厦门市砌筑机器人建设指引（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，促进房屋建筑工程智慧化工地应用，有效指导施工现场砌筑机器人应用规范化、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砌筑机器人进行砌筑施工的新建、改（扩）建的房屋市政工程。

1.3 砌筑机器人的使用、检测、维护等除应符合本指引外，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

砌筑机器人的安全管理应执行常规机器人相关标准规定，及砌筑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）《砌体结构工程施工质量验收规范》（GB50203）

（3）《建筑工程施工质量验收统一标准》（GB50300）

（4）《建筑施工安全技术统一规范》(GB50870)

（5）《砌体结构工程施工规范》（GB50924）

（6）《砌体结构通用规范》（GB55007）

（7）《包装储运图示标志》（GB/T 191）

（8）《砌墙砖试验方法》（GB/T 2542）

（9）《防霉包装》（GB/T 4768）

（10）《防锈包装》（GB/T 4879）

（11）《防潮包装》（GB/T 5048）

（12）《建筑工程绿色施工规范》（GB/T 50905-2014）

（13）《工业机器人性能规范及其试验方法》（GB/T 12642）

（14）《机器人与机器人装备词汇》（GB/T 12643）

（15）《工业机器人特性表示》（GB/T 12644）

（16）《工业机器人验收规则》（JB/T 8896）

（17）《建筑与市政工程施工现场临时用电安全技术标准》（JGJ/T46）

（18）《砌体填充墙结构构造》（22G614）

（19）国家、行业或地方颁布的有关现行施工规范、标准、规程、法规和图集等。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 砌筑机器人：用于砌体结构施工的专用建筑机器人，可在施工现场自动或半自动完成砌块搬运和砌筑墙体等作业。配备智能控制和传感系统，提高砌筑效率与精度。

3.2 驱动系统：实现机体行走、姿态调整、精确定位等功能的动力执行单元。通常包括履带（轮式）底盘、电机、减速机、与避障系统等模块，具备复杂地形适应性与高精度运动控制能力。

3.3 操作系统：负责砖块抓取、搬运、定位与铺设等作业动作的执行机构与控制系统。核心包括机械臂、末端夹具（抓取器）、砂浆涂敷装置等，通过高精度运动控制与姿态调整，完成砌筑作业的自动化操作，确保砌体位置准确、施工效率高。

3.4 感知系统：通过视觉、惯性导航、力矩传感器等多源感知单元，实时获取作业环境信息与砌筑状态数据，动态监测砖缝间隙、平整度、垂直度等关键质量指标，并联动操作系统进行智能调整，保障砌筑质量达标。

3.5 电气系统：包括砌筑机器人内所有电源、配电设备、线路布线、接插件及低压控制电器等，用于提供和分配电能，保证各子系统可靠运行。电气系统需满足施工现场供电要求，具备漏电保护、接地和过载保护措施。

4 基本规定

4.1 砌筑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、出厂合格证等文件上，应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；若无适用标准，生产厂家应依据《标准化法》和相关法规制定企业标准，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 砌筑机器人实现砌块的搬运、砌筑、质量控制等作业，具备安全性、高质量、智能化等特点。

4.3 砌筑机器人具备复杂地形适应性，能够实现设备在施工现场的行走、姿态调整与精确定位，确保砌筑机器人在作业过程中的稳定性和灵活性。

4.4 砌筑机器人具备高精度运动控制能力，可完成砌块抓取、搬运、定位与铺设等砌筑作业，确保砌筑过程的效率与砌体位置的准确性。

4.5 砌筑机器人实时获取作业环境与砌筑状态数据，具备动态监测砖缝间隙、平整度、垂直度等关键质量指标的能力，能够联动操作系统进行智能调整，保障砌筑质量符合规范要求。

4.6 砌筑机器人具备漏电保护、接地保护、过载保护等安全措施，保障设备在各种工况下的安全与稳定。

5 机械租赁及购置

5.1 企业使用的砌筑机器人，应优先选择具备高效智能化性能、符合本指引第4.1条规定的产品，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 企业使用砌筑机器人，应提前进行项目评估和场地勘察，充分考虑建筑工地安全条件，同时考虑砌筑机器人工作时的通行空间和场地要求，提升设备本质安全。

6 检测

6.1 砌筑机器人检验检测机构在按现行检测标准对砌筑机器人进行常规项目检测的同时，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。

