

新型滚轮平盘式无级变速器传动装置设计

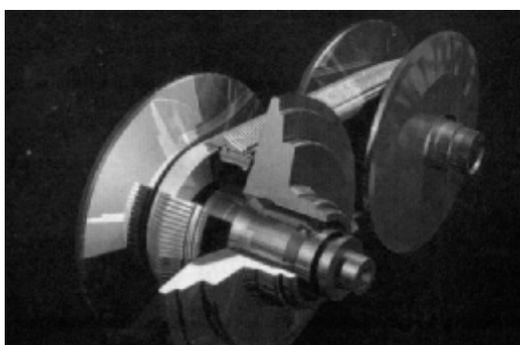
一. 课题来源、目的、意义国内外的现状与发展

课题来源：本课题来源于湖北汽车工业学院科研处。

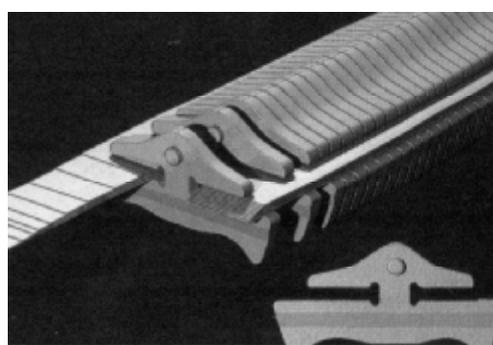
CVT 概述：CVT (Continuously Variable Transmission),直接翻译就是连续可变传动,就是没有明确具体的档位操作上类似自动变速器,但是传动比的变化是;连续的不同于自动变速器的跳档过程因此动力传输持续而顺畅。多数变速器提供了 3~7 个不同的速比,例如当快速加速时你希望车子连续地往扭力峰值点工作仅是由于固定的速比的原因你会不断地经过这一点而造成动力损失和时间延迟,而 CVT 变速器没有传统的齿轮,没有速比,这就允许车子连续加速而发动机保持在峰值扭矩,发挥了发动机的最高效率。

CVT 变速器优点很多 但扭矩输出受到限制, CVT 式的传动系统理论上档位可以无限多, 档位设定更为自由传统传动系统伤脑筋的疏齿比、密齿比设计, 引擎性能、耗油、废气排放的最佳控制, 都更容易达到。CVT 传动的机械效率、省油性比传统手排变速器的齿轮传动低了约 5 个百分点但是还是大大优于自动变速器, 此外其体积比传统变速器小也是一个重要的优点。

国内外 CVT 现状：当前市场 3 种主要形式 CVT 变速器,像本田的思域 HX 使用了 2 个带 V 形槽的带轮发动机连接在一个带轮上用钢质 V 带传输扭矩到另一带有输出轴的带轮。带轮分成左右两半通过 V 形槽两半的靠近和分开来改变带轮的直径两个带轮之间产生从“大 : 小”到“小 : 大”的传动比变化从而线性地改变输出速比。V 带由数百片扁平的小钢片组成一片推着一片将扭矩从输入轴传到输出轴、最大输出扭矩极限是 200Nm。

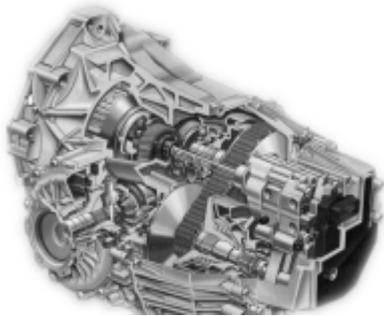


钢带式 CVT 变速器的核心部件



钢带由数百片扁平的小钢片组成

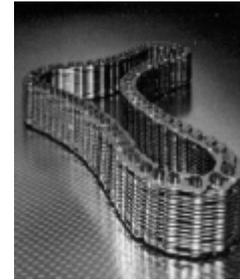
2002 年奥迪 A6 2.8 配备的 Multitronic。变速器使用了链条来传输扭矩从而使速比变得更广泛、从 12.7: 1 到 2.1: 1，其输出扭矩是 280Nm。它与 5 速手动变速器相比 0~100km/h 加速只少 0.1 秒。城市油耗仅高 2%。于是它就赶走了 Tiptronic 变速器。但 CVT A6 要贵 100 美元。



