

现代汽车维修技术丛书

# 自动变速箱与ABS 原理与维修技术

主编 徐向阳



黑龙江科学技术出版社

现代汽车维修技术丛书

# 自动变速箱与 ABS 原理与维修技术

主编 徐向阳

黑龙江科学技术出版社

## 《现代汽车维修技术丛书》编委会

主 编 徐向阳

主 审 郑德林

副主编 徐庆文

侍明旭

编 委 (按姓氏笔画排序)

王 聪 许金霞 吴小兵

侍明旭 赵桂范 徐向阳

徐庆文 黎文勇

责任编辑:肖尔斌

封面设计:刘道毅

版式设计:向 阳

### 现代汽车维修技术丛书

#### 自动变速箱与 ABS 原理与维修技术

主编 徐向阳

---

黑龙江科学技术出版社出版

(哈尔滨市南岗区建设街 41 号)

哈尔滨工业大学印刷厂印刷

新华书店上海发行所发行

---

850×1168 毫米 32 开本 9.125 印张 250 千字

1995 年 12 月第 1 版·1997 年 6 月第 2 次印刷

印数 10 001—15 000 册 本册定价:14.80 元

ISBN 7-5388-2897-4/TB·78

(全三册总定价:43.40 元)

## 内容提要

本册共分上下两篇,上篇系统地介绍了自动变速器的结构和工作原理,对自动变速器的液力变矩器、行星齿轮变速系统、液压控制系统和电子控制系统做了详细的介绍,并给出了国内外典型三组行星排、两组行星排和平型轴动式自动变速器的实例。在自动变速器维修技术部分,结合丰田公司、日产公司、通用公司、本田公司的自动变速器,详细介绍了自动变速器的初步检查、机械试验、电控系统故障诊断、常见故障诊断及车上和车下维修技术。

下篇介绍了制动防抱死系统的结构和工作原理,在车上的布置形式,并结合通用公司凯迪拉克分部车型使用的 TEVES MK II、TEVES MK IV 和 BOSCH 公司的 ABS、沃尔沃公司及丰田公司的 ABS,介绍了它们的结构、工作原理,故障诊断及维修技术。

全书浅显易懂,层次分明,资料详尽,包含了 90 年代自动变速器和 ABS 的最新资料,是中高级汽车维修技术人员的必备参考书,也可供大中专学生和汽车工程技术人员参考。

## 前 言

汽车电控技术是近二三十年来汽车工业发展最快的领域,随着计算机技术、控制技术的发展,各种先进的电控系统在汽车中得到广泛的应用。到目前为止,电控汽油喷射发动机、电控自动变速箱、制动防抱死系统(ABS)、全自动空调、中央门锁、电动座椅、电动天线等已成为进口轿车的标准装备,并且这些先进的控制系统或设备在国产轿车中也开始使用。在“九五”规划中,我国汽车工业发展的重点之一就是研制和开发汽车电控系统,并计划在1997年开始采用电控汽油喷射发动机,2000年推广普及ABS。因此,随着进口轿车的增多和电控系统在国产汽车的广泛应用,电控汽油喷射发动机、电控自动变速箱、ABS等的维修已成为汽车修理业的重点和难点。然而,到目前为止,国内尚没有系统地介绍这些系统的原理、结构和维修技术的书籍。鉴于此,我们编辑出版了这套《现代汽车维修技术丛书》,全书共分三册,即《电控汽油喷射发动机原理与维修技术》、《自动变速箱与ABS原理与维修技术》、《车身电器原理与维修技术》。

《丛书》系统地介绍了电控汽油喷射发动机、自动变速箱、ABS、自动空调、电动门窗、中央门锁、电动天线、电子仪表、电动座椅等先进电控系统的原理与维修技术。《丛书》原理和维修技术并重,内容丰富,浅显易懂,力求使读者在原理学习的基础上,迅速掌握维修技术,《丛书》既可供汽车修理行业的工程技术人员使用,也可作为大中专汽车工程专业学生的教材。

