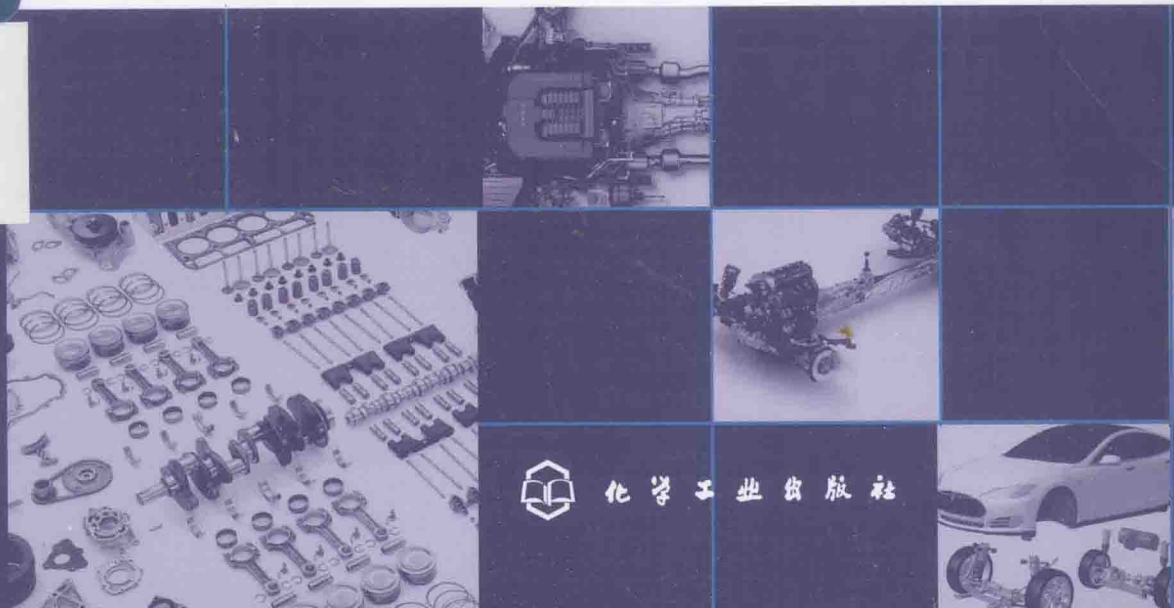
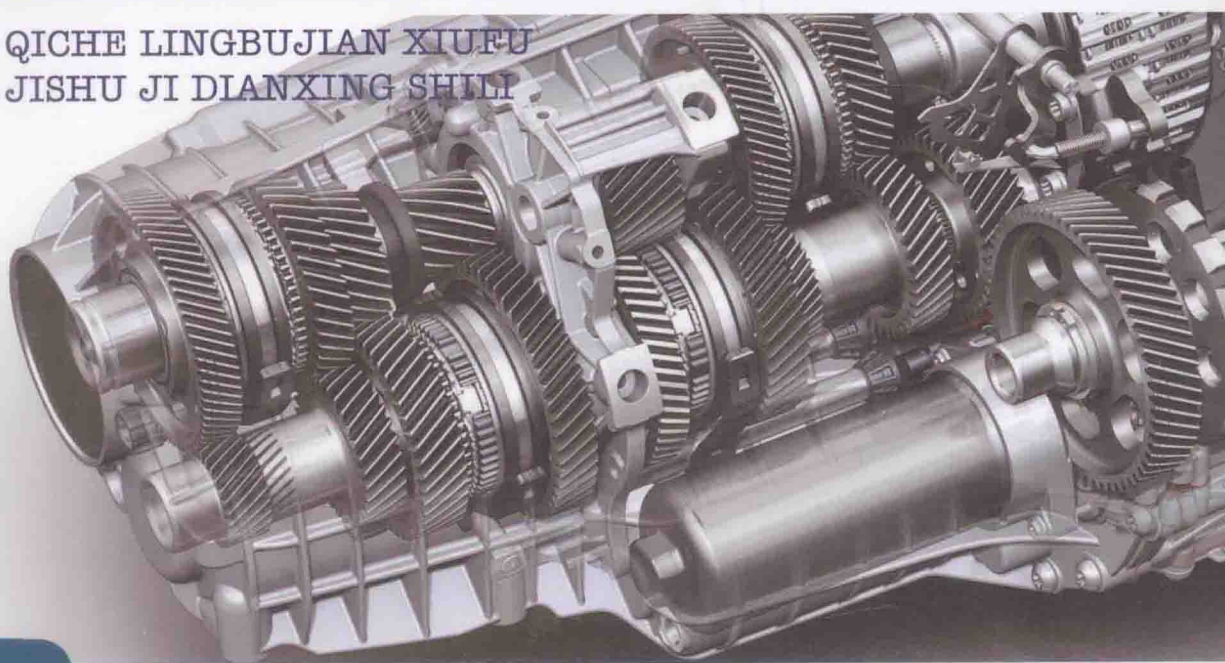


