

78.17
347

工程机械修理基础知识

西南交通大学机械系易新乾编

人 民 铁 道 出 版 社

内 容 提 要

本书主要介绍：（一）工程机械修理的理论基础，包括机械损坏的原因分析，磨损和磨损零件的修理，变形和减轻变形的措施，尺寸链原理在工程机械修理中的应用；（二）机械修理的共同性工艺，包括机械的拆卸和组装、清洗、鉴定；（三）旧件修复的基本工艺，包括铸铁和铝合金的焊修，电振动自动堆焊，埋弧焊，金属喷镀，等离子堆焊，电镀及粘接修复等工艺；（四）底盘和工作装置的修理。

本书供从事工程机械修理的技术人员、工人和大专院校专业师生参考。

工程机械修理基础知识

西南交通大学机械系易新乾编

人民铁道出版社出版

责任编辑 蒋传漪

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张：10.875 字数：245 千

1979年5月第1版 1979年5月第1次印刷

印数：0001—62,000册

统一书号：15043·6156 定价：0.87元

前 言

本书初稿写于1975年,原名为《工程机械修理工艺学》,系作为西南交通大学筑路机械与养路机械专业实践队的教材而写的。这次出版,作了一些修改,主要是充实了基础理论知识,旨在为广大工程机械修理人员提供一本参考材料,对提高工程机械的修理质量和修理技术水平有所帮助。

修理工艺是一门实践性很强的综合性科学,它要应用许多学科的知识。因此,在本书的第一篇中除了介绍一般的机械磨损和对磨损的检修外,还编写了机械的变形和减轻变形措施,以及尺寸链原理在工程机械修理中的应用,供读者在分析研究修理问题时参考。关于修理工艺方面,本书把共同性工艺(通用的、在修理中所占的劳动是较多的工艺)和旧件修复的基本工艺分列为第二及三篇。而在最后的第四篇中,介绍了运用前面三篇的基础知识,对传动系统、行走系统和工作装置中几个典型零部件进行修理的先进工艺,可供读者参考。

在编写本书时,承何德高同志帮助收集资料,铁道部、交通部、农林部、铁道兵等单位 and 同志提供了许多宝贵资料,谨表示衷心感谢。

读者如发现本书有错误和不妥之处,欢迎批评指正。

编 者

目 录

第一篇 机械修理的理论基础	1
第一章 机械损坏的原因	1
第二章 磨损和磨损零件的修理	3
第一节 概述	3
第二节 磨损的规律	7
第三节 恶化极限的确定	8
第四节 气缸的磨损与磨损气缸的修理	10
第五节 曲轴的磨损与磨损曲轴的修理	29
第三章 机械的定期检修制	40
第四章 变形和减轻变形危害的措施	47
第一节 研究变形的必要性	47
第二节 零件在使用中变形的原因	49
第三节 减轻变形危害的措施	51
第四节 气缸体的变形和变形气缸体的修理	54
第五章 尺寸链原理在机械修理中的应用	64
第一节 基本概念	64
第二节 应用举例	65
第六章 提高大修后机械寿命的工艺途径	70
第七章 一般修理方法	73
第二篇 机械修理的共同性工艺	81
第一章 机械修理的组织	81
第一节 机械修理的工艺流程	81
第二节 机械修理的组织形式	81
第二章 机械的拆卸与装配	85

第一节	机械的拆卸	86
第二节	机械的装配	89
第三节	发动机的装配	94
第四节	发动机装复后的磨合	102
第五节	发动机装复后的试验	106
第三章	清洗	106
第一节	除油	107
第二节	去锈	113
第三节	清除积炭	115
第四节	清除水垢	117
第四章	鉴定	119
第一节	概述	119
第二节	零件和组件的鉴定方法	119
第三节	部件、总成和机械的鉴定方法	135
第三篇	旧件修复的基本工艺	139
第一章	手工耐磨堆焊	139
第一节	概述	139
第二节	零件焊修时的内应力和变形	139
第三节	堆焊用焊条	142
第二章	铸铁和铝合金零件的焊修	147
第一节	铸铁零件的热焊	148
第二节	铸铁零件的冷焊	151
第三节	铸铁零件的乙炔——氧冷焊	154
第四节	铝合金零件的焊修	160
第三章	电振动自动堆焊	161
第一节	概述	161
第二节	电振动堆焊的设备	162
第三节	电振动堆焊的原理	163

