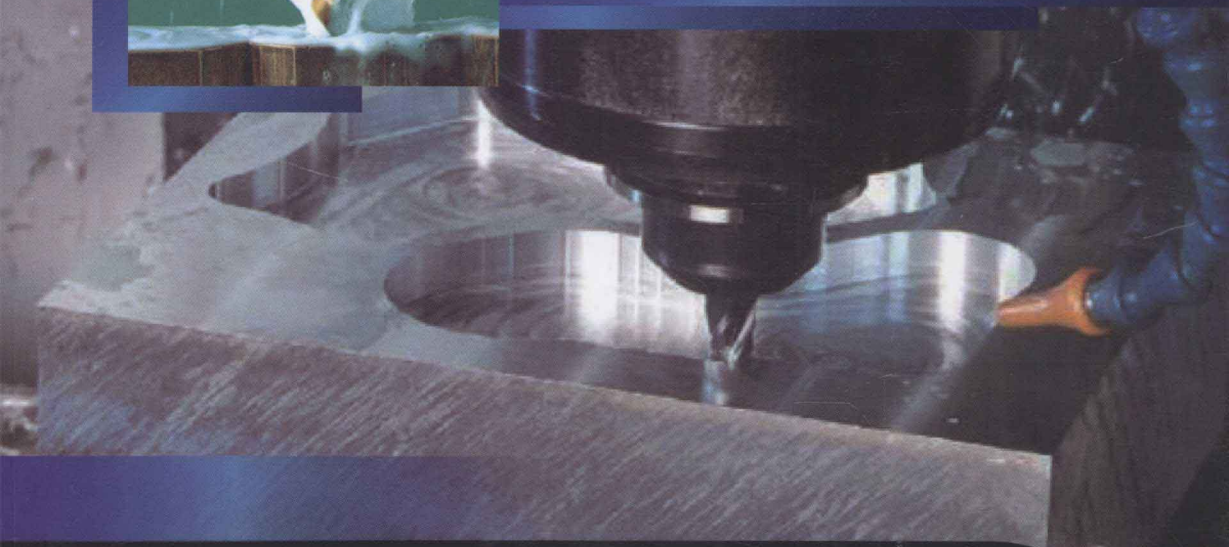


刘镇昌 刘 煜 编著



JINSHU QIEXIAOYE
XUANZE PEIZHI SHIYONG YU GUANLI



金属切削液

—— 选择、配制、使用与管理

第二版



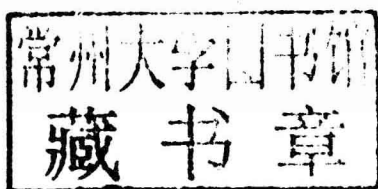
化学工业出版社

金属切削液

——选择、配制、使用与管理

第二版

刘镇昌 刘 煜 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

金属切削液——选择、配制、使用与管理/刘镇昌, 刘煜编著. —2 版. —北京: 化学工业出版社, 2012. 9
ISBN 978-7-122-15004-2

I. 金… II. ①刘…②刘… III. 金属切削-切削液
IV. TG501.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 173744 号

责任编辑: 刘丽宏
责任校对: 陶燕华

文字编辑: 孙凤英
装帧设计: 刘丽华

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司
装 订: 三河市宇新装订厂
710mm×1000mm 1/16 印张 13 字数 266 千字 2012 年 10 月北京第 2 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 58.00 元

版权所有 违者必究

第二版前言

切削液是金属切削加工过程中应用十分广泛的一类工艺用油（液）。它涉及切削加工学、油脂化学、表面活性剂科学、摩擦磨损与润滑科学、劳动卫生与环境科学等多门学科，研究难度大，存在问题多。制造企业普遍缺乏懂得切削液应用技术的工艺技术人员，在切削液的选择、配制、使用、管理方面存在着诸多误区，经常造成各种各样不应该发生的问题。笔者曾先后在两家国有制造企业从事切削加工现场技术工作，近三十年来又从事切削液技术和产品的开发研究与技术服务，对此有切身体会。因此，一直希望为切削液用户写一本实用手册，不断收集、整理和研究相关资料。本书第一版就是在这些常年积累的基础上写成的。

本书第一版于2007年9月出版发行，至今已5个年头。承蒙广大读者的厚爱，早告售罄。又考虑到近5年来切削液技术有所发展，决定对第一版进行改写和增补。本书第二版保留了第一版的基本内容，增加了第5章切削液的供液方法与效果和第6章切削液技术的新进展。