杨万成 唐贵 主编

汽车零部件修复技术 及典型实例

QICHE LINGBUJIAN XIUFU
JISHU JI DIANXING SHILI

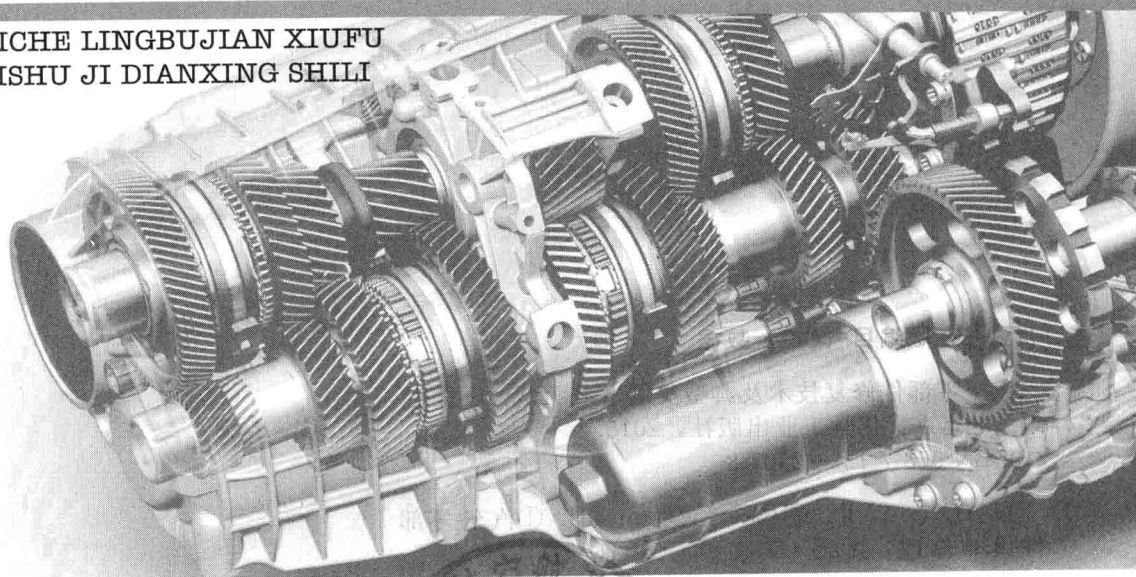


化学工业出版社

杨万成 唐贵 主编

汽车零部件修复技术 及典型实例

QICHE LINGBUJIAN XIUFU
JISHU JI DIANXING SHILI



化学工业出版社

· 北京 ·

本书的编写立足于国内目前汽车维修的技术水平和实际情况,从汽车技术性能出发,以优质、高效、低耗、机动、安全为基本原则,把焊接、电镀、喷涂、粘接、机械加工等多种工艺技术应用到汽车维修中,同时也介绍了国内外的新技术、新工艺、新方法,并且大量列举了汽车零部件修复的典型实例,实用性强。在掌握基本原理的基础上,着重解决汽车零部件修复技术中的实际问题。内容主要包括汽车零件的损伤原理、汽车零件检验与分类、汽车零件的机械加工、汽车零件的焊修、汽车零件的电镀、汽车零件的喷涂与喷焊、汽车零件的胶黏修复、汽车零件的其他修复法、汽车零件修复工艺的选择等。

本书可供汽车制造、维修的工程技术人员以及企业管理人员学习和参考,也可作为高等院校车辆工程专业教材。

图书在版编目(CIP)数据

汽车零部件修复技术及典型实例 / 杨万成, 唐贵主编. —北京: 化学工业出版社, 2015. 2

ISBN 978-7-122-22507-8

I. ①气… II. ①杨… ②唐… III. ①汽车-零部件-车辆修理 IV. ①U463

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 288676 号

责任编辑: 张兴辉

文字编辑: 陈 喆

责任校对: 宋 玮

装帧设计: 王晓宇

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 13 $\frac{3}{4}$ 字数 336 千字 2015 年 3 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

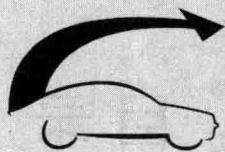
网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 59.00 元

版权所有 违者必究

前言



随着汽车工业和汽车维修理论不断发展,传统的汽车维修也逐步向现代汽车维修转变,汽车零部件维修方法也在不断地发展和更新,汽车零部件维修技术也迈向一个新的、更高的台阶。

本书的编写立足于国内目前汽车维修的技术水平和实际情况,同时也介绍了国内外的新技术、新工艺、新方法,并且大量列举了汽车零部件修复的典型实例,加强了实践性环节。在掌握基本原理的基础上,着重解决汽车零部件修复技术中的实际问题,有很强的实践性。

汽车零部件修复技术主要研究汽车零件的损伤形式、修复方法等,从汽车技术性能出发,以优质、高效、低耗、机动、安全为基本原则,把焊接、电镀、喷涂、粘接、机械加工等多种工艺技术应用到汽车维修中的一门综合性学科。

不同的零件,损伤情况也不同;同一零件修复,可以用不同种类的维修工艺,其效果也不同,因此就要有综合分析问题能力;用哪一种工艺方法修复较为合适,效果最好,这就要根据设备、技术等多种条件综合分析来确定。

本书既有较强的理论性、实践性,又有较强的综合性,并在基本知识与基础理论、修复方法与选择原则等内容上加强了针对性和应用性,力求把传授知识和培养能力有机地结合起来。

全书共9章,分别是汽车零件的损伤、汽车零件检验与分类、汽车零件的机械加工、汽车零件的焊修、汽车零件的电镀、汽车零件的喷涂与喷焊、汽车零件的胶粘修复、汽车零件的其他修复法、汽车零件修复工艺的选择。

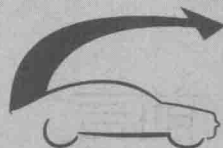
本书由杨万成、唐贵任主编,张坚、张国海、王炜、孙小刚任副主编。参加编写的有杨万成、唐贵、张坚、张国海、王炜、孙小刚、高志成、杨学成、张玲玲、周斌、刘祥凯、贾继德、唐彦峰、肖云魁、封会娟、杨晓曦、梅检民、曾锐利、赵慧敏、杨纯艳、沈虹、杨青乐、常春、王国威、李慧梅、王佳宁等。

