

增訂本

噴塗工序清潔生產方案

實用指南



香港特別行政區政府
環境保護署
Environmental Protection Department

廣東省經濟和信息化委員會
Economic & Information Technology
Commission of Guangdong Province

技術顧問：



Hong Kong
Productivity Council
香港生產力促進局



EETC 深圳市環境工程科學技術中心

2010年

目 录

前言.....	1
清洁生产伙伴计划简介.....	2
第一篇 清洁生产的基本概念及发展趋势.....	4
1.1 清洁生产与传统的污染治理方法的不同之处	4
1.1.1 清洁生产的发展.....	4
1.1.2 清洁生产与末端治理.....	5
第二篇 珠三角地区喷涂工序的概况.....	7
2.1 喷涂工序的使用概况	7
2.1.1 喷涂的应用领域.....	7
2.1.2 港资企业的喷涂工艺概况.....	7
2.2 喷涂工序的空气污染源及能源耗用情况	8
2.2.1 喷涂工序介绍.....	8
2.2.2 喷涂工序的主要污染源、能耗及物耗.....	11
2.2.3 喷涂工序空气污染源.....	14
2.2.4 喷涂工序节能空间.....	15
第三篇 喷涂工序的清洁生产技术与措施与实例.....	18
3.1 喷涂工序清洁生产方案汇总	18
3.2 喷涂工序的清洁生产技术与措施与实例	25
3.2.1 前处理工序.....	25
3.2.2 喷涂工序.....	31
3.2.3 固化工序.....	45
3.2.4 其它工序.....	48
第四篇 喷涂工序未来发展方向.....	57
4.1 环保涂料	57
4.2 前处理工艺	59
4.3 喷涂工艺	60
4.4 固化技术	62

4.5 喷涂管理	62
参考文献.....	63
附录.....	64
甲) 国内有关清洁生产、节能的法规及政府节能减排的政策目标	65
清洁生产法规.....	65
乙) 政府节能法规及减排的政策目标	69
丙) 国内对喷涂工序的环保要求及环保法规	71

免责声明

本指南内的资料由深圳市环境管理体系认证中心提供，并由伙伴计划的执行机构—香港生产力促进局编制。载于指南内的清单和范例只供一般参考。香港生产力促进局虽已尽力确保该等资料准确，但对于该等数据在任何特定情况下使用时的准确性或恰当性，并没有作出任何明示或隐含的陈述、申述、保证或担保。

对于因或就本指南所载的任何资料而引起的任何损失或损害，香港生产力促进局并不承担责任。香港生产力促进局保留权利，可随时运用其绝对酌情决定权，省略、暂停或编辑本指南所载的资料内容，而无须给予任何理由，亦无须事先通知。

使用者有责任自行评估本指南所载的一切资料，并宜加以核实，例如参阅服务供应商的工程项目经验，以及在根据该等资料行事之前征询意见。

前言

以往企业在改善其环保表现时，多采用被动的末端防治策略，着重安装排污处理设备。清洁生产却突破这个模式，采用主动预防的方式，在生产工序的每一个环节上进行改善，包括在产品的设计、物料采购、工艺、流程等方面应用先进的技术和管理等，令环保工作成为一项提高利润的投资。众多成功的实例证明清洁生产一方面可以帮助企业从源头上减少污染物排放及节省后期的排污费用，另一方面透过减少原材料消耗和节约能源，降低生产成本，增加竞争力，从而提高利润，达致环境保护及经济效益两者兼容并存的双赢局面。

香港特别行政区政府于2008年4月18日开展了一项为期五年的「清洁生产伙伴计划」(www.cleanerproduction.hk)（下称「伙伴计划」），以资助的方式协助位于珠三角地区的港资厂商采用清洁生产技术及作业方式，减少排放和节省能源，从而改善区域空气质素及降低生产成本。由于广东当局近年来一直收紧工业污水排放的规定，而且业界对治理水污染的需求甚殷，有鉴于此，自2010年起，本计划已进一步扩展支援范围，以涵盖减控污水排放技术。

香港生产力促进局过去曾编写「喷涂工序清洁生产方案实用指南」，于2007年在伙伴计划网上公布。为加强本指南的内容及成功实例，在获得深圳市环境管理体系认证中心的协助下，生产力局已将近年业界采用的清洁生产方案的实际经验增修在本指南内，以及参考国内外的技术资料，编写「喷涂工序清洁生产方案实用指南（增订版）」，供业界作参考之用。

清洁生产伙伴计划简介

香港特别行政区政府于 2008 年度开展一个为期 5 年的清洁生产伙伴计划，协助位于珠三角地区的港资厂商节约能源、减少原材料消耗、减少排污及降低生产成本。

该计划获立法会财务委员会通过拨款 9,306 万港元，推广及资助珠江三角洲地区的港资厂商采用清洁生产技术和工艺，厂商可获政府资助达 19 万港元。

主要项目概览及资助额：

项目	实地评估项目	示范项目	核证改善项目的成效
资助项目性质	资助参与的工厂获得环境技术服务公司协助，为工厂评估节能、减排、降耗及少污水排放的空间，建议切实可行的清洁生产改善方案。	资助参与的工厂透过安装设备或改良生产工序，示范清洁生产的成效、涉及的成本及潜在的经济回报。	为已实施清洁生产方案的工厂提供独立第三方核证服务，评估成效，所有成功申请者皆可获颁嘉许状，以嘉许其在环保方面的付出。
每份申请的资助总额	政府资助 50% 的顾问费用，并以港币 15,000 元为每间厂的上限。	政府资助 50% 的费用，并以港币 160,000 元为每个项目的平均资助上限	政府全数资助、并以港币 15,000 元为每个项目的上限

申请资格：

申请机构必须是按照商业登记条例(第 310 章)在香港注册的机构并在珠江三角洲地区以独资、合资或「三来一补」形式经营工厂。

申请:

申请表格可在香港生产力促进局索取或于网页下载，网址为：

www.cleanerproduction.hk

查询:

電話:

(852) 2788 5588(香港) (86 755)8615 6942(深圳) (86 769)2299 2095(东莞)

電郵:

Enquiry@cleanerproduction.hk

第一篇 清洁生产的基本概念及发展趋势

能源、原材料、水、土地等自然资源是人类赖以生存和发展的基础，是经济社会可持续发展的重要物质保障。我国人均资源占有量不足，耕地、淡水、森林、石油、天然气和煤炭等资源的人均占有量远低于世界平均水平，资源供给不足已经成为经济社会发展和实现全面建设小康社会目标的重要制约因素。同时，由于我国许多行业和地区资源利用效率低、浪费大、污染重，目前我国单位国内生产总值能源、原材料和水资源消耗远高于世界平均水平。靠大量消耗资源支撑经济增长，不仅使资源约束矛盾更加突出，环境压力加大，也制约了经济增长质量和效益的进一步提高。

因此，大力开展节能降耗、节约用电活动，全面推行清洁生产，对缓解能源、资源供应紧张的“瓶颈”制约和环境压力，实现国民经济持续、快速、协调、健康发展，具有十分重要的现实意义和战略意义。

1.1 清洁生产与传统的污染治理方法的不同之处

1.1.1 清洁生产的发展

自 1992 年以来，联合国环境规划署已先后在坎特伯雷、巴黎、华沙、牛津、汉城和蒙特利尔举行了六次国际清洁生产高级研讨会。在 1998 年 10 月韩国汉城第五次国际清洁生产高级研讨会上，出台了《国际清洁生产宣言》，是对作为一种环境管理战略的清洁生产公开的承诺。自此清洁生产开始被国际社会所广泛认同，清洁生产开始被大力推广。

所谓清洁生产，是人们思想和观念的一种转变，是环境保护战略由被动反应向主动行动的一种转变。联合国环境规划署将清洁生产定义为：

“清洁生产是一种创造性的思想，该思想将整体预防的环境战略持续应用于生产过程、产品和服务中，以增加生态效率和减少对人类及环境的风险。

——对生产过程，要求节约原材料和能源，淘汰有毒原材料，减少或降低废弃物的数量和毒性。

——对产品，要求减少从原材料提炼到产品最终处置的全生命周期的不利影响。

——对服务，要求将环境因素纳入设计和所提供的服务中。”

根据《中华人民共和国清洁生产促进法》的定义，本法所称清洁生产，是指不断采取改进设计、使用清洁的能源和原料、采用先进的工艺技术与设备、改善管理、综合利用的措施，从源头削减污染，提高资源利用效率，减少或避免生产、服务和产品使用过程中污染物的产生和排放，以减轻或消除对人类健康和环境的危害。

1.1.2 清洁生产与末端治理

清洁生产作为污染预防的环境战略，是对传统的末端治理手段的根本变革，是污染防治的最佳模式。传统的末端治理与生产过程相脱节，即“先污染，后治理”，侧重点是“治”；清洁生产从产品设计开始，到生产过程的各个环节，通过不断地加强管理和技术进步，提高资源利用率，减少乃至消除污染物的产生，侧重点是“防”。传统的末端治理不仅投入多、治理难度大、运行成本高，而且往往只有环境效益，没有经济效益，企业没有积极性；清洁生产从源头抓起，实行生产全过程控制，在生产过程之中最大限度地消除污染物，不仅从根本上改善环境状况，而且降低能源、原材料和生产成本，经济效益提高，竞争力增强，能够实现经济与环境的“双赢”。清洁生产与传统的末端治理的最大区别在于找到了环境效益与经济效益相统一的结合点，能够调动企业防治工业污染的积极性。下表为清洁生产与末端治理的对比。

表 1 清洁生产与末端治理的比较

比较项目	清洁生产	末端治理（不含综合利用）
思考方法	在生产过程中消除污染物	污染物产生后再处理
产生时代	20 世纪 80 年代末期	20 世纪 70 年代
控制过程	生产全过程控制，产品生命 周期全过程控制	污染物达标排放控制
控制效果	比较稳定	受产污量影响处理效果
产污量	明显减少	间接可推动减少
排污量	减少	减少
资源利用率	增加	无显著变化
资源耗用	减少	增加(治理污染消耗)
产品产量	增加	无显著变化
产品成本	降低	增加(治理污染费用)
经济效益	增加	减少(用于治理污染)
治理污染费用	减少	随排放标准严格，费用增加
污染转移	无	有可能
目标对象	全社会	企业及周围环境

第二篇 珠三角地区喷涂工序的概况

2.1 喷涂工序的使用概况

2.1.1 喷涂的应用领域

喷涂是一种表面处理工艺，该技术将涂料分散成均匀而微细的雾滴，在被涂物表面形成连续的涂膜，发挥其装饰、保护、标志或其它特殊功能。喷涂工件的材质包括钢铁、有色金属、木材、塑料（含复合材料）、皮革、橡胶、织物、纸张、陶瓷等诸多种类。经过 60 年的发展，喷涂工艺已由最初的手工作业方式逐渐向自动化高效生产方式转变，广泛应用于电子、仪器仪表、汽车船舶制造业、建筑五金、航空航天、兵器等行业。

2.1.2 港资企业的喷涂工艺概况

据香港工业总会的统计，港资企业在珠三角九大城市成立了大约 5.6 万家制造企业，既有汽车零部件、模具、建筑物料、电子、造船等重工业，也有玩具、家具等轻工业，这些行业的加工环节均需使用喷涂工艺。其中，由于喷涂的工件材质、形状和涂层质量要求不同，选择的喷涂方法亦不相同。

汽车零配件按材质和用途的不同，采用不同的喷涂方式：车用硬性塑料件通常不需要底漆，直接喷涂热塑性丙烯酸漆；车外用软性塑料件先用专用底漆打底，或对零件表面进行特殊处理，然后喷涂丙烯酸色漆；车内用乙烯基塑料件，如座椅装饰、靠背扶手、车门内装饰等，通过调整稀释配方和喷枪压力，使乙烯基喷漆干燥后出现皮革状纹理，再涂丙烯酸喷漆或磁漆，使其颜色与汽车颜色相配。五金件包括车架、底盘、发动机、车轮等，对其涂层具有防护性要求。喷涂前先经高压喷洗去除油污和磷化等处理，再进行粉末喷涂或喷涂金属闪光漆。

模具制造业的喷涂材质为五金件，要求涂层有良好的防腐作用。为此，空气辅助式无气喷涂的应用较为普遍。使用的涂料有大漆改性涂料、氨基醇酸树脂涂

料、环氧树脂涂料等。

建筑业采用空气喷涂的方法。在要求不高的建筑物上一般使用油脂涂料，此外使用醇酸树脂涂料、氨基树脂涂料、乙烯树脂涂料、乳胶漆等。还有一种专门的砂壁状喷涂，采用手提式斗式喷枪，专用于砂壁状涂料和厚浆涂料的点射喷涂。

电子电器产品的喷涂工件小，对表面装饰要求较高，大部分采用静电粉尘喷涂或空气喷涂的方式。一般采用酚醛树脂涂料、硝基涂料、丙烯酸树脂涂料。

船舶、集装箱等大型钢结构体积庞大，一次喷涂面积大，防腐蚀要求高，一般选择喷涂效率高、防腐性能好的高压无气喷涂方法和固体分含量高的环氧涂料或有机氟树脂涂料、橡胶涂料。

家具业绝大多数工件材质为木材，采用喷漆的方法进行美化和保护。针对家具行业涂料品种多、产品要求不同的特点，空气喷涂、低压高流(HVLP)喷涂、静电喷涂、空气辅助式无气喷涂都得到普遍应用。使用的涂料有天然树脂涂料、氨基树脂涂料、过氯乙烯树脂涂料、光固化涂料等。

玩具业工件材质以塑料为主，由于塑料的耐热性差、不能高温固化，且要求涂层的柔韧性与工件保持一致，故可供选择的涂料品种有限。该类产品的涂漆方法一般采用空气喷涂和粉末喷涂，采用静电喷涂时需先涂覆表面活性剂异丙醇溶液或导电底漆。该行业多使用聚氨酯涂料、丙烯酸涂料、不饱和聚酯涂料等。

在技术先进性方面，大部分港资企业已实现了自动化或半自动化喷涂，前处理工艺一般包括除油、除锈、钝化等，也有的企业采用除油、除锈二合一工艺和除油、除锈、钝化三合一工艺；同时，部分中小规模的港资企业仍使用传统手工喷涂方法。相对自动化喷涂工艺来讲，手工喷涂不仅生产效率低、原料利用率低，而且造成涂料中的可挥发性有机化合物（VOC）大量排放，污染空气环境。

2.2 喷涂工序的空气污染源及能源耗用情况

2.2.1 喷涂工序介绍

喷涂是将涂料通过喷枪或碟式雾化器，借助于压力或离心力，分散成均匀而微细的雾滴，施涂于物体表面的涂装方法。根据工作原理不同，可以分为空气喷涂、高压无气喷涂、静电喷涂；根据涂料的状态不同，喷涂又可分为液体涂料喷

涂和粉末喷涂。

喷涂过程主要由前处理、喷涂、干燥固化三个工序组成。各工序说明如下：

一、喷涂前处理

喷涂前工件表面处理的主要目的是提高涂层的附着力和基材的防腐能力，不同的基材所采用的表面处理方法不同：

钢铁的表面处理一般包括：除油、除锈、磷化、去除旧漆膜、钝化等；有色金属的表面处理工序通常包括：除油、除锈、形成表面转化膜、涂底漆、封闭处理；塑料的表面处理通常含：除尘、清除脱模剂、修理表面缺陷(打磨、涂底漆)、封闭表面、表面改性等工序；木材的表面处理通常包括：干燥、去除木材表面缺陷、除污、除松脂、除单宁、脱色漂白等。主要前处理工艺解释如下：

1) 除油 工件在储存、加工成型、运输和使用过程中都有可能沾染上油污，其中重油污工件采用溶剂清洗和乳液清洗，其它金属表面处理主要采用水基脱脂剂来除油。除油工艺方式有浸渍、喷射、电解和超声波等，采用流水线作业的企业主要采用前两种方法。

2) 除锈 目的是除去钢铁表面的氧化物，包括化学除锈和机械除锈两种方法。其中化学除锈采用盐酸、硫酸、硝酸、磷酸及其它有机酸和氢氟酸的复合酸液对铁锈氧化物进行溶解。机械除锈通过手工除锈或喷砂抛丸工艺使锈层脱落。

3) 磷化 金属（主要为钢铁）经含有锌、锰、铬、铁等磷酸二氢盐的酸性溶液处理后发生化学反应，在金属表面形成一层主要成分为不溶或难溶于水的稳定的磷酸盐保护膜的过程。

