

实用设备

润滑与密封

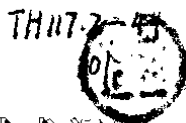
技术问答

肖开学 编著



机械工业出版社
China Machine Press

00009950



实用设备润滑与密封技术问答

肖开学 编著



11-75/26



C0486915

机械工业出版社

本书以问答形式,通俗地介绍了摩擦、磨损与润滑的基本知识;润滑材料的种类、性能、特点和用途;润滑技术和润滑材料在各种机械设备上的应用方法;设备密封与泄漏防治技术,以及设备润滑的技术管理等共计123题,书末附有润滑与密封材料的名称、性能和用途以及技术标准和生产企业名称等。

本书可供机械、冶金、国防、轻工等各部门的从事机械设备使用和维修的操作工人、技术人员和管理人员使用,也可作为设备润滑与密封技术培训班的参考教材。

图书在版编目(CIP)数据

实用设备润滑与密封技术问答/肖开学编著. —北京:机械工业出版社,1999.12

ISBN 7-111-07659-1

I. 实… II. 肖… III. ①机械-润滑-问答②机械密封-技术-问答 IV. ①TH117.2-44②TH136-44

中国版本图书馆CIP数据核字(1999)第65999号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码:100037)

责任编辑:崔世荣 版式设计:霍永明

责任校对:唐海燕 封面设计:李雨桥 责任印制:路琳

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2000年1月第1版·第1次印刷

787mm×1092mm¹/₃₂·9.75印张·211千字

0 001 4 000册

定价:16.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010)68993821、68326677-2527

前 言

润滑与密封工作是搞好机械设备维修保养的关键，但是过去由于人们对润滑与密封工作不够重视，缺乏必要的维修保养知识，造成大批机械设备磨损，缩短设备使用寿命，耗费能源，降低产品质量和劳动生产率，造成大量的人力、物力浪费。随着现代化工业的发展，机械设备日益向高、精、尖的方向发展，对设备润滑与密封的要求也越来越高，迫切地要求润滑与密封技术解决生产设备使用中出现的問題。本书采用问答形式，简要地介绍润滑、密封的基本知识；润滑材料及其在机械设备中的应用；设备密封和泄漏防治技术以及设备润滑管理等，力求通俗易懂、简明实用，以供广大设备润滑与密封工作者使用，也可作为设备润滑与密封技术培训的参考教材。

本书在编写过程中，查阅、参考了大量的国内外有关资料，在此谨向这些著（译）者表示衷心的感谢。同时，也得到全国摩擦学会理事长万长森教授和洛阳轴承研究所罗继伟所长（博士、研究员级高级工程师）的关心和支持，并承中国航空精密机械研究所范树清高级工程师审阅，在此一并致以诚挚的谢意。

由于编著者水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编著者

目 录

前言

第一章 摩擦、磨损与润滑	1
1. 什么叫做摩擦？什么是摩擦定律？	1
2. 摩擦可分为哪几类？	2
3. 什么叫做摩擦因数？影响它的因素有哪些？	3
4. 什么叫做磨损？它分为哪几类？	4
5. 磨损过程分为哪几个阶段？影响磨损的因素及减摩 抗磨的措施如何？	6
6. 摩擦、磨损造成的损失有多大？	8
7. 什么叫做润滑？它分为哪些类型？	8
8. 润滑的作用主要有哪些？搞好设备润滑有什么重要意义？	9
第二章 润滑材料	11
9. 润滑材料有哪几类？各有什么特点和用途？	11
10. 我国矿物润滑油的分组、分级及其命名和代号如何？	13
11. 润滑油的主要质量指标及其在使用上的意义如何？	14
12. 我国润滑脂的分组、分级及其命名和代号如何？	23
13. 什么叫做合成润滑油脂？其命名和代号如何？	29
14. 润滑脂的主要质量指标及其在使用上的意义如何？	30
15. 润滑油润滑和润滑脂润滑比较各有何优缺点？	36
16. 石油产品添加剂有哪些？常用的辅助添加剂有哪些？	37
17. 使用无机缓蚀剂时应注意哪些事项？	41
18. 常用润滑油的品种和用途如何？	42
19. 常用润滑脂的品种和用途如何？	50
20. 合成润滑脂的品种和使用温度范围如何？	55