初稿完成后,承蒙196旅高志成,二炮基地杨学成、张玲玲,军事交通学院周斌、刘祥凯、贾继德、唐彦峰、肖云魁多次审阅了书稿,提出了许多宝贵建议,编者表示衷心感谢。

恳请读者对本书的内容和章节安排等提出宝贵意见,并对书中存在的错误及不当之处提出批评和修改建议,以便本书再版修订时参考。

编 者

目录



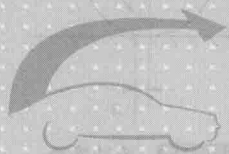
第1章 汽车零件的损伤	001
1.1 摩擦与润滑	001
1.1.1 摩擦现象及分类	001
1.1.2 固体表面的性质	002
1.1.3 摩擦系数的主要影响因素	003
1.1.4 摩擦机理	004
1.1.5 摩擦与润滑	004
1.1.6 汽车发动机的润滑系	007
1.2 零件的磨损	009
1.2.1 磨料磨损	009
1.2.2 黏着磨损	012
1.2.3 表面疲劳磨损	013
1.2.4 腐蚀磨损	014
1.2.5 微动磨损	016
1.2.6 汽缸的磨损规律	017
1.2.7 曲轴的磨损规律	022
1.3 零件的蚀损	025
1.3.1 零件的腐蚀	025
1.3.2 汽缸套的穴蚀	026
1.4 零件的变形	028
1.4.1 零件变形的原因	028
1.4.2 减小零件变形的措施	029
1.5 零件的疲劳断裂	030
1.5.1 疲劳断裂的基本原理	030
1.5.2 减轻疲劳断裂危害的措施	031
第2章 汽车零件检验与分类	033
2.1 零件检验与分类的技术条件	033
2.1.1 检验的主要内容	033
2.1.2 检验分类技术条件的确定	033
2.2 零件检验的基本方法与分类	034
2.2.1 零件检验的基本方法	034
2.2.2 零件检验后的分类	036
2.3 汽缸体和汽缸盖的检测	036
2.3.1 汽缸体和汽缸盖破裂的检验	036

2.3.2	汽缸体和汽缸盖变形的检验	037
2.3.3	汽缸的测量	042
2.4	曲轴的检验	047
2.4.1	曲轴变形的检验	047
2.4.2	曲轴裂纹的检验	048
2.4.3	曲轴的测量	050
第3章	汽车零件的机械加工	051
3.1	机械加工的特点及应注意的问题	051
3.1.1	机械加工的特点	051
3.1.2	机械加工应注意的问题	051
3.2	零件的修理尺寸法	052
3.2.1	修理尺寸的确定	053
3.2.2	修理尺寸法的优缺点	053
3.3	零件的镶套修复法	054
3.3.1	镶套修复法的特点	054
3.3.2	镶套时应注意的问题	054
3.3.3	镶套技术工艺	055
3.4	其他机加工修复法	055
3.4.1	局部更换修理法	055
3.4.2	换位修理法	056
3.5	汽缸的镗削与镶套	056
3.5.1	镗缸机与镗刀	056
3.5.2	活塞的检测	071
3.5.3	汽缸镗削工艺	073
3.5.4	汽缸的镶套	079
3.6	汽缸的磨削	081
3.6.1	磨缸机与砂条	081
3.6.2	汽缸磨削工艺	089
3.6.3	汽缸光磨后的技术要求	093
3.7	曲轴的磨削	095
3.7.1	曲轴磨床、砂轮与冷却润滑液	095
3.7.2	曲轴轴承的选配	107
3.7.3	曲轴的光磨工艺	108
3.7.4	曲轴光磨后的技术要求	114
3.8	气门与凸轮轴的磨削	115
3.8.1	气门的光磨	115
3.8.2	气门座圈的镗削或磨削	117
3.8.3	凸轮轴的磨削	122
3.9	制动蹄与制动鼓(盘)的镗削或车削	124
3.9.1	制动摩擦片的修复	124
3.9.2	制动蹄与制动鼓(盘)常用镗(车)床简介	126
3.9.3	制动蹄与制动鼓(盘)镗(车)削工艺	128

第 4 章 汽车零件的焊修	134
4.1 焊修工艺特点	134
4.1.1 金属材料的可焊性	134
4.1.2 焊修工艺特点	134
4.2 钢制零件的焊修	135
4.2.1 焊修钢制零件的常见缺陷	135
4.2.2 钢制零件的焊修工艺	137
4.2.3 汽车钢板弹簧的焊修工艺	138
4.3 铸铁零件的焊修	139
4.3.1 铸铁零件的焊修特点	139
4.3.2 铸铁零件的焊修方法	140
4.3.3 铸铁焊条	141
4.3.4 铸铁零件的焊修工艺	143
4.3.5 变速器壳体裂纹的焊接	148
4.3.6 曲轴磨损后的堆焊	148
4.4 铝及铝合金零件的焊修	149
4.4.1 铝及铝合金的焊接特点	149
4.4.2 铝及铝合金零件的焊修工艺	149
4.4.3 铝合金汽缸体裂纹的焊接	154
第 5 章 汽车零件的电镀	155
5.1 电镀的一般知识	155
5.1.1 电解液	155
5.1.2 电解	155
5.1.3 分散能力与深镀能力	155
5.1.4 钝化	156
5.2 槽镀	156
5.2.1 镀铬	156
5.2.2 镀铁	160
5.3 刷镀	162
5.3.1 刷镀的特点	162
5.3.2 刷镀的基本原理	162
5.3.3 刷镀溶液	163
5.3.4 刷镀设备的简介	167
5.3.5 刷镀工艺	169
5.3.6 刷镀层的性能	169
5.3.7 就车刷镀半轴套管	170
第 6 章 汽车零件的喷涂与喷焊	172
6.1 喷涂的特点	172
6.1.1 喷涂技术与分类	172

6.1.2	喷涂层的结构特点	172
6.1.3	喷涂层的机械性能	173
6.2	电喷涂	174
6.2.1	电喷涂设备	174
6.2.2	电喷涂材料	176
6.2.3	电喷涂工艺	176
6.3	气喷涂	177
6.3.1	气喷涂设备	177
6.3.2	气喷涂材料	179
6.3.3	气喷涂工艺	180
6.3.4	气喷涂质量	181
6.3.5	气喷涂在汽车零部件修复中的应用	182
6.3.6	非金属喷涂的设备与工艺	182
6.4	气喷焊	183
6.4.1	气喷焊层的特点	184
6.4.2	气喷焊设备	184
6.4.3	气喷焊材料	185
6.4.4	气喷焊工艺	186
6.4.5	气喷焊质量	187
6.5	等离子喷涂与喷焊	187
6.5.1	等离子喷涂	187
6.5.2	等离子喷焊	190
第7章	汽车零件的胶粘修复	191
7.1	胶粘修复的特点	191
7.1.1	胶粘工艺特点	191
7.1.2	粘接原理	191
7.2	胶黏剂	192
7.2.1	有机胶	192
7.2.2	无机胶	195
7.3	粘接工艺	196
7.3.1	粘接工艺	196
7.3.2	粘接在汽车零部件修复中的应用	198
第8章	汽车零件的其他修复法	200
8.1	低真空熔结法	200
8.1.1	熔结工艺原理	200
8.1.2	熔结工艺设备	200
8.1.3	熔结层的质量	201
8.2	零件的表面强化	201
8.2.1	表面喷丸技术	201

