



- “十二五”江苏省高等学校重点教材
- 普通高等教育汽车类专业“十二五”规划教材

UTO MOBILE

汽车构造 (第2版) (下册)

主 编 许兆棠 黄银娣
主 审 范钦满 隗成林



教学资源库
<http://www.ndip.cn>



国防工业出版社
National Defense Industry Press



“十二五”江苏省高等学校重点教材 (编号: 2014-1-049)
普通高等教育汽车类专业“十二五”规划教材

汽车构造 (下册)

第2版

主 编	许兆棠	刘永臣
副主编	李志臣	刘绍娜
	季 丰	
参 编	余文明	朱为国
	陈 勇	王建胜
主 审	范钦满	隗成林

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

全书分为上、下册,共有26章,系统阐述了现代汽车的构造和工作原理,内容精炼,图例及解释详实,突出实用性和新颖性,力求较多地介绍汽车的新结构。上册内容包括:总论、发动机总体构造、曲柄连杆机构、配气机构、汽油机燃油供给系统、柴油机燃油供给系统、进排气系统及有害排放物控制系统、发动机增压系统、发动机冷却系统、发动机润滑系统、汽油发动机点火系统、发动机起动系统和新型车用动力装置。下册内容包括:汽车传动系统概述、离合器、变速器与分动器、自动变速器、万向传动装置、驱动桥、汽车行驶系统概述、车架、车桥与车轮、悬架、汽车转向系统、汽车制动系统、汽车车身、汽车仪表、照明及附属装置。

本书可作为高等院校车辆工程专业、汽车服务工程专业以及汽车检测与维修专业的本科生教材,也可作为高职、职大、成教等汽车类专业教材,还可供汽车产业工程技术人员和汽车运输、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/许兆棠,刘永臣主编.—2版.

—北京:国防工业出版社,2016.7

“十二五”江苏省高等学校重点教材 普通高等教育汽车类专业“十二五”规划教材

ISBN 978-7-118-10811-8

I. ①汽… II. ①许… ②刘… III. ①汽车—构造—高等学校—教材 IV. ①U463

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第130783号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100048)

腾飞印务有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 28¼ 字数 658 千字

2016年7月第2版第1次印刷 印数1—4000册 定价57.50元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010) 88540777

发行邮购:(010) 88540776

发行传真:(010) 88540755

发行业务:(010) 88540717



“十二五”江苏省高等学校重点教材（编号：2014-1-049）
普通高等教育汽车类专业“十二五”规划教材

编审委员会

主任委员

陈 南（东南大学）

葛如海（江苏大学）

委 员（按姓氏拼音排序）

贝绍轶（江苏理工学院）

蔡伟义（南京林业大学）

常 绿（淮阴工学院）

陈靖芯（扬州大学）

陈庆樟（常熟理工学院）

戴建国（常州工学院）

鞠全勇（金陵科技学院）

李舜酩（南京航空航天大学）

鲁植雄（南京农业大学）

王 琪（江苏科技大学）

王良模（南京理工大学）

吴建华（淮阴工学院）

殷晨波（南京工业大学）

于学华（盐城工学院）

张 雨（南京工程学院）

赵敖生（三江学院）

朱龙英（盐城工学院）

朱忠奎（苏州大学）

编写委员会

主任委员

李舜酩 鲁植雄

副主任委员（按姓氏拼音排序）

吕红明 潘公宇 沈 辉 司传胜 吴钟鸣 羊 玢

委 员（按姓氏拼音排序）

蔡隆玉	范炳良	葛慧敏	黄银娣	李国庆	李国忠	李守成	李书伟
李志臣	廖连莹	凌秀军	刘永臣	盘朝奉	秦洪艳	屈 敏	孙 丽
王 军	王若平	王文山	夏基胜	谢君平	徐礼超	许兆棠	杨 敏
姚 明	姚嘉凌	余 伟	智淑亚	朱为国	邹政耀		

前 言

本书是国防工业出版社2012年出版的《汽车构造》教材的第2版。该书自出版以来,深受广大读者的欢迎,2014年被评为“十二五”江苏省高等学校重点教材(编号:2014-1-049)。

本书在保持第1版的基本体系和内容的基础上,主要在以下方面进行了修订:

(1) 删除了总论中的“国产汽车产品型号的编制规则”、第十五章中的“普通齿轮变速器的工作原理”和第二十一章中的“轮胎磨损与换位”。

(2) 将第四章中的“典型电控汽油喷射系统”并入“汽油机燃油供给系统的组成及分类”中,并加强了第四章中的缸内直喷电控汽油供给系统的介绍;改写了总论中的“按用途分类汽车”、第三章中的“链传动式配气机构”、第五章中的“泵喷嘴时间控制式电控柴油喷射系统”、第七章中的“螺旋式转子增压器”、第十四章中的“从动盘和扭转减振器”、第十六章中的“辛普森式行星齿轮变速器”和“拉威娜式行星齿轮变速器”、第二十一章中的“转向驱动桥”、第二十二章中的“全主动悬架系统”和“主动液力弹簧”、第二十三章中的“转向系统的分类”和“机械转向系统”、第二十四章中的“概述”、第二十四章中的“制动防抱死系统”。

