



# Occupational Health and Poisoning Risk Assessment at a Crude Oil Port

Zhao Yun\*, Bao Jinling, Wei Yan, Chen Zhijun, Guo Jian

China Waterborne Transport Research Institute, Beijing, China

## Email address:

zhaoyun@wti.ac.cn (Zhao Yun), baojl@wti.ac.cn (Bao Jinling)

\*Corresponding author

## To cite this article:

Zhao Yun, Bao Jinling, Wei Yan, Chen Zhijun, Guo Jian. Occupational Health and Poisoning Risk Assessment at a Crude Oil Port. *Science Discovery*. Vol. 10, No. 2, 2022, pp. 68-71. doi: 10.11648/j.sd.20221002.17

Received: March 21, 2022; Accepted: April 18, 2022; Published: April 22, 2022

**Abstract:** The throughput of crude oil port is huge, and there are many toxic substances in crude oil, and the cumulative contact effect of toxic substances is obvious because the single operation time of the crude oil port operators is long. The purpose of this study is to investigate the hazard status of crude oil port and evaluate the occupational health and poisoning risk level, so as to provide crude oil operator for risk control. In order to evaluate the occupational health and poisoning risk of crude oil port operators, and to better protect operators, the exposure ratio was determined based on the detection of benzene and hydrogen sulfide concentrations, the main hazard factors of crude oil. Comprehensive analysis of benzene and hydrogen sulfide hazard characteristics, contact ratio, hazard control measures, exposure time and other factors of the exposure index, using the comprehensive index method to determine the exposure level, and finally determine the occupational health and poisoning risk of operators. To determine the occupational health and poisoning risks of workers. The assessment indicated that the risk rating for exposure to benzene and hydrogen sulfide was moderate, but there were weaknesses in hazard control measures. Once the protective effect of sanitary engineering is weakened or invalid, the workers will suffer serious occupational health and poisoning harm. To reduce occupational health and poisoning risk, operators should strengthen on-site monitoring of benzene and hydrogen sulfide concentration and personal protection.

**Keywords:** Crude Oil Port, Benzene, Hydrogen Sulfide, Occupational Health and Poisoning Risk Assessment, Comprehensive Index Method

## 原油码头职业健康与中毒风险研究

赵云\*, 鲍金玲, 陈枳君, 尉雁, 郭健

交通运输部水运科学研究院, 北京, 中国

## 邮箱

zhaoyun@wti.ac.cn (赵云), baojl@wti.ac.cn (鲍金玲)

**摘要:** 原油码头吞吐量巨大, 原油中含有多种有毒物质, 而且码头作业人员单次作业时间较长, 有毒物质的累积接触效应较明显。为评估原油码头作业人员的职业健康与中毒风险, 对作业人员进行更好的防护, 在对原油的主要危害因素——苯和硫化氢浓度检测的基础上, 确定了接触比值。综合分析苯和硫化氢的危害特征、接触比值、危害控制措施、接触时间等因素的接触指数, 采用综合指数法, 确定接触等级, 最终确定作业人员的职业健康与中毒风险。评估结果表明, 作业人员接触苯和硫化氢的风险等级均为中等风险, 但危害控制措施存在薄弱环节。一旦卫生工程防护效果减弱或失效, 作业人员就会承受较重的职业健康与中毒危害。作业人员需加强苯和硫化氢浓度的现场监测及个体防护, 以降低作业人员的职业健康与中毒风险。

**关键词：**港口，原油码头，职业健康与中毒，健康风险评估，综合指数法，苯，硫化氢

## 1. 引言

原油码头和原油船舶是原油运输的主要方式，原油在码头和船舶运输过程中的某些环节存在微量泄漏或气体会发。原油含有苯、硫化氢等有毒物质，其中，苯为已知的人类致癌物，长期吸入会导致人的神经系统受到损害，苯的急性中毒还会导致人员产生神经痉挛甚至昏迷、死亡[1]；硫化氢是一种急性毒物，少量吸入高浓度的硫化氢可导致人在短时间内致命[2,3]。鉴于苯和硫化氢的高危害性以及原油码头吞吐量巨大的现状，对原油码头进行苯和硫化氢的职业健康与中毒风险评估是非常必要的。职业健康风险评估，是利用全面、系统地方法识别和分析工作场所风险因素，调查已采取的防护措施，通过定性或定量地手段，评估职业健康风险水平，从而采取相应风险控制措施的过程[4,5]。为了解原油库工作人员接触苯和硫化氢的职业健康风险状况，更好的对作业人员进行职业健康防护，本研究采用综合指数法，对某原油码头进行职业健康和中毒风险评估。

