

三种风险评估模型在油田修井作业 职业健康风险评估中的应用

Application of three risk assessment models in occupational health risk assessment of oilfield workover operation

张令硕^{1,2}, 王磊^{1,2}, 张普², 张放²

(1. 济南大学/山东省医学科学院医学与生命科学学院, 山东 济南 250062; 2. 山东省职业卫生职业病防治研究院/山东第一医科大学/山东省医学科学院)

摘要: 选取国内某油田修井队为研究对象, 应用新加坡、澳大利亚与罗马尼亚三种模型对其主要岗位进行职业健康风险评估。风险比值法分析评估结果显示, 司钻工岗位噪声超标, 罗马尼亚模型与新加坡模型评估化学毒物的风险基本相同且高于澳大利亚模型, 罗马尼亚模型与澳大利亚模型评估刹车片烟尘风险相同且噪声风险差异较小。提示三种模型在油田修井作业职业健康风险评估中均有一定适用性, 可综合应用。

关键词: 风险评估; 职业健康; 油田修井作业

中图分类号: R135 **文献标识码:** B

文章编号: 1002-221X(2020)01-0067-04

DOI: 10.13631/j.cnki.zggyyx.2020.01.023

随着我国各大油田陆续进入开发中晚期, 油田修井作业工作量日益增加。油田修井作业是对油、气、水井的投产、增产稳产、维护、井内故障处理等进行各类施工工序的统称, 是油、气、水井长周期、高效运行的重要保障。油田修井作业岗位是油气生产中最前沿、最艰苦的岗位。本课题组前期研究发现, 油田修井作业人员工作相关肌肉骨骼疾患的患病率高达90.5%^[1,2]; 油田修井作业过程中还可接触到修井机产生的噪声及刹车片烟气、油气等多种有害因素, 若防护不当, 作业人员易患职业病及工作有关疾病。2019年修订的《中华人民共和国职业病防治法》中明确指出国务院卫生行政部门应当组织开展重点职业病监测和专项调查, 对职业健康风险进行评估^[3]。目前, 澳大利亚、新加坡、美国和我国已先后建立了职业健康风险评估模型, 但各评估方法适用性存在差异。本研究采用新加坡、澳大利亚与罗

马尼亚三种常用的职业健康风险评估模型对油田修井作业中存在的职业健康风险进行评估和比较, 探讨适用性, 为有效评估与防治该行业职业健康损害提供科学依据。

1 对象与方法

1.1 对象 选取国内某油田修井作业队。

1.2 方法

1.2.1 现场职业卫生调查 采用职业卫生现场调查和检验检测相结合的方法, 根据新加坡化学物质职业暴露半定量风险评估方法(简称新加坡模型)、澳大利亚职业健康与安全风险评估方法(简称澳大利亚模型)、罗马尼亚职业事故和职业病风险评估方法(简称罗马尼亚模型)要素开展职业卫生现场调查。调查内容包括生产过程描述、职业病危害因素识别、关键岗位职业病危害因素接触情况、已采取的职业病危害防护设施、个人防护用品配备情况。工作场所中粉尘及化学毒物采样根据《工作场所空气中有害物质监测的采样规范》(GBZ159—2004)开展, 依据相关标准方法^[4-10]进行检验; 噪声声级的测定按照《工作场所物理因素测量: 噪声》(GBZ189.8—2007)执行; 化学性有害因素及噪声检测结果评价依据为《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分: 化学有害因素》(GBZ2.1—2007)、《工作场所有害因素职业接触限值 第2部分: 物理因素》(GBZ2.2—2007)。

1.2.2 风险评估模型

1.2.2.1 新加坡模型 风险水平根据危害等级和暴露等级进行计算, 计算公式为 $Risk = \sqrt{HR \times ER}$ 。Risk 为风险等级, 限制为可忽略风险、低风险、中等风险、高风险、极高风险 5 个等级, 当风险等级为非整数时四舍五入; HR 为危害等级, 根据美国工业卫生

基金项目: 山东省重点研发计划(2016GSF201233); 山东省安全生产科技项目(2017GJ-E-002)

