

面向航空发动机的质量数据及管理体系结构的分析研究*

Analysis and Research on Aeroengine Quality Data and Management System Structure

西北工业大学管理学院 何超 李强

[摘要] 航空发动机质量的好坏直接影响飞机飞行的可靠性,本文研究了航空发动机全寿命周期过程中产生的各种质量数据;为了有效集成和共享数据信息,以发动机的组成要素为依据,对数据信息进行分类分析,并将质量信息分为产品类、组件类、零件类;最后建立了质量数据信息系统体系结构,实现了航空发动机质量数据从采集、分类、传递到共享达到集成化的管理。

关键词: 可靠性 质量数据 分类 信息系统体系结构

[ABSTRACT] The quality of aeroengine has a direct impact on the reliability of the aircraft, a variety of quality data which are from the life cycle of aeroengine process are studied. In order to be effectively integrated and shared the information, in accordance with the aeroengine components, collected data and information is classified and analyzed, then quality data and information can be divided into product class, part class and work piece class. Finally quality information system structure is established, which realizes that aeroengine quality data integrates management from the collection, classification, to the sharing.

Keywords: Reliability Quality data Classification Information system structure

质量控制就是通过采取一定的方法使产品的质量特性符合规定的标准或为了达到质量要求所采取的作业技术和活动^[1]。航空发动机作为飞机的重要组成部分^[2],是飞机的“心脏”。对航空发动机质量的控制可保障其在飞行过程的安全性和可靠性,此外保证发动机安全工作和降低成本成为研制新一代航空发动机的重要研究内容之一^[3];而有效对航空发动机全生命周期质量数据管理是提高航空发动机可靠性

的基础,也是为研制新型发动机提供数据来源。本文按照 ISO9001 标准,研究了航空发动机的质量数据来源,提取了全寿命周期中的数据,以实现质量信息的横向可追溯^[4];为了有效集成和共享数据信息,以发动机的组成要素为依据,对提取的数据进行分类分析,并将质量数据分为产品类、组件类、零件类质量信息;最后建立了质量数据信息系统体系结构,从而实现了质量控制的实时化、透明化和全面化^[5]。

1 航空发动机质量数据来源

航空发动机质量数据是指航空发动机在需求分析、设计、制造、使用、服务和维修等过程中产生的一系列关于发动机质量数据的状态、变化及其与各种有关因素之间关系的数据、报告和资料的总称。其主要包括数据信息的采集、数据信息的分类、数据信息的表达与传递和数据信息的反馈(图 1)。

根据航空发动机的设计开发过程质量数据信息流,航空发动机的质量数据信息主要来源于以下 5 个方面。

(1) 发动机整体级质量数据信息,指决定和影响产品整体质量的工程技术参数数据集合;整体级质量信息主要包括在对客户需求分析的基础上获取工程特性,生成质量计划和质量目标;在质量目标的支持下,将发动

