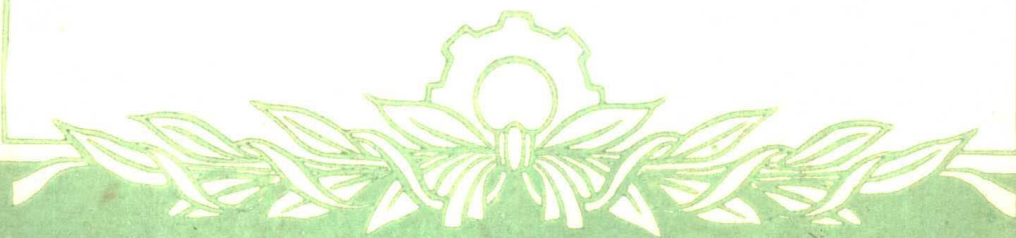


中等专业学校教学用书

# 矿山设备修理与安装

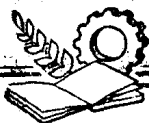
辽宁冶金学院机电教研组主编



中国工业出版社

07

中等专业学校教学用书



# 矿山设备修理与安装

辽宁冶金学院机电教研组主编

中国工业出版社

本书阐述了与机械设备修理有关的机件磨损的基本规律；确定了磨损的情况及其改善办法；重点地叙述了机件修理的一般工艺等基础知识；较详细地研究了轴、轴承、齿轮和蜗轮传动等通用机件的修理和装配的技术；讲述了矿山机械设备修理和装配及其安装的一般问题；介绍了修理用材料的选择和润滑问题以及设备维护和修理工作的组织与计划。

本书作为中等专业学校矿山机电专业的教学用书，亦可供高等学校有关科系师生和工厂工程技术人员、工人同志们参考。

矿山机械设备修理与装配  
辽宁冶金学院机电教研室主编

中国工业出版社出版（北京佟麟阁路丙10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店经售

\*

开本  $787 \times 1092^{1/16}$  · 印张  $13^{1/8}$  · 字数 302,000

1961年9月北京第一版·1961年9月北京第一次印刷

印数 0001—1,537 · 定价（9—4）1.25 元

统一书号：15165 · 873（冶金—208）

# 目 录

|                      |    |                       |     |
|----------------------|----|-----------------------|-----|
| 序言.....              | 4  | 和装配.....              | 104 |
| 緒論.....              | 5  | §7 皮帶傳動的修理和装配.....    | 115 |
| 第一章 机器的磨損.....       | 6  | 第四章 矿山机械设备的修理和装配..... | 119 |
| §1 机器磨損的基本概念.....    | 6  | §1 矿山提升设备的修理          |     |
| §2 机械性的磨損.....       | 7  | 和装配.....              | 119 |
| §3 潤滑对磨損的影响.....     | 8  | §2 矿山压气设备的修理          |     |
| §4 腐蝕磨損、热磨損          |    | 和装配.....              | 131 |
| 和意外磨損.....           | 11 | §3 矿山排水设备的修理          |     |
| §5 机件磨損与缺陷的查明        |    | 和装配.....              | 150 |
| 及其改善方法.....          | 13 | §4 矿山通风设备的修理          |     |
| 第二章 机件修理的一般工艺.....   | 21 | 和装配.....              | 157 |
| §1 焊接工作.....         | 21 | 第五章 矿山机械设备安装.....     | 159 |
| §2 金属噴鍍.....         | 28 | §1 机器基础的筑砌.....       | 159 |
| §3 电鍍.....           | 37 | §2 机器基础的设计与计算.....    | 161 |
| §4 低温焊接.....         | 43 | §3 机器和基础的连接装置.....    | 168 |
| §5 澆注巴氏合金.....       | 46 | §4 安装工作中檢驗的           |     |
| §6 机件电加工.....        | 52 | 基本方法.....             | 171 |
| §7 机件表面机械強化.....     | 55 | §5 设备安装的准备工作.....     | 174 |
| 第三章 机件与部件的修理和装配..... | 58 | §6 矿山提升设备的安装.....     | 176 |
| §1 基本概念.....         | 58 | §7 矿山压气设备的安装.....     | 180 |
| §2 可拆卸联接零件的修理        |    | §8 通风和排水设备的安装.....    | 187 |
| 和装配.....             | 59 | 第六章 修理设备用材料的选择.....   | 191 |
| §3 軸的修理和装配.....      | 62 | §1 磨料.....            | 191 |
| §4 滑动軸承的修理和装配.....   | 76 | §2 垫料.....            | 194 |
| §5 滚动軸承的修理和装配.....   | 94 | §3 潤滑材料及其选择.....      | 195 |
| §6 齿輪与渦輪傳動的修理        |    | 参考書目.....             | 210 |

## 序 言

本书系根据1959年中等专业学校矿山机电专业四年制指导性教育计划所规定的“矿山设备修理与安装”课程教学大纲编写而成。

本书在编写过程中力图做到课程内容符合大纲要求，理论结合实际；对于基础技术知识做了较全面的深入的讲解，对于专业技术知识做了重点的叙述。

本书由辽宁冶金学院机电教研组主编，并由东北工学院矿山工程系协助编写部分章节和审订工作。编写工作的具体分工是：绪论、第一、二、三、五、六、七各章由高明信同志执笔；第四章由孙永祯同志执笔。全部审订工作由忻尚正、孙永祯、贺占国、高明信等同志共同完成，并由李知谦同志做最后审校。

辽宁冶金学院机电教研组

1961年5月

矿山机器设备是提高矿山企业劳动生产率的要素之一，是发展采掘工业必不可少的物质基础。

任何机器设备由于其零件不断地受到摩擦、冲击、高温或介质等作用而逐渐磨损，致使机件的几何形状或金属表层性质发生变化，这种变化将会导致机器的原有精度及其使用性能丧失。当这种情况达到一定限度时，就必须进行设备的修理、恢复机器的工作能力，并使其发挥更大的效能。

