

智能墙体抹灰机器人在房屋建筑中的应用研究

陈旺, 高杨, 方炎博, 李新革, 廖红玉

中国一冶集团有限公司, 湖北 武汉 430080

DOI:10.61369/ADA.2025020034

摘要 : 当前建筑施工行业, 传统的人工抹灰施工存在着效率低、工价贵、安全隐患多等问题, 而智能抹灰机器人的出现将逐步代替传统抹灰。本文提出了一种新型的抹灰机器人的施工方法, 介绍了其施工工艺以及重点操作流程。通过对比分析传统抹灰工艺和抹灰机器人, 研究抹灰机器人在建筑行业中发展的优劣势, 为后续抹灰机器人的推广应用提供借鉴。

关键词 : 抹灰机器人; 传统抹灰工艺; 智能建造; 人工智能

Research on the Application of Intelligent Wall Plastering Robots in Building Construction

Chen Wang, Gao Yang, Fang Yanbo, Li Xinge, Liao Hongyu

China First Metallurgical Group Corporation, Wuhan, Hubei 430080

Abstract : In the current construction industry, traditional manual plastering faces challenges such as low efficiency, high labor costs, and numerous safety hazards. The emergence of intelligent plastering robots will gradually replace conventional plastering methods. This paper proposes a novel construction method for plastering robots, detailing its construction techniques and key operational procedures. By comparing traditional plastering methods with robotic plastering, it examines the advantages and disadvantages of robotic plastering in the construction industry, providing insights for the future promotion and application of plastering robots.

Keywords : plastering robot; traditional plastering method; smart construction; artificial intelligence

引言

近年来, 随着房地产的暴雷, 国内建筑行业面临着从未有过的严峻形势, 面对这样严峻的形势急需寻找一种施工速度快、工期短, 投入低、效益高的施工方法, 而抹灰机器人的出现刚好能满足要求, 因此逐步使用抹灰机器人, 已逐步成为建筑商品化的中心环节^[1]。本文在此基础上提出了一种新型的抹灰机器人的施工方法, 该施工方法具有自动化、高效率和一致性好的优势^[2]。同时为展现抹灰机器人的优势, 本文从速度、成本、质量、材料等方面将传统抹灰与机器人抹灰进行对比, 分析其优劣势^[3], 并对抹灰机器人未来的发展进行展望。

一、智能墙体抹灰机器人简介

目前市面上最常用的抹灰机器人主要有两种型号, 3M型和5M型^[3]。3M型和5M型抹灰机器人的差别在于抹灰机器人的宽度不一致, 3M型宽度为750mm, 5M型宽度为1100mm。本文介绍3M型抹灰机器人, 后文所提到的智能抹灰机器人没有特指的话都是3M抹灰机器人。抹灰机器人作业系统主要由运动系统、支撑系统、控制系统、感知系统、喷涂系统等组成。

与传统抹灰主要不同的是, 智能墙体抹灰机器人无需打灰饼、冲筋, 抹灰厚度可通过激光线定位方式来控制。抹灰作业时, 砂浆泵机与抹灰机器人协同工作^[4], 如图1所示。



图1 抹灰机器人现场抹灰示意图

二、抹灰机器人施工工艺

(一) 抹灰机器人施工工艺流程

抹灰机器人施工工艺流程主要包括基层处理、墙面湿润、挂

网甩浆、线槽封堵、作业线放设、机器人抹灰、人工补抹、养护，具体工艺流程见图2。

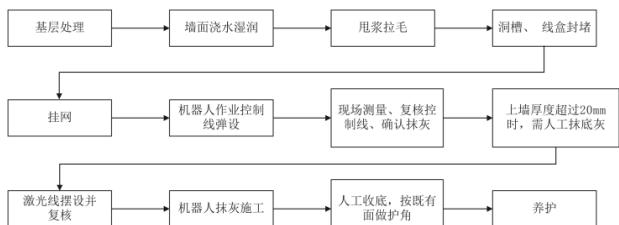


图2 现场抹灰机器人施工工艺流程

(二) 抹灰机器人施工重点

1) 处理墙面基层

处理墙面基层是至关重要的一步，基层未处理好，后续工作就难以开展，即使强行开展也为后面的质量隐患埋下了伏笔，因此，施工前需对墙面进行处理。对于墙面的混凝土残渣、污垢进行清理，对于爆模的地方进行剔凿，对于蜂窝麻面等位置进行修补，保证基层平整、无杂物，验收通过后，方可进行下道工序。

