

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。

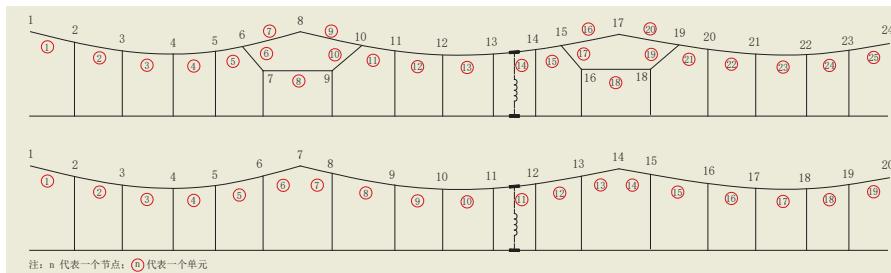


图1 吊弦预配普通跨模型

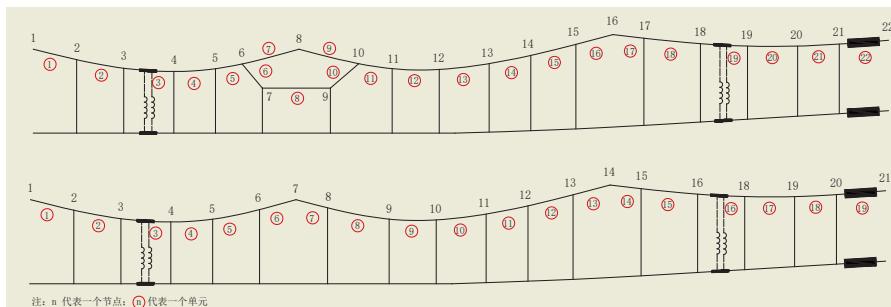


图2 吊弦预配锚段关节处模型

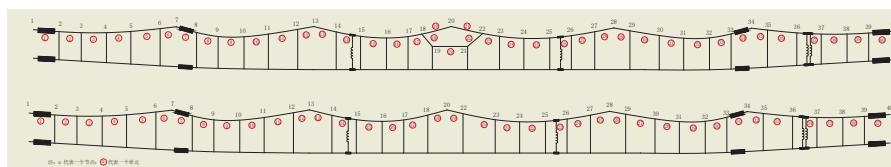


图3 吊弦预配电分相处模型

## 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。

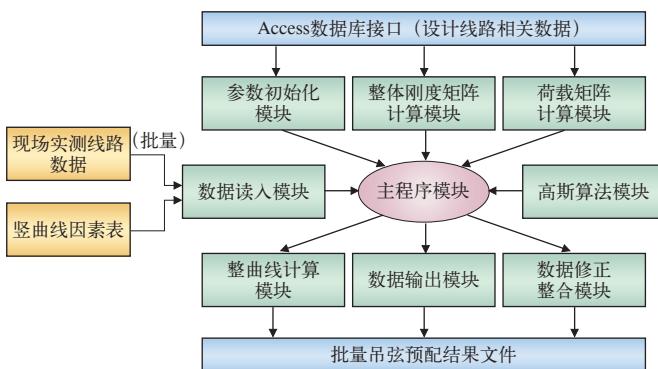


图4 软件组织结构

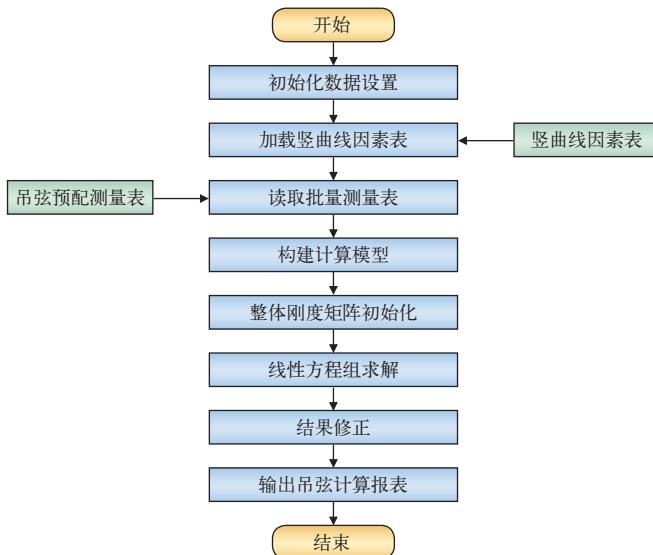


图5 软件工作流程

### 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。

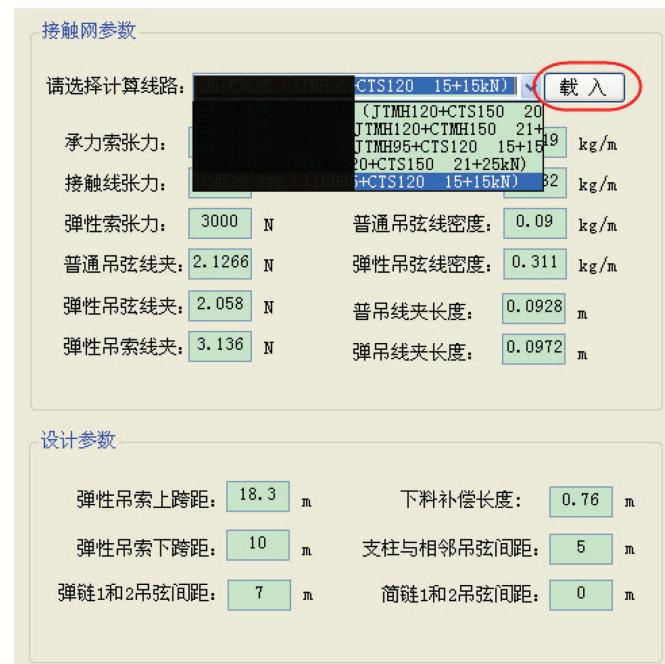


图7 载入不同线路接触网设计参数

### 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 ~

吊弦长度L(本软件索道表上沿接触线挂点高度) 单位: m									
支柱编号	1号	2号	3号	4号	5号	6号	7号	8号	9号
196	0.936	0.858	0.798	0.818	0.898	1.038	无	无	-电连接
198	200	1.098	1.011	0.967	1.044	1.161	1.32	无	无
200	202	1.352	1.218	1.162	1.162	1.28	1.458	无	无
202	204	1.416	1.183	1.029	0.962	1.029	1.209	无	无
204	206	0.976	0.876	0.753	0.727	0.798	0.947	无	无
206	208	0.943	0.798	0.711	0.711	0.788	0.942	无	无
208	210	0.947	0.805	0.744	0.755	0.844	1.01	无	无
210	212	1.016	0.886	0.779	0.774	0.848	0.987	无	无
212	214	0.982	0.828	0.761	0.76	0.828	0.979	无	无
214	216	0.98	0.881	0.767	0.768	0.884	0.984	无	无
216	218	0.98	0.822	0.74	0.735	0.806	0.954	无	无
218	220	0.956	0.81	0.72	0.744	0.824	0.979	无	无
220	222	0.975	0.813	0.727	0.72	0.781	1.039	无	-电连接
222	224	0.945	0.806	0.74	0.76	0.847	1.012	无	-电连接
224	226	1.016	0.862	0.76	0.765	0.821	0.965	无	无
226	228	0.982	0.817	0.779	0.78	0.829	0.983	无	无
228	230	0.99	0.842	0.772	0.777	0.863	1.023	无	无
230	232	0.922	0.869	0.772	0.769	0.893	1.022	无	无
232	234	0.953	0.835	0.772	0.77	0.863	1.04	无	无
234	236	0.953	0.821	0.738	0.731	0.852	1.043	无	无
236	238	0.937	0.79	0.706	0.712	0.823	1.073	无	无
238	240	0.977	0.819	0.742	0.744	0.829	1.087	无	无
240	242	0.972	0.789	0.695	0.695	0.799	1.042	无	无
242	244	0.946	0.72	0.674	0.707	0.889	1.011	无	无
244	246	1.016	0.846	0.762	0.765	0.794	0.96	无	无
246	248	0.955	0.822	0.74	0.735	0.806	0.954	无	无
248	250	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
250	252	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
252	254	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
254	256	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
256	258	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
258	260	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
260	262	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
262	264	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
264	266	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
266	268	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
268	270	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
270	272	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
272	274	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
274	276	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
276	278	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
278	280	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
280	282	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
282	284	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
284	286	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
286	288	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
288	290	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
290	292	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
292	294	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
294	296	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
296	298	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
298	300	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
300	302	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
302	304	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
304	306	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
306	308	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
308	310	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
310	312	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
312	314	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
314	316	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
316	318	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
318	320	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
320	322	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
322	324	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
324	326	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
326	328	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
328	330	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
330	332	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
332	334	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
334	336	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
336	338	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
338	340	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
340	342	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
342	344	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
344	346	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
346	348	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
348	350	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
350	352	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
352	354	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
354	356	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
356	358	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
358	360	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
360	362	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
362	364	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
364	366	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
366	368	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
368	370	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
370	372	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
372	374	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
374	376	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
376	378	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
378	380	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
380	382	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
382	384	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
384	386	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
386	388	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
388	390	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
390	392	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
392	394	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
394	396	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
396	398	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
398	400	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
400	402	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
402	404	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
404	406	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
406	408	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
408	410	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
410	412	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
412	414	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
414	416	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
416	418	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
418	420	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
420	422	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
422	424	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
424	426	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807	0.954	无	无
426	428	0.955	0.81	0.72	0.73	0.807</			