

汽车修理

上册

西安公路学院 编

人民交通出版社

汽车修理

上册

西安公路学院 编

人民交通出版社

1978年·北京

内 容 提 要

本书从我国的现实情况出发,较详细地介绍了汽车修理基础知识、作业组织以及各总成、零件的修理工艺。全书分五篇,上册包括一、二两篇,内容是汽车修理工艺和汽车零件修复;下册包括三至五篇,内容是发动机、底盘修理和汽车故障的排除。本书可供汽车修理部门的工人和技术人员阅读,亦可作为大专院校汽车运用与修理专业的教学参考书。

汽 车 修 理

上 册

西安公路学院 编

人民交通出版社出版

(北京市安定门外和平里)

北京市书刊出版业营业许可证出字第006号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本: 787×1092 1/32 印张: 12.5 字数: 304 千

1978年4月 第1版

1978年4月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—458,500册 定价(科三): 1.00元

出版说明

交通运输是发展国民经济的先行，汽车运输是交通运输的主要组成部分之一。在党的“鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义”总路线指引下，我国的汽车运输生产能力随着汽车工业的迅速发展有了大幅度的提高。加强汽车修理工作，缩短汽车修理停歇时间，减少修理费用，提高汽车完好率，延长其使用寿命，是发挥汽车运输生产效能的一种重要措施。

多年来，汽车运输战线上的广大职工，坚持毛主席的无产阶级革命路线，以阶级斗争为纲，大搞群众运动，实行两参一改三结合，进行了技术革新和技术革命，发挥了工人群众的劳动热情和智慧，使我国的汽车修理事业有了飞跃的发展，为改进汽车修理工作的组织、采用合理的修理工艺和旧件修复方法等，提供了宝贵的经验。

在英明领袖华国锋主席为首的党中央，一举粉碎“四人帮”后的大好革命形势下，为了帮助从事汽车修理工作的同志学习业务，同时也为大专院校的汽车运用与修理专业提供教学参考书，特约请西安公路学院汽车系组织力量编写本书。参加编写的同志们，发扬理论联系实际的学风，深入到汽车修理厂和汽车运输企业进行了广泛的调查研究和搜集资料。经过细心整理，分编成上、下两册。书中比较系统地叙述了我国目前汽车修理企业中所采用的汽车修理制度、作业组织以及各总成零件的修理工艺。

在本书的编写过程中，得到了许多汽车修理厂和汽车运输企业的大力支持，对此我们表示衷心的感谢！

至于本书所总结的经验是否正确以及阐述是否妥切，我们殷切希望读者多予指正，并提供资料，以便再版时修订补充。

人民交通出版社

目 录

总 论

第一章 汽车修理基础知识.....	1
第一节 汽车技术状况的变化.....	1
一、汽车的组成.....	1
二、汽车技术状况变坏的原因.....	1
三、汽车零件损伤的分类.....	2
第二节 零件的摩擦和磨损.....	2
一、摩擦的种类.....	3
二、磨损过程.....	5
三、零件的磨损特性.....	7
第三节 影响汽车使用寿命的因素.....	7
一、材料质量的影响.....	8
二、零件表面机械加工质量的影响.....	9
三、配合性质的影响.....	9
四、零件材料的疲劳.....	10
五、基础件变形的影响.....	11
六、使用条件的影响.....	12
第四节 汽车典型零件的磨损.....	14
一、气缸——活塞环的磨损.....	14
二、曲轴轴颈——轴承的磨损.....	18
三、齿轮的磨损.....	19
第二章 汽车修理制度及修理工艺组织.....	20
第一节 汽车修理制度.....	20
一、汽车修理制度的实质.....	20
二、汽车修理的类别及其划分.....	21
第二节 汽车修理工艺的组织.....	21
一、汽车修理的组织方法.....	21
二、汽车修理劳动的组织.....	22
第三节 汽车修理的工艺流程.....	23

第一篇 汽车修理工艺

第一章 汽车的接收与外部清洗.....	25
第一节 汽车的接收.....	25
一、调查汽车的使用情况.....	25

二、汽车的外部检视	25
三、路试检验	26
第二节 汽车外部清洗	26
一、固定式汽车外部清洗设备	26
二、移动式汽车外部清洗机	27
第二章 汽车的拆卸	29
第一节 汽车和总成在拆卸中应注意的几个问题	29
一、合理组织拆卸作业	29
二、合理安排工艺顺序	29
三、正确使用拆装工具	30
四、有特殊要求的零件应作好标记	30
五、螺纹连接的拆卸	31
第二节 汽车和总成拆装的工具和设备	31
一、拆装螺纹连接的工具和设备	31
二、拆装静配合连接的工具和设备	35
三、起重运输设备	39
第三章 零件的清洗	40
第一节 清除油污	40
一、碱水除油	40
二、有机溶剂除油	42
第二节 清除积炭	43
一、机械法清除积炭	43
二、化学法清除积炭	44
第三节 清除水垢	46
第四章 零件的检验分类	47
第一节 检验分类的技术条件	47
一、经验统计法	48
二、试验研究法	48
三、计算分析法	50
第二节 零件的检验方法	53
一、零件的一般测量工具	53
二、典型零件的检验	56
三、零件位置公差检验	60
第三节 隐蔽缺陷的检验	63
一、磁力探伤	63
二、荧光探伤	65
三、超声波探伤	65
四、水压试验	66
第五章 总成的装配	67
第一节 装配间隙(过盈)的确定方法	67

