

文章编号: 1005-8451 (2017) 07-0061-05

动车组轮对全生命周期管理平台研究

矫 健

(中国铁道科学研究院 电子计算技术研究所, 北京 100081)

摘 要: 动车组轮对的全生命周期管理是当前动车组信息化管理的一项重点任务。文章总结目前我国动车组轮对信息化管理的现状, 分析动车组轮对全生命周期管理的需求, 提出动车组轮对全生命周期管理平台架构。通过该动车组轮对全生命周期管理平台, 动车组轮对的各制造、检修、运用单位可以最大限度地利用动车组轮对生命周期中产生的各种数据, 降低成本, 提高收益。

关键词: 动车组轮对; 全生命周期管理; 数据; 平台

中图分类号: U266.2 : TP39 **文献标识码:** A

Life cycle management platform for EMU wheel set

JIAO Jian

(Institute of Computing Technologies, China Academy of Railway Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: The lifecycle management of EMU wheel set is a key task for EMU information based management. This article summarized the current situation of information based management for China's EMU wheel set, analyzed the demand of lifecycle management of EMU wheel set, presented a framework for lifecycle management platform of EMU wheel set. Through the platform, the manufacture, overhaul and application units of the EMU wheel set could make full use of all kinds of data produced in the life cycle of the EMU wheel set, reduce the cost and increase the profit.

Keywords: EMU wheel set; lifecycle management; data; platform

产品生命周期管理 (PLM, Product Life-Cycle Management) 的概念自诞生之初就得到了制造业市场的强烈响应, 各大信息咨询服务公司、系统供应商均提出了自己的适用于不同领域的 PLM 解决方案并推广实施。正因如此, 虽然经过了超过 20 年的发展, 目前仍没有公认的 PLM 定义。比较统一的认知是, PLM 通过充分利用产品生命周期内分布在 ERP (Enterprise Resource Planning)、CRM (Customer Relationship Management)、SCM (Supply chain management) 等系统中的产品数据和企业智力资产, 最大限度地实现跨越时空、地域和供应链的信息集成, 最终达到降低成本、提高生产率的目的^[1]。比较合理的 PLM 实施方式是针对企业的具体需求统一规划, 按需建设, 重点受益。

具体到动车组检修管理领域, 作为动车组运行的核心部件, 轮对的技术状态直接关系到动车组的

运行安全, 为确保动车组的安全稳定运行, 必须对其生命周期内的各个生产过程进行严格的管理, 杜绝安全隐患。同时, 作为成本高昂的磨耗配件, 采用精益管理的手段, 对轮对进行合理的检修运用可以最大限度地发挥其性能, 降低成本, 提高收益。因此, 动车组轮对的各制造、检修、运用单位也迫切需要一套动车组轮对全生命周期管理解决方案。

1 动车组轮对信息化管理现状

1.1 动车组轮对管理的特点

我国高速铁路的发展走的是引进、消化、吸收再创新的道路^[2], 这条道路决定了我国动车组轮对管理的早期要面临一系列的问题。这些问题主要反映在如下几个方面:

(1) 动车组轮对类型较多: 我国先后引进了 4 个技术平台下的 20 个车型的动车组, 不同车型的动车组下又有多种类型的轮对, 且不同车型、不同类型的轮对结构差异较大, 运用检修要求不同, 客观上增加了轮对管理的负担。

收稿日期: 2017-03-10

基金项目: 中国铁道科学研究院电子计算技术研究所基金 (DZYF16-14)。

作者简介: 矫 健, 助理研究员。

(2) 动车组轮对生命周期长：动车组轮对生命周期内需要经历新造、运用、检修、保养等状态，要在动车（车辆）段、动车运用所、高级修车间、主机厂等众多单位间进行流转，协同管理难度大。如图 1 所示。

息化管理,及时掌握动车组检修运用状态,提高动车组专业化管理水平的重要技术平台。动车组轮对管理模块作为动车组管理信息系统的1个子模块,实现了动车组轮对履历管理、新造管理、运用管理、检修管理、更换管理、收支管理、保养管理、报废

管理等业务功能。基本覆盖了动车组轮对生命周期内的所有过程。

(2) 动车组轮对新造厂商的信息化系统：目前我国动车组轮对的制造厂商主要有智奇铁路设备有限公司、中国中车长春轨道客车股份有限公司以及中国中车青岛四方机车车辆股份有限公司 3 家，且各自独立建设了完善的信息化管理系统，轮对的新造、检修管理均包含在其信息化系统中。

