

机械零部件 清洗及清洁度控制技术

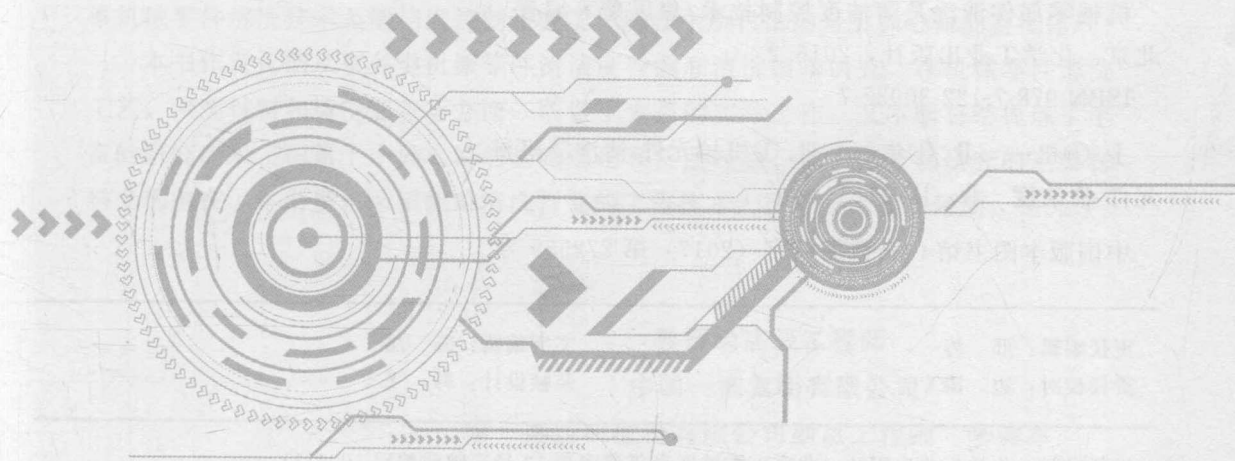
焦凤菊 蔡安克 王云飞 王政 编著



化学工业出版社

机械零部件 清洗及清洁度控制技术

焦凤菊 蔡安克 王云飞 王政 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书主要介绍了机械零部件清洗用清洗剂、清洗工艺基础及零部件清洗用清洗剂选择、清洗工艺确定、清洁度检测和机械制造过程清洁度控制技术应用实例。本书的基础知识和应用实例可以指导机械零部件清洗工艺编制、机械制造过程中零部件及最终整机的清洁度控制。

本书可供从事机械制造的工程技术人员、科研人员及其他从事机械制造过程产品质量控制的人员阅读和参考,也可供大专院校机械及自动化专业师生参考,对机械制造企业管理人员也有重要的参考作用。

图书在版编目(CIP)数据

机械零部件清洗及清洁度控制技术/焦凤菊等编著.

北京:化学工业出版社,2018.2

ISBN 978-7-122-30932-7

I. ①机… II. ①焦… III. ①机械元件-清洗②机械
元件-清洁度 IV. ①TH13

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第272559号

责任编辑:邢涛

文字编辑:陈喆

责任校对:边涛

装帧设计:韩飞

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)

印装:三河市航远印刷有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张21 字数524千字 2018年2月北京第1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:98.00元

版权所有 违者必究



焦凤菊，高级工程师，获一拖公司优秀职业化员工，洛阳市巾帼标兵、国机集团“巾帼明星”荣誉称号。清洗协会受聘专家，对机械零部件清洗及清洁度检测技术有深入的研究，在分析测试领域有较深造诣。主持的工艺研发项目通过第三方科技成果鉴定达到国内领先水平，获一拖公司及行业科技进步奖。十项授权发明专利。制定企业标准42项，修订行业标准3项。核心期刊发表论文二十多篇，且多篇论文获全国清洗行业及制造工艺优秀论文二、三等奖。



序

随着装备制造业的快速发展，对机械零部件的清洁度要求越来越高，许多关键零部件的清洁度不仅影响装备的作业效率，甚至直接制约着装备功能的实现。因此，机械零部件清洗技术及清洁度控制技术成为近年来备受关注的研究领域。