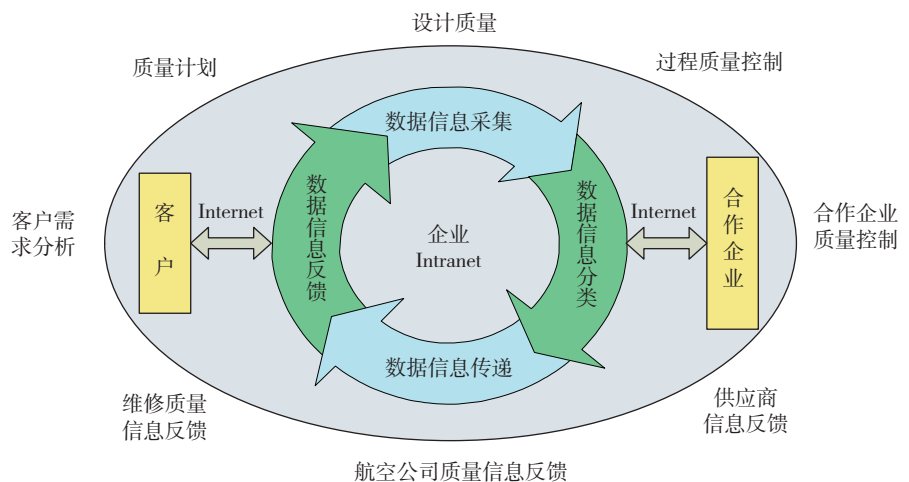


图1 航空发动机质量数据信息流

Fig.1 Information flow of aeroengine quality data

* 国家自然科学基金(70771089)资助。

机的功能质量要素转化为结构质量要素,并对发动机结构装配方案进行初步质量分析与评估。

(2) 发动机设计工艺级质量数据信息,指构成发动机组件、零件的设计工艺质量指标,设计工艺质量与发动机整体级质量之间的关系参数数据集合;发动机设计工艺级质量数据信息是在发动机整体级质量功能和结构的要求下,对发动机工程图纸、加工工艺流程等的设计。其主要包括组成发动机的组件和零件的质量信息,如零部件所选取的材料特性、零部件形状、尺寸、精度、技术要求、结构质量评价指标等特征参数,以及设计组件与组件、组件与零件、零件与零件之间的装配关系等;此外也包括设计质量指标对发动机整体性能影响的初步推理判断而派生出的相关文件资料,该阶段的质量数据信息主要用来支持下游制造阶段的质量控制。

(3) 发动机制造级质量数据信息,指发动机在制造装配过程中,装配线的特征、工具、夹具和过程等影响发动机整体级实现的参数数据集合。该阶段的质量数据信息主要来自3方面的信息:a.在设计阶段确定的发动机结构本身的质量参数集合,因为结构本身的设计对最终制造质量起着关键作用,所以结构本身的设计信息也是构成制造质量信息的主要组成部分;b.在制造过程中产生制造质量信息主要包括车间加工人员的工作素质、设备加工能力和加工环境以及质量特征值的检测方法等信息;c.在制造质量控制过程中所派生出的质量信息,主要有零部件检测结果、不合格品的统计、工序质量控制数据、工艺过程状态、制造进度调整情况、质量事故分析处理报告和质量冲突削减方法等^[6]。

(4) 发动机使用级质量数据信息,指发动机在使用过程中,对发动机的整机、分系统及各零部件的工作状态进行监视而产生的数据集合;主要包括通过空地数据链下行的原始报文、由厂家健康监控系统根据原始报文产生的性能参数和机械参数、起飞数据、巡航数据、振动数据,以及航线故障信息、滑油消耗量、金属污染物分析、孔探信息、基线信息及初始值等基础信息^[7];此外,由这些基础信息对航空发动机性能分析评价而派生出的相关信息以及对设计制作部门提出的反馈的信息等。

(5) 发动机维修级质量数据信息,指发动机在定期大修和常规小修的过程中产生的数据集合;主要包括每次修理后的构型清单、服务通告状态清单、适航指令状态清单、车间故障记录、报废件记录、采用的PMA (Parts Manufacturer Approval) 件记录、DER (Designated Engineering Representative) 修理记录、修理进程、试车数据、维修成本和周转件库存等数据信息^[2]。此外,根据这些维修信息对航空发动机性能分析评价而派生出的相关信息以及对设计制作部门提出的反馈信息等。

所以从航空发动机产品的质量数据信息来源看,其数据具有多维性、演化性和系统性3大主要特点。多维性主要表现在发动机在设计开发使用等过程中涉及数据种类的多样性上;演化性主要体现在发动机整体级向设计级的分解和由设计级向制造装配级的映射过程中;系统性主要体现在发动机在使用维修过程中产生的各种质量数据逆向反馈到设计制造过程,使发动机质量数据从设计到维修再到设计达到一个闭环的系统。

2 航空发动机质量信息数据结构分析

为了最大限度地减少冗余,有效地集成和共享,以及为后续建立发动机质量数据信息系统体系结构提供基础,必须根据数据的特点以及需要将采集到的数据信息进一步抽象,并在此基础上进行分类分析。根据航空发动机的组成(图2),发动机的质量一方面由组件和零件质量决定,另一方面由组件与组件、组件与零件、零件与零件之间的装配质量决定。所以航空发动机整体级质量信息也就包括这2方面。

