

文章编号：1005-8451（2008）01-0013-04

铁路工务安全状态预警决策支持系统构建研究

莫善军，刘雯，梁栋，徐洁，江捷

（中山大学工学院 安全工程研究中心，广州 510006）

摘要：构建以“工务安全”为主题的预警决策支持系统是目前铁路安全管理发展的一个趋势，总结广深铁路工务安全状态预警决策支持系统建设经验，基于“以监测数据客观反映生产安全，以风险分析和安全评价方法指导安全管理，实现铁路工务安全状态预警决策支持目标”建设思想，通过基于数据仓库的工务安全信息集成、决策报表分析、数据挖掘分析和专家知识库预警等技术，提出构建铁路工务安全状态预警决策支持系统新方法。

关键词：铁路工务安全；预警决策支持系统；决策报表；构建

中图分类号：U216 : TP39 **文献标识码：**A

Research on construction for Railway Engineering Safety Warning Decision Supporting System

MO Shan-jun, LIU Wen, LIANG Dong, XU Jie, JIANG Jie

（Research Center of Safety Engineering, School of Engineering, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510006, China）

Abstract: Constructing the Warning Decision Supporting System, which was focused on engineering safety, was the current trend of railway safety management development. It was summarized the building experiment of Warning Decision Supporting System of Guangzhou-Shenzhen railway engineering safety. Based on the conception that monitor data reflecting industrial safety objectively, methods of risk analysis and safety evaluation guiding safety management, and then implementing the purpose of railway engineering safety warning decision supporting, by means of data-warehouse-based integration of railway engineering safety information, decision report analysis, data mining analysis as well as expert knowledge base warning, the new method of construction for Railway Engineering Safety Warning Decision Supporting System was been proposed in this paper.

Key words: railway engineering safety; Warning Decision Supporting System; decision report; construction

目前铁路安全管理方面的信息系统建设主要有两个模式：（1）从计算机应用角度。构建简单事务处理型系统，其功能服务于日常业务管理，满足部

收稿日期：2007-06-11

基金项目：中山大学青年教师科研启动基金项目（1131062）。

作者简介：莫善军，讲师；刘雯，在读硕士研究生。

门之间报表传递和数据存档的需要，不具有智能预警功能；（2）单纯从安全工程信息化角度。基于经验进行安全检查，辨识危险源，确定安全隐患，构建“静态数据库”专家系统，其特点是基于经验，满足宏观安全管理的需求，而与日常业务管理的生产数据割裂。然而，随着高速列车的发展，铁路线路

参考文献：

- [1] 陆宁，李莉.高速公路建设项目可靠性后评估[J].长安大学学报（自然科学版），2006，26（6）：69-72.
- [2] 张文泉，王泓艳.项目后评估方法与项目后评估制度[J].电力技术经济，2005，17（5）：42-45.
- [3] 梅鸣，胡天军.沈阳过境绕城高速公路社会效益后评估的系统动力学模型[J].交通运输系统工程与信息，2005，5（2）：112-115.
- [4] 王利芳，王云鹏.基于系统动力学的道路货物运输系统研究[J].公路交通科技，2005，22（1）：156-158.
- [5] 戚宇杰.基于系统动力学的城市轨道交通票价计算方法研究[J].城市公路交通，2005（11）：34-37.
- [6] 刘丽娜，郭子坚，宋向前.基于系统动力学的港口经济分析[J].水运工程，2006（5）：18-21.
- [7] 徐晓友.“有无法”在技术改造项目经济评价中的应用[J].电力建设，2003，24（9）：54-55.