(3) 增加了总论中的“车辆识别代号编码”、第三章中的“转子调节的连续可变配气定时机构”、第七章中的“汽油机上的双增压TSI系统”、第十二章中的“液化天然气发动机供气系统”、第十三章中的“混合动力汽车传动系统的布置方案”、第十六章中的“混合动力自动变速器”、第十八章中的“主动控制限滑差速器”和“变速驱动桥”、第二十章中碳纤维增强复合材料的“单壳体车身”、第二十一章中的“支持桥”和“防爆轮胎”、第二十三章中的“主动转向系统”、第二十四章中的“气压盘式制动器”和“电控制动系统”。

本书修订后,内容更合理,更易读,更实用,更紧密结合汽车的新技术与新结构,配套教学课件及课程网站,方便了教学。

全书分为上、下册,上册内容包括:总论、发动机总体构造、曲柄连杆机构、配气机构、汽油机燃油供给系统、柴油机燃油供给系统、进排气系统及有害排放物控制系统、发动机增压系统、发动机冷却系统、发动机润滑系统、汽油发动机点火系统、发动机起动系统和新型车用动力装置。下册内容包括:汽车传动系统概述、离合器、变速器



与分动器、自动变速器、万向传动装置、驱动桥、汽车行驶系统概述、车架、车桥与车轮、悬架、汽车转向系统、汽车制动系统、汽车车身、汽车仪表、照明及附属装置。

本书第1版上册由淮阴工学院许兆棠、南京林业大学黄银娣任主编，盐城工学院李书伟、三江学院秦洪艳、淮阴工学院朱为国任副主编，淮阴工学院陈勇、胡晓明、徐红光、王军参编；第1版下册由淮阴工学院许兆棠、刘永臣任主编，金陵科技学院李志臣、盐城工学院刘绍娜、三江学院季丰任副主编，淮阴工学院余文明、朱为国、陈勇、王建胜参编；本书上册由许兆棠统稿，下册由许兆棠和刘永臣统稿，其中刘永臣统稿汽车行驶系统概述、车架、车桥与车轮和汽车制动系统；淮阴工学院范钦满、隗成林担任主审。许兆棠编写总论、第一章、第十三章、第十八章；黄银娣与许兆棠共同编写第五章；李书伟编写第六章、第七章；秦洪艳编写第九章、第十二章；朱为国编写第二章、第十四章、第十五章；陈勇编写第十章、第十一章、第二十三章；胡晓明编写第四章；徐红光编写第三章；王军编写第八章；刘永臣编写第十九章~第二十一章；刘绍娜编写第二十四章中的第一节~第三节；李志臣编写第二十四章中的第四节~第七节；季丰编写第二十二章、第二十五章；余文明编写第十六章、第十七章；王建胜编写第二十六章。本书第2版的修订工作主要由许兆棠、刘永臣、季丰、秦洪艳、李志臣、朱为国、陈勇、余文明、胡晓明、徐红光、王建胜完成，并由许兆棠统稿。

本书在编写及修订的过程中，参考了许多国内出版的书籍、网站的相关内容，得到了许多专家和汽车维修企业技术人员的大力支持，使得编写工作得以顺利完成并在内容上更加新颖、丰富，主审对全书进行了认真审阅，并提出了许多宝贵的修改意见，在此一并致谢。

由于时间仓促和编者水平所限，本书在章节安排和内容上难免存在不足和错误，恳请使用本教材的师生和读者批评指正，以便今后进一步完善。

编者

目 录

第十三章 汽车传动系统概述	1
思考题	12
第十四章 离合器	13
第一节 离合器的功用及其工作 原理	13
第二节 摩擦离合器	16
第三节 离合器操纵机构	34
思考题	40
第十五章 变速器与分动器	41
第一节 变速器的功用及类型 ..	41
第二节 普通齿轮变速器	43
第三节 同步器	54
第四节 变速器的操纵机构	61
第五节 分动器	67
思考题	73
第十六章 自动变速器	74
第一节 自动变速器的组成及 分类	74
第二节 液力变矩器	77
第三节 行星齿轮变速器	84
第四节 自动变速器的操纵 系统	97
第五节 双离合变速器	103
第六节 机械式无级自动变 速器	106

第七节 混合动力自动变 速器	111
思考题	116
第十七章 万向传动装置	117
第一节 概述	117
第二节 万向节	118
第三节 传动轴和中间支承	129
思考题	134
第十八章 驱动桥	135
第一节 驱动桥的功用及 类型	135
第二节 主减速器	136
第三节 差速器	147
第四节 半轴与桥壳	164
第五节 变速驱动桥	168
第六节 电动汽车驱动桥	169
思考题	173
第十九章 汽车行驶系统概述	174
思考题	177
第二十章 车架	178
第一节 边梁式车架	178
第二节 中梁式车架	182
第三节 综合式车架	184
第四节 承载式车身与副 车架	185



