

甲醛作业人员的健康状况: 以3家密度板制造企业为例

颜彩虹^{1,2,3}, 易继湖¹

摘要: [目的] 了解密度板生产过程中, 甲醛对作业人员健康状况的影响, 为提出职业健康干预措施和策略提供科学依据。 [方法] 采用整群抽样的方法, 选择山东省某市3家密度板制造企业。选择制胶工、铺装工、热压工和热磨工等接触甲醛的作业人员为暴露组, 共131人; 选择同厂行政、后勤、市场采购等不接触甲醛的工作人员作为对照组, 共80人。由专业医师对所有研究对象进行职业健康检查。 [结果] 暴露组作业人员眼部刺痛、流泪, 鼻道刺激, 咳嗽、咳痰, 咽喉疼痛, 呼吸道发干, 头痛、头晕症状的发生率高于对照组($P<0.05$); 血常规检查结果显示, 暴露组作业人员血小板高于对照组($P<0.05$), 而白细胞、粒细胞、淋巴细胞、单核细胞、红细胞和血红蛋白与对照组无差异($P>0.05$); 血生化检查结果显示, 所有研究对象的总胆固醇均在正常范围内, 但暴露组人群总胆固醇水平低于对照组人群($P<0.05$); 肺功能检查发现显示暴露组人群用力肺活量平均水平低于对照组($P<0.05$)。 [结论] 密度板加工企业工人长期接触甲醛, 可对健康造成不良影响。应该加强防护, 定期进行职业健康监护提高职业健康水平。

关键词: 甲醛; 胶合板; 密度板; 职业暴露; 作业工人

Health Survey on Workers Exposed to Formaldehyde in Three Medium Density Fiberboard Manufacturing Enterprises YAN Cai-hong^{1,2,3}, YI Ji-hu¹ (1.Shandong Academy of Medical Science, Shandong 250062, China; 2.Shandong Academy of Occupational Health and Occupational Medicine, Shandong 250062; 3.School of Medicine and Life Sciences, University of Jinan-Shandong Academy of Medical Science, Shandong 250062, China). Address correspondence to YI Ji-hu, E-mail: yijihu_jn@sina.com
• The authors declare they have no actual or potential competing financial interests.

Abstract: [Objective] To assess the health status of workers exposed to formaldehyde in medium density fiberboard (MDF) production, and to provide a scientific basis for occupational health interventions and strategies. [Methods] Three MDF manufacturers were selected using cluster sampling. Glue workers, pavers, hot pressed workers, and hot mill workers with occupational exposure to formaldehyde were selected as the exposed group ($n=131$), and those without formaldehyde exposure such as office clerks, logistics staff, and purchasers were selected as the control group ($n=80$). All participants were invited to physical examination performed by specialists. [Results] The workers in the exposed group reported significantly higher proportions of having eye irritation, tearing, nasal irritation, cough, sputum, dry respiratory conditions, headache, and dizziness than the workers in the control group ($P<0.05$). The routine blood test results showed that the exposed group workers' blood platelet count were higher than the controls' ($P<0.05$), but the counts of leukocytes, granulocytes, lymphocytes, monocytes, erythrocytes, and hemoglobin were lower than those of the controls ($P>0.05$). The blood biochemical examination results revealed that the average total cholesterol of the exposed group was lower than that of the control group ($P<0.05$), though both were still within normal bounds. The pulmonary function test results showed that the average force vital capacity of the exposed group was lower than that of the control group ($P<0.05$). [Conclusion] In the investigated MDF manufacturing enterprises, long-term exposure to formaldehyde might pose adverse health effects on workers, so effective protection measures and regular occupational health surveillance should be performed to improve workers' occupational health.

Key Words: formaldehyde; plywood; medium density fiberboard; occupational exposure; worker

DOI: 10.13213/j.cnki.jeom.2015.14628

[基金项目] 济南市科技发展规划项目(编号: 201202045); 国家自然科学基金(编号: 81172645)

[作者简介] 颜彩虹(1990—), 女, 硕士生; 研究方向: 甲醛致哮喘分子机制; E-mail: rainbowyan1990@163.com

[通信作者] 易继湖, E-mail: yijihu_jn@sina.com

[作者单位] 1.山东省医学科学院, 山东 250062; 2.山东省职业卫生与职业病防治研究院, 山东 250062; 3.济南大学-山东省医学科学院医学与生命科学学院, 山东 250062

