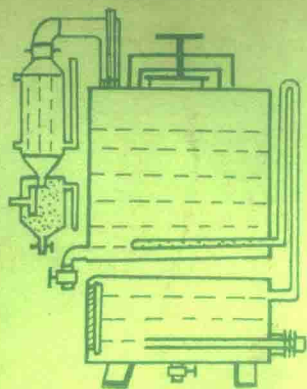
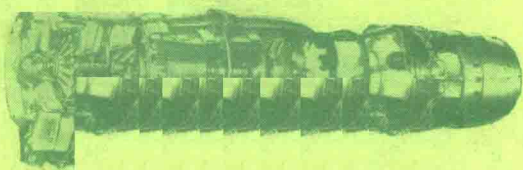




粟 枯 主编

清洗、油封与防污染 新技术

尉 益 香 编著



國防工業出版社

机械制造实用新技术丛书之十一

清洗、油封与防污染 新技术

栗 枯 主编

谢益香 编著

内 容 简 介

本书主要叙述金属零件清洗、油封、防污染、除积炭等内容，着重介绍国外在这方面的新技术。每章有扼要的理论分析，还有重点地介绍工艺实践和现场经验。文章力求通俗易懂，便于推广应用。

本书可供航空、兵器、船舶、汽车、机械制造等行业中的设计、工艺人员和工人使用。

清洗、油封与防污染新技术

机械制造实用新技术丛书之十一

栗 楠 主编

谢益香 编著

责任编辑 宋桂珍

*

国防工业出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

850×1168¹/₃₂ 印张2¹/₄ 57千字

1984年11月第一版 1984年11月第一次印刷 印数：00,301—10,000册

统一书号：15034·2837 定价：0.48元

科技新书目：84—131

作者的话

现代航空发动机制造是机械制造工业的一个重要方面，具有机械制造的基本特点。它又是技术集约性的工业，集中应用了很多新的技术和新的工艺，其中多数对于机械制造行业具有普遍推广的价值。七十年代末，我国从英国引进了斯贝 MK 202 发动机及其制造技术，同时又有选择地引进了一些先进的机床设备。这项技术在一定程度上比较完整地反映了近代航空发动机制造的先进水平，通过生产实践也证明了这一点。

为了交流的方便，也为了能有更多的人有机会了解这些制造技术，我们整理编写了这套资料，命名为《机械制造实用新技术丛书》。所以这样命名，是因为我们在编写中遵照了下述原则：

1. 实用性。尽量避免一般性的理论叙述，力求使读者能较快的在实践中运用；
2. 先进性。我们只选择了那些更新颖更有意义的资料；
3. 揉合了我们在斯贝发动机试制工作中的实践经验，还综合了不少有价值的参考资料。

作者期望本套丛书对机械工业，特别是航空发动机制造行业的人们有所帮助，这将是对我们最大的鼓舞。

由于我们视界较窄，水平有限，错误缺点难免存在，欢迎读者批评指正。

本丛书由粟祐同志主编。参加审校工作的主要有：唐宏霞、钟礼治、胡贤惠、谭杰巍、王克强、姜仁忠等同志。

在本丛书编写和出版的过程中，王德荣、黄家豪、郑宝湖、郭治国、姚静梅等同志提供了许多宝贵意见，并参加了审校。还得到了国防科工委、航空工业部有关领导和同志们的大力支持及热情帮助，他们是魏祖治、陈少中、任家耕和贾克琴、张汉生等

同志。

金属制品在设计、制造、运输、贮存和使用过程中的防护与去污染，对于保证产品质量、安全可靠、延长使用寿命、降低成本、提高经济效益都有密切的关系。过去，国内在这方面做了不少工作，但是，思想上和技术上的重视都还不够。

本书结合生产实践，着重介绍国内外防护方面的新技术，包括“以水代油”的清洗，三氯乙烯蒸气除油，油封包装，冷热脱水油的使用，碱溶液除锈以及低熔点合金除污染和除积炭等内容。

