

文章编号: 1005-8451 (2008) 10-0001-04

## 基于自动驾驶的列车牵引计算系统

廖 勇<sup>1</sup>, 袁 意<sup>2</sup>, 刘 明<sup>3</sup>

(1.西南交通大学 交通运输学院, 成都 610031; 2.北京铁路局 北京西站, 北京 100055;

3.中铁第五勘察设计院集团有限公司, 北京 102600)

**摘要:** 引入关系数据库理论, 建立列车牵引计算的数据库, 对各类数据进行集中管理。引入列车牵引计算理论, 根据列车受力分析, 建立列车物理模型, 结合列车运动方程和各种约束条件建立数据模型, 设计列车自动驾驶算法; 以 VC++6.0 为开发平台, 实现数据库和算法; 并利用计算机图形技术, 以图形和动画方式实现列车运行过程的可视化, 实时模拟列车的运行状态。

**关键词:** 牵引计算; 自动驾驶; 数据管理; 系统界面

中图分类号: U260.115 文献标识码: A

### Train Traction System basing on automatic train operation

LIAO Yong<sup>1</sup>, YUAN Yi<sup>2</sup>, LIU Ming<sup>3</sup>

(1. College of Traffic and Transportation, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China;

2. Beijing West Railway Station, Beijing Railway Administration, Beijing 100055, China;

3. The Fifth Survey and Design Institute (Group)Co., of CRCC, Beijing 102600, China)

**Abstract:** Database was built up that managed inhomogeneous data of traction calculation though the introduction of relational database theory. Physical model of train was established on the theory of traction calculation and force analysis. Algorithm on automatic train operation was designed by combining train kinematic equation and various restrictive conditions. Database and algorithm were be chaged into program on the development platform of VC++6.0. Visualization of train movement was achieved by using computer graphics technology. Train real-time state was simulated.

**Key words:** train traction calculation; automatic train operation; data management; system interface

目前, 关于牵引计算的研究多集中在基于人机交互的牵引计算软件上, 如牵引计算软件<sup>[1]</sup>, 列车操纵仿真系统<sup>[2]</sup>, 通用列车运行模拟软件<sup>[3]</sup>等。其次是对牵引计算相关算法的研究, 城市轨道交通牵引计算算法<sup>[4]</sup>。

上述牵引计算软件在中国铁路建设中立下了赫赫功勋, 但仍然离不开人工干预。尤其在列车运行速度时分计算过程中, 由于操纵经验不足及人工误差等因素往往导致在许多关键地点需要进行反复试算, 制约了牵引计算软件的计算效率; 由于实际操纵经验的欠缺, 在使用现有牵引计算软件时往往不能得心应手, 影响了工作效率。因此, 对无需人工干预, 基于自动驾驶的牵引计算软件的需求日益增强。本文所介绍的具有自动驾驶的列车牵引计算系统可以弥补这一空白。

该系统具有数据集中管理等特点。

收稿日期: 2008-06-16

作者简介: 廖 勇, 在读博士研究生; 袁 意, 助理工程师。

### 1 集中的数据管理

现有的牵引电算软件大多采用文件保存数据, 该系统描述一种类型的机车需要 5 个文件: 机车基本数据文件、机车动力制动特性数据文件、机车牵引特性数据文件、机车能耗特性文件、机车动力制动能耗文件; 描述一条线路需要 3 个文件: 坡度数据文件、曲线数据文件、标记数据文件; 描述编组数据需要 1 个文件。随着线路数据、机车数据和编组数据的增加, 文件数量成倍增长, 数据的管理难度增加。在计算时需一一打开各个文件, 用户存在漏打开或重复打开的可能性, 操作重复繁琐。

#### 1.1 数据库文件

本系统的数据管理采用开放式的文本格式, 便于用户进行二次开发或作为与其它程序的接口。牵引计算的数据分为机车数据、车辆数据、线路数据和列车编组数据。系统采用 12 个文件分类集中管理。由于机车型号、线路名、车辆型号和编组名的

唯一性，同种数据以此为主键保存在同一个数据文件中，文件的数量不会随着各类数据的数量变化，简化了数据文件的管理难度。数据文件的命名规则为数据库名“+@+”文件名。“@”符号前的数据库名是区分不同数据库的标记。“@”符号后的“文件名”则是具体保存的不同的数据内容，12个文件的文件名是固定的且放在“数据库名”的同一文件夹下。

