

武汉市 4 家大型机械制造企业职业病危害分析

毛革诗¹, 梁娇君¹, 李松汉¹, 杨磊²

摘要: [目的] 分析武汉市机械制造企业存在的职业病危害因素, 为改善作业环境、预防与控制职业病以及制定相关政策提供科学依据。[方法] 选择 4 家异地新建的大型机械制造企业为对象, 按国家职业卫生规范与标准, 调查分析存在的职业病危害因素状况和防控措施实施情况, 并对其职业病危害因素控制效果进行现场检测。[结果] 噪声检测点超标率为 35.2%, 超标点分布广, 接触机会多, 超标率居前三位的工序为打磨 (59.3%)、抛丸 (55.6%) 和冲压 (52%)。生产性粉尘主要分布在焊接工作场所, 其中砂轮磨尘超标率为 13.0%, 电焊烟尘超标率为 11.9%, 电焊烟尘的超标程度较大, 其时间加权平均浓度 (TWA) 超标倍数最大达 6 倍。化学毒物共测 5 种, 有 3 种超标, 主要分布在喷涂和焊接工作场所, 其中苯测点超标率为 44.4%, 甲苯为 12.7%, 锰为 11.5%, 锰超标程度较大, 其 TWA 超标倍数最大达 16 倍。[结论] 武汉市 4 家大型机械制造业超标严重的主要职业病危害因素是噪声、苯系物和粉尘, 仍需采取有效的防护措施, 保护劳动者的健康。

关键词: 机械制造; 卫生学调查; 职业病危害

Analysis on the Occupational Hazards in Four Machinery Plants, Wuhan MAO Ge-shi¹, LIANG Jiao-jun¹, LI Song-han¹, YANG Lei² (1. Wuhan Hospital for Occupational Disease Prevention and Treatment, Wuhan 430015, China; 2. School of Public Health, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430030, China) • The authors declare they have no actual or potential competing financial interests.

Abstract: [Objective] To analyze the occupational hazards in the machinery plant in Wuhan, and to provide basis for environmental improvement, occupational disease prevention and control, and relevant policy-makings. [Methods] Investigation was carried out on the occupational hazards and their prevention and control countermeasures in 4 machinery plants in Wuhan in accordance with national occupational hygienic standards and relevant criteria. [Results] Noise was widespread, the overall exceeding rate was 35.2%, and the top 3 job-titles were grinding (59.3%), shot blast (55.6%) and stamping (52%). Industrial dust were found mainly in welding, the exceeding rates of grinding wheel dust and welding fume were 13.0% and 11.9% respectively; and the time weighted average (TWA) of welding fume was 6 times the permissible limits. Five chemical toxicants were monitored, among which benzene, toluene and manganese exceeded the national standard with the exceeding rates of 44.4%, 12.7% and 11.5% respectively, and they were mainly distributed in workplaces of spray painting and welding; the TWA of manganese was 16 times the concentration of permissible limits. [Conclusion] Noise, benzene analogs and dust are the main occupational hazards in Wuhan machinery plants. It is necessary to take effective measures to protect workers' health.

Key Words: machinery manufacturing; hygienic survey; occupational hazards

机械制造是一门古老而又年轻的学科, 是各种工业的基础, 其涉及范围广泛, 产业工人队伍庞大, 据不完全统计, 我国大陆约有 150~200 万劳动者从事机械制造产业。目前, 武汉市工业仍以机械制造业占据较大的比重, 近年来, 为调整、优化产品结构, 部分机械制造企业进行异地搬迁改造。本研究拟通过对武汉市 4 家大型机械制造企业进行职业病危害控制效果评价现场检测, 分析探讨机械制造业职业病危害特点, 为改善作业环境、预防与控制职业病以及制定相关政策提供科学依据。

1 对象与方法

1.1 对象

选择武汉市 4 家大型机械制造企业作为本次调查对象, 分别于 2009 年 7 月、9 月和 2010 年 6 月、9 月对 4 家企业进行了职业卫生学调查及作业现场职业病危害因素检测。

1.2 方法

1.2.1 职业卫生学调查 按照 GBZ/T 197—2007《建设项目职业病危害控制效果评价技术导则》^[1]、GBZ 1—2002《工业企业设计卫生标准》^[2]的要求, 对各企业的生产工艺、作业环境和职业病防护措施进行职业卫生调查。

