

浅谈保险杠干冰前处理工艺应用技术

李文博，许能才，刘永宏，李文鹏，万德俊，文龙

合众新能源汽车股份有限公司 浙江嘉兴 314500

摘要：随着环境保护意识的增强，干冰清洁技术在汽车制造业中得到了广泛的应用。这种技术通过使用冷却至 -79°C 的干冰清除工件表面的杂质，具有高效、环保、低能耗等优点。该技术与机械臂结合，可实现自动化，进而提高喷漆品质和产品的良品率。还讨论了手动清洗和 CO_2 清洁的方法，以及其在汽车制造中的应用。同时，强调了在整个清洁过程中的安全性至关重要。

关键词：干冰清洁；汽车制造；机械手

DOI:10.16173/j.cnki.ame.2024.07.007

干冰清洁技术是一项先进的清洁方法，具备环保、占地面积小、能源消耗低、运营成本低、清洁效能高、可消除指纹及清除注塑过程中产生的油渍等优点^[1]。结合机械臂使用时，能够实现稳定、可靠的作业，

同时节省人力资源。最终，该技术能显著提升喷漆质量，减少由工件清洁度不足导致的不合格品，从而提高了产品的优良率。

段；或进行部分线束来料反向困扎，如本分析案例中反向捆扎分支B3、B8、B9，使线束分支B8和接插件枝节L1-B3、L1-B9避开风险区段。

结语

因实际线束零件存在设计、制造公差，穿孔时各线束及接插件也不可能完全按理想状态排布并时刻保持同一位置，故上述针对三维数据的虚拟装配分析，仅从数据及理论角度提出潜在的风险及建议，结论仅供参考。除非分析结果显著地表明风险很低，否则应

进行样件验证或实车验证以最终评估装配方案的可行性。

针对数据的虚拟装配分析SE (Simultaneous Engineering)，是当今汽车设计及工艺开发领域同步工程的一个重要活动。与传统的串行开发模式相比，同步工程能显著地加快产品开发进度，降低生产制造成本，把目前大多按阶段进行的跨部门(包括产品、材料、工艺、工装、物流及售后服务等)工作尽可能进行同步作业，以避免后续部门的需求导致产品设计的不断更改。 **AUTO1950**

干冰清洁的基本原理

(1) 物理方法 利用极寒 (-79°C) 干燥冰块, 将工件表面的油脂除去, 这样可以方便地加工。

(2) 动力原理 干燥冰块经过系统的高压气流以较快的速度被排出, 由喷口喷射到工件的表面, 在一定程度上形成撞击力, 达到清洁灰尘的目的;

(3) 膨化原则 细小的干冰撞击在物体的表层后, 迅速扩张, 利用这种膨胀的力量将残余物质清除^[2]。

干冰清洁原理如图1所示。干冰清洁装置由几个主要组成部分构成: 液态 CO_2 储存系统、干冰生产系统、压缩空气供应系统和喷雾清洁系统。其中, CO_2 储存系统的核心任务是确保液态 CO_2 的安全储存和供应, 以满足整个生产流程的需要。在这一系统内, CO_2 以液体形态存储, 需满足一定的高温 and 低温环境条件。



图1 干冰清洁原理

在干冰清洁系统的应用中, 干冰的清洁过程被视为关键环节。该过程的主要功能是以高速度将干冰粒子喷洒至待清洁物体的表面, 以实现去除表面杂质的目的; 这个系统通常被安装在涂装车间的喷涂生产线上, 并与机械臂相结合使用。对于车身强度的测定, 其目的在于确保车身骨架具备足够的承载能力^[3]。首先, 需要对焊缝进行彻底的检查, 以确保其无气泡、咬边或裂缝等缺陷。接下来是评估车身的平衡性, 在设计重量基础上增加200kg, 并对车身的整体焊缝进行全面检查, 确保车身外形未出现任何裂纹, 且车身外形偏差不得超过5mm; 优化调整“四门两盖”以及相邻部件的间隙和表面差异; 车身精度检验主要侧重于检查车身尺寸与设计尺寸的一致性, 通常采用全车身扫描的方法进行。如今, 包括宝马在内的多家轿车品