4) 钝化 为防止金属工件返锈，使其与钝化液发生化学反应，在金属表面形成一层保护膜的过程，钝化液的主要成分是铬酸盐。

5) 封闭表面 塑料中的增塑剂等组分是有机小分子，在使用过程中会逐渐向表面迁移，不仅会使塑料性能发生变化，还会对涂膜的性能造成不良影响，因此在喷涂前应通过涂底漆等表面处理手段将表面封闭，阻止塑料中的增塑剂的迁移，以保证涂膜的涂装质量和塑料基材的性能不发生变化。

6) 脱色漂白 由于木材表面颜色不均匀，需要采用脱色漂白进行处理，常用的有氧化漂白和还原漂白两种方法，都是利用化学试剂与色素反应将其破坏而

达到漂白的目的。

二、喷涂工序

使用油性涂料喷涂前，首先需对油漆进行开油。开油是指将油漆、开油水、固化剂等进行一定比例的稀释、混合，制成符合生产条件的油漆；使用水性涂料喷涂则避免了大量有机稀释剂的使用。根据工作原理不同，喷涂工艺可以分为空气喷涂、高压无气喷涂、静电喷涂、加热喷涂等。

空气喷涂是靠压缩空气气流从空气帽的中心孔喷出时在涂料出口处形成负压，使涂料自动流出并在压缩空气的冲击混合下液-气相急剧扩散，涂料被微粒化并充分雾化，然后在气流推动下射向工件表面而沉积成膜的涂漆方法。

空气喷涂适用性强，所以目前应用最为广泛。然而由于空气喷涂不适用于高黏度涂料，在施工中为降低涂料黏度要加入大量有机溶剂稀释，因此在施工中有大量有机溶剂挥发，一方面造成空气污染，作业环境恶劣，影响工人身体健康，另一方面存在易燃易爆的安全隐患，因此在操作时必须保证良好的通风环境。此外，空气喷涂的涂料利用率低，一般只有 50%~60%的涂料得到利用，对小件工件喷涂时，涂料利用率更低（往往只有 15%~30%）。为防止飞散的漆雾造成作业环境的恶化，大量生产时应在封闭的喷漆室中进行。

高压无气喷涂是 20 世纪 60 年代以后兴起的一种喷涂新技术，是通过高压泵把涂料加压到 11~25MPa 的高压，获得高压的涂料在喷枪喷嘴处喷到大气时压力骤减，体积发生剧烈膨胀，并以高达 100m/s 的速度与空气发生碰撞而雾化成极小的颗粒，被喷到工件表面形成均匀涂膜的喷涂工艺。

相比空气喷涂，高压无气喷涂具有以下优点：

1) 可喷涂高黏度涂料。由于高压无气喷涂不仅适用于低黏度涂料，而且适宜高黏度的涂料。所以，高压无气喷涂不需使用挥发性强的有机溶剂进行稀释，避免了有机溶剂挥发造成的空气污染。

2) 涂料利用率高。因漆料中不含压缩空气，没有压缩空气的气流扩散作用，漆雾飞散少，利用率提高；涂料飞散及漂雾回弹量少，减少了对环境的污染，改善了操作环境。

静电喷涂是利用高压静电电场使带负电的涂料微粒沿着电场相反的方向定向运动，并将涂料微粒吸附在工件表面的一种喷涂方法。静电喷涂设备由喷枪、

喷杯以及静电喷涂高压电源等组成。

静电喷涂具有如下优点：

1) 涂料利用率高。由于电场的吸引作用，带电的漆雾有效地被吸附沉积在工件表面，涂料利用率可达 80% 以上，节省了涂料；

2) 与空气喷涂和高压无气喷涂相比，漆雾颗粒的流动速度慢，漆雾飞散大幅减少。

加热喷涂是把涂料加热并保持在某一较高温度（一般为 50℃）下使涂料黏度大幅降低，然后利用空气喷涂、高压无气喷涂或静电喷涂等方式进行雾化涂覆的工艺。

采用加热喷涂时达到相同黏度所需添加的稀释剂的量远少于空气喷涂，一般可少用 30% 左右的稀释剂，从而降低了溶剂挥发造成的环境污染，也节省了溶剂成本。

三、干燥或固化

涂料覆盖于基体表面后，由液态或疏水固体粉末状态转变成致密完整的固体涂膜的过程称为涂层（涂膜）的干燥或固化。

涂层干燥是涂料施工的三个主要环节之一，是一个耗能高、耗时长的过程。

涂层的干燥方式分为自然干燥、加热干燥和特种方式干燥三种，其中生产上最常用的为加热干燥。目前加热干燥主要是利用蒸汽、燃气或电能产生的热风或红外线辐射两种加热方式。加热干燥按温度划分为低温（100℃ 以下）、中温（100~150℃）和高温（150℃）三种形式。

特种方式干燥室利用外界能量促进涂层发生聚合反应而固化的干燥方式，如紫外线（UV）照射、电子束（EB）辐射固化。

2.2.2 喷涂工序的主要污染源、能耗及物耗

图 1 所示为喷涂的主要工序、物料和能源使用，以及主要污染物。

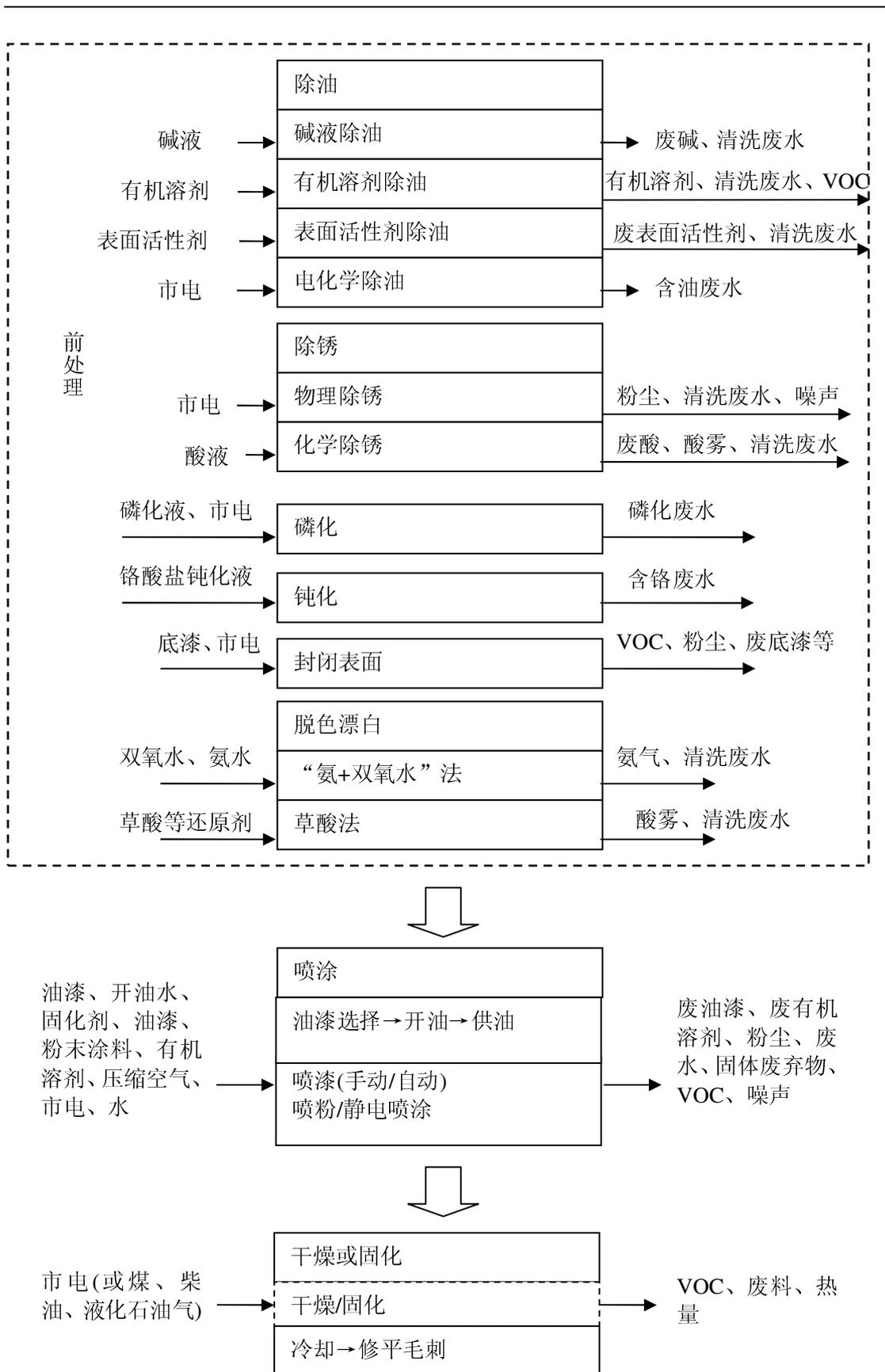


图 1 喷涂主要生产工序、污染源、能源及物料

一、前处理工序

前处理的方法和使用的药剂因基材的种类、状态及表面清洁程度而异，因而导致前处理工序消耗的化学药剂品种繁多，产生的废水、废气、及废渣成分复杂。前处理的许多环节需要消耗能源，如除油、除锈、去除旧漆膜、机械打磨、磷化、电化学氧化、木材干燥等。喷涂工序的主要污染来源如下：

1) 废水 前处理是用水量最大同时也是废水产生最多的环节。在对工件进行脱脂、酸洗、磷化等处理时，要用到酸、碱、表面活性剂、磷化钝化处理剂等多种化学药剂，并需要用大量的水进行冲洗，因此在前处理过程会产生大量的废水。如除锈过程产生的含酸废水、除油过程产生的含碱废水、磷化过程产生的磷化废水以及钝化过程产生的含铬废水等。

2) 废气 前处理过程会有大量的废气排放到空气中。这一部分将在喷涂工序空气污染源中详述。

3) 废渣 前处理过程中形成的各种废渣包括在酸洗和磷化过程中产生的许多锈蚀物或金属盐。

4) 噪声 前处理工序的噪声源有：①机械防锈用的抛丸机（可高达120dB(A)），②蒸汽加热（一般噪声级在92~100dB(A)），③低压离心式风机（噪声可达90~98dB(A)）。

二、喷涂工序

喷涂工序的物耗、能耗及主要污染源因喷涂方式以及所采用的涂料种类而异。

喷涂工序的主要物耗为油漆、粉末、有机溶剂、水等，主要能耗设备为空气压缩机、通风设备、循环水泵机组、照明灯具等。除此之外，部分产品对涂层精密度要求较高，通常需使用中央空调控制喷涂车间的温度和湿度，以及负压控制系统控制车间的清洁度。喷涂工序产生的废水、废气、废渣等主要污染源分述如下。

1) 废水 在湿式喷漆室中，为了去除散布在空气中的漆雾，要用大量的水将其吸收，也会排出很多含有废漆和有机溶剂的废水。在进行多层装饰喷涂时，为提高工件的平整光洁度，在喷涂底漆、中途漆和面漆的过程中，要多次进行打磨和冲洗，并产生含有铁锈、废涂料、磨料砂粒的废水。

2) 废气 开油过程中产生的废气主要来源于有机溶剂的挥发;喷涂过程中产生的废气主要来自附着效率不高造成的涂料飞散、溅落和挥发以及清洗喷枪及其它喷涂设备时挥发的有机溶剂。

3) 废渣 喷涂过程中产生的废渣主要包括相当数量的未被利用的涂料、清理涂料输送管道及容器时产生的废渣及废涂料、清理各种喷涂设备产生的废涂料凝块、水性涂料发生沉淀产生的淤渣、喷涂车间废水处理过程中产生的沉渣。喷涂废渣的主要成分是树脂及颜料并含有少量的有机溶剂。

4) 噪声 喷涂工序的噪声源有:①空气压缩机发出的噪声(噪声级可达88~98dB(A));②通风设备产生的噪声(噪声级超过100dB(A));③打磨用的风动工具产生的噪声(噪声可达90dB(A))。

三、干燥固化

干燥固化阶段是耗能的主要环节,该工序产生的废气主要来源于漆膜烘烤过程中从漆膜内挥发的有机溶剂及热分解产物,常含苯、甲苯、二甲苯等。

2.2.3 喷涂工序空气污染源

喷涂工序包含的前处理、喷涂以及干燥固化三个主要工序均会产生一定的空气污染。

1) 前处理工序的空气污染源 前处理工序的空气污染源主要有以下几个方面:①除油过程中挥发的有机溶剂,尤其是传统工艺中使用的三氯乙烯等清洗剂,挥发大量有害气体(VOC),对环境和人体健康造成危害;②对金属基材进行喷丸除锈产生的大量粉尘;③酸洗除锈时产生的大量酸雾;④去除旧漆膜过程中脱漆剂挥发的二氯甲烷及其它溶剂,

2) 喷涂工序的空气污染源 喷涂工序的空气污染源主要包括:①油漆开油过程中天那水挥发的VOC;②清洗喷枪及其它喷涂设备时挥发的有机溶剂;③附着效率不高造成的涂料飞散、溅落以及挥发。如:普通空气喷枪散失率高达60%-70%,且现阶段喷涂普遍使用的溶剂型油漆溶剂含量高达70%以上,未利用的涂料及挥发的有机溶剂均造成空气污染;

3) 干燥固化工序的空气污染源:漆膜烘烤过程中从漆膜内挥发的有机溶剂(常含苯、甲苯、二甲苯)及热分解产物。

2.2.4 喷涂工序节能空间

在涉及喷涂工序的各行业中，喷涂车间均是重点耗能部门。以汽车制造业为例，一所年生产 20 万辆汽车的工厂，其电力消耗一般在 1 亿 kWh 左右，其中汽车涂装所消耗的电量占总电量的 1/4 以上。如何在保证产品品质的前提下减少能源消耗及其带来的环境污染、降低生产成本，是各企业普遍要面对的问题。

一、喷涂能耗指标

衡量喷涂工序能耗的指标主要有设备利用系数、单位产品能耗等。

设备利用系数指喷涂设备（生产线）满负荷生产时间与设备运行时间之比，其中设备运行时间=生产时间+跑空时间。设备有效生产时间越长，利用率越高。国内的喷涂工艺由于设备及配套件的可靠性差，生产工艺、设备管理水平不高，设备利用系数一般在 80~85%左右，国际先进水平的设备利用率一般为 93%左右。

单位产品能耗指一件被涂物的喷涂过程（包括前处理、喷涂和固化）所耗能量，包括所消耗的石油、天然气、电力能源和水资源。目前，国内设计生产的喷涂设备（生产线）能耗和水耗均高于国际先进水平。

此外，**喷涂产品一次合格率**也与能耗相关。产品一次合格率越高、返修次数越少，单位能耗和物耗越低。

二、喷涂工序的主要耗能环节

喷涂工序的主要耗能环节分为车间耗能、设备耗能和设备耗水。

（1）车间耗能

喷涂车间的空调系统、供排风系统、照明系统是喷涂车间的主要耗能部位。喷涂生产用空调分为喷涂工艺空调和工位给气空调两种，前者主要供给喷漆室使用，其送风风量、温度、湿度等参数直接关系到油漆喷涂质量；后者主要用来调节其它生产工位的环境温度。

（2）设备耗能

喷涂过程使用的主要耗能设备有：除油前处理使用的加热装置、循环水泵，清洗使用的纯水制备设备；喷漆室、空气喷涂使用的空气压缩机；固化工序使用的烘干室等。

（3）设备耗水

喷涂车间的主要耗水设备为前处理工序的清洗线。随着产品品质要求的提

高，目前各港资企业的喷涂清洗工序多使用纯水，其能耗在整个生产过程中的比重不容忽视。

除上述正常生产条件下的能耗需求外，仍有为数不少的企业存在着人为造成的不合理用能现象。如因生产管理不完善、操作规范不当造成的设备跑空时间过长，烘干温度设置过高、固化时间过长等，造成能源浪费。

三、喷涂工序的节能空间

针对上述耗能环节，喷涂工序的节能空间主要包括以下方面：

（1）加强用能管理

喷涂管理是喷涂三大要素之一，包括喷涂车间的生产管理、工艺管理、质量管理、设备管理、工艺管理、人员管理等，管理水平对喷涂的物耗、能耗、产品品质和污染物排放起着至关重要的作用。通过加强用能管理、完善操作规范和提高员工的节能意识杜绝能源浪费，是喷涂车间节能的首要任务。在操作规范方面，可通过分析烘干室的运行状态，启动、正常运行时，中间休息时，空小车通过和停车时的热损失，制定最佳的运行规范来节省能源。

（2）优化过程控制

在现有工艺技术的前提下，优化各用能设备的温度、时间等使用参数，是喷涂车间节能的重要途径。如优化空调、烘房启动时间，优化喷漆室不同季节的温度和风量，设置烘房低燃烧状态，选择下限的涂料固化烘房外壁安装隔热门等。

