



T/CECS XXX- 202X

中国工程建设标准化协会标准

基于无人机搭载平台的建筑幕墙门窗检查 标准

Building Curtain Wall Door and Window Inspection Standards

Based on Drone Mounted Platforms

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上

****出版社

中国工程建设标准化协会标准

基于无人机搭载平台的建筑幕墙门窗检查 标准

Building Curtain Wall Door and Window Inspection Standards
Based on Drone Mounted Platforms

T/CECS *** -20XX

主编单位：广东省建设工程质量安全检测总站有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：20XX 年××月××日

XXXX 出版社

20xx 北京

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发《2021 年第二批协会标准制订、修订计划》的通知》[2021]20 号文的要求，编制组经深入调查研究，认真总结实践经验，参考国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准共分 6 章和 7 个附录，主要内容包括：总则、术语、基本规定、飞行作业要求、幕墙门窗现场检查、检查报告及信息化管理等。

本标准的某些内容可能直接或间接涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国工程建设标准化协会建筑环境与节能专业委员会归口管理，由广东省建设工程质量安全检测总站有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中，如有意见或建议，请反馈给广东省建设工程质量安全检测总站有限公司（地址：广州市先烈东路 121 号，邮政编码：510500）。

主编单位：广东省建设工程质量安全检测总站有限公司

参编单位：广东省建筑科学研究院集团股份有限公司

潮威建设科技（广州）有限公司

浙江中南光伏幕墙科技有限公司

深圳市中祥源幕墙工程有限公司

深圳广晟幕墙科技有限公司

广州航海学院

广东大鹏幕墙科技有限公司

深圳市方大建科集团有限公司

振耀建筑有限公司

中建深圳装饰有限公司

广东省有色工业建筑质量检测站有限公司

广州斯意达幕墙设计咨询有限公司

广州大学

广州广检建设工程检测中心有限公司

太古汇（广州）发展有限公司

新疆建筑科学研究院（有限责任公司）
令箭科技（广州）有限责任公司
广州珠江城置业有限公司
广州越秀城建仲量联行物业服务有限公司
深圳市维新建筑科技有限公司
中森（深圳）建筑幕墙咨询有限公司
广东城筑建设工程质量检测有限公司
上海建科检验有限公司
史倍思建筑科技（广州）有限公司
始博实业集团有限公司
浙江省建筑设计研究院
深圳市大疆创新科技有限公司
墙管家建筑科技（上海）有限公司

主要起草人：廖 拓 张士翔 黄友江 梁曙光
胡雄漫 李万昌 徐东华 刘建伟
刘树鹏 杨 强 何志坚 高崇亮
黄启云 黄俊强 傅继阳 吴玖荣
罗创涟 刘春飞 陈向东 汶小刚
朱楚南 倪青山 刘 硕 曾晓武
李健铭 徐 勤 刘子衿 路 宠
梁方岭 高 翔 王建勇 蔡 维
陆一晨 陈雅琳 都之晗

主要审查人：

目 次

1 总则 3

2 术语 2

3 基本规定 3

 3.1 无人机规定 3

 3.2 检查范围 3

4 飞行作业要求 4

 4.1 一般规定 4

 4.2 无人机技术要求 4

 4.3 人员要求 5

 4.4 作业安全要求 5

5 幕墙门窗现场检查 6

 5.1 一般规定 6

 5.2 检查工作程序 6

 5.3 现场检查方法 6

 5.4 施工阶段现场质量检验项目及评价 7

 5.5 运营阶段现场检查项目及评价 8

6 检查报告及信息化管理 10

 6.1 检查报告 10

 6.2 信息化管理 10

附 录 A 无人机现场作业流程 11

附 录 B 无人机作业记录单 12

附 录 C 幕墙门窗施工阶段质量检验记录表 13

附 录 D 幕墙门窗施工阶段质量检验统计表 15

附 录 E 幕墙门窗施工阶段质量检验报告 17

附 录 F 幕墙门窗运营阶段安全检查记录表 19

附 录 G 幕墙门窗检查常见问题 20

用词说明 21

引用标准名录.....	22
附：条文说明.....	23

Contents

1	General Provisions.....	3
2	Terminology.....	2
3	Basic Requirements.....	3
3.1	Drone Requirements.....	3
3.2	Inspection Scope.....	3
4	Flight Operation Requirements.....	4
4.1	General Requirements.....	4
4.2	Drone Technical Requirements.....	4
4.3	Personnel Requirements.....	5
4.4	Operational Safety Requirements.....	5
5	On-site Inspection of Curtain Walls and Doors/Windows.....	6
5.1	General Requirements.....	6
5.2	Inspection Work Procedures.....	6
5.3	On-site Inspection Methods.....	6
5.4	Construction Phase Quality Inspection Items and Evaluation.....	7
5.5	Operation Phase Inspection Items and Evaluation.....	8
6	Inspection Reports & Informatization Management.....	10
6.1	Inspection Reports.....	10
6.2	Informatization Management.....	10
	Appendix A Drone On-site Operation Process.....	11
	Appendix B Drone Operation Record Form.....	12
	Appendix C Construction Phase Quality Inspection Record Table.....	13
	Appendix D Curtain Wall and Door/Window Quality Inspection Statistical Table....	15
	Appendix E Curtain Wall and Door/Window Quality Inspection Report.....	17
	Appendix F Operation Phase Safety Inspection Record Table.....	19
	Appendix G Common Issues in Curtain Wall and Door/Window Inspections.....	20
	Word Usage Explanation.....	21
	List of Cited Standards.....	22

