厦门市内墙抹灰机器人建设指引

（征求意见稿）

**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，促进房屋建筑工程智慧化工地应用，有效指导施工现场抹灰机器人应用规范化、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抹灰机器人进行内墙抹灰施工的新建、改（扩）建的房屋建筑工程。

1.3 内墙抹灰机器人的装配、使用等安全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**

本文件规定了智能抹灰机器人及内墙抹灰施工的要求，抹灰机器人应执行常规机器人相关标准规定，及抹灰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. 《建设工程施工现场管理规定》建设部第15号令
2. 《建设工程质量管理条例》国务院令第279号
3. 《建设工程安全生产管理条例》国务院令第393号
4. 《安全生产许可证条例》国务院令第638号
5. 《生产安全事故报告和调查处理条例》国务院令第493号
6. 《工程建筑标准强制性条文》建设部[2013]版
7. 《房屋建筑和市政基础设施工程竣工验收规定》建质[2013]171号
8. 《工业机器人验收规则》（JB/T 8896）
9. 《工业机器人特性表示》（GB/T 12644）
10. 《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）
11. 《施工现场临时用电安全技术规范》（JGJ 46）
12. 《包装储运图示标志》（GB/T 191）
13. 《防霉包装》（GB/T 4768）
14. 《防锈包装》（GB/T 4879）
15. 《防潮包装》（GB/T 5048）
16. 《建筑施工工具式脚手架安全技术规范》（JGJ202）
17. 《工业环境用机器人安全要求 第1部分：机器人》（GB 11291.1）
18. 《建设工程施工现场消防安全技术规范》（GB 50720）
19. 《建筑施工起重吊装工程安全技术规范》（JGJ 276）
20. 《工业机器人性能规范及其试验方法》（GB/T 12642）
21. 《建筑施工升降设备设施检验标准》（JGJ 305）
22. 《机器人与机器人装备词汇》（GB/T 12643）
23. 《高处作业吊篮安装、拆卸、使用技术规程》（JB/T 11699）
24. 《建筑施工高处作业安全技术规范》（JGJ 80）
25. 《通用硅酸盐水泥》（GB175）
26. 《建设工程施工现场供用电安全规范》（GB50194）
27. 《砌体结构工程施工质量验收规范》（GB50203）
28. 《混凝土结构工程施工质量验收规范》（GB50204）
29. 《建筑装饰装修工程质量验收规范》（GB50210）
30. 《抹灰砂浆技术规程》（JTJ/T 220）
31. 《机械喷涂抹灰施工规程》（JGJ/T 105）
32. 《建筑工程施工质量验收统一标准》（GB50300）
33. 《建筑施工组织设计规范》（GB/T50502）

**3 术语和定义**

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 内墙抹灰机器人：用于建筑装饰工程施工内墙抹灰作业的机器人，包含调平系统、提升系统、行走系统、定位系统、执行系统、泵送系统及控制系统，自动完成泵送上料、抹灰，自行完成抹灰砂浆上墙、抹平的移动式智能机械设备。

3.2 抹灰执行系统：内墙抹灰机器人用于抹灰的系统，用于在不同墙面高度和角度下执行抹灰操作。

3.3 供料系统：为内墙抹灰机器人抹灰作业供料的系统，确保材料供应稳定。

3.4 底盘系统：负责内墙抹灰机器人在建筑现场的移动，可以适应不同地面条件，确保机器人的稳定性。

3.5 操作系统：控制管理内墙抹灰机器人的内置程序，用于协作机器人的各种硬件，以实现各种功能的系统程序。

3.6 电气控制系统：控制管理内墙抹灰机器人的各种电气元件，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。

**4 基本规定**

4.1 内墙抹灰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。

4.2 内墙抹灰机器人主要应由抹灰执行系统、供料系统、底盘系统、操作系统、电气控制系统等部分内容组成，通过各系统协同联动工作，以确保机器人充分具备安全性、高质量、智能化特点，有效保障施工效率和质量的同时保障机器人作业的安全性。

