

全国高等农业院校试用教材

拖拉机修理学

东北农学院主编

农业机械化专业用

农业出版社

全国高等农业院校试用教材

拖拉机修理学

东北农学院主编

ND20/09

农业机械化专业用

农业出版社

主 编 东北农学院 蔡心怡
副主编 河北农业大学 邝朴生
华南农学院 何国洪
编 者 北京农业机械化学院 陈光中
东北农学院 辜宣鸿 许洪吉
华南农学院 萧 潇
广西农学院 李 桓 刘锡恩
沈阳农学院 曾 彬 洪 音

全国高等农业院校试用教材

拖 拉 机 修 理 学

东北农学院主编

农业出版社出版 (北京朝内大街130号)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092毫米16开本 21.25印张 2插页 468千字
1981年9月第1版 1981年9月北京第1次印刷
印数 1—12,650册

统一书号 15144·610 定价 2.20 元

编 者 的 话

本书是根据一九七七年全国农业机械化专业教材编写会议的要求编写的。有二十九所高等农业院校参加拟定编写大纲，并对初稿进行了审议。

全书共四篇。第一篇从拖拉机故障原因出发，介绍零件磨损与损坏过程及提高零件耐磨性的途径，概述了计划预防修理制的实质和消除故障的基本方法；第二篇着重介绍堆焊、喷涂、电镀及胶补等修复工艺的基本原理、工艺过程和规范选择，并介绍了在拖拉机零件修复中应用的新工艺；第三篇介绍拖拉机修理的工艺过程，重点阐述发动机、底盘主要系统的故障，典型零件的缺陷与其修理工艺；第四篇介绍拖拉机修理生产的组织、修理车间的工艺设计以及生产管理等内容。

全稿最后由北京农业机械化学院陈光中同志主审。在编写过程中，曾得到农业机械部北京农业机械化研究所杨秋荪同志、河北农业大学赵秀仪同志的热情帮助和指导。本书插图主要由河北农业大学籍从智同志绘制，其中部分章节由东北农学院崔赓铭、华南农学院莫梓顺等同志绘制。

由于我们水平所限，编写时间仓促，书中错误在所难免，希望使用本教材的同志批评指正。

一九八〇年五月

目 录

第一篇 总 论

第一章 拖拉机故障的形成	1
第一节 拖拉机的故障	1
第二节 故障的原因	1
第二章 零件的缺陷	3
第一节 零件缺陷的形成	3
第二节 零件的磨损	4
第三节 磨料磨损	9
第四节 抓粘磨损	12
第五节 疲劳与疲劳磨损	15
第六节 腐蚀与腐蚀磨损	19
第三章 提高零件的耐磨性	24
第一节 零件表面的质量	25
第二节 表面耐磨层的应用	25
第四章 计划预防修理制	26
第一节 配合件的磨损规律	27
第二节 确定使用极限与磨损速度的方法	29
第三节 计划预防修理制	31
第五章 拖拉机故障的消除	33
第一节 配合件配合关系的恢复	33
第二节 磨损零件修理尺寸的确定	35

第二篇 零件修复工艺

第六章 铸铁件的焊修	40
第一节 铸铁件焊修特点	40
第二节 常用焊修方法	42
第七章 金属丝堆焊	52
第一节 振动堆焊	52
第二节 埋弧堆焊	62
第三节 二氧化碳气体保护堆焊	66
第八章 合金粉末堆焊	69

第一节	等离子弧堆焊	69
第二节	氧炔焰喷焊	79
第九章	金属喷涂	83
第一节	金属喷涂原理及喷涂层结构	83
第二节	金属喷涂的种类及设备	85
第三节	金属喷涂工艺及规范	90
第四节	影响喷涂层与零件结合强度的因素	94
第十章	电镀与化学镀	97
第一节	镀铬	97
第二节	镀铁	106
第三节	化学镀镍	116
第十一章	胶接与胶补	121
第一节	胶接的基本原理	122
第二节	有机胶粘剂	125
第三节	无机胶粘剂	134
第四节	典型工艺	137
第十二章	阳极机械加工	144
第一节	基本原理	144
第二节	设备	145
第三节	工艺规范和影响因素	146
第十三章	零件修复工艺的选择	148
第一节	零件的修复质量	148
第二节	零件修复的经济性	150

第三篇 拖拉机修理工艺

第十四章	拖拉机的拆装、清洗与鉴定	154
第一节	拆装	154
第二节	清洗	159
第三节	鉴定	163
第十五章	压缩系统的修理	166
第一节	气缸、活塞连杆组的修理	167
第二节	曲轴和轴瓦的修理	181
第三节	配气机构主要零件的修理	194
第十六章	柴油供给系统的修理	198
第一节	柴油供给系统的故障原因	198
第二节	精密偶件的修理	203
第三节	调速器零件的修理	208
第四节	喷油泵总成的安装	210
第五节	喷油泵的调整和试验	212

第十七章	电气设备的修理	215
第一节	发电机的修理	215
第二节	调节器的修理	232
第三节	起动电动机的修理	238
第四节	磁电机的修理	244
第十八章	发动机的总装、磨合与试验	246
第一节	发动机的总装	246
第二节	发动机的磨合	252
第三节	发动机的试验	256
第十九章	底盘主要零件的修理	258
第一节	车架的修理	258
第二节	壳体零件的修理	267
第三节	齿轮的修理	272
第二十章	液压悬挂系统的修理	273
第一节	液压泵的修理	273
第二节	分配器和操纵机构的修理	280
第三节	液压系统修后的试验	284
第二十一章	拖拉机总装、磨合与试车	292
第一节	底盘的装配与磨合	292
第二节	拖拉机总装	296
第三节	拖拉机修后试车	298

第四篇 拖拉机修理生产的组织

第二十二章	修理基地规划与修理组织方法	301
第一节	修理基地的规划	301
第二节	拖拉机修理车间的类型	301
第三节	拖拉机修理的组织方法	303
第二十三章	拖拉机修理车间的工艺设计	306
第一节	设计任务书	306
第二节	修理生产工艺过程的设计	306
第三节	车间平面布置	322
第四节	车间建筑结构的选定	326
第二十四章	修理车间的生产管理	330
第一节	工时定额	330
第二节	生产作业计划	332
第三节	修理企业的技术经济指标	335

