

企业变电站自动化系统的改造

摘 要

变电站综合自动化控制系统是建立在计算机硬件技术、数据通讯技术、模块化软件技术上发展起来的，是一种集控制、保护、测量及远动等功能为一体的微机控制系统，它具有可靠性高、抗干扰能力强、实时性好及维护简单等特点，微机化将是我国电力系统二次控制系统的发展方向。

企业中的供电系统，由于受多方面的影响，在变电站的自动化改造方面比较落后，已不适应当前电力系统要求。在当前形势下如何结合企业的改造，实现变电站自动化控制，是企业电气工作者面临的一个重要课题。

本文结合动力厂改造的一座 35KV/6KV 变电站，充分分析了现有的传统的变电站二次控制系统存在的问题，设计和实现了对变电站的二次系统进行自动化改造，并实现与动力厂现有局域网的连接，提高山东铝业公司供电系统的可靠性及管理水平。本论文详细介绍了变电站自动化系统主要元件——微机保护单元的原理和相关技术以及可以实现的功能，结合公司供电系统现状、该变电站所起的作用，分析确定了这次改造所选用的二次控制系统改造方案为分散式结构，将每一个保护单元分散的安装在高压开关柜上，节省了投资，大大简化了二次接线。整个控制系统的软件是在 WindowsNT 的环境下编制的，程序设计语言采用了 VC++ 6.0，局域网通信采用了 TCP/IP 通信协议。本文还介绍了软件监控系统的操作流程，总结了投入运行后的实际效果，提出了今后变电站二次系统改造改进意见。

本次改造设计，实现了变电站二次系统的自动化控制，供电运行可靠性大大提高。去掉了原有系统繁杂的二次控制设备，值班操作人员实现了微机化管理，使系统具有历史数据的记忆功能，可方便地查询历史事件，并实现了在线自诊断，通过与动力厂局域网的连接，大大提高了山东铝业公司供电系统的管理水平，为今后动力厂其他变电站二次系统的改造提供了经验。

关键词 变电站自动化 计算机技术 微机保护单元 数据处理 软件设计

Design and Produce of transformer substation's automatic system

Abstract

Transformer substation automatic control system is based on the technology of computer hardware, data communication and module software. It is a microcomputer control system which is combined control, measuring, protection and remote function with feature of high reliability, good real-time and easy to be maintenance. This will be a direction of secondary control system of Chinese electrical system.

Influenced by a lot of effects, power supply system in plant is very old, which is not fit for today's power requirement. How to reform our power supply system combined with the fact of plant is an important subject for electrical engineers now.

With the research and discussion of SALCO's 35/6KV transformer substation's protect system, the dissertation analyses and designs a new protect system of the secondary system. This system can be connected with our local area net and increase the level of our plant's management level. It also introduced the main element used in the transformer substation automatic control system---- the principle and relative technologies of microcomputer protect unit. Based on the present state of power supply and the function of transformer substation, it determined the distributed configuration. Every protection unit is fit on high voltage switch box which reduced the investment and simplified the secondary connection. The control system software is completed on the platform Windows NT, using the language of VC++ 6.0. The communication of LAN used TCP/IP. It also introduced the operate process and sum up the impact and put up with the suggestion to be improved.

This reform design completed the automation control of transformer substation and highly increased the reliability. Operators can manage transformer substation by microcomputer. And with the new system, the historical data can be recorded and it is convenient for searching. For the secondary system, faults can be diagnosed on line. The connection between our local area net and transformer substation increased the management level of our plant greatly. It provides a lot of experiences for the reform of secondary system of other transformer substation.

Key words: transformer substation's automation, microcomputer technology, microcomputer protect unit, software configuration

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，也不包括本文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谢意。

第一章 绪论

1.1 课题的提出及意义

在电力系统中，发电厂发出的电力，为了实现远距离的大容量的传输，一般先要通过升压变电站将电压升到较高的水平，通过输电线路，将电能送到远离电厂的负荷中心，再经过当地的降压变电站，将电压降到用户适合的电压，向用户提供电力。在这个系统中，变电站起着变换电压、输送电能的作用。变电站从结构上可以分为两个系统，一是变电站的主系统，又叫一次系统，二是变电站的控制系统，又叫二次系统。一次系统主要是为了变换电压、传输电能，正常情况下都是运行在高电压状态，主要包括变压器、高压开关柜、电压互感器、电流互感器等高压元件，工作原理和接线方式都比较简单。二次系统主要是为了控制、测量、保护一次系统的设备，对保证变电站的安全运行起着非常重要的作用，如何提高二次系统可靠性、操作的简易性、功能的完善性一直是变电站设计中需要重点解决的课题。在变电站中，每一个一次开关设备都对应着一个完整的二次回路，一个完整的二次回路主要包括以下三部分：

(1)控制回路：它的作用主要是根据一次系统的需要，通过操作人员来控制高压开关的跳合闸，达到停止输送或开始输送电能的目的。传统的控制回路由控制开关、状态指示红绿灯、辅助开关、跳合闸继电器、闭锁继电器等十几个元件构成。

(2)测量回路：它的作用主要是将一次系统的强电信号，通过电压互感器、电流互感器转换成二次的弱电信号，提供给控制、保护回路，同时通过显示和测量仪表，显示和记录系统的运行参数、传输的电能量。

(3)保护回路：它的作用主要是当一次系统的电气元件发生故障时，保护回路能够快速的启动，把故障元件从系统中切除，以消除和减少故障引起的严重后果。根据保护的不同，一般的保护回路又一个或几个甚至十几个继电器组成，元件比较多，接线复杂。

所有的二次回路构成了变电站的整个二次系统，由于大中型的变电站设备比较多，开关回路比较多，因此二次系统的接线比较复杂，继电器元件、控制开关、测量仪表等都很多，一般的都需要专门设计统一的保护屏、控制屏、测量屏等。

这种传统的二次系统，由于元件多、接线复杂，可靠性比较低，同时由于保护继电器大部分都是电磁式得，反映慢、精度低，特别是由于这些元件都不带有

记忆功能，不能对历史事件进行有效的纪录，影响事后分析故障及故障的处理时间，以不能满足日益发展的电力系统的要求。当前，计算机技术迅速发展，各类计算机控制技术在工业上的应用日臻完善，微机化在变电站二次系统的应用已经成为发展的方向。

山东铝业公司是我国的第一个氧化铝工业基地，从 1952 年建厂到现在，通过四十年的努力，已经发展成为一个日产氧化铝 4 万吨，电解铝 5.4 万吨的大型企业。随着企业规模的不断扩大，公司的供电系统形成了一个三级变电，多级配电的供电网络。年供电量为 13 亿 KWH，用电负荷 18 万 KVA。目前，建有自备电厂一座、110KV 变电站 4 座、35KV 变电站 5 座。这些变电站虽然投运时间不同，电压等级不同，变压器的容量不同，但是均采用了传统的二次系统设计方案。例如：每一个变配电站都是一个孤立的运行单位，所有的控制、测量、显示只能在当地实现，不能实现远距离的控制、测量、显示。调度人员和技术管理人员了解情况，只能通过电话向现场人员询问。所有的操作只能通过操作人员的现场操作，因而需要较多的人力才能实现。供电系统的继电保护在保证系统的安全、稳定和经济运行方面起着非常重要的作用，多年来一直是选用电磁式继电器作为保护的测量和执行单元。但由于这种继电器的先天不足，反应慢、惰性大、精度低等，使得在复杂的供电网络和多级配电网络中很难正确的反映故障而造成保护的误动作，影响了系统的安全运行。由于氧化铝、电解铝生产工艺的特殊性，要求供电可靠性非常高。因此，一般的变配电站都有专业人员值班，监控运行情况，即所谓的有人值守变电站，以尽可能的提高供电可靠性。但是，随着近几年的企业发展、供电规模的不断扩大，以及总结多年来系统发生电气事故的经验教训，仅仅依靠现场值班人员很难保证这种高可靠性的要求。第一、由于值班人员的技术素质、责任心不同，再加上没有自动化功能，使得系统出现异常时，不能得到及时的发现或者得不到有效的处理，进而发展成事故。第二、管理人员特别是供电系统调度员了解现场的信息，主要通过现场值班人员的汇报，有时不能保证信息的准确性，从而造成误判。第三、由于自动化程度低，各类操作完全依靠手动，员工的劳动强度大，而且容易出现误操作。第四、由于企业的体制改革，大力降低人工成本，使得人员减少，不能保证每一个重要的变配电站都能有人值班。因此，在当前形势下如何改造变电站二次系统，实现变电站自动化控制，对于提高变电站运行的可靠性有着很重要的意义。

动力厂在 2000 年为满足生产规模不断扩大的要求，提高供电可靠性，计划对 35KV 南定变电站（装机容量为 3×16000 KVA）进行自动化系统的改造，本课题将结合我厂 35KV 南定变电站的改造，对二次系统如何实现综合自动化技术进行设计。并实现与我厂已经运行的局域网互连，做到局域网上的每一台机器，只

要获得授权，均能看到该变电站的运行情况，提高我们的管理水平。

1.2 变电站综合自动化技术的发展概况

变电站综合自动化技术是在微机保护单元发展的基础上建立起来的，并随着微机保护单元功能的不断完善，变电站的综合自动化技术也得到了长足的发展。

在我国计算机继电保护的研究，开始于 70 年代末，主要是为了解决传统的变电站二次保护中可靠性低、反映慢、没有记忆功能等问题。1984 年原华北电力学院研制的输电线路微机保护装置首先通过鉴定，并在系统中获得应用，揭开了我国继电保护发展序幕。随着计算机技术的迅速发展，不同原理、不同型式、功能更大的微机保护装置相继投入运行。电力系统变电站的二次回路保护及控制系统的微机化进程越来越快，不断推出各类功能强大、可靠性高、自动化程度高的保护装置，为电力系统提供了一批新一代性能优良、功能齐全、工作可靠的继电保护装置。随着微机保护装置的研究，在微机保护软件、算法等方面也取得了很多理论成果。可以说从 90 年代开始我国继电保护技术已进入了微机保护的时期，一大批集控制、保护、测量及远动等功能为一体的微机保护单元相继研制成功并投入运行。这些微机保护单元的基本功能是对供电系统的单个回路实现微机化控制保护，它的每一个控制和保护单元均由独立的 CPU 构成，采用一对一结构，它可以自主的对本回路进行测量、信号分析、控制、保护，也可以按照一定的通讯规约向上位机传送信息和接受上位机发来的命令，实现自动和远动，为实现变电站的自动化和网络化提供了条件。

国际上对于变电站综合自动化的研究，已经进行了多年，并取得了令人瞩目的进展。早在七十年代末，日本就研制出了世界上第一套综合数字式保护和控制系统 SDCS—I。此后，美国、英国、法国、德国等一些发达国家也相继在此领域内取得不同程度的进展。在八十年代初，美国一家电力公司研制了 IMPac 模块化 I，保护和控制系统。美国西屋公司和 EPRI 联合研制出了 SPCS 变电站保护和综合自动化系统。到 1984 年，瑞士的 BBC 公司首次推出了他们的变电站综合自动化系统。1985 年，德国的西门子公司又推出了他们研制的第一套变电站综合自动化系统 LS⁶⁷⁸。变电站综合自动化目前在国外已得到了较普遍的应用。例如美国、德国、法国、意大利等国家，在他们所属的某些电力公司里，大多数的变电站都实现了综合自动化及无人值班方式。

在国内，八十年代中期，由清华大学研制的 35KV 变电站微机保护、监测自动化系统在威海望岛变电站投入运行。与此同时，南京自动化研究院也开发出了 220KV 梅河口变电站综合自动化系统。此外，国内许多高等院校及科研单位也在

这方面做了大量的工作，推出了一些不同类型、功能各异的自动化系统，为国内的变电站自动化技术的发展起到了卓有成效的推动作用。

纵观我国七、八十年代的变电站自动化发展状况，可以看到，初期的变电站自动化，只是在常规二次设备配置的基础上增加了计算机管理功能。如 CRT 屏幕监视、数值计算、自动巡检打印及自动报表等，所增加的这些计算机功能并不能取代常规的操作监视设备，因而这种自动化方式只能称作计算机辅助管理。八十年代以后，由于微机技术的发展，使变电站自动化技术得到了进一步的提高，但是此时的自动化管理仍未涉及到继电保护、故障录波等功能。只是在原有 PTV 的基础上增加了以微机为控制中心的就地功能。这种初期的自动化管理方式，各专业在技术上相互独立，资源不能共享，设备设置重复，功能交叉覆盖，无论在技术上或是在经济上都不尽合理。进入九十年代后，由于数字保护技术的发展，才使得变电站综合自动化技术产生了一个飞跃，使这项技术在我国进入了实质性发展阶段。

1.3 变电站综合自动化技术的特点

变电站综合自动化控制系统是建立在计算机硬件技术、数据通讯技术、模块化软件技术上发展起来的，是一种集控制、保护、测量及运动等功能为一体的微机控制系统。系统主要是有多个微机保护单元，通讯网络，后台管理机，打印机组组成，接线非常简单，可方便解决传统的变电站二次系统存在的问题，提高了电力系统的供电可靠性，适应了现代生产发展和能源管理的要求。主要有以下特点：

(1) 功能综合化：微机保护单元具有完善的保护、测量、控制功能，自动化系统就是利用了保护单元的完善功能，将根据保护需要配置的独立的保护单元，通过一定的结构形式，用一个通讯网络连接起来。它综合了变电站二次系统中除交直流电源以外的全部二次设备，微机保护代替了模拟型保护，监控装置（后台管理机）综合了仪表盘、操作屏、模拟屏、远动、中央信号系统和光字牌等功能，使得接线非常的简单。

(2) 结构微机化：系统的主要元件都实现了微机化，所有功能都是通过微机来实现，实现了将微机保护、数据采集、数据传输、远方控制等环节同时并列运行，各类运行参数、历史记录等均可以通过打印机打出。还可以根据需要，实现于以太网的连接，实时的将数据上传到调度自动化系统。

(3) 操作监视屏幕化：系统将所有的监视和操作功能，均通过一台后台管理机来实现。操作人员面对彩色显示器进行变电站运行方式和运行参数进行全方位监视，常规方式下的指针仪表被屏幕数据显示所取代并可以查询历史记录，常规

方式下庞大的模拟屏被 CRT 屏幕上的实时接线画面所取代, 常规在控制屏上完成的跳合闸操作被 CRT 屏幕上的光标所取代, 只要获得授权, 输入密码, 轻轻一按回车键, 开关就自动完成了跳合闸, 而且具有五防闭锁装置, 提高了操作的可靠性, 减少了人为因素, 减少了人员的误操作。

(4) 运行管理智能化: 由于微机保护单元具有实时在线自诊断功能, 这样不仅在保护单元的面板上线时故障类型, 而且可以通过系统将自诊断结果送后台管理机, 使得运行人员可以随时掌握保护单元的运行状态, 体现了它的可靠性高、实时性好特点。由于保护单元在抗干扰方面采取了一定的措施, 使得其抗干扰能力强, 提高了保护的高可靠性。后台管理机采用双冗余热备用工作方式, 当任意主机出现事故, 系统都能自动的切换。

1.4 论文的主要内容

动力厂是一个建厂近 50 年的老企业, 随着企业的发展, 规模不断的扩大对企业内部供电系统可靠性的要求越来越高, 但由于一些客观原因, 企业变电站的二次系统一直是采用传统的方式, 用很多的电磁继电器、显示仪表等元件来实现控制和测量, 可靠性比较低, 通过实际的运行效果来看, 因为二次系统的原因, 每年都要引起多次的电气事故, 影响了供电可靠性。针对这一问题, 本文结合动力厂计划改造的 35KV 南定变电站的改造, 对变电站二次系统进行综合自动化改造的设计方案进行了分析和探讨, 主要包括:

(1) 对变电站二次系统微机保护单元的原理进行了分析, 对微机保护的计算机算法进行了研究。

(2) 分析了微机保护单元的相关技术及主要功能。

(3) 根据变电站二次系统综合自动化设计要求, 根据生产实际情况, 确定了动力厂南定变电站二次系统的设计方案。

(4) 对变电站自动化系统的软件进行了设计, 达到了自动化系统的要求。操作人员完全可以通过计算机对变电站的一次系统进行监控和操作, 并实现了与局域网的连接。

(5) 编写了自动化系统监控软件的操作流程。

第二章 微机保护单元的原理及设计

如第一章所述，微机保护单元是构成变电站自动化系统的关键元件，它既是一次系统运行参数的测量分析元件，又是数据处理元件，同时又是一次系统开关的控制元件，功能集一身，本章主要对该元件的原理进行分析和设计。

2.1 保护单元的硬件原理

微机继电保护单元的原理框图如图 2.1 所示

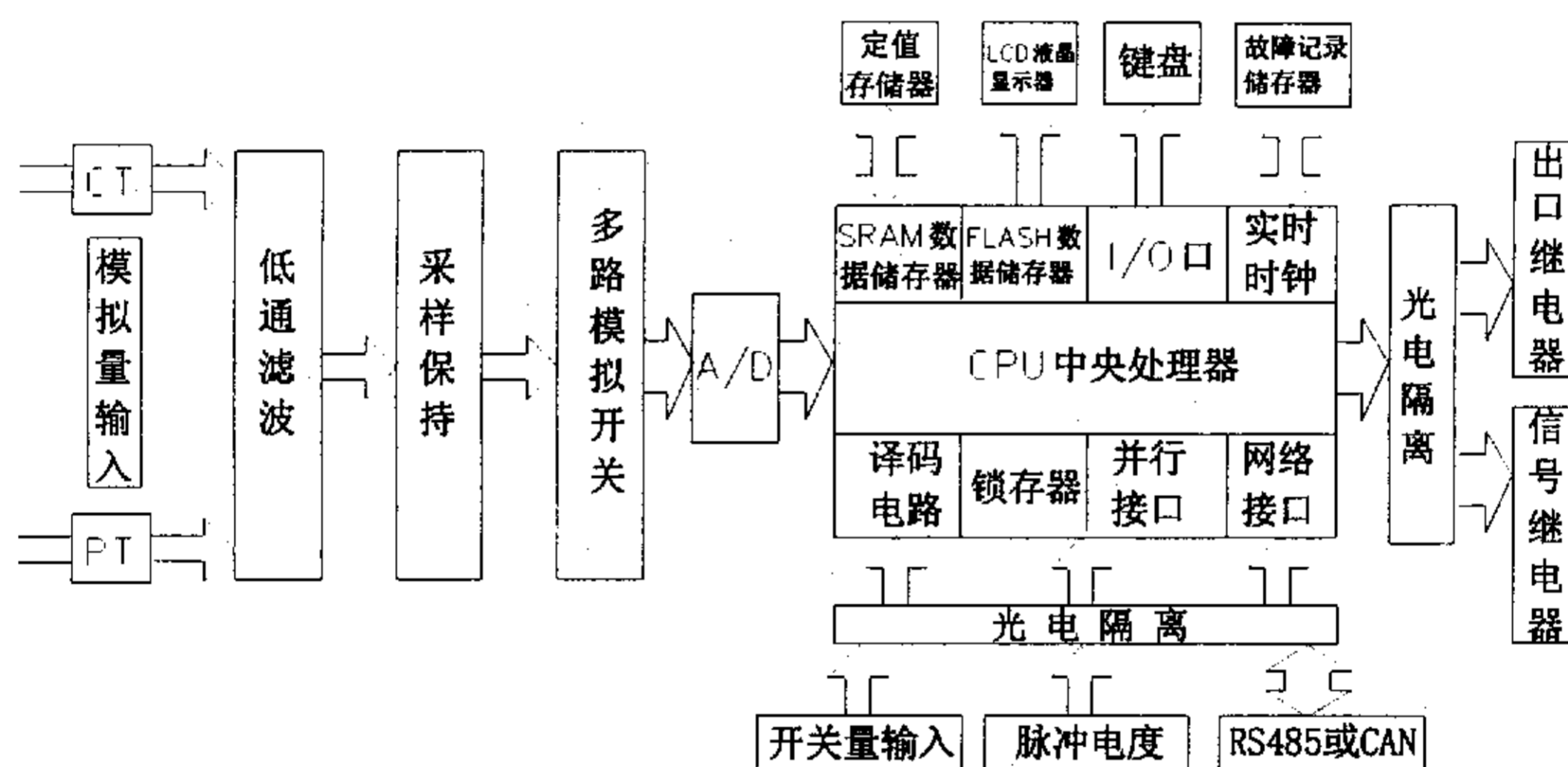


图 2.1 微机继电保护原理方框图

Fig 2.1 Computer relay protection theory diagram

如上图所示，经过电压互感器（PT）、电流互感器（CT）的变换，采样元件采集电力系统一次设备的电压、电流信号，通过一次开关的辅助节点采集断路器、刀闸等接点的状态，通过一系列的数据、信号处理，输入到中央微处理器，然后由软件进行相应的算法，实时地监测系统设备的运行情况，判定系统是否发生故障，是否通过出口继电器跳闸和发信等。主要分为中央处理单元、模拟量输入部分、开关量输入/输出部分、人机接口、通讯接口部分等。

2.1.1 中央处理单元

该部分是微机继电保护单元的核心，经过处理量化的数字量存放在静态数据存储单元 SRAM 中，由程序对这些数字量进行计算分析。一般的采用半周积分算法或全波付氏算法，采样频率一般每周 12 点，通过计算算出电压、电流的初相角、幅值及频率，派生计算出 P、Q、 $\cos \Phi$ 等参数，并通过输出回路提供运行参数，一次系统故障时计算故障电流并与事先存储的保护定值进行比较，判断是故障时，检出故障类型并启动保护功能。

2.1.2 模拟量输入部分

该部分的作用主要是将经过 CT、PT 互感器采集的电流、电压信号经过处理，变成中央处理单元可以识别处理的信号。直接采集的电流电压信号对典型的微机电路是不适合的，均需要降低和变频，一般采用 VFC 型 A/D 的双极性变换方式，通过中间变换器的方式进行隔离变换，将这些信号转换为可为 AD 输入所允许的电平，通过低通滤波滤去模拟信号中的高次谐波分量，再由采样保持环节将连续信号离散化，然后由多路模拟开关和 AD 对离散化后的信号进行数字量化，变成中央处理单元可以处理的数字信号。其中 AD 采用了目前通用的 12 位模数转换器 AD574，其极高的转换速度可使多路模拟量共享一块 AD，而不影响装置的实时性，这使硬件设计更加简洁，更具经济性。

2.1.3 开关量输入/输出部分

该部分的功能主要是将一次系统的开关状态，采集到保护单元，作为保护单元判断运行方式、执行操作命令的判据。开关量输入即一次系统的断路器、刀闸等状态量及脉冲电度量经过光电隔离后由并行接口读取，送至微处理器进行状态判别，以监视开关柜各种位置信号及断路器状态信号、操动机构储能信号及操作闭锁信号。开关量输出主要是用来驱动继电器，一般当中央处理器发出信号、跳闸指令时，由接口芯片经光电耦离驱动出口和信号继电器，供断路器分、合闸操作作用，并具有控制回路断线、操作回路电源失电信号的发生功能。

2.1.4 人机接口部分

主要是通过人机对话窗口,使值班人员可以就地实时地监视、查询电流电压及开入量输入状态,从而掌握变电站的运行方式和运行参数。通过键盘,可以方便的设置、修改保护定值、时钟,显示微机保护单元的硬件自检状态等功能。

2.1.5 通讯部分

该部分的主要功能是将本保护单元采集并处理的模拟量(电压、电流、有功无功功率、温度等)、状态量(开关、刀闸、事故总信号、变压器分接头位置、保护信号等)、数字量(频率、电能量等)、脉冲量等上传到变电站的上位管理机。为运行人员提供远方的监控功能。同时,接受上位管理机发来的符合要求的各种指令,例如开关的跳合闸指令等,通信接口技术指标符合 RS232C、RS485、CAN-bus 等标准,具备多种常用 CDT、Polling(SC1801)、MODBUS、IEC870-5-101、IEC870-5-102、IEC870-5-103、TCP/IP 等通信规约,能与现有厂站通信。

2.1.6 抗干扰措施

影响微机保护可靠性主要有两个问题,一是自身元件的损坏问题,二是外界干扰引起的故障。自身元件的故障可以通过功能较强的实时自动监测来处理,外界的干扰主要通过以下几条措施来实现:

- (1) 装置外壳接地,接地电阻小于 10 欧姆。
- (2) 硬件电路设计时,使数字地和模拟地、功率地、屏蔽地分开。
- (3) 屏蔽层接地(接外壳)。
- (4) 接地线尽量短而粗。
- (5) 用地线将电路板环绕。
- (6) 开关量的输入输出都加光电隔离器件。
- (7) 强电和弱电的布线尽量分开或交叉。

2.2 微机保护的算法

目前为止,微机保护的算法有很多种,例如,半周积分算法、采样和导数算法、Prodar 算法、两采样值算乘积法、全周傅里叶算法、微分方程算法等等,各

种算法都有不同的特点，衡量各种算法优缺点的主要指标是精度、响应时间和运算量。而这三者之间往往是相互矛盾的，因此应根据保护的不同功能、保护的性和保护系统的硬件条件采用不同的算法。

另外很重要的一点就是算法和滤波有密切的关系，选用算法时要充分考虑到算法本身所具有的数字滤波功能。

下面仅就常用的两种算法进行介绍。

2.2.1 半周积分算法

一般的输入保护系统的电气模拟量均为正弦量如电流电压等，下面以电流量为例，介绍半周积分算法，设其幅值为 I ，角频率为 ω ，周期为 T ，初始相角为 α ，则该电流量在任意半个周期内的绝对值按式 (2.1) 求出：

$$\begin{aligned} s &= \int_0^{T/2} \sqrt{2}I |\sin(\omega t + \alpha)| dt \\ &= \int_0^{T/2} \sqrt{2}I \sin \omega t dt \\ &= \frac{2\sqrt{2}}{\omega} I \end{aligned} \tag{2.1}$$

从上式可见，只要获得半周内的绝对值积分以后，即可求取所采集的正弦量的幅值为 $I = S \frac{\omega}{2\sqrt{2}}$

在微机保护电路中，可以用梯形法则近似求出 S 如式 2.2:

$$s = \left(\frac{1}{2} |i_0| + \sum_{k=1}^{N/2-1} |i_k| + \frac{1}{2} |i_{N/2}| \right) Ts \tag{2.2}$$

式中 i_k 为第 K 次采样值， N 为一周期的采样点数， i_0 为 $K=0$ 时的采样值， $i_{N/2}$ 为 $K=N/2$ 时的采样值

半波积分算法的计算量较小，算法本身有一定的滤波能力，幅值小于基波的滤波分量和高频分量的正负半波在积分时互相抵消，剩余的虽未能被抵消，其影响也小多了。缺点是对直流分量没有抑制作用。

2.2.2 全周傅里叶算法

全周傅里叶算法的基本思路是建立一个付里叶数字滤波系统，它本身具有一定的滤波作用，滤取电流、电压中的基频分量，仍以电流信号为例，如果电流为

$$i(t) = I_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (I_{nc} \cos n\omega_1 t + I_{ns} \sin n\omega_1 t) \quad (2.3)$$

