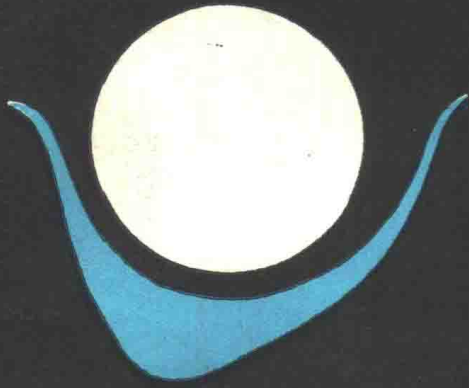


# 工业摩擦学

GONGYE MOCA XUE



机[英]

· 斯斗特等著

出版社

# 工业摩擦学

[英] D. 斯科特等著

上海市机械工程学会摩擦学学组 译



机械工业出版社

本书原是英国斯旺西大学为工程技术人员开设摩擦学短训班采用的教材。内容包括：摩擦学展望、与摩擦学有关的工程材料、磨损、轴承的选择、滑动轴承设计、润滑剂的选择、液压设备的密封、实用齿轮摩擦学、金属切削摩擦学等，取材新颖、叙述通俗简练，可供工程技术人员参考。

## Thirteenth Seminar on Industrial Tribology

September 17th—21st, 1979

University College of Swansea

\* \* \*

### 工业摩擦学

[英] D. 斯科特等著

上海市机械工程学会摩擦学学组 译

\*

机械工业出版社出版 (北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

重庆印制一厂印刷

新华书店北京发行所发行 新华书店经售

\*

开本787×1092 1/32·印张7<sup>3</sup>/<sub>8</sub>·字数150千字

1982年11月重庆第一版·1982年11月重庆第一次印刷

印数 0,001—9,000·定价0.80元

\*

统一书号：15033·5341

## 译者序

摩擦学是六十年代后期发展起来的一门边缘学科，对节约和保存能源以及发展国民经济起着重要的作用。摩擦学这门新兴学科正日益受到国内外工业界、科技界和教育界的重视，目前已成为世界上发展最快的应用科学之一。

为了普及摩擦学的基本知识，以适应我国四个现代化的需要，我们组织翻译了英国斯旺西大学编写的“工业摩擦学”一书。本书是中国摩擦学代表团于1979年回访英国时，由斯旺西摩擦学中心赠予的中英科技文化交流资料之一。系英国斯旺西大学于1979年9月为工程技术人员开设摩擦学短训班时用的教材，内容广泛，取材新颖，说理简练，引用了近年来在摩擦学研究方面的最新成果，并介绍了工程实践中简捷而实用的方法，诸如用滑动列线图选择和设计轴承、用曲线图表选用恰当的润滑油品等。这些资料对我国培训有关摩擦学方面的工程技术人员具有参考价值。

参加本书译校工作的有上海交通大学、上海工业大学、上海业余工业大学、华东化工学院、大隆机器厂等单位。具

体分工如下：术语和定义由沈继飞译；第一章由朱安仁译，沈继飞校；第二章由陈荣莲、莫云辉译，张和豪、何寿高校；第三章由陈耕译，邢本述校；第四章由汤胜常译，钱祥麇校；第五章由钱祥麇译，汤胜常校；第六章由钱永德译，汤胜常校；第七章由王世佐译，沈继飞校；第八章由沈继飞译，校；第九章由颜思健译，张和豪校；第十章由张益方译，陈耕校。

本书最后由汤胜常、李永年、沈继飞进行统稿。

一九八一年四月

## 术语和定义

- 1 磨粒磨损  
由于硬质磨粒或硬质隆起使材料迁移而造成的一种磨损。
- 2 绝对粘度  
参见粘度。
- 3 添加剂  
为使润滑剂具有新性能或改善其原有性能而添加入的物质。
- 4 粘附磨损  
两接触表面作相对运动时，由于固相焊合作用致使材料从一个表面迁移到另一表面上而造成的一种磨损。
- 5 铝基润滑脂  
用润滑剂和铝皂配制成的润滑脂。
- 6 抗泡添加剂  
为减少或防止润滑剂起泡而用的添加剂。
- 7 抗磨添加剂  
为减轻磨损而用的添加剂。
- 8 接触面积  
两固体表面之间的接触面积。可用如下两种方法描述：  
(i) 表观面积——由两物体宏观界面的边界所围的接触面积。  
(ii) 实际面积——两物体之间直接传递界面力的各个局部面积之和。
- 9 微凸体  
表面上微小的不规则凸体。
- 10  $B_{10}$  寿命  
参见额定寿命。
- 11 巴氏合金

