两种职业健康风险评估方法在输气管道工程的应用

西晓静¹ 李涛¹ 黄力维² 李朝林¹ 张星¹

(1. 中国疾病预防控制中心职业卫生与中毒控制所; 2. 中国石油安全环保技术研究院)

摘要 文章以输气管道工程站场为研究对象,应用新加坡化学物职业暴露半定量风险评估方法(以下简称新加坡模型)、罗马尼亚职业事故和职业病风险评估方法(以下简称罗马尼亚模型)对不同岗位进行职业健康风险评估,得出不同岗位职业健康风险,以便根据不同风险采取有效控制措施,最大限度保护劳动者健康。结果表明,两种职业健康风险评估模型均适用于输气管道工程,新加坡模型对化学物风险评估以现场调查和检测浓度为依据,更加符合作业现场的实际情况,评估结果更加细致准确;罗马尼亚模型不仅对不同岗位存在的职业健康风险进行细致评估,还能综合评估工作场所的总体风险水平,有助于提供更有针对性的防护措施。

关键词 职业健康风险评估; 暴露评估; 输气管道工程; 职业病危害因素

DOI: 10. 3969/j. issn. 1005-3158. 2017. 03. 017

文章编号: 1005-3158(2017)03-0055-05

0 引言

职业健康风险评估是风险评估的一部分,是以流行病学和毒理学的研究为依据,对生产作业场所职业危害进行识别和评估。我国评估方法的研究刚开始,没有适用于输气管道工程的职业危害风险评估方法,本文仅以输气管道工程站场为研究对象,探讨应用不同评估方法对不同站场不同岗位员工进行职业健康风险评估。

1 研究对象和方法

1.1 研究对象

选用已建成投产的某输气管道工程为研究对象,该工程作业岗位主要为运行岗和维修岗,生产工艺采

用常温加压密闭顺序输送工艺,输送介质为天然气与煤制天然气。天然气中甲烷为 92.54%,硫化氢为 0.000 1%;煤制天然气中甲烷为 95.5%,硫化氢为 0。

1.2 研究方法

1.2.1 职业卫生现场调查

职业卫生现场调查主要包括生产工艺流程、职业病危害因素及其时空分布、职业病防护设施运行情况、个人防护用品配备、职业健康检查等内容。

1.2.2 职业病危害因素现场检测

对作业场所职业病危害因素进行现场检测,检测工作由取得职业卫生甲级资质的职业卫生技术服务机构承担。检测种类、方法、仪器和范围见表 1。

表 1 检测种类、方法、仪器和范围

种类	检测方法	采样或检测仪器	最低检出浓度
非甲烷总烃	《工作场所空气中有毒物质测定 混合烃类化合物》(GBZ/T 160.40—2004)	Agilent 6890N 气相色谱仪	0.04 mg/m ³ (以 100 mL 样品计)
硫化氢	《空气和废气监测分析方法-亚甲基蓝分光光度法》	7230G 分光光度计	0.01 mg/m ³ (以 7.5 L 样品计)
一氧化碳	《工作场所空气有毒物质测定 无机含碳化合物》(GBZ/T 160.28—2004)	GXH3010/3011BF 型 便携式红外气体分析仪	0.2~98.2 mg/m ³
二氧化氮	《工作场所空气有毒物质测定 无机含氮化合物》(GBZ/T 160.29—2004)	7230G 分光光度计	0.012 mg/m ³ (以采集 7.5 L 空气样品计)
锰	《工作场所空气锰及其化合物的测定方法》(GBZ/T 160.13—2004)	AA800 原子吸收光谱仪	0.004 mg/m ³ (以采集 7.5 L 空气样品计)
粉尘总尘	《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)	XP105DR 十万分之一天平	0.01~31 mg/m ³
噪声	《工作场所物理因素测量 第 8 部分:噪声》(GBZ/T 189.8—2007)	AWA6218 噪声统计分析仪	30~130 dB(A)

西晓静,中国疾病预防控制中心公共卫生专业(MPH)在读硕士,现在中国石油安全环保技术研究院 HSE 评价中心从事职业健康安全相关工作。通信地址:北京市昌平区沙河镇西沙屯桥西中国石油创新基地 A 座,102206