8.2.2 表面滚压、挤压技术	202
8.2.3 敲击强化	203
8.3 其他常用修复工艺	203
8.3.1 激光熔覆技术	203
8.3.2 纳米技术	204
8.3.3 热扩渗技术	204
8.3.4 磷化技术	205
8.3.5 着色技术	205
8.3.6 气相沉积技术	205
第9章 汽车零件修复工艺的选择	206
9.1 零件修补层的力学性能	206
9.1.1 修补层与基体结合强度	206
9.1.2 修补层的耐磨性	207
9.1.3 修补层对零件疲劳强度的影响	208
9.2 零件修复方法的选择	209
9.2.1 技术上的先进性和工艺上的合理性	209
9.2.2 质量上的可靠性	209
9.2.3 经济上的合算性	210
9.3 零件修复工艺路线	210
参考文献	211



汽车零件的损伤按其产生的机理可分为磨损、变形、蚀损和疲劳断裂等失效形式。

零件的磨损使它原有的尺寸、形状和表面质量等发生变化，破坏了原有的配合、位置关系、工作协调等特性。实践表明，零件磨损是导致汽车失去工作能力的主要原因。汽车零件的逐渐磨损是不可避免的，但应采取相应技术措施，降低零件的磨损速率，延长其使用寿命，从而提高汽车的可靠性和耐久性。

零件的变形可能产生弯曲、扭曲等损伤。基础件变形是造成轴线平行度，垂直度和同轴度等位置公差过大的主要原因，因此，基础件变形对总成和汽车的修复质量、寿命有很大的影响。

零件的蚀损分为化学腐蚀、电化学腐蚀及穴蚀等形式。周围介质与零件金属产生化学或电化学反应，使零件产生物质损失的现象称为腐蚀，而穴蚀是某些与液体接触的零件所特有的损伤形式，蚀损处呈聚集的孔穴；柴油机缸套外表面的穴蚀是影响其使用寿命和可靠性的关键问题。

零件疲劳断裂指的是在交变负荷作用下，由于材料的疲劳，在应力远低于材料强度极限情况下而产生的破裂、折断等失效形式，这种损伤通常是突然发生的，具有很大的危险性，常造成严重事故。

1.1 摩擦与润滑

摩擦是发生在相互运动零件表面之间的一种机械咬合现象，磨损是摩擦的结果。而润滑则是为了降低摩擦、减少磨损所采用的一种重要技术措施。

在机械运动中，绝大多数摩擦是有害的，它将使零件产生磨损。在机械零件中有 80% 的零部件是由于磨损而报废的。所以，研究降低或消除无用的摩擦是很有实际意义的。

1.1.1 摩擦现象及分类

(1) 摩擦现象

当两个相互接触的物体在外力作用下发生相对运动时，在物体的接触面间产生切向运动的阻力，这个运动阻力与物体的运动方向平行时，通常称为摩擦力，这种现象则称为摩擦。

(2) 摩擦的分类

① 按摩擦副的运动形式分类 按摩擦副的运动形式分，有滑动摩擦和滚动摩擦两类。

滑动摩擦是接触表面相对滑动或具有滑动趋势的摩擦，如图 1-1 所示。

滚动摩擦是物体在力矩作用下沿接触表面滚动时的摩擦，如图 1-2 所示。

② 按摩擦副的运动状态分类 按摩擦副的运动状态分，有静摩擦和动摩擦两类，如图 1-3 所示。

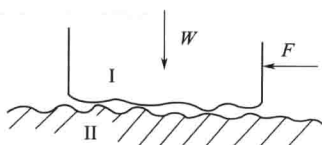


图 1-1 滑动摩擦

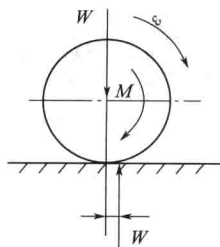
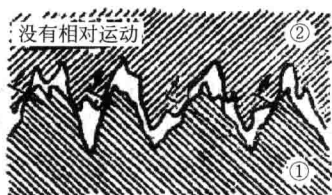
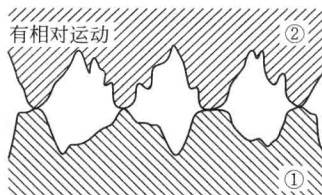


