

天津市科学技术协会资助出版
编号: TJSKX2017-XSZZ-08



汽车技术创新与研发
系列丛书

汽车变速器理论、 设计及应用

陈勇 郭立书 高炳钊◎著

设计要点 + 注意事项 + 实战案例 + 发展趋势

AUTOMOTIVE
TRANSMISSION THEORY,
DESIGN AND APPLICATION



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



汽车技术创新与研发系列丛书

天津市科学技术协会资助出版
编号: TJSKX2017-XSZZ-08



汽车变速器理论、 设计及应用

陈勇 郭立书 高炳钊 著



机械工业出版社

本书论述了汽车变速器的理论、设计及应用,共分13章,内容包括绪论、手动变速器、自动变速器、无级变速器、双离合器自动变速器、电控机械式自动变速器、新能源汽车变速器、变速器的设计、变速器油、液力变矩器设计、行星齿轮传动、自动变速器电子控制系统和汽车及变速器振动噪声。

本书是一本汽车变速器领域的参考书,书中的大部分内容来自作者及其课题组的研究成果。本书适合高等院校车辆工程专业的师生使用,也可供各汽车公司、设计公司的变速器工程师使用。

图书在版编目(CIP)数据

汽车变速器理论、设计及应用/陈勇,郭立书,高炳钊著. —北京:机械工业出版社,2018.6

(汽车技术创新与研发系列丛书)

ISBN 978-7-111-59945-6

I. ①汽… II. ①陈…②郭…③高… III. ①汽车-自动变速装置
IV. ①U463.212

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第097810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:孙鹏 责任编辑:孙鹏

责任校对:郑婕 责任印制:常天培

北京铭成印刷有限公司印刷

2018年7月第1版第1次印刷

169mm×239mm·27.75印张·12插页·565千字

0 001—2 500册

标准书号:ISBN 978-7-111-59945-6

定价:188.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线:010-88361066

读者购书热线:010-68326294

010-88379203

封面无防伪标均为盗版

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工官博:weibo.com/cmp1952

金书网:www.golden-book.com

教育服务网:www.cmpedu.com

序

陈勇教授长期以来一直从事汽车变速器领域的研究开发工作。他曾经在日本日产汽车所属的世界著名自动变速器公司（JATCO）工作十九年，完成了多款自动变速器产品的开发及量产；之后作为“4人计划”特聘专家在国内车企耕耘九载，领导吉利汽车手动和自动变速器的自主研发大业，取得了丰硕成果；如今转战高校，潜心学术，致力于将自己三十余年变速器研究的实战经验与技术积淀进行全面梳理和系统提炼，并分享传播，以惠及产业，助力中国汽车变速器事业的发展与进步。陈勇教授领衔合著的《汽车变速器理论、设计及应用》一书，凝聚了国内外一流变速器专家学者的深厚学识与宝贵经验，详细描述了国际上汽车变速器的先进技术和发展趋势，重点阐释了汽车变速器领域成熟的设计理论以及国际上最新的研究及应用进展，既可作为汽车及变速器研发工程师的工程技术用书，也可作为相关专业研究生、本科生学习基础理论及开展学术研究的参考书，是一部兼具理论性和实践性的难得佳作。

——赵福全，清华大学汽车产业与技术战略研究院院长
世界汽车工程师学会联合会（FISITA）轮值主席（2018—2020）

前 言

为改变发动机等动力系统输出的转矩和转速，通常的运载机械中都需要安装变速器。本书所涉及的主要是道路乘用车辆的变速器。在汽车原地起步、爬坡、转弯、加速等不同行驶工况下，汽车驱动轮所需的转矩和转速是不断变化的，而发动机所能够提供的转矩和转速变化范围是有限度的，变速器承担的任务是通过改变传动比来调节发动机的性能，将发动机的动力平稳、可靠、经济地传递给车轮，很好地适应外部负荷与道路条件的需求，实现发动机提供的特性场与汽车所需特性场的最佳匹配。

汽车变速器是高技术水平和工艺水平的大批量产品，汽车变速器的开发设计在满足环境和法规要求的同时应以市场需求为导向。必须充分考虑法规要求（如节能和排放政策）和用户需求。汽车变速器主要的设计目标是在汽车宽广的车速范围内，实现从发动机或是电动机动力向汽车驱动力的最佳转化，以保证车辆的动力性、加速性及燃油经济性。同时考虑新技术和新工艺的应用可靠性、使用寿命等。鉴于汽车对油耗、排放、驾驶性能、尤其是换挡舒适性和响应速度的越来越高的要求，变速器的设计将越来越有挑战性。当前的乘用车变速器种类，包括手动变速器（MT）、自动变速器（AT）、双离合变速器（DCT）、无级变速器（CVT）、机械式自动变速器（AMT），在将来相当长时间内将会基本维持不变。不过，混合动力变速器的应用将大幅增长。本书的第一作者曾经在日本的 JATCO 公司研发中心作为高级技术人员长期在 AT&CVT 研究开发第一线工作了 19 年，回国后在吉利汽车公司长期负责自动变速器和手动变速器的研究开发工作，深感变速器技术日新月异的进步和由计算机仿真技术带来的研究开发循环周期的加快，也深感研究开发一线对系统阐述变速器开发技术的紧迫性。

