

环境控制的船舶外板喷涂装置研究

杨 锋^{1,2}, 杨 杰^{1,2}, 房正文¹, 宋冯希¹, 张营圣¹

(1.南通理工学院,江苏 南通 226001; 2.南通森特检验检测技术服务有限公司,江苏 南通 226005)

摘要: 传统的船舶外板涂装方式是在船台、船坞或者舾装码头中采用高架车进行人工喷涂。传统高架车喷涂涂料时,由于船舶外板一般呈曲面结构,导致喷涂装置与船舶外板之间存在一定的距离,所以,在喷涂时,风会吹散一部分油漆到空气中。一方面造成环境污染,影响周边工作人员的健康;另一方面油漆在大风低温条件下,干燥固化时间延长,影响整个船舶施工进度。研究了一种针对船舶外板喷涂的装置,以能更好地进行涂装。

关键词: 环境控制; 船舶外板; 涂装

中图分类号: TQ639 **文献标志码:** A **文章编号:** 1007-9548(2025)08-0022-04

Research on Environmental Control Ship Outer Plate Spraying Device

YANG Feng^{1,2}, YANG Jie^{1,2}, FANG Zheng-wen¹, SONG Feng-xi¹, ZHANG Ying-sheng¹

(1.Nantong Institute of Technology, Nantong 226001, Jiangsu, China;

2.Nantong Sent Inspection and Testing Technology Service Co., Ltd., Nantong 226005, Jiangsu, China)

Abstract: The traditional coating method for ship hull is to use a trestle for manual spraying in the shipyard, shipyard or outfitting wharf. When the traditional trestle sprays paint, the ship hull is generally curved, which leads to a certain distance between the spraying device and the ship hull. Therefore, during the spraying process, the wind will blow part of the paint into the air. On the one hand, it causes environmental pollution and affects the health of the surrounding staff; on the other hand, the drying and curing time of the paint is prolonged under high wind and low temperature conditions, affecting the entire ship construction progress. Therefore, a device for spraying the ship hull is studied to better carry out the coating.

Key words: environmental control; hull plate; coating

0 引言

船舶涂装一方面造成环境污染,影响周边工作人员的健康;另一方面油漆在大风低温条件下,干燥固化时间延长,影响整个船舶施工进度。本文通过搜索大量文献资料,船厂实地考察,结合国内现有设备基础,针对船体外板露天涂装不易满足涂装要求、漆雾污染、涂装后涂层的干燥固化时间需进一步改善等问题,从有效保护环境、缩短船舶建造工期、提高船舶工程综

合性价比出发,研究了一种环境保护涂装设备。本技术已授权实用新型专利^[1],专利号:202220666610.5。

1 船舶外板的涂装特点

船舶外板设计除了要满足安全、适用的基本要求,还需考虑经济性与美观性。所谓经济性好,通俗来说,就是在同一路程的条件下,船舶的载货量更多且行驶速度更快,能够创造更多的盈利。据调查,相对来说,船体外形削瘦且长的船舶,速度更快;船体外形宽胖的船舶,载量越大,经济效应越好。所谓美观性,就是船体外形能给人强烈的视觉冲击,使人感到赏心悦目。船体外形特征主要与主尺度、船型系数、横剖面面积曲线形状、设计水线形状、首尾轮廓及甲板线(脊弧线、舷弧线)的形状有关。现如今,大多数船舶外形为左右对称、型线流畅的双曲面。因此,船舶外板的设置应正确地运

收稿日期:2024-01-16

项目基金:南通市社会民生科技计划项目 MSZ2023124“南通造船工业降本增效防污染技术研究”。

作者简介:杨锋(1983—),男,硕士,工程师,主要从事船舶涂装与船舶焊接技术研究工作。E-mail:lyangfeng@126.com。

用各种线条,恰当地安排各部分的比例,使整个总布局包含在光顺的流线中^[2]。船舶外板各部分处于不同的使用环境中,受到外界环境的不同作用,其表面的腐蚀程度各不相同。因此需要根据实际情况科学进行船舶外板涂装作业。

