汽车设计丛书

汽 车 离 合 器

徐石安　江发潮　编著

清 华 大 学 出 版 社
北　京

需要全本请访问 www.ertongbook.com

内 容 简 介

本书从分析汽车传动系的发展状况为起端，系统叙述汽车离合器结构的发展及其未来的趋向，指出离合器产品应具有的功能和对产品设计的基本要求。

本书着力于介绍为培养和提高离合器产品自主开发能力所必备的基本知识和技能，包括：离合器及其操纵系统的结构知识、设计理论、设计理念及方法，有关离合器试验和离合器的故障分析及排除等。

本书对离合器及其操纵系统主要零部件的设计计算都做了较详细的叙述，其中重点介绍有一定难度的膜片弹簧和扭转减振器的设计计算理论、方法和思路，并附有算例，对近年来发展起来的新技术——双质量飞轮及电控离合器也有较详细的说明。

本书写作力求说理清楚，适合从事离合器产品开发和应用的工程技术人员、相关专业的大学生阅读，对研究生也有一定的参考意义。广大汽车爱好者如果想了解汽车传动系及离合器本身，阅读本书也会有所裨益。

版权所有，翻印必究。举报电话：010-62782989　13501256678　13801310933

图书在版编目（CIP）数据

汽车离合器/徐石安，江发潮编著. —北京：清华大学出版社，2005.8
（汽车设计丛书）
ISBN 7-302-11137-5

Ⅰ. 汽… Ⅱ. ①徐… ②江… Ⅲ. 汽车-离合器-基本知识 Ⅳ. U463.211

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2005）第 056107 号

出 版 者：清华大学出版社　　地　　址：北京清华大学学研大厦
http://www.tup.com.cn　　邮　　编：100084
社 总 机：010-62770175　　客户服务：010-62776969
责任编辑：张秋玲
印 装 者：北京国马印刷厂
发 行 者：新华书店总店北京发行所
开　　本：185×260　印张：13.75　字数：326 千字
版　　次：2005 年 8 月第 1 版　2005 年 8 月第 1 次印刷
书　　号：ISBN 7-302-11137-5/U·17
印　　数：1～3000
定　　价：28.00 元

前 言

本书是在原汽车设计丛书中《离合器》(人民交通出版社,1981)一书的基础上,参阅了近期国内外有关离合器设计方面的主要书籍和资料,结合作者多年从事这方面教学、设计、科研方面的经验编写而成的,内容已较先前有了较大的改进、充实,深度上也有提高。

汽车离合器看似结构简单、工作原理浅薄,但是其结构的发展却经历了上百年,融合了几代人的智慧和心血才达到现今的地步。其设计理论也从传统的机械、力学领域深入到热、电、材料、控制等众多学科领域。今天,技术已发展到电子化、信息化,离合器的发展也面临着用新的技术进行改造和提高。对此,本书在内容上也力求有所反映。我国的汽车工业相对于世界上其他先进国家相当落后,虽然从国外引进了许多新产品、新技术,但是对传统技术的消化掌握还有一段距离。应该充分了解传统结构和设计技术的重要性,因为它是基础。这也是本书编写的重点所在。

本书在编写过程中得到东风汽车传动轴有限公司苏州汽车配件分公司及分公司领导刘爱民、顾建苏高级工程师的大力支持和帮助,清华大学汽车工程系副教授季学武博士、博士研究生陈涛以及南京汽车厂袁念诗高级工程师对本书的编写提出了宝贵的建议和协助,在此一并表示感谢。

本书前七章由清华大学徐石安编写,第 8 章由中国农业大学江发潮博士(清华大学汽车工程系博士后)编写。由于编写者水平有限,对国内外技术的理解可能有不全面或错误之处,希望读者不吝批评指正。希望本书能起到抛砖引玉的作用,使广大有关方面的工程技术人员和读者能从中获益,得到启发,使我国离合器的自主开发能力及产品设计水平进一步提高。

作 者

2004 年 12 月

目 录

1 汽车传动系与离合器 …… 1

1.1 传动系 …… 1
1.1.1 概述 …… 1
1.1.2 机械式传动系统 …… 3
1.1.3 自动传动系统 …… 4
1.2 汽车离合器 …… 9
1.2.1 概述 …… 9
1.2.2 汽车离合器结构的发展 …… 9
1.2.3 摩擦式离合器的基本结构原理 …… 11
1.2.4 摩擦式离合器的分类和基本要求 …… 12

2 摩擦式离合器的结构型式及工作特性 …… 14

2.1 摩擦式离合器的结构型式 …… 14
2.1.1 周置弹簧离合器 …… 14
2.1.2 中央弹簧离合器 …… 21
2.1.3 膜片弹簧离合器 …… 24
2.1.4 双片离合器 …… 30
2.1.5 斜置拉式螺旋弹簧离合器 …… 34
2.1.6 金属陶瓷离合器 …… 35
2.1.7 湿式离合器 …… 37
2.2 离合器的工作特性 …… 39
2.2.1 离合器接合过程分析及滑磨功计算 …… 40
2.2.2 摩擦副的摩擦磨损特性 …… 48
2.2.3 离合器的热负荷 …… 49

3 摩擦离合器基本结构尺寸、参数的选择 …… 54

3.1 基本公式 …… 54
3.1.1 离合器转矩容量 …… 54

3.1.2 离合器基本性能关系式 …… 56
3.2 基本结构尺寸、参数的选择 …… 57
3.2.1 摩擦片外径 D 的确定 …… 57
3.2.2 离合器后备系数 β 的确定 …… 58
3.2.3 单位压力 p 的确定 …… 59
3.3 汽车离合器磨损寿命的计算 …… 60