牌都已采纳了这项技术, 其技术已十分成熟, 性能也极为稳定, 不仅能满足广大消费者的需求, 还能为企业带来可观的利润^[4]。

车辆的外形和保险杠

相较于传统的水洗和 CO_2 清洗方法, 手动擦洗更为简单直接。这一过程仅需在产品表面贴上一条胶带, 并使用酒精或异丙醇等溶剂进行擦拭 (见图2)。该技术在汽车制造业, 特别是如丰田这类品牌中, 得到了广泛应用。对喷射效应进行了深入的分析, 并通过严格控制注塑机的参数和车间的清洁度, 有效地避免了油脂和灰尘等杂质的污染。这不仅确保了注塑成品的表面平滑性, 还提高了涂装后产品的质量和一次合格率^[5]。与干冰清洗相比, 这种手动清洗方法在准备进入喷涂线的产品上具有更优秀的清洁效果。尤其在塑料部件的清洁上, 必须确保表面无油污。如果出现油污, 使用毛刷很难进行有效清洗, 这将导致涂层出现缩孔和附着力不足的问题。



图2 手工擦洗保险杠

在生产过程中, 控制已注塑部件的存货量至关重要。存货等待时间越长, 粉尘对产品表面的污染概率就越高。因此, 建议在连续生产中, 将存货维持在半小时以内, 并在库存区设置专门的清洁区。同时, 保持良好的通风和湿度条件, 以最大程度地减少粉尘污染。若粉尘污染转移到涂装工艺, 将导致产品出现粉尘和其他瑕疵。总体而言, 在大量原材料需求的情况下, 预磨方法是不适用的。因此, 在设计方案时, 必须进行喷雾配合性的测试, 并根据实际情况进行综合考量^[6]。

本研究旨在探讨一种特定水力喷射装置如何在固定压力下将油液均匀喷洒至工件表面, 以实现清洁效

果。初始步骤包括将两个喷头的温度升至 55°C ，并加入一次性脱脂剂，通过物理和化学方式有效去除表面污渍。工件随后经过三轮水洗，以彻底清除化学残留物，接着进行一轮精细清洗，以消除任何剩余杂质和矿物质离子。通常情况下，在喷头作业过程中工件上的水滴电导率不超过 $10\mu\text{s}$ 。某些制造商在最后一次清洗中加入助脱剂，以增加产品表面的水分张力，促进水分排放和产品干燥。清洁过程结束后，可以设置可选的振荡装置，或采用手动或自动吹风方式去除工件表面的水层，以便于后续干燥过程。手动吹风通常使用工厂集中供应的高压风，特别是在自动吹风无法触及的角落和容易吸水的区域^[7]。

另外， CO_2 清洁主要依赖于压缩空气、室内通风和各类设备的能量消耗来实现。根据 CO_2 清洁原理（见图3），为避免粉尘二次污染工件， CO_2 洁净室的沉降速度通常设置为 $0.3\sim 0.4\text{m/s}$ ，而相对湿度维持在 $40\%\sim 70\%$ 。由于不同地区 CO_2 含量的差异，本研究仅从工艺角度进行分析，未考虑原料对 CO_2 含量的影响。干冰清洗法以其颗粒大、速度快和冲击力强的特点，特别适合清洁黏度较高的油类。尤其是当使用较大干冰粉末颗粒且工件表面较软时，清洁效果尤为显著。与水洗相似， CO_2 清洁也需采用人工探伤、火烧和三次喷射等方法。值得注意的是，由于 CO_2 易于干涸，喷射前必须装配离子空气。而且，由于 CO_2 清洁的效果不如水清洁，必须使用无油的塑料颗粒，并持续进行设备保养，以防止油脂在产品上残留，造成清洁困难。

