

某含铬污泥综合利用项目铬的职业健康危害风险评估

Assessment on occupational health hazard risk by chromium of a certain comprehensive utilization project of chromium sludge

杨杰, 王欢, 龚伟

(江苏省疾病预防控制中心, 江苏 南京 210009)

摘要: 联合应用金属物质接触估计与评估法 (MEASE) 及新加坡有害化学品职业暴露半定量分析方法评估某钢厂含铬污泥综合利用项目铬暴露职业健康危害的健康风险。结果显示, 含铬污泥综合处理人员预估皮肤暴露负荷范围为 0.024~24 mg/d, 铬吸入范围 0.002~0.025 mg/m³; 六价铬职业吸入暴露为高风险, 吸入风险等级为高至较高风险。建议正常生产时, 含铬污泥综合处理人员必须正确佩戴并定期更换有效的呼吸防护用品, 避免皮肤的直接暴露, 定期进行环境监测和健康监护。

关键词: 铬; 污泥; 职业危害; 风险评估

中图分类号: R135 **文献标识码:** B

文章编号: 1002-221X(2015)06-0471-03

DOI: 10.13631/j.cnki.zggyyx.2015.06.031

某钢厂日生产含铬污泥 1.5 t, 全年约 700 t。考虑金属铬 (Cr) 为炼钢必需的元素, 故该企业拟对含铬污泥综合利用。由于 Cr⁶⁺ 具有致癌性, 为了从源头控制和消除职业病危害, 保护含铬污泥处理劳动者健康, 特对此开展职业健康风险评估。

1 对象与方法

1.1 对象

某钢厂含铬污泥综合利用生产项目, 即将含铬污泥与钢厂其他废料按比例破碎混合, 制成颗粒状成品, 再作为钢材的铬元素添加剂, 回炉冶炼。该项目新增 6 名生产员工。

1.2 方法

1.2.1 工程分析 根据项目可行性研究报告, 了解生产工艺、岗位设置、操作模式、接触时间、工程及个体防护等。

1.2.2 含铬污泥成分分析及污泥浸出毒性试验 参考《危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别》(GB5085.3—2007) 检测及评价。

1.2.3 MEASE 方法 MEASE 由欧洲金属协会 EBRC 公司开发, 可同时评价金属吸入暴露和皮肤接触暴露^[1,2]。该模型所需的输入参数: 化学特征、操作条件 (OC)、用于皮肤暴露评估的操作条件。此工具根据热冶金过程第 90 百分位数的吸入测量值和对生产过程的测量数据, 提供了点估计和 1 个班

次的合理化最坏情况下的吸入暴露评估。

1.2.4 新加坡有害化学品职业暴露半定量分析方法 根据化学物危害等级 (HR) 及暴露 (ER) 计算风险级别^[3]。

2 结果

2.1 生产工艺

含铬废水二次还原后 (污泥绝大多数的 Cr⁶⁺ 已转化为 Cr³⁺), 经浓缩、压滤及脱水制得含铬污泥湿料 (铅灰绿色), 将其与含铁尘泥、渣钢粉及石灰窑除尘氧化钙粉按 1:3:3:3 比例配料, 用人工破碎及装载机混匀至颗粒状成品, 经汽车运输过磅后送入料仓。主要的作业点为含铬污泥混料区, 厂房面积 600 m², 地面及挡墙为含防渗漏层的钢筋混凝土, 6 台轴流风机安装在厂房墙壁上。主要的作业内容为污泥收集、运输、装卸、配料、混料、成品输送, 详见表 1。

表 1 含铬污泥利用岗位设置及作业内容

工种	人数	作业内容	工作时间 (h)	拟配备的个人防护用品
货车驾驶员	1	运输含铬污泥周转箱 含铬污泥铺开, 斗铲平踏	0.5~1.0	无
装载机驾驶员	1	成碎粒 (粉), 拌匀配料、 卸料、清洁车辆	0.5~1.0	无
地面辅助工	1	配合装载机污泥加工	1.0~2.0	手套及一次
电动葫芦操作员	1	卸载货车上的周转箱	1.0~2.0	性防尘口罩
配料员	1	加配料	1.0~2.0	
现场指挥	1	现场监督、指挥	1.0~2.0	

2.2 含铬污泥成分及浸出毒性试验

经检测, 含铬污泥中总铬的含量为 29.0%。在污泥浸出毒性试验中, 总铬为 1.020 mg/L, 六价铬未检出, 表明可溶性的六价铬含量较低, 符合 GB 5085.3—2007 标准的要求, 该污泥未列入危险废物。