4 离合器零件的结构选型及设计计算 …… 63

4.1 从动盘总成 …… 63
4.1.1 从动盘的结构和组成 …… 63
4.1.2 从动盘总成设计 …… 65
4.1.3 从动盘摩擦材料 …… 73
4.2 压盘和离合器盖 …… 75
4.2.1 压盘设计 …… 75
4.2.2 离合器盖设计 …… 84
4.3 离合器的分离装置 …… 85
4.3.1 分离杆 …… 85
4.3.2 分离轴承及分离套筒 …… 88
4.3.3 分离轴承寿命计算 …… 89
4.4 圆柱螺旋弹簧设计 …… 91
4.4.1 结构设计要点 …… 91
4.4.2 弹簧的计算公式、材料及许用应力 …… 93
4.4.3 组合式弹簧的设计 …… 96
4.5 圆锥螺旋弹簧设计 …… 99
4.5.1 圆锥螺旋弹簧的特点 …… 99
4.5.2 圆锥螺旋弹簧特性的计算 …… 100
4.5.3 圆锥螺旋弹簧强度的计算 …… 104
4.6 膜片弹簧设计 …… 105
4.6.1 膜片弹簧结构形状的特点 …… 106
4.6.2 膜片弹簧的加载方式和变形 …… 107
4.6.3 膜片弹簧的变形特性 …… 109
4.6.4 膜片弹簧基本参数的选择 …… 110
4.6.5 膜片弹簧的计算公式 …… 112
4.6.6 膜片弹簧的计算法原理（AL 法） …… 122
4.7 扭转减振器设计 …… 130
4.7.1 扭转减振器的功用、一般结构和工作原理 …… 130
4.7.2 扭转减振器设计基础 …… 133
4.7.3 扭转减振器的特性及主要参数的选择 …… 143

需要全本请访问 www.ertongbook.com

4.7.4 扭转减振器计算 …… 149
4.7.5 双质量飞轮设计原理 …… 154
4.7.6 改善传动系扭转振动的其他结构措施 …… 158

5 离合器操纵系统设计 …… 160

5.1 离合器踏板位置、行程和踏板力 …… 160
5.1.1 踏板位置 …… 160
5.1.2 踏板行程 …… 161
5.1.3 踏板力 …… 162
5.2 操纵系统周边工作环境和时间因素的影响 …… 162
5.3 离合器操纵传动 …… 163
5.3.1 机械式传动 …… 163
5.3.2 液压式传动 …… 165
5.4 助力器 …… 168
5.4.1 机械式助力器 …… 168
5.4.2 气压式助力器 …… 169
5.5 分离轴承间隙自动调整机构 …… 173
5.5.1 拉索式操纵系统自动调整机构 …… 173
5.5.2 液压式操纵系统自动调整机构 …… 174
5.6 操纵传动的设计与计算 …… 175
5.6.1 操纵系统的传动比 $i_{操}$ …… 175
5.6.2 助力气缸计算 …… 175
5.6.3 油管设计 …… 177
5.6.4 拉索设计 …… 177

6 离合器试验 …… 180

6.1 概述 …… 180
6.2 离合器总成室内试验 …… 181
6.2.1 离合器转矩容量 …… 181
6.2.2 离合器磨损试验 …… 182
6.2.3 离合器的黏着和锈死试验 …… 183
6.2.4 专门试验 …… 184
6.2.5 离合器的静平衡 …… 184
6.3 离合器零部件试验 …… 184
6.3.1 从动盘扭转减振器总成耐久试验及扭转特性测定试验 …… 184
6.3.2 轴向弹性波纹片耐久试验 …… 185
6.3.3 离合器摩擦面片试验 …… 186
6.3.4 从动盘高速爆裂试验 …… 186

6.3.5 离合器盖总成耐久试验 …… 187
6.3.6 弹簧加载-卸载试验 …… 188
6.4 离合器操纵系统试验 …… 189
6.4.1 耐久试验 …… 190
6.4.2 效率试验 …… 190
6.4.3 振动试验 …… 190
6.4.4 液流损失试验 …… 190
6.4.5 磨损试验 …… 190
6.5 离合器在车上的试验 …… 190
6.5.1 道路场地试验 …… 191
6.5.2 道路交通试验 …… 191
6.5.3 车上离合器转矩容量试验 …… 191
6.5.4 车上离合器振动试验 …… 192

7 离合器故障诊断与排除 …… 193

7.1 离合器故障的分类 …… 193
7.2 故障原因分析 …… 193
7.2.1 分离不彻底 …… 193
7.2.2 离合器打滑 …… 194
7.2.3 离合器抖动 …… 195
7.2.4 噪声和振动 …… 196
7.3 检查、故障排除和安装 …… 197

8 电控离合器 …… 200

8.1 概述 …… 200
8.2 电控离合器的工作原理 …… 201
8.3 离合器的最佳接合规律 …… 203
8.3.1 评价指标 …… 203
8.3.2 汽车起步时离合器的控制 …… 204
8.3.3 变速器换挡时离合器接合规律的分析以及控制方法的确定 …… 206
8.4 电控离合器的执行机构 …… 207
8.5 电控离合器的开发 …… 210

参考文献 …… 212

1 汽车传动系与离合器

离合器是汽车传动系中的重要部件，它的构造特性与发展和传动系紧密相关，因此首先必须了解汽车传动系的概貌。

1.1 传动系

1.1.1 概述

运输车辆传动系统的型式与所用的发动机类型有密切关系。这是由于不同类型发动机，例如，内燃机和电动机，它们的转矩-转速特性有着很大的差别。为了使装用不同类型发动机的运输车辆在各种行驶条件下都有满意的牵引力-车速特性，就必须根据发动机的转矩-转速特性，采用相应的传动系方案。