一、活塞与气缸配合间隙的选择	67
二、滑动轴承与轴颈的装配间隙计算	69
第二节 总成装配前零件和组合件的平衡	70
一、零件平衡的一般概念	70
二、汽车零部件的平衡方法	73
第六章 汽车的总装、试车及交车	75
第一节 汽车的总装	75
第二节 汽车修竣后的试车	77
第三节 汽车修竣初期的使用要求	78

第二篇 汽车零件修复

第一章 汽车零件修复中的机械加工	79
第一节 轴类零件的加工	79
第二节 壳体件的加工	84
第三节 零件的修理尺寸修复	88
第四节 零件的镶套修复	89
第二章 汽车零件的压力加工修复	94
第一节 压力加工的一般知识	95
第二节 零件的胀大(缩小)修复	96
第三节 零件的镦粗修复	99
第四节 零件的校直	100
第五节 冷作强化	102
第三章 汽车零件的焊接修复	104
第一节 铸铁零件的焊修	104
第二节 铝合金零件的焊修	113
第三节 振动堆焊	116
第四节 蒸汽保护下的振动堆焊	125
第五节 埋弧自动堆焊	126
第六节 二氧化碳保护焊	129
第四章 汽车零件的喷涂修复	133
第一节 金属喷涂层的形成	133
第二节 金属喷涂层的性质	133
第三节 金属电喷涂设备	135
第四节 金属喷涂修复工艺	136
第五节 等离子电弧喷涂	139
第六节 金属喷涂修复法的优缺点及安全技术	140
第五章 汽车零件的电镀修复	140
第一节 电镀的一般知识	141
第二节 镀铬	148

第三节 镀铁.....	161
第四节 镀铜.....	176
第五节 擦镀.....	178
第六章 汽车零件的胶粘修复.....	179
第一节 环氧树脂胶粘结.....	179
第二节 酚醛树脂胶粘结.....	184
第三节 环氧树脂二硫化钼成膜.....	185
第四节 氧化铜粘结.....	187
第七章 汽车零件修复方法的选择.....	189
第一节 修补层与基体金属的结合强度.....	189
第二节 修补层的耐磨性.....	190
第三节 修补层对零件疲劳强度的影响.....	190
第四节 修复方法的经济合理性.....	191

总 论

第一章 汽车修理基础知识

汽车修理的目的在于迅速恢复汽车在使用过程中，由于机构的自然磨损、故障和其它损伤而丧失了的工作能力，使其重新能完成额定的运输任务。

第一节 汽车技术状况的变化

一、汽车的组成

一辆汽车由几百种、几千个零件组成。零件与零件的组成按其功能分成若干个单独的零件、合件、组合件及总成等装配单元。这些装配单元，各自具备一定的作用，它们之间有一定的配合关系，将所有这些装配单元有机地组合起来，便成为一辆完整的汽车。

1. 零件——零件是汽车最基本的组成部分，它是不可拆卸的一个整体。根据零件本身性质，又可分为：按国家规定标准制成，各种机械通用的标准零件（如各种螺栓、螺母、垫圈等）和汽车专用零件（如活塞、气门、半轴等）。在装配合件、组合件或总成时，各零件之间的相互关系由某一个零件来保证，这个零件称为基础零件（如气缸体、变速器壳体等）。

2. 合件——两个或两个以上零件装合成一体，起着单一零件的作用，称为合件（如带盖的连杆、成对的轴承衬瓦等）。凡在装配组合件或总成时，各零件之间的相互关系由某一个合件来保证，那么，这个合件称为基础合件（如连衬套的泵壳、镶有缸套的气缸体等）。

3. 组合件——组合件是由几个零件或合件连成一体，零件与零件间有一定的运动关系，但尚不能起着单独完整的机构作用的装配单元（如活塞连杆组合、变速器盖等）。

4. 总成——总成是由若干个零件、合件或组合件连成一体，能单独起一定的机构作用的装配单元（如发动机总成、变速器总成等）。按总成在汽车上的工作性质，又可分为：主要总成（如发动机总成、转向器总成等）和辅助总成（如水泵总成、分电器总成等）。

在汽车的修理过程中，每一个零件应该合乎一定的技术标准（如材料、硬度、尺寸公差、形位公差、表面光洁度等），每一个合件、组合件、总成以及汽车的装配应该合乎一定的技术要求（如配合间隙、过盈、位置偏差等）。这样，汽车才具有一定的运行性能。

二、汽车技术状况变坏的原因

性能良好的汽车，在使用过程中，随着行驶里程的增加，技术状况总要发生变化，表现在：

1. 动力性下降——即汽车最高行驶速度降低，加速时间和加速距离增加；
2. 经济性变坏——燃料与润滑油消耗量增加；
3. 可靠性变坏——汽车在行驶中出现故障，如发动机和传动系运转时出现杂音和敲击