4.3 抹灰执行系统应包括抹灰工具（抹头）、多自由度机械臂（提升机构）、控制电机和传感器。

4.4 抹灰工具（抹头）应用来完成抹灰的机械部件，包含抹刀、刮板等，可以完成均匀涂抹、平整上墙等。

4.5 多自由度机械臂（提升机构）应可以按照预设轨迹来控制抹灰工具（抹头），实现精确的抹灰操作。

4.6 抹灰执行系统应通过控制电机和传感器用于控制抹灰工具（抹头）的姿态和力量，使其能够适应不同墙面的高度和角度。

4.7 供料系统应包含砂浆储存系统、泵送系统和输送管道。

4.8 砂浆储存系统用于储存抹灰所需的砂浆，保证作业过程的连续性。

4.9 采用输送管道连接储存系统和抹灰机器人，通过泵送系统将砂浆从储存系统中传送到抹灰机器人，确保材料供应的稳定，砂浆能够顺利涂抹上墙。

4.10 底盘系统可确保负责机器人在建筑现场的移动，可以是轮式、履带式等，适应不同地面条件，确保机器人可以平稳移动到不同工作位置。

4.11 底盘系统中的定位系统可以通过激光雷达识别机器人的当前位置，并在工作区域内精准定位。

4.12 通过电动调平系统，使底盘在不平坦的地面上保持水平，确保抹灰作业的稳定性。

4.13 控制系统：同时对应移动、调整、作业操作、视觉等，通过高度一体化的全息通用控制器让机器人有足够的感知能力和控制执行能力，使机器人具备智能化工作能力。

4.14 供料系统：包含储存抹灰所需的砂浆，保证作业过程的连续性。将砂浆从储存系统中传送到抹灰机器人，确保材料供应的稳定，连接储存系统和抹灰机器人，确保砂浆能够顺利涂抹上墙。

