



普通高等教育“十三五”规划教材

普通高等院校汽车工程类规划教材

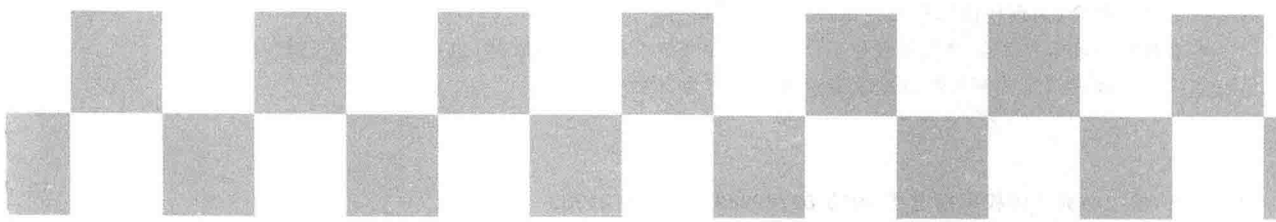
汽车底盘电控技术

尤明福 尤扬 张士涛 黄玮 编著



清华大学出版社

普通高等院校汽车工程类规划教材



汽车底盘电控技术

尤明福 尤扬 张士涛 黄玮 编著

清华大学出版社

北京

内 容 简 介

本书根据高等技术院校汽车服务工程及汽车维修技术等应用型专业进行理论与实训教学需要编写而成。在内容上突出了基础理论知识的应用和实践能力的培养,突出针对性和实用性,强化实践教学。本书是在汽车底盘构造的基础上,以丰田、大众车系为主,分7个模块介绍了现代汽车底盘电控系统的控制原理与维修技术,力图使读者了解包含汽车自动变速器、无级变速器、制动防抱死系统、防滑驱动系统、电子稳定程序控制系统、电控空气悬架系统、电控动力转向系统等底盘现代电控技术,剖析其工作原理、检测和检修方法,并介绍常见的故障现象和故障排除方法。通过理论与实践一体化的讲解,力求使知识讲解与维修实践更好地结合,为现代汽车整车使用及维修打下基础。

本书可作为高等技术院校汽车服务工程及汽车维修技术等专业的教材,也可作为成人高校、职业技术学院和民办高校的汽车检测与维修技术专业教材或作为自学用书。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

汽车底盘电控技术/尤明福等编著. —北京:清华大学出版社,2016

(普通高等院校汽车工程类规划教材)

ISBN 978-7-302-44386-5

I. ①汽… II. ①尤… III. ①汽车—底盘—电气控制系统—高等学校—教材 IV. ①U463.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 167526 号

责任编辑:杨 倩 赵从棉

封面设计:傅瑞学

责任校对:赵丽敏

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:三河市君旺印务有限公司

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:20.5

字 数:495 千字

版 次:2016 年 12 月第 1 版

印 次:2016 年 12 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:46.00 元

产品编号:053313-01

前言

为了满足高等技术院校培养汽车服务工程及汽车维修工程专业应用型人才的教学需要,我们组织了有丰富教学经验、实践能力强的一线教师编写了本书。

在编写过程中,我们力求做到以下几点:

第一,从汽车制造、服务及维修企业岗位要求入手,结合多年高等技术院校培养应用型人才的经验,确定课程体系、教学目标和教材的结构与内容,强化教材的针对性和实用性。

第二,以国家职业标准为依据,使教材内容涵盖“汽车修理工”等国家职业标准的相关要求,便于“双证书”制度在教学中的贯彻和落实。

第三,根据以汽车底盘、发动机及电气系统的拆装、检测与维修等技能为主线、相关知识为支撑的编写思路,精炼教材内容,切实落实“管用、够用、适用”的教学指导思想。

第四,根据院校的教学设备和汽车行业的发展趋势,合理安排教学内容。在使学生掌握典型汽车的相关知识和拆装、检测、维修技能的基础上,介绍其他车型,尤其介绍能够体现先进技术的相关内容,既保证教材的可操作性,又体现先进性。

第五,按照教学规律和学生的认知规律,以实际案例为切入点,并尽量采用以图代文的表现形式,降低学习难度,提高学生的学习兴趣,从而达到好教、好学的目的。

本书由天津职业技术师范大学尤明福、尤扬、张士涛、黄玮编著,张希通、杜海清参编,温立志主审。

在本书的编写过程中,得到许多专家与同行的热情支持,并参阅了许多国内外公开出版与发表的文献,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中必定存在不妥或错漏之处,恳请读者批评指正。