内燃机重量轻，燃料价格便宜，长期以来一直作为汽车的动力。虽然它因废气排放对大气的污染受到电动汽车、燃料电池汽车等采用清洁能源零排放动力装置汽车的挑战，但后者受到重量、费用昂贵等多方面技术因素的制约，近期内不可能很快取代内燃机。再加上内燃机控制排放的技术不断改善、代用燃料的推广应用等，因此至少在近几十年内，以内燃机作为动力的汽车不可能完全退出历史舞台。

内燃机的外特性如图 1.1.1 所示，其转矩-转速特性在整个工作转速范围内变化不大，而功率的变化却很大；内燃机工作时必须要有一最低转速（一般在 600r/min 以上）才能稳定工作。从图中可以看到，随着转速的提高，输出功率急剧上升，通常要到 3500～6000r/min 才能达到最大功率（超过其转速后输出功率又要减少）。这与汽车的使用要求很不适应。一般车辆对功率的要求恰与之相反：速度低时要求有较大的功率，用于加速、爬坡；而以正常车速（常称为巡航车速）行驶时，由于外界阻力不大，所需消耗功率不大，甚至只需有最大功率的 5%～10%（对一般小客车而言）就足够了，如图 1.1.2 所示。显然这两组功率曲线是完全相矛盾的。要使这两组截然相反的功率特性曲线能和谐地统一在一起，就只能靠传动系来协调。

此外，汽车传动系可以改善内燃机在部分负荷下工作时的汽车燃油经济性。图 1.1.3为一汽车发动机的比油耗图（万有特性图），可以看出，在一定输出功率的情况下，相应只有在一定转速范围内才有较低燃油消耗，通过调整传动系的传动比（当然发动

