

# 涂装车间噪声治理实践

胡益霖, 谢志敏, 李 胜, 伍世钊, 黄冠博  
(广汽传祺汽车有限公司, 广州 511434)

**摘要:** 汽车涂装生产制造过程会产生大量过程噪声, 噪声主要来源于车间通风系统、压缩空气使用、设备运转、金属工具的碰撞、摩擦等。噪声污染的严重性已日益凸显, 成为继传统“三废”(废水、废气、废渣) 排放问题外的第四大环境污染问题, 伴随企业持续发展, 作业员工的接噪年限不断延长, 噪声对身体产生的危害日趋严重, 噪声治理刻不容缓。本文从噪声污染对员工的健康危害、车间的噪声分析、噪声污染的控制手段等三方面进行了阐述, 为同行提供涂装车间噪声治理的参考借鉴。

**关键词:** 涂装车间; 噪声危害; 噪声治理

**中图分类号:** TQ639 **文献标志码:** A **文章编号:** 1007-9548(2025)07-0018-04

## Noise Control Practice in the Painting Workshop

HU Yi-lin, XIE Zhi-min, LI Sheng, WU Shi-zhao, HUANG Guan-bo  
(GAC Motor Co., Ltd., Guangzhou 511434, China)

**Abstract:** The automotive painting and coating manufacturing process generates substantial levels of process noise, primarily originating from the workshop's ventilation systems, compressed air usage, equipment operation, and the collision and friction of metal tools. The severity of noise pollution has become increasingly prominent, emerging as the fourth major environmental concern following the traditional “three wastes” (wastewater, waste gas and solid waste). With the continued development of enterprises, employees are exposed to noise over longer working years, exacerbating the health risks associated with prolonged exposure. Consequently, the need for effective noise control has become increasingly urgent. This paper elaborates on three key aspects: the health hazards of noise pollution to employees, analysis of noise sources in workshops, and methods of noise control. The objective is to provide a practical reference for noise management in automotive painting workshops.

**Key words:** painting workshop; noise hazards; noise control

## 0 引言

2011 年的时候, 世界卫生组织(WHO)和欧盟合作研究中心公开了一份研究噪声对人体健康的影响研究报告《噪音污染导致的疾病负担》, 报告指出了多项噪声对人体的危害, 如对情绪的影响, 对听力的损伤, 对人体系统身体指标的影响, 严重时会造成不可逆的噪声性耳聋等严重疾病, 噪声污染已经成为人类公共健康的第二个杀手(仅次于空气污染)<sup>[1]</sup>。噪声污染给人体带

来的健康风险如图 1 所示, 针对噪声引发的疾病中, 职业性听力损失(Occupational hearing loss, OHL)是一种典型疾病, 是在工作过程中, 接触超标的噪声等职业危害因素, 导致听力损失。因长期暴露在噪声过度的环境中引起的 OHL, 也称为噪声性耳聋(Noise-induced hearing loss, NIHL), 噪声性耳聋对健康的影响, 包括疲劳、失眠、易怒、听力下降甚至丧失等<sup>[2]</sup>, 噪声聋被列入国家颁发的《职业病分类和目录》当中, 位于第四类职业性耳鼻喉口腔疾病, 是企业必须负责防治的职业病之一。

在汽车制造企业噪声作业工人听力的调查中, 广州医科大学附属市十二人民医院选取某汽车制造企业

收稿日期: 2024-03-25

作者简介: 胡益霖(1993—), 男, 本科, 工程师, 主要从事汽车涂装制造工艺的优化与改善工作。E-mail: huyi@gacmotor.com。

暴露于职业性噪声超过一年的 3 411 名工人为研究对象,对噪声作业工人开展问卷调查,对工作场所进行职业病危害因素检测。该企业有 509 人检出有听力损失,噪声性听力损失发生率为 15.7%<sup>[3]</sup>。

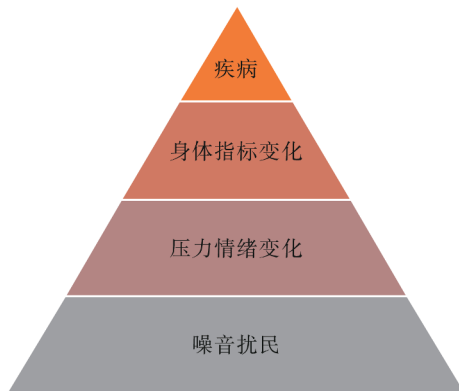


图 1 噪声污染危害金字塔

在长期的数据跟踪下显示,正常人在 80 dB 以下的噪声,终生暴露不致引起听力损伤。在 85 dB 的噪声环境中长期暴露 20 年,噪声性耳聋的发病率在 5% 左右。当噪声提高到 100 dB 的时候,噪声性耳聋年限缩短至 5 年<sup>[4]</sup>,严重危害员工的职业健康。噪声聋主要导致感音性听力损失,具有不可逆性,目前尚无确切有效的治疗方法<sup>[5]</sup>。随着法规的加严以及员工对良好工作环境的要求,噪声防治成为企业职业健康管理的重难点。

