

从涂装车间的设备布局探索建筑空间的合理利用

韩 威

(杜尔涂装系统工程(上海)有限公司, 上海 201799)

摘要: 由于涂装工艺及设备需求,对建筑载体的要求也较高,因此涂装车间的建造成本也相较于其他车间大很多,对于如何降低单车成本,价格竞争较为激烈的市场环境下,如何降低涂装车间的投入,也被众多企业和专业厂家列为重点课题进行研究。经过长期工作实践,对涂装设备进行合理优化布局,从而实现涂装车间建筑空间利用率最大化。

关键词: 涂装车间; 汽车生产; 四大工艺; 汽车生产工厂建筑群; 单体建筑; 建造成本

中图分类号: TQ639 文献标志码: A 文章编号: 1007-9548(2025)05-0047-05

From Equipment Layout of the Painting Workshop Explores the Rational Use of Architectural Space

HAN Wei

(Dürr Painting Systems Engineering (Shanghai) Co., Ltd., Shanghai 201799, China)

Abstract: Because of the demand for painting technology and equipment, the requirements for the building carrier are also higher, so the construction cost of the painting workshop is much larger than that of other workshops, for how to reduce the cost of a single vehicle, how to reduce the investment of the painting workshop in the market environment of fierce price competition, and also many enterprises and professional manufacturers are listed as key topics for research. After long-term work practice, the layout of the painting equipment is reasonably optimized, so as to maximize the utilization rate of the building space of the painting workshop.

Key words: painting workshop; automobile production; four major processes; automobile production plant complex; single buildings; cost of a single vehicle

0 引言

随着社会的发展,环境、能源问题已被高度重视。然而近些年,土地资源问题也被逐渐地重视起来。同时,随着市场竞争愈加激烈,各大品牌都在积极探索如何降低单车成本,从而在当前市场环境中赢得一席之地。在汽车制造环节中,涂装是一个高投入环节,从建筑厂房到涂装设备,从原料消耗到末端处理,无一例外。因此降低涂装车间的投入,对于降低单车成本也是至关重要的。本文将从涂装车间设备合理布局的角

度,浅谈对涂装车间建筑空间的合理利用,并探讨汽车生产过程节约成本的途径。

1 工艺设备需求最小空间

1.1 前处理电泳工艺设备布局

前处理电泳是待加工工件进入涂装车间的第一道工序,从车身车间过来的白车身往往沾满了灰尘、铁屑、油脂,前处理电泳主要用于工件的预处理、表面清洁、防腐、防紫外线等电泳涂层的涂覆,在白车身表面形成一层薄薄的化学保护膜,以及提高工件表面对于后续工艺底漆、面漆的附着力。前处理电泳单条生产线的产能一般可以做到至少 60 JPH。根据厂房长度的不同,可以直线布置或者 U 型布置(如图 1 所示),两种不同的布局方式直接影响平行于输送方向的厂房立柱间距的设置。比如直线型前处理电泳生产线,厂房立柱

收稿日期: 2025-02-27

作者简介: 韩威(1986—),男,硕士,工程师,主要从事汽车涂装车间非标设备的总体布局规划、参数设计、设备选型等工作。

E-mail: wei.han@durr.com.cn.

的间距可以在 9~12 m 之间，取决于设备主体结构的需求；U 型前处理电泳生产线，厂房立柱间距须大于 15 m，取决于两条线线体宽度及中间的联合维修平台的宽度，一般情况下，线线体宽度在 6 m 左右，综合考虑设备的摆放及剩余的维修空间中间的联合平台一般在 3 m 左右。

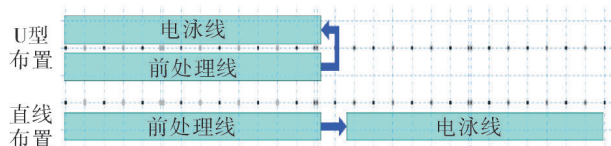


图 1 喷涂工艺设备布局对比

对比两种形式的生产线，一个是适用于长窄型建筑厂房，一个是适用于短宽型建筑厂房，但是对于前处理电泳设备的总占地面积则相差不是很大。

对于厂房高度的要求：1)如果备槽放在产线正下方，则中间层一般要在 3.5~4.5 m 之间；2)输送返回层高度要求一般为 2 m，根据不同的输送形式有所差异；3)二层主平台，根据厂房二层平台而定，一般为 7~9 m；4)隧道房根据车身高度，一般在 5 m 以上。