上式中包含了直流分量和各次谐波，而继电保护只需要基频分量，则电流基频分量（ $n=1$ ）的傅里叶余弦系数（ I_{1c} ）和正弦系数（ I_{1s} ）分别为：

$$I_{1c} = \frac{T}{2} \int_0^T i(t) \cos \omega_1 t dt$$

$$I_{1s} = \frac{2}{T} \int_0^T i(t) \sin \omega_1 t dt$$

基波分量为

$$I_{(t)} = I_{1c} \cos n\omega_1 t + I_{1s} \sin n\omega_1 t$$

$$= \sqrt{2}I \sin(\omega_1 t + \phi_1) \quad (2.4)$$

其中， I 为基波电流的有效值， ω_1 为基波角速度， ϕ_1 为为基波的初相角
如写成复数形式，电流基频分量则为

$$I = \frac{1}{\sqrt{2}} (I_{1c} + jI_{1s})$$

$$I = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{I_{1c}^2 + I_{1s}^2} \quad (2.5)$$

全周傅里叶算法有很好的滤波能力，不但能完全滤除一切谐波分量，也能较好地滤除线路分布电容引起的高频分量，其突出优点是能消去所有奇次、偶次谐波分量和稳定的直流分量，对畸变波形中的基频分量可平稳和准确的响应，对随机干扰的信号反应较小。

本次设计保护单元所要保护的一次设备主要是电力变压器和输出线路，保护的功能不是很多，运算量不是太大，但所带负荷比较重要，第一次使用微机保护，因此这次设计选用了全周傅里叶算法。

2.3 微机保护单元的相关技术

2.3.1 微机保护定值的存储

保护定值在微机保护中起着非常重要的作用，它是用户在装置投运前，根据系统的运行方式调整好并存入 EEPROM 中的，是保护装置在系统发生故障时是否动作的标尺。

(1) I²C 总线的基本原理

I²C 总线是 PHILIPS 公司推出的芯片间串行传输总线 (INTER IC BUS)，它是用二根连线实现了完善的全双工同步数据传送。I²C 总线采用了器件地址的硬件设置方法，通过软件寻址完全避免了器件的片选线寻址方式，从而使硬件系统具有简单而灵活的扩展方法。

其基本原理是：

I²C 总线上所有的节点都连到同名端的时钟线 SCL、数据线 SDL 上。I²C 总线工作时，任何一个主器件节点都能对总线实现控制。当某个主器件节点控制了总线时，称为主控器，主控器完成一次传输过程的初始化，发送时钟信号及传输终止信号等功能。

(2) I²C 总线上数据的有效性：

I²C 总线数据传送时，SCL 高电平期间，数据线 CDL 上必须保持有稳定的逻辑电平状态，高电平为数据 1，低电平为数据 0，只有在 SCL 为低电平时，才允许数据线上的电平状态发生变化。

(3) I²C 总线数据传送的起始与终止：

I²C 总线数据传送时有两种时序状态被称为起始信号和终止信号。

如图 2.2 所示

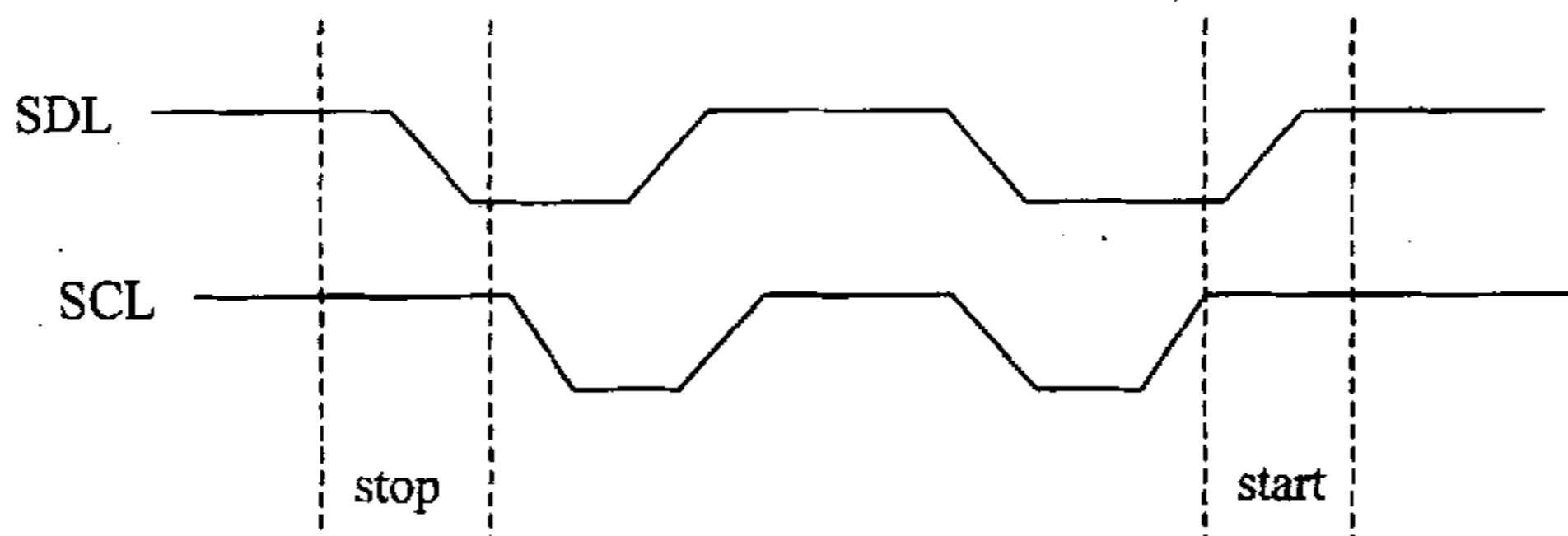


图 2.2 数据传送时序

Fig 2.2 Data transfer sequence

起始信号：在 SCL 保持高电平期间，SDL 出现由高电平向低电平变化时将启

动 I²C 总线。

终止信号：在 SCL 保持高电平期间，SDL 出现由低电平向高电平变化时将终止 I²C 总线。

起始和终止信号都由主控制器产生，总线上带有 I²C 总线接口的器件都很容易检测到这些信号。

(4) I²C 总线上的数据传送：

I²C 总线上传送的每个字节均为 8 位，但每启动一次 I²C 总线，其后的数据传送字节是没有节制的，每传送一个字节后，都必须跟随一个应答位，与应答位相对应的时钟由主控制器产生，这时发送器必须在这一时钟上释放数据线，使其处于高电平状态，以便接受器在这一位上送出应答信号。

I²C 总线数据传送时，首先发送的数据为最高位，然后由高位到低位依次发送，在全部数据发送结束后主控制器发送终止信号。

本系统采用了具有 I²C 总线接口的串行 EEPROM AT24C16，其与 CPU(80C196KB)连接如图 2.3 所示：

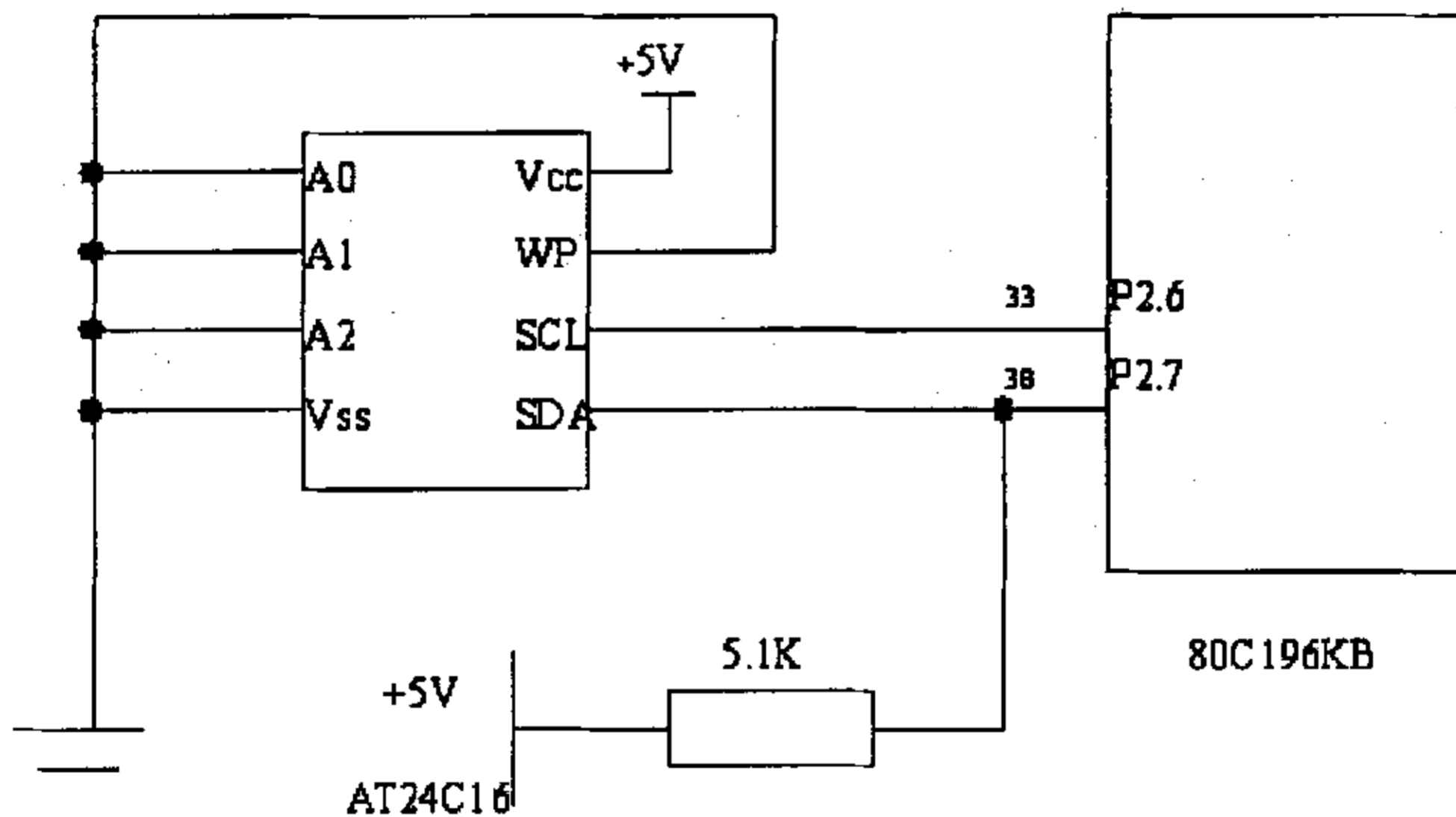


图 2.3 连接图

Fig 2.3 Connect picture

2.3.2 微机保护的通讯

在微机保护装置中，各个保护 CPU 板必须实时地与管理 CPU 板之间交换信息。因而微机保护中的通讯模块是其重要的组成部分之一，保护单元与管理单元一般采用查询或中断方式。

本系统中保护单元与管理单元之间的通讯采用了中断方式，由于本系统采用 80C196 的串口中断来接受和发送数据，而串口中断的中断优先级高于软件定时器中断，为了保证采样中断的顺利执行(每隔 1.667ms 采样一次)，在串口中断子程序的入口处，采用了开放软件定时器中断的方法。

在本系统中使串行口工作于方式 1，及标准异步通讯方式，每帧包括 10 位，一个起始位 (0)，8 个数据位 (低位在前) 和一个终止位 (1)。在该方式中，TXD 用来发送数据，RXD 用来接收数据。

在本系统中串行通信的波特率设置为 2400bit/s，之所以采用此波特率而不采用更高的，是为了保证通信的可靠性。

通讯程序设计的程序框图如图 2.4 所示：

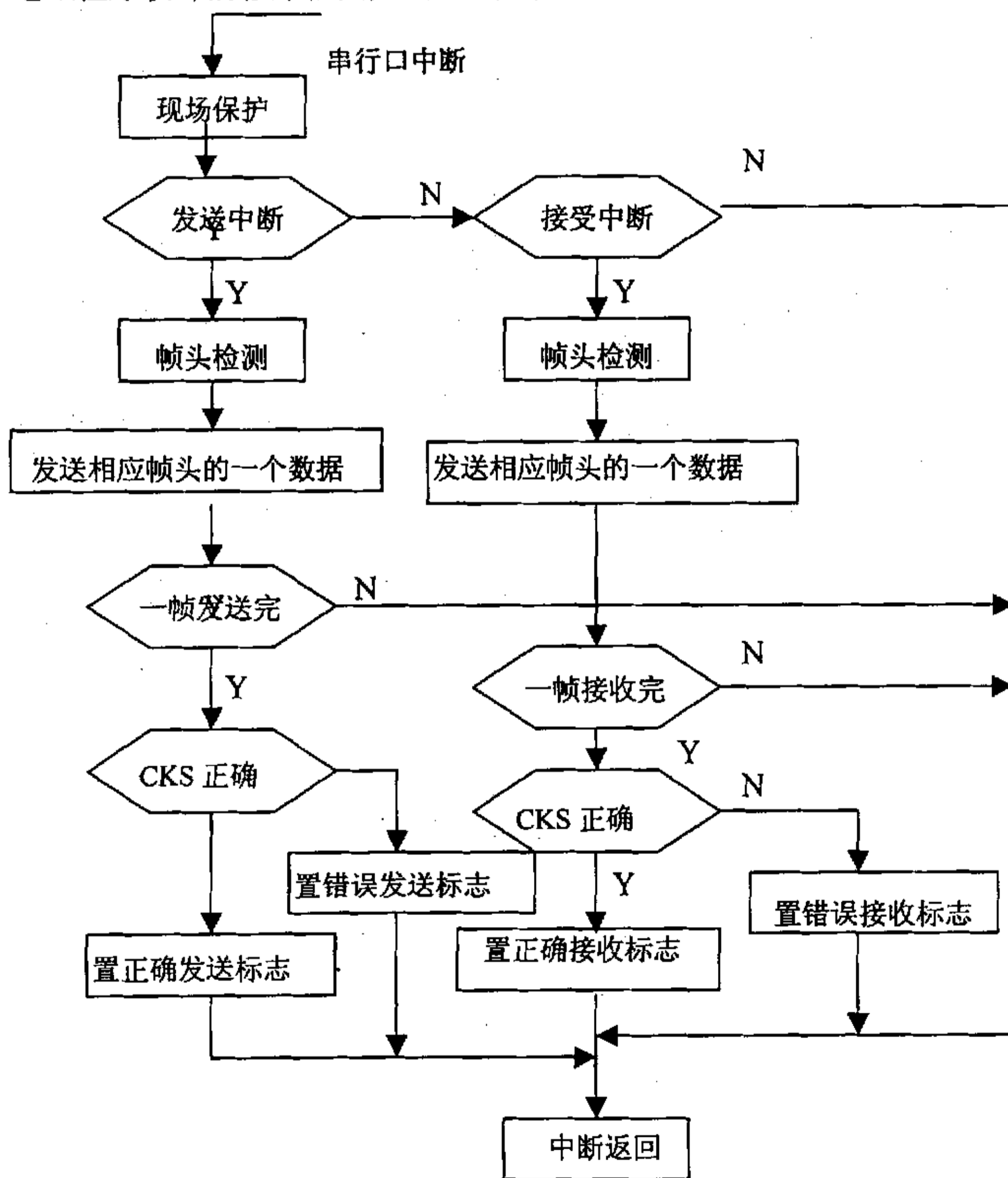


图 2.4 通讯程序框图

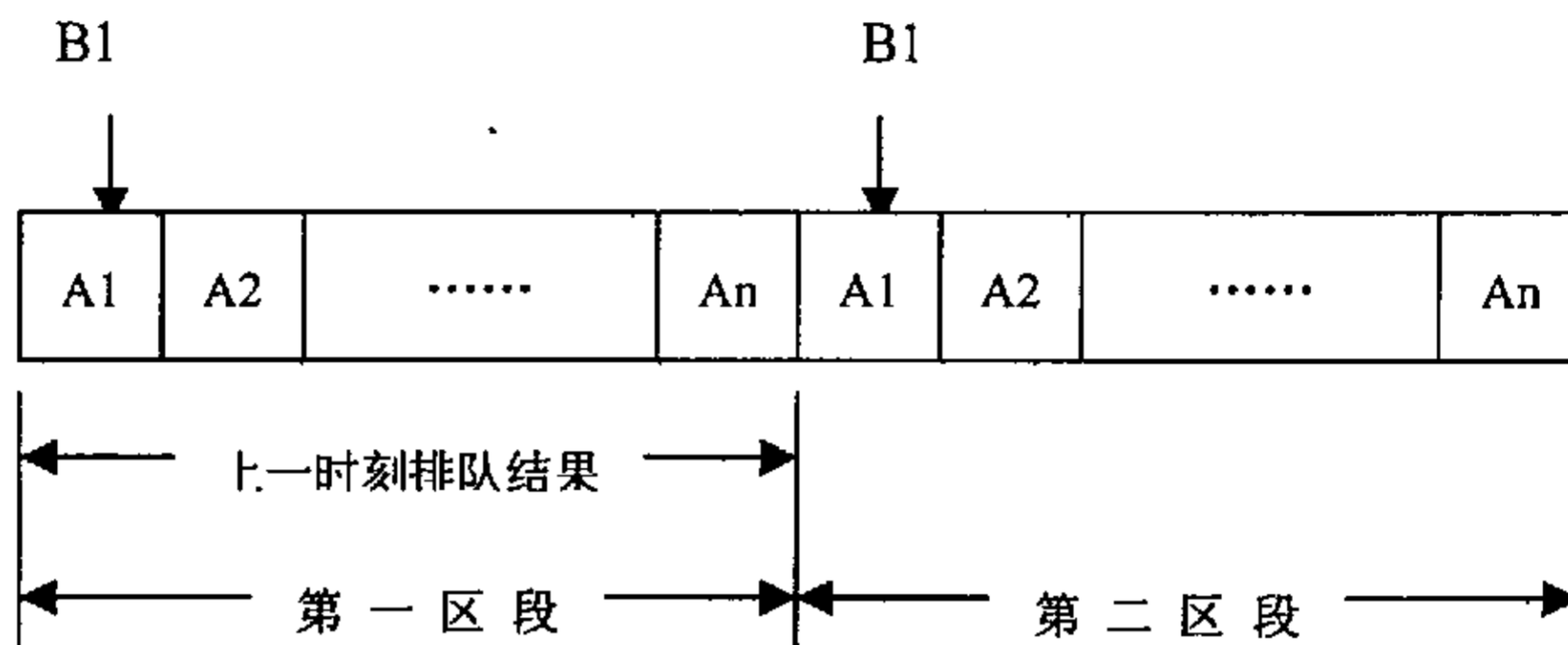
Fig 2.4 Communication procedure diagrams

2.3.3 采样中断的软件设计

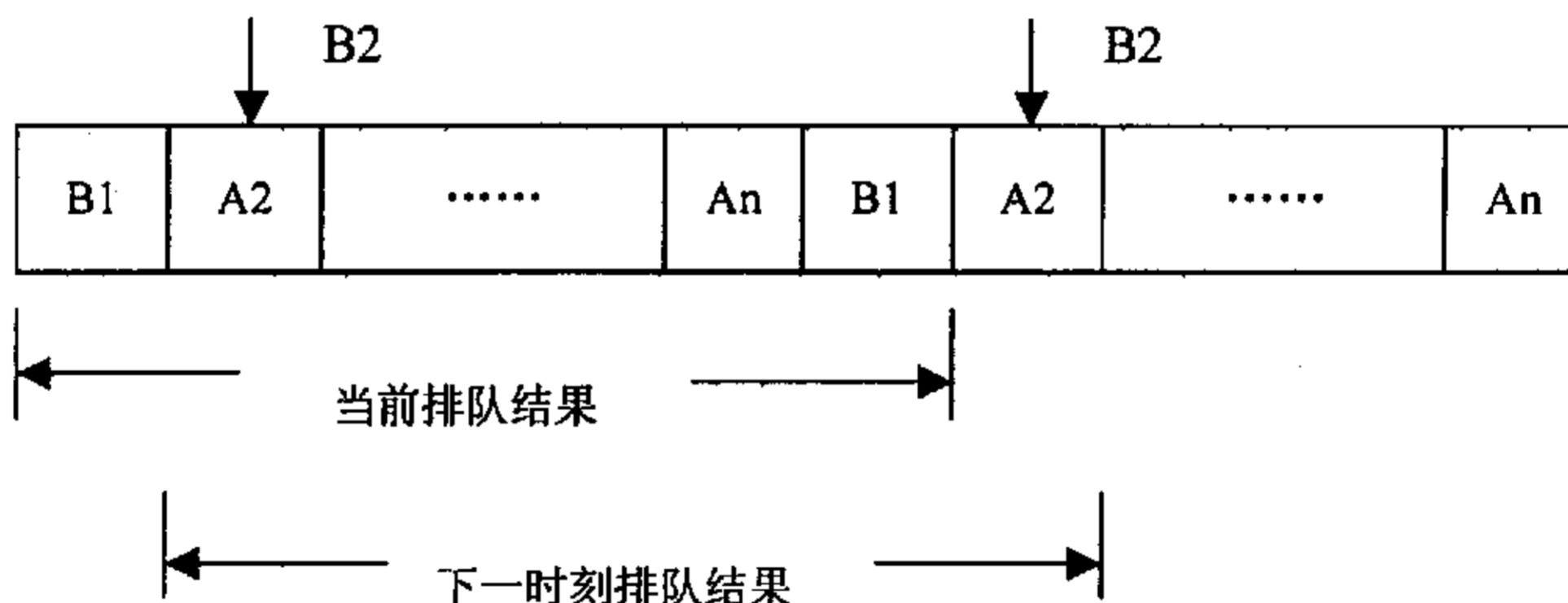
(1) 采样值存储区的设计

在微机保护中，保护算法常需要大量的采集数据。为了计算取值方便及提高数据的排队更新速度，在 RAM 区容量允许的情况下，可将排队暂存区较需要保存的数据量适当扩大。本装置中采样值存储区的设计采取了双倍暂存区扩展法。

当前数据



下一时刻数据



(2) 启动元件设计

本装置启动元件采用下式的相电流突变量元件：

$$\Delta i_k = \left| |i_k - i_{k-n}| - |i_{k-n} - i_{k-2n}| \right|$$

式中： i_k 为某一瞬间 K 的电流采样值；

i_{k-n} 为前一周期同一相电流的采样值；

i_{k-2n} 为前二周期同一相电流的采样值；

n 为一个工频周期内采样的次数；

这样启动元件不仅可以补偿频偏差产生的不平衡电流，还可以减弱由于系统静稳破坏而引起的不平衡电流。为了提高抗干扰能力，在设计中使启动元件在连

续三个采样值都超过门槛值的突变量时才起动。采样中断的程序框图如 2.5 所示。

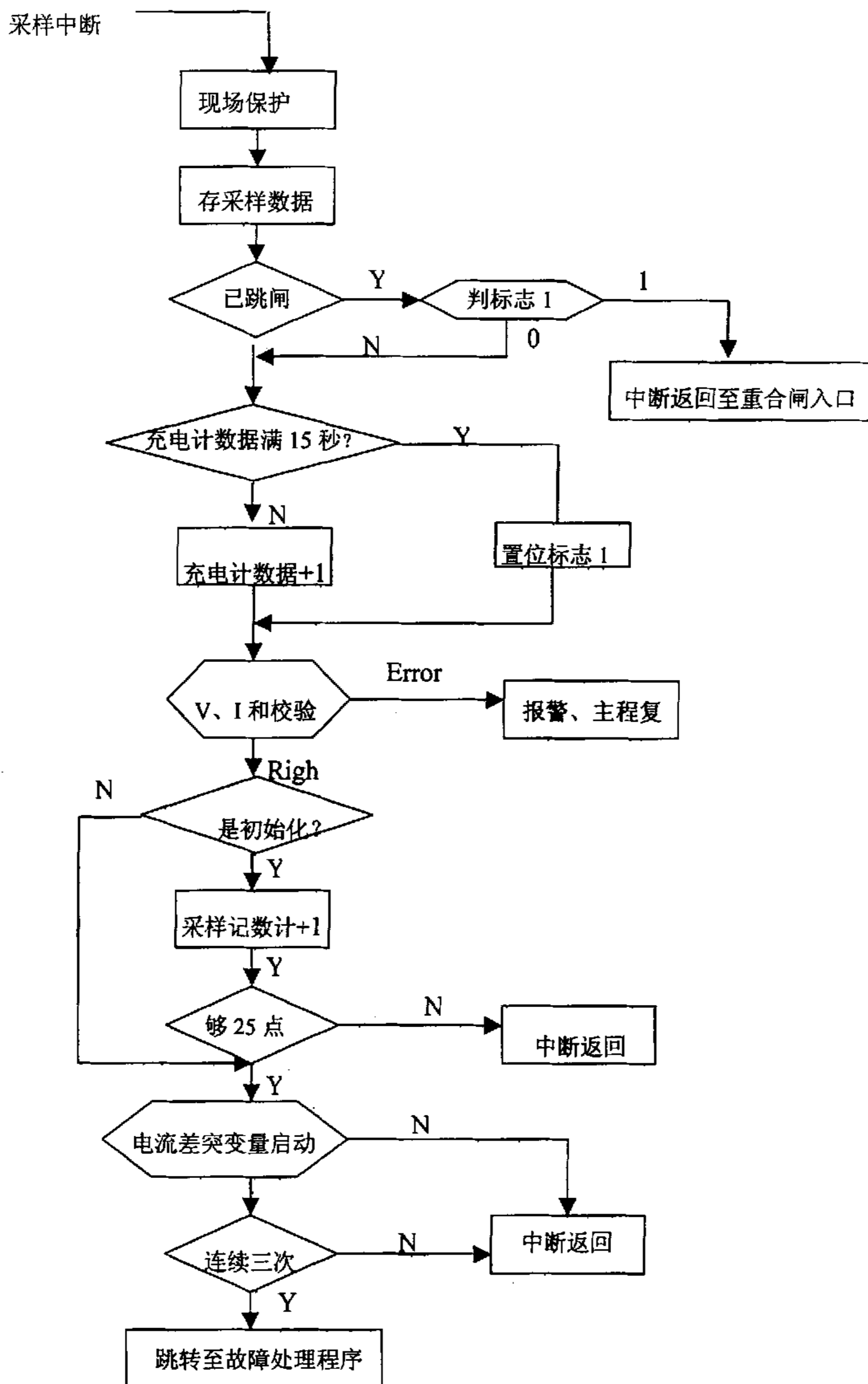


图 2.5 采样中断程序框图

Fig 2.5 Sampling interrupt procedure diagrams

2.3.4 保护的软件设计

保护软件是利用系统发生故障时产生的故障电流、电压为电量，通过保护的方法来判断故障性质，并根据预先设置的保护定值大小和时间来判断是否去执行跳闸。其程序框图如图 2.6 所示

