

基于信息资源管理的制造企业数据集成规划的研究

撰文 / 沈阳黎明航空发动机（集团）有限责任公司 鲁玉峰 李丹 王硕

从某制造企业信息资源管理对数据集成内容要求的总体角度出发，研究了多信息系统环境下，复杂产品制造企业数据集成实现过程中面临的问题及对数据集成规划需求的迫切性，提出了制造企业数据集成规划总体内容、数据交互信息模型、制造数据信息模型和企业数据服务管理平台构建要求等，并给出了企业数据集成规划的实施示例。

一、引言

企业的信息化历程是一个逐步发展和不断完善的过程。近年来，随着航空制造企业中各个业务处理信息系统的深入应用和业务数据处理量的增长，航空制造企业信息化正面对着如何实现企业全局信息的统一整合、利用和协同等问题的挑战，尤其是大数据技术和智能制造的发展对我国航空发动机产品制造企业的系统集成规划提出了更高的要求。

数据集成是指把不同来源、不同格式和具有各自特点的数据在逻辑上或物理上有机地集中，从而为企业所有业务应用系统提供全面的数据共享。数据集成是应用集成和功能集成的基础，也是企业信息资源开发与利用的重要条件。航空发动机产品制造过程复杂、数据管理复杂和系统间关联性复杂等特点，使企业数据集成历程中面临着越来越多的异构信息系统构建，越来越严重的数据不一致性，以及越来越复杂的系统接口关系等技术与管理问题的挑战。本文基于某制造企业（下称某企业）航空发动机复杂产品制造数据集成的实施历程，从信息资源利用与开发角度出发，研究制造企业数据集成规划的必要性和方法，探讨了用户数据视图管理模型、BOM 数据关联信息模型、系统数据交互信息模型及企业数据服务管理平台等规划内容和示例，希望能为航空发动机及复杂产品制造行业的数据集成规划与实施提供借鉴。

二、企业数据集成规划必要性

近年来，某企业在不断推进 PDM（产品数据管理）、ERP（企业资源计划）、MES（制造执行系统）、TDM（试验数据管理）及 MRO（维修与保障）等各业务应用系统的信息集成，例如企业内 PDM、ERP 和 MES 三大应用系统间信息集成和各业务系统与人力资源系统实现人员信息集成等。基于诺兰模型的企业信息化现状分析，现企业信息化处于控制转向集成的关键转折阶段，并将逐渐向成熟期发展，由数据运营向运营数据转化，迈向智能化企业，如图 1 所示。

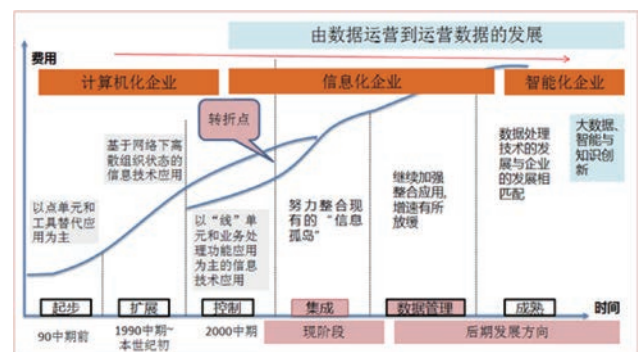


图 1 某企业基于诺兰模型下的两化融合发展历程与方向

云计算、大数据、物联网和移动互联等新一代信息技术推进了工业变革，新一轮工业革命的核心是智能制造。企

业数字化、网络化和信息化是实现智能制造的支撑环境，而信息集成和数据管理则是企业走向智能制造的必由之路和重要基础，如图 2 所示。



图 2 企业智能制造的支撑环境与基础条件

某企业数据集成工作取得了一定的进展和成果，但其进程缓慢与管理困难，并已成为企业信息化深入的瓶颈问题。作为应用集成和功能集成的基础条件的“数据集成”的缺失，阻碍了我国信息资源规划的发展。企业数据集成的实施要有一个统筹和长效机制的保障，需要企业全局数据集成规划蓝图的引领和支撑。数据集成作为企业信息资源管理的重要基础，其系统工程方法的研究和顶层规划已成为企业的迫切需求。