（3）选用节能材料

材料的性质直接决定了喷涂工艺和操作条件。可选择低温前处理材料，淘汰中温前处理工艺；开发采用新的表面调整剂和磷化处理药剂组合，在维持性能的基础上缩短磷化时间；开发选择低温固化涂料和先进涂膜固化方法配套的新技术，提高能源利用率，等等。

（4）改进技术工艺

技术工艺的先进性直接关系到喷涂质量、涂料利用率和产品一次合格率，也与车间能耗水平密切相关。采用中涂和面漆“湿碰湿”涂装工艺和免中涂的新型工艺取代传统的三涂层工艺，削减烘干工序、简化工艺，固化工序燃油加热替代电加热。

（5）提高设备先进性

设备的先进程度直接关系到其能耗指标。如温度湿度控制系统加装变频装置和采用谐波过滤技术，喷涂生产线电器控制采用复控技术可实现能源节约；利用外置式自动喷涂机或壁挂式喷漆机器人减少喷漆室宽度，采用分线布置工艺段降低运行成本、照明灯具改造等。

（6） 能源回收利用

如喷漆室排风中的热量回收利用，喷漆室采用空气循环利用技术，减少新鲜空气量的用量及能耗，烘干废烟气中的热量利用，空调冷凝水回用到冷却塔等。

（7） 水资源节约及再生利用

喷涂工件在前处理（脱脂和磷化后）工序一般需清洗 2~4 次，用水量较大，因而应加强该环节的水资源循环利用。如逆流清洗，脱脂工序和磷化工序的补水采用各自的后清洗工序出水，采用预喷洗法；用浓缩技术再生脱脂和磷化后的清洗水，回收处理药剂和实现水的再利用，喷涂车间废热蒸发处理车间污水等。

第三篇 喷涂工序的清洁生产技术与实例

3.1 喷涂工序清洁生产方案汇总

序号	生产工序	方案名称	方案归类	方案简介	方案成效	香港厂家采用情况		
						(a)广泛采用	(b)部分厂家采用	(c)有待采用
喷涂前处理工序清洁生产方案								
1	前处理	前处理设备变频改造	节能措施	对前处理工序中所用的薄板加工机和清洗机加装变频设备	薄板加工机的改造节电 39%，清洗机变频后节电 40%。		√	
2	工件前处理	超声波清洗	技术改造	加装超声波清洗槽，使水中析出微小气泡，气泡裹挟工件表面上的油脂浮出水面。	清洗效果大幅提高，工件残留物由 30% 下降至 0.5%。减少清洗次数，节省清洗剂。		√	
3	工件清洗	喷淋线改进	技术改造	将之前不同种类的工件分别清洗合并为一条清洗线，通过设置过程控制不同的清洗工艺。	提高生产效率、节省空间。		√	
4	前处理	陶化工艺替代磷化工艺	技术改造	引进德国汉高的陶化工艺取消原磷化工艺，由于陶化工艺不含磷元素，降低了废水处理难度。工艺流程： 无磷预脱脂—无磷脱脂—水洗—水洗—无磷转化处理—水洗—水洗—干燥	每年可减少排放磷 3200 千克，减少废水处理费用 113600 人民币，降低环境风险。		√	
5	前处理	前处理加装旋风	污染控制	加装旋风除尘器后，打磨工件产生的大	降低操作车间的粉尘含量近 90%，	√		

序号	生产工序	方案名称	方案归类	方案简介	方案成效	香港厂家采用情况		
						(a)广泛采用	(b)部分厂家采用	(c)有待采用
		除尘器		量金属粉尘被旋风除尘器收集	改善员工的操作环境。			
6	工件清洗	清洗剂替代	替代物料	将脱脂工序中的清洗剂用水性清洗剂替代溶剂性清洗剂，降低 VOC 的排放。	有效降低了 VOC 的排放		√	
7	工件清洗	使用全自动清洗机并配备温度控制系统	过程控制	采用全自动清洗机，并配备冷凝器。因冷凝器效率完全取决于温度的控制，故配备温度控制系统，可提高冷凝器效率，有效降低 VOC 污染。	有效降低 VOC 的排放		√	
8	工件清洗	前处理清洗逆流漂洗	节水措施	水洗槽采用逆流漂洗槽，即通过中间两层有上下落差的夹层，后道水向前道水逆流，水中的漂浮物随着溢流口排放，节约用水。	用水量减少近一半。	√		
9	工件清洗	预喷洗液回收	节水措施	在清洗阶段，水洗前进行预喷洗，并设置回收槽回收预喷洗液，回收的预喷洗液可作为前道清洗工序的补水。	减少了处理液和清洗水的用量，提高处理药剂和水的利用率；同时减少了废水的排放量。		√	
10	前处理	水性漆替代溶剂性涂料	替代物料	将喷涂工序中使用的有机溶剂涂料替换为水性涂料，可大大降低 VOC 的排放。	某厂家采用水性油漆，取代溶剂性油漆，一年减少 20 吨 VOC 排放。		√	
11	喷涂前工序	建立中央供漆系统	技术改造	利用中央供油漆系统，包括供油漆管道和油漆泵，把开好的油漆直接输送到喷枪的油罐中，尽量避免油漆接触空气。	降低了 VOC 的排放，改善车间空气质量，提高生产效率。		√	
12	工件清洗	使用高压清洗机	技术改造	利用高压力，低流量的清洗系统，能够在保持清洁度的情况下，大大减少清洁剂的使用，从而节约成本，保护环境。	减少清洗剂的用量，削减了清洗废水的水量，减轻处理系统的负荷，降低废水处理成本。		√	

序号	生产工序	方案名称	方案归类	方案简介	方案成效	香港厂家采用情况		
						(a) 广泛采用	(b) 部分厂家采用	(c) 有待采用
喷涂工序清洁生产方案								
13	喷涂	使用高流量低压力(HVLP)油漆喷枪	技术改造	使用 HVLP (High Volume Low Pressure) 喷枪替代传统喷枪。	油漆利用率高达 60%以上, 大幅提高喷涂传递效率并节约油漆用量, 同时能有效降低喷涂工序中所产生的有机废气及有害空气污染物(HAPs), 保护环境和操作工人身体健康。		√	
14	喷涂	喷涂设备变频节能	节能措施	对喷涂工序中所使用到的油压机、空压机、抽排风机、喷涂机采用变频技术节能改造。	通过油压机变频改造节约电能 36%, 空压机变频改造节能 42%, 抽排风机改造后较改造前节电 54%, 喷涂机改造后节电 36%。		√	
15	喷涂	中水回用于水帘柜	循环再用	改造废水处理系统, 喷涂产生的废水经深度处理后回用于水帘柜补水和废气处理塔喷洒中, 每天可节约自来水 1 立方米。	每月节约废水处理费用 2.8 万人民币。	√		
16	喷涂	采用静电喷枪替代空气喷枪	技术改造	使用静电喷枪替代传统的空气喷枪。	油漆利用率提高了 30%		√	
17	喷涂	引进机械手喷漆替代手工操作	技术改造	改用机器喷涂手臂, 提高油漆利用率	油漆的利用率可达到 90%, 减少了漆渣的处理量, 降低了喷涂工序成本, 漆雾显著减少。	√		
18	喷涂	喷涂车间废丁酮回收	循环再用	通过利用丁酮回收机对废丁酮进行过滤回收, 减少废丁酮的排放;	某厂回收率达到 77%以上, 节省成本 504 万人民币/年。		√	
19	喷涂	喷涂制具改善	流程改进	增加工件装入套管的个数, 制具采用一个圆管加一底座而成, 装取工件简便,	某厂单位工件加工费降低 0.24 港元, 单位工件涂料费降低 0.099 港		√	

序号	生产工序	方案名称	方案归类	方案简介	方案成效	香港厂家采用情况		
						(a)广泛采用	(b)部分厂家采用	(c)有待采用
				喷涂效率大大提高，涂料用量有很大节省。	元，单位工件涂装费用降低 0.339 港元，全年节省 569520 港元。			
20	喷涂	改进制具设计	流程改进	设计一个旋转涂装制具，通过保持喷枪静止，使制具旋转完成喷涂。缩短工件之间的间距	涂料可节省 80%，喷涂效率提高 4 倍。		√	
21	喷涂	工件挂具优化	流程改进	增加挂具层数，增加工件一次喷涂数量	方案实施的两年半里，共生产此型号 15.74 柜，2008 和 2009 年每柜分别比 2007 年降低粉末用量 11.6 千克和 10.09 千克，即降低粉末成本为 180.58 千克*20 人民币/千克=3611.55 人民币。	√		
22	喷涂	钮簧、铁片挂具优化	流程改进	用八层挂钩，一个挂钩可挂 120 个，效率提高 10 倍。	每年可节约粉末涂料 12.6 万人民币。	√		
23	喷涂	涂装工艺优化	产品设计改进	有些部件在整机组装后事内部件，因此通过改进产品设计免去对该部分部件的涂装，节省涂料。	全年可节省涂料成本 321984 港元。		√	
24	喷涂	涂装房进风、排风系统改善	技术改造	适当增大进风口面积，更换过滤网类型，追加静电围膜。	改善后良品率提高 23 个百分点，每月可节省成本 24756 人民币。		√	
25	涂装	以辊涂工艺代替喷涂	技术改造	底漆涂覆改为辊涂工艺	涂料利用率达 90% 以上，单位产量的天那水、油漆用量节省 50% 以上，能耗和废气产生量显着下降。		√	
26	喷涂	喷粉自动化	技术改造	手动喷粉改为自动喷粉生产线，自动喷粉工序以流水作业形式操作。	减少因操作人员操作不规则造成的涂料浪费，提高粉末利用率，提高生产效率。		√	
27	喷涂	喷漆柜使用活性	技术改造	在手动喷漆柜上加设抽风罩的基础上，	活性炭吸附系统能吸附高达 90%		√	

序号	生产工序	方案名称	方案归类	方案简介	方案成效	香港厂家采用情况		
						(a)广泛采用	(b)部分厂家采用	(c)有待采用
		碳控制 VOC 排放		使用活性炭吸附，改善车间空气质量。	的 VOC，大大降低 VOC 污染。			
28	喷涂	回收水性漆	循环再用	借助超滤装置将喷漆室循环回收水槽中的 1%固体成分的水性涂料分级浓缩到 15%、40%后利用。或利用冷却凝露、静电吸附两种原理回收水性涂料。	回收涂料的利用率几乎为 100%。		√	
固化工序								
29	固化	烤箱变频改造	节能措施	通过对烤箱加装变频器节约能耗	通过对 14 台烤箱进行变频改造，每天节约电量 53.3kwh，节电率 10%。		√	
30	固化	烘房使用清洁能源	替代物料	烘干固化工序由柴油供热改为天然气供热	年节约柴油 200 吨，减少废气排放量 874 万标准立方米/年(Nm ³ /a)。		√	
31	固化	优化烘烤温度	流程改进	经过试验，证明在烘烤时间不变的前提下，适当的下调温度同样可以达到规定的烘干效果，从而节约能源。	节省能源 10%		√	
32	固化	高红外固化	技术改造	引进高红外烘干线，安装完毕并进行试运行。	节省能源，提高了工件的外观质量，全年可节约资金 20 万人民币左右。		√	
其它工序								
33	喷枪清洗	加强对清洗喷枪使用的有机溶剂的管控	加强管理	(1) 管理层对清洗剂用量实施定额管理； (2) 对洗枪溶剂进行回收再利用； (3) 规范员工洗枪溶剂的使用。	单月节省费用 12 万人民币。既保证将喷枪清洗效果，又减少浪费、削减污染物的产生，改善环境。		√	
34	废气治理	活性炭联合滤料净化废气和漆雾	污染控制	通过新建活性炭—滤料废气处理装置净化喷涂过程中产生的漆雾和烘干过程中产生的有机废气	漆雾净化效率高达 90%以上，活性炭吸附床净化有机废气效率高达 95%以上。	√		

序号	生产工序	方案名称	方案归类	方案简介	方案成效	香港厂家采用情况		
						(a)广泛采用	(b)部分厂家采用	(c)有待采用
35	废气治理	有机废气回收	循环再用	在烘房增加一套有机废气回收装置，有机废气在通过吸附罐的活性炭层时，溶剂分子被具有高比表面积、高选择吸附性的活性炭所吸附	某厂平均每天回收天拿水 1.6 吨（占每天总用量的 5%），所回收的天拿水纯度达到 96%以上，可直接回用。		√	
36	废弃物治理	粉尘污染控制	污染控制	飘浮粉尘全部吸回水洗台，有效控制粉尘污染	粉尘污染控制率达 95%以上，确保操作人员身体健康。		√	
37	废弃物治理	粉末循环利用	循环再用	使用滤芯式回收系统，将飞散的粉尘回收再用。	降低了粉尘的排放，提高粉末涂料利用率，利用率达到 90%以上。		√	
38	废水处理	工业废水回收利用	循环再用	扩大工业废水处理能力，使之在达标排放的基础上回收用于冲厕所、食堂地板、车间地板以及工件的清洗。	月减少废水排放量 400 吨，月节省成本 1380 人民币。		√	
39	其它	烧水炉尾气余热利用	循环再用	利用若干个燃烧炉的尾气与前处理喷淋液体热交换，节约能源。	全年可以节约能源 15 万人民币。		√	
40	其它	脱漆废硫酸回用	循环再用	用工件脱漆后的废硫酸回调废水处理站水的 PH 值	年节省盐酸使用成本 21.5 万人民币		√	
41	其它	天拿水回收	循环再用	购买溶剂回收机，将清洗水中的天拿水蒸馏后回用	每年可回收 79200 公升天拿水		√	
42	废水处理	废水处理工艺改进	循环再用	在工业废水的基础上引入一定比例的生活污水，提升原水的可生化性，并增加了芬顿氧化、生物缺氧工艺，扩大了综合生物厌氧池和综合生物好氧池容积	污水站处理能力由 2.5 立方米/小时提升至 10 立方米/小时，出水水质由原来化学需氧量 (COD)<110mg/公升降低到 50 毫克/公升以下		√	
43	员工培训	员工培训	加强管理	加强对喷涂工人对喷涂工序的油漆 VOC 排放认识及流程操作控制、喷粉基本原理，喷粉操作控制及粉末回收装置的认	减少喷粉的浪费和 VOC 的排放	√		

序号	生产工序	方案名称	方案归类	方案简介	方案成效	香港厂家采用情况		
						(a)广泛采用	(b)部分厂家采用	(c)有待采用
				识等的培训。				
44	废水处理	添加环保塑胶去漆剂减少废水排放	污染控制	向废水中添加环保塑胶去漆剂，添加剂吸附油漆渣后漂浮于水面，清洁时只需把表面脏污去除，无须排放废水	某厂家每天约排放废水 6 立方米，改善后该厂家采用此方案后约每周排放废水一次，每周约节省 30 多立方米，去漆剂每周加入量为 5 千克		√	

3.2 喷涂工序的清洁生产技术与实例

下面按照前处理工序、喷涂工序、固化工序及其它工序 4 方面介绍相关的节能减排方案，其中绝大部分方案已实际应用，供各行业的相关企业借鉴和参考。以下「可行性的分析」环节，★的数目越多，代表其可行性越高，3 个★为最高数目。

3.2.1 前处理工序

1) 方案名称：前处理设备变频改造

实施年份：2008

方案归类：节能措施

改善前：前处理工序中所用的薄板加工机和清洗机均无变频控制，通常在额定功率下运行，而实际生产中经常不需要如此大的功率，造成能源浪费。

改善后：通过薄板加工机的改造节电 39%，清洗机变频后节电 40%。

项目	数量	投入前	投入后	节电率	节电量 (kw.h/d)	节约成本 (元/d)
新进薄板加工机	22 台	4.3A	2.6A	39%	383.9	276.4
新进清洗机带变频器	3 台	3A	1.8A	40%	36.9	25.6
年合计	—	—	—	—	12.6 万 kwh	10.1 万元/年

注意事项：(1) 对于运行时基本处于满负荷状态的设备，安装变频器节能效果不显著；(2) 低压变频器输出波型为脉冲形式，会产生一些干扰，使用时应尽量远离电脑等易受干扰的设备，如果多台集中安装时安装位置应尽量拉开距离，并加装陷波电路屏蔽接地，减少干扰。

