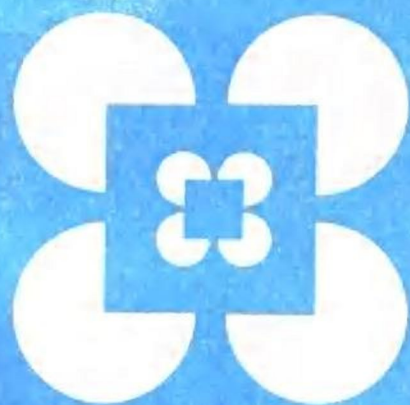


● 设备管理培训教材

# 设备的润滑技术与管理

广东省设备管理培训中心

范中志 主编



华南理工大学出版社

## 内 容 简 介

《设备的润滑技术与管理》是广东省设备管理培训中心组织编写的中、高级设备管理人员培训教材之一，全书共分九章，内容包括：摩擦与磨损及润滑机理；润滑油、润滑脂及固体润滑；典型零部件的润滑；机器设备的润滑装置；切削润滑液；设备润滑管理；润滑故障及解决措施；废油回收利用。本书中附录有关油与脂质量指标试验标准方法。

本书除作设备管理人员培训教材外，还可作为大专院校设备管理专业教材，也可供实验室技术管理人员、厂矿企业管理干部和技术人员参考。

设备管理培训教材

### 设备的润滑技术与管理

范中志 主编

责任编辑 江厚祥

华南理工大学出版社出版发行

(广州 五山)

各地新华书店经销

华南理工大学印刷厂印装

开本 787×1092 1/32 印张14.25 字数320千

1990年3月第1版 1990年3月第1次印刷

印数：1—10 000

ISBN 7—5623—0153—0/TH·9

定价：4.90元

## 前 言

为了贯彻国务院1987年7月发布的《全民所有制工业交通企业设备管理条例》，在省经委的领导下，在华南理工大学及其管理工程系各级领导的支持下，广东省设备管理干部培训中心于1989年7月18日正式成立。为了贯彻省经委粤经安〔1989〕248号文中关于对企业设备管理干部岗位职责培训、考核的通知，本中心将编写一套设备管理干部培训教材，包括：《设备管理条例讲解》，《设备管理经济法》，《设备综合管理学》，《设备的投资效益分析》（可行性研究的经济评价），《设备的润滑技术与管理》，《设备的维修技术》，《计算机在设备管理中的应用》（专题）等，作为设备管理干部培训之用。

这本《设备的润滑技术及管理》是其中之一，其内容除了润滑技术的基本知识之外，还编有润滑管理方面的资料。如：设备润滑管理的基本任务，设备的润滑管理制度，设备润滑管理人员（工程师、技术员、润滑工）的岗位职责，设备润滑图表的编制，润滑油的化验、分析、保管，废油回收，以及各级润滑工所必须具备的知识与能力等。因此，本书将向厂长（副厂长）、经理（副经理）等厂一级的领导提供设备润滑管理的资料，向工程技术人员（工程师、技术员）、设备科长等提供润滑技术资料，以及如何要求和指导设备润滑管理人员以及化验人员、润滑工进行设备的润滑管理工作。针对目前各厂矿企业的情况，并为更好地贯彻有关国家标准，本书附录有常用的润滑油、脂质量的检验标准。

此书稿从1987年起经过七届设备管理培训班试用，深受  
欢迎，并为本书的正式出版定稿提出许多宝贵意见，有关领  
导和其他同志也为本书的编写和出版给予大力的支持和帮  
助，谨借此表示衷心感谢。

