

团 体 标 准

T/ xxxx XXXX—2025

无人机清洗玻璃幕墙技术规范

UAV cleaning curtain wall technology specification

（征求意见稿）

2025 – XX – XX 发布

2025 – XX – XX 实施

xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx 发 布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 基本要求 1

5 技术要求 2

6 作业流程 3

7 安全规范 4

8 质量控制 4

9 验收 5

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由××××提出。

本文件由××××归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

无人机清洗玻璃幕墙技术规范

1 范围

本文件规定了无人机清洗玻璃幕墙技术规范的术语和定义、基本要求、技术要求、作业流程、安全规范、质量控制与验收。

本文件适用于采用无人机对建筑玻璃幕墙进行清洗的作业活动，包括新建、改建、扩建建筑的玻璃幕墙清洗及既有建筑玻璃幕墙的日常维护清洗。本标准不适用于特殊环境下（如火灾、地震等灾害发生时）的应急清洗作业。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 38508-2020 清洗剂挥发性有机化合物含量限值
QB/T 4086-2010 玻璃清洗剂

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

玻璃幕墙

由玻璃面板与支承结构组成的，可相对主体结构有一定位移能力或自身有一定变形能力、不承担主体结构所受作用的建筑外围护结构或装饰性结构。

3.2

无人机清洗系统

用于玻璃幕墙清洗作业的无人驾驶航空器及其配套设备的总称，主要包括无人机机体、飞行控制系统、清洗装置、数据传输系统、地面控制终端等。

3.3

超视距运行

操控员在目视视距以外操控无人机的运行模式。

3.4

作业半径

无人机在清洗作业过程中，以起飞点为中心，其飞行范围的最大半径。

4 基本要求

4.1 无人机系统要求

4.1.1 无人机系统应符合《民用无人驾驶航空器运行安全管理规则》的相关规定，并通过国家认可的检测机构的安全性能检测。

4.1.2 无人机性能参数：

4.2 操作人员要求

4.2.1 资质要求

操作人员资质要求符合以下内容：

- a) 无人机飞手应持有中型及以上民用无人驾驶航空器操控员执照，并具有超视距等级资质；
- b) 操作人员应经过玻璃幕墙清洗专项培训，熟悉无人机清洗系统的操作流程和安全规范；
- c) 作业团队应至少包括 1 名飞手、1 名监控员和 1 名安全督导员，各岗位人员应明确分工，密切配合。

4.2.2 培训要求

培训需符合以下内容：

- a) 培训机构应具备相应的资质，培训内容应包括无人机操作、玻璃幕墙清洗技术、安全防护知识、应急处理措施等；
- b) 操作人员每两年应至少参加一次复训，以更新知识和技能，适应技术发展和标准更新的要求。

4.3 环境要求

无人机作业环境应符合以下内容：

- a) 作业环境温度应在 -20°C 至 55°C 之间，相对湿度应不大于 85%；
- b) 禁止在 5 级及以上大风、暴雨、雷电、大雾等恶劣天气下作业。

5 技术要求

5.1 无人机机体要求

- 5.1.1 无人机机体应采用高强度、轻量化材料制造，具备良好的抗风性能和稳定性。
- 5.1.2 动力系统应具有足够的推力，以满足无人机在不同风速和载重条件下的飞行需求。
- 5.1.3 无人机应具备一键返航和自动降落功能，当电池电量低于设定阈值时，能自动返回起飞点或就近安全降落。

5.2 清洗装置要求

- 5.2.1 喷头应采用耐腐蚀材料制造，如不锈钢或工程塑料，以适应清洗液的化学性质。
- 5.2.2 喷头压力应可调节，调节范围为 $0.2\text{--}0.7\text{MPa}$ ，具体压力值应根据玻璃幕墙的材质和污渍程度确定。
- 5.2.3 喷头的喷射角度应在 $30^{\circ}\text{--}90^{\circ}$ 范围内可调，以确保清洗液能够均匀覆盖玻璃表面，并有效去除污渍。
- 5.2.4 储液箱应具有足够的容量，以满足单次作业的需求，储液箱的材质应与清洗液相容，防止腐蚀和污染。
- 5.2.5 液体输送管道应采用耐高压、耐腐蚀的材料，管道连接应牢固可靠，无泄漏现象。

