厦门市室内喷涂机器人建设指引（试行）

**1 总则**

1.1 为落实《厦门市智能建造试点城市实施方案》等有关文件精神，推动我市建设领域科技创新，提升工程建设数字化水平，提高工程项目管理效率，促进房屋市政工程智慧化工地应用，有效指导施工现场室内喷涂机器人应用规范化、科学化和智能化，特制定本指引。

1.2 本指引适用于计划采用室内喷涂机器人进行室内涂料施工的新建、改（扩）建的房屋市政工程。

1.3 室内喷涂机器人的使用、检测、维护等管理，除应符合本指引外，尚应符合国家、行业和本省市现行有关标准的规定。

**2 适用标准文件**

室内喷涂机器人的使用、检测、维护等，应执行常规喷涂机器人相关标准规定，及室内喷涂机器人相关全国性协会团体标准中与本指引无冲突内容，包括但不限于以下项：

1. 《工业环境用机器人安全要求 第1部分：机器人》（GB 11291.1）
2. 《建筑装饰装修工程质量验收标准》（GB 50210）
3. 《民用建筑工程室内环境污染控制标准》（GB 50325）
4. 《建设工程施工现场消防安全技术规范》（GB 50720）
5. 《包装储运图示标志》（GB/T 191）
6. 《防霉包装》（GB/T 4768）
7. 《防锈包装》（GB/T 4879）
8. 《防潮包装》（GB/T 5048）
9. 《机械电气安全机械电气设备 第1部分：通用技术条件》（GB/T 5226.1）
10. 《工业机器人性能规范及其试验方法》（GB/T 12642）
11. 《机器人与机器人装备词汇》（GB/T 12643）
12. 《工业机器人特性表示》（GB/T 12644）
13. 《建筑机器人通用技术条件》（GB/T 41394）
14. 《建筑机器人安全要求》（GB/T 41395）
15. 《工业机器人 电磁兼容性试验方法和性能评估准则指南》（GB/Z 19397）
16. 《建筑施工安全检查标准》（JGJ 59）
17. 《建筑与市政工程施工现场临时用电安全技术标准》（JGJ/T 46）
18. 《工业机器人验收规则》（JB/T 8896）
19. 《绿色施工管理规程》（DB11/T 513）
20. 《水液压系统通用技术条件》（T/CMES 24002）

**3 术语和定义**

下列术语和定义适用于本指引。

3.1 室内喷涂机器人：用于在室内环境中进行涂料喷涂作业的自动化设备。机器人通过预设程序或者遥控操作，能够高效、均匀地涂覆墙壁、天花板等表面，减少人力成本和提升涂装质量。

3.2 喷涂作业系统：喷涂机器人用于输送涂料的系统，通过机械臂、喷头、喷涂雾化装置、给料桶等组件实现喷涂作业。

3.3 移动系统：用于支撑和移动机器人，移动底盘使喷涂机器人能够在不同环境中自由移动。

3.4 导航和识别系统：提供导航功能，实时追踪机器人的位置，确保喷涂路径的准确性。识别系统可以检测到对象的几何形状、表面特征和颜色等信息，为后续的路径规划和喷涂控制提供基础数据，从而实现自动化精准喷涂作业。

3.5 操作系统：管理喷涂机器人的一种内置程序，管理和协调喷涂机器人的各个硬件部分，实现自动化喷涂作业。

3.6 电气系统：主要包括控制器、传感器、执行器、控制程序和监控系统等部分，作为喷涂机器人各种电气元件的集成体，用于实现对机器人各项功能的控制，同时保证设备安全、可靠地运行。

3.7 安全保障系统：用于确保喷涂机器人运行过程中安全性的系统，可以防止或减少运行过程中危险事件的发生。

**4 基本规定**

4.1 室内喷涂机器人的设计和制造应包含智能化技术特征，在其型式试验报告、出厂检验报告、出厂合格证、操作说明书等文件上明确智能化标准依据，优先执行国家标准、行业标准、地方标准或全国性协会制定的团体标准，若未有适用的前述标准，生产厂家应根据《标准化法》和相关法规规定制定企业标准，并通过“企业标准信息公共服务平台”（网址：https://www.qybz.org.cn/）和本企业网站等途径主动向社会公开。

4.2 室内喷涂机器人主要由喷涂作业系统、移动系统、导航和识别系统、操作系统、电气系统、安全保障系统6部分内容组成，各系统协同联动工作，具有安全、高质量、智能化的特点。

4.3 喷涂作业系统应包含机械臂、给料桶、喷头及喷头雾化装置等组件。通过喷头雾化装置，将涂料雾化成细小颗粒，借助灵活的机械臂，精确控制涂料的供给，确保涂料均匀、稳定地覆盖在目标表面。

