

# 自动变速器性能试验台的初步设计

翁家庆

(昆明理工大学 交通工程学院, 云南 昆明 650224)

**摘要:** 自动变速器是现代汽车的一个主要装备, 其性能直接影响到汽车的动力性、燃油经济性及驾驶性能等. 研究自动变速器与发动机的联合工作特性, 需要对自动变速器的性能进行台架试验, 自动变速器的维修需要进行换挡控制试验、油压控制试验、变矩器控制实验、时滞试验及失速试验等. 所设计的自动变速器性能试验台能够为自动变速器的性能或故障诊断提供参考数据.

**关键词:** 自动变速器; 汽车变速器

**中图分类号:** U464.136.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-855X(2006)03-0081-04

## Primary Design of the Automatic Transmission Performance Test - Bed

WENG Jia-qing

(Faculty of Transportation Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650224, China)

**Abstract:** The automatic transmission (AT) is a main device of modern cars. Its performance directly affects tractive performance, fuel economy and convenient operation of vehicles, etc. Its characteristics must be tested with the test-bed to study the characteristics of the cooperating performance of the engine and the automatic transmission. Gearshifting test, oil pressure test, hydraulic torque converter test, time hysteresis, loss speed and so on must be done in maintenance of automatic transmission. The reference of the automatic transmission characteristics or fault diagnosis can be provided by the experiment results which are gotten through the automatic transmission performance test-bed.

**Key words:** Automatic Transmission (AT); automobile speed variator

### 0 引言

由于发动机输出的转速和转矩与车辆驱动轮所需的转速和转矩之间存在着矛盾, 须设立传动系来调节发动机的性能, 即通过传动系改变传动比, 将发动机的动力传递给驱动车轮, 以适应外界负荷与道路条件变化的需要. 车辆行驶性能的好坏, 不仅取决于发动机, 而且在很大程度上还依赖于传动系以及传动系与发动机的匹配.

自动变速器是现代汽车重要的组成部分. 研究自动变速器与发动机的联合工作特性, 需要对自动变速器的性能进行台架试验, 自动变速器的维修需要进行故障诊断试验. 国内自动变速器性能检测设备尚处于研究发展阶段, 进口的检测设备往往集检测、翻新为一体<sup>[6]</sup>. 本文所设计的自动变速器性能试验台能够为自动变速器的性能或故障诊断提供参考数据, 具有以下功能: 提供的动力能模拟自动变速器在汽车上的使用工况; 负载能模拟汽车的道路行驶阻力; 能检测自动变速器的特性参数及系统油压、流量、温度等数据.

### 1 自动变速器

自动变速器主要由液力变矩器、行星齿轮变速器、液压系统及控制系统等几部分组成<sup>[1-4]</sup>.

#### 1.1 液力变矩器

液力变矩器见图 1 由泵轮、涡轮和导轮三元件及单向离合器和锁止离合器等组成, 其间装有油液. 利

收稿日期: 2005-03-16

作者简介: 翁家庆 (1970~), 男, 讲师. 主要研究方向: 汽车性能. E-mail: jiaqing\_w@163.com

用油液循环流动过程中动能的变化将发动机的动力传递给自动变速器。

原始特性是液力变矩器最基本、最主要的性能。通常用液力变矩器的变矩比  $K$ 、效率  $\eta$ 、泵轮扭矩系数  $k_b$  与液力变矩器的速比  $i$  之间的关系曲线来表示。

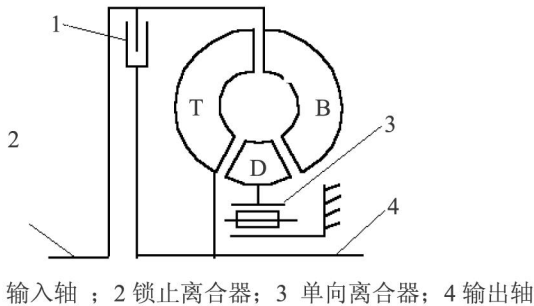


图1 综合式液力变矩器工作原理简图  
Fig.1 The principle sketch of integrated torque converter

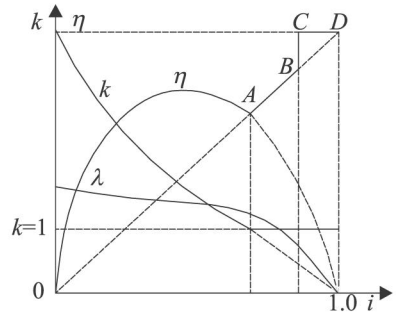


图2 综合式液力变矩器原始特性曲线  
Fig.2 Primitive characteristic curve of integrated torque converter

