

城轨信号系统站场图编辑软件  
TOPOLOGY 的研究与实现

薛巧丽,王培林

(北京南车时代信息技术有限公司 信息软件部,北京 100070)



作者简介:薛巧丽(1983-),女,硕士,设计师,现主要从事城市轨道交通信号系统方面的科研工作。

**摘要:**论述了站场图编辑软件TOPOLOGY的设计与实现。该软件采用基于面向对象的编程思想,依据图形与设备分离的设计理念,通过良好的数据结构设计,应用完整性一致性检查算法和自动生成进路算法,实现了完整的站场图编辑软件功能,并确保数据的准确性和安全性,能够较好地满足城轨信号系统设计和使用的需要。

**关键词:**城轨信号系统;CBTC;ATS;联锁;站场图;拓扑

**中图分类号:**TP311.52;U284 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-128X(2011)05-0044-03

## The Research and Realization of Track Layout Editor TOPOLOGY in Urban Rail Transit Signaling System

XUE Qiao-li, WANG Pei-lin

(Information Software Department, Beijing CSR Times IT Co., Ltd., Beijing 100070, China)

**Abstract:** This paper elaborated the design and realization of the track layout editor TOPOLOGY. The software was based on the object-oriented programming and adopted the design concept of icons separated from the devices. With strict data structure design, integrate and consistency checking algorithm and route auto-generate algorithm were all used in the software. The integrated editing function of track layout editor was realized, and the accuracy and safety of data were ensured, which met the requirement of design and application in urban rail transit signaling system well.

**Key words:** urban rail transit signaling system; CBTC; ATS; interlocking; track layout; Topology

### 0 引言

目前日益兴起的CBTC(Communication Based Train Control,基于通信的列车自动控制)轨道交通信号系统,是对城市轨道交通信号设备进行实时控制和行车作业指挥的安全关键系统。城市轨道交通车站站场拓扑图(简称站场图)描述了车站站场中信号机、道岔、轨道区段等设备之间的联锁关系和站场信号的拓扑信息,是整个CBTC系统能够实施和运行的数据基础。所以,城市轨道交通信号系统的研究需要对站场图进行精确细致的刻画,要求方便编辑和使用站场图数据,并确保对描述站场图的站场数据进行完整性和一致性检查,从而保证整个CBTC系统能够安全运行。

因此,本文提出并实现了一种满足CBTC应用需求的城轨信号系统站场图编辑软件TOPOLOGY。该软件

基于面向对象的编程思想,采用图形与设备分离的设计理念,使用XML文件存储,易于扩充,融CBTC各子系统数据需求于一体,并采取框架式的结构以满足CBTC各子系统的扩充要求,具备自动检测完整性及快速生成进路表的功能,满足了整个CBTC系统界面一致、数据准确、编辑方便等方面的要求。

### 1 站场图编辑的问题描述

在整个CBTC系统中,站场图的数据应用于ATS、联锁、区域控制器及车载ATP/ATO等子系统。整条线路数据取决于设计好的线路信号轨道平面布置图,针对具体的CBTC线路,需要编制不同的原始数据。

线路信号轨道平面布置图由信号机、道岔、轨道区段、站台、屏蔽门、防淹门等设备组成。站场图编辑不仅需要对这些设备空间位置信息以及拓扑关系进行编辑,还要编辑相应设备的属性信息及其特殊的用途。

在综合既有一些解决方案优点的基础上,为满足

收稿日期:2011-04-06;收修改稿日期:2011-07-13

实际应用需要,在TOPOLOGY的设计过程中重点关注了以下的问题:

针对众多的设备及其属性,如何设计通用的基础数据结构,满足图论的要求,从而使数据结构的设计能够适应较宽范围各类站场的具体情况,并且保证数据内部的无矛盾性。

针对用户多元化的要求及不同的应用场景,如何设计健壮的结构且易于扩充。

如何保证大量数据编辑的正确性和完整性。

如何设计友好的操作界面及自动生成功能,方便编制人员的操作。

## 2 站场图的结构原理

站场图是由道岔、信号机、轨道区段、站台等设备组成。城轨信号系统中的站场图形绘制不是一般的图形编辑,而是由与站场现场设备实际关联的图形及设备单元组合而成。设备单元需要受到严格的联锁条件的制约。站场图的简单示意图如图 1 所示。

