

文章编号: 1000-8055(2000)03-0298-05

数据通信模式及其在面向对象的航空发动机性能仿真系统中的应用

唐海龙 张 津

(北京航空航天大学 404 教研室, 北京 100083)

摘要: 本文在分析了航空发动机的仿真原理及实现数据共享的几种方法后, 提出了端口字典的概念。分析比较了在不同通信模式下建立的航空发动机仿真系统的优缺点。结果表明建立在端口字典加双端口/连接器通信模式基础上的仿真系统具有逻辑清晰、使用简单的优点, 简化了编程, 节约了时间, 提高了仿真模型的可靠性, 并且更具可扩展性。

关键词: 数据通信; 模式; 发动机; 性能; 仿真

中图分类号: TP15

文献标识码: A

1 前言

对航空发动机的性能进行数值模拟, 实际上就是求解一组非线性方程组。由于该方程组不能被显式的列出, 只能沿发动机流程进行计算才能得出残量和试取值之间的关系。然后根据残量和试取值之间的关系解出发动机的状态。

在发动机流程计算过程中, 要计算各个截面的气动热力参数, 在对后面的部件进行计算或解算发动机模型时将用到这些参数。在传统的航空发动机性能仿真模型中, 这些参数被设为全局变量, 构成了仿真模型的数据结构。这样, 虽然各截面的气动热力参数性质相同, 但由于发动机结构类型不同, 需要定义的全局变量也不同。这种数据结构无法适应面向对象的可扩展的航空发动机性能仿真系统。在面向对象的编程技术中, 简单的数据封装很难解决航空发动机仿真领域中数据前后影响和部件对象间数据共享这样的问题。

2 端口字典的提出

Brain P. Curlett 和 Jack J. Gould^[1]使用了一种方法来解决上述问题, 他们用 C++ 中定义结构的方法构造了一种变量类型, 该变量类型可以

包含数值类型、注释、限制值、方法等。该变量对象可以被归档到数据明细表或数据字典中(以后统称为数据字典)。数据字典提供了一套数据存取函数和确保数据完整性的机制, 能够方便地定义和归类数据。

Brain P C 和 Jack J G 强调了使用面向对象的方法编写的数据字典有着以下几个方面的优势: (1) 程序员只需对数据字典中的数据对象进行一次查询, 然后将保存数据对象的地址, 这样无需通过数据字典就可以直接对数据对象进行操作。(2) 通过对已有数据类型的继承可以容易地生成新的变量类型。(3) 数据字典本身可以是一个变量, 可以被存储在其他数据字典中。

其实, 一般的面向对象的编程都具有后两个优点, 对于第一个优点, 在 Brain P 等的系统中也有一定的局限性。由于关键字和数据对象一一对应, 所以部件越多, 每个部件的变量越多, 关键字也就越多, 建立一个庞大的全局数据字典会给检索速度和可靠性带来不利的影响。Brain P. Curlett 和 Jack J. Gould 提出可以对重要部件建立自己的数据字典, 可以在构造部件对象时载入该数据字典, 并从数据字典中获取数据的地址。但文件形态数据字典的存在会给编程带来一定的复杂性并制约仿真系统的灵活性。

收稿日期: 1999- 07- 28; 修订日期: 1999- 09- 10

作者简介: 唐海龙(1973-), 男, 北京航空航天大学 404 教研室, 博士生

本文在对航空发动机的仿真原理进行充分的分析后,发现发动机各部件需要共享的参数可以分为两大类。一类为气路参数,包括工质的总温、总压、静温、静压、总焓、静焓、总熵、静熵、质量流量、比热比、密度、油气比、定容比热;另一类为机械参数,包括功、转速、惯性矩、齿轮比率。并且,在气路上存在联系的部件要共享第一类参数中几乎所有的参数,在机械上存在联系的部件要共享第二类参数中所有的参数。

同时,为了建立扩展灵活、高效专用的面向对象的航空发动机性能仿真系统,应该采用完全自我包容的部件对象模型^[4,5]。部件的所有机械和气动热力或化学等过程都被假设是在一个控制体中完成的,部件间的所有质量和能量的交换都是通过控制体边界截面的“端口”进行的。