**5 机械租赁/购置**

5.1 企业租赁/购置的内墙抹灰机器人应符合本指引第4.1条的规定。

5.2 企业租赁/购置内墙抹灰机器人，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 安装与拆卸**

6.1 机器人使用安全规范

（1）机器人进出施工电梯坡道应可承受机器人重量，坡度不大于10°。

（2）设备进入施工电梯后应立即开启急停，防止碰撞施工电梯。

（3）机器人作业区域禁止非操作人员进入。在机器人提升作业时，正后方三米禁止站人，侧边保持1.5米安全距离。

（4）机器人操作应由专业操作人员进行，非专业人员必须经培训通过后方可进行机器人操作。

（5）临边洞口前置封堵完成后方可作业，机器人远离临边区域和承载力不足洞口区域作业。

（6）机器人提升动作时严禁攀爬、触摸传动机构；抹头前方严禁站人。

（7）机器人移动过程中，不得将脚伸入底盘下方，严禁在机器人移动路径作业并应与设备保持1.5∽3米的安全距离。

（8）严禁机器人带电清洗，不得用水冲洗电池、电机、电柜、电池接头、线缆接头。

（9）严禁私拉电线从设备取电。

（10）电池充电时应遵守安全规范，严禁溅水和金属屑，应配有干粉灭火器。

（11）电池应轻拿轻放，禁止拖地。充满时检查电池充电器电压，及时停止充电防止过充。

（12）手动操作各级运动时，不得超过电机最大转速。

（13）手动操作机器人在特殊区域如电梯、坡道移动时，移动速度设置不得超过0.04m/s。

（14）设备抹头、底盘连接板、严禁摆放盒饭饮料等。电控柜底盘连接板上方禁止摆放工具以及其他物品。

（15）设备工作中，不得在料管上方进行作业。机器移动时，应注意是否有人员跨越料管作业。

（16）清洗、维修、保养设备时戴手套，完成后清点工具，避免将工具落在设备上。

（17）机器人停止作业后，应将其停放在有遮挡区域，避免暴晒、雨淋。

（18）通过施工升降机垂直运输时，进出门应留有1.9m高度空间。过桥板搭接时，两边搭接宽度不小于15cm。

（19）使用机器人作业前确认急停键是否正常。

（20）为防止除操作员以外的人员误操作各按钮，应挂出警示牌以防误启动。

（21）机器人系统有故障或异常时，禁止带病作业，应排除故障后再进行操作。

（22）维修机器人时，应按下急停按钮并悬挂维修禁止启动标识，确认机器人的伺服电源已切断。

（23）机器人长时间停机，夹具上不应该置物，必须保持空机状态。

（24）在进行编程、测试或检修工作时，必须将机器人置于手动模式下，如不需要移动机器人时，必须及时释放使能开关。

（25）严禁操作人员在升降装置下方进行作业。

（26）严格检查机器人作业区域，保证无凸起物干涉机器人作业。

（27）定期检查料管磨损程度，预估使用寿命，防止炸管。

6.2 砂浆泵机、电动料斗车使用注意事项

（1）砂浆泵与机器人距离保持3m以上，避免楼板集中堆载，大跨度楼板处设备尽量避免停靠在楼板跨中位置区域，严禁设备进入阳台等结构受力薄弱位置。

（2）砂浆泵应专人进行操作和上料，上料时需检查料浆里无异物，避免因发生堵管，造成人员受伤或机械损伤。料管接头应与泵机连接牢固。

（3）砂浆泵机进行泵料工作时，禁止靠近料管接头，不得触摸电机、高压油泵部位，以防出现人员伤亡事故。

（4）使用砂浆泵机时，应随时注意压力表，当表显大于1.8MPa时（10m以内泵送），应及时关闭砂浆泵机。

（5）清洗砂浆泵机时，料浆出料口前方禁止站人，避免因泵出异物造成伤亡事故。

（6）应随时检查砂浆泵机、电动料斗车左侧握把和手刹的制动效果是否良好，若制动效果不合格，禁止操作，待维修后检验合格方可使用。

（7）砂浆泵机、电动料斗车上施工电梯时，应拉手刹，关闭电源。

（8）使用电动料斗车前应检查电量是否充足；电量不足20%时，禁止使用该电动料斗车。

（9）在室内推电动料斗车时，尤其是过道中拐弯时应注意车把与墙壁的距离，避免夹手。

（10）使用电动料斗车时，应增加施工现场电缆线保护措施。

（11）电动料斗车使用时缓慢行驶，速度不得高于1m/s，附近有人时或转弯、上坡时速度不得高于0.5m/s；下坡时左手控制左侧握把制动，缓慢行驶。

（12）电动料斗车静止时，需关闭电源，拉起手刹。

（13）电动料斗车充电时应远离水源，并使用防水排插。

（14）清洗砂浆泵机后，应检查工具是否齐全，禁止将工具留在砂浆泵机内，泵机防护滤网不得拆除。

（15）泵机满料移动时禁止上人移动，防止重心前倾砸伤人员或斩断电缆。

（16）送电顺序：连接插头→三级配电箱空开合闸→泵机空开合闸；断电顺序：三级配电箱空开分闸→泵机空开分闸→断开插头。

（17）电机车翻斗在升降过程中，应保持砂浆的荷载重心，防止重心前倾，料斗翻倒，砸伤人员。

（18）每日必须对泵机、电动料斗车刹车装置进行检测，确保刹车装置正常，并对损坏的设备及时维修。

6.3 搅拌机使用注意事项

（1）使用前先将机器放平稳，电机接上地线；应了解搅拌机及螺旋送料机的重心位置，方便叉车抬起，或者吊机起吊。

（2）在安装螺旋送料管时，若需绑带吊装，绑带应安装在牢固可靠位置。

（3）安装时，需多人进行安装，必须佩戴防护手套。进行登高安装时，必须佩戴安全帽、安全带、防滑鞋，防止摔伤。

（4）使用砂浆搅拌机前，施工人员需做好防护措施，佩戴好手套、口罩、安全帽、护目镜等防护用品。禁止将身体部位伸入搅拌机内（特别是手、头）。

（5）雨天禁止打开操作箱作业。

（6）搅拌机开始拌料时，不要靠近出料口，禁止他人触碰、操作搅拌机、气动元件、空压机等。

（7）禁止在搅拌电机长时间运行下触碰搅拌电机，防止烫伤。

（8）搅拌停止作业时，应按下急停按钮。

（9）搅拌机应配备漏电保护开关，电源和裸露在外的电机应做防水保护。

6.4 其他注意事项

（1）现场操作间必须独立，严禁操作间有明火出现。（电工操作间、设备维修间，设备清洗间，物品存放间）

（2）不盲目操作任何带电设备，操作设备前确认设备在安全位置下操作；若需操控陌生设备，必须由专业设备操作人员带领，熟悉设备执行动作；设备断电重启后，确认各项参数无误情况下，执行设备动作。

（3）高压水枪操作前确认高压水枪电源线、水管、水枪头是否完好，高压水枪接地线必须确认接触良好方可使用，防止高压水枪由于电机线圈破损导致漏电发生。

**7 检测**

7.1 机器人检验检测机构在按现行检测标准对内墙抹灰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产品设计功能和指标。

7.2 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。

**8 使用与维护**

8.1 施工作业前，应根据机器人的各项关键参数制定现场实施方案，方案中需要明确各个系统中的各项参数、布置位置。专项施工方案通过后，施工单位应组织对相关人员开展专项施工方案及安全技术交底和专项施工作业培训（按照本指引附录A、B填写记录）。

