

切削液应用技术

第5讲：切削液的配制方法

刘镇昌 济南库伦特科技有限公司 济南 250101

摘要: 介绍水质对水基切削液性能的影响,讲述配制各种水基切削液的方法及注意事项。

关键词: 切削液, 水质, 配制方法

一般说来,绝大多数油基切削液商品是已经配制好的,买回来就可以使用,直接使用原液,不存在配制问题。只有个别浓缩型切削油在使用前需用基础油进行稀释、调配。这时需要考虑的问题主要是基础油的粘度、闪点和倾点。需要根据浓缩切削油供应商的数据资料进行配制。因此,这里主要讲述配制水基切削液的相关问题。

水基切削液的工作液浓度较低,一般在3~10%范围内(个别情况下可能使用更高浓度)。工作液中90~97%是水。为节省运输费用,水基切削液的商品一般是浓缩物,大多数为液态,也有膏状和粉状的。在使用前由用户自行稀释成具有一定浓度的工作液。这时,稀释水的水质和稀释工艺对所配制的工作液的质量有较大影响。

1 配制切削液的水质

1.1 水的物理性质

水是一种可以从自然界大量得到的廉价的溶剂。水的流动性极好,有较大的比热容(是醇类、烃类有机溶剂的两倍左右)和汽化热值,故其冷却性很好,利用水的三态变化容易实现热能的转换与传输;水对无机盐、有机盐等电解质以及某些有机物,如碳水化合物、蛋白质、低碳脂肪酸和醇类等,有很强的溶解和分散能力;水无色、无臭、无味、无毒、不可燃,使用安全;水有一定的挥发性,清洗物体后较易干燥;水具有较大的表面张力,就配制切削液而言,是其缺点,但可在水中加人少量表面活性剂予以改善;由于水的溶解能力强,容易混入杂质,包括无机物、有机物和气体,这些杂质溶解或者悬浮在水中,大多对切削液有害无益。

1.2 水的硬度及分类

水的硬度是反映水中钙、镁盐含量的指标。将水煮沸并保温一段时间,水中含有的碳酸氢钙、碳酸氢镁可分解成碳酸盐沉淀析出,故由碳酸氢钙、碳酸氢镁引起的硬度称之为暂时硬度。水中含有的钙和镁的硫酸盐及氯化物因为用煮沸方法不能除掉,故称之为永久硬度。水的暂时硬度与永久硬度之和称为水的总硬度。通常把1百万份水中含1份碳酸钙作为硬度单位ppm(即1kg水中含1mg碳酸钙)。各发达国家大都有自己的硬度单位标准。几种主要硬度单位的换算关系如下:

1 德国度=1.25 英国度=1.785 法国度=17.85mg/kg(以CaCO₃计)

根据硬度大小,水可分为软水(很软、软、较软)和硬水(较硬、硬、很硬)。水的硬度

分类指标如表 1 所示^[1]。

表 1 水的硬度分类

水质	硬度/(CaCO ₃ mg/kg)
很软的水	0~40
软水	40~80
较软的水	80~120
较硬的水	120~180
硬水	180~300
很硬的水	>300

1.3 水的硬度和杂质对切削液的影响

1.3.1 钙、镁离子的影响

水中含有的钙、镁离子容易与切削液中的阴离子表面活性剂起反应，使钾、钠盐或皂被分解后生成相应的钙皂、镁皂，导致切削液中的表面活性剂浓度降低甚至丧失作用。这跟肥皂中含有的高碳脂肪酸根（如硬脂酸根）会与钙、镁离子生成不溶性硬脂酸钙（钙皂）或硬脂酸镁（镁皂）而失去洗涤去污作用是同样道理。此外，生成的钙皂和镁皂沉淀物会附着在工件、刀具、机床的表面形成污垢，不易去除。这都会影响切削液的加工性能和清洗效果。因此，配制切削液最好使用含钙、镁离子少的软水。

1.3.2 阴离子的影响

水中的阴离子主要是氯根和硫酸根，有促进金属腐蚀的作用，特别是氯化镁，可以使钢铁产生腐蚀。含有硫酸盐的水，还有可能被硫酸盐还原菌或某些有机物还原而生成硫化氢；硫化氢不但有臭味，而且还会使铜的表面变黑。硫酸根在水中普遍存在，在硬水中的含量更多，多以硫酸钙、硫酸镁的形式存在。如果硫酸根含量过高，会使水的 pH 值降低，使水呈酸性，容易腐蚀金属。氯根在地下水和地表水中亦普遍存在。经过含有氯化物的地层以及接近海边的江河水或深井水均有氯化物溶解于水中。此外，自来水经漂白粉消毒处理时也会引入氯根。氯根都以钠、钙、镁盐形式存在于水中。氯化物过高也会使水呈酸性、具有腐蚀性。还会引起盐析作用，造成乳化液浓度降低。