设备的精确的高效率的运转，是和正确操作精心的维护保养工作分不开的。任何疏忽大意都会引起重大的不幸事故。

机器设备的安装工作，是基本建设工程中主要的一环，它是一项细致而复杂的工程。而安装质量，是提高生产效率保证产品质量的前提。

如何正确地使用这些机器设备，保证其技术状况良好，高速度地精确运转，充分发挥其生产效率，延长机器的使用寿命，为生产出数量多、质量高、成本低的产品提供重要的物质条件，这是矿山企业的一项重要的工作。因此，做好矿山机器设备的维护修理和安装工作是有着重要的意义的。

在党的总路线的光辉照耀下，我国社会主义建设事业都在蓬勃地发展。随着矿山事业的大跃进，机器设备的数量和品种日益增多。在这种情况下，矿山设备的维护检修工作，也必须满足生产大跃进的需要。一手抓日常生产，一手抓设备维修，这是促使矿山企业扩大再生产、继续大跃进的主要因素之一。

我国自建国以来，就重视机器设备的维修工作。在解放当时，从旧社会接收下来的都是些破旧的设备，残缺不全，型式杂乱，效率很低。然而即是这些设备，一旦由工人阶级自己所掌握，就会充分地发挥它的应有作用。在三年的恢复时期中，矿山企业的工人同志和技术人员在党的领导下，以主人翁的劳动态度，发扬了革命的积极性，使用这些设备，为国家创造了巨大的财富，为祖国的第一个五年计划的完成作出了不小的贡献。在使用和改进这些机器设备过程中，逐渐地积累了许多关于维护检修工作的经验。这个时期的修理工作，主要是分散进行的，随坏随修，当时尚缺乏设备维护修理的规章制度和相应的组织形式。但是，经过几年来的经验积累，随着生产的发展，上述情况不断地得到改进，拟定出了一些规章和制度；修理的技艺不断地提高；合理的先进的维修方法逐渐形成，并得到了推广。

从第一个五年计划开始到目前为止，特别是1958年大跃进以来，我国的矿山维修工作和其他事业一样，有了突飞猛进的发展。采用了较正规的维修制度——计划预修制、合理的有效的维修组织形式以及各种先进的修理工艺和修理方法，使修理技术水平有了很大的提高。

随着我国科学技术的全面跃进，机器维护和修理工艺在实践方面和理论研究方面也都呈现出跃进的局面。某些企业采用了喷镀、电镀、机械表面强化和电火花加工等的先进修理技术；磁力探伤、超声波探伤、X射线和γ射线探伤等先进的检查机器缺陷的方法，也正在日益广泛地被应用于矿山企业。在轰轰烈烈的技术革新和技术革命运动中，工人同志们发挥了敢想、敢干、巧干的共产主义风格，发奋图强，自力更生，自己设计，自己试验，创造出许多修配工艺方面的机械化、半机械化、自动化、半自动化的新技术以及切合本企业目前实际情况的成本低、效率高的土办法。这些优异的成绩，将为今后继续跃进开辟广阔的道路。

# 第一章 机器的磨损

## § 1 机器磨损的基本概念

运转中的机器，往往是在承受着很复杂的载荷和在各种不同的外界因素的影响下而工作着。当机器受到很大的各种外力作用时，则使机器产生很大的不同的应力（拉伸、压缩、剪切、扭转和弯曲应力等），当这种应力超过了允许的程度时，结果使机件的外形或尺寸发生了变化——塑性变形。于是，就破坏了机器的配合，这就是所谓机件的损坏。

机件损坏的类型有韧性损坏、脆性损坏和疲劳损坏。机件在损坏之前，或多或少的总有些材料的塑性变形，这就是机件韧性损坏的主要特征。当机件的损坏，没有预先产生塑性变形的明显痕迹，则称为脆性损坏。机件在循环载荷作用下而引起损坏的，称为疲劳损坏。关于机件的损坏问题，也就是机件的强度问题，这里不进行详细的探讨，可参阅其它有关文献。

机件的磨损与损坏不同。机器在使用过程中，机件的摩擦表面的材质受到了损耗或此材料性质发生了变化，因而使零件的原始尺寸或外形发生了变化，随之引起机器的基本技术数据的降低，即减低了机器的质量，这称之为机件的磨损。

为了保证机器的正常运转并提高其工作效率，必须使相互配合的机件，具有合适的公差尺寸；并要保持摩擦表面间的良好润滑条件，以及大小相应的负荷情况；尤其重要的是要对机器进行合理的维护和及时的修理等等。否则，就会促使机器性能恶化，并将加速机件的磨损或损坏，因之使机器的生产能力遭到破坏。

机件的磨损是和许多因素有关的。依影响机件磨损的不同因素而来划分机件磨损的种类。

机器在长时间的工作条件下，由于摩擦力的作用和受到其他与机器正常运转条件有关因素（如温度和气候等）的影响，致使机器的配合、机件的尺寸或外形发生变化，通称之为正常磨损。根据发生磨损的具体原因，正常磨损又分为机械性磨损、腐蚀磨损和热磨损。

对于某一机件来说，常常发生的磨损，往往不只是上述磨损中的一种，而是几种兼并发生的。因此磨损的性质就复杂了。

由于机器的设计、制造或使用上的缺陷，所造成较正常期限为短的机件磨损，称为意外磨损。

对于生产机械来讲，机件的磨损或损坏，是颇为严重的问题。因之从事机件磨损问题的研究，而来预防机器发生故障或给予及时修理都是极为重要的。

关于“磨损”这一门科学，苏联和我国的科学家们，都进行了或正在进行着巨大的理论和实验等研究工作，他们做出了卓越的贡献。

随着国家工业化的发展，提高机器的质量和延长机器的使用寿命，而关于磨损问题的研究工作，其意义就更为重大了。

## §2 机械性的磨损

机械性的磨损，是机器上最常遇到的磨损，他是由于摩擦力的作用所致。这种磨损所产生的金属损耗，乃是相互摩擦的机件接触面的磨蚀、压溃和氧化同时产生的综合过程。

当一个零件与另一个零件相对滑动时，即呈现磨损。甚至当两个滑动零件接触表面之间的压力较小时，在其上也会发现磨损的痕迹（滑动摩擦之磨损）。金属的磨损是由于相互接触之零件表面经常是不平的关系，它就妨碍着一个零件在另一个上滑动。

