

新能源汽车发展背景下电子节气门的应用现状与前景展望

郝建华¹ 佟红霞²

1.浙江科博达工业有限公司; 2.浙江佑丰新材料股份有限公司 浙江嘉兴 314000

【摘要】在进入经济稳定发展阶段之后,各种新型产业陆续进入人们的视野。其中,新能源汽车的发展速度尤其迅速。2024年中国新能源汽车销量达1286.6万辆,同比增长35.5%,首次突破千万辆规模,渗透率提升至40.9%;2025年预估销量将冲击1600万辆,渗透率预计达51%,首次超越燃油车。多能源形式并行发展,插混/增程式车型崛起:2024年插混车型销量占比提升至40%,同比增速超10%;预计2025年插混及增程式车型销量将突破800万辆,增速达60%。鉴于此,笔者将针对新能源汽车中的关键系统与技术进行深入分析,以为该产业的发展提供助力作用。电子节气门是新能源汽车(插混/增程式车型)发动机的重要构成部件,其对汽车行驶的安全性、动力性及舒适性等多个性能参数具有决定性影响。因此,本文将针对新能源汽车发展背景下电子节气门的应用现状与前景展望展开全面的分析与探讨。

【关键词】新能源;汽车;电子节气门;制造

Application status and prospect of electronic throttle in the context of new energy vehicle development

Hao Jianhua¹ Tong Hongxia²

1. Zhejiang Keboda Industrial Co., LTD.; 2. Zhejiang Youfeng New Material Co., LTD. Jiaxing, Zhejiang 314000

【Abstract】After entering the stage of stable economic development, various new industries have gradually come into focus. Among these, the growth of new energy vehicles (NEVs) has been particularly rapid. In 2024, China's NEV sales reached 12.866 million units, a year-on-year increase of 35.5%, marking the first time it surpassed the 10 million unit mark, with a penetration rate of 40.9%. It is projected that in 2025, sales will reach 16 million units, with a penetration rate expected to hit 51%, surpassing that of traditional gasoline vehicles for the first time. Multiple energy sources are developing concurrently, and plug-in hybrid and range-extended models are gaining prominence: in 2024, the share of plug-in hybrid models increased to 40%, with a year-on-year growth rate exceeding 10%. It is anticipated that in 2025, the sales of plug-in hybrid and range-extended models will exceed 8 million units, with a growth rate of 60%. Given this trend, the author will conduct an in-depth analysis of key systems and technologies in NEVs to support the industry's development. The electronic throttle is a critical component of the engine in NEVs (plug-in hybrids and range-extended models), significantly impacting the vehicle's safety, power performance, and comfort. Therefore, this article will provide a comprehensive analysis and discussion on the current application status and future prospects of the electronic throttle in the context of NEV development.

【Key words】new energy; automobile; electronic throttle; manufacturing

引言

对于汽车来说,电子节气门的主要作用是控制发动机的进气流量,并以此决定发动机的运行状况。为了提高电子节气门的控制精度与响应速度,全球主流汽车制造商持续研发先进控制技术。新能源汽车产业兴起之后,国内制造商为了提高汽车的动力性能,在电子节气门技术方面进行了多次优化,以提升汽车的安全性及动力性。但是由于各种外界因素的干扰,该项改革工作遇到了很多问题。为了帮助新能源汽车制造企业解决这些问题,相关部门与单位采取了一系列措施,以加快整个产业的发展速度。

一、汽车电子节气门的分类与控制系统构成

(一) 电子节气门的分类

1. 电液式节气门与线性电磁铁式节气门

电液式节气门常应用于配备液压系统的机械工程领域,其具有结构简单、成本低、动力强等优势。在系统运行过程中,电液控制机制会通过高速开关数字阀的功能优势,达到更加高效的控制效果。但由于液压系统存在供油压力波动问题,电液式节气门在新能源汽车制造中应用较少。电磁铁式节气门在应用过程中主要依靠比例电磁铁发挥控制作用。这种节气门能够将电磁力转化为驱动力,同时利用电流信号控

制发动机的气流量。线性电磁铁式节气门具有体积小、控制方便以及响应速度快等多种优势。但是由于其电功耗比较大，因此这种节气门在新能源汽车制造产业中也比较少见。

2. 步进电机式节气门与直流伺服电机式节气门

步进电机式节气门通过电机的步进脉冲信号驱动齿轮组，进而带动门轴对油门开度实现调节功能。在驱动过程中，电机系统一般会采用桥式电路结构对脉冲数量、脉冲方向进行设置，以提高电机控制的精准度。另外，步进电机具有可靠性高、应用成本低等多项优势，但是其在参数管理方面的准确性尚需要进一步提升。直流伺服电机式节气门的应用技术为脉冲宽度调制技术，其特点是效率高、功率密度高。因此，这种节气门可以通过调节信号占空比的方式控制直流电机的转角大小。由于直流伺服电机式节气门的优点较多，且符合新能源汽车的制造工艺要求，因此这种节气门经常被应用于电子节气门的制造之中。但其开环控制特性导致节气门开度误差约 $\pm 5\%$ ，参数管理准确性待提升。