思考题	188	第二节 制动器	308
第二十一章 车桥与车轮	189	第三节 液压制动操纵系统	336
第一节 车桥	189	第四节 气压制动操纵系统	355
第二节 车轮	199	第五节 驻车制动系统	371
第三节 轮胎	205	第六节 制动力调节装置	376
思考题	216	第七节 电控制动系统	382
第二十二章 悬架	217	第八节 辅助制动系统	394
第一节 悬架的功用和组成	217	思考题	399
第二节 减振器	219	第二十五章 汽车车身	400
第三节 弹性元件	226	第一节 概述	400
第四节 非独立悬架	234	第二节 车身壳体、车门及其附件	401
第五节 独立悬架	239	第三节 货厢	407
第六节 多轴汽车的平衡		第四节 汽车空调系统	409
悬架	250	第五节 汽车座椅和车身安全防护装置	412
第七节 半主动悬架与全主动悬架	254	思考题	418
思考题	261	第二十六章 汽车仪表、照明及附属装置	419
第二十三章 汽车转向系统	262	第一节 汽车仪表	419
第一节 概述	262	第二节 照明及信号装置	428
第二节 机械转向系统	264	第三节 风窗附属电动装置	434
第三节 液压助力转向系统	277	第四节 门锁附属电控装置	439
第四节 电控助力转向系统	288	思考题	442
第五节 四轮转向系统	301	参考文献	443
思考题	305		
第二十四章 汽车制动系统	306		
第一节 概述	306		

第十三章 汽车传动系统概述

一、汽车传动系统的基本组成与功能

1. 汽车传动系统的基本组成

汽车传动系统是位于发动机和驱动车轮之间的传动装置，如图 13-1 所示，由离合器、变速器、万向传动装置（包括万向节和传动轴）、主减速器、差速器和半轴组成。

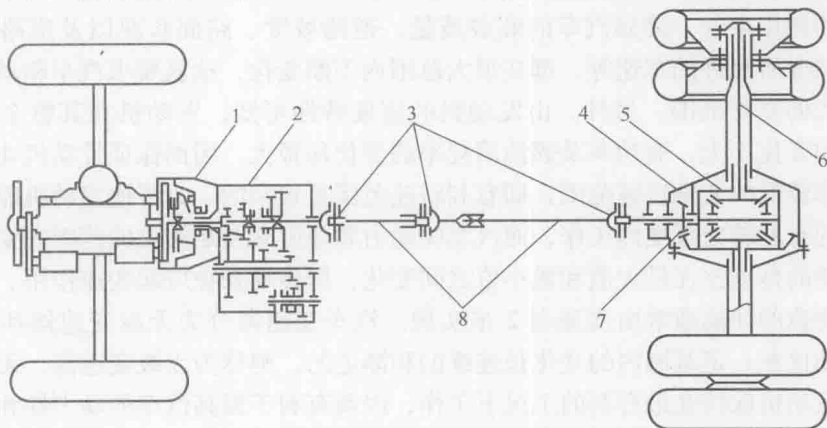


图 13-1 汽车传动系统的组成及布置示意图

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。

汽车传动系统的动力传递路线：发动机发出的动力依次经过离合器 1、变速器 2、万向传动装置（由万向节 3 和传动轴 8 组成的）、主减速器 7、差速器 5 和半轴 6，最后传到驱动车轮。

2. 汽车传动系统的功能

汽车传动系统的基本功能是将发动机发出的动力传给驱动车轮，与发动机协同工作，以保证汽车在不同条件下正常行驶，并具有良好的动力性和燃料经济性。汽车传动

系统具有以下功能。

1) 实现减速增矩

当作用在驱动轮上的驱动力足以克服外界对汽车的阻力时,汽车方能起步并正常行驶。发动机输出的转矩较小,不增加输入驱动轮转矩,由发动机直接带动驱动轮时,不足以克服外界对汽车的阻力。以东风 EQ1090E 型汽车为例,该车满载质量为 9290kg (总重力为 91104N),其最小滚动阻力约为 1376N。若要求该车在满载时能在坡度为 30% 的道路上匀速上坡行驶,则所需要克服的上坡阻力即达 2734N。该车所采用的 6100Q-1 型发动机所能产生的最大转矩为 $353\text{N} \cdot \text{m}$ (此时发动机转速为 $1200 \sim 1400\text{r/min}$),将这一扭矩直接如数传给驱动轮,则驱动轮得到的驱动力仅为 784N,显然,在此情况下,汽车不仅不能爬坡,即使在平直的良好路面上也不可能行驶。

另一方面,6100Q-1 型发动机在发出最大功率 99.3kW 时的发动机转速为 3000r/min ,将发动机与驱动轮直接连接,则对应这一发动机转速的汽车速度将达 510km/h ,这样的车速既不实用,又不可能实现,因为相应的驱动力太小,汽车根本无法起步。