1.2.2 检测方法 按照 GBZ 159—2004《工作场所空气中有毒物质监测的采样规范》^[3]、GBZ 189—2007《工作场所物理因素测量》^[4-5]、GBZ 117—2006《工业 X 射线探伤放射卫生防护标

[作者简介] 毛革诗 (1968—), 男, 硕士, 副主任医师; 研究方向: 职业病危害因素检测与评价; E-mail: maogeshi@163.com

[作者单位] 1. 武汉市职业病防治院, 湖北 武汉 430015; 2. 华中科技大学同济医学院公共卫生学院, 湖北 武汉 430030

准》^[6]、GBZ 132—2008《工业 γ 射线探伤放射防护标准》^[7]和《工作场所有害物质监测方法》^[8]的要求进行定点采样。每点采 4 个样品,分上、下午不同时段进行,连续检测 3 d。结果评价依据国家标准 GBZ 2.1—2007《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分:化学有害因素》^[9]及 GBZ 2.2—2007《工作场所有害因素职业接触限值 第 2 部分:物理因素》^[10]等进行。

1.2.3 统计学方法 现场检测浓度结果运用 EXCEL 和 SPSS 16.0 软件进行统计分析。

2 结果

2.1 职业卫生调查

2.1.1 企业基本情况 本次调查选择的 4 家企业生产的主要产品分别为铁道车辆、食品制造设备、大型发电装备和制冷机,生产工艺技术和使用的原、辅材料基本相似。该 4 家企业均为建于 20 世纪 50 年代的大型国有企业,并均于 2009 年或 2010 年完成异地搬迁,在试运行的 6—12 个月内均进行了建设项目职业病危害控制效果评价。每家企业劳动者众多,新建成企业的作业人员仍由原有的作业人员调整组成,接触职业病危害因素作业人员共约 5000 人。

2.1.2 生产工艺及生产过程存在的职业病危害因素 4 家企业生产工艺大致为:备料→机械加工→机械装配,涉及的工序包括:抛丸、打磨、等离子切割、冷加工(车、刨、钻、磨、铣)、冲压、焊接、热处理、探伤、喷涂和组装,各生产工序产生不同的职业病危害因素,根据《职业病危害因素分类目录》^[11],各生产工序存在的主要职业病危害因素详见表 1。

表 1 各生产工序存在的主要职业病危害因素
Table 1 Occupational hazard factors in working procedures

工序(Procedures)	职业病危害因素(Occupational hazard factors)
下料(Feeding)	其他粉尘、噪声(Other dust, noise)
抛丸(Shot blast)	其他粉尘、噪声(Other dust, noise)
打磨(Grinding)	砂轮磨尘、噪声、手传振动 Grinding wheel dust, noise, hand-transmitted vibration
等离子切割(Plasma cutting)	电焊烟尘、二氧化氮、紫外辐射 Electric welding dust, nitrogen dioxide, ultraviolet radiation
冷加工(Cold forming)	其他粉尘、噪声(Other dust, noise)
冲压(Stamping)	噪声(Noise)
焊接(Welding)	电焊烟尘、锰、二氧化氮、紫外辐射、噪声 Electric welding dust, manganese, nitrogen dioxide, ultraviolet radiation, noise
热处理(Hot treatment)	高温(High temperature)
探伤(Crack detection)	X、 γ 射线(X-ray, γ -ray)
喷涂(Spray painting)	苯、甲苯、二甲苯(Benzene, toluene, xylene)
组装(Assembling)	噪声(Noise)

2.1.3 职业卫生防护与管理措施 防尘毒措施:4 家企业生产车间为联合厂房,以自然通风为主,主要依托屋顶天窗和门进行通风换气,并在车间侧墙设有轴流风机。部分设备如抛丸机等自带抽风除尘设施,喷涂作业在独立的喷漆房进行,喷漆室采用上送下吸、分段送排风的方式,使喷漆房内实现层流送风,喷漆雾及有机溶剂经净化后通过排风管排至车间外,电焊作业

处未安装局部抽风排毒设施。防噪措施:采用小型低噪声的机、泵动力设备,产生噪声较大的设备如冲压机等集中进行布置。防暑降温设施:在工作岗位设置机械风扇。防电焊弧光:在焊接工作岗位周围设置了遮光帘/板。

