

武汉轻轨交流电动车组主要电气参数的计算和选择

摘要：

本文以武汉轻轨交流电动车组的方案设计为线索，通过理论分析和工程计算来确定轻轨车辆的主要电气参数。在理论分析部分主要讨论了与车组动力分散程度有关的参数和条件，如粘着限界、起动加速度、爬坡能力等。也讨论了牵引电机及制动电阻容量的仿真计算及牵引计算软件的编制。在工程计算部分主要针对武汉轻轨车辆做了详细的仿真模拟计算，给出了计算结果，并得出最终结论。

本文的核心部分是确定电动车组主要电气参数的方法和牵引计算软件的编制。希望这些方法不但能够确定武汉轻轨车辆的主要电气参数，也能给以后的电动车组方案设计带来帮助。

关键词：

电动车组；粘着限界；加速度；电气参数；牵引计算

Abstract:

The main electrical parameters of the light-way vehicle were determined in this article through the theoretical analysis and project computation, base on the clue of Wu Han light-way vehicle draft design. Some parameters and conditions concern the train set power distribution degree were discussed mainly in the parts of he theoretical analysis, e.g. adhesion limitation, initiation acceleration, climbing gradient ability etc. The capacity calculation of the traction motor & brake resistor and the establishment for the traction computation software were also discussed in these parts. The detailed simulation calculation had been done aiming at the Wu Han light-way vehicle, and the calculation results and final conclusion were given in the parts of the project computation.

The core part of this article is the determination methods for the main electrical parameters of the EMUs and the establishment for the traction simulation computation software. As a hope, these methods not only should be used for the parameters determination in the Wu Han light-way but also can bring some assistance for the following

EMUs project design.

Key words: EMUs; adhesion limitation; acceleration; electrical parameter; traction computation.

目录

| | |
|--------------------------------|-----------|
| 绪论 | 1 |
| 1 武汉轻轨车辆基本技术要求简介 | 4 |
| 1.1 线路条件 | 4 |
| 1.2 供电制式 | 4 |
| 1.3 车重 | 4 |
| 1.4 基本运行指标 | 4 |
| 1.5 故障时的牵引性能要求 | 4 |
| 1.6 主要尺寸 | 5 |
| 2 武汉轻轨车组动力分散程度的确定 | 6 |
| 2.1 与动力分散程度有关的参数 | 6 |
| 2.1.1 粘着限界和粘着利用 | 6 |
| 2.1.2 起动平均加速度 | 8 |
| 2.1.3 救援爬坡能力 | 11 |
| 2.2 武汉轻轨车辆编组方案的确定 | 13 |
| 3 牵引电机容量的确定 | 14 |
| 3.1 牵引计算软件 | 14 |
| 3.1.1 软件编制过程简介 | 14 |
| 3.1.2 牵引计算软件的基本原理 | 15 |
| 3.1.3 软件模块组成及功能 | 16 |
| 3.1.4 主程序流程简图 | 18 |
| 3.2 武汉轻轨牵引计算 | 20 |
| 3.2.1 牵引电机功率估算公式 | 20 |
| 3.2.2 武汉轻轨牵引计算条件 | 21 |
| 3.2.3 典型运行案例 | 22 |
| 3.2.4 武汉轻轨线路条件 | 22 |

| | |
|---------------------------------------|-----------|
| 3.2.5 仿真计算 | 23 |
| 4 制动电阻容量的确定 | 31 |
| 4.1 制动电阻的过载率 | 31 |
| 4.2 制动电阻的工作特点 | 31 |
| 4.3 制动电阻的温升公式 | 32 |
| 4.4 武汉轻轨车制动电阻的计算方法 | 33 |
| 4.4.1 武汉轻轨车制动电阻的实际工作功率计算 | 33 |
| 4.4.2 制动电阻的选取 | 34 |
| 4.5 总结 | 35 |
| 5 结论 | 36 |
| 附件 1 武汉轻轨牵引计算满载条件下的运营时分图 | 38 |
| 附件 2：牵引计算软件主程序部分程序清单 | 39 |
| 附件 3 攻读学位期间发表的论文及获奖情况： | 80 |

绪论：

随着国民经济的飞速发展，城市人口的急剧增长与紧张的城市交通之间的矛盾日渐加深，城市轨道交通无疑成为解决这一矛盾的最佳选择。目前，深圳、南京、武汉、成都、重庆、沈阳、长春等十几个城市正在积极准备筹建各自的地铁、轻轨项目。

在一个城市决定建设其地铁或轻轨线路的初期，确定其车辆方案是一项主要工作，而车辆方案的确定工作主要由车辆制造厂来完成。新建项目的车辆部分主要以交流电动车组为主，在车辆方案设计阶段，动车组主要电气参数的确定是决定车辆运营性能的关键。我国地铁轻轨事业发展比较落后，除北京外，只有上海、广州等大城市在 90 年代才开始拥有实际意义上的地铁轻轨运营线路。所以无论在地铁轻轨车辆的运营上还是制造上，都落后与日本和欧洲等发达国家。我们甚至还没有一套完整的用于地铁制造的国家标准。因此，在动车组，尤其是交流传动的动车组主要电气参数的确定上经常需要参考日本或欧洲既有线路车辆的电气参数。而实际上不同项目车辆运营的外部环境是不可能完全相同的，这就造成了车组的电气参数与使用环境不匹配的问题。长春客车厂做为国内地铁车辆制造的龙头企业，最近几年不断收到国内各大城市的地铁轻轨订单，也不断参与各城市的地铁轻轨方案可行性分析和方案设计。拥有一套独立的、完整的用于确定电动车组主要电气参数的计算方法和相应软件已成为当务之急。目前国际上，尤其是日本和欧洲的一些主要车辆制造厂商均有一套完整的车辆性能计算方法和模拟计算软件。但受到知识产权的保护，我们只能在与这些厂家的技术交流中得到一些片面的方法和结论，而无法全面了解其详细内容。国内的一些科研院所和学校也有类似的牵引计算程序，但主要针对铁路机车，其牵引制动特性与地铁电动车组的牵引制动特性有很大区别，精度要求也不够。长春客车厂在此前的变阻调速地铁车的设计上也有一些计算方法，但并没有汇总为系统的文件，其应用软件与现有的高速计算机系统也无法匹配。

武汉市轨道交通一号线是武汉市总体规划综合交通规划中轨道交通网络规划中的重要组成部分。一号线全长约 27km，其中一期工程自宗关至黄浦路长 10.234km，主要是利用已废弃的京广铁路旧线走廊修建全隔离高架线路。沿线建高架车站 10 座及硃口停车场和指挥中心。一期工程

初期配车 12 列/48 辆，由长春客车厂设计制造。本文提到的武汉轻轨即指武汉市轨道交通一号线的一期工程。2001 年初，长春客车厂与武汉地铁公司开始为建设中的武汉市轨道交通一号线考虑车辆的方案设计，并计划于 2002 年早些时候开使设计制造。本文研究的目的是在武汉轻轨车辆方案设计过程中，汇总国内外比较权威的资料，总结已有的方法和经验，编写一套快捷有效的牵引计算软件，实现对武汉轻轨项目车辆方案主要电气参数的选择和计算。其意义在于，不仅使武汉轻轨车辆的主要电气参数的确定有了一套准确的计算方法，在今后其它项目的设计过程中也可以采用此方法精确确定其主要电气参数。

确定车辆的主要电气参数是车辆方案设计的主要工作之一。车辆主要电气参数包括：

- 1) 动力分散程度：即车组中动力车辆的比重。这是一个非常重要的参数，直接影响整车造价，受多项技术指标的影响和制约。
- 2) 牵引电机容量：确定牵引系统容量，最重要的参数是牵引电机的功率及其牵引特性曲线。在确定了电机功率及其牵引特性曲线后，牵引系统的其它电气参数由牵引设备供应商匹配确定。所以本文只讨论牵引电机功率及其牵引特性曲线。
- 3) 制动电阻容量：制动电阻容量与牵引系统的容量没有直接的函数关系，还受线路条件的影响，需单独计算。该参数影响车下电气的布置。

其中第 1 条，动力分散程度的讨论是一个较复杂的问题，有很多技术指标与其有直接或间接的联系，而这些指标间又相互制约相互关联。本文拟将与其有关的主要的技术指标展开讨论，并最后利用这些方法确定武汉轻轨的动力分散程度。在确定了动力分散程度之后，需要考虑牵引电机的容量。确认电机容量需要详细的牵引计算，本文计划在论文完成过程中编制一套牵引计算软件，并在文中说明软件编制的过程、原理和功能。然后输入武汉轻轨线路及车辆的详细数据，做仿真模拟计算，得出武汉轻轨车牵引电机的功率和牵引特性曲线。制动电阻容量的计算也要通过牵引计算来实现，但有其特殊性。

武汉轻轨车的设计主要面临的难题是如何通过长江 2 桥。通过长江 2 桥有个困难，一是长江 2 桥的负荷要求，二是 42‰的坡道要求。长江

二桥的负荷条件要求车组总体重量不能超过 2 桥的负荷条件，再综合考虑武汉轻轨的客流量，认为 4 辆车编组较为合理。问题的焦点在于这 4 辆车中到底用几辆动车，是 2 动 2 拖编组还是 3 动 1 拖编组。用户一直在这个问题上犹豫，甚至考虑 3 动 2 拖的 5 辆车编组方案，都没有得到最后结论。本文将着重对比这几种方案的优缺点，帮助用户拿出最终方案。

1 武汉轻轨车辆基本技术要求简介

此技术条件由武汉轻轨用户提出，经过了多次修正，是多次与我厂进行技术联络结果。故已经包含了很多我厂技术人员的意见和建议。

1.1 线路条件

轨距：1435mm

最小竖曲线半径：5000m 困难条件 3000m

最小平面曲线半径：正线 300m；车场 110m

正线最大坡度：30‰（通过长江二桥的既有最大坡度 39‰，曲线折减后为 42‰）

1.2 供电制式

供电类型：第三轨，下接触式

电压：DC 750V

波动范围：DC500 ~ 900V，再生时网压不高于 1000V

1.3 车重

列车总重：220 吨（超员）

最大轴重：14 吨（超员）

1.4 基本运行指标

车辆最高运行速度：80km/h

平均旅行速度：33km/h

起动平均加速度：0.83m/s² (0 ~ 36km/h)

常用制动平均减速度：0.9 m/s²(80 ~ 0km/h)

紧急制动减速度：1.0 m/s²(80 ~ 0km/h)

1.5 故障时的牵引性能要求

2 武汉轻轨车组动力分散程度的确定

2.1 与动力分散程度有关的参数

从车辆牵引性能来考虑，动车在车组中的比例显然越大越好，这可以增加列车起制动加速度，加强车组的动力冗余性。此前我厂为北京地铁生产的直流凸轮变阻车组几乎全部是全动车。但从整车制造成本来考虑，动车的比例则越小越好。交流传动的电动车组其特点就是牵引电机的尺寸小，结构简单，单机容量大，允许动力的集中。牵引电机及牵引逆变器的造价昂贵，动力的集中可以实现降低整车造价的目的。另外，减小牵引设备的数量还有利于优化车辆其它设备的布置，降低车组设备故障率。怎样综合考虑这些因素，选择合适的动力配置呢？与动力分散程度直接或间接相关的参数很多，这里主要讨论直接影响动力分散程度的主要参数。

2.1.1 粘着限界和粘着利用

讨论车组牵引性能，首先考虑的是车组粘着的利用。众所周知，车组牵引力是由动力轮踏面与轨面产生的摩擦力得到的。这个摩擦力不可以无限加大，它受轮轨最大粘着系数（即可利用的最大静摩擦系数）的限制。超出这个限制，车轮将发生空转。而这个限制在不同速度下是不同的。所谓粘着限界是指在不同速度下，轮轨最大粘着系数所围成的界线。车组实际使用的粘着系数叫粘着利用。粘着利用系数 μ 用式 2.1 表示。

显然，动力的集中要求单位动力轮牵引力增大，这就要考虑粘着的利用是否超出范围。车辆的设计要求任何动力轮的粘着利用都不能超出其粘着限界范围。但各动力轮的牵引力差别是分散的，不易逐个计算，所以在计算过程中只考虑一台逆变器控制下的各动力轮的平均粘着利用，也叫车组的粘着利用。而粘着限界也是针对与车组的粘着限界。因为各动力轮中牵引力最大者不能超出单个动力轮的粘着限界，所以多个动力轮的平均粘着限界要低于单轮的粘着限界。各动力轮牵引力差别越大，车组粘着限界越低。这就要求车辆的某些机械和电气参数在制造及使用维护过程中保持在允许的公差范围内，从而保证各动力轮的牵引力保持在允许的差别范围内。

$$\mu = \frac{fp - Q \cdot i \cdot a \cdot 0.102}{Q} \quad 【5】$$

(式 2.1：粘着利用系数)

μ ：粘着利用系数 fp ：粘着牵引力(T) Q ：粘着质量(T)

i ：转动惯量系数 a ：加速度(m/s²) 0.102：重力加速度倒数

影响粘着限界的因素很多。从运行速度讲，随着速度的增加，轮轨接触压力的变化幅度会增加，导致微滑的增加，从而使粘着限界随着速度增加而下降。从逆变器控制方式来看，一台逆变器控制的牵引电机越多，各动力轮牵引力的差别对其影响越大，其粘着限界越低。这是因为每台牵引电机的电气参数不可能完全一样，并联运行的多台牵引电机有的电流大一点，有的小一点，牵引力也会有差别。此外，不同牵引电机所在动力轮的轮径差别会导致各电机的转速不同，从而导致转差率的不同，进而导致牵引力的不同。由于轮径的差别造成的转矩差可用式 2.2 表示：

$$\frac{\Delta T}{T} = \left(\frac{1}{S} - 1\right) \frac{\Delta D}{2D} \quad 【3】$$

式 2.2：轮径的差别造成的转矩差

T ：平均转矩 (NM)； ΔT ：与平均转矩之差 (NM)

S ：转差率； D ：车轮平均直径 (mm)； ΔD ：车轮直径差 (mm)

由以上公式可以看出转矩差与转差率有很大关系，如果转差率变小，转矩差会反比增大。一般在交流传动系统中的恒转矩控制阶段（起动阶段），转差率会随着速度增加而减小，导致转矩差增大，从而成为导致粘着限界随着速度增加而下降的原因之一。

武汉轻轨技术要求的轮径允许差为：同一轴的 2 个车轮为 1 mm，同一转向架的 4 个车轮为 3 mm，同一辆车的 8 个车轮为 6 mm。由于武汉轻轨拟采用 1 台逆变器控制 2 台牵引电机的控制方式，所以 ΔD 应取 3 mm。 D 值取车轮半磨耗 805 mm，转差率从 100%到 2.4%连续变化，交流牵

引电机特性差别造成的转矩差取 4%。这样，根据一台逆变器控制 1 台牵引电机(1C1M)的实测粘着限界(摘自电气车の科学. 1988)可以得出武汉轻轨的计算粘着限界，见图 2.1 武汉轻轨计算粘着限界。在考虑武汉车的设计过程中，应保证车组粘着利用在任何速度下不能超出此限界。

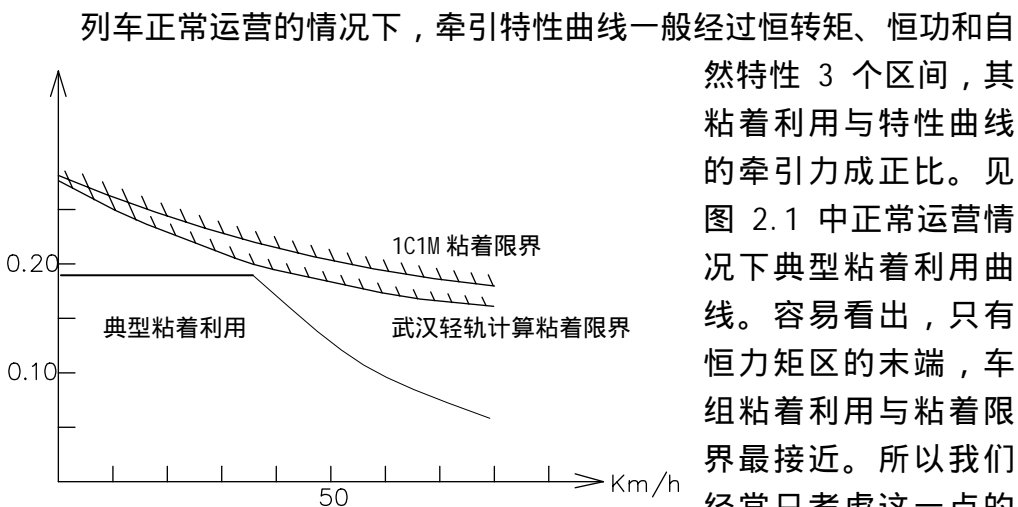


图 2.1：武汉轻轨计算粘着限界

轻轨要求 0~36km/h 速度间的起动平均加速度为 0.83m/s^2 ，则定义车辆恒转矩速度区间为 0~36km/h。从图中可以看出，武汉轻轨车组在速度 36km/h 处的粘着限界是 0.20。

2.1.2 起动平均加速度

快速的城市轨道交通系统要求有较高的旅行速度，以适应快捷的城市生活节奏。所谓旅行速度是指车组从运营的起点到运营终点的平均速度，要考虑每站的停车时间。对于运营部门来说这是一项非常重要的技术指标。但城市轨道交通与铁路交通的最大区别就是城市轨道交通的站间距非常短，一般平均站间距只有 1~2km，车组需要频繁的起动、制动和停车，使得车组不可能运行到非常高的速度，大大降低了旅行速度。这就要求提高车组的起制动加速度，使车组在较短的时间内达到较高的速度，缩短站间运行时间，达到提高旅行速度的目的。所以用户也十分重视起制动加速度这一指标，认为它是影响车辆运营性能的关键。起动加速度包括起动阶段初期的起动平均加速度（武汉轻轨指 0~36km/h 间）及整个起动过程的起动平均加速度（如 0~70km/h），制动减速度指整个制动过程的平均制动减速度。其中起动初期的平均加速度（下简称

起动平均加速度)是本文讨论的关键,该值的大小影响车组粘着的利用,影响动力分散的程度。

虽然一般情况下,车组起动初期采用恒力矩起动的方式,但这一过程的加速度并不是一个恒定值。首先,在起动的一开始,牵引系统需要一个反应时间,电机电流的上升率及冲动也要在限制范围内,所以牵引力的上升有一个过程。其次,在车组有了一定的速度后,其运行的阻力会随着速度变化而变化,进而使总的加速力变化。所以这里还要引入一个线性加速度的概念。线性加速度即车组在任一速度点的加速度,是一个变量。但因为 5~36km/h 这一速度区间在恒力矩区内,且阻力变化很小,故线性加速度变化很小,为计算方便,取这一速度区间的平均加速度值做为起动线性加速度。提高这一区间线性加速度是提高起动平均加速度的唯一办法。

显然,如果给定了起动线性加速度、车组总质量和运行阻力,则可以求出车组所需的总的牵引力,且车组总的牵引力与起动线性加速度成近似的正比关系,见式 2.3:车组总牵引力。

$$F_p = a \cdot (1.1Q_m + 1.05Q_t + Q_p) + F_r$$

(式 2.3:车组总牵引力)

式中: F_p : 车组总牵引力(KN) a : 线性加速度(m/s^2) F_r : 车组运行阻力(KN)

Q_m : 动车总质量(T) Q_t : 拖车总质量 Q_p : 车组总载荷

从式 2.3 可以看出,提高了线性加速度 a 值,必然提高车组总牵引力 F_p 值。这就带来一个问题,象前面粘着限界讨论的那样,受粘着的限制,每一个动轴的牵引力不可能无限增加。如果在增加总牵引力 F_p 时受到粘着的限制,则只能增加动力轴的数量。这样就要求动力分散程度的增加。那么加速度与动力分散程度到底是什么关系呢?图 2.2 是日本电气车科学杂志给出的不同动拖重比(动车的总重/拖车的总重)下的粘着利用、电机电流、和线性加速度的关系曲线。其中,动车重 35T,拖车重 26T,负载按 230 人/车,60Kg/人计算。所选电机为三相异步鼠笼电机,AC550V,240A,77Hz,2250rpm。根据武汉轻轨 0~36km/h 速度范围内起动平均加速度 $0.83m/s^2$ 的要求,估计线性加速度在 $0.89m/s^2$ 左右,对应图中 3.2km/h/s 的加速度。前面提过武汉轻轨的粘着限界是 0.20,在图中粘着限界 20%以内查找可见,要想满足线性加速度

