

涂装作业已遍及国民经济的许多部门。而涂装作业所使用的涂料和溶剂具有易燃、易爆、有毒的特性。因此，普及涂装作业的安全技术是一项紧迫的任务。

本书简要介绍了涂装作业和常用涂料的基本知识；系统阐述了涂料的安全管理、涂装作业场所的安全卫生和防毒、防火、防爆、防尘、防静电、防噪声等安全技术以及涂装溶剂废气的净化，对喷漆室的类型设计和应用以及危险防护设施等也有所介绍。

本书由上海涂料公司韩熙麟主编，上海市机电设计研究院张岱华、韩熙麟编写，由上海涂料公司陈钟岱审稿。

涂装作业安全技术

上海市化学化工学会 统编
上 海 涂 料 公 司

*

责任编辑：俞逢英 版式设计：吴静霞
封面设计：郭景云 责任校对：熊天荣
责任印制：王国光

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）
（北京市书刊出版业营业许可出字第 117 号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ · 印张 $5^{3/8}$ · 字数 117 千字
1991 年 7 月北京第一版 · 1991 年 7 月北京第一次印刷
印数 0,001—4,850 · 定价：3.40 元

*

ISBN 7-111-02770-1/TQ·46

涂 装 技 术 丛 书

上海市化学化工学会
上 海 涂 料 公 司

统编

涂装前处理

静电喷涂

电泳涂装

粉末涂装

高压无气喷涂

涂装作业安全技术

前 言

在机电和轻工等产品生产中，将具有一定要求的涂料涂覆在制品表面，经过固化，形成一层涂膜，可对制品起到保护和装饰作用。因此，现代涂装技术在生产中已经成为一项不可缺少的新工艺，应用范围越来越广泛。

为了普及涂装新技术，进一步提高我国的涂装技术水平，适应产品的发展需要，我们组织编写了这套“涂装技术丛书”，共六个分册，包括：《涂装前处理》、《静电喷涂》、《电泳涂装》、《粉末涂装》、《高压无气喷涂》、《涂装作业安全技术》。

本书为《涂装作业安全技术》分册。由于一般常用涂料及前处理工序中原材料大部份为化学品，具有易燃、易爆、有毒的危险性，同时在涂装过程中还会散发出大量的溶剂气体，造成环境污染等危害。本书通过文字及图表，介绍了涂装生产中的防毒、防火、防爆、防尘、防静电、防噪声、废气净化等安全技术以及涂料安全管理、作业现场通风、设备安全管理等内容。适用于涂料生产和机械、轻工、交通运输和化学工业以及有关的设计、管理、教育等部门的参考。

在本书的编写过程中，得到了上海市机电设计研究院的大力支持和帮助，上海机床厂张怀琛协助审阅修改，上海市机电设计研究院黄铁勇、魏学康给予帮助，谨此一并致谢。

由于水平有限，书中的错误、缺点和不足之处难免，敬请批评指正。

上海市化学化工学会

上海涂料公司

1990年7月

42026

目 录

第一章 概论	1
一、涂装作业安全性和紧迫性	2
二、溶剂型涂料的不安全因素	4
三、新型涂料产品的发展方向	6
第二章 涂装作业场所的安全卫生	8
一、前处理作业场所的污染源	8
二、涂装作业场所的污染源	9
三、涂装作业场所的安全卫生指标	10
四、涂装作业场所的通风原则和设备选择	16
五、涂装作业场所的其他安全卫生措施	31
六、密闭空间内涂装作业的安全卫生措施	34
第三章 涂装防毒安全技术	37
一、涂装作业的职业危害	37
二、涂装防毒的技术措施	43
三、利用喷漆室防止涂装作业中毒	47
四、涂装溶剂废气的净化方法	67
第四章 涂装防火防爆安全技术	89
一、燃烧和爆炸的基本知识	89
二、涂装作业中的危险物品及其性能	91
三、涂料的爆炸危险性及火灾危险等级	97
四、二级爆炸危险等级的涂装作业场所的电气安全	104
五、火灾、爆炸监测和灭火设施	108
第五章 涂装防静电安全技术	115
一、涂装作业中的静电危害	115

