

中国乘用车自动变速器产业发展战略

赵福全 刘宗巍 汪宇

内容提要:自动变速器具有操纵方便、起步平稳等优点,在乘用车领域市场占有率稳步提高。目前中国自主品牌车企在自动变速器开发及产业化方面,核心能力明显不足,发展战略不够清晰,技术路线千差万别,呈现各自独立开发、缺乏有效联合、彼此重复投资、难以形成规模的纷杂局面,构成了做强汽车产业的一个严重短板。为此,本文深入分析了中国乘用车自动变速器发展现状、主要难点、当前瓶颈及其内在原因,通过国际比较,系统阐释了自动变速器技术路线选择的方法论,并从技术及成本角度分析,提出了不同级别车型适宜匹配的自动变速器类型,最后就乘用车自动变速器产业的未来发展战略提出了建议。

关键词:自动变速器 技术路线 发展战略 自主品牌

中图分类号:F272.2

文献标识码:A

文章编号:1000-7636(2016)08-0096-06

变速器作为车辆的关键组成部分,对整车的动力性、经济性、舒适性等有着重要的影响,其中常见的自动变速器分别是液力自动变速器(AT)、电控机械自动变速器(AMT)、机械无级自动变速器(CVT)及双离合自动变速器(DCT)。自动变速器不需操作离合器进行手动换挡,而是根据车辆速度、发动机转速、动力负荷等因素自动进行升降档位,具有操纵方便、起步平稳、乘坐舒适等诸多特点,其市场占有率稳步提高,逐渐成为主流^[1-3]。近年来,随着消费者要求提升、汽车保有量上升、能源危机加剧,对变速器换挡性能、操纵性能、节能要求也日益提高^[4-5]。但是国内自动变速器关键技术与国外存在较大差距,整体竞争力不强,自主品牌市场占有率较低,且企业缺乏有效联合,发展战略不明确,这已成为制约中国汽车产业由大到强的严重瓶颈之一。

为此,本文从中国自动变速器发展现状、主要难点、当前瓶颈及其内在原因进行深入分析,并在此基础上阐述如何进行自动变速器技术路线选择的方法论,分析不同自动变速器适宜匹配的车型区间,以期对中国乘用车自动变速器的发展提出战略建议。

一、自动变速器发展现状

(一)市场份额持续增加

目前各汽车强国的乘用车自动变速器所占比重约为65%,而中国市场虽然近年来自动变速器份额稳步增加,

收稿日期:2016-03-02

基金项目:中国工程院重大咨询项目“制造强国战略研究”(2013-ZD-4)、“工业强基战略研究”(2014-ZD-10)

作者简介:赵福全 清华大学汽车产业与技术战略研究院教授,北京,100084;

刘宗巍 清华大学汽车产业与技术战略研究院副研究员,北京,100084;

汪宇 江麓机电集团有限公司工程师,湘潭市,411100。

也仅仅刚到五成,远低于各汽车强国^[6-7]。可以预期,随着中国汽车市场增长、高价位车型比重增加和自动变速器成本下降,国内自动变速器产业发展前景广阔。这一方面给企业提供了良好的发展机遇,但另一方面也急需国家和企业理清发展战略,避免一拥而上,导致力量分散的重复建设。

(二) 自主品牌车企“各行其道”

目前中国自主品牌车企往往选择配置不同类型的自动变速器,自主品牌的自动变速器搭载比例普遍偏低,而采用的自动变速器有较大差异:长安、吉利、长城以 AT 为主,比亚迪以 DCT 为主,奇瑞以 CVT 为主,呈现分散多元的特点。同时,如表 1 所示,即使选择了相同类型的变速器,各企业之间也几乎都是单独进行采购或开发,缺乏必要的联合;一家整车企业开发出的自动变速器产品通常难以被其他企业接受,无法形成规模效应,无法分摊高昂的开发投入,这也是部分整车企业无奈剥离变速器业务的根本原因之一。这种“各行其道”的状况造成原本实力有限的自主品牌车企资源分散、难成合力,已成为制约中国自动变速器乃至整个汽车产业发展的严重瓶颈。

表 1 中国自主车企自动变速器配置及发展情况

厂家	自动变速器配置及发展情况
长安	AMT 主要来源于旗下的重庆青山变速器分公司,AT 主要来源于日本爱信,计划 2016 年在中高端车型搭载自主研发的 DCT
比亚迪	思锐、S6、秦搭配了自主研发的 DCT
吉利	AT 主要来源于出售前旗下公司,2014 年先后出售了澳大利亚 DSI 变速箱公司(2009 年收购)、湖南吉盛国际动力传动系统有限公司及山东吉利变速器有限公司部分股权;2015 年出售了吉利发达变速器公司部分股权
长城	AT 主要来源于韩国现代摩比斯、采埃孚公司,正在自主研发 AT、DCT
奇瑞	CVT 主要来源于日本爱信,2015 年出售奇瑞汽车变速器业务
上汽	名爵、荣威两大品牌已有多款车型配置自主研发的 DCT

