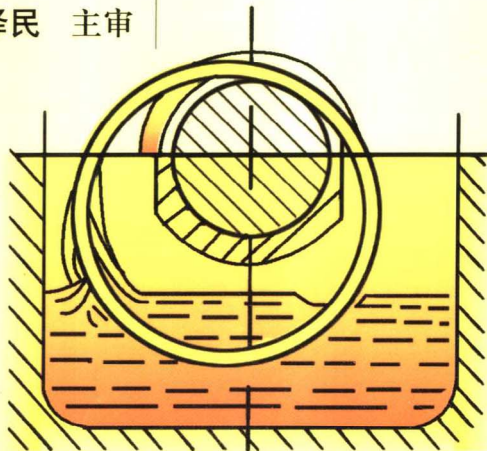


石油化工设备技术问答丛书

设备润滑 技术问答

钱青松 编著
程泽民 主审



中国石化出版社

石油化工设备技术问答丛书

设备润滑技术问答

钱青松 编著
程泽民 主审

中国石化出版社

内 容 提 要

本书用通俗易懂的语言,以问答的形式,详细解答了与机械设备润滑技术密切相关的 100 多个问题,内容涉及摩擦与润滑、润滑材料、润滑材料的选用、设备润滑与管理等,理论与实践结合紧密,实用性强,对于搞好机械设备润滑和管理均有很强的指导意义。

本书不仅可供现场操作和维修技术人员、管理人员阅读,还适用于作技术培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

设备润滑技术问答/钱青松编著.

—北京:中国石化出版社,2005
(石油化工设备技术问答丛书)
ISBN 7-80164-869-2

I. 设… II. 钱… III. 石油化工-机械设备-
润滑-问答 IV. TE9-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 090616 号

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail: press@sinopec.com.cn

北京精美实华图文制作中心排版

北京大地印刷厂印刷

新华书店北京发行所经销

*

787×1092 毫米 32 开本 4.875 印张 106 千字

2005 年 9 月第 1 版 2005 年 9 月第 1 次印刷

定价:12.00 元

序

设备是企业进行生产的物质技术基础。现代化的石油化工企业，生产连续性强、自动化水平高，且具有高温、高压、易燃、易爆、易腐蚀、易中毒的特点。设备一旦发生问题，会带来一系列严重的后果，往往会导致装置停产、环境污染、火灾爆炸、人身伤亡等重大事故的发生。因而石油化工厂的设备更体现了设备是企业进行生产、发展的重要物质基础。“基础不牢、地动山摇”。设备状况的好坏，直接影响着石油化工企业生产装置的安全、稳定、长周期运行，从而也影响着企业的经济效益。

为了确保石油化工厂设备经常处于良好的状况，就必须强化设备管理，广泛应用先进技术，不断提高检修质量，搞好设备的操作和维护，及时消除设备隐患，排除故障，提高设备的可靠度，从而确保生产装置的安全、稳定、长周期运行。

为了适应广大石油化工设备管理、操作及维护检修人员，了解设备，熟悉设备，懂得设备的结构、性能、作用及可能发生的故障和预防措施，以提高消除隐患，排除故障，搞好操作和日常维护能力的需要，中国石化出版社针对石油化工厂常见的各类设备，诸如，各类泵、压缩机、风机及驱动机、各类工业炉、塔、反应器、压力容器，各类储罐、换热设备，以及各类工业管线、阀门管件等等，组织长期工作在石油化工企业基层，有一定设备理论知识和实践经验的专家和技术人员，以设备技术问答的形式，编写了一系列“石油化工设备技术问答丛书”，供大家学习和阅读，希望对广大读者有所帮助。本书即为这套丛书之一。