本书由范中志主编，参加编写的还有周思涛、关立平、  
宋光贵、韩青云、周燕青、林云中等。

本书除供设备管理的干部、技术人员学习之用外，还可  
作为大专院校设备管理专业教材或参考书，亦可供一般设备  
管理人员、润滑工学习以提高业务水平之用。

编 者

1989年12月

# 目 录

|                       |         |
|-----------------------|---------|
| 绪 言 .....             | ( 1 )   |
| 第一章 摩擦与润滑的机理 .....    | ( 3 )   |
| 第一节 摩擦的基本概念 .....     | ( 3 )   |
| 第二节 古典摩擦理论及其局限性 ..... | ( 4 )   |
| 第三节 摩擦研究的早期发展史 .....  | ( 8 )   |
| 第四节 现代摩擦理论 .....      | ( 10 )  |
| 第五节 润滑理论 .....        | ( 26 )  |
| 第六节 磨损理论 .....        | ( 41 )  |
| 第二章 润滑油 .....         | ( 45 )  |
| 第一节 润滑油的质量指标 .....    | ( 45 )  |
| 第二节 内燃机油 .....        | ( 71 )  |
| 第三节 机械油 .....         | ( 82 )  |
| 第四节 齿轮油 .....         | ( 89 )  |
| 第五节 液压油 .....         | ( 98 )  |
| 第六节 汽轮机油 .....        | ( 101 ) |
| 第七节 压缩机油 .....        | ( 104 ) |
| 第八节 冷冻机油 .....        | ( 108 ) |
| 第九节 气缸油 .....         | ( 111 ) |
| 第十节 导轨油和液压导轨油 .....   | ( 114 ) |
| 第十一节 变压器油 .....       | ( 116 ) |
| 第十二节 油膜轴承油 .....      | ( 119 ) |
| 第十三节 润滑油的添加剂 .....    | ( 121 ) |
| 第十四节 润滑油的调制 .....     | ( 131 ) |

|                           |         |
|---------------------------|---------|
| <b>第三章 润滑脂</b>            | ( 136 ) |
| 第一节 润滑脂的特性、组成和分类          | ( 136 ) |
| 第二节 润滑脂的主要质量指标及其性能<br>评价  | ( 140 ) |
| 第三节 润滑脂的主要品种及其性能和应<br>用范围 | ( 146 ) |
| 第四节 润滑脂的选择                | ( 154 ) |
| 第五节 润滑脂的使用与保管             | ( 160 ) |
| <b>第四章 固体润滑</b>           | ( 164 ) |
| 第一节 概述                    | ( 164 ) |
| 第二节 常用的固体润滑剂              | ( 165 ) |
| 第三节 复合材料                  | ( 170 ) |
| <b>第五章 典型零部件的润滑</b>       | ( 172 ) |
| 第一节 概述                    | ( 172 ) |
| 第二节 滑动轴承的润滑               | ( 174 ) |
| 第三节 滚动轴承的润滑               | ( 180 ) |
| 第四节 齿轮和蜗轮润滑               | ( 191 ) |
| 第五节 导轨润滑                  | ( 202 ) |
| 第六节 离合器和联轴器的润滑            | ( 206 ) |
| 第七节 传动链的润滑                | ( 207 ) |
| 第八节 钢丝绳的润滑                | ( 209 ) |
| 第九节 气缸的润滑                 | ( 212 ) |
| <b>第六章 机器设备的润滑装置</b>      | ( 216 ) |
| 第一节 润滑方法及润滑油脂的进给装置        | ( 216 ) |
| 第二节 润滑油的过滤装置              | ( 226 ) |
| 第三节 润滑油脂的检查及保护装置          | ( 229 ) |
| 第四节 循环润滑系统中的油泵、油管和        |         |