现阶段科博达旗下生产的节气门类型众多，其基本能够覆盖汽油机、柴油机以及燃气机等多种机型。从细化分类层面进行分析，汽油机电子节气门主要包含四种类型，其喉径分别为 40/44mm，46/52mm，57mm，60mm。适用机型分别为 1.0-1.4L，1.4-1.8L，1.6-2.2L，1.8-2.8L。这四种类型的节气门的电机工作电压统一为 12/24V。在安装与配置过程中，其接插件可以根据客户的要求进行个性化设计。另外，柴油机/燃气机的电子节气门类型同样包括四种类型，其喉径分别是 46/57mm，60/72mm，80mm，90/92/95mm。适用机型分别为 2.0-3.8L，4.0-6.2L，6.7-13L，14-15L。电机工作电压主要是 12/24V，接插件也可以根据客户定制。

科博达的电子节气门产品使用最新一代非接触式传感器，精度和耐温等级更高，EMC 性能更优，采用了小体积大扭矩新型电机，性能更稳定。该公司生产的进排气系统产品（含电子节气门）和变量机油泵产品凭借其强大的组合拳性价比优势和覆盖全球的销售物流服务网络深受客户的高度认可。主要客户涵盖康明斯全球、潍柴、玉柴、全柴、扬柴、江铃、上汽、庆铃、重汽、杭发、福田、东安、一汽、东风、比亚迪、吉利、奇瑞以及出口欧美和中东等主流传统及新能源主机厂，年产量突破 600 万件。

（二）电子节气门控制系统的构成

电子节气门控制系统的硬件部分主要由油门踏板总成、节气门体总成以及电子控制单元构成。其中，油门踏板总成是控制系统中的核心组成元素，如果踏板出现严重的问题，那么该控制系统就会进入瘫痪状态。在系统运行的过程中，油门踏板会通过被动位移的方式，将传感器信号转换为电压信号；然后传输系统会将其传输到电控单元之内，并通过测量油门踏板变化率的方式达到驾驶人员的操作目的。

电子节气门体主要由驱动电机、节气门阀、复位弹簧以及传感器等多种装置组成。其中节气门阀具有一定的厚度，

所以为了防止卡壳等问题的发生，其全闭角度需经过精密的设计；同时其形状一般被设置为椭圆形。驱动电机的主要类型主要包括步进电机或者直流电机两种。步进电机的主要优势是位置保持性较高，但是高速性能比较差。在运行过程中，直流电机的扭矩主要借助减速齿轮组的驱动功能实现。另外，减速齿轮可以促使电机与节气门转轴持平，进而提高结构的紧凑性。复位弹簧是电子节气门控制系统中的机械保护装置。在静态阶段，节气门的开度主要依靠复位弹簧提供支持作用。当控制系统失效的时候，位弹簧在控制系统失效时，通过机械弹力使节气门回归怠速开度（如默认 5° ），保障车辆安全运行。

二、新能源汽车背景下电子节气门的应用状况

（一）优点分析

根据相关调查活动的结果可以知道，电子节气门在新能源汽车产业中的应用状况可以被分为正向反馈与负面反馈两种。电子节气门的核心优势体现在：① 控制精度高：通过非接触式传感器（精度 $\pm 0.1^\circ$ ）和闭环控制算法，节气门开度误差可控制在 $\pm 1\%$ 以内，优于传统机械节气门（误差 $\pm 3\%$ ）；② 集成成本低：一体化设计减少机械连杆结构，硬件成本降低约 20%，同时通过软件定义功能（如怠速控制、扭矩协调），避免多系统重复开发；③ 安全性能优：双冗余传感器设计（如科博达采用磁阻 + 霍尔双传感器），故障诊断覆盖率达 99.5%，配合复位弹簧机械备份，确保极端情况下节气门安全回位。在电子节气门发挥功能的过程中，其控制系统会通过传感器的数据分析功能对车辆的驾驶状况做出判断，进而计算出比较准确的节气门开度。这种计算方式能够从很大程度上强化控制系统的可靠性。由于电子节气门控制系统集成了多种控制机制，同时其信息互通程度较高，因此该系统的控制结构能够帮助企业节省生产成本。

电子节气门控制系统的传感器装置采用的是机械冗余设计模式，因此其在运行过程中可以为驾驶员提供较大的容错空间。依照电子节气门的功能设置，该控制系统需要在各种情况下对节气门的开度进行精准控制，这样才能让燃烧更加完全。因此在设计电子节气门的时候，设计人员会在排放量控制方面进行限定设置。

（二）缺点分析

除了以上应用优点之外，电子节气门在系统运行过程中还暴露出了很多方面的不足，比如设计成本较高、不稳定因素较多以及积碳问题突出等。根据之前的调查报告显示，很多电子节气门为了提高传感器的可靠性，其设计标准较高，导致设计成本越来越难以有效控制，而这一点已经成为限制电子节气门技术进一步发展的主要因素。在系统进入怠速阶段之后，为了保持发动机的良好性能，所以很多企业在应用节气门技术的时候，会在复位弹簧部位增加一个开口设置，

