

团 体 标 准

T/CECS XXXXX—202X

地坪研磨机器人

Floor grinding robot

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。

（征求意见稿）

202X - XX - XX 发布

202X - XX - XX 实施

中国工程建设标准化协会 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 分类和标记	2
4.1 标记	2
4.2 代号说明	2
4.3 标记示例	3
5 要求	3
5.1 一般要求	3
5.2 外观及表面质量	3
5.3 功能	4
5.4 性能	5
5.5 安全要求和措施	6
6 试验方法	8
6.1 试验条件	8
6.2 外观及表面质量	8
6.3 性能	8
6.4 安全要求和措施	14
7 检验规则	15
7.1 检验分类与项目	15
7.2 出厂检验	15
7.3 型式检验	15
8 标志、随机文件和备附件、包装、运输和贮存	16
8.1 标志	16
8.2 随机文件和备附件	17
9 包装、运输与贮存	17
9.1 包装	17
9.2 运输	17
9.3 贮存	17
附录 A（规范性） 定位导航试验方法	18
参考文献	21

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》给出的规则起草。

本文件由中国工程建设标准化协会提出。

本文件由中国工程建设标准化协会建筑机器人专业委员会归口。

本文件起草单位：XXXX。

本文件主要起草人：XXXX。

地坪研磨机器人

1 范围

本文件规定了地坪研磨机器人的术语和定义、分类与标记、要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输与贮存。

本文件适用于混凝土密封固化剂地坪、环氧树脂地坪、水泥基耐磨地坪（金刚砂地坪）的施工素地研磨以及中涂砂浆层研磨等地坪工程的地坪研磨机器人（以下简称产品）。

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/T 191 包装储运图示标志

GB/T 2423.1—2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温

GB/T 2423.2—2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温

GB/T 2423.4—2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Db 交变湿热（12h+12h循环）

GB/T 2424.5 环境试验 第3部分：支持文件及导则 温度试验箱性能确认

GB/T 2424.6 环境试验 第3部分：支持文件及导则 温度/湿度试验箱性能确认

GB 2894 安全标志及其使用导则

GB/T 4208 外壳防护等级（IP代码）

GB/T 4857.23—2021 包装 运输包装件基本试验 第23部分：垂直随机振动试验方法

GB/T 5226.1—2019 机械电气安全 机械电气设备 第1部分：通用技术条件

GB/T 13306 标牌

GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

地坪研磨 floor grinding

对地坪地面进行研磨处理，去除地面表面浮浆、地面划痕，磨光抛光地面，使地坪地面表面清洁、亮丽、更加平滑，提高地坪的美观程度，达到地坪后续施工工艺要求。

3.2

地坪研磨机器人 floor grinding robot

能在无人干预的情况下，实现自动地坪研磨及除尘集尘等作业的机器人。

注：地坪研磨机器人由移动部件、集尘模块和用于辅助工作的附件组成。

3.3

自动模式 automatic mode

产品控制系统按照任务程序运行的一种操作方式。

[来源：GB/T 12643—2013, 5.3.10.1]

3.4

手动模式 manual mode

通过按钮、操作杆以及除自动操作外对产品进行的操作方式。

[来源：GB/T 38124—2019, 3.10]

3.5

粗磨 coarse grinding

使用金刚石磨头对地坪地面进行研磨，去除表面浮浆等疏松面层，磨出地面基层轮廓，一般用于原浆地面、找平层地面、金刚砂地坪的粗磨施工。

3.6

细磨 fine grinding

消除表面粗磨和修补留下的痕迹、进一步提高表面平整度和光泽度的研磨过程。

[来源：JC/T 2540—2019, 7.10.4]

3.7

抛光 polishing

利用机械、化学等方法处理使其光滑并达到预期光泽度的过程。

[来源：JC/T 2540—2019, 7.10.8]

3.8

额定负载 rated load

产品在正常工况下，能确保标称性能参数，所允许的最大载荷。

[来源：GB/T 20721—2022, 3.5, 有修改]

3.9

额定速度 rated speed

产品在空载状态下能长期稳定运行的最大行进速度。

[来源：GB/T 20721—2022, 3.6, 有修改]

4 分类和标记

4.1 标记

产品标记由企业名称代号、产品名称代号、产品特征代号、主参数代号、产品序号及产品更新代号（首款产品不加）、自定代号（必要时增加）组成，见图1。

4.2 代号说明

4.2.1 企业名称代号：应为制造商可合法使用的品牌/企业名称代号。

4.2.2 产品名称代号：DY。

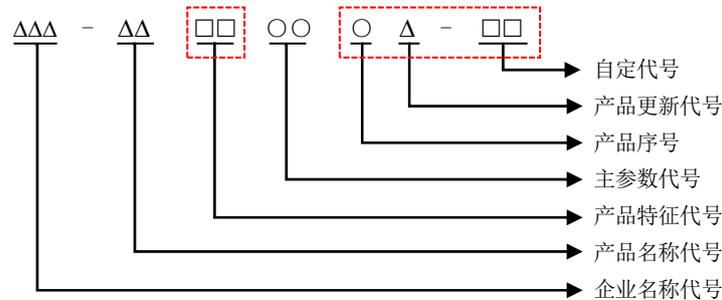
4.2.3 主参数代号：以研磨宽度(mm)表示。

4.2.4 产品序号：表示同一制造商的特征代号和主参数代号相同的产品的投产顺序号，用阿拉伯数字表示，1、2……依次使用。第一款基础机型可省略产品序号。

4.2.5 产品更新代号：用以标记产品变型更新的代号，当已定型的产品需改型时，应在原型号的基础

上加产品更新代号，用大写英文字母表示，A、B、C……依次使用。新定型产品无产品更新代号。

4.2.6 自定代号：特殊情况下，可增加自定代号，如某产品用于特殊用途、特殊订单等的定制改款。可根据定制方的需求增加代号予以区分。



说明：

- ——代表数字或字母；
- ——代表数字；
- Δ ——代表字母；
- ——代表可省略的字符。

图1 产品标记

4.3 标记示例

示例1：品牌为博智林的研磨机器人，研磨宽度为800 mm，产品第一次更新，其产品型号为：

BDR-DY800A

示例2：品牌为博智林的研磨机器人，研磨宽度为900 mm，产品第二次更新，其产品型号为：

BDR-DY900B

5 要求

5.1 一般要求

5.1.1 产品在下列环境下应能正常工作：

- a) 环境温度：0℃～40℃；
- b) 相对湿度：35%～85%；
- c) 施工和充电要求：三相交流供电，额定电压为380 V，频率为50 Hz，供电电压波动不应超过额定电压的±10%；
- d) 施工地面强度：C20～C30。