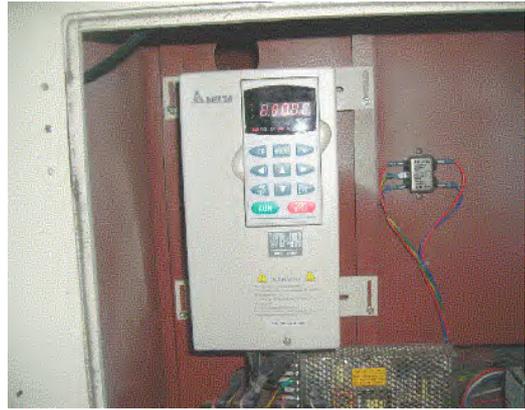
投资额及回本期：薄板加工机 38 万人民币/台，清洗机 22.5 万人民币/台

厂家采用该方案的情况：部分厂家采用

可行性分析：技术★★★ 经济★★ 环境★★★



薄板加工机



薄板加工机变频器



清洗机



清洗机变频器

2) 方案名称：超声波清洗

生产工序：前处理

实施年份：2003 年

方案归类：技术改造

改善前：采用热碱液除油，新鲜水和清洗剂耗量大，且清洗后残留物较多，生产效率较低。

改善后：加装超声波清洗槽，使水中析出微小气泡，气泡裹挟工件表面上的油脂浮出水面。

实施成效：大幅提高清洗效果，工件残留物由 30% 下降至 0.5%。减少清洗次数，节省清洗剂。

注意事项：注意工作温度、频率等参数的优化控制；超声波清洗后的废水化学需氧量(COD)较难去除，因此需要废水治理的配套措施。

投资额及回本期：投资 15 万人民币，产品品质显著提高。

厂家采用该方案的情况：部分采用

可行性分析：技术：★★★ 经济：★★★ 环境：★★★

3) 方案名称：喷淋线改进

实施年份：2008 年

方案归类：技术改造

改善前：不同种类的钢板（电解板和冷轧板）清洗工艺不同（如清洗剂的浓度等参数），分别在两条线上清洗。

改善后：将两条清洗线合并为一条，通过设置过程控制不同的清洗工艺。

实施成效：提高生产效率、节省空间。

投资额及回本期：投资 15 万人民币。

厂家采用该方案的情况：部分采用

可行性分析：技术★★★ 经济★★★ 环境★★★

4) 方案名称：陶化工艺替代磷化工艺

实施年份：2008 年

方案归类：技术改造

改善前：为增加涂层附着力，一般采用磷化工艺，但磷化工艺使工业废水含磷，增加废水处理难度。

改善后：引进德国汉高的陶化工艺取消原磷化工艺，由于陶化工艺不含磷元素，降低了废水处理难度。工艺流程：

无磷预脱脂—无磷脱脂—水洗—水洗—无磷转化处理—水洗—水洗—干燥

实施成效：每年可减少排放磷 3200 千克，减少废水处理费用，降低环境风险。

投资额及回本期：该项技术转换不需要额外投资。全年节省废水处理成本 113600 人民币。

厂家采用该方案的情况：部分厂家采用

可行性分析：技术：★★ 经济：★★★ 环境：★★★

5) 方案名称：前处理加装旋风除尘器

实施年份：2005 年

方案归类：污染控制

改善前：打磨工件产生的金属粉尘造成严重的空气污染，损害操作人员的健康。

改善后：加装旋风除尘器后，打磨工件产生的大量金属粉尘被旋风除尘器收集，有效降低作业车间空气中的金属粉尘含量，收集率可达 90%，环境效益显著。

实施成效：降低操作车间的粉尘含量近 90%，改善员工的操作环境。

注意事项：注意合理安装；旋风除尘器会产生一定的噪音，应注意保护员工不受噪声伤害。

投资额及回本期：投资 1.5 万人民币

厂家采用该方案的情况：广泛采用

可行性分析：技术：★★★ 经济：★★ 环境：★★★



旋风除尘器

6) 方案名称：清洗剂替代

实施年份：2006 年

方案归类：替代物料

改善前：采用溶剂性清洗剂进行脱脂，其中所含的三氯乙烯和二氯甲烷挥发性强，产生大量 VOC，严重污染空气。

改善后：将脱脂工序中的清洗剂用水性清洗剂替代溶剂性清洗剂，降低 VOC 的排放。

注意事项：水性清洗剂（氢氧化钾或其它水性清洗剂）清洗效果一般，比溶剂性清洗剂稍差，因此只可应用在脱脂要求较低的工件。

厂家采用该方案的情况：部分厂家采用

可行性分析：技术：★★ 经济：★★ 环境：★★★

7) **方案名称：使用全自动清洗机并配备温度控制系统**

实施年份：2008

方案归类：过程控制

改善前：手动清洗，VOC 挥发严重。

改善后：采用全自动清洗机，并配备冷凝器。因冷凝器效率完全取决于温度的控制，故配备温度控制系统，可提高冷凝器效率，有效降低 VOC 污染。

厂家采用该方案的情况：部分采用

可行性分析：技术：★★★ 经济：★★★ 环境：★★★



配备温控系统的全自动清洗机

8) **方案名称：前处理清洗逆流漂洗**

实施年份：2005 年

方案归类：节水措施

改善前：清洗工序采用单槽清洗，用水量大，造成不必要的浪费。

改善后：水洗槽采用逆流漂洗槽，即通过中间两层有上下落差的夹层，后道水向前道水逆流，水中的漂浮物随着溢流口排放，节约用水。

实施成效：用水量减少近一半。

厂家采用该方案的情况：广泛采用

可行性分析：技术：★★★ 经济：★★★ 环境：★★★

9) **方案名称：预喷洗液回收**

方案归类：节水措施

改善前：工件不进行预喷洗，处理药剂用量居高不下，清洗水利用率低。

改善后：在清洗阶段，水洗前进行预喷洗，并设置回收槽回收预喷洗液，回收的预喷洗液可作为前道清洗工序的补水。经过预喷洗的工件被带到下道工序时，可减少处理液的使用，提高清洗效率和减少清洗水用量，有利于提高处理药剂和水的利用率。

实施成效：减少处理液和清洗水的用量，提高处理药剂和水的利用率；同时减少废水的排放量。

厂家采用该方案的情况：部分采用

可行性分析：技术：★★★ 经济：★★★ 环境：★★★

10) 方案名称：水性漆替代溶剂性涂料

方案归类：替代物料

改善前：使用传统涂料，释放较多的 VOC。

改善后：将喷涂工序中使用的有机溶剂涂料替换为水性涂料，可大大降低 VOC 的排放。

实施成效：某厂家采用水性油漆，取代溶剂性油漆，一年减少 20 吨 VOC 排放。

注意事项：水性漆的涂层薄，为满足产品要求，需喷涂多次。

厂家采用该方案的情况：个别厂家采用

可行性分析：技术：★ 经济：★★ 环境：★★★

11) 方案名称：建立中央供漆系统

方案归类：技术改造

改善前：采用分布式供漆，VOC 污染严重。

改善后：利用中央供油漆系统，包括供油漆管道和油漆泵，把开好的油漆直接输送到喷枪的油罐中，尽量避免油漆接触空气。

实施成效：有效降低了 VOC 的排放，并大大改善车间空气质量，且能不间断的提供油漆，大幅减少油漆用量，提高生产效率。

注意事项：中央供油漆系统尤其适用于大型的喷漆生产线；应注意消防安全。

厂家采用该方案的情况：部分采用

可行性分析：技术：★★★ 经济：★★★ 环境：★★★



中央供油漆系统

12) 方案名称：使用高压清洗机

方案归类：技术改造

改善前：使用传统的清洗设备，造成清洁剂用量大，且产生的清洗废水量大，处理成本高。

改善后：利用高压，低流量的清洗系统，能够在保持清洁度的情况下，大大减少清洁剂的使用，从而节约成本，保护环境。

实施成效：大大减少清洗剂的用量，同时也削减了清洗废水的水量，减轻处理系统的负荷，降低废水处理成本。

厂家采用该方案的情况：部分采用

可行性的分析：技术：★★★ 经济：★★★ 环境：★★★

3.2.2 喷涂工序

13) 方案名称：使用高流量低压力(HVLP)油漆喷枪

实施年份：2006 年

方案归类：技术改造

改善前：采用传统喷枪，油漆利用率仅 30%左右，造成大量涂料浪费，污染环境。

改善后：使用低压高流 HVLP (High Volume Low Pressure) 喷枪替代传统喷枪。



传统手动喷枪



HVLP 喷枪

实施成效：油漆利用率高达 60%以上，大幅提高喷涂传递效率并节约油漆用量，同时能有效降低喷涂工序中所产生的有机废气及有害空气污染物 (HAPs)，保护环境和操作人员的身体健康。

投资额及回本期：约 2~3 个月收回成本。

厂家采用该方案的情况：部分采用

可行性分析：技术：★★★ 经济：★★★ 环境：★★★

14) 方案名称：喷涂设备变频节能

实施年份：2008 年

方案归类：节能措施

改善前：用电设备的输出功率恒定，而负载的变化是非线性的，且大部分时间都处于非最大值状态，当需要改变风量或流量时，采用调节挡风板或节流阀控制，造成了电机用能的大量浪费。

改善后：对喷涂工序中所使用到的油压机、空压机、抽排风机、喷涂机采用变频技术节能改造。

实施成效：直接经济效益——通过油压机变频改造节约用电 36%，空压机变频改造后节电 42%，抽排风机改造后较改造前节电 54%，喷涂机改造后节电 36%。

间接效益——（1）实现了电机的软启停，消除电机启动电流对电网的冲击，减少了启动电流的线路损耗；（2）消除了电机启停产生的惯动量对设备的机械冲击，大大降低了机械磨损，延长了设备的使用寿命。

项目	数量	投入前	投入后	节电率	节电量 (千瓦时/天)	节约成本 (元/天)
油压机增加变频器	80 台	15.0A	9.7A	36%	4353	3482.4
变频空压机	1 台	73.8A	42.6A	42%	320	256
新进印刷机带变频器	80 台	1.1A	1.0A	9%	42.24	33.8
新进喷涂机带变频器	1 台	40A	25.6A	36%	147	117.6
年合计	—	—	—	—	145.8 万千瓦时/年	116.7 万元/年

注意事项: (1) 对于运行时基本处于满负荷状态的设备, 安装变频器节能效果不显著; (2) 低压变频器输出波型为脉冲形式, 会产生一些干扰, 一般使用时尽量远离电脑等易受干扰的设备, 如果多台集中安装时安装位置应尽量拉开距离, 并加装陷波电路屏蔽接地, 减少干扰。

投资额及回本期: 投资约 100 万人民币, 回本期约 11 个月。

厂家采用该方案的情况: 部分厂家采用

可行性分析: 技术可行: ★★★ 经济可行: ★★★ 环境可行: ★★★



油压机



油压机变频器



空压机



空压机变频器



抽排风机



抽排风机变频器



喷涂机



喷涂机变频器

15) 方案名称：中水回用于水帘柜

实施年份：2006 年

方案归类：循环再用

改善前：水帘柜和废气处理装置用水使用自来水；将水帘柜出水作为废液交有资质的单位处理。自来水用量大且废水治理成本高。

改善后：改造废水处理系统，喷涂产生的废水经深度处理后回用于水帘柜补水和废气处理塔喷洒中，每天可节约自来水 1 立方米。

注意事项：废水经处理后应达到回用要求。

投资额及回本期：投资 1.8 万人民币

实施后节约废液处理费用 1000 人民币/立方米*28 立方米/月

=2.8 万人民币/月

成本回收期 19 天

厂家应用该方案的情况：厂家广泛采用

可行性分析：

技术可行：★★★

经济可行：★★★★

环境可行：★★★



污水循环再生系统



进水口

过滤装置

废气处理设施回用水储水箱



废气处理设施

16) 方案名称：采用静电喷枪替代空气喷枪

实施年份：2008

方案名称：采用静电喷枪替代空气喷枪

方案归类：技术改造

改善前：使用空气喷枪，这种喷枪的特点是操作简便、价格便宜，但油漆利用率较低（约 35%），雾化效果一般，新员工很难在短时间内掌握技术，以致未能喷涂出优良的漆膜外观。

改善后：使用静电喷枪替代传统的空气喷枪。

方案实施成效：油漆利用率提高了 30%，节省成本 2647 万人民币/年。

注意事项：使用静电喷枪进行喷涂必须有良好的接地；操作车间必须有完善的消防设施，应注意避免火灾的发生，格外小心防火。由于电荷积聚在非金属上极易起火，因此静电喷枪不可用于非金属工件喷涂。

投资额及回本期：投资 54 万人民币（静电喷枪购进及车间消防改造），一个月即可收回成本。

厂家采用该方案的情况：部分采用

可行性分析：

技术可行：★★

经济可行：★★★★

环境可行：★★★★



17) 方案名称：引进机械手喷漆替代手工操作

实施年份：2009 年

方案名称：引进机械手喷枪替代手工喷漆

方案归类：技术改造

改善前：手工喷涂时油漆的利用率低于 50%，漆雾非常大，将漆雾空压到水流里加大了漆渣的处理量，造成产品喷涂成本高。工作间内空气污染严重，损害操作人员的健康。

改善后：改用机器喷涂手臂，油漆的利用率可达 90%，减少了漆渣的处理量，降低了喷涂工序成本，漆雾显著减少。

投资额及回本期：共引进 13 台，投资 2000 万人民币人民币。回本期约 4.7 年。

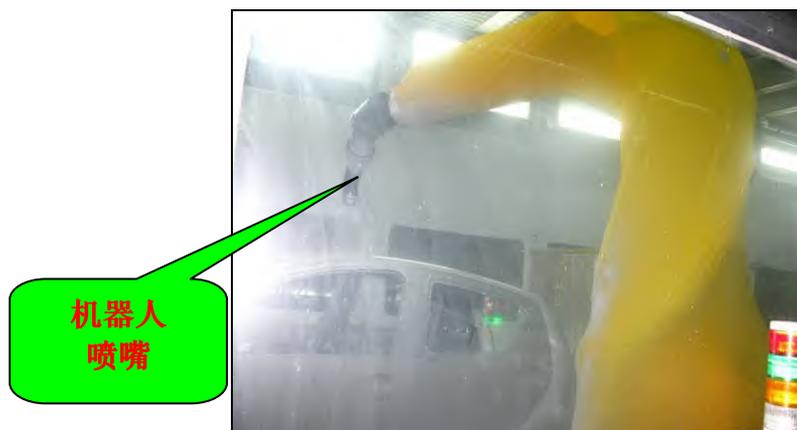
厂家采用该方案的情况：部分采用

可行性分析：

技术可行：★★★

经济可行：★★

环境可行：★★★



机器人
喷嘴

机器人静
电保护网

18) 方案名称：喷涂车间废丁酮回收

实施年份：2008 年

方案归类：循环再用

改善前：喷涂车间使用丁酮 2700 千克/月，其中喷枪清洗使用量 600 千克/月，清洗调油设备 2100 千克/月；使用后作为废液交由有资质的单位处理；

改善后：通过利用丁酮回收机对废丁酮进行过滤回收，减少废丁酮的产生；

实施成效：回收率达到 77%以上，节省成本 504 万人民币/年。

投资额及回本期：投资 5 万人民币，不到一个月即可收回成本。

厂家采用该方案的情况：部分采用

可行性分析：

技术：★★★

经济：★★★

环境：★★★



丁酮回收设备



回收后的丁酮

19) 方案名称：喷涂制具改善

实施年份：2007 年

方案归类：流程改进

改善前：工件装制具时，采用将后镜头圈用 8 个小制具装上市后层叠起来进行机械手喷涂。

改善后：将 16 个工件装入套管，制具采用一个圆管加一底座而成，装取工件简便，喷涂效率大大提高，涂料用量有很大节省。

实施成效：单位工件加工费降低 0.24 港元，单位工件涂料费降低 0.099 港元，单位工件涂装费用降低 0.339 港元，全年节省 569520 港元。

注意事项：装取部件时应注意避免挂擦。

投资额及回本期：每个制具的改装费用只需 60 港元，年可节省成本 569520 港元。

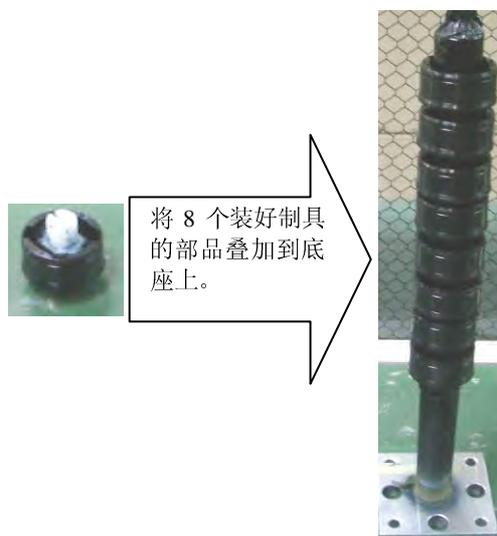
厂家采用该方案的情况：部分采用

可行性分析：

技术：★★★

经济：★★★

环境：★★★



改善前



改善后制具采用一个圆管加一底座而成，装取部品简便，喷涂效率大大提高，涂料用量有很大的节省。



改善后

20) 方案名称：改进制具设计

实施年份：2007 年

方案归类：流程改进

改善前：涂装制具（500*500 毫米的治具面积，用 108 秒喷 24 个工件）涂装效率为 4.5 秒/个。制具水平方向往复运动，工件间距较大，造成涂料浪费和欠缺效率。