本书由谢益香编写，王克强、钟礼治审校，粟祜终审定稿。对在本分册编写过程中给予支持和帮助的同志，在此表示衷心的感谢。

作者于西安国营红旗机械厂

目 录

一、金属清洗技术	1
(一) 概述	1
(二) 碱性除油	2
(三) 电化学除油	3
(四) 水剂清洗	5
(五) 三氯乙烯除油	11
二、油封	27
(一) 防锈油脂应具备的性能	27
(二) 防锈油脂的分类	27
(三) 选择防锈油脂的基本要点	28
(四) 产品锈蚀的一般原因	32
(五) 零件的工序间防锈	33
(六) 成品的防锈	36
(七) 轴承的防锈	37
(八) 整机的封包	39
(九) 脱水油的评定	40
(十) 除锈	41
三、金属污染	49
(一) 概述	49
(二) 污染机理	50
(三) 镉脆及其防止	52
(四) 低熔点合金的污染	55
(五) 金属污染及其防范措施	56
四、除积炭	58
(一) 积炭的形成	58
(二) 有机溶剂除去积炭的过程	60
(三) 国内常用的除积炭工艺	61
(四) 典型零件除积炭工艺	61
(五) 压气机的清洗	67

一、金属清洗技术

(一) 概述

金属制件在生产过程中, 由于表面沾上油脂、汗水、尘灰和工艺上的溶剂、粘结剂等, 在进行下道工序时, 一般要除去那些外来物。特别当零件要进行电镀、喷漆、焊接、荧光、油封、包装时, 必须除去外来物, 以确保下道工序的质量。以电镀而言, 如果零件表面不清洁, 镀层会产生气泡而剥落。胶接零件的清洁程度, 直接影响胶接强度, 现代工业的电子元件、集成线路等, 所要求的清洁度极为严格。金属产品的油封、干燥空气封存等工艺, 清洁要求是人们共知的。许多产品质量很好, 由于疏忽了清洗工件, 零件未到油封期, 甚至三、四个月就生锈。实际上, 这种在三个月或半年内发生锈蚀的零件, 多数是油封前没有仔细清洗掉污物。

判断油污的性质、选择清洗剂和清洗方法是十分重要的。选择适当的清洗剂 and 工艺方法要视实际情况而定。常用的清洗方法有: (1) 浸渍法: 把制件淹没在溶剂中, 油污溶解, 固体颗粒松软, 达到清洗干净的目的。(2) 擦拭法: 在大型工件局部污染或易使制件部分损伤时采用, 常用汽油、酒精、三氯乙烷等有机溶剂。(3) 喷射法: 把溶剂或溶液增压, 喷到工件表面, 使油污除去。

选择清洗剂的原则: (1) 工件表面的污物是矿物油、植物油、细铁屑、磁性墨水时, 用汽油、煤油、三氯乙烯清洗。(2) 工件表面被抛光膏、研磨膏污染时, 采用三氯乙烯、热煤油清洗。(3) 清洗工序为电镀、腐蚀工序作准备, 工件用电化学或化学方法除油。清洗工序为喷涂金属、喷涂油漆、胶接工序作准备, 一般用有机溶剂清洗, 工件表面大量油污时, 应先用煤油清洗, 然

后用三氯乙烯除油或用二甲苯清洗。(4) 工件表面较少油污而
下工序为机械加工工序, 在条件具备的情况下可采用水剂清洗。
(5) 当工件所需清洗质量要求特别干净时, 联合几种清洗方法,
采用特种清洗剂清洗。

工件在选定的清洗剂和规定清洗方法作过清洗后, 评定清洗
质量的好坏有以下几种办法: (1) 挂水法: 在清洗过的干燥表
面上, 用毛刷刷上一层连续均匀蒸馏水膜, 过5分钟后, 观察水
膜是否连续。若水膜连续则表面清洁。(2) 硫酸铜法: 将清洗后
的制件浸入酸性硫酸铜溶液中, 根据铜层附着状态, 评定脱脂后
清洁度。用清洗工件方法将钢质试片清洗后, 浸入溶液30秒钟,
取出试片立即冲洗。检查试片表面铜层完整均匀程度、斑纹光泽、
鼓泡等评定清洁度。