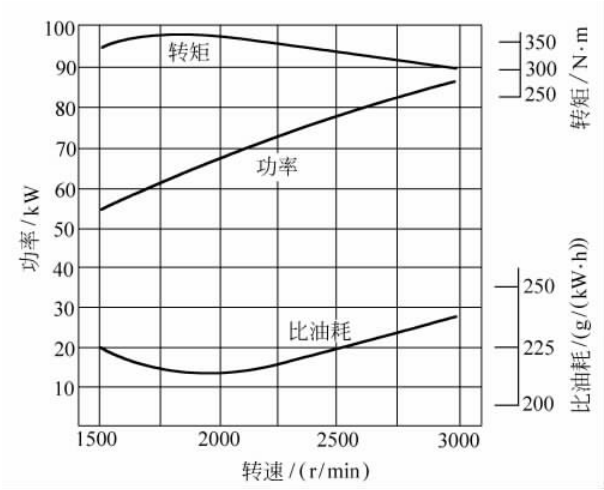


图 1.1.1　内燃机的外特性曲线

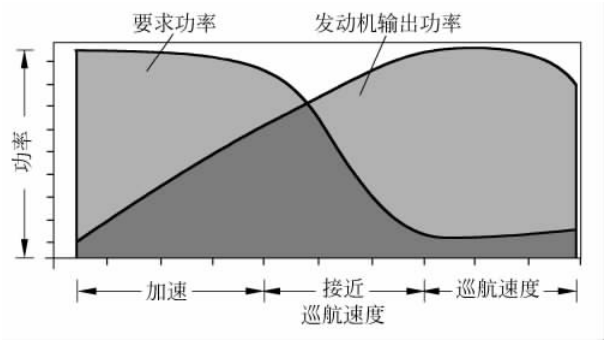


图 1.1.2　汽车功率要求与发动机输出功率对照图

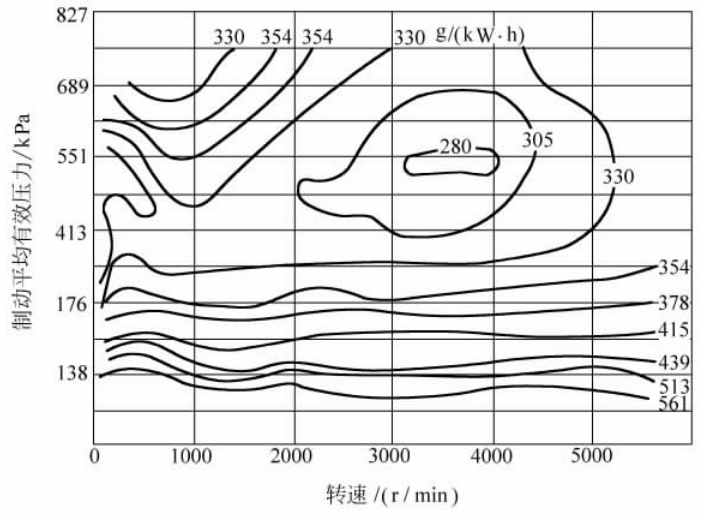


图 1.1.3　V8 发动机的万有特性图

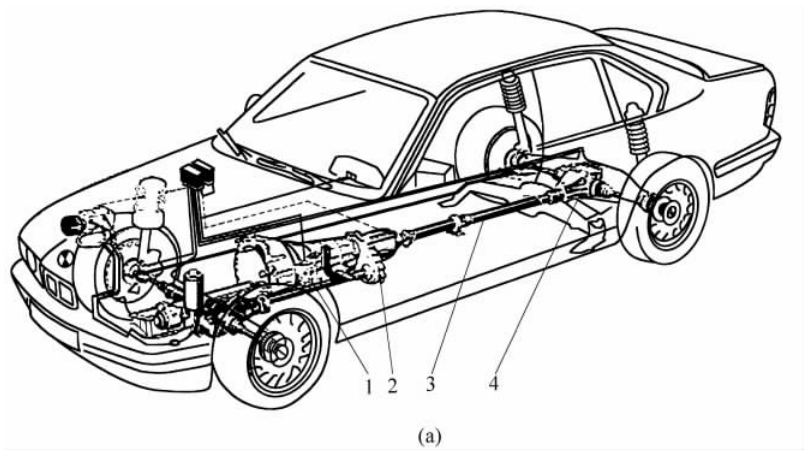
需要全本请访问 www.ertongbook.com

机油门开度也将自动调整）就可以达到所希望的要求。

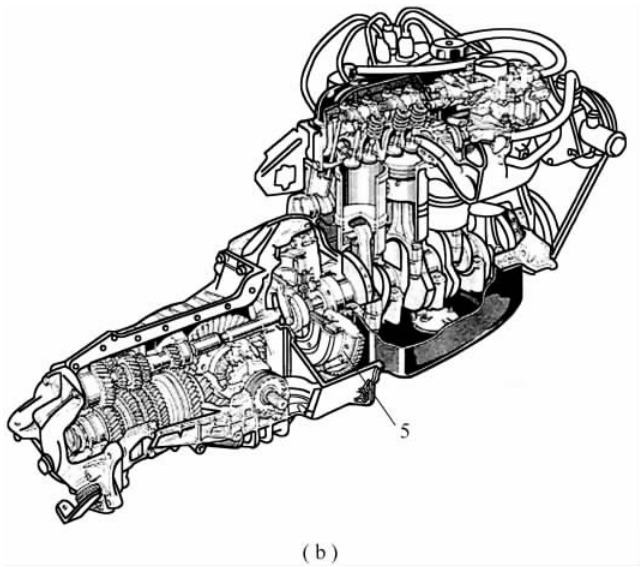
汽车传动系的设计对汽车的动力性、燃油经济性有着重大影响，不能等闲视之，有关汽车理论的书中对此有详细分析。汽车传动系分手动与自动两大类，下面分别叙述它们的概况。

1.1.2　机械式传动系统

机械式传动系统直到今天仍然是汽车上最常用的传动系统。图 1.1.4 (a) 所示为发动机纵向布置在汽车前部（图中未示出），汽车 4 个车轮全部驱动的传动系统示意图。图 1.1.4 (b) 为发动机前纵置的动力总成结构组成示意图。图 1.1.4 (c) 为前横置发动机动力总成示意图。



(a)

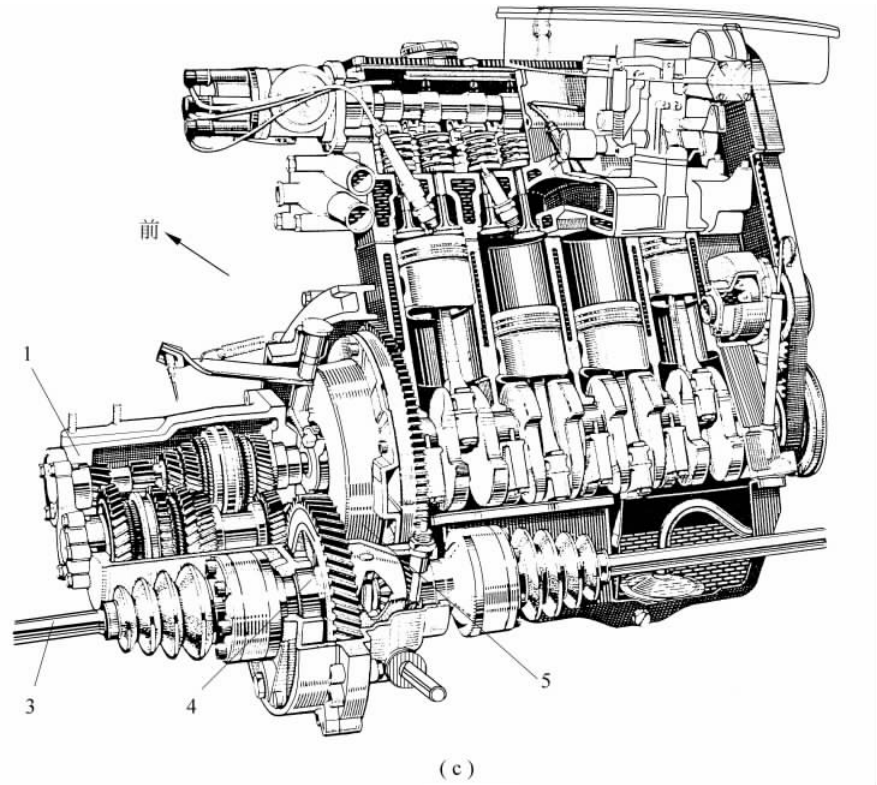


(b)

图 1.1.4　传动系统图

(a) 前后轮驱动传动系；(b) 前纵置发动机前轮驱动动力总成；(c) 前横置发动机前轮驱动动力总成

1—变速器；2—分动器动力输出；3—传动轴；4—主减速器及差速器；5—离合器



(c)

图 1.1.4 (续)

机械传动最主要的优点是传动效率高、可靠、价格便宜。但是它有以下两个方面的缺点：

(1) 传动系的操纵需靠驾驶员的体力。有统计资料表明，城市公交车每天变速器换挡次数达 800～1000 次，在大城市中的小客车每行驶 100km 要踩 600～700 次离合器，400～600 次换挡。可以说工作繁重。

(2) 机械式传动系统传动比的改变是有级的。传动比有级地改变就难以保证发动机能在各种情况下都处于最有利的工况下工作，如汽车加速时，希望发动机能有最大功率输出来保证汽车获得最大加速度，而汽车在巡航速度下行驶时，希望发动机能处于最省油区工作使汽车能获得最佳燃油经济性。

