

文章编号: 1005-8451 (2016) 02-0055-06

多协议支持的通用外部交互接口服务器 设计与实现

赵宏涛, 魏元玲, 王 涛, 陈 峰

(中国铁道科学研究院 通信信号研究所, 北京 100081)

摘 要: 通过多种连接方式和通信协议支持, 外部交互接口服务器提供本铁路局和铁路局外单位信息交互功能, 同时兼顾实现铁路局内TDCS-CTC平台交互和运行图查询等功能。为进一步提升当前接口服务器兼容性、扩展性和数据处理能力, 设计实现了用户管理层、信息处理层和数据管理层3层软件逻辑架构。接口服务器内部数据流转统一使用TDCS协议格式, 并针对不同协议版本选择相应处理逻辑。借助于多目标转发、数据高效缓存和滑动窗口模型下的信息组包算法, 接口服务器部署灵活, 运行稳定、安全、高效, 可有效满足现场生产需要。

关键词: 外部交互接口服务器; 多协议支持; 数据高效缓存; 信息组包

中图分类号: U285 : TP39 **文献标识码:** A

General external interactive interface server supported by multi-protocol

ZHAO Hongtao, WEI Yuanling, WANG Tao, CHEN Feng

(Signal & Communication Research Institute, China Academy of Railway Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: Supported by multiple connection modes and communication protocols, external interactive interface server provides the information interaction function between local railway administration and outside units, meanwhile, implements the function of TDCS-CTC platform interaction and train diagram query. In order to improve the compatibility, scalability and data processing capability of the interface server, the three tier software architecture with user management layer, information processing layer and data management layer was designed and implemented. The internal data flow of the interface server used TDCS protocol uniformly, and the corresponding processing logic was selected for different protocol versions. With the help of multi-destination forwarding, high efficient data caching and information package algorithm in sliding window model, interface server can meet the production demands with high deployment flexibility, running stability, security and efficiency.

Key words: external interactive interface server; multi-protocol support; high efficient data caching; information package

外部交互接口服务器作为独立运行程序, 通过串口、套字节(Socket)、通用数据库和第三方消息中间件等方式, 在本铁路局列车调度指挥系统(TDCS)中心、行车指挥中心(CTC)与铁路总公司、相邻铁路局或本铁路局外厂家对应系统间传递信息, 同时兼顾实现铁路局内部TDCS-CTC平台交互和运行图查询等功能。接口服务器传递数据分为单向信息数据(运行图信息、车站表示信息、列车运行信息等)和双向命令数据(调度命令信息、控制命令信息等), 支持多种数据交互协议, 主要包括:(1) 列车调度指挥系统数据通信协议, 简称TDCS协议,

(2) GSM-R 数字移动通信协议;(3) FZy-CTC 数据通信协议, 简称CTC协议;(4) TDCS-y 数据通信协议, 简称TDCSy协议。

随着我国铁路的快速发展, 列车运行速度不断提高, 各条新建线与既有线交错续接, 铁路网规模持续扩大, 铁路局间信息耦合越来越紧密, 交互数据量直线攀升, 接口服务器的作用日益凸显。设计一款支持多协议数据传输转换、部署灵活、易于后期扩展和现场维护的稳定安全高效且通用的外部交互接口服务器, 实现跨铁路局、多平台海量信息实时共享和资源有效互通, 提高铁路行车调度指挥自动化水平, 成为当前铁路信息化建设迫切需要解决的问题之一。

收稿日期: 2015-06-04

作者简介: 赵宏涛, 助理研究员; 魏元玲, 助理研究员。

1 通用外部交互接口服务器介绍

1.1 通用外部交互接口服务器应用场景

通用外部交互接口服务器（简称：接口服务器）经过配置和扩充，可作为铁路总公司与铁路局间的接口服务器、相邻铁路局接口服务器、FZy-CTC与TDCS-y系统接口服务器、运行图查询服务器和相邻铁路局 GRM-R 接口服务器等。