2.2 职业病危害因素检测结果

2.2.1 生产性粉尘检测结果 生产性粉尘检测结果见表 2,结果显示,部分作业现场粉尘的浓度存在超标,其中打磨过程产生的砂轮磨尘超标率较高,但以电焊烟尘的超标程度较大,其时间加权平均浓度(TWA)超标倍数最大达 6 倍。

表 2 生产性粉尘检测结果

Table 2 Industrial dust testing results

粉尘 Dust	检测 点数 Sampling sites	TWA (mg/m ³)		超限倍 数值范围 Range of excursion limits	超标点数 Exceeding sites	超标率(%) Exceeding rates
		范围 Range	GM $\pm$ GSD			
电焊烟尘 Welding fume	253	0.15~27.90	1.38 $\pm$ 2.29	0.1~11.5	30	11.9
砂轮磨尘 Grinding wheel dust	77	0.20~24.80	1.51 $\pm$ 3.01	0.1~10.1	10	13.0
其他粉尘 Particles not otherwise regulated	48	0.10~13.25	1.15 $\pm$ 3.09	0.1~3.4	5	10.4

[注]GM 表示几何均数,GSD 表示几何标准差,下表同(GM: geometric mean; GSD: geometric standard deviation; similarly hereinafter); 采样点中的任一个 TWA 和超限倍数超标,即为超标点,超标率按此点数计,下表同(Either TWA or excursion limits exceeds permissible limits, the sampling site is identified as exceeding sites, and the exceeding rate is therefore calculated; similarly hereinafter)。

2.2.2 化学毒物检测结果 化学毒物检测结果见表 3,结果显示,部分作业现场毒物的浓度存在超标,其中喷涂过程产生的苯超标率较高,但以电焊过程产生的锰烟超标程度较大,其 TWA 超标倍数最大达 16 倍。

2.2.3 生产性噪声检测结果 生产性噪声检测结果见表 4,结果显示,打磨、抛丸和冲压过程产生的噪声超标率较高。

2.2.4 其他物理因素检测结果 高温共检测了 8 个点,其湿球黑球温度指数(WBGTi)范围为 26.5~29.8℃,无超标点;X 射线共检测了 96 点,其空气比释动能率范围为 0.04~0.29 μ Cy/h,无超标点; γ 射线共检测了 23 点,其空气比释动能率范围为 0.04~2.20 μ Cy/h,无超标点;紫外辐射共检测了 60 个点,其辐照度范围为 0~0.11 μ W/cm²,无超标点。

2.3 职业卫生防护与管理措施调查结果

本次调查存在职业病危害因素工作岗位 1826 个,其中安装防尘、防毒、消声隔声以及防暑降温设备的工作岗位有 320 个,占调查总数的 17.5%,配备个人防护用品的工作岗位占 45.9%(839/1826),设有警示标识牌的工作岗位占 9%(164/1826),职业卫生管理制度(包括防护用品发放制度、防护知识培训制度、职业健康检查与现场检测制度、事故救援措施)健全的占 41%。

表 3 化学毒物检测结果 (mg/m³)
Table 3 Chemical toxicants testing results

化学物质 (Chemicals)	检测点数 (Sampling sites)	TWA		STEL		超标点数 (Exceeding sites)	超标率 (Exceeding rates, %)
		范围 (Range)	GM ± GSD	范围 (Range)	GM ± GSD		
二氧化氮 (NO ₂)	245	0.010~0.290	0.050 ± 2.000	0.012~0.790	0.100 ± 1.950	0	0.0
锰 (Mn)	227	0.004~2.639	0.040 ± 3.630	0.004~32.500*	—	26	11.5
苯 (Benzene)	63	0.37~29.93	2.93 ± 2.94	0.37~100.52	9.55 ± 3.39	28	44.4
甲苯 (Toluene)	63	0.23~358.10	3.80 ± 7.24	0.23~1059.03	13.80 ± 7.25	8	12.7
二甲苯 (Xylene)	63	0.23~27.97	1.66 ± 4.57	0.23~92.15	6.76 ± 5.13	0	0.0