第四节	电振动堆焊层的性质	164
第五节	电振动堆焊曲轴实例	165
第六节	堆焊层质量的改善	166
第四章	埋弧堆焊	167
第一节	概述	167
第二节	埋弧堆焊设备	169
第三节	埋弧堆焊用材料	172
第四节	埋弧堆焊工艺规范的选择	175
第五节	常见故障和排除方法	180
第六节	埋弧堆焊举例	181
第五章	金属喷镀	185
第一节	金属喷镀的原理及其在修理中的应用	185
第二节	金属喷镀设备	186
第三节	喷镀层的组织结构和物理机械性质	192
第四节	金属喷镀工艺	195
第五节	金属喷镀应用举例——曲轴喷钢	197
第六节	氧——乙炔焰喷焊工艺	199
第六章	等离子堆焊	201
第一节	概述	201
第二节	基本原理	203
第三节	等离子堆焊设备	209
第四节	等离子堆焊材料	211
第五节	等离子堆焊举例	214
第七章	电镀	216
第一节	概述	216
第二节	镀铬	218
第三节	镀铜	233
第四节	低温镀铁	234

第八章 零件的粘接修复法	246
第一节 概述	246
第二节 合成粘接	249
第三节 无机粘接	268
第四节 粘接在机械修理中的应用	269
第五节 粘接技术的发展	272
第九章 零件的压力加工修复法	275
第一节 概述	275
第二节 用镦粗法修复铜套和气门	275
第三节 用扩张法修复活塞销	277
第四节 曲轴的校直	277
第十章 零件修理工艺规程的制订	280
第一节 零件修理工艺规程的制订	280
第二节 零件修复工艺选择的原则	283
第四篇 底盘和工作装置的修理	289
第一章 传动系统主要零部件的修理	289
第一节 离合器被动片的修理	289
第二节 齿轮的修理	293
第三节 花键轴的修理	304
第四节 滚动轴承的修理	308
第五节 箱体零件的修理	309
第二章 行走系统主要零部件的修理	313
第一节 概述	313
第二节 履带式行走装置主要零件的堆焊修复	314
第三节 台车架的校正	324
第四节 台车架的组装	328
第三章 液压传动装置的修理	331
第一节 齿轮油泵的修理	331

第二节	油缸的修理	333
第三节	滑阀的修理	335
第四章	工作装置的修理	336
第一节	推土机刀片的堆焊	336
第二节	斗齿堆焊	336

第一篇 机械修理的理论基础

第一章 机械损坏的原因

机械损坏一般可分为不正常损坏和正常损坏两大类，其损坏的原因分述如下：

一、不正常损坏的原因

（一）制造（或修理）质量没有达到设计规定

制造或修理后的尺寸、形状未达到设计的精度和光洁度；材料的物理机械性质及热处理没有符合要求；装配时没有保证所要求的配合，同心度不对等等。

（二）运输和保管不当

运输和装卸不当会使零件变形、光洁的表面碰伤，严重的会引起破裂。如缸盖和缸体的破裂、缸套压成椭圆、曲轴颈表面的碰伤等。

保管不当，也会造成零件与部件的严重损坏。如曲轴以水平位置存放或互相堆压，会发生弯曲；缸套横着堆放会产生椭圆；轴颈之类光洁的表面存放时没有涂油会引起氧化锈蚀；电气设备受潮会失去绝缘性能，容易烧坏；橡胶件存放不当引起老化、裂纹等等。

（三）违反操作规程。

操作不当或没有及时地进行保养。如对空气滤清器、机油的清洁注意不够，会引起机械的剧烈磨损；在低温时高速起动，没有达到规定的机油压力和水温就全负荷工作，常常会带来严重损伤。

二、正常的损坏原因

(一) 磨损

由于机械零件互相摩擦，造成机械零件表面产生尺寸、形状和表面质量变化而损坏。为了减少磨损，延长零件的使用寿命，应保证零件间的润滑和润滑油的清洁，防止尘土的侵入等。

(二) 疲劳

在长期交变载荷下，齿轮、滚动轴承、轴和滑动轴承都会产生疲劳裂纹而造成表面剥落或者整个折断。使用中由于额外振动造成的附加载荷；润滑油不干净或零件表面粗糙使载荷集中在某些部位；零件的磨损和腐蚀使表面粗糙；修理质量或加工质量不高使零件的疲劳强度削弱；凡此种种都能促使疲劳破坏的发生。