$$\text{液力变矩器的传动比 (速比)}: i = \frac{n_t}{n_b} \tag{1}$$

$$\text{液力变矩器的变矩系数}: K = \frac{M_t}{M_b} \tag{2}$$

$$\text{液力变矩器的效率}: \eta = \frac{M_t \cdot n_t}{M_b \cdot n_b} = K \cdot i \tag{3}$$

式中:液力变矩器的输入转速  $n_b$  (即泵轮转速)、转矩  $M_b$  (即泵轮转矩);输出转速  $n_t$  (即涡轮转速)、转矩  $M_t$  (即涡轮转矩)。

$$\text{液力变矩器的泵轮扭矩系数 } k_b \text{ 为: } k_b = M_b / (g n_b^2 D^5) = f(i) \tag{4}$$

式中:  $D$  ——变矩器循环圆直径

由液力变矩器原始特性曲线见图 2,根据式 (2), (3), (4) 通过计算可获得此系列中任一液力变矩器的外特性或通用特性。当涡轮的转速  $n_t$  与泵轮的转速  $n_b$  接近时,变矩系数  $K = 1$ ,此时单向离合器 3 起作用 (A 点),变矩系数  $K = 1$ ;涡轮的转速  $n_t$  升高后,为了提高液力变矩器的效率  $\eta$ ,锁止离合器 2 工作 (B 点),把涡轮和泵轮联接在一起,使传动效率  $\eta = 1$ 。因此,变矩器与发动机的联合输出特性与汽车的理想动力特性 (等功率曲线) 相接近,从而使传动系统自动地、无级地变矩和变速,使车辆自动适应驱动轮负荷变化的能力得到提高。

### 1.2 行星齿轮变速器

液力变矩器的无级变速性能虽然很好,但还不能完全满足车辆行驶的要求,需与齿轮传动配合,以扩大其传动比,增大变速范围和转矩,提高汽车的适应能力。现代汽车自动变速器主要采用行星齿轮式变速机构,包括行星齿轮机构和换档执行机构两部分。

行星齿轮变速器主要由太阳轮、内齿圈、行星架和行星齿轮等元件组成见图 3

行星齿轮传动机构转速特性方程:

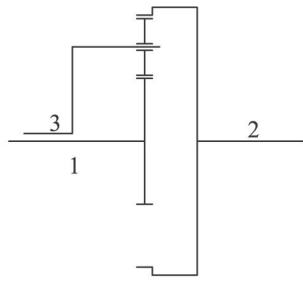
$$n_1 + \lambda \cdot n_2 = (1 + \lambda) n_3 \tag{5}$$

式中:结构参数  $\lambda = Z_2/Z_1$ ,太阳轮齿数  $Z_1$ ,齿圈齿数  $Z_2$ ;  $n_1$ :太阳轮转速,  $n_2$ :齿圈转速,  $n_3$ :行星架转速。

单排行星齿轮机构的速比范围有限,实际应用中采取双排行星齿轮机构。常用的辛普森式 3 档行星齿轮变速器如图 4

换档执行机构包括多片式离合器、制动器和单向超越离合器,在速比改变的过程中,整个行星齿轮组仍在运动,动力传递没有中断,实现动力换档。根据 (5) 式,通过离合器把动力传给行星齿轮机构的某个元件使之成为主动件,制动器将行星齿轮机构中的某个元件锁住,使之止动,单向超越离合器限制某些元件

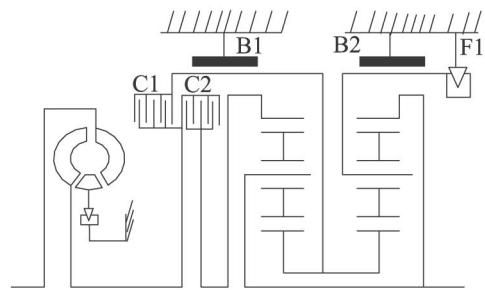
的旋转方向,协助完成动力流向和发动机制动,改变动力传递的方向和速比.



