



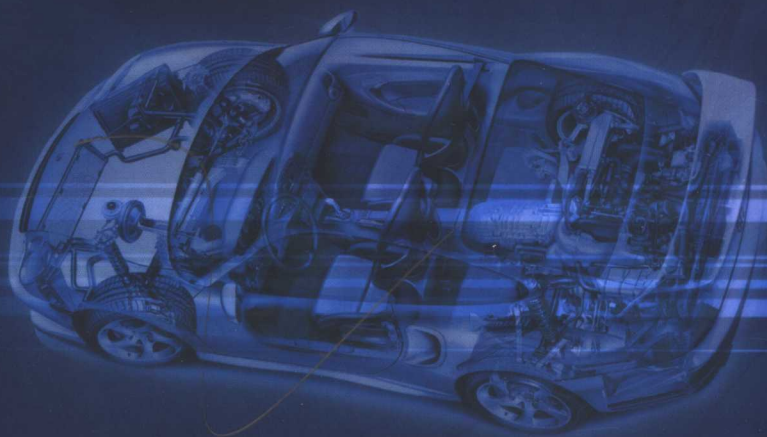
21世纪高等学校教材

普通高等教育“十一五”汽车类专业(方向)规划教材

(下册)

汽车构造

主 编 臧 杰 阎 岩



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

QI CHE GOU ZAO

21 世纪高等学校教材

普通高等教育“十一五”汽车类专业（方向）规划教材

汽车构造

（下 册）

主 编	臧 杰	阎 岩	
参 编	徐 斌	余文明	张正芳
	徐锐良	张德生	高志彬
	戴耀辉	廖文俊	
主 审	关文达		



机械工业出版社

本书以轿车为主,系统阐述现代汽车的构造和工作原理,突出了现代汽车中电子控制汽油喷射系统、可变配气正时及气门升程的电控系统、新一代高压共轨电喷柴油机、电子点火系统、无分电器点火系统、电控自动变速器、电控悬架、四轮转向系统、ABS 防抱死制动系统和驱动防滑系统等成熟的新结构、新技术、新工艺、新材料和新标准的介绍,并有典型实例应用的说明。全书内容分上、下两册。上册为总论和(第一~十章)汽车发动机;下册为(第十一~二十四章)汽车传动系统,汽车行驶系统,汽车转向与制动系统,汽车车身、仪表、照明及附属装置。

本书为面向应用型人才培养的本科汽车类各专业(车辆工程专业、汽车检测与维修、汽车运用工程及汽车营销等专业)教材,高职高专亦可采用,也可供汽车工业部门和汽车运输、检测、维修部门的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车构造. 下册/臧杰, 阎岩主编. —北京: 机械工业出版社, 2005.8
21 世纪高等学校教材. 普通高等教育“十一五”汽车类专业(方向)
规划教材

ISBN 7-111-17261-2

I. 汽... II. ①臧...②阎... III. 汽车—构造—高等学校—教材
IV. U463

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 096183 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 赵爱宁 冯春生

责任编辑: 冯春生 版式设计: 张世琴 责任校对: 陈延翔

封面设计: 王伟光 责任印制: 石 冉

北京中兴印刷有限公司印刷

2005 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm $1/16$ · 16 印张 · 390 千字

定价: 24.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

本社购书热线电话(010) 68326294

封面无防伪标均为盗版

普通高等教育汽车类专业 (方向)
教材编审委员会

主 任:	北京理工大学	林 逸
副主任:	黑龙江工程学院	齐晓杰
	湖北汽车工业学院	陶健民
	扬州大学	陈靖芯
	西华大学	黄海波
	机械工业出版社	邓海平
委 员:	吉林大学	方泳龙
	吉林大学	刘玉梅
	北京航空航天大学	高 峰
	同济大学	陈永革
	上海交通大学	喻 凡
	上海大学	何忱予
	哈尔滨理工大学	徐 雳
	武汉理工大学	张国方
	山东理工大学	邹广德
	山东交通学院	李祥贵
	燕山大学	韩宗奇
	长沙理工大学	张 新
	青岛理工大学	卢 燕
	河南科技大学	张文春
	南京工程学院	贺曙新
	淮阴工学院	刘远伟
秘 书:	机械工业出版社	赵爱宁
	机械工业出版社	冯春生

序

汽车被称为“改变世界的机器”。由于汽车工业具有很强的产业关联度，因而被视为一个国家经济发展水平的重要标志。近10年来，我国汽车工业快速而稳步发展，汽车产量年均增长15%，是同期世界汽车产量增长量的10倍。汽车工业正在成为拉动我国经济增长的发动机。汽车工业的繁荣，使汽车及其相关产业的人才需求量大幅度增长。与此相应地，作为人才培养主要基地的汽车工业高等教育也得到了长足发展。据不完全统计，迄今全国开办汽车类专业的高等院校已达百余所。