船舶外板在涂装配套制定时通常被分为船底区、水线区和大气暴露区。

船底区包括平底和直底,船底区常年浸泡在水中,要耐水、耐盐分、抗腐蚀,一般涂装2层,1层环氧涂料(通常分2~3次喷涂,很少一次喷涂成型,除非使用厚浆型涂料)和1层防污涂料(一般也分2~3次喷涂),防污涂料主要用于防止海洋生物附着,用得比较多的是无锡自抛光防污漆,因为无锡自抛光防污漆对海洋也有一定的污染,目前的发展趋势是低表面能防污漆,但这种防污漆价格极为昂贵。

大气暴露区不会有海洋生物附着,所以无需涂装防污漆,但需要耐紫外线照射,且对外观有一定的要求(尤其是邮轮),除此以外同样有耐水、耐盐分、抗腐蚀的要求,涂装环氧涂料和聚氨酯,环氧涂料和船底区相同,可以和船底区同时喷涂。

水线区域要求涂料除了满足大气暴露区的全部要求外,还要有一定的机械性能,在波浪冲击下不至于破坏,尤其是船头水线区的涂料,大多数船舶外板配套中,不专门设置水线区,水线区的涂装配套和大气暴露区一样,水线部位涂装配套和干舷一样,或仅仅在水线部位增加涂层的相应膜厚,因为大多数用于大气暴露区的面漆也能够满足这些要求。

2 船舶外板的传统涂装方法

传统的船舶外板涂装方式主要有两种:搭脚手架和使用高架车。

脚手架主要是建筑业用得更多,我国造船所用的脚手架也普遍采用建筑的标准和规范^[3]。脚手架的架设较为麻烦,而且本身也有一定的危险性,船舶修造中容易发生高空坠落事故,可以说脚手架是引起船舶行业高空坠落事故的主要媒介之一,较典型的事例有:吊装脚手架的物体掉落、不按照规范攀爬脚手架导致的坠落、脚手架上作业未系安全带导致的坠落、物体从脚手架上坠落导致下方人员砸伤、脚手架安装不规范导致的脚手架本身材料的坠落、脚手架上违规堆放过多材料造成脚手架侧翻、脚手架安装不牢固导致的解体。

高架车在使用过程中比脚手架要安全得多,缺点是一台高架车仅能作用于小范围的区域,大量使用成本过高,但随着我国综合国力和用工成本的提升,高架车相对于脚手架其应用比率越来越高,据相关资料统

计,2014—2020年期间,高架车年销量的复合增长率为50%~60%^[4]。高架车仍然具有安全隐患,尤其是在使用不当的情况下,舟山历年12起船厂高架车事故案例中,高架车倾翻发生6起、死亡10人,分别占比50.0%和58.8%^[5-6]。

现在的趋势是使用吸附式涂装机器人用于船舶外板的涂装,使用磁性轮胎吸附船体,从而实现在船舶外板上贴着外板行走。还有涂装机器人使用麦克拉姆轮以便在外板上横向移动^[7]。用于船舶外板爬壁机器人早就有了应用,但主要用于焊接、除锈等^[8],要使用爬壁机器人涂装则难得多,很多问题需要解决,爬壁机器人的滚轮会对涂层造成破坏,爬壁机器人在爬壁喷涂过程中产生的漆雾会破坏机器人的电子元器件,爬壁机器人目前只处于理论研究和样机试验阶段,还没有大量投入应用。

目前船厂较为常见的还是脚手架和高架车,故本技术是在高架车基础上进行改进的。

3 船舶外板涂装污染防治与环境控制的弊端

船舶进行涂装时需要进行污染防治和环境控制。

就污染环境而言,船舶涂装是船舶制造业中污染环境最严重的环节之一,船舶涂装污染物的排放主要可分为四大类:一是清洗脱脂、磷化工序排放的酸雾、碱雾、喷漆排出的挥发性有机化合物(VOC);二是表面除锈、除漆打磨产生含尘气体的喷砂;三是在生产过程中,喷漆车间循环水产生的有机溶剂和漆渣;四是污水池中的污泥及一次性使用的废弃物。如果是船舶分段之类的在涂装车间涂装,要防止污染相对容易,车间是一个相对密封的环境,可以采用相关设备来对污染物进行收集,但是船舶外板喷涂一般是在露天,很难进行收集。传统高架车人工喷涂作业过程中受风速影响会形成大量的漆雾、挥发性有机化合物和粉尘等,直接排放到大气中会造成大气污染,施工人员长期接触或不小心吸入会引起慢性中毒、皮肤疾病等。

