

配气相位对 6106 柴油机的性能影响

The influence of Valve Timing on 6106 Diesel Engine performance

邵治家 白敏丽 吕继组

(1 大连理工大学 能源与动力学院, 大连 116023)

摘 要: 本文利用大型通用内燃机工作过程数值模拟软件 GT - Power ,以 6106 柴油机为样机,研究了配气正时对柴油机性能的影响。在柴油机高、中、低三种转速工况下,分别对进气门关闭角度、排气门开启角度以及气门重叠角进行了计算和分析,得到了不同工况下的最佳值。计算结果为柴油机的改进、优化提供了依据。

关键词: 柴油机; GT - Power; 数值模拟; 配气正时

Abstract: The influence of valve timing on 6106 diesel engine performance is performed by large universal internal combustion engine work process numerical simulation software GT - Power in this paper. At different operating conditions from high speed to low speed, the different timing of intake close, exhaust open and valve overlap were calculated and analyzed. At different engine conditions, different optimum results were obtained. The calculation results can provide theoretic guidance for optimal designs of diesel engines.

Key words: Diesel engine; GT - Power; Numerical Simulation; Valve Timing

1 引言

近年来对柴油机的经济性、动力性及排放等各方面的要求不断提高,如何更有效地组织整机的热力过程、合理地选择工作过程的参数及与之有关的结构参数,使全工况性能进一步提高,是柴油机工作者都在研究的一个方向。内燃机配气相位对内燃机进气过程有着重要的影响。四冲程柴油机气缸充气效率是表征其换气过程完善性的重要指标,它对柴油机的动力性、排放、噪声和排温等都有重要影响。配气相位对充气效率的影响主要体现在进气门关闭角度排气门开启角度和气门重叠角度三个方面,其中进气门关闭角度对充气效率影响最大^[1]。

目前对配气相位的优化设计一般主要有两种途径,一种是通过实验的方法实现^[2-3],但是,由于配气系统涉及到的机械机构很多,而且很多的结构参数不容易调整,因此完全通过实验对柴油机进行优化将导致工作量过大,耗费大量的人力、物力;另一种是通过数值模拟

* 基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50276007 和 50576008)

辽宁省自然科学基金资助项目(20062180和20042156)

的方法进行优化^[4-5],采用数值模拟的方法可以很好克服这些困难,随着计算机技术的发展,以及预测模型的不断完善,使得计算机辅助设计在发动机研制和开发中得到了广泛的应用,解除了设计者的繁重劳动,还可以大幅度缩短研制周期^[6-7],还可以得到很多通过实验所无法得到的信息。

因此,本文采用大型内燃机工作过程数值模拟软件GT—Power,建立了整机分析模型,研究、分析了进、排气门定时对柴油机的动力性和经济性的影响,同时还对计算结果进行了优化,为配气系统的设计改进提供依据,在工程领域内具有很高的实用价值。

2. 模型建立

2.1 实机模型

所研究的样机为6106柴油机,其基本参数如表1所示。

表1 6106柴油机参数

发动机型式	直列6缸、四冲程	吸气方式	增压中冷
缸径	106mm	额定功率	180kW (2300r/min)
冲程	125mm	最大扭矩	900 N·m (1400r/min)
压缩比	17.5	排量	6.618L

2.2 计算模型建立

GT—Power 整机分析模型主要由进气系统、排气系统、涡轮增压系统、喷油组件、气缸和曲轴箱等组成。

几何结构的精确描述是准确实现数值模拟的重要前提,但柴油机模型涉及到的实体很多,而且结构极其复杂,如按真实实体结构建立计算几何模型需要花费大量时间且难以实现,也没有必要。因此根据计算经验,在保证对数值计算精度不产生很大影响的前提条件下,对实体结构进行一些等效简化处理。

整个数值模拟过程既涉及到气体流动过程又涉及到燃油喷射过程,还涉及到燃烧放热过程。由于模拟计算涉及到的工作过程太多,同时也受到计算速度的影响,因此将进排气管路简化成一维的模型,这样既能保证计算的精度,又可以节省大量的时间。另外由于所要分析的只是柴油机的性能参数,从而对缸内的喷雾和燃烧也做了简化,燃烧模型采用的是准维模型,这种简化虽然看不出空间的不均匀性对柴油机性能的影响,但是可以得到柴油机性能随时间的变化规律,而且结果精度也可以满足工程研发的要求。

