

制造业装配线工艺设备改进与噪声防控研究

张维森, 邓颖聪, 廖阳, 陈琳, 岑子博, 舒友梅

(广州市第十二人民医院/广州市职业病防治院职业卫生评价检测中心, 广东 广州 510620)

摘要: **目的** 探讨制造业装配线紧固设备改进在防噪方面的有效性、可操作性和实用性。**方法** 调查某公司摩托车装配生产线生产工艺, 同时对比检测并统计分析冲击式风枪改为油压脉冲式风枪前后装配作业场所工人接触的噪声声级及噪声作业分级。**结果** 与使用冲击式风枪相比, 试用油压脉冲式风枪作业岗位噪声声级平均降低 19 dB(A), 配对 t 检验: $t=19.570$, $P<0.001$; 改用油压脉冲式风枪后, 装配作业岗位噪声声级显著降低, 配对 t 检验: $t=6.041$, $P<0.001$, 其中装配 1 线和总装 1 线平均噪声声级分别下降 13 dB(A) 和 16.6 dB(A), 噪声作业分别由中度危害(Ⅱ级)和极度危害(Ⅳ级)降至相对无害(0级)。**结论** 装配作业使用的冲击式风枪改为油压脉冲式风枪在防噪方面合理、有效, 可满足实际需求。

关键词: 噪声; 冲击式风枪; 油压脉冲式风枪

中图分类号:TB53 文献标识码:A 文章编号:1002-221X(2017)05-0337-04 DOI:10.13631/j.cnki.zggyyx.2017.05.004

Study on process equipment improvement and noise control in assembly line of manufacturing industry

Zhang Weisen, Deng Yingcong, Liao Yang, Chen Lin, Cen Zibo, Shu Youmei

(Guangzhou Occupational Diseases Prevention and Treatment Center, Guangzhou 510620, China)

Abstract: Objective To explore the effectiveness, operability and practicability of the improved fastening devices in manufacturing assembly line on noise control. **Methods** A motorcycle company in a certain city was chosen to survey its assembly line production process. Contrast test and statistic analysis were conducted to investigate the noise intensities and the classifications of noise hazard at assembly posts after the impact type air gun changing into hydraulic pulse type air gun. **Results**

The results showed that compared with the impact type air gun, the hydraulic pulse type air gun made the average noise intensity at operating posts reduced by 19 dB(A) (paired t test: $t=19.570$, $P<0.001$), meanwhile, the noise intensities at assembly posts were also significantly reduced (paired t test: $t=6.041$, $P<0.001$), the average noise intensities of assembly line and final assembly line were decreased by 13 dB(A) and 16.6 dB(A) respectively, and the noise occupational hazards classifications were from two to zero and four to zero, respectively as well. **Conclusion** The results suggested that impact type air gun was changing into hydraulic pulse type air gun in assembly operation was reasonable and effective in noise-control, which could meet the actual demands.

Key words: noise; impact type air gun; hydraulic pulse type air gun

我国近年来的职业病报告显示, 职业性噪声聋占每年新增职业病病例的 1/6, 已成为我国继尘肺、职业中毒后的第三大职业病^[1-3]。世界卫生组织(WHO)关于职业性噪声听力损失疾病负担的报告称, 在致残性耳聋方面职业性噪声聋占 16%, 不同地区的比例在 7%~21%, 其中男性为 22%、女性为 11%; 职业性噪声性听力损失总体上造成的疾病负担超过 400 万残疾调整生命年, 在工业化国家造成的经济损失占 GDP 的 0.2%~2.0%^[4-6]。制造业是职业性噪声性听力损失的高风险行业, 尤其是机械设备制造业。制造业职业性噪声性听力损失病例约占职业性噪声性听力损失总病例的 82%^[7]。现代化

机械设备制造业多采用模块化专业化生产, 然后集中装配成机械设备产品, 如汽车制造、摩托车制造就是其中比较典型的行业。制造业装配线工作场所噪声源主要来自待装配配件传输系统、配件相互碰撞和配件紧固三方面, 现代化装配作业一般采用吊挂式或滑轮传输带传输工艺, 基本解决了配件传输过程和配件碰撞产生的高噪声问题, 因此, 配件紧固时产生的噪声已经成为装配作业场所噪声声级是否超标的关键点。本文主要从装配线紧固设备改进上探讨制造业装配线作业场所防噪方面的有效性、可操作性和实用性, 为从工程源头上防控噪声性职业危害提供参考。

