

文章编号: 1005-8451 (2017) 07-0021-04

# 动车组健康管理信息化系统的研究

吴洪文, 任丛美, 阴俊轩

(中车唐山机车车辆有限公司, 唐山 063035)

**摘要:** 结合当前国内动车组健康管理的信息化管理现状, 对动车组健康管理信息化建设的工作思路进行研究分析, 并对动车组的健康管理平台建设提出建议。

**关键词:** 构型管理; 数字化运维; 动车组

**中图分类号:** U266.2 : TP39 **文献标识码:** A

## EMU health management information system

WU Hongwen, REN Congmei, YIN Junxuan

(CRRC TANGSHAN CO. LTD., Tangshan 063035, China)

**Abstract:** This article mainly combined with the current status of information management of domestic EMU health management, studied and analyzed the thought on the information based construction of EMU health management, proposed suggestions for the construction of EMU health management system.

**Keywords:** configuration management; digital operation and maintenance; EMU

近年来中国高铁事业取得了飞跃式的发展, 已经从最初的技术引进、联合生产制造阶段, 逐步到技术标准制定、输出的历史转变。目前, 中国轨道交通装备动车组正在全面开展设计开发、生产制造、运营维护和高级修等各个环节的工作。动车组全生命周期的健康管理是中国高铁行业必须要解决的重要课题。当前进行此课题研究的不仅包含中国铁路总公司、各铁路局、动车段(所)等运维单位, 还包括动车组制造企业、高等院校及相关科研单位等。

本文重点围绕动车组全生命周期内涉及健康管理的数据角度进行分析研究, 最终提出动车组健康管理信息化实施思路, 并对产品数字化运维平台进行研究。

## 1 动车组生命周期的阶段划分

动车组从全生命周期中根据不同的维度有不同的阶段划分。从全生命周期健康管理角度划分包括: 设计阶段、生产制造阶段、实验运营及高级修阶段等。

### 1.1 设计阶段

本阶段完成动车组制造、维修的原型设计及工艺设计工作, 不仅包括动车组的概念设计、部件机械、

收稿日期: 2017-03-10

作者简介: 吴洪文, 高级工程师; 任丛美, 高级工程师。

电气电路等功能的设计还将包括制造、实验和维修的技术设计工作。设计阶段是动车组全生命周期健康管理中最关键的一个阶段, 要求设计人员必须按照RAMS、LCC等理念完成动车组的设计工作, 这样动车组产品才能在功能、安全、成本上有更好表现。动车组的设计质量是动车组全生命周期健康管理的基础。

### 1.2 制造阶段

制造阶段按照设计阶段的技术标准要求完成动车组配件的生产, 动车组组装装配、及实验调试等。并需要完成动车组装配制造过程中信息数据的采集。是动车组软硬件、关键件组成、制造加工参数、配件履历组成等重要质量数据的重要阶段。

### 1.3 实验运营及高级修阶段

动车组组装装配完成以后进入到实验运营及高级修阶段, 本阶段重点完成动车组的实验验证、日常维修保养和高级修保养业务的执行。动车组的按照设计理念及高级修修程保养文件进行动车组的高级检修保养。此阶段在全生命周期占比95%以上, 是动车组全生命周期健康管理研究的关键组成部分。

所以说, 动车组的全生命周期中设计阶段是基础、制造阶段是重要组成部分, 实验运营和高级修阶段是全生命周期的管控研究的核心关键阶段。本

文将重点对此阶段进行研究。

## 2 动车组健康管理信息化系统设计

建立动车组健康管理信息化架构，需要通过信息化平台进行有效管理。至少需要包括：数字化产品设计平台、数字化产品制造平台和数字化产品运维平台3部分。

### 2.1 数字化产品设计平台

产品设计平台主要实现对产品设计的管理，实现设计阶段产品技术数据的管控，包括图纸、文档等技术数据信息的创建、编辑、发布等维护工作。还包括产品制造阶段加工数据的维护，包括制作物料清单（BOM），加工工艺路线等技术数据的维护工作。总之，通过数字化平台实现了技术数据的数字化管理维护。

### 2.2 数字化产品制造平台

依据设计平台的技术数据，数字化制造平台不仅需要实现生产计划、生产执行、生产过程控制等生产管控需求，还需要实现动车组生产过程中加工、装配相关数据的采集工作。为动车组组实验、运维和高级修提供数据依据。

