

城轨线路图纸会签支持系统设计与实现

任碧能, 吴嘉, 刘学

Support system for countersignature of urban rail transit line drawing

REN Bineng, WU Jia, and LIU Xue

引用本文:

任碧能, 吴嘉, 刘学. 城轨线路图纸会签支持系统设计与实现[J]. 铁路计算机应用, 2022, 31(12): 78–83.

REN Bineng, WU Jia, LIU Xue. Support system for countersignature of urban rail transit line drawing[J]. Railway Computer Application, 2022, 31(12): 78-83.

在线阅读 View online: <http://tljsjyy.xml-journal.net/2022/112/78>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

基于Revit平台的墙体模型自动生成算法

Revit platform based automatic generation algorithm of wall model

铁路计算机应用. 2021, 30(7): 80–84

基于LKJ软件测试用例自动生成的技术研究

Automatic generation technology of test cases for LKJ software

铁路计算机应用. 2019, 28(7): 40–44

铁路计算机联锁控制数据自动生成方法

Automatic generation method of railway computer-based interlocking control data

铁路计算机应用. 2021, 30(3): 65–71

联锁表自动生成软件的设计与实现

Design and implementation of automatic generation software for interlocking table

铁路计算机应用. 2021, 30(4): 70–75

城市轨道交通全自动运行线路调度系统的仿真研究

Simulation of fully automatic operation line dispatching system for urban rail transit

铁路计算机应用. 2021, 30(6): 74–78

城市轨道交通新线运营设备验收管理信息系统设计与实现

New line operation equipment acceptance management information system of urban rail transit

铁路计算机应用. 2020, 29(10): 59–64



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

文章编号: 1005-8451 (2022) 12-0078-06

城轨线路图纸会签支持系统设计与实现

任碧能¹, 吴 嘉¹, 刘 学²

(1. 广州地铁设计研究院股份有限公司, 广州 510010;

2. 成都云幽科技有限公司, 成都 610000)

摘 要: 针对城市轨道交通(简称:城轨)线路图纸会签缺乏快速复核软件导致效率低下的问题,提出开发城轨线路图纸会签支持系统。研究会签专用图和会签专用表格自动生成方法、车站区间接口表和联络通道表自动复核方法等,开发线路图纸会签支持系统,并在某城轨线路图纸的会签过程中试用验证。验证结果表明,该系统提供的快速复核支持功能能显著提高复核效率和图纸质量。

关键词: 图纸会签; 线路中心线; 复核; 自动生成; 数字化

中图分类号: U231.2: TP39 **文献标识码:** A

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8451.2022.12.15

Support system for countersignature of urban rail transit line drawing

REN Bineng¹, WU Jia¹, LIU Xue²

(1. Guangzhou Metro Design and Research Institute Co. Ltd., Guangzhou 510010, China; 2. Chengdu Yunyou Technology Co. Ltd., Chengdu 610000, China)

Abstract: In view of the low efficiency caused by the lack of fast review software for the countersigning of urban rail transit line drawings, this paper proposed to develop a support system for the countersigning of urban rail transit line drawings, studied the automatic generation method of countersigning special drawings and countersigning special tables, the automatic review method of station interval interface table and interconnection channel table, developed a line drawing countersigning support system, and tried to verify it in the countersigning process of a urban rail transit line drawing. The verification results show that the fast review support function provided by the system can significantly improve the review efficiency and drawing quality.

Keywords: countersignature of drawings; central lines of track; review; automatic generation; digitization

城市轨道交通(简称:城轨)工程项目的设计由线路设计开始,并贯穿整个建设过程。城轨设计一般是总体设计单位和各分段设计单位配合完成,总体设计单位与各分段设计单位之间,以及同一单位各专业均需线路平面、纵断面设计数据的支持。由于设计专业之间接口多、流程长和设计过程中版本更替频繁,经常出现各专业的图纸中与线路相关的数据、线路专业的平面、纵断面设计数据不一致的情况,在会签时需要花费大量时间精力复核待会签的图纸,从而直接影响整个工程项目的质量和进度。因此,设计单位迫切需要一种利用自动化手段,在人工复核之前,尽可能多地自动发现图纸中错误,减轻人工复核工作量。

