

文章编号: 1005-8451 (2016) 12-0065-04

城市轨道交通联锁表自动生成软件的开发与实现

于春花

(上海自仪泰雷兹交通自动化系统有限公司, 上海 201206)

摘要:城市轨道交通联锁表自动生成软件依据城市轨道交通信号系统既有的联锁表格式和编制原则, 采用模块化设计思想, 利用现代化计算机技术, 根据输入的站场线路拓扑图及相关轨旁设备数据, 构建抽象的图型数据结构信息, 通过广度图论优先搜索算法遍历全线站场线路拓扑, 完成联锁表进路及进路相关信息的自动搜索, 生成并且保存为标准格式的联锁表及进路图。目前该软件已在实际的工程项目中得到较好的应用。

关键词:城市轨道交通; 联锁图表; 自动生成

中图分类号: U239.5 : TP311 **文献标识码:** A

Automatic generation software of interlocking table for Urban Transit

YU Chunhua

(Thales Saic Transportation System Limited Company, Shanghai 201206, China)

Abstract: On the basis of the existing interlocking table format and preparation principle of Urban Transit Signal System, the automatic generation software of interlocking table for Urban Transit was adopted the idea of modular design, used the modern computer technology, based on the imported data of the station track layout topology and related wayside equipment, constructed the abstract graph data structure information, traversed the station track layout topology by using the breadth of graph theory first search algorithm, implemented automatic search for interlocking route and related route information, generated and saved the interlocking table and route map for the standard format. At present, this software was applied in practical engineering projects.

Key words: Urban Transit; interlocking table; automatic generating

联锁表是车站信号设备之间的所有联锁关系的说明图表, 是信号工程设计的重要组成部分, 是确保行车安全, 提高运营效率的基础。它是计算机联锁软件编写及测试评估的基本依据, 其逻辑严密, 随站场变化而变化。表中详尽严格地记录了每条进路的联锁信息, 包括进路、道岔、信号机之间的联锁逻辑关系及相关轨旁设备的相关信息, 其内容庞杂, 逻辑复杂。人工编制的联锁表, 不仅需要大量的人工工时, 且效率也不高。为了保证其编制的正确性, 还需要再经过人工校对, 如遇到线路站场情况复杂时, 还存在一定程度漏编、错编的情况。因此, 实现联锁表的自动生成具有非常重要的意义。联锁表自动生成软件在某种程度上可以防范因人为因素而导致的错误, 且可以大大缩短编制时间, 提高编

制效率。

1 联锁表自动生成软件总体架构

软件总体设计按照业务逻辑不同, 划分为视图层、业务逻辑层和数据存储层 3 部分, 如图 1 所示。视图层是为了呈现简化的站场平面布置图和生成的联锁进路图及查看生成的联锁进路数据; 业务逻辑层是确立轨旁设备间关系数据结构信息设计、联锁进路搜索算法设计、进路相关信息生成等; 数据存储层是将产生的联锁进路表按照标准、通用的 Excel 格式进行输出, 同时将生成的进路图保存成图片格式输出。

采用 Microsoft Visual Studio .NET 2003 作为软件开发平台, 利用 Visual C++ 编程语言实现面向对象结构设计, 通过用户人工导入基础站场数据文件 UFT.txt 及界面操作最终完成进路表 ROUTE.xlsx 数