解决上述矛盾的方法是通过传动系统减速增矩,亦即使输入驱动轮的转速降低为发动机转速的若干分之一,相应地驱动轮所得到的转矩则增大到发动机转矩的若干倍。

传动系统减速增矩的功能通常由变速器 2 和驱动桥 4 中的主减速器 7 共同来实现,其原理是通过小齿轮带动大齿轮,如主减速器 7,动力由小锥齿轮输入,大锥齿轮输出。

2) 实现汽车变速

汽车的使用条件,诸如汽车的装载质量、道路坡度、路面状况以及道路宽度和曲率、交通情况所允许的车速等,都在很大范围内不断变化,这就要求汽车驱动力和速度也有相当大的变化范围。另外,由发动机的速度特性可知,发动机在其整个转速范围内,转矩的变化不大,而功率及燃油消耗率的变化却很大,因而保证发动机功率较大而燃油消耗率较低的曲轴转速范围,即有利转速范围是很窄的。为了使发动机能保持在良好经济性的有利转速范围内工作,而汽车驱动力和速度又在足够大的范围内变化,应当使传动系统的传动比在最大值和最小值之间变化,即传动系统应起变速作用。

汽车变速的功能通常由变速器 2 来实现。汽车变速器分为无级变速器和有级变速器。若传动比在一定范围内的变化是连续的和渐进的,则称为无级变速器。无级变速器可以保证发动机保持在最有利的工况下工作,因而有利于提高汽车的动力性和燃油经济性。但对机械式传动系统而言,实现无级变速比较困难。因此,大部分机械式传动系统是有级变速的,即变速器的挡位数是有限的。一般轿车和轻、中型货车的传动比有 3~5 挡,越野汽车和重型货车的传动比可多达 8~10 挡。实现有级变速的原理是在变速器中设置并联的若干对减速齿轮机构,其传动比各不相同,使变速器有不同的挡位,在驾驶员操纵下,任何一对齿轮机构都可以加入或退出传动,改变挡位,实现汽车变速。

有些重型汽车在变速器与主减速器之间还有一个副变速器,必要时还将主减速器也设计成两个挡位,借以增加传动系统传动比的挡位数。

3) 实现汽车倒驶

汽车在进入停车场、车库或在狭窄路面上调头时,需要倒向行驶。然而,发动机是不能反向旋转的,与发动机共同工作的传动系统必须在发动机旋转方向不变的情况下,

使驱动轮反向旋转。

汽车倒驶的功能由变速器 2 来实现。实现汽车倒驶的原理是在变速器内加设具有介轮的中间减速齿轮副的倒挡机构,通过介轮,改变变速器 2 输出轴的转向,实现汽车倒驶。

4) 实现中断动力传递

发动机只能在无负荷情况下起动,而且起动后的转速必须保持在最低稳定转速之上,所以,在汽车起步之前,必须将发动机到驱动轮的动力传递路线切断。此外,在汽车换挡和进行制动之前,要暂时中断动力传递。在汽车长时间停车或在发动机不停止运转情况下使汽车暂时停车,以及在汽车获得相当高的车速后,停止对汽车供给动力,使之靠自身惯性进行长距离滑行,要求传动系统长时间保持在中断动力传递状态。

传动系统中中断动力传递的功能由离合器 1 和变速器 2 来实现。在发动机与变速器之间装设一个依靠摩擦来传递动力的离合器 1,其主动和从动部分在驾驶员操纵下彻底分离,实现中断动力传递,一般用于短时中断动力传递。另外,在变速器 2 中设置空挡,即各挡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长时间中断动力传递。

5) 实现两侧驱动车轮差速

当汽车转弯行驶时,左右两侧车轮在相同的时间内滚过的距离是不同的,如果两侧驱动轮用一根刚性轴驱动,则两者角速度必然相同,因而在汽车转弯时必然产生车轮相对于地面的滑动现象,使转向困难,汽车的动力消耗增加,传动系统内某些零件和轮胎加速磨损。

两侧驱动车轮差速的功能由装在驱动桥 4 内的差速器 5 来实现。它可使左右两驱动轮以不同的角速度旋转。动力由主减速器先传到差速器,再由差速器分配给左右两半轴 6,最后传到两侧的驱动轮。差速器是两个自由度的行星齿轮机构,通过行星轮自转,实现两侧驱动车轮差速。

此外,传动系统要有在相互位置经常发生变化的两轴之间传递动力的功能。由于发动机、离合器和变速器固定在车架上,而驱动桥和驱动轮一般是通过弹性悬架与车架相联系的,因此在汽车行驶过程中,变速器与驱动轮之间经常有相对运动。在此情况下,变速器 2 的输出轴与主减速器的输入轴的相对位置经常变化,两者之间不能用简单的整体传动轴来传动,而应采用如图 13-1 所示的由万向节 3 和传动轴 8 组成的万向传动装置,传动轴 8 通过花键伸缩轴,改变轴的长度,满足驱动轮相对变速器运动的需要。