Addition: Explanation of Provisions.....	223
--	-----

1 总 则

1.0.1 为规范无人机在建筑幕墙门窗检查中的应用，保证无人机飞行的稳定性和安全性，检查结果的科学性和准确性，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于建筑幕墙门窗施工阶段以及后期运营阶段使用基于无人机搭载平台的质量检验和安全检查。

1.0.3 基于无人机搭载平台的建筑幕墙门窗质量检验和安全检查除应执行本标准外，尚应符合国家现行有关标准和现行中国工程建设标准化协会有关标准的规定。

2 术语

2.0.1 无人机搭载平台 Drone-mounted Platform

指用于搭载检测设备的无人机系统，包括无人机本体、控制系统、传感器等。

2.0.2 室外构件 Outdoor components

安装在建筑幕墙立面面板室外侧的构件，包括外遮阳、装饰条、装饰件、灯光设施等。

2.0.3 基于无人机搭载平台的检查 inspection based on Drone-mounted Platform

以无人机为平台，搭载可见光、红外、紫外等任务传感器对建筑幕墙门窗的施工质量或安全状况进行检查。

2.0.4 小型无人机 Small Unmanned Aerial Vehicle

空机重量不超过15千克或者最大起飞重量不超过25千克的遥控航空器或者自主航空器，但不包括微型、轻型无人机。

2.0.5 固定翼无人机 Fixed-wing Drone

是指一种重于空气的无人机，其飞行升力主要由给定飞行条件下保持不变的翼面产生。

2.0.6 多旋翼无人机 Multi-rotor Drone

是指一种重于空气的无人机，其飞行升力主要由三个及以上动力驱动的旋翼产生，其运动状态改变的操纵一般通过改变旋翼转速来实现。

2.0.7 手动操作飞行 Manual operation flight

由操作人员通过遥控器手动控制姿态执行模块，从而调整无人机飞行的飞行模式。

2.0.8 自动飞行 Automatic flight

无操作人员干预，由飞行控制系统按照预先规划的航线自动控制无人机飞行的飞行模式。

2.0.9 可见光图像处理 Visible light image processing

是一种图像处理技术的方法，旨在通过对建筑外围护系统的可见光图像来识别和定位存在的结构或外观上的缺陷，包括裂缝、漏水、腐蚀、变形等。

2.0.10 红外光图像处理 Infrared Image processing

红外光图像处理是一种基于红外辐射的成像技术方法，通过热像仪采集物体自身或反射的红外辐射能量，结合数字信号处理算法，识别并定位目标对象内部或表面的热异常、能量分布不均等缺陷。

2.0.11 机器学习 Machine Learning

一种通过算法和模型使计算机从数据中自动学习并进行预测或决策的技术。在幕墙检测中，系统通过分析数千张幕墙图像数据，自动识别裂纹、变形等缺陷。

3 基本规定

3.1 无人机规定

3.1.1 用于幕墙门窗质量检验和安全检查的无人机规格不宜超过小型无人机，其最大起飞重量不宜大于 25kg。

3.1.2 应采用旋翼无人机进行幕墙门窗质量检验和安全检查，不宜采用固定翼无人机进行幕墙门窗质量检验和安全检查。

3.2 检查范围

3.2.1 施工阶段使用无人机进行建筑幕墙门窗质量检验对象主要包括面板、室外构件、密封材料、支承构件、连接构造五大部分，具体检查项目见表 3.2.1。

表 3.2.1 施工阶段质量检验项目

类型	阶段	检查项目				
		面板	室外构件	密封材料	支承构件	连接构造
幕墙	施工阶段	√	√	√	√	√
门窗		√	√	√	——	——
注：由于幕墙施工工序特殊，其部分支承构件以及连接构造的质量在施工阶段也可使用无人机进行检查。						

3.2.2 运营阶段使用无人机进行建筑幕墙门窗安全检查对象主要包括面板、室外构件、密封材料三大部分，具体检查项目见表 3.2.2。

表 3.2.2 运营阶段安全检查项目

类型	阶段	检查项目				
		面板	室外构件	密封材料	支承构件	连接构造
幕墙	运营阶段	√	√	√	——	——
门窗		√	√	√	——	——

4 飞行作业要求

4.1 一般规定

4.1.1 现场无人机飞行运行应符合《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》（中华人民共和国国务院、中华人民共和国中央军事委员会第 761 号令）的要求，并应符合地方、行业、法律法规的相关规定，现场环境和设施应满足安全作业条件。

4.1.2 飞行作业应在天气晴朗的条件下进行，以确保无人机飞行的稳定性和安全性。当光线条件不佳，如阴影过重或逆光情况时，操作员应调整无人机的位置和角度，或选择合适的时间进行复飞，以确保采集到清晰的照片和视频。

4.2 无人机技术要求

4.2.1 用于幕墙门窗质量检验和安全检查的无人机性能应满足以下要求：

表4.2.1 无人机性能指标

序号	项目	要求
1	无人机续航时间	≥30min
2	悬停精度	垂直方向±0.5m 水平方向±1.5m
3	低电返航	任务执行过程中，具备低电压报警及应急处理，当无人机电压低于设置电压，则自动返航，或者在紧急情况下，在就近降落点自动悬停降落。
4	抗风等级	≥5 级（12m/s）
5	避障能力	应至少具备前、后、上、下四个方向的避障能力，能够在检测到障碍物时自动刹车悬停。
6	信号有效距离	≥3km
7	工作环境温度	-20℃～45℃
8	分辨率	≥2000 万像素
9	快门速度	最高快门速度应不低于 1/1000 秒

