

文章编号: 1005-8451 (2017) 11-0005-04

高速铁路链型悬挂吊弦预配软件开发与实现

张 城

(中铁第一勘察设计院集团有限公司, 西安 710043)

摘 要: 高速铁路接触网系统中, 高精度的吊弦预配非常复杂, 是困扰高速铁路电气化建设的重要问题。详细介绍以 Visual Studio 2012 C# 平台及 Access 数据库为基础, 开发完成的高速铁路接触网多工况吊弦预配软件。该软件应用于多条高速铁路吊弦预配项目, 结果表明, 吊弦预配结果精度高, 可大幅提高预配效率和施工精度, 减少施工成本。

关键词: 高速铁路; 接触网; 吊弦预配; Visual Studio 2012 C#

中图分类号: U225.2 : TP39 **文献标识码:** A

Dropper calculation software of high-speed railway catenary suspension

ZHANG Cheng

(China Railway First Survey and Design Institute Group Co. Ltd., Xi'an 710043, China)

Abstract: In the high-speed railway catenary system, the high precision dropper calculation is very complex, it is an important problem in high-speed railway electrification construction. This article introduced the multi-purpose dropper calculation software of high-speed railway catenary suspension with Visual Studio 2012 c # platform and Access database in detail. This software was applied to multiple high-speed railway projects. The application results showed that the dropper calculation was with high accuracy, could greatly improve the efficiency of dropper calculation and the precision of construction, reduce construction cost.

Keywords: high-speed railway; catenary; dropper calculation; Visual Studio 2012 C#

在高速铁路接触网建设中, 吊弦预配精度一直是困扰高速铁路建设的重要问题。目前, 随着国内高速铁路的快速发展, 传统的吊弦预配已无法满足要求, 其精度偏差较大时, 不仅会导致受流恶化, 更可能会造成弓网关系的不协调, 导致非安全运营等重大问题。高精度的吊弦预配非常复杂, 为了便于计算, 开发软件成为解决这一难题的有效途径。

1 开发背景

吊弦预配精度的提高不仅可以确保弓网关系良好、运营安全可靠, 而且在施工环节可以实现少维护、免维修, 大大的提高施工效率等问题。结合国内多条高速铁路的实测数据, 目前采用较为先进的有限元分析法进行吊弦预配。利用刚度矩阵描述索网的形状, 计算吊弦长度及沿线分布。以有限元分析法为基本原理, 提炼核心算法并编制吊弦预配软件。

软件以高速铁路现场施工服务为目的, 载入现

场设计数据和批量测量数据, 自动生成接触网吊弦预配批量报表, 指导供货商和施工单位按预配图完成零部件加工, 实现吊弦的一次性预配完成, 可简化施工步骤, 减少现场调整量和材料损耗, 压缩施工周期的同时也可确保高精度施工质量。

2 软件功能及设计思想

高速铁路接触网吊弦预配需要考虑沿线线路特征、接触网设计参数和原则、吊弦类型, 以及大量输入数据批量计算等因素, 除此之外, 还需对基于有限元思想的吊弦预配核心模型及算法进行深入研究, 形成有效的算法程序。为采用 Visual Studio 2012 C# 和 Access 数据库的技术特征并结合以上设计因素形成完整、可靠、实用性强的高速铁路吊弦预配软件, 该软件应具备以下功能。

2.1 批量读取线路特征数据

沿线线路特征数据包括: 支柱编号、支柱里程、曲线半径 (m)、外轨超高 (mm)、大里程侧跨距 (m)、实测拉出值 (mm) 等形成以锚段为单位的测量数据

收稿日期: 2016-08-07

作者简介: 张 城, 工程师。

表，并依据线路专业提供的竖曲线因素表构成软件前处理输入文件。通过对数据的二次处理，软件可实现大批量锚段测量数据的批量计算，并输出批量计算结果文件。

2.2 提取接触网基本设计参数

依据不同线路情况，统一接触网悬挂类型（简单链型悬挂或弹性链型悬挂）、每跨吊弦分布、各种线材单位荷重、各种线夹重量、各种集中荷载重量、电分相参数、吊弦种类等信息在数据库中的存储格式。结合线路特征数据生成不同计算模型，简链或弹链时吊弦预配普通跨模型如图 1 所示，简链或弹链时锚段关节处模型如图 2 所示，简链或弹链时电分相处模型如图 3 所示。