二、汽车传动系统的分类

根据汽车传动系统中传动元件的特征,传动系统可分为机械式、液力机械式、静液式、电力式和混合动力传动系统等类型。

1. 机械式传动系统

机械式传动系统如图 13-1 所示,其传动系统由离合器、变速器、主减速器、差速器等组成,传动系统的各个部分为机械传动机构。这种传动系统的传动效率较高,传递

功率较大,使用广泛。

2. 液力机械式传动系统

液力机械式传动系统是用液力变矩器取代机械式传动系统中的摩擦式离合器,其他的组成部件及其布置方案均与机械式传动系统相同。这种传动系统由于使用液力变矩器,使发动机与驱动车轮之间柔性连接,因此可避免传动系统的扭转振动和冲击,提高零部件的使用寿命,保证汽车平稳地起步和加速,改善乘坐舒适性。

液力机械式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纵大为简化。但是,由于其存在结构较复杂、造价较高、机械效率较低等缺点,因此,目前主要用在自动挡的轿车和部分重型货车上,一般货车采用较少。

3. 静液式传动系统

静液式传动系统又称为容积式液压传动系统,如图 13-2 所示,主要由液压马达 2、液压自动控制装置 6 和由发动机驱动的液压泵 7 等组成。静液式传动系统利用液压传动原理工作。发动机输出的动力通过液压泵 7 转换成液压能,然后再由液压马达 2 重新转换为机械能,驱动车轮转动,驾驶员通过变速操纵杆 5 操纵液压自动控制装置 6 实现变速。在图示方案中,只用一个液压马达 2 将动力传递给主减速器,再经差速器和半轴传到驱动轮。还有一种方案,它是在每个驱动轮上都装有一个液压马达,如图 13-3 所示,这样可以去掉主减速器、差速器和半轴等传动部件。

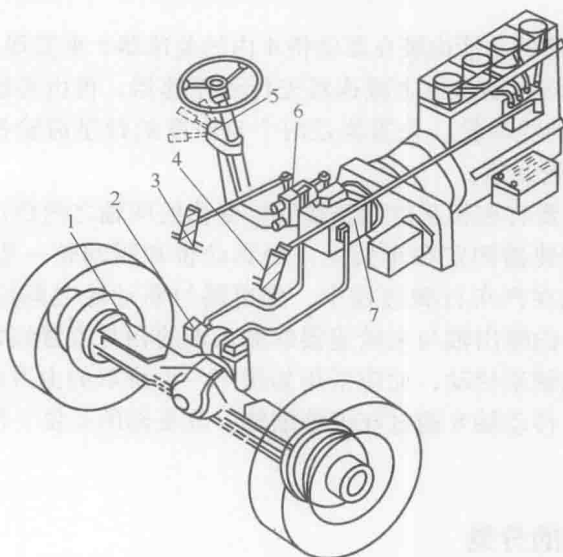


图 13-2 静液式传动系统示意图

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。

静液式传动系统通过液压自动控制装置 6, 改变输入液压马达 2 的压力油流量, 使汽车平稳地进行自动无级变速, 具有非常理想的特性; 传动系统零部件也大为减少, 使布置方便并可提高离地间隙和通过性; 液压系统可用于动力制动, 使制动操作轻便。但

它存在机械效率低、造价高、使用寿命和可靠性不够理想等缺点，主要用在某些军用车辆上，如何克服这些缺点，使之能在一般汽车上推广应用的问题，还有待于进一步研究。

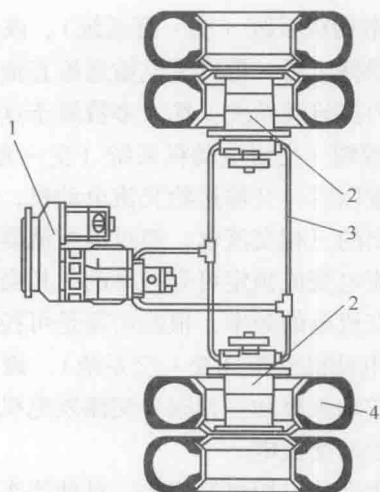


图 13-3 液压马达直接驱动车轮的静液式传动系统示意图

1—液压泵；2—液压马达；3—液压管路；4—驱动轮。

4. 电力式传动系统

电力式传动系统如图 13-4 所示，由汽车发动机 1 带动发电机 2 发电，将发出的电能送到电动机，再由电动机带动驱动轮。

根据电动机的位置，有两种传动形式：一种传动形式是只用一个电动机与传动轴或驱动桥连接，电动机发出的动力经传动轴、主减速器传到驱动轮；另一种传动形式是在每个驱动轮上单独安装一个电动机，电动机输出的动力通过减速机构传输到驱动轮上，这种直接与车轮相连的减速机构称为轮边减速器。内部装有牵引电动机和轮边减速器的驱动轮称为电动轮 5。电传动系统中的控制电路接受驾驶员发出的各种信号，控制发动机、电动机等，实现汽车的起步、前进、后退和停车。