中国石化设备管理协会副会长 胡安定

目 录

第 1 章 摩擦与润滑	(1)
1-1 什么是摩擦? 摩擦有哪些分类?	(1)
1-2 产生摩擦的原因是什么?	(2)
1-3 什么是磨损? 磨损过程一般分为哪几个阶段?	(3)
1-4 磨损一般分为几种类型?	(4)
1-5 影响磨损的因素有哪些?	(4)
1-6 什么是润滑? 润滑的机理是什么?	(6)
1-7 润滑可分为哪几种类型?	(7)
第 2 章 润滑材料	(9)
2-1 润滑剂的作用有哪些?	(9)
2-2 润滑材料应具备哪些基本要求?	(10)
2-3 润滑剂可分为哪几类?	(10)
2-4 我国润滑油是如何分类的?	(11)
2-5 润滑油的主要理化指标有哪些? 它们的意义是什么? ...	(12)
2-6 我国润滑脂是如何分类的?	(22)
2-7 润滑脂组成成分有哪些?	(23)
2-8 润滑脂的主要理化指标有哪些? 其意义是什么?	(24)
2-9 润滑脂的主要品种有哪些? 其特性如何?	(28)
2-10 润滑脂同润滑油比较有何区别?	(31)
2-11 润滑脂润滑有哪些优缺点?	(33)
2-12 固体润滑材料是如何分类的?	(34)
2-13 固体润滑材料有什么特点? 使用方法如何?	(35)
2-14 二硫化钼产品有哪几种? 其用途如何?	(37)
2-15 石墨产品有哪几种? 其用途如何?	(38)

2-16	合成润滑材料有什么特点？	(39)
2-17	防锈油脂分哪几类？	(39)
2-18	常用的润滑油添加剂有哪几种？其主要用途如何？	(40)
2-19	什么是润滑油的调合？调合后混合油的 性质有哪些变化？	(45)
第3章	润滑材料的选用	(47)
3-1	如何选用润滑油？	(47)
3-2	我国内燃机油是如何进行质量分类的？	(49)
3-3	如何选用内燃机油？	(51)
3-4	液压油是如何分类的？	(54)
3-5	如何选用液压油？	(56)
3-6	我国车辆齿轮油是如何分类的？	(59)
3-7	如何选择车辆齿轮油？	(59)
3-8	工业齿轮油是如何分类的？	(60)
3-9	如何选用工业齿轮油？	(63)
3-10	压缩机油是如何分类的？	(64)
3-11	如何选用压缩机油？	(65)
3-12	冷冻机油是如何分类的？	(68)
3-13	如何选用冷冻机油？	(69)
3-14	汽轮机油是如何分类的？	(71)
3-15	如何选择汽轮机油？	(73)
3-16	如何选用润滑脂？	(74)
3-17	选择润滑脂时应注意哪些事项？	(80)
3-18	各种润滑脂的简要用途是什么？	(81)
3-19	如何选用滑动轴承的润滑材料？	(84)
3-20	选择滑动轴承润滑脂应注意哪些问题？	(86)
3-21	滑动轴承采用润滑脂润滑有哪些优缺点？	(87)
3-22	如何选用滚动轴承的润滑材料？	(87)
3-23	如何确定滚动轴承润滑脂的填充量、补给量及更换？ ...	(90)

3-24	如何选用纺织机械用油?	(92)
3-25	如何选用制浆造纸设备用油?	(93)
3-26	如何选用木材加工机械用油?	(94)
3-27	如何选用金属切削机床用油?	(94)
3-28	如何选用液压油泵用油?	(100)
3-29	如何选用冶金设备用油?	(101)
3-30	如何选用铸造设备用油?	(102)
3-31	如何选用锻压设备用油?	(102)
3-32	如何选用电机用油	(103)
3-33	如何选用蒸汽机用油?	(104)
3-34	如何选用凿岩机型和风动工具用油?	(104)
3-35	如何选用起重设备用油?	(106)
3-36	如何选用钢丝绳用油脂?	(107)
第4章	设备润滑与管理	(108)
4-1	润滑油的代用原则是什么?	(108)
4-2	润滑油混用的原则是什么?	(108)
4-3	不同润滑油混合后理化性能有何变化?	(109)
4-4	润滑油混用中应注意哪些问题?	(110)
4-5	润滑油老化变质的原因是什么?	(110)
4-6	不同种润滑脂混合后性能有哪些变化?	(111)
4-7	润滑油在使用过程中的如何进行质量维护?	(113)
4-8	润滑油在储存、运输过程中的如何进行质量维护?	(113)
4-9	如何合理使用压缩机油?	(114)
4-10	如何合理使用冷冻机油?	(116)
4-11	汽轮机油使用管理中应注意哪些问题?	(118)
4-12	影响汽轮机油变质的因素有哪些?	(119)
4-13	内燃机油在使用过程中如何管理?	(119)
4-14	机器设备中常用的润滑方法有哪些?	(120)
4-15	润滑故障的主要表现形式及其原因是什么?	(123)