因此该区域设备的总高度一般在 12~15 m 之间，厂房高度一般在 18 m 左右，如图 2 所示。如果备槽不是布置在产线正下方，而是放在产线以外的其他区域，因为二楼标高一般都是与建筑楼层保持一致，因此备槽的摆放不会影响设备总高度，只会影响产线底部设备的布局及空间的利用。一种是建筑空间利用率较高，但是设备布置较为拥挤，后期设备维护较为不便；一种是建筑空间利用率稍低，但是设备布置较为宽松，后期设备的维护空间充足，便于操作及维护，而且备件存储空间也较为充足，方便物料的储存。

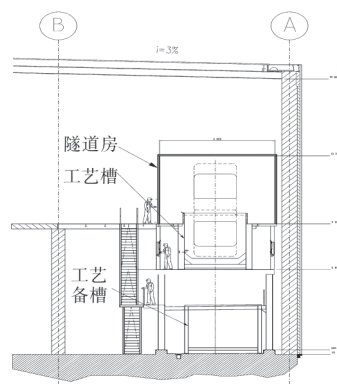


图 2 前处理电泳常规断面

1.2 喷漆线工艺设备布局

喷漆线是涂装车间最关键的组成部分，也是整个涂装车间产生废气最多、能源消耗较大、过喷漆漆等固体废弃物最多的工艺段。随着原材料及人工成本的逐步提高，喷涂工艺也在不断地发展，由复杂向精简、由人工向自动等逐步迭代。现阶段为满足绿色、环保的要求，同时达到节能、减排、降耗等可持续化的目的，涂装的喷漆工艺从传统的油性漆 3C2B 逐步由水性漆的 3C1B 和 B1B2 喷涂工艺所取代。

在生产线长度方面，喷涂线从传统的油性漆 3C2B 工艺逐渐转变为水性漆 B1B2 紧凑型工艺，相较于传统工艺，B1B2 工艺生产线长度更短，设备投入较少，能源消耗量较低。

在功能段设置方面，B1B2 工艺功能段相对简单，B1 取代了传统 3C2B 或者 3C1B 工艺中的中涂工艺段，因此 B1B2 新工艺不再需要单独设置中涂喷房及其烘房，但是相较于传统工艺增加了温度较低、烘烤时间要求较短的中间烘房，但整体功能段依然减少很多（如图 3 所示）。

» 标准工艺 3C2B



⇒ 应用实例：奥迪、保时捷、上海通用

» “湿碰湿”工艺 3C1B (2P)



⇒ 应用实例：福特、上海通用

» 紧凑型工艺 B1B2 (1P)



⇒ 应用实例：大众、一汽大众、上汽大众、宝马

图 3 喷涂工艺设备布局对比

对厂房空间的要求也相较于传统工艺小了很多,与某汽车涂装车间规划的 60 JPH 喷漆工艺线对比,模拟车身参数为:长 5 400 mm,宽 2 200 mm,高 1 800 mm,根据不同工艺下设备长度的差异及最终设备总长度来分析对于厂房的空间的需求,详见表 1 所列。从表中可以看出,设备总长度从最初 3C2B 工艺的约 530 m 缩短至 B1B2 工艺的约 307 m,缩短 213 m,在此基础上整个喷漆及烘房区域可以缩小约 1/3,大大节约厂房及设备的投资,从而间接地降低单车的制造成本,使其更具竞争力。

表 1 60 JPH 不同工艺喷漆工艺设备长度对比

项目	3C2B	3C1B	B1B2
中涂喷漆	68	68	
中涂流平	35		
中涂烘房	117	42	
色漆喷漆	68	68	65
色漆流平			
色漆烘房(中间烘房)	42	42	42
清漆喷漆	48	48	48
清漆流平	35	35	35
清漆烘房	117	117	117
总长度	530	420	307

1.3 烘干炉设备及其布局

在电泳、打胶或者喷涂完成后,为保证漆膜质量或者胶固化的目的,工件需要在烘房内部进行烘烤并冷却。烘房是涂装工艺中十分重要的设备之一,同时也是能源消耗最多的工艺设备之一。为了保证烘烤质量,不光设备在不断地进行技术更新,有了更加精密的机构及更好的控温技术,而且油漆配方及相关技术参数也逐渐稳固,并且烘干窗口及烘干速率更容易达到,从而实现更加完美的漆膜保护层。

