可能产生的微量有害气体及异味。通过此系统，最终排放的废气洁净度远低于国家相关排放标准限值。

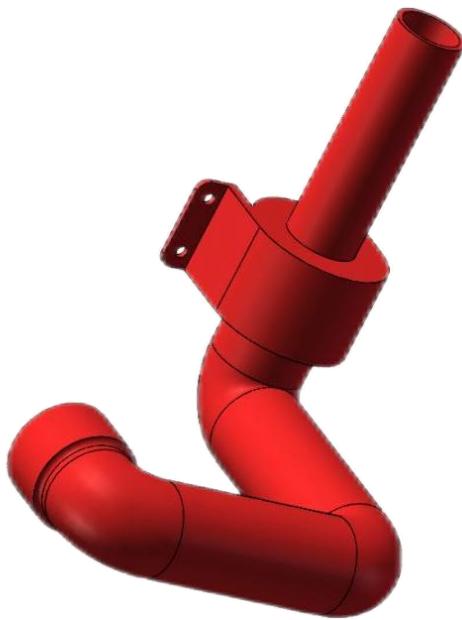


图 5-8 过滤器

总之，全地形柳絮自动收集处理小车需要综合考虑全地形通过性、智能自主作业、高效收集与安全处理、环保排放标准、模块化维护、远程运维管理以及运营经济性等方面的要求，以确保其在实际应用中能够高效、稳定、安全地运行。

八、技术研发水平

1. 移动系统设计

采用三角式履带结构，具备优异的地形适应能力，可稳定通过沙地、草地、缓坡等复杂路面。履带采用模块化橡胶材质，耐磨且便于更换。系统通过双侧履带的独立驱动与速度差实现灵活转向。系统搭载高扭矩直流电机与减速箱，提供强劲动力。履带表面设计防滑齿，进一步增强在各种地形上的抓地力与牵引性能。(备选建议)：若作业场景以平整路面为主，可选用大直径橡胶轮方案，在保证一定越障能力的

同时，兼具更高能效、更低噪音和更快的移动速度。

2. 收集系统设计

设备可根据地面高度（如草地与路面的落差）自动调节吸尘头的离地间隙与俯仰角度，以优化收集效率。通过红外传感器检测地面起伏，步进电机驱动吸尘头进行自适应调整。风机支持变频调速，并预设强、中、弱多档吸力模式，操作人员可通过 App 根据地面类型（如硬化路面、疏松草坪）手动选择，实现能效与收集效果的最佳匹配。前置旋转毛刷能有效聚拢松散柳絮，显著提升吸入效率。

3. 焚烧系统设计

采用耐高温不锈钢材质，电热丝点火+温控系统（防止过热），并用多层金属滤网阻隔火星，尾气过滤装置内置活性炭过滤废气颗粒。焚烧室内设有温度与压力传感器，实时监测焚烧状态，确保安全。同时，焚烧系统配备有自动清灰装置，有效减少因灰烬积累导致的性能下降。整体设计注重能效与环保，确保在处理柳絮等轻飘物时，既能高效焚烧，又能减少对环境的影响。

4. 控制系统设计

采用 STM32 作为主控微处理器，负责电机驱动、传感器数据采集与任务调度等实时控制任务；高阶处理器（如树莓派）作为上层决策单元，用于处理未来可能引入的复杂导航算法”的协同架构。系统配备多种避障传感器（超声波、低

成本激光雷达），确保作业安全。移除了不成熟的柳絮识别功能，聚焦于精准的地形检测（通过超声波传感器与陀螺仪）和可靠的动作控制。外围电路通过电机驱动（H桥电路）和高效的电源管理模块（锂电池+稳压）为系统提供稳定动力。

5. 结构设计与实现

该框架采用了轻质的铝合金骨架设计，有效减轻了整体的重量，同时外壳部分则选用了坚固耐用的 ABS 工程塑料材质。通过模块化拼接的方式，不仅使得组装和拆卸变得简单快捷，而且大大提高了后期维护的便利性。在设计过程中，利用了先进的 Solidworks 三维建模软件，对框架的各个结构进行了详尽的模拟和验证，确保了设计的合理性和可靠性。此外，为了完成电路设计，采用了业界广泛认可的 Altium Designer 软件来绘制精确的 PCB 电路图，确保了电路设计的精确性和高效性。

6. 扩展性

预留接口以确保设备能够支持外部 GPS 定位模块的接入，从而实现精确的位置追踪功能。同时，该预留接口也兼容太阳能充电板的连接，使得设备能够在户外环境下通过太阳能进行充电，大大提高了设备的使用灵活性和续航能力。

