



SHIYOU

中等专业学校教学用书

石油矿场设备 安装与修理

王锡光
编

石油工业出版社

石油矿场设备安装与修理

王 锡 光 编

石 油 工 业 出 版 社

内 容 提 要

本书叙述了机械零件磨损的基本理论, 各类石油矿场机械零件的磨损情况及具体的拆卸、修理和装配工艺, 设备修理的业务组织工作, 设备安装的准备工作, 石油井架及主要钻井、采油设备的安装技术和先进经验。

本书是按照石油中等专业学校石油矿场机械专业“石油矿场设备安装与修理”课程的教学大纲编写的。

本书为石油中等专业学校石油矿场机械专业“石油矿场设备安装与修理”课程的教材, 也可供职业高中、石油矿场工作人员学习参考。

石油矿场设备安装与修理

王 锡 光 编

石油工业部教材编译室编辑 (北京902信箱)

石油工业出版社出版

(北京安定门外安华里二区一号楼)

妙峰山印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米 16开本 15¹/₄印张357千字 印1—4,500

1988年5月北京第1版 1988年5月北京第1次印刷

书号: 15037·2952 定价: 2.15元

ISBN 7-5021-0100-4/TF·99

前 言

本书是根据石油工业部教育司1986年11月制订的中等专业学校石油矿场机械专业“石油矿场设备安装与修理教学大纲”编写的。

石油中等专业学校石油矿场机械专业学生毕业以后要在石油矿场从事机械、动力设备的安装、试车、维修和管理的工作。可是多年来这个专业却没有开设石油矿场设备安装与修理这门课程。近年来虽然教学计划上已经安排了这门课程，但却没有教材，甚至连参考书也很少，因此，为了满足教学上的需要编写了这本书。

考虑到中等专业学校培养的是应用型人才。教学内容主要是选取国内外在石油矿场设备安装与修理方面的理论、先进生产经验和先进安装修理工艺。在理论方面主要是选择那些符合现代科学发展水平的一些理论知识，而避免那些繁琐的公式推导、深奥的理论陈述和不成熟的各家学说。还考虑到与技术基础课和专业课的关系，在衔接处可能有少量重复，各校在讲授本课程时应根据各校有关课程讲授的深度和广度，在那些课程已有知识的基础上进行讲解，以避免重复和脱节。为了培养学生的自学能力，考虑到本课程缺少合适的参考书，教材中的某些内容也可以留给学生自学。

为了便于学生学习，教材的每章最后都列有复习思考题和作业。为了使学能借助词典阅读和笔译本专业英语科技文章，每章都给出少量英语单词，并于本书最后附有英汉名词对照表。

本书承蒙华东石油学院方华灿同志审查并提出宝贵意见，在此深表谢意。

由于编者水平有限，加以时间仓促，收集的资料又少，书中的缺点和错误在所难免，诚恳期望读者提出宝贵的批评和意见。

编者 1987年1月

目 录

绪论	(1)
第一章 机械零件磨损的基本理论	(3)
第一节 摩擦的本质和种类	(3)
第二节 磨损的种类和规律	(5)
第三节 提高机械零件耐磨性的方法	(10)
第二章 矿场机械修理前的准备工作	(20)
第一节 机械设备修理的工艺过程	(20)
第二节 零件的清洗和检查	(21)
第三节 机械设备的拆卸	(29)
第三章 机械零件的基本修理工艺	(42)
第一节 调整垫片	(42)
第二节 钳工加工	(43)
第三节 机械加工	(45)
第四节 压力加工	(48)
第五节 金属丝堆焊	(49)
第六节 金属喷涂和喷焊	(64)
第七节 尼龙喷涂	(75)
第八节 二硫化钼喷涂和电泳	(80)
第九节 电镀、刷镀和化学镀镍	(84)
第十节 胶接	(98)
第十一节 电火花加工	(102)
第十二节 电解磨削	(105)
第十三节 重新浇铸耐磨合金	(108)
第十四节 修理工艺的选择	(110)
第四章 矿场机械零件的修理	(114)
第一节 大轴类零件的修理和修复	(114)
第二节 链轮和牙嵌离合器的修理	(118)
第三节 滚动轴承的修理	(120)
第四节 大型回转零件的修理	(120)
第五节 大型箱体零件的修理和修复	(123)
第六节 中小型回转零件的修理	(124)
第七节 圆柱和圆锥齿轮的修理和修复	(126)
第八节 气控制元件的修理	(128)
第九节 液压元件的修理	(129)
第五章 矿场机械与设备修理后的装配与试车	(133)
第一节 旋转零件的平衡	(133)
第二节 装配的基本工艺	(138)

第三节 矿场主要设备的装配与试车	(150)
第六章 石油矿场机械修理业务组织	(161)
第一节 矿场机械设备的计划预修制	(161)
第二节 机器修理车间的设计原则	(164)
第三节 润滑工作的组织	(168)
第四节 修理部门的任务和发展方向	(178)
第七章 安装的准备工作的	(181)
第一节 安装准备工作的组织	(181)
第二节 安装使用的机具	(183)
第三节 机器基础	(192)
第八章 石油井架的安装	(198)
第一节 扒杆安装法	(198)
第二节 水平安装、整体吊升法	(208)
第九章 石油钻机的安装	(211)
第一节 分散安装法	(211)
第二节 成组安装法	(217)
第十章 采油设备的安装	(226)
第一节 井口装置的安装	(226)
第二节 游梁式抽油机的安装	(227)
第三节 离心泵的安装	(228)
汉名词对照表	(233)