2) 封堵洞槽、线盒

抹灰前需封堵线盒、强弱电箱、开槽、洞口等影响后续抹灰质量的位置，封堵地好坏直接影响墙面的空鼓开裂，因此首先需使用管卡对线管进行固定，其次选用微膨胀砂浆进行分层封堵^[5]，封堵需饱满密实，封堵完后需在上面铺一层纤维网布。在进行抹灰前需把洞、箱、槽、盒周边杂物清除干净，用水将周边润湿。

3) 测量定位和校准

确定抹灰范围和抹灰厚度是关键的一步，因此在施工前，对墙面进行测量定位是必要的。抹灰机器人在使用之前也需安排专业人员对机器人进行校准，调整参数，确保抹灰机器人能按照规划的路径进行抹灰，以及抹灰厚度满足要求。

4) 抹灰路径规划

在施工前，需要根据图纸来规划抹灰路径。

结合建筑平面图、立面图及结构图得知建筑的基本信息，如层高、门洞、房间、走廊等尺寸信息，以及机器人行走过程中是否会受横梁的影响^[6]。通过这些信息可以进一步优化抹灰路径，提高施工效率，避免不必要的中断时间，确保抹灰任务按时完成。

5) 抹灰与表面平整

在使用抹灰机器人开始进行抹灰时，应选用专业操机手进行操作，合理控制机器人抹灰臂的移动速度，以及泵送砂浆的速度，确保抹灰层厚度均匀一致。为确保抹灰后的墙面平整、光滑，需要使用抹灰机器人自带的抹子或刮尺对抹灰面进行处理。

6) 人工修补

在抹灰机器人抹灰臂无法到达的边角区域，需要人工配合进行补抹，以及抹灰完成面有局部缺陷的也需人工进行修补。

7) 成品养护与验收

抹灰完成后，应对抹灰墙面采用洒水或者覆盖薄膜等方式进行养护，确保在养护期内抹灰层能够充分硬化和干燥，满足设计强度要求。

三、智能抹灰机器人的应用效果分析

以黄石市大冶湖核心区某还建房项目为例，本项目规划总用地面积171220.49 m²，规划净用地面积144869.89 m²，总建筑面积442515.05 m²，地下室建筑面积82145.85 m²。抹灰机器人抹灰部位选定为B1#楼的内墙，B1#楼建筑面积22773.50 m²，标准层抹灰面积2610.4 m²，总抹灰面积59211.1 m²。B2#楼与B1#楼户型相同，建筑面积及抹灰面积基本一致，在B2#楼内墙使用人工抹灰。

(一) 施工速度对比

经现场数据统计，正常情况下，人工抹灰一般配备两个大工一个小工，一天(8h)的抹灰量大约为130m²，单人综合效率为43.3m²。抹灰机器人一般配备一名操作员、一名协作员、以及一名大工，人工配合抹灰机器人一天(8h)的抹灰量大约为300m²。抹灰机器人按照每层75%的区域为机器人抹灰，25%的区域由人工进行补抹，经计算可以得到单人效率为85.8m²/d。在人数相同的情况下，人工抹灰的单人综合效率约为抹灰机器人的二分之一^[7]。具体情况如表1所示。

表1 抹灰机器人组和人工组抹灰功效对比表

抹灰方式	施工效率	劳动力安排	单人综合效率
机器人组	130m ² /d	大工两人小工一人	43.3m ² /d
人工组	300m ² /d	操作员、协作员、大工	85.8m ² /d