由不同含量的铜、铋、锡和铅合成的锡基或铅基有色轴承合金。

## 12 钨基润滑脂

用润滑油和钨皂配制成的润滑脂。

## 13 基础油

配制润滑剂和其它产品时所用的精炼石油润滑油。基础油可以单独使用，也可与其它基础油和（或）添加剂调和在一起使用。

## 14 轴承

机器中决定运动零件相对于其它零件的位置用的支承或导承。

## 15 轴承面积

从载荷方向看的轴承投影承载面积。

## 16 贝氏层

由抛光形成的一层变形金属和氧化微粒的非晶质层。

## 17 调和

将几种矿物油混合起来以获得所需粘性性能的过程。

## 18 边界润滑

一种润滑状态，在这种状态下，两相对运动表面之间的摩擦和磨损取决于表面的性质和润滑剂的性能（体积粘度除外）。

## 19 布氏压痕

固体表面受重复局部冲击、多次冲击或静力过载而形成的压痕。

## 20 气穴侵蚀

固体相对于液体运动时，在引起局部冲击高压或局部高温的气泡破裂区内所发生的一种磨损。

## 21 中线均值 (CLA)

英国采用的一种表面形貌计量方法，它表示表面轮廓线对中线的平均偏离量。

## 22 成槽

轴承或分配器中润滑脂形成槽沟，从而使台肩起贮油和密封的作用。

## 23 间隙比

轴承的半径间隙与轴颈半径之比。

#### 24 摩擦系数

两物体间阻止运动的切向力与压紧两物体的法向力之比值。

#### 25 复合轴承材料

由连续的或颗粒状固体润滑剂弥散于承载轴承基体内而组成的一种固体材料，它能在发生磨损时不断补充固体润滑剂膜，并能使热量从摩擦表面传导出。

#### 26 抗腐蚀剂

保护润滑表面免受化学腐蚀的添加剂。它们可以是择优润湿金属表面的极性化合物，也可以吸收水份而形成某种水-油乳化液，使得只有润滑油接触金属。有些抗腐蚀剂与金属化合而成一种不起反应的表面。

#### 27 腐蚀磨损

主要与周围介质发生化学反应或电化学反应的磨损过程。

#### 28 切削液

在刀具切削时为了起冷却、润滑或其它作用以利切削而用的各种液体。

#### 29 清净添加剂

与润滑油调和在一起的化合物，它能使燃料和润滑剂中的变质物特别是在高温下生成的变质物分散，因而能尽量避免形成积垢而造成活塞环粘着或其它故障。

#### 30 分散添加剂

与润滑油调和在一起的化合物，它能使燃料的燃烧物保持良好的分散状态，因而能尽量避免形成淤渣而堵塞过滤器，这对在低温条件下工作的汽油机特别有效。

#### 31 滴点

在规定条件下将油样不断加热时，使润滑脂或其它石油产品脱离其本体而滴下的温度。

#### 32 工作参数

评定轴承工作性能用的无量纲数。

#### 33 动力粘度



参见粘度。

### 34 偏心率

轴承的偏心距与半径间隙之比。

### 35 弹性流体动力润滑

一种润滑状态，在这种状态下，两相对运动物体间的摩擦和油膜厚度取决于两物体的弹性性能以及润滑油在所受压力、温度和剪切率下的粘性性能。

### 36 嵌入性

轴承材料容纳外来有害微粒而减轻这些微粒所造成刮伤和磨粒磨损的能力。

### 37 乳化

一种液体的液滴弥散在另一种不能溶解它的液体内。

### 38 极压添加剂

含有一种或多种元素，主要是硫、氯和磷的化学物质，能与金属表面起化学反应而生成高熔点的无机膜。特别对在重载条件下工作的齿轮，存在这层无机膜能避免焊合和咬死，从而防止咬合和刮伤。