(二) 碱性除油

金属制件可以使用钠的化合物除去表面上的油污。如氢氧化
钠、碳酸钠、硅酸钠、磷酸三钠、焦磷酸钠($\text{Na}_2\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)、
六偏磷酸钠($\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{18}$)等。将上述钠的化合物按一定比例混合
组成一种除油溶液称为碱性除油溶液。其pH值一般等于7~14。

制件表面沾附的皂化油(动、植物油), 在碱液中分解, 生成
易溶于水的肥皂和甘油, 因而被除去。在加工过程中沾附的矿物
油, 如润滑油、凡士林、炮油是非皂化油, 在除油液中乳化剂(硅
酸钠、表面活性剂)的包围吸附作用下, 油滴进入溶液中, 把油
腻从零件表面除去。当表面沾附油膜的零件浸入碱液时, 使油膜
发生机械破裂并聚集成为不连续的油滴, 但这时油滴与零件表面
间的结合力还相当大, 不能使它进入溶液中, 仍粘附在金属表面
上。由于碱液中的乳化剂起降低油、水界面张力的作用, 减小了
油滴对零件的亲合力, 促使油滴与金属表面分离, 使它进入溶液
转化成乳胶体状态。与此同时, 乳化剂在油滴进入溶液时, 吸附
包围在油质小滴的表面, 分割油滴, 使它不能再聚集, 从而达到
零件除油的目的。

加温和搅拌都会加速油滴进入溶液, 增大除油效果。在实际

生产中，化学除油经常采用较高的温度和增设搅拌装置，例如用压缩空气搅拌溶液等。

化学除油的配方中，氢氧化钠含量高的适用于黑色金属除油，含量较低的，既作黑色金属的化学除油又可作直流电解除油。未加非离子表面活性剂的配方，当零件表面有大量油腻时，在化学除油前，应先用有机溶剂清洗。

化学除油的配方和使用条件见表11-1。

表11-1 化学除油的配方

溶液成分和工艺条件	含 量 克/升			
	1	2	3 (英)	4 (苏)
苛性钠NaOH	30~50	10~15	20~30	—
碳酸钠 Na_2CO_3	20~30	20~50	20~30	30~50
磷酸钠 $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	50~70	50~70	40~60	30~50
水玻璃 Na_2SiO_3	10~15	5~10	—	20~30
OP乳化剂	—	50~70	非离子型润湿剂1克/升	—
使用温度(°C)	80~100	70~90	$\geq 90^\circ\text{C}$	50~60
保持时间(分)	20~40	15~30	10~15	5

注：配方1，适用钢铁零件。配方2和3，适用黑色金属和铜合金（除铝合金、钛合金外）。配方4，适用于橡胶-金属零件。

（三）电化学除油

把要除油的零件放在电解槽中做阴极或做阳极，通入直流电。用碱性溶液或碱金属盐的溶液（含碱量较化学除油低些），少加或不加乳化剂。另外的电极用耐碱稳定性高的金属钢板或镀镍的钢板。

当表面带有油脂的零件浸入除油液中时，由于表面张力的改变使油膜破裂并聚集成滴，在阴极法除油时，会发生阴极极化，使油与金属表面间的结合力大大减弱，阴极上析出的氢气泡就停滞于油滴上，带动油滴漂到溶液表面，然后排入排水系统中。另外由于氢离子在阴极放电，使被处理零件表面接触的电解液中氢氧根的浓度相应增加，从而加速溶液对油脂的皂化和乳化作用。

电解除油配方成分见表11-2。

表11-2 电化学除油的配方

溶液成分和工作条件	含 量 克/升		
	1	2	3 (英)
苛性钠NaOH	10~15	20~50	80~120
碳酸钠 Na_2CO_3	20~30	30~50	—
磷酸钠 $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	50~70	20~30	—
水玻璃 Na_2SiO_3	5~10	3~5	—
氰化钠NaCN	—	—	8~12
温度(°C)	70~90	60~90	室温
电流密度(安/分米 ²)	10~15	5~10	电压6~8伏
时间(分)	20~40	15~20	阴极20秒,阳极10秒共2分钟,阳极结束