奥迪 multitronic 变速器的剖视图

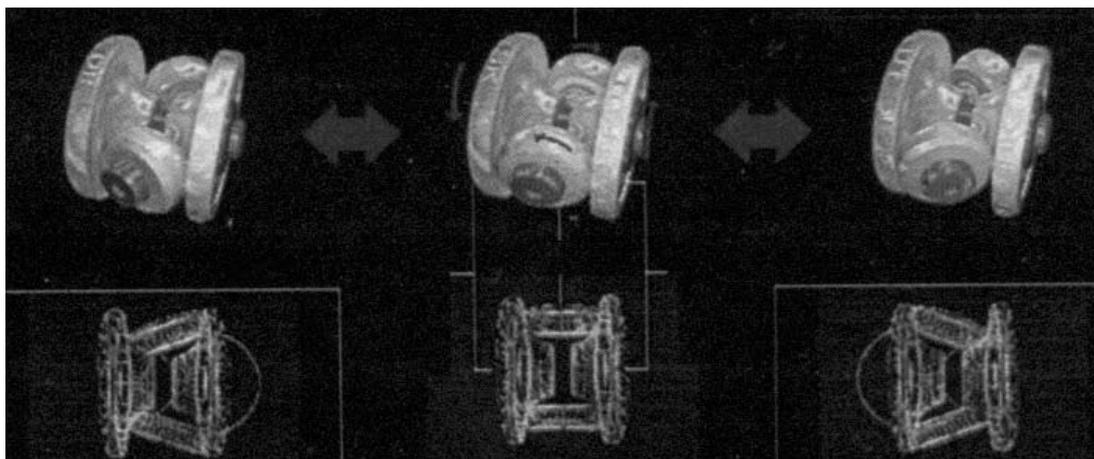


奥迪链条传动式 CVT



链条传动式 CVT 的核心部件——摆销链

马自达和日产则避开了钢带和链条使用了环面形的锥盘轮在压力的作用下一个滚轮连接着这两个锥盘轮并传输扭矩。通过滚轮接触点的改变速比随之改变。当滚轮在某一位置时在滚轮接触点输出锥盘轮和输入锥盘轮的半径比就是此时速比。日产 CVT 能够传递 206kW 和 384Nm。