因此，理想的传动系统应该是能自动适应各种行驶情况无需人力操纵控制的无级式传动系统。

1.1.3 自动传动系统

现在的自动传动系统基本有 3 类：

(1) 液力-机械自动式 (AT)；

(2) 机械无级式 (CVT 及 IVT)；

(3) 机械有级自动式 (AMT)。

1. 液力-机械自动传动系统（液力自动变速器 AT）

液力-机械自动传动系统是用液力变矩器（或偶合器）代替离合器，用行星齿轮变速器代替普通圆柱齿轮变速器组合而成的自动传动系统。液力变矩器早在 1907 年由欧洲人费丁格尔发明，首先用在船上。1928 年在瑞士的公共汽车上开始使用。液力变矩器经过在实验室和道路上的考核，于 1933 年在英国成批生产，到了 20 世纪 40—50 年代，也只是在美国的小汽车上用得较多。我国于 20 世纪 50 年代末也着手研制过液力自动变速器装于轿车。液力自动变速器虽有实现了操纵自动化、省却了离合器踏板、无需换挡等优点，但它也存在着传动效率低、结构复杂、价格高、不如手动变速器可靠、使用油耗较大等致命缺点，因此在当时的条件下，很难在汽车上大量推广使用。随着技术进步，提高了 AT 的使用可靠性，生产成本也大幅度下降 电控技术的引入使得装有 AT 的汽车有可能解决过去困扰的汽车燃油经济性差的缺点 加之现代人们对舒适性进一步的追求等利好因素，现在美国和日本愈来愈多的汽车都装有液力自动变速器。据报道，在当今生产的乘用车中日本有 87%、美国有 88% 装用了液力自动变速器。图 1.1.5 为液力自动变速器结构简图。

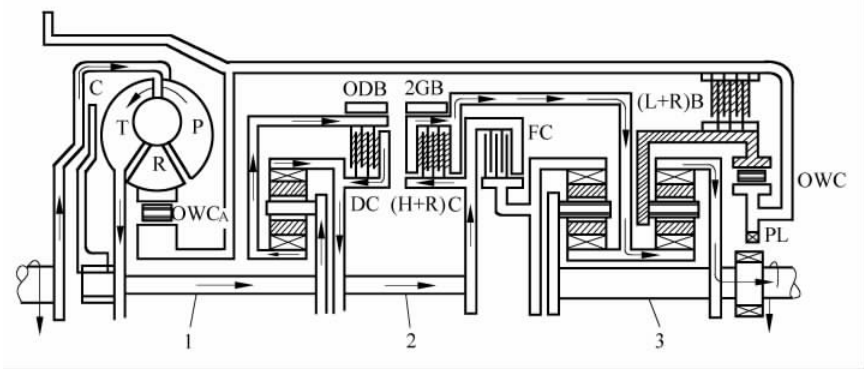


图 1.1.5　液力自动变速器结构简图

1—输入轴；2—中间轴；3—输出轴

OWC—单向离合器（自由轮）；(L + R) B—低、倒挡多片制动器；(H + R) C—高低、倒挡离合器；

ODB—超速挡制动带；PL—驻车锁；DC—驱动挡离合器；FC—前进挡离合器；2GB—二挡制动带

从图 1.1.5 中可以看到，液力自动变速器由 1 个液力变矩器和 3 套行星齿轮组成。液力变矩器（参看图 1.1.6）主要由泵轮 P（作为输入主动件由发动机飞轮带动）、涡轮 T（作为输出从动件）和导轮 R（作为固定反作用件起增扭作用）组成。工作中如果变矩器中的导轮做自由转动时，变矩器就变成为偶合器工作，转矩不会放大 如果变矩器前的离合器 C 接合（见图 1.1.5），变矩器中的涡轮和泵轮就锁死连成一体，变矩器不再独立工作，发动机动力直接经离合器、行星齿轮变速器输出，此时液力自动变速器的效率最高（因为此时无液力传动的损失）。行星齿轮变速器的作用是进一步放大传动比和改变输出的旋转方向。