三、企业数据集成面临的问题

企业各业务应用信息系统的业务域、数据表达、系统框架和软件开发技术等都有所差异，数据集成实现的集成模式、接口技术和交互格式等不统一，使企业数据集成面临着在数据、接口和系统不同层面问题的挑战。

1. 数据表达的集成间隙问题

(1) 数据结构间隙：如企业各业务处理系统之间 BOM 数据表达不统一和不关联，使数据集成出现数据结构间隙，信息系统间无法实现基于 BOM 的业务数据直接转接和共享。

(2) 数据语义间隙：企业各业务处理系统之间共享数据名称不一致或编码不统一，如不同系统的产品属性批号、批次、批次号为同一数据内容的不同名称，使数据集成出现语义间隙，信息无法直接对接和传递。

(3) 数据逻辑间隙：企业各业务处理系统之间集成信息逻辑不统一，如物料追溯信息定义存在炉批号、序列号不唯一性，使数据集成出现信息关联逻辑间隙，信息发生逻辑

错位和无法传递。

2. 数据集成过程管理问题

(1) 数据集成接口方法与技术的统一问题：系统集成数据接入方法的采用可能会因开发人员能力、软件系统结构及项目合同管理等不同而存在差异，这种数据集成接入方法不统一和不确定性将使企业数据集成的接口技术管理和维护愈加困难。

(2) 接口数据管理缺失问题：伴随着企业信息系统应用增加和数据集成的增多，系统接口数据量愈来愈大、数据流信息越来越复杂，使企业集成数据管理和维护愈加困难。

3. 信息系统的“自由发展”问题

(1) 以业务需求为主导的企业信息系统“自由发展”导致企业各业务系统数据集成的兼容性和可扩展性受到挑战，部分系统不能满足企业数据集成的整体要求。

(2) 各业务信息系统在企业全局数据管理内容上存在重叠、空缺或数据交互界定不清等问题，如产品制造质量数据在质量系统、MES 系统和制造数据归档系统的分布与共享如何统筹问题。

四、企业数据集成规划的总体思路

20 世纪 90 年代米歇 (Mische) 在诺兰模型基础上提出：作为前后两个阶段的集成与数据管理其实是不可分割的，集成阶段的实质和主要特征恰恰就是以数据集成为核心的数据管理，信息系统的整合和数据的管理合为一体。企业信息系统数据集成的过程不能只孤立的关注于某一局部或某一层面的数据集成，影响制造企业数据集成实施的因素是多方面的，包含集成数据对象的表达、数据交互的集成方法、系统构建的可集成性及企业数据服务的可管理等，而且它们之间是相互关联和作用的。从企业集成数据表达可交换性角度，不仅要有用户数据视图（表单、报表格式等）的规范化，还需要对企业全局数据及组织模型规范定义；从企业数据集成过程可管理性角度，既要规范企业数据集成实现方法或技术应用，又要实现对系统接口数据的统筹管理；从信息系统可集成性角度，不只是实现当前业务数据集成需求，还要考虑数据集成内容的未来整合、重用、拓展和运维管理；从企业信息资源管理实施角度，既要制定数据集成规范和管理流程，又需要数据服务管理技术支撑其实现。

企业数据集成规划总体思路是：基于企业信息资源管

理需求总体框架，以企业数据有效共享和管理为核心，对集成实现与数据管理一体化规划，明确企业数据需求和规范定义、数据集成接口管理要求和系统集成框架技术要求等，并构建企业数据服务管理平台，支撑企业数据集成信息化进程。基于信息资源管理的企业数据集成规划内容主要体现在四个方面。