5.1.2 所有零部件的安装应正确、完整，连接应牢固可靠。

5.1.3 所有电气电控导线均应捆扎成束、布置整齐、紧固卡紧、接头牢固并有绝缘套。

5.1.4 管路、拉线、电线束应布置规范，固定可靠，不应与结构件干涉、摩擦。

5.1.5 各机构功能正常运行，动作平稳，无相互干涉、振颤、卡滞、冲击、异响。

5.1.6 产品内部应无遗留异物。

5.2 外观及表面质量

- 5.2.1 表面应平整光滑，无可能造成损害的利边、尖角，金属板边缘无毛刺。
- 5.2.2 表面无明显凹陷、划伤、变形和污渍。
- 5.2.3 表面色泽均匀，不应有起泡、龟裂、脱落和磨损现象。
- 5.2.4 金属零部件无锈蚀。
- 5.2.5 开关、操作件、指示灯、插座等有明确标识。
- 5.2.6 产品有标牌和商标。
- 5.2.7 涉及安全相关的有明确警示标识。

5.3 功能

5.3.1 自检功能

自检包含正常开机自检、制造故障及其他故障的开机自检。产品开机后自检各模块功能状态，并能显示和反馈产品当前的状态信息。清除故障后，能重新响应命令。

5.3.2 建图

产品应具备建图功能，可通过扫描作业区域，分析作业路径，并能保存路径地图。

5.3.3 自主定位与导航作业功能

产品内置激光雷达导航定位模块和运动控制系统，可按照设定的路线，自主导航行走和精确定位，完成预定作业。

5.3.4 障碍物检测

产品应具备障碍物检测功能，能感知障碍物，自动控制停车，防止撞击，起到保护设备和人员作用。

5.3.5 钢筋头探测

产品应具备钢筋头探测功能，当探测到钢筋头时，产品自动停止行走，研磨盘停止转动，能有效预防磨盘因打磨到钢筋头而损坏。

5.3.6 信息实时显示和记录功能

5.3.6.1 实时显示产品的运行模式、运行状态、蓄电池剩余电量及故障报警信息等，无线控制面板显示基本信息至少应包含表1的内容。

表1 无线控制面板主要显示内容

序号	内容
1	运行模式：自动模式和手动模式
2	产品状态：作业统计、上装状态、底盘状态、软件版本
3	路径规划：地图选择、新建路径
4	上装控制：模块操作、遥控作业
5	底盘遥控：对图、速度设置
6	激光建图
7	参数配置：各模块参数信息
8	触发急停状态显示
9	蓄电池：剩余电量
10	各部件故障信息、报警信息

5.3.6.2 实时记录运行参数并存储至少下列信息：

- a) 运行时间；
- b) 蓄电池剩余电量；
- c) 变频器信息：研磨电机转速、扭矩；
- d) 激光雷达检测信息；
- e) 地图显示，作业路径；
- f) 触发急停状态显示；
- g) 报警记录等信息。

5.3.7 手动研磨和自动研磨功能

产品应具备手动研磨和自动研磨功能，要求如下：

- a) 手动研磨模式下，可通过遥控设备控制产品研磨作业；
- b) 产品具备可编程的研磨作业系统，自动模式下，可按设定路径自主完成研磨作业。

5.3.8 同步吸尘功能

产品在研磨过程中，具有大功率同步吸尘功能，并能反馈收集的灰尘重量是否超过限值。

5.3.9 电缆收放

当产品施工或转场时，具备收放电缆功能，且收放电缆平稳无卡滞。

5.3.10 报警

产品应具备异常工作情况下的报警功能。

5.4 性能

5.4.1 研磨效率

产品研磨效率应满足：

- a) 粗磨： $\geq 75 \text{ m}^2/\text{h}$ ，被研磨的地面强度为 C20~C30；
- b) 细磨： $\geq 100 \text{ m}^2/\text{h}$ ；
- c) 抛光： $\geq 120 \text{ m}^2/\text{h}$ 。

5.4.2 研磨覆盖率

产品在自动模式下，应不低于制造商声明的研磨覆盖率。

5.4.3 吸尘率

应不低于制造商声明的吸尘率。

5.4.4 导航定位精度

产品应具备定位导航功能，性能指标如下：

- a) 导航重复轨迹精度： $\pm 50 \text{ mm}$ ；
- b) 导航重复位置精度： $\pm 50 \text{ mm}$ ；
- c) 导航绝对轨迹精度： $\pm 50 \text{ mm}$ ；
- d) 导航绝对位置精度： $\pm 50 \text{ mm}$ 。

5.4.5 额定速度

产品在非研磨作业时的额定速度应不超过制造商声明的额定速度。

5.4.6 制动距离

产品的制动距离应不超过200 mm。

5.4.7 爬坡性能

产品的最大爬坡角度应不小于 15°。

5.4.8 越障性能

产品能越过越障碍物的最大高度应不小于30 mm。

5.4.9 越沟性能

产品能越过沟缝的最大宽度应不小于 50 mm。

5.4.10 障碍物检测

5.4.10.1 产品应安装接触式防护装置(如安全触边)和非接触式防护装置(如激光雷达或超声波雷达),避免与作业人员或周围环境造成碰撞风险。

5.4.10.2 产品接触式防护装置应满足以下要求:

- a) 产品四周应安装接触式防护装置,触发后应立即停止运动,并有明显区别于正常信号的声光报警提示;
- b) 接触式防护装置的最大触发力不应超过 22 N。

5.4.10.3 产品非接触式防护装置应满足以下要求:

- a) 能够提前感知前进方向至少 200 mm 以外的障碍物(障碍物高度不低于 200 mm),有明显区别于正常信号的声光报警提示并停止工作;
- b) 障碍物移除至少 2 s 后,产品自动恢复工作。

