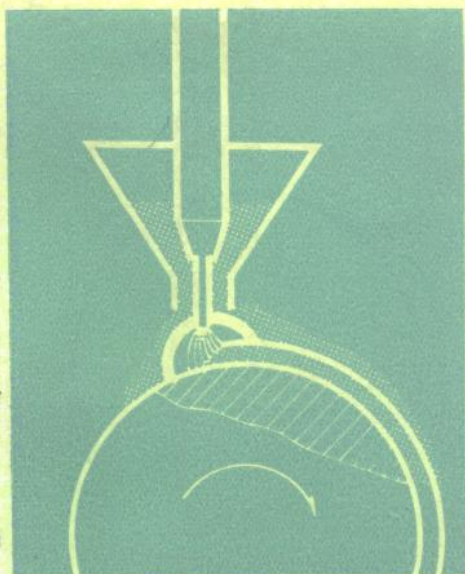


H.B. 莫洛德克
A.C. 津 金 著
冶金工业部北京
冶金设备研究院 译

机械零件 的修复



**JIXIE
LINGJIAN
DE XIUFU**

冶金工业出版社

机械零件的修复

H. B. 莫洛德克 著

A. C. 津 金

冶金工业部北京冶金设备研究院 译

北京

冶金工业出版社

1994

(京) 新登字 036 号

图书在版编目 (CIP) 数据

机械零件的修复 / (苏) H. B. 莫洛德克, A. C. 津金著;
冶金工业部冶金设备研究院译. —北京: 冶金工业出版社,
1994. 10

ISBN 7-5024-1523-8

I. 机… II. ①H…②A…③冶… III. 机械零件-维修
IV. TH13

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (94) 第 03809 号

出版人 卿启云 (北京沙滩嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009)

标准出版社印刷厂印刷; 冶金工业出版社发行; 各地新华书店经销

1994 年 10 月第 1 版, 1994 年 10 月第 1 次印刷

850mm×1168mm 1/32; 11.25 印张; 299 千字; 354 页; 1-2000 册

20.00 元

译 者 的 话

本书译自原苏联机械制造出版社 1989 年出版的“Восстановление Деталей Машин”一书，书中系统地介绍了零件修复的准备工作，修复程序，修复工艺、方法，修复后的机加工和一些典型零部件的修复，以及修复零件的劳动组织和经济效益等。书中还根据大量实践经验，列举了一些技术数据和公式，是一本具有实际应用价值的参考书。特别是在双增双节、挖掘设备潜力、改善设备性能、提高设备利用率和产品质量方面，零件的修复具有重要意义。

为了尊重原著，书中钢种牌号全部保留，请读者根据实际需要参照使用。

参加本书翻译的人员有：沈标正、江仲圣、李英林、陈仲明、翁祺、王文逵、周家锵、邵毅、潘崇言、西德源、奚延珍、常乃权等，全稿由薛婉琴审校。在该书的翻译过程中，得到了冶金工业部机械动力司的大力支持，得到了余梦生教授的大力协助，在此表示衷心感谢。

由于我们水平有限，难免有不妥之处，恳请读者批评指正。

俄 文 版 前 言

保证机器与装备的高效使用,要靠高水平的维护与检修技术,以及备有足够数量的备件。根据技术经济分析,用现代方法修复零件,使之周期地恢复其功能,可以合理实现检修单位与生产单位所需备件的均衡供应。

机械零件的修复能节约金属、燃料、能源和劳动资源,同样也可合理利用自然资源和保护环境。修复磨损零件功能的工艺程序是制造新备件工序的 $1/5 \sim 1/8$,仅原苏联农工部门修复零件的年经济效益就超过3亿卢布。

根据原苏联国立拖拉机及农业机械修理使用工艺科学研究所(ГОСНИТИ)的资料,85%的零件是在磨损不超过0.3mm的情况下修复的,也就是说恢复他们的功能,只需覆盖不大的厚度。但在很多情况下修复零件的寿命要低于新的零件。同样,也有事例说明,使用先进的方法修复的零件寿命有时比新件的寿命高出几倍。

取得高质量的修复零件要靠工程技术人员与检修工人的共同努力。重要的是要使从事检修机器与装备的工人不仅知道用途、结构、零件的磨损和失效,而且应该熟知现代的修理方法,如焊接与堆焊、电镀、气体热喷涂、聚合物涂层、塑性变形、机加工、热处理、强化处理等。

