

DOI: 10.19416/j.cnki.1674-9804.2023.03.003

基于 SX000i 的商用航空发动机运维支持 数据管理系统架构概念设计

邱国强* 黄 飞 刘旭东

(中国航发商用航空发动机有限责任公司, 上海 200241)

摘 要: 商用航空发动机(简称“发动机”)运维支持领域涉及的数据来源广泛、类型多样。为了合理有效地收集、管理并应用这些数据,最大限度地发挥数据蕴藏的价值,未来需要设计与构建发动机运维支持数据管理系统,建立运维支持数据收集、处理及应用能力,从而更好地为发动机交付后提供运维支持服务,也可发动机的设计优化、工艺改进、试验试飞等提供重要数据支撑。基于国际标准 SX000i,结合发动机运维支持领域特点,研究并设计了发动机运维支持数据管理系统总体概念架构,并对系统的功能架构、技术架构以及系统接口等内容做了进一步阐述,为将来发动机运维支持数据管理系统开发奠定理论基础,为发动机投入运营后产生的多源、异构运维支持数据在利益相关方之间交换与反馈提供支撑。

关键词: 航空发动机;运维支持;数据管理;系统架构

中图分类号: V37

文献标识码: A

OSID:



0 引言

商用航空发动机(以下简称“发动机”)运维支持领域数据来源广泛、类型多样。为了合理有效地收集、处理并反馈这些数据,解决多源异构数据在利益相关方之间交换的问题,深度挖掘数据蕴藏的价值,需要设计与构建发动机运维支持数据管理系统,实现运维支持数据管理及应用能力,从而提高发动机运维支持水平,并为发动机设计优化、工艺改进等提供重要支撑。

1 SX000i 标准概述

欧洲航空航天与防务工业协会(Aerospace and Defence Industries Association of Europe,简称 ASD)、美国航空航天工业协会(Aerospace Industries Association of America,简称 AIA)、美国航空运输协会(American Translators Association,简称 ATA)及相关工

业单位联合组织发布的 S 系列标准是目前国际上唯一覆盖产品全生命周期综合保障的体系性标准,其涉及的技术资料、物料保障、综合保障分析、预防性维修、使用及维修数据反馈、用户培训等均是产品综合保障领域的基本要素。其中,SX000i《综合产品保障国际规范》作为 S 系列标准的顶层指导性规范^[1],其提供了一个产品综合保障领域的总体框架,定义了产品不同生命周期阶段建议开展的综合保障活动,给出了管理产品综合保障数据的方法等。通过应用 SX000i 标准,可以指导开发与实施综合产品保障方案,确保数据在不同综合保障要素和利益相关方之间安全地交换与共享,从而提高产品运行及维修效率,降低产品支持成本,满足利益相关方需求。

2 总体架构设计

麦肯锡声称:“数据已经渗透到当今每一个行

* 通信作者。E-mail: qiuquoqiang@126.com

引用格式: 邱国强,黄飞,刘旭东. 基于 SX000i 的商用航空发动机运维支持数据管理系统架构概念设计[J]. 民用飞机设计与研究,2023(3):17-22. QIU G Q, HUANG F, LIU X D. Conceptual design of operation and maintenance support data management system architecture for commercial aero-engine based on SX000i[J]. Civil Aircraft Design and Research, 2023(3):17-22(in Chinese).

业和业务职能领域中,成为重要的生产因素。人们对于大数据的挖掘和运用,预示着新一波生产力增长和消费盈余浪潮的到来”^[2]。SX000i 为发动机运维支持领域业务设计与开发提供重要参考,为数据在发动机运维支持全生命周期内安全地交换与反馈提供了借鉴。基于 SX000i,发动机运维支持领域主要涵盖产品保障管理、设计接口、维护维修、航材保障、技术资料、技术支援、用户培训、保障设备、后勤相关使用等业务要素。发动机运维支持数据(见图 1)主要囊括了三部分:发动机工程设计与生产制造等领域传递至运维支持领域的数据,例如:二维图形、三维数模、系统/结构/性能设计文件、接口控制文档、实物状态构型表、装配工艺方案等;发动机运维支持领域产生的数据,包括技术资料(如发动机维修手册、图解零件目录)、航材保障数据(如初始推荐清单)、维修数据(如维修任务分析报告、修理级别分析报告)、培训数据(如培训大纲、培训课件)等;发动机交付客户运营后产生的数据,例如:适航指令及服务通告贯彻情况、维修记录、部件拆装记录、故障报告、机队可靠性数据、维修成本数据、孔探报告等。