1 对象与方法

1.1 对象

选取某市某摩托车制造厂摩托车整车装配线及装配作业岗位。

收稿时间: 2017-03-20; 修回时间: 2017-05-08

作者简介: 张维森(1967—), 男, 博士, 主任医师, 硕士生导师, 主要从事职业卫生与职业病防治工作及职业流行病学和慢性非传染性疾病研究。

1.2 方法

1.2.1 调查内容 摩托车整车装配线生产工艺和主要装配设备及生产状况;检测、分析装配线试用油压脉冲式风枪替代冲击式风枪的噪声声级,使用冲击式风枪装配作业和改用油压脉冲式风枪装配作业的噪声声级及噪声作业分级。

1.2.2 噪声检测 该厂整车装配线生产性噪声为非稳态噪声,按照《工作场所物理因素测量 第8部分:噪声》(GBZ/T 189.8—2007)的要求,采用计量检定合格的AWA5610P型和AWA6270A型声级计,选用A计权“慢档”在工人装配操作位进行5 min等效声级测定,每点测量3次,取值为等效声级 L_{Aeq} ;或选取2014年和2015年改用油压脉冲式风枪替代冲击式风枪前后开展长时间噪声声级检测的装配线线头、线中、线尾工位,总装线线头、线中、线尾工位,以及发动机、后货架、侧支架紧固和油箱部装位等代表性岗位(各具体装配岗位每班1人)作业者10人,进行个体长时间等效声级检测。2014年6月27日,对原使用冲击式风枪装配作业岗位进行个体长时间等效声级检测;2014年7月12日,试用日本瓜生公司油压脉冲式风枪替代冲击式风枪进行装配作业,对试用前后作业岗位噪声强度进行检测。2015年6月8—10日,对改用油压脉冲式风枪装配作业岗位进行个体长时间等效声级检测。

1.2.3 作业分级 采用《工作参数职业病危害作业分级 第4部分 噪声作业》(GB/T 229.4—2012)将噪声作业岗位分为I级(轻度危害)、II级(中度危害)、III级(重度危害)、IV级(极重危害);参照其他作业分级标准,将8 h等效声级 <85 dB(A)的岗位定为0级(相对无害)。

1.2.4 统计分析 油压脉冲式风枪替代冲击式风枪装配作业时工作场所噪声声级比较采用配对 t 检验。

2 结果

2.1 装配工艺流程

2.1.1 发动机装配工艺流程 发动机装配部件通过传送带输送,依次完成左曲轴箱组件装配、右曲轴箱组件装配、左右曲轴箱的合体、气缸体装配、气缸盖总成及张紧机构装配、磁电机总成装配、点火装置输出链装配、调整气门间隙、左曲轴箱盖、换挡凸轮及换挡齿轮安装、安装机油泵/离合器/换挡轴组、油滤器及右轴箱盖安装、火花塞安装、通气管油标尺安装及气密性检查、发动机测试、装配终检、性能测试等工序的工作。

2.1.2 整车装配工艺流程 整车装配部件通过传送

带输送,首先完成主车架、后泥板、搁脚架、侧支架安装,接着是发电机空气滤清器安装,再依次完成后轮叉、后轮组件、后避震器、后制动器、继电器安装,链罩安装调整,前叉组件及导线总成,把手组件、上链板安装,前轮组件装配,离合器、前刹车、钢索节、气门安装,启动踏板、变速踏板、油箱、座垫总成安装,消音器总安装,前照灯安装,车把总成装配,电器总成安装,仪表总成,蓄电池及左右护板安装,成车检验,捆包出厂。

2.2 试用油压脉冲式风枪替代冲击式风枪装配岗位噪声声级及作业分级比较

与使用冲击式风枪相比,油压脉冲式风枪作业岗位噪声声级平均降低19 dB(A),最大降低24 dB(A),最小12.4 dB(A),配对 t 检验: $t=19.570$, $P<0.001$,噪声作业由I级(轻度危害)降为0级(相对无害),降噪效果非常明显。详见表1。

