

切削液应用技术

第 10 讲：切削液与生态环境

刘镇昌 济南库伦特科技有限公司 济南 250101

摘要：介绍了绿色制造和可持续发展概念，切削液的油雾问题、切削液废液对水资源的危害、切削液废液残渣燃烧处理对大气环境的危害、切削液对作业环境的影响以及切削液的防火安全性等问题。

关键词：切削液，绿色制造，油雾，大气环境，水污染，作业环境，防火安全性

二战后世界经济的高速增长导致了资源的极度消耗和环境的日益恶化。上世纪七十年代以来发生的全球生态环境破坏对经济发展带来的严重危害使人们从反面得到了教训：人类在高速度地发展物质生产的同时，也迅速地破坏着自身赖以生存的空间。环境、资源、人口已成为当今人类社会面临的三大主要问题。1992 年联合国通过的“里约宣言”、“21 世纪议程”和 1994 年我国国务院常务会议通过的“中国 21 世纪议程”都强调要依靠科技进步，节约资源，提高效益，减少废物排放，实施清洁生产和文明消费，建立经济、社会、资源与环境相协调的发展模式。绿色制造已成为全世界制造业可持续发展的必由之路。

1 绿色制造与可持续发展【1】

绿色制造是一种强调可持续发展的制造模式，它把保护环境与有效利用资源作为追求目标，对产品全生命周期（从原材料提取到最终处置，包括设计、制造、包装、储运、使用、废弃、回收、再生等环节）进行综合优化，在满足产品性能、质量、成本和市场响应速度等其它各种企业目标的同时，特别要求对生态环境的负面影响最小，使资源利用率最高。以这种观点确定出最终的制造策略并加以实施就是绿色制造。

1.1 绿色制造的主要内容

就制造过程而言，绿色制造包括节约能源和原材料，淘汰有毒有害材料，减少废物（废渣、废液、废气）和有害物质的产生量，并通过综合利用和循环利用减少废物和有害物质的排放量；就产品而言，绿色制造旨在降低产品全生命周期对人类和环境的有害影响；对服务而言，绿色制造是指将预防性环境战略渗透到企业所提供的各种服务活动中。

从技术角度看，绿色制造主要包括绿色设计方法和绿色工艺技术。

（1）绿色设计方法

综合考虑产品全寿命周期的环境效应、资源消耗以及产品性能、质量、成本等因素对产品进行综合优化设计。包括绿色材料和能源的选择、产品绿色度评价、绿色设计成本分析、绿色产品结构设计和绿色包装设计等。

（2）绿色工艺技术

①节能降耗的工艺技术：如优化工艺系统和工艺参数、节省材料和能源消耗，少无切屑工艺技术、精密毛坯制造技术、低能耗加工技术等；

②少无污染的工艺技术：如无毒电镀技术、无污染清洗工艺、气体淬火新工艺、洁净化加工技术等。

③废物循环利用的工艺技术：如零部件拆卸、分解、回收和再利用技术、废物转化再生技术等。

绿色制造必须贯彻污染预防原则，从生产设计、能源与原材料选用、工艺技术与设备维护管理等社会生产和服务的各个环节实行全过程控制，从生产源头减少资源的浪费，促进资源的循环利用，控制污染产生和排放，实现经济效益和环境效益的统一。绿色制造的发展方向是生态化工厂，即不向大自然排放任何污染物的工厂。

1.2 可持续发展概念

可持续发展 (Sustainable Development) 是上世纪八十年代提出的概念。1987 年世界环境与发展委员会在《我们共同的未来》报告中第一次阐述了可持续发展的概念，得到了国际社会的广泛认同。

可持续发展是指人类要发展、要不断满足自身的需求，但决不以损害后代人的需求为代价。换句话说，就是指经济、社会、资源和环境保护要协调发展，它们是一个密不可分的系统，既要达到发展经济的目的，又要保护好人类赖以生存的大气、淡水、海洋、土地和森林等自然资源和环境，使子孙后代能够永续发展和安居乐业。

可持续发展与环境保护既有联系，又不等同。环境保护是可持续发展的重要方面，可持续发展的核心是发展，但要求在严格控制人口、提高人口素质和保护环境、资源永续利用的前提下进行经济和社会的发展。

2 切削液废液对水资源的危害

切削液是金属加工过程中使用的工艺油（液），属于消耗型产品，使用后一般不回收，被直接或间接排放入大自然。所谓直接排放，就是不经任何处理将用过的废液直接倒入企业的排水沟，流入江河湖海，或渗入地下；所谓间接排放，就是将用过的废液先排入企业的污水处理池，经过处理后再排放出去。切削液中可能含有矿物油、油性剂、防锈剂、抗氧化剂、抗泡剂、极压添加剂等各种石油产品和化学物质。如果这些物质未经处理就直接排入下水道或地表，必将造成环境污染。