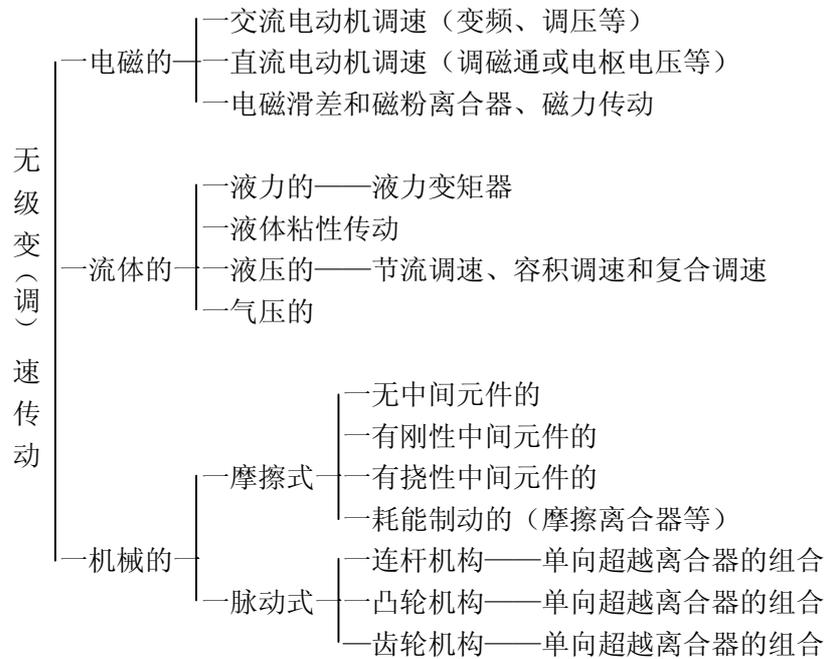


它使用了变扭器比标准 4 速变速器要贵 2500 美元宣称燃油经济性提高了 10%。其加速灵敏没有打滑现象。只是有些客户反映加速时发动机保持在一个稳定转速减少了驾驶乐趣。

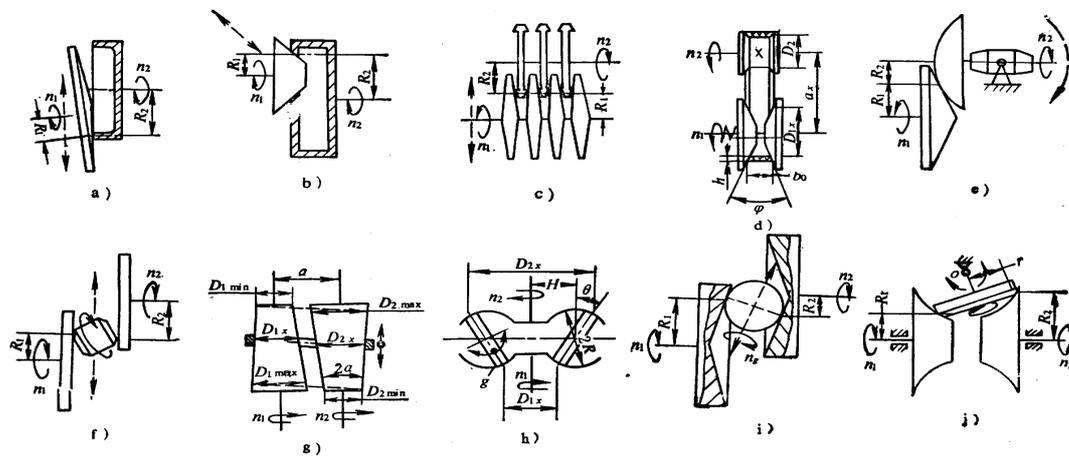
由于钢带和链条 CVT 变速器的承载能力有限，我们要开发一种新型的能传动大扭矩和大功率的 CVT 变速器来满足轻型载货汽车对 CVT 变速器的需要。CVT 变速传动形式有很多种，