0.89m/s² 的要求，其动拖重比不应小于 1.25, 即车组中动车的数量不能少于 2 辆

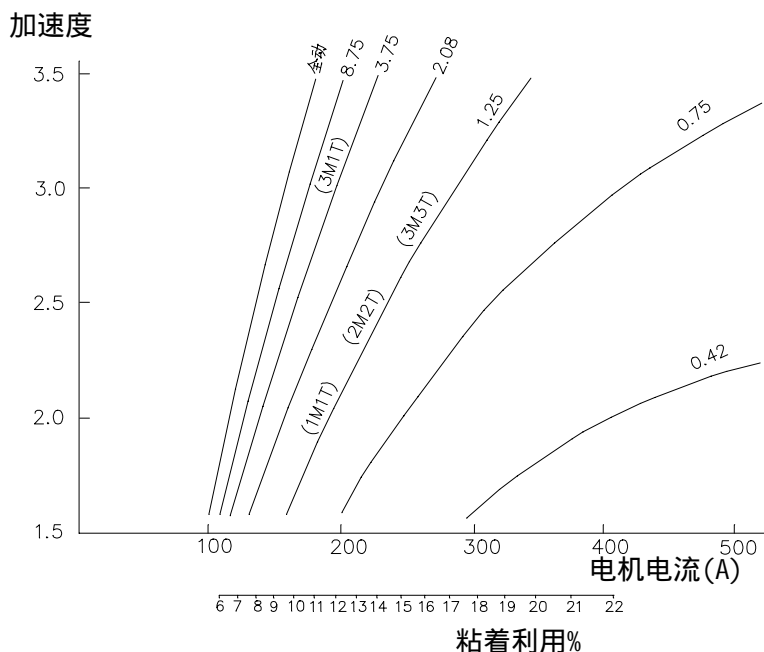


图 2.2 粘着利用、电机电流、和线性加速度的关系曲线【4】

(2M2T, 2 辆动车 2 辆拖车 4 辆编组)。

实际上，在武汉轻轨 2M2T 编组的方案设计设计中，拖车重量为 29.2 吨，动车重量为 32.6 吨，拖车额定负载 230 人/车，动车额定负载

246 人/车。通过上面的方法可以计算出车组额定负载情况下列车总牵引力的值。这里车组阻力的计算采用式 2.4 日本 JIS 地面运行电动车组的阻力公式：

$$R_t = (1.65 + 0.0247V)W_m + (0.78 + 0.0028V)W_t + 9.81[0.0028 + 0.0078(n-1)]V^2$$

(式 2.4 : JIS 地面运行电动车组阻力公式) 【5】

式中：R_t: 车组运行阻力 (N) W_m: 动车总重(KN) W_t: 拖车总重(KN)

V: 车组速度 (km/h) n: 编组车数 (辆)

对于武汉轻轨车的计算，速度取 5~36km/h 的平均值 20.5km/h 来估算起动区间的运行阻力平均值。n 值取 4。这样可以得到武汉轻轨 5~36km/h 速度间的运行阻力平均值为 1965 牛顿，即 200.5kg。如果线性加速度取 0.89m/s²，人均体重取 60kg，则由式 2.3 可以求出总牵引力为 17470.5kg。然后再求武汉轻轨车组的粘着利用 μ 值。这里每辆动车的

粘着重量为动车自重与其载重之和 47.36 吨，每辆动车的牵引力为总牵引力的一半 8.735 吨（共 2 辆动车），计算转动惯量 i 值取 0.069。经过计算，由公式 2.1 求出车组粘着利用 μ 值为 0.178。该值小于车组粘着限界 0.20，并有一定的裕量。故可得出结论：武汉轻轨 2M2T 的编组形式可以满足起动平均加速度 0.83m/s^2 ($0 \sim 36\text{km/h}$) 的要求。

2.1.3 救援爬坡能力

交流电动车组可靠性较高，但在运行过程中由于种种原因出现故障也是不可避免的。武汉轻轨车辆设计也考虑了各种故障情况的处理办法。故障条件如下：

- 1) 当车组中 1 台逆变器出现故障时，要求在超员和最不利的线路条件下，列车能够起动并运行到终点站或车场。此条件主要考核牵引电机的容量，要经过计算确认。

当 2 台逆变器同时出现故障时，要求空车可以通过最大坡道（42‰）并返回基地。

当整列车出现故障不能继续运营时，要求其它车组救援。

其中条件 3) 救援情况是这样的。如果一组载员的车出现故障停在站间不能继续运行，则要求故障车组后面运行的另一组车在车站清空所有乘客，空车前往事故地点，与故障车联挂并低速运行到下一站，清空故障车组的乘客后一同返回车辆段等待检修。在正常情况下这一系列操作对车辆性能并无特殊要求，但在极特殊的情况下会有一些问题。对于武汉轻轨来说，假如故障车组停在 42‰的坡道上，且最大超员。要求救援车在坡道上与之联挂并起动通过坡道。在这种情况下救援能否成功呢？这就要考查车辆的救援爬坡能力了。联挂车组在坡道上起动所需牵引力主要考虑下列 4 种力。

- 1) 起动加速度力。车组起动必需有一个加速度才能使其达到一定的速度，完成起动过程。这个加速度值不能太小。这是因为，首先牵引系统的某些电气设备和元件要求不能在很低的速度下长时间大电流工作。如 GTO 元件，在逆变器基波低频工作的异步状态时，其斩波频率很高，加上起动时的大电流，时间过长会导致元件过热，保护停机。其次，如果起动加速度过小，线路阻力波动（如轨缝）就很可能造成起动失败。所以根据以往的试验，车组

起动加速度不能小于 0.085m/s^2 这个值才能保证起动的成功。该加速度所需的牵引力称起动加速度力。

- 2) 起动阻力。在车辆停止运行时，其轴承的润滑油会沉积下来。这样就造成阻力的增加。根据试验，起动阻力要在运行阻力的基础上加 3‰的车组重量。
- 3) 运行阻力。如公式 2.4，JIS 地面运行电动车组阻力公式。
- 4) 坡道阻力。联挂车组停在坡道上必然会产生一个与轨道平行的分力，这就是坡道阻力。这个力在本条件中与牵引方向相反。

车组要想在坡道上成功起动，其牵引力必需大于等于上述 4 种力的合力。在武汉轻轨车的设计过程中，上述 4 种力计算如下：

- 1) 起动加速度力与运行阻力的合力可由公式 2.3、2.4 求出。与前面计算不同的是，在联挂的情况下列车的编组是 8 辆，4 辆车超载，4 辆车空载，只有 2 辆动车。其中，公式 2.3 中的重量 $Q_m = 32.6 \times 4 = 130.4$ 吨； $Q_t = 29.2 \times 4 = 116.8$ 吨； $Q_p = 300 \times 4 \times 0.06 = 72$ 吨（超载按 300 人/车计算）；由公式 2.4 得出运行阻力 $F_r = 3.86\text{KN}$ （单位需换算）；从而得出起动加速度力与运行阻力的合力 $F_p = 32.6\text{KN}$ ，即 3.33 吨。
- 2) 起动阻力和坡道阻力可以一起计算，即 42‰坡道加上 3‰坡道的阻力，合计 45‰的坡道阻力。 $F_g = (130.4 + 116.8 + 72) \times 45\text{‰} = 14.36$ 吨。

总计合力 17.69 吨，也就是说，车组牵引力必须大于 17.69 吨才能成功起动。那么达到这样的牵引力，车组的粘着利用 μ 值是多大呢？这里每辆空载动车的粘着重量 32.6 吨，每辆动车的牵引力为总牵引力的一半 8.85 吨（只有 2 辆动车），计算转动惯量 i 值取 0.1。由公式 2.1 可求出车组粘着利用 μ 值为 0.271。

显然，这个粘着利用值太高了！由图 2.1 的分析可知，虽然在 0 速时似乎没有超出粘着限制，但只要速度稍有增加即超出其限制而产生空转，进而牵引力下降，起动失败。事实上，车组要达到这么大的粘着利用是不现实的。换句话说，2M2T 编组的车组不能满足 42‰坡道救援的要求。

2.2 武汉轻轨车辆编组方案的确定

由上面的分析和计算可知，2M2T 编组方案不能满足在长江 2 桥救援的要求，所以我们又讨论了 3M1T 的编组方案。计算结果显示可以满足救援要求。但 3M1T 方案又带来了新的问题。首先是制造成本提高，用户的购车费用增加近 20%。其次是设计难度增加。3M1T 的编组形式很难设计成对称的形式，这就不得不设计 3 个甚至 4 个车型，而 2M2T 只需 2 个车型。此外，不对称的编组还导致制动力分配的复杂化，风源系统及辅助电源系统布置的不合理。不但使设计难度增加，也给将来的使用维修埋下隐患。可见，3M1T 并不是最优的选择。我们也考虑了 4M2T 的 6 辆编组形式，虽然可以兼顾对称性，但车组总重超出了 2 桥的载重限制。

我们将几种方案的优缺点和计算结果一并反馈给了用户，由用户做最终的决定。并建议用户尽可能采用 2M2T 的方案。用户面临 2 种选择，要么增加动车的比例以适应技术要求，要么修改技术要求以适应 2M2T 编组的性能条件。

因为 42‰坡道在用户整个运行线路中占的比例很小，而列车出现 100%动力损失的几率也很小，所以用户研究决定，不为这种小概率事件付出大的代价，修改车辆技术要求，42‰坡道救援不采用坡道起动的方案，而采用退回桥下的办法。最终技术要求相应条款改为 1.5 中所示内容。我们用同样的计算方法做了计算，区别是车组匀速通过 42‰坡道，只考率坡道阻力和运行阻力就可以了。对于救援爬坡来说，要考虑正线上最大 30‰坡道的情况（条款 1.1 线路条件）。通过同样方法的计算，结果显示 2M2T 编组方案完全满足修改后的技术要求！

3 牵引电机容量的确定

在确定了车组的编组形式以后，下一步是列车主要系统的方案设计。作为车辆制造商要对主要系统间的协调负责，并对其性能和接口提出技术要求，以作为分包商产品设计的依据。大部分系统的参数需要计算，其中包括牵引系统的容量计算。牵引系统的执行部件是牵引电机，所以牵引系统的容量计算主要围绕牵引电机的容量计算。

3.1 牵引计算软件

牵引计算即所谓牵引仿真模拟计算，其主要原理就是利用数学方法来模拟实际列车运行的全部过程。这些数学方法在本论文所参考的文献中有详细论述。这里主要介绍本软件的基本原理、方法和功能。

3.1.1 软件编制过程简介

牵引计算的原理并不十分复杂，但其计算量非常巨大。记得在1994年为伊朗地铁做方案设计时，为了确定电机的容量，我们用了6个人1周的时间只做了1个往返的计算！且计算精度很低，在确定电机容量时，由于精度的原因要多留5%的裕量。可见，牵引计算是非用计算机辅助不可的工作。在随后的几年里，先后有几人尝试用计算机软件来完成这项工作。其中较成功的是用Tube Basic语言编写的计算软件。该软件可以让1个人用3天的时间完成1个工程的计算。而且一旦部分输入参数改变，可以在1天以内重新得出结果。该软件在很长一段时间里起到了重要的作用。但受到当时计算机软硬件条件的限制，该软件的计算速度较慢，且没有清楚的人机界面，输入输出需要在Basic解释环境里进行，需要大量的人工介入。如对软件本身没有深入的了解无法使用，且容易出错。随着计算机技术的飞速发展，到2000年甚至已经找不到供该软件使用的环境。

2000年末是我在校就读的第3学期。我与我的导师郑琼林教授谈到毕业论文题目的问题。考虑到与实际工作的联系，郑教授认为以牵引计算为主要内容的电动车组主要电气参数的确定是一个不错的题目。加上当时正赶上武汉轻轨开始考虑车辆配置的问题。所以我初步确定了我的论文题目，并开始了牵引计算软件的编制工作。由于软件程序量巨大，我还请了一名新毕业的同事帮我做了一些输入工作，并做了输入输

出模块的编制。牵引计算涉及的理论问题由我的厂内导师孙三其高工指导完成。软件的编制、调试、升级、再调试，前后共用了近 1 年的时间。到 2001 年末基本到了实用阶段。目前，完成一个工程只需 1 个人半天的时间，且可以输出十几种不同参数的往返计算结果。新软件采用 VB 语言编制，有着直观的人机界面，输出全部实现图形化。计算精度和速度极高，且可选则。已经在武汉轻轨、重庆单轨、天津地铁等项目招标中得到了实际应用。在成都地铁、广州地铁 3 号线及西安地铁等项目的可行性分析中为用户提供了一些参考信息。

3.1.2 牵引计算软件的基本原理

牵引计算使用数学模型模拟实际车组的运行状况。把必要的输入数据加载到这个模型上，在整个运行过程中计算、累加、统计出所要求的输出结果。实现牵引计算的目的。

1) 牵引计算的输入参数有：

外部环境参数：坡道参数，包括运行区间所有坡道的长度和坡度；弯道参数，包括区间内弯道曲线的长度和曲线半径；区间信息，包括各车站间的距离、运行速度和限速等信息；运行阻力参数曲线，这是根据车辆运行的线路、车辆断面和编组等条件定义的经验公式拟合曲线。

车辆内部参数：牵引特性曲线，这是根据以上章节所述列车加速度的要求结合牵引电机的特性曲线得出的牵引力、电流和电压对速度的曲线；制动特性曲线，与牵引类似；车组中动车和拖车的数量；动车和拖车的重量；载员数量等。

2) 牵引计算的输出量包括每一个站间和所有运行区间的最大速度；制动初速；走行时间；牵引电机有效电流；耗电量；牵引率；再生率；停车时间；平均速度；旅行速度等。其中与电机容量有关的是牵引电机有效电流。

牵引计算的过程包括输入数据的前处理、运算过程和输出数据后处理 3 个主要过程。在前处理过程中，所有输入量都以数据库的格式存取。曲线的输入采用分段 2 次插值法，只输入关键点的值，由软件形成连续的曲线。程序要求所有变量都转换成速度的函数，这是因为列车运行过程中，只有速度是一个连续的变量。运算过程是对列车走行距离 S 的计算， S 是列车速度 V 对走行时间 T 的积分：

$$S = \int V dt$$

按《计算方法引论》^[2]上的办法把运行区间细分成足够多的小段 S ，并认为在每一个小段内变量 V 值是恒定不变的，即所有 V 的函数是不变的。经过走行距离 S 后，可计算出走行时间 t ，速度也增加了 V ，速度的函数也跟着变化。从而进入下一个 S 的计算，进而实现整个运行区间的累加计算。各小段的长度 S 越小，计算精度越高，但运算量越大。在以前的计算中，每小段的长度可能要几米甚至几十米。而现在每小段长度仅为 1 厘米，误差很小，这是计算机速度提升带来的好处。数据后处理则是把计算结果转化成标准的运行时分图显示在屏幕上，并存放在数据库里。可以输出 BMP 格式的图形文件，也可以直接打印出图。其它计算结果以表格的形式输出。

3.1.3 软件模块组成及功能

软件由 12 个子模块组成，各模块分别执行不同的功能，但由主程序模块统一管理。主程序模块界面如图 3.2 所示。其子模块的执行全部



图 3.1 原始数据输入及处理模块编辑窗口

通过窗口内的菜单和按钮来实现。主要子模块包括：

1) 原始数据输入及处理模块，如图 3.1 所示。负责各种环境数据及车辆数据的输入，数据前处理及特性曲线的生成。

该模块针对输入数据的特点有较好的编辑功能。

2) 数据库文件输入模块。用于输入和保存硬盘上的数据库文件。也由它生成新的空数据库，供“原始数据输入及处理模块”输入数据。

3) 运行时分图监视窗口模块。将计算结果转化成运行时分图并打

印在屏幕上，用于监视计算情况。该窗口将电机电流和电网电流曲线作为可选项，可根据需要决定是否屏幕打印。窗口内所见图形可按 BMP 格式输出保存，用于 WORD 文件制作。该模块有光标指示功能，可以直接显示图中光标所在位置的各项参数用于监视。图 3.2 中黄色背景窗口即为监视窗口的一小部分约 2 个区间，拖动窗口可以看到所有区间的运行时分图。在正常比例下，最多可以显示 50Km 长区间的运行时分图，适合一般城市地铁轻轨的牵引计算。

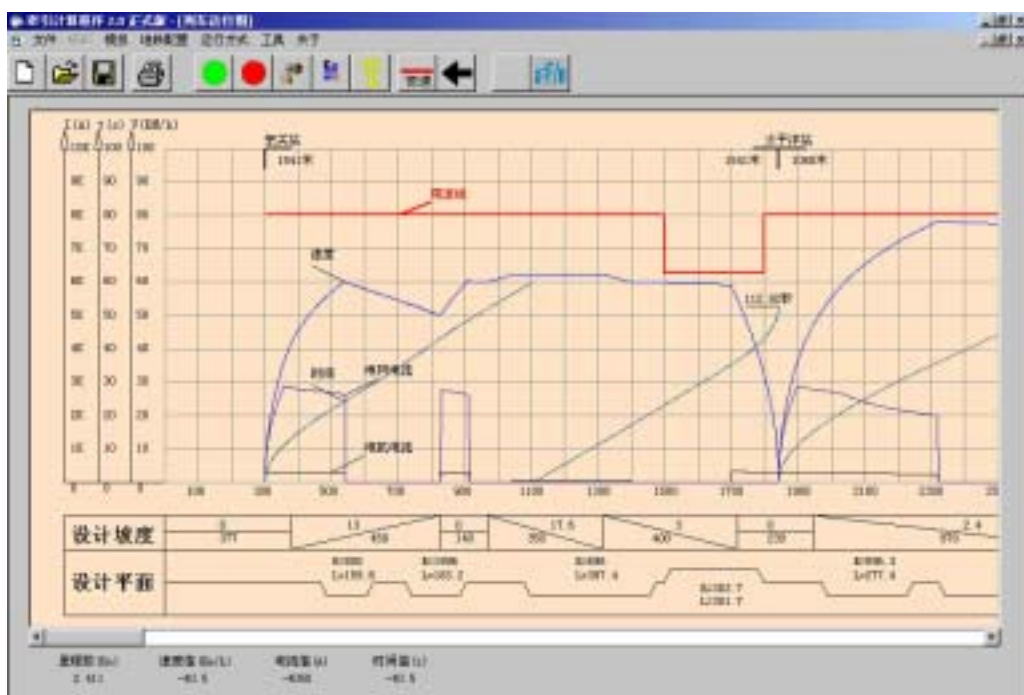


图 3.2 牵引计算主程序界面及监视窗口

4) 计算结果数据输出模块。用于计算结果的汇总。可直接显示在屏幕上，也可根据需要输出 TXT 格式的文件和数据库文件。如图 3.3 所示。

| 区段 | 最大速度 km/h | 牵引吨数 t | 区段距离 m | 牵引时间 s | 牵引吨数 t | 牵引吨数 t | 牵引吨数 t | 牵引吨数 t |
|------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1-2 | 81.34 | 53.70 | 1041.00 | 134.35 | 34.23 | 102.99 | 18.86 | .00 |
| 2-3 | 76.38 | 49.30 | 1050.00 | 78.32 | 41.20 | 237.94 | 15.82 | .00 |
| 3-4 | 70.38 | 48.20 | 1142.00 | 79.78 | 48.81 | 237.30 | 21.89 | .00 |
| 4-5 | 77.42 | 79.80 | 883.00 | 67.28 | 41.80 | 286.38 | 19.28 | .00 |
| 5-6 | 76.31 | 72.20 | 886.00 | 67.50 | 42.46 | 253.71 | 19.44 | .00 |
| 6-7 | 76.32 | 73.61 | 881.00 | 72.59 | 47.35 | 254.58 | 21.79 | .00 |
| 7-8 | 70.38 | 73.04 | 1007.00 | 77.33 | 47.93 | 246.00 | 21.89 | .00 |
| 8-9 | 70.38 | 73.89 | 1030.00 | 73.88 | 42.47 | 241.70 | 18.41 | .00 |
| 9-10 | 70.34 | 77.06 | 1126.00 | 76.78 | 48.43 | 258.24 | 22.24 | .00 |

总距离 8744.50 m 总牵引时间 730.55 空车牵引吨数 369.18t
 牵引吨数 238.35 t
 总牵引时间 378.00 m
 平均速度 48.316m/s
 牵引吨数 50.876m/s
 牵引率 59.92%
 牵引吨数 179.303%
 牵引吨数 100%
 牵引吨数 179.303%

图 3.3 计算结果数据输出模块

5) 打印模块。将正向和反向运行时分图及计算结果数据表格作为可选项供选择打印。

6) 牵引制动特性曲线生成模块。本模块将常用的 105Kw ~ 180Kw 牵引电机的特性曲线以数据库的形式保存。如在工程中选用了库中已有的电机，且给定车重和加速度，可使用该模块直接生成标准的牵引特性曲线和制动特性曲线。如果没有合适的电机可供选择，也可按格式一次输入指定电机的标准电机特性曲线，由软件生成各种载荷下的牵引特性曲线。当然，对那些非标准的牵引特性曲线还需人工计算，手工输入。该模块对于那些方案设计中的计算非常方便。

此外，子模块中还有加减速度计算模块、粘着计算模块、数据库编辑器、加密、帮助等功能模块。

3.1.4 主程序流程简图

列车模拟运行的过程在主程序模块中进行。主程序流程简图见图 3.4。这里只介绍了主程序的原理框图，详细内容在附件 2“主程序清单”中罗列。主程序包括以下子程序：

1) 运行状态赋值子程序。根据列车目前的运行状态将所有需要计算的数据加载到模型上。运行状态共定义了 4 种。牵引状态（按特性曲线牵引）、惰行状态（无牵引也无制动）、抑速制动状态（根据速度限制有部分制动）、停车制动状态（按制动特性曲线制动）。在指定的运行状态内，所有速度的函数都是连续的。