## 2. 研究对象和方法

### 2.1. 研究对象

某原油码头。

### 2.2. 研究方法

#### 2.2.1. 职业卫生调查

对原油码头进行职业卫生调查，包括作业人员的岗位、作业班制、作业内容、苯和硫化氢的接触情况、卫生工程防护措施、职业病防护用品和职业卫生管理措施等方面[6]。

#### 2.2.2. 化学有害因素检测

##### (i). 接触浓度测量和计算

依据国家标准方法的要求[7-9]，采样测定原油库空气中苯和硫化氢的浓度。由于苯的职业接触限值（Occupational exposure limit, OEL）为时间加权平均容许浓度（permissible concentration-time weighted average; PC-TWA）[10]，硫化氢的职业接触限值为最高容许浓度（maximum allowable concentration; MAC）[10]，因此，苯的接触浓度根据公式(1)计算，硫化氢的接触浓度采用最高接触浓度（maximum exposure concentration, CME）。

$$E = \frac{F \times D \times M}{W} \quad (1)$$

E为接触浓度，mg/m<sup>3</sup>；

F为每周接触频率，d/w；

D为每次接触的平均时间，h/d；

M为检测接触浓度，mg/m<sup>3</sup>，若有多次检测结果则利用统计方法取算术平均值；

W为平均周工作时间，h/w，设为40 h/w。

##### (ii). 职业接触限值计算

苯的职业接触限值 = 标准限值 × 折减因子（Reduction Factor, RF），RF按公式（2）计算；硫化氢的职业接触限值采用标准限值，不折减。

$$RF = \frac{40}{h} \times \frac{168-h}{128} \quad (2)$$

#### 2.2.3. 综合指数法半定量风险评估

通过综合考虑苯及硫化氢的危害特征、使用量、接触时间、接触比值（E/OEL）、职业病危害控制措施等因素，确定这些因素的接触指数（Exposure index, EI）。根据公式（3）计算接触等级（Exposure risk, ER），根据公式（4）计算风险等级（Risk, R）。当R值为1、2、3、4、5时，对应的风险值依次为可忽略风险、低风险、中等风险、高风险、极高风险。

$$ER = [EI_1 \times EI_2 \cdots \times EI_n]^{1/n} \quad (3)$$

式中：ER为接触等级；

EI为接触指数，根据接触剂量的增加分为5个等级，1级为极低接触水平，2级为低接触水平，3级为中等接触水平，4级为高接触水平，5级为极高接触水平；

n为接触因素的个数。

$$R = \sqrt{HR \times ER} \quad (4)$$

式中：R为风险等级，HR为危害等级，ER为接触等级。

## 3. 结果

### 3.1. 基本情况

该原油码头主要进行原油的装卸作业，现场作业人员均为装卸工。装卸工作业内容主要为连接油船法兰与码头输油臂，现场巡检阀门组和管线，码头控制室监控作业状况。作业班制为四班二运转，每班工作时间为12h，每周最多工作四班，每周工作时间为48h，每班人员接触化学有害因素的时间最多为12h。工人对苯和硫化氢的暴露方式主要是呼吸暴露，另偶有少量皮肤接触。码头原油装卸的作业方式为密闭的管道输送，作业流程自动化程度高；职业病防护用品主要为防静电工作服、耐油手套，呼吸类防护用品为防毒面具，但防毒面具的日常佩戴率很低；职业卫生管理制度齐全。

3.2. 危害识别

经定性检测，原油的主要化学有害因素为苯和硫化氢。管线阀门等处由于密封不严，存在微量蒸发的现象；当油船法兰打开时，船舱内的原油蒸气会沿法兰出口挥发到空气中。以上情况均会导致作业人员接触苯和硫化氢危害。

3.3. 危害特征评估

根据化学物质的毒性对苯和硫化氢的危害特征进行分级。苯为人类致癌物质，其职业健康危害特征等级为5级[6]；硫化氢属于强烈的神经毒物，其半数致死浓度( $LC_{50}$ )为0.618mg/L[11]，具有急性中毒危险，职业健康危害特征等级为4级[6]。

