

1932718

分类号 _____ 密级 _____

UDC _____

学 位 论 文

动态轨道衡称重系统的应用与研究

作者姓名： 刘春

指导教师： 陈晓波 教授 东北大学信息科学与工程学院

王建东 高工 首钢京唐钢铁联合有限责任公司

申请学位级别： 硕士 学科类别： 专业学位

学科专业名称： 控制工程

论文提交日期： 2008年1月20日 论文答辩日期： 2008年2月29日

学位授予日期： 答辩委员会主席： 高宪文

评阅人： 高振亮，杨英华

东 北 大 学

2008 年 1 月





Y1842468

A Thesis for the Degree of Master in Control Engineering

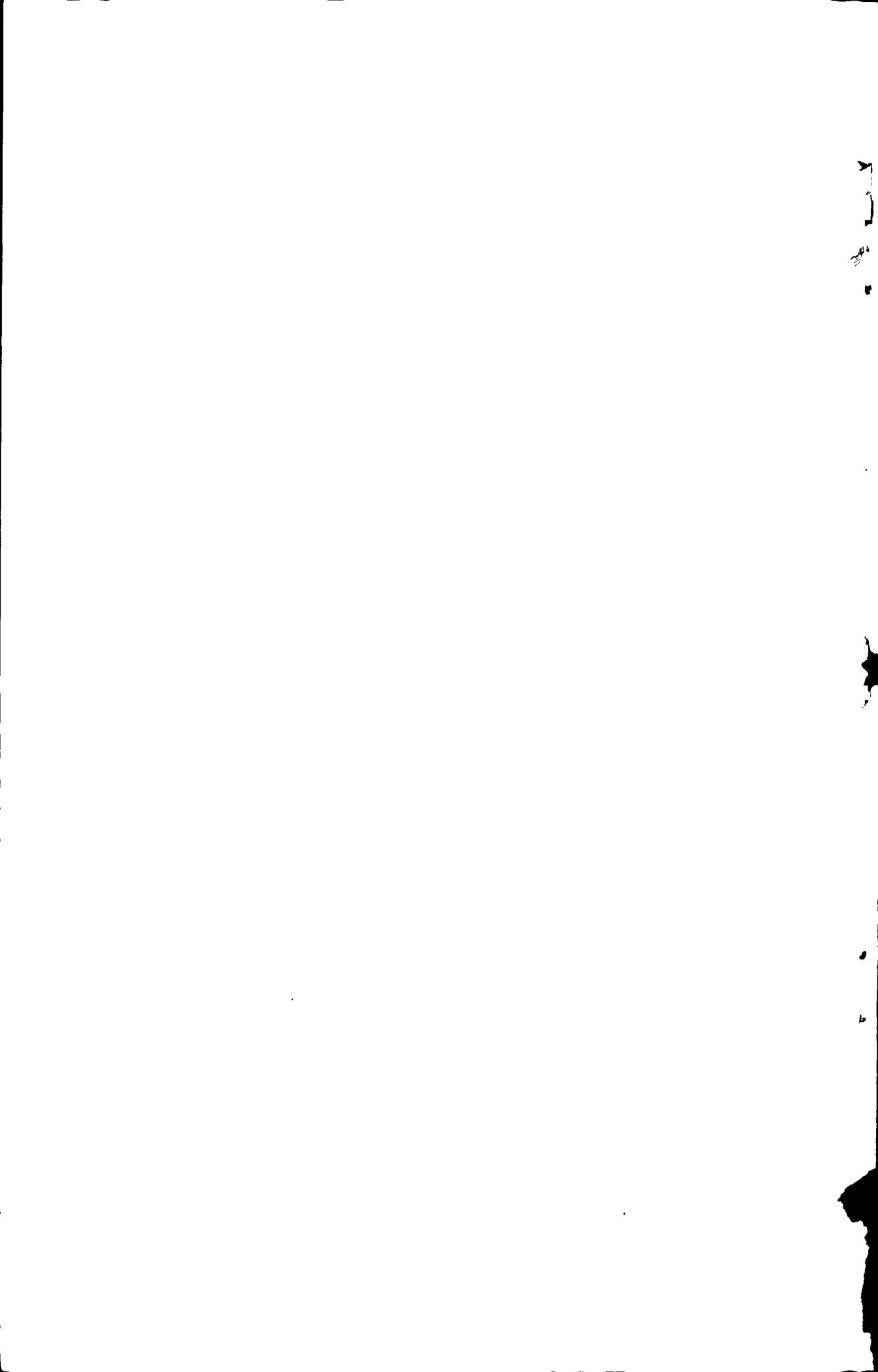
**The Application and Research of Dynamic
Rail-weightometer System**

By Liu chun

Supervisor : Professor Xiaobo-Chen

Northeastern University

January 2008



独创声明

本人声明所呈交的学位论文是在导师的指导下完成的。论文中取得的研究成果除加以标注和致谢的地方外，不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包括本人为获得其他学位而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示诚挚的谢意。

学位论文作者签名：刘春

签字日期：2008.1.21

学位论文版权使用授权书

本学位论文作者和指导教师完全了解东北大学有关保留、使用学位论文的规定：即学校有权保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅和借阅。本人同意东北大学可以将学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索、交流。

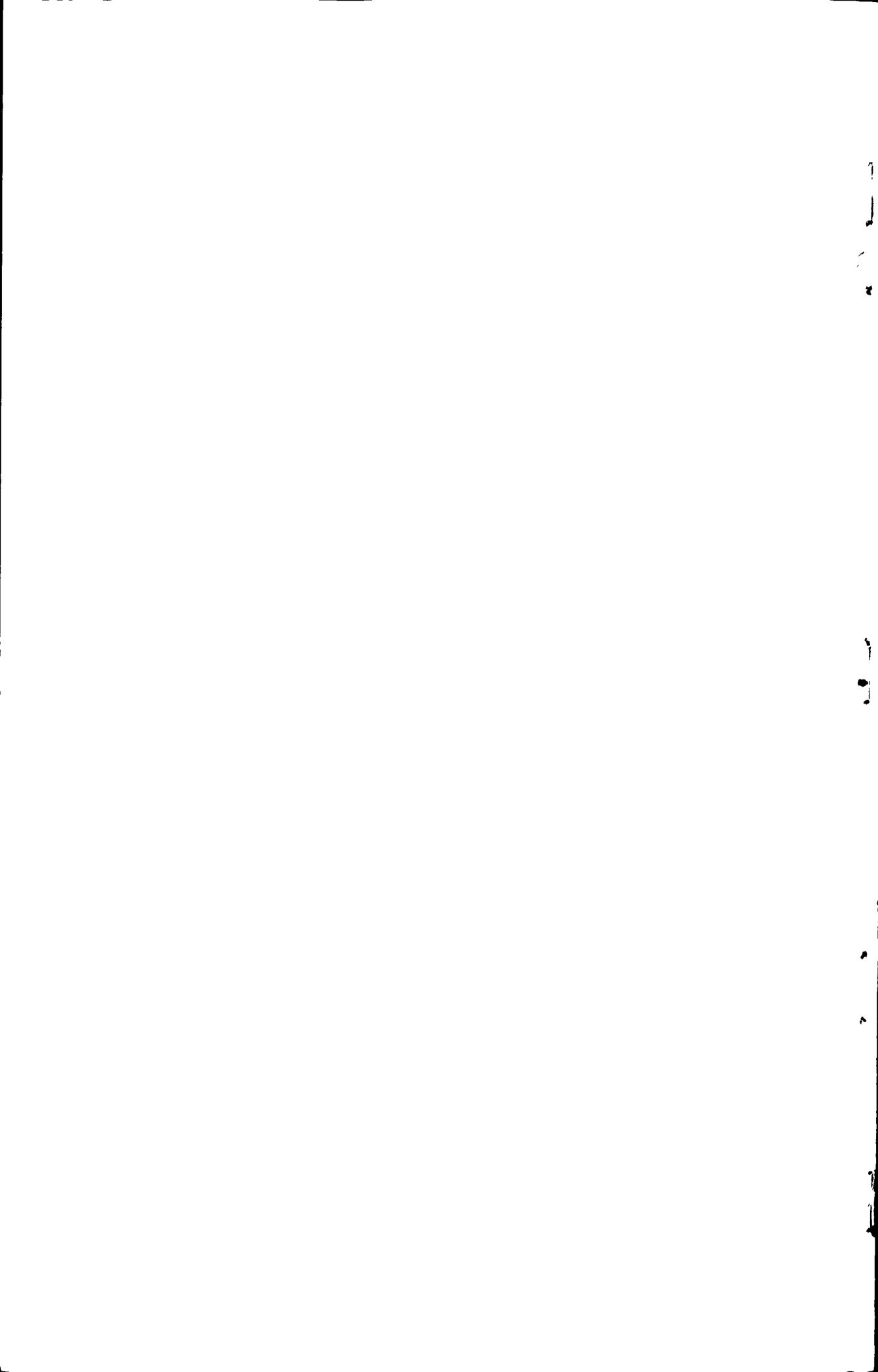
(如作者和导师同意网上交流，请在下方签名；否则视为不同意)

学位论文作者签名：刘春

导师签名：陈晓波

签字日期：2008.1.21

签字日期：2008.1.22



动态轨道衡称重系统的应用与研究

摘 要

当今社会,随着生产、贸易、科技的快速发展,衡器技术由简单的计重向信息化、一体化发展。然而,衡器技术在向这个趋势发展的时候,计量的准确化、快速化的矛盾一直是困扰衡器技术发展的瓶颈。直到上世纪 70 年代,技术上逐步成熟的动态电子衡器的发展,它有效的解决了快速性、准确性—衡器技术的两个最重要的性能指标难以统一的问题。这对于解决工程中称重系统的实时称重问题尤为重要,特别是对于陆路交通以及大宗物品的称重极为重要。因此,对于动态称重技术的研究是十分必要的。

动态电子轨道衡是动态称重技术中最常见的一种,本文以首钢集团动态电子轨道衡为研究对象,介绍了首钢在动态称重这一领域内的特色:首钢动态电子轨道衡系统采用了 WINDOWS 操作系统作为平台,其强大的软件功能是有有效的解决快速性和准确性统一问题的基础;用软件方法判别火车车型克服了硬件判别法故障率高的弱点。采用自动车号识别(AEI)技术,有效地解决了计量过程中人工抄号的弊端,杜绝了人工篡改计量数据的机会。提高了计量数据的真实有效性。动态轨道衡称重系统充分结合了首钢自动化信息技术平台(ERP)做到了数据自动上传、统计报表、存储、打印,实现了火车不停车计量达到了真正的无人值守的要求。本文分别阐述了计量器具的发展,称重传感器的原理,动态电子衡器的设计原理与构成部分,信号处理的方法,车型判别逻辑控制系统,自动车号识别系统的应用以及首钢动态轨道衡称重软件进行重点的叙述。

首钢动态轨道衡称重系统自 2004 年投入运行以来,一直处于稳定高效状态。计量精度大幅提高,计量疑议大幅降低,为企业每年减少不必要的损失 1000 万元。快速的计量降低了物资滞留时间,使整个物资计量、生产管理、铁路运输、销售等各个环节的效率大大的提升。计量站的无人值守为企业每年减少人员支出 80 万元,取得了良好的经济效益和社会效益。

关键词: 传感器; 动态电子轨道衡; 无人值守; ERP; AEI



The Application and Research of Dynamic Rail-weightometer System

Abstract

Nowadays, along with production, trade, technical fast development, weighing technology by simple idea again to informationization, integrated development. However, in weighing technology to the development of this trend, the measurement accurate and the fast contradiction always hinders the weighing technological development. Until the 1970s, in technology gradually mature dynamic electronic weighing apparatus development, its effective solution rapidity, accuracy--weighing technology two most important performance index unification question. This regarding the solution project in the real-time weighing question is important, specially regarding overland communication as well as lot item weighing extremely important. Therefore, regarding the dynamic weighing technology research is extremely essential.

Dynamic electronic Rail-weightometer is the most common form of the dynamic weighing technology, This article take the Shougang group dynamic electronic Rail-weightometer as the object of study, introduced Shougang group's characteristic in dynamic weighing area. The Shougang group dynamic electronic Rail-weightometer system used the WINDOWS operating system as a platform, its formidable software function was the effective solution rapidity and the accurate unification question foundation; With the software method distinguished the train vehicle type has overcome the hardware distinction law failure rate high weakness; Uses the Automatic Equipment Identification (AEI) technology, solved in the measurement process to copy the number artificially effectively the malpractice, ceased the artificial interpolation measurement data opportunity. The dynamic Rail-weightometer system fully unified Shougang group automation information technology platform (ERP), has achieved data automatic uploading, the statistical report form, the memory, the printing, realized the train not to stop the measurement to meet the true self-service requirements. This paper described the development of the measurement apparatus, load cell principle, the design of dynamic electronic weighing principle and components, signal processing methods, models discriminant logic control system, AEI

system applications, as well as the software of dynamic weighing system in Shougang group focused narrative.

The Shougang group's dynamic Rail-weightometer system has put the operation since 2004, is at the stable highly effective condition continuously. The measuring accuracy enhances largely, the measurement doubts discusses reduces largely, every year reduces the nonessential loss 10,000,000 Yuan for the enterprise. The fast measurement reduced the commodity dead time, causes the entire commodity measurement, the production management, the railway transportation, the sale and so on each link efficiency big promotion. The self-service measurement reduces the personnel for the enterprise to disburse 800,000 Yuan every year. It has obtained the good economic efficiency and the social efficiency.

Key words : Load cell; Dynamic electronic rail weightometer; Self-service; Enterprise's Resource Plan; Automatic Equipment Identification

目 录

独创声明.....	I
摘 要.....	II
Abstract.....	III
目 录.....	V
第一章 绪论.....	1
1.1 衡器的发展史.....	1
1.2 课题的国内外现状.....	1
1.2.1 课题的国外现状.....	1
1.2.2 课题的国内现状.....	2
1.3 课题的研究目的和意义.....	3
1.3.1 课题的研究目的.....	3
1.3.2 课题的意义.....	3
1.4 课题的发展趋势和目前需要解决的问题.....	3
1.4.1 课题的发展趋势.....	3
1.4.2 本课题目前需要解决的问题和困难.....	4
1.5 课题拟采用的技术方案.....	4
1.6 主要工作.....	6
第二章 称重系统硬件的设计与实现.....	7
2.1 概述.....	7
2.1.1 电子衡器的分类和称量原理.....	7
2.1.2 系统的要求及技术指标.....	7
2.2 动态轨道衡组成及称重原理.....	8
2.3 称重台面尺寸设计.....	10
2.4 称重传感器.....	11
2.4.1 传感器作用.....	11
2.4.2 电阻应变式称重传感器.....	12
2.4.3 称重传感器的选用.....	15
2.5 称重通道设计与实现.....	17
2.5.1 线性放大器.....	17
2.5.2 滤波电路.....	18
2.5.3 A/D 转换器.....	19

2.6 采集数字信号	20
2.7 本章小结	20
第三章 称重系统软件的设计思想	21
3.1 系统的数学模型	21
3.2 信号系统特点	21
3.3 车型判别的逻辑控制系统	23
3.3.1 概述	23
3.3.2 开关判别法	23
3.3.3 波形判别车型法	23
3.4 本章小结	28
第四章 车号识别系统的应用	29
4.1 概述	29
4.2 系统构成	30
4.2.1 系统特点	30
4.2.2 系统构成	30
4.3 车号自动识别系统的基本工作原理	31
4.4 车号自动识别系统设备的安装	33
4.5 车号自动识别的功能应用	34
第五章 首钢动态轨道衡系统实现	37
5.1 操作系统介绍	37
5.1.1 主页说明	37
5.1.2 动态称重	38
5.1.3 静态称重	39
5.1.4 恢复数据	40
5.1.5 数据查询	42
5.1.6 分类汇总	43
5.1.7 统计报表	44
5.2 维护操作	44
5.2.1 检定调整	44
5.2.2 误差分析	47
5.2.3 静态参数调整	48
5.2.4 检定参数调整的基本步骤	48
5.3 系统管理	49
5.3.1 通道设置	49

5.3.2 称重组态设置说明.....	50
5.3.3 AD 故障诊断.....	50
5.3.4 定义统计周期.....	50
5.3.5 数据转储恢复.....	51
5.3.6 权限设置.....	51
5.4 波形分析.....	52
5.4.1 显示.....	52
5.4.2 控制按钮.....	53
5.5 动态轨道衡安装路径及运行环境.....	53
5.5.1 安装路径.....	53
5.5.2 运行环境.....	53
第六章 结论与展望	55
6.1 结论.....	55
6.2 展望.....	55
参考文献	57
致 谢	59

第一章 绪论

1.1 衡器的发展史

称重技术自古以来就被人们所重视,世界上最早的计量器具出土于中东的埃及。在中国也有几千年的历史,传说黄帝“设五量”中,权衡即为五量之首^[1]。

在古代称重计量作为一项繁重的体力劳动,伴随着商品贸易的发展,人们逐渐发明了架盘天平。到了17世纪出现了不等臂台秤,特别是1678年胡克定律的应用,发明了弹簧秤,虽然准确度不高,但由于读数方便至今还为人们所应用。

到了近代,伴随着新材料的发明和贸易及工业的发展急需进行快速计量。1921年世界上首次出现了倾斜杠杆秤。到了上世纪五十年代,一批具有简单电子装置的计量器具开始进入了人们的生产生活。我国的电子衡器的发展是在上世纪70年代由于电阻应变片式称重传感器技术上的突破也取得了历史性的发展。各种电子衡器如雨后春笋,被国民经济各部门逐渐应用。如冶金工业的物料配比称量和钢水包浇注件的称重,轻纺工业的打包计量,运输行业的轴计量及转向架计量等等。总之电子秤技术在社会中逐步发挥他的作用,人们越来越重视。

到了上世纪末,信息技术革命给电子秤的发展带来了新的飞跃,自动计量以其快速、准确,越来越被人们重视。它必将成为今后发展的潮流。网络信息技术的广泛应用使这种动态计量方式成为企业管理所必不可少的环节,它帮助企业实行更加科学有效的生产组织、产品营销等各个环节。出现了集自动计量、远程监控、数据自动打印、自动上传功能于一身的高效的无人值守计量站^[2]。

1.2 课题的国内外现状

1.2.1 课题的国外现状

动态电子衡器是八十年代中期山德国西门子公司首先提出并开始研究和开发。经过十几年的发展,现在已经有许多公司有能力和生产动态电子衡,产品种类繁多,涉及各行各业的称重问题。动态电子衡器系统的硬件核心部分是称重传感器和数据采集模板。现今世界上已有许多公司能够生产,如美国 QUATECH 公司、美国 HP 公司、美国 Iotech 公司、美国 UEI 公司、美国 DATAQ 公司、美国 Winsystems 公司、美国 PCB 公司、美国 NORCO 公司、瑞典 ABB 公司、德国西门子公司、德国 PHILIPS 公司、日本 NMB 公司、加拿大 GAGE 公司等等。这些公司不仅仅生产称重传感器和数据采集模板,而

且有些公司还在开发成套动态电子衡器系统。它们所开发的动态电子衡器系统涉及到整个工程领域的各个角落,并且,在精度以及其他参数方面正迅速高^[3]。

对于应用动态轨道称重系统来说,从综合指数考虑,瑞典 ABB 公司的产品处于世界领先地位。ABB 公司生产的动态电子衡器无论是在技术水平上,还是在产品种类的齐全程度上都是世界上其他公司无法与之匹敌的。ABB 公司的力测量产品及系统能进行精确可靠的测量与控制,从钢铁制造到纸张加工,应川范围十分广泛。代表其最高水平的是一套应用于冶金工业中的过程处理称量控制系统-----Millinate Weighing Systems,是专为在恶劣的工业环境中实现准确、连续的在线测量操作而设计的。它同时也是现今世界上最先进的称重系统。现今这些最先进的动态电子衡在硬件上简单可靠,在软件上非常稳定。如 ABB 公司生产的动态称重系统的测量精度已经达到 0.3%,尤其足其生产的 Pressductor 压磁式传感器的测量精度优于 0.05%,并且免维护^[4]。但是,由于这些动态电子衡采用的是 PLC 控制,无法处理较为复杂的数学模型。因此,当它们用于列车称重系统时,对工作环境的要求很高,有很多限制,而且输出稳定性较差。