1.1.1 铁路总公司接口服务器

铁路总公司接口服务器用于将本铁路局高速铁路中心和普速铁路中心的信息传送到铁路总公司对应系统。该接口程序与铁路总公司之间采用第三方 WebSphere MQ 通道建立连接，基本连接结构如图 1 所示。

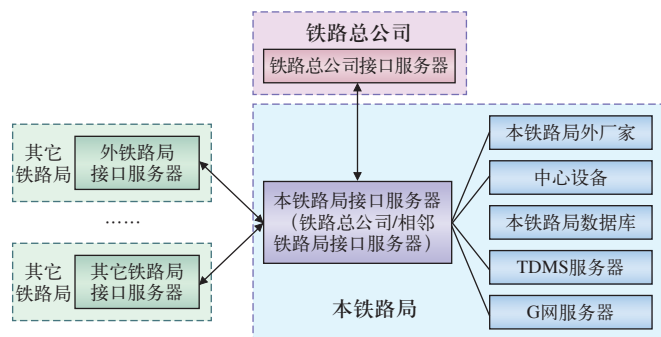


图1 铁路总公司/相邻铁路局接口服务器

与本铁路局中心设备的连接用于将实时的表示信息、车次号信息、报点信息以及运行图实时修改信息等发送给铁路总公司。数据库的连接用于响应铁路总公司的运行图相关查询请求，向其发送非实时运行图信息。

1.1.2 铁路局间接口服务器

接口服务器作为铁路局间接口应用时，其系统连接结构与铁路总公司接口类似，主要区别在于铁路局间接口要从 MQ 实时接收采集表示、逻辑表示、报点、站间闭塞、调度命令等信息，并将其发送给本铁路局中心设备进行处理。

1.1.3 TDCS-CTC平台接口服务器

TDCS-CTC 平台接口服务器用于连接 TDCS-y 系统和 FZy-CTC 系统，实现两个或多个中心模块间数据信息的交换，尤其是分界区域的信息交换。图 2 为基本连接结构示意图。

1.1.4 运行图查询服务器

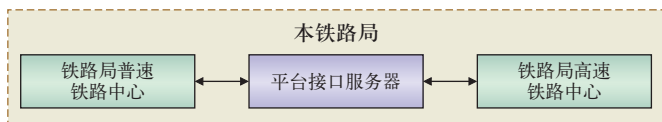


图2 TDCS-CTC平台接口服务器

接口服务器作为运行图查询服务器使用时，需要安装数据库，并配置数据库连接用户。一个或多个查询终端作为客户端通过网络连接到接口服务器。图 3 为基本系统结构连接示意图。

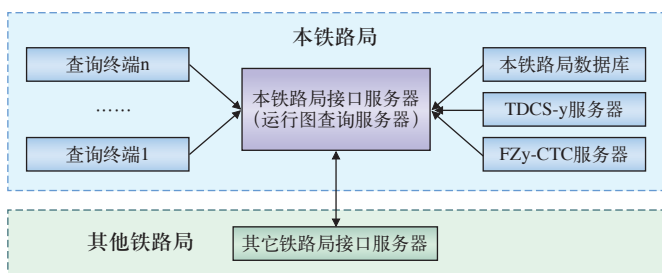


图3 运行图查询服务器

图 3 中，接口服务器接收各查询终端的控制命令，依据不同请求类型，通过访问数据库获取相应数据并返回结果；由 TDCS-y 服务器和 FZy-CTC 服务器转发行调台的调整运行线信息，运行图查询服务器直接转发给各查询终端，实现运行线的实时调整；其它铁路局接口服务器与本铁路局运行图查询服务器通过 Socket 或 MQ 方式连接，实现铁路局间运行图信息的查询和转发。