图 1-2 滚动摩擦



(a) 静摩擦



(b) 动摩擦

图 1-3 摩擦副的运动状态

静摩擦是物体在外力作用下对于另一接触物体有相对运动的趋势，并处于静止临界状态的摩擦。

动摩擦是当一物体在外力作用下，超越静止临界状态而沿另一物体表面发生相对运动的摩擦。

③ 按摩擦表面状态分类 按摩擦表面状态分，有干摩擦、边界摩擦、流体摩擦和混合摩擦四类，如图 1-4 所示。

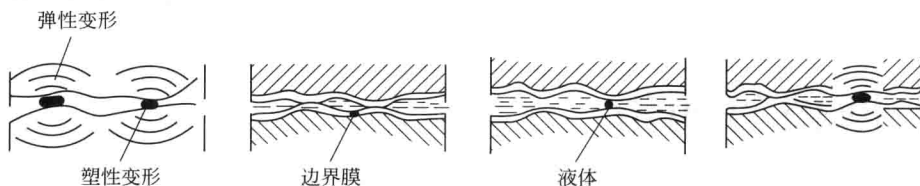


图 1-4 摩擦表面状态

干摩擦是物体表面无润滑剂存在时的摩擦。

边界摩擦是两摩擦表面被吸附在表面的边界膜隔开的摩擦，其摩擦性质不取决于流体黏度，而与边界膜和表面的吸附性质有关。

流体摩擦是两摩擦表面被润滑油完全隔开的摩擦。由于两物体表面不直接接触，故摩擦性质取决于流体内部分子间的黏性阻力。

在实际使用中，有较多的摩擦副是处于干摩擦、边界摩擦、流体摩擦的混合状态，称为混合摩擦。

1.1.2 固体表面的性质

物体的摩擦状态和摩擦种类与物体的表面性质有很大关系，所以在研究摩擦时，必须了解物体表面的性质。

(1) 纯净表面

物体表面不存在任何其他物质的表面称为纯净表面，这种表面只有在实验室的真空条件

下才可以获得，或在其他特殊条件下才能产生。

经过精加工的金属表面，金属原子处于不平衡状态，因而呈现相当活泼的性质，极易吸附其他物质的分子和与其他物质起化学作用。这种纯净的表面摩擦系数一般都很高，同时可能发生黏着作用。

例如，一对经过精加工的相同金属表面相互接触时，其原子间形成很强的金属键。当一个表面上的原子与另一相同的金属表面的原子接近时，其间金属键的吸引力可以达到它们各自与本体金属原子间相同的程度，这时界面上的金属原子就分不清是属于哪一个物体的了，界面上原子间的吸引力大小与接触物体本体内金属原子间的引力相同。实际上，还有许多接合不好的金属原子，称为薄弱区。当金属相对运动时，造成微凸点的塑性流动或热扩散，可能这些薄弱区也连成一体了，这种情况下，金属就发生了转移。

对于两种不同的金属，如金属界面原子间的吸引力大于较弱金属基体内部吸引力，在发生相对运动时，较弱的金属表面将被拉开，而不是在原来的分界面处断开，这个力就是金属间的黏附力。

但是，实际上，金属表面间却没有很强的界面黏附，这主要是由于金属表面还存在一层氧化膜。

(2) 金属表面膜

大多数金属表面是由金属氧化膜构成的，加工后的金属表面有氧化层、表面加工过程中形成的冷硬层和变形层。

(3) 表面粗糙度

经过加工后的金属表面还存在凹凸不平。这种微观的几何形状误差和表面不平的程度就称为表面粗糙度。

由于物体表面的凹凸不平，使两物体的接触表面总是在少数点上接触。实际接触面积是在轮廓接触面积内，各实在接触的微小面积的总和。它比轮廓接触面积要小得多，一般材料在塑性变形范围内、实际接触面积与荷载大小成正比。

1.1.3 摩擦系数的主要影响因素

摩擦系数是表示摩擦材料特性的主要参数之一，它与材料的表面性质、工作介质和环境等因素有关系。

(1) 金属表面氧化膜对摩擦系数的影响

一般情况下，金属表面氧化膜的塑性和机械强度比金属材料差，在摩擦过程中氧化膜先被破坏，又因为氧化膜使金属不发生直接接触，摩擦表面不易出现黏着现象，使摩擦系数降低，磨损减小。所以，在生产中，经常将零件表面涂覆一层软金属，以降低摩擦系数。如钢与钢表面之间，在大气中清洁表面的摩擦系数为 0.78，而钢表面具有氧化膜时只有 0.27；铜与铜的工作表面在上述相同的条件下，其摩擦系数由 1.21 降到 0.76。

(2) 材料性质对摩擦系数的影响

金属间的摩擦系数因配对材料的性质不同而不同。

相同金属或互溶性较大的金属间易发生黏着现象，摩擦系数增大。性质相差较大的金属，不易发生黏着现象。所以，经常在一组摩擦副中选择一方为金属键不强的金属，如铅、铋、铜、铝等。

(3) 温度对摩擦系数的影响

温度对摩擦系数的影响，一般是随着温度的升高，摩擦系数增加。当出现极大值时，温度再升高，摩擦系数下降。

(4) 表面粗糙度对摩擦系数的影响

表面粗糙度直接影响物体的摩擦系数。在一般情况下,表面越光滑,物体的摩擦系数越低。但在粗糙度降低到一定程度后,摩擦系数却随粗糙度的降低而增加。

此外,零件的荷载越大,滑动速度越高,一般摩擦系数也增加。

1.1.4 摩擦机理

(1) 分子-机械理论

分子-机械理论认为:摩擦表面的真实接触面积,在很大的单位压力作用下,表面凸峰相互压入和啮合,同时相互接触的表面分子也有吸引力。因此,摩擦过程就是克服微观表面凸峰的机械啮合和表面分子吸引力的过程。摩擦力就是在这些接触点上由机械啮合作用和分子吸引作用所产生的切向阻力的总和。

(2) 黏着理论

黏着理论认为:金属表面间的摩擦首先是在接触点发生了黏结。当两摩擦表面相对运动时,必须要有足够大的切向力来剪断这些黏结点。另外,较硬的金属表面的微凸体会陷入较软的金属表面内,两表面相对运动时,硬的微凸体会在软的金属表面上犁出沟来。这种黏结、滑动及犁沟的交替进行的过程就是引起摩擦的原因,剪断黏着点和犁沟时所需的切向力就是用来克服的摩擦阻力。

两摩擦面间在一些部位之所以会发生“黏着”,这是因为金属表面压在一起时,仅微凸体的尖端相互接触,由于接触处的面积很小,触点之间的应力很大,大到足以引起接触处的材料产生塑性变形。在接触处产生塑性流动时,摩擦表面的油污、氧化膜、水汽吸附膜等被破坏,暴露出洁净的金属表面。当洁净的两金属表面接触时,表面的原子间会形成较强的金属键结合,便出现了两摩擦表面金属材料的黏着,如图 1-5 所示。