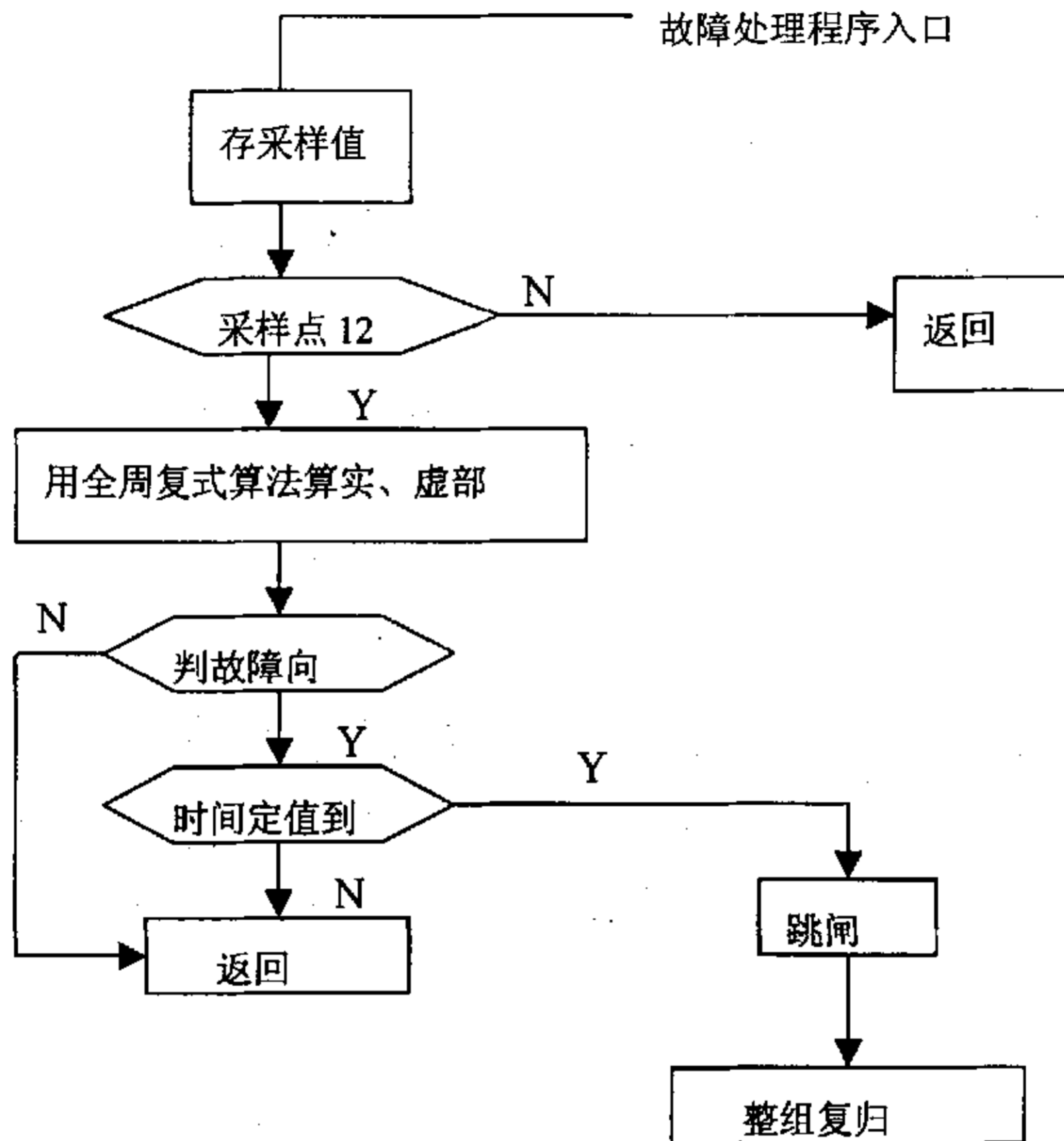


图 2.6 保护程序框图

Fig 2.6 Protective procedure diagrams

2.4 保护单元的选择

2.4.1 微机保护单元的选择

在变电站的自动化系统中，微机保护单元是整个系统可靠性的关键，它既起到了信号的采集、分析、计算的作用，同时又是系统的执行元件，因此根据变电站的功能要求选择一种最适合的保护单元是完成这个设计的基础。

目前国内有很多的厂家生产保护装置，从各家的产品来看，都能实现保护的

基本功能，只是在功能的多样性上和针对性上各家各有所长。例如我国最早的生产厂家南瑞自动化研究所，它生产的保护装置功能大而全，主要面向电力系统的大型变电站或者是 110KV 以上的高压输电线路，这些装置对于企业的一些变电站是不适合的。到了九十年代的后期，我国有一些科研院所生产厂家将研究的重点放在了企业，例如珠海的万利达、上海的申瑞、上海的久创等，生产出一些满足企业变电站自动化需要的保护单元，简化功能，方便维护，性能价格比好，很快就在企业中得到推广使用。

经过技术分析和实地考察，决定在本次设计中选用珠海万里达公司生产的 MT(L)PR 型微机继电保护装置，主要包括变压器微机保护单元、6kV 线路及电容器微机保护单元。该装置具有以下功能：

(1) 采用三 CPU（工业级 16 位 CMOS INTEL-80C196 单片机）的结构，除了定时器 CPU 只完成硬件定时任务以外，其它两片 CPU 都有各自的外围电路，可以单独编程处理，这样两片 CPU 之间就可以实现多任务的并行处理，提高了速度。

(2) 抗震性好，适宜于直接安装在开关柜上。

(3) 采用多种抗干扰措施，良好的屏蔽外壳，可靠性高。

(4) 具有断路器操作回路，简化了二次线。

(5) 具有完善的自检功能，装置元件损坏能可靠的闭锁保护出口。

(6) 整体插拔式，便于维护和检修。

(7) 通讯网由 RS485 或 CAN 构成，方便信息上传和接受。

2.4.2 保护单元定值计算

变电站的自动化设计中，每个保护单元的保护定值计算是变电站自动化系统能否可靠运行的基础，定值计算的是否正确，直接关系到变电站的安全运行，微机保护的定值计算方法，不同于以往电磁继电器的计算方法，要根据不同的保护单元采用不同的办法。下面以变压器差动保护单元为例，介绍保护定值的计算方法。

2.4.2.1 MTPR-035S/D 微机型变压器差动保护装置介绍

(1) 用途及特点

计算定值之前，首先要了解保护的特点。该保护适用于 35KV 电压等级的电力系统中，作为两卷式大中型电力变压器的主保护。该装置具有以下特点：

- (a) 采用 16 为单片机及新型 VISI 芯片，运算速度快，硬件回路简单。
- (b) 采用二次谐波及比率制动原理，并具有无制动的差电流速断保护，保证在变压器空投及区外故障时不误动，而在区内故障时能可靠而快速动作。
- (c) 高低压侧电流互感器均可采用星型接线，也可按传统方式，将高压侧电流互感器接成三角形，低压侧接成星型。
- (d) 具有监测 CT 断线功能，当 CT 断线时，装置报警并闭锁保护，且显示断线相别。根据控制字设定 CT 断线时可选择闭锁保护或不闭锁保护。
- (e) 装置可以记录十次故障数据。当保护动作时，可以记录故障发生的时刻（精确到毫秒）、故障类别、保护动作情况及各项差流值等。
- (f) 提供 RS485 通讯接口，用于和变电站自动化系统连接，以实现远方通讯功能（如修改定值、时钟校正、传送故障信息、远方复归信号等）。
- (g) 具有动态自检功能，正常运行时，装置定时自动监测硬件各部分的工作状态，如有异常，立即报警并闭锁保护出口。

2.4.2.2 整定计算

(1) 南定变电站主变高低压侧参数

主变额定容量：S=16000kVA；

主变高压侧额定电压： $U_N = 35\text{kV}$ ，主变高压侧额定电流： $I_H = 264\text{A}$ ，主变高压侧 CT 的变比 $N_H = 400/5$ ；

主变低压侧额定电压： $U_L = 6.3\text{kV}$ ，主变低压侧额定电流： $I_L = 1466.3\text{A}$ ，主变低压侧 CT 的变比 $N_L = 2000/5$ 。

(2) 电流平衡系数的计算：

MTPR-035S/D 微机型变压器差动保护与我公司广泛采用的 BCH-1、BCH-2、DCD-2 电磁式差动保护继电器构成的差动保护不同，高低压侧电流互感器均可采用星型接线，也可按传统方式，将高压侧电流互感器接成三角形，低压侧接成星型，其二次电流直接接入保护装置，各侧 CT 二次电流幅值由软件自校正。其平衡系数计算方法：

$$K_{ph} = \frac{I_h}{I_l} \times K_{jx} \quad (2.6)$$

上式中 K_{jx} 为接线系数，当高低压侧 CT 按 Y 型接线时， $K_{jx} = \sqrt{3}$ ，当高压侧 CT 按 Δ 型接线，低压侧 CT 按 Y 型接线时， K_{jx} 为=1。 I_h 、 I_l 分别为变压器一次电流折算到二次的电流值。

在这次设计中，主变高压侧电流互感器未按传统方式接成三角形，而是接成星型，低压侧接成星型，这样接线方式简单，则

$$K_{ph} = \frac{264/(400/5)}{1466.3/(2000/5)} \times \sqrt{3} = 1.56$$

(3) 变压器高压侧接线型式的选择：

MTPR-035S/D 微机型变压器差动保护装置中，各项功能的投入与退出，取决于长度为一个字节的“保护定值控制字”，将各项功能的加权系数相加，即为控制字的定值，如下：

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
----	----	----	----	----	----	----	----

保护定值控制字

D4=1，高压侧 CT 按三角形接线，加权系数为 16，

D4=0，高压侧 CT 按星形接线，加权系数为 0。

本例中，高低压侧电流互感器接成星形，应将 D4 置为 0。

(4) 二次谐波制动系数 K_{xb}

二次谐波制动主要是防止由于励磁涌流而引起变压器差动保护误动。根据经验，二次谐波系数大小一般确定为 0.15~0.2，故整定为 $K_{xb}=0.2$ ，整定后可进行变压器空投试验，空投五次保护不误动，即保留该定值，如果发生误动，适当调整 K_{xb} 即可。

(5) 差动速断保护电流定值 I_{sd} ：

由 3.2.2，本例中，由于变压器容量为 16000kVA，按躲过励磁涌流计算，根据实际经验，一般可取 $I_{sd} = (4\sim 8) I_H$ ，(4~8——倍数，发电机变压器取 4~6 倍；降压变压器取 6~8 倍)，大容量变压器取较小值，小容量变压器取较大值，因此整定为 $8 I_H$ 。

(6) 复式比率制动差动保护 I_{cd}

I_{cd} 差动电流，即复式比率制动曲线中最小动作电流，按躲过变压器额定负载时的最大不平衡电流整定，工程中一般用公式(3.5)：

$$I_{cd} = 0.3 \sim 0.5 I_h \tag{3.5}$$

因 16000kVA 的变压器容量属中等，容量越大，系数取越小，容量越小，系数取越大，中等的取中间值，则：

$$I_{cd} = 0.4 \times 264 / (400/5) = 1.32A$$

由此可以看出，在整定计算中，不需要知道区外故障短路电流的大小，因此在保护原理上，该保护是不受运行方式影响的。而反观我公司广泛采用的 BCH-1、BCH-2、DCD-2 电磁式差动保护继电器构成的差动保护，受系统运行方式影响大，

一旦系统方式发生了大的变动，就需重新计算定值，以避免保护误动或拒动。

(7) CT 断线闭锁

MTPR-035S/D 微机型变压器差动保护装置，具有的 CT 断线监测功能很好的解决了复式比率差动保护，当 CT 二次回路断线时，会造成差动保护误动的缺陷。保护整定人员在整定时，不需考虑 CT 断线。在本例中，CT 断线监测功能投入。

即：

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
----	----	----	----	----	----	----	----

保护定值控制字

D6=1，投入 CT 断线闭锁保护，加权系数为 64。

D6=0，解除 CT 段线闭锁保护。

本例中，应将 D6 置为 1。

第三章 南定变电站自动化系统 方案的确定

3.1 系统的构成

变电站自动化系统应能对变电站的控制、保护、测量、信号的传递、远动等功能实现自动的控制和管理。它主要由以下几部分构成：微机保护单元主要完成信号的测量、传递、保护的计算和执行、接受上位机的指令并执行，通讯网络主要完成信号的传递，后台管理机主要完成对保护单元上传来的信号进行分析处理及显示、提供人机对话窗口、接受操作人员的指令、向上位管理机传递及时信息，为管理人员提供决策信息。一般在系统的硬件配置上，采用分层分布式结构，从下层到上层依次是微机保护控制单元、计算机通讯网络、变电站本地管理机、调度系统管理层（调度人员和企业的管理人员用于监视和指挥，该层可根据实际设置）。系统的一般构成如图 3.1 所示。其中，微机保护控制单元是自动化系统的关键元件，它不仅对有关的信号进行不间断的测量，同时又进行数据分析和判断，向上位管理机传递信息，向开关发出执行命令，本章将对其进行详细的介绍。

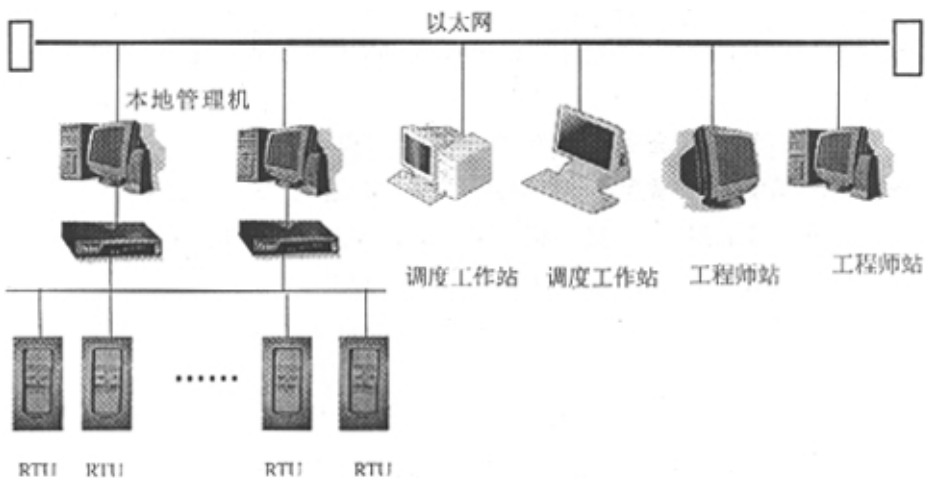


图 3.1 自动化系统构成

Fig 3.1 Automatic systems construct

3.2 一般的设计原则

目前国内尚未制定出完善的变电站自动化系统的标准和相关的规程, 大部分都是根据每个变电站的实际情况进行具体的设计, "量体裁衣", 可谓是"百花齐放"。但都包括以下主要基本功能: 数据的采集、处理功能, 数据通讯功能, 数据库生成功能, 图形显示功能, 控制功能, 系统发生故障时的分析、判断功能, 报表打印功能, 报警功能, 用户安全系统及自诊断功能等, 另外还具备与企业局域网的联接功能。因此, 在进行变电站的自动化设计时, 应根据变电站的分类, 结合实际情况进行, 并遵从以下的基本设计原则:

(a) 变电站自动化系统作为电网调度自动化的一个子系统, 应服从电网调度自动化的总体设计, 其配置、功能包括设备的布置应满足电网安全、优质、经济运行以及信息分层传输、资源共享的原则。

(b) 考虑到变电站的重要性, 后台管理宜采用双重化、冗余配置, 以提高系统可靠性。

(c) 设计时应考虑开关的操作能实现远方与就地控制操作并存的模式。同样, 保护单元亦应具有远方、就地投切和在线修改整定值的功能。

(d) 站内自动化的接入系统设计应从技术上保证站内自动化系统的硬件接口满足国际标准。系统的支撑软件符合 ISO 开放系统规定, 系统的各类数据、通信规约及网络协议的定义、格式、编程、地址等具有一定的同一性和扩展性。

(e) 在实现保护、测量、控制一体化设计的同时, 要确保保护功能的相对独立性和动作可靠性。保护、测量、控制原则上可合用电压互感器(TV), 对电量计费、功率总加等有精度要求的量可接量测电流互感器(TA), 供监测用的量可合用保护 TA。

(f) 变电站自动化系统设计中应优先采用交流采样技术, 减轻 TA, TV 的负载, 提高测量精度。取消光字牌屏和中央信号屏, 简化控制屏, 由 CRT 屏幕显示取代, 使任一信息做到一次采集、多次使用, 提高信息的实时性、可靠性, 节约占地空间, 减少屏柜、二次电缆和设计、安装、维护工作量。

(g) 变电站自动化系统各部件之间的联系采用串行口通信方式(RS232C, RS422, RS485 总线等)。由于其通信速率和资源共享程度均受到限制, 在调度自动化系统应采用局域网(LAN)通信方式。

(h) 变电站内存在强大的电磁场干扰。从抗电磁干扰角度考虑, 在选择通信介质时可优先采用光纤通信方式, 但鉴于光纤安装、维护复杂及费用相对较高, 因此变配电站宜以电缆或双绞线为通信介质。

3.3 变电站的分类

变电站按电压等级可分为特高压、超高压、高压及中低压四种类型。特高压变电站：1000kV，750kV；超高压变电站：550kV，330kV；高压变电站：220kV，110kV，35kV；中低压变电站(又称配电站)：10kV 及以下电压等级。

变电站按在电网中的地位可分为枢纽站、终端站和中转站三种类型。枢纽站：在电网中无论是网架结构还是负荷水平都处于举足轻重的位置；终端站：只有高压进线，位于电网的线路末端；中转站：有 2 路高压进线，位于线路中间。

变电站按控制方式可分为集控站(又称基地站)和受控站(又称子站)。前者受调度中心控制，并对其周围子站负有调度操作任务；后者与终端站类似，但有可能处于环形电网之中，受集控站控制。

变电站控制运行模式划分为有人值班：这是目前最常见的运行模式；无人值班：没有固定的运行值班人员，仅保留个别守卫人员，负责站内的安全保卫工作及事故异常情况的紧急处理；无人值守：真正意义上的无人站，在一些发达的西方国家，如美国、加拿大等较常见。

本次课题要涉及改造的是一座 35KV/6KV 变电站，装机容量 3*16000KVA，所带负荷为氧化铝生产负荷，按照我公司负荷等级划分的原则，属于一类负荷，变电站在我厂的供电系统中所处的位置属于枢纽站。考虑到变电站的重要性，其控制方式按照集控站的形式来设计，有人值班。

3.4 变电站自动化系统的几种方案

根据变电站自动化应具有的功能和设计原则的要求，该系统应能对变电站的控制、保护、测量、信号传递、远动等功能实现综合自动控制和管理。一般采用分层分布离散式控制方式，即控制和保护单元均由独立的 CPU 构成，采用一对一结构，每一个回路由独立的 CPU 完成，相互之间又采用站内通讯网联接在一起，可构成一个变电站集控制、保护、测量、信号传送和远动为一体的综合自动化系统。我们在实际应用中采用的是一个由多层网络组成的分层分布式综合自动化系统。整个系统从上到下依次可分为变电站层管理站、计算机网络、间隔层管理站、工业级实时网络、现场监控、保护和远动控制单元。国外在八十年代已有分散式变电站自动化系统问世，以西门子(SIEMENS)公司为例，该公司第 1 套全分散式变电站自动化系统 LSA678 早在 1985 年就在德国汉诺威投入运行，至 1993 年初已有 300 多套系统在德国及欧洲的各种电压等级的变电站运行。我国的变电站自

自动化工作起步较晚，大约从九十年代开始，初始阶段主要研制和生产集中式的变电站自动化系统，例 DISA—1 型，叮—1 型，IES--60 型，XWJK—1000A 型，FD97 等。九十年代中期开始研制分散式变电站自动化系统，如 DISA—2 型，DISA—3 型，叮—F3，CSC--2000 型，DCAP3200 型，FDK 型等，在电力系统推广应用，积累了很多的经验，为企业的变电站如何结合自身特点进行自动化改造提供了很多的模式。

3.4.1 传统模式

这种模式就是目前国内应用最普遍的远方终端装置(RTu)加上当地监控(监视)系统(又称当地功能)，再配上变送器、遥信转接、遥控执行、UPS 等屏柜。当采用交流采样 RTU 时，可省去变送器屏柜。站内保护装置的信息可通过遥信输入回路(即硬件方法)进入 RTU，亦可通过串行口按约定的规约通信(即软件方法)进入 RTU。此模式适合于 35kV~500kV 的各种电压等级不同规模的变电站。根据用户不同层次的要求，其当地功能的配置可为 1 台 Pc 机，也可是一个完整的双前置、双主机、双工作站的监控系统。如华东电网某主力电厂即采用 RD--SOO 系统和 GR--90 型 RTU 实现了 220kV 升压站的网控系统自动化。该模式保留了 RTU 的功能和二次回路设计。如图 3.2 所示

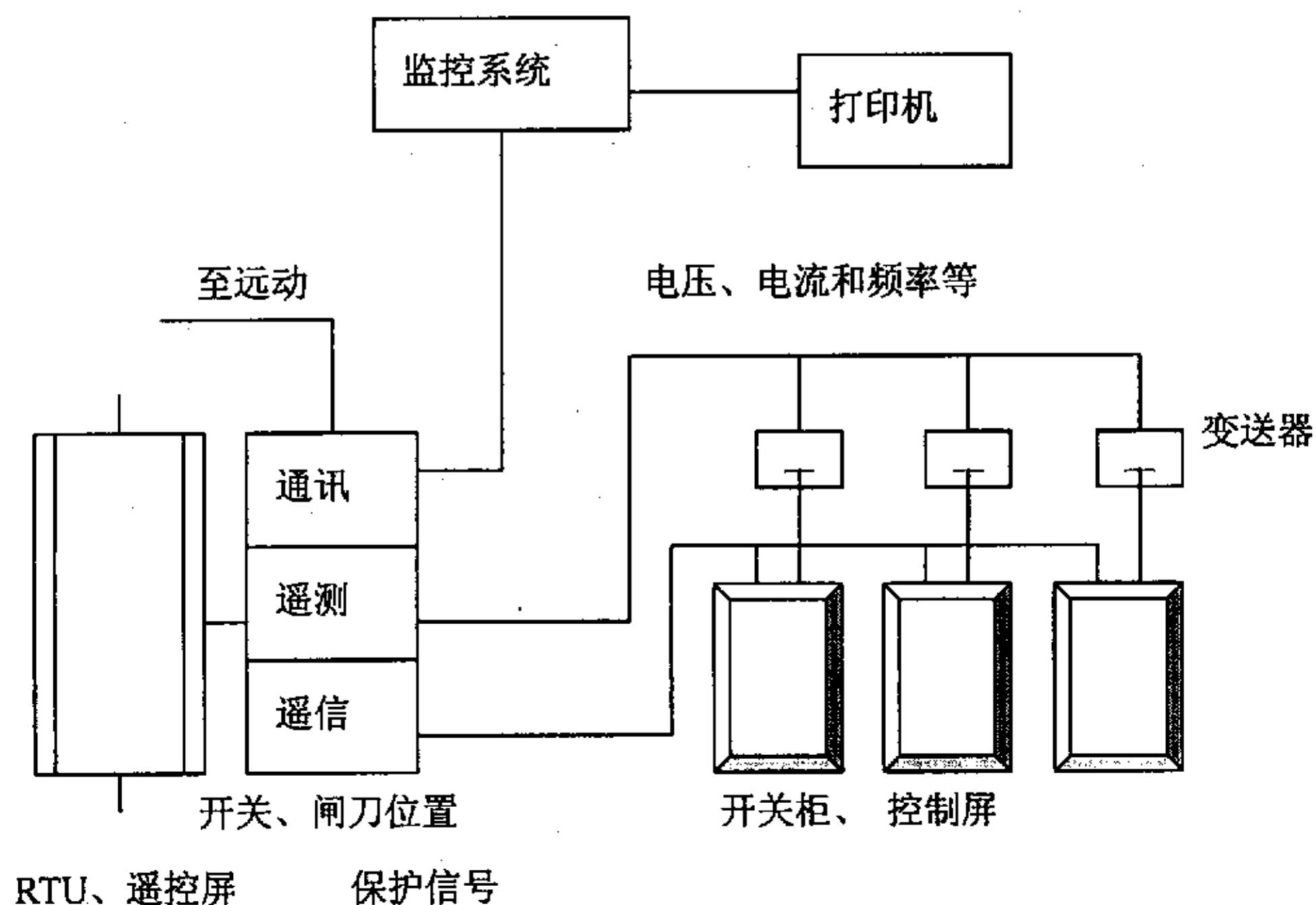


图 3.2 传统模式

Fig 3.2 Traditional modes

3.4.2 老站改造模式

采用 RS-485 星形结构，构成分布式的 RTU。其特点是不增加屏柜位置，无需改动原有二次回路，适用于老站改造。这类产品有 GR-90，TG5-700 和 MWY-C3A 等如图 3.3 所示