3.4. 接触评估

3.4.1. 空气检测情况

苯和硫化氢的检测地点均为输油臂接口、控制室、码头阀门组和管道沿线四个场所，其中输油臂接口在油船法兰打开，但尚未与输油臂连接的状态下检测。苯的检测结果范围为0.03~4.8mg/m<sup>3</sup>，无超标场所，检测接触浓度（检测结果的算术平均值， $C_T$ ）分别为4.8、0.03、0.03、0.03mg/m<sup>3</sup>；硫化氢的检测结果范围为0.53~72.3mg/m<sup>3</sup>，其中，输油臂接口位置检测结果超标，其他场所不超标，检测接触浓度（采用最高接触浓度， $C_{ME}$ ）分别为72.3、0.53、0.53、0.53mg/m<sup>3</sup>。苯和硫化氢检测情况见表1。

表1 苯和硫化氢检测情况。

化学有害因素	工作场所	检测样本数	检测接触浓度/ (mg/m <sup>3</sup> )			超标样本数
			范围	$C_T$	$C_{ME}$	
苯	输油臂接口	1	4.8	4.8	-	0
	控制室	3	0.03	0.03	-	0
	阀门组	3	0.03	0.03	-	0
	管道沿线	3	0.03	0.03	-	0
硫化氢	输油臂接口	1	72.3	-	72.3	1
	控制室	3	0.53	-	0.53	0
	阀门组	3	0.53	-	0.53	0
	管道沿线	3	0.53	-	0.53	0

3.4.2. 接触比值计算

装卸工每周接触苯和硫化氢危害的次数最多为4次，每次接触12h，周工作时间为48h，据此计算接触浓度。将接触浓度与相应的职业接触限值（苯采用时间加权平均容许浓度，硫化氢采用最高容许浓度）相比，分别计算苯和硫化氢的接触比值。苯和硫化氢的接触比值见表2。

表2 苯和硫化氢的接触比值。

化学有害因素	工作场所	每次接触时间/(h/d)	接触浓度/(mg/m <sup>3</sup> )	折减因子	职业接触限值/(mg/m <sup>3</sup> )	接触比值
苯	输油臂接口	0.1	0.07	0.78	4.69	0.01
	控制室	8.7				
	阀门组	0.2				
	管道沿线	3				
硫化氢	输油臂接口	0.1	1.13	/	10	0.18
	控制室	8.7				
	阀门组	0.2				
	管道沿线	3				

注：1.泵房、阀门组、控制室和检尺口接触危害的人员均为装卸工，装卸工周接触浓度为四个场所周接触浓度的时间加权；  
2.苯的职业接触限值采用时间加权平均容许浓度，需乘以折减因子。

3.4.3. 接触等级计算

通过综合考虑苯和硫化氢的蒸气压力、接触比值、使用量、接触时间、危害控制措施等因素，分别确定各因素的接触指数，并根据公式（3）计算接触等级。苯和硫化氢的接触等级见表3。

表3 苯和硫化氢的接触等级。

化学有害因素	蒸气压力 <sup>1</sup>	接触比值 <sup>2</sup>	危害控制措施					周使用量	周接触时间	接触等级
			卫生工程防护	应急救援设施	职业病防护用品	应急救援措施	职业卫生管理			
苯	1	1	1	1	5	1	1	3	5	1.62
硫化氢	1	2	1	1	5	1	1	3	5	1.74

3.5. 风险等级判定

根据苯和硫化氢的危害等级和接触等级，计算风险指数，判定风险等级。职业健康风险等级见表4。

表4 职业健康风险等级。

化学有害因素	危害等级	接触等级	风险指数	风险等级
苯	5	1.62	3	中等风险
硫化氢	4	1.74	3	中等风险

#### 4. 讨论

在原油码头的各作业场所内，接触苯和硫化氢危害的人员均为装卸工，因此将各场所的职业健康风险值进行合并加权，进而得出装卸工的职业健康风险。输油臂连接之后的作业过程中，装卸工在各个场所接触苯和硫化氢的浓度均不超标，这是由于原油码头的输油臂、管道的密封程度高，原油挥发量很少。但作业人员在连接油船法兰与输油臂的作业过程中，苯的检测浓度较高，硫化氢的检测浓度甚至严重超标。这可能是因为船舱为密闭空间，在运输过程中，原油中的苯和硫化氢大量挥发，在船舱中形成高浓度的有毒蒸气。当法兰与输油臂连接时，船舱内的苯和硫化氢气体迅速向外扩散，此时作业人员若未佩戴防毒面具，可能导致急性中毒，带来健康和安全风险。此外，原油管道、阀门、输油臂等设施在使用过程中密闭程度可能降低，原油蒸发量变大，进而导致苯或硫化氢浓度超标。