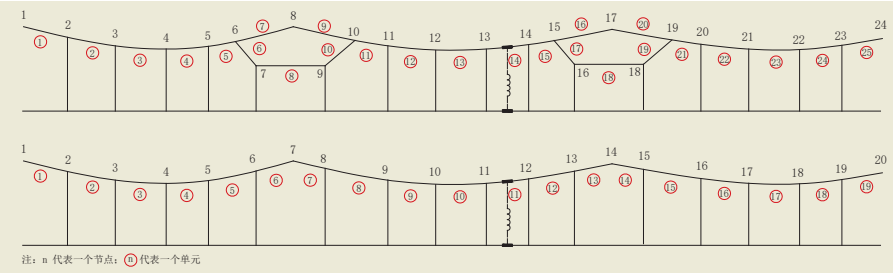


图1 吊弦预配普通跨模型

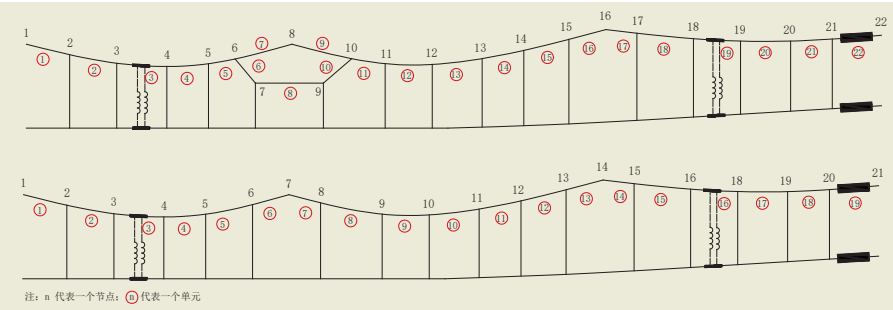


图2 吊弦预配锚段关节处模型

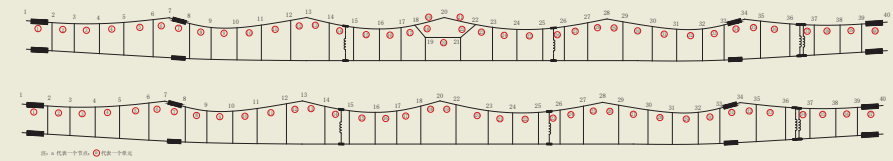


图3 吊弦预配电分相处模型

2.3 提取核心模型及算法

依据线路特征数据和接触网基本参数，以索网找形理论构建不同类型的计算模型。先由程序根据悬挂形式（简单链型悬挂或者弹性链型悬挂）的不同自动选择模型样式，再依据跨距长度不同自动划

分每跨中吊弦的分布形式（风区和非风区不同），最后完成不同类型整体刚度矩阵和多元线性方程组的建立，编写高斯 - 赛德尔算法的动态链接库进行求解，获得初始计算结果。

2.4 补偿计算

依据获得的初始计算结果，进行结构高度不等高、竖曲线因素、拉出值等条件下的补偿计算，最终获得高精度的吊弦预配结果。

2.5 软件设计思想

为便于后期系统集成开发、调试维护，软件采用模块化结构设计思想，将程序划分为多个独立的子程序模块，各自完成特定功能，通过主程序模块相互关联，以动态链接库的形式进行调用。

3 软件结构及流程

软件设计兼顾工程实施特点，考虑大批量数据快速计算的要求，操作过程简单：(1) 读取现场实测线路数据（批量）和竖曲线因素表，并载入以 Access 数据库的形式存储的接触网设计参数；(2) 通过调用相关的子程序模块对数据进行处理，形成不同形式的计算模型；(3) 通过调用高斯算法及补偿计算模型，获得最终吊弦预配结果。

3.1 软件结构

软件组织结构如图 4 所示。各子程序模块以动态链接库的形式载入到主程序，各子程序模块间相互独立具有不同功能，主程序模块负责各子程序模块之间的联系。输入数据为批量现场测量数据，输出结果为批量吊弦预配文件。

3.2 软件流程

软件工作流程如图 5 所示。软件操作流程简单，便于现场快速预配计算。实际操作中，仅需要载入数据库中接触网设计参数和线路竖曲线因素表，便可输入批量现场测量数据进行计算。