对于组件和零件的质量信息主要指的是构成组件零件所选取的材料性能特性、加工工艺流程方法、车间加工人员的工作素质、设备加工能力和加工环境以及质量特征值的检测方法等信息;对于装配质量信息主要指零件与零件的间隙和配合区段长度、零件与零件的紧固方法,装配路径以及装配过程工夹具的相关信息。

对于这两方面的信息涉及的信息数量巨大、种类繁多,根据发动机的组成要素将该信息集合分为发动机产品类质量信息、组件类质量信息、零件类质量信息,每一类质量数据又可继续分为关系类和数据类,数据类进一步分为属性类和文档类。属性类用于存储结构化质量信息数据;文档类用于存储非结构化质量数据信息;关系类主要用来描述组件与组件、组件与零件、零件与零件之间的关系。具体如图2中蓝框:A-0、A-1、A-2。

根据发动机的组成要素将质量数据分为发动机产品类质量信息、组件类质量信息和零件类质量信息,这种分类存储方法不仅方便不同的人员根据不同的需要提取各自所需的信息,而且有利于对质量问题的原因追踪查询、分析,实现发动机从整机、组件、零件以及整机装配全过程的精细化管理。

3 质量数据信息系统体系结构

根据航空发动机数据信息的来源、分类存储的方法、管理的需要以及面向对象的信息系统开发思想,建立了质量数据信息系统体系结构(图3)。

质量数据信息系统是基于现代质量管理理论、现代信息理论,将客户、合作企业、制造企业通过计算机网络

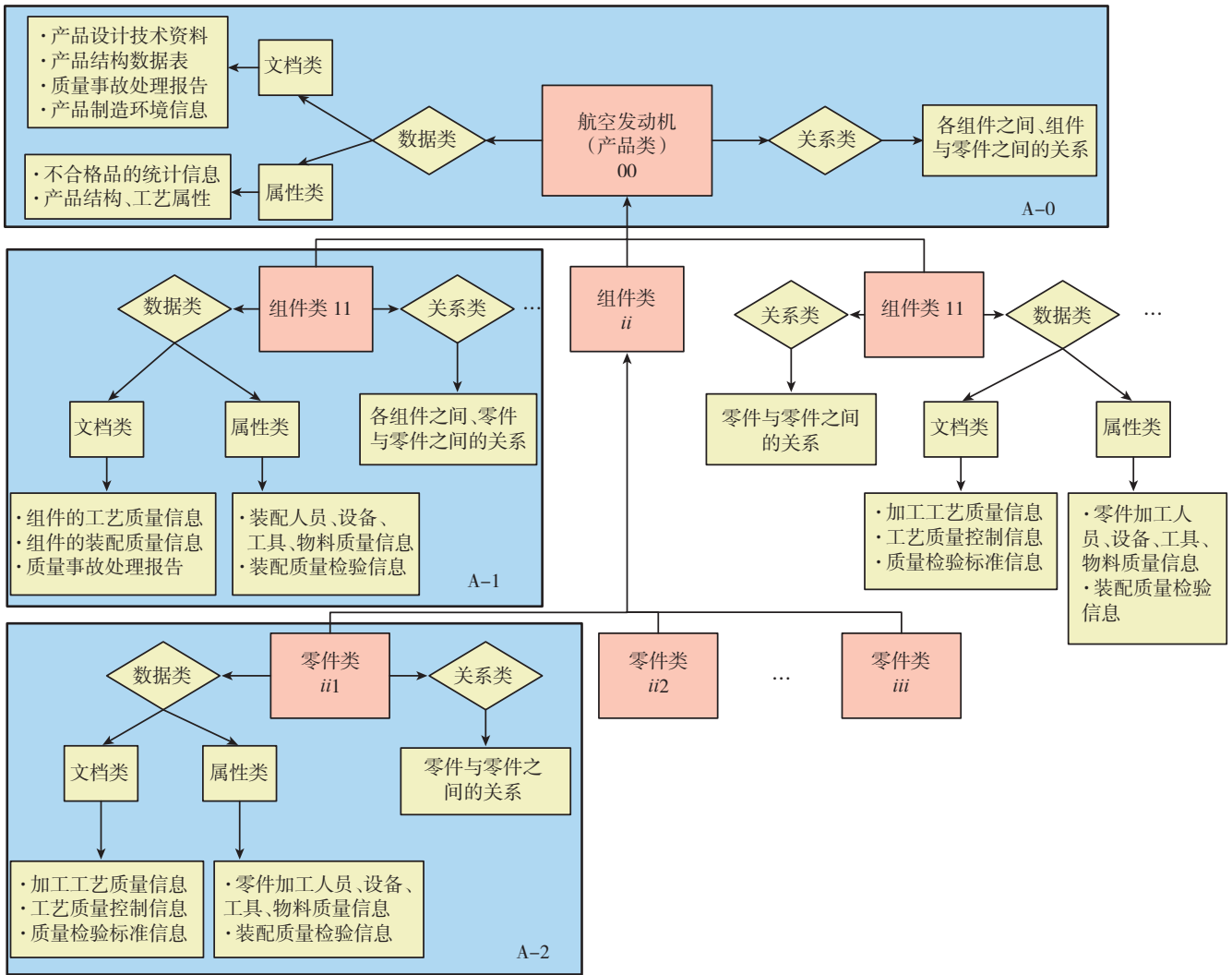


图2 航空发动机质量信息数据结构分析
Fig.2 Aeroengine quality information data structure analysis