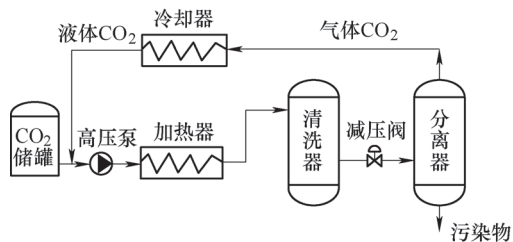


图3 CO_2 清洁保险杠原理

不然在喷涂时会出现缩孔、附着力不良等缺陷。在产线设计时，要充分地考虑成品的清洁状况和成品的外观状况，在有可能的时候，通过试验和验证，确定合适的方法。从工业设计的视角，本研究综合了不同车型的保险杠造型、车体发展历史及功能性元素，对多样的车辆外观进行了分类和解析。本文还进一步

探讨了企业品牌形象与营销战略之间的密切联系，以及品牌形象在市场中所扮演的关键角色。

伴随着国内轿车产业的迅猛发展，轿车造型逐渐从单一的功能性转向物质与精神的双重追求，从简单的交通工具升华为一种视觉艺术。得益于现代科技和设计理念，现代汽车正朝着功能与美感并重的方向持续发展。车身设计的优劣不仅深刻影响消费者满意度，还在很大程度上决定市场趋势。因此，汽车外观设计显得尤为关键。特别是前保险杠这一关键部件，它不仅具有防护和装饰功能，而且直接关系到驾驶安全。优化前缓冲器的安装方式不仅具有实际应用价值，还有一定的理论意义^[8]。

消费者现在越来越接受多样化的汽车保险杠和车身设计。汽车外观和造型已经成为促销的有力工具。现代汽车通常在前后部分各装有一块缓冲板，这不仅防止了外界环境对车体造成的损害，还在内部提供了额外的保护。汽车保险杠具有不可替代的保护作用，它还具有减振功能，能在高速碰撞时显著减少乘员受伤。技术上，保险杠的材料也经历了从钢铁到塑料的转变，以适应更高的安全和美观需求。

缓冲器的材料与功能

装备投入，某型号每小时40个悬挂的汽车保险杠，进行了预加工工序一系列5工序（包含预脱脂、脱脂及3次水清洗）。本机配有5个不锈钢水箱，1个不锈钢腔，1个抽水机，6个带喷嘴的风扇，1个不锈钢的导向和1个链式运输机，另外还有1个相应水管、风管、阀门等辅助装置，总的设备大小 $52\text{m}\times 3.2\text{m}\times 4.2\text{m}$ ；经过水洗后的干燥和强力冷却，室内采用不锈钢的内部面板，采用隔热的石棉和瓦楞板材，用于高温链和轨道的干燥，具有 120°C 的耐热性。在温度高于 120°C 的情况下，整个烘干管道的直径为 $80\text{m}\times 3.2\text{m}\times 4\text{m}$ 。

干冰工艺方案

工作室内空气送风：推荐送风容量在 $6000\text{m}^3/\text{h}$ 以上，这取决于干冰消耗率和 CO_2 的浓度；在清洁站内要注意清除粉尘和引导，避免粉尘在清洁站内盘旋，引起二次污染。

噪声：在清洁过程中，干燥器的声音大约在 110dB ，在起动之前，会有一定的噪声，而且，在起动

之前, 会有一次清理工作, 噪声大约在110~150dB, 大约需要10min的吹风机。噪声问题可以作消声的解决, 另设一个更小型的消声室; 也可以不进行处理, 因为使用了干冰技术后, 它基本实现了全线可视自动化, 没有了手工操作。造成的负面效应减少; 干冰清洁效能的验证。