从未来发展趋势看，打造我国自主品牌、开发核心技术是我国汽车工业的必然选择，但当前我国汽车工业还处在以技术引进、加工制造为主的阶段，这就要求在人才培养时既要具有前瞻性，又要与我国实际情况相结合。要在注重培养具有自主开发能力的研究型人才的同时，大力培养知识、能力、素质结构具有鲜明的“理论基础扎实，专业知识面广，实践能力强，综合素质高，有较强的科技运用、推广、转换能力”特点的应用型人才。这也意味着对我国高等教育的办学体制、机制、模式和人才培养理念等提出了全新的要求。

为了满足新形势下对汽车类高等工程技术人才培养的需求，在中国机械工业教育协会机械工程及自动化学科教学委员会车辆工程学科组的领导下，成立了教材编审委员会，组织制定了多个系列的普通高等教育规划教材。其中，为了解决高等教育应用型人才培养中教材短缺、滞后等问题，组织编写了“普通高等教育‘十一五’汽车类专业（方向）规划教材”。

本系列教材在学科体系上适应普通高等院校培养应用型人才的需求；在内容上注重介绍新技术和新工艺，强调实用性和工程概念，减少理论推导；在教学上强调加强实践环节。此外，本系列教材将力求做到：

1) 全面性。目前本系列教材包括汽车设计与制造、汽车运用与维修、汽车服务工程、物流工程等专业方向，今后还将扩展专业领域，更全面地涵盖汽车类专业方向。

2) 完整性。对于每一个专业方向，今后还将继续根据行业变化对教学提出的要求填平补齐，使之更加完善。

3) 优质性。在教材编审委员会的领导下，继续优化每一本教材的规划、编审、出版和修订过程，让教材的生产过程逐步实现优质和高效。

4) 服务性。根据需要，为教材配备CAI课件和教学辅助教材，召开新教材讲习班，在相应网站开设研讨专栏等。

相信本系列教材的出版将对我国汽车类专业的高等教育产生积极的影响,为我国汽车行业应用型人才培养模式作出有益的探索。由于我国汽车工业还处于快速发展阶段,对人才不断提出新的要求,这也就决定了高等教育的人才培养模式和教材建设也处于不断变革之中。我们衷心希望更多的高等院校加入本系列教材建设的队伍中来,使教材体系更加完善,以更好地为高等教育培养汽车专业人才服务。

中国汽车工程学会 常务理事
中国机械工业教育协会
车辆工程学科 副主任
林 逸

前 言

本书是经全国普通高等教育汽车类专业（方向）教材编审委员会审定的，为适应近年来我国汽车工业及汽车运用市场的高速发展，满足对汽车类高等工程技术人才培养的需求，解决应用型汽车类人才培养本科教学中教材短缺、滞后等问题，参考各应用型本科学校汽车类专业（方向）教学大纲而编写的规划教材。

本书以轿车为主，通过采用大量立体图、实物图及简图深入浅出地介绍了整车及各个系统、零部件的构造和工作原理。紧密结合现代汽车中成熟的新结构、新工艺、新材料、新标准、新技术，突出了对现代汽车中电子控制汽油喷射系统、可变配气正时及气门升程的电控系统、新一代高压共轨电喷柴油机、电子点火系统、无分电器点火系统、电控自动变速器、电控悬架、四轮转向系统、ABS防抱死制动系统和驱动防滑系统等知识的介绍。每一部分都有应用车型举例、相关的调整方法介绍，在一定的理论基础上，注重体现工程实践环节和应用性。与教材配套的光盘，提供大量文本、彩图、动画和视频，形象生动地展示了现代汽车构造与工作原理，可供教师教学与学生自学。本书配有相应的实训教材《汽车构造实习指导》（臧杰，阎岩主编），力图培养学生理论联系实际的能力和实际操作能力。

本书力求做到文字准确、简练、流畅、符合规范要求，插图正确，文图配合恰当，内容阐述循序渐进，富有启发性，并便于自学。

本书分上、下册，内容包括总论及两篇共24章，由臧杰、阎岩担任主编，全书由臧杰统稿，关文达担任主审。编写组成员（分工）是：臧杰（总论、第四、五、二十一章）、张德生（第一、六、十一章和附录）、张正芳（第二章）、戴耀辉（第三、七章）、徐斌（第八、九章）、廖文俊（第十二、十三章）、余文明（第十四、十五章）、徐锐良（第十六、二十三、二十四章）、高志彬（第十、十七、十八、十九、二十章）、阎岩（第二十二章）。