绪 论

我国石油机械制造工业，随着石油工业的发展，经历了从无到有，从小到大，从修理到制造，从仿制到自行设计，从提供配件到提供成套石油勘探开发装备的发展阶段。从50年代起到现在，已初步形成门类比较齐全，科研、设计、生产、使用、服务各个方面都比较完整的，布局比较合理的石油机械制造工业体系。在用钻机中，国产钻机数量已达80%左右，是当前油田勘探开发的主力设备。

石油矿场设备是由起重机械、水力机械、动力机械等多种机械组成的重型机械。就这些设备来讲，所包括的机械件数较多，构造也较复杂。有的较笨重，有的尺寸较大，有的承压较高。当前在我国这些设备的类型很多，而这些设备处于野外，工作条件都比较恶劣。就其安装来讲，有的是永久性的，有的是暂时性的，有的又安装在高空，而且安装质量要求高，安装时间却要求很短。由于这些年石油工业发展较快，新工人较多，因此对设备的使用操作技术掌握得还不均衡，总起来看是对设备性能了解较差，操作技术水平偏低。维修工作虽然制订有各项制度，但还没有完全走上正规，虽然我们参照国外先进的设备管理制度，正在我国试行全员设备维修管理制度，但还没有全面推广，而维修的快慢和维修质量的高低却关系着生产计划的完成和生产成本的降低。由于上面的这些特点和原因，石油矿场设备的安装与修理问题，就具有专门研究的必要。

本课程是石油矿场机械专业的主要专业课之一。总的要求是在现有知识技能的基础上，对安装修理技术从理论上加以阐述；对主要设备安装修理的工艺进行系统地总结和提高。通过本课程的学习使学生具有石油矿场机械安装、管理和维修的能力。具体任务是：

掌握机器工作能力降低的基本规律和保养润滑知识，作为初步掌握机器设备正确使用、维护和保养的基础，以便在制订保养、润滑规程，预防检修规程，修理周期和报废标准时有所依据；进而能正确地使用、管理、维护和保养机械设备。

掌握修复已经磨损的组合和零件的方法，以便能正确地组织修理工作。

掌握主要石油矿场设备的安装方法，能合理地装卸石油矿场设备，运用劳动组织，使装卸工作机械化。

本课程主要包括我国和其他国家在石油矿场设备安装与修理方面的理论、先进生产经验和有关的先进安装修理工艺，内容分为两个部分共十章。

第一部分为石油矿场设备的修理。共包括六章。第一章主要讨论机器修理的理论基础和提高机械零件耐磨性的方法，即机械零件摩擦、磨损的现象和规律，从工艺方面对各种提高机械零件耐磨性的方法加以比较。第二章主要讨论设备、零件修理前拆卸、清洗和检查的方法和所用的设备、工具和材料。第三章介绍各种先进的修理工艺，以及这些工艺在石油矿场机械修理中的应用。第四章讨论石油矿场机械零件的修理，即按工艺特点和结构特点对石油矿场机械零件进行分类，并对各类中主要零件的磨损情况及修理方法作了介绍。第五章介绍各种联接方式的基本装配工艺和几种主要石油矿场机械设备装配与试车的技术要求。第六章介绍组织好润滑工作的途径和石油矿场修理组织工作方面的制度和经

验。

第二部分为石油矿场设备的安装。共包括四章。第七章介绍机器设备安装前的准备工作，并讨论机器基础的计算和施工问题。第八章介绍石油井架的安装方法。第九章介绍钻井设备的安装方法，并介绍了国内外先进的安装经验。第十章介绍常用主要采油设备的安装方法和要求。

综上所述，本课程的教学特点是：叙述了比较多的生产实际材料，如安装、修理工艺、国内外生产实践经验等，初步阐述了某些近代新型工艺，以启发学生思路，开阔视野，如喷涂、喷焊、胶接修复、成组安装等。本书内容中有少量运用数学、力学原理进行的理论探讨，如受力分析、强度和功率计算等。此外，还有少量的作业和参观实验。

考虑到当前在石油矿场设备安装与修理方面的书籍极少以及教材的系统性，也为了培养学生的自学能力，教材中的一些内容可以不在课堂上讲授，而留给学生课后阅读。

第一章 机械零件磨损的基本理论

参与相对运动的各种机器零件，在工作过程中，都要发生摩擦和磨损。为了减少机器零件的摩擦和磨损，从事机器维护和修理的工程技术人员，必须具备一定的有关摩擦和磨损等方面的基本知识，掌握设备在运行过程中技术状况变化的规律性，以便能更有效地做好设备的维护、保养工作，保证设备的正常运行，延长设备的使用寿命。

本章主要介绍有关摩擦的本质、摩擦和磨损的种类、磨损的规律、影响磨损的因素和提高零件耐磨性等方面的一些基本知识。

第一节 摩擦的本质和种类

一、摩擦的本质

摩擦 (rub) 是指两个物体之间有相对运动或相对运动的趋势时相互作用的一种特殊形式，它发生在两个摩擦物体的接触表面上，其所呈现的阻力称为摩擦力。摩擦力的特征是阻碍两个摩擦物体间的相对运动，甚至阻止住运动的发生。

