

摘 要

调车监控系统是基于车地通信、进路搜索和站场拓扑结构的系统，能够自动跟踪列车位置和速度，结合 LKJ2000 列车运行监控记录装置实现对调车作业的安全防护，防止调车作业事故的发生。调车监控系统是计算机集成的控制系统，它包含了无线通信技术、列车控制技术和计算机技术，是 CBTC（Communication Based Train Control 基于通信的列车控制）和 ATP（Automatic Train Protection 列车超速防护）技术在站场调车作业安全防护上的特殊应用。

目前在很多编组站及大中型车站的调车作业中使用了平面调车的机车信号系统，但是由于平面调车系统与调车信号的开放未实现联锁控制，因此，当作业人员操作失误时，容易造成事故，对运输安全构成了严重威胁，于是在这种背景下提出了调车监控系统。该系统主要分为地面设备和车载设备两部分，通过无线传输的方式实现信息交换。地面设备通过将站场信息处理后变为车载设备所需要的信息，通过无线电台将信息发送出去。车载设备则根据这些实时信息控制机车，从而到达行车安全的目的。在该系统中，地面设备所关注的是站场信息的准确性和实时性，车载设备则负责接收站场联锁信息并实时显示、作业单接收、行车安全控制以及信息的存储记录。

本文通过需求分析、UML 建模、程序编写实现了车载设备的地面站场联锁信息实时接收和复示、调车作业单的接收和存储以及模拟行车和速度防护的基本功能。能够有效防止机车冒进关闭的信号机、防止超过规定速度作业。另外仿真系统车载设备具有调车作业现场数据实时记录功能，将调车作业期间的调车信号、运行速度、车速控制方式等实时信息全部保存的功能，用于事后的故障分析和诊断，在保证调车安全作业的同时提高了效率。

关键词 调车；监控；车载设备；统一建模语言

Abstract

Shunting monitoring system is an automatic tracking system for the locomotive position and speed based on the land mobile communication, track lever search and topological structure. It is developed for ensuring a safe operation of trains with the assistance of the LKJ2000 train monitoring and recording devices. Shunting monitoring system is an integrated control system. It contains the wireless communications technology, the control technology and the computer technology. It is the specific application of Communication Based Train Control and Automatic Train Protection on the security protection of shunting work.

In the shunting work of many marshalling and large and medium-sized stations uses the flat shunting of cab signal system, but interconnected control of the flat shunting system and shunting signal can not achieve at present. Therefore, the shunting monitoring system is put forward when serious threats are caused by mistakes of operators in the process of shunting work. This system contains the ground equipment and the mobile equipment for information exchange. The station information is transformed into needed information by the ground equipment to send out messages by radio. The mobile equipment controls the locomotive according to the real-time information to ensure safety. In this system, the ground equipment concentrates on the accuracy and real-time of station information, and the mobile equipment is responsible for receiving and displaying interlock information, receiving operating sheet, safety operation and information records.

The thesis realized some basic function: receiving and repeating of the interlocking information, receiving and storing of the shunting operating sheet, driving stimulation and speed protection. It can be used for prevent the locomotive that go forward closed signal prematurely and prevent exceeding the speed of operation. Meanwhile, simulation mobile system can record real-time information and store the shunting signal, the running speed, speed control mode and other real-time information in the process of shunting work for fault diagnosis and analysis to ensure the safety operation and the efficiency of shunting work.

key words: Shunting; Monitoring; locomotive equipment; UML

西南交通大学

学位论文版权使用授权书

本学位论文作者完全了解学校有关保留、使用学位论文的规定，同意学校保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版，允许论文被查阅和借阅。本人授权西南交通大学可以将本论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复印手段保存和汇编本学位论文。

本学位论文属于

1. 保密，在 年解密后适用本授权书；
2. 不保密，使用本授权书。

(请在以上方框内打“√”)

学位论文作者签名：郑剑锋

指导老师签名：杨扬

日期：2010.6.3

日期：2010.6.3

西南交通大学硕士学位论文主要工作（贡献）声明

本人在学位论文中所做的主要工作或贡献如下：

（1）详细介绍了调车作业的特点，对现有平面调车系统和调车监控系统的系统结构和工作原理进行分析研究。

（2）在现有平面调车系统和调车监控系统的基础上，通过需求分析，对仿真系统和各功能模块建立 UML 模型，对仿真系统工作流程和数据处理进行分析研究，为随后的程序实现提供依据。

（3）对车载设备实现的过程进行了详细说明，介绍了程序中的具体数据的格式和内容。重点介绍了车地通信、具体数据的格式和处理过程、模拟行车、速度防护以及数据存储记录功能的实现过程。

本人郑重声明：所呈交的学位论文，是在导师指导下独立进行研究工作所得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本论文不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的研究成果。对本文的研究做出贡献的个人和集体，均已在文中作了明确说明。本人完全了解违反上述声明所引起的一切法律责任将由本人承担。

学位论文作者签名：郑剑锋

日期：2010.6.3

第 1 章 绪论

1.1 调车监控系统研究的目的及意义

调车是指除列车在车站到达、出发、通过及在区间内运行外，机车车辆进行的一切有目的的移动，包括解体调车、编组调车、取送调车、摘挂调车和其他调车^[2]。由于调车工作的地点经常变化，工作对象不固定，工作条件不同，以及参加调车工作的人员众多，因此调车工作是铁路行车工作中比较复杂、技术性又比较强的工作。对于技术站，调车工作更是其主要生产活动。它对完成车站的数量和质量指标起着重要作用。其他办理客货运的车站，也要进行不同数量的调车作业。所以，调车工作是铁路运输生产活动的基础，是完成铁路运输过程不可缺少的重要环节，是车站工作组织中一项重要工作。调车工作所需要的物资消耗，在整个铁路运输过程所需要的物资消耗中，占有很大的比重。全路用于调车的机车台数，约占全路运用机车的 1/5；调车工作所支出的费用，占铁路运营支出的 1/4；铁路行车事故中的相当部分与调车有关，而冲突、脱轨、挤道岔等惯性事故，绝大多数发生在调车工作中。

目前我国在干线已全面应用机车信号及列车运行监控记录装置，解决了列车在线路上的行车安全问题，使列车行车事故大幅度下降，因此，车站的调车安全防护成为当前需要解决的问题。虽然目前在很多编组站及大中型车站的调车作业中使用了平面调车的机车信号系统，但是受到站内轨道电路条件的制约，平面调车系统与调车信号的开放未实现联锁控制，在进行调车作业时，主要是依靠调车员和机车乘务员确认地面信号，因此，在调车过程中，当作业人员操作失误时，同样容易造成“冲、挤、脱”等事故的发生^[1]。

从调车工作的作业对象、参加人员、工作环境来看，调车工作呈现以下特点：

1. 作业地点涉及面广：从调车场到到发场，从调车线到货物线、专用线，从牵出线到驼峰，调车工作几乎涉及到整个铁路线。

2. 作业对象多种多样：被调动的有机车、客车和货车，货车中又有棚、敞、平、砂、罐等各种车辆。

3. 作业人员工种多：参与调车工作的有车站调度员、车站值班员、调车区长、调车长、连结员、制动员等工种。

4. 作业组织比较复杂：全站由站调，调车区由调车区长或驼峰调车区长，调车组由调车长领导指挥调车工作。

5. 作业方法灵活多变：按作业目的有解体、编组、取送调车等；在牵出线上按操作技术有推送、溜放调车等；在驼峰上按操作技术有定速、变速溜放等。

6. 影响调车作业效率的因素较多: 如调车人员的思想情况和技术水平, 车场道岔, 曲线坡度, 气候条件, 车辆种类和型号, 装载货物的种类等。简称为“天、地、人、车、货、风、雪、雨、露、霜”^[2]。

调车监控系统就是为了有效解决上述问题, 保证站内调车作业安全的控制系统。调车监控系统是计算机集成的控制系统, 遵循《铁路技术管理规程》、《行车组织规则》、《机车操纵规程》、《车站行车工作细则》以及《机务段管理细则》等技术要求。

调车监控系统是随着铁路大提速、LKJ 列车运行记录监控装置、TDCS、TIMS 在全路的普及而发展起来的一种铁路信号控制技术。它包含了无线通信技术、列车控制技术和计算机技术, 是 CBTC 和 ATP 技术在站场调车作业安全防护上的特殊应用。

调车监控系统将站场调车进路的开放、信号机的开放、轨道的占用、道岔的位置、调车作业单、调车限制条件、平面调车的调车长控制命令等信息, 通过无线数传电台传送到调车机车上, 实现调车信号、调车进路及调车作业单等在机车上的实时显示, 并由此产生控制命令, 实现对调车作业的安全防护和调车作业数据的记录。

1.2 调车监控系统的发展现状

1997 年俄罗斯铁路运输自动化科学院等单位研制了“调车机车自动信号系统”, 并在莫斯科、斯维尔德洛夫斯克等铁路局试点应用^[3]。

我国运输、机务及电务部门在早些年就开始针对调车作业安全研究解决方案, 铁道部科技司为此于 2000 年开始立项进行研制工作, 以达到有效地防止车站调车事故, 减轻作业人员负担及工作压力, 避免由于人为因素造成的巨大经济损失及对运输的影响, 降低事故率及增加效益的目的。为“统一标准, 统一制式”, 铁道路于 2004 年制定《无线调车机车信号和监控系统技术条件》并在一些铁路局组织示范性推广^[4]。根据《无线调车机车信号和监控系统技术条件》的要求, 无线调车机车信号和监控系统应具备将站场的调车进路开放、作业单、调车限制条件等信息通过无线信道传送到机车上, 实现调车信号、调车进路和作业单等在调车机车上实时显示, 并能结合列车运行监控记录装置实现对调车作业的安全防护和记录作业数据的目的^[5]。

2002 年 7 月, DJK 调车无线机车信号和监控记录系统通过铁道部技术审查, 2004 年 3 月铁道部会同兰州铁路局在西宁站进行了系统测试, 审查和测试结果表明, 系统功能完善, 能够满足现场调车作业要求, 并实现了与新一代 CTC 系统联网进行调车作业的遥控及站控功能。该系统于 2004 年 10 月通过铁道部技术鉴定, 2005 年在广铁集团公司韶关站和郴州北站推广使用^[6]。

2009 年 1 月 9 日, 铁道部科技司会同部运输局调度、基础部在兰州召开会议, 对兰州铁路局、卡斯柯信号有限公司、株洲电力机车研究所、北京交通大学科技开发公

司研制的“ZDK 型中间站调车监控系统”进行了技术审查。并同意通过技术审查，并可上道使用。

1.3 论文研究内容

在本文所研究的调车监控仿真系统车载设备部分中，着重研究了地面设备与车载设备之间的数据传输、地面站场联锁信息在车载设备上的复示、调车作业速度防护以及相关信息的记录存储。

在开发仿真系统之前，通过学习研究调车作业的相关章程与操作细则，进行需求分析，确定仿真系统需要实现的功能。随后，采用 Rational Rose 软件对仿真系统建立 UML 模型，为以后的仿真系统开发提供支持。最后采用 Visual C++ 6.0 开发软件进行程序编写，实现仿真系统的基本功能。

1.3.1 仿真系统功能

调车监控仿真系统分为地面设备和车载设备两个模块。地面设备负责采集地面站场的联锁信息，为调车机车安排调车进路、向调车机车发送调车作业单信息、站内调车机车跟踪定位以及多台调车机车的管理。车载设备主要实现了地面站场联锁信息的实时接收和在调车机车上的复示、调车作业单的接收和存储以及模拟行车和速度防护三个基本功能。仿真系统采用 Windows Socket 方法实现车地数据通信，实现闭环控制，可以作为铁路系统人员培训软件。

仿真系统车载设备功能具体如下：

1. 地面站场联锁信息的实时接收和复示功能。调车机车入网后，地面设备根据调车机车所在的位置及开放的调车信号，通过 Windows Socket 程序向作业的调车机车发送站场信号机开放情况、轨道占用情况、道岔位置、进路开放情况等控制命令。车载设备通过 Windows Socket 程序接收到地面设备发送来的联锁信息后，将地面站场的信号机开放情况、轨道占用情况、道岔位置、进路开发情况等状态实时复示在车载设备的显示界面上，方便调车司机对调车作业进行操作。在接收到地面发送到的站场联锁信息后，车载设备将该联锁信息存储到车载设备的数据库中，可用于事后的故障分析和诊断。

2. 调车作业单的接收和存储功能。在调车作业计划管理、作业计划传输过程中，大多数站场仍然维持着传统的手工作业方法，在作业频繁、机车比较多、作业区域范围大的企业铁路中，直接影响调车作业效率。此外，由于各个站场的计划要人工制定，也不利于企业的减员增效。

为此，在调车监控系统中加入了调车作业单的无线传输功能，仿真系统则通过

Windows Socket 程序模拟实现车地数据的无线传输。地面设备将安排好的调车作业计划向站场内的所有调车进行广播发送，每列调车的车载设备接收到地面发送来的调车作业单后，将作业单中的注册号与自身入网时分配的注册号相比较，当一致时将调车作业单信息存储到车载设备的数据库中，在车载界面相应位置进行显示并向地面发送接收成功的回执；当注册号不一致时，则该调车作业单不是针对本列调车所发送，将接收到的作业单丢弃，不做任何操作。通过 Windows Socket 程序发送调车作业单，可以提高调车作业的效率 and 安全性，并且调车作业单的存储功能也为事后的查询和故障分析提供了依据。

作业调车进入调车监控系统监控的站场，当接收到地面站场信号机开放情况、轨道占用情况、道岔位置、进路开发情况等联锁信息和调车作业单后，将按照调车作业单的内容进行调车作业，在车载设备和地面设备的界面上同时同步用红光带表示作业调车机车的实时位置。调车作业单中有针对本次调车作业的注册号、进路的始端、终端、调车作业类型以及上下行方向。车载设备接收到调车作业单后，将根据调车作业单中的调车作业类型来自动设置调车列车走行速度的限制。

3. 模拟行车和速度防护。调车列车未超过防护速度时，车载设备不干预调车作业控制，完全由司机根据调车作业单进行操作，同时不断检测调车列车走行速度，以确认调车列车是否超过走行速度限制。当调车列车走行速度超过防护速度而未达到限制速度时，车载设备将向调车司机发出警报，提示调车司机制动减速并注意调车列车走行速度控制；当调车列车走行速度到达或超过限制速度时，车载设备向调车司机发出警报，并按规定自动制动减速，由于调车机车走行速度较慢，所以当调车列车走行速度降到防护速度以下时，进行制动缓解，并恢复调车司机操作。

1.3.2 论文结构

本论文主要分为五部分，绪论部分主要对调车作业的重要性和现状进行概述，介绍了调车监控系统的相关内容，指出调车监控系统提出的必要性；第二部分对仿真系统的系统结构和工作原理进行了全面说明；第三部分对仿真系统车载设备进行设计，建立 UML 模型，为程序的编写做好准备；第四部分对车载设备的关键技术进行了探讨，通过 Visual C++ 进行程序编写，实现车载设备主要功能；最后一部分对该系统今后的工作和调车作业安全控制进行了展望。

第 2 章 调车监控系统工作原理及系统结构

目前我国的调车作业大多停留在平面调车方式,对各种铁路信号设备状态的判断,仍采用人工判断的方式,缺乏科学有效的手段监控调车机车作业情况。为此,在铁路现有调车作业系统、作业规范的基础上,提出了调车监控系统。

2.1 平面调车系统工作原理

在平面调车场上,对道岔实行集中控制,对溜放车辆实行进路的储存和自动选路,对推送机车实行退路锁闭的电气集中联锁,是铁路车站信号的一个组成部分。

平面调车作业过程中,调车组、机车乘务组、扳道组、信号员等有关调车人员之间的行动要求,是依靠信号(指令)来传递的。调车人员用无线调车灯显设备、信号旗、信号灯发出的信号(指令),是指挥调车作业的命令和要求,是机车乘务人员及其他调车人员行动的依据。所以,调车作业时,调车人员必须按规定方式正确及时地显示信号(发出指令)^[2]。

机车乘务人员要认真确认信号(作业指令),并回示。没有看到调车指挥人的起动信号(指令),不准动车,信号(指令)不清,立即停车。对单机返岔子或机车出入段时,可根据扳道员显示的道岔开通信号或调车信号机显示的进行信号动车。无扳道员和调车信号机时,调车指挥人确认道岔开通正确(如为集中操纵的道岔,还须与操纵人员联系)后,向司机显示起动信号。在推进车辆过程中调车指挥人应站在能使司机看见其显示信号的位置,车列前部再派其他调车人员瞭望,及时向调车指挥人显示信号^[2]。

由于我国的调车作业仍停留在人工作业辅助部分半机械化和半自动化设备的平面调车作业方式,对各种铁路信号设备状态的判断,仍采用人工判断的方式,缺乏科学有效的手段监控调车机车作业情况,因而根本无法避免作业中由于人为因素造成冒进信号的挤岔事故、超速行驶造成的冲突事故和脱线事故。因此在铁路现有调车作业系统、作业规范的基础上,建立一套自动监控记录系统,实时将地面信息、调度信息反映到作业司机处和控制中心,同时监视作业情况,对不符合作业规范和要求的情况给出警告或报警,并实施自动的故障导向安全控制措施,有效避免事故的发生。为此,我们提出了调车监控系统。

2.2 调车监控系统

调车监控系统主要分为地面设备和车载设备两部分,通过无线传输的方式实现信息交换,对调车机车的作业过程进行监控。

2.2.1 系统结构

地面设备由地面控制主机、控制接口设备、上位监测机、无线数传电台等组成。车载设备主要由车载主机、应答器查询设备、彩色显示器、无线数传电台、列车运行监控记录装置等组成。