1太阳轮; 2齿圈; 3行星架;

图3 行星齿轮传动机构简图

Fig.3 The sketch of planet gear transmissive organ sketch



离合器C1, C2 ; 制动器B1, B2; 单向离合器F1。

图4 辛普森式3档行星齿轮变速器

Fig.4 3 Shift simpson type of planet gear Transmission

### 1.3 液压控制系统

液压控制系统由阀体和各种控制阀及油路所组成,阀门和油路设置在一个板块内,称为阀体总成.将车速和节气门开度这两个参数转变为液压控制信号,阀板中的各控制阀根据这些控制信号的大小,按照设定的换档规律,将油压加到换挡阀的两端,以控制换挡阀的位置,自动地接通或切断某些换挡离合器和制动器的供油油路,使离合器结合或分开、制动器制动或释放,控制行星齿轮变速器的升挡和降挡,以改变齿轮变速器的传动比,从而实现自动换档.

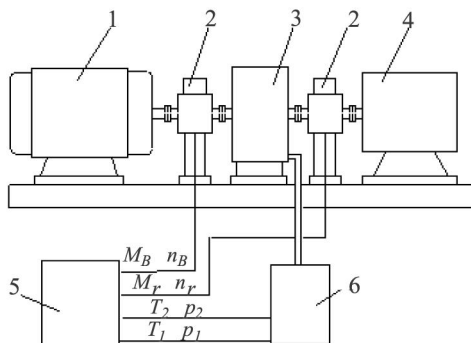
表 1 辛普森式 3档行星齿轮变速器换挡元件

Tab 1 Shift components is the 3 shift simpson type of planet gear Transmission

| 变速器档位 | 工作元件   | 变速器档位 | 工作元件   |
|-------|--------|-------|--------|
| 1档    | C2, F1 | 2档    | C2, B1 |
| 3档    | C1, C2 | 倒档    | C1, B2 |
| S档    | C2, B1 | L档    | C2, B2 |

## 2 自动变速器性能试验台

本试验台见图 5包括以下几部分:动力装置、加载装置、转矩和转速测量装置、供油系统及数据采集系统等组成.



1.变频调速电机 2.转矩转速测量装置 3.自动变速器 4.电涡流测功机 5.供油系统 6.数据采集系统

图5 自动变速器试验台总体示意图

Fig.5 Sketch map of the automatic transmission test-bed

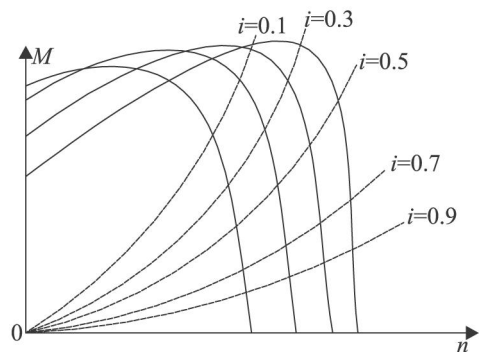


图6 电机与液力变速器的联合工作特性图

Fig.6 The cooperating performance of electromotor and torque converter

### 2.1 动力装置

动力装置是自动变速器性能试验台的驱动设备,是模拟发动机的运行工况,驱动液力变速器泵轮工作的设备.它应该满足试验时对输入转速和转矩的要求,还应该能按照一定规律调节转矩和转速.目前常用的驱动设备有电动机、发动机等数种形式.若利用发动机作为动力装置,它能够准确地模拟与其相匹配的自动变速器在车上的真实使用工况,与汽车上的实际特性相吻合,测试结果较准确.但发动机作为动力源有:输入动力的稳定性差、噪声大、排气污染、通用性差等缺点.所以目前自动变速器试验台上大多都采用电动