《丛书》由哈尔滨工业大学汽车工程学院徐向阳同志主编,郑德林教授主审,大庆石油管理局轻型汽车修理销售公司徐庆文、侍

明旭任副主编。

参加《电控汽油喷射发动机原理与维修技术》分册编写的有：徐向阳(第二、三、四、七、八、九、十、十一章及附录)、徐庆文(第一章)、许金霞(第五、六章)、侍明旭(第十二章)。

参加《自动变速箱与 ABS 原理与维修技术》分册编写的有：徐向阳(第六、十、十一章,第七章部分内容)、赵桂范(第三、四、五章)、吴小兵(第七、八章部分内容和第九章)、黎文勇(第二章)、徐庆文(第一章和第八章部分内容)。

参加《车身电器原理与维修技术》分册编写的有：王聪(第一、二、四、六、七章)、黎文勇(第三、八、九、十章)、徐向阳(第五章)。

《丛书》在编写过程中,曾得到许多专家、同行的关心、帮助和支持,在此谨表示诚挚的谢意。

由于汽车电控技术发展很快,作者水平有限,不足与疏漏之处在所难免,恳请读者给予批评指正。

编者

# 目 录

## 上篇 自动变速器原理与维修技术

<b>第一章 概述</b> .....	1
<b>第二章 液力变矩器</b> .....	10
第一节 液力偶合器 .....	10
第二节 液力变矩器 .....	12
第三节 液力变矩器的类型 .....	14
<b>第三章 行星齿轮变速系统</b> .....	21
第一节 行星齿轮系统变速原理 .....	22
第二节 换档执行元件 .....	25
第三节 丰田 A43D 自动变速器示例 .....	30
<b>第四章 液压控制系统</b> .....	41
第一节 供油及调压部分 .....	43
第二节 自动换档控制参数信号 .....	51
第三节 档位选择及换档操纵 .....	60
第四节 丰田 A43D 各档位控制油路示例 .....	68
<b>第五章 电子控制系统</b> .....	76
第一节 电子控制系统主要元器件 .....	77
第二节 丰田 A43DE 自动变速器的电控系统 .....	84
<b>第六章 典型自动变速器介绍</b> .....	90
第一节 丰田 A43D 系列、A340E、A341E 和 A342E 自动变速器(三组行星齿轮) .....	90

第二节	日产公司 L4N71B 自动变速器(三组行星齿轮)	111
第三节	宝马公司 ZF 型自动变速器(三组行星齿轮)	115
第四节	通用公司 4L60 系列和 4T60 系列自动变速器(两组行星齿轮)	118
第五节	本田公司 MPYA 自动变速器(平行轴式)	121
第七章	自动变速器故障诊断和维修工艺	129
第八章	自动变速器故障诊断及其方法	136
第一节	诊断前的准备工作	136
第二节	基本检查	138
第三节	手动换档试验	143
第四节	机械试验	144
第五节	电控系统故障诊断	164
第六节	常见故障	177
第九章	自动变速器的修理	196
第一节	车上修理	196
第二节	拆卸修理	197

## 下篇 制动防抱死系统(ABS)原理与维修技术

第十章	ABS 结构与原理	211
第十一章	典型汽车 ABS 故障诊断与维修技术	225
第一节	通用公司 ABS 检修	225
第二节	沃尔沃(VOLVO)公司 ABS 检修	255
第三节	丰田公司 ABS 检修	269



# 上篇 自动变速器原理与维修技术

## 第一章 概 述

### 一、汽车自动变速器应用概况

液力传动装置自本世纪初问世至今已 80 余年,最初用于船舶。在使用实践和科学研究的基础上,人们认识到液力传动装置的优点,它非常适合于陆用车辆。目前,液力传动装置已广泛应用于各种类型的汽车、小轿车、小型客车、公共汽车、军用车辆、重型矿山车辆和工程机械等。