改善后：设计一个旋转涂装制具，如下图所示。喷枪保持静止，旋转制具以完成喷涂。有效缩小了工件之间的间距，提高旋转的速度，可减少涂料的浪费。同时，也将涂装效率提高至 1.15 秒/个。

实施成效：涂料可节省 80%，喷涂效率提高 4 倍。

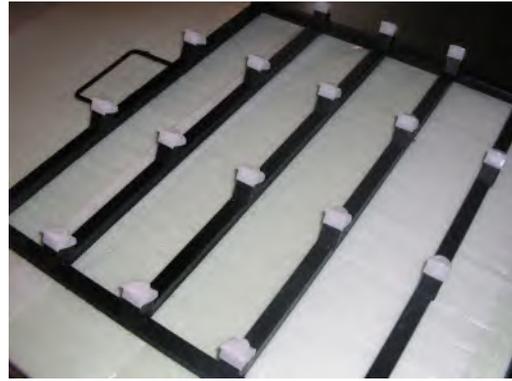
投资额及回本期：本方案投资少，见效快，经济效益显著。

厂家采用该方案的情况：部分采用

可行性分析：技术：★★★ 经济：★★★ 环境：★★★



改善前制具



改善后制具

21) 方案名称：优化管件挂具

实施年份：2007 年

方案归类：流程改进

内容描述：在喷涂过程中,改变挂具模式,减少粉末喷涂在挂具上。

改善前：挂具一次只能挂 20 个管件,60%粉末喷涂在挂具上。

改善后：改成八层挂钩,一次可挂 240 个管件,可多挂 110%。减少 60%粉末被喷涂在挂具上,提高效率 40%以上。

实施成效：方案实施的两年半里,共生产此型号 15.74 柜,2008 和 2009 年每柜分别比 2007 年降低粉末用量 11.6 千克和 10.09 千克,即降低粉末成本为 $180.58 \text{ 千克} \times 20 \text{ 人民币/千克} = 3611.55 \text{ 人民币}$ 。

厂家采用该方案的情况：广泛采用

可行性分析：技术：★★★ 经济：★★★ 环境：★★★



挂具改善前(20 齿挂钩)



挂具改善后(八层挂钩)

22) 方案名称：钮簧、铁片挂具优化

实施年份：2007 年

方案归类：流程改进

内容描述：对于生产钮簧、铁片所使用的挂具进行改变,减少粉末喷涂在挂具上,

以节约成本。

改善前：钮簧、铁片所使用的挂具为 20 齿，一个挂钩上挂 10 个（铁片隔一个齿挂一个）

改善后：用八层挂钩，一个挂钩可挂 120 个，效率提高 10 倍。

实施成效：从 2007 年到 09 年 6 月,共生产钮簧类产品 314.8 柜,2008 年比 2007 年每柜降低粉末用量 11.6 千克, 2009 年比 2007 年每柜降低粉末用量 10.09 千克；从 2007 年到 2009 年 6 月,共生产铁片类产品 236 柜,2008 和 2009 年每柜降低粉末用量分别为 11.6 千克和 10.09 千克。



钮簧挂具改善前



钮簧挂具改善后

投资额及回本期：投资 1.5 万人民币。

节约粉末成本 (3611.55 千克+2708.65 千克) *20 人民币/千克=12.6 万人民币/年

回本期 1.4 个月。

23) 方案名称：优化涂装工艺

实施年份：2007 年

方案归类：产品设计改进

改善前：对产品内部部件也施予涂装。

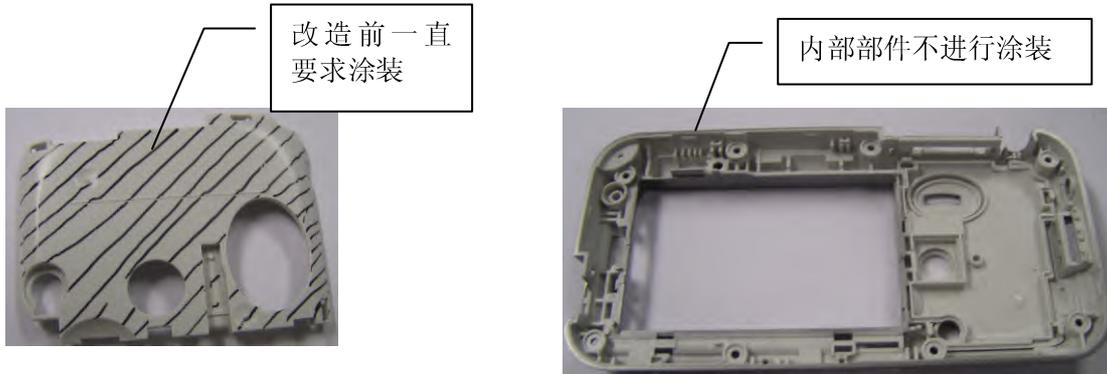
改善后：有些部件在整机组装后是内部件，因此通过改进产品设计免去对该部分部件的涂装，节省涂料。

注意事项：严格区分内部部件，保证内部部件功能要求的前提下才可免去因外观要求的喷涂。

投资额及回本期：无需额外投资，全年可节省涂料成本 321984 港元。

厂家采用该方案的情况：部分采用

可行性分析：技术：★★ 经济：★★★★ 环境：★★★★



24) 方案名称：改善涂装房进风及排风系统

实施年份：2007 年

方案归类：技术改造

改善前：①冷风机进风面积小造成进气压力大，进气时将粉尘及丝绵强行吸入，产生大量异物。②涂装室内 250 目过滤网纱及过滤绵无法有效阻止强大压力下的异物及粉尘的吸入。③室内正压风向分散，无法有效把涂装区域周边异物及时排出。以上原因造成某部件平均不良率高达 42%，该部件不良返修、涂料、天拿水、硬化剂及砂纸费用合计为 4.61 人民币/个。

改善后：①做成 1.2×2.4×2.4m 的网架，扩大原进风面积 2.5 倍，进风压力减小，有效隔离粉尘及丝绵；②高效过滤网替代网纱及过滤绵，有效地过滤并平衡的进入室内；③追加两道静电围膜使风向集中外排，确保机械手周边不受外边人员流动及车架周转的影响。

实施成效：改善后良品率提高 23 个百分点，每月可节省成本 24756 人民币。

注意事项：设计网架时应注意尺寸和空隙适宜，不可过大或过小。

投资额及回本期：进风扩大架制作费用 500 人民币，可使用 6 个月的高效过滤网成本 10000 人民币。每月节省成本 24756 人民币。不到一个月即可收回成本。

厂家采用该方案的情况：部分采用

可行性分析：

技术：★★★★ **经济：**★★★★ **环境：**★★★★

25) 方案名称：以辊涂工艺代替喷涂

实施年份：2007 年

方案归类：技术改造

改善前：使用喷涂工艺涂覆底漆，涂料利用率不足 50%

改善后：底漆涂覆改为辊涂工艺

方案成效：涂料利用率达 90%以上，单位产量的天拿水、油漆用量节省 50%以上，能耗和废气产生量显著下降。

注意事项：仅适用于表面形状规则的工件。

投资额及回本期：投资 50 万人民币，第 2 个月即收回成本。

方案采用情况：个别厂家采用

可行性分析：技术★★ 经济★★★ 环境★★★

26) 方案名称：喷粉自动化

实施年份：2006 年

方案归类：技术改造

改善前：工人手工喷粉，由于操作不规范，经常造成粉末浪费。

改善后：手动喷粉改为自动喷粉生产线，减少因操作人员操作不规则造成的涂料浪费，提高粉末利用率；此外，自动喷粉工序以流水作业形式操作，提高生产效率。

注意事项：注意操作车间的密闭性。

投资额及回本期：由产出量决定。

厂家采用该方案的情况：部分采用

可行性分析：技术：★★★ 经济：★★ 环境：★★★



自动喷粉房

27) 方案名称：喷漆柜使用活性炭控制 VOC 排放

方案归类：技术改造

改善前：车间内 VOC 污染严重。

改善后：在手动喷漆柜上加设抽风罩的基础上，使用活性炭吸附，改善车间空气质量。

实施成效：活性炭吸附系统能吸附高达 90% 的 VOC，大大降低 VOC 污染。

注意事项：应注意及时对活性炭进行反冲洗及再生。

厂家采用该方案的情况：部分采用

可行性分析：技术★★★ 经济★★ 环境★★★

28) 方案名称：回收水性漆

方案归类：循环再用

改善前：洒落的水性漆随废水排走，造成严重浪费，且治理困难。

改善后：借助超滤装置将喷漆室循环回收水槽中的 1% 固体成分的水性涂料分级浓缩到 15%、40% 后利用。或利用冷却凝露、静电吸附两种原理回收水性涂料。

实施成效：采用该方案后可大幅提高涂料利用率，在回收过程中无机械作用力，可避免涂料干燥，因而对涂料的品质无负面影响，使回收涂料的利用率几乎为 100%。

注意事项：应注意控制浓缩水性漆的条件，使水性漆的浓度达到使用要求。

厂家采用该方案的情况：部分采用

可行性分析：技术：★★ 经济：★★ 环境：★★★

3.2.3 固化工序

29) 方案名称：烤箱变频改造

实施年份：2007 年

方案归类：节能措施

改善前：固化工序中所用的烤箱均无变频控制，造成一定的电能浪费。

改善后：通过对 14 台烤箱进行变频改造，每天节约电量 53.3 千瓦时，节电率 10%。

项目	数量	功率	投入前	投入后	节电率	节电量 (千瓦时/天)	节约成本 (元/天)
新进烤箱	14 台	1.5kw	3.7A	3.3A	10%	53.3	42.6
年合计	—	—	—	—	—	1.6 万千瓦时/年	1.28 万元/年

注意事项：(1) 对于运行时基本处于满负荷状态的设备，安装变频器节能效果不显著；(2) 低压变频器输出波型为脉冲形式，会产生一些干扰，一般使用时尽量远离电脑等易受干扰的设备，如果多台集中安装时安装位置应尽量拉开距离，并加装陷波电路屏蔽接地，减少干扰。

投资额及回本期：投资 3 万人民币，回本期 2.3 年。

厂家应用该方案的情况：部分厂家采用

可行性分析：技术可行★★★★ 经济可行★★★★ 环境可行★★★★



烤箱



烤箱变频器

30) 方案名称：烘房使用清洁能源

实施年份：2009 年

方案归类：替代物料

改善前：使用柴油作为烘干过程中加热的燃料，柴油的纯度不高，燃烧易产生二氧化硫。

改善后：改造现有燃烧器的外壳及管道、风机，更换目前的柴油燃烧器为燃气燃烧器，热风炉采用直接燃烧、热效率高（95%）。

方案成效：年节约柴油 200 吨，减少废气排放量 874 万标准立方米/年 (Nm³/a)。

注意事项：天然气的贮藏应注意严格防火。

投资额及回本期：投资 210 万人民币

年节约能源使用成本 100 万人民币

回本期 2.1 年

方案采用情况：部分企业采用

可行性分析：★★★ 技术 ★★ 经济 ★★★ 环境

31) 方案名称：优化烘烤温度

实施年份：2008 年

方案归类：流程改进

改善前：未重视烘烤温度的优化，导致温度过高，造成了能源浪费。

改善后：经过试验，证明在烘烤时间不变的前提下，适当的下调温度同样可以达到规定的烘干效果，从而节约能源。

实施成效：实施该方案后可节省能源 10%。

注意事项：应在不影响产品品质的前提下调整烘烤温度。

投资额及回本期：本方案不需额外投资，产生的环境效益和经济效益十分显著。

厂家采用该方案的情况：部分厂家采用

可行性分析：技术：★★★ 经济：★★★ 环境：★★★

32) 方案名称：高红外固化

实施年份：2007 年

方案归类：技术改造

改善前：使用液化石油气，能耗高。

改善后：引进高红外烘干线，节省能源。安装完毕并试行，达到了预期效果，不但提高了工件的外观质量，同时将 40 万大卡燃烧机减少为 20 万大卡。

实施成效：节约液化石油气，全年可节约资金 20 万人民币左右。

注意事项：适用于形状规则的工件，应注意工件与高红外灯管的距离。

投资额及回本期：投资 5.8 万人民币，一年可节省 20 万人民币，回本期约 4 个月。

厂家采用该方案的情况：部分采用

可行性分析：技术★★★★ 经济★★★★ 环境★★★★



3.2.4 其它工序

33) 方案名称：加强喷枪清洗剂用量的管控

实施年份：2009

方案归类：加强管理

改善前：喷涂员工直接用清洗溶剂冲洗油漆管道、喷房玻璃、夹具及清洗静电衣，加上喷房员工的操作不规范，造成清洗溶剂用量大，成本高，溶剂挥发后对环境造成很大的污染，危害车间员工的身体健康。



改善前：员工用
喷枪直接对静电
衣进行清洗



玻璃沾满油漆，不清洗
会影响喷涂质量，员工
直接用喷枪冲洗



油漆管道沾满油漆影响车身
质量及员工分不清管道颜
色，换颜色及交接班时需清
洗，直接用洗枪溶剂喷洗

改善后：（1）管理层对清洗剂用量实施定额管理；
（2）对洗枪溶剂进行回收再利用；
（3）规范员工洗枪溶剂的使用。



回收小桶

员工清洗喷枪，并将废溶剂回收再利用



实施成效：上述方案实施后，单月即可节省费用 12 万人民币。既保证将喷枪清洗效果，又减少浪费、削减污染物的产生，改善环境。

注意事项：回收后的清洗剂应根据其品质优先用于擦洗喷房玻璃及油漆管道。

投资额及回本期：该方案不需额外投资。

厂家采用该方案的情况：部分采用

可行性分析：加强日常管理工作是推行清洁生产的重要一环，此类方案不涉及技术改造，无需额外投资，具有十分显著的可行性和经济效益。

技术：★★★ **经济：**★★★ **环境：**★★★

34) 方案名称：活性炭联合滤料净化废气和漆雾

实施年份：2003 年

方案归类：污染控制

改善前：废气处理设施没有活性炭吸附工艺，废气处理效果不理想。

改善后：通过新建活性炭—滤料废气处理装置净化喷涂过程中产生的漆雾和烘干过程中产生的有机废气，使之稳定达标排放。活性炭收集有机废气后通过高温空气脱附催化燃烧，生成二氧化碳 CO₂ 和水 H₂O。

实施成效：漆雾净化效率高达 90% 以上，活性炭吸附床净化有机废气效率高达 95% 以上。

注意事项：为使该套系统安全稳定运行，需设置废气旁路、电动风阀；在脱附风机前加装阻火阀，并在吸附床内设置烟火探头和喷淋系统。

投资额及回本期：投资 150 万人民币。

厂家采用该方案的情况：广泛采用

可行性分析：技术★★★ 经济★★★ 环境★★★

35) 方案名称：有机废气回收

实施年份：2008 年

方案归类：循环再用

改善前：烘房有机废气经催化燃烧后排放

改善后：在烘房增加一套有机废气回收装置，有机废气在通过吸附罐的活性炭层时，溶剂分子被具有高比表面积、高选择吸附性的活性炭所吸附，气体经净化后排放。吸附罐内的活性炭饱和后，系统自动通入水蒸气脱附，从活性炭表面脱附下来的有机溶剂和水蒸气进入冷却器冷却成液体，进入自动分离器自动分离，废水排入工业污水处理站处理后回用；所回收的天拿水纯度达到 96%以上，可直接回用。

方案成效： 平均每天回收天拿水 1.6 吨（占每天总用量的 5%）

注意事项： 有机溶剂易燃，因此该方案必须配套完善的消防设施

投资额及回本期： 投资 250 万人民币。

以天拿水价格 11 人民币/公升计，节约原料成本 1.76 万人民币/天；扣除回收系统运行成本后，每天节约成本约 1.5 万人民币。成本回收期：6 个月

方案采用情况： 部分采用

可行性分析：技术★★★ 经济★★★ 环境★★★



烘房溶剂回收装置

36) 方案名称：粉尘污染控制

实施年份：2007 年

方案归类：污染控制

内容描述：加装水洗台收集飘浮粉尘。

改善前：喷涂过程中粉尘飘浮，空气污染严重，对操作人员的身体健康造成损害。

改善后：飘浮粉尘全部吸回水洗台，有效控制粉尘污染。

投资额：约 1 万人民币。

实施成效：粉尘污染控制率达 95% 以上，保障操作人员的健康。



水洗台

37) 方案名称：粉末循环利用

实施年份：2006 年

方案归类：循环再用

改善前：粉尘涂料浪费严重，车间空气质量差。

改善后：使用滤芯式回收系统，将飞散的粉尘回收再用。

实施成效：降低了粉尘的排放，提高粉末涂料利用率，利用率达到 90% 以上。

注意事项：适用于粉末颜色单一的喷涂；少部分粒径过小的粉尘不能再利用。

厂家采用该方案的情况：部分采用

可行性分析：技术★★★ 经济★★★ 环境★★★



喷粉粉末回收设施

38) 方案名称：工业废水回收利用

实施年份：2006 年

方案归类：循环再用

改善前：1998 年建厂时修建有前处理废水与喷漆废水处理站，工业废水处理至达标后直接排放。

改善后：2004 年扩大了工业废水处理能力，使工业废水在达标排放的基础上回收利用。最初将处理达标后的水用于冲厕所、清洗食堂地板及车间地板；2006 年在现有管网基础上进行管路改造，安装专管，并逐步用于工件的清洗。