1.2.2 课题的国内现状

对于动态电子衡的研究,近几年国内也有一定的发展。比较具有代表性的产品是由北京铁道学院研制成功的用于铁路系统的动态电子衡。但是,用于动态称重的动态电子轨道衡无人值守计量站还处于初级阶段。目前国内生产动态电子衡的主要厂家有:北京 YAMATO 公司;广东顺德华普电子衡器有限公司;河北唐山汇中威顿仪表有限公司;湖南湘潭五菱电子衡器公司;浙江杭州东方电子衡器有限公司等。这些企业通过与国外公司合作,生产主要用于工业生产的各种动态电子衡。

本课题来源于大型钢铁企业物资计量和贸易结算工作的实际需要。首钢集团总公司(首钢)已形成成为年产 1000 万吨钢的生产能力的特大型钢铁联合企业,现有产品品种 200 余个,产品规格 3800 项。首钢坚持以质量求生存,求发展,依靠技术进步,加强基础管理,不断完善计量管理和计量技术,强化量传与溯源体系的控制,确保测量设备准确可靠,充分发挥了测量设备在企业中的作用。随着首钢生产能力的不断提升,利用轨道衡进行钢铁冶炼的原燃料、出厂物资计量呈大幅增长的趋势。在市场经济条件下,首钢与供应商及内外部顾客依靠轨道衡进行贸易结算,而贸易结算是轨道衡技术不断发展的主要推动力。

1.3 课题的研究目的和意义

1.3.1 课题的研究目的

衡器作为称量物体的重要工具已经存在了几千年,随着世界科学学术水平的不断发展,衡器也随之发展着。发展到现在,电子衡器已成为主流产品,变成工业生产和民用生活中不可缺少的产品。而即使是电子衡器,快速性和准确性也是两个难以统一兼顾的互相矛盾的技术指标。因此,全动态电子衡器的开发和生产就成为时代的需求。这就是本课题的研究目的。全电子动态轨道衡计量系统与首钢信息化技术平台的完美结合形成无人值守的计量站,成为目前国内这一领域的领跑者。

1.3.2 课题的意义

动态电子衡器是当今世界衡器发展的前沿产品,它能有效的解决快速性和准确性—衡器的两个最重要的性能指标难以统一的问题,这对于解决工程中称重系统的实时称重问题显得尤为重要,特别是应用于陆地交通称重系统中^[5]。现在我国各部门正在使用的陆地交通称重系统大部分还是老式的机械衡器,只有少部分是八十年代末和九十年代初安装的静态电子衡器。它们虽然在一定程度上可保证称量精度,但快速性是绝对无法做到的。这对于在矿山和大型货场等需要大量交通运输的地方,将严重影响生产效率,而且衡器操纵者的劳动强度很高,容易产生差错。如果能把这些衡器换为动态电子衡器,并结合企业的信息化平台改造成无人值守计量站,将能很大程度地提高生产效率,对整个国民经济的发展起到推动作用。

1.4 课题的发展趋势和目前需要解决的问题

1.4.1 课题的发展趋势

随着工业生产自动化程度的不断提高,生产部门对动态电子衡的要求进一步提高,不仅要求动态电子衡器提高在线测量的速度,而且要求提高精度。因此,工业控制计算机(IPC)控制的动态电子衡器的开发就成为必然。因为,采用工业控制计算机可引入数字滤波技术,可通过运算各种复杂的数学模型,排除所有动态干扰,输出准确的质量信息^[6]。可通过人工智能技术在线更改系统参数,不仅扩大了动态电子衡器的使用范围;而且,许多硬件设备可由软件来代替,简化了硬件电路,使维修保养更加容易。首钢无人值守计量站在此基础上结合企业 ERP 系统和先进的铁路车号识别系统在这一领域占有优势。

1.4.2 本课题目前需要解决的问题和困难

动态电子轨道衡的核心是车型判别,即一对列车在经过计量站时动态称重系统怎样判断出车头与车皮以及每节车皮对应的前后两组转向架,从而测量出该节车的重量。称重系统的车型判别,现行的车型判别方式有硬件判别和软件判别两种方式,硬件车型判别即是采用在计量段内应用接近开关计算机通过读取接近开关的状态,而识别出是否是有效的计量。软件车型判别是通过读取列车经过计量段时称重传感器输出的波形文件,编制计算机程序进行的一种方法^[7]。在一般情况下,采用硬件判别或软件判别均能得到满意的效果。但对于列车称重问题,因为现场工作环境恶劣,硬件判别的核心部件接近开关维护和保养较为困难,所以采用软件来实现滤波,即采用软件车型判别技术。因此,如何从传感器输出的波形中找出我们所需要的计量段是本课题的关键之所在,也是课题的最困难之处。而选择车型判别方法的方法是通过考察它们的数学模型以确定最合适的方法。数学模型的选择要通过应用振动理论、滤波理论及系统辨识理论等数学、力学方法、理论来分析和确定。在选择和确定数学模型时,首先要知道称重传感器在受动态变力作用时输出的确波形;然后在时域和频域将之与实际波形的时域图和频域图相对照,找出两者的差异;最后用数学方法建立数学模型。

1.5 课题拟采用的技术方案

一套动态电子衡器系统包括硬件部分和软件部分。硬件部分包括:

- 1) 压力—电信号转换单元
- 2) A/D 转换单元
- 3) 系统控制与操作单元
- 4) 车号识别单元
- 5) 系统监控单元
- 6) 信息显示、打印与上传单元

系统硬件结构示意图如图 1.1。

压力—电信号转换单元采用多只称重传感器联合测量。称重传感器采用力传感器,将列车通过动态电子衡器的称重平台时的动态质量信号转换为连续变化的电压信号。安装示意图如图 1.2 所示:

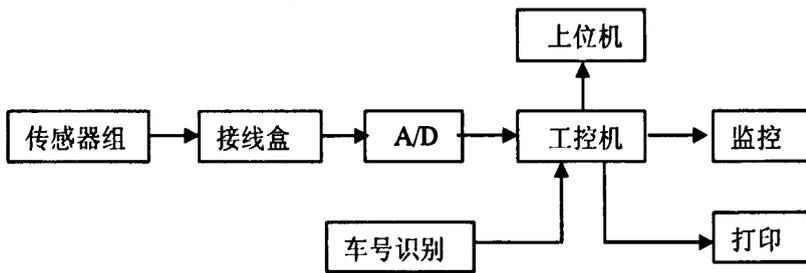


图 1.1 系统的硬件结构示意图

Fig.1.1 The structure of the system's hardware

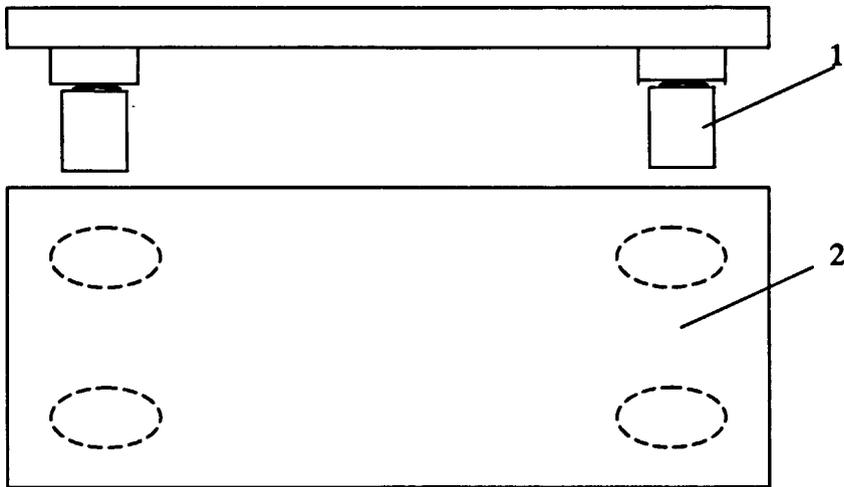


图 1.2 传感器安装示意图

1—传感器 2—混凝土基础

Fig.1.2 Installation of load cell

1—load cell 2—Concrete foundation

各称重传感器输出信号作为独立信号直接送入信号采集单元—接线盒。在接线盒内合并为一路模拟信号进入 A/D 转换单元。该单元将这路模拟信号转换为数字信号通过 RS—232C 接口与工控机（IPC）进行数据传送。

系统控制与操作单元为工业控制计算机(IPC)，它为此系统硬件的核心，信号的处理和基本操作上由它完成。车号识别单元将收集到的信息通过接口传给工业控制计算机（IPC）。IPC 将所有信号处理后通过 CRT 显示，并自动打印该列车的重量、牵引方式、车号、速度、列车节数、总重等信息。打印结束后自动将文件上传上位机。由上位机将数据远传给 ERP 系统，形成报表。

1.6 主要工作

第一章绪论主要是对全文的进行总体评价,介绍动态称重技术的历史起源,发展趋势,以及对本课题进行深入研究的意义,面临的困难和解决方案。第二章主要对构成动态轨道衡的组成部分进行论述,对动态轨道衡称重系统的基本原理,硬件构成,电阻应变片式称重传感器的基本知识,及称重通道在本系统中的实现。该部分实现了将被计量物体的重力通过载荷接受装置和传感器组转换为模拟电信号,再通过 A/D 转换器将模拟电信号转换为 16 位二进制数通过接口上传给工控机,进行计算。第三章主要叙述了动态称重系统的软件实现,主要技术要点是火车车型的判别,剔除无效的计量段波形后,对有效的计量段进行数据的处理得出我们需要的计量数据。有了这些计量数据我们的动态计量功能就基本实现了。第四章主要对自动车号识别系统进行论述,分析自动车号识别系统的构成部分,应用原理,以及在首钢动态称重系统中的具体应用。第五章主要对首钢动态轨道衡系统的应用做主要论述,分析了动态称重系统软件的操作以及维护的应用。第六章对本课题进行总结和对未来发展做出展望。

第二章 称重系统硬件的设计与实现

2.1 概述

2.1.1 电子衡器的分类和称量原理

2.1.1.1 按测试系统分类

1) 静态型

电子衡器的最初结构设想是因为传感器的出现而产生的。最早的电子衡器就是静态型，这种电子衡器也是现在使用范围最广的类型。

静态电子衡器是被称量物体稳定的放置于电子衡器上进行测量的。因为被测量物体处于稳定状态，所以传感器的输出值为真值^[8]。因此，静态电子衡器的数学运算模型为代数方程。

2) 动态型

动态电子衡器是在静态电子衡器的基础之上发展起来的一种新型电子衡器。它可直接测量运动物体的质量。动态电子衡器所利用的基本原理是动态测试技术。动态测试技术是一门新兴的边缘性前沿学科。它与许多学科，如测试技术、误差理论、概率统计、随机过程理论、信号处理、时间序列分析、系统辨识等等，相互联系，相互渗透。动态电子衡器所测量的量是随时间变化的变量。因此，它的数学运算模型为微分方程和差分方程^[9]。

2.1.1.2 按称量方式分类

1) 接触式测量

接触式测量主要是通过传感器直接与被测量的运动物体直接接触而获得动态信号，并对此动态信号进行处理来获取真实的质量信息，此种测量方式可测量单件集中质量物体和连续分散运动质量物体，它的主要优点是测量精精度高。

2) 非接触式测量

非接触式测量则主要是利用核辐射传感器来获取运动物体的动态信号，并加以分析以得到真实的质量信息，它的主要优点是测量时传感器与被测量运动物体无直接接触，因此扩大了电子衡器的应用范围，此种测量方式只可用于测量连续分散质量物体。

2.1.2 系统的要求及技术指标

由于本课题的研究对象为主要用于列车称重的动态电子衡器，所以要求：

- 1) 传感器的抗冲击、抗过载、抗偏载能力好，且输出稳定，输出信号电平高。
- 2) 系统的信号采集单元要稳定、可靠、停机维护时间短、周期长。
- 3) 系统的信号处理单元要稳定、可靠、便于维护，且机柜内必须能够防止灰尘进入，且机柜的设计必须符合 IEC529 防尘标准，保护等级最低为 IP21。
- 4) 系统采用开放式的系统协议，可通过网络实现远程控制和多用户数据共享。不影响生产，可实现多台衡器、多系统联合工作。各系统之间联接采用 RS—232C 接口。

2.2 动态轨道衡组成及称重原理

动态轨道衡是称量运动中铁路货车重量的一种轨道衡，也叫做自动轨道衡^[10]。这种轨道衡的称重台面(秤台)有足够的工作长度，以保证列车经过时有足够的时间进行有效的采样，在称重台面上，设置了不影响称量准确度的水平约束限位器在台面与引轨衔接处还装有过渡器，以使列车能平稳地进入和退出台面。这种轨道衡按其称量方式，可分为轴称量轨道衡、转向架称量轨道衡以及整车称量轨道衡三种，图 2.1 所示一节 4 轴货车，它在轴称量中称 4 次，在转向架称量中称 2 次，然后自动相加、指示或打印出整节货车的重量;而在整车计量中只称一次，相比之下其准确度最高，常用于称量液态罐车和较贵重的固态物料。动态轨道衡称量方式如图 2.1 所示：

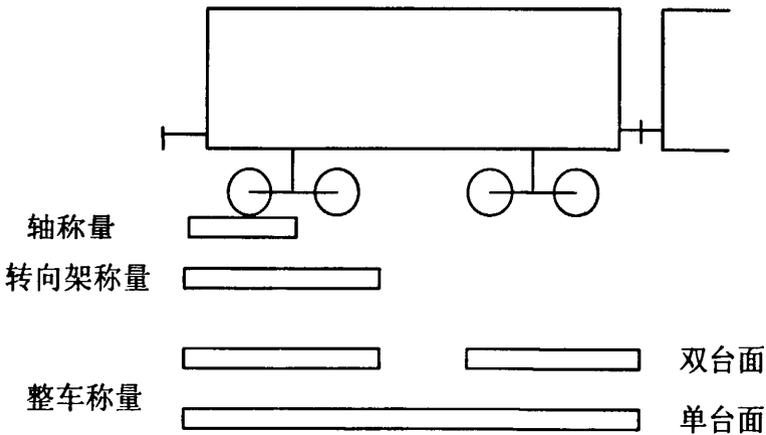


图 2.1 动态轨道衡称量方式

Fig. 2.1 Dynamic Weighing weight method

动态电子轨道衡是由称重台面、称重传感器、称重通道、计算机及接口以及软件等部分组成，其中称重台面、称重传感器、称重通道、计算机及接口是轨道衡的硬件组成。动态轨道衡硬件组成如图 2.2 所示：

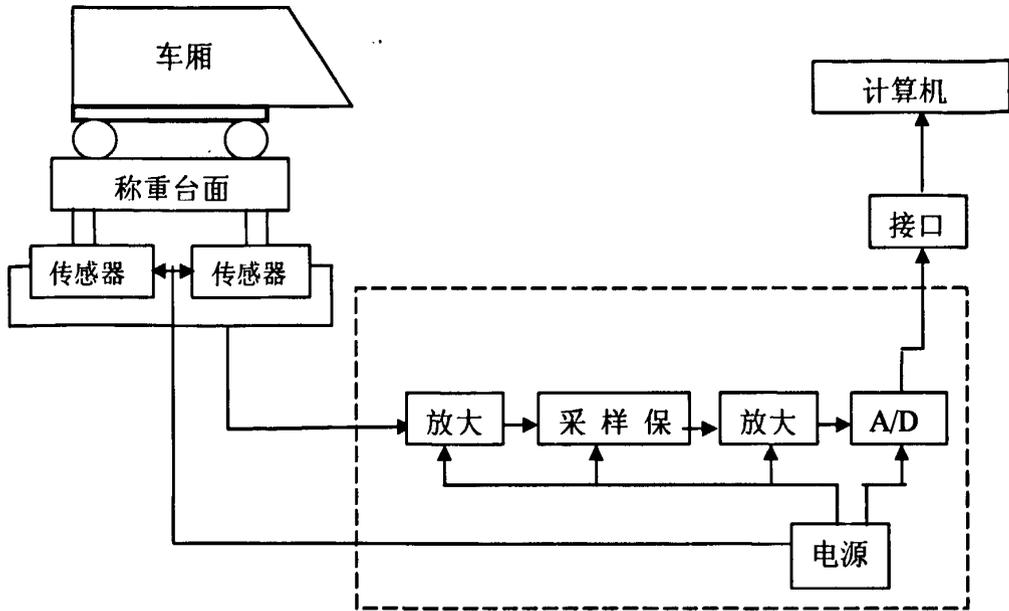


图 2.2 动态轨道衡的硬件构成示意图

Fig. 2.2 Dynamic rail weighing structure of the hardware schematic diagram

轨道衡的称重台面上铺有铁路钢轨(即称量轨)与铁路线相通, 包括称重梁、称重杠杆以及若干横梁, 其作用是用来承受被称量车辆及所承载货物的重量;台面还装有横向限位系统、纵向限位系统、锁定和调整构件、抗扭装置和引线轨、计量轨、铁垫板、锚固花梁等附件系统, 这些附件起到固定秤体, 减少火车震动撞击对称量的影响, 同时将承受到的重力均衡的传递到各个传感器上的作用。在理想状态下, 传感器的输出信号只是由重力作用产生的, 那么在没有车辆通过称重台面时, 称重台面输出的重量值应该只是称重台面自身的重量, 称重台面的输出值对时间的函数应该是一个恒定的值。当车轮压上称重台面的一刹那, 称重台面的输出值会出现一个跳跃。跳跃的输出表示车厢的第一根轴重, 随着时间的推移, 车厢的第二根轴也移至称重台面上称重, 称重台面的输出值会产生另一个跳跃, 这个跳跃和第一个跳跃的幅值之和代表了整个转向架的重量。在第一根轴走下称重台面之前, 称重台面输出应保持不变, 随着两根轴相继离开称重台面称重, 称重台面的输出会出现两次方向相反的跳跃, 见图 2.3 中波形所示:

输出幅度最大的部分(即为转向架的两根轴都在称重台面上时的输出)代表了整个转向架的重量。两个转向架分别计算重量, 然后相加, 就可以得出整车的重量($W_{总}$)为:

$$W_{总} = W_{前} + W_{后} \tag{2.1}$$

在计算车厢过衡速度时, 动态电子轨道衡的称重台面长度是一个已知确定的量, 根据系统的采样频率和整节车厢通过称重台面时的采样总数可以计算出该节车厢通过动态电

子轨道衡时所用的时间，由此就可以计算出每节车厢的过衡速度：

$$\text{车厢过衡速度} = \frac{\text{称重台面长度}}{\text{整节车厢过衡采样总数} \times \text{系统采样频率}} \quad (2.2)$$

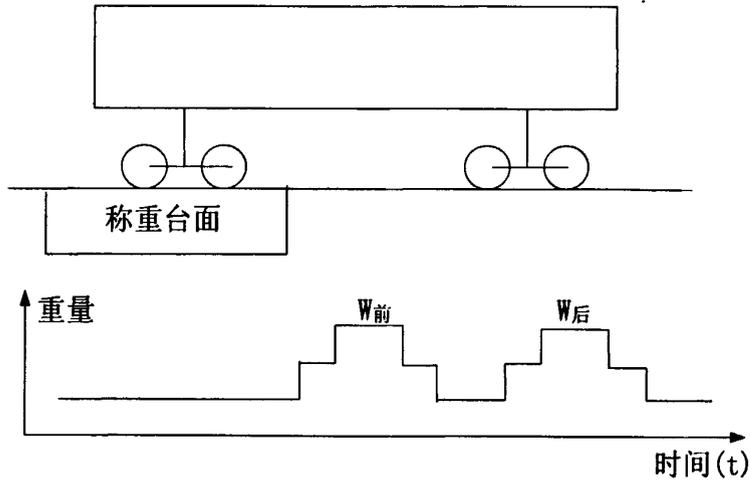


图 2.3 称重原理示意图

Fig. 2.3 Schematic diagram of weighing

动态电子轨道衡称量的主要技术指标是称重精度和称重时允许列车通过的速度，这主要取决于过渡轨和秤台的水平度、传感器的灵敏度、供桥电源的稳定度、A/D 转换器的精度、速度和动态称量算法的优劣等。为了保证动态电子轨道衡对测量速度和精度的要求，必须从硬件和软件两个方面着手解决问题，消除误差干扰，准确无误的计算出重量和速度。