2.3 改用油压脉冲式风枪前后装配岗位噪声声级及作业分级比较

改用油压脉冲式风枪后,装配作业岗位噪声强度显著降低,配对 t 检验: $t=6.041$, $P<0.001$,其中装配1线平均噪声声级下降13 dB(A),总装1线平均噪声声级下降16.1 dB(A);噪声作业分别由II级(中度危害)和IV级(极重危害)降为0级(相对无害)。详见表2。

3 讨论

机械制造行业噪声来源广泛且强度大,噪声导致的职业危害普遍存在。其中装配单元,由于受到生产工艺技术或过大投入等客观条件限制,实现自动化难度大,目前很多机械制造业工厂多采用流水线手工装配作业,设备布置和装配人员密集,工作场所噪声容易互相影响、交叉叠加,若防噪设施设计和施工落实不到位或不合理,则可导致劳动密集的大批装配工遭受噪声性职业危害。笔者前期调查发现,广州机动车与船舶制造业噪声超标率达36.5%,超过94 dB(A)的占27.4%,装配作业是其中主要噪声超标岗位之一^[8]。因此,其噪声危害备受用人单位、职业卫生监管部门和职业卫生技术服务机构等各方的关注,改进装配工艺,真正采用低噪声设备,切实做好防噪设施建设是装配加工企业控制噪声危害应考虑的首要任务。

关于装配作业噪声控制的相关研究报道甚少,而实际工作中,我们发现很多工厂装配作业普遍使用冲击式风枪,加上劳动密集,经常出现作业场所工人接触噪声声级超标现象。本次调查发现装配作业噪声超

表1 冲击式风枪试用为油压脉冲式风枪装配岗位噪声声级及危害分级比较

装配线	岗位	冲击式风枪		油压脉冲式风枪		声级差值 [dB(A)]	油压枪型号 (瓜生)
		等效声级[dB(A)]	作业分级	等效声级[dB(A)]	作业分级		
一线组装	双头螺栓紧固	92.0	II	68.0	0	24.0	UX-1300
	曲轴箱螺栓紧固	87.5	I	65.0	0	22.5	UL60
	右盖螺栓	85.0	I	65.0	0	20.0	UL50SD
一线部装	螺栓 M6 * 12	83.4	0	70.0	0	13.4	UL50D
	螺栓 M5 * 14	83.9	0	68.0	0	15.9	UL50SD
	复位弹簧销紧固	82.1	0	68.0	0	14.1	UL50SD
二线组装	左盖紧固	87.5	I	68.0	0	19.5	UL50SD
	护罩紧固	88.1	I	68.0	0	20.1	UL50SD
	风扇紧固	80.4	0	68.0	0	12.4	UL50SD
三线组装	M6 * 22 螺栓紧固	80.9	0	67.0	0	13.9	R11505
	松发动机螺母	90.0	II	70.0	0	20.0	S83800
四线组装	定子 M6 * 32	82.6	0	67.0	0	15.6	RY3531
	左盖螺塞 M14	83.8	0	68.0	0	15.8	RY4112
	左箱推架 M6 * 25	84.2	0	68.0	0	16.2	RY4102
	左箱放油螺塞 M12	83.6	0	68.0	0	15.6	S52649
	双头螺栓	92.0	II	68.0	0	24.0	UX-1300
	机油泵螺栓	83.4	0	68.0	0	15.4	P21187
平均水平		86.9	I	67.9	0	19.0	

注:检测结果比较分析, $t=19.570$, $P<0.001$

表2 冲击式风枪改用为油压脉冲式风枪装配岗位噪声声级及作业分级比较

工作场所	接触时间 (h)	冲击式风枪		油压脉冲式风枪		声级差值 [dB(A)]
		8 h 等效声级[dB(A)]	作业分级	8 h 等效声级[dB(A)]	作业分级	
装配科						
装配1线线头(双头螺丝紧固)	8	99.4	III	84.7	0	14.7
装配1线线中工位	8	85.0	I	79.3	0	5.7
装配1线线尾工位	8	81.4	0	78.8	0	2.6
装配1线(平均)		94.8	II	81.8	0	13.0
车间办公室	8	74.8		58.6		16.2
总装科						
总装1线线头	8	82.8	0	80.5	0	2.3
总装1线线中	8	100.5	IV	81.5	0	19.0
总装1线线尾	8	83.8	0	78.8	0	5.0
紧固发动机 M10	8	107.0	IV	89.6	I	17.4
紧固后货架	8	96.0	III	84.0	0	12.0
紧固侧支架	8	93.3	II	83.0	0	10.3
油箱部装	8	101.9	IV	82.3	0	19.6
总装1线(平均)		100.8	IV	84.2	0	16.6
车间办公室	8	76.6		68.8		7.8