1.2 接口服务器主要工作

1.2.1 多用户多协议多方式接入

接口服务器支持铁路局内 / 铁路局外、本单位 / 外厂家多用户以各类通用协议（TDCS 协议、GSM-R 协议等）和多种方式（Socket 直接连接、第三方消息中间件间接连接等）进行互联互通。本项工作关注于接入方式的多样性、可靠性、稳定性和传输实时性。

1.2.2 实时信息转换/转发工作

接口服务器根据规则将某一来源用户的消息转发到一个或多个目的用户。当来源用户与目的用户使用不同通信协议时，处理逻辑就涉及到协议转换操作。本项工作涉及信息类型主要包括逻辑表示信息、采集表示信息、到发点信息、实时运行图信息、邻站预告信息、GSM-R 无线车次校核信息、临时限速（TSR）状态信息等。

1.2.3 历史信息缓存工作

为了响应外单位用户查询请求，提供本区域内历史状态数据，同时提高该过程的响应速度和执行效率，接口服务器需要缓存一定物理管辖区域和时间范围内的信息数据，主要包括车站状态信息、车站表示信息和列车动静态信息等。

1.2.4 数据查询及响应工作

通过本地缓存或外部查询（数据库连接用户等外部用户），接口服务器对某一来源用户的查询请求进行处理，并返回查询结果信息。本项工作涉及信息类型主要包括全部或部分表示信息查询请求、临时限速信息查询请求、运行图查询请求等。

2 接口服务器设计

2.1 接口服务器软件架构设计

根据接口服务器高内聚低耦合、分离关注点的软件设计原则及主要工作内容梳理，调整接口服务器各部分之间的依赖关系和抽象层次，采用3层逻辑架构设计：用户管理层、信息处理层和数据管理层，如图4所示。层级划分的作用并不限于简化系统逻辑结构和降低开发复杂度，更可增加系统对环境的适应力、兼容力和扩展力^[1-2]。