单位：h

(二) 施工成本对比

在B1#楼使用抹灰机器人抹灰，一天的费用大约为2200元，而在B2#楼使用人工抹灰，一天的人机费用大约为1100元。

为方便统计其每日完成工作量并计算每平方米所需人、机价格，分别统计抹灰机器人及人工抹灰4次抹灰的抹灰量，然后经计算可以得到对应的每平米所需的人机价格，具体见表2。

从表2中可以看出机器人每日抹灰量大致稳定在300m²左右，而人工抹灰每日抹灰量变化幅度较大，上下幅度接近24%。

抹灰一天的总费用基本是固定的，因机器人每日抹灰量基本稳定，从表2可以看出抹灰机器人每平方米所需的人、机单价稳定在7元左右，而人工抹灰每平方米所需的人、机单价变化幅度较大，上下幅度接近24%。取4次每平方米所需的人、机单价的平均值，可以得到抹灰机器人的人机单价为7.228元/m²，而人工抹灰的人机单价为8.332元/m²。总体上抹灰机器人抹灰每平方米所需人、机价格比人工低1.104元，低幅为15.3%。

表2 每日完成工作量及每平方米所需的人、机价格

抹灰次数	1号楼单组每日完成工作量/m ²	1号楼每平方米所需人、机价格/元	2号楼单组每日完成工作量/m ²	2号楼每平方米所需人、机价格/元
第1次	312.0	6.830	115	9.570
第2次	315.0	6.980	142	7.750
第3次	296.0	7.690	131	8.400
第4次	297.0	7.410	139	7.610
平均值	305.0	7.228	131.75	8.332

(三) 施工质量对比

为方便对比抹灰质量，在抹灰完成及养护7d天后，在现场检

查抹灰完成面的垂平度、空鼓开裂情况，并记录相应数据，如表3所示。从表3可以看出抹灰机器人的现场抹灰垂平度为2~3mm，而人工抹灰的垂平度变化较大，最小的2mm，最大的为5mm，人工抹灰垂平度与工人的熟练程度以及作业时间有关，熟练度越低、作业时间越长抹灰垂平度值越大，合格率越低。

表3 每100m²抹灰平均垂平度及空鼓次数对比表

抹灰次数	1号楼平均垂平度/mm	1号楼墙体空鼓处	2号楼平均垂平度/mm	2号楼墙体空鼓处
第1次	2.0	0	2.0	0
第2次	3.0	0	5.0	2
第3次	3.0	1	4.0	1
第4次	2.0	0	5.0	2
平均值	2.5		4.0	

(四) 施工材料对比

智能抹灰机器人对材料的要求比较严格，施工通常采用袋装材料，需要在抹灰现场附近随伴随用，所使用的抹灰砂浆配比需根据现场的实际情况如施工时的温度、施工速度等进行调整。而人工抹灰施工，使用砂浆罐内的成品砂浆材料，工人将成品砂浆材料运输至指定楼层，配合比是否满足要求没有进行试验，抹灰质量难以得到保证。

而抹灰机器人使用采用的袋装材料在抹灰之前都需根据实际情况，调整配合比，配合比符合要求后才能上墙抹灰使用。

四、智能抹灰机器人的应用优势与不足

(一) 应用优势

将智能抹灰机器人应用到现场施工，其展现的优势如下：

工作效率高。抹灰机器人能够自动执抹灰任务，除了必要的中断时间，几乎不受外界因素的影响。除非抹灰机器人出现故障，不然可以连续工作，不受人体机能的影响，有效提升施工效率，从而缩短施工周期。

提高施工精确度。智能抹灰机器人配备了先进的传感器和定位技术，实时感知周围环境的变化，便于对抹灰厚度及时进行调整，保证抹灰层厚度的一致性。

降低安全隐患。传统的人工抹灰存在高处作业坠落以及物体打击的风险。使用抹灰机器人可以规避上述风险，智能抹灰机器人可以通过自身的感应系统和避障功能，提前探明周围的信息，从而能够对施工路径进行优化，避免与其他人员或设备发生碰撞，这种创新的施工方式可以降低人工劳动强度及施工危险性^[8]。