4-16	汽车内燃机润滑故障如何处理？	(125)
4-17	液压油使用过程中的润滑故障如何处理？	(126)
4-18	齿轮油使用过程的润滑故障如何处理？	(127)
4-19	空气压缩机润滑故障如何处理？	(129)
4-20	真空泵的润滑故障如何处理？	(129)
4-21	如何确定润滑油的换油期？	(132)
4-22	HM-L 液压油换油指标是多少？	(133)
4-23	L-HM 液压油换油指标是多少？	(134)
4-24	车用汽油机换油指标及换油期是多少？	(134)
4-25	汽车柴油机油换油指标是多少？	(135)
4-26	拖拉机柴油机油换油指标是多少？	(136)
4-27	普通车辆齿轮油换油指标是多少？	(137)
4-28	L-CKC 工业闭式齿轮油换油指标是多少？	(137)
4-29	汽轮机油换油指标是多少？	(138)
4-30	废油为什么要进行回收、再生工作？	(140)
4-31	废油如何回收？	(141)
4-32	滤油器有哪几种型式？其特性、用途如何？	(142)
4-33	润滑管理的目的是什么？	(143)
4-34	润滑管理的基本任务是什么？	(143)
4-35	润滑管理的主要内容有哪些？	(144)
4-36	设备(动力)科润滑管理人员的职责是什么？	(145)
4-37	车间机械员(分管设备的主任)的润滑职责是什么？	(146)
4-38	润滑油站人员职责是什么？	(146)
4-39	设备操作人员的润滑职责是什么？	(146)
4-40	润滑油站的日常工作有哪些内容？	(147)
4-41	设备润滑的“五定”内容是什么？	(148)
参考文献		(148)

第1章 摩擦与润滑

1-1 什么是摩擦？摩擦有哪些分类？

答：所谓摩擦，是指当两个相对运动表面，在外力作用下发生相对位移时，存在一个阻止物体相对运动的作用力，这种现象称为摩擦。这个作用力叫做摩擦力。而两个成对的接触面叫做摩擦副。

摩擦有许多分类方法。按摩擦副的运动状态可分为：外摩擦和内摩擦

外摩擦：当两个相互接触物体发生相对运动时，阻止相对运动所产生的摩擦称为外摩擦。这种摩擦只与物体接触部分表面相互作用有关，而与物体的内部状态无关。

内摩擦：当某一物体内部各部分间发生相对运动时，阻碍相对运动所产生的摩擦称为内摩擦。一般来说，内摩擦这个概念只适用于流体，主要还是指液体。

按摩擦副的运动状态可分为：滑动摩擦和滚动摩擦

滑动摩擦：当接触表面间相对移动时的摩擦。

滚动摩擦：物体在力矩作用下沿接触表面滚动时的摩擦。

按摩擦副表面润滑状况可分为：

干摩擦：是指摩擦副直接接触时发生的摩擦。即当两摩擦面间没有润滑剂情况下，所表现的动摩擦和静摩擦的总和，其摩擦系数一般在0.3~0.7之间。

边界润滑摩擦：是指摩擦副表面被润滑剂的分子膜所

覆盖。即两物体表面被一层具有分子结构和润滑的边界膜分开的摩擦。其摩擦系数一般在 $0.01 \sim 0.1$ 之间，其油膜薄到 $0.6\mu\text{m}$ 。边界润滑中，油脂与摩擦面的性质对摩擦系数和磨损有极大的影响，而润滑剂的极压性(或油性)起决定作用。