由于密度板具有表面光滑平整、性能稳定和装饰性好等优点, 近年来被广泛应用于地板和家具制造业。随着需求量的增大, 制造企业也日渐增多。密度板是由大量胶黏剂将木屑黏合压制成板, 其胶黏剂主要是脲醛树脂, 这是由尿素和甲醛缩聚而成的一种氨基树脂, 使用这种胶黏剂加工板材时会释放出甲醛, 在一些中小型企业, 由于板材加工工艺比较落后、厂

房条件简陋,缺乏相应的通风排毒设施,致使作业场所甲醛浓度较高。目前,甲醛的危害已经得到确认,国际癌症研究机构于2004年将甲醛列为1类致癌物,即有足够的证据表明高浓度甲醛可致鼻咽癌,而且还可能导致白血病^[1]。此外,有研究表明,甲醛还是一种致敏原,长期低剂量暴露于甲醛可引起皮肤变态反应^[2],对其能否诱发过敏性鼻炎、支气管哮喘也日益受到人们的关注。目前我国GBZ 57—2008《职业性哮喘诊断标准》已将甲醛列入职业性变应原名单中。本研究采用整群抽样的方法选取山东省某市的3家密度板加工企业的211名工人进行职业健康检查,以了解甲醛职业暴露对作业人员健康状况的影响,为提出合理的职业健康干预措施和管理策略提供科学依据。

1 对象与方法

1.1 研究对象

采用整群随机抽样的方法选择山东省某市3家密度板制造企业的211名作业人员作为研究对象。根据生产工艺流程选择接触胶合剂及胶合板材成品的工人(主要包括制胶工、浸胶工、热磨工、热压工、砂光工、接板工)作为暴露组,选择同厂不接触甲醛作业的工人如行政管理、后勤和市场采购等人员作为对照组。两组人群的性别比例、年龄构成、工龄构成、文化程度等因素匹配。纳入标准:从事目前工种工作大于1年的工人。排除标准:不能积极配合完成本次健康检查者。研究对象知晓本研究的意义,并签署知情同意书。

1.2 问卷调查

采用自行设计的职业卫生调查表,调查员经过统一培训,收集工人基本情况、职业暴露史、烟史、自觉症状以及甲醛危害知晓情况和个体防护情况等信息。

1.3 工作场所甲醛浓度检测

按照GBZ/T 160.54—2007《工作场所空气有毒物质测定 脂肪族醛类化合物》中推荐的酚试剂分光光度比色法的要求,在工人工作地点呼吸带水平进行采样,每个检测点以0.2L/min的流速,采样15 min,采样后,吸收液置于4℃冰箱冷藏保存,所有样品保证在6h内完成测定。检测时间3d,1次/d。

1.4 职业健康检查

按照GBZ 188—2007《职业健康监护技术规范》

的要求,组织作业人员进行职业健康检查。采用统一的职业健康检查表,由取得相应资质的专业医师对所有研究对象进行健康检查,主要包括体格检查、常规内科检查、实验室检查三部分。肺功能检查采用常规测定方法,使用便携式肺功能仪,由专业医师指导,要求受检者站立,熟悉测试方法,然后用标准化一次呼吸法。分析用力肺活量(forced vital capacity, FVC)、第一秒用力呼气量(forced expiratory volume in one second, FEV1)、第一秒用力呼气量占用力肺活量百分率(FEV1/FVC,%)3项常用指标,为了减少身高、体重、年龄等因素的影响,FEV1/FVC用实测值计算,FVC、FEV1按实测值占预计值的百分比计算。

1.5 统计学分析

对数据进行检查与核对,使用EpiData进行双录入,然后将数据导入SPSS 17.0进行统计分析。对计数资料进行卡方检验;对计量资料先行正态检验,所有计量资料均符合正态分布,故进行 t 检验。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 作业环境

2.1.1 密度板制作工艺 首先由削片工人在露天环境中将原材料粉碎,然后由上料工人将木屑运输到生产车间,此环节削片工人和上料工人不接触甲醛。生产车间,在热磨机反应器中首先经高压蒸汽吹3~5 min,由球磨机将木屑磨细,并不断搅拌,与胶合剂混匀,经烘干机烘干后,经过传送带将热磨机处理好的木粉胶合剂混合物输送至铺装车间,铺装工人通过操作铺装机铺好木粉胶合剂混合物后,热压机将其压制成板材。压制好的板材经晾板后,由叉车工人运输至砂光车间,进行后续的切边、砂光及后处理等工序。板条工人收集、整理和堆放切边及后处理等工序产生的废弃板条。化工车间,制胶工人完成密度板胶合剂的制作,该过程需使用37%~38%的甲醛溶液,制胶工人不可避免地接触高浓度甲醛。在热磨和热压工序,因为高温作用,甲醛更容易从胶中挥发至空气中,所以是制作密度板是作业人员暴露于甲醛的重要环节。砂光、开槽、叉车、板条、接板和后处理工人等由于经常与含胶板材密切接触,也接触较高浓度甲醛。作业过程中,作业人员穿防护服、防护鞋,戴安全帽,但是除制胶工人佩戴防毒面罩外,其他环节的作业人员中仅有部分人员配带普通棉纱口罩进行防护。