5.4.11 稳定性

产品经稳定性测试,不应移动、倾翻、失控。

5.4.12 环境适应性

经环境适应性试验后,产品功能应正常,外观无异常。

5.4.13 包装及运输振动

经包装及运输振动试验后,产品功能应正常,无结构及零部件损坏、无明显弯曲变形、紧固件松动等异常情况。

5.5 安全要求和措施

5.5.1 一般安全

5.5.1.1 磨盘等翻转机构设置适当的限位功能。

5.5.1.2 产品应有安全连锁装置,确保在抬起磨盘更换或检查磨头时,磨盘应无法启动转动。

5.5.1.3 作业时,具有指示灯和相应的声音提示。

5.5.1.4 产品的电控柜、研磨电机、行走电机防护等级应满足 GB/T 4208 中的 IP54 要求。

5.5.2 工作模式切换安全

产品在进行手动和自动工作模式切换时，应先停止运行，模式切换成功后产品再启动。

5.5.3 电气安全

5.5.3.1 应具备供电电缆防拉断安全保护。

5.5.3.2 产品接地电阻值不大于 0.1 Ω 。

5.5.3.3 电气设备对地泄漏电流不大于 10 mA。

5.5.3.4 产品交流动力电源电路与壳体之间的绝缘电阻应不小于 1 M Ω 。

5.5.3.5 应能经受 60 s 频率为 50 Hz 基本正弦波的电压过电流保护。

5.5.3.6 具有远程断电功能，当出现以下情况时，应自动切断总电源：

- a) 三相电断相时；
- b) 远程断电模块通讯断开时；
- c) 远程断电模块电源断开时。

5.5.3.7 当主供电回路出现过电流异常时，产品应自动断开电路，避免危险的发生。

5.5.3.8 当发生超过 30 mA/0.1 s 的漏电时应触发漏电保护开关。

5.5.3.9 当产品的高压电路出现问题时，应采取措施断开高压电输入，保证产品本身无高压触电危险。

5.5.3.10 动力线与信号线应分开，且信号线应采用屏蔽、双绞线等抗干扰措施。

5.5.4 紧急停止

产品应设置可识别和易于接近的符合 GB/T 5226.1—2019 中 10.7 的规定。

5.5.5 安全标志

安全警示标志应符合 GB 2894 中的规定。

5.5.6 报警

5.5.6.1 产品处在以下情况时，应有（声光）报警提示并停止工作：

- a) 急停；
- b) 产品无法正常启动；
- c) 蓄电池剩余电量低于设定值时；
- d) 研磨时吸尘袋中的灰尘收集过载；
- e) 磨盘未能正常转动时；
- f) 在施工状态下，当产品主供电电缆剩余长度到达警戒位置；
- g) 自动作业时，激光雷达异常；
- h) 产品作业时行驶轨迹偏离设定路线；
- i) 自动作业路径前方出现障碍物；
- j) 接触式防护装置被触发；
- k) 单片机、工控机、电池通讯异常，产品自动作业停止。

5.5.6.2 报警提示（声光）应明显区别于正常信号。

5.5.7 通信

- 5.5.7.1 激光雷达通信断开连接应能提示声光报警。
- 5.5.7.2 驱动器通信断开连接应能提示声光报警。
- 5.5.7.3 通讯方式为无线局域网 WIFI、移动网络等。

6 试验方法

6.1 试验条件

除非另有规定，本文件中试验条件如下：

- a) 温度：0℃~40℃；
- b) 相对湿度：35%~85%；
- c) 施工和充电要求：三相交流供电，额定电压为 380 V, 频率为 50 Hz，供电电压波动不应超过额定电压的±10%
- d) 所有零部件的安装正确、完整，连接牢固可靠，各传动装置、末端执行结构运行平稳，无相互干涉、卡滞、异响等异常；
- e) 试验用仪器、计量器应在计量部门校验合格的有效期内，其性能和精度应满足测量要求；
- f) 试验的地坪无裸漏钢筋头，无坚硬的水泥台阶，地面硬度为 C20~C30。

6.2 外观及表面质量

目视检查。

6.3 性能

6.3.1 研磨效率

6.3.1.1 试验条件

试验场地的要求：

- a) 地面应平整；
- b) 模拟研磨面积不小于 60 m² 的标准户型的水泥地坪面，硬度为 C20~C30；
- c) 四周有立柱等障碍物。

6.3.1.2 试验设备

秒表等时间记录工具、软尺等长度测量装置。

6.3.1.3 试验步骤

试验步骤如下：

- a) 产品处于粗磨工作状态、自动模式下开始研磨作业；
- b) 使用秒表记录产品研磨开始到研磨结束时间差 t ，含中途处理灰尘的时间；
- c) 测量研磨面积 S ；
- d) 按公式（1）计算每次研磨效率；

$$p=S/t \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

p ——研磨效率，单位为平方米每小时，m²/h；

S ——研磨面积，单位为平方米，m²；

t ——研磨时间，单位为小时，h。

- e) 测量三块作业区域，最终结果取平均值；
- f) 依次更换打磨片，产品分别处于细磨、抛光工作状态，重复步骤 b) ~e)。

6.3.2 研磨覆盖率

6.3.2.1 试验条件

场地要求：

- a) 地面应平整；
- b) 模拟研磨面积不小于 60 m² 的标准户型的水泥地坪面；
- c) 四周有立柱等障碍物。

6.3.2.2 试验设备

秒表等时间记录工具、皮尺或卷尺等长度测量装置。

6.3.2.3 试验步骤

试验步骤如下：

- a) 产品处于粗磨工作状态、自动模式下开始研磨作业；
- b) 用皮尺或卷尺测量地面计划研磨总面积 S ；
- c) 用皮尺或卷尺测量地面实际研磨总面积 S_1 ；
- d) 按公式 (2) 计算每次研磨覆盖率。

$$R = S_1 / S \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

R ——研磨覆盖率；

S_1 ——实际研磨面积，单位为平方米，m²；

S ——计划研磨面积，单位为平方米，m²。

- e) 测量三块作业区域，并计算累积作业覆盖率，然后求平均值。

6.3.3 吸尘率

6.3.3.1 试验条件

场地要求如下：

- a) 地面应平整，且打扫干净；
- b) 测试区域长度应至少为 2 倍产品长度，且不小于 7 m，宽度应保证产品能够正常行走。

6.3.3.2 试验设备

电子秤、清扫工具。

6.3.3.3 试验步骤

试验步骤如下：

- a) 清理灰尘存储装置内灰尘，确保无明显灰尘；
- b) 产品进行研磨作业并开启吸尘器，操作产品在作业区域按照额定工作速度行走 3 m；
- c) 倒出灰尘存储装置吸入的灰尘，称其重量 X_1 ；
- d) 清扫打磨路径上残留的灰尘，称其重量 X_2 ；

e) 按公式 (3) 计算吸尘率。

$$W = X_1 / (X_1 + X_2) \dots\dots\dots (3)$$

式中:

W ——吸尘率;

X_1 ——灰尘存储装置内灰尘重量;

X_2 ——路径上残留灰尘重量。

f) 测量三块作业区域, 并计算累积吸尘率, 然后求平均值。

6.3.4 导航定位精度

试验方法见附录A。

6.3.5 额定速度

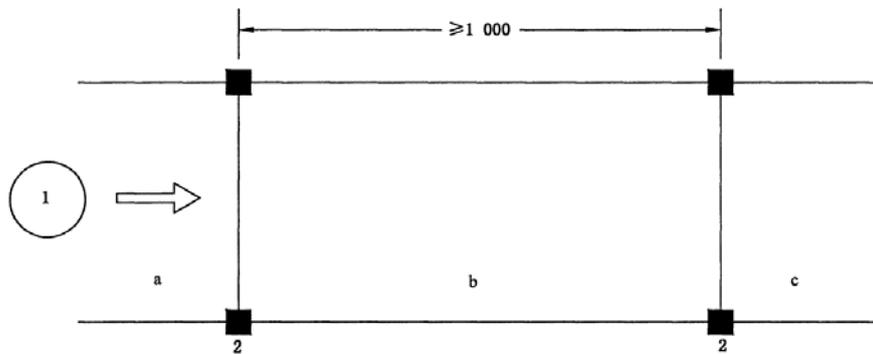
6.3.5.1 试验设施

如图2所示, 速度测试区域长度应至少为5倍产品长度, 且不少于1 000 mm, 宽度应保证产品能够正常行走。测试区域各端要保留足够的空间加速和减速。

应具有能及时确定产品进入和离开测试区域的装置, 如:

- 起始线和终止线位置布置传感器;
- 3D 运动跟踪系统或视频录制设备。

单位为毫米



标引序号说明:

- 1——产品;
- 2——起始线和终止线;
- a——加速区域;
- b——测试区域;
- c——减速区域。

图 2 额定速度测试环境示意图

6.3.5.2 试验步骤

试验步骤如下:

- a) 产品以空载状态放置在初始位置;
- b) 产品从初始位置启动并加速, 直线运行, 在起始线之前应达到额定速度;
- c) 产品通过速度测试区域的时间为 t ;
- d) 产品通过终止线后减速至停止;

- e) 分别进行 3 次测试；
f) 额定速度按公式（4）计算，取平均值。

$$v=s/1000 t \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

v ——行驶速度，单位米每秒（m/s）；

s ——距离，单位为毫米（mm）；

t ——时间，单位为秒（s）。

6.3.6 制动距离

6.3.6.1 试验设施

试验区域长度宜足以使产品达到额定速度并且安全停止。

试验设施应具有能及时确定产品运动的装置，用于测量产品的停止位置，精度误差为 2%，如：

- 在与产品行进方向平行的路径旁墙体上每间隔 10 mm 涂上窄条纹且每间隔 100 mm 涂上宽条纹；
- 3D 运动跟踪系统或视频录制设备。

6.3.6.2 试验步骤

试验步骤如下：

- a) 产品额定负载放置于初始位置，加速至额定速度；
- b) 可手动（如急停）也可自动（如检测到障碍）启动停止指令；
- c) 测量产品从开始制动到完全停止所行进的距离；
- d) 试验中如出现产品倾倒则直接判定为试验失败；
- e) 进行 3 次试验，取平均值。

6.3.7 爬坡性能

6.3.7.1 试验设施

角度为 15° 的斜坡，精度误差为 ±0.5°。

6.3.7.2 试验步骤

6.3.7.2.1 测试方法如下：

- a) 装载额定负载的产品放置在斜坡的初始位置；
- b) 产品依次按表 2 测试配置的路径和方向以额定速度移动到目标位置；
- c) 测试时产品应在坡面中间（L/2）停止不小于 10 s；
- d) 每个测试配置测试不少于 3 次；
- e) 空载和满载分别测试不少于 2 次。

表 2 试验配置

试验配置	产品相对于斜坡的路径	产品运行方向
1	向上	向前
2	向上	向后
3	向下	向前
4	向下	向后

6.3.7.2.2 每次测试时，若产品在上坡或下坡的任一过程中出现倾倒、下滑、侧滑、颠簸、走歪以及报错等异常状况时，则认为此过程测试失败。

6.3.8 越障性能

6.3.8.1 试验设施

障碍物：高度为30 mm，长1200 mm，宽40 mm。

6.3.8.2 试验步骤

试验步骤如下：

- a) 产品额定负载到达障碍物前方并以额定速度通过障碍物，前进及后退方向需垂直于障碍物；
- b) 观察产品通过障碍物时是否存在打滑等异常情况，越过障碍物后，观察产品是否恢复原行驶轨迹行驶继续前行；
- c) 分别测试障碍物与产品运行轨迹成 45° 、 135° 时产品的越障姿态及方向保持能力；
- d) 产品左轮通过障碍物、右轮无障碍物，观察机器人通过时是否有侧翻风险；产品右轮通过障碍物、左轮无障碍物，观察机器人通过时是否有侧翻风险；
- e) 重复测试 3 次；
- f) 记录测试场景，试验条件和测试结果。

6.3.9 越沟性能

6.3.9.1 试验设施

越沟工装：沟宽50 mm，长1200 mm，深50 mm。

6.3.9.2 试验步骤

试验步骤如下：

- a) 产品处于空载状态；
- b) 启动产品并沿规划行驶线路行驶，前进及后退方向需垂直于越沟工装；
- c) 观察产品越沟时是否存在打滑等异常情况，越沟后观察产品是否恢复并继续保持原行驶轨迹行驶；
- d) 测试产品行驶轨迹线与越沟工装成 45° 、 135° 条件下产品的越沟姿态及方向保持能力；
- e) 产品处于满载状态，重复 b)~d) 步骤；
- f) 以上各情况分别重复测试 3 次；
- g) 记录测试场景，试验条件和测试结果。

