

# Research on Process Planning of Painting Workshop

Qianxiang Gui Zhihong Zhang Dongsheng Zhang Hongshan Liu Anli Hu

China Shipbuilding NDRI Engineering Co., Ltd., Shanghai, 200090, China

## Abstract

Since the development of ship and marine painting, the workpieces processed in ship and marine painting workshops include ship body sections, module bodies, pipe racks, process pipelines, etc., which have characteristics such as large size, single piece, and small batch. Painting is carried out manually, with low efficiency, harsh working environment, high labor intensity, and great harm to human health. The high efficiency and green environmental protection of painting operations are urgent. Since the beginning of the 21st century, the application of upper computer+PLC system in painting workshops has made significant progress in production management. This paper studies the process planning of painting workshops, applies automatic spraying technology in process layout schemes, and applies digital operation and control technology in control system integration.

## Keywords

coating workshop; automatic spraying; digital control technology

# 涂装车间工艺规划研究

桂千祥 张志宏 张东升 刘红珊 胡安丽

中船第九设计研究院工程有限公司, 中国·上海 200090

## 摘要

船舶及海工涂装发展至今, 船舶及海工涂装车间处理的工件包括船体分段、模块片体、导管架、工艺管线等, 具有大尺寸、单件、小批量等特性。涂装由人工操作进行, 效率低, 作业环境恶劣, 劳动强度高, 对人体危害大。涂装作业的高效、绿色环保已刻不容缓。自进入21世纪以来, 涂装车间应用上位机+PLC系统, 在生产管理方面有了较大进步, 论文对涂装车间工艺规划进行研究, 在工艺布局方案上面应用自动喷涂技术, 在控制系统集成方面应用数字化运营管控技术。

## 关键词

涂装车间; 自动喷涂; 数字化管控技术

## 1 涂装车间现状

船舶及海工涂装车间处理的工件包括船体分段、模块片体、导管架、工艺管线等, 具有大尺寸、单件、小批量等特性。

自进入21世纪以来, 涂装车间应用上位机+PLC系统, 在生产管理方面有了较大进步, 但仍存在以下问题:

①生产效率低、质量不稳定: 涂装作业由人工操作进行, 在钢板处理等级达到 Sa2.5 级的标准时, 一个熟练喷砂工平均效率约为 12~15m<sup>2</sup>/h, 且存在喷砂质量不稳定状况造成验收不合格返喷的情况; 喷漆作业, 每道漆膜的厚度都受喷漆速度、角度、距离、压力等多种因素影响, 人工喷涂的漆膜厚度不均匀, 喷涂质量难以控制。

②作业环境恶劣, 劳动强度高, 对人体危害大: 喷砂作业产生大量粉尘, 喷漆作业产生大量漆雾和 VOCs, 影响

呼吸、视觉, 虽然喷砂工配备了专用一体式喷砂服, 喷漆工配备了防毒面罩, 但防护结果不理想, 职业病发病率依然很高。

③缺少数字化管控平台, 管控难度大: 涂装车间目前主要依靠传统的电控系统进行生产管理, 在设备、能耗、计划等方面仍主要靠人工进行管理, 建立统一的数字化管控平台是实现精益化运营管控的基础。

## 2 涂装车间自动喷涂技术应用

### 2.1 行车式、小车式自动喷涂技术应用

#### 2.1.1 方案总述

船体分段/模块片体的外部及上部利用行车+机械臂式机器人实现涂装的自动化。

采用小车式自动喷涂设备及配套的喷砂罐、磨料回收系统、油漆系统和控制系统, 实现船体分段/模块片体的底板喷涂的自动化。

在一辆四驱小车上安装一个多自由度机械手, 实现对船体分段/模块片体的底部仰喷作业。小车式涂装机器人的

【作者简介】桂千祥(1990-), 男, 中国上海人, 本科, 高级工程师, 从事船海涂装工艺设计研究。

喷枪按需要调整与工件的距离及角度，固定到最优喷涂质量的位置，由人开着小车进行喷涂作业，如图 1、图 2 所示。

### 2.1.2 方案优点

①自动进料、自动喷砂、自动回砂、远程监控。

②涂料自动搅拌、自动配比、自动喷漆、安全环保。

③喷涂机器人自动识别、定位及控制：结合涂装任务要求以及典型分段数据类型和数量，根据特殊识别点信息，进行分段坐标确定，导入设计三维模型数据，进行喷涂分段的坐标转换，实现机器人定位和路径规划。