液力自动变速器的结构种类和型式很多，这里不再赘述，详细情况请参看其他有关资料。

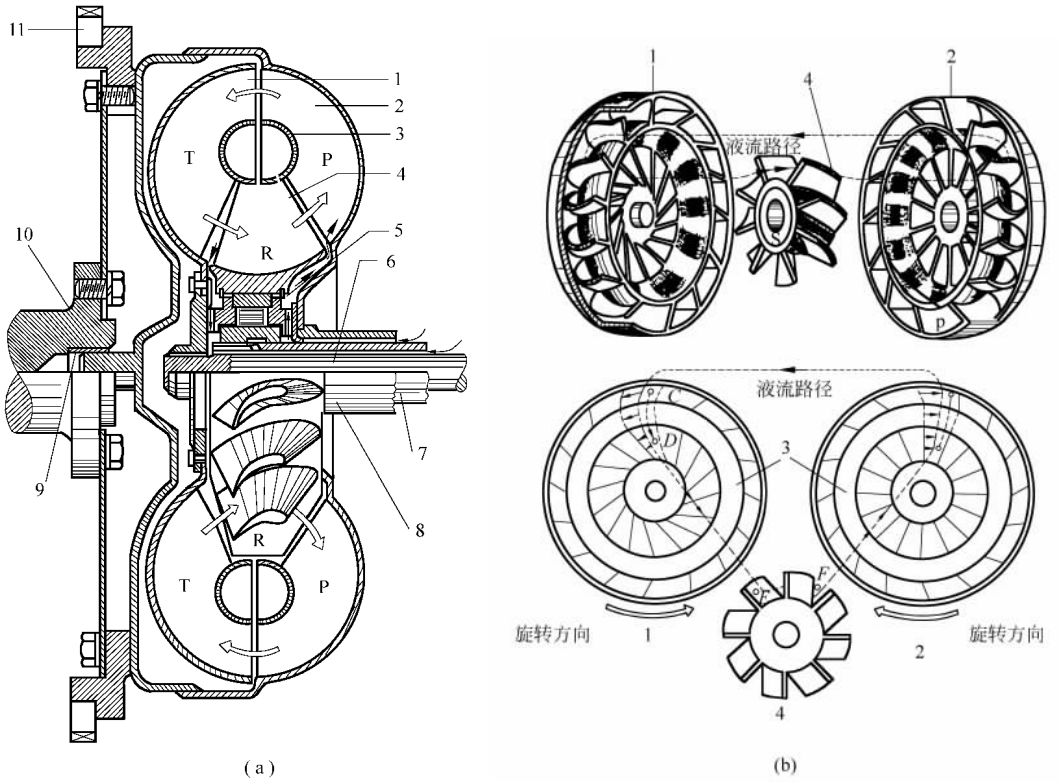


图 1.1.6 液力变矩器

(a) 结构简图；(b) 单独元件图

1—涡轮；2—泵轮；3—导流芯环；4—导轮；5—自由轮；6—涡轮轴(输出)；

7—固定座套；8—泵轮轴套；9—导向轴承；10—曲轴；11—齿圈

2. 机械无级式

机械无级变速器的历史差不多有汽车那么悠久。现在汽车上采用的机械无级式有两类：

(1) 由一挠性三角带和带轮组成的无级传动(现称 CVT)，见图 1.1.7；

(2) 由牵引环和传动盘组成的无级传动(现称 IVT)，见图 1.1.9。

机械无级变速器(constantly variable transmission，CVT)是 20 世纪 50 年代末开始用于微型汽车的。最有名的就是荷兰 DAF 微型轿车上用的三角胶带无级传动(注：我国早期由清华大学设计的微型汽车上也曾试用过)，它由三角胶带和两个可变节径的带轮组成。通过改变主从动带轮节径的大小，达到变速。因为主从动带轮节径大小的改变可以是任意的，因而速比的改变是无级的(注意：这是指在一定的速比范围之内的无级改变，并不等于可无限度地改变速比)。早期 CVT 的橡胶带使用寿命不可能太长，传递的转矩也不可能太大，这是困扰它的主要问题。采用钢带(如图 1.1.8 所示)代替胶带工作，大大改善了传动带传递动力的能力，提高了传动带的使用寿命。

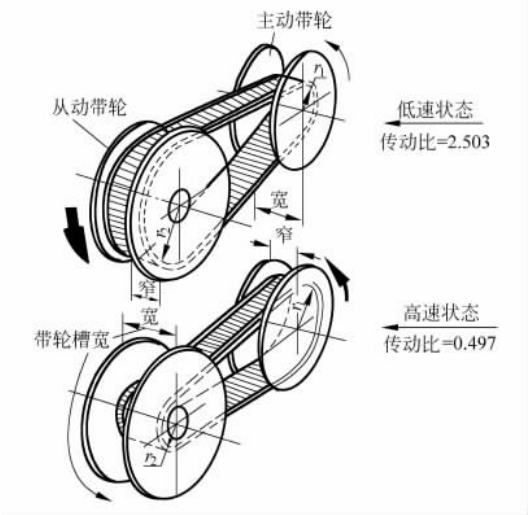


图 1.1.7 带式无级传动

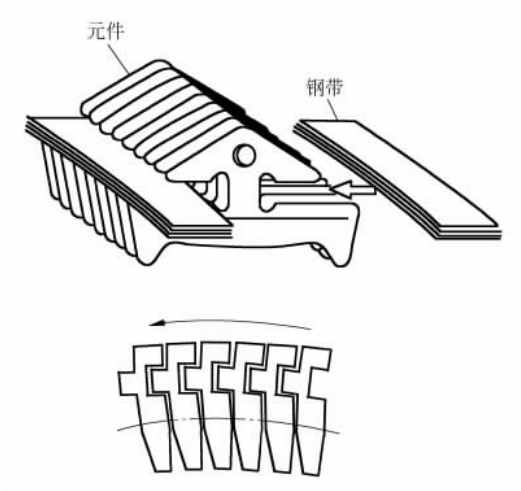


图 1.1.8 金属推进带

现今所采用钢带的 CVT 其传递的功率可超过 150kW。此类 CVT 已在国内外的一些乘用车，如奥迪 A6、派力奥、日本的 Subaru 和日产、欧洲的 Volvo 等都有采用。尤其是 CVT 采用了电控技术后，可使发动机与传动系统获得最佳匹配：能使汽车在巡航行驶状态下做低油耗运行（有资料报道，日本 Subaru 装用了电控 CVT 后，其油耗较同一车装同标准三挡 AT 省 15% ~20% 的燃油），也可在车流密度很大的市区街道或高速公路上，充分利用发动机最大功率获得最大加速度做快捷行驶，而在计算机的控制下，又可使发动机在低油耗区下以最佳的工况工作，改善燃料在发动机气缸内的燃烧过程，降低废气排放量。据德国 ZF 公司进行的试验，装有 CVT 的车款，其废气排放量要比装液力自动变速器的车款低 10%。

机械无级传动中的另一类结构——牵引环式无级传动是由于数学超环面主动盘与超环面从动盘之间配置着可在两者之间运动的滚子，而运动滚子在主从动盘内的角度连续可变，从而实现无级变速（参看图 1.1.9）。因此，又称作可无限变速的机械无级变速器（infinitely variable transmission，IVT），它最早是为英国不列颠科技集团公司开发的 Torotrak 变速器，可分为半盘式和整盘式两种，见图 1.1.9。图 1.1.9（b）中所示为整盘式结构，它可降低轴向力，提高轴承的寿命。这种变速器最初被归于 CVT，直到 2004 年初，在美国底特律结束的 2003 年 SAE 年会上才将其单独分类为 IVT。有资料认为，它突出的优点是，不需要像 CVT 那样使用工艺复杂、造价昂贵的金属传动带，而且这种 IVT 可传递很大的转矩。