收稿日期: 2016-05-22

作者简介: 于春花, 工程师。

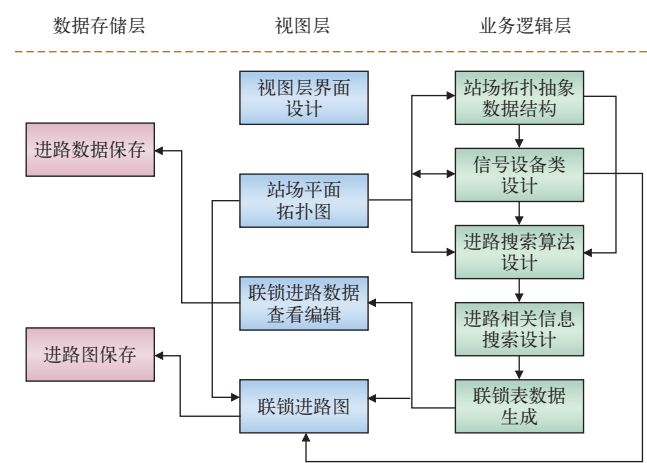


图1 软件总体设计层次结构图

据生成输出。以下将详细描述几个主要模块的具体实现情况。

2 软件主要功能模块

软件按照功能划分,主要包括4大功能模块,即:站场拓扑图及相关数据输入模块,联锁进路及相关信息自动搜索模块,联锁进路数据显示模块,联锁图表输出保存模块。其中,联锁进路及相关信息自动搜索模块按照固定闭塞进路和移动闭塞进路分别进行处理。

2.1 站场拓扑图及相关数据输入模块

该模块主要功能是导入站场线路拓扑图数据和轨旁元素相关初始信息,根据拓扑图的连接关系及拓扑图的走向,结合轨旁元素信息,抽象出软件所需要的设备数据结构对象,实现将信号平面布置图转化为相应的数据结构对象,为后续联锁进路的搜索做好充分准备。

实际的站场结构类似于图的结构,由节点 Node (信号机、道岔、区段) 的集合以及边 Segment (每两个节点 Node 之间的连线) 的集合组成,对于已导入的轨旁元素(即信号设备)依照其位置逻辑关系被有序地放置在该树型结构中,称为设备节点。根据联锁表的编制原则,每条轨道交通运行线的联锁表均要按照联锁控区单独输出,故位于控区边界的信号机和区段,被分别放置在每一个控区中。针对树型结构中的每一种设备节点建立相应的包含位置等相关信息的数据结构,这样就形成了站场拓扑图到数据结构的转化,搜索进路时按照从左到右的顺序采

用一种搜索策略依次遍历所有 Segment 和 Node 及设备节点,生成进路数据。同时根据导入的轨旁元素信息生成相应的数据结构,主要包括 ZC 类、Switch 类、Signal 类、Block 类、Platform 类、Shunting 类等等。

2.2 联锁进路及相关信息自动搜索模块

进路是由信号机、道岔及道岔位置、轨道区段所组成的列车在车站内运行时所经过的路径。进路搜索就是基于经过抽象处理后的信号平面布置图的数据结构,采用相关的图论路径搜索算法,按照一定的顺序搜索出由始端信号点到终端信号点这条进路上的所有设备节点。

基于实际运用的需求考虑,以及根据输入数据所建立的站场信息数据结构,该软件采用广度优先搜索算法进行联锁进路搜索查找。该搜索算法遵循从始端节点开始一层层扩展直到找到目标点的搜索规则,类似于按照树的层次进行遍历的过程。现详细介绍联锁进路及相关信息自动搜索模块的处理过程。

2.2.1 固定闭塞进路及相关信息搜索

进路搜索算法描述如下:

- (1) 读取联锁控区内的所有内部信号机,确定其为搜索路径的起始端点;
- (2) 遍历每一个控区内的每一个内部信号机;
- (3) 获取信号机结构信息数据及其所在的拓扑位置和拓扑链接关系;
- (4) 从起始端点开始,沿着端点所在的 Segment 开始依次遍历设备节点,同时记录下设备节点的相关信息;
- (5) 如果当前的设备节点是信号机或者是停车牌,且与端点为同向,则完成一次主体进路的搜索;
- (6) 如果当前的 Segment 没有找到符合条件的终端点,则按照 Segment 的链接关系开始分叉进行搜索,每个分叉的搜索重复执行(4)~(6)的搜索过程;
- (7) 如果搜索遇到拓扑结构图的终点或者是控区边界分割点,则终止该条进路搜索,返回(2)重新搜索新的进路;
- (8) 对于主体进路已经搜索成功的进路,执行防护进路(两种模式,一种是到下一架同向信号机,