二、静电测量	116
三、防静电的技术措施	118
四、静电涂装中的防静电设计	125
第六章 涂装防尘安全技术	127
一、涂装作业的粉尘特性及其危害	127
二、涂装作业防尘安全的一般原则	129
三、采用湿式作业防尘	131
四、采用真空喷砂防尘	133
五、喷抛丸除锈设备的通风除尘	136
第七章 涂装防噪声安全技术	143
一、涂装作业的噪声源	143
二、涂装作业噪声治理的一般原则	145
三、涂装作业的噪声治理步骤	147
四、气流噪声的治理	149
五、高压风机噪声的治理	153
六、汽-水冲击噪声的治理	156
七、风管噪声的综合治理	157
附录	159
附表 1 爆炸性气体的分类、分级和分组示例表	159
附表 2 可燃性气体、蒸气的引燃危险性(与空气混合)数据	160
附表 3 可燃性悬浮粉尘的引燃危险性数据	161
附表 4 液体的电导率和介电常数	161
附表 5 绝缘性固体的体积固有电阻率和介电常数	163

第一章 概 论

涂装作业遍及国民经济的各个部门，尤其在机械、轻工、交通运输和化学工业中的应用更是举足轻重。涂装技术既有保护金属不被腐蚀或减缓腐蚀的功能，又赋予产品优美的装饰性，已经成为产品特别是机电、轻工产品表面保护所采用的最基本、最广泛、最有效的手段。据英、美、日等国统计，在各国所耗防腐蚀费用中，涂装费用的比重最大。机电产品涂装所消耗费用约为产品成本的2%左右。产品的涂装质量会直接关系到产品的竞争能力和市场开发。

涂装技术是一门综合性、多学科的应用技术，是产品制造中的必不可少的生产工序。经涂装而获得各种特性的保护涂膜，几乎能适应各种腐蚀环境的防腐蚀要求。

涂装还能赋予产品某些特殊的功能，如干膜润滑、耐辐射、导电、防污染等，以满足产品的某些特殊性能要求。

由于涂装作业中接触大量的各种化学物质，操作者和作业场所临近的生产部门以及周围环境，都将受到不同程度的危害。涂装操作工人遭受的职业危害是多方面的，其中最为主要和最为严重的是有机溶剂中毒，还有涂料中的重金属的危害，如铅、铬等的中毒和慢性损害。此外，物理性的危害还有粉尘危害、噪声损害。至于涂装作业过程中的恶臭、化学过敏更属常见。因此，涂装作业中的劳动安全和工业卫生是一项突出的问题，需要引起各方面重视，认真采取措施，予以解决。

一、涂装作业安全的重要性和紧迫性

涂装过程造成的作业场所和周围环境的污染，危害操作人员的健康，甚至发生爆炸、火灾事故。涂装安全的紧迫性远远超过锻压、焊接、切削加工等生产过程。如何有效地防止涂装过程中的事故，已成为工厂生产中一项突出的矛盾，涂装安全技术便成为当前迫切需要的一门新兴技术。

近年，我国实际统计数字表明，涂装过程中的事故是日趋严重的，其中近10年的火灾事故即为日本同期的20倍。人体中苯的检出率占职工总数1%，疑似率占3%。由于涂装前处理喷砂所引起的矽肺发病率，每年仍有增加。由于涂装前处理酸洗除锈造成的酸雾浸蚀，在加速腐蚀危害建筑物的同时，对操作人员健康危害亦相当严重。例如一个有57个操作工人的前处理作业场所，由于长时间受酸雾浸蚀，患有不同程度的鼻中隔穿孔疾患的操作工人竟有13人，受到危害的比例相当惊人。至于静电喷漆过程的爆炸、火灾事故在多数工厂屡有发生。还有，涂层在烘干室进行烘干固化过程中，以及烘干室废气利用催化燃烧方法治理的过程中，发生爆炸事故，造成的损失也是相当惊人的，这些事故不仅影响工厂安全，往往还波及工厂周围居民区的安全。