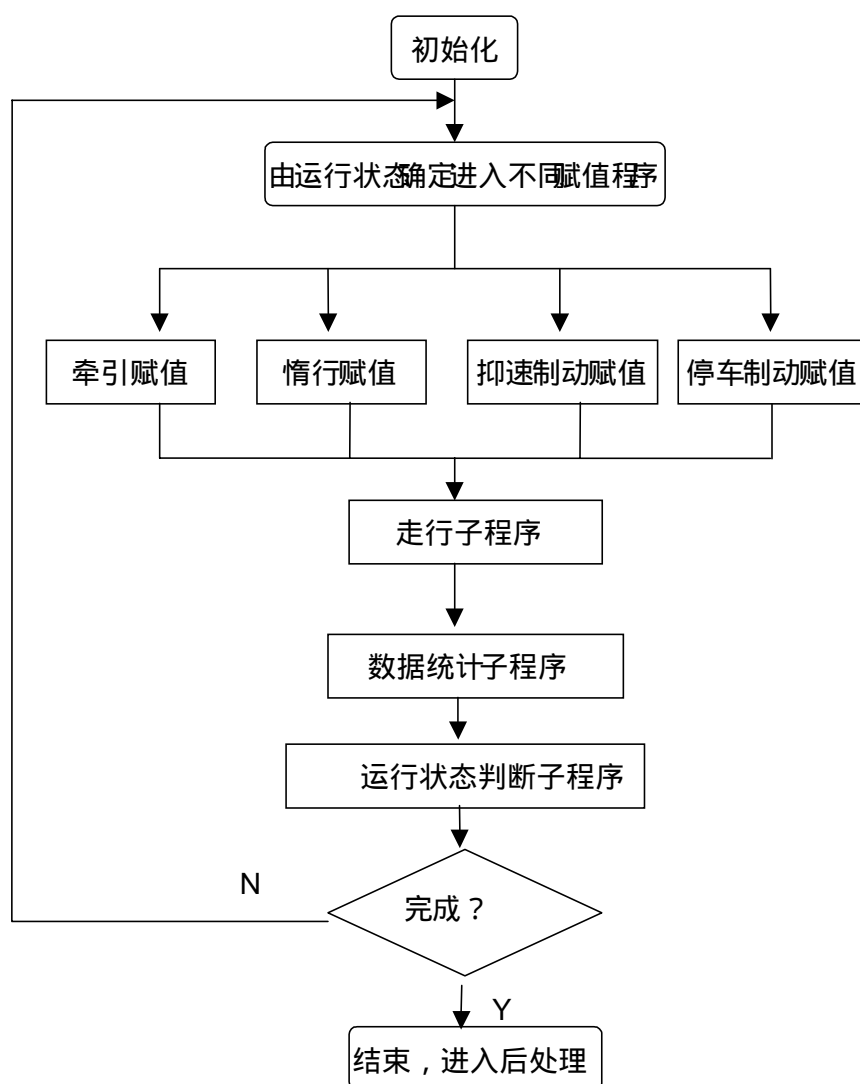


图 3.4 主程序流程简图

2) 走行子程序。根据目前的内外部条件进行 S 内的计算，并使

总走行距离增加 S ，为列车速度赋上新的速度 V 值。

3) 数据统计子程序。根据新的 V 值确定各个 V 的函数值并求出所有需要输出数据的中间值。如电机有效电流的求取中需要计算电机电流的均方根值：

$$I_m = \sqrt{\frac{\int I^2 dt}{T}}$$

则在此子程序内要求在 S 内计算 $I^2 \cdot t$ 的值，然后累加，以供最后计算 I_m 值时使用。

4) 运行状态判断子程序。根据新的走行距离 S 值以及列车内外部条件和状态决定是否转换运行状态，转换成哪种运行状态，即自动驾驶。也可人为干预，即所谓实时仿真驾驶。但因为人的反应速度有限，后者计算速度非常慢，与车辆实际运行时间差不多。

3.2 武汉轻轨牵引计算

在确定了武汉轻轨动车组的编组形式之后，就有足够的条件来计算牵引系统的容量了。一般情况下牵引系统的容量计算就是牵引电机有效电流的计算，当然也包括一些特征点的电流、电压峰值的计算。首先是根据电机功率估算公式及计算者的经验选定一个已有的牵引电机。再由该电机的特性曲线生成牵引特性曲线进行计算。然后把计算结果与电机的参数相比较，如果所选电机不符合要求，可根据计算结果从新选择电机并从新计算。一般情况下，即使多次选择功率和特性不同的电机，在相同的给定条件下（如旅行速度、载员等），其电机有效电流差别不会太大。

3.2.1 牵引电机功率估算公式

在进行牵引计算之前，一般要估算一下牵引电机的功率，其公式见式 3.1：

$$P = \frac{F \times V}{\alpha \eta}$$

式 3.1 牵引电机功率估算公式【6】

式中， P 代表电机功率 (KW)。 F 代表一台电机所作用的轮对牵引力 (KN)，这个值在确定了编组方式和最大线性加速度后得到。 V 代表恒力矩区的最大速度 (m/s)。 η 是一个经验值，取值范围 1.1~1.5，如果路条平直，坡道少，取值较大，反之较小。 η_1 代表齿轮传动的效率。从式中可以看出，估算结果的准确与否全在于 η 值的选取。所以估算结果只能作为参考，牵引电机的准确功率要由牵引计算最后确定。

在武汉轻轨动车组的计算中，为满足满载情况下车辆旅行速度的要求，其轮对牵引力 F 应取车辆满载情况下的牵引力值。为保证其起动加速度，速度 V 值最小应取 36Km/h。齿轮传递效率取 0.92。根据线路纵断面图描述的线路情况， η 值取 1.4。

牵引力 F 可由公式 2.3 在 2.1.2 中求得。 $F = 21403\text{KN}$ 。固可得出估算功率 P 约为 166Kw，这里将其归到 180Kw 标准电机中 (550V、240A、2255rpm)。

3.2.2 武汉轻轨牵引计算条件

- 1) 额定电压：DC750V
- 2) 电压波动范围：500—900V；再生时不超过 1000V
- 3) 计算电压：牵引时 DC750V；再生制动时 DC825V
- 4) 车辆自重：动车 32.6t 拖车：29.2t
- 5) 编组：-Tc + M + M + Tc-
- 6) 逆变器控制方式：1C2M
- 7) 计算车轮直径：半磨耗 805mm
- 8) 传动比：7.69 (100/13)
- 9) 额定载员：按 6 人/m² 计算，Tc 230 人 /车
M 246 人 /车
- 10) 超员：按 9 人/m² 计算，Tc 315 人 /车
M 342 人 /车
- 11) 起动平均加速度： $a = 0.83\text{m/s}^2$ (0~36km/h)

- 12) 制动平均减速度： 列车从 80km/h 到停车, $b = 0.92\text{m/s}^2$,
高速或低速电制动不足时靠空气制动补足。
- 13) 旅行速度： $v > 33 \text{ Km/h}$ (停车时间 30S)
- 14) 粘着利用： $\mu = 0.20$ (特征点)
- 15) 阻力公式： $R_t = (1.65 + 0.0247V) W_m + (0.78 + 0.0028V) W_t + (0.0028 + 0.0078(N-1))V^2$

3.2.3 典型运行案例

- 1) 列车满载运行一个往返。要求列车加速度、减速度、旅行速度不小于给定值，停车时间 30S。
- 2) 列车超载运行一个往返。要求列车加速度、减速度、旅行速度不小于给定值，停车时间 30S。
- 3) 一台逆变器故障，列车超载运行一个往返，停车时间 30S
- 4) 列车损失 1/2 动力，空载运行一个往返，停车时间 30S
- 5) 列车损失 1/2 动力，空载，起动后以 20Km/h 的速度匀速通过 42‰典型坡道。
- 6) 恢复运营能力计算，超载，以最高旅行速度运行，停车时间 30S。

3.2.4 武汉轻轨线路条件

- 1) 坡道和弯道参数从武汉轻轨纵断面图得出，需详细输入牵引计算数据库，这里无法详述。
- 2) 车站位置及停车时间见表 3.1 “ 区间名称、长度、位置和停车时间 ” ；

表 3.1 区间名称、长度、位置和停车时间

| 站名 | 区间长度 | 区间速度上限 | 停车时间 |
|------|-----------|--------|------|
| 宗关站 | 301 (距起点) | | |
| 太平洋站 | 1541 | 62 | 40 |
| 硃口路站 | 1060 | 80 | 30 |
| 崇仁路站 | 1142 | 80 | 30 |
| 利济北路 | 880 | 80 | 25 |
| 友谊路站 | 888 | 80 | 25 |
| 江汉路站 | 981 | 80 | 30 |
| 大智路站 | 1087 | 80 | 30 |
| 三阳路站 | 1030 | 80 | 25 |
| 黄浦路站 | 1135 | 80 | 30 |

3.2.5 仿真计算

在完成上述所有原始数据的输入以后就可以进行牵引计算了。首先是生成满负载情况下的牵引特性曲线。因为这里所选的牵引电机是数据库中的标准电机，所以可由软件自动生成牵引及制动特性曲线。选择模拟选项中的选择电机，输入电机型号、牵引加速度、制动减速度和传动比，点击确定，即生成满载下的牵引制动特性曲线。如果需要生成空载或超载情况下的牵引制动特性曲线，则要从新输入车辆参数中的载员数量，然后重复上述步骤，即有满载或超载的牵引特性曲线生成。但要注意保存成新的数据库文件，因为每一个数据库文件只能存储一种特性曲线。满载下的牵引制动特性曲线见图 3.5、图 3.6 所示。其中制动特性曲线的制动力之所以恒定不变，是因为制动力是电制动和空气制动的和力，当电制动力不足时，由空气制动补偿。这在计算条件中有说明。生成特性曲线后就可以进行武汉轻轨全程的仿真模拟计算了。点击绿色按钮，大约 30 秒钟的时间就可以看见计算结果了。各种案例的计算结果如下：

1) 案例 1，正常满载运营，可采用如图 3.5、图 3.6 那样的牵引制动特性曲线。直线加速度取 0.89 m/S^2 ，制动减速度取 0.92 m/S^2 ，粘着利用 0.178。在此条件下得出：

正向运行（宗关站——黄浦路站）

电机有效电流： 187 A

旅行速度： 34.88Km/h

反向运行（黄浦路站——宗关站）

电机有效电流： 188 A

旅行速度： 34.72Km/h

详细数据见表 3.2：武汉轻轨满载条件下正向运行结果统计表，及表 3.3：武汉轻轨满载条件下反向运行结果统计表。武汉轻轨满载条件下的运行时分图见附件 1。

2) 案例 2，正常超载运营，需重新生成牵引制动特性曲线，曲线形状与图 7、图 8 相似，但牵引力和电流值要高一些，这里不再描述。以下案例的计算结果统计表格也不再出现。直线加速度取 0.89 m/S^2 ，制动减速度取 0.92 m/S^2 ，粘着利用 0.184。在此条件下得出计算结果：

正向运行（宗关站——黄浦路站）

电机有效电流： 197 A

旅行速度： 34.66Km/h

反向运行（黄浦路站——宗关站）

电机有效电流： 200 A

旅行速度： 34.64Km/h

3) 案例 3，一台逆变器故障超载运行，牵引制动特性曲线与案例 2 相同。直线加速度为 0.66 m/S^2 ，制动减速度取 0.92 m/S^2 ，粘着利用 0.186。在此条件下得出计算结果：

正向运行（宗关站——黄浦路站）

电机有效电流： 212 A

旅行速度： 33.73Km/h

反向运行（黄浦路站——宗关站）

电机有效电流： 216 A

旅行速度： 33.67Km/h

4) 案例 4, 损失 2 台逆变器, 空载运行。这种情况的加速度较小, 需要提高运营速度才能满足旅行速度的要求。直线加速度为 0.44 m/S^2 , 制动减速度取 0.92 m/S^2 , 粘着利用 0.172。计算结果如下:

正向运行 (宗关站——黄浦路站)

电机有效电流： 197 A

旅行速度： 33.12Km/h

反向运行 (黄浦路站——宗关站)

电机有效电流： 201 A

旅行速度： 33.05Km/h

5) 案例 5 的运行时间非常短, 不涉及电机功率的问题。其粘着系数为 0.172, 可以通过。

6) 案例 6, 在列车晚点时, 需要提高列车的最大运行速度, 采用此方式可以恢复正点。计算结果:

正向运行 (宗关站——黄浦路站)

电机有效电流： 232 A

旅行速度： 36.2Km/h

反向运行 (黄浦路站——宗关站)

电机有效电流： 233 A

旅行速度： 36.05Km/h

如果旅行速度定在 33 Km/h, 从计算结果可以看出还有 9%的恢复运营能力, 如果还不够, 只能采取缩短停车时间的办法 (或在 XX 站不停车)。但需要注意的是, 在此条件下电机电流也接近超载了, 建议此种运营方式不超过 1 小时。

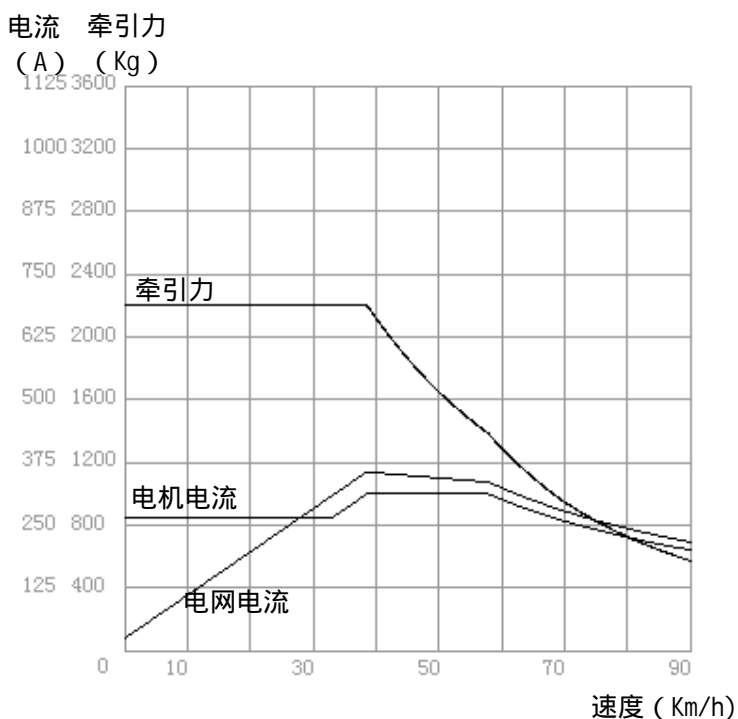


图 3.5 武汉轻轨满载条件下牵引特性曲线

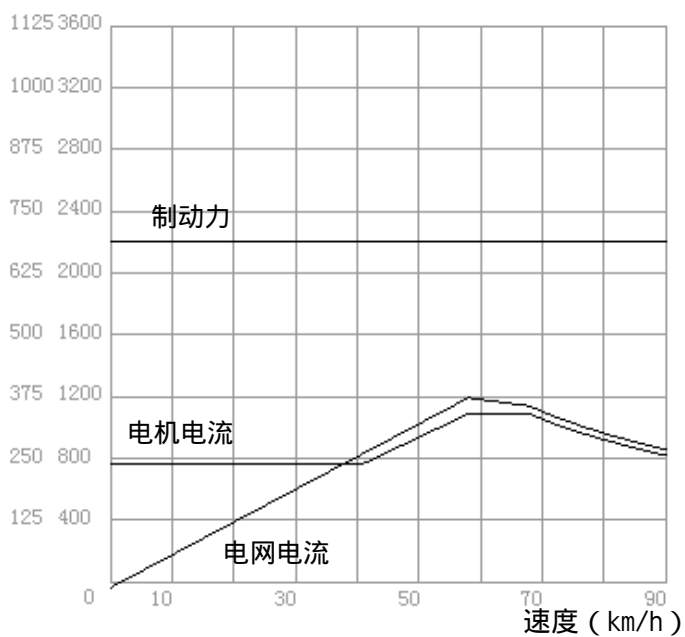


图 3.6 武汉轻轨满载条件下制动特性曲线

结论：一般情况下，用案例 2 超载正常运行时的电机电流作为参考来选择电机的功率。在此情况下，电机电流有效值取 200A。相当于 150Kw 电机。但考虑到案例 3 及案例 6 的情况，以及合同中要求预留 6~10%的裕量，选取 180Kw 的电机为妥。

表 3.2 武汉轻轨满载条件下正向运行结果统计表

| 区间 | 最大速度 Km/h | 制动初速 Km/h | 区间距离 Km | 走行时间 s | 牵引时间 s | 电机电流 A | 耗电量 KW | 再生率 % |
|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| 宗关站-太平洋站 | 62.07 | 59.10 | 1541.00 | 112.72 | 28.06 | 166.60 | 5.05 | 60.91 |
| 太平洋站-硃口路站 | 65.04 | 63.15 | 1060.00 | 79.54 | 23.71 | 187.66 | 3.64 | 64.84 |
| 硃口路站-崇仁路站 | 65.12 | 58.71 | 1142.00 | 84.78 | 24.08 | 177.15 | 5.17 | 51.00 |
| 崇仁路站-利济北路 | 65.16 | 65.16 | 880.00 | 69.14 | 23.71 | 204.55 | 3.13 | 69.76 |
| 利济北路-友谊路站 | 65.23 | 61.18 | 888.00 | 69.90 | 23.71 | 197.59 | 4.25 | 59.01 |
| 友谊路站-江汉路站 | 65.10 | 60.34 | 981.00 | 76.03 | 26.01 | 193.69 | 5.63 | 51.34 |
| 江汉路站-大智路站 | 65.08 | 60.39 | 1087.00 | 82.00 | 24.19 | 183.26 | 4.55 | 57.21 |
| 大智路站-三阳路站 | 67.67 | 67.67 | 1030.00 | 76.57 | 23.11 | 194.57 | 2.27 | 77.31 |
| 三阳路站-黄浦路站 | 65.59 | 65.59 | 1135.00 | 84.88 | 24.56 | 188.47 | 3.26 | 69.81 |
| | | | | | | | | |
| 总距离 9743.59 m | 总走行时间 735.56 | 总牵引时间 221.16s | 电机有效电流 187.06 A | | | | | |
| 总停车时间 270.00 s | 平均速度 47.69Km/h | 旅行速度 34.88Km/h | 消耗电量 36.96KWh | | | | | |
| 牵引率 30.07% | 牵引耗电量 97.58KWh | 再生电量 60.62KWh | 再生率 62.12% | | | | | |

表 3.3 武汉轻轨满载条件下反向运行结果统计表

| 区间 | 最大速度 Km/h | 制动初速 Km/h | 区间距离 m | 走行时间 s | 牵引时间 s | 电机电流 A | 耗电量 KW | 再生率 % |
|----------------|-----------------|--------------|----------------|-----------|-----------------|-----------|-----------|----------|
| 黄浦路站-三阳路站 | 65.57 | 65.57 | 1135.00 | 84.07 | 29.87 | 200.26 | 6.41 | 52.86 |
| 三阳路站-大智路站 | 65.15 | 61.16 | 1030.00 | 78.71 | 28.66 | 197.90 | 6.84 | 47.12 |
| 大智路站-江汉路站 | 65.11 | 62.91 | 1087.00 | 81.49 | 24.08 | 186.22 | 3.89 | 63.04 |
| 江汉路站-友谊路站 | 65.39 | 65.39 | 981.00 | 74.43 | 23.36 | 194.78 | 2.97 | 70.77 |
| 友谊路站-利济北路 | 65.27 | 63.16 | 888.00 | 69.53 | 23.35 | 197.70 | 3.52 | 65.39 |
| 利济北路-崇仁路站 | 65.16 | 59.40 | 880.00 | 70.29 | 24.80 | 196.63 | 5.10 | 53.48 |
| 崇仁路站-硃口路站 | 65.47 | 61.37 | 1142.00 | 84.17 | 22.15 | 176.64 | 3.22 | 66.09 |
| 硃口路站-太平洋站 | 65.09 | 56.80 | 1060.00 | 81.48 | 24.56 | 181.00 | 5.48 | 49.36 |
| 太平洋站-宗关站 | 60.96 | 60.96 | 1541.00 | 115.97 | 28.41 | 169.91 | 6.41 | 51.19 |
| | | | | | | | | |
| 总距离 9743.54 m | 总走行时间 740.14s | | 总牵引时间 229.24s | | 电机有效电流 188.21 A | | | |
| 总停车时间 270.00 s | 平均速度 47.39Km/h | | 旅行速度 34.72Km/h | | 消耗电量 43.83KWh | | | |
| 牵引率 30.97% | 牵引耗电量 101.77KWh | | 再生电量 57.94KWh | | 再生率 56.93% | | | |

4 制动电阻容量的确定

制动电阻容量的确定在车辆方案设计中也是重要的一环。制动电阻的体积大，使用时温度很高，对车下电气设备的布置影响较大。如我厂为伊朗德黑兰生产的地铁车，其电阻尺寸严重影响车下电气的布置，大到车下无法摆放的地步，不得不放到车顶一部分。所以，正确确定制动电阻的容量意义很大。一般来讲，制动电阻容量与牵引系统容量有一定的关系，牵引系统容量越大，制动电阻所需的容量就越大。但两者没有直接的函数关系，制动电阻的容量还与线路条件有关，所以需要单独计算。制动电阻容量的确定与牵引系统容量的确定方法类似，也是将其电流转化为相对与速度的函数，再加入到仿真计算模型上，得出电流的有效值，即得出电阻的持续功率值。但制动电阻与牵引电机相比又有其特殊性。

4.1 制动电阻的过载率

这里所说的过载率是指设备工作时的热过载率，即最大瞬时电流值的平方与其持续额定电流值的平方的比值。牵引电机的热过载率一般小于 2，即牵引电机工作时的最大电流是其持续额定电流的 1.4 倍左右。显然，如果设备长时间工作在热过载状态，其发热量就会超出其允许范围，损坏设备。设备在过载情况下允许工作的时间长度与过载率和设备热时间常数有关。过载率越大，热时间常数越小，则其允许工作时间越短。在计算牵引电机容量时，由于其过载率较低，而时间常数又较大，没有特殊考虑这一问题。但对于制动电阻来说，其过载率往往要达到 5~9 倍。需要考虑这一问题。

4.2 制动电阻的工作特点

由于制动电阻只在制动的工况下工作，其工作时间占整个运行时间的占空比很小。电阻工作的占空比与线路条件有关，平均站间距离越长的线路，电阻工作占空比越小。而牵引计算得出的是电阻在整个运行区间的有效电流值，容易理解，工作占空比越小的电阻，其过载率越高。制动电阻的工作过程如图 4.1 所示。在制动工况的工作的过程中，由于较高的过载率，温度上升较快。在其它工况下，电阻停止工作，温度缓慢下降。图中 T_p 是工作时间，即列车制动时间，一般情况下是 20 秒左