设备作为铁路行车的重要基础设施，面临着高速和重载双重压力，轨道状态恶化速度加快，恶化量加大。这两种并行模式都不利于铁路安全管理的发展。因此，为了保证铁路行车安全，构建以“工务安全”为主题的预警支持系统势在必行。同时，系统的构建必须改变传统并行模式的弊端，以监测数据客观反映生产安全，以风险分析和安全评价方法指导安全管理，实现铁路工务安全状态预警决策支持功能。

本文总结广深铁路工务安全状态预警决策支持系统建设经验，以广深线工务安全管理为分析对象，本着以监测数据客观反映和指导“工务生产安全”的指导思想，集成定量安全评价和预测模型，提出铁路工务安全状态预警决策支持系统构建方法。

1 系统设计思路

根据广深铁路工务系统安全管理和预警决策的需求，提出安全状态预警决策支持系统设计思路：

(1) 集成环境的建立

应用数据仓库技术建立安全信息综合管理集成环境，对工务系统安全监测信息、监察和日常安全报表等多源数据进行整合分析，设计多种数据集成接口，实现与现有各个部门事务处理型信息管理系统有机结合。

(2) 系统功能目标

日常管理。实现日常安全管理报表管理功能，满足各级各类报表数据处理，改变目前较多的管理领域用手工处理数据的现状，确保安全管理报表数据及时快速准确采集、自动汇总和方便查询。

实时预警。建立集团、站段两级安全管理的预警监控体系，通过报表功能和数据挖掘，实时分析安全管理信息，一旦出现临界状态，系统发出预警信号和提示，通过监测数据反映生产安全状态。

安全状态评价。建立安全状态分析评价模型，为集团工务处和安监室、工务段领导提供实时的分析和决策报表，满足辅助决策、站段安全监控的需要。

专家预警。建立安全隐患、危险源和安全事故案例分析数据库，提供事故隐患分析的工具方法，根据现有的各类安全数据以及实时监控的各类安全信息，建立安全状态预测模型，分析行车安全影响

因素，并自动归纳、学习各类专家诊断后的知识，不断扩充专家知识库，为隐患诊断系统提供专家知识，提高诊断效率。

2 系统总体框架及其关键技术

2.1 系统总体框架

基于以上系统设计思路，提出广深铁路工务安全状态预警决策支持系统总体框架，如图1。从实现功能和技术实现角度，系统划分为4层，包括：数据仓库构建；历史数据挖掘；辅助决策模型和安全管理业务。

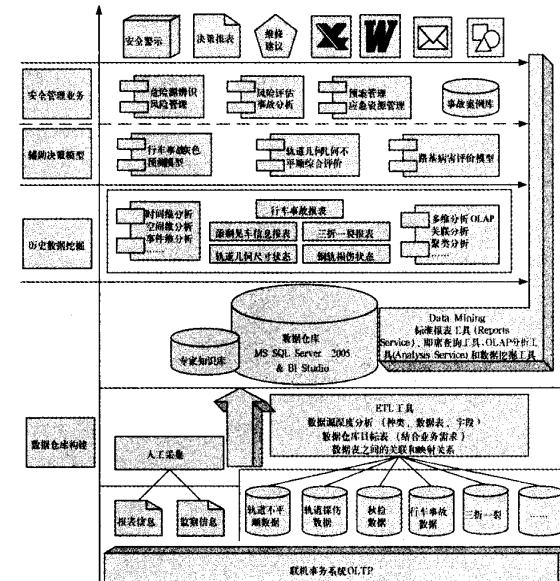


图1 广深铁路工务安全状态预警决策支持系统框架结构

2.2 关键技术

图1中，关键技术解释（从底层到高层）如下：

(1) OLTP (online transactional processing – 联机事务系统)。企业的实时业务系统；

(2) ETL技术 (Extract Transform Loader)。数据提取转换装载技术，是数据从业务数据库把数据按照既定的规则存储到数据仓库的过程；

(3) DM (Data Mining) 数据挖掘。从大量的、不完全的、有噪声的、模糊的并且随机的实际应用数据中，提取隐含在其中的、人们事先不知道但又是潜在有用的信息和知识的过程；

(4) DW (Data Warehouse) 数据仓库。是一种能存储大型海量数据库的技术和机制；

(5) BI (Business Intelligence) 商业智能。提供对数据分析展示的应用和开发平台;

(6) OLAP (online analytical processing)。把数据仓库数据转换为立方体 (CUBE) 形式, 是一种类对数据从维度和量度的组织形式, 有利于大量数据的结构组织和分析处理;

(7) 危险源辨识。通过分析工务生产作业过程, 进行类别划分, 分析存在的危险作业临界量, 确认其风险等级;

