

涂装作业安全 标准化 实证分析

沈立 胡义铭 胡健全 著



 中国标准出版社

涂装作业安全标准化 实证分析

沈 立 胡义铭 胡健全 著

中国标准出版社

北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

涂装作业安全标准化实证分析/沈立, 胡义铭, 胡健全著.
北京: 中国标准出版社, 2008

ISBN 978-7-5066-4864-6

I. 涂… II. ①沈…②胡… III. 涂漆-安全技术 IV.
TQ639

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 040340 号

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街 16 号

邮政编码: 100045

网址 www.spc.net.cn

电话: 68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/32 印张 7.125 字数 210 千字

2008 年 4 月第一版 2008 年 4 月第一次印刷

*

定价 28.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话: (010)68533533

前 言

涂装作业是制造行业不可缺失的一个工艺环节,也是典型的涉及火灾、爆炸和中毒三大危害因素的一个重要生产领域。其安全生产的技术牵涉面较广,安全标准化治理工作难度较大,笔者结合相关技术标准和具体案例进行分析,推动业界开展该领域的探索,促进涂装作业安全标准化事业的进一步发展。

随着现代科学技术的发展和产品开发的需要,涂料的应用范围越来越广,涂料产品在传统的矿植物油漆的基础上迅速发展,目前大量使用的涂料产品是利用各种合成树脂、天然树脂、颜料物质、溶剂、乳化液、辅助成膜物质等为主要原材料生产的溶剂型涂料、乳胶型涂料、水溶性涂料、粉末状涂料等。

现代涂装从简单的手工方式已转向工业化,包括压缩空气喷涂、高压无气喷涂、淋涂、浸涂、滚涂、电泳、静电喷涂(包括溶剂型涂料和粉末型涂料)等工艺流程,涂装的流水作业方式已广泛采用。与这些生产过程相关的运行控制、工艺操作和技术管理迅速发展。

相对涂装工艺发展而言,涂装作业安全的研究仅经历了二十多年。涂装作业涉及多种危险、有害因素,主要存在于涂装生产的各个工艺环节,包括作

业过程、工艺设备、原辅材料等。其中,涂装原辅材料多数存在燃烧、爆炸和毒性等理化特性,有些物料在作业过程中还有粉尘影响。工艺物料的危险、有害特性比较明显。工业化涂装还大量使用化工、机电、输送、加热、燃烧等设备。因此,涂装作业现场被列为作业危险性较大的生产场所。

涂装工艺随着涂料应用范围的扩大而发展。目前,所涉及的涂装作业安全技术,大多是针对金属表面涂装工序而言。随着科学技术的进步,涂装工艺不但已朝着规模化、机械化方向发展;而且随着涂装领域的延伸,其他涂装安全问题也在引起各方关注。有关调查发现,涂装车间的防火、防爆难度也越来越大。涂装物料中挥发性可燃溶剂蒸气及可燃性粉尘引起的涂装设备爆炸事故时有发生。涂装工艺过程还易使电气起火造成火灾,其火灾事故的比例从23%上升到50%。随着生产的规模化发展,这个比例还在上升。

效益经济必然趋动涂装生产向大型流水线方式发展,随着国际加工业大量转移中国,我国已在10多年里建成了数千条涂装流水线。火灾是涂装生产现场的主要危害,其损失日趋严重。由于间隙式小规模生产方式已大量地被大规模连续生产流水线取代,事故规模随之扩大。因此,每起火灾事故平均直接经济损失约为200万元,有的特大火灾事故直接经济损失超过600万元。

根据公开的资料分析,涂装作业场所急性苯中毒、铅中毒仍有发生。苯中毒、苯致再障、白血病患

病率比较明显。同时,涂装作业中的粉尘范围也在扩大,有些粉尘作业点的粉尘危害尚未得到有效控制。此外,职业危害还呈现出多样化发展。随着涂料及有关化学品的开发,有机溶剂危害已引起社会广泛关注。职业性皮肤病涉及的毒物有防腐油、大漆、汽油、甲醇等。四氯乙烯皮炎检出率达100%;汽油清洗作业的汽油中毒患病率为1.46%;醋酸乙酯等也存在一定的危害。随着新的涂料和涂装工艺的推广应用,新的职业危害也陆续显露。比如:放射性夜光涂料肝损伤,喷漆工艺导致的慢性咽炎、过敏性鼻炎,甲苯二异氰酸酯致职业性哮喘、电泳涂料致周围神经炎等。此外,由于涂装前处理湿法工艺的推广,涂装过程的酸危害比较突出,酸洗作业的牙酸蚀病有一定的检出率。同时,传统工艺干法前处理工艺则存在一定的重金属、矽尘危害。