本书叙述了零件修复的工艺规程,并说明了直接在操作岗位上完成的方法,对使用的工具、材料和工艺规程都有具体说明。

目 录

第一章 机械零件的失效	1
第一节 零件失效的原因.....	1
第二节 零件失效的特征.....	2
第三节 零件修复的分类.....	7
第四节 缺陷的分类	14
第二章 零件修复的工艺准备	17
第一节 工艺准备的作用和任务	17
第二节 定额-技术文件	19
第三节 工艺文件	22
第四节 工艺装备设施	26
第三章 零件修复的过程	38
第一节 零件的清理	38
第二节 零件的缺陷检验与分类	48
第三节 零件和部件的功能恢复	54
第四节 修复质量的检验	56
第四章 零件修复方法	59
第一节 修复方法分类	59
第二节 焊接	64
第三节 堆焊	91
第四节 金属热喷涂.....	111
第五节 粉状材料的气体火焰喷涂.....	120
第六节 电镀.....	136
第七节 液态金属浇注（熔融金属堆焊）.....	155
第八节 塑料和胶粘剂的应用.....	161
第九节 过盈配合表面的修复.....	170
第十节 塑性变形.....	177

第十一节	钎焊·····	182
第十二节	金属和合金的热处理和化学热处理·····	191
第十三节	有发展前途的修复零件方法·····	204
第十四节	强化加工·····	206
第五章	零件修复的机械加工·····	226
第一节	形状精度和表面粗糙度的功用及保证·····	226
第二节	工艺基准的选择及应用·····	231
第三节	机械加工余量·····	243
第四节	用各种方法修复的零件的加工·····	256
第六章	不同组零件修复工艺的特点·····	269
第一节	壳件零件·····	269
第二节	花键轴和光轴·····	280
第三节	齿轮和传动链轮·····	284
第四节	履带式拖拉机走行部份的零件·····	289
第五节	管道和管道阀·····	295
第六节	橡胶体和涂胶件·····	312
第七章	拖拉机、汽车和农业机械主要零件的修复·····	317
第八章	零件修复的组织和经济·····	336
第一节	劳动组织·····	336
第二节	技术定额·····	338
第三节	修复成本·····	341
第四节	零件修复的年经济效益·····	343
附录	修复零件的劳动保护·····	345
参考文献	·····	353

第一章 机械零件的失效

第一节 零件失效的原因

机械失效的形成和发展是客观规律的作用，它是由于零件材料的物理、力学性能逐渐或突然的降低、零件的磨损、变形、压折、腐蚀、老化、残余应力的重新分布等等原因使零件失效而引起的。在大多数情况下，是由于配合情况的变化——动配合的给定间隙或静配合过盈量的破坏而产生。实际上任何一种失效都是材料成分、结构或力学性能、零件结构尺寸及其表面状态变化的结果。因此，零件失效决定于结构、工艺和操作运转因素。

结构因素是指：计算负荷、相对位移速度、压力、材料组织结构及其物理力学性能、零件和装配件的结构形式、配合类型及其间隙或过盈量数值、宏观几何形状、表面的粗糙度和硬度、零件润滑和冷却条件等。

工艺因素为：制造零件毛坯的手段、方法、精度和稳定性；制造零件时的机械加工、热处理、强化和精加工的方法；装配、调整正确与否以及部件、机构与机器的试车和试验。

操作运转因素对机器部件性能的保持具有决定性影响，而后者是靠机器的结构与制造工艺保证的。

由机器用途决定的因素为：负载和速度状况以及作业率。

与机器用途无关的因素为：操作运转条件、技术保养适时性和完备程度等。

例如对 ГАЗ-53型汽车、K-700、T-150K、T-74、MT3-80型拖拉机和 CK-5型联合收割机轴类零件的研究表明：在操作运转过程中这些零件大部分受到交变负载的作用。这些零件要经受4种负载：单向弯曲、单向扭转、交变弯曲和交变弯曲加扭转（70%以上的零件经受交变负载）。约75%的圆柱表面具有不同的应力集中

点：圆角、键槽、环形槽、孔、轴台面和螺纹。

零件寿命的不同是由多种因素决定的。其中主要因素有：机器零件功能的多种多样；零件载荷的幅度变化大小；既有运动机件又有固定机件；配合件中的摩擦种类各有不同；为降低摩擦力而在配合中使用了不同材料制成的零件；材料性能的偏差；配合件的加工精度和质量；操作运转条件等。

