

高等学校国家级特色专业
——车辆工程专业系列教材



QI CHE GOU ZAO

主 编◎卢剑伟 主 审◎羊拯民 等

汽车构造 (下)



合肥工业大学出版社
HEFEI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

高等学校国家级特色专业——车辆工程专业系列教材

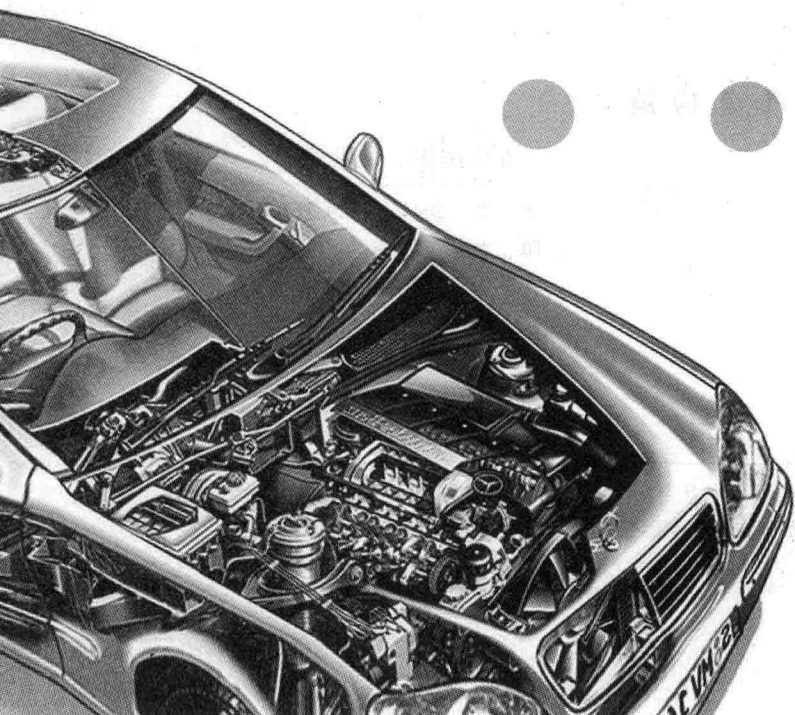
汽车构造(下)

主 编◎卢剑伟

副主编◎姜武华 冯金芝 陈黎卿

时培成 王永宽 姜 平

主 审◎羊拯民 范迪彬 王其东



合肥工业大学出版社

内 容 简 介

本书是高等学校国家级特色专业——车辆工程专业系列教材之一,本书通过对现代汽车典型结构的分析,系统地介绍了现代汽车的构造及工作原理。本册(下册)介绍的主要内容是汽车底盘的组成、构造和原理以及汽车车身、汽车附属设备的构造和原理等。

本书可作为高等院校车辆工程专业及相关专业学生的教材,也可作为从事汽车工作的工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

汽车构造. 下/卢剑伟主编. —合肥:合肥工业大学出版社,2011.4

ISBN 978-7-5650-0404-9

I. ①汽… II. ①卢… III. ①汽车—构造—高等职业教育—教材 IV. ①U463

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 036273 号

汽车构造(下)

主 编 卢剑伟

责任编辑 汤礼广

出 版 合肥工业大学出版社

地 址 合肥市屯溪路 193 号

邮 编 230009

电 话 总编室:0551-2903038

发行部:0551-2903198

网 址 www.hfutpress.com.cn

E-mail hfutpress@163.com

版 次 2011 年 4 月第 1 版

印 次 2011 年 9 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 18.75

字 数 420 千字

印 刷 合肥学苑印务有限公司

发 行 全国新华书店

ISBN 978-7-5650-0404-9

定价:38.00 元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社发行部联系调换。



前 言

改革开放以来,经过几代人的不懈努力,我国的汽车工业获得了飞速发展,目前汽车工业已经成为我国最重要的支柱产业。不仅如此,我国汽车的年产销量也已经超过美国,跃居世界第一位。然而在自主品牌建设和自主创新能力方面,我国与世界汽车工业强国相比仍差距较大,中国汽车工业的生产正处在重要的转型时期。国内汽车工业蓬勃发展的现状和国际竞争激烈的形势对我国车辆工程专业人才的培养提出了更高的要求。因此在学校教学方面,迫切需要与当前国内汽车工业发展形势相适应,且能为培养新型汽车类专业人才提供配套服务的特色教材。基于此,按照国家级特色专业建设要求,同时结合我们自己的教学实践,特编写本书。

