

中等专业学校教学用书

煤矿机械修理与安装

郭振中 编

煤炭工业出版社

TD407
G-999

中等专业学校教学用书

煤矿机械修理与安装

郭振中 编

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书主要包括一般机械、矿山机械部件的修理和安装技术,内容由浅入深,密切结合我国矿山机械厂与现有工艺水平,总结了较丰富的操作经验,有一定的理论分析。不仅适于作煤矿中等专业学校机电、机械专业教材,也是修配厂工程技术人员及工人日常工作中有用的参考资料。

责任编辑:王 树 范

中等专业学校教学用书

煤矿机械修理与安装

郭 振 中 编

煤炭工业出版社 出版

(北京安里门内和平北路15号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

开本 787×1092mm^{1/16} 印张 13^{1/4}

字数 310 千字 印数 36,146—66,670

1983年6月第1版 1989年5月第3次印刷

ISBN 7-5020-0263-4/TD·252

书号 2561

定元 2.40价

前 言

本书初稿，是按一九七七年全国煤矿中等专业学校教育工作座谈会所制订的《煤矿机械修理与安装》课程教学大纲编写，于一九七八年十一月由大同煤矿学校印刷，作为试用教材发行。现在通过两年来的应用，根据各方面提出的意见，按照一九八一年修订的教学大纲作了修改：除更正了原书中的多处公式、插图、符号和文字叙述的错误之外，主要加强了机械零件的摩擦和磨损基本理论、仪器探伤原理和方法、静平衡试验和固定机械安装方法等内容。

编入本书的内容较教学大纲略多，讲授时，可根据具体情况，作适当的取舍。

本书初稿，由大同煤矿学校，峰峰煤矿学校和鸡西煤矿学校合编。这次由大同煤矿学校郭振中修改。由于水平所限，调查研究不够，书中一定会有不少错误和缺点，希望广大读者提出批评和指正。

编 者 一九八二年五月

ABF01/07

目 录

绪论	1
第一章 机械零件的磨损与润滑	3
第一节 摩擦的本质和种类	3
第二节 机械零件的磨损	6
第三节 润滑材料	11
第二章 煤矿机械零件修理的一般工艺	24
第一节 焊接修理法	24
第二节 零件的金属电镀修理法	28
第三章 通用零件、部件的修理与装配	35
第一节 零部件的检修过程	35
第二节 轴类零件的修理与装配	42
第三节 静配合联接件的装配	48
第四节 滑动轴承的装配调整和修理	57
第五节 滚动轴承的拆卸、装配和调整	68
第六节 齿轮和蜗轮传动的修理与装配	76
第四章 煤矿机械设备的修理与装配	87
第一节 提升设备的修理与装配	87
第二节 往复式空气压缩机的修理与装配	95
第三节 矿山排水设备的修理与装配	105
第四节 通风机的修理与装配	110
第五节 静平衡试验	113
第五章 矿山机械设备的安装	121
第一节 安装用的设备、工具、材料和技术文件	121
第二节 机器和基础的连接装置	122
第三节 安装工作中检验的基本方法	127
第四节 联轴器的安装与检查	133
第五节 矿井提升机的安装程序	143
第六节 大型卧式水泵、往复式压气机、大型轴流式通风机的安装特点	150
第七节 试运转	155
第八节 设备修理安装常用材料的选择	158
第六章 齿轮测绘	163
第一节 直齿圆柱齿轮的测绘	163
第二节 斜齿(人字齿)圆柱齿轮的测绘	184
第三节 圆锥齿轮的测绘	197

绪 论

机器在运转中, 随时间的推移, 其零、部件必然要发生磨损和损坏, 处在恶劣条件下工作的煤矿机械更是如此。因此我们除了加强技术管理、合理使用、降低零、部件的损耗率以延长修理周期和使用寿命外, 要不断改善和更新修理技术, 使煤矿机械的修理工艺得到提高。

一、煤矿机械修理和安装工作的重要性

机器由于其零件不断地受到摩擦、冲击、高温或介质的腐蚀作用而逐渐磨损, 如果运转和维护不良、操作失当、以及修理和安装质量不符合要求, 还会引起过早磨损, 致使零件的几何形状、尺寸或金属表面性质发生变化, 从而导致零件的精度及其使用性能的丧失。当这种情况超过一定限度时, 将缩短机器的寿命, 严重时还会出现设备和人身事故。

实践证明, 掌握机器的人们, 只要努力认识零、部件磨损和损坏的规律, 正确操作, 精心维护保养, 及时进行修理和高质量地安装, 就能使机器经常处于正常运转状态, 使其发挥更大的效能。

二、我国煤矿机械修理和安装技术的发展概况

解放前, 由于我国的工业极其落后, 煤矿中设备破旧, 残缺不全型式杂乱, 生产效率极低。广大工人文化技术落后, 所以, 对设备的修理和安装工作无论是操作技术或理论水平都很低下, 更没有专业的修理队伍。

