

切削液应用技术

第9讲：切削液与劳动卫生

刘镇昌 济南库伦特科技有限公司 济南 250101

摘 要：介绍切削液可能引起的接触危害、吸入损害及其预防措施，并从毒理学和致癌性方面对切削液的安全性进行了评估。

关键词：切削液，劳动卫生，皮肤炎，吸入损害，毒性，致癌性

近二十年来，防止环境污染及劳动损害、确保安全和健康的问题已经在全社会引起极大的关注；政府也制定了包括污染防治、劳动安全与卫生等方面的多种法令。无论是科技工作者、企业管理人员、生产工人还是教师、学生，在学习和从事各种作业的同时，都应当了解该作业存在着哪些可能对劳动卫生和生态环境造成危害的因素，并熟悉和掌握应对措施。

1 切削液的接触危害

湿式切削时，手、腕等处与切削液长时间接触的机会较多，有些人会发生皮肤炎。据统计，接触油基切削液的人约有 1/4 不同程度地患有职业性皮肤病，如接触性皮炎、毛囊炎、痤疮、色素沉着、角皮症、脓疡等^[1]。从现象上看，油基切削液与水基切削液引起的症状有所不同。

1.1 油基切削液引起的皮肤疾患

(1) 问题与诱因 油基切削液所引起的皮肤疾患与矿物油和添加剂对皮肤的脱脂作用和刺激性关系密切。矿物油的组成成分中，按照芳香烃→环烷烃→链烷烃的顺序其脱脂作用和刺激性减弱；矿物油的成分与精制方法有关，深度加氢精制的矿物油诱发皮肤疾患的可能性最小。其次，矿物油粘度对皮肤刺激也有影响，按汽油→煤油→轻油→机械油的大致顺序其脱脂作用减弱。粘度越低的油其脱脂作用越强。例如，珩磨加工、超精加工、研磨加工以及清洗零件时常使用煤油、柴油、汽油之类的低粘度油，如果长期接触，手的表面往往就会被脱脂而变得干燥，从开裂发展到深红色的皮肤炎（图 1^[2]）。若是油品劣化变质，则其刺激性会增强。油基切削液中各类添加剂诱发皮肤疾患的程度不同。文献【2】指出，动植物油脂、磷化合物等分解产生的刺激性物质可能引起接触性皮炎，氯化物可能引起氯素痤疮。



图 1 皮肤炎

(2) 预防措施 ①尽量选择刺激性小的切削液品种；②加强工作液的维护，使其保持接近于新液的性质（如果工作液劣化变质，其刺激性会增强）；③改善作业工序、提高自动化程度以缩短接触时间，或者设置防止切削液飞溅的装置等，尽量减少操作者与切削液接触的机会；④经常接触切削液的操作人员应注意自身防护。作业前带手套或使用耐油性保护膏；作业后用

肥皂在热水中把手洗干净，并涂上营养膏；不要穿戴带油的工作服和手套，经常保持皮肤清洁；⑤对油刺激特别过敏的体质，应根据皮肤接触试验，就业前就预先考虑其工作安排。

1.2 水基切削液引起的皮肤疾患

(1) 问题与诱因 水基切削液引起的皮肤炎的诱因主要有：①表面活性剂的脱脂作用（造成皮脂的分泌减少，皮脂膜形成不充分，皮肤干燥变粗）；②有机胺、无机碱之类的碱性物质引起的碱性损害；③杀菌剂、防腐剂、防霉剂等引起的刺激性损害。

(2) 预防措施 ①注重切削液的品质、选用对皮肤刺激性小的水基切削液，不要使用碱性太大的水基切削液；②加强切削液管理，维持工作液的 pH 值在 8~9 之间；③按照切削液生产商推荐的使用浓度配制工作液，并且对工作液进行适当的浓度管理；④对防腐杀菌剂的使用和添加过程进行严格的管理；⑤操作人员注意劳动卫生：严禁用水基切削液洗手，经常穿戴清洁的衣服和防护手套，工作前要使用耐水性保护膏，工作结束后要用香皂洗手，并涂擦营养膏；⑥促进操作自动化、设置防止切削液飞溅装置等，减少操作者接触切削液的机会。

