

· 卫生评价 ·

某石化企业新建炼油项目职业有害因素识别分析

Identification and analysis of occupational hazardous agents in a new oil refining project of certain Petrochemical company

黄德寅, 薄亚莉, 陈会祥, 王卉

HUANG De-yin BO Ya-li CHEN Hui-xiang WANG Hui

(渤海化工集团公司劳动卫生研究所, 天津 300051)

摘要: 在石油化工行业的石油炼制生产过程存在易燃、易爆、有毒、有害、腐蚀性强等多种潜在危险因素, 识别分析是建设项目职业病危害预评价工作中的重要环节, 也是风险评估的关键步骤。对某石化企业石油炼制过程中存在的职业危害因素的来源、分布及劳动者职业暴露等情况进行分析。

关键词: 石油炼制; 职业有害因素; 识别

中图分类号: R135 **文献标识码:** B

文章编号: 1002-221X(2009)02-0150-04

石油炼制生产存在易燃、易爆、有毒、有害、腐蚀性强等潜在危险因素, 在建设项目可行性研究阶段进行职业病危害预评价, 识别工作场所中的职业有害因素, 制定相应的职业卫生对策措施, 是保证企业劳动者职业健康的重要手段。本文通过对某石油企业新建项目进行工程分析、类比调查、职业流行病学资料分析等, 对可能存在的潜在职业危害及有害因素进行识别分析。

1 对象与方法

1.1 对象

某石化企业拟在新区基地新建 350 万吨/年炼油项目, 该项目主要以进口高硫 M100 重油作为原料, 以向基地化工新材料版块提供必需原料 H_2S 丙烯等产品装置为核心, 同时生

产汽油、柴油等燃料油。新建项目由 14 个生产装置和储运与公用工程共同组成炼油版块, 各生产装置采用联合布置 (在布置上分为 7 个单元), 集中控制, 统一管理。

1.2 内容与方法

在工程分析、类比调查、国内外同类企业职业流行病学资料分析的基础上, 对生产过程中的有害因素来源及重点职业病危害因素的分布等进行识别, 对劳动者接触某种或多种职业有害因素的过程、可能发生的职业病危害、职业有害因素暴露水平等进行定性分析。

2 结果

2.1 职业有害因素主要来源及分布特点

该项目建成投产后工作场所中存在的职业有害因素主要有化学有害物质、粉尘及物理因素等。

2.1.1 化学因素 该建设项目工作场所存在和产生的化学因素主要来源于原油炼制生产工艺过程中使用的原料、助剂、催化剂、烟气、含硫污水 (酸性水)、产品、中间产物及副产品等。其中在生产过程中产生的硫化氢几乎贯穿整个生产工艺流程。

各单元生产工艺过程可能存在和产生的主要化学有害物质见表 1, 硫化氢在主要生产装置单元中分布的重点区域及特点见表 2。

表 1 各单元生产工艺过程存在和产生的主要化学因素

单元名称	装置名称	主要职业有害因素 (化学毒物与粉尘)
减压蒸馏	减压蒸馏	重油、柴油、蜡油、渣油、多环芳烃; 硫化氢、氨、MDEA 等
硫磺回收	硫磺回收	酸性气、干气; 硫化氢、氨、二氧化硫、MDEA、硫磺粉尘、催化剂粉尘等
延迟焦化	延迟焦化	渣油、干气、液化气、石脑油、柴油、蜡油、多环芳烃; 硫化氢、氢氧化钠碱液、一氧化碳、焦炭粉尘等
催化裂解	催化裂解	蜡油、干气、液化气、汽油、柴油、多环芳烃; 硫化氢、一氧化碳、催化剂粉尘
联合装置	产品精制	硫化氢、干气、液化气、汽油、液化石油气; MDEA 碱液、硫酸等
	MTBE	液化气、MTBE、甲醇、酸性催化剂等
	气体分馏	液化气、丙烷、丙烯等
制氢加氢	制氢装置	干气、氢气、硫化氢、一氧化碳、二氧化碳、DMS、催化剂等
联合装置	蜡油加氢处理	蜡油、氢气、干气、石脑油、柴油; 硫化氢、DMS、MDEA、催化剂粉尘等
	汽柴油加氢精制	汽油、柴油、氢气、干气; 硫化氢、DMS、催化剂粉尘等
	柴油加氢改质	柴油、氢气、干气、汽油; 硫化氢、DMS、催化剂粉尘等
	石脑油非临氢改质	石脑油、液化气、汽油、催化剂粉尘等
乙苯、苯乙烯	乙苯	脱硫干气、苯、甲苯、乙苯、丙苯、二乙苯、催化剂粉尘等
	苯乙烯	苯、甲苯、乙苯、苯乙烯、NSI、TBC、催化剂粉尘等
储运与公用工程	储运系统	重油、石脑油、汽油、柴油、苯、甲醇、液化气、硫化氢等
	循环水场	盐酸、二氧化氯、硫化氢等
	污水处理场	硫化氢、酚类等