一种是按照防护区段长度) 的搜索, 与搜索主体进路的逻辑类似, 如果找到拓扑终点或者控区边界点, 则搜索终止, 同时记录搜索过程中遍历的所有设备节点信息。当遇到进路方向与该拓扑图上正常运营方向相反的情况, 搜索的防护进路为该防护起始端点后的第一个无岔区段; 如果遇到道岔区段, 则防护进路延续到道岔区段后的无岔区段, 若该无岔区段包含站台区域, 则应包含站台区域作为防护区段。

进路搜索具体流程图, 如图 2 所示。

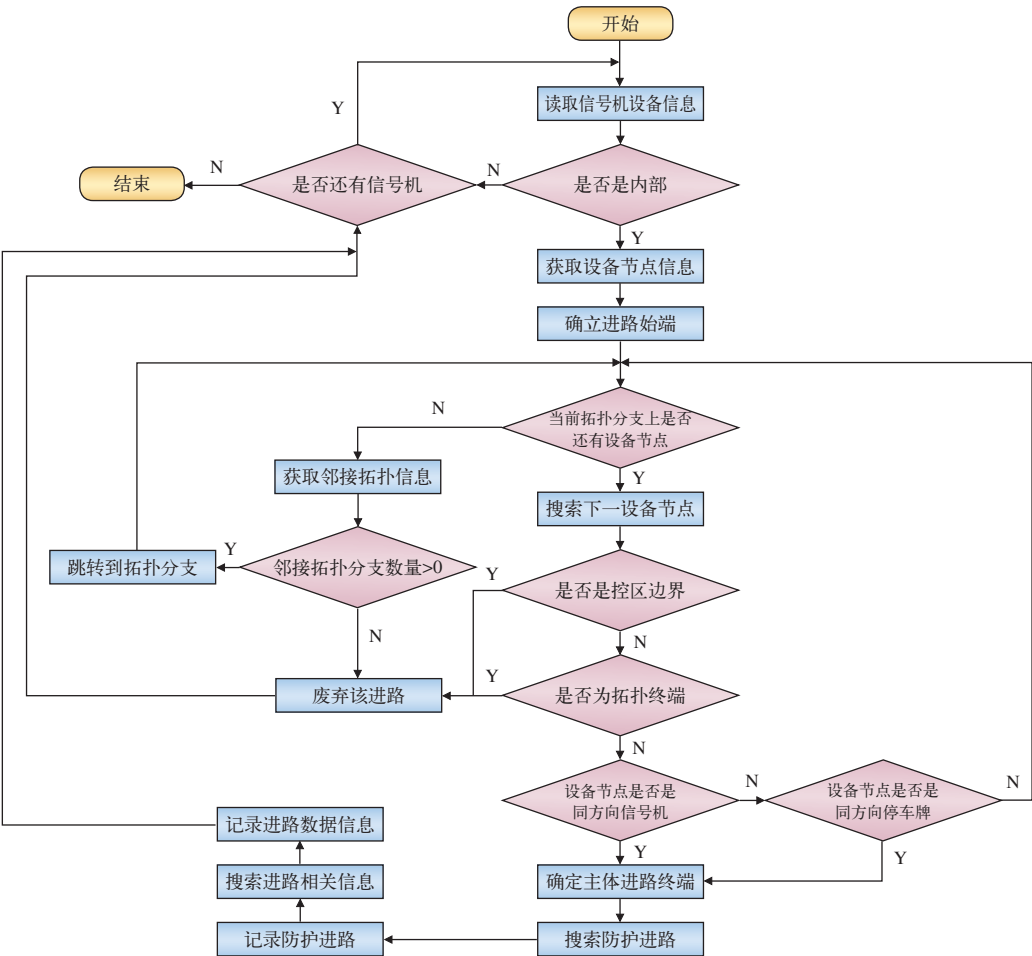


图2 进路搜索流程图

当进路的主体和防护部分均已搜索完毕后, 开始处理每条进路的相关逻辑数据, 包括进路名称、进路编号、所属控区名称编号、始端信号机名称、进路方向、信号机显示灯位、主体进路区段列表、防护进路区段列表、接近锁闭区段、防护进路解锁区段等区段数据, 以及主体进路和防护进路中的道岔列表、相关侧防道岔和其解锁区段等进路表中所要求的信息。在计算完进路道岔的侧防道岔和解锁区