目 录

第一篇 自动变速系统

模块一 电控液力自动变速器	3
课题一 液力变矩器的拆卸、安装及检测	3
课题二 自动变速器的机械传动部分	14
任务一 行星齿轮变速机构的传动分析及检测	14
任务二 大众车系行星齿轮变速器的传动分析	28
任务三 丰田车系行星齿轮变速器的传动分析	38
课题三 自动变速器电液控制系统	65
任务一 自动变速器液控系统原理与检修	67
任务二 自动变速器电控系统传感器检修	93
任务三 自动变速器电控系统执行器检修以及 ECU 综合控制分析	109
任务四 自动变速器电控系统线路图的识读	132
课题四 电控液力自动变速器的基础检查及性能试验	155
模块二 电控无级变速器	165
课题一 本田飞度 CVT 无级变速器液控系统原理与检修	165
课题二 本田飞度 CVT 无级变速器电路分析与检测	176

第二篇 汽车制动力控制系统

模块三 汽车制动防抱死系统(ABS)	197
课题一 典型防抱死制动系统的拆卸与安装	197
课题二 典型防抱死制动系统主要部件的检测	208
课题三 防抱死制动系统的故障诊断及排除	220
模块四 汽车驱动防滑转系统(ASR)	236

模块五 汽车电子稳定程序控制系统(ESP)	250
课题一 电子稳定程序控制系统的原理及检测	250
课题二 电子稳定程序控制系统的故障诊断与排除	265

第三篇 电控空气悬架系统和动力转向系统

模块六 电控空气悬架系统(EMS)	285
课题一 电控空气悬架系统的检测	285
课题二 电控空气悬架系统的故障诊断与排除	295
模块七 电控动力转向系统(EPS)	303
课题一 电控动力转向系统的原理及检测	303
课题二 电控动力转向系统的故障诊断与排除	310
参考文献	319

第一篇 自动变速系统

模块一

电控液力自动变速器

课题一 液力变矩器的拆卸、安装及检测

一、实训目标

根据液力变矩器的拆卸、安装要求对液力变矩器进行拆卸、安装并进行相关检测。

二、实训任务

1. 任务描述

- (1) 液力变矩器的作用、组成和工作原理的理解与分析。
- (2) 液力变矩器专用检修工具的使用。
- (3) 液力变矩器的拆装与检测。
- (4) 液力变矩器零部件的检测。
- (5) 用失速实验检测导轮单向离合器是否打滑及卡滞。
- (6) 检查锁止离合器是否锁止,即检测发动机转速和车速。

2. 任务流程

液力变矩器的拆卸、安装及检测的任务流程见图 1-1。

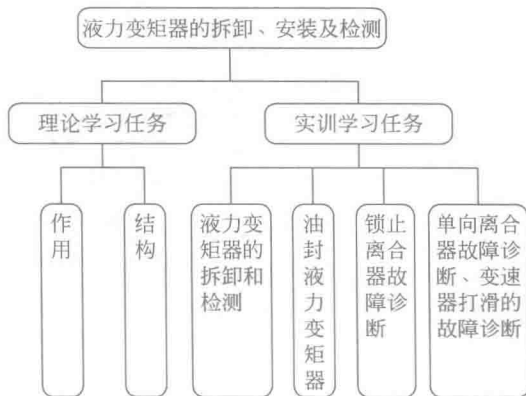


图 1-1 液力变矩器的拆卸、安装及检测的任务流程图

三、实训设备

- (1) 设备：液力变矩器(A341E 自动变速器)。
- (2) 工具：液力变矩器检修专用工具。
- (3) 材料：尼龙布等。

四、背景知识

1. 液力变矩器的作用

在手动变速器的汽车驾驶室里三个踏板,它们分别是加速踏板、制动踏板、离合器踏板。但是在自动变速器的汽车中只有两个踏板,分别是加速踏板和制动踏板,没有离合器踏板,换言之就是自动变速器的汽车没有离合器了。在自动变速器的汽车上,发动机与变速器是通过液力变矩器连接起来的。