目前主流的烘房结构形式有 3 种,根据输送形式不同分别为:桥式烘干炉、Π 式烘干炉和直通式烘干炉,如图 4 所示。3 种形式的烘干炉主要区别在于烘干炉加热区出入口的类型,因为对于同种油漆相同的烘干窗口及烘干速率要求下,烘干炉升温段、保温段及强冷段的长度是一定的,从图中也可以看出,桥式烘干炉因爬坡段的坡度不能太大导致烘干炉总长度较长,其他两种烘干炉长度相当,无太大区别,主要是因为 Π 式烘干炉出入口需分别设置一台高温升降机,不但费用较高,而且故障率也高,因此目前逐渐被直通式烘干炉取代。直通式相较于其他两种烘干炉有明显的优势,比如设备长度较短、输送形式比较简单、故障率低、设

备投资少等,这也是目前新建涂装生产线基本上都采用直通式烘干炉的根本原因。

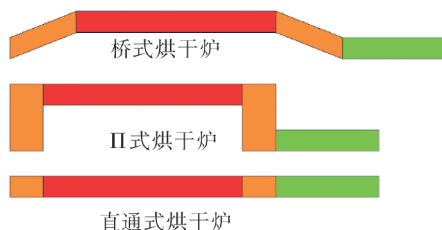


图 4 不同形式的烘干炉外形对比

除了烘干炉的结构不同可以缩小对厂房空间的需求以外,烘房的布置方式不同也可以实现空间的优化利用。目前主要有 3 种不同的布置形式,分别为:单一直通式、双直通式、单体 U 型烘干炉(如图 5 所示)。3 种不同的烘干炉也各有优缺点,详见表 2 所列。

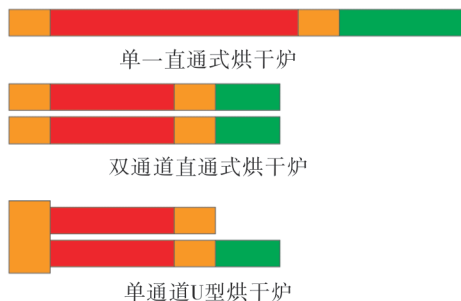


图 5 不同布置形式的烘干炉

表 2 不同布局形式的烘干炉优缺点

烘干炉布置形式	优点	缺点
单一直通式	节能高效,投资最低	生产灵活性差
双直通式	布局紧凑,可靠性高,高柔性生产,可扩展性高,设备利用率高	能源效率低,一次投资较高
单体 U 型	适用于各种类型的输送机,气封有升降均可,节能高效,可扩展性适中,可靠性能高	影响 layout 布局,生产灵活性差,一次投资较高

1.4 工位室体设备及其布局

工位室体也是涂装车间的重要组成部分,主要分布在涂装车间的±0.00 m 的地面层,可分为封闭式工作室体和开放式灯架工作平台两种形式。

封闭式工作室体主要由封闭室体、照明灯、工作踏台、送排风系统以及公用管路系统等组成。根据常规设计,主要完成打磨、涂胶、精修等功能工作。

开放式灯架工作平台主要由框架、照明灯、工作踏台、送风系统、公用管路等组成。根据常规设计,主要完成 Audit、检查、安装或者拆除密封件等功能工作。两种不同布置形式的工作室体对比如图 6 所示。

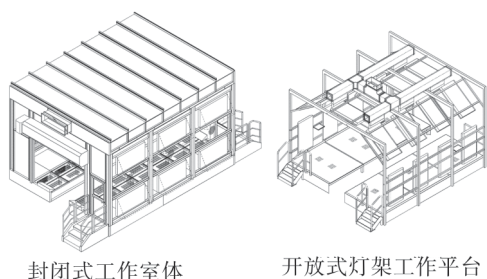


图6 两种不同布置形式的工位室体

工作区室体根据其功能及涂装工艺的先后顺序一般为:电泳打磨、钣金修正及治具更换、打胶线(一般按先自动后人工、先内后外的顺序,常见的工序为LASD、UBC、UBS、SDM、人工粗密封等)、精修检查、点修、大返修、贴膜、报交、注蜡等,还有各自离线工位,比如离线打磨、离线钣金、离线 Audit 等。因其种类较多,分布也相当零散,因此工位室体的布置对于 layout 也有比较大影响,尤其是±0.00 m 的建筑空间的利用。一般情况下工位室体有以下几种布置方式,分别为单线布置、双线布置、直线布置和 U 型布置等。单线和双线布置主要取决于涂装车间的产能以及输送设备的最大传输能力,基本上一条工位室体线能够满足约 30 JPH 的生产能力,因此如果涂装车间的总设计生产能力为 60 JPH 的话,工作室体基本上为双线布置。直线型和 U 型布置主要取决于涂装车间的长宽比,如果涂装车间为长窄型,一般为直线型布置;反之,如果涂装车间为短宽型,一般为 U 型布置。