最初使用液力传动的车辆是在第一次世界大战之后,在 30 年代,英国、美国将液力传动应用于公共汽车。到第二次世界大期间,许多军用车辆和专用汽车也开始采用液力传动装置。在 40 年代初,美国成功地研制出两档的液力—机械变速器。1947 年,美国 GM(通用)公司率先将此类变速器应用于批量生产的小轿车上。在 40 年代末 50 年代初,开始出现根据车速和油门的位置进行自动换档的液力自动变速器,使汽车液力传动装置进入了一个新的发展阶段。在 70 年代,西欧及美国的商用汽车使用液力自动变速器的已占全部商用汽车的 80% 以上。80 年代,美国已将液力自动变速器作为轿车的标准装备,1983 年,美国通用汽车公司液力自动变速器装车率已达约 94%。日本生产的小型客车和轿车中,液力自动变速器的装车率也在不断地增长,1986 年,已达到 41%。近几年来,随着电子技术和电子计算机技术不断发展,已出现由电子

计算机控制的液力自动变速器,它使自动变速器能按照最低油耗、最佳换档理论进行自动换档,使汽车液力自动变速器性能达到综合优化。

在我国,应用液力传动装置始于 50 年代,当时成功地研制了“红旗”高级轿车液力自动变速器。在 70 年代,已将液力传动应用于一系列的重型矿用汽车上,如 SH380 型 32 吨矿用自卸车、CA390 型 60 吨矿用自卸车等,为我国汽车液力自动变速器的发展,奠定了稳固的基础。

## 二、汽车应用自动变速器的优点

采用液力机械变速器,可弥补机械变速器的某些不足。使用液力机械变速器的汽车具有下列显著的优点:

### 1. 大大提高发动机和传动系的使用寿命

采取液力机械变速器的汽车与采用机械变速器的汽车对比试验表明:前者发动机寿命可提高 85%,变速器寿命提高 1—2 倍,传动轴、驱动半轴寿命可提高 75—100%。

液力传动汽车的发动机与传动系,由液体工作介质作“软”性连接。液力传动能起一定的吸收、衰减和缓冲的作用,大大地减少冲击和动载荷。例如,当负荷突然增大时,可防止发动机过载和突然熄火。汽车在起步、换档或制动时,能减少发动机和传动系所承受的冲击及动载荷,因而提高了有关零部件的使用寿命。

### 2. 提高汽车通过性

采用液力机械变速器的汽车,在起步时,驱动轮上的驱动扭矩是逐渐增加的,防止很大的振动,减少车轮的打滑,使起步容易,且更加平稳。它的稳定车速可以降低到很低。举例来说:当行驶阻力很大时(如爬陡坡),发动机也不至于熄火,使汽车仍能以极低速度行驶。在特别困难路面行驶时,因换档时没有功率间断,不会出现汽车停车的现象。因此,液力机械变速器对于提高汽车的通过性具有良好的效果。

### 3. 具有良好的自适应性

目前,液力传动汽车都采用液力变矩器,它能自动适应汽车驱动轮负荷的变化。当行驶阻力增大时,汽车自动降低速度,使驱动轮驱动力矩增加;当行驶阻力减小时,减小驱动力矩,增加车速。这说明,变矩器能在一定范围内实现无级变速,大大减少行驶过程中的换档次数,有利于提高汽车的动力性和平均车速。

### 4. 操纵轻便

装备液力机械变速器的汽车,采用液压操纵或电子控制,使换档实现自动化。在变换变速杆位置时,只需操纵液压控制的滑阀,这比普通机械变速器通过拨叉滑动齿轮实现换档,要简单轻松得多。而且,它的换档齿轮组一般都采用行星齿轮组,是常啮合齿轮组,这就减低或消除了换档时的齿轮冲击,可以不要主离合器,大大减轻驾驶员的劳动强度。