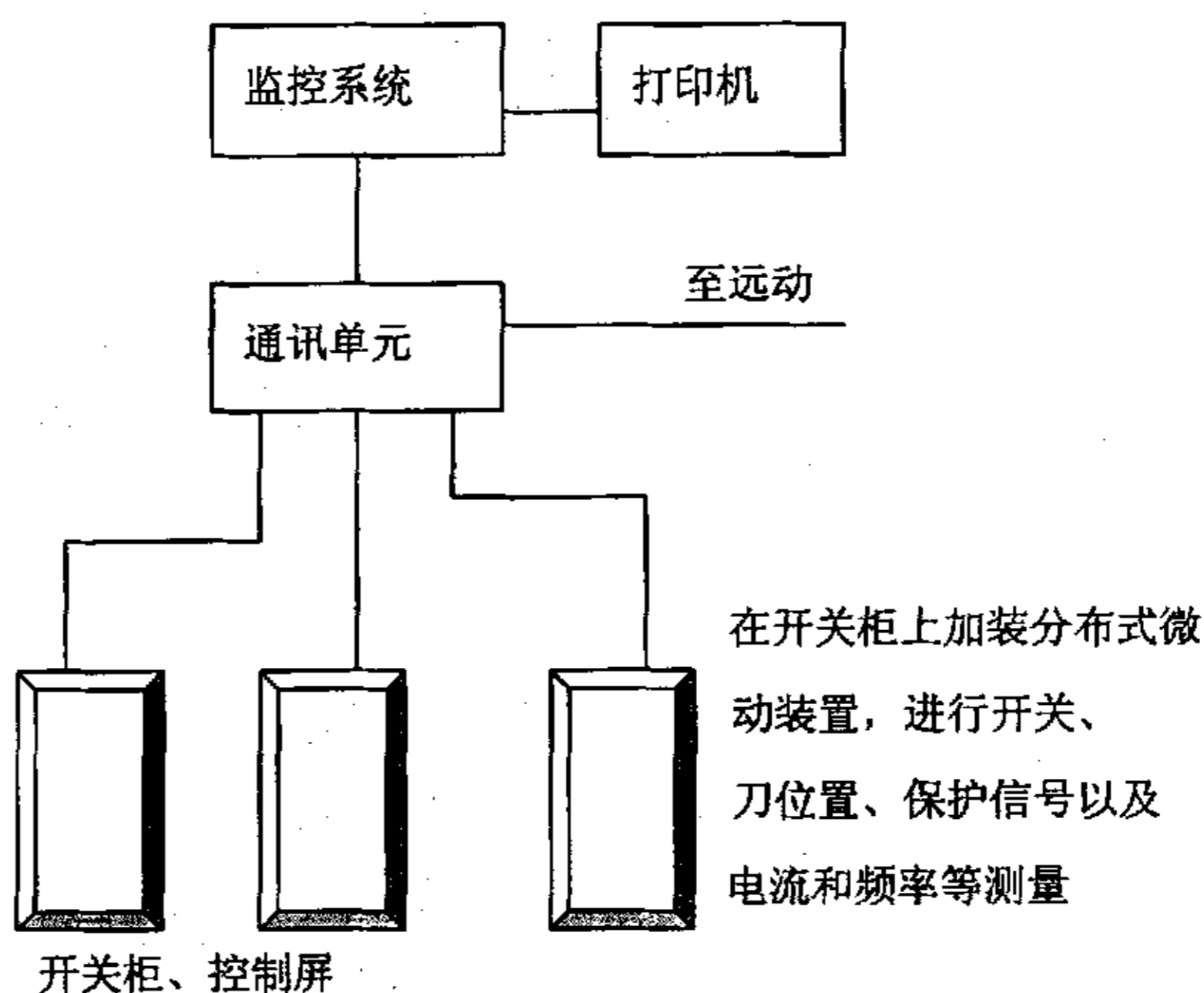


图 3.3 老站改造模式

Fig 3.3 Changing mode of old transformer substation

3.4.3 集中配屏模式

这种模式在目前国内新建变电站中应用最多，并已取得了较成熟的运行经验。大部分厂家的产品均属此类，其中应用较多的有 DISA-3 型、BJ-1 型、XWJK-1000A 等。该模式与传统模式相比，最大的区别在于将 RTU 的遥控、信号、测量、电能计费、通信等功能分别组屏，而由 1 个或 2 个总控单元通过串行通信口 (RS232, RS422, RS485) 与各功能单元 (屏柜) 以及微机保护、故障录波、上位机等通信。其特点是将控制、保护两大功能作为一个整体来考虑，二次回路设计大大简化。如图 3.4 所示

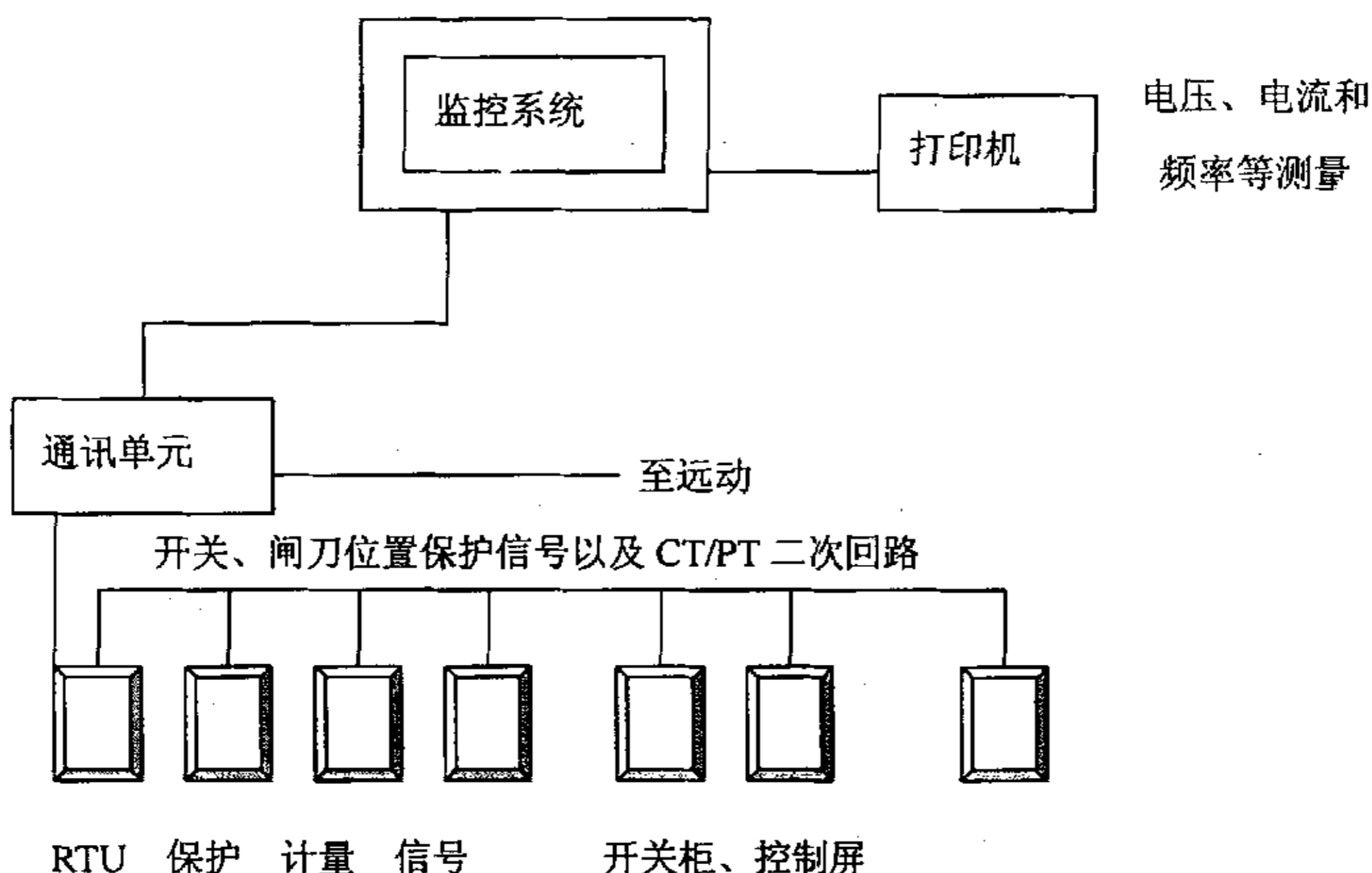


图 3.4 集中组屏模式

Fig 3.4 Focus section screen mode

3.4.4 全分散模式

这种结构方式一般是按一次回路进行设计。首先将设备按一次安装单位划分成若干单元。将控制单元、微机保护单元、数据采集单元安装在户外高压开关附近或户内开关柜内。站控单元(在主控室内)通过串行口(光纤通信)与各一次设备屏柜(在现场)相连,构成一个完整的分散式综合自动化系统,并与上位机和远方调度中心通信。这种分散式结构具有很多优点:各个功能单元上既有通讯联系,又相对独立,便于系统扩展,便于维护管理,当某一环节发生故障时,不致于相互影响。此外,它的抗电磁干扰性能强,可靠性高,可以把电度量、测量表计、控制、保护、远动合为一体,可使数据统一,避免设备重复设置,在二次设计上能最大限度地减少二次设备的占地面积和节省大量电缆及接线。该模式主要特点是以一次主设备如开关、变压器、母线等为安装单位,将控制、I/O、闭锁、保护等单元分散,就地安装在一次主设备(屏柜)上。具体实施又分为两种模式:保护相对独立,控制和测量合一,如 SIEMENS 等公司的产品;保护、控制和测量合一,如 ABBGEMERLINGERIN 等公司的产品。SIEMENS 的 LSA678 系统是采用保护相对独立模式的典型,在全世界已有数百套的运行经验,近几年来在国内亦已有不少应用实例(例如苏州新加坡工业园区、广西柳州供电局等)。国内厂家近年来亦先后推出全分散式系统,如 DISA--2, BJ--F3, CSC--2000, DCAP3200 等,此模

式较适合于要求节省占地面积和二次电缆的场合。如图 3.5 所示

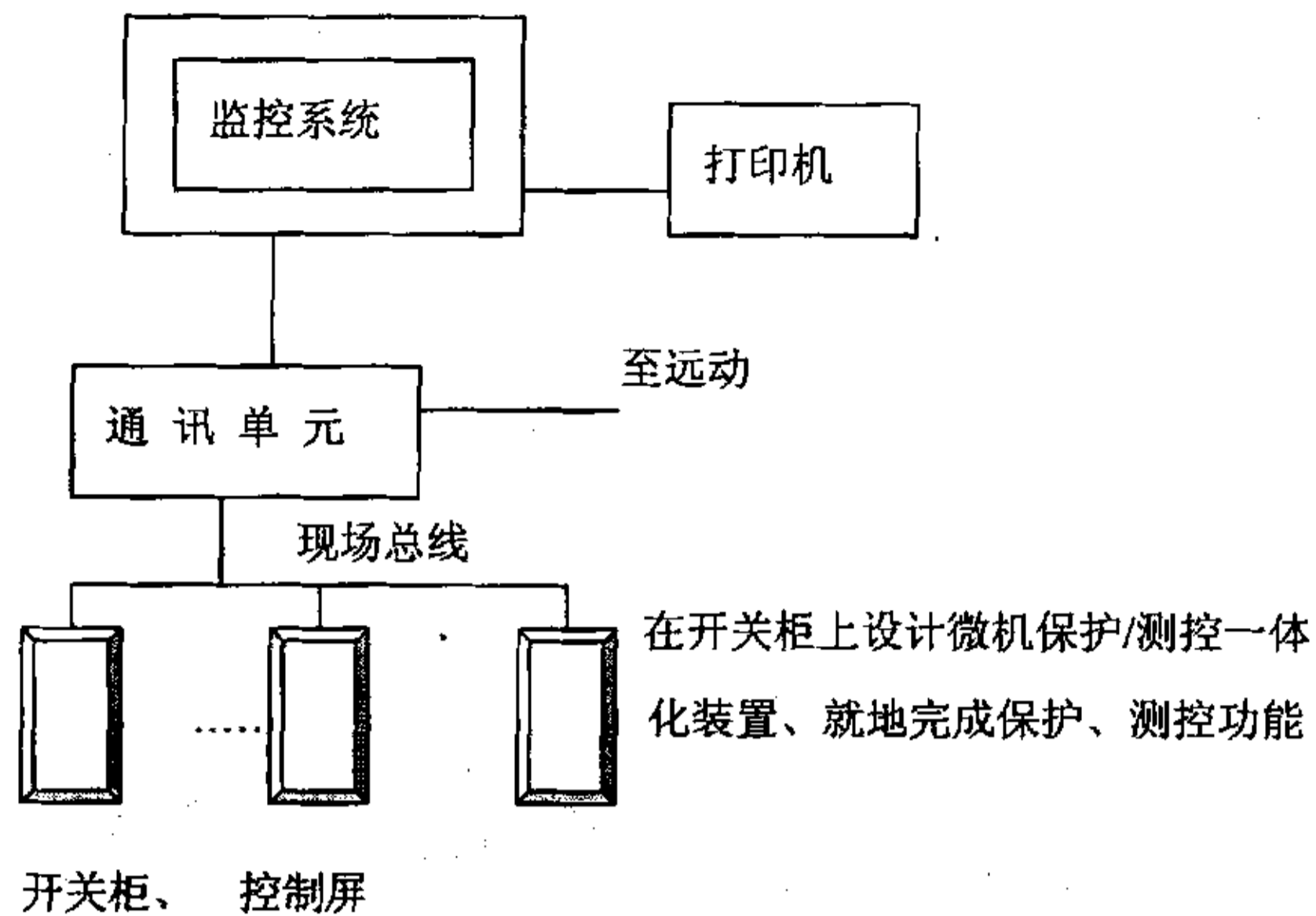


图 3.5 全分散模式

Fig 3.5 Whole disperse mode

3.4.5 局部分散模式

此模式综合了集中式与分散式的特点，采用了分散式的系统结构，而控制和保护仍集中配屏。通常将集中配屏安装在分散的设备小间内。设备小间在一次设备附近，根据变电站的电压等级和规模可设数个小间，就近管理，节省电缆。此模式可用于各种电压等级的变电站，尤其适用于 500KV 及大型 220KV 站。

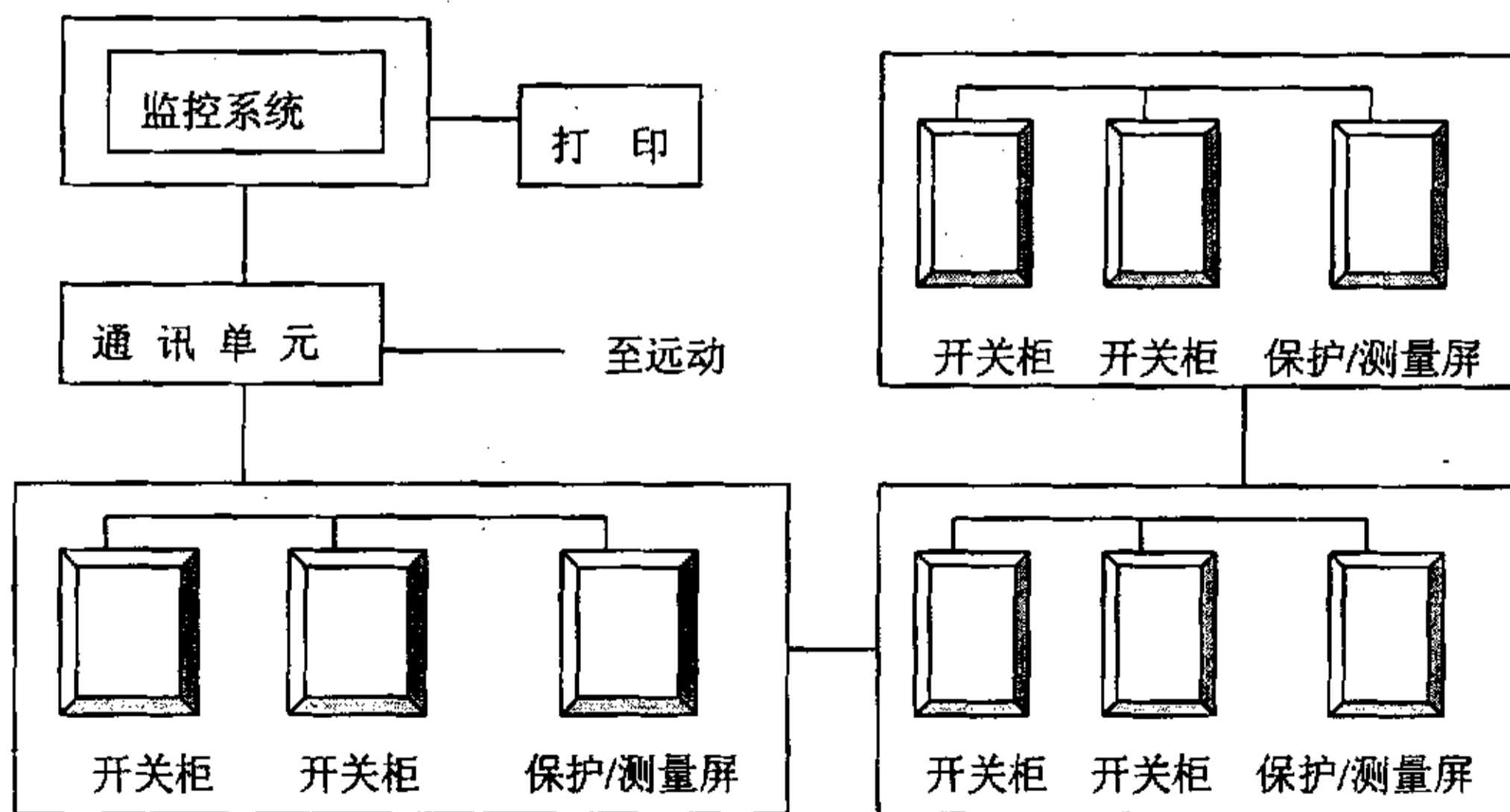


图 3.6 局部分散模式

Fig 3.6 Partial disperse mode

3.5 变电站自动化方案的确定

3.5.1 一次系统方案介绍

南定变电站装机容量为3台35KV/6KV、16000KVA的变压器，三路35KV电源进线，35KV母线为三段，段与段之间有联络开关。6KV侧同样为三段母线，段与段之间设有联络开关，根据负荷的要求，每段6KV母线设有16个出线回路，每个回路分别带不同的变压器和配电站。其一次系统图如图3.7所示：

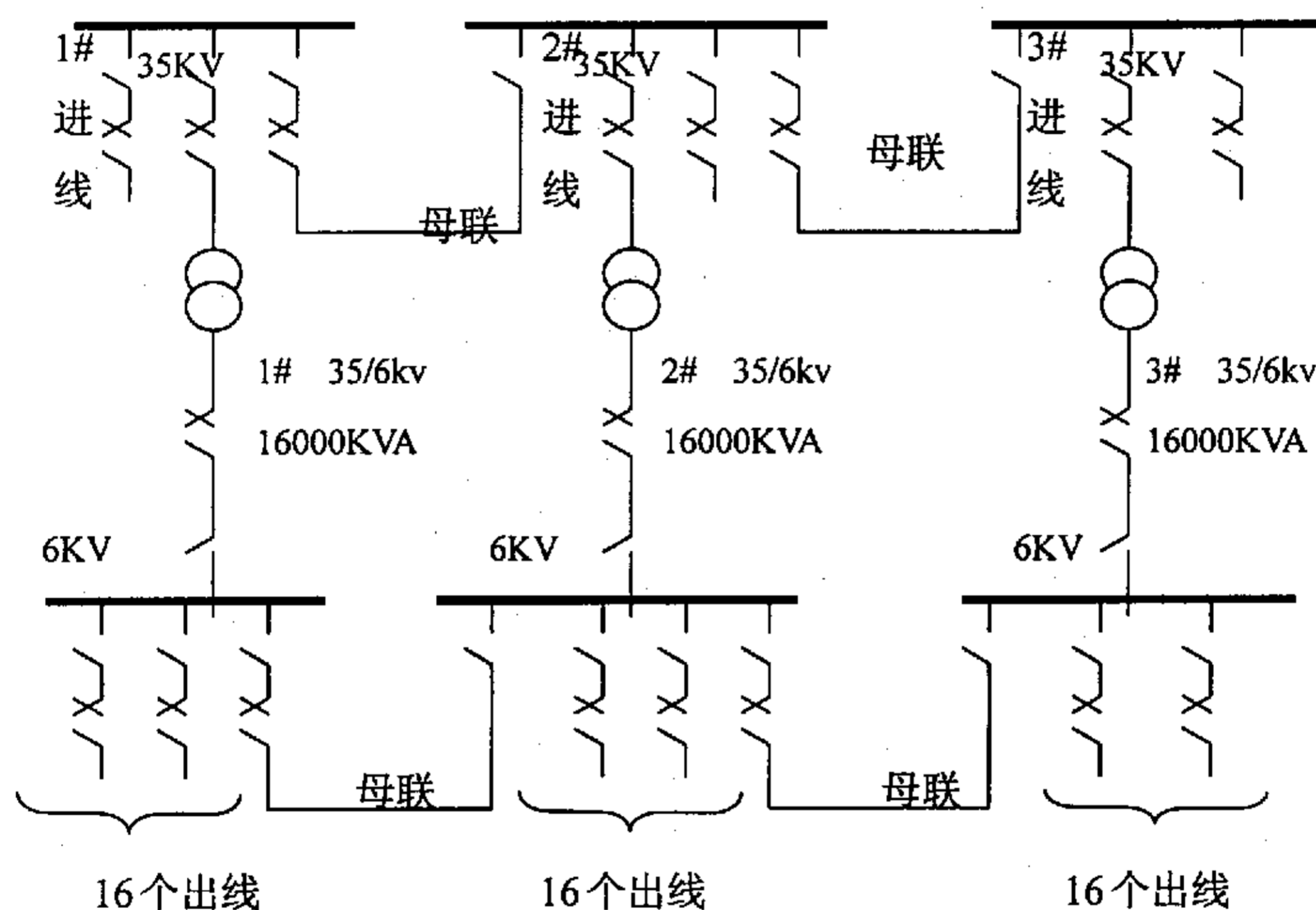


图 3.7 一次系统图

Fig 3.7 Once system graph

3.5.2 二次系统自动化设计要求

由于南定变电站是山东铝业公司供电系统中的一个重要变电站，所以自动化系统改造设计的优劣，投运后运行的可靠程度，直接关系到今后变电站的改造方向。因此经过认真的研究，提出了二次自动化系统的设计目标是：技术先进、可靠性高、性价比高、功能适合、维护方便。在此基础上根据自动化系统的设计原则和变电站的分类要求，确定了这次设计的具体要求，主要包括：

- (1) 简单易行，操作维护方便。

- (2) 所带负荷重要, 要求供电可靠性高。
- (3) 各回路模拟量、开关量的采集, 实现主控室各运行参数的计算机监控。
- (4) 各回路开关的合闸、跳闸操作实行现场手动和计算机自动两种方式。
- (5) 现场、主控室都可修改所设参数。
- (6) 实现事故情况下报警。
- (7) 实现与局域网联接, 相关技术人员可以察看有关资料。

3.5.3 变电站自动化系统方案确定

根据以上所述, 变电站的自动化系统有五种模式, 每一种模式都能实现变电站的自动化功能要求, 具体选用哪种模式, 应根据一般的设计原则, 结合变电站的实际情况, 进行认真的分析, 做到方案的最优化。在符合设计原则, 满足功能要求的前提下, 还要结合以下几个方面: (1) 尽可能降低设备的投资 (2) 接线简单, 节省材料 (3) 占地面积小, 节省空间。

下面就该变电站自动化模式的选择进行一下分析:

(1) 在五种可供选择的模式中, 传统模式由于技术落后, 需要的元件多, 接线复杂, 维护量大, 随着更多的先进的微机保护单元的应用, 该模式已逐步淘汰。而老站改造模式主要是针对改造的变电站来设计的, 所以对这次新建的变电站, 这两种模式都不适合。

(2) 集中配屏模式是近几年新建变电站应用最多的一种方式, 这种方式由于将保护、测量等单元都集中到主控室或者是专门的间隔中配置, 便于维护和管理。但这样就需要设置专门的保护测量柜或者单独的房间, 增加了设备的投资和占地面积, 同时由于保护测量的集中, 需要每一个开关柜都要将二次测量、保护、控制信号等用电缆连接到集中配屏, 每个开关柜最少是两根 10×2.5 的电缆, 电缆需用量很大。由于在变电站高压室和主控室之间用了很多的电缆, 同时带来很大的防火压力。

(3) 全分散式模式就是将每一个保护单元分散的安装在各自对应的开关柜上, 这种模式充分利用了保护单元集测量、保护、控制与一身的功能, 所有的测量、保护、控制线均在本盘内连接实现, 只通过保护单元的 485 串行口输出两根线, 于每一个开关柜的保护单元一次想连, 大大简化了二次线, 节省了大量的材料费用, 降低了防火的压力, 不用设置专门的保护测量柜, 节省了投资, 减少了占地面积。缺点是由于分散设置, 值班人员不方便监控, 维护不如集中式的方便, 另外由于保护单元直接装在开关柜上, 开关分合闸时会引起开关柜的震动, 要求保护单元具有一定的抗震动性。

(4) 局部分散式模式结合了全分散式和集中式两者的特点，是一个比较好的方案，但从投资角度来讲，它仍需要专门的柜子和一定的电缆，占用一定的面积，对于比较大的站，一次设备分散布置的 500 KV 及 220 KV 站比较适用，对于一般的变电站则很少使用。

(5) 本次改造的变电站，是个室内站，侧面看是个田字结构，一侧的下层是变压器室上层是 35 KV 开关室，另一侧下层是 6 KV 开关室上层是值班室。变电站的整个布局比较紧凑，空间不大，除了布置必需的一次设备外，剩余的空间很少。

根据以上分析，结合以往的传统二次回路的设计经验，认为全分散模式由于接线简单、节省空间，比较适合这次改造的实际情况，因此确定用全分散模式。系统结构图如图 3.8 所示：

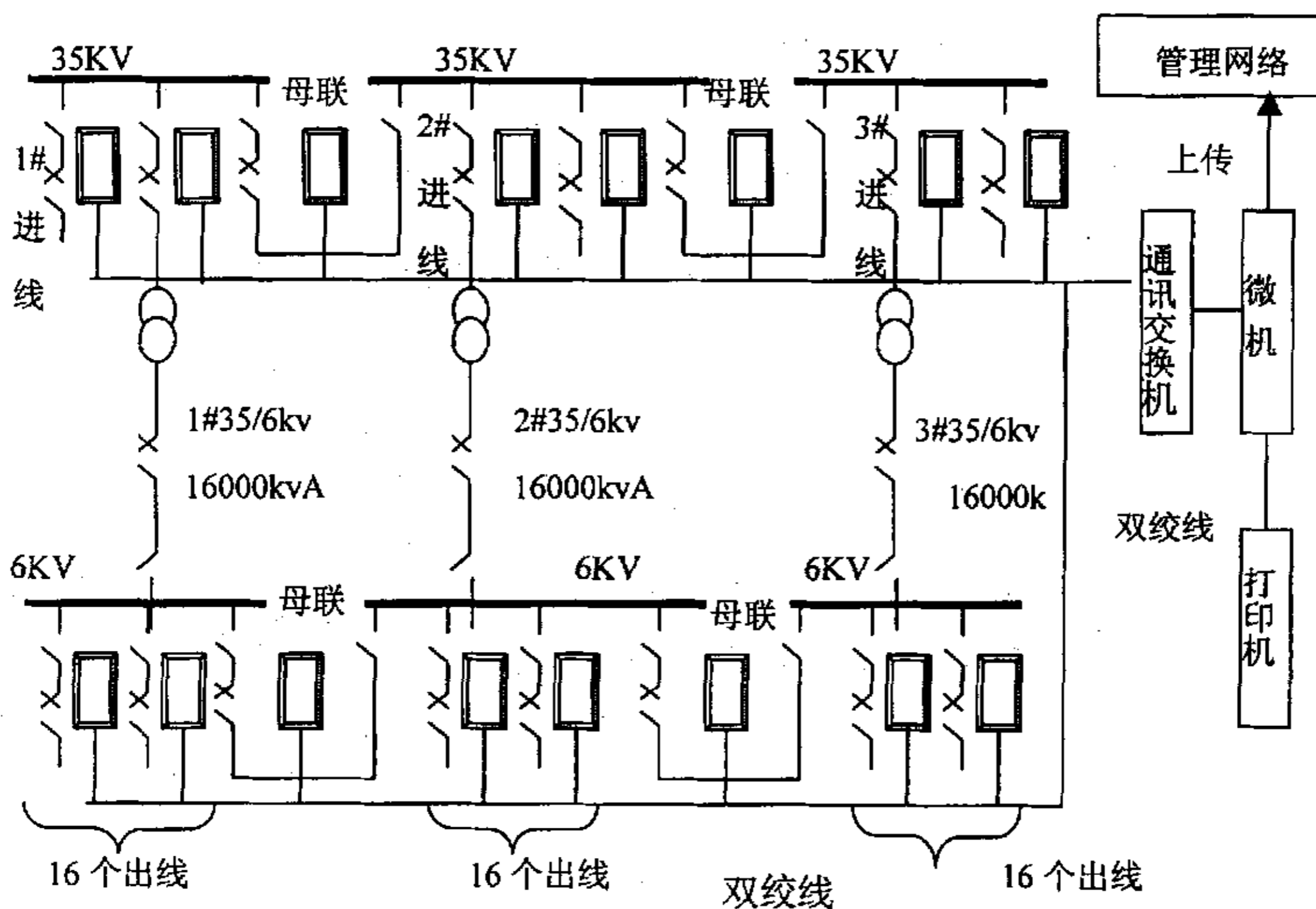


图 3.8 系统结构图

Fig 3.8 Systematic structure chart

第四章 变电站自动化系统软件设计

4.1 系统软件环境

在第三章中，我们介绍了本次变电站改造，其二次控制系统的结构形式是有多个微机保护单元构成的分散式布置模式，它构成了变电站自动化的硬件系统。对于一个完整的控制系统来说，如何管理好这个硬件系统，使它能够有效的按照一定的规则程序运行，处理各类数据资源，为操作人员提供方便有效的服务界面，实现变电站自动化系统的控制要求，必须有一个完善的软件系统来完成，本章主要介绍自动化系统的软件设计。

