

润滑技术的应用

廖明福 吴鸿恩 编 著



润滑技术的应用

廖明福 吴鸿恩 编著

陕西科学技术出版社出版

(西安北大街131号)

陕西科学技术出版社营业部发行 陕西省印刷厂印刷

开本787×1092 1/32 印张14.375含插页2 字数300,000

1985年8月第1版 1985年3月第1次印刷

印数1—23,500

统一书号: 15202·85 定价: 2.80元

编 者 的 话

机器设备是十分重要的生产资料，是工业生产的基础。管理好、使用好、维修好设备，对充分发挥机器设备的效能，提高生产率，保证产品质量，降低成本和能源消耗，都有着不可估量的经济意义。而设备的润滑，则是设备维护保养和使用的重要工作内容。实践证明：正确、合理、经济的选用和配制各种润滑剂，及时有效地对设备进行润滑，不但能大大减少机件的磨损，延长设备的使用寿命，而且能提高机械效率，降低动能的消耗，在开源节流上发挥效益。

为了适应形势的发展和需要，我们整理编写了这本书。希望能对从事机械设计、制造和加工工艺的广大操作工、维修工、润滑工、技术人员和管理人员的工作有所裨益。

本书是润滑技术业务知识方面的基础读物或参考书，编者力图用通俗易懂的文字，从理论和实践相结合的角度介绍了有关润滑技术应用知识。同时，也适当的反映了国内外在这一领域中的一些先进技术。

本书在编写过程中，得到了兄弟单位和各级领导的大力支持和帮助，陕西机械学院的高志恒同志为本书审稿，在此一并表示谢意。

本书难免存在一些缺点和错误，热诚地希望广大读者提出宝贵意见。

编 者

目 录

第一章 摩擦、磨损与润滑的基础知识	(1)
第一节 摩擦	(1)
一、摩擦与摩擦力	(1)
二、摩擦的分类	(1)
三、摩擦系数	(4)
第二节 磨损	(5)
一、磨损的概念	(5)
二、产生磨损的主要原因	(5)
三、磨损过程	(6)
四、新机器跑合磨损后应检查的项目	(7)
第三节 润滑	(7)
一、润滑的概念	(7)
二、润滑的作用	(8)
三、润滑的分类及其特性	(9)
第二章 润滑剂	(14)
第一节 润滑剂的分类	(14)
一、液体润滑剂	(14)
二、半固体润滑剂	(14)
三、固体润滑剂	(14)
四、气体润滑剂	(14)
第二节 润滑油	(15)
一、润滑油的质量指标及其使用意义	(15)

二、常用润滑油的品种及其用途·····	(47)
第三节 润滑脂 ·····	(79)
一、润滑脂的分类·····	(79)
二、润滑脂的主要质量指标及其使用意义·····	(80)
三、常用润滑脂的品种、规格及其用途·····	(89)
第四节 二硫化钼润滑剂·····	(117)
一、概述·····	(115)
二、二硫化钼的结构及其润滑机理·····	(118)
三、二硫化钼的理化性能·····	(119)
四、二硫化钼的主要产品及其应用·····	(121)
第五节 润滑油脂添加剂·····	(133)
一、润滑油脂添加剂及其应用·····	(133)
二、石油添加剂的分组、命名和代号·····	(133)
三、常用润滑油脂添加剂简介·····	(136)
第六节 润滑油脂的简易鉴别和处理方法·····	(165)
一、润滑油的简易鉴别和处理方法·····	(165)
二、润滑脂的简易鉴别和处理方法·····	(171)
第三章 润滑剂的选用 ·····	(176)
第一节 选用润滑剂的一般依据·····	(176)
一、按设备工作条件选用润滑剂·····	(176)
二、按润滑剂的品名、特性选用润滑剂·····	(179)
第二节 典型机械零部件选用润滑剂 ·····	(181)
一、主轴箱选用润滑剂·····	(182)
二、齿轮传动装置选用润滑剂·····	(196)
三、蜗轮副选用润滑剂·····	(203)
四、机床导轨选用润滑剂·····	(205)
五、液压系统选用润滑剂·····	(207)
六、电动机选用润滑剂·····	(210)