本书主要面向金属切削液的用户——制造企业从事金属切削加工的管理人员、技术人员以及生产工人；对从事切削液生产、管理和研究开发的人员以及相关专业的中专师生亦有参考价值。

本书参考了前辈学者和同行大量珍贵的文献资料，于此对他们的辛勤劳动表示衷心感谢。笔者在此特别对《切削油剂と研削油剂》（中译本《切削液与磨削液》）一书的原著作者廣井進先生和山中康夫先生、日本大分大学教授甲木昭先生和松岡寛憲先生以及日本尤希路（Yushiro）化学工业株式会社表示衷心感谢。笔者的研究工作曾得到过他们的热心指导，本书参考的许多文献资料亦从他们那里获得。

鉴于笔者受专业领域和知识水平的局限，书中不当之处难免，敬请读者不吝赐教（kulunte@163.com）。

济南库伦特科技有限公司技术总监
刘镇昌

第一版前言

切削液是金属切削加工过程中应用十分广泛的一类工艺用油（液）。人类使用切削液的历史可以追溯到远古时代。那时人们磨制石器、铜器、铁器时已知道用浇水来提高效率和质量。动、植物油脂是最先被使用的天然润滑剂。1868年英国的W. H. Northcott确认了在车床上使用切削油的效果，1883年美国的F. W. Taylor用实验证明使用碳酸钠水溶液可以大大提高切削速度。从那时候起，相继开始了切削液在车、铣、刨、磨、齿轮加工和螺纹加工等各种金属加工领域中的推广应用。20世纪初，人们能够从原油中提炼大量润滑油，特别是发明了各种润滑油添加剂以来，便拉开了现代切削液技术的历史。经过一个多世纪的发展，切削液在制造业中的应用已经十分广泛。

由于切削液技术涉及切削加工学、油脂化学、表面活性剂科学、摩擦磨损与润滑科学、劳动卫生与环境科学等多门学科，研究难度大，存在问题多。而在现实生活中，同时熟悉上述各门学科的通才颇为罕见。制造企业普遍缺乏懂得切削液的工艺技术人员，因此在切削液的选择方面存在着很大的盲目性；在切削液的配制方面放任自流，由机床操作者自行调配切削液是多数企业的生产习惯；在使用管理方面更是存在着许多误区，造成各种各样不应该发生的问题。作者曾先后在两家国有制造企业从事切磨削加工现场技术工作，近二十年来又从事切磨削液技术的研究与开发，对此有亲身体会。因此，一直希望为切削液用户写一本实用参考书，并不断地收集、整理和研究相关资料。本书就是在这些年积累的基础上写成的。

本书主要介绍了金属切削液的种类与组成、性能与评价、选择与应用、配制与管理，最后列表说明了切削液常见问题、产生原因与防止对策。本书主要面向金属切削液的用户——制造企业从事金属切削加工的管理人员、技术人员以及生产工人；对从事切削液生产、管理和研究开发的人员以及学习机械制造的大中专师生也颇有参考价值。

在此，作者特别感谢《切削液与磨削液》一书的作者廣井進先生和山中康夫先生，原日本大分大学教授甲木昭先生，以及中国石化润滑油公司上海研发中心的傅树琴高工。

鉴于专业 and 知识水平的局限，书中难免出现各种疏漏，敬请读者不吝赐教。

刘镇昌
于山东济南

目录

第 1 章 切削液的种类与组成	1
1.1 切削液的分类	2
1.1.1 国外切削液的几种分类标准	2
1.1.2 我国切削液的分类标准	4
1.1.3 切削液的实用分类方法	6
1.1.4 半合成切削液	10
1.2 切削液的组成	10
1.2.1 油基切削液的组成	10
1.2.2 水基切削液的组成	11
参考文献	13
第 2 章 切削液的性能与评价	14
2.1 切削过程的输入、输出参数及其相互关系	15
2.2 切削液的加工性能及其评价	16
2.2.1 评价切削液加工性能的实机切削试验方法	17
2.2.2 评价切削液加工性能的模拟切削试验方法	19
2.3 切削液的理化性能及其评价	23
2.3.1 油基切削液的理化性能试验项目及评价方法	24
2.3.2 水基切削液的理化性能试验项目及评价方法	27
2.3.3 油基切削液和水基切削液共同的理化性能试验项目及评价方法	31
2.4 切削液的环卫性能及其评价	33
2.4.1 切削液与劳动卫生	34
2.4.2 切削液的安全性	37
2.4.3 切削液与环境	46
参考文献	47
第 3 章 切削液的选择与应用	49
3.1 各种切削液的性能比较	50