(8) 安全评价。利用系统安全工程原理和方法识别和评价系统工程存在的风险, 包括危险、有害因素识别及危险和危害程度评价两部分。

3 数据仓库构建

铁路工务安全管理涉及的安全信息众多, 涉及各个部门业务管理的技术指标和统计量。

本项目采用 SQL Server 数据仓库解决方案作为多源数据整合平台。SQL Server 可无缝连接微软的各种操作型数据源 (如 Excel、Access 等), 且 SQL Server 功能强大, 除了提供专门的报表工具 (Reporting Service)、OLAP 分析工具 (Analysis Services) 外, 还可与其它工具组合构建数据仓库环境。另外, 其操作简单, 具有可扩充性, 可充分利用现有的硬件、软件和人力资源。

本项目提出的基于数据仓库工务安全信息集成方案构建如图 2, 在具体的建设中, 数据仓库分 3 个组成部分: 数据源, 后端加工处理, 用户服务。

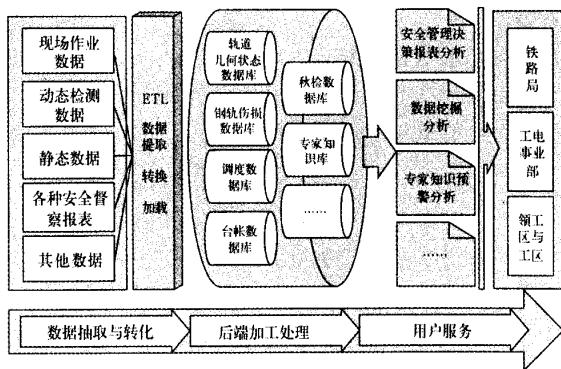


图 2 基于数据仓库工务安全信息集成方案

3.1 数据源提供原始数据

工务部门日常安全管理涉及的数据有 4 种:

(1) 现场作业数据; (2) 动态检测数据; (3) 静态数据; (4) 各种安全督察报表。

3.2 后端加工处理

包括对来自数据源的数据接收、清洗、转换和存储等。首先要确定工务系统安全管理辅助决策的主题, 建立相应的逻辑模型 (对应的事实表和维表)。设置监视器对数据源进行监控, 当数据发生变化时, 监视器感知数据源的变化, 并将这信息发送给集成器。集成器中从数据源提取数据, 使用 ETL 工具对不同类型的数据, 按预先设定的标准, 进行清洗、转换和装载等操作。最后将数据放入数据仓库, 存储到相应的事实表或维表中。

3.3 用户服务

面向工务人员的需求, 完成相应的计算分析等功能。工务人员指定分析的主题, 确定相应的纬度和粒度, 将请求发送给服务器。服务器根据工务管理的请求, 将访问数据集成, 以图形化方式将结果呈现给用户。

4 安全管理决策报表

在已建立的数据仓库的基础上, 通过 BI 工具提供的“信息域”功能, 根据分析的模型和数据仓库数据表的关联, 构造适合设计和使用人员方便使用的数据模型, 然后通过 BI 工具提供的分析设计的“智能查询”、“多维分析”、“固定报表”、“动态报表”工具, 展示分析效果, 最后通过发布技术和 Portal (门户) 技术, 构建统一平台, 构造 EIS, 供各级领导及管理人员使用。

(1) 智能查询

智能查询是指根据实际业务需要, 定义查询内容以及从数据库中检索出所要的数据过程。系统提供通过数据源、信息域、查询文件等多种查询的方式。建立查询时, 需从数据源或信息域中选择所需的所有查询对象, 然后运行这一查询, 即可获得相应的数据。

(2) 动态报表

动态报表是将智能查询所生成的查询结果, 反映为各种形式的报表, 如标准表、主从表, 并可对报表项进行编辑, 转化为各种图形。

(3) 固定报表

系统提供一个功能强大的独立报表制作组件, 设计定位于 Excel 的嵌入式工具, 其界面风格和操作

流程均做到与Excel完美结合。固定报表的设计吸纳了国内大量数据统计报表的需求来源和制作流程。只需明确报表的数据来源，即可通过固定报表方便快捷地完成整个报表格式和报表数据的制作。