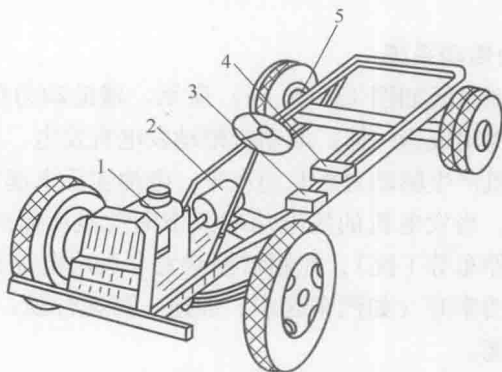


图 13-4 电力式传动系统示意图

1—发动机；2—发电机；3—晶闸管整流器；4—逆变装置；5—电动轮。

根据装用的发电机和牵引电动机的形式，电力式传动系统可以分为以下几种：

(1) 直流发电机 - 直流电动机系统（直 - 直系统）。在直 - 直电力式传动系统中，采用的是直流发电机和直流牵引电动机。

(2) 交流发电机 - 直流电动机系统（交 - 直系统）。该系统的发电机为三相交流发电机，经过大功率的硅整流器整流后，把直流电输送给直流牵引电动机。目前，国内外生产的大吨位矿用汽车的电力式传动系统，绝大多数属于这种结构。

(3) 交流发电机 - 直流变频 - 交流电动机系统（交 - 直 - 交系统）。交流发电机输出的电能经过整流及变频装置以后，又输送给交流电动机，这称之为交 - 直 - 交电力式传动系统。即交流发电机发出的三相交流电，经过硅整流器整流成直流电以后，直流电再通过晶闸管逆变器，把直流电变成预定可变频率的三相交流电，以供给各个交流牵引电动机使用。逆变后的三相交流电的频率，根据需要是可控制的。

(4) 交流发电机 - 交流电动机系统（交 - 交系统）。该系统没有直流环节，而是直接的交流电传动系统。汽车发动机驱动一台同步交流发电机，交流发电机通过变频器向交流牵引电动机输送频率可控的交流电。

电传动系统从发动机到驱动轮只用电器连接，可使汽车的总体布置简化、灵活，起动及变速平稳，冲击小，有利于延长车辆的使用寿命；这种传动系统操纵简单，具有无级变速特性，有助于提高汽车的平均车速；还可将电动机改为发电机用作制动，可提高行驶安全性。其缺点是电传动系统效率低，发电机和电动机要消耗较多的有色金属铜。

5. 混合动力传动系统

混合动力传动系统是混合动力汽车的传动系统。混合动力汽车（HEV）是在一辆汽车上同时配备电力驱动系统和辅助动力单元（Auxiliary Power Unit, APU），其中辅助动力单元是燃烧某种燃料的原动机或由原动机驱动的发电机组，目前混合动力汽车所采用的原动机一般为柴油机或汽油机。混合动力汽车将原动机、电动机、能量储存装置（蓄电池）组合在一起，它们之间的良好匹配和优化控制，可充分发挥内燃机汽车和电动汽车的优点，避免各自的不足，是当今最具实际开发意义的低排放和低油耗汽车。

根据混合动力传动系统的配置和组合方式不同，分为串联式、并联式和混联式传动系统。

1) 串联式混合动力传动系统

串联式混合动力传动系统如图 13-5 (a) 所示。辅助动力单元由原动机和发电机组成，通常将这两个部件集成为一体。原动机带动发电机发电，其电能通过控制器直接输送到电动机，由电动机产生驱动力矩驱动汽车。电池实际上起平衡原动机输出功率和电动机输入功率的作用。当发电机的发电功率大于电动机所需的功率时（如汽车减速滑行、低速行驶或短时停车等工况），控制器控制发电机向电池充电；当发电机发出的功率低于电动机所需的功率时（如汽车起步、加速、高速行驶、爬坡等工况），电池则向电动机提供额外的电能。

串联式结构可使发动机不受汽车行驶工况的影响，始终在其最佳的工作区稳定运行，并可选用功率较小的发动机，因此，可使汽车的油耗和排污降低。串联式混合动力电动汽车特别适用于在市内低速运行的工况。在繁华的市区，汽车在起步和低速时还可

以关闭原动机,只利用电池进行功率输出,使汽车达到零排放的要求。串联式结构的不足是:需要功率足够大的发电机和电动机;发动机的输出需全部转化为电能再变为驱动汽车的机械能,由于机电能量转换和电池充放电的效率较低,使得燃油能量的利用率比较低。