声, 离合器打滑、发抖, 制动失灵, 转向沉重等, 需要停歇修理的时间增长。

汽车技术状况变坏的主要原因是: 组成汽车的零件在使用中由于磨损、腐蚀和疲劳等而逐渐损伤, 使零件原有的尺寸、形状、表面质量(表面光洁度、表面硬度)等发生变化, 破坏了零件间的配合特性和合理位置。

三、汽车零件损伤的分类

汽车零件的损伤按其产生的原因可分为三类: 1. 摩擦所造成的磨损; 2. 机械性损伤; 3. 化学-热损伤。

零件由于机械摩擦或摩擦与化学腐蚀的共同作用, 在使用中逐渐磨损, 使零件的尺寸、形状和表面质量发生变化, 同时破坏了配合件的原有配合特性, 使汽车技术状况变坏, 如发动机气缸——活塞环磨损使密封性降低、气缸压缩压力减小、可燃混合气和燃烧气体窜入曲轴箱导致发动机功率下降、燃料、润滑油的消耗量增加等。当底盘、传动系的齿轮、轴承、轴与衬套磨损时, 使传动阻力增加、变速器自动脱档、传动系发生异常响声等。

汽车零件的机械损伤是零件在工作中受到猛烈冲击或超载而造成的损伤。其损伤形式不外乎是产生裂纹、碎裂、弯曲、扭曲以致折断等。有时由于温度的变化, 如由于冰冻而造成气缸体的胀裂也属机械性损伤。对于承受动载荷的零件, 材料的疲劳是产生某些机械损伤的主要原因之一, 使零件产生疲劳脱皮、疲劳裂纹以及疲劳折断等损伤。

零件的化学-热损伤表现在零件产生的热变形和凹斑。零件的热变形往往是受热不均、受热过甚或高温与外载荷的共同作用而引起的。有些基础件在浇铸后存在较大的内应力, 在使用中由于内应力的松弛而变形(如气缸体、变速器壳、减速器壳等)。零件产生凹斑是零件表面的局部高温所致, 例如当发动机排气门与座孔不密封时, 高温气体窜过气门与座孔的缝隙, 将排气门锥面的金属局部烧蚀而产生凹斑。

实践证明, 多数零件的损伤是工作表面的磨损。在汽车使用中, 为了减少零件的磨损和及时发现各种可能产生的损伤, 预防故障的发生, 常采取对汽车进行定期检查、紧固、调整、润滑等预防性技术措施, 以保持汽车技术状况的完好。但是, 当汽车行驶到一定里程, 其主要零件和配合件的磨损已超过标准要求(达到极限), 致使汽车出现技术保养所不能消除的故障。这时, 就必须对汽车进行一次彻底的修理, 例如: 当发动机气缸达到极限磨损值以及各主要总成发生基础件破裂、变形和磨损等情况, 这就表明汽车需要大修了。

在上述三类损伤中, 正常使用情况下, 零件的磨损是导致汽车失去工作能力的主要因素。它是客观存在的, 也是不可避免的。然而, 如果我们能够掌握零件的磨损规律, 适时地采取相应的措施, 就可以降低零件的磨损速度、延长使用寿命, 从而提高汽车使用的耐久性和可靠性。因此, 研究汽车零件的磨损, 在汽车的使用、保养和修理中都具有重要的意义。

第二节 零件的摩擦和磨损

摩擦与磨损发生在相对移动的零件的接触表面。当零件相对移动时, 在其接触面上产生阻止这种移动的相互作用的现象, 称为摩擦, 而阻止相对运动的力称为摩擦力。磨损是伴随着摩擦产生的。两零件摩擦的结果, 其表面分子逐渐脱落, 使零件尺寸和几何形状发生变化的现象称为磨损。

一、摩擦的种类

摩擦是与两个因素密切相关的，其一是克服接触面上不平处的机械咬合；其二是相咬合的表面在贴合面接触点分子间的相互作用。因此固体的摩擦在某些点是机械咬合，而另一些点则是分子相互作用。

任何物体的表面，都存在不平度（图0-1），即使很好抛光的光洁表面，其凸出点的高度也不小于千分之一微米。磨光表面的不平度有4~5微米。因此装合在一起的摩擦面已是在凸出点上相接触（图0-2），而凸出部分只占总面积的极小一部分（ $1/100 \sim 1/10000$ ），结果在不大的载荷作用下，接触表面也能产生弹性变形。因为，这样接触点的单位压力很大，凸出点互相压平，而在互相压合的表面上产生分子间的作用力。由此可见，在精加工的表面上，零件以较大的面积相接触，具有较大的分子亲合力。在粗加工的表面上，由于接触面很小，分子引力很小，这时的摩擦是不平度上凸出点的机械咬合。



图0-1 加工表面的微观凸起

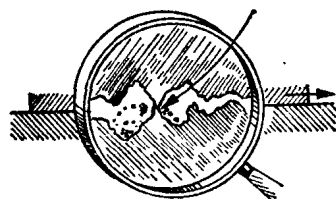


图0-2 两摩擦表面的接触

由于摩擦面间存在分子间的相互作用，所以不能单纯用提高表面光洁度的方法来减少摩擦力，而实践中是在摩擦面之间引入润滑油，避免摩擦面的直接接触，从而减少摩擦面分子间的作用力和摩擦力。