2.1.2 工作场所空气中甲醛浓度 空气中甲醛检测结果显示(表1), 作业场所空气中甲醛的平均浓度为(1.003 ± 0.662)mg/m³, 检测点最高浓度为3.09 mg/m³, 最低浓度为0.33 mg/m³。检测结果显示, 除仓库和制胶值班室外, 其他位置甲醛浓度均超过国家规定的最高容许浓度(0.5 mg/m³)。

表1 山东省3家密度板制造企业作业人员工作场所空气中甲醛浓度($\bar{x} \pm s$, mg/m³)

位置	样本数	甲醛浓度
接板机	36	1.017 ± 0.097
热压机	36	2.365 ± 0.704
热压机操作室	36	0.613 ± 0.138
制胶罐	36	1.045 ± 0.174
制胶值班室	18	0.360 ± 0.042
热磨机	18	1.045 ± 0.177
砂光工	36	0.798 ± 0.067
砂光操作室	18	0.545 ± 0.035
仓库	18	0.425 ± 0.007

2.2 作业工人健康状况

2.2.1 基本情况 甲醛暴露组、对照组人群在性别、年龄、工龄、文化程度、吸烟和饮酒方面差别均无统计学意义($P > 0.05$), 见表2。

表2 山东省3家密度板制造企业甲醛暴露组与对照组特征分布

特征	暴露组(n=131)	对照组(n=80)	t或 χ^2	P
性别			2.68	0.10
男	90	68		
女	32	12		
年龄($\bar{x} \pm s$, 岁)	36.77 ± 9.69	38.73 ± 9.10	-1.45	0.15
工龄($\bar{x} \pm s$, 年)	4.79 ± 2.97	5.79 ± 4.27	-1.85	0.07
文化程度			1.99	0.37
初中及以下	82	44		
高中或中专	44	30		
大专及以上学历	5	6		
吸烟			0.36	0.55
是	47	32		
否	84	48		
饮酒			0.37	0.54
是	73	48		
否	58	32		

[注]年龄和工龄的统计量为t值, 性别、文化程度、是否吸烟及饮酒的统计量为 χ^2 值。

2.2.2 甲醛危害知晓和个人防护措施实施情况 甲醛暴露组(131人)人群中, 知道甲醛可对人体产生危害的人员117人, 知晓率约为91.0%; 仅有75(57.3%)人采取佩戴口罩(普通棉纱口罩)的方式进行防护, 其他人员均未采取任何防护措施。

2.2.3 自觉症状 甲醛暴露组工人眼部刺痛、流泪, 鼻道刺激, 咳嗽、咳痰, 咽喉疼痛, 呼吸道发干, 头痛、头晕症状的发生率高于对照组人群, 差异有统计学意义($P < 0.05$), 见表3。

表3 山东省3家密度板制造企业甲醛暴露组与对照组自觉症状分布

征状	暴露组(n=131)	对照组(n=80)	χ^2	P
眼部刺痛、流泪	97	41	11.410	0.001
视力下降	9	4	—	0.770*
鼻道刺激	61	26	4.055	0.044
咳嗽、咳痰	29	5	9.275	0.002
咽喉疼痛	31	10	3.954	0.047
胸闷气短	9	7	0.250	0.617
流鼻涕	19	8	0.903	0.342
打喷嚏	16	11	0.105	0.746
呼吸道发干	32	10	4.432	0.035
呼吸困难	8	3	—	0.540*
头痛、头晕	16	2	6.006	0.014
恶心呕吐	10	6	0.030	0.863

[注]*: Fisher概率。

2.2.4 血常规 暴露组作业人员的血小板计数高于对照组($P < 0.05$), 暴露组白细胞、粒细胞、淋巴细胞、单核细胞、红细胞和血红蛋白与对照组差别均没有统计学意义($P > 0.05$), 见表4。

