

摘要

随着工业规模的扩大和科学技术的发展,社会用电量增长极快,电能成为使用最广泛、最不可或缺的能源之一。近年来,我国国民经济各部门的电气化程度越来越高,用电量越来越大,大量非线性负载的应用,导致了谐波电流的产生,使得电能质量问题日益突出。如何改善电能质量、如何能对电能质量做出准确、快速的监测和分析,受到了越来越多的关注和重视。目前,数字信号处理技术和网络技术的发展迅速,伴随着计算机技术的快速发展,将计算机与电能质量监测系统有效结合,实现数据采集与分析的自动化,成为一个必然的趋势。

目前,国内供电系统中,在电能质量的监测与分析上主要存在两个问题:一是专用测量仪器缺乏网络通信功能,二是用户操作界面友好性不够。针对上述两个问题,本论文在参考了国家目前已颁布的各项电能质量相关标准的基础上,结合实验室相关研究,主要致力于通过 Visual C++ 编程设计出一套电能质量监测与分析系统上位机软件。主要工作在于串口通信程序的设计、各监测指标相应数据库的建立以及实时数据的存储及分析。

首先,介绍了课题的研究背景及意义,在对国内外相关标准进行了综合整理的基础上,对电能质量的定义、分类、危害、影响以及主要监测指标等问题做出综述,对本课题的国内外研究现状及发展趋势做了总结。

在理论基础夯实的情况下,文章针对电能质量监测与分析系统进行了总体设计。其中对作为系统下位机的硬件部分做了概要的介绍,而对作为研究重点的系统上位机监测与分析软件部分进行了详细的设计和说明。主要介绍了软件的设计思想、开发平台、软件总体架构和软件功能模块等。

文章的技术难点集中在通信系统设计部分。该部分先是对串行通信的原理和工作方式做了简介,重点描述了本研究中串口通信协议的选择、如何创建串行通信协议、创建 RS-232-C 串口通信协议的方式三部分内容。同时还对串行通信程序设计中涉及到的容错设计和多线程技术做了有针对性的说明,并从串口初始化程序设计、通信主程序设计以及子程序设计三个方面入手,分别对其软件编程过程做了详细说明。

最后,在对人机界面有了较为充分认识的基础上,进行电能质量监测与分析系统的人机界面部分的设计与开发。通过对 Visual C++/MFC 界面设计的熟练掌握,选用 ST_Curve 图形控件完成数据的直观显示、多曲线同步显示等,最终以实例展示电能质量监测系统软件运行的流程和数据采集分析的实现情况。

通过实验验证,本文中对电能质量监测与分析系统的总体设计合理,串行通信以及系统软件功能已基本实现,符合预期设计的要求。

【关键词】:电能质量;数据采集分析软件、 Visual C++/MFC; 串口通信协议; 人机界面

Abstract

With the development of the industrial scale and the technology, more and more electrical energy are required for the whole society, and it has been one of the most widespread used and indispensable energy. In the recent years, the electrification level of China's national economic sectors is higher and higher, power consumption is bigger and bigger, more and more nonlinear loads are used, which result in the emerging of a big amount of harmonic current, and make the problem of the power quality more and more apparent. How to improve the power quality and how to make accurate, rapid monitoring and analysis are getting more and more concern. Presently, the digital signal processing technology and network technology are developing rapidly, and along with the rapid development of computer technology, it will be an inevitable trend that the computer and power quality monitoring system will be combined effectively in order to realize the automation of data collection and analysis.

Up to nowadays, there are two main problems of power quality monitoring and analysis in domestic power supply system: the special measuring instrument is lack of network communication function, and the user interface is not friendly enough. To Against the Problems above, this paper devotes to design a set of power quality monitoring and analysis system PC software by the Visual C++ programming, which is based on the reference to domestic power quality standards and the related researches in laboratory. The main work of the program is to design the serial communication, to construct the database of the monitoring indicators, and to store and to analyze the real-time data.

In the first chapter of this paper, the background and the significance of the research are introduced. The definition, classification, harmfulness and main monitoring indexes of the power quality are reviewed. The research situation and development trend both at home and abroad are summarized. The second chapter introduces the overall design of the power quality monitoring system, makes a brief introduction about the hardware as the lower computer and a detailed design and illustration about the monitoring software as upper computer. Mainly discusses the software design, software development platform, the overall structure and the software function module, etc. The third chapter is serial interface communication protocol designing part. It describes the computer serial interface communication technology in detail, including the creation of the communication protocol, serial communication technology and multi-threading communication. The fourth chapter designs the user interface of the power quality monitoring system specifically, reveals how to realize the running process and data collection and analysis in power quality monitoring system.

The experiment shows that the electric power quality monitoring and analysis of the whole system design in this paper are reasonable, the serial communication software and system function have been already realized basically, requirements of the design have been realized.

Key words: Electrical energy quality, data collected and analyzed software, Visual C++/MFC, Serial communication protocol, Man-machine interface

目 录

摘 要.....	I
Abstract	I
第一章 绪论.....	1
1.1 课题研究背景以及意义	1
1.2 电能质量问题综述.....	2
1.2.1 电能质量定义和分类.....	2
1.2.2 电能质量主要监测指标.....	3
1.2.3 电能质量问题产生的危害和影响.....	3
1.3 国内外研究现状及发展趋势.....	4
1.3.1 国外研究现状.....	4
1.3.2 国内研究现状及发展趋势.....	5
1.4 论文的主要工作.....	7
第二章 电能质量监测与分析系统的总体设计.....	8
2.1 电能质量监测与分析系统结构简介.....	8
2.2 电能质量监测与分析系统软件开发平台	8
2.2.1 硬件设施及运行环境选择.....	8
2.2.2 开发环境.....	9
2.3 电能质量监测与分析系统软件的需求分析	10
2.3.1 目的.....	10
2.3.2 系统详细需求.....	11
2.4 电能质量监测与分析系统的架构设计.....	12
2.4.1 系统在电网中的逻辑结构.....	12
2.4.2 系统架构.....	13
2.5 数据库设计.....	13
2.6 本章小结.....	14
第三章 串行通讯模块设计.....	15
3.1 串行通信技术简介.....	15
3.2 串行通信协议.....	16
3.2.1 简介.....	16
3.2.2 创建通信协议.....	18
3.2.3 容错设计.....	19
3.3 多线程技术.....	19
3.4 通信程序相关设计	21
3.4.1 主程序设计.....	21
3.4.2 串口初始化程序设计	22
3.4.3 子程序设计.....	23
3.5 本章小结.....	25
第四章 电能质量监测与分析系统的软件界面设计与实现.....	26

4.1 软件界面的设计基础	26
4.1.1 人机界面的设计思想	26
4.1.2 人机界面设计基本原则	26
4.1.3 容错技术和出错管理	27
4.1.4 软件界面的用户操作友好性(色彩搭配)	27
4.1.5 认知心理学在人机界面设计中的应用	28
4.2 电能质量监测与分析系统的人机界面设计	28
4.2.1 人机界面对话设计与菜单设计	28
4.2.2 人机界面功能结构设计	29
4.2.3 人机界面功能详细设计	30
4.3 电能质量监测与分析系统的人机界面实现	34
4.3.1 人机界面程序流程图	34
4.3.2 人机界面实例	34
4.4 本章小结	41
第五章 总结与展望	42
5.1 论文所做的工作	42
5.2 下一步的工作展望	42
参考文献	44
致 谢	46

第一章绪论

现代社会中，作为主要能源之一的电能得到越来越广泛的使用。科学技术的发展日新月异，各种大功率的电力电子开关器件成为重点研究和使用的对象^[1]。这些器件所具有的非线性负荷及冲击性负荷的增加，产生了大量谐波电流，对公用电网造成了极大污染，使得电能质量问题日益突出^[2]。近年来，计算机和信息技术等高新技术产业的发展和普及，可编程逻辑控制器、精密电子仪器等对谐波敏感度较高的数字化设备的广泛使用，对电能质量的要求已今非昔比，上升到了新的高度。如何改善电能质量、如何能对电能质量做出准确快速的监测、如何实现对监测到的数据进行多形式、多层面的分析，如何使得人机交互界面更为简单友好，这些核心问题成为当前研究的重点。目前，随着数字信号处理技术和网络技术的发展及应用，人们在电力系统的特殊点装设电能质量监测设备，通过系统管理功能和友好的人机交互界面，实现对电能质量进行有效的监测，成为保障、改善和提高供电水平的热点研究之一^[3]。

1.1 课题研究背景以及意义

电能既是一种经济适用、清洁方便且容易传输、控制和转换的能源形式，又是一种由电力部门向电力用户提供，并由供、用双方共同保证质量的特殊产品^[4]。随着工业规模的扩大和科学技术的发展，社会用电量增长极快，电能成为使用最广泛、最不可或缺的能源之一。近年来，我国国民经济各部门的电气化程度越来越高，用电量越来越大：从一方面来说，各种扰动负荷（如非线性和冲击性负荷等）使供电系统电能质量出现了波形畸变、电压闪变等严重的电能质量问题，这些电能质量问题的存在，对电气设备的正常工作乃至整个电力系统的日常运行都造成了极大的危害与影响，并随着社会发展呈日益增长的趋势，不容人们忽视；另一方面，越来越多的用户采用了如可编程逻辑控制器、精密电子仪器等对谐波敏感度较高的高科技设备，这对电能质量的质量与可靠性提出了更高的要求^[5]。

电能质量关系着电网的安全和日常运行，其好坏程度直接影响到用户设备能否正常工作。在当今社会发展中，电能质量问题不仅仅只是电力系统中电压和频率等的技术问题，更是关系到整个电力系统及用户设备的安全性、稳定性和可靠性，甚至上升为整个国民经济的总体效益和发展战略中必须考虑到的重点问题。我国目前的电能质量问题很多，如电力中断、谐波污染、电压骤降以及电压不稳等，造成这种情况的原因主要是管理与治理水平不足、缺乏相应的管理体系与市场机制^[6]。随着对电能质量要求的不断提高，实现实时、有效的监测，成为保障、改善电能质量的有效措施，电能质量监测系统的研发成为一种必然趋势。

电能质量监测装置在改善电网运行状况等方面起着重要的作用。随着电子装置和网络通讯技术的发展，兼有联网、图形用户界面 (GUI)、 网络浏览、统计分析功能为一体的电能质量监测系统成为当前发展的主流。大面积的安装电能质量监测系统，使得对电能质量所进行的分析与诊断等工作效率大大提高。国内供电系统对电能质量的监测大多采用专用的电能质量分析仪或谐波分析仪，这些便携式的电能质量分析仪不具有网络通信功能，也无法对同一供电系统在不同地点的相关电量进行同步测量，更提不上对所测到的数据进行集中分析。传统的电能质量分析仪在使用中还具有功能系统性不强、人机交互界面不够友好的问题，非专业人士往往很难在短时间内熟悉其操作。