涂装职业健康安全管理要素涉及危害辨识、危险评价和危险控制三个方面:①涂装设备设计、制造的监、检;②涂装工程(包括设备安装和工艺流程中的安全设施)的竣工验收;③生产设施、人员素质、培训教育、工艺操作、事故监控、应急预案等。20年来,由于政府逐渐重视,涂装企业、技术开发部门的努力进取,涂装作业安全状况有所改进。但是,涂装作业安全生产管理颇具难度,大多数情况下作为不同制造业的工艺配角,难以得到必要的重视。随着市场机制的催化作用,经济发展使生产负荷继续增大,如果安全技术和力度跟不上,容易进入事故高峰期。所以,人们开始从系统工程的角度重新认

识涂装作业安全问题,努力贯彻“安全第一,预防为主,综合治理”方针,尽可能推进安全质量标准化,不断消除燃、爆事故隐患,同时解决其他职业安全与卫生问题。

涂装作业大量使用的涂料和其他原辅材料中包括挥发性溶剂、助剂、漆料等,其燃、爆危险性普遍存在。有些物料还存在不同程度毒性危害,作业过程中容易造成从业人员的急、慢性苯中毒和粉尘侵害。因此,职业卫生问题也比较突出。

现代化工业生产的涂装车间内,大批量的待涂工件需要连续输送,往往采用现代化物流系统的地轨车、地面链、悬挂链、积放式输送链、积放式升降机等设备,实行立体交叉的自动化、机械化运行。一旦相应的安全警示和连锁系统不配套,以及管理措施跟不上,巡检人员、作业人员的机械性伤害事故容易发生。工件表面处理、涂层成膜等作业的自动化程度越来越高,由于涂装作业现场不可避免地存在高温、高湿环境,电气、控制方面容易发生电气系统事故。另外,整个涂装工艺过程中的部分工序大量使用酸、碱、易燃涂料等物质,若操作不当,容易产生作业场所人身伤害和设备事故。

由于涂装作业存在上述危险性,致使生产现场发生伤亡、中毒、火警等事故的频度居高不下。其安全作业问题也越来越受到业内人士和政府安全生产监督管理部门的关注。

20世纪80年代中期,我国启动了涂装作业安全标准化工作。在技术层面上已经有了一个相应的

国家涂装作业安全标准体系。现已颁布的标准有：GB/T 14441《术语》、GB 7691《安全管理通则》，GB 7692《涂漆前处理工艺安全及其通风净化》，GB 6514《涂漆工艺安全及其通风净化》，GB 12367《静电喷漆工艺安全》，GB 15607《粉末静电喷涂工艺安全》，GB 17750《浸涂工艺安全》，GB 14444《喷漆室安全技术规定》，GB 14443《涂层烘干室安全技术规定》，GB 14773《静电喷枪及其辅助装置安全技术条件》，GB 12942《有限空间作业安全技术要求》，GB 20101《有机废气净化装置安全技术规定》等 12 项国家标准，其中绝大多数是强制性标准。最近国家安全生产监督管理局又颁布了 AQ 5201《涂装工程安全设施验收规范》作为行业强制性标准。应该说，国家涂装作业安全标准系列针对涂装工艺设计、设备制造、生产作业，已经比较系统地提出了必须达到的安全技术要求。

近年来我国的涂装作业安全管理有了长足进步，但在技术实施方面与世界先进工业国家相比还有很大的差距。特别是在设计、制造、安装方面的标准应用和生产作业安全标准化方面，实践甚少或缺乏交流。对于涂装生产以及相关企业，为了从系统的角度更加有效地解决关于涂装作业职业安全卫生问题，有必要进一步提高相关行业的标准化管理意识，加大安全标准应用于生产实际的宣贯力度，把“安全第一，预防为主，综合治理”方针落到实处。

总之，要解决涂装作业安全问题，必须从技术、管理、人机环境和作业人员素质提高等方面综合考

虑,推行机电企业管理的安全标准化。同时,还提倡在一定的基础条件下推进涂装生产相关企业建立职业健康安全管理体系,实施安全标准化评审制度。在大力推行涂装作业安全质量标准化工作模式的基础上,持续改进,达到涂装生产的长效性安全管理绩效。