软件升级过程涉及通过 OTA (Over-The-Air) 技术更新算法，从而实现对路径规划功能的优化。这种升级方式允许

用户无需前往服务中心或手动下载安装包，即可远程接收最新的软件更新。

九、产品/服务特色优势

1. 竞争优势

现有主要处理手段主要有高压喷水、人工清扫等。全地形柳絮收集处理小车在效率、安全性、环保性、成本和适用范围等方面都具有显著优势，代表了一种更先进、更高效的柳絮处理方式。

2. 安全性对比

在小车的内部结构中，特别设计了阀门来隔离焚烧箱与外界环境，这样的设计是为了防止焚烧过程中产生的高温引燃外界的柳絮，从而避免潜在的火灾风险。整个焚烧系统是通过计算机进行精确控制的，这种先进的控制方式不仅提高了整个系统的稳定运行能力，同时也大大增强了操作的安全性。

3. 适用范围对比

在传统的手工处理方式中，工作人员常常会遇到一些挑战，尤其是在那些空间有限或者地形复杂的区域进行作业时，效率和便捷性都受到了极大的限制。然而，随着技术的进步，现在有了采用履带式设计的小车，它们体积小巧，具有极强的地形适应能力。这些小车能够在多种狭窄的区域，比如公

园、校园、街道等地方灵活地进行作业，大大扩展了它们的适用范围。

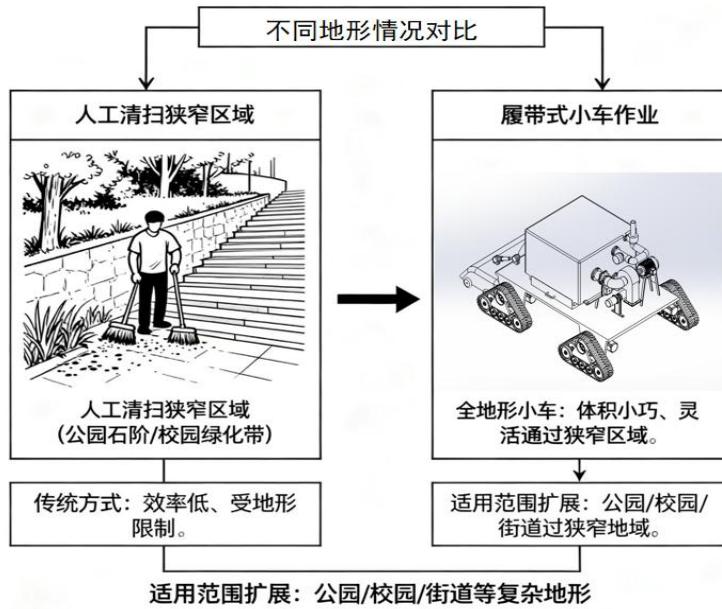


图 9-1 适用范围对比

4. 效率对比

通过人工方式处理柳絮，不仅速度缓慢，而且效率低下。相比之下，这款专门设计的小车在单次作业中能够收集并焚烧柳絮的数量达到或超过 10 公斤每小时。

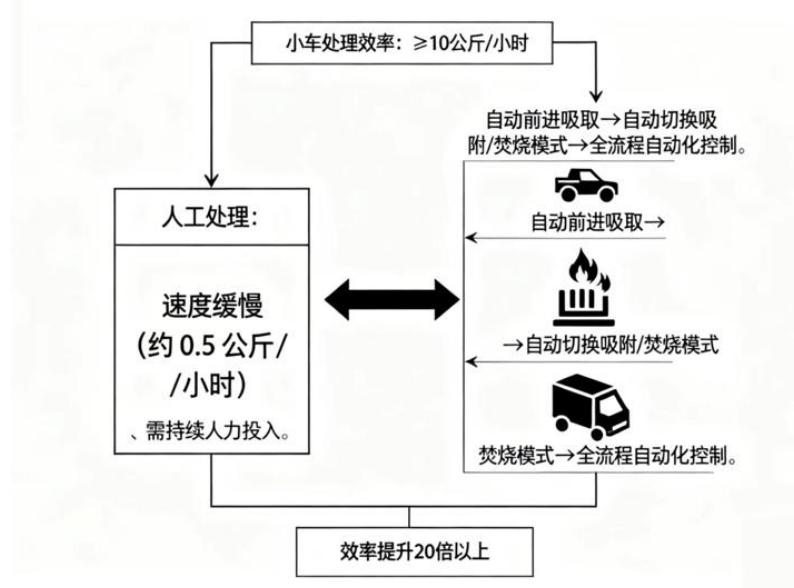


图 9-2 效率对比

十、市场分析

1. 市场需求

杨柳飞絮问题已成为我国北方乃至部分华东、西北地区春季的周期性“城市病”。根据国家林业和草原局数据，全国杨柳树雌株存量超过10亿株，主要分布在华北、华东及西北地区。每年4月至6月，飞絮期持续长达30至45天，对公共安全、市民健康、城市运行和经济活动构成严重威胁，创造了对于高效、智能化治理方案的刚性需求。