表4 山东省3家密度板制造企业甲醛暴露组与对照组血常规结果($\bar{x} \pm s$)

指标	暴露组(n=131)	对照组(n=80)	t	P
白细胞($10^9/L$)	6.07 ± 1.25	6.20 ± 1.36	-0.72	0.48
粒细胞($10^9/L$)	3.64 ± 0.91	3.81 ± 1.15	-1.23	0.22
淋巴细胞($10^9/L$)	1.90 ± 0.51	1.87 ± 0.46	0.40	0.69
单核细胞($10^9/L$)	0.54 ± 0.19	0.52 ± 0.17	0.67	0.50
血小板($10^9/L$)	245.15 ± 49.67	229.16 ± 46.27	2.33	0.02
红细胞($10^{12}/L$)				
男	4.82 ± 0.34*	4.77 ± 0.36#	0.94	0.35
女	4.28 ± 0.31 [△]	4.37 ± 0.22 [○]	-0.95	0.35
血红蛋白(g/L)				
男	150.30 ± 10.59*	150.03 ± 8.90#	0.18	0.86
女	122.44 ± 17.63 [△]	131.08 ± 11.38 [○]	-1.57	0.12

[注]*: n=99; #: n=68; Δ : n=32; \circ : n=12。

2.2.5 血生化 生化结果显示, 所有研究对象的总胆固醇均在正常范围内, 但暴露组工人总胆固醇平均水平比对照组低($P < 0.05$), 见表5。

2.2.6 肺功能 暴露组作业人员的FVC低于对照组($P < 0.05$)。所有研究对象的FEV1和FEV1/FVC均在正常范围, 二组间差别无统计学意义($P > 0.05$), 见表6。

表5 山东省3家密度板制造企业甲醛暴露组与对照组
血生化检查结果($\bar{x} \pm s$)

指标	暴露组(n=131)	对照组(n=80)	t	P
葡萄糖(mmol/L)	5.23 ± 1.46	5.09 ± 0.72	0.75	0.45
甘油三酯(mmol/L)	1.14 ± 1.11	1.39 ± 1.87	-1.21	0.23
总胆固醇(mmol/L)	4.36 ± 0.80	4.69 ± 0.95	-2.65	0.01
总胆红素(μmol/L)	12.69 ± 4.96	13.66 ± 6.26	-1.25	0.21
总蛋白(g/L)	75.47 ± 4.55	75.18 ± 4.13	0.45	0.65
谷丙转氨酶(U/L)	23.82 ± 15.63	25.07 ± 17.48	-0.54	0.59
谷氨酰转氨酶(U/L)	25.56 ± 18.52	30.11 ± 22.78	-1.58	0.12

表6 山东省3家密度板制造企业甲醛暴露组与对照组
肺功能检查结果($\bar{x} \pm s, \%$)

组别	例数	FVC	FEV1	FEV1/FVC
暴露组	131	93.06 ± 12.28	109.15 ± 13.27	88.38 ± 5.57
对照组	80	96.55 ± 11.20	110.81 ± 12.77	89.43 ± 5.22
t		-2.07	-0.90	-1.35
P		0.04	0.37	0.18

3 讨论

随着我国经济发展的需要,密度板生产的企业也逐渐增多。生产时使用的脲醛树脂黏合剂,会释放出甲醛,且随着生产加工过程中温度升高,甲醛释放加快。因此,当车间通风设施不健全时,密度板生产车间空气中弥漫着较高浓度的甲醛,作业工人不可避免地接触到甲醛,成为作业人员接触的最主要职业病危害因素。甲醛可以通过皮肤黏膜,呼吸道等途径进入人体,对机体造成伤害,短间接接触高浓度甲醛可引起急性中毒,长间接接触低浓度甲醛可引起慢性中毒^[3]。本次调查表明,3家企业工人作业场所空气中甲醛浓度较高,除制胶值班室和仓库之外,车间其他位置浓度均超过职业卫生接触限值(0.5 mg/m^3)。

本次研究发现,接触甲醛作业的工人眼部刺痛、流泪,鼻道刺激,咳嗽、咳痰,咽喉疼痛,呼吸道发干,头痛、头晕症状的发生率均高于对照组($P < 0.05$);虽然肺功能检查结果显示,接触甲醛作业人员的FVC低于对照组($P < 0.05$)。这说明甲醛对作业人员的肺功能有一定影响,国内也有相似报道^[4-5]。这主要是由于甲醛是一种水溶性较好的刺激性气体,易溶解附着在湿润的眼和上呼吸道黏膜局部,产生刺激作用,因此当作业场所空气中弥漫着大量甲醛时,若作业人员未采取任何个体防护措施或者采取的防护措施未能起到有效保护作用时,甲醛可通过侵及湿润的眼睛和上呼吸道黏膜而导致作业人员出现眼部刺痛、流泪、咽痛、咽痒、呼吸道发干等症状。低浓度时,甲醛可能只侵犯眼和上呼吸道而造成不适;但当浓度较