|                                     |         |
|-------------------------------------|---------|
| 油箱·····                             | ( 232 ) |
| 第五节 润滑工具 ·····                      | ( 233 ) |
| <b>第七章 切削润滑剂</b> ·····              | ( 235 ) |
| 第一节 金属切削过程中的润滑特点 ·····              | ( 235 ) |
| 第二节 切削润滑剂的作用 ·····                  | ( 237 ) |
| 第三节 切削润滑剂的组成和分类 ·····               | ( 240 ) |
| 第四节 切削润滑剂的添加剂 ·····                 | ( 243 ) |
| 第五节 常用切削润滑剂 ·····                   | ( 247 ) |
| 第六节 切削润滑剂的选用 ·····                  | ( 256 ) |
| 第七节 切削润滑剂的质量检查 ·····                | ( 259 ) |
| 第八节 乳化液的回收与处理 ·····                 | ( 262 ) |
| <b>第八章 设备润滑管理</b> ·····             | ( 267 ) |
| 第一节 设备润滑管理的组织机构 ·····               | ( 268 ) |
| 第二节 设备润滑管理制度 ·····                  | ( 270 ) |
| 第三节 设备润滑管理人员岗位职责 ·····              | ( 272 ) |
| 第四节 设备润滑“五定”内容 ·····                | ( 275 ) |
| 第五节 设备润滑图表的编制 ·····                 | ( 277 ) |
| 第六节 润滑卡片 ·····                      | ( 283 ) |
| 第七节 油料的简易识别法 ·····                  | ( 285 ) |
| 第八节 润滑油的三级过滤 ·····                  | ( 288 ) |
| 第九节 设备润滑耗油定额 ·····                  | ( 289 ) |
| 第十节 设备换油、加油计划的制定 ·····              | ( 299 ) |
| 第十一节 润滑油的化验分析、保管、发放及废<br>油的回收 ····· | ( 302 ) |
| 第十二节 设备润滑工应知、应会 ·····               | ( 306 ) |
| <b>第九章 设备润滑故障及解决措施</b> ·····        | ( 311 ) |
| 第一节 设备润滑故障 ·····                    | ( 311 ) |

## 第二节 设备润滑故障的实例及解决措施 ..... (313)

## 附录 润滑油脂质量指标试验方法 ..... (338)

### 石油产品运动粘度测定方法和动力粘度

计算法 (GB 265—88) ..... (339)

石油产品恩氏粘度测定法 (GB 266—77) ..... (346)

### 石油产品闪点与燃点测定法 (开口杯法)

(GB 267—77) ..... (354)

石油产品闪点测定法 (闭口杯法) (GB 261—83) ..... (358)

石油产品凝点测定法 (GB 510—83) ..... (363)

石油产品酸值测定法 (GB 264—83) ..... (368)

石油产品水溶性酸及碱试验法 (GB 259—77) ..... (372)

### 石油产品和添加剂机械杂质测定法 (重量法)

(GB 511—77) ..... (375)

石油产品水分测定法 (GB 260—77) ..... (380)

润滑油抗氧化安定性测定法 (SY 2652—77) ..... (384)

石油产品铜片腐蚀试验法 (GB 5096—85) ..... (396)

润滑油抗乳化性能测定法 (GB 8022—87) ..... (406)

润滑脂滴点测定法 (GB 4929—85) ..... (413)

润滑脂锥入度测定法 (GB 269—85) ..... (418)

### 润滑脂游离碱和游离有机酸测定法

(SY 2707—79) ..... (432)

### 润滑脂机械杂质测定法 (酸分解法)

(GB 513—77) ..... (436)

### 润滑脂机械杂质含量测定法 (显微镜法)

(SY 2721—77) ..... (440)

润滑脂水分测定法 (GB 512—65) ..... (443)

# 绪 言

每一台设备都有一定的寿命，但设备的寿命很大程度上决定于维护工作的好坏，而维护好设备的关键环节就是润滑。设备润滑就像人体血液一样，血液出现了问题，人的生命就会受到威胁，血液一旦中断，生命就会完结。可见设备润滑确是设备的命脉。

1969年，日本机械振兴协会对日本的润滑管理进行了调查，结果发现在 700 次机械设备故障中，由于润滑不良和润滑方法不当而造成设备故障的共258次，占总故障的36.7%。又如我国某汽车制造厂，1977年设备故障停歇台时达 1246 时，其中润滑不良造成的设备停歇占总停歇的65%。

目前世界各国对设备的润滑管理都给予了很大的重视。

表 1 润滑经济效益统计(年额)

| 项 目            | 效 果    |        |
|----------------|--------|--------|
|                | 日本(亿元) | 英国(亿元) |
| ①由于减少摩擦而节省消耗能  | 700    | 280    |
| ②节省劳力          | 1200   | 100    |
| ③节省润滑油经费       | 100    | 100    |
| ④节省维修费、更换零件费   | 7500   | 2300   |
| ⑤节省因故障影响效果     | 3800   | 1150   |
| ⑥因提高工效与机械效率省投资 | 1100   | 220    |
| ⑦延长使用年限而节省设备投资 | 5500   | 1100   |
| 合 计            | 19900  | 5150   |