## 1 涂装车间工艺简介及噪声源分析

整车四大工艺主要包括冲焊涂总,其中最为传统的车身涂装工艺一般为 4C3B 工艺,有着成熟的工艺流程及大规模应用。工艺模块可简单划分如下:前处理/电泳工序、密封胶工序、中涂工序、面涂工序、检查返修工序。

前处理/电泳工序包含车身的工装安装、水洗、脱脂、脱脂、表调、磷化、电泳、烘干等环节,通过以上工序,确保车身的彻底清洁及实现车身防锈性能。其中夹具安装中,主要噪声源集中于螺丝紧固作业、车身防锈油吹扫作业、台车等金属碰撞的瞬时噪音;前处理/电泳/烘干工艺实现全线自动化控制,主要噪声源包括水泵、风机等设备运转、液体管路流动等。

中涂/面涂工艺包括车身擦拭、吹扫、喷涂、烘干等环节,检查返修工序主要是对其喷涂过程的品质不良进行修复,通过以上工序,赋予车身靓丽的外观。其中最为关键的噪声源是压缩空气使用过程中产生的高分贝噪音,也是治理的难点。

密封胶工艺包括车身焊缝密封胶的涂覆工艺及 UBC 喷涂工艺,噪音主要集中于供胶时泵的运作带来

的噪音,大部分企业已实现对供胶系统单独隔离,对作业员工影响较小。

除上述车身涂装工艺产生的噪音源外,涂装车间的通风系统也是整个车间的主要噪音源之一。通风系统主要包含空调器、风机及风管等,空调器、风机等一般会单独隔离设置在远离人员作业区域,本文主要对风管中气体流动产生的噪音进行阐述。

涂装车间生产过程的噪声按产生来源进行分类,可分为气体流动、液体流动、金属摩擦碰撞等。气体流动噪音来源主要包括压缩空气的作业、风管通风及送风机鼓风机等设备所引起的高速气体扰动产生的噪音。作为涂装车间最主要的噪声源,在职业病防治院检测中超标岗位有 80% 以上涉及压缩空气作业。液体流动的噪音主要在前处理电泳中,其中各种槽液在管道流动时,液体与液体间,液体与设备间碰撞产生的噪音,同时控制液体流动的设备运行时的电磁作用也会造成噪音等,如水泵、胶泵运转,管路液体流动等。金属碰撞摩擦主要是瞬时撞击引起的短时高分贝的噪音,如零件撞击、台车撞击、螺丝紧固作业等。

## 2 涂装车间噪声治理实践

噪声污染治理基本三要素有噪声源头削减控制、传播途径削减控制、个体防护。针对不同的噪音类型,应用三要素进行综合治理,推进车间的“静音工程”。本文分享的噪声治理,主要从噪声源头削减控制、传播途径削减控制进行阐述。

### 2.1 噪声源头削减控制

源头控制是噪声治理最有效,同时也是最难的部分,需要综合考虑风险、效率、成本的影响。本文主要分享几点在压缩空气、金属碰撞/摩擦噪声的治理经验。

压缩空气是一种清洁能源,是空气被外力压缩后,可在管道中方便输送,可应用在广泛的场景中。压缩空气作为涂装车间主要的能源之一,占到涂装总耗能的 6.2%,遍布全车间。涂装车间压缩空气的常用压力设定在 0.6 MPa,较之大气压高了 0.5 MPa,利用压力差进行工具驱动或车身吹扫作业。

通过压力差进行设备或工具驱动,常见的场景如点磨机、抛光机等,其主要噪音集中在以下两处,第一是快速运动的空气与金属涡轮扇叶撞击振动产生的噪音,第二是设备出气口的空气分子撞击引发的振动产生的噪音,其中后者的噪声分贝值明显高于前者,按声音振动频率划分属于宽频带噪音。针对该特性,其行之有效的方法之一是加装消音器。随着消声器的研究和应用技术的不断发展,其原理、形式、规格、材料、性能以及用途也各不相同,按消声特性可分为 4 类,如表 1 所列。

表1 常见消声器基本类型和性能

类别	形式	消声器性能	主要用途
阻性消声器	管式、片式、蜂窝式、折板式、弯头式、百叶式	中高频	通风空调系统管道、机房进风口
抗性消声器	扩张式、共振式、干涉式、微穿孔板式	中低频	柴油机等以中低频噪音为主的设备
复合式消声器	阻抗复合式、阻性及共振复合式	宽频带	宽频带噪音
排气放空消声器	节流减压式、小孔喷注式、多孔材料耗散式	宽频带	宽频带、高强度、高速