金属滑动时的磨损是这样产生的（图1-1）：运动零件a上之坚硬颗粒1在相配的零件b上划出一道沟2。由颗粒1的作用而产生碎屑3，碎屑3逐渐密集起来比颗粒1更坚硬；因此，颗粒1从上面的零件脱落下来并靠在碎屑3上，又在零件a上划出一道沟。结果使软硬两个表面相互磨损。这个磨损过程（金属的磨蚀）在零件工作的全部时间中一直进行着。

机械性磨损亦发生于承受负荷的两个液压表面（滚动摩擦之磨损）相互作用，以及由于撞击的结果而形成。两个表面的相互碾平实际上常常是与表面上各个部分经过多次的应力循环分不开的。碾平与撞击的结果在零件表面上形成金属薄层，这种金属薄层以后很容易剥落。

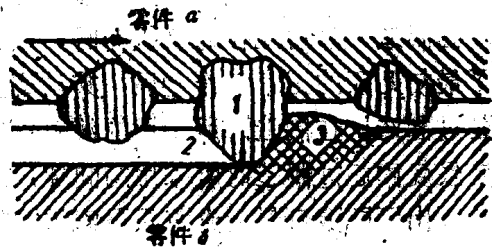


图 1-1 零件于滑动时的磨损图

实际上，零件在摩擦力（滑动和滚动）和撞击负荷作用下的机械磨损是磨损中最普遍的有极重要意义的一种形式。

假使零件的变形部分与空气或质量不好的油接触，则在摩擦时将由于氧化而产生磨损。金属的表面上出现氧化物时，摩擦系数要显著地上升，这就使氧化部分产生更剧烈的机械分离。

机器上各个零件的机械磨损是不均匀的，若其他条件相同而运动速度很大或承受负荷次数较多时，则零件很明显地要比在比较有利的工作条件下的零件磨损得快些。

图1-2是工作着的机器磨损的增长曲线。图上的横坐标是配合机件的工作时间，单位是小时，而纵坐标是磨损的程度，在这种情况下，就是间隙。这条曲线对大多数在既定情况下工作的机械之动配合来说是正确的。这个曲线明显的分为三段，代表下列配合机件各阶段工作的特点：Ⅰ——初磨时期，在这个时期中，新的配合磨损，要比正常的迅速些，然而磨损的速度逐步下降；Ⅱ——正常工作时期，这时磨损表面的条件已固定，在这个时期内磨损的速度是固定的；Ⅲ——事故磨损时期，这时由于间隙过分的增大，油膜工作条件变坏，则使磨损的速度增高，若不及时的采取措施，将会产生不可预测的事故。

在确定配合机件的两次修理间隔的工作时期时，应不考虑曲线Ⅰ和Ⅲ段（图1-2），因为正常工作的开始，是从初磨时期的结束时计算的，而正常工作的结束即是达到最大的允许极限磨损间隙。

在既定情况下工作的配合机件的两次修理间隔期可由下列公式求出：

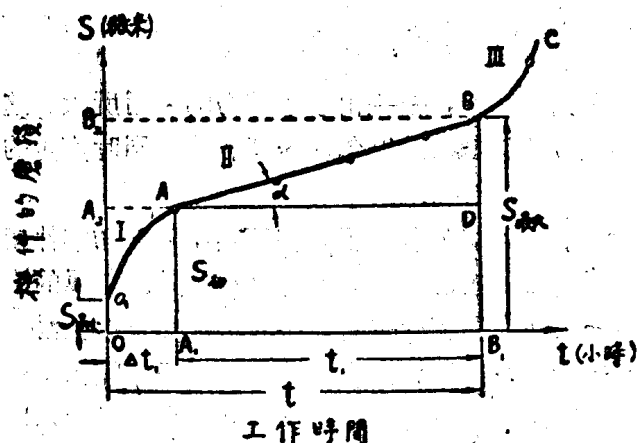


图 1-2 机械配合磨损曲线图

$$T = \frac{S_{\text{最大}} - S_{\text{初}}}{\text{tg}\alpha} \quad (1-1)$$

式中  $T$ ——两次修理间隔期  
(小时)；

$S_{\text{最大}}$ ——最大的允许极限磨损间隔；

$S_{\text{初}}$ ——初磨时之最终间隔；

$\text{tg}\alpha$ ——表示配合磨损强度特性的量(于一小时内每一单位出力

所增长的间隔，例如电机车每跑一公里，或水泵每排一立方米的水，而使动配合机件间间隔增大的数值)。

当制造一部动配合的新机器时，预先根据公差与配合规定出一定的间隔。然而机器过了最初几天的正常工作之后，其动配合的间隔就增大了。如果要求机器动配合的间隔不超过制造厂在制造时所采用的数值，这是不必要的。因为任何一部机器，当其配合在一定限度内超过制造时所采用的间隔，还是可以令人满意的工作着。

由出厂间隔到最大允许极限磨损间隔之间的范围的选择原则：应该是在此范围内工作的机器的工作性能无恶化倾向的改变；同时，在这种间隔下的动配合部件不会遭到损坏。

矿山机械大多数的动配合部件的最大允许极限磨损间隔，实际上可达出厂间隔的2~3倍，这当然是一个大概的数字，较为精确的动配合部件间隔的允许增大值，须根据不同机械的具体情况适当的计算及经过实验得到的实际资料来确定。

机械零件几何形状的变异，同样是不允许的。例如，在运转中机器的齿轮通常由于牙齿形状的变异而须更换。否则，将使齿轮啮合不良，破坏了传动速度的均匀性，并将引起噪音使机件受到强烈的磨损，致使机器的效率显著降低，甚至使生产停顿。