由于水平有限，殷切期望广大读者对书中误漏之处，予以批评指正。

编 者

目 录

序		第十八章 车架	109
前言		第一节 边梁式车架	109
第十一章 汽车传动系统	1	第二节 中梁式车架	110
思考题	4	第三节 综合式车架和承载式车身	111
第十二章 离合器	5	思考题	112
第一节 概述	5	第十九章 车桥和车轮	113
第二节 摩擦离合器的构造	10	第一节 车桥	113
第三节 离合器操纵机构	16	第二节 车轮与轮胎	119
思考题	19	思考题	127
第十三章 手动变速器与分动器	20	第二十章 悬架	128
第一节 概述	20	第一节 概述	128
第二节 齿轮变速器的变速传动机构	22	第二节 弹性元件和减振器	129
第三节 同步器	27	第三节 非独立悬架	134
第四节 变速器操纵机构	32	第四节 独立悬架	137
第五节 分动器	35	第五节 电子控制悬架	140
思考题	36	思考题	145
第十四章 汽车自动变速器	37	第二十一章 汽车转向系统	146
第一节 概述	37	第一节 概述	146
第二节 液力变矩器	39	第二节 转向器、转向操纵机构和转向传动机构	149
第三节 液力机械变速器	45	第三节 动力转向系统	156
第四节 自动变速器的操纵和控制	62	第四节 电子控制动力转向系统	162
系统	62	第五节 四轮转向系统	165
思考题	77	思考题	170
第十五章 万向传动装置	78	第二十二章 汽车制动系统	171
第一节 概述	78	第一节 概述	171
第二节 万向节	79	第二节 制动器	172
第三节 传动轴和中间支承	84	第三节 驻车制动系统	187
思考题	86	第四节 制动传动装置	188
第十六章 驱动桥	87	第五节 制动力调节装置	209
第一节 概述	87	思考题	221
第二节 主减速器	88	第二十三章 汽车车身	222
第三节 差速器	94	第一节 概述	222
第四节 半轴与桥壳	103	第二节 轿车车身	224
思考题	105	第三节 货车车身	225
第十七章 汽车行驶系统	107	第四节 客车车身	228
思考题	108	第五节 车门、车窗及附件	229

第六节 座椅	231	第二节 汽车仪表	235
思考题	232	第三节 汽车的附属设备和装置	237
第二十四章 汽车照明、仪表及附属		思考题	242
设备	233	参考文献	243
第一节 汽车照明及信号装置	233		

第十一章 汽车传动系统

一、传动系统的功用与组成

汽车传动系统的基本功用是将发动机发出的动力传给驱动车轮，使汽车行驶。

常见的机械式传动系统的组成及布置形式如图 11-1 所示，发动机发出的动力经过离合器 1、变速器 2、由万向节 3 和传动轴 8 组成的万向传动装置以及安装在驱动桥 4 中的主减速器 7、差速器 5 和半轴 6 传到驱动轮。