就环境控制而言,船舶涂装环境控制包括湿度控制、温度控制、风速控制等。

控制湿度的目的主要在于以下两点:1)涂装时要保证涂装环境符合要求,一般要求相对湿度低于85%,湿度过高会导致漆膜剥落等弊病;2)船厂突击抢工,目前,船厂普遍存在交船前突击抢工的现象,即交船前进行大量的涂装工作。如果碰到持续下雨、大风、雾霾等气候环境,就会造成船舶外板无法喷涂。这时,船厂要么暂停施工,承受延迟交船的违约损失,要么就在恶劣环境下强行施工,造成涂层质量不符合预期要求,同样船舶外板难以在涂装房进行环境控制下的喷涂。

温度控制也是为了保证质量和抢工,高温和低温都不适合施工,涂料的稀薄程度与温度密切相关,温度越高,涂料越轻薄,容易受重力影响发生挂流现象或者漆膜起泡现象;温度越低,涂料越浓厚,容易造成油漆结块导致涂覆不均匀和固化速度缓慢。

船舶涂装所允许的涂装作业风速应不大于 5 m/s。如果大风情况下进行喷涂,很多涂料受到风向的影响无法喷涂至预定位置上,造成了局部干燥、漆雾污染和生产材料的浪费。

4 环境控制的船舶外板喷涂装置

4.1 装置简介

高架车包括车体、伸缩臂以及旋转平台,见图 1 所示。车体上设有旋转平台且旋转平台上设有伸缩臂,伸缩臂的活动端固定连接喷涂作业平台。车体可以移动至指定的施工地点,旋转平台可以使喷涂作业平台换向改变喷涂角度,伸缩臂带动喷涂作业平台移动到船舶外板的高侧。喷涂作业平台要设计成一个半封闭的结构,从而与船舶外板能够紧密结合。

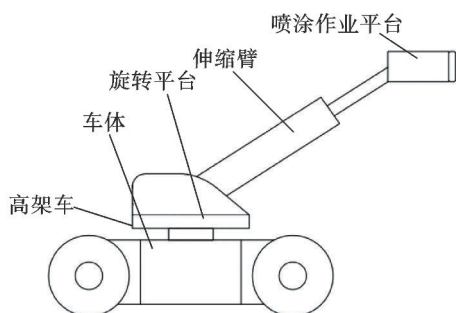


图 1 整体结构示意图

4.2 喷涂作业平台结构设计

喷涂作业平台由多个部分组成,如图 2 所示,有充气气囊、支撑杆、连接带、喷涂腔体、软管和供料泵。这个平台是一个箱体结构,内部设有喷涂腔体,作业平台的宽大化设计为喷涂设施和其他相关设备提供了足够的空间。在靠近船舶一侧,平台周围均匀分布着多个滑槽,这些滑槽为支撑杆提供了伸缩轨道。支撑杆在滑槽内部滑动,连接带则将充气气囊稳固地绑定在支撑杆上,同时支撑杆支撑着充气气囊,使其不会随风摇摆。此外,为了避免喷涂作业平台直接撞击到船舶的外板表面,环形充气气囊被设置在支撑杆外部,以作为防撞装置。在支撑杆的端部与滑槽的内底部之间,还设有弹簧,可以自动调整作业平台与船舶外板的贴合度,从而防止喷漆扩散至非规划区。