收稿日期: 2008-02-13 修回日期: 2008-03-11

作者简介: 黄德寅 (1962-), 女, 主任医师, 从事职业卫生与职业病控制研究。

表 2 硫化氢在主要生产装置单元中的分布

单元或装置名称	重点区域	分布特点
减压蒸馏	塔及塔顶回流罐, 加热炉用瓦斯罐区, 压缩机房、电脱盐排水口、排凝口、采样口、污水明沟等	硫化氢主要集中在初顶、常顶、减顶的气体, 液态烃中以及溶解在塔顶冷凝污水里, 油品中也含有硫化氢
延迟焦化	冷焦水罐、汽油回流罐区, 吸收塔、加热炉用瓦斯罐区, 压缩机房、排水口、排凝口、采样口、污水明沟等	冷焦水罐、焦化干气中硫化氢含量较高, 液态烃、汽油、污水中均含有一定量的硫化氢, 塔顶气体中的硫化氢含量较高。
催化裂解联合装置	分馏区、吸收稳定区、脱硫区等处的粗汽油罐、气压机入口分液罐, 稳定塔顶回流罐及酸性水罐, 排水口、排凝口、采样口、污水明沟等	原料中的硫化物转化为硫化氢, 裂化油含有一定量的硫化氢; 富气、干气、液化气中硫化氢含量较高, 油品中也含有硫化氢; 分馏塔顶的气体及酸性水中硫化氢的含量较高
气体精制	(气体脱硫) 吸收塔、再生塔、硫回收区, 排污放空区等	液化气、干气等的硫化氢含量很高, 湿式脱硫中的富液含有较高的硫化氢
制氢加氢联合装置	高低分离器、分馏塔顶回流罐、循环氢压缩机、酸性水系统、蜡油加氢的汽提塔, 排水口、排凝口、采样口、污水明沟等	硫化氢分离器中的气体、分馏塔顶的气体, 催化剂再生时的烧焦气, 酸性水, 循环氢中的硫化氢含量也很高
硫磺回收	酸性水汽提的原料水罐, 汽提塔及塔顶冷却器, 酸性气分液罐等	含硫污水的硫除硫化氢以外, 还以 NH_4HS 及 $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ 的形式存在; 加氢精制的含硫污水硫化氢浓度较高, 处理含硫油的蒸馏污水含硫较高
	酸性水罐、塔顶酸性气管线, 酸性气分液罐, 焚烧炉, 尾气排放口, 硫磺成型机进料口, 液硫罐口等	从气体脱硫装置和污水汽提装置来的酸性气原料中硫化氢浓度很高, 经硫化氢回收后的尾气含硫化氢亦相当高, 故将尾气燃烧后将硫化氢变成二氧化硫排放
储运与公用工程	气柜系统压缩机进出口分液罐, 气柜及相应的人工采样点、切水排空口等	各装置进入气柜气体其中硫化氢的含量可能会很高, 气柜排水口气味较大, 含有 H_2S 及烃, 另外瓦斯冲破水封, 易发生 H_2S 中毒
	中间油罐组及原油罐区罐顶检尺口、呼吸阀等处; 罐区的罐顶采样口, 测温口, 检尺部位, 切水口等	中间罐区, 尤其是焦化、裂解等汽油罐顶的不凝气中可能含有较高的硫化氢; 油罐组及原油罐区罐顶检尺口、呼吸阀等处 H_2S 烃浓度高
	污水预处理场污水提升井、隔油池、一级气浮池; 其他系统如下水道; 循环水系统、污水处理场、槽车等	污水预处理场主要处理含油污水、含硫污水、含盐污水, 其处理池均为敞口, 有毒有害气体易挥发到空气中, 存在 H_2S 及烃中毒危险; 下水道及循环水系统中也可能串有很高的硫化氢; 槽车酸洗时可产生硫化氢