### 2.3 数字化产品运维平台

数字化产品运维平台不仅需要完成动车组实验、运营和高级修等实际业务需求，还需要实现动车组全生命周期的健康管理。此平台主要工作包括：车载数据监控分析系统、产品运维技术信息管理系统和运维业务管理系统。

## 3 动车组健康管理信息化系统建设的研究

### 3.1 信息系统平台设计的关键技术

#### 3.1.1 构型化工业数据管理

通过对多元数据的数据构型管理，总线驱动的数据集成，在统一平台基础上实现数据交换与信息共享。

基于构型的、面向工业领域大型装备的信息管理及相关业务应用的通用数据管理与数据总线管理软件包。采用构型化的数据管理理念构建装备（含设备）管理主数据模型，并以该模型为基础，串联起各种关键维度、关键属性的数据，实现从装备到

部件级相关参数、故障、履历、技术文档和其它业务数据的有效融合，达到综合后勤保障数据标准化与知识结构化的目的，有效地提升数据访问的灵活度，满足各类多元化应用的数据访问需求。

新开发的数据管理平台在设计数据模型时，借鉴了产品在设计阶段、生产阶段的构型管理思想，并参考IEC61850的功能建模思路及SAP AM/PM的设备建模体系，提出了一种构型化的数据管理模型。该模型区分了功能与结构两个维度，为方便规范化应用及推广，整体以分层功能建模为主；产品模型以厂商给出的结构分层建模，两种模型之间可通过允装物料关系建立功能与结构间的对应关系。

在工业领域大型装备信息系统建设中常常面临着集成异构数据源、复杂数据类型的需求，工业大数据平台提出了基于模型的数据交换机制。即采用基于构型化的数据管理模型为内容，数据集成总线为手段的数据交换方式。

在设计数据集成总线时，参考了SOA架构设计理念，以“服务”形式来封装平台的各项基础数据应用，并提供即插即用的总线注册机制，通过数据总线完成消息通信、调度、路由等功能，实现系统间数据的共享。

#### 3.1.2 数据库设计方法的选择

当前常用的数据库设计方法目前可分为4类：直观设计法、规范设计法、计算机辅助设计法和自动化设计法。其中，新奥尔良法是目前公认的比较完整和权威的一种规范设计法。新奥尔良法将数据库设计分成需求分析（分析用户需求）、概念设计（信息分析和定义）、逻辑设计（设计实现）和物理设计（物理数据库设计）。目前，常用的规范设计方法大多起源于新奥尔良法，并在设计的每一阶段采用一些辅助方法来具体实现。

本文采用基于实体—联系（E-R）模型的数据库设计方法。该方法是由P.P.S.chen于1976年提出的数据库设计方法，其基本思想是在需求分析的基础上，用E-R图构造一个反映现实世界实体之间联系的企业模式，再将此企业模式转换成基于某一特定的数据库管理系统（DBMS）的概念模式。

#### 3.2 动车组健康管理信息化系统的实现

### 3.2.1 数据库业务驱动模型

#### 建立

(1) 概念建模过程：通过对唐车运维数据平台业务应用进行深入理解与分析，根据业务数据特征、数据流向、业务规则以及相关的规范标准等提取业务实体，构建起描述以动车组 PHM 业务应用为核心的一组概念和定义。

(2) 逻辑建模过程：针对这些业务实体建立分类体系，定义 PHM 业务相关的核心业务对象及相互关系；同时围绕实体分析业务数据项，确定描述业务实体所需的具体数据表，建立各数据表的元数据，用以描述数据类型、数据定义、约束、数据关系、数据所处的系统等信息。

(3) 物理建模过程：考虑模型的物理实现，构型信息模型选择关系型数据库作为存储系统，在这个阶段不仅要根据业务逻辑模型来创建数据库对象，更重要的是基于业务需求，参考数据库范式 (3NF) 要求，做数据拆分（水平或垂直拆分），在整个数据建模过程中，保证数据结构清晰的前提下，尽量兼顾业务系统的数据结构扩展性与运行性能等设计因素。