(三) 核心零部件差距明显

经过十多年的发展,中国在自动变速器领域已经取得了一些成绩,但核心零部件的研发能力与国际先进水平相比差距依然很大。比如目前国内尚不具备 DCT 双离合器批量生产能力,只有舍弗勒公司、博格华纳等外资公司能进行生产;液力变矩器方面,国内自主设计及制造的能力还在起步阶段,距离国外有较大差距;控制系统直接影响整车安全性、燃油经济性、舒适性、可靠性及操控性,而国内 CVT、AT 及 DCT 的控制单元仍以采购外国公司产品为主。自主变速器厂家必须从外资企业采购核心零部件,高额利润部分只能任其赚取,进而又导致自主产品开发投入不足、竞争力较低、产业化进程缓慢,从而陷入恶性循环。

(四) 未来发展趋势对自动变速器的要求

相对于手动变速器,自动变速器结构复杂,液压器件较多,油耗较大。随着能源问题日益突出,国家节能法规愈加严苛,因此对变速器提出了更高的要求,而高效率、低能耗则成为自动变速器发展的突出需求。同时,消费者不断追求更高的驾驶舒适度,这就要求变速器起步平稳、换挡冲击小。如何应用更先进的技术实现高效率、低能耗和高舒适性,这已成为自动变速器技术发展的关键所在。只有通过轻量化、高效率、多档位、宽速比、大扭矩等大量核心技术的系统应用和持续完善,才能支撑自动变速器未来更好的发展^[8-9]。而对于相对落后的中国自动变速器产业而言,更需要选择适宜的发展战略,集中有限的资源,进行扎实的技术积累,方有可能实现重点突破、后来居上。

二、中国乘用车自动变速器发展的主要瓶颈

(一) 开发及产业化的核心能力不足

经过多年努力,国内自动变速器开发及产业化取得了许多成果和进展,但核心能力仍存在明显不足^[10-11]。第

一,设计开发能力弱,核心零部件(如AT的液力变矩器、行星排,CVT的钢带及带轮,DCT的双离合器、液压控制系统、传感器等)设计能力及经验欠缺;第二,试验验证能力弱,目前缺乏成熟的关键零部件试验验证能力和完善的经验数据积累;第三,零部件供应商能力弱,国内多数供应商还不具备同步开发和产业化能力,整车企业只能选择与外国供应商合作。自动变速器产业基础本身较为薄弱,再加上企业发展战略不清晰、摇摆不定,更加剧了其开发及产业化难度。

(二)设计能力不足,制造能力更为欠缺

除自动变速器设计能力急需提高以外,制造能力不足也是主要制约因素。相较于发动机而言,由于需要大量外购齿轮等基本零部件,大批量采购的规模效应对于变速器厂更为重要,而产销规模偏小的自主品牌车企存在先天劣势。同时,各类自动变速器的制造工艺和关键技术各有差异,需求不同,加工难度大、精度要求高。如不同变速器核心零部件各不相同,AT的行星变速机构,DCT的双离合器,CVT的钢带及带轮,各为其制造难点,彼此之间差异明显,不能相互替代。这在客观上导致投入自然分流,增加了技术突破的困难。在自动变速器关键部件制造能力方面,目前国内磨齿工艺相对国外要差1个精度等级,而国外广泛应用的内齿桁齿工艺在国内才刚刚起步;高精度的冲压、特殊的焊接工艺尚未掌握。由此可知,国内自动变速器产业不仅设计能力不足,制造能力更为欠缺,又必须面对多种自动变速器的不同关键技术,全面提升的难度极大。

(三)发展战略不清晰

如前所述,中国自主品牌车企各自竞相开发不同类型的自动变速器,发展战略不够清晰,资源配置严重重叠。据不完全统计,目前开发DCT的自主品牌整车企业有一汽、上汽、吉利、长城、比亚迪、长安、江淮和东风,开发CVT的有北汽和众泰,开发AT的有吉利和长城,开发AMT的有上汽、长安、一汽和东风,整体局面可谓“家家点灯、户户炊烟”。也就是说原本产销规模有限、开发经验不足的自主品牌,不但没有建立产业联盟或零部件共享机制,反而各行其是、重复投资。同时,由于能力不足,多数自主品牌整车企业无论采购或开发,都只能依赖与外国自动变速器供应商合作,导致开发采购成本巨大,而且存在受制于人的风险。可见,根据行业状态和自身特点,明确适宜的自动变速器发展战略,以整合资源、积聚力量,对于技术攻关、经验积累和人才培养都有重要意义,也是加速自动变速器领域取得突破的关键所在。