[注] 采样点的 TWA 和短时间接触浓度 (STEL) 任一个结果超标均列为超标点 (Either TWA or short-term exposure limit exceeds limits, the sampling site is identified as exceeding site); *: 为超限倍数 (Excursion limits)。

表 4 生产性噪声检测结果 (dB[A])
Table 4 Industrial noise testing results

工序 Procedures	检测点数 Sapling sites	等效 A 声级范围 Range of equivalent sound level A	超标点数 Exceeding sites	超标率 (%) Exceeding rates
抛丸 (Shot blast)	9	84.0~104.3	5	55.6
打磨 (Grinding)	54	80.7~98.2	32	59.3
焊接 (Welding)	54	80.1~87.2	8	14.8
冲压 (Stamping)	75	80.5~94.7	39	52.0
机加工 (Machining)	90	70.1~96.9	20	22.2
组装 (Assembling)	28	72.5~91.1	10	35.7
其他 (Others)	20	70.2~86.2	2	10.0
合计 (Total)	330	70.1~104.3	116	35.2

3 讨论

本研究通过武汉市 4 家大型机械制造企业建设项目控制效果评价的现场职业卫生学调查和职业病危害因素检测, 反映出了目前武汉市机械制造企业的职业危害情况。

主厂房为联合厂房, 建筑工程设计上存在不足。该 4 家企业主体厂房均为新建厂房, 设计为联合厂房, 方便了物流, 联合厂房内往往布置了较多的电焊作业, 作业点较集中, 焊接时产生的电焊烟尘、锰及其化合物的浓度较高, 但是联合厂房内仅以天窗和门进行自然通风, 下部未设窗和进风百叶, 无法满足室内通风换气要求, 易引起焊接等作业时产生的有毒有害物质在车间内蓄积。

作业场所仍存在职业病危害因素浓度超标, 职业病防护措施尚需改善。粉尘、噪声与一些化学毒物的危害是目前国内机械制造行业的主要职业病危害因素, 其危害程度取决于企业的生产设施条件和防护措施^[12]。从现场检测结果可以看出, 电焊作业产生的电焊烟尘、锰及其化合物, 打磨作业产生的砂轮磨尘, 抛丸作业产生的其他粉尘, 喷涂作业产生的苯及苯系物, 以及各工序产生的噪声均应作为主要的职业病危害因素, 企业管理者应加以重视, 并将产生上述职业病危害因素的工序或作业位点列为关键控制点。结果显示, 电焊烟尘 TWA 最大为 27.9 mg/m³, 超出限值 (电焊烟尘为 4 mg/m³) 6 倍, 锰 TWA 最大为 2.639 mg/m³, 超出限值 (锰为 0.15 mg/m³) 16 倍; 与国内报道的同类型企业资料基本相似^[13-15]。分析其超标原因, 可能为机械制造业企业的电焊作业位点密集, 且存在密闭空间内焊接, 焊接的工件较大, 一般难以移动, 故需使用便于移动的手工作业, 这种作业方式使得烟尘产生点不断变化, 设置局部通风比较困难^[16], 从而使作业场所有毒有害物质未能及时排除。

在本研究结果中, 化学有害因素超标率最严重的为苯, 其超标率高达 44.4%, 苯是一种高毒物质, 根据调查所搜集的资料, 尽管各企业提供的化学品安全数据说明书 (MSDS) 所示: 油漆及其稀释剂成分中“不含有苯”, 但检测结果显示, 不但检出含有苯且部分作业位点超出限值 (苯 TWA 为 6 mg/m³, STEL 为 10 mg/m³), 这也提示了喷漆室所设置的抽风排毒设施效果欠佳, 企业应加以改进, 同时, 企业要加强原材料的采购管理, 使用无苯溶剂替代有苯溶剂, 减少工人接触苯的机会, 必要时可对原材料组分进行化验分析。此外, 噪声危害在机械制造业中普遍存在, 然而噪声的控制却是一个难题, 本研究的检测结果也反映出噪声的污染涉及到各生产工序, 超标率位居前 3 位的工序分别为打磨、抛丸及冲压, 其超标率均在 50% 以上, 而噪声总的超标率为 35.2%, 比某调查研究所获得的数据 26.1% 要高^[17], 却低于另一研究报道的数据 71.29%^[18]。噪声危害覆盖面较广, 故目前该市机械制造业噪声危害仍很严重, 需高度重视。