在编写本书过程中,我们参考了近几年来出版的同类教材在内容选择和体系编排方面的长处,并结合当前我国汽车技术发展的现状,以传统内燃机动力的汽车结构为介绍的主线,对学生需要掌握的内容逐一地进行阐述。同时,从方便学生自学的角度出发,通过提示学习目标,指导学生更好地把握每章的知识要点和学习要求。本书较为系统地介绍了现代汽车整车及部件的结构和工作原理,同时还介绍了部分汽车新装备研制的最新进展情况,如介绍自动变速器结构时,不仅介绍汽车自动变速器的新型结构,而且还介绍了近几年来国内外在汽车自动变速器方面的最新研究成果,目的是帮助学生开拓视野。

本书力求做到文字准确、插图清楚,并符合规范要求;对内容的阐述,尽量循序渐进并富有启发性。

本书共计13章,由合肥工业大学卢剑伟教授担任主编。本书编写人员及其分工如下:卢剑伟(第一章、第六章、第十二章、第十三章)、姜平(第二章、第五章)、冯金芝(第四章)、姜武华(第三章、第七章)、王永宽(第八章、第九章)、时培成(第十章)、陈黎卿(第十一章)。



本书由合肥工业大学羊拯民教授、范迪彬教授和王其东教授共同担任主审,对他们认真、严谨的工作作风,我们表示崇高的敬意。

本书在编写过程中,研究生刘宁、史沛瑶、陈渊峰、张智、胡辰、许生、杨磊、徐燚、陈昊、王功成还协助编者进行了文字整理、校对和文字录入工作,在此对他们表示感谢。

最后,恳请广大读者对本书中的错漏之处给予批评指正。

编 者



目 录

第一章 汽车传动系统概述.....	(1)
学习目标.....	(1)
第一节 汽车传动系统的功能和类型.....	(1)
第二节 两轮驱动汽车传动系统的结构.....	(4)
第三节 全轮驱动汽车传动系统的结构.....	(5)
思考与练习.....	(7)
第二章 离合器.....	(8)
学习目标.....	(8)
第一节 离合器概述.....	(8)
第二节 摩擦离合器.....	(9)
思考与练习.....	(18)
第三章 变速器.....	(19)
学习目标.....	(19)
第一节 变速器概述.....	(19)
第二节 变速器的变速传动机构.....	(20)
第三节 同步器.....	(26)
第四节 变速器的操纵机构.....	(31)
思考与练习.....	(36)
第四章 自动变速器.....	(37)
学习目标.....	(37)
第一节 自动变速器的分类.....	(37)
第二节 液力耦合器与液力变矩器.....	(40)
第三节 液力机械式自动变速器.....	(49)
第四节 电控机械式自动变速器.....	(61)



第五节 金属带式无级自动变速器	(64)
第六节 双离合器自动变速器	(71)
第七节 电动无级变速器	(79)
思考与练习	(83)
第五章 万向传动装置	(84)
学习目标	(84)
第一节 万向节	(85)
第二节 传动轴和中间支承	(91)
思考与练习	(93)
第六章 驱动桥	(94)
学习目标	(94)
第一节 主减速器	(95)
第二节 差速器	(100)
第三节 半轴与桥壳	(111)
思考与练习	(113)
第七章 车架	(114)
学习目标	(114)
第一节 边梁式车架	(114)
第二节 中梁式车架	(117)
第三节 综合式车架	(118)
第四节 承载式车身	(118)
思考与练习	(119)
第八章 车桥和车轮	(120)
学习目标	(120)
第一节 车桥	(120)
第二节 转向桥	(120)
第三节 转向轮定位参数	(122)
第四节 转向驱动桥	(125)
第五节 支持桥	(128)
第六节 车轮与轮胎	(128)
思考与练习	(142)