21. 防锈油脂可分为哪几类? 常用的防锈油脂的名称、 配方和用途如何?	60
22. 防锈油的使用方法和应注意的事项有哪些?	82
23. 切削液有哪些作用? 其性能要求如何? 它可分为 哪几类?	84
24. 常用的水基防锈切削液的名称、配方和用途如何?	86
25. 乳化切削液可分为哪几类? 常用的乳化切削液的名称、 配方和用途如何?	90
26. 常用的油基切削液可分为哪几类? 其配方和用途如何?	95
27. 配制和使用切削液时应注意哪些事项?	98
28. 切削液的添加剂可分为哪几类? 其作用如何?	101
29. 什么叫做固体润滑剂? 对它有什么要求?	106
30. 固体润滑材料的分类和用途如何?	106
31. 固体润滑材料有哪些优缺点?	108
32. 固体润滑剂的使用方法有哪些?	109
33. 石墨有哪些基本特性? 其产品用途如何?	110
34. 二硫化钼的特性及用途如何?	111
第三章 润滑技术、润滑油脂和切削液的选用	114
35. 采用润滑方法及装置时应考虑哪些因素?	114
36. 机械设备常用的润滑方法有哪几种? 各有什么特点?	114
37. 润滑油的过滤器有哪几种? 各有什么特点?	123
38. 机床润滑油如何选用?	126
39. 冶金铸锻设备润滑油如何选用?	131
40. 通用机械润滑油如何选用?	134
41. 切削一般钢材时应选用何种切削液?	136
42. 切削高强度合金、耐热合金和不锈钢等难加工材料时 应选用何种切削液?	137
43. 切削铝及其合金时应选用何种切削液?	138
44. 电切削加工时应选用何种切削液?	139

45. 切削铜及其合金时应选用何种切削液?	139
46. 切削铸铁时应选用何种切削液?	140
第四章 设备的密封与泄漏防治	141
47. 什么叫做密封? 什么叫做密封技术?	141
48. 什么叫做密封件? 什么叫做密封装置? 各有哪些 基本要求?	141
49. 什么叫做密封副? 其基本类型有哪种?	141
50. 密封可分为哪几类?	143
51. 什么是静密封? 静密封有哪些类型? 各有什么特点?	144
52. 常用的静密封垫片有哪些种类?	146
53. 什么是动密封? 动密封有哪些类型? 各有什么特点?	150
54. 采用软填料(即压紧填料)接触动密封有哪些种类? 有什么特点?	150
55. 采用成形填料密封有哪些种类? 其特性如何?	150
56. 什么是硬填料密封? 其应用范围如何?	157
57. 什么叫做机械密封? 其特点和用途如何?	161
58. 机械密封有哪些类型? 各有什么特点?	162
59. 机械密封的主要故障有哪些? 其产生原因和 解决办法如何?	167
60. 选择和使用机械密封结构时应注意哪些问题?	172
61. 密封圈的种类、特点及装配工艺要求如何?	173
62. 什么叫做迷宫密封? 它有哪些特点和用途?	176
63. 迷宫密封有哪几种形式? 它的工作原理是怎样的?	177
64. 什么叫做防尘密封? 什么叫做离心式防尘密封? 各有哪些用途?	178
65. 防尘密封圈有哪几种类型? 各有什么特点和用途?	178
66. 什么叫做浮环密封? 它有哪些特点和用途?	180
67. 什么叫做气动密封? 它有哪些特点和用途?	181
68. 什么叫做螺旋密封? 它有哪些特点和用途?	182

69. 什么叫做铁磁流体密封? 它有哪些特点和用途?