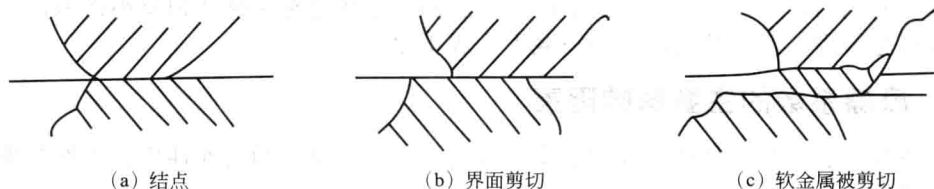


图 1-5 黏着结点的剪切

1.1.5 摩擦与润滑

(1) 干摩擦

干摩擦是指纯净表面直接接触时的摩擦,但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(如氧化膜、水汽吸附膜或其他异物)时的摩擦。这种干摩擦的摩擦系数,对于金属来说,一般为 0.5~1.5,它比纯净金属表面的干摩擦系数小得多。

干摩擦在工程实际中统称为固体摩擦。

当物体在外力的作用下沿与另一物体接触表面滑动时,在界面上产生切向阻力,这个阻力称为滑动摩擦力。这个摩擦力按物体的运动状态又分为静摩擦力和动摩擦力。

两个固体表面直接接触,对一物体施加一切向力,引起物体开始相对滑动时所需的切向力就是最大静摩擦力,保持物体继续运动的力称为动摩擦力。多数情况下,动摩擦力小于最大静摩擦力。

黏着理论认为:最初是两个静接触的表面,在外力作用下产生了运动的趋势。又因为工作表面间尚未润滑,表面上的凸点相互接触,摩擦阻力很大,这个力称为静摩擦力。在滑动

速度很低时,粗糙点的摩擦是不连续的,其摩擦系数也是变动的。当物体的运动速度增加到某一值时,摩擦只出现在粗糙表面的最高点上。在凸点上发生极高的压力,这时摩擦所产生的热能足以使尖点金属熔化,因而产生塑性流动。因为这种摩擦只发生在粗糙表面的最高凸点上,因而摩擦力降低,这个力称为动摩擦力。

两金属固体表面直接接触,并在荷载作用下做相互摩擦运动,其摩擦力由下式确定:

$$F = fW \quad (1-1)$$

式中 F ——滑动摩擦力;

f ——滑动摩擦系数;

W ——法向荷载。

滑动摩擦力与摩擦系数和法向荷载有关,而与接触面积的大小、滑动速度的快慢无关,这一关系称为滑动摩擦定律。

但在实际上,摩擦过程是异常复杂的。对于光滑表面,摩擦力将随表面粗糙度的提高而增大;对很洁净很光滑的表面,由于接触面之间出现强烈的分子吸引力,摩擦力将与接触面积成正比。同时,当滑动速度较大时,摩擦力与速度又存在着一定的关系。

滚动摩擦是一个物体沿另一物体表面滚动时对滚动物体产生的阻碍现象,其性质与滑动不同,滚动摩擦现象更为复杂。在生产实践中,人们认识到:滚动摩擦是以阻力矩的形式起作用,摩擦力是由滚道材料微观滑移、弹性滞后损耗、塑性变形及黏着磨损等决定的。一般来说,变形越大,滚动摩擦力越大。摩擦力矩可用下式确定:

$$M = kW \quad (1-2)$$

式中 M ——滚动摩擦力矩;

W ——法向荷载;

k ——滚动摩擦系数,相当于最大的滚动摩擦力矩的力臂,其大小与接触表面的材料及表面状态等因素有关。

(2) 边界摩擦

在摩擦表面上,存在着一层与介质性质不同的 $0.1\mu\text{m}$ 以下的薄膜(又叫边界膜)时的摩擦称为边界摩擦。

边界摩擦是一种极为普遍的摩擦形式,普通滑动轴承、汽缸与活塞环、凸轮与挺杆等处都存在边界润滑,它比干摩擦具有较低的摩擦系数,能有效地减少机器零件的磨损,延长使用寿命。

当界面存在吸附膜时,吸附在金属表面的极性分子形成定向排列的分子栅,即是单分子层吸附膜或多分子层吸附膜。当单分子层吸附膜达到饱和时,极性分子紧密排列,分子间的内聚力使吸附膜具有一定的承载能力,能够有效地防止两摩擦表面直接接触。摩擦副滑动时,表面的吸附膜如两把毛刷相互滑动一样,从而降低摩擦系数,起到润滑和减少磨损的作用,如图 1-6 所示。

(3) 流体摩擦

摩擦副的两摩擦表面被一层具有一定厚度(一般为 $1.5\sim 2\mu\text{m}$)的黏性流体完全分开,由流体的压力平衡外荷载的摩擦状态称为流体摩擦。由于两摩擦表面不是直接接触,两表面相对运动时,只在流体分子间发生摩擦,因而流体润滑的摩擦性质完全决定于流体的黏性而与两摩擦表面的材料无关。流体润滑具有摩擦阻力小、摩擦系数低、改善摩擦副动态性能、降低磨损等特点。因此,在滑动轴承、滚动轴承、齿轮传动等摩擦副中得到广泛的应用。

依据流体润滑膜压力的产生方式,流体润滑可以分为流体动压润滑和流体静压润滑。在工程技术中经常用到的是流体动压润滑,如图 1-7 所示。图中轴承形成油膜的厚度及支承能力取决于轴的直径、表面粗糙度、形成油楔的形状,轴的转速、荷载的性质和润滑油的黏度等。

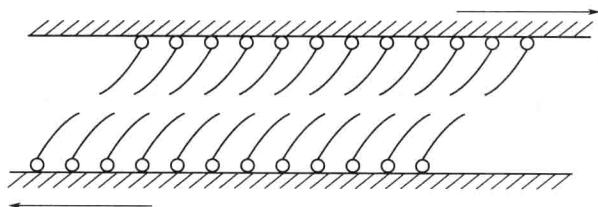


图 1-6 单分子层吸附膜的润滑模型

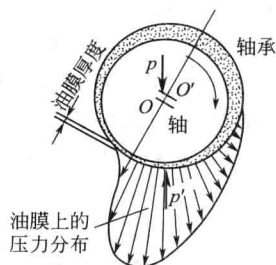


图 1-7 滑动轴承流体动压润滑原理

一般来说，液体润滑的效果比较稳定。但是当轴承的工作温度过高，使润滑油黏度下降，转速和荷载波动很大的情况下，油膜的承载能力就下降。特别是起动，停车的过渡过程，不可避免的要使油膜破坏，甚至发生干摩擦现象。