实施成效：月减少废水排放量 400 吨，月节省成本 1380 人民币。

投资额：200 万人民币



39) 方案名称：烧水炉尾气余热利用

实施时间：2008 年

方案归类：循环再用

改善前：使用电加热喷淋水。

改善后：利用 5 个燃烧炉的尾气与前处理喷淋液体热交换，利用尾气余热加热喷

淋水, 节约能源。

减废效果: 全年可以节约能源 15 万人民币。

投资额及回本期: 投资 5 万人民币, 回本期 4 个月。

40) 方案名称: 脱漆废硫酸回用

实施时间: 2007 年

方案归类: 循环再用

改善前: 工件脱漆后的废硫酸作为危险废弃物交有资质的单位处理; 废水处理站用工业盐酸调节 pH 值。

改善后: 用工件脱漆后的废硫酸回调废水处理站水的 pH 值。2006 年, 公司对工业废水处理站原回调系统进行改造。6 月份已完成, 经监测, 处理的工业废水达标合格。达到废硫酸零排放。

投资额及回本期: 投资 8.5 万人民币, 年节省盐酸使用成本 21.5 万人民币, 回本期 5 个月。



废水调节池



废硫酸收集池

41) 方案名称: 天拿水回收

实施年份: 2007 年

方案归类: 循环再用

改善前: 冲洗喷枪、漆桶所用的天拿水作为废液交有资质的单位收集处理。

改善后: 购买溶剂回收机, 将清洗水中的天拿水蒸馏后回用。

方案成效: 每年可回收 79200 公升天拿水

注意事项: 须加强消防措施。

投资额及回本期：投资约 150 万人民币，直接经济效益 48.8 万人民币/年，回本期约 3 年。

方案采用情况： 部分采用

可行性分析： 技术 ★★★ 经济 ★★★ 环境 ★★★



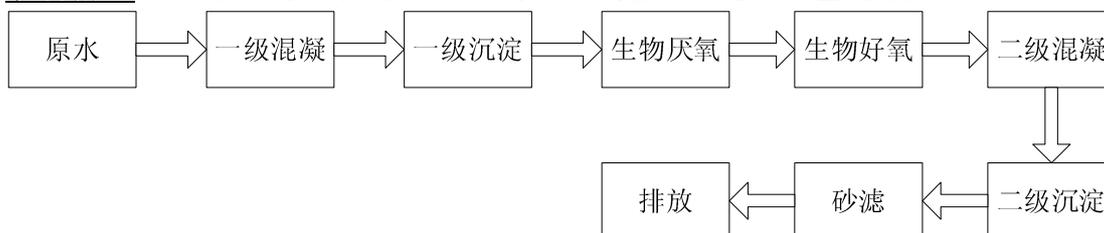
有机溶剂回收系统

42) 方案名称：废水处理工艺改进

实施时间： 2008 年

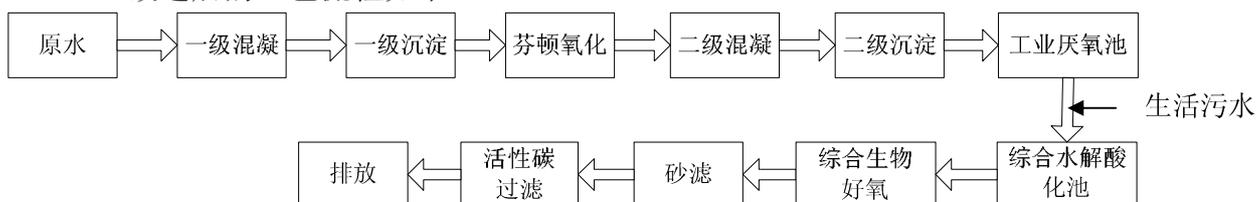
方案归类： 循环再用

改善前： 一期污水处理系统于 2006 年 12 月建成，处理工艺流程如下：



改善后： 考虑到原水中化学需氧量(COD)浓度高，可生化性较差，处理时间较长，改造时引入一定比例的生活污水，提升原水的可生化性，并增加了芬顿氧化、生物缺氧工艺，扩大了综合生物厌氧池和综合生物好氧池容积。

改进后的工艺流程如下：



实施成效： ①污水站处理能力由 2.5 立方米/小时提升至 10 立方米/小时；

②出水水质由原来化学需氧量(COD)<110 毫克/公升降低到 50 毫克/

公升以下。

投资额及回本期： 投资 160 万人民币



二期工程新扩建局部工程

43) 方案名称：员工培训

方案归类： 加强管理

改善前： 操作人员的节约和环保意识不强，造成原料浪费和环境污染。

改善后： 加强对喷涂工人的培训，包括增强员工对喷涂工序的油漆 VOC 排放认识及流程操作控制的技术，达到 VOC 减排的目的。对喷粉工人培训应该加强在喷粉基本原理，喷粉操作控制及粉末回收装置的认识等，减少粉末的浪费。

实施成效： 经过对员工的培训，员工的节约意识和环保意识增加，遵守操作规程，大大减少喷粉的浪费和 VOC 的排放。

投资额及回本期： 无投资。

厂家采用该方案的情况： 广泛采用

可行性分析： 技术★★★★ 经济★★★★ 环境★★★★

44) 方案名称：添加环保塑胶去漆剂减少废水排放

方案归类： 污染控制

改善前： 废水排放量大，而且喷涂漆渣沉淀后不易清理

改善后： 水帘柜的废水需要每天排放，向废水中添加环保塑胶去漆剂，添加剂吸附油漆渣后漂浮于水面，清洁时只需把表面脏污去除，无须排放废水，便于及时清理废渣，从而达到工艺要求的车间洁净度。

实施成效： 某厂家每天约排放废水 6 立方米，改善后该厂家采用此方案后约每周

排放废水一次，每周约节省 30 多立方米，去漆剂每周加入量为 5 千克。



改善后图片

第四篇 喷涂工序未来发展方向

目前，喷涂工序正向着高效率、低能耗、低污染的方向发展，本节从喷涂工序的三个要素，即涂料、喷涂工艺（包括前处理、喷涂、固化）和喷涂管理方面阐述其未来发展方向。

4.1 环保涂料

从涂料的发展方向来看，为适应环保要求，国内外都在积极研发和利用“省资源、高效率、低污染、节能源”的涂料品种，即国际上流行的“4E”原则(Economy、Efficient、Ecology、Energy)。针对这些要求，喷涂行业涉及的各个领域开发研制了一系列的环保涂料。

(1) 水性涂料

凡是用水作溶剂或者作分散介质的涂料，都可称为水性涂料。水性涂料包括水溶性涂料、水稀释性涂料、水分散性涂料（乳胶涂料）；按照喷涂后处理工序，可分为自干型水性涂料和烘干型水性涂料。其特点是有机溶剂用量少，VOC 污染大大降低。但目前水性涂料仅在建筑涂装和电泳涂底漆方面得到成功应用，在其它应用领域仍存在着挥发慢、涂层薄等不足之处，实用性有待于进一步提高。

(2) 光固化涂料

由对 300~450nm 波长紫外线敏感并能产生自由基引发聚合的光敏剂制成。主要用于木器、聚氯乙烯 PVC、印制线路板、汽车等领域的喷涂。其优点有：能量利用率高达 95%，固化升温很小，不会造成塑件变形；是无溶剂涂料，作业过程散发的活性稀释剂量很少，大气污染降低；设备简单，占地少，生产效率高。但不适用于形状复杂的工件喷漆。^[1]

(3) 高固体分涂料

高固体分涂料采用低黏度的聚酯、丙烯酸树脂以及高固体分的氨基树脂，施工固体含量可大于 60%。高固体分涂料中的 VOC 在 30%~40% 甚至更低，但并不降低涂料的施工性能与成膜性能。它不仅能节省涂料生产和使用中的溶剂，降

低污染，还能利用现在的施工设备，节省能源。因此，是符合喷涂行业发展趋势的环保型涂料。^[2]

（4）粉末涂料

国内粉末涂料的粒径多在 10-80 微米，普遍存在有涂膜固化温度高、能耗大、外观装饰性差等问题。同时，粉末粒径越小，其涂膜的外表美观性越好，但涂装施工效率就会下降。

目前，日本开发了平均粒径范围 20~40 μm 及 5-20 μm 的微粒子粉末涂料，其平均粒径比以往的粉末涂料细，粒径偏差小于 20 μm 的品级齐全，解决了粉末涂料不能兼顾涂膜美观性和涂装经济性的问题。粉末粒子能在被涂凹部均匀附着，可以得到外表平滑的涂膜，并且涂膜比一般粉末涂料薄，因此涂料的使用量较少，可以降低涂装费用。其涂膜的外表质量与溶剂性涂料相同，故预期可用于便携式电话、个人电脑等信息技术设备、家用电器、办公机械、景观材料外，还可应用与要求外表涂装美观的产品。^[3]

（5）纳米材料涂层

纳米材料涂层是在表面涂层中添加纳米材料，获得纳米复合体系涂层。纳米涂层既可以是传统材料基体，也可以是粉末颗粒或纤维。它是近年来涂装领域研究的热点之一，主要的研究集中在功能涂层上，包括传统材料表面的涂层、纤维涂层和颗粒涂层。纳米涂层性能体现在以下几个方面：①提高涂层的硬度和耐磨性能，并保持较高的韧性；②提高材料的耐高温、抗氧化性；③提高基体的防腐蚀性能，达到表面修饰、装饰的目的；④达到减小摩擦因数的效果，形成自润滑材料；⑤纳米材料涂层具有广泛变化的光学性能、优异的电磁性能。^[4]

（6）热熔漆

热熔漆是以聚氨酯（PUR）为基料的新型底漆。涂装时，需将漆液加热到 120℃~150℃，同时工件表面也需加热到 100℃~140℃，涂层冷却后在室温中固化成膜。它具有多种胶料的性能，是聚氨酯基料优良性能的发展，能进一步提高材料的柔韧性、耐冲击性、耐磨性等，由于对木材具有渗透作用，成膜后的热熔漆对提高木材表面强度、握钉力、防水性等效果显著。热熔漆涂装工艺对已完成处理的基材表面涂装，有着极高的生产效率。^[5]

4.2 前处理工艺

(1) 低温、环保的前处理工艺

目前，低温节能、减污、长寿命的前处理工艺成为喷涂行业的研究热点。就汽车制造行业而言，液体表调剂已逐步取代固体表调剂。液体表调剂的主要成分为磷酸锌铁，与固体表调剂中的磷酸钛胶体相比，其稳定性较好；通常固体表调剂槽液更新周期为 2~3 周，而液体表调剂则为 3~6 个月；而且液体表调剂具有施工窗口宽、成膜速度快的特点。^[6]

(2) 硅烷工艺

硅烷技术是一种金属预处理技术，它利用硅烷的特性为使用者提供所需要的防腐蚀性能和更好的油漆结合力。作为该技术核心的硅烷是一类硅基的有机 / 无机杂化物，其化学结构通式可表示为： $Y-R-Si-X$ ；其中 X 为水解基团，Y 为能与树脂等起反应的有机官能团。不同的硅烷含有不同的 X 基团和 Y 基团，并表现出不同的水解速度和反应性。因此，每一特定的领域都可以寻找到与之需求相适应的硅烷溶液。

硅烷发生水解反应生成硅醇，硅醇羟基在无机物（金属）表面形成氢键，进一步发生脱水反应形成 $-Si-O-Me$ 共价键（Me 代表金属），并在无机物表面形成覆膜；同时，硅烷的水解产物硅醇分子间又可以相互缩合、齐聚，形成具有 $Si-O-Si$ 三维网状结构的膜覆盖于金属基材表面。

烘干后，金属基材表面形成的硅烷膜，与电泳漆或喷粉通过交联反应结合在一起，形成牢固的化学键，从而使得金属基材、硅烷和油漆之间可以通过化学键形成良好的附着力和稳固的膜层结构。

与锌系磷化相比，硅烷技术具有环保、节能、综合成本低、设备转换简单等优点，它可与各种后道处理方式配套，比如喷粉、电泳、喷漆等，而且同一条生产线、一套控制参数，同时共线处理冷轧板、镀锌板、铝板等多种基材。

目前，硅烷技术已越来越广泛的应用于家电行业。作为一项纳米级金属预处理技术，硅烷技术不含任何有害金属，并能够为多种金属基材提供优越的防腐性能，正在逐步替代可适用产业的预处理工艺。^[7]

(3) 金属表面钝膜处理技术

也称金属表面钝膜处理技术,又可称为一种无磷纳米皮膜技术,是一种基于纳米氧化锆溶液与氟锆酸等组成的溶液,它能在金属表面凝聚沉积转化成一种锆盐膜的防护层。

此工艺取消了前处理表调、磷化和钝化工序,工艺简化、缩短设备长度和工艺时间,减少了废渣和废水的排放量,并且消除了现有的前处理工艺废水中的重金属排放,大幅度简化了复杂的前处理工艺,从而减少设备占地,减少废水排放量和综合成本。^[6]

(4) 脱脂液的除铁屑及废液回收利用工艺

钢铁工件脱脂液的除铁屑及废液回收利用工艺一般为:

出槽主循环泵—旋液分离器—磁性过滤器—袋式过滤器—脱脂换热器—至槽内循环

脱脂槽液在旋液分离器里面高速旋转后,将槽液内的大部分铁屑、铁砂留在旋液分离器的底部,还有少许的铁屑、铁砂与槽液一起通过磁性过滤器的高强度吸附能力清除干净。旋液分离器底部及磁性过滤器中的槽液由配套设备处理;除过铁屑等杂质后的槽液回收到清液槽,最后通过化工泵回收到脱脂及预脱脂槽。

该工艺适用于大型钢铁件(如汽车车身)的喷涂前处理工序。^[6]

4.3 喷涂工艺

(1) 环保型空气喷涂(低压高流 LPHV)

在低压下产生大容量气流,空气压力由一般空气喷涂的 0.4MPa 下降至 0.07MPa,大大减弱了气流反弹作用,涂料利用率提高 60%以上。对于形状复杂的工件,死角部位很容易均匀涂上漆膜,特别适合于闪光漆、氟涂料等薄涂层的手动或自动喷涂。此外,对设备的磨损大大减轻,喷漆室内的污染物显着减少。^[1]

(2) 超临界二氧化碳 CO₂ 喷涂技术

在喷涂前将涂料用 CO₂ 混合稀释,混合后的涂料在 50℃、10.1MPa 条件下进行喷雾。在此喷涂条件下,涂料与 CO₂ 呈均相,CO₂ 迅速挥发,剩余的少量高沸点溶剂缓慢挥发,易于形成平滑的高装饰外观。该技术的核心是用超临界 CO₂

代替涂料中所有高挥发性有机溶剂,使 VOC 排放减少 80%。^[1]

(3) 爆炸喷涂

爆炸喷涂是利用气体爆炸产生高能量,将喷涂粉末加热加速,使粉末颗粒以较高的温度和速度轰击到工件表面形成涂层。喷涂时,先将一定压力、比例的氧气和乙炔由进气口通入水冷喷枪内腔,然后由供粉口将粉末送入,接着火花塞点火,氧气和乙炔的混合气体燃烧并爆炸,产生高温高速气流,将粉末加热,并以高速(超过音速约 3 倍)撞击到基材表面,形成涂层,通入氮气清理枪管,为下一次喷涂做准备,如此重复进行。

