

害贡献率、健康风险指数等) 是否更合适有待同行争鸣, 是否可以计算各危害因素合并的危害分类指数对建设项目进行职业病危害分类也值得深入探讨。

参考文献:

[1] 建设项目职业病危害分类管理办法 [S].  
 [2] 杨乐华. 建设项目职业病危害分类问题分析 [J]. 实用预防医学, 2004 11 (6): 1264-1265.

[3] 张金良, 吴海磊, 胡永华. 健康危险度评价在建立环境健康指标中的作用 [J]. 国外医学卫生学分册, 2004, 31: 193-197.  
 [4] 赵启宇, 阚海东, 陈秉衡. 危险度评价最新进展 [J]. 中国药理学与毒理学杂志, 2004, 18: 152-160.  
 [5] 姜荣明, 龚建新. 矽肺的定量危险度评价 [J]. 工业卫生与职业病, 2002, 28: 382-385.  
 [6] John D. Graham. 危险度评价在流行病学中的地位日益重要 [J]. 中华流行病学杂志, 1997, 18: 356-358.

## 石化企业硫化氢中毒防治措施的探讨

### Discussion on the preventive and curative measures of hydrogen sulfide poisoning in petrochemical enterprises

王丰

WANG Feng

(中石化股份公司金陵分公司职防所, 江苏 南京 210038)

**摘要:** 通过调查原油情况、生产工艺、现场监测及历年中毒事故, 分析石化企业产生硫化氢中毒的基本原因, 提示应根据三级预防的原则, 综合防治硫化氢中毒。

**关键词:** 石化企业; 硫化氢; 防治

**中图分类号:** O612 6 **文献标识码:** B

**文章编号:** 1002-221X(2005)06-0361-02

近年来, 我国大量进口中东高含硫原油并一直维持在较高的水平上, 预防急性硫化氢中毒及其伤亡事故一直是石化企业安全卫生的重要课题。1999 年中石化集团公司金陵石化

职防所联合 20 家单位开展课题调查, 研究适应我国石化企业的综合预防措施。

#### 1 现状和隐患

##### 1.1 我国进口和加工高含硫原油的概况

炼油加工过程中的硫化氢源于原油中的硫, 在油品精制过程脱硫而产生。原油中硫含量 > 1% (W) 即为高硫原油, 我国的原油大多为中、低硫油。近年来我国原油进口量逐年增多, 中东原油一直占 60% 以上, 部分中东原油的含硫量较高, 并且已成为石化企业, 尤其是各沿海、沿江企业石油炼制的重要原料组成。各类原油及部分产品含硫量见表 1。

表 1 各类原油含硫量及硫分布 (%)

原油	原油硫含量	汽油		煤油		柴油		减压瓦斯油		减压渣油	
		硫含量	硫分布	硫含量	硫分布	硫含量	硫分布	硫含量	硫分布	硫含量	硫分布
胜利	1.00	0.008	0.02	0.0117	0.05	0.343	6.0	0.68	17.9	1.54	76.0
江苏	0.29	0.02		0.05		0.15				0.53	
伊朗轻质	1.35	0.06	0.6	0.17	2.1	1.18	15.0	1.62	16.9	3.0	65.4
伊朗重质	1.78	0.09	0.7	0.32	3.1	1.44	8.8	1.87	13.5	3.51	73.9
阿曼	1.16	0.03	0.3	0.108	1.4	0.48	8.7	1.10	20.1	2.55	69.5
伊拉克轻质	1.95	0.018	0.2	0.407	4.4	1.12	7.6	2.42	38.2	4.56	49.6
北海混合	1.23	0.034	0.7	0.414	5.2	1.14	10.2	1.62	34.4	3.21	49.5
卡塔尔	1.42	0.046	0.8	0.31	3.7	1.24	10.3	2.09	33.8	3.09	51.4
沙特轻质	1.75	0.036	0.4	0.43	3.9	1.21	7.6	2.48	44.5	4.10	43.6
沙特重质	2.83	0.033	0.2	0.54	2.4	1.48	4.9	2.85	32.1	6.00	60.4
科威特	2.52	0.0057	0.4	0.81	4.3	1.93	8.1	3.27	41.5	5.24	45.7