段条件后, 计算所有固定闭塞进路之间的冲突进路: 对于某条进路来说, 如果其他进路与其要求的进路道岔位置和要求侧防道岔位置不同, 即为该进路的道岔位置冲突进路; 如果其他进路与其要求的进路道岔位置和要求侧防道岔位置都相同, 但主体进路或防护进路方向相反, 即为该进路的方向敌对冲突进路。同时联锁表中的屏蔽门、站台紧急关闭按钮、防淹门和引导信息等相关内容也计算完毕。最后, 针对所有搜索完整的进路进行排序处理后作为最终

的显示输出。至此完成了进路及其相关信息的搜索工作。

2.2.2 移动闭塞进路及相关信息搜索

移动闭塞进路没有防护进路, 其进路的搜索逻辑同固定闭塞进路类似, 只是搜索的起始端点为道岔防护联锁信号机, 而不是所有的信号机, 终点为跨越道岔的每条路径方向相反的信号机。其进路相关信息数据不包含防护进路的相关数据, 其他的与固定闭塞进路相同, 在此不作详述。

2.3 联锁进路数据显示模块

联锁进路数据显示包括两种模式: (1) 数

据格式显示, 是将搜索完毕的进路及进路相关信息一并显示在表格中, 按照联锁表的不同内容显示在不同的数据表项中, 如同 Excel, 运行界面如图 3 所示; (2) 图形化界面显示, 包括进路起点、终点及进路中所包含的设备节点, 这种方式比较直观, 但是只能逐条进路进行浏览查看, 运行界面如图 4 所示, 其中, 红色带箭头的折线表示主体进路部分, 蓝色折线表示防护进路部分。两种查看方式结合, 相辅相成,

DATA ID	ZC NAME	ROUTE NAME	ROUTE NUMBER	ROUTE DIRECTION	AVAILABLE MODES	SIGNAL NAME	SIGNAL ASPECT	CALL ON AS
1	HOW	1311	0902105-0902107	4051	GDI	DA, DM	0902105	GREEN
2	HOW	1311	0902105-0902107	4052	GDI	DA, DM	0902105	GREEN
3	HOW	1311	0902105-0902107	4053	GDI	DA, DM	0902105	YELLOW
4	HOW	1311	0902105-0902107	4054	GDI	DA, DM	0902105	YELLOW
5	HOW	1311	0902105-0902107	4055	GDI	DA, DM	0902105	GREEN
6	HOW	1311	0902105-0902107	4056	GDI	DA, DM	0902105	YELLOW
7	HOW	1311	0902105-0902107	4057	GDI	DA, DM	0902105	YELLOW
8	HOW	1311	0902105-0902107	4058	GDI	DA, DM	0902105	GREEN
9	HOW	1311	0902105-0902107	4059	GDI	DA, DM	0902105	GREEN
10	HOW	1311	0902105-0902107	4100	GDI	DA, DM	0902105	GREEN
11	HOW	1311	0902105-0902107	4111	GDI	DA, DM	0902105	GREEN
12	HOW	1311	0902105-0902107	4112	GDI	DA, DM	0902105	YELLOW
13	HOW	1311	0902105-0902107	4113	GDI	DA, DM	0902105	YELLOW
14	HOW	1311	0902105-0902107	4114	GDI	DA, DM	0902105	GREEN
15	HOW	1311	0902105-0902107	4115	GDI	DA, DM	0902105	YELLOW
16	HOW	1311	0902105-0902107	4116	GDI	DA, DM	0902105	YELLOW
17	HOW	1311	0902105-0902107	4117	GDI	DA, DM	0902105	GREEN
18	HOW	1311	0902105-0902107	4118	GDI	DA, DM	0902105	GREEN
19	HOW	1311	0902105-0902107	4119	GDI	DA, DM	0902105	GREEN
20	HOW	1311	0902105-0902107	4120	GDI	DA, DM	0902105	GREEN
21	HOW	1311	0902105-0902107	4121	GDI	DA, DM	0902105	YELLOW
22	HOW	1311	0902105-0902107	4122	GDI	DA, DM	0902105	GREEN
23	HOW	1311	0902105-0902107	4123	GDI	DA, DM	0902105	GREEN
24	HOW	1311	0902105-0902107	4124	GDI	DA, DM	0902105	GREEN
25	HOW	1311	0902105-0902107	4125	GDI	DA, DM	0902105	GREEN
26	HOW	1311	0902105-0902107	4126	GDI	DA, DM	0902105	GREEN
27	HOW	1311	0902105-0902107	4127	GDI	DA, DM	0902105	GREEN
28	HOW	1311	0902105-0902107	4128	GDI	DA, DM	0902105	GREEN
29	HOW	1311	0902105-0902107	4129	GDI	DA, DM	0902105	GREEN
30	HOW	1311	0902105-0902107	4130	GDI	DA, DM	0902105	GREEN
31	HOW	1311	0902105-0902107	4131	GDI	DA, DM	0902105	GREEN
32	HOW	1311	0902105-0902107	4132	GDI	DA, DM	0902105	GREEN
33	HOW	1311	0902105-0902107	4133	GDI	DA, DM	0902105	GREEN
34	HOW	1311	0902105-0902107	4134	GDI	DA, DM	0902105	GREEN

