

# 关于汽车发动机气道设计与制造技术的研究与应用现状

安 帅

周口技师学院 河南周口 466000

**摘 要:** 近年来, 汽车发动机的气道设计和制造技术发展迅速, 引起了人们的极大兴趣, 因此对其进行深入的研究具有十分重要的现实意义。汽车发动机的进气道是发动机的关键部件, 其设计和生产工艺对其性能有很大的影响。气道的设计和制造技术可以改善发动机的气道开发水平, 缩短开发周期, 改善发动机的气道性能。笔者就其自身的一些观点和体会, 希望能对今后的工作有所帮助。

**关键词:** 汽车发动机; 气道设计; 制造技术; 应用

## Research and application status of automobile engine airway design and manufacturing technology

Shuai An

Zhoukou Technician College, Henan Zhoukou, 466000

**Abstract:** In recent years, the airway design and manufacturing technology of automobile engine has developed rapidly, which has aroused great interest, so it has great practical significance. The inlet of the automobile engine is the key component of the engine, and its design and production process have a great influence on its performance. The airway design and manufacturing technology can improve the level of engine airway development, shorten the development cycle, and improve the airway performance of the engine. The author on its own some views and experience, I hope to be helpful to the future work.

**Keywords:** Automotive engine; Airway design; Manufacturing technology; Application

### 引言:

近年来, 随着我国发动机技术的不断改进和发展, 我国内燃机技术正朝着效率、可靠性、重量、油耗和排放等方面发展。气道是发动机的喉咙, 它对发动机的进气和排气的大小、方向有很大的影响, 它直接关系到发动机的油耗、烟度、功率、经济性等技术指标。所以, 在汽车工业中, 空气管道的设计和制造技术是一个非常重要的课题。

### 一、发动机气道设计与检测的流程

气道的空间位置受缸盖结构、燃油喷射系统、固定螺栓、气阀等结构的约束, 以及进气道、排气道、燃烧室的结构等因素, 在性能方面, 必须满足较高的空气膨胀系数和较小的进气阻力。但是, 这是一个无法回避的重要环节, 它直接关系到整个发动机的性能。为了获得更好的气道, 一般都是先建立一个初步的气道模型, 然后在一个稳定的平台上进行反复的实验。这是一项既费时又费力的工作, 而且只有一个可行的方案, 很难进行

多个进气道的形状方案和最佳的进气道。因此, 设计表征、结构分析性能评估、制造工艺等都是困扰设计人员的一个难题。但这也是气道产品研发中, 必须要解决的问题<sup>[1]</sup>。因此, 将反向工程技术应用于发动机进排气管道的设计。在内燃机进气道的测试中, 用常规的划痕方法不能保证制造晶粒的准确性。利用反向工程的方法, 对发动机的进、排气道进行了测量, 可以精确的测量出排气道中的任何一个位置的误差。

### 二、气道的设计与检测

#### 1. 气道的设计

在发动机的研制和生产中, 由于存在着大量的复杂的自由曲面, 所以不能用三维建模技术来实现。在确定了进气道和排气道的基本尺寸后, 设计者就着手建立第一个数字模型, 该模型只能满足发动机的结构尺寸, 而不能满足发动机的实际设计需求。

为了节省研发费用, 在完成上述的空气通道模型的高速原型前, 必须把该三维建模置于引擎特性仿真软件

(GT Power)的基准样机中进行性能分析,若系统的工作表现达不到要求,应采用计算机辅助设计(Unigraphics NX),对其尺寸及构造作适当调整;对于达到设计性能指标的进气、排气管,采用CFD软件进行计算,计算出进气阻力和进气阻力,对于不符合标准的,则回到CAD(Unigraphics NX)中进行相应的修正;在3D数字模型达到发动机性能参数、充气效率、最小进排气阻力要求后,利用三维数字模型建立了一个Rapidprototpe的模型<sup>[2]</sup>。

先将符合实际情况和充气效果的样件样品,然后用空气测试器进行实际的气路测试.若实际气路不符合,则直接对其进行修正,然后进行试验.直至达到满足要求为止。最终采用反向工程的方式将符合需求的实际气体通道构建为符合设计需求的三维数字模型。

在这一阶段,我们获得了一个实际的进气通道的实际样件,该样件可应用在汽缸罩的开发和以后的生产中,通过反向T程将该样件制成数码3D的模具。

## 2.气道的检测

在制造工艺中,发动机的进气管道要通过砂芯模具、制件砂芯、浇注等工艺,从而导致进气管道发生变形。若太大的变形,将会对整个引擎的工作造成不利的后果。为了获得高品质的汽缸头,需要对汽缸头进行必要的检查,而常规的刻痕只能探测气道的进口和进口,而对于气道中间的弯曲则不适用。

为准确地测量气道的各个部分,我们引入反向工程技术。选择气缸的毛料或已处理完成的产品,用一个圆筒做一个硅橡胶模具,用3D扫描器对它进行扫描,得到点云的资料。利用反向T程软件对气道点云进行了处理,并将其与气道三维数字模型一起输入到反向工程中,利用错误解析模型进行了测试。