3.1.1 油基切削液与水基切削液的性能比较及选用要点	50
3.1.2 不同类别油基切削液的性能比较及选用要点	53
3.1.3 不同类别水基切削液的性能比较及选用要点	56
3.2 常用机械工程材料的切削加工性及对切削液的适应性	58
3.2.1 铸铁	59
3.2.2 钢材	60
3.2.3 难加工材料(不锈钢、钛合金、高温合金)	60
3.2.4 有色金属及其合金	62
3.3 各种切削方式按加工性能选择切削液	66
3.3.1 车削加工	66
3.3.2 铣削加工(含锯切加工)	71
3.3.3 孔的切削加工(钻、镗、铰、铰)	75
3.3.4 拉削加工	83
3.3.5 齿轮切削加工	85
3.3.6 螺纹加工	93
3.3.7 组合机床、加工中心、自动生产线	95
3.4 选择切削液的经济性考虑	98
3.4.1 制造费用的构成	98
3.4.2 制造费用分项明细	99
3.4.3 计算案例设置	99
3.4.4 制造费用计算	100
3.4.5 各案例经济性分析	102
3.5 选择切削液的环境卫生因素	103
3.6 选择切削液的具体步骤	104
参考文献	107

第4章 切削液的配制与管理	109
4.1 切削液的配制	109
4.1.1 配制切削液的水质	109
4.1.2 切削液的配制工艺	114
4.1.3 配制切削液的设备	116
4.2 切削液的管理	117
4.2.1 切削液的保管	117
4.2.2 油基切削液的使用管理	118
4.2.3 水基切削液的使用管理	121
4.3 切削液的净化	127
4.3.1 过滤分离法	128
4.3.2 沉降分离法	130

4.3.3 磁性分离法	134
4.3.4 漂浮物的去除	135
4.3.5 切削液的综合净化工艺	136
参考文献	138

第5章 切削液的供液方法与效果

5.1 放流供液法	140
5.1.1 车削加工	140
5.1.2 铣削加工	141
5.1.3 钻削加工	143
5.2 压力供液法	145
5.2.1 车削加工	145
5.2.2 铣削加工	148
5.2.3 钻削加工	149
5.2.4 压力供液系统	152
5.3 射流供液法	156
5.4 喷雾供液法	159
5.4.1 喷雾供液法的特点	159
5.4.2 喷雾供液装置	159
5.4.3 喷雾供液法的应用	159
5.5 其它供液法	160
5.5.1 手工供液法	160
5.5.2 控制供液法	160
5.5.3 组合机床及自动生产线上切削液的供给	161
5.5.4 固体润滑剂	162
5.6 集中供液系统	162
参考文献	163

第6章 切削液技术的新进展

6.1 绿色制造与可持续发展	164
6.1.1 绿色制造基本知识	164
6.1.2 可持续发展概念	165
6.1.3 新形势下切削液技术的发展方向	166
6.2 环境友好切削液	168
6.2.1 环境友好切削液的含义与界定	168
6.2.2 环境友好切削液的基础油	170
6.2.3 环境友好切削液的添加剂	174

6.2.4 环境友好切削液的开发研究	178
6.3 微量切削液加工技术	180
6.3.1 微量切削液加工的术语、含义及特点	180
6.3.2 微量切削液 (MCF)	182
6.3.3 应用 MCF 加工技术的工艺装备	184
6.3.4 MCF 加工的困惑	187
参考文献	189
 第 7 章 切削液常见故障分析与对策	 193
7.1 加工性能方面的问题	193
7.2 理化性能方面的问题	195
7.3 安全卫生方面的问题	197
参考文献	197
 附录	 198
附录 1 合成切削液技术要求 (摘自 GB/T 6144—85)	198
附录 2 合成切削液的技术要求 (摘自 GB/T 6144—2010)	199
附录 3 微乳化切削液主要性能指标 (摘自 JB/T 7453—94)	199

第1章

切削液的种类与组成

在石油产品名词术语 GB/T 4016—83 中，切削油（液）的中文说明是：在金属切削加工过程中用于润滑和冷却加工工具、加工部件的一种混合润滑剂。这种润滑剂可具有乳化能力，亦可以不具乳化能力。

一般说来，机械加工可分为去除加工和成形加工两大类。去除加工是通过从工件上去除多余材料得到所要求的尺寸和形状的工艺方法。去除加工要产生切屑，如各种切削加工和磨料加工；成形加工是通过使工件产生塑性变形得到所要求的尺寸和形状的工艺方法。成形加工一般不产生切屑，如挤压、锻压、拉拔、轧制等塑性成形加工。在这两类加工过程中，大都要使用工艺油（液），通常称为金属加工油（液），它被注入加工区域起润滑、冷却和清洗作用，以带走加工中产生的热量、减轻摩擦和工具损耗、排除切屑、满足特定的加工要求，使加工过程顺利进行。本书主要论述在去除加工中使用的工艺油（液），即切削油（液）。