2.3 计算模型校准

通常在进行数值模拟计算时,在模型建立以后,必须通过校准才能确定其准确性,然后才能进行模拟计算。图2—3列出了模型校准后部分计算结果,通过计算结果跟实验结果的对比,我们可以看出模型是可靠的。

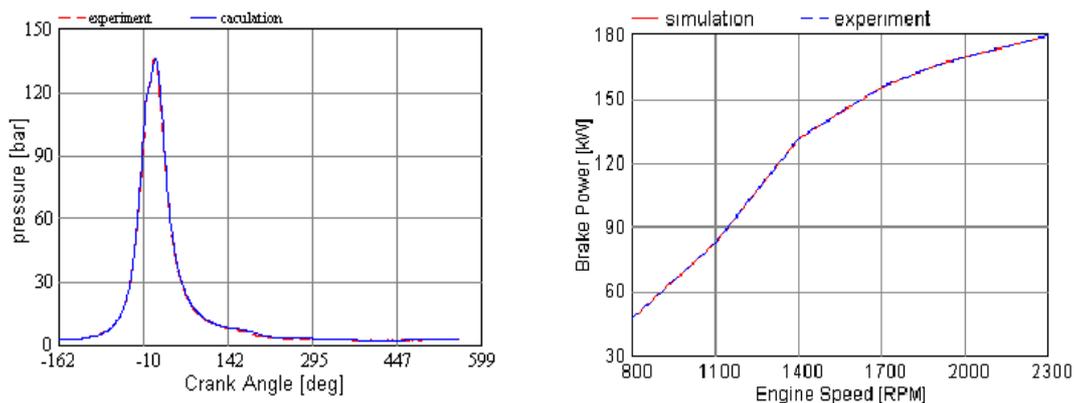


图2 实验值与计算结果比较

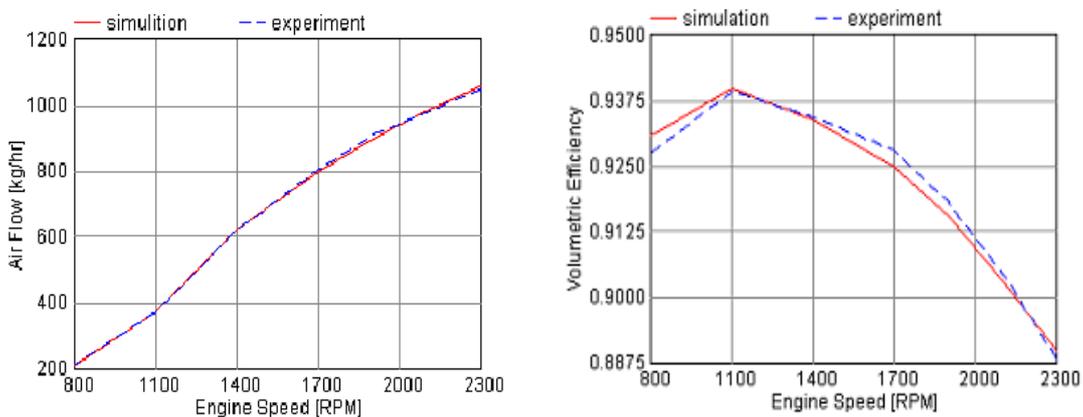


图3 实验值与计算结果比较

3. 计算结果及分析

由于配气相位在不同的转速下对柴油机的充气效率的影响也不同,因此对配气相位进行模拟计算,其目的在于找出柴油机在不同转速下,配气系统对柴油机充气效率、动力性和经济性的影响。

充气系数是指每个工作循环实际进入气缸的气体质量,与在进气口处的压力和温度条件下充满气缸工作容积的理论进气量的重量比。充气系数大,则进气效果好,气缸进气量相对增多,功率提高;充气系数小,则发动机功率下降,并因进入气缸的空气量减少,燃料燃烧不完全,使耗油率增大,积炭严重,加剧了零部件间的磨损。

3.1 进气门迟闭角的影响

进气门迟闭是为了利用在吸气过程中形成的进气管内气流的流动惯性,实现气缸的过后充气,可使得进气终了时,缸内压力等于或高于进气管压力,从而提高容积效率。进气门迟闭角过小,不能充分利用气流的流动惯性,过大则会导致缸内气流倒流进入进气管。

本文采用数值计算的方法来分析进气门迟闭角度对柴油机性能的影响。总共做了八种方案来进行计算,所选用的进气门关闭角度分别为 530° CA、 540° CA、 550° CA、 560° CA、 570° CA、 580° CA、 590° CA、 600° CA。通过计算可知:随着进气门迟闭角度的增加,如图4-6所示,最高燃气压力和充气效率逐渐增大,在 550° CA左右达到最大值,随着进气门迟闭