第三节 典型设备选用润滑剂	(212)
一、普通机床选用润滑油	(213)
二、精密机床选用润滑油	(221)
三、锻压设备选用润滑剂	(248)
四、铸造设备选用润滑剂	(252)
五、空气压缩机选用润滑油	(252)
六、冷冻机选用润滑油	(256)
七、真空泵和扩散泵选用润滑油	(257)
八、变压器选用润滑油	(259)
九、仪器、仪表选用润滑油	(260)
第四节 常见设备润滑故障及排除	(262)
一、导轨面研伤、拉毛	(262)
二、导轨爬行	(264)
三、丝杆、螺母、啮合点及摩擦面的噪音	(268)
四、高速轴承过热故障	(269)
五、齿轮箱过热故障	(274)
六、液压箱、齿轮箱的润滑油起泡沫	(275)
第四章 润滑油料的代用与掺配	(276)
第一节 润滑油的代用	(276)
第二节 润滑油料的掺合	(278)
一、粘度的掺合	(278)
二、闪点的调整	(283)
三、其他项目的掺合调整	(286)
第三节 润滑油料的调配	(287)
第四节 调配润滑油的一般工艺	(290)
第五章 “废油”回收和再生	(292)
第一节 “废油”回收和再生的意义	(292)
第二节 “废油”的老化及鉴定	(293)

一、润滑油老化的主要原因	(293)
二、润滑油废旧程度的鉴定	(294)
第三节 “废油”的回收和保管	(297)
第四节 “废油”再生方法	(298)
一、“废润滑油”的再生方法	(298)
二、“废汽油”的简易再生法	(306)
第五节 再生油的使用	(308)
第六章 润滑切削剂	(311)
第一节 润滑切削剂的作用	(311)
一、润滑作用	(312)
二、冷却作用	(314)
三、洗涤作用	(315)
四、防锈作用	(315)
第二节 润滑切削剂的种类	(316)
一、润滑切削剂的分类	(316)
二、常用润滑切削剂简介	(317)
第三节 润滑切削剂的选用	(336)
一、按加工材料选用	(336)
二、按加工性质选用	(337)
三、按加工种类选用	(338)
第四节 润滑切削剂的质量检查	(347)
一、乳化液PH值的测定	(347)
二、乳化液安定性测定	(347)
三、乳化液防锈性能测定	(348)
四、乳化液的腐蚀性能测定	(348)
五、乳化液消泡性能测定	(348)
第七章 金属的防锈与除锈	(350)

第一节 金属锈蚀的主要原因.....	(350)
一、大气腐蚀.....	(350)
二、生产过程中的腐蚀因素.....	(351)
三、环境因素.....	(351)
第二节 防止金属锈蚀的方法.....	(351)
一、覆盖金属保护层法.....	(352)
二、氧化保护层法.....	(352)
三、无机保护层法.....	(352)
四、有机保护层法.....	(352)
五、气相防蚀法.....	(352)
第三节 常用的防锈材料.....	(353)
一、油溶性防锈剂及防锈油脂.....	(353)
二、水溶性防锈剂及防锈水.....	(359)
三、气相缓蚀剂.....	(363)
四、防锈纸.....	(365)
五、可剥性塑料.....	(365)
六、液体“手套”.....	(370)
第四节 除锈.....	(372)
一、常用化学除锈液的配方.....	(372)
二、化学除锈的典型工艺.....	(377)

附 录

一、磅与公斤、加仑与公升的换算.....	(378)
二、附表.....	(378)
1、加仑、升、立方米查对表.....	(378)
2、部分油料的参考比重.....	(379)
3、几种气体、液体的易燃及易爆特征.....	(380)
4、部分油品新旧名称对照表.....	(381)
5、部分国产燃料油质量标准.....	(384)

6、国产防锈油脂的性能和用途·····	(389)
7、国产气相防锈纸的配制与使用·····	(393)
8、机械行业防锈工艺示例·····	(395)
9、金属切削机床的分类代号及特性代号·····	(402)
10、氢氧化钠溶液的波美度 (°Be) 与比重、百分 比之关系·····	(403)
11、摄氏 (°C) 与华氏 (°F) 温度换算表·····	(405)
12、常用合成润滑油的主要质量标准·····	(插页)
13、常用合成润滑脂的主要质量标准·····	(插页)
三、附图：粘度指数换算图·····	(407)
四、燃料油、润滑油、润滑脂的分组、命名和代号·····	(412)
五、金属净洗剂配方选·····	(429)
六、主轴油部颁新标准·····	(431)
主要参考资料·····	(436)