注: 表中硫分布指占原油总硫含量的质量分数。原油中的硫随各馏分油的沸点升高而增加。

#### 1.2 原油中的硫及其在炼制过程中的分布

油品中硫化物形态有元素硫、硫化氢、硫醇、硫醚、二硫及多硫化物、噻吩类等, 游离硫化氢在原油中很少。热加工、催化加工仅脱除小部分的硫, 大部分硫分布在重质馏分中, 90% 进入二次加工装置, 通过加氢脱硫工艺进行脱硫。脱硫等加工过程中产生的硫化氢大部分进入气体产品, 小部分进入污水通过气提回收, 作为硫回收装置的原料。

#### 1.3 硫化氢的危害

1.3.1 硫化氢是一种窒息性气体, 对人体的主要危害是高浓度时可致“电击样死亡”, 临床救治十分困难<sup>[1]</sup>, 同时因为具有刺激性, 不同浓度可致一系列的黏膜刺激症状。美国 NOISH (National Institute for Occupational Safety and Health, 美国国家职业安全卫生研究院) 规定硫化氢的 IDLH (Dangerous to life or health concentrations, 对生命或健康立即产生危害的浓度) 值为 100 ppm, 约 150 mg/m<sup>3</sup>。

1.3.2 硫化氢在水中解离成 H<sup>+</sup> + HS<sup>-</sup>, HS<sup>-</sup> 再解离成 H<sup>+</sup> + S<sup>2-</sup> 和铁离子结合生成硫化亚铁, 造成钢铁表面均匀减薄或

收稿日期: 2005-01-25; 修回日期: 2005-06-06

基金项目: 中石化集团公司课题项目 (W002-98)

作者简介: 王丰 (1961-), 男, 副主任医师, 从事职业卫生工作。

坑蚀。高温硫腐蚀常发生在常减压、热裂化、催化裂化和延迟焦化等装置，腐蚀率在 360~390℃之间最大<sup>[2]</sup>。腐蚀设备管线的后果之一是含硫物料泄漏溢散，引发事故并造成硫化氢中毒。

### 1.4 设计和工艺设备上的问题

石化企业已有生产装置大多按国内低含硫原油水平设计，因此在加工中东高含硫原油过程中，势必产生高于国内原油几倍乃至几十倍的硫化氢等含硫化合物，进入环境的硫化氢大大增加，并且由于更多的硫向重质产品集中，原油二次加工时硫化氢等含硫化合物对装置的冲击将更大。

### 1.5 中毒的隐患部位及危险源点

隐患部位及危险源点指因为高浓度硫化氢的介质存在，并有可能逸散到周围空间的部位，常见的有酸性气/水系统及相应采样点、油灌顶的呼吸口、循环氢管线、污水系统等。对隐患部位及危险源点进行测定发现，部分检测点硫化氢浓度大于1 000 mg/m<sup>3</sup>，可导致在此区域内作业人员严重伤害和死亡。在正常生产情况下，一般岗位硫化氢检测浓度不高于国家职业卫生标准（10 mg/m<sup>3</sup>）。

### 1.6 中毒事故调查

调查发现中毒的岗位分布广泛，但炼油操作及其检修、采样占绝大多数，中毒者为相应的作业人员及外用工。中毒事故原因主要有设备故障、高含硫介质泄漏，操作、检修施工、采样和检尺过程未严格执行安全措施，违章操作或指挥，违规救人等。

根据中毒者病历资料统计显示，中毒者平均年龄 28.6 岁，平均工龄 7.35 年；现场中毒表现以头昏、头痛、乏力及短暂昏迷为主；入院后临床表现以呼吸系统和神经系统症状为主，42 例住院记录中 5 例发生肺水肿，部分患者出现心电图异常和肝、肾功能轻度异常；住院治疗以对症和综合支持疗法为主，30% 的患者接受高压氧治疗，一般恢复较好，无明显后遗症，部分患者诉头痛、头昏持续若干年。