机作为动力驱动设备。

选用三相异步交流电动机作为驱动设备,为了达到试验要求,根据模拟转速法,本试验台采用 YVP280M - 2 型变频调速三相异步电机,额定功率为 90 kW。该电机可实现定转速控制,即当负载发生变化时,电机的输出转速可以保持恒定。因此,本试验台采用定转速方法,即在试验过程中,保持输入转速不变,当负载变化时,输出力矩和转速随着变化,同时输入力矩也相应变化见图 6。

选择 TECO speecon 7200MA 变频器与电机匹配使用,充分发挥变频调速电机宽范围的恒转矩调速特性和低频时的力矩平稳特性,能长时间低速或高速运行。因此,最大限度地模拟了发动机的转速和转矩特征。

## 2.2 加载装置

试验台的加载设备应当满足试验时所需的加载和转速范围,并能平稳地,精细地调节负荷,模拟汽车的行驶阻力。同时也希望能够实现远距离操纵,并能用微机来控制。目前可用的加载设备有电力测功机、电涡流测功机、水力测功机等。

试验台的加载装置采用 9W160 型电涡流测功机,其最大加载功率为 160 kW,最高转速为 6 500 r/min,额定转矩为 600 N·m。给电涡流测功机的定子绕组上通直流电时便产生了磁场。随着转子的旋转,由于磁通量的改变,在定子中产生电涡流,此电涡流的作用力将阻止转子的旋转,因而产生制动力矩。当按某一规律调节定子电流的大小时,即可平稳地调节负载力矩。

试验台运用微机来控制试验台的加载和电动机的变频调速器,实现对被测变速器的实时控制,以便模拟变速器不同的工况,从而可以对自动变速器进行检测。

## 2.3 供油系统

自动变速器在运行过程中,因油温升高改变了自动变速器的性能,所以一般在汽车上都装有自动变速器的冷却系统。因此,供油系统是液力变矩器试验台不可缺少的组成部分。

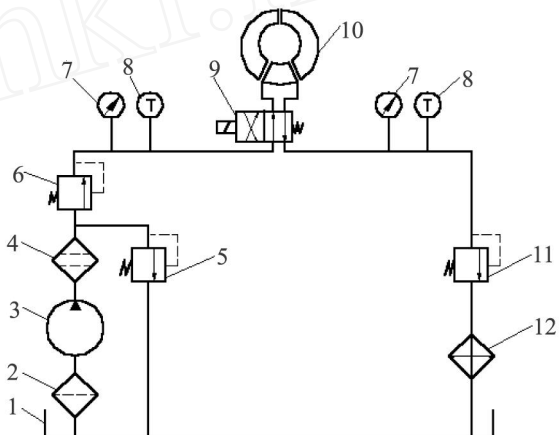
供油系统的主要功用是:带走液力变矩器工作时产生的热量,并对工作液体进行冷却,补偿液力变矩器中工作液体的漏损,从而保证液力变矩器内始终充满工作液体,防止液力变矩器内部产生气蚀现象,保证液力变矩器持续稳定和可靠地工作。

试验台的供油系统如图 7 所示,工作油经齿轮泵输出,通过减压阀后供给液力变矩器,多余的油经溢流阀溢出回到油箱。由变矩器出来的油经背压阀后,再通过散热器回到油箱。溢流阀的作用是根据液力变矩器的不同工况、内部液流以及压力变化自动调节供油系统通过变矩器的流量,达到合理地控制变矩器的散热量,变矩器出口的背压阀的作用是防止变矩器产生气蚀现象。

在此供油系统中,溢流阀和背压阀的调节必须正确,才能使冷却流量根据工作液体的发热情况实现自动调节,保证在测试过程中,该系统对自动变速器的油温进行控制,以确保试验数据的准确性和可比性。

## 2.4 数据采集系统

试验台应用微机采集试验数据,利用 PCL - 1800 高速数据采集卡将输入、输出转速转矩传感器、进、出口温度传感器及进、出口压力传感器所采集的 8 路电信号转换为数字信号,再由微机进行读取和记录。可直接测量的参数有 8 个,即:输入液力变矩器的力矩  $M_b$  和转速  $n_b$ ; 自动变速器输出的力矩  $M_t$  和转速  $n_t$ ; 液力变矩器进口的温度  $T_1$  和压力  $p_1$ ; 液力变矩器出口的温度  $T_2$  和压力  $p_2$ 。



