

集装箱新型喷涂自动化工艺方法研究

鄢海新

(常州市安佳涂装设备有限公司, 江苏 常州 213126)

摘要: 集装箱体积大, 自身质量大, 喷涂多面多棱角, 梁与面要进行不同的喷涂工艺。完成焊接成箱体结构后, 整体进行内、外部喷涂。介绍了集装箱一种大规模自动化生产工艺和面漆喷涂新方法, 从而达到高标准防腐目的。

关键词: 集装箱; 新型喷涂; 自动化工艺

中图分类号: TQ639 文献标志码: B 文章编号: 1007-9548(2024)10-0069-04

Research on New Automatic Process Method of Container Spraying

YAN Hai-xin

(Changzhou Anjia Painting Equipment Co., Ltd., Changzhou 213126, Jiangsu, China)

Abstract: The container is large in volume, its own weight is large, and the spray is multi-faceted and angular, and the beam and surface should be sprayed with different spraying processes. After completing the welding into the box structure, the whole internal and external spraying. This paper introduces a large-scale automatic production process and a new coating method for container, so as to achieve high standard anticorrosion.

Key words: container; new spraying; automated process

0 引言

现代运输领域里有空运、海运、陆运三种模式。海运占据运输领域的巨头, 只要提起海运, 第一反应就是空间宽阔的集装箱。其实集装箱不仅仅用在海运, 它的适用范围很广, 可实现在海、陆、空运输中的通用互换。集装箱运输的迅速发展带动了集装箱制造业的繁荣。其中, 中国生产的标准干货集装箱占世界产量的 95% 以上, 集装箱产销量十多年来一直保持世界第一。集装箱是国际性运输和物流的专用工具, 绝大部分为碳钢材质组合结构。集装箱在使用中, 要经得起诸如高温、风吹雨淋、大气中的气体和海洋性气体的腐蚀等各种苛刻环境条件的考验, 因此, 集装箱钢结构的表面特性是集装箱行业关注的重点。集装箱通常通过在其表面

涂装底漆、和/或中漆、面漆的方式来达到集装箱表面的耐候性。本文阐述一种全新的集装箱喷涂自动化工艺实现方法。

1 集装箱喷涂工艺的特点

集装箱体积大, 自身质量大, 喷涂面积大, 结构纵横梁多、焊缝多、角铸件多, 梁与面要进行不同的喷涂工艺操作; 自动运行较难采用水平转弯的方式。焊接成箱体结构, 整体进行内、外部喷涂处理, 大规模生产可以实现高度自动化生产线方式喷涂。首先经过表面处理, 表面处理质量决定了涂层质量, 制造 ISO 国际标准集装箱用的钢板, 型钢需经过预处理器的抛丸除锈, 使其清洁度达到 ISO 8501 的 Sa2.5 级国际标准, 粗糙度达到 ISO 8503 的 $Rz=35\sim50\ \mu\text{m}$, 灰尘沾污程度达到 ISO 8502 的 3 级, 这是集装箱工艺预处理的关键。还要对集装箱焊缝集中处理, 使焊缝部分的清洁度和粗糙度也达到上述标准。底漆, 同船舶钢结构涂装相同, 集装箱的车间底漆有工序防锈作用。集装箱面漆新的喷涂方法是对箱体金属表面防腐涂层设计采用耐腐蚀金属涂层, 在此基础上再喷涂面漆涂层。

收稿日期: 2023-08-08

作者简介: 鄢海新(1965—), 男, 本科, 高级工程师, 主要从事汽车涂装、总装、焊装自动化生产线的设计、机械化输送设备新产品开发研制、输送设备安装与调试等工作。E-mail: yhx92106@163.com。

2 集装箱喷涂工艺基本参数

集装箱尺寸是多样的，最常用的两种国际标准集装箱尺寸参数见表 1。

表 1 国际标准集装箱参数表

项目	40 英尺集装箱	20 英尺集装箱	
外部尺寸	长度/mm	12 192+0/-10	6 058+0/-6
	宽度/mm	2 438+0/-5	2 438+0/-5
	高度/mm	2 896+0/-5	2 896+0/-5
内部尺寸	长度/mm	11 688+0/-10	5 454+0/-10
	宽度/mm	2 290+0/-5	2 290+0/-5
	高度/mm	2 645+0/-5	2 645+5/-10
开门尺寸	宽度/mm	2 290+0/-5	2 290+0/-5
	高度/mm	2 557+0/-5	2 557+0/-5
毛重/kg	34 000	30 480	
自重/kg	4 350	3 060	
内容量/m ³	67.5	32.0	
最大载重/kg	29 650	27 420	