4.3 喷涂组件结构设计

喷涂作业平台正视图如图 3 所示,展示了喷涂组

件的构成,包括油漆喷头、喷涂管、软管、喷涂箱、移动导轨和移动支架。在喷涂腔体的一侧,设计了一个开口,便于安装和布置喷涂组件、干燥组件和喷涂箱等设备。这个开口的两侧装有移动导轨,这为喷涂组件和干燥组件的上下移动提供了轨道,当需要进行喷涂或干燥作业时,它们可以在导轨上自由滑动。在两侧的移动导轨的活动端之间,固定连接着一个移动支架。这个支架朝向船舶外板的一侧,通过固定杆连接着一个喷涂管。喷涂管上装有许多油漆喷头,确保了均匀且广泛的喷涂效果。喷涂组件的存在是为了实现高质量的喷涂效果,同时可以选择使用喷涂机器人进行自动喷涂,但具体的机器人设计不在本文的研究范围内。当然,也可以让枪手在内部进行手动喷涂操作。当选择手动操作时,可以使用目前市场上比较常用的喷漆设备之一——长江牌无气喷漆泵。在喷涂腔体的内部,设有一个喷涂箱,这个箱子用于储存各种性能的油漆,以应对不同的使用环境。通过软管将喷涂箱与喷涂管相连,确保了油漆的顺畅流动。软管起到油漆输送通道的作用,满足各种涂装工艺的需求。此外,软管上还配备有供料泵,它不仅为油漆输送提供物理动力,还可以调节输送速度。

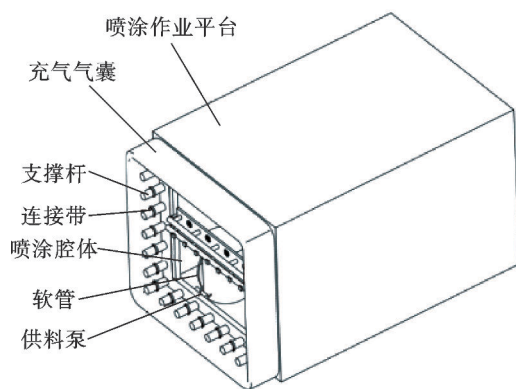


图 2 作业平台结构示意图

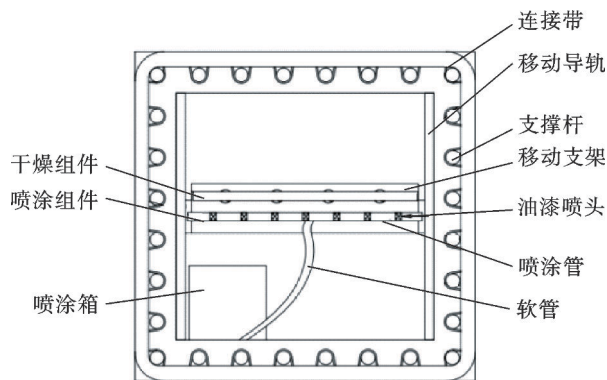


图 3 作业平台正视图

4.4 干燥组件结构设计

干燥组件的结构如图4所示。这个组件主要包括风机、连接杆、移动支架和电热管。连接杆的主要功能是将电热管固定在风机的正前方,确保电热管能够有效地加热封闭区域内的空气。移动支架上均匀地嵌入了多个小型四叶风机。当这些风机打开时,它们可以促进封闭区域内的空气流通。在喷涂结束后,这些风机与电热管配合工作,向涂层吹送热空气,从而加速涂层的固化过程。值得注意的是,温度每升高10℃,涂层的固化速度就会提高1倍,该装置在冬季使用时效果尤为显著。尽管干燥组件和喷涂组件都安装在同一个移动支架上,但它们的连接杆长度有所不同,干燥组件的连接杆稍短一些,并位于喷涂组件的后方。这种设置有2个主要优点:1)它避免了喷涂嘴附近因喷涂功率较大而产生的飞溅油漆覆盖电热管,从而防止了电热管因突然加热而点燃油漆膜的现象;2)它也避免了飞溅的油漆污损风机的转轴。如果转轴受到无规律的点涂,会增加风叶运转的摩擦力,可能导致卡顿问题,从而缩短风机的使用寿命。此外,在移动支架的后方,即在喷涂作业平台开口的对立内壁,还可以添加蓝光设备来进行涂层的照光干燥。