基于以上事实，不少城市工厂将涂装作业，委托农村乡镇企业协作，将工厂涂装过程造成的污染和生产事故，转移到乡镇企业、中小工厂，由危害工人健康转移到危害农民健康，由污染城市转移到污染农村。面对这种严峻事实，迫使人们加倍重视和积极地、系统地解决工厂涂装安全问题。越来越多的人正在认识到，解决工厂涂装过程的安全技术是一项改善工人健康、保障农民健康、保护城市和农村环境的紧迫任

务。为此，我国已经有好些省市对涂装作业场所的苯及其它有机溶剂在空气中的浓度作出规定，要求重点企业每年要有1/3的涂装作业场所达到TJ—79《工业企业设计卫生标准》，几年内所有重点企业的涂装作业场所达到以上标准。

为推动和加强安全技术的发展，1982年8月，我国公布了《劳动安全卫生法草案》(第一稿)。它的贯彻施行，对于推动和加强涂装安全技术具有极大的促进作用。《劳动安全卫生法草案》指出：

厂(场)址的选择应符合国家有关劳动安全、卫生、防火、防爆规定的要求(第23条)。

产生大量蒸气、腐蚀性气体或粉尘的场所，应使用密闭型电气设备，有爆炸危险的工作场所应配置防爆型电气设备(第26条)。

引进国外设备时，对国内不能配套的安全设备附件必须同时引进，引进的安全设备附件，应符合我国的安全卫生要求(第43条)。

新建、改建、扩建和革新、挖潜、改造的工程项目，应采用有利于劳动者的安全与健康的先进工艺和技术，必须做到劳动安全卫生设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产(第24条)。

企业主管部门及有关部门在组织工程竣工验收时，应提出劳动安全卫生设施完成情况和质量评价报告，经同级劳动人事、卫生、公安、城乡建设、环境保护等部门和工会组织参加验收盖章后，方可投产。未经以上部门同意而强行投产的，要追究责任。

为切实贯彻执行我国《劳动安全卫生法草案》，有效地着手解决涂装过程经常发生的事故，提高劳动安全水平，有

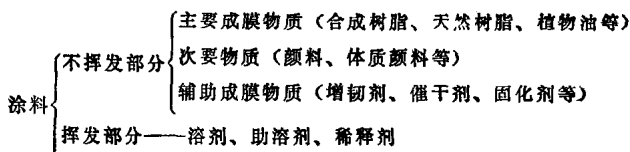
赖于制订技术标准和可靠技术措施。劳动人事部 1986 年开始下达涂装安全系列规程的国家标准编制任务,即 GB7692—87《涂装作业安全——涂装前处理工艺安全规程》和 GB6514—86《涂装作业安全——涂漆工艺安全》等。以上国标均经国家技术监督局审批通过,并公布宣传贯彻执行。同时已建立全国涂装安全技术标准化委员会,负责推动涂装安全国家标准的实施,促使涂装安全技术不断发展。

二、溶剂型涂料的不安全因素

涂装作业过程存在的不安全因素,会造成多种职业危害,这些因素基本上来源于涂料产品本身存在着有害物质和危险物质。

为使涂料产品具有安全性,应主要控制其中所含有的有害物质和危险物质,而其中最主要的是:有机溶剂和颜料组分中的重金属铅和铬等物质。

涂料的基本组成如下:



一般涂料中的挥发部分——溶剂、助溶剂和稀释剂都属于有机溶剂,几类常用的有机溶剂如表 1-1 所示。

表 1-1 所列的几类溶剂中,应用最多的有机溶剂为二甲苯、甲苯、200号溶剂汽油、正丁醇、丙酮、乙酸乙酯、乙酸丁酯、松节油、重质苯、乙基溶纤剂等,以上各种有机溶剂都属于有害物质,应加以控制的。