第二节 零件失效的特征

机械零件的失效可分为三类：磨损、机械损伤和化学-热损伤。

机械零件的磨损与以下因素有关：压力、周期性负载、润滑规程及其稳定性、摩擦表面的移动速度、零件工作温度、周围介质腐蚀程度、加工质量、摩擦表面情况等。

所有零件根据运行条件可分五类：

第一类为车辆行走部分的零件，决定其寿命的主要因素为磨料的磨损。

第二类零件如花键、齿形联轴节、飞轮（轮缘），限制寿命的主要因素为塑性变形的磨损。

第三类零件如气缸套、气缸盖、分配轴、推杆、活塞、活塞环，决定寿命的主要因素为腐蚀和磨蚀。

第四类如连杆、弹簧、连接螺栓等，零件寿命受到疲劳强度限制。

第五类如曲轴、活塞销、轴瓦、传动箱齿轮等，其寿命同时取决于摩擦表面的耐磨度和零件材料的疲劳强度。

有些零件具有在不同操作条件下使用的几个工作面。这些零件，应按磨损最严重的表面或最有可能受到那一种破坏而归类，即按其寿命的决定因素来归类。

为确定极限磨损量和选择修复方法，上述各类零件可再分级。大部分（70%）需要修复的磨损零件是轴-轴承类型的配合部体。

零件的机械损伤。这类损伤有裂纹、穿孔、划痕和擦伤、剥落、

断裂、碎裂、弯曲、凹陷和扭转。

裂纹是大的局部载荷、冲击和过载作用的结果。它们可能在框架、缸体、后桥传动箱体及其他各种机构的箱形零件的最大负载区出现。裂纹常在铸铁件和用板材制造的零件上出现（机翼、发动机罩、外罩等）。除冲击力作用下生成的裂纹外，在零件最大应力区域（在交变负荷持续作用下）出现疲劳裂纹，还会有热裂纹，它们出现在气缸盖、阀孔连接处。

穿孔是薄壁零件表面受不同物体冲击形成的。气缸壁、机翼、机罩、传动箱体和减速器箱体上的穿孔都属于这种损伤。

裂纹和穿孔易在气缸壁和缸盖上出现。当冷却液冻结时在散热器中也会出现。

划痕与擦伤（一片划痕）常出现在零件工作面上，是由润滑剂污染或异物的磨擦形成的。

剥落是经过化学热处理的零件表面（传动箱齿轮齿廓、齿形联轴节）的典型缺陷，这是在操作运转过程中在冲击负载作用下出现的。

剥落也可由疲劳应力产生。例如连杆和曲轴轴瓦的巴氏合金层剥落以及球轴承环、滚道、轮齿齿廓等表面的剥落。

碎裂与折断是零件在强力冲击作用下生成的，常在铸件中出现。金属疲劳后亦可生成。

弯曲和凹陷，其特点是零件受冲击载荷后形状受到破坏。

这种缺陷会在机器框架、各种轴、汽车前桥梁、拉杆以及由金属板材制成的零件上出现。

零件扭转变形是在操作运转中因克服瞬间巨大阻力而产生的大扭矩作用下出现的。扭转变形会损坏各种轴类零件。

零件化学-热损伤，比其他损伤要少一些，通常在恶劣使用条件下出现。这种损伤有翘曲、腐蚀、孔眼、积炭、水垢、电蚀损伤等。

零件翘曲在高温作用下零件内出现大的内应力，使结构变化而产生翘曲（常发生在违反操作规程时）。在汽车、拖拉机的发动

机气缸盖上最容易出现这类损伤。

腐蚀是金属与腐蚀介质发生化学或电化学反应后发生的破坏过程。由于绝大部分工艺介质是电解质,设备腐蚀的主要类型为电化学腐蚀。

设备上常出现整体(均匀和非均匀的)和局部腐蚀。**整体腐蚀**是容器、装置和机器部件器壁初始厚度的逐渐减小。腐蚀速度可利用结构材料在特定工艺介质中的耐蚀度资料预先计算出来。

局部腐蚀具有大的危害性。局部腐蚀指机器和装置的零件的局部表面的腐蚀。出现局部腐蚀的主要原因有内在因素,即材料组织和性能不稳定、表面状态、构件的非均匀应力状态等;也有外在因素,主要指由金属与介质相互作用的条件。(温度、压力、时间、接触条件、腐蚀介质成分等)。设备上出现的局部腐蚀有:点腐蚀、接触腐蚀、缝隙腐蚀、蚀斑和蚀疤。