系统示意图如图 2-1 所示。

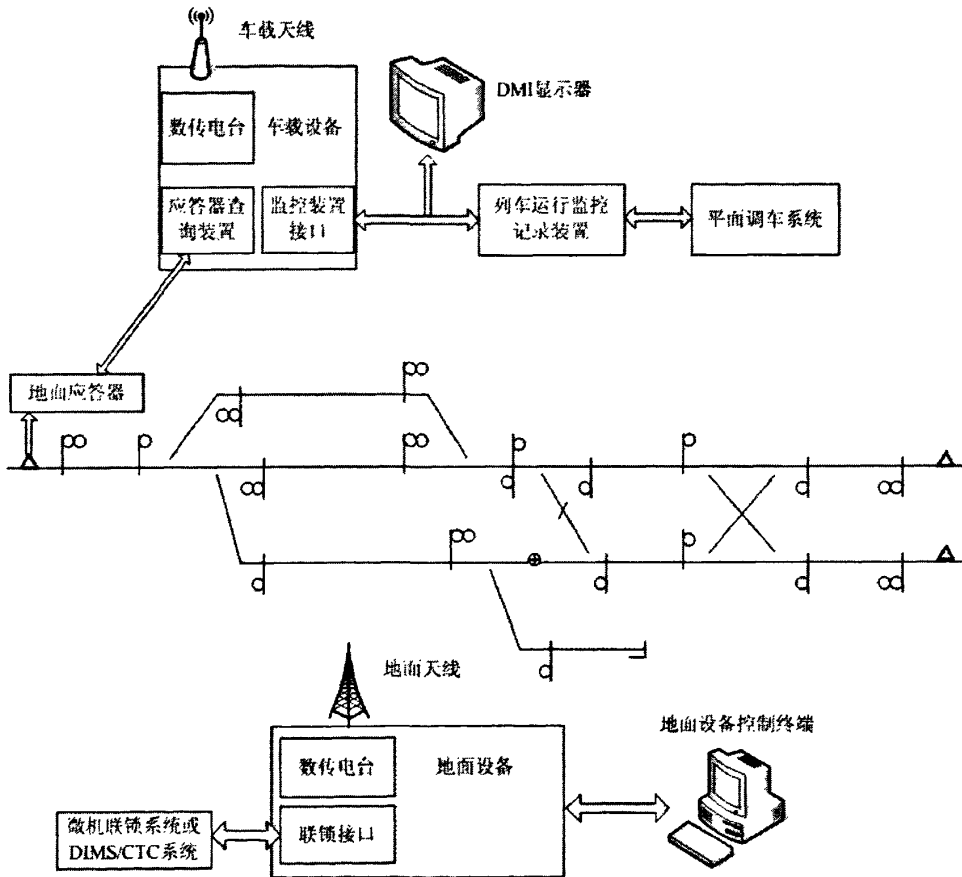


图 2-1 调车监控系统示意图

2.2.2 地面设备配置

地面设备由控制计算机及控制接口电路构成，它主要部件有地面控制主机设备、地面天线、电务维修终端一台、车务终端一台。

地面设备系统配置如图 2-2 所示。

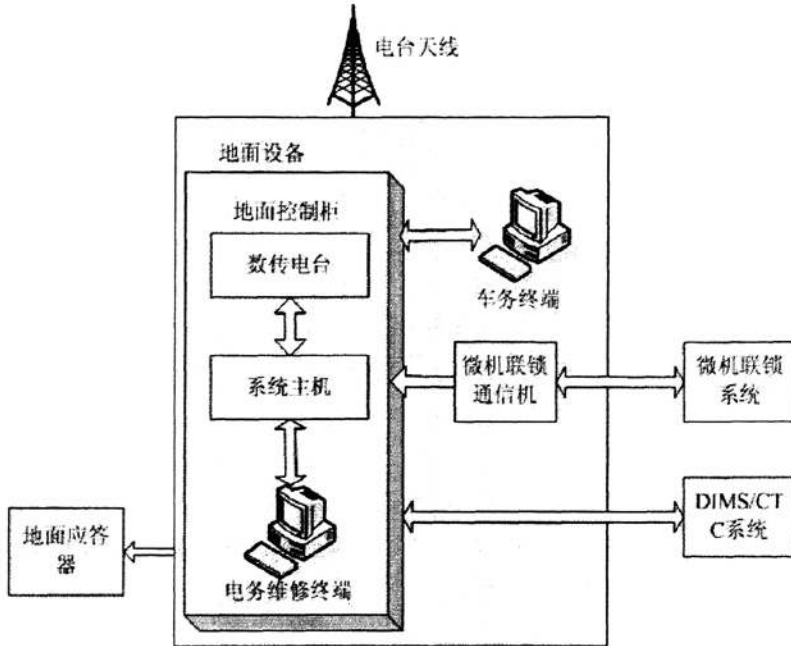


图 2-2 地面设备系统配置图

地面设备中的电务维修终端，可以显示、记录、监测以及系统故障分析；在一些车站的站调或值班室设置有车务终端，车务终端及电务维修终端均采用工业 PC 机；电台天线，安装在机房楼顶，通过天线电缆与地面数传电台连接；地面应答器安装在站场各出入口端及推送线各入口处。

2.2.3 车载设备配置

车载设备主要部件有控制主机箱、车载彩色显示器、电台天线，以及与列车运行监控记录装置接口。如图 2-3 所示。

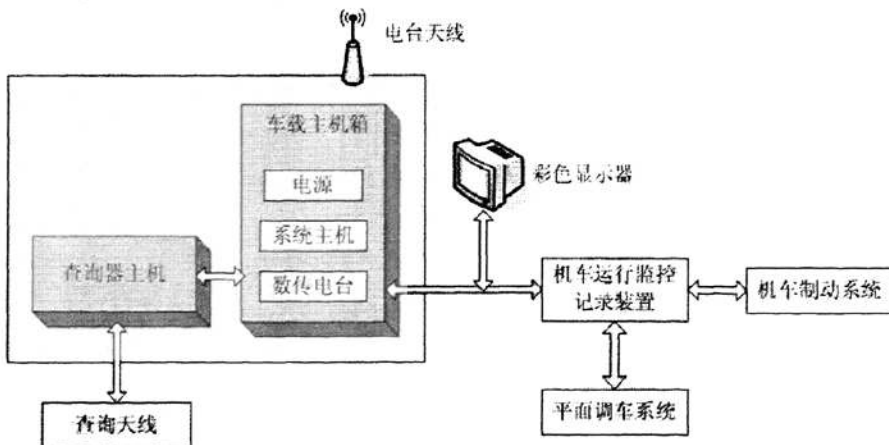


图 2-3 车载设备配置图

控制主机箱安装于机车电器间，内装控制计算机、控制接口设备、数据传输数传电台、查询应答器车载主机及电源等。当车站值班员开放调车进路时，车载彩色显示器将显示出作业进路及进路上的有关信号开放的状态；车载数传电台天线安装于调车机车顶部。

2.3 调车监控仿真系统工作原理

调车机车进入调车作业区域时，车载设备向地面设备发送入网申请，地面设备收到注册申请信息后，向调车机车发送确认注册信息，并为机车分配注册号，进入调车监控工作状态。车载设备可以通过点式应答器确认机车入网时所在的位置。

地面设备可以实现调车机车接收的控制信息与车站调车信号互锁，实现调车机车作业的安全防护。地面设备根据调车机车所在的位置及开放的调车信号，通过 Windows Socket 程序向作业的调车机车发送出控制命令。为了提高效率，系统在一个车站通过不同 IP 地址对多台机车进行控制。为了保证系统工作的安全可靠，系统控制对象的选择、机车位置的确定，是通过点式应答器、车站轨道电路占用状态等多种条件进行确认。

正在作业的调车机车设备在接收到控制命令后，它不断地将其接收的控制命令、机车的确切位置、机车的速度、设备的工作状态等有关信息回送给地面设备，实现系统的闭环控制。同时根据接收的信号开放条件、限制条件等控制命令，运算出相应的控制命令对机车的速度及停车进行控制。

仿真系统结构如图 2-4 所示。

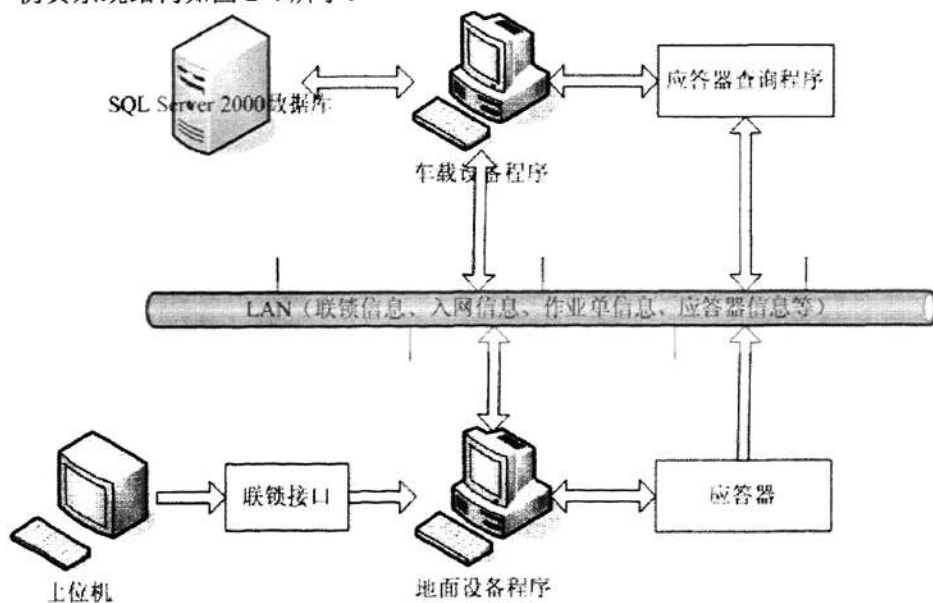


图 2-4 仿真系统结构图

2.3.1 地面设备工作原理

在调车监控系统的地面站场中设置了一台上位监测机,将地面站场的信号机开放情况、轨道占用情况、道岔位置、进路开发情况等联锁信息发送给地面设备。地面设备的主要作用是站场信息采集、调车作业单信息的输入、站场信息数据库的生成。在地面设备界面上可显示当前的站场调车信号的开放情况、轨道电路的占用情况、作业车列及其他有关机车的位置、调车作业单及机车回执的信息等,并可查阅有关的调车作业的历史数据,分析有关的故障及事故。

地面设备程序将地面站场信号机开发情况、轨道占用情况、道岔位置、进路开发情况等有关联锁信息和调车作业单通过综合运算,生成控制信息,通过 Windows Socket 程序发送到作业机车,并将调车机车回执的信息接收并记录,并以站场联锁信息和机车回执的信息为根据,记录、跟踪机车位置,并记忆站场存车线车辆的位置。

当在站场中多台机车进行调车作业时,地面设备是通过接收到的各个调车机车的调车号及机车入网时分配的注册号确定不同机车所应接收到的控制命令及调车作业单,确保调车作业的安全。

2.3.2 车载设备工作原理

机车入网时,车载设备将通过 Windows Socket 程序向地面设备发送入网申请,地面设备接收到机车车载设备的入网申请后,将给机车分配一个唯一的注册号,用于在随后的调车作业过程中对机车进行监控。在进入站场的关键位置都装有地面应答器装置,当作业机车进入站场并且通过地面应答器后,将接收到地面应答器上的相关信息。随后地面设备将地面站场联锁信息通过 Windows Socket 程序传送给机车,并且地面设备将一直对该机车进行跟踪。调车车载设备接收到地面设备信息后,可以确定机车当前位置、信号机开放情况、轨道占用情况、道岔位置、站场进路开放情况、车辆限速等信息。机车车载设备在接收到地面设备的信息后将向地方设备发送回执信息,从而实现闭环控制。

车载设备将由地面设备接收的地面站场信号机开发情况、轨道占用情况、道岔位置、进路开发情况等联锁信息实时显示在车载设备界面上,将通过 Windows Socket 程序接收地面设备发送来的调车作业单信息在车载界面显示并存储。根据调车作业单信息对调车作业进行控制和速度防护。

在调车机车作业期间,地面设备将一直对该机车进行跟踪,并将站场联锁、调车作业单等信息通过 Windows Socket 程序实时传送到调车机车车载设备上。车载设备将接收到的地面信息写入 SQL Server 2000 数据库,并在车载设备界面上实时显示站场联

锁信息、进路开放、调车作业单等信息，辅助司机进行调车作业。

仿真系统通过接收到的调车作业单信息中的调车类型对调车作业进行限速，车载设备循环检测机车走行速度，以确认调车机车是否超过走行速度限制，并根据相应限速进行报警和制动。

第 3 章 调车监控仿真系统设计

UML 是一种可视化的建模语言, 提供了建模的基本符号, 它能够让系统构造者用标准的、易于理解的方式建立起能够表达出他们想象力的系统蓝图, 并且提供一种机制, 以便于不同的人之间有效的共享和交流设计结果^[8]。UML 的特点可以归结为以下几点: 可以通过 UML 建模理解软件系统、可以满足协同开发项目的需要、可以创建真正满足用户需要的产品、软件开发过程的可控性以及可持续发展的需要。

Rational Rose 是一种基于 UML 的建模工具, 而 Rational Rose 2003 企业版是 Rational 公司最新发布版本, 支持 UML 1.3 中所定义的 8 种 UML 图——活动图、用例图、顺序图、协作图、类图、状态图、构件图和部署图。Rational Rose 通过正向和逆向转出工程代码的特性, 可以支持 C++、Visual C++、Visual Basic 以及其他一些常用语言的代码生成和逆向转出工程代码^[13]。

通过分析与设计, 关注模型的创建与架构的描述。其中包括了两个阶段: 领域分析和应用分析。领域分析关注的重点是在真实世界中传达应用语义的内容。应用分析描述的是应用为用户可见的计算机层面^[12]。

基于 UML 在软件开发初期的优势, 本章采用 Rational Rose 软件对调车监控系统建立 UML 模型, 为以后的程序编写工作做好准备。

3.1 仿真系统总体设计

3.1.1 仿真系统模型设计

地面设备将站场的有关调车进路的情况、信号机开放情况、轨道占用情况、道岔位置和调车作业单等命令信息, 通过 Windows Socket 程序将信息发送出去, 同时, 将接收到的机车回执的信息记录存储, 并以站场联锁信息和机车回执的信息为根据, 记录、跟踪机车位置。

调车车载设备接收到地面设备通过 Windows Socket 程序传送来的信息后, 可以确定机车当前位置、信号机开放情况、轨道占用情况、道岔位置、站场进路开放、车辆限速、调车作业单等信息, 根据这些实时信息控制机车进行调车作业。调车车载设备可以确定机车当前位置、站场进路开放、车辆限速等信息。机车车载设备在接收到地面设备的信息后将向地方设备发送回执信息, 从而实现闭环控制, 达到行车安全的目的。

利用 UML 软件对调车仿真监控系统建模, 系统的工作状态如图 3-1 所示。

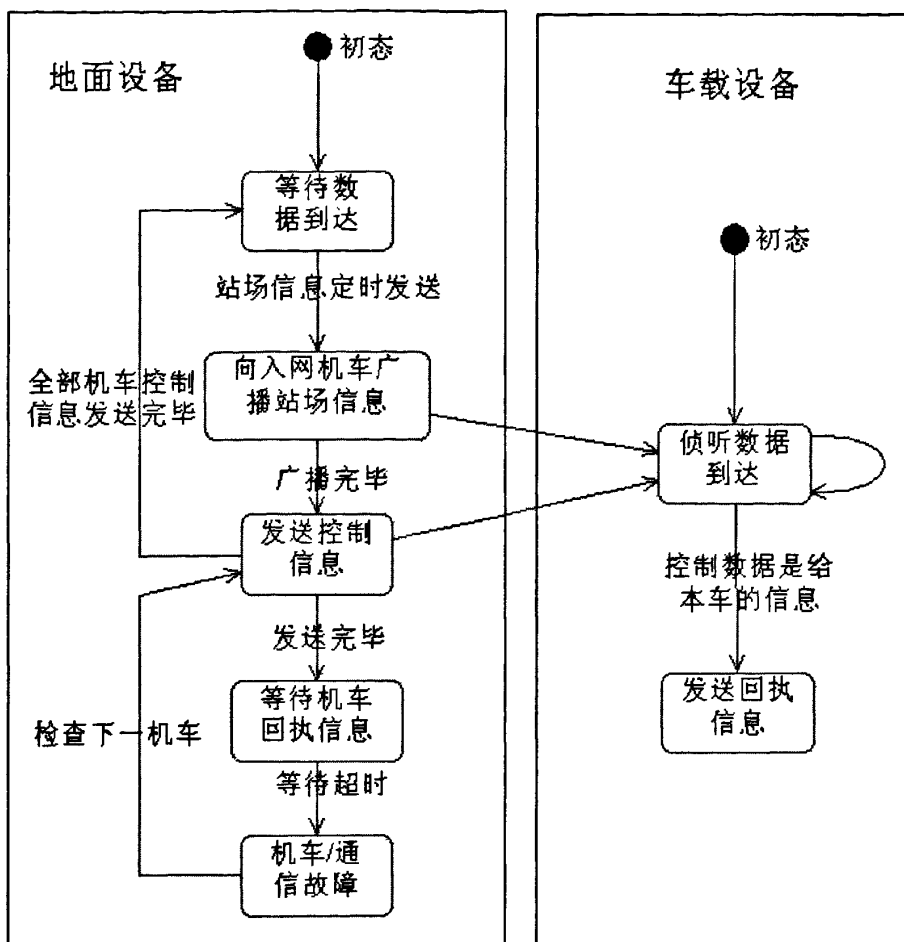


图 3-1 调车监控仿真系统状态图

3.1.2 仿真系统交互数据

由于仿真系统是由车地设备联合组成的控制系统，因此，信息的传输是占有非常重要的位置。系统数据采取动态采集、双向传输的方式，数据流向清晰，实现闭环控制。地面设备与车载设备发送信息如下：

1. 地面设备向车载设备发送的信息：

- (1) 站场的广播信息；
- (2) 注册号；
- (3) 站场轨道电路占用状态；
- (4) 站场调车信号的显示；
- (5) 站场调车进路开放状态；
- (6) 站场道岔状态；

- (7) 调车作业单;
 (8) 车列前方调车进路及调车信号显示;
 2. 车载设备向地面设备发送的信息:

- (1) 机车申请入网信息;
 (2) 机车经过地面应答器的位置;
 (3) 机车号;
 (4) 接收地面设备信息的有关回执;
 (5) 机车走行速度;
 (6) 模拟行车信息;

其中仿真系统车地通信的入网信息、应答器信息、联锁信息、作业单信息格式设计如表 3-1、3-2、3-3、3-4 所示:

表 3-1 申请入网信息格式

申请入网信息	
第 0 个——第 9 个字节	第 10 个——第 19 个字节
调车号	机车通过应答器位置

表 3-2 应答器信息格式

应答器信息	
第 0 个——第 9 个字节	第 10 个——第 29 个字节
应答器编号	站场信息

表 3-3 站场联锁信息格式

站场联锁信息				
0-79 字节	80-99 字节	100-109 字节	110-128 字节	129-300 字节
继电器状态	信号机锁闭状态	道岔锁闭状态	轨道锁闭状态	有待扩展信息

表 3-4 调车作业单信息格式

调车作业单信息				
0-9 字节	10-17 字节	18-25 字节	26-45 字节	46-47 字节
注册号	进路始端	进路终端	调车作业类型	调车进路方向

3.2 车载设备 UML 模型

仿真系统车载设备需要实现地面站场联锁信息的实时接收和在调车机车上的复示、调车作业单的接收和存储以及模拟行车和速度防护的基本功能。本节在完成车载设备基本功能的需要下对车载设备建立模型。车载设备各功能模块线程如下图 3-2 所示。

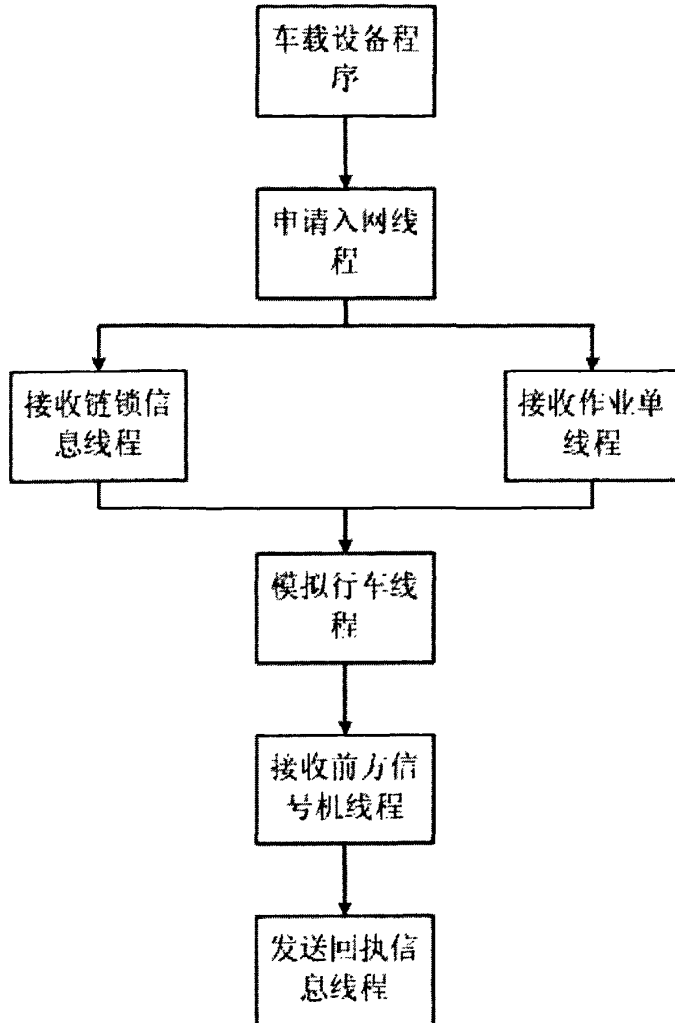


图 3-2 仿真系统各模块线程图

3.2.1 用例模型

仿真系统车载设备通过应答器查询程序接收地面应答器中的信息；通过 Windows Socket 程序与地面设备进行站场联锁信息、作业单信息的接收以及申请入网和回执信息的发送；将地面站场信号机开放情况、轨道占用情况、道岔位置、进路开放情况等信息实时复示在车载设备显示界面上；并将相关信息记录在 SQL 数据库中。

利用 UML 软件建模，车载设备用例图如图 3-3 所示。

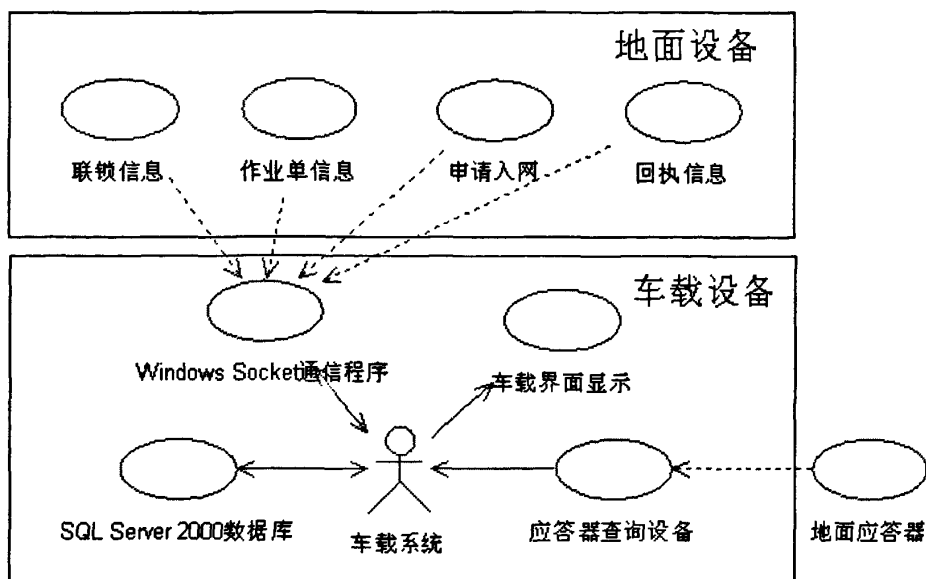


图 3-3 车载设备用例图

3.2.2 工作时序分析

车载设备将通过 Windows Socket 程序向地面设备发送入网申请，地面设备接收到机车车载设备的入网申请后，将给机车分配一个唯一的注册号，用于在随后的调车作业过程中对机车进行监控。在进入站场的关键位置都装有地面应答器装置，当调车机车、通过地面应答器后，将接收到地面应答器上的信息。随后车载设备将接收地面设备发送的站场信号机开放情况、轨道占用情况、道岔位置、进路开放情况等联锁条件、机车通过地面应答器的位置等信息通过 Windows Socket 程序传送给机车，并且地面设备将一直对该机车进行跟踪。机车车载设备接收到地面设备信息后，可以确定机车当前位置、地面站场联锁信息、站场进路开放情况、车辆限速、调车作业单等信息。车载设备在接收到地面设备的信息后将向地方设备发送回执信息，从而实现闭环控制。在调车作业过程中，车载设备将接收到的地面设备的相关信息存储在 SQL Server 2000 数据库中，方便事后的故障检测和分析。

利用 UML 软件建模，车载设备工作时序图如图 3-4 所示。

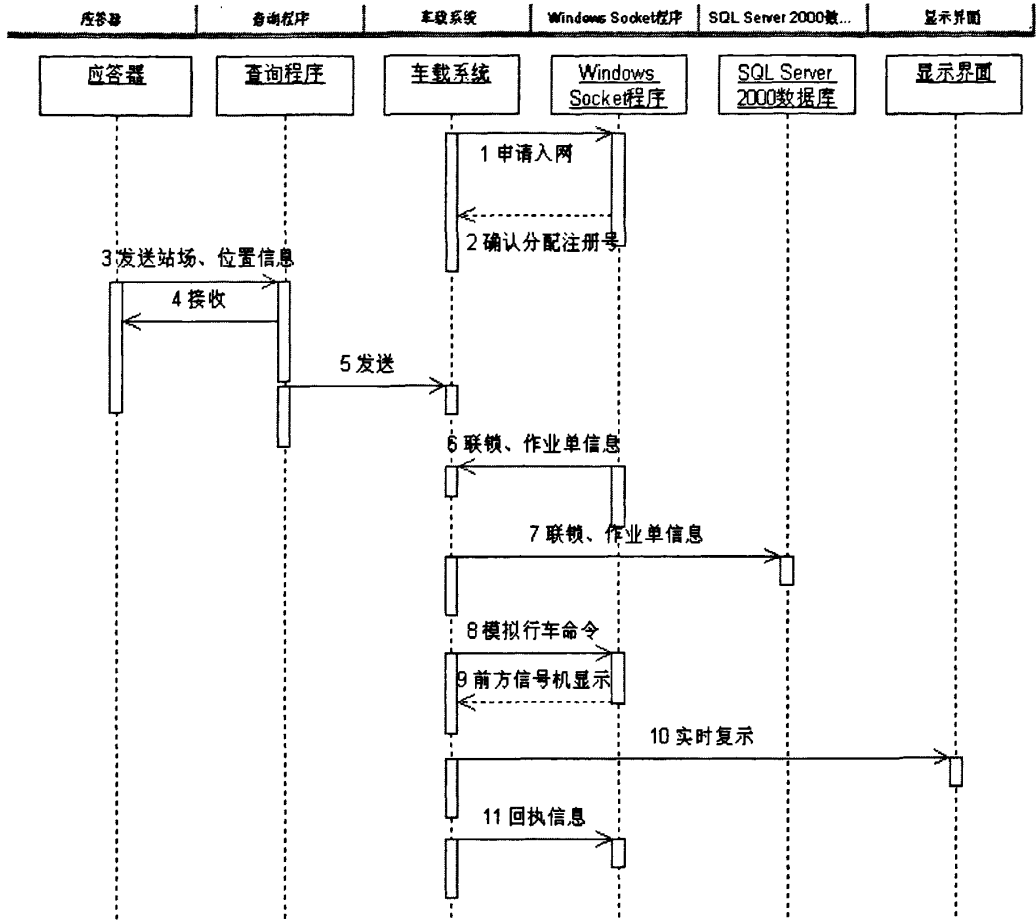


图 3-4 车载设备时序图

3.2.3 工作流程分析

在调车机车作业期间，地面设备将一直对该机车进行跟踪，并将站场联锁信息、调车作业单等信息通过 Windows Socket 程序实时传送到调车机车车载设备上。车载设备将接收到的信息作为机车作业的数据，同时将这些数据进行存储记录，方便事后进行故障检测及分析，并在车载界面上实时显示站场信号机开放情况、轨道占用情况、道岔位置、进路开放情况和调车作业单等信息，辅助司机进行调车作业。

利用 UML 软件建模，车载设备工作状态如图 3-5 所示。

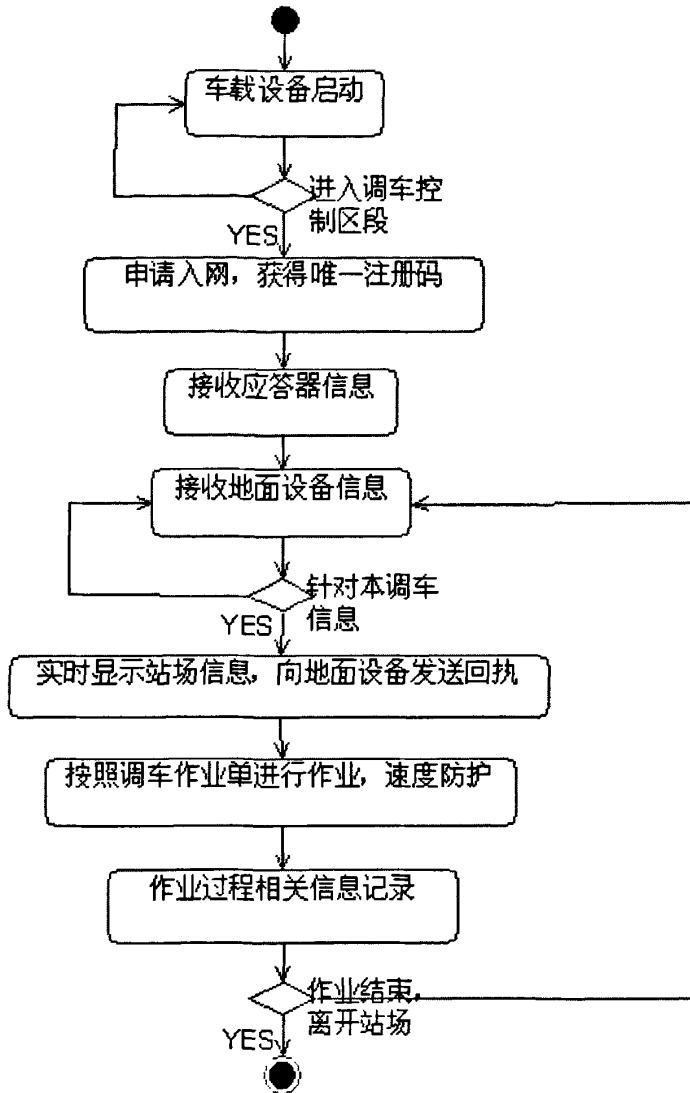


图 3-5 车载设备工作状态图

3.2.4 应答器查询模型

调车监控系统监控范围的站场，在进入站场的关键位置都装设有地面应答器。调车机车车载设备上则安装有地面应答器查询装置，当调车机车通过地面应答器时，应答器查询装置将接收到应答器中存储的应答器编号以及站场信息等。同时，调车机车正式进入调车监控系统监控的站场，车载设备向地面设备发送入网申请，在接收到地面设备发送来的注册号后，调车机车开始在调车监控系统的监控下进行调车作业。

利用 UML 软件建模，应答器查询设备活动图如图 3-6 所示。

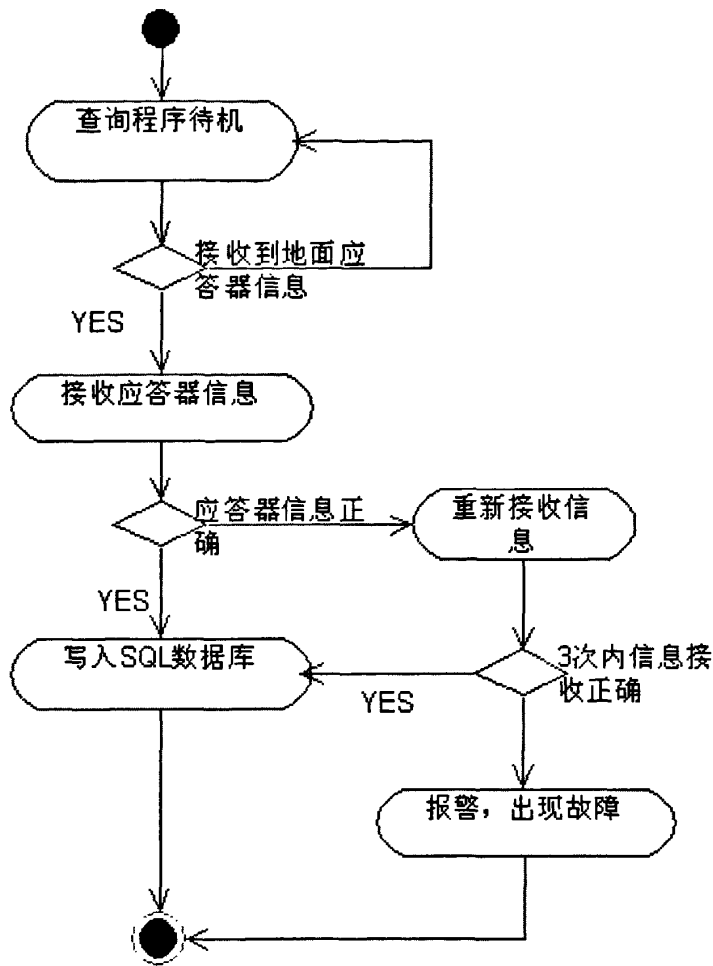


图 3-6 应答器查询设备活动图

3.2.5 数传电台需求分析

当调车机车进入调车监控系统监控的站场后，车载设备无线数传电台功能模块开始工作，通过 Windows Socket 程序向地面设备发送入网申请。在随后的调车作业过程中，所有的车地通信都将通过 Windows Socket 程序来传输，包括地面站场的信号机开放情况、轨道占用情况、道岔位置、进路开放情况、调车作业单、车载设备向地面设备发送的回执等信息。地面设备通过 Windows Socket 程序的不间断工作，和调车机车车载设备保持通信，从而实现调车作业的闭环控制。仿真系统数传电台模块活动图如图 3-7 所示。