右。T 是一个运行周期时间，即列车运行一个站间距的时间（包括停车时间），一般在 100 秒左右。其中 T_p 与 T 的比值叫制动电阻工作占空比。

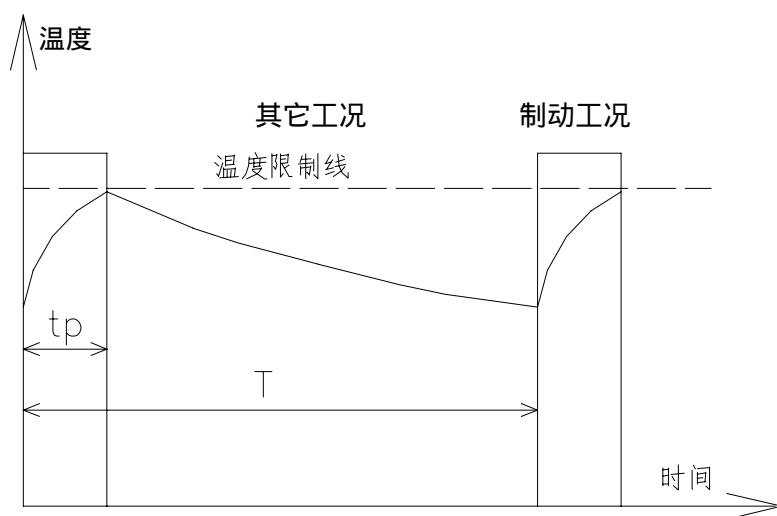


图 4.1 制动电阻工作过程温升曲线

比。图中温度限制线实际上就是相应功率的电阻在额定电流下持续工作的稳态温度值，也就是本文中要最后确定的制动电阻。为达到一个能量的

平衡，制动电阻的散热量应等于其工作的吸收热量，而其散热功率又与温度成正比。也就是说，图 4.1 中温度曲线所围成的面积与其时间的比值就是制动电阻工作的平均功率。显而易见，电阻工作的实际平均功率要小于其额定功率。

4.3 制动电阻的温升公式

如果制动电阻始终工作，其温升会达到一个最终的稳定值 y 。在此温升下，电阻的散热功率等于其工作功率。见式 4.1：制动电阻稳定温升公式。

$$\tau_y = \frac{Q}{A}$$

式 4.1：制动电阻稳定温升公式【7】

y ：稳定温升（ $^{\circ}\text{C}$ ） Q ：电阻每秒产生的热量（千卡/秒） A ：散热率：电阻与介质之间温差 1 $^{\circ}\text{C}$ 时，每秒散发的热量（千卡/秒）

式 4.1 是电阻工作时间远大于其热时间常数的稳定状态。如果其工作时间接近甚至小于其热时间常数，其温升动态响应公式如式 4.2 表

示。

$$\tau = \tau_y \left(1 - e^{-\frac{t_p}{T_c}}\right)$$

式 4.2：制动电阻短时温升公式【7】

：电阻温升（ ）； τ_y ：电阻稳定温升（ ）； t_p ：电阻工作时间（S）；
 T_c ：时间常数（S）

一般情况下，制动电阻的时间常数 T_c 在 300S 左右，而制动电阻的工作时间 t_p 仅为 20S 左右。换句话说，其电阻的温升远达不到其稳定温升。但由制动电阻的工作特点（图 4.1）可知，制动电阻要在其热时间常数内反复工作，停止工作的时间约为 80S，又不足以使其温度降低到环境温度。这样，电阻就工作在一个动态的平衡状态，电阻重复短期工作状态下的热稳定最大温升用式 4.3 表示：

$$\tau_{\max} = \tau_y \frac{1 - e^{-\frac{t_p}{T_c}}}{1 - e^{-\frac{t_p}{T_c \Pi}}}$$

式 4.3：电阻重复短期工作状态下的热稳定最大温升公式【7】

τ_{\max} ：制动电阻重复短期工作状态下的热稳定最大温升值（ ）； τ_y ：稳定温升（ ）； t_p ：电阻工作时间（S）； T_c ：时间常数（S）； Π ：电阻工作占空比

4.4 武汉轻轨车制动电阻的计算方法

由以上叙述可知，车载制动电阻的额定功率必须大于其实际工作的平均功率，才能在这种工作特性中不使其最大温升超出其额定工作温度。制动电阻额定功率需按以下步骤计算。

4.4.1 武汉轻轨车制动电阻的实际工作平均功率计算

这与牵引电机的计算类似，首先将制动电阻的实时工作电流转化成列车速度的分段函数，加载到仿真计算模型上，通过计算得出其有效电流 I ，由 $I^2 R$ 求出其实际工作平均功率。武汉轻轨满载条件下的制动电阻的电流 - 速度曲线见图 10，其有效电流的计算过程与前面牵引电机有效

电流的计算过程一样，这里不再赘述。最后得出武汉轻轨的制动电阻在

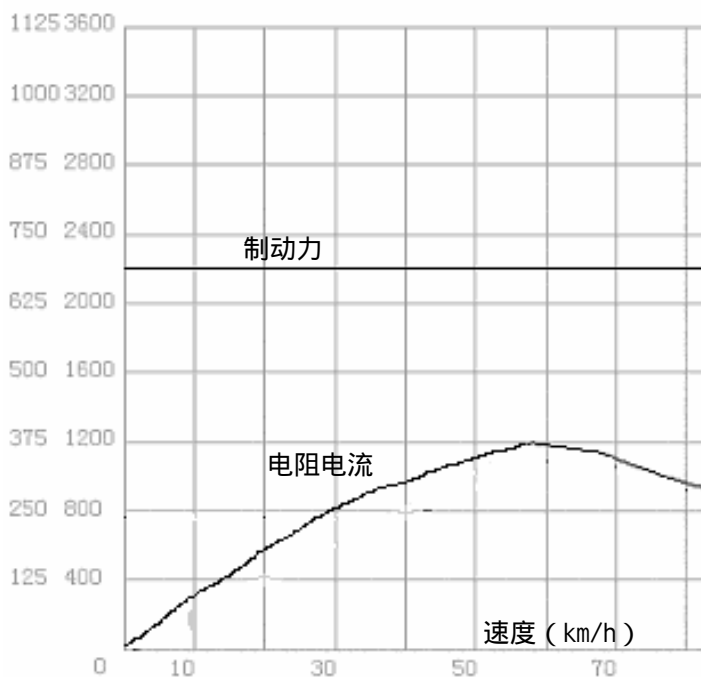


图 10：满载条件下的制动电阻的电流 - 速度曲线

满载情况下的实际工作平均功率 P_1 为每辆动车约 92Kw。但正如前面所述，这个值不能直接用于制动电阻的取值。还要经过后续步骤计算。

4.4.2 制动电阻的选取

制动电阻的选取要经过以下步骤：

1) 电阻平均工作时间 t_p 的计算，该值是各车站制动时间的平均值，可由牵引计算直接统计计算。武汉轻轨的 t_p 值是 19.4 秒。

2) 电阻平均工作周期 T 的计算，该值即平均站间走行时间（包括停车时间）。可由总旅行时间除以小区间数量求得。武汉轻轨的电阻平均工作周期 T 约为 112 秒。

3) 由 1) 和 2) 求出电阻工作占空比 β 值。

4) γ 的计算。可由公式 4.1 求得。但该式中的散热率 A 值在方案设计时不易得到，在计算 γ 时一般采用式 4.4 表示。

$$\tau_y = \frac{\tau_m}{\Pi}$$

式 4.4：电阻稳定温升估算公式

τ_y ：电阻稳定温升（ $^{\circ}\text{C}$ ）； Π ：电阻工作占空比 τ_m ：允许最大温升（ $^{\circ}\text{C}$ ）

式中 τ_m 允许最大温升实际上是电阻允许的最高工作温度（一般为 400°C ）与合同规定的工作环境温度之差值，如果环境温度为 40°C ， τ_m 为 360°C 。经计算，武汉轻轨车制动电阻的工作占空比为 0.173，如环境温度为 40°C ，则 τ_y 约为 2080°C 。可见 τ_y 值也是用于计算，实际上电阻不可能达到该温度。

5) 这样，公式 4.3 中所有未知参数都已经求出，可求出电阻工作最大温升 τ_{\max} 值， τ_{\max} 值为 419°C 。则应选取的制动电阻功率 P_2 可由调节公式 4.5 直接求出。

$$P_2 = P_1 \frac{\tau_{\max}}{\tau_m}$$

P_1 ：实际工作平均功率（Kw）； P_2 ：制动电阻额定功率（Kw）

式 4.5：实际电阻额定功率值计算公式

经过最终计算，武汉轻轨车每辆动车的制动电阻额定功率约为 107Kw。

4.5 总结

在制动电阻功率的计算中，如果使用牵引计算软件，得出其实际功率是很容易的，但后续的计算因手工劳动比较多，显得比较麻烦，这一点在以后软件的续开发中会加以考虑。但在以往的几个项目的计算中，经过统计发现， τ_{\max} 与 τ_m 的比值就在 1.14 到 1.34 之间。所以在一些方案设计中，如精度要求不高，可适当选取合适系数，并直接将该系数乘到计算实际功率值上，即得出最终结果。

5 结论

本文通过对武汉轻轨车辆主要电气参数的选择和计算，着重说明了电动车组动力分散程度、牵引电机容量及制动电阻功率的计算方法。讨论了与动力分散程度有关的参数和条件。用 VB 语言编制了快捷有效的牵引计算软件。为武汉轻轨车辆的主要电气参数得出以下结论：

1) 动力分散程度，即编组形式：2 辆动车 2 辆拖车。

2) 电机容量（规格）：180Kw；550V；240A；3 相鼠笼异步牵引电机。

3) 制动电阻功率：107Kw。

目前，武汉轻轨车辆已经完成方案设计，进入正式设计阶段。

本文中提及的方法和牵引计算软件还将在以后我厂越来越多地铁订单中发挥作用。为用户地铁轻轨方案的可行性分析及方案设计提供数据依据。完善我厂在牵引计算这一领域的技术手段。

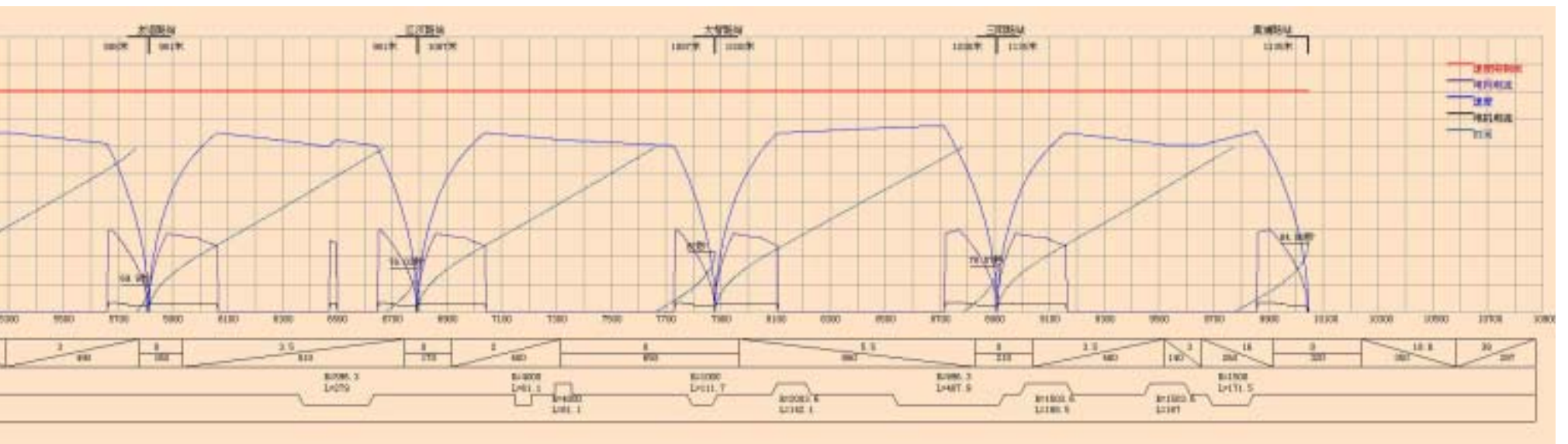
致谢：

本文的选题、开题、资料收集及论文的完成全过程得到了校内导师郑琼林教授和厂内导师孙三其高级工程师的大力帮助。这里表示诚挚的感谢！同时也对张斌同志表示感谢，他在软件的编制过程中做了很多工作。

参考文献：

- [1] 饶忠.《列车牵引计算》(第二版).北方交通大学.高等学校教材.中国铁道出版社.1999年.北京。
- [2] 徐萃薇.《计算方法引论》.高等学校试用教材.高等教育出版社。
- [3] 日.阿部政俊.车辆用感应电机.电气車の科学.1988.(2)
- [4] 日.桥本 稔.新京成电铁 8800 形 VVVF の 1 年と今后.电气車の科学.1987.(3)
- [5] 日.东洋电机公司投标文件资料.2000.
- [6] 日.东芝公司投标文件资料.2000.
- [7] 日.三菱公司投标文件资料.1993.

条件下的运营时分图



附件 2：牵引计算软件主程序部分程序清单

```
Private stoptag As Boolean 'data error biaozhi
Private fb As Single
Private ot As Single
Private im As Single
Private inet As Single
Private unet As Single
Private Vaa As Single
Private Vbb As Single
Private taa As Single
Private tbb As Single
Private BrakeVaa As Single
Private BrakeTaa As Single
Private BrakeVbb As Single
Private BrakeTbb As Single
Private alpha As Single
Private beta As Single
Private wm As Single
Private wt As Single
Private carnumber As Single
Private destroyedaxis As Integer ' 损失动轴数
Private axessumb As Integer
Private paint1 As Boolean
Private j As Integer
Private st As Single '实际制动判断距离
Private hscontrol As Boolean '恒速控制
Private zhbz As Boolean '转换标志
Private im1 As Single
Private im2 As Single
Private inet1 As Single
Private t1 As Single
Private t2 As Single
Private Const OutputMessage = "被选择的电机无法达到如此大的制动减速度
Private Const OutputMessage1 = "被选择的电机太大，请选择小一些的电机"
Private netu() As Single
Private stoptime() As Integer
Private vmax() As Single
Private vbrake() As Single
Private t() As Single
Private tq() As Single
Private xgmim() As Single
Private xgmimnet() As Single
Private kwh() As Single
Private zdkwh() As Single

Private fq As Single
Private fz As Single
Private fp As Single
Private vcenter As Single
Private CarConfigFlag As Boolean '地铁数据有无标志
Private QjxxFlag As Boolean
Private MotorFlag As Boolean
Private BrakeFlag As Boolean
Private LineFlag As Boolean
```

附件 2 牵引计算软件主程序清单

```
Private SeeAcc As Boolean
Private DragCorrect As Boolean
Private BrakeCorrect As Boolean
Private half As Boolean 'bend way biaozhi
Private length1 As Single
Private length2 As Single
Private Sub copyengi neer_Click()
CommonDialog1.CancelError = True
    CommonDialog1.DialogTitle = "复制工程"
    CommonDialog1.Filter = "工程文件 (*.mdb)|*.mdb"
    CommonDialog1.ShowSave
    If SourceFile = "" Or CommonDialog1.FileName = "" Then
        MsgBox "您没有选择要复制工程或没有选择要生成的工程!"
    Else
        newFile = CommonDialog1.FileName
        FileCopy SourceFile, newFile
        MsgBox "you have succeed copying a file"
    End If
Exit Sub
ErrorHandler:
    ' 用户按了“取消”按钮
    tcbz = True: Exit Sub
End Sub
Private Sub Iend_Click()
form9.Show vbModal
End Sub

Private Sub MDIForm_Load()
Dim AimDirectory As String

If App.PreviousInstance = True Then
MsgBox "对不起，您已经在窗口运行该程序了!"
End
End If

SelectMotor = False
velocitycurve = True
timecurve = True
motorcurve = False
netcurve = True
netcurve = False
Hsbz = False
Convers = False
run1 = False
BeginStart = False
mnuedit.Enabled = False
SourceFile = ""
ReadRecentFiles
BasicVelocity = 80

    CancelInsert = False
    CancelSame = False
    CancelDelete = False

zlgsbz = 3 '阻力公式标志
OutputProportion = 1 'set the flag of the proportion as 1:1

MDIForm1.mnucalculate.Enabled = False
```

附件 2 牵引计算软件主程序清单

```
MDI Form1.mnuinput.Enabled = False
    AcceleratePds = 0
    AccelerateTcpd = 500
    VelocityUpLimit = 105
    Velocity = 100
    VelocityDownLimit = 60
Row = 14
AverageAcc = 35#
AverageBrakeAccelerate = 35#
Form4Start = Val(GetSetting("Demo", "RFile", "start", ""))
If Not Form4Start Then
    Form4.Show vbModal
Else
    Unload Form4
End If
End Sub

Private Sub mnuabout_Click()
frmAbout.Show vbModal
End Sub

Private Sub ClearFlag()
    CarConfigFlag = False
    QjxxFlag = False
    MotorFlag = False
    BrakeFlag = False
    LineFlag = False
    BrakeCorrect = False
    DragCorrect = False
    SeeAcc = False
    CancelRun = False
End Sub

Private Sub mnuanalog_Click()
Dim start
If SourceFile = "" Then MsgBox " 您必须选择数据库", , "提示": Exit Sub
run1 = True
stoptag = False
paint1 = True
ClearFlag
ChuShi Hua
If CarConfigFlag Or LineFlag Or QjxxFlag Or MotorFlag Or BrakeFlag Then
    If CarConfigFlag Then MsgBox "请检查本工程的车辆配置"
    If LineFlag Then MsgBox "请检查本工程的坡道信息"
    If QjxxFlag Then MsgBox "请检查本工程的区间信息"
    If MotorFlag Then MsgBox "请检查本工程的牵引特性"
    If BrakeFlag Then MsgBox "请检查本工程的制动特性"
Exit Sub
End If
If sstop(sum3) > PCH(sum2) Then MsgBox "请检查线路和车站信息。可能是某些车站未施工。", , "警告": Exit Sub

If stoptag = True Then Exit Sub
ztbz = 1
tcbz = False
S = sstop(0)
j = 1
st = stcpd(j)
```

附件 2 牵引计算软件主程序清单

```
ProgressBar1.Left = ToolBar1.Width - ProgressBar1.Width - 100
Text1.Left = ProgressBar1.Left - Text1.Width
Text1.Visible = True
ProgressBar1.Visible = True
Text1.Text = "正在运行....."
ProgressBar1.Max = sum3
Load Form3
Form3.Show
start = Timer
Do While Timer < start + 0.002
DoEvents
Loop
Form3.Picture1.ForeColor = RGB(0, 0, 0)
Form3.Picture1.DrawWidth = 1.5
Form3.Picture1.Line (OriginX + sstop(0) * GridWidth / 100, 550)-(OriginX + 400 + sstop(0) * GridWidth / 100, 550)
Form3.Picture1.Line (OriginX + sstop(0) * GridWidth / 100, 550)-(OriginX + sstop(0) * GridWidth / 100, 850)
Form3.Picture1.DrawWidth = 1

If Not Converts Then
    Form3.Picture1.CurrentX = sstop(0) * GridWidth / 100 + OriginX
    Form3.Picture1.CurrentY = 350
    If displayname Then
        Form3.Picture1.Print stopname(0)
    Else
        Form3.Picture1.Print " 1 站"
    End If
    Form3.Picture1.CurrentX = sstop(0) * GridWidth / 100 + OriginX + 200
    Form3.Picture1.CurrentY = 650
    Form3.Picture1.Print sstop(1) - sstop(0) & "米"
Else
    Form3.Picture1.CurrentX = sstop(0) * GridWidth / 100 + OriginX
    Form3.Picture1.CurrentY = 350
    If displayname Then
        Form3.Picture1.Print stopname(1)
    Else
        Form3.Picture1.Print sum3 & " 站"
    End If
    Form3.Picture1.CurrentX = sstop(0) * GridWidth / 100 + OriginX + 200
    Form3.Picture1.CurrentY = 650
    Form3.Picture1.Print sstop(1) - sstop(0) & "米"
End If
Do While 1
os = 0.01
Select Case ztbz
    Case 1:
        Call qyfbz ' 调用牵引赋值子程序
    Case 2:
        Call dxfbz ' 调用惰行赋值子程序
    Case 3:
        Call ysfz ' 调用抑速赋值子程序
    Case 4:
        Call zdfbz ' 调用制动赋值子程序
End Select
Call zxapp '调用走行子程序
Call vfunction '根据 V 值,确定 F,I(motor).....
Call determinztbz ' 确定状态标志(ztbz)
```

