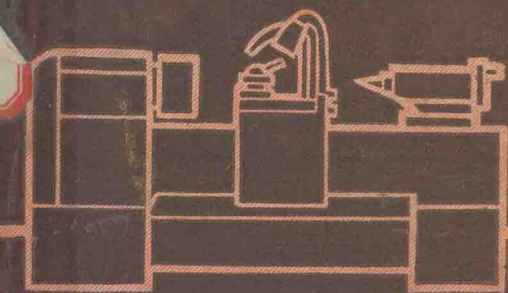


机 器 润 滑

MoS₂



机 器 润 滑

葛 治 刚

江苏工业学院图书馆
藏书章

安徽科学技术出版社

机 器 润 滑

葛 治 刚

*

安徽科学技术出版社出版

安徽省新华书店发行

安徽新华印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 1/32 印张7.5 字数158,000

1979年5月第1版 1979年5月第1次印刷

印数1—14,000

统一书号15200·2 定价0.63元

前 言

机器润滑是设备维护保养工作中的一个重要环节。润滑工作做得好坏，对保持机器精度和延长机器寿命有着直接的关系。实践证明：要保证机器正常运转、减少机件磨损、提高产品加工质量和延长使用寿命，就必须充分发挥广大工人的社会主义积极性，普及润滑知识，提高润滑技术水平，实行对机器合理润滑；坚持“以预防为主，维护保养和计划检修并重”的方针，搞好设备维护保养工作。《机器润滑》一书的编写，也就是为了这一目的。

本书在编写之前，曾因参加过本市机械系统润滑技术训练班的教学工作，并编有《设备润滑基本知识》的讲义，这本书就是在原讲义的基础上，征求了各方面的宝贵意见，针对我省润滑技术的实际情况和需要，参照有关资料，进一步编写成的。可供机械工业企业的工人、技术人员和干部阅读参考。

《机器润滑》全书共分六章和一附录，着重介绍各种润滑保养方法，润滑材料，工厂常用润滑、冷却、防锈、除锈油液的配制和用法，废旧润滑油的再生与利用，以及二硫化钼与合成润滑油脂两类新型润滑材料。此外，还介绍了一些润滑基础知识。由于想从工厂实际应用出发，所以力求内容简明突出，文字通俗易懂，对具有高小和初中文化水平的同志都能读懂。

本书的编写，是在合肥市科委和机械局的鼓励、支持下进行的。同时还得到了省机械工业局、省机械系统设备管理维修互助组润滑组和合肥锻压机床厂等单位的具体帮助，在此一并致谢！书中一定存在不少缺点和错误，恳请广大读者批评指正。

一九七八年八月

于合肥

目 录

第一章 机器润滑概述.....	1
一、机器润滑与摩擦.....	1
二、润滑的基本原理.....	8
三、机器润滑油的换洗.....	17
第二章 润滑材料.....	27
一、润滑油脂的分类.....	27
二、润滑油脂的命名与代号.....	29
三、润滑油脂品质的要求.....	50
四、机器润滑材料的选用.....	67
五、液压机器的用油.....	72
六、主要机器部件润滑材料.....	81
七、其它机器的润滑油.....	92
八、数控机床液压油.....	93
九、合成润滑油脂.....	96
第三章 机器的润滑方法与装置.....	99
一、机器对润滑方法与装置的要求.....	99
二、机器的几种润滑方法.....	101
三、机器的加油(脂)装置.....	105
四、机器润滑油的检查与保险装置.....	112
五、机器上的密封装置.....	114
第四章 润滑油液的配制与用法.....	121
一、润滑油的掺配与代用.....	121