表1-1 几种常用的有机溶剂

序号	溶剂类型	主 要 溶 剂		非主要溶剂
		广泛使用	一 般 用	
1	煤焦溶剂	甲苯、二甲苯、混合二甲苯	重质苯、苯混合的煤焦溶剂	
2	石油烃类	200号溶剂汽油		煤油、汽油
3	萜烯溶剂	松节油		
4	醇类	正丁醇	乙醇、丙醇	二丙酮醇
5	酯类	乙酸乙酯、乙酸丁酯	乙酸溶纤剂	
6	酮类	丙酮、环己酮	甲乙酮、甲基异丁酮	
7	乙二醇醚	乙基溶纤剂	丁基溶纤剂	
8	氯化烃类			二氯乙烷、三氯乙烷

涂料中的次要物质中有颜料，颜料中的铅和铬是危害最为严重的物质。但是在国内彩色颜料采用铬黄较多，防锈颜料中红丹仍占相当比重，这些物质在涂装作业过程中将造成多种职业危害。

体质颜料、硅、钡、铝、钙等的化合物在涂料中危害甚少。一般不认为是有毒物质。

树脂，涂料中的合成树脂在聚合反应后，一般是无害的或危害甚少。主要危害的物质是一些游离单体，危害严重的有异氰酸酯（TDI、HDI、MDI、IPPI、XDI），主要存在于聚氨酯漆的单组份潮气固化型和双组份型涂料中，对粘膜、上呼吸道有刺激作用，在严重情况下，有喘息样的综合症表现。

辅助成膜物质中，一些物质是有害的，如含铅催干剂，胺类固化剂、酸酐类固化剂、甲醛缩水甘油醚等。甚至不少

的物质有刺激性臭味，乙二胺易挥发、毒性大。但是因为是在涂料中占的比例小，一般来说危害不显著，比较严重的是防污剂中的有机锡化合物。

由表 1-1 所列的各类有机溶剂，绝大部分属于危险物质，因为：

1) 大部分闪点在常温以下，有的还在 0°C 以下（例如常用的丙酮是 -19°C ），易燃性高；

2) 爆炸下限一般在 1~3% 之间，易燃易爆极限的范围较大，一般在 6~20% 之间，爆炸危险性较高；

3) 极易挥发，与空气形成雾状混合物，在内部产生热量时，会引起火焰扩散式燃烧；

4) 所需点燃能量微小，遇有机机械火花、电火花放电等微小能源，均可能点燃，具有较大的火灾爆炸危险性。

5) 在喷溅、雾化和在管道流动时能出现带电过程，有静电可燃的危险性；

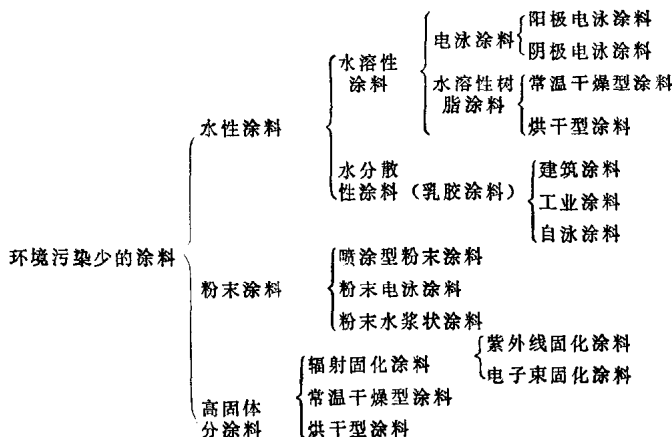
6) 随温度升高，具有点燃危险的递增性；

7) 有机溶剂气体的密度大于空气的密度。易积聚在不易通风的低洼区域，增加了发生火灾的可能性以及发生火灾时的扩散可能性。

三、新型涂料产品的发展方向

80年代以来，逐步发展了水性涂料、粉末涂料和高固体分涂料，这些涂料对环境污染甚少。该三类涂料衍生发展的具体涂料类别如下：

1. 水性涂料 1970年美国攻克电泳涂料应用中的关键问题——超滤技术后，品种质量和施工工艺研究不断取得了新的成就，推广应用很快，在工业产品方面已得到实际应



用。乳胶漆方面及第二代丙烯酸乳胶漆发展较快，漆膜性能优良已可部分替代挥发性溶剂型涂料，目前国外主要用于建筑等方面，据分析可替代外用漆50%，内用平光漆的替代可达85~90%。美国、联邦德国等已在很大程度上淘汰了传统性的溶剂型建筑漆。