摩擦按相对运动的形式可分为滑动摩擦和滚动摩擦两类。滑动摩擦在汽车结构中很普遍，而单纯的滚动摩擦，严格说来是不存在的。这是由于在实际的零件中没有绝对的刚体，如滚珠（柱）轴承中的摩擦，因滚珠（柱）及滚道在工作时不可避免的变形，而发生某些滑动，也就是说：是滑动摩擦和滚动摩擦同时发生，故将这种摩擦形式称为复合摩擦。在汽车零件中，除滚珠（柱）轴承外，齿轮轮齿运动时所发生的摩擦亦属此类。

摩擦随润滑情况的不同，还可分为：干摩擦、液体摩擦、边界摩擦、半干摩擦和半液体摩擦五种。

1. 干摩擦——在摩擦表面之间完全没有润滑油或其它润滑介质时的摩擦，称为干摩擦，如离合器摩擦片与离合器压板和飞轮间的摩擦以及制动蹄片和制动鼓间的摩擦。在干摩擦条件下，摩擦表面直接接触，消耗较大的摩擦功并伴随着强烈的磨损。因而除有意利用干摩擦的特殊情况外，干摩擦是不希望发生的。

2. 液体摩擦——摩擦表面之间被润滑油隔开不发生直接接触的摩擦称为液体摩擦。由于这种摩擦大部分是发生在润滑油液的内部，摩擦力的大小和摩擦零件表面的状态以及材料等无关，而产生的磨损是很小的。曲轴轴颈和滑动轴承在稳定运转时的摩擦就是液体摩擦的实例。

发动机曲轴轴颈与轴承间留有一定的间隙。当曲轴不运动时，在两零件间形成楔形间隙。当曲轴转动时，凭着润滑油的粘度，润滑油被带着一起转动。此时，与曲轴直接接触的油微粒速度与曲轴的圆周速度相等，而轴承表面的油微粒速度等于零。润滑油沿着横断面逐渐缩小的楔形间隙流动时，由于断面的减小和油液的压缩性很小，润滑油沿轴向被挤出。然

而，由于润滑油粘度和零件表面阻力的影响，油液不能沿轴向顺利流出，因而在油层的楔形部分就出现流体将轴抬起的动压力。它将随着间隙的变狭而越来越大。当曲轴的转速提高时，流体动压力亦提高，达一定转速后，流体动压力将克服轴上的载荷，将轴抬起，即在曲轴与轴承之间形成高压油层，使曲轴与轴承表面隔开，此时称为理想液体摩擦。由此可见，为了造成液体摩擦，必须满足一定的条件：即只有当润滑油具有足够的粘度与速度和作用在摩擦表面的负荷不超过油楔的承载能力时才能产生液体摩擦。同时，滑动速度和润滑油粘度越大，以及能使润滑油流出的间隙越小，油楔厚度和它所能承受的压力就越大。当曲轴静止不动时，轴颈表面速度等于零，在两表面间不可能有油楔存在时，在重力作用下，轴颈与轴承在最下方接触（图0-3甲）。当轴颈以顺时针方向起动时，由于速度较小，在支承处发生非液体摩擦（图0-3乙）。当转速不断增高，在轴颈右面的间隙产生油压，将轴颈向左推移，当速度增加到能建立油楔承载（即将轴抬起）时，轴颈与轴承完全分开（图0-3丙）。

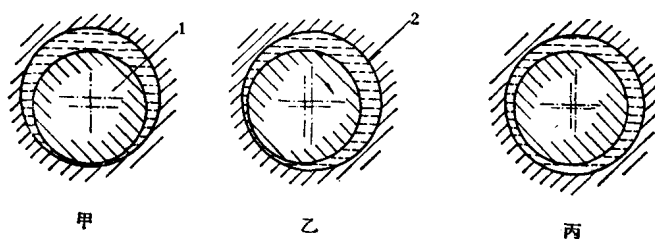


图0-3 轴与轴承产生的液体摩擦
1-轴颈；2-滑动轴承

当降低转速和减小润滑油的粘度，或者润滑油从摩擦面间的不密封点流掉时（由于磨损使配合间隙过大），润滑油楔的动压力可能不足以保证液体摩擦。当油层厚度小于表面不平度的二分之一时，摩擦表面就只由薄薄的油膜所隔开，此时即产生半液体摩擦或边界摩擦。

3. 边界摩擦——摩擦表面间只有一层很薄（几个分子厚）的油膜时，所产生的摩擦称为边界摩擦。由于润滑油的油性（吸附能力）所形成的油膜有很高的强度，能承受很大的压力，可防止摩擦表面直接接触。齿轮轮齿表面间的摩擦就是边界摩擦的例子。

4. 半液体摩擦——液体摩擦与边界摩擦或液体摩擦与干摩擦同时存在的混合摩擦称为半液体摩擦。在这种摩擦形式下，润滑油部分的被挤出，结果使不平的摩擦表面互相贴合。在大的单位载荷下极易造成边界摩擦或干摩擦。