目前,计算机技术、信息处理技术、自动化技术、集成电路技术以及微电子技术的迅速发展为研制电能监测装置提供了坚实的基础,利用计算机实现数据采集与分析实现信息自动化成为一种趋势。综上所述,研制一种集测量、通信功能等功能为一体,采用合理科学的算法并具有友好系统软件界面的电能质量监测与分析系统,为实现远程电能质量的有效监控打下了基础,对保障、改善电网和电气设备的安全运行以及各电气化行业的正常生产有着重大的意义。

1.2 电能质量问题综述

1.2.1 电能质量定义和分类

关于电能质量的概念与定义,由于各领域各行业在认识上考虑的出发点不同,因此产生了很多不同的说法,人们很难准确、规范地描述这一现象。电能质量在现代电力系统中是对由于电压和电流干扰,电网、电气设备在正常运行中出现的多种电磁干扰现象的概括。随着电能质量得到越来越多的学者的关注,电气工程界对其说法进行规范化是大势所趋,国际电气电子工程协会(IEEE)标准化协调委员会已经正式采用“power quality”作为电能质量的标准化术语,我国的国家标准也据此标准进行了更名与沿用。

简单来说,电能质量是指通过公用电网供给用户端的交流电能的品质。合格的电能质量即为给敏感设备提供的电力和设置的接地系统是均适合于该设备正常工作的[9]。结合实际情况来说,电力部门一般把电能质量定义为电压、频率的合格率以及连续供电的年小时数,通常采用统计数字来证明电力系统是运行的安全性和可靠性;电力用户将电能质量定义为是否给设备提供了电力;而设备制造厂家则定义电能质量为电源特性应完全满足电气设备的正常工作需要。根据国际电工委员会(IEC)标准 IEC(1000-2-2/4)的定义,电能质量是指供电装置在正常工作情况下,不中断和不干扰用户使用电力的物理特性。现代电能质量的内容包括了频率偏差、电压偏差、电压波动和闪变、波形畸变、三相不平衡以及如电压下跌等电压瞬变现象。

从工程实用角度出发,将电能质量概念进一步分解,还有以下几部分内容[16]:

(1)电压质量(Voltage Quality):实际电压与理想电压之间的偏差,用以反映供电部门及企业给用户分配、提供的电力是否合格。这个定义包括了绝大多数电能质量问题,但因频率以及用电设备造成的影响和污染除外。

(2)电流质量(Current Quality):反映出了与电压质量密切相关的电流的变化。电力用户除要求交流电源有恒定频率以及正弦波形外,还要求电流波形与供电电压同相位。这个定义有助于电网电能质量的改善,并能降低线损以保证系统高功率运行。

(3)供电质量(Quality of Supply):一般技术含义是指电压质量以及供电可靠性。非技术含义则一般指服务质量,即 Quality of Service,一般包括供电企业、部门对用户投诉的反应速度以及电价组成的合理性、透明度等。

(4)用电质量(Quality of Consumption):技术含义是指电流质量,非技术含义包括反映供、用电双方相互作用和影响,以及明确用户是否按时缴纳电费等用电方的责任和义务。

为了系统地分析和研究电能质量现象,并能够对其测量结果进行分选识别,从中找出引起电能质量问题的原因和采取针对性的解决办法,因此将电能质量进行分类和给出相应的定义十分必要。目前研究中,对电能质量问题有两种较为普及的分类方法:一种是根据电能质量的主要内容,分为稳态和暂态两大类电能质量问题。其中,稳态电能质量问题是以前波形畸变为特性,持续时间一般在1min以上,可以利用幅值、频率、电源

阻抗等属性来描述；暂态电能质量问题主要包括电压暂降、电压暂升、暂态脉冲以及暂态震荡等。另一种是实际工程中常采用的，按照电能质量扰动现象的变化连续性和事件突发性两个重要表现特性，分为的变化型和事件型两类。所谓变化型是指连续出现的电能质量的扰动现象，由于电能质量现象的随机性，常用概率统计方法对变化型的电压和电流进行质量评估，该类型主要特征表现为电压或电流的幅值、频率、相位差等在时间轴上的任一是在发生着小的变化，例如系统电压的不可恒定于额定值，始终存在于理想值之间的偏差；而事件型则是指突然发生的电能质量扰动现象，其主要特征为电压或电流短时严重偏离其额定值或理想波形，评估时通常采用如幅值偏离量等特征量来描述，并且用概率论和数理统计方法以及可靠性来处理⁴。

1.2.2 电能质量主要监测指标

迄今为止，我国已经颁布了6项电能质量指标的国标；

- 《电能质量供电电压允许偏差》[10] (GB12325-1990)
- 《电能质量公用电网谐波》[11] (GB/T14549-1993)
- 《电能质量三相电压允许不平衡度》[12] (GB/T15543-1995)
- 《电能质量电力系统频率允许偏差》[13] (GB/T15945-1995)
- 《电能质量电压波动和闪变》(14 (GB/T12326-2000)
- 《电能质量暂时过电压和瞬态过电压》(15) (GB/T28481-2001)

结合实际与已颁布的国家标准，电能质量监测的实时监测数据主要包括基本参数、谐波测量以及电能质量参考测量三部分[160]。其中，需要测量的基本参数主要有：三相电压 (V)、三相电流 (A)、有功功率 (kw)、无功功率、视在功率、功率因素和系统频率等；谐波测量的主要内容有奇次谐波含有率、奇次谐波含量、偶次谐波含有率、偶次谐波含量以及谐波总畸变率THD；电能质量参考测量部分的内容，主要由三相不平衡度、长时闪变 (PIt)、短时闪变 (Pst)、正序分量、负序分量、电压偏差、频率偏差等指标构成⁷。

而若以变化的连续性以及事件突发性这两个电能质量扰动的重要特性为标准，电能质量指标通常被分为稳态和暂态两类。电能质量稳态指标一般是连续变化的，如供电点电压偏差、电压波动和闪变、三相电压不平衡度以及公用电网谐波等。另外，一些国标中暂时没有做出规定的指标也属于稳态指标范畴，如载波信号干扰。电能质量暂态指标主要指的是短时电压变化等现象，短时电压主要包括电压暂升暂降、短时中断；常见的暂态现象有暂态过电压。国标中对于暂态指标的规定还不成熟，涉及内容较少。

1.2.3 电能质量问题产生的危害和影响

电能质量问题对电力系统、电力用户以及其它相关行业影响很大，电源电压质量指标恶化不仅影响电力系统和电气设备的正常运行，更威胁到电力用户用电的安全性和可靠性。从技术方上讲，笔者将影响电能质量的主要因素总结为以下三个方面：

(1) 自然现象。如雷击、雨雪以及风暴等，这些自然现象往往造成电网事故，降低供电可靠性。

(2) 电力设备及装置的自动保护以及正常运行，如大型电力设备的启动与停运、自动装置误动作等。这些情况下引起的额定电压暂降，对电能质量造成的影响表现为产生波动、闪变以及高次谐波现象，带来供电中断、测量误差等后果。

(3) 电力用户的非线性负荷、冲击性负荷等的大量投运。如电气化机车、炼钢炉的运行使得公用电网产生的大量谐波干扰、电压扰动等。电网中的谐波是造成电网电能

质量污染的重要原因，它们使电网中元件产生附加损耗，引起电网谐振，还会对临近的通信系统产生噪声、信息遗失等干扰。

结合对文献的整理与实验室中的相关设备运行情况，对于电力系统日常运行中常出现的电能质量问题，本文进行了归纳和总结，具体内容见表1-1[18]。

表1-1 常见电能质量问题一览表

类型	性质	造成危害	解决办法
电压波动与闪变	稳态	电机运行不正常	静止无功补偿
三相不平衡度	稳态	设备出现过热、继电保护误动、通讯受干扰	静止无功补偿
谐波	稳态	设备出现过热、继电保护误动、设备绝缘受到破坏	有源滤波 无源滤波
电压骤降 电压骤升	暂态 暂态	设备停止运行，敏感负载运行失常	不间断电源、动态电压恢复器
噪声	稳态/暂态	设备运行出现错误，不能正常运行	滤波器、正确接地
脉冲暂态	暂态	设备绝缘受到破坏	避雷器

上述表格中对电力系统运行中常见的电能质量问题做了一个大概的总结，并对其造成的危害和相对应的解决办法进行了描述。这些电能质量问题的存在，使得本课题的研究显得更加必要而有意义。

1.3 国内外研究现状及发展趋势

1.3.1 国外研究现状

电能质量问题是如今电力系统面临的重要问题，国外对电网污染关注的较早，自70年代起就开始电能质量的测试分析和电网污染的治理工作，对电网污染治理已经有了一个长期的研究过程，研制并开发了不少监测仪器与治理方面的产品，在电能质量的监测和治理上已发展的较为成熟。

从技术发展水平上来说，国外的监测仪表技术发展分为三个阶段^[68]：首先是传统的模拟信号测量分析阶段，在这一阶段，对各监测指标都使用与之相对应的监测仪器，如利用电压表、电流表测量电压和电流的有效值，又如频率表、谐波表、三相不平衡度计及电压波动和闪变仪等；20世纪50年代以来逐渐进入数字化时代，数字式仪表的出现取代了传统的模拟式测量仪，这一阶段的特征表现为结合微计算机技术、拥有独立操作系统，逐渐实现相互间的通讯与自动测试等功能；第三阶段则是自20世纪80年代至今，以DSP(Digital signal proceeding)等微处理器为核心的新一代数字化、智能化仪器成为主流，国外微机化的电能监测技术已日趋成熟，数字信号处理、集成电路技术的引入使得控制芯片能在体积大大缩小的同时具备强大的运算能力。

从产品功能及测量结果的精确水平上来看，国外电能质量监测装置的功能全面，系统性强，集成度高，高档装置的测量精度甚至达到0.01%级以上，监测装置的软件界面设计也较为友好、易于操作。多功能、高精度的在线式电能质量监测装置代表产品有加拿大电力测量公司(Power Measurement Ltd)的7500 ION系列，还有瑞典联合电力

(UNIPOWER) 公司生产的 UP-221 系列。美国的 FLUKE 公司在监测仪器的开发上一直处于领先地位，其生产的Fluke43 型手持式供电质量分析仪采用了 DSP 芯片为核心，集功率表、谐波仪、示波器以及万用表为一体，目前更推出了在线式电能质量监测仪。2009年，Fluke 公司推出适用于仪器校准和测试的6100B 和6105A 电能质量/功率新标准，电能准确度更高，并且可匹配对正弦波测量性能最佳的装置。以色列 ELSPEC 公司的 G400 产品能对电网进行监测，在不需要任何触发阈值的情况下，可以连续记录一年以上每个20ms周波的1024个数据。瑞士莱姆 (LEM) 集团、日本日置(HIOKI)公司、美国 EP(Environmental Potentials) 公司、作为电力和自动化技术领域的全球领导厂商的美国ABB 公司等也相继开发出一系列电能质量分析产品[5][9] (见表1-2), 便携式电能质量分析仪开辟了新的市场。