液力变矩器的安装位置与离合器一样,介于发动机与变速器之间。变矩器在变速器上的安装位置如图 1-2 所示。

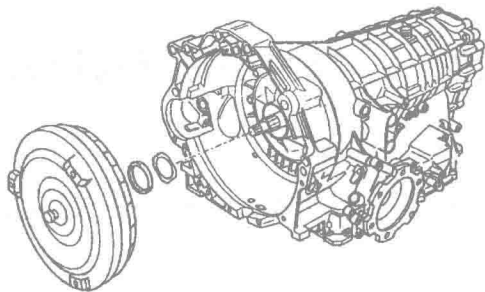


图 1-2 液力变矩器在变速器上的安装位置

液力变矩器是连接发动机曲轴和变速器输入轴的动力传递装置,液力变矩器和液力耦合器一样,可以平稳地把发动机的动力传给变速器。液力变矩器允许发动机曲轴与变速器输入轴之间有一定的相对滑转,从而在停车时不脱开行驶挡也能维持发动机怠速运转。液力变矩器也可在汽车承受大负荷时起增大转矩的作用,以改善汽车的动力性能。它是构成自动变速器不可缺少的核心组成部分。液力变矩器在发动机上的安装如图 1-3 所示。

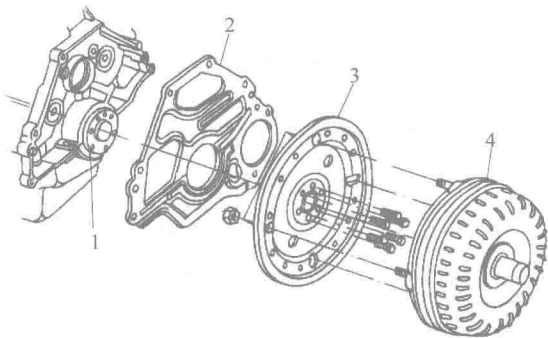


图 1-3 变矩器安装在发动机飞轮上

1—发动机曲轴；2—发动机后端盖板；3—飞轮(挠性板)；4—液力变矩器

2. 液力变矩器的结构

常用的液力变矩器由泵轮、涡轮及导轮三个基本元件组成(如图 1-4 所示)也称之为三元件变矩器。现在汽车所用液力变矩器中还装有锁止离合器,在一定的工作条件下可锁止泵轮和涡轮。液力变矩器中的工作轮一般是由钢板冲压而成,而工程机械和一些军用车辆