6.2 砌筑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 施工单位应编制专项施工方案，明确砌筑机器人砌筑参数（包括砌筑速度、砂浆厚度、定位精度等）、现场布置、人机协同流程及质量控制措施、安全保证措施及预防措施。

7.1.2 施工单位应进行场地清理和材料准备，确保作业面满足砌筑机器人施工条件，同时需预留机械臂活动半径2米以上安全距离，设置警戒标识。

7.1.3 施工单位可采取两种方式配备操作人员：1）直接使用设备供应商提供的操作团队；2）组织人员接受供应商或专业机构的培训，培训内容包括砌筑机器人启停、移动控制及砌筑参数设置，培训时长≥15学时，通过考核后方可上岗。同时需对所有操作人员实施专项方案交底、安全技术交底和安全教育（培训记录格式见附录A、B）。

7.1.4 砌筑机器人进场使用前，应参照附录C进行全面检查，确保各项功能正常后，方可进行现场作业。

7.1.5 使用施工升降机进行垂直运输时，应确保施工升降机荷载满足砌筑机器人及物料总重；同时确保施工升降机轿厢进出门满足砌筑机器人自由进出要求，内部空间适配砌筑机器人本体及附件尺寸。过桥板搭接需稳固，两侧搭接宽度不小于15cm。

7.1.6 砌筑机器人在通过坡道时，坡道需具备足够承载力，坡度不超过10°；表面应平整、防滑，宽度满足砌筑机器人安全通行需求。

7.1.7 砌筑机器人移动时应保持稳定低速（≤0.25 m/s），进入施工升降机后须立即启动急停装置。通过坡道时需保持重心稳定，避免急转或变速操作。

7.1.8 砌筑机器人初次启动，应由专业技术人员进行不带负载的空载运行试验，检查机械臂各关节动作的灵活性和准确度；测试驱动系统的响应性能。并进行带负载的仿真砌筑试验，验证砖块搬运机构与砌筑夹具的协同作业效果。

7.1.9 砌筑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。

7.1.10 砌筑机器人大面积使用前，应严格执行样板段施工及首件验收制度，验收人员应包含建设方、监理方、施工方。

7.1.11 砌筑机器人应配置控制箱，接入工地专用开关箱取电，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/T46）的规定。

7.1.12 砌筑机器人突发故障或事故，应立即采取应急处理措施。1）操作人员须立即按下急停按钮并切断电源，迅速疏散周边人员至5米外安全区域，设置警示隔离带，同步报告现场负责人，并做好事故/故障记录。2）若引发火灾，应使用二氧化碳灭火器保持2米安全距离扑救，严禁使用水基型灭火器。3）所有故障设备须经专业技术人员完成故障诊断、安全检测，并进行不少于30分钟的空载试运行验证，确认各项功能恢复正常后，方可恢复带载作业。恢复作业初期，应加强观察。

7.1.13 使用砌筑机器人应满足现行的《建筑工程绿色施工规范》（GB/T 50905-2014）及其他绿色施工和可持续发展相关文件的要求。

7.2 检查、维修和保养

7.2.1 砌筑机器人施工前需核查墙体预埋件、洞口、管线位置，避免砌筑机器人碰撞或压坏相关设施。

7.2.2 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。

7.2.3 作业前检查供电线路及接头、开关状态，存在线路破损、接头松动等现象严禁开机作业。

7.2.4 砌筑机器人运转过程中出现异响、震动、异味或其它异常现象，必须立即关闭电源停止砌筑机器人作业，及时通知维修人员进行维修，严禁私自拆卸、维修设备。

7.2.5 在进行编程、测试或检修工作时，必须将砌筑机器人置于手动模式下。

7.2.6 砌筑机器人施工结束后，应清理干净，将其停放在干燥、通风、温度适宜的专用区域或库房内，避免暴晒、雨淋。

7.2.7 砌筑机器人长时间停机，夹具上不应该置物，必须保持空机状态。

7.2.8 砌筑机器人作业完毕后，设备维保人员需参照附录D、E进行日常检查及定期维护。

7.3 监测与监控

7.3.1 施工过程中须由专业技术人员实施全程动态监测，重点包括：设备运行状态（电机温度≥65℃预警，振动幅度持续5秒＞2mm报警）、砌筑质量（垂直度偏差＞2mm报警）、运动轨迹（偏移设计路径＞2mm自动校正）等。所有预警值需在操作界面显示，数据每小时存档并保留7天以上。