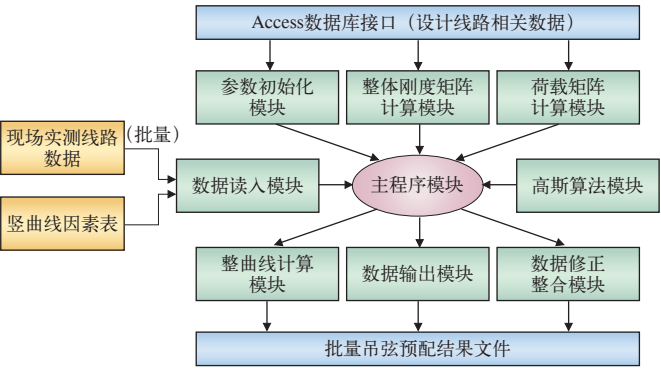


图4 软件组织结构

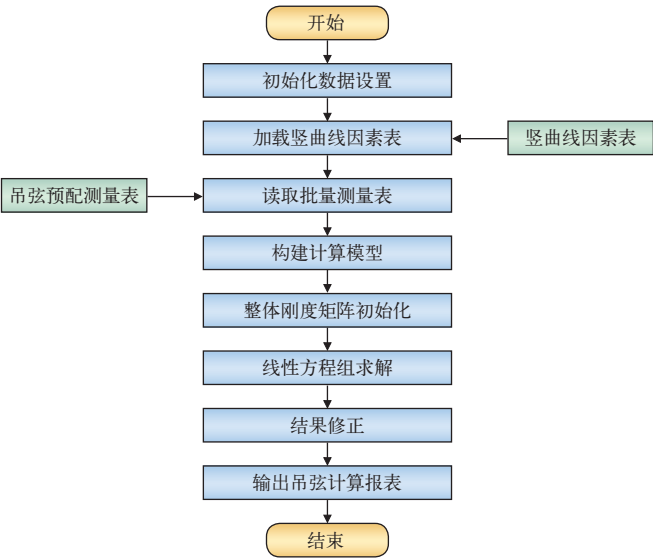


图5 软件工作流程

3.3 软件操作界面

软件操作界面如图 6 所示。



图6 软件操作界面

软件界面分为 7 个板块：(1) 接触网参数；(2) 设计参数；(3) 设置线路名称；(4) 竖曲线加载位置；(5) 计算锚段位置；(6) 结果保存位置；(7) 下载专区。按顺序执行前 6 个板块即可完成吊弦预配，并输出

计算结果。为便于用户使用设置下载专区，其包括：测量表格模板下载和表格填写说明下载。

载入不同线路接触网设计参数的操作过程如图 7 所示。通过载入的方式，可简单方便的进行不同线路接触网吊弦预配工作。

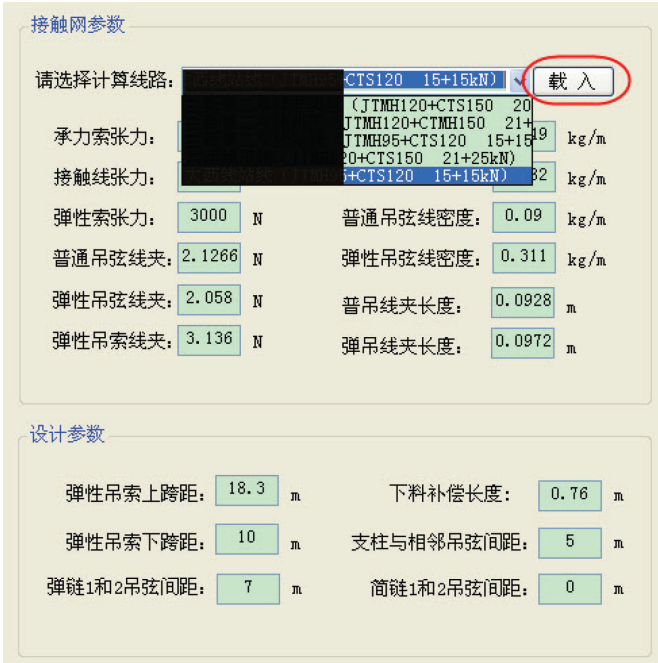


图7 载入不同线路接触网设计参数

4 工程应用

简单链型悬挂的吊弦预配结果如图 8 所示。

其中，图 8a 为吊弦计算长度 (m)，包含有电连接位置、中心锚结位置；图 8b 为吊弦下料长度 (m)，包含有下料预留长度信息；图 8c 为吊弦距小里程支柱距离 (m)，包含每个跨距中吊弦距小里程支柱的距离；图 8d 为吊弦间距 (m)，包含每个跨距中吊弦间的距离，以及每个跨距中离支柱最近的吊弦距支柱的距离。

结合现场实测数据和线路特征数据，以某线部分预配结果数据为例，对比本吊弦预配软件计算结果与实际施工中应用的国内外两款吊弦预配软件计算结果的差异。比较情况如图 9 所示。

