

# 液力机械无级变速器的发展现状与趋势

## Development Status and Trend Analysis of Hydro-Mechanical Continuously Variable Transmission

连山 刘鸿飞

Shan Lian Hongfei Liu

北京科技大学  
中国·北京 100000  
University of Science and Technology Beijing,  
Beijing, 100000, China

**【摘要】**论文主要介绍了可传递大转矩的液力机械无极变速器(HMCVT)的工作原理,对比分析了HMCVT与其他变速器的性能特点。介绍了HMCVT的发展历史,现阶段中国外发展状态,基于现有市场情况预测了HMCVT的发展趋势。

**【Abstract】**This paper mainly introduces the working principle of hydraulic mechanical non-polar transmission (HMCVT) which can transfer large torque, and compares and analyzes the performance characteristics of HMCVT and other transmissions. This paper introduces the development history of HMCVT, the current development status at home and abroad, and predicts the development trend of HMCVT based on the current market situation.

**【关键词】**HMCVT;现状;发展趋势

**【Keywords】**HMCVT; development status; development trend

**【DOI】**10.36012/etr.v2i2.1108

## 1 引言

自动变速器的到来简化了手动换挡操作,能够为车辆提供换挡平顺、操作方便、起步稳定的功能。自动变速器按传动比的性质,分别有有级和无级自动变速器两种。有级变速器是指在车辆行驶过程当中,需要根据行驶速度进行挡位的切换。纵观自动变速器发展历程,高效、舒适、环保、安全、低成本是车辆制造行业一直以来追求的目标,HMCVT变速器就是在这种目标下发展起来的。无级变速器(CVT)虽然省去了传统的齿轮啮合变速传动,实现了变速比的连续值,但是CVT变速器的转矩传递容量较小,无法满足大负荷需求。而传统的机械齿轮式变速器虽然能传递大转矩,但是有较强的换挡顿挫感,所以本文分析既保持了CVT变速器的优点而且有效地克服了其缺点,机械传动与液压传动相结合的液力机械无级变速器(Hydro-Mechanical Continuously Variable Transmission, HMCVT)。

## 2 HMCVT的工作原理及特点

### 2.1 工作原理

HMCVT变速器是结合纯液压式变速器和纯机械式变速器的优点,使功率先分流再汇流,最终达到无级变速的变速器。HMCVT变速器其实是一种分段速度区间的无级变速,经过不同离合器的接合与断开工作,从而进入不同的速度区间。我们可以从HMCVT变速器的分流机构、机械路传动、液压路

传动、汇流机构4个部分来分析其工作原理,如图1所示。发动机的输出转矩经过分流机构将转矩分别传递到机械与液压传动路,两路传动的动力再到汇流机构进行动力汇流将动力输出。通常情况下,从成本及实现难易来讲,分流机构以定轴齿轮传动居多,汇流机构以行星齿轮传动居多。发动机输出的动力经过一对定轴齿轮副进行分流,将其分为机械动力和液压动力两种动力进行传递,机械动力传递到行星轮系的太阳轮,液压动力先经过变排量液压元件,通过改变其排量来实现对马达转速的控制,随后通过齿轮副传递到行星轮系的内齿圈,最后通过行星架进行汇流并向后输出。

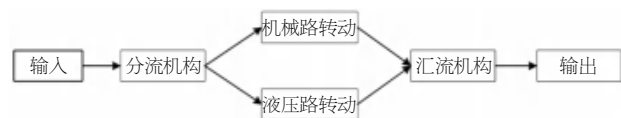


图1 HMCVT变速器传动系统

### 2.2 HMCVT变速器的性能特点

HMCVT变速器能自动适应行驶载荷的变化实现无级变速,从而保证发动机的工作在最佳工作点,这有利于提高车辆的燃油经济性、动力性和工作效率。HMCVT以液体为传动介质,使传动系统的载荷大为减少,既防止了发动机熄火和超载,又提高了相关零部件的可靠性,这对工程车辆而言尤为重要。HMCVT变速器行驶平稳,能吸收并衰减外来振动、冲击和噪声,提高乘坐舒适性。HMCVT能以很低的车速稳定行

驶,可提高环路上的通过性和低速作业质量。操作轻便,便于实现换挡自动化,降低驾驶员劳动强度。体积小,质量轻,惯性小,结构紧凑,易于布置。但是 HMCVT 也并非完美,它的结构复杂,且制造成本高。