2 切削液的吸入损害

2.1 问题与诱因

在高速切削加工中，如高速车削、铣削、钻削、齿轮切削以及沟槽与螺纹的成形磨削加工等，切削条件严酷，切削温度较高，经常产生油烟、油雾并分解放出有害气体；在使用高压供液、喷雾供液的场合，容易发生油雾和油蒸汽；低粘度切削油会自然挥发。这些油烟、油雾、油蒸汽和挥发物都会污染车间空气，恶化作业环境。长期在这样的环境下工作可能引起呼吸器官损害。

2.2 预防措施

防止油雾吸入损害的措施有：①使用油基切削液场合，选择挥发性低、闪点高、粘度指数高、深度精制的油品；在切削油泵的允许能力范围内换用粘度较高的切削油；推荐使用含油雾抑制剂的切削油；②即时清除切削液中的油污，可减少油雾发生量；③改变供液方法、增大供液量以降低切削温度；④在机床附近安装油雾吸收和分离装置，并设置防止雾气飞散的覆盖物或隔离物；⑤安装空气循环装置，改善车间的换气系统；⑥操作人员戴防护面罩。

3 切削液的安全性

切削液的安全性是个深奥、复杂、敏感、但却是不容回避的话题。此话题涉及面广，疑问颇多。由于实验数据和相关资料很不充分，只能根据有限的资料做初浅的介绍。希望能够抛砖引玉、唤起共同关注。

3.1 切削液的毒理学安全性

毒性 (toxicity) 通常是指化学毒物固有的能引起机体损伤的能力，一般来说它与进入体内的量成正比。毒性有急性毒性、蓄积毒性、亚急性毒性和慢性毒性之分。此处只涉及切削液的急性毒性 (acute toxicity) 估计。通常用来表示化学品急性毒性的两个指标是半数致死剂量 LD_{50} 和半数致死浓度 LC_{50} 。 LD_{50} 的单位为 mg/kg 体重； LC_{50} 的单位是 mg/L 或 mg/m^3 。

毒物的急性毒性可按 LD_{50} 或 LC_{50} 来分级。1985 年制订的国家标准 GB 5044-1985《职业性接触毒物危害程度分级依据》将职业性接触毒物危害程度分为 4 级：第 I 级（极度危害）、第 II 级（高度危害）、第 III 级（中度危害）、第 IV 级（轻度危害）。

切削液的毒性与所用的基础油和添加剂关系密切。

(1) 切削液基础油的毒性

关于矿物油的急性毒性，美国的有关资料显示，矿物油对小白鼠的经口 LD_{50} 值大于 10000mg/kg，对家兔的经皮 LD_{50} 值大于 3000mg/kg，被分类为相对无毒的物质；对皮肤和眼部的刺激被分类为轻微至中等级别。切削液中的大部分其它组分在短期急性毒性试验中其 LD_{50} 值也都在轻度至无毒的等级^[3]。我国的行业标准 HG24001-1996《化工行业职业性接触毒物危害程度分级》列出的 104 种毒性物质中矿物基础油榜上无名。一般说来，在符合劳保规定的作业环境下，皮肤接触矿物基础油或吸入少量油雾和油蒸汽只呈现轻度危害；经过深度精炼的矿物油用于切削液是安全的。

(2) 切削液添加剂的毒性

切削液添加剂多来源于润滑油添加剂。许多润滑油添加剂对人体有一定的危害性，但总体说来对哺乳动物的毒性较低。文献【4】列举了硫化植物油、硫化烯烃、烷基胺、低碱磺酸钙、高碱磺酸钙、丁二酰亚胺、丁二酰亚胺硼化物、磷酸酯胺盐、ZDDP、烷基酚钙（S 交联）、羧酸酯硫化处理物等十一种常用润滑油添加剂的毒性数据。它们的经皮 LD_{50} 值全部大于 2000mg/kg；口服 LD_{50} 值除抗氧剂 ZDDP 为 2000~5000mg/kg 外，其余均大于 5000mg/kg，按国家标准 GB 5044-1985《职业性接触毒物危害程度分级依据》，分别接近于和属于第 IV 级（轻度危害）物质。美国对危险物质急性有害性的判断标准如表 1 所示（摘自文献【4】）。按照该标准，经口和经皮的 LD_{50} 值小于 2000mg/kg 才属于急性有害性物质。