### § 3 润滑对磨损的影响

润滑在减轻机件磨损方面起着巨大的作用。正确的选择润滑材料和合理的润滑系统以及良好的润滑方法等，就会大大地提高机件的使用期限，保证机器的正常运行和提高它们的工作效率。

润滑材料的粘性、油性、成分和温度，相互摩擦的机件表面的运动速度，相互作用机件间(如轴承与轴颈)的单位压力等，对于摩擦系数的大小或磨损的程度都起着决定性的影响。

摩擦可分为下述几种：

1) 干摩擦：未被润滑或者润滑得很轻微的两个不平的坚硬表面作相对运动时，就发生干摩擦。在机械制造中常用的金属零件的干摩擦系数  $f = 0.1 \sim 0.3$ 。这种摩擦常见于摩擦传动，各种闸、轮圈沿铁轨滑动时。干摩擦时摩擦表面发生最大的磨损。

2) 液体摩擦：发生在运动的表面完全被连续不断的一层润滑材料所隔开的时候。

这里只可以说是在润滑层内的摩擦，就是说由于粘性液体内部摩擦的作用，液体摩擦系数是以千分之几计算的。被润滑得好的表面的液体摩擦系数由0.003到0.010，也就是接近较好的滚动轴承所达到的结果。必须尽力使这种润滑在一切机械上实现，因为相配合的零件在连续不断供给的一层油薄膜分开的条件下，工作多年也不会发现显著的磨损现象。

3) 半液体摩擦和半干摩擦：处于干摩擦和液体摩擦之间，要看近于那种摩擦。因此摩擦系数由0.01到0.3，这要看摩擦表面的情况与工作方式来确定。半液体摩擦与半干摩擦比起液体摩擦的表面，不可避免地要磨损得利害，因而要尽力避免。然而在实际中常常遇到不完全的液体润滑：如在相对运动速度小的摩擦表面上；间隙较大的轴颈与轴承的配合；作往复运动润滑轻微的两个平行表面（如活塞环）；部分地发生在齿轮的牙齿间的润滑；以及滚动轴承的滚珠与滚轴间的润滑；甚至于滑动轴承，在其正常工作时，是液体摩擦，但在起动和停车时也不可避免的有半液体润滑时期等等。

由上面列举的摩擦系数看来，可知在摩擦表面上保持适当的润滑是非常重要的。由完全被润滑的表面转到干燥的表面，其摩擦系数可能增加到20~40倍。由此可以明白为什么润滑的恶化就使磨损急剧地增加。实际观察井内工作的机器就给此种情况提供了丰富的例证。注意检查润滑时，机器就可能进行不断的工作。一旦放松检查，使润滑油在数量上减少或质量上恶化，则使机器工作不正常，并且机器可能迅速地被损坏。

要保证液体摩擦，需要不断地、强制地将油注入间隙里，其力量足以把轴和轴承承受载荷的金属表面全部分开。油层的厚度以百分之一，有时以十分之一毫米为测量单位。

轴在轴承中工作，如果轴静止的被支靠在轴承上，轴和轴承相接触（图1-3a），当轴转动时并增加到足够的转数时，根据流体动力学的润滑理论，轴将润滑油带起，润滑油被吸入楔形间隙中，油压增大，将轴升起，摩擦面间形成厚度为最小（ $h_{\text{最小}}$ ）的油膜（图1-3b）。

油膜的最小厚度 $h_{\text{最小}}$ 的值同轴与轴承间的间隙、润滑油的粘度、轴所承受的载荷、轴的转速和机件构造的尺寸，相互保持一定的关系。当 $h_{\text{最小}}$ 的值减小到小于允许值时，则油膜破坏，即不能造成液体摩擦条件。在尽可能的条件下保持液体摩擦，是十分有利于机件耐久工作的。

现在来研究轴在轴承中所形成油膜的最小厚度 $h_{\text{最小}}$ 的公式。它将用到下列一些符号（图1-4）：

D——轴承的直径（米）；

d——轴的直径（米）；

R——轴承的半径（米）；

r——轴的半径（米）；

S——轴和轴承间的径向间隙（米），即 $S = D - d = 2(R - r)$ ，

$$\text{或 } \frac{S}{2} = R - r;$$

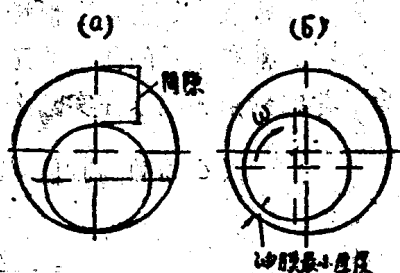


图 1-3 轴承油膜的形成

a—轴在静止时不形成油膜； b—轴在转动时油膜最小厚度

$\psi$ ——相对间隙,  $\psi = \frac{S}{d}$ ;

$e$ ——绝对偏心距 (米),  $e = \frac{S}{2} - h_{\text{最小}}$ ;

$\varepsilon$ ——相对偏心距,  $\varepsilon = \frac{e}{R-r} = \frac{2e}{S}$ ;

$h$ ——轴承中任一点油膜的厚度 (米);

$h_{\text{最小}}$ ——油膜的最小厚度 (米),  $h_{\text{最小}} = \frac{S}{2} - e = \frac{S}{2} - \frac{\varepsilon S}{2} = \frac{S}{2} (1 - \varepsilon)$ ;

$h_{\text{最大}}$ ——油膜的最大厚度 (米);

$n$ ——轴的转速 (转/分);

$w$ ——轴的迴转角速度 (1/秒);

$\eta$ ——润滑油的绝对粘度 (公斤秒/米<sup>2</sup>)。

首先, 根据理论和实验得出轴颈的单位载荷  $q$  (公斤/米<sup>2</sup>) 为:

$$q = \frac{\eta w}{\psi^2} \phi \text{ 公斤/米}^2,$$

式中,  $\phi$ ——为  $\varepsilon$  的函数, 根据实验结果当  $\varepsilon$  之值在 0.5~0.95 之间时, 可用如下的经验公式:

$$\phi = \frac{1.04}{1 - \varepsilon}.$$

应该指出, 上述的结果是基于如下的假设:

- 1) 液体的流动被认为是均匀的层流和不可压缩的;
- 2) 不考虑液体的自重和惯性力;
- 3) 假想轴和轴承的长度为无限大, 轴和轴承的表面具有理想的正确几何形状。

为了考虑到轴和轴承在实际上具有一定的长度, 故加入一个加以修正的修正系数

$C$ ,  $C = \frac{d+L}{L}$  ( $d$  为轴的直径,  $L$  为轴承的长度), 则上式应为:

$$q = \frac{\eta w}{C \psi^2} \phi \text{ 公斤/米}^2. \quad (1-2)$$

代入  $w = \frac{\pi n}{30}$ ,  $\psi = \frac{S}{d}$ ,  $h_{\text{最小}} = \frac{S}{2} (1 - \varepsilon)$  和  $\phi = \frac{1.04}{1 - \varepsilon}$  各值于公式 (1-2)

中, 则得出:

$$q = \frac{\pi n \eta d^2}{30 C S^2} \cdot \frac{1.04 S}{2 h_{\text{最小}}},$$

又经简化, 则求出油膜的最小厚度为:

$$h_{\text{最小}} = \frac{n \eta d^2}{18.36 q S C} \text{ 米} \quad (1-3)$$

公式 (1-3) 给出轴在轴承中工作油膜的最小厚度和转速、粘度、间隙、轴承的

单位载荷、机件尺寸間的相互关系。 $h$ 最小的值随 $n$ 、 $\eta$ 和 $d$ 等值的增加而增大，并随 $q$ 、 $S$ 和 $C$ 的增加而减小。軸的轉速受机器开动和停止及其他影响則使速度減低，即 $n$ 值减小；在高温的工作条件下， $\eta$ 的值就减小；因不同的载荷 $q$ 的值即有增減。故在工作中能够保持适当的 $\frac{n\eta}{q}$ 的比值时，可以使 $h$ 最小的值保持在极限范围以內。

并不是所有工作条件都能达到液体摩擦的，如轉数較小而受較大载荷的軸，交变的载荷，高温下潤滑油粘度較低的情况时，則上述关系不能保持，只能获得半液体摩擦和临界摩擦。临界摩擦油膜的厚度仅在 $0.1 \sim 0.2$ 微米的临界状况，根据研究指出，在这种摩擦时，潤滑油和被潤滑物体分子間的相互作用是油液的分子和金属結晶格子相結合，分子間的結合力使油液沿一定方向排列成二三層，分子間的結合力随离开金属表面层距离的增大而減弱，使有很薄的潤滑油可以流动（图1—5）。这种很薄的油层具有抵抗剪力和承受强大的垂直压力的能力，压力可达每平方厘米数千公斤。

临界摩擦时，潤滑油的性质不是粘性，而是另一种特殊的性质称为油性，这时的潤滑油，虽有相同的粘度和相同的工作条件，但会有不同的摩擦系数。具有良好油性的潤滑油能在表面形成强韧的油膜，机件的表面质量和光洁度愈好，生成这种油膜的条件也愈好。但是关于油性的真实现象，至今还没有充分的研究结果。

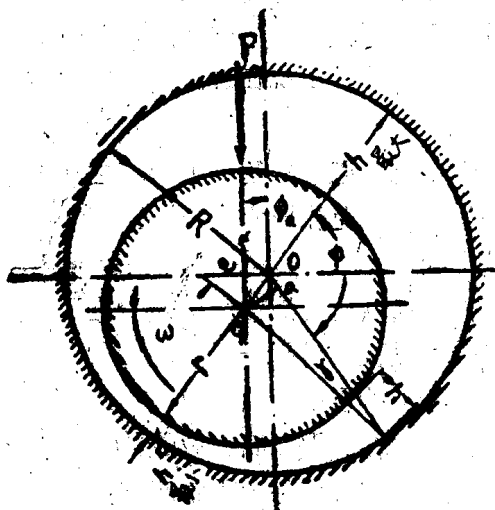


图 1—4 軸在軸承中轉动的位置（液体摩擦时）

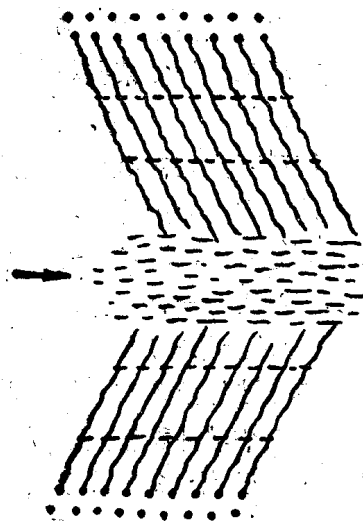


图 1—5 临界摩擦示意图

潤滑油的性质对磨損同样起着重要影响。而潤滑油的性质主要决定于潤滑油的粘度，粘度的大小对构成液体摩擦时，是两摩擦表面間保持連續性油膜的主要因素。粘度随压力和温度而变化，它随压力的增高而增大，而随温度的增高而降低。

如上所述，正确选择潤滑油的品种和合理規定潤滑规范和制度，是提高机件耐磨性的重要条件，才能保証机器持久的工作。

#### § 4 腐蝕磨損、热磨損和意外磨損

腐蝕磨損主要是由于机器或机械受周围介质（如空气和水等）的直接作用而产生的。生銹是最普遍的一种腐蝕；也就是空气中的氧与金属接触而产生的氧化物。

如果机器在潮湿的大气中（特别是在酸性水的矿井中）进行操作，则会引起锈蚀；这样使其各部分受到强烈的磨损。譬如在排酸性矿井水时，一般离心式水泵的水轮经过30~40分钟运转后，因锈蚀即行损坏。