本次软件设计，主要是在以下软件环境中完成的：

- (1) 操作系统：Microsoft WindowsNT Advanced Server 4.0
- (2) 数据库管理系统：Microsoft SQL Server 2000
- (3) 电子报表系统：Microsoft Excel 2000
- (4) 程序设计语言：Microsoft VC 十十 6.0
- (5) 图形图像系统：基于多窗口的工业标准 Windows
- (6) 局域网络通信协议：TCP / IP 或 Ethernet(IEEE 802.3)
- (7) 多进程、多线程结构模式，保证系统运行的可靠性，包括数据通讯、工程配置、数据采集、数据处理、调度操作(人机会话)等，各进程之间的数据流向如图 4.1 所示：

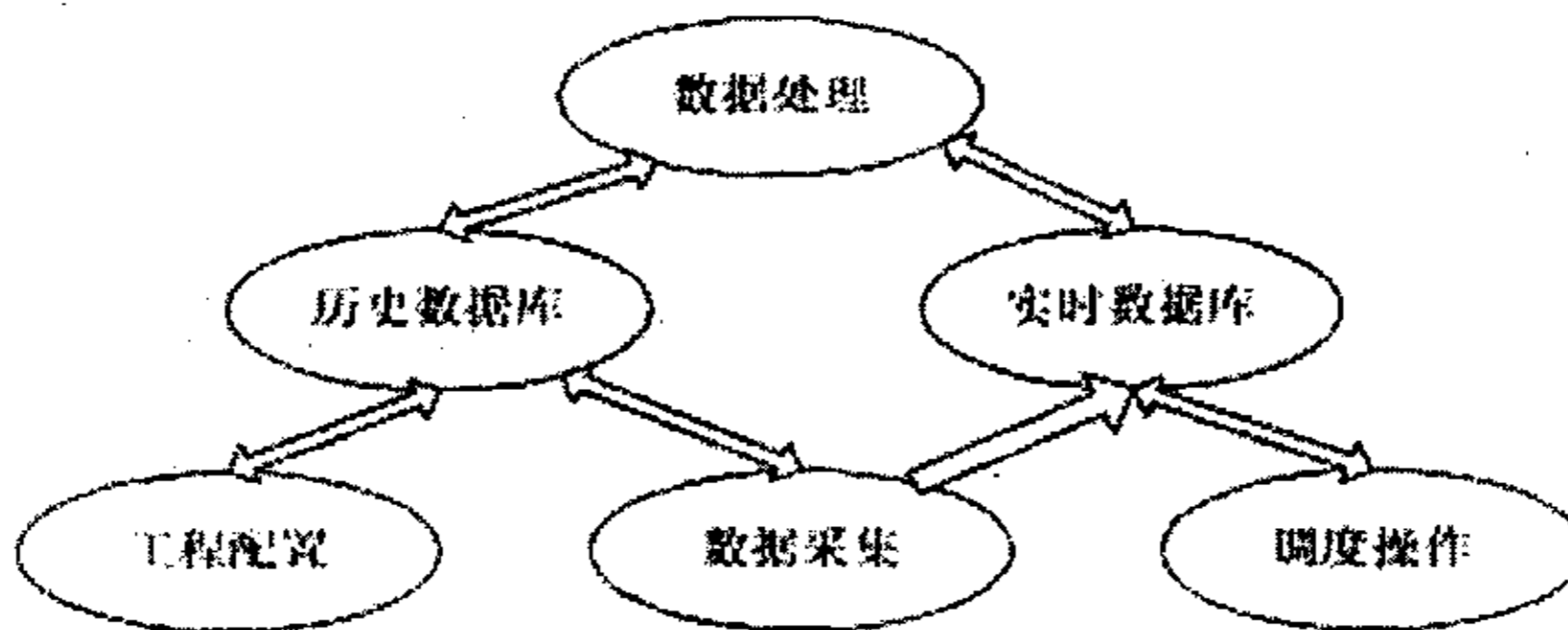


图 4.1 数据流向图

Fig 4.1 Data flow chart

4.2 数据通讯

对于一个多进程、多线程、同时支持网络化的实时监控系统而言，各计算机之间的数据通讯尤为重要，本系统将 DCOM 接口、Automation 自动化侍者以及 Windows SOCKET 相结合，用来完成各节点、各进程之间的数据通讯，数据通讯遵循 Client/Server 模式。

在网络中，任何为其它计算机提供服务的计算机都被称为 Server，而利用这些服务的计算机则称为 Client。Client/Server 结构将计算机的工作分布在客户 (Client)和服务器(Server)两端进行。客户端向服务器端发出请求，并处理发出的这些请求所返回的结果，而服务器端则通过响应这些请求而给客户端返回数据、参数和状态信息。

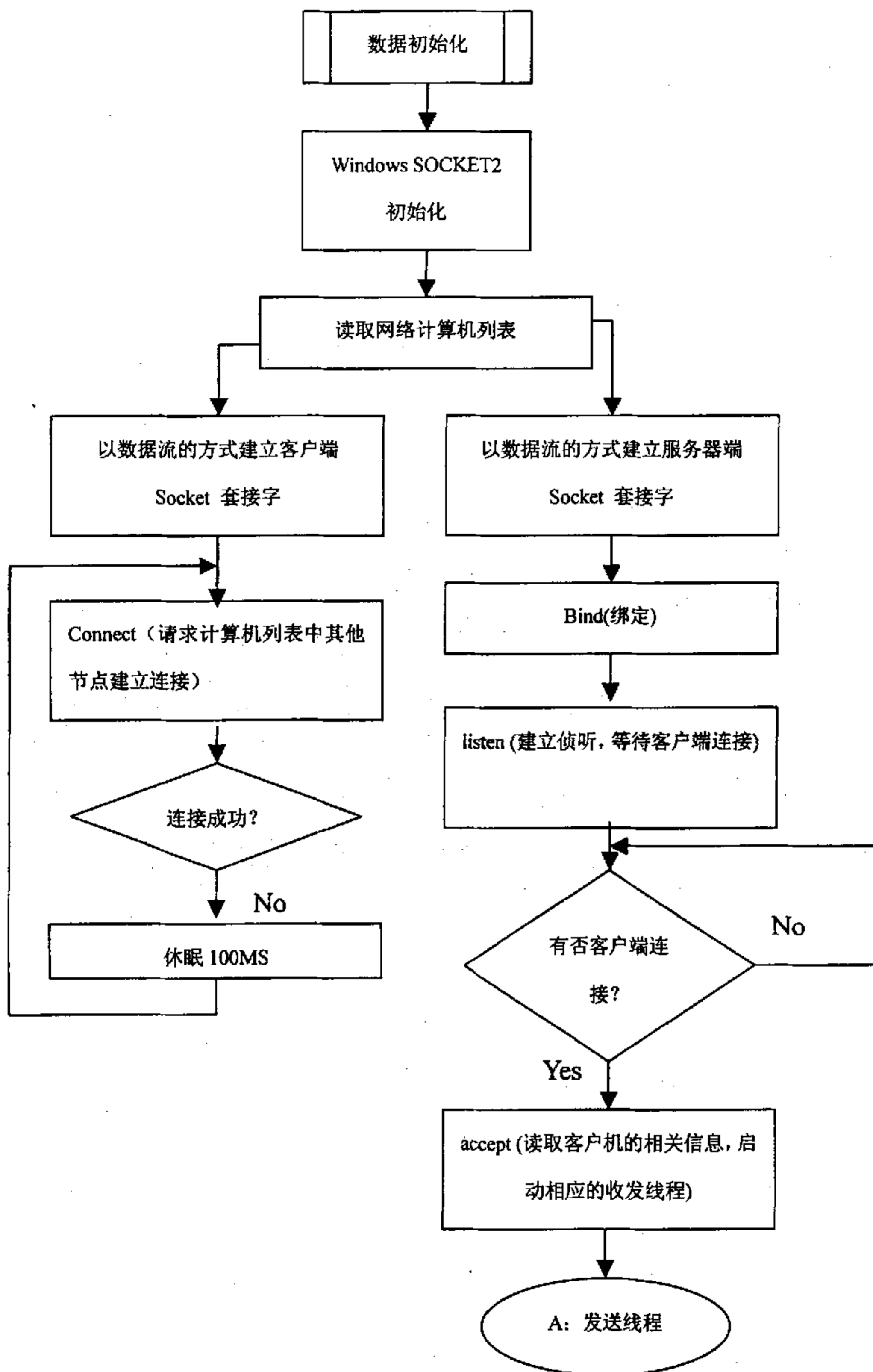
Client/Server 系统的核心是 Server 进程，同一 Server 可以响应多个 Client 请求，不同的 Client 对同一 Server 的同一数据可有多个不同处理界面。

系统设计单独的进程完成数据通讯，当前计算机的所有进程的通讯数据通过 Automation 以 DCOM 接口与通讯进程实现数据交换，也可以通过共享内存的方式进行，不同的计算机之间由通讯进程通过 SOCKET 进行数据交换，每台计算机既是服务器，同时也是与其他计算机进行连接的客户机，组成节点对等的通讯结构，任意两台计算机之间都可以直接进行数据通讯，不需要借助其他计算机，保证数据交换的实时性。

数据包的结构定义为：

```
struct strCommData
{
long      m_lCommSign;      // 数据包标志字
  CString  m_szSendNode;    //目标计算机名
  CString  m_szSendProcess; //目标进程名
  CString  m_szRecvNode;    //源计算机名
  CString  m_szRecvProcess; //源进程名
  CByteArray m_CommData;    //有效数据
};
```

数据通讯的流程如图 4.2 所示：



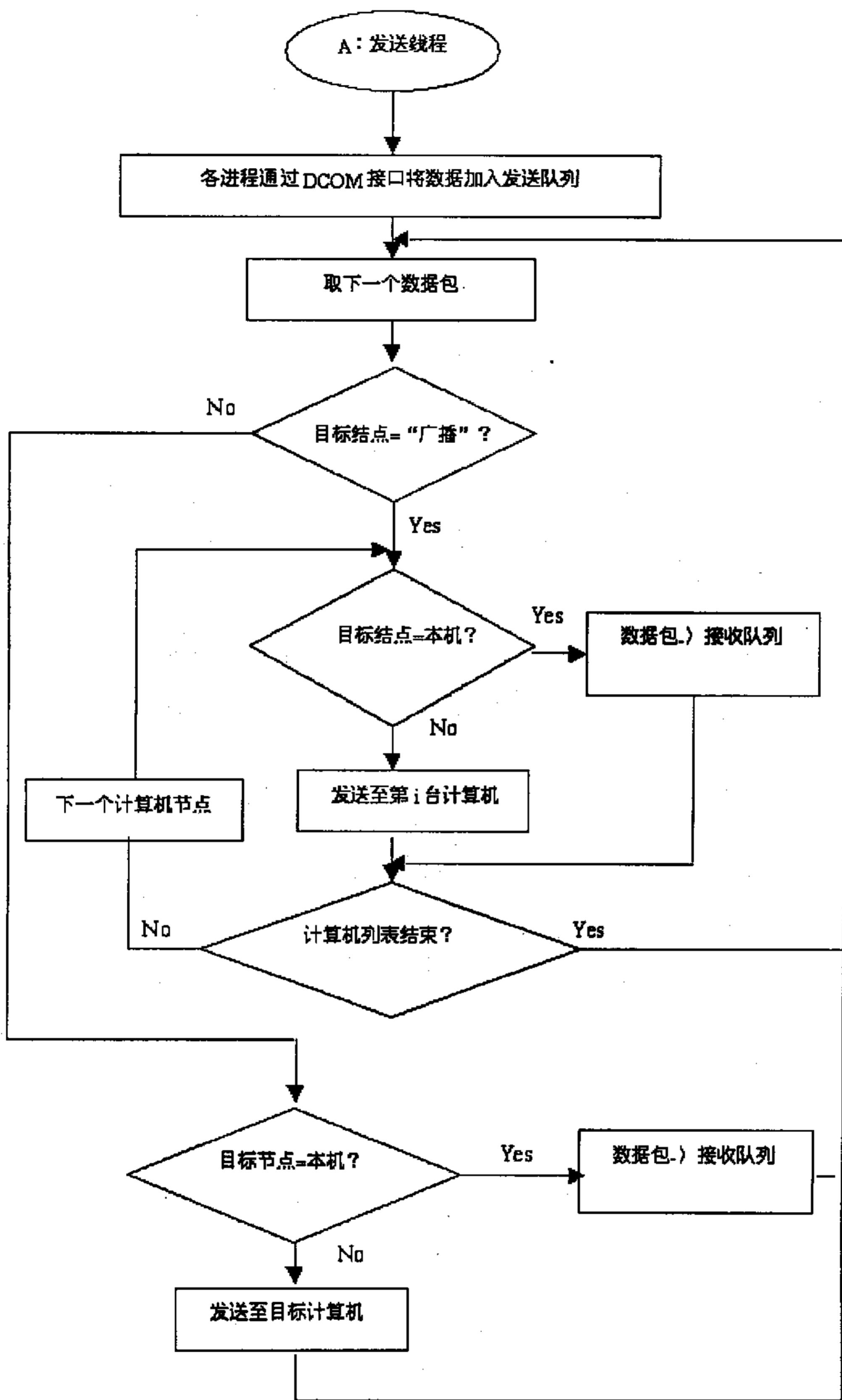


图 4.2 数据通讯流程图

Fig 4.2 Data communication flow chart

4.3 数据采集及预处理

数据采集及预处理进程在监控系统中承担着非常重要的角色，它是所有实时数据的来源，该进程的设计主要包括计算机串行通讯、扫描管理及规约解释以及数据工程量变换、数据检查、判断报警等内容，由于扫描管理及规约解释根据不同的协议有不同的设计，故本部分主要介绍串口通讯和数据预处理部分。

系统支持多通道数据通讯，一般在计算机内安装 MOXA 多串口卡作为串口扩展，为了保证系统的实时性，充分利用 Windows NT 操作系统的实时多任务特点，各串行通道均开启相应的线程，各串口的串行通讯、规约解释均在同步进行，在系统设计时要注意各线程共享数据区的线程同步问题，采用临界区加信号量的方式进行。

Win 32 计算机接口数据通讯将所有的接口虚拟为文件操作方式，数据的收发通过文件的读写完成，串行接口数据通讯也不例外，编程实现的过程为：

(1) 串口初始化

```
ComDev = CreateFile(串行端口名,
                    GENERIC_READ | GENERIC_WRITE,
                    0, // exclusive access
                    NULL, // no security attrs
                    OPEN_EXISTING,
                    FILE_ATTRIBUTE_NORMAL,
                    NULL); 以允许读写的方式打开串口，建立串口句柄

SetupComm( ComDev, 4096, 4096); 设置接收/发送缓冲区的大小

CommTimeOuts.ReadIntervalTimeout = 0xFFFFFFFF ;
CommTimeOuts.ReadTotalTimeoutMultiplier = 3 ;
CommTimeOuts.ReadTotalTimeoutConstant = 1000 ;
CommTimeOuts.WriteTotalTimeoutMultiplier = 3 ;
CommTimeOuts.WriteTotalTimeoutConstant = 1000 ;

SetCommTimeouts( ComDev, &CommTimeOuts ); 进行接收/发送超时设置

DCB 结构是串行通讯专用的一个数据结构，其内部定义如下：
```

```

typedef struct _DCB { // dcb
    DWORD DCBlength;           // 结构大小
    DWORD BaudRate;           // 波特率
    DWORD fBinary: 1;         // 二进制/ASCII 数据(实际 Win32API 只支持二进制模式)
    DWORD fParity: 1;         // 允许进行奇偶校验检查
    DWORD fOutxCtsFlow: 1;    // CTS 输出流控
    DWORD fOutxDsrFlow: 1;   // DSR 输出流控
    DWORD fDtrControl: 2;    // DTR 流控模式
    DWORD fDsrSensitivity: 1; // DSR 有效
    DWORD fTXContinueOnXoff: 1; // XOFF 控制
    DWORD fOutX: 1;          // XON/XOFF 软件输出流控
    DWORD fInX: 1;           // XON/XOFF 软件输入流控
    DWORD fErrorChar: 1;     // enable error replacement
    DWORD fNull: 1;         // enable null stripping
    DWORD fRtsControl: 2;    // RTS 流控
    DWORD fAbortOnError: 1;  // 异常中断错误
    DWORD fDummy2: 17;       // 保留
    WORD wReserved;          // 保留
    WORD XonLim;             // 传送 XON 开始
    WORD XoffLim;            // 传送 XOFF 开始
    BYTE ByteSize;          // 字节长度
    BYTE Parity;             // 校验方式
    BYTE StopBits;          // 停止位
    char XonChar;            // Xon 字符
    char XoffChar;           // Xoff 字符
    char ErrorChar;         // 错误替换字符
    char EofChar;           // 输入结束字符
    char EvtChar;           // 事件中断
    WORD wReserved1;        // 保留
} DCB;

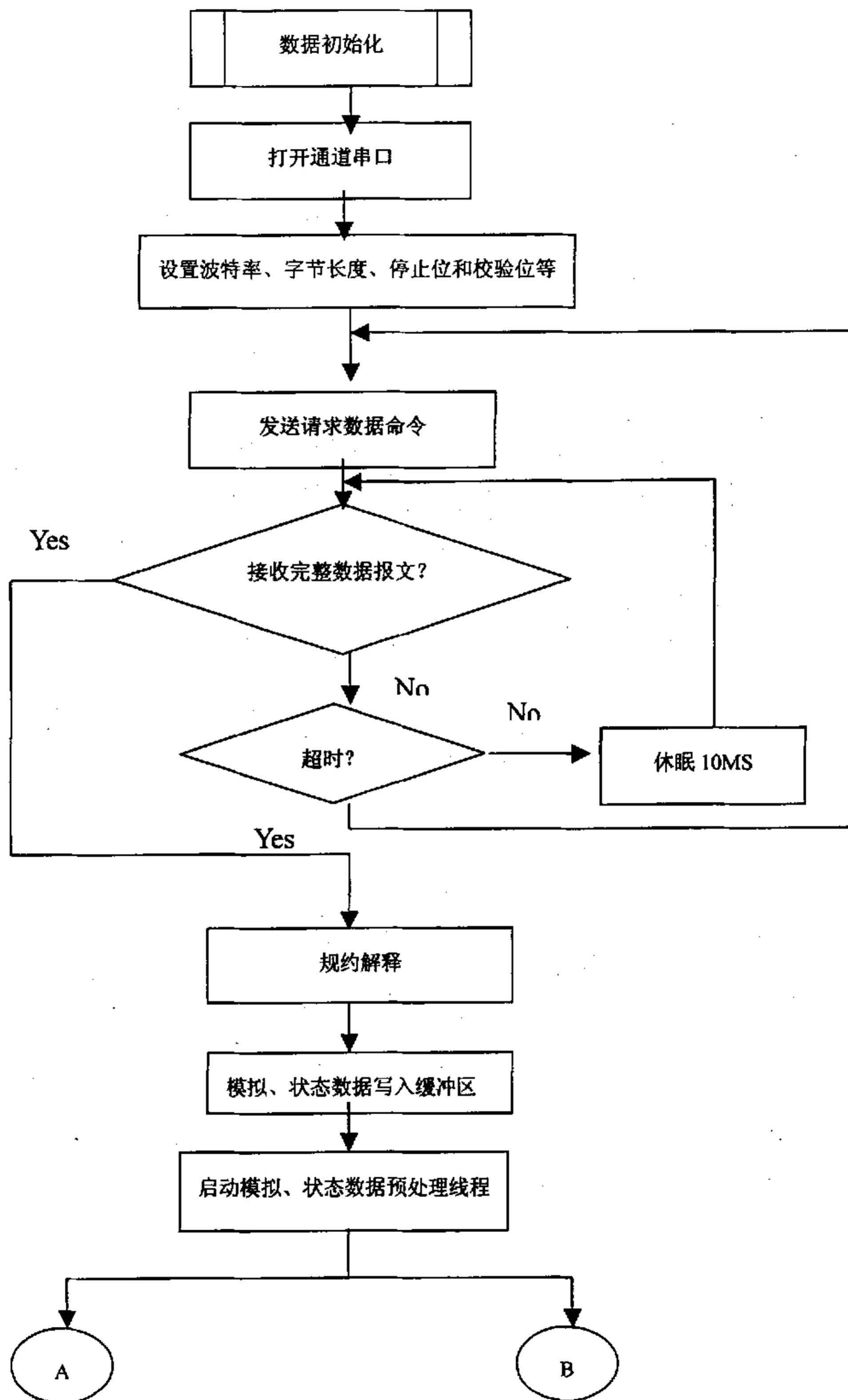
SetCommState( ComDev, &dcb )    设置 DCB 内容;

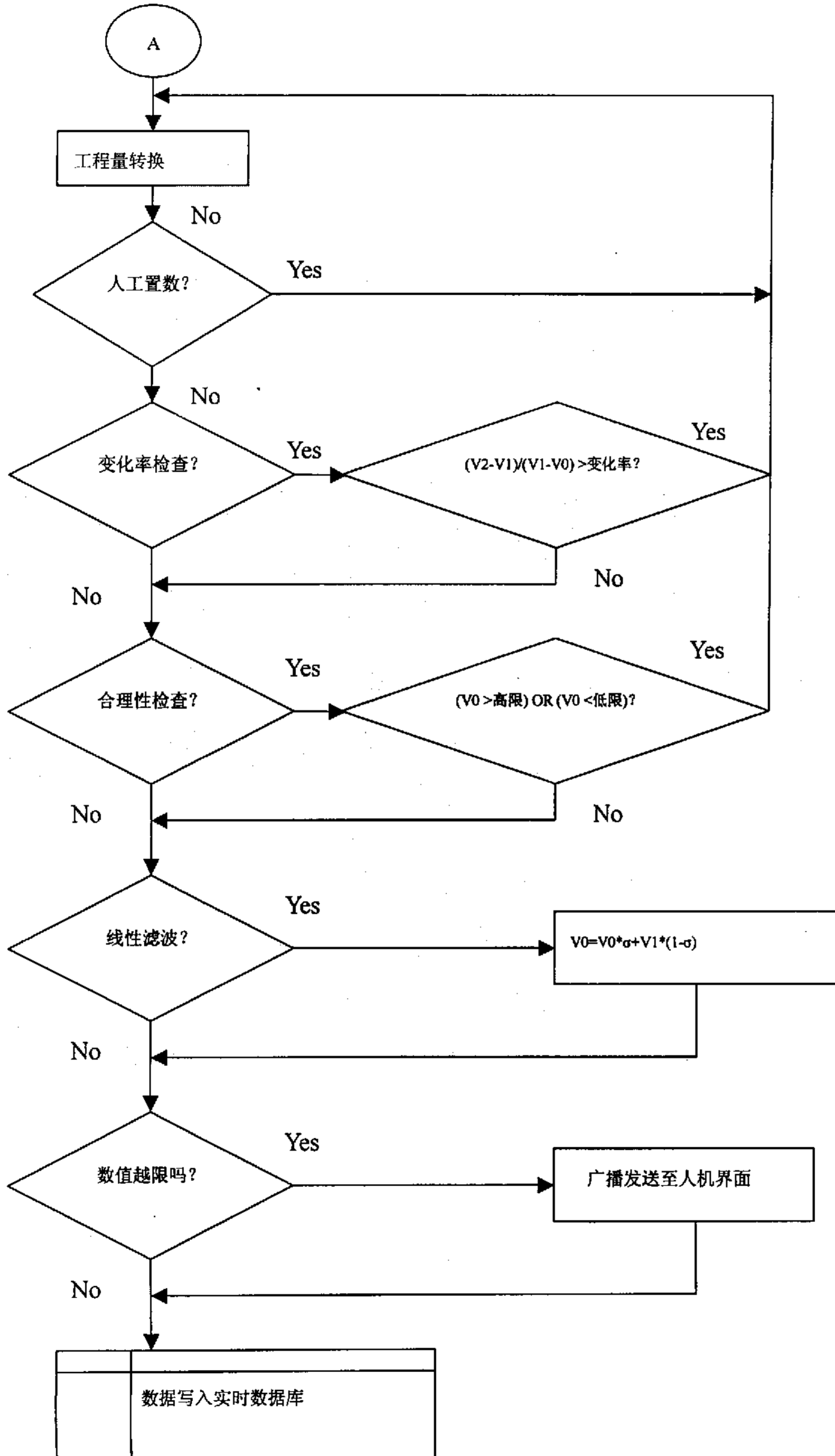
(2) 数据发送:  WriteFile(          ComDev,          lpszBlock,
dwBytesToWrite,&dwBytesWritten, NULL);

```


(3) 数据接收: ReadFile(ComDev, lpszBlock, dwLength, &dwLength, NULL)