电解除油时,若提高溶液的温度,增加溶液的导电性,则可提高生产效率。提高电流密度,使析氢加剧,析出的气体猛烈,可使除油过程加速。实际生产中采用的温度为60~80°C,电流密度 $D_K=(10\sim15)$ 安/分米²,当用 $D_K=8$ 安/分米²时,除油效果很好,而且对除油零件的第二次污染程度最小。

阴极除油和阳极除油具有不同的特点。

阴极除油的特点是:析出的气体为氢气,气泡小,数量多,面积大。因而除油效率高,不腐蚀零件。但易产生氢脆,零件表面上有黑色挂灰。实际生产中,对于弹性大、强度高的弹簧零件和薄壁零件,为保证其机械强度,一般都不用阴极除油,而仅用阳极除油。

阳极除油的特点是:析出的气体为氧气,气泡大,数量少,随着氧气的析出,阳极附近的溶液的pH值下降,降低了油脂的皂化反应速度。同时,由于氧气泡使油滴与金属表面分离的能力,不如氢气泡所起的作用那样强,所以除油效率比阴极低。阳极除油时,由于析出氧气,零件表面生成浅黄色的氧化膜。又因阳极具有溶解特性,对金属有腐蚀作用,所以铜及其合金不宜阳极除油。除油后,若进行反拔时,须注意防止发生腐蚀。

实际应用中,经常采用阴、阳极除油相结合的方法,即先用阴极除油3~5分钟,然后转入阳极除油2~3分钟,则除油效

果较好。

(四) 水剂清洗

合成表面活性剂是一种新型化学产品。它具有独特的物理化学性质，本节着重介绍表面活性剂清洗金属表面油污的功用。

表面活性剂在金属加工中，最早是用作清洗某种特殊污垢而发展的。如英国罗尔斯、罗伊斯公司在清洗涡轮发动机进气部件上的尘土等物使用 MS624 材料，美国清洗飞机表皮积炭用 MIL-C43616B，苏联清洗抛光件及研磨膏中的固体微粒用 TMC-31 清洗剂等。

我国从六十年代起，许多洗涤剂厂，如北京日化一厂、天津助剂厂、上海合成洗涤剂二厂等生产的产品有：664、105、741、781、32-1 等。许多单位用水剂清洗代替汽油、煤油清洗金属制件，取得了很好的效果。

金属洗净剂是表面活性剂和助剂、缓蚀剂组成。表面活性剂的分子结构由两部分组成，一部分是极性部分，另一部分是非极性部分。极性部分易溶于水，称亲水基团。非极性部分不溶于水，称憎水（或亲油）基团。这类分子组成的化合物称两亲化合物（示意图 11-1）。

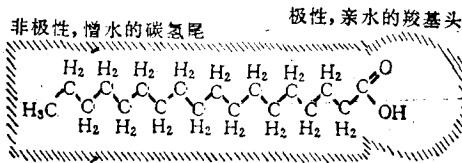


图 11-1 两亲分子（硬脂酸）之示意图

现用“□”符号代表两亲分子。“●”代表亲水的极性头，“□”代表亲油的非极性尾。

当水中引入某种溶质后，液体的表面及界面张力将发生改变，这种改变称溶质效应。但这种效应是多样性的。不同的溶质对溶液表面张力的影响可分为三大类：1 型：水的表面张力随溶质浓度的增加而降低，许多脂肪酸属此类。2 型：表面张力随溶质浓

度的增加而稍微升高，强电解质，某些含OH基的化合物，如糖类的溶液，属于此类。3型：表面张力随溶质浓度的增加而激烈降低，肥皂、洗涤剂、两亲化合物属此类。这种能激烈降低水的表面张力的物质称表面活性剂。图11-2显示了表面张力与浓度的关系。

例如某种石蜡油对水的界面张力是40.6达因/厘米；将水相变成0.001M的油酸，界面张力即降至31.05达因/厘米。若将此水相用碱中和（即成皂），张力降至7.2达因/厘米。

