

煤焦油沥青的职业健康风险评估技术指南

1. 总则

- 1.1 本指南仅针对煤焦油沥青生产企业工作场所的职业健康风险评估。
- 1.2 本指南适用于中华人民共和国境内的所有煤焦油沥青生产企业。
- 1.3 本指南规定了煤焦油沥青生产企业煤焦油沥青、萘和酚等危害因素的识别、危害等级、接触等级和健康风险评估等原则。

2. 规范性引用文件

- 2.1 《使用有毒物品作业场所劳动保护条例》中华人民共和国国务院令 第 352 号。
- 2.2 《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学因素》GBZ2.1-2007
- 2.3 《工作场所空气中有毒物质检测的采样规范》GBZ159-2004
- 2.4 《工作场所空气有毒物质测定 多环芳香烃化合物》GBZ/T 160.44-2004

3. 术语、定义和缩略语

3.1 术语和定义

3.1.1 煤焦油沥青生产企业 Production enterprise of Coal tar pitch

煤焦油沥青生产企业：以煤焦油为原料，经过脱水、蒸馏、冷却、成型等工序生产沥青的所有生产企业，该生产过程包括脱酚、精萘、沥青精制等生产过程。

3.1.2 煤焦油沥青 Coal tar pitch

一种分子式为 $C(n)H(2n+2)O(b)S(c)N(d)$ 的黑色液体、半固体或固体的无机化合物，CAS 号为：65996-93-2。主要成分：沥青（50%）、萘（10%）和其他。

3.1.3 危害和职业危害 hazard and occupational hazard

危害系指物质本身所具有的可能导致人体健康损伤或疾病的潜在能力或固有性质。职业危害指对从事职业活动的劳动者可能导致的工作有关疾病、职业病和工业外伤等的各种危害。

3.1.4 风险和风险评估 risk and risk assessment

风险也称为危险，指危害或不期望事件发生的可能性或概率，即物质或因素在其使用或接触情况下将导致不良作用及危害程度的可能性或概率。

风险评估系指在特定条件下接触某危害因素，考虑所关注的固有危害特性或危害的潜在能力，计算或估计风险程度（包括伴随的不确定度）、决定风险是否允许或可接受，并考虑现有措施的整个过程。

3.2 缩略语

CSDS 化学物安全数据表
IARC 国际癌症研究机构
ACGIH 美国工业卫生医师协会
CTP 煤焦油沥青
OELs 职业接触限值
PC-TWA 时间加权平均容许浓度

4. 基本原则

4.1 煤焦油沥青的健康风险评估应为循序、渐进过程。评估周期应依据风险分级结果进行定期评估，一般为：

- (1) 风险等级为Ⅲ级，每半年进行 1 次健康风险评估；
- (2) 风险等级为Ⅱ级，每 1 年进行 1 次健康风险评估；
- (3) 风险等级为Ⅰ级，每 3 年进行 1 次健康风险评估；
- (4) 风险等级为 0 级，每 5 年进行 1 次健康风险评估。

4.2 除 4.1 款外，对于可能影响工作场所接触水平发生改变的所有情况，应重新进行健康风险评估，如：

- (1) 工艺流程、生产设备、工程控制的明显变化；
- (2) 工作过程、工作条件、作业方式、工作环境的明显变化；
- (3) 工作场所危害因素的属性、数量、物化性质等的明显变化；
- (4) 员工抱怨或有产生职业病的迹象等。

5. 接触信息

煤焦油沥青是煤焦油蒸馏提取馏分后的固态残留物。

煤焦油是煤在干馏过程中得到的液态产物。我国生产煤焦油沥青的原料主要为高温焦油，干馏温度达到 1000℃。高温煤焦油是一种主要由芳烃组成的复杂混合物。煤焦油各馏分产率及切除温度范围见表 1。