“机械零部件清洗及清洁度控制技术研究”是中国一拖集团有限公司（简称一拖）“十一五”“十二五”规划期间的重点研究项目。项目研究自2006年开始，至2012年结束，历时六年。2013年12月25日，河南省科技厅组织课题鉴定专家组，对该项目进行了结题鉴定。专家组和与会人员对该课题给予了高度的评价，课题鉴定专家组一致同意该课题通过鉴定，并建议将该项目研究成果在更大范围推广。

正是在这样的背景下，项目组在总结课题研究各项成果的基础上，参考行业现有的基础理论和众多的案例资料，编写了《机械零部件清洗及清洁度控制技术》一书。这是笔者为清洗行业的工程技术人员提供的一部有价值的参考书，也是笔者从事机械零件清洗技术及清洁度控制研究工作历程中所付出的努力和心血的直接体现！

本书作者长期从事各类机械零件清洁度检测和清洗技术研究，在机械零件清洗工艺、清洗材料和清洗装备等方面，既做了大量的实际工作，又不断总结提炼了丰富的研究成果，积累了十分丰富的基础理论和实践经验。他们把长期研究的主要材料全都放在了本书里，希望能对清洗行业的工程技术人员有所借鉴和帮助。是为序。

教授级高级工程师

中国一拖集团有限公司/

第一拖拉机股份有限公司副总工程师 李锋军

二〇一七年七月于洛阳

▶ 前 言

机械产品清洁度是其产品质量控制的重要指标之一，清洁度直接影响着机械产品的使用寿命和可靠性。机械零部件的清洗技术是其清洁度控制的基础。清洗技术包括清洗剂、清洗剂的合理选用、清洗工艺条件的确定、清洗效果的确认即清洁度的检测。随着高端制造业的发展，机械制造过程中清洁度的控制和提升在机械产品的动力系统和传动系统显得尤为重要。为避免机械产品的早期磨损和失效，机械制作过程中关键和重要的零部件通常需要经过多道清洗工序，使其达到装配前零部件清洁度的技术要求。

本书阐述了机械产品制造过程中清洗及清洁度控制技术的基础内容及应用实例。笔者结合多年实践工作经验，在参考借阅大量资料的基础上，编写了目前在机械制造行业清洗普遍使用的水基金属清洗剂、清洗剂的合理选用；各种常用清洗方式在零部件清洗系统中的运用；清洗工艺条件的确定及动力和传动系统关键零部件的清洗实例；清洁度的检测方法，关键重要零部件及产品的清洁度控制方法实例。以供机械制造业技术人员参阅。

本书共十一章，由焦凤菊、蔡安克、王云飞、王政编写，曹晨、郭英英、徐少华参与了部分章节资料收集和整理工作。另外公司技术部田朝阳、党国军也参与了部分工作。本书的编写过程得到了中国一拖集团有限公司相关专家和支持，特此一并致谢。

由于笔者水平有限，书中不足之处，请读者批评指正。

焦凤菊
2017年7月

目 录

第一章 概论	1
第一节 机械加工件材质	1
第二节 常见污垢特点	3
第三节 清洗目的	4
第四节 清洗注意事项	5
第五节 对清洗剂的技术要求	6
第六节 清洗剂的分类	6
第七节 常用清洗技术简介	7
第二章 水基金属清洗剂及应用	11
第一节 清洗水质及其对清洗的影响	11
第二节 表面活性剂	14
第三节 消泡剂	19
第四节 防锈缓蚀剂	21
第五节 防腐剂	22
第六节 水基金属清洗剂的组成	23
第七节 常用水基金属清洗剂类型	25
第八节 不同材质合适的水基金属清洗剂	25
第九节 水基金属清洗液的使用、更换周期、浓度检测说明	27
第十节 水基金属清洗剂在机械制造过程中的应用概述	28
第十一节 水剂清洗在大批量生产中的应用	34
第十二节 水基金属清洗剂及其应用时的注意事项	36
第三章 金属零件清洗常用清洗系统	41
第一节 浸渍清洗	41
第二节 喷射清洗	46
第三节 蒸气清洗系统	47
第四节 饱和蒸汽清洗在机械制造行业的应用	50
第五节 其他清洗设备	52