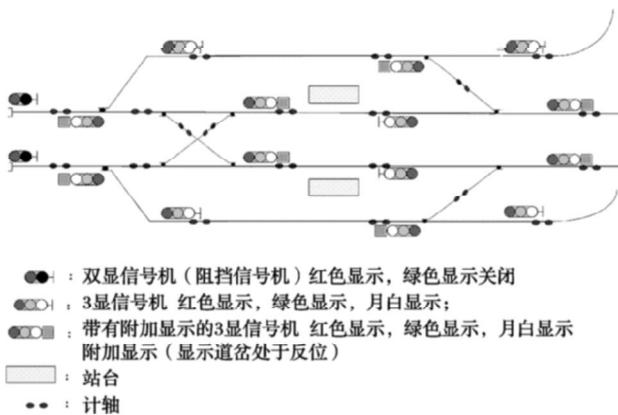


图 1 站场图示意图

从图论的观点,整个站场图可以映射为由若干不同类型的图元以及它们之间相互的连接所构成的一个网状拓扑结构。这个网状拓扑结构拓扑图内包含了站场运行的控制信息。比如信号机的开放与其后的道岔、轨道区段之间的关系。现就其要点定义如下:

信号机集合:  $X$ , 每个信号机具有prev和next两个端点;

信号机端点的集合:

$$XP: \{(x, p) | x \in X, p \in \{prev, next\}\}$$

道岔集合:  $D$ , 每个道岔具有prev,next和reverse 3个端点;

道岔端点的集合:

$$DP: \{(d, p) | d \in D, p \in \{prev, next, reverse\}\}$$

轨道区段集合:  $G$ , 每个轨道区段具备prev和next 2个端点;

轨道区段端点的集合:

$$GP: \{(g, p) | g \in G, p \in \{prev, next\}\}$$

拓扑连接的集合:  $L$

$$L: \{(p1, p2) | p1 \in XP \cup GP, p2 \in XP \cup DP \cup GP, \text{且 } p1 \neq p2\}$$

进路集合:  $R$ , 每条进路都是由信号机、轨道区段及道岔组合而成的。

$$R: \{(x, d, g) | x \in X, d \in D, g \in G, \text{且 } x \neq \phi, g \neq \phi\}$$

由集合  $X$ 、 $D$ 、 $G$  以及  $L$  构成了整个站场数据基本的网状拓扑。其他类型的设备依照信号机、道岔和轨道区段类似的方式处理。

## 3 系统功能

站场图编辑软件TOPOLOGY可实现的主要系统功能如下:

图形界面与设备界面的编辑功能,能够增加、删除、修改和复制指定的图元或者设备。

读写XML文件及二进制文件,针对ATS、联锁等不同需求给出不同的安全数据存储方式。

设备拓扑关系编辑,通过简单的鼠标拖拽,实现设备拓扑关系的编辑。

图形与设备关联功能,图形与设备分离后通过相关属性设定进行关联。

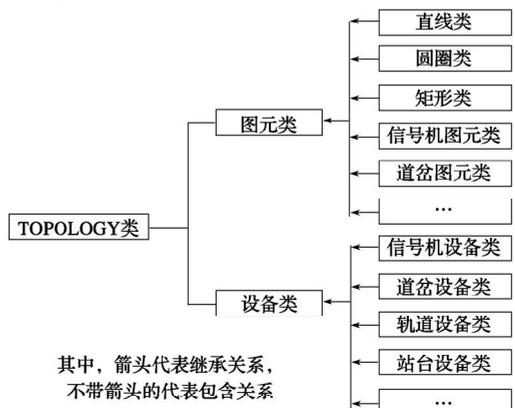
完整性一致性检查。

自动生成进路表。

## 4 系统构架

TOPOLOGY采用了图形与设备分离的设计理念,将站场图内所用到设备的图形表示与其设备属性部分分离。在图形窗口内单独编辑图形元素,在设备窗口内单独编辑设备属性,通过图形与设备的相关属性设定,将两者紧密关联起来。图形窗口内进行站场图形的绘制工作,就是把该站场所包含的道岔、各种信号机、轨道区段及站台等设备均以图形的形式表示出来,在此仅进行图形颜色、形状、大小等图形方面的编辑。设备窗口内进行实际设备属性的编辑工作,以简单设备示意表示设备,在其属性页内进行相关属性的编辑。

该软件采用了面向对象程序设计方法,借鉴了组件对象模型技术(COM),采取框架式的结构以满足CBTC各子系统的扩充要求。软件的数据结构设计如图2所示。



其中,箭头代表继承关系,不带箭头的代表包含关系

图 2 软件类的包含、继承关系图

这样的结构设计很好地解决了上述问题。通过类的继承关系,提高了软件的复用性,将各类中的公共函数或属性提取出来;通过多态,实现了操作的多样性和灵活性;图形与设备的分离,满足了数学严密性;仅在设备窗口中进行拓扑关系的编辑,应用了图论。