如图1：该数据文件是属于“qyjs”数据库，机车动力制动力和制动能耗特性数据文件中的数据。在“qyjs”文件夹下有本系统需要的12个文件。文件中数据项之间用制表符（TAB键）隔开，在Excel中对数据文件进行编辑，数据排列整齐、美观、方便。

	SS1	33-	6.000000	8.000000	8.000000
1	SS1	33-	6.000000	8.000000	8.000000
2	SS1	33-	18.000000	88.700000	18.000000
3	SS1	33-	28.000000	177.500000	18.000000
4	SS1	33-	38.000000	266.200000	18.000000
5	SS1	33-	38.000000	356.500000	18.000000
6	SS1	33-	48.000000	271.000000	18.000000
7	SS1	33-	68.000000	309.000000	18.000000
8	SS1	33-	78.000000	181.500000	18.000000
9	SS1	33-	88.000000	159.000000	18.000000
10	SS1	33-	98.000000	140.200000	18.000000
11	SS1	33-	95.000000	135.400000	18.000000
12	DFB	1800	18.000000	8.000000	8.000000
13	DFB	1800	5.000000	7.000000	8.000000
14	DFB	1800	18.000000	10.000000	8.000000
15	DFB	1800	15.000000	216.000000	8.000000
16	DFB	1800	18.500000	262.000000	8.000000
17	DFB	1800	28.000000	225.000000	8.000000
18	DFB	1800	22.000000	171.000000	8.000000
19	DFB	1800	38.000000	238.000000	8.000000
20	DFB	1800	28.000000	249.000000	8.000000
21	DFB	1800	48.000000	216.000000	8.000000
22	DFB	1800	58.000000	168.500000	8.000000
23	DFB	1800	58.000000	191.000000	8.000000
24	DFB	1800	68.000000	122.000000	8.000000

图1 数据文件

## 1.2 数据库操作

在上述命名规则下，当用户打开数据库时，只需选中任意一个数据文件打开，系统根据文件全名得到该文件所属数据库的名称，进而在文件夹中查找有相同数据库名的数据文件，将系统需要的12个文件一次性读入计算机内存中，减轻了繁琐的重复性操作。同时由于库中的所有数据一次性读入，当用户在不同数据间切换时，系统毋须再与硬盘进行数据交换，响应时间较小。为了提高系统效率，在编辑数据时，系统将数据缓存在内存中，在用户保存后再写入硬盘。

## 1.3 数据库界面

为了增加界面的友好性，界面的显示分为4类：机车数据库界面、车辆数据库界面、线路数据库界和列车编组数据库界面。如图2中的机车数据库界面和线路数据库界面。系统以表格的形式展示给用户，各种数据清晰、直观、方便用户编辑。

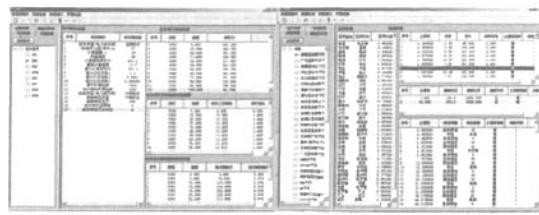


图2 机车数据库界面和线路数据库界面

## 2 算法实现

本系统精心设计算法，该算法根据线路的平纵断面、列车的编组条件，自动计算各种工况下列车的单位合力，自动进行工况优选，自动选择工况的持续运行时间。计算出区间总运行时分、区间各工况运行时分、区间各工况能耗、总能耗、以坡段和区间为单位的各项速度及能耗指标。同时提供绘制列车速度时分曲线的基础数据。