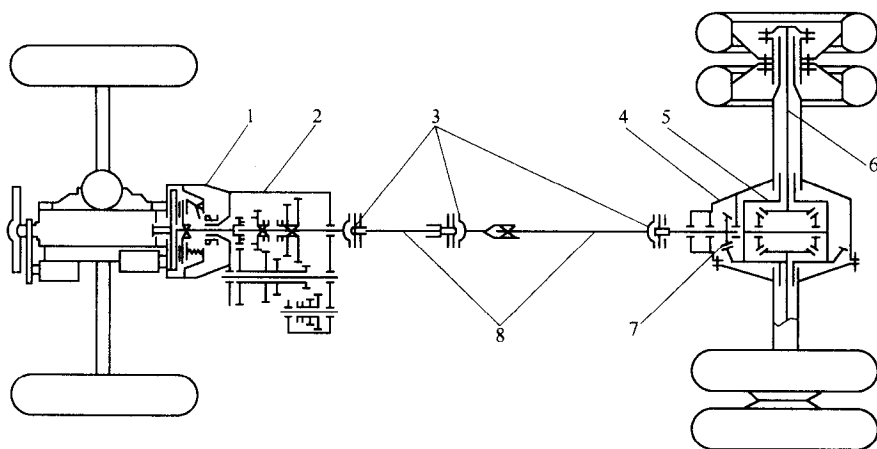


图 11-1 机械式传动系统的组成及布置

1—离合器 2—变速器 3—万向节 4—驱动桥 5—差速器 6—半轴 7—主减速器 8—传动轴

传动系统应具有如下功用。

1. 减速与变速

汽车起步与驱动，要求作用在驱动轮上的驱动力足以克服各种外界的阻力，如地面对车轮滚动的阻力、空气对车身的阻力等。汽车发动机发出的转矩若直接传给车轮，所得到的驱动力很小，不足以驱动汽车运动；另一方面，发动机的转速较高，一般在每分钟数千转，这一转速直接传到驱动轮上，汽车将达到几百公里的时速，这样高的车速既不实用，也不可能。因此，要求传动系统应具有降速增矩的作用，使驱动轮的转速降低到发动机转速的若干分之一，相应地使驱动轮的转矩增大到发动机转矩的若干倍。一般把驱动轮得到的转矩与发动机的输出转矩之比（或发动机转速与驱动轮转速之比）称为传动系统的传动比。

汽车在使用过程中，其使用条件要求车速和驱动力在很大的范围内不断变化，而发动机的有利转速范围很窄，为了使发动机能保持在有利转速范围内工作，而驱动力和转速又可以在足够大的范围内变化，应当使传动系统的传动比能在最大值与最小值之间变化，即传动系统应有变速的功用。因此在传动系统中设置主减速器 7 和变速器 2 以满足上述要求。

2. 实现汽车倒驶

汽车除了前进以外,在某些情况下还需要倒向行驶,而发动机是不能反向旋转的,这就要求传动系统能够改变驱动轮的转动方向,以实现汽车的倒向行驶,一般是在变速器中设置一个倒挡。

3. 中断传动

在起动发动机后、汽车行进中换挡以及对汽车进行制动时,要暂时切断动力的传递路线,为满足此要求,在发动机与变速器之间设置一个可由驾驶员控制的离开或接合的机构,称为离合器。另外在变速器中设置空挡,即各挡位齿轮都处于非传动状态,满足汽车在发动机不停止转动时能较长时间中断动力的传递。

4. 差速

汽车在转弯行驶时,左右驱动车轮在同一时间内滚过的距离不同,如果两侧的驱动轮用一根刚性轴驱动,则两轮转动的角速度必然相同,因而在汽车转弯时必然产生车轮相对地面滑动的现象,这将使转向困难,汽车的动力消耗增加,传动系统内部某些零件和轮胎磨损加剧。为避免这些情况的出现,在驱动桥内安装了差速器,使左右驱动车轮以不同的角速度旋转。动力由主减速器传到差速器,由差速器分配给左、右半轴,最后传到驱动轮上。

二、传动系统的类型及布置形式

汽车传动系统按结构和传动介质的不同,可分为机械式、液力机械式、静液式(容积液压力式)和电力式等。机械式传动系统的组成布置前面已经做了介绍,下面简要介绍其他三种类型传动系统的特点。

液力机械式传动系统的特点是将液力传动与机械传动有机地组合起来。液力传动是以液体为传动介质,利用液体在主动元件和从动元件之间的循环流动过程中的动能的变化来传递动力。液力传动装置有液力变矩器和液力耦合器两种,一般采用液力变矩器串联一个有级式机械变速器组成的液力机械式变速器,取代机械式传动系统中的离合器和变速器。这种传动系统能根据道路阻力的变化,自动地在若干个车速范围内分别实现无级变速,而且其中的有级式机械变速器还可以实现自动或半自动操纵,因而可使驾驶员的操作大为简化。缺点是结构较复杂、造价较高、机械效率较低等。因此,目前除了在高级轿车和重型汽车上采用较多以外,中级以下轿车和一般载货汽车采用较少。