1.2.3 质量控制

①所有参与作业现场调查及检测的人员均通过相关职业卫生技术服务专业人员培训且具有培训合格证书。

②检测设备均在检定有效期内,且检测前经过校正,实验过程按作业指导书要求完成,原始记录的填写、数据录入及计算均双人制。

2 结果

2.1 现场调查及检测结果

2.1.1 主要生产工艺流程

接收上游来气,一路经过滤、分离、增压后输往下游,同时具有清管器接收和发送功能;另一路经过滤、分离、加热、计量、调压后输往下游用户。当站内设备检修或发生事故时,气体可通过旁通管线越站输往下游站场。

2.1.2 现场调查结果

①工作班制。该工程作业员工以巡检工作制为主,3班2运转,每班工作8h,每月平均工作22d,年工作日350d。

②主要职业病危害因素。按照工艺流程对该工程职业病危害因素进行识别与分析,确定运行工接触的职业病危害因素为非甲烷总烃、硫化氢、噪声;维修工接触的职业病危害因素为非甲烷总烃、硫化氢、一氧化碳、氮氧化物、苯、甲苯、二甲苯、锰及其化合物、电焊烟尘、噪声等。各岗位职业病危害因素接触情况见表2。

表2 各岗位职业病危害因素接触情况

岗位	巡检作业场所	职业病危害因素种类
运行岗	进站阀组	非甲烷总烃
	过滤分离器	非甲烷总烃、噪声
	调压器	非甲烷总烃、噪声
	压缩机、空压机	非甲烷总烃、噪声
	锅炉房	非甲烷总烃、硫化氢、噪声
	排污池、排污罐	非甲烷总烃、硫化氢、噪声
	生活污水池	硫化氢
	分析小屋	硫化氢
	柴油发电机组(备用)	一氧化碳、氮氧化物
维修岗	维修现场	非甲烷总烃、硫化氢、一氧化碳、氮氧化物、苯、甲苯、二甲苯、锰及其化合物、电焊烟尘、噪声

③配备的防护用品。按相关要求为作业人员配备了工作服、工作鞋、手套、安全帽等一般防护用品以及防毒口罩、防毒面具、护目镜、防噪声耳塞或耳罩等特种防护用品,并定期进行相关防护用品知识培训,可以满足员工劳动防护的需要。

④职业健康监护情况。定期对所有员工进行非职业健康检查,对从事接触职业病危害作业的员工进行职业健康检查。职业健康检查包括上岗前健康检查、在岗期间职业健康检查、应急性健康检查、离岗时健康检查、职业病患者和观察对象定期复查。职业健康检查项目和周期按国家相关要求执行。

该工程委托具有职业病健康检查资质的机构对接触电焊烟尘、有毒物质、噪声的员工进行职业健康检查,检查项目包括内科、外科、五官科、生化全套、甲状腺功能、血常规、尿常规、心脏彩超、颈椎片、胸片、心电图、甲状腺彩超、电测听、肺功能测定、骨密度检测等。未发现其他职业禁忌证或疑似职业病。

2.1.3 现场检测结果

现场检测结果见表3。

2.2 职业健康风险评估结果

2.2.1 职业健康风险评估模型

①新加坡模型

新加坡模型能系统地识别化学物有害因素,评价暴露或者暴露的可能性,决定风险级别,并按风险的优先级别一次处理,针对工作场所化学物而建立,风险水平根据危害等级和暴露等级进行计算。

评估过程为细分工作流程、识别化学物、确定危害等级;获得暴露频率及暴露时间、确定暴露等级;风险判定和采取控制措施等。

a. 危害等级 HR

化学物的危害等级取决于其毒性、暴露途径及其他影响因素,危害大小与毒性、暴露途径和其他因素有关^[1]。根据化学物的毒性进行危害分级,危害等级分类方法有两种:即按ACGIH和IARC致癌作用分类和按LD₅₀和LC₅₀进行毒性危害分级。

b. 暴露等级 ER

根据实际暴露浓度或暴露指数来确定暴露等级。暴露水平依据每周暴露浓度水平 $E=(F \times D \times M)/W$ 表示,其中E为每周暴露量,mg/m³;F为每周暴露频率,次;D为每次暴露的平均持续时间,h;M为暴露量,mg/m³;W为每周平均工作时间,40h。无法获得空气监测结果时,根据暴露指数(EI)进行暴露分级,