6.3.10 障碍物检测

6.3.10.1 试验设施

6.3.10.1.1 墙壁或高 400 mm，直径 70 mm 的圆柱体障碍物。

6.3.10.1.2 推拉力计，分度值 2 N。

6.3.10.1.3 长度测量设备，精度不低于 0.5 mm。

6.3.10.2 试验步骤

6.3.10.2.1 产品接触式防护装置应按下列步骤进行试验：

- a) 产品处于额定负载状态，以不超过额定速度运行产品，使产品触碰墙壁或障碍物，观察产品四周的接触式防护装置是否能有效触发，触发后是否立即停止运行；
- b) 使用推拉力计记录可触发接触式防护装置动作时的力度大小，记录产品声光报警相应状态，以及示显装置的报警信息。

6.3.10.2.2 产品非接触式防护装置应按下列步骤进行试验：

- a) 产品处于待工作状态；
- b) 根据预定试验场地规划出产品的行驶路线，在行驶路径的中央放置试验障碍物工装；
- c) 启动设备，开启避障雷达、超声波等探测装置，设置产品行驶速度，开启自动运行模式；
- d) 产品行走至障碍物附近，观察产品是否会发出报警信号（声信号或者/和光信号），软件面板是否显示报警提示（如有此功能），是否会自动刹车并停止前进，待产品停稳后，测量并记录障碍物离产品之间的距离；
- e) 移除障碍物，观察产品有无重新启动警告声并延时 2 s 或 2 s 以上启动，观察产品是否会沿计划行驶路径行驶；
- f) 分别将障碍物移动至行驶轨迹扫描范围内的左侧和右侧，重复步骤 c)～e)，记录相关试验结果和数据；
- g) 将机器人运行方向分别设置为后退、左移、右移、左转弯、右转弯模式（分别在机器人空载和满载情况下，行进方向前进、后退，以最小运行速度、额定运行速度和最大运行速度），在产品行驶范围内，重复步骤 b)～f)，记录相关数据；
- h) 试验结束后，在手动操作模式下将机器人行驶至规定停放位置后关闭机器人，并整理现场。

6.3.11 稳定性

6.3.11.1 试验设备

推拉力计。

6.3.11.2 试验步骤

- 6.3.11.2.1 产品处于额定负载工作状态。
- 6.3.11.2.2 产品以正常运行时的姿态放置在 10° 的斜面上，静止 15 min。
- 6.3.11.2.3 观察试验过程中和试验后机械结构是否产生永久变形或损坏。
- 6.3.11.2.4 记录测试场景，试验条件和测试结果。

6.3.12 环境适应性

6.3.12.1 试验设备

试验箱，应满足 GB/T 2424.5、GB/T 2424.6 中相应的要求。

6.3.12.2 高温存储

按 GB/T 2423.2 中的方法 Bb 进行试验，试验过程中不通电，其中温度为 $(45 \pm 3)^\circ\text{C}$ ，持续 24 h。在标准环境条件下恢复 2 h 后，检查产品外观和基本功能。

6.3.12.3 高温工作

按 GB/T 2423.2—2008 中的方法 Be 进行试验，其中温度为 $(45 \pm 3)^\circ\text{C}$ ，持续 24 h。在标准环境条件下恢复 1 h 后，检查产品外观和基本功能。

6.3.12.4 低温存储

按 GB/T 2423.1—2008 中的方法 Ab 进行试验，试验过程中不通电，其中温度为 $(-10 \pm 3)^\circ\text{C}$ ，持续 24 h，取出在标准环境条件下恢复 1 h，检查产品外观和基本功能。

6.3.12.5 低温工作

按 GB/T 2423.1—2008 中的方法 Ae 进行试验，其中温度为 $(0 \pm 3)^\circ\text{C}$ ，持续 24 h。在标准环境条件下恢复 1 h 后，检查产品外观和基本功能。

6.3.12.6 交变湿热试验

按 GB/T 2423.4—2008 中图 2 b) 进行试验，其中温度为 $(40 \pm 2)^\circ\text{C}$ ，相对湿度 $(93 \pm 3)\%$ ，共进行 2 个循环（48 h）。按照 GB/T 2423.4—2008 中图 3 的规定执行恢复，检查产品外观和基本功能。

6.3.13 包装及运输振动

6.3.13.1 产品如有多个包装，如裸机、电池、配件等分别包装，所有包装均进行测试。

6.3.13.2 试验步骤应符合 GB/T 4857.23 的规定，试验参数按照 GB/T 4857.23—2021 中附录 D 等级 3 执行。

6.3.13.3 试验后，检测外观、产品功能、零部件和紧固件状态。

6.4 安全要求和措施

6.4.1 一般安全

试验步骤如下：

- a) 将产品放置在平整的场地上，该区域长度应至少为 2 倍产品长度，宽度应保证产品能够正常行走；
- b) 检查前支撑脚、磨盘等翻转机构限位是否正常；
- c) 抬起研磨盘，插上安全插销，操作运行产品其他功能，观察磨盘是否会在抬起状态下启动（可能导致人手触及磨头，造成损伤），测试过程中，注意人员安全；
- d) 磨盘作业时，观察指示灯和声音提示是否正常。

6.4.2 工作模式切换安全

试验步骤如下：

- a) 在无线控制面板上测试切换工作模式，观察是否有提示；
- b) 在当前工作状态下，按下暂停按键，观察产品是否暂停后方可进入模式选择界面，进行工作模式切换和设定；
- c) 设定成功后，再重新启动产品，进行作业。