第一章 摩擦、磨损与润滑 的基础知识

第一节 摩 擦

一、摩擦与摩擦力

摩擦是自然界最普遍存在的现象之一。它对人们的生活有着广泛的联系，我们研究它的目的是掌握其规律，发挥有利的一面，减少或限制不利的一面。

两个相互接触的物体在外力作用下发生相对运动（或具有相对运动趋势）时，在接触面间产生切向的运动阻力，这种阻力叫做摩擦力，这种现象叫做摩擦。

机械运转时，由于摩擦使机械所传递的能量很多被消耗在克服摩擦阻力上，同时使机械发热，工作效率就会降低，造成机件磨损，影响精密度，甚至缩短其使用寿命。

二、摩擦的分类

（一）按摩擦副的运动形式分为

1. 滑动摩擦

当接触表面相对滑动（或具有相对滑动趋势）时的摩擦，叫做滑动摩擦。如活塞在缸体内的运动；机床导轨接触

面间的运动等。

2. 滚动摩擦

物体在力矩的作用下，沿接触面滚动时的摩擦，叫做滚动摩擦。如：滚珠在轴承架里滚动，车轮在地面上的滚动等。

(二) 按摩擦副的运动状态分为

1. 动摩擦

物体受力的作用，越过静止临界状态沿另一物体表面作相对运动时的摩擦，叫做动摩擦。

2. 静摩擦

两个相互接触的物体，在外力作用下，具有相对运动趋势而又保持相对静止（或处于静止临界状态）时，接触面间产生的摩擦，叫做静摩擦。如图 1—1 所示，放在小车上的

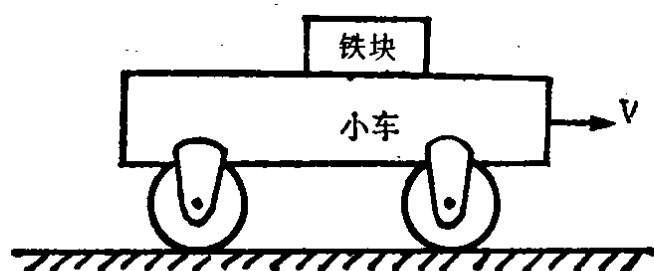


图 1—1

铁块，当小车开始运动时，铁块由于惯性而要保持原来静止状态，这样小车和铁块就有相对运动的趋势，但由于摩擦力（静摩擦力）阻碍着相对运动，于是铁块

随小车一起运动，而保持相对静止。铁块与小车接触面之间的摩擦现象，就是静摩擦。

动摩擦总是小于静摩擦。

(三) 按接触面的润滑状态分为

1. 干摩擦

在没有任何润滑剂的情况下，两物体表面直接接触时的

摩擦，叫做干摩擦。如图 1—2 所示。

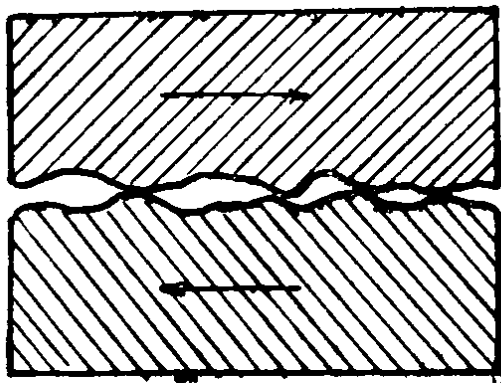


图 1—2 干摩擦

2. 液体摩擦

两物体表面，被液体润滑剂完全隔开时的摩擦，叫做液体摩擦。液体摩擦发生在界面间的液体润滑剂内。静压轴承间的摩擦，就属液体摩擦。如图 1—3 所示。

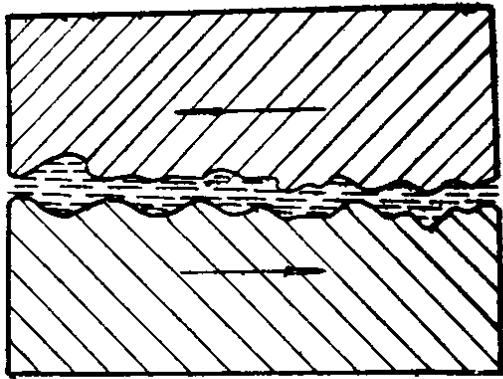


图 1—3 液体摩擦

3. 边界摩擦

两摩擦面间，仅有一层极薄的润滑膜，并且还是在金属分子引力作用下存在，处于液体摩擦过渡到干摩擦的边界状态。这种摩擦状态，叫做边界摩擦。例如，金属切削的润滑基本上都处于边界摩擦。如图 1—4 所示。