### 2.1 改进的列车运动方程一般形式

列车运动方程是牵引计算的基础，列车运动方程一般形式的合理性直接影响到区间运行时分，起停附加时分，机车能耗计算的精度和车站分布的合理程度。考虑到列车的运行时分单位取s，列车运行距离单位取m，列车运动方程的积分表达式为：

$$\int dt = \int_{c}^{30} \bullet dv \quad (1)$$

$$\int ds = \int_{30 \bullet c}^v \bullet dv \quad (2)$$

式中：v为列车的运行速度，单位：km/h；t为列车的运行时间，单位：s；s为列车的运行距离，单位：m；c为列车的单位合力，单位：N/kN。

如图3，在 $v_1-v_2$ 的速度间隔内。用直线代替了曲线，所以当速度在区间 $(v_1-v_2)$ 内列车的单位合力c与速度的关系可以用一次函数的形式给出：

$$c=kv+b \quad (3)$$

$$k = \frac{c_2 - c_1}{v_2 - v_1} \quad (4)$$

$$b=c_1 - kv_1 \quad (5)$$

将式(1) — (5)代入式(1)中取定积分可得：

$$\Delta t = \frac{30}{k} \ln\left(\frac{c_2}{c_1}\right) \quad (6)$$

将式(1) — (5)代入式(1)中取定积分可得：

$$\Delta s = \frac{25}{3k} \cdot \left( v_2 - v_1 + \frac{b}{k} \ln\left(\frac{c_1}{c_2}\right) \right) \quad (7)$$

式中:  $v_1$  为列车的初速度, 单位: km/h;  $v_2$  为列车的末速度, 单位: km/h;  $\Delta t$  为列车由速度  $v_1$  到  $v_2$  运行的时间, 单位: s;  $\Delta s$  为列车由速度  $v_1$  到  $v_2$  运行的距离, 单位: m。

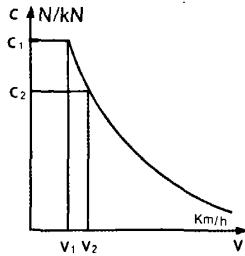


图3 斜折线模拟列车单位合力曲线图

本系统采用斜折线模拟列车单位合力曲线(如图3), 得到计算精度比现行《牵引》规定更高的列车运动方程的一般形式。

## 2.2 算法研究的内容

(1) 列车工况自动初选。列车的运行工况有: 牵引、惰行、动力制动、空气制动、空电联合制动。列车根据线路的平纵断面、机车的当前运行工况、各种工况下的单位合力、列车的当前运行速度, 自动转换工况;

(2) 列车工况自动优化。列车工况初选后, 若列车出坡时超速, 算法自动回退采用相应的工况保障列车出坡不超速;

(3) 自动满足工况转换的时间约束。空气制动的周期制动中的惰行增速时间必须要满足两次制动间的充风时间和惰行空走时间的和, 其他任何工况之间的转换的惰性时间必须要满足由机车、车辆特性和列车长度决定的工况转换时间;

(4) 合理的工况运行时间检测。在工况自动选择后, 在“碎坡”较多的线路上会造成工况频繁转换, 与实际列车运行工况不相符, 此时引入工况时间检测机制。若检查到列车的运行工况时间不满足设定的时间, 算法将自动延长工况运行时间, 在必要时对工况做相应调整。

## 2.3 算法解决的关键问题

(1) 列车各种工况的合理使用范围。为了保证列车在相应的坡段上运行不超速和满足列车工况转换时惰行时间的需要, 深入研究了列车各种工况的合理使用范围;

(2) 列车工况初选。列车运行在相应的坡段上, 根据列车工况的合理使用条件在不考虑下一坡段限

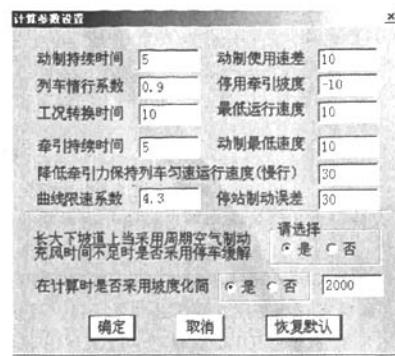


图4 参数设置对话框

速的条件下自动进行工况初步选择;

(3) 研究自动计算过程中的回退重算方案。列车出坡时进行进出坡检验, 若出坡速度大于下一坡度的限速, 算法回退, 根据下一坡度的限速结合当前计算结果选取不同的回退策略, 重新计算, 使计算结果满足进出坡检验(出坡时列车不得超速)。