静液式传动系统又称容积式液压传动系统(图 11-2),它是通过液体传递介质的静压力能的变化来传递动力的,主要由发动机驱动的液

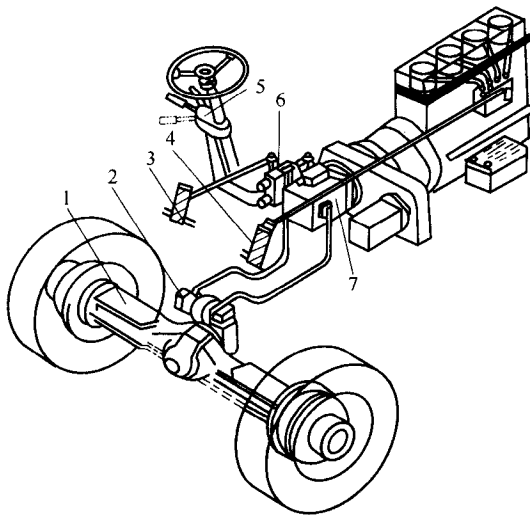


图 11-2 静液式传动系统

1—驱动桥 2—液压马达 3—制动踏板 4—加速踏板
5—变速操纵杆 6—液压自动控制装置 7—液压泵

压泵 7、液压马达 2 和液压自动控制装置 6 等组成。发动机输出的动力（机械能）通过液压泵转换成液压能，然后再由液压马达重新又转换为机械能，驱动车轮转动。在图 11-2 所示的方案中，只用一个液压马达 2 将动力传给主减速器，再经差速器和半轴传到驱动轮。还有一种方案是在每个驱动轮上都装有一个液压马达，由控制系统来决定各驱动轮的转动，这时可以去掉主减速器、差速器和半轴等传动部件。这种传动系统的机械效率低，造价高，使用不可靠，因此目前还处于研究之中。

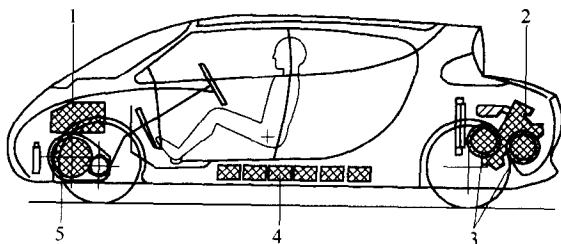


图 11-3 电力式传动系统

1—电动机控制器 2—发动机 3—发电机
4—电池 5—牵引电动机

电力式传动系统（图 11-3）的组成和布置与静液式传动系统类似，其主动部件是由发动机 2 驱动的发电

电机 3，从动部件是牵引电动机 5。牵引电动机发出的动力经传动轴、主减速器传到驱动轮；也可以在每个驱动轮上单独安装电动机，电动机发出的动力也要经过一套减速机构才能传给驱动轮，目的是降速增矩，这套减速机构称为轮边减速器。

汽车传动系统的布置形式根据汽车的使用要求可以有多种，如图 11-4 所示。

(1) 发动机前置、后轮驱动（FR 方式） 这种形式是典型的传动系统布置形式，如图 11-1 所示。优点是前后轮质量分配比较理想。缺点有传动轴长，车重增加。多应用在大、中型载货汽车上。

(2) 发动机前置、前轮驱动（FF 方式） 这种形式的优点是有助于提高汽车高速行驶的操纵稳定性。主要应用在微型和中级轿车上，中、高级轿车上的应用也日渐增多。

(3) 发动机后置、后轮驱动（RR 方式） 这种形式的优点是容易做到汽车总质量在前、后车轴之间的合理分配，车厢内噪声低，空间利用率高。缺点是发动机散热条件差，离合器、变速器的操纵机构都较差。在大、中型客车上广泛应用，少数轿车和微型车也有采用。

(4) 发动机中置、后轮驱动（MR 方式） 这种形式的优缺点介于 FF 和 RR 之间。赛车普遍采用。

(5) 全轮驱动（4WD 方式） 这种布置方式可充分利用所有车轮与地面的附着条件，以

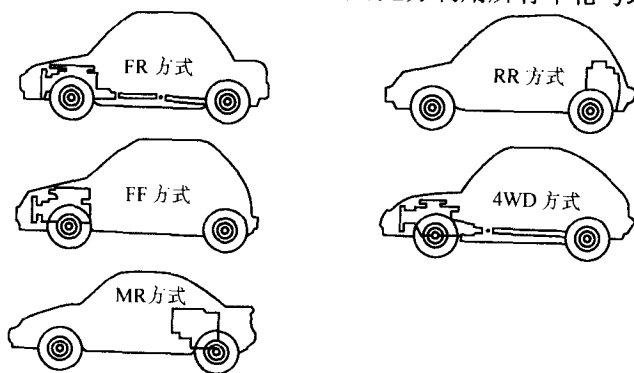


图 11-4 汽车传动系统布置形式

获得尽可能大的驱动力。越野汽车均采用此种形式。

思考题

1. 汽车传动系统的基本功用是什么？
2. 汽车传动系统有几种类型？各有什么特点？
3. 越野汽车传动系统 4×4 的意思是什么？它与普通汽车传动系统 4×2 相比，有哪些不同？