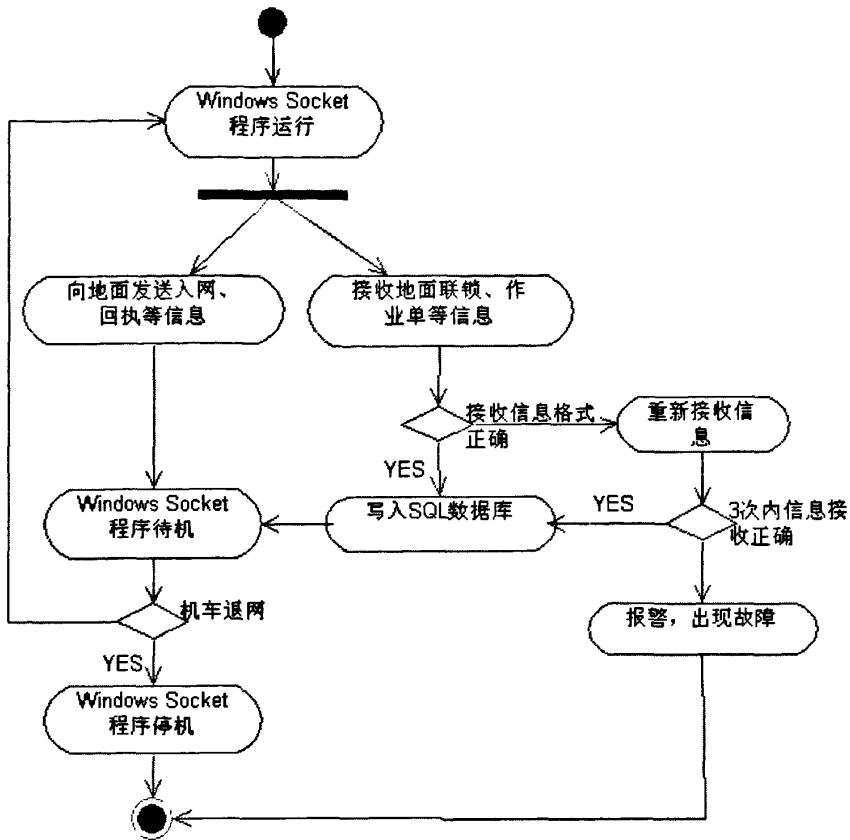


图 3-7 车载数传电台模块活动图

3.2.6 车载设备复示站场联锁信息分析

调车机车进入调车监控系统监控的站场后,将通过 Windows Socket 程序循环地接收地面设备发送的地面站场信号机开发情况、轨道占用情况、道岔位置、进路开放情况等联锁信息。接收到这些联锁信息后,将接收到的联锁信息与上次接收到的联锁信息相比较,当前后两次接收到的联锁信息一致的时候,车载设备不进行任何操作,Windows Socket 程序继续等待下次联锁信息的到来。当前后两次接收到的联锁信息不一致的时候,将该联锁信息写入车载设备的数据库中,方便事后的故障检测与分析,同时将联锁信息写入相应的信号机、轨道、道岔,并实时刷新车载界面。通过以上操作,可以将地面站场的状态实时复示在车载设备的显示界面上,方便调车司机进行调车作业。站场联锁信息复示活动图如图 3-8 所示。

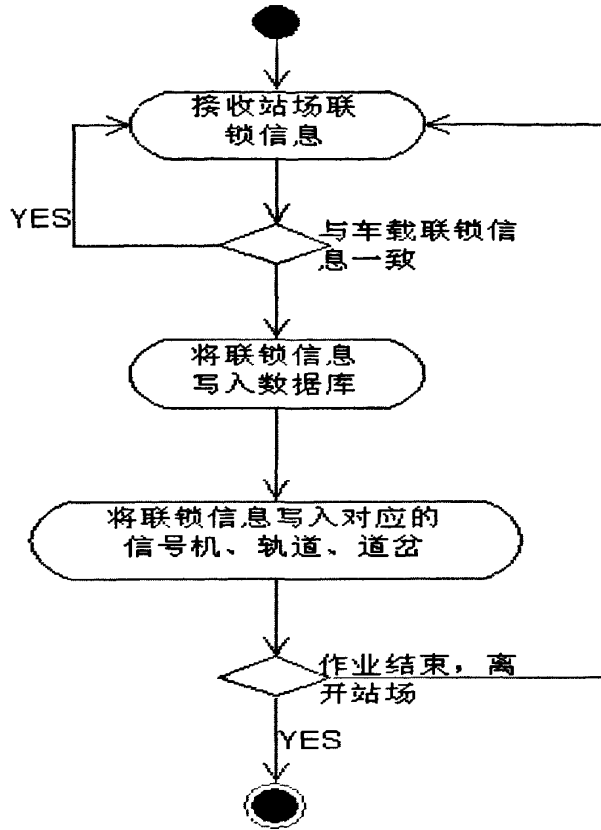


图 3-8 联锁信息显示活动图

3.2.7 速度防护分析

根据地面设备传送的调车作业信息，针对不同的情况采取相应的限速条件。

- (1) 国家铁路、地方铁路，在空线上牵引运行时，40km/h；推进运行时，30 km/h。
- (2) 调动乘坐旅客或装载爆炸品、压缩气体、液化气体、超限货物的车辆时，15 km/h。
- (3) 用铁路调动液体金属车时，重车 10 km/h，空车 15 km/h。

当调车作业行走速度达到规定限速减去 2km/h 时，车载设备发出系统报警，提示调车司机减速；当调车速度达到规定限速时，车载设备发出制动指令，使调车制动减速；当调车速度减速到规定限速减 4km/h 时，车载设备提示调车司机可以人工解锁进行缓解。速度防护活动图如图 3-9 所示。

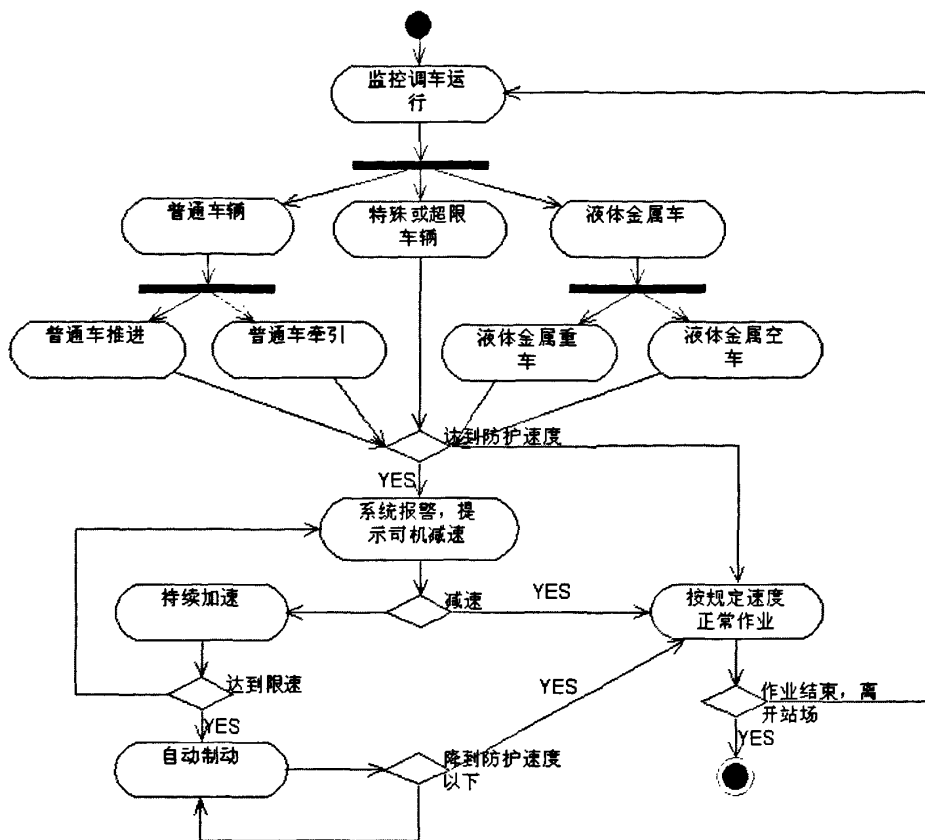


图 3-9 车载设备速度防护活动图

3.2.8 类图模型

为实现车载设备功能，仿真系统通过 UML 软件建模后主要有以下几个类，具体如图 3-10 所示。

Section: 股道类，记录股道状态；

Switch: 道岔类，记录道岔状态；

Signal: 信号类，记录信号机状态；

Rogatory: 应答器查询设备，接收地面应答器发送的信息；

Wireless: 无线数传电台，接收地面设备发送的数据，同时将车载设备的回执信息发送给地面设备。

TrainSys: 车载设备主机，将股道、道岔、信号机状态、调车作业单等信息在界面实时显示，实现速度防护和数据的记录存储功能。

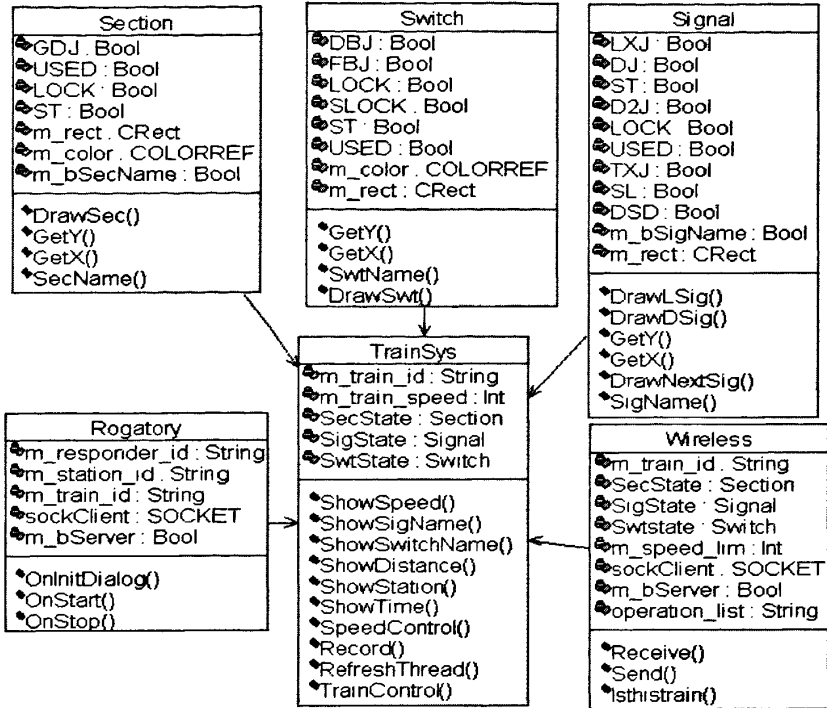


图 3-10 车载设备类图

第 4 章 调车监控仿真系统车载模块实现

4.1 开发工具介绍

4.1.1 Visual C++介绍

Visual C++自诞生以来,一直是 Windows 环境下最主要的应用开发系统之下。利用 Visual C++开发系统可以完成各种各样的应用程序的开发,从底层软件直到上层直接面向用户的软件。而且,Visual C++强大的调试功能也为大型复杂软件的开发提供了有效的排错手段^[16]。

Visual C++的一大特点是微软公司做了一个自己独有的类库 MFC (微软基础类 Microsoft Foundation Classes),里面封装了绝大多数的 Windows API 函数和 Windows 控件,使得 Windows 程序的开发变的高效和易于理解,MFC 不仅为用户提供了 Windows 图形环境下应用程序的框架,而且还提供了创建应用程序的组件。使用 MFC 类库和 Visual C++提供的高度可视的应用程序开发工具,可使应用程序开发变得更简单,开发周期极大地缩短,提高代码的可靠性和可重用性。MFC 的出现为 Windows 程序员提供了一个面向对象的 Windows 编程接口,它的产生大大简化了对 Windows 的编程工作。

MFC 中的各种类结合起来构成了一个应用程序框架,它的目的就是让程序员在此基础上建立 Windows 下的应用程序。MFC 框架定义了应用程序的轮廓,并提供了用户接口的标准实现方法,程序员所要做的是通过预定义的接口把具体应用程序特有的东西填入这个轮廓。Microsoft Visual C++提供了相应的工具来完成这个工作:AppWizard 可以用来生成初步的框架文件(代码和资源等);资源编辑器用于帮助直观地设计用户接口;Class Wizard 用来协助添加代码到框架文件;最后,编译则通过类库实现了应用程序特定的逻辑^[11]。

正是由于微软公司提供的 Visual C++ 6.0 诸多的优势,我们在系统开发时才选择此种开发平台。事实证明,VC 平台确实为我们的系统开发提供了诸多的便利,大大减少了界面设计中所要耗费的时间和精力,另外各种功能完善的控件的提供也方便了系统开发。

4.1.2 SQL Server 2000 数据库介绍

数据库系统是管理大量的、持久的、可靠的共享数据的工具^[18]。用恰到好处的方式组织数据,可以方便的检索和维护这些数据显得至关重要。它有以下一些重要属性:

1. “持久数据”指存储在稳定存储器（如磁盘）中的数据。持久性是因为这些数据要重复使用，但并不意味着数据长生不老，如果已经没有必要继续保留，则将销毁数据，或将其存档。

2. “共享”意味着数据库有多种用法，能服务与多个用户，很多用户可以同时访问一个数据库。只要两个用户不是试图同时更改数据库的同一部分，就可以在不互相等待的情况下继续处理数据。

3. “相关”指将存储为独立单元的数据连接起来，以提供一个完整的视图^[17]。

SQL (Structured Query Language 结构化查询语言)，主要功能就是同各种数据库建立联系，进行沟通。按照 ANSI(美国国家标准协会)的规定，SQL 被作为关系型数据库管理系统的标准语言。SQL 语句可以用来执行各种各样的操作，例如更新数据库中的数据，从数据库中提取数据等。绝大多数流行的关系型数据库管理系统都采用了 SQL 语言标准。虽然很多数据库都对 SQL 语句进行了再开发和扩展，但是包括 Select, Insert, Update, Delete, Create, 以及 Drop 在内的标准的 SQL 命令仍然可以被用来完成几乎所有的数据库操作。

SQL Server 是一个关系数据库管理系统。它最初是由 Microsoft Sybase 和 Ashton-Tate 三家公司共同开发的。SQL Server 2000 是 Microsoft 公司推出的 SQL Server 数据库管理系统，该版本继承了 SQL Server 7.0 版本的优点，同时又比它增加了许多更先进的功能。具有使用方便可伸缩性好与相关软件集成程度高等优点。

4.2 车地通信

仿真系统中，采用局域网通信技术模拟实现地面应答器与车载应答器查询装置、地面设备无线数传电台与车载设备无线数传电台之间的通信。

4.2.1 局域网通信技术

对计算机网络的分类可以按照不同的标准，例如按照网络的拓扑结构来分类，可以分为集中式网络、分布式网络、分散式网络等。而按照网络的作用范围进行分类，则可以划分为以下三种：

1. 局域网 LAN (Local Area Network): 是处于同一建筑、同一社区或方圆几公里区域内的网络。一般 LAN 都使用一根电缆连接所有的机器，例如是总线型或环形。

2. 城域网 MAN (Metropolitan Area Network): 这种网络基本上是一个大的 LAN，采用和 LAN 基本相同的技术，可能覆盖一个较大的区域。

3. 广域网 (Wide Area Network): 它可以跨越大的地域，例如一个国家。在这个网络中包括通信子网和主机。通信子网的功能是把信息从源端传到目的端^[10]。

通过以上分类不难发现，本系统中由于涉及到的网络比较简单，所以采用局域网技术实现车地通信。

计算机网络的设计和实现不仅要有硬件的支持，更重要的是要有一套稳定安全的软件。这里主要涉及到协议分层设计、层间的接口和向上层提供的服务等概念。大多数网络协议都是按照层的方式来定义的，最主要两种模型包括 OSI 的 7 层模型和 TCP/IP 模型。OSI 模型是由 OSI 的建议发展起来的，称作“开放式系统互连参考模型”，主要分为 7 层；而目前在计算机网络上被广泛采用的是 TCP/IP 参考模型，它是一个与 OSI 模型相比更简单高效的模型。TCP/IP 模型是一个 4 层的模型系统。TCP/IP 模型与 OSI 模型的对应关系如表 4-1 所示。

表 4-1 TCP/IP 与 OSI 模型对应关系

应用层	应用层
表示层	
会话层	
传输层	传输层
网络层	网络层
数据链路层	网络接口层
物理层	

TCP/IP 模型由于明确了各协议在各层中的作用，因而得到了广泛的应用。本系统中也采用该模型进行网络通信，因而下面对 TCP/IP 模型各层的功能进行一下简单介绍。

TCP/IP 协议族并不包含物理层和数据链路层，因此它不能独立完成整个计算机网络系统的功能，必须与许多其他的协议协同工作。TCP/IP 分层模型的四个协议层分别完成以下的功能：

第一层 网络接口层

网络接口层包括用于协作 IP 数据在已有网络介质上传输的协议。它定义了像地址解析协议（Address Resolution Protocol, ARP）这样的协议，提供 TCP/IP 协议的数据结构和实际物理硬件之间的接口。

第二层 网间层

网间层对应于 OSI 七层参考模型的网络层。本层包含 IP 协议、RIP 协议(Routing Information Protocol, 路由信息协议)，负责数据的包装、寻址和路由。同时还包含控制报文协议（Internet Control Message Protocol, ICMP）用来提供网络诊断信息。

第三层 传输层

传输层对应于 OSI 七层参考模型的传输层，它提供两种端到端的通信服务。其中

TCP 协议 (Transmission Control Protocol) 提供可靠的数据流运输服务, UDP 协议 (Use Datagram Protocol) 提供不可靠的用户数据报服务。

第四层 应用层

应用层对应于 OSI 七层参考模型的应用层和表达层。因特网的应用层协议包括 FTP (文件传输协议)、HTTP (超文本传输协议)、Telnet (远程终端协议)、SMTP (简单邮件传送协议)、IRC (英特网中继会话)、NNTP (网络新闻传输协议) 等^[10]。

4.2.2 WinSock 在仿真系统中的应用

Windows Sockets 是 Windows 下得到广泛应用的、开放的、支持多种协议的网络编程接口。Windows Sockets 规范定义并记录了如何使用 API 与 Internet 协议族 (IPS, 通常我们指的是 TCP/IP) 连接, 尤其要指出的是所有的 Windows Sockets 实现都支持流套接字和数据报套接字。应用程序调用 Windows Sockets 的 API 实现相互之间的通讯。Windows Sockets 又利用下层的网络通讯协议功能和操作系统调用实现实际的通讯工作。

通信的基础是套接字 (Socket), 一个套接字是通讯的一端。在这一端上可以找到与其对应的一个名字。一个正在被使用的套接字都有它的类型和与其相关的进程。套接字存在于通讯域中。通讯域是为了处理一般的线程通过套接字通讯而引进的一种抽象概念。套接字通常和同一个域中的套接字交换数据 (数据交换也可能穿越域的界限, 但这时一定要执行某种解释程序)。Windows Sockets 规范支持单一的通讯域, 即 Internet 域。各种进程使用这个域互相之间用 Internet 协议族来进行通讯。用户目前可以使用两种套接字, 即流套接字和数据报套接字。流套接字提供了双向的, 有序的, 无重复并且无记录边界的数据流服务。数据报套接字支持双向的数据流, 但并不保证是可靠, 有序, 无重复的。所以在仿真系统采用流套接字方式实现数据通信。

在仿真系统中, 采用 TCP/IP 模式, 通信的地面设备和车载设备相互作用的主要模式是客户机/服务器模式, 即客户向服务器提出请求, 服务器接收到请求后, 提供相应的服务。客户机/服务器模式在操作过程中采取的是主动请求的方式, 首先服务器端要先启动, 并根据请求提供相应的服务:

1. 打开一个通信信道并告知本地主机, 它愿意在某一地址和端口上接收客户请求。
2. 等待客户请求到达该端口。
3. 接收到服务请求, 处理该请求并发送应答信号。接收到并发服务请求, 要激活一个新的进程 (或线程) 来处理这个客户请求。新进程 (或线程) 处理此客户请求, 并不需要对其他请求作出应答。服务完成后, 关闭此新进程与客户的通信链路, 并终

止。

4. 返回第二步，等待另以客户请求。
5. 关闭服务器。

客户端：

1. 打开一个通信信道，并连接到服务器所在主机的特定端口。
2. 向服务器发送服务请求报文，等待并接收应答；继续提出请求。
3. 请求结束后关闭通信信道并终止^[9]。

在网络应用程序中，不管是服务器端还是客户端，发送数据是主动的，而接收数据是被动的。服务器为每一个客户端请求建立一个 `socket`，以便并行处理客户端的数据通信请求。服务器端为了接受客户端的数据，在为客户端建立的 `socket` 上建立消息响应函数 `recv()` 用来接收数据。客户端为了接受服务器的数据，则在连接的 `socket` 上，建立一个消息响应函数 `recv()`，用来接收数据。如图 4-1 所示。

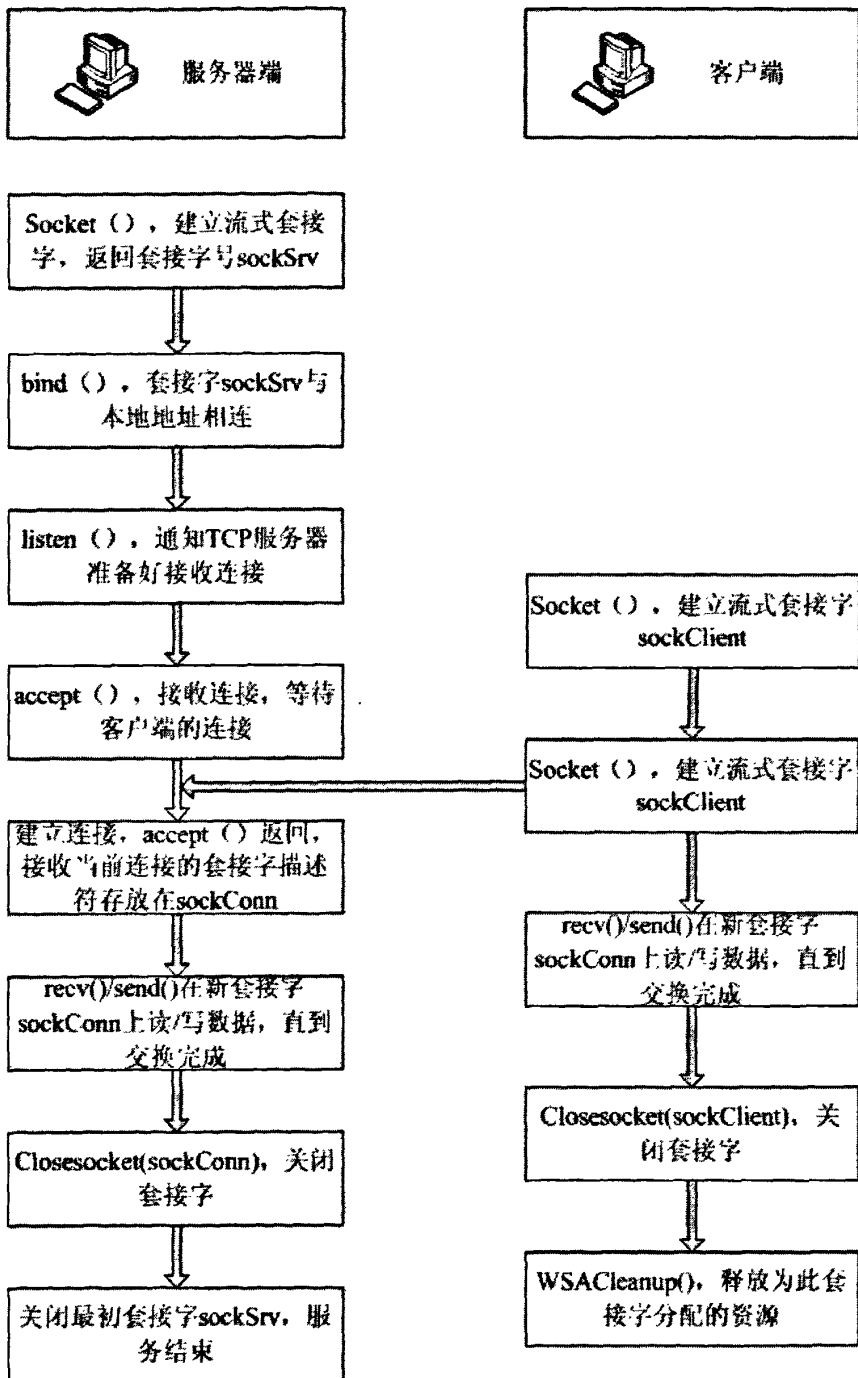


图 4-1 仿真系统 Windows Socket 程序示意图

仿真系统中，地面设备的 IP 地址设定为固定值，地面设备作为服务器端在启动后，利用 Listen 函数监听作为客户端的车载设备发送的数据信息。车载设备的作为客户端，通过向地面设备发送 Connect 消息通知地面设备接收来自车载设备的数据信息。应答器信息、站场联锁信息、调车作业单信息、回执信息等数据信息的接收发送，都通过

采用 WinSock 编程方法的线程实现。由于地面设备与车载设备自身只能有一个 IP 地址，通过设置不同的端口号实现上述数据信息的接收与发送。

4.2.3 车地通信的数据

由于仿真系统是由车地设备联合组成的控制系统，因此，信息的传输是占有非常重要的位置。系统数据采取动态采集、双向传输的方式，数据流向清晰，实现闭环控制。地面设备与车载设备交互信息如表 4-2 所示。

表 4-2 仿真系统发送信息表

地面设备发送信息	车载设备发送信息
站场的广播信息	机车申请入网信息
注册号	机车经过地面应答器的位置
站场轨道电路占用状态	机车号
站场调车信号的显示	接收地面设备信息的有关回执
站场调车进路开放状态	机车走行速度;
站场道岔状态	模拟行车信息
调车作业单	
车列前方调车进路及调车信号显示	

仿真系统车载设备程序中，为了保证车地通信过程中数据的一致性，关键变量定义如下：

```
extern CString train_id=""; //调车号
extern CString train_register_id=""; //注册号
extern CString train_type=""; //调车类型
extern CString train_dir=""; //方向
extern int train_speed=0; //走行速度
extern int train_speed_lim=0; //限速
extern char recvBufs[301]; //联锁信息命令字
```

下面对信号机、道岔、轨道区段分别定义不同的类，及各个类中所定义的有关画站场图形的函数。这三个类都是对 Device 类的公有继承，定义相类似的构造函数。

信号机类(Signal)状态的定义：

```
typedef struct{
    BOOL LXJ; //列车信号继电器
    BOOL DJ; //灯丝继电器
    BOOL D2J; //二灯丝继电器
```

```
BOOL YXJ;//引导信号继电器
```

```
BOOL ZXJ;//正线继电器
```

```
BOOL TXJ;//通过信号继电器
```

```
BOOL XJ;//调车信号继电器
```

```
}SigState;
```

定义的相关函数:

```
int DrawSig(CDC* pDC); //画信号机
```

```
int DrawLSig(CDC* pDC); //绘制列车信号机
```

```
int DrawDSig(CDC* pDC); //绘制调车信号机
```

```
void SigImage(CDC* pDC,int x,int y,COLORREF color,bool flag);//信号机的颜色
```

```
int DrawNextSig(CDC* pDC,int i); //绘制进路前方信号机显示
```

道岔类(Switch)状态的定义:

```
typedef struct {
```

```
BOOL DBJ;//道岔定位表示
```

```
BOOL FBJ;//道岔反位表示
```

```
BOOL LOCK;//道岔锁闭
```

```
bool ST;//道岔转换
```

```
}SwtState;
```

定义的相关函数:

```
void DrawSwt(CDC* pDC,COLORREF color, bool state);//画道岔
```

轨道区段类(Section)状态的定义

```
typedef struct {
```

```
BOOL GDJ;//轨道继电器
```

```
BOOL LOCK;//锁闭
```

```
bool ST;//判断是否转换
```

```
BOOL USED;//轨道占用
```

```
}SecState;
```

定义的相关函数:

```
void DrawCross(CDC* pDC);//画交叉渡线
```

```
int DrawSec(CDC* pDC);//画轨道
```

```
int DrawJSec(CDC* pDC);//画尖轨
```

```
void DrawSwtSec(CDC* pDC,char ch);//画有岔轨道
```

```
void DrawWchSec(CDC* pDC);//画无岔轨道
```

根据车地通信中传输的信息内容，仿真系统将以上数据划分为五类数据：调车申请入网信息、站场入口地面应答器信息、站场联锁信息、调车作业单信息、调车机车回执信息。具体传输的数据内容如下：

1. 调车申请入网信息

仿真系统中，当调车机车进入调车监控系统监控的站场范围时，将向地面设备发送入网申请信息，入网申请信息中包含调车机车的机车号及当前调车车列所在的轨道区段。调车号为车载设备启动时调车设置对话框中设置的字符串变量 `m_train_id`，该变量定义为全局变量，在其他文件中通过 `extern` 声明。当前经过地面应答器的位置定义为字符串变量 `m_train_location`，仿真系统的站场中，有四个关键位置定义为入口位置，分别为 XJG, D14JG, SHJG, STJG，通过下拉框进行选择，界面初始情况下默认为 XJG。

仿真系统运行过程中，作为服务器端的地面设备首先启动，然后启动作为客户端的车载设备。当车载设备启动后，点击菜单项中的申请入网选项，在弹出的申请入网对话框中对机车号和当前机车位置进行设置，设置的值保存在变量 `m_train_id` 和 `m_train_location` 中，完成设置后车载设备将自动向地面设备发送入网申请信息。地面设备在接收到入网申请信息后，将接收到的调车号和当前机车位置写入相应的变量中，并将申请入网信息记录存储，写入 SQL 数据库。随后向调车机车车载设备发送申请入网成功的回执，分配给调车机车一个唯一的注册号，在调车机车未退网前，该注册号一直伴随该调车机车，作为监控该调车机车进行作业的凭据。车载设备接收到申请入网成功的回执后，将接收注册号标志位 `BOOL` 型变量 `zchflag` 置 1。当 `zchflag` 为 1 时，车载设备启动接收注册号的线程，将地面设备发送的针对本调车机车的注册号写入字符串变量 `train_register_id` 中，并在调车机车退网前一直伴随该调车机车。

申请入网对话框如图 4-2 所示。

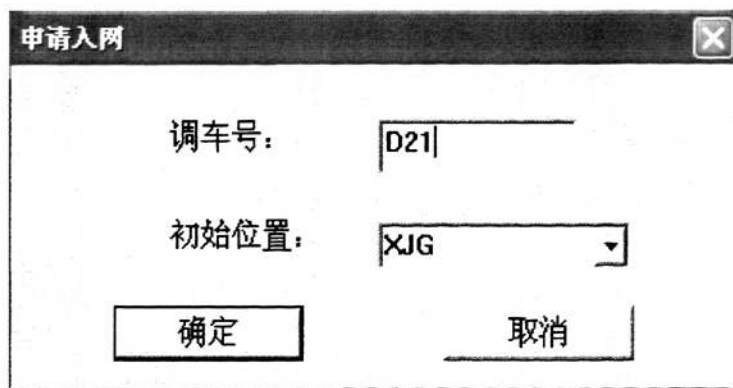


图 4-2 申请入网对话框

2. 站场入口地面应答器信息

仿真系统运行过程中, 车载设备点击菜单项中的应答器信息选项, 可以查看调车机车进入站场时通过的地面应答器的编号、调车机车的机车号以及站场信息。其中地面应答器编号规则如下:

(1) 每个应答器(组)的编号由车站编号+应答器(组)编号共同构成, 车站编号与 ETCS 系统车站编号规则相同, 每个车站编码在全国是唯一的。

(2) 应答器编号以每个应答器(组)为一个基本单元进行编写, 编号顺序以列车运行方向为参照, 按从小到大的原则进行编排。

(3) 每个应答器组可由 1~8 个应答器组成, 以列车运行方向为参照, 列车首先通过的应答器其位置为①, 以此类推。

(4) 应答器组内的编号是在下行线离起点最近的应答器为①, 在上行线以离起点最远的应答器为①^[19]。

应答器源文件中的调车号 `m_train_id` 通过 `extern` 声明, 是定义在 `TrainSys.cpp` 源文件下的全局变量, 在应答器信息对话框中调车号位置显示车载设备启动时在申请入网对话框中设置的调车号。应答器编号是调车机车进入站场时, 通过地面应答器的编号。站场信息是调车作业站场的有关信息, 仿真系统简化为站场名称, 方便系统在不同站场间进行切换。在以后的研究中, 也可以进一步进行扩展。

地面站场入口处的地面应答器均为有源应答器, 地面设备可以更改应答器发送的信息。地面应答器发送的信息共 30 个字节, 第 0 到第 9 共 10 个字节定义为地面应答器的编号; 第 10 到第 29 共 20 个字节定义为站场信息。应答器编号根据应答器编号规则设定, 站场信息由地面设备设定。

车载设备在通过地面站场入口处的地面应答器后, 在应答器信息对话框中可以查询车载设备接收到的应答器信息, 并将接收到的应答器编号和站场信息写入 SQL 数据库中, 方便事后的故障检测和分析。

3. 站场联锁信息

仿真系统地面设备启动后, 将地面站场中的信号机开放情况、轨道占用情况、道岔位置、进路开放情况通过程序编码生成联锁信息命令, 车载设备通过 Windows Socket 程序接收到地面设备发送来的联锁信息命令后, 通过程序解码, 将状态写入对应的信号机、轨道和道岔, 并实时刷新车载显示界面, 将地面站场的联锁信息实时复示在车载设备的界面上。

仿真系统地面设备中, 所有的信号机、轨道、道岔的继电器都记录在 `input.txt` 文件中, 调车信号机继电器有 DJ, DXJ; 调车兼列车信号机继电器有 LXJ, DXJ, ZXJ, DJ, D2J; 进站信号机继电器有 LXJ, TXJ, ZXJ, DJ, D2J, YXJ; 道岔继电器有 FB,

DB; 轨道继电器则用相应的轨道区段名称表示。input.txt 文件用于程序启动时将站场继电器读入程序。

地面设备程序中, 生成联锁信息命令的程序作为一个线程在地面设备启动后开始循环运行, 每间隔 500 毫秒将站场联锁信息进行编码并通过 Windows Socket 程序进行发送。仿真系统为了以后的扩展, 将联锁命令定义为 300 字节, 前 80 个字节定义为地面站场的信号机、道岔和轨道的继电器状态。地面设备通过循环检测上述继电器的状态生成相关的联锁命令, 不够 80 个字节时后续字节置 0。第 80 到第 99 共 20 个字节定义为信号机的锁闭状态。第 100 到第 109 共 10 个字节定义为道岔的锁闭状态。第 110 到 128 共 19 个字节定义为轨道的锁闭状态。第 129 到第 300 个字节置 0, 为以后仿真系统的扩展做好准备。

在地面设备程序启动后, 自动按照 input.txt 文件中继电器的顺序对站场状态进行循环检测。每个继电器对应联锁命令中的一位 (bit), 将一个继电器状态写入 char 型变量 d 后, d 左移一位, 直到字符型变量 d 中 8 位全部赋值完成, 生成联锁命令中的一个字节。将 d 赋值给字符数组 dataToServer 后, 循环继续, 直到 input.txt 文件中的继电器全部完成赋值。当循环完成后, 若字符数组 dataToServer 的元素个数未达到 80 个时, 后面的元素直接置零。随后循环检测信号机、道岔、轨道的占用和锁闭状态, 若信号机状态为 USED 则状态字第零位置 1, 若信号机状态为 LOCK, 则状态字第一位置 1, 通过或运算将状态字写入字符数组 dataToServer; 若道岔状态为 USED, 则状态字第零位置 1, 若道岔状态为 LOCK, 则状态字第一位置 1, 若道岔状态为 SLOCK, 则状态字第二位置 1, 通过或运算将状态字写入字符数组 dataToServer; 若轨道状态为 USED 则状态字第零位置 1, 若轨道状态为 LOCK, 则状态字第一位置 1, 通过或运算将状态字写入字符数组 dataToServer。完成循环检测后, 若字符数组 dataToServer 的元素个数未达到 300 个时, 后面的元素置零。最后通过 Windows Socket 程序将最后生成的联锁信息命令 dataToServer 发送给车载设备。

车载设备程序启动后, 将有接收地面设备联锁信息命令的一个线程同时启动, 通过 Windows Socket 程序将地面设备生成的联锁信息命令接收后, 判断接收到的联锁信息命令是否和上次接收到的联锁信息命令 (已赋值在数组 lastbuf 中) 相同, 若车载设备程序第一次启动运行, 则和车载设备初始化的联锁信息命令相比较。若联锁信息命令相同则不做任何操作, 否则将接收到的联锁信息命令通过解码写入相应的信号机、道岔、轨道, 并将联锁信息命令写入 SQL 数据库, 方便事后的故障查询和分析, 最后将此次接收到的联锁信息命令赋值给字符数组 lastbuf, 在下次接收到联锁信息命令后再通过与字符数组 lastbuf 比较, 生成闭环控制。车载设备在接收到地面联锁信息命令后, 通过判断和移位运算, 循环地将联锁信息命令中的值赋值给对应的信号机、道岔

和轨道的继电器以及 USED、LOCK、SLOCK 状态。在将接收到的联锁信息命令写入后,车载设备程序通过自动刷新可以将地面站场的情况实时复示在车载设备的显示界面上,方便调车司机进行调车作业操作。