关于这类工艺油（液）的中外文名词术语颇多。不少人习惯于将其称为冷却润滑液或冷却液（Coolant），这是从使用功能的角度命名的，因为冷却、润滑是这类工艺油（液）的主要功能。这种称呼在产业界尤其是工矿企业用户较为普遍。但因其功能不是单一的，从功能角度命名容易出现不同名称指代同一种产品的情况，如冷却液（剂）、润滑液（剂）、冷却润滑液（剂）之类。此外，生产实践中，按照使用场合的不同，切削液有不同的称呼。例如：应用于切削加工的切削液和应用磨削加工的磨削液；应用于珩磨加工的珩磨油；应用于超精研加工的超精油；应用于研磨加工的研磨油（液）等。

切削液（Cutting fluid）可以涵盖切削油（Cutting oil），这一术语是根据用途命名的，指在各种切削加工中使用于加工区域起润滑、冷却和清洗作用的工艺油（液）。切削液有时隐含磨削液（Grinding fluid）的意思，因为切削液与磨削液在组成和功能上有许多共同点，在某些情况下，切削加工和磨削加工可以混用同一种

工艺油（液）。但它们之间毕竟有较大区别，有时候需要分别对待。这时，磨削液这一术语就特指在磨削加工中使用的切削液，正如磨削加工可以说是使用砂轮的切削加工，道理是同样的。这种称呼已经较为流行，所以，本书统一使用切削液这一术语来表示去除加工中使用的工艺油（液）。

1.1 切削液的分类

1.1.1 国外切削液的几种分类标准

各工业发达国家大都制定了自己国家或行业的切削液分类标准，但国内外单独对切削液制定分类标准的情况不多，大都是将切削液与成形加工润滑剂合并考虑制定金属加工油（液）的分类标准。

（1）美国分类

美国材料协会（ASTM）制定了金属加工液及相关材料分类标准 ASTM D2881—03（参见表 1.1^[1]），用来规范金属加工液及相关材料的术语、命名法和分类。在该标准中，金属加工液包括金属去除加工和金属成形加工中使用的加工工作液，它们是这两种工艺类型中使用的冷却剂和润滑剂。同时说明，这种分类并不意味着是对某一特定金属加工工艺过程中使用的金属加工液产品质量或适应性的评价。ASTM D2881—03 把金属加工润滑剂划分为 3 大类：①含石油制品的液体（Petroleum oil-containing fluids）；②合成的非石油液体（Synthetic non-petroleum fluids）；③固体润滑剂（Solid lubricants）。

表 1.1 美国材料协会标准 ASTM D2881—03 对金属加工润滑剂及其相关材料的分类

大类	子 类	特 点
含石油制品的液体	可溶性油 (Soluble oil)	①用水稀释前(原液)通常含有 30% 以上的油 ②含有乳化剂、防锈剂以及其它添加剂 ③用水稀释后通常形成较大的乳化粒子(平均尺寸大于 1.0μm) ④与水混溶后使用
	半合成油 (Semi-synthetic oil)	①用水稀释前(原液)通常含有 30% 以下的油 ②含有乳化剂、防锈剂以及其它添加剂 ③溶于水时通常形成较微小的乳化粒子(平均尺寸小于 1.0μm) ④与水混溶后使用
	纯矿物油 (Straight oil)	①含有矿物油但基本上不含水 ②不可乳化 ③可能含有防锈剂、润滑介质以及其它添加剂
合成的非石油液体	合成溶解液 (Solution synthetic fluid)	①不含矿物油 ②当与水混合时,形成单相的真溶液(非胶束的) ③与水混溶后使用
	合成乳化液 (Emulsion synthetic fluid)	①含有乳化剂但不含矿物油 ②加入水中时生成乳化液 ③与水混溶后使用

大类	子 类	特 点
合成的 非石油 液体	纯合成油 (Straight synthetic oil)	①既不含矿物油也不含水 ②使用时既不用水稀释也不加水乳化
固体润 滑剂	粉状物料 (Powders)	①晶体物(Crystalline) ②聚合物(Polymeric) ③无定形物(Amorphous)
	玻璃质材料 (Vitreous materials)	①硼酸盐(Borates) ②玻璃(Glasses) ③磷酸盐(Phosphates)
	油脂和膏 (Greases and pastes)	①油脂 ②分散或溶解于非水液体中 ③分散或溶解于水中
	固体膜 (Solid film)	①粒子黏合而成的(Particle bonded) ②树脂黏合而成的(Resin bonded) ③玻璃黏合而成的(Glasses bonded)