2.1.2 物理因素 主要为高温、噪声、非电离辐射、电离辐射等。

原油炼制的主要装置均使用加热炉, 工艺过程存在生产性热源。电离辐射产生于延迟焦化焦化塔使用的 ^{137}CS 料位计。非电离辐射主要为变电所工作场所可能存在的工频电场及维修电焊作业时的电焊弧光。噪声主要产生于压缩机、大型机组、机泵类等设备运转时产生的机械噪声及气(汽)体放空时产生的气流噪声。见表 3。

2.2 劳动者职业暴露分析

2.2.1 有毒化学物质职业暴露及可能发生的职业病危害

2.2.1.1 正常工况下的巡检等操作 作业工人在巡检、采样、脱水、排凝、测温、检尺、切水、助剂配制、储罐区装卸各种物料等操作时, 存在多种化学毒物的暴露, 主要通过呼吸道吸入以及眼睛和皮肤接触的暴露方式。

在正常生产进行上述各种操作的职业暴露情况下, 可能发生的职业病危害主要是硫化氢、氨气、一氧化碳等有毒气体中毒, 还可能发生化学性酸碱灼伤、职业接触性皮炎等职业病, 并存在苯对作业工人长期低浓度职业暴露的致癌风险。

因硫化氢几乎存在于减压蒸馏加工及其后续过程的各个环节, 作业工人进行现场巡检及操作时存在硫化氢的暴露并有硫化氢中毒的潜在危险, 尤其是作业工人在采样、切水、脱酸性水等操作时存在对硫化氢等有毒气体的短时间高暴露机会。暴露方式主要为呼吸道吸入。

据文献报道, 1958~2003年间中国石油、中国石化系统内发生 66起硫化氢中毒死亡事故, 原因和事故类型统计分析发现, 正常生产的巡检、采样等生产过程中发生了 14起事故, 占总数的 21.2%, 是除检修作业以外的另一主要事故发

生作业过程^[1]。事故原因主要包括采样等作业时不佩戴呼吸器; 工艺设计及流程设计不合理, 含硫化氢气体倒串; 防护设施缺陷, 如通风不良或通风设施不完善; 重点部位未设置报警器或报警器故障, 致使工艺设备阀门、密封等发生泄漏时没有及时报警等。提示该建设项目在工程技术上要加强硫化氢等有毒气体中毒防护设施的设计, 尤其要做好各项防止硫化氢中毒的管理工作。

2.2.1.2 催化剂装卸、检修等作业 生产装置催化剂的更换装卸过程及例行检修作业, 可能存在多种化学物质的暴露, 尤其是催化剂卸出时, 如违反操作规程, 大量的有毒物质逸散, 作业人员可有高浓度暴露, 经呼吸道吸入后可造成健康危害, 并有发生急性中毒的可能。另外, 在检修及催化剂的定期拆卸、安装过程中, 还可能存在各种催化剂粉尘的职业暴露。储运系统储罐及槽罐车的清洗及检修也是高危险性的作业, 违反密闭空间操作规程等也会有发生硫化氢中毒、油品蒸气及其他有毒物质中毒的可能。

另外, 该建设项目氮气是作为惰性气体, 为工艺管线系统吹扫、置换易燃易爆气体而使用的。系统置换用氮气的纯度要求为 98%, 若操作人员误入排氮口富氮环境, 有遭到窒息危害的可能, 严重时造成死亡。