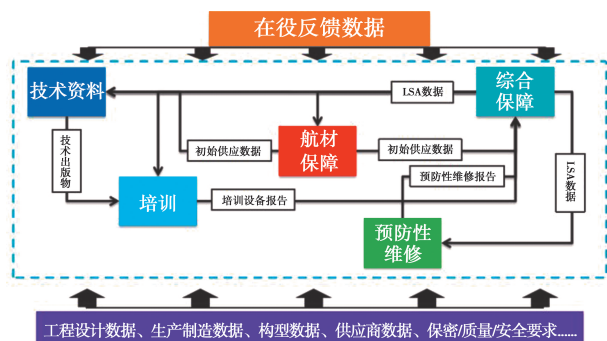


图 1 基于 SX000i 的发动机运维支持领域涉及数据示例

基于发动机运维支持领域涉及的主要数据,以及数据收集、管理及应用需求,研究并设计发动机运维支持数据管理系统总体概念架构(见图2)。其中,系统功能主要包括采集、存储、分析和反馈。数据采集功能分为结构化数据、半结构化数据和非结构化数据的采集;数据存储功能包括数据分类与存储,数据添加、删除与修改,数据查询与展示等;数据分析功能提供指标选取、数据分析等;数据反馈功能包括数据统计、数据监控、数据应用服务等。为了实现上述功能,系统需要具备数据

采集、存储、分析、反馈等技术。其中,数据采集技术包括 ETL(extract transform load)、图像识别、音频识别等;数据存储技术包括 SQL(structured query language)关系型数据库存储、HDFS(hadoop distributed file system)分布式文件存储;数据分析技术则包括数据挖掘和机器学习等技术;数据反馈技术包括二维图形、三维模型、虚拟现实等。系统接口主要分为运维支持领域内部及外部的接口。其中,内部接口包括运维支持领域产品保障管理、航材保障、技术资料、用户培训、保障设备、技术支援等系统接口,外部接口包括发动机主制造商设计研发与生产制造等领域的供应商、航空公司及维修单位等的接口。