(2) 日本分类

日本标准协会于 2000 年对切削液标准 JIS K2241 (参见表 1.2) 进行了修订。新标准将切削液分为非水溶性 (即油基) 和水溶性 (即水基) 两大系列, 又根据组分将非水溶性切削液分为 N1~N4 共 4 类, 将水溶性切削液分为 A1~A3 共 3 类, 总共 7 类。该标准更多地考虑了环保要求, 将含氯系列添加剂的切削液从原标准中删除。

表 1.2 日本工业标准 JIS K2241—2000 对切削液的分类

非水溶性 切削液	N1 类	由矿物油和/或脂肪油组成, 不含极压添加剂
	N2 类	以 N1 类为主成分, 含有极压添加剂 (150℃ 铜板腐蚀 2 级以下)
	N3 类	以 N1 类为主成分, 含有极压添加剂 (必须含有硫系极压添加剂, 100℃ 铜板腐蚀 2 级以下、150℃ 铜板腐蚀 2 级以上)
	N4 类	以 N1 类为主成分, 含有极压添加剂 (必须含有硫系极压添加剂, 100℃ 铜板腐蚀 3 级以上)
水溶 性切 削液	A1 类	由矿物油、脂肪油等不溶于水的成分及表面活性剂组成, 加水稀释后外观为乳白色
	A2 类	由表面活性剂等可溶于水的成分单独组成, 或者由表面活性剂等可溶于水的成分及矿物油、脂肪油等不溶于水的成分组成, 加水稀释后外观呈透明至半透明状
	A3 类	由可溶于水的成分组成, 加水稀释后外观呈透明状

(3) ISO 分类

国际标准化组织 (ISO) 将金属加工油 (液) 归入润滑剂产品, 并于 1986 年通过了用于金属加工的润滑剂 (系列 M) ISO 6743/7 (参见表 1.3), 该标准根据组分将用于金属加工的润滑剂分为 MH (油基) 和 MA (水基) 两大系列, 又按照其化学组成和应用领域将 MH 系列分为 A~H 共 8 类、将 MA 系列分为 A~I 共 9 类, 总共 17 类。该标准包罗了金属加工油 (液) 的各种情形。表 1.3 中字母 L 表示润滑剂, M 表示金属加工。

表 1.3 ISO 6743/7 对金属加工润滑剂（系列 M）的分类

序号	符号	产品类型和(或)最终使用要求
1	L-MHA	具有防腐性能的液体
2	L-MHB	MHA 型液体,具有降低摩擦的性能
3	L-MHC	MHA 型液体,具有极压(EP)性能,无化学活性
4	L-MHD	MHA 型液体,具有极压(EP)性能,呈化学活性
5	L-MHE	MHB 型液体,具有极压(EP)性能,无化学活性
6	L-MHF	MHB 型液体,具有极压(EP)性能,呈化学活性
7	L-MHG	润滑脂、膏、蜡,以纯态使用或者用 MHA 型液体稀释后使用
8	L-MHH	皂、粉末、固体润滑剂等及其掺混物
9	L-MAA	浓缩液,与水掺混后则生成乳液,具有抗腐蚀性能
10	L-MAB	MAA 型浓缩液,具有降低摩擦的性能
11	L-MAC	MAA 型浓缩液,具有极压(EP)性能
12	L-MAD	MAB 型浓缩液,具有极压(EP)性能
13	L-MAE	浓缩液,与水掺混则生成具有抗腐蚀的透明乳液(微滴乳液)
14	L-MAF	MHE 型浓缩液,具有降低摩擦的性能和/或极压(EP)性能
15	L-MAG	浓缩液,与水掺混则生成具有抗腐蚀的透明溶液
16	L-MAH	MAG 型浓缩液,具有降低摩擦的性能和/或极压(EP)性能
17	L-MAI	润滑脂和润滑膏,与水掺混后使用

1.1.2 我国切削液的分类标准

我国于 1989 年等效采用 ISO 标准 ISO 6743/7, 制定了国家标准 GB/T 7631.5—89《润滑剂和有关产品（L 类）的分类第 5 部分：M 组（金属加工）》（参见表 1.4、表 1.5）。将金属加工润滑剂分为用于首先要求润滑性的加工工艺的和用于首先要求冷却性的加工工艺的两大系列，又将上述系列各分为 8 类和 9 类，总共 17 类。这些产品类型既可能是切削液，又可能是金属成形加工润滑剂。其中符号为 MHA~MHF 的 6 种对应于油基切削液，符号为 MAA~MAH 的 8 种对应于水基切削液。