因为城轨线路是机车车辆和列车运行的基础,其设计成果关系到项目整体。为此,科研和工程人员在线路计算机辅助设计方面进行了颇有成效的研究,如任碧能^[1]实现的地铁线路数字化设计系统,具有数字地面建模、平面和纵断面线形设计、平纵智能联动等设计功能;孔德立^[2]介绍的新建铁路线路设计平台具有线路平面设计、纵断面设计、曲线要素计算、线路出图等辅助功能;王亚楠等人^[3]开发了基于自动计算机辅助设计(AutoCAD, Autodesk Computer Aided Design)的结构数字化审核软件,通过读取基础信息,对配筋、截面进行规范化比对审核,生成了审核表,减少审图工作量;金泽宇^[4]基于C#开发了城市轨道交通线路辅助设计软件,能辅助完成线路的设计和修改工作;刘江涛等人^[5-6]基于Node.js和MongoDB实现的铁路选线案例系统具有选线案例上传、管理、查询和可视化分析展示等功能;

收稿日期: 2022-05-19

基金项目: 广州地铁设计研究院股份有限公司科研项目(KY-2018-83)

作者简介: 任碧能,高级工程师;吴 嘉,教授级高工。

胡建平等人^[7]开发的铁路线路防护栅栏设计软件，基于线路和地形数据实现了防护栅栏纵断面的自动设计；任碧能^[8]基于 Skyline 软件开发的地铁线路设计展示系统，实现了地铁线路和沿线站位的直观展示。综上所述，目前，在城轨线路图纸数字化方面的研究工作主要集中在计算机智能辅助线路设计方面，而针对跨专业的线路设计成果的自动化复核方面的研究还滞后于实际需求。为此，本文结合 Node.js 和 AutoCAD 二次开发技术，研发了基于 B/S 的城轨线路图纸会签支持系统（简称：会签支持系统）。

1 主要需求和总体框架

1.1 需求分析

- （1）项目建立和打开。支持新建会签项目、打开会签项目和删除会签项目等操作。
- （2）数据管理。对会签过程中的线路基础数据、车站区间接口表等导入数据和文件分目录管理。
- （3）会签手册生成。能根据基础数据生成会签手册，会签手册是对各专业提供的图纸中要复核的数据以集中且易于使用的方式进行整理，便于快速核实。
- （4）会签图生成。能根据基础数据生成会签专用图，会签专用图是集中且直观呈现会签过程中要复核的数据，便于快速比对核实。
- （5）会签数据检查。对提供的车站区间接口表的里程坐标相符性自动化检查、对提供的联络通道和废水泵房表里程坐标相符性的自动化检查、批量转换里程与坐标。
- （6）会签数据交互式查询。待复核图纸与生成的线路会签图的同屏窗口联动式显示、里程与坐标的交互式查询和图上标注。
- （7）其他会签辅助。在 AutoCAD 中三维中心线生成和三维内轮廓面的绘制功能、三维偏移线生成，可以应用于 BIM 设计。

1.2 总体框架

会签支持系统的总体框架按照分层架构设计思想，从逻辑上划分为数据层、模型层、功能层和应用层等 4 层次，系统的总体框架，如图 1 所示。

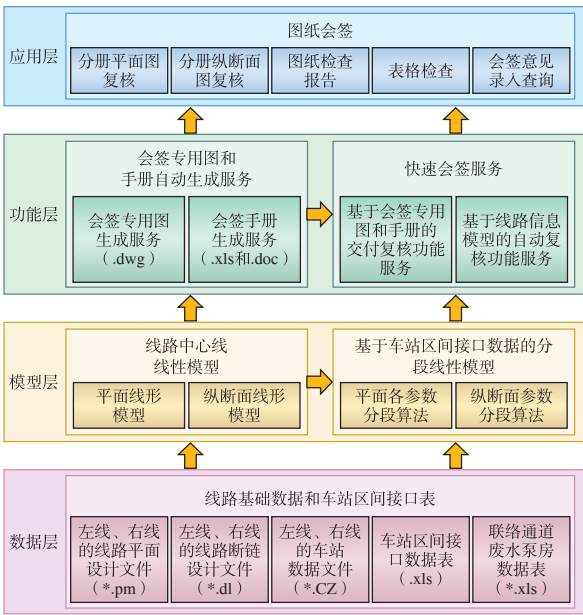


图1 会签支持系统总体框架

- （1）数据层负责数据的读取、导入、存储和管理，考虑到衔接已有的地铁线路设计软件，数据层的输入数据主要来源于地铁设计软件的数据成果；
- （2）模型层负责建立核心算法模型，线路中心线性模型和基于车站区间接口数据的分段线形模型等；
- （3）功能层提供具体的功能服务，自动成图、自动制表、快速复核、自动比对等；
- （4）应用层提供具体界面，供线路设计人员调用功能层的服务。