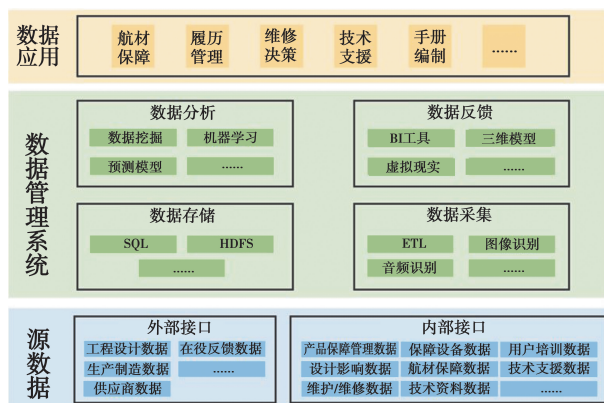


图 2 运维支持数据管理系统总体概念架构示例

3 功能架构设计

基于总体架构设计的主要内容,本节对运维支持数据管理系统的采集、存储、分析与反馈功能(见图3)展开描述。

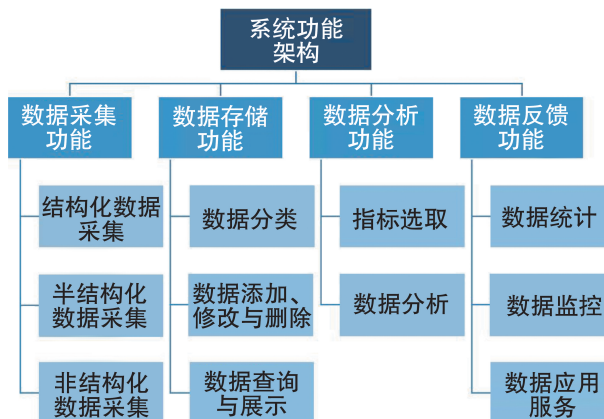


图3 运维支持数据管理系统功能架构示例

3.1 数据采集功能

发动机运维支持数据管理系统涉及的数据按照格式分为结构化、半结构化和非结构化数据。结构化数据指从利益相关方获取的以及在数据库系统存储的数据。对于这类数据,系统数据的自动化抽取、加载与清洗,将不同系统中数据整合到运维支持管理系统中。半结构化数据是从利益相关方收集的 EXCEL、XML 等格式数据,系统通过解析模板和清洗规则,实现半结构化数据的结构化转化。非结构化数据是指从利益相关方收集的音频、视频、图片、文档等形式的数据,系统提供纸质文档表单的扫描和电子文档、图片等非结构化数据的批量导入、清洗等功能,实现从不同利益相关方获取的非结构化数据的结构化转换及批量导入,例如将维修工卡、孔探报告等数据的结构化转化,并通过识别文件中的关键字段与结构化数据进行关联。

3.2 数据存储功能

运维支持数据管理系统可以将不同来源、不同类型的数据进行解析、清洗并存储,同时满足兼容性、可用性、可靠性等要求。通过采取合理、安全、有效的方式,形成统一的数据存储方法与标准,并能够保障用户及时有效访问。数据收集至系统后,系统具备对数据查询、修改、添加、删除、分类及展示等能力。其中,数据展示以结构化的方式展现系统内数据并支持查看数据信息,包括数据内容、存储信息、属性信息、依赖关系等。数据查询根据查询项可以检索到符合查询条件的数据信息。数据分类对数据进行分类管理,形成包括维修数据、航材数据、培训数据等主题数据。

3.3 数据分析功能

运维支持数据管理系统数据分析功能是通过建立科学合理的统计与分析方法、结合数据统计与分析智能工具,对运维支持数据进行统计并分析,挖掘数据中蕴含的价值,达到描述当前现状和预测未来趋势的目的。基于用户对于运维支持数据的分析需求,系统具备选取不同的关键要素及指标的功能,并针对关键要素和指标利用面向不同应用场景的智能化分析工具来实现高效、准确的数据分析能力。

3.4 数据反馈功能

运维支持数据管理系统的反馈功能可以将运维支持数据资产及数据分析结果可视化反馈相关

需求方,为不同用户提供有效支持。数据反馈包括数据统计分析、数据监控、数据应用服务等功能。数据统计分析建立数据资产目录,让用户快速获知系统内数据资产的来源、使用情况等,从而快速了解数据应用价值。数据监控提供运维支持数据使用情况监控,包括数据的查询情况、下载次数等,了解数据被使用的频次和效率,可视化展示数据的使用及存储情况等。数据应用服务向用户提供数据视图、报表、可视化模型等功能。

4 技术架构设计

数据是大数据技术的基础,科学合理地运用大数据技术,有助于将繁杂的工作具体化,进一步提升工作效率与准确性^[3]。大数据技术主要包括数据采集与传输技术、数据存储技术、计算与处理技术、查询与分析技术 etc 方向。本节针对运维支持数据管理系统所涉及的技术开展研究(见图4)。