表 1 美国对危险物质急性有害性的判断标准（依据 US OSHA 危险物信息库）

有害性项目	判断标准
急性口服毒性	$LD_{50} < 2000\text{mg/kg}$
急性皮肤毒性	$LD_{50} < 2000\text{mg/kg}$

(3) 对切削液毒性的总体估计

由于切削液自身及其使用环境的复杂性，使得它的健康影响和安全问题也变得十分复杂。应该考虑的问题包括它的原始组分和进入工作液的污染物（特别是微生物及其衰变产物）的毒性。一般说来，切削液的毒性是基础油毒性和添加剂毒性的总和。以矿物基础油为原料配制的切削液的毒性因矿物油的产地、品种、精制程度以及添加剂种类的不同而异。目前还没有可以通用的毒理学数据对切削液的毒性进行定量评估。通常的做法是，针对具体的切削液，按照国家相关标准（如《化妆品安全性评价程序和方法》GB 7919-1987），用大白鼠急性口服和家兔皮肤试验测试其毒性，得出定性的或半定量的评价结果。

相对而言，油基切削液所使用的原料主要是矿物油、油性剂、极压添加剂以及其它添加剂。这些原料在各种工业润滑油（如导轨油、锭子油、齿轮油、液压油之类）中被广泛使用着；水基切削液原液中使用的原料主要有矿物油、油性剂、极压添加剂、表面活性剂、防锈剂等。这些原料在润滑油、洗涤剂、化妆品之类的广泛领域中被使用着。可以认为，由上述原料构成的切削液产品中，油基切削液与润滑油、水基切削液与表面活性剂具有同等程度的安全性。这一观点已有一些实验证据（参见表 2^[5]、表 3^[6, 5]）。

表 2 油基切削液与润滑油毒性试验比较之一例

结 果	受试液名称				
	油基切削液		锭子油		对照组
试验动物（大白鼠）	♂	♀	♂	♀	♂
标本数，只	10	10	10	10	5
1个月内死亡数	1	2	3	2	0
1个月后死亡数	5	2	3	4	0

表 3 水基切削液与几种常用表面活性剂的经口毒性试验比较（LD₅₀）

	受试物名称	LD ₅₀ /(mg/kg)	实验动物
水基切削液	乳化切削液原液 W1-1（不含氯，总硫含量小于 5%）	31200	小白鼠
	微乳化切削液原液 W2-1（不含氯，总硫含量小于 5%）	22400	小白鼠
表面活性剂	支链烷基苯磺酸盐（ABS）	1220	大白鼠
	直链烷基苯磺酸盐（LAS）	1260	大白鼠
	硬脂酸皂	4090	小白鼠
	土耳其红油	25000	小白鼠
	壬基酚聚氧乙烯醚（NPEO）	2600	大白鼠
	壬基酚聚氧乙烯（20）醚（NPEO20）	15900	大白鼠
	失水山梨醇单硬脂酸酯	31000	大白鼠
参考物质	药典食盐	4570	小白鼠
	砂糖	36400	大白鼠
	矿物油 ^①	大于 10000	大白鼠

①原表无此数据。此数据系作者根据文献【3】的数据补加。

从迄今为止的长期使用实践来看，切削液产品只要配方合理、使用得当，其毒理学安全性是可以令人放心的。虽然如此，毕竟有一些添加剂毒性较大，如大多数防腐杀菌剂、个别防锈添加剂（如亚硝酸钠、苯三唑、巯基苯并噻唑）等。调制和使用含这类添加剂的切削液时应特别小心，要严格控制用量，并须采取适当的防护措施。

3.2 切削液的致癌性

（1）切削液基础油的致癌性估计

油基切削液以及乳化型和微乳化型水基切削液中使用的基础油多为矿物基础油，其主要成分是链烷烃、环烷烃及少量烯烃和芳香烃的混合物；如果其精制不充分，还含有少量硫、氮、氧等非烃类化合物，甚至可能残留多环芳烃，其典型代表是苯并(a)芘；它是一种已知的高活性致癌物。矿物油的精制工艺和程度不同对其组成和性质有很大影响。

根据动物试验的结果，国际癌症研究机构（International Agency for Research on Cancer, IARC）曾发表过以下结论^[3]：