## 3 计算模拟

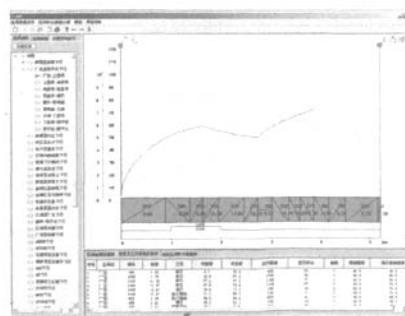


图5 计算模拟界面

系统的计算模拟界面如图5, 用户根据需要选择需要进行计算的线路和编组并设置自动计算的相关控制参数如图4, 然后, 系统将根据算法后台自动进行计算, 整个计算过程毋须人机交互。线路数据库中的最小单位是区段, 但系统通过算法将区段中的数据按区间加以细分。因此, 系统的计算对象可以细分到每一个区间。计算的结果可以通过表格和速度时分曲线的形式展示给用户。与此同时, 系

文章编号: 1005-8451 (2008) 10-0004-05

## 基于 CORBA 的数据库中间件的研究与实现

赵宏吉, 杨芳南

(北京交通大学 网络管理研究中心, 北京 100044)

**摘要:** 研究基于四川联通传输网综合网管系统, 提出一种可用于管理分布式数据库连接的数据库中间件。中间件位于网管系统客户端和数据库服务器之间, 统一处理每个客户端发出的数据库访问请求; 提供统一的分布式环境下数据库访问接口 API, 包括创建连接、查询数据、提交事务等, 屏蔽数据库的异构性; 能够有效地管理数据库连接等资源, 提供稳定的数据库服务。在原有网管系统中引入本中间件以后, 系统不再需要通过 JDBC 提供的 API 来访问数据库。

**关键词:** 数据库中间件; CORBA; 连接池; 自动连接; LRU 算法

中图分类号: TP311.13 文献标识码: A

### Research and implementation of CORBA based on database middleware

ZHAO Hong-ji, YANG Fang-nan

(Network Management Research Center, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

**Abstract:** The research was based on Integrated Network Management System of Sichuan Unicom. It was raised a database middleware which could be used to manage distribute connections. The middleware was located between client and DBMS, and provided uniform database accessing API under the distribute environment. The middleware could manage distribute connections effectively and provide steady database service. Network Management System could use this middleware instead of JDBC.

**Key words:** database middleware; CORBA; connection pool; automatically reconnect; LRU algorithm

JDBC 是被 Java 程序员广泛使用的数据库中间件。但考虑到规范的使用性, JDBC 只提供了底层的

数据 SQL 操作等最直接的数据库操作规范, 并没有实现分布式环境下数据库资源管理的功能<sup>[1]</sup>。

另外, 随着计算机网络技术和分布式计算技术的发展, 企业数据库应用系统的结构趋向复杂化、多样化。而且, 数据库厂商陆续推出各种关系数据

收稿日期: 2008-05-26

作者简介: 赵宏吉, 在读硕士研究生; 杨芳南, 高级工程师。

统提供不同的报表形式输出和速度时分曲线的保存和打印等相关功能。

### 4 结束语

本课题结合数据库理论、列车牵引计算理论, 通过问题的定义、需求分析、系统结构设计、概念设计、详细设计过程, 建立列车牵引计算系统。并采用 VC++6.0 为开发平台实现了具有集中数据管理、自动驾驶功能的列车牵引计算系统。实际数据的测试表明, 该系统的自动驾驶功能能很好的根据线路的平纵断面进行工况自动选择, 系统的数据管理和各项操作方便快捷, 系统稳定性较强。

### 参考文献:

- [1] 何鸿云, 朱金陵. 列车牵引计算及操纵示意图计算机软件的开发[J]. 西南交通大学学报, 2000, 35 (5): 514-516.
- [2] 郭佑民, 王志伟, 武福. 列车操纵与运行仿真系统[J]. 兰州铁道学院学报, 2002, 21 (6): 125-127.
- [3] 毛保华, 何天健, 袁振洲. 通用列车运行模拟软件系统研究[J]. 铁道学报, 2000, 22 (1): 1-5.
- [4] 石红国, 彭其渊, 郭寒英. 城市轨道交通牵引计算算法[J]. 交通运输工程学报, 2004, 4 (3): 30-33.
- [5] 饶忠. 列车牵引计算[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1999: 52-53.
- [6] 孙中央. 列车牵引计算实用教程[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2005.