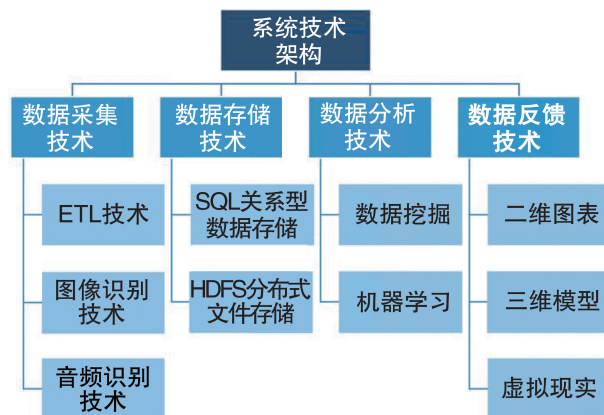


图4 运维支持数据管理系统技术架构示例

4.1 数据采集技术

数据采集技术可以解决传统数据收集中数据难统一、汇总繁琐、分析复杂等问题,可在短时间内收集整理数据,有利于提高工作效率^[4]。运维支持数据管理系统采集技术基于不同类型数据,主要有针对结构化数据的 ETL 技术、针对非结构化数据的图像识别技术、音频识别技术等。其中,ETL 技术用来进行数据的抽取、转换、处理与装载^[5],可以将数据从航空公司、维修单位、供应商等利益相关方系统抽取、转换并加载至运维支持数据管理系统。图像识别技术可以基于不同的场景和需求,通过识别并捕捉相关对象的特征信息,对识别内容进行处理与分析^[6],可以识别维修记录、工作单卡、孔探照片

等各种不同模式的目标和对象。音频识别技术通过自动识别和理解过程把驾驶舱语音或客舱语音等信号转变为相应的文本或命令。

4.2 数据存储技术

数据存储技术作为大数据关键技术之一,呈现出众多不同的存储方式与类型,应用于不同场景的各类数据库源源不断产生^[7]。数据库主要分为关系型存储数据库以及非关系型存储数据库。运维支持数据管理系统利用不同数据存储技术对数据进行解析、清洗、存储与管理。对于结构化数据,系统采用关系型 SQL 数据库存储。关系型数据库建立在关系型数据模型的基础上,其存储数据采取行和列的形式,以表为基本单位。系统利用 HDFS 分布式文件存储系统存储如文档、图片等非结构化的数据。

4.3 数据分析技术

运维支持数据管理系统利用数据挖掘、机器学习等技术开展数据分析。其中,数据挖掘技术是利用特定运算方法在指定的数据挖掘任务中找出想要的数据类型,即从海量数据信息中挖掘出隐藏其中的特定信息^[8]。运维支持数据挖掘技术是从大量的、随机的运维支持数据中提取隐含在其中的、预先不知道的信息的技术。机器学习基于海量训练数据,通过模拟大脑学习过程,进一步构建深层次模型来学习数据中隐含的信息,其利用大数据来学习特征从而刻画数据内在信息,最终提升预测精度^[9]。机器学习可以自动分析运维支持数据并获得规律,基于不同规律可以对未知数据进行预测。

4.4 数据反馈技术

数据反馈的可视化技术是研究如何将数据转变为数据视觉表现形式的技术^[10]。数据可视化技术的应用持续发展,对数据可视化可以解释为:通过特定的工具以标签、图表、模型等任何使信息易被理解的方式展现数据。数据可视化技术不仅能够帮助数据的呈现,而且对发现数据中蕴含的信息也有着举足轻重的作用^[11]。运维支持数据借助报表、二维图形、三维模型、虚拟现实等技术手段,清晰、准确、高效地将信息进行展示与传达,将运维支持数据的内容及属性以多维形式展现出来,并通过不同的维度对相关数据开展更深层次地研究与分析。

5 系统接口

发动机运维支持数据管理系统接口的建立是运维支持数据在不同业务之间有效交换与反馈的前提。系统的接口主要包括运维支持领域内部接口以及外部接口两大部分(见图5)。其中运维支持领域内部接口主要是与运维支持各业务系统之间的接口,而外部接口是与工程设计、生产制造、供应商等系统的接口。