零件由于腐蚀在其整个表面起损坏作用或在其个别零件的凹处、弯曲及窄缝处形成深的缺陷，这样便使气体和液体固定地积于该处。

在某些情况下零件材料因生锈形成了多孔性现象，以致失去了机械强度；这种损坏主要表现在低碳钢制零件中。一年中金属被锈蚀的数量是很惊人的，因此防止锈蚀是具有重大意义的。

腐蚀可分为化学腐蚀和电化学腐蚀两种。化学腐蚀主要在气体（氧气、二氧化碳及碳酸气）及非导电液体（汽油、油及沥青等）的作用下而发生。

电化学腐蚀在导电的介质中发生，也就是在电解液中发生。例如：排酸性矿井的排水设备，其普通钢铸件及铸铁件将起电化学腐蚀现象，使排水设备迅速损坏并使其过早的失去工作效用。

下面介绍一些防止成品上、结构上腐蚀磨损的最合理的方法。

1. 机件上涂漆或涂油漆：这是防腐蚀的一个基本方法。涂油漆的好处，在于它的流动性好，因此它会很容易的复盖着制成品上的孔隙和凹处。如果它们能透过水分和发生裂痕，是因为油漆涂的不够。油漆能保护成品免除腐蚀，一直到它上面出现裂纹和由于被浸蚀而损坏。例如某些机件的油漆层被浸蚀，主要是出现在排除污水的排水设备零件上。

在此情况下，在高速或者高压下运动的水中所含的坚硬杂物，就在与它接触的排水设备的零件上发生研磨作用，首先损坏是油漆层。为了免除排水设备遭到浸蚀，将水放在专门的沉淀池内，清除（澄清）水中的机械夹杂物。

油质的油漆是一种最普遍的油漆料。零件在上油以前要清洁，去腻，之后加热到80~100°C，然后上第一层油——底子。零件打底子一般地应用赭土（氧化铁）或铅丹（75~80%）和煮过的亚麻油（15~25%），至于涂底子外层则用白铅粉或赭土。

水泵上各个零件和管道的保护漆可应用由沥青掺合水泥和石棉做成的油。一般使用的沥青和水泥及石棉的比例数是10:10:1。耐酸水泵的零件上常常应用特制的漆，它的掺合料是研细的干的高岭土，而溶剂则用石脑油精。用电木漆作涂料保护水泵时，应该是在预先准备好的干的水泵零件上涂上三四层，其准备工作即是清洁、去腻，并以1:1酒精与电木漆做零件的底漆。以电木所做的防腐油漆，广泛地应用来保护水泵上的生锈零件，以免因受矿井酸性水的腐蚀，而遭受损坏。然而它只在酸度不大的、澄清好的水时方才有效。电木漆和沥青也用来涂在设备的外面，以保护在潮湿空气中工作的设备。

2. 用具有抗腐性能的合金材料。例如镍、铬、铜等合金钢制造的产品。合金的元素之所以能够降低腐蚀倾向，是由于合金元素的原子机械地保护着主要金属的原子。或者最常见的是腐蚀后之产物，形成坚固的保护薄膜。

由镍铬钢、铬钢和铬生铁制成的水泵及配件在含有酸性水的矿井中工作，是能耐腐蚀的。如在水泵的铬镍零件上，含铬27%，含镍14%（ $X_{2.7}H_{1.4}$  钢），则可以在腐蚀性最强的酸性水中工作。

3. 鋼鉄磨光: 这样减小零件与空气的接触面, 因而使腐蝕的作用緩慢。

4. 以氧化薄膜复盖金属, 使金属与外界作用隔离。方法是將产品放在强氧化剂中侵蝕(氧化)或置于氧化剂中进行阳极加工(阳极化)。这些保护方法广泛地应用在鋼的、鋁的和鎂的制品上。若鋼制品氧化, 則在它的表面上造成氧化层, 它的主要成分是磁性氧化鉄。所以零件呈蓝色或黑色(因此称为发蓝)。

5. 鍍上一层比較耐腐蝕的金属(例如將鋼、生鉄上鍍上一层鎳、鉻、銅、鋅和鋁)。

所謂热磨損, 是由于机件受高温的作用而产生的。例如电机及变压器綫卷絕緣的碳化; 电动机或鍋炉等的机件, 由于长时间的工作而在高温作用下产生的热磨損。其結果將引起机件的金属表面发生烧毁和剝落或使零件产生裂縫。

防止热磨損的主要途径——必須选择一种具有抵抗周围介质破坏作用的材料。例如: 內燃机的閥門要采用含有較高的矽、鉻成份的特种鋼。

意外磨損几乎总是与机械的設計、制造或維護上的缺点分不开的。

引起意外磨損的最典型的原因如下:

- 1) 破坏机械正常工作規則(过負荷, 伤失各部分相互作用的正确性, 固定用的螺絲、鍵、楔等产生松脫現象);
- 2) 潤滑不正常(缺少潤滑油, 潤滑油的种类不适合, 潤滑油的牌号不对等);
- 3) 机械沒有及时的清洗;
- 4) 磨損零件与組件未及时的更換, 修理不及时或质量不好;
- 5) 个别零件的金属质量不高——零件上有砂眼、裂紋、金属的品种不适合等;
- 6) 零件金属的疲劳;
- 7) 零件的制造或加工不好;
- 8) 机械或机件的安装或装配不正确;
- 9) 不可抵抗的災害。

根据意外磨損出現的性质可以細分为两类: 1) 机械仅在工作某一个时期后即損坏, 2) 发生了毛病馬上即惹起破坏和事故。前者, 在工作一个时期后, 磨損增长特別剧烈。例如, 假使在滑动軸承上沒有足够数量的潤滑油, 則軸頸与軸瓦之間間隙的增大, 由于强烈的磨損, 比在正常条件下, 迅速得多。只要一超过磨損的允許限度, 故障就要发生。超过上述零件磨損限度而工作的机械, 絕不可能用一般的修理工具修复到正常的情况, 因此必須要大修。