5. 半干摩擦——边界摩擦和干摩擦同时存在的混合摩擦，称为半干摩擦，如发动机工作时，气缸上部和活塞环（特别是第一道环）之间的摩擦。

上述各种摩擦中，液体摩擦产生的摩擦力最小，仅等于润滑介质分子间的粘着力。同时零件也只发生微小的磨损。但必须具有一定的条件，而这种条件在实际使用中往往也是很难得到的。所以，可靠的液体摩擦也是难得的。因而边界摩擦，半干摩擦和半液体摩擦在汽车运行中则是极为普遍的。它们之间依一定的外界条件转化着，如发动机曲轴轴颈和轴承，平时是在液体摩擦条件下工作的，但在转速急剧降低和提高时，可能出现半液体摩擦，而在起动时是边界摩擦；又如活塞组零件在工作过程中，随行程的改变，其温度、速度和润滑油粘度都不同，可能造成半液体摩擦、边界摩擦甚至半干摩擦。变速器和后桥齿轮在油池中润滑，但在轮齿之间，由于单位压力很大，随相对滑动速度及润滑油粘度的变化，可能产生半液体摩擦。而某些情况下，产生边界摩擦的同时，还伴随着齿轮的烧蚀和磨损。不同的摩擦

形式产生不同程度和不同类型的磨损，因而在分析具体零件的磨损特性时，不能忽略它们的摩擦与润滑的条件。

二、磨 损 过 程

关于摩擦过程中是怎样产生磨损的（亦即磨损的机理是什么）？目前提出了不少的见解。一般认为，任何润滑条件下的磨损过程主要起因于表面层金属的直接接触。由于表面存在着微观不平，相接触的凸起部分互相咬合，在相互移动时发生弹性或塑性变形，使表层金属强化，从而导致表面微粒的机械剥落。

除机械因素导致的磨损外，摩擦表层金属的相互吸引作用也是产生磨损的原因之一。在摩擦时，如果由于外力的作用，或因高速滑动产生的摩擦热来不及散发等原因而引起接触处较大的塑性变形，使表层金属相距极近（接近于原子间的距离）时，由于分子间的相互吸引，接触处会产生粘附现象，即表层金属的局部联结在一起，在随后的相对移动中，这些联结的部位被撕裂产生机械性破坏。

另外，由于摩擦介质的腐蚀作用，特别是摩擦热不能充分散发的情况下，会促使金属表面氧化，形成脆性氧化物，在摩擦中脱落。

通过以上的分析可见，磨损过程是相当复杂的，而且机械、物理、化学的作用也可能同时产生。然而，在不同的摩擦条件下，其作用的程度是不会相同的，其中必有导致零件失去工作能力的主要因素。根据造成磨损的条件和特点可以将汽车零件常见的磨损归纳为四类：磨料磨损、粘附磨损、腐蚀磨损和麻点磨损。

1. 磨料磨损——在摩擦面间存在磨料颗粒而引起的类似金属磨削过程的磨损，称为磨料磨损。摩擦表面总存在一定的粗糙度，在摩擦过程中表面凸出部分逐渐剥落，这些剥落的微粒混入润滑油中，再加上外来的硬质微粒（尘土、灰渣等），便形成了磨料，在零件相对运动时，引起摩擦面局部的微观塑性变形或擦伤使零件表面出现微观划痕并脱落碎屑。磨料磨损过程与金属磨削过程极为相似，而区别仅在于磨料物质的形状不定。

磨料磨损的磨损强度较高。它与零件材料的机械性质（特别是屈服极限）、硬度、表面光洁度、工作压力、相对速度、装配质量和润滑条件等因素有关。显然，零件具有较好的机械性、较高的表面硬度和光洁度时，其抵抗磨料磨损的能力就高；载荷和速度越高，磨料磨损的强度也越高。在汽车保修过程中，为避免和减轻零件的磨料磨损，应特别注意燃油、空气和润滑油的滤清质量。在装配前应认真进行清洗，在装配中应防止带入金属屑。

2. 粘附磨损——由于两摩擦面分子或原子极为接近而粘结在一起产生的类似金属的冷焊（冷粘附），或由于高温使摩擦面熔焊在一起（热粘附），又在相对运动中被撕开而产生的零件表面的损坏，称为粘附磨损。

产生金属冷粘附的原因是在高载荷的条件下，当零件表面实际接触部位的压应力超过材料的屈服极限时，表面极薄的金属层产生塑性变形。由于接触点的相互嵌入，破坏了该处的油膜和氧化膜，从而显露出纯净的金属，由于表层金属相距极近而互相吸引，从而产生粘附，其现象和金属的冷焊相似，粘附部位又在相对运动中被撕开。由于粘附部位的塑性变形层被强化，相对移动时，粘附部位往往在强度较小的基体金属中被扯开，金属从一零件表面移到另一零件表面。零件表面失掉金属的部位产生应力集中，极易形成裂纹，从而降低了零件的疲劳强度。粘附物质在工作中进一步变形和强化可能起磨料作用（粘附金属以切削刀的形式相对运动，从另一表面切下金属屑）从而造成强烈的磨损。