3 集装箱喷涂自动化工艺布局制订

生产节拍的确定，规划设计自动化喷涂工艺以某工程项目为例，产能 10 JPH，生产节拍 6 min，生产节拍的喉咙部位是自动金属化工位。循环过程确定每个

集装箱最大处理时间，即自动金属化节拍经过工艺验证确定为 6 min，含工位输送时间，即图 1 所示第⑦工位。

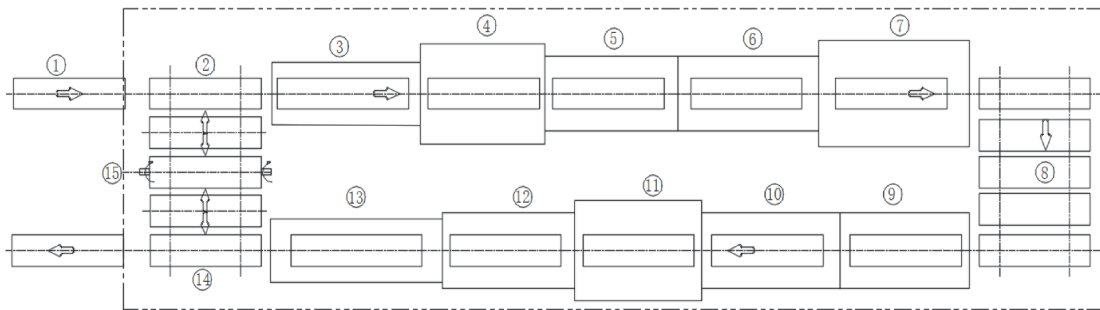
完成全部喷涂工艺需要设置至少①~⑮个有效工位完成，需要涂装厂房的有效长度 120 m、宽度 24 m、面积 2 880 m²，该区域不含辅房。

4 自动化喷涂核心工位自动化工艺设置

集装箱喷涂自动化工艺布局见图 1，其循环线路比较简单，但工序内容相当复杂。

4.1 预备工位

①号工位是侧发泡装料站，集装箱的箱体在这个工位之前焊接拼装完成，人工移动上线或由其他方式移动上线，此工位完成侧发泡，接下来集装箱的箱体通过输送机前行到②号工位。集装箱自动定位在②号工位，工艺作业进行大象脚(注：集装箱四点支撑座俗称大象脚)更换，可人工可自动换向方式。在此工位还要完成箱体 180° 翻转，集装箱的底面有承重梁，结构形状较复杂，根据整体喷涂工艺设计，使集装箱的底面向上，便于机器人自动化作业；翻转动作自动横移到⑮号工位实现自动翻转，在集装箱翻转站，安装象脚，便于后续工位输送。翻转后从⑮号工位自动返回到②号位。这里是一个输送自动往复的动作。③号工位是抛丸喷砂前的预备工位。



①焊接成型的集装箱件；②定位和集装箱大象脚更换；③上线等待；④机器人自动喷砂；⑤修饰修补；⑥清洗站擦净；⑦机器人自动喷锌工位；⑧存储；⑨清洗站；⑩修补工位；⑪机器人自动喷漆；⑫喷漆修补；⑬烘干室；⑭下线存储；⑮翻转站

图 1 集装箱体表面处理自动化生产线工艺布局

4.2 机器人自动喷砂工位

④号工位是机器人自动喷砂工位，集装箱装填准备好后慢速运行进入抛丸室，机器人自动检测集装箱外形。集装箱箱体以慢速运行的方式机器人完成自动喷砂；需要计算喷枪数量，应设置足够的机器人喷枪，以减少抛丸室的长度。工件前行自动检测抛丸室开门和关门等的信号交换。自动抛丸喷砂工位(Robot blasting)，首先要工艺明确集装箱上下面、左右面、前

面所有部位的材质、处理要求，哪些部位抛丸、哪些部位喷砂，才能合理计算并确定机器人数量。

机器人要处理的部位有集装箱前部整个面和梁、两个侧面的面和梁、底面(朝上)的面和梁、顶面(朝下)的面和梁等五个部分。经过计算设置 7 台机器人才能完成此节拍下的抛丸喷砂。对每一个面上的不同部位要进行不同的抛丸或者扫面喷砂处理。首先对集装箱最先进入室体的前部表面进行喷砂处理，接着对集装

箱后部机架焊缝抛丸处理,侧面底部的部分、上下轨、侧顶轨进行抛丸处理;每个基面部位侧轨的底表面、横梁、不锈钢和碳钢之间的焊缝、底座与框架的接合区域、角铸件以及角铸件焊缝区域,底面基础框架的焊缝进行抛丸处理。不锈钢底板面板、集装箱包角铸件喷砂处理;前面板不锈钢部分扫面喷砂处理;在喷丸喷砂过程中,集装箱在机器人喷砂机线路跟踪程序的控制下,以固定的速度自动进入喷丸室运动中完成作业。为了满足机器人程序要求,输送方式应该能够以较低的工艺速度或完全停止状态完成抛丸喷砂工艺作业。