6.4.3 电气安全

6.4.3.1 试验设备

接地电阻测试仪器、绝缘电阻测试仪、绝缘耐压测试仪、泄漏电流测试仪、示波器、空气开关。

6.4.3.2 试验方法

6.4.3.2.1 将产品主供电电缆拉出至警戒线长度时，观察电缆检测开关是否动作，卷筒停止旋转，并有报警信息提示。

6.4.3.2.2 用接地电阻测试仪检查保护联结电路的接地连接性，检查连接件和联结节点的设计结构，检查裸露危险的电缆。

6.4.3.2.3 用泄漏电流测试仪检查电气设备对地的泄漏电流值。

6.4.3.2.4 使用绝缘电阻测试仪在 $500 V_{DC}$ 下测量动力电路导体和保护性连接电路之间的绝缘电阻。

6.4.3.2.5 试验电压应为 50 Hz 或 60 Hz 的标称频率，最大试验电压应为设备额定电源电压的两倍或 1000 V，以较大者为准，试验电压应在动力电路导线和保护性连接电路之间施加至少 1s，试验过程无击穿，试验后各功能正常。

6.4.3.2.6 使用空气开关将 $L_1/L_2/L_3/N$ 四相分别断开，或者直接拔出远程断电模块的 380 V 供电线，或者拔出信号线，模拟讯号中断，检查远程断电功能是否正常。

6.4.4 紧急停止

试验步骤如下：

- a) 目视检查急停控制按钮设置是否符合规定；
- b) 启动产品，手动控制产品行走，按下急停按钮，观察产品是否停止运行；
- c) 旋转急停按钮，手动复位，查看产品其他功能是否能正常操作。

6.4.5 安全标志

目视检查。

6.4.6 报警

使产品处于正常工作状态，然后使产品进入异常运行状态。检查产品是否能按规定要求报警，同时是否相应停止作业。

7 检验规则

7.1 检验分类与项目

产品的检验分出厂检验、型式试验，检验项目见表3。

7.2 出厂检验

出厂检验为逐台检验，出厂检验项目应全部合格。

7.3 型式检验

7.3.1 有下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定；
- b) 正式生产后，如结构、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时；
- c) 产品停产达一年以上后恢复生产时。

7.3.2 型式试验中规定的项目出现不合格时，允许返工后再重新检验，仍有一项不合格则判定型式检

验不通过。

表 3 检验项目

序号	检验项目	技术要求	试验方法	出厂检验	型式检验
1	外观及表面质量	5.2	6.2	√	√
2	研磨效率	5.4.1	6.3.1		√
3	研磨覆盖率	5.4.2	6.3.2		√
4	吸尘率	5.4.3	6.3.3		√
5	导航定位精度	5.4.4	6.3.4		√
6	额定速度	5.4.5	6.3.5		√
7	制动距离	5.4.6	6.3.6		√
8	爬坡性能	5.4.7	6.3.7	√	√
9	越障性能	5.4.8	6.3.8	√	√
10	越沟性能	5.4.9	6.3.9	√	√
11	障碍物检测	5.4.10	6.3.10	√	√
12	稳定性	5.4.11	6.3.11		√
13	环境适应性	5.4.12	6.3.12		√
14	包装及运输振动	5.4.13	6.3.13		√
15	一般安全	5.5.1	6.4.1		√
16	工作模式切换安全	5.5.2	6.4.2	√	√
17	电气安全	5.5.3	6.4.3	√	√
18	紧急停止	5.5.4	6.4.4	√	√
19	安全标志	5.5.5	6.4.5	√	√
20	报警	5.5.6	6.4.6	√	√
注：“√”——检验项					

8 标志、随机文件和备附件、包装、运输和贮存

8.1 标志

8.1.1 产品标牌应包括以下内容：

- a) 产品名称；
- b) 产品型号；
- c) 制造单位及商标；
- d) 产品尺寸，L mm×W mm×H mm；
- e) 产品重量，kg；
- f) 额定功率，kW；
- g) 额定电压，V；
- h) 额定电流，A；
- i) 生产日期；
- j) 出厂编号。

8.1.2 标牌应符合下列规定：

- a) 产品标牌应固定在产品的明显且不易损坏位置,产品标牌的型式、尺寸和技术要求应符合 GB/T 13306 的规定;
- b) 产品应有一个或多个清晰耐久的标牌,为用户提供 8.1.1 的信息。

8.2 随机文件和备附件

8.2.1 产品出厂时应附以下随机文件:

- a) 产品合格证;
- b) 用户手册;
- c) 装箱单;
- d) 随机备附件清单。

8.2.2 随机备附件应与产品一起提供。

9 包装、运输与贮存

9.1 包装

9.1.1 包装箱应符合 GB/T 13384 的规定。

9.1.2 产品在包装箱中应固定牢固。

9.1.3 零配件应装袋,分类明确、数量统一。

9.1.4 装箱单应与实物相符,包装储运图示标志应符合 GB/T 191 的规定。

9.2 运输

9.2.1 运输、装卸时,应保持包装箱的竖立位置,并不得堆放。

9.2.2 运输应符合铁路、公路或水路等交通运输部门的有关规定,且保证产品在运输过程中无损伤。

9.2.3 运输与装卸过程中,不应挤压、抛掷。

9.2.4 不得与有腐蚀性的物品混合运输。

9.2.5 运输工具应有防雨措施,并保持清洁无污染。

9.3 贮存

9.3.1 产品应存放在通风、干燥的库房内,否则应采取防晒、防潮、防雨、防腐蚀等措施。

9.3.2 长期存放产品的仓库,其环境温度为 $-5^{\circ}\text{C}\sim 45^{\circ}\text{C}$,相对湿度为 40%~70%,其周围环境无腐蚀、易燃气体,无强烈机械振动、冲击及强磁场作用。

9.3.3 贮存期限及维护要求应符合用户手册的规定。长期贮存后启用时,应按表 2 列出的出厂检验项目进行检查。

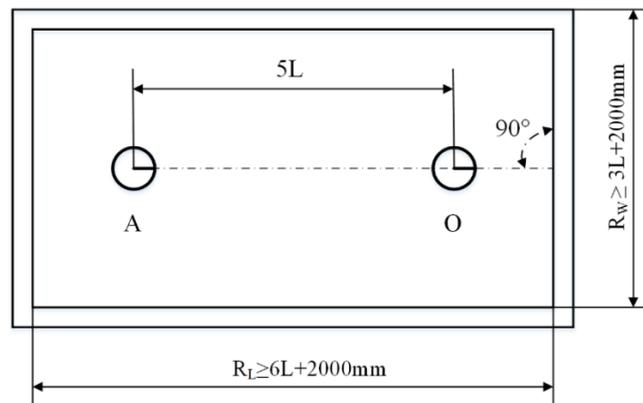
附录 A
(规范性)
定位导航试验方法

A.1 试验条件

A.1.1 直线路径

如图A.1所示,在规定的试验区域设定直线路径起始位置A及终点位置O,试验区域的设置应符合:

- a) 两个位置之间的距离至少 5 倍产品长度 (沿运动方向的长度 L);
- b) 产品在位置 A 或 O 时,产品四周离周边隔离墙的水平距离应不小于 1 000 mm;
- c) 试验环境的隔离墙应最少比机器人的导航激光雷达高 200 mm。



说明:

R_L —— 试验区域长度;

R_W —— 试验区域宽度;

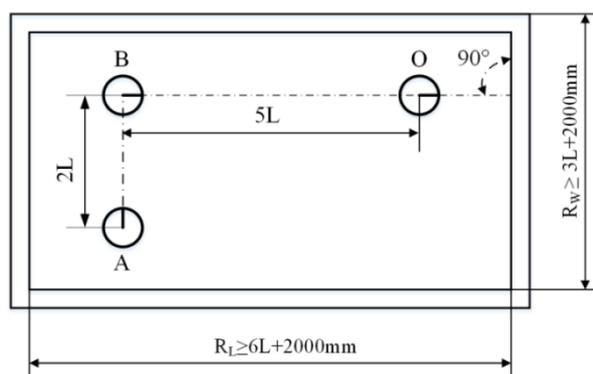
L —— 机器人运动方向长度,对于搬运类建筑机器人,额定负载下测试时, L 为带额定负载后的整体长度。

图 A.1 直线路径环境示意图

A.1.2 直角路径

如图A.2所示,在规定的试验区域设定直角路径的起始位置A、中间位置B及终点位置O,试验区域的设置应符合:

- a) A、B两个位置之间至少2倍机器人长度及, B、O两个位置之间的距离,至少5倍机器人长度 (沿运动方向的长度 L);
- b) 机器人在位置A、B、O时,机器人四周离周边隔离墙的水平距离应不小于1000 mm;
- c) 试验环境的隔离墙应至少比机器人的导航激光雷达高200 mm。



说明:

R_L ——试验环境长度;

R_W ——试验环境宽度;

L ——机器人运动方向长度, 对于搬运类建筑机器人, 额定负载下测试时, L 为带额定负载后的整体长度。

图 A.2 直角路径环境示意图

A.2 仪器设备

试验设备应具备对产品定位和导航过程中的姿态和路径的追踪功能, 并能实时完成所追踪的位置、角度、运行轨迹等的记录和计算。一般可使用视觉跟踪系统、激光跟踪仪等。

试验设备应符合表 A.1 的要求。

表 A.1 试验设备要求

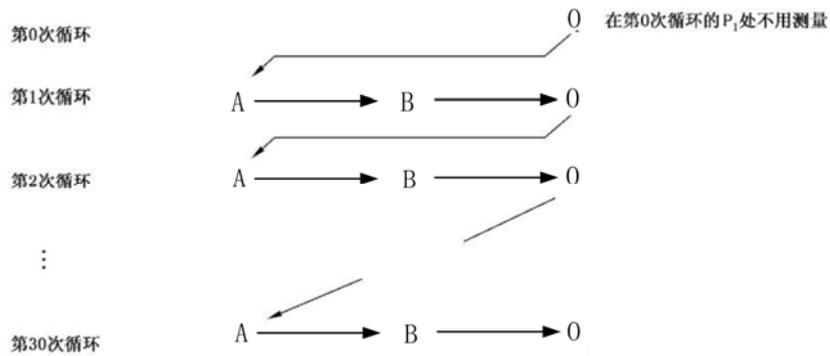
项目	位置分辨率	位置精度	角度分辨率	角度精度	数据采样频率
要求	$\leq 1 \text{ mm}$	$\leq 2 \text{ mm}$	$\leq 0.3^\circ$	$\leq 0.5^\circ$	$\geq 30 \text{ Hz}$

A.3 试验步骤

A.3.1 导航位置精度试验方法

本试验采用图A.1所示直线路径、图A.2所示直角路径来测试产品的站点导航精度。试验步骤如下:

- 按说明书做好导航准备(建图等);
- 在地图中选定好路径起点 A、路径中间点 B(直角路径时需要)及路径终点 O;
- 自动模式下使机器人从终点位置 O 开始, 依次将机器人移至 A 点、B 点和终点位置 O。采用如图 A.3 所示的循环, 以单一方向接近每个位姿;
- 使用试验设备记录机器人到达 A 点和 O 点的位姿;
- 重复步骤 c)~d) 30 次;
- 根据实际工作场景选择直线路径、直角路径、曲线路径(如有必要), 分别完成步骤 b)~e) 的操作。



标引序号说明：

- A——路径起点；
- B——路径中间点 B；
- O——路径终点 O。

图 A.3 可循环的图示

A. 3. 2 导航轨迹精度试验方法

本试验采用图A. 1所示直线路径、图A. 2所示直角路径来测试产品的导航轨迹精度。试验步骤如下：

- a) 按说明书做好导航准备（建图等）；
- b) 在地图中选定好路径起点 A、及路径终点 O；
- c) 自动模式下使机器人从终点位置 O 开始，依次将机器人移至 A 点、O 点。采用如图 4 所示的循环，以单一方向接近每个位姿；
- d) 使用试验设备记录机器人轨迹 A 点和 O 点的位姿；
- e) 重复步骤 c)~d) 30 次。

参 考 文 献

- [1] GB/T 12643—2013 机器人与机器人装备 词汇
 - [2] GB/T 20721—2022 自动导引车 通用技术条件
 - [3] GB/T 38124—2019 服务机器人性能测试方法
 - [4] JC/T 2540—2019 地坪材料术语和定义
-

中国工程建设标准化协会
产品标准《地坪研磨机器人》

编 制 说 明

一、标准编制任务来源

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2021年第一批协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字〔2021〕11号），协会标准《地坪研磨机器人》已列入编制计划，由建筑机器人专业委员会归口管理；由广东博智林机器人有限公司、中国建筑标准设计研究院有限公司等单位负责具体的制订工作。