二、防锈油脂的配制	125
三、气相防锈剂及其配制	130
四、防锈添加剂	132
五、辅助添加剂	137
六、机器及其备件除锈液的配制	139
七、润滑冷却剂的配制	144
第五章 二硫化钼润滑剂及其使用	159
一、二硫化钼的性能与润滑原理	159
二、二硫化钼的品种	164
三、二硫化钼固体成膜剂的配制	168
四、二硫化钼润滑剂的成膜方法与检测	171
五、二硫化钼喷涂前的零件处理	175
第六章 废旧润滑油的再生与利用	180
一、废油回收	180
二、废油再生	182
三、废油再生后的利用	188
附 录	
一、机器润滑工作的“五定”	190
二、机器润滑有关参考资料	192
附表 1 常用润滑油脂新旧名称对照表	193
附表 2 国产普通润滑油与国外品种对照表	194
附表 3 国产精密机床润滑油脂与国外品种对照表	198
附表 4 进口精密机床滑动轴承推荐采用 国产润滑油参考表	200
附表 5 进口精密机床滚动轴承推荐采用 国产润滑脂参考表	202

附表 6	进口精密机床滑动导轨推荐采用 国产润滑油(油膏)参考表	203
附表 7	进口精密机床液压系统推荐采用 国产油参考表	207
附表 8	进口精密机床变速箱推荐采用国产油参考表	209
附表 9	进口精密机床蜗轮蜗杆推荐采用 国产油参考表	211
附表10	绝缘油的试验项目和标准	212
附表11	部分地方石油产品名称及用途	213
附表12	部分特种油品名称及用途	216
附表13	部分金属切削机器润滑油消耗定额参考表 ...	219
附表14	工厂常用润滑油、冷却油比重参考表	222
附表15	容量、重量、比重对照表	223
附表16	容量、重量单位表	227
附表17	大桶、扁桶、方听装油量(公斤)	229
附表18	擦拭材料种类、质量和常用范围	230
附表19	机器润滑管理常用表格	231

第一章 机器润滑概述

机器在工作时，机器上的零部件有些静止不动，有些作旋转运动，有些作直线往复运动或摇摆运动。因此，零件与零件就互相摩擦。摩擦就会生热，这不仅消耗功率，磨损零件，而且还可能使零件表面熔化，与其它零件粘在一起。

人类从开始使用机器那一天起，就知道机器上两个有相对运动的零件之间必须加进某种物质，以便减少彼此的摩擦。这种物质我们称为润滑材料。

随着历史的发展，人类不断地研究润滑理论和寻找合适的润滑材料，而现代科学已创造了完善的润滑理论和找到了高效率的润滑材料，因此有条件制造极精密的机器。

一、机器润滑与摩擦

(一) 摩擦及其种类

当一个物体在另一个物体的表面上运动时，受到了阻碍，这种现象就叫摩擦。

我们知道，物体的表面总是粗糙不平的，尽管表面光洁度达到镜面，在几十倍、几百倍甚至几千倍放大镜下仍然如此。物体表面上的这些不平沟纹，会使物体互相啮合而阻碍运动，这就是产生摩擦的原因。而两物体在接触面上互相作用

的、阻碍相对运动的力，通常称之为摩擦力。

摩擦有两种：

1. 滑动摩擦 互相接触的物体在相对滑动时受到的阻碍作用，通常称为滑动摩擦。接触物体之间有相对滑动时的摩擦，叫做动摩擦，有时物体虽然受到可能产生相对滑动的外力，但因有摩擦作用而仍然处于相对静止状态，这种摩擦称为静摩擦。

2. 滚动摩擦 物体在另一物体上滚动时受到的阻碍作用，通常称为滚动摩擦。在相同条件下，克服滚动摩擦所需要的力比滑动摩擦力要小得多，故在机器制造方面常把相对滑动改装成相对滚动，例如用滚珠轴承代替滑动轴承。