机器人的抛丸工作分为两个任务,碳钢耐候钢部位做喷丸处理,从喷枪到容器表面的距离为 500 mm,机器人相对于集装箱表面的移动速度为 1 000 mm/s。扫面喷砂部位,从喷枪到容器表面的距离为 1 500 mm,机器人相对于集装箱表面的移动速度为 1 000 mm/s。其他几个面也是同样的操作规程。输送系统不得堵塞机器人任何需要处理的部位,输送系统不应阻碍机器人的任何运动。集装箱容器内、外面都经过抛丸喷砂处理,耐候钢部分和焊缝必须经过抛丸处理,不锈钢面做扫面喷砂处理。自动抛丸喷砂工位机器人布置见图 2。

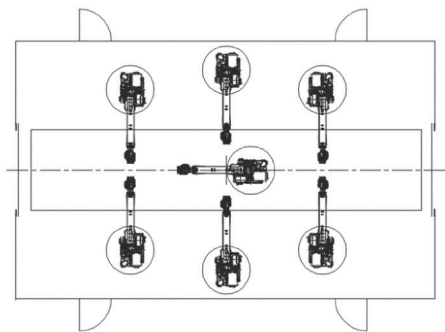


图 2 机器人自动抛丸喷砂工位

4.3 吹尘、维修、清洗工位

抛丸喷砂完成后,集装箱体自动启动运行,依次经过吹尘、修饰、清洗工位,人工喷砂/修补清洗。完成内外表面表面的砂粒和灰尘清除,表面的砂粒和灰尘应由自动刷辊或鼓风机清除,角铸件清除困难区域的砂粒或灰尘应用特殊方式清理干净。工件进入⑤号、⑥号吹尘、修饰、清理工位快速输送的方式,以 Stop/Go 的方式完成工艺作业。清理工位要严格区分碳钢和不锈钢区域,清除集装箱容器碳钢表面的沙粒灰尘,准备下一步金属化处理,该工位对不锈钢表面做处理前防护措施,避免下一工序金属化处理。

4.4 机器人自动喷锌工位

⑦号自动喷锌工位,整体喷锌工艺原理是利用电

弧喷涂设备对两根带电的金属丝(如锌、铝等)进行加热、熔融、雾化、喷涂形成防腐涂层,金属喷涂层以机械镶嵌和微冶金与基体金属相结合对于整个箱体来说可达到很好的防腐效果。

明确工艺喷锌部位,制定自动喷涂轨迹。集装箱前部框架外表面防腐部分,后框架全部焊缝区域,左右两侧顶部侧轨、底部侧轨,轨道之间的面板焊接头等以上耐候钢部位,底部面板以及与耐候钢件之间的焊接头进行自动喷锌处理,作业前所有板面非喷锌面予以保护。经过喷涂工艺路线计算全部采用机器人方案需要设置九台金属化处理机器人。集装箱机器人自动金属化工位布局见图 3。

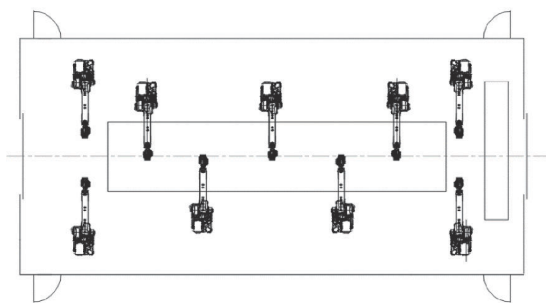


图 3 集装箱机器人自动金属化工位

因为集装箱长度较长,有两种工艺选择,两侧面上下侧轨形状单一线路长全部采用机器人喷锌;其二,使用往复式喷枪进行喷锌,或使用固定式金属喷枪,集装箱移动进行喷锌处理,可以减少机器人配置数量。而底面处理区域,框架的下表面碳钢区域、横梁、底座与框架的接合区域、基础框架的焊接接头、边角铸件,面小且形状复杂采用机器人喷锌。要注意的是底面喷锌机器人处在地坑内,对底面框架耐候钢部分喷锌处理。集装箱自动喷锌完成,自动输送至⑧号工位 Buffer 存储区,输送到存储区之前,这两个工位之间必须清除集装箱上的锌粉,清除过程自动实现。在存储区,设置横移机集装箱横向输送,注意大象脚的位置不变,方向要变,人工完成,或者设计一种自动换向方式。从缓冲存储区到人工清洗站,人工补喷工位,集装箱输送的速度与自动喷锌的运行速度一致。集装箱底部金属化处理示意图见图 4。