同时框架式的结构,可以分别针对ATS或者联锁等子系统的具体需求增删相关内容;图形窗口的独立设计,可根据用户的不同需求随时变更图形界面;通过这两点的设计解决了上述问题,使系统易于扩充。

在编辑界面中,通过简单的鼠标拖动,可方便地进行图形的放大、缩小;通过鼠标的拖拽,可进行设备拓扑关系的编辑;生成设备或者图形时,默认设定既定属性,减少了编制人员的操作;完整性一致性检查功能,减轻了编制人员的查错工作;自动生成进路表,减少了人工输入时不可避免的人为错误等等。利用这些功能,解决了上述问题,方便了编制人员的操作。

### 5 关键算法

#### 5.1 完整性一致性检查算法

完整性一致性检查包括检测图形单元和设备单元的唯一性、正确性和无冲突性,主要依据图形生成的设备列表信息与系统静态设备数据的一致性、拓扑结构的完整性、拓扑图形与设备的关联性。TOPOLOGY软件通过完整性一致性检查功能,自动检测数据的完备性,通过显示检查结果,提示数据编制人员线路数据是否完备,从而很好地解决了上述问题。完整性一致性检查算法如图3所示。



图3 完整性一致性检查的算法流程

#### 5.2 自动生成进路表算法

进路就是由若干个信号机、道岔及道岔位置、轨道区段组成的列车在车站内运行时所经过的通路。进路由始端信号机和终端信号机决定;进路搜索必须能够搜索出进路上所有有关的信息,包括进路方向、途径的道岔、途径的轨道区段等等。通过将整个站场图内所有信号机作为建立始端信号机集合后,依次取出每个信号机进行进路搜索、生成进路。

根据数据结构中图论的内容,图的搜索一般有2种方式,即深度优先搜索和广度优先搜索。在本文所描述的进路搜索算法中,采用的是深度优先搜索策略。如果采用广度优先搜索,由于在每个道岔位置扩展时,并不知道该扩展方向是否为目标设备的方向,造成扩展的分支较多,存储量很大。但是深度优先搜索可以避免这样的问题,它会沿着单一的路径搜索,直到在

这个路径上无法找到目标设备时才会选择另一路径搜索,而且对已经搜索过的不能找到的目标设备的路径不必保存,这样可以节省存储空间。具体的进路生成及搜索算法如图4所示。

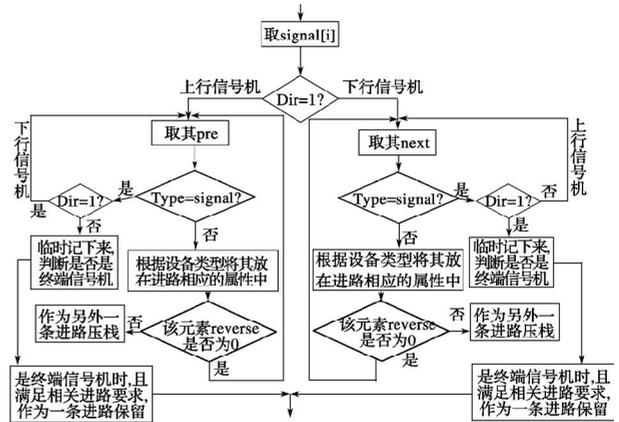


图4 自动生成进路表流程

### 6 实现效果

该软件编辑数据的过程及部分站场图显示如图5所示。简单方便的操作及友好的人机界面大大提高了做图的效率,减少了手工输入的人为错误。设计容量可以满足城轨线路站场图编制的需要。

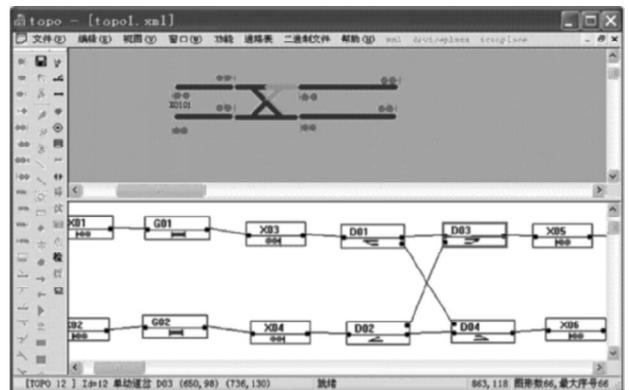


图5 站场图编辑示例

图6为自动搜索生成进路后的编辑界面,自动生成算法实现了所有单元进路的遍历,根据实际需要决定相应记录的取舍。针对复合进路,通过单元进路的组合编辑,满足实际长进路的需求。