因此，寻求一种高效、环保的柳絮清理方案显得尤为重要。驭风科技有限公司正是基于这一市场需求，提出了创新的解决方案旨在通过先进的技术手段，有效缓解柳絮带来的各种问题，提升城市环境质量，保障居民健康。并且我们旨在通过科学手段高效收集并合理处置柳絮，降低其对环境和社会的负面影响，柳絮收集处理项目是改善春季环境质量、保障公共健康的重要举措。因此本公司拟研发了一款自动清理飞絮智能小车，此装置为一款集环境感知、自主导航、高效收集与压缩于一体的新型环卫设备，通过模块化设计与智能控制技术实现对柳絮的闭环处理。

2. 目标市场分析

本项目采用双轮驱动市场战略，聚焦于政府与商业两大核心市场。

市场领域	核心需求	市场规模测算	典型案例
政府市场 (市政/园林部门)	提升治理效率,降低长期成本;回应公众关切,保障公共安全;满足环保政策要求。	全国约120个重点城市存在严重飞絮问题。保守估计,按每个城市首批采购50台设备(单价5万元计),仅政府端初始市场规模即达3000万元。	郑州市:2023年投入超1200万元用于飞絮防控设备采购。 北京市:目标在2025年前将重点区域飞絮治理覆盖率达到90%。
商业市场 (物业/景区/园区)	提升园区环境品质与品牌形象;保障特定人群(业主、游客)健康;避免精密生产环节受污染。	高端物业:以北京某高端社区为例,年度环境治理预算超80万元。 精密制造:如半导体工厂,因飞絮导致空气洁净度不达标而单日停工损失可达百万元级。	故宫博物院:曾因飞絮问题临时闭馆,单日门票损失即达200万元。 工业园区:电子、医药、食品等行业对空气洁净度有严苛要求。

3. 竞争状况

当前市场竞争格局分散,尚无品牌占据主导地位,为本项目提供了广阔的蓝海机遇。

竞争者类型	典型代表	竞争产品/ 模式	优劣势分析
直接竞争者	暂无	暂无	市场上尚未出现将“高效收集”与“就地安全处理”功能一体化的同类型产品,这是我们面临的巨大机遇。
间接竞争者	传统环卫设备 (扫地车、洒水车)	物理清扫、 高压冲洗	劣势:功能不匹配,无法有效捕捉轻质飞絮;设备购置与运营成本高昂;仅能实现污染转移,无法彻底处理。
	单一功能收集器	纯收集装置	劣势:仅完成收集,无法处理,存在二次清运成本和火灾隐患;未形成解决方案闭环。
潜在竞争者	高压雾炮车	水雾抑絮	劣势:只能临时抑制,无法根除,效果短暂;耗水量大,可能造成地面湿滑等次生问题。
	大型环卫装备制造商	未来可能推出的同	劣势:企业体量大,创新周期长,在柳絮治理这一细分领域的产品

竞争者类型	典型代表	竞争产品/ 模式	优劣势分析
(如盈峰环境、 龙马环卫)	类产品	研发上不够敏捷。 优势：品牌知名度高，资金雄厚。	

4. 本项目核心竞争优势：

- (1) 功能闭环：独家实现“收集-处理”一体化，从根本上解决问题。
- (2) 智能高效：基于AI的路径规划与无人作业，效率远超人工。
- (3) 经济环保：单位面积处理成本较传统方式可降低约40%，且无二次污染。

5. 市场趋势

未来市场发展呈现出明确的政策、技术与社会三重利好趋势，为“驭风科技”提供了绝佳的发展窗口。

趋势一：强有力的政治驱动

环保政策收紧：《大气污染防治法》将季节性扬尘纳入监管，飞絮治理成为城市空气质量改善的硬性指标。

“十四五”规划引导：国家层面鼓励环保技术创新与城市精细化治理，为本项目提供了坚实的政策背书。

趋势二：技术与模式的融合升级

智慧城市落地：各地政府正积极构建“城市大脑”，对智能化、物联网化的环卫设备有天然的接入需求。

“平急两用”设施建设：国家倡导公共设施具备“平时可用、急时可转”的功能。我们的机器人平时治理飞絮，紧急时（如飞絮火灾初期）可化身移动消防单元，完美契合此趋势。

趋势三：持续增长的社会关注度

公众环保与健康意识提升：市民对环境质量的要求日益提高，对飞絮问题的“零容忍”态度倒逼管理部门寻找更有效的方法。