作者简介: 张令硕(1993—), 男, 硕士研究生, 主要从事职业卫生研究。

通信作者: 张放, 副研究员, E-mail: zhangfang2816@sina.com

学家协会与国际癌症研究中心致癌作用分类或化学物的急性毒性资料 (LD_{50} 、 LC_{50}) 进行分类, 划分为1—5级; ER为暴露等级, 根据暴露水平与接触限值的比值划分为1—5级^[11]。

1.2.2.2 澳大利亚模型 根据风险计算手动板或计算器来评估风险水平。后果分级根据人体伤害、财产损失、环境破坏等因素分为较小、较大、严重、十分严重、灾难、大灾难6个等级; 接触分级根据个体接触危害因素的暴露频率分为十分罕见、罕见、不经常、偶尔、经常、连续6个等级; 概率分级根据个体接触危害因素后出现后果的可能性分为几乎不可能、可假设但不太可能、极小可能、小但有可能、十分可能、几乎确定6个等级; 风险等级则根据后果、接触、概率等值计算得出低风险、中等风险、重大风险、高风险、非常高风险5个等级^[12]。

1.2.2.3 罗马尼亚模型 评定风险因子(职业危害因素)对人体最大作用后果的严重性分为可忽略、轻微、中等、重大、严重、非常严重、最严重7个等级。后果可能发生频率(F)依据事件发生的时间间隔并通过统计和计算得到, 分为6个等级(极罕见, >10年/次; 非常罕见, 5~10年/次; 罕见, 2~5年/次; 低频率, 1~2年/次; 频繁, 1月~1年/次; 非常频繁, <1个月/次)。应用后果严重性和可能发生频率组合评估风险分为最低、非常低、低、中等、高、非常高、最高7个等级^[13]。

1.2.3 结果比较 采用风险比值法对评估结果进行换算, 即风险比值为风险等级结果与该方法风险等级总数的比值, 比值越高则其风险越高^[14]。

2 结果

2.1 职业卫生调查 油田作业现场修井机运行时噪声较大; 刹车片原料包括酚醛树脂、沥青树脂、铅等成分, 在高温摩擦下可能产生甲醛、铅尘、多环芳烃、刹车片烟尘等职业有害因素; 原油挥发物中有苯、甲苯、二甲苯等成分。因此, 油田修井作业可能存在的职业病危害因素为刹车片烟尘、铅尘、多环芳烃、甲醛、苯、甲苯、二甲苯、噪声等。主要工艺流程见图1。现场有害因素检测结果显示, 检出的多环芳烃成分主要为荧蒽, 最高浓度可达 3.898 mg/m^3 ; 工作场所空气中刹车片烟尘、铅尘、甲醛、苯、甲苯、二甲苯浓度符合国家职业接触限值要求; 井口操作工和场地操作工个体噪声声级符合标准要求; 司钻工个体噪声声级超标, 超标率为100%。检测及判定结果见表1、表2。

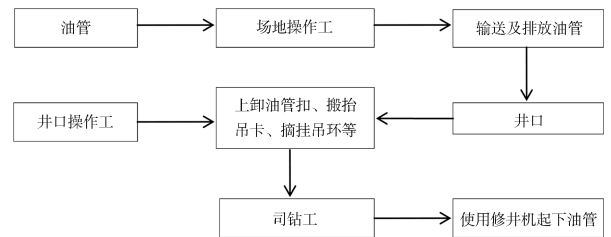


图1 油田修井作业主要工艺流程

表1 现场化学因素检测及判定结果 mg/m^3

岗位	危害因素	人数/点数	样品数	C_M	C_{TWA}	C_{STEL}	超限倍数	判定结果
司钻工	刹车片烟尘	2/2	10	/	1.750	3.530	<1	不超标
	荧蒽	2/4	4	/	/	3.898	/	不超标
	甲醛	4	4	0.030	/	/	/	不超标
	铅尘	2/4	4	/	0.004	0.005	<1	不超标
井口操作工	刹车片烟尘	2	4	/	1.030	1.400	<1	不超标
	荧蒽	2	2	/	/	0.425	/	不超标
	铅尘	2/2	4	/	0.004	0.005	<1	不超标
	苯	2/2	8	/	0.011	0.067	/	不超标
	甲苯	2/2	8	/	0.300	0.500	/	不超标
场地操作工	二甲苯	2/2	8	/	0.033	0.200	/	不超标
	刹车片烟尘	2/2	8	/	0.860	1.470	<1	不超标
	荧蒽	2	2	/	/	1.597	/	不超标