4.2.2 无人机设备电池应定期进行充、放电工作，确保电池性能良好。

4.2.3 应定期对无人机进行检查、清洁、润滑、紧固，确保设备状态正常，并严格按照无人机正常周期进行零件维修更换和大修保养。

4.2.4 无人机如长期不用，应定期启动，检查设备状态。如有异常现象，应及时调整、维修。

4.3 人员要求

4.3.1 项目作业人员包括工作负责人、安全监护人、操作人员和辅助人员，均应具有 1 年及以上建筑幕墙门窗安全检查相关工作经验。

4.3.2 操作人员应熟悉无人机作业方法和技术手段，按中国民用航空局相关规定，通过相应机型的操作培训，考试合格后持证上岗。

4.3.3 现场实施飞行作业不应少于 2 名人员，包含操作人员和安全辅助人员，其中 1 名应具备幕墙门窗检查工作相关专业能力。

4.4 作业安全要求

4.4.1 在项目作业实施前，作业所用无人机应进行自检，确保各设备、系统运行良好。

4.4.2 无人机起、降点应设置围蔽及标识，与人群距离应不小于 2m，进场条件良好，风向有利，具备起降条件。

4.4.3 作业时的围蔽要求应参照现行国家标准《高处作业分级》GB/T 3608 及其他相关标准执行。

4.4.4 作业现场应注意疏散周围人群，外来人员闯入时应耐心劝其离开，必要时终止任务。

4.4.5 作业前，无人机应预先设置紧急情况下盘旋、返航、失速保护、紧急开伞等安全策略。

4.4.6 作业时，作业人员之间应保持联络畅通，不应违规操作。

4.4.7 作业时，无人机应保持低速飞行，飞行速度不宜大于 2m/s。

4.4.8 无人机在检查作业过程中不得关闭避障功能，保持避障功能常开，且无人机与幕墙之间的安全距离应大于 2.5m，拍摄角度绝对值不得大于 45 度。对其他障碍物也应保持安全距离大于 2.5m。

4.4.9 作业宜在良好天气下进行。雾、雪、大雨、大风、冰雹等恶劣天气或出现强电磁干扰等不利于巡检作业的情况时，无人机不应起飞。正常作业起飞前，应确认现场风速符合该机型作业范围，现场风力不宜大于五级（风速 8m/s）。

5 幕墙门窗现场检查

5.1 一般规定

5.1.1 在可见光图像拍摄检测时，须尊重隐私权。应避免拍摄可能导致侵犯隐私权的区域，如需拍摄，需获得建筑所有权人或物业管理公司的许可。此外，委托方还应对周边可能受影响的建筑单位进行提醒和沟通，说明拍摄的目的、范围和时间，以获取其理解和支持。如周边建筑单位提出合理的意见和建议，检查方应予以充分考虑并协商解决方案。

5.1.2 在进行建筑物的可见光图像拍摄检测时，应尊重《著作权法》相关的版权和知识产权。对设计师、建筑师或机构版权保护的建筑物，在使用、发布或传播相关照片或视频时，应事先获得相关权利人的许可。

5.2 检查工作程序

5.2.1 无人机幕墙门窗安全检查程序，应按图 5.2.1 进行，无人机现场作业流程见附录 A：

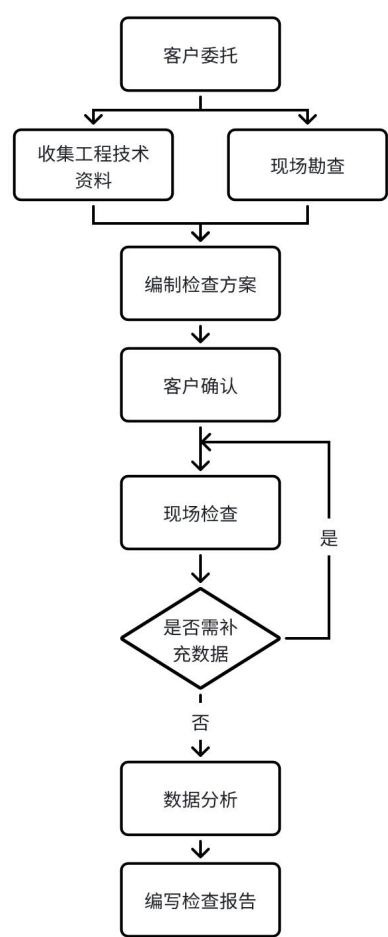


图 5.2.1 检查工作流程图

5.3 现场检查方法

5.3.1 手动操作飞行

- 1 对异形、造型奇特建筑物或当现场环境复杂，有较多遮挡物，例如高大树木、电线等，不易获得简易三维模型的情况下，宜采取手动操作飞行方式。
- 2 制定飞行计划，包括飞行路线、高度和速度等。
- 3 按照预定的飞行路线，手动操控无人机靠近幕墙门窗进行检查。