4.4 导航和识别系统应具有全自动作业及避障功能，根据图纸、模型及喷涂需求，通过无线控制终端进行作业路径规划，生成机器人全自动施工路径，或者通过无线控制终端进行手动遥控操作。

4.5 操作系统应具备实时信息显示功能与记录功能。应可对运行过程中各参数进行实时监控，同时提供查看功能，及时报警提示，生成故障报告记录。

4.6 电气系统应具备逻辑控制功能的系统，能控制和检测机器人机械结构并与使用者进行人机交互。

4.7 安全保障系统应具备紧急情况下将设备电源切断的紧急制动装置。

4.8 移动系统应具备保障机器人在无线端控制或手动遥控控制下能够精准、平稳移动。

4.9 室内喷涂机器人应具备开机自检功能，机器人开机后自检各模块功能状态，并能反馈和显示机器人当前的状态信息，如有故障情况应显示具体故障信息及时报警提示。

4.10 操作系统应支持导入图纸、模型等建筑信息文件的功能。

4.11 室内喷涂机器人应独立配置电气控制柜和网桥。

4.12 喷涂机器人通过高精度传感器识别喷涂对象，实时捕捉形状、位置等信息，自动调整位置、检测并识别偏差，将信息传输至控制系统后执行喷涂作业。作业过程中精确控制喷涂参数，如压力、速度、距离及涂料流量，确保涂层均匀、附着良好。实时监控涂料质量及环境因素，如温度、湿度，通过环境控制系统保持稳定性。根据传感器反馈，调整机器人运动轨迹，确保喷涂精度。

4.13 机械臂安全限位‌：配备限位装置，限制机器人运动范围，防止其移动到危险区域。光电保护装置检测人体是否进入机器人运动区域，当检测到人体进入时，立即停止机器人运动。

4.14 室内喷涂机器人应支持喷涂用于室内喷涂的腻子与乳胶漆的主要品牌产品。

4.15 鼓励研发单位及企业配置更多安全保障措施，确保室内喷涂机器人使用过程中的安全性。

**5 机械租赁/购置**

5.1 企业租赁/购置的室内喷涂机器人应符合本指引第4.1条的规定，并附有制造厂家出具的关于产品适用智能化技术标准。

5.2 企业租赁/购置室内喷涂机器人，应充分考虑建筑工地安全条件，适当选择较高的安全配置，提升设备本质安全。

**6 检测**

6.1 机器人检验检测机构在按现行检测标准对室内喷涂机器人进行常规项目检测同时，还应对智能控制部分进行补充检测，该部分检测内容应包含设备适用的相关标准及常规检校时未涉及的产品设计功能和指标。

6.2 机器人检验检测机构应是由国家市场监督管理总局批准建设的质检中心，应具备国家水准的CMA、CNAS等检测资质。

**7 使用与维护**

7.1 使用管理

7.1.1 喷涂施工临时用电应符合现行行业标准《建筑与市政工程施工现场临时用电安全技术标准》（JGJ/T 46）的规定。

7.1.2 施工前应编制专项施工方案，并经审批后方可实施；项目应建立机器人样板作业和首件验收制度。

7.1.3 室内喷涂机器人应由具备相应资质的操作人员进行喷涂作业，操作人员施工前应进行安全技术交底和安全教育，并做好相关记录（可参照本指引附录A、附录B填写）。

7.1.4 机器人进场前应组织相关人员进行全面检查，确保各系统正常运转后，方可进场（可参照本指引附录C填写）。

7.1.5 喷涂施工前，应对机器人进行试运行，确保机器人正常运转后，方可开始作业，并形成可追溯记录（可参照本指引附录D填写）。

7.1.6 施工单位应按照喷涂机器人厂家的要求委托具备资质的单位进行定期检查。

7.1.7 喷涂机器人作业前，应清理环境障碍物及可能造成危险的物品。工作场地应无杂物和积水，喷涂机器人作业前灰浆、钢筋头等地面临时凸起物应清理干净。

7.1.8 现场应设置满足机器人设备进出的通道，确保通行道路畅通无阻，且工作现场照明设施齐全。

7.1.9 需喷涂的墙面、顶棚（含吊顶和石膏线）、飘窗等应完成两遍腻子刮涂和打磨，基层质量应符合现行国家标准《建筑装饰装修工程质量验收规范》（GB 50210）的相关规定及工程设计要求；存在的质量缺陷应已整改完成，喷涂前需对喷涂部位进行清灰，以满足室内喷涂条件。

