



AMT变速器与气体发动机在公交车上的匹配

随着对城市公交车驾乘舒适性、经济性和环保要求的不断提高，传动系统技术发展即换挡和离合器操作的自动化已是大势所趋，在发达国家和地区，例如西欧，城区运营的公交车几乎全部匹配液力自动变速器（AT）。虽然目前国内公交车匹配手动变速器依然是主流，但新的自动变速器技术的应用已经越来越广泛，长期来看城市公交车必将实现全面的换挡自动化。考虑到市场需求的差异，选择合适的变速器自动化技术路线是加速这一进程的必经之路。

六挡机械式自动变速器特点

采埃孚六挡机械式自动变速器AS Tronic Lite由于其结构特点，使用性能特别适合从手动变速器走向自动化，尤其对购置成本和使用成本较敏感的客户。如图1所示为AS Tronic Lite变速器的基本结构。

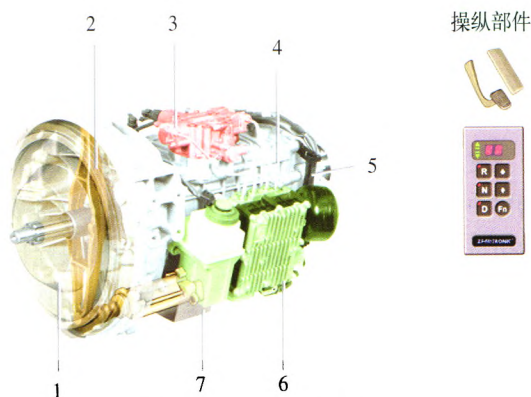


图1 AS Tronic Lite变速器

1.一体式离合器壳 2.离合器分离机械 3.换挡模块 4.液压管路
5.线束 6.动力包（油罐、油泵、阀体和电控模块） 7.离合器控制器

由于其基础变速器为六挡手动变速器，离合器为普通干式离合器，因此，通过智能化电子控制系统实现换挡和离合器操作的自动化，能有效避免驾驶员的误操作，达到熟练驾驶员的驾驶水平，可以给用户带来以下明显优势：

- 1) 实现自动换挡，降低驾驶员劳动强度。
- 2) 初始采购成本低。
- 3) 和同等配置的手动变速器相比，由于消除了驾驶员操作对油耗的不利影响，能降低车的燃油消耗约3%~5%。
- 4) 和手动变速器相比，延长离合器寿命2~3倍。
- 5) 避免错误操作造成对传动系统的冲击，保护传动系统，降低相关部件的故障率。
- 6) 降低对驾驶员驾驶技能的依赖，节省驾驶员培训的费用，没有经验的驾驶员也可以达到较好的使用效果。
- 7) 和AT相比，维修保养更简单。

AMT变速器与气体发动机的匹配

采埃孚苏州于2008年首先在上海巴士上导入AS Tronic Lite产品，经过在不同使用工况线路的运营，充分验证了该系统的可靠性和经济性。2010年开始，AS Tronic Lite开始在苏州公交批量应用，并成为苏州公交新采购车辆的标准配置，目前为止在国内市场的保有量超过700台。除了国内市场，该变速器也成为国内整车厂出口项目的新亮点，批量出口到中国台湾地区、东欧等市场。从车型配置来看，在9~12m的城市或城

间公交车上均可适用。另外，除了和进口发动机如康明斯等有大量成熟应用外，该变速器与主流国产柴油发动机如玉柴、潍柴、上柴及锡柴等均成功匹配并获得了较好的使用效果。

近两年，天然气发动机技术由于节能、经济和环保的优势得到了长足的发展，可替代燃料特别是天然气发动机客车的产量有了突飞猛进的发展(见图2)。

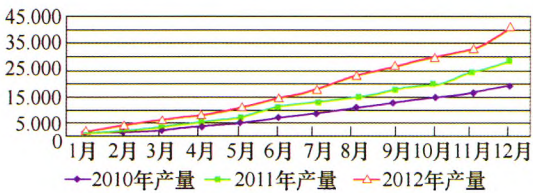


图2 天然气发动机客车的产量发展

天然气发动机和AMT技术都具有节能降耗的特点，两者匹配的动力系统将有效地发挥各自的优势，取得最佳的效果。经济性和环保表现的模拟计算结果如下：

- 1) 降低燃料成本，比柴油车低35%左右。
- 2) 减少排气污染，CO₂排放量减少约1/3，碳氢化合物排放量减少4/5。

巨大的经济优势吸引了市场的广泛关注，对于该动力匹配的市场需求也越来越强烈。但从气体发动机的结构和性能特点来看，该匹配在技术上面临巨大的挑战。柴油发动机与气体发动机特性的详细比较见附表。

柴油发动机与气体发动机特性比较

	柴油机	气体机
燃料类型	柴油	LNG
燃烧方式	压燃	点燃
燃料喷射方式	缸内直喷	进气管单点喷射
转矩播报精度	高	低
转矩响应时间	快 (2~3) S	慢 (6~7) S
转速响应速度	快 (600~700) S	慢 (400~600) S
转速/转矩响应精度	精度高	精度低，波动较大

在变速器工作过程中，无论是离合器控制还是换挡控制都需要获得当前车辆状态的精确数据，其中发动机的扭矩和转速信号的精度尤其重要，数据经过变速器控制器处理后，在特定过程变速器需要控制发动机的转速和转矩达到目标值，以顺利完成离合器或换

挡动作，因此发动机的响应时间和精度对于变速器的性能和可靠性就至关重要。由附表可见，相比柴油发动机，无论是数据播报精度还是响应性能，气体发动机都有很大差距。这就需要发动机和变速器供应商紧密合作，共同优化各自的系统和接口，从控制策略优化和精细标定两方面着手来使得车辆性能达到最佳状态。

具体的优化方向如下：一方面，根据AMT特点和要求，协助发动机厂家优化发动机控制：减少实际扭矩与CAN线播报扭矩的误差；提高发动机响应速度及准确性；减少低速和小油门开度下发动机的转速波动。另一方面，根据气体发动机特性调整优化AMT离合器控制策略和换挡策略。

(1) 优化换挡策略 更高的换挡点(与柴油机比较)，保证动力性；降挡后避开发动机转速振荡区，尤其在开空调的情况下；减少发动机扭矩、转速响应慢带来的影响，提高换挡舒适性。

(2) 优化离合器控制 离合器自学习策略调整，避免对气体机起动造成影响；优化急刹车和滑行模式下的离合器控制。

2009年开始，采埃孚与国产气体发动机供应商进行了多轮的模拟计算、验证、台架试验以及整车道路试验，针对工况的优化，最终于2011年实现了大批量的应用，并取得了较好的市场反馈。到目前为止有超过300辆匹配天然气发动机和采埃孚AS Tronic Lite的公交车在市场上运营，其驾乘平顺性已经达到或接近柴油发动机车辆的水平，相比于柴油发动机车辆大幅度降低了用户的运营成本并带来显著的环保优势。

结语

使用AMT变速器匹配气体发动机在商用车领域能给客户带来显著的经济效益，并降低污染物排放，其应用范围必将从目前的城市公交车拓展到长途运输公路客车及中重型载货汽车等，具有良好的市场前景和巨大的市场潜力。

关键词：

AMT变速器 气体发动机 公交车

(收稿日期20130506)