注: /, 未进行此项指标的检测或计算; C_M , 现场测得的该物质的最高浓度; C_{TWA} , 现场测得的该物质的8h时间加权平均接触浓度; C_{STEL} , 现场测得的该物质的短时间(15min)接触浓度; 刹车片烟尘职业接触限值参考其他粉尘; 荧蒽职业接触限值参考石油沥青烟的职业接触限值(PC-TWA 5 mg/m^3 , PC-STEL 10 mg/m^3)。

表2 现场噪声检测及判定结果 dB(A)

岗位	人数/点数	8h等效声级	接触限值	判定结果
司钻工	2	88.8~89.2	85	超标
井口操作工	2	81.9~82.3	85	不超标
场地操作工	2	81.2~81.9	85	不超标

2.2 职业健康风险评估 新加坡模型评估工人接触各主要化学毒物所致风险均判定为低风险, 见表3。澳大利亚模型评估工人接触噪声所致风险均判定为高风险, 接触刹车片烟尘、苯所致风险均判定为中等风险, 接触甲醛、铅尘、甲苯、二甲苯、荧蒽所致风险均判定为低风险, 详见表4。罗马尼亚模型评估工人接触噪声所致风险均判定为高风险, 接触刹车片烟尘、甲醛、铅尘、苯、荧蒽所致风险均判定为低风险, 接触甲苯、二甲苯所致风险判定为非常低风险, 详见表5。

表3 新加坡模型风险评估结果

岗位	化学物质	接触时间 (h/d)	关键性效应	接触指标	E (mg/m ³)	PEL (mg/m ³)	E/PEL	ER	HR	风险水平	风险比值
司钻工	甲醛	6	刺激、致癌	MAC	0.030	0.5	0.060	1	4	2	0.40
	铅尘	6	高毒、可能致癌	PC-TWA	0.004	0.05	0.080	1	5	2	0.40
	茈萸	6	刺激、腐蚀	PC-STEL	3.898	10	0.390	2	3	2	0.40
井口操作工	铅尘	6	高毒、可能致癌	PC-TWA	0.004	0.05	0.080	1	5	2	0.40
	茈萸	6	刺激、腐蚀	PC-STEL	0.425	10	0.040	1	3	2	0.40
	苯	6	高毒、明确致癌	PC-TWA	0.008	6	0.001	1	5	2	0.40
	甲苯	6	腐蚀、可能致癌	PC-TWA	0.225	50	0.005	1	3	2	0.40
	二甲苯	6	刺激、腐蚀	PC-TWA	0.025	50	0.001	1	3	2	0.40
场地操作工	茈萸	6	刺激、腐蚀	PC-STEL	1.597	10	0.160	2	3	2	0.40

表4 澳大利亚模型风险评估结果

岗位	职业危害因素	最严重后果	日接触时间 (h)	防护措施	个人防护 装备	后果发生 概率	接触 频率	后果 分级	风险 水平	风险 比值
司钻工	噪声	噪声聋	6	低噪声修井机	耳塞	十分可能	连续	严重	4	0.80
	刹车片烟尘	叁期尘肺	6	无	防尘口罩	不太可能	经常	严重	2	0.40
	甲醛	呼吸系统肿瘤	6	无	无	几乎不可能	经常	严重	1	0.20
	铅尘	铅中毒	6	无	防尘口罩	不太可能	经常	较大	1	0.20
	茈萸	茈萸中毒	6	无	工作服	不太可能	经常	较大	1	0.20
井口操作工	噪声	噪声聋	6	低噪声修井机	耳塞	十分可能	连续	严重	4	0.80
	刹车片烟尘	叁期尘肺	6	无	防尘口罩	不太可能	经常	严重	2	0.40
	铅尘	铅中毒	6	无	无	不太可能	经常	较大	1	0.20
	茈萸	茈萸中毒	6	无	工作服	不太可能	经常	较大	1	0.20
	苯	白血病	6	无	无	不太可能	经常	严重	2	0.40
	甲苯	甲苯中毒	6	无	无	不太可能	经常	较大	1	0.20
	二甲苯	刺激反应	6	无	无	不太可能	经常	较大	1	0.20
场地操作工	噪声	噪声聋	6	低噪声修井机	耳塞	十分可能	连续	严重	4	0.80
	刹车片烟尘	叁期尘肺	6	无	防尘口罩	不太可能	经常	严重	2	0.40
	茈萸	茈萸中毒	6	无	工作服	不太可能	经常	较大	1	0.20