第一篇 总 论

第一章 拖拉机故障的形成

第一节 拖拉机的故障

拖拉机和其他机器一样，在使用过程中，由于零件的磨损、变形等原因，各部分的技术状态将逐渐发生变化。当其某些技术指标超出了允许限度时，就表明拖拉机已经有了故障。例如：拖拉机的牵引力下降；发动机燃油、机油消耗量增多，主油道压力下降，起动困难，排气烟色变浓，机体内出现敲击声；传动部分的噪音升高，变速机构跳档，离合器分离不清；转向、刹车失灵，行走部分跑偏，打滑、脱轨；漏气、漏水、漏油等。

任何一台机器的设计和制造，都对其技术性能有明确规定。拖拉机的故障，是指其性能已不符合规定的技术指标时的技术状态。

拖拉机有了故障，应及时采取措施消除。因为有了故障的拖拉机继续工作，不仅其动力与经济性指标下降，使用操纵性能变坏，还常常引起零件加剧磨损，甚致导致事故性损坏。

拖拉机的有些故障，如发动机的气门间隙过大，喷油器的喷油压力下降，在进行必要的保养和调整之后，故障即可消除。而有些故障，是由于机构中存在着用一般保养调整的方法不能消除的缺陷。如气门下陷过深，油泵柱塞磨损。要消除这种故障，就必须对机器进行拆卸、修理、试验等一系列工作。前者操作一般比较简单，其保养调整的方法在拖拉机、发动机构造原理诸课程中已经解决。后者一般要求有相应的工艺装备。修理学将以后者为主要对象，研究其故障的发生与发展、技术鉴定的方法与标准、以及修理的工艺过程。

第二节 故障的原因

一、拖拉机故障的构成

如果对拆开修理的拖拉机进行故障分析和统计，将不难得出这样的结论：拖拉机任何故障的构成，皆基于零件或配合件遭到这样或那样的磨损或损坏，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：连结件配合性质破坏；零件间相互位置

关系破坏；机构工作协调性破坏；零件工作性能方面的缺陷。

(一) 连结件配合性质破坏 主要指动、静配合性质的破坏。以曲轴轴承及轴颈配合工作面的磨损为例：轴承间隙逐渐增大，机油自间隙往外泄漏，并使载荷带有冲击的性质。其结果使主油道压力下降，出现敲击声，零件温度升高。又如滚动轴承座圈在变速箱或后桥壳体座孔内松动；齿轮花键与花键轴配合的破坏；气门与座结合面磨损等。

修理工作中，消除这种缺陷的工作是大量的，因为机器上所有的活动连接表面，甚至静止连接表面，在工作中都存在不同程度的磨损。

(二) 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。典型的例子是变速箱、后桥壳体的变形，轴承座孔沿受力方向偏磨。如果修理中不能及时发现并恢复其精度，装配调整后的总成，由于破坏了齿面正常啮合，从而引起噪音和总成温度升高，齿面加剧磨损。又如链轨式拖拉机，由于车架的变形与安装基面磨损，破坏了发动机曲轴与变速箱第一轴的同轴度。发动机连杆在冲击载荷的作用下，发生了弯曲变形，使得大小端孔的轴心线不平行等等。

这种缺陷的形成，大多是由于基础件（如壳体、车架等）发生了变形，或安装基面遭到磨损。修理工作一般比较复杂，其缺陷的表现形式又不很直观。在修理经验不足及缺乏修理设备的情况下，常被忽略，其结果影响修理质量。

(三) 机构工作协调性破坏 一台机器多由若干总成组成，整机的正常运转，需要各总成或总成中的各机构按规定时间、相位等关系准确地协调动作。这种工作协调性破坏的原因，主要是由于机构零件的磨损，而机器的功能又往往对这些机构零件的磨损非常敏感。如气门机构零件的磨损、燃油系统喷油泵及调速器的磨损，它们都会直接影响到发动机的动力性及经济性，因而经常需要维修和调整。

(四) 零件工作性能方面的缺陷 某些缺陷，不是由于零件间任何关系的变化，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、甚至是物理的或化学的性能发生变化）。如燃烧室的结构形状参数发生变化，腔室内积炭，室壁及通道烧损，气门、喷油器弹簧刚度的变化，发电机、磁电机磁极的退磁，电器零件绝缘被击穿，油封的胶质材料老化等。

二、故障的原因

拖拉机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，由于配合件的相互摩擦，长期经受高温，经受各种性质的负荷，以及周围介质的腐蚀作用，使零件的表面遭到磨损和腐蚀，材料疲劳或老化，这些现象在机器的工作过程中是必然要发生的。目前人们还不能从根本上消除它，所以称自然的恶化过程。

2. 未遵守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，活塞环的弹力不足，发动机缸套耐磨性差，喷油嘴头喷油雾化不良，装配轴承时乱敲乱打。

在正常情况下，那些有缺陷的配件在出厂检验或装配前复检时，应当能够剔除（一般不致错误地装到拖拉机上）。然而，在缺乏技术检验和必要的修理装备条件下，或在缺乏配件的情况下，误装或违章装配现象是完全可能的。

因零件质量低劣而使拖拉机出现的故障，一般称“零件质量故障”。如果由于故障的发展，造成重大破损，就称“质量事故”。

3. 保管运输不当 零件因存放、运输过程草率，制度不严，措施不当，而使配件出现某些缺陷，如将缸套水平堆放致使下层缸套变形；曲轴长期水平放置产生弯曲；零件运输过程无包装，致使工作面碰伤；电器元件受潮；橡胶件沾油或曝晒而老化；燃油系统部件在运输中未包扎油管接头而使灰砂混入管道等。

若将这些有缺陷的零部件装到拖拉机上，其后果与前者大体相同。

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。因而认真遵守工厂说明书的规定来维护使用机器，是非常重要的。