在焊接时,因金属结晶的特殊现象和热变形的作用,在焊件金属和焊缝中发生不利的变化。焊接连接的主要缺点是:个别连接区内(在热影响区外的母体金属,在热影响区内母体金属各段的过渡组织,焊缝金属)的组织及化学成分的宏观及微观不均匀性,以及由于存在残余应力、塑性变形、焊缝缺陷、工艺和结构应力集中点而出现的应力状态不均匀性。

计算与预测局部腐蚀的发展过程实际上不可能,因此,局部腐蚀在许多情况下会使构件突然损坏。像晶间腐蚀(由耐蚀铬钢和铬镍钢制成的焊接结构经常出现)和焊缝上的刀口腐蚀,这类局部性腐蚀会大大降低焊接结构的工作能力。

腐蚀疲劳和腐蚀破裂是零件损坏的一种类型。腐蚀疲劳是在周期拉伸应力和腐蚀介质共同作用下产生的,并且在特定条件下疲劳强度(与金属在空气中的疲劳强度比较)显著降低。腐蚀破裂是在腐蚀介质与外部或内部拉伸应力同时作用下,在金属内产生穿晶或晶间裂纹而出现的。

介质、压力、温度、金属的物理-化学特性、拉伸应力大小及其分布特性等会显著影响腐蚀裂纹的形成。低碳钢和低合金钢的

腐蚀破裂可能发生在碱性溶液中,特别是在温度超过40℃时。这种破裂在拉伸应力接近屈服极限时也容易发生。在焊接连接中,裂纹常在最大残余应力区,焊缝形状缺陷处和焊缝周围发生,这些区域金属的组织-化学特性和弹塑性变形都是不均匀的。

铬镍耐蚀钢在高温(超过60℃)含氯介质中经常发生穿晶腐蚀破裂,这是许多装置上常出现的现象。

操作运转条件的不同使机器和设备零件工作面的损坏也不同。设备的典型损坏有:磨料磨损、机械性腐蚀、液体磨料磨损、水蚀和穴蚀损坏。

工艺设备损坏最普遍的形式是**机械性磨蚀**。这种损坏是在机械作用下并伴有介质对金属的化学或电化学反应时发生的。在机械与腐蚀共同作用下,在金属表面层发生促进弹塑性变形、化学和电化学反应的活化程度的相互关联现象。

金属在腐蚀介质中受摩擦作用而产生的破坏是机械性磨蚀最常见的形式,这是在金属表面受到腐蚀介质和摩擦力同时作用后发生的。此种腐蚀在下列设备的工作表面特别严重:赛璐珞连续硫化装置的旋转式和螺旋式给料器;泵的轴、轴瓦和护套;造纸机的成型和干燥滚筒、转鼓和轴;泥炭水解装置以及其他设备。

液体磨料磨损是由悬浮于液体中的磨粒对金属表面作相对运动而产生的。这一类磨损常出现在以下部件的表面上:输送液体介质的泵的工作轮和泵体;磨碎设备的配件;蒸煮锅体壁表面;特别在装料机、鼓风机和循环装置等设备的零件上。液体磨料磨损是在工艺介质中有大量磨粒的时候出现的。

当高速的液体介质作用在管道、泵零件,截止阀和调节阀门的表面及类似的表面上时,紊流的冲击作用而使金属损坏,即**水蚀**,其变种为水击腐蚀和穴蚀磨损。

穴蚀是在空穴和泡沫出现和消灭时对金属表面产生微型冲击而发生的。

孔眼(烧伤)是高温作用于零件局部表面而发生的,例如:排

气阀壳体表面（棱边）的烧伤等。

积炭是高温气体和燃料、油脂燃烧废气对零件表面的作用而产生的。生成的积炭会恶化传热条件，在某些情况下甚至会导致零件过热，从而形成裂纹。

气缸套壁上的**水垢**是在发动机冷却水中含有不易溶解的镁盐、钙盐以及机械杂质的结果。

电蚀破坏是零件表面因火花放电作用而产生的。由阴极放出的电子撞击阳极表面而打出金属粒子，金属粒子逸散在周围介质中，并部分地转移到阴极上。这种损伤发生在火花塞电极、电气仪表（断路器、配电盘、磁电机等）的接头、发电机和起动器的集电环等。