7.1.10 喷涂前应做好已完工序的成品保护，包括地砖、门窗、厨卫门洞及开关面板等。

7.1.11 使用机器人喷涂前，应按照工程设计要求和喷涂机器人产品使用说明书要求进行涂料调配，未用完的涂料应密封保存，不得泄露或溢出，涂饰材料应存放在专用库房。

7.1.12 操作人员应佩戴相关安全和劳保用具后方可进行作业，严禁佩戴会影响机器人作业的首饰及挂件。

7.1.13 机器人作业时，操作人员应在设备危险范围外进行操作，必要时配备防毒面具等防护工具。

7.1.14 在设备运转过程中，即使机器人看似已停止，也可能是因等待启动信号而处于即将动作的状态。因此，即便在这种状态下，也应将机器人视为正在动作中。

7.1.15 机器人无法施工的区域或涂刷缺陷点位，应由人工进行补涂，人工补涂区域与机器人施工区域的接缝处应保持一致，无明显差异。

7.1.16 使用喷涂机器人应满足现行的《绿色施工管理规程》（DB11/T 513）及其他绿色施工和可持续发展相关文件的要求。

7.1.17 机器人使用完成后要对喷涂作业系统进行泄压操作。

7.1.18 使用喷涂机器人的防火措施要求应满足以下要求：

（1）在工作现场应配备适当的灭火器材，如干粉灭火器、二氧化碳灭火器等，操作人员应接受灭火器使用培训，以确保能够迅速有效地应对初期火灾。

（2）禁止在易燃物品附近进行喷涂作业。

（3）溶剂型涂饰材料存放地点必须有防火措施，并应满足国家有关的消防要求。

（4）使用可燃性溶剂时应有消防和防爆措施，并严禁明火。

7.2 检查、维修和保养

7.2.1 室内喷涂机器人进行检查和维保前，应符合上述7.1.4条和7.1.5条的相关要求。

7.2.2 室内喷涂机器人应由具备相应资质的维保人员进行清洗、维护和保养。

7.2.3 维修时，如需临时用电，应符合现行标准《建筑与市政工程施工现场临时用电安全技术标准》（JGJ/T 46）的相关规定。在危险区域内进行检修或通电测试时，必须采取相应的安全防护措施，以确保操作安全。

7.2.4 维修保养时，应切断设备电源，并在主开关旁张贴禁止使用的警告标志，同时将机器人储存在适当的仓库中。

7.2.5 喷涂机器人检修时，应确保喷涂作业系统已完成泄压操作，以防止意外风险。

7.2.6 维保工作中，对于磨损或损坏程度超出室内喷涂机器人产品使用说明书要求的部件，应及时进行维修或更换。

7.2.7 喷涂机器人装配过程中，应禁止磕碰和划伤各类零件。

7.2.8 电池长期搁置不用时，应根据机器人厂家说明进行适当电量储存，并定期进行完整的充放电，以确保电池处于最佳状态。

7.2.9 应避免扔掷、敲击或摔落搬运机器人电池，以防损坏电芯并减少安全隐患。

7.2.10 机器人应避免与易燃、易爆、易腐蚀等有害物品存放在一起，并远离火源及热源。同时，应防止日晒、雨淋、水浸、剧烈撞击和振动。

7.3 监测与监控

7.3.1 监测范围宜覆盖所有在现场投入使用的室内喷涂机器人。

7.3.2 监测项目宜涵盖室内喷涂机器人的喷涂作业系统、移动系统、导航与识别系统、操作系统、电气系统以及安全保障系统。

7.3.3 应制宜合理的监测监控措施，明确监测范围、监测项目、监测方法、监测频率、预警值及控制值。

7.3.4 机器人在运行时，宜安排足够数量的专门培训并考核合格的人员，实时监控设备的运行状态。

7.3.5 监测数据应实时记录并存档，定期分析、排查问题、采取针对性措施。

# 附录A

安全技术交底记录

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **工程名称** |  | **施工单位** |  |
| **交底部门** |  | **交底部位** |  |
| **交底内容：**  1、工程概况  2、施工布置  3、技术参数  4、施工工艺  5、施工流程  6、施工质量保证措施  7、施工安全保证措施  8、应急救援措施  交底人：  参加对象签名： | | | |

**交底类别： 交底时间：**

附录B

安全教育记录

**教育类别：进场安全教育 教育课时： 小时 年 月 日**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **单位名称** |  | **主讲单位(部门)** |  | **主讲人** |  |
| **工程名称** |  | **受教育单位(部门)** |  | **人数** |  |
| 安全教育内容： | | | | | |
| 参加对象：(签名) | | | | | |