(二) 磨损及其种类

摩擦过程中，即物体之间作相对运动时，在摩擦力与垂直负荷作用下，物体接触表面发生损坏的现象，通常称之为磨损。这在机器工作不正常时，常有出现。

磨损表现形式有好几种：

1. 磨合磨损 这是各种摩擦副之间最普遍的一种正常磨损。主要由于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而形成的。特别当新的摩擦副开始运转时，其磨合磨损的速度较快，这时的磨合能提高表面的宏观和微观精度，改善配合质量。

2. 硬粒磨损 这是摩擦表面被硬粒切下或擦下的碎屑破坏的一种磨损方式。这种硬粒可能从外界进入润滑油或摩擦面上，也可能是运动副磨损的产物，这可能是零件本身材料组织中的硬点，如铸件本身带来的夹砂等。这种磨损，表现

为一种断续的切削作用，并伴随着轻微的塑性变形。其磨损的速度，在不同情况下有很大差别。即使对润滑油进行过滤并对摩擦面进行良好的保护，也还会产生硬粒磨损的现象。这是磨损类型中最为普遍和最难避免的一种。

3. 摩擦表面的咬焊 这主要由于接触表面的材料太软，接触压力过大和润滑条件差等原因造成的。如未淬火钢与未淬火钢相互滑动，最易引起咬焊，使摩擦副表面形成参差不齐、犬牙交错的沟痕。若摩擦表面出现咬焊，并使金属碎屑落入配合间隙中，将加快磨损的速度，从而引起表面的破坏。

4. 表面层疲劳 主要表现为零部件接触面上金属微粒的剥落。疲劳剥落常发生于滚动摩擦中。当金属表层负荷超过其抗压极限强度时，由于压缩、弹伸和冷硬的作用，引起微小的裂纹。此裂纹将引起耐磨层沿金属晶界破坏，产生表层晶粒的脱落。淬硬齿轮和滚动轴承摩擦的表面正常磨损，常常属于这种型式。

5. 塑性形变 表面层的塑性形变(压溃)，一般表现为金属移出了接触的范围。塑性形变可能在摩擦与磨损的过程中同时产生，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，象淬火钢或类似淬火钢之类的材料，在一定条件下，也会出现塑性变形。

6. 金属表层腐蚀 这种损坏，常常是通过氧化物的介质在金属表面上不断渗透，使金属表层氧化，变成松软多孔、易于脱落、失去耐磨强度的状态。表面腐蚀有两种，即化学腐蚀和电化学腐蚀。

各种磨损和破坏方式，实际状况是互相伴随而存在的，很少以单独形式出现。不过在一般情况下，是以一种破坏方

式起着主要作用。材料的机械性质、所传递作用力和相对速度的大小，以及润滑保养情况等，都是影响磨损和破坏方式的重要因素。在生产实践中，我们要根据毛主席的哲学思想，分析矛盾，抓住主要方面从而解决矛盾。

(三)摩擦系数

摩擦是一个物体在另一个物体的表面上运动时产生的，所以物体摩擦面的性质(如光洁度、硬度等)，对摩擦具有重要意义。摩擦力的大小除与摩擦表面的性质有关外，还与负荷大小有关。因此即使摩擦表面完全相同的两组摩擦，由于负荷不同，它们所产生的摩擦力也是不同的。

如图1—1所示，我们逐渐向盘A里加入负荷，并轻轻地拖动长方体B，使长方体B在桌面C上滑动，在此情况下拉力的大小等于滑动摩擦力。如果用比较粗糙的板代替光滑的板C，在负荷相同的情况下，滑动摩擦力也要随之改变。同样，利用别的材料做成物体进行这一实验时，滑动摩擦力也要发生变化。