据介绍，当前日本已经开始大规模发展 IVT，欧洲企业也在开发 IVT。就连美国也开始重视 IVT 了，这些都表明 IVT 有广阔的发展前景。

3. 机械有级自动式

机械有级自动式（AMT）是在原机械式变速器（MT）的基础上，对离合器及变速器的

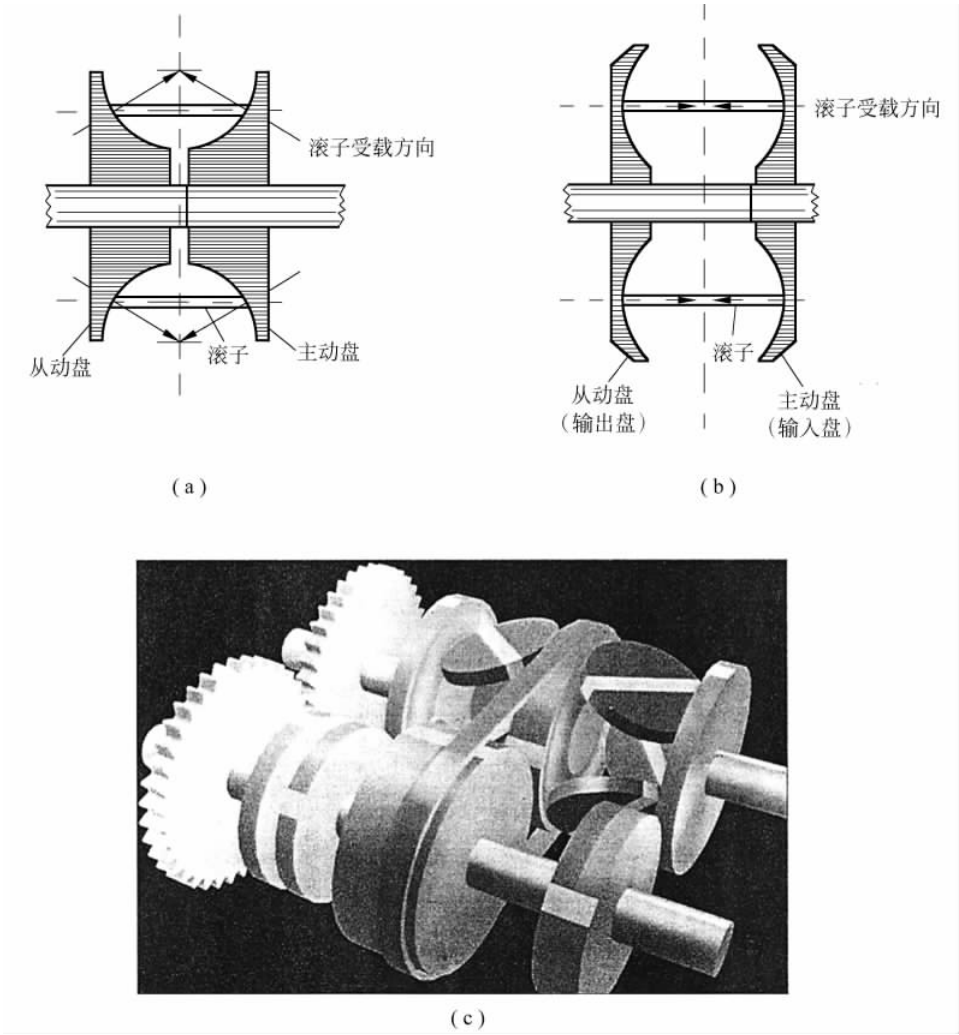


图 1.1.9 牵引环式无级传动结构原理图
(a) 半盘式；(b) 整盘式；(c) 外形

操纵系统进行改造，采用电脑控制实现对离合器及变速器的自动操纵，从而达到简化操纵、改善汽车的动力性和燃油经济性的目的。AMT 和 MT 的区别主要在操纵控制上，MT 是靠人脑控制人工操作，而 AMT 是靠电脑控制机械操作，因此，从机械的角度来看两者没有质的区别。AMT 在欧洲的乘用车，如宝马、大众路波等车上都有采用。我国奇瑞公司也推出了具有 AMT 的大众化汽车。

应该说，汽车传动系统由手动向自动方向进展或过渡，从生产的继承性来说，采用 AMT 最为合适。近期，国外结合 AMT 的开发，已试制成变速器换挡时无需中断功率传递的离合器，这样 AMT 只剩下惟一的缺点——换挡是有级的。有关 AMT 中的电控离合器问题，将在本书的第 8 章中介绍。

1.2 汽车离合器

1.2.1 概述

在以内燃机作为动力的机械传动汽车中，无论是 AMT 或 MT，离合器都作为一个独立的部件而存在。虽然发展自动传动系统是汽车传动系的发展趋势，但有人指出：根据德国出版的 2003 年世界汽车年鉴，2002 年世界各国 114 家汽车公司所生产的 1864 款乘用车中，手动机械变速器车款数为 1337 款，在我国，乘用车中自动挡车款式只占全国平均数的 26.53%。若考虑到商用车中更是多数采用手动变速器，手动挡汽车目前仍然是世界车款的主流（当然并不排除一些国家或地区自动挡式车款是其主流产品）。谈到未来，考虑到传动系由 MT 向自动传动系过渡，采用 AMT 技术其产品改造较为容易，因此 AMT 技术是自动传动系统有力的竞争者。可以说，从目前到将来离合器这一部件将会伴随着内燃机一起存在，不可能在汽车上消失。