### 3.2.2 数字化产品运维平台数据架构

数字化产品运维平台应用逻辑架构依据数据流向，可分为采集传输层、数据平台层、智能分析层和展现层。数字化产品运维平台应用逻辑架构，如图 1 所示。

(1) 采集传输层：对数字化产品运维平台的数据范围的确定，并明确数据采集传输协议等。数据采集传输层对于数字化产品运维平台中数据源及其它业务数据来源提出了更高的要求，以便提供更多满足智能维修业务需求的基础数据。其中车载实时和离线数据、作业过程数据是维修智能分析的核心

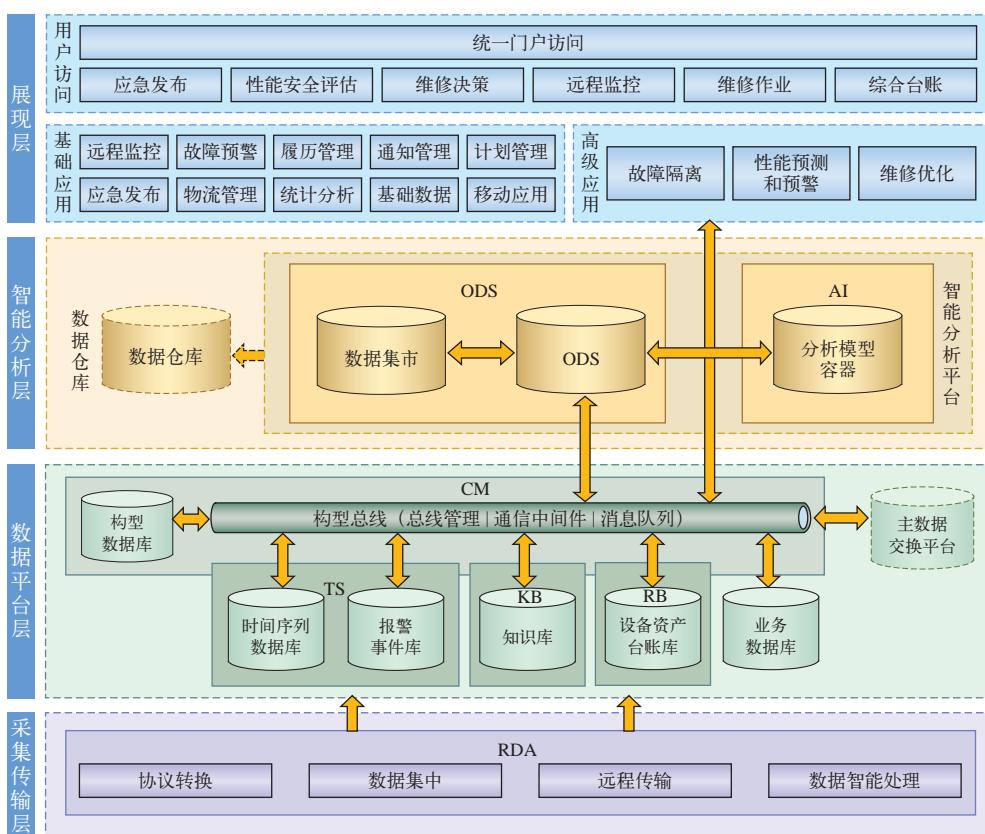


图1 数字化产品运维平台应用逻辑架构

数据源，对其进行高效的处理、结构化加工和标准管理将成为保障数字化产品运维平台维修智能开发的前提。

(2) 数据平台层：数据平台层通过数据总线构型，搭建构型数据库，将产品技术信息知识库平台、车载报警预警平台、业务数据平台、时间序列数据分析平台等进行构型管理，实现数据的结构化构型管理。集中存储、管理经过结构化、标准化处理的车载实时和离线数据、运维作业过程中产生的业务数据，以及对业务数据和车载数据进行结构化加工、标准化处理所需的动车组构型数据、知识库和其它基础数据。基础数据平台还通过数据总线提供统一的、基于构型的、透明数据访问总线，支撑智能分析平台和业务应用。

(3) 智能分析层：作为维修智能分析模型的执行环境，提供基于 OLAP 技术的 ODS 数据抽取、主题数据管理和历史数据存储功能，一方面作为数据集市集成到公司数字化设计和数字化制造的数据仓库平台；另一方面提供动车组 PHM 分析模型算法的

(下转 P31)