据资料介绍，在欧洲每年大约有 500 万吨废弃润滑剂，其中的 40~50% 以污染环境而告终【2】。我国每年消耗多少切削液？没有精确数据，只能大概估计。1995 年我国工业普查表明，我国机床拥有总量为 383.5 万台【3】。按每年递增 5% 计算，到 2006 年就应该是 688.8 万台了。另有文章说，建国以来，沈阳机床集团共为国民经济各领域提供各类机床 70 多万台，占同期全国机床保有量的十分之一【4】。这两个数据应该比较可信。由此可推知，我国目前各类机床保有总量为 700 万台左右。保守估计其中的 50% 使用切削液，并按每台机床平均每月消耗切削液 80L 估算，每年切削液的消耗总量的估计值即为 336 万 m³。它们中的一小部分耗散在大气中，大部分成为废液直接或间接渗入地下、流入江河湖海。这么多的废液进入生态环境系统，会造成多么大的危害是可想而知的。

3 切削液废液残渣燃烧处理对大气环境的危害

油基切削液废油的最终处理一般是燃烧处理。在油基切削液的废油燃烧处理时，与普通润滑油不同，切削液中大都含有大量作为添加剂的硫化物、氯化物等。这些化合物在燃烧时变成硫氧化物(SO₂)、盐酸(HCl)等。这些都属于大气污染法的限制物质。日本在1980年修订JIS的切削液标准时，从防止环境污染的观点出发，规定了油基切削液中氯含量和总硫含量的上限值；后来发现，有机氯化物在300~600℃加热时会产生二恶烯类化合物(二氧杂环乙烯，dioxine)，其中有的具有强致癌性和致畸性。2000年修订的JIS切削液标准中将含氯切削液从标准中删除【5】，旨在尽可能防止燃烧处理时引起大气污染。我国GB 13271-2001《锅炉大气污染物排放标准》规定了燃油锅炉烟尘最高允许排放浓度和烟气黑度限值以及二氧化硫和氮氧化物最高允许排放浓度。

在燃烧处理大量油基切削液废液时，必须设置能除去某些有害物质而使排放气体净化的设备(常采用碱液吸收的方式)。废油中的微量硫化氢、硫醇等往往也会发臭。通过活性碳层(吸附)或次氯酸钠层(氧化)而除去臭气很有效果。燃烧处理后的残渣物被废弃。但废弃时，必须遵守《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》的有关规定。

水基切削液的废液一般采用各种物理、化学和生物方法进行处理，达标后排放。上述处理后产生的固体废物可以进行燃烧处理；但也可以直接采用先蒸发浓缩、后燃烧处理的方式。不管采用哪种燃烧方式，都必须严格遵守上述法令。

4 油雾问题

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；低黏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。使用油基切削液时与生成油雾难易程度有关的理化性能指标是黏度和闪点。黏度和闪点越低的矿物油产生油雾的倾向越严重。水基切削液是用水稀释后使用的，油(液)雾的质量密度较大，因而易于下沉，故在车间内飘浮的情况较少，引起操作人员发生呼吸器官损害的情形也较少。但在某些特定的环境中，如在使用乳化切削液、微乳化切削液的重负荷切磨削加工等场合，机床周围也会发生雾状气氛。由于这种雾气中的碱性物质和表面活性剂的作用，亦会刺激操作者的呼吸器官粘膜。

4.1 国内外相关标准

为了保障工人的身体健康，我国已经制定了JB/T 9879—1999《金属切削机床油雾浓度测量方法》(国家机械工业局1999-05-20批准，2000-01-01实施)，其中的附录A推荐：金属切削机床油雾浓度的最大值应不超过5mg/m³。这与发达国家如美国、德国、日本等规定的油雾浓度容许值基本接轨。为了适应人们对工业卫生和生态环境愈来愈严格的要求，德国已经把总烃浓度(油雾和油蒸汽的总浓度)的最大值从过去的20mg/m³降低为10mg/m³【2】。美国NIOSH(国立职业安全与健康研究所)以及OSHA(职业安全与卫生管理局)的金属加工液顾问委员会先后于1998、1999年对空气中金属加工液的悬浮微粒浓度发布了新的推荐值：胸部微粒浓度极限值为0.4mg/m³；允许用总微粒浓度0.5mg/m³代替【6】。目前仅仅是推荐值，却被国内许多公开发表的文献当作法定指标引用。为了弄清此问题，作者对原文进行了检索，并将美国的有关金属加工液的空气污染物法定极限值和几种推荐值列成表4.9供读者参考【7】。其中的

OSHA 法令适用于一般工业（General Industry，[29 CFR 1910](#)）、造船厂职业（Shipyard Employment，[29 CFR 1915](#)）和建筑业（Construction Industry，[29 CFR 1926](#)）；但后二者只有矿物油雾和总微粒两个指标，没有设立“可吸入部分”指标。