流体润滑摩擦：指摩擦面间存在一定厚度的完全油膜使摩擦面间的固体摩擦转变为液体摩擦，并使摩擦面间的压力由液体膜所承受，称为流体摩擦。其摩擦系数一般在 $0.005 \sim 0.01$ 以下，摩擦阻力小。

混合润滑摩擦：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边界摩擦和流体摩擦的情况。

1-2 产生摩擦的原因是什么？

答：对于接触表面作相对运动时产生摩擦力这一现象有各种各样的解释，综合起来有以下几点。

机械上发生相对运动的部位一般都经过加工，具有光滑的表面，但实际上无论加工精度多高，机件表面都不可能“绝对”平滑，在显微镜下看都有高有低、凹凸不平。如果摩擦面承受载荷而又紧密接触，两个表面上的突起部分和陷下部分就会犬牙交错地嵌合在一起，两个接触表面作相对运动时，表面上的突起部分就会互相碰撞，阻碍表面间的相对运动。

另外，由于两个摩擦面承受载荷而又紧密接触，表面由若干突起部分支撑着的，支撑点处两表面之间的距离极小，处于分子引力的作用范围内，表面作相对运动时，突起部分也要跟着移动，因此就必须克服支撑点处的分子

引力。

还有，由于碰撞点和支撑点都要承受极高的压力，使这些地方的金属表面发生严重的变形，一个表面上的突起就会嵌入另一个表面中去。碰撞和塑性变形都会导致产生局部瞬间高温，而撕裂粘结点要消耗动力。

以上各点综合起来就表现为摩擦力。

1-3 什么是磨损？磨损过程一般分为哪几个阶段？

答：物体工作表面的物质，由于表面相对运动而不断损失的现象叫做磨损。

机械零件正常运动的磨损过程一般分为三个阶段，如图 1-1 所示。

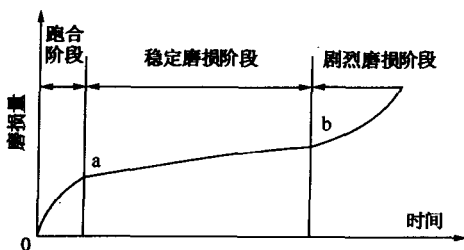


图 1-1 磨损量与时间关系示意图

(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，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，如图中 0—a 线段。

(2) 稳定磨损阶段，这一阶段磨损缓慢稳定，如图中 a—b 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，产生异常噪音和振动，摩擦副温度迅速升高，最终导致零件失效。

1-4 磨损一般分为几种类型？

答：根据磨损的破坏机理及机械零件表面磨损状态，磨损可大体分为以下几种类型：

粘着磨损：摩擦副相对运动时，由于固相焊合，接触表面的材料从一个表面转移到另一个表面的现象叫做粘着磨损。

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的现象叫做磨料磨损。

表面疲劳磨损：两接触表面作滚动或滚动滑动负荷摩擦时，在交变接触压应力作用下，使材料表面疲劳而产生物质损失的现象叫做表面疲劳磨损。表面疲劳磨损分为扩展性和非扩展性两种。

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。

1-5 影响磨损的因素有哪些？

答：影响磨损的因素主要有以下五点：

(1) 润滑对磨损的影响。润滑对减小机器零件磨损具有重大的意义，在摩擦表面建立液体摩擦后，摩擦系数可降低到原来的几十分之一至几百分之一，在摩擦表面建立液体摩擦是减少磨损主要措施。