汽车零件中的变速器十字轴、齿轮、凸轮轴凸轮、曲轴轴颈和气缸等，如果使用不当和装配不良时，都可能产生这类磨损。

零件表面产生热粘附的外部原因是除了高载荷的工作条件外尚有高的滑动速度。在这种条件下工作的零件表面产生大量的热来不及导入内部深处，表面温度显著增高(可达 1500°C)，材料被热处理，表面结构发生变化，使强度大为降低。而摩擦面实际接触部位的个别微粒可能熔化和熔合(类似焊接)。另外高温下软化的金属在很高的载荷作用下产生塑性变形，为局部金属的粘附造成客观有利条件，在表面相对移动时，粘附部位被撕掉，产生金属自零件表面的转移。

热粘附与冷粘附比较，其磨损过程有它的共性，即从金属的塑性变形开始，通过两摩擦面金属的粘附和转移而造成零件的损坏；其区别在于造成粘附的条件和原因不同。促成热粘附的条件和原因是高速高载荷下的高温，金属的塑性变形是属于热塑性变形，而冷粘附磨损过程中的金属塑性变形是属于冷塑性变形。因此，对抵抗热粘附，提高金属的热稳定性有重要意义。

汽车零件产生热粘附磨损的典型实例是气缸的拉缸。气缸拉缸多数产生在新车或大修车初期使用阶段。由于配合表面未经走合还比较粗糙，如果使用不当(满载时猛将油门踩到底)，燃烧产生的高温来不及导出，金属在高温高载荷下即产生塑性变形，其表面凸出部分相互嵌入产生粘附，并在相对运动中遭到破坏。

热粘附磨损在其它零件(如凸轮轴、挺杆、曲轴轴颈和齿轮等)上均可见到。

粘附磨损的产生，取决于材料的塑性(塑性愈大愈易产生)、工作条件(如工作温度、压力、摩擦速度、润滑条件等)和配合件的表面光洁度。由于粘附磨损所造成的零件表面损坏是很大的，因此应尽量避免。

3. 腐蚀磨损——在摩擦面间由于存在化学腐蚀介质(氧及酸性物质)而引起的零件表面磨损称为腐蚀磨损。

零件的氧化比较普遍。它是由同时发生而又相互促进的两个过程组成：零件表面微观体积的塑性变形和氧(空气中存在的)在塑性变形层内的扩散。

氧化的初步阶段主要在塑性变形滑移面处不大的体积内进行，在零件表面生成氧的固溶体，在摩擦过程中氧化固溶体薄膜被损坏，以小微粒形式脱落。

氧化的进一步发展是在较大的体积内发生氧化，其深度相当塑性变形层的深度，并生成氧和金属的化合物，使金属结构发生变化。特点是脆性氧化物周期性的生成和脱落。

氧化过程中，氧的扩散和金属的塑性变形之所以是互相促进的过程，其原因在于塑性变形能加强氧的扩散。因为，塑性变形使金属产生较大的滑移面，易于氧的渗透；而在金属滑移面上存在大量移动着的氧原子，得以加强表层金属的活动性，从而促进了塑性变形。

曲轴的主轴颈、连杆轴颈、气缸、活塞销、齿轮啮合表面、滚珠或滚柱轴承等零件都会产生氧化磨损。还应指出的是，氧化腐蚀磨损与其它磨损过程比较是一种较为缓慢地磨损过程，而且零件表层形成一层氧化膜能起保护作用。

发动机气缸的腐蚀磨损区别于氧化腐蚀，其特点是腐蚀介质不同，有时腐蚀磨损强度比较大。发动机气缸受燃烧产物中含有的碳、硫和氮的氧化物(CO_2 、 SO_2 、 NO)、水蒸汽和有机酸(蚁酸 CH_2O 、醋酸 $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ 、醛酸)等腐蚀性物质的影响。它们可直接与缸壁起化学作用，也可能溶于水形成酸类腐蚀气缸壁。前者称为化学腐蚀(又称气体腐蚀和干腐蚀)；后者称为电化学腐蚀(湿腐蚀)。其腐蚀强度与温度有关。气缸腐蚀强度与缸壁温度的关系

见图0-4。图中 t_k 是在一定压力下水蒸汽可以凝结的露点，在温度低于 t_k 的第一区域内为电化学腐蚀，腐蚀强度很高。温度高于 t_k 时主要是气体腐蚀，随后随着温度的升高腐蚀愈强，在 $t_k \sim t_n$ 之间有个腐蚀最小的理想区。

金属的腐蚀强度除与温度有上述的影响关系外，尚还取决于金属的塑性和润滑条件：金属的塑性变形能加强腐蚀物质的扩散和渗透；良好的润滑，由于表面被油膜覆盖，能防止腐蚀物质直接与零件表面接触。

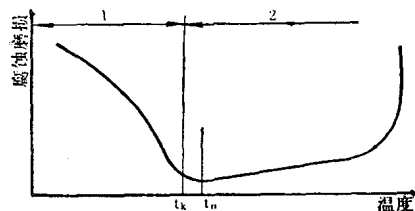


图0-4 气缸壁温度与腐蚀强度的关系

4. 麻点磨损——进行滚动摩擦的零件表面（如滚动轴承和齿轮），由于疲劳剥落而形成小凹坑状的磨损称为麻点磨损。形成疲劳磨损的原因，主要是单位载荷大于金属的屈服极限。由于载荷的重复作用，表层金属经多次塑性变形而趋于疲劳。首先产生微观裂纹，在润滑油油楔的作用下产生应力集中，从而加速裂纹的扩大，最终使表层金属剥落形成凹坑（麻点）。