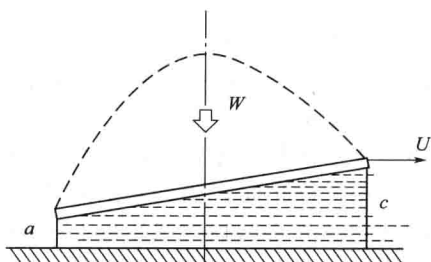


图 1-8 楔形油膜的形成

图 1-8 表示一对摩擦副，底板是固定的，另一平面物体以速度 U 做相对滑动。它们之间形成楔形油膜，由于润滑油完全附着在零件表面上，可认为运动物体表面上润滑油的速度为 U ，而固定底板表面上润滑油的速度为零。同时由于油膜很薄，可以认为润滑油的流动是层流。而且各不同断面润滑油的流量是相同的。

润滑油从断面 c 处进入油楔而从断面 a 处通过，则润滑油膜对物体产生相当大的压力，使运动物体抬起。这个油楔压力的合力与运动物体重量相平衡。油压的大小决定于润滑油的黏度和运动的相对速度。

(4) 混合摩擦

综上所述，将物体的摩擦分为液体摩擦、边界摩擦、干摩擦，只是为了论述的方便，实际上在工作中这三种摩擦是混合存在的。除特殊设计外，都是混合摩擦，混合摩擦的摩擦系数决定于各种摩擦所占的比例。

在车辆装备中，有许多摩擦副（如活塞环与汽缸壁、啮合齿轮、曲轴与轴承、齿轮轴与轴承等）都可能保持流体摩擦，但有时也难免发生混合摩擦状态。最可能发生混合摩擦的条件是：车辆的起动与停止、往复运动和摆动；荷载或速度急剧变化、单位面积压力很大、温度过高，润滑剂黏度过低以及供油不足等。

摩擦系数变化曲线如图 1-9 所示，这条曲线表示了各种摩擦与润滑油的黏度、摩擦副的运动速度和外荷载之间的关系。纵坐标为摩擦系数 f ，横坐标为 $\mu V/W$ ， μ 为润滑油黏度， V 为摩擦速度， W 为负荷，从曲线的形状可以看出 f 与 $\mu V/W$ 在不同摩擦状态下都接近线性关系。

在 B 处，摩擦系数最低，由 B 到 A 的 $\mu V/W$ 值较大时，摩擦系数缓慢增加，摩擦副保持流体摩擦状态；当负荷 W 及速度 V 稳定不变时， f 与 μ 成正比；由 B 到 C 为部分边界摩擦与流体摩擦共存的阶段， f 由 0.01 上升到 0.15；由 C 到 D 是整个摩擦表面处于边界润滑状态；由 D 到 E 为部分固体摩擦与边界摩擦共存阶段； E 以后全部为固体摩擦。但在实际上，如发动机启动时，曲轴与轴瓦在某种程度上存在着固体、流体、边界三种混合形式的摩

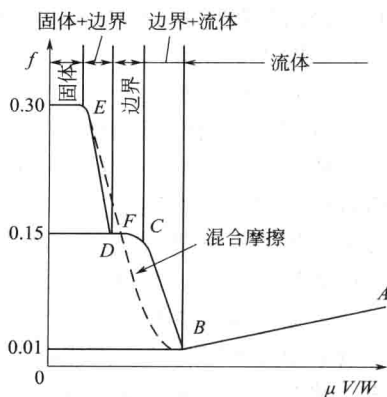


图 1-9 摩擦系数变化曲线

擦, 如图中虚线所示的摩擦状态。

在混合摩擦状态下, 应以流体摩擦和边界摩擦理论为依据, 使用润滑性或油性好的润滑材料, 使表面微凸体接触处呈现边界摩擦状态, 避免干摩擦, 以减少摩擦和磨损。

1.1.6 汽车发动机的润滑系

(1) 润滑原理

润滑的实质是在两个相对运动机件之间送进润滑油形成油膜, 用液体间的摩擦代替固体间的摩擦, 从而减少机件的运动阻力和磨损。

轴与轴承间润滑油膜的形成, 如图 1-10 (a) 所示。轴颈处于充有润滑油的轴承中, 当轴不动时, 由于轴的重力挤压作用, 轴颈与轴承接触处没有润滑油存在。当轴开始顺时针方向转动时, 黏附在轴颈表面的润滑油将随轴一起转动, 并不断被带入右侧的楔形间隙。当润滑油进入楔形间隙时, 受到轴和轴承的挤压而产生抗力。转速越高, 楔形油膜对轴的抗力越大, 当其克服了作用在轴上的外力时, 轴就开始脱离轴承而升起, 并在两者之间产生分离油膜, 继而液体开始摩擦。

同理, 附有润滑油的两机件做直线相对滑动时, 只要机件前部有倒角, 同样也可以产生油楔作用, 使润滑油楔入摩擦表面形成油膜, 如图 1-10 (b) 所示。

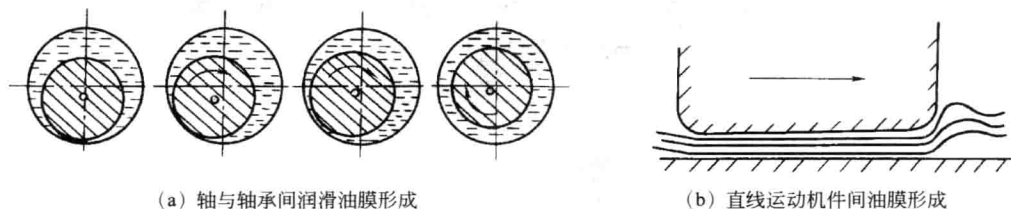


图 1-10 润滑原理示意图

(2) 润滑方式

发动机工作时, 由于各运动机件的工作条件和所承受的荷载及相对运动的速度不同, 所要求的润滑强度也不相同, 因而采用的润滑方式也有所不同。常见的润滑方式有以下几种。