因此，本书主要目的是基于实践的开发经验系统总结手动变速器与自动变速器开发技术的主要技术领域，对变速器的理论与开发特征进行比较全面的阐述，为读者展示变速器开发的主要过程，特别是很多开发过程都是在经过反复试验验证的实践经验基础上总结而来的。本书适合在汽车和相关动力传递机器领域工作的工程师和在校研究生阅读，是一本为变速器技术与开发提供主要技术信息的参考书籍。在这里我也非常感谢吉利商用车研究院的高级技术专家郭立书博士、吉林大学汽车学院的高炳昭博士和我合作著书所付出的大量辛勤劳动。感谢上海通用泛亚研究院的田华博士，我的博士生臧立彬和助手曹展等河北工业大学新能源汽车研究中心的研究生同学，以及其他为本书付出辛勤劳动的人。感谢天津市科学技术协会对本书的资助。

作 者

目 录

序	
前言	
第1章 绪论	1
1.1 变速器的功用和对变速器的要求	2
1.2 变速器的类型和优缺点	3
1.3 变速器的基本结构	9
1.4 变速器的发展现状和趋势	11
参考文献	16
第2章 手动变速器	19
2.1 概述	19
2.2 变速器传动机构	19
2.3 同步器	21
2.4 变速器操纵机构	30
2.5 传动比的确定	33
2.6 发动机和变速器联合工作	39
2.7 换档性能评价	43
2.8 手动变速器的新技术	45
参考文献	47
第3章 自动变速器	49
3.1 概述	49
3.2 自动变速器的组成及控制原理	50
3.3 自动变速器的机械结构	54
3.4 自动变速器变速过程分析	61
3.5 自动变速器的液压控制系统	66
3.6 自动变速器的电子控制系统	77
3.7 自动变速器性能试验	78
3.8 自动变速器的发展方向	81
参考文献	84
第4章 无级变速器	86
4.1 概述	86
4.2 无级变速器的组成	88
4.3 VDT带的组成及传动理论	92
4.4 液压控制系统的组成及原理	100
4.5 无级变速器电控系统	108
4.6 无级变速器的控制	111

4.7 金属带式 CVT 的主要性能试验	114
4.8 无级变速器的升级	115
参考文献	118
第 5 章 双离合自动变速器	119
5.1 概述	119
5.2 DCT 的系统组成及工作原理	120
5.3 DCT 的典型设计方案	122
5.4 双离合器	125
5.5 选换挡执行机构	134
5.6 液压控制系统	137
5.7 控制系统硬件设计	143
5.8 控制系统软件设计	147
参考文献	150
第 6 章 电控机械式自动变速器	152
6.1 概述	152
6.2 AMT 控制系统的组成和工作原理	153
6.3 换档器	157
6.4 离合器	159
6.5 选换挡机构	162
6.6 液压控制系统	166
6.7 AMT 控制策略	168
6.8 AMT 性能评价指标	175
参考文献	177
第 7 章 新能源汽车变速器	178
7.1 概述	178
7.2 混合动力汽车的动力性和经济性	180
7.3 AMT 混合动力变速器	183
7.4 AT 混合动力变速器	188
7.5 CVT 混合动力变速器	190
7.6 DCT 混合动力变速器	195
7.7 行星齿轮混合动力变速器	197
7.8 电动汽车变速器	198
7.9 其他混合动力装置	202
参考文献	205
第 8 章 变速器设计	207
8.1 齿轮的设计	207
8.2 轴的设计	220
8.3 轴承的选择和设计	224
8.4 壳体的设计	228
8.5 驻车机构的设计	235
8.6 同步器的设计	251

