

基于 GT-VTRAIN 的汽油机凸轮型线设计

GT-VTRAIN-Based Design of Cam Contour in Gasoline Engine

史来锋 朱兰 蔡志强 王伟民

(东风汽车公司技术中心 430056)

摘要: 本文对应用 GT-VTRAIN 进行凸轮型线设计的方法以及流程进行了简单介绍, 并对某款汽油机进行了配气机构的运动学和动力学计算。对于运动学计算, 由于只是考虑各个部件的几何关系, 各个部件均为刚体, 因此只需在 VT-DESIGN 中建立单阀系运动学模型即可; 对于动力学计算, 由于要考虑真实的物理模型, 各个部件都考虑为弹性体, 需要在 GT-VTRAIN 中建立完整的配气机构动力学模型。这种仿真计算手段, 比起以往通过经验公式进行动力学校核, 效率和准确度得到了大大提高。

关键词: GT-VTRAIN 配气机构 凸轮型线 跃度

Abstract: This paper described the method and procedures of the cam contour design. And according to this method and procedures, we have finished the valve train kinematics and dynamic simulation of a gasoline engine. For the kinematics calculation, we only considered the geometry relations, and every body is rigid, so a single valve kinematics model built in VT-DESIGN is OK. For the dynamic calculation, we should consider the real model, and every body is flexible, so the whole valve train dynamic model built in GT-VTRAIN is needed. The efficiency and accuracy have been improved, compared to the old experience formula calculation method.

Keywords: GT-VTRAIN, Valve Train, Cam Contour, Jerk

1 引言

内燃机的配气机构应保证各气缸换气良好, 充气系数尽可能高。一般来说, 四冲程内燃机都采用气门-凸轮式配气机构, 因为这种机构工作可靠, 尤其是进排气门能够持久保证燃烧室的密封性。但是这种机构高速运转时易于发生振动, 存在噪声, 气门的飞脱、反跳和不正常磨损等问题, 因此设计高速汽油机的配气机构时, 要特别注意使它具有良好的动力特性。过去在考察配气机构的动力特性的时候, 都是通过一些理论经验公式进行计算, 效率低, 精度差^[1]。本文主要是针对应用 GT-VTRAIN 进行配气机构动力学计算进行详细介绍。

2 凸轮型线设计流程

一般来说, 凸轮型线的设计分为全新设计和参考设计两种情况, 主要的区别在于初始气门升程曲线的选择途径不一样, 后续的运动学和动力学计算流程都是一样的, 总体流程示意图如图 1 所示:

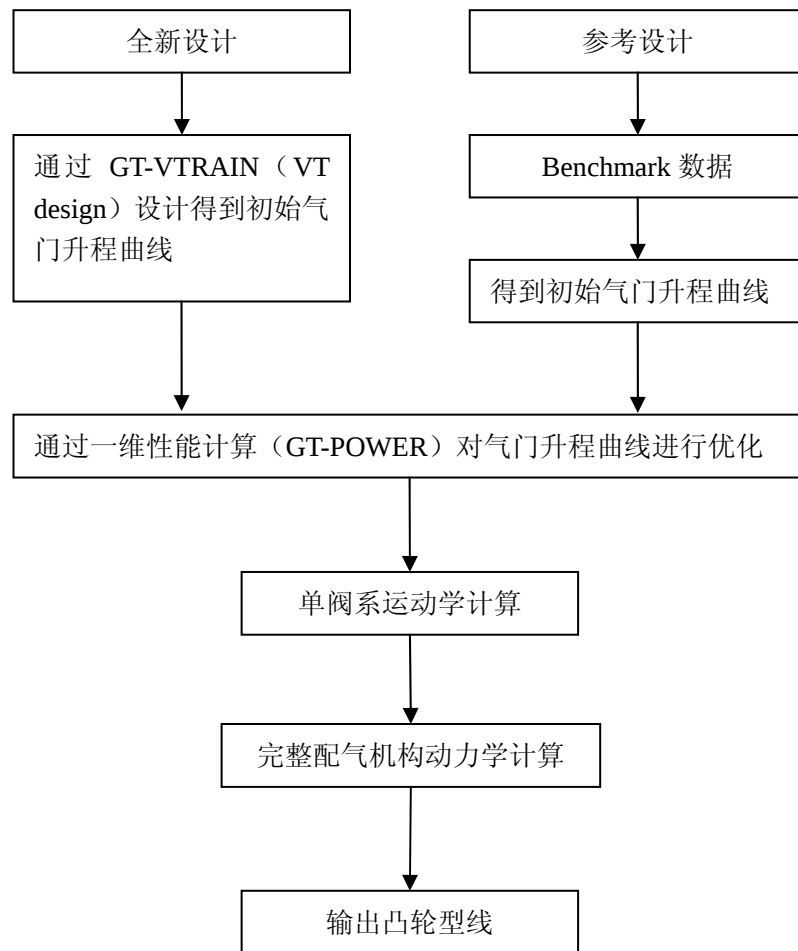


图1 凸轮型线设计总体流程图

3 具体分析过程

本文主要是针对应用 GT-VTRAIN 进行参考设计的配气机构的运动学计算和动力学计算。

3.1 数据及模型准备

本文所描述的汽油机配气机构的结构形式为平面挺柱直驱的形式。气门升程曲线来源于一维性能初步优化的结果（如图 2）。建立单阀系运动学模型（如图 3）和整体配气机构动力学模型（如图 4）。在整体配气机构动力学模型中需要考虑缸压对气门开启的影响。

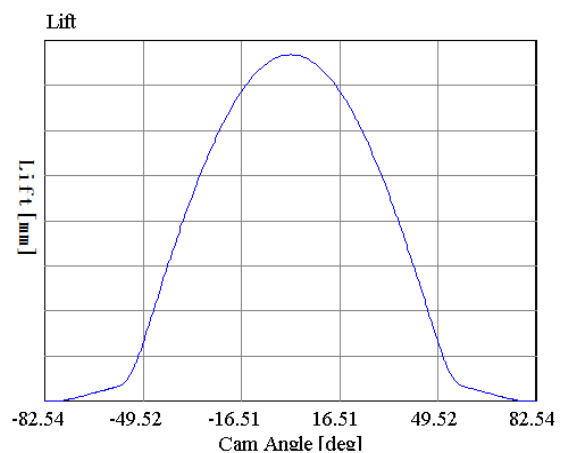


图2 气门升程曲线

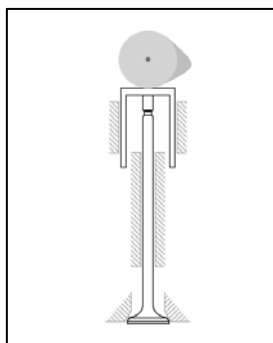


图3 单阀系运动学模型

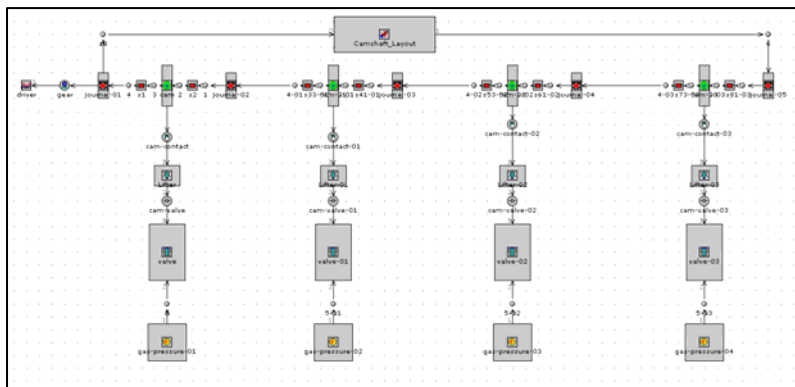


图4 完整配气机构动力学模型

3.2 单阀系运动学计算

单阀系运动学计算的目的是计算阀系的几何参数，一般是根据气门升程曲线进行反推凸轮型线；或者根据已知的凸轮型线进行气门升程曲线的求解^[2]。在单阀系运动学计算中，一般不考虑各个部件的弹性，即认为各部件为完全刚性，只考虑各个部件的质量、转动惯量。尽管如此，单阀系运动学计算仍然是动力学计算的基础。