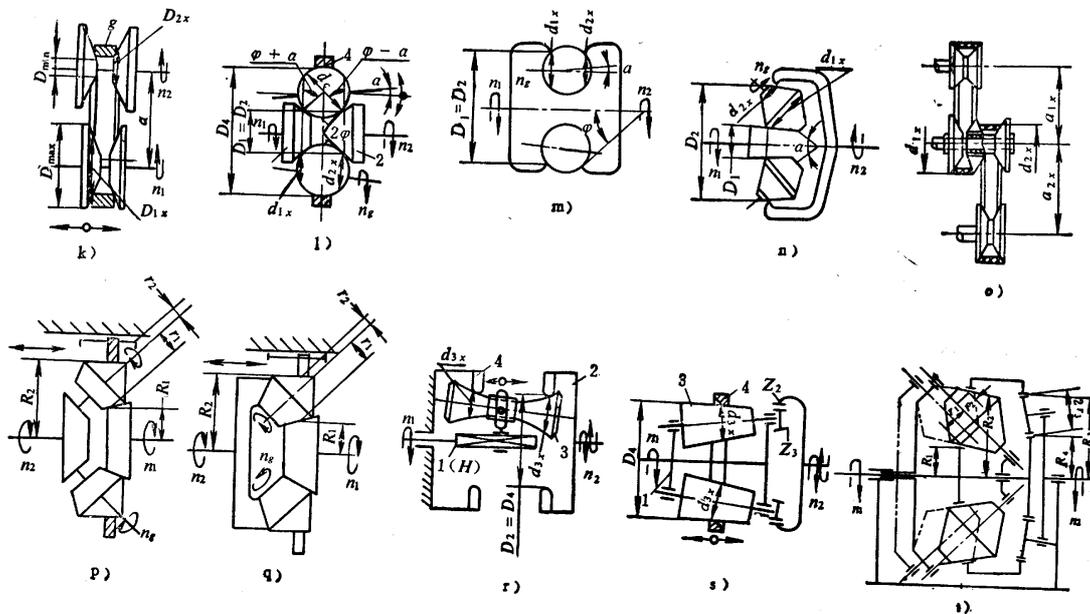
无级变（调）速传动的分类大致如表一。

表一无级变速传动的分类



汽车对传动的要求不仅是传动大扭矩和高转速，而且还要求传动效率高。电磁无级调速采用发电机——电动机机组对电动机进行调速。低输出转速时效率极低、发热严重，在汽车上不适用。液压无级调速的基本特点是：体积紧凑、惯性小、降速调速范围大、零件自润滑寿命长、易于实现自动化、布局灵活、可吸收冲击和防止过载；但制造精度要求高、容易泄漏、噪声大，传动效率不高。机械无级变速器具有结构简单、价廉、传动效率高（有的高达 95%）、适用性强、传动比稳定性好（有的误差小于 0.5%）、工作可靠、维修方便等优点，特别是某些机械无级变速器可以在很大的变速范围内具有恒功率的机械特性，这是电气和液压无级变速所难以达到的。不少机械无级变速器还有振动小（全振幅小于 3~15 微米）和噪音低的特点。





CVT的主要形式

二. 进行可行性分析及系统设计方案

对于机械式无级变速器本体来讲，要扩大其传动功率，则必需采取多接触区分汇传动型式、接触区综合曲率小（曲率半径大）的结构。并通过选择适当的润滑油（有添加剂的）、表面几何形状、滚动体尺寸等以建立起油膜进行传动。

汽车对传动的要求传动效率高。为了提高传动效率，应力求做到：

(1) 减少几何滑动，使相交轴线的两滚轮锥顶尽量重合或接近（锥顶重合原则）。如果两滚动体轴线平行，应使接触线尽量与轴线平行。

(2) 如果是初始线接触，应尽量减少接触线的长度；就某一意义上讲，初始点接触优于线接触，同时点接触对滚动体装配、制造误差不敏感，有利于生产。如果是初始点接触，应使其接触区椭圆的长轴沿着运动的方向。

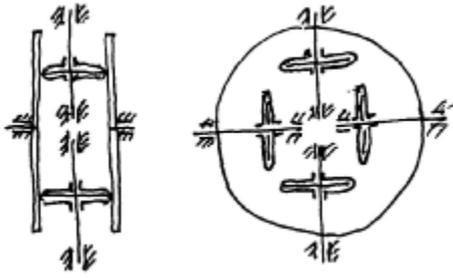
(3) 采取自动加压装置，以保证压紧力与负载相适应，有较小的和不变的传动系数 k_f 值。

(4) 提高轴承效率，采取卸荷结构，使传动元件和加压装置上的各个力在本身内部平衡（例如多盘式和FU型变速器等），以尽可能降低轴承载荷。

(5) 保证大的刚度，特别是滚动体、轴、轴承和箱体。以减少变形，接近理想接触状态。

同理，滚动体材质要有高的弹性模量和高硬度，并使滚动体有很高的表面光洁度。

新型滚轮平盘式无级变速器应满足以上要求。新型滚轮平盘式无级变速器



RCVT 结构简图

下简称为 RCVT。汽车对传动的 RCVT 结构上采用四滚轮两平盘，在滚轮两侧加压，滚轮为主动件平盘为从动件，动力分八路传递。这样的结构符合多接触区分流的要求，使滚轮的接触区传递的功率降低。由于要求大功率普通的干式摩擦无级变速传动