表1-2 其他国外公司及代表产品

公司名称	代表产品:	应用领域
瑞士: 莱姆集团	PQ FIX装置	网络化监测
	3PQIT便携式分析仪 PQPT系列 AN3060手持式装置	电能质量监测与分析
	日本日置公司	3193系列 谐波测试分析仪
瑞士联合电力公司	PQ Secure在线监测系统	网络化监测
	U900F便携式分析仪	电能质量监测与分析
美国EP公司	EP2000系列	电能质量的治理
美国ABB公司	THF三次谐波滤波器	电能质量的治理
意大利HT公司	HT9030手持式装置	电能质量监测与分析

上述表格中，笔者对于当前国外各公司推出的电能质量分析产品作出了系统的归纳和总结。综上所述，国外一些发达国家在电能质量控制方面已经有了较为深入的研究，在应用上已有显著成效。

1.3.2国内研究现状及发展趋势

与国外相比，国内对电能质量问题的研究起步于上世纪80年代，对其重要性没足够深刻的认识、关注度不够。无论是电能质量监测装置的研发、系统性能的稳定还是该领域相关学术研究的深度与广度上，国内与国外有着明显的差距。现有资料显示出，国内电能质量监测装置的研发上，上海宝钢安大电能质量有限公司占据领先地位，其代表产品中，PQ116 便携式监测装置、PQ102 手持式电能质量监测装置在我国属于先进水平，性能比较优越。保定三伊方长电力电子有限公司是国内最早从事电能质量监测装置和分析设备技术研发、生产和销售的现代化高科技企业，其研发的 SFDZ-3 在线式电能质量监测仪采用了多个高速 DSP 和工控板为核心，有较好的实时性。但与之相对的，一些中小企业生产的电能质量监测装置，虽然价格相对便宜，但产品的精度比较低，实时性也差，没有良好的通信能力以及图形显示功能。目前，国内研究的最大盲点是对谐波的危害性认识不够，对于50次以上高次谐波以及高频噪声、电涌等杂波的检测和治理上基本为空白，对电能质量监测装置的研究也比较少。国内现有的检测设备大都是针对电能质量各项指标进行专门测量的，实现对电能质量的长期的、连续的监测，是学者

们努力的重点和目标。

近年来，国家质量技术监督局陆续颁布的六项电能质量国家标准，令电能质量的监测管理工作进入法制化、规范化渠道。针对电能质量问题以及电能质量装置的研究日益增多，得到越来越多学者的重视。现将国内的电能质量分析仪按照使用方式分为手持式电能质量分析仪、便携式多功能电能质量分析仪和远程式电能质量监测仪三类，并对各类型电能质量监测装置的功能、特点和使用范围进行归纳总结[19]（见表1-3）。

表1-3电能质量监测装置分类

类型	主要功能	特点	应用领域	缺陷
手持式	1、单相或三项电压、输入电流； 2、测试电压及电流有效值、谐波、有功及无功功率、功率因素、不平衡度及瞬变电压等； 3、波形存储、回放和通信	重量轻、体积小、便于携带且信息处理能力强	现场定期检验和非线性负载的测试	1、需要人工到场 2、缺乏统计分析功能
便携式	1、谐波的电压波动和闪变的测试； 2、测量变电所的各级母线电压，主变压器、电容器组的谐波电流； 3、电流测量、数据汇总与统计分析（其它基本与手持式相同）	重量轻、体积小、便于携带	干扰源设备接入电网前后的专项监测	1、监测点固定且唯一 2、数据的实时性上缺乏自动化
远程式	1、能在线监测公共供电点的电压偏差、频率偏差、不平衡度以及谐波等电能质量； 2、越限报警和数据存储； 3、计算机通信联网、数据共享	精确度高、实时监测、运算能力强	连续监测地区等公共点的电能质量	1、监测指标少 2、人力物力耗费大 3、实时性差，远程通信能力有限

如今，智能化、实时分析、网络化以及微型化都是电能质量监测可发展的方向。在智能化过程中，将虚拟仪器引入该领域是一大突破，利用虚拟仪器的高效性和准确性，对实现监测数据分析、使系统得以自动进行故障识别及预测起到了巨大推动作用，虚拟仪器在当代研究中已成为电能质量监测系统搭建平台的重要选择之一。而随着网络技术、集成技术的发展，电能质量监测仪器会越来越小型化与低功耗化，分布式电能质量监测成为未来电能质量监测的一个发展方向，它将通过基于 TCP/IP 协议的网络监测数据传递，实现电能质量监测的实时数据分析。

在电能质量监测系统的软件设计上，传统的电能质量分析仪在使用中往往出现人机交互界面不够友好的问题，非专业人士往往难以在短时间内掌握功能的操作。随着电能质量监测装置的发展，其软件界面的合理性与友好程度也逐渐被研究人员所重视。现今世界上成功的软件公司都非常重视软件界面的系统管理和美化设计工作，因为在激烈的市场竞争中，有强大的功能只是一部分，不足以战胜强劲的对手，在用户眼中，一个仪器或者系统是否成功，很大一部分取决于用户的使用情况。美观、友好的用户界面对于用户在短时间内轻松、快捷的掌握系统功能是非常有益的。因此，要成为有竞争力的软件或者系统，不光要有强大的功能，也需要有一个友好的界面设计。

从20世纪60年代出现第一代电能质量监测仪开始，迄今为止电能质量监测经历了几十年的发展，由被动、分散、局限于特定电能质量问题的监测方式，转变为主动的、有持续性并能反映出系统特性，监测系统的软件设计也日趋合理，便于用户进行操作与轻松掌握。电能质量监测系统已走上数字化、网络化、智能化与集成化的发展道路，相信在不久的将来，电能质量的监测技术将完成计算机网络技术与实时监测技术的结合，

实现设备智能化和电网自动化。

1.4 论文的主要工作

综上所述，笔者通过阅读大量电能质量监测与分析系统的文献，在了解国内外电能质量监测与分析装置及系统研制现状的基础上，结合本人的专业背景，响应当今计算机技术、数字信号处理技术、通信技术等技术的发展趋势，提出一种电能质量监测与分析系统的研制方案，论文的主要工作是结合数据滤波技术，设计研究出一种功能系统化、界面友好的电能质量监测与分析系统软件(以后在论文中简称监测系统软件)。本论文的主要内容如下：

第一章为绪论，主要介绍了课题的研究背景及意义，并对电能质量定义、分类、危害、影响以及主要监测指标等问题进行了综述，对国内外的研究现状及发展趋势做了总结，并详细介绍了论文各章节安排。

第二章介绍电能质量监测系统总体设计。该章节对作为系统下位机的硬件部分做了概要的介绍，而对作为系统上位机的监测软件部分进行了详细的设计和说明。主要介绍了软件的设计思想、开发平台、软件总体架构和软件功能模块等。

第三章是串口通信程序设计。该部分详细叙述了计算机串口通信技术，包括通信协议的创建、串行通信技术以及多线程通信。

第四章具体分析设计了电能质量监测系统的人机界面。首先介绍了软件界面的设计基础，对于设计中应遵循的原则、应该考虑到的问题做了详细的介绍，其次对电能质量监测系统软件运行的流程做了说明，并以实例展示数据采集分析的实现情况。验证了软件的可行性。

第五章对全文工作进行了总结，并对进一步研究做出了构想。

第二章电能质量监测与分析系统的总体设计

2.1 电能质量监测与分析系统结构简介

目前，国内供电系统中，在电能质量的监测与分析上主要存在两个问题：一是专用测量仪器缺乏网络通信功能，致使供电系统无法进行多个地点的同步测量，测量数据多为独立、局部的，无法进行全面、集中的分析；二是用户操作界面友好性不够，除专业人士外，一般人上手比较困难。

针对上述两个问题，本论文在参考了国家目前已颁布的各项电能质量相关标准的基础上，结合实验室相关研究，主要致力于通过Visual C++编程设计出一套电能质量监测与分析系统上位机软件。

本电能质量监测与分析系统主要包括数据采集、串口通信、数据分析处理和特殊事件分析显示四部分，系统的整体结构如图2-1所示。

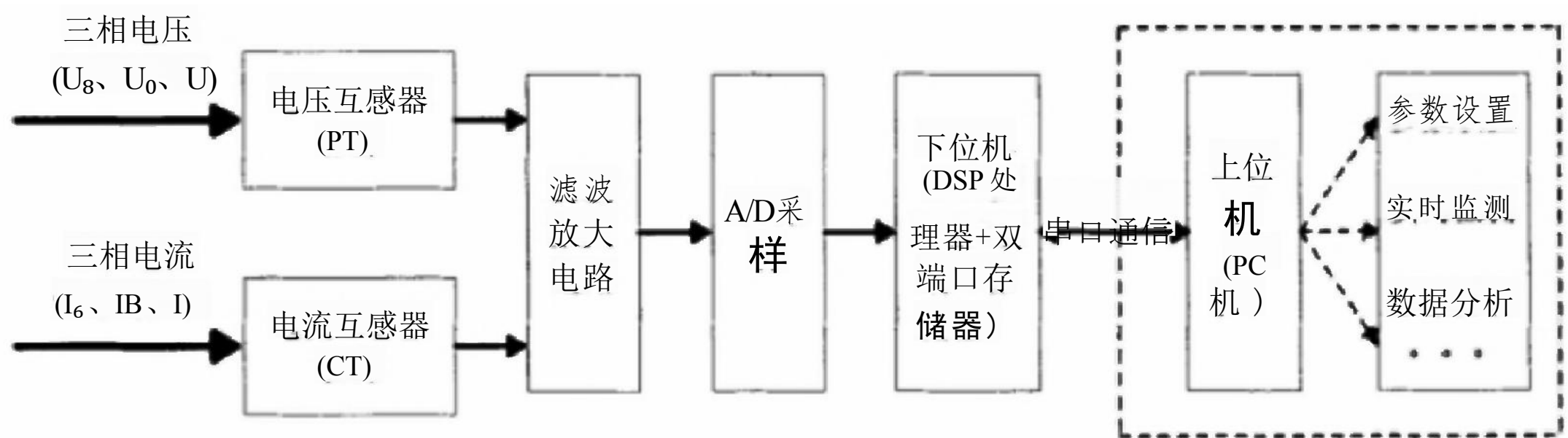


图2-1 系统结构图

系统下位机拟采用数字信号处理器 (digital signal processors) 和双端口 ARM 结合，其中，DSP 芯片主要用于完成数据的采集和处理，双端口ARM 则是为了实现数据交换、存储和通信等功能。上位机主要是PC 机，本文主要完成虚线框包括的内容，作为研究重点的电能质量监测与分析系统上位机软件开发采用的是 Visual C++编程，主要工作在于串口通信程序的设计、各监测指标相应数据库的建立以及实时数据的存储、分析以及存储。