### 39 侵蚀

固体表面在同含有固体微粒的流体接触而作相对运动时的材料损耗。

### 40 脂肪酸

作为甘油酯类而天然存在于动、植物油和脂肪中的长链有机酸。

### 41 填料

加到润滑脂中以提高其稠度或加到润滑油中以提高其粘度的粉末状物质，诸如石灰、滑石粉、云母等。

### 42 闪点

使润滑剂蒸汽在规定条件下着火的最低温度。

### 43 闪现温度

滑动接触区某紧接点上所产生的最高局部温度。

### 44 挠性枢轴承

运动受到限制的一种轴承，其运动件是靠弹性件的挠曲而不是靠

滚动面或滑动面来导向的。

45 微动磨损

特别是在微幅振动条件下，由两表面之间固有的粘附力引起的支承表面上极细微粒的脱落。

46 微动磨蚀

化学反应起主要作用的一种微动磨损形式。

47 摩擦力

两物体在外力作用下作相对运动或将要作相对运动时，其公共界面上的切向阻力。

48 摩擦聚合物

某些金属在有机液体或有机气体中相互摩擦时所产生的一种非晶质有机沉积物。

49 咬焊

引起表面明显损伤或破坏的一种严重咬合形式。此术语应避免采用。

50 润滑脂

用皂或其它稠化剂将油稠化成半固态或固态的一种润滑剂。钙基润滑脂是用润滑油和钙皂配制而成的。此外还有钠基、钡基、锂基和铝基润滑脂。

51 液压液

传送液压或液力用的液体，不一定要有润滑剂的性能。可以是油、水或合成（防燃）液。

52 流体动力润滑

依靠两个滑动表面的形状和相对运动而形成一层具有足够压力的流体膜，从而把这两个表面隔开的一种润滑方式。

53 流体静力润滑

在足够的外压下供应润滑剂而形成一层流体膜把两个相对表面隔开的一种润滑方式。

54 初期点蚀

在齿轮运转初期出现的表面疲劳现象。这时局部高应力区消失而

达到了磨合目的。

55 轴颈

转轴或心轴上相对于径向轴承作转动或摆动的那一轴段。

56 动力粘度

参见粘度。

57  $L_{10}$ 寿命

参见额定寿命。

58 胶膜

常在内燃机活塞和汽缸上形成的坚硬、有光泽、不溶于油的漆膜状沉积物。

59 承载能力

在具体应用场合中滑动或滚动系统所能承受的最大载荷，这时该系统不致发生破坏或磨损量不致超过设计极限。

60 润滑剂

为减少两相对运动表面间的摩擦和磨损而放入其间的各种物质。

61 轻微磨损

材料以微细的碎屑形式脱落的一种磨损型式。

62 非牛顿粘度

剪切应力与剪切率不成正比的材料表观粘度。

63 润滑油

触摸时有腻滑感的一种液体，来源于植物、动物、矿物或人工合成。

64 油性

润滑剂在边界润滑状态下能减小摩擦的一种性能。油性越高，摩擦越小。

65 油雾

靠压缩空气雾化的油，随后由压缩空气通过低压分配系统送到使用润滑剂的各个地方。

66 点蚀

材料脱落或迁移而形成表面麻点。

**67 普通滑动轴承**

除固定瓦轴承、可倾瓦轴承和滚动轴承之外的各种简单滑动轴承。

**68 多孔质轴承**

用多孔性材料（例如压制金属粉末）制成的一种轴承，其孔隙起贮油器或进油孔的作用。

**69 倾点**

使润滑剂在规定条件下流动的最低温度。

**70 PTFE**

聚四氟乙烯，在较大的温度范围内具有突出的低摩擦性能的一种聚合物。

**71 PU值**

轴承压力与表面速度的乘积。

**72 额定寿命**

一批基本相同的滚动轴承在给定的运转速度和负荷下，有90%的轴承不发生破坏的疲劳寿命（以百万转计或以小时计）。90%额定寿命常称为“L<sub>10</sub>寿命”或“B<sub>10</sub>寿命”。

**73 雷氏粘度**

工业用的一种粘度计量单位，表示50厘米<sup>3</sup>流体在一定温度下流过10毫米长和1.5毫米直径的管子所需的时间（秒）。

**74 均方根高度 (RMS)**

美国采用的一种表面形貌计量单位，它表示表面轮廓线对均值线的平均偏离量。

**75 SAE**

美国汽车工程师学会。

**76 赛氏粘度**

工业用的一种粘度计量单位，表示60厘米<sup>3</sup>流体在一定温度和规定条件下流过标准赛氏通用粘度计的小孔所需的时间（秒）。

**77 刮伤**

沿滑动方向形成严重擦痕。

78 擦伤

沿滑动方向形成微细擦痕。

79 咬合

两滑动表面间发生固相焊合而造成的局部损伤，但表面没有发生局部熔化。

80 严重磨损

材料以较大的碎屑形式脱落的一种磨损型式。

81 皂

润滑时脂肪酸与金属或金属化合物发生反应而生成的一种化合物。

82 固体润滑剂

涂在表面上的粉末状或薄膜状固体，它能保护表面在作相对运动时免于损坏，并能减少摩擦和磨损。

83 剥落

颗粒从表面上呈片状脱落下来。

84 粘滑

一种松弛振动，通常与相对速度增加时摩擦系数减小有关。

85 合成润滑剂

不是用萃取法或精炼法，而是用合成法制成的润滑剂。

86 薄膜润滑

一种润滑状态，在这种润滑状态下，润滑剂膜的厚度很薄，以致两表面间的摩擦取决于表面的性质和润滑剂的粘度。

87 总酸值 (TAN)

为了中和 1 克油样中的全部酸性组分而需要的碱量，以氢氧化钾的当量毫克数计。

88 总碱值 (TBN)