第四章 物理作用在零件清洗过程中的应用	53
第一节 热能在清洗过程中的作用	53
第二节 流动液体的清洗作用	54
第三节 压力在清洗中的作用	56
第四节 摩擦与研磨光整清洗	61
第五节 超声波的清洗	74
第五章 金属零件的清洗	87
第一节 金属零件表面脱脂清洗	88
第二节 金属去锈清洗	92
第三节 不同加工工艺的金属材料清洗工艺	94
第四节 机械制造过程金属清洗应用实例——热处理清洗	101
第六章 合适水基金属清洗剂的选择及应用实例	106
第一节 清洗零件的材质分析、污垢特点	106
第二节 选用合适水基金属清洗剂的方法	107
第三节 应用实例	111
第七章 典型零件清洗工艺实例	117
第一节 桥壳壳体类零件的清洗	117
第二节 发动机生产过程中的清洗	120
第三节 发动机缸体的射流清洗	127
第四节 发动机缸体的组合清洗	131
第五节 柴油机气缸盖的超声波清洗	133
第六节 轴齿类零件的超声清洗	135
第七节 液压元件的清洗	138
第八节 液压管件的超声波清洗	143
第九节 液压系统的清洗	145
第八章 清洗废料的处理与环境保护	152
第一节 机械零部件化学清洗废料的种类及危害	152
第二节 废料的排放处理项目及标准	155
第三节 化学清洗废液的处理方法	158
第四节 固体废物的处理方法	163
第五节 废气的处理方法	165
第九章 水基金属清洗剂性能检测试验方法	173
第一节 水基金属清洗剂性能技术指标	173
第二节 水基金属清洗剂理化性能检测试验方法	175

第三节	水基金属清洗剂环保性能检测试验方法	183
第十章	清洁度检测方法及应用实例	187
第一节	机械零部件及产品清洁度取样规范	187
第二节	零部件清洁度检测常用的方法	190
第三节	清洁度检测方法的应用实例——重量法	191
第四节	清洁度检测方法的应用实例——颗粒尺寸数量法	213
第十一章	零部件及产品清洁度的控制实例	218
第一节	清洁度控制的重要性	218
第二节	清洁度在机械产品中的影响	219
第三节	清洁度的预防性控制及其重要性	224
第四节	零部件清洗过程中清洗液的清洁度控制	231
第五节	柴油机清洁度的控制	236
第六节	柴油机关键零件清洁度控制	238
第七节	液压元件的清洁度质量控制	249
第八节	拖拉机液压系统清洁度控制	257
第九节	拖拉机动力换挡系统清洁度影响因素及控制措施	261
附录		268
附录一	水基金属清洗剂相关标准	268
一、	JB/T 4323.1—1999 水基金属清洗剂	268
二、	JB/T 4323.2—1999 水基金属清洗剂试验方法	269
三、	HB 5227—1982 金属材料 and 零件用水基清洗剂试验方法	276
四、	QB/T 2117—1995 通用水基金属净洗剂	281
附录二	相关清洁度国家及行业标准	287
第一节	相关清洁度国家标准	287
一、	GB/T 3821—2015 中小功率内燃机清洁度测定方法	287
二、	GB/T 17484—1998 液压油液取样容器净化方法的鉴定和控制	293
三、	GB/T 17489—1998 液压颗粒污染分析 从工作系统管路中提取液样	295
四、	GB/T 14039—2002 液压传动 油液 固体颗粒污染等级代号	298
五、	GBT 20082—2006 液压传动 液体污染 采用光学显微镜测定颗粒污染度的方法	302
第二节	相关清洁度的机械行业标准	309
一、	JB/T 7661—2004 柴油机油泵油嘴产品清洁度限值及测定方法	309
二、	JB/T 6913—2008 泵产品清洁度	314