(2) 零件表面层材料的性质对磨损的影响。零件表面层材料的硬度、韧性、化学稳定性和孔隙度是影响磨损的主要因素，增加硬度可以提高材料表面层的耐磨性，增加韧性可

以防止或减少磨粒的产生，增加化学稳定性可以减少腐蚀磨损，增加孔隙度可以蓄集润滑剂，减少机械磨损，提高零件的耐磨性。

(3) 零件表面加工质量对磨损的影响。零件表面的加工质量越高，即不平度越小，一般来说对提高耐磨性是有利的，但是过于光滑的表面不一定具有最好的耐磨性，因为表面过于光滑，使润滑油不能形成均匀的油膜(形成球状油滴)，反而使耐磨性变坏。如图 1-2 所示，它表示零件的最小磨损量不是在最光滑时得到，而是在不同负荷下，当轮廓算术平均偏差为最适宜的 R_{a_1} 和 R_{a_2} 时才能得到最小的磨损量 Q_1 和 Q_2 。

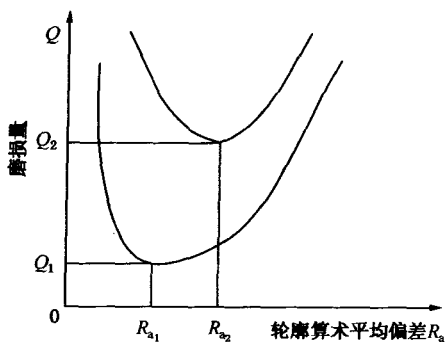


图 1-2 磨损量与轮廓算术平均偏差关系曲线

1—轻负荷；2—重负荷

(4) 零件的工作条件对磨损的影响。零件的工作条件是指单位面积的负荷、相对运动的速度和摩擦面运动的性质等。通常单位面积负荷增大会使零件的磨损速度增加。零件相对运动速度对磨损的影响较复杂，当摩擦表面为液体摩擦

时，相对运动速度增大，磨损减小，零件运动速度对磨损影响最大是发生在机器启动和制动时，因为这时零件运动速度突然改变，往往会发生边界摩擦、半干和半液体摩擦，甚至发生干摩擦，所以机器启动和制动次数越多，零件磨损就越大。另外，零件摩擦表面的相对运动不同，表面磨损的分布也不同。

(5) 安装修理的质量对磨损的影响。摩擦组合件经修理调整后若装配不好、配合面不平整、配合间隙过大或过小等，都会使磨损迅速增加，最后导致事故磨损和损坏，因此为延长组合件的寿命，必须保证安装和修理的质量。

1-6 什么是润滑？润滑的机理是什么？

答：把一种具有润滑性能的物质加到机体摩擦面上，达到降低摩擦和减少磨损的手段称为润滑。常用的润滑介质有润滑油和润滑脂。

润滑油和润滑脂有一个重要物理特性，就是它们的分子能够牢固地吸附在金属表面形成一层薄油膜的性能(这种性能又被称为油性)，这种薄薄的油膜称为边界油膜。边界油膜的形成是因为润滑剂是一种表面活性物质，它能与金属表面发生静电吸附，并产生垂直方向的定向排列，从而形成牢固的边界油膜。边界油膜一般只有 $0.1 \sim 0.4\mu\text{m}$ ，虽然很薄，但在一定的条件下，能承受一定的负荷而不致破裂。在两个边界油膜之间的油膜称为流动油膜，完整的油膜是由边界油膜和流动油膜两部分组成(如图 1-3 所示)。这种油膜在外力作用下与摩擦表面结合很牢固，可以将两个摩擦表面完全分开，使机件表面的机械摩擦转化为油膜内部分子之间的摩擦，从而减少了机件的摩擦和磨损，达到润滑的目的。

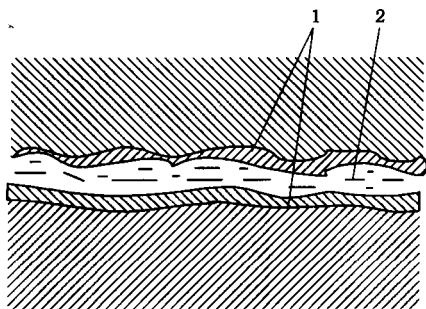


图 1-3 油膜示意图

1—边界油膜；2—流动油膜

1-7 润滑可分为哪几种类型？

答：按照摩擦副表面润滑状态，可把润滑类型分为：流体润滑、边界润滑和混合润滑。

(1) 流体润滑

流体润滑是在两摩擦面之间加有液体润滑剂，润滑油把两摩擦面完全隔开，变金属接触干摩擦为液体的内摩擦。流体润滑的优点是液体润滑剂的摩擦系数小，通常为 $0.001 \sim 0.01$ 。实现流体润滑，必须具备以下三个条件：