这是由于它与节约能源、材料、劳力，提高产品质量，提高机械可靠性、寿命与安全，以及增加企业的经济效益有关。表1是各国加强润滑管理所取得经济效果的统计表。表中的数字说明，由于设备润滑管理工作的加强，英国每年可节约5千亿英镑，日本每年可节约近二兆日元。这些数字，充分体现了润滑管理在现代化企业管理中的独特作用。

有相对运动的接触处就会有摩擦，摩擦又往往伴随着磨损，润滑则是减少摩擦、降低磨损的有效措施。润滑管理除了保证给机械设备以正确的润滑，防止因润滑不良而发生故障或降低设备性能，维护保养好机械装置，确保正常运转以获得较好的经济效益外，还能减少摩擦以达到节能的目的，减少磨损以达到节省钢材与配件的目的。由此可见，润滑管理不仅仅是给机械注油的问题，而是能够控制摩擦、防止烧伤、减少磨损、节省能源、节省资源、提高企业的经济效益的一个重要环节。

# 第一章 摩擦与润滑的机理

## 第一节 摩擦的基本概念

### 一、静摩擦力与动摩擦力

物理学告诉我们：如果物体没有受到外力的作用，则此物体将保持原来的静止状态或匀速直线运动状态。并且两个物体间的作用力总是同时出现、同时消失，且大小相等，方向相反，沿着同一直线。现来做一试验：

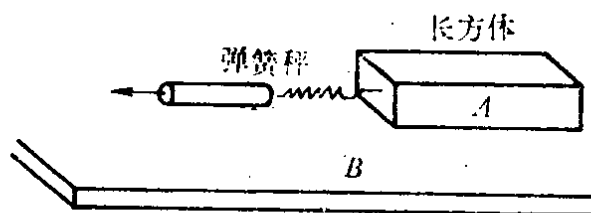


图 1-1 滑动摩擦测定

将一重  $W$  的长方体  $A$  放到水平桌面  $B$  上，将其前端用弹簧秤勾住，然后用手轻拉弹簧秤，在弹簧秤上显示的读数表示出拉力的大小。从试验中可以看出一开始弹簧秤上有读数但弹簧并不动，到弹簧秤读数达到某一数值后  $A$  才沿着  $B$  滑动。由此知，当我们对  $A$  拖加拉力时  $A$  不动，表明在  $A$  与  $B$  的接触面上存在阻力，阻止  $A$  在  $B$  上滑动，并且这个阻力与拉力大小相等、方向相反，如图1-1所示。即：

两个互相接触的物体，在外力作用下发生相对运动时（或具有相对运动趋势时），在接触表面间将产生阻止其发

生相对运动（或相对运动趋势）的阻力。

这个阻力就称为摩擦力，此现象称为摩擦现象。

摩擦力方向永远沿着接触面的切线，跟物体的相对运动方向相反，阻止物体的相对运动。

发生在两物体接触面间，虽无相对运动，但有相对运动趋势的摩擦力，叫静摩擦力。静摩擦力随外力的增大而增大。在外力达到一定数值后，物体将动未动时，静摩擦力达到最大静摩擦力——俗称的静摩擦力；当外力超过最大静摩擦力时，物体要发生相对运动，此时，摩擦力叫动摩擦力。

## 二、滚动摩擦

足球赛正在紧张的进行着，运动员们一边跑，一边用脚去踢球，眼看球将进入到对方的球门了，但因为踢得太轻，足球滚到球门前，却停止了，观众席上发出叹息声。球为什么会停？这也是归于摩擦的作用，但这时，足球不是在地面上滑动而是滚动。使足球停止滚动的摩擦叫滚动摩擦。滚动摩擦比滑动摩擦小，如果在前面的长方体A下放几支铅笔（图1-2），就可以从弹簧秤的读数得知滚动摩擦比滑动摩擦小。