表 2 含铬污泥浸出毒性试验结果 mg/L

检测项目	测定值	标准限值	检测项目	测定值	标准限值
Cr ⁶⁺	未检出	5	总镉	0.026	5
总镉	0.001	1	总铊	0.039	100
总铅	0.003	5	总镍	0.051	5
总汞	未检出	0.1	总铜	0.026	100
总铬	1.020	15			

2.3 MEASE 输入及结果

以配料员混合操作为例, 在预测 Cr⁶⁺ 的暴露量时, 取 Cr⁶⁺ 分子量为 52, 熔点 1 860 °C, 物理性状取值固态、中等度尘量 (含铬污泥为湿料, 含水量 >20%), 处理过程中的 Cr⁶⁺ 含量 <1% (混料中含铬污泥为 10%, 则总铬含量为 2.9%), 操作分类为批量混料, 操作量为工业使用, 暴露时

收稿日期: 2015-08-03; 修回日期: 2015-10-10

基金项目: 江苏省医学领军人才项目 (LJ201130); 江苏省卫生国际交流支撑计划

作者简介: 杨杰 (1964—), 男, 高级工程师, 研究方向: 职业卫生。

通讯作者: 龚伟, 副主任医师, E-mail: cdcgw@jscdc.cn。

间 60~240 min, 使用类型为高度扩散, 暴露方式直接处理, 密集接触, 工程防控为全面通风, 取低可信区间值, 呼吸防护系数为 10 (一次性防尘口罩), 选择性使用手套; 输出结果为预估皮肤暴露值为 3 $\mu\text{g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{d})$, 吸入暴露评估为 0.025 mg/m^3 。据此对配料、清洁、运输、装卸等操作相应的岗位铬的吸入和皮肤暴露水平进行预测, 结果详见表 3。

2.4 半定量吸入暴露风险评估结果

根据新加坡有害化学品职业暴露半定量分析方法, 风险级别等于 $\text{HR} \times \text{ER}$, 共 1~5 级, 1 级为可忽略风险, 2 级为低风险, 3 级为一般风险, 4 级为高风险, 5 级为很高风险。

Cr^{6+} 为明确的致癌物, HR 分类为 5; Cr^{3+} 为可刺激, 为皮肤致敏剂, HR 分类为 5。

化学品的暴露分级根据实测值 E/限值 PEL 来获得^[3]。我国的国家职业卫生限值[三氧化铬、铬酸盐、重铬酸盐(按

表 3 含铬污泥综合利用各岗位铬吸入及皮肤预估暴露值

岗位	操作过程	暴露因素	预估暴露值	
			皮肤暴露值 [$\mu\text{g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{d})$]	吸入暴露值 (mg/m^3)
地面辅助工、配料员和现场指挥员	混合、配料和清洁	Cr^{3+}	30	0.025
货车、装载机驾驶员和电动葫芦操作员	运输和装卸	Cr^{3+} Cr^{6+}	0.1 0.01	0.017 0.002

Cr 计)]PC-TWA 为 0.05 mg/m^3 , 美国国家职业安全卫生研究所 (NIOSH) Cr^{3+} 和 Cr^{6+} 推荐值 (REL TWA) 分别为 0.5 和 0.000 2 mg/m^3 。本项目铬暴露职业健康风险级别结果详见表 4。

表 4 含铬污泥综合利用各岗位铬吸入职业暴露风险等级

岗位	暴露因素	预估吸入暴露值 (mg/m^3)	PC-TWA (mg/m^3)	E/PEL	ER	HR	风险级别	NIOSH REL 为标准 计算后的风险级别
地面辅助工、配料员和现场指挥员	Cr^{3+}	0.025	/	/	/	2	/	1
货车、装载机驾驶员和电动葫芦操作员	Cr^{6+}	0.025	0.05	0.5	3	5	4	5
	Cr^{3+}	0.017	/	/	/	2	/	1
	Cr^{6+}	0.002	0.05	0.04	1	5	2	5

2.5 皮肤暴露预测

应用 MEASE 法已初步预测了各岗位人员铬单位皮肤暴露值, 参照新加坡有害化学品职业暴露半定量分析方法中的皮

肤暴露面积和体重, 可进一步预估员工实际的单位体重皮肤暴露量, 并将其值与经皮肤半数致死量 LD_{50} 比较, 详见表 5。

表 5 含铬污泥综合利用各岗位铬经皮肤暴露预测

岗位	操作过程	暴露因素	预估暴露值			
			单位皮肤暴露值 [$\mu\text{g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{d})$]	皮肤暴露总面积 (cm^2)	皮肤总负荷 (mg/d)	皮肤暴露量 [$\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{d})$]
地面辅助工、配料员和现场指挥员	混合、配料和清洁	Cr^{3+} Cr^{6+}	30 3	3 450 3 450	103.5 10.35	1.478 571 0.147 857
货车、装载机驾驶员和电动葫芦操作员	运输和装卸	Cr^{3+} Cr^{6+}	0.1 0.01	3 450 3 450	0.345 0.0345	0.004 929 0.000 493