职业卫生防护与管理措施有待于进一步加强。新改、扩建项目中企业管理者和劳动者对职业病危害因素的预防与控制认识尚不足。本次调查发现, 警示标识的设置率及职业卫生管理制度的健全程度都很低, 因此, 职业卫生知识与相关的法律、法规知识须进一步宣传普及。本次调查结果还显示, 防护设施的设置率和个人防护用品的配置率均很低, 均未达到 50%。因此, 企业除应加强职业病防护设施的设置, 如电焊作业处应设置局部排风或移动式的局部排风设施, 以及作业场所有毒有害物质标志外, 还应配置相应的个人防护用品。例如在电焊作业中, 工人呼吸区的局部环境是有害物质浓度最高的地点, 即使安装了移动式焊烟净化器或采用局部通风, 仍有部分有害物质经过工人的呼吸区^[19], 所以应根据 GB/T 11651—2008《个体防护装备选用规范》等^[20], 为焊接作业人员配备有阻燃耐高温功能的防护服、防尘防毒面罩及防电焊弧光的变光眼镜或面罩等个人防护用品^[21], 同理, 接触苯及苯系物和噪声等危害因素作业岗位不仅要加强工程防护, 改善作业环境, 而且作业人员应佩戴合理的防护用品, 以切实达到保护劳动者健康的目的。

·作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

参考文献:

[1] 中华人民共和国卫生部. GBZ/T 197—2007 建设项目职业病危害控制效果评价技术导则[S]. 北京: 人民卫生出版社, 2007.

- [2] 中华人民共和国卫生部. GBZ 1—2002 工业企业设计卫生标准[S]. 北京: 人民卫生出版社, 2002.
- [3] 中华人民共和国卫生部. GBZ 159—2004 工作场所空气中有害物质监测的采样规范[S]. 北京: 人民卫生出版社, 2004.
- [4] 中华人民共和国卫生部. GBZ/T 189.7—2007 工作场所物理因素测量 第7部分—高温[S]. 北京: 人民卫生出版社, 2007.
- [5] 中华人民共和国卫生部. GBZ/T 189.8—2007 工作场所物理因素测量 第8部分—噪声[S]. 北京: 人民卫生出版社, 2007.
- [6] 中华人民共和国卫生部. GBZ 117—2006 工业X射线探伤放射卫生防护标准[S]. 北京: 人民卫生出版社, 2006.
- [7] 中华人民共和国卫生部. GBZ 132—2008 工业 γ 射线探伤放射防护标准[S]. 北京: 人民卫生出版社, 2008.
- [8] 徐伯洪, 闫慧芳. 工作场所有害物质监测方法[M]. 北京: 人民公安出版社, 2003.
- [9] 中华人民共和国卫生部. GBZ 2.1—2007 工作场所有害因素职业接触限值 第1部分—化学有害因素[S]. 北京: 人民卫生出版社, 2007.
- [10] 中华人民共和国卫生部. GBZ 2.2—2007 工作场所有害因素职业接触限值 第2部分—物理因素[S]. 北京: 人民卫生出版社, 2007.
- [11] 中华人民共和国卫生部. 职业病危害因素分析目录[EB/OL]. [2011-08-30]. <http://www.moh.gov.cn/publicfiles/business/htmlfiles/wsb/pzcjd/200804/24157.htm>.
- [12] 杨红, 吴秋云, 夏天南, 等. 某汽轮机制造企业职业卫生现况调查[J]. 职业与健康, 2008, 24(17): 1735-1738.
- [13] 陆续, 陆红, 赵晶, 等. 某机械公司新建项目职业病危害控制效果评价[J]. 职业卫生与应急救援, 2006, 24(3): 159-160.
- [14] 齐立香, 朱建英, 高先盟. 对某工程机械生产企业职业病危害因素的调查与分析[J]. 中国辐射卫生, 2006, 15(2): 236-237.
- [15] 李丽华, 李新鸾, 张昌运, 等. 某机械制造场地工程项目职业病危害预评价[J]. 职业与健康, 2006, 22(7): 481-486.
- [16] 苏建华. 焊接车间电焊烟尘净化技术研究[J]. 电器工厂设计, 2002(3): 26-32.
- [17] 肖建华, 沈艳梅, 范灵凯, 等. 某市机械系统职业危害程度分级调查与评价[J]. 中国职业医学, 2003, 30(4): 59-60.
- [18] 彭存银, 鲍磊, 刘风光, 等. 2007年胶州市22家机械制造业职业卫生现状调查[J]. 中国预防医学杂志, 2008, 9(12): 1047-1049.
- [19] 赵淑岚, 蒋琳. 汽车制造业CO₂保护焊接烟尘净化效果评价[J]. 工业卫生与职业病, 2007, 33(2): 91-92.
- [20] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB/T 11651—2008 个体防护装备选用规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [21] 杨继红, 杨泽云, 林萍. 某造船厂职业卫生现状调查及评价[J]. 工业卫生与职业病, 2006, 32(6): 363-365.
- (收稿日期: 2011-08-31)
- (英文编审: 薛寿征; 编辑: 郭薇薇; 校对: 徐新春)