## 三、传统的设计与制造过程及存在的问题

在汽车制造中,由于与其他汽车零件相比,引擎设计师们往往不能给出准确、详细的、能直接指导制造的气动结构图纸,而仅仅依靠模拟或体验来勾勒出一个大概的设计方案,然后再由测试员“试凑”出符合产品性能的管道。

它的开发流程为:

(1)将所选择的基准样品的空气道图,与已开发的样品进行相应的调整,制作出初始的进气通道,或将其直接仿制,制作成待修复试验的原型。

(2)按原气道的模式制作出气道心箱,在稳定压力实验机上进行实验,测定其旋风的大小和流速,再用人工对心箱的外形进行多次调整,直至实验结果符合设计

指标后,再将其注入至气道阳模具,也就是实验样品。

(3)对实验样品进行切片测量,绘制出气道模的基准设计图,并进行模型制造、模具制造、钳工修整、抛光。

(4)用气道模冲出砂心,铸造测试用的汽缸盖板,进行气道稳压性测试,测试通过后方可进行大型化,如有需要,应进行发动机的热机测试<sup>[3]</sup>。若测试不能通过,应对铸型进行调整,并再注入气缸进行测试。因而,常规的开发方式存在着试验、随机、重复开发、开发周期长、成本高、模具制作精确度低、可重复性差、气道型腔不平滑、铸件及模具的工艺性不佳等一大批问题。

## 四、计算机辅助气道模具设计、计算与制造

随着CAD/CAE/CAM技术的不断深入和应用,将CAD、CAE与CAM结合起来,将设计、计算和制造有机结合起来,已成为必然。利用CAD/CAE/CAM技术对气道模具型腔曲面数学模型进行研究,根据试验样件的网格节点几何信息及连续条件,采用矩形域整体造型法设计气道模具型腔曲面,通过三维流场数值模拟计算分析气道性能,得到的结果与试验结果基本一致<sup>[4]</sup>。

### 1.建立气道产品数据库

采用CNC三坐标法对已有的气道产品进行测量,得到了包括气道关键点和气道外形的3维数据,从而建立了气道数据库。在开发新的气道产品时,可以从资料库中查找相似的气道,然后由研发人员对其进行相应的调整,最终形成原始的网状。

### 2.气道曲面设计

现有获得设计数据的方法有两种:①通过对气道模型的物理表面进行测量,获得相应的数据;②从气道产品数据库中查找相似的气道,并根据这些数据,选择合适的外形造型方法,对其进行建模。气道模腔是一个复杂的自由曲面,在某些位置,由于设计要求,存在一些非连续性的问题。为了保证气流的流场特性,必须对表面的外形进行准确、真实的模拟。所以,对气道的表面网格进行合理的分割是必要的。针对气道型腔表面的特点,利用费格森以二阶导矢量为因子的二次三次样条曲线,建立了一种简单、容易模拟的气道模型模型,该模型是一种插补曲面,通过合理选择参数,可以实现对气道模型的非连续插补,并能很好地将平面和直纹面嵌入到曲面中。在成形时,可以通过对型值点和连续状态的调节来实现对表面的形状的控制<sup>[5]</sup>。

## 五、气道流动性能分析

对气道模具进行评定的原则是:优质的进气通道

必须确保燃烧器与燃料供给体系之间的最优配合,从而达到较高的产品质量要求,并且能够在大批量的情况下达到产品的加工特性。在气道和模具型心箱设计实验设计中,利用实测数据和实验数据,通过对气道流场进行分析,对气道进行优化设计,实现了气道设计、流动分析、模具型腔表面成形以及CNC程序的设计。由于计算机技术的飞速发展,数值计算手段的改进,为实现具有较高精度的流体流动提供了条件。国外也出现了KIVA、PHOENIX、FIRE等计算机软件,而我国的一些科研单位和大学也对此作了有益的探索<sup>[6]</sup>。

## 六、气道设计可视化技术研究

### 1. 三维气道流速场可视化

利用数值分析技术可以对发动机气道和缸体内部复杂的三维流场进行预报,利用紊流模型可以对气道的流场进行预报,同时也可以对一些难以测量的问题进行预测。圆柱体的三维流体数值模拟需要同时求解数万个不同的三维结点,这些结点间没有任何关联,而且气体流场中仅有一个连续的关系,不具有栅格,这就增加了求解过程的复杂性。矢量场可视化法包括流线法、刺猬法、流带法、流多边形法、纹理影射法等。除了刺猬方法以外,其它方法均采用了差分式求解,以得到合适的影像。利用上述技术实现了气道的立体流动,克服了传统的“刺猬”法难以观测到数百个点的缺点。

