

内燃机电子控制技术与燃烧模式变革

张柄 汪映

(西安交通大学能源与动力工程学院 陕西 西安 710049)

摘要:随着社会的发展和科技的不断进步,我国各行业都呈现出全新的面貌。特别是电子控制技术的发展,极大地提高了生产效率,简化了生产流程,节约了人力成本,为人们的生活和工作带来了极大方便。该文对汽车内燃机电子控制自动化技术进行分析,探究内燃机燃烧模式的发展和变革,以促进我国内燃机电子控制技术的创新发展。

关键词:内燃机;电子控制技术;燃烧模式

从内燃机技术发展来看,尽管内燃机运行系统已相当成熟,但仍需革新燃烧方式来提高燃料使用率,减少污染气体排放。内燃机技术创新有两个方向:一是工作过程的不断改进,二是燃料的多样化。工作过程优化目前发展空间较小,燃料的多样性则具有更大的发展前景,尤其是与目前的绿色发展理念相契合。电子控制技术能够实现对燃烧过程的有效控制和优化,并且多燃料混合动力的有效施行更加依赖于精密的电子控制技术。因此,本文对内燃机的燃烧模式进行分析,阐述电子控制技术的创新发展,以及其对内燃机燃烧过程和燃烧方式的有效控制,以充分发掘电子控制在节能环保方面具有的发展潜力。

1 传统燃烧模式

目前,普遍应用的汽车内燃机主要有两种类型,即点燃式和压燃式。内燃机的工作原理是采用定容量热循环和混合式热循环,应用两冲程、四冲程的设计结构,其中以汽油、柴油为主要燃料的内燃机占绝大多数^[1]。这两种燃料的燃烧模式虽然有一定的相似性,但本质上都倾向于两个极端:在发生燃烧反应之前,汽油与空气基本混合为一种较均匀的混合物,燃烧是一种火焰在汽缸内蔓延的过程,其蔓延受化学反应动力学因子的影响,因此被称作动力式火焰,这种燃烧方式被称作预混燃烧。而柴油与空气首先是分离的,之后由于二者的相互扩散、蒸发及混合,实现了分子之间的接触,最后才会发生燃烧反应。在此过程中,要经历一个漫长的物理预备过程,其中包括扩散、混合、雾化、加热、蒸发。

而反应产物的扩散速度是有限的,这种燃烧方式被称作扩散燃烧,又称非预混燃烧。

2 传统内燃机效率限制

汽车内燃机的效率取决于其工作周期。压缩比是影响内燃机效率的一个主要因素,增大压缩比,可以使内燃机的效率得到提高^[2]。但是,正是汽油内燃机的燃烧方式,使得高压压缩比引起了内燃机的爆燃,所以汽车内燃机才无法正常运转,从而限制了其效率的进一步提升。影响汽油内燃机排放的因素很多,其中CO、HC及NO_x的产生与排放,与点火前的混合气状态、燃烧室的燃烧状况及排气系统的热反应状况密切相关。近年来,由于电子控制技术的应用,汽油内燃机在不改变均质燃烧方式的前提下,排气性能得到了极大改善。在目前的汽油引擎中,空燃比控制按照引擎运转的各种条件,分为启动模式、暖机模式、怠速模式、加速模式和电池电压补偿模式等,通过开环和闭环控制,利用自适应的模糊控制和神经网络等控制手段,很好地解决了HC、CO和NO_x的排放问题。然而,受汽油内燃机使用节气门调整工况和均质燃烧爆震等因素的制约,其热效率较低,为柴油机的30%左右。这也是制约汽油内燃机技术发展的一个瓶颈。如今,有些人提议用柴油内燃机来取代汽油内燃机。

3 内燃机电子控制技术应用

3.1 点火系统电子控制技术

点火系统是影响内燃机性能的重要部分,通过对点火系统的电子控制,可以提高点火精度,使得

作者简介:张柄,西安交通大学能源与动力工程学院硕士研究生,研究方向为内燃机燃烧与排放控制;汪映,西安交通大学能源与动力工程学院教授,研究方向为内燃机清洁燃料与排放控制。

内燃机燃烧更为完全，从而提高燃烧效率，减少污染物的排放。

3.2 喷油系统电子控制技术

喷油系统是内燃机控制系统中的重要部分，控制喷油量和喷油时机对内燃机性能有重要影响。通过电子控制技术，可以实现喷油量的实时控制和喷油时机的精确调节，从而提高内燃机的燃烧效率。