第二类意外磨損是由于对机械采取錯誤的漫不經心的态度, 例如由于不动的零件固定的不好, 或者是因为在装配变速箱时, 將螺釘、螺帽或其他东西留在变速箱內, 或者是由于工作着的軸承沒有潤滑油等原因而造成的, 这可能发生严重的事故。

如果正确的組織修理和正确的运行, 則第一类的和第二类的意外磨損都可以不使它发生。

## § 5 机件磨損与缺陷的查明及其改善方法

适时的找出机器上的毛病及其零件上隐藏的缺陷, 对于防止事故和避免破坏生产过程有极其重大的作用。

检查缺陷的方法最主要的是: 1) 观测法(肉眼检查和用光学仪器检查); 2) 手

测法；3) 听测法；4) X光射线和 $\gamma$ 光射线探伤法；5) 荧光探伤法；6) 磁力探伤法；7) 超声波探伤法。

1) 观测法：以肉眼对机器或对零件进行外部检查是检查缺陷的一种最简单和最原始的方法。进行机器的外部检查可以确定：a) 设备的各个零件和部件是否齐全，配置是否正确；b) 在接合处是否漏油，这证明配合或油封是否磨损了，装配是否正确，是否缺少合适的衬垫；c) 固定得可靠否，联接零件是否松脱或缺少；d) 机器是否脏了。

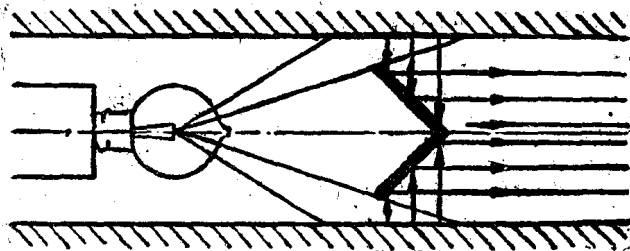


图 1—6 筒形零件内孔的检查仪器

对各个零件进行外部检查可以观察出各种不同的表面缺陷（裂缝等）。对于筒形零件，则应用仪器，如图 1—6 所示的筒形零件内孔观测仪。它由带电灯和圆锥形的观测镜组成，能够观察圆筒形的内面。

2) 手测法：以触觉检查间隙大小或温度高低，是一种通用的原始方法。

可以用手的感觉来判断相对运动机件间 0.01~0.5 毫米范围的间隙情况。当在润滑状态下的动配合机件，能够用手做自由移动时，其间隙约在 0.05~0.1 毫米之间，当间隙更小时（在 0.01~0.03 毫米），需要一些力，才能使机件移动。

以触觉试验间隙是一种粗糙而近似的方法。比较精确些的是用塞尺和铅丝测量间隙。

当配合零件加速磨损时，能量基本上消耗在接触表面的发热上。因此配合零件的温度超过平常的温度就是发生毛病的第一个症状。用手摸轴承，就能推断出温度增高的情况。然而这种简单的推断，自然是不可靠的。比较精确的是用温度表或热电偶确定温度。

3) 听测法：为检查机器上不能直接检查和不能用手摸的各个部分时，使用听测法（图 1—7），其组成部分，可见于图注。它可听出与机器正常工作时所发出声音的不同杂音，这便说明机器在发生问题的过程中。在听测机器之联接部分时，听测器放置的位置，应使由被测的联接部分所发出的声音，尽可能的不要通过空气，而要透过传音较好的器具。用听测器听测机器需要有相当的技巧，这个只有由长时期的经验才能得到。虽然掌握这个方法有一定困难，并且这个方法尚不完善，然而到目前为止，在必须检查正在运行的机器内部机构的情况时，它还是唯一的方法。

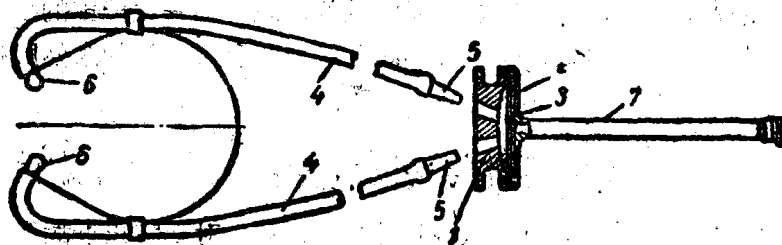


图 1—7 薄膜式听测器

1—金属壳子；2—盖；3—聚路珞薄膜；4—胶皮管子；5—跟壳子连接的金属接头；6—耳机；7—金属指针

图1—8表示出一个结构简化的听测器，它的主要部分是纖維作的耳机。而耳机固定在直径为5~6毫米长为0.5米的金属棒上。这种听测器与图1—7的薄膜式听测器比较起来，灵敏度要小得多，因此它只能听测突出的声音，然而在实际上被广泛使用。

虽然上述对正在运行的机器找缺陷的方法还不完善，然而借助于它们不仅能预防机器发生事故，而且能避免联接部分的强烈磨损。

为发现金属零件上之裂缝（内部与外部的），也用听声音的办法，即是在几点上敲打被试验的零件：若零件上没有裂缝，则发出的声音清脆而均匀，反之，则发出沉闷的，甚至有时是破碎的声音。

4) X射线和γ射线探伤法：X射线探伤法为检查机件内部缺陷或焊缝质量所广泛应用的一种方法。

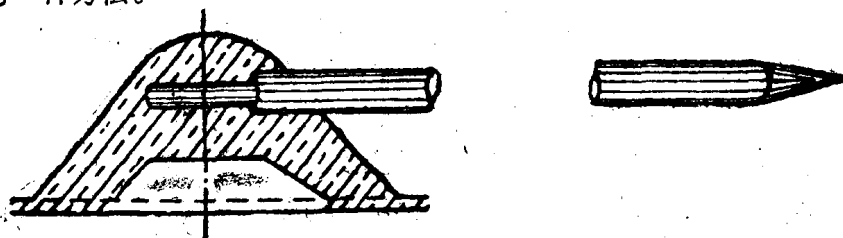


图 1—8 结构简化的听测器

这种方法是根据不同的化学元素吸收不同量的X光，而空气比金属要吸收的少得多的原理实现的。如果零件上存有砂眼，X光通过就受到不均匀的减弱。所以在有砂眼等缺陷的部分，在遮光板上将较明显地发光。