2.2 电能质量监测与分析系统软件开发平台

2.2.1 硬件设施及运行环境选择

随着科学技术的飞速发展，计算机的性能呈现出日趋提高的趋势。本论文的研究对象是电能质量监测与分析系统的软件研发，对此，苏州市新能源与电力电子实验室为该研究的开展提供了良好的硬件设施及实验环境。本课题开发所用的硬件设备为DELL 商务台式机，配置如下：

CPU: Intel(R) Core(TM) 2.0, 2.40GHz;

硬盘容量: 160G;

内存: 2.98G;

备注: 支持9针 RS232 串行通信接口等。

电能质量监测与分析系统软件开发选用 Windows XP操作系统为运行环境。该运行环境性能稳定，目前被越来越多的用户接受并应用。Windows XP发行于2001年10月，字母XP表示英文单词的“体验”(experience)。它拥有名为Luna(月神)的用户图形界面，视窗标志较之以前改的更加清晰亮丽，另外还引入了一个“选择任务”的用户界面，使得任务的具体细节可以被工具条访问。虽然Windows XP因其特性受到一些批评：如觉得基本任务的设计造成了视觉混乱，并加大了额外进程的耗费；又如整合了很多第三方提供的软件，被计算机专家认为是对用户个人隐私的潜在威胁等，但其独特的优点同样不容忽视。

Windows XP64位版本为用户提供了一个可伸缩的高性能平台，该平台的体系结构使得海量数据的处理得以更加高效，Windows 很多新型应用程序都可以在此平台上运行。Windows XP运行环境减少了以往在将数据载入虚拟内存、查找读写数据、将数据存入存储设备过程中所耗费的时间，这使得应用程序的运行更加快捷高效。因此，本文中电能质量监测与分析系统软件选择 Windows XP Professional sp3作为运行环境

2.2.2 开发环境

本文中，电能质量监测与分析系统软件是基于Visual C++6.0平台进行开发设计的。设计内容主要包括数据库创建、实时数据的接受和显示、历史数据的分析及处理以及人机界面设计。

Visual C++是微软公司开发的一个集成开发环境(IDE)，作为主流的开发平台之一，一直受到编程爱好者的推崇和喜爱。Visual C++是 Visual Studio中功能最为强大的可视化软件开发工具，应用度极为广泛，从桌面应用程序到系统软件，从图形图像处理到3D游戏开发，还有网络通信以及信息安全等方面，处处有Visual C++的存在。

Visual C++大概可以分成三个主要的部分：集成开发环境 Developer Studio、MFC 和 Platform SDK120I，所用的编译语言是C++，凭借 MFC 类库对 Windows API的良好封装[21]，所提供的高编程能力与便捷性深受程序开发人员的青睐，该开发环境的执行速度和对操作系统的高访问权限，是其它编译工作所远不及的，这也奠定了它作为编程语言中当之无愧的王者地位。

之前在学校的实训课程上，笔者就接触了Visual C++的相关内容，觉得甚为其妙，其功能格外强大。笔者在课程中学习并掌握了Visual C++/MFC 界面设计、编程的基本原理和方法，并通过实训进行了一定的实际练习。在进行本课题中关于电能质量监测装置数据的采集与分析软件研发之前，笔者针对在采集分析数据中的难点与如何实现其功能做了深入的思考，如串口通信协议如何创建、数据存储、数据滤波技术以及数据的图形显示等。结合 Visual C++的强大功能做了一定的技术准备，并确定通过 Visual C++/MFC 完全能够实现本课题涉及的软件研发。如熟悉底层 Windows API编程之后，编译基于多线程的串口类(CSerialPort 类)，加以简单快捷的通信协议，就能够实现数据采集的完整性、准确性；又如 ST_Curve 图形控件能够相对便捷、美观的完成数据的直观显示；而配合有效的文件存储及数据库技术，笔者便能够完成预期中数据的分类保存、提取等等。

Visual C++6.0 在性能上较原先有了巨大的改进，提供了很多新的特性：如 MFC 基础类库的增强与改善；部分使用工具的添加；更为全面的 AppWizard 向导以及对集成开发环境编辑、编译、调试与连接方面的改进等。这些经过改进的特性为软件开发人员提供了一个更为全面、便捷而友好的开发环境。Visual C++6.0 开发环境如图2-2所示。

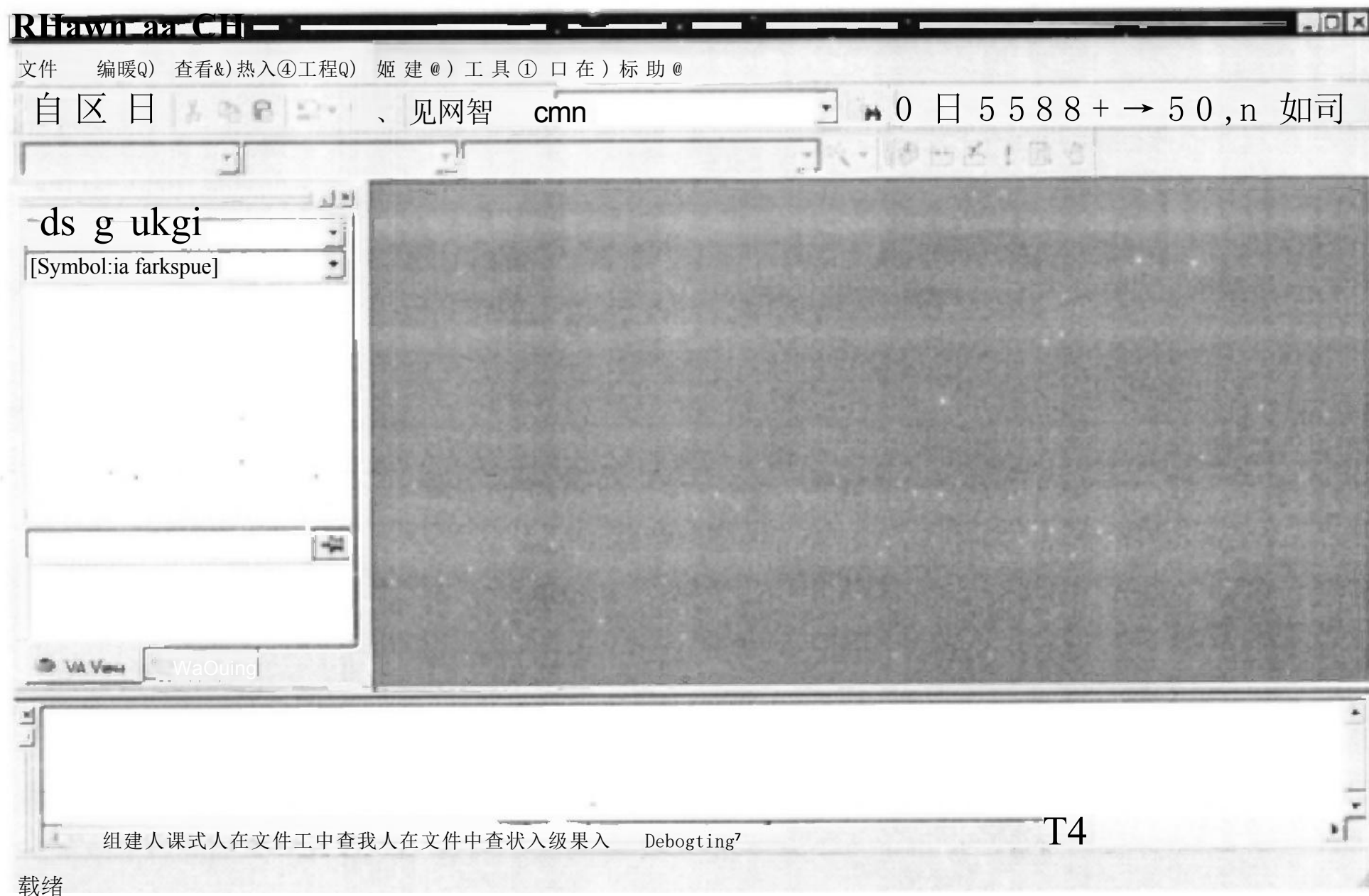


图2-2 Microsoft Visual C++6.0 开发环境界面图

综上所述，鉴于 Visual C++6.0 功能强大、编译方便以及应用灵活，本文中电能质量监测与分析系统软件研发主要采用 Visual C++6.0 为软件开发平台，同时选择 MFC 控件实现界面设计，结合 C++ 语言完成后台代码编写。

2.3 电能质量监测与分析系统软件的需求分析

2.3.1 目的

当今社会电力系统发展迅速，配电网的日趋复杂以及对供电可靠性和供电质量要求的提高，迫切需要在调度管理手段上实现智能化。基于 VC 的电能质量监测与分析系统软件的研发，主要针对我国供电系统电能质量监测分析上大多采用专用的不具备网络通信功能的测量仪器，利用计算机通信技术以及数据处理技术，希望取代原本的人工采集分析。

通过电能质量监测与分析系统软件，我们可以利用串口通信协议建立计算机与数据采集设备之间的通信，实现数据的接收，并对实时数据及统计数据进行多种方式的直观显示，让用户对监测系统出现的各种事件有所了解。

除了可以接收并显示实时数据之外，电能质量监测与分析系统软件还能对监测系统中的各种参数建立相应的数据库，便于各种事件所涉及数据的存取和查询。在数据库技术的支持下，监测与分析系统软件可以将实时数据转化为历史数据并存储，方便用户对其进行查询和分析。

该系统软件还有一个很重要的功能，就是根据国家标准，将历史数据与标准所规定的指标参数进行对比分析，在指标越限时发出报警或提示。系统软件可以根据国家标准分析各指标在某一段时间内的越限情况，并记录其越限时间及越限值。

电能质量监测与分析系统软件的主要目的，是通过串口通信协议实现数据的实时接收，能对实时数据进行存储和多功能的显示，并利用相应算法对历史数据进行分析和处理。笔者希望通过该系统友好的人机界面和系统管理功能，实现数据采集的便捷化与智能化。

2.3.2 系统详细需求

电能质量监测与分析系统上位机软件是基于 Windows 系统开发的应用程序，希望藉由友好的图形交互界面，更加合理、人性化的实现软件各项功能。其主要功能模块如下：串口通信模块、实时数据显示模块、数据存储模块、数据分析模块、参数设置模块及用户管理模块等，如图2-3所示。