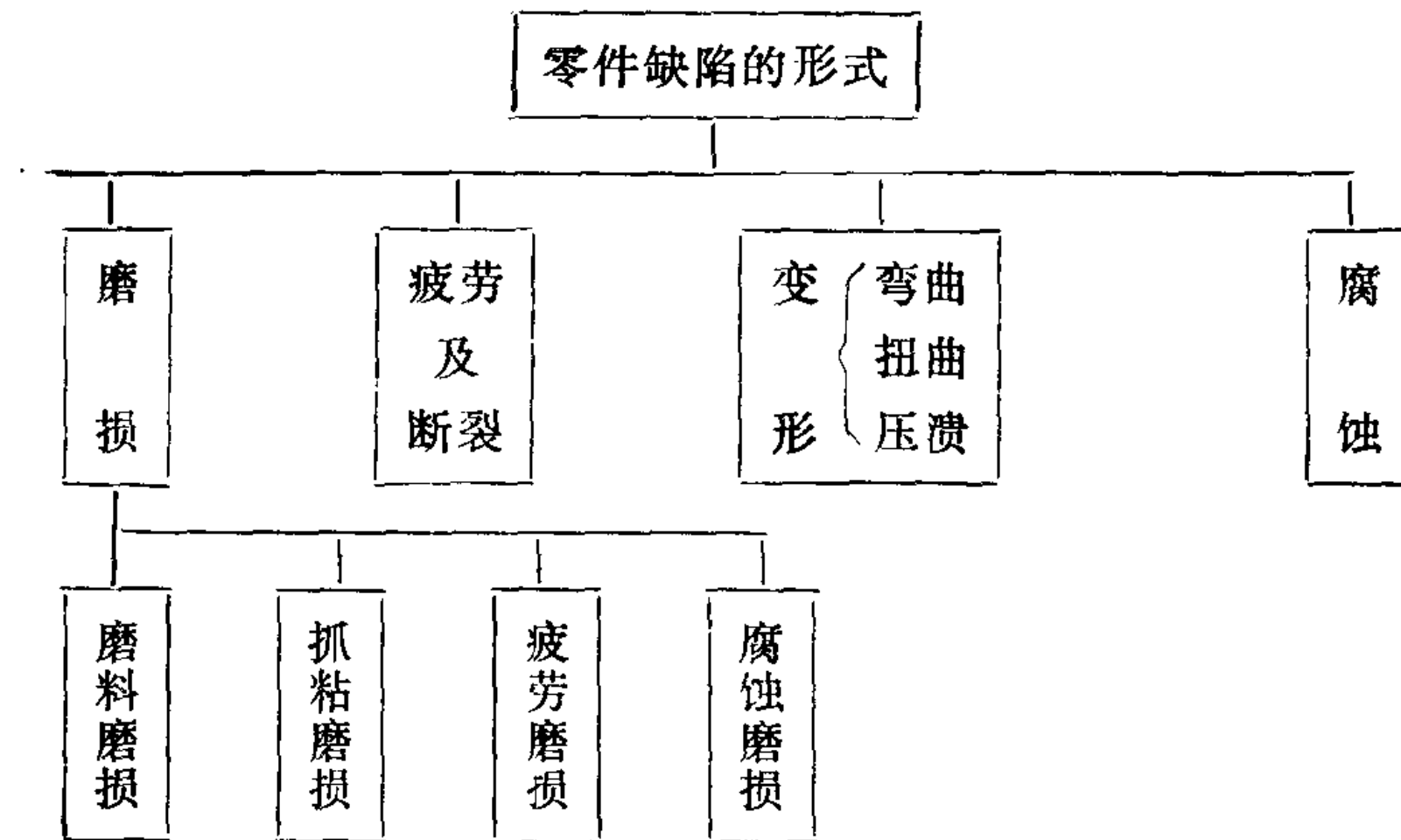
由于驾驶人员经验不足或者工作失职，违章操作与维护，往往造成故障（甚至事故）。如冬季停车后，发动机未放冷却水而冻裂机体；小起动机油箱未按比例加入机油而使连杆滚柱轴承烧毁；用离合器长期停车（不把变速杆放在空档位置）或驾驶过程半踩离合器于半分离状态，将使离合器片及其松放轴承早期磨损。因此对于使用机器的人员，不仅应了解机器的构造和工作原理，还应熟悉机器的工作技术条件和操作规程，如水温、发动机的最高转速、对润滑的要求及保养调整的规定等。以防止这类故障的发生。

根据以上分析，拖拉机故障的原因，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拖拉机故障，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。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。人为的故障是没有规律性的，而自然恶化过程，一般是有规律的。以下各节将以后者为讨论对象。

第二章 零件的缺陷

第一节 零件缺陷的形成

零件出现缺陷，是拖拉机故障的总根源。零件缺陷的基本形式如下：



图表对零件缺陷形式所作的归纳和分类虽不够十分严密，但基本上能够概括说明生产实际问题。

拖拉机零件缺陷的主要表现形式，是零件工作配合面的磨损，它占零件损坏的比例最大。材料性能方面的缺陷，如腐蚀、老化等，是零件工作中不可避免的另一类缺陷形式，但其比例一般要少得多。可以认为前两种形式的缺陷，基本上概括了在正常使用条件下机器中能看到的的主要缺陷。其他形式的缺陷，如零件疲劳断裂、变形等损坏形式，虽然实际中也经常发生，但属于制造、设计方面的缺点，或者是对机器维护、使用不当。

为避免和有关课程重复，对于缺陷形式的讨论，本课程侧重于阐明零件工作面的磨损。

压溃形式的变形，指塑性材料零件的表面，在接触应力作用下，金属塑性变形移出了接触面范围。如平键连结的键侧受到挤压，表面金属塑性变形移向键顶（图 2—1）。由于变形过程中伴随有表面的磨损，因而有些教科书认为它是一种磨损的形式。

第二节 零件的磨损

互相摩擦的零件，在工作过程中，摩擦表面产生了尺寸形状和表面质量的变化，这种变化了的现象称为磨损。

摩擦与磨损是相互接触的两物体在外力作用下接触面相对运动时所引起现象的两个方面。摩擦是这个现象的力学特性，磨损是指接触面形态性质的变化。很明显，磨损是摩擦的结果，这两个问题是紧密相关的。对磨损过程的讨论，有必要先从有关摩擦问题开始。