附件 2 牵引计算软件主程序清单

```
If tcbz = True Then
    MDIForm1.MousePointer = 0
    ProgressBar1.Visible = False
    Text1.Visible = False

    paintflags 'paint 图标
    BeginStart = True
    Exit Sub
End If
Loop
End Sub
Private Sub paintflags()
    Form3.Picture1.ForeColor = RGB(255, 0, 0)
    Form3.Picture1.CurrentX = Form3.Picture1.Width - OriginX
    Form3.Picture1.CurrentY = 1050
    StartX = Form3.Picture1.Width - OriginX
    StartY = 1050
    Form3.Picture1.DrawWidth = 1.5
    Form3.Picture1.Line (StartX, StartY)-(StartX + 500, StartY)
    Form3.Picture1.Print "速度限制线"
    Form3.Picture1.ForeColor = RGB(57, 18, 150)
    Form3.Picture1.CurrentX = Form3.Picture1.Width - OriginX
    Form3.Picture1.CurrentY = 1350
    StartX = Form3.Picture1.Width - OriginX
    StartY = 1350
    Form3.Picture1.DrawWidth = 1.5
    Form3.Picture1.Line (StartX, StartY)-(StartX + 500, StartY)
    Form3.Picture1.Print "电网电流"
    Form3.Picture1.ForeColor = RGB(0, 0, 255)
    Form3.Picture1.CurrentX = Form3.Picture1.Width - OriginX
    Form3.Picture1.CurrentY = 1650
    StartX = Form3.Picture1.Width - OriginX
    StartY = 1650
    Form3.Picture1.DrawWidth = 1.5
    Form3.Picture1.Line (StartX, StartY)-(StartX + 500, StartY)
    Form3.Picture1.Print "速度"
    Form3.Picture1.ForeColor = RGB(0, 0, 0)
    Form3.Picture1.CurrentX = Form3.Picture1.Width - OriginX
    Form3.Picture1.CurrentY = 1950
    StartX = Form3.Picture1.Width - OriginX
    StartY = 1950
    Form3.Picture1.DrawWidth = 1.5
    Form3.Picture1.Line (StartX, StartY)-(StartX + 500, StartY)
    Form3.Picture1.Print "电机电流"
    Form3.Picture1.ForeColor = RGB(45, 87, 130)
    Form3.Picture1.CurrentX = Form3.Picture1.Width - OriginX
    Form3.Picture1.CurrentY = 2250
    StartX = Form3.Picture1.Width - OriginX
    StartY = 2250
    Form3.Picture1.DrawWidth = 1.5
    Form3.Picture1.Line (StartX, StartY)-(StartX + 500, StartY)
    Form3.Picture1.Print "时间"
End Sub

Private Sub mnucopy_Click()
    On Error Resume Next
    Clipboard.SetText Form7.RText.SelRTF
End Sub
```


附件 2 牵引计算软件主程序清单

```
Private Sub mnucut_Click()
    On Error Resume Next
    Clipboard.SetText Form7.RText.SeIRTF
    Form7.RText.Select = vbNullString
End Sub
Private Sub mnudelete_Click()
    SourceFile = ""
    Data1.DatabaseName = ""
    Data1.RecordSource = ""
    Data1.Refresh
    StatusBar1.Panels(1).Text = ""
    mnucalculate.Enabled = False
    mninput.Enabled = False
    carconfig.Enabled = False
End Sub
Private Sub mnudelete1_Click()
    Form7.RText.Select = ""
End Sub
Private Sub mnuexit_Click()
End
End Sub
Private Sub MnuLastFile_Click(Index As Integer)
    Dim FIndex As Integer
    Dim Directory As String, Directory1 As String, Directory2 As String
    On Error Resume Next
    Select Case Index
    Case 0:
        SourceFile = MnuLastFile(0).Caption
    Case 1:
        SourceFile = MnuLastFile(1).Caption
    Case 2:
        SourceFile = MnuLastFile(2).Caption
    Case 3:
        SourceFile = MnuLastFile(3).Caption
    End Select
    Directory = Left(SourceFile, 3)
    Directory1 = Left(SourceFile, 4)
    Directory2 = Right(SourceFile, 1)
    If Directory2 = "\" Then
        SourceFile = Directory & Right(SourceFile, Len(SourceFile) - 4)
    End If

    run1 = False
    If SourceFile = "" Then Exit Sub
    StatusBar1.Panels(1).Text = SourceFile 'show the sourcefile in the statusbar
    If Err = cdICancel Then 'cancel button was hit
    Else
        sts = GetSetting("Demo", "RFile", "File0", "")
        If Trim(SourceFile) <> Trim(sts) Then
            FIndex = InRecentFiles(SourceFile)
            If FIndex > MaxRFiles Then
                WriteRecentFiles SourceFile
            Else
                UpdateRecentFiles FIndex
            End If
        End If
    End If
End If
MDIForm1.mnucalculate.Enabled = True
```

附件 2 牵引计算软件主程序清单

```

MDI Form1.mnuinput.Enabled = True
MDI Form1.carconfig.Enabled = True
End Sub
Private Sub mnunew_Click()
NewFile1.Show vbModal
End Sub
Private Sub mnuopen_Click()
Form5.Show vbModal
End Sub
Private Sub mnupassword_Click()
Form6.Show vbModal
End Sub
Private Sub mnuplit_Click()
On Error Resume Next
Form7.RTextSelRTF = Clipboard.GetText
End Sub
Private Sub MnuPrint_Click()
print1.Show vbModal
End Sub
Private Sub mnuput_Click()
Load Form2
Form2.Show
Form2.Left = 1000
Form2.Top = 200
Form2.Height = 6972
Form2.Width = 10096
End Sub
' 牵引赋值子程序
Private Sub qyfz()

For i = 1 To sum - 2
If v >= vc(i) And v < vc(i + 1) Then GoTo tt
Next
MsgBox "牵引时，速度不在给定范围"，，"错误处理": tcbz = True: Exit Sub
tt:
v1 = vc(i)
v2 = vc(i + 1)
v3 = vc(i + 2)
F1 = fc(i)
f2 = fc(i + 1)
f3 = fc(i + 2)
fq = F1 + (f2 - F1) * (v - v1) / (v2 - v1) + ((f3 - F1) / (v3 - v1) - (f2 - F1) / (v2 - v1)) * (v -
v1) * (v - v2) / (v3 - v2)
fz = fzfunction(v)
Call pddetermine
fp = m * p
F = fq - fz - fp
If F < 0 And v < 0 Then MsgBox "不能牵引": tcbz = True: Exit Sub
If F < 0 Or v < vtcpd(j) Then hscontrol = False
If hscontrol = True And F > 0 Then
F = 0
fhsq = fz + fp
alpha = fhsq / fq
If alpha < 0 Then alpha = 0
End If
End Sub
Private Function fzfunction(x) As Single
Select Case zlgbsz

```

附件 2 牵引计算软件主程序清单

```

Case 1
  a = 1
  If ztbz <> 1 Then a = 0.8

  If v < 5 And ztbz = 1 Then
    b = 15 * (5 - v) / 5
  Else
    b = 0
  End If
  fzfunction = a * ((b + 13 + 0.0425 * x) * m + 0.0022 * x ^ 2)
Case 2
  If v < 3 And ztbz = 1 Then
    b = 4 * (3 - v) / 3
  Else
    b = 0
  End If

  fzfunction = (b + 1.65 + 0.0247 * x) * wm + (b + 0.78 + 0.0028 * x) * wt + (0.0028 + 0.0078 *
(carnumber - 1)) * x ^ 2

Case 3
  If v < 3 And ztbz = 1 Then
    b = 4 * (3 - v) / 3
  Else
    b = 0
  End If
  fzfunction = (b + 3.739 + 0.013 * x + 0.001883 * x ^ 2) * m 'm is ton
Case 4
  If v < 3 And ztbz = 1 Then
    b = 4 * (3 - v) / 3
  Else
    b = 0
  End If

  fzfunction = (b + 2.41 + 0.028 * x + 0.00113 * x ^ 2) * m
Case Else
  tcbz = True
  MsgBox "没选阻力公式"
End Select
End Function
Private Sub pddetermine()
  For N = 1 To sum2
  If S >= PCH(N - 1) And S < PCH(N) Then
  If BoCurrency Then
  If S - Carlength < PCH(N - 1) Then
  x = 0
  Do While S - Carlength < PCH(N - x - 1)
  x = x + 1
  Loop
  p = PDS(N) * (S - PCH(N - 1)) / Carlength + PDS(N - x) * (PCH(N - x - 1) - (S - Carlength)) /
Carlength
  For k = 1 To x
  p = p + PDS(N - k) * (PCH(N - k) - PCH(N - k - 1)) / Carlength
  Next k
  GoTo xx
Else
  p = PDS(N)
  GoTo xx

```

附件 2 牵引计算软件主程序清单

```

End If
Else
  p = PDS(N)
  GoTo xx
End If
End If
Next N

MsgBox "坡道数据错误", , "错误处理": tcbz = True: Exit Sub
xx:
For N = 1 To sum5
  If BoCurrency Then
    If S > PwStart(N) And S < PwStart(N) + PwLength(N) Then
      x = 0
      Do While S - CarLength < PwStart(N - x - 1) + PwLength(N - x - 1)
        If S - CarLength < PwStart(N - x - 1) Then
          x = x + 1
          half = False
        Else
          half = True
          Exit Do
        End If
      Loop
      p = p + (S - PwStart(N)) / CarLength * 700 / PwRadius(N)
      For k = 1 To x
        p = p + PwLength(N - x) / CarLength * 700 / PwRadius(N - x)
      Next k
      If half = True And N <> 1 Then
        p = p + (PwLength(N - x - 1) + PwStart(N - x - 1) - (S - CarLength)) / CarLength * 700 /
PwRadius(N - x - 1)
      End If
      ElseIf S < PwStart(N) And S > PwStart(N - 1) + PwLength(N - 1) Then
        xxx = 0
        Do While S - CarLength < PwStart(N - xxx - 1) + PwLength(N - xxx - 1)
          If S - CarLength < PwStart(N - xxx - 1) Then
            xxx = xxx + 1
            half = False
          Else
            half = True
            Exit Do
          End If
        Loop
        For k = 1 To xxx
          p = p + PwLength(N - xxx) / CarLength * 700 / PwRadius(N - xxx)
        Next k
        If half = True And N <> 1 Then
          p = p + (PwLength(N - xxx - 1) + PwStart(N - xxx - 1) - (S - CarLength)) / CarLength * 700 /
PwRadius(N - xxx - 1)
        End If

      End If

    Else
      If S > PwStart(N) And S < PwStart(N) + PwLength(N) Then
        p = p + 700 / PwRadius(N)
        Exit For
      End If
    End If
  End If

```

附件 2 牵引计算软件主程序清单

```

Next N
End Sub
Private Sub dx fz()
    fz = fzfunction(v)
    Call pddetermine
    fp = m * p
    F = 0# - fz - fp
End Sub
Private Sub ysfz()
    fz = fzfunction(v)
    Call pddetermine
    fp = m * p
    If ysjb > 7 Then MsgBox "您在第 " & j & " 区间, 抑速超出七级, 对不起, 列车出现事故", , "拜拜": tcbz
= True: Exit Sub
    F = 0# - fb * ysjb / 7 - fz - fp
    If hscontrol = True Then
        fhsy = -(fz + fp)
        F = 0
        beta = fhsy / fb
        If beta < 0 Then beta = 0
    End If
End Sub
Private Sub zdfz()
    fz = fzfunction(v)
    Call pddetermine
    fp = m * p
    F = 0# - fb - fz - fp
End Sub
Private Sub zxapp()
    v4 = v / 3.6
    a = (F / mh) * 0.0098
    os = 0.01 + v / 30
Do While 2 * a * os + v4 ^ 2 < 0
    os = os / 2
Loop
    v5 = Sqr(2 * a * os + v4 ^ 2)
    ot = os / ((v4 + v5) / 2)
    v = v5 * 3.6
    vcenter = (v4 + v5) * 3.6 / 2
    If v5 - v4 < 0 And paint1 And j = 1 Then
        paint1 = False

        If velocitycurve Then
            Form3.Picture1.Line (OriginX + S * GridWidth / 100, OriginY - v4 * 3.6 * GridWidth / 10)-
(OriginX - 500 + (S + os) * GridWidth / 100, OriginY - 250 - v4 * 3.6 * GridWidth / 10)
            Form3.Picture1.CurrentX = OriginX - 500 + (S + os) * GridWidth / 100
            Form3.Picture1.CurrentY = OriginY - 500 - v4 * 3.6 * GridWidth / 10
            Form3.Picture1.Print "速度"
        End If
        If timecurve Then
            tinstead = t1
            tinstead2 = t2
            If t1 > 60 Then
                tinstead = t1 - Int(t1 / 60) * 60: tinstead2 = t2 - Int(t2 / 60) * 60
            End If
            Form3.Picture1.Line (OriginX + S * GridWidth / 100, OriginY - tinstead * GridWidth / 10)-
(OriginX - 500 + (S + os) * GridWidth / 100, OriginY - 250 - tinstead2 * GridWidth / 10)
            Form3.Picture1.CurrentX = OriginX - 500 + (S + os) * GridWidth / 100

```

附件 2 牵引计算软件主程序清单

```

Form3.Picture1.CurrentY = OriginY - 500 - tinstead2 * GridWidth / 10
Form3.Picture1.Print "时间"
End If
If motorcurve Then
Form3.Picture1.Line (OriginX - 200 + S * GridWidth / 100, OriginY - im1 * GridWidth / 1000)-
(OriginX + 300 + (S + os) * GridWidth / 100, OriginY - 250 - im2 * GridWidth / 1000)
Form3.Picture1.CurrentX = OriginX + 300 + (S + os) * GridWidth / 100
Form3.Picture1.CurrentY = OriginY - 450 - im2 * GridWidth / 1000
Form3.Picture1.Print "电机电流"
End If
If netcurve Then
Form3.Picture1.Line (OriginX + S * GridWidth / 100, OriginY - inet1 * AxesSum * GridWidth /
1000)-(OriginX + 500 + (S + os) * GridWidth / 100, OriginY - 250 - inet * AxesSum * GridWidth / 1000)
Form3.Picture1.CurrentX = OriginX + 300 + (S + os) * GridWidth / 100
Form3.Picture1.CurrentY = OriginY - 450 - inet * AxesSum * GridWidth / 1000
Form3.Picture1.Print "电网电流"
End If
End If
If velocitycurve Then
Form3.Picture1.ForeColor = RGB(0, 0, 255)
Form3.Picture1.Line (OriginX + S * GridWidth / 100, OriginY - v4 * 3.6 * GridWidth / 10)-
(OriginX + (S + os) * GridWidth / 100, OriginY - v5 * 3.6 * GridWidth / 10)
Form3.Picture1.ForeColor = RGB(0, 0, 0)
End If
If motorcurve Then
Form3.Picture1.ForeColor = RGB(0, 0, 0)
Form3.Picture1.Line (OriginX + S * GridWidth / 100, OriginY - im1 * GridWidth / 1000)-(OriginX +
(S + os) * GridWidth / 100, OriginY - im2 * GridWidth / 1000)
Form3.Picture1.ForeColor = RGB(0, 0, 0)
End If
If netcurve Then
Form3.Picture1.ForeColor = RGB(57, 18, 150)
Form3.Picture1.Line (OriginX + S * GridWidth / 100, OriginY - inet1 * AxesSum * GridWidth /
1000)-(OriginX + (S + os) * GridWidth / 100, OriginY - inet * AxesSum * GridWidth / 1000)
Form3.Picture1.ForeColor = RGB(0, 0, 0)
End If
Call timedetermine
If timecurve Then
Form3.Picture1.ForeColor = RGB(45, 87, 130)
Form3.Picture1.Line (OriginX + S * GridWidth / 100, OriginY - t1 * GridWidth / 10)-(OriginX + (S
+ os) * GridWidth / 100, OriginY - t2 * GridWidth / 10)
Form3.Picture1.ForeColor = RGB(0, 0, 0)
End If
If quicktime Then
DisplayFig
End If
End Sub
Private Sub timedetermine()
If t(j) = 0 Then
t1 = 0
t2 = 0
Else
wc = Int(t(j) / 60)
t2 = t(j) - 60 * wc
t1 = t1 - 60 * wc
End If
End Sub
Private Sub vfunction()

```

附件 2 牵引计算软件主程序清单

```

S = S + os '统计距离
t1 = t(j)
t(j) = t(j) + ot '统计走行时间
If ztbz = 1 Then tq(j) = tq(j) + ot '统计牵引时间
If ztbz = 1 And Abs(v - 0) < 1 Then Vaa = v: taa = t(j)
If ztbz = 1 And Abs(v - AverageAcc) < 1 Then
    Vbb = v: tbb = t(j)
End If
If ztbz = 4 And Abs(v - 0) < 1 Then
    BrakeVbb = v: BrakeTbb = t(j)
End If
If ztbz = 4 And Abs(v - AverageBrakeAccelerate) < 1 Then
    BrakeVaa = v: BrakeTaa = t(j)
End If
Call ifunction
xgmim(j) = xgmim(j) + im ^ 2 * ot '统计有效电流
Call vmaxdetermine '确定最大速度
Call netidetermine
Call netudetermine
If ztbz = 1 Then kwh(j) = kwh(j) + (inet * unet * ot / 3600000) * AxesSum '确定耗电量
If ztbz = 3 Or ztbz = 4 Then zdkwh(j) = zdkwh(j) + (inet * unet * ot / 3600000) * AxesSum '确定再生
电量
If ztbz = 3 Or ztbz = 4 Then
    xgmynet(j) = xgmynet(j) + (inet * AxesSum) ^ 2 * ot
End If
End Sub
Private Sub ifunction()
Dim F1, f2, f3, v1, v2, v3 As Single
im1 = im
Select Case ztbz
    Case 1:
For i = 1 To sum - 2
    If v >= vc(i) And v < vc(i + 1) Then GoTo tt
Next
MsgBox "牵引时,速度不在给定范围", , "错误处理": tcbz = True: Exit Sub
tt:
    v1 = vc(i)
    v2 = vc(i + 1)
    v3 = vc(i + 2)
    i1 = ic(i)
    i2 = ic(i + 1)
    i3 = ic(i + 2)
    im = i1 + (i2 - i1) * (vcenter - v1) / (v2 - v1) + ((i3 - i1) / (v3 - v1) - (i2 - i1) / (v2 - v1))
    * (vcenter - v1) * (vcenter - v2) / (v3 - v2)
    If hscontrol = True Then im = im * alpha
    im2 = im
    Case 2:
im = 0
im2 = im
    Case 3:
For D = 0 To sum1 - 2
    If ibc(D) - ibc(D + 1) > 0.3 Then GoTo frr
Next
MsgBox "抑速时,电流最大值检测错误", , "错误处理": tcbz = True: Exit Sub
frr:
    ibcmax = ibc(D)
    vi top = vbc(D)
    For i = 0 To sum1 - 2

```

附件 2 牵引计算软件主程序清单

```

If v >= vbc(i) And v < vbc(i + 1) Then GoTo rr
Next
MsgBox "抑速时，速度不在给定范围"，，"错误处理": tcbz = True: Exit Sub
rr:
  If vcenter < vi top Then
    v1 = vbc(i)
    v2 = vbc(i + 1)
    v3 = vbc(i + 2)
    i1 = i bc(i)
    i2 = i bc(i + 1)
    i3 = i bc(i + 2)
  Else
    v1 = vbc(D - 2)
    v2 = vbc(D - 1)
    v3 = vbc(D)
    i1 = i bc(D - 2)
    i2 = i bc(D - 1)
    i3 = i bc(D)
  End If
  im = (i1 + (i2 - i1) * (vcenter - v1) / (v2 - v1) + ((i3 - i1) / (v3 - v1) - (i2 - i1) /
(v2 - v1)) * (vcenter - v1) * (vcenter - v2) / (v3 - v2)) * ysjb / 7
  If hscontrol = True Then im = (i1 + (i2 - i1) * (vcenter - v1) / (v2 - v1) + ((i3 - i1) /
(v3 - v1) - (i2 - i1) / (v2 - v1)) * (vcenter - v1) * (vcenter - v2) / (v3 - v2)) * beta
  im2 = im
Case 4:
  For i = 0 To sum1 - 1
    If v >= vbc(i) And v < vbc(i + 1) Then GoTo ee
  Next
  MsgBox "制动时，速度不在给定范围"，，"错误处理": tcbz = True: Exit Sub
ee:
  v1 = vbc(i)
  v2 = vbc(i + 1)
  v3 = vbc(i + 2)
  i1 = i bc(i)
  i2 = i bc(i + 1)
  i3 = i bc(i + 2)
  im = i1 + (i2 - i1) * (vcenter - v1) / (v2 - v1) + ((i3 - i1) / (v3 - v1) - (i2 - i1) / (v2 -
v1)) * (vcenter - v1) * (vcenter - v2) / (v3 - v2)
  If v < 7 Then im = 0
  im2 = im
End Select
End Sub
Private Sub vmaxdetermine()
If v > vmax(j) Then vmax(j) = v
End Sub
Private Sub netidetermine()
inet1 = inet
If ztbz = 1 Then
  For i = 1 To sum - 2
    If v >= vc(i) And v < vc(i + 1) Then GoTo tt
  Next
  MsgBox "牵引时，速度不在给定范围"，，"错误处理": tcbz = True: Exit Sub
tt:
  v1 = vc(i)
  v2 = vc(i + 1)
  v3 = vc(i + 2)
  i1 = neti(i)
  i2 = neti(i + 1)