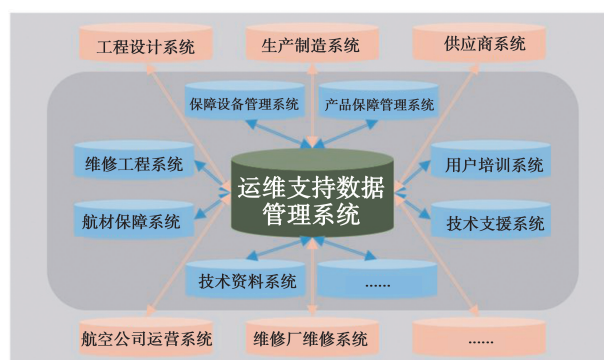


图5 运维支持数据管理系统接口示例

5.1 内部数据交换接口

运维支持数据管理系统的内部接口主要是与发动机主制造商运维支持领域内各个数字化系统建立接口,实现不同业务系统数据的统一交换与共享,提高数据的准确性,确保数据的唯一性。运维支持数据管理系统的内部接口包括但不限于:

1) 与产品保障管理系统建立接口,交换包括但不限于运维支持方案、运维支持计划、发动机在役构型信息、服务合同管理报告、机队管理报告、运维支持活动管理报告等数据;

2) 与航材保障管理系统建立接口,交换包括但不限于库存报告、报价单、供应订单、交货单、发票、供应信息等数据;

3) 与技术资料管理系统建立接口,交换包括但不限于技术出版物等数据;

4) 与用户培训管理系统建立接口,交换包括但不限于培训设备需求、培训设备报告、培训课程报告、培训计划、培训需求分析报告、培训课件等数据;

5) 与保障设备管理系统建立接口,交换包括但不限于保障设备需求分析、保障设备计划等数据;

6) 与设计影响管理系统建立接口,交换包括

但不限于后勤保障分析数据、生命周期成本报告、特性工程报告等数据;

7) 与维修管理系统建立接口,交换包括但不限于维修方案、维修计划、预防性维修任务要求、维修报告、修理级别分析报告、维修任务分析报告等数据;

8) 与技术支援管理系统建立接口,交换包括但不限于工程技术方案、设计更改建议、工程更改请求、运行符合性报告、工程技术分析报告等数据。

5.2 外部数据交换接口

运维支持数据管理系统的外部接口主要是与运维支持领域外部的数字化系统建立的接口,实现工程设计、生产制造、供应商、航空公司等领域或单位的数据及时、高效地传递到运维支持领域各业务需求方,为数据在不同利益相关方之间的交换及反馈搭建途径。运维支持数据管理系统的外部接口包括但不限于:

1) 与主制造商工程设计数据管理系统建立接口,交换包括但不限于发动机的二维图形、三维数模、系统/结构/性能设计文件、接口控制文档等数据;

2) 与主制造商生产制造数据管理系统建立接口,交换包括但不限于实物状态构型表、装配方案、装配工艺等数据;

3) 与发动机系统/部件供应商数据管理系统建立接口,交换包括但不限于系统/部件原理说明、功能描述、结构描述等数据;

4) 与运营人的使用及维护数据管理系统建立接口,交换包括但不限于发动机在役构型数据、适航指令/服务通告执行情况、故障数据等;

5) 与整机及部附件维修单位的维修数据管理系统建立接口,交换包括但不限于发动机构型数据、维修数据、孔探数据、试车数据等。

6 结论

本文研究并设计了发动机运维支持数据管理系统的总体概念架构,并对系统的功能架构、技术架构及接口进一步展开研究与分析。运维支持数据管理系统功能架构包括数据采集、数据存储、数据分析和数据反馈功能;技术架构包括数据采集技术、数据存储技术、数据分析技术、数据反馈技术;系统内部接口主要分为运维支持领域内部及外部接口,内部接

口包括产品保障管理、航材保障、技术资料编制、用户培训、保障设备、技术支援等系统的接口;外部接口包括与主制造商的设计研发与生产制造等领域、供应商、航空公司及维修单位的接口等。本研究可以为将来构建发动机运维支持数据管理系统、提前构建发动机运维支持数据管理能力奠定理论基础。