综上所述,说明液力机械变速器不仅能与汽车行驶要求相适应,而且具有单纯机械变速器所不具备的一些显著优点,这是液力机械变速器的主要方面,也是汽车采用液力机械变速器的理由。不过,与单纯机械变速器相比,它也存在某些缺点,如结构复杂,制造成本较高,传动效率较低等。对液力变矩器而言,最高效率一般只有 82—86%左右,而机械传动的效率可达 95—97%。由于传动效率低,使汽车的燃油经济性有所降低。但这些缺点都是相对的,由于大大延长了发动机和传动系的使用寿命,提高了出车率和生产率,减少了维修费用,自动的无级变速提高了发动机功率的平均利用率;提高平均车速,虽然燃油经济性有所降低,却提高了汽车整体使用经济性。此外,目前还采用一种带锁定离合器的液力变矩器,在一定行驶条件下,锁定离合器结合使传动效率大为提高。当锁定离合器分离时,仍与一般液力变矩器相同;当锁定离合器结合时,使液力变矩器失去作用,输入轴与输出轴是直接传动,传动效率接近百分之百。

### 三、汽车液力自动变速器的结构

典型的汽车自动变速器结构如图 1-1 所示,它由液力变矩器,行星齿轮变速器,液压控制系统,变速器壳体和油冷却系统组成。

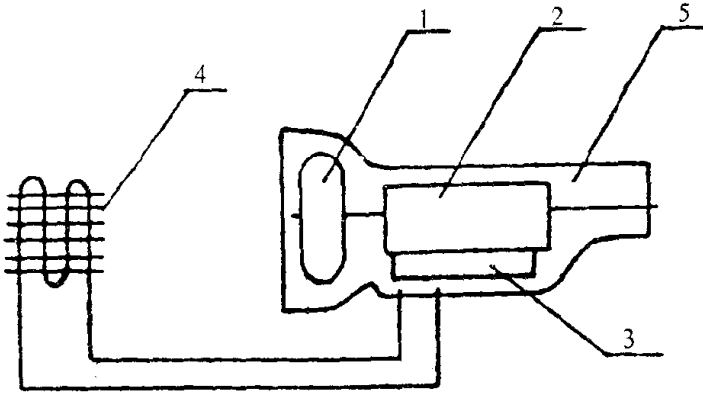


图 1-1 液力自动变速器结构

1. 液力变矩器 2. 行星齿轮变速器 3. 液压控制系统  
4. 油冷却系统 5. 壳体

液力变矩器是液力自动变速器的重要部件,它的前端与发动机飞轮相连接,输出部件与行星齿轮变速器的输入轴相连,发动机的动力经液力变矩器传入行星齿轮变速器,实现发动机与变速器的“软”连接,从而大大减少传动机构的动载荷,延长发动机和变速器的使用寿命。同时,在一定范围内实现无级变速。液力变矩器有可拆式和不可拆式两种。可拆式液力变矩器,虽维修方便,但平衡精度不高,一般只允许以较低转速动转。目前,小汽车和轿车上大都配用高速发动机,故采用的都是不可拆的液力变矩器。实际上,液力变矩器是极小发生故障的。

行星齿轮变速器是液力变速器的变速机构,它由行星排机构及其必要的操纵元件组成。行星排的多少因档数的多少而异,一般 3 档位有二个行星排,而 4 档位(即具有超速档的)有三个行星排。操纵元件是指行星齿轮变速器中用于改变传动路线(即换档)的多

片摩擦式离合器、制动器和单向自由轮机构。多片摩擦式离合器结构比较单一,几乎所有型号的自动变速器都是相同的结构。制动器型式有片式和带式,如丰田汽车自动变速器内多采用片式制动器,其结构与多片式离合器相同,在日产汽车自动变速器内既有带式,也有片式制动器。带式制动器结构上易布置。片式制动器尽管径向尺寸较大,要占用较大空间,但它结合柔和,易于控制且可以借增减制动片,以适应不同排量的发动机。单向自由轮机构是自动变速器中一个至关重要的元件,它能使换档机构元件的相对运动方向改变时立即脱开或锁止,从而大大简化液压控制系统。在维修装配中,必须特别注意它的装配方向。

液压控制系统是液力自动变速器的核心部分,将根据变速杆的位置,油门的开度及汽车的车速,自动控制离合器的分离或结合,制动器的制动或释放,从而实现改变动力传动路线,自动变换档位。此外,它还向液力变矩器和润滑油路供油。