5.3.2 自动飞行

- 1 对规整外形建筑物或周围空间宽阔无遮挡，可获得简易三维模型的情况下，宜采取自动飞行方式。
- 2 利用专用的飞行规划软件，根据幕墙门窗的位置和形状设定精确的飞行路线和检查点。
- 3 自动飞行时，无人机距离幕墙的水平距离应比手动操作飞行增加 5m。
- 4 配置无人机的飞行参数，如飞行高度、速度、拍照间隔等。
- 5 无人机在 GPS 或视觉定位系统的引导下，按照预设的飞行路线进行自动飞行。
- 6 在每个检查点，无人机自动触发摄像头进行拍照或录像。

5.4 施工阶段现场质量检验项目及评价

5.4.1 施工阶段采用无人机进行质量检验时，幕墙门窗面板、室外构件、密封材料、支承构件、连接构造各检查项目应进行全数检查。

5.4.2 施工阶段现场质量检验应按表 5.4.2-1~5.4.2-5 的规定判定是否存在问题，并使用附录 C《幕墙门窗施工阶段现场质量检验记录表》进行记录。

表 5.4.2-1 幕墙、门窗面板质量检验判定表

序号	评价依据
1	夹层玻璃有局部分层、起泡、脱胶现象
2	面板有明显污染、变色、镀膜破坏现象
3	玻璃面板出现破碎或玻璃面板有缺损
4	石材、陶板、瓷板、微晶玻璃板、石材蜂窝板等脆性面板有破碎、破裂
5	面板之间有不正常挤压、错位或变形
6	面板有松动、松脱、剥离等现象
7	中空玻璃中空层出现水汽或起雾

表 5.4.2-2 幕墙、门窗室外构件质量检验判定表

序号	评价依据
1	构件有破碎、破裂等现象
2	构件有松动、松脱、裂纹、严重锈蚀等现象
3	构件有不正常挤压、错位或变形
4	构件有被不当拆卸、更改等现象

表 5.4.2-3 幕墙、门窗密封材料质量检验判定表

序号	评价依据
1	硅酮耐候密封胶有明显粉化、脱胶、开裂或漏注胶现象
2	密封胶条有脱落或漏装现象
3	隐框幕墙中空玻璃丁基胶出现明显内溢、流油现象

表 5.4.2-4 幕墙支承构件现场施工质量检验判定表

序号	评价依据
1	构件之间有不正常挤压、错位或变形
2	构件有松动、变形、裂纹、严重锈蚀等现象
3	构件有被拆卸、更改等现象
4	预应力索结构有明显松弛现象
5	预应力索结构锚具有明显裂纹、钢绞线有断丝
6	全玻及点支幕墙玻璃肋板有破碎、破裂

表 5.4.2-5 幕墙连接构造现场施工质量检验判定表

序号	评价依据
1	埋件有严重变形、严重损伤或严重锈蚀
2	连接件焊缝有开焊、明显裂纹或严重锈蚀
3	支承构件之间的连接松动
4	支承构件的连接件或紧固件损坏、缺失或严重锈蚀
5	点支承幕墙驳接头、驳接爪有明显变形、松动
6	隐框幕墙玻璃无托条
7	隐框玻璃幕墙使用自攻螺钉固定玻璃面板
8	明框玻璃幕墙采用自攻螺钉固定承受水平荷载的玻璃压条

5.4.3 完成质量检验后，对所发现的问题应及时进行维修。

5.5 运营阶段现场检查项目及评价

5.5.1 不同结构形式的幕墙、门窗应单独划分一个检查区域，复杂形状建筑的检查区域划分应按照有利于进行现场检查及检查结果分析的原则进行。

5.5.2 运营阶段采用无人机进行检查时，幕墙门窗面板、室外构件、密封材料各检查项目应

进行全数检查。

5.5.3 现场检查项目的评价等级应分为 a、b、c 三个等级，a 级为无缺陷，b 级为轻度缺陷，c 级为严重缺陷。

5.5.4 现场检查应按表 5.5.4-1~5.5.4-3 的规定进行，检查单位可参考附录 F《幕墙门窗运营阶段现场检查记录表》。

表 5.5.4-1 幕墙、门窗面板检查评价标准

缺陷等级	序号	评价依据
b	1	玻璃面板有缺损（面积 $\leq 1\text{cm}^2$ ）
	2	夹层玻璃有局部分层、起泡、脱胶现象
	3	面板有明显污染、变色、镀膜破坏现象
c	1	玻璃面板出现破碎或玻璃面板有缺损（面积 $> 1\text{cm}^2$ ）
	2	石材、陶板、瓷板、微晶玻璃板、石材蜂窝板等脆性面板有破碎、破裂
	3	面板之间有不正常挤压、错位或变形
	4	面板有松动、松脱、剥离等现象
	5	隐框幕墙中空玻璃丁基胶出现明显流油或不相容现象
	6	夹层玻璃有严重分层、起泡、脱胶现象
	7	中空玻璃中空层出现水汽或起雾

表 5.5.4-2 幕墙、门窗室外构件检查评价标准

缺陷等级	序号	评价依据
b	1	构件有明显锈蚀或局部变形
c	1	构件有破碎、破裂等现象
	2	构件有松动、松脱、裂纹、严重锈蚀等现象
	3	构件有不正常挤压、错位或变形
	4	构件有被不当拆卸、更改等现象

表 5.5.4-3 幕墙、门窗密封材料检查评价标准

缺陷等级	序号	评价依据
b	1	硅酮耐候密封胶有明显龟裂现象
c	1	硅酮耐候密封胶有明显粉化、脱胶、开裂或漏注胶现象
	2	密封胶条有脱落或漏装现象
	3	隐框幕墙中空玻璃丁基胶出现明显内溢、流油现象