第九章 悬架	(143)
学习目标	(143)
第一节 概述	(143)
第二节 弹性元件	(144)
第三节 减振器	(148)
第四节 非独立悬架	(152)
第五节 独立悬架	(154)
第六节 电子控制悬架系统	(160)
第七节 半主动悬架	(167)
思考与练习	(172)
第十章 汽车转向系统	(173)
学习目标	(173)
第一节 概述	(173)
第二节 转向器及转向操纵机构	(177)
第三节 转向传动机构	(183)
第四节 动力转向器	(187)
第五节 转向油罐和转向液压泵	(192)
第六节 电动助力转向及四轮转向系统	(195)
思考与练习	(201)
第十一章 汽车制动系统	(202)
学习目标	(202)
第一节 概述	(202)
第二节 制动器	(204)
第三节 人力制动系统	(212)
第四节 伺服制动系统	(221)
第五节 制动力调节装置	(225)
第六节 制动防抱死系统	(230)
思考与练习	(241)
第十二章 汽车车身	(242)
学习目标	(242)
第一节 概述	(242)



第二节 车身壳体及门窗结构.....	(243)
第三节 车身内的装备.....	(248)
第四节 安全防护装置.....	(255)
第五节 货车车厢.....	(260)
思考与练习.....	(261)
第十三章 汽车附属设备.....	(263)
学习目标.....	(263)
第一节 汽车仪表.....	(263)
第二节 照明及信号装置、标识符号	(275)
第三节 风窗玻璃刮水器与洗涤器.....	(281)
第四节 汽车防盗器.....	(286)
思考与练习.....	(288)
参考文献.....	(289)



第一章 汽车传动系统概述

学习目标：传动系统是汽车底盘的主要系统之一，负责将发动机输出的动力传递至驱动车轮，从而确保汽车正常行驶。本章主要介绍了汽车传动系统的功能、类型以及主要的布置形式。本章要求学生重点掌握汽车传动系统的功能、类型。

第一节 汽车传动系统的功能和类型

汽车传动系统是将车辆发动机发出的动力传递给驱动轮的动力传递系统。现代汽车上装备的发动机，其曲轴输出的转矩 T_e 和功率 P_e 的特性如图 1-1 所示。如果以这类发动机直接作为汽车的动力源，那么会出现如下问题：①输出转矩 T_e 太小，导致车辆所获驱动力过小，无法满足汽车在各种载荷与各种道路状况下的驱动需要；②输出转速太高，致使汽车行驶速度过大，不能确保汽车的行车安全；③转矩 T_e 的变化范围 ΔT 太窄，使得汽车无法适应由各种路面引起的阻力变化；④转矩 T_e 变化趋势不好，因外界阻力增大而引起车速（发动机转速）降低时，汽车不能从发动机上获得与之相适应的不断增加的驱动转矩；⑤发动机存在最低稳定转速 $n_{\min}$ ，使汽车由静止到起步出现困难，即在此过程中，难以协调旋转的发动机与静止的汽车之间的运动学矛盾。

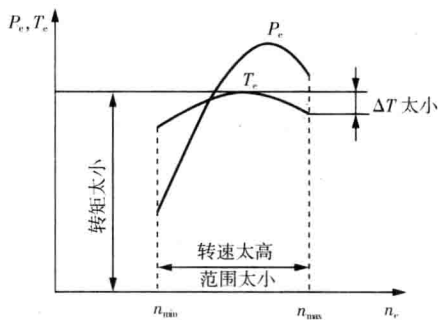


图 1-1 发动机输出特性

由此可见，若将这样的发动机直接与汽车的驱动轮连接，那么汽车在行驶过程中肯定会受到各种困扰。

为了解决上述发动机存在的问题，确保汽车能够正常行驶，需要在发动机与驱动轮之间配置一套传动系统，通过该系统提供的足够大的传动比，达到降低发动机输出转速、增加输出转矩的目的，从而协调发动机与车辆行驶条件之间的关系。

对于轿车类小型乘用车而言，通常希望汽车传动系统的传动比达到 12~18，而对一般载货汽车来说，则要求传动系统能够提供大约 35~50 的传动比，只有这样才能让汽车在使



用过程中保持良好的动力性和燃油经济性,使工作范围相对较小的车用发动机能够适应车辆在各种情况下的需要。这种传动速比通常由汽车的传动系统通过两级以上的减速装置获得,即依靠变速器和分动器、主减速器或轮边减速器等装置来共同实现。