职业健康风险评估结果表明，装卸工接触苯和硫化氢的职业健康风险等级均为中等风险。与油气田及涂料、印刷等行业相比，码头装卸作业的整体风险程度较低[12-15]，但在连接输油臂作业过程中，人员可能接触较高浓度的硫化氢、苯等有毒气体。在码头装卸作业的整体风险程度较低的情况下，作业人员容易麻痹大意，而硫化氢的危险性、隐蔽性均非常之高[12]，苯作为已知的人类致癌物，其接触水平低于行动水平时，致癌风险也仍然存在[16]。以上因素会进一步增加人员健康和安全风险。建议作业人员随身携带硫化氢检测报警仪，作业时先将法兰打开通风，经检测苯和硫化氢浓度合格后再进行作业。作业人员还应佩戴防毒面具，并尽量处于法兰的上风向。此外，公司应加强员工健康安全风险识别和教育，提高员工的健康和安全意识，并制订人员急性中毒应急预案，以便于紧急情况下应急处置。

#### 5. 结语

本研究通过评估原油码头装卸作业的职业健康和安全风险，得出现场作业人员的整体风险，并筛选出作业的高危环节，提出了有针对性的防护建议，有利于企业的精细化防控管理。评估结果表明，现场作业人员的职业健康和安全整体风险不大，但同时也发现，连接法兰和输油臂的作业环节风险较大，作业人员有必要提高防护意识，并加强个体防护，防止因卫生工程防护失效带来的安全隐患。此外，为更有效的降低职业健康风险，企业还应定期进行职业病危害因素检测，定期对作业人员进行职业健康培训和检查，并每3年进行一次风险评估；当职业病危害因素浓度超标或所用工艺、材料、设备等发生变化时，应重新进行职业健康风险评估。

#### 参考文献

- [1] 许振国, 张敏红, 刘莉莉, 等. 加油站苯接触岗位职业健康风险评估[J]. 中国职业医学, 2018, 45 (6): 762-765.
- [2] 段潇潇, 付丽丽, 王丽东, 等. 职业接触汽油和硫化氢对工人血常规和血清生化检查结果的影响[J]. 职业与健康, 2022, 38 (1): 9-13.
- [3] 周田田. 含硫油气井中的硫化氢气体检测和防护应急程序[J]. 检验检测, 2021, 14, 39-43.
- [4] 刘磊, 陈栋, 程婷婷, 等. 某医疗机构病理科甲醛和二甲苯职业健康风险评估[J]. 实用预防医学, 2020, 27 (1): 68-72.
- [5] 刘文慧, 苏世标, 徐海娟, 等. 职业健康风险评估方法应用研究进展[J]. 中国职业医学, 2016, 43 (4): 487-490.
- [6] 国家卫生健康委员会. 国家职业健康标准: 工作场所化学有害因素职业健康风险评估技术导则: GBZ/T 298-2017[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017, 20, 21, 24.
- [7] 国家职业卫生标准: 工作场所空气中有害物质监测的采样规范: GBZ159-2004[S].
- [8] 国家职业卫生标准: 工作场所空气有毒物质测定 第66部分: 苯、甲苯、二甲苯和乙苯: GBZ/T 300.66-2017[S].
- [9] 国家职业卫生标准: 工作场所空气有毒物质测定 硫化物: GBZ/T 160.33-2004[S].
- [10] 国家职业健康标准: 工作场所有害因素职业接触限值 第1部分: 化学有害因素: GBZ 2.1-2019[S].
- [11] 周国泰. 危险化学品安全技术全书 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2017: 801.
- [12] 王丹, 王静, 刘创建, 等. 含硫油气藏储气库职业健康风险分析及控制措施[J]. 油气田环境保护, 2013, 23 (3): 65-68.
- [13] 周田田. 含硫油气井中的硫化氢气体检测和防护应急程序[J]. 检验检测, 2021, 14: 39-43.
- [14] 周志洋, 苏世标, 曾运良. 常见职业健康风险评估方法在某涂料生产企业中的比较[J]. 中国卫生工程学, 2021, 20 (5): 719-726.
- [15] 李德勇, 黄伯越, 刘福光, 等. 半定量风险评估法在印刷岗位有机溶剂职业健康风险评估中的应用[J]. 中国卫生工程学, 2020, 19 (2): 186-190.
- [16] CARRIERI M, SPATARI G, TRANFO G, et al. Biological monitoring of low level exposure to benzene in an oil refinery : effect of modulating factors [J]. Toxicol Lett, 2018, 298: 70-75.