5.4.5 评价为 b 等级的应在评价报告中列出给予说明，在后期的安全检查中应重点关注。

5.4.6 评价为 c 等级的应在评价报告中列出并给予处理建议。

5.4.7 缺损尺寸计算可参照现行中国工程建设标准化协会标准《建设工程基于无人机搭载平台检测通用技术标准》T/CECS 1080-2022 第 7.3 条的方法。

6 检查报告及信息化管理

6.1 检查报告

6.1.1 施工阶段质量检验完成后，应按附录 D《幕墙门窗施工阶段现场质量检验统计表》对所发现的问题进行统计。对所发现的问题进行处理后，应按附录 E《幕墙门窗施工阶段现场质量检验报告》编制报告。

6.1.2 运营阶段安全检查报告应包含下列内容：

- 1 项目概况；
- 2 委托单位提供的资料；
- 3 检查的范围、目的、依据、内容和仪器；
- 4 现场检查过程及结果（包括检查数量、现场检查结果及问题统计），对评价为 b、c 等级的，应给出具体问题情况、问题照片、所在位置示意图及处理建议；
- 5 检查结果及处理建议汇总。

6.2 信息化管理

6.2.1 作业完成后，作业人员应填写《无人机作业记录单》（见附录 B），交由工作负责人签字确认后存档。

6.2.2 工程采集的数据应及时整理归档，对采集的数据资料进行检查验收，确保数据的正确性、完整性、可追溯性与安全性。

6.2.3 幕墙数字化管理系统应按照“可视、可控、可查”的原则，合理设置系统功能和配置，满足不同单位和社会公共安全管理的需求。

6.2.4 数据处理可采用人工分析或自动化算法处理。在建筑幕墙门窗安全检测中，单次作业获取的图像数量可达数千张，数据规模庞大，推荐采用机器学习技术实现缺陷智能识别。通过训练模型自动检测裂纹、渗漏等幕墙典型缺陷（详见附录 G），可显著提升检测效率与识别精度。