比较符合压缩空气为驱动动力的工具消音降噪的是排气放空消音器中的小孔喷注式消音器。小孔喷注型排气消声器是一种安装在原排气口上的消声管,其末端封闭,管壁上设有许多蜿蜒的孔隙,孔隙用于排气,全部孔隙的面积总和比设备原排气管口的面积要大,一般来说,孔隙越密集,消声器对改善噪声的效果也越好。压缩空气通过蜿蜒的孔隙,使得原本噪声的频率转移到超出人耳能感知的频率范围(即“移频”),降低噪声频谱中人耳可感知到的声部分,从而减少噪声对环境的影响。选型合适条件下,通常可达成10~15 dB的降噪量。基于以上原理,对车间使用的3M 7403型号抛光机,采用小孔喷注型消声器进行消声降噪试验,结果如表2所列。

表2 抛光机小孔喷注消声器测试值

序号	出口口配置	工具转速/(r·s <sup>-1</sup> )	运转噪声值/dB
1	原装接头	140	90.3
2	无接头	175	94.2
3	小孔喷注式消声器	164	79.3

测试结果表明,小孔喷注型消音器可有效降低3M 7403型号的抛光机的运转噪音,由于同时需要兼顾生产效率问题,故需要对小孔总面积、孔隙大小进行选择,筛选合适的消音器。另外,由于压缩空气中含有一定水蒸气及杂质,在实际运行中,孔隙会因为受潮或堵塞,造成抛光机效率降低及降噪值下降,此时便需要对小孔喷注型消音器进行清洁或更换来确保其达成目的。

金属碰撞/摩擦噪声的产生原理主要是撞击或摩擦过程会使金属内部原子振动,金属噪声具有瞬时强度大,振动频率高,易削减等特性,针对该种类型噪声的特性,主要通过避免金属间的直接接触碰撞,起到消音目的。

在工具改进上削减金属碰撞噪声上,车间工装夹具安装涉及螺丝紧固作业,采用的是博世 GSB 电池枪工具,拧紧后会继续空转,从而产生大量嘈杂噪声。对现用的工具升级为博世 EXACT6,该工具可在螺丝旋紧过程中达到设定扭矩时,自动切断电机,削减金属碰

撞噪声,效果对比上,博世 GSB 电池枪工具作业噪声范围在87~92 dB,博世 EXACT-6 工具作业噪声在80~82 dB,工具优化后,噪音削减明显。

工艺的优化改进是一项至关重要的噪声治理手段。如在电泳打磨线、中涂打磨线等线体,推进“湿打磨”工艺,线体的粉尘浓度降低80%以上,实现线体内粉尘吹扫工艺的取消,全线噪声值平均可降低4 dB。在中涂喷房,在保证全车品质基准达成的基础上,推进车身内板免中涂工艺,实现内扳手喷岗位的削减,消除喷涂过程噪音。

在工艺优化上削减金属摩擦噪声,笔者近年推进的“涂装通用限位器面涂工序内循环”是一个典型案例。通用限位器是一种安装在车门铰链处的工装,主要实现以下两个功能。第一实现车门定位,满足机器人喷涂及各工序作业需求;第二辅助车门防开,在前处理电泳工序及移行机上配合防开夹具固定车门。比较成熟的应用案例有广汽传祺汽车有限公司开发并应用的通用限位器<sup>[6-7]</sup>。

针对汽车涂装通用限位器在全工序流转中产生的摩擦噪音问题,创新性地提出“限位夹具面涂工序内循环”工艺,通过极小的投入在现有工艺、相关工序的夹具进行调整优化,如密封胶工序增加开度定位杆设计、隔离器夹具弹力加强等,实现相关工序在限位器取消后可全面保障工艺兼容性。项目实施后,减少了限位夹具的使用工序,大幅削减该噪音来源,实现23个岗位的噪音改善。其中,电泳打磨线的噪音由改善前85.6 dB削减至79.7 dB,密封胶线的噪音由改善前82.1 dB削减至78.2 dB<sup>[8]</sup>。未来伴随着更加先进技术的工业应用,因地制宜地选择进行工艺优化,实现生产过程噪声削减的应用跟实践将会有更加广泛的挖掘机会。