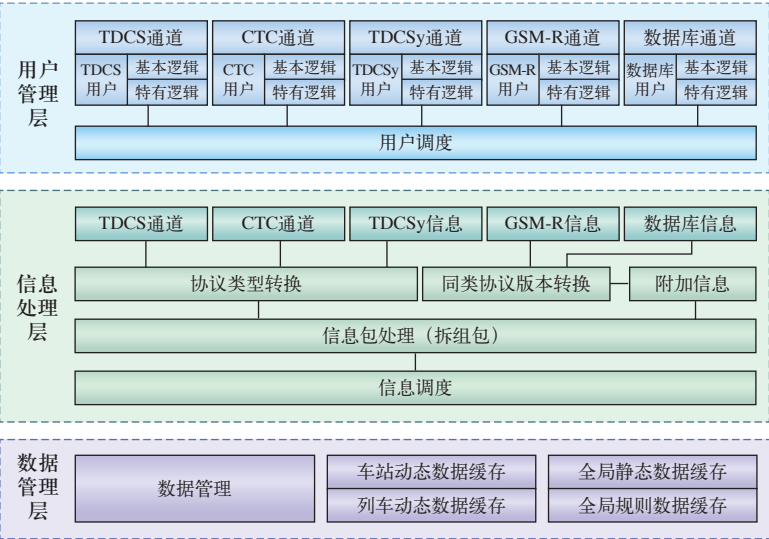


图4 接口服务器软件层级设计

2.1.1 用户管理层

用户管理层设计目标是兼容、稳定、高效和扩展，其位于接口服务器应用边界，用于实现多用户多协议多方式接入工作。该逻辑层级可以解耦用户、协

议和连接方式对核心数据的影响，向上提供用户相关服务，向下隐藏具体场景和逻辑业务的差异与细节。用户的基本逻辑包含通用的逻辑处理规则，主要包括用户登录和基本信息处理等。这一公共模块的设计，可以精简代码、减少后期维护工作量。特有逻辑则需要针对特定用户和应用场景设计，例如接口服务器作为运行图查询服务器时，TDCS用户需要根据用户局码定时请求相邻铁路局运行图信息并广播查询终端。用户处于4种循环状态：空闲状态、接收消息状态、发送消息状态和处理消息状态，其中，空闲状态几乎不占用各类资源，接收消息状态和发送消息状态较多占用网络资源，处理消息状态则较多占用本地计算资源。用户调度单元通过合理的资源配置和规则制定，结合不同用户交互负载的周期性特点和历史数据分析，提供一种数据中心下信息包驱动的应用融合调度和信息分发方法，促使用户在各类状态间进行转换，降低计算资源综合消耗。

2.1.2 信息处理层

信息处理层设计目标是同步、异构、实时和分发，其位于接口服务器逻辑核心，用于实现实时信息转换/转发以及数据查询和响应工作。本层上部具体协议单元对接用户管理层中对应具体用户，之后通过协议

类型转换单元统一转换为TDCS协议格式数据，再由TDCS协议对应转换为目的用户所需协议格式数据。设计基类CEXchangeBase完成TDCS协议与其他协议的基本转换，设计继承类CEXchgFzy2StdCtc、CEXchgTdc2DMIS和CEXchange_GSM完成具体消息类型转换。不同协议由于设计思路和应用场景不同，其所包含信息内容维度也有所差异，对于大信息量协议消息类型转换为小信息量协议消息类型时，剥离附加消息单独处理。信息包处理用于信息整理，根据各协议数据包长度限制进行拆组包工作。该单元可将大量破碎信息整合为一包完整信息，提高网络资源利用率和对端程序处理过程完整性。信息调度单元通过FIFO数据包发送链表、大容量缓存链表、信息包-用户映射关系实时转换、分发数据，并缓存由于网络阻塞和计算阻塞等导致的数据暂缓发

送信息,以此提供更宏观的、面向用户层的服务逻辑。

2.1.3 数据管理层

数据管理层设计目标是一致、分级和可配置,其位于接口服务器管理底层,用于实现历史信息缓存和数据服务工作。从数据请求和数据流向的角度看,一个完整的数据管理单元应该包括操作捕获、缓存数据存储、缓存数据流动和数据服务提供4部分。区别于常见缓存框架允许数据获取中一定延迟窗口的最终一致性要求,行车调度系统中的接口服务器强调数据的强一致性。数据管理单元可通过XML、特定领域语言(DSL)编程等多种配置方式,在用户零配置或简单配置情况下,提供数据缓存的分级存储和生命周期管理功能。这其中就包括为提高数据获取效率而采取的跃迁策略定制,比如在某一等级满足特定超时策略可以发生向下跃迁(高速小容量缓存向低速大容量缓存)。全局规则数据则在一定程度上决定了信息调度中数据流向和接口对外提供的功能清单。

2.2 接口服务器内部数据调度逻辑

接口服务器支持多种协议格式,但为了保证内部处理逻辑的简洁和高效,减少开发和维护工作量,接口服务器内部数据流转统一使用TDCS协议格式。图5为数据调度逻辑示意图^[3]。