进而对弹簧的非线性弹力产生限制作用,因此很多电子节气门控制系统的精度难以得到快速提升。另外,随着使用时间的推移,很多杂质和尘垢会累积在节气门的内部装置之中,进而对系统的正常工作秩序产生严重的负面影响。当尘垢积累到一定程度时,控制系统就会出现不同程度的失效现象。

三、新能源汽车背景下电子节气门的发展前景

(一) 集成化方向

尽管电子节气门在新能源汽车制造中的应用状况有利有弊,但是从总体的发展态势来看,这种技术拥有广阔的发展前景。业内很多专家和学者已经针对电子节气门控制系统的应用价值展开了全面的分析,根据分析可以知道,集成化与综合控制方向是电子节气门技术的主流发展方向之一。这种技术控制模式不仅能够帮助企业简化电子节气门的软硬件配置体系,降低生产成本,同时还可以利用功能优势提高各个系统之间的信息交流效率。另外,集成化方向能够帮助新能源汽车制造业提升环保效益与社会效益。在生态危机越来越严重的背景下,环保效益与社会效益能够直接决定汽车企业的发展潜能。现阶段,电子节气门控制系统已经显露出明显的集成化特点。很多新能源汽车企业在生产过程中对于怠速控制、巡航控制等重要工序的重视程度越来越高。由此可以看出,集成化已然成为新能源汽车产业的主要发展方向。

(二) 综合控制方向

为了帮助新能源汽车企业解决生产管理中的不足之处,管理人员与制造人员需要结合多种控制技术与控制手段对生产工艺进行综合控制,并采用多元化控制策略提高生产工艺的可控性。在目前的电子节气门控制体系中,提高控制技术的精度和反应速度已经成为业内技术开发人员的核心任务之一。因此,负责开发工作的人员应该通过分析以往生产数据的方式,将线性控制方式转化为非线性控制模式,以帮助企业弥补传统生产工艺中的弊端。由于传统的节气门控制技术经常受到参数整定方式的困扰,因此在电子节气门技术的应用与发展过程中,企业需要对技术参数的状况进行适应性测评,以提高技术参数的可控性。因此,综合控制方向符合当下电子节气门技术的发展要求。

为了强化电子节气门控制系统的灵活性,多模态控制技

术、神经网络控制技术以及滑膜变结构控制技术等先进应用技术相继被应用到电子节气门系统之中。由于这些技术的非线性特点比较强,因此在实践中需要将神经网络控制技术与其他技术相结合,以提高电子节气门控制系统的适应性。以上分析结果基本由理论与实践两个部分构成,因此在后续发展中,新能源汽车企业需要通过数据研究与工程实践等多种方式体现其发展策略的科学性。

(三) 网络总线技术发展方向

近年来,车载网络 and 总线技术在新能源汽车电子节气门控制系统中的应用频率越来越高。而这种现象恰恰验证了网络总线技术发展方向的可能性。在电子节气门控制体系中,越来越多的控制技术被应用在制造流程中。在这种客观背景下,传感器和电子控制单元的数量和类型都在快速增加。就目前的制造情况来看,整个车辆控制电路的控制结构都非常复杂,同时其导线的交错程度较高。而这种制造模式会给新能源汽车的生产活动增加很多不确定的风险因素。总线技术能够整合这些复杂的控制电路,减少导线交错,降低不确定性风险,为了降低风险发生概率,汽车生产企业有必要利用总线技术构建总线控制器局域网,以为电子节气门等重要技术的实施提供支持作用。总线控制器局域网对于当下的新能源汽车产业来说具有重要的促进意义,同时其可行性较高。因此在不远的将来,总线技术发展方向大概率会成为新能源汽车电子节气门控制系统的主要发展趋势之一。

总结

在新能源汽车发展的背景之下,电子节气门控制系统的实践价值不可忽视。对于现代化汽车企业来说,新能源已经成为未来汽车行业中的主流发展方向。随着新能源汽车销量的快速增长,其核心零部件市场也随之扩大。2024 年中国电子节气门市场规模达 269.4 亿元,同比增长 4.56%,反映出行业强劲的发展势头。在高端产品占比提升,新能源汽车渗透率超 50%的客观背景下,混动技术路线带动电子节气门向低成本、高性能迭代。为了抓住发展机遇,汽车企业需利用先进的电子节气门控制技术提升生产制造工艺的完善性,同时依照国家规定和行业规范的要求,全面提高电子节气门的控制精度,以激发新能源汽车产业的发展潜能。

参考文献

- [1]龙云,姚崇,宋恩哲,et al.基于扰动估计的电子节气门离散快速终端滑模控制及 实验性能分析[J].Electric Machines & Control / Dianji Yu Kongzhi Xuebao, 2023, 27 (3) .
- [2]于海平.机电一体化技术在汽车设计中的应用[J].市场周刊·理论版, 2020 (79): 0158-0158.
- [3]薛军民;王慧嵘.央地产业政策协同与新能源汽车企业创新研究[J].武汉金融, 2024 (10) .

作者简介:郝建华(出生年份-19781021),男,汉族,籍贯:山西临汾,学历:硕士,职称:工程师,研究方向:汽车电子节气门的生产制造、研发设计。