## 2.2 智能 AGV 喷涂小车技术应用

### 2.2.1 方案总述

AGV 行使载物平台和移动主体的功能，通过激光导航的方式行走在水平地面上，能匹配船体外观形状规划相应的

轨迹路线，搭载喷涂机器人对分段 / 模块片体的底部进行均匀喷涂作业，如图 3、图 4 所示。

参考技术参数：

①负载：5kg。

②动作范围：1256mm。

③重量：110kg。

④重复定位精度： $\pm 0.15\text{mm}$ 。

⑤功率：1.5kVA。

参考技术参数：

①形式：液压剪叉式。

②驱动：防爆电机驱动。

③升降行程：底部 AGV 升降 1000mm，侧面 AGV 升降 9000mm。喷涂机器人底部升降台如图 5 所示。

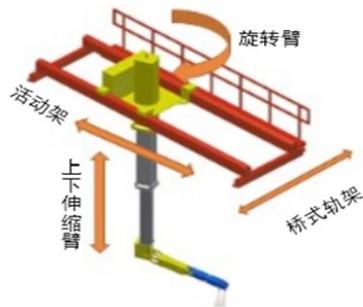


图 1 天车式涂装机器人设备



图 2 小车式自动喷涂设备



图 3 智能 AGV 喷涂小车



图 4 AGV 底面六轴防爆喷涂机器人



图 5 喷涂机器人底部升降台

### 2.2.2 方案优点

① AGV 小车采用激光导航方式行走，能匹配船体弯曲弧度规划相应的行驶路线。

② AGV 供电采用储能，方便简洁。

③ AGV 本体与控制室内控制设备采用无线通讯，简单方便。

④喷涂机器人喷涂姿态柔性，喷涂距离等距，漆膜均匀饱满。

⑤控制系统可与车间MES系统对接,供数据采集,检测,传输。

### 2.3 自动喷涂配套设备

自动喷涂配套设备主要有双舱喷砂缸、磨料回收系统、磨料及压缩空气柔性供应系统、真空吸砂系统、局部除尘系统、全室除尘送风系统、除湿送风系统、有机废气治理系统、加热送风系统等<sup>[1]</sup>。

## 3 涂装车间数字化运营管控技术应用

### 3.1 建设方案

①在现有涂装车间的SCADA(数据采集与监视控制系统)系统上进行优化。

②结合物联网IoT技术,将数据送到云端,并对各种需求进行分析,推送需要的信息和报表。

③通过对云数据的采集和分析,并形成报表和对比图形,结合人员和管理方法,分析出最优的工作安排及管理方案。

④大型船舶和海工厂涂装车间多点分布、多种规模和多种尺度的特点,各个分段外形尺寸差异较大,通过涂装车间生产计划自动排程,使分段排布最大化利用涂装车间的空间资源。涂装车间数字化运营管控平台如图6所示。



图6 涂装车间数字化运营管控平台

系统功能如下:

①每日生产信息,车间能源日报,车间能源效益数据报表,以及对主要部件维修保养预警、设备台账等信息。

②通过大数据的分析,总结出最优的管理和生产运行方案,达到优化管理、节约人力成本、提高信息传递效率、节约能源和提高生产效率的效果。

③以计算机为中心,自动生成计划时间表,喷砂车间采用2D BinPacking算法,涂装车间采用3D BinPacking算法,充分利用车间的空间资源,并能根据实际情况随时进行调整。

### 3.2 应用效果分析

#### 3.2.1 科学化的管理

制定全面的、规范的信息设备管理和数据监控流程,包括设备资产管理、设备运行和维护等,将其纳入一个优化的管理体系中,并实现集团层面的可综合展示、综合分析。

#### 3.2.2 智能化的数据分析与决策

根据生产数据监控内容,提供全面的生产分析,包括达标率分析、生产工艺状态分析、能效分析、故障分析、运维分析等,提升管理效率。

#### 3.2.3 全流程的移动生产方案

可提供包括移动设备管理、移动巡检、移动检修、在线诊断报送等涵盖生产运行管理全流程的移动端解决方案。

#### 3.2.4 统一化的基础管理后台

具备统一、标准化的后台设计,具有成熟的安全认证、权限管理、服务总线、工作流引擎和完善的接口规范,能够在实现稳定、规范、高效的后台管理功能的同时,具备良好的扩展性和兼容性。

## 4 结语

通过开展数字化运营管控技术和高效绿色的自动喷涂技术的研究,为实现船舶及海工行业涂装车间精益生产提供了可行的解决方案。数字化运营管控技术在其他行业已有成熟的应用,结合涂装车间的具体生产工艺进行定制开发可快速应用<sup>[2]</sup>。但自动化喷涂技术还不够成熟,在舱室内应用还有很强的局限性,而且投资很高。在改造或者新建涂装车间时,应综合考虑喷涂对象特征、自动化喷涂设备的组合形式、车间规划、投资等因素,确定合理的生产适用的自动化喷涂方案<sup>[3]</sup>。

### 参考文献

[1] GB/T 51405—2019 船厂总体设计标准[S].  
 [2] 栗移新,殷红幸.汽车总装车间规划中的同步工艺开发[J].装备制造技术,2012(3).  
 [3] 杜坤,魏庆丰,赵涛,等.车身焊装工艺规划方法及分析[J].汽车工艺与材料,2012(9).