三、中国自动变速器技术路线选择的战略思考

(一)技术路线选择是一个复杂的综合性问题

如上述分析,发展战略不清、有限力量分散与技术能力不足、制造水平较低相互交织,这已成为中国乘用车自动变速器领域发展面临的主要问题。因此,确定对于中国而言最为适宜的自动变速器类型,有效进行技术战略选择具有重要意义。

必须明确的是,技术路线的评估与选择是一个非常复杂的综合问题,需要全面考虑产品技术先进性、成熟度、成本、技术来源、产业基础、消费习惯等多种影响因素,也需要结合车型的特点与不同类型自动变速器的特点进行有针对性的选择^[12-13]。本文针对自动变速器基本原理、技术特点及发展趋势进行了系统研究,并结合企业实践经验,从七个维度对四类不同的自动变速器进行分级评价,如表2所示。在燃油经济性方面,AMT及干式DCT传动效率高,燃油经济性最好;在加速性能方面,DCT具有快速的换挡响应及无动力中断的换挡过程,加速性能最优越;在换挡品质方面,CVT拥有最佳的换挡品质,DCT换挡无动力中断,换挡品质也比较优越;在使用范围方面,AT应用范围最广,CVT链式传送钢带应用使扭矩扩大,应用有所扩展;在开发难度方面,AMT及DCT是基于手动变速器发展而来的,有着良好的手动变速器工艺继承性,而AT技术相对最成熟;在开发成本方面,AMT结构最简单,开发成本最低,AT及DCT开发成本相当,CVT开发成本最高;在售后服务方面,AT售后维修最成熟,DCT及

CVT 因其系统集成度较高,维修相对困难。综上所述,各类变速器各有优势,不存在简单的孰优孰劣,需要综合考虑其他各种因素,才能确定适宜的技术路线。

表 2 不同类型自动变速器特点

	AMT	AT	CVT	DCT	结论
燃油经济性	A	D	C	B	AMT 及干式 DCT 有接近手动变速器的传动效率及较低的能耗损失,燃油经济性最好
加速性能	D	C	C	A	DCT 凭借快速的换挡响应及无动力中断的换挡过程,加速性能最优越
换挡品质	D	C	A	B	CVT 凭借连续的速比变化拥有最佳的换挡品质;DCT 凭借无动力中断的换挡过程,换挡品质也比较优越
应用范围	D	A	B	B	AT 应用范围最广, CVT 链式传送钢带应用使扭矩近几年加大,最大可达 $380\text{N} \cdot \text{m}$,应用有所扩展,但大扭矩产品价格较高
开发难度	A	A-	D	C	AMT 及 DCT 是基于手动变速器发展而来的自动变速器,有着良好的手动变速器工艺继承性;而 AT 的技术最成熟
开发成本	A	B	D	C	AMT 结构最简单,开发成本最低;AT 及 DCT 开发成本相当;CVT 开发成本最高
售后服务	B	A	D	D	AT 售后维修最成熟;DCT 及 CVT 因其系统集成度较高,维修相对困难

注:A 最优,其次依次为 B、C、D。

(二) 发达国家自动变速器市场的现状与成因

尽管各种自动变速器各有优势,不过在发达国家汽车市场都有自己主流配置的自动变速器类型,且各自存在明显差异^[14-17]。如 CVT 在日本的应用比例最高,在美国则以多档位 AT 为主,而在德国 DCT 占据主导地位。各国自动变速器发展方向的不同有着深层次的复杂原因,与历史、技术、成本、市场、消费者、产业基础等因素有关。从表 3 中也可以看出,自动变速器技术选择不是简单的技术比较或优化组合问题,而是各种要素交织在一起共同作用的综合结果。中国进行技术选择时不宜盲从任何国家的技术路线,而应深入分析各国技术路线形成的内在原因,对照自身国情及行业特点,进行差异化的决策。