解放后, 煤矿中机械设备的数量和品种增加很快, 修理技术也相应发展起来。目前已经积累了较丰富的经验, 有了各种性质的专业队伍, 制订了比较完整的技术操作规范和规章制度, 技艺不断提高, 可以进行各种复杂和大型设备的修理和安装工程。今后除了应继续总结先进的操作经验外, 还应多从事些专题研究, 使我国的机械修理工作在实现四个现代化的进程中得到更大的发展。

三、煤矿机械修理与安装工作的特点

(1) 现代煤矿机械种类、型号很多、构造复杂、精度较高, 要求修理工作技术全面。由于多数工作在室外或井下恶劣环境之下, 所以要求修理工作安全可靠。

(2) 煤矿固定设备的修理安装, 一般要求施工时间短, 工作量大、质量可靠。

(3) 和其它机器的修理一样, 煤矿机械的修理也以钳工操作为主。故工人的操作技艺相当重要, 当然和必须的加工设备的精度和操作也是密切相关的。

(4) 煤矿机械中的水管、风管、油管及液压零、部件, 修理后必须满足防漏、防腐及防爆的要求。

四、煤矿机械修理与安装的内容

本课程主要包括下列内容

机械零件的磨损与润滑分析, 为减少摩擦零件的磨损, 合理地选择润滑材料提供了理论依据。

机械零件修理的一般要求, 是恢复磨损零件的尺寸及其物理或化学性能。

通用零件与部件的修理和装配，集中地阐述了煤矿机械共同具有的传动零、部件的拆卸、检查、装配、调整和修理的方法和工艺过程。

煤矿机械设备的修理与装配，以固定机械中的具体机械为代表，叙述了主要零部件的拆卸、装配、调整和修理内容。

安装部分，叙述了固定机械安装工作的一般程序和方法，并讲解了大型绞车、水泵、通风机和压气机的安装特点。

齿轮测绘，以我国采用的公制齿形为主，结合英制齿形和其它国家的一些具体规定，讲解了除圆弧齿形以外的圆柱齿轮，圆锥齿轮的主要参数的测定方法。

第一章 机械零件的磨损与润滑

保证机器的正常运转和延长其使用寿命，是煤矿安全生产，完成和超额完成生产任务的重要手段。

机器使用寿命的长短，取决于机器运转技术状况的好坏。而机器技术状况的好坏，在很大程度上决定于使用和维护的质量。当机器技术经济指标显著改变而达不到规定的要求，如发动机功率下降，工作机构工作能力或效率下降，冲击振动负荷加大，发出不正常的音响与温升，燃油及润滑油耗量明显增加等，都会直接影响机器的寿命。

为了做好机器的使用和维护工作，必须要掌握一定的有关摩擦、磨损规律和润滑方面的基本知识。

本章主要介绍有关摩擦的本质、摩擦和磨损的种类、磨损的规律、影响磨损的因素和减少磨损的措施等方面的一些基本知识，并介绍润滑剂的性质、品种和常用的几种润滑方式的选用等方面的一些基本知识。

第一节 摩擦的本质和种类

一、摩擦的本质

相接触的物体相对运动时发生阻力的现象叫摩擦。这种阻力叫摩擦力。摩擦力的特征是经常阻碍着两个摩擦物体间的相对运动，甚至会阻止运动的发生。

当两个摩擦物体的粗糙表面相互靠近时，一般仅在个别点上发生接触，如图1-1所示，此时，接触点上的分子在分子引力的作用之下能互相结合起来。当物体发生相对运动时，这些结合势必遭到破坏，但同时又在新的接触点上发生结合。破坏了这些就会使运动产生一种阻力。另外，两个接触面上凹凸不平的谷峰之间的互相机械的啮合也会产生阻力。因此，总的摩擦力是由分子结合与机械啮合所产生阻力的总和。这就是近代比较完整的分子机械摩擦理论。按照分子机械摩擦理论可以合理地解释下面的现象，即当摩擦表面的粗糙度减小时，摩擦系数 f 降低至某一最小值 $f_{\text{最小}}$ （相应的为最适宜的粗糙度 $H_{\text{最适宜}}$ ）以后反而逐渐增加，如图1-2所示，这是因为提高表面的加工光洁度，就会增加接触点和结合点的

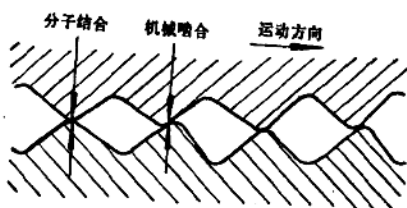


图 1-1 粗糙表面的接触图

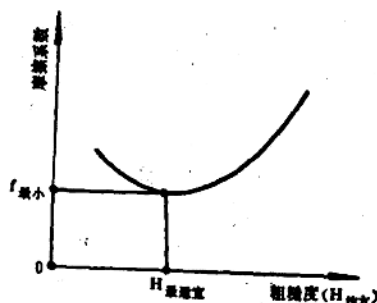


图 1-2 粗糙度和摩擦系数的关系曲线

数目，所以摩擦表面之间的分子引力也就相应地增大，这时，影响摩擦力大小的主要因素是分子结合而不是机械的啮合。但当摩擦表面的粗糙度大于最适宜的粗糙度时，摩擦力将随着粗糙度的增加而迅速增加，这时，影响摩擦力大小的主要因素是机械的啮合而不是分子的结合。