发热量大、磨损严重，所以 RCVT 外圆表面为球形。在尽量减少滚轮与平盘的几何滑动的同时，又不使接触区的综合曲率过高。采用油膜牵引传动。

三. 系统达到的功能要求和技术指标

车型主要参数

东风汽车有限公司	东风汽车有限公司
车型: EQ140 载货汽车	车型: EQ1092F19DJ 载货汽车
发动机: EQ6100-1	发动机: YC6105QC
额定功率: 99/3000(kW/r · min ⁻¹)	额定功率: 105/2800(kW/r · min ⁻¹)
最大扭矩: 353/1200~1600 (N · m/r · min ⁻¹)	最大扭矩: 402/1600~1900 (N · m/r · min ⁻¹)
各档速比	各档速比
1 档/7.31, 2 档/4.31, 3 档/2.45, 4 档/1.54, 5 档/1.00,	1 档/7.31, 2 档/4.31, 3 档/2.45, 4 档/1.54, 5 档/1.00,
倒档/7.66, 主减速比/6.33	倒档/7.66, 主减速比/6.33

郑州宇通客车有限公司	河南少林汽车股份有限公司
车型: ZK6790H 客车	车型: SLG6850CF 客车
发动机: CA4113Z	发动机: 6BTA、YC4112ZLQ
额定功率: 103/2600(kW/r · min ⁻¹)	额定功率: 132/2500、132/2300 (kW/r · min ⁻¹)
最大扭矩: 450/1500~1700 (N · m/r · min ⁻¹)	最大扭矩: 617/1500、660/1400~1600 (N · m/r · min ⁻¹)
各档速比	各档速比
1 档/6.446, 2 档/3.841, 3 档/2.290, 4 档/1.477, 5 档/1.000, 6 档/0.802,倒档/7.66, 主减速比/6.33	1 档/5.606, 2 档/3.627, 3 档/2.313, 4 档/1.487, 5 档/1.000, 6 档/0.790,倒档/4.990, 主减速比/4.333

一汽红塔汽车有限公司	上海申沃客车有限公司
车型: CA1050K31L 载货汽车	车型: SWB6105HDP-3 城市客车
发动机: YC4108Q	发动机: YC6108
额定功率: 75/3000 (kW/r · min ⁻¹)	额定功率: 132/2600 (kW/r · min ⁻¹)
最大扭矩: 268/1900~2200 (N · m/r · min ⁻¹)	最大扭矩: 560/1500~1800 (N · m/r · min ⁻¹)
各档速比	各档速比
1 档/5.591, 2 档/2.870, 3 档/1.607, 4 档/1.00, 5 档/0.742,倒档/5.045, 主减速比/5.571	1 档/6.446, 2 档/4.171, 3 档/2.659, 4 档/1.709, 5 档/1.00,倒档/5.802, 主减速比/6.5

/0.742,倒档/5.045, 主减速比/5.571	/1.00,倒档/5.802, 主减速比/6.5
-----------------------------	--------------------------

牡丹汽车股份有限公司	牡丹汽车股份有限公司
车型: MD6790BDJG 城市客车	车型: MD6873A1DJ1 城市客车
发动机: YC4112LQ、CA4110ZL1	发动机: YC4110ZQ
额定功率: 125/2300 (kW/r · min ⁻¹)	额定功率: 100/2800 (kW/r · min ⁻¹)
最大扭矩: 630/1500、560/1500 (N · m/r · min ⁻¹)	最大扭矩: 392/1600~1900 (N · m/r · min ⁻¹)
各档速比	各档速比
1 档/4.76, 2 档/2.80, 3 档/1.59, 4 档/1.00, 5 档/0.75, 倒档/4.99, 主减速比/4.33	1 档/4.76, 2 档/2.80, 3 档/1.59, 4 档/1.00, 5 档/0.75, 倒档/4.99, 主减速比/4.33