注: 皮肤暴露面积, 上臂 1 430 cm^2 、双手 840 cm^2 、头部 1 180 cm^2 , 总计 3 450 cm^2 。成年人平均体重取值为 70 kg。

结果表明, 地面辅助工、配料员和现场指挥员 Cr^{3+} 和 Cr^{6+} 皮肤总负荷分别达 103.5 mg/d 和 10.35 mg/d 。经查阅文献, 雄性大鼠接触重铬酸钠经皮肤半数致死量 LD_{50} 为 0.96 g/kg (标准差 SD 为 0.19), 如以安全系数 100 外推到人类, 则人经皮肤半数致死量 LD_{50} 为 9.6 mg/kg ^[4]。可见本项目地面辅助工、配料员和现场指挥员日皮肤暴露量约为 LD_{50} 的十分之一, 为基本安全作业。

3 讨论

各岗位铬吸入暴露预测值为 0.002~0.025 mg/m^3 , 如果按国家职业卫生标准《工作场所职业病危害作业分级 第 2 部分: 化学物》(GBZ/T 229.2—2010) 分析, 由于暴露值均低于 PC-TWA (0.05 mg/m^3), 则该化学物可归类为相对无害作业, 但考虑到该分类标准的相对粗略性, 缺乏预警作用, 且六价铬具有致癌性^[5], 故我们进一步应用了新加坡化学品半定量评价方法对各岗位风险分级。结果表明, 如以我国职业卫生标准计算 ER, 两大类岗位 Cr^{6+} 的吸入暴露风险分别为一般风险和高风险 (我国没有 Cr^{3+} 的 PEL); 如以 NIOSH 的 PEL 标准计算 ER, 则 Cr^{3+} 和 Cr^{6+} 的吸入暴露风险分别为低风险和很高风险。据此, 维持现有的工作条件和防护水平足以较好控制 Cr^{3+} 的职业暴露风险, 但必须采取有效措施控制 Cr^{6+} 的职业暴露, 包括开展工程防治和职业病危害因素监测、职工培训、建立呼吸保护计划、提供合适的呼吸防护用品、建立并实施正确的工作程序等。

尽管本项目中铬皮肤暴露为基本安全作业, 但考虑到 Cr^{3+} 为皮肤致敏剂, 可在皮肤表面层与蛋白质结合, 形成稳态的络合物, 而 Cr^{6+} 可经完整皮肤吸收, 皮肤长期或反复接触铬酸盐、铬酸雾以及含铬水泥, 会因刺激和致敏作用而发生接触性皮炎, 故建议工人在工作中应佩戴手套, 避免皮肤的直接暴露。

在不能获得检测数据情况下, 新加坡半定量风险评估法中提供了两个方法评估化学品的暴露等级, 一是参数法, 另一个为公式预测法。但这两种方法均不适合本项目。本项目

首先利用 MEASE 法预测生产中金属吸入暴露和皮肤接触暴露, 然后应用新加坡半定量风险评估法进行风险评估及随后风险管理。上述两种方法的结合有效地拓宽了新加坡半定量风险评估法的应用范围, 可为今后的实际应用提供借鉴。

参考文献:

- [1] HERAG: Assessment of occupational dermal exposure and dermal absorption for metals and inorganic metal compounds [Z]. Fact sheet 01. Health Risk Assessment Guidance for Metals, 49p (2007).
- [2] Fransman W, Schinkel J, Meijster T, *et al.* Development and evalua-

tion of an exposure control efficacy library (ECEL) [J]. *Annals of Occupational Hygiene*, 2008, 52 (7): 567-575.

- [3] 杨杰, 龚伟. 应用化学品风险评估法评价某化工项目职业病危害探讨 [J]. *中国职业医学*, 2011, 38 (6): 500-502.
- [4] NIOSH. Criteria for a recommended standard occupational exposure to hexavalent chromium [R]. DHHS (NIOSH) Publication No. 2013-128.
- [5] 吴钢. 六价铬致癌的分子机制研究进展 [J]. *中华劳动卫生职业病杂志*, 2012, 30 (11): 878-880.