8.7 密封件的选择	263
8.8 变速器通气设计	268
8.9 变速器试验	269
参考文献	272
第9章 变速器油	273
9.1 手动变速器油	273
9.2 自动变速器油	274
9.3 无级变速器油	275
9.4 双离合器变速器油	275
9.5 变速器油的性能要求及试验	276
9.6 变速器油的选择	281
参考文献	282
第10章 液力变矩器设计	283
10.1 液力变矩器的工作原理及特性	283
10.2 液力变矩器的预设计	293
10.3 叶形设计	298
10.4 液力变矩器内流场的数值模拟与分析	312
10.5 液力变矩器的参数调整	326
10.6 液力变矩器与发动机的匹配	330
参考文献	332
第11章 行星齿轮传动	333
11.1 行星齿轮机构传动效率的理论计算	335
11.2 行星齿轮机构传动效率试验	345
11.3 行星齿轮机构振动、噪声理论计算	354
11.4 行星齿轮机构振动、噪声试验	358
参考文献	369
第12章 自动变速器电子控制系统	370
12.1 自动变速器电子控制系统简介	370
12.2 自动变速器控制系统开发	373
12.3 自动变速器的控制策略	385
参考文献	405
第13章 汽车及变速器振动噪声	406
13.1 振动噪声基础	406
13.2 汽车振动噪声	409
13.3 典型的汽车振动噪声	414
13.4 变速器的振动噪声分析	421
13.5 变速器的典型振动噪声控制	429
参考文献	432

第 1 章

绪 论

由于汽车发动机的转矩变化范围较小，不能适应汽车在各种道路条件下行驶的要求，为使发动机等动力系统输出的转矩和转速能在相当大的范围内变化，在汽车传动系中，采用了可以改变转速比和传动转矩的装置——变速器。本书所涉及的主要是道路乘用车辆的变速器。在汽车原地起步、爬坡、转弯、加速等不同行驶工况下，汽车驱动轮所需的转矩和转速是不断变化的，而发动机能够提供的转矩和转速变化范围是有限度的，变速器承担的任务是通过改变传动比，调节发动机的性能，将发动机的动力平稳、可靠、经济地传递给车轮，以很好地适应外部负荷与道路条件的需求，实现发动机提供的特性场与汽车所需特性场的最佳匹配。

汽车变速器是高技术水平和工艺水平的大批量生产产品，汽车变速器的开发设计在满足环境要求和法规要求（如节能和排放政策）的同时，应以市场需求为导向，充分考虑用户需求，如图 1-1 所示。设计汽车变速器时，主要的设计目标是在汽车宽广的车速范围内，实现从发动机或电动机动力向汽车驱动力的最佳转化，这样才能保证车辆的动力性、加速性及燃油经济性。同时考虑新技术和新工艺的应用可靠性、使用寿命等。由于汽车对油耗、排放、驾驶性能，尤其是换档舒适性和响应速度的越来越高的要求，变速器的设计将越来越有挑战性。当前乘用车变速器的种类包括手动变速器（MT）、自动变速器（AT）、无级变速器（CVT）、双离合变速器（DCT）、机械式自动变速器（AMT），这在将来相当长的时间内将基本维持不变。但是，混合动力变速器的应用将越来越广，其数量将大幅增长。本书作者曾经作为高级技术人员在日本 JATCO 公司研发中心工作 19 年，长期从事 AT&CVT 的研发工作；回国后，又在吉利汽车公司长期负责自动变速器和手动变速器的研究开

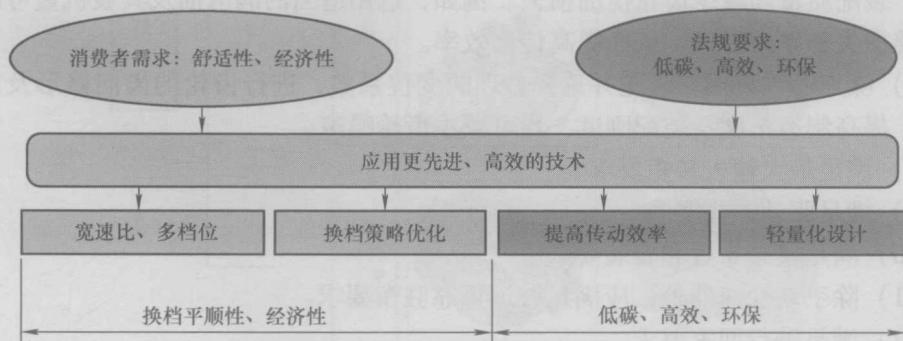


图 1-1 变速器的设计需求

发工作,深感变速器技术日新月异的进步和由计算机仿真技术导致的研究开发循环周期的缩短,也深感研究开发一线工作人员对系统阐述变速器开发技术的迫切性。

本书在作者对国内外汽车变速器 30 年以上的开发实践经验基础上,系统总结了手动变速器与自动变速器开发技术的主要技术领域,对变速器的理论与开发特征进行了比较全面的阐述,为读者展示了变速器开发的主要过程,其中很多开发过程是在经过反复试验验证的实践经验基础上总结而来的。本书适合在汽车和相关动力传递机器领域的工程师和在校研究生阅读,是一本为变速器技术与开发提供主要技术信息的参考书籍。