附 录 A 无人机现场作业流程

A.0.1 无人机现场作业流程见图A.0.1。

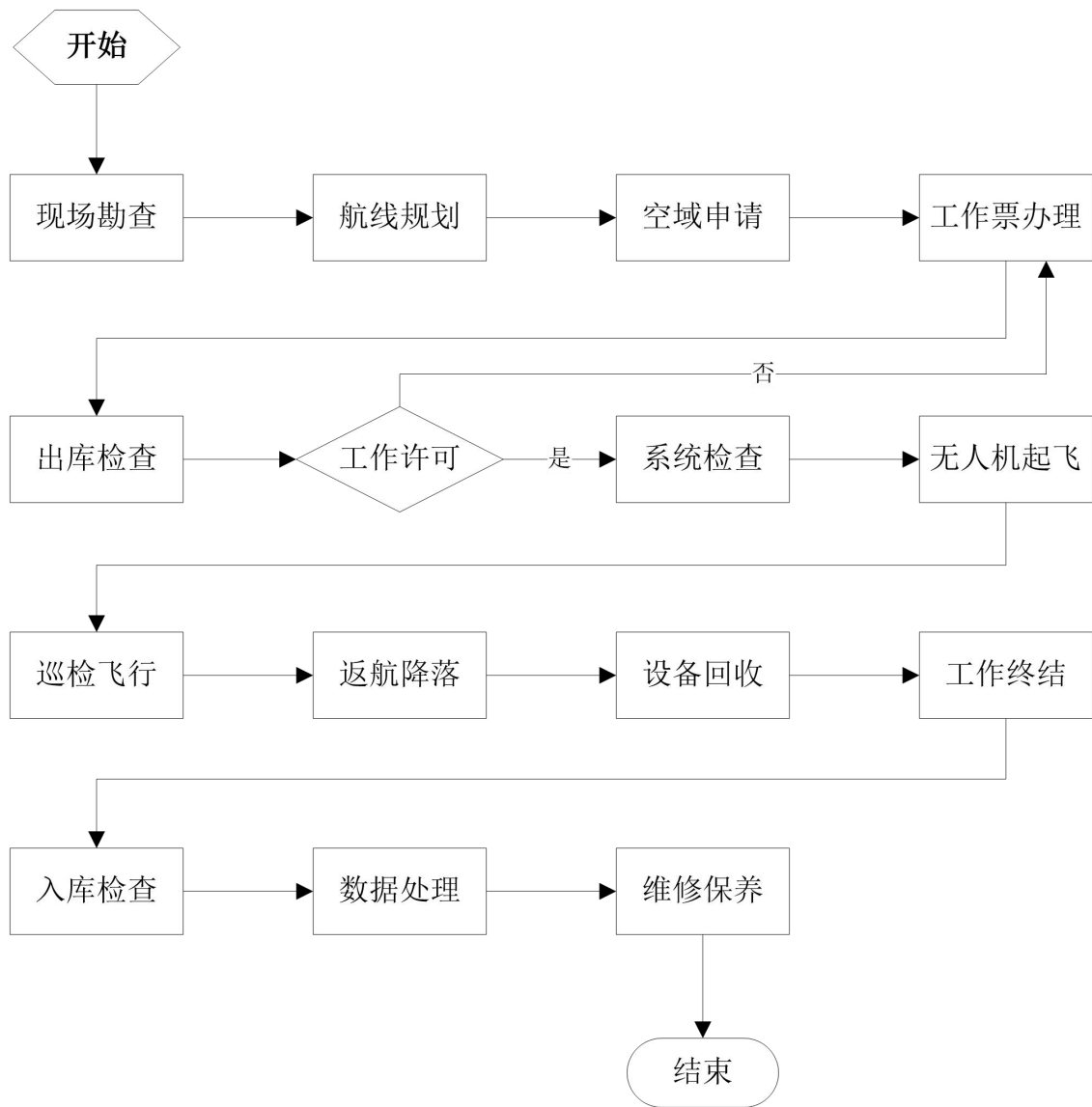


图 A.0.1 无人机现场作业流程图

附录 B 无人机作业记录单

编号：		检查时间： 年 月 日					
项目名称							
检查位置							
飞行许可情况							
飞行前设备检查情况							
任务类型	线路巡视、缺陷核实、消缺复查、故障点查找等						
使用机型		天气		风速		气温	
工作负责人		架次		每架次作业时间			
操控人员		程控人员		机务人员			
系统状态	记录无人机设备检查中发现的异常情况、飞行中飞行平台、任务系统等异常状况及航后检查情况。						
航线信息	记录飞行中航线的变更信息，包括起降点、航迹周边环境等的变化等。						
任务信息	何种任务设备，距离目标物在什么位置记录了什么信息等。						
记录人：_____ 工作负责人：_____（签名确认）							

附 录 C 幕墙门窗施工阶段质量检验记录表

第 页，共 页

建筑名称		所属检查单元		
序号	项目	存在的问题	记录	备注
1	面 板	1.夹层玻璃有局部分层、起泡、脱胶现象		
		2.面板有明显污染、变色、镀膜破坏现象		
		3.玻璃面板出现破碎或玻璃面板有缺损		
		4.石材、陶板、瓷板、微晶玻璃板、石材蜂窝板等脆性面板有破碎、破裂		
		5.面板之间有不正常挤压、错位或变形		
		6.面板有松动、松脱、剥离等现象		
		7.隐框幕墙中空玻璃丁基胶出现明显流油或不相容现象		
		8.中空玻璃中空层出现水汽或起雾		
2	室 外 构 件	1.构件有破碎、破裂等现象		
		2.构件有松动、松脱、裂纹、严重锈蚀等现象		
		3.构件有不正常挤压、错位或变形		
		4.固定构件的外露连接件、紧固件有损坏、缺失或严重锈蚀		
3	密 封 材 料	1.硅酮耐候密封胶有明显脱胶、开裂或漏注胶现象		
		2.密封胶条有脱落或漏装现象		
4	支 承 构 件	1.构件之间有不正常挤压、错位或变形		
		2.构件有松动、变形、裂纹、严重锈蚀等现象		
		3.预应力索结构（拉索、拉杆）锚具有明显裂纹、钢绞线有断丝、拉杆有变形，拉索明显松弛		
		4.全玻及点支幕墙玻璃肋板有破碎、破裂		
		5.点支幕墙驳接头、驳接爪有明显变形、松动		
		6.构件的外露连接及紧固件有损坏、缺失或严重锈蚀		
5	连 接 构 造	1.埋件有严重变形、严重损伤或严重锈蚀		
		2.连接件焊缝有开焊、明显裂纹或严重锈蚀		
		3.支承构件之间的连接松动		
		4.支承构件的连接件或紧固件损坏、缺失或严重锈蚀		
		5.点支幕墙驳接头、驳接爪有明显变形、松动		
		6.隐框幕墙玻璃无托条		
		7.隐框玻璃幕墙使用自攻螺钉固定玻璃面板		
		8.明框玻璃幕墙采用自攻螺钉固定承受水平荷载的玻璃压条		

附 录 D 幕墙门窗施工阶段质量检验统计表

第 页，共 页

建筑名称		所属检查单元			
序号	项目	存在的问题	数量记录	备注	
1	面 板	1.夹层玻璃有局部分层、起泡、脱胶现象			
		2.面板有明显污染、变色、镀膜破坏现象			
		3.玻璃面板出现破碎或玻璃面板有缺损			
		4.石材、陶板、瓷板、微晶玻璃板、石材蜂窝板等脆性面板有破碎、破裂			
		5.面板之间有不正常挤压、错位或变形			
		6.面板有松动、松脱、剥离等现象			
		7.中空玻璃中空层出现水汽或起雾			
2	室 外 构 件	1.构件有破碎、破裂等现象			
		2.构件有松动、松脱、裂纹、严重锈蚀等现象			
		3.构件有不正常挤压、错位或变形			
		4.固定构件的外露连接件、紧固件有损坏、缺失或严重锈蚀			
3	密封 材料	1.硅酮耐候密封胶有明显脱胶、开裂或漏注胶现象			
		2.密封胶条有脱落或漏装现象			
		3.隐框幕墙中空玻璃丁基胶出现明显内溢、流油现象			
4	支 承 构 件	1.构件之间有不正常挤压、错位或变形			
		2.构件有松动、变形、裂纹、严重锈蚀等现象			
		3.构件有被拆卸、更改等现象			
		4.预应力索结构有明显松弛现象			
		5.预应力索结构锚具有明显裂纹、钢绞线有断丝			
		6.全玻及点支幕墙玻璃肋板有破碎、破裂			
5	连 接 构 造	1.埋件有严重变形、严重损伤或严重锈蚀			
		2.连接件焊缝有开焊、明显裂纹或严重锈蚀			
		3.支承构件之间的连接松动			
		4.支承构件的连接件或紧固件损坏、缺失或严重锈蚀			
		5.点支承幕墙驳接头、驳接爪有明显变形、松动			
		6.隐框幕墙玻璃无托条			
		7.隐框玻璃幕墙使用自攻螺钉固定玻璃面板			
		8.明框玻璃幕墙采用自攻螺钉固定承受水平荷载的玻璃压条			
问题总数（处）					