此外,传动系统还需要依靠离合器来协调汽车起步时发动机最低稳定转速与汽车车速之间的运动学矛盾。

一、传动系统的功能

针对上述情况,结合汽车的具体使用特点,要求汽车传动系统能够确保以下功能:

(1)中断动力传递

目前,汽车发动机只能在无负荷情况下启动,同时它存在最低临界转速,即发动机只能在该转速以上才能稳定工作,否则便会熄火。因此在汽车起步之前,必须将发动机与汽车底盘和车身所形成的负载脱开,待发动机进入正常怠速运转后,再逐渐将车辆与发动机相连接。在此过程中必须逐渐加大发动机节气门开度,以保持发动机维持在最低临界稳定转速以上工作,同时车辆在不断增加动力的情况下可以平稳起步。此外,当车辆变换传动比(换挡)和紧急制动时,为了减少冲击载荷,都有必要暂时将发动机动力脱开。为此,传动系统中需要设置专门的机构实现这种功能。

有时车辆需要较长时间在发动机不停止运转的情况下处于驻车状态,或者在车辆行驶过程中希望较长时间中断动力传递,以利用车辆惯性实现滑行操作。此时,也需要传动系统能够具有长时间中断动力传递的功能。

(2)减速和变速

车辆行驶的必要条件是驱动轮上产生的驱动力足以克服外界的行驶阻力。实践表明,汽车在平直良好的路面上匀速行驶,最低也需要克服相当于汽车总重量 1.5% 左右的滚动阻力。对于一般的车辆而言,若将其发动机直接与驱动轮相连接,可获得的驱动力无法推动汽车行驶,更不要说使汽车爬坡或加速了。此外,若以 3000~5000r/min 发动机工作转速直接带动车轮旋转,车速将高达 500km/h 以上,显然无法使用。为解决上述矛盾,在动力传递过程中需要解决减速和增力的问题。

(3)车辆倒车

汽车使用过程中难免需要反向行驶,由于发动机不能反向旋转,传动系统必须设置相应能改变旋向的装置。

(4)车轮差速

汽车弯道行驶时,为了减小行驶阻力,左右车轮应以不同车速行驶。即使直线行驶时,也会由于路面起伏不平或轮胎气压大小不同,要求车轮以不同的转速旋转,否则会产生机械干涉,造成轮胎异常磨损,破坏汽车众多行驶特性。为此,当发动机以同一转速向前后左右不同驱动轮输送动力时,必须在保证动力传递不中断的前提下,让车轮之间能够实现不同速旋转,这便是“差速”。

二、传动系统的类型

由于实现车辆传动所用装置和传动原理不尽相同,传动系统可以分为如下(表 1-1)所示的各种类型。



表 1-1 汽车传动系统的类型

传动方式	结 构	特 征
机械式	以机械离合器、机械变速器、机械主减速器和差速器传递动力	发动机机械能→传动系机械能→车轮机械能
液力机械式	以液力变矩器、机械变速器、机械主减速器和差速器传递动力	发动机机械能→变矩器泵轮机械能→液体动能→变矩器涡轮机械能→车轮机械能
静液式	以油泵、液压马达、控制装置和辅助机械装置传递动力	发动机机械能→油泵液体压力能→液压马达机械能→车轮机械能
电力式	以发电机、电动机和辅助机械装置传递动力	发动机机械能→发电机电能→电动机机械能→车轮机械能

由于机械式传动系统具有较高的传动效率和比较简单的结构,所以常见于普通车辆上。液力机械式传动系统中设置了柔性的液力传动环节,故可以实现更加平稳的传动,行驶时操作更加方便,是现代高级轿车传动系常采用的形式之一(详见第四章)。静液式和电力式传动方式多用于对车辆传动有很高要求的车辆中,如机场牵引车和部分超重型车辆。

传动系的具体构成与车辆的使用特点和发动机的布置形式有关。按照发动机和汽车驱动轮所处位置的不同,可以将汽车传动系统分为发动机前置前轮驱动方式(简称 FF 式)、发动机前置后轮驱动方式(FR 式)、发动机后置后轮驱动方式(RR 式)以及发动机中置后轮驱动方式(MR 式)等,如图 1-2 所示。