```


附件 2 牵引计算软件主程序清单

```
i3 = neti(i + 2)
inet = i1 + (i2 - i1) * (vcenter - v1) / (v2 - v1) + ((i3 - i1) / (v3 - v1) - (i2 - i1) / (v2 -
v1)) * (vcenter - v1) * (vcenter - v2) / (v3 - v2)
If hscontrol = True And zhbz = True Then inet = inet * alpha
Else
inet = 0
End If
If ztbz = 4 And zsbz = True Then
For i = 1 To sum1 - 1
    If v >= vbc(i) And v < vbc(i + 1) Then GoTo gg
    Next
MsgBox "制动时,速度不在给定范围", , "错误处理": tcbz = True: Exit Sub
gg:
v1 = vbc(i)
v2 = vbc(i + 1)
v3 = vbc(i + 2)
i1 = bneti(i)
i2 = bneti(i + 1)
i3 = bneti(i + 2)
inet = i1 + (i2 - i1) * (vcenter - v1) / (v2 - v1) + ((i3 - i1) / (v3 - v1) - (i2 - i1) / (v2 -
v1)) * (vcenter - v1) * (vcenter - v2) / (v3 - v2)
If v < 10 Then inet = 0
End If
If ztbz = 3 And zsbz = True Then
For i = 0 To sum1 - 1
    If v >= vbc(i) And v < vbc(i + 1) Then GoTo jj
    Next
MsgBox "制动时,速度不在给定范围", , "错误处理": tcbz = True: Exit Sub
jj:
v1 = vbc(i)
v2 = vbc(i + 1)
v3 = vbc(i + 2)
i1 = bneti(i)
i2 = bneti(i + 1)
i3 = bneti(i + 2)
inetp = i1 + (i2 - i1) * (vcenter - v1) / (v2 - v1) + ((i3 - i1) / (v3 - v1) - (i2 - i1) / (v2 -
v1)) * (vcenter - v1) * (vcenter - v2) / (v3 - v2)
v1 = vbc(1)
v2 = vbc(2)
v3 = vbc(3)
i1 = bneti(1)
i2 = bneti(2)
i3 = bneti(3)
inets = i1 + (i2 - i1) * (vcenter - v1) / (v2 - v1) + ((i3 - i1) / (v3 - v1) - (i2 - i1) / (v2 -
v1)) * (vcenter - v1) * (vcenter - v2) / (v3 - v2)

If hscontrol = True Then
    If inets * beta < inetp Then
        inet = inets * beta
    Else
        inet = inetp
    End If
Else
    If inets * ysjb / 7 < inetp Then
        inet = inets * ysjb / 7
    Else
        inet = inetp
    End If
```

附件 2 牵引计算软件主程序清单

```

    End If
End If

End Sub
Private Sub netudetermine()
If ztbz = 1 Then unet = netu(1)
If ztbz = 3 Or ztbz = 4 Then unet = bnetu(1)
End Sub
'状态标志子程序
Private Sub determinztbz()
    Select Case ztbz
        Case 1:
            Call QyDetermine
        Case 2:
            Call DxDetermine
        Case 3:
            Call Ysdetermine
        Case 4:
            Call zddetermine
    End Select
End Sub
'牵引判断子程序
Private Sub QyDetermine()
    If v > vtcpd(j) Then ztbz = 2

    If v > vtcpd(j) And Hsbz = True Then
        hscontrol = True
        Call zhbzdetermine
        If zhbz = True Then ztbz = 1
        If zhbz = False Then ztbz = 3
    End If
    If sstop(j) - S < stcpd(j) Then ztbz = 2
    If quicktime = True Then
        If manualcontrolmetro = 2 Or manualcontrolmetro = 3 Or manualcontrolmetro = 4 Then
            ztbz = 2
        End If
        If manualcontrolmetro = 1 Then ztbz = 1
    End If
End Sub
'惰行判断子程序、
Private Sub DxDetermine()
    If v < vtcpddown(j) Then ztbz = 1
    If sstop(j) - S < stcpd(j) Then ztbz = 2
    If v > vtcpdup(j) Then ztbz = 3: ysjb = 1
    If sstop(j) - S < st Then Call ZdPd 'zdpd ist 判断是否制动
    If v < 1 Then MsgBox j & " 区间中途停车, 停车判距过长", , "错误处理": tcbz = True: Exit Sub
    If quicktime = True Then
        If manualcontrolmetro = 1 Then ztbz = 1
        If manualcontrolmetro = 2 Then ztbz = 2
        If manualcontrolmetro = 3 Then ztbz = 2
        If manualcontrolmetro = 4 Then ztbz = 4
    End If
End Sub
'抑速判断子程序
Private Sub Ysdetermine()
    If v < vtcpd(j) Then ztbz = 2
    a = (0 - fb * ysjb / 7 - fzfunction(v) - p * m) * 0.0098 / mh
    If a > 0.05 Then ysjb = ysjb + 1

```

附件 2 牵引计算软件主程序清单

```

If a < -0.15 Then ysjb = ysjb - 1
If ysjb < 0 Then ysjb = 0
If ysjb < 1 And v < vtcpd(j) Then ztbz = 2
Call zhbzdetermine
If hscontrol = True And zhbz = True Then ztbz = 1
If sstop(j) - S < st Then Call ZdPd
If v < 10 Then MsgBox j & " 区间中途停车, 停车判距过长", , "错误处理": tcbz = True: Exit Sub
If quicktime = True Then
    If manualcontrolmetro = 1 Then ztbz = 2
    If manualcontrolmetro = 2 Then ztbz = 2
    If manualcontrolmetro = 3 Then ztbz = 3
    If manualcontrolmetro = 4 Then ztbz = 4
End If
End Sub
'brake determine
Private Sub ZdPd()
ss = S
vs = v / 3.6
oss = 0.01 + vs / 30
tt:
    vs1 = vs
For N = 1 To sum2
    If ss >= PCH(N - 1) And ss < PCH(N) Then
        If BoCurrency Then
            If ss - Carlength < PCH(N - 1) Then
                x = 0
                Do While ss - Carlength < PCH(N - x - 1)
                    x = x + 1
                Loop
                p1 = PDS(N) * (ss - PCH(N - 1)) / Carlength + PDS(N - x) * (PCH(N - x - 1) - (ss - Carlength))
            / Carlength
                For k = 1 To x
                    p1 = p1 + PDS(N - k) * (PCH(N - k) - PCH(N - k - 1)) / Carlength
                Next k
                GoTo xx
            Else
                p1 = PDS(N)
                GoTo xx
            End If
        Else
            p1 = PDS(N)
            GoTo xx 'p1 为坡道的坡度
        End If
    End If
Next N
MsgBox "第" & j & "区间 制动判断时坡道数据错误", , "错误处理"
tcbz = True
Exit Sub
End
xx:
For N = 1 To sum5
    If BoCurrency Then

        If ss > PwStart(N) And ss < PwStart(N) + PwLength(N) Then
            x = 0
            Do While ss - Carlength < PwStart(N - x - 1) + PwLength(N - x - 1)
                If ss - Carlength < PwStart(N - x - 1) Then
                    x = x + 1
                End If
            Loop
        End If
    End If
Next N

```

附件 2 牵引计算软件主程序清单

```

        half = False
    Else
        half = True
    Exit Do
End If
Loop
p1 = p1 + (ss - PwStart(N)) / CarLength * 700 / PwRadius(N)
For k = 1 To x
    p1 = p1 + PwLength(N - x) / CarLength * 700 / PwRadius(N - x)
Next k
If half = True Then
    p1 = p1 + (PwLength(N - x - 1) + PwStart(N - x - 1) - (ss - CarLength)) / CarLength * 700 /
PwRadius(N - x - 1)
End If
Elseif ss < PwStart(N) And ss > PwStart(N - 1) + PwLength(N - 1) Then
    xxx = 0
    Do While ss - CarLength < PwStart(N - xxx - 1) + PwLength(N - xxx - 1)
        If ss - CarLength < PwStart(N - xxx - 1) Then
            xxx = xxx + 1
            half = False
        Else
            half = True
            Exit Do
        End If
    Loop
    For k = 1 To xxx
        p1 = p1 + PwLength(N - xxx) / CarLength * 700 / PwRadius(N - xxx)
    Next k
    If half = True Then
        p1 = p1 + (PwLength(N - xxx - 1) + PwStart(N - xxx - 1) - (ss - CarLength)) / CarLength * 700 /
PwRadius(N - xxx - 1)
    End If
End If
Else
    If ss > PwStart(N) And ss < PwStart(N) + PwLength(N) Then
        p1 = p1 + 700 / PwRadius(N)
    End If
End If
Next N
part = vs1 * 3.6
a = (0# - (fb + fzfunction(part) + p1 * m) / mh) * 0.0098
kk :
If 2 * a * oss + vs1 ^ 2 < 0 Then
    oss = oss / 2
    GoTo kk
Else
    End If
vs2 = Sqr(2 * a * oss + vs1 ^ 2)
vs = vs2
ss = ss + oss
If sstop(j) - ss < -10 Then MsgBox j & " 区间判断距离不够": tcbz = True: Exit Sub
If vs > 0.1 Then GoTo tt
If sstop(j) - ss > 1 Then
    st = st - (sstop(j) - ss) * 0.5
Else
    ztbz = 4
    vbrake(j) = v
End If

```

附件 2 牵引计算软件主程序清单

```
If quicktime = True Then
  If manualcontrolmetro = 1 Then ztbz = 2
  If manualcontrolmetro = 2 Then ztbz = 2
  If manualcontrolmetro = 3 Then ztbz = 2
  If manualcontrolmetro = 4 Then ztbz = 4
End If
End Sub
'制动判断子程序
Private Sub zddetermine()
  If v < 0.1 And SeeAcc = False Then
  If Convers = False Then
    Call stationoutput '输出子程序
  If j = sum3 - 1 Then
    Form3.Picture1.CurrentX = sstop(j) * GridWidth / 100 + 1000
    Form3.Picture1.CurrentY = 350
    If displayname Then
      Form3.Picture1.Print stopname(sum3 - 1)
    Else
      Form3.Picture1.Print " " & sum3 & "站"
    End If
    Form3.Picture1.DrawWidth = 1.5
    Form3.Picture1.Line (1600 + sstop(j) * GridWidth / 100, 550)-(2000 + sstop(j) * GridWidth / 100,
550)
    Form3.Picture1.Line (2000 + sstop(j) * GridWidth / 100, 550)-(2000 + sstop(j) * GridWidth / 100,
850)
    Form3.Picture1.DrawWidth = 1
  Else
    Form3.Picture1.CurrentX = sstop(j) * GridWidth / 100 + 1800
    Form3.Picture1.CurrentY = 350

    If displayname Then
      Form3.Picture1.Print stopname(j)
    Else
      Form3.Picture1.Print j + 1 & "站"
    End If

    Form3.Picture1.CurrentX = sstop(j) * GridWidth / 100 + 2200
    Form3.Picture1.CurrentY = 650
    Form3.Picture1.Print sstop(j + 1) - sstop(j) & "米"
    Form3.Picture1.DrawWidth = 1.5
    Form3.Picture1.Line (1600 + sstop(j) * GridWidth / 100, 550)-(2400 + sstop(j) * GridWidth / 100,
550)
    Form3.Picture1.Line (2000 + sstop(j) * GridWidth / 100, 550)-(2000 + sstop(j) * GridWidth / 100,
850)
    Form3.Picture1.DrawWidth = 1
  End If
Else
  If j = sum3 - 1 Then
    Form3.Picture1.CurrentX = sstop(j) * GridWidth / 100 + 1500
    Form3.Picture1.CurrentY = 350
    If displayname Then
      Form3.Picture1.Print stopname(sum3)
    Else
      Form3.Picture1.Print " 1" & "站"
    End If
    Form3.Picture1.DrawWidth = 1.5
    Form3.Picture1.Line (1600 + sstop(j) * GridWidth / 100, 550)-(2000 + sstop(j) * GridWidth / 100,
550)
```

附件 2 牵引计算软件主程序清单

```

Form3.Picture1.Line (2000 + sstop(j) * GridWidth / 100, 550)-(2000 + sstop(j) * GridWidth / 100,
850)
Form3.Picture1.DrawWidth = 1
Else
Form3.Picture1.CurrentX = sstop(j) * GridWidth / 100 + 1800
Form3.Picture1.CurrentY = 350
If displayname Then
Form3.Picture1.Print stopname(j + 1)
Else
Form3.Picture1.Print sum3 - j & " 站"
End If
Form3.Picture1.CurrentX = sstop(j) * GridWidth / 100 + 2200
Form3.Picture1.CurrentY = 650
Form3.Picture1.Print sstop(j + 1) - sstop(j) & "米"
Form3.Picture1.DrawWidth = 1.5
Form3.Picture1.Line (1600 + sstop(j) * GridWidth / 100, 550)-(2400 + sstop(j) * GridWidth / 100,
550)
Form3.Picture1.Line (2000 + sstop(j) * GridWidth / 100, 550)-(2000 + sstop(j) * GridWidth / 100,
850)
Form3.Picture1.DrawWidth = 1
End If
Call converstationoutput
End If

'output the 站间距离
Form3.Picture1.CurrentX = sstop(j) * GridWidth / 100 + 1200
Form3.Picture1.CurrentY = 650
Form3.Picture1.Print sstop(j) - sstop(j - 1) & "米"
'output time
Form3.Picture1.DrawWidth = 1.2
Form3.Picture1.Line (S * GridWidth / 100 + OriginX, OriginY - t2 * GridWidth / 10)-(S *
GridWidth / 100 + OriginX - 500, OriginY - t2 * GridWidth / 10)
Form3.Picture1.DrawWidth = 1
Form3.Picture1.CurrentX = S * GridWidth / 100 + OriginX - 500
Form3.Picture1.CurrentY = OriginY - 190 - t2 * GridWidth / 10
t(j) = Format(t(j), "###.##")
Form3.Picture1.Print t(j) & "秒"
If quicktime Then DisplayFig
ProgressBar1.value = j
j = j + 1
If j = sum3 Then
tcbz = True
Call outputapp
Exit Sub
End If
st = stcpd(j)
ztbz = 1
hscontrol = False
Else
End If
End Sub
Private Sub DisplayFig()
Select Case OutputProportion
Case 1:
Form3.Picture1.left = -S * 5 + 8000
Case 2:
Form3.Picture1.left = -S * 5 / 2 + 8000
Case 3:

```

附件 2 牵引计算软件主程序清单

```
Form3.Picture1.Left = -S * 5 / 3 + 8000
Case 4:
Form3.Picture1.Left = -S * 5 / 4 + 8000
End Select
start = Timer
Do While Timer < start + 0.002
DoEvents
Loop
End Sub
Private Sub zhbzdetermine()
If fz + fp > 0 Then zhbz = True
If fz + fp < 0 Then zhbz = False
End Sub
' 区间输出子程序
Private Sub stationoutput()
Data1.RecordSource = "计算结果"
Data1.Refresh
Data1.ReadOnly = False
Data1.Recordset.MoveFirst
Data1.Recordset.Move j - 1
Data1.Recordset.Edit
If displayname Then
Data1.Recordset("区间") = stopname(j - 1) & "-" & stopname(j)
Else
Data1.Recordset("区间") = j & "-" & j + 1
End If
Data1.Recordset("最大速度") = vmax(j)
Data1.Recordset("制动初速") = vbrake(j)
Data1.Recordset("区间距离") = sstop(j) - sstop(j - 1)
Data1.Recordset("走行时间") = t(j)
Data1.Recordset("牵引时间") = tq(j)
If t(j) + stoptime(j) = 0 Then
tcbz = True
MsgBox "检查停车时间及其他数据"
Else
Data1.Recordset("电机电流") = Sqr(xgmim(j) / (t(j) + stoptime(j) / 3))
End If
Data1.Recordset("耗电量") = kwh(j) - zdkwh(j)
If kwh(j) = 0 Then
tcbz = True
MsgBox "检查电网电流、电网电压和电机电流"
Else
Data1.Recordset("再生率") = zdkwh(j) / kwh(j)
End If
Data1.Recordset.Update
'MsgBox Sqr(xgminet(j) / (t(j) + stoptime(j)))
End Sub
Private Sub converstationoutput()
Data1.RecordSource = "反向计算结果"
Data1.Refresh
Data1.ReadOnly = False
Data1.Recordset.MoveFirst
Data1.Recordset.Move j - 1
Data1.Recordset.Edit
If displayname Then
Data1.Recordset("区间") = stopname(j) & "-" & stopname(j + 1)
Else
Data1.Recordset("区间") = (sum3 - j + 1) & "-" & (sum3 - j)
```

附件 2 牵引计算软件主程序清单

```
End If

Data1.Recordset("最大速度") = vmax(j)
Data1.Recordset("制动初速") = vbrake(j)
Data1.Recordset("区间距离") = sstop(j) - sstop(j - 1)
Data1.Recordset("走行时间") = t(j)
Data1.Recordset("牵引时间") = tq(j)
If t(j) + stoptime(j) = 0 Then
    MsgBox "检查停车时间及其他数据"
    tcbz = True
Else
    Data1.Recordset("电机电流") = Sqr(xgmi m(j) / (t(j) + stoptime(j) / 3))
End If
Data1.Recordset("耗电量") = kwh(j) - zdkwh(j)
If kwh(j) = 0 Then
    MsgBox "检查电网电流、电网电压和电机电流"
    tcbz = True
Else
    Data1.Recordset("再生率") = zdkwh(j) / kwh(j)
End If
Data1.Recordset.Update
'MsgBox Sqr(xgmi net(j) / (t(j) + stoptime(j)))
End Sub

Private Sub outputapp()
    Dim xgmkwh, xgmzdkwh As Single
    If Convers = False Then
        Data1.RecordSource = "计算结果"
        Data1.Refresh
    Else
        Data1.RecordSource = "反向计算结果"
        Data1.Refresh
    End If
    For N = 1 To sum3 - 1
        xgmkwh = xgmkwh + kwh(N)
        xgmcurrent = xgmcurrent + xgmi m(N)
        xgmnetcurrent = xgmnetcurrent + xgmnet(N)
        xgmt = xgmt + t(N) + stoptime(N) / 3
        travel time = travel time + t(N) '不加停车时间
        xgmzdkwh = xgmzdkwh + zdkwh(N)
        xgmtdrag = xgmtdrag + tq(N)
        xgmstoptime = xgmstoptime + stoptime(N)
    Next N
    Data1.Recordset.MoveLast
    Data1.Recordset.MovePrevious
    Data1.Recordset.Edit
    Data1.Recordset("区间") = "总计"
    Data1.Recordset("耗电量") = xgmkwh - xgmzdkwh

    If xgmt = 0 Then
        MsgBox "检查电机电流"
        tcbz = True
    Else
        Data1.Recordset("电机电流") = Sqr(xgmcurrent / xgmt)
    End If
    Data1.Recordset("走行时间") = travel time
    Data1.Recordset("牵引时间") = xgmtdrag
    Data1.Recordset("区间距离") = S - sstop(0)
    Data1.Recordset.Update
```


附件 2 牵引计算软件主程序清单

```
Data1.Recordset.MoveNext
Data1.Recordset.Edit
Data1.Recordset("区间") = "平均速度"
If traveltime = 0 Then
    MsgBox "检查停车时间"
    tcbz = True
Else
    Data1.Recordset("最大速度") = 3.6 * ((S - sstop(0)) / traveltime)
End If
Data1.Recordset("走行时间") = xgmstoptime
Data1.Recordset("耗电量") = xgmzdkwh
Data1.Recordset.Update
'MsgBox Sqr(xgmnetcurrent / (traveltime + xgmstoptime))
End Sub
Private Sub ChuShiHua()
    On Error Resume Next
    Dim mcsun As Single
    Dim msun As Single
    Dim tsum As Single
    Dim tcsum As Single
    Dim mcweight As Single
    Dim mweight As Single
    Dim tweight As Single
    Dim tcweight As Single
    Dim mcloader As Integer
    Dim mloader As Integer
    Dim tloader As Integer
    Dim tcloader As Integer
    Dim mcaxes As Integer
    Dim maxes As Integer
    Data1.DatabaseName = SourceFile
    Data1.Connect = fuck
    Data1.RecordSource = "line"
    Data1.Refresh
    If Data1.Recordset.EOF Or Data1.Recordset.BOF Then MsgBox "请检查您的数据": stoptag = True: LineFlag = True: Exit Sub
    Data1.Recordset.MoveLast
    Data1.Recordset.MoveFirst
    sum2 = Data1.Recordset.RecordCount
    If sum2 = 0 Then LineFlag = True: Exit Sub
    ReDim PCH(sum2)
    ReDim PDS(sum2)
    PCH(0) = 0#
    PDS(0) = 0#
    If Convers = True Then '反向时的动作
        Data1.Recordset.MoveLast
        For N = 1 To sum2

            PCH(N) = Data1.Recordset(LineLength)
            PCH(N) = PCH(N) + PCH(N - 1)
            PDS(N) = -Data1.Recordset(Linegrade)

        If Not Data1.Recordset.BOF Then Data1.Recordset.MovePrevious
    Next N
Else
    For N = 1 To sum2
        PCH(N) = Data1.Recordset(LineLength)
        PCH(N) = PCH(N) + PCH(N - 1)
```

附件 2 牵引计算软件主程序清单

```
PDS(N) = Data1.Recordset(Linegrade)
If Not Data1.Recordset.EOF Then Data1.Recordset.MoveNext
Next N
End If
Data1.RecordSource = "bendtable"
Data1.Refresh
If Data1.Recordset.EOF And Data1.Recordset.BOF Then
Else
Data1.Recordset.MoveLast
Data1.Recordset.MoveFirst
sum5 = Data1.Recordset.RecordCount
ReDim PwLength(sum5)
ReDim PwRadius(sum5)
ReDim PwStart(sum5)
ReDim PwDirection(sum5)
PwLength(0) = 0
PwRadius(0) = 0
PwStart(0) = 0
PwDirection(0) = 0
If Convers = True Then '反向时的动作
Data1.Recordset.MoveLast
For N = 1 To sum5
PwLength(N) = Data1.Recordset("弯道长度")
PwRadius(N) = Data1.Recordset("弯道半径")
PwStart(N) = Data1.Recordset("弯道前端")
PwDirection(N) = Not (Data1.Recordset("弯道方向"))
If Not Data1.Recordset.BOF Then Data1.Recordset.MovePrevious
Next N
Else
For N = 1 To sum5
PwLength(N) = Data1.Recordset("弯道长度")
PwRadius(N) = Data1.Recordset("弯道半径")
PwStart(N) = Data1.Recordset("弯道前端")
PwDirection(N) = Data1.Recordset("弯道方向")
If Not Data1.Recordset.EOF Then Data1.Recordset.MoveNext
Next N
End If
End If
If Convers = True Then
Data1.RecordSource = "qjxx1"
Else
Data1.RecordSource = "qjxx"
End If
Data1.Refresh
If Data1.Recordset.EOF And Data1.Recordset.BOF Then MsgBox "请检查您的数据": QjxxFlag = True: stoptag
= True: Exit Sub
Data1.Recordset.MoveLast
Data1.Recordset.MoveFirst
sum3 = Data1.Recordset.RecordCount
If sum3 = 0 Then QjxxFlag = True: Exit Sub
ReDim stcpd(sum3)
ReDim sstop(sum3)
ReDim vtcpd(sum3)
ReDim vtcpdup(sum3)
ReDim vtcpddown(sum3)
ReDim vmax(sum3)
ReDim vbrake(sum3)
ReDim t(sum3)
```