关于摩擦现象的本质，根据对摩擦过程的研究结果表明：摩擦具有综合的特性，它既决定于分子的结合情况，又决定于机械的啮合情况。

当两个摩擦物体的粗糙表面相互靠近时，一般仅在一些点上发生接触，如图1-1所示。此时，接触点上的分子在分子引力的作用下能互相结合起来。当物体发生相对运动时，这些结合势必遭到破坏，但同时又在新的接触点上结合起来。破坏这些结合就给运动造成一种阻力。另外，两个接触面上凹凸不平的“谷、峰”之间也存在互相的机械啮合，破坏这些啮合也给运动造成一种阻力。因此，总的摩擦力是由分子结合与机械啮合所造成的阻力的总和。这就是近代比较完整的分子机械摩擦理论。按照分子机械摩擦理论可以合理地解释下面的物理现象，即摩擦系数 f 随着摩擦表面粗糙度 H 的减小而降低，当摩擦系数降至某一最小值 $f_{\text{最小}}$ （对应最适宜的粗糙度 $H_{\text{最适宜}}$ ）以后，粗糙度继续减小，摩擦系数反而逐渐升高，如图1-2所示。这是因为在最适宜粗糙度的基础上进一步减少接触表面的加工粗糙度，就会增加接触面间接触点和结合点的数目，因此摩擦表面之间的分子引力和摩擦力也就相应地增大。这时，影响摩擦力大小的主要因素是分子的结合，而不是机械的啮合。但当摩擦表面的粗糙度大于最适宜的粗糙度时，摩擦力将随着粗糙度的增加而迅速增大。这时，影响摩擦力大小的主要因素是机械啮合而不是分子的结合。

二、摩擦的种类

摩擦可以从不同的角度进行分类。

根据摩擦物体的运动状态，摩擦可分为静摩擦和动摩擦两大类。静摩擦的摩擦系数要比动摩擦的摩擦系数 (friction factor) 大一些。

根据摩擦物体的运动方式，摩擦可分为滑动摩擦 (sliding friction) 和滚动摩擦 (rolling friction) 两大类。在干燥状态下，滑动摩擦的摩擦系数要比滚动摩擦的摩擦系数大数

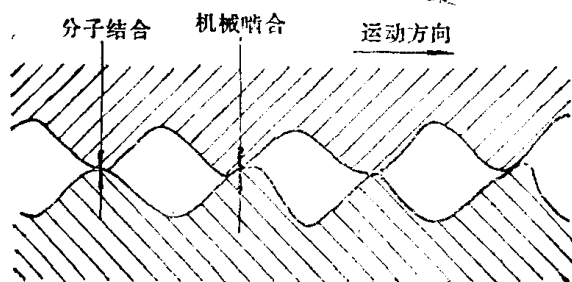


图 1-1 粗糙表面的接触

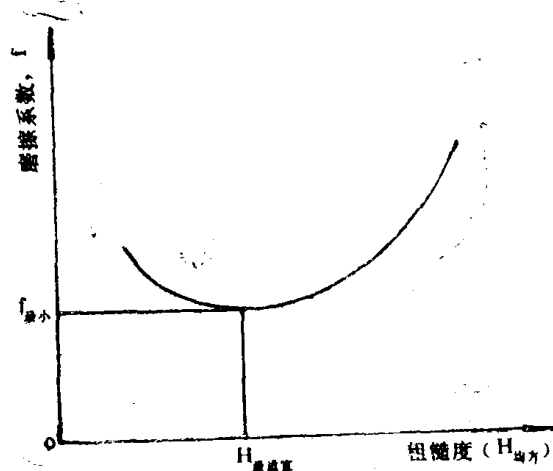


图 1-2 粗糙度和摩擦系数的关系曲线

倍、数十倍，以至几百倍。

根据摩擦物体的表面润滑程度，滑动摩擦可分为干摩擦、液体摩擦、边界摩擦、半液体和半干摩擦等数种。

1. 干摩擦

没有润滑的两个滑动摩擦表面作相对运动时产生的摩擦称为干摩擦，如图1-3a所示。干摩擦的摩擦系数很大，常用金属零件的干摩擦系数 $f = 0.1 \sim 0.5$ ，有时也会超过1.0。干摩擦时摩擦表面的磨损是很严重的。由于使用条件不同，干摩擦的作用可以是有益的，也可以是有害的。如在各种摩擦传动装置和刹车装置中的干摩擦是有益的，因此我们要利用它；而在各种滑动轴承中的干摩擦是有害的，所以我们要防止它。

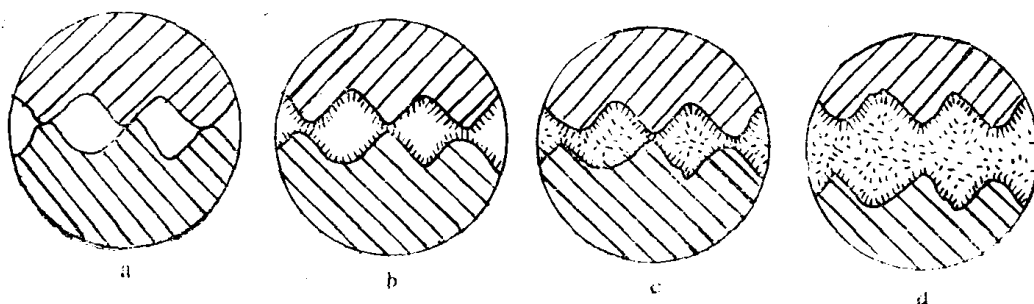


图 1-3 滑动摩擦的种类

a—干摩擦；b—边界摩擦；c—半液体和半干摩擦；d—液体摩擦

2. 液体摩擦

相对运动的两个零件表面完全被一层润滑剂所隔开，由于表面不直接接触，这时的摩擦不是发生在两个相互运动的表面上，而是发生在润滑剂的内部，这种运动状态下的摩擦称为液体摩擦，如图1-3d所示。液体摩擦的摩擦系数很小，通常 $f = 0.003 \sim 0.01$ 。液体摩擦时的摩擦表面几乎不产生磨损。