3.3 进气系统电子控制技术

进气系统是内燃机工作过程中非常重要的组成部分，能否提供足够的新鲜空气是影响内燃机性能的关键因素之一^[3]。通过电子控制技术，可以实现进气量的实时调节和进气时机的精确控制，从而提高内燃机的燃烧效率。

随着内燃机电子控制技术的不断发展，越来越多的新技术在汽车行业得到应用。例如，在喷油领域，目前已经出现了直接喷油技术和共轨喷油技术，能够实现更精确的喷油量控制，从而提高内燃机的燃烧效率和减少排放。除了电子控制技术的不断革新外，燃烧模式的变革也是近年来内燃机技术革新的重要内容之一。传统的内燃机燃烧模式一般是采用双点燃烧或单点燃烧模式，存在很大的不足，燃烧效率较低，能量利用率不高。针对这一问题，新型内燃机燃烧模式被提出。

4 内燃机燃烧模式改革路径

目前，内燃机的燃烧模式主要有缸内直喷、缸内预混、缸外混合3种，而缸外混合方式是一种较为传统的燃烧模式。然而，在新的技术和环保要求下，更多燃烧模式的创新和研究已经成为必要的趋势。第一，要对内燃机的传统燃烧模式进行改进。通过改进喷油技术，设计更加合理的燃烧室，提高燃油的燃烧效率，从而减少排放。第二，采用新的燃烧模式并结合新能源技术的应用，例如氢燃料电池和气体涡轮机，可以在不增加污染物排放量的同时提高功率和效率。第三，通过智能控制系统监测内燃机的燃油供应，可以优化内燃机的燃烧，实现减少废气排放的效果。

4.1 直喷技术应用

直喷技术是将柴油直接喷入燃烧室，在燃油热值利用率上比传统喷油技术提高了近20%，并且能更精确地掌控燃料喷射在燃气室内的时机，提高了燃烧效率。同时，直喷技术的最大特点便是可选择喷射的位置和数量，这种方式能够适应不同负荷的内燃机，在燃油的适宜性和燃烧的快速性之间找到

平衡点，达到一个更好的效果。它可以更完整地利用燃料，还能够减少废气的排放，降低污染。此外，直喷技术还有一个很重要的优势，即可实现可变压缩比。直喷技术的应用使得燃油喷射时间和油量得到更好的控制，也就意味着可变压缩比变得可行，因为不同压缩比的内燃机所需要的燃油量和喷射时间也不同。加上直喷技术更适合低负荷操作的优势，可变压缩比技术将内燃机燃油效率提高了超过10%。

4.2 多点喷射技术应用

多点喷射技术所带来的最大益处在于可以控制燃烧过程，从而提高燃烧效率。传统内燃机燃烧方式是通过单点喷射进行的，每次仅喷出一次燃料，燃料燃烧后并不能完全释放能量，导致能量的浪费和排放物的增多。而多点喷射技术能对喷射次数和时间进行精准的控制，使得燃料能够在最优的时刻进行燃烧，从而提高效率，减少能量浪费和废气排放。同时，多点喷射技术还可以控制燃料的喷射位置和混合方式，从而改善燃烧环境，减少尾气的有害物质排放。在传统单点喷射的燃烧方式中，燃料往往喷入汽缸中心位置，因此燃料在燃烧的过程中无法充分混合，导致燃烧质量下降。而多点喷射技术可以将燃料喷射到更多的位置，使得燃料混合更充分，燃烧更加完全，减少有害物质的排放。此外，多点喷射技术具有自适应性能。内燃机在不同的工作状态下，对燃料的需求有所不同。而多点喷射技术可以根据不同工况，自动调整喷射次数、时间和位置，以达到最优的燃烧效果。这不仅能够提高内燃机的效率，还能减少对环境的影响。

4.3 碳氢燃料应用

自19世纪80年代内燃机问世以来，其一直是驱动汽车等交通工具的关键。然而，传统内燃机使用石油燃料，排放大量废气，给环境造成了巨大压力。因此，为了实现环境可持续发展，研究改进及革新传统内燃机燃烧模式迫在眉睫，碳氢燃料的应用成为可能的方案之一。碳氢燃料是相对于石油燃料而言的一种可再生、相对环保的新型燃料，它可以明显降低CO₂、CO等碳排放量。这种燃料不仅可以用于传统的内燃机中，也可以应用于燃料电池等新型动力技术中。当然，尽管碳氢燃料具有优势，但是它也存在一些技术难题，即如何存储、如何转化等问题，需要各方联合攻关。碳氢燃料的应用对于内燃机燃烧模式的改进具有重要作用，它可以促使传统的内燃机选择高效、清洁的燃油，实现零排放。同时，碳氢燃料还可以促进内燃机的增效，从