附件 2 牵引计算软件主程序清单

```
ReDim tq(sum3)
ReDim xgmim(sum3)
ReDim xgmynet(sum3)
ReDim kwh(sum3)
ReDim zdkwh(sum3)
ReDim stoptime(sum3)
ReDim stopname(sum3)
Data1.Recordset.MoveFirst
If Convers = True Then
    Data1.Recordset.MoveLast
    For N = 1 To sum3
        sstop(N) = Data1.Recordset(qj xxlength) + sstop(N - 1)
        stcpd(N) = Data1.Recordset(qj xxdeterminestop)
        vtcpdup(N) = Data1.Recordset(qj xxmaxv)
        vtcpd(N) = Data1.Recordset(qj xxvelocity)
        vtcpddown(N) = Data1.Recordset(qj xxminv)
        stoptime(N) = Data1.Recordset("停车时间")
        stopname(N) = Data1.Recordset("站名")
        If Not Data1.Recordset.BOF Then Data1.Recordset.MovePrevious
    Next N
    sstop(0) = PCH(sum2) - sstop(sum3)
    ' stopname(0) = Data1.Recordset("站名")
    For N = 1 To sum3
        sstop(N) = sstop(N) + sstop(0)
    Next N
Else
    sstop(0) = Data1.Recordset(qj xxlength)
    If IsNull(Data1.Recordset("站名")) Then
        stopname(0) = 0
    Else
        stopname(0) = Data1.Recordset("站名")
    End If
    Data1.Recordset.MoveNext
    For N = 1 To sum3 - 1
        sstop(N) = Data1.Recordset(qj xxlength) + sstop(N - 1)
        stcpd(N) = Data1.Recordset(qj xxdeterminestop)
        vtcpdup(N) = Data1.Recordset(qj xxmaxv)
        vtcpd(N) = Data1.Recordset(qj xxvelocity)
        vtcpddown(N) = Data1.Recordset(qj xxminv)
        stoptime(N) = Data1.Recordset("停车时间")
        If IsNull(Data1.Recordset("站名")) Then
            stopname(N) = 0
        Else
            stopname(N) = Data1.Recordset("站名")
        End If
    Next N
End If
'输入配置
Data1.RecordSource = "车组配置"
Data1.Refresh
If Data1.Recordset.EOF And Data1.Recordset.BOF Then MsgBox "请检查您的数据": stoptag = True:
CarConfigFlag = True: Exit Sub
For N = 0 To 4
    Select Case N
        Case 0:
            mcsum = Data1.Recordset("Mc 车")
            msum = Data1.Recordset("M 车")
```

附件 2 牵引计算软件主程序清单

```

tsum = Data1.Recordset("T 车")
tcsum = Data1.Recordset("Tc 车")
Case 1:
mcweight = Data1.Recordset("Mc 车")
mweight = Data1.Recordset("M 车")
tweight = Data1.Recordset("T 车")
tcweight = Data1.Recordset("Tc 车")
Case 2:
mcaxes = Data1.Recordset("Mc 车")
maxes = Data1.Recordset("M 车")
Case 3:
mcloader = Data1.Recordset("Mc 车")
mloader = Data1.Recordset("M 车")
tloader = Data1.Recordset("T 车")
tcloader = Data1.Recordset("Tc 车")
Case 4:
destroyedaxis = Data1.Recordset("M 车")
End Select
If Not Data1.Recordset.EOF Then Data1.Recordset.MoveNext
Next N
wm = mcsum * mcweight + msum * mweight + (mcloader * mcsum + mloader * msum) * 0.06
wt = tcsum * tcweight + tsum * tweight + (tloader * tsum + tcloader * tcsum) * 0.06
carnumber = mcsum + msum + tsum + tcsum
m = mcsum * mcweight + msum * mweight + tcsum * tcweight + tsum * tweight + (mcloader * mcsum _
    + mloader * msum + tloader * tsum + tcloader * tcsum) * 0.06

mh = (mcsum * mcweight + msum * mweight) * 1.1 + (tcsum * tcweight + tsum * tweight) * 1.05 +
(mcloader * mcsum _
    + mloader * msum + tloader * tsum + tcloader * tcsum) * 0.06
AxesSum = mcaxes * mcsum + maxes * msum - destroyedaxis
axessumb = mcaxes * mcsum + maxes * msum
If mh = 0 Or AxesSum = 0 Then CarConfigFlag = True: Exit Sub
Data1.RecordSource = "motor"
Data1.Refresh
If Data1.Recordset.EOF And Data1.Recordset.BOF Then MsgBox "请检查您的数据": MotorFlag = True: Exit
Sub
Data1.Recordset.MoveLast
Data1.Recordset.MoveFirst
sum = Data1.Recordset.RecordCount
If sum = 0 Then MotorFlag = True: Exit Sub
ReDim vc(sum)
ReDim fc(sum)
ReDim ic(sum)
ReDim neti(sum)
ReDim netu(sum)
vc(0) = 0
fc(0) = Data1.Recordset(MotorF) * AxesSum
ic(0) = 0
For N = 1 To sum
vc(N) = Data1.Recordset(MotorV)
fc(N) = Data1.Recordset(MotorF) * AxesSum
ic(N) = Data1.Recordset(MotorCurrent)
neti(N) = Data1.Recordset(MotorNetc)
netu(N) = Data1.Recordset(MotornetVoltage)
' MsgBox "vc( " & n & " ) " & vc(n) & " " & fc(n) & " " & ic(n)
If Not Data1.Recordset.EOF Then Data1.Recordset.MoveNext
Next N
Data1.RecordSource = "brake"

```

附件 2 牵引计算软件主程序清单

```
Data1.Refresh
If Data1.Recordset.EOF And Data1.Recordset.BOF Then MsgBox "请检查您的数据": stoptag = True:
BrakeFlag = True: Exit Sub
Data1.Recordset.MoveLast
Data1.Recordset.MoveFirst
sum1 = Data1.Recordset.RecordCount
If sum1 = 0 Then BrakeFlag = True: Exit Sub
ReDim vbc(sum1)
ReDim fbc(sum1)
ReDim ibc(sum1)
ReDim bneti(sum1)
ReDim bnetu(sum1)
vbc(0) = 0
ibc(0) = 0
For N = 1 To sum1
    vbc(N) = Data1.Recordset(brakev)
    fbc(N) = Data1.Recordset(brakef) * axessumb
    ibc(N) = Data1.Recordset("电机电流")
    bneti(N) = Data1.Recordset("电网电流")
    bnetu(N) = Data1.Recordset("电网电压")
    If Not Data1.Recordset.EOF Then Data1.Recordset.MoveNext
    ' MsgBox vbc(n)
Next N
fb = fbc(1)
'输出数据初始化
If Convers = False Then
Data1.RecordSource = "计算结果"
Data1.Refresh
If Data1.Recordset.EOF Or Data1.Recordset.BOF Then GoTo tt
Data1.ReadOnly = False
Data1.Recordset.MoveFirst
    Data1.Recordset.MoveLast
    Data1.Recordset.MoveFirst
    Data1.Recordset.MoveLast
    Data1.Recordset.MoveFirst
Let sum4 = Data1.Recordset.RecordCount
For N = 1 To sum4
    Data1.Recordset.Delete
    Data1.Recordset.MoveNext
Next N
tt:
For N = 0 To sum3
    Data1.Recordset.AddNew
    Data1.Recordset.Update
Next N
Else
Data1.RecordSource = "反向计算结果"
Data1.Refresh
If Data1.Recordset.EOF Or Data1.Recordset.BOF Then GoTo tt
Data1.ReadOnly = False
Data1.Recordset.MoveFirst
    Data1.Recordset.MoveLast
    Data1.Recordset.MoveFirst
    Data1.Recordset.MoveLast
    Data1.Recordset.MoveFirst
Let sum4 = Data1.Recordset.RecordCount
For N = 1 To sum4
    Data1.Recordset.Delete
```

附件 2 牵引计算软件主程序清单

```
Data1.Recordset.MoveNext
Next N
For N = 0 To sum3
    Data1.Recordset.AddNew
    Data1.Recordset.Update
Next N
End If
'if runing convers,process the podao,
If Convers = True Then
    For N = 1 To sum5
        PwStart(N) = PCH(sum2) - PwStart(N) - PwLength(N)
    Next N
End If
v = 0
End Sub
Private Sub mnusave_Click()
CommonDialog1.CancelError = True
On Error GoTo ErrHandler
tt:
CommonDialog1.Filter = "位图 (*.bmp) | *.bmp"
CommonDialog1.ShowSave
savename = CommonDialog1.FileName
If savename = "" Or savename = Empty Then response = MsgBox("您没有输入您的文件名,您确定要保存吗?",
vbYesNo, "error")
If response = vbYes Then
    GoTo tt
ElseIf response = vbNo Then
    Exit Sub
End If
SavePicture Form3.Picture1.Image, savename
Exit Sub
ErrHandler:
Exit Sub
End Sub
Private Sub mnuseefresult_Click()
Form8.Show
End Sub
Private Sub mnuseeresult_Click()
Form7.Show
End Sub
Private Sub mnustartacc_Click()
Dim start
If SourceFile = "" Then MsgBox "您必须选择工程", , "提示": Exit Sub
run1 = True
'确定起动加速度和制动减速度
If SeeAcc = False Then
    Lib.Show vbModal
End If
If Canclerun Then Exit Sub
ClearFlag
stoptag = False
paint1 = True
Call chushi
If CarConfigFlag Or LineFlag Or QjxxFlag Or MotorFlag Or BrakeFlag Then
    If CarConfigFlag Then MsgBox "请检查本工程的车辆配置"
    If SelectMotor = False Then
        If MotorFlag Then MsgBox "请检查本工程的牵引特性"
        If BrakeFlag Then MsgBox "请检查本工程的制动特性"
```

附件 2 牵引计算软件主程序清单

```
End If
Exit Sub
End If
If stoptag = True Then Exit Sub
ztbz = 1
tcbz = False
S = sstop(0)
j = 1
st = stcpd(j)
ProgressBar1.Left = Tool bar1.Width - ProgressBar1.Width - 100
Text1.Left = ProgressBar1.Left - Text1.Width
Text1.Visible = True
ProgressBar1.Visible = True
Text1.Text = "正在运行....."
ProgressBar1.Max = sum3
Load Form3
Form3.Show
start = Timer
Do While Timer < start + 0.002
DoEvents
Loop
Form3.Picture1.ForeColor = RGB(0, 0, 0)
Form3.Picture1.DrawWidth = 1.5
Form3.Picture1.Line (2000 + sstop(0) * 5, 550)-(2400 + sstop(0) * 5, 550)
Form3.Picture1.Line (2000 + sstop(0) * 5, 550)-(2000 + sstop(0) * 5, 850)
Form3.Picture1.DrawWidth = 1
If Not Convers Then
Form3.Picture1.CurrentX = sstop(0) * 5 + 2000
Form3.Picture1.CurrentY = 350
If displayname Then
Form3.Picture1.Print stopname(0)
Else
Form3.Picture1.Print " 1 站"
End If
Form3.Picture1.CurrentX = sstop(0) * 5 + 2200
Form3.Picture1.CurrentY = 650
Form3.Picture1.Print sstop(1) - sstop(0) & "米"
Else
Form3.Picture1.CurrentX = sstop(0) * 5 + 2000
Form3.Picture1.CurrentY = 350
If displayname Then
Form3.Picture1.Print stopname(1)
Else
Form3.Picture1.Print sum3 & " 站"
End If
Form3.Picture1.CurrentX = sstop(0) * 5 + 2200
Form3.Picture1.CurrentY = 650
Form3.Picture1.Print sstop(1) - sstop(0) & "米"
End If
Do While 1
os = 0.01
Select Case ztbz
Case 1:
Call qyfb ' 调用牵引赋值子程序
Case 2:
Call dxfb ' 调用惰行赋值子程序
Case 3:
Call ysfz ' 调用抑速赋值子程序
```

附件 2 牵引计算软件主程序清单

```
Case 4:
    Call zdfz '调用制动赋值子程序
End Select
Call zxapp '调用走行子程序
Call vfunction '根据 V 值, 确定 F, I(motor).....
Call determinztbz '确定状态标志(ztbz)
If tcbz = True Then
    If SelectMotor = False And ztbz = 4 Then MsgBox "平均运行加速度为 0----" & AverageAcc & " Km:" &
Chr(13) & Chr(13) & "          " _
    & Format((Vbb - Vaa) / (tbb - taa) / 3.6, "0.00") _
    & Chr(13) & Chr(13) & "平均制动减速度为 " _
    & AverageBrakeAccelerate & "----0 Km:" _
    & Chr(13) & Chr(13) & "          " _
    & Format(-(BrakeVaa - BrakeVbb) / (BrakeTaa - BrakeTbb) / 3.6, "0.00"), , "加速度"
    If SelectMotor Then determineforce
    MDIForm1.MousePointer = 0
    ProgressBar1.Visible = False
    Text1.Visible = False
    paintflags 'paint 图标
    BeginStart = True
    Form3.Picture1.DrawWidth = 1
    If ContinueSelectMotor = False Then Exit Sub
    If DragCorrect And BrakeCorrect Then
        ContinueSelectMotor = True
        DragCorrect = False
        BrakeCorrect = False
        Exit Sub
    End If
End If
Loop
End Sub
Private Sub determineforce()
If Abs((((Vbb - Vaa) / (tbb - taa) / 3.6) - Testaccelerate) > 0.002 Then
    proportionaccelerate = ((Vbb - Vaa) / (tbb - taa) / 3.6) / Testaccelerate
    proportionaccelerate = proportionaccelerate - (proportionaccelerate - 1) * 0.618
    centervalue = fc(1) / proportionaccelerate
    If Testaccelerate > ((Vbb - Vaa) / (tbb - taa) / 3.6) Then
        breakpointv = fc(5) * vc(5) / centervalue
        fc(4) = fc(5) * vc(5) / vc(4)
        fc(3) = centervalue
        fc(2) = centervalue
        fc(1) = centervalue
        vc(1) = 0
        vc(2) = breakpointv - 0.2
        vc(3) = breakpointv
        '电机电流赋值
        icentervalue = (ic(1) / proportionaccelerate)
        ic(1) = icentervalue
        ic(2) = icentervalue
        ic(3) = icentervalue
        ic(4) = vc(5) * ic(5) / vc(4)
        '电网电流赋值
        v1 = vc(5)
        v2 = vc(6)
        v3 = vc(7)
        i1 = neti(5)
        i2 = neti(6)
        i3 = neti(7)
```


附件 2 牵引计算软件主程序清单

```

neti(4) = i1 + (i2 - i1) * (vc(4) - v1) / (v2 - v1) + ((i3 - i1) / (v3 - v1) - (i2 - i1) / (v2 - v1)) * (vc(4) - v1) * (vc(4) - v2) / (v3 - v2)
neti(3) = i1 + (i2 - i1) * (vc(3) - v1) / (v2 - v1) + ((i3 - i1) / (v3 - v1) - (i2 - i1) / (v2 - v1)) * (vc(3) - v1) * (vc(3) - v2) / (v3 - v2)
neti(2) = (neti(3) - neti(1)) / (vc(3) - vc(1)) * vc(2) + neti(1)
'初始运行状态
ztbz = 1
tcbz = False
S = sstop(0)
j = 1
st = stcpd(j)
t(j) = 0
ContinueSelectMotor = True
Else
For i = 5 To 7
If centervalue < fc(i) And centervalue > fc(i + 1) Then
v1 = fc(i)
v2 = fc(i + 1)
v3 = fc(i + 2)
i1 = vc(i)
i2 = vc(i + 1)
i3 = vc(i + 2)
vcentervalue = i1 + (i2 - i1) * (centervalue - v1) / (v2 - v1) + ((i3 - i1) / (v3 - v1) - (i2 - i1) / (v2 - v1)) * (centervalue - v1) * (centervalue - v2) / (v3 - v2)
vc(1) = 0
vc(2) = testv(4)
vc(3) = testv(5)
fc(1) = centervalue
fc(2) = centervalue
fc(3) = centervalue
fc(4) = centervalue
fc(5) = centervalue
icentervalue = (ic(1) / proportionaccelerate)
ic(1) = icentervalue
ic(2) = icentervalue
ic(3) = icentervalue
haha = vc(7)
hahaha = neti(7)
Select Case i
Case 5:
vc(4) = vcentervalue - 0.2
vc(5) = vcentervalue
slope = (ic(5) - ic(3)) / (vcentervalue - vc(3))
addvalue = ic(3) - vc(3) * slope
ic(4) = slope * vc(4) + addvalue
'process the current in the electric net
v1 = vc(6)
v2 = vc(7)
v3 = vc(8)
i1 = neti(6)
i2 = neti(7)
i3 = neti(8)
neti(5) = i1 + (i2 - i1) * (vc(5) - v1) / (v2 - v1) + ((i3 - i1) / (v3 - v1) - (i2 - i1) / (v2 - v1)) * (vc(5) - v1) * (vc(5) - v2) / (v3 - v2)
slope = (neti(5) - neti(1)) / (vc(5) - vc(1))
neti(2) = slope * vc(2) + neti(1)
neti(3) = slope * vc(3) + neti(1)
neti(4) = slope * vc(4) + neti(1)

```

附件 2 牵引计算软件主程序清单

```

Case 6:
  vc(2) = testv(2)
  vc(3) = testv(4)
  vc(4) = testv(5)
  vc(5) = vcentervalue - 0.2
  vc(6) = vcentervalue
  fc(5) = centervalue
  fc(6) = centervalue
  slope = (ic(6) - ic(4)) / (vcentervalue - vc(4))
  addvalue = ic(4) - vc(4) * slope
  ic(4) = icentervalue
  ic(5) = slope * vc(5) + addvalue
'process the current in the electric net
  v1 = vc(7)
  v2 = vc(8)
  v3 = vc(9)
  i1 = neti(7)
  i2 = neti(8)
  i3 = neti(9)
  neti(6) = i1 + (i2 - i1) * (vc(6) - v1) / (v2 - v1) + ((i3 - i1) / (v3 - v1) - (i2 - i1)
/ (v2 - v1)) * (vc(6) - v1) * (vc(6) - v2) / (v3 - v2)
  slope = (neti(6) - neti(1)) / (vc(6) - vc(1))
  neti(2) = slope * vc(2) + neti(1)
  neti(3) = slope * vc(3) + neti(1)
  neti(4) = slope * vc(4) + neti(1)
  neti(5) = slope * vc(5) + neti(1)

Case 7:
  vc(2) = testv(2)
  vc(3) = testv(3)
  vc(4) = testv(4)
  vc(5) = testv(5)
  vc(6) = vcentervalue - 0.2
  vc(7) = vcentervalue
  fc(5) = centervalue
  fc(6) = centervalue
  fc(7) = centervalue
  ic(2) = icentervalue
  ic(3) = icentervalue
  ic(4) = icentervalue
  ic(5) = icentervalue
  slope = (ic(7) - ic(5)) / (vcentervalue - vc(5))
  addvalue = ic(5) - vc(5) * slope
  ic(6) = slope * vc(6) + addvalue
'process the current in the electric net
  v1 = haha
  v2 = vc(8)
  v3 = vc(9)
  i1 = hahaha
  i2 = neti(8)
  i3 = neti(9)
  neti(7) = i1 + (i2 - i1) * (vc(7) - v1) / (v2 - v1) + ((i3 - i1) / (v3 - v1) - (i2 - i1)
/ (v2 - v1)) * (vc(7) - v1) * (vc(7) - v2) / (v3 - v2)
  slope = (neti(7) - neti(1)) / (vc(7) - vc(1))
  neti(2) = slope * vc(2) + neti(1)
  neti(3) = slope * vc(3) + neti(1)
  neti(4) = slope * vc(4) + neti(1)
  neti(5) = slope * vc(5) + neti(1)

```

附件 2 牵引计算软件主程序清单

```
        neti(6) = slope * vc(6) + neti(1)
    End Select

    ztbz = 1
    tcbz = False
    S = sstop(0)
    j = 1
    st = stcpd(j)
    t(j) = 0
    ' ContinueSelectMotor = True
    Exit For
End If
Next
    If i = 8 Then
        MsgBox "所选择的电机太大，请选择小一点的电机！谢谢！"
        tcbz = True
        ContinueSelectMotor = False
        Exit Sub
    End If
End If
Else
    ' ContinueSelectMotor = False
    DragCorrect = True
    If (fc(1) / testf(1) / AxesSum) > 3 Then MsgBox "所选择的电机太小，请选择大一点的电机，谢谢！！！！":
tcbz = True: ContinueSelectMotor = False: Exit Sub
    Data1.DatabaseName = SourceFile
    Data1.Connect = fuck
    Data1.RecordSource = "motor"
    Data1.Refresh
    If Not Data1.Recordset.EOF Or Not Data1.Recordset.BOF Then
        Data1.Recordset.MoveFirst
        Do While Not Data1.Recordset.EOF
            Data1.Recordset.Delete
            If Not Data1.Recordset.EOF Then Data1.Recordset.MoveNext
        Loop
    End If
    For nnnn = 1 To 16
        Data1.Recordset.AddNew
        Data1.UpdateRecord
    Next nnnn
    Data1.Refresh
    Data1.Recordset.MoveFirst
    Data1.Recordset.MoveFirst
    For nnnn = 1 To 16
        Data1.Recordset.Edit
        Data1.Recordset("车辆速度") = vc(nnnn)
        Data1.Recordset("车辆牵引力") = fc(nnnn) / AxesSum
        Data1.Recordset("电机电流") = ic(nnnn)
        Data1.Recordset("电网电流") = neti(nnnn) / AxesSum
        Data1.Recordset("电机电压") = 0
        Data1.Recordset("电网电压") = netu(nnnn)
        Data1.UpdateRecord
        If Not Data1.Recordset.EOF Then Data1.Recordset.MoveNext
    Next
End If
' 制动减速度判断
If Abs(Abs(((BrakeVbb - BrakeVaa) / (BrakeTbb - BrakeTaa)) / 3.6) - Testbrakeaccelerate) > 0.002 Then
    proportionaccelerate = Abs((BrakeVbb - BrakeVaa) / (BrakeTbb - BrakeTaa) / 3.6) /
```