参考文献:

- [1] AeroSpace, Security and Defence Industries Association of Europe (ASD). International specification for Integrated Product Support (IPS): SX000i Issue 3. 0 [S]. [S. l.]: AeroSpace, Security and Defence Industries Association of Europe(ASD), Aerospace Industries Association of America, 2021. <https://www.sx000i.org/docs/SX000i%20Issue%203.0.pdf>
- [2] 程学旗,靳小龙,王元卓,等. 大数据系统和分析技术综述[J]. 软件学报, 2014, 25(9): 1889-1908.
- [3] 陶一江,张璟艳. 大数据技术与航空维修工作管理实践结合[J]. 中国航班, 2021 (25): 53-55.
- [4] 田肖,杨帅鹏,贾会梅,等. 基于大数据的智能数据采集及可视化分析系统设计与研究[J]. 电子测试, 2022 (16): 64-65; 76.
- [5] 黄继鸿,赵新华,王强. 信息采集技术研究与应用[J]. 航空科学技术, 2014, 25(6): 43-46.
- [6] 白艳,郭艳辉. 基于人工智能的图像识别技术分析[J]. 电视技术, 2022, 46(8): 140-143.
- [7] 张宇宏,张俊玲,杨延嵩. 大数据存储技术分类模型构建[C]//中国计算机用户协会网络应用分会. 中国计算机用户协会网络应用分会 2020 年第二十四届网络新技术与应用年会论文集. [S. l. : s. n.], 2020: 32-36.
- [8] 陈鑫,魏菲. 基于数据挖掘技术的工业企业信息化管理研究[J]. 现代工业经济和信息化, 2022, 12(6): 198-199.
- [9] 雷亚国,贾峰,周昕,等. 基于深度学习理论的机械装备大数据健康监测方法[J]. 机械工程学报, 2015, 51(21): 49-56.
- [10] 马庆峰,徐磊,王庭钧. 大数据可视化技术在保定·中国电谷的应用研究[J]. 通讯世界, 2017 (5): 192-193.
- [11] 张浩,郭灿. 数据可视化技术应用趋势与分类研究[J]. 软件导刊, 2012, 11(5): 169-172.

作者简介

邱国强 男,硕士,工程师。主要研究方向:民用航空发动机运行及维修数据。E-mail: qiuguoguoqiang@126.com

黄 飞 男,硕士,工程师。主要研究方向:民用航空发动机运行支持。E-mail: huangfeismail@163.com

刘旭东 男,硕士,工程师。主要研究方向:民用航空发动机维修支持。E-mail: lxd5758206@163.com

Conceptual design of operation and maintenance support data management system architecture for commercial aero-engine based on SX000i

QIU Guoqiang* HUANG Fei LIU Xudong

(AECC Commercial Aviation Engine Co., Ltd, Shanghai 200241, China)

Abstract: The field of operation and maintenance support for commercial aero-engines (hereinafter referred to as “engines”) involves a wide range of data sources and types. In order to collect, manage and apply these data reasonably and effectively, and maximize the value of the data, it is necessary to design and construct an engine operation and maintenance support data management system in the future, establish the ability to collect, process, and apply operation and maintenance support data, so as to better provide operation and maintenance support services for the engine after delivery, and also provide important data support for engine design optimization, process improvement, test flight, etc. Based on international standard SX000i and combined with the characteristics of engine operation and maintenance support field, this paper studies and designs the overall conceptual architecture of engine operation and maintenance support data management system, and further expounds the system’s functional architecture, technical architecture and system interface, which lays a theoretical foundation for the development of engine operation and maintenance support data management system in the future. It provides support for the exchange and feedback of multi-source and heterogeneous operation and maintenance support data between stakeholders after the engine is put into operation.

Keywords: aero-engine; operation and maintenance support; data management; system architecture

* Corresponding author. E-mail: qiuguoqiang@126.com