二、摩擦种类

根据摩擦物体的运动状态，摩擦可分为静摩擦和动摩擦。静摩擦的摩擦系数总是要比动摩擦系数大一些。

根据摩擦物体的运动方式，摩擦可分为滑动摩擦和滚动摩擦两种。在干燥状态下，滑动摩擦系数要比滚动摩擦系数大10~100倍。

根据摩擦物体的表面润滑程度，可分为干摩擦、液体摩擦、界限摩擦、半液体和半干摩擦等数种。现分述如下：

1. 干摩擦

在摩擦表面之间，完全没有润滑油和其他杂质，摩擦表面之间作相对运动时所产生的摩擦叫做干摩擦，如图1-3a所示。例如，制动闸瓦与制动轮作相对运动时即产生干摩擦。干摩擦时摩擦表面上的磨损是很严重的。但是，随着使用条件的不同，干摩擦的作用可能成为有益的，也可能成为有害的。如在各种摩擦传动装置和制动器中的干摩擦是有益的，所以可以利用它；而在各种滑动轴承中的干摩擦是有害的，因此需要防止它。

干摩擦状态下摩擦力的大小由下式确定：

(1) 干滑动摩擦

干滑动摩擦的摩擦力 F 可用库伦二项式表示：

$$F = fN + A$$

式中 f ——干滑动摩擦系数；

N ——正压力；

A ——与正压力无关而仅与接触面大小有关的系数。

由于 A 比 fN 小的多，且不容易确定，故实际采用：

$$F = fN$$

干滑动摩擦的摩擦系数很大，大约 $f = 0.1 \sim 0.5$ ，有时可超过1.0。

(2) 干滚动摩擦

滚动摩擦是一个物体沿另一物体表面滚动时，对滚动物体产生的阻碍现象。滚动摩擦是以阻力矩的形式起作用的，摩擦力的大小与接触面的变形有关；变形大，摩擦力大；变形小，摩擦力小。其摩擦力可用下式确定：

$$F = \lambda \frac{N}{R}$$

式中 R ——滚动半径（厘米）；

N ——正压力（公斤）；

λ ——滚动摩擦系数（厘米）。

λ 与 N 、 R 与滚动速度无关，而仅与材料表面状态有关。

相对滚动的物体为铸铁与铸铁时， $\lambda = 0.5$ 厘米；相对滚动的物体为软钢与钢时， $\lambda = 0.05$ 厘米；相对滚动的物体为钢质车轮与钢轨时， $\lambda = 0.5$ 厘米；

由于摩擦面间存在着分子的相互作用力, 所以不能单纯的用提高表面光洁度的方法来减少摩擦力。通过在摩擦面间引入润滑油的方法, 可以避免摩擦面直接接触, 从而减少由分子吸引力产生的摩擦力。

2. 液体摩擦

在两个滑动摩擦表面之间, 由于充满润滑剂, 因而表面不发生直接接触, 这时的摩擦不是发生在两摩擦表面上, 而是发生在润滑剂的内部, 所以称为液体摩擦, 如图1-3d所示。

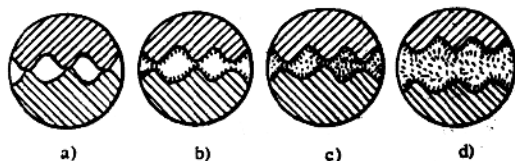


图 1-3 滑动摩擦的种类

a—干摩擦; b—界限摩擦; c—半液体和半干摩擦; d—液体摩擦

液体摩擦的摩擦系数很小, 大约 $f = 0.003 \sim 0.01$ 。液体摩擦时摩擦表面不发生磨损。

在一切机器零件的摩擦表面上, 必须尽力建立液体摩擦, 只有这样才能延长零件的使用寿命。一般滑动轴承在正常工作和润滑条件下能获得液体摩擦, 例如空气压缩机的主轴瓦。

相对运动的两零件表面之间充满润滑油时, 润滑油各层具有不同的速度, 使各层间产生相对移动, 由此发生了液体摩擦, 其摩擦力可用下面公式表示:

$$F = \eta \frac{SV}{h}$$

式中 F ——摩擦力 (公斤);

η ——润滑油的绝对粘度 (公斤·秒/米²);

S ——摩擦表面面积 (米²);

V ——轴颈相对轴承的圆周速度 (米/秒);

h ——润滑油层厚度 (米)。

3. 界限摩擦 (边界摩擦)