(上接第272页)

(志谢: 感谢所调查单位各领导员工及该厂职业病防治所成员在本次调查中的积极组织与配合, 他们为本次调查付出了许多时间与精力。)

• 作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

参考文献:

- [1] VANDENBERG LN, CHAHOUD I, HEINDEL JJ, et al. Urinary, circulating, and tissue biomonitoring studies indicate widespread exposure to bisphenol A[J]. Environ Health Perspect, 2010, 118(8): 1055-1070.
- [2] CALAFAT AM, YE X, WONG LY, et al. Exposure of the U.S. population to bisphenol A and 4-tertiary-octylphenol: 2003-2004[J]. Environ Health Perspect, 2008, 116(1): 39-44.
- [3] CANADA. Bisphenol A concentrations in the Canadian population, 2007 to 2009[R/OL]. (2011-04-29) [2012-01-22]. <http://www.statcan.gc.ca/pub/82-625-x/2010002/article/11327-eng.htm>.
- [4] HE Y, MIAO M, HERRINTON LJ, et al. Bisphenol A levels in blood and urine in a Chinese population and the personal factors affecting the levels[J]. Environ Res, 2009, 109(5): 629-633.
- [5] VÖLKEL W, BITTNER N, DEKANT W. Quantitation of bisphenol A and bisphenol A glucuronide in biological samples by high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry[J]. Drug Metab Dispos, 2005, 33(11): 1748-1757.
- [6] VÖLKEL W, COLNOT T, CSANÁDY GA, et al. Metabolism and kinetics of bisphenol a in humans at low doses following oral administration[J]. Chem Res Toxicol, 2002, 15(10): 1281-1287.
- [7] 中华人民共和国卫生部. GBZ 159—2004 工作场所空气中有害物质监测的采样规范[S]. 北京: 人民卫生出版社, 2004.
- [8] 吴同俊, 郑力行, 吴强恩, 等. 酶水解—高效液相色谱法测定人血清中双酚A[J]. 中国工业医学杂志, 2006, 19(2): 70-73.
- [9] PELTONEN K, PFAFFLI P, ITKONEN A, et al. Determination of the presence of bisphenol-A and the absence of diglycidyl ether of bisphenol-A in the thermal degradation products of epoxy powder paint[J]. Am Ind Hyg Associ J, 1986, 47(7): 399-403.
- [10] WILSON NK, CHUANG JC, LYU C, et al. Aggregate exposures of nine preschool children to persistent organic pollutants at day care and at home[J]. J Expo Anal Environ Epidemiol, 2003, 13(3): 187-202.
- [11] WILSON NK, CHUANG JC, LYU C. Levels of persistent organic pollutants in several child day care centers[J]. J Expo Anal Environ Epidemiol, 2001, 11(6): 449-458.
- [12] RUDEL RA, BRODY JG, SPENGLER JD, et al. Identification of selected hormonally active agents and animal mammary carcinogens in commercial and residential air and dust samples[J]. J Air Waste Manag Assoc, 2001, 51(4): 499-513.
- [13] HE Y, MIAO M, WU C, et al. Occupational exposure levels of bisphenol A among Chinese workers[J]. J Occup Health, 2009, 51(5): 432-436.
- (收稿日期: 2012-02-23)
- (英文编审: 薛寿征; 编辑: 郭薇薇; 校对: 徐新春)