因此,本文提出可以把这些参数用两个“端口”类(气路端口和机械端口)进行封装,然后建立起关键字和端口类的映射关系,这样就构造了一个端口字典。程序员通过查询关键字可以得到端口的地址,然后可以直接操作端口中的数据。这样可以大大减少关键字的数目并且使程序员免去了编写文件形式数据字典的工作,有利于缩短编程的时间和提高程序的可靠性。

3 数据通信模式的比较和选取

数据通信的模式直接影响到整个仿真系统的性能及构架方式,因此要慎重选取数据通信模式。Brain P C 和 James L F^[2]分析了以下 4 种数据通信方式: (1) 单截面/单数据集模式; (2) 单截面/双数据集模式; (3) 智能连接器/双数据集模式; (4) 双端口/智能连接器模式。

在第一种数据通信模式中,部件之间截面唯一并且只拥有一套数据,这种模式简单,占用内存少、执行速度快,在绝大多数航空发动机性能仿真程序中被广泛地使用,但它不适合于复杂的系统。在第二种数据通信模式中,部件之间截面唯一但拥有两套数据,分别和上、下游部件发生关联。这种模式可以在截面(或称站点)上进行误差计算,在分布式系统中,截面所拥有的两套数据可以分别处于两台不同的计算机中,而截面将用作连结两套数据的远程连接器。在第三种数据通信模式中,数据转化部件(把一维数据转化为二维数据)被集成在连接器中,而在前两种方式它是以单独的部件形式存在的。这种模式从用户的角度来看似乎简化了仿真系统,但是数据交换和数据转化

的耦合使得连结器的设计变得复杂。减去数据转化这一功能后这种模式实际上就相当于第一种模式。在前三种通信模式中,部件并不拥有自己的边界截面,所以并不是纯粹的面向对象的结构。在第四种数据模式中,部件能够拥有、创建并删除自己的边界截面,尽管这种方式对于简单发动机循环而言显得有点复杂,但它解耦了部件模型和数据处理,因此在理论上这种仿真系统具有更好的扩展性。

鉴于以上分析,本文借鉴了第一种和第四种数据通信模式(省去了数据转化功能并用端口字典代替了数据字典)构架了两套仿真系统进行了比较分析。图 1 显示了这两种数据通信模式,其中, A 和 B 表示两个部件, D 表示数据集(或端口)。

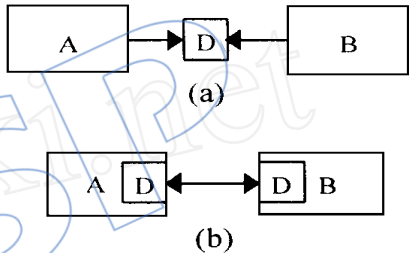


图 1 简化的(a)单截面/单数据集模式和(b)双端口/连接器模式

应用这两种通信模式来构架仿真系统时,仿真问题域的部件对象模块分别如图 2 所示。

从图 2(a)可见,在单截面/单数据集通信模式中,端口是发动机描述类 CEngineContext 的一部分,它和部件处于相同的状态。在建立仿真模型时,将根据发动机的类型来确定部件及端口的内容和数目。因此,在 CEngineContext 类中,要有建立端口字典、部件字典以及端口和部件关联的机制。与图 2(b)相比,在这种通信模式下建立的本地仿真系统中没有相应的连接器部件。从这套系统实际完成后的效果来看,CEngineContext 类中包含有一套复杂的逻辑结构和方法,这种逻辑结构和方法与物理意义上的发动机有着密切的联系,将直接影响部件类和端口类的内容和构建方法。在这种系统中,部件、端口、发动机描述及具体发动机有着比较大的耦合作用,当需要对这套逻辑结构所不能涵盖的新概念发动机建立仿真模型时,整个仿真系统从顶层结构至具体实现都可能改变。用这种通信模式可以实现仿真程序的专用性,但无法满足仿真系统的扩展性。因此,在单

