

文章编号: 1005-8451 (2012) 01-0049-03

# 基于有向图的 CBTC 仿真系统数据库设计

杜菡菡, 焦万立

(西南交通大学 信息科学与技术学院, 成都 610031)

**摘 要:** 本文介绍基于通信的列车运行控制系统 CBTC 仿真系统的结构与设计原理, 以及数据库在 CBTC 仿真中的应用, 分析有向图理论在数据库设计中的应用, 并介绍 CBTC 仿真中数据库的设计及实现。

**关键词:** CBTC; 仿真系统; 数据库

**中图分类号:** U284.482 **文献标识码:** A

## Design for database of CBTC Simulation System based on-directed graph

DU Han-dan, JIAO Wan-li

(School of Information Science and Technology, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

**Abstract:** This paper introduced the system structure and design principle of CBTC (Communication Based Train Control) Simulation System, and the application of database in CBTC simulation, analyzed the application of directed digraph theory in database design, and introduced design and implementation for database in CBTC simulation

**Key words:** CBTC; Simulation System; database

通过开发城市轨道交通列车追踪及折返能力仿真系统, 建立城市轨道交通工程项目的计算机辅助设计平台, 利用系统内嵌的列车动力学模型和列车控制模型等数学模型, 为城市轨道交通项目设计提供定量分析的理论依据。

### 1 仿真系统概述及数据库在仿真系统中的作用

本仿真系统通过模拟列车按照实际条件在线路上运行, 验证系统设计是否满足运营指标要求。它不需要实际设备条件参与, 但需具备实际系统的基本功能。列车控制模型采用速度—距离模式控制曲线 (Distance-to-go), 适用于列车按移动闭塞、准移动闭塞、固定闭塞制式运行 (含追踪、折返、出/入段) 的仿真, 分析验证正线列车追踪运行的最小设计行车间隔、最小设计折返间隔、旅行时间、平均旅行速度等运营指标。可作为信号系统的辅助设计工具。系统内嵌列车动力学模型和不同制式列车控制模型等数学模型, 根据线路土建数据、列车性能参数、运营参数和指标要求, 验

证信号机布点和轨道区段划分。借助本仿真系统的仿真结果, 为行车组织、线路设计、车站配线等的优化设计提供参考, 实现城市轨道交通系统整体性能的优化。

本仿真系统采用单机运行的多任务结构, 如图 1。其中, 数据库主要完成基础数据库录入、数据在线编辑和数据解析等功能。

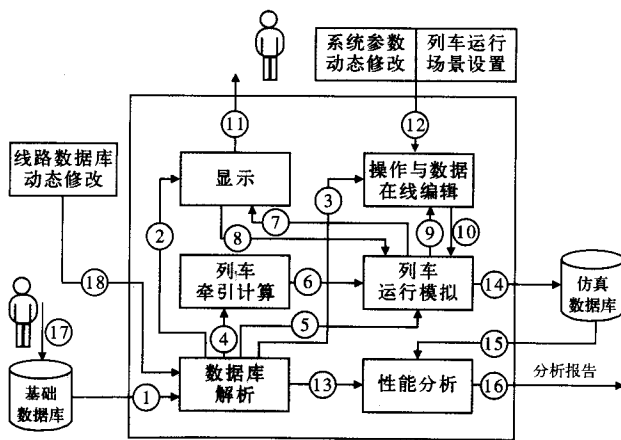


图 1 CBTC 仿真系统结构

### 2 基于有向图的数据库

#### 2.1 数据库功能

收稿日期: 2011-03-14

作者简介: 杜菡菡, 在读硕士研究生; 焦万立, 在读硕士研究生。

(1) 数据录入：录入真实数据用于仿真测试；  
(2) 在线编辑：为用户提供在线编辑界面和基础数据的查看和动态修改功能；(3) 数据解析：实现基础数据的解析，并以全局变量的方式为其它模块提供数据接口。

2.2 数据库设计原则

线路数据库是基于有向图的数学拓扑表示。它提供节点和边的数据。列车行驶，折返，改变方向的任何一个地方叫做一个节点。2个节点之间叫做一个边。道岔和轨道用节点来表示，每个边有一个规定的方向，轨道方向和边的方向相同，边和节点都有单独的id，列车所在的位置和轨旁设备能够定义为<edge,offset>向量。如图2，从成都地铁1号线文殊院站到骡马市站，列车1和列车2分别用<+e4, 156> 和 <-e2, 236>表示。

用一个标准且开放的数学拓扑来诠释线路数据库,对于CBTC系统的互通性来说是一项很重要的技术。当列车从一个CBTC系统移动到另一个时,它在入口处下载新的线路数据库,同时将所在位置报告给新的区域控制器。然后区域控制器将计算移动授权并将其发送回车载控制器。这些消息在移动闭塞系统数据库中都使用<边, 偏移量>的方法来确定其位置。