4.5 喷锌修补、清理工位

喷锌处理后进入清洗站,全面检查金属化涂层,清除过度喷涂,并通过手动操作和真空系统清除剩余粉尘。角铸件清洗困难区域应用特殊方式清理干净。工件进入⑨号清洗站、⑩号修饰、清理工位快速输送的方式,以 Stop/Go 的方式完成工艺作业。

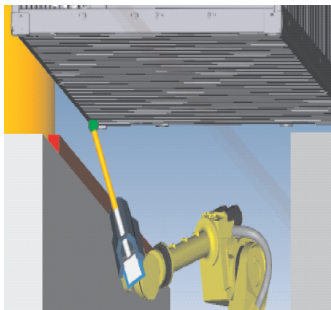


图4 集装箱底部金属化处理示意

4.6 机器人自动喷漆工位

检测到⑩号自动喷漆室工位空位,自动检测喷漆室门开与关,工件自动前行至机器人自动喷漆工位,预先塞孔喷涂,集装箱所有金属化区域全部进行喷漆处理,集装箱以直线运行跟踪模式,慢速连续,机器人自动喷漆,输送系统不得堵塞任何需要处理的部位。自动喷漆完成快速输送至⑫号补漆工位进行面漆修补,箱体某些角落,操作人员将手动喷涂面漆涂层。

4.7 面漆烘干工位

手工补漆完成集装箱体,以快速自动输送的方式,

自动输送到⑬号烘干室,自动检测烘干室门开启和关闭。烘干完成后自动开门快速移出至⑭号下线工位,下线工位仍需要完成大象脚的更换,下线的大象脚要输送到上线点完成下一循环;集装箱以平移输送方式输送到翻转站,还要完成集装箱自动定位,并翻转转180°,翻转站将集装箱转回正常位置,然后自动返回到下线点线路。

5 自动化输送方式与翻转站

采用地面输送的方式,大象脚作为工件与输送机间支撑。工位间需要不同的输送速度,采用分段输送的方式,机器人工位输送机轨道要避免喷砂、喷锌、喷漆轨迹,所以地面输送机不能采用一条中心线输送运行方式。选用多条地推链中心错开布置。由于集装箱长度尺寸大,水平转弯轨迹扫过的区域大,不能采用常规地推链水平回转的方式转弯,因此输送线来去线的两侧采用移行机平移兼存储的方式。集装箱工艺处理的特殊性,设置翻转站,集装箱翻转站是大型设备需要特殊设计。预处理就绪的集装箱体上线自动翻转,烘干后下线前集装箱需要自动翻转,翻转流程及时序表需要核算。翻转站流程及时序见表2。

表2 翻转站流程及时序

序号	流程说明	旋转速度/rpm	速度/(m·min ⁻¹)	距离/m	加速/减速时间/s	动作时间/s
1	集装箱人工推运行进入		14	4.5	6	25.29
2	翻转机定位机构前行定位时间		5	0.5	6	12.00
3	翻转机构+集装箱提升时间		6	0.6	2	8.00
4	翻转机大车行走时间		15	12.5	10	60.00
5	翻转机构+集装箱旋转时间	2	6	0.5	6	11.00
6	翻转机构+集装箱翻转到位后下降时间		6	0.6	2	8.00
7	翻转机定位机构后退时间		5	0.5	6	12.00
8	翻转机大车返回行走时间		15	12.5	20	60.00
9	集装箱人工推运行推出时间		14	12	6	57.43
10	人工装大象脚时间					30.00
11	各种信号延时时间					5.00
12	合计					283.71
13	结论					循环时间小于360s,满足生产设计要求

6 结语

集装箱运输的优势是可长期反复使用,不需中途移动或者装卸,封闭空间有效避免货物损失,可以实现快速装载和卸载,储物空间大,载货多,规格标准,在港口和船上可以多层叠放,节省大量空间。资料统计,从2020年下半年开始,中国海运市场就在出口的强劲复苏之下迎来爆发式增长,国内多个港口出现集装箱需求暴涨。近期集装箱运输市场异常火爆,缺箱问题十分

突出,特别是40ft的集装箱是目前市场中最紧缺的规格。集装箱的紧缺也带动了集装箱生产制造业升温。值得一提的是,受疫情期间影响,中国是全球集装箱的主要生产国,新兴市场带来机遇,“一带一路”、“金砖四国”、“南锥体共同市场”等集装箱需求必将提供新的发展机遇。集装箱的大量需求必然要求大规模自动化、柔性化、智能化的生产,必然催生涂装新工艺。