表 1.4 金属加工润滑剂的分类（GB/T 7631.5—89）

中国石油化工总公司 1989-03-28 批准

1990-04-01 实施

类别字母符号	总应用	特殊用途	更具体的应用	产品类型和(或)最终使用要求	符号	应用实例	备 注
M	金属加工	用于切削、磨料加工 ^① 或放电等金属除去工艺；用于冲压、深拉、压延、强力旋压、拉拔、冷锻和热锻、挤压、模压、冷轧等金属成形工艺	首先要求润滑性的加工工艺	具有抗腐蚀性的液体	MHA	见附录 A 表	未经稀释的液体,具有抗氧性,在特殊成形加工可加入填充剂
				具有减摩性的 MHA 型液体	MHB		
				具有极压性、无化学活性的 MHA 型液体	MHC		
				具有极压性、有化学活性的 MHA 型液体	MHD		
				具有极压性、无化学活性的 MHB 型液体	MHE		
				具有极压性、有化学活性的 MHB 型液体	MHF		
				单独使用或用 MHA 液体稀释的脂、膏和蜡	MHG		对于特殊用途可以加填充剂
				皂、粉末、固体润滑剂等或其它混合物	MHH		使用此类产品不需要稀释

续表

类别字母符号	总应用	特殊用途	更具体的应用	产品类型和(或)最终使用要求	符号	应用实例	备 注
M	金属加工	用于切削、磨料加工 ^① 等金属除去工艺;用于冲压、深拉、压延、旋压、线材拉拔、冷锻和热锻、挤压、模压等金属成形工艺	首先要要求冷却性的加工工艺	与水混合的浓缩物,具有防锈性的乳化液	MAA	见附录 A 表	
				具有减摩性的 MAA 型浓缩物	MAB		
				具有极压性的 MAA 型浓缩物	MAC		
				具有极压性的 MAB 型浓缩物	MAD		
				与水混合的浓缩物,具有防锈性的半透明乳化液(微乳化液)	MAE		使用时,这类乳化切削液会变成不透明
				具有减摩性和(或)极压性的 MAE 型浓缩物	MAF		
				与水混合的浓缩物,具有防锈性的透明溶液	MAG		
				具有减摩性和(或)极压性的 MHG 型浓缩物	MAH		对于特殊用途可以加填充剂
				润滑脂和膏与水的混合物	MAI		

① GB/T 7631.5—89 的附录 A 原文为“研磨”,用词不妥。研磨指使用研磨工具和研磨剂从工件表面磨去极薄的一层材料的加工工艺,一般是对工件表面进行最终的精加工。此处的应用场合包括了用磨料、磨具(砂轮、砂带、油石等)作为工具对工件表面进行去除或光整加工的各种情形,因此,用“磨料加工”一词较好——作者注。

表 1.5 各种金属加工润滑剂的组成、特性和应用场合比较

(根据标准 GB/T 7631.5—89 的附录 A、附录 B 整理)

GB/T 7631.5—89 的符号	组 成 和 特 性										应 用 场 合									
	精制矿物油 ^①	乳化液	微乳化液	合成液	其它	极压性		减摩性	备注	加工液种类	切削	磨料加工 ^②	电火花加工	变薄、拉伸、旋压	挤压	拔丝	锻造模压	轧制		
						无化学活性	有化学活性													
MHA	●									油基液	●		●					●		
MHB	●							●			●			●	●	●	●	●		
MHC	●					●					●	●		●		○	○			
MHD	●						●				●			●						
MHE	●					●		●			●	●		●	●					
MHF	●						●	●			●	●		●						
MHG					●				脂					●		●				
MHH					●				皂	水基液					●					
MAA		●									●			●				○		
MAB		●						●			●			●		●	○	●		
MAC		●						●			●		○		○					
MAD		●						●	●		●			●	●					

续表

GB/T 7631.5— 89 的符号	组 成 和 特 性								应 用 场 合									
	精制 矿物油 ^①	乳 化 液	微 乳 化 液	合 成 液	其 它	极压性		减 摩 性	备 注	加 工 液 种 类	切 削	磨 料 加 工 ^②	电 火 花 加 工	变 薄、 拉 伸、 旋 压	挤 压	拔 丝	锻 造 模 压	轧 制
						无 化 学 活 性	有 化 学 活 性											
MAE			●							水 基 液	●	○						
MAF			●					●和/或●			●	○						
MAG				●							○	●		○			●	●
MAH				●				●和/或●			●	●					●	
MAI					●				润滑 脂膏					●		●		