磁流体如何制配? 183

70. 什么叫做活塞环密封? 它有哪些特点和用途? 184

71. 什么叫做间隙密封? 它有几种类型? 各有什么用途? 185

72. 如何选择常用的密封方法? 186

73. 常用的密封材料是怎样分类的? 187

74. 常用的密封材料分为哪几种? 各有什么特点和用途? 188

75. 常用的橡胶密封材料的类型、特点和用途如何? 189

76. 液态密封胶的分类、特点及用途如何 193

77. 国产液态密封胶的种类和性能如何? 195

78. 涂敷液态密封胶的工艺如何? 198

79. 厌氧密封胶的性能及用途如何? 199

80. 国产厌氧密封胶有哪些品种? 其性能如何? 200

81. 怎样涂敷厌氧密封胶? 202

82. 怎样配制液态密封胶? 各有什么特点? 203

83. 怎样配制封口胶? 它有哪些用途? 使用方法如何? 204

84. V 形环和 U 形环密封的泄漏原因及防治措施如何? 204

85. O 形圈密封的泄漏原因及防治措施如何? 205

86. V 形密封圈的用途、特点及装配工艺要求如何? 207

87. O 形密封圈的用途、特点及装配工艺要求如何? 208

88. 常见的泄漏物质有哪几种? 210

89. 设备泄漏一般分为哪几种? 怎样考核泄漏等级? 210

90. 机械设备泄漏的一般原因是什么? 215

91. 机械设备泄漏的防治一般有哪几种方法? 217

92. 机械设备防治泄漏的具体措施有哪些? 218

93. 动密封防漏措施有哪些? 222

94. 液压系统的漏油故障原因及防治措施有哪些? 222

95. 设备漏油治理“八字法”的含义是什么? 224

96. 压缩机常见的泄漏原因及防治措施有哪些? 225

97. 齿轮泵泄漏的原因及防治措施有哪些? 226

98. 离心泵常见的泄漏原因及防治措施有哪些?	227
99. 变压器常见的泄漏原因及防治措施有哪些?	227
100. 机床设备常见的泄漏原因及防治措施有哪些? 试举典型实例说明。	228
第五章 设备润滑技术管理	233
101. 搞好设备润滑管理工作有什么重要意义?	233
102. 设备润滑管理工作包括哪些基本内容?	233
103. 设备润滑管理的组织机构可采取哪些形式? 润滑技术 人员如何配置?	234
104. 设备润滑管理应建立的管理制度有哪些?	236
105. 各级设备润滑管理工作人员的岗位职责有哪些?	240
106. 设备润滑的“五定”管理内容是什么?	243
107. 如何确定换油周期与油料消耗定额?	244
108. 设备润滑图表有哪些基本要求和内容?	247
109. 如何根据设备润滑图表指示对卧式车床和立式车床 进行润滑?	248
110. 如何根据设备润滑图表指示对 X62W 万能铣床进行 润滑?	250
111. 如何根据设备润滑图表指示对 B655 牛头刨床进行 润滑?	251
112. 如何根据设备润滑图表指示对 Z550 立式钻床进行 润滑?	253
113. 如何根据设备润滑图表指示对 M120 外圆磨床进行 润滑?	254
114. 如何根据设备润滑图表指示对卧式镗床进行润滑?	255
115. 如何根据设备润滑图表指示对滚齿机进行润滑?	256
116. 如何用简易方法鉴别润滑油脂?	257
117. 如何用简易方法识别常用的油品?	257
118. 润滑脂变质的原因有哪些? 其处理方法如何?	259

119. 润滑油脂的贮存和保管有哪些要求?	260
120. 如何选择代用润滑油?	262
121. 如何防止混用润滑油?	263
122. 混合润滑脂对其性能影响如何?	265
123. 废油回收再生工艺如何?	266
附录 A 部分新旧油品名称对照表	277
附录 B 部分特种油品的名称和用途	279
附录 C 真空油脂的名称和用途	281
附录 D 部分合成润滑油脂的名称和用途	282
附录 E 部分防锈油脂的名称和用途	287
附录 F 选用润滑脂参考表	290
附录 G 各类润滑脂的特性和用途	291
附录 H 各类润滑脂的基本特性	291
附录 I 橡胶密封件生产厂及产品类型一览表	292
附录 J 密封件标准索引	294
主要参考文献	299