表5 罗马尼亚模型风险评估结果

岗位	职业危害因素	日接触时间(h)	最严重后果	严重性等级	可能性等级	风险水平	风险比值	岗位	职业危害因素	日接触时间(h)	最严重后果	严重性等级	可能性等级	风险水平	风险比值
司钻工	噪声	6	噪声聋	4	5	5	0.71	井口操作工	噪声	6	噪声聋	4	5	5	0.71
	刹车片烟尘	6	叁期尘肺	6	1	3	0.43		刹车片烟尘	6	叁期尘肺	6	1	3	0.43
	甲醛	6	呼吸系统肿瘤	6	1	3	0.43		铅尘	6	铅中毒	6	1	3	0.43
	铅尘	6	铅中毒	6	1	3	0.43		茈萸	6	茈萸中毒	3	3	3	0.43
	茈萸	6	茈萸中毒	3	3	3	0.43		苯	6	白血病	6	1	3	0.43
场地操作工	噪声	6	噪声聋	4	5	5	0.71	甲苯	6	甲苯中毒	3	1	2	0.28	
	刹车片烟尘	6	叁期尘肺	6	1	3	0.43	二甲苯	6	刺激反应	3	1	2	0.28	
	茈萸	6	茈萸中毒	3	3	3	0.43								

注：该修井队未发现叁期尘肺、呼吸系统肿瘤、铅中毒、白血病、甲苯中毒及二甲苯刺激反应病例，根据危险因素现场检测浓度将刹车片烟尘致叁期尘肺的可能性等级定为1级，其它因素定级方法相同。

2.3 三种模型评估结果的比较 三种风险评估模型评估油田修井作业工作现场主要化学毒物风险，罗马尼亚模型得出的风险水平最高(0.43)，与新加坡模型(0.40)基本相同，但是对甲苯、二甲苯的风险评估罗马尼亚模型(0.28)的风险水平低于新加坡

模型(0.40)，澳大利亚模型得出的风险水平最低(除苯为0.40外均为0.20)。评估噪声与刹车片烟尘的危害，罗马尼亚与澳大利亚模型对刹车片烟尘的风险水平基本相同；对噪声的风险评估两模型均为高风险，但澳大利亚模型的风险比值(0.80)高于罗马

尼亚模型 (0.71)。

3 讨论

油田修井作业主要具有环境恶劣、流动性大、施工复杂、多工种联合作业、装备设施类型多、操作繁琐、劳动强度大、危险性较高等特点,生产工艺过程中存在的职业病危害因素较多。根据风险评估结果,在油田修井作业过程中,除应重视噪声所带来的高风险危害并进行积极防护的同时,甲苯、甲醛、铅尘、荧蒽的危害也不容忽视。

风险评估是规划工作环境干预措施和确定工作重点的重要工具,将监护检查报告和风险评估报告结合起来对作业工人的职业损害程度进行评价,更有利于对职业卫生工作的管理^[15]。科学管理职业健康风险、减少或消除职业病危害的重要前提是对其进行健康影响风险评估,各国职业健康风险评估模型均基于本国实际职业卫生情况和标准选定参数,与我国的职业卫生标准存在一定差异^[16]。