7.3.2 砌筑机器人施工过程中的监测数据，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** |  |
| **安全员** |  | **施工员** |  |
| **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： 年 月 日**

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**

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

附录C

砌筑机器人进场检查、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 | ‌设备基础资料检查 | 产品合格证 | 文件齐全且在有效期内□正常 □异常 |
| 租赁合同或权属证明 |
| 安装单位资质文件 |
| CMA、CNAS检测证书 |
| 2 | 设备外观与结构检查 | 机身、底盘无裂纹、变形、锈蚀、焊缝开裂 | □正常 □异常 |
| 支撑、固定部件无松动、损坏 | □正常 □异常 |
| 防护罩、护栏完好有效 | □正常 □异常 |
| 表面无大面积刮擦或凹陷 | □正常 □异常 |
| 3 | 系统功能检查 | 控制系统是否正常，包括操作界面、控制精度、运动轨迹等。确保控制系统能够准确接收并执行指令 | □正常 □异常 |
| 电源连接无误、指示灯正常 | □正常 □异常 |
| 启动无异常声响 | □正常 □异常 |
| 机械臂、抓取装置动作灵活 | □正常 □异常 |
| 急停、复位按钮功能有效 | □正常 □异常 |
| 4 | 电气系统检查 | 配电箱、插头插座无烧蚀、过热 | □正常 □异常 |
| 电缆绝缘完好、无破损 | □正常 □异常 |
| 接地电阻检测合格 | □正常 □异常 |
| 漏电保护器、断路器动作灵敏 | □正常 □异常 |
| 安全保护回路自检通过 | □正常 □异常 |
| 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 | 使用单位意见：项目技术负责人（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 | 建设单位意见：项目技术负责人（签字）：（盖章）年 月 日 |

附录D

砌筑机器人日常检查表（排查为主）

（用于每日对砌筑机器人运行状态、异常隐患、安全性能进行检查与记录，发现问题及时处理。)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **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** | **检查内容** | **检查结果** |
| 1 | 检查底盘行走状态是否平稳无异响、无偏移、无异常震动。 | □正常 □异常 |
| 2 | 检查砖块抓取夹具夹持力、，砌筑砖缝平整度、垂直度、间隙设置符合质量标准。 | □正常 □异常 |
| 3 | 检查视觉与传感器状态，确保图像清晰，数据采集准确，无失效现象。 | □正常 □异常 |
| 4 | 检查电源与接地安全，供电正常，接地良好，无漏电与过载风险。 | □正常 □异常 |
| 5 | 施工作业面是否平整、是否存在障碍物。 | □正常 □异常 |
| 6 | 急停按钮有效，报警系统灵敏，限位保护正常。 | □正常 □异常 |
| 7 | 检查砂浆传送装置是否有残留、堵塞。 | □正常 □异常 |
| 8 | 检查机械臂关节灵活，无异响，传动机构润滑良好，无卡滞、异常磨损。 | □正常 □异常 |
| 检查人员：（签字）时间： |

附录E

砌筑机器人日常维护表（保养为主）

（用于每月对砌筑机器人进行清洁、润滑、紧固、保养，保持设备良好运行状态。）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **检查项** | **检查方法** | **检查结果** |
| 1 | 驱动系统 | 检查履带（轮式）底盘有无松动、异响、磨损，清理附着泥沙，确保行走顺畅。 | □已完成 □未完成 |
| 2 | 按维护手册对电机轴承、减速机等部位加注润滑脂，检查有无异常温升或异响。 | □已完成 □未完成 |
| 3 | 操作系统 | 清除砌筑机器人本体、关节、视觉设备表面的灰尘、砂浆、油污等杂质。 | □已完成 □未完成 |
| 4 | 检查机械臂关节灵活性与夹具夹持力，清理作业残留，检查有无松动、磨损。 | □已完成 □未完成 |
| 5 | 检查砂浆输送管道、接口是否畅通，清理残留砂浆，防止堵塞与腐蚀 。 | □已完成 □未完成 |
| 6 | 感知系统 | 测试传感器响应是否正常，清洁感知窗口，避免影响检测。 | □已完成 □未完成 |
| 7 | 电气系统 | 更新作业程序，检查参数设置是否正确，清理系统缓存，确保运行流畅。 | □已完成 □未完成 |
| 8 | 测试急停按钮、防撞感应器、光电保护等安全装置功能是否正常。 | □已完成 □未完成 |
| 检查人员：（签字）时间： |