① 压力润滑 就是以一定的压力将油输送到摩擦表面间隙中, 形成油膜保证润滑。曲轴主轴承、连杆轴承、凸轮轴轴承、增压器及摇臂轴等均采用压力润滑。

② 飞溅润滑 是指利用发动机工作时连杆大头、曲轴臂和平衡铁等运动零件, 将油底壳中的机油激溅成细小的油雾, 同时从连杆轴承泄出的机油也被溅洒成细小的油滴, 或经集油孔将油雾、油滴收集并引入摩擦表面而进行的润滑。汽缸壁、配气机构的凸轮、挺杆等均采用飞溅润滑。

③ 定期润滑 发动机辅助系统中的水泵、发电机轴承等, 由于荷载小, 而且摩擦损失不大, 只需定期加注润滑脂润滑。

(3) 润滑系的作用

润滑系的作用就是将清洁的、具有一定压力的、温度和黏度适宜的润滑油送至发动机各摩擦表面进行润滑, 并将各摩擦表面流出的润滑油回收, 经散热和滤清后循环使用。润滑系有如下作用。

- ① 润滑作用 润滑运动零件表面, 减小摩擦阻力和磨损, 减小发动机的功率消耗。
- ② 清洗作用 机油在润滑系内不断循环, 清洗摩擦表面, 带走磨屑和其他异物。
- ③ 散热作用 机油在润滑系内循环可带走摩擦产生的热量, 起散热作用。
- ④ 密封作用 在运动零件之间形成油膜, 提高它们的密封性, 有利于防止漏气或漏油。

⑤ 防锈蚀作用 在零件表面形成油膜，对零件表面起保护作用，防止腐蚀生锈。

⑥ 减振缓冲作用 在运动零件表面形成油膜，吸收冲击并减小振动，起减振缓冲作用。

(4) 润滑系统组成

润滑系统主要由机油泵、机油滤清器、限压阀、机油散热器、油管及油道、机油压力表、机油温度表和量油尺等机件组成，如图 1-11 所示。

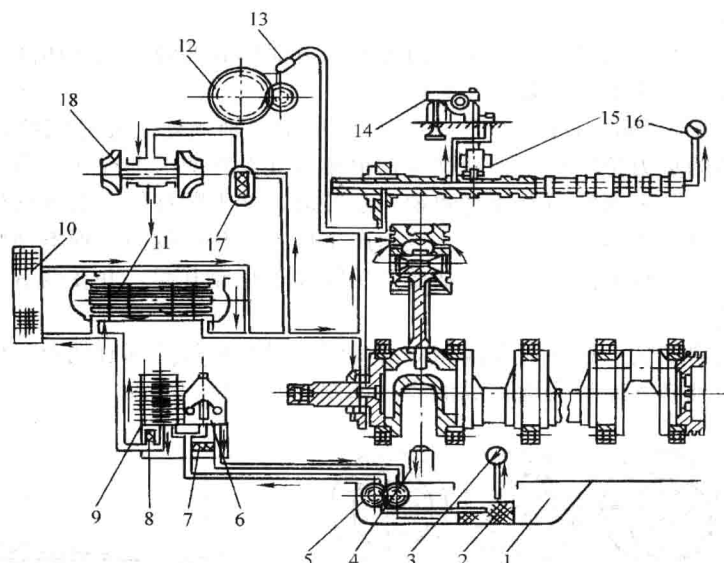


图 1-11 润滑系统的组成

1—油底壳；2—集滤器；3—机油温度表；4—加油管；5—机油泵；6—离心式细滤器；7—限压阀；8—旁通阀；9—粗滤器；10—风冷式机油散热器；11—水冷式机油散热器；12—正时齿轮系；13—喷嘴；14—摇臂；15—气门挺杆；16—机油压力表；17—机油滤清器；18—涡轮增压器

(5) 发动机润滑油路

图 1-12 为 WD615 发动机的润滑油路，其润滑途径如图 1-13 所示。

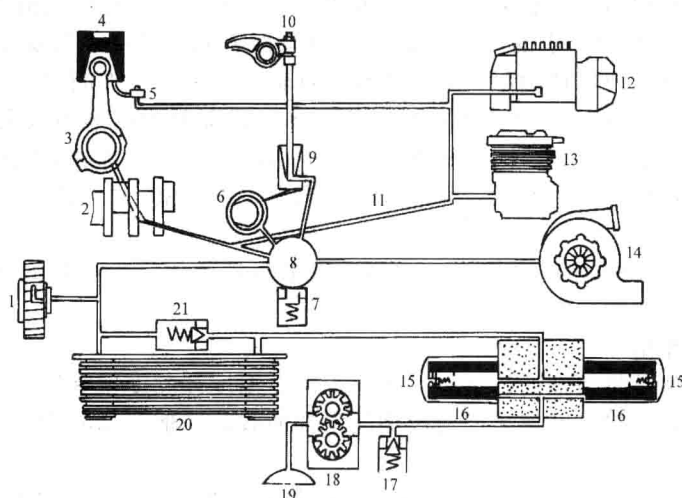


图 1-12 WD615 发动机的润滑油路

1—中间齿轮；2—曲轴；3—连杆；4—活塞；5—机油喷嘴；6—凸轮轴；7—主油道限压阀；8—主油道；9—挺杆；10—摇臂；11—副油道；12—喷油泵；13—空气压缩机；14—增压器；15—机油滤清器旁通阀；16—机油滤清器；17—机油泵限压阀；18—机油泵；19—集滤器；20—机油散热器；21—机油散热器旁通阀