新加坡、澳大利亚、罗马尼亚三种国外风险评估模型应用相对广泛,因此本次选用该三种风险评估模型对油田修井作业岗位进行风险评估。本次研究中对于化学毒物的评估新加坡与罗马尼亚模型风险比值基本相同,但甲苯、二甲苯的风险比值则是新加坡模型高于罗马尼亚模型。这是由于新加坡模型在一定程度上高估了高危害化学毒物风险,即使现场浓度很低也可能具有高风险。罗马尼亚模型较为全面地评价了化学毒物、粉尘及物理因素等多种类型职业危害因素,其在确定危害因素风险水平的同时也可以评价安全水平,不足的是该模型未将作业场所空气中危害因素浓度纳入考虑范围。本次研究在评估现场浓度远低于职业接触容许限值的化学毒物时以罗马尼亚模型较适用。澳大利亚模型操作简单易行,评估较为全面,包括化学毒物、粉尘及物理因素等,适用于评估某些行业的潜在风险水平,但其主要不足为对后果严重程度、接触频率以及后果发生概念的判定偏于主观。本次研究采用澳大利亚模型评估化学毒物得出的风险水平均低于罗马尼亚及新加坡模型也体现了这一点。本研究噪声超标,其概率等级的判定较为合理,采用罗马尼亚模型与澳大利亚模型对噪声进行风险评估的结果差异不大。

综上,三种模型在油田修井作业职业健康风险评估中均有一定适用性,可综合应用进行评估。先应用澳大利亚模型评估油田修井作业潜在的整体风

险水平,再应用新加坡模型对化学毒物进行评估并根据风险分级采取合理的控制措施,在评价远低于接触限值的化学毒物时需应用罗马尼亚模型进行评估,同时应用罗马尼亚模型对粉尘及物理性职业危害因素进行评估,与澳大利亚模型评估的潜在风险水平相互验证。

参考文献

- [1] 王晓梅,张放,李长松,等.某油田修井作业工人工作相关肌肉骨骼疾患及影响因素分析[J].中华劳动卫生职业病杂志,2018,36(6):425-428.
- [2] 李文东.油田常见井下作业安全事故原因分析及对策[J].企业导报,2013,15(3):278.
- [3] 第十三届全国人民代表大会常务委员会.关于修改《中华人民共和国劳动法》等七部法律的决定[Z].2018-12-29.
- [4] 工作场所空气有毒物质测定 脂肪族醛类化合物,GBZ/T 160.54—2007[S].
- [5] 工作场所空气有毒物质测定 芳香烃类化合物,GBZ/T 160.42—2007[S].
- [6] 工作场所空气有毒物质测定 酚类化合物,GBZ/T 160.51—2007[S].
- [7] 工作场所空气有毒物质测定 第15部分:铅及其化合物,GBZ/T 300.15—2017[S].
- [8] 工作场所空气有毒物质测定 第26部分:锡及其无机化合物,GBZ/T 300.26—2017[S].
- [9] 工作场所空气中粉尘测定 第5部分:石棉纤维浓度,GBZ/T 192.4—2007[S].
- [10] 工作场所空气中粉尘测定 第1部分:总粉尘浓度,GBZ/T 192.1—2007[S].
- [11] Ministry of Occupational Manpower Safety and Health Division. A semi-quantitative method to assess occupational exposure to harmful chemicals[EB/OL].[2018-03-28].<https://www.wshc.sg/files/wshc/upload/cms/file/2014/A%20Semi-quantitative%20Method%20to%20Assess%20Occupational%20Exposure%20to%20Harmful%20Che.pdf>.
- [12] The University of Queensland. Occupational health and safety risk assessment and management guideline[R].Australia:Occupational-Health and Safety Unit,2004.
- [13] Romania. Risk Assessment Method for Occupational Accidents and Diseases[EB/OL].[2018-03-28].http://www.protectiamuncii.ro/pdfs/risk_assessment_method.pdf.
- [14] 张美辨,唐仕川.职业健康风险评估方法学实践应用[M].北京:人民军医出版社,2016:12-17.
- [15] 阮燕梅,王致.职业危害风险评估与预警研究[J].中国工业医学杂志,2018,31(3):195-198.
- [16] 冯斌,张志虎,何珍.两种风险评估法在铅酸蓄电池行业职业危害评价中的应用[J].中国工业医学杂志,2017,30(3):216-218.

(收稿日期:2019-01-22;修回日期:2019-06-28)