1958~2003年间中国石油、中国石化系统内发生的 66起硫化氢中毒死亡事故中, 在设备、容器、管线的吹扫、堵漏、拆卸或安装作业等生产过程中发生的事故为 16起, 是事故发生的最主要作业过程^[1]。主要原因是违章及误操作、对 H_2S 的毒害认识不够、安全意识差等。提示在进行此类高危险性操作时均要求进行呼吸防护, 并制定严格的操作规程及管理制度等。

表 3 各单元的主要噪声源

单元名称	装置名称	主要噪声源
减压蒸馏及硫磺回收	减压蒸馏	机泵、空冷器、加热炉、气(汽)体放空
	硫磺回收	反应炉、焚烧炉、风机、空冷器、氢压机、气(汽)体放空
延迟焦化	延迟焦化	压缩机、机泵、空冷器、加热炉、气(汽)体放空
	乙苯 苯乙烯	机泵、空冷器、加热炉、气(汽)体放空 压缩机、机泵、空冷器
催化裂解联合装置	催化裂解	大型机组、机泵、空冷器、调节阀、气(汽)体放空
	产品精制	机泵
	MTBE	机泵
	气体分馏	机泵
制氢加氢联合装置	制氢装置	风机、压缩机、加热炉、气(汽)体放空
	蜡油加氢处理	压缩机、机泵、空冷器、加热炉、气(汽)体放空
	汽柴油加氢精制	压缩机、机泵、空冷器、加热炉、气(汽)体放空
	柴油加氢改质	压缩机、机泵、空冷器、加热炉、气(汽)体放空
	石脑油非临氢改质	机泵
储运与公用工程	储运系统	机泵、气柜压缩机
	循环水场	机泵、凉水塔
	污水处理场	机泵

2.2.1.3 突发事故泄漏等情况 该建设项目下列单元还存在大量的高毒物质：制氢单元生产纯度 99% 一氧化碳；苯乙烯单元使用苯作为主要生产原料之一；硫磺回收单元的含硫化氢的酸性气体浓度 50% ~ 80%，并为蛋氨酸装置副产浓度为 93% 硫化氢气体，酸性水汽提副产液氨等。在生产过程中所使用的其他原料、中间产品、产品大多为易燃、易爆及有毒物质，上述物料常处于高温高压环境中，如果发生泄漏，极易自燃或遇明火燃烧，造成火灾爆炸，大量有毒物质泄漏会造成急性中毒事故。提示应加强事故的预防控制措施，加强作业场所的职业卫生管理和应急管理工作，以积极预防各类泄漏中毒事故的发生，做好应对紧急情况的预警及各项准备工作。

2.2.2 职业暴露水平预测及可能造成的健康危害 根据可行性研究报告的技术资料分析，该项目建成投产后，原辅料及产品输送方式均为自动、密闭，工艺过程连续。工艺设备及管道均为密闭露天布置，利于少量泄漏挥发的有毒物质的稀释及扩散。各装置中的加热炉产生的烟气主要通过有组织的进行排放，避免其散发到工作环境空气中；设备在选型设计上注重了先进性，避免燃料不完全燃烧产生一氧化碳等。设置尾气吸收及火炬系统，为防止采样过程物料挥发到工作环境空气中，拟设计密闭采样系统。因此预测在正常工况下，该装置工作场所空气中化学有害物质浓度可达到国家卫生标准要求。

根据相似性原则所选择的类比企业主生产装置工作场所

空气中硫化氢、苯、烃类物质等有毒物质检测结果均低于我国的职业接触限值，说明在正常工况条件下，有毒物质浓度可以得到有效控制。

在这种低浓度下长期的职业暴露是否存在健康风险，尤其是石油炼制过程中所产生的一些组分和多环芳烃，已证明对实验动物有致癌性，对炼油厂工人是否有较高致癌危险性，研究结果报道不一。1996 年石化恶性肿瘤流调协作组在对锦西炼化总厂职工死因及癌死亡率回顾性队列研究中发现，炼油厂的男性职工总死亡率和癌死亡率超出，且以肺癌、胃癌、白血病超出有统计学意义，与国内外多数学者报道一致，可能与石油炼制有关^[2]。