2.3 称重台面尺寸设计

轨道衡称重台面设计主要研究台面尺寸的确定工作，轨道衡的台面设计取决于轨道衡的称量方式和被称量的货车车型。如前所述，轨道衡根据不同的分类方法而具有较多种类型，但总体来说可分为静态轨道衡和动态轨道衡。静态轨道衡计量精度高，全部采用整车计量方式，称重台面设计较为简单，而动态轨道衡根据秤台的结构可分为单台面、双台面轨道衡，单台面的动态轨道衡用于轴计量和转向架计量，而双台面的动态轨道衡可以实现整车计量，可根据计量物资的状态和贵重程度进行动静态称重选择，下面以首钢用于贸易结算的单台面转向架计量、动静两用轨道衡为例介绍轨道衡台面的设计。

目前，铁路上的货车车型基本分为敞车(C)和平车(N)，使用的车型型号为 C50、C62、C65、N16、N60 等车型，这几种车型都是采用自动车钩的四轴车，车轴允许载荷为 20.5t。货车的基本尺寸如图 2.4 所示：

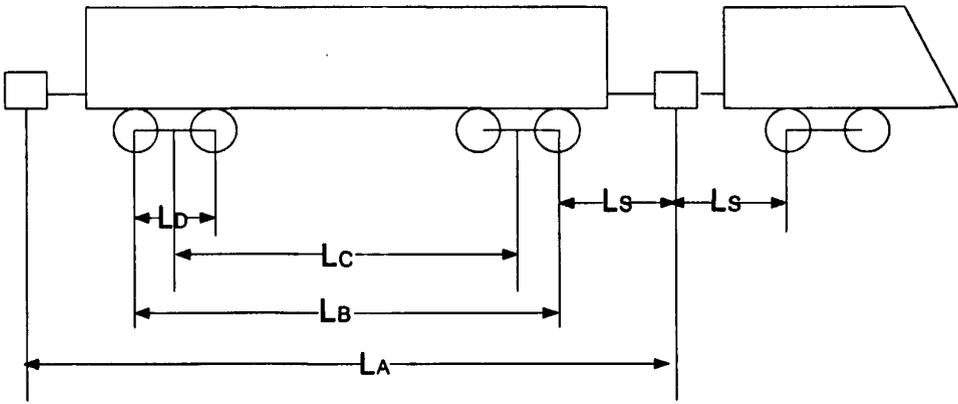


图 2.4 货车的基本尺寸

Fig. 2.4 The basic size of truck

常用铁路车辆的轴间距离见表 2.1^[11];

表 2.1 常用铁路车辆轴间距离

Table 2.1 Common rail vehicles of the distance between the axis

车型	固定轴距 L_d	心盘距 L_c	全轴距 L_b	钩舌距 L_a	$2L_s$	L_a+2L_s
C50	1720	9900	11620	14024	2404	16428
C55	1720	9800	11520	14008	2488	16496
C62	1750	8700	10450	13442	2992	16434
C65	1750	9200	10950	13942	2992	16934
N16	1750	9300	11050	13942	2892	16834
N60	1750	9300	11050	13908	2858	16766

转向架计量秤台长度应满足:

$$L_{dmax} < L < L_{cmin} \tag{2.3}$$

为了得到尽可能长的动态称重时间, 可以依照下式来选定秤台长度:

$$L \leq (L_a - L_b)_{min} \tag{2.4}$$

我国转向架计量通常选秤台为 3.6 米, 首钢所应用的北京 YAMATO 公司 DCS-100t 动态轨道衡就是 3.6 米台面。

2.4 称重传感器

2.4.1 传感器作用

随着信息处理技术、微处理器、计算机技术的高速发展, 各类称重传感器的开发有了长足的进展, 称重传感器现在已经在测量和控制系统中得到了广泛的应用, 随着传感

器技术、数据采集和处理以及通信系统各功能的不断增强,作为信息采集系统的前端单元,称重传感器的作用越来越重要。称重传感器已成为称量自动化系统技术中的关键部件,作为系统中的一个结构组成,其重要性变得越来越明显。最广义地说,传感器是一种能把物理量或化学量转变成便于利用的电信号的器件^[12]。国际电工委员会IEC(International Electrotechnical Committee)的定义为:“传感器是测量系统中的一种前置部件,它将输入变量转换成可供测量的信号^[13]”。还有人说:“传感器是包括承载体和电路连接的敏感元件”,而“传感器系统则是组合有某种信息处理(模拟或数字)能力的传感器”。传感器是传感器系统的一个组成部分,它是被测量信号输入的第一道关口。要进行一个具体的测量工作,首先要考虑采用何种原理的传感器,这需要分析多方面的因素之后才能确定。因为,即使是测量同一物理量,也有多种原理的传感器可供选用,哪一种原理的传感器更为合适,则需要根据被测量的特点和传感器的使用条件考虑以下一些具体问题:量程的大小、被测位置对传感器体积的要求、信号的引出方法、传感器的来源、国产还是进口、价格能否承受诸多因素。在考虑上述问题之后就能确定选用何种类型的传感器,然后再考虑传感器的具体性能指标。称重传感器是轨道衡的重要组成部分,是把计量的重量转换成电量或其它量的一种力传感器,它的精度是由弹性体变形系数、几何尺寸、电阻应变片的数量和连接方式、测量电路以及传感器安装的垂直度来决定的。称重传感器种类较多,有电阻应变式、电容式、压磁式、差动变压器式、谐振式等。轨道衡称量中最常用的是电阻应变式传感器^[14]。

2.4.2 电阻应变式称重传感器

电阻应变式传感器是应用虎克定律,即在弹性极限范围内,弹性体的变形与使其变形的的外力成正比关系,实现称重计量^[15]。

根据虎克定律,弹性体的变形与使其变形的的外力之间的关系为:

$$L=K \times F \quad (2.5)$$

式中: L—弹性体变形大小

K—弹性体变形比例系数

F—使弹性体的变形外力

称量物体时,造成弹性体的变形外力,就是被称物体的质量(重量),在重力场中的重力W。若 $K=1$,则 $L=W$,可见,根据弹性体变形的大小,可以测量物体的重力,从而测出物体的重量。

电阻应变式传感器是在传感器的弹性体承受物体重力(拉力或压力)产生弹性形变时, 粘贴在弹性体上的电阻应变计同时产生弹性变型, 它的长度 L 截面积以及电阻率 ρ 也相应产生变化, 此时其电阻 R 的相应变化量为:

$$\frac{\Delta R}{R} = (1+2\mu) \frac{\Delta L}{L} + \frac{\Delta \rho}{\rho} \tag{2.6}$$

应变计的应变灵敏系数 K_0 为:

$$K_0 = \frac{\Delta R/R}{\Delta L/L} = (1+2\mu) + \frac{\Delta \rho/\rho}{\Delta L/L} \tag{2.7}$$

式中:

μ : 泊桑系数, 一般金属为 0.20—0.40;

$(1+2\mu)$: 由于金属丝或箔几何形状变化而引起的量, 一般为 1.48—1.80;

$\frac{\Delta R/R}{\Delta L/L}$: 由于金属丝或箔单位长度变化而引起的电阻率相应变化量;

金属丝或箔制成的应变计, K_0 一般在 1.71—3.6 之间, 由此可知, 通过测量电阻应变计阻值的变化, 可以测得物体重力。

根据上述原理制成的电阻应变式称重传感器有三个部分组成:即弹性体、电阻应变计与测量电路, 采用专门的十分严格的粘贴技术, 通过连接线将三者联系起来, 就可以实现重力转为电量的变化。如图 2.5 所示。

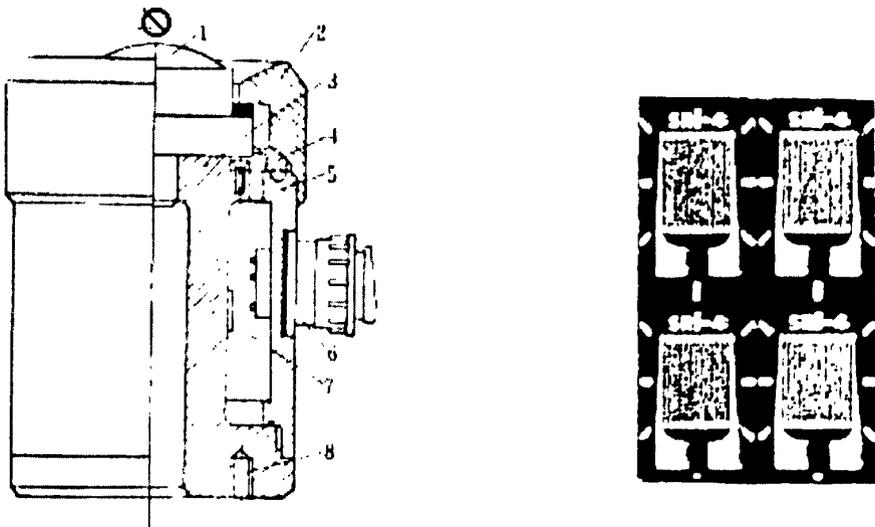


图 2.5 电阻应变片式传感器结构图

Fig. 2.5 Resistance strain gages sensors chart

弹性体是一个有特殊形状的结构件。它的功能有两个, 首先是它承受称重传感器所

受的外力,对外力产生反作用力,达到相对静平衡;其次,它要产生一个高品质的应变场(区),使粘贴在此区的电阻应变片比较理想的完成应变为电信号的转换任务。

电阻应变计是把一根电阻丝机械的分布在一块有机材料制成的基底上,即成为一片应变片,它的一个重要参数是灵敏系数。

测量电路的功能是把电阻应变片的电阻变化转变为电压输出。因为惠斯登电桥具有很多优点,如可以抑制温度变化的影响,可以抑制侧向力干扰,可以比较方便的解决称重传感器的补偿问题等,惠斯登电桥在称重传感器中得到了广泛的应用,又由于全桥式等臂电桥的灵敏度最高,各臂参数一致,各种干扰的影响容易相互抵销,所以称重传感器均采用全桥式等臂电桥。电阻应变式传感器测量电路如图 2.6 所示:

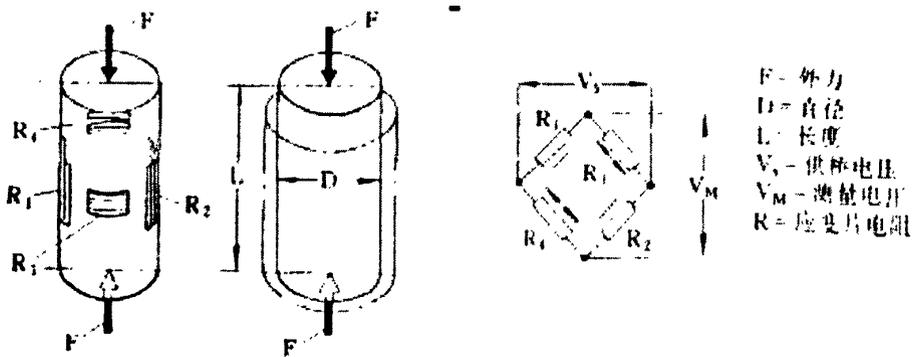


图 2.6 电阻应变式传感器测量电路

Fig. 2.6 Resistance strain sensor measuring circuit

根据传感器受力与输出公式:

$$V_M = \mu \cdot \frac{F}{W} \cdot V_S \tag{2.8}$$

其中: μ : 传感器灵敏度(常量)。

W : 传感器额定载荷。

得出测量电压 V_M 随外力 F 变化而变化,那么不加外力 F 时, $V_M=0$; 施加外力 F 时, V_M 与 F 成正比,此外, V_M 还与桥路供电电源电压成正比。

我们可以得出结论:称量结果不准可能与传感器有关。如果称量结果偏大,可能是电阻应变片发生断路;称量结果偏小,可能是某个传感器没有输出;如果电阻应变片和弹性体损坏和断裂,则会导致称量数字不变化、过大或者为零;如果电阻应变片和弹性体粘贴不牢固或者弹性体发生变形,则会导致称量结果变小或者不灵敏,由此得出:传感器是影响称量结果准确的重要因素之一。

称重传感器的主要技术参数^[16]

- 1) 额定载荷即传感器的最大称重量值。
- 2) 灵敏度即在额定载荷下传感器的输出电压与桥压之比，其检测结果见表 2.2。
- 3) 非线性由无负输出值到额定负载输出值所做出的直线和实测值曲线之最大偏差对额定输出值的百分比，如图 2.7 所示。
- 4) 滞后性在加载、减载时实测的最大值对额定输出值的百分比，如图 2.7 所示。
- 5) 重复性在同环境条件下，同一负载反复加载时，各输出值之间的最大差位对额定输出的百分比，如图 2.7 所示。
- 6) 推荐桥压在使用上最合适的外加供桥电压。

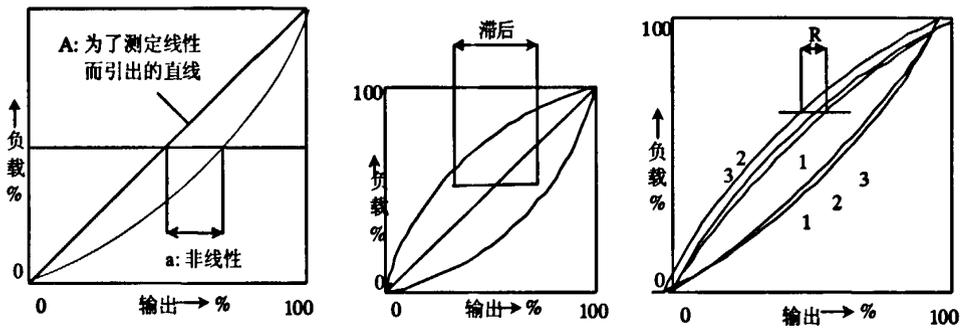


图 2.7 传感器的主要技术参数

Fig. 2.7 The main technical parameters of sensor

- 7) 最大桥压：传感器所能外加的最大供桥电压。
- 8) 允许过载能力。
- 9) 输入阻抗：无负载时，输出端开放，输入端阻抗值。
- 10) 输出阻抗：无负载时，输入端开放，输出端阻抗值。
- 11) 绝缘阻值：传感器的电路与本体之间直流阻抗值。

2.4.3 称重传感器的选用

称重传感器的选用首先要考虑使用场合的实际需要，在测力精度和主要技术性能方面也必须满足实际需要。称重传感器由于它的不同弹性体结构和采用的应变计性能不同，而在测量精度和其他性能方面会有所不同。所以，要综合考虑应用的实际需要来选用合适的传感器。

2.4.3.1 传感器精度的选择

传感器的精度包括额定载荷、灵敏度、非线性、重复性、滞后性等主要技术参数。目前,称重传感器的普通级精为千分之五,中级精度为千分之二至万分之五,高精度为万分之三至万分之一^[17]。

由于本系统为用于列车称重的动态电子系统,不需要太多的精度,因此,选择普通级精度的称重传感器即可满足需要。

2.4.3.2 传感器密封状态的选择

工业使用的传感器,因工作时间长、工作环境恶劣,常常要求使用密封型传感器^[18]。传感器的密封方式分为:

- 1) 质密封:密封效果较差,成本低廉。
- 2) 橡胶密封:密封效果一般,成本适中。
- 3) 硅橡胶密封:密封效果较好,成本适中。
- 4) 焊接密封:密封效果最好,成本较高。

由于本系统工作环境恶劣,且使用周期长,所以必须选用焊接密封型传感器。因为,焊接密封型传感器的实际应用寿命和可靠性均明显优于其他几种型式的密封传感器。

2.4.3.3 传感器量程的选择

动态电子称重系统的实际应用场合往往是多个传感器联使用,因此,传感器量程选择必须考虑以下因素:

- 1) 被称量物体的最大重量;
- 2) 秤台装置的自重;
- 3) 传感器设置的数量;
- 4) 正常操作下可能产生的最大偏载;
- 5) 称量状态下的冲击载荷;
- 6) 其它附近的干扰力。

考虑以上因素,用于动态称重系统时,一般设计选用传感器工作在额定负荷 55%~60%左右,这样即留有保险余量,又确保其使用精度。

在具体的传感器的选择上,首钢用于动态计量的轨道衡为北京 YAMATO 公司 DCS-100t,为保证传感器具有高可靠性、综合精度高、线性好、蠕变小、稳定性好等特点,系统采用四只 TEDEA 公司的电阻应变式传感器 TEDEA-30T,该传感器的测量方式为柱式应变式称重传感器,其性能特点是高过载、灵敏度高,线性好,安装方便、输入

阻抗、输出阻抗一致性好，以保证良好的互换性^[19]。有较宽的温度工作范围，尤其非常适合动态电子轨道衡的应用。称重传感器的连接方式，如图 2.8 所示：

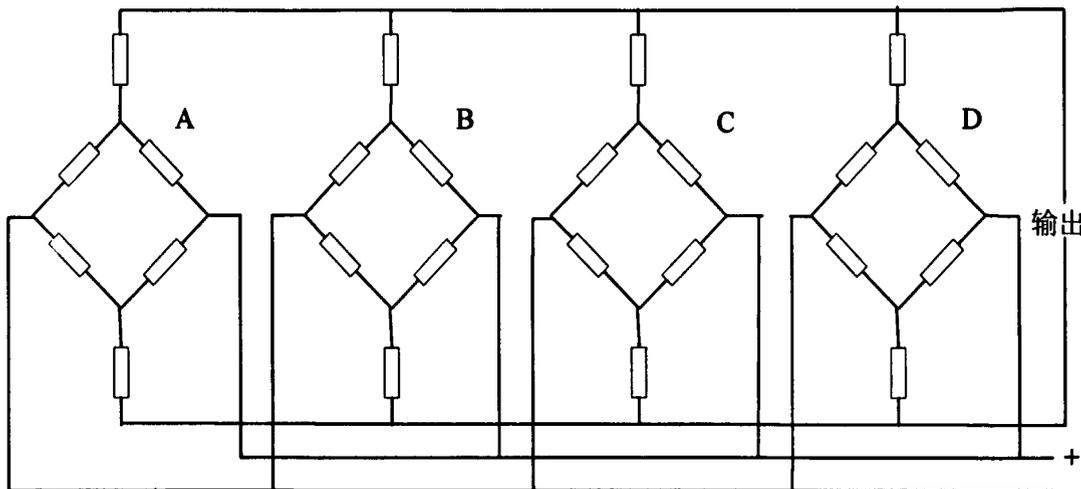


图 2.8 称重传感器的并联连接方式

Fig. 2.8 Weighing sensor parallel connections

并联传感器各个参数的一致性要求较高，其输入输出阻抗一致，甚至灵敏度也要一致，应与衡器的精度要求相对应，并联后的内阻小，但总的输出信号约为单个传感器的输出信号，因此要求检测仪器必须高灵敏度、高增益、高线性才能提高测量精度^[20]。

2.5 称重通道设计与实现

轨道衡称重系统一般没有专门化的专用仪表，通常采用称重通道或模数转换的专用插板来完成放大、模数转换、提供供桥电源等功能，再通过接口电路由计算机进行数据处理。

称重通道的采样速度快慢、A/D 转换精度高低、供桥电源稳定性、抗干扰性能的好坏，都影响动态轨道衡的计量性能、计量速度等。本系统采用北京 YAMATO 公司生产的 HDC-100 型称重通道。该通道是集信号放大，滤波，A/D 转换和数字采集为一体的称重通道。

2.5.1 线性放大器

称重通道的输入信号为传感器的输出信号。传感器输出的信号很弱，仅为毫伏级，所以在进行 A/D 转换之前，必须经过放大，且放大倍数约为几百倍才能满足要求。由于动态轨道衡用称重传感器是应变片式的，激励电压为和信号共模电压较高，所以线性