序.	类.	始端按钮	始...	途径道岔	途径轨道区段	敌对进路
1	L	X01,X05	X01	D01,D03	G01,G001,G003	
2	L	X01,X06	X01	(D01),(D04)	G01,G001,G004	
3	L	X02,X06	X02	D02,D04	G02,G002,G004	
4	L	X02,X05	X02	(D02),(D03)	G02,G002,G003	
5	L	X07,X03	X07	D03,G01	G03,G003,G001	
6	L	X07,X04	X07	(D03),(D02)	G03,G003,G002	
7	L	X08,X04	X08	D04,D02	G04,G004,G002	
8	L	X08,X03	X08	(D04),(D01)	G04,G004,G001	

图6 自动生成进路结果

(下转第74页)

必要。从图3可以看出,通过打开主控车QEL配电柜查找到30KD03继电器,用螺丝刀拆掉30KD03继电器上的304153号线,就能使D12的电磁线圈失电而停止工作。

上述两步完成后,其他7节车辆的列车管将无压缩空气充入,仍不能缓解。所以,可以到尾部车辆,打开D03阀(如图1),将备用制动手柄推到完全缓解位,总风管的压缩空气就可以经尾部的D03阀充入到其他7节车辆中。由于第一步已经关闭头车和相邻车辆的列车管截断塞门,所以,从尾部来的列车管压缩空气不会从故障头车泄漏。

由于D08动作使牵引调节器不能工作,所以,从图2可以得出:从主控头车QEL柜17XME30排摘掉264079/4线,从17XME33排摘掉264080/4线,就能切断电源线和负线排之间的短接联系,牵引调节器得电工作,使列车恢复牵引动力。

## 4 结语

经过四步操作,切除了故障车的制动,保证了其他车辆列车管的空气的正常供给,同时也保证了列车的牵引动力。从实际运用情况看能大大缩短动车组在线路上的停留时间,并且同其他查找泄漏点再紧固无螺纹管件的处理方法相比可以不用限制动车组的运行速度,把不良影响缩小到了最小程度。

### 参考文献:

- [1] 铁道部运输局装备部. CRH5型动车组运用检修实操培训教材[M]. 北京:铁道部运输局装备部,2007.
- [2] 铁道部运输局装备部. CRH5型动车组途中应急故障处理手册[M]. 北京:中国铁道出版社,2009.

(上接第46页)

经测试,可以用该软件完成各类城轨线路的站场图编辑,可应用于ATS和联锁系统以及CBTC系统其他子系统,能够很好地保证数据的正确性和完整性,具备较强的自动进路生成功能和其他自动化功能,具有友好的人机界面,达到了预期的设计目标。

## 7 结语

本文论述的城轨信号系统站场图编辑软件TOPOLOGY软件,为整个CBTC系统的设计和运行奠定了数据基础。该软件可以在优化数据交换格式,提高数据的安全性,提高自动化程度、易用性和编辑效率等方面

进一步完善,以获得更好的应用效果。

### 参考文献:

- [1] 赵志熙. 计算机联锁系统技术[M]. 北京:中国铁道出版社,1999.
- [2] 赵雁,钟雁,王福田. 铁路站场拓扑数据生成方法研究与实现[J]. 交通运输系统工程与信息,2007,7(5):127-134.
- [3] 聂胜利,唐祯敏. 铁路站场图数据分析系统的设计[J]. 铁路计算机应用,2006,15(9):1-4.
- [4] 彭建伟,殷人昆. 基于邻接表结构的进路搜索算法研究[J]. 计算机工程与设计,2006,27(18):3400-3402.
- [5] 祝庚. 铁路信号站场图形一致性检测的算法设计[J]. 计算机测量与控制,2008,16(10):1382-1383.

## 动态消息

### 欢迎访问《机车电传动》期刊网站

《机车电传动》期刊网站网址为<http://jcdc.chinajournal.net.cn>,进入网站首页后点击“本刊各期题录浏览”即可进入本刊出版汇总页面。此页面的中间部分为本刊“优先数字出版”的目次,双击其文章标题即可查看该文的摘要、关键词

等内容。双击“优先数字出版”上方的年份数字即可进入相应年份各期的目次页面。下载全文需要“中国知网”的用户名及密码。

2012年期刊征订工作在11月份启动,欢迎读者到当地邮局订阅《机车电传动》期刊(邮发代号42-17)。