附录C

室内喷涂机器人进场检查、验收表

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **工程名称** | |  | **安装位置** |  | | **出厂编号** |  |
| **生产厂家** | |  | **出厂日期** |  | | **规格型号** |  |
| **序号** | **项目** | **检查内容** | | | | **检查结果** | |
| 1 | 功能检查 | 金属结构外观无明显变形、锈蚀 | | | |  | |
| 正常运行显示功能（声、光）完好 | | | |  | |
| 故障报警功能（声、光）完好 | | | |  | |
| 机械臂安装牢固、收放运行顺畅 | | | |  | |
| 喷涂动作流畅 | | | |  | |
| 雾化压力值及雾化效果稳定（动态、静态） | | | |  | |
| 给料桶余料称重显示 | | | |  | |
| 底盘功能正常，万向轮移动流畅 | | | |  | |
| 导航、避障功能正常 | | | |  | |
| 开机自检功能正常 | | | |  | |
| 2 | 安全检查 | 紧急制动功能完好 | | | |  | |
| 安全标志完好 | | | |  | |
| 电柜内接头无松动，线路无破损、老化 | | | |  | |
| 电缆管夹无明显滑移，管夹经过称重传感器且有防脱装置 | | | |  | |
| 安全锁齐全，灵敏可靠 | | | |  | |
| 安全装置和安全设施完好齐全 | | | |  | |
| 3 | 软件测试 | 操作软件安装、使用、卸载测试功能完好 | | | |  | |
| 建设单位意见：  项目技术负责人（签字）：  （盖章）  年 月 日 | | | | | 使用单位意见：  项目技术负责人或机械员（签字）：  （盖章）  年 月 日 | | | |
| 安装负责人（签字）：  技术负责人（或受委托负责人）（签字）：  （盖章）  年 月 日 | | | | | 监理单位意见：  总监或专业监理工程师（签字）： （盖章）  年 月 日 | | | |

附录D

室内喷涂机器人日常检查、维护表

| **名称** | **序号** | **检查项** | **检查要求** | **检查周期** | **检查结果** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 资料 | 1 | 安全技术交底记录、安全教育记录 | 内容及签章齐全 | 每天 |  |
| 2 | 喷涂机器人进场检查、验收表 | 内容及签章齐全 | 每天 |  |
| 地面  和防护措  施 | 3 | 机器人安装位置地面处理 | 地面平整、坚实、无明显倾斜，距离墙面6m范围内无材料、绿化树、垃圾等 | 每天 |  |
| 4 | 安全防护区 | 喷涂、升降范围地面设置安全警戒区，上下无交叉作业情况 | 每天 |  |
| 5 | 外电防护 | 与架空线最小距离符合规定 | 每天 |  |
| 6 | 运行通道 | 喷涂机器人运行通道无障碍物，与建筑物的间隙符合要求 | 每天 |  |
| 操作前安全检查 | 7 | 电源开关 | 开关送断电正常，确认旋转方向及到位情况 | 每天 |  |
| 8 | 急停按钮 | 按压和旋转松开动作正常，触点正常通断 | 每天 |  |
| 9 | 电池线路、线缆状态 | 线路不应出现破损、老化、接头松动、积尘、折弯等现象 | 每天 |  |
| 10 | 电柜门 | 密封良好，不存在杂物、积灰、浸液等 | 每天 |  |
| 11 | 安全防护传感器 | 触碰传感器，机器人能正常响应，无脱落安装不到位现象 | 每天 |  |
| 12 | 功能设备 | 喷涂机本体设备功能完整性，喷涂系统管道严禁出现破损、裂纹、断裂现象 | 每天 |  |
| 13 | 电池设备 | 确保机器人电池、无线控制终端电量充足，所配备的备用电池电量充足或提前做好充电准备。 | 每天 |  |
| 功能检查 | 14 | 金属结构 | 外观无明显变形、锈蚀 | 每天 |  |
| 15 | 万向轮 | 万向轮安装完好，功能正常 | 每天 |  |
| 16 | 机械臂 | 机械臂安装牢固、收放运行顺畅 | 每天 |  |
| 17 | 给料桶、喷头、喷涂雾化装置 | 配备齐全完好，清洗干净，无杂质，无堵塞，接头牢固无松动 | 每天 |  |
| 18 | 移动轨迹 | 按预设轨迹行走，无偏移 | 每天 |  |
| 19 | 避障功能 | 无碰撞 | 每天 |  |
| 定期维护 | 20 | 电柜风扇 | 检查污染程度，每月进行清洁 | 每天 |  |
| 21 | 喷头 | 检查磨损，每月进行密封更换 | 每天 |  |
| 22 | 滤芯 | 检查污染程度，每月拆装检查清理 | 每天 |  |
| 其他 | 23 | 试运行 | 各项系统、功能，试运行喷涂正常、无震动、异响、异味等其他异常现象 | 每天 |  |
| 检查人员：（签字）  时间： | | | | | |