放大器应有很高的共模抑制比；同时，要求线性放大器有较高的输入电阻，避免减低传感器输出信号；为提高精度，放大器还应有较高的开环增益，较低的失调电压、失调电流、噪声及漂移等，故我们选用的放大器为差动输入、单端输出方式^[21]。线性放大器电路如图 2.9 所示，此放大器的放大倍数为：

$$A_v = \frac{(2R_2 + R_1) \times R_4}{R_1 \times R_3} \quad (2.9)$$

模拟电路应选用两级放大，第一级放大采用一阶滤波 RC 滤波电路，前置放大器采用了 ICL7652 斩波稳零集成运放，该运放是采用先进的 CMOS 工艺制成的大规模模拟集成电路，其特点一是超低失调和超低漂移，高增益、高输入阻抗；二是与其它运放不同，这种运放由一时钟控制，分节拍工作，前一节拍将输入失调采集并存储于电容中，后一节拍采样和放大信号，并将此刻的失调相抵消，所以电路总的失调和温漂极小，性能极为优越、稳定。电路除采用二个采样/保持电容外，其余的放大、时钟振荡以及所用控制电路均集成于芯片内。该级运放将信号放大约 100 倍。第二级放大与第一级放大由一个一阶 RC 滤波电路连接，运放采用高质量，高性能的芯片 AD510 或 OP177 运算放大器。此类放大器常用于数据采集和工业自动控制等系统中。

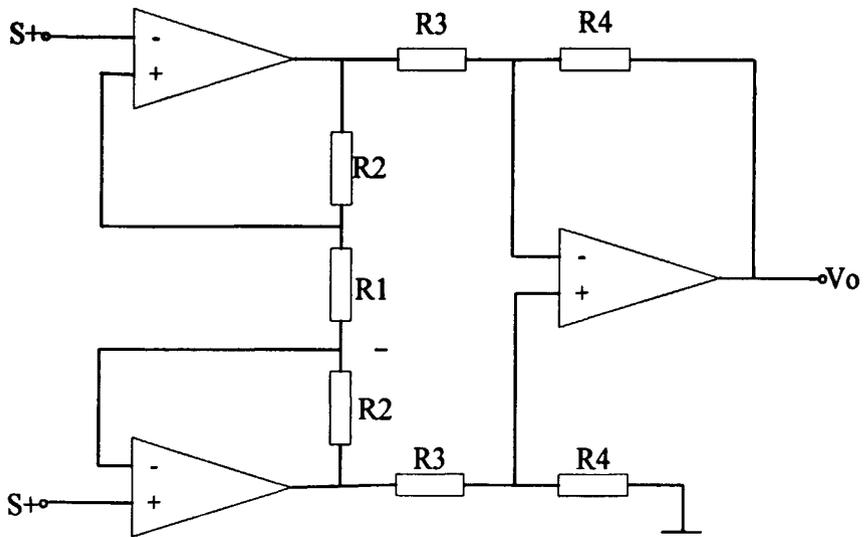


图 2.9 线性放大电路示意图

Fig. 2.9 Linear amplification circuit diagram

2.5.2 滤波电路

动态电子轨道衡的应用环境一般比较恶劣，存在多种干扰源，因此必须进行信号滤波，为提高抗干扰性，削弱现场高次谐波或高频干扰和噪声，在硬件方面我们选用二阶

有源低通滤波器使二级放大兼有放大和对 20Hz 以上干扰信号的滤波作用。此滤波电路由集成运放和 RC 网络组成，其优点是输入阻抗高、输出阻抗低，输入与输出间有很好的隔离。滤波电路组成如图 2.10 所示：

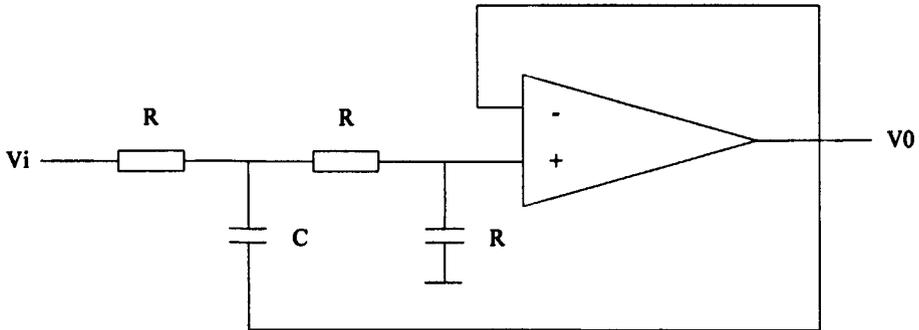


图 2.10 滤波电路构成示意图

Fig. 2.10 Schematic diagram of a filter circuit

2.5.3 A/D 转换器

A/D 转换器是通道的一个重要组成部分。因为输入的模拟信号在时间上是连续量，而输出的数字信号代码是离散量，所以进行转换时必须在一系列选定的瞬间(即时间坐标轴上的一些规定点上)对输入的模拟信号取样，然后再把这些取样值转换为输出的数字量。因此，一般的 A/D 转换过程是通过取样、保持、量化和编码这 4 个步骤完成的。常用的 A/D 转换器可分为并行比较型、逐次比较型和双积分型等几种。

在动态轨道衡称重中 A/D 转换器必须分辨率高，还要求转换速度快，考虑到噪声小、分辨率高、速度快的要求，我们选用美国 AD 公司的 ADC1140 芯片。它具有内部基准源，内部时钟，采用逐次比较方式，具有 16 位并口输出，分辨率达到 1/65536，它的 A/D 转换速度为 14μS/次，A/D 转换器输出的 16 位二进制数经三态门驱动器变为两个 8 位二进制数，通过并行接口送给计算机，能够满足使用要求。A/D 转换时序见图 2.11

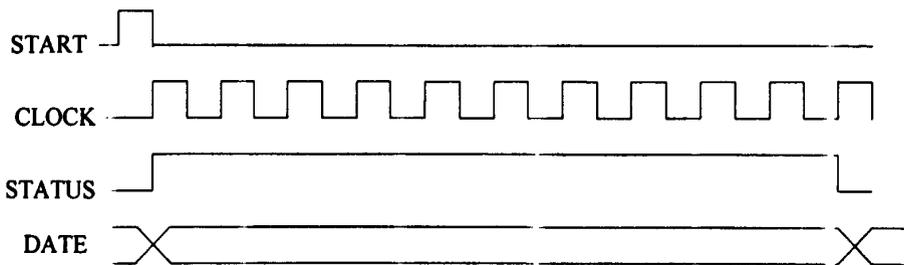


图 2.11 A/D 转换时序图

Fig. 2.11 A/D Sequential conversion plans

2.6 采集数字信号

计算机接口电路由基于 PCI 总线的 PCI—1751 数字信号采集板完成, 这种数字信号采集板提供 48 位 6 个通道的输入输出功能, 等同于两个 8255 并口芯片, 分辨率高于 8255。一个 8255 通过拨码开关设计一个可变址的译码电路, 提供具有两个 8 位(A 和 B 口)和两个 4 位(C 口高/低 4 位), 最多可达 24 位的并行输入/输出端口的接口芯片, 它为 Intel 系列 CPU 与外部设备之间提供了 TTL 电平兼容的接口, 它的 PC 口还具有按位置位/复位功能, 为 PC 口作为联络信号时的按位控制提供了强有力的支持。可实现 CPU 与 I/O 接口之间的多种数据传送方式, 如无条件传送、应答方式传送、中断方式传送。芯片内部主要由控制寄存器、状态寄存器和数据寄存器组成^[22]。

主要性能如下:

- 1) 最大工作频率 3MHz;
- 2) 最大转换速度为 1.5MB/s;
- 3) 采用先进的 CMOS 工艺实现高速低消耗;
- 4) 全静态设计;
- 5) 3 个独立的 16 位计数器;
- 6) 状态回读指令;
- 7) 6 种计数器/定时器工作模式;
- 8) 二进制和十进制计数;

2.7 本章小结

本章着重介绍了首钢动态轨道衡称重系统的基本原理, 硬件构成, 电阻应变片式称重传感器的基本知识, 及称重通道在本系统中的实现。该部分实现了将被计量物体的重力通过载荷接受装置和传感器组转换为模拟电信号, 再通过 A/D 转换器将模拟电信号转换为 16 位二进制数通过接口上传给工控机。计算机如何从这些杂乱的数据中选出有效的数据将是下一章的主要内容。

第三章 称重系统软件的设计思想

3.1 系统的数学模型

从力学角度分析, 动态称重是在称重系统(包括背称车辆)受力未达到平衡状态之前就进行称量的, 因此必须考虑力与运动的关系。运动可以用位移 x , 速度 $\frac{dx}{dt}$ 和加速度

$\frac{d^2x}{dt^2}$ 来描述, 这样自动轨道衡所受的合力及合力矩可以表示为:

$$\sum F = f(x, \frac{dx}{dt}, \frac{d^2x}{dt^2}) \quad (3.1)$$

$$\sum M = g(x, \frac{dx}{dt}, \frac{d^2x}{dt^2}) \quad (3.2)$$

即力和力矩的矢量和是位移, 速度和加速度的函数^[23]。

由于称重是在列车运动过程中完成的, 如果称重准确度要求高, 则必须考虑整个称重系统的过渡过程的误差。

在动态称重中瞬时, 一次的称量其结果往往不会理想。为达到要求的准确度, 必须进行多次称量, 而且还必须对多次称量的结果按动态称量的某种模型进行数据处理。同时, 从上述表达式中可以看出, 除了测出力所反应的重量参数外, 还必须附带测量位移速度和加速度等参数, 以便进行有效的数据处理信。由于几个参数的在时间上必须同步, 所以要求自动轨道衡的系统惯性应尽可能小。

3.2 信号系统特点

当行进中的车辆的一个轮对通过自动轨道衡时, 在称重传感器中将输出如图 3.1 所示的电压波形信号, 它大致可分为三个阶段:

1) $t_0 \sim t_1$ 瞬态过程阶段, 轮对驶入秤台面一瞬间载荷突然加到台面上, 以及轮对与轨道的冲击造成的。这时在稳态输出的电压 u_1 上叠加的交变信号频率 f_1 高, 幅值大, 衰减快, 这段时间一般需要 0.1~0.2s 左右。

2) $t_1 \sim t_2$ 为信号稳定阶段, 其中包括了与轮对对钢轨压力成正比的恒定分量 U_1 , 振动频率分别为 f_2 和 f_3 , 且 $f_2 < f_3$ 近似于逐渐衰减的正弦波的振动分量 U_2 和 U_3 。

3) $t_2 \sim t_3$ 为信号电压下降阶段即轮对驶离台面的瞬间。

由上述输出电压波形可知, 动态称重应避开 $t_0 \sim t_1$ 和 $t_2 \sim t_3$ 阶段。选用 $t_1 \sim t_2$ 这段信

号稳定的阶段进行称量和信号处理为宜。

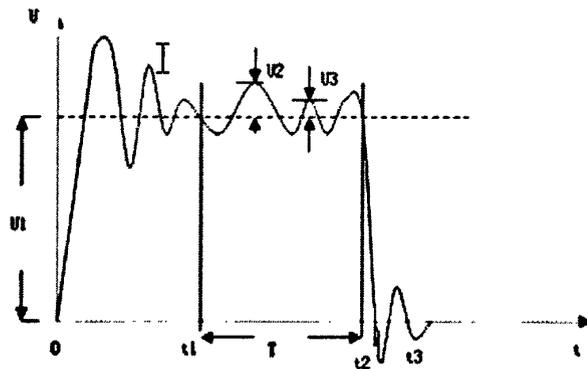


图 3.1 动态输出电压波形信号图

Fig. 3.1 Dynamic output voltage waveform signal Fig

转向架称重方式中称重传感器输出的信号电压和轴计量称重方式输出的波形不同之处，是在中间又叠加了一个轮对信号。

由于计算机读取的是经过通道处理的 16 为二进制代码，这些经过称重通道处理过的重量代码在计算机中所描绘的波形如图 3.2 所示：

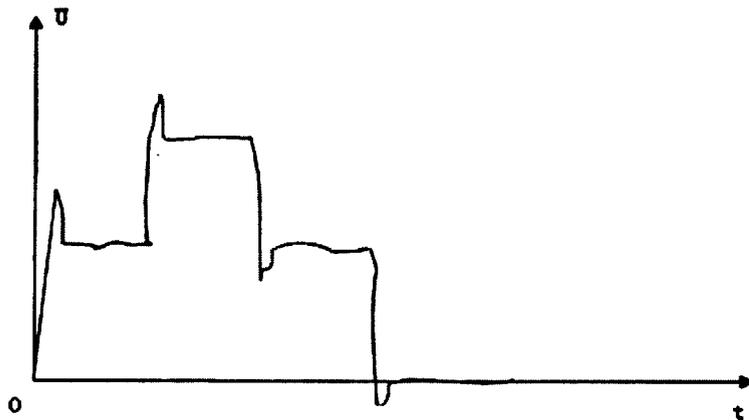


图 3.2 称重通道输出的电压波形图

Fig. 3.2 Weighing channel output voltage waveforms

在计算机程序中只要剔除由于冲击产生的阶跃函数的影响，选好采样的时间段就可以有效的解决系统扰动对计量精度的影响。在本程序中图 3.2 由于称重台面是 3.6 米，我们通过取间中的 1.2 米作为有效的计量段，剔除无效计量段是通过速度和时间计算得出的。就是利用区间： $1.2m \leq vt \leq 2.4m$ ，得出我们需要的采样区间 $t_1 \sim t_2$ ，在根据采样频率计算得出采样的个数。在程序设计中速度的初值为 5km/h。

3.3 车型判别的逻辑控制系统

3.3.1 概述

自动轨道衡的称重对象是货车，但是在自动轨道衡称重过程中，无论是需要称重的货车，还是不需要称重的机车，无一例外的都要从秤台上通过。因此对于一台称重过程完全自动化的自动轨道衡来说，它必须具备“自动判别车型”的逻辑控制系统。通常有两种判别方法：开关判别法和波形判别法^[24]。

3.3.2 开关判别法

开关判别车型法即前面所述车型判别的开关量信号通道。它必须在秤台或引轨上安装一些开关。并在控制系统中增加一套逻辑电路和开关量接口。这就增加了系统硬件的复杂程度，降低了系统的可靠性。特别要指出的是，所用的开关通常为机械接点式，光电式或电磁感应式等。无论采用那一种开关，它们的故障率均比较高。据统计，已经运行的自动轨道衡，开关量故障几乎占总故障的 60~80%。

3.3.3 波形判别车型法

随着计算机系统在动态轨道衡中的应用，根据图 3.2 所描述的波形变化情况来判别车型的方法称为波形判别法。这种方法需要引入“重量信号增量”这一概念^[25]。

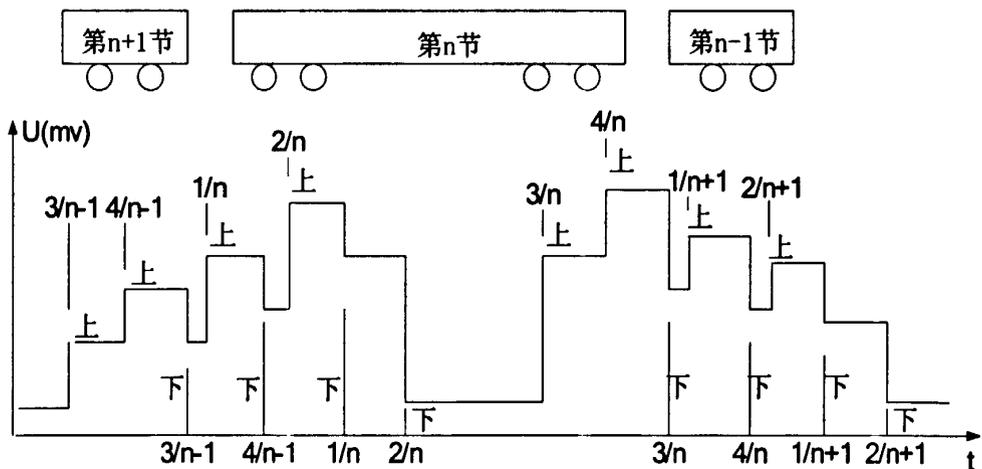


图 3.3 货车重量波形图

Fig. 3.3 The waveform of vehicle weight

因为称重传感器输出的重量信号与作用在秤台上的车轮秤台的压力成正比。当车轮进入或离开秤台时，称重信号产生一个正的或负的增量。列车通过自动轨道衡时，一对对车轮不断进入，离开秤台时，重量信号也随着连续发生变化。将重量信号随时变化的情况绘成曲线就成了图 3.3 所示的货车重量波形图。这种波形是实现波形判别车型的法

不可缺少的依据。

在此波形判别车型法中计算机需要进行如下操作：

1) 轴距测定

为了判定通过自动轨道衡的车辆各个轴距是否与货车的特征轴相吻合，必须对这些轴进行测量。测定轴距即判定波形图上各段时间。

2) 设“门槛”

为了把这种车轮上，下秤台引起的重量信号信号予以区别，可以设定一个参数“C”称为重量信号的“门槛”相邻采样点之差大于C时表明有车轮进入或离开秤台，否则视为信号波动。C值通常按最轻空车一个轴重对应重量信号的80%来确定。

3) 轴距判定

每节车辆通过秤台所得到的三个轴距与预先存储在计算机内的货车特征轴距相比较，能满足者为货车，不能满足者为非货车。

4) 轴数统计

若自动轨道衡为转向架称重方式，则只有一个货车转向架的两对车轮同时在称重台时计算机才能够进行称量。这一过程需在计算机内存中开辟一个计数单元，并将重量信号分段整理，然后进行是否是同一货车转向架两对轮的判别等。

图 3.4 为转向架判别流程图，当有轮对经过称重台面是系统采集到重量信号，称重程序通过读取重量信号，把它和程序设定的“门槛”值相比较，如果重量大于“门槛”值则程序认为有车量进入或离开衡器台面，否则程序认为是信号波动。如果 yes 则程序记录脉冲沿（即轴数），利用车速与每个轴通过台面的时间计算出相应的轴距，每节车辆通过秤台所得到的三个轴距与预先存储在计算机内的货车转向架特征轴距相比较，能满足者为货车转向架，不能满足者为非货车。如果 yes 则记录该转向架的重量，并返回。

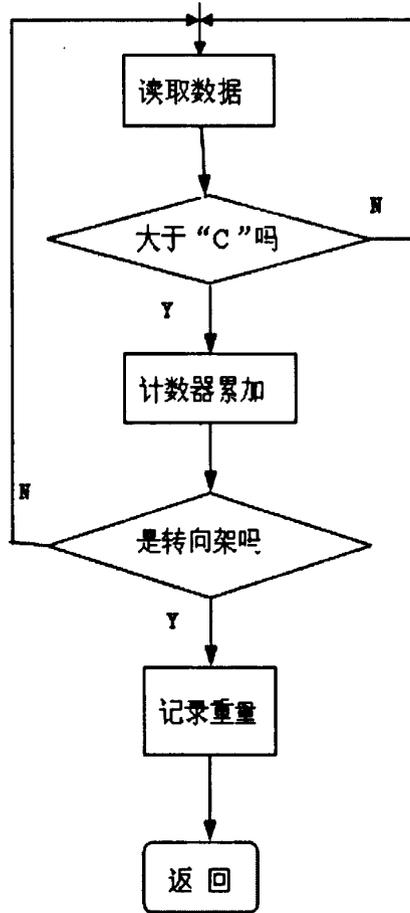


图 3.4 转向架判别流程图

Fig. 3.4 Models discriminant logic control system software flow chart

图 3.5 为动态称重系统软件流程图，当系统处于待机状态时，系统进行零点的检测，如果有重量信号进入，程序首先根据波形进行判别它是否是车头即是否满足货车车型的条件。是车头要进行除去车头重量的计算，不是则进行图 3.4 中转向架的判别，符合特征则计算重量，速度。不符合转向架特征的，进行符合结束特征判别，满足了结束称量特征则进行数据的上传打印，不满足结束特征的继续返回进行车头的判别。这里定义称量结束特征有以下几条：