三、JB/T 6002—2007 涡轮增压器 清洁度限值及测定方法	315
四、JB/T 7050—2005 滚动轴承 清洁度评定方法	317
五、JB/T 7858—2006 液压件清洁度评定方法及液压件清洁度 指标	323
参考文献	328



概 论

第一节 机械加工件材质

机械制造业中机械加工常用材质为金属，分为钢和铁，有色金属的铜及其合金、铝及其合金、钛及其合金等。钢铁分为多种材质，其中有普通碳钢和铸铁、低合金钢和合金铸铁、高合金钢和铸铁等；铜分为紫铜和黄铜、铜合金等。为了有效地清除各种材质的零部件及总成上的污染物，最大限度地减少清洗过程对相关材料及设备的腐蚀，了解各种材质及其性能对清洗剂的选择具有十分重要的意义。

1. 碳钢和普通铸铁

碳钢和铸铁基本组成为碳、硅、锰、硫、磷及微量杂质元素的碳和铁组成的合金，一般碳的质量分数 $0.02\% \sim 1.7\%$ 称为钢，碳含量大于 1.7% 的称为铁，碳在钢铁中的存在形式一种为游离碳，即铁碳固溶体、无定形碳和石墨碳，另一种是化合碳，即碳和铁或合金元素的碳化物。其基本金相组织为铁素体、渗碳体和石墨，三者的电位相差很大：铁素体 ($+0.370\text{V}$) $>$ 渗碳体 $>$ 石墨 (-0.440V)。因此，当钢铁与电解质溶液接触时，所形成的微电池加速其化学腐蚀。

碳钢和普通铸铁的耐蚀性不良，在大气、土壤、海水和淡水等的中性水溶液中主要发生氧化腐蚀。

(1) 钢铁在潮湿的大气中的腐蚀 钢铁在潮湿的大气中最先形成的铁锈的主要成分是 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 。当锈层达到一定厚度时，锈层影响氧的扩散， $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 作为氧化剂与金属层中的铁发生氧化反应形成 Fe_3O_4 。

当锈层干燥时，氧气易于透过， Fe_3O_4 又被氧化成 Fe_2O_3 ，当锈层再次受潮，接近基体的 Fe_2O_3 吸水，又被重新转化为 Fe_3O_4 。由此可见，钢铁在干湿交替的环境中锈层的存在会加速其腐蚀。

(2) 钢铁在水中的腐蚀 当水中有溶解氧存在时，钢铁都不耐腐蚀，如果水中有氧和少量的氯离子和其他极性离子时，钢铁会发生严重的局部腐蚀，甚至被穿透。

水的 pH 值对钢铁的腐蚀行为影响很大，铁在水溶液 pH 值 4 以下时，发生严重的析氢腐蚀。当 pH 值 $4 \sim 9$ 时，铁的腐蚀速度几乎和 pH 值无关，因为此时主要是溶解氧的腐蚀，腐蚀速度由空气中的氧在水溶液中的溶解和扩散速度决定，而氧在溶液中的溶解和扩散速度不随溶液的 pH 值而改变，当溶液呈碱性，即 pH 值 $9 \sim 14$ 时，铁的腐蚀速度显著下降，因为铁的腐蚀产物牢固覆盖在金属表面，使得金属铁在碱中的溶解度很小，抑制了铁的进一步腐蚀。当溶液中的 pH 值进一步升高，即 pH 值 > 14 时，铁腐蚀速度又加快，因为溶液中氢

氧根浓度太大,铁的氧化物和氢氧化物转变为可溶性的铁酸钠 Na_2FeO_2 ,温度越高,这种转变的速度越大。

(3) 钢铁在碱性溶液中的腐蚀 在常温的碱性溶液中,钢和铁是耐腐蚀的,因为当水中的氢氧化钠含量小于 30% 时,钢和铁的表面生成不溶性的 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 和 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 腐蚀膜,发生钝化,基本上不被腐蚀。

当氢氧化钠的浓度高于 30% 时,钢和铁表面的腐蚀膜的保护作用开始下降,随温度升高,腐蚀加快,因为表面腐蚀膜转变为可溶性的 FeO_2^- 。钢和铁中的 Fe 以铁酸盐的形式进入溶液,因此腐蚀继续延伸进基体,加速钢铁的腐蚀。