被透视的成品的最大厚度取决于电压的大小，要透视50~60毫米厚的钢与生铁的制品需200千伏电压。所获得的结果仅表明制品内部缺陷的大概情况，因为小砂眼吸收极少的X光线。

γ射线探伤法，近年来有很大的发展。γ射线，由镭所发出，和X射线一样可用来发现隐藏的缺陷。γ射线的浸透能力比X射线强得多，然而γ射线透视的灵敏度比用X射线小 $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{4}$ 。

γ射线之调制品是一个直径约1毫米，长在20~40毫米的以锡焊密封的小瓶，内装重20~30毫克之放射性物质。用γ射线透视的特殊优点是它的尺寸小，可以把发光的源泉放置在X光管不能放置的地方。同时用γ射线，不像X光一样需要庞大的、复杂的电气器械，它不论什么器械也不需要。然而在实际中，γ射线透视尚未获得广泛的应用。

5) 荧光法：这种探伤法是预先将零件沉在矿物油的溶液中，然后用紫外线照射。浸入零件裂缝、砂眼或孔隙的溶液受紫外线的作用，发出鲜明的荧光，这就能迅速地发现缺陷所在地。以荧光作缺陷探测的重要优点是制造简单，生产率大，并可用来找出由各种磁性或非磁性的材料制成的制品表面上的裂缝、砂眼和夹层，以及用于黑色而粗糙的表面的零件上。用它可以找出零件上任何一个方向的、不小于5微米的裂缝。

用荧光探伤器的过程如下：零件先沉没在90%煤油和10%汽油润滑油的溶液里3分钟，然后用水或汽油冲洗5~10秒钟，放在扇风机下吹干，再撒上一些白色粉末（氧化

錄)，放在紫外綫下檢查。

为了照射，可以利用医用的 ПРК—2 式石英水銀灯泡，其上装有黑色的只能透紫外綫的玻璃。因此被照視的零件呈深紫色，而有毛病的地方（由于汽車潤滑油溶液被氧化鎂粉末展开在表面上），发出鮮明的螢光。这样即找出极細小的裂縫的輪廓。

煤油試驗。在某些情況下，应用下列簡單的廉價方法：零件在煤油中浸 15~30 分钟。然后取出擦干表面，并在可疑的地方擦一层白粉油膩子（稠的酸奶油）。在有裂縫的地方，白粉油膩子由于吸收由裂縫出来的煤油而变黑。

6) 磁力探伤法：它的原理是利用磁感应的办法，使磁力綫通过被检查的机件，根据磁力綫的分布情况来判断机件内部是否存在隐藏的裂縫、气孔和夹杂物等缺陷或这种缺陷的情况。

利用磁力探伤法来检查机件时，是将机件置于强的直流电磁铁两极之間。若磁力綫的密度接近材料的飽和度时，則在截面減小的地方——存在缺陷处，磁力綫就弯曲的繞过缺陷处，并还有一部分磁力綫散乱到制品的表面上而产生局部磁场。这时如果在机件表面上撒上磁粉（氧化鉄或鉄粉），或若把机件沉沒于浮悬着磁鉄粉末的油槽中，則磁粉将向缺陷处聚集，并在其上显示出不同于其他地方的黑色花紋。

应该指出，磁场的分布取决于缺陷对于磁力綫方向的相对位置。如图 1—9 所示，1 与 2 两处是在机件的一定深处具有的橫向气眼或裂縫，当用磁力探伤器检查时，即可产生局部磁场而显示出缺陷的位置；但是如图 1—9 之 3 处，缺陷隐藏在机件的深处或缺陷的方向与磁力綫方向一致时則在机件表面就不产生局部磁场，則不易发现缺陷。所以机件应放在两个互相垂直的方向磁化。

由于磁力綫和缺陷間互相的分布要合乎一定的要求才能达到探疵的目的，因此必須采取各种不同的磁化方法：纵向磁化、周向磁化和联合磁化。

纵向磁化法是利用电磁鉄或磁性綫圈使机件在纵向产生磁力綫（图 1—10）。这种方法用于检查和机件纵向垂直（即橫向的）或近于垂直的缺陷。

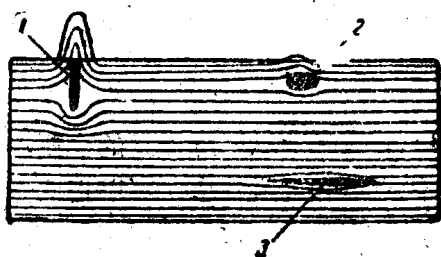


图 1—9 机件中缺陷处磁力綫的分布

1 和 2—缺陷处产生的局部漏磁现象；3—磁力綫和缺陷方向相吻合的情况

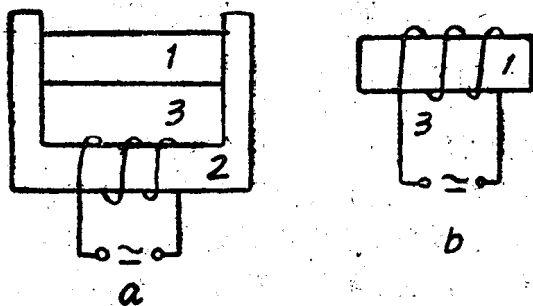


图 1—10 縱向磁化法

a—电磁鉄磁化法；b—磁性綫圈磁化法  
1—机件；2—磁导体；3—綫圈

周向磁化法是直接在机件中通以相当大的低压电流，磁力綫在机件周向形成許多的同心圓（图 1—11）。这种方法用于检查和机件纵向平行或接近平行的缺陷。

将上述两种方法互相补充和綜合起来的联合磁化法，可以根据要求在机件的各个方向进行磁化，找出橫向或縱向的缺陷，这就是現代磁力探伤器的基本原理。