- 1) 一段时间内不再有重量信号出现，系统默认 10 秒。
- 2) 系统长时接收同一个重量信号，可能原因是机车停在台面不动造成。
- 3) 非标车辆通过台面，造成系统不能识别。

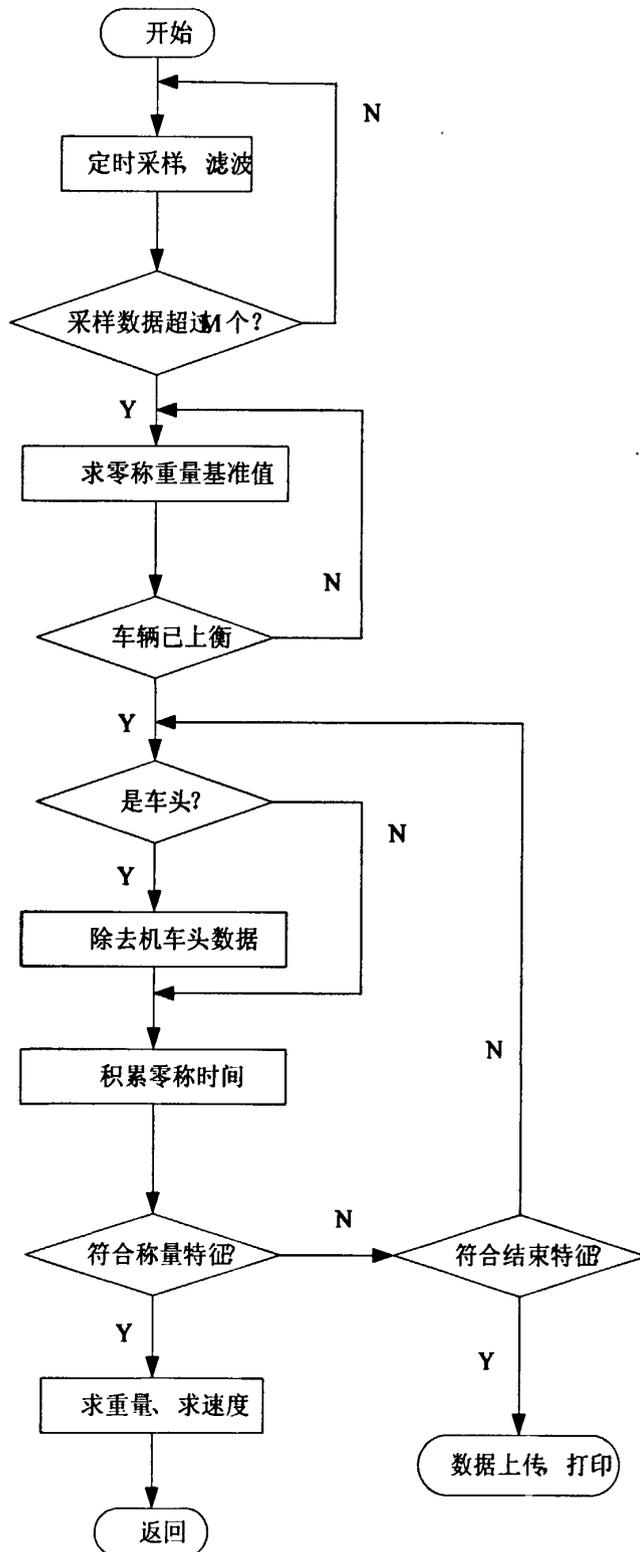


图 3.5 动态称重系统软件流程图

Fig. 3.5 Dynamic weighing system software flow chart

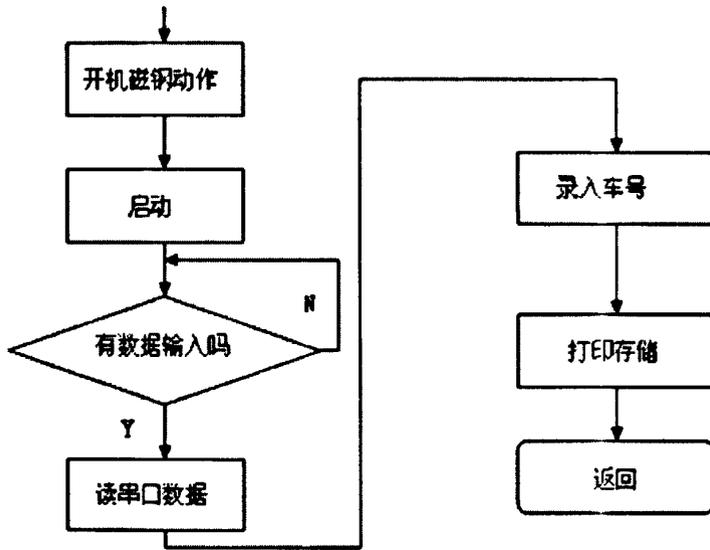


图 3.6 读取车号程序流程图

Fig. 3.6 Read the truck number software flow chart

图 3.6 为称重系统读取 AEI 捕获的车号程序流程图，车号作为程序的输入部分，动态称重系统可以通过读取 RS232 接口的数据来获取射频天线所接收到的数据。平时车号识别装置不动作，处于关机状态。当安装在称重区域外的开机磁钢接收到有车辆通过时，开机磁钢向地面读数装置发出信号启动电源，地面读数装置工作。同时称重系统开始检测 232 口是否有数据，如果 RS232 口有数据出现则将车号录入存储。

首钢动态轨道衡软件编程是以 WINDOWS 为系统运行平台，采用计算机 C 语言以及数据库 ODBC 接口实现的。轨道衡称重系统的软件是动态称量轨道衡的核心，并配置了相关模块，实现了以下功能见图 3.7 。

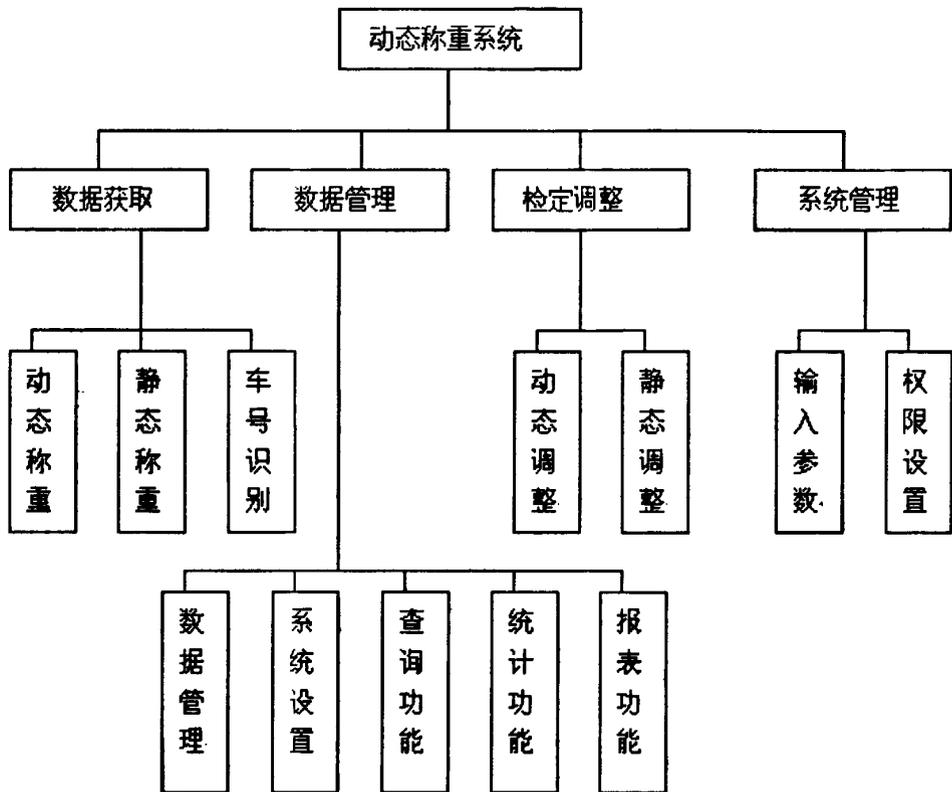


图 3.7 动态称重系统程序架构图

Fig. 3.7 Dynamic weighing system program structure chart

3.4 本章小结

本章主要叙述了动态称重系统的软件实现，主要技术要点是火车车型的判别，剔除无效的计量段波形后，对有效的计量段进行数据的处理得出我们需要的计量数据。有了这些计量数据我们的动态计量功能就基本实现了。但是，仅靠这些计量数据是不够的。我们无法将这些数据同具体的哪一节车皮联系起来，以往我们依靠人工来记录车号，这样做对工人来说特别紧张，而且错误率相当高。为了克服这一不利因素，我们采用了车号自动识别系统，实现了车号的自动记录。完全将人工的服务从计量工序中解脱出来。车号识别系统将是下一章的主要内容。

第四章 车号识别系统的应用

4.1 概述

目前轨道衡在全国已广泛应用,尤其动态衡以称重时间短、效率高,受到许多大中型工业企业的青睐。但是在使用过程中,人工抄号难成了长期困扰动态轨道衡用户的一个棘手问题。首先,由于轨道衡是动态运行,每节车经过轨道衡的时间较短,这就要求操作员“手疾眼快”的记录下车号,动作稍有迟缓,便有漏记。其次,车号数字本身存在诸多问题如被脏物污染模糊不清、被篷布遮盖不能看到等,都使得车号记录出现失误。随着全国铁路系统车号识别系统(简称 AEI)工程的建成,铁路运营的机车、货物列车已全部安装了电子标签,车号自动识别系统原理就是利用读出装置读出此电子标签内的车号来实现自动识别。由于标签不受外部因素如污染、遮盖等影响,使得车号自动识别率可达到 100%,国铁站系编组车号记录问题终被解决;借鉴国铁做法,在专用铁道轨道衡前加装车号识别设备,利用计算机网络和现代软件技术将轨道衡的计量信息和车号信息有机的结合,免除了人工抄录车号时大强度的繁琐劳动,恶劣天气环境对记录的影响,消除了人为误差,为企业提供实时、准确的货车计量统计数据,为计量单和计量报表的全自动生成提供了必要的条件;并提供较长时间内数据的保存及可追溯性,可以极大地提高计量站的工作效率,缩短了车辆计量辅助停留时间,加快了车辆周转频率,并节约工作人员,是企业实现信息化、现代化管理的有效手段。

首钢集团内的运输车辆种类多,各个计量站的任务量大,有的站平均每小时有三对列车计量。以往采用人工记录车号的工作要求计量员对高速运动的车皮号码进行快速而准确的记录。经常由于计量员的精力不集中或者车皮字迹模糊造成漏记或误记,给后面的单据传递和数据结算造成麻烦,列车因此要进行二次复磅大大降低了工作效率,浪费了资源。为了降低由于抄号失误所造成的不必要的资源浪费,提高运输效率。首钢集团采用了车号的自动识别系统,完全将人工的抄号工作剔除。其快速与准确的识别车号大大提高了工作效率。

车号自动识别系统是一个集车号信息采集、处理、传输于一体的系统,射频识别系统是车号自动识别系统的关键部分,射频识别系统由读卡器、射频模块、收发天线及标签组成^[26]。

4.2 系统构成

4.2.1 系统特点

车号自动识别系统是自动识别设备 AEI(Automatic Equipment Identification)在铁路方面的具体应用。XC 型自动设备识别系统采用了微波反射技术及计算机技术,克服了采用摄像、声表面波、条形码等技术抗干扰能力差、识别精度低、环境适应能力差等缺点,代替人工抄写车号实现了设备身份编码的自动、准确识别,为铁路运输货车跟踪系统提供准确的车次、车号等实时基础信息^[27]。

4.2.2 系统构成

XC-2A 型铁路车号自动识别系统由电子标签、地面读出装置、电子标签编程器、车站控制与车号处理系统、运输部调度中心(车号查询中心)5部分组成^[28],如图 4.1 所示:

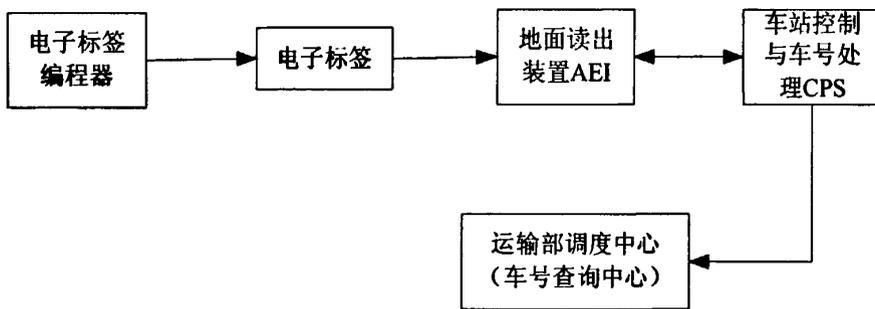


图 4.1 铁路车号自动识别系统框图

Fig. 4.1 The Train AEI System Diagram

1) 电子标签

现在已作为铁路车辆的主要配件,内部存有车号及车辆的技术参数信息。标签安装在被识别车辆的底部中梁上,每辆车安装 1 个。

2) 地面读出装置(读/写器)

主要由室外的车轮传感器、地面天线和室内的 RF 射频装置、读出主机、电源防雷、通信及信号防雷等部分构成^[29]。安装在首钢铁路车辆货物计量站旁边,实时准确地完成对列车及车辆标签信息的采集,并将采集的信息进行处理,通过光纤网络传至车站控制与车号处理系统。

3) 车站控制与车号处理设备

车站控制与车号处理设备安装在有关车站,完成 AEI 采集数据的处理,并向运输部铁路车辆货物实时跟踪管理系统和运输部调度中心(车号查询中心)等处转发数据。

4) 列检复示系统

复示车站控制与车号处理系统转发的车号数据信息,为车辆管理和设备维护提供可靠信息。

5) 电子标签编程器

对于国内标准车型,在标签安装前,铁道部在车辆出厂前已向标签中写入数据信息。对于首钢自备非标车,由首钢运输部统一进行编码。

6) 运输部调度中心(车号查询中心)

对首钢厂内铁路车辆进行查询监控,及时掌握铁路车辆使用及装卸情况,压缩厂内铁路局车辆保有量和停留时间,提高车辆周转率,降低运输成本。

4.3 车号自动识别系统的基本工作原理

完整的 AEI 系统需要具备 2 种关键的能力,首先是自动识别,数据读写能力;然后是能满足数据存储和数据转换的数据处理能力。

1) 电子标签

一般由芯片及耦合元件组成,芯片上有 EEPROM 用来存储识别码或其他数据,标签内有内置天线,主要功能是完成读/写的通讯。与条码、磁卡、IC 卡等同期或早期的识别技术相比,电子标签具有非接触、工作距离长、适用于恶劣的环境、可识别运动等优点。根据铁道部《铁路车号自动识别系统技术规范》要求,车辆电子标签中的标识信息可分为:车辆属性码、车种、车型、车号、换长、制造厂及制造年月等信息,安装在被识别车辆的底部中梁上。如表 4.1 所示:

表 4.1 电子标签中的识别信息

Table4.1 The Identificative information of electronic lab

1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
									0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
属	车	牢	牢	牢	牢	牢	车	车	车	车	车	车	车	换	换	制	制	制	制
性	种	型	型	型	型	型	号	号	号	号	号	号	号	长	长	造	造	造	造
码		第	第	第	第	第	第	第	第	第	第	第	第	高	低	厂	年	年	月
		一	二	三	四	五	一	二	三	四	五	六	七	位	位		高	低	
		位	位	位	位	位	位	位	位	位	位	位	位				位	位	

车辆电子标签中的信息具有稳定不变的特点,每一个标签与对应的车辆终身结合,

标签信息相当于车辆的一个终生身份证。

2) 读/写器

读/写器是用于读取电子标签信息的设备，读/写器的任务是控制射频模块向标签发射读取信号，并接收标签的应答，对标签的对象进行解码，将对象标实信息进行解码，将对象标识信息连带标签上的其他相关信息传输到主机以供处理。

在 AEI 系统中读/写器在一个区域内发射电磁波。标签内有一个 LC 串联谐振电路，其频率与读/写器的频率相同。当标签经过这个区域时，在电磁波的激励下，LC 谐振电路产生共振，从而使电容内有电荷。在这个电容的另一端接一个单向导通的电子泵，将电容器的电荷送到另一个电容内储存。当所积累的电荷达到 2V 时，此电容可以作为电源为其他电路供电。将标签内的发送出去或接收读/写器的数据。读/写器接收到标签发送的数据后进行校验数据的有效性，然后通过 RS232 口、RS422 口、RS485 口或无线方式将数据送到计算机。

3) 天线

天线是一种以电磁波形式把无线电收发机的射频信号功率接收或辐射出去的装置，读/写器通过发射天线发送一定频率的射频信号，当标签获得能量被激活；标签将自身编码等信息通过标签内置发送天线发送出去；系统接收天线接收到从标签发出来的载波信号，经天线调节器传送到读/写器，读/写器对接收信号解调和解码，然后送到后台主系统进行相关处理；主系统根据逻辑运算判断该卡的合法性，针对不同的设定做出相应的处理和控制在。

XC-2A 型铁路车号自动识别系统工作时,实际类似于一套连续波雷达^[30]。当列车到来时，首先由开机车轮传感器向地面读出装置主机传送一个开机信号，地面读出装置由天线向外发射电磁波，形成一个有效的“阅读区”如图 4.2 所示：

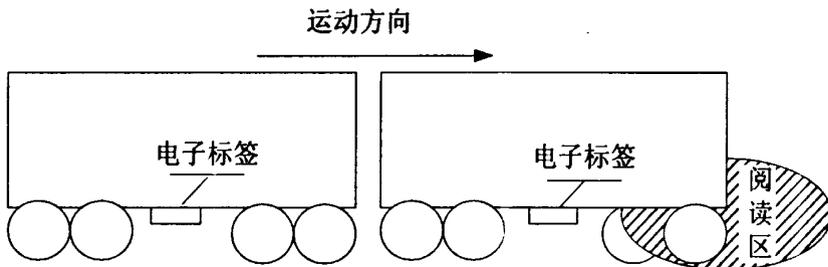


图 4.2 AEI 系统工作原理示意图

Fig. 4.2 AEI Schematic diagram of system

计算机始终处于来车检测状态，当第一个车轮经过轨道衡前端的磁钢时，计算机使

AEI 系统初始化、启动 RF 射频装置、通过天线发射微波信号。当安装于车体底部的电子标签进入“阅读区”后,收到微波照射信号在其内部建立电源,并使电子标签内部电路工作,将所保存的标签数据信息调制到微波信号上反射回地面读出装置天线。地面读出装置接收到电子标签反射回的微波信号,经数据处理后得到电子标签储存的车辆识别代码信息。再由地面读出装置主机将车辆识别代码信息通过 RS232 口传给上位机或光纤网络传送至车站控制与车号处理系统和运输部调度中心(车号查询中心)等处。铁路车号自动识别系统信息流程如图 4.3 所示:

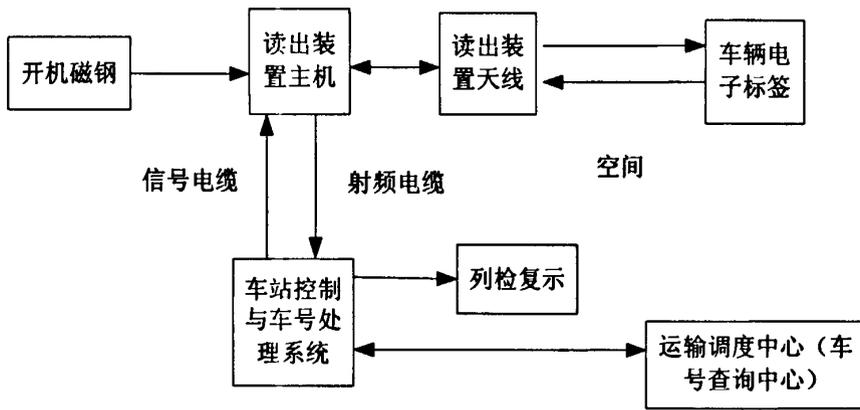


图 4.3 铁路车号自动识别系统信息流程

Fig. 4.3 Automatic Train Identification System information flow

4.4 车号自动识别系统设备的安装

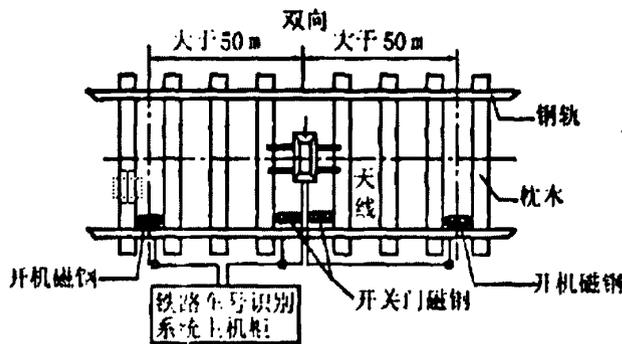


图 4.4 铁路车号自动识别系统设备安装图

Fig. 4.4 Train automatic identification system equipment installation plans

电子标签安装于车体底部(铁路局已全部安装好),地面读出装置天线安装于轨枕之间,开机传感器安装于来车方向前方钢轨内侧,地面读出装置主机安装于计量站内,如图 4.4 所示。

4.5 车号自动识别的功能应用

1) 自动识别铁路货车标签内的车号等车辆信息通过 RFID 技术自动识别货车车型, 车号, 车次, 总辆数, 车辆到达时间等信息。

2) 多样化的皮重解决方案

当皮重需要计量的时候, 系统以 24 小时 (或根据实际情况设定时间) 为依据自动除皮, 系统对于超过 24 小时的车辆定义为“老牌车”, 系统自动提醒计量员老牌车进行关注。经确认需要回皮的则对其重新进行皮重计量。

对不回皮的车辆自动采集货车的自重, 系统分为额定自重库模式和实际自重库模式, 一半讲, 货车通过维修实际自重与额定自重不同。如: C62 的额定自重为 21.7 吨, 大修后重的有 22.3 吨, 轻的有 21.3 吨。企业可以根据需要来选用。首钢选用的是实际自重库模式, 即系统建立自重动态跟新库, 可以根据前期的车号对应的更新自重建立了自重更新库, 当再次识别到该车皮时系统自动调用更新的自重数据。一般来讲, 首钢的铁路货源相对固定, 车辆均由车辆段安排调配车皮计划, 虽然从短期看车辆是变动的, 但从长期看车辆是现对固定的。因此, 建立实际动态自重更新库有利于提高精确计量。

3) 数据自动提取

车号自动识别系统与轨道衡相结合, 可实现货车车辆的不停车称重时自动抄录车号和计量报表的全自动生成。自动车号识别系统自动提取动态轨道衡的计量数据, 即轨道衡的计量数据与车号自动对位, 自动生成生产要求的报表, 可以进行汇总、查询、打印、统计等。如表 4.2 为首钢标准计量单。

表 4.2 首钢第十轨道衡计量单

Table 4.2 Shougang No. 10 single-orbit value measurement

时间: 2007-04-27 16:28:30 总车数: 6					总净重 371.13 吨	
车型	车号	毛重(吨)	皮重(吨)	净重(吨)	发货单位	速度 (km/h)
C62	4624184	84.77	22.00	62.77	神华集团	12
C62	4613522	84.20	22.00	62.20	神华集团	11
C62	4531750	82.70	21.70	61.00	神华集团	11
C62	4576017	82.85	21.80	61.05	神华集团	10
C62	4617580	83.76	22.40	61.36	神华集团	10
C62	4591750	84.65	21.90	62.75	神华集团	10

4) 远程无人值守作业

本称重系统真正实现了无人值守计量, 操作人员可在后端实施称重作业, 无需在现

场进行倒班作业，大大提高工作效率，是得有限的人力资源得到充分的发挥利用。管理部门通过网络远程对现场进行即时监控，也可以对过去以特定时间的称重情况进行查询或打印，对数据进行分析。

5) 完善货车车辆电子称重系统的自动化，实现信息化管理。

6) 应用车号自动识别系统提高了计量管理水平，缩短了车辆因计量而产生的车辆铁路延时。

第五章 首钢动态轨道衡系统实现

5.1 操作系统介绍

本章主要介绍首钢动态轨道衡系统的各个模块的功能及操作要点。

5.1.1 主页说明

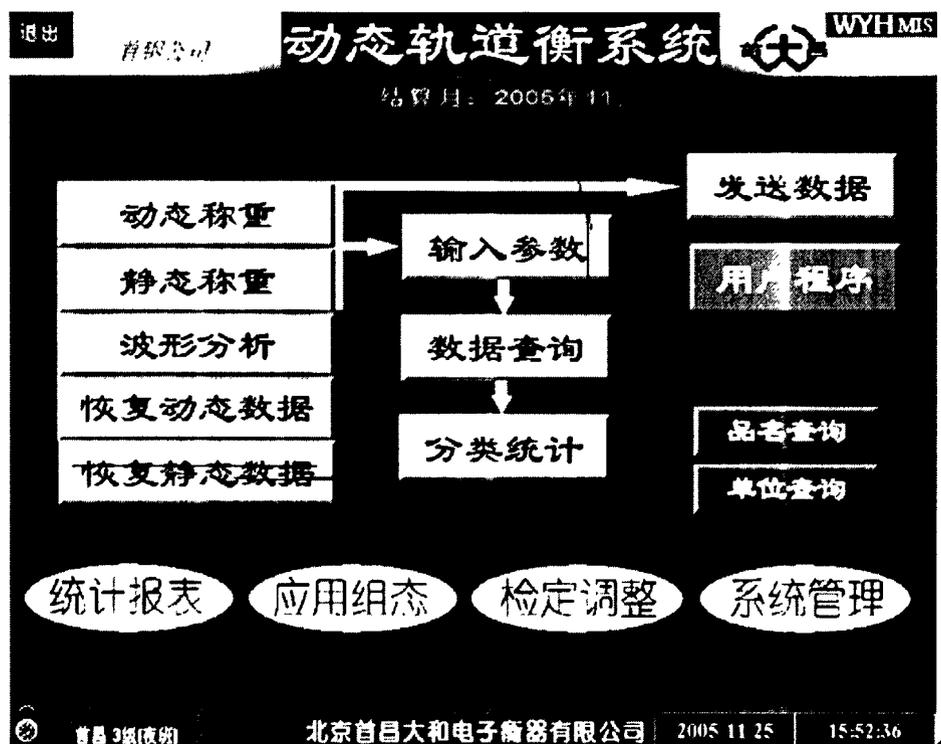


图 5.1 动态轨道衡主页

Fig. 5.1 Dynamic rail weighing home

如图 5.1 所示动态轨道衡主页：

- 1) 凡是能出现手形的鼠标均可点击，若享有该权限则可执行相应的功能；
- 2) 左下角的“锁”用于修改权限和结算月；
- 3) 动态称重：是通常的系统运行方式，除非在确认无列车称重的情况下，可以进行其它的工作如输入参数等；
- 4) 静态称重：允许系统逐转向架进行称重，但一般用于检定或调试时使用；
- 5) 波形分析：分析称重过程，以便查找可能的漏车等错误的原因和了解台面的状态；
- 6) 恢复动态数据：恢复再现动态的称重过程和结果；
- 7) 恢复静态数据：恢复再现静态的称重过程和结果；
- 8) 输入参数：输入品名、收发单位等计量参数；
- 9) 数据查询：分类查询已输入参数的记录；

- 10) 分类统计：按品名、收发单位分类统计；
- 11) 发送数据：按照定义的网络路径发送数据；
- 12) 用户程序：调用用户的管理应用程序；
- 13) 品名查询：仅能查询品名而不能编辑（编辑在应用组态中）；
- 14) 单位查询：仅能查询单位名称而不能编辑（编辑在应用组态中）；
- 15) 统计报表：形成各种统计报表及计量凭证和原始记录的打印；
- 16) 应用组态：可以进行名称库的维护及其它管理设置；
- 17) 检定调整：确定检定参数的各种功能操作（维护人员使用）；
- 18) 系统管理：设置设备特性和管理要求（维护人员和高级管理人员使用）；

5.1.2 动态称重

在主页上点击“动态称重”按钮后进入动态称重方式如图 5.2 所示：

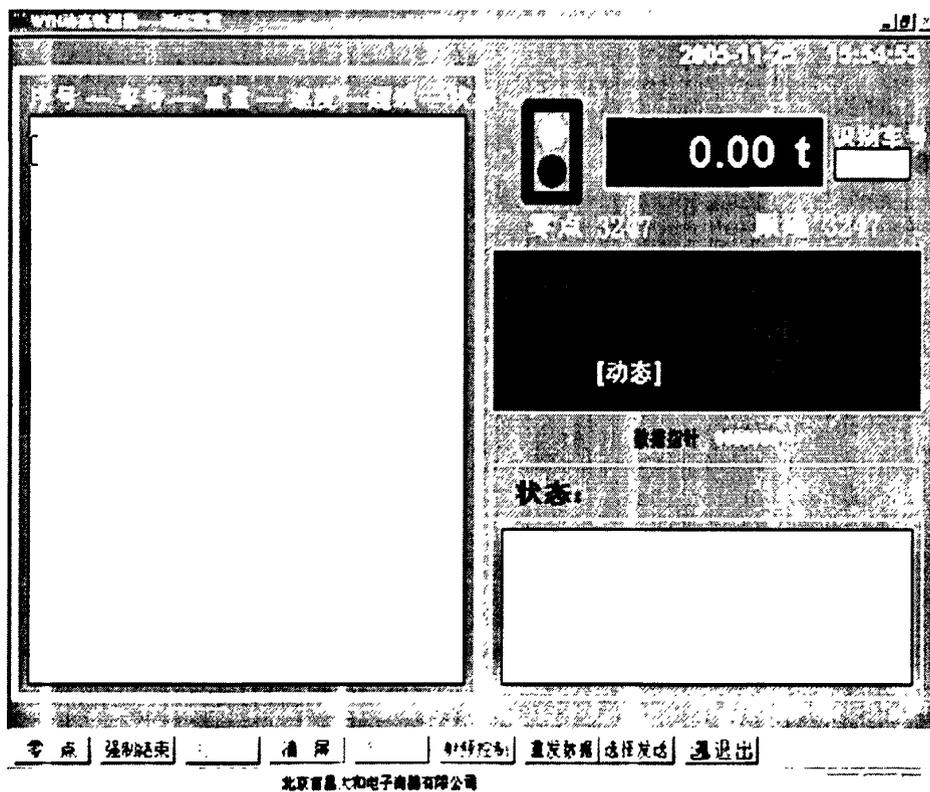


图 5.2 动态称重界面

Fig. 5.2 Dynamic weighing system interface

5.1.2.1 控制按钮

1) 零点 Z

置秤台零点，应该在空秤时使用。若零点码值超出设定的范围，则提示“零点故障”。

2) 强制结束 T

在称重未结束时，可以通过这个按钮强制结束称重过程，只有在列车通过后但未判

到结束标志,或设定的预称车节已称完,不需要继续称重的情况下使用。在“单车溜放”(翻车机)的称重方式时,列车全部称重完,须点击此按钮结束。

3) 打印

当未设置自动打印时,称重结束后,可通过这个按钮手动打印记录区中的称重记录

4) 清屏 C

称重结束后,可手动清除记录区中的称重记录,若未清除,在下次称重前由系统自动清除。

5) 暂停

仅用于“单车溜放”(翻车机)的称重方式,这时系统不处理任何秤台上的信号。比如车没溜过去又退回来的情况。

6) 射频控制

用于给车号识别系统发送开始识别信号。

7) 重发数据

将当前过磅的数据重新发送到数据服务器中。

8) 选择发送

将历史过衡数据选择发送的数据服务器中。

10) 退出 Alt+X

退出动态称重方式回到主页。如果预称车数有效,则可在右上显示框的右侧有一个窗口可以输入预称车数,这个车数仅能使用一次。

5.1.2.2 显示记录区

显示称重记录的重量、速度及可能的超速标记、状态标记。

1) 显示区 :

显示瞬时重量、零点、原码、日期、时间、车节总数、车节总重、牵引方式、文件号、数据指针(读取的 A/D 码值在存储区的位置)等

2) 红绿灯

红灯: 零点不正常、正在称重或虽已空秤但称重过程并未结束

绿灯: 准备称重

3) 状态

显示 A/D 通道可能出现的故障,如零点超常、断线、尖峰、停采、纹波过大等

4) 车次表(右下方) : 当日称重车次的列表,含日期、时间、车数。

5.1.3 静态称重

在主页上点击“静态称重”按钮后进入静态称重方式图 5.3。

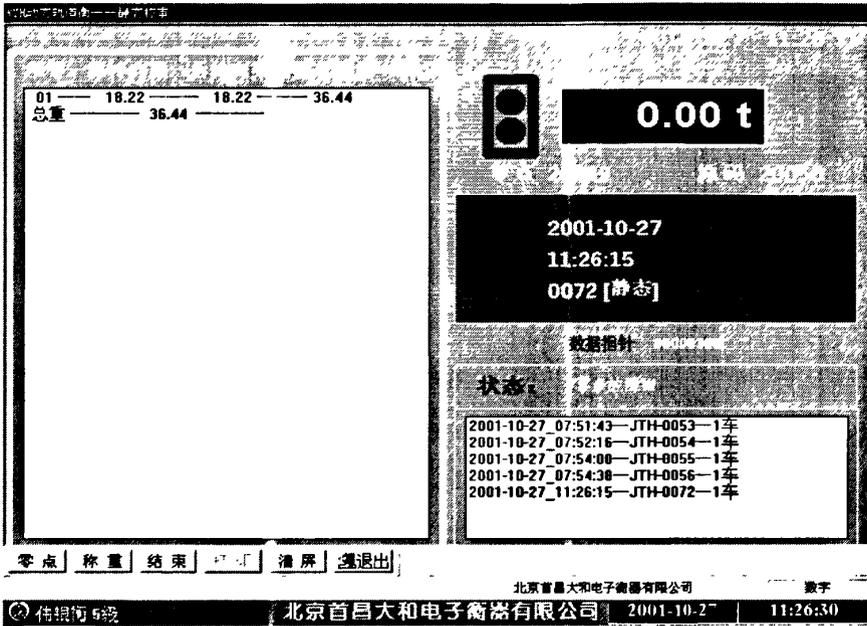


图 5.3 静态称重界面

Fig. 5.3 Weighing static interface

5.1.3.1 控制按钮

类似 5.1.2.1 该界面包含以下几个按钮：

- 1) 零点 Z
- 2) 称重
- 3) 结束
- 4) 打印 P
- 5) 清屏 C
- 6) 退出 Alt+X

5.1.3.2 显示记录区

- 1) 记录区
- 2) 显示区
- 3) 红绿灯
- 4) 状态
- 5) 车次表（右下方）

5.1.4 恢复数据

凡是称重过的数据，均可在此恢复重现称重过程及结果，因为每列车称重过程的原始数据已存成文件。界面显示布局已称重方式类似，固不赘述。主要是选择原始数据文件并执行恢复的操作过程图 5.4 所示。

如果称重记录在后来的数据管理中被误删，可以管理部门经过授权通过恢复功能重新更新记录。

单选文件：在文件框中选要恢复的文件名（动态文件的后缀是.dth，静态文件的后缀是.jth）当前的路径总是 SYSFILE，也可以选择转储过的其它文件路径）

多选文件：可以选择一个路径下的多个原始数据文件连续恢复，若每个文件恢复之间需要停顿，可使用暂停按钮。

称量段：当恢复完一个原始数据文件后，使用称量段可以看到每节车的称量段波形。

输入参数：选择车次记录，在右下的车次列表中，选择称重的车次记录，日期范围用下拉框选择。确省的日期范围是当日。选中的车次记录进入上方的列表中。

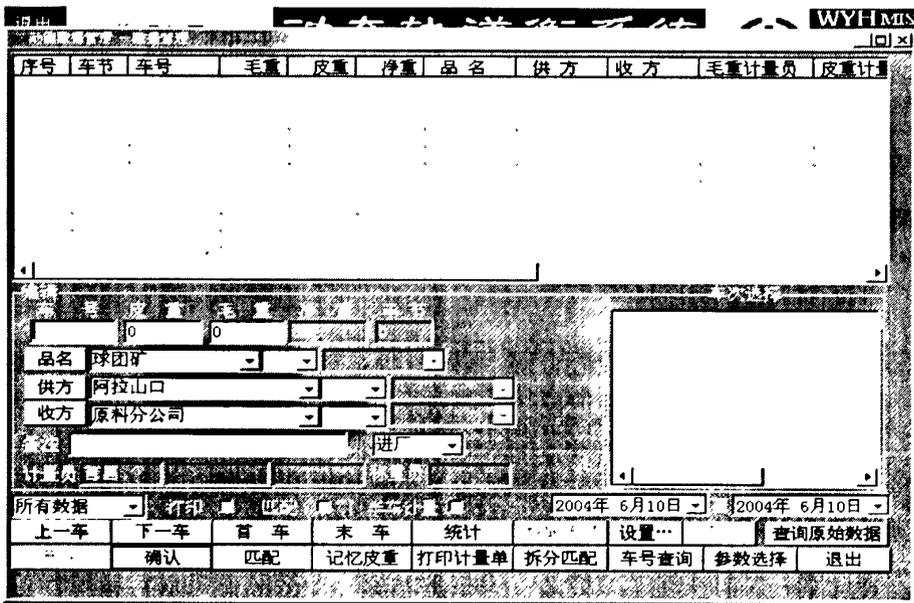


图 5.4 恢复数据主界面

Fig. 5.4 The main interface recover data

5.1.4.1 输入参数

上方列表中车次的记录含该车次所有车节的重量，选中项为当前的输入项。在输入区中，输入车号、皮重（如果允许输入皮重的话）、化验水分、物资名称、收发单位及发到站和结算方式等。其中物资名称、收发单位可用组合框选入，也可以通过项目按钮弹出窗口填单输入。发站和发货单位关联；到站和收货单位关联。组合框中都可以输入名称表中未定义的名称。输入的参数经确认后自动计算净重。

结算方式可根据需要使用。左下的分类组合框用于选择按所有数据还是已送入参数或未送入数据列表。

5.1.4.2 功能按钮

- 1) 上一车：当前车的上一车，如现在选择的是第 2 车，点击后当前选择是第 1 车。
- 2) 下一车：当前车的下一车，如现在选择的是第 2 车，则点击后当前选择是第 3 车。
- 3) 首车：点击后选择第 1 车

- 4) 末车: 点击后选择最后一车
- 5) 预览: 打印之前的预览, 一般来讲, 打印的计量凭证应有品名、收发单位。
- 6) 删除: 可以选中后删除不需要输入参数的车节记录
- 7) 确认: 确认当前输入的参数, 并进行相应的计算、存储。
- 8) 匹配: 将当前记录的日期、时间之前的相同车号的未匹配记录进行匹配。重量大的为毛重、重量小的皮重。(有回皮称重的情况下使用)
- 9) 记忆皮重: 可以把该车号的皮重历史记录, 自动录入到车号框中。
- 10) 打印: 打印计量凭证
- 11) 拆分匹配: 如果由于输入车号错导致匹配错误, 通过这个按钮可以把已匹配的记录拆分还原成原来的未匹配记录。
- 12) 参数选择: 用于快捷输入的参数分类选择, 这个选择将影响组合框的内容。
- 13) 数据查询:
查询称重记录的细节如速度、零点、牵引方式、状态等。恢复数据 可以把输入参数之前的记录逐节重新恢复(比如误删记录的情况)。打印可以完成和称重记录同样的打印结果
- 14) 退出
退出输入参数窗口