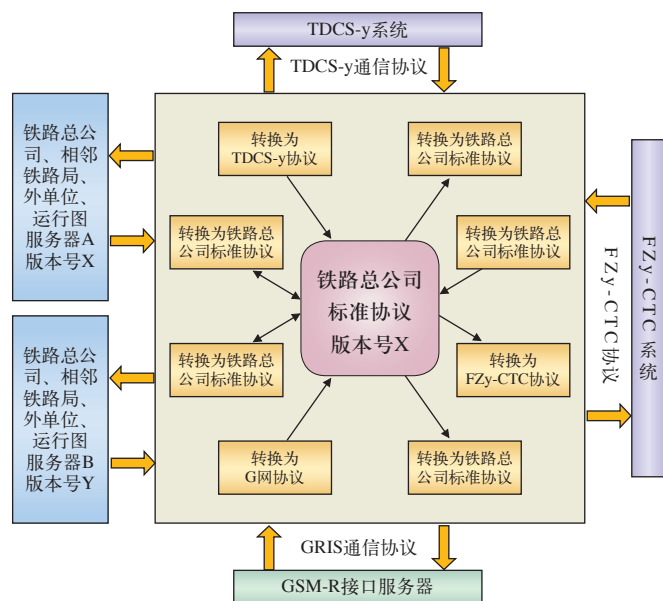


图5 接口内部数据调度逻辑图

接口服务器内部流转TDCS协议版本由配置文件中TDCS_Version字段决定(取值范围为1或2),

设其值为X。图5左侧连接多个外部接口用户(MQ用户或使用TDCS交互的Socket用户),设为接口A和接口B,交互TDCS版本由配置文件中该用户的UserMorVersion决定(取值范围为1或2,需小于等于TDCS_Version)。设接口与A用户交互TDCS版本为X(即等于TDCS_Version值),接口与B用户交互TDCS版本为Y(小于等于TDCS_Version值)。

当X和Y皆为1或皆为2时,内外部交互皆使用该版本TDCS协议进行交互。

当X为2,Y为1时,接口服务器对接收到的FZy-CTC协议消息、TDCS-y协议消息和GSM-R协议消息,转换为版本为X的TDCS协议,之后按版本X的TDCS协议进行处理。

接口服务器对由A、B用户接收的消息,按消息中实际版本进行处理。

接口服务器向A用户发送消息时:(1)数据库查询消息、表示信息查询消息等由接口从数据库查询后回复或从本地缓存查询后回复的消息,回复消息版本与A用户发送的查询消息版本一致;(2)由FZy-CTC协议、TDCS-y协议或GSM-R协议转换的TDCS协议消息,版本为X;(3)从其他版本为X的TDCS用户直接转发的消息,版本为X;(4)从其他版本为Y的TDCS用户直接转发的消息,版本为Y(即接口不会将低版本TDCS消息转换为高版本TDCS消息)。

接口服务器向B用户发送消息时:(1)数据库查询消息、表示信息查询消息等由接口从数据库查询后回复或从本地缓存查询后回复的消息,回复消息版本与B用户发送的查询消息版本一致;(2)由FZy-CTC协议、TDCS-y协议或GSM-R协议转换的TDCS协议消息,先转换为版本X,之后降级为版本Y;(3)从其他版本为X的TDCS用户直接转发的消息,进行消息转换,转换为版本Y的消息;(4)从其他版本为Y的TDCS用户直接转发的消息,版本为Y。

3 关键技术

3.1 多目标转发

接口服务器连接用户众多,往往同一来源消息

要动态转发到多个目的用户。快速、准确地确定目的用户，有助于保证消息的高效送达。

接口服务器采用固有转发结合用户配置的方式确定目的用户。固有转发，是根据历史统计数据、消息特有属性和消息基本字段，固定地将特定消息类型转发到某些用户，其判断依据是消息类型。例如针对列车无线闭塞中心（RBC）状态变化信息，接口会自动查找铁路总公司 RBC 实时 MQ 通道，并转发；针对运行图查询请求且消息中局码等于本局局码，接口会自动查找本地数据库用户，并转发。固有转发，可以极大地减轻现场配置人员工作量，减少出错概率，但现场适应性稍差。

用户配置，是工程人员根据现场系统连接结构和数据要求，通过自行制定转发规则，人工强制配置特定来源用户的特定消息，路由到某些目的用户，其判断依据是消息类型和用户类别。通过转发规则的配置，用户配置方式可以转发或屏蔽特定消息类型，灵活性高，现场适应性好，但所需工作量稍大。