(3) 动车组轮对运行监控系统：部分铁路局动车段部署实施了轴承温度监控系统、车载信息无线传输系统、运行故障动态图像检测系统、滚动轴承故障轨边声学诊断系统、人

库 LY 轮对故障动态检测及人工复核系统等。

(4) 动车组轮对检测系统：各动车组检修基地、动车运用所部署的轮辋轮辐探伤检测系统、空心轴探伤检测系统、智能扭矩紧固系统等。

在上述系统中,动车组管理信息系统扮演了信息交互桥梁的角色^[4]。动车组管理信息系统通过打通与各个系统的信息通道,实现了动车组轮对数据在各个系统间共享。尽管如此,由于动车组管理信息系统侧重于动车组本身的管理,动车组轮对业务只是包含在动车组众多运用检修业务管理中,且更多的只是针对于作业结果的记录,而不是针对过程的管控,更没有单独形成统一完善的针对轮对的全生命周期管理体系。所以依托于动车组管理信息系统的数据共享平台,搭建覆盖动车组轮对新造、运用、检修单位的动车组轮对全生命周期管理平

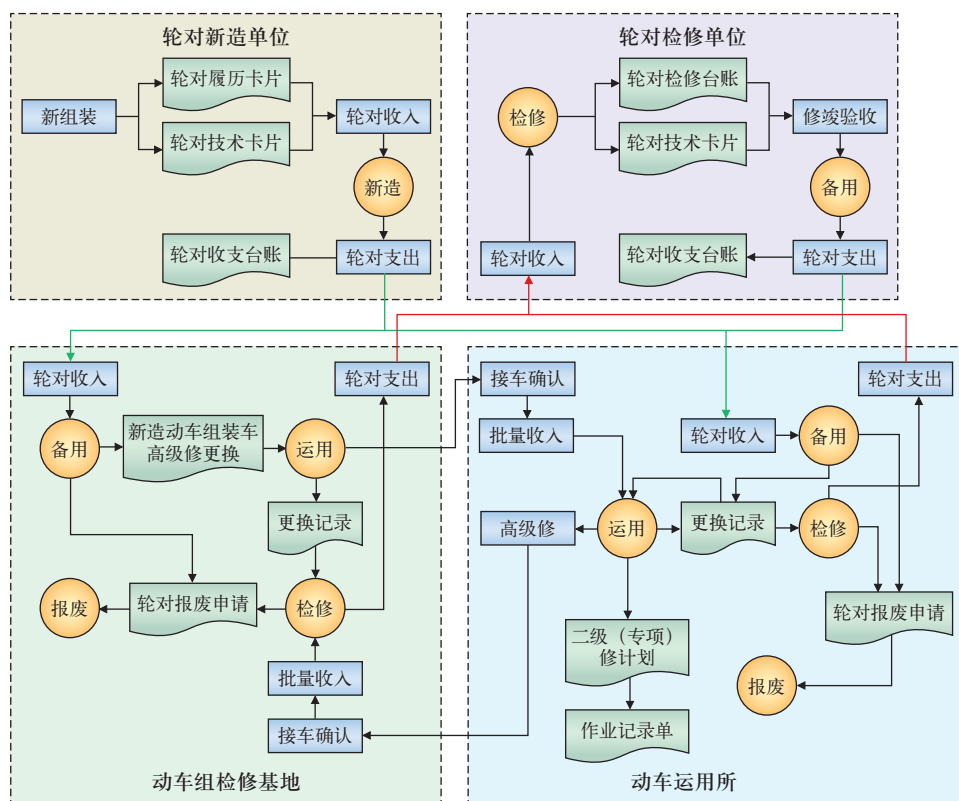


图1 动车组轮对生命周期内流转图

(3) 动车组轮对管理制度不完善：由于我国的动车组轮对处于消化吸收阶段，相应的管理制度并不完善，动车组及动车组轮对的修程修制还在逐步优化中。

1.2 动车组轮对信息化的建设情况

由于动车组轮对生命周期内涉及的单位众多,且各单位对信息化系统的建设没有统一规划,造成了当前动车组轮对信息化管理系统间相对隔离,无法统一管理的现状。目前运行于各单位的轮对管理系统主要有以下几类:

(1) 动车组管理信息系统：动车组管理信息系统于 2007 年 4 月 18 日随着我国动车组全面上线运行同步上线运行^[3]，部署于铁路总公司、各铁路局、动车段、动车检修基地以及动车运用所。经过 10 年的发展，已经成为了实现全路动车组运用、维修信