联系起来,实施质量信息数据采集、分类、传递,有效实现质量信息的共享和反馈,在一定范围内构建具有系统结构的质量管理网络;该体系结构是以一定的数据模式定义和描述在需求分析、开发设计、工艺规划、加工制造、检验装配、使用维护的整个生命周期中关于发动机的质量数据内容、质量管理数据关系、质量管理活动以及质量数据表现的一种体系结构。

根据上面质量数据信息系统体系结构,可以看出面向航空发动机的质量数据信息系统体系结构包括数据层、业务层、表现层和访问层4层组成。

数据层采用大型数据库分别存储不同的数据信息,系统管理数据库是用来组织和管理该系统的运行,比如权限管理、更改管理等系统功能;发动机采集信息数据库是用来采集各种数据信息,并对采集数据信息进行分类分析;发动机可靠性数据库则是数据层的核心数据库,该数据库一方面存储的是有关发动机的标准数据信

息,另一方面则是与采集来的新数据信息进行比较,诊断新数据的合理性和准确性,进而为不同的部门提供决策支持信息。

业务层是整个信息体系的核心所在,该层通过客户质量反馈、设计质量保证、工艺质量规划、采购质量控制、制造质量控制和使用维修质量反馈等业务过程,针对不同业务过程所对的业务对象,采取不同的业务活动提取了不同的质量数据信息;该过程的划分直接关系数据采集的准确性,进而影响数据层数据的准确性。

表现层是通过可扩展标记语言(Extensible Markup Language, XML)将采集数据信息进行封装,并转化为可识别的各种文件资料(如Office文档、图文文件等资料),并发布到系统共用的信息平台上,供不同访问者下载各自需要的数据信息。