(4) 多维立方体报表

主要是对查询检索出的数据进行不同角度、不同层次和不同深度的分析。通过立方体的多维分析模型，建立多维业务报表，可以方便地获取数据、操纵数据和分析数据。多维报表是指根据业务需要，从数据库中提取相关业务数据，并且对所提取的数据进行不同角度和不同深度的分析，最终形成的业务报表。

5 历史数据挖掘

目前工务安全管理的业务处理系统已经形成了“海量”的数据，工务部门急需利用这些宝贵的数据指导生产。数据挖掘是分析大量数据的一种技术，它从大量的、不完全的、有噪声的、模糊的并且随机的数据中，提取隐含在其中的、人们事先不知道的、但又是潜在有用的信息和知识。数据挖掘在工务安全状态预警决策支持系统的应用有以下几个方面：关联分析、聚类分析和预警报告。

5.1 关联分析

关联规则是指大量数据中项集之间有趣的关联或相关联系。通过利用关联分析，管理人员可以进行工务安全事故因素分析。

5.2 聚类分析

聚类是数据挖掘中最常见的技术之一。通过聚类，管理人员可以分析计算对象的相似度，并可对计算对象的某种属性进行排名。

5.3 预警报告

预警报告是建立在安全指标的基础上，在预设置指标变动范畴的基础上，对当前的指标进行平衡，当指标出现异常波动的时候，做出预警处理。各职能单位在获取到预警处理后，对相关指标和单位进行检查，并做出防范和处理措施。预警报告需要预警指标维护系统，该系统能建立指标和指标的计算公式，能动态进行指标的更新和维护。指标的预警值是预警系统的核心，指标和预警值需要结合行业、发展状况等综合因素定义，而且随着时间的推移，指标和预警标准也将发生变化，因此，该系统将是一个长期动态的系统。

6 辅助决策支持

建立工务安全专家知识库，应用人工智能的方法，使专家知识库具有以下4方面的功能：

(1) 建立安全隐患和危险源分析数据库，提供事故隐患分析的工具方法，根据现有的各类安全数据以及实时监控的各类安全信息，建立安全状态预测模型，分析行车安全影响因素；

(2) 建立经专家分析后与铁路工务相关的事故库，分析内在联系，事故规律。总结并不断完善科学、合理和有效的事故处理方式，为事故的及时处理提供可靠依据；

(3) 对事故现场进行仿真模拟，为隐患诊断系统提供专家知识，提高诊断效率。为事故预防方法和事故综合分析提供辅助决策；

(4) 自动总结归纳，学习各类专家诊断后的知识，不断扩充专家知识库，利用专家的知识进行分析推理，判断决策。

7 结束语

本文全面阐述了铁路工务安全状态预警决策支持系统构建的设计背景，提出了“以监测数据客观反映生产安全，以风险分析和安全评价方法指导安全管理，实现铁路工务安全状态预警决策支持目标”的设计思路。首先论述了系统构建的技术方案与关键技术，提出了多源数据整合方案，对数据仓库的选择、基于数据仓库工务安全信息集成方案进行了详细的分析。最后，讨论了安全管理决策报表分析，数据挖掘分析，专家知识库预警等系统功能。铁路工务安全状态预警决策支持系统的构建，将对实现广铁铁路工务安全管理工作科学化、信息化和现代化起到推动作用。

参考文献：

- [1] 唐建桥. 开发铁路运输安全综合评价决策支持系统(DSS)的探讨[J]. 铁道劳动安全卫生与环保, 1995, 22 (4): 276-279.
- [2] 王海新. 建立铁路行车设备安全隐患指数体系的构想[J]. 上海铁道科技, 2006 (1): 14-17.
- [3] 王凤宽. 工务安全生产管理信息系统的实现[J]. 铁路计算机应用, 2003, 12 (9).
- [4] 蒋兆远、杜亚江、程瑞琪、董海棠. 机车安全运行专家系统[M]. 北京: 科学出版社, 2005.