2) 并联式混合动力传动系统

并联式混合动力传动系统如图 13-5 (b) 所示,变速器的前端有动力复合装置,将发动机和电动机连接在一起,动力复合装置为两个自由度的行星齿轮机构,汽车可由发动机和电动机共同驱动或各自单独驱动。当电动机只是作为辅助驱动系统时,功率可以比较小。与串联式结构相比,发动机通过机械传动机构直接驱动汽车,其能量的利用率相对较高,这使得并联式比串联式混合动力传动系统的燃油经济性高。并联式混合动力传动系统最适合于汽车在城市间公路和高速公路上稳定行驶的工况。由于并联式混合动力传动系统的发动机工况要受汽车行驶工况的影响,因此不适于汽车行驶工况变化较多、较大的场合;相比于串联式混合动力传动系统,需要变速装置和行星齿轮机构的动力复合装置,传动机构较为复杂。

3) 混联式混合动力传动系统

混联式混合动力传动系统是串联式与并联式的综合,如图 13-5 (c) 所示。发动机发出的功率一部分通过机械传动输送给驱动桥,另一部分则驱动发电机发电。发电机发出的电能输送给电动机或电池,电动机产生的驱动力矩通过动力复合装置输送给驱动桥。混联式传动系统的控制策略:汽车低速行驶时,传动系统主要以串联方式工作;汽车高速稳定行驶时,需要功率大,以并联工作方式为主。

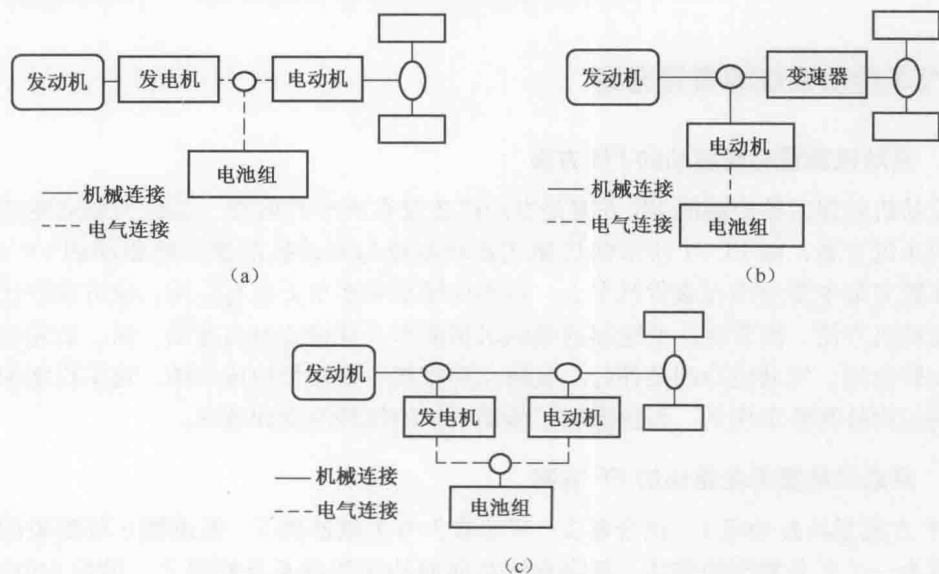


图 13-5 混合动力传动系统

(a) 串联式; (b) 并联式; (c) 混联式。

混联式混合动力传动系统充分发挥了串联式和并联式的优点,能够使发动机、发电机、电动机等部件进行更多的优化匹配,从而在结构上保证了在更复杂的工况下使系统在最优状态工作,所以更容易实现排放和油耗的控制目标,因此是最具影响力的 HEV。与并联式相比,混联式的动力复合形式更复杂,因此对动力复合装置的要求更高。

图 13-6 为丰田公司 Prius 车的混联式混合动力传动系统结构示意图, 发电机具有发电机和电动机的功能, 发动机通过离合器与行星齿轮机构的行星架相连, 发电机、电动机分别与行星齿轮机构的中心轮、齿圈相连, 两个自由度的行星齿轮机构将发动机、发电机、电动机的动力复合, 并通过齿圈输出动力, 再经主减速器、差速器、半轴将动力输出给驱动车轮。