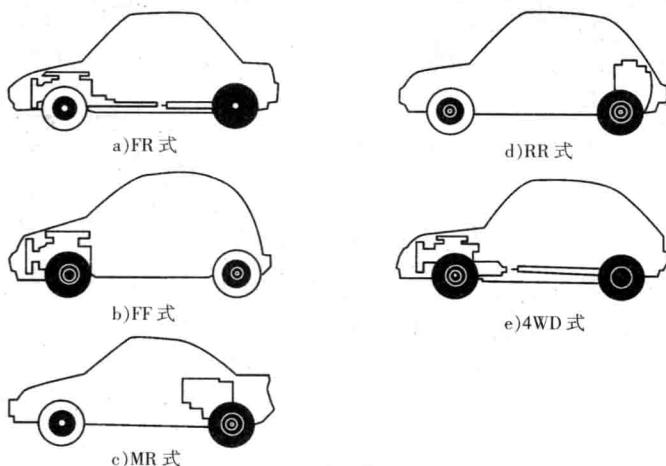


图 1-2 汽车传动系统布置形式

如果按照驱动轮数目不同分类,那么通常可以将汽车分为单轴驱动车辆和多轴驱动车辆两大类。在两轴或者三轴车辆中可以采用单轴驱动形式,这时的驱动方式分别被称之为 4×2 驱动和 6×2 驱动,符号“ $\times$ ”前面的数字代表汽车车轮数目,后面的数字代表驱动轮数目。当两轴或者三轴车辆采用多轴驱动方式时,前者称之为 4×4 驱动方式(又称 4WD),后者有两种可能,即 6×4 和 6×6 驱动方式。 6×4 表示车辆三根车轴中有两根车轴是驱动轴, 6×6 则表示所有车轮都为驱动轮(也称为全轮驱动)。



第二节 两轮驱动汽车传动系统的结构

在 19 世纪 80 年代汽车发明初期,传动系统多将发动机置于汽车后部,以后轮作为驱动轮,但经过十多年的发展后,汽车便以发动机前置后轮驱动的面貌为各种车型所采用。1898 年法国雷诺 1 号车首次以传动轴取代链条作为发动机前置后轮驱动汽车的传动手段,奠定了 20 世纪汽车传动技术的基本形态,一直影响至今,这种传统的发动机前置后轮驱动的方式因此也被人们称作标准驱动方式。目前大多数普通汽车仍然采用两轮驱动的方式(又称作 4×2 驱动)。这种传动系统结构简单,传动效率较高。按照驱动轮所处位置不同,又可分为前轮驱动和后轮驱动两种不同的形式。

载货汽车一般均采用发动机前部纵置、后轮驱动的传动方式(简称 FR 式)。相距甚远的发动机与驱动轮之间需要依靠万向节和传动轴组成的万向传动装置实现任意角度的传动。传动系统的构成一般如图 1-3 所示。发动机动力经由离合器、变速器、万向传动装置、主减速器、差速器和半轴传给驱动轮。

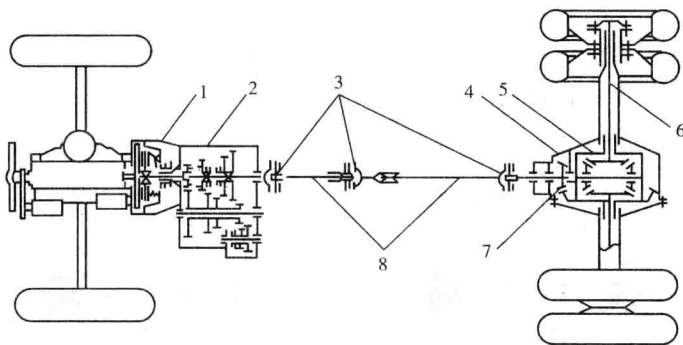


图 1-3 传动系统的构成

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

当车辆采用发动机前部横置、前轮驱动方式(又称 FF 式)时,变速器可与主减速器和差速器合为一体,构成变速驱动桥,所以此时的传动系统如图 1-4 所示,发动机动力经由离合器、变速驱动桥和半轴传给驱动轮,普通轿车大多采用此种传动形式。