一、摩 擦

B.M. 罗蒙诺索夫认为摩擦是接触的物体相对移动时所产生的阻力。F. 恩格斯指出：“摩擦是将动能转化为分子能的一种形式”。摩擦引起机械能的损失，致使机械效率降低。而磨损是决定机械寿命和可靠性的重要因素。摩擦的分类，按其出发点不同，其分类方法

也不同。根据摩擦表面的介质状态，摩擦可划分为三种主要形式：干摩擦、边界摩擦与液体摩擦。

(一) 干摩擦 严格讲，干摩擦是指纯净表面直接接触时的摩擦。但是通常所讲的干摩擦是指在无润滑的条件下，两物体表面之间可能存在着自然污染膜时的摩擦。

最早的摩擦理论认为：两个粗糙表面接触时，接触点相互啮合，摩擦力就是所有这些啮合点切向阻力的总和。这种理论适用于粗糙表面。在这种情况下，提高表面光洁度可以降低摩擦系数。事实上，金属材料经过超精加工，摩擦系数反而增大，对此该理论就难以解释。

实际上，任何光滑的表面，光洁程度都是相对的（存在着不同高度的微观凸起）。如图2—1所示，两表面总是在局部点上发生接触，其真实接触面积（表面接触的实际微小面积总和）比名义接触面积小得多。其比例与接触材料的机械性能及表面光洁度有关。一般在 $\frac{1}{100000}$ 至 $\frac{1}{10}$ 范围内变化。由于真实接触面积很小，即使在很小负荷的情况下，这些接触点处的应力也足以使表面发生弹性变形或塑性变形。

目前，对于摩擦机理的认识主要有：粘着理论和分子—机械理论。

粘着理论认为，摩擦表面接触点上的应力能够达到材料的压缩屈服强度极限。零件滑移时，接触点的瞬时温度可达1000℃以上（可持续千分之几秒），从而引起这些点的粘着（冷焊现象），在滑移中“粘着点”又被剪切，两物体发生“滑溜”。摩擦就是粘着、滑溜交替进行的跃动过程。

分子—机械理论认为，摩擦表面的真实接触部分，以其微观凸起相互嵌入啮合，同时，在这些接触的部分上还存在着分子吸引力，有如所施加的负荷一样。摩擦力就是表面的相互啮合与分子引力作用的总和。