5.1.5 数据查询

可选择单日查询已输入参数的数据(净重大于零), 通过日期、发货单位、收货单位、计算方式的组合框选择符合条件的数据列表如图 5.5。

1) 单据

当选中列表中的某条记录时, 点击“单据”, 则显示该记录的秤单

2) 打印

打印列表中的内容

3) 预览

预览列表中的内容

4) 设置

设置打印纸张大小及纵向或横向打印

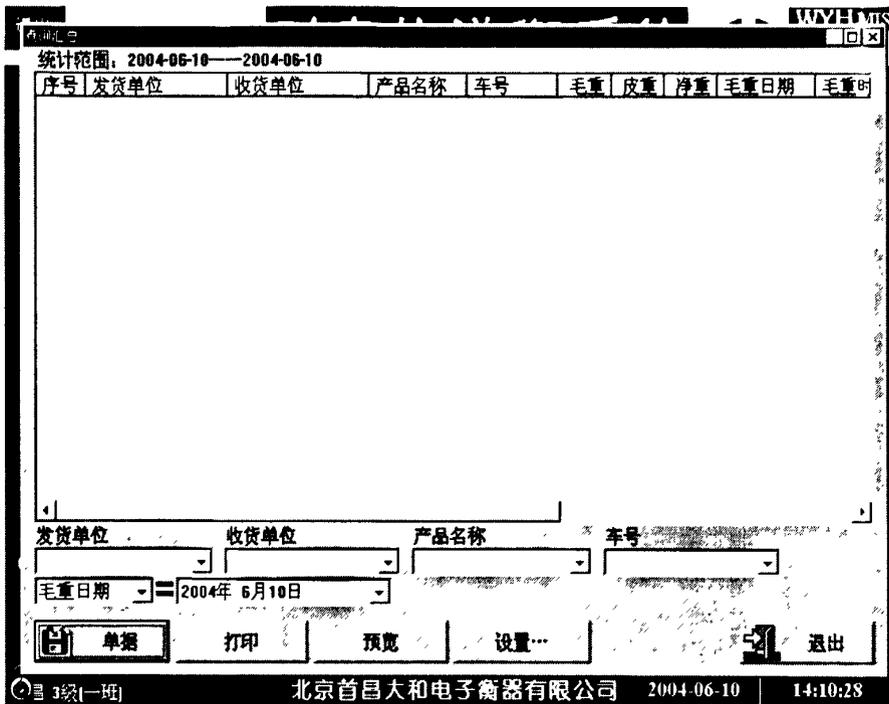


图 5.5 数据查询主界面

Fig. 5.5 The main interface for query

5.1.6 分类汇总

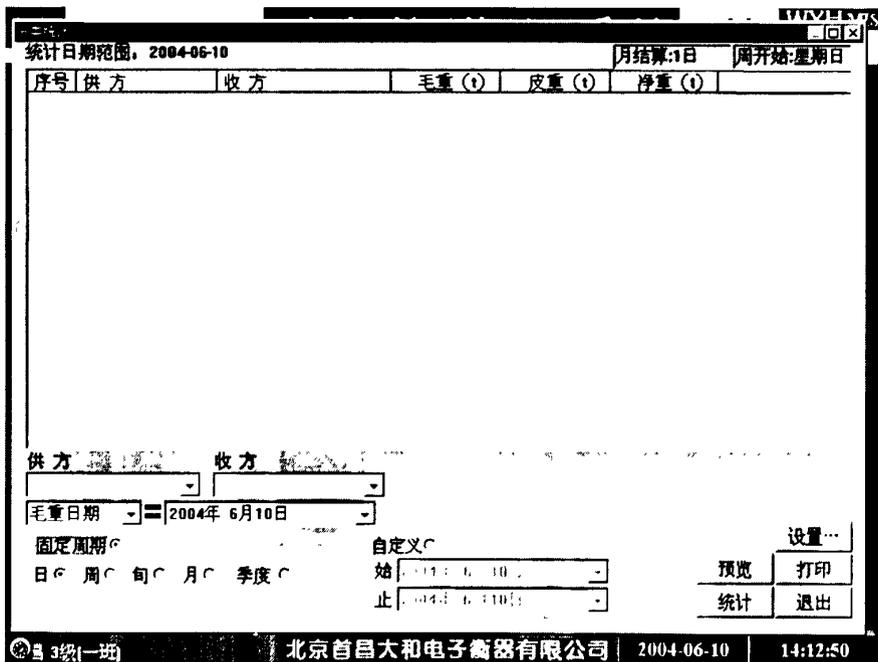


图 5.6 分类汇总界面

Fig. 5.6 Category Summary interface

通过选择日期、固定周期（由日期决定的范围）、产品名称、收货单位、发货单位，将统计结果列在表内图 5.6。

- 1) 统计
按照条件重新统计
- 2) 打印
打印统计结果
- 3) 预览
预览统计结果
- 4) 设置
设置打印机

5.1.7 统计报表

图 5.7 统计报表主界面：

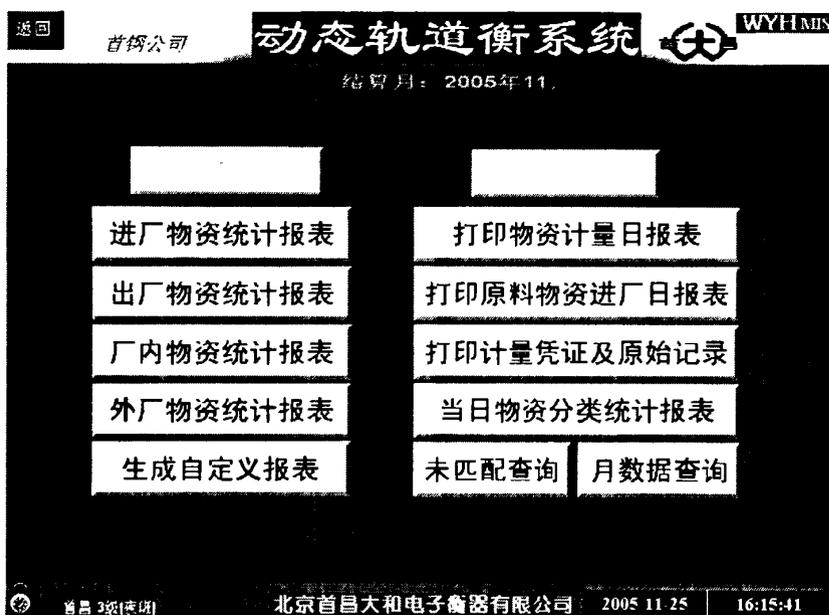


图 5.7 统计报表主界面

Fig. 5.7 The statistics interface

1) 通用报表统计

含进厂、出厂、厂内物资统计报表。在统计报表之前，其统计的时间周期内必须保证每天都经过当日数据结算，在图 5.8 窗口中点击生成日结算数据

进厂、出厂、厂内物资统计报表都是相同的窗口。按物资分类、名称条件列表。时间范围可选择固定周期也可自定义周期。

5.2 维护操作

5.2.1 检定调整

衡器在达到使用要求前都必须进行检定，所谓检定就是将标准的量值传递给衡器。常用的标准量值是指砝码重量，衡器的检定分为首检和使用中检定^[31]。



图 5.8 通用报表界面

Fig. 5.8 General statements interface

5.2.1.1 设备参数设置

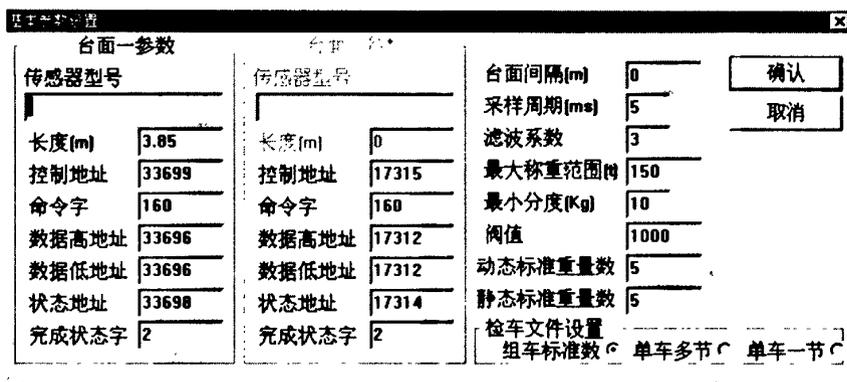


图 5.9 设备参数设置界面

Fig. 5.9 Equipment parameters settings interface

图 5.9 参数设置主页面说明如下：

- 1) 传感器型号仅仅是描述性记录
- 2) 地址和命令是针对使用的 A/D 通道而言的
- 3) 阈值是指当空秤时，A/D 原码超过此值而引起的动态处理过程
- 4) 检车文件设置

(1) 组车标准数

N 节标准车总是一起连续通过台面一次形成一个原始数据文件。

(2) 单车多节

1 节车多次来回通过台面形成一个原始数据文件（多用于静态检定）

(3) 单车单节

单车一节动静标准重量数既准备检定的标准车数检每次 1 节车通过台面形成一个原始数据文件。

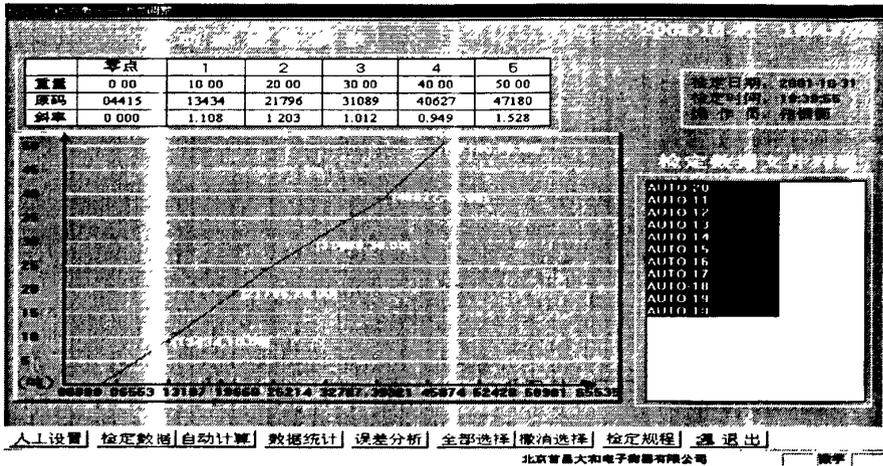


图 5.10 动态检定参数界面

Fig. 5.10 Dynamic test parameters interface

图 5.10 为动态检定参数界面,该页为检定操作主页。

5.2.1.2 动态参数调整

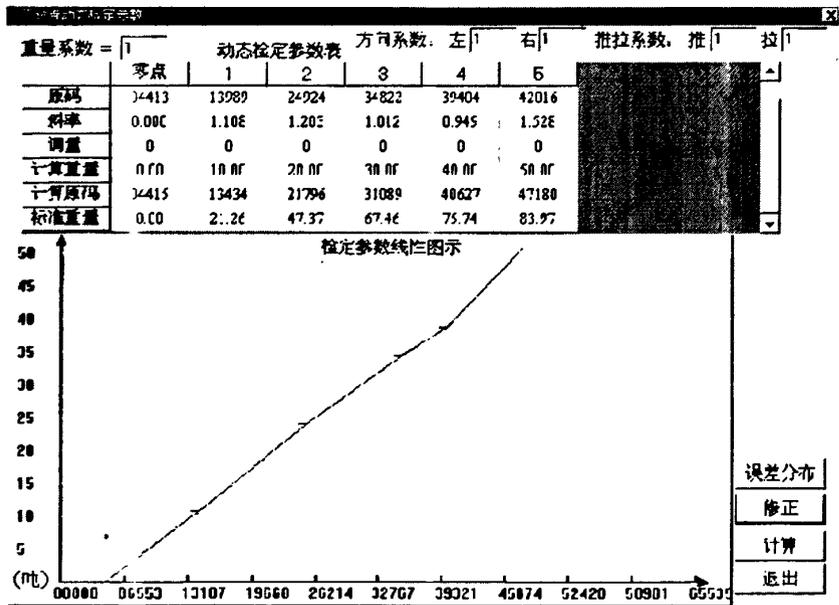


图 5.11 动态参数调整界面

Fig. 5.11 Dynamic Parameter adjustment interface

1) 进入动态参数调整,首先进行人工设置,如图 5.11 所示:设定每个标准车的重量,图中上方的系数确省值都是 1,一般无须设置。

(1) 误差分析

进入误差分析功能(详见后述)

(2) 修正

确认人工输入的检定参数

(3) 计算

计算整数吨位的码值或斜率(可通过图中的线段看出变化)。

2) 检定数据

选择准备参数运算的检定原始数据文件（检衡车实际称重过程形成的文件）这些文件可在列表中全选或多选。

3) 自动计算

自动计算选中的原始数据文件的码值见图 5.12

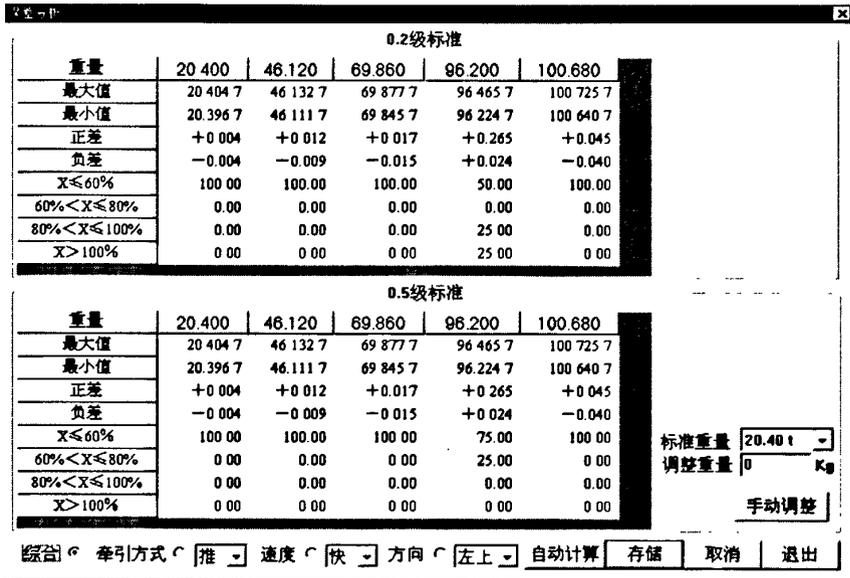


图 5.12 计算参数界面

Fig. 5.12 Parameters interface

4) 数据统计

(1) 在列表中给出了所有车次、每个车节的每个转向架所对应的码值。每列对应的是一个确定转向架的码值，如果由于行车方向造成交叉可通过选中行进行对调。

(2) 下方的列表给出了各转向架的最大值、最小值、大小平均（按最大值和最小值计算的平均值）、和平均（取和之后的平均值）、相对值（不含零点的平均值）及码值所对应的重量。从这个表中已能看出秤台的稳定和重复性情况。

(3) 选择重量间隔适当的转向架码值的平均和（右下列表）。点击确认后完成数据统计。

5.2.2 误差分析

从表中可以看出 0.2 级和 0.5 级的误差分布情况。

1) 自动计算

采用递推方式自动计算合适的参数，可点击自动计算至正差、负差最小为止。

2) 存储

将计算结果存储

3) 手动调整

可对某一吨位的重量进行单独调整，连续点击则连续调整，在表的下方，通过选择

还可以看出牵引方式和速度快慢的误差分布情况。

数据日期:		检定过程参数表									
序号	牵引方式	零点	1左	1右	2左	2右	3左	3右	4左	4右	
20	拉 →	04420	14007	14018	25232	24610	34817	34401	39594	386	
11	推 ←	04410	13968	14023	24835	24757	34650	34574	39221	386	
12	拉 →	04424	13986	14039	24900	24677	35020	34450	39457	386	
13	推 ←	04409	13965	14006	24867	24725	34654	34577	39259	386	
14	拉 →	04418	13989	14016	25100	24613	35421	34518	39820	386	
15	推 ←	04410	13987	14016	24846	24754	34705	34649	39369	385	
16	拉 →	04417	14010	14028	24848	24718	34781	34555	39305	386	
17	推 ←	04407	13987	14013	24845	24734	34662	34575	39239	386	
18	拉 →	04424	14004	14025	24932	24679	34854	34463	39458	385	
19	推 ←	04407	13995	14021	24852	24772	34658	34593	39324	385	
10	拉 →	04406	13990	14040	24907	24682	34830	34553	39405	386	

序号	分类	零点	1左	1右	2左	2右	3左
1	最大原码	04424	14010	14040	25232	24772	35421
2	最小原码	04406	13965	14006	24835	24610	34650
3	大小平均	04415	13987	14023	25033	24691	35035
4	相对值	04415	09572	09608	20618	20276	30620
5	和平均	04413	13989	14022	24924	24701	34822

图 5.13 误差分析界面

Fig. 5.13 Error Analysis Interface

5.2.3 静态参数调整

和动态参数调整类似，固不赘述。

5.2.4 检定参数调整的基本步骤

- 1) 按实际情况设置标准车重量（重量由小到大设置，和列车实际的次序无关）。
- 2) 进行多次实际称重获得原始数据文件。
- 3) 选择原始数据文件进行自动计算。
- 4) 进行数据分析并选择合适的重量等级的码值统计。
- 5) 在误差分析中执行参数的自动计算获得最佳效果。

如计算结果超差，则考虑秤台的稳定性是否需要调整及传感器和 A/D 通道的原因。

控制选择 超速提示 <input type="checkbox"/> 最高速度(Km/h) <input type="text" value="12"/> 最低速度(Km/h) <input type="text" value="0.5"/>	存储、打印选择 车数>0时保存数据 <input checked="" type="checkbox"/> 车数>0时打印数据 <input type="checkbox"/> <input type="radio"/> 单节 手动打印 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="radio"/> 整列 自动打印 <input type="checkbox"/>	零点偏差设置 正偏差 <input type="text" value="1000"/> 负偏差 <input type="text" value="1000"/> <input checked="" type="checkbox"/> 零点故障提示	清屏方式 <input checked="" type="radio"/> 称重开始前 <input type="radio"/> 称重结束后 <input type="radio"/> 手动清屏
数据恢复 <input type="checkbox"/> 允许恢复刷新数据 <input checked="" type="checkbox"/> 允许调用称量段波形 <input checked="" type="checkbox"/> 连续恢复时每车有提示	称重结束后延时 <input type="text" value="2"/> 动态结束延时(秒) <input type="text" value="2"/> 显示延时(秒) <input type="text" value="2"/>	<input checked="" type="checkbox"/> AD 初始化方式 AD零点 <input type="text" value="4000"/> <input checked="" type="checkbox"/> 允许零点跟踪	<input type="text" value="20"/> 显示频率 <input type="checkbox"/> 有预称车数 <input checked="" type="radio"/> 运行方式 <input type="radio"/> 校验方式

图 5.16 称重组态界面

Fig. 5.16 Weighing configuration interface

5.3 系统管理

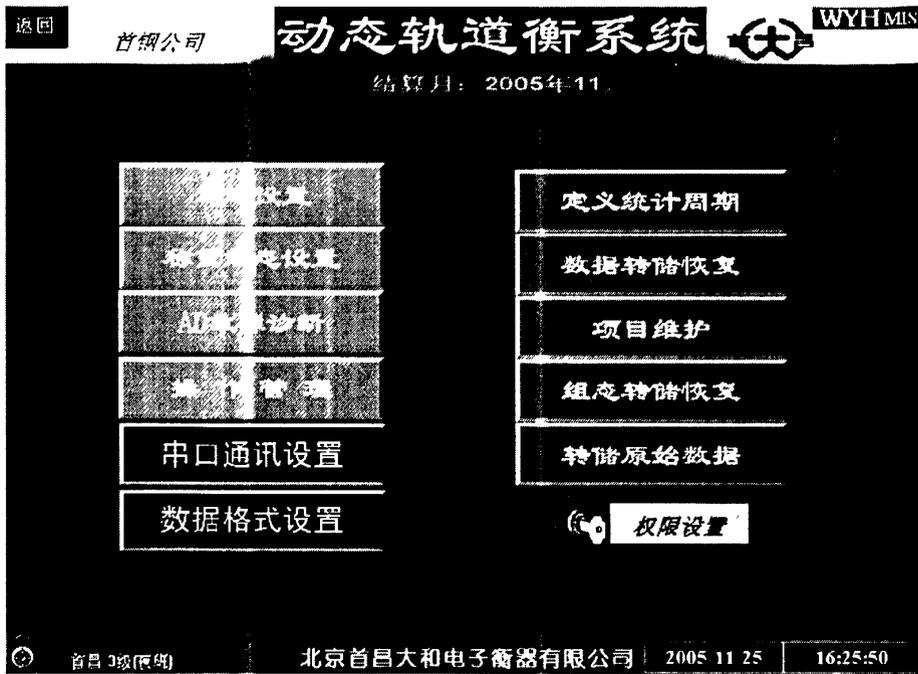


图 5.14 系统管理主界面

Fig. 5.14 The system management interface

图 5.14 为系统管理主界面,是作为维护人员进行必要维护的界面。

5.3.1 通道设置

因为无方向判别,且单通道运行,设置如图 5.15:

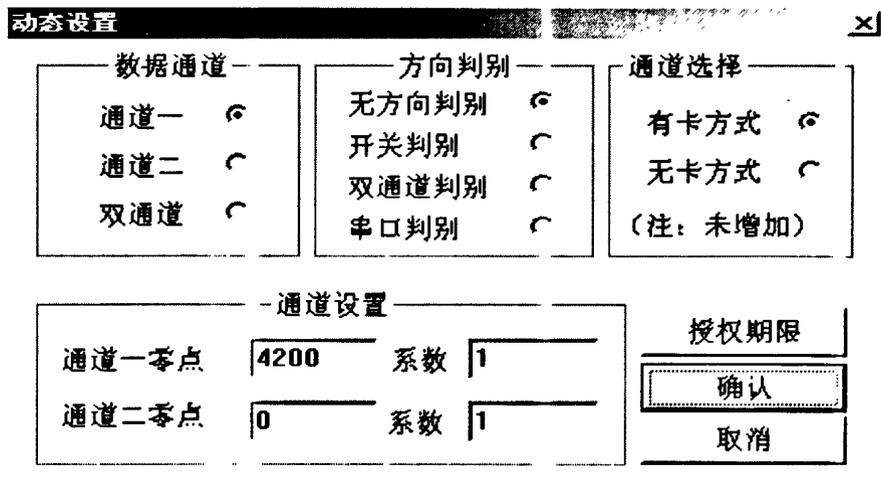


图 5.15 通道设置界面

Fig. 5.15 Channel settings interface

5.3.2 称重组态设置说明

图 5.16 设置说明:

1) 零点偏差设置

超出相对于检定零点的正负偏差范围将提示零点故障（红灯亮），如果由于某种原因使零点偏差较大（如季节变化），可适当调整这个参数。

2) 校验方式

通常工作在运行方式。当进行检定调试时，选择校验方式可在恢复数据时显示超差的情况并形成记录统计表；而且不产生需要输入参数的称重记录。

3) 预称车数

如有效，则动态称重时允许设置预称车数。只有预称车数规定的记录才能输入参数。

4) 允许恢复刷新数据

若有效，则可在恢复数据时重新刷新称重的结果数据（比如在输入参数过程中，误删除了有用的称重记录）

5) 允许调用称量段波形

若有效，则可在恢复数据时，调出每车记录的称量段波形

6) 连续恢复时每车有提示

因为连续恢复时速度很快，若有效，则每列车恢复完给出提示，确认后再继续执行，以便观察结果。

7) 显示频率

设置多少个采样数据显示 1 次。一般以能看出变化而又不致闪烁为好。其它含义正如窗口中的说明

5.3.3 A/D 故障诊断

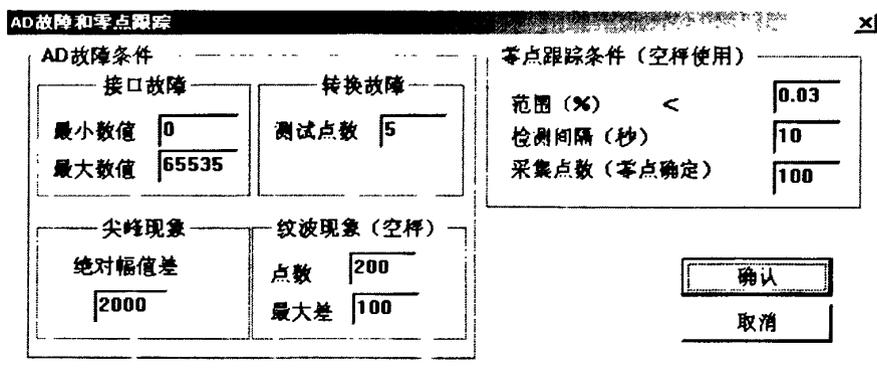


图 5.17 A/D 故障和零点界面

Fig. 5.17 A/D fault and zero interface

图 5.17 为设置产生 A/D 故障的参数（针对 A/D 特性的设置，一般无须改动）界面。

5.3.4 定义统计周期

图 5.18 目的为定义统计周期即定义统计周期的时间界限

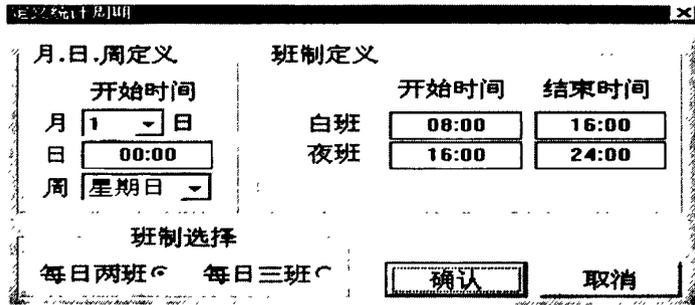


图 5.18 定义统计周期界面

Fig. 5.18 Definition cycles interface

5.3.5 数据转储恢复

图 5.19 作用为数据含原始数据应该定期转储，以免由于硬盘损坏而带来损失每台秤的项目和组态仅需在有改动后存储一次留做维护备份。

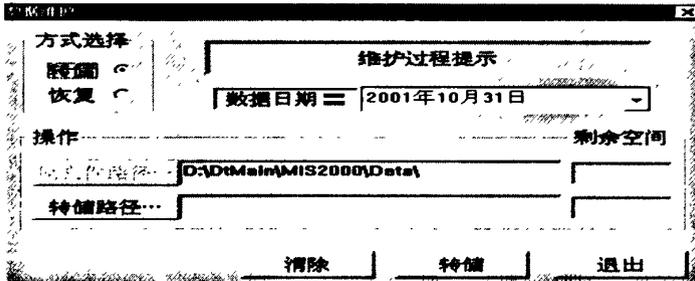


图 5.19 数据转储界面

Fig. 5.19 Data Storage Interface

5.3.6 权限设置

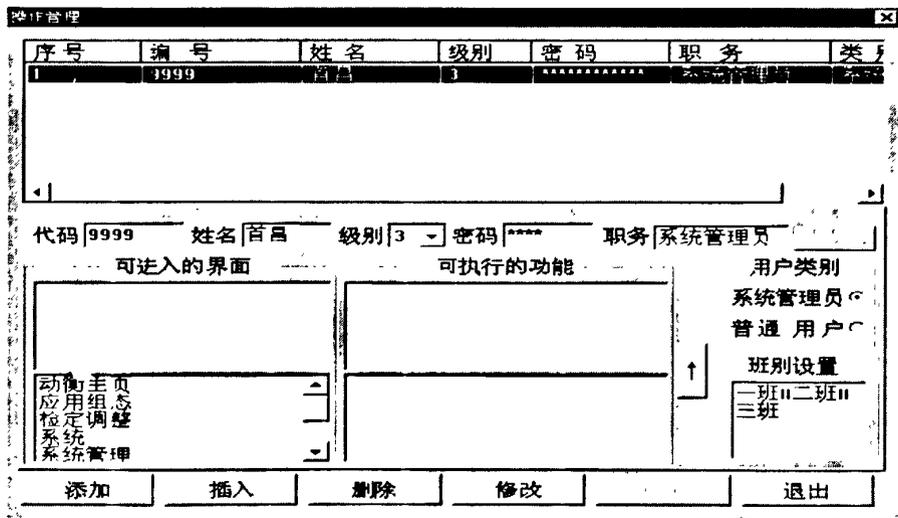


图 5.20 权限设置界面

Fig. 5.20 Right interface

图 5.20 权限设置用法：如果添加的操作员是系统管理员，则自动享有所有的权限，

如果是普通用户，则需要逐个确定可进入的页面和可执行的功能，操作时双击下面表中的页面和功能，使其进入上面的表中即可。其中若使用功能表右边的上箭头按钮，可把该页面功能全部选入。级别仅用于描述，并不对权限起控制作用。系统管理员至少要有一个，而且系统管理员一定要记住自己的密码。

5.4 波形分析

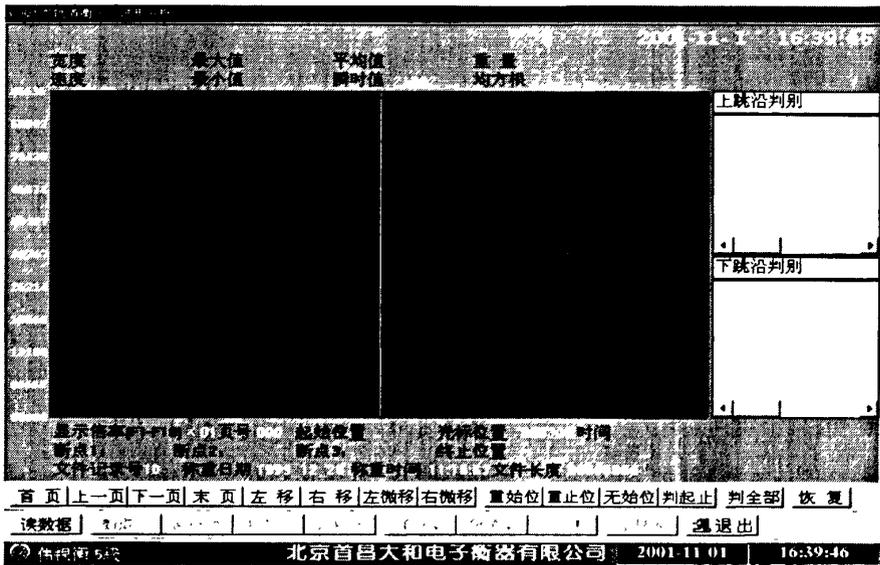


图 5.21 波形分析界面

Fig. 5.21 Waveform Analysis Interface

图 5.21 波形分析功能可用于分析称重过程 A/D 码值的每一个变化。以便发现可能存在的问题。同时亦可作为在线过程档案，必要时核实计量数据是否规范。

波形窗口的纵轴是 A/D 幅值，对于 16 位 A/D 来说，最大的幅值是 65535；横轴是 A/D 码值的位置表示的时间。（和采样周期有关）

5.4.1 显示

1) 显示倍率

用 F1~F10 键对波形在横轴上压缩的倍率（确省是 1:1 即 F1 的选择）

2) 页号

每页 600 个码值

3) 起始位置和终止位置

通过选择波形区间确定的位置

4) 光标位置

光标当前处于的位置（可看到当前的 AD 码值）

5) 文件记录号

读取的文件记录号（0~9999）

6) 称重日期、时间

形成波形文件的称重日期和时间

文件长度

波形文件的长度

7) 时间

通过位置换算出来的时间，波形窗口上方显示的参数仅在选择波形区间才出现（瞬时值除外）。

5.4.2 控制按钮

1) 波形移动类

共 8 个按钮，用于波形换页和微移

2) 设置区间类

设置和取消波形区间，其中判起止可计算该区间的重量（如果发生漏车现象，并且不可能再重新过秤。作为最后的手段可根据波形判断计算重量）

3) 读文件

读入一个原始数据的波形文件

4) 判全部

对整个文件进行和称重时完全相同的判别，并显示出上下沿和称量段的标记

5) 恢复

清除判全部显示出的标记。

5.5 动态轨道衡安装路径及运行环境

5.5.1 安装路径

系统安装路径必须是 D: \DtMain 不可更改，否则系统的部分功能将无法运行。动衡系统. exe 执行文件：

DtVBUser. exe 用户程序文件

\Dt2000\SaveFile\ 存放每日过秤的波形文件 *. Din

\Dt2000\SysFile\ 存放系统运行的组态文件,检定参数

\Dt2000\SendFile\ 存放未发送的数据文件

\Dt2000\DtWet. exe 称重程序

\Dt2000\DtWork. exe 输入参数 日报表

\Mis2000\Data\ 存放数据文件，每月生成一个独立的数据库文件如：
Mis2000\Data\2005\07\DtData.mdb 是 2005 年 7 月份的数据文件。

5.5.2 运行环境

如果是新的 Windows 系统，第一次安装动衡系统，则需要安装动衡系统及数据库接口 ODBC，如果该 Windows 系统已安装了动衡系统，一般不需要重新安装，平时做好系统备份即可。动态称重功能只能在 Windows 环境下运行，如果机器内没有动衡接口卡，则动态称重功能不能使用。

第六章 结论与展望

6.1 结论

计量精度与系统的稳定运行是衡量称重系统优劣的重要指标。通过对首钢动态轨道衡称重系统的研究与应用,得出以下结论:

1) 系统的可靠性

本系统的可靠性主要取决于称重系统的称重传感器质量,车号识别装置的抗干扰性,以及 A/D 转换的精度,和稳定运行的动态称重程序。首钢动态轨道衡称重系统采用技术成熟稳定的称重传感器 TEDEA 称重传感器,先进的 AEI 车号识别系统,北京 YAMATO 公司的 HDC-100 16 位 A/D 转换器,以及相配套的动态称重程序。从而保证了系统的可靠运行。首钢第十轨道衡自投运以来设备故障率在 3% 以下。

2) 计量数据的精度与真实性

系统采用以色列特利亚—亨特利公司的 TEDEA—30T 传感器,其精度达到万分之一,高精度的 16 位 A/D 转换通道,以及基于 WINDOWS 软件平台的称重程序,可以完全跟踪计量过程中的每一个细微的信号波动具有很高的随动性,这些是保证系统精度的先决条件。在检定过程中执行国家轨道衡检定标准,整个系统的精度达到 0.2 级。

首钢动态轨道衡采用动态轨道衡称重系统与铁路车号识别本系统紧密结合。并且充分利用首钢信息化系统平台,减少了计量过程以及数据处理过程的人为干预,从而保证了数据的真实有效。在技术上彻底杜绝了计量员为了谋取个人私利篡改计量数据的现象,为企业减少了不必要的损失。

3) 无人值守计量站系统大大减少了计量员的工作,使工作效率大大提高。本系统在首钢连续运行四年故障率低,性能可靠,计量精度高,在国内处于领先地位。

6.2 展望

通过对首钢动态轨道衡称重系统的在首钢的应用总结,作者认为在该研究领域还存在以下几方面值得进一步扩充和深入:

1) 随着数字传感器技术的提高,采用多路数字传感器直接与工控机进行连接可以降低系统成本,也给车型判别提供了更加简便的判别法;

2) 动态称重系统主要解决快速性与准确性矛盾的问题,在速度平稳恒定的条件下,系统的计量精度有待进一步提高;

3) 动态轨道衡称重系统的标定现在应用动态检衡车对轨道衡进行建标, 检定时间长, 而且占用铁路线路不利于生产调度, 有待于建立一套行之有效的无码校验装置, 优化检定过程。

参考文献

1. 施汉谦, 宋文敏. 电子秤技术[M], 北京: 中国计量出版社, 1991, 1-13.
2. 周祖镰. 衡器的比较与发展[J], 衡器, 2007, 36(1): 21-26.
3. 王锦芳. 动态称重系统的研究与开发[D], 河南郑州大学, 2006
4. Ono T,etal. A Dynamic Measurement Device of Mnss Utilizing a Microcomputer[J], Systems and Control, 1980, 24(3):13-14.
5. 李寒松. 动态电子衡器的研究及其在汽车称重系统的应用[D], 兰州甘肃大学, 2001
6. 潘锋. 自动量仪动态精度[M], 北京: 机械工业出版社, 1983, 65-70.
7. 张春梅, 王涛. 全面模拟判别在动态称重系统中的应用[J], 工矿自动化, 2005,(05): 7-9.
8. 吴兴惠, 王彩君. 传感器与信号处理[M], 北京: 电子工业出版社, 1998, 43-70.
9. 何红丽. 汽车动态称重系统的研究与设计[D], 河南郑州大学, 2007
10. 杨忠. 车辆动态称重系统的设计[J], 交通科技与经济, 2004, (06): 17-19.
11. 周晓宁, 刘爱平, 刘萍等. 动静两用轨道衡台面长度及间隔的确定[J], 中国计量, 2005, (10): 53.
12. 严钟毫, 谭祖根. 非电量电测技术[M], 北京: 机械工业出版社, 1983, 33-40.
13. Huggis P. Ahigh Speed Loadcell[J], Measurement and Control, 1982, 15(6): 8-9.
14. 张功铭, 赵复真. 新型传感器与传感器检测新技术[J], 中国计量, 2006, 111(11): 42.
15. 吴钟岱, 陶宝棋. 应变电测原理及技术[M], 北京: 国防工业出版社, 1981, 45-55.
16. 国家技术监督局. JJG669—2003 称重传感器检定规程[M], 北京: 中国计量出版社, 2003,1-10.
17. 肖明耀. 误差理论与应用[M], 北京: 计量出版社, 1985, 40-47.
18. 苏步霄, 周士钟. 敏感器件及应用[M], 北京: 中国铁道出版社, 1987, 85-96.
19. 刘九卿, 应变式称重传感器技术动向和发展趋势[J], 称重科技暨第五届称重技术研讨会论文集, 2005, (2): 3-12
20. Candy J V. Loadcell Signal Processing[J], Measurement and Control, 1986, 58(3):1-5.
21. 张福学. 传感器应用及其电路精选[M], 北京: 电子工业出版社, 1991, 63-75.
22. 薛钧义. 微型计算机控制系统及其应用[M], 西安: 西安交通大学出版社, 1992, 83-97.
23. 于海燕. 动态称重技术的研究[D], 陕西西安理工大学, 2006
24. 姚恩涛, 季娟, 张明. 两轴车辆动态称重信号分析方法研究[J], 传感器技术,

- 2005,(12): 23-30.
25. 刘飞飞, 杨忠. 车辆动态称重系统的设计[J], 衡器, 2004, (03): 6-9.
 26. 刘瑞阳. 铁路车号自动识别系统的原理与应用[M], 北京: 中国铁道出版社, 2003, 45-50.
 27. 黎挺. 基于二代 AEI 基础上的智能轨道衡车号识别系统[J], 自动化博览, 2007, (8): 16.
 28. 张莉. 车型与牌照的识别与实现[D], 河南郑州大学, 2004
 29. 王庆文. 铁路车号自动识别信息系统[J], 铁路计算机应用, 2003, (5): 12
 30. 王明进. 铁路车号识别系统在武钢的应用[J], 武钢技术, 2006, (2): 17-19
 31. 国家技术监督局. JJG234—1990 动态称量轨道衡检定规程[M], 北京: 中国计量出版社, 1990,1-10.

致 谢

在课题研究过程中，导师陈晓波教授给予我很大的帮助。在他的悉心指导和热情关怀下，我的论文得以顺利完成。导师渊博的知识、严谨的治学态度为我树立了学术研究的好榜样。同时，我还从东北大学到了许多优秀的品质和多方面的能力，成为我一生的宝贵财富。在此我向陈老师表示我最衷心的崇敬和谢意。在这将近三年的学习期间，特别是在课题的进展过程中，我得了老师和同学的帮助，在此我也向他们深表谢意。最后，感谢各位评委和老师在百忙中抽出时间对我的论文进行讲评，感谢所有参加我的论文答辩的专家、教授、老师和同学。