一切作相对运动的机器零件的摩擦表面，在可能的条件下，应尽量建立液体摩擦，只有这样才能减少零件的磨损，延长零件的使用寿命。一般滑动轴承在正常工作和良好的润滑条件下是可以获得液体摩擦的。

3. 边界摩擦

在两个滑动摩擦表面之间，由于润滑剂供应非常不足，根本无法建立液体摩擦，而只能依靠润滑剂中的极性油分子在摩擦表面形成一层极薄（厚度为 $0.1\sim 0.2$ 微米）的油膜，这层油膜牢固地吸附在金属的摩擦表面上，这时相互接触的不是摩擦表面本身（或许有个别点直接接触）而是表面的油膜，这种油膜润滑状态下的摩擦是液体摩擦过渡到干摩擦的最后边界，所以称为边界（临界或界限）摩擦，如图1-3b所示。边界摩擦的摩擦系数 $f = 0.01\sim 0.1$ ，其磨损也是相当大的。在实际使用中，当机器在起动和制动时，各对相对运动的摩擦表面间都可能发生边界摩擦。

4. 半液体和半干摩擦

相对运动的两个零件滑动摩擦表面之间，由于润滑剂供应条件不够完善，无法建立完全的液体摩擦，而在摩擦表面上伴随有部分的干摩擦或边界摩擦，这种介于液体摩擦与干摩擦或边界摩擦之间的过渡状态的摩擦称为半液体和半干摩擦，如图1-3c所示。半液体摩擦较接近于液体摩擦，而半干摩擦较接近于干摩擦或边界摩擦。半液体和半干摩擦的摩擦系数在很大的范围内（从液体摩擦到干摩擦之间）变动。半液体和半干摩擦常发生在如下几种情况：滑动轴承间隙较大时；设备在起动和制动时；配合零件作往复运动和摆动时；设备的运行速度和负荷剧烈变化时；部分传动齿轮；设备在高温和高压下工作时；设备所用的润滑油粘度过小和供应不足时。

第二节 磨损的种类和规律

一、磨损的种类

任何一部机器，根据其结构的特性，必须在规定的各种工作条件下进行工作，才能使它发挥应有的生产效能。当这种工作条件被破坏时（摩擦表面的润滑、组合中的间隙、工作负荷等），立刻就影响到机器的正常工作，并使机器磨损，以至必须以很高的代价来进行修理。因此，使用机器的技术人员必须清楚地知道机器及其各部件的结构及工作原理，而且应该掌握规定的机器和机构的工作技术条件。正因为这样，所有工厂生产的机器产品都附有说明书。但是，无论怎样仔细地按照维护机器的要求来使用机器，作相对运动的零部件，由于相接触的表面都存在着摩擦（滑动或滚动）现象，久而久之总会使零部件不断磨损（wear and tear）。使用机器的技术人员的任务，就在于严格地遵守机器的工作条件，防止不正常磨损的发生。为此，必须对机器机件中所发生的磨损进行科学的划分，才能针对各种磨损情况采取措施，防止和减少不正常磨损的发生。

根据磨损延续时间的长短和性质，磨损可分为自然（正常）磨损（service wear）和事故磨损（accident wear）两大类。

自然磨损是指机器零件在正常工作条件下，经过相当长的时间才产生的磨损。这种磨损的特点是：磨损量均匀而逐渐地增加，它并不会使机器工作能力过早地或迅速地降低。由于这种磨损是一种不可避免的自然现象或正常现象，所以称它为自然磨损或正常磨损。

自然磨损是由下列因素造成的：零件配合表面摩擦力的作用；冲击负荷的作用；高温氧化的作用；介质的化学和电化学腐蚀的作用等。

自然磨损的速度决定于下列因素：机器构造的特点；机器工作时的工艺条件；制造零

件所选用的材料质量；零件的加工精度和粗糙度；摩擦表面的润滑状况；润滑剂的性质和品种；单位压力的大小；机器的修理和装配质量；机器的操作使用与维护保养质量等。

根据机器工作条件的不同，自然磨损可分为机械磨损、热磨损、物理化学磨损和电化学磨损等四种。

1. 机械磨损

主要是由于零件工作表面间摩擦力的作用而引起机械尺寸、几何形状的改变和配合间隙的增大。机械磨损是最主要的磨损形式，它又可以分为四种形式，即杂质、剥蚀、氧化和压溃磨损。

杂质磨损。这种磨损也称磨粒磨损，是由于摩擦表面间存在着硬的杂质，在相互作用的表面上引起切割作用，结果造成切痕与小沟。这种杂质可能是从外界掉进润滑油和摩擦面的，也可能是该运动副零件表面粗糙度磨损的产物或零件本身材料组织上的硬点。