干摩擦的摩擦系数一般在0.5—1.5之间，而纯净表面的干摩擦系数要大得多。由于金属表面上经常覆盖着如图2—2所示的各种膜层，因而干摩擦时表面微区所发生的各种现

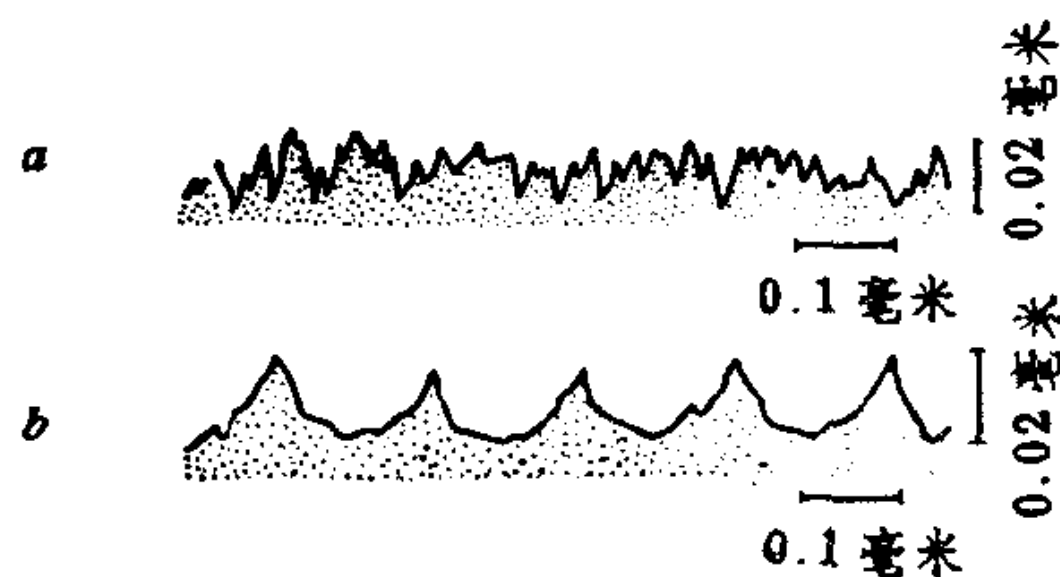


图2—1 表面微观不平的放大图
a. 研磨 b. 车削

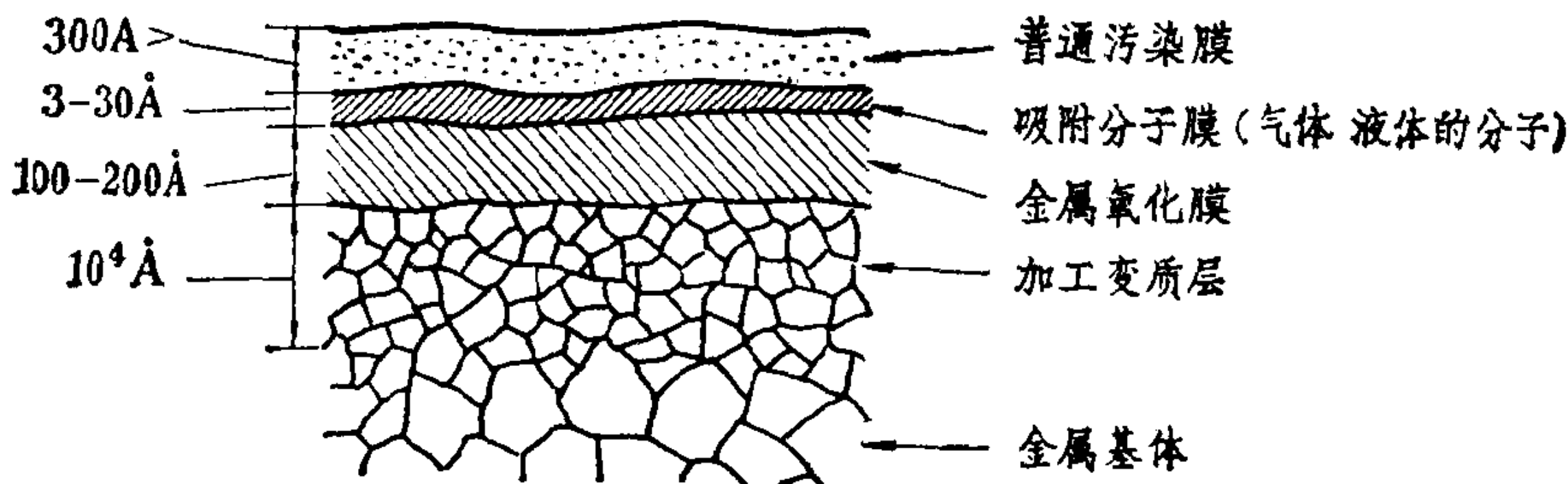


图2—2 金属表面的覆盖膜层

象，都与这些膜层结构的性质有关。这一点，在以下几节还要进一步讨论。

(二) **边界摩擦** (即边界润滑) 是指被极薄的边界膜所隔开的摩擦面之间的摩擦，它是一种极为普遍的摩擦现象。滑动轴承、气缸活塞、凸轮与挺杆等处都可能发生边界摩擦。相对于干摩擦来说，边界摩擦有较低的摩擦系数，能显著地减轻零件的磨损，延长使用寿命，提高表面的承载能力。

边界膜按其结构形式，可分为吸附膜及反应膜两种。

1. **吸附膜** 是一层吸附在金属表面的油膜。油膜的形成是由于润滑油的油性，即润滑油中掺入的硬脂酸一类的长链型极性化合物对金属表面有极强的吸附能力，以3—4层油分子牢固地覆盖住金属表面 (图2—3)。这层膜的厚度约为0.1—0.3微米，油膜抗压强度能达到10000公斤/厘米²。表面相对滑移时，理论上只在吸附膜外层分子间产生滑移，零件表面被牢固的油分子吸附膜所隔开。由于油分子吸附膜具有这种抗压强度高，而切向阻力极小的特性，因而可以减少磨损。一般情况下，它适用于常温、低速、轻载工作条件的运动副。当温度升高和润滑油被氧化的情况下，吸附膜是不稳定的。极性分子将发生失向与脱吸的现象，油性下降，使润滑失效。这时，接触区域的边界摩擦将转化为干摩擦，从而增加磨损。

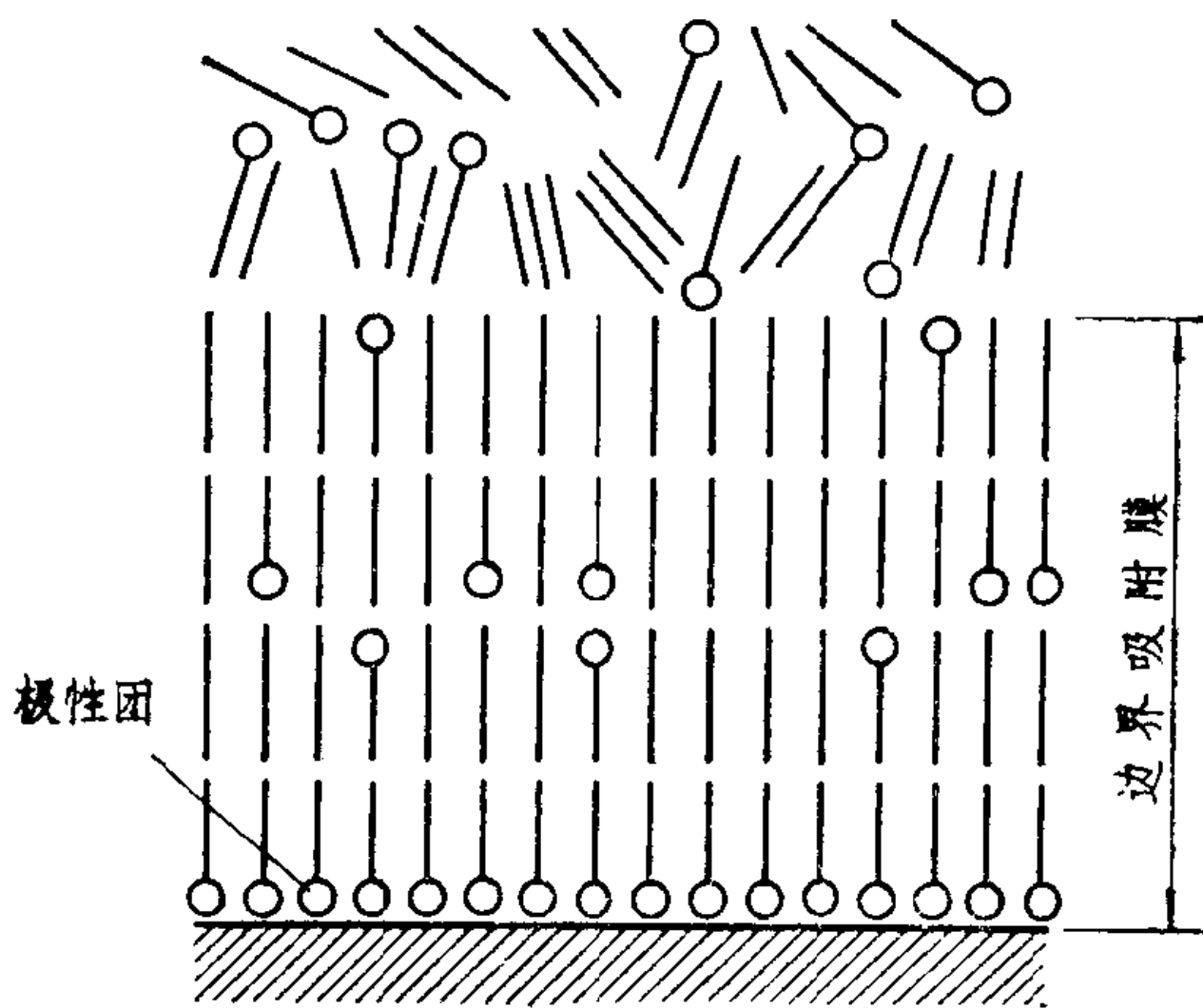


图2—3 润滑油分子在金属表面吸附和排列状况

2. **反应膜** 它是一层覆盖在金属表面的化合物膜。含硫、磷、氯等元素的润滑油添加剂，能与金属表面起化学反应，生成金属的化合物膜。以十二烷基硫醇作为添加剂时，硫原子与铁生成硫化铁膜。它的熔点高、剪切强度低。表面滑移时，摩擦发生于该膜的表层，因而有效地防止金属的粘着，从而能降低摩擦与磨损。并且化学反应过程是不可逆的，因而它比任何吸附膜都要稳定。通常它的厚度为十至几百Å，摩擦系数为0.1—0.25。