1.1 变速器的功用和对变速器的要求

变速器的功用是根据汽车在不同行驶条件下提出的要求,改变发动机的转矩和转速,使汽车具有合适的牵引力和速度,并同时保持发动机在最有利的工况范围内工作。为保证汽车能够倒车以及动力传动系统能够分离,变速器除具有前进档外,还必须具有倒档和空档。在有动力输出需求时,还应有功率输出装置。

对变速器的主要要求是:

1) 应保证汽车具有良好的动力性和经济性指标。在汽车整体设计时,根据汽车的载重量、发动机性能参数、轮胎性能参数及汽车使用要求,选择合适的变速器档位及传动比,来满足这一要求。

2) 工作可靠,操纵轻便。汽车在行驶过程中,变速器内不应该有自动掉档、乱档、换档冲击等现象发生。

3) 良好的安全性。能保证汽车在任何工况下都安全、可靠地行驶。

4) 体积小、重量轻。通过合理利用工程塑料等非金属材料,采用先进的材料成形工艺和热处理工艺,来满足这一要求。

5) 成本低。在满足整车对变速器要求的前提下,尽可能降低成本。

6) 传递效率高。为了减少齿轮啮合损失及轴承摩擦损失,应该提高零部件的制造、装配质量和减少齿轮搅油损失。例如,选用适当的润滑油及其装机量可以降低搅油损失和摩擦损失,从而提高传动效率。

7) 噪声小。采用斜齿轮并选择合理的变位系数,进行齿轮的齿向修形及齿廓修形,提高制造精度及装配刚度,均可减小齿轮噪声。

8) 满足最大输入转矩要求。

9) 满足驱动方式要求。

10) 满足整车布置和安装要求。

11) 除手动变速器外,应满足坡道可靠驻车要求。

12) 满足跛行回家要求。

13) 对于电控变速器,控制系统硬件应满足电磁兼容性和抗干扰性要求,软

件应满足 ISO26262、ASPICE、AUTOSAR 等标准的要求。

14) 考虑驾驶乐趣和换挡舒适性等因素。尽量减少换挡时的“顿挫”冲击感。

1.2 变速器的类型和优缺点

一、汽车变速器的类型

根据传动比是否固定,变速器可分为有级式和无级式两种类型,有级变速器的传动比为固定值,包括普通变速器和行星齿轮变速器,由齿轮传动,是目前使用得最为广泛的变速器;无级变速器的传动比可在一定范围内变化,又包括电力式和液力式两类。电力式无级变速器的变速传动部件为直流串励电动机,液力式无级变速器的传动部件为液力变矩器。无级变速器能克服普通自动变速器突然换挡、节气门反应慢、油耗高等缺点,多用于无轨电车和重型汽车。

当前乘用车使用的变速器主要有手动变速器(MT)、自动变速器(AT)、无级变速器(CVT)、双离合变速器(DCT)、机械式自动变速器(AMT)和活齿无级变速器(VIT)等类型,此外还有在上述变速器基础上演变而成的纯电动汽车变速器和混合动力汽车变速器,如图1-2所示。