- 1) 摩擦表面间必须有相对运动。
- 2) 顺着表面运动的方向，油层必须成楔形。

3) 润滑油与摩擦表面必须有一定的附着力，润滑油随摩擦表面运动时必须有一定的内摩擦力，即必须有一定的粘度。

(2) 边界润滑

当机械运动速度很低，而摩擦表面承受的载荷又很大时，即使使用粘度很大的润滑油，也很难使 G 值大到足以

在摩擦表面间形成完整的油层，以达到保证流体润滑的程度。此时流体润滑膜遭到破坏后，在接触面上仍然存在一层极薄(约为 $0.01\mu\text{m}$)的油膜，这一层油膜和摩擦表面之间具有特殊的结合力，形成“膜”，从而在一定程度上继续保护摩擦表面的作用，这种润滑状态称为边界润滑，所生成的膜叫边界膜。由于边界膜的厚度很小，摩擦表面形貌的表层性质对润滑情况将会有很大影响。

(3) 半流体润滑(或称混合润滑)

摩擦面上所形成的润滑膜局部遭到破坏，油即不均匀又不连续，使摩擦面上同时出现流体润滑、边界润滑和干摩擦的润滑状态叫做半流体流体润滑。产生半流体润滑的主要是载荷过大，或速度、载荷变化平缓，选用油品不当，以及摩擦面粗糙等原因所致。

以上三种润滑状态，在机器工作中实际是经常互相转换，其情况是随润滑油量、油性及油品粘度等条件的变化而转换的。所以，通常采取提高油量及压力，提高油性，选用适宜的粘度来实现良好的润滑状态。

注： G 表示轴承的特性因素， $G = \eta N / P$ ， η —润滑油粘度， $\text{Pa}\cdot\text{s}$ ； N —轴承转速， r/min ； P —轴单位投影面上的载荷， N/cm^2 。 G 值与润滑油层厚度有直接关系， G 值小则形成的油层薄，反之则油层厚，因此通过 G 值就可以判断是否能形成足够厚度的油层以保证流体润滑。

第2章 润滑材料

2-1 润滑剂的作用有哪些？

答：使用润滑剂的目的是为了润滑机械的摩擦部位，减少摩擦抵抗、防止烧结和磨损、减少动力消耗、提高机械效率，主要作用归纳如下：

(1) 减少摩擦。在摩擦面之间加入润滑剂，能使摩擦系数降低，从而减少摩擦阻力，节约能源的消耗。

(2) 降低磨损。机械零件的粘着磨损、表面疲劳磨损和腐蚀磨损与润滑条件很有关系。在润滑剂中加入抗氧、抗腐蚀剂有利于抑制腐蚀磨损，而加入油性剂、极压抗磨剂可以有效地降低粘着磨损和表面疲劳磨损。

(3) 冷却作用。润滑剂可以减轻摩擦，并可以吸热、传热和散热，因而能降低机械运转摩擦所造成的温度上升。

(4) 防腐作用。摩擦面上有润滑剂覆盖时，可以防止或避免因空气、水滴、水蒸气、腐蚀性气体及液体、尘土、氧化物等所引起的腐蚀、锈蚀。润滑剂的防腐能力与保留于金属表面的油膜厚度有直接关系，同时也取决于润滑剂的组成。

(5) 绝缘性。精制矿物油的电阻大，作为电绝缘材料的电绝缘油的电阻率是 $2 \times 10^{16} \Omega \text{mm}^2/\text{m}$ 。

(6) 力的传递。油可以作为静力的传递介质，也可以作为动力的传递介质。