车载设备的地面站场情况实时复示功能避免了以往调车作业过程中地面信号需要人工确认的情况,同时可以避免因为人为因素导致的“冲、挤、脱”等事故的发生。

4. 调车作业单信息

调车作业单信息定义为 48 个字节,第 0 到第 9 共 10 个字节定义为注册号信息,用于车载设备接收到调车作业单信息后判断此调车作业单是否针对本调车机车;第 10 到第 17 共 8 个字节定义为调车进路的始端信号机;第 18 到第 25 共 8 个字节定义为调车进路的终端信号机;第 26 到第 45 共 20 个字节定义为调车类型,用于在车载设备接收到调车作业单信息后针对不同的调车作业类型对调车速度限制进行控制;第 46 到第 47 共 2 个字节定义为调车进路方向。

地面设备在调车机车入网后,地面设备将对调车机车开放调车作业的进路,同时向车载设备发送调车作业单信息。调车作业单信息中有针对本次调车作业的注册号、调车作业进路的始端、终端、调车作业类型、运行方向。注册号用于判别该次调车作业的调车机车;调车作业进路的始端、终端通过地面设备安排进路自动在对话框中显示;调车作业类型用于对调车机车进行速度控制,不同的调车作业类型限速各不相同;运行方向则表明了调车作业的运行方向。地面设备安排好调车作业进路后,在弹出的调车作业单对话框中,地面设备通过输入注册号选择该调车作业单信息针对的调车机车。调车进路的始端和终端在调车进路安排好后自动显示在始端和终端编辑框中。调车作业类型通过下拉框可以进行选择,具体有普通车牵引、普通车推进、特殊或超限车辆、液体金属重车、液体金属空车五种类型,根据调车作业类型的不同设置有不同的调车作业限速。调车进路方向通过进路始端和终端的选定自动判定。地面设备点击发送按钮通过 Windows Socket 程序将调车作业单信息发送至调车机车。由于一个站场内可能同时有多个调车机车进行作业,所以调车作业单信息采用广播方式发送,调车机车车载设备通过注册号判断调车作业单是否针对本调车机车。

车载设备启动后,程序中用于接收调车作业单信息的线程同时启动,该进程每隔 1000 毫秒运行一次。当该线程接收到地面设备通过广播方式发送来的调车作业单信息后,首先读取调车作业单信息中前 10 个字节的注册号信息,并与调车机车入网时分配的注册号相比较。若两个注册号不同,则将接收到的调车作业单信息丢弃,不做任何操作;若两个注册号相同,表明该调车作业单信息是针对本调车机车,将接收到的调车作业单信息写入 SQL 数据库中,并在车载界面上方显示该调车作业单的相关内容,限速部分则通过判别调车作业单信息中的调车类型由程序设定。在车载界面的菜

单项中,可以通过点击调车作业单选项,在弹出的调车作业单对话框中,可以对该调车机车接收到的所有调车作业单进行详细查询。调车作业单对话框如图 4-3 所示。

图 4-3 调车作业单对话框

调车作业单的无线传输,可以解决以往人工传输调车作业单的诸多弊端,提高了效率和安全行。通过调车作业单对话框,可以查询调车作业过程中接收的所有调车作业单信息,方便司机进行调车作业操作,也为事后事故检测和分析提供了凭据。

5. 回执信息

仿真系统车载设备向地面设备发送的回执信息是为了实现在调车作业监控过程中的闭环控制,可以确保车载设备接收到地面设备发送的信息,并且可以确保车载设备接收到的信息是正确的信息。车载设备发送的回执信息有机车经过点式应答器的位置、机车号、机车走行速度以及接收地面站场联锁信息的回执。

在地面设备安排好调车作业的进路和调车作业单后,车载设备接收到地面设备发送的信号机开放情况、轨道占用情况、道岔位置、进路开放情况等站场联锁信息,在车载设备显示界面上实时复示。同时,每间隔 500 毫秒,车载设备将车载设备显示界面上的站场联锁信息以及调车作业过程中的机车走行速度通过 Windows Socket 程序发送给地面设备,确保地面设备和车载设备上的站场联锁信息一致,保证调车作业过程中的安全性。在回执信息发送后,将该回执信息写入 SQL 数据库,为以后的故障检测和分析提供依据。

地面设备在接收到车载设备发送到的相关回执信息后,通过判断可以确定车载设备是否接收到地面设备发送的信息以及接收到的信息是否正确。若车载设备发送的回

执信息正确，则地面设备不做任何操作；若地面设备接收到的回执信息错误，地面设备将重新发送相关信息，直到接收到车载设备发送来的正确的回执信息，若连续 3 次接收到的回执信息与地面设备发送的信息不相符，地面设备报警，提示工作人员检测错误。地面设备在接收到车载设备发送的回执信息后，通过机车号与回执信息相关联写入 SQL 数据库，在事后的故障检测和分析过程中，可以通过比较车载设备和地面设备数据库中的回执信息进行判断。

车载设备发送的回执信息确保了在调车作业过程中的闭环控制和车地数据通信过程中数据的可靠性和安全性，在提高调车作业效率的同时保证了调车作业的安全性。

4.3 调车车列定位与速度防护

4.3.1 调车车列定位

调车车列的定位是调车监控系统的关键技术，根据活动范围与移动性调车车列可以分为移动车列和固定车列（存留车）。

站场中包括道岔区段、无岔区段以及股道在内的各个区段的联锁区都是有轨道电路的，在车列行驶到该轨道区段后，轨道电路的继电器落下，反映到站场图上这一轨道区段就用红光带来表示。而当车列全部通过该区段，区段出清后，继电器吸起，站场图上的红光带消失。地面设备通过采集轨道区段的占用情况，可以了解机车行驶到的位置，这也构成了地面判断车列位置的基础。

1. 移动车列定位

仿真系统中，通过检测调车进路、轨道占用情况、信号机开发情况的变化，可以确定调车机车在站场中的位置。具体包括以下两种情况：

(1) 仿真系统地面设备启动后，车载设备通过 Windows Socket 程序向地面设备发送入网申请，可以选择调车机车入网时所在的轨道区段。随后调车机车会通过站在站场入口位置设置的地面应答器，车载设备通过应答器查询设备接收到应答器编号以及站场的相关信息。

(2) 在调车机车进行调车作业过程当中，地面设备通过地面站场联锁信息以及车载设备向地面设备发送的回执信息可以将站场的信号机开发情况、轨道占用情况、进路开发情况实时显示。通过跟踪信号机的开放情况以及轨道区段的占用情况可以确定调车机车的当前位置。

移动车列定位活动如图 4-4 所示，具体步骤如下：

(1) 确定调车机车初始位置。调车机车进入调车监控系统监控的站场后，车载设备申请入网和通过站场入口设置的地面应答器后，可以确定调车机车当前的入口位置。

(2) 确定调车车列前方进路。仿真系统可以根据地面站场的信号机开放情况、轨道占用情况、道岔位置、进路开放情况确定调车车列所在进路。

(3) 确定调车车列位置。仿真系统可以根据地面站场的信号机开放以及变化情况、轨道占用情况确定调车车列当前位置。

(4) 如果调车机车发出退网申请,表明调车车列离开站场,调车车列从地面设备显示界面上离开,退出调车监控系统的监控。

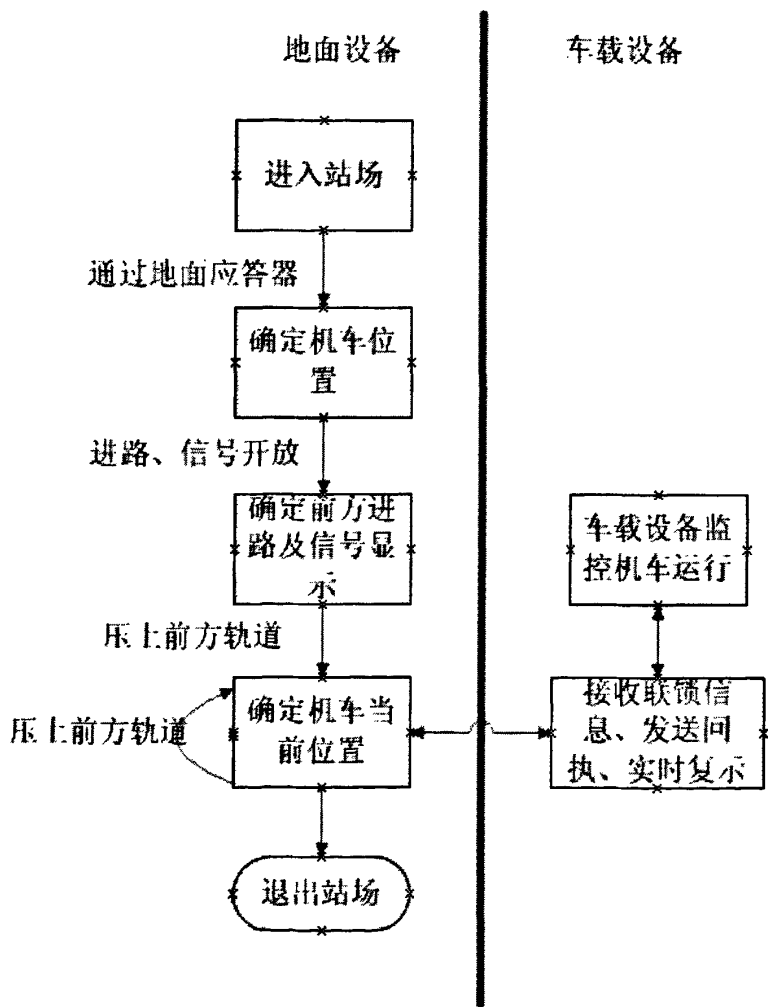


图 4-4 移动车列定位流程图

2. 固定车列定位

通过监测地面站场的信号机开放情况、轨道占用情况、道岔位置、进路开放情况可以确定固定车列的位置。

当调车机车完成当前调车作业停车后,调车进路在调车机车行进过程中自动解锁,信号机开放和道岔位置恢复,只有调车机车当前所在轨道区段显示红光带。在这种情

况下可以确定固定车列的当前位置,通过仿真系统的闭环控制可以实现地面设备和车载设备对调车机车当前位置的确定,也为下一次调车作业提供了准备。

4.3.2 模拟行车

仿真系统中,地面设备安排好调车进路,车载设备在接收到地面设备发送的地面站场信号机开放情况、轨道占用情况、道岔位置、进路开放情况和调车作业单后,车载设备点击菜单项中的模拟行车选项,在弹出的模拟行车对话框中设置调车机车走行速度并点击确定后,车载设备向地面设备发送模拟行车命令,并在车载设备和地面设备的显示界面上同步显示模拟行车的过程,调车机车的位置可以通过信号机显示的变化和轨道占用情况判断,同时用红光带表示调车机车当前占用的轨道区段。

仿真系统程序中,信号机类定义为 `CSignal(HEX incode,HEX nextDir,HEX nextIndir,HEX foreDir,HEX foreIndir)`,轨道类定义为 `CSection (HEX incode,HEX nextDir,HEX nextIndir,HEX foreDir,HEX foreIndir)`,道岔类定义为 `CSwitch (HEX incode,HEX nextDir,HEX nextIndir,HEX foreDir,HEX foreIndir)`。以下行方向为初始情况,`incode`表示信号机(轨道、道岔)的编号,`nextDir`表示信号机(轨道、道岔)前方相邻的轨道或道岔(信号机、道岔或轨道、信号机)的编号,`foreDir`表示信号机(轨道、道岔)后方相邻的轨道或道岔(信号机、道岔或轨道、信号机)的编号。轨道类和道岔类定义与信号机类定义相类似,通过这种定义方式,可以确定地面站场中信号机、轨道和道岔的相对位置。在模拟行车过程中,可以确定前方信号机的编号,通过前方信号机显示程序,将前方信号机的显示状态复示在车载设备显示界面的左上方,为调车作业提供了安全保证,方便司机控车。

地面设备在调车机车入网后,为调车作业安排进路。调车进路选通后,地面设备显示界面用白光带表示选通的进路。由于仿真系统采用闭环控制模式,地面设备每隔 500 毫秒向车载设备发送一次地面站场联锁信息,车载设备在接收到地面站场的联锁信息后,将调车作业有关进路信息和信号机显示实时复示在车载设备显示界面上。在安排好调车作业的进路后,地面设备通过调车作业单对话框对调车作业单进行设置,将调车注册号、进路的始端、终端、调车类型和方向信息发送给车载设备。车载设备在接收到上述信息后,在界面上显示调车作业单的相关信息,并向地面设备发送信息回执,通知地面设备调车机车已经做好调车作业的准备。车载设备接收到调车进路如图 4-5 所示。

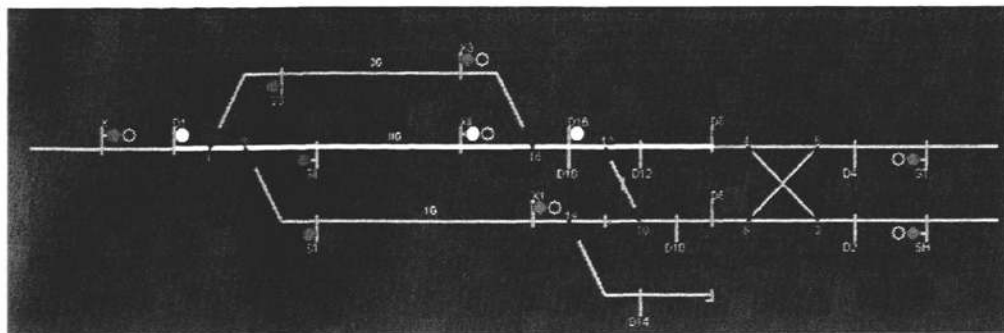


图 4-5 调车进路图

车载设备通过点击菜单项中的模拟行车选项，在弹出的模拟行车对话框中，设置调车机车走行速度，点击确定通知地面设备开始模拟行车。在模拟行车过程中，程序首先检测进路开放情况，确定进路中的所有轨道区段。随后通过调车进路的始端和终端判断进路的上下行方向，由于调车进路的始端和终端在安排进路的同时已经确定，地面设备的调车作业单对话框中自动将进路上下行方向发送至车载设备。检测调车进路后，将进路第一个轨道区段编号赋值给变量 `sec`，同时该轨道继电器落下置 OFF，显示红光带。模拟行车程序通过 `Sleep` 命令睡眠 2000 毫秒后，将进路下一个轨道区段编号赋值给变量 `sec`，该区段轨道继电器落下，显示红光带。通过判断上下行方向变量可以确定当前显示红光带的轨道区段的前方信号机编号，地面设备通过该编号可以确定前方信号机的编号，通过车地数据通信将前方进路信息和前方信号机显示状态发送到车载设备上。程序再次睡眠 2000 毫秒后，前一个轨道区段自动解锁，轨道继电器吸起置 ON。循环检测调车进路，直到变量 `sec` 为最后一个轨道区段的编号，调车机车停留在该区段，该轨道区段轨道继电器保持落下，显示红光带表明调车当前位置。车载设备通过闭环控制，循环接收地面设备发送的前方进路信息和前方信号机显示状态，在车载设备显示界面实时复示，并在显示界面的左上方显示前方信号机的显示状态，提醒调车司机注意前方信号机显示的变化。模拟行车过程中轨道区段采取逐段解锁方式。模拟行车流程如图 4-6 所示。

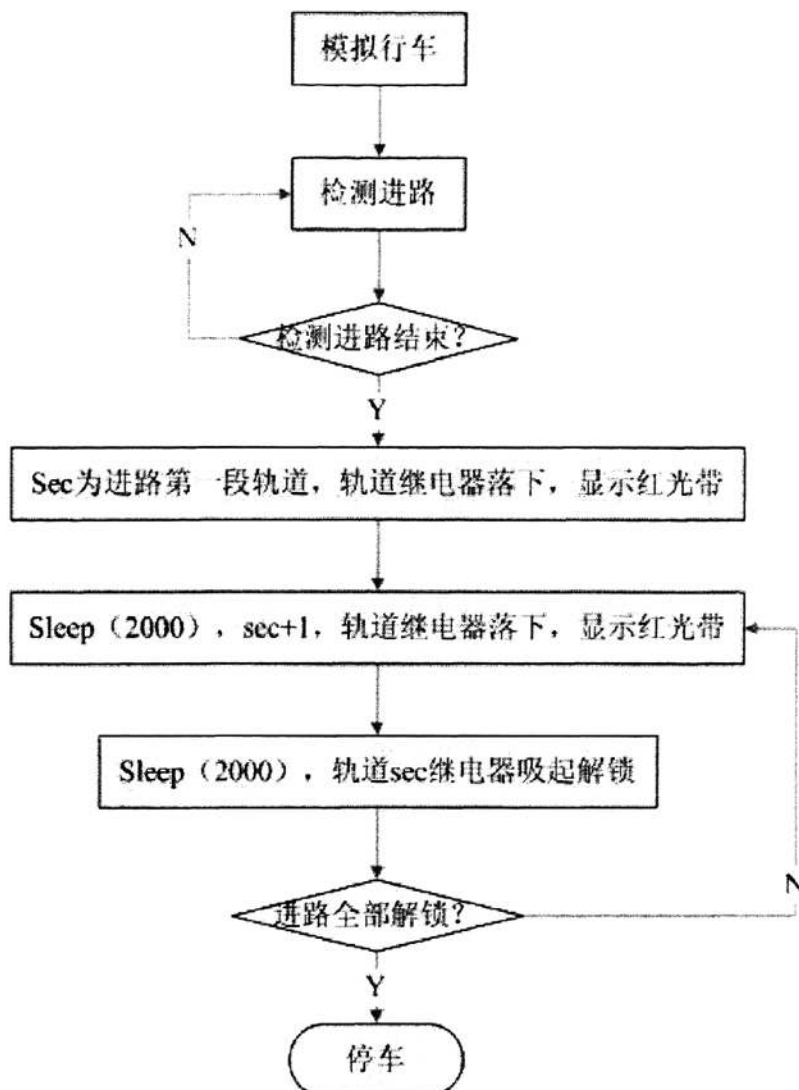


图 4-6 模拟行车流程图

轨道区段解锁后如图 4-7 所示。

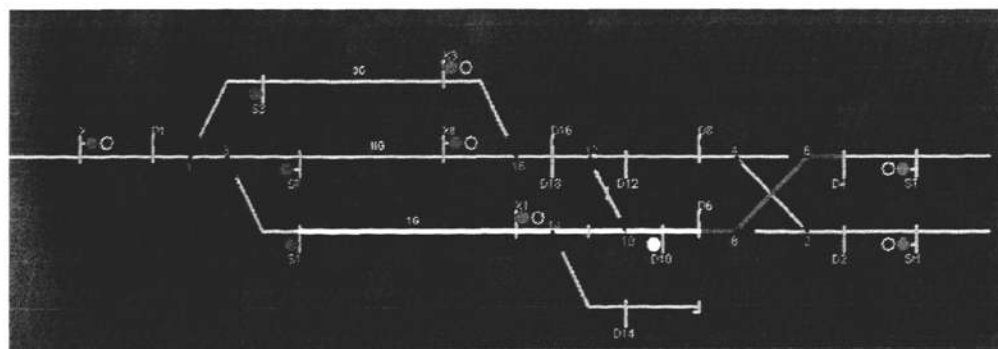


图 4-7 轨道区段解锁图

由于一个站场内可能同时有多辆调车机车进行作业，故站场联锁信息通过广播方式发送。仿真系统的模拟行车功能模拟实现了调车作业过程中调车机车在地面站场中的调车机车移动，为以后调车监控系统的进一步研究做好了准备。