1.2.2 汽车离合器结构的发展

在早期研发的离合器结构中，锥形离合器最为成功。它的原型设计曾装在 1889 年德国戴姆勒公司生产的钢质车轮的小汽车上，结构如图 1.2.1 所示。它是将发动机飞轮的内孔做成锥体作为离合器的主动件。采用锥形离合器的方案一直延续到 20 世纪 20 年代中叶，对当时来说，锥形离合器的制造比较容易，摩擦面容易修复。它的摩擦材料曾用过驼毛带、皮革带等。那时也曾出现过蹄-鼓式离合器来替代锥形离合器，其结构如图 1.2.2 所示。该结构采用的是内蹄-鼓式。这种结构型式有利于在离心力作用下使蹄紧贴鼓面。蹄-鼓式离合器用的摩擦元件为木块、皮革带等，蹄-鼓式离合器的重量较锥形离合器轻。无论锥形离合器或蹄-鼓式离合器，都容易造成分离不彻底甚至出现主、从动件根本无法分离的自锁现象（当时所提供的材料复合体的摩擦系数变化很大，容易引起自锁）。

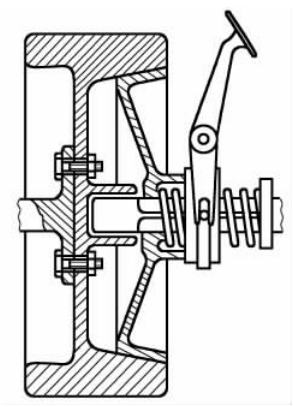


图 1.2.1 锥形离合器

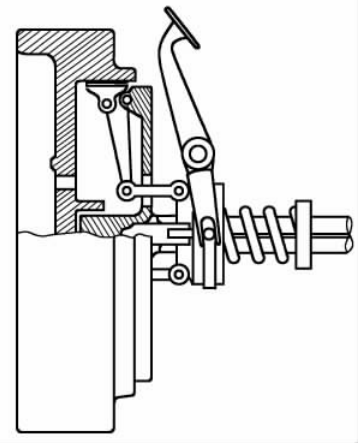


图 1.2.2 蹄-鼓式离合器

现今所用的盘片式离合器的先驱是多片盘式离合器，它是直到 1925 年以后才出现的。多片离合器最主要的优点是，在汽车起步时离合器的接合比较平顺，无冲击。早期的设计中，多片按成对布置设计，一个钢盘片对着一青铜盘片。采用纯粹的金属对金属的摩擦副，把它们浸在油中工作，能达到更为满意的性能。

浸在油中的盘片式离合器，盘子直径不能太大，以避免在高速时把油甩掉。此外，油也容易把金属盘片粘住，不易分离。但毕竟还是优点大于缺点。因为在当时，许多其他离合器还在原创阶段，性能很不稳定。

石棉基摩擦材料的引入和改进，使得盘片式离合器可以传递更大的转矩，能耐受更高的温度。此外，由于采用石棉基摩擦材料后可用较小的摩擦面积，因而可以减少摩擦片数，这是由多片离合器向单片离合器转变的关键。20 世纪 20 年代末，直到进入 30 年代时，只有工程车辆、赛车和大功率的轿车上才使用多片离合器。

早期的单片干式离合器有与锥形离合器相类似的问题，即离合器接合时不够平顺。但是，由于单片干式离合器结构紧凑，散热良好，转动惯量小，所以以内燃机为动力的汽车经常采用它，尤其是成功地开发了价格便宜的冲压件离合器盖以后更是如此。

实际上早在 1920 年就出现了单片干式离合器，这和前面提到的与发明了石棉基的摩擦面片有关。但在那时相当一段时间内，由于技术设计上的缺陷，造成了单片离合器在接合时不够平顺等问题。第一次世界大战后初期，单片离合器的从动盘金属片上是没有摩擦面片的，摩擦面片是贴附在主动件飞轮和压盘上，弹簧布置在中央，通过杠杆放大后作用在压盘上。后来改用多个直径较小的弹簧（一般至少 6 个），沿着圆周布置直接压在压盘上，成为现今最为通用的螺旋弹簧布置方法。这种布置在设计上带来了实实在在的好处，使压盘上弹簧的工作压力分布更均匀，并减小了轴向尺寸。

多年的实践经验和技术上的改进使人们逐渐趋向于首选单片干式摩擦离合器，因为它具有从动部分转动惯量小、散热性好、结构简单、调整方便、尺寸紧凑、分离彻底等优点，而且由于在结构上采取一定措施，已能做到接合平顺，因此现在广泛用于大、中、小各类车型中。

如今单片干式摩擦离合器在结构设计方面相当完善。采用具有轴向弹性的从动盘，提高了离合器的接合平顺性。离合器从动盘总成中装有扭转减振器，防止了传动系统的扭转共振，减小了传动系噪声和动载荷。

随着人们对汽车舒适性要求的提高，离合器已在原有基础上得到不断改进，乘用车上愈来愈多地采用具有双质量飞轮的扭转减振器，能更有效地降低传动系的噪声。

对于重型离合器，由于商用车趋于大型化，发动机功率不断加大，但离合器允许加大尺寸的空间有限（现离合器从动盘的直径已达 430mm），离合器的使用条件日酷一日，增加离合器传扭能力，提高其使用寿命，简化操作，已成为重型离合器当前的发展趋势。为了提高离合器的传扭能力，在重型汽车上可采用双片干式离合器。从理论上讲，在相同的径向尺寸下，双片离合器的传扭能力和使用寿命是单片的 1 倍。但受到其他客观因素的影响（如散热等），实际的效果要比理论值低一些。

结构上采用拉式膜片弹簧的离合器，其允许的传扭能力要比其他的结构型式大。从动盘采用金属陶瓷的离合器比一般有机片摩擦材料的离合器传扭能力要提高 30%，而使

需要全本请访问 www.ertongbook.com