2. 粉末涂料 以环氧聚酯粉末涂料为最多，最初用于防腐，60年代用于电子产品，目前已发展到应用于家用电器等作表面装饰。安全方面主要具有如下特点：

1) 毒性小挥发物极低；

2) 工艺上能够控制粉末散发，并可循环回收利用，无废物处理问题。

3. 高固体分涂料 65%以上的固体分涂料，已实际应用于工业生产，日本已制备出95%的高固体分涂料，目前正向低温、快速固化方向发展。

第二章 涂装作业场所的安全卫生

一、前处理作业场所的污染源

前处理作业场所的污染源是，来自前处理作业过程所用的有害材料及其工艺操作不当。

前处理作业中除油和除旧漆常用有机溶剂。市场上提供的脱漆剂往往含有苯或苯的同系物。常用除油有机溶剂以汽油和二甲苯较为普遍，此外还有丙酮等。

除油常用的氯代烃类溶剂，如三氯乙烯、三氯乙烷和三氯三氟乙烷均属于不同程度的有害物质，其中以三氯乙烯最为严重，与水易生成剧毒的光气。若操作中不符合安全卫生规定，容易造成中毒。

除油和除旧漆所用的有机溶剂，不仅是有害、有毒物质，同时还属于易燃易爆物质，给前处理作业带来不安全因素。

用化学方法除锈时主要采用硫酸、盐酸、硝酸和磷酸液，而且磷酸也是磷化处理液的主要组分，以上四种酸液在使用中，存在着防腐蚀安全因素。而酸雾需要治理净化，废酸排放和酸洗除锈以及磷化处理后，冲洗水都属于超过排放标准的废水，必须经治理后才能排放。

机械方法除锈，如采用机动工具除锈、抛丸除锈和喷丸除锈时会有大量粉尘散逸，超过作业场所允许的粉尘浓度，要求进行粉尘净化。

同时，粉尘净化和酸雾排放及其净化以及有机溶剂除油

等，都需要用机械通风，而所配备的风机和风管将成为主要噪声源，要求进行噪声治理。

还有必要指出，船舶行业和冶金行业以及机械工业系统的重机行业，在二次除锈作业中，当含锌的保养底漆（又称车间底漆）遇上车间内的焊接作业时，会产生锌蒸气，操作者将蒙受锌职业病的危害。尽管二次除锈作业中对保养底漆厚度有严格限制，但这种锌职业病对人的危害仍然很难避免。

还有，除油用水基清洗液和碱液，由于含有表面活性剂，为此这类除油处理液的排放和除油后冲洗水的排放，都属于含表面活性剂的废水，尤其是化学耗氧量超过正常排放标准很多，是一种废水污染源。

二、涂装作业场所的污染源

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，主要是从涂漆流平、干燥各阶段所散发的有机废气，以及喷涂过程中散发的固体漆雾粒子（树脂、颜料、填料）。

涂漆作业过程中，溶剂（包括稀释剂）挥发特性因涂料类别而异。机电产品和家用电器常用的几种涂料，通过初步工艺试验，在涂漆流平和干燥阶段挥发的溶剂气体量列于表2-1。

从涂装作业场所排出的废气中，污染大气环境的有害物质有下面三类：

- 1）可产生光化学烟雾的有机溶剂（二甲苯、甲乙酮等）。

- 2）排出的恶臭、涂料挥发物、热分解生成物及反应生成物（丙烯醛、甲醛）。

表2-1 涂装施工中不同阶段的油漆溶剂挥发量

涂料名称	溶 剂 挥 发 量 (%)		
	喷涂阶段	流 平 阶 段	干燥阶段
挥发型漆 (过氧乙烯漆、硝基漆)	60~80	10~30最初5min	<10
氧化聚合型漆 (醇酸漆)	30~40	40~60, 其中40%在最初5 min 挥发	—
氨基烘漆	30	60%在15min内挥发	10