汽车零件中的滚动轴承外圈和齿轮轮齿表面，经常可以见到麻点磨损的现象。

麻点磨损的速度与材料机械性质、接触面单位压力、载荷循环次数等因素有关。显然，容易产生塑性变形的材料，接触面单位压力越大、循环次数越多，越易造成麻点磨损。

三、零件的磨损特性

零件随着使用时间的磨损，是有着一定的规律性，我们称它为零件的磨损特性。为减轻零件的磨损，减少和防止汽车故障的发生，应该研究零件的磨损特性，特别应掌握那些主要零件的磨损特性。

零件的磨损特性，因配合性质不同而不同。动配合件在正常工作条件下的磨损特性如图0-5所示，可以看出零件的磨损过程有三个明显的部分。即在零件开始运转的较短时间内，由于零件表面经加工后或多或少的还存在着微观和宏观的几何缺陷，因而发生较强烈的磨损，如图中Ⅰ这一段，曲线的仰角是比较大的，零件的磨损由零增至A点。在这一阶段内，随着时间的增长，零件工作表面磨损的结果，使配合间隙由原始状态过渡到稳定状态，磨损速度也因而逐渐下降，因此这一时期称为零件的走合时期。这一时期的磨损称为走合磨损。当零件经过走合阶段以后，零件的磨损变得比较稳定，并在长时间内均匀增长，如图中Ⅱ这一段。这一时期称为零件的正常工作时期，它的磨损属于零件的自然磨损。当由于自然磨损的增加，零件的磨损增大至B点时，零件的润滑条件恶化，同时因间隙增加而使冲击载荷增大，以致零件的磨损速度急剧增加，如图中Ⅲ这一段，甚至有时会导致零件的破坏。因此，零件达到B点时的磨损称为零件的极限磨损。而超过极限磨损后，零件如果继续工作，则会由于磨损的急剧增大，而引起事故性的损坏，这是不允许的。

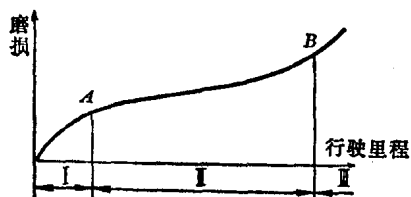


图0-5 动配合件的磨损特性

大，以致零件的磨损速度急剧增加，如图中Ⅲ这一段，甚至有时会导致零件的破坏。因此，零件达到B点时的磨损称为零件的极限磨损。而超过极限磨损后，零件如果继续工作，则会由于磨损的急剧增大，而引起事故性的损坏，这是不允许的。

第三节 影响汽车使用寿命的因素

解决如何延长汽车使用寿命，提高汽车大修里程的问题，主要是从与汽车大修质量有关

的因素来着手分析，而与使用保养有关的问题，只做简单的介绍。

影响汽车使用寿命的因素，可从下列六个方面分析：材料质量的影响、零件表面机械加工质量的影响、零件材料的疲劳、配合性质的影响、汽车基础件变形的影响以及使用因素的影响等。

一、材料质量的影响

材料质量以及热处理的方法，对零件的寿命有重要的影响。汽车修理厂也经常要制造一些配件，这样也会遇到如何正确选择材料的问题。

选择零件材料应根据零件承受的载荷性质和数值、运动速度、温度、润滑条件、腐蚀以及制造工艺等方面的情况来进行综合考虑。

从各类磨损过程的分析可知：一切磨损的发生和发展，都是由材料的塑性变形开始的。可见材料的耐磨性与材料的抵抗塑性变形能力——材料的硬度有关。碳钢的耐磨性随硬度和含碳量的提高而提高。然而，高硬度的零件只有在所要求的表面光洁度下才能具有较高的耐磨性。表面光洁度较低，在摩擦过程中凸起处可能脱落而形成硬质磨料而加剧磨损。

承受冲击载荷的零件，除要具有高硬度外，尚要求有好的韧性。因为硬度高的材料脆性大，承受冲击载荷的零件不应选高碳钢，而应选低碳钢或合金钢，并进行表面处理（如渗碳而后淬火和回火），使零件表面具有高硬度，而韧性的内心可以满足承受冲击载荷的实际要求。

载荷的性质影响零件的损坏形式。静载荷下零件的损坏一般是工作表面的磨损，而动载荷下零件的损坏是由于磨损和疲劳。所以对承受动载荷的零件，不仅要考虑其耐磨性，同时也要考虑抗疲劳强度。为此应选择高强度的合金钢。在钢中加入一定的合金元素，可以同时保证强度和韧性，并具有良好的淬透性。遵照“自力更生”、“勤俭建国”的方针，在我国的合金钢体系中，特别强调用我国丰富的锰代替稀缺的镍。可用铬、锰、钼钢或铬锰钛钢代替镍铬钢，可用40MnB和20MnB代替40Cr和20Cr钢。钢中加入少量硼（0.001~0.005）能显著提高钢的硬度和机械性能，部分地代替了贵重的合金元素。