爆炸喷涂与其它喷涂工艺相比有很多优点:①爆炸喷涂涂层结合强度高、致密、孔隙率低。喷涂时,由于粉末颗粒迅速被加热、加速,半熔粉末对基体的撞击力大,所以涂层结合强度高,喷涂陶瓷粉末可达 70MPa,喷涂金属陶瓷粉末可达 175MPa,涂层致密,孔隙率<2%;②工件热损伤小。爆炸喷涂是脉冲式喷涂,热气流对工件表面作用时间短,因而工件的温升不高于 200℃,不会造成工件变形和组织变化;③涂层均匀、厚度易控制。爆炸喷涂每次喷涂形成的涂层厚度约为 0.006mm,所以涂层的厚度均匀、易控制,工件加工余量小;④涂层硬度高、耐磨性好。涂层材料相同时,爆炸喷涂形成的涂层硬度更高、耐磨性更好,硬质合金涂层硬度可达 1100HV;⑤爆炸喷涂可用微机控制,易于实现自动化。^[8]

(4) 超音速等离子喷涂

超音速等离子喷涂技术采用非转移型等离子弧与高速气流混合时出现的“扩展弧”得到稳定聚集的超音速等离子焰流。它保留了普通空气等离子喷涂的优点,而且喷涂速度有显著提高。^[1]

(5) 热喷涂技术的新领域

热喷涂技术与其它学科相互交叉渗透形成了新的表面处理工艺:热喷涂与热处理工艺相结合出现了炉内烧结重熔和高频感应重熔涂渗工艺,与电镀工艺相结合产生了镀涂工艺和涂镀工艺,与铸造工艺相结合出现了烧结喷熔和电火花烧结工艺等。采用新的能源,出现了激光重熔和电子束重熔等。由此可见,热喷涂技术应用的新领域有待于进一步探索和开发。^[9]

4.4 固化技术

虽然远红外加热技术的应用已有相当的历史，但实际上并不理想，很多情况下辐射光谱曲线与吸收光谱曲线并非达到最佳的匹配。高红外辐射加热属高密度强力红外辐射，其辐射是全波段的，随着温度不断升高，所采用的高温辐射组件通过发射不同配比的近、中、远红外线，可达到最高的热效率。^[1]

4.5 喷涂管理

在喷涂管理中，人员素质是产品质量的基础条件，随着生产线的自动化和现代化程度的提高，需要由高素质的人员来加强工程管理和技术管理，才能实现低或无公害、高质量低成本，不断提高产品的市场竞争力；标准及其管理工作是保证质量信誉的重要手段，标准是产品质量和工作质量的基础，没有标准就不能保证地区、公司范围内产品质量统一和稳定；此外，健全的管理制度是喷涂质量的重要保障，现代化涂装车间的现场管理中最突出的是环境清洁卫生的管理，因为尘埃是装饰性涂装的大敌，必须树立无缺陷的质量观念，加强工艺管理，严格工艺纪律，确保一次涂装合格。

世界各大汽车制造企业历来对涂装管理极为重视，由涂料厂商直接负责涂装生产的技术管理，使汽车生产厂的涂装管理大大简化，涂装一次合格率提高，生产成本降低。目前，这种管理方式在国内各汽车公司仍处于尝试阶段。

近几年，部分有实力的涂装材料公司和涂装设备公司又推出了 BOT 服务模式，即汽车公司的涂装车间由涂装材料公司或涂装设备公司投资建设，并负责生产管理，根据汽车公司的整车生产计划进行涂装生产，供给汽车公司的是合格的涂膜。汽车公司只需制定技术标准的和验收监督涂装产品质量。这将成为涂装管理的一大发展趋势。

总之，喷涂车间的工程管理和技术管理是决定公司市场竞争力的重要因素，必须引起充分的重视，才能使喷涂工艺及喷涂产品的质量得到质的提高。

参考文献

- [1]张学敏, 郑化, 魏铭, 2006, 涂料与涂装技术, 化学工业出版社, p389~399
- [2]叶镜泉, 廖文波, 2008, 现代汽车涂料的发展趋势, 广东化工, p3~6
- [3]日本开发微粒子粉末涂料, 2008, 中国石油和化工, p45
- [4]任莹, 路学成, 黄勇, 2009, 纳米涂层制备技术的进展, 热处理, p12~16
- [5]涂装新技术——热熔漆及涂装, 家具, 2008, p50~58
- [6]李国波, 阳克付, 黎重春等, 2009, 汽车涂装中的节能环保新工艺, 中国涂料, p49~51
- [7]于璇, 2009, 绿色涂装工艺——凯密特尔硅烷技术特点, 电器杂志
- [8]徐磊, 张春华, 张松等, 2004, 爆炸喷涂研究的现状及趋势, 金属热处理, p21~25
- [9] 张健全, 徐晋勇, 高清等, 2006, 热喷涂技术的发展及应用, 山西焦煤科技, p19~22
- [10]汽车涂装技术——涂装管理, 2008, <http://www.xici.net/b353856/d65895603.htm>

附录

甲) 国内有关清洁生产、节能的法规及政府节能减排的政策目标

清洁生产法规

为了促进清洁生产，提高资源利用效率，减少和避免污染物的产生，保护和改善环境，保障人体健康，促进经济与社会可持续发展，2002年6月29日第九届全国人民代表大会常务委员会第二十八次会议审议并通过了《中华人民共和国清洁生产促进法》，首次以法律的形式确立清洁生产的地位并于2003年1月1日起实行。

为全面推行清洁生产，规范清洁生产审核行为，根据《中华人民共和国清洁生产促进法》和国务院有关部门的职责分工，国家发展和改革委员会、原国家环境保护总局制定并审议通过了《清洁生产审核暂行办法》，该办法自2004年10月1日起施行。

为规范有序地开展全国重点企业清洁生产审核工作，根据《中华人民共和国清洁生产促进法》、《清洁生产审核暂行办法》（国家发展和改革委员会、国家环境保护总局令第16号）的规定，原国家环境保护总局制定了《重点企业清洁生产审核程序的规定》，该规定于2005年12月13日起实施。

在总结清洁生产阶段性工作的基础上，为了进一步明确和细化清洁生产审核工作，准确评价清洁生产审核工作成效，国家相继颁布了42项清洁生产行业标准和24项清洁生产指标评价体系。

清洁生产评价指标体系

清洁生产评价指标体系

清洁生产评价指标体系

清洁生产评价指标体系		清洁生产评价指标体系	
制革行业清洁生产评价指标体系 (试行)		包装行业清洁生产评价指标体系 (试行)	
水泥行业清洁生产评价指标体系 (试行)		制浆造纸行业清洁生产评价指标体系 (试行)	
硫酸行业清洁生产评价指标体系 (试行)		煤炭行业清洁生产评价指标体系 (试行)	
机械行业清洁生产评价指标体系 (试行)		电池行业清洁生产评价指标体系 (试行)	
发酵行业清洁生产评价指标体系 (试行)		铝行业清洁生产评价指标体系 (试行)	
纯碱行业清洁生产评价指标体系 (试行)		烧碱、聚氯乙烯行业清洁生产评价指标体系 (试行)	
涂料制造业清洁生产评价指标体系 (试行)		铬盐行业清洁生产评价指标体系 (试行)	
陶瓷行业清洁生产评价指标体系 (试行)		印染行业清洁生产评价指标体系 (试行)	
铅锌行业清洁生产评价指标体系 (试行)		电镀行业清洁生产评价指标体系 (试行)	
轮胎行业清洁生产评价指标体系 (试行)		氮肥行业清洁生产评价指标体系 (试行)	
磷肥行业清洁生产评价指标体系 (试行)		钢铁行业清洁生产评价指标体系 (试行)	
火电行业清洁生产评价指标体系 (试行)		电解金属锰行业清洁生产评价指标体系 (试行)	

清洁生产行业标准

清洁生产标准		清洁生产标准	
发布稿			
平板玻璃行业清洁生产标准		浮法玻璃行业清洁生产标准	
钢铁行业（中厚板轧钢）清洁生产标准		钢铁行业清洁生产标准	
彩色显像（示）管生产清洁生产标准		制革行业（猪轻革）清洁生产标准	
化纤行业（氨纶）清洁生产标准		纺织业（棉印染）清洁生产标准	

清洁生产标准	清洁生产标准
镍选矿行业清洁生产标准	炼焦行业清洁生产标准
铁矿采选业清洁生产标准	人造板行业清洁生产标准 (中密度纤维板)
电解锰行业清洁生产标准	电镀行业清洁生产标准
电解铝业清洁生产标准	氮肥制造业清洁生产标准
造纸工业(硫酸盐化学木浆生产工艺)清洁生产标准	基本化学原料制造业(环氧乙烷/乙二醇)清洁生产标准
造纸工业(漂白化学烧碱法麦草浆生产工艺)清洁生产标准	石油炼制业清洁生产标准
造纸工业(漂白碱法蔗渣浆生产工艺)清洁生产标准	汽车制造业(涂装)清洁生产标准
食用植物油工业(豆油和豆粕)清洁生产标准	啤酒制造业清洁生产标准
乳制品制造业(纯牛乳及全脂乳粉)清洁生产标准	甘蔗制糖业清洁生产标准
征求意见稿	
宾馆饭店行业清洁生产标准	化纤行业(涤纶)清洁生产标准
酒精制造业清洁生产标准	分体式空调制造业清洁生产标准
化纤行业(维纶)清洁生产标准	餐饮行业清洁生产标准
化纤行业(腈纶)清洁生产标准	水泥行业清洁生产标准
油脂工业清洁生产标准	燃煤电厂清洁生产标准
烟草加工业清洁生产标准	

为支持引导企业开展清洁生产工作,国家经济和信息化委员会相继公布了三批国家清洁生产技术导向目录。通过不断总结已成功实施的先进清洁生产技术和经验,并加以推广,推动清洁生产工作的全面开展。

2001年,广东省环保厅、经信委、科技厅联合出台《广东省清洁生产联合行动实施意见》(粤经贸资源[2001]972号),标志着广东清洁生产正式启动。

2009年1月12日，广东省经信委、省科技厅和省环保厅联合发布了《广东省清洁生产审核及验收办法》（粤经贸法规〔2009〕35号），进一步规范清洁生产审核行为和验收程序。

乙) 政府节能节能法规及减排的政策目标

为了推动社会节约能源、提高能源利用效率、保护和改善环境，促进经济社会全面协调可持续发展，2007年10月28日第十届全国人民代表大会常务委员会第三十次会议审议并修订了1997年11月1日第八届全国人民代表大会常务委员会第二十八次会议通过的《中华人民共和国节约能源法》，新修订的《中华人民共和国节约能源法》（中华人民共和国主席令第77号）于2008年4月1日起施行。

2007年5月23日，国务院发布了《关于印发节能减排综合性工作方案的通知》（国发[2007]15号），进一步明确了实现节能减排的目标任务。要求到2010年，万元国内生产总值能耗由2005年的1.22吨标准煤下降到1吨标准煤以下，降低20%左右；单位工业增加值用水量降低30%。“十一五”期间，主要污染物排放总量减少10%，到2010年，二氧化硫排放量由2005年的2549万吨减少到2295万吨，化学需氧量（COD）由1414万吨减少到1273万吨；全国设市城市污水处理率不低于70%，工业固体废物综合利用率达到60%以上。

2008年7月23日国务院第18次常务会议通过《公共机构节能条例》（中华人民共和国国务院令531号），自2008年10月1日起施行。

为了促进循环经济发展，提高资源利用效率，保护和改善环境，实现可持续发展，国家颁布了《中华人民共和国循环经济促进法》（中华人民共和国主席令第4号），自2009年1月1日起施行。

根据《中华人民共和国节约能源法》和有关法律、法规，广东省结合本省实际情况，制定了《广东省节约能源条例》，该《条例》自2003年10月1日起施行。

为进一步贯彻落实《中华人民共和国清洁生产促进法》，加快发展循环经济，建设资源节约型、环境友好型社会，推动广东省经济社会又好又快发展，广东省人民政府发布了《关于加快推进清洁生产工作的意见》（粤府办〔2007〕77号）。该《意见》提出，到2010年，实现广东省万元GDP能耗（按2005年不变价格

计算)比2005年下降16%,万元GDP的取水量下降到200吨,工业用水重复率达到68%;全省化学需氧量(COD)和二氧化硫排放量均在2005年的基础上削减15%。通过加快结构调整和技术进步,完善政策法规体系,引导企业开展清洁生产审核,力争广东省清洁生产达到国内先进水平,进一步加强清洁生产组织管理、生产标准、科技支撑、宣传培训、保障激励机制等方面建设,推进清洁生产从试点阶段向普及阶段转变,从工业领域向社会多领域转变,从企业层面向行业园区层面转变,推动清洁生产在全社会的广泛实施。到2010年,全省公布表彰300家清洁生产先进企业,依法对500家重点污染企业以及使用或排放有毒有害物质企业实施强制性清洁生产审核,列入省“双千节能行动”的重点耗能企业、省循环经济试点单位、资源综合利用企业全面开展清洁生产审核;在经国家审核公告的开发区中,选取15个基础较好的园区作为清洁生产示范园区;整合行业清洁生产技术,重点抓好广东省重污染行业技术攻关和节能减排技术推广;研发、推广100项以上先进的清洁生产技术、产品;在农业、交通运输、商贸流通、服务业等领域选择示范点作为清洁生产示范单位,在社会各个领域推进清洁生产工作。

2009年初发布的《珠江三角洲地区改革发展规划纲要(2008-2020)》也提出要大力发展循环经济,坚持开发节约并重、节约优先,按照减量化、再利用、资源化的原则,大力推进节能节水节材,加强资源综合利用,全面推行清洁生产,形成低投入、低消耗、低排放和高效率的经济发展方式。到2012年每新增亿元地区生产总值所需新增建设用地量下降,单位生产总值能耗与世界先进水平的差距明显缩小,环境质量进一步改善。

丙) 国内对喷涂工序的环保要求及环保法规

1 喷涂工序的清洁生产

目前国内尚没有专门针对喷涂工序制定清洁生产标准。部分涉及涂装工序的行业清洁生产标准中有关于该工序的评价指标和要求。如：

[1] 清洁生产标准 汽车制造业 (涂装) (HJ/T 293-2006) , 国家环境保护总局

[2] 涂料制造业清洁生产评价指标体系 , 国家发展和改革委员会

喷涂工序涉及的环保法规包括：

[3] 大气污染物综合排放标准 (GB 16297-1996) , 国家环境保护总局

[4] 污水综合排放标准 (GB 8978-1996) , 国家环境保护总局

[5] 工业企业噪声控制设计规范 (GBJ 87-85) , 中华人民共和国国家计划委员会

[6] 工业企业厂界环境噪声排放标准 (GB 12348—2008) , 国家环境保护总局

[7] 建设项目竣工环境保护验收技术规范 汽车制造 (HJ/T 407—2007) , 国家环境保护总局

[8] 《工作场所有害因素职业接触限值》(GBZ 2-2002) , 中华人民共和国卫生部

[9] 工业企业设计卫生标准 GBZ 1-2002 , 中华人民共和国卫生部

此外, 还有本行业安全规程和国家对于落后工艺、产品的相关要求等文件：

[10] 涂装作业安全规程 安全管理通则 (GB 7691-2003) , 国家安全生产监督管理总局

[11] 涂装作业安全规程 有机废气净化装置安全技术规定 (GB 20101 - 2006) , 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 , 中国国家标准化管理委员会

[12] 涂装作业安全规程 涂装前处理工艺安全及其通风净化 (GB

7692-1999), 国家安全生产监督管理总局

[13] 涂装作业安全规程 涂漆工艺安全及其通风净化 (GB6514-1995), 国家安全生产监督管理总局

[14] 《淘汰落后生产能力、工艺和产品的目录》(第一批、第二批、第三批), 国家发展和改革委员会

以上各项法规文件分别涉及到喷涂行业的原材料（涂料）、生产工艺、车间环境、废弃物（废水、废气、噪声、固体废弃物）排放等环节，并分别提出了具体的指标或要求：

1.1 涂料

（一）清洁生产要求

清洁生产标准 汽车制造业（涂装）(HJ/T 293-2006) 对该行业所用原材料的基本要求：

表 1 涂装用涂料的清洁生产评价标准

指标		一级	二级	三级
1、基本要求		(1) 禁止使用含苯的涂料、稀释剂和溶剂；禁止使用含铅白的涂料；禁止使用含红丹的涂料；禁止使用含苯、汞、砷、铅、镉、锑和铬酸盐的底漆； (2) 严禁在前处理工艺中使用苯；禁止在大面积除油和除旧漆中使用甲苯、二甲苯和汽油； (3) 限制使用含二氯乙烷的清洗液；限制使用含铬酸盐的清洗液。		
2、涂装前处理	脱脂剂	采用无磷、低温或生物分解型的脱脂剂	采用低磷、低温的脱脂剂	采用高效、中温的脱脂剂
	磷化液	(1) 不含亚硝酸盐		采用低温、低锌、低渣磷化液
		(2) 不含第一类金属污染物		
(3) 采用低温、低锌、低渣磷化液				
3、底漆		(1) 水性漆（或水性涂料）		(1) 水性漆（或水性涂料）
		(2) 无铅、无锡、节能型阴极电泳漆		(2) 阴极电泳漆
		(3) 节能型粉末涂料		(3) 粉末涂料
4、中涂		(1) 涂料固体份 > 75%	(1) 涂料固体份 > 70%	(1) 涂料固体份 > 60%
		(2) 水性涂料	(2) 水性涂料	(2) 水性涂料
		(3) 节能型粉末涂料	(3) 节能型粉末涂料	(3) 粉末涂料
5、面漆		(1) 涂料固体份 > 75%	(1) 涂料固体份 > 70%	(1) 涂料固体份 > 60%