表面活性剂是怎样降低水的表面张力和界面张力？根据分子理论，分子在表面或界面上所受的范德华（Van Der Waals）吸引和它在液相内部时不同。即液-气界面上表面层分子所受指向液体内部的力称为表面张力。液-液界面或液-固界面上界面层分子同时受到两种液体的作用力称为界面张力。

表面活性剂溶于水时，极性的水分子吸引两亲分子的亲水基而排斥疏水基，水的分子就把亲水基端引向水中而把疏水基排斥

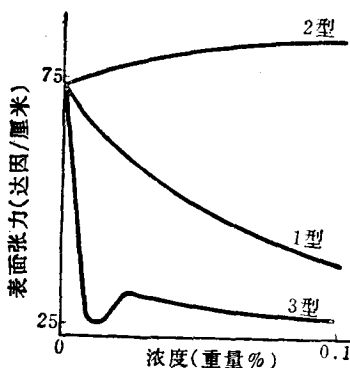


图11-2 表面张力浓度曲线之主要类型示意图

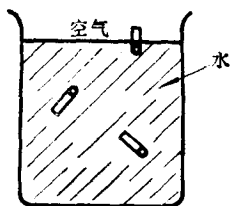


图11-3 极稀溶液

出水面，界面上就形成定向排列的单分子层，使水面上的水分子减少了，从而它们被水分子吸引的力减小了。因此活性剂降低了水的表面张力。同样，表面活性剂的两亲分子在两相（液-液相、液-固相）界面上形成吸附层，其结果是降低界面张力。

表面活性剂在极低浓度时，两亲分子呈单分子状态分散，如图11-3。此时的溶液相当于纯水的表面张力72达因/厘米。当浓度微

量增加时，两亲分子就会很快地聚集到水面，使空气和水的接触面减少，表面张力按比例急剧下降，水中的两亲分子也开始形成胶束。如图11-4。随着表面活性剂的浓度的继续增加，水溶液表

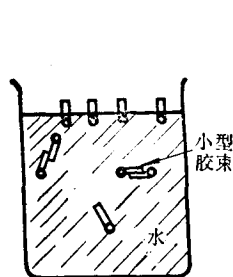


图11-4 稀溶液

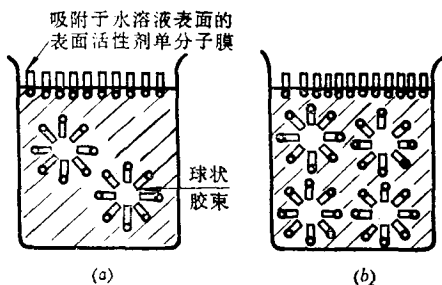


图11-5 临界胶束浓度的溶液

(a) 临界胶束浓度的溶液；(b) 大于临界胶束浓度的溶液。

面上聚集了足够量的定向排列的两亲分子，空气与水处于隔绝状态。此时表面张力停止下降，水中的表面活性剂分子就各自以几十、几百地聚集在一起，排列成亲水基朝水而憎水基则自相接触的胶束。如图11-5。形成胶束的最低浓度称临界胶束浓度（C、M、C——Critical micelle concentration）。

由表面活性剂的一些基本性质（界面吸附、定向排列、胶束生成等）所引起的表面张力下降，对润湿、乳化、分散、增溶、洗净作用等都有影响。现分别介绍如下。

1. 润湿作用

润湿作用是液相取代固相上任何其它相时而散展开来的作用。金属表面有油污时是疏水的。若滴上一滴水，水呈球形，表面不被润湿。当水中添加表面活性剂后，水的表面张力降低了，水珠在金属表面上散展，使之润湿。这种借助表面活性剂来润湿物体的作用叫润湿作用。