第一章 摩擦、磨损与润滑

1. 什么叫做摩擦？什么是摩擦定律？

当两个紧密接触的物体沿着它们的接触面做相对运动时，会产生一个阻碍这种运动的阻力（图 1-1），这种现象叫做摩擦。这个阻力就叫做摩擦力。摩擦力与垂直载荷的比值叫做摩擦因数^①。摩擦是机械运转的大敌，是造成能源损失和机械破损的关键，必须尽量设法避免。

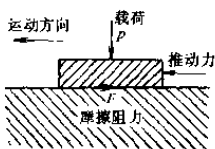


图 1-1 摩擦及摩擦力示意图

摩擦定律也称库伦摩擦三定律，其主要内容如下。

第一定律：摩擦力与滑动面的表观面积无关。

第二定律：摩擦力与摩擦面的正压力成比例。

即摩擦力 $F = F_N$

摩擦因数 $f = \frac{F}{F_N}$

式中 F_N ——正压力。

第三定律：动摩擦力比静摩擦力小，且动摩擦力与滑动速度无关。

但是，库伦定律在实际应用中还存在一定的局限性，只能是近似地反映摩擦现象的规律。实际上对于光滑表面，摩擦力将随表面光洁程度的提高而加大；对于很洁净、很光滑

① 摩擦因数旧称摩擦系数。

的表面，由于在接触表面之间出现强烈的分子吸引力，摩擦力将与接触面积有关。同时，当滑动速度较大时，摩擦力也与速度有关。

2. 摩擦可分为哪几类？

摩擦有许多分类法。

1. 按摩擦副运动状态分类

(1) 静摩擦 一个物体沿着一个物体表面有相对运动趋势时产生的摩擦，叫做静摩擦。这种摩擦力叫做静摩擦力。静摩擦力随作用于物体上的外力变化而变化。当外力克服了最大静摩擦力时，物体才开始宏观运动。

(2) 动摩擦 一个物体沿着一个物体表面相对运动时产生的摩擦叫做动摩擦。这时，产生的阻碍物体运动的切向力叫做动摩擦力。

2. 按摩擦副接触形式分类

(1) 滑动摩擦 接触表面相对滑动时的摩擦叫做滑动摩擦。

(2) 滚动摩擦 在力矩作用下，物体沿接触表面滚动时的摩擦叫做滚动摩擦。

3. 按摩擦副表面润滑状态分类

(1) 干摩擦 指既无润滑又无湿气的摩擦。

(2) 流体摩擦 即流体润滑条件下的摩擦。这时两表面完全被液体油膜隔开，摩擦表现为由粘性液体引起。

(3) 边界摩擦 指摩擦表面有一层极薄的润滑膜存在时的摩擦。这时，摩擦不取决于润滑剂的粘度，而是取决于接触面和润滑剂的特性。

(4) 混合摩擦 属于过渡状态的摩擦，包括半干摩擦和半流体摩擦。半干摩擦是指同时有边界摩擦和干摩擦的情

况。半流体摩擦是指同时有流体摩擦和干摩擦的情况。

现代机器设备中的一些摩擦副的工作条件是复杂的，例如处于高速、高温或低温、真空等苛刻环境条件下工作，其摩擦、磨损情况也各有不同的特点。

此外，还可将两个相互接触的界面之间发生的摩擦称为外摩擦，例如轴颈与轴瓦之间没有任何润滑剂的摩擦等。同一物体内部各部分之间发生的摩擦称为内摩擦，例如各种流体（包括气体、液体）分子间的摩擦、润滑油膜分子间的摩擦等。一般来说，内摩擦概念只适用于流体，主要是指液体。