(4) 钢铁在盐溶液中的腐蚀 钢铁在盐溶液中的腐蚀比在水中的腐蚀速度大,因为盐溶液的电阻比较小,促进钢铁的电化学腐蚀,其腐蚀速度与盐的种类、浓度、所含氧化剂及氧含量、温度、溶液的流动状态有关。

(5) 钢铁在酸性溶液中的腐蚀 酸性溶液分为非氧化性酸和氧化性酸,钢铁在非氧化性酸及弱或稀的氧化性酸中发生以氢去极化为主的腐蚀,酸浓度越大,腐蚀越快,其腐蚀产物为 Fe^{2+} 。在浓的氧化性酸中,如浓硫酸或浓硝酸中钢铁发生钝化,当酸的浓度发生变化或温度升高时,钝化膜易被破坏,造成钢铁的腐蚀。

2. 耐蚀铸铁

在铸铁中加入某些合金元素得到某些有较高耐蚀性的耐蚀合金铸铁的介质,称为耐蚀铸铁。

耐蚀合金铸铁分为高硅铸铁、高镍铸铁、铝铸铁、高铬铸铁等高合金铸铁,由于其高合金元素的加入,使得其耐腐蚀性能得到一定的提高,适用于不同的工作场所。

铸铁中加入少量的 Cu、Sb、Ni 和 Cr 等合金元素,耐腐蚀性能也会有明显的改善,总称为低合金耐蚀铸铁。

3. 低合金钢

含有少量的碳、铝、锰、硅、铬、镍、钼、钨、硼、氮、铌、钛以及稀土元素等不同的合金元素,其含量的总量小于 3% 的碳钢称为低合金钢,其特点是合金元素含量少,成本低,强度高,综合性能好,加工性能优良,耐蚀性比普通碳钢强,根据所含合金元素的不同,有的还可以代替不锈钢使用。

4. 不锈钢

不锈钢是指具有抵御大气、酸、碱、盐的腐蚀作用的合金钢的总称。把其中能耐酸及其他强碱腐蚀性介质的合金钢称为不锈耐酸钢,一般而言其铬或铬镍含量较高,一般耐酸不锈钢铬含量不低于 17%。按抗腐蚀可将不锈钢分为抗应力腐蚀、抗晶间腐蚀、抗腐蚀等;按功能特点可分为高强度、无磁、易切削、低温、超低温不锈钢等;按金相组织可分为奥氏体、铁素体、马氏体和铁素体-奥氏体双相不锈钢等。

根据钢铁材料的不同特点,在生产制造和清洗维修中,要严格按操作工艺进行,避免给零件和设备造成严重的腐蚀,给生产带来不必要的浪费。

5. 铜及铜合金

铜及铜合金是机械制造中常用的材质,铜的标准电位比较高,达到 +0.35V 左右,属于半贵金属,因其热力学稳定性较高,当在酸或碱溶液中不存在氧化剂,且酸根无氧化性,

介质的氧化还原电位较低时,铜的耐蚀性良好。当酸或碱溶液含有氧化剂,或酸根具有氧化性,介质的氧化还原电位较高时,铜易腐蚀。在氧化性酸中铜的氧化膜迅速溶解生成 Cu^{2+} 。在含氧的碱溶液中,铜的氧化膜也溶解生成 CuO^{2-} 。

主要的铜合金有黄铜、青铜。

黄铜的价格较低,力学性能和压力加工性能较好,耐蚀性与铜相近,抗大气腐蚀性能优于铜。

青铜是铜与锌以外的合金元素的合金总称,具有较好的耐蚀性能。

6. 铝及铝合金

纯铝为银白色的轻金属,在水中的电极电位 -1.66V ,与水表现为活泼金属,在化合物中铝一般呈 $+3$ 价。

铝和铬、钛等金属一样,在空气中和许多含氧的水溶液中,都容易被氧化,在铝表面形成一层致密的氧化物保护膜,使铝在水溶液和氧的进一步接触中,反而显示出很高的稳定性,即变成钝性,所以铝在中性、近中性的水以及大气中,是十分耐使的,属于自钝化金属。