许多机器的零部件，其磨损和破坏的机理还没有研究清楚，例如：一些能承受重载且在润滑条件不足的条件下能良好运转的塑料零件，却不能经受太阳光长期照射。

还存在一些与零件某些使用性能降低有关的失效，例如：有的弹簧、发条、扭力轴、活塞环在动负载和温度作用下未见到外部的损伤，却逐渐丧失弹性，从而影响了装置的正常运转，并引起机器工作能力的丧失。

交流电机的电枢和磁电机转子在振动、冲击和高温下会丧失磁性，使整个机器正常运转受到破坏。

失效的主要形式是零件磨损。随着工作时间的增加，零件的磨损量增大、动配合部件内的间隙量变大、这是有一定规律的。

第一阶段的特点是在较短操作运转时间（即零件的跑合时期）内磨损量迅速增大，在此期间的磨损多与零件表面粗糙度、润滑和负载条件有关。在操作运转初期零件工作表面粗糙度越大，负载越大，则零件磨损明显加剧。

第二阶段延续期最长，这个阶段正是零件和配合部件的正常工作时期。在正常运转期，零件磨损增加较小，常称之为自然磨损。这时磨损程度多与操作运转条件以及技术保养的质量和及时性有关。

第三阶段的特点是随着配合部件内间隙的加大，零件磨损急剧增加。当配合部件的磨损超过允许值时润滑条件受破坏，伴随出现零件过热，出现噪声和碰撞声，并常以彻底毁坏而告终。这种磨损称之为极限磨损。不允许使用具有极限磨损的零件，应进行修复或更换。

这样，掌握了零件磨损或配合部件间隙增大的规律就很容易确定零件磨损量或配合部件间隙的极限值和允许值。

相当于零件极限磨损状态的磨损量称为**极限磨损**。在两次修理间隔期间不影响零件工作能力的磨损量称为**允许磨损**。

允许磨损值一般相应于零件的正常操作运转阶段，即第二阶段。

根据概率、零件失效可分为三类：相关性的可能性均等的和非相关性的（或随机性的）。

一种**相关性失效**的出现必然引起另一种相关性失效或与后者伴生。

可能性均等失效彼此间无规律性联系，但每一种失效必然（有规律地）单独出现在零件上。这些失效出现的概率大致相等。

随机性失效的产生与零件其他失效无关。这种失效具有偶然性，不一定非出现不可。

根据失效发生的特点，相关性失效和可能性均等失效是自然磨损的结果，而随机性失效则只能是事故造成的。

掌握了失效的相关性可以有把握地确定零件失效的有机联系，可将具有不同种类失效的零件进行组合，并制订少数几种工艺路线，从而使失效零件得以修复。

第三节 零件修复的分类

待修复零件的表面可分为如下几种：

工作表面是专为完成工作任务的表面，例如：犁头、犁壁、圆盘刀以及农业机器、挖土机和改良土壤机工作部件的表面。

主要表面为零件赖以支承在其它零件表面上的地方，它在机构中占有由设计规定的完全固定的位置。

辅助表面为其它零件的支承面并决定其在机构中的位置。

工艺表面为制造与修复零件时的基准面。

自由表面把所有表面结合为一个整体，但不与其它零件表面接触的表面。

零件的特征有：形状、尺寸、材料、质量平衡性以及公差（表面的形状及位置）。公差包括给定截面形状的直线度、平面度、圆度、圆柱度、平行度、垂直度、同轴度、对称度、位置偏差、轴交偏差、径向及端面跳动和斜度。在操作过程中除形状、大小、质量和表面位置的变化外，还会出现裂纹、折断、碎裂、凹痕以及平衡状态的破坏。

零件表面的特性列举在图1-1中。

在所有待修复表面中，内、外圆柱形表面占53.3%，螺纹面占12.7%，花键面占10.4%，齿廓面占10.2%，平面占6.5%，其它占6.9%。

除图1-1所列修复表面的特性外，在选择修复方法上还要考虑的重要因素有：配合类型、在机器操作运转过程中的摩擦种类和表面相对位移形式。上述因素综合成一个共同概念，即**工作条件指标**（见表1-1）。

具有共同工作条件特征和类似几何形状的待修复零件的表面称之为**典型表面**。典型表面的分类和用电子计算机处理信息用的典型表面编码号见表1-2。分类表是这样编制的，即在出现新机器与设备的新典型表面时，可以用表中未列的表面几何形状和表面工作条件组合进行修订和补充。