高时,可侵犯全呼吸道,当侵及呼吸道深部时,可对肺组织造成刺激,使气道水肿,引发气道高反应,严重时影响肺功能,甚至发生慢性阻塞性肺病^[6]。国内外均有报道,由于室内装修不当造成甲醛超标,诱发哮喘或者加重哮喘症状^[7-8]。本次调查显示,甲醛作业人员头痛、头晕症状的发生率也高于对照组($P < 0.05$),可能与甲醛影响机体健康而出现自主神经症候有关,但其影响机制尚不清楚。本研究还发现,接触甲醛作业人员的血小板计数高于对照组($P < 0.05$),但接触甲醛作业人员的白细胞、粒细胞、淋巴细胞和单核细胞计数均与对照组差别没有统计学意义($P > 0.05$)。另有动物实验显示,气态甲醛对大鼠进行吸入式染毒,可使大鼠外周血中血小板计数升高,白细胞、淋巴细胞等细胞计数降低^[9-10]。但也有与本研究的结果相反的报道,甲醛可使作业工人外周血血小板计数降低^[11-12],这都说明长期反复接触甲醛可对血液系统产生不良影响^[13-14]。近期国际癌症研究机构称有充分证据证明甲醛可致白血病,尤其是髓性白血病,Lan等^[15]选择29名接触高浓度甲醛作业人员作为暴露组与23名不接触甲醛作业人员作为对照组,取髓系祖细胞体外培养,发现接触高浓度甲醛作业人员的骨髓细胞染色体畸变(单倍体、染色体结构畸变)率高于对照组,而这种染色体畸变在髓性白血病中发生率也较高。本调查血生化指标显示,甲醛暴露组工人总胆固醇水平低于对照组人群,这主要是暴露组工人多从事体力劳动,劳动强度较大,可能会影响机体内总胆固醇水平。虽然早在1990年有报道称,甲醛在肝脏可被迅速氧化成甲酸而损伤肝实质细胞,且甲醛还可使肝实质细胞中的谷胱甘肽含量降低,损伤肝脏的抗氧化系统,从而影响肝脏的正常功能^[16],但此次生化结果显示,接触甲醛作业人员总胆红素、谷丙转氨酶和谷氨酰转氨酶未见异常,且与对照组相比差别没有统计学意义,故尚不能认为甲醛对肝脏产生损伤。

在密度板制造企业,作业人员在生产过程中不可避免接触到甲醛,对作业人员身体健康造成不良影响,为保护作业人员健康,减少职业损害^[17-18],提出以下建议。第一,建立奖惩机制。由于工人自我防护意识薄弱,工厂提供给工人的防护服、劳保鞋、防尘口罩(防毒口罩)、防噪耳塞和帽子等防护用品,大部分工人没有按要求佩戴,针对这种情况,应该建立奖惩机制,对正确佩戴防护用品的工人给予奖励,未能正确佩戴防护用品的工人给予惩罚。第二,革新生产

工艺,合理布局。保护作业人员身体健康的最有效方法是从源头上减少使用甲醛,工厂应该积极革新生产工艺,采取低毒胶合剂甚至无毒的胶合剂替代现用的脲醛树脂胶黏合剂,有研究称,改性大豆蛋白胶黏剂具有来源丰富,无毒无害等优点^[19],而且由改性大豆蛋白胶黏剂制作的板材与市场上的板材性能基本一致;车间各生产工艺布局应尽可能合理,低甲醛作业车间(砂光车间)与高甲醛作业车间(制胶车间、热压车间、热磨车间)不能设在同一个厂房内。第三,加强通风。制胶车间、接板车间和热压车间等甲醛浓度较高的车间还应该增加通风口,以保证工人作业场所空气中甲醛浓度不超过国家规定的浓度。第四,加强宣传教育,增强作业人员的个体防护意识。定期举办职业健康防护知识讲座,向工人讲解如何正确使用防护用品以及使用防护用品的意义,使作业人员深刻认识到正确使用防护用品的重要性。第五,工厂应该设立专门部门,做好职业卫生管理工作。