8.2 在施工现场专用变压器供电的TN-S系统中，电气设备的金属外壳应与保护接地导体（PE）连接。保护接地导体（PE）必须采用绝缘导线。配电装置和电动机械相连接的保护接地导体（PE）应采用截面面积不小于4mm2的绝缘多股软铜线。手持电动工具的保护接地导体（PE）应采用截面面积不小于1.5mm2的绝缘多股软铜线。保护接地导体（PE）上严禁装设开关或熔断器，严禁通过工作电流，且严禁断线。剩余电流动作保护器应装设在总配电箱、开关箱靠近负荷的一侧，且不得用于启动电气设备的操作。开关箱中剩余电流动作保护器的额定剩余动作电流不应大于30mA，额定剩余电流动作时间不应大于0.1s。潮湿或有腐蚀介质场所的剩余电流动作保护器应采用防溅型产品，其额定剩余动作电流不应大于15mA，额定剩余电流动作时间不应大于0.1s。剩余电流动作保护器端子处中性导体（N）严禁与保护接地导体（PE）连接，不得重复接地或就近与设备金属外露导体连接。电缆芯线应包含全部工作导体和保护接地导体（PE）。TN-S系统采用三相四线供电时应选择五芯电缆，采用单相供电时应选择三芯电缆。中性导体（N）绝缘层应是淡蓝色，保护接地导体（PE）绝缘层应是黄/绿组合颜色，不得混用。橡皮护套铜芯软电缆应无接头，并应满足用电设备的使用要求。

8.3 现场电气设备使用前，必须空载试转，方可使用，用电机械设备工作结束或停工一个小时以上，必须断开电源，防止电源线碾压。

8.4 各类电动工具使用（电动手枪钻，切割机，电焊机）应符合使用安全规范：使用电动手枪钻打孔，打磨时，不要用手接触钻头部位，用专用工具紧固钻头；切割机使用前，佩戴护目镜，任何情况下不要用手触摸切割片位置，每次使用后及时断开电源；电焊机属于特种作业设备，操作人员应持证上岗，按规范作业。

8.5 现场配电线路，应按负荷功率大小配备相应线径，满足设备需求，并采用专用保护线电缆，电缆芯中有用作保护接零的黄绿双色绝缘线，不得有接头，现场配电箱电源线必须采用专用电线杆，并且绝缘固定连接，严禁做活动和接触地面敷设，并且线路不得承受人为附加的非自然力。

8.6 严格执行水电分离原则，不得在电箱旁边进行洒水作业，水箱应距离配电箱5米以上，狭小潮湿空间作业照明设备电压不得大于12V，所有接触水源的设备必须有专用接地线，现场电池存放充电时，必须配备消防灭火器，必须使用带有漏保插排，带有电池的设备，充电时应分开存放。

8.7 施工时必须注意电器工具的使用，所有的电器工具必须由安全部门检查合格后才能使用。电箱连接必须由专业电工操作连接，禁止私拉乱接。

8.8 当使用电器工具时，应事先检查机械是否安全好用，设备电路是否正常，佩戴绝缘手套，穿绝缘胶鞋。电器工具必须连接拖线箱使用，严禁使用拖线板。

8.9 电气元件应选择合格产品，用电时应符合安全规范，严禁违规操作，定期检查电缆线路。

8.10 将电池从充电器取下时，应先关闭充电器开关，再取下电池。

8.11 施工单位应对内墙抹灰机器人进行每月定期检查，检查内容应符合本指引附录C的规定。

附录A

安全技术交底记录

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **安全技术交底卡** | | | | | | | | | | | | |
| **表格编号** | | |  | | | | | | | | | |
| **工程名称** | | |  | | | | | | | | | |
| **楼栋号** | | |  | **作业名称** | | **内墙抹灰** | | | **工程量** | |  | |
| **分包公司** | | |  | | | | | | **负责人** | |  | |
| 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 | | | | | | | | | | | | |
| 会  签  栏 | 质量 |  | | 安全 |  | | 绿色  施工 |  | | 审批人 | |  |
| 时间 |  | | 时间 |  | | 时间 |  | | 时间 | |  |
| 交  底  人 |  | | | 被  交  底  人 |  | | | | | | | |
| 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)见签到表 | | | | | |