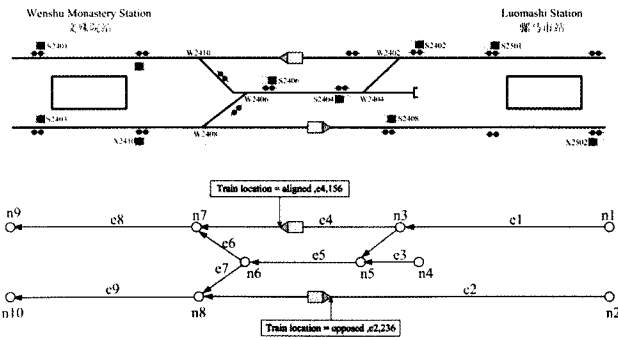


图 2 有向图与列车位置

3 数据库设计

3.1 线路基础数据模型的结构定义

以成都1号线为例，根据仿真系统的需要，我们将仿真系统中涉及到的各个实体确定为对象，例如土建相关数据，包括长短链，坡度，曲线，限速；信号相关数据，包括道岔，记轴，信号机，车站。并将对象通过边和节点关联起来，形成一个完整的逻辑整体，如图3。

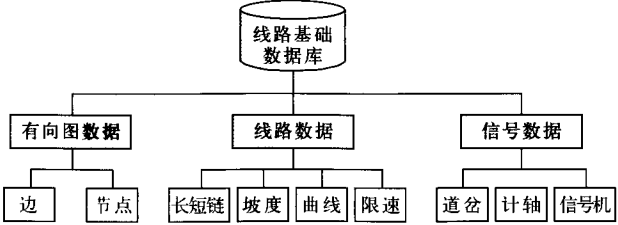


图 3 线路基础数据库

其中，所有数据都取自实际的工程图纸，数据分土建数据和信号数据；道岔，记轴，信号机取自平面布置图；长短链，坡度，曲线来自纵断面图。限速的内容则是综合了曲线限速，道岔限速，车站限速以及其他限速的整个线路的限速表。每个实体的详细结构定义如图4。

在限速表中，最特殊的是曲线限速，曲线限速的获得有3种方式：

- (1) 通过查表，根据曲线半径和缓和曲线长度查表得到曲线限速值。
- (2) 通过计算，根据公式  $V_{Qmax} = \sqrt{\frac{(hsc + h_q)R}{11.8}}$  计算得出曲线限速值。
- (3) 用户直接输入曲线限速值。

3.2 仿真系统全局数据的定义

除基础数据外，还有一些仿真系统要用到的数据，以全局数据的方式定义，如表1。

表 1 全局数据

参数定义	备注
道岔类型	存储地铁各种类型的道岔基础数据。
车辆参数	包括常用制动率，恒定停站制动率，可保障的紧急制动率，时间，惰性时间，纵向冲击率，司机反应时间，最大列车外悬，列车长度，列车重量，旋转质量，列车加速曲线，列车牵引力/制动力特性曲线等数据。
信号参数	包括最大定位误差，倒溜防护距离，速度测量误差，超速容限，FSB 与 EB 触发速度的时间间隔，命令速度 FSB 触发速度的时间间隔，FSB 与 EB 触发速度的速度间隔，命令速度 FSB 触发速度的速度间隔等数据。

4 在实际中取得的成果

在实际的CBTC仿真系统中，按照基于有向图的方式组织数据库，获得列车精确的位置信息和移动授权信息，从而实现移动闭塞的追踪、折返、出入段的仿真。并在仿真之后生成ATS（列车自动监督系统）数据库，ATC（列车自动控制系统）数据库；信号平面图，联锁表及DSU（数据存储系统）数据库。