所用液力变矩器的工作轮则用铝合金精密铸造而成。

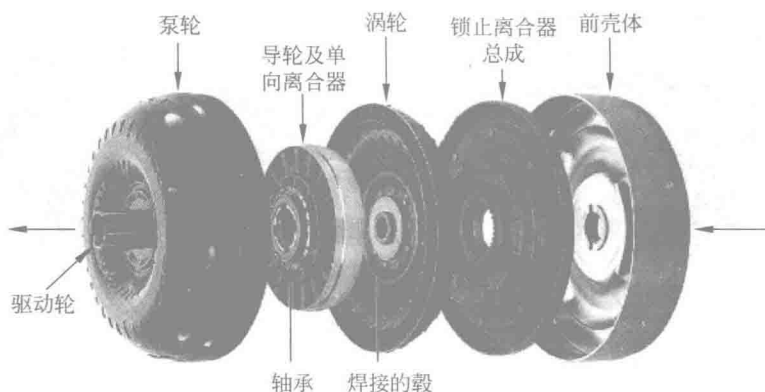


图 1-4 液力变矩器结构图

3. 液力变矩器的工作原理

液力变矩器的工作轮见示意图 1-5，依据液流方向将工作轮按泵轮→涡轮→导轮展开，得到图 1-6。

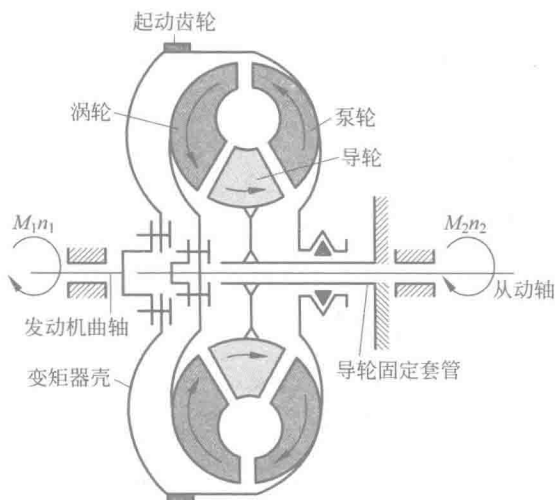


图 1-5 液力变矩器示意图

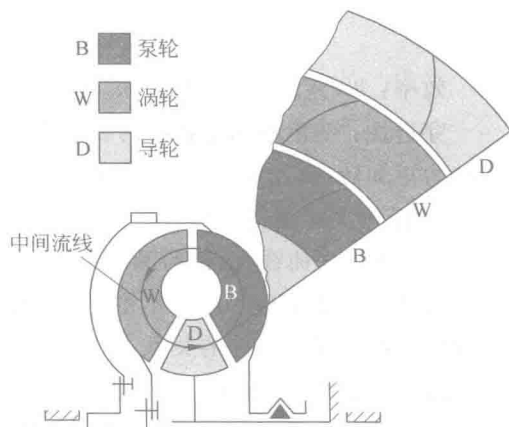


图 1-6 液力变矩器工作轮展开示意图

1) 工作原理

液力变矩器的工作原理如图 1-7 所示。

(1) 当 $n_w = 0$ 时, $n_b > n_w$, 油液速度流向导轮的正面, $M_d > 0$, $M'_w = M_b + M_d$, 可见 $M'_w > M_b$, 起变矩作用。

(2) 随着 n_w 的增加, u 增加, 使 v 的方向改变, 当 n_w 接近 $0.8n_b$ 转速时, 涡轮流出的液流正好与导轮叶片相切, $M_d = 0$, $M_w = M_b$;

(3) 随着 n_w 继续增加, u 增加为 u' , v 的方向改变为 v' , 油液速度流向导轮的背面, M_d 为负值, 导轮欲随泵轮同向旋转, 导轮对油液的反作用力冲向泵轮正面, 故 $M_w = M_b - M_d$ 。

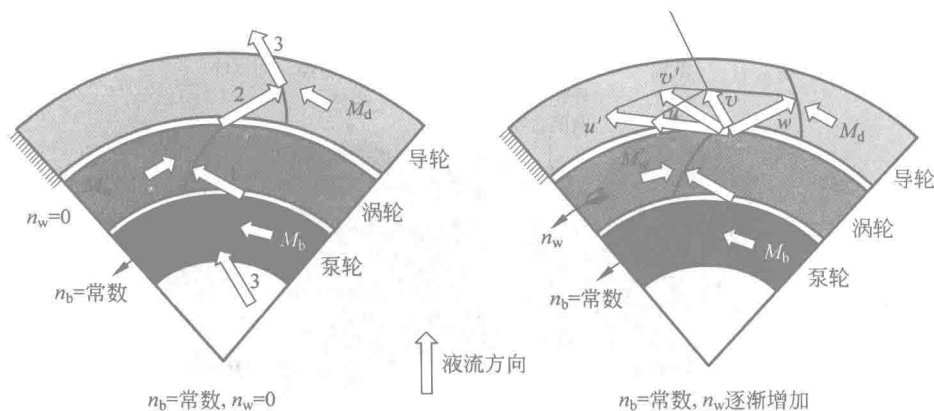


图 1-7 液力变矩器工作原理图

(4) 当 $n_w \approx n_b$ 时, 循环圆内的液体停止流动, 停止扭矩的传递。

2) 液力变矩器的特性参数

它指当发动机转速(n_e)和转矩(M_e)一定时, 泵轮的转速(n_b)和转矩(M_b)也一定时, 涡轮与泵轮之间的转速比(i_{WB})、变矩比(K)和效率(η)的变化规律。

转速比: $i_{WB} = n_w / n_b < 1$

变矩比: $K = M_w / M_b$ ($K > 1$, 称为变矩工况; $K = 1$, 称为耦合工况)

(K 值一般为 $1.9 \sim 5$, 汽车变矩器 K 值为 $2 \sim 2.3$)

效率: $\eta = N_w / N_b = (M_w \times n_w) / (M_b \times n_b) = K \times i_{WB}$

穿透性: 变矩器涡轮轴上的载荷变化对泵轮轴力矩和转速(发动机工况)影响的性能。

3) 液力变矩器特性曲线

(1) 外特性曲线(由试验测得)

定义: 泵轮转速(力矩)不变时, 液力元件外特性参数与涡轮转速的关系。

设 M_b 、 n_b 为定值, M_w 与 n_w 的变化关系如图 1-8 所示。由图可知:

行驶阻力增加 $\rightarrow n_w$ 减小 $\rightarrow M_w$ 增加

行驶阻力减小 $\rightarrow n_w$ 增加 $\rightarrow M_w$ 减小

起步时: $n_w = 0$, M_w 最大。

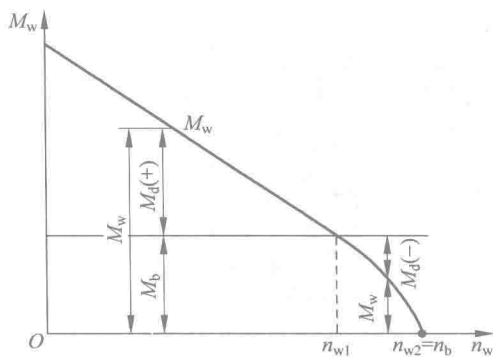
该特性为液力变矩器的自动适应性, 也即无级变速能力。

(2) 原始特性曲线

定义: n_b 一定, 变矩比 K 和效率 η 随转速比 i_{WB} 变化的规律曲线, 如图 1-9 所示。

由特性曲线可以看出: $\eta = K \times i_{WB}$ 所示曲线为抛物线。

当 $i_{WB} = 0$ (即 $n_w = 0$) 时, 变矩比 K 最大, 因 $n_w = 0$, 输出功率 $N_w = 0$, 故 $\eta = 0$ 。变矩比 K 随着涡轮转速的减小而增大, 即当行驶阻力大时, 液力变矩器自动输出大转矩, 这一特性对

图 1-8 液力变矩器特性曲线(n_b 为定值)

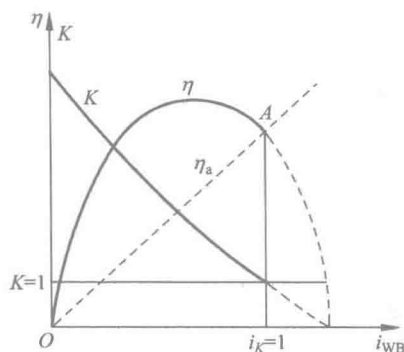


图 1-9 单级双相三元件综合液力变矩器特性

行驶阻力变化较大的汽车来说是非常适合的，此即所谓的适应性好。

汽车起步涡轮的转速逐渐增大，涡轮输出转矩逐渐减小，达到耦合点，即 $K=1$ 时，涡轮的转矩等于泵轮的转矩，此时称为耦合点 A（其中斜虚线 η_a 为液力耦合器效率曲线）。

变矩器的传动效率 η 在低速时随涡轮转速的增大而增大，在低速区虽然传动效率低，但是变矩比大，液力变矩器输出大转矩，耦合点后传动效率急剧下降。

当转速比 $i_{WB}=1$ 时， n_w 和 n_b 相同，失去传动功

能，故 K 、 η 皆等于零。

为提高变矩器在耦合区工作的性能，需加装单向离合器和锁止离合器，以提高传动效率，降低燃料消耗。

(3) 带锁止离合器的三元件综合式液力变矩器的特性

① 三元件综合式液力变矩器工作原理

所谓三元件综合式液力变矩器是指其有时为具有泵轮、涡轮及导轮（锁止有效）的变矩器，有时为具有泵轮、涡轮及导轮（空转无效）的耦合器。

单向离合器作用：内外环之间可根据转向不同而相互锁止或相互转动，如图 1-10 所示。单向离合器可使导轮在低速区时锁止，如图 1-11 所示，此时为变矩器；在高速区能顺时针转动，减小导轮背面通过液流对泵轮的反作用力，提高传动效率，此时为耦合器。

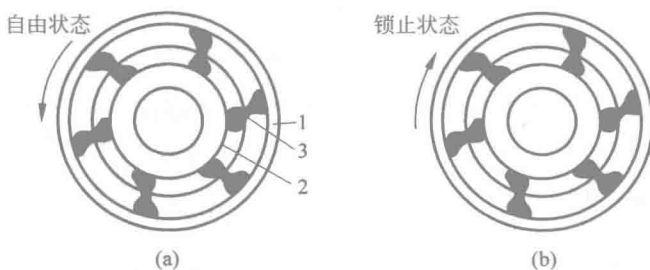


图 1-10 楔块式单向离合器

(a) 自由状态；(b) 锁止状态

1—外环；2—内环；3—楔块

② 锁止离合器工作原理

锁止离合器机械地将发动机功率直接连接至自动变速器，可以减小液力变矩器使用液流间接地传递功率所产生的功率损失。锁止离合器在汽车满足一定行驶条件（挡位、车速、负荷、温度等）时由 ECT 控制其锁止，以提高功率性和燃油经济性。