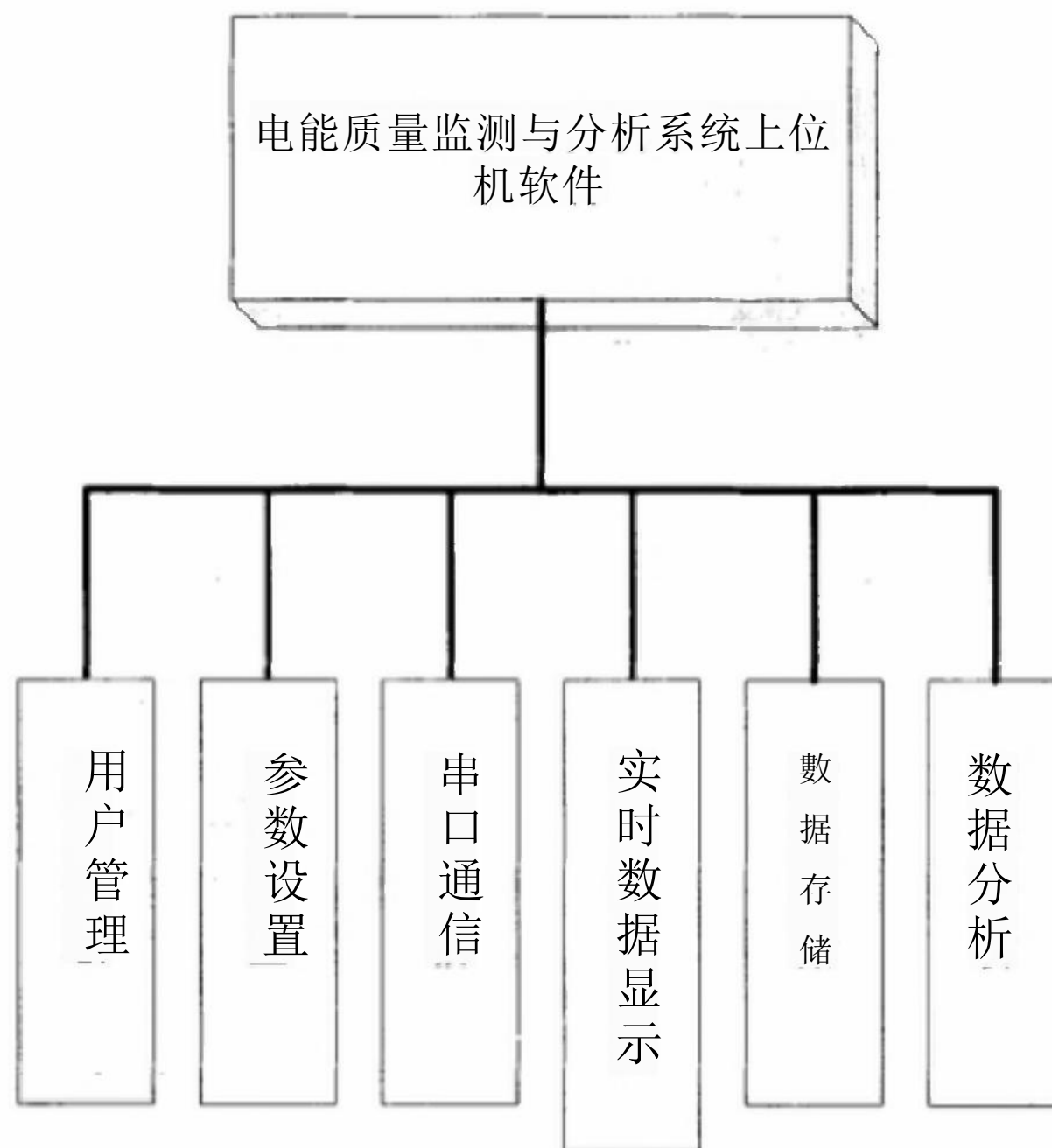


图2-3 电能质量监测与分析系统软件的功能模块图

各功能模块介绍如下：

(1) 用户管理模块。由于该系统软件是由专门人员操作使用，所以预先将各用户名和密码保存于数据库中，操作人员凭有效的用户名和密码完成登录，登录信息错误超过三次则自动退出系统。

(2) 参数设置。具体为电网参数设置、限值设置(电能质量各指标限值)。包括电压类型、电压等级、谐波畸变率限值、电压偏差的正、负偏差限值、不平衡度限制以及频率限值等。

(3) 串口通信。串口按位 (bit) 发送和接收字节。串口通信协议分为底层通信协议和用户层协议，用户层协议是以使用者为对象的，它决定了数据的发送、接收格式以及在发收过程中关于数据是否正确的校验。电能质量监测与分析系统上位机软件主要通过串口通信获取实时数据。具体的通信程序设计将在下一章中详细说明。

(4) 实时数据显示。当电能质量监测与分析系统上位机软件处于实时数据查询界面时，可以选择自动或者手动的查询、显示数据。作为监测对象的数据一般分为三类：基本参数、谐波测量参数、电能质量参数。基本参数主要包括三项的电压、电流有效值及相位角、视在功率、有功功率、无功功率、系统频率和功率因素；谐波测量参数主要谐波总畸变率 (THD)、电压和电流1-50次谐波含有率及有效值等。电能质量参数一般是指三相不平衡度、长时闪变、短时闪变、电压偏差和频率偏差等。本研究主要针对基本参数测量和谐波测量参数。

(5) 数据存储。目前，数据库的应用非常广泛。电能质量监测与分析系统上位机软件采用经典的 ODBC(Open Database Connectivity, 开放式数据库连接) 技术对数据库 Microsoft Office Access 进行关于数据的操作和处理。采用 Access 数据库主要是考虑

到本软件面向的使用人员对数据库的了解有限，还有就是本课题涉及的数据量不大，也不算复杂。利用 Access 数据库设计完成关于基本数据信息的存储与查找，对用户来说无论是使用或是维护都很容易。

(6) 数据分析。数据的分析处理功能主要包括数据查询、越限报警、历史数据分析等。数据查询功能一般表现为两种：一是用户根据自身需要选择合适的查询方式(手动或者自动);二是用户根据事件发生时间和类型，对相关数据进行查询。越限报警功能表现为自动比较实时采集到的数据和其限值，判断该参数是否在规定范围内，在指标越限时发出报警或提示。历史数据分析的主要职责主要是对采集到的数据进行统计分析处理，将结果以报表或者柱状图、曲线图等形式表现出来。另外，数据分析的结果还应包括统计报表。一般来说，统计报表内容上应包括电压合格率、频率合格率、不平衡度的越限率、总谐波畸变的越限率、电流与电压的极值及其出现的时间、频率的极值及其出现时间等。

2.4 电能质量监测与分析系统的架构设计

2.4.1 系统在电网中的逻辑结构

软件架构是对系统整体结构设计的一个规划，通过对软件架构的研究，有助于发现不同系统在较高级别上的共同特性，继而实现大规模、系统化的软件复用。一个合理的架构设计，对于系统设计来说至关重要。

通过电能质量监测与分析系统软件，对区、市乃至全省整个电网在运行期间所产生的数据进行实时采集、存储并能对之进行处理分析，是本课题重要研究目的之一。

从逻辑层面考虑，将市电网作为整个逻辑树的根节点，而各区域中涉及的各单位监测终端，都与对应的电能质量监测与分析系统上位机软件进行连接。市级电网的电能质量监测管理站点与地区级电网的电能质量监测管理站点各自独立，它们之间是数据共享的逻辑关系。

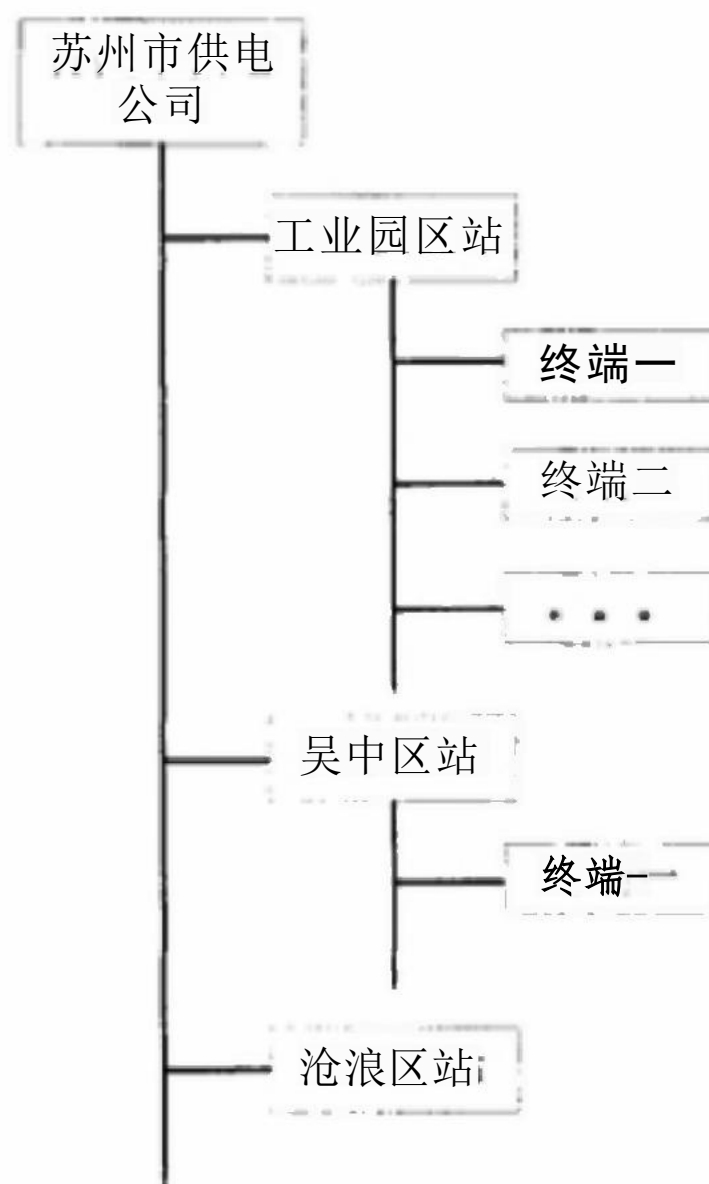


图2-4 系统角色在电网中的逻辑结构

如图2-4所示，地区级电网通过电能质量监测与分析系统软件将实时数据采集进来，

并存储在地区电网的数据库中用以分析。然后，省级电网通过数据共享或上传的方式，对各地区电网站点中的数据进行汇总。

2.4.2 系统架构

电能质量监测与分析系统架构主要由主站管理中心、通信系统和子站监测中心三部分组成。子站监测中心负责管理所辖区域内的相关数据，主站管理中心通过通信系统，召唤传输任一子站点的数据进行汇总和处理分析。具体的系统网络架构见图2-5。