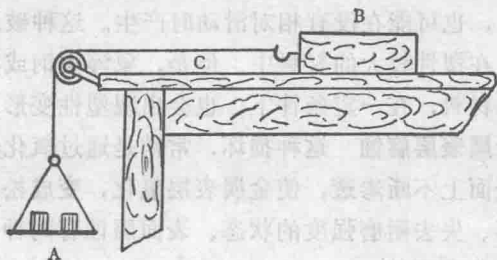


图 1—1 研究摩擦力的实验装置

实验证明，摩擦的状态与摩擦力的大小以及接触面上压

力有密切关系。这一重要物理性质，常用“摩擦系数”来表示。

摩擦系数(C)：两个物体间最大摩擦力(F)与接触面上垂直压力(P)的比值。

$$C = \frac{F}{P}$$

摩擦系数C越大，摩擦就越严重，消耗在摩擦中的功率也越大。

不同材料摩擦时的摩擦系数，见表1—1。

表 1—1 摩擦系数比较表

摩擦情况	示 例	摩擦系数C
1. 在洁净表面上		
洁净但未润滑的表面	钢对银 皮革对木材 尼龙对钢	0.5~0.3
除闭合六方晶体结构以外的同样金属	铜对铜 黄铜对黄铜 铬对铬	1.5~0.8
闭合六方晶体结构的同样金属	钛对钛 锌对锌	0.65~0.35
洁净的，具有柔软成分的二相合金对硬金属或硬的非金属滑动	铜铝合金对钢 巴氏合金对钢	0.3~0.15
橡皮对其它材料 聚四氟乙烯对其它材料 石墨或碳对其它材料		0.9~0.6 0.12~0.04 0.16~0.08
2. 在边界摩擦表面上		
涂有无效润滑剂	水、汽油、非润湿性液体金属	与洁净表面相同

续表1-1

摩擦情况	示例	摩擦系数C
涂有中效润滑剂	精制矿物油, 润湿性液体金属; 未经正式润滑但未经消除杂质的金属表面	0.3~0.15 或更低一些
涂有高效润滑剂:	带有油性添加剂的矿物油、脂肪、良好合成润滑油	} 0.10~0.05 0.20~0.10
金属对金属	钢对钢	
金属对非金属	尼龙对钢	
非金属对非金属	尼龙对尼龙	

3. 在固体润滑膜表面上

涂有一薄层软金属的硬金属	钢上涂有薄层铅	0.20~0.08
单独用石墨(或二硫化钼)或用粘结剂粘结的固体润滑材料		0.20~0.06

4. 在液体动力润滑的表面上

由滑动作用分开两摩擦表面的全液体油膜(此型润滑一般只用于3米/分以上的速度)		0.01~0.001
--	--	------------

5. 在液体静力润滑表面上

由外在压力油分开两摩擦表面的全液体油膜		设计参考数为 0.001~0.000001
---------------------	--	--------------------------

6. 在滚动接触装置上

纯滚动接触。几何形状经过仔细加工使接触区域出现纯滚动	圆柱滚过一平面	0.001~0.00001
标准滚动接触。在接触区域存在一些滑动	市场供应的滚珠轴	0.01~0.001
自由几何形状的物体	承卵石滚下山腰	0.2~0.05

7. 在裸露表面上

在高度真空中(10^{-6} 毫米以上的真空度)处理的洁净金属		无穷大~3.0 (低值用于硬金属)
在高度真空中(10^{-6} 毫米以上的真空度)处理的非金属		1.0~0.4

(四)摩擦在技术中的作用

摩擦在生产技术中，乃至生活中是普遍存在的，诸如机器运行、车辆行驶，耕耘和走路等等，无不涉及摩擦阻力。所以研究摩擦是工程上的一个重要课题。

摩擦在许多情况下是有益的，没有摩擦会寸步难行，人不能走路，车不能起步，皮带与螺钉在机器上都不能发生作用。所以在工程中经常要研究如何增大摩擦的问题。

在另一些情况下，摩擦却又是有害的。机器零部件之间的摩擦，会减低运转速度，损耗能量，磨损零部件，甚至使整台机器损坏。因此，人们要根据生产的需要，有的要去加大机件的摩擦，有的要尽量减少机件的摩擦。这样才能使机器正常地工作，并尽可能地使机器延年益寿。