3. 什么叫做摩擦因数？影响它的因素有哪些？

根据摩擦定律 $f = \frac{F}{W}$ 或 $f = \frac{F}{p}$

可知，阻碍两接触物体相对运动的切向力 F （即摩擦力）与作用到物体表面的法向力 p 之比值 f 称为摩擦因数。

当切向力 F 为静摩擦力 F_s 时，它与法向力 p 的比值，即为静摩擦因数 f_s 。

当切向力 F 为动摩擦力 F_k 时，它与法向力 p 的比值，即为动摩擦因数 f_k 。

滚动摩擦力矩 rF （ $\text{kgf} \cdot \text{cm}$ ）与法向力 p （ kgf ）之比为滚动摩擦系数 k （ cm ）。

一般情况是动摩擦因数 f_k 小于静摩擦因数 f_s ，所以要使物体由静止状态到开始滑动，要克服最大静摩擦力 $F_{\max}$ 。但是当发生滑动以后，要保持物体继续滑动，只要克服动摩擦力 F_k 就行了（ $F_k < F_{\max}$ ）。

静滑动摩擦因数的大小，与接触面的材料和表面状况（例如表面粗糙度、润滑条件、温度、湿度、接触时间等）

有关。一般来说，表面越粗糙、润滑条件越差，则摩擦因数 f_s 就越大，最大静摩擦力也就越大。动滑动摩擦因数的大小，除与接触面的材料和表面状况有关外，还与物体运动的速度有关。

f_s 和 f_k 的数值均可由一般的机械工程手册中查得或实验测得。

滚动摩擦比滑动摩擦省力，当我们移动笨重的物体时，若在底面上垫上数根圆棍，推起来就会省力得多。

4. 什么叫做磨损？它分为哪几类？

磨损是指物体工作表面的物质，由于表面相对运动而不断损失或形变的现象，是摩擦的结果。磨损过程主要因对偶表面间的机械、化学与热作用而产生。

磨损的分类取决于许多因素，例如磨损量的大小、相对运动和载荷类型、摩擦表面形貌和表层破坏形式、磨损机理等，磨损的基本类型分别简介如下：

1. 粘附磨损 粘附磨损是接触表面相对运动时，由于分子间的吸引力作用而产生固相局部焊合（粘附连接），致使材料从一个表面转移到另一个表面而造成的一种磨损。

粘附磨损有以下几种形式：

(1) 轻微磨损 剪刀破坏发生在粘着结合面上，表面转移的材料极轻微。常见于缸套—活塞环的正常磨损。

(2) 涂抹 即一个表面的材料发生迁移（或转移），并以薄层重新涂敷到一个或两个表面上。常见于蜗杆副的蜗杆上。

(3) 擦伤 由表面局部固相焊合或磨料所引起的沿滑动方向形成的微细擦痕或“犁痕”。如内燃机的铝活塞壁与缸体摩擦常见此现象。

(4) 胶合 两活动表面间发生固相焊合而引起的局部损伤,但没有发生局部表面熔合,主轴—轴瓦摩擦副的轴承表面经常可见此种现象。

(5) 咬粘又称咬死 由界面粘附摩擦致使表面焊合而造成表面相对运动停止,摩擦副之间咬死。不锈钢螺母在拧紧过程中常发生这种现象。

2. 磨料磨损 硬的颗粒或硬的突起物,在摩擦过程中引起材料脱落,这种现象叫做磨料磨损。在农业机械、工程机械或矿山机械中许多机械零件与泥沙、矿石等直接接触,有的是硬的颗粒进入相对运动副间,有的是借助流体或气体输送矿物颗粒时与壳体摩擦,都会发生不同形式的磨料磨损。

根据磨损的产生条件和破坏形式可以把磨料磨损分成三类:凿削式磨料磨损、高应力碾碎式磨料磨损和低应力擦伤式磨料磨损。

3. 表面疲劳磨损 两接触表面做滚动或滚动滑动复合摩擦时,在交变接触压应力作用下,使材料表面疲劳产生物质损失的现象叫做表面疲劳磨损,齿轮副、滚动轴承、钢轨与轮箍及凸轮副都能产生表面疲劳磨损。