附件 2 牵引计算软件主程序清单

```

Testbrakeaccelerate
    proportionaccelerate = proportionaccelerate - (proportionaccelerate - 1) * 0.618
    centervalue = fbc(1) / proportionaccelerate

' 减速度大雨社顶速度
If Testbrakeaccelerate > Abs((BrakeVbb - BrakeVaa) / (BrakeTbb - BrakeTaa) / 3.6) Then
    breakpointv = fbc(5) * vbc(5) / centervalue
    If breakpointv - vbc(3) > 0 Then
        fbc(1) = centervalue
        fbc(2) = centervalue
        fbc(3) = centervalue
        fbc(4) = centervalue
        fbc(5) = centervalue

        vbc(4) = breakpointv - 0.2
        vbc(5) = breakpointv
    ' 电机电流赋值
    icentervalue = (ibc(1) / proportionaccelerate) * 0.96
    ibc(1) = icentervalue
    ibc(2) = icentervalue
    ibc(3) = icentervalue
    slope = (ibc(5) - ibc(3)) / (vbc(5) - vbc(3))
    addvalue = ibc(3) - vbc(3) * slope
    ibc(4) = vbc(4) * slope + addvalue
    ' 电网电流赋值
    v1 = vbc(6)
    v2 = vbc(7)
    v3 = vbc(8)
    i1 = bneti(6)
    i2 = bneti(7)
    i3 = bneti(8)
    bneti(5) = i1 + (i2 - i1) * (vbc(5) - v1) / (v2 - v1) + ((i3 - i1) / (v3 - v1) - (i2 - i1) /
(v2 - v1)) * (vbc(5) - v1) * (vbc(5) - v2) / (v3 - v2)
    bneti(4) = (bneti(5) - bneti(1)) / (vbc(5) - vbc(1)) * vbc(4) + bneti(1)
    bneti(3) = (bneti(5) - bneti(1)) / (vbc(5) - vbc(1)) * vbc(3) + bneti(1)
    bneti(2) = (bneti(5) - bneti(1)) / (vbc(5) - vbc(1)) * vbc(2) + bneti(1)
    ' 初始运行状态
    ztbz = 1
    tcbz = False
    S = sstop(0)
    j = 1
    st = stcpd(j)
    t(j) = 0
    fb = fbc(1)
    ContinueSelectMotor = True
'
    Exit Sub
Else
    MsgBox OutputMessage
    ContinueSelectMotor = False
    Exit Sub
End If
Else
' 制动减速度小于典型曲线
For i = 5 To 6
    If centervalue < fbc(i) And centervalue > fbc(i + 1) Then
        v1 = fbc(i)
        v2 = fbc(i + 1)
        v3 = fbc(i + 2)

```

附件 2 牵引计算软件主程序清单

```

i1 = vbc(i)
i2 = vbc(i + 1)
i3 = vbc(i + 2)
vcentervalue = i1 + (i2 - i1) * (centervalue - v1) / (v2 - v1) + ((i3 - i1) / (v3 - v1) -
(i2 - i1) / (v2 - v1)) * (centervalue - v1) * (centervalue - v2) / (v3 - v2)
If vbc(7) - vcentervalue > 0 Then
vbc(1) = 0
'
vbc(2) = 32.8
'
vbc(3) = 33
fbc(1) = centervalue
fbc(2) = centervalue
fbc(3) = centervalue
fbc(4) = centervalue
fbc(5) = centervalue
icentervalue = (ibc(1) / proportionaccelerate)
ibc(1) = icentervalue
ibc(2) = icentervalue
ibc(3) = icentervalue
'
haha = vbc(7)
'
hahaha = bneti(7)
Select Case i
Case 5:
vbc(4) = vcentervalue - 0.2
vbc(5) = vcentervalue
slope = (ibc(5) - ibc(3)) / (vcentervalue - vbc(3))
addvalue = ibc(3) - vbc(3) * slope
ibc(4) = slope * vbc(4) + addvalue
'process the current in the electric net
v1 = vbc(6)
v2 = vbc(7)
v3 = vbc(8)
i1 = bneti(6)
i2 = bneti(7)
i3 = bneti(8)
bneti(5) = i1 + (i2 - i1) * (vbc(5) - v1) / (v2 - v1) + ((i3 - i1) / (v3 - v1) - (i2 - i1)
/ (v2 - v1)) * (vbc(5) - v1) * (vbc(5) - v2) / (v3 - v2)
slope = (bneti(5) - bneti(1)) / (vbc(5) - vbc(1))
bneti(2) = slope * vbc(2) + bneti(1)
bneti(3) = slope * vbc(3) + bneti(1)
bneti(4) = slope * vbc(4) + bneti(1)
Case 6:
vbc(2) = testvb(2)
vbc(3) = testvb(3)
vbc(4) = testvb(4)
vbc(5) = vcentervalue - 0.2
vbc(6) = vcentervalue
fbc(5) = centervalue
fbc(6) = centervalue
slope = (ibc(6) - ibc(3)) / (vcentervalue - vbc(3))
addvalue = ibc(3) - vbc(3) * slope
ibc(1) = icentervalue
ibc(2) = icentervalue
ibc(3) = icentervalue
ibc(4) = slope * vbc(4) + addvalue
ibc(5) = slope * vbc(5) + addvalue
ibc(6) = testimb(6)
'process the current in the electric net
v1 = vbc(7)

```

附件 2 牵引计算软件主程序清单

```
v2 = vbc(8)
v3 = vbc(9)
i1 = bneti(7)
i2 = bneti(8)
i3 = bneti(9)
bneti(6) = i1 + (i2 - i1) * (vbc(6) - v1) / (v2 - v1) + ((i3 - i1) / (v3 - v1) - (i2 -
i1) / (v2 - v1)) * (vbc(6) - v1) * (vbc(6) - v2) / (v3 - v2)
slope = (bneti(6) - bneti(1)) / (vbc(6) - vbc(1))
bneti(2) = slope * vbc(2) + bneti(1)
bneti(3) = slope * vbc(3) + bneti(1)
bneti(4) = slope * vbc(4) + bneti(1)
bneti(5) = slope * vbc(5) + bneti(1)
End Select
Else
MsgBox OutputMessage
tcbz = True
ContinueSelectMotor = False
Exit For
End If
ztbz = 1
tcbz = False
S = sstop(0)
j = 1
st = stcpd(j)
t(j) = 0
fb = fbc(1)
ContinueSelectMotor = True
Exit Sub
End If
Next
If i = 7 Then
MsgBox OutputMessage1
tcbz = True
ContinueSelectMotor = False
Exit Sub
End If
End If
Else
' ContinueSelectMotor = False
BrakeCorrect = True
Data1.DatabaseName = SourceFile
Data1.Connect = fuck
Data1.RecordSource = "brake"
Data1.Refresh
If Not Data1.Recordset.EOF Or Not Data1.Recordset.EOF Then
Data1.Recordset.MoveFirst
Do While Not Data1.Recordset.EOF
Data1.Recordset.Delete
If Not Data1.Recordset.EOF Then Data1.Recordset.MoveNext
Loop
End If
For nnnn = 1 To 13
Data1.Recordset.AddNew
Data1.UpdateRecord
Next nnnn
Data1.Refresh
Data1.Recordset.MoveFirst
Data1.Recordset.MoveFirst
```

附件 2 牵引计算软件主程序清单

```

For nnnn = 1 To 13
  Data1.Recordset.Edit
  Data1.Recordset("车辆速度") = vbc(nnnn)
  Data1.Recordset("车辆牵引力") = fbc(1) / axessumb
  Data1.Recordset("电机电流") = ibc(nnnn)
  Data1.Recordset("电网电流") = bneti(nnnn) / AxesSum
  Data1.Recordset("电机电压") = 0
  Data1.Recordset("电网电压") = bnetu(nnnn)
  Data1.UpdateRecord
  If Not Data1.Recordset.EOF Then Data1.Recordset.MoveNext
Next
End If
If BrakeCorrect And DragCorrect Then
  MsgBox "平均运行加速度为 0----" & AverageAcc & " Km:" & Chr(13) & Chr(13) & " " _
    & Format((Vbb - Vaa) / (tbb - taa) / 3.6, "0.000") _
    & Chr(13) & Chr(13) & "平均制动减速度为 " _
    & AverageBrakeAccelerate & "----0 Km:" _
    & Chr(13) & Chr(13) & " " _
    & Format(-(BrakeVaa - BrakeVbb) / (BrakeTaa - BrakeTbb) / 3.6, "0.00"), , "加速度"
End If
End Sub
Private Sub chushi ()
Dim mcsun As Single
Dim msum As Single
Dim tsum As Single
Dim tcsum As Single
Dim mcweight As Single
Dim mweight As Single
Dim tweight As Single
Dim tcweight As Single
Dim mcloder As Integer
Dim mloder As Integer
Dim tloder As Integer
Dim tcloader As Integer
Dim mcaxes As Integer
Dim maxes As Integer
sum2 = 1
  ReDim PCH(sum2)
  ReDim PDS(sum2)
  PCH(0) = 0#
  PDS(0) = 0#
  PCH(1) = 3000
  PDS(1) = AcceleratePds
sum5 = 0
  ReDim PwLength(sum5)
  ReDim PwRadius(sum5)
  ReDim PwStart(sum5)
  ReDim PwDirection(sum5)
  PwLength(0) = 0
  PwRadius(0) = 0
  PwStart(0) = 0
  PwDirection(0) = 0
  sum3 = 2
  ReDim stcpd(sum3)
  ReDim sstop(sum3)
  ReDim vtcpd(sum3)
  ReDim vtcpdup(sum3)
  ReDim vtcpddown(sum3)

```

附件 2 牵引计算软件主程序清单

```
ReDim vmax(sum3)
ReDim vbrake(sum3)
ReDim t(sum3)
ReDim tq(sum3)
ReDim xgmim(sum3)
ReDim xgminet(sum3)
ReDim kwh(sum3)
ReDim zdkwh(sum3)
ReDim stoptime(sum3)
ReDim stopname(sum3)
  sstop(0) = 10
  stopname(0) = 0
  sstop(1) = 2000
  stcpd(1) = AccelerateTcpd
  vtcpdup(1) = VelocityUpLimit
  vtcpd(1) = Velocity
  vtcpddown(1) = VelocityDownLimit
  stoptime(1) = 0
  stopname(1) = 1
' 输入配置
Data1.DatabaseName = SourceFile
Data1.Connect = fuck
Data1.RecordSource = "车组配置"
Data1.Refresh
If Data1.Recordset.EOF And Data1.Recordset.BOF Then MsgBox "请检查您的数据": stoptag = True: Exit Sub
For N = 0 To 4
  Select Case N
    Case 0:
      mcsum = Data1.Recordset("Mc 车")
      msum = Data1.Recordset("M 车")
      tsum = Data1.Recordset("T 车")
      tcsum = Data1.Recordset("Tc 车")
    Case 1:
      mcweight = Data1.Recordset("Mc 车")
      mweight = Data1.Recordset("M 车")
      tweight = Data1.Recordset("T 车")
      tcweight = Data1.Recordset("Tc 车")
    Case 2:
      mcaxes = Data1.Recordset("Mc 车")
      maxes = Data1.Recordset("M 车")
    Case 3:
      mcloader = Data1.Recordset("Mc 车")
      mlloader = Data1.Recordset("M 车")
      tloader = Data1.Recordset("T 车")
      tcloader = Data1.Recordset("Tc 车")
    Case 4:
      destroyedaxis = Data1.Recordset("M 车")
  End Select
  If Not Data1.Recordset.EOF Then Data1.Recordset.MoveNext
Next N
wm = mcsum * mcweight + msum * mweight + (mcloader * mcsum + mlloader * msum) * 0.06
wt = tcsum * tcweight + tsum * tweight + (tloader * tsum + tcloader * tcsum) * 0.06
carnumber = mcsum + msum + tsum + tcsum

m = mcsum * mcweight + msum * mweight + tcsum * tcweight + tsum * tweight + (mcloader * mcsum _
  + mlloader * msum + tloader * tsum + tcloader * tcsum) * 0.06
```


附件 2 牵引计算软件主程序清单

```
mh = (mcsun * mcweight + msum * mweight) * 1.1 + (tcsun * tcweight + tsum * tweight) * 1.05 +
(mcloader * mcsun _
  + mloader * msum + tloader * tsum + tcloader * tcsun) * 0.06
AxesSum = mcaxes * mcsun + maxes * msum - destroyedaxis
axessumb = mcaxes * mcsun + maxes * msum
If mh = 0 Or AxesSum = 0 Then CarConfigFlag = True: Exit Sub
If SelectMotor Then
  MotorAssignment ' 电机参数的赋值
Else
  DragCorrect = True ' 牵引特性正确
  BrakeCorrect = True ' 制动特性正确
  Data1.RecordSource = "motor"
  Data1.Refresh
  If Data1.Recordset.EOF And Data1.Recordset.BOF Then MsgBox "请检查您的数据": Exit Sub
  Data1.Recordset.MoveLast
  Data1.Recordset.MoveFirst
  sum = Data1.Recordset.RecordCount
  If sum = 0 Then MotorFlag = True: Exit Sub
  ReDim vc(sum)
  ReDim fc(sum)
  ReDim ic(sum)
  ReDim neti(sum)
  ReDim netu(sum)
  vc(0) = 0
  fc(0) = Data1.Recordset(MotorF) * AxesSum
  ic(0) = 0
  For N = 1 To sum
    vc(N) = Data1.Recordset(MotorV)
    fc(N) = Data1.Recordset(MotorF) * AxesSum
    ic(N) = Data1.Recordset(MotorCurrent)
    neti(N) = Data1.Recordset(MotorNetc)
    netu(N) = Data1.Recordset(MotornetVol tage)

' MsgBox "vc( " & n & " )" & vc(n) & " " & fc(n) & " " & ic(n)
  If Not Data1.Recordset.EOF Then Data1.Recordset.MoveNext
Next N
Data1.RecordSource = "brake"
Data1.Refresh
If Data1.Recordset.EOF And Data1.Recordset.BOF Then MsgBox "请检查您的数据": stoptag = True: Exit Sub
Data1.Recordset.MoveLast
Data1.Recordset.MoveFirst
sum1 = Data1.Recordset.RecordCount
If sum1 = 0 Then BrakeFlag = True: Exit Sub
ReDim vbc(sum1)
ReDim fbc(sum1)
ReDim ibc(sum1)
ReDim bneti(sum1)
ReDim bnetu(sum1)
vbc(0) = 0
ibc(0) = 0
For N = 1 To sum1
  vbc(N) = Data1.Recordset(brakev)
  fbc(N) = Data1.Recordset(brakef) * axessumb
  ibc(N) = Data1.Recordset("电机电流")
  bneti(N) = Data1.Recordset("电网电流")
  bnetu(N) = Data1.Recordset("电网电压")
  If Not Data1.Recordset.EOF Then Data1.Recordset.MoveNext
' MsgBox vbc(n)
```

附件 2 牵引计算软件主程序清单

```
Next N
fb = fbc(1)
End If
'输出数据初始化
If Convers = False Then
Data1.RecordSource = "计算结果"
Data1.Refresh
If Data1.Recordset.EOF Or Data1.Recordset.BOF Then GoTo tt
Data1.ReadOnly = False
Data1.Recordset.MoveFirst
  Data1.Recordset.Move Last
  Data1.Recordset.MoveFirst
  Data1.Recordset.MoveLast
  Data1.Recordset.MoveFirst
Let sum4 = Data1.Recordset.RecordCount
  For N = 1 To sum4
  Data1.Recordset.Delete
  Data1.Recordset.MoveNext
  Next N
tt:

For N = 0 To sum3
  Data1.Recordset.AddNew
  Data1.Recordset.Update
Next N
Else
Data1.RecordSource = "反向计算结果"
Data1.Refresh
If Data1.Recordset.EOF Or Data1.Recordset.BOF Then GoTo tt
Data1.ReadOnly = False
Data1.Recordset.MoveFirst
  Data1.Recordset.Move Last
  Data1.Recordset.MoveFirst
  Data1.Recordset.MoveLast
  Data1.Recordset.MoveFirst
Let sum4 = Data1.Recordset.RecordCount
  For N = 1 To sum4
  Data1.Recordset.Delete
  Data1.Recordset.MoveNext
  Next N
For N = 0 To sum3
  Data1.Recordset.AddNew
  Data1.Recordset.Update
Next N
End If
'if runing convers,process the podao,
If Convers = True Then
  For N = 1 To sum5
  PwStart(N) = PCH(sum2) - PwStart(N) - PwLength(N)
  Next N
End If
v = 0
End Sub
Private Sub mnuyinyong_Click()
  frmreference.Show
End Sub
Private Sub mnustick_Click()
Data1.DatabaseName = SourceFile
```

附件 2 牵引计算软件主程序清单

```
Data1.Connect = fuck
Data1.RecordSource = "motor"
Data1.Refresh
Data1.Recordset.Move 2
stickforce = Data1.Recordset("车辆牵引力")

Data1.RecordSource = "车组配置"
Data1.Refresh
Data1.Recordset.MoveNext
stickMcweight = Data1.Recordset("Mc 车")
stickMweight = Data1.Recordset("M 车")
Data1.Recordset.MoveNext
Data1.Recordset.MoveNext
stickMcman = Data1.Recordset("Mc 车")
stickMman = Data1.Recordset("M 车")

Data1.DatabaseName = ""
Data1.RecordSource = ""
Data1.Refresh

Msumweight = stickMcweight * 1000 + stickMcman * 60
Msumweight = stickMweight * 1000 + stickMman * 60

If Msumweight > 100 Then stickMc = stickforce * 4 / Msumweight
If Msumweight > 100 Then stickM = stickforce * 4 / Msumweight

sticks = stickMc
If stickM > stickMc Then sticks = stickM

MsgBox "最大粘着 = " & Format(sticks, "0.000")
End Sub

Private Sub seeaccelerate_Click()
SelectMotor = False
SeeAcc = True
CancelRun = False
mstartacc_Click
End Sub

Private Sub selectobject_Click()
frmOptions.Show vbModal
End Sub

Private Sub Toolbar1_ButtonClick(ByVal Button As MSComctlLib.Button)
Select Case Button.key
Case "run2":
mmanualog_Click
Case "newfile2":
mnunew_Click
Case "openfile2":
mnuopen_Click
Case "savefile2":
mnusave_Click
Case "printresult2":
print1.Show vbModal
Case "editfile2":
mnuput_Click
Case "seeresult2":
```

附件 2 牵引计算软件主程序清单

```
mnuseeresult_Click
Case "setpassword"
  mnupassword_Click
Case "constantve"
  If Tool bar1.Buttons(15).value = tbrPressed Then
    Hsbz = True
  Else
    Hsbz = False
  End If
Case "fanxiang"
  If Tool bar1.Buttons(16).value = tbrPressed Then
    Convers = True
  Else
    Convers = False
  End If
Case "stopcar"
  tcbz = True
Case "carconfig"
  selectobject_Click
Case "accelerate"
  seeaccelerate_Click
End Select
End Sub
```

```
Private Sub MotorAssignment()
  ReDim vc(16)
  ReDim fc(16)
  ReDim ic(16)
  ReDim neti(16)
  ReDim netu(16)
  ReDim vbc(13)
  ReDim fbc(13)
  ReDim ibc(13)
  ReDim bneti(13)
  ReDim bnetu(13)
  sum = 16
  sum1 = 13
  For nnnn = 1 To 16
    vc(nnnn) = testv(nnnn)
    fc(nnnn) = testf(nnnn) * AxesSum
    ic(nnnn) = testi(nnnn)
    neti(nnnn) = testin(nnnn) * AxesSum
    netu(nnnn) = testvn(nnnn)
  Next
  For nnnn = 1 To 13
    vbc(nnnn) = testvb(nnnn)
    fbc(nnnn) = testfb(nnnn) * axessumb
    ibc(nnnn) = testimb(nnnn)
    bneti(nnnn) = testinb(nnnn) * AxesSum
    bnetu(nnnn) = testvnb(nnnn)
  Next
  fb = fbc(1)
End Sub
```

附件 3 攻读学位期间发表的论文及获奖情况：

论文：

- [1] 《地铁动车组主要参数的选择》. 发表于《机车电传动》期刊. 2001. 6. 株洲电力机车研究所。
- [2] 《交流传动系统在电动车组中的应用》. 发表于《长客科技》. 2000. 5
- [3] 《交流电动车组检修方法》. 发表于《城市轨道》. 北京 1999. 12.

获奖情况：

2000 年 10 月，获长春客车厂“九五”先进科技工作者称号。

2001 年 6 月，被评为长春客车长 A 类拔尖人才称号。