注:检测结果比较分析, $t=6.041$, $P<0.001$

表明显,检测的11个岗位有8个超标,最高达107 dB(A),总装科工作场所平均接触的噪声声级达到100.8 dB(A),属噪声极重危害作业,需及时采取相应的工程措施进行整改。该厂经调研,决定尽可能改用低噪声风枪,从根本上改进噪声作业环境。对比结果显示,冲击式风枪试用为油压脉冲式风枪后噪声声级平均下降19 dB(A),降噪效果显著;同时使用两种型号的风枪试验多个岗位,油压脉冲式风枪性能与

冲击式风枪基本相近,原用的冲击式风枪力矩合格、不影响生产节拍,价钱便宜,但噪声声级超标。油压脉冲式风枪力矩合格、不影响生产节拍,但价钱较贵(约贵1倍)、耐久性可延长1~1.5倍、噪声合格。经综合考虑,厂方随后决定在装配作业岗位全面正式启用油压脉冲式风枪代替冲击式风枪。检测结果显示,替换前后装配科和总装科工作场所平均接触的噪声

(下转第355页)

表 1 小鼠骨髓细胞嗜多染红细胞的微核率 ($\bar{x}\pm s$)

性别	剂量 (mg/kg)	n	微核细胞率 (%)	PCE/NCE
雄	0	5	3.40±1.92	0.95±0.06
	500	5	3.90±1.52	0.96±0.08
	1 000	5	3.50±1.90	0.97±0.08
	2 000	5	3.50±1.70	0.93±0.06
	阳性对照 CP	5	22.90±5.54**	0.97±0.08
雌	0	5	4.30±1.48	0.96±0.07
	500	5	2.90±0.96	1.01±0.10
	1 000	5	3.50±1.22	0.99±0.10
	2 000	5	4.60±1.39	1.04±0.06
	阳性对照 CP	5	20.90±5.10**	1.01±0.09

注: 与阴性对照组相比, ** $P < 0.01$

表 2 小鼠骨髓细胞染色体数目及结构畸变率

性别	剂量 (mg/kg)	n	非二倍体畸变率 (%)	染色体畸变类型				结构畸变率 (%)
				断片	缺失	互换	粉碎化	
雄	0	5	3.80±1.30	1	1	0	0	0.4
	500	5	4.00±1.87	0	2	0	0	0.4
	1 000	5	3.80±1.64	2	1	1	0	0.8
	2 000	5	4.60±1.52	3	2	0	0	1.0
	阳性对照 CP	5	21.60±5.13**	38	6	8	18	14.0**
雌	0	5	4.00±1.58	0	2	0	0	0.4
	500	5	3.00±2.24	3	2	0	0	1.0
	1 000	5	3.40±2.41	2	2	0	0	0.8
	2 000	5	2.40±1.14	2	0	2	0	0.8
	阳性对照 CP	5	21.80±3.96**	34	13	8	25	16.0**

注: 与阴性对照组相比, ** $P < 0.01$

3 讨论

HBIW 与 CL-20 合成过程中的其它中间体物质如四乙酰基二苄基六氮杂异伍兹烷 (TADB) 以及四乙酰基六氮杂异伍兹烷 (TAIW) 具有相似的化学结构。我们在前期分别对 CL-20、TADB 以及 TAIW 的遗传毒性进行了研究, 结果表明 CL-20 还