(1) 数据管理规划：解决企业数据应用需求和表达的管理问题。

(2) 集成过程管理：解决数据集成实施运维与接口数据管理问题。

(3) 系统体系结构要求：解决信息系统数据模型稳定性和可集成性问题。

(4) 数据服务管理平台：解决企业全局数据管理和数据服务落地的问题。

其中企业数据集成对信息系统体系结构要求的总体内容是：以基于服务的信息访问为导向，构建松耦合的企业信息系统集成架构模式，提高企业信息系统集成的可维护性、灵活性和可扩展性。系统体系结构基本要求是具有包括用户界面层、业务逻辑层和数据存储层等多层体系结构设计，并数据存储层采用数据持久化技术实现。本文以下侧重探讨数据管理规划、集成过程管理和数据服务管理平台内容。

五、企业数据集成规划主要内容与示例

1. 数据管理规划

(1) 数据管理规划内容。

美国著名数据管理专家威廉·德雷尔名言是：没有卓有成效的数据管理，就没有成功高效的数据处理，更建立不起来整个企业的计算机信息系统。数据管理规划是基于企业业务数据全面分析和整理归纳，形成企业顶层数据管理总体需求和信息系统遵循的规范化数据定义，有效保障企业数据的完整性、一致性和规范性，为后续的数据集成提供重要前提条件。数据管理规划实施内容有以下几方面。

- ① 面向业务主题的数据管理范围与粒度大纲确定。
- ② 用户视图（如表单类数据）应用分析与分类定义。
- ③ 全局数据价值性、正确性、完整性和一致性审定。
- ④ 数据元、分类编码和数据模型的规范化定义。
- ⑤ 数据定义、生成、存储、应用和维护方法与制度的建立。

(2) 企业数据视图管理模型与示例。

企业数据视图管理是将企业不同层面、不同业务域和不同形式的数据内容（用户数据视图、数据元素、全局数据、数据映射和数据源等）进行有机关联和全局统一性管理。企业数据视图管理模型是企业数据视图管理的逻辑关系总体表达，是企业实施数据管理规划的重要内容之一。图3所示为企业数据视图管理模型，其中企业数据定义映射关系如图4所示。



图3 企业数据视图管理模型

数据元(业务域)	数据元(映射)	数据元(全局)	业务域关联指数	表关联指数
检验员	检验员	检验员	4	243
检验人员		检验员		
检验员盖章		检验员		
检验员检验印章		检验员		
检验员章		检验员		
检验员检验结果	检验结果	检验结果	3	15
结果		检验结果		

图4 企业数据定义映射关系示例

(3) BOM 数据关联信息模型与示例。

航空发动机产品结构和全生命周期管理过程的复杂性，再加之信息化对 BOM 数据的正确性、一致性和完整性的要求，又注定了 BOM 是一个难点问题。BOM 是发动机产品数据管理的组织核心，也是实现企业数据集成贯通的桥梁。BOM 信息伴随着企业产品制造过程在产生、传递和演变，如图5所示。BOM 数据关联信息模型是基于 BOM 对企业制造过程中各业务数据有机组织及不同业务 BOM 有机关联的逻辑定义，是实现企业信息集成的关键核心。图6为企业制造实物 BOM 数据与产品工艺 BOM 数据关联信息模型定义的示例。