为了中和 1 克油样中的全部碱性组分而需要的酸量，以氢氧化钾的当量毫克数计。

89 漆膜

燃料、润滑油或轴承材料有机组分发生氧化和（或）聚合反应而

生成的一种沉积物。

### 90 粘度

流体、半流体或半固体物质阻抗流动的一种体积性能。

粘度的定义是：

$$\eta = \tau / \frac{dv}{ds}$$

$\tau$ 是剪切应力； $v$ 是速度； $ds$ 是垂直于流动方向量得的单元厚度； $\frac{dv}{ds}$ 称为剪切率。一般来说，也就是对牛顿流体来说，粘度通常称为动力粘度。运动粘度或静力粘度是指在规定的温度和压力下动力粘度对密度之比。

### 91 粘度指数 (VI)

度量润滑油和其它石油制品的粘度随温度的变化而常用的一项指标。

### 92 磨损

两相对运动表面上材料的脱落，通常是因有磨粒、粘附和腐蚀而造成的。

### 93 油楔效应

润滑剂中建立压力楔。

### 94 润湿性

一个不严格的术语，表示润滑剂易于布满或流过轴承表面的性能。

### 95 ZDDP

二烷基连二硫代磷酸锌的字首缩写，广泛用作为极压剂。它也是一种有效的抗氧化剂，但不能用在具有镀银轴承的机械装置中。

沈继飞 译

# 目 录

译者序

术语和定义

第一章 摩擦学展望 .....	1
§ 1 引言 .....	1
§ 2 摩擦学的影响 .....	1
§ 3 摩擦学的经济意义 .....	2
§ 4 磨损机理 .....	4
§ 5 表面研究 .....	5
§ 6 润滑 .....	5
§ 7 润滑剂 .....	6
§ 8 材料 .....	7
§ 9 表面处理 .....	9
§ 10 计算机辅助设计 .....	9
§ 11 机器工况的监控 .....	10
§ 12 结束语 .....	11
第二章 摩擦学应用方面的材料 .....	15
§ 1 引言 .....	15
§ 2 材料的类型 .....	16
§ 3 专用材料 .....	18
3.1 普通滑动轴承 .....	18
3.2 齿 轮 .....	21
3.3 滚动轴承 .....	21
3.4 耐磨材料 .....	23
3.5 工 具 .....	24

3.6	刀具	25
3.7	活塞环	26
3.8	凸轮和随动件	27
3.9	摩擦材料	27
3.10	塑料轴承	28
§ 4	表面处理和表面涂层	29
§ 5	结束语	32
<b>第三章</b>	<b>磨损</b>	<b>34</b>
§ 1	引言	34
§ 2	磨损过程	35
§ 3	咬合	37
§ 4	磨粒磨损	38
§ 5	微动磨损	39
§ 6	流体侵蚀和气穴侵蚀	40
§ 7	滚动接触疲劳	40
§ 8	磨损的检测和评定	42
§ 9	结束语	44
<b>第四章</b>	<b>轴承的选择</b>	<b>50</b>
§ 1	引言	50
§ 2	各类轴承的性能	52
2.1	摩擦轴承(干轴承)	52
2.2	滚动轴承	53
2.3	流体膜轴承	53
2.4	挠性元件	56
§ 3	如何选取适宜的轴承	57
3.1	单向载荷、连续运动类型的应用情况	58
3.2	摆动运动类型的应用情况	59
3.3	多向载荷、连续运动类型的应用情况	63
<b>第五章</b>	<b>普通滑动轴承的设计——轴承设计数据列线图</b>	



的应用 .....	65
§ 1 引言 .....	65
§ 2 径向轴承的设计界限 .....	66
2.1 运行界限 .....	67
2.1.1 最小膜厚界限 .....	67
2.1.2 轴承的温度界限 .....	69
2.1.3 油氧化界限 .....	70
2.1.4 油膜不稳定性 .....	71
2.2 安全运行区域 .....	72
§ 3 计算和设计步骤 .....	73
3.1 无量纲数据一步骤 I .....	75
3.2 包括热平衡的设计程序一步骤 I .....	78
3.3 设计辅助图的改进一步骤 II .....	78
§ 4 圆柱孔轴承的设计程序 .....	79
4.1 处理方法 .....	79
4.2 安全运行须知 .....	81
4.2.1 油膜厚度和温度 .....	81
4.2.2 油膜不稳定性 .....	86
4.3 特性估算 .....	86
4.3.1 最小膜厚 .....	88
4.3.2 轴线的不同轴度 .....	88
4.3.3 功率损耗和油量 .....	90
4.3.4 温度 .....	92
§ 5 高速时的应用 .....	93
5.1 非层流运行 .....	93
5.2 成型孔轴承 .....	94
§ 6 设计辅助图应用举例 .....	96
6.1 题目 .....	96
6.2 步骤 .....	97