而减少能量的消耗，提高整体效率。此外，碳氢燃料不仅可以降低排放物的含量，还具有可再生的特点，这意味着其不会对环境造成长期污染。

4.4 混合气燃烧技术应用

内燃机是现代工业发展的主要动力装置之一，但传统的燃烧技术存在燃烧效率低、废气污染严重等问题。为了解决这些问题，越来越多的研究致力于混合气燃烧技术的应用，该技术可以提供更高效的燃烧，减少污染的同时提高能源利用率。混合气燃烧技术是将燃油和空气混合后，通过控制混合物的进气量和配气时机，实现更好的燃烧效果。与传统的单一燃油喷射相比，混合气燃烧技术在燃烧过程中可以有效地控制燃油和空气的比例，使得燃烧效率大大提高。另外，由于混合气燃烧技术可以减少燃油的用量，因此废气排放也得到了有效的控制。在混合气燃烧技术方面，近年来国内外研究不断推进，不断有新的技术面世。例如，预混合燃烧技术可在燃烧室中制造适宜的混合气体，以提高燃烧效率；内燃机控制技术在气门和喷油系统方面的应用使得混合气燃烧技术得到更加精确的控制。此外，利用再生制冷技术和废热回收技术等，也可以实现更高效的混合气燃烧。

5 内燃机电子控制技术发展趋势

内燃机电子控制技术是将传统的机械式控制转变为电子控制的一种先进技术。该技术的出现使得内燃机的性能和经济性得到了极大提升，成为未来发展的重要方向。未来，内燃机电子控制技术将朝3个方向发展。

第一，内燃机电子控制技术将继续提高燃油经济性。借助先进的计算机技术和传感器技术，内燃机电子控制系统可精准地控制内燃机燃油喷射量和点火时间，使内燃机的燃烧更加充分，提高燃油的利用率。第二，内燃机电子控制技术将进一步提高机动性和驾驶感受。由于现代车辆的电子控制系统极其复杂，内燃机控制与行驶稳定性和驾驶感受紧密相关。未来的内燃机电子控制系统将通过多项软硬件技术的提升，更好地实现车辆快速响应能力和平衡性的提高。第三，与其他电动化技术相比，内燃机电子控制技术具有很高的成本效益。未来，随着汽车市场的发展，内燃机电子控制技术将成为新一代汽车技术中的重要一环，实现与其他电动化技术的结合，进一步提高车辆的经济效益和环境友好性。

6 内燃机燃烧模式展望

内燃机作为现代化社会不可或缺的能源装置之一，其燃烧模式一直以来备受关注。随着科技的不断发展，未来内燃机的燃烧模式也将得到进一步的优化和创新。第一，未来内燃机的燃烧模式将更加高效。通过优化燃油喷射、调节空燃比等手段，内燃机将会更加高效地转化化学能为机械能，减少能量的浪费，提高燃烧效率和能源利用率。第二，未来内燃机的燃烧模式将更加绿色环保。基于环保和能源节约的目标，未来内燃机的燃烧模式将会更加注重减少废气排放和噪声污染，采用更加绿色环保的燃烧模式，降低内燃机对环境的影响。第三，未来内燃机的燃烧模式将更加智能化。随着人工智能、物联网等新技术的不断发展，未来内燃机会实现自主控制和优化，更加适应复杂多变的实际工作条件和场景。总之，未来内燃机的燃烧模式将趋于高效、绿色环保和智能化。这不仅有助于促进内燃机产业的发展，也有助于推动社会朝更加环保和可持续发展的方向发展。

7 结束语

在我国的现代化建设中，各行业各领域都迎来了很多的发展机会，同时时代的进步也对制造技术的创新提出了新的要求和挑战。内燃机电子控制技术和燃烧模式的变革，为内燃机带来了更高的效率、更低的排放和更佳的经济性。未来，内燃机的发展还有很大的可能性，需要不断地进行探索和创新，以更好地满足人们的需求，加强环境保护。

参考文献：

- [1] 王红莉,赵琨. 电气工程及自动化控制技术在混合动力汽车领域中的应用[J]. 内燃机工程,2023(1): 110-111.
- [2] 蒋舜荣. 内燃机电子控制自动化技术的发展探究[J]. 内燃机与配件,2022(3):178-180.
- [3] 韩同群,盛凯夫. 内燃机电子控制技术与燃烧模式的变革[J]. 汽车研究与开发,2002(3):42-44.