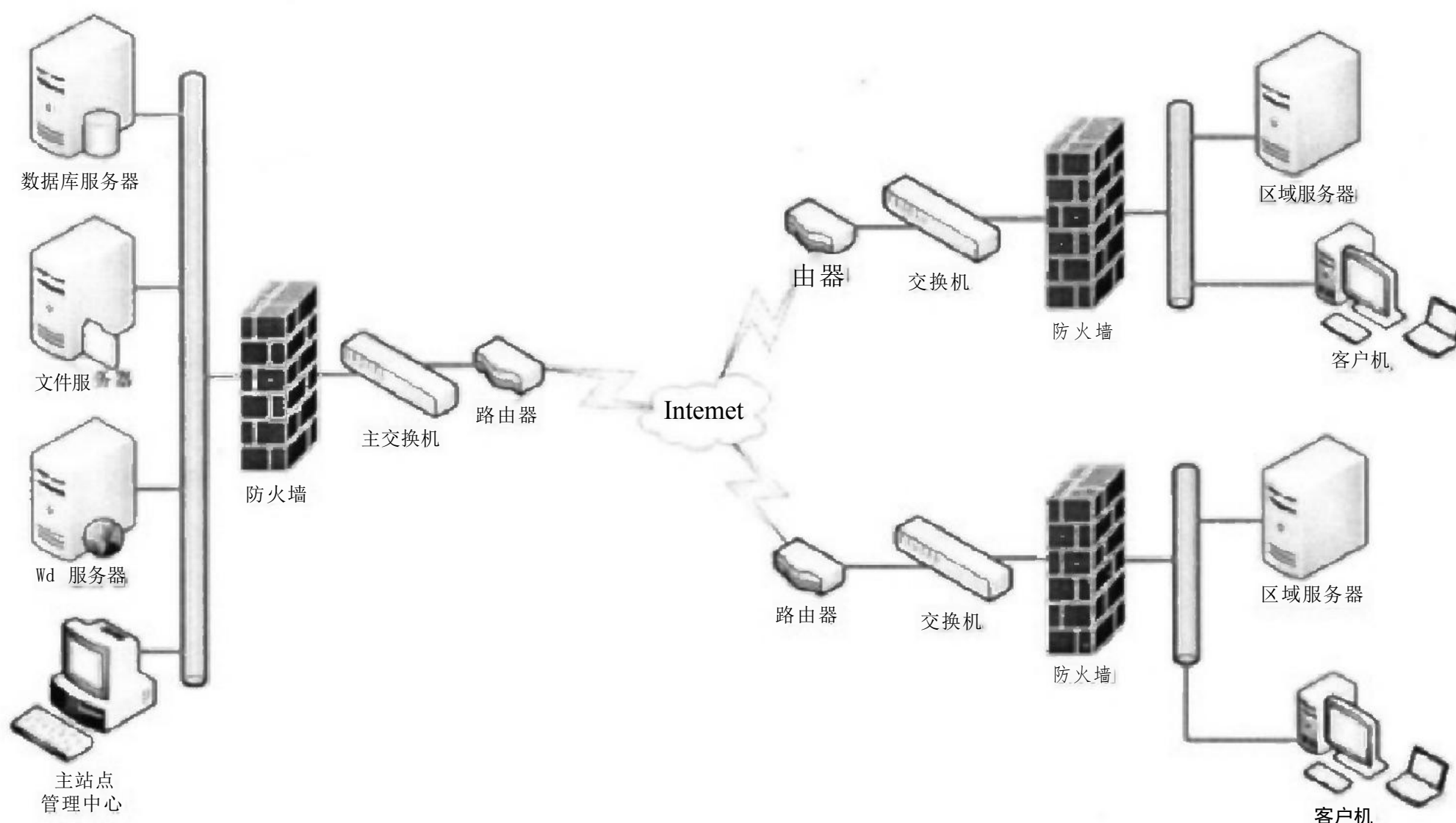


图2-5 电能质量监测与分析系统的网络架构图

如图2-5所示，子站点客户端首先采集需要上传的数据，其相对应电网的历史数据和数据的分析结果便存储于各个地区站点的电能质量监测与分析系统。市级主站点管理中心可以通过主动召唤，或者经由子站点提交、上传数据，将各子站点数据汇总于主站点管理中心，便于之后对全市电能质量相关事件的评估分析。

图中的网络传输拟采用FTP的传输协议，FTP传输分为两种方式：主动上传和被动下载。在本系统中，子站客户端采用主动上传方式定时上传数据，在管理中心服务器端要求调用客户端数据时，则采用下载方式。服务器首先远程登录客户端机器然后进行下载操作。上传或下载到服务器的数据后，要关闭FTP的连接，此时数据检测子系统必须阻止数据的传送，并且检测内部数据的处理操作[22]。

2.5 数据库设计

简单地说，数据库(DataBase,DB) 是一个持久数据的集合，一旦数据被存储至数据库，用户可以方便地查询这些信息。此外，数据库还应该便于数据的添加、修改和删除[23]。数据库的诞生和发展对计算机信息管理产生了巨大的影响。

目前，商品化的数据库管理系统一般以技术较为成熟的关系型数据库为主导产品，其代表产品有Oracle、IBM公司的DB2、Microsoft公司的MS SQL Server、Informix和ADABASD等等。本项目中，电能质量监测与分析系统所涉及的采集与分析数据复杂度不高，数据量也不是非常巨大，加上考虑到本软件研发所针对的是非专业操作人员，因此选择Microsoft Office Access作为数据库，具体数据库设计环境如图2-6所示。

基本卷款	Vser	基	区	戏	流	省	及	关	可	最	中
1D	三相电压有效值(7)	三相电液有, 相应角(9)	有功功率(无功功率作, 视在功率位	功率因素	系统你率任	素加李				
Ves: 票	251	.27	.27	.08	.28	.96	50				
基本参紫票	25	.27	.27	.074	.28	.96	50				
本我数要:	258	2.3	.2	.2524652	*****	.2576	.9800666				
学	259	2.43	.39	.2510296	,1031863	.27141	.9249091	50			
□有量事:	250	2.65	.55	.2552885	,1565187	.29945	.8525245	50			
的就防量事命发最是	251	116	2.66	.56	.261429	,1639029	.30856	.8472551	50		
电概写查参将共查表: 表	262	2.62	.52	.2501055	,1432008	.2882	.8678192	50			
事*景	253	110	2.31	.21	.2485176	*****#	.2541	.9780309	50		
□总限事件表: 票	254	114	2.62	.52	.2592002	.1484081	.29868	.8678192	50		
区成需单聚	255	2.43	.33	.2566704	*7***	.28188	.9460424	50			
□区电思系: 景	256	2.7	.6	.2473501	.1692234	.2997	.8253356	50			
	267	2.62	.52	.2478318	.141899	.28558	.8678192	50			
	268	2.66	.56	.2524143	.158251	.29792	.8472551	50			
	269	2.54	.转	.2573838	.1211713	.28448	.9047517	50			

图2-6 Microsoft Office Access 设计环境

电能质量监测与分析系统上位机软件选择 Microsoft Office Access 作为数据库，设有基本参数、用户信息、谐波测量数据、电能质量参数测量等表，利用 VC++ 编程时采用的是经典的 ODBC (Open Database Connectivity, 开放式数据库连接) 数据库访问技术。ODBC 的工作依赖于数据库制造商提供的驱动程序，使用 ODBC 的时候，Windows 的 ODBC 管理程序把数据库访问的请求传递给正确的驱动程序，驱动程序再使用 SQL 语句提示 DBMS 完成数据库访问工作。

使用数据库对数据进行管理，充分利用当今发展迅速的数据库技术，便于开发人员的各种操作，提高了软件开发效率。另外，为了实现系统上位机软件的友好性和易操作性，本课题中的数据库设计主要包括实现对基本信息及参数的存储、查找等相关处理，选择二进制文本文件形式作为数据存放方式。这样，只要是能正常工作的计算机都能安装该软件，并且所需要的数据库维护较为简单方便。需要注意的是，为了防止数据等信息被误删，一般推荐将二进制文本文件存放于软件安装的路径之下。用户通过上位机软件访问数据库时，数据库文件的用户权限设置也增强了系统在使用中的安全性。

2.6 本章小结

本章介绍电能质量监测系统总体设计。该章节对作为系统下位机的硬件部分做了概要的介绍，而对作为本文研究重点的系统上位机软件部分进行了详细的设计和说明。主要内容包括了软件开发平台的选择、软件功能模块划分、软件总体架构设计和数据库设计等。

第三章 串行通讯模块设计

3.1 串行通信技术简介

数据通信是指在计算机系统各个部件之间，包括计算机与计算机之间的数据信息交换。传输模式 (Transmission Mode) 定义了比特组合从一个设备到另一个设备的方式，还定义了比特是可以同时在两个方向上传输，还是设备必须轮流地发送和接收信息¹²⁴。按照每次传送的数据位数，数据通信有两种基本传输模式：并行传输和串行传输：

- (1) 并行传输 (Parallel Transmission)。是指可以同时传输数据的通信方式。在这种模式下，设备之间至少有8个数据在进行传输。如图3-1所示，就是8个数据位由发送设备通过8条传输线同时传送至接收设备。并行传输非常普遍，计算机内部的数据通信通常选择并行传输模式。并行传输的优点在于可以同时传输多位数据，速度快、处理简单，适合短距离设备。当应用于长距离连接上时，并行传输的缺点就体现出来：使用多条传输线路使得该模式成本昂贵；为了减低信号的衰减而选用的导线较粗，很难捆到一条单独线路中；另外，长距离传输过程中，导线上的电阻会产生一定的阻碍，影响数据传输的速度，给接收端带来麻烦。主要应用有计算机内的总线结构及并行接口。