而访问层则是该信息系统优势的显性体现。不同的访问者根据不同的访问权限提取各种所需的数据信

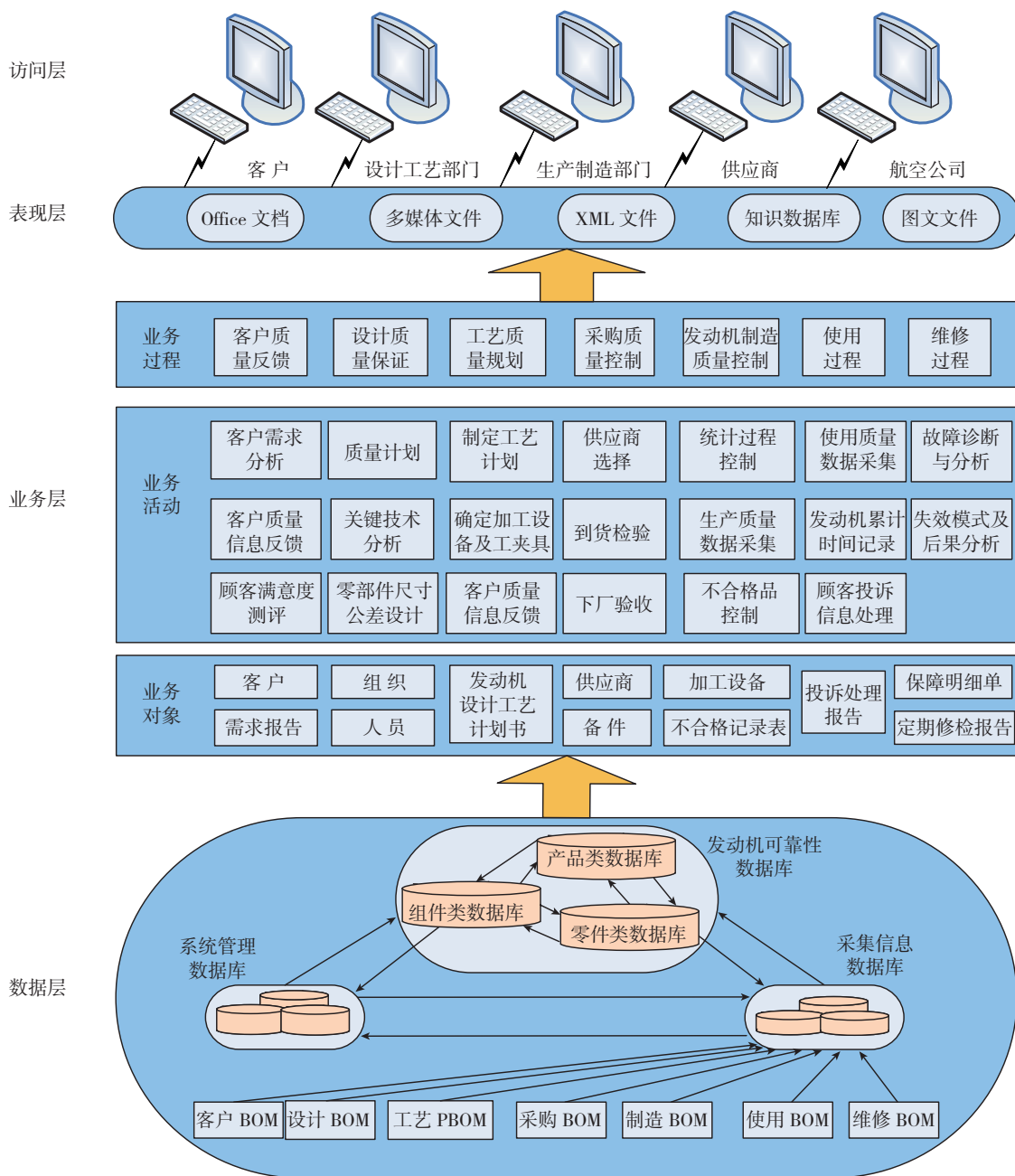


图3 质量数据信息系统体系结构

Fig.3 Quality data information system structure

息,并通过该信息系统进行沟通,实现企业内部、企业与供应商、企业与航空公司之间信息的高效传递,并同时提供产品运行反馈数据,支持产品的持续改进^[8]。

参考文献

- [1] 方喜峰,赵良才,吴洪涛.基于数据挖掘的产品质量控制建模方法.机械工程学报,2005,41(5): 20-24.
- [2] 钟诗胜,付旭云,丁刚.面向航空公司的发动机维修数据管理模型.计算机集成制造系统,2010,16(5):1096-1102.
- [3] 姜彩虹,孙志岩,王曦.航空发动机预测健康管理系统设计的关键技术.航空动力学报,2009,24(11): 2589-2594.

- [4] Jansen V M H, VanDorp C A, Beulens A J M. Managing traceability information in manufacture. International Journal of Information Management, 2003,23(5):395-413.

[5] 贾晓燕,杨晓英.产品质量管理信息系统总体设计.制造业自动化,2010,5(32): 31-33.

[6] 蒋增强,刘明周.基于EIM的制造数据管理模型研究.组合机床与自动化加工技术,2004(11): 96-98.

[7] 钟诗胜,栾圣罡.面向航空发动机全寿命周期管理的航线数据处理系统.计算机集成制造系统,2006,12(8):1273-1278.

[8] Lee S G, May S, Thimm G L, et al. Product life cycle management in aviation maintenance, Repair and Overhaul. Computers in Industry,2008,59(2):296-303.

(责编 三丰)