第十二章 离 合 器

第一节 概 述

一、功用

离合器通常装在发动机与变速器之间，其主动部分与发动机飞轮相连，从动部分与变速器相连。在驾驶汽车的实践过程中，我们体会到：汽车挂挡起步时，左脚逐渐抬起离合器踏板，右脚逐渐踏下加速踏板使发动机供油量增大，才能使汽车缓缓起步。换挡时，只有将离合器踏板踏下后，才有可能避免齿轮轮齿的撞击；紧急制动时若来不及踩离合器踏板时，发动机和传动系统都受到很大冲击，但发动机与传动系统的机件并没有因此而过载损坏。

这些现象恰好说明了离合器的具体功用。

1. 使发动机与传动系统逐渐接合，保证汽车平稳起步

汽车由静止到行驶的过程，其速度应由零逐渐增大。

如果传动系统与发动机之间没有离合器，而是刚性地连接，汽车起步时，驾驶员将传动系统的变速器挂入一定的工作挡位，静止的汽车在突然接上动力的瞬间将会猛烈前冲，产生很大的惯性力。发动机在这一惯性力的作用下，转速急剧下降到最小稳定转速 $300\sim 500\text{r/min}$ 以下，而导致发动机熄火。这样，汽车将不能起步。

在发动机与传动系统之间装有离合器，则汽车在起步前，驾驶员先踏下离合器踏板，使发动机与传动系统分开，待挂上适当的挡位后，再慢慢抬起离合器踏板，同时，逐渐加大加速踏板开度增加发动机的输出转矩，离合器所能传递的转矩也就逐渐地增大，于是发动机的转矩便可由小到大地逐渐传给传动系统。当驱动力足以克服行驶阻力时，汽车便由静止开始缓慢地逐渐加速，实现汽车平稳起步。

2. 暂时切断发动机与传动系统的联系，便于发动机的起动和变速器平顺换挡

发动机在冷起动时，让离合器切断发动机与传动系统的联系，就可除去部分阻力，有利于提高起动转速，提高起动成功率。

在汽车行驶过程中，为了适应不断变化的行驶条件，传动系统经常要换用不同挡位工作，实现齿轮式变速器的换挡，即将原用挡位的某一齿轮副退出传动，再使另一挡位的齿轮副进入工作。在换挡前也必须踩下离合器踏板，中断动力传递，便于使原用挡位的齿轮副脱开，换入新挡位。

3. 限制所传递的转矩，防止传动系统过载

当汽车进行紧急制动时，若没有离合器，则发动机将因和传动系统刚性相连而急剧降低转速，因而其中所有零件将产生很大的惯性力矩（其数值可能大大超过发动机正常工作时所发出的最大转矩），对传动系统造成超过其承载能力的载荷，而使其机件损坏。有了离合器，一方面在紧急制动时，可先踏下离合器踏板，使发动机与传动系统分离，解除了它们之间的

相互作用；另一方面即使来不及先踏下离合器踏板，当惯性力矩超过了离合器允许的最大摩擦力矩时，离合器主、从动部分就相对滑转以消除这一危险。从而防止传动系统过载，起到一定的保护作用。

二、对离合器的要求

根据离合器的功用，它应满足下列主要要求：

- 1) 具有合适的储备能力。既能保证传递发动机最大转矩又能防止传动系统过载。
- 2) 接合平顺柔和，以保证汽车平稳起步。
- 3) 分离迅速彻底，便于换挡和发动机起动。
- 4) 具有良好的散热能力。由于离合器接合过程中，主、从动部分有相对的滑转，在使用频繁时会产生大量的热量，如不及时散出，会严重影响其使用寿命和工作的可靠性。
- 5) 操纵轻便，以减轻驾驶员的疲劳。
- 6) 从动部分的转动惯量应尽量小，以减小换挡时的冲击。

三、离合器的类型

汽车离合器有摩擦离合器、液力耦合器、电磁离合器等几种。液力耦合器将在第十四章中介绍。

电磁离合器靠线圈的通断来控制离合器的接合与分离。如在主动与从动件之间放置磁粉，则可以加强两者之间的接合力，这样的离合器称为磁粉式电磁离合器。

摩擦离合器因其结构简单、性能可靠、维修方便，目前为绝大部分汽车所采用。

四、摩擦离合器的工作原理

1. 离合器的组成

如图12-1所示，离合器由主动部分、从动部分、压紧装置、分离机构和操纵机构五部分组成。

离合器盖6用螺钉固定于飞轮4上，压盘5沿圆周上的凸起伸入离合器盖的窗孔中，并可沿窗孔作轴向滑动。曲轴旋转时，通过飞轮、离合器盖带动压盘一起转动，构成离合器的主动部分。双面带摩擦衬片17的从动盘3是从动部分，通过滑动花键套在从动轴2（变速器输入轴）上，轴前端通过轴承支承于曲轴1后端的中心孔内。沿圆周均布的压紧弹簧16装在离合器盖和压盘之间，把压盘和从动盘压向飞轮。分离轴承9和分离套筒压装成一体，松套在从动轴上。分离杠杆7外端和中部分别铰接于压盘和离合器盖上。分离杠杆到分离叉11是分离机构，从踏板12到分离叉是操纵机构。