表3 现场检测结果

危害因素种类	检测结果			职业接触限值 PEL
	C _{STEL}	C _{TWA}	C _{MAC}	
非甲烷总烃/(mg/m ³)	0.21~2.14	0.52	/	PC-TWA ^① :500;PC-STEL ^② :1 000
硫化氢/(mg/m ³)	/	/	<0.53	MAC ^③ :10
一氧化碳/(mg/m ³)	0.27~1.9	0.02	/	PC-TWA ^① :20;PC-STEL ^② :30
二氧化氮/(mg/m ³)	0.061~0.39	0.002 4	/	PC-TWA ^① :5;PC-STEL ^② :10
锰及其化合物/(mg/m ³)	/	0.000 08	/	PC-TWA ^① :0.15
苯/(mg/m ³)	<0.6	<0.6	/	PC-TWA ^① :6;PC-STEL ^② :10
甲苯/(mg/m ³)	<1.2	<1.2	/	PC-TWA ^① :50;PC-STEL ^② :100
二甲苯/(mg/m ³)	<3.3	<3.3	/	PC-TWA ^① :50;PC-STEL ^② :100
电焊烟尘/(mg/m ³)	0.7	0.004	/	PC-TWA ^① :4
噪声/dB(A)	67.5~106.9(定点)		71.6~99.1	85

注:①PC-TWA 为时间加权平均容许浓度;②PC-STEL 为短时间接触容许浓度;③MAC 为最高容许浓度。

暴露等级 $ER = [EI_1 \times EI_2 \times \dots \times EI_n] / n$ (n 为暴露因素的个数), 暴露等级分为 5 级, 从 1 级到 5 级暴露剂量逐渐增加, 暴露水平同时增加。

暴露等级见表 4。

c. 风险水平 Risk 计算

根据危害等级和暴露等级计算风险水平。

风险等级分为 5 级, 分级见表 5。

表4 暴露等级

E/PEL	暴露等级(ER)	E/PEL	暴露等级(ER)
<0.1	1	1~2	4
0.1~0.5	2	≥2.0	5
0.5~1	3		

表5 风险分级

风险等级	分级水平	风险等级	分级水平
1	可忽略风险	4	高风险
2	低风险	5	极高风险
3	中等风险		

②罗马尼亚模型

分析工作场所存在的风险因子, 综合考虑最常见和最严重健康后果的严重性和发生频率, 用严重性和可能性的组合来表示风险水平。

风险因子作用后果的严重性和可能性判定分别见表 6、表 7。

③新加坡模型、罗马尼亚模型比较

两种风险评估模型比较见表 8。

2.2.2 职业健康风险评估结果

①新加坡模型

运行工接触的主要职业病危害因素为硫化氢和非甲烷总烃, 硫化氢和非甲烷总烃均为 1 级可忽略风险。

表6 风险因子对人体作用后果的严重性等级

严重性等级	后果	后果严重性
1	可忽略	后果小且可逆, 功能丧失 3 d 以内, 可以自愈
2	轻微	后果可逆, 功能丧失 3~45 d, 需要医学治疗
3	中等	后果可逆, 功能丧失 45~180 d, 需要医学治疗(包括住院)
4	重大	后果不可逆, 劳动能力丧失 50% (三级残疾)
5	严重	后果不可逆, 劳动能力丧失 50%~100%, 但有自理能力(二级残疾)
6	非常严重	后果不可逆, 劳动力完全丧失, 无自理能力(一级残疾)
7	最严重	死亡