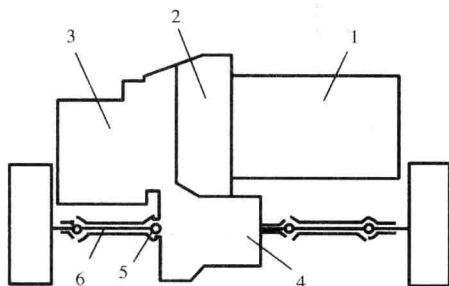


图 1-4 发动机前置、前轮驱动汽车传动系统的构成

1—发动机 2—离合器 3—变速器 4—主减速器、差速器 5—万向节 6—半轴



在许多大客车上为了减少发动机对乘客舱的影响,增加乘客舱通道和座位空间,采用了发动机后部横置、后轮驱动方式(又称RR式),这时由于变速器输出端与驱动桥上主传动器的输入端之间存在很大的传动角度,需要借助角传动器来完成大角度的传动,所以此时的传动系统如图1-5所示,发动机动力经由离合器、变速器、角传动器、万向传动装置、主传动器、差速器和半轴传给驱动轮。

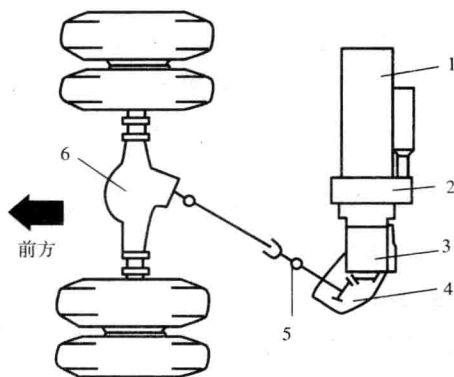


图1-5 发动机后置、后轮驱动汽车传动系统的构成

1—发动机 2—离合器 3—变速器 4—角传动器 5—万向传动机构 6—驱动桥

第三节 全轮驱动汽车传动系统的结构

汽车行驶动力来自驱动轮与路面的摩擦力,驱动轮数目增加意味着驱动力的增加。为了提高汽车克服坏路的能力,越野车通常采用全轮驱动的方式(两轴车又可称作 4×4 驱动,三轴汽车也称作 6×6 驱动,依此类推)。这时需要传动系统能将发动机输出动力分送到所有起驱动作用的车轮上,所以在传动系统中采用了分动器作为动力分流的装置。通常这种分动器还能提供高低两种传动比的挡位,以满足汽车在不同路面上行驶的需要。其传动系统的构成如图1-6所示。发动机的动力经由离合器、变速器、分动器、万向传动装置、前后主减速器和差速器以及半轴传给前后驱动轮。由于前后轴都是驱动轴,均需要协调车轴上左右两车轮在行驶过程中的运动干涉,故在两车轴上都设置了主减速器和差速器。为了避免前轴与后轴之间产生运动的干涉,带来车辆行驶状况的恶化,分动器上设有可供中断动力传递的挡位开关,即在不需要前轮驱动的情况下,可以中断动力向前轴的输出。此时,汽车变为仅由后轴驱动的两轮驱动车辆,这种全轮驱动方式又称作暂时性全轮驱动。

由于全轮驱动方式能够提高汽车的加速性能和改善行驶稳定性,所以现代轿车中也出现了四轮驱动的形式,并在近几年来得以迅速推广。这种全轮驱动的车辆是以永久性四轮驱动面貌出现的,这时如不解决前后两轴车轮之间出现因运动不协调而产生的滑动,会出现急转弯制动、动力传动效率明显降低、轮胎磨损严重及传动系统振动和噪声过大等不良现象。为此,在传动系统中取消了分动器,专门设置了具有轴间差速功能的轴间差速器(如图1-7a所示),它能有效地消除前后驱动车轮在行驶过程中的运动干涉,改善汽车行驶特性。但是这种传动方式也出现了一个明显的缺陷,即当汽车任意一个车轮陷入泥坑时,该车轮便