图 6 示例中，信息 1 和信息 2 的信息类型相同，因此使用相同的固有转发规则 G2 到同一目的用户 D2。用户配置模式下，消息 1 经过 U1 到目的用户 D5 和 Dn，经过 U2 到目的用户 D3，消息 2 经过 Un 到目的用户 D3 和 Dn。两种模式相结合，可以扬长避短，满足实际需求。

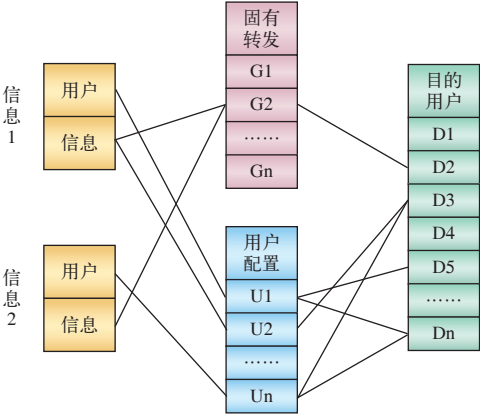


图 6 多目标转发示例

3.2 数据缓存技术

接口服务器需缓存大量列车和车站动静态数据。如何在纷繁复杂的数据间进行信息检索，关系着接口服务器整体逻辑流程的处理效率。

缓存信息的核心索引是车次号和站码。以这两

项信息为中心，建立数据映射关系如图 7 所示^[4]，其说明如表 1 所示。

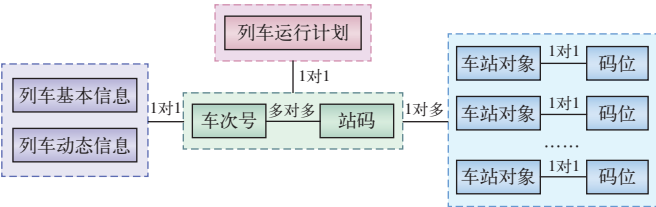


图 7 数据映射关系示例

表 1 数据映射关系说明

键值	数据域	映射方式
站码	车站信息	单键值（站码）线性映射
车站对象	码位信息	双键值（对象类型、对象编号）线性映射
车次号	列车信息	单键值（车次号）线性映射
列车、车站	运行计划	线性Hash映射

3.3 滑动窗口模型下的信息组包操作

管界内列车运行及由其引起的对应信号机、区间等车站对象状态的变化，会触发大量采集表示信息的发送操作。为在合理的延迟考量下，尽可能减少对端数据包包数和处理工作量，接口服务器采用具有跳出机制、向后兼容 N 步的滑动窗口模型实现表示信息的组包发送工作，具体算法如下^[5]：

（1）设定单一信息包最大长度为 L_{\max} ，滑动窗口长度为 W ，组包兼容包数为 N ，消息最大延迟时间 $T\text{ ms}$ ，组包数据包设为 P_{data} 。

（2）从待发送信息缓存列表中读取一包信息 C_{data} 。判断 C_{data} 信息类型，如是采集表示信息，转（6）；否则，转（3）。

（3）如果连续发送非采集表示信息数据包包数大于 N 或距 P_{data} 中最早待处理数据时间大于 $T\text{ ms}$ ，转（5）。

（4）发送本次新读取的信息 C_{data} ，转（2）。

（5）分别发送之前组包信息 P_{data} 和本次新读取的信息 C_{data} ，清空 P_{data} 和 C_{data} ，转（2）。

（6）如果信息 P_{data} 与 C_{data} 的信息包总长度大于 L_{\max} ，或 P_{data} 中已组包数量大于 W ，或距 P_{data} 中最早待处理数据时间大于 $T\text{ ms}$ ，转（7）；否则，转（8）。

（7）发送组包信息 P_{data} 后，清空 P_{data} 。

（8）将信息 C_{data} 合并组包至 P_{data} ，并更新 P_{data} 中信息包长度等字段，转（2）。

其中，（3）可实现 N 包（向后兼容 N 步）信息

包内采集表示信息的组包操作,提升非连续表示信息的组包率;最大延迟时间的设定及(6)中一系列跳出机制的设定,可保证信息的实时性。现场数据表明,此模型的应用可减少对铁路总公司表示信息数据包数60%,极大地改善对端处理环境,提升处理效率。