2 关键技术

系统研发的技术路线是在计算机图形学、计算几何算法、计算机辅助设计和线路设计理论等基础理论的支撑下，通过研究线路平纵断面线形设计模型、会签专用图和专用表格自动生成方法、车站区间接口表和联络通道表自动复核方法和线路三维中心线自动生成方法，开发会签支持系统并不断验证优化软件，实现会签专用图（表格）的自动生成、基于会签专用图（表格）快速复核各专业提交会签的图纸，达到提高效率的目的。

2.1 快速建立线路中心线线形模型

线路设计数据文件来源于城轨线路设计软件^[1]。

- （1）线路平面数据文件，数据包含线路各个交

点的 X 、 Y 坐标, 各个交点对应的前缓和曲线长度 L_1 、圆曲线半径 R 、后缓和曲线长度 L_2 ;

(2) 断链数据文件, 数据包含各个断链处的前里程桩号 M_q 、后里程桩号 M_h ;

(3) 纵断面数据文件, 数据包含各个变坡点的桩号 M_{bpd} 、后坡度 S_h 、后坡长 L_h 、变坡点对应的竖曲线半径 R_{sh} ;

(4) 车站数据文件, 数据包含各车站中心里程

桩号 M_{cz} , 车站名称 N_{cz} 。线路设计数据文件的读取采用 AutoCAD 二次开发接口编写程序实现。

建立的线路中心线线形模型是包含一条线路的所有平面线元和纵断面线元并反映线元之间连接关系的空间线形算法模型, 该空间线形算法模型可以用于计算线路中线任意里程对应的坐标和高程、由指定点坐标查询对应里程, 图 2 为线路中心线线形模型的示意图。

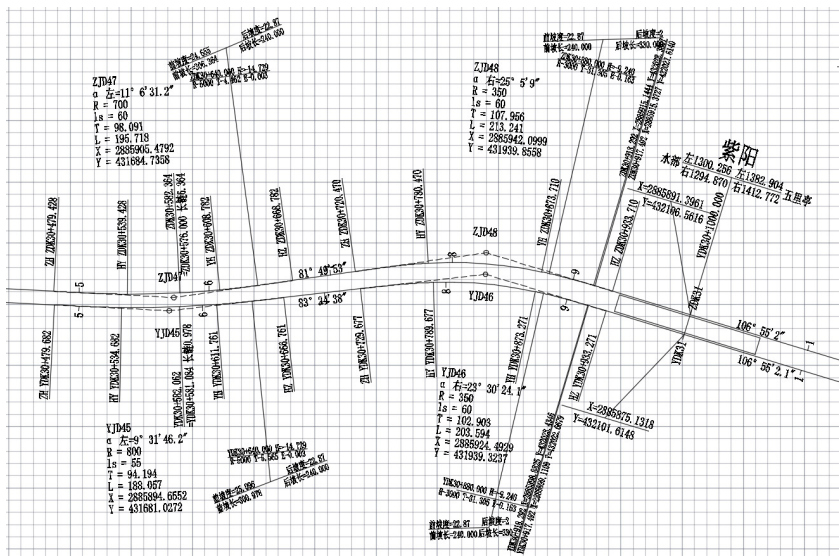


图2 城轨线路中心线线形模型示意

2.2 线路会签专用图纸表格的自动生成

线路会签专用图纸表格(简称: 图表)是针对线路会签业务的需要, 在城轨线路平面图的基础上进行扩展的一种设计图纸或表格。

2.2.1 线路会签专用图表信息

(1) 图表汇聚了会签的重要信息包括左右线的分区信息、平面信息、纵断面信息、车站信息和联络通道信息, 其中分区信息包括分区起终点里程、坐标、轨面设计高程、分区名和施工方法等;

(2) 平面信息包括平面曲线特征桩的里程和坐标、平面曲线要素、平面交点坐标等; 纵断面信息包括纵断面变坡点的里程和设计高程、前坡度、前坡长、后坡度和后坡长等;

(3) 车站信息包括: 站名、车站中心里程、坐标和轨面设计高程, 车站起点和终点的里程、坐标和轨面设计高程, 与前一车站的站间距, 与后一车站的站间距;

(4) 联络通道信息包括联络通道中心里程、坐标和设计高程等。线路会签专用图表上融合了线路的平面、纵断面等线路专业数据, 更易直观复核比对图纸内容。

2.2.2 线路会签专用图表自动生成方法

线路会签专用图表是基于线路设计软件^[1]提供的平、纵断面设计基础数据文件、车站区间接口数据表、联络通道和废水泵房数据表等资料进行输出的, 其实现方法为:

(1) 读取线路平、纵和车站数据文件建立平纵断面线形设计模型;