类比企业工作场所空气中苯的浓度均未超过国家规定的职业接触限值，且处于较低水平，烃类浓度亦较低。在该作业条件下，对该企业炼油装置作业工人职业体检资料统计分析表明，焦化与油品储运车间作业工人外周血中的白细胞计数降低超出有统计学意义 ($P < 0.05$)，这与国内外文献报道相符^[3-4]。根据工程分析，焦化发生裂解的过程温度较高，存在产生多环芳烃的工艺条件及作业工人的职业暴露；储运系统作业工人接触的油品种类较多，作业时间相对较长，暴露的频率与机会均大于主体生产装置作业工人。

通过上述分析，作业工人在生产过程中长期接触低浓度苯、石油烃混合有害气体，健康状况可受到一定程度的影响。因此提示，在该建设项目生产过程中，作业环境中常存在着多种有害物质，虽然每种毒物的浓度不超过国家职业接触限值，也不可忽视其可能产生的联合作用对作业工人健康的影响。长期低浓度职业暴露，不能忽视多环芳烃等毒物的致癌风险。

2.3 物理因素职业暴露分析

2.3.1 噪声 由于生产过程存在的噪声源较多，噪声声级较高，该建设项目可能存在高噪声作业环境。作业工人主要巡检，每班噪声暴露 2 h。

该建设项目为控制噪声危害，拟在工程技术上加强噪声控制，采取隔声、消音、减振并限制噪声接触时间等综合技术措施。根据类比调查检测结果，类比企业生产装置各噪声工作地点强度多控制在 90 dB (A) 左右。据文献报道石油化工企业类似工作地点的噪声强度在实施综合控制措施后，噪声强度也大多在 90 ~ 95 dB (A) 之间^[5]。

职业噪声暴露的流行病学调查显示，在石油化工行业由于接触噪声而造成的高频听力损伤检出率远大于接触其他职业病危害因素造成的职业病和职业禁忌性损害的阳性检出率，噪声已成为影响石化职工身体健康的重要有害因素。对类比企业 2005 ~ 2007 年职业健康监护资料分析得出的结果与文献报道一致^[5]。提示该建设项目在加强噪声工程控制技术设计的同时，提高劳动者个人防护意识，教育职工坚持戴耳塞、耳罩，是预防和控制噪声危害的重要措施。

2.3.2 高温 该建设项目由于各主要生产装置内存在加热炉、余热锅炉等生产性热源，在催化裂解装置的“三机”岗位，焦化装置的渣油泵房等存在高温作业环境。上述岗位作

业工人存在对高温的职业暴露, 每班累计接触高温 2 h。通过分析, 在采取保温隔热、通风降温等防护措施后, 发生作业工人中暑等职业病危害的可能性较小。但在夏季暑期, 外操作工巡检时要做好防暑降温工作, 防止发生中暑。

从事刷洗储油罐、油槽车, 夏季在塔内、罐内从事砌砖、焊接等特殊作业时, 可使人产生不适, 工作效率下降, 甚至造成中暑。上述作业往往同时存在有毒化学物质, 所以在气温高、湿度大或有强烈辐射热的环境, 特别是在炎热夏季, 应做好防暑降温, 加强个人防护, 防止发生中毒。

3 讨论

石油炼制建设项目影响人体健康的职业有害因素较多, 为了识别有害因素, 应获得生产过程和操作环节或其他有关方面的详细资料。包括所用原材料、生产过程中要处理或要添加的材料、初级产品、半成品、成品、反应物和副产品等。另外, 生产过程中的添加剂和催化剂也要考虑。对仅给出商品名称的原料或添加物料, 必须确定其化学成分。危害因素识别还包括外部环境中的排放废物和废气识别, 以进一步分析潜在的接触危害。

人体接触的方式主要决定于有害物质接触频率、强度和持续时间。因此, 识别分析要对劳动作业过程进行系统调查, 这一点极其重要。由于工人实际操作会直接接触有害物质,

所以要把重点放在潜在危害大的劳动作业上, 同时要考虑有哪些非周期性和间歇性操作, 如检修、装卸催化剂、生产过程中的清洗和更换部件等。

识别分析是建设项目职业病危害预评价工作中的重要环节, 也是风险评估的关键步骤, 潜在危害识别的好坏和所获得资料的多少及职业卫生调查质量有很大关系, 工程分析、类比调查、职业流行病学调查等不同来源的资料有不同的侧重点, 要全面考虑所有的资料从而对潜在危害进行综合的识别和分析。