2. 集成过程管理

(1) 集成过程管理内容。

数据集成过程管理是对企业已规划数据的集成过程规范管理，即对企业数据集成总体方案要求内容的规范管理，

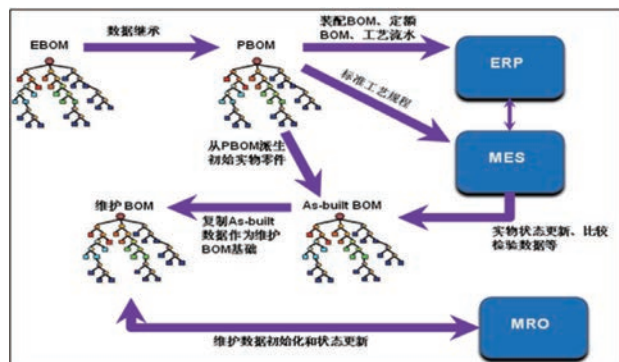


图5 产品生命周期 BOM 演变过程示例

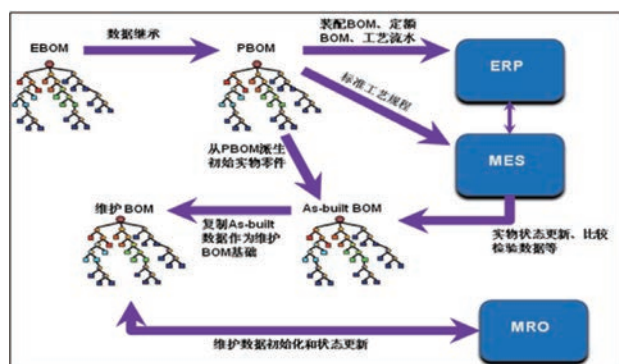


图6 BOM 数据关联信息模型示例

以提高企业数据集成运维与接口数据管理的能力。数据集成过程管理内容要求有以下几点。

- ①数据集成业务分析：明确集成业务范围、数据接口平台、系统接口网路关系。
- ②集成信息模型定义：明确系统之间数据集成接口信息关系。
- ③数据接入方法规范：企业数据集成接口方法与模式的统一管理。
- ④数据接口信息管理：实现集成过程管理内容的信息管控。

(2) 系统集成信息模型与示例。

以某企业ERP系统和MES系统数据集成为例，说明系统集成信息模型定义的要求内容。

在明确数据集成业务范围、数据接口平台（数据库接口表、访问用户及权限等）和接口网路关系的基础上，形成ERP与MES集成信息模型。图7为ERP与MES之间集成业务模型，图8为ERP与MES之间集成信息模型。在ERP与MES的数据集成接口中，需要ERP向MES传送制造工单和库存信息，需要MES向ERP反馈投料信息、报废

信息和完工信息等。

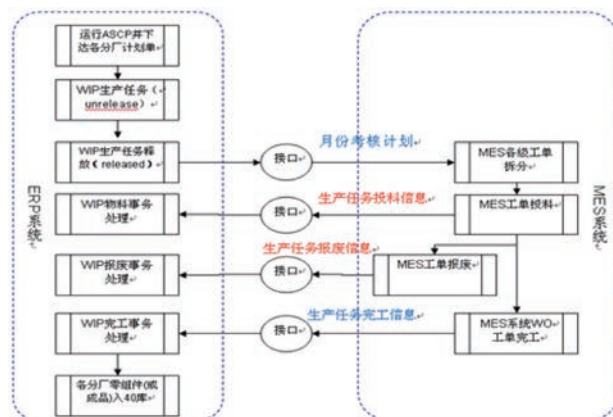


图7 ERP与MES集成业务模型示例



图8 ERP与MES集成信息模型示例

(3) 接入方法规范管理。

企业数据集成过程中可采用的实现方法或技术具有多样化选择。例如，数据集成接口方法有数据库表、中间表或视图、存储过程、Web Service和XML文件等接入方式，并各有适合环境条件和特点。数据集成过程有的采用是单一方法，如基于数据库连接的中间表方式，有的则是采用复合方式，如基于ESB（企业服务总线）以调用Web service传递XML文件的交互数据方式。企业数据集成过程方法或技术多样化给企业数据集成运维和管理带来较大困难。

在保障已有系统运行的基础上，考虑企业信息集成全局效能、管理和未来发展要求等，企业制定了数据接入方式和模式规范管理内容，对其管理总体要求有两点。

- ①信息系统之间数据交互采用数据接口程序调用方式（存储过程、Web Service等接口程序的调用）；若系统数据库表数据量大，且采用数据接口程序调用方式进行数据查询和读写效率明显受限，可采用直接连接数据表或其它有效方式；对于非结构化数据（如工艺规程、质量报告和图像文