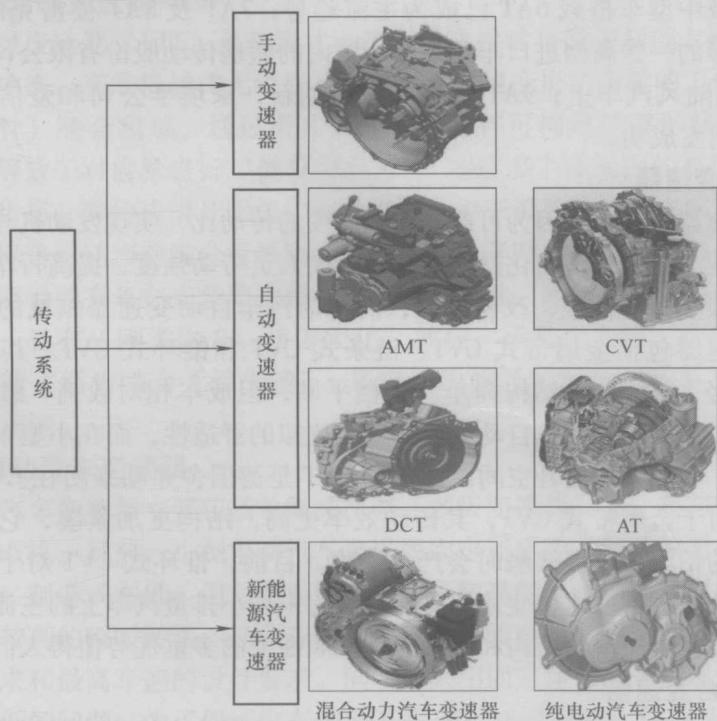


图 1-2 乘用车变速器主要类型

1. 手动变速器

手动变速器 (MT), 也称为机械变速器, 即用手拨动变速杆才能改变变速器内齿轮的啮合位置, 从而达到改变传动比实现变速的目的。它的优点是传动效率高、能进行大转矩传递、易于制造且价格低廉、结构简单、油耗低、加速时间短、开发周期短等, 在变速器家族中占有一席之地。当前手动变速器主要是 5 速或 6 速手动变速器, 覆盖 SUV、中型车及紧凑型车等车型, 为了降低油耗并提高驾驶乐趣, 传递转矩逐级增大, 手动变速器中 6 档位的变速器将成为主流, 目前采埃孚公司和宝马公司正在研发 7 速手动变速器。

2. 自动变速器

自动变速器 (AT), 也称为有级式自动变速器。按照轴的布置方式不同, 自动变速器可以分为固定轴式自动变速器和旋转轴式自动变速器两种。由于固定轴 (平行轴) 占用空间体积较大, 故无法实现更多的档位 (局限于 5 速、6 速), 目前本田公司的主推技术。绝大多数变速器公司采用旋转轴式技术方案, 按照 AT 档位不同可以分为 4AT、5AT、6AT、7AT、8AT、9AT, 通用、大众等汽车公司已经开始研发 10AT。其中, 4AT 技术成熟、体积小, 虽然舒适性及经济性较差, 但仍是目前小型车搭载的主要自动变速器; 5AT 的舒适性及经济性略好于 4AT, 但换挡顿挫感依然明显, 后期的开发空间有限; 6AT 的经济性及舒适性比较优越, 小型车、紧凑型及中型车搭载 6AT 已成为主流趋势; 7AT 及 8AT 被雷克萨斯、宝马、奥迪和奔驰等的一些高档进口车型采用, 国内的盛瑞传动股份有限公司成功开发出 8AT, 搭载在陆风汽车上; 9AT 代表科技的创新, 采埃孚公司和爱信精机公司的 9AT 也相继研发成功。

3. 无级变速器

无级变速器 (CVT) 因为可产生连续改变的传动比, 实现发动机与动力传动系统的最佳匹配, 并且能够简化操作, 减轻驾驶人员劳动强度, 提高行车安全性, 提高驾驶的平顺性和舒适性, 改善排放, 而成为汽车自动变速器领域的一个重要分支。无级变速器包括金属带式 CVT、链条式 CVT 和锥环式 CVT。其中金属带式 CVT 的重量轻、体积小、结构简单、换挡平顺, 但成本相对较高、维护不便、承载能力有限, 它因具有其他自动变速器无法比拟的舒适性, 而在小型车及紧凑型车上得到应用, 有较大的上升空间。链条式 CVT 是德国舍弗勒集团在 CVT 方面的主推技术, 相对于金属带式 CVT, 其传动效率更高, 结构更加紧凑, 它的缺点是链条侧面突出的销与滑轮点接触时会产生噪声。目前, 锥环式 CVT 对于大多数人而言可能是陌生的, 不过这种变速器可能会成为未来小排量汽车上的主流变速器, 其低成本、高效率、简单的结构和在功能和平顺性上的多重优势值得人们关注。

4. 双离合变速器

双离合变速器 (DCT) 是一种新型的自动变速器, 它将变速器档位按奇偶数分别布置在与两个离合器所连接的两个输入轴上, 通过离合器的交替切换完成换挡过

程,实现了动力换档。DCT具有AT和AMT的优点,其传动效率高、结构简单、生产成本低,不仅保证了车辆的动力性和经济性,而且极大地改善了车辆运行的舒适性。DCT分为干式和湿式两种类型。其中干式DCT又分为电液干式DCT和电动干式DCT,前者结构复杂、可靠性有待提高,大众双离合变速器属于这种类型;后者相对而言结构简单可靠,在未来中小转矩自动变速器发展过程中将成为主流趋势。湿式DCT的承载能力大,后期在中级以上级别车型中的占有率将呈跨越式提高。