表面疲劳磨损分为扩展性及非扩展性两种。当交变压力较大时,由于材料塑性稍差或润滑选择不当而发生扩展性表面疲劳磨损。

4. 腐蚀磨损 在摩擦过程中,金属同时与周围介质发生化学或电化学反应,产生物质损失,这种现象称为腐蚀磨损。

腐蚀磨损及分类见表 1-1。

表 1-1 腐蚀磨损及分类

类别	产生的基本条件	损坏特征	示例
氧化磨损	金属表面与氧化性介质的反应速度很快,形成的氧化膜从表面磨掉后,又很快形成新的氧化膜。一般在空气中,其磨损速度较小	金属的摩擦表面沿滑动方向呈均匀细磨痕,磨损产物为红褐色片状 Fe_2O_3 , 或为灰黑色丝状 Fe_3O_4	曲轴轴颈, 铝合金等摩擦副表面
特殊介质腐蚀磨损	摩擦副与酸、碱、盐等特殊介质作用,其磨损机理与氧化磨损相似,但磨损速度较大	摩擦表面遍布点状或丝状磨蚀痕迹,一般比氧化磨损痕迹深,磨损产物为酸、碱、盐的金属化合物	化工设备中的零件表面
微蚀动磨损	机械零件配合较紧的部位,在载荷和一定频率振动条件下,使零件表面产生微小滑动,其磨损产物为氧化物	摩擦表面有较集中的小凹坑,使紧配合部位松动,磨损产物为红褐色氧化铁细颗粒	紧配合轴颈螺母、螺栓及键槽处
气蚀	液体与零件接触处,发生相对摩擦,液体在高压区形成涡流,气泡在高压区突然破灭,产生较大的循环冲击力,使零件表面疲劳破坏,流体介质的化学与电化作用,加速了表面破坏	受液体作用,零件表面先产生麻点,再扩展成泡沫或海绵状穴蚀,严重者,深度可达 20mm	水泵零件、水轮机转轮、柴油机气缸壁

5. 磨损过程分为哪几个阶段? 影响磨损的因素及减摩抗磨的措施如何?

机械零件正常运动的磨损过程一般分为三个阶段,见图 1-2。

1. 跑合阶段（又称磨合阶段） 新的摩擦副表面具有一定的粗糙度，真实接触面积较小。经跑合阶段，表面逐渐磨平，真实接触面积逐渐增大，磨损速度减缓。如图 1-2 中的 Oa 线段。人们有意利用跑合阶段的轻微磨损，为正常运行的稳定磨损创造条件。

2. 稳定磨损阶段 这一阶段磨损缓慢稳定，如图 1-2 中 ab 线段。这一线段的斜率就是磨损速度、横坐标时间就是零件耐磨寿命。

3. 剧烈磨损阶段 图 1-2 中 b 点以后，磨损速度急剧增长，机械效率下降，功率和润滑油的损耗增加，精度丧失，产生异常噪声及振动，摩擦副温度迅速升高，最终导致零件失效。

影响磨损的因素很复杂，而且相互交错，例如载荷与速度（主要的）、材料种类及性质、摩擦方式（滑动还是滚动）、表面形貌及润滑状态（温度、湿度、气体介质等）。由于磨损条件不同，所产生的影响也不一样。

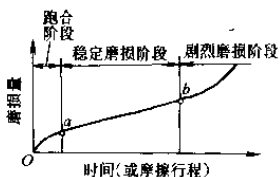


图 1-2 磨损量与时间的关系示意图

根据影响磨损的主要因素，其减摩抗磨的主要措施有：

- (1) 提高材料的物理力学性能（如强度、硬度、韧性、弹性等）。
- (2) 选用合理的润滑方式和润滑剂。
- (3) 提高摩擦表面质量。
- (4) 改进运动方式，在可能的情况下变滑动摩擦为滚动摩擦。