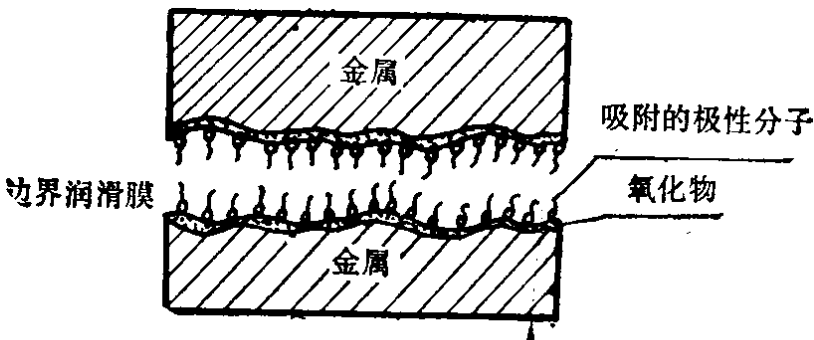


图 1—4

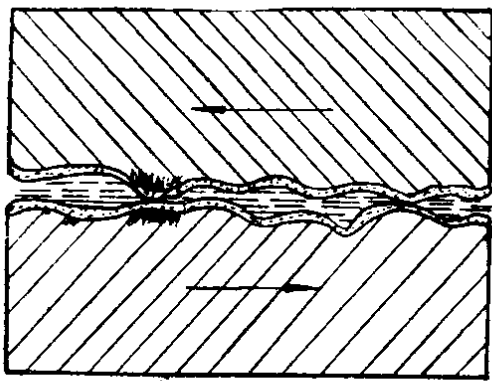


图 1—5 混合摩擦

4. 混合摩擦

在两摩擦面间同时存在着液体摩擦，边界摩擦，干摩擦三种形式即称混合摩擦。如图 1—5 所示。

三、摩擦系数

摩擦力 (F) 与摩擦面上的垂直负荷 (p) 的比值为一常数，这个常数叫摩擦系数 (f)，如图 1—6 所示。

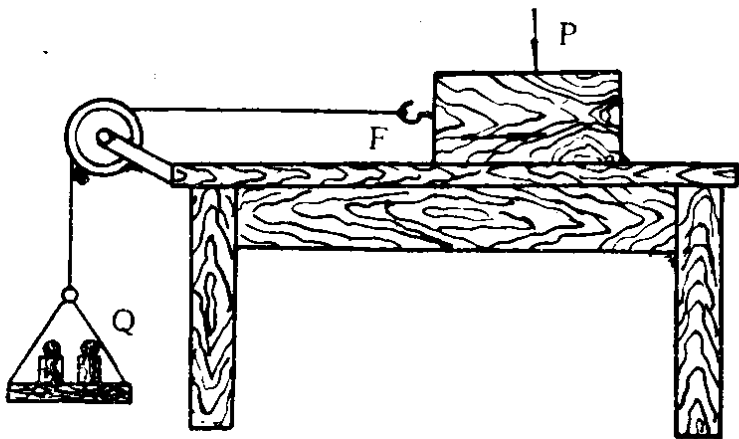


图 1—6 研究摩擦力和摩擦系数的装置

即：
$$f = \frac{F}{p} \dots\dots\dots (1)$$

$$F = fp \dots\dots\dots (2)$$

从 (2) 式可看出，摩擦系数越大，摩擦力就大，消耗在摩擦上的能量就多。因此，在任何情况下的润滑，都应希望把摩擦系数降到最小值。例如：一种钢对另一种钢接触时，其摩擦系数为 0.3，若在其接触面间加入具有良好油性

的润滑油，其摩擦系数可降到 $0.01\sim 0.05$ 。

摩擦系数有静摩擦系数和动摩擦系数之分，在条件相同的情况下，静摩擦系数大于动摩擦系数。

摩擦系数的大小，受摩擦种类，材料种类和性质、摩擦面的粗糙度、软硬度以及摩擦所处的状态等条件影响。

不同摩擦种类的摩擦系数大致如下：

干摩擦系数为 $0.1\sim 0.5$ ；

边界摩擦系数为 $0.01\sim 0.1$ ；

液体摩擦系数为 $0.001\sim 0.01$ ；

滚珠摩擦系数为 $0.001\sim 0.03$ ；

滚柱摩擦系数为 $0.02\sim 0.07$ 。

第二节 磨 损

一、磨损的概念

磨损是摩擦必然的结果。是一种综合的物理—化学—机械现象，即一个物体沿另一个物体表面作相对运动时，由于摩擦使接触面产生微粒脱落、变形、零件重量减轻等表层损坏现象，叫做磨损。

二、产生磨损的主要原因

(1) 由于物体表面有粗糙不平的沟纹、凸峰，当物体相对运动时接触面间就互相咬合、干涉，产生剪切和压溃，使凸峰破坏、扭曲以致剥落。剥落下的金属粉末夹在两摩擦面之间，这样又加快了摩擦面的损坏，使磨损不断发生。