①有足够证据证明以下矿物油有致癌性：未经处理过的真空蒸馏物，经酸处理的油（包括腐蚀性中和、脱蜡或白土处理），芳香烃油，轻度溶剂精炼过的油，轻度加氢处理过的油。

②无致癌性证据的矿物油：深度精炼过的矿物油，白油（当接触途经非腹腔注射时）。

③没有足够的证据（仅有一例研究）评价深度加氢处理或轻度溶剂精炼后接着进行轻度加氢处理过的油；但是，当时的试验数据显示它们都没有致癌性。

对于精炼程度的界定，美国职业安全与卫生管理局（Occupational Safety and Health Administration, OSHA）在 1985 年 12 月 20 日发表了联邦备忘录“危害通讯：关于润滑油的说明”。其中，对矿物油的精炼程度给出了界定：如果矿物油在等于或小于 800lb/in²(约 5.5MPa) 的压强、等于或低于 800°F（约 427℃）的温度下被加氢处理，即属于轻度加氢处理。

（2）水基切削液的亚硝胺问题

亚硝胺（Nitrosamine）是具有典型 N-NO 结构的 N-亚硝基化合物的简称。迄今已研究过的 300 多种亚硝基化合物中，90%以上对动物有不同程度的致癌性。目前尚缺少 N-亚硝基化合物对人类直接致癌的病疫学证明。但已经有许多国家和地区的流行病学调查资料表明，人类的某些癌症可能与接触 N-亚硝基化合物有关。

碱金属亚硝酸盐在金属加工助剂中用作防锈剂由来已久，其中最常用的是亚硝酸钠。因为它是性能优良而且廉价的防锈添加剂。亚硝酸钠在乳化型、微乳化型、合成型等各种水基切削液中都可能出现；如果其中同时含有烷基醇胺（尤其是仲胺），就可能生成亚硝胺。上世纪六十年代美国报告了亚硝胺的致癌性；日本在 1977 年从 16 个含有亚硝酸钠和烷基醇胺的水基切削液产品中检查出了 N-亚硝基二乙醇胺^[5]；用高压液相色谱（HPLC）和其他分析方法证实了这类合成切削液的浓缩液中二乙醇亚硝胺的含量为 0.02%~2.99%；德国的法律规定，在废乳液和废溶解液中，亚硝酸盐和硝酸盐的含量分别不得超过 20mg/L、50mg/L^[7]。

（3）预防 N-亚硝基化合物危害的措施

①控制源头：严格控制亚硝胺前体物质亚硝酸盐的使用，鼓励开发并提倡使用代用品；尽早制定相关标准或法规，以规范市场行为。

②阻断合成：研究发现，一些物质能够阻止亚硝基化合物在体内的合成。其中最有效的是维生素 C；我国学者发现大蒜和大蒜素可抑制胃内硝酸盐还原菌的活性，使胃内亚硝酸盐含量明显降低；茶叶和茶多酚、猕猴桃、沙棘果汁等对亚硝胺的生成也有较强的阻断作用^[8]。

③加强防护：操作人员应注意劳动卫生和作业保护，尽量减少接触和吸入机会。

参考文献

- 1 豊田康澤. 不水溶性切削油剤の現状と諸問題. 潤滑通信. 1986 (229), 25~30
- 2 野村. 職業性皮膚障害とその対策（労働科学叢書 34）. 日本神奈川県：労働科学研究所出版部. 1974
- 3 Jerry P. Byers. Metalworking Fluids (2nd Edition) . London & New York: CRC Press, Taylor and Francis Group, Society of Tribologists and Lubrication Engineers, 2006
- 4 黄文轩. 润滑剂添加剂应用指南. 北京：中国石化出版社. 2003
- 5 廣井進，山中康夫著. 切削液与磨削液. 刘镇昌译. 北京：机械工业出版社，1987
- 6 藤本. 新界面活性剤入門. 日本：三洋化成工業株式会社. 1981
- 7 T. 曼格，W. 德雷泽尔，润滑剂与润滑. 赵旭刚，王建明译. 北京：化学工业出版社，2003
- 8 肖荣. 营养医学与食品卫生学，北京：中国协和医科大学出版社. 2003
- 9 刘镇昌. 金属切削液——选择、配制与使用. 北京：机械工业出版社，2007.9