台势在必行。

2 动车组轮对全生命周期管理平台需求分析

动车组轮对生命周期内涉及的主要单位有制造厂商、运用单位、检修保养单位、管理单位等。不同单位的管理需求各不相同。轮对的制造单位希望利用轮对全生命周期管理改进轮对产品结构设计、优化轮对生产。轮对的运用单位希望确保轮对运行安全稳定，提高轮对使用率。轮对检修保养单位希望通过轮对全生命周期管理，合理调配检修资源，降低检修成本，提高检修效率。轮对管理单位希望通过对轮对生产过程的有效把控，掌握生产进度，确保生产安全，并借助对轮对生命周期内的大数据分析，优化轮对修程修制，提高轮对管理水平。鉴于各单位轮对管理应用场景不同，各有侧重。为了满足各方需求，必须建立一个统一规划、高度共享的轮对全生命周期管理平台。在这个平台上，动车组轮对生命周期内的所有数据进行统一组织、接入、查询和推送、数据分析并根据各方个性化需求进行扩展。

2.1 动车组轮对全生命周期履历追溯

指定一条动车组轮对，可以查询出轮对生命周期内的履历信息。包括：动车组轮对的新造记录、更换记录、运行记录、检修记录、保养记录等。

2.1.1 新造记录

轮对及其子件是何时、何地、哪个订单、哪个工单、哪道工序下由谁在哪台设备上加工的、由谁在何时、何地利用哪台设备验收的，验收单据等。

2.1.2 更换记录

轮对及其子件在什么时间、地点、哪个工单下随着哪个转向架从哪辆车的哪个位置上换下（或换上到哪个位置）、操作者是谁。或者轮对及其子件在什么时间、地点、哪个工单下由谁从哪个转向架的哪个位置换下（或换上到哪个位置）。

2.1.3 运行记录

轮对具体的安装位置，包括车组号、辆序、轴位，轮对在什么时间段，在哪条线路上运行，运行过程中的轴承温度变化情况，运行到什么时间，什么位置，由哪个探测点发现了什么问题，并由谁在什么时间

确诊了何种故障等。

2.1.4 检修记录

运用修探伤时：轮对什么时间在什么单位，哪个工单下在哪辆车的什么位置上通过哪台设备进行了何种探测，探测的详细结果是什么，具体操作者是谁，审核者是谁。运用修在进行修复时（镟轮、换油、注脂）：谁在何时何地，对哪辆车的哪个位置上的轮对，在哪个工单下用哪台设备进行了何种操作，操作前后设备测量的各项参数（轮径差、轮缘厚、QR值等），操作的验收者、质检者是谁等。高级修时：轮对在何时何地，哪个工单、哪道工序下通过哪台设备进行了作业，作业的详细结果是什么，具体操作者是谁，审核者是谁等。

2.1.5 保养记录

轮对何时何地、在哪个工单下执行了何种保养操作，保养前后各项参数是什么等。

2.2 动车组轮对生产过程控制

对动车组轮对在新造、更换、检修、保养等生产过程中进行生产过程控制。包括：生产活动进行前的提示、预警。例如：提醒用户某条轮对在什么时间内需要进行何种检修、保养；生产过程中的工序卡控、指导。按照检修规程，轮对探伤时要先进行轮辋探伤然后才能进行空心轴探伤。在工人作业前通过多种方式告诉工人应该先执行哪道工序，否则流程无法正常进行；生产结束后的作业结果校验。对比用户操作的结果以及相关规程，判定结果是否符合要求。用户更换轮对后，校验整车的同轴轮对差最大值，同转向架轮径差最大值等参数是否满足要求，如果不满足提醒用户。

生产过程控制并不属于全生命周期管理的范畴。生产过程的控制主要通过企业的ERP（Enterprise Resource Planning）系统以及MES（Manufacturing Execution System）完成。但是在当前，我国各动车组轮对制造、检修单位中，只有极少数单位部署实施了完善的ERP系统以及MES。绝大多数单位主要的生产管理系统是动车组管理信息系统。而动车组管理信息系统的定位最接近MRO（Maintenance, Repair & Operations）。对于MES的部分并没有过多涉及。为了满足各动车组检修单位的迫切的生产过