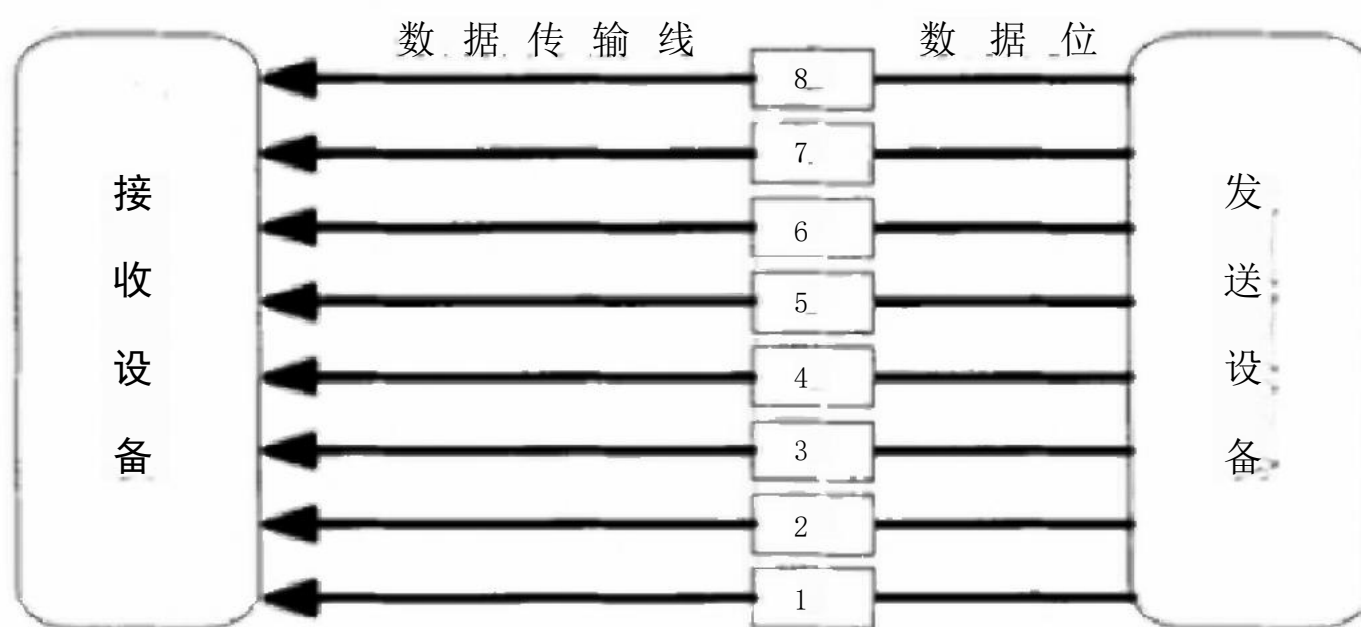


图3-1 并行传输模式

- (2) 串行传输 (Serial Transmission)。是指使用单一的线路，一位接一位地逐个传送二进制数据(见图3-2)。与并行传输相比，串行传输的速度慢了很多，但节省了大量通信设备和通信线路。该传输模式低成本、可靠性高，较适合远距离通信，所以计算机网络中通常采用串行传输模式。需要注意的是，串行传输模式在传输过程中，发送方必须明确数据位发送的顺序，如果各协议在数据位顺序上无法取得一致，信息传输会出现错误²⁴。主要应用有公用电话系统、计算机网络等。

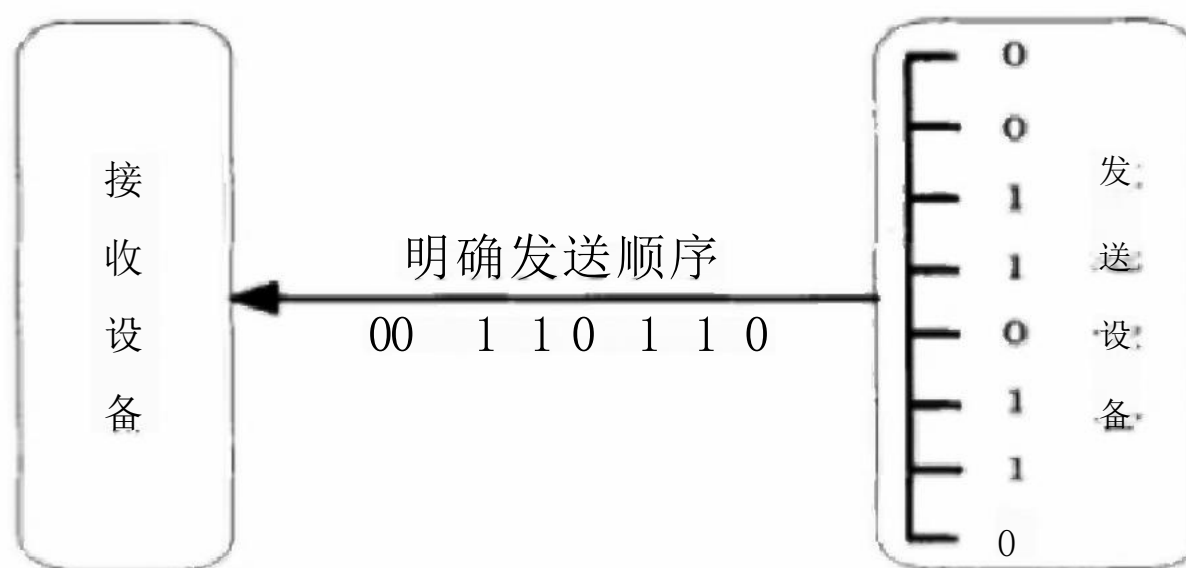


图3-2 串行传输模式

如图3-3所示，一般情况下，从某一设备传输数据到另一设备，发送方和接收方间有着明确的方向性，这种通信只在单方向上进行的模式就是典型的单工通信 (Simplex Communication)。当设备间信息可以双向传送，但必须轮流进行，则被称为半双工通信 (Half-Duplex Communication)。不难想到，设备可以同时进行发送和接收的模式就是最复杂的全双工通信 (Full-Duplex Communication)。

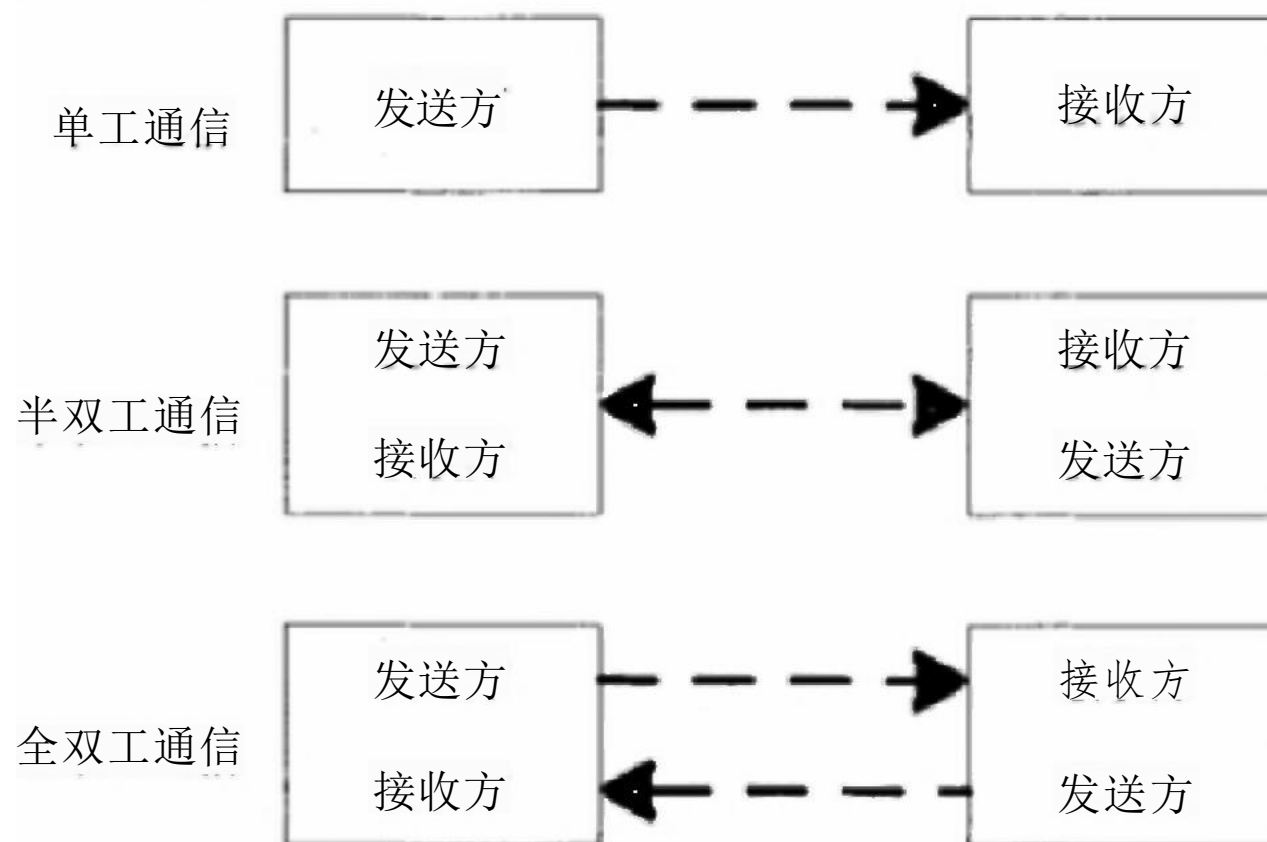


图3-3 单工、半双工和全双工通信

在串行传输过程中，通信双方之间进行数据交换需要高度的协同工作，在时间和频率上讲求一致性，以期保证收发数据的一致性。其中，字符同步是保证收发双方正确传输字符的过程，实现方法分为异步传输和同步传输两种：

- (1) 异步传输 (Asynchronous Transmission)。所谓异步，即发送方可以在任何时候以字符为单位发送数据，而接收方却不知道数据何时能到达。每一个字符的内部各位是连续、同步的，但字符之间可以是随机、异步的。如图3-4所示，在每个字符的前后各增加一位，分别为起始位和停止位，用以表示通信的开始和结束。起始位的存在给了接收方响应、接收和缓存数据的时间，停止位则表示一次传输的终止。一次传输中，起始位、数据位、奇偶校验位和停止位构成一组完整的信息，我们称之为帧 (Frame)。异步传输中，通信双方所制定的字符的数据位数，奇偶校验方法和停止位数必须相同。该方式简单可靠，容易实现，传输效率比同步通信方式低，成本也低^[25]。
- (2) 同步传输 (Synchronous Transmission)。所谓同步传输是指发送端和接收端在约定的通信速率下始终保持一致的时钟信号频率。与异步传输不同的是，同步传输中将许多字符组成的一个信息组成为帧，传送信息时位数几乎不受限制，一次通信的数据量从几十到几千字节不等，通信效率很高。但由于需要在通信中保持精确的同步时钟，其发送器和接收器的复杂度高，成本也比较昂贵。

综上所述，本课题设计中涉及的串口通信方式采用半双工异步串行通信，通信接口标准采用 RS-232。

3.2 串行通信协议

3.2.1 简介

串行通信协议是建立在串口之上，并且数据传输可以根据具体的实际情况构建的通信双方共同遵守的数据交换规则^[26]。由于通信是计算机运行进程中的重要组成部分，通

信协议的设计与数据的输入输出、存储等操作以及通信可靠性密切相关，是非常重要的。

串行通信接口按电气标准及协议来分包括 RS-232、RS-422、RS-485 和 USB 等，RS-232、RS-422与 RS-485 标准是只对接口的电气特性做出的规定，其技术发展已成熟，耗费成本低，性能也比较稳定。USB 是一种新型接口标准，主要应用领域为高速数据传输。由于电能质量监测与分析系统在数据采集上要求具备较高的可靠性和传输效率，所以本系统选择目前在 PC 机与通信工业中应用最为广泛的串行接口 RS-232。

RS-232 标准是由美国电子工业协会 (EIA) 于 60 年代初期制定的，目前最常见的版本是经过多次修订后的 RS-232-C 标准，一般用于在50英尺的距离内每秒传输20000个比特。RS 意为推荐标准，而232则是标识号，C 表示该标准是RS-232 的最新修订版本124。RS-232 被定义为一种在低速率串行通信中增加通信距离的单端标准，采取不平衡传输方式。