同样，能使较厚棉织品、毛毡浸透的作用叫渗透作用。

从图11-6中的(a)、(b)，可见水和含有表面活性剂的水

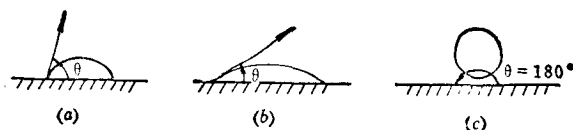


图11-6 润湿和润湿角

珠的形状显然不同，(b)比(a)润湿得好。这种水珠的形状可以用图中的 θ 角来表示， θ 角叫润湿角。润湿角愈小，表示润湿愈好，愈接近 180° 愈难润湿。

可以用润湿角的数字表示润湿程度，润湿与界面张力的关系也可用数字表示。当一滴水珠滴在固体平面上时有三个界面：即液-气，固-气，固-液界面，它们三者间的界面张力 γ_L 、 γ_s 、 γ_{SL} 如图11-7(a)。若气体换成油，则三个界面张力： γ_{sw} 、 γ_{so} 、 γ_{wo} 如图11-7(b)。

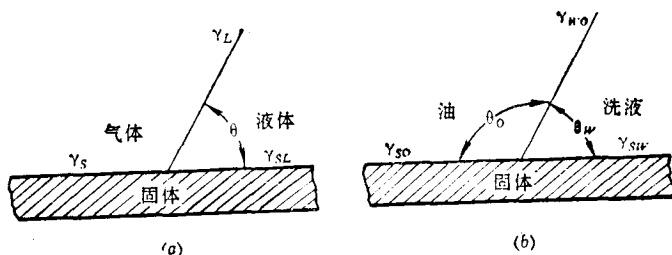


图 11-7

(a) 液-气-固界面张力；(b) 油-液-固界面张力。

界面张力与接触角 θ 间的关系：

$$\gamma_s - \gamma_{SL} = \gamma_L \cos \theta; \quad \gamma_{so} - \gamma_{sw} = \gamma_{wo} \cos \theta$$

当 $\gamma_s > \gamma_L \cos \theta + \gamma_{SL}$ ， $\gamma_{so} > \gamma_{wo} \cos \theta + \gamma_{sw}$ 时，润湿变大。

当 $\gamma_s < \gamma_L \cos \theta + \gamma_{SL}$ ， $\gamma_{so} < \gamma_{wo} \cos \theta + \gamma_{sw}$ 时，润湿变小。

当 $\gamma_s = \gamma_L \cos \theta + \gamma_{SL}$ ， $\gamma_{so} = \gamma_{wo} \cos \theta + \gamma_{sw}$ 时，液滴静止，此时的角度即润湿角。

只有当润湿角小于 90° ，金属才被润湿。表面活性剂的作用就是降低水的表面张力 γ_L 和油-水界面张力 γ_{wo} ，增加了润湿

作用。

2. 乳化作用

一种液体在另一种不溶性液体中,被分散成细小粒子称乳化。在分散了的各粒子之间包复一层吸附的薄膜,可防止粒子的再凝集,这样形成稳定的乳液。乳液是由连续相(称外相)和分散相(称内相)及乳化剂三者组成的体系。乳液有O/W型(水包油)和W/O型(油包水)。

如前所述,表面活性剂的两亲分子,把疏水基一端,溶入油滴中,亲水基一端留在水中,在油-水界面吸附一层定向排列的活性剂分子,降低了油水界面张力,降低了油在水中分散功,油就容易被乳化了。

3. 泡沫作用

泡是由液体薄膜包围着的气体。当表面活性剂吸附于气-液界面上,就形成较牢固的液膜,并使表面张力下降,增加了液体和空气的接触面,再加上被吸附的表面活性剂对液膜的保护作用,使这个液膜较牢固。这就是表面活性剂的发泡作用。

泡沫的多少并不表示活性剂的优劣。例如非离子表面活性剂是一种有名的低泡沫活性剂,但它的去污性、乳化、润湿等作用都很好。

电动洗衣机、超声波清洗机使用的洗涤剂都不希望泡沫,金属清洗剂也不要求过多的泡沫。

但是,泡沫在除污过程中有积极作用,使污垢质点沾附在泡沫上,随同泡沫漂浮到液面上。

4. 增溶作用

当溶液里的表面活性剂达到临界胶束浓度(C_m)时,使物质在溶剂中的溶解度增加的现象叫增溶作用。

表面活性剂在水中达到临界胶束浓度后,形成球状或层状的胶团。油污在此溶液中,非极性的油污与活性剂的疏水基团相溶解,而被包围在胶束的球中心,亲水基成为球外表,或者油污溶于非极性烃链中,嵌在两层疏水基之间。