	(2)水性涂料	(2)水性涂料	(2)水性涂料
	(3)节能型粉末涂料	(3)节能型粉末涂料	(3)粉末涂料
	(4)紫外线固化涂料	(4)紫外线固化涂料	(4)紫外线固化涂料

(二) 淘汰产品

国家《淘汰落后生产能力、工艺和产品的目录》中规定了以下涂料产品予以淘汰，并规定了淘汰期限：

表 2 国家已淘汰的涂料类型

序号	产品名称	淘汰期限
1	改性淀粉涂料	2000 年
2	改性纤维涂料	2000 年
3	聚乙烯醇水玻璃内墙涂料（106 内墙涂料）	2003 年
4	多彩内墙涂料(树脂以硝化纤维素为主,溶剂以二甲苯为主的 O/W 型涂料)	2003 年
5	氯乙烯-偏氯乙烯共聚乳液外墙涂料	2003 年
6	焦油型聚氨酯防水涂料	2002 年 7 月 1 日
7	水性聚氯乙烯焦油防水涂料	2002 年 7 月 1 日
7	聚乙烯醇及其缩醛类内外墙涂料	2002 年 7 月 1 日
8	聚醋酸乙烯乳液类（含 EVA 乳液）外墙涂料	2002 年 7 月 1 日

《涂装作业安全规程 安全管理通则（GB 7691-2003）》对涂料及有关化学品分别作出了严禁使用、禁止使用和限制使用的规定：

(1) 严禁使用含铅白的涂料

(2) 禁止使用以下涂料及有关化学品

- a) 含苯涂料 包括重质苯 石油苯 溶剂苯和纯苯（下同）
- b) 含苯稀释剂 包括重质苯 石油苯 溶剂苯和纯苯（下同）
- c) 含苯溶剂 包括脱漆剂 金属清洗液等 包括重质苯 石油苯 溶剂苯和纯苯（下同）
- d) 含汞、砷、铅、镉、铊车间底漆

因涂装有特殊工艺要求不得不选用时 应遵守下列规定：

a) 向当地安全主管部门申请报告并得到批准 报告内容应包括安全评价和防护措施

b) 对作业场所空气中有毒物质进行跟踪检测 每月至少检测一次

c) 及时评价工人接触有害化学品的情况 进行健康监护

(3) 限制使用以下涂料和有关化学品

a) 含红丹涂料

b) 含二氯乙烷清洗液

c) 含铬酸盐的车间底漆或前处理液

如必需选用时，应遵守下列规定

a) 向当地安全主管部门报告备案 报告内容应包括防护措施

b) 对作业场所空气中有毒物质进行跟踪检测 每季度至少检测一次

c) 及时评价工人接触有害化学品的情况 进行健康监护

1.2 生产工艺与环境管理

《清洁生产标准 汽车制造业（涂装）（HJ/T 293-2006）》按照涂装前处理、底漆、中涂、面漆等工艺流程制定了生产工艺的清洁生产评价指标：

表3 涂装工艺清洁生产评价标准

指标		一级	二级	三级
2 涂装前处理	脱脂设施	有脱脂液维护与调整设施（如油水分离器、磁性分离器等）		
	磷化设施	有磷化液维护与调整设施（如磷化液除渣设施等）		
	温度控制	有自动控温系统		
	工艺安全	符合 GB7692 涂漆前处理工艺安全		
3 底漆		（1）水性漆（或水性涂料）		（1）水性漆（或水性涂料）
		（2）无铅、无锡、节能型阴极电泳漆		（2）节能型阴极电泳漆
		（3）节能型粉末涂料		（3）粉末涂料
4 中涂	漆雾处理	有自动漆雾处理系统		有漆雾处理系统
	喷漆室	采用节能型设施，废溶剂有效回收；符合 GB14444 喷漆室安全技术规定		
	烘干室	有脱臭装置，符合 GB 14443 涂层烘干室安全技术规定		符合 GB 14443
5 面漆	漆雾处理	有自动漆雾处理系统		有漆雾处理系统
	喷漆室	采用节能型设施，废溶剂有效回收；符合 GB14444 喷漆室安全技术规定		

烘干室	有脱臭装置，符合 GB 14443 涂层烘干室安全技术规定	符合 GB 14443
-----	-------------------------------	-------------

企业环境管理方面有如下的清洁生产评价标准：

表 4 涂装企业环境管理清洁生产评价标准

指标		一级	二级	三级
五、环境管理指标				
1 环境法律法规标准		符合国家和地方有关环境法律、法规，污染物排放达到国家和地方排放标准、总量控制指标和排污许可证管理要求		
2 生产过程环境管理		生产中无跑、冒、滴、漏，有工艺过程管理		
3 环境管理	环境审核	完成清洁生产审核并建立 ISO14001 环境管理体系	完成清洁生产审核、有齐全的管理规章和岗位职责	
	环境管理机构	建立并有专人负责		
	环境管理制度	健全、完善并纳入日常管理	较完善的环境管理制度	
	环保设施的运行管理	记录运行数据并建立环保档案	记录运行数据并进行统计	
	污染源监测系统	符合国家环保总局和当地环保局对主要污染物在线监测要求，同时具有主要污染物分析条件	具有主要污染物分析条件	
4 相关方环境管理		完成清洁生产审核并建立 ISO14001 环境管理体系	完成清洁生产审核、有齐全的管理规章和岗位职责	有管理规章和岗位职责

《清洁生产标准 汽车制造业（涂装）（HJ/T 293-2006）》

1.3 废水

（一）废水治理措施要求

涂装车间产生的脱脂、磷化、电泳清洗等废水，主要污染因子为 pH 值、悬浮物、化学需氧量、石油类、总磷、总镍、总铬、阴离子洗涤剂等，要求在车间内建设第一类污染物处理设施，并保证在车间排放口达标；

喷漆过程水幕捕集漆雾循环水定期排污废水，主要污染物有化学需氧量、悬浮物等，应送污水处理站处理。

（建设项目竣工环境保护验收技术规范 汽车制造 HJ/T 407—2007）

（二）废水排放标准

喷涂行业废水相关标准分为末端处理前的清洁生产标准和末端处理后的排放标准要求。其中,《清洁生产标准 汽车制造业(涂装)(HJ/T 293-2006)》规定了涂装过程主要污染物化学需氧量(COD)和总磷的产生量指标分级:

表 5 涂装过程主要污染物产生量指标

指标	一级	二级	三级
COD 产生量 (g/m ²)	≤100	≤150	≤200
总磷产生量 (g/m ²)	≤5	≤10	≤20

注:此处“产生量”指废水在进入废水处理车间之前的测定值。

企业总排口排放的废水执行《污水综合排放标准 (GB 8978-1996)》:

表 6 喷涂工序主要水污染物排放标准

单位: mg/L

第一类污染物				
序号	污染物	最高允许排放浓度		
1	总铬	1.5		
2	六价铬	0.5		
3	总铅	1		
4	总镍	1		
第二类污染物				
序号	污染物	一级标准	二级标准	三级标准
1	pH	6~9	6~9	6~9
2	SS	70	150	400
3	COD	100	150	500
	BOD	20	30	300
4	石油类	5	10	20
5	动植物油	10	15	100
6	LAS	5	10	20
7	总磷			
8	氨氮	15	25	—

1.4 废气

(一) 废气产生量

国家清洁生产标准对汽车制造业涂装工序废气产生量(进入治理设施之前的废气量)制定了评价标准,如下表所示:

表 7 涂装工序废气产生量清洁生产评价标准

指标		一级	二级	三级
有机废气 (VOC) 产生量 (g/m ²)	2C2B 涂层	≤30	≤50	≤70
	3C3B 涂层	≤40	≤60	≤80
	4C4B 涂层	≤50	≤70	≤90
	5C5B 涂层	≤60	≤80	≤100

清洁生产标准 汽车制造业 (涂装) (HJ/T 293-2006)

(二) 车间废气

《涂装作业安全规程 涂装前处理工艺安全及其通风净化 (GB 7692-1999)》中对涂装前处理工序车间含尘量作出规定: 机械法除锈或清除旧漆必须设置独立的排风系统和除尘装置, 作业人员呼吸区域空气中含尘量应小于 10 毫克/平方米; [2]

《涂装作业安全规程 涂漆工艺安全及其通风净化 (GB6514-1995)》和工作场所所有害因素职业接触限值》(GBZ 2-2002)均对车间内主要有毒有害物质的容许浓度进行了规定:

表 8 涂装车间有毒有害物质的容许浓度

GB6514-1995		GBZ 2-2002		
名称	最高容许浓度 (mg/m ³)	名称	时间加权平均容许浓度(mg/m ³)	*短间接接触容许浓度(mg/m ³)
乙醚	500	乙醚	300	500
二甲苯	100	二甲苯	50	100
二硫化碳 (皮)	10	二硫化碳 (皮)	5	10
甲苯二异氰酸酯 (皮)	0.2	甲苯二异氰酸酯 (皮)	—	—
三氧化铬、铬酸盐、重铬酸盐 (换算成 CrO ₃)	0.05	三氧化铬、铬酸盐、重铬酸盐 (换算成 Cr)	0.05	0.15
丙酮	400	丙酮	300	450
甲苯	100	甲苯	50	100
丁二烯	100	丁二烯	5	12.5
吡啶	4	吡啶	4	10
有机汞化合物 (皮)	0.005	有机汞化合物 (皮)	0.01	0.03
松节油	300	松节油	300	450

GB6514-1995		GBZ 2-2002		
名称	最高容许浓度 (mg/m ³)	名称	时间加权平均容 许浓度(mg/m ³)	*短间接接触容 许浓度(mg/m ³)
环氧氯丙烷(皮)	1	环氧氯丙烷(皮)	1	2
环氧乙烷	2	环氧乙烷	2	5
环乙酮	50	环乙酮	—	—
环乙烷	100	环乙烷	2	5
苯(皮)	40	苯(皮)	6	10
苯乙烯	40	苯乙烯	50	100
氧化锌	5	氧化锌	3	5
铅尘	0.05	铅尘	0.05	0.15
酚(皮)	5	酚(皮)	10	25
锰及其化合物 (换算成 MnO ₂)	0.2	锰及其无机化合 物	0.15	0.45
氯苯	50	氯苯	50	100
三氯乙烯	30	三氯乙烯	30	60
溶剂汽油	300	溶剂汽油	300	450
乙酸乙酯	300	乙酸乙酯	—	—
乙酸丁酯	300	乙酸丁酯	200	300
丙醇	200	丙醇	200	300
丁醇	200	丁醇	100	200
四氯化碳(皮)	25	四氯化碳(皮)	15	25
涂料粉尘	10	涂料粉尘	—	—
硫酸及三氧化硫	—	硫酸及三氧化硫	1	2

(三) 废气治理措施要求

喷涂工序的废气产生环节须有相应的治理措施。如：

- 底漆烘干房有机废气，应焚烧后排放
- 密封胶烘干产生有机废气，应经排气筒直接排放
- 中涂漆、面漆喷漆室含苯系物有机废气，应经漆雾处理装置处理后排放
- 流平室或急冷室有机废气，应经排气筒直接排放
- 中涂漆、面漆烘干房含苯系物有机废气，应焚烧后排放

《涂装作业安全规程 有机废气净化装置安全技术规定 (GB 20101—2006)》中对涂装作业有机废气净化装置的环保要求作出了相关要求：

1 涂装作业中产生的有机废气，使作业场所空气中有害物质的浓度超过 GB6514 - 1995 中第 5.2.1 条的规定时，应采取通风排毒措施。通风排气装置排

出的有害物质浓度超过 GB16297 中规定的大气污染物排放限值时，应采取净化处理措施。

2 净化处理措施应根据涂装工艺条件和污染状况选择采用活性炭吸附、催化燃烧、热力燃烧或液体吸收等净化装置，净化后排入大气的污染物应符合 GB16297 中大气污染物排放限值的规定。

3 净化装置排出的废水应符合 GB8978 的有关规定。排出的废渣、固体废物，其贮存、填埋、焚烧应分别符合 GB18597、GB18598、GB18484 或 GB18599 的规定。

4 进入净化装置的有机废气的浓度应低于其爆炸极限下限的 25%。

5 净化装置前应设置有机废气直接排空装置。当净化装置一旦发生故障或工作结束时，应能立即打开直接排空装置，使有机废气直接排空，以防有机气体积聚。

6 直接排空装置后、净化装置前，应设置去除悬浮物质、尘土等的过滤器。过滤器应设置压差计，当过滤器的阻力超过设定最大阻力时，或到清理日期时，应立即清理或更换过滤材料。

（四）废气排放标准

喷涂行业废气排放执行大气污染物综合排放标准（GB 16297-1996）要求：

表 9 喷涂行业废气排放标准

单位：mg/m³

序号	污染物	最高允许排放浓度
1	铬酸雾	0.006
2	硫酸雾	1.2
3	苯	0.4
4	甲苯	2.4
5	二甲苯	1.2
6	非甲烷总烃	4

1.5 废渣

喷涂工艺产生的废渣应危险废物（磷化滤渣、废槽液、漆渣、废水处理产生的污泥等）交由有相应资质的处置机构处理，一般固体废物外卖或交由市政环卫部门处理。

国家清洁生产标准对汽车制造业涂装工序废漆渣产生量制定了评价标准，如

下表所示:

表 10 涂装工序废漆渣产生量清洁生产标准

指标	一级	二级	三级
废漆渣产生量(g/m ²)	≤20	≤50	≤80

清洁生产标准 汽车制造业(涂装)(HJ/T 293-2006)

1.6 噪声

喷涂车间设备噪声排放标准按照《GBJ 87-85 工业企业噪声控制设计规范》执行。

工作场所操作人员每天连续接触噪声 8 小时,噪声声级卫生限值为 85dB(A)。对于操作人员每天接触噪声不足 8 小时的场合,可根据实际接触噪声的时间,按接触时间减半,噪声声级卫生限值增加 3dB(A)的原则,确定其噪声声级限值(表 11)。但最高限值不得超过 115dB(A)。

表 11 工作地点噪声声级的卫生限值

日接触噪声时间(h)	卫生限值[dB(A)]
8	85
4	88
2	91
1	94
1/2	97
1/4	100
1/8	103
最高不得超过 115[dB(A)]	

厂界噪声视周围区域的声环境功能区类别,分别执行以下排放标准:

表 12 工业企业厂界环境噪声排放限值

单位: dB (A)

厂界外声环境功能区类别	时段	
	昼间	夜间
0	50	40
1	55	45
2	60	50
3	65	55
4	70	55

2 喷涂工序国家已淘汰或限制的工艺或设备

《涂装作业安全规程 安全管理通则(GB 7691-2003)》规定了限制淘汰的涂

装工艺：

- 1 严禁用苯（包括重质苯、石油苯、溶剂苯和纯苯）脱漆或清洗
- 2 禁止使用以下涂装工艺：
 - a) 游离二氧化硅含量 80%以上的石英砂干喷砂除锈 下称干喷砂除锈
 - b) 火焰法除旧漆
 - c) 大面积使用汽油 甲苯 二甲苯除油 除旧漆
 - d) 喷涂含红丹涂料

涂装有特殊工艺要求不得不选用时 应遵守下列规定

- a) 严禁在 4.2.4 的特定环境选用
- b) 按 4.1.2 d)的规定 进行报告备案 跟踪检测 健康监护

3 限制使用二氯乙烷除油清洗

如必需选用时，应遵守下列规定：

- a) 严禁在 4.2.4 的特定环境使用
- b) 按 4.1.3 c)的规定 进行报告备案 跟踪检测 健康监护

4 特定环境严禁选用的涂装工艺

- a) 敞开式或有限空间内干喷砂除锈
- b) 可燃结构厂房、易燃易爆场所、有限空间、居民住宅区、公共集聚场

所采用火焰法除旧漆

- c) 无有效通风作业场所使用甲苯 二甲苯 汽油大面积除油或除旧漆，喷涂含苯涂料 包括含苯稀释剂 和含苯有机溶剂 二氯乙烷除油清洗

此外，《清洁生产标准 汽车制造业（涂装）（HJ/T 293-2006）》规定了涂装前处理工序禁止使用火焰法除旧漆；严格限制使用干喷砂除锈。