从以上几种常见的载货汽车和客车的主要参数可知其发动机功率:

100~132kW、最高转速: 2300~3000r · min⁻¹、最大扭矩: 268~660 N · m。载货汽车变速器的变速比 7.3, 客车变速器的变速比 6.4。

钢带式 CVT 变速器最大传递扭矩极限是 200Nm。奥迪 A6 2.8 配备的 CVT 变速器使用了链条来最大传递扭矩是 280Nm。日产弧锥环轮式 CVT 能够传递 206kW 和 384Nm。

通过以上数据我们不难看出无论是钢带式 CVT、链条式 CVT 还是弧锥环轮式 CVT 都不能满足载货汽车和客车的要求。

本设计的目标是设计一种能够满足载货汽车和客车要求的 CVT。通过大量的分析和计算。在尽量发挥 RCVT 的性能的前提下我把设计数据定为:

车型: 城市客车
发动机: CA4110ZL1
额定功率: 125/2300 (kW/r · min ⁻¹)
最大扭矩: 560/1500 (N · m/r · min ⁻¹)
变速比: 6.4

四. 新装置、关键技术

RCVT 采用自动加压装置, 以保证压紧力与负载相适应, 在低负载时有效地减小滚轮的滚动阻力。从而提高 RCVT 的经济性和寿命。RCVT 是油膜牵引传动, 所以要求采用高牵引系数牵引油。也就是说牵引油的质量对 RCVT 的传动性能有很大影响。

五. 设计重点和难点

1. RCVT 采用油膜牵引传动其实也是摩擦传动, 施加在摩擦副间的法向压紧

力高达其所传递的有效圆周力的 20~75 倍。所以其接触区的接触应力很高，应重点计算接触区的接触应力，并选择适当的材料和正压力。采取自动加压装置，以保证压紧力与负载相适应，有较小的和不变的传动系数 k_f 值，所以自动加压装置的设计是重点。

2. 加在平盘上的力非常大，而且平盘的转速也很高，所以对轴承的承载的能力、极限转速和寿命有很高的要求。

3. RCVT 的滚轮是主动件，动力从发动机出来分为四路传到四个滚轮上。在这个传动过程中要使用锥齿轮。主动锥齿轮的直径就会有些偏大再加上发动机的转速比较高，这样就导致锥齿轮的线速度过高。这是本设计的一个难点。改进的方法一是将锥齿轮直径减小，方法二是选择低转速发动机，方法三是改变传动形式。

4. 由于几何尺寸受到限制导致 RCVT 的变速比不能太大，单靠 RCVT 的变速比是不能满足汽车的要求。改进的办法一是与定轴轮系并联然后用差动轮系进行运动叠加，这样虽然能提高变速比，但是在 RCVT 中会产生封闭功率流。办法二是用机械有级变速器与 RCVT 串联。

六. RCVT 的经济效益

RCVT 的传动效率高于钢带式 CVT,传动的最大扭矩比以前的机械式 CVT 有较大提高。可以在载货汽车和客车得到应用。使其发动机始终处于最佳工况下工作，使得车辆的动力性与发动机的燃油经济性获得最优匹配。其燃油经济性提高 15%~20%。

七. 毕业设计计划安排

周次	所要完成的任务
第三周一第六周	考查生产现场，收集和阅读有关资料。
第七周	撰写开题报告
第八周一第九周	完成结构分析
第八周一第十二周	完成主要数据的计算和结构设计
第十三周一第十五周	完成图纸的绘制工作
第十六周一第十七周	撰写毕业论文

参考文献

1. 阮忠唐 主编. 机械无级变速器. 北京: 机械工业出版社, 1983
2. 崔光彩 编著. 牵引传动行星无级变速器设计. 河南: 河南科学技术出版社, 1994
3. 汪小龙 主编. 中国汽车产品目录. 北京: 机械工业出版社, 2003
4. 汽车之友, 2003 第 8 期 北京: 《汽车之友》杂志社, 2003