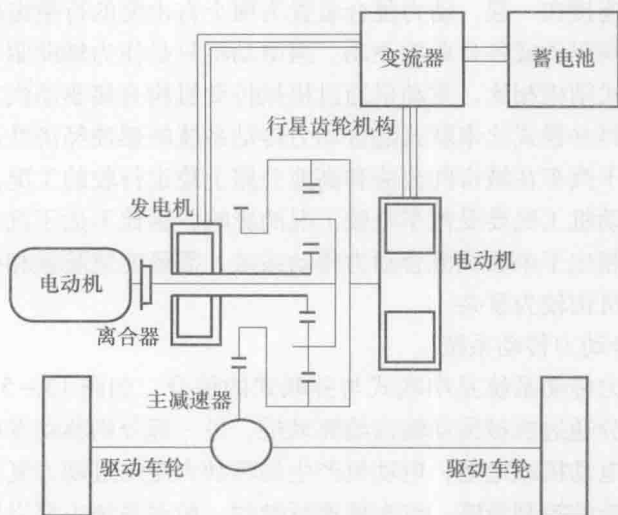


图 13-6 混联式混合动力传动系统结构简图

三、汽车传动系统的布置方案

1. 发动机前置后轮驱动的 FR 方案

发动机前置后轮驱动的 FR 方案是发动机放置在汽车的前端、后轮为驱动轮的传动系统的布置方案, 图 13-1 所示的机械式传动系统为发动机前置后轮驱动的 FR 方案。这种布置方案主要应用在载货汽车上, 在部分轿车和客车上也有应用。该方案的优点是维修发动机方便, 离合器、变速器的操纵机构简单, 货箱地板高度低, 前、后轮的轴荷分配比较合理, 发动机冷却条件好。其缺点是需要一根较长的传动轴, 这不仅增加了传动系统的构件和整车质量, 而且影响了传动系统的扭转刚度和效率。

2. 发动机前置前轮驱动的 FF 方案

FF 方案是将发动机 1、离合器 2、变速器 3 与主减速器 5、差速器 6 等都装配在一起, 成为一个十分紧凑的整体, 固定在汽车前面的车架或车身底架上, 前轮为驱动轮, 如图 13-7 所示。根据发动机布置的方向不同, 有横置和纵置两种形式, 图 13-7 为发动机横置的 FF 方案, 主减速器的齿轮为圆柱齿轮。在发动机纵置的 FF 方案中, 发动机曲轴的轴线与汽车前进方向一致。

FF 方案省去了 FR 方案中变速器和驱动桥之间的万向节和传动轴, 使车身底板高度可以降低, 有助于提高汽车的乘坐舒适性和高速行驶时的操纵稳定性; 整个传动系统集中在汽车前部, 因而其操纵机构比较简单。这种布置方案目前已广泛应用于轿车上,

在中高级和高级轿车上的应用也日渐增多。但由于前轮既是驱动轮，又是转向轮，需要使用等角速万向节 7，因此结构较为复杂；且前轮的轮胎寿命较短；汽车爬坡能力相对较差，上坡时，重心后移，前驱动轮附着力减小，易打滑，下坡时，重心前移，前轴负荷过重，后轴负荷减小，易先抱死，引起侧滑。

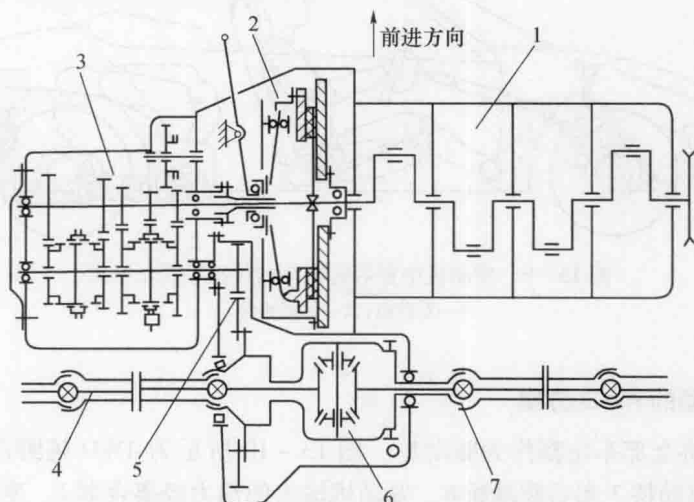


图 13-7 发动机前置前轮驱动的传动系统示意图

1—发动机；2—离合器；3—变速器；4—半轴；5—主减速器；6—差速器；7—万向节。

3. 发动机后置后轮驱动的 RR 方案

RR 方案是将发动机 1、离合器 2 和变速器 3 都横向布置于驱动桥 6 之后，如图 13-8 所示。大、中型客车广泛采用这种布置方案，发动机后置，方便乘客由汽车前门上车，车内噪声低，空间利用率高，行李厢体积大，但发动机的冷却条件较差，发动机和离合器、变速器远离驾驶员，使操纵机构复杂。

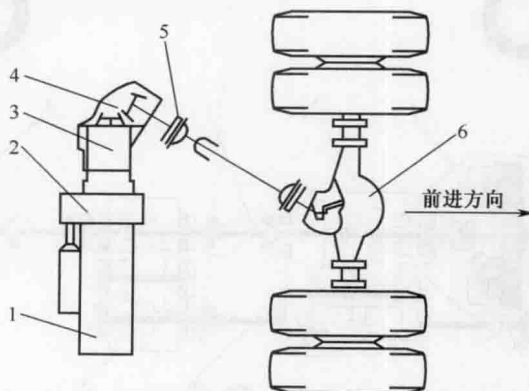


图 13-8 发动机后置后轮驱动的传动系统示意图

1—发动机；2—离合器；3—变速器；4—角传动装置；5—万向传动装置；6—驱动桥。

4. 发动机中置后轮驱动的 MR 方案

MR 方案是将发动机布置于驾驶室后面的汽车的中部，后轮驱动，如图 13-9 所