### 2. 软件功能

气道流动可视化的主要作用是:①采用景深刺猬法及纹理法对气道进行立体描绘,得到气道的3d流动速度分布曲线,包含气道景深及色彩刺猬图形,并对2D图形的输入方式进行了改良,增加了数值模拟的逼真性,可视图象的显示更加清晰。②能将流动区域中任何一段或某一段的速度都表示出来,从而便于设计人员更好地对所关注区域内的流动情况进行详细的研究。③为了对气流在各个部位的气流分配进行研究,可以不断地变化视角的方位。④图像转换迅速,操作快速。⑤该方法是行之有效的,能同时解决成千上万个向量集。⑥该方法能准确地反映出向量场的方向和尺寸。

在气道设定分数分析后,将最后的设计成果应用于气道的制造中。利用电脑进行的气道件可以达到较高的精确度,同时还可以保证各个汽缸的工作特性完全相同,从而为以后的模具反复加工提供了便利。与传统的机械加工工艺比较,利用电脑进行气道的生产,可以使机械效率增加5~8,尤其是改善了发动机的气道质量<sup>[7]</sup>。气道CAD生产实质上是先得到内部等距形表面,然后对内部

等距表面进行离散,这些离散的、有规则的圆点组就是型腔的走刀路径。该方法通过在初始面上的内法向上运动一个切割线。

## 七、气道设计可视化技术研究

### 1. 三维气道流速场可视化

利用该方法可以对发动机的气路和汽油机中的复杂的3-D流场进行预报,利用紊流模式可以对气流的特征进行预报,同时也可以对一些难以测量的问题进行进一步的研究。圆柱体的三维流体数值模拟需要同时求解数万个不同的三维结点,这些结点间没有任何关联,而且气体流场中仅有一个连续的关系,不具有栅格,这就增加了求解过程的复杂性。矢量场可视化技术包括流线法、刺猬法、流带法、流线多边形法、纹理影射法等。除了刺猬方法以外,其它方法均采用了差分式求解,以得到合适的影像。利用上述技术实现了气道的立体流动,克服了传统的“刺猬”法难以观测到数百个点的缺点。

### 2. 软件功能

气道流动可视化的主要作用如下:1)采用景深刺猬法及纹理法,对气道进行3维气道流动,得到气道景深及五彩刺猬图形,并对2D图形的输入法进行了改良,增强了数值模拟的逼真性,可视图象的显示更加清晰。(2)能够将流动区域中任何一段流动速度的展示,使设计人员能够更好地对所关注区域内的流动进行详细的研究。(3)为了对气流通道在各个部位的流动进行分析和观测,能够持续地变化视角的定位。(4)图像转换迅速,操作反应速度较低。(5)能够对成千上万个向量组进行处理的方法是高效的。(6)该方法可以准确地表示出该向量场的方向及尺寸<sup>[8]</sup>。

## 八、气道计算机辅助制造

在气道结构的设计和分析结束后,气道的设计成果就是最后的成果。利用电脑进行气道零件的加工,可以达到较高的精确度,同时还可以保证各个汽缸的工作特性一致,从而为以后的冲压模具提供了便利。与传统的机械制造工艺比较,采用电脑进行气道制造可以使工作效率增加1/3,尤其能够提升引擎的性能。气道CAD生产实质上是先得到内部等距曲面,然后将其离散成均匀分布的形状,这就是型腔的运动轨迹。内缩等距面的产生方法是沿着初始面上的内法向的一个切割线的运动。

## 九、结束语

近年来,汽车发动机气道设计与制造技术得到了快

速发展和广泛关注, 研究其相关课题有着重要意义。汽车发动机气道在发动机中起着重要的作用, 气道设计方法和制造技术直接影响其性能。气道设计、制造技术可以提高汽车发动机气道的研制水平、缩短研制周期, 使发动机气道性能得以提高。因此, 如今我们应该重视汽车发动机气道设计与制造技术, 使社会向更繁荣的方向发展。

**参考文献:**

[1]佟德辉, 李国祥. D615系列发动机气道的改进[J]. 发动机工程, 2015(03): 19—21.

[2]夏兴兰, 陈大陆, 王胜利. 发动机气道性能的评价方法[J]. 现代车用动力, 2017(02): 7—12.

[3]马勇, 王振, 喻昆, 张军瑞, 杜柏超. 车用发动机进气道优化设计及性能研究[J]. 汽车技术, 2019(05):

49—52.

[4]李玉峰, 王子玉, 姜莉, 等. 发动机进气道流动特性评价的新方法[J]. 发动机工程, 2015, 36(06): 53—59.

[5]王樵, 马朝臣, 施新. 应用三维CFD计算发动机进气门流量系数[J]. 车用发动机, 2015(06): 18—20.

[6]赵宏林, 冯涛, 侯细林. 汽车发动机零件的快速制造[J]. 制造技术与机床, 2016(07): 24—26

[7]李瑶, 史东明, and 梅学朝. “汽车发动机气道设计与制造技术的研究与应用.” 工业, 2(2017): 030-030.

[8]扈圣刚. 汽车发动机气道CAD技术研究.[D]. 2018. (Doctoral dissertation, 武汉汽车工业大学, 武汉理工大学).