图3 联锁表数据查看界面运行图

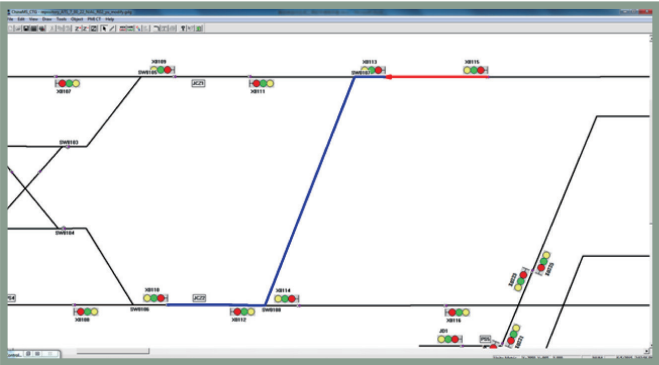


图4 联锁进路图

可以完整且直观地表达一条联锁进路。

2.4 联锁图表输出保存模块

该软件可以将生成的联锁表数据直接保存为 Excel 格式的数据文件，为后续人工再处理提供便利。同时，该软件还提供对已生成的联锁表数据的增加、删除、修改、恢复、排序、冲突进路计算等辅助操作。点击 SaveRMap 可以直接将联锁进路图保存为 *.JPEG 或者是 *.gif 格式的图片。

3 结束语

该软件通过将站场拓扑图抽象成数据结构，采用路径图论算法搜索进路，遍历出所有的基本进路，同时，根据轨道交通联锁表的编制原则，对所得的进路及进路相关信息进行处理生成联锁表，达到了不重复、不遗漏的设计要求，实现了联锁进路数据的自动生成。

目前，该软件可以涵盖项目中所涉及到的各种站场结构，且已真正应用于实际项目中。通过该软件编制联锁表，可以缩短编制时间，提高信号系统设计工效，简化联锁表的审核，同时，在保证联锁表内容的完整性及正确性方面，起到了很好的促进作用。

参考文献：

[1] 梅松. 基于 ActiveX 技术的联锁表自动生成软件[J]. 铁道通信信号, 2007, 43 (6) : 9-10.

[2] 高利民, 李文慧, 孙慧. 双向广度搜索算法在联锁进路自动生成中的应用[J]. 铁路计算机应用, 2007, 16 (5) : 43-45.

[3] 陈光, 杨扬. 计算机联锁系统进路表自动生成算法[J]. 铁路计算机应用, 2015, 24 (5) : 5-8.

[4] 林瑜筠. 城市轨道交通信号[M]. 2 版. 北京: 中国铁道出版社, 2010.

[5] 陆振朋. 计算机联锁图表的作用及改进探讨[J]. 铁路通信信号工程技术, 2012, 9 (4) : 20-21.

责任编辑 付思