有效控制质量。智能抹灰机器人配备有远程终端，可以通过终端对机器人进行监控和控制，监测抹灰过程中各项指标是否满

足要求，能够对抹灰的质量进行有效的控制。

(二) 存在问题

在本次B1#号楼使用抹灰机器人进行施工的过程中，虽然有其明显的优势，但是在施工过程中也暴露出一些问题。

砂浆配比要求高。传统人工抹灰使用的砂浆，不宜用于机器人抹灰，抹灰机器人对与砂浆的流动性和稠度都有一定的要求，相比于传统抹灰对砂浆的配合比较为严苛，而且在不同区域、针对不同强度的墙体，需要在抹灰现场附近进行试验，得到适合该墙体的砂浆的配合比。

增加维护和调试成本。抹灰工人进场经过安全技术交底及培训，合格后可直接进去现场进行抹灰作业，而机器人抹灰进场后，需要专业人员对抹灰机器人进行维护和调试，调整参数，以便满足现场实际需求。同时在施工过程中抹灰机器人也存在一定故障率，处理这些故障都需额外的费用。

边角及接缝处难以施工。机器人抹灰在大面上使用快捷方便，但是在边角及接缝处仍然需要人工进行补抹。

五、展望

虽然抹灰机器人在理论上已经比较成熟，但是在现场实际应用上还是比较滞后，首先是费用的问题，其次是效率和抹灰覆盖范围还有待提高。

这些不足也为抹灰机器人的下一步研发提供了方向。

降低抹灰机器人的成本。虽然目前市面上各种智能机器人层出不穷，但是各个施工企业用于墙面的抹灰机器人明显数量不足，最主要的是费用问题，抹灰机器人的价格昂贵，所以为了普及抹灰机器人的使用，亟需研发性能更好，成本更低的抹灰机器人。

更加智能化和自动化。目前的智能抹灰机器人能够省去抹灰饼、冲筋，可以自主进行抹灰路径规划，但是还有许多步骤仍需要人工参与，人工参与的比例过高，所以可以进一步对抹灰机器人进行优化，使得整个抹灰流程，从基层处理到抹完灰养护，基本不需要人工参与，直至实现全智能化。

植入深度学习算法。近年来比较流行的神经网络深度学习算法，可以将此算法植入到抹灰机器人上，利用此算法对施工过程中的图像、声音等信息进行分析和处理，得到抹灰最优解，提高施工效率和质量。

运用AI及虚拟现实技术。通过运用AI及虚拟现实技术，智能施工机器人能够对现场施工进行实时模拟，显示施工进度、质量等信息，方便施工管理和监控。

参考文献

- [1]陈翀,李星,邱志强,等.建筑施工机器人研究进展[J].建筑科学与工程学报,2022,39(4): 58~70.
- [2]章严.传统抹灰与抹灰机器人的应用分析[J].绿色建造与智能建筑,2025,293,96~98.
- [3]张立.智能墙体抹灰机器人的应用研究[J].建筑科技,2024,12,70~73.
- [4]卢世杰,周远重,邹锦洲,等.抹灰机器人机协同工艺研究[C]//《施工技术》杂志社.2024年全国土木工程施工技术交流会论文集(上册),2024: 1136~1139.
- [5]姚国强,林林,杨加宝.墙面抹灰层空鼓开裂因素分析与探究[C]//《施工技术》杂志社.2024年全国土木工程施工技术交流会论文集(上册),2024: 131~135.
- [6]肖维思,庄然,唐务生.抹灰机器人施工研究[J].施工技术(中英文),2023,52(11): 22~26.
- [7]叶国昌,岳巍,龙林.机械喷涂抹灰技术在墙面抹灰施工中的应用[J].低碳世界,2014(22): 231~232.
- [8]刘俊涛,周敏,谢良喜,等.室内墙面砂浆抹平机器人性能研究[J].传感器与微系统,2023,42(7): 57~60,65.