在两个滑动摩擦表面之间, 由于润滑剂供应非常不足, 根本无法建立液体摩擦, 而只能依靠润滑剂中的极性油分子在摩擦表面上形成一层极薄 (厚度 $0.1 \sim 0.2$ 微米) 的油膜, 这层油膜能很牢固地吸附在金属的摩擦表面上, 这时, 相互接触的不是摩擦表面本身 (或有个别点直接接触), 而是表面的油膜, 如图1-3b所示。这种油膜润滑状态下的摩擦是液体摩擦过渡到干摩擦的最后界限, 所以称为界限摩擦。界限摩擦的摩擦系数 $f = 0.01 \sim 0.1$, 其磨损还是相当大的。在实际使用中, 当机器在起动和制动时, 各种摩擦表面间都可能发生界限摩擦。

4. 半液体和半干摩擦

相对运动的两个零件表面之间, 由于润滑剂供应条件不够完善, 无法形成完全的液体摩擦, 因而在摩擦表面上有部分发生于摩擦或界限摩擦, 这种介于液体摩擦与干摩擦之间的过渡状态的摩擦, 叫做半液体和半干摩擦, 如图1-3c所示。半液体摩擦接近于液体摩擦, 而半干摩擦接近于界限摩擦或干摩擦。

半液体和半干摩擦常发生在如下几种情况: 机器在起动和制动时 (如提升机的主轴瓦); 配合零件作往复运动和摆动时 (如压气机的活塞环); 机器的运行速度和负荷剧烈变化时; 机器在高温和高压下工作时; 滑动轴承间隙较大时; 润滑油的粘度过小和供应不足时。

第二节 机械零件的磨损

作相对运动的零件，由于相接触的表面都存在着摩擦（滑动或滚动）现象，致使零部件不断磨损。当磨损超过一定限度时，零件间的合理配合就遭到破坏，导致机器工作性能的降低或变坏。

零部件的磨损是引起机器正常检修的主要原因。

一、磨损的种类及形式

在机器零件克服摩擦阻力进行相对运动过程中，将必然产生磨损。零件磨损的主要表现为：改变原来的尺寸和几何形状，加大原来的配合间隙，从而破坏了规定的配合性质。

根据磨损延续时间的长短，分为正常的磨损和事故磨损两类。

1. 正常磨损

正常磨损是指机器在正常工作条件下，经过长期运转所引起的零件磨损。其特点是磨损量均匀而逐渐增加，经过相当长的时间才形成，不会引起机器的工作性能的过早或迅速降低。

正常磨损的速度与下列因素有关：机器的构造特点；工作条件；机器的使用与维护保养质量；检查、修理和装配的质量；摩擦表面的润滑状况；润滑剂的性质和品种；单位面积压力的大小；零件的材质；零件加工精度和光洁度等。

2. 事故磨损

事故磨损是指机器零件在不正常的工作条件下，过早地产生的磨损。其特点是：磨损量不均匀而突然地增加，引起机器工作性能过早或迅速地降低，甚至突然发生机器或零件的损坏事故。

事故磨损是由于下列因素造成的：机器的构造有缺陷；零件材料的质量低劣（如机械性能差，有裂缝、缩孔、砂眼和气孔等）；零件制造和加工不良；部件或机器的装配或安装不正确；违反机器的安全技术操作规程和润滑规程；修理不及时或修理质量不高以及其他意外的原因等。在一般的情况下，当自然磨损达到一定的极限值后，而没有及时地进行修理，是发生事故磨损的主要原因。

零部件的磨损是由各种各样机械的、物理的及化学的原因，极其复杂的综合引起的。磨损的外部表现形式是多种多样的。在矿山机械中常遇到零件磨损形式，主要有以下几种：

（1）磨粒磨损：磨粒磨损是当有硬质微粒进入摩擦表面间时，摩擦表面被硬粒切下切屑而形成刮伤的一种磨损。这种硬粒可能从外界进入润滑油或摩擦面上，或是运动副的磨损产物；或是零件本身材料组织中的硬点；铸件本身带来的夹砂等。这种磨损表现为一种连续的切削作用。一般讲这是防护不良，润滑油不洁净的摩擦表面上经常发生的磨损，是磨损类型最为普遍的一种。开式齿轮传动的齿面间和开式链传动的链销中（如装岩机链子），都能产生这种磨损。

（2）刮研磨损：这是各种摩擦件之间最普遍的一种正常磨损。是由于摩擦表面的微观不平度而发生的磨损。主要是两摩擦件中较硬一面的表面凸起，对于较软一面所引起的切削作用形成的（不平表面的峰谷啮合被刮平或峰顶因塑性变形被碾平的结果）。特别当

新的摩擦副开始运转时,其刮研磨损速度较快,这时的刮研能提高表面的宏观和微观精度,改善配备质量。当磨损达到一定程度后,因接触面积增大,单位面积压力降低,其磨损速度即降低。它是大多数磨损表面在开始工作的一段时间内发生的磨损形式。如滑动轴承的初磨期即为刮研磨损。

(3) 点蚀磨损:主要表现为零部、件接触面上金属微粒的剥落。即由于表面上有重复的接触应力,在表面上引起微观裂痕,这些裂痕逐渐扩大,以致形成麻斑式的剥落。这种疲劳剥落主要发生在滚动摩擦中。闭式齿轮传动的齿面(尤其淬硬齿轮),滚动轴承摩擦表面的正常磨损,都属于这种形式。