表 4.9 美国有关金属加工液的空气污染物法定极限值和几种推荐值

发布指标的部门	空气污染物		容许极限浓度 /(mg/m ³)	暴露时间
OSHA（职业安全与卫生管理局），现行	矿物油雾		5（法定）	加权平均8h/d
	未分类的微粒，适用于所有其它金属加工液①	可吸入部分②	5（法定）	加权平均8h/d
		总微粒	15（法定）	加权平均8h/d
NIOSH（国立职业安全与健康研究所），1992	矿物油雾		5（推荐）	加权平均10h/d、40h/w
			10（推荐）	15min短期接触
ACGIH（美国政府工业卫生学家协商会）1994	矿物油雾		5（推荐）	加权平均8h/d、40h/w
			10（推荐）	15min短期接触，不超过4次/d，每次间隔时间不少于60min
NIOSH，1998	胸部微粒② 或总微粒		0.4（推荐）	加权平均40h/w、10h/d
			0.5（推荐）	
OSHA金属加工液顾问委员会，1999	胸部微粒 或总微粒		0.4（推荐）	加权平均40h/w、8h/d
			0.5（推荐）	

① 原文：Currently two OSHA air contaminant permissible exposure limits apply to MWFs. They are 5 mg/m³ for an 8-hour time weighted average (TWA) for mineral oil mist, and 15 mg/m³ (8-hour TWA) for Particulates Not Otherwise Classified (PNOC) [applicable to all other metalworking fluids], 29 CFR 1910.1000. No other requirements exist **【6】** .

② 可吸入部分（respirable fraction）与胸部微粒（thoracic particulate）均指平均粒径小于10μm、可吸入肺部的微粒。——作者注

4.2 油雾危害的评价试验方法

对于油雾的危害性可采用小白鼠动物试验法来评价。文献**【8】**介绍的试验方法是让小白鼠在浓度为 200 mg/m³ 的油雾空气下生活，每日观察统计其活动量（在笼内转圈数）的变化。实验表明，初期在无油雾条件下生活的对照组运动量只随年龄的增大略有减少；而在油雾下生活者运动量减少幅度很大，每当停止施放油雾时，活动量有所恢复，施放油雾后又下降；精制度高的加氢法制得的油品副作用较小。

4.3 降低油雾量和预防油雾损害的措施

(1) 使用油基切削液场合，选择挥发性低、闪点高、黏度指数高、深度精制的油品；在切削油泵的允许能力范围内换用黏度高较的切削油；推荐使用含油雾抑制剂的切削油；

(2) 即时清除切削油中的油污，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，改善整个车间的换气系统；
- (6) 操作人员戴防护面罩。

5 切削液对作业环境的影响

除此而外，切削液还会在作业过程中弄脏机床周围的地面。这往往是由于操作不慎或防护不力造成的。比如：采用过大的压力、流量导致切削液飞溅，装卸零件和运出切屑时带走的切削液洒落地面等。尤其在使用油基切削液的场合，这种现象更容易发生，且更不易清洁。

6 切削液的防火安全性

根据 GB/T 50156—1992《小型石油库及汽车加油站设计规范》及其条文说明，易燃和可燃液体根据其闭杯闪点分为甲、乙、丙三类。闭杯闪点低于 28℃的油品为甲类；闭杯闪点高于 28℃而低于 60℃的油品为乙类；闭杯闪点高于 60℃的油品为丙类。行业标准 SH/T0364—1992《硫化切削油》中曾规定：运动黏度（50℃）为 20~25mm²/s，开杯闪点不低于 140℃（按 GB/T267 规定的方法测定）。一般说来，切削油和乳化油的闭杯闪点远高于 60℃，故属于丙类可燃液体。防火安全性较高。但是，在使用低黏度切削油的场合，也不能掉以轻心，仍然存在着发生火灾的危险。在高速切削加工中应当避免使用油基切削液，特别是低黏度油基切削液。此外，在运输和储存过程中，必须严格遵循有关消防法规。

参考文献

- 1 刘镇昌主编. 制造工艺实训教程. 北京：机械工业出版社，2005
- 2 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
- 3 高粱，挺起中国的脊梁，北京：石油工业出版社. 2001
- 4 中国装备装备中国——沈阳机床集团自主创新系列报道之一. 辽宁省优秀企业网
http://www.lnee.cn/wenzi/show_wenzi.asp?wID=2753
- 5 切削油技术研究会. 切削油剂ハンドブック，日本東京：株式会社工業調査会，2004
- 6 METALWORKING FLUIDS Safety and Health Best Practices Manual，美国劳工部网站
http://www.osha.gov/SLTC/metalworkingfluids/metalworkingfluids_manual.html 和
<http://www.osha.gov/SLTC/metalworkingfluids/index.html>
- 7 刘镇昌. 切削液技术. 北京：机械工业出版社，2008
- 8 豊田康澤. 不水溶性切削油剂の現状と諸問題. 潤滑通信. 1986 (229), 25-30