4.3.3 速度防护

仿真系统运行后，地面设备为入网调车机车分配注册号，开放调车作业进路和发送调车作业单信息。车载设备接收到地面站场的信号机开放情况、轨道占用情况、道岔位置、进路开放情况等联锁信息和调车作业单信息后，车载设备通过模拟行车对话框设置调车机车走行速度，并模拟调车行车作业。

仿真系统车载设备通过接收到的调车作业单信息中的调车类型对调车作业进行限速，对调车速度防护分为以下几种：

1. 普通车牵引。在空线上牵引运行时，速度不得超过 40km/h。当机车速度达到 38km/h 时系统报警，当机车速度降至 38km/h 以下时，报警取消。当机车速度达到或超过 40km/h 时设备发送常用制动指令，当机车速度降至 38km/h 以下时，制动缓解，恢复司机操作。

2. 普通车推进。空线推进运行速度不得超过 30km/h。当机车速度达到 28km/h 时系统报警，当机车速度降至 28km/h 以下时，报警取消。当机车速度达到或超过 30km/h 时设备发送常用制动指令，当机车速度降至 28km/h 以下时，制动缓解，恢复司机操作。

3. 特殊或超限车辆。调动乘坐旅客或装载爆炸品、压缩气体、液化气体、超限货物的车辆时速度不得超过 15 km/h。当机车速度达到 13km/h 时系统报警，当机车速度降至 13km/h 以下时，报警取消。当机车速度达到或超过 15km/h 时设备发送常用制动指令，当机车速度降至 13km/h 以下时，制动缓解，恢复司机操作。

4. 液体金属重车。调动铁路调动液体金属车时，重车速度不得超过 10 km/h。当机车速度达到 8km/h 时系统报警，当机车速度降至 8km/h 以下时，报警取消。当机车速度达到或超过 10km/h 时设备发送常用制动指令，当机车速度降至 8km/h 以下时，制动缓解，恢复司机操作。

5. 液体金属空车。调动铁路调动液体金属车时，空车速度不得超过 15 km/h。当机车速度达到 13km/h 时系统报警，当机车速度降至 13km/h 以下时，报警取消。当机车速度达到或超过 15km/h 时设备发送常用制动指令，当机车速度降至 13km/h 以下时，制动缓解，恢复司机操作。

仿真系统车载设备程序中，有一段用于对调车机车走行速度进行监测的线程随着车载设备的启动而运行。在车载设备接收到地面设备的调车作业单信息后，程序通过

判断调车作业单信息中的调车类型设置不同的速度限制，并在车载设备显示界面上方显示当前调车作业类型和速度限制。调车速度限制根据调车类型具体有普通车牵引限速 40km/h，普通车推进限速 30km/h，特殊或超限车辆限速 15km/h，液体金属重车限速 10km/h，液体金属空车限速 15km/h。初始情况下设置限速 int 型变量 `train_speed_lim=0`，当车载设备接收到调车作业单信息后，程序根据调车类型自动将相应的限速赋值给 `train_speed_lim`。速度防护线程首先判断 `train_speed_lim` 是否为 0。当 `train_speed_lim` 不为 0 时，表示车载设备已经接收到地面设备发送的调车作业单信息，程序开始监测调车机车走行速度。当机车走行速度 `train_speed` 小于机车走行防护速度 (`train_speed_lim-2`) 时，程序不做任何操作，睡眠 1000 毫秒后继续对走行速度进行监测。当机车走行速度小于机车限速并且到达或超过机车走行防护速度时 (`train_speed<train_speed_lim& train_speed>=train_speed_lim-2`)，车载设备报警提示司机机车走行速度已经达到防护速度，提醒司机注意速度控制；当机车走行速度达到或超过限速时 (`train_speed>=train_speed_lim`)，表示机车速度已经超过调车限速，程序报警并自动进行制动，由于调车作业过程中机车走行速度较慢，所以当机车走行速度降到防护速度以下时，制动缓解恢复司机操作。程序完成上述速度防护操作后，睡眠 1000 毫秒后继续循环监测机车走行速度，确保调车机车在调车作业过程中的不会因为超速原因发生事故，同时将模拟行车过程中的机车走行速度和限速作为回执信息的一部分数据写入 SQL 数据库中，为事后的故障分析和检测提供凭据。速度防护流程如图 4-8 所示。

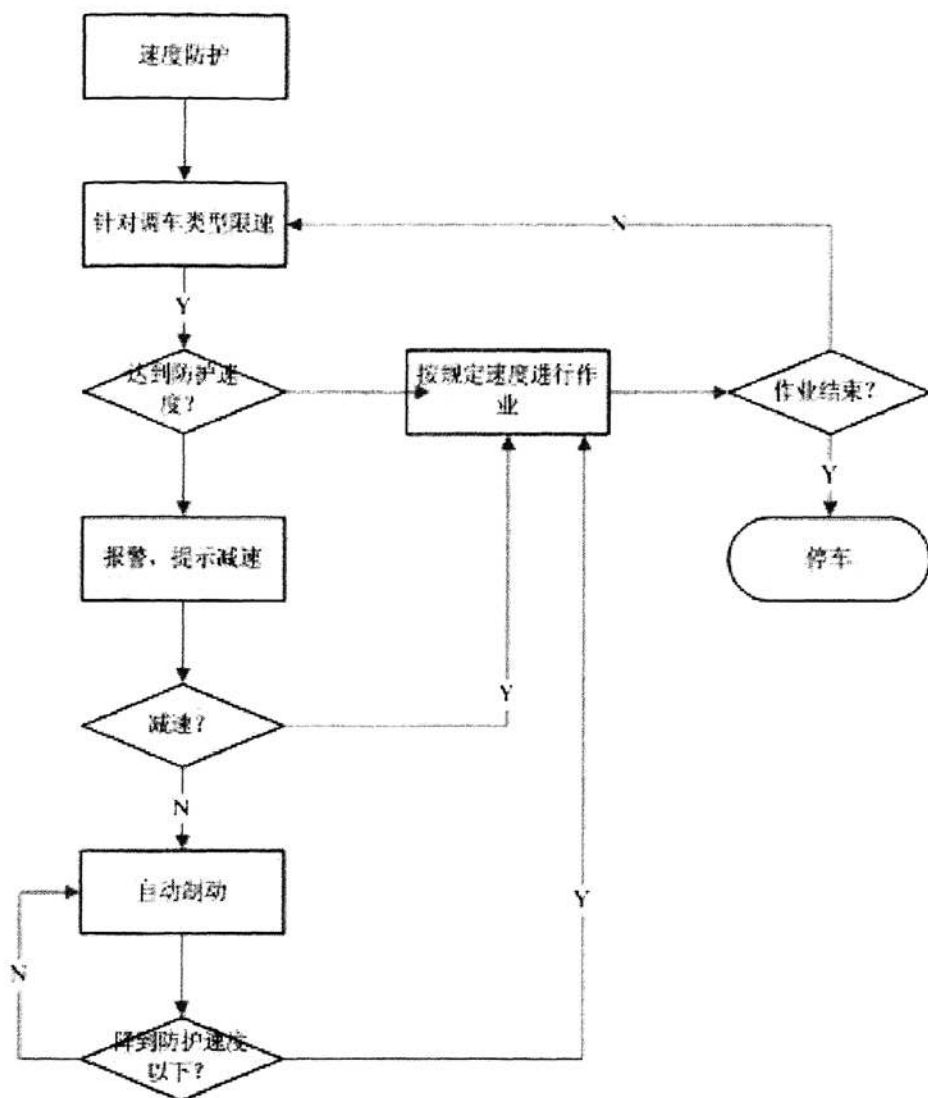


图 4-8 速度防护流程图

当前机车速度及限速显示在车载设备显示界面上方, 如图 4-9 所示。

前方信号显示	ST	速度	20	调车号	D12	站场	屈庄站	时间	2010-4-27
●	●	限速	30	调车类型	普通车推进	方向	上行		16:17:54

图 4-9 限速显示图

4.4 数据处理及存储

4.4.1 数据处理

仿真系统中，地面设备与车载设备通过 Windows Socket 程序循环地进行数据通信，形成闭环控制。具体数据处理流程如下：

1. 调车机车进入调车监控系统监控的站场，通过 Windows Socket 程序向地面设备发送入网申请信息，接收地面设备为机车分配的注册号，用于监控调车机车作业。

2. 调车机车进入调车监控系统监控的站场范围时，会通过设置在站场入口处的地面应答器设备，车载设备接收地面应答器信息。

3. 车载设备通过 Windows Socket 程序接收地面设备发送的地面站场联锁信息，在车载设备显示界面实时复示地面站场情况，并将联锁信息写入 SQL 数据库。

4. 车载设备通过 Windows Socket 程序接收地面设备发送的调车作业单信息，根据调车类型设置调车作业走行限速，在车载设备显示界面上方显示调车作业单相关信息，并将调车作业单写入 SQL 数据库。

5. 车载设备模拟行车，通过 Windows Socket 程序接收地面设备发送的调车进路前方信号机显示，向地面发送相关回执信息及走行速度，并将发送的回执信息及速度写入 SQL 数据库。数据处理流程如图 4-10 所示。

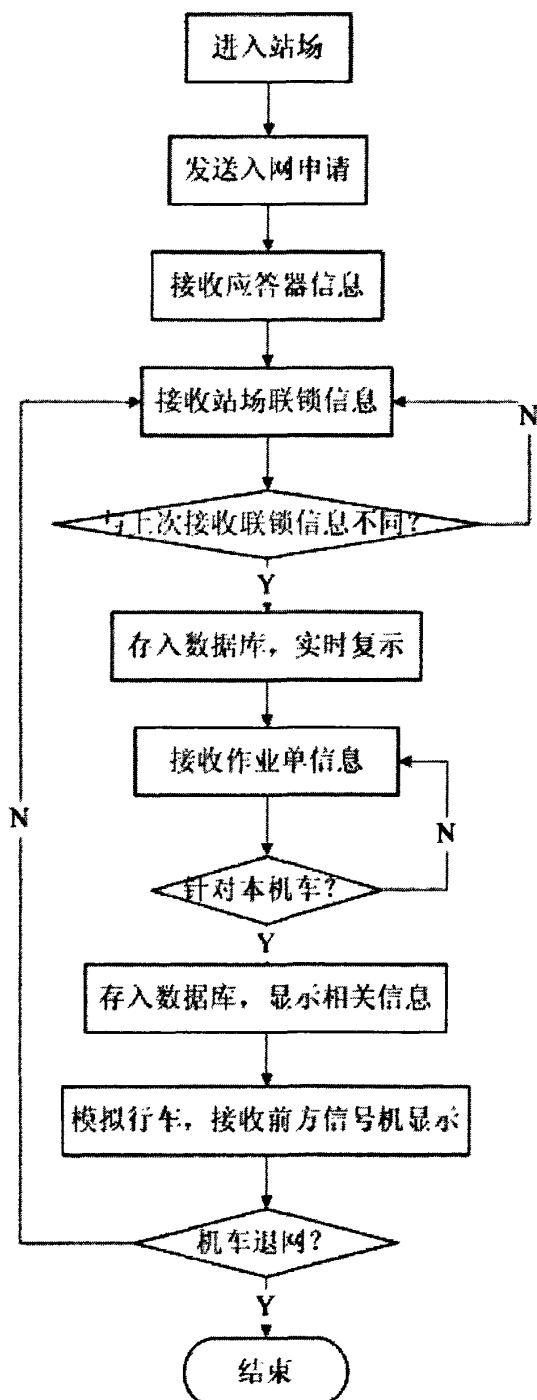


图 4-10 数据处理流程图

4.4.2 数据存储

仿真系统采用 SQL Server 2000 数据库对相关数据进行存储, 为事后的数据查询和

故障分析提供凭据。

在 SQL Server 2000 企业管理器界面中,通过新建数据库操作创建一个名为 Trainsys 的数据库,用来存储车载设备需要记录的数据信息。在数据库 Trainsys 中建表来数据存储过程,具体表的名称和存储信息如下:

1. train_set 表,用于记录设置的调车号和向地面设备发送入网申请时的机车初始轨道区段。

2. lsb 表,用于记录接收到的地面站场联锁信息。

3. rogatory 表,用于记录接收到的地面应答器中的信息。

4. work_list 表,用于记录接收到的调车作业单信息。

5. receipt 表,用于记录向地面设备发送的回执信息。

仿真系统车载设备程序中,通过 adodb.h 头文件声明了数据库连接、数据库关闭、返回数据库连接指针、返回记录集指针、返回连接字符串等函数以及 CString 型的连接字符串变量、_ConnectionPtr 型的数据库连接指针 m_pConn 和 _RecordsetPtr 型的记录集指针 m_pRs。在 adodb.cpp 源文件中则是上述函数的具体代码。

在有数据库操作的相关程序中,通过包含 adodb.h 头文件来实现数据库操作。首先声明一个 CAdoDB 类的实例 m_AdoConn,然后选择需要操作的表文件,并用 m_pRs 返回记录集指针。当需要将数据写入数据库表文件中时,采用 PutCollect 函数实现;若需要读取数据库表文件中信息时,采用 GetCollect 函数,并在形参中选择需要查询数据所在的列名。程序通过操作记录集指针 m_pRs 实现不同记录的操作。

通过采用 SQL Server 2000 数据库,可以实现仿真系统工作过程中车载设备相关信息的记录存储,为事后的故障分析和检测提供凭据。

4.5 系统演示

仿真系统中,作为服务器端的地面设备首先启动,作为客户端的车载设备随后启动。车载设备启动后,界面上方显示模拟行车和调车作业单中的相关信息,具体有前方信号机编号、前方信号机显示、速度、限速、调车号、调车类型、站场、方向和时间。车载设备启动后初始界面如图 4-11 所示。

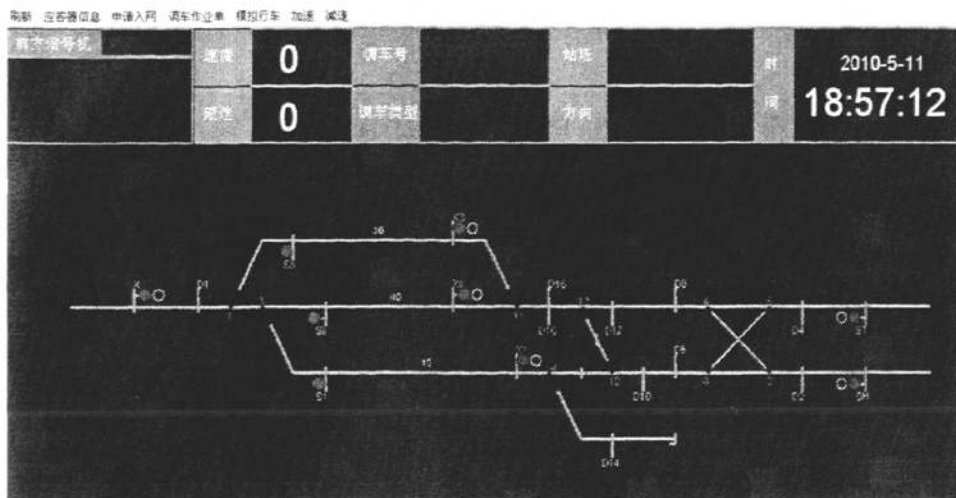


图 4-11 车载设备初始界面

车载设备启动后，首先通过申请入网对话框对调车机车号和机车初始位置进行设置，点击确认后向地面设备发送入网申请信息。在应答器信息对话框中，可以查询调车机车在通过地面站场入口处地面应答器发送的应答器编号和站场信息等。随后，地面设备为调车机车安排进路并发送调车作业单信息，车载设备接收到地面站场联锁信息和调车作业单信息后实时复示如图 4-12 所示。