1. 油箱 2. 粗滤清器 3. 齿轮泵 4. 精滤清器 5. 溢流阀  
6. 减压阀 7. 压力表 8. 温度数显仪 9. 换向阀  
10. 液力变矩器 11. 背压阀 12. 散热器

图7 自动变速器试验台供油系统

Fig. 7 Oil supply system of automatic transmission test-bed

(下转第 89 页)

1) 在纵向预应力张拉过程中, 箱梁锚固区始终处于弹性工作状态, 锚垫板下附近混凝土受力是安全的。

2) 箱梁顶板混凝土纵向应变受压, 横向受拉, 与理论计算结果得出的规律是一致的。

3) 除了最接近张拉千斤顶附近的测点 (20 cm 范围内) 外, 测试应变与理论计算值吻合较好。

4) 测试得出的最大纵向压应变为  $-138 \mu$ , 锚垫板侧的最大横向压应变为  $-200 \mu$ , 相应的应力分别为 4.83 MPa 和 7.0 MPa, 远小于混凝土的抗压设计强度。

5) 测试得出箱梁横向最大拉应变为  $152 \mu$ , 比理论预测值大, 而且从测试结果可知在距离锚垫板 20 cm 的范围内, 箱梁混凝土纵横向均受拉, 此处受力最不利。

建议在施工中严格控制该区域混凝土制作质量、注意受力钢筋和锚固区分布钢筋位置和数量, 加强锚固区混凝土振捣和养护, 以免张拉纵向预应力束时箱梁混凝土出现裂缝, 确保结构安全。

#### 参考文献:

- [1] 韩大建, 梁立农, 徐郁峰, 苏成. 珠江大桥有限元仿真分析 [J]. 桥梁建设, 2004 (3): 36 - 39.
- [2] 陈常松, 颜东煌, 陈正清, 等. 混凝土振弦式应变计测试技术研究 [J]. 中国公路学报, 2004 (1): 33 - 37.
- [3] 向木生, 田晓彬, 徐华, 等. 预应力混凝土梁桥应力测试技术 [J]. 武汉理工大学学报, 2001 (3): 29 - 32.

(上接第 84 页)

采用定转速法, 通过编制试验程序, 保持输入转速一定, 按规定的道路阻力对测功机进行程序加载, 调节其加载力矩, 使变矩器速比  $i$  按设定增量从最大到最小, 再由最小到最大变化, 同时记录相关的试验数据. 根据式 (1) ~ (4) 计算得出液力变矩器的变矩比  $K$ 、效率  $\eta$ 、泵轮扭矩系数  $b_p$  等原始特性参数, 可获得液力变矩器的特性曲线. 采用曲线拟合和插值的方法进行数据处理, 得到液力变矩器三维数值模型图. 通过该数值模型可以得到在不同泵轮转速、涡轮转速下的泵轮输入扭矩和涡轮输出扭矩。

### 3 结束语

论文初步设计了自动变速器性能试验台的动力装置、加载装置、转矩和转速测量装置、供油系统及数据采集系统. 通过编制试验程序, 在试验台上可进行自动变速器的换挡控制试验、油压控制试验、变矩器控制实验、时滞试验及失速试验、变矩器锁止试验、打滑试验、换挡冲击试验等自动变速器的性能试验, 为研究自动变速器与发动机的联合工作特性或故障诊断提供参考数据。

#### 参考文献:

- [1] 过学迅. 汽车自动变速器 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1999: 5 - 48.
- [2] 葛安林. 车辆自动变速理论与设计 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1991: 20 - 45.
- [3] 余志生. 汽车理论 [M]. 第 3 版. 北京: 机械工业出版社, 2003: 15 - 31.
- [4] 邓定瀛. 自动变速器原理与运用 [M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2002: 8 - 25.
- [5] 王季秩, 陈景华, 陈培庆. 电机实用技术 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1997: 85 - 144.
- [6] 蔡伟义, 李贵炎. 自动变速器试验台的研制 [J]. 客车技术与研究, 2003 (6): 22 - 24.