其结构与工作原理如图 1-12、图 1-13 所示。

当车辆低速行驶时，油液流至锁止离合器的前端，锁止离合器片前端与后端的压力相

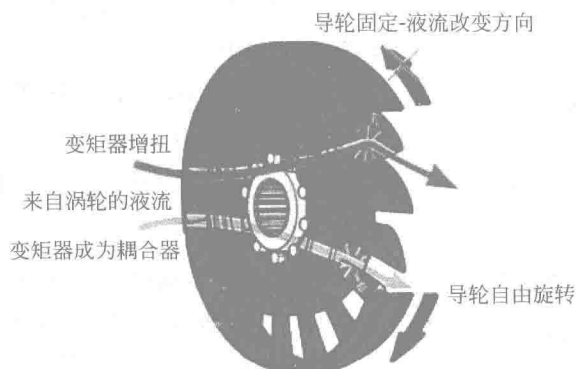


图 1-11 带单向离合器的导轮工作原理

同,使锁止离合器分离(图 1-12)。这样发动机的动力经驱动盘→前盖→泵轮→涡轮→变速器输入轴。

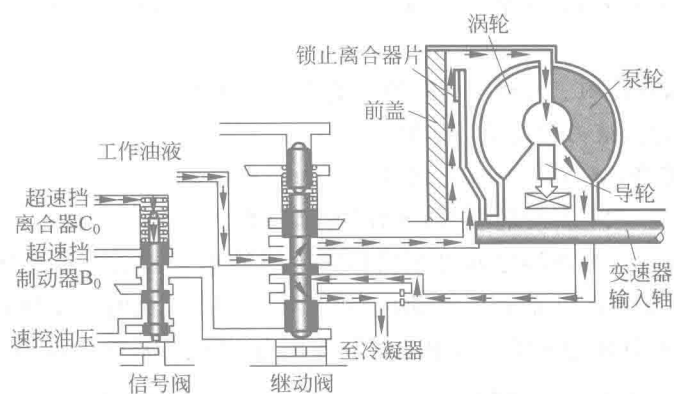


图 1-12 锁止离合器分离状态

当车辆以中速至高速(通常 50km/h 以上)行驶时,油液流至锁止离合器的后端。这样,使锁止离合器片与前盖结合在一起转动(图 1-13)。这样发动机的动力经驱动盘→前盖→锁止离合器→变速器输入轴。

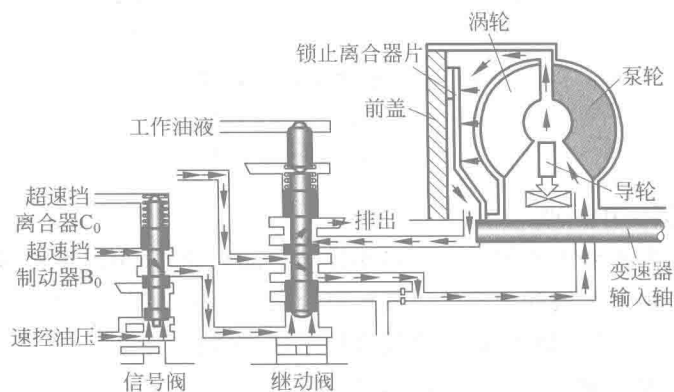


图 1-13 锁止离合器结合状态

③ 带锁止离合器的三元件综合式液力变矩器的特性

带锁止离合器的综合式液力变矩器的特性曲线如图 1-14 所示。

在 $i < i_1$ 区域, $K > 1$, 为变矩工况。在 $i_1 \leq i \leq i_2$ 区域, 是耦合工况, $K=1$ 为耦合点。当涡轮转速升高到 i_2 时, 锁止离合器结合, 动力传递变为由锁止离合器直接传动, 此时 $K=1$, 效率 η 上升至约为 100%。锁止综合式液力变矩器的效率特性曲线为 OABCDE, 其动力、经济性均较理想, 其特点是汽车在变工况下行驶时(如起步、经常加减速), 锁止离合器分离, 相当于普通液力变矩器; 当汽车在稳定工况下行驶时, 锁止离合器接合, 动力不经液力传动, 直接通过机械传动传递, 变矩器效率为 1, 故在小汽车上已广泛采用, 尤其是现代电子控制液力自动变速器基本上都采用锁止综合式液力变矩器。