铝对酸一般不耐腐蚀,特别是盐酸和稀硫酸等非氧化性酸。铝不耐碱和水解后呈碱性的盐溶液的腐蚀,氨水和水玻璃除外。在清洗时要防止清洗液对铝及铝合金的腐蚀。

7. 钛及钛合金

钛是银白色金属,机械强度比纯铁大一倍,比铝几乎大五倍,耐热性能优良,相对密度小,只有铁的 $1/2$,热导率小,是铝的 $1/16$,热膨胀系数约为奥氏体不锈钢的 $1/2$,加工性能与不锈钢相近。钛合金的耐蚀性和机械加工性能比钛更优良。

钛在大多数无机盐和温度不高的碱性溶液中是耐蚀的。由于钛具有突出的耐蚀性,使其得到了广泛的应用。

钛合金的耐蚀性和力学性能与钛有明显的不同,加入钨、钼、钽等不同合金元素的钛合金其在酸中的耐蚀性能均有明显的提高。

第二节 常见污垢特点

机械零部件加工过程中的污垢主要是上一道工序中的残留污物及新购进零部件及设备上的污物。金属零件加工分为湿式加工和干式加工,不同的加工方式,工件上残留的污物不尽相同。湿式加工常用的加工介质有水溶性和油性介质,残留物多为加工液、加工金属屑及粉尘等;干式加工多为加工金属屑、粉尘及少量残留加工液等。长期存放的零部件表面还会有防锈剂及灰尘等污物,返修零部件的污物相对要复杂得多。最为常见的污垢特点如下。

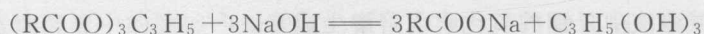
1. 水溶性污垢

在加工和储运过程中,工件表面粘上的粉尘、粉屑、汗液、指纹、金属加工液蒸发后的无机盐、高分子聚合物、多元醇、醇胺、可溶性乳化剂等均为水溶性污垢。

2. 可皂化油性污垢

金属切削和成形过程中所用的润滑材料,含有大量的动植物油脂或改性产品。这类动植

物油脂是由脂肪酸和甘油所组成的各种酯的混合物，能溶于各种有机溶剂。同时，这类油脂能与碱起化学反应，尤其在加热条件下，分解成能溶于水的脂肪酸盐（肥皂）和甘油：



分解出来的肥皂，不但自身能被水清洗干净，同时还具有清洗油污的能力。

3. 不可皂化油性污垢

金属加工中所用的切削油、成形润滑剂、抛光膏（蜡）、防锈油脂、淬火油等，含有大量的矿物油、多种蜡、高分子聚合物、油性添加剂、各种金属皂类和烧结污垢（积炭）。在加工过程中，机床泄漏的导轨油、液压油等设备用油也会对工件造成污染，形成不可皂化油性污垢。

4. 长龄污垢

长龄污垢就是在金属表面存在的时间较长的污垢。在大多数情况下，表面污物是不稳定的。在放置过程中，由于润滑剂的聚合和氧化反应，其成分可能发生变化。如含有不饱和脂肪酸的切削液，在干燥天气放置久了，容易出现“风干”现象，而变得很难清洗。润滑剂，由于部分蒸发，特别是在温度过高的情况下，其黏度也会增加。对于机械加工的新生金属表面，润滑剂更容易黏附，同时发生复杂的摩擦化学反应，黏附污物不易除去。所以，最好是在污垢从一个工序生成后不久立即进行清洗工作。天气干燥时，长龄污垢对清洗难度的影响更大。对于污龄较长的零部件清洗，清洗剂及清洗工艺均应与刚产生的污物的清洗不同。

第三节 清洗目的

机械零部件清洗的目的是去除残留在零部件上的污染物，得到干净的零部件，在机械制造过程中的作用主要表现在如下几个方面。

1. 提高零部件的加工性能

为下一道工序的加工质量做保证，如洁净的零部件在加工中利于加工精度的准确性的满足，如精密机加工、表面磷化、电镀、涂漆、正空镀膜等精加工之前必须经过清洗，清除金属表面的污垢，加工才能够顺利进行，生产出合格的产品。