算法求解方法。在网络化运用检修背景下,通过合理协调检修资源,实现动车组在高铁网络上检修资源的共享,可以进一步减少动车组的检修次数,提高动车组运用效益。

#### 参考文献:

- [1] 中华人民共和国铁道部. 铁路动车组运用维修规程 [S]. 北京: 中国铁道出版社, 2011.
- [2] 赵鹏. 高速铁路动车组和乘务员运用的研究 [D]. 北京: 北方交通大学, 1998.
- [3] 张杰, 陈韬, 施福根. 客运专线动车组运用计划的计算机编制 [J]. 西南交通大学学报, 2006, 41 (4): 635-640.
- [4] 张才春, 陈建华, 花伟. 基于不同检修能力的动车组运用计划研究 [J]. 中国铁道科学, 2010, 31 (5): 131-133.
- [5] 王忠凯, 史天运, 张惟皎, 等. 动车组运用检修计划智能编制平台的研究 [J]. 铁路计算机应用, 2013, 22 (1): 17-21.
- [6] 王忠凯, 史天运, 张惟皎, 等. 动车组开行计划优化模型及求解算法的研究 [C]// 中国智能交通协会. 第九届中国智能交通年会优秀论文集: 2014 年卷. 北京: 电子工业出版社, 2014.
- [7] 王忠凯, 史天运, 张惟皎, 等. 动车组运用计划和检修计划一体化编制模型及算法 [J]. 中国铁道科学, 2012, 33 (3): 102-107.
- [8] 李建, 林柏梁, 耿令乾, 等. 基于交路接续的动车组运用计划优化模型与算法 [J]. 交通运输系统工程与信息, 2015, 15 (5): 172-177.
- [9] 周斌. 动车组二级检修计划编制系统的研究与应用 [J]. 上海铁道科技, 2014 (1).
- [10] Colomi, M., Dorigo, V., Maniezzo. Distributed optimization by ant colonies [C]. Proceedings of the 1st European Conference on Artificial Life, 1991: 134-142.
- [11] L. M. Gambardella, M. Dorigo. Ant-Q: A Reinforcement Learning Approach to the Traveling Salesman Problem [C]. proceedings of the 12th International Conference & Machine Learning, 1995: 252-260.

责任编辑 徐侃春

(上接 P23)

执行框架, 管理分析模型算法, 并评估分析模型的适应性和性能。

(4) 应用展现层: 展现层由数字化产品运维平台的门户及支撑门户的门户应用、运维基础业务应用和高级业务应用程序构成。数字化产品运维平台的门户为用户提供服务, 向不同的用户提供不同的访问方式和认证授权, 通过调用不同的 Web 服务, 用户得到自己需要的信息。

## 4 结束语

建设数字化产品运维平台, 通过结构化的知识积累, 为故障处理、应急指挥提供辅助决策, 为提升客户服务能力、提高运维管理水平, 最终实现智能维修奠定基础。同时平台可以有效地缩短服务响应时间, 提高维修效率, 提升客户满意度; 可以显著地降低维修成本, 提高利润水平, 实现盈利模式创新; 可以有效地积累动车组维修维护知识, 满足智能制造数据和知识需求, 服务战略转型。

#### 参考文献:

- [1] 吴洪文, 刘志刚. 动车组健康管理数据平台建设的研究 [J]. 科学家, 2016 (5): 72-75.
- [2] 吴洪文. 动车组关键件追溯管理系统的研究 [J]. 中国科技投资, 2016 (12): 196.
- [3] 李剑虹. 高速铁路动车段管理信息系统 [J]. 铁道标准设计, 2000, 20 (5): 43-44.
- [4] 孙雪姣. 高速铁路动车组检修计划方案的探讨 [J]. 铁道建筑, 2004 (12): 73-75.
- [5] 史天运. 动车组管理信息系统及其关键技术 [C]// 中国智能交通协会. 第七届中国智能交通年会论文集: 2012 年卷. 北京: 电子工业出版社, 2012.
- [6] 蒋芳政. 关于信息化条件下优化高速动车组运用维修管理的思考 [J]. 铁道车辆, 2009, 47 (1): 31-34.
- [7] 张子健. 依靠信息技术构筑列车运行安全监控管理系统 - 中国铁路列车运行状态信息系统 (LAIS) [J]. 铁路知识, 2007 (4): 31-33.
- [8] 刘丽影, 刘继刚, 刘继. 我国高速动车组检修制度 [J]. 同济大学学报, 2011, 29 (8): 1002-1003.

责任编辑 徐侃春