程管理需求，有必要对动车组轮对的全生命周期管理平台进行扩展，进一步向 MES 方向延伸。

2.3 动车组轮对大数据分析

动车组轮对的不同管理单位对大数据分析的需求各不相同，主要有 3 个方向：轮对产品优化、修程修制优化和轮对故障预测与健康 管理 (PHM)。其中，轮对产品优化主要通过 对轮对的设计数据、生产数据、运行故障数据、检修数据进行分析实现。轮对修程修制优化主要通过 对轮对的检修过程数据进行分析实现。例如，通过比较不同类型轮对在不同时间、不同线路的轮径磨耗量，可以大致预测轮对的镟修时间和镟修量，减少当前预防性镟修带来的浪费。轮对 PHM 主要通过 对轮对运行及检修过程中的检测和故障数据进行分析，找出轮对故障的成因和发展规律，进而进行有效的风险评估和决策支持。

3 动车组轮对全生命周期管理平台方案设计

3.1 平台架构

动车组轮对全生命周期管理平台架构分 6 个层次，如图 2 所示。最底层是硬件层，主要分为两部分：(1) 信息化设备，包括服务器、展示屏、网络设施等，用于信息化的物理支撑。(2) 物联网设备，分为物联网接入设备和数字化设备。物联网接入设备指用以将动车组轮对及其配件接入到物联网的二维码、条码、RFID 等标签的生成以及识别设备。数字化设备指轮对检修、检测过程中用到的设备。通过数字化设备，各种检查、检修数据可以直接通过接口服务器的形式接入到全生命周期管理平台中。硬件层让动车组轮对及其配件具有被感知和控制能力。

大数据分析	PHM	修程修制优化		产品结构优化
企业级应用	作业过程监控	辅助作业计划制定	设备运行状态监控	配件采购建议
基础业务	作业流程自动化控制、记录			
数据共享平台	数据组织	数据传输	数据查询	数据推送
技术标准	编码体系	作业流程规范	物联网接入方案	设备数据接入方案
硬件环境	信息化设备		物联网设备	
	服务器、展示屏、网络设施等		条码、二维码、RFID生成、识别设备，数字化设备等	

图2 动车组轮对生命周期管理平台架构

技术标准层定义了轮对及其配件接入动车组轮

对全生命周期管理平台的方式和规范。包括编码体系、作业流程规范、物联网接入方案以及数字化设备接入方案 4 部分。其中，编码体系是平台搭建的基础，为了能够对轮对生命周期范围内的所有数据进行分析，在接入不同单位、不同设备的数据之前，必须定义一个全局范围内的编码体系，包括：轮对及配件编码、单据编码、作业及工序编码、故障分类编码及故障编码、设备及物料编码、文档编码、模型编码等。由于不同单位信息系统中对上述内容已有不同的编码规范，因此在平台搭建时需要在原有编码体系下进行编码长度扩充，兼容已有编码。同时需要对原有的分类体系进行归一，合并同类项，确保编码的唯一性；作业流程规范以铁路总公司下发的动车组轮对相关的运用检修规程为依据，将动车组轮对生命周期内涉及的作业进行细化、拆分成有时序关系的工序链。构造作业流程时序图，并根据时序图进行作业流程卡控；物联网接入方案规范了物联网设备的接入方式，包括感知终端（读写器、传感器）的物理接口、通信协议、信息安全规范，物联网接入网关的物理接口、通信协议、IP 地址管理、终端接入控制方式，以及传输网络的拓扑协议、安全规范等^[5]；设备接入方案定义了不同类型的轮对探测、检修设备的数据接入方式，包括数据组织方式、传输时机、传输方式、安全规范等。

数据共享平台是动车组轮对全生命周期管理平台的核心。通过技术标准层定义的数据接入规范，轮对及其配件的数据从动车组轮对各新造、运用、检修单位的硬件层接入，存储在云平台上。同时，随着动车组轮对的流转，相应的信息一并流转到目前轮对使用方。即一轴一档，档随轴走。如图 3 所示，图中，虚线框部分的数据代表数据共享平台中接入的数据，红色文字部分代表轮对的信息发生变更，并传入数据共享平台。动车组轮对装车之后随着动车组在各运用检修单位间流转。其履历数据通过数据共享平台实现流转、共享。

基础业务层是为满足动车组轮对各运用检修单位对轮对检修过程进行控制的需求扩展的一层。未来在各单位部署实施了 MES 系统后，这一层的功能可以整体移除。基础业务层主要完成作业过程的自动