1.3.3 pH 值的影响

稀释水的 pH 值在一定程度上会影响切削液的 pH 值。水中的氢离子是引起金属腐蚀的重要因素之一。钢铁、锰、镉、铜等金属的腐蚀速度与 pH 值有很大关系。在 pH 值偏低的介质中易被腐蚀，在中性范围内腐蚀速度与 pH 值无关，在碱性条件下腐蚀速度减缓。铝、锌等金属在中性介质中有好的防蚀效果，当 pH 值过高或过低时，腐蚀过程都会加快。此外，酸性水会使乳化液中的阴离子乳化剂（特别是皂类）被酸化生成相应的酸，降低其乳化能力。

1.3.4 水中的其它杂质及悬浮物的影响

天然水中含有的杂质对水质有不同程度的影响。碳酸盐和碳酸氢盐影响水的酸碱度和硬度；硫化物有产生气泡的倾向；氯化物有味并对金属有腐蚀性；氧化铁有味并使水呈红色，对金属亦有腐蚀性。水中溶解的气体，如二氧化碳、硫化氢都影响酸碱度并对金属有腐蚀性。水中的机械杂质及悬浮物也是普遍存在的，特别是非饮用水中含量较高，它对切削液是有害的，可能引起切削液的管道堵塞、破坏乳化液的稳定性，还会影响加工质量。

1.4 硬水的软化

把硬水转变成软水的过程叫硬水软化。硬水软化的方法较多，如加热法、化学沉淀法、离子交换法等。加热法只能去掉水中的暂时硬度（碳酸氢钙、碳酸氢镁）；最简单且廉价的化学沉淀法是在硬水中加入 0.1~0.3% 的碳酸钠，充分搅拌后静置 24h，可使大部分钙、镁离子沉淀后去除。但该方法的生产率较低。

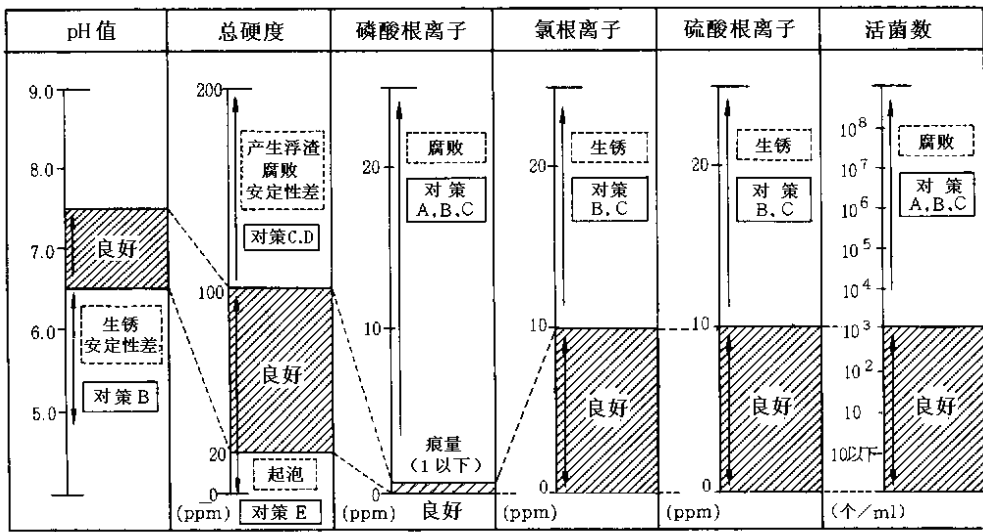
目前工业上应用最广泛的是离子交换法。在离子交换过程中，不仅钙、镁离子会被交换，水中含有的铁、锰、铝等金属离子也可同时被交换去除。当硬水先后通过阳、阴离子交换树脂后，水中的电解质阳、阴离子基本均可被去除。这种方法得到的软水叫去离子水。一般锅炉中使用的软水、精密工业清洗使用的洗涤及冲洗用水，大都是采用离子交换法制得的。这种方法简便、成本低，水中的离子性杂质基本可被去除干净。

1.5 配制切削液对水质的基本要求

为了更好地配制各种切削液，必须控制所用的水质。根据我国各地的水质条件，参照国内外使用切削液的经验，作者认为，配制切削液的水质应符合以下几个条件：

- (1) 外观：无色、无嗅、无味、透明；
- (2) pH 值：pH 值不低于 6.5，中性或略偏碱性为宜；
- (3) 硬度：水的硬度在 80~120ppm 之间最合适。太软的水容易发泡；太硬的水需要软化，否则可能给今后的使用留下后患；
- (4) 酸根：磷酸根离子含量 1ppm 以下，氯根离子和硫酸根例子含量不大于 10ppm；
- (5) 微生物：水中微生物含量不应超过 $10^3/\text{mL}$ ，越少越好；
- (6) 杂质：不能含有机械杂质和悬浮物，混浊泥水、海水不能用。