另外,为了能够更好地利用涂装车间有效空间,使产线更加美观合理,工位室体周边设备的合理布置也至关重要,比如送排风系统中相应送风空调、排放风机和排风箱布置在工位室体周边合理的位置,将会大大减少相关联风管量,而且可以节省很多的建筑空间用于设备的检修等。

2 物流通道及空间需求

2.1 物流通道的常见规格

根据用途的不同,常见通道的规格如下:固定设备与运动设备之间的最小安全距离≥500 mm;仅人员通过与运动件之间的合理安全距离 600~1 000 mm;输送电机维修通道应不小于 800 mm;风机、冷热盘管等整体维修通道≥2 500 mm;仅风机电机的维修通道可适当缩小,但是也应在 1 500 mm 左右;消防通道或主物流维修通道≥3 000 mm;动静压室检修通道≥800 mm;烘房平台检修通道≥2 000 mm;物流通道的净高一般不小于 2 500 mm。

以上均为建议值,供涂装设备规划参考使用,实际布置时需根据具体设备尺寸预留合理的维修或物流通

道。以满足功能需求为第一条件,合理预留维修空间,不要盲目为了方便造成空间预留过剩,从而导致空间的浪费,设备投入费用的增加。

2.2 主要设备层物流通道布置

主要设备层是指±0.00 m 地面层和二层混凝土楼板层(常规情况下为 7.5~9.0 m 之间),如图 7 所示。涂装车间内大部分设备均布置在这两层或者设备夹层内,但是布置在设备夹层内的设备的日常维护、保养等工作均需通过 GF 和 MF,因此这两层维修通道的布置十分重要,并且对于设备的布局以及厂房的空间利用也有重要的影响。

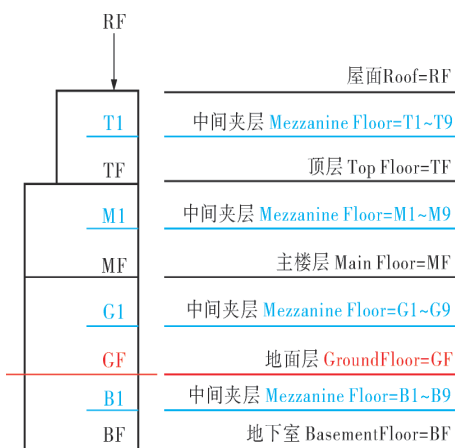


图7 涂装车间楼层分布简图

根据以上原则及建议的物流通道参数,应用于某品牌汽车涂装车间实例,如图 8 所示。图中空白处为设备布置区域,可见物流参观通道如同人体血管一样环绕工艺设备布满了涂装车间各个区域,其空间需求量巨大且重要。

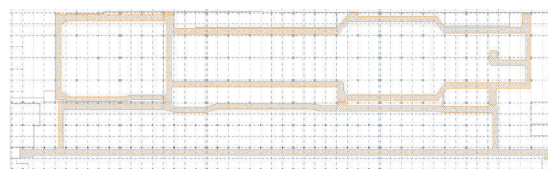


图8 GF层涂装车间物流通道简图

2.3 合理利用建筑夹层物

设备夹层即在建筑主要楼层中间额外通过增加平台添加出来的一部分建筑或设备空间,从图 7 可以看出,在地面 GF 与二层 MF 之间,二层 MF 与顶层 TF 之间,顶层 TF 与屋面 RF 之间均分布着不同用途的设备夹层。夹层往往是容易被忽视的一部分建筑空间,如果能够有效地利用建筑夹层,也可以在一定程度上减少总建筑的大小。比如把排风机、过滤箱等一些非关键设

备放置在辅房顶部,可以减少对主要工艺平台层的空间占用;在夹层中搭建一部分工艺钢平台,用于摆放输送设备、缓存区域、空调、加热箱等工艺设备,亦可扩大建筑空间的有效利用。通过这些夹层的利用可以扩大建筑总利用率 40%以上。

3 结语

精细化、符合人体工程学操作使用布置涂装设备,合理减少涂装车间的总建筑体积,更加高效地利用有限的建筑空间,同时也可以达到节能、降耗的目的,对于能源的可持续化发展也有正面的积极意义。