主要问题汇总	
--------	--

检查单位：

编制：

时间：

审核：

附录 E 幕墙门窗施工阶段质量检验报告

第 页，共 页

建筑名称		检查单元	
检查中发现问题及处理情况			
项目	存在的问题	数量	处理情况说明
面板	1.夹层玻璃有局部分层、起泡、脱胶现象		
	2.面板有明显污染、变色、镀膜破坏现象		
	3.玻璃面板出现破碎或玻璃面板有缺损		
	4.石材、陶板、瓷板、微晶玻璃板、石材蜂窝板等脆性面板有破碎、破裂		
	5.面板之间有不正常挤压、错位或变形		
	6.面板有松动、松脱、剥离等现象		
	7.中空玻璃中空层出现水汽或起雾		
室外构件	1.构件有破碎、破裂等现象		
	2.构件有松动、松脱、裂纹、严重锈蚀等现象		
	3.构件有不正常挤压、错位或变形		
	4.固定构件的外露连接件、紧固件有损坏、缺失或严重锈蚀		
密封材料	1.硅酮耐候密封胶有明显脱胶、开裂或漏注胶现象		
	2.密封胶条有脱落或漏装现象		
	3.隐框幕墙中空玻璃丁基胶出现明显内溢、流油现象		
支承构件	1.构件之间有不正常挤压、错位或变形		
	2.构件有松动、变形、裂纹、严重锈蚀等现象		
	3.预应力索结构（拉索、拉杆）锚具有明显裂纹、钢绞线有断丝、拉杆有变形，拉索明显松弛		
	4.全玻及点支幕墙玻璃肋板有破碎、破裂		
	5.点支承幕墙驳接头、驳接爪有明显变形、松动		
	6.构件的外露连接及紧固件有损坏、缺失或严重锈蚀		
连接构造	1.埋件有严重变形、严重损伤或严重锈蚀		
	2.连接件焊缝有开焊、明显裂纹或严重锈蚀		
	3.支承构件之间的连接松动		
	4.支承构件的连接件或紧固件损坏、缺失或严重锈蚀		
	5.点支承幕墙驳接头、驳接爪有明显变形、松动		
	6.隐框幕墙玻璃无托条		
	7.隐框玻璃幕墙使用自攻螺钉固定玻璃面板		
	8.明框玻璃幕墙采用自攻螺钉固定承受水平荷载的玻璃压条		

上表（续）

第 页，共 页

情 况 总 结	
注：检查情况总结应对检查中发现的问题及其处理情况作出说明，并列出需请专业检查单位作进一步的检查处理的问题。	

检查单位： 编制： 审核： 年 月 日

附 录 G 幕墙门窗检查常见问题

G.0.1 幕墙门窗安全检查中所发现的幕墙缺陷种类繁多且难以完全罗列，同时机器学习需要大量数据集进行训练，目前无法实现对所有问题的识别。因此，现将常见问题予以列举，详见表 G.0.1。

表 G. 0. 1 幕墙门窗检查常见问题

序号	检查项目	缺陷类别
1	面板	玻璃碎裂
2		玻璃裂纹
3		夹层玻璃起泡
4		石材裂纹
5		石材崩边、缺角
6	室外构件	装饰条扣盖缺失、变形
7	密封材料	密封胶开裂
8		密封胶漏注

用词说明

为便于在执行本标准条款时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

引用标准名录

本标准引用下列标准。其中，注日期的，仅对该日期对应的版本适用本标准；不注日期的，其最新版适用于本标准。

《建筑用硅酮结构密封胶》GB 16776-2005

《民用无人机驾驶航空器系统分类及分级》GB/T 35018-2018

《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ 102-2003

《金属与石材幕墙工程技术规范》JGJ 133-2001

《玻璃幕墙工程质量检验标准》JGJ/T 139-2020

《铝合金门窗工程技术规范》JGJ 214-2010

《建设工程基于无人机搭载平台检测通用技术标准》T/CECS 1080-2022

中国工程建设标准化协会标准

基于无人机搭载平台的建筑幕墙门窗 检查标准

T/CECS XXX—202X

条文说明

制 定 说 明

本标准制定过程中，编制组针对各行业基于无人机搭载平台的应用技术进行了广泛深入的调查研究，总结了我国工程建设的实践经验，同时参考了国外先进技术法规、技术标准。

本标准编制原则为：（1）科学合理、具有可操作性；（2）实事求是，标准使用人应严格遵守标准有关规定；（3）保证作业效率的同时又能保证无人机飞行的稳定性和安全性。

关于使用无人机的能检查的内容、检查方法、问题的评级及数据处理等重要问题，编制组给出了具有可操作性的解决措施，编制组将对其他尚需深入研究的有关问题多方取证、试验探究和工程应用后对规程进行更新补充。

为便于广大技术和管理人员在使用本规程时能正确理解和执行条款规定，《基于无人机搭载平台的建筑幕墙门窗检查标准》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条款的规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项等进行了说明。本条文说明不具备与标准正文及附录同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1 总则 27