二、项目背景及标准编制意义、原则

1、项目背景及标准编制意义

建筑行业作为国民经济支柱产业，在推动经济社会发展过程中持续发挥重要作用。国家统计局数据显示，2019年建筑业增加值占国内生产总值比例达到了7.16%的近十年最高点。自2010年以来，该比例始终保持在6.6%以上，目前已维持连续三年增长。

中国作为世界上最大的建筑市场，2019年中国房屋新开工面积22.72亿平方米，同比增长8.5%。但建筑业大而不优，“老大难”的问题集中体现在：传统建筑业属劳动密集型行业，当前用工缺口越来越大，此外作业环境“危繁脏重”、安全生产和工程质量风险高，传统粗放式、手工生产方式下生产效率低等。

经调研，地坪研磨机器人的产品规范无相关国家、行业及地方标准，随着科学技术的高速发展，以及当前室内实测

实量机器人的研发成果和应用数据，为能更好地采用高科技的手段和工具提升实测实量作业的精度和行业水平，落实国家质量方针、规定要求的需求，亟需编制相关的标准对地坪研磨建筑机器人的技术要求、试验方法、检验规则、标识。随机文件、包装、运输与贮存等内容进行具体规定，填补地坪研磨建筑机器人在产品标准方面的空白，以提高智能建造技术的先进性、经济性及合理性。因此建议开展《地坪研磨机器人》的编制工作。

使地坪研磨机器人在行业内快速推广，形成团体标准是行之有效的手段，如今形势也使得其技术推广迫在眉睫。

2、标准编制原则

1) 本标准的编写符合现行国家标准《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》GB/T 1.1—2020、《标准编写规则 第10部分：产品标准》GB/T 20001.10—2014的规定；

2) 本标准的内容与现行国家标准《建筑地面工程施工质量验收规范》GB 50209、《环氧树脂自流平地面工程技术规范》GB/T 50589 协调一致。

三、编制目的

地坪研磨是对地坪地面进行研磨处理，去除地面表面浮浆、地面划痕，磨光抛光地面，使地坪地面表面清洁、亮丽、更加平滑，提高地坪的美观程度，达到地坪后续施工工艺要

求。研磨的场地主要为地下车库、工厂厂房或大型广场等。目前，我国建筑和房地产行业发展很快，需要研磨施工的场地越来越多。另一方面，建筑施工向安全、高效、优质的方向发展，但建筑业中的人工成本呈不断升高的趋势，尤其从事地坪工程的研磨施工人力更是严重短缺。

传统的研磨需要 1 名施工人员贴近实时操作机器，劳动强度大，且施工过程中会产生巨量的灰尘，工作环境恶劣，影响到工人的健康。其次，研磨质量不高，人工研磨主要依靠人工的经验去作业，在高强的作业环境下，工人很难一直维持同样的作业水平；同时工人的专业水平不同，难以保证较高的研磨质量。再者，研磨效率低下，人工研磨行走速度取决人的行走速度及人机配合状态，在恶劣的作业环境下，工人很难一直维持较高效率的研磨作业的；同时人的行走速度也限制了作业速度很难提高到较高水平。还有，容易出现漏磨，研磨不均，作业轨迹由人控制，很难保证轨迹重合。地坪研磨机器人是用于地坪地面研磨的自动化设备，产品具备自动地坪研磨、自动定位导航、激光扫描建图、自动收线、吸尘集尘等功能，无需人工贴身操作，可通过下发指令，机器人按照设定的路线自主行走，实现研磨地面同步吸尘集尘等作业，解决了传统施工作业的环境恶劣、质量不稳定、效率低下等问题。产品行走轨迹精准，作业面积全覆盖，解决了漏磨、研磨不均问题；产品可持续作业，减少了人工投入，

解决了用工荒的问题；产品适用于密封固化剂地坪、环氧漆地坪、金刚砂耐磨地坪的施工素地研磨以及中涂砂浆层研磨等地坪工程，应用范围广，助力了建筑行业施工的智能化程度提升。

四、制定标准与现行法律、法规、标准的关系

1、目前，我国现行的与地坪研磨机器人相关的法规及标准有：

《建筑地面工程施工质量验收规范》GB 50209

《环氧树脂自流平地面工程技术规范》GB/T 50589

2、本标准的相关内容与上述标准基本一致，无冲突项目。

五、编制工作过程

本标准由广东博智林机器人有限公司作为牵头组织单位，并成立了标准编制工作起草小组，在此基础上明确了任务和分工，积极开展标准的研究、调研、起草、研讨等工作。

1、2021年5月，根据中国工程建设标准化协会文件“关于征求《2021年第一批协会标准制订、修订计划》（草案）意见的通知”，广东博智林机器人有限公司申报《地坪研磨机器人》。

2、2021年5月31日经中国工程建设标准化协会批准，《地坪研磨机器人》正式立项。

3、2021年7月~12月，广东博智林机器人有限公司收集、整理、并系统地分析了国内外与地坪研磨机器人相关的法规、标准、文献资料等，开展了相关技术研究，并对地坪研磨机器人的试验项目进行了分析，根据产品需求规格说明书、设计规格书、试验大纲、测试报告等相关材料，完成各部分内容的起草，内部多次进行了反复讨论修改，形成标准草案。

4、经中国工程建设标准化协会建筑机器人专业委员会批准，2022年5月11日在广东博智林机器人有限公司召开了编制组成立暨第一次工作会议，会议确定了编制工作分工和进度计划安排。

5、根据首次工作会议的要求，2022年6月15日编制组完成地坪漆涂敷机器人标准草案编制，并进行编制组标准评审。

6、根据各位专家的意见和建议，修改标准文本，并于2022年8月4日进行了标准会议评审。

7、根据会议评审意见，修改完善标准，形成了标准征求意见稿，于2022年9月30日提交系统进行公开意见征集。

六、新旧标准主要技术变化（适用于修订标准）

本标准为新编标准。

七、技术难点及解决方法

无。

八、主要性能指标的验证试验

对地坪研磨机器人的功能、性能、安全相关的项目均已进行了试验验

证。

九、重大意见分歧的处理依据和结果（如有）

无。

十、采标情况（如有）

无。目前没有国际标准和国外先进标准。