的角度的增加，最高燃气压力和充气效率迅速降低；扭矩和燃油消耗在570° CA之前变化并不明显，之后随着进气门关闭的角度增加，扭矩迅速降低，油耗迅速升高。综上所述，进气门关闭角度选取为550° CA。

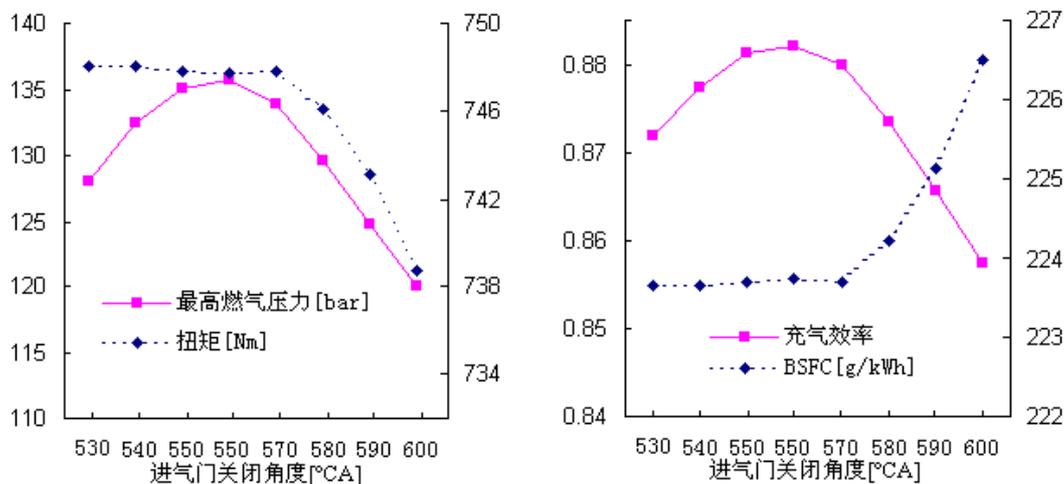


图4 额定工况下，进气门关闭角度对柴油机性能的影响

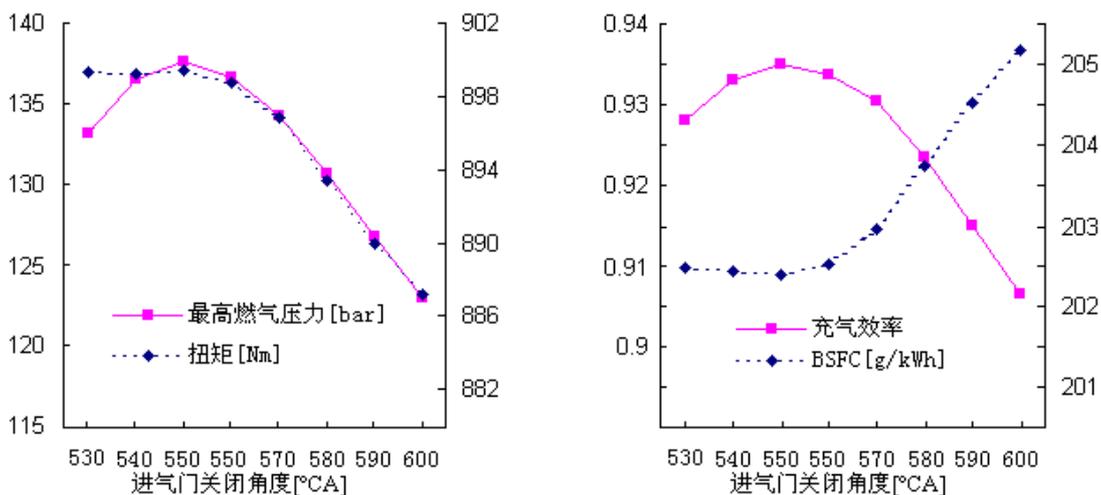


图5 最大扭矩工况下，进气门关闭角度对柴油机性能的影响

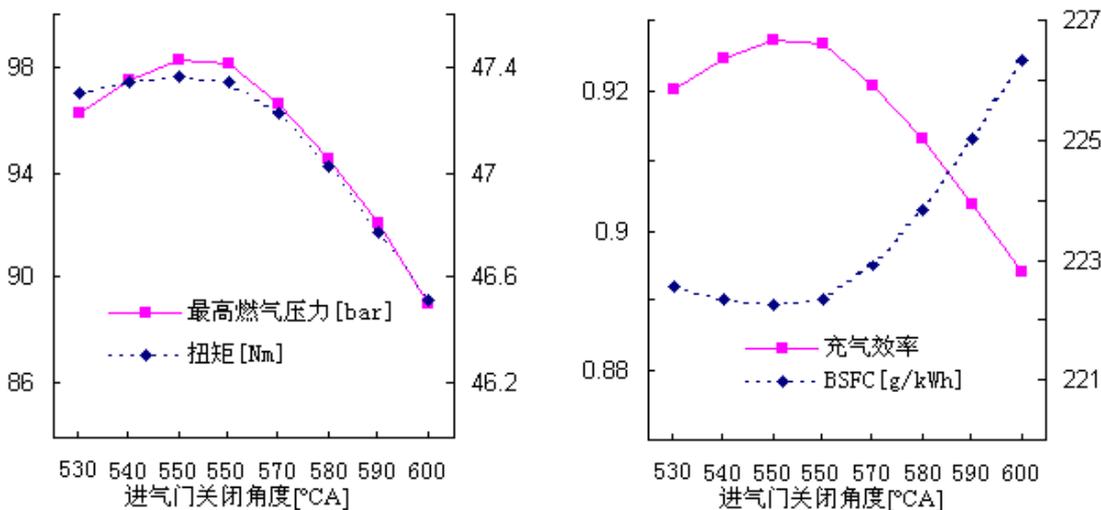


图6 怠速工况下，进气门关闭角度对柴油机性能的影响

3.2 排气门开启角度的影响

排气门开启时间主要取决于缸内的进、排气泵气功的大小，同时兼顾对充气效率的影响。排气泵气功损失越小越好，这样可以使油耗降低，经济性提高。

本文总共做了八种方案来进行计算，所选用的排气门开启角度分别为 110° CA、 120° CA、 130° CA、 140° CA、 150° CA、 160° CA、 170° CA、 180° CA。

计算结果如图 7-9 所示，通过计算可以看出，动力性和经济性所对应的最佳排气门开启角度为 140° CA— 160° CA，而且随着转速的升高，最佳排气门开启角度逐渐减小，泵气平均有效压力所对应的最佳排气门开启角度在 130° CA— 140° CA，充气效率所对应的最佳排气门开启角度为 140° CA— 160° CA。为了兼顾高速和低速，还要考虑泵气损失和充气效率，最后，选取排气门开启角度为 140° CA。