随着社会的发展,自然资源逐渐匮乏,人工成本也越来越高,汽车工业的竞争也越来越激烈,除了目前大家都在寻求的空间利用率的最大化、设备布局紧凑化是我们要继续研究探索的方向以外,随着新工业发展模式的到来,以及移动互联网科技的发展,AI 智能涂装设备、物联网技术、AGV 智能输送设备、高利用率的 HBS 高架库存储设备、高自动化设备、模块化拼接技

术等将是我们要研究发展的新方向。智能制造是基于新一代信息技术,贯穿设计、生产、管理、服务等整个产品生命周期的各个环节,涂装新技术和新设备的研发将是从事涂装行业人员的共同使命。

参考文献:

- [1] 冯日华.水性 3C2B、3C1B 及 B1B2 免中涂涂装工艺浅析[C].中国汽车工程学会涂装技术分会学术年会论文集,2015:12-14.
- [2] 安奕娜.涂装前处理的硅烷处理与传统磷化的比较[J].科学与财富,2016(16):766-768.
- [3] 王锡春.最新汽车涂装技术[M].北京:机械工业出版社,1997.
- [4] 王锡春.汽车涂装工艺技术[M].北京:化学工业出版社,2005.
- [5] 吴涛.汽车涂装车间工艺设计基础[M].长春:吉林工业大学出版社,1993.
- [6] 刘超,林宣乐.智能化绿色涂装车间发展方向探讨[J].现代涂料与涂装,2022(6):60-63. ◆

(上接第 43 页)

涂层厚度可采用电磁干膜测厚仪进行测量,最终干膜厚度应按照 90/10 规则进行检查,即所有测量点数 90%以上点的干膜厚度应 \geq 规定膜厚,其余 10%测量点的干膜厚度应 \geq 规定膜厚的 90%的数值。

MC-HSC-1 保温隔热涂料为单组分软质涂料,干燥固化后仍为软质涂层,因此不建议进行涂层附着力测试。

5 涂层破损修补方案

在存放、转运、安装过程中应采用合理的涂层防护措施对已完工涂层进行保护,如在已涂装构件和固定链(吊带)、叉车臂等之间放置地毡片或其他保护材料,尽量减少完好涂层损坏。如有涂层损坏,应按以下方案进行修补:涂层破损区域修补用的材料(包括底漆、保温隔热漆、面漆)应与原主体涂层配套相同。完好连续的涂层应羽化露出各涂层,修补涂层应覆涂在打磨过的原有涂层上。对于涂层破损至底材的区域,应对裸露区域打磨至 St3 级别并对周边原有涂层拉毛后进行涂层修补;对于未破损至底材的区域仅需对原有旧涂层拉毛后进行修补即可,需要注意的是,新修补涂层需与旧涂层搭接至少 50 mm。推荐修补保温隔热涂料的施工方式为抹涂、辊涂,如需大面积进行涂层修复施工,可以采用喷涂的方式。修补区域保温隔热涂层完全干燥固化后,厚度应与原涂层厚度保持一致;待隔热保温涂层干燥固化后,再进行最终面漆的修补。

6 结语

管道设备设施的保温隔热作为海洋石油化工行业中关键的一环,在设备设施的安全有效运行方面扮演着无可替代的角色。随着科学技术的不断发展,保温隔热功能型涂料必将成为未来的发展方向,在保温隔热涂料的应用过程中,必须严格执行涂料说明书和施工程序要求,保证保温隔热涂料的施工质量。同时,不断对保温隔热涂料应用过程中的问题进行总结提炼,为保温隔热涂料的技术发展革新提供参考依据。

参考文献:

- [1] 张佳,李赞明,李宁,等.保温隔热涂料的现状与发展[J].中国涂料,2023,38(11):8-13.
- [2] 陈福,刘佳卿,夏韦美,等.隔热保温涂料研究进展及展望[J].玻璃,2024,51(6):15-19.
- [3] 刘书法,李同跃,付春雷,等.海洋钢结构腐蚀原因及防腐蚀方法分析[J].石油和化工设备,2021,24(5):91-94.
- [4] 海晨晨,刘新状,刘晓通.保温隔热涂料的应用与研究进展概述[J].住宅产业,2021(8):10-12.
- [5] 李志强.一种耐高温隔热涂料的保温运用[J].现代涂料与涂装,2016,19(11):11-12.
- [6] 冯建林.新型保温隔热水性涂料的制备及性能研究[J].现代涂料与涂装,2018,21(7):4-6.
- [7] 赵智勇,孙启佑,庞佳加,等.气凝胶涂料在水电工程中的应用[J].云南水力发电,2024,40(S2):136-138. ◆