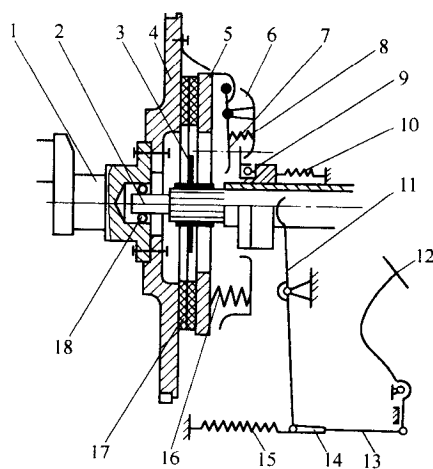


图 12-1 摩擦离合器的基本组成与工作原理示意图

- 1—曲轴 2—从动轴 3—从动盘 4—飞轮 5—压盘
6—离合器盖 7—分离杠杆 8—弹簧 9—分离轴承
10、15—回位弹簧 11—分离叉 12—踏板
13—拉杆 14—杠杆调节叉 16—压紧弹簧
17—从动盘摩擦片 18—轴承

分解图如图 12-2 所示。

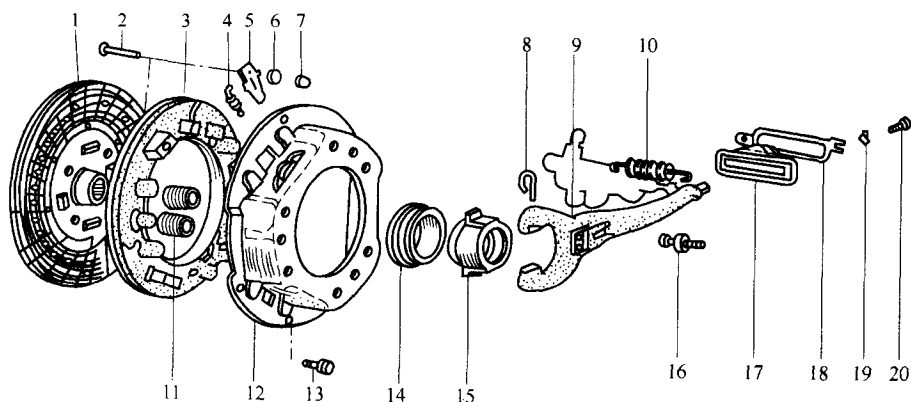


图 12-2 单片螺旋弹簧式离合器

- 1—离合器从动盘 2—分离杆螺栓 3—压盘 4—分离杆弹簧 5—分离杠杆 6、19—垫圈 7—螺母
8—分离套筒销 9—分离叉 10—分离叉回位弹簧 11—压紧弹簧 12—离合器盖 13、20—螺栓
14—分离轴承 15—分离套筒 16—分离叉支架销 17—分离叉套 18—分离叉套平板

2. 离合器的工作原理

(1) 接合状态 离合器接合状态时，弹簧将压盘、飞轮及从动盘互相压紧。发动机的转矩经飞轮及压盘通过摩擦面的摩擦力矩传至从动盘，再经从动轴向传动系统输出。

(2) 分离过程 踏下踏板时，拉动分离叉下端向右（后）移动，通过分离轴承便拉动压盘向后移动，使其在进一步压缩压紧弹簧的同时，解除对从动盘的压力。于是离合器的主从动部分处于分离状态而中断动力的传递。

(3) 接合过程 当需要恢复动力的传递时，缓慢地抬起离合器踏板，拉动分离叉下端向左（前）移动，带动分离轴承向左（前）移动，压盘便在压紧回位弹簧作用下逐渐压紧从动盘，并使所传递的转矩逐渐增大。当所能传递的转矩小于汽车起步阻力时，汽车不动，从动盘不转，主、从动摩擦面间完全打滑；当所能传递的转矩达到足以克服汽车开始起步的阻力时，从动盘开始旋转，汽车开始移动，但仍低于飞轮的转速，即摩擦面间仍存在着部分打滑的现象。再随着压力的不断增加和汽车的不断加速，主、从动部分的转速差逐渐减小，直到转速相等滑摩现象消失，离合器完全接合为止，接合过程即结束。由上可知，汽车平稳起步是靠离合器逐渐接合过程中滑摩程度的变化来实现的。