表 3 不同国家自动变速器发展情况及原因

国家	主要变速器发展情况	原因
日本	CVT 占主体,发展重点向 CVT 转移	日本强调油耗低,市场以微车为主, CVT 油耗、成本降低,且日本钢带技术具有垄断性的世界领先地位,故 CVT 成为未来发展重点
美国	多档位 AT 为主	美国市场一直偏好大排量车型,强调动力性和舒适性;美国使用 AT 有上百年历史,最早的 AT 就是在福特 T 型车上使用
德国	DCT 占主导地位	DCT 占据主导地位,一方面,欧洲的 MT 产业基础最好,便于向 DCT 转换;另一方面,欧洲消费者有快速换挡的驾驶习惯,DCT 换挡时带来的冲击性和顿挫感可满足需求

(三) 中国乘用车变速器市场的现状与成因

与汽车强国自动变速器有明确的发展重点相比,国内市场目前呈现“百家争鸣,百花齐放”的状态,几乎任何一种变速器在中国都有市场,究其原因主要在于以下三个方面。第一,中国作为汽车业的后起之秀,没有技术和产业基础;第二,中国市场高度复杂,地域差异大、消费群体差异大,各种排量、不同档次的车型应有尽有,消费者对经济性、动力性、舒适性及成本的关注重点各不相同;第三,多数中国汽车企业各有外资合作伙伴,从而有不同的技术来源和导向,在合资品牌中,外方主导技术,必然引进自身优势的自动变速器类型,而中方选择合作伙伴优势的变速器技术也是最方便的选择。但是,这种“多而乱”的局面显然不是最佳的技术选择,不利于资源优化配

置,尤其对于规模较小、能力较弱的自主品牌更是一种浪费,亟待系统梳理、重新思考。

(四) 中国乘用车自动变速器技术选择的战略思考

美国、日本、德国等汽车强国因产业基础、消费者习惯等原因形成了各自主流的自动变速器技术方向,有利于形成产业集中优势,但却很难同时利用各种类型自动变速器的优势。而中国自动变速器产业起步较晚,没有既有的产业基础,也没有明显的消费者偏好;同时作为全球最大的汽车市场,又有足够的销量空间容纳多种变速器的发展,从这个意义上讲中国也有难得的有利条件,可以更多从各种自动变速器自身的技术特点、成本及适用性的角度,来规划最优的发展方向和组合方案。经过深入研究,基于产业实践经验,从技术及成本出发,本文总结了四类自动变速器适宜的搭载空间^[18-20]:AMT结构最简单,成本最低,但换挡舒适性最差,主要适用于低成本小型乘用车。AT技术成熟,换挡品质高,根据档位不同可适应各类车型;同时AT的成本与档位数直接相关,因此对于配备大排量、高扭矩发动机的高级别车型,应匹配多档位(6档以上)的AT,以提供更佳的换挡品质;而低级别车型则更适合少档位(4档或5档)的AT,一方面是成本承载力有限,另一方面扭矩范围较小的情况下,增加档位获得的换挡品质改善也较不明显。在CVT方面,不带液力变矩器的主要适合匹配中低级别车型,带液力变矩器的CVT则可应用于部分中高挡车;对于CVT而言,要覆盖更大的扭矩范围成本将大幅提升,因此在最高级别的车型中,CVT的应用有所局限。而DCT作为高效率的自动变速器,也有很大应用空间,其中干式DCT效率高,成本相对较低,但传递扭矩有限,主要应用于中小级别车型;湿式DCT可承受较大的扭矩和适应较为激烈的驾驶环境,主要应用于中高级别车型。

因此,而中国自主品牌汽车企业更应该首先从资源共享、集聚规模的角度考虑自动变速器的未来发展战略,同时兼顾自身特点和车型需求,完成系统规划,以最大限度地利用各类自动变速器的优势。

四、结论与建议

本文研究表明,中国乘用车自动变速器相较于国外处于明显弱势地位,其主要原因在于核心技术不足、制造水平落后以及自主品牌战略模糊、力量分散。作为全球第一汽车大国,致力于建设汽车强国的中国理应尽快系统梳理确定适宜的乘用车自动变速器发展战略。目前欧、美、日各有不同的主流自动变速器技术,但这不是技术优劣的选择,而是历史沿袭造成的。实际上四种自动变速器各有优缺点和适用范围。作为后发者,中国不必盲从,应把握机会系统思考技术特点、成本、市场和产业基础等多种因素,以整合资源、集成合力为宗旨,选择适合自身车型产品实际需要的最佳自动变速器技术路线。未来中国乘用车自动变速器市场将继续保持多元化的特点,但自动变速器的选择应逐渐趋于更合理、更有序。为此,国家应该站在加强供应链条关键环节、支撑汽车强国建设的战略高度,对自动变速器产业予以明确引导;自主品牌汽车企业应以开放心态,积极谋求实质性的自动变速器联盟,或共享资源实施联合开发,或合并采购增强议价能力,以加快该领域内的重点突破和实现赶超。