含硫、磷、氯元素的添加剂也叫极压 (EP) 添加剂。由于它的化学性质相当活泼，容易使金属腐蚀。因此，在选用时要根据摩擦副的材料和工作条件 (温度、压力、速度) 等，对其型号与用量需要慎重确定。

含有极压添加剂的润滑油，只用在高温、高载的条件下，因为它有很强的抗粘着能力，能有效地降低摩擦系数及减少磨损。然而在一般情况下，由于它的粘度及摩擦系数偏高，不一定比含极性添加剂的润滑油的润滑效果好。

(三) **流体摩擦** (即流体润滑) 是指两摩擦表面被有一定厚度的润滑油膜完全分开 (由油的压力平衡外载荷) 而在油层分子间产生的摩擦。油膜的厚度一般可达1.5—2微米或更

厚。由于两摩擦表面不直接接触，相互滑移时，摩擦发生于润滑油层分子之间，因而它具有以下特点：摩阻低，极大地提高了摩擦副的动态性能，可以有效地降低磨损（理论上完全不发生磨损）。其摩擦系数仅为边界摩擦的千分之几（0.001—0.008 或更低）。

根据润滑油膜压力的产生方式，可以分为流体动压润滑和流体静压润滑。图 2—4 为滑动轴承流体动压润滑的原理图。油膜的厚度、油膜的支承能力取决于轴与轴承的结构参数及制造精度。如轴的直径、油楔形状、轴的转速及载荷的性质以及油的粘度等。

一般来说，其润滑效果要比边界润滑稳定得多。然而在工作温度过高，润滑油变稀，转速、载荷的波动很大的情况下，油膜的支承能力就下降。特别是起动、停车的过渡过程，不可避免的要发生边界摩擦甚至干摩擦而造成磨损。

通过以上分析，不难得出结论：任何理想的润滑形式，只要存在着干摩擦，就不可避免要产生磨损。干摩擦是磨损的根本原因。

研究摩擦形式及条件，是为了改善机器的结构，减少摩擦副出现干摩擦的机会。而对于摩擦过程的研究，是为了减少磨损。

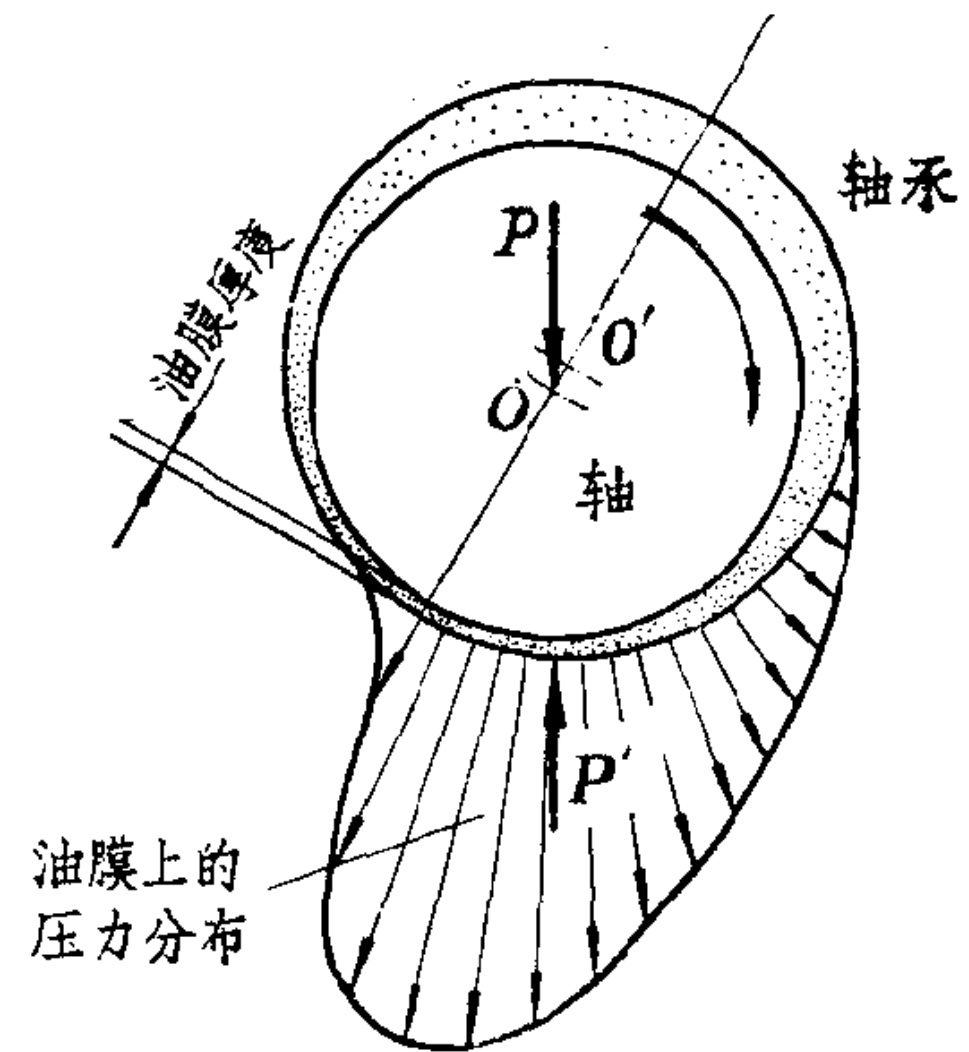


图 2—4 滑动轴承的流体动压润滑原理
O. 轴中心 O'. 轴承中心 P. 轴承所受载荷
P' 油膜的支承力

二、磨 损

本课程对磨损的讨论，涉及磨损过程及磨损规律两个方面。磨损过程是指摩擦过程中，摩擦副表面上所发生的形态变化及表层物理机械性能的变化。磨损规律是指磨损条件（相对移动的性质、速度、润滑方式、单位压力、周围环境等）与磨损过程参数（磨损速度、摩擦系数、摩擦面温度等）之间的关系。