接合后，在回位弹簧的作用下，踏板回到最高位置，分离叉下端回至最左端位置。分离轴承则在回位弹簧的作用下回至最端位置。

由于离合器接合过程中存在着滑摩现象，从动盘、压盘和飞轮长期使用磨损后，压盘会向前（飞轮方向）移动，分离轴承及分离叉也要相应向前移动。如果安装时分离叉下端与分离轴承间不留间隙，则磨损后分离叉下端将由于压在分离轴承上而不能自由地后移，使外端牵制压盘不能前移，从而不能压紧从动盘。这将造成离合器打滑，不能保证传递发动机的最大转矩，摩擦副和分离轴承也会很快磨损和烧坏。因此离合器在接合状态下，分离杠杆内端与分离轴承间应留有一个自由间隙，为了保证自由间隙值，踏板自由行程都是可以调整的，这个自由间隙反映到离合器踏板上使踏板产生一个空行程，称之为踏板自由行程。

摩擦离合器是靠摩擦传递动力, 其所能传递的最大转矩取决于摩擦面间的最大静摩擦力矩, 而最大静摩擦力又由摩擦面间最大压紧力和摩擦面尺寸及性质决定。离合器除了在结构与尺寸上保证传递最大转矩外, 设计时还考虑到离合器在使用过程中因摩擦因数的下降、摩擦件磨损变薄和弹簧本身的疲劳致使弹力下降等因素的影响, 造成离合器所能传递的最大转矩下降, 因此离合器所能传递的最大转矩 $M_{fe\max}$ 应适当地高于发动机的最大转矩 $M_{e\max}$, 其间的关系为

$$M_{fe\max} > M_{e\max}$$

$$M_{fe\max} = \mu F_Q R_c Z = \beta M_{e\max}$$

式中, $M_{fe\max}$ 为离合器传递的最大转矩; μ 为摩擦因数; F_Q 为压盘对摩擦片的总压力; R_c 为摩擦片的平均摩擦半径; Z 为摩擦面数; $M_{e\max}$ 为发动机的最大有效转矩; β 为离合器后备系数。

轿车及轻型货车 $\beta = 1.25 \sim 1.75$

中型及重型载货汽车 $\beta = 1.60 \sim 2.25$

带拖挂的重型载货汽车及牵引车 $\beta = 2.0 \sim 4.0$

但后备系数也不宜过高, 以便在紧急制动时, 能通过滑转来防止传动系统过载。

离合器传递的转矩 $M_t = \mu F_Q R_c Z$, 其中摩擦因数 μ 受材料、温度、表面状况、相对滑摩速度影响; 压紧装置产生的正压力 F_Q , 受单位面积、许用应力的限制; 摩擦面的平均半径 R_c , 受飞轮尺寸限制; 故对于一定结构的离合器来说, 静摩擦力矩是一个定值。输入转矩一旦超过此值, 则离合器将打滑, 因而限制了传动系统所受转矩, 防止超载。

五、几个要注意的问题

理解离合器的工作原理, 要注意以下几个问题。

1. 压盘的传力、导向和定心

在主动件中, 压盘是靠离合器盖(或飞轮)来驱动的, 并能作一定量的轴向移动, 但在移动过程中不允许产生径向位移。这些问题都是由离合器盖(或飞轮)对压盘的驱动部位来解决的。因此, 驱动部位具有传力、导向和定心的作用。驱动部位的形式有离合器盖和压盘的窗孔与凸台、传动片、传动销等, 应用较广泛的是传动片式。

2. 压紧弹簧的三次压缩

离合器在接合状态下, 压紧弹簧应有足够的压紧力, 以保证传递发动机的最大转矩。

第一次压缩——离合器总成装配时。

第二次压缩——离合器总成和从动盘安装在飞轮上, 即离合器处于接合状态。

第三次压缩——离合器处于分离状态。离合器在接合状态时, 压紧弹簧不能压死, 否则会造成分离不彻底。

3. 离合器分离时曲轴的窜动

在离合器分离过程中, 分离轴承通过分离杠杆内端对离合器、飞轮和曲轴这一组合件整体向前施加一个轴向推力, 将使曲轴向前窜动。这一轴向力经曲轴传至曲轴止推轴瓦(片)。这就是曲轴需要轴向定位和曲轴止推轴瓦后片磨损严重的主要原因。

由此可知, 若曲轴轴向窜动量过大, 会严重影响分离杠杆的有效行程, 造成离合器不能彻底分离。