表 1 煤焦油各馏分产率及切取温度范围

组分	水分	轻油	酚油	萘油	洗油	一萘油	二萘油	沥青
含量/%	4	0.6	2	11.5	5.5	20	6	54.4
切取温度 /℃		<170	170-210	210-230	230-300	300-330	330-360	>360

从焦化厂来的煤焦油均先送到焦油油库，进行质量均和、初步脱水及脱盐。初步脱水是在焦油贮槽内加热静置脱水，温度位置在 70~80℃，静置 36h 以上。焦油脱盐是在焦油进入蒸馏前加入碳酸钠溶液，使固定铵盐转化为稳定的钠盐。焦油经初步脱水及脱盐后送至蒸馏工段。

焦油蒸馏采用连续式常压蒸馏，一段蒸发器快速蒸出煤焦油中所含水分和部分轻油；二段蒸发器将 400~410℃ 的过热无水焦油闪蒸并使其馏分与沥青分离。馏分进入馏分塔分离出如下各种馏分。

轻油是煤焦油蒸馏切取馏程为 170℃ 前的馏出物，产率为无水焦油的 0.4%~0.8%。轻油馏分一般并入吸苯后的洗油，或并入粗苯中进一步加工，分离出来苯类产品、溶剂油等。

酚类化合物产率为无水焦油的 1%~2.5%。主要存在于酚油、萘油和洗油馏分中。酚油馏分主要含有苯酚和甲酚，萘油馏分主要含有甲酚和二甲酚，洗油馏分中高沸点酚占一半以上，萘油中含有的主要是高沸点酚。根据馏分产率和低沸点酚含量，采取从酚油、萘油和洗油馏分中提取酚类化合物。脱酚工段采用连续洗涤工艺，混合馏分首先进入一次连洗塔，加入碱性酚钠洗涤后分离出中性酚钠，再进入二次连洗塔加碱洗涤，分离出碱性酚钠获得已洗混合酚。已洗混合酚送至工业萘工段。中性酚钠经酚盐蒸吹釜得到净酚盐，并送至分解。酚盐分解采用连续 CO₂ 分解工艺，在分解塔内分别分离出粗酚和碳酸钠。

工业萘蒸馏采用双炉双塔常压蒸馏工艺。馏份脱酚工段得到的已洗混合份进入工业萘初馏塔，分离出酚油后进入工业萘精馏塔，分离出洗油和工业萘产品。

精酚采用间歇减压蒸馏工艺。原料粗酚送入脱水脱渣釜，在此蒸馏脱除水和残渣。无水粗酚进入初馏釜，在初馏釜和初馏塔内蒸出全馏份。全馏份分别在精馏釜、精馏塔进行多次复蒸分别产出酚、甲酚、二甲酚。

精萘采用箱式分布结晶工艺。原料工业萘进入特制的结晶箱，进行降温、升温的结晶和熔化操作程序，在多次程序操作过程中分离出精萘残油和精萘。

改质沥青采用釜式热缩聚工艺。中温沥青自流入改质沥青反应釜，釜顶吹出的闪蒸油经闪蒸油冷却器冷却后进入闪蒸油槽。改质后的沥青进入改质沥青槽，再经改质沥青高置槽冷却后进入改质沥青成型机成型后得到改质沥青产品。

根据软化点不同，有3种规格的沥青：软化点为65~75℃的软沥青，软化点为75~90℃的中温沥青；软化点高于90℃的高温沥青。

煤焦油沥青主要存在于煤焦油加工过程中的预处理、蒸馏、闪蒸、管式炉、热油泵房、油库和沥青机等岗位的操作活动中。

低温沥青用于建筑、铺路、电极碳素材料和炉衬黏结剂，也可用于制炭黑和做燃料用。中温沥青用于生产油毡、高级沥青漆等产品，也是沥青延迟焦化和改质沥青的原料。高温沥青可用于冶铝工业用的阳极糊，预焙烧电极；炼钢工业用的电极原料（制造石墨化电极）；作炭素铸模的粘结剂；制造炭素耐火材料工业的粘结剂和渗碳剂；用作炭素纤维等炭素工业的原料。