(2) 由于摩擦及表面金属变形,使接触面温度升高,甚致使金属软化成融熔状态而产生表面材料粘着转移。

(3) 由于物体接触面间分子引力作用,使接触点粘连,当物体相对运动时接触点的分子不断受到剪切分离作用而剥落。

(4) 两接触面作滚动或滚动滑动复合摩擦时,在交变接触压应力作用下,使材料表面疲劳或接触面在摩擦过程中受周围介质影响,发生化学或电化学反应,产生物质损失,均能导致摩擦面的磨损。

三、磨损过程

机械零件正常运行的磨损过程一般分为三个阶段,如图1—7所示。

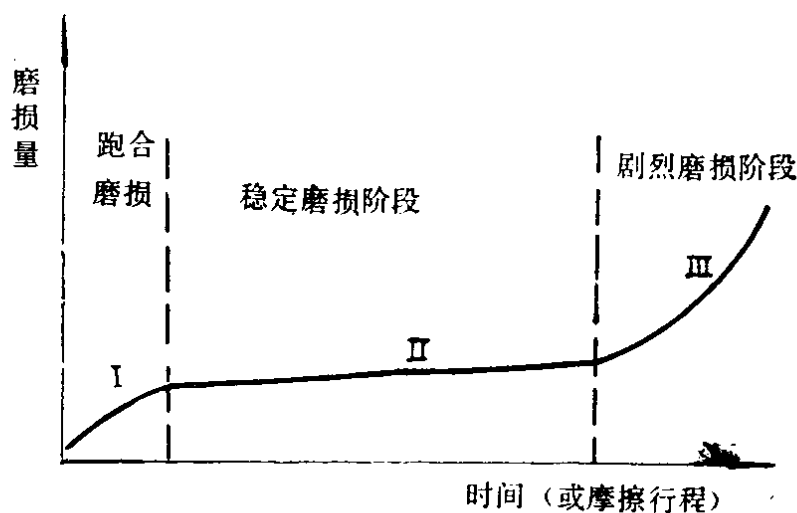


图 1—7

(1) 跑合磨损阶段（又称磨合阶段）。新的摩擦副表面具有一定粗糙度,真实接触面积较小。跑合阶段表面逐渐磨平,真实接触面积增大。所以跑合阶段的磨损速度,开始

时较快，以后逐渐减缓。

（2）稳定磨损阶段（又称正常磨损阶段）。这一阶段磨损缓慢稳定。

（3）剧烈磨损阶段（又称加速磨损阶段）。经长时间的稳定磨损后，由于摩擦面间的间隙及表面形状的改变，加上材料表面疲劳等原因，使磨损速度剧烈加快，机械效率下降，精度丧失，产生异常噪音和振动，摩擦副温度升高，最终导致零件失效。

四、新机器跑合磨损后应检查的项目

（1）轴承温度不高于 60°C ，油温不高于 50°C 。

（2）齿轮接触精度和轴颈与轴瓦的接触均应符合装配技术要求。

（3）齿面不应有点蚀、擦伤、胶合等现象。

（4）在任何情况下，润滑系统畅通无阻，压力正常，润滑装置齐全，各密封处不得有渗漏。

（5）齿轮运转平稳，无冲击振动和周期性的异常杂音（在空载时带有主轴装置运转的情况下，有可能发现周期性的冲击声，这是因为主轴装置不平衡所致）。

第三节 润 滑

一、润滑的概念

将具有润滑性能的物质加到摩擦面之间形成一层润滑膜，使摩擦面脱离直接接触，达到控制摩擦和减少磨损的目的。

的称为润滑。

二、润滑的作用

具体来讲，润滑剂在机械设备上所起的作用。主要有：

（一）控制摩擦

使摩擦面间的摩擦系数降低，摩擦阻力减小，降低能量消耗。

（二）减少磨损

能使摩擦面间脱离直接接触，带走硬质磨粒，减少金属间咬合及表面剥落。

（三）散热降温

降低温度是润滑的重要作用。尤其是液体或半液体润滑剂，具有吸热、散热、传热的能力；带有冷却装置的循环润滑系统更具有良好的散热冷却效果，因而，可以控制机件摩擦的温升，减少机件的热变形。

（四）防止锈蚀

润滑剂都具有一定的防锈能力。机器停开时，它能保护其摩擦面及加工表面；机器开动时，能中和锈蚀性物质，润湿摩擦表面，形成油膜。

（五）传递动力

用于液压系统和液压设备传递动力。

（六）冲洗作用

液体润滑剂能冲掉摩擦面上的部分固体杂质和磨粒粉末，减少机件磨损。

（七）缓冲减震

液体润滑剂用于液压缓冲防震装置，将机械能转变为液