剥蚀磨损。这种磨损一般发生在滚动轴承的内外座圈槽中，滚珠及滚柱上，齿轮牙齿表面（节圆部分的一小部分）上等。其原因是：当零件的接触表面承受周期性的变动载荷时，就产生疲劳现象，因此使零件表面产生极小的裂痕，最后零件表面的一小部分就会脱落而产生了剥蚀磨损。

氧化磨损。当零件作相对滑动或滚动时，产生极微的变形与揉皱，这时氧气渗入零件的摩擦表面间，其结果使零件表面产生很多极小的脆性金属氧化物，并从零件表面脱落，将零件的表面破坏。

压溃磨损。当运动表面的局部接触应力超过屈服极限时，金属表面会产生相互粘结，如两表面继续作相对运动时，就可能在粘结面下的某一薄弱面产生深断裂，从而使零件表面受到破坏。

2. 热磨损

由于机件摩擦产生的高温作用或长期处于高温介质中（温度可达1500℃），因而引起表层金属回火、软化直至熔化，致使耐热性弱的表面熔接在耐热性强的表面上，并将熔接的金属撕裂。这种情况发展下去可以使零件表面产生许多小缺陷，最后可能使零件“卡死”而失去工作能力。

3. 物理化学磨损

主要是由于机件与化学介质接触，在各种不同的物理-化学作用下，产生了金属的腐蚀现象，这样就引起了机件材料的改变，并因而改变了机件的机械性质，所以这种磨损形式称为物理化学磨损。物理化学磨损有两种原因：

一种是在高温影响下零件的磨损。由于在高温下工作，零件表面的金属会发生剥蚀、裂缝或变形。零件在高温下工作还可分为两种情况，一种是零件本身就是在高温下工作的，如燃油发动机、蒸汽机的一部分零件。这些零件在制造上就要求很高；另一种则是由于不正确地使用机器所产生的，如超载、缺乏润滑油等，这时就很容易发生事故。

另一种是由于化学物质、水和空气的作用使零件产生磨损。当所用的机器是在潮湿、热空气的条件下工作，同时空气的温度有急剧的变化时，这时磨损最厉害。这是因为，当空气的温度急剧变化时，空气中的水蒸气就凝结于低温的机器表面，使金属生锈。假如空气中有酸性的蒸汽或天然气，则会产生腐蚀。当润滑油的质量不合格，其中水分及酸分超过规定的限度时也会引起腐蚀。故润滑油一定要在使用前经过检查。动物油与植物油不许

可作为润滑油用，因为它们很容易分解出酸，而引起机件腐蚀。

4. 电化学磨损

主要是指金属间的电化学反应或零件与导电介质间产生的电化学反应。

零件表面的磨损形式，实际上是互相伴随产生的，很少以单一的形式出现，但是在某阶段内总有一种磨损形式是主要的。在矿场机械中，机器的磨损主要是由于零件工作表面间的摩擦而产生的磨损，即机械磨损。

其次是事故磨损，它是指机器零件在不正常的工作条件下，经过很短的时间就产生的磨损。这种磨损的特点是：磨损量不均匀且迅速地增加，它会引起机器工作能力过早地或迅速地降低，甚至会突然发生机器或零件的损坏事故，所以称它为事故磨损或不正常磨损。

事故磨损是由于下列因素造成的：机器构造有缺陷；零件材料的质量低劣（如有裂缝、缩孔、砂眼和气孔等）；零件的制造和加工不良；部件或机器的装配或安装不正确；违反机器的安全技术操作规程和润滑规程；修理不及时或质量不高，以及其他意外的原因等。在一般情况下，自然磨损达到一定的极限值而没有及时地进行修理，这是发生事故磨损的主要原因。因此，为了防止事故磨损的发生，就必须首先了解和掌握磨损的变化规律。