2. 提高产品的性能和使用寿命

工业机械，特别是精密机械在清洗之后，达到设计要求的清洁度，才能使机械产品的性能更好地发挥。精密的机械产品需要定期清洗，如发动机润滑系统、传动系液压系统等定期清洗，以保证其合适的运行清洁度。

3. 有利于维护机械设备的性能

清洗使用中或使用后的设备，不仅可以保证设备性能更好地发挥，还能延长设备的使用寿命。

4. 提高机械产品的质量

机械产品的清洁度是其质量指标之一，只有通过清洗生产过程中的零部件，保证装配前

的清洁度要求，冲洗整机的润滑和传动系统，降低装配和磨合产生的污染物，才能保证其运行所需要满足的清洁度。

总之，只有通过严格的清洗才能保证各生产工序零部件和整机的清洁度，提高机械产品质量，提升使用寿命和耐用性。

第四节 清洗注意事项

机械产品在生产过程中，零部件的清洗选择清洗方法时，应注意以下事项。

1. 被清洗对象的材质

如清洗金属材料，应考虑钢、铁、不锈钢、铜及铜合金、铝及铝合金等金属零部件强度、耐化学腐蚀性上有很大的区别。在清洗金属零部件时，要充分了解这些零部件材料的性能，有针对性地选择合适的清洗剂和清洗方法。

2. 被清洗对象的表面状态

清洗对象表面的粗糙度、有无氧化膜、外表形状等对清洗效果有一定的影响，在清洗及选用清洗剂时，要注意清洗对象的表面状态。

3. 污垢特点

对不同的污垢及污龄长短，选择不同的清洗剂和清洗方式，如清洗对象表面为油脂、切削液、水垢、铁锈、铁屑、灰尘、泥沙等，所选用的清洗剂和清洗方式大不相同。

4. 清洗对象要求的洁净程度

对于普通金属零件、高精度零部件及电子元件，由于表面加工精度不同，清洁度要求不同，因此选择的方法不同。随着清洁度要求的提高，清洗成本也迅速提高，因此，必须兼顾清洁度要求和经济性，选择合适的清洗剂和清洗方法。

5. 下一道工序的要求

不同的加工工序要求的清洁度不同，清洗剂和清洗方式的选择不同，如涂装前、电镀前的清洗，热处理前后的清洗等。

6. 清洗效率

提高清洗去污效率是十分重要的，如单纯的浸泡去除油污，清洗效率较低，适当增加物理作用，如加热、搅拌、循环流动、超声波处理或蒸汽清洗可以大大提高清洗效率，对于大批量机械零部件清洗，采用流水线清洗可以大幅度提高效率，因此，要根据实际需要选择不同的清洗方式。

7. 清洗剂的安全性

选择清洗剂时要充分考虑清洗剂的理化性能和环保性能，如是否易燃易爆、对皮肤刺激性如何、对人体有无毒性和清洗废液如何处理等，以免在清洗过程中造成不必要的意外事故和环境污染。