表7 风险因子对人体作用后果的可能性等级

可能性等级	发生	后果可能性
1	极罕见	可能性极低: $P < 10^{-1}$ /年
2	非常罕见	可能性非常低: $10^{-1} < P < 5^{-1}$ /年
3	罕见	可能性低: $5^{-1} < P < 2^{-1}$ /年
4	低频率	平均可能性: $2^{-1} < P < 1^{-1}$ /年
5	频繁	可能性高: 1^{-1} /年 $< P < 1^{-1}$ /月
6	非常频繁	可能性非常高: $P > 1^{-1}$ /月

表 8 两种职业健康风险评估模型比较

比较内容	罗马尼亚模型	新加坡模型
类型	定性	半定量
主要参数	危害后果水平、后果发生的可能性	危害等级、暴露等级
暴露浓度计算	-	$E = (F \times D \times M) / W$
危险分级	7 级	5 级
风险评估原理	风险评估矩阵风险水平	$Risk = HR \times ER$
优点	使用范围广,总风险水平计算	拟补定量和定性方法的不足;检测数据缺乏时,暴露指数法仍适用;适用基层技术人员使用;提供相应的控制策略
缺点	主观性强、后果发生的概率难判断	物理因素不适用;暴露指数法的分级较粗糙

维修工接触的主要职业病危害因素为一氧化碳、

二氧化氮、硫化氢、苯、甲苯、二甲苯、锰及其化合物、电焊烟尘和噪声等。一氧化碳、氮氧化物为 1 级可忽略风险,苯、甲苯、二甲苯等化学毒物均为低风险。

主要岗位半定量风险评估结果见表 9。

②罗马尼亚模型

运行工接触的主要职业病危害因素为硫化氢和噪声,硫化氢严重性等级为 7 级,可能性等级为 1 级,风险水平为 3 低;噪声最严重后果为噪声聋,严重性等级为 3 级,可能性等级为 4 级,风险水平为 3 低;该岗位职业健康总体风险为 3 级低风险^[2]。

维修工接触的主要职业病危害因素为一氧化碳、二氧化氮、硫化氢、苯、甲苯、二甲苯、锰及其化合物、电焊烟尘和噪声等。苯、甲苯、二甲苯严重性等级为 4 级,可能性等级为 3 级,风险水平为 4 低;噪声最严重后果为噪声聋,严重性等级为 3 级,可能性等级为 4 级,风险水平为 3 低;电焊烟尘可导致电工尘肺,严重性等级为 5 级,可能性等级为 3 级,风险水平为 4 低,该岗位职业健康总体风险为 4 级中等风险。

主要岗位定性风险评估结果见表 10。

表 9 主要岗位半定量风险评估结果

岗位	职业病危害因素	每次暴露的平均持续时间/(h/d)	暴露量/(mg/m ³)	暴露频率/(次/w)	平均工作时间/(h/w)	暴露浓度/(mg/m ³)	职业接触限值/(mg/L)	E/PEL	暴露等级 ER	危害等级 HR	风险水平
运行岗	非甲烷总烃	4	STEL;2.14	5	40	1.07	PC-STEL;1 000	<0.1	1	1	1
			TWA;0.52			0.26	PC-TWA;500	<0.1	1	1	可忽略风险
运行岗	硫化氢	1	0.265	5	40	0.033	MAC;10	<0.1	1	1	1
											可忽略风险
维修岗	一氧化碳	1	STEL;1.9	5	40	0.23	PC-STEL;10	<0.1	1	1	1
			TWA;0.02			0.002 5	PC-TWA;5	<0.1	1	1	可忽略风险
	二氧化氮	1	STEL;0.39	5	40	0.049	PC-STEL;10	<0.1	1	1	1
			TWA;0.002 4			0.000 3	PC-TWA;5	<0.1	1	1	可忽略风险
	苯	1	0.3	5	40	0.038	PC-STEL;10	<0.1	1	5	2.24 低风险
	甲苯	1	0.6	5	40	0.075	PC-STEL;100	<0.1	1	3	1.73 低风险
二甲苯	1	1.65	5	40	0.21	PC-STEL;10	<0.1	1	3	1.73 低风险	
锰及其化合物	1	0.000 8	5	40		PC-TWA;0.15	<0.1	1	3	1.73 低风险	