二、磨损的规律

机器在工作过程中，各个零件的磨损速度是不相同的，但是它们之间仍然有着共同的变化规律。

图1-4所示为滑动轴承和轴颈均匀磨损时配合间隙的变化情况。这种配合的磨损变化规律可以用图1-5所示的磨损曲线来表示。从图中看出，磨损的过程一般有三个阶段。

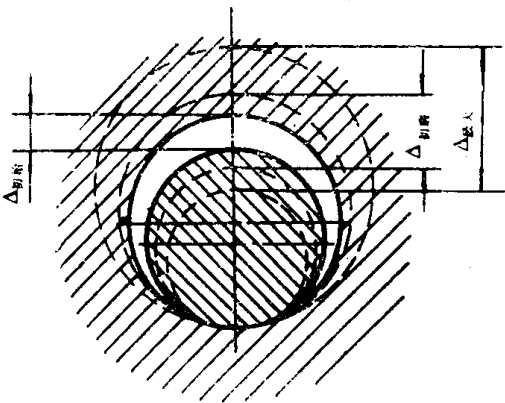


图 1-4 轴颈和轴承均匀磨损时配合间隙的变化情况

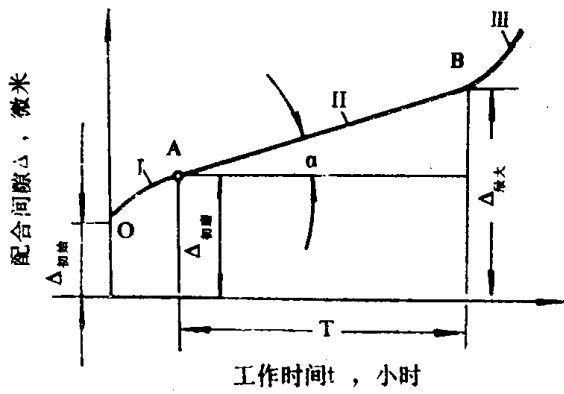


图 1-5 磨损曲线

第一阶段（OA段）：即曲线段 I 是跑合磨损阶段。它发生在新制零件刚开始工作的一段时间内，是轴承在新装配或修理好后的试车初磨阶段。这一阶段内，曲线上升很快，表示在初磨的跑合磨损阶段内的磨损速度较大，这是由于零件在加工时所得到的最初不平度最容易被破坏、擦伤或磨平而形成新的不平度的结果。由于表面不平度逐渐减低，实际接触面不断增加，同时，由于不平的顶峰发生塑性变形而产生冷作硬化的作用，提高了表面耐磨性能，使磨损速度由开始的最大值（O点斜率）而逐渐降低（A点斜率）。这时的间隙由刚装配好的初始间隙（或公称间隙） $\Delta_{初始}$ 增大到 $\Delta_{初磨}$ 。

第二阶段（AB段）：即曲线段Ⅱ是自然磨损阶段（或正常磨损阶段）。它近似于一条直线，表示磨损速度几乎为一定值。在这一阶段内，磨损速度既稳定而又低，轴承与轴颈的磨损成直线均匀地上升，与水平线成 α 角，这时的间隙由 $\Delta_{初磨}$ 逐渐增大到最大的允许间隙 $\Delta_{最大}$ 。这一阶段所延续的时间 T ，就是零件正常工作的时间。它随影响磨损的各种因素变化。如设计合理、制造加工与装配正确、操作使用与维护保养良好、检修及时，这段时间可达数万小时，甚至更多时间。

第三阶段：即曲线段Ⅲ是事故磨损阶段。磨损过程达到B点后，由于长期磨损的结果，间隙过大（超过 $\Delta_{最大}$ ），以致动力冲击载荷超过了允许的限度，表面的微小裂缝长期发展，联合起来而形成较大的脱粒、脱皮、脱块等，破坏了润滑油膜，使得磨损速度急剧加快。磨损量也随之在很短时间内达到很大的数值。使轴承的正常运行处于危险的状态中，这时机器若再继续工作，就可能随时发生意外的损坏事故。因此这一阶段叫事故磨损阶段。当轴承和轴颈的配合间隙达到或将要达到 $\Delta_{最大}$ 时，就应及时地停车进行修理，以避免事故磨损的发生。

零件从开始正常运转时起到事故磨损以前为止的这段时间称为零件的正常工作时间或修理间隔期。它可以由下述公式计算：

$$T = \frac{\Delta_{最大} - \Delta_{初磨}}{tg\alpha}$$

式中 T ——零件正常工作时间，小时；

$tg\alpha$ ——零件的磨损速度或强度（即单位时间内配合间隙的增加量），微米/小时。

各类零件的磨损速度（ $tg\alpha$ ）是不相同的，它们的数值可以通过试验或根据现场经验来确定。如果润滑和转数等条件不变，则磨损速度与材料的性质、加工精度、磨损表面的压力强度有关。而在工作条件已定时，如能很好地限制表面压力强度 p 及 p_v 的乘积（ v 为摩擦表面的相对速度），也可以控制磨损的速度。

一般对新安装或刚检修完的设备，在正式使用前应进行试运转，即先由空转开始，逐渐加大载荷，使其顺利地经历过跑合磨损阶段。这样就可以使设备在以后的使用中处于正常磨损阶段。

设备在维护、检修过程中，以及机械零件设计时，应尽量采取适当的措施，保证尽快地结束跑合磨损阶段，延长正常磨损阶段，尽可能地缩短或防止出现事故磨损阶段。

三、故障的概念

机器和机械的工作能力通常都是以它的工作性能来判断的。所谓工作性能，则是多方面的。如泥浆泵的排量、压力；绞车的起重量、制动能力、转速、效率等。当各种工作性能与正常情况发生偏差时都说明机器和机械发生了某种故障（break down）。

故障可以分为两种：一种是通过普通调整可以消除的故障，如螺丝松动、间隙不适等；另一种则是由于磨损或其它原因而引起的，不能用普通调整消除的故障，是我们研究的主要对象。

机器的工作能力是随着工作过程中工作条件的变化而变化的，一般石油矿场机械的工作能力变化情况如图1-6所示。

图中1—2段表示新的或者经过大修后的机器，没有在制造厂经过试运转，由于机器不太灵活，工作能力不能发挥到最高。这一段应该以比正常情况低的负荷与转速来工作，

也就是人为地降低它的工作能力，这种情况即为跑合磨损阶段。跑合完成后，机器就平稳地过渡到正常工作状态，工作能力逐渐达到定额，如曲线中的2—3段。机器在工作过程中，由于机器的组合件中有微小的毛病，工作能力可能局部下降，如曲线中的4—4'、5—5'。这时，如对机器进行经常的检查和正确的保养，则这种局部降低工作能力的现象可以迅速消除，使机器工作又恢复正常；若对它缺乏正确的保养和及时的预防，则可能使机器的工作能力急剧下降，如曲线5—5''、7'—7''所示。