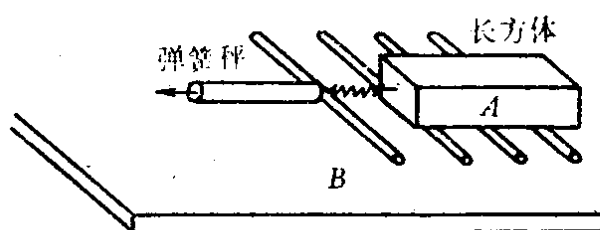


图 1-2 滚动摩擦测定

## 第二节 古典摩擦定律及其局限性

### 一、摩擦定律的基本内容

让我们先进行一次实验。实验名称：固体摩擦试验。

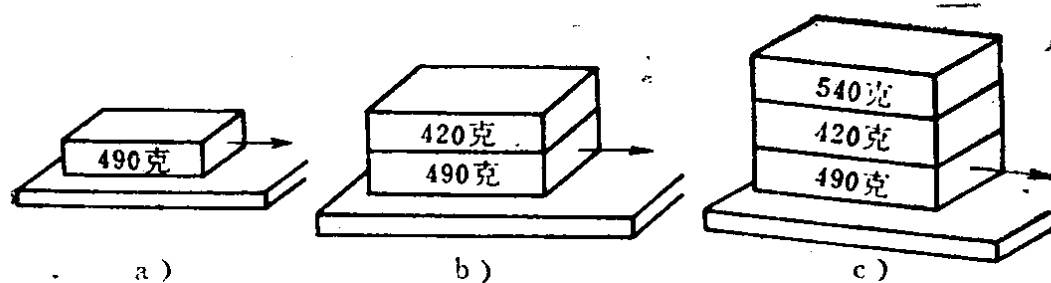


图 1-3 实验（一）

实验（一）：

（1）将 490 克重的长方体放在桌上，前端用弹簧秤勾住，按水平方向轻轻地牵拉弹簧，记下长方体开始滑动时的弹簧读数（最大静摩擦力），继续轻轻地拉弹簧秤，待长方体按适当的速度继续滑动，然后记下此时弹簧秤的读数（动摩擦力）；

（2）将 420 克重的长方体放在重 490 克重的长方体上，重复上述试验，并记下摩擦力的读数；

（3）再将重 540 克的长方体放在上面，重量达 1450 克，重复上述试验。

每次试验做三次测量，纪录平均值，实验结果记录如下：

表 1-1 实验（一）记录

| 重量( $W$ ) | $F_{\text{最大}}$ | $f_{\text{静}}$ | $F_{\text{动}}$ | $f_{\text{动}}$ |
|-----------|-----------------|----------------|----------------|----------------|
| (克)       | 250             |                | 130            |                |
|           | 250             |                | 150            |                |
| 490       | 270             | 0.52           | 139            | 0.27           |
|           | 平均257           |                | 平均138          |                |

续上表

|                      |                            |      |                            |      |
|----------------------|----------------------------|------|----------------------------|------|
| 490<br>+ 420<br>910  | 480<br>480<br>470<br>平均477 | 0.52 | 260<br>240<br>240<br>平均247 | 0.27 |
| 910<br>+ 540<br>1450 | 720<br>720<br>740<br>平均737 | 0.51 | 420<br>450<br>440<br>平均437 | 0.37 |