5.3 控制系统要求

- 5.3.1 飞行控制系统应具备稳定的飞行姿态控制能力，包括俯仰、滚转和偏航控制，确保无人机在清洗作业过程中保持平稳飞行。
- 5.3.2 飞行控制系统应具备实时数据传输功能，将无人机的飞行状态、位置信息、电池电量等数据实时传输至地面控制终端。

5.4 传感器与数据采集系统要求

- 5.4.1 无人机应配备高精度 GPS 定位传感器、惯性测量单元（IMU）、气压传感器等，以实现精准定位和高度控制。
- 5.4.2 数据采集系统应能实时采集无人机的飞行数据、清洗装置的工作参数、传感器数据等，并进行存储和处理。

5.5 清洗液要求

- 5.5.1 清洗液应符合 QB/T 4086-2010 的规定，并通过腐蚀性检验，确保对玻璃及相关构件无腐蚀作

用。

5.5.2 清洗液应采用可降解配方，挥发性有机化合物（VOCs）含量应符合 GB 38508-2020 的规定。清洗过程中产生的废水应进行收集和处理，不得直接排放。

6 作业流程

6.1 作业前准备

6.1.1 任务确认与规划

6.1.1.1 作业团队应与业主或相关方沟通，明确清洗任务的具体要求，包括清洗范围、时间要求、质量标准等。

6.1.1.2 对清洗作业区域进行现场勘查，了解建筑结构、周边环境、空域条件等信息，制定详细的作业计划。

6.1.1.3 根据作业计划，规划无人机的飞行航线，确定起飞点、降落点和作业区域的边界。

6.1.2 设备检查与调试

6.1.2.1 对无人机系统进行全面检查，包括机体结构、动力系统、飞行控制系统、清洗装置等，确保各部件工作正常。

6.1.2.2 检查清洗液的储量和质量，确保符合要求。

6.1.2.3 进行无人机的飞行测试，包括起飞、悬停、飞行姿态控制、一键返航等功能测试，确保无人机性能良好。

6.1.2.4 调试清洗装置，检查喷头压力、喷射角度、液体流量等参数，确保符合作业要求。

6.1.3 人员分工与培训

6.1.3.1 明确作业团队各成员的分工和职责，确保每位成员了解作业流程和安全注意事项。

6.1.3.2 对操作人员进行岗前培训，重点培训本次作业的特殊要求和应急处理措施。

6.2 清洗作业

6.2.1 起飞与升空

6.2.1.1 操作人员应按照操作规程，启动无人机系统，进行飞行前的最后检查。

6.2.1.2 在确认周边环境安全后，命令无人机起飞，缓慢升空至预定高度。

6.2.1.3 升空过程中，应密切关注无人机的飞行状态和传感器数据，如有异常，应立即停止升空并进行检查。

6.2.2 自主飞行与清洗作业

6.2.2.1 无人机升空至预定高度后，切换至自主飞行模式，按照预设的航线开始清洗作业。

6.2.2.2 飞行速度应根据喷头压力、喷射角度和污渍程度进行调整。

6.2.2.3 清洗过程中，监控员应实时观察摄像头传回的画面，检查清洗效果，如有漏洗或清洗不彻底的情况，应及时通知飞手进行补洗。

6.2.2.4 安全督导员应密切关注周边环境变化，如天气情况、人员活动等，确保作业安全。

6.3 作业结束

6.3.1 降落与停机

6.3.1.1 清洗作业完成后，命令无人机返回起飞点，缓慢降落。

6.3.1.2 降落过程中，应密切关注无人机的飞行状态和地面情况，确保安全降落。

6.3.1.3 无人机降落完成后，关闭无人机系统，进行停机后的检查和维护。