由于摩擦面相互作用时产生的现象甚多，且又是发生在材料表面薄层上的过程，难以直观地作出判断，因而就使得对磨损过程的实质及规律性的认识复杂化。由于研究方法不同等原因，现今有关磨损过程及其规律的各种著作，提出了许多彼此不同的概念及看法。

早期的看法，把磨损看成因摩擦表面相互机械作用而产生的表层破坏和变形的过程。这种观点认为，摩擦表面受到压力时，由于表面微观凸起部分的影响及材料的各向异性，使得受压的贴合表面变形。如钢和铸铁表面受压贴合时的情况（图 2—5），受压前各有一条平直的界面线，受压后界面线相互嵌入。

由于嵌入的深度不同，当切向位移时，各接触微区的变化如图 2—6 所示。

嵌入较浅处，接触点应力不超过材料的弹性极限，挤压是弹性的；嵌入较深处，接触点应力超过弹性极限，滑移时，硬质点在配合面上拉出痕迹，产生塑性挤压变形；嵌入很深时，产生刮削，硬质点从配合面上刨出切屑。

塑性挤压与刮削均使表面金属冷作硬化，变脆，同时改变表层的应力状态。

磨损过程



图 2—5 钢和铸铁受压时表面相互嵌入情况

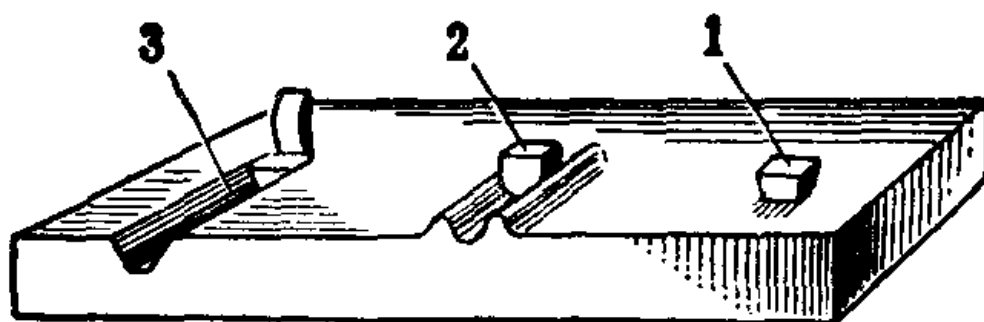


图 2—6 由于嵌入深度不同而造成不同破坏情况

1. 弹性挤压 2. 塑性挤压 3. 刮削

由于多次重复弹性和塑性挤压，一方面使表层变脆，凸起部分容易脱落，同时表层沿一定深度发生浅层疲劳剥落。

磨损过程往往是几种破坏形式不断重复交错地进行着。

很明显，这种看法是把磨损认为是纯粹地机械过程。但它不能解释金属磨损时所产生的某些现象。例如，金属从一个表面转移到另一表面；摩擦时较硬表面被软表面抓伤；在极微小的单位压力条件下配合面遭到磨损等。

关于磨损过程的实质和磨损形式如何分类，学术界有很多争论。在拖拉机、农机具中常见的磨损形式如下：

1. 磨料磨损 磨料磨损是摩擦表面被磨料（硬质颗粒）刮削而破坏的一种形式。这种磨损形式在拖拉机及农机具中最为突出。

2. 抓粘磨损 起因于接触微区的焊合。其特点是这些焊合微区的金属在摩擦中，从一个表面撕下并粘附到另一个表面上。它是机器零件最危险的破坏形式之一。

3. 疲劳磨损 它的主要表现形式是在接触应力作用下，表面沿浅层发生微粒剥落。

4. 腐蚀磨损 即其磨损过程除机械作用外，还伴有化学的或电化学的过程。

表面破坏形式往往是互相伴随而生的，很少以单一的形式出现，但是总有一种破坏形式是主导的。材料的机械性能、润滑条件、作用力、相对运动的性质、相对速度等因素，都对材料的破坏方式及强烈程度产生影响。

研究磨损规律的首要问题，是如何判定具体配合件的主导磨损形式，因为它是决定试验条件及试验方法的重要根据。

对拖拉机及农机具来说，最普遍的是磨料磨损，最危险的是抓粘磨损，下面将分别加以讨论。腐蚀—机械磨损及表面疲劳破坏的某些细节，将在腐蚀和疲劳两节中讨论。其余形式的磨损就不再赘述。

第三节 磨料磨损

由于农业机械经常在田间作业，所以它的磨损，主要是磨料（土壤或灰尘颗粒）引起的。

磨料磨损不仅仅是农机具直接与土壤接触的那些工作部件磨损的主要形式。同时对发动机曲轴、气缸等内部零件的磨损过程亦有很大影响。如机油不干净，曲轴轴颈与轴瓦受到磨料磨损。又如空气滤清器的维护不当，会使缸套、活塞的磨损速度增加几十倍。有人说，尘土是拖拉机和农业机械的敌人，并不夸张。

一、磨料磨损的分类

根据磨粒与零件的关系，常见的磨料磨损大致可分为三类：

1. 磨粒是可以流动的群体，金属在磨粒中运动，如土壤耕作零件的磨损。这类磨料磨损的结果使金属表面造成擦伤，磨粒所受的压应力，不超过磨粒的压碎强度，被称作低应力磨料磨损。

2. 磨粒夹于两金属表面之间，它所受到的压力（金属表面的）大于磨粒的压碎强度，被压碎的磨粒对金属表面产生集中的压力，引起金属表面延展组分的塑性流动和硬组分的疲劳剥落，从而产生磨损，它被称作高应力磨料磨损。典型的例子是链轨板销孔与销的磨损；磨料进入轴承、齿面间的磨损。