油冷却系统是液力自动变速器必不可少的。因为液力变矩器传递动力过程中,会使油温急剧升高。油温是影响自动变速器使用寿命的主要因素。油温过高,使油液变质,缩短使用寿命。据资料介绍,油温超出正常使用温度(一般约 50—80℃)10℃,将会使油液使用寿命缩短一半。为了保持正常的油温,从液力变矩器出来的油液需经冷却后再回至油底壳。油冷却器装于发动机前端水冷却器的附近。

自动变速器的工作过程可用图 1-2 所示的方框图表示。

#### 四、自动变速器的分类

汽车驾驶中离合器操作和换档操作均实现了自动化,称为全自动变速器。若其中之一实现了自动化,则为半自动变速器。

目前,实用的自动变速器结构见表 1-1。按起步离合器分类大致上可分为真空式、机械式、电磁式、液压式和液力式五种。另外,如按变速控制方式来分类(见表 1-2),可分为液压式和电子式两

种。将电子控制方式的自动变速器叫做 EAT(电控自动变速器), 以与液压式相区别。

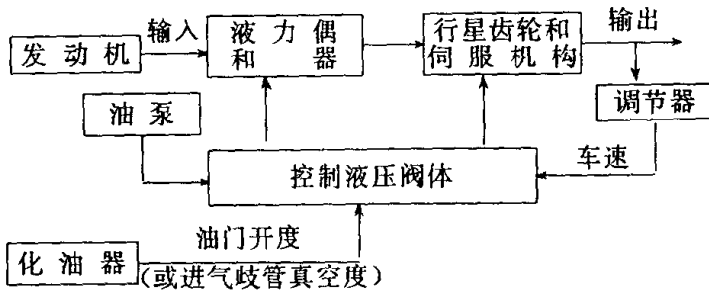


图1-2 自动变速器工作过程

表 1-1 自动变速器的结构分类

分 类	起步离合器	变速元件	变速器	实 例	
半自动变速器	真空式	干式单片真空式	(与起步兼用)	平行轴常啮合式(手动)	克莱斯勒(1932)
	机械式	干式单片离心式	干式单片真空式	平行轴常啮合式(手动)	萨霍玛特(1957)
	电磁式	电磁交流发电机式	(与起步兼用)	平行轴常啮合式(手动)	日野自动变速器(1959) 斯巴尔 360 自动离合器
	液压式	干式单片液压式	(与起步兼用)	平行轴常啮合式(手动)	埃·斯梯克(1962)
	液力式(I)	液力偶合器	干式单片真空式	平行轴常啮合式(手动)	克莱斯勒, 海德拉克
	液力式(II)	液力变矩器	干式单片真空式	平行轴常啮合式(手册)	波许
	液力式(III)	液力变矩器	湿式单片液压式	平行轴常啮合式(手动)	雪铁龙
	液力式(IV)	液力变矩器	同步装置、单向离合器	平行轴常啮合式(手动)	OK 驱动(1955), 扭矩驱动(1960)
自动变速器	液力式(V)	液力变矩器	多片离合器, 手制动器、单向离合器	行星齿轮式(自动)	丰田滑翔机, 大众 35
	液力式(VI)	液力偶合器	多片离合器, 手制动器、单向离合器	行星齿轮式(自动)	液力变速器, DB 自动变速器
	液力式(VII)	液力变矩器	多片单向离合器	二平行轴式(自动)	本田变速器
	电磁式	电磁交流发电机式	电磁离合器、爪型离合器	三平行轴式(自动)	史密斯轻便驱动(1959)
	机械式	干式单片离心式		V 型皮带无级(自动)	巴利欧

表 1-2

按变速控制方式分类

分 类	变速信号	变速元件的动作	实 例
液压式	压力	液压力	THM350、DB 自动变速器, 丰田滑翔机等
电子式	电流	液压力	丰田 EAT、雷诺 16TA
	电流	电磁力	轻便驱动车