(2) 利用 NPOI 开源组件车站区间接口数据表、联络通道废水泵房数据表;

(3) 在线路平纵断面线形设计模型的支撑下计算线路中心线直线、缓和曲线和圆曲线等各类线元的控制点的坐标, 并计算平面要素、纵断面要素、车站区间分界里程和坐标、车站中心里程和坐标等

- 各项参数；
- (4) 基于 NPOI 开源组件将上一步生成的各项参数按指定格式输出到 Excel 表格中；
- (5) 应用 ObjectARX.NET 编程绘制平面线位、各种会签要素；
- (6) 自动沿线路中心线放置图框、自动布局成标准分幅的图形并保存为 DWG 图形数据库；
- (7) 自动将 DWG 图形数据库布局空间的图纸打印成 PDF 文件。

2.3 数据表的自动检验

车站区间接口、联络通道和废水泵房的数据表是线路会签的重要输入数据。车站、设备等专业手动输入车站区间分界里程和坐标、联络通道的中心里程和坐标等数据，形成车站区间接口、联络通道和废水泵房的数据表并互提给线路专业。因为数据繁多、人工失误等原因导致数据表难免存在错误，尤其是里程和坐标等数据更容易出错。因此有必要研究车站区间接口数据表、联络通道数据表和废水泵房数据表的自动复核方法，自动检查数据表中所填数据一致性。车站区间接口、联络通道和废水泵房的数据表自动检验算法流程，如图 3 所示。

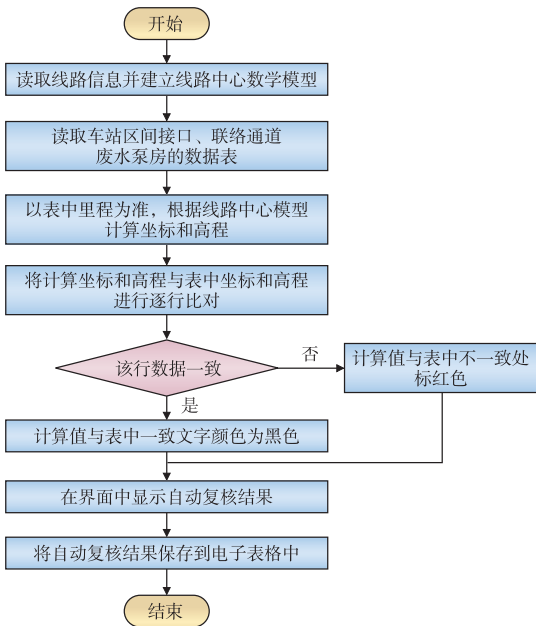


图3 数据表自动检验算法流程

3 会签支持系统功能与应用

3.1 系统功能面板

在开发线路会签支持系统过程中，主要采用 ObjectARX.NET 编程接口技术。具有图形数据库访问、对象创建和修改、事件响应、界面定制和布局打印等系列编程接口。采用 ObjectARX.NET 定制可停靠的功能面板，提供对功能的快捷访问，系统功能，如图 4 所示，分为会签项目管理、数据版本管理、会签手册生成与会签意见输入、会签检查与校核、会签辅助功能 5 个功能分区。

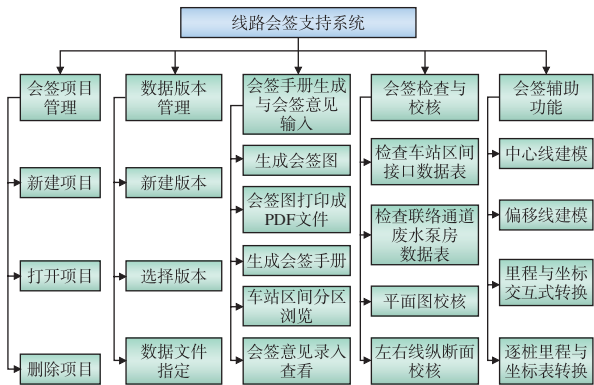


图4 会签支持系统功能

3.1.1 会签项目管理

会签项目是在本地系统建立的文件目录及数据库文件，用于管理会签中的线路设计数据、车站区间接口数据文件及会签意见等过程。会签项目是以文件目录形式组织的，目录分级遵循会签项目文件夹—设计阶段文件夹—设计版本文件夹—数据文件的原则，其中设计阶段包括总体设计、初步设计、施工图设计等阶段。

- (1) 新建项目。新建会签项目文件夹、根据所选的设计阶段名称建立设计阶段子文件夹、并将新建的项目设置为当前操作项目。
- (2) 打开项目。通过浏览设计阶段文件夹打开会签项目 and 设计阶段，并将打开的项目置为当前操作项目。
- (3) 删除项目。删除会签项目文件夹、其子文件夹及各种数据文件。