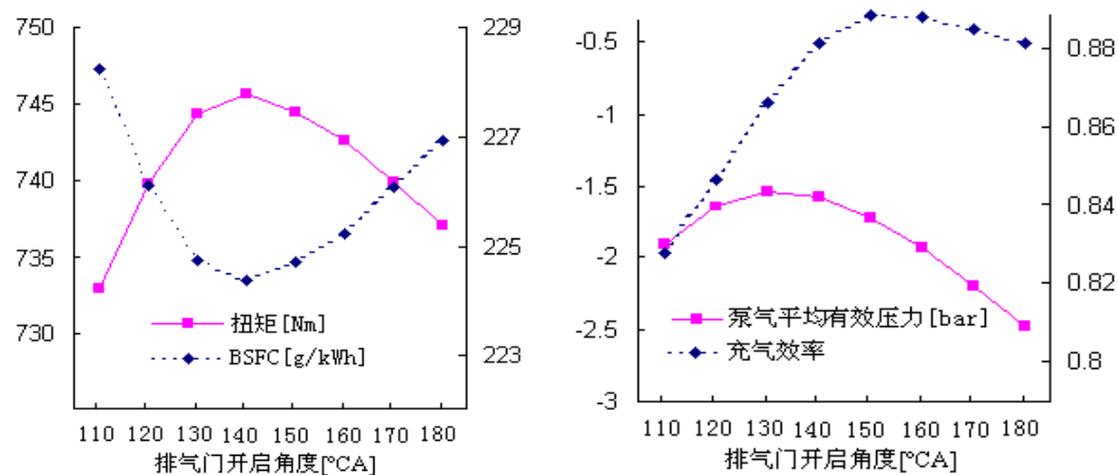


图 7 额定工况下，排气门开启角度对柴油机性能的影响

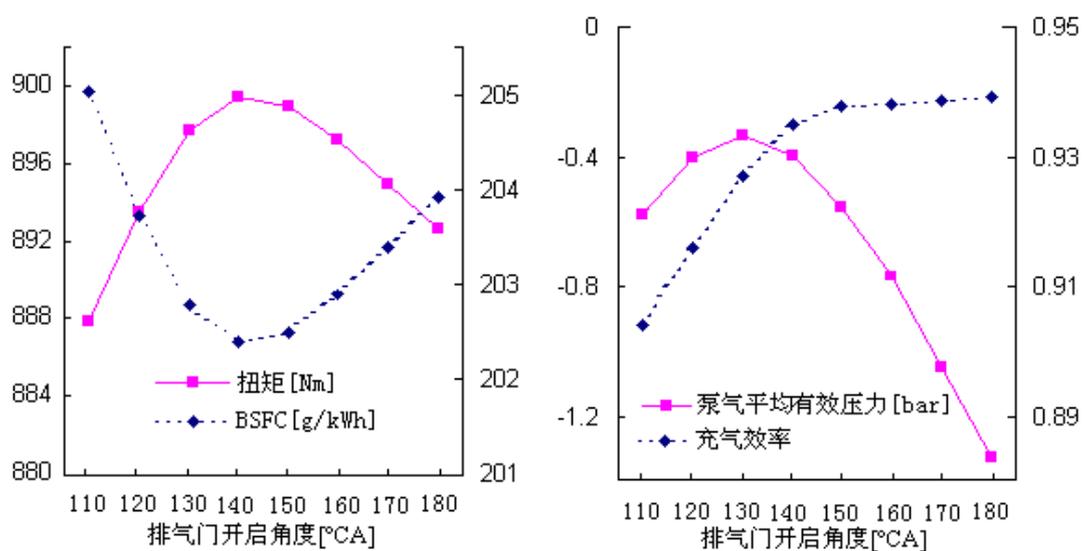


图 8 最大扭矩工况下，排气门开启角度对柴油机性能的影响

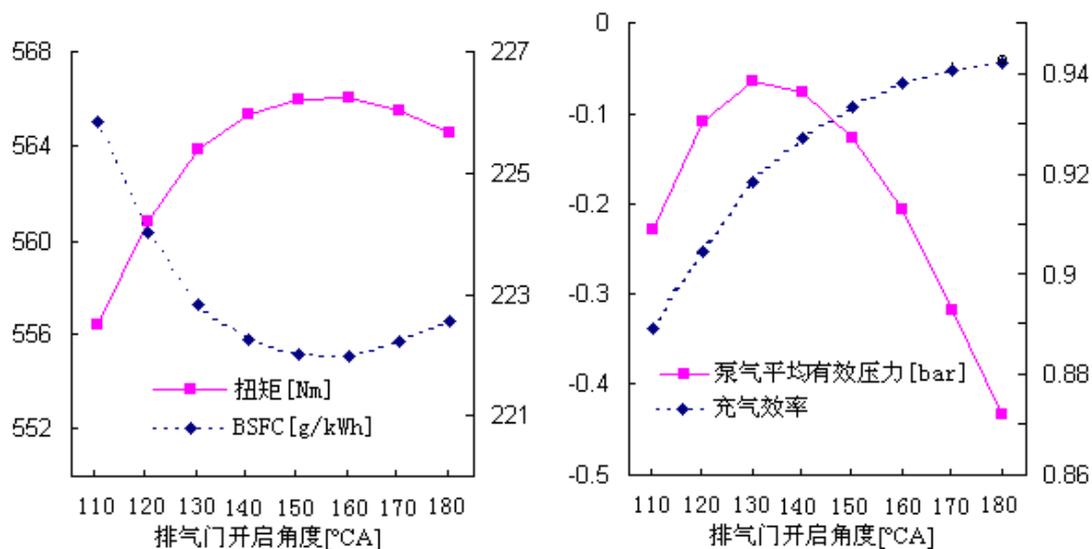


图9 怠速工况下, 排气门开启角度对柴油机性能的影响

3.3 进排气门重叠角度的影响

在柴油机的配气系统中, 进气门相对上止点提前开启, 排气门相对上止点滞后关闭, 形成了进、排气门重叠角。在气门叠开期间, 通常进气管压力大于排气管压力, 新鲜充量在压力差的作用下流入气缸, 并与缸内的残余废气进行混合后, 部分可以同时排入排气管中。这样, 有利于扫除缸内的废气, 增加缸内的新鲜充量, 达到扫气的目的。对于增压柴油机, 其进气管中的压力始终大于大气压力, 因此采用合适的气门重叠角, 增加扫气效果, 以达到提高柴油机在常用转速范围内的充量系数的目的。如果气门叠开角度过小, 将使缸内残余废气系数过大; 但如果气门重叠角过大, 将使柴油机在低负荷运转时, 出现废气倒流现象, 导致燃烧不良, 性能恶化。