件等），采用文件传输方式交互。

② 企业内信息系统数据集成时，要优先采用基于 ESB 的数据接入模式；避免对大文件、大数据量的信息以企业服务总线的方式传输，以免占用过多的网络带宽。

(4) 数据接口信息管理。

系统接口信息管理是对数据集成过程管理内容的信息实现管控，降低企业数据集成接口管理的复杂性，提高企业数据开发与利用效率。数据集成接口信息管理主要包括三方面要求：系统接口总图、系统接口识别表和集成接口管理。

① 系统接口总图：企业各业务域信息系统之间接口数据关联流图。

② 系统接口识别表：即系统接口总图的具体属性信息表，包含系统接口主题、接口程序、接口表或视图定义、接口数据属性、接口责任划分、接口方法及状态等数据接口说明信息。

③ 集成接口管理是对企业数据集成接口申请、变更和故障处理的管理，以确保对企业信息系统集成接口正确使用和运维。

3. 数据服务管理平台

数据服务管理平台是解决企业全局数据管理和数据服务落地的问题。通过数据服务管理平台为企业共享数据规范使用、数据集成过程管理、信息资源开发利用和系统运维提供数据服务和管理支持。企业数据服务管理平台构建的思路是：从企业信息资源管理和智能制造发展的需求出发，以元数据管理技术为平台支撑框架，既要解决目前企业数据管理急需内容（如数据规范、信息共享和系统运维），又要满足企业智能制造发展的需求，逐步推进企业数据服务管理内容。数据服务管理主要开展工作内容有四项。

① 实现基于企业信息资源管理的企業全局制造数据管理，包含企业制造数据管理规划大纲、面向业务应用的用户数据视图、全局制造数据统一规范、数据分析需求等，为公司信息资源集成和大数据战略提供元数据管理基础。

② 实现对企业信息系统数据字典的管理，包含企业主要信息系统的数据库 / 表 / 属性基础信息管理，提高公司信息系统运维开发能力和效率。

③ 实现对企业主要信息系统集成接口数据及关联流图的管理，降低企业数据集成接口管理的复杂性，提高企业数据共享利用的开发与应用效率。

④ 形成企业元数据管理模型定义和平台化管理。

企业数据服务管理平台主要包含元数据模型管理、数据规范管理、数据字典管理、数据地图管理等数据服务功能模块，如图 9 所示。

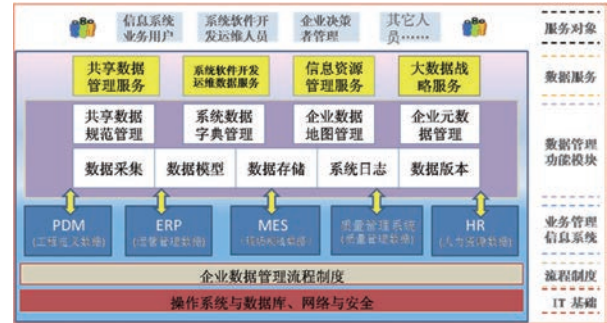


图 9 企业数据服务管理平台框架示例

六、结语

智能制造是中国制造企业新的发展战略目标，但其需要一个逐步发展的过程来实现。企业信息化基点不同，所调的调不同，但其本质基本一致，既提高两化融合效能和占领先进制造体系制高点。

从信息化角度，企业生产活动的本质就是一个数据采集、传递和加工处理的过程，形成的产品可被视为“数据”物化的表现。“三分技术、七分管理、十二分数据”是企业实施信息化箴言。某企业信息化进程发展到了集成和数据管理的关键阶段，推进过程中面临一些难点、挑战和困惑。本文作者老调“新”谈，是从基于企业信息资源管理的集成与数据管理统一协同的视角来讨论企业数据集成问题，并根据实践给出部分示例。企业基于信息资源管理的数据集成规划与实施还有许多挑战，且我们还在不断探索，在此愿与同仁交流，共同推进我国制造企业两化融合的深入。IM