(4) 胶合磨损:在滑动磨损表面间,当润滑油不足、滑动速度高、单位面积压力过大时,产生局部摩擦热量和塑性变形热量,使较软材料局部熔化,粘在另一零件表面上被撕裂下来而造成磨损。对高速重载润滑不良的齿轮、蜗轮、滑动轴承等,经常发生这种磨损。两个未淬火钢零件相互滑动时,最易产生胶合现象,使摩擦表面形成各种各样的沟痕。

(5) 塑性变形:表面层的塑性变形,表现为金属流出了接触的范围。塑性变形可能在摩擦与磨损的同时产生,也可能在没有相对滑动时产生。这种破坏方式大多数发生在塑性较大的材料中。但是,像淬火钢或类似淬火钢的材料,在一定条件下也会出现塑性变形。

(6) 金属表面的腐蚀:这种损坏常常通过氧化物介质在金属的表面上不断渗透,使金属表层氧化,变为松软多孔,从而脱落。表面腐蚀有两种,即化学腐蚀和电化学腐蚀。

机器在工作中,在同一摩擦面上上述各种磨损形式是综合出现的,只是在某一特定条件下总有一种磨损形式起主要作用,必须认真分析抓住主要矛盾才能解决问题。

二、磨损的规律

机器在运行过程中,每个零件的磨损速度是不一致的,但是它们的基本变化规律是相同的。

图1-4表示滑动轴承和轴颈均匀磨损时配合间隙的变化情况。图1-5是表示其磨损变化规律的曲线。

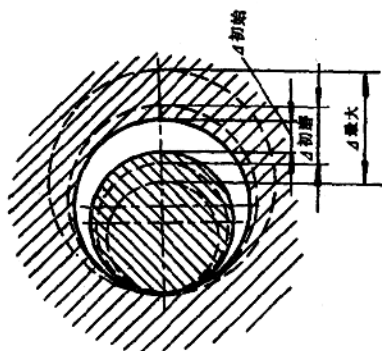


图 1-4 轴颈和轴承组合件均匀磨损时配合间隙的变化情况

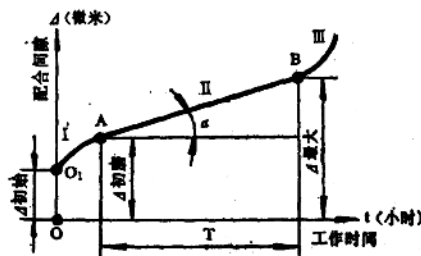


图 1-5 组合件磨损曲线

I—试车初磨期; II—自然磨后期; III—事故磨后期

从图中看出, 磨损的过程一般分三个阶段。

第一阶段 (O_1A 段): 是跑合磨损阶段。它发生在新制零件表面刚开始工作的一段时间内, 是轴承在新装配或修理好后的初磨阶段, 它是由刮研磨损及刮研下的微粒所引起的硬粒磨损所造成。在这一阶段内, 曲线上升很快 (磨损量相对逐渐减小), 表示在初磨的跑合磨损阶段内的磨损速度较大。这是由于零件在加工时所造成的最初不平度, 最容易被破坏、擦伤或磨平而形成的, 由于表面不平度逐渐减小, 实际接触面不断增加, 同时, 峰顶发生塑性变形而产生冷作硬化作用, 提高了表面耐磨性能, 使磨损速度由开始的最大值 (O_1 点斜率) 而逐渐降低 (A 点斜率)。这时的间隙由刚装好的初始间隙 $\Delta_{初磨}$ 增大到 $\Delta_{初磨}$ 。

第二阶段 (AB 段) 是正常磨损阶段, 近似于一条直线, 它表示磨损速度几乎为一个常数。在这一阶段中, 磨损速度既稳定而又低, 为正常磨损阶段。

轴承与轴颈的磨损成直线关系均匀地上升, 与水平线成 α 角, 这时间隙由 $\Delta_{初磨}$ 逐渐增大到最大的允许间隙 $\Delta_{最大}$, 这一阶段所延续的时间 T , 就是零件正常工作的时间。它随影响磨损的各种因素而变化, 如设计合理、制造与装配精度高、使用维护良好, 可达数千或数万小时。

第三阶段: 是最大磨损阶段, 磨损达到 B 点后, 由于长期磨损的积累, 引起摩擦副工作性能的质变 (超过 $\Delta_{最大}$), 以致动力冲击载荷超过了允许限度, 表面微小裂缝联合起来形成较大的脱粒、脱皮, 破坏了润滑油膜, 使磨损速度急剧加快, 磨损量短时间内达到很大数值。至此, 如再继续运转即有随时发生事故的可能, 这一阶段即称为最大磨损阶段。因此, 当磨损到 $\Delta_{最大}$ 时, 应停车检修。

零件的正常工作时间 (修理周期) 可用下式计算:

$$T = \frac{\Delta_{最大} - \Delta_{初磨}}{\text{tg}\alpha}$$

式中 T ——零件正常工作时间 (小时);