以上是 Win32 串口通讯的具体编程资料, 下面以流程图如图 4.3 的方式介绍串行扫描管理和数据预处理的设计过程。





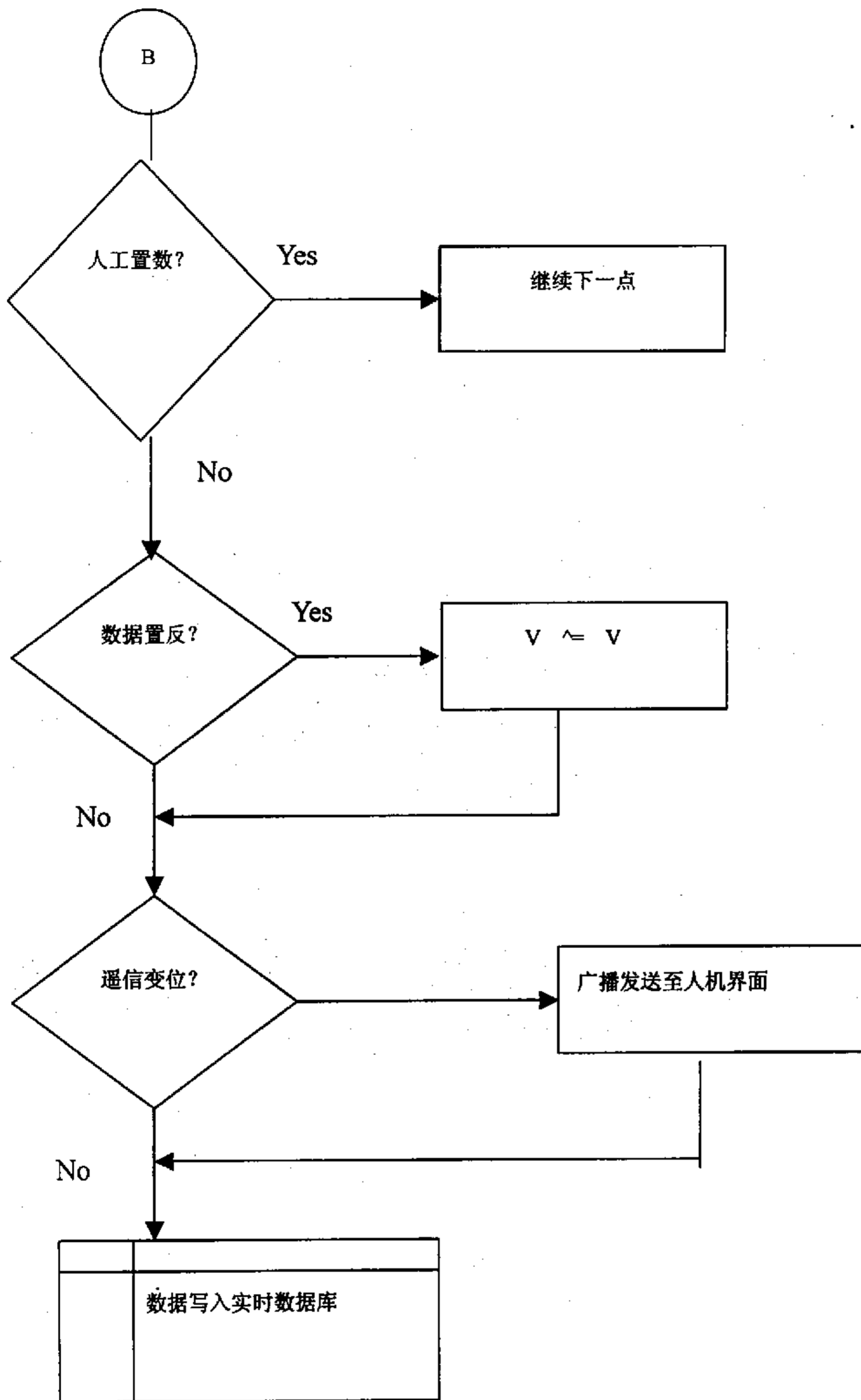


图 4.3 数据接受和预处理流程图

Fig 4.3 Data receiving & pro-process flow chart

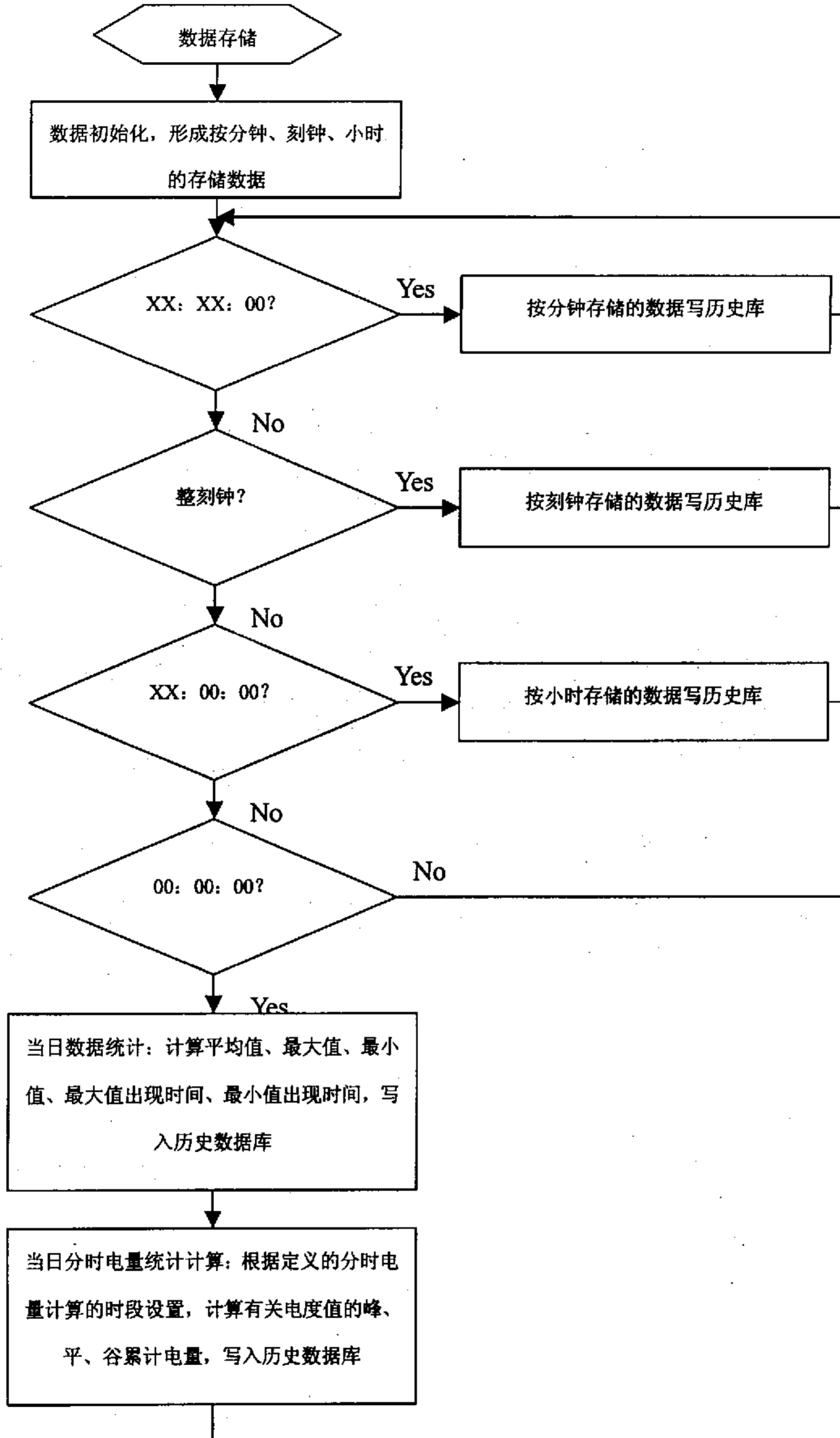
作为一个开放式的 SCADA 监控系统，随着接入智能设备的增加，数据采集进程有不断扩展设计的需求，因此通讯管理和规约数据解释一定要有很好的模块化结构，本系统针对每一种协议均生成一个单独的规约线程进行处理，在这个线程中包含串口的初始化、通讯的扫描管理、发送报文的组织、接收报文的解释、数据写入公用缓冲区等小模块，其中串口的初始化和写入公用缓冲区两部分设计为外部公用函数，供每一个规约线程调用，这样增加一个规约线程只要进行通讯扫描管理、发送报文组织、接收报文解释的程序设计即可。

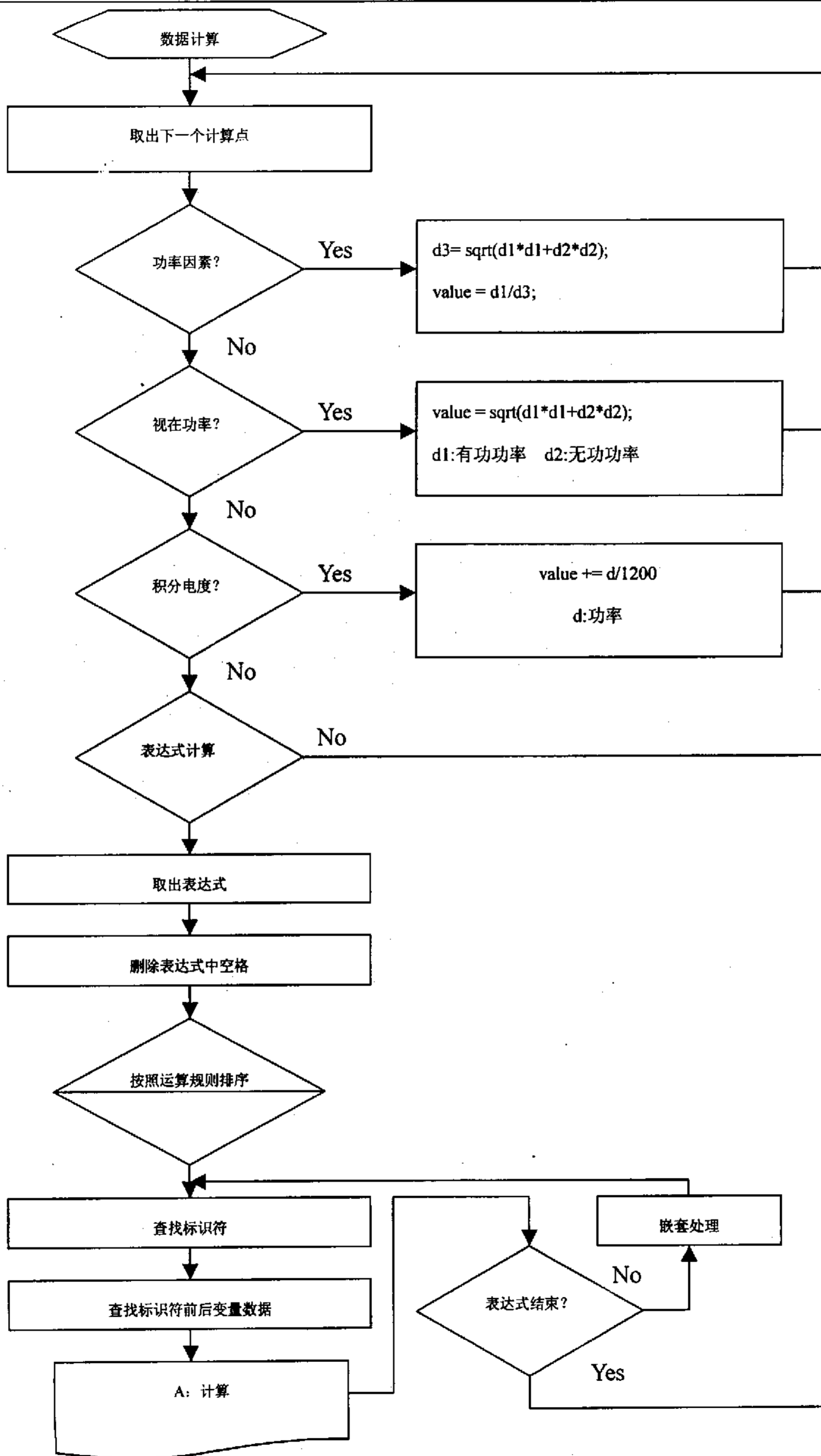
上图中 A、B 数据预处理部分也是以单独的线程存在，他们分别以设备为单位循环处理，规约线程对任何一台设备进行数据请求后马上将该设备的预处理标志置为“TRUE”，预处理线程检查到该标志后即对该设备数据进行处理，然后将标志置为“FALSE”，使规约线程和预处理线程既有序又同步地协作运行。

上面所介绍的线程均由主线程进行管理，系统启动时主线程读取工程数据库中关于通道、设备、测点的配置信息，形成公用数据变量，根据通道配置信息生成并启动相应的规约线程，然后生成并启动数据预处理线程，当主线程接收到工程数据库进行修改的信息时则首先将规约线程和数据预处理线程“挂起”，等重新读取相应数据库内容并更新数据缓冲区后再将“挂起”的线程“激活”，实现在线维护的功能。

4.4 数据处理

系统的数据处理完成包括数据计算、数据存储、数据转发、报表生成以及系统校时等功能，其中数据计算、数据存储应该是 SCADA 系统的基本功能，本系统的计算功能除满足典型运算外，还支持用户自定义计算表达式的功能，而数据存储也支持不同存储周期，下面介绍这两部分的设计流程如图 4.4 所示。





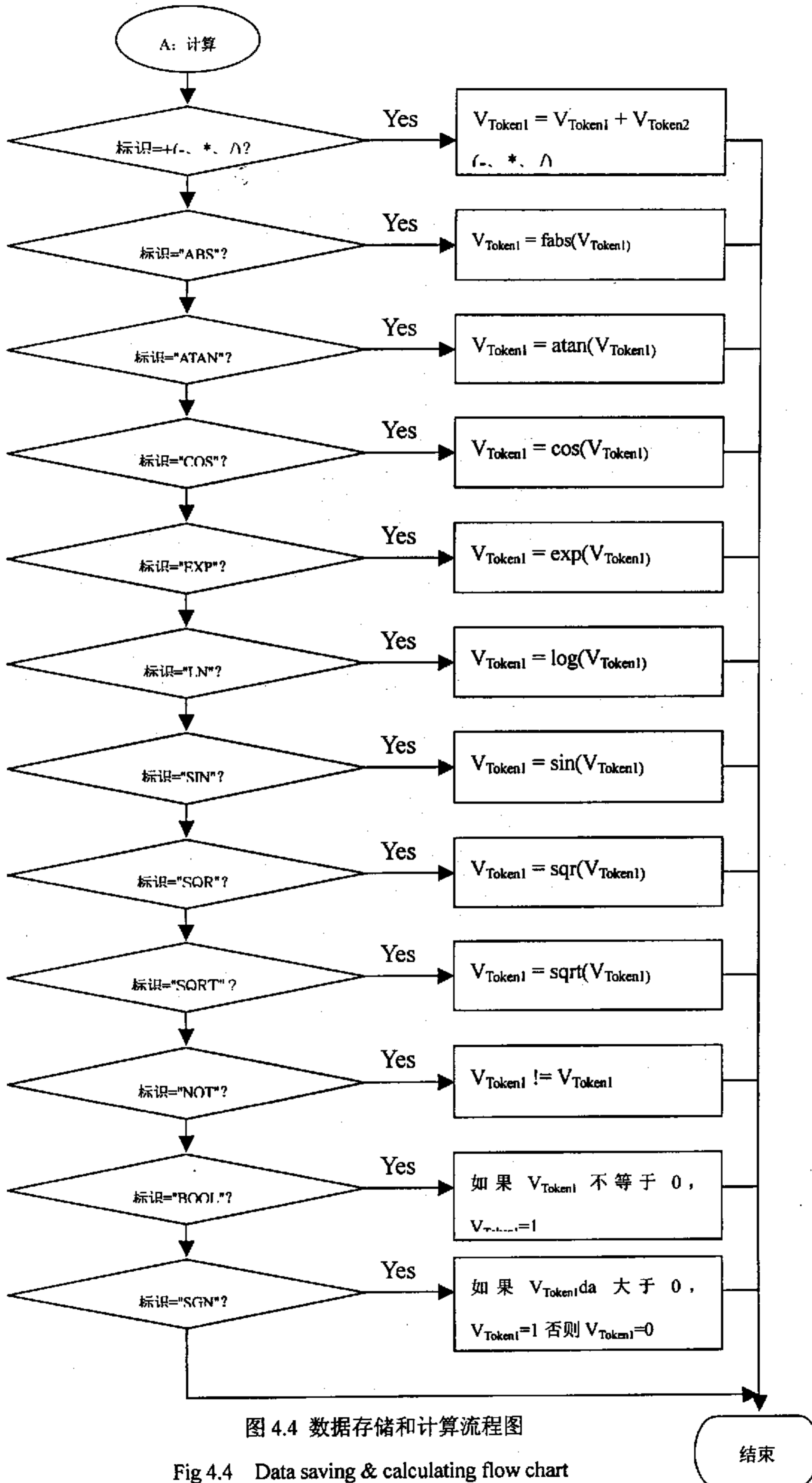


图 4.4 数据存储和计算流程图

Fig 4.4 Data saving & calculating flow chart

4.5 人机会话

人机会话进程包括监控画面、历史数据查询、历史事件查询、控制操作、通道监控、保护操作、PDR 数据查询和实时数据查询等许多内容，但除监控画面外绝大部分内容都是访问历史数据库和实时数据库，然后通过多文档的方式利用 Windows 公用列表控制显示，或者通过图表控件显示为棒图或曲线，由于篇幅的原因此处不再详细描述。

监控画面的设计则是面向对象编程的最典型的应用，监控画面中包括直线、直方框、圆方框、椭圆/圆、手工画线、字符/数字、线路、开关、刀闸、小车、位图、图表和动画均是相应对象的实例，程序的设计思想是针对每一种对象设计相应的对象类，通过文档管理的方式将系统监控画面序列化存储为监控文件。

监控画面打开时读取监控画面文件，将文件所定义的画面元素调入系统画面元素队列，在 Windows 视窗中按顺序刷新元素队列，同时定期更新实时数据，根据画面元素与实时数据的连接关系继续动态刷新。

根据以上设计原则，对象类的设计主要是对象属性确立是监控画面设计的基础：

```
class CDrawObj : public CObject
{
// Constructors
public:
    CDrawObj(const CRect& position); //构造画面元素实例
// Attributes
    CDrawDoc* m_pDocument; //相对应的文档管理类

// Operations
    virtual void Draw(CDC* pDC, CDrawView* pView); //画面元素的刷新
// Implementation

public:
    virtual void Serialize(CArchive& ar); //画面文件读写的序列化管理
// implementation data
```



```

public:
    CRect        m_position;    //画面元素在视窗中的区域
    BOOL        m_bAlarm;      //是否为报警状态
    BOOL        m_bFill;       //是否为填充色
    LOGPEN      m_logpen;      //画笔属性, 包括类型、宽度和颜色
    LOGBRUSH    m_logbrush;    //刷子属性, 包括类型、宽度和填充属性
    COLORREF    m_color;       //颜色
    LOGFONT     m_logfont;     //字体
    COLORREF    m_crText;      //静态文本颜色
    CString     m_szText;      //静态文本或测量点名字符串
    CString     m_szData;      //静态文本或测量点名字符串
    CString     m_szPict;      //静态文本连接画面名称
    int         m_iTextNum;    //测点序号
    int         m_iTextType;   //字符/数字类型 (0: 静态; 1: 遥测; 2: 脉冲; 3: 虚拟)

    // 线路变量
    int         m_iBusType;

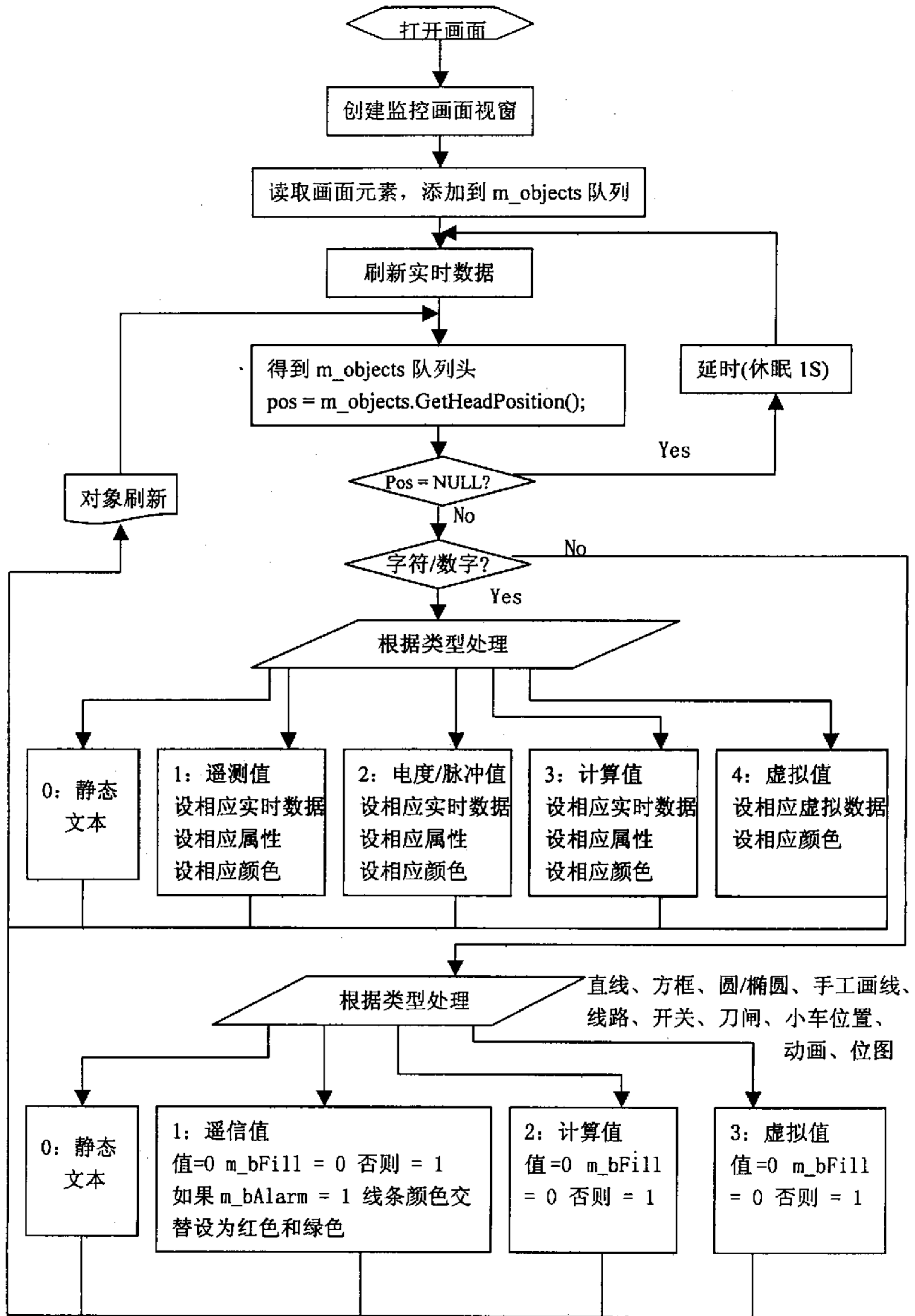
    // 位图文件
    CString     m_szFileName;
    HDIB        m_hDIB;
    CPalette*   m_palDIB;
    CSize       m_sizeDoc;
    BOOL        m_bNewFile;

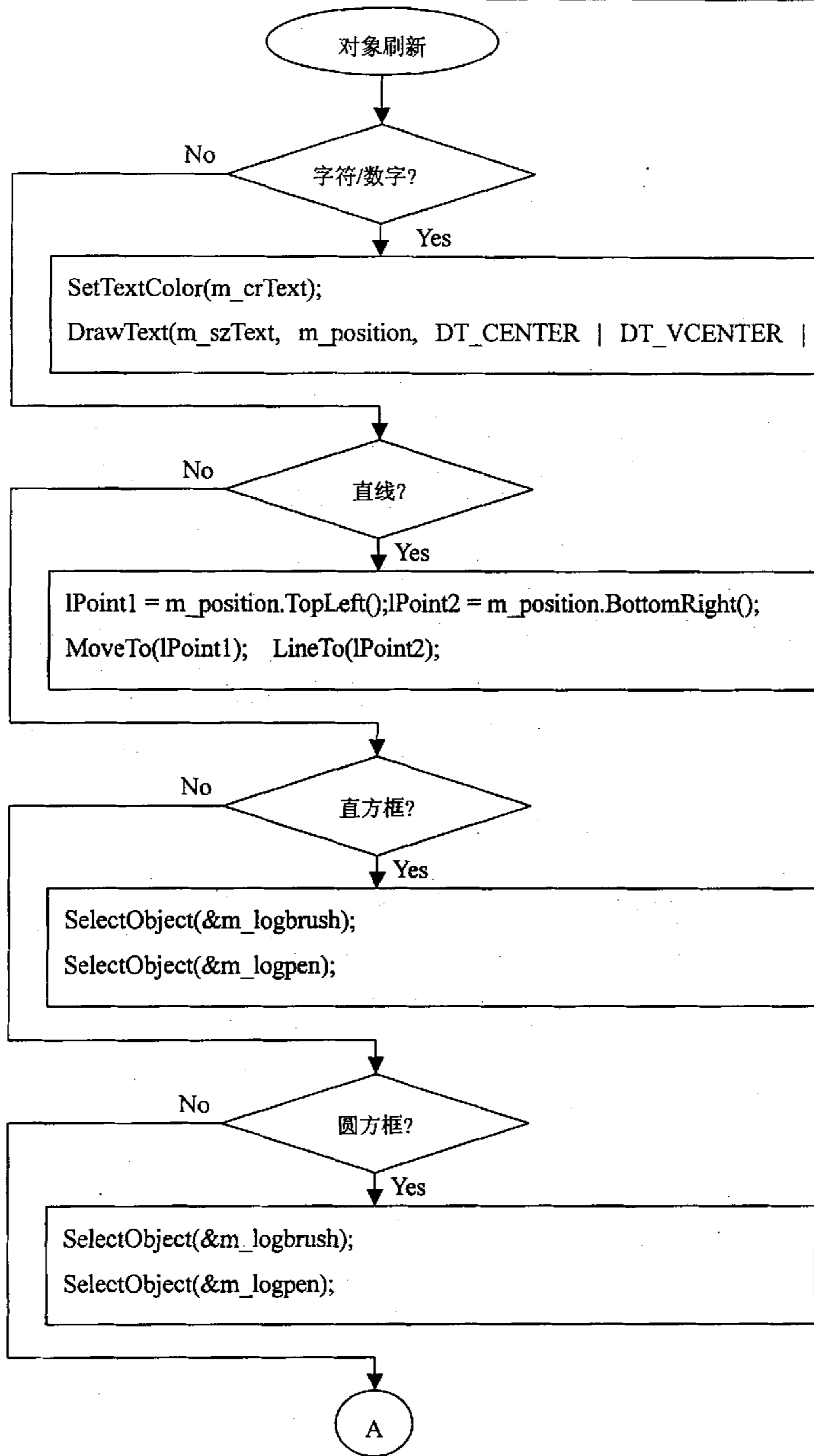
    // 图表内容
    ARY_CHART   ary_chart;
};

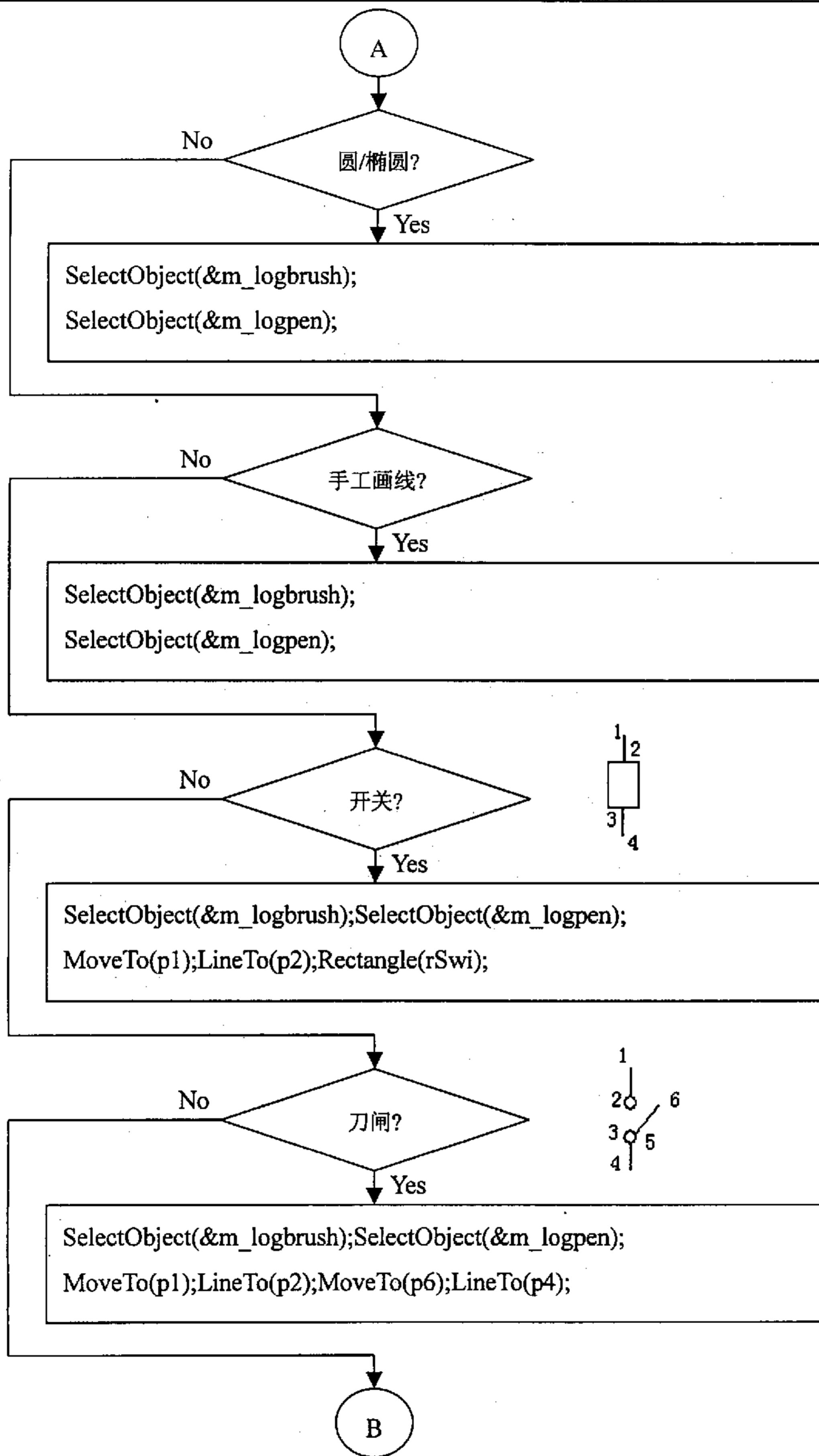
typedef CTypedPtrList<CObList, CDrawObj*> CDrawObjList; // 画面元素的队列