8. 清洗设备

高端清洗设备可以取得良好的清洗效果，但也要考虑到实际需要的必要性及经济承受

能力。

9. 经济性

在选择清洗剂 and 清洗方式时，必须考虑生产成本，在保证清洁度的前提下，选择使用合理清洗方式和清洗剂。

因此，在选择清洗剂和清洗方法时，必须对上述有关问题做出全面的综合了解，才能选择出最合理的清洗方案。

第五节 对清洗剂的技术要求

用于机械制造过程中的清洗剂，一般应满足下述的技术要求。用于不同加工工序的、不同清洗品质和清洗对象的清洗剂，对这些要求可以有所侧重或取舍。

① 清洗污垢的速度快，溶垢彻底。清洗剂本身对污垢有很强的反应、分散或溶解清除能力，在有限的时间内，可彻底除去污垢。

② 对清洗对象的损伤应在生产许可的限度内，对金属可能造成的腐蚀具有相应的抑制能力。

③ 清洗成本低，不造成过多的资源消耗。

④ 清洗剂对生物与环境无毒或低毒，所生成的废气、废液与废渣能够处理到符合国家相关法规的要求。

⑤ 清洗条件温和，尽量不依赖于附加的强化条件，如对温度、压力、力学性能等有过高的要求。

⑥ 清洗过程不在清洗对象表面残留不溶物，不产生新的污染物，不形成有害于后续工序的覆盖层，不影响产品质量。

⑦ 不产生影响清洗过程及现场卫生的泡沫和异味。

第六节 清洗剂的分类

机械制造过程中的零部件清洗常用的清洗剂，按化学组成可分为无机化学清洗剂和有机化学清洗剂，在一般情况下按主要作用分类。

1. 水和非水溶剂

清洗污垢的溶剂，是指能把清洗对象的污垢以溶解或分散的形式剥离下来，且没有稳定的化学组成确定的新生物质的物质，包括水及非水溶剂。

(1) 水 水是自然界存在的，也是最重要的溶剂。在工业清洗中，水既是多数化学清洗剂的溶剂，又是许多污垢的溶剂，在清洗中，凡是可以用水除去的场合，就不用非水溶剂及各种添加剂。

(2) 非水溶剂 非水溶剂包括烃与卤化烃、醇、醚、酮、酯、酚等及其混合物。它主要用于溶解有机污垢，如油垢及其有机化合物污垢。

2. 表面活性剂

分子中同时具有亲水的极性基团与亲油的非极性基团，当它的加入量很少时，既能大大降低溶剂（一般指水）的表面张力以及液/液界面张力，又具有润滑、增溶、乳化、分散和洗涤等作用。

表面活性剂有多种分类方法，普遍根据它在溶剂中的电离状态及亲水基团的离子类型分类。最常用的有阴离子表面活性剂、阳离子表面活性剂、两性表面活性剂以及非离子表面活性剂等，前三类为离子型表面活性剂。

表面活性剂在工业水基清洗中有着广泛的用途。

3. 酸-碱清洗剂

能够与污垢发生酸碱反应，使污垢转变为可溶解或分散于清洗液的清洗剂，大多为无机酸、碱以及水解后呈酸性或碱性的盐，有时也用到有机酸。

大多数酸-碱清洗剂是由酸、碱的水溶液加必要的助剂组成的。另一类在高温条件下以熔融状态和污垢作用的酸或碱，使原来不溶解或难溶解于清洗介质中的污垢，转化为易溶解的化合物，这类酸与碱通常称为熔融剂，这种清洗剂对于用溶剂或溶液难以清除的污垢有良好的效果。

4. 氧化-还原剂

能与污垢发生氧化还原反应而清除污垢的物质，即为清洗用氧化剂或还原剂，包括熔融剂。

氧化剂用于清除有还原性的污垢，如有机污垢。还原剂用于清除有氧化性的污垢，如铁锈等。

5. 金属离子螯合剂

能与污垢中的金属离子发生螯合反应，使污垢转变为易溶于清洗剂的螯合物，这种清洗剂或助剂为螯合剂，常用在锈垢及无机盐垢的清洗。

在机械加工过程中的清洗，根据清洗体系及环境的要求，通常添加有各种助剂，如消泡剂、缓蚀剂、pH值调节剂、防锈剂等，以满足金属清洗过程中的要求。

第七节 常用清洗技术简介

在机械制造过程中，对零部件的清洗常用的清洗技术，需要根据被清洗对象的不同及清洗效果的要求选择。通常采用的清洗技术按清洗形式分为以下几种。

1. 人工擦洗

利用干洗剂或清洗液直接擦洗、清洗工件表面，适用于单件或小批量且清洁要求不高的零部件清洗。

2. 浸泡清洗

将清洗零部件放入清洗液中浸泡一段时间即可达到清洗目的，操作简便，易于实现自动化控制，主要用于大批量且油污黏附较低的零部件清洗。浸泡通常是多步骤清洗的前奏，可