6. 评估程序

6.1 前期准备

6.1.1 风险评估之前，用人单位应成立由管理者、职业卫生技术服务人员和雇员（或劳动者）组成的风险评估工作组，并聘请职业卫生技术人员进行主持与实施。

6.1.2 广泛收集和整理关于煤焦油沥青的各种资料和数据，详细了解原辅料、工艺流程、工作过程、工作条件、工程控制、作业方式、煤焦油沥青及其属性、既往工作场所监测和职业健康监护结果等信息和资料。

6.1.3 明确以下评估目标、范围和评估内容：

(1) 评估目标

- ① 目标因素：煤焦油沥青、萘、酚、蒽等；
- ② 目标因素的健康危害及其接触人群；
- ③ 不同人群目标因素的接触水平及其健康风险；
- ④ 对健康风险水平及其可接受性的有效判断；
- ⑤ 完成和维持足够的风险控制策略和措施；
- ⑥ 明确进一步的风险评估周期。

(2)评估范围

①覆盖所有工作场所和工作区域；

②包含所有可能接触人员，如：生产、维修、化验、维护、研究开发、保洁和任何岗位人员；

③充分考虑工作任务和作业方式，不同工作区域分成不同的工作任务，将同一工作区域完成同样工作任务的人群分成一组。

(3)评估内容

①目标因素的健康危害特征；

②目标因素的接触及其接触水平；

③目标因素的接触风险及其可接受性；

④目标因素的风险控制及其管理效果。

6.2 危害识别

6.2.1 煤焦油沥青生产工艺流程包括四个工序：①煤焦油预处理；②焦油蒸馏；③各馏分加工；④煤焦油沥青生产。主要工艺流程见图 1。

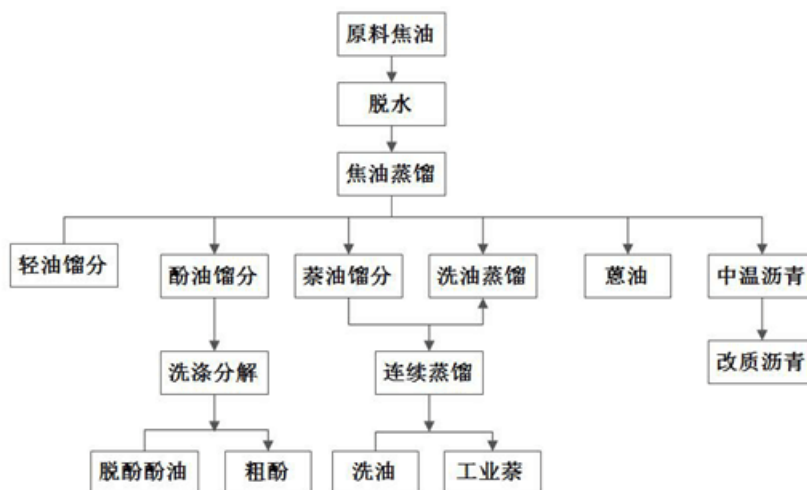


图 1 煤焦油沥青生产工艺流程

6.2.2 采用检查表、文献检索、现场调查与检测等方法对上述生产过程和生产环境中可能存在的煤焦油沥青、萘、酚、萘等职业病危害因素进行识别，推断这些危害因素可能存在的工作场所和接触人群，估计可能的接触水平。

6.2.3 通过现场收集（如 CSDS）、查阅文献与资料或通过试验（必要时），获取煤

焦油沥青、萘、酚、蒽等的危害特征信息和数据，描述工作场所职业危害特征及其可能的接触人群，并初步推测对接触人群产生危害的可能风险。

6.3 危害分级

6.3.1 分级原则

化学物危害程度有赖于自身的毒性、接触途径和其他因素。危害分级可通过化学物的毒性作用来确定。急性毒性危害，资料可来源于 MSDS 和其他毒理学资料，以半数致死剂量（LD₅₀）和半数致死浓度（LC₅₀）来确定（见表 2）。慢性毒性危害，可参照相关资料，如 ACGIH、IARC 和其他毒理学信息，见表 3。