6.3.2 数据记录与保存

6.3.2.1 作业团队应及时记录作业数据，包括飞行时间、飞行里程、清洗面积、清洗液用量、设备运行状态等。

6.3.2.2 对作业过程中的视频、图像等数据进行备份和保存，保存期限不少于 2 年，以备后续查阅和追溯。

6.3.3 现场清理与撤离

6.3.3.1 清理作业现场，回收废弃物和清洗设备，保持现场整洁。

6.3.3.2 对作业区域进行检查，确保无安全隐患后，作业团队方可撤离。

7 安全规范

7.1 飞行安全

7.1.1 严格按照批准的飞行空域和飞行计划进行作业，不得擅自扩大飞行范围或改变飞行航线。

7.1.2 当遇到其他飞行器或突发情况时，应主动避让，确保飞行安全。

7.2 设备安全

7.2.1 定期对无人机系统进行维护和保养，按照制造商的要求进行部件更换和润滑。

7.2.2 每次作业前和作业后，应对设备进行全面检查，及时发现和排除故障隐患。

7.2.3 对电池进行定期检查，如发现电池鼓包、漏液、发热等异常情况，应立即停止使用并进行处理。

7.3 人员安全

7.3.1 操作人员应佩戴必要的安全防护装备，如安全帽、防滑鞋、反光背心等。

7.3.2 在高空作业区域，应设置安全警示标志，防止无关人员进入作业区域。

7.3.3 操作人员应严格遵守操作规程，不得擅自更改设备参数或进行违规操作。

7.3.4 在作业过程中，应保持专注，不得从事与作业无关的活动。

7.3.5 如遇身体不适或疲劳，应及时向团队负责人报告，申请休息或更换人员。

7.4 应急预案

7.4.1 当无人机发生故障，如失控、断电、碰撞等，操作人员应立即执行应急处理措施，如一键返航、迫降等。

7.4.2 当作业过程中遇到气象突变，如大风、暴雨、雷电等，应立即停止作业，命令无人机返回起飞点或就近安全降落。

7.4.3 如无人机无法及时返回，应采取必要的防护措施，如降低飞行高度、调整飞行姿态等，确保无人机安全。

7.4.4 如清洗液泄漏或废水排放造成环境污染，应立即停止作业，采取有效的污染控制措施，如设置隔离带、回收泄漏液体等。

8 质量控制

8.1 清洗过程质量控制

8.1.1 在清洗作业过程中，应实时监控喷头压力、喷射角度、飞行速度等清洗参数，确保符合作业要求。

8.1.2 监控员应通过摄像头实时观察清洗效果，检查玻璃表面是否有漏洗、清洗不彻底等情况。

8.1.3 对重点区域和复杂结构部位，应进行重点监控和检查，确保清洗质量。

8.2 清洗后质量检验

8.2.1 外观检验

清洗作业完成后，应对玻璃幕墙进行外观检验，检验方法应符合下列规定：

- a) 高层建筑从整个建筑物的层面中每五层取一个层面，每个层面取 4 个检查点，从开启的窗户、阳台进行检查；
- b) 查看玻璃表面有无污垢、水迹、手印等残留物，玻璃的质感、光泽和色泽有无变化。

8.2.2 其他检验项目

根据需要，可对玻璃幕墙进行其他检验项目，如表面粗糙度、抗风压性能等，检验方法应符合相关标准的规定。

9 验收

9.1 自检

作业团队应先进行自检，对清洗质量和作业过程进行全面检查，确认符合验收条件后，向业主或相关方提交验收申请。

9.2 现场验收

验收小组应到现场进行验收，按照验收方案进行外观检验等项目的检验。验收小组应如实记录验收结果，对发现的问题提出整改意见。