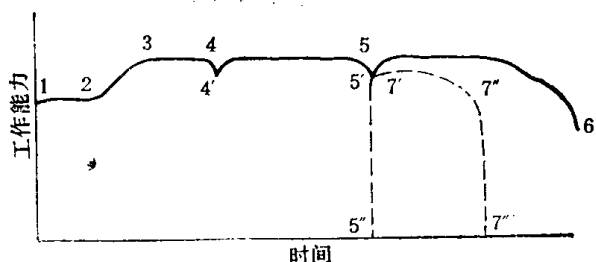


图 1-6 矿场机械工作能力变化曲线

因此，对工作着的机器，进行正确的使用并及时地消除发生的毛病，就可以使机器在一段很长的时间内保持高的工作能力。但是，不管机器使用得多正确，检查得多及时，保养得多良好，经过一段时间以后，由于自然磨损，机器的工作能力总会逐步减低（如曲线5—6所示）。那时，这部机器就必须进行修理。

正确地掌握机器需要修理的时机，并及时检修，就可以节省不少人力物力，迅速地修复它；反之，则可能使机器的工作能力受到严重破坏，产生事故磨损，以致修复它会很困难，要付出昂贵的维修代价，有时甚至会造成机器的报废。

如果对拆开修理的机器进行故障分析和统计，将不难得出这样的结论：机器任何故障的构成，都基于零件或配合件遭到磨损或损坏，即通常所说零件或配合件出现了缺陷。其缺陷的表现形式大致可归纳为：联接件配合性质破坏，主要指间隙、过盈配合性质的破坏，也就是允许间隙配合的破坏以及允许过盈配合的破坏；零件间相互位置关系破坏，主要指结构较复杂的零件或基础零件发生了变形，或安装基面遭到磨损；机构工作协调性破坏，主要指机构零件磨损以后，机器的各总成或总成中的各机构不能按规定时间、相位等关系准确地协调动作；零件工作性能方面的缺陷，完全是由于零件自身的缺陷而直接造成的（几何形状、表面质量、材料的力学性能、以至是物理的或化学的性能发生变化）。

分析发生故障的原因可概括为四方面：

1) 自然的恶化过程 机器经过长期使用，零件的表面遭到磨损和腐蚀，材料疲劳或老化，即前面所讲的自然磨损。

2) 未遵照制造和修理的技术要求 零件制造和修理的质量低劣，机器的组装调整不当，一般称为“零件质量故障”。

3) 保管运输不当 因存放、运输过程草率，制度不严，措施不当，而使零配件出现某些缺陷，如变形、弯曲、工作面碰伤、受潮、老化、异物混入等。

4) 使用维护不当 任何一种机器，由于结构、材质方面的特点，往往需要规定相应的维护措施。因而认真按照产品说明书的规定来维护使用机器，是非常重要的。

根据以上分析，机器发生故障的原因，亦可概括为人为的与非人为的两个范畴。由于人们失职而在制造、修理、使用维护等方面造成的机器故障，都属于人为的故障；非人为的故障，是指自然恶化过程所造成的，即制造或修理质量合格，遵守使用与技术维护条例，在正常条件下形成的故障。至今，人们还不能彻底消除这类故障，但可以采取措施来

尽量延长机器的寿命。因此，要使石油矿场机械能经常保持机器的工作能力，达到最大的使用寿命和发挥最大的效能，研究影响零件磨损的因素和提高零件耐磨性的方法，降低零件的磨损速度，就有着特殊的重要意义。

第三节 提高机械零件耐磨性的方法

一、影响磨损的因素和减少磨损的途径

机器零件的损坏通常表现为两种形式。一种是在外界载荷作用下，达到了零件材料的某种强度极限而表现为零件的破坏，如疲劳破坏、折断、弯曲等等。矿场机械中内燃机曲轴的疲劳破坏，钻杆、油管丝扣的断裂等都属于这类性质的破坏。另一种形式则表现为在一定的工作条件下，零件发生了几何尺寸和几何形状的改变。从零件损坏的两种基本形式及其原因可以看出，零件的破坏和磨损实质上是在工作过程中零件的内部特性和外界作用条件相互作用所产生的结果。这里就工作过程中零件的内部特性和外界作用条件来探讨影响磨损的因素和减少磨损的途径。

1. 润滑对磨损的影响

由于零部件磨损主要是摩擦力作用引起的，而摩擦力的大小直接受润滑好坏的影响，所以，润滑对机械零件的磨损有很大关系。

从前述可知，在摩擦表面间建立液体摩擦以后，摩擦系数可以降低数十倍以至更多，所以，在摩擦表面间建立液体摩擦是减少磨损的主要措施。要保证得到液体摩擦，主要是使存在于空隙间的润滑油保持一定的压力，这一点在理论上论述很容易：只要润滑油有适当的粘度，零件有适当的速度，同时有适当的楔形空隙就可以满足了。但实践证明，由于设备经常不断地停车、起动，并承受变化的载荷，所以很难保证始终稳定的液体摩擦。这就不可避免地要产生磨损。

滑动轴承由于磨损而造成不能正常运转，一般表现为两种形式：一种是由于轴承均匀磨损而使轴颈和轴承间隙增大；另一种是由于轴承局部磨损而变形。

由于轴比轴承材料耐磨得多，所以，一般轴承的磨损相对地要快得多，尤其是在转速降低和起动、停车时，其磨损更大，并集中在最大负荷处左右。当轴受不平衡负荷作用和频繁起动、停车时，其磨损也是相当快的。