(三) 变形

机械在工作时，当外载荷所引起的应力超过零件材料的屈服极限时，零件产生变形。零件在加工时残留的残余内应力，也能使零件产生变形。在目前的工艺条件下，零件在使用中的变形是不可避免的，我们只能认清它的规律，采取适当的措施，减轻变形的危害。

(四) 腐坏

包括腐蚀和腐朽，例如金属的生锈、橡胶的老化等。这种腐坏还不能完全防止，但是可以采取一系列积极措施来减轻它。

在第二类原因中，磨损和变形占主要地位。下面我们将分别作介绍。

第二章 磨损和磨损零件的修理

第一节 概 述

一、磨损的概念

零件互相摩擦，其表面产生尺寸、形状和表面质量变化的现象叫做磨损。

如果拆开一台进厂大修的机械，可以发现，引起故障的原因几乎都是磨损。发动机的各种主要故障几乎都是由于活塞、活塞环与气缸之间的磨损，曲轴轴颈与主轴承、连杆轴承的磨损。传动部分的故障几乎都是由于齿轮、轴和轴承的磨损，所以说，磨损是机器发生故障的重要根源。

磨损的速度和机械的工作寿命有很大关系，正常磨损的气缸缸套可以工作几千小时，而制造不良、保养不当的缸套只能工作几十小时。

磨损问题已经引起了国际科学界的注意，各国的科学家都在积极地进行研究，但是还没有能够建立一整套完整的磨损理论。

磨损是伴随着摩擦而来的，所以先简单说明摩擦的情况。

二、摩擦的概念

摩擦是当相接触的物体相互移动时发生阻力的现象，是动能转化为分子能的一种形式。

关于摩擦实质的假说很多，目前比较完善的是分子——机械摩擦理论，认为摩擦是分子交互作用和机械作用相结合的结果。分子的交互作用是指摩擦表面间分子的相互吸引力，这种吸引力，在摩擦表面非常光滑，或法向压力较大因而分子间接触紧密时表现较大；机械作用是由于任何精加工的表面，都必然具有一定的粗糙度，摩擦表面间的凸起和凹

陷相互嵌合，产生阻力。

根据摩擦表面的情况，大致可分为干摩擦、液体摩擦和半干摩擦三类。

干摩擦是指摩擦表面间没有润滑时产生的摩擦，例如，摩擦离合装置和制动装置的工作表面、履带链板的连接部分等。干摩擦的摩擦系数很大，摩擦也很强烈，应该力求避免。

液体摩擦是指摩擦表面完全被润滑油隔开，固体表面没有直接接触时的摩擦，此时，摩擦系数减少了约95~97%，与此同时，大大地减少了机械的磨损，所以在机械的设计和使用中，应尽量使动配合零件作成液体摩擦，但是液体摩擦只是在高速运转时才产生，而且在液体润滑条件下的轴和轴承，当起动、停车或工作中有很大振动时，液体摩擦都遭到破坏。

半干摩擦发生在压力大、速度低，采用黄油润滑的地方，它对摩擦的影响介于上述两种摩擦之间。

三、磨损的种类

(一) 摩擦时的磨损

摩擦表面的凸起和凹陷互相嵌合，在相对运动时，凸起部分分别产生弹性变形、塑性变形，或者直接被刮削而脱落，产生弹性或塑性变形的部分，也会由于多次重复而造成疲劳剥蚀。

摩擦表面的粗糙度越大，磨损越严重，但过分光滑的表面，分子力的作用加强，而且不能存油，破坏液体摩擦，所以具有适当光洁度的零件，表面的微小不平，能够贮油和增加散热面积，对减少磨损有利。活塞环和活塞销的多孔镀铬，曲轴轴颈的金属喷镀，粉末冶金铜套都是由于这个原因而能够延长使用寿命。