3.1.2 数据版本管理

数据设计版本是里程碑式的设计成果，在同一设计阶段中由于设计修改导致的线路或其他专业数据发生变化，需要重新进行会签，此时需要新建版

本,用于直接组织管理会签过程中的线路设计数据和车站区间接口数据等文件。

(1) 新建版本。在当前的设计阶段目录下新建设计版本文件夹,并将新建的设置版本置为当前版本。

(2) 选择版本。通过浏览设计版本文件夹,可以通过选择版本切换设计阶段、切换会签项目,并将选择的设计版本置为当前版本。

(3) 数据文件指定。数据版本区的 Iroute、LISP、科宝华、其他 4 个按钮用于为当前版本指定线路数据文件,并导入到系统中。

3.1.3 会签手册生成与会签意见输入

(1) 生成会签图。依据线路基础数据和车站区间接口数据表,自动进行线位计算,并生成 DWG 格式的会签专用图,在模型空间生成线位、标注、并自动沿线布置图框,在图纸空间生成沿线线路的各幅图的布局。

(2) 会签图打印成 PDF 文件。将 DWG 格式的图纸空间中的各幅图,批量自动打印成 PDF 文件。

(3) 生成会签手册。依据线路基础数据和车站区间接口数据表,自动进行线位计算,并生成 Excel 或 Word 格式的一系列的会签专用表格每个车站或区间生成一张会签专用表格。

(4) 车站区间分区浏览。在 AutoCAD 模型空间中自动缩放视图到指定的车站或区间中心位置,以方便动态查看车站、区间的图纸情况。

(5) 会签意见录入查看。在窗口中动态录入会签意见,并生成 Word 格式的会签意见文件。

3.1.4 会签检查与校核

(1) 检查车站区间接口数据表。根据线路基础数据自动生成线路信息模型,通过应用线路信息模型的计算功能,自动检查车站区间接口数据表中里程与坐标、高程一致性,若计算所得坐标、高程与表格中的坐标、高程不一致,则在界面用红色字标识。

(2) 检查联络通道废水泵房数据表。自动检查联络通道废水泵房数据表中里程、坐标和高程的一致性。

(3) 平面图校核。在 AutoCAD 界面中分别打开待会签的平面图和会签专用图两个图形文档,程序自动平铺显示两文档的模型空间,其中一文档的

模型空间视点变化,另一文档的模型空间视点响应其变化进行自动缩放,实现联动检查平面图。

(4) 左(右)线纵断面校核。在例响应其变化进行自动缩放,实现联动对比检查。AutoCAD 界面中分别打开待会签的左(右)线纵断面图和会签专用图两个图形文档,程序自动平铺显示两文档的模型空间,其中一文档的模型空间视点变化,另一文档的模型空间视点按设定的尺寸比

3.1.5 会签辅助功能

(1) 中心线建模。在 AutoCAD 模型空间中动态创建三维的左、右线的线路中心线(以密集的三维多段线形式绘制)。

(2) 偏移线建模。根据设置的偏移距离,在 AutoCAD 模型空间中动态创建三维的左、右线线路中心线的偏移线,以密集的三维多段线形式绘制。

(3) 里程、坐标交互式转换。通过在 AutoCAD 模型空间中拾取点、拾取坐标文本等方式获取点坐标,将点坐标转换成里程;通过在 AutoCAD 模型空间中拾取里程点、拾取里程文本等方式获取线路里程,将里程自动转换成线路空间坐标。

(4) 逐桩里程坐标表的转换。通过读取里程序列的 Excel 文件,自动获取批量的里程,将每个里程点转换成坐标,并导出到 Excel 文件。

3.2 应用流程

会签支持系统的应用流程,如图 5 所示。

- (1) 进入会签系统面板;
- (2) 新建或选择会签项目;
- (3) 选择数据版本并指定版本文件;
- (4) 选择会签方式,自动复核电子表格、纸质图方式复核、电子图方式复核;
- (5) 根据选择的会签类型进行自动或人工复核;
- (6) 输入会签意见并保存;
- (7) 将会签意见发给相关专业并提请修改。

3.3 应用验证

系统开发完成后,在 4 个城市轨道交通项目中进行了应用验证。以某城市轨道交通项目的验证为例,图 6 为应用会签支持系统自动生成的会签专用图,图 7 为车站区间接口表自动复核界面截图(红色表示计算与原始输入不一致)。在复核其他专业