圆柱形轴承的压力范围在 120° 左右（图1-7）。由于轴承的磨损，不仅引起间隙的加大，也使轴承的几何形状变化，最后必然导致在 120° 范围内轴与轴承曲率半径相等（图1-7中，以 O_2 为圆心的弧ACB部分），因而不可能再形成楔形间隙的油膜，致使液体摩擦的条件遭到破坏。所以，当轴承上的磨损达到这个角度时，就达到了液体摩擦的极限状态。此时，要及时进行检修，在可能条件下，对轴

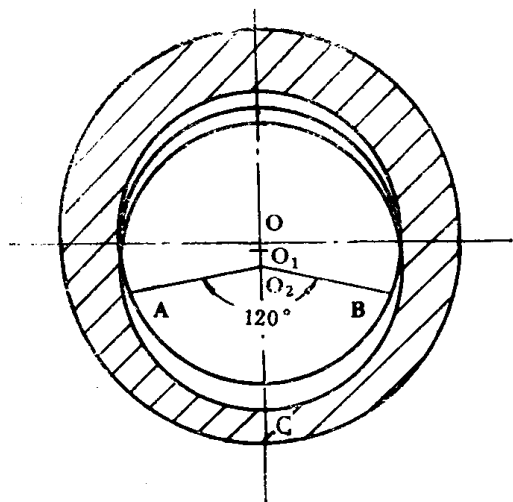


图 1-7 滑动轴承局部磨损造成的几何形状的变化

承和轴颈进行刮研或车削加工，以保证楔形间隙的形成。

综上所述，在轴颈和轴承的滑动摩擦表面之间建立液体摩擦的必要条件如下：

- 1) 润滑油的供应要充分，漏损要最少。
- 2) 润滑油的注油孔和油槽应开在轴承的承载区以外。
- 3) 润滑油的粘度和润滑性能要符合工作要求。
- 4) 轴颈必须具有足够高的转速。
- 5) 轴颈和轴承表面应有适宜的加工精度和加工粗糙度。
- 6) 轴颈和轴承之间应有适宜的配合间隙。

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。因为增加硬度可提高材料表面层的耐磨性；增加韧性可防止或减少磨粒的产生；增加化学稳定性可减少腐蚀磨损；增加孔隙度可蓄集润滑剂，改善润滑性能减少机械磨损。

在制造和修理工作中，从改善零件表面层材料性质角度减少磨损和提高耐磨性有如下方法。

1) 增加零件表面层材料的硬度。摩擦零件的表面硬度对磨损的影响很大，对于含碳0.02~0.9%的碳钢来说，其硬度与耐磨系数的关系可以用图1-8的曲线表示。

根据该曲线得出以下两点结论：第一，在布氏硬度 $HB = 250$ 以下，硬度对磨损强度的影响不太大（未经热处理）；第二，在布氏硬度 $HB = 250 \sim 500$ 之间，硬度对磨损强度的影响很大（经过热处理）。可见增加零件表面硬度可以减少磨损。

增加零件表面层材料硬度有如下方法：

在零件材料中增加含碳量或加入某些元素，如铬、锰、钼、钒、磷等。但这类方法不是最经济的，因为仅仅为了增加表面层的硬度，却要在全部材料中加入较贵重的稀有元素。

用电镀、喷涂和敷焊的方法在零件表面上覆盖一层抗磨材料。

利用表面淬火和化学热处理的方法来增加表面层的硬度。如：火焰表面淬火、高频表面淬火、铁的氧化处理、氮化处理、渗碳处理、氰化处理、硫化处理和磷酸盐处理等。

利用机械冷作强化法来增加表面层的硬度。如：滚子压光法、喷砂处理法和钢球冲击法等，它们不但能使表面硬化，而且还可以提高耐疲劳的能力。

在提高硬度时，还应注意，过高的硬度往往会使脆性增加，材料颗粒易于剥落，所以，还必须使材料保持有足够的韧性。对抗拉强度极限相同而延伸率不同的材料，延伸率较大者多半是比较耐磨的。

2) 应用耐磨合金（如巴氏合金、青铜和耐磨铸铁等）可以减少磨损。

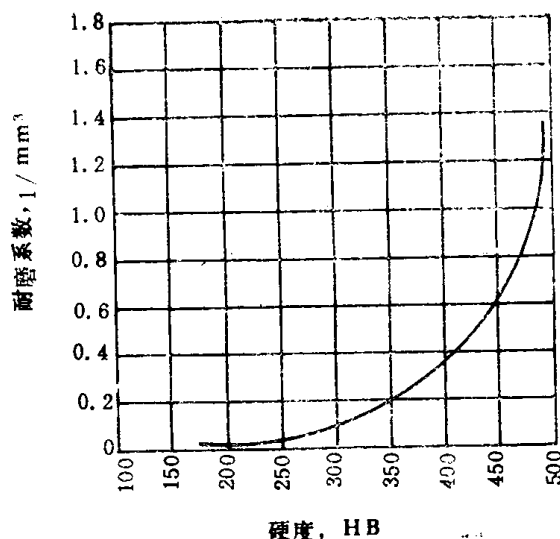


图 1-8 硬度与耐磨系数的关系