（二）在磨料作用下的磨损

工程机械的使用场所大多在野外尘土飞扬的地方，工作对象也以岩石和各类土壤为主，因而各种机械零件之间，除金属与金属的摩擦外，还经常发生金属与各种磨料的摩擦，这些磨料都是硬度与金属差不多的甚至比金属硬得多的不规则的颗粒，在摩擦表面发生擦伤和类似切削的作用，使磨损作用剧烈加强，很多研究报告指出，许多机械零件磨损过快的原因都是因为磨料的作用，如一般拖拉机曲轴的连杆轴颈比主轴颈磨损快一倍至二倍，就是由于离心力的作用，使连杆轴颈与轴承间有较多的磨料存在；又如由于空气滤清器失灵或没有正确保养，会使缸筒与活塞间的磨损增快几十倍。

硬粒磨料除自外界侵入外，机械本身在工作过程中也会不断地产生，如金属磨损掉下来的颗粒和发动机不完全燃烧所生成的积炭都是。

对磨料的严重破坏作用认识不足、不注意油料的清洁、空气滤清器没有及时保养以及在机器装配时没有进行认真的清洗，都会加速机件的磨损。

配合件的配合间隙和零件表面硬度对磨料的作用有很大影响。配合的两个表面之一往往选用较软的材料（如轴颈与巴氏合金轴承），磨料进入摩擦表面后，有可能嵌入软材料的内部，使磨损略有减轻，如果考虑到配合零件的强度，不能选用太软的材料时（如柴油机曲轴轴颈用铜铅合金轴承），磨料不易嵌入，而从摩擦面间刮过，则加速磨损，此时只有将配合间隙适当加大，所以铜铅合金轴承间隙通常要比巴氏合金轴承间隙大两倍。

实验指出，在用过的巴氏合金轴承工作表面，大约有0.01毫米厚度被硬粒磨料填满，在收紧轴承间隙时，应该用

刮刀把这一层合金刮除。最近在一些发动机的润滑系统中采用了新型的滤清装置，对机器寿命的延长有积极意义并已经取得了重大效果。

(三) 抓粘性磨损

在接触载荷高、液体润滑差、相对速度小的摩擦表面，很容易发生抓粘性磨损，一旦发生就发展的很快，能在很短时间内使机器遭到严重破坏。

抓粘性磨损的实质是在滑动摩擦过程中两金属表面产生金属联系，相对移动的结果使联系部位破坏。当滑动摩擦的相对速度小，单位压力超过材料的屈服极限时，接触表面的金属产生严重的塑性变形，表面的凸起部分互相嵌入，使表面的氧化膜破坏，呈现出新的金属表面，两零件金属之间的距离等于晶格原子的尺寸，在分子力作用下产生金属联系；表面继续相对位移就使联系金属强化，并将强度较小的金属挖走，粘附在另一个表面上，增强了摩擦和磨损的作用，而被挖走金属的部位产生应力集中，引起疲劳破坏，如此继续发展，形成严重磨损，甚至咬死。

如果正确使用机器，一般说来抓粘性磨损是不易产生的，但这种现象还不断产生，汽车发动机有20%零件的主要磨损形式属于抓粘性磨损。有时因修理质量不高，轴瓦金属掉下将轴抱住，形成抓粘而烧毁；汽车的锥齿轮和已磨损的滚动轴承最容易产生抓粘性磨损。

不论钢对钢、钢对镍、钢对生铁都能产生抓粘磨损，钢对青铜较好。

当滑动摩擦以很大的相对速度和很大的单位压力进行时，产生大量热，温度急剧升高，使摩擦表面金属的塑性增加，机械性能变坏，表面的吸附膜破坏，接触表面间形成金属联系，也造成抓粘性磨损。

第二节 磨损的规律

经过大量的试验和总结，发现机械在工作过程中的磨损具有一定规律。以机械的配合件为例，在正常工作情况下，一般机械配合件配合表面磨损量随机械工作时间而变化，如图1—2—1。图中的横轴表示机械的工作时间，纵轴表示磨损量，曲线上每一点的斜率 $\operatorname{tg}\alpha$ 表示这一时间磨损的增长率。从图中可以看出， $\operatorname{tg}\alpha$ 值是变化的，根据 $\operatorname{tg}\alpha$ 的不同，曲线可以分为三个阶段。

第一阶段为磨合阶段（曲线 OB 段）。包括生产磨合和运用磨合（初驶磨合）两个阶段。由于零件加工表面必然具有一定的微观不平度，所以磨合开始时磨损非常迅速，曲线的斜率很大，当粗糙表面的凸峰逐渐被磨平时，磨损的增长率逐渐降低，达到某一程度后，趋向稳定，是为第一阶段的结束，此时的磨损量称为初期磨损。装配好的机械，选用合理的磨合规范（合理的负荷、转速、时间和润滑剂等），大修出厂的机械，在磨合期内严格遵守有关的规定，都能够减少初期磨损，延长机械的使用寿命。