为了推广涂装作业安全规程系列技术标准的应用。我们根据广大涂装作业管理、操作、技术人员的提议,结合涂装生产过程中的事故案例,对照涂装作业安全规程和相关技术标准进行了涂装作业安全标准化的实证分析,加以汇编,撰写了本书,供涂装作业人员,以及从事涂装工程安全技术工作、涂装安全生产管理、涂装作业标准化工作人员参考。

作 者

2008 年 2 月

目 录

第一章 喷漆场所作业安全	1
第一节 概述	1
第二节 事故案例与标准对照分析	4
一、渔竿公司烤漆车间火灾	4
二、无锡 MB 涂装厂火灾	6
三、石油机械厂喷漆车间爆炸事故	8
四、慈溪一喷漆厂爆燃事故	10
五、电扇生产车间喷漆台火灾	13
六、减震器厂烤漆车间火灾	14
七、灯具公司喷漆间火灾	16
第二章 静电喷漆作业安全	19
第一节 概述	19
第二节 事故案例与标准对照分析	20
一、传送装置碰撞打火引发火灾	20
二、停电未切断电源引发火灾	25
三、喷枪清洗作业引起的火灾	26
四、漆筒静电引起火灾	28
五、喷漆车间管理不善多次失火	29
六、喷漆车间着火造成重大二次事故	31
七、人体带电引起着火	33
八、吊具不清理引起火灾	34

第三章 涂层烘干作业安全	35
第一节 概述	35
第二节 事故案例与标准分析	36
一、许浦喷涂厂烘箱爆炸	36
二、电器厂电热烘箱爆炸事故	37
三、长虹机械厂电烘箱爆炸事故	39
四、机械厂烘箱爆炸事故	42
五、人造革厂烘箱爆燃事故	44
六、金属制品公司爆燃事故	46
七、烘道调试过程的爆炸事故	47
八、防火防盗门公司烘箱爆炸事故	49
九、电焊机公司燃油烘箱爆炸事故	51
十、电机厂烘房爆炸起火	53
十一、电器厂浸漆烘房爆炸	54
十二、五金制造公司涂装车间烘箱爆炸事故	56
十三、涂装厂发生爆炸伤人事故	57
第四章 粉末喷涂作业安全	60
第一节 概述	60
第二节 事故案例与标准对照分析	63
一、冰箱制造厂喷粉室爆炸	63
二、机械制造厂钢瓶喷粉线火灾	65
三、工贸公司塑料粉末涂装车间烘箱爆炸	66
四、福泉转椅厂火灾成因分析	69
第五章 涂装作业中的职业危害	74
第一节 概述	74
第二节 事故案例与标准对照分析	75
一、涂装作业甲苯、二甲苯急性中毒案例	75

二、防锈漆涂装作业致急性中毒案例	76
三、生产防水涂料致急性苯中毒案例	78
四、聚氨酯漆致喘息性支气管炎案例	80
五、急性重度苯中毒案例	81
第六章 有限空间作业安全	84
第一节 概述	84
第二节 事故案例与标准对照分析	85
一、各类有限空间作业生产事故	85
二、船舶修造过程中的有限空间作业事故	87
第七章 催化燃烧炉运行安全	90
第一节 概述	90
第二节 事故案例与标准对照分析	96
第八章 涂装物料储存及涂料生产安全	99
第一节 概述	99
第二节 事故案例与标准分析	100
一、化工厂油漆储存引发火灾	100
二、漂水一油漆厂生产车间爆燃事故	102
第九章 其他涂装生产事故分析	105
第一节 概述	105
第二节 事故案例与标准对照分析	106
一、高处作业油漆工坠死事故	106
二、柳州某汽车厂涂装车间火灾事故	107
三、喷漆车间的防火防爆设计缺陷	113
四、江阴人造革厂涂层生产线爆燃事故	115
五、违规使用固化烘箱的爆炸事故	119
六、TK 科技有限公司清洗剂爆燃事故	122

附录	125
AQ 5201—2007 涂装工程安全设施验收规范	125
GB 12367—2006 涂装作业安全规程 静电喷漆工艺安全	136
GB 12942—2006 涂装作业安全规程 有限空间作业安全技术要求	152
GB 14443—2007 涂装作业安全规程 涂层烘干室安全技术规定	162
GB 14444—2006 涂装作业安全规程 喷漆室安全技术规定	179
GB 14773—2007 涂装作业安全规程 静电喷枪及其辅助装置安全技术条件	198
GB 20101—2006 涂装作业安全规程 有机废气净化装置安全技术规定	206
主要参考文献	214