表 2 急性毒性危害分级（HR）

HR	LD ₅₀ (小鼠经口吸收)	LD ₅₀ (小鼠经皮吸收)	LC ₅₀ (小鼠吸入气体和蒸汽)	LC ₅₀ (小鼠吸入气溶胶)
2	>2000	>2000	>20	>5
3	>200~2000	>400~2000	>2.0~20	>1~5
4	>25~200	>50~400	>0.5~2.0	>0.25~1
5	≤25	≤50	≤0.5	≤0.25

表 3 慢性毒性危害分级（HR）

HR	作用/危害分类描述	化学物举例
1	<ul style="list-style-type: none"> - 未知的健康危害 - ACGIH* A5 致癌因素 - 未作为有毒有害分类 	氯化钠, 丁烷, 丁基合成橡胶, 醋酸盐, 碳酸钙
2	<ul style="list-style-type: none"> - 对皮肤、眼或粘膜的可逆性作用，不足以引起严重健康危害 - ACGIH A4 致癌因素 - 皮肤敏感和皮肤刺激 	丙酮, 丁烷, 醋酸(10%), 钡盐, 铝尘
3	<ul style="list-style-type: none"> - 可能的人或动物致癌或致突变因素，但其数据是不充分的 - ACGIH A3 致癌因素 - IARC* Group 2B - 腐蚀性物质 (pH 3-5 or 9-11)，呼吸道敏感，有害化学物 	甲苯, 二甲苯, 氨, 丁醇, 乙醛, 乙酸酐, 苯胺, 铈
4	<ul style="list-style-type: none"> - 以动物研究为基础的很可能的人类致癌、致突变或致畸因素 - ACGIH A2 致癌因素 (ACGIH A2 carcinogens) - NTP* Group B - IARC Group 2A - 强腐蚀性物质 (pH 0-2 or 11.5 -14) - 有毒化学物 Toxic chemicals 	甲醛, 镉, 甲基氯化物, 乙烯基氧化物, 丙烯腈, 1,3-丁二烯
5	<ul style="list-style-type: none"> - 已知的人类致癌、致突变和致畸因素 - ACGIH A1 致癌因素 - NTP Group A - IARC Group 1 - 强有毒化学物 	苯, 对二氨基联苯, 铅, 砷, 铍, 溴, 氯乙烯, 汞, 石英

6.3.2 危害描述

(1)煤焦油沥青主要可引起呼吸系统及皮肤黏膜的损害。可导致接触性皮炎、

痤疮、毛囊炎、光毒性皮炎、中毒性黑皮病、疣赘及癌肿。致突变性：人经皮 5000ppm。CTP 已被 IARC 列为 I 类致癌物，我国于 2013 年将 CTP 所致皮肤癌列入法定职业病，目前尚无职业病病例的报告。

(2) 萘具有刺激作用，高浓度致溶血性贫血及肝、肾损害。会导致贫血或红细胞数、血色素和血细胞数显著减少。对皮肤敏感者，萘会引起一些严重的皮肤病。急性中毒：吸入高浓度萘蒸气或粉尘时，出现眼及呼吸道刺激、角膜混浊、头痛、恶心、呕吐、食欲减退、腰痛、尿频、尿中出现蛋白及红白细胞。亦可发生视神经炎和视网膜炎。重者可发生中毒性脑病和肝损害。口服中毒主要引起溶血和肝、肾损害，甚至发生急性肾功能衰竭和肝坏死。慢性中毒：反复接触低浓度萘蒸气，可引起头痛、乏力、恶心、呕吐和血液系统损害。可引起白内障、视神经炎和视网膜病变。皮肤接触可引起皮炎。萘已被 IARC 列为 G2B 类致癌物。大鼠经口 LD50 为 490mg/kg。