```

以下是监控画面显示部分的程序流程如图 4.5 所示:







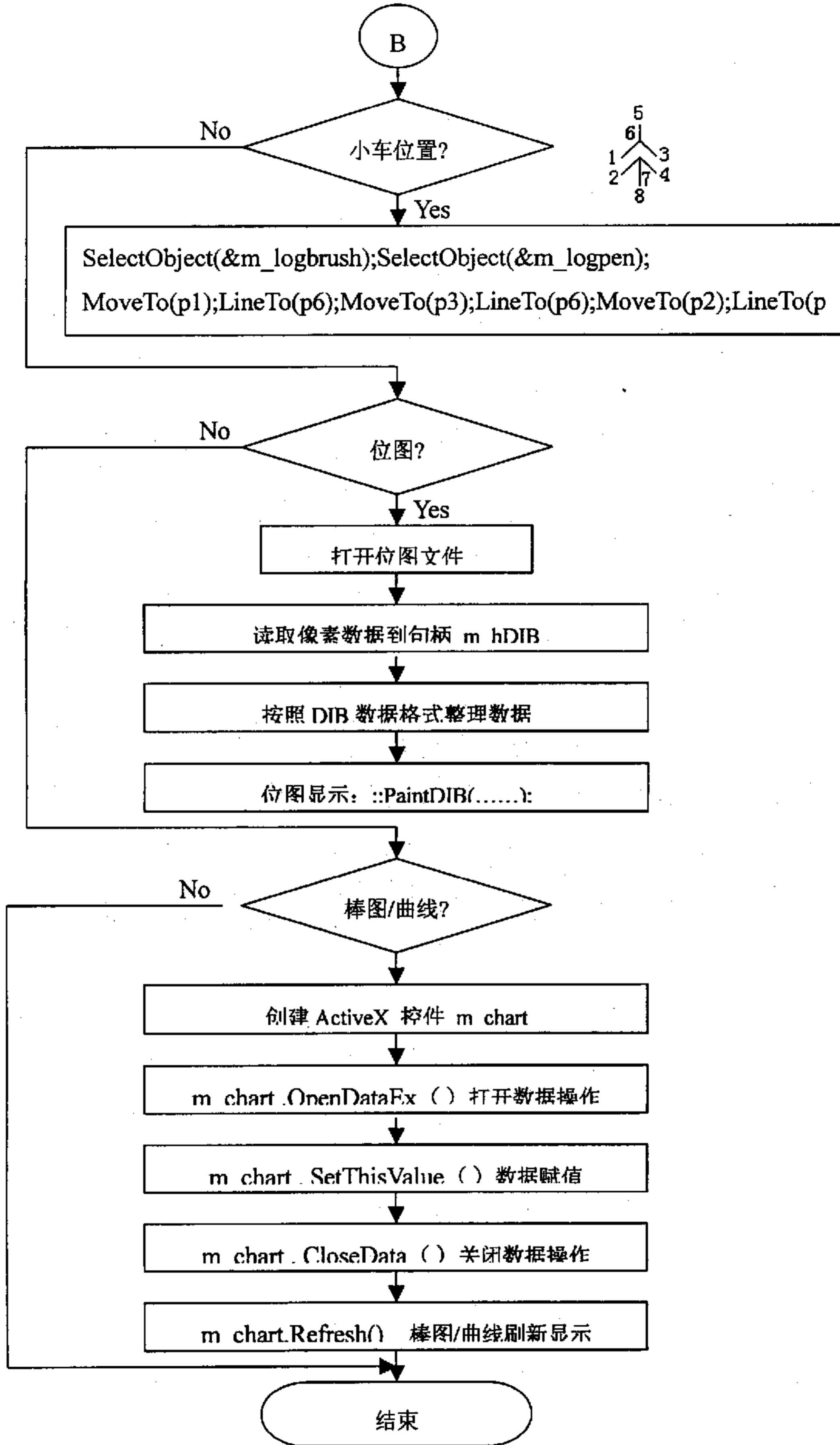


图 4.5 监控画面程序流程图

Fig 4.5 Flow chart of monitoring picture procedure

4.6 局域网络通讯

为了加强对供电系统的技术管理，实施有效的监控，使远方的调度人员和管理人员能及时看到变电站的运行状况，一般供电企业都建有调度自动化系统。该系统可以通过通讯网络，将变电站的实时信号或者远方操作功能传输到调度。动力厂一直没有建立调度自动化系统，管理水平比较落后，成为影响提高整体管理水平的一个瓶颈。在这次变电站自动化设计时，动力厂已经建立起了主要用于日常管理、信息传送的局域网络，这个网络是有一台服务器和多个交换机构成，全厂的 80 多台计算机都实现了联网。为了充分发挥这个网络的优势，设计时将南定变电站的自动化系统连接到局域网上，并时时上传信号，局域网上的所有用户，只要获得授权均可以获取南定变电站上传的时时信号，提高了管理水平。其上传局域网络的程序框图如图 4.6 所示

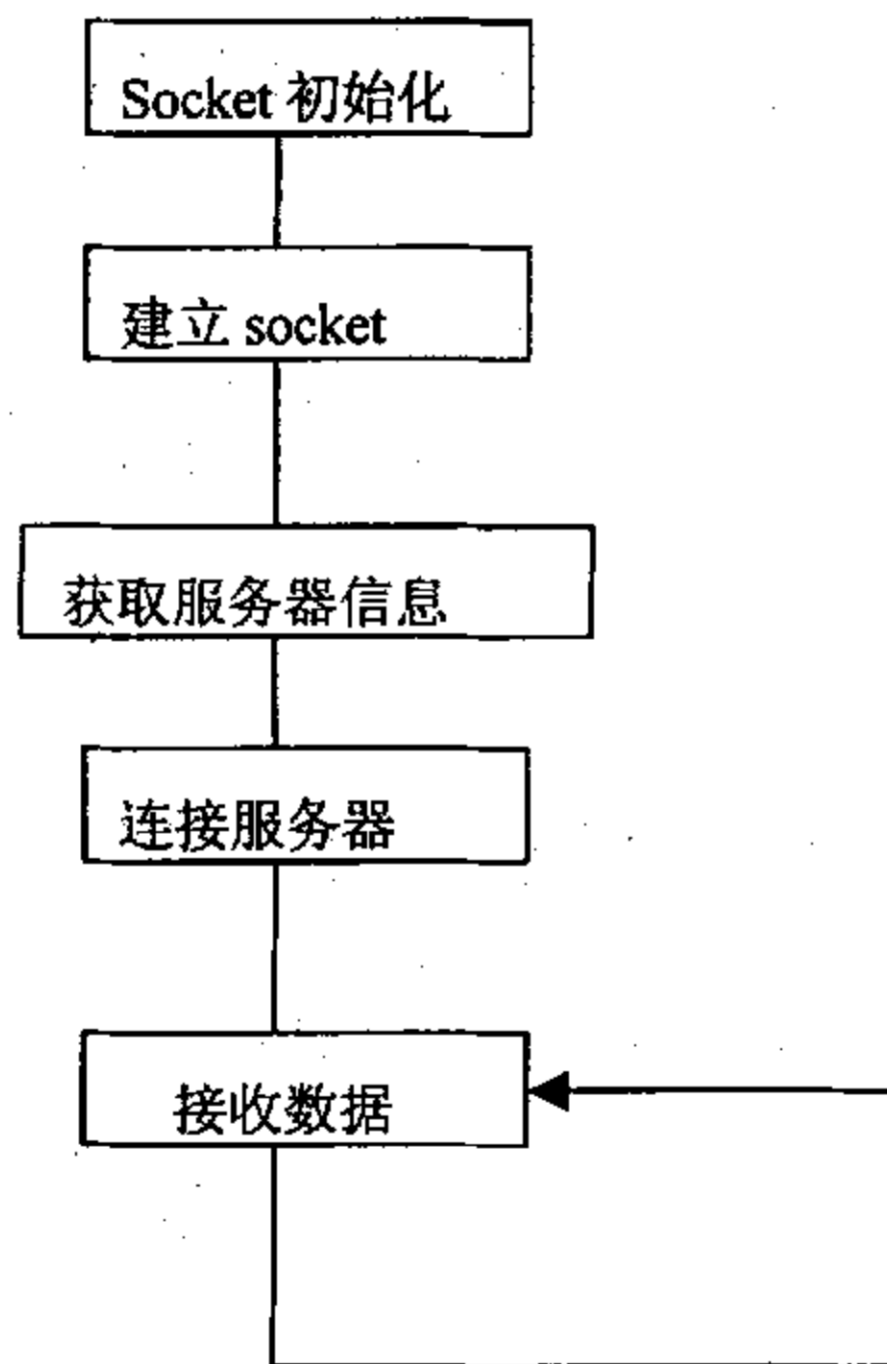


图 4.6 网络通讯程序框图

Fig 4.6 Network communication procedure diagrams

第五章 变电站自动化系统监控 软件操作流程

在设计变电站自动化系统中，值班员实现了对变电站实时运行的设备情况、生产数据、开关跳合和事故报警的远方监视，对历史数据、历史事件和事故追忆参数的查阅，同时对远方设备进行控制操作，以上类型的监控操作均通过“值班员工作台”完成，本章即对上述监控操作进行尽可能的详细说明。

系统启动后，即进入“值班员工作台”系统，如图 5.1 所示：

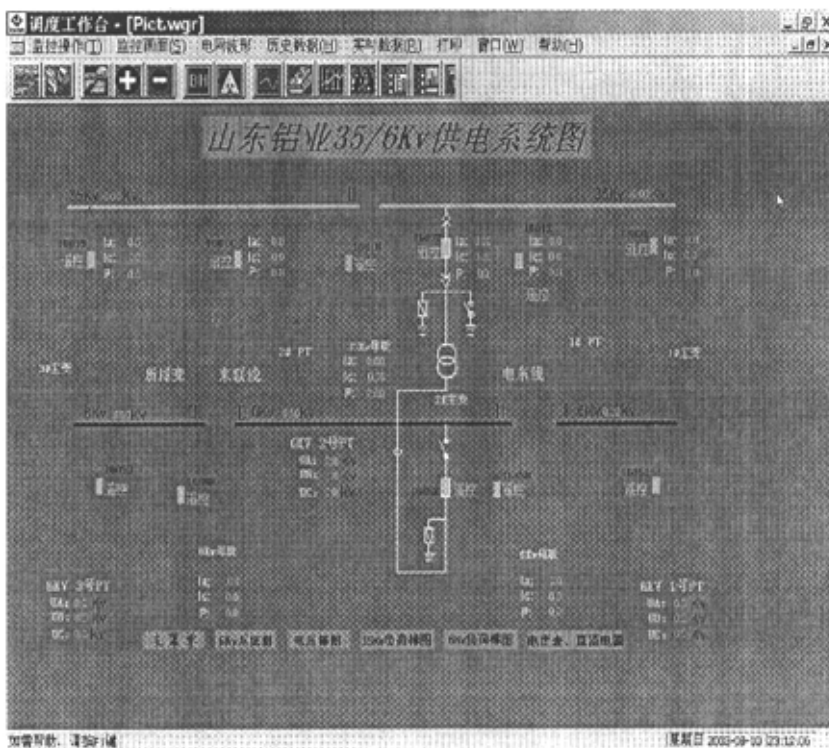


图 5.1 值班员工作台主系统图

Fig 5.1 The main system picture of the platform of staff on duty

5.1 系统监控功能

电力系统监控画面是调度员及企业管理人员对实时信息进行监控的主要手段，在监控画面中可以监视变电站的主接线图、设备运行状态表、各种参数、各

种纪录、各种状态、各种二维/三维实时图表等信息。

5.1.1 画面调用

(1)功能描述

调出监控画面，并将监控画面置为当前活动窗口。

(2)操作方式

在工具条栏点击监控画面就可以调入系统监控画面，如图 5.2 所示画面窗口可以最大化、最小化、还原，也可以与其他窗口横向、纵向和层叠排列；



图 5.2 监控画面

Fig.5.2 Supervisory feature

本次设计的监控画面编辑显示符合开放式的结构要求，所有的画面格式、画面对象、画面层次是根据变电站的具体特点事先编辑生成，正常情况下一般人员不可更改；但如果现场需要，可以根据登入者的权限，在监控画面中，用鼠标点击“文本对象”或者“线路对象”、“开关对象”、“刀闸对象”、“位图对象”和“动画对象”，对有关数据的属性参数进行在线修改；

5.1.2 画面缩放

(1)功能描述：将当前层次的监控画面进行整体的放大或缩小，系统支持按比例缩放和无级缩放两种方式。

(2)操作方式

按照如图 5.3 所示操作方式选择“比例缩放”，系统将弹出如图 5.4 所示的比例选择窗口，您可以在下拉列表框任意选择 25%~400%之间的缩放比例，按“确定”按钮后画面即自动按照该比例进行缩放；

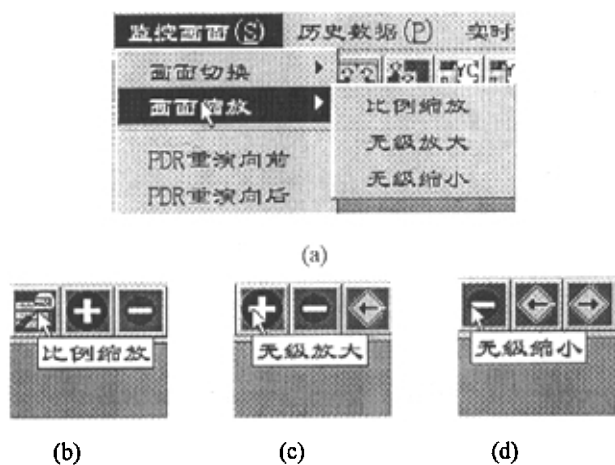


图 5.3 画面缩放图例
(a)菜单 (b) (c) (d)工具条

Fig. 5.3 Feature zoom
(a) Menu (b) (c) (d) Tool bars

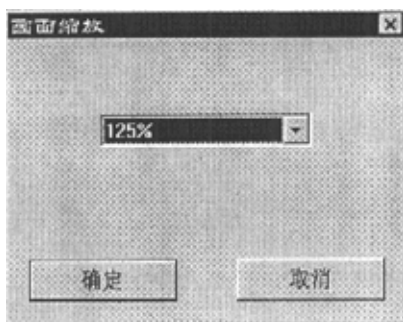


图 5.4 比例缩放窗口
Fig. 5.4 Scale zoom window

5.1.3 画面切换

(1)功能描述

将监控画面切换到您所关心的其他画面，系统提供动态菜单、动态对象和热键等多种切换手段供您选择使用。

(2)操作方式 操作方式如图 5.5 所示：



图 5.5 画面切换图

Fig 5.5 chart of switching picture

系统采用动态菜单的技术，在操作界面中选择画面切换，可以看到由画面编辑时定义的各层次画面名称组成的二级菜单，其中有“☑”符号表示当前画面，在此菜单中则可以方便地选择切换到其他画面；功能键 F1~F12 直接按键完成，F13~F16 通过 Shif + F3~F6 完成；画面切换到其他文件时，由于需要将该文件从磁盘动态装入系统，因而将视文件大小切换时间在两秒左右，其他的切换瞬间即可完成。

5.2 通信及设备监控

(1)功能描述

“通信及设备监控”用来显示远动设备和通信通道的实时通讯状态，并且可以对远动设备的扫描管理进行启动/停止等操作。。

(2)操作方式 操作方式如图 5.6 所示。



图 5.6 通道监控窗口

(a)菜单 (b)图标

Fig.5.6 Channel Supervisory window

(a)menu (b) tool bars

(3)操作说明

通过上述菜单或图标即可以直接调出“通信及设备监控”窗口，如图 5.7 所示：

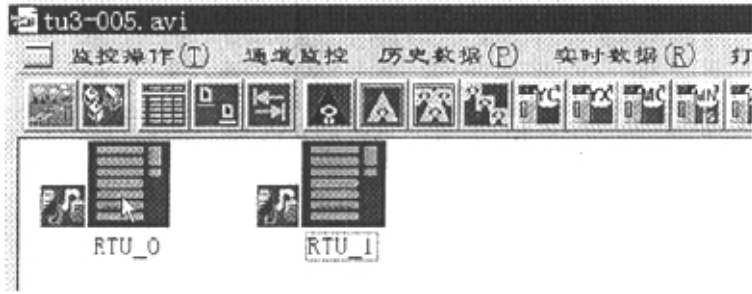


图 5.7 通信及设备监控窗口

Fig.5.7 Communication and equipment Supervisory window

(4)窗口切换

通过如图 5.8 所示的菜单或工具条即可很方便地在详细资料列表窗口和设备图标窗口之间切换。

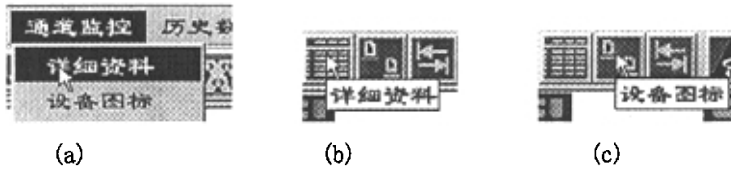


图 5.8 切换窗口

(a)菜单 (b)、(c)工具条

Fig.5.8 Shift window

(a) menu (b)、(c) tool bars

(5)调整宽度

通过如图 5.9 所示的菜单或工具条可以将详细资料列表的列宽根据实际显示内容调整到最合适的宽度。

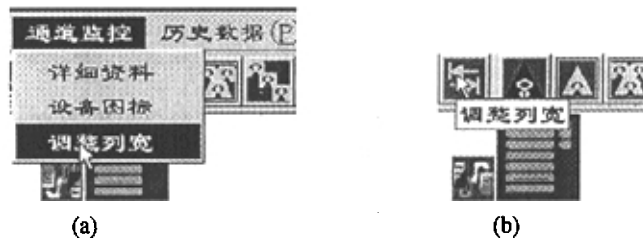


图 5.9 调整宽度窗口

(a)菜单 (b)工具条

Fig.5.9 Width adjust window

(a) menu (b) tool bars

(6)启动/停止扫描

系统支持对任意一台远动装置的扫描通信进行启动和停止等操作，在详细资料列表窗口中的对应行或设备图标窗口中的对应图标点击鼠标左键，系统将根据该通道扫描管理的状态弹出如图 5.10 所示的相应窗口：

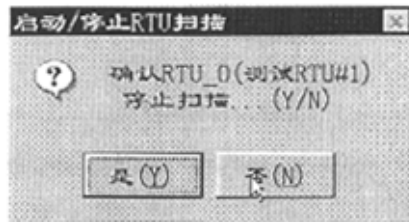


图 5.10 启动停止扫描窗口

Fig.5.10 Start-up and stop scan window

选择“是（Y）”执行该操作，选择“否（N）”取消该操作。

(7)注意事项

(a) 执行“启动/停止扫描”操作需要具备“通道监控”的权限；

(b) “启动/停止扫描”是通过前置数采机进行的，因此须在前置机正常运行时才可有效地执行该操作。

5.3 遥控操作

(1)功能描述

进行远方控制，用来将站端的开关、刀闸等可控设备合上或拉开，系统支持直接控制、远方控制方式，同时还具有“五防防误”逻辑判断、设备状态判断及对象状态判断等功能。

(2)操作方式：通过如图 5.11 所示窗口，可以实现直接和远方控制切换。



图 5.11 直接控制远方控制切换窗口

Fig.5.11 Shift window of direct control and remote control

(3)遥控操作窗口

可以通过工具条调出“遥控操作窗口”，也可以在监控画面中单击具有遥控属性的文本对象弹出该窗口，窗口如图 5.12 所示：

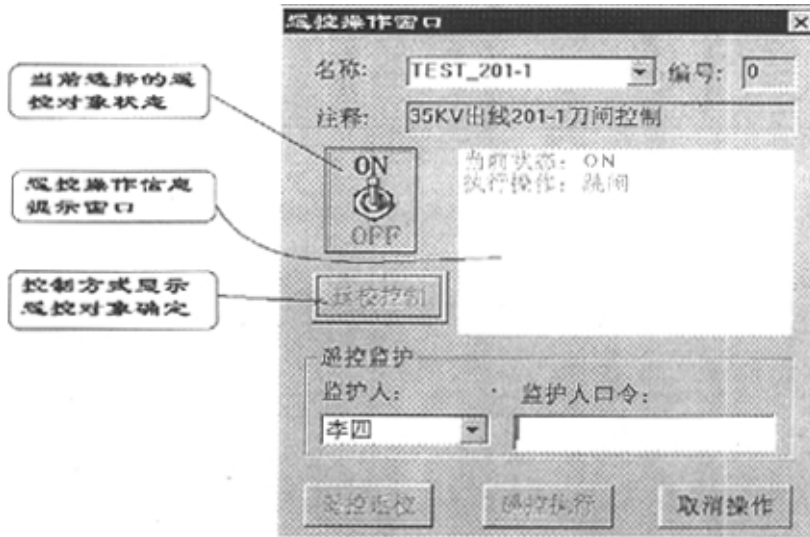


图 5.12 遥控操作窗口图

Fig 5.12 Remote control windows chart

(4)遥控操作步骤

(a) 在“名称”列表框选择所要进行操作的遥控对象。

(b) 窗口中“**注释: 35KV出线201-1刀闸控制**”为对该对象的描述。

(c)窗口中“**ON**”或“**OFF**”表示当前选择的遥控对象状态，同时在“遥控操作信息提示窗口”也对当前的状态以及可进行的操作有详细的判断描述。

(d)窗口中控制方式按钮为“**遥控控制**”，只起方式显示的作用。

◆在“监护人”列表框选择遥控监护人。

◆在“监护人口令”编辑框输入监护人口令，如果口令输入正确，遥控执行

按钮由非使能状态“**遥控执行**”变为使能状态“**遥控执行**”。

◆按下遥控执行按钮，执行命令送往站端运动装置，如果执行失败，则在“遥控操作信息提示窗口”显示“遥控执行失败”；如果执行超时，则在“遥控操作信息提示窗口”显示“遥控执行超时”；如果执行命令的规约信息正确，则在“遥控操作信息提示窗口”显示“遥控执行继电器动作”；如果对应遥信测点发生相应跳变，则在“遥控操作信息提示窗口”显示“遥控执行成功”。