图 1 是配制切削液的稀释水的性状、问题与对策概念图（取自文献【2】，引用时做了修改）。图中列出了 pH 值、总硬度、磷酸根离子含量、氯根离子含量、硫酸根离子含量以及活菌数等 6 项指标以及各项指标的适合范围（图中带阴影的区域），指出了超过该范围易出现的问题和可采取的对策。



对策：A. 添加防腐剂；B. 添加 pH 值提升剂；C. 提高切削液浓度，加快更液频率；
D. 添加硬水软化剂；E. 添加抗泡剂

图 1 配制切削液的稀释水的性状、问题与对策概念图

目前，切削液用户对稀释水的水质普遍不够重视，很差的水也不愿处理，往往要求切削液厂商调整产品配方来适应自己的水质。从技术上说，对于超出基本要求一定范围的水，可以针对性地进行产品开发；但大都会提高切削液的成本，影响其使用效果和寿命，未必合算。

2 切削液的配制工艺

2.1 乳化切削液的配制

乳化切削液是由乳化油用水稀释而成。乳化油是由基础油、乳化剂、防锈剂、油性剂/极压剂、稳定剂、防腐杀菌剂、消泡剂等组成。前三者是主要成分，其它添加剂须根据乳化油的成分和使用要求而定。乳化油的组成比较复杂，对其工作液的配制工艺要求也较严格。

实践证明，乳化切削液的稳定性、防锈性及其加工性能等不仅与乳化油自身质量、稀释水的水质有关，还与配制工艺有很大关系。

2.1.1 乳化切削液的配制工艺

乳化切削液的配制就是将乳化油用水稀释成乳状液的过程。这是油水界面增加的过程，也是表面能增加的过程。因此，通常需对其做一定的功。搅拌和加热是常用的做功方法。

根据乳化油本身的性状和环境温度，其配制方法一般有以下 3 种：

(1) 常规溶解法：如果乳化油自身的流动性和乳化性能好，只要按一定比例将乳化油加入稀释水中，充分搅拌后即可达到乳化状态，得到均匀的乳化液。需要注意的是，配制乳化液时，要将乳化油加入稀释水中；如果反其道而行之，将稀释水加入乳化油中，在某些情况下（如温度较低），可能生成胶状物质，很难再溶解开。

(2) 加热溶解法：对于粘度大、甚至呈膏状的乳化油，需要将其加热，或者先使用部分热水冲调，待其充分乳化后再用冷水稀释至所需浓度。因为热水可以使乳化油的粘度降低，热水分子有较大的动能，而且热水的表面张力小，有利于乳化油的均匀分散。

(3) 相转变溶解法：如果乳化油自身的乳化性能不够好，应在乳化的初始阶段在不断搅拌下先向乳化油中缓慢地加入少量稀释水（最好是热水），待到乳化油已被充分溶解、变成均匀的乳状液后，再冲调大量的稀释水，并不断搅拌，直至达到所需配制的浓度。这样做的目的是使其先形成 W/O（油包水）型乳状液，在不断搅拌并继续加入稀释水的过程中，使其发生相转变，由 W/O 型转变为 O/W（水包油）型。这样做虽然费时、费事，但所得的乳状液颗粒较均匀、细致，乳化液的稳定性较高，可以在一定程度上弥补乳化油本身乳化性能的欠缺。

2.1.2 注意事项

(1) 稀释水的水质 需要符合配制切削液的水质要求。

(2) 稀释水的温度 如果稀释水的温度太低，不利于配制乳化切削液。因为冷水易引起乳化剂的凝聚，形成胶状物质，一旦凝聚成胶状物后就很难溶解开。

(3) 乳化切削液的 pH 值 配制好的乳化切削液的 pH 值通常取决于乳化油的配方组成。配制成乳化液后可以根据工件材料做适当调整。比如，加工铝、锌合金的乳化液 pH 值不能过高，一般在 7.5~8.5 为宜；加工钢铁材料应在 8.5~9.5 左右。如果需要提升 pH 值，常用的方法是加入适量碳酸钠、烷基醇胺等类碱性物质。

2.2 微乳化切削液与合成切削液的配制

微乳化切削液与合成切削液的原液是水溶性的，液态的原液本身就含有一定量的水；切削粉的水溶性一般也都很好，其稀释过程较简单，直接按照稀释乳化液的步骤①将切削液原液（或

切削粉)加入稀释水中,搅拌均匀即可使用。考虑到原液(或粉)与水的密度差异,为使其均匀溶解,需要在搅拌下缓慢加入。

参考文献

- 1 魏竹波,周继维,姚瑶. 金属清洗技术. 北京: 化学工业出版社, 2003.8
- 2 竹山秀彦監修. 穴加工皆傳. 東京: 日本切削油技術研究会, 1994.4
- 3 廣井 進, 山中康夫. 切削液与磨削液. 刘镇昌译. 北京: 机械工业出版社, 1987.10
- 4 刘镇昌. 金属切削液----选择、配制与使用. 北京: 化学工业出版社, 2007.9