3. 磨粒夹于气体或液体流中，随着高速的流体，以很大的速度冲击金属表面，从表面上切下磨屑。如喷油嘴中，燃油夹杂着砂粒冲向销针的反锥体而造成的磨损。

上述三类磨料磨损形式虽然具体情况有所不同，但它们的过程却相似，整个过程与金属切削的过程相仿。

二、磨料磨损的规律

为了研究磨料磨损的规律，人们根据不同目的利用不同的条件及方法进行试验研究。M.M.赫鲁晓夫等人拟制了X—4B磨料磨损试验机，它是在没有侵蚀介质的情况下，进行磨损试验的。X—4B试验机的结构如图2—7所示，砂纸固定在圆盘上，主轴1的转速为60转/分。试件尺寸为 $\phi 2 \times 20$ 毫米，装在卡子中，通过转动机构使试件每转径向移动1毫米。试件上的载荷用重盘经支架压在卡子上。

该试验机能够获得比较稳定的结果。试验的结果用相对耐磨性 ϵ 表示，即在同一试验条件下，相同的摩擦轨迹长度时，标准试件的线磨损与试件的线磨损之比。即

$$\epsilon = \frac{\Delta L_B}{\Delta L_T}$$

式中 ΔL_B ——标准试件的线磨损

ΔL_T ——试件的线磨损

线磨损系指经过一定磨擦轨迹长度时的磨损量（体积损失或重量损失）。

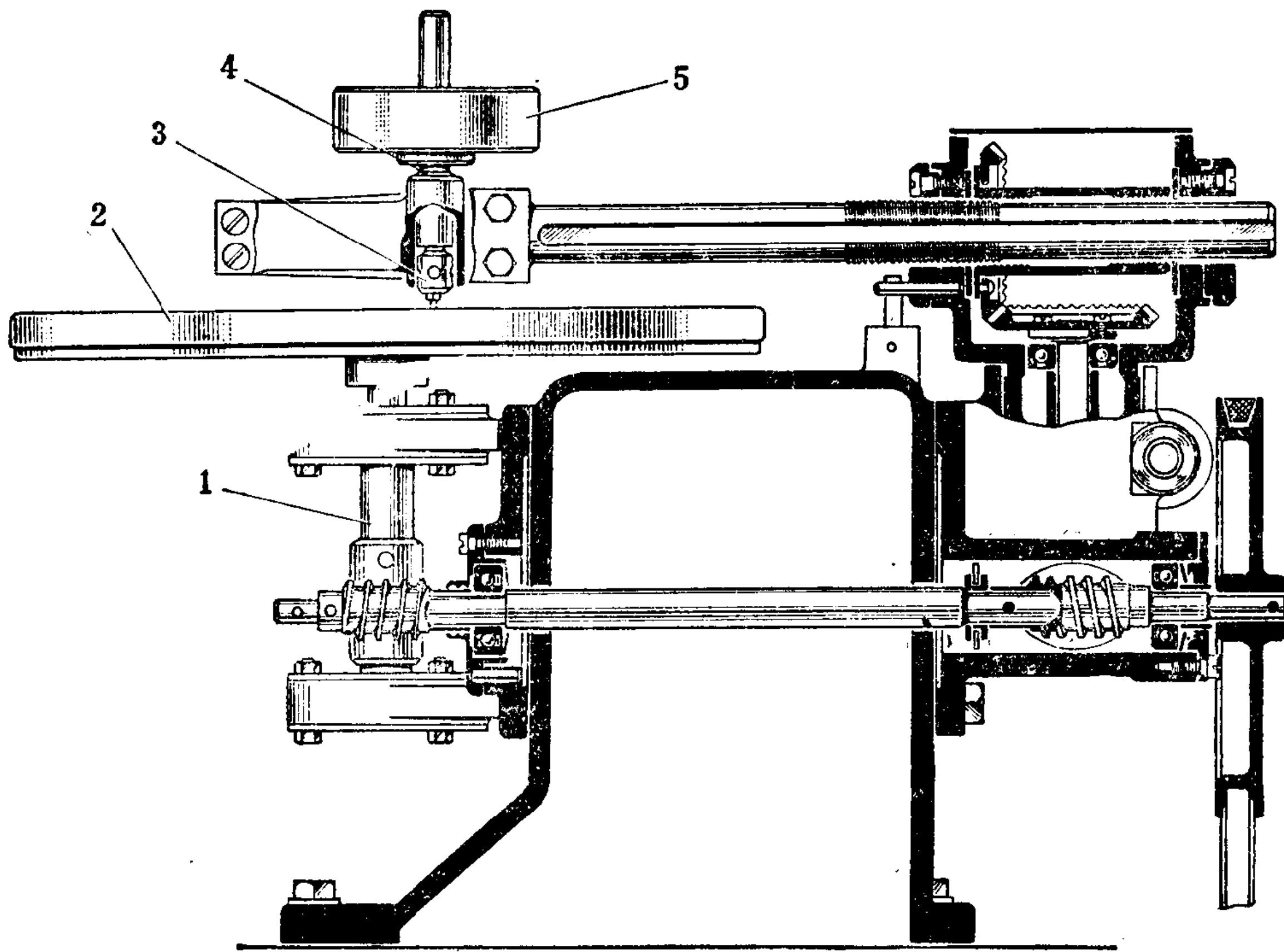


图 2-7 X-4B磨损试验机

1. 主轴 2. 圆盘 3. 卡子 4. 支架 5. 重盘

这项研究的结论是：

1. 摩擦条件不变时，磨损量与试件所经过的路程成正比。
2. 摩擦条件不变时，磨损量与试件所受单位压力成正比。
3. 其它条件不变时，滑动速度从1.4—10.3米/分增加到22.6—164.3米/分，即速度增加近16倍时，未淬火的40号钢的磨损量增加13%，淬火的45号钢只增加约6%。
4. 金属的硬度与耐磨性之间的关系（图2—8），要由金属的状态决定：
 - （1）退火状态的不同金属（纯金属与退火钢），其硬度与耐磨性成正比。
 - （2）钢经过热处理后（同一种牌号的），其硬度与耐磨性成正比。然而其比值低于前者（指退火状态）。
 - （3）一般合金钢或钢40等，经表面冷作硬化后，其硬度虽大大增加，但相对耐磨性却保持不变。

5. 磨粒硬度对金属磨损的影响