$\Delta_{初磨}$ ——滑动摩擦零件之间由最初配合间隙 $\Delta_{初磨}$ 经过第一阶段磨损后所得到的间隙值;

$\Delta_{最大}$ ——滑动摩擦零件之间经过磨损后的最大允许配合间隙, $\Delta_{最大} = (2 \sim 5) \Delta_{初磨}$ 对低速重载机器的轴承取较大值, 对高速轻载的轴承取较小值;

$\text{tg}\alpha$ ——零件磨损速度 (即单位时间内配合间隙的增加量) (微米/小时)。

各类零件的磨损速度 ($\text{tg}\alpha$) 是不一致的, 它们的数值可以通过试验确定。如润滑和转速条件不变, 则磨损速度与材料的性质、加工精度、摩擦表面的压强有关。而在工作条件已定时, 如能很好地限制表面的压力强度 P 及 PV (压强与表面相对速度之积) 即可以控制磨损速度。

一般对新安装或刚修完的机器, 在正式使用前应进行试运转, 先由空转开始, 逐渐加大载荷, 如能顺利地经过跑合磨损, 就可以使机器在以后的使用中处于正常磨损阶段。

机器在维护、检修过程中, 应尽量采取适当的措施, 保证尽快地经历完跑合磨损阶段, 延长正常磨损阶段, 防止最大磨损阶段。

三、影响磨损的因素和减小磨损的途径

1. 润滑

由于零部件磨损主要是由摩擦力所引起, 而摩擦力之大小直接受润滑好坏的影响, 所

以, 润滑对机器零、部件的磨损有很大关系。如果能正确地确定合理的润滑系统和润滑材料, 保证有良好的润滑条件, 并认真执行润滑制度, 就能提高零、部件的使用寿命, 保证机器正常运行。

从前述可知, 在摩擦表面建立液体摩擦以后, 摩擦系数可以降低十倍以至更多倍, 所以, 在摩擦表面建立液体摩擦是减少摩擦损失的重要措施。但实践证明, 由于机器经常不断地停车、起动、以及载荷的变化, 保证不了液体摩擦条件的始终稳定, 使液体摩擦条件受到破坏, 引起不可避免的磨损。

建立液体摩擦的必要条件是:

(1) 合适的配合间隙, 确保在有润滑油液的情况下, 摩擦表面间能产生一定厚度并有承载能力的油膜, 使配合件表面不发生接触。

(2) 润滑油供应充足, 并有一定的压力和流入速度。润滑油的粘度和其他性能应符合工作条件要求。

(3) 轴颈必须具有足够高的转速。

(4) 轴颈与轴承的加工精度和配合表面的加工光洁度应适当。

(5) 注油孔和油槽应设计在轴承的承载区以外。

2. 零件材料

(1) 材料的屈服极限 σ_s 的影响

在一定的载荷作用下, 材料的屈服极限 σ_s 愈高, 滑动摩擦下的胶合磨损倾向愈小, 滚动摩擦下的摩擦疲劳过程的速度愈低。试验指出, 在其他条件相同时, 10号钢在低速下产生强烈的胶合磨损。而10号优质钢则完全避免了胶合磨损。