可造成小鼠染色体畸变率及微核率增加^[5], 但 TADB 与 TAIW 均未发现有致突变作用^[6,7]。

本研究结果显示, HBIW 各剂量组骨髓细胞微核率和染色体畸变率均未见异常, 表明 HBIW 无诱发骨髓细胞微核和染色体畸变作用, 与其同系物 TADB 和 TAIW 研究结果相同, 但与 CL-20 具有致突变性的研究结果不一致。进一步比较其分子结构发现, 四种物质均具有氮杂环笼状结构, CL-20 在六个氮原子上各连接了一分子硝基 (NO₂), HBIW、TADB 和 TAIW 在 CL-20 分子基础上将硝基取代之为苄基或乙酰基, 提示 CL-20 的致突变作用可能是由于硝基分子的作用, 而与氮杂环笼状结构无关。本研究不仅为 HBIW 毒性评价提供基础资料, 还可为进一步开展工作场所职业接触限值提供参考。

参考文献:

- [1] 庞思平, 申帆帆, 吕芃浩, 等. 六硝基六氮杂异伍兹烷合成工艺研究进展 [J]. 兵工学报, 2014, 35 (5): 725-732.
- [2] 刘志永, 高俊宏, 王鸿, 等. 六苄基六氮杂异伍兹烷致大鼠急性经口毒性研究 [J]. 中国工业医学杂志, 2013, 26 (6): 434-436.
- [3] 刘志永, 高俊宏, 李江平, 等. 六苄基六氮杂异伍兹烷豚鼠皮肤致敏试验研究 [J]. 职业与健康, 2014, 30 (11): 1468-1469.
- [4] 刘志永, 高俊宏, 王鸿, 等. 六苄基六氮杂异伍兹烷大鼠 28 天重复剂量经口毒性 [J]. 中国工业医学杂志, 2015, 28 (3): 200-201.
- [5] 杜文霞, 刘亚杰, 王玉玲, 等. 六硝基六氮杂异伍兹烷的致突变性和致畸性研究 [J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2007, 25 (1): 41-42.
- [6] 岳红, 刘志永, 高俊宏, 等. 四乙酰基二苄基六氮杂异伍兹烷的致突变性研究 [J]. 中国工业医学杂志, 2015, 28 (2): 123-124.
- [7] 张盼红, 刘志永, 王鸿, 等. 四乙酰基六氮杂异伍兹烷致小鼠骨髓细胞突变性的实验研究 [J]. 工业卫生与职业病, 2017, 43 (2): 93-95.

(上接第 339 页)

声级分别从原来的 94.8 和 100.8 dB(A) 下降到 81.8 和 84.2 dB(A), 噪声作业分别由 II 级 (中度危害) 和 IV 级 (极重危害) 降为 0 级 (相对无害), 满足了《职业病防治法》关于用人单位必须提供合格工作场所的要求。

综上, 我们认为装配作业使用油压脉冲式风枪在防噪方面合理、有效, 符合实际需求, 可操作性强。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 关于 2014 年职业病防治工作情况的通报 [R/OL]. (2015-12-03) [2017-05-04]. <http://www.nhfp.gov.cn/jkj/s5899t/201512/c5a99f823c5d4dd48324c6be69b7b2f9.shtml>.
- [2] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 关于 2013 年职业病防治工作情况的通报 [R/OL]. (2014-06-30) [2017-05-04]. <http://www.moh.gov.cn/jkj/s5899t/201406/ed8ed220d0b74010bcb6dcd8e340f4fb.shtml>.

- [3] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 关于 2012 年职业病防治工作情况的通报 [R/OL]. (2013-09-16) [2017-05-04]. <http://www.nhfp.gov.cn/jkj/s5899t/201309/9af5b88cc6ea40d592e8a5e0aa76914a.shtml>.
- [4] WHO. Protecting workers' health, fact sheet No389 [EB/OL]. (2014-04) [2017-05-04]. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs389/en/>.
- [5] WHO. Occupational noise: assessing the burden of disease from work-related hearing impairment at national and local levels, environmental burden of disease series, No.9 [R1]. Geneva, 2004.
- [6] Nelson D I, Nelson R Y, Concha-Barrientos M, et al. The global burden of occupational noise-induced hearing loss [J]. Am J Ind Med, 2005, 48 (6): 446-458.
- [7] NIOSH. Noise and hearing loss prevention: facts and statistics [EB/OL]. (2015-09-17) [2017-05-4]. <http://www.cdc.gov/niosh/topics/noise/stats/html>.
- [8] 张维森, 杜伟佳, 王致, 等. 广州工厂工业噪声超标现状调查 [J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2011, 29 (3): 216-219.