(3) 酚对皮肤、粘膜有强烈的腐蚀作用，可抑制中枢神经或损害肝、肾功能。急性中毒：吸入高浓度蒸气可致头痛、头晕、乏力、视物模糊、肺水肿等。误服引起消化道灼伤，出现烧灼痛，呼出气带酚味，呕吐物或大便可带血液，有胃肠穿孔的可能，可出现休克、肺水肿、肝或肾损害，出现急性肾功能衰竭，可死于呼吸衰竭。眼接触可致灼伤。可经灼伤皮肤吸收经一定潜伏期后引起急性肾功能衰竭。慢性中毒：可引起头痛、头晕、咳嗽、食欲减退、恶心、呕吐，严重者引起蛋白尿。可致皮炎。急性毒性：LD₅₀317mg/kg(大鼠经口)；LC₅₀316mg/m³(大鼠吸入)。

6.3.3 危害分级

煤焦油沥青、萘、酚导致的健康危害具有协同作用，但其毒性又具有不同特点，比如 CTP 为确认致癌物 (G1)，萘为可能致癌物 (G2B)，酚急性毒性作用较强。因此在风险评估时，应针对三种毒物分别进行分级。依据目前掌握的毒理学信息和表 3 的划分原则，CTP 的危害等级应为 5 级；萘和酚的危害等级均应为 3 级，即：

HR_{煤焦油沥青}=5

HR_萘=3

HR_酚=3

6.4 接触水平分级

6.4.1 分级原则

接触等级应基于煤焦油沥青、萘、酚的接触数据与相应因素 OELs 的比值进行评估。接触数据资料可来自实测数据和替代资料（如类比资料、接触指数和预测模型等）。有接触数据的资料，接触等级的确定原则可参见表 4。

表 4 接触等级

E/OELs	接触等级 (ER)
≥ 2.0	5
1.0~2.0	4
0.5~1.0	3
0.1~0.5	2
< 0.1	1

工作场所空气中煤焦油沥青、萘、酚等化学毒物的接触水平主要通过测定空气中煤焦油沥青、萘、酚等的浓度来确定，我国工作场所空气中煤焦油沥青、萘、酚、蒽等的 8h 时间加权平均容许浓度 (PC-TWA) 分别为：

煤焦油沥青：OELs=0.2mg/m³；

萘：OELs=50mg/m³；

酚：OELs=10mg/m³。

6.4.2 分级

煤焦油沥青、萘和酚的接触等级可依据实测数据（有检测数据）或接触指数（无检测数据）两种方法确定。实测数据的空气采样应依据 GBZ159 进行，实验室检测方法应依据 GBZ/T160 中相关目标因素进行。

6.4.2.1 实测数据分级

(1)将接触浓度(E:C-TWA 或 C-STEL)与职业接触限值(OELs:PC-TWA 或 PC-STEL)的比值作为分级依据，对照表 3 确定接触等级 (ER)

(2)采用每周的 C-TWA 进行估计时，计算公式如下：

$$E = \frac{F \times D \times M}{W}$$

这里：E 为每周接触 (mg/m³)

F 为每周的接触频度 (每周次数)

M为接触强度 (mg/m³)

W为每周平均工作小时数 (40h)

D为每次接触的平均持续时间 (h)

6.4.2.2 接触指数分级

当无空气监测数据时, 应根据接触指数 (EI) 进行接触分级, 即:

$$ER = [EI_1 \times EI_2 \times \dots \times EI_n]^{1/n}$$

这里: n 为接触因子的个数, 接触因子的赋值原则见表 5。

表 5 接触因子和接触指数 (EI)