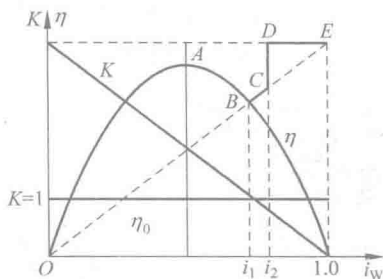


图 1-14 带锁止离合器的液力变矩器特性
K 为变矩曲线; i 为涡轮与泵轮的速度比;
 η 为效率曲线

五、实训指导

1. 液力变矩器的检测

检查液力变矩器轮毂的导入轨迹(如图 1-15 中箭头所示)。由于变矩器是整体焊接的, 所以不能对其进行解体检查, 出现损坏或者缺陷时要整个更换, 不能自行修理。

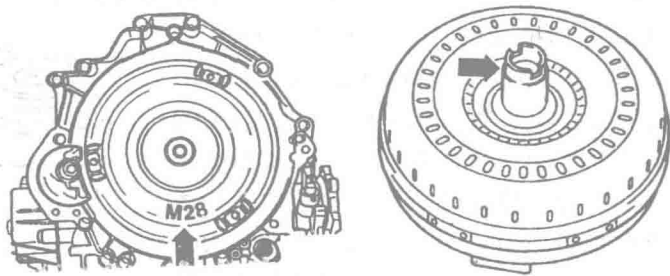


图 1-15 液力变矩器轮毂标记

1) 单向离合器的检查方法

(1) 将专用工具插入单向离合器的内圈。

(2) 安装专用工具, 使其装配到变矩器轮毂的缺口和单向离合器的另一座圈中。

(3) 将液力变矩器侧立, 逆时针转动时单向离合器应锁定, 顺时针转动时应自由而平稳地转动(有例外呢? 其锁定和转动取决于泵轮的旋转方向), 如图 1-16 所示。

如果有必要应清洁变矩器并重新测试离合器。如果单向离合器检测不合格, 应更换整个液力变矩器。

2) 测量传动板及变矩器轴套的端面跳动

将百分表架固定在发动机缸体后端面上, 先测曲轴和变矩器的连接装置挠性板的端面跳动量, 如果挠性板的端面跳动量大于 0.20mm, 必须更换挠性板; 如挠性板合格, 将变矩

器在挠性板上固定好,再检测变矩器驱动轴套的径向跳动量,如果驱动轴套的径向跳动量大于 0.30mm,必须更换变矩器。检查操作方式如图 1-17 所示。

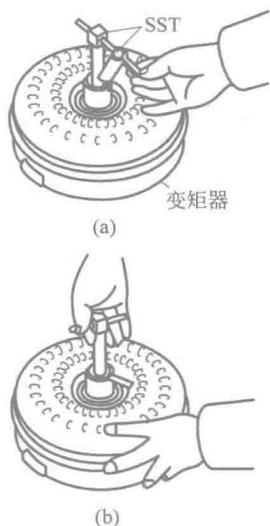


图 1-16 液力变矩器的单向离合器检查

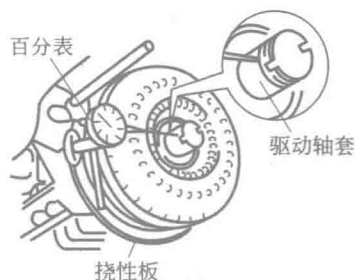
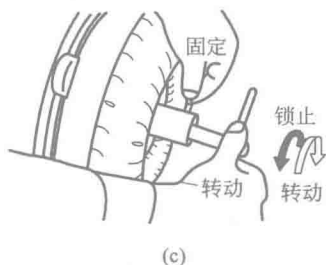