由试验结果得：

(1) 摩擦力  $F$  与物体的重量  $W$  成正比，当  $W \uparrow$  时  $F \uparrow$ ，比例为一常数。此常数称为摩擦系数，用  $f$  表示。由试验知，摩擦系数不随重量变化而变化：

$$f_{\text{静(动)}} = \frac{F_{\text{静(动)}}}{W} \quad \text{或} \quad F = fW$$

(2) 动摩擦系数小于静摩擦系数。

实验(二)：

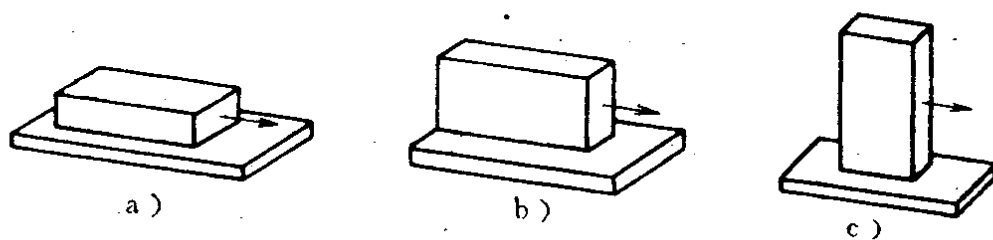


图 1-4 实验(二)

如图 1-4 所示，将一块重 490 克、体积长  $\times$  宽  $\times$  高为  $17.2 \times 11.8 \times 2.5$  厘米<sup>3</sup> 的长方体，如图 1-4 分别以它们的底面长  $\times$  宽  $= 17.2 \times 11.8 = 203$  厘米<sup>2</sup>，侧面长  $\times$  高  $= 17.2 \times 2.5 = 43$  厘米<sup>2</sup>，端面宽  $\times$  高  $= 11.8 \times 2.5 = 29.5$  厘米<sup>2</sup>，放

表 1-2 实验(二)记录

| 接触面积                     | 摩擦力 $F_{\text{静}}$    | 摩擦系数 $F_{\text{静}}$ |
|--------------------------|-----------------------|---------------------|
| 底面<br>203厘米 <sup>2</sup> | 250<br>250 257<br>270 | 0.52                |
| 侧面43厘米 <sup>2</sup>      | 250<br>260 260<br>270 | 0.53                |
| 端面29.5厘米 <sup>2</sup>    | 260<br>270 267<br>270 | 0.54                |

在平板上做实验(一)的内容,并将实验结果记录如表 1-2。由记录可见:底面和端面的面积相差近七倍,但摩擦力却基本近似。

(3) 摩擦力的大小与接触面积无关。

以上试验是重复意大利科学家雷纳德·达芬奇(Leonardo dofrinci 1452—1519)所做的试验,由日本科学家曾田宗做出。

这以上三条,再加上其它试验,得出摩擦定律为:

(1) 摩擦力与作用于摩擦面的垂直力成正比例,与外表的接触面积之大小无关。

(2) 摩擦力与滑动速度无关。

(3) 静摩擦力大于动摩擦力。

## 二、摩擦定律的局限性

以上三条摩擦定律一直沿用到今天的中学、大学的物

理、力学及机械设计手册中，但是它有局限性：

如果重复试验（一），但长方体不是放在平板上，而是放在铺有乙烯塑料的桌子上。也按三次平均值，在长方体为490克时，得出最大静摩擦力为377克，静摩擦系数为0.77。