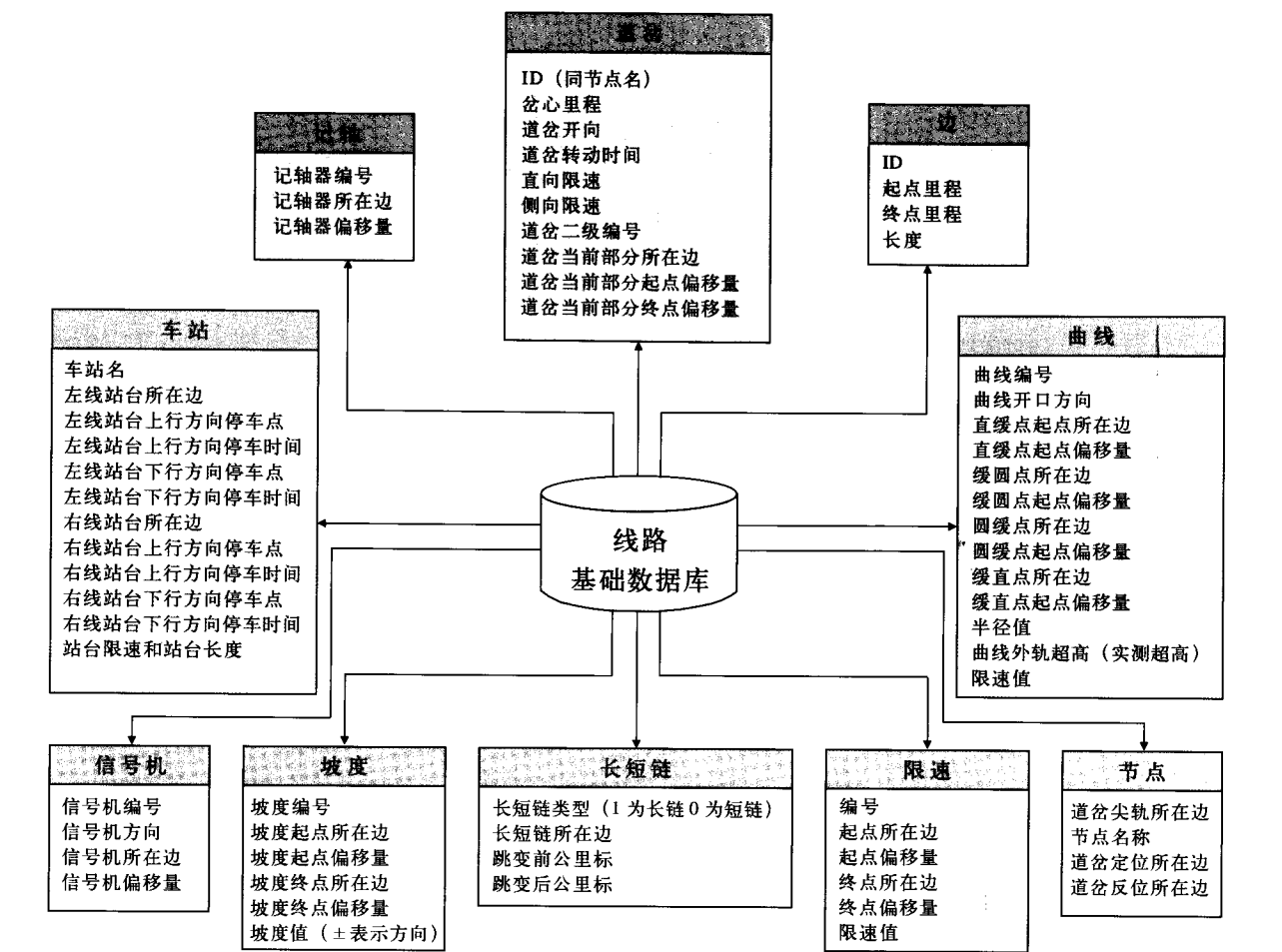


图 4 仿真系统详细数据结构定义

5 结束语

本文基于CBTC仿真系统, 根据仿真的需求, 用有向图的办法对数据库进行了建模, 对现实世界进行了抽象, 对站场元素进行了精确描述, 具有一定的扩展性和通用性。

参考文献:

[1] 陆伟, 马钦. 高速列车运行仿真系统中数据库技术的应用[J]. 中国铁道科学, 2002, 23 (6): 36-37.  
[2] 贾红娟, 唐敏. 北京地铁一号线ATS仿真系统数据库的设计[J]. 铁路计算机应用, 2004, 13 (10): 53-54.

责任编辑 方圆

(上接 P48)

(3) 施工方便, 便于维护, 建设周期短; (4) 不受环境和气候影响, 抗干扰能力强, 可靠性高, 实时性强; (5) 易与现有设备结合, 改动较小; (6) 投资成本和维护成本低, 易于推广。

3 结束语

解决轨道电路分路不良问题是一个系统工程, 不同的现场情况, 需要采用不同的方案来解决。本文对现有的轨道电路、分路不良解决方案进行了

分析, 推出了进一步解决分路不良的新思路, 为将来研究轨道电路分路不良提供了一定的参考价值。

参考文献:

[1] 胡永生. 轨道电路分路不良整治方案研究[J]. 铁道通信信号, 2008, 44 (5): 24-25.  
[2] 安海君, 李建清, 吴保英. 25Hz 相敏轨道电路[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2004.  
[3] 秦青森, 谷海, 张晓峰. 轨道电路分路不良时实现安全行车的探讨[J]. 铁道运输与经济, 2008, 30 (6): 33-34.

责任编辑 陈蓉