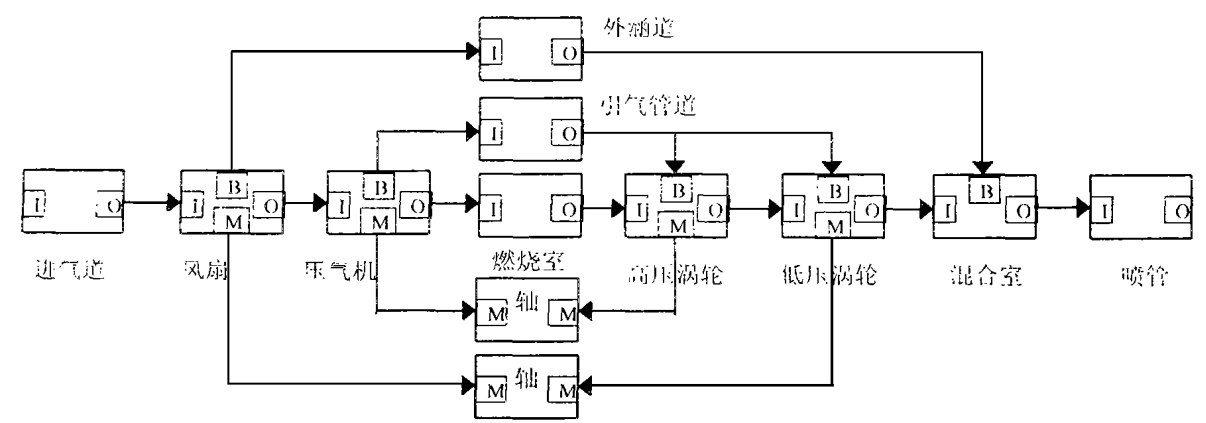


图 3 双端口/连接器通信模式在某推进系统仿真模型中的应用

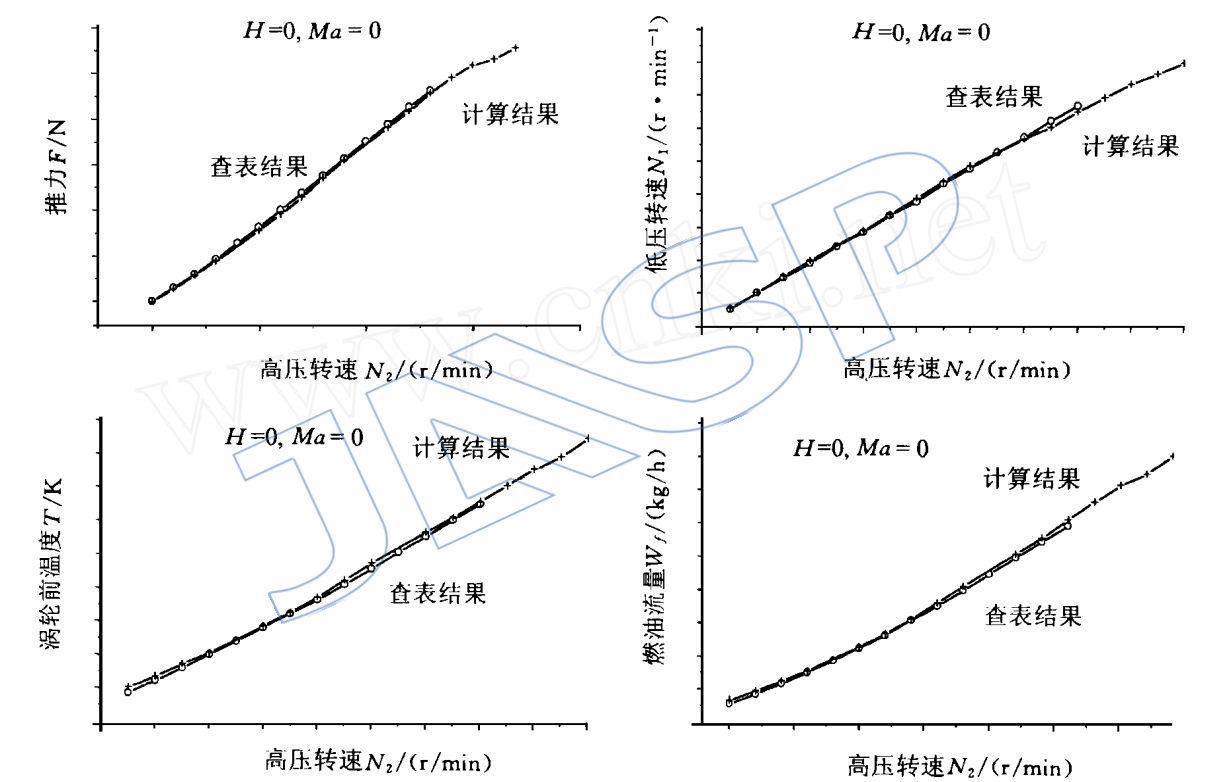


图 4 仿真模型校核

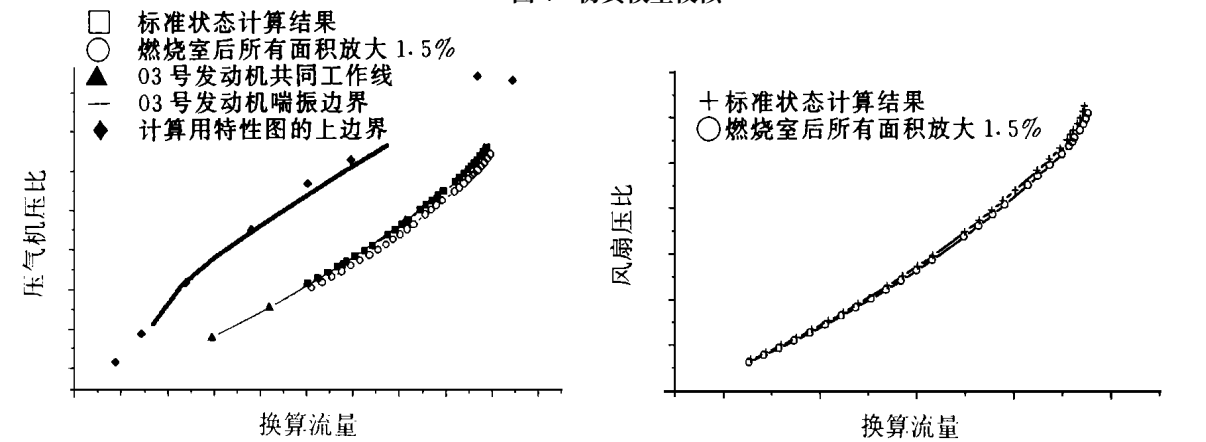


图 5 数字试车调整仿真

5 结 论

本文分析了对象间数据通信的几种模式,并采用了其中有代表性的两种通信模式,分别建立了仿真系统(或称应用程序框架)进行了比较分析,结果表明使用双端口/连接器通信模式建立的仿真系统具有逻辑清晰、使用简单的优点,并且更具可扩展性。端口字典概念的引入简化了编程,节约了时间,提高了仿真模型的可靠性。

参 考 文 献

- 1 Curlett B P, Gould L J. Flexible Method for Inter-Object Communication in C++ [P]. NASA-TM-106315, Nov., 1994
- 2 Curlett B P, Felder J L. Object-Oriented Approach for Gas Turbine Engine Simulation. NASA-TM-106970, 1995
- 3 唐海龙, 张津. 面向对象的航空发动机性能仿真程序的设计方法研究[J]. 航空动力学报, 14(4): 421-424

(责任编辑 王震华)

Data Communication Model and Its Application in Object-Oriented Aeroengine Simulation System

Tang Hailong, Zhang Jing

(4th Dept Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083, China)

Abstract A new concept "port dictionaries" is proposed, based on the analysis of the aeroengine simulation theory and common-used data shared models in aeroengine simulation programs. Several data communication models are analyzed and their advantages and disadvantages are compared. The results indicate that the aeroengine simulation system built on the two-port/connector model with the induction of port dictionaries is superior in logical clarity, enhances reliability and extensibility.

Key words: data communication; aeroengines; performance; simulation

(The Chinese text of the following abstract is printed in P295-297)

Estimation of response Power Spectrum of Panel Structure under Acoustic Loads

Cao Maoguo, Li Lin

(4th Dept Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083, China)

Abstract An estimation of the response of panel structure under acoustic loads is based on the linear vibration theory and research of the dynamic response of panel structure. The joint acceptance has been used to consider the relative effect between the acoustic wavelength and the structure modal wavelength. The method is able not only for a single panel but also for complexity panel structure. This method is based on modal analysis, and the contribution of each modal is taken into account. The coupling degree between acoustic wavelength and structure modal wavelength is considered, finally the total response spectrum of panel structure has been obtained.

Key words: acoustic fatigue; panel structure; power spectrum