附录C

抹灰机器人点检表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **工程名称** | |  | | **规格型号与编号** |  | |
| **点检时间** | |  | | **安装地点** |  | |
| **检查结果代号说明** | | “√”=合格 “○”=整改后合格 “×”=不合格 “/”=无此项 | | | | |
| **序号** | **测试项目** | **测试内容** | | | **检查结果** | **备注** |
| 1 | 整机状态 | 软/硬件版本核对 | | |  |  |
| 2 | 整机外观整洁，符合要求，无色差，无刮痕 | | |  |  |
| 3 | 整机布线规整，简洁符合要求 | | |  |  |
| 4 | 整机铭牌、标识清晰，齐全（含辅机） | | |  |  |
| 5 | 整机关键传动部件无锈蚀 | | |  |  |
| 6 | 往复移动线束干涉检查 | | |  |  |
| 7 | 伺服驱动器部件安装检查 | | |  |  |
| 8 | 防护检查 | 水平仪防护安装满足要求 | |  |  |
| 9 | 底盘防护安装满足要求（螺钉孔防护盖） | |  |  |
| 10 | 基础级防护安装满足要求 | |  |  |
| 11 | 末级防护安装满足要求 | |  |  |
| 12 | 抹头防护安装满足要求 | |  |  |
| 13 | 前后移动防护安装满足要求 | |  |  |
| 14 | 相机防护安装满足要求（相机防水全包裹、防护盖、UV镜） | |  |  |
| 15 | 整机部件螺钉无松动（抽检） | 前后移动导轨安装螺钉 | |  |  |
| 16 | 立板与前后移动连接板固定螺钉 | |  |  |
| 17 | 基础级滑块连接板螺钉 | |  |  |
| 18 | 抹头推杆固定螺钉 | |  |  |
| 19 | 基础级动力机构螺钉 | |  |  |
| 20 | 支撑脚无松动 | |  |  |
| 21 | 参数检查 | 各级行程设置完成 | | |  |  |
| 22 | 各级偏移与原点位置设置完成 | | |  |  |
| 23 | 工艺参数确定 | | |  |  |
| 24 | 各级软限位设置完成 | | |  |  |
| 25 | 各级过载限制值设置完成 | | |  |  |
| 26 | 标定检测 | 各级零点位置标识正确（包括相机） | | |  |  |
| 27 | 海康视觉相机光圈焦距调整完成（光圈：4） | | |  |  |
| 28 | 视觉完成标定，记录补偿值并写入控制器 | | |  |  |
| 29 | 抹头状态 | 刮平板和成型板垂直度符合标准 | | |  |  |
| 30 | 测试成型板、刮平板平面度是否合格 | | |  |  |
| 31 | 振动电机状态测试 | | |  |  |
| 32 | 运行状态 | 机器人开机，正常上电，指示灯（红黄绿蜂鸣对应状态）正常 | | |  |  |
| 33 | 机器人开机自检正常 | | |  |  |
| 34 | 急停功能与报警状态正常 | | |  |  |
| 35 | 抹灰机各级负载率变化正常 | | |  |  |
| 36 | 机器人各级原点及正负方向正常 | | |  |  |
| 37 | 机器人各级软限位及行程正常（附表记录） | | |  |  |
| 38 | 机器人运动范围满足0-5500mm ，室内0~3400mm。（检查实际高度位置） | | |  |  |
| 39 | 机器人各级各速度段运行正常，负载率正常，无异响，无卡顿，无抖动，无干涉（附表记录） | | |  |  |
| 40 | 机器人行走功能正常，直线度较高 | | |  |  |
| 41 | 机器人运行时舵轮转向/行走电机电流正常 | | |  |  |
| 42 | 机器人行走速度可达0.4m/s | | |  |  |
| 43 | 初始化工作参数功能测试 | | |  |  |
| 44 | 故障复位与继续功能测试（暂无继续功能） | | |  |  |
| 45 | 接口功能 | 机器USB串口通讯功能正常 | | |  |  |
| 46 | 机器人WiFi通讯功能正常 | | |  |  |
| 47 | 螺杆泵通讯信号、逻辑正常 | | |  |  |
| 48 | 柱塞泵通讯信号、逻辑正常 | | |  |  |
| 49 | 4G模块连接正常 | | |  |  |
| 550 | 机器人安全位置测试（安全包络线） | | |  |  |
| 51 | 底盘与上装互锁状态测试 | | |  |  |
| 52 | 机器人DryRun测试，精度、性能满足需求（48H跑机） | | |  |  |
| 53 | 料管跟随功能测试 | | |  |  |
| 54 | 液位功能测试 | | |  |  |
| 55 | 循线功能测试 | | |  |  |
| 56 | 抹灰功能测试 | 到顶功能测试正常 | | |  |  |
| 57 | 厚度预测功能正常 | | |  |  |
| 58 | 正常完成一套抹灰动作 | | |  |  |
| 59 | 各抹灰模式下的参数范围（大面、窗户上、窗户下的抹灰范围） | | |  |  |
| 60 | 其他功能 | 天花测距 | | |  |  |