3) 涂料粉尘。

这些排出物的种类和数量随涂料品种、使用量和使用条件而异。油漆车间排气的发生顺序。如图 2-1 所示。

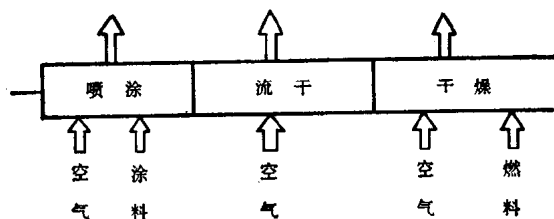


图2-1 油漆车间排气的发生顺序

三、涂装作业场所的安全卫生指标

1. 温度和湿度 不同涂料由于其本身挥发性及施工性能均各异, 因此涂漆时的温、湿度要求也各不相同, 几种涂料涂漆时适宜的温、湿度要求列于表 2-2。

合适的温度可在20℃以上, 湿度为70%以下, 操作区内

表2-2 几种涂料涂漆时的适宜温、湿度

涂 料 名 称	温度(°C)	相对湿度(%)	备 注
油 性 漆	15~35	<85	低 温 不 好
油性清漆磁漆	10~30	<85	气 温 高 好
醇酸树脂涂料	10~30	<85	气 温 高 好
虫胶清漆	10~30	<75	过 湿 不 好
各种贴花用漆	20	<75	中等温、湿度为宜
水性乳胶漆	10~35	<75	低温, 过湿不好
硝 基 漆	15~20	<70	低温, 过湿不好

风速为0.5m/s。

冬季, 涂装作业场所宜采用局部采暖, 保持环境温度不低于16°C。

上述均按涂装工艺要求提出。对于车间卫生要求一般应照 TJ 36—79《工业企业设计卫生标准》的规定; 夏季, 车间内工人工作地点的空气温度应符合其中第49条的规定; 冬季空气温度应符合其中第55条的规定。

2. 采光和照明 涂装作业场所为增强辨色性, 应尽可能用自然采光。当窗户面积为照射面积的 1/5 以上时, 可获得较好采光。

车间(工段)涂装作业场所的天然光照度最低值为50lx, 采光系数最低值为1%; 唯磷化膜、钝化膜和阳极氧化膜质量检测区域的室内天然光照度最低值为100lx, 采光系数最低值为2%。

车间(工段)涂装作业场所, 当采用混合照明时, 最低照度为150lx, 采用一般照明时, 最低照度为50lx, 唯磷化膜, 钝化膜和阳极氧化膜质量检测区域内, 当采用混合照明时为500lx一般照明时为150lx。

漆膜、磷化膜的检查一般需要局部照明。但应注意荧光灯因其光流有较大周期脉动，易引起眩目，并且显色力差，一般不作为局部照明光源，涂装作业适当的作业照度要求列于表 2-3 中心供参考。

表2-3 油漆作业照度的要求

作业类别	操 作 内 容	照度 (lx)
精 密	手工涂漆、汽车面漆、漆膜检验	800~300
较精密	一般产品、车辆、木器涂漆	300~150
普 通	前处理	150~70

3. 尘埃的允许度 涂装作业场所对尘埃应予限制，特别对于涂装作业场所尘埃允许度的限制更严，因为尘埃量增加，会影响涂膜质量。

涂装作业场所空气中的尘埃可用空气洁净度来度量，如表 2-4 所示。

表2-4 油漆作业空气洁净度

作业类别	作业举例	空气洁净度要求	
		洁净度等级	尘粒总数
要求较高的装饰性涂漆	家用电器外表面、医疗器械外表面	10000	$\geq 0.5\mu\text{m}$ 尘粒总数 ≤ 350 粒/L
高装饰性涂漆	电视机塑料外壳、一般轿车	1000	$\geq 0.5\mu\text{m}$ 尘粒总数 ≤ 35 粒/L
精饰性涂漆	高级轿车	100	$\geq 0.5\mu\text{m}$ 尘粒总数 ≤ 3.5 粒/L

4. 有害物质最高允许浓度 涂装作业场所空气中有害物质的最高允许浓度应遵循 GB 6514—86《涂装作业安全