① 合成油。

② GB/T 7631.5—89 的附录 A 原文为“研磨”，用词不妥。研磨指使用研磨工具和研磨剂从工件表面磨去极薄的一层材料的加工工艺，一般是对工件表面进行最终的精加工。此处的应用场合包括了用磨料、磨具（砂轮、砂带、油石等）作为工具对工件表面进行去除或光整加工的各种情形，因此，用“磨料加工”一词较好——作者注。

注：●表示主要应用；○表示可能应用。

综观上述各种分类标准，有两个共同特点。其一是分类都依据切削液的组分及其相应的性能；其二是都将油基切削液和水基切削液截然分开。在 GB/T 7631.5—89 中，应用于“首先要求润滑性的加工工艺”的属于油基切削液；应用于“首先要求冷却性的加工工艺”的属于水基切削液。

1.1.3 切削液的实用分类方法

为了便于用户比较和选择切削液，本书提出以下切削液的实用分类方法。

（1）油基切削液（切削油，Oil based cutting fluid, Cutting oil）

- ① 纯油（矿物油或合成油）（Straight oil）。
- ② 减摩切削油（Friction modifying cutting oil）。
- ③ 极压切削油（Extreme pressure cutting oil）。
 - a. 非活性极压切削油（Non-active EP cutting oil）。
 - b. 活性极压切削油（Active EP cutting oil）。

（2）水基切削液（Water based cutting fluid）

- ① 乳化切削液（Emulsion cutting fluid）。
- ② 微乳化切削液（Micro-emulsion cutting fluid）。
- ③ 合成切削液（Synthetic cutting fluid）。

以下将 GB/T 7631.5—89 中的 17 种切削液归纳入实用分类中进行叙述。

1.1.3.1 油基切削液

油基切削液（Oil based cutting fluid）又称为切削油（Cutting oil），不溶于水，直接使用原液，其基本成分是基础油（矿物油或合成油），根据加工方式、工具材料、工件材料和加工要求的不同，可适量加入各种油溶性添加剂，如油性剂、

极压剂、防锈剂、抗氧化剂等，配制成性能各异的油基切削液产品，以适应不同的加工要求。油基切削液包含 GB/T 7631.5—89 中“首先要求润滑性的加工工艺”的金属加工润滑剂，可分为以下类型。

(1) 纯油（包含 L-MHA）

石油产品名词术语 GB/T 4016—83 中的 1-001 矿物油（Mineral oil）的中文说明是：天然存在的，或者从处理其它矿物原料中得到的，主要由各种烃组成的混合物。由于基础油的货源问题，常用作切削油的是工业级的煤油、柴油、白油、5~68 牌号的全损耗系统用油及其混合油，但必须经过深度精制，除去多环芳烃之类的有害物质。纯精制矿物油对金属无腐蚀性，稳定性好，使用寿命长；因为它本身常被用作各种商品油的基础油，所以与机床液压油或润滑油的相容性好。在使用过程中，即使有少量切削油混入也不致对其使用性能有明显影响。纯矿物油的分子不含极性基，润滑效果差，只用于易切钢和有色金属的切削加工、切削油易混入液压油或润滑油而使其变质的场合（如有些老式的齿轮加工机床）以及不允许含硫、氯等添加剂的场合（如加工原子能工业、宇航工业装置上的零件）。低黏度的轻质矿物油常用于铸铁的切削加工以及珩磨、研磨加工。除此而外一般不推荐使用。因为少量加入油性剂或极压剂可大大提高其润滑效果，从而可提高切削速度、降低刀具磨损、改善已加工表面质量，从性能价格比的角度考虑，使用纯精制矿物油作为切削油是一种浪费。

合成油是通过化学合成的方法制备的基础油品。其基本原料是石油化学品、植物油，或者磷、硅之类的无机物。已经工业化生产的合成润滑油包括合成酯、合成烃、聚醚、聚硅氧烷、含氟油、磷酸酯等六类。与矿物油相比，合成油能得到好的高温性能、低温性能和黏温特性，优良的化学稳定性（尤其是氧化稳定性），其挥发性较低，抗燃性和抗辐射性能较好。但不是所有的合成油都具有上述优点，每种合成油可能只具有某种或某几种特点，能工作在矿物油所不能胜任的环境，但合成油价格较高，目前只用在某些特殊场合。