所有待修复的零件可分为两大类：旋转体与非旋转体。这两大类可再分为七小类。此外还要分出装配单元。为制订典型修复工艺及成组修复工艺，最好将零件按具体修复表面或要消除的缺陷编组。修复零件分类、结构工艺组及其电子计算机编码见表1-3。

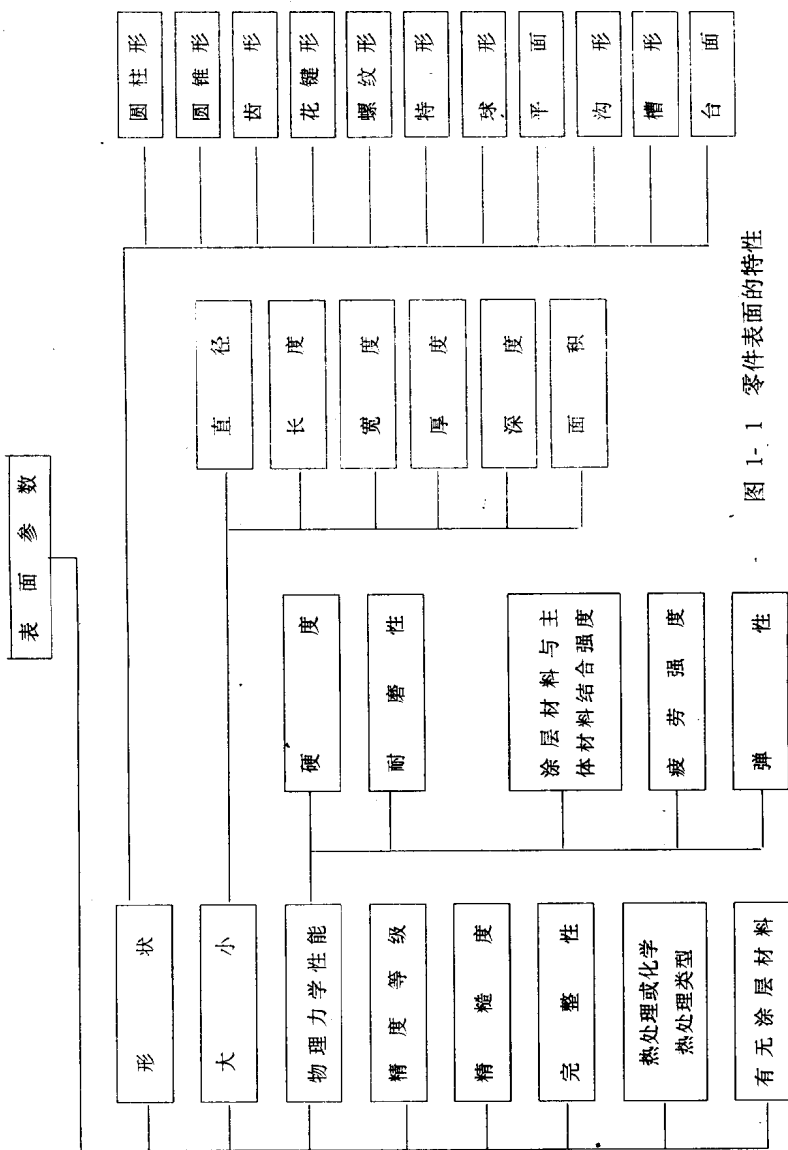


图 1-1 零件表面的特性

图 1-1 零件表面的特性

表 1-1 待修复表面的工作条件指标

工 作 条 件 指 标			占待修复零件
配 合 面	摩 擦 类 型	表面相对位移 或完成功能	总数的百分数
静配合 由配合本身保证的 由辅助零件保证的	静摩擦		35.4
			27.5
动配合	滑动摩擦	直线的	2.1
		往复的	3.2
		旋转的	11.5
		可逆旋转的	6.7
	滚动摩擦	旋转的 可逆旋转的	0.3 1.5
	带滑动的滚动摩擦	带滑动的滚动	7.5
非配合表面	滑动摩擦	土壤耕作	3.4
		工艺材料磨碎	0.6
		材料、液体、气体 运输	0.2
动配合	冲击负载	有间隔地交替接触	0.1

表 1-2 待修复零件典型表面的编码号

典 型 表 面 名 称	编 码 号
圆柱形表面	
由摩擦保证的静配合面：	
外	0221
内	0321
由辅助件保证的静配合面：	
外	0222
内	0322
有滑动摩擦的动配合面：	