EI 接触因子	1	2	3	4	5
蒸汽压或颗粒大小(空气动力学直径)	<0.1 mmHg 粗糙、大颗粒或湿性物质	0.1~1mmHg 粗糙和干燥物质	>1~10mmHg 干燥、小颗粒, >100 μm	>10~100mmHg 干燥、精细颗粒, 10-100 μm	>100 mmHg 干燥、精细动力颗粒, <10 μm
*OT/PEL 之比值	<0.1	0.1~0.5	>0.5~1	>1~2	≥2
危害控制措施	充分的控制并定期维护	充分的控制、不定期维护	充分的控制, 无维护, 适度灰尘产生	不充分的控制 灰尘产生	无任何控制, 高浓度灰尘产生
每周使用量	几乎可以忽略的使用量 (<1kg 或 1)	小量 (1 ~ <10 kg 或 1)	中等使用量, 工人需要培训来处理化学物 (10~<100 kg 或 1)	大使用量, 工人需要培训来处理化学物 (100 ~ <1000 kg 或 1)	大使用量, 工人无需培训来处理化学物 (>1000 kg 或 1)
每周工作时间	<8 小时	8~16 小时	16~24 小时	24~32 小时	32~40 小时

* 味觉阈 (OT)/容许接触水平 (PEL)。

6.5 健康风险分级

健康风险是危害因素所导致的潜在健康效应和潜在接触水平的函数, 即:

$$RISK = \sqrt{(HR \times ER)}$$

健康风险等级参照表 5 进行分级, 共分成 4 个等级, 即: 0 级 (相对无害)、I 级 (低度危险)、II 级 (中度危险) 和 III 级 (高度危险)。表格中的数字为 RISK 的计算值。

表 6 健康风险分级矩阵表

HR \ ER	1	2	3	4	5
1	1	1.4	1.7	2	2.2
2	1.4	2	2.4	2.8	3.2
3	1.7	2.4	3	3.5	3.9
4	2	2.8	3.5	4	4.5
5	2.2	3.2	3.9	4.5	5

	0 级 = 相对无害
	I 级 = 轻度危险
	II 级 = 中度危险
	III 级 = 高度危险

7. 分级管理原则

7.1 “0 级”：维持现有作业方式和防护措施，每 5 年重复 1 次分级，如作业方式和防护措施发生改变，应重新分级。

7.2 “I 级”：维持现有作业方式，改善防护措施，降低劳动者实际接触水平，设置警示标识，应采取工作场所空气中煤焦油沥青、萘和酚浓度的定期监测，对接触者进行定期职业健康监护，加强个体防护，每 3 年重复 1 次分级，如作业方式和防护措施发生改变，应重新分级。

7.3 “II 级”：对现有作业方式和防护措施应及时采取纠正措施和管理行动，限期完成整改；为劳动者配备有效的个人使用的职业病防护用品；设置警示标识；应采取工作场所空气中煤焦油沥青、萘和酚浓度的定期监测，对接触者进行定期职业健康监护，每 1 年重复 1 次分级，如作业方式和防护措施发生改变，应重新分级。

7.4 “III 级”：对现有作业方式和防护措施，应立即采取纠正措施和管理行动，及时完成整改；为劳动者配备有效的个人使用的职业病防护用品；设置警示标识；应采取工作场所空气中煤焦油沥青、萘和酚浓度的定期监测，对接触者进行定期职业健康监护，整改完成后应重新进行分级。

8. 告知、说明与培训

用人单位应根据风险评估的结果，将煤焦油沥青、萘和酚危害的性质、危害途径、健康危害后果、防护措施等内容通过职业卫生培训、公告栏、告知卡等方式告知劳动者。将职业病危害因素检测结果及时加以公示，方便劳动者知悉工作

场所煤焦油沥青、萘和酚的危害水平，采取合理的防护措施。用人单位应在保护好劳动者的隐私的情况下，及时将职业健康监护结果告知劳动者。