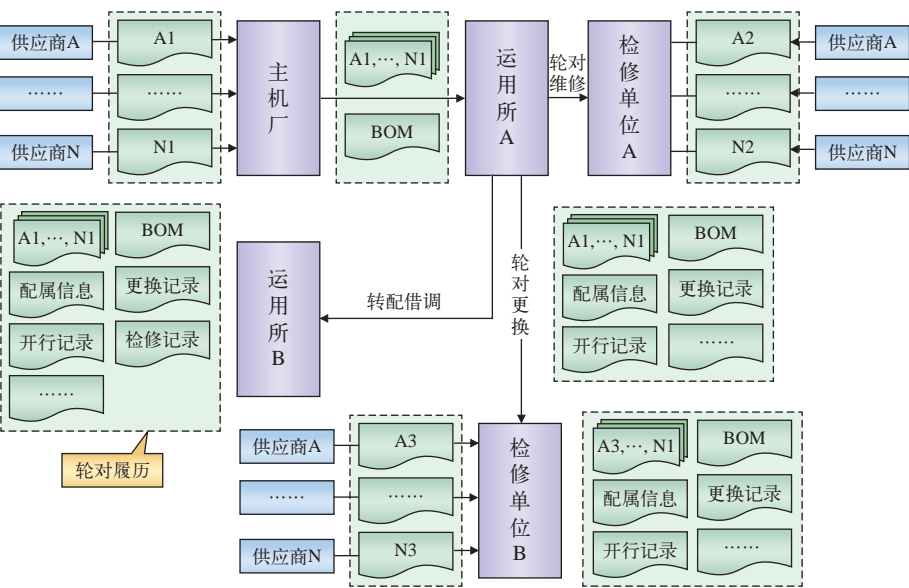


图3 动车组轮对履历一轴一档，档随轴走

化控制。通过数据共享平台推送的作业时序图，对作业过程进行时序控制，作业预警和结果校验。确保作业及时、准确的完成。

企业级应用层针对不同轮对管理单位，提供不同的数据服务包括对轮对作业过程的监控、轮对作业计划的辅助制定、轮对检测、检修设备的管理以及生产计划建议等。

最顶层是动车组轮对大数据分析层。通过对数据共享平台上的数据进行大数据分析建模，提供不同角度的数据分析服务，主要包括轮对 PHM，修程修制优化、产品优化等。

3.2 实施关键

动车组轮对全生命周期管理平台的搭建是一项系统性、全局性的工作。其核心是轮对数据的整合、运用。因此动车组轮对各新造、运用、检修单位必须要通力协作，摒弃数据只进不出的观念，才能最终实现合作共赢的目的。目前，动车组管理信息系统已经具备了打通动车组各新造、运用、检修单位以及检修设备厂商间的数据通道的能力。充分利用动车组管理信息系统已经搭建完成的数据通路完成动车组轮对信息的整合，是平台实施的关键。需要在原有的通路上抽象出动车组轮对单独的数据通路，并根据动车组轮对的管理需求，进一步接入更多的运用、检修数据。

动车组轮对全生命周期管理平台实施的另一个

关键是物联网技术的发展。目前动车组轮对的物联网接入主要通过条码的形式。对于动车组轮对的新造和高级修，条码可以有效的进行轮对及其配件的识别和数据采集，但是对于运用修以及轮对运行状态监控，条码、二维码由于不易识别、易脱离等原因均不能满足需求。而 RFID 可以解决识别和耐用性的问题。有了 RFID 的支持，动车组轮对就可以完成从物联网接入到物联网控制的转变。从而将动车组轮对全生命周期平台的作用充分地发挥出来。

4 结束语

动车组轮对全生命周期管理平台的搭建满足了各运用检修单位对轮对管理的需求，平台的实施对动车组轮对管理水平的提升具有重要意义。当前，平台的建设还处于需求分析、框架设计阶段。尤其是平台的技术标准层，涉及了诸多领域的专业知识，需要各领域的专家共同参与才能完成。信息系统的建设是一个自上而下的过程，平台框架的搭建仅仅是完成了第一步，后续还需要针对平台实施的关键，开展进一步的分析、研究工作。

参考文献：

[1] 沈建新,周儒荣. 产品全生命周期管理系统框架及关键技术研究[J]. 南京航空航天大学学报, 2003, 35 (5): 565-571.

[2] 史天运,孙 鹏. 动车组管理信息系统的建设与发展[J]. 铁路计算机应用, 2013, 22 (1): 1-4.

[3] 崔中伟. “动车组管理信息系统总体方案”通过铁道部技术审查[J]. 铁路计算机应用, 2008, 17 (8) .

[4] 郭 悦. 基于 RFID 技术的动车组轮对管理系统研究[C]// 中国智能交通协会. 第十一届中国智能交通年会优秀论文集: 2016 年卷. 北京: 电子工业出版社, 2016.

[5] 张子木. 物联网接入技术研究与系统设计[J]. 电子设计工程, 2016, 24 (2): 157-160.

责任编辑 陈 蓉