5. 机械式自动变速器

机械式自动变速器(AMT)是在传统固定轴式变速器的基础上,应用电子技术和自动变速理论,通过电子控制单元控制液压执行系统或电动执行系统来实现离合器的分离与接合、选换档操作,从而实现起步、换档的自动操纵。AMT因其传动效率高、易于制造、成本低等优点在微型车及小型车上尚有一定的发展空间,但其在换档过程中存在动力中断,在紧凑型级别以上的车型上发展空间不大。

AMT通常包括电控液压AMT和电动驱动AMT。电控液压AMT中以电-液执行器为核心的AMT变速器,已经在奇瑞QQ3、瑞麒M1、雪佛兰赛欧、上汽MG3等车型上得到广泛应用;电动驱动AMT相对电控液压AMT结构更加简单、可靠性更好、成本更加低廉,是以后AMT发展的主流趋势。

6. 活齿无级变速器

活齿无级变速器(VIT)是在滑片无级变形活齿啮合原理基础上研制成功的一种新概念大功率、高效机械式无级变速器。滑片无级变形活齿轮的工作表面由系列滑片(或滑针)叠合组成,通过滑片自由无级滑移可构成任意形状的啮合齿形,此设计思想等效于对齿轮进行“微分再积分”,通过多个微元面的有机组合即可形成任意所需齿形,即构成滑片无级啮合活齿轮。由于滑片的滑移方向与受力方向不同,滑片可以自由随当前啮合齿形变形,而传递功率时的受力方向与自由滑移方向相互垂直或两者的夹角在当量摩擦角之内具有自锁性,所以滑片承载受力时不会改变齿廓形状,具有“刚柔融合、活齿固化”效应,承载能力强,传动效率高,是真正意义上的“活齿啮合无级变速”,其应用领域涵盖轿车、客车、卡车等大功率、大转矩车辆。

7. 纯电动汽车变速器

纯电动汽车变速器主要包括单级减速器、多级变速器和减速器与电机做成一体的轮边驱动电机。目前,小型电动汽车多采用固定速比的一档减速器,这种传动方式结构简单、制造成本低,但对牵引电机提出了较高的要求,即牵引电机既要在恒转矩区提供较高的瞬时转矩,又要在恒功率区提供较高的运行速度,以满足车辆的加速性能要求和最高车速的设计要求。同时,采用固定速比的一档减速器存在电机利用效率较低的问题,为了保证汽车的最高车速,减速器速比往往选择得比较小,这就使牵引电机长期处于高转矩、大电流的工作状态,电机效率比较低,从而浪费

了电池能量而使续驶里程减小。为了使电动汽车能更好地满足其动力性能，同时降低其对牵引电机和电池的要求，电动汽车传动系统的发展趋于多档化。意大利 Oerlikon Graziano 公司开发出了匹配小型电动汽车的两档变速器。安东诺夫公司设计了一款用于纯电动汽车的全新高效 3 速自动变速器，在提升能源效率和保证动力性能的同时，优化了动力总成的尺寸、重量和开发成本。

8. 混合动力汽车变速器

(1) 混合动力驱动类型 在介绍混合动力汽车变速器之前，首先要知道混合动力驱动类型。如图 1-3 所示，混合动力驱动类型主要包括串联混合动力驱动、并联混合动力驱动、功率分流混合动力驱动及其他混合动力驱动。

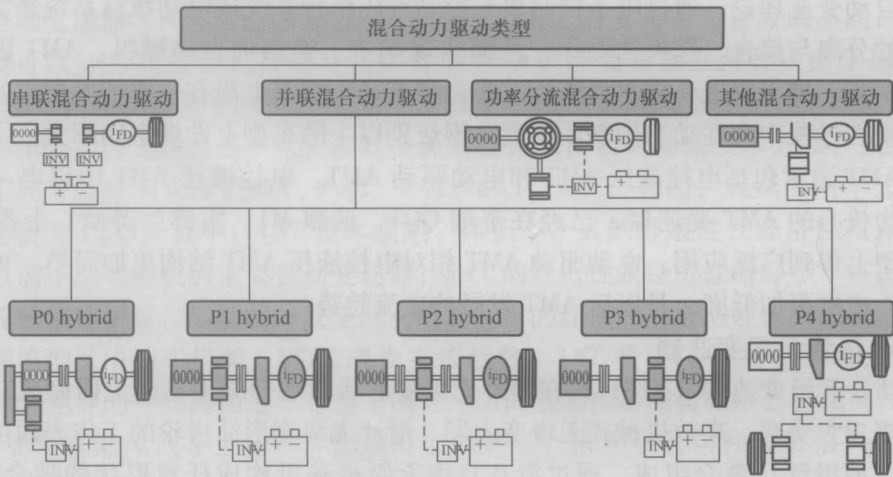


图 1-3 混合动力驱动类型

1) 串联混合动力驱动。发动机和驱动车轮完全解耦，发动机只是带动发电机用于对动力电池充电，动力电池通过电机控制器驱动另一台电机使车辆行驶，此方案由于动力传动环节多，故整体效率低，但因发动机和驱动车轮完全解耦，所以舒适性较好。