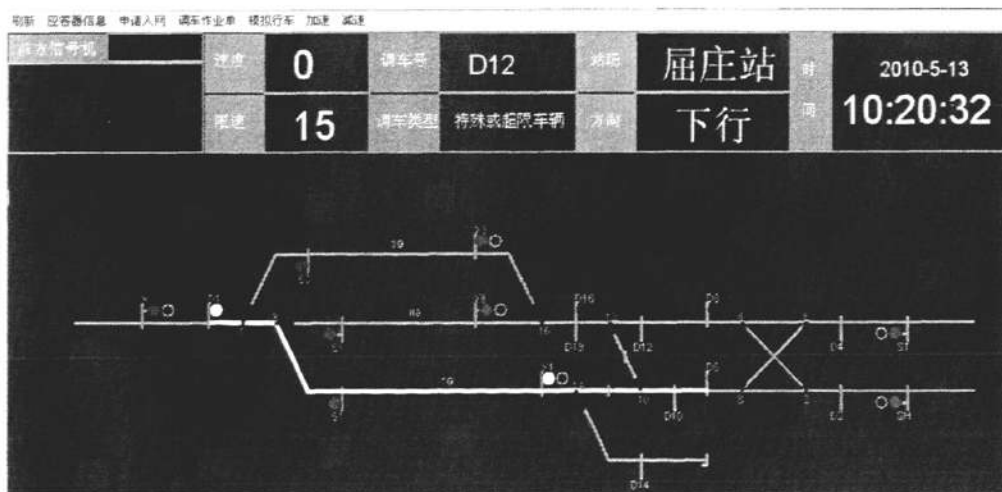
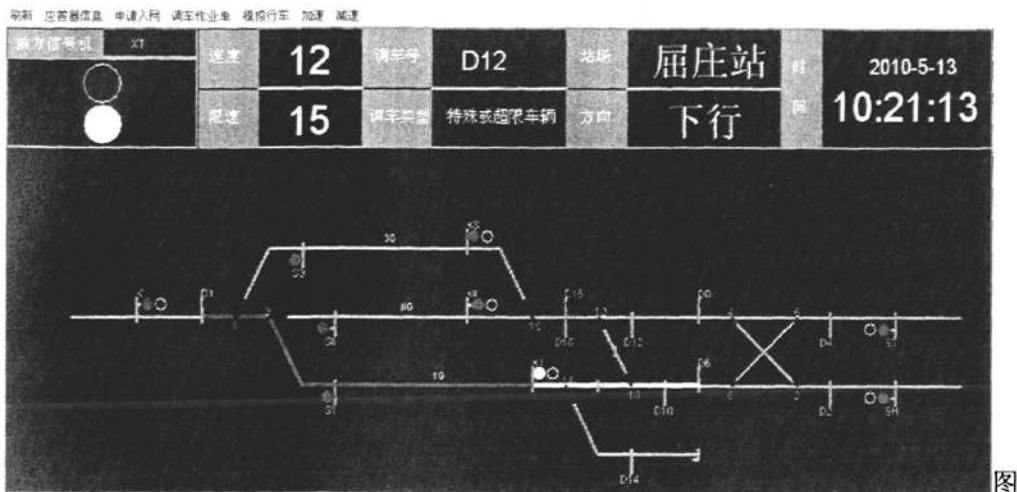


图 4-12 联锁信息及作业单复示图

车载设备在接收到正确的地面站场联锁信息和调车作业单信息后，点击菜单项中的模拟行车选项，在弹出的模拟行车对话框中设置好机车走行速度，车载设备和地面设备同步运行模拟行车程序，在显示界面上用红光带表示调车机车当前位置。如图 4-13 所示。



4-13 模拟行车图

当调车机车走行速度达到防护速度时，车载界面弹出警告框，显示走行速度达到防护速度，提醒司机注意空车。如图 4-14 所示。

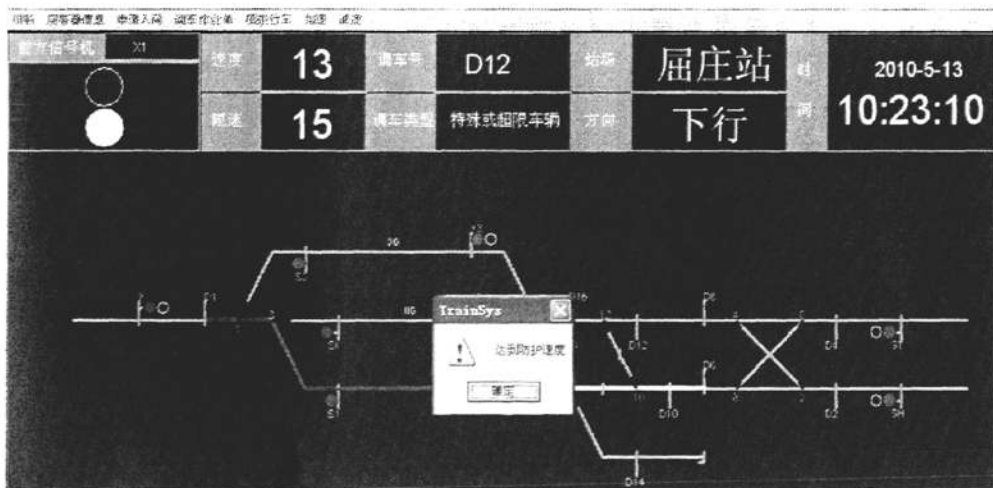


图 4-14 防护速度示意图

若达到防护速度后机车继续提速并达到限速，车载界面弹出警告框，显示走行速度达到限速，车载设备自动制动，直到机车走行速度降到防护速度以下，恢复司机控车。如图 4-15 所示。

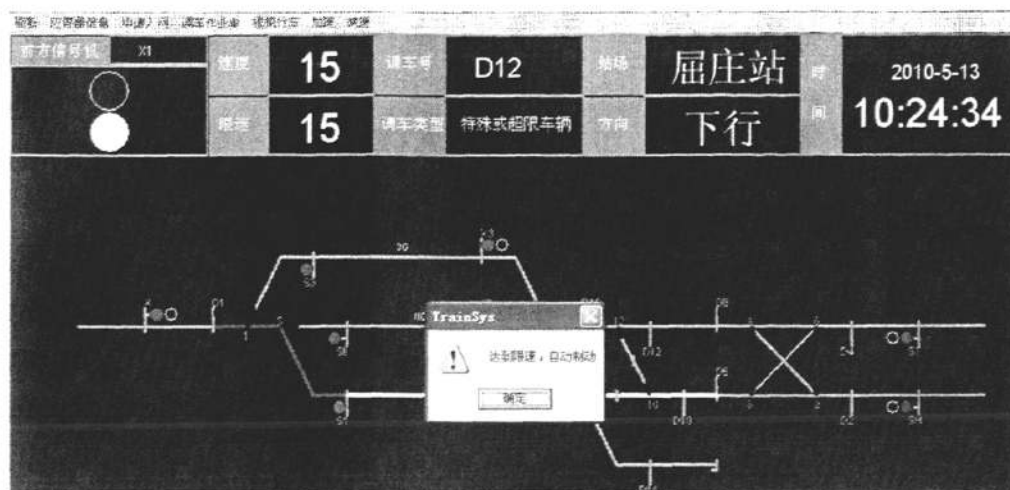


图 4-15 制动示意图

仿真系统车载设备实现了调车监控过程中车载设备的对地面站场联锁信息的接收和实时复示、调车作业单的无线接收和存储以及调车模拟行车和速度防护的功能。验证了调车监控系统对调车作业过程效率和安全性提高。

结论与展望

结论

我国在干线已全面应用机车信号及列车运行监控装置保证列车行车安全,解决了列车在线路上的行车安全问题,使列车行车事故大幅度下降,因此,车站的调车安全防护成为当前需要解决的问题。车辆在车站的停留时间约占车辆周转时间的 70%,货车一般需要进行 5~6 次的调车作业才能完成一次周转。作为铁路运输生产的重要组成部分,调车作业是车站运输工作中一项技术性强、要求较高而又复杂的工作。在很多编组站及大中型车站的调车作业中使用了平面调车的机车信号系统,但是由于目前的平面调车系统与调车信号的开放未实现联锁控制,容易因为人为因素造成事故,对运输安全构成了严重威胁,于是在这种背景下提出了调车监控系统。

实现站内调车机车监控可以采取两种方式:一种是通过轨道电路电码化传送信息来实现对调车机车作业进行监控;另一种方式就是采用无线传输的方式实现机车与地面的信息交互。由于我国大部分车站站内均未实现电码化,无法通过轨道接收方式实现全场的机车信号显示,如果采用第一种方式,则需要对车站内大量设备进行改造,费用会相当大;而利用无线传输的方式,改造量小,投资也比较少,因而是一种较为理想的选择。本文研究的调车监控仿真系统车载设备在采用 Windows Socket 程序模拟实现车地数据无线传输的基础上,实现了调车监控系统车载设备的地面站场联锁信息的实时接收和在调车机车上的复示、调车作业单的接收和存储以及模拟行车和速度防护三个基本功能,可以作为铁路系统人员培训软件。

本文完成的工作主要有以下几个方面:

1. 本文首先针对调车作业和调车监控系统做了简单的阐述,介绍了调车监控系统的研究目的以及国内外现状。深入分析了平面调车系统和现有调车监控系统的系统结构及工作原理,在此基础上提出了调车监控仿真系统的系统结构、工作原理及功能模块,并着重介绍了作为研究对象的车载设备在调车监控仿真系统中的作用和重要性。

2. 本文在学习了调车作业过程中需要遵循的规章的前提下,分析了平面调车系统和现有调车监控系统的基本结构和功能模块,在此基础上进行调车监控仿真系统车载设备的需求分析。利用 Rational Rose 软件对车载设备程序建立 UML 模型,通过对车载设备的工作时序、工作流程和各功能模块的 UML 模型分析,确定仿真系统车载设备程序的基本框架和功能模块。

3. 在需求分析的结果和 UML 模型的基础上,本文对调车监控仿真系统车载设备的实现进行了详细介绍。车地通信技术是仿真系统实现的关键,本文着重介绍了车地

通信的实现以及传输的数据。在车地通信的基础上，实现了车载设备的站场联锁信息复示、调车作业单接收存储、车列定位、模拟行车和速度防护的功能，并对实现过程进行了详细介绍。

展望

调车监控系统解决了平面调车系统因为人为因素容易导致事故的安全隐患，同时解决了由于大部分车站站内未实现电码化，无法通过轨道接收方式实现站场的机车信号显示，导致调车信号的开放未实现联锁控制的不足。

车载设备作为调车监控系统的一部分，在调车作业过程中发挥了重要作用。仿真系统作为一款培训软件，基本实现了车载设备的基本功能，但与现实系统仍有很大的差别，主要体现在对事故情况的考虑不够周全、缺乏详细的站场数据以及调车作业过程中的具体操作，这些不足会在以后的工作中继续改进。

致 谢

在论文即将完成之际，谨在此向指导、关心和帮助我的老师、朋友和亲人致以衷心的感谢！

首先，向我的导师杨扬副教授表示衷心的感谢和敬意，是他一直给予我无尽的关怀和悉心的指导。从论文的选题、实验研究到论文的最后完稿，所取得的每一点成绩都倾注了导师的心血。在整个研究生阶段，杨老师为我创造了良好的学习环境和大量实践锻炼的机会，使我在短短的硕士学习阶段在理论和科研能力上均有很大的提高。他那严谨的治学态度、勇于钻研的精神和为人谦和的优秀品质也将成为我今后工作、学习和做人的好榜样。在此，对杨老师及其全家致以最衷心的感谢和最美好的祝福！

同时，我还要感谢 01501 实验室的所有师兄弟和师姐妹们！在我的研究生生涯中，你们给予了我极大的关心和帮助，一起度过了许多令人难忘的时光。大家共同学习和探讨，给予我诸多的鼓励与启发。

感谢家人在我多年的求学过程中所给予的无私支持和理解。对他们所做的一切，今后我将用更加努力的工作和勤奋的学习来回报。

谨向所有关心、支持和帮助过我的老师、同学和朋友们表达我最诚挚的谢意和感激之情。

最后，衷心感谢为评阅本论文付出辛勤劳动的专家和老师们！谢谢你们！

参考文献

- [1] 曹贵均,林通源. 调车机车监控记录系统的研究与试验. 铁道学报,2004:55-56
- [2] 王立松. 铁路行车技术管理. 中国铁道出版社,2008:1-13
- [3] 奚国森. 开发调车监控系统的几个问题. 机车电传动,2008:67
- [4] 曹桂均. DJK 无线调车机车信号和监控系统工程化研究. 中国铁路,2008:21-25
- [5] 吴胜强,李铁,尹德胜. DJK 型无线调车机车信号及监控系统的推广应用. 铁道通信信号,2010:29-30
- [6] 广铁(集团)公司科委. DJK 调车无线机车信号和监控记录系统. 中国铁路:2006:73
- [7] 刘敏莺,杨丽,文学义. Rational Rose 2003 基础教程. 冶金工业出版社,2005
- [8] 李虎,赵龙刚译 Joseph Schmuller. UML 基础、案例与应用. 人民邮电出版社,2004:3-13
- [9] 孙鑫,余安萍. VC++深入详解. 电子工业出版社,2008:530-550
- [10] 吴功宜. 计算机网络. 清华大学出版社,2007:11-55
- [11] 启明工作室. Visual C++ + SQL Server 数据库应用系统开发与实例. 人民邮电出版社,2004:66-70
- [12] 车皓阳,扬眉译 Michael Blaha,James Rumbaugh. UML 面向对象建模与设计. 人民邮电出版社,2006:135-138
- [13] 陈涵生,郑明华. 基于 UML 的面向对象建模技术. 科学出版社,2006:71-75
- [14] 方贵宾,胡辉良译 Jim Arlow,Ila Neustadt. UML 2.0 和统一过程. 机械工业出版社,2006:3-9
- [15] 袁涛,孔蕾蕾. 统一建模语言 UML. 清华大学出版社,2009
- [16] 黄维通. Visual C++面向对象与可视化程序设计. 清华大学出版社,2003
- [17] 韩宏志译 Michael V.Mannino. 数据库设计、应用开发和管理. 清华大学出版社,2007:3-6
- [18] 飞思科技产品研发中心. SQL Server 2000 数据库和数据仓库. 电子工业出版社,2001:2-6
- [19] 王长林. 列车运行控制技术. 106-114
- [20] 董昱主编. 区间信号与列车运行控制系统. 中国铁道出版社,2008
- [21] 倪文波,王雪梅. 高速列车网络与控制技术. 西南交通大学出版社,2008
- [22] 宋建业. 铁路调车作业计划. 中国铁道出版社,2000
- [23] 曹桂均,林通源. 车站调车作业安全防护的新装备——调车机车信号和监控系统. 铁路通信信号工程技术,2006

-
- [24] 林通源. 保证车站调车作业安全的 DJK 型调车机车监控记录系统. 铁道通信信号,2005
- [25] 李海鹰,赵家俊,蔡东奇. 调车安全监控系统. 铁道通信信号,2004
- [26] 魏臻,陆阳,鲍红杰,李谦,汤俊. 调车机车无线作业信息系统的研究开发. 铁道学报,2006
- [27] 马瑞军,刘玮婧,谢涛,李超,魏学业. 调车计划传输系统中的车载设备设计. 微机信息,2006
- [28] 许双伟. 实现速度控制的调车机车监控记录系统. 铁路通信信号工程技术,2006
- [29] 申旭光,郭其一,成远. 无线调车机车信号和监控系统车地通信的模型设计. 机车电传动,2007
- [30] 林立新,杨宏伟. GPS 定位的调车系统. 机车电传动,2004
- [31] 张夫松,宋宇博. GPS 在调车监控系统中的应用研究. 兰州交通大学学报,2004
- [32] 程媛媛,宋宇博,贺娟妮,管江旗. 调车机车监控实时通信系统的研究与应用. 中国铁路,2007
- [33] 杨志刚. LKJ2000 型列车运行监控记录装置. 中国铁道出版社,2003
- [34] 柴九英,许新伟,张奕敏. 无线调车机车信号和监控系统. 铁路运输与经济,2005
- [35] 张弘毅等. 无线机车信号地面控制设备及双机热备的可靠性分析. 铁道通信信号,2006
- [36] 马桂贞. 铁路站场及枢纽. 西南交通大学出版社,2003
- [37] K. Kera, et al. "Assurance System Technologies for Large Scale Transport Operation Control System", Technical Report of IEICE. FTS99-29, 1999-06
- [38] F. Kitahara, et al. "Phased-In Construction Method Of ATOS" Proc. of ISADS'99, Tokyo, Japan, 1999
- [39] K. Mori, "Heterogeneous Fault-Tolerance Techniques in Autonomous Decentralized System," Technical Report of IEICE. FTS97-25 1997-06
- [40] Kathy J.Imel,James W.Hart. Understanding Wireless Communication in Public Safety,2003
- [41] K. Mori "Autonomous Decentralization Concept" TIEE Japan Vol.104-C. No.12, 1984
- [42] Walter Saviteh. Problem solving with C++, the object of Programming, Addison-Wesley Publishing Company,1995
- [43] Rail Transit Vehicle Interface Standards Committee of the IEEE Vehicular Technology Society. IEEE Guide for the Calculation of Braking Distances for Rail Transit Vehicles. the United States of America , the Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc
-

2009

- [44] 王永信主编. 车站信号自动控制. 中国铁道出版社,2009
- [45] G.Kecklund, M.Ingre etc.Train drivers' working conditions and their impact on safety, stress and sleepiness, a literature review, analyses of accidents and schedules. Stress Research Reports no.288. National Institute for Psychosocial factors and Health.1999
- [46] J.M.Mera, L.M.Cutierrez, et al. Simulation of the railways control and protection ERTMS/ETCS levels 0,1 and 2. Proceedings of COMPRAIL 2002. Computers in Railways VIII,2002
- [47] ShangGuan Wei, Cai Bai-Gen, Wang Jian and Gou Chen-Xi. Research of MRM-based CTCS-3 Level Train Operation Control System Simulation Support Technology.2009
- [48] P. di Tommaso,R Flammin,A. Lazzaro, R. Pellecchia, A. Sanseviero, The Simulation of Anomalies in the Functional Testing of the ERTMS/ETCS Trackside System, Proceedings of the Ninth IEEE International Symposium on High-Assurance Systems Engineering(HASE'05). 2005
- [49] 张引等译 H.M.Deitel,P.J.Deteil. C++大学教程（第五版）. 电子工业出版社,2007
- [50] 臧桂鹏,肖佳放,顾松东. Visual C++ 网络与数据库编程百例. 中国电力出版社,2003
- [51] 林瑜筠. 铁路信号基础. 中国铁道出版社,2007
- [52] 林瑜筠,张铁增. 区间信号自动控制. 中国铁道出版社,2006

攻读硕士学位期间发表的论文

- [1] 郑剑锋. 基于 UML 的调车监控仿真系统车载设备研究. IECT 2009