参考文献:

- [1]张炳力,赵韩,金朝勇,等.汽车自动变速器研究现状及展望[J].中国机械工程,2006(S2):417-420.
- [2]王悦,刘宗巍,赵福全.汽车产业核心技术掌控力评价体系研究[J].汽车工程学报,2015(4):235-243.
- [3]于启武.中国节能环保汽车的发展状况和对策[J].经济与管理研究,2010(4):12-18.
- [4]National Research Council. Cost, effectiveness and deployment of fuel economy technologies for light-duty vehicles[M]. Washington DC: National Academies Press,2015.
- [5]Schaeffler Technologies GmbH & Co.KG. Solving the powertrain puzzle:10th Schaeffler Symposium[M]. Weisbaden:Springer Vieweg,2014.

- [6] 吴光强, 孙贤安. 汽车自动变速器发展综述[J]. 同济大学学报, 2010(10): 1478 - 1483.
- [7] ROBINER M. North American light vehicle production; a decade of change within a globally integrated industry[R]. IHS, 2014.
- [8] MOAWAD A, ROUSSEAU A. Impact of electric drive vehicle technologies on fuel efficiency to support 2017 - 2025 CAFE regulations[J]. SAE, 2014, 3(2): 163 - 175.
- [9] ZHAO F, HAO H, LIU Z. Technology strategy to meet China's 5 L/100 km fuel consumption target for passenger vehicles in 2020[J]. Clean Technologies and Environmental Policy, 2016, 18(1): 7 - 15.
- [10] 陈勇, 赵文江, 刘文忠. 中国汽车自动变速器技术现状及市场展望[C]. 2009 中国汽车工程学会年会论文集, 2009.
- [11] 徐向阳, 傅艳晓. 国外汽车传动技术的一些最新发展[J]. 汽车工程学报, 2013(4): 235 - 241.
- [12] JIANG C, HUANG M, ECKART G, et al. Development of a new 6-speed dual clutch transmission for the China market[C]. Proceedings of the FISITA 2012 World Automotive Congress, 2012.
- [13] 过学迅. 汽车自动变速器——结构·原理[M]. 北京: 机械工业出版社, 1999.
- [14] VAN DER SLUIS F, VAN DONGEN T, VAN SPIJK G, et al. Fuel consumption potential of the pushbelt CVT[J]. 重庆理工大学学报(自然科学), 2011(7): 1 - 13.
- [15] CAI A. CVT driving to a green future[C]. Proceedings of the FISITA 2012 World Automotive Congress, 2012.
- [16] 李升波, 徐少兵, 王文军, 等. 汽车经济性驾驶技术及应用概述[J]. 汽车安全与节能学报, 2014(2): 121 - 131.
- [17] 吕一林, 邱林, 林赛·斯马克, 等. 北京消费者汽车选择偏好因素研究[J]. 经济与管理研究, 2006(1): 76 - 80.
- [18] 陈勇. 自动变速器技术的最新动态和发展趋势[J]. 汽车工程, 2008(10): 938 - 945.
- [19] 陈淑江, 秦大同, 胡明辉, 等. 兼顾动力性与经济性的纯电动汽车 AMT 综合换挡策略[J]. 中国机械工程, 2013(19): 2687 - 2692.
- [20] PRASAD M, SARDAR A, MUBASHIR S. Transmission technologies; an Indian perspective[J]. SAE, 2011, 26(1): 83 - 90.

Development Strategy for Automatic Transmission in China

ZHAO Fuquan¹, LIU Zongwei¹, WANG Yu^{1,2}

(1. Tsinghua University, Beijing 100084;

2. Jianglu Machiney & Electronics Group Co., Ltd, Xiangtan 411100)

Abstract: The automatic transmission with the advantages of comfortable driving and smooth start is applied more and more widely for passenger vehicles. At present, the automatic transmission of China's self-owned brand is lack of core competency in development and industrialization, such as insufficient core design capacity and multifarious technology roadmap. Moreover, the situation of automatic transmission market is in a mess, such as independent development, lack of cooperation, overlapping investment and low production scale, which causes the automatic transmission industry to become a bottleneck for the automobile industry. Therefore, this study analyzes the situation of China's transmission market, main difficulties, current bottleneck and its internal causes, as well as how to choose transmission technology strategy, and the appropriate transmission for different vehicles based on technology and cost. Finally, it proposes several suggestions on future development strategy to automatic transmission industry.

Keywords: automatic transmission; technology roadmap; development strategy; self-owned brand

责任编辑: 蒋 琰