(五)机器润滑的重要性

润滑，是减少和控制机器摩擦的一种很重要的方法。其重要性大致有以下几点：

1. 正确的润滑，可以减少机件磨损，延长机器使用寿命。
2. 正确的润滑，可以减少机件的摩擦阻力，保证正常运转，并降低动力消耗，节约电力。
3. 正确的润滑，能提高机器的生产率和加工精度。
4. 特殊的润滑，能提高产品表面光洁度，延长刀具使用寿命。
5. 正确地润滑，能为国家节约贵重的油料，有利于发展生产。

二、润滑的基本原理

(一) 润滑与润滑膜

把一种具有润滑性能的物质加到机器的摩擦面上，以达到降低摩擦和减少磨损的目的，这种做法就叫“润滑”。这种物质，就是润滑材料，也叫润滑剂。

润滑剂能够牢固地吸附在零件的摩擦面上，形成一种润滑膜。这种润滑膜与摩擦表面的结合力很强，但其本身分子间的摩擦系数却很小。这样，两个零件的摩擦表面，就会被润滑膜隔开，而不致直接接触。机器经过润滑，由于有润滑膜存在，零件的摩擦就会变成润滑剂本身分子间的摩擦，因此，润滑可以起到降低摩擦和减少磨损的作用。

润滑膜的种类，分为两种：

1. 嵌入式固状膜 以固体润滑剂(如石墨、二硫化钼)形成的润滑膜，就叫嵌入式固状膜。

2. 吸附式液状膜 以液体润滑剂(如机械油)形成的润滑膜，就叫吸附式液状膜。因为液体润滑剂通常都是一些油脂类的物质，所以，液状膜又叫“油膜”。

油膜是由许多层的油分子所构成的。被油膜分隔开的两个物体运动时，由于附着力的作用，靠近金属表面的油膜单分子吸附在金属上，当第一层界面吸附油膜开始运动时，接着第二层、第三层……也随着运动。

机器润滑时，油膜的形成是以“油楔”状态出现的。如图1—2所示，转轴按一定方向旋转。在轴静止时(图2A)，轴压

在轴瓦的下部；当轴开始旋转时，接近轴的一部分润滑油分子就随着轴转动，由于液体内摩擦的作用，其它各层油膜也随之转动，有几层油分子就象楔子一样挤入轴承下部，随着轴旋转加快，挤入轴下的油膜也愈来愈厚，轴就被逐渐抬高（图2B、图2C）；当轴的转速很高时，轴的中心和轴承的中心将渐渐接近重合（图2D），这时轴和轴承中间的油层达到了最大厚度，这就形成了润滑剂本身分子间的摩擦，即全液体润滑。

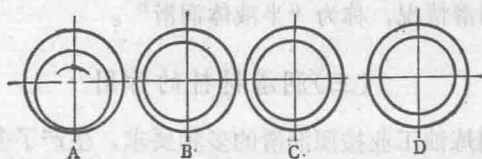


图 1—2 油膜形成示意图

(二) 润滑的分类

按照油膜的分布情况，润滑可分为三种：

1. 液体润滑 润滑剂所形成的油膜，除了吸附在摩擦面上的一层薄膜（边界油膜）外，还有相当厚度的油膜随机器运转可以自由滑动，并且把摩擦面粗糙不平的沟纹完全填平。这样，就利用液体分子间的摩擦代替了零件间的干摩擦（图1—3），图1—4这样的润滑情况，称为“液体润滑”。

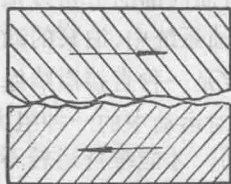


图 1—3 干摩擦图

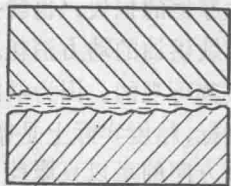


图 1—4 液体摩擦图