3 基本规定 28

4 飞行作业要求 29

5 幕墙门窗现场检查 30

6 检查报告及信息化管理 31

1 总 则

1.0.1 为满足建筑幕墙的细致且高效的检查需求,以无人机为搭载平台的非接触式检测技术正逐渐得到广泛应用。无人机作为灵活移动的信息采集设备,可以搭载高清光学摄像头、红外热成像仪等先进检测设备。通过摄影测量和图像识别技术,结合人工智能和大数据分析,无人机能够快速捕捉建筑幕墙的高清图像和关键信息,实现幕墙表面的快速检查,及时发现潜在的安全隐患。

1.0.2 本标准适用于建筑幕墙门窗施工阶段以及后期运营阶段使用基于无人机搭载平台的质量检验和安全检查。在建筑幕墙的全寿命周期管理中,无人机搭载传感设备的技术可以发挥重要作用。无论是在幕墙的规划设计阶段进行初步勘察,还是在建造阶段进行精细检查,抑或是在运维阶段定期检查幕墙的安全状况,甚至在幕墙消解阶段评估其拆除或改造的可行性,无人机搭载的高清摄像头、红外传感器等设备都能提供高效、准确的检测服务。这种技术不仅可以帮助我们监控幕墙的质量和状况,还能及时发现并解决潜在的环境影响问题,从而全面提升建筑幕墙的管理水平和使用效率。

3 基本规定

3.1.1 由于幕墙门窗检查一般位于闹市区，人口密集，人流量大，综合考虑作业安全风险、作业效率、搭载设备类型等，无人机重量不宜过大，小型无人机即可满足要求，其具体重量及分级参照《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》第 62 条的规定。

3.1.2 考虑到固定翼无人机规格重量较大，起飞和降落需要一定的空间和条件，而在城市环境中，这些条件极大受到限制，另外固定翼无人机在飞行过程中会产生较大的噪音，会对业主产生干扰，不适合应用在幕墙门窗检查中。

4 飞行作业要求

4.2.1 无人机检查过程中，所搭载设备的精度直接关系到检查结果的准确性和可靠性。特别是对于石材面板以及密封材料的检查，在具体实践过程中发现，石材面板和密封材料的裂缝基本为毫米级别，因此需要测量精度达到毫米级别才可实现缺陷正常识别，故对分辨率提出具体要求。

4.3.2 使用无人机进行建筑幕墙门窗安全检查应保证飞行安全，操作人员应持证上岗。目前国内常见的无人机驾驶证书：（1）由中国民用航空局颁发的 CAAC 执照；（2）由中国航空器拥有者及驾驶员协会颁发的 AOPA 合格证。（3）其他受认可的执照。

4.4.6 作业时，作业人员基础操作规范参照《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》第 47、51 条。

4.4.7 在使用无人机进行作业时，限制飞行速度是一个重要的安全措施，以确保无人机在复杂的城市环境中能够稳定、可控地飞行。在低速飞行时，操作员有更多的时间对突发情况作出反应，并帮助操作员更精确地控制无人机的位置和动作，从而提高作业质量。结合较多的工程实践，在保证安全和作业效率的同时，本标准建议飞行速度不宜大于 2m/s。

4.4.8 保持与幕墙的安全距离以及控制拍摄角度，都是为了确保作业的安全性和有效性。在工程实践中发现，45 度角以内均可以提供较佳的拍摄视角，既能捕捉到幕墙的细节，例如石材表面的裂纹，密封胶开裂等，又不会因为角度过大而导致图像失真或难以辨识。而无人机与幕墙之间保持大于 2.5 米的安全距离，是为了确保在突发情况下无人机有足够的空间进行机动，避免与幕墙发生接触。

5 幕墙门窗现场检查

5.3.2 (1) 对于导航系统无明确要求,可使用 GPS 也可使用北斗卫星导航系统或其他。(2) 自动飞行时,无人机距离幕墙的水平距离应比手动操作飞行增加 5m。该数值在复杂环境下可能遇到无法满足的情况,可结合不同机型性能与环境复杂度进行动态调整,但与幕墙的水平距离最小不能小于 2.5m。

5.5.1 采用无人机搭载平台对幕墙门窗进行检查,检查不受建筑高度及地面障碍物对人员的限制,对建筑物的检查区域划分更有利于检查数据的处理和对建筑物幕墙门窗缺陷的评价、分析。随着社会的进步,现代建筑物从传统的长方体逐渐扩展到不规则型,对于不规则型建筑物检查区域的划分需要结合建筑物面积、建筑物高度、幕墙门窗的种类,使检查时建筑物的每个检查区域工作量基本一致且有利于后期图片分析、缺陷位置的确定、立面数据的合成。

6 检查报告及信息化管理

6.1.1 在质量检验或安全检查过程中，检查单位如发现未被本标准列入，其他可能影响安全的缺陷，应把有关情况填入安全检查评定报告中。委托单位应根据安全检查评定报告的意见或建议，对发现的问题立即采取有效措施，避免安全事故的发生。

6.2.3 幕墙信息化管理系统应具备以下功能：

- 1 建筑幕墙基本信息的安全维护档案资料的上传、查询及归档；
- 2 建筑幕墙日常巡查、报修及处理情况的录入及归档；
- 3 安全检查报告的查阅及整改处理情况的录入及归档。