### 3 HMCVT 变速箱现状

#### 3.1 HMCVT 的发展历史

对于 HMCVT 的研究,国际上开始较早,HMCVT 发展历史可以分为以下 3 个阶段。

理论研究阶段。液压机械无级传动理论的研究始于 20 世纪初,但是因为当时的控制技术还未得到高效的发展,对液压元件的加工制造技术仍比较落后,所以此类变速箱存在传动效率低、传动平稳性差等问题一直未得到有效解决,导致 HMCVT 变速箱仍处于理论研究阶段。少量应用阶段。在 20 世纪 60 年代,国际上一些研究机构开始将 HMCVT 应用到军事领域。广泛应用阶段。20 世纪 70 年代,液压机械无级传动作为一种新型的传动技术取得了较大的进展,美国通用电气公司研制出一种可无级变速和转向操作的 HMCVT 变速箱,且大量应用在多种类型的军用车辆及工程车辆上。

#### 3.2 HMCVT 的发展现状

##### 3.2.1 国际上 HMCVT 的发展现状

20 世纪 90 年代,国际上一些国家开始将 HMCVT 变速箱应用到了中型拖拉机上,大大提升了拖拉机的工作效率、燃油经济性及驾驶舒适度。1995—2007 年,德国芬特公司研发的 Vario 系列 HMCVT 变速箱取得了巨大的成功。同时期德国的采埃孚公司,研制出了 S-Matic 系列和 ZF-Eccom 系列 HMCVT 变速箱,并同样广泛应用在拖拉机上。此外英国的工程机械制造公司、德国的福特、美国的卡特彼勒等众多公司都对 HMCVT 变速箱进行了相关的研发工作,直到现在英国、德国、美国等国家的 HMCVT 变速箱技术仍处于很高的发展水平。

##### 3.2.2 中国 HMCVT 的发展现状

20 世纪 50 年代,中国对 HMCVT 变速箱的研究仍处于理论研究阶段。直到 80 年代通过引进并学习国际上先进技术,苑士华教授等针对多段机液复合无级变速技术提出了一套完整的设计和分析方法。近年来,随着 HMCVT 技术的逐渐成熟和广泛应用,中国一些研究所与高校也进行了一些相关研究,在 HMCVT 理论研究方面取得了较大的成果。其中,北京理工大学对 HMCVT 的研究最为深入,其研究主要集中在应用在军用车辆上的 HMCVT 变速箱,该校的车辆传动国家重点实验室还研发出了一种二段式液压机械双流无级变速箱。中国还有其他许多高校都对 HMCVT 的设计、控制、优化进行了深

人的研究,如吉林大学、青岛大学、中国农业大学、西安理工大学等取得了诸多的成就。中国的一些汽车制造生产商,如山东时风集团、德州福沃农业机械有限公司、宁津县庆丰农业机械制造有限公司等也开始着手研究国际上先进 HMCVT 技术。

### 4 HMCVT 变速箱发展趋势

纵观无级变速箱的发展历程,每一代 HMCVT 变速箱技术的改进升级都是围绕着提高变速箱可靠性、高效率、换挡舒适性,降低重量、体积和成本这几个方面进行。发展至今,HMCVT 变速箱可以比机械式无极变速箱,可以传递更大的转矩,寿命长,成本低。而比起纯液压无级变速箱传动效率高出 10%以上,具有更高效的变速范围。随着技术进步和消费者要求的不断提高,HMCVT 变速箱将会在如下方面有进一步的发展和进步。HMCVT 液压传动路的效率提高:HMCVT 的每一挡位的无级变速是通过液压传动路来实现的,而液压泵-马达系统有传递能量损失的问题,所以更高效的液压泵-马达系统的发展会推动 HMCVT 的液压传动路的高效化方向发展。控制系统智能化:通过控制系统的自学习功能,针对车辆状况的变化及时进行自适应调整,提高驾驶体验。通过优化变速箱起步策略,降低车辆起步时的抖动水平。充分考虑油门变化率、道路情况、车重等其他信息,优化换挡品质,避免没必要的升降速度段等。

### 5 结论

HMCVT 的各种性能特点复合车辆所需的需求,但是它并非完美的,它在高速传动效率低下,噪声重,成本相对高等缺点此类变速箱一直无法在交通所用车辆上,但是 HMCVT 变速箱在工程车辆领域内发挥了其特长。由于中国对 HMCVT 的研究起步晚,目前的研究仍处于结构设计和自动控制范围,而国际上一些发达国家已经着手研究 HMCVT 变速箱在车辆的起步以及换挡品质的优化设计。CVT 变速箱虽然省去了复杂而又笨重的齿轮组合变速传动,实现了更好地协调车辆外界行驶条件与发动机负载,充分发挥发动机潜力,提高整车燃料经济性。但是 CVT 的转矩传递容量较小,无法满足大负荷需求。虽然液压式无级变速箱适用于工程车辆,但是液压式无级变速箱的传动效率低,而 HMCVT 变速箱将液压传动和机械传动复合在一起,既有效地克服了液压式的缺点,还保留了两者的优点,具有非常好的发展前景。

#### 参考文献

[1]马冰青.液压机械无级变速箱液压系统故障诊断研究[D].南京:南京农业大学,2015.