中毒事故时期分布见表 2。

表 2 石化行业硫化氢中毒事故时期分布

时期	中毒		死亡		死亡率%
	n	构成比%	n	构成比%	
~1970 年	3	1.85	0	0.00	
1971~1975 年	17	10.49	4	13.79	2.47
1976~1980 年	24	14.81	2	6.90	1.23
1981~1985 年	34	20.99	4	13.79	2.47
1986~1990 年	31	19.14	1	3.45	0.62
1991~1995 年	44	27.16	16	55.17	9.88
1995~2000 年	7	4.32	2	6.90	1.23
2000 年~	2	1.23	0	0.00	0.00
合计	162	100.00	29	100.00	17.90

## 2 对策及防治措施

石化工业规模大、装置多、流程长、硫化氢分布广、易泄漏，单一部门、单一措施难以覆盖预防硫化氢中毒全过程。根据各单位工作基础和经验，结合调研和生产实际，提出运用三级预防的原则<sup>[3,4]</sup>。

### 2.1 第一级预防

从源头抓起，识别、控制硫化氢产生和泄漏的因素。

2.1.1 新建、改建、扩建装置要充分考虑到硫化氢问题，炼厂高含硫原油的装置应符合设计标准。采用先进的工艺、设备、中央控制和报警系统（DCS）。

2.1.2 从原油评价开始，制订混输、混炼和单炼的加工方案，对原油的硫含量进行有效控制，增加脱硫装置，提高硫回收率。

2.1.3 加强工艺过程管理，严格工艺控制，实现自动化、管道化和密闭化，设备管线的设计和选型执行国家相关标准，最大限度地减少含硫物料的泄漏。

### 2.2 第二级预防

识别危险度并制定相应措施。根据硫平衡、硫分布和硫化氢中毒的特点确定隐患点。调查显示，污水（油）池、窰井口、采样口、脱水口、密闭容器等为常见的隐患点，是整改的重点；相应区域的作业岗位为高危作业岗位，在高危岗位较长时间停留、未接受职业安全卫生培训的作业者应视为高危人群，是监护的重点。应建立健全有效的监测、监护体系和制度，在隐患点区域设置警示牌和硫化氢报警仪，开展常规监测、即时监测及重点区域如密闭空间内作业的监测。H<sub>2</sub>S 35~70 mg/m<sup>3</sup> 时开始引起眼及呼吸道刺激症状<sup>[5]</sup>，多次测定在这一浓度范围时应考虑重点控制，限期整改及设立明显警示牌，加强安全状况及作业过程的监督。重视容器内作业的监护，参考 NOISH 的 IDLH 及危险区域的准入制度，硫化氢浓度 150 mg/m<sup>3</sup> 时为可立即致人损害和死亡浓度，应考虑撤离现场。必须进行的作业应实行准许制，配备监护人和必要呼吸设备和救生装备，启动应急救援机制。必须加强对作业人员尤其是承包商的作业及施工人员的安全卫生培训，强调掌握现场急救和心肺复苏的基本技能。重视对作业者上岗前的职业健康检查，筛选出职业禁忌证。

### 2.3 第三级预防

建立健全应急救援体系，有效控制事故范围和危害程度。硫化氢在高浓度时中毒的死亡率很高，且极易造成多人死亡。调查显示现场迅速有效的急救及转运至关重要，必须建立完善的应急救援体系，对严重的中毒者实施紧急救治，强调心跳呼吸骤停后心肺复苏，在初级生命支持后及时后撤并保持途中的连续抢救及维持，迅速转入高级生命支持（医院内 ICU）<sup>[5]</sup>。

### 参考文献:

[1] Gregorakos L, Dimopoulos G, Liberi S et al. Hydrogen sulfide poisoning: management and complications [J]. *Angiology*, 1995, 46(12): 1123-1131.

[2] 梁东. 浅析硫化物对炼油设备的危害及防治对策 [J]. *安全、健康和环境*, 2004, 4(2): 8.

[3] 黄关麟. 三级预防在石化企业急性硫化氢中毒防治中的应用 [J]. *中华劳动卫生职业病杂志*, 2000, 18(2): 122-124.

[4] 魏训海. 硫化氢中毒事故分析与对策 [J]. *劳动保护*, 2004, 2: 12-13.

[5] Arnold M, Dufresne RM, Alleyne BC. Health implication of occupational exposure to hydrogen sulfide [J]. *J Occup Med*, 1985, 27: 373.