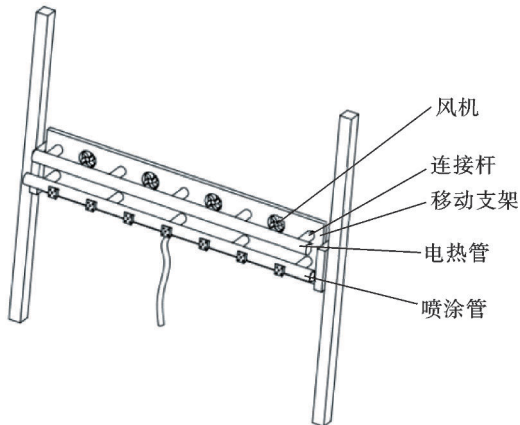


图4 干燥组件结构示意图

5 装置的使用方式和有益效果

喷涂作业平台由高架车驱动,使其向船舶外板表面移动。借助环形充气气囊的弹性和伸缩性,平台能够紧密贴合任意弧度的船舶外板表面。当平台与船舶外板接触时,它们之间形成了一个封闭空间,使外界气候因素无法影响内部工作环境。因此,在进行喷涂组件和干燥组件工作时,外部风力不会吹散油漆,也不会降低施工温度,这大大提高了涂层的均匀度和质量。通过移动导轨的引导,移动支架可实现上、下移动,从而带动喷涂管进行相应的移动。在喷涂管移动过程中,连接的

一侧装有油漆喷头。油漆存储在喷涂箱内,通过供料泵和软管输送到喷涂管内,再由喷头均匀地喷向船舶外板,实现高效、均匀的喷涂。为了避免在转换喷涂区域时尚未干燥的油漆被充气气囊碰掉,我们在移动支架上设置了电热管,并通过连接杆端部固定,电热管在充电后产生热量,提高周围空气的温度,同时配合风机向船舶外板方向吹送热风,以此加速固化。

该装置的主要优势如下:1)利用充气气囊的弹性和支撑杆的可伸缩性,平台能够紧密贴合任意弧度的船舶外板表面,确保涂装的顺利进行;2)充气气囊起到了缓冲作用,避免平台与外板的直接碰撞,确保了喷涂作业的稳定性;3)创造了一个封闭的涂装作业区域,既避免了外界环境(如风、雨等)的影响,又模拟了车间内的涂装作业条件;4)在进行喷涂和干燥组件工作时,外部因素的影响不会干扰油漆的喷涂效果或降低施工温度,从而缩短了施工时间并提高了涂层质量;5)移动导轨引导的喷涂管的移动方式确保了船舶外板的均匀涂装;6)连接杆的设置避免了在更换喷涂区域时未干燥的油漆被充气气囊碰掉的问题;7)电热管与风机的协同工作,确保了喷涂后的油漆能够迅速受到热空气烘烤,提高了干燥效率,同时也避免了油漆被碰掉的风险。

6 结语

该装置本身是对高架车的一个改装,能够在船舶外板形成局部的封闭空间,可以用于对外板的喷涂和修补,实现恶劣环境下的涂装。

参考文献:

- [1] 杨锋,宋冯希,陈玲,等.一种环境控制的船舶外板喷涂装置:CN217249982U[P].2022-08-23.
- [2] 薛建平.修造船用扣件式钢管脚手架的安全风险管控[J].中国修船,2016(3):14-16.
- [3] 金柱青.关于船舶外形的造型问题[J].中国造船,1965(3):1-20.
- [4] 彭保胜.高空作业平台:发展迅猛最具成长潜力[J].建设机械技术与管理,2021(1):45-46.
- [5] 舟山市应急管理局.关于加强船舶修造行业高架车安全管理的通知[EB/OL].http://zsyj.zhoushan.gov.cn/art/2022/6/23/art_1603355_58922223.html.
- [6] 陆钰.基于事故树的船厂高架车倾翻事故分析与预防[J].劳动保护,2023(9):102-104.
- [7] 徐超,周宏,刘建峰,等.船舶外板涂装机器人应用研究[J].船舶标准化与质量,2020(3):41-44.
- [8] 衣正尧,弓永军,王祖温,等.船舶除锈爬壁机器人设计方案研究[J].机床与液压,2010(7):65-67.