表 10 主要岗位定性风险评估结果

岗位	职业危害因素	日接触时间/h	最常见的和最严重的后果	严重等级	可能性等级	风险水平	岗位总风险水平
运行岗	硫化氢	1	硫化氢中毒	7	1	3 低	3 低风险
	噪声	1	听力损失 噪声聋	3 4	4 3	3 低 4 中等	
维修岗	硫化氢	1	硫化氢中毒	7	1	3 低	4 中等风险
	苯	1	苯中毒	4	3	4 中等	
	甲苯	1	甲苯中毒	4	3	4 中等	
	二甲苯	1	二甲苯中毒	4	3	4 中等	
	二氧化氮	1	氮氧化物中毒	3	4	3 低	
	一氧化碳	1	低氧血症 一氧化碳中毒	1 7	2 1	1 最低 3 低	
	锰及其化合物	1	锰及其化合物中毒	4	4	4 中等	
	电焊烟尘	1	电焊尘肺	5	3	4 中等	
	噪声	2	听力损失	2	4	2 非常低	
			噪声聋	4	2	3 低	

3 讨论

3.1 新加坡模型

以现场调查和检测数据为依据评估化学物,可以反映工作场所当前的总体风险水平;针对各岗位不同暴露因子的风险水平差异,采取相应的控制措施^[3]。

新加坡模型只能用来评估化学有害因素,对于接触限值较低、现场检测浓度很低的化学物,该方法判定为中等风险,评估结果偏向于保守。该方法半定量说明工作场所可能存在的职业健康风险。

3.2 罗马尼亚模型

可以评估化学物、物理因素、粉尘等多种职业病危害因素,属于经典的风险评估方法,适用于输气管道工程职业健康风险评估;健康后果分为最严重和最常见后果;依据“风险可接受曲线”评价职业事故和职业病风险,将风险因子的严重性和可能性组合,得出风险水平^[4-5];分层次,依次计算出各岗位、工序、车间、企业的风险水平;可用于不同岗位职业健康风险水平的比较;风险水平对应着相应的安全水平,可以在确定风险因子的风险水平时评价其安全水平。

未考虑到作业场所空气中有害因子浓度,不能评估职业危害因素的短期危害。加权平均后的风险水平可能低估了某些岗位职业危害因素的风险水平^[6]。

4 结论

通过在输气管道工程站场的应用,说明新加坡模型和罗马尼亚模型均适用于输气管道工程,其中新加坡模型对于化学物风险评估更加细致准确,罗马尼亚

模型不仅可以对化学物、物理因素进行评估,还能综合评估工作场所总体风险水平,能较好地解决工作场所职业病危害作业分级标准在实际工作中的不足,若将两者结合评估结果会更加准确。

参考文献

- [1] 温翠菊,陈建雄,李荣忠,等.3种风险评价方法在化学毒物职业危害风险评价与管理中的应用与分析[J].中国卫生工程学,2014,13(3):184-186.
- [2] CREELY K S, TICKNER J, SOUTAR A J, et al. Evaluation and further development of EASE model 2.0[J]. Annals of occupational hygiene, 2005, 49(2):135-145.
- [3] 袁伟明,傅红,张美辨,等.国外五种职业危害风险评估模型在某电镀企业的应用[J].中华劳动卫生职业病杂志,2014,32(12):965-967.
- [4] 余晓峰,韩丽芳,谢凯蕾,等.罗马尼亚职业事故和职业病风险评估方法在某贵金属冶炼厂的应用效果[J].浙江预防医学,2016,28(2):186-189.
- [5] WANG S M, WU T N, JUANG Y J, et al. Developing a semi-quantitative occupational risk prediction model for chemical exposures and its application to a national chemical exposure databank[J]. International journal of environmental research and public health, 2013, 10(8):3157-3171.
- [6] 黄德寅,管树利,薄亚莉,等.有毒物质职业暴露健康风险评估[J].中华劳动卫生职业病杂志,2007(25):512-513.

(收稿日期 2017-05-26)

(编辑 郎延红)