目前,国内外甲醛危害的报道不少见,但密度板生产行业甲醛作业人员健康状况全面评价的研究较少。但本次研究仍然存在不足之处,为以后更好开展科研工作,总结如下:首先,检测工作场所空气中甲醛浓度时,应该优先考虑个体采样,获得每个作业人员接触甲醛的浓度,这样有利于分析甲醛浓度与作业人员健康状况之间的关联。其次,增加健康检查项目,尤其是针对甲醛致癌的危害,增加相应的检查项目,如外周血微核率,及早发现异常情况,做好预防工作。

·作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

参考文献

- [1] International Agency for Research on Cancer. Formaldehyde, 2-butoxyethanol and 1-tert-butoxypropan-2-ol [J]. IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum, 2006, 88: 39-325.
- [2] Kim JY, Jeong MS, Park KY, et al. Aggravation of atopic dermatitis-like symptoms by consecutive low concentration of formaldehyde exposure in NC/Nga mice [J]. Exp Dermatol, 2013, 22(3): 219-221.
- [3] 罗晓红, 顾艳. 室内甲醛污染对人类健康影响的研究进展 [J]. 职业与健康, 2011, 27(21): 2501-2503.
- [4] 洪志强, 童智敏, 施健. 甲醛对作业工人呼吸系统及肺功能影响 [J]. 中国公共卫生, 2007, 23(7): 849-850.
- [5] 范卫, 周元陵, 金复生, 等. 医院病理科医师接触甲醛的健康影响 [J]. 环境与职业医学, 2007, 23(6): 466-468.
- [6] 周瑜, 朱建全, 徐琪, 等. 职业性慢性甲醛中毒性阻塞性肺病 1 例分析 [J]. 中国职业医学, 2013, 40(2): 124-124.
- [7] Tagiyeva N, Sheikh A. Domestic exposure to volatile organic compounds in relation to asthma and allergy in children and adults [J]. Expert Rev Clin Immunol, 2014, 10(12): 1611-1639.
- [8] Zhai L, Zhao J, Xu B, et al. Influence of indoor formaldehyde pollution on respiratory system health in the urban area of Shenyang, China [J]. Afr Health Sci, 2013, 13(1): 137-143.
- [9] 李兰. 气态甲醛致小鼠造血系统毒性的初步研究 [D]. 华中师范大学, 2011.
- [10] 童智敏, 赵进顺, 施健, 等. 大鼠吸入甲醛的亚慢性毒性实验 [J]. 环境与职业医学, 2006, 23(5): 426-429.
- [11] Tang X, Bai Y, Duong A, et al. Formaldehyde in China: Production, consumption, exposure levels, and health effects [J]. Environ Int, 2009, 35(8): 1210-1224.
- [12] 童志敏, 朱士新, 施健, 等. 甲醛对作业工人血常规和血清生化指标的影响 [J]. 中国工业医学, 2007, 20(6): 409-410.
- [13] 黄明, 王治香, 黄凯凯, 等. 甲醛对白血病细胞增殖, 凋亡影响研究 [J]. 中国职业医学, 2011, 38(3): 200-203.
- [14] Ji Z, Li X, Fromowitz M, et al. Formaldehyde induces micronuclei in mouse erythropoietic cells and suppresses the expansion of human erythroid progenitor cells [J]. Toxicol lett, 2014, 224(2): 233-239.
- [15] Lan Q, Smith MT, Tang X, et al. Chromosome-Wide Aneuploidy Study (CWAS) of cultured circulating myeloid progenitor cells from workers occupationally exposed to formaldehyde [J]. Carcinogenesis, 2015, 36(1): 160-167.
- [16] 张瑞稳, 王英. 甲醛在红细胞和肝脏的代谢 [J]. 卫生毒理学杂志, 1990, 4(1): 7-9.
- [17] 周其信. 甲醛生产企业中甲醛的危害及防治 [J]. 科技与生活, 2012 (11): 229-229.
- [18] 温伟华, 周惠胡, 卢建国. 某高密纤维板厂甲醛作业工人健康状况的调查分析 [J]. 国际医药卫生导报, 2011, 17(13): 1660-1662.
- [19] Li X, Li Y, Zhong Z, et al. Mechanical and water soaking properties of medium density fiberboard with wood fiber and soybean protein adhesive [J]. Bioresour Technol, 2009, 100(14): 3556-3562.

(收稿日期: 2014-09-19)

(英文编辑: 汪源; 编辑: 王晓宇; 校对: 洪琪)