本项目中的单阀系运动学计算主要关注以下四个结果（本项目是改型设计，在一维热力学性能计算达标的前提下，不需要特别关注气门升程的丰满系数）：

- (1) 凸轮型线（如图5所示）：最终用于凸轮加工的数据。
- (2) 气门加速度曲线（如图6所示）：主要是评价其最大正加速度值和最大负加速度值。
- (3) 跃度（如图7所示）：主要是反映加速度的导数，即加速度的变化平顺性。
- (4) 凸轮曲率半径（如图8所示）：反映凸轮的加工难以程度，对于平面挺柱，凸轮曲率半径不能为负值，并且不能太小，不然会不易加工。

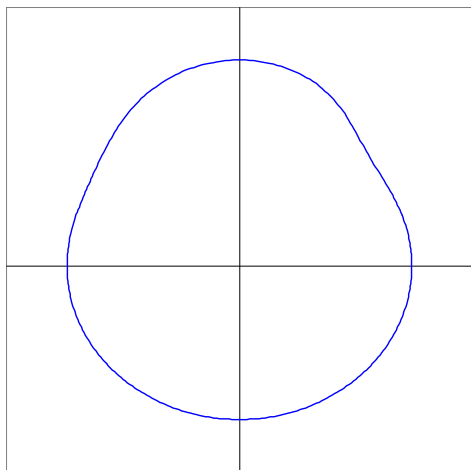


图5 凸轮型线

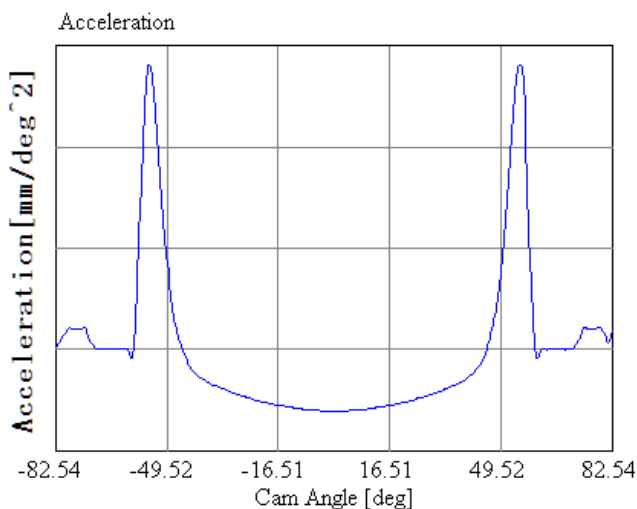


图6 气门加速度曲线

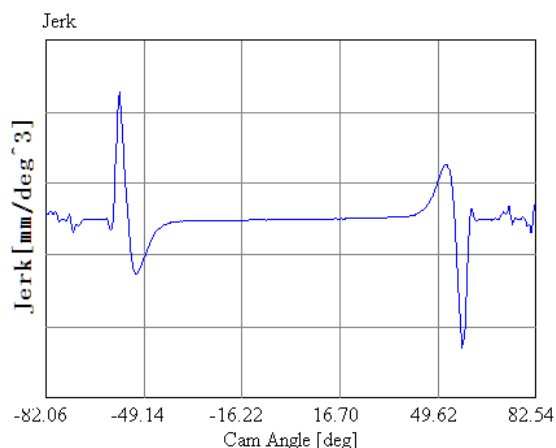


图7 跃度

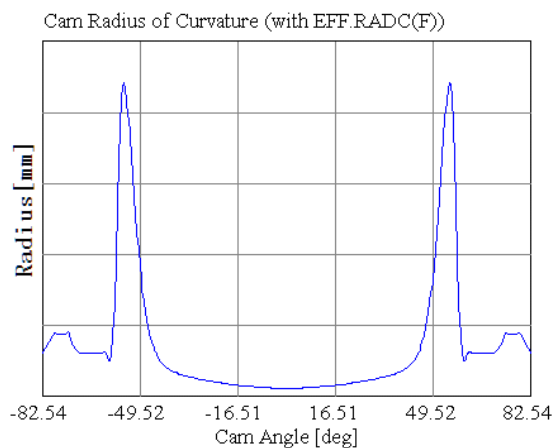


图8 凸轮曲率半径

3.3 完整配气机构动力学计算

在动力学计算中,考虑各个部件的刚度,即考虑诸如气门、阀座、挺柱之类的弹性变形,并考虑系统及部件(如弹簧)的振动给计算结果带来的影响^[2]。因此动力学计算一定程度上能更真实的反映实际的气门机构的运动状况,但是由于输入参数比较复杂,诸如阻尼、摩擦系数之类的数据难以确定,也导致动力学计算的准确性较运动学计算差,但是通过发动机的实测数据可以很好的修正我们的仿真模型,并积累相关的数据经验。