某海洋平台生产企业电焊烟尘危害调查

Investigation on welding fume hazard in a certain offshore platform manufacturing enterprise

张士怀, 张放, 曲玮, 陶玲, 门金龙, 张海东

(山东省职业卫生与职业病防治研究院, 山东 济南 250062)

摘要: 为识别某海洋平台生产企业的电焊烟尘危害, 分析其危害程度并寻找关键控制措施, 对该企业进行现场职业卫生学调查和职业病危害因素检测。结果显示, 个体检测电焊烟尘浓度 ($C-TWA$, 总尘) 最大值为 $6.73 \text{ mg}/\text{m}^3$, 超标率为 30%; 碳弧气刨、二氧化碳保护焊作业岗位是粉尘的关键控制点。

关键词: 海洋平台; 职业病危害; 粉尘; 电焊烟尘

中图分类号: R135.2 **文献标识码:** B

文章编号: 1002-221X(2015)06-0473-02

DOI: 10.13631/j.cnki.zggyyx.2015.06.032

海洋工程装备制造业是国家战略性新兴产业的重要组成部分, 是高端装备制造业的重点方向。为了解海洋平台生产企业工作场所电焊烟尘危害现状及所采取的防尘措施, 更好地从源头控制和预防职业病危害。我们于 2012 年 12 月对某海洋平台生产企业现场进行了职业卫生现状调查和电焊烟尘浓度检测, 为该企业改善作业环境、保护职工健康提供科学依据。

1 对象与方法

正常作业时, 对某海洋平台生产企业的组块结构车间、制管车间和滑道总装等 3 个生产系统接触电焊烟尘的 10 个工种共 30 人次进行了个体采样。作业工人 (采样对象) 分别佩戴个体粉尘采样器连续测量其 8 h 在不同生产活动过程中个体粉尘数据, 同一工种连续采样 3 个工作日, 采用滤膜重量法测定粉尘时间加权平均浓度 (C_{TWA})。

个体粉尘采样使用 Airchek2000 型个体采样器 (美国 SKC 公司)。粉尘采样按照《工作场所空气中有害物质监测的采样规范》(GBZ 159—2004) 及《工作场所空气中粉尘测定 第一部分 总粉尘浓度》(GBZ/T192.1—2007) 进行现场采样

与分析。依据《工作场所有害因素职业接触限值 第一部分 化学有害因素》(GBZ2.1—2007) 对粉尘浓度进行评价。

2 结果

2.1 现场职业卫生学调查

该海洋平台生产企业始建于 2009 年, 主要产品包括滩、浅海固定平台 (单井平台、井组平台和大型综合平台) 和钻井平台等。企业现有职工 1395 人, 正式员工 470 人 (女职工 65 人), 外包人员 925 人。年工作 300 d, 工作制度基本采用一班制, 生产高峰时临时采用两班制生产, 每班工作 8 h。

主要生产工艺: 钢板和型钢在组块结构车间经预处理流水线进行抛丸处理, 清除钢材表面的锈蚀、氧化皮和污物; 然后经切割、焊接制成组块分段; 组块分段与制管车间生产的立柱和拉筋管等进行预舾装, 预舾装件与制管车间生产的导管、钢桩和隔水套管等进入涂装工场进行喷砂、喷漆处理, 然后进入滑道总装。

海洋平台制造使用多种焊接方式, 如手工电弧焊、二氧化碳气体保护焊、埋弧焊、碳弧气刨等。工人在电焊作业或巡检时均可接触到电焊烟尘。

2.2 防尘技术措施

在组块结构车间每跨屋顶纵向轴线之间沿屋脊设置喉径为 3 m 的屋面薄型防雨通风器 (带电动阀板) 进行通风, 排除操作点散发到室内的烟尘, 该通风器利用室内外温差形成的热压及风力作用形成的风压来实现车间内的换气; 制管车间主要采用自动埋弧焊接设备节省焊接材料, 设置通风机通过送风管道向有限空间送风等防尘措施; 滑道总装为露天作业, 无有效的治理措施, 只能靠自然通风。

2.3 检测结果

现场检测了 10 个接触电焊烟尘 (总尘) 工种, 共采 30 个样品, 超标工种 3 个, 超标率为 30%; 其中组块结构车间的 CO_2 保护焊工、碳弧气刨工及制管车间的管内焊接工的粉尘时间加权平均浓度检测结果均超标。组块结构车间的手工电弧焊工、制管车间的纵缝、外缝、内环缝、外环缝焊接机

收稿日期: 2015-08-14; 修回日期: 2015-09-30

基金项目: 国家安监总局生产科技计划项目 (shandong-0086-2015AQ)

作者简介: 张士怀 (1967—), 男, 助理研究员, 研究方向: 职业卫生评价。