第一章 喷漆场所作业安全

第一节 概 述

通常称之为喷漆作业的往往指液态涂料的涂装,其中极大部分采用有机溶剂作为涂料的稀释剂。液态涂料的涂装方法很多,最原始的方法是油漆的手工刷涂和刮涂,其劳动条件差、强度大,工作效率低,质量保证困难,不适应工业涂装的要求。但由于其主要涂装工具是漆刷、刮板,无需复杂设备,操作简便且适用性好,遇到大型、笨重、单件小批量的工件,以及质量要求不高的物件,仍然还时有使用。但是作为现代涂装,主要的工艺技术,特别在定型产品的批量生产方面已经广泛采用浸漆、淋涂、滚涂、压缩空气喷涂、高压无气喷涂、静电喷涂等高效方式。

浸漆 是一种比较传统的工艺,浸漆工艺是一种将工件浸入漆液槽中整体涂覆的涂装工艺,主要设备就是漆液槽,常用于小工件涂装。该工艺生产效率高,适用于批量不大、表面无装饰要求、无凹穴、流线型的工件涂漆。比如绝缘线包、整流器、变压器等。浸漆工艺在应用上分手工浸漆和自动浸漆两种形式,批量不大可以采用手工浸漆方式,大批量适合自动浸漆生产线生产。由于浸漆过程漆槽溶剂的挥发量较大,大多数溶剂为易燃、易爆的有机化学品,防火、防爆要求比较严格。

淋涂 工艺是工业涂装的一种,需要较为复杂的淋漆设备和回收循环装置,淋涂工艺利用循环泵将漆液输送至喷淋管淋出,喷淋在工件表面,达到涂装目的。适用于大批量形状简单工件涂漆,特别是用于简单工件的涂底漆工序。淋涂工艺生产效率高,漆液损失少,有利于组织机械化、自动化的流水线生产,涂覆漆膜较厚。

滚涂 工艺是利用滚筒机械进行的液漆涂装,适用于大批量平面

板材或卷材涂漆。滚涂工艺生产效率高,有利于机械化、自动化生产,能采用较高黏度的高固体分涂料,涂覆漆膜较厚。

液态涂料的主要涂覆方式,或者说是占有量最大的涂装作业,还是集中在使用喷涂和电泳涂装的工艺技术方面。其中喷涂工艺的方法很多,包括压缩空气喷涂、高压无气喷涂和静电喷涂等。

压缩空气喷涂简称空气喷漆,空气喷漆的原理是将 $0.3\sim 0.4\text{ MPa}$ 的压缩空气,以很高的速度从液漆喷枪的枪嘴(即喷枪前端空气罩的中心孔)高速喷出,使枪嘴周围产生负压区,并形成局部真空,当液漆涂料进入该空间,即被高速气流雾化、扩散,当漆雾喷向工件表面,被工件吸附,并在工件表面形成一层均匀的漆膜而完成涂覆。

空气喷漆一般在喷漆室中进行,全套喷涂设备包括喷枪、漆料贮罐、加压桶、油水分离器、压缩空气源等,大批量生产的喷涂工艺,由于喷涂量大,连续性生产,需要专门的调配漆和净化空气动力工作站。单件小批量生产的压缩空气源一般采用移动式空压机。若进行空气热喷涂时,则在液漆加压桶和喷枪间还要串联液漆空气加热器。其中最关键的设备是喷漆枪及其辅助设备。常用的喷漆枪有吸上式喷枪、压下式喷枪、压力输送式喷枪、无雾喷枪等。

高压无气喷涂工艺,在空气喷漆的基础上改进而来。20 世纪 50 年代开始发展高压无气喷涂,最早的设备由美国公司研制而成,很快得到日本公司的大力推广。我国从 60 年代开始引进,由于它的喷涂工艺的优质高效特点,很快就得到大范围应用。

高压无气喷涂与空气喷漆技术的最根本不同之处在于:液态涂料的雾化不须借助于压缩空气,而是利用施加于液态涂料的高压进行。

与空气喷漆相比,高压无气喷涂的工艺优点在于:

① 高压无气喷涂的生产效率高,与空气喷漆相比,生产效率可提高几倍,对大面积喷漆的效果更加明显。

② 高压无气喷涂法环境污染小,与空气喷漆相比,漆雾减少了 70% 以上,由于漆中溶剂含量也比较少,因而可大大减少漆雾对环境的污染。同时还改善了操作人员的工作条件,降低了劳动强度。