2) 并联混合动力驱动。根据电机在整车上的布置不同，分为 P0（BSG）结构混合动力驱动、P1（ISG）结构混合动力驱动、P2 结构混合动力驱动、P3 结构混合动力驱动和 P4 结构混合动力驱动等。P0 结构混合动力驱动中，电机集成在传统发动机的发电机位置处，起发电、助力和起动等作用，同时在能量回收时起发电机的作用，回收制动能量；P1 结构混合动力驱动中，电机集成在发动机曲轴输出端，起发电、助力和起动等作用，同时在能量回收时起发电机的作用，回收制动能量；P2 结构混合动力驱动中，电机也集成在发动机和变速器之间，不同之处在于电机通过离合器分别和发动机、变速器连接，可以起发电、助力和起动作用，同时在能量回收时起发电机的作用，回收制动能量，电机单独驱动车辆行驶，可以是全混合动力或插电式混合动力，这是混合动力驱动的主要形式之一；P3 结构混合动力驱

动中,电机集成在变速器输出端,起助力、发电作用,同时在能量回收时起发电机的作用,回收制动能量,电机单独驱动车辆行驶,可以是全混合动力或插电式混合动力;P4结构混合动力驱动中,发动机驱动一个驱动桥,电机驱动另一个驱动桥,电机起助力、发电等作用,同时在能量回收时起发电机的作用,回收制动能量,电机也可以单独驱动车辆行驶,可以是全混合动力或插电式混合动力。

3) 功率分流混合动力驱动。它利用行星齿轮机构把发动机和两个电机集成于一体,实现混合动力驱动的各种功能。其典型代表是丰田普瑞斯混合动力汽车,由于利用行星齿轮机构和电机对发动机及行星齿轮机构输出端加以变速,通常该机构也称为eCVT。

4) 其他混合动力驱动。最典型的代表是本田飞度的7DCTH混合动力驱动,电机通过传动机构与7DCT的一个输入轴连接,形成一种新型独特的驱动形式。此种方案中与电机输入轴连接的各档在换档时需要电机进行同步跟踪,以缩小同步器的主、被动转速差,来延长响应同步器的寿命。

(2) 混合动力汽车上的常用变速器 传统的汽车变速器在混合动力汽车上均有应用,其中自动变速器的应用更多,主要应用如下。

AMT是混合动力汽车变速器的理想选择,基于AMT变速机构的电驱动变速器,其最大特点是通过高强度静音链传动将新能源汽车用的电机与AMT变速器耦合在一起,解决了换档过程中的动力中断问题。这种新型电驱动变速器充分结合了电机和AMT的优点,可以显著地降低油耗。德国FEV基于AMT开发出7H-AMT混合动力变速器,该变速器的最大特点是低档升档时,驱动电机通过其他齿轮传递动力,输出一定转矩,消除换档时由动力中断造成的冲击。

AT变速器在混合动力汽车上的应用方案有变速器的输入端耦合电机,也有变速器的输出端耦合电机,最近一种新的方案是取消AT变速器的液力变矩器,在液力变矩器的位置使用电机。这些方案都需要对润滑系统加以改进,用电子油泵代替传统AT的机械油泵或者增加一个电子油泵,否则,EV(电驱动)模式将难以满足系统的润滑要求及快速起停要求。

CVT是已量产混合动力汽车上用得最多的传动方案,混合动力汽车的自动变速器有动力传动一体化的特点,即将电机与变速器集成在一起,使系统的结构更紧凑、动力的传动更平稳、控制性能更好。

DCT变速器在混合动力汽车上的应用主要有驱动电机通过减速机构与变速器输入1轴相连、驱动电机通过减速机构与变速器输入2轴相连、驱动电机通过减速机构与变速器输出轴相连等方式。前两种方案的优点是电机驱动可以变速,缺点是与电机相连输入轴的档位在同步挂档时需要电机进行同步跟踪;后一种方案的优点是换档时电机不需要进行同步跟踪,缺点是电机驱动不能变速。