图 1-17 测量传动板及变矩器轴套的跳动量

2. 液力变矩器的拆装

1) 排空变矩器

在更换自动变速器中的自动变速器油(automatic transmission fluid, ATF)时,液力变矩器中的 ATF 是无法全部排出来的。当 ATF 太脏时,仅仅更换一次 ATF 的话,在变矩器里残留的油液杂质仍然会污染新的油液,加剧变速器的磨损。所以可以采用“反复换油”的方式更换 ATF。即在第一次更换后运行发动机(变速器置于空挡)5min 左右,然后放出 ATF,再重新加注新的 ATF,如果仍然太脏的话可以重复一次。变速器磨损大修时,变矩器中的 ATF 中会含有大量的杂质,所以在装复液力变矩器时,应当使用抽油机抽出变矩器中的 ATF,以防止残留在变矩器中的杂质重新进入变速器中。液力变矩器的排空操作如图 1-18 所示。



图 1-18 液力变矩器的排空操作

2) 更换液力变矩器油封专用工具

更换液力变矩器油封的专用工具 VW681 如图 1-19 所示,专用工具 3295 如图 1-20 所示。



图 1-19 油封拆卸专用工具 VW681

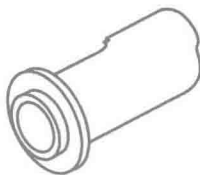


图 1-20 油封安装专用工具 3295

3) 液力变矩器油封的拆卸

拆下变速器,将变速器固定到装配支架上。将油封拆卸专用工具 VW681 放到密封环上拆下油封,如图 1-21 所示。这样可避免下面的轴承环损坏。

4) 液力变矩器油封的安装

安装密封圈之前应当在密封环外沿和唇口涂抹一些自动变速器油,用油封安装专用工具 3295 压入密封环,如图 1-22 所示。安装液力变矩器油封时,密封环的开口侧应当指向变速器一侧,切不可装反。

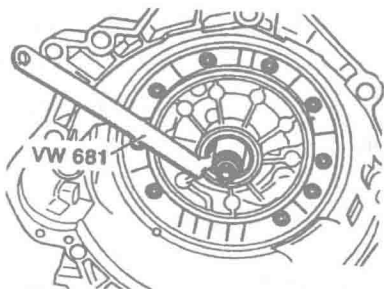


图 1-21 拆卸液力变矩器油封

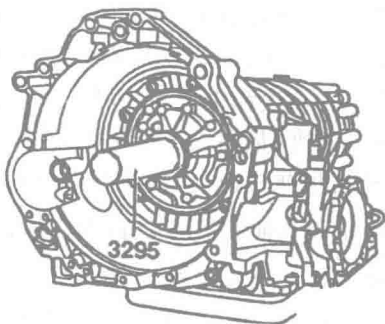


图 1-22 安装液力变矩器油封

5) 液力变矩器的安装

先装入轮毂,然后将液力变矩器轻轻向里旋转,直到液力变矩器轮毂的驱动槽进入到泵轮的接合杆中再将变矩器向里推安装到位。驱动槽的结构如图 1-23 所示。

液力变矩器的安装是否到位可通过测量变速器固定面(变矩器罩与发动机连接的结合面)到液力变矩器端面距离来确认。如果液力变矩器安装正确,则此距离应符合规定值(如某型号变速器为 23mm),否则,说明液力变矩器没有安装到位,如图 1-24 所示。

特别提醒:如果液力变矩器安装错误会造成液力变矩器的接合杆及自动变速器油泵损坏,所以安装变矩器后一定要按照上述要求进行检查。

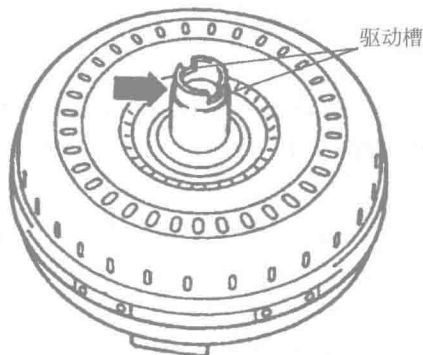


图 1-23 液力变矩器驱动槽结构图

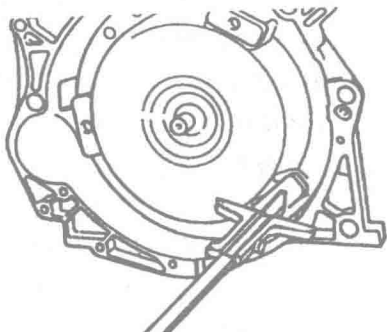


图 1-24 测量变速器固定面到变矩器槽面距离

3. 锁止离合器的故障诊断

锁止离合器结合后,液力变矩器的泵轮和涡轮就机械地连接在一起了,即发动机的曲轴