(2) 减摩切削油（包含 L-MHB）

由基础油+脂肪油（或其它油性添加剂）组成。脂肪油包括菜籽油、蓖麻油、棉籽油、大豆油、椰子油、棕榈油、猪油、鲸油、羊毛脂等。脂肪油分子能在金属表面形成分子吸附膜，减摩性能良好，可降低切削时的摩擦阻力，不腐蚀有色金属；其缺点是易氧化变质，容易在机床运动副和油漆表面形成难以清洗的黏膜（俗称黄袍）。将一定比例（3%~15%，过多加入有害无益）的脂肪油或其它油性添加剂加入基础油中制成的减摩切削油，既可提高基础油的边界润滑效果，又能减轻脂肪油的弊端，可用于钢铁的低速、轻负荷精密切削加工，如铰孔、车螺纹、插齿、刨齿、拉削等；也适合于有色金属的切削加工；还可用于各种塑性成形加工。脂肪油多为食用油，货源较少，前些年似乎有被合成油性添加剂替代的趋势；但由于脂肪油是天然动植物油，易于降解，对环境友好，预计今后在绿色切削液的开发研究中会有上佳表现。

(3) 非活性极压切削油 (包含 L-MHC、L-MHE)

所谓非活性极压切削油是指在 100℃、3h 的腐蚀试验中,铜片腐蚀在 2 级以下(中等程度均匀变色)的极压切削油。

① 非活性极压切削油 L-MHC 是含有基础油和非活性极压添加剂的切削油。非活性极压添加剂有氯化石蜡、磷酸酯、硫化脂肪油、硼酸盐、有机钼等。这类切削油的极压润滑性能好,对有色金属腐蚀亦较轻微,使用方便,可用于各种中速、中负荷切削加工,如螺纹成形加工、拉削、滚齿、插齿、刨齿、深孔钻等。

② 非活性极压切削油 L-MHE 是同时含有基础油、非活性极压添加剂、油性添加剂的复合切削油。油性添加剂如脂肪油、高级脂肪酸等能在金属表面产生较强的物理吸附和化学吸附,可降低切削时的摩擦阻力,但只在较低温度下有效,当温度高于 200℃时,吸附膜层发生解吸和分解而失去润滑作用,这时极压添加剂将继续发挥作用。因此,其润滑性能优异,且腐蚀性较轻微,适合于多工位切削及多种材料的切削加工。

(4) 活性极压切削油 (包含 L-MHD、L-MHF)

所谓活性极压切削油是指在 100℃、3h 腐蚀试验中,铜片腐蚀为 3~4 级,对有色金属有较强的腐蚀性。

① 活性极压切削油 L-MHD 是含有基础油和活性极压添加剂的切削油。活性极压添加剂主要指活性硫极压添加剂,如硫化矿物油、烷基聚硫化物等。硫化矿物油中的硫在矿物油中呈溶解状态,溶解量通常不超过 1%。提高硫含量的方法是并用硫化脂肪油。含有多量活性硫的极压切削油有良好的极压润滑性能,对积屑瘤有较强的抑制能力,可获得光洁的加工表面,多用于高速重负荷切削和难加工材料的切削;其缺点是会对铜、黄铜零件产生腐蚀,有时也会使钢铁零件的非加工表面产生污斑。

② 活性极压切削油 L-MHF 是同时含有基础油、活性极压添加剂、油性添加剂的复合切削油,它同时具备减摩性和极压性,可以在较宽的切削速度和切削负荷范围内保持良好的润滑作用,适用范围广泛,但具有一定的腐蚀性。

用高速钢刀具车削 45 钢的试验结果表明,使用含活性硫极压添加剂的切削油与纯矿物油相比,刀具磨损较大^[2,3]。

1.1.3.2 水基切削液

水基切削液包含 GB/T 7631.5—89 中“首先要求冷却性的加工工艺”的金属加工润滑剂。与油基切削液不同,水基切削液(Water based cutting fluid)要用水稀释后再使用,水在稀释液中一般占 85%以上的比例。习惯上水基切削液这一名称既指切削液原液(浓缩物),也指稀释液。为避免混淆,在本书中水基切削液指生产企业销售的切削液原液(浓缩物),而将进入使用阶段的稀释液称为水基切削液的工作液,简称工作液。水基切削液的种类如下所述。

(1) 乳化切削液 (包含 L-MAA、L-MAB、L-MAC、L-MAD)

乳化切削液原液的主要成分是基础油,含量为 50%~80%,其余成分是乳化剂、防锈剂、油性剂和/或极压剂以及少量防腐杀菌剂、消泡剂等,按一定比例配