会出现打滑现象,导致汽车丧失通过能力。为了改变这种状况,可以在前后轴之间设置硅油黏性联轴节(如图 1-7b 所示)。该联轴节能在前后轴出现较大转速差时,产生前轴与后轴的“黏接”,从而让后轴参与驱动(因此又称为转速感应式四轮驱动)。这种驱动方式最大的缺点在于,因为传动系统中没有专用的轴间差速器来分配前后轴转矩,所以能传递的转矩比较小,仅适用于微型和轻型轿车。为了能够改善四轮驱动汽车的性能,可在上述轴间差速器上附设增大差速阻尼的锁止机构,这种装置可以借助硅油黏性联轴节,也可依靠湿式多片离合器实现(如图 1-7c 所示)。相比较而言,硅油黏性联轴节不存在机件磨损,且能在整个使用寿命期间保持稳定的使用特性,它们均能有效解决前后轴之间的转矩传递,即当前轮打滑时,利用高摩擦轴间差速器在后轮上也能够得到足够的驱动力。但当某一前轮和一后轮同时陷入泥坑时,该系统由于前后轮差速器的作用,仍会打滑而失去通过性,为此必须采用如图 1-7d 所示的传动方案。它通过在后轮差速器上加设增大阻尼的锁止机构,能使这种永久性全轮驱动车辆具备更好的行驶特性。

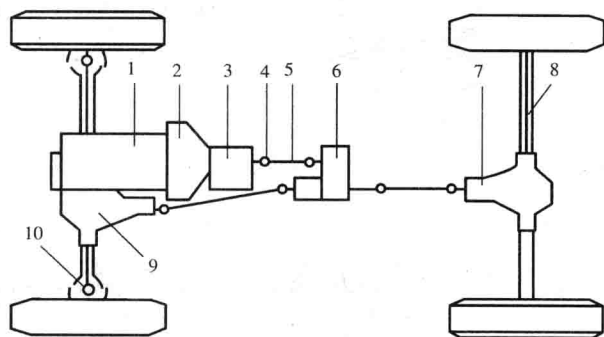
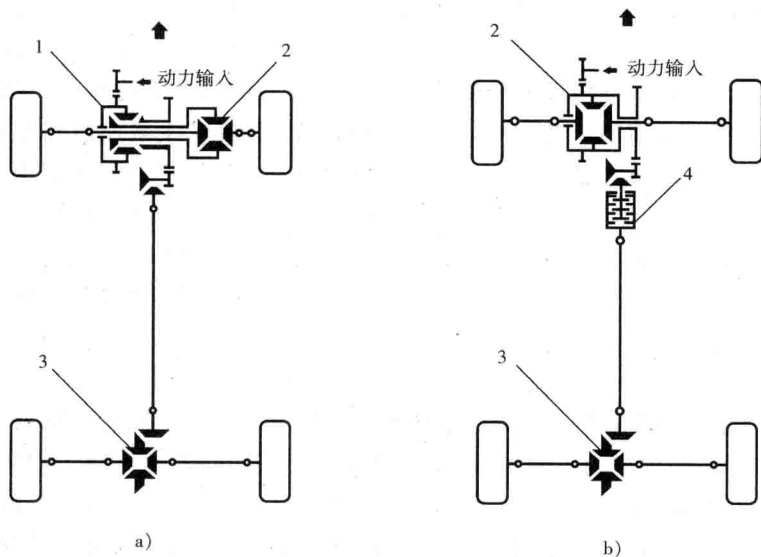