噪声防治是一个需要全员参与的工程,通过全员参与改善的平台,鼓励引导员工参与噪声的改善,对碰撞点进行消除。通过全体员工的智慧与行动,从点滴改善做起,推进了如零件放置箱改善、台车碰撞点包胶等案例。例如夹具岗员工提出的对夹具放置箱改善,底部铺设海绵,采用塑料片并按夹具尺寸分隔成4×11放置隔间,提升作业台高度,员工作业从抛掷调整成放置,瞬时噪音可从92.3 dB削减为70 dB,同时也提升

夹具寿命。

### 2.2 传播途径和介质的切断

噪声的主要传播途径是通过空气传播，传播特征主要有两点，第一是强度衰减与噪声频率的平方成正比，第二是噪声的波长与频率成反比。涂装车间内，管路系统便属于中低频噪音，低频噪声传播时衰减很小，同时容易穿越门窗、墙壁等物理隔绝，针对低频噪声以上特性，主要采用吸声方法进行噪音控制。

吸声主要通过吸声材料或吸声结构来达成。吸声材料具有吸声特性，吸声结构则是通过设计特定结构而产生吸声效果。常见的吸声材料及特性如表3所列。当前主要利用防火海绵等对靠近作业区的风管进行包封，实现噪音的削减。

表3 主要吸声材料及特性

名称	举例	主要吸声特性
多孔材料	矿棉, 泡沫塑料	良好中高频吸收
板状材料	石膏板、石棉水泥板	低频吸收
穿孔板	穿孔金属板等	中频吸收
柔性材料	海绵、乳胶块	依靠共振选择性吸收中频

吸声结构也在管路噪声防治有部分应用，低频吸声结构可通过共振实现0.2~0.5吸声系数效果<sup>[9]</sup>。同时，还可通过管道有源消声控制技术(声波干涉)，在原噪声声场引入次级声源，两者幅值相等、相位相反，通过相消性原理实现干涉，削减噪声，该技术目前已成熟地应用在降噪耳机中，并在工业中有广泛的应用前景，其中控制策略与算法研究是系统工作稳定和消声效果的核心技术<sup>[10]</sup>。

### 3 结语

2022年5月9日，职业健康司发布《全国职业病危害现状统计调查概况》，就2020年国家卫生健康委组织开展全国职业病危害现状统计调查结果做了简要分析。在被调查的接触职业病危害因素劳动者中，接触职业病危害因素劳动者870.38万人，劳动者接害率为39.36%。其中，接触噪声危害劳动者626.28万人，占比高达71.95%。

近年来，职业性噪声聋在不少地方出现发病数持续增长的趋势，甚至在个别地方已经成为第一大职业病。2023年6月21日工人日报发表文章《预防职业性噪声聋，观念和行动都要“快马加鞭”》指出：深圳市职业病防治院的数据显示，2018—2021年，职业性噪声聋病例数已占深圳职业病病例的首位，且呈增长趋势。噪声污染对员工的健康危害，必须得到重视。本文对噪声危害、涂装生产过程所产生噪音污染、声源/传播途

径等进行分析，提出针对性的降噪减噪防治实践分享，供同行业从业人员参考借鉴。

### 参考文献：

- [1] 刘晓群.化工装置的噪声治理技术研究及应用[J].环境保护与循环经济,2012(12):54-56.
- [2] MIRZA R,KIRCHNER D B,DOBIE R A,et al.Occupational noise-induced hearing loss[J].J Occup Environ Med,2018,60(9):498-501.
- [3] 鲍二宝,苏艺伟.某汽车制造企业噪声作业工人听力损失影响因素分析[J].职业卫生与应急救援,2019(4):122-125.
- [4] 肖军.工业噪声的控制及职业耳聋的预防[J].中国个体防护装备,2017(3):50-55.
- [5] JAHANI L,MEHRPARVAR A H,ESMAILIDEHA J M,et al. The effect of atorvastatin on preventing noise-induced hearing loss:an experimental study[J]. Int J Occup Environ Med, 2016,7(1):15-21.
- [6] 徐鹏,李胜.汽车涂装用通用限位器夹具设计与应用[J].现代涂料与涂装,2017(8):23-26.
- [7] 李明,汪逸,钟明强.一种汽车涂装通用限位器的开发与应用[J].现代涂料与涂装,2023(5):24-27.
- [8] 胡益舜,孙宁一,谢志敏,等.汽车涂装通用限位器面涂工序内循环工艺实践[J].现代涂料与涂装,2025(3):70-72.
- [9] 魏志勇,葛佩声.工业噪声与振动控制技术[M].北京:中国劳动社会保障出版社,2010.
- [10] 费仁元,伊善贞.管道有源消声控制技术的发展与动向[J].北京工业大学学报,2016(12):257-263.

欢迎免费阅读

《现代涂料与涂装》电子版



电话:0931-8496343  
 邮箱:a8496343@foxmail.com  
 QQ:1056418548