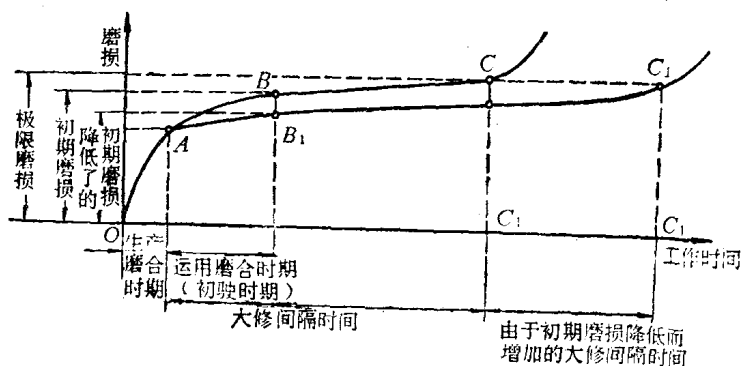


图1—2—1 零件磨损曲线

第二阶段是正常工作阶段（曲线BC段）。由于零件已经磨合，其工作表面凸出的金属尖端部分已经被磨掉，凹入部分由于塑性变形而填平，零件的工作表面已达到相当的光洁程度，润滑条件已有相当的改善，因此磨损比较缓慢。而且，增长率几乎是不变的。但到后期，增长率逐渐增大。在机械的使用期间，合理地操作机械，认真地进行维护保养，能够降低增长率，延长机械使用寿命。

第三阶段是事故性损坏阶段。配合进入这一阶段后，由于间隙增大、载荷分配不均匀，而且由于冲击、过热、漏油等现象，磨损剧裂增加，甚至引起破坏性事故；所以机械在达到极限磨损前，必须及时修理。

第三节 恶化极限的确定

一、恶化极限的概念

当零件或配合件不可能或不应该再继续使用时，这些零件或配合件的损坏程度称为恶化极限。超过这个极限可能会引起事故性的故障或特别不经济的效果。

零件或配合件已经有了某些损坏，但是到下次检修之前，损坏的程度还不会达到恶化极限，这个程度叫允许极限。

允许极限不能作为零件报废的依据，过去对允许极限的理解不够正确，而且技术资料中也只给出了允许极限，把许多还可以继续使用的零件也报废了，造成了浪费。近年来已经确定了恶化极限，对于达到恶化极限的零件必须予以修理。

二、决定机械恶化极限的原则

决定机械的恶化极限，这是一个具有重大经济意义的问题，定得过严，零件没有充分发挥作用，在经济上不合理，

定得过宽，不能防止故障的发生，不仅影响生产任务的完成，而且可能造成机械的严重损坏。

当机械到达或超过恶化极限时，一般有四种情况：

1. 恶化程度急剧增加；
2. 工作能力减弱或丧失过多；
3. 工作质量降低到允许限度以下；
4. 不经济，燃油消耗大。

这四种情况，只要出现了一个，就应该认为可能达到了恶化极限了，但最后决定还要依靠全面的经济分析，不论工作能力的减弱、工作质量的降低，都可以用经济指标来进行衡量。

考虑经济因素时不仅要考虑工作时的费用，而且要考虑停工时费用；不仅要考虑机械工作的经济问题，而且要考虑整个施工任务方面的经济问题。

三、确定恶化极限的方法

确定恶化极限的方法有统计和总结生产经验法；生产试验法；试验室研究法；计算分析法。

（一）统计和总结生产经验法

根据长期使用机械所积累的经验 and 实际材料加以总结，以便取得恶化极限和允许极限值。为此，机械在启用前，使用过程中一直到报废的全部时间内，都要坚持对机械的调查、记录工作。如某单位充电所对全部蓄电池建立了档案制度，已经取得了很多资料，这种方法是以群众实践为基础的，实际意义较大，但只有在大量使用机械，取得丰富资料后才能得到可靠的数据。

（二）生产试验法

这种方法是用几台试验机械在生产条件下进行观察，并在机械工作了一定期限后进行拆卸测量，经过长时期的记录、