4 结束语

多协议支持的通用外部交互接口服务器采用诸多先进技术,结构设计合理,具有稳定、可靠和数据处理能力强等特性,兼容多种通信协议和连接方式,已成功应用于北京、成都等多个铁路局的多套系统结构中,有较高的应用价值,获得用户好评。

责任编辑 杨琍明

(上接 P42)

发挥配件最大的价值,提高配件使用率;配件管理是MRO系统全生命周期管理的基础,通过配件全寿命管理实现检修业务专业化管理和降本增效的需要,完善了故障管理。

3.5 在线监测与诊断管理模块

高速列车MRO系统的在线检测技术包括设备运行数据获取技术(电子标签和传感器等实时获取设备数据)、设备运行状态监控技术(嵌入式软件获取状态数据)、数据融合技术等,对列车车对踏面、受电弓磨损情况进行检测,实时采集、有效融合和按需传输运行参数、环境参数等产品性能和健康状况信息,为维护、维修和大修等的预测业务提供必要的数据支持,提高设备运行管理水平、降低设备故障率,实现服务增值。

故障诊断与在线监测模块互相关联,支持异地在线交流,对设备故障进行协同分析,利用产品故障字典,对产品的实时工况数据进行分析挖掘,对比设备状态参数与指标值,进行故障预测和判断,预测设备状态的故障趋势和需要采取的措施。

4 结束语

本文分析了高速列车检修需求,建立了面向全生命周期的高速列车MRO系统业务流程,提出了面向全生命周期的MRO系统主要业务系统的关键技术。基于全生命周期管理的高速列车MRO系统可以

参考文献:

- [1] 赵宏涛,王涛,张琦.铁路调度系统中虚拟共用信息平台研究[J].铁路计算机应用,2013,22(10):27-30.
- [2] 赵宏涛,王涛,张琦.铁路调度系统软件开发中数据流接口的设计[J].铁道通信信号,2013(1).
- [3] 余红梅.铁路分散自律CTC系统的应用问题及对策[J].铁路通信信号工程技术,2015,12(1):8-11.
- [4] 王彦士,王伟,刘朝辉,等.支持透明集成的数据缓存机制[J].计算机研究与发展,2015,52(4):907-917.
- [5] 常建龙,曹锋,周傲英.基于滑动窗口的进化数据流聚类[J].软件学报,2007,18(4):905-918.

实时记录产品业务活动,规范管理设备运行的详细技术数据信息,为客户提供专业检修服务,对设计、生产过程提供支持,优化设计制造和检修技术,提高车辆利用率。目前,MRO系统仍在发展中,还有许多值得研究的关键理论和技术。

参考文献:

- [1] V.V. Panteleev, V.A. Kamaev, A.V. Kizim. Developing a Model of Equipment Maintenance and Repair Process at Service Repair Company Using Agent-based Approach[J]. Procedia Technology, 2014,16(1): 1072-1079.
- [2] Haihua Zhu, James Gao, Dongbo Li, Dunbing Tang. A Web-based Product Service System for aerospace maintenance, repair and overhaul services[J]. Computers in Industry.2012,63(3): 338-348.
- [3] 王建民,任良全,张力,等.MRO支持技术研究[J].计算机集成制造系统,2010,16(10):2018-2025.
- [4] 王建民.MRO2制造业新的增长点[J].中国制造业信息化,2010(5):13-15.
- [5] Eckart Uhlmann, Martin Bilz, Jeannette Baumgarten. MRO - Challenge and Chance for Sustainable Enterprises[J]. Procedia CIRP, 2013(11): 239-244.

责任编辑 徐侃春