(2) 材料硬度及含碳量的影响

实践证明, 在同样条件下工作的碳钢零件, 其耐磨性随着硬度和含碳量的提高而提高, 如图1-6和图1-7所示。

但是, 高硬度的零件只有在一定的表面光洁度时, 才能具有较好的耐磨性。表面加工质量较差时, 在工作过程中波峰处会脱落, 形成磨料而加剧磨损。

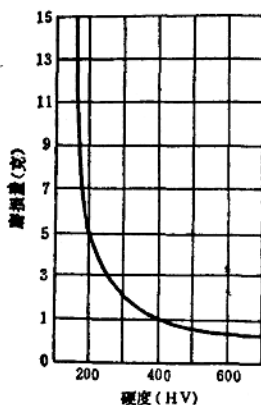


图 1-6 碳钢耐磨性与硬度的关系

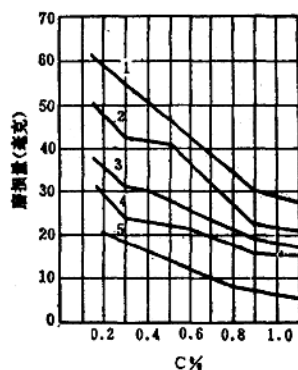


图 1-7 碳钢耐磨性与含碳量及结构的关系

1—钢锭状态; 2—珠光体; 3—索氏体; 4—托氏体; 5—马氏体

(3) 一些金属材料,如巴氏合金中的铅和锡,铸铁中的石墨,具有自润滑作用,摩擦系数小,所以磨损速度缓慢。

(4) 选用非金属减磨材料(如塑料)制造轴承零件,在有一定散热装置的情况下,耐磨性能较好。

(5) 金属粉末压制成的轴承,使用效果也很好,它可以增加轴承材料的孔隙度,保证润滑油的蓄集,从而提高耐磨性能。

3. 零件运动速度及单位压力

有润滑油时,零件相对运动速度愈高,愈易形成液体摩擦而减少磨损。在干摩擦条件下,速度增加会因单位时间内滑过的路程增长而使磨损增加。

零件间单位压力增加时,会使磨损加剧。因此一般不应长时间超负荷和使其产生冲击载荷。

4. 温度对磨损的影响

温度主要影响润滑油吸附性薄膜的强度。润滑油膜有相当高的机械稳定性,但化学稳定性较差,在高温产生化学变化时,润滑油便失去吸附性能。一般润滑油的安全温度为 $50\sim 60^{\circ}\text{C}$ 。当温度达到 $150\sim 200^{\circ}\text{C}$ 时,摩擦表面的油膜便遭到破坏,摩擦性质由界限摩擦变为干摩擦,磨损也随之加剧。

5. 零件表面加工质量

(1) 宏观几何形状的影响

宏观几何形状精度指加工后实际形状与理论形状的偏差,即形位公差精度,如椭圆度、不柱度、不平行度和不垂直度等。宏观几何形状的误差使零件表面载荷分布不均匀,集中于局部地方,容易造成局部严重磨损。

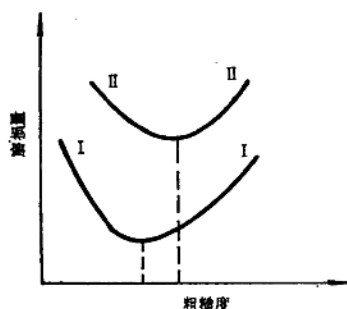


图 1-8 零件磨损量与表面光洁度的关系

(2) 表面光洁度的影响

表面光洁度又称为微观几何形状,由试验测得有如下关系;如图1-8所示。

曲线I为轻载荷的情况,曲线II为重载荷的情况。从图中可以看出:

1) 每一种载荷下有一个最合理的光洁度,其磨损量最小;

2) 轻载荷比重载荷的合理光洁度要求要高些;

3) 在相同载荷下,一般来说,光洁度愈高,磨损愈小,但超过合理点 O_1 、 O_2 后,磨损量又会逐渐上升。这是因为过高的光洁度会使接触面增大,分子间吸引力增强,产生胶合磨损的可能性增大。磨损量最小点在 $\nabla 8\sim \nabla 10$ 左右。

(3) 刀痕方向的影响

刀痕方向对磨损影响较大,如果两摩擦表面的刀痕方向是平行的,并与运动方向一致,则磨损小。如果两摩擦面的刀痕方向平行,但与运动方向垂直,则磨损大。如刀痕方向与运动方向交叉时,则磨损在上述两者之间。

6. 零件的配合间隙

零件间配合间隙对零件的磨损影响很大,一般间隙不能过大,也不应过小。当间隙过小时,不易形成液体摩擦,容易产生高的摩擦热且不易散出,从而产生胶合磨损甚至产生

摩擦副咬死现象。当间隙过大时,同样不易形成液体摩擦,而且会产生冲击载荷而加剧磨损。因此配合间隙大到一定程度时,即应进行修复,以恢复其原有的配合间隙。一些动配合件的同心度、水平度、垂直度相配合或组装不好,都将因配合表面接触不良而引起负荷分布不均,加速零件磨损。

第三节 润 滑 材 料

润滑剂在减少机器零件的摩擦和磨损以及冷却摩擦表面等方面都有重要的作用。润滑剂有液体、半固体和固体三种,通常分别称为润滑油、润滑脂和固体润滑剂。现分述如下:

一、润滑油

液体状态的润滑剂称为润滑油或稀油。动物油和植物油的润滑性好,容易获得液体摩擦,但容易腐臭(氧化),价格又高,所以工业上多应用廉价的矿物油作为润滑油。

有时为了改善矿物润滑油的性质,以适应不同要求,常在矿物润滑油中掺入植物油或动物油而制成混合油。近年来,合成润滑油获得广泛的应用。

润滑油的主要功用是减摩、冷却和防腐。

1. 润滑油的主要物理化学性能

润滑油的主要物理化学性能包括以下几种:粘度、闪点、凝固点和润滑性(油性)。同时,其中还夹杂有机械杂质、水溶性酸、水溶性碱。

(1) 粘度:它是指液体内部分子与分子之间发生相对运动时所产生的摩擦阻力。粘度是润滑油最重要的质量指标,润滑油常以它来划分牌号。粘度可分为绝对粘度、运动粘度和相对粘度三种。现分述如下:

1) 绝对粘度:凡是以相距单位长度(米或厘米)的两个单位面积(米²或厘米²)的油层,以单位速度(米/秒或厘米/秒)作相对移动时,克服摩擦阻力所需的力(公斤或达因)作为粘度单位的称为绝对粘度(或动力粘度)。绝对粘度的单位,工程单位为(公斤·秒/米²);物理单位为(达因·秒/厘米²)或称为(泊);二者的换算关系为,

$$1 \text{ 公斤} \cdot \text{秒} / \text{米}^2 = 9.81 \text{ 泊} = 9810 \text{ 厘泊}$$

$$1 \text{ 泊} = 0.0102 \text{ 公斤} \cdot \text{秒} / \text{米}^2 = 100 \text{ 厘泊}$$

绝对粘度通常以 μ 表示。当指一定温度下的绝对粘度时以 μ_t 表示。

2) 运动粘度:它是绝对速度与同温度的润滑油密度的比值。通常以 V_t 表示。运动粘度的单位,工程单位为(公斤·秒/米²);物理单位为(厘米²/秒)或称为 S_t (沱),而1(沱)=100(厘沱)。

3) 相对粘度:在实际应用中,润滑油的粘度通常都应用相对粘度(或条件粘度)。相对粘度是以图1-9所示恩格列尔粘度计测出的恩氏粘度来表示的,即在某温度 t (°C)下200毫升的润滑油试样在恩氏粘度计中流出所需的时间与20°C时同体积蒸馏水流出所需的时间比值。通常以($^{\circ}E_t$)表示。相对粘度较高的润滑油是在100°C时测定的,以($^{\circ}E_{100}$)表示,相对粘度较低的润

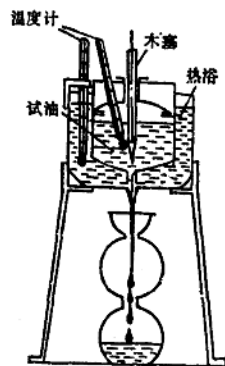


图 1-9 恩格列尔粘度计

油是在50℃时确定的，以 (E_{50}) 表示。

相对粘度 (恩氏粘度) 和运动粘度的相互换算可查表1-1。

表 1-1 运动粘度 (厘沱) 与相对粘度 (E) 换算表

(厘沱)	(E)	(厘沱)	(E)	(厘沱)	(E)	(厘沱)	(E)
1	1.00	20	2.95	39	5.37	58	7.88
2	1.10	21	3.07	40	5.50	59	8.00
3	1.20	22	3.19	41	5.63	60	8.13
4	1.29	23	3.31	42	5.76	61	8.26
5	1.39	24	3.43	43	5.89	62	8.40
6	1.48	25	3.56	44	6.02	63	8.53
7	1.57	26	3.68	45	6.16	64	8.66
8	1.67	27	3.81	46	6.28	65	8.80
9	1.76	28	3.95	47	6.42	66	8.93
10	1.86	29	4.07	48	6.55	67	9.06
11	1.96	30	4.20	49	6.68	68	9.20
12	2.05	31	4.33	50	6.81	69	9.34
13	2.15	32	4.46	51	6.94	70	9.48
14	2.26	33	4.59	52	7.07	71	9.61
15	2.37	34	4.72	53	7.20	72	9.75
16	2.48	35	4.85	54	7.33	73	9.88
17	2.60	36	4.98	55	7.47	74	10.01
18	2.72	37	5.11	56	7.60	75	10.15
19	2.83	38	5.24	57	7.73		

注：当运动粘度的数值较大时，可按下列经验公式计算，

$$v_t = 7.41 \times {}^{\circ}E_t \text{ 或 } {}^{\circ}E_t = 0.135 \times v_t$$

在不大的压力范围内，润滑油的粘度实际上是不变的，但是压力在 50 公斤/厘米²以上，粘度就会随着压力的升高而增加。压力越大，粘度增加得越快。

如果没有适当粘度的润滑油，则可以用两种粘度不同的润滑油（粘度略大和略小的油）混合起来使用。这可用混合油的计算图来解决，如图1-10所示。计算图中的纵座标轴上列有油的粘度 (E_1)，而横座标则是混合油中各种油的（容积或重量）百分比。

例如，现有粘度为2.8 (E_{50}) 的A油和粘度为7 (E_{50}) 的B油，需要配制成粘度为4 (E_{50}) 的混合油，求A油和B油应各占多少百分比？

解决这个问题时，可在图1-10所示的混合油计算图中的纵座标轴上，依照A油和B油的粘度找出两个点，并用直线相连，然后在纵座标上找到粘度为4 (E_{50}) 的点，并经过该点作一个与横座标轴相平行的直线与前面的直线相交。从这个交点向下作垂线到达横座标轴上，即可得到A油与B油的百分比。在这个例子中A油应占55%，B油应占45%。

各种机器要使用什么样粘度的润滑油，应根据该机器工作条件来决定。比如高速机器要使用粘度较小的润滑油，而在较高温度条件下工作的机器，宜选择粘度较大的润滑油。同一个机器，在冬季和夏季应分别选用粘度较小和较大的润滑油。

(2) 闪点：当润滑油被加热到一定温度后，其蒸气和空气所组成的混合气在与火焰接触时，能立即燃烧，连续燃烧5秒钟后自动熄灭，恰似闪火现象，将这时油的最低加热温度称为闪点。根据闪点可以判定该油着火危险性的大小。润滑油的闪点对于高温条件下