取代原有的多道水洗、去脂、去油及干燥等道工序, 干冰清洁技术的使用备受争议, 因其只需一道干冰, 简单快捷 (见图4); 因此, 在干冰水冲洗之后, 对底板的表面处理的有效性进行了验证。当前, 该领域的主要测试技术有传统试验、漆膜黏附性 (等级0~1)、漆膜外观 (视觉正常) 和基板外观 (肉眼观察正常, 外观正常, 无损坏基板)。除此之外, 根据客户的要求, 还需要对塑料基材、匹配、老化等进行检测, 比如: 基材的表面因子 (一般>38)、抗水冲击、缺口冲击强度、抗石冲击、低温老化及高温老化等^[9]。



图4 机器人干冰清洁保险杠

干冰清洁的应用领域: 在汽车制造方面, 它的应用领域非常广泛。从常规的缓冲器涂装线, 一直延伸到汽车涂装线 (门把、门槛、装饰面板及尾翼), 再延伸到汽车表面的塑胶面板, 甚至是汽车表面的塑胶涂装线 (上、下)。随着车辆轻量化技术的快速发展和对非晶合金的强化应用, 该技术的应用范围将逐步扩大。但其缺点主要表现为对车体的金属片的加工, 其效果不佳, 主要还是受到了腐蚀系统的制约。

在现代汽车制造过程中, 防腐处理显得尤为重要。为增强各类金属部件的抗腐蚀能力, 它们需经过精细的化学处理, 特别是针对其内部结构的防腐处理。然而, 由于某些独特的物理特性, 例如低温、膨胀和冲击, 传统的预处理方法和预浸液常常难以满足

对车身内部空腔直接处理的需求。除了对车身及相关部件进行表面清洁外, 该技术还被广泛应用于清理油漆流水线的治具、滑撬、脚踏及壁板。在设备的安全操作方面, 特别是在利用机械手操作干冰时, 操作人员的安全是首要的考虑因素。在项目初期规划阶段, 必须仔细考虑干冰设备与周边设备之间的安全互锁机制, 以确保整个系统的安全稳定运行。

结语

目前, 伴随着中国汽车工业的高速增长和生产技术的飞速进步, 为满足日益增长的汽车制造需求, 各种先进的生产技术已经被广泛引入。与此同时, 由于国家对汽车尾气和废水等环境污染物的排放标准逐渐提升, 传统的预处理工艺面临喷漆阶段前的重大挑战。而干冰技术恰好可以弥补这个空白; 所以这种技术在汽车内部和外部装饰材料的表面清洗和油漆之前的清洗中都有很大的应用前景。

参考文献

- [1] 吴国荣, 陈旭辉, 黄诗雯. 汽车前置保险杠材料造型与安全性比较研究[J]. 材料导报, 2022, 36 (18): 199-205.
- [2] 康磊. 汽车塑料保险杠面漆前处理工艺分析[J]. 时代汽车, 2022 (2): 152-153.
- [3] 车磊. 汽车塑料保险杠涂装废水处理工艺研究[J]. 内燃机与配件, 2021 (19): 35-36.
- [4] 高明, 张焕亮, 毋莹, 等. 汽车保险杠水性漆工艺应用研讨[J]. 电镀与涂饰, 2021, 40 (4): 281-285.
- [5] 苏玉霞, 李飞, 葛强. 影响汽车保险杠油漆附着力的因素[J]. 电镀与涂饰, 2020, 39 (18): 1250-1256.
- [6] 柳星来, 于超, 李肖伟, 等. 乘用车保险杠免水洗前处理的工艺要点[J]. 电镀与涂饰, 2020, 39 (18): 1246-1249.
- [7] 朱少成. 乘用车外饰件的火焰处理[J]. 汽车实用技术, 2020 (14): 186-188.
- [8] 叶晓天, 王高坤, 胡伟. 保险杠喷涂前处理工艺浅析[J]. 汽车实用技术, 2020 (4): 155-157, 166.
- [9] 谷晓杰. 汽车保险杠蒙皮涂层涂装中火焰处理的应用与分析[J]. 涂层与防护, 2019, 40 (5): 49-53. **AUTO1950**