图 9a 为 3 款吊弦预配软件的部分计算结果，图 9b 为 3 款吊弦预配软件计算结果的差值比较。

结果可知：本软件计算结果与软件 2 计算结果偏差很小，偏差趋势为中间吊弦偏差最小，差值 2 ~

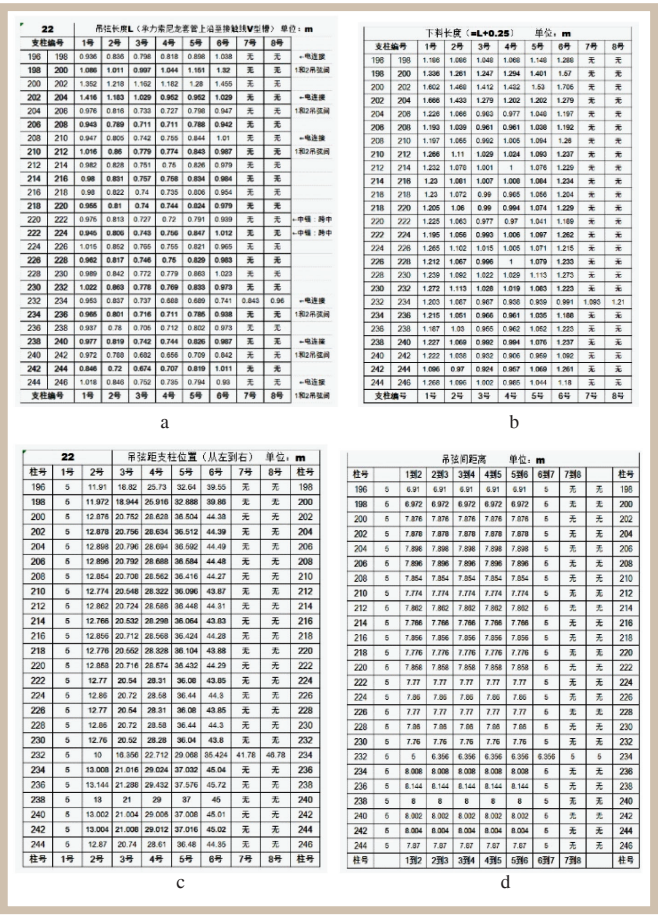


图8 简单链型悬挂的吊弦预配结果



图9 不同吊弦预配软件计算结果比较

3 mm；中间两侧吊弦差值 4 ~ 5 mm；支柱侧吊弦差值 9 ~ 10 mm；软件 1 与本软件计算结果差值表现出，中间吊弦偏差最大，差值 7 ~ 8 mm；中间两侧吊弦差值 5 ~ 6 mm；支柱侧吊弦差值 1 ~ 2 mm，这与软件 2 偏差相反；本软件计算结果介于软件 1 和软件 2 计算结果之间，可认为本软件已达到工程应用的精度要求。

本软件先后应用于多条高速铁路接触网吊弦预配项目,包括大(同)西(安)客运专线(弹链)、兰(州)

新(疆)第 2 双线(简链)等部分区段,累计里程达 1 500 km,涉及 18 万根吊弦预配计算,现场反馈效果良好。

5 结束语

本软件采用模块化编程思想,利用 Visual Studio 2012 C# 平台及 Access 数据库为基础开发。结合有限元思想的核心算法模型,建立了可扩展的吊弦预配数学模型,方便进行多种接触网悬挂类型的吊弦预配任务;可实现输入文件的批量计算,吊弦预配结果的批量输出,满足工程应用要求;计算结果无需经验值校正,可直接用于吊弦加工制作;软件算法独立封装,形成相对独立的子程序模块,采用动态链接库调用计算,便于升级和维护,易于系统集成。

参考文献:

[1] 于万聚. 高速电气化铁路接触网[M]. 成都: 西南交通大学出版社, 2003.

[2] 董昭德, 李 岚, 等. 接触网工程与设计[M]. 北京: 科学出版社, 2014.

[3] O.Lopez-Garcia, A.Carnicero, V.Torres. Computation of the initial equilibrium of railway overheads based on the catenary equation [J]. Engineering Structures, 2006 (28): 1387-1394.

[4] 邓长安. 全补偿简单直链型悬挂接触网整体吊弦的精确安装研究[J]. 铁道标准设计, 2013 (2): 101-104.

[5] 方 岩, 高仕斌. 高速接触网整体吊弦预配[J]. 西南交通大学学报, 2010, 45(5):763-767.

[6] 纪小军. 弹性链型悬挂锚段关节过渡跨吊弦长度的计算[J]. 电气化铁道, 2005 (4): 32-36.

[7] 江 涛, 吴世成. 特殊区段的接触网整体吊弦的长度计算修正[J]. 电气化铁道, 2000 (4): 43-48.

[8] 袁 驯, 程大业, 叶康生. 索结构找形分析的精确单元方法[J]. 建筑结构学报, 2005, 26 (2): 46-51.

[9] 程大业. 悬索结构分析的精确单元方法[D]. 北京:清华大学, 2005.

[10] 王小科, 王 军. C# 开发实战 1200 例(第 I 卷)[M]. 北京:清华大学出版社, 2011.

[11] 中华人民共和国铁道部. 高速铁路电力牵引供电工程施工质量验收标准: TB 10758-2010 [S]. 北京: 中国铁道出版, 2010.

责任编辑 陈 蓉