增溶作用和溶解作用是不相同的。增溶过程中的溶质不离解呈离子或长链分子，而整团（若干个分子）一起溶解在活性分子的胶束中，因而对溶液的依数性（渗透压、冰点下降等等）很少影响。

5. 去污作用

去污作用是由于表面活性剂降低界面张力而产生润湿渗透、乳化、分散、增溶和发泡等多种复杂作用的综合。

去污过程大致如下：

（1）润湿、渗透阶段：当被污染的制件放入表面活性剂溶液中，两亲分子的疏水基吸附在油污表面，并逐渐渗透污垢内面，使金属—油污间的引力减弱，亲水基一端留在水中，拖住油膜与金属分离，使油垢变得松散脱落。

（2）乳化、分散、增溶阶段：从制品表面洗脱下来的污垢，表面活性剂充分发挥它的乳化、分散、增溶作用，使油污不再重新沾附制件表面。

为了提高活性剂的去污能力，降低洗涤剂的临界胶束浓度，在低浓度下充分发挥去污效能，改善溶液对金属的防锈作用和软化水等。常在洗涤剂中添加助剂物质。助剂有无机助剂和有机助剂两种。例如碳酸钠、三聚磷酸钠、焦磷酸钠、硅酸钠或硫酸钠等为无机助剂。羧甲基纤维素或甲基纤维素等为有机助剂。现在应用最广泛、效果最好的助剂是三聚磷酸钠。

表面活性剂的去污效果虽然不错，但是，没有机械外力作用金属零件是不容易清洗干净的。增设一定的辅助措施是十分必须的。例如，把溶液加温、搅拌。常用压力冲洗或超声波清洗。

典型的清洗剂：

① 77-1 清洗剂

常州化工厂生产

聚醚	35 %
二乙醇酰胺	15 %
油酸钠	5 %
三乙醇油酸皂	30 %

稳定剂 15%

② 国外引进的典型清洗剂:

非离子润湿剂 Synperonic N 5 ~ 10 毫升/升

碳酸钠 5 克/升

水 余量

室温或 60°C 时使用, 清洗时间为 3 分钟

注: 钢铁件的清洗加碳酸钠。

③ 国外引进的特种清洗剂

用于清洗油脂、磁性氧化铁、锈蚀、铁屑和脏物等

柠檬酸 2.0 克/升

乙烯二胺四醋酸盐 (EDTA) 1.0 克/升

润湿剂 Synperonic N 5.0 毫升/升

水 余量

使用温度: 60 ~ 70°C

注: 用 HN_3OH 或 Na_2CO_3 校正 pH 值到 3.5 ~ 4.0。

国内洗涤剂的组成、性能见表 11-3。

(五) 三氯乙烯除油

1. 概述

三氯乙烯是一种重要的氯烃类化合物, 在常温下为无色透明, 具有氯仿气味的中性液体。

三氯乙烯是一种溶脂能力很强的有机溶剂, 其溶油能力在常温下为汽油的 4 倍, 50°C 时为汽油的 7 倍。此外, 它能溶解各类天然树脂和人造树脂。脂肪、油类、蜡、沥青、橡胶、硝化纤维等都可用它来作溶剂。

三氯乙烯具有如下优良性能:

(1) 不易燃烧、使用时较安全。

(2) 较低的沸点 (86.9°C), 用较少的热能可获得蒸气。实际生产上可用电、煤气、低压蒸汽等加热, 由于沸程窄, 便于从混入杂质的溶剂中, 蒸馏回收, 使溶剂再生。

(3) 汽化热值低 (57.2 卡/克)。蒸气可在金属表面上大量