图 1-6 全轮驱动传动系统的构成

1—发动机 2—离合器 3—变速器 4—万向节 5—传动轴 6—分动器;
7—后桥主减速器、差速器 8—半轴 9—前桥主减速器 10—万向节



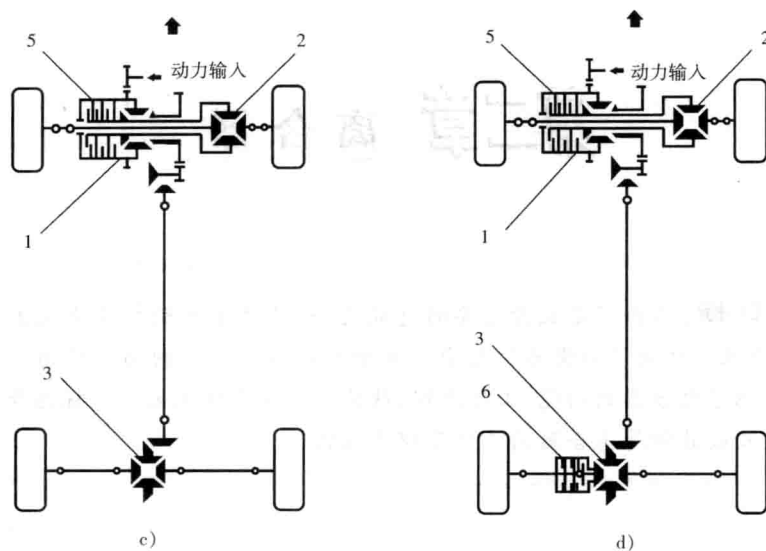


图 1-7 各种四轮驱动系传动方式

1—轴间差速器 2—前轴轮间差速器 3—后轴轮间差速器 4—轴间黏性联轴节;
5—轴间差速器增内阻装置 6—后轴轮间差速器增内阻装置

思考与练习

- 1-1 传动系统的基本作用是什么?
- 1-2 汽车传动系统有几种类型? 各有何特点?
- 1-3 按发动机和驱动轮布置位置的不同, 传动系统有几种形式? 它们在结构组成上有何差异? 各有何优缺点?
- 1-4 4×4 、 4×2 和 6×6 分别代表了何种驱动方式? 多轴驱动与单轴驱动有何不同?
- 1-5 机械式标准驱动传动系统各组成装置的作用是什么?



第二章 离合器

学习目标:离合器是底盘重要的总成之一,是联系发动机与变速器的纽带,可以根据驾驶员的需要暂时中断发动机对传动系统的动力传递。本章主要介绍了离合器的功能、工作原理、结构等。要求学生重点掌握离合器的功用以及膜片弹簧离合器的工作原理及结构。

第一节 离合器概述

离合器的作用之一是保证汽车平稳起步。在汽车起步前,使变速器处于空挡位置,将发动机与驱动轮之间的联系断开,待发动机启动后逐渐将动力施加给汽车,推动汽车行驶。与此同时,发动机受到载荷作用后转速会逐渐降低,必须依靠逐渐踩下加速踏板,加大发动机节气门,保证发动机处于最低稳定转速以上运转,确保不至于熄火。

离合器的作用之二是保证传动系换挡时工作平顺。汽车为了适应各种行驶条件,经常要变换不同的挡位工作。为了保证在变速器齿轮箱内选择各种不同的齿轮啮合传动,即使得齿轮啮合顺利脱离或接合,保证换挡的平顺,就必须在换挡过程中切断动力传递,以便于原来挡位的啮合副脱开,同时有可能使换入挡位啮合副的啮合部位的速度逐渐趋于同步,使齿轮进入啮合时的冲击力大为减轻。

离合器的作用之三是借助离合器的滑磨,防止传动系统的过载。行驶过程中难免会遇到急加速、紧急制动和地面突然出现的冲击载荷,它们都会对传动系统产生远高于发动机最大扭矩的冲击载荷,从而损坏传动系统机件,遇此情况传动系统应装离合器,依靠其主动部分和从动部分之间可能产生的相对运动来消除这一危险。

鉴于上述功能,离合器结构应有既可暂时分离又可逐渐接合的主动部分和从动部分。主动部分和从动部分之间借助摩擦、液力或磁力传递转矩,当所传递转矩超过一定数值后,主动部分、从动部分可以产生相对转动,它们分别被称为摩擦离合器、液力耦合器(变矩器)和电磁离合器。摩擦离合器和液力耦合器为汽车上最常见的离合器结构形式,前者用在绝大多数普通车辆上,后者则多用于对平顺性或通过性要求较高的高档轿车、客车和越野车上。本章主要介绍摩擦离合器,液力耦合器(变矩器)则在后续章节里介绍。

摩擦离合器结构如图2-1所示。它由发动机飞轮1(又称离合器主动部分)、带有摩擦片的从动盘2和花键毂6以及嵌套其上的输出轴5(统称离合器从动部分)、将从动盘压紧在飞轮上的弹簧4(压紧元件)和踏板3的传动机构(称操纵机构)等部分组成。