在高滑动速度和高温下工作的零件的材料应选择能抵抗热粘附磨损——热稳定性好的材料。

铸铁的耐磨性和机械强度取决于含碳量、石墨的状态以及组织结构和硬度。

碳在铸铁中是以渗碳体和石墨（自由碳）两种形式存在的。当渗碳体状态的碳在铸铁中含量小于0.6%时，则随渗碳体的增加而提高其耐磨性。铸铁中石墨片越大，分布越不均匀，其机械性能和耐磨性越低。反之，石墨越细小，分布越均匀，性能就越好。球状石墨由于减小了应力集中现象并减小了割裂基体的作用，使铸铁的性能大为提高。

铸铁的耐磨性与组织结构的关系表现在基体中珠光体越多，铸铁的强度、硬度和耐磨性越高。因为珠光体越多，铁素体越少，前者的强度高于后者。而粗片状珠光体铸铁比点状珠光体铸铁耐磨性要高。

对同一种铸铁而言，硬度越高，耐磨性越好，而在不同铸铁间并不存在这种关系。

铸铁的耐磨性，总起说来还是比较高的。这是因为其中的石墨起着润滑剂的作用，同时石墨本身占据的孔隙也易于润滑油的渗透。

在铸铁中加入镍、铬、锰、钼及其它合金元素并进行相应的热处理，可提高其强度和耐磨性。铬能提高硬度，镍能提高硬度和促进石墨化。镍作为添加剂能消除铬合金铸铁的脆

性。在铸铁中加入少量硼后，铸铁组织中能析出一种高硬度的碳化物，其硬度是随含硼量的增加而提高的。我国研制的硼铸铁材料已得到广泛应用，如发动机的活塞环和缸套。

通过热处理提高铸铁耐磨性的有效方法是表面高频淬火。

二、零件表面机械加工质量的影响

零件表面机械加工质量是指表面光洁度、几何形状公差（如波形度）、表面机械加工痕迹等，其中表面光洁度对零件的耐磨性影响最显著。

在磨合期，零件表面粗糙的凸出点相互靠合，实际接触面积小于计算值，使接触点的压力和温度都很高，造成凸出点的高速磨损。

表面光洁度影响静配合零件的耐久性。粗糙的表面在压配时，不平度的高峰产生塑性变形，并被剪切掉，使实际过盈量小于计算值，在使用中容易松动。

表面光洁度对腐蚀的影响表现在腐蚀性介质容易从表面不平的凹陷处渗透。

粗糙的表面，由于不平度的存在破坏了油膜的连续性，使润滑条件变坏。然而从润滑方面出发，过于光滑的表面在工作过程中容易挤出润滑油，使润滑变坏。因而表面光洁度应适当。

为提高零件的耐磨性，应选择合理的表面光洁度以适应其工作条件。在不同的工作条件下，磨损量与表面光洁度的关系如图 0-6 所示。图中曲线 1 表示在较轻的工作条件下磨损量与表面光洁度的关系；曲线 2 表示在较重的工作条件下磨损量与表面光洁度的关系。 O_1 和 O_2 为两种条件下相应于最小磨损的表面光洁度。 O_1 和 O_2 的左方部分表示磨损量随表面光洁度的提高而增加，因为过于光洁的摩擦表面，由于摩擦面的距离大为接近，而出现表面分子间的互相吸引作用，从而导致零件的粘附磨损。 O_1 和 O_2 的右方是随表面光洁度的降低磨损量提高，由于不平度的机械咬合之故。

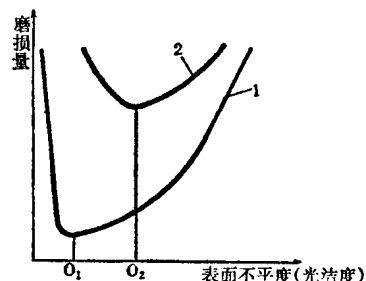


图0-6 磨损量与表面光洁度的关系
1-轻工作条件；2-重工作条件

三、配合性质的影响

汽车和总成的使用寿命与制造和修理过程中的配合性质有关。为了认识这个问题，我们以动配合副的磨损特性（图0-7）为例进行分析。该配合副在装配时具有初始间隙 S_0 ，在走合阶段，由于磨损使间隙增大至走合间隙 $S_{走}$ ，初始间隙和走合间隙越小，配合副的使用期限越长，亦即达到最大极限间隙 $S_{极}$ 的时间越长。

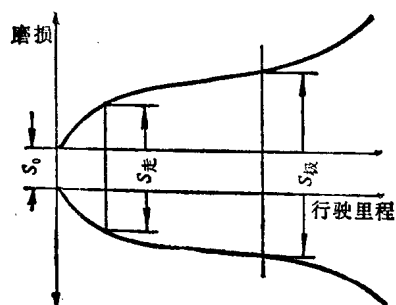


图0-7 动配合副的磨损特性

走合期的磨损主要与表面光洁度有关（亦受走合规范的影响），而小的初始间隙只有通过提高加工精度才能达到。但这样会提高零件制造和修理成本。因此，当必须保证间隙在足够小的范围内时，在装配时采用选配法，而在制造和修理加工时放宽公差范围，如气缸与活塞配合副的选配和柱塞副的分组选配等，就是出于这种考虑而进行的。

然而，在装配中并不是采用越小的间隙就一定越有利。如果间隙小于最低允许值，反而会造成不利的