### 1. 半自动变速器的概述

作为半自动变速器之一的是将手动变速器的离合器操作实现了自动化, 称此为自动离合器式变速器。将高性能而本身具有自动变速器性质的液力变矩器与换档用离合器和辅助变速器组合而成的机构称为选择式自动变速器。它既区别于上述自动离合器式变速器, 也区别于根据行驶条件而进行必要换档操作的全自动变速器。

下面简要叙述已实用的自动离合器式和选择式自动变速器。

真空式自动离合器被用于半自动变速器的初期, 靠与加速踏板联动的控制阀、进气管负压作用在真空伺服机构上进行离合器的操纵。这种方式最初用于 1932 年的美国轿车上, 此后随着自动变速器的发展就消声匿迹了。

机械式自动离合器是并列配置的离心式自动离合器和靠真空动作的换档用离合器。随着加速踏板的踏下, 发动机转速增大, 离心式自动离合器工作, 汽车自动起步。换档用离合器与普通离合器构造相同, 是常接合型。操纵变速杆, 由于电磁线圈的作用, 负压伺服缸作用, 伺服马达与大气接通, 离合器重新被接合, 这种方式叫做萨霍玛特。这种自动离合器欧洲在 1957 年达到了实用化, 日本也在部分汽车上装配了它。

电磁式自动离合器是利用与发动机的转速成比例的交流发电机的电压特性, 逐渐增加电磁离合器的传递扭矩并进行圆滑起步的机构。挂上档, 踏下油门踏板, 发电机自动地发出与发动机转速相应的电流, 进行上述动作。换档时靠变速杆的开关作用使电流通

与断,离合器便自动地离合。

液压式自动离合器是靠发动机驱动液压泵产生压力使液压伺服缸动作,进行离合器离合。换档时,拨动变速杆,电磁线圈动作,进气管负压使调节阀动作,液压回路被打开,离合器分离。如果手离开变速杆,压力将使离合器接合。

液力选择式自动变速器是由液力偶合器或变矩器和换档离合器组合而成。换档离合器的工作信号用变速杆的电气开关进行控制,有使用伺服缸的真空压力式和液压式两种。

如上所述,半自动变速器开始于离合器的自动化,经过各种形式的试验,发展成了与换档次数少的变矩器组合的方式。现在使用的仅是表 1-1 的(Ⅱ)、(Ⅲ)和电磁式,其它已不使用。

## 2. 自动变速器的概述

自动变速器的变速杆有五个基本档位:P、R、N、D、L,把在 D 以前的几个前进档,离合器与齿轮变速器的操作全部自动进行的变速器,称为全自动变速器。

液力自动变速器是将液力偶合器或变矩器与带有换档执行元件的辅助变速装置组合而成,并用控制装置使换档执行元件动作。

行星齿轮装置作为辅助变速装置而被广泛使用。换档执行元件为多片离合器、手制动器及单向离合器。多数用油门踏板踏下的多少和车速来控制换档。

作为最初批量生产的液力自动变速器是通用公司 1983 年推出的液力自动变速器,液力自动变速器是将 4 行星齿轮式变速装置与液力偶合器组合,用液压力进行自动变速,是现在自动变速器的原型。

电磁式自动变速器是将粉末离合器和二轴变速器组合而成,根据由发动机驱动的发电机产生的起步控制信号和调速器的变速信号自动地进行起步和换档。

机械式自动变速器是靠离心式自动离合器和车速以及油门踏板的开度来改变 V 型皮带轮的半径而进行无级变速。



如上所述,实用的自动变速器有液力式、电磁式和机械式。但是目前除机械式的外,使用的自动变速器全部是液力式的。辅助变速装置的结构为行星齿轮式和二平行轴常啮合式的。轿车的变速档数为 2—4 档。液压式以换档控制为主,电子控制方式是今后的发展趋势。目前的自动变速器,是将自动转换的辅助变速装置与变矩器组合,用液压控制装置自动地进行变速的液力自动变速器,更先进的电控自动变速器也已开始装备在高级轿车上。

下面将分别从液力变矩器,行星齿轮变速器,自动换档操纵液压控制系统和电控系统四个方面作详细的介绍。