关于摩擦力与滑动速度无关的问题，在雷纳德从事这方面研究的时代，只有风力与水力，即使是十七世纪，也没有马达，很难获得一定的速度。

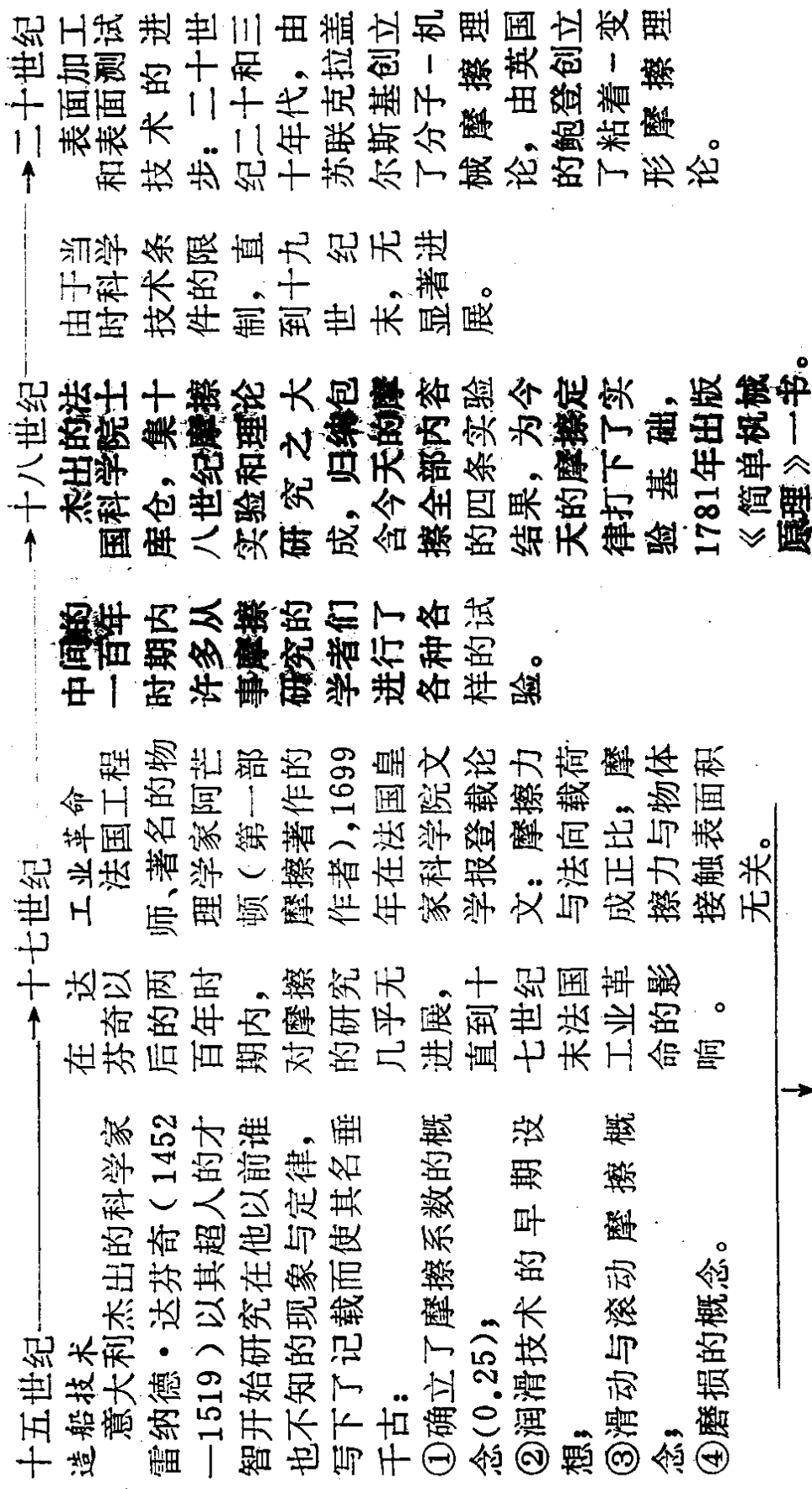
近代研究表明，摩擦力和法向压力、滑动速度、接触面积、温度等均有关。

作者在《润滑与密封》杂志（1983年第二期）上曾发表了“摩擦系数的试验研究”，得出：

|             |       |      |
|-------------|-------|------|
| 摩擦系数 $f$ 与： | 法向压力  | } 有关 |
|             | 滑动速度  |      |
|             | 材 料   |      |
|             | 表 面 膜 |      |
|             | 粗 糙 度 |      |
|             | 温 度   |      |
|             | 接触面积  |      |

### 第三节 摩擦研究的早期发展史

很早以来，人们就知道了摩擦的存在和润滑的用途，但是经几千年，却无人对它进行科学的解释。对摩擦现象进行科学的研究，始于十五世纪意大利的文艺复兴时代。各年代的研究情况如下：



从十五世纪到十八世纪这三百年间，有关摩擦的研究的历史是以确立摩擦定律为中心而发展的，探讨摩擦的机理是属于第二位的。直到十九世纪末，摩擦定律大体已确立完毕，人们才开始进一步寻求摩擦产生的原因。