参考文献:

- [1] 王丰. 石化企业中硫化氢中毒及防治措施的研究 [J]. 江苏预防医学, 2005 16 (3): 50-51
- [2] 于丹玫. 锦西炼化总厂职工死因及癌亡率研究 [J]. 化工劳动保护 (工业卫生与职业病分册), 1996 17 (4): 171-172
- [3] 地力夏提·牙合甫. 1975~1995年乌鲁木齐石油化工厂职工恶性肿瘤死亡状况分析 [J]. 新疆医学院学报, 1998 21 (4): 291-292
- [4] 张璐. 石油化工污水处理作业工人健康影响的调查 [J]. 化工劳动保护, 2000 21 (2): 53-54
- [5] 孙建. 噪声已成为影响石化职工身体健康的重要有害因素 [J]. 安全、环境和健康, 2002 3: 22

高原地区某铜矿开采项目职业病危害预评价

Pre-evaluation on occupational hazards of copper mine exploitation in plateau area

黄昭维, 谢勇

HUANG Zhao-wei XIE Yong

(重庆市职业病防治院, 重庆 400060)

摘要: 对高原地区某铜矿建设所在地的基本情况进行现场调查, 对该铜矿生产工艺相似但地域特点不同的另一大型铜矿开采企业进行类比调查, 并对作业环境进行现场检测。新建铜矿存在的职业病危害因素有粉尘、化学毒物、噪声、振动、紫外线、 γ 射线等, 工作中还可能出现高原病、鼠疫和地氟病、大骨节病等地域性疾病。针对上述疾病提出预防对策。

关键词: 高原; 铜矿开采; 粉尘; 职业病危害

中图分类号: R135 **文献标识码:** B

文章编号: 1002-221X(2009)02-0153-03

有关高原地区矿山开采的职业病危害预评价鲜见报道。本文现就高海拔地区某铜矿开采中可能产生的职业病危害因素进行评价分析, 并提出相应的防护措施。

1 项目概况

某铜矿位于西藏自治区日喀则市西北部, 整体地形北高南低, 主要以高原和谷地为主, 属高原山丘型。矿区周围海拔

3 900~5 570 m, 大部分作业区在海拔 4 000~4 750 m之间。

该铜矿矿区地层为第四系洪积、坡积物和侏罗纪花岗岩闪长岩层。铜矿床是与晚侏罗世侵位的角闪石英闪长玢岩有关的低品位的斑岩型 Cu (Au) 矿床。矿体埋藏较浅, 地表有部分露头, 由上至下依次可划分为 4 个矿带。通过对原矿化学多元素分析, 不同矿石中铜含量分别为原生矿 0.39%、次生矿 0.5%、氧化矿 0.16%; 矿石杂质中二氧化硅含量在 60%以上。

铜矿区内多年平均气温 6.4℃, 多年平均降水量 404.1 mm, 空气密度为 719~800 g/m³, 含氧量为 166~186 g/m³, 年无霜期 110~120 d, 全年盛行河谷风, 平均风速 1.62~3.30 m/s, 最大风速 25 m/s。

铜矿为采、选联合企业, 开采方式为露天开采, 主要由露天采场、采矿工业场地、选矿工业场地、废石场、精扫选尾矿库、粗选尾矿库、炸药库、总仓库、行政办公区、总降压变电站、水源地、防排洪设施、尾矿输送系统、环保安全设施及其他辅助设施等组成。设计生产处理矿石能力 40 000 t/d (1 357.80×10⁴ t/年)。该铜矿项目的产品方案为铜精矿, 综合回收的金、银及硫进入铜精矿中, 平均铜精矿产量 22.34×10⁴ t/年, 铜精矿含铜 5.59×10⁴ t/年。

2 工艺流程

收稿日期: 2008-10-15 修回日期: 2008-12-09

作者简介: 黄昭维 (1951-), 男, 主任医师, 从事职业卫生评价与职业病防治工作。