③ 高压无气喷涂法可采用较大黏度的高固体分涂料,高压无气喷

涂可采用黏度为 $120\text{Pa}\cdot\text{s}$ 以下(涂-4 黏度计, 25°C)的涂料。因而,可节约涂料和溶剂 $5\%\sim 25\%$,而且一次喷涂涂膜较厚,减少了喷涂次数,涂膜附着力好。

④ 采用高压无气喷涂工艺的涂层,其涂膜质量好,由于涂料的雾化过程不使用压缩空气,因而不存在由于压缩空气中含有水分、油污、尘埃等杂质而引起的涂膜缺陷。

高压无气喷涂的高压动力源来自于往复式活塞—柱塞差动泵(高压泵),高压泵的动力可以是压缩空气,也可以是电动机、汽油机等。高压泵将涂料吸入泵内并增至高压($15\sim 25\text{MPa}$),当涂料离开喷嘴的瞬间,其压力能突然转变为速度能,其速度高达 100 m/s ,涂料与空气发生高速冲撞的结果,使涂料粉碎成涂料粒子,在涂料粒子速度未衰减前,始终直线前进,经不断冲击、粉碎,以致达到完全雾化的效果。由于该工艺过程中,涂料不以压缩空气进行雾化,故称之为高压无气喷涂(Airless Spray)。

高压无气喷涂设备有大型和轻便型之分。大型高压无气喷涂设备,适用于船底、船壳、大面积的建筑物外壁等的涂装。轻便型高压无气喷涂设备,适用于机车、汽车、桥梁、重型机械等产品的喷涂。

喷漆工艺场所一般在一般情况下都属于易燃、易爆性危险场所。特别是在工业化批量生产的涂装工程中,大量的有机溶剂和掺有有机溶剂的涂料在喷涂工艺环节中连续使用,这些物料很大程度上集中于输漆、调配漆工艺环节,因此,输、调漆环节属于易燃、易爆场所,要特别注意防止火灾、爆炸事故的发生。

在采用溶剂型涂料的涂装施工过程中,散发在空气中的有害物质,主要是喷涂过程中散发的固体漆雾粒子(树脂、颜料、填料),以及从涂漆流平、干燥等各种工序阶段所挥发出来的溶剂废气和其他有机废气。这些溶剂废气及其他有机废气,积聚到一定程度就可能达到燃烧、爆炸浓度极限,与空气混合形成易燃易爆气体,造成事故隐患。

此外,静电喷漆是喷漆作业的一种典型工艺方式,虽然静电喷漆作业与其他喷漆作业存在许多共性问题,但是由于涉及使用高压静电喷漆具和静电发生器,其静电打火和其他电气保护的要求不同,大多数情

况下的事故原因有其特殊之处,所以作为专门章节分析而不在此处出现。以下摘选部分事故案例对照相关安全标准进行分析。

第二节 事故案例与标准对照分析

一、渔竿公司烤漆车间火灾

事情发生在威海市某生产经营渔竿的公司的烤漆车间。2006年4月4日晚,一场工厂火灾突如其来,由于火势凶猛,渔竿公司烤漆车间作业人员很快通过119向消防部门报了火警。

由于报警及时,威海市消防支队第一中队迅速赶到火灾现场,消防指挥员熟练地分析火情,确定施救方案,官兵们立即投入战斗,经过一个多小时的奋力扑救,大火被扑灭。

这场火灾给企业带来比较严重的经济损失,但未造成严重人员伤亡。

渔竿生产公司位于威海市孙家疃镇。由于近来渔竿经营市场的销售业务旺盛,公司组织了加班,晚上还在进行生产作业。事发当日21时许,还在进行涂装作业的烤漆车间内,喷漆工位的作业现场突然冒起火来。

据在现场的一名该公司职工描述,烤漆车间的大火是21时左右着起来的,当时他们克服恐惧,一边使用车间配备的灭火器灭火自救,一边拨打了119火警电话。由于车间布置有喷漆作业现场,喷漆区里废漆沉积严重,易燃物品较多,一下子多处引着起火。由于灭火器作用范围太小,对压制火势起不了多大作用,火势迅速蔓延。

威海市消防支队接警后迅速赶到火灾现场,经过消防官兵们一个多小时的奋力扑救,到22时30分,大火被彻底扑灭。当时赶来采访的记者在事故现场看到,火势逐渐得到控制,消防队员正在奋力扑救,由于着火的厂房是渔竿烤漆车间,现场拥挤,废漆流淌,空气中散发着浓烈的油漆焦臭味,十分呛人。车间里除了铁架子之外的物品全部被烧毁,尽管损失不小,所幸没有人员伤亡。