本文采用九种方案对气门重叠角度进行计算分析, 其角度分别是 0° CA、 6° CA、 12° CA、 18° CA、 24° CA、 30° CA、 36° CA、 42° CA、 48° CA。计算结果如图10所示, 可以看出在不同转速下, 气门重叠角的大小对充气效率的影响是不同的, 在低转速的情况下, 进气流动惯性较小, 较大的气门重叠角有利于提高充气效率, 但是气门叠开角度过大, 容易造成进气倒流, 从而影响压缩终了的温度, 使柴油机的性能和起动受到影响。但对油耗没有太大的影响, 在高速的工况下, 较小的气门叠开角可以很好的提高充气效率, 而且还可以降低有效燃油消耗。因此在兼顾动力性、经济性和扫气效果, 选取气门叠开角度为 18° CA。

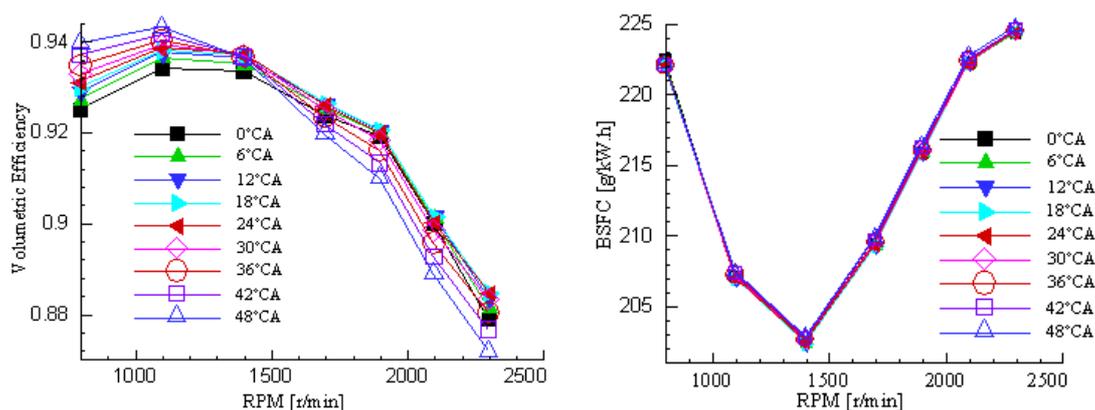


图 10 气门重叠角度对柴油机性能的影响

4. 结论

- (1) 通过对进气门关闭角度的计算可以知道, 进气门关闭角度对柴油机性能的影响十分显著, 对于该柴油机的最佳进气门关闭角度为 550°CA 。
- (2) 通过对排气门开启角度的计算可以知道, 排气门开启角度对柴油机性能的影响很大, 对于该柴油机的最佳排气门开启角度为 130°CA 。
- (3) 通过对气门叠开角度的计算可以知道, 气门叠开角度的大小直接关系到柴油机性能和充气效率, 对于该柴油机的最佳气门叠开角度为 18°CA 。
- (4) 通过模拟计算可知, 进气门迟闭角度对充气效率, 油耗和扭矩的影响十分明显, 排气门开启角度和气门叠开角度对柴油机性能的影响有限, 设计时应优先考虑调整进气门迟闭角度。

参考文献

- [1] Tuttle J H. Controlling Engine Load by Means of Late Intake Valve Closing[c]. SAE 800794.
- [2] . . . (俄). 发动机配气相位的调节方法. 国外内燃机车. 2005(2).
- [3] 韦超毅, 周丛钜. 配气相位对柴油机动力性能的影响. 森林工程. 2005(1).
- [4] 焦天民, 周龙保. 应用 CFD 优化设计柴油机配气正时. 内燃机工程. 2005(5).
- [5] 张海艳. 配气定时对柴油机性能影响的数值模拟分析. 柴油机设计与制造. 2006(6).
- [6] 刘永长. 内燃机热力过程模拟. 机械工业出版社, 2001.
- [7] 顾宏中. 涡轮增压柴油机性能研究. 上海交通大学出版社. 1998.