除此之外,丰田普瑞斯(PRIUS)混合动力系统是混联式混合动力系统的典型例子,该系统的最大特点是利用一个行星齿轮机构将两个电机和一个发动机耦合在

一起, 单行星齿轮机构可以实现无级变速器的功能。典型混合动力变速器的应用见表 1-1。

表 1-1 典型混合动力变速器的应用

结构	厂商	车型	变速机构
起停 - BSG	别克	君越	6AT
	雪佛兰	迈锐宝	6AT
	奇瑞	A5 BSG	原变速器
ISG (E - M - C - T)	本田	Fit Hybrid	MT/CVT
	本田	CIVIC Hybrid (第二代)	CVT
	本田	CIVIC Hybrid (第三代)	CVT
	本田	Insight	CVT
	本田	CR - Z	MT/CVT
	宝马	宝马 7 Hybrid	8AT
	奔驰	奔驰 S400 Hybrid	7AT
ISG (E - C - M - T)	现代	现代索纳塔混合动力	6AT
	日产	日产风雅	7AT
	奥迪	奥迪 A6 Hybrid	8AT
	奥迪	Q5 Hybrid quattro	8AT
	奥迪	Q7 Hybrid (停产)	
	保时捷	保时捷 Panamera S Hybrid	8AT
	大众	大众途锐	8AT
并联后轴电驱	标志	标志 3008	6AMT
混联/双电机单行星齿轮机构	丰田	丰田普锐斯	单级减速
	日产	日产 Altima Hybrid	单级减速
	福特	Fusion Hybrid	—
	福特	Escape Hybrid	
	福特	C - MAX Hybrid	
混联/双电机双行星齿轮机构	雷克萨斯	RX400h/Highlander Hybrid	单级减速
混联/双电机三行星齿轮机构	雷克萨斯	GS450h/LS600h	单级减速
	宝马	宝马 X6	7AT
	奔驰	奔驰 ML450	7AT

二、汽车变速器的优缺点

变速器作为汽车动力总成系统中的重要组成部分, 决定了汽车的动力输出状

况,对整车的燃油经济性、舒适性、可靠性等性能有直接影响。不同类型的变速器具有不同的特点,当今市场主流变速器的优缺点见表1-2。

表1-2 汽车变速器的优缺点

	变速形式	转矩	效率	舒适性	换挡平顺性	可靠性	燃油经济性	排放性	寿命	成本	应用范围
MT	有级手动	大	高	差	动力中断	好	好	较好	好	低	功率不受限制 成本不受限制
AT	有级自动	大	低	好	动力接近不中断	好	不好	较好	较好	高	功率不受限制 成本受限制
CVT	无级自动	有限	低	最好	动力不中断	较好	较好	好	不好	高	功率受限制 成本受限制
DCT	有级自动	大	高	好	动力接近不中断	较好	较好	好	较好	高	功率不受限制 成本受限制
AMT	有级自动	大	高	较好	动力中断	不好	好	较好	较好	较低	功率不受限制 成本不受限制

1.3 变速器的基本结构

变速器由壳体、传动部分和换挡操纵装置组成。

1. 壳体

壳体是基础件,用以安装和支承变速器的全部零件以及存放润滑油,其上有安装轴承的精确镗孔。变速器承受变载荷,所以壳体应有足够的刚度,内壁有加强筋,形状复杂,多为铸件(材料为灰铸铁,常用HT200),如图1-4所示。

为便于安装,传动部分和换挡操纵装置常做成剖分式,箱盖与壳体用螺栓连接并可靠定位。壳体上有加油、放油口,油面检查尺口,还应考虑散热问题。

2. 传动部分

传动部分即变速器的齿轮、轴、轴承等传动件。轴的几何尺寸通过强度、刚度校核计算确定;其材料的选择主要取决于刚度是否满足要求,而碳钢与合金钢的弹性模量近乎相等,所以一般用碳钢(常为45钢)制造,只有齿轮与轴制成一体或轴承受重载时才用合金钢。齿轮通常采用低碳合金钢(如20CrMnTi、20MnCrS等)制造。轴与齿轮多为花键连接,其具有对中性好,能可靠传递动力,挤压应力小等优点。轴的花键部分和安装轴承处经表面淬火处理。轴多用滚动轴承支承,其润滑

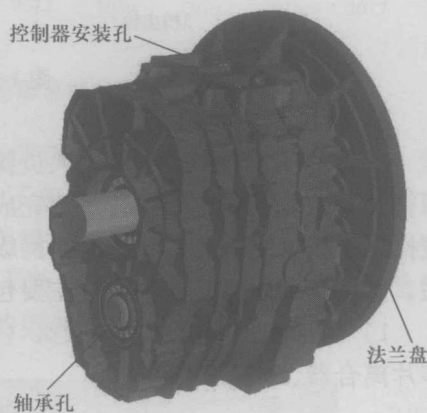


图1-4 变速器壳体