本项目中动力学计算主要关注以下三个结果:

- (1) 气门落座速度(如图9所示):主要是评价气门在关闭落座的时候是否会发生反跳情况。
- (2) 气门落座力(如图10所示):主要是评价气门在关闭落座的时候,气门对阀座的冲击力,此冲击力会加剧阀座的磨损以及产生噪音,需要控制在一定范围之内。
- (3) 凸轮和从动件的最大接触应力(如图11所示):主要是评价凸轮和从动件的接触磨损情况,不同材料允许的最大接触应力不同。

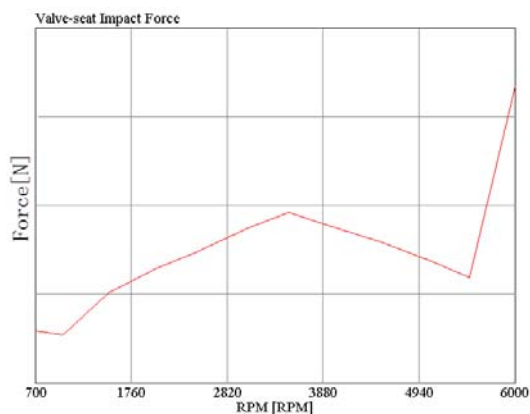


图9 气门落座力

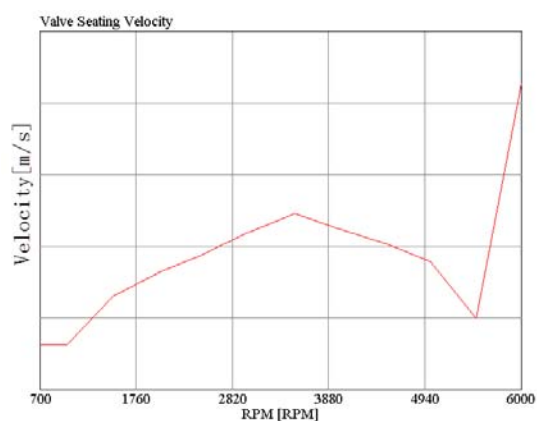


图10 气门落座速度

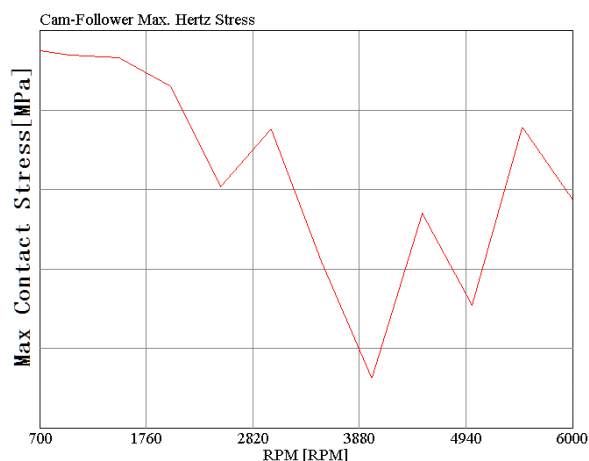


图 11 凸轮和从动件的最大接触应力

4 结语

本文利用 GT-VTRAIN 成功地对某汽油机进行了凸轮型线的改型设计，并且在发动机整机试验中，配气机构运转良好。通过本项目总结如下：

- (1) 利用 GT-POWER 和 GT-VTRAIN 可以方便地进行凸轮型线的改型设计，由于配气机构运动学和动力学并不是特别复杂的多体动力学问题，GT-VTRAIN 完全能够胜任此项工作，并且比起通用的多体动力学软件，GT-VTRAIN 提供的一维界面，极大地方便了用户进行模型搭建、参数输入以及结果输出，对于凸轮型线设计来说，是个很好的工具。
- (2) GT-VTRAIN 里的 VT-Design 可以通过控制相关参数进行凸轮型线的正向设计，为用户进行凸轮型线的全新设计提供了帮助。

5 参考文献

- [1] 杨连生. 《内燃机设计》. 中国农业机械出版社, 1986.
- [2] GT-SUITE 帮助文档。