为了减少协议设计的复杂性，串行通信协议采用层次式组成方式。本协议参考 ISO 定义的标准七层参考模型 (7-layerReferenceModel)¹²¹，确定了由应用层 (Application Layer)、链路层 (Link Layer) 及物理层 (Physical Layer) 组成的三层式结构，各层间由简单的接口相连^[28]。协议的三层式结构如图3-4所示。

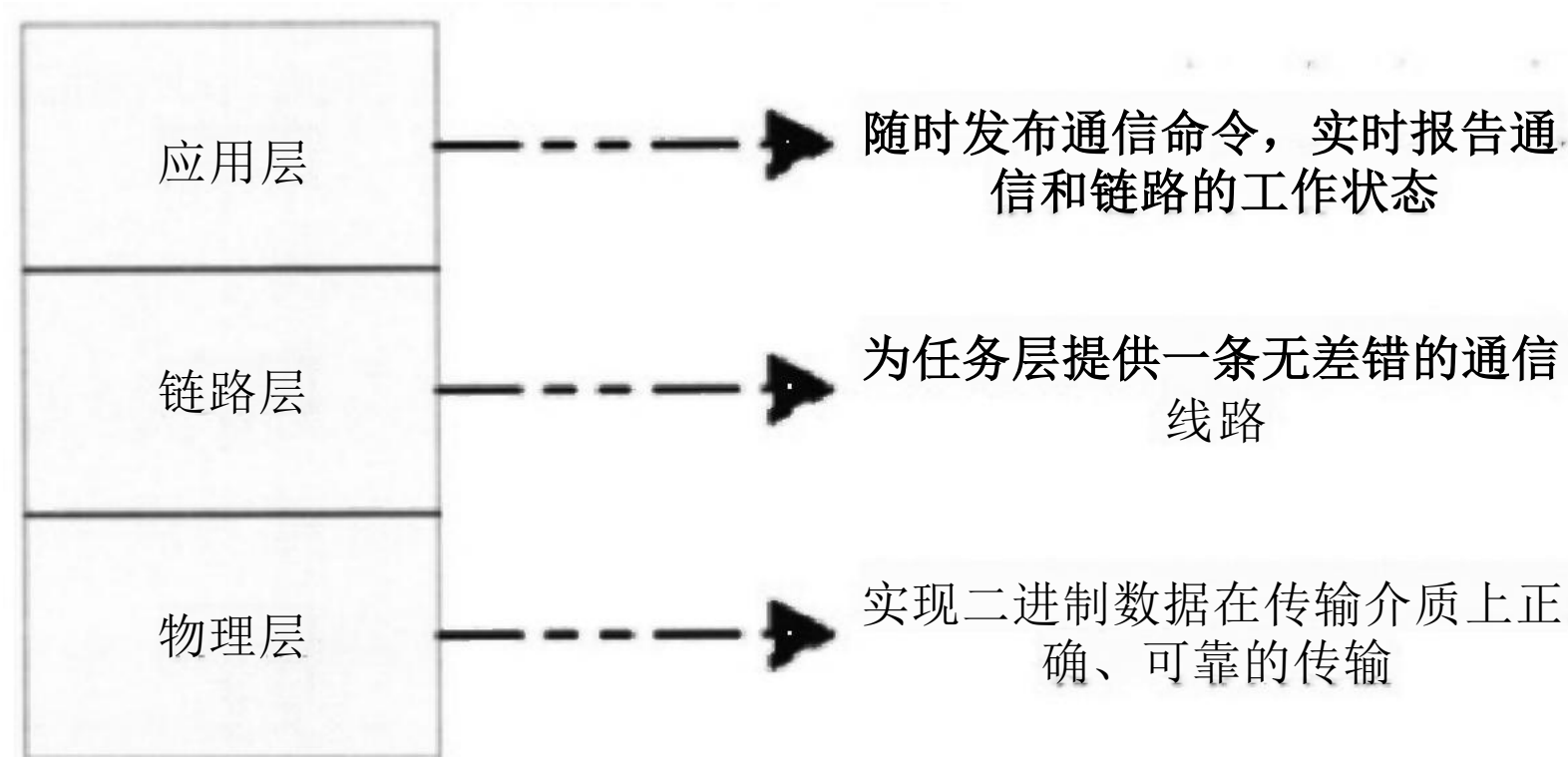


图3-4 通信协议三层式结构

协议的基本设计思想就是利用帧传输，一帧帧的向串口发送数据。电能质量监测与分析系统软件的串行通信设计中，以PC 机(上位机)为主控制部分，数据采集部分响应 PC 机的命令上传数据，由PC 机完成数据的接收、存储等处理。PC 机(上位机)与数据采集机之间的通信体系结构如图3 - 5所示。

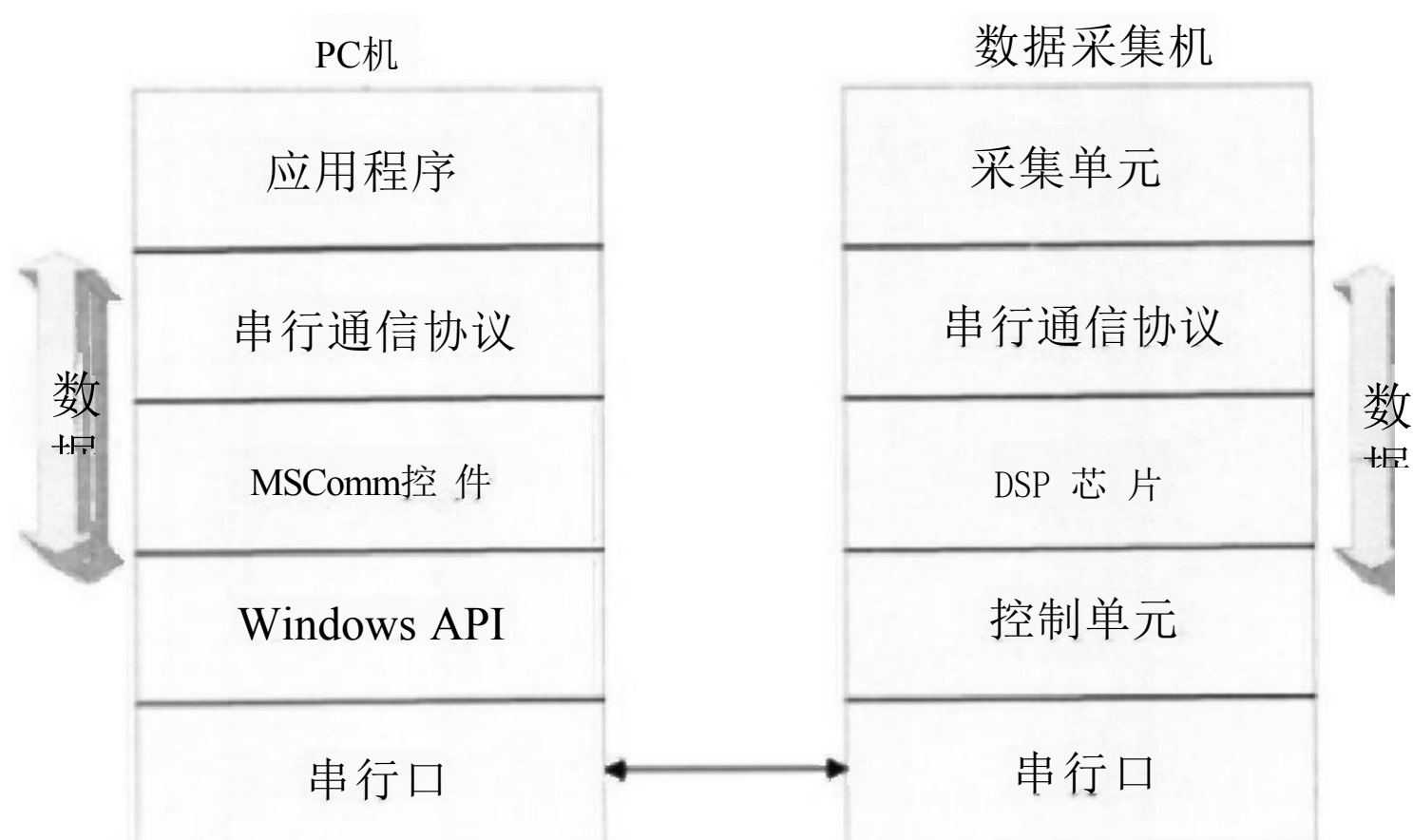


图3-5 串行通信体系结构图

3.2.2 创建通信协议

串口通信是串行通信的一种，一般分为上位机和下位机通信两种模式。串行通信协议一般分为读、写两类，具体描述如图3-6。上位机可以读取下位机的状态数据，要求有响应；也可以设置下位机的状态，为下位机设备设置参数或发送命令，不要求一定有响应。



图3-6读、写通信协议描述

图中所说的校验码是为了减少、防止数据传输出错而存在的，常见的校验码有异或、累加和、奇偶码和CRC（循环冗余校验码）等[29]。

RS-232-C 标准(协议)的全称是 EIA-RS-232C，它的全名是“数据终端设备(DTE)和数据通信设备(DCE)之间串行二进制数据交换接口技术标准”[30, 通常 DCE 端为插头，DTE 端为插座。RS-232-C 标准规定设备间使用 D 型25针连接器的电缆通信，而实际中，25条引线中很多都是不常使用的，TX（发送数据）、RX（接受数据）和 GND（信号地）是三条最基本的引线，有它们即可以实现简单的全双工通信。计算机与终端通信过程中，往往只使用3-9条引线[30]，所以本设计采用 DB-9 的9芯插头座，传输线采用屏蔽双绞线。

RS-232-C 中常用的9条引线的信号内容见表3-1。

表3-1 DB-9 的常用信号定义

针号	信号名称	符号	功能说明
1	数据载波检测	DCD	表示DCE接收到远程载波
2	接收数据	RXD	DTE接收串行数据
3	发送数据	TXD	DTE发送串行数据
4	数据终端准备	DTR	DTE准备好
5	信号地	GND	信号公共地
6	数据设备准备好	DSR	DCE准备好
7	请求发送	RTS	DTE请求DCE将线路切换到发送方式
8	允许发送	CTS	DCE告诉DTE线路已接通，可以发送数据
9	振铃指示	DELL	表示DCE与线路接通，出现振铃

本课题利用 RS-232-C 串口进行数据通讯的过程中只用到读协议。用户层通信协议有以下几点必须遵循的原则：1、数据包必须有包头；2、非定长数据包必须有包尾；3、定长数据包需要说明长度；4、一般情况下，应该对数据进行校验；5、对于便于观察的

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/687112140022006111>