◆单击“取消操作”可以撤消以前操作并退出遥控操作窗口。

(5)五防防误逻辑判断

对于属于“五防防误”范畴内误操作，系统将作出正确的判断，弹出如图 5.13 所示的各种类型的消息框，对操作者提出警示或者拒绝操作：

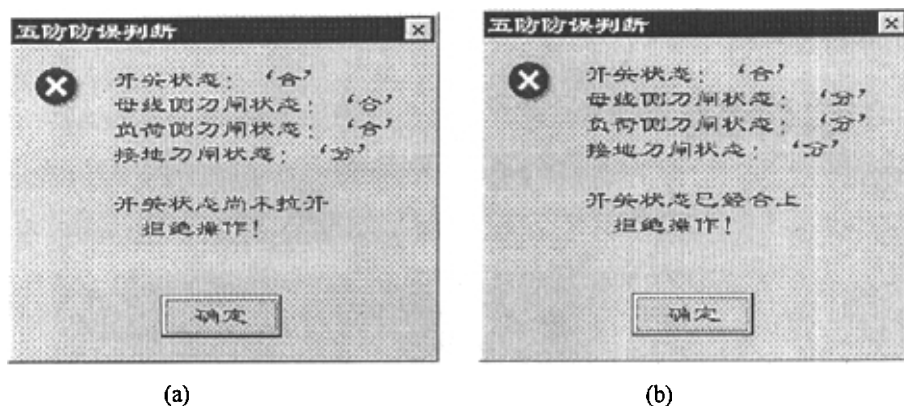


图 5.13 操作错误提示窗口

Fig.5.13 Error operation window

(6)设备状态判断

当遥控对象处于各种不可控的状态时，如果仍要进行操作，系统将根据具体情况弹出如下所示的各种消息框，提出警示并且拒绝操作，如图 5.14 所示：

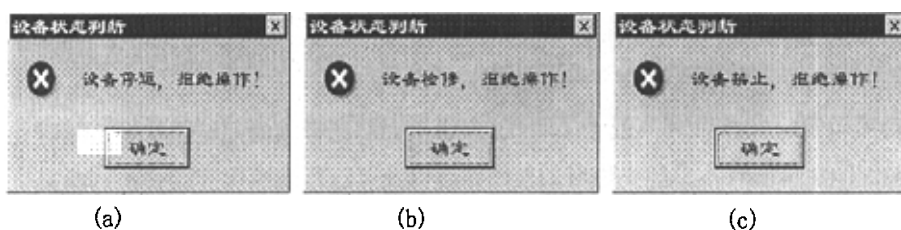


图 5.14 设备状态提示窗口

Fig. 5.14 Equipement state.express window

5.4 历史数据

5.4.1 历史数据查询

(1)功能描述

系统可以将遥测、电度及模拟计算等数值以合适的周期进行存储，用来对这些数据进行查询、统计和分析，同时考虑到设备故障等异常情况的发生，需要对

历史存储数据进行编辑修改，因此系统提供了历史数据编辑修改的手段。

(2)操作方式 操作方式如图 5.15 所示。

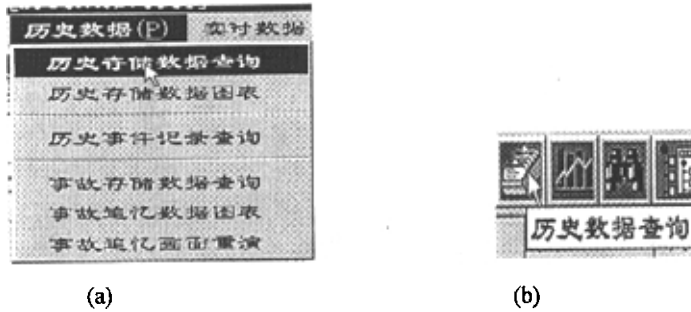


图 5.15 历史数据查询窗口

(a)菜单 (b)工具条

Fig 5.15 History data demand window

(a)menu (b)tool bars

(3)操作说明

历史数据以分割列表视窗的方式显示，显示风格完全相同于 Windows 窗口风格，按照如图 5.15 所示菜单、工具条可以打开如图 5.16 所示的“历史数据查询浏览”界面，通过对话框可以很方便地选择要查询的历史数据。

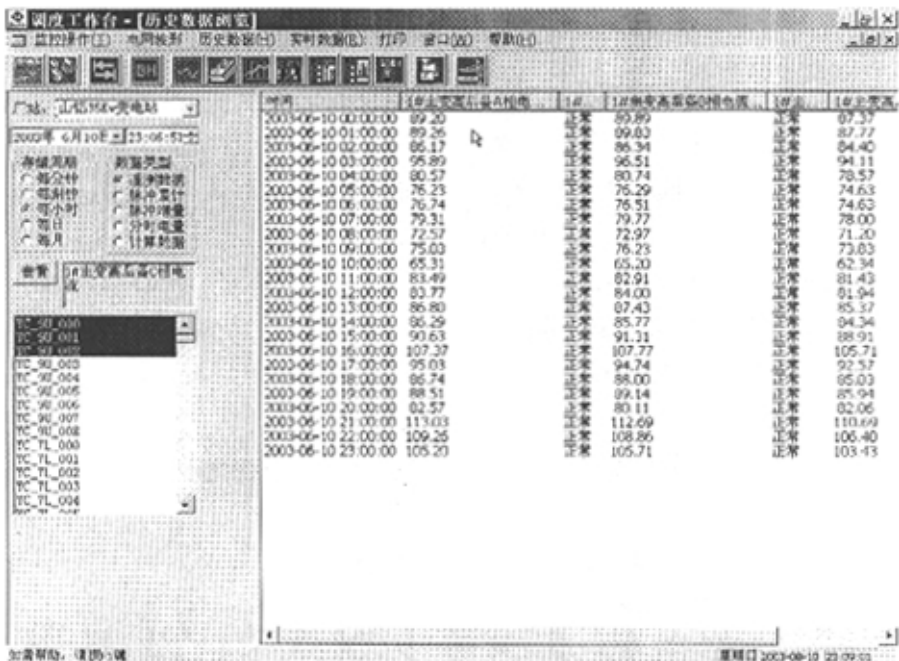


图 5.16 历史数据窗口

Fig5.16 Historical data windows

需要说明的一点是，对于同时选中进行显示查看的数据个数，系统允许最大值为 64；

5.4.2 历史数据图表

(1)功能描述

历史数据图表将遥测、电度等数据以图表的形式进行查询、统计和分析，特别适合于对一组相关联的数据进行变化趋势的比较，图表的包括区域图、条形图、棒图、折线图、点图、饼图、平滑折线图及 XY 散点图等类型，操作员可以随意地改变图表类型。

(2)操作方式



图 5.17 历史数据图表查询窗口

(a)菜单 (b)工具条

Fig 5.17 History data and figure demand window

(a)menu (b)tool bars


(3)操作说明


历史数据图表同样以分割视窗的方式显示，按照如图 5.17 所示菜单、工具条可以打开“历史数据图表窗口”，窗口如图 5.18 所示：

(4)图表显示操作

图表显示区域分为工具条、图表元素、图表标注一和图表标注二等四部分组成：

(a) 工具条：用来改变图表类型和显示方式等内容。

“”：区域图选择开关；

“”：条形图选择开关；

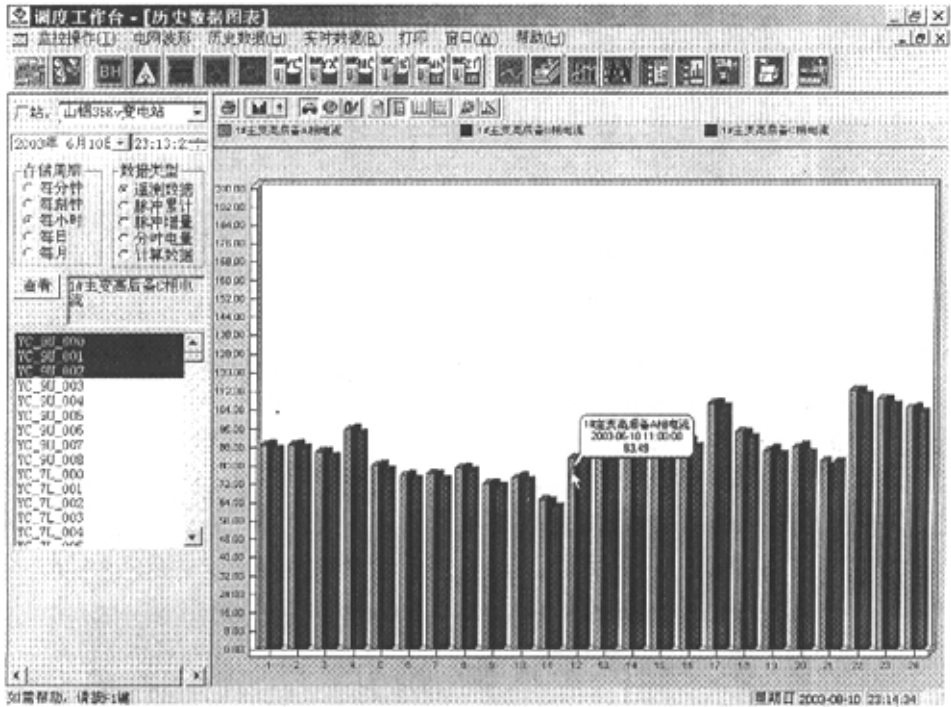
















图 5.18 历史数据图表

Fig 5.18 Historical data charts

- “”：棒图选择开关；
- “”：折线图选择开关；
- “”：点图选择开关；
- “”：饼图选择开关；
- “”：平滑折线图选择开关；
- “”：XY 散点图选择开关；
- “”：股价图选择开关，可以方便地显示在一定时间段的第一点值、最后一点值、最大值和最小值等内容；

- “”：二维/三维图表选择开关；
- “”：改变三维图表显示角度；
- “”：三维立体重叠/并排放置选择开关；
- “”：图表标注显示/隐藏选择开关；
- “”：纵向网格显示/隐藏选择开关；
- “”：横向网格显示/隐藏选择开关；
- “”：改变图表的其他显示选项设置，在如图 5.19 的编辑窗口进行操作；

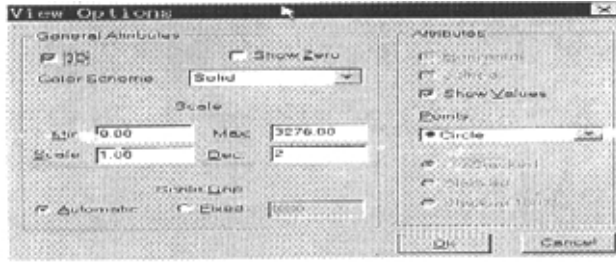


图 5.19 改变图表编辑窗口

Fig. 5.19 Chart edit window

3D: 是否三维图表;

Show Zero: 是否显示最小值;

Color Scheme:颜色调色板可选彩色实心、单色条纹和彩色条纹;

Min: Y 轴最小值;

Max: Y 轴最大值;

Scale: Y 轴最大值;

Dec: 小数点位数;


Automatic/fixed: Y 轴标值可选自动/固定输入方式;

Horizontal: 图表水平显示;

Joined: 相邻棒图完全相连;

Show Value:实时显示数值;

Point:点、线图关键点可选圆、三角形、长方形、小圆柱、长方体和动态;

“” : 将图表在打印机输出;

(b) 图表元素: 显示具体数据点的特性, 鼠标双击某一数据可以弹出浮动文本窗口, 详细描述该历史数据的各种属性和数值。

(c) 图表标注一: 对于选中的一组数据配合图表元素的颜色进行详细描述。

(d) 图表标注二: 对于历史数据发生存储的准确时间进行描述。

5.4.3 PDR 数据画面

(1)功能描述

当站内有事故发生时, 系统可以将事故点的所有定义相关参数, 在事故发生前 10 帧、后 20 帧数据变化情况进行详细的记录, PDR 数据则根据各种条件方便地检索、显示和打印所关心的相关数据或棒图、曲线。

(2)操作方式 操作方式如图 5.20 所示。

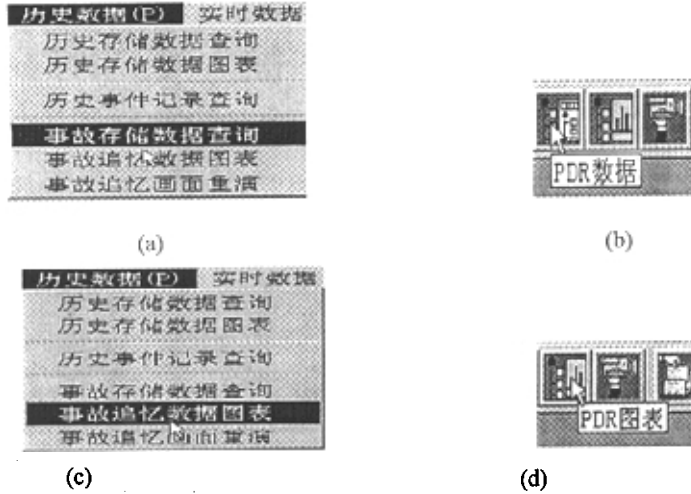


图 5.20 事故追忆窗口

(a)(c) 菜单 (b)(d) 工具条

Fig. 5.20 Accident recollection window

(a)(c)menu (b)(d)tool bars

(3)操作说明

通过菜单、工具条调出“PDR 数据图表”“PDR 数据曲线图”，如图 5.21、5.22 所示。

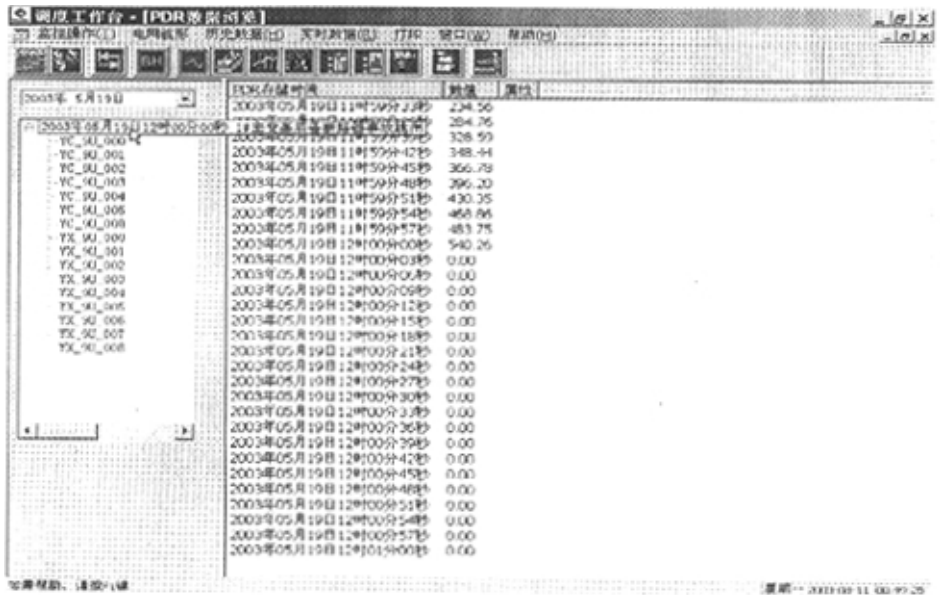


图 5.21 PDR 数据图表

Fig 5.21 PDR data chart

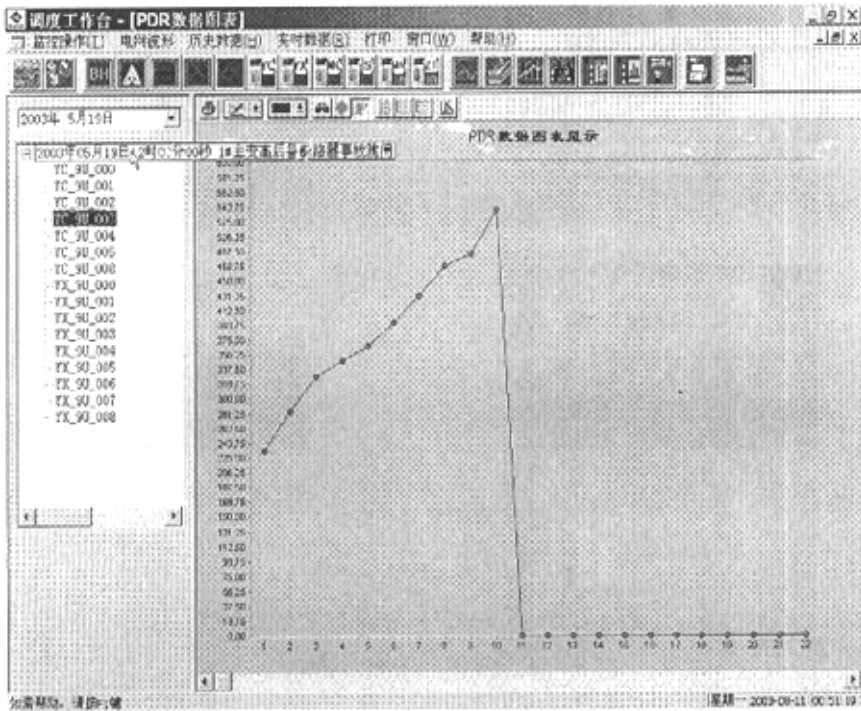


图 5.22 PDR 数据曲线图

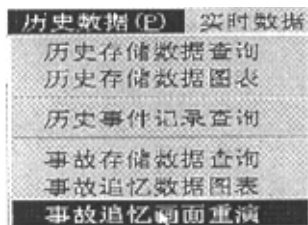
Fig 5.22 PDR data curve chart

5.4.4 事故画面重演

(1)功能描述

当站内有事故发生时，通过 PDR 图表查询事故记录。

(2)操作方式 操作方式如图 5.23 所示。



(a)



(b)

图 5.23 事故重演窗口

(a) 菜单 (b) 工具条

Fig.5.23 Accident review window

(a) menu (b) tool bars

(3)操作说明

通过菜单、工具条调出“PDR 数据图表”，图表窗口如图 5.24 所示：

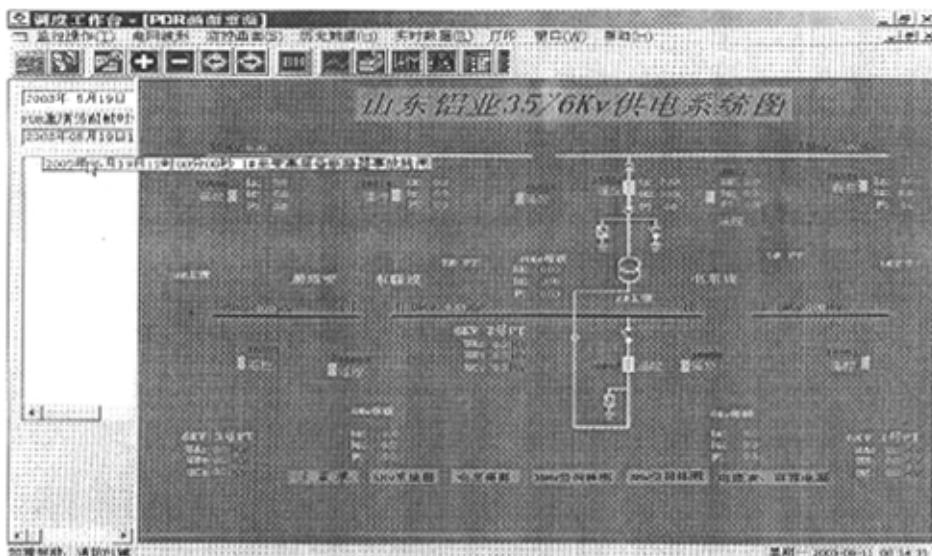




图 5.24 事故追忆画面

Fig 5.24 Picture of recollecting accidents

(4)注意事项

- (a) 重演画面只显示事故相关点的数值、状态。
- (b) 通过主菜单工具条“’和“’进行前后帧的翻滚。

5.4.5 实时数据一览表

(1)功能描述

以列表的方式查看显示实时数据。

(2)操作方式 操作方式如图 5.25 所示



图 5.25 实时数据窗口

(a) 菜单 (b) 工具条

Fig.5.25 Real time data window for

(a)menu (b)tool bars

(3)操作说明

通过菜单、工具条调出“实时数据一览表”，窗口如图 5.26 所示：

名称	地址	单位	描述	值	属性
1	0	VC_5A1_000	1#主变高压侧中性点电压	0.00	失败
2	1	VC_5A1_001	1#主变高压侧中性点电压	0.00	失败
3	2	VC_5A1_002	1#主变高压侧中性点电压	0.00	失败
4	3	VC_5A1_003	1#主变高压侧中性点电压	0.00	失败
5	4	VC_5A1_004	1#主变高压侧中性点电压	0.00	失败
6	5	VC_5A1_005	1#主变高压侧中性点电压	0.00	失败
7	6	VC_5A1_006	1#主变高压侧中性点电压	0.00	失败
8	7	VC_5A1_007	1#主变高压侧中性点电压	0.00	失败
9	8	VC_5A1_008	1#主变高压侧中性点电压	0.00	失败
10	9	VC_5A1_009	1#主变高压侧中性点电压	0.00	失败
11	10	VC_5A1_010	1#主变高压侧中性点电压	0.00	失败
12	11	VC_5A1_011	1#主变高压侧中性点电压	0.00	失败
13	12	VC_5A1_012	1#主变高压侧中性点电压	0.00	失败
14	13	VC_5A1_013	1#主变高压侧中性点电压	0.00	失败
15	14	VC_5A1_014	1#主变高压侧中性点电压	0.00	失败
16	15	VC_5A1_015	1#主变高压侧中性点电压	0.00	失败
17	16	VC_5A1_016	1#主变高压侧中性点电压	0.00	失败
18	17	VC_5A1_017	1#主变高压侧中性点电压	0.00	失败
19	18	VC_10kV_000	2#主变10kV侧中性点电压	0.00	失败
20	19	VC_10kV_001	2#主变10kV侧中性点电压	0.00	失败
21	20	VC_10kV_002	2#主变10kV侧中性点电压	0.00	失败
22	21	VC_10kV_003	2#主变10kV侧中性点电压	0.00	失败
23	22	VC_10kV_004	2#主变10kV侧中性点电压	0.00	失败
24	23	VC_10kV_005	2#主变10kV侧中性点电压	0.00	失败
25	24	VC_10kV_006	2#主变10kV侧中性点电压	0.00	失败
26	25	VC_10kV_007	2#主变10kV侧中性点电压	0.00	失败
27	26	VC_10kV_008	2#主变10kV侧中性点电压	0.00	失败
28	27	VC_10kV_009	2#主变10kV侧中性点电压	0.00	失败
29	28	VC_10kV_010	2#主变10kV侧中性点电压	0.00	失败
30	29	VC_10kV_011	2#主变10kV侧中性点电压	0.00	失败
31	30	VC_10kV_012	2#主变10kV侧中性点电压	0.00	失败

图 5.26 实时数据一览表

Fig 5.26 Real-time data tables

第六章 结论及建议

6.1 结论

系统是在 2002 年 4 月份开始安装调试, 经过一个多月的努力, 变电站在 2002 年 6 月份投入运行, 同时变电站的自动化系统也投入运行。由于是动力厂第一次设计使用, 在投运初期发现了一些问题, 经过多方讨论、研究、咨询, 不断地修改参数, 最终使设备运转正常。投入运行以来因设备原因造成了几起事故, 各保护装置动作准确, 反映灵敏, 给技术人员的现场分析、判断带来很大帮助, 供电可靠性得到了较大的提高, 赢得了生产单位的好评。本变电站自动化系统的设计, 从运行的实际效果来看, 可以得出以下结论:

(1) 微机保护单元设计合理, 实现了测量、控制、保护等功能的一体化, 可靠性高。

(2) 系统结构设计合理, 解决了变电站二次系统存在的一些薄弱环节, 去掉了繁琐的仪表屏、操作屏等设备, 实现了二次功能的综合化和结构的微机化。

(3) 值班人员能够通过 CRT 屏幕对运行情况进行有效的监控。

(4) 实现了系统的在线自诊断。

(5) 实现了系统的历史数据记忆功能, 可以方便的查询, 为故障的分析提供了依据。

(6) 通过与动力厂现有的局域网的连接, 实现了调度人员和技术管理人员对变电站运行情况的远方监控。

通过这次变电站自动化技术改造的设计学习, 丰富了计算机控制技术的知识, 掌握了变电站自动化系统的设计方法和技术手段。2002 年底动力厂为了解决因为改制带来的人员减少的问题, 决定对水泥一配进行自动化改造。在取得这次设计经验的基础上, 采用了老站改造的系统结构模式, 同时实现了与局域网的连接, 有效的提高了动力厂的管理水平。

6.2 建议

总结这次设计经验, 以及系统运行中出现的问题, 建议在今后的系统设计中采取以下改进措施:

(1) 微机保护单元是整个系统能否可靠运行的关键，其性能的稳定是很重要的，内部元件的选择必须要保证质量的可靠，充分考虑到现场的运行环境带来的影响。

(2) 由于选用了微机保护，其灵敏度很高，但是系统上经常出现一些瞬间的扰动，这些扰动不会对系统的安全运行带来影响，因此系统不应对其做出处理和反应，避免造成错误的分析。

(3) 由于系统与局域网实现了连接，因此应充分的注意网络病毒对系统的影响，采取一定的技术措施，使得病毒不能感染正常的自动化系统。

(4) 加强对运行值班人员业务学习的管理，使他们对该系统的知识有较深的了解，同时应设计一个网关，使得操作系统不能运行任何未经授权的程序，避免通过驱动感染病毒。

参 考 文 献

1. 刘键等,《配电自动化系统》[M],北京:中国水利电力出版社,1998年。
2. 陈远春等,《电力系统自动化控制技术标准规范与操作管理实务全书》[M],北京:电子工业出版社,2002年6月。
3. 杨奇逊,变电站综合自动化技术发展主导趋势[J],《电力系统自动化》,1995年。
4. 杨泽羽,变电站自动化系统技术发展主导趋向[J],《电力系统自动化》1997年。
5. 张少华,陈卫中,何卫,微机保护信息的采集、处理和传递[J],《电网技术》,1998年。
6. 姜为,戴彦,赵舫,等,微机保护信息综合处理系统[J],《中国电力》,1998年。
7. 贺家里,电力系统继电保护技术的现状与发展,因特网。
8. 杨奇逊,《微型机继电保护基础》[M],北京:水利电力出版社,1988年。
9. 王梅义,《高压电网继电保护运行技术》[M],北京:电力工业出版社,1981年。
10. HeJiali, ZhangYuanhui, YangNianei. NewTypePowerLineCarrierRelaying Systemwith Directional Comparison for EHV Transmission Lines. IEEE Transactions PAS—• 103, 1984(2)
11. 戴学安,微机继电保护原理及技术[J],电力部南京自动化研究所,1994年3月。
12. 隋风海,微机继电保护基础,电力部南京自动化研究所微机继电保护新技术培训教材,1993。
13. 王明俊,发展中的配电系统自动化[J],《电力自动化设备》,1999年19(3)。
14. 刘英杰,供、用电网综合自动化监控、诊断系统技术讲座,中国企业管理培训中心教材,2000 2。
15. 珠海万力达电气有限公司,微机保护、自动装置调度/综合自动化系统产品

- 汇编, 2002 2。
16. 柯宏力等,《信息网络技术与企业信息化》[M],北京:北京邮电大学出版社,2000 年 11 月。
 17. 邓亚平,《计算机网络》[M],北京:北京邮电大学出版社,1999 年。
 18. 谢希仁,《计算机网络(第三版)》[M],大连:大连理工大学出版社,2000 年。
 19. 郭军,《通信网的管理与控制》[M],北京:北京邮电大学出版社,1998 年。
 20. 岑贤道等,《网络管理协议及应用开发》[M],北京:清华大学出版社,1998 年。
 21. 山东省计算机应用能力考核办公室,《计算机应用中级教程》,2000。
 22. 北京博彦科技发展有限责任公司编译,《WindowsNT 网络管理教程》[M],北京:清华大学出版社,2000。
 23. [美]Ronald D. Reeves 李路译,《基于 Windows2000 的 C++ / C#程序员指南》[M],科学出版社,2002 年。
 24. 四川省电力工业局,四川省电力教育协会编,《变电所自动化技术和无人值班》[M],中国电力出版社,1998 年。
 25. 聂江龙,《配电自动化系统中的通信系统》,因特网。
 26. 李营,《继电保护信息网络实践与设想》,因特网。
 27. 王保根,吴战江,李彦民,吉凤岗,《配电网管理信息系统的设计》,因特网。
 28. 谭文恕,《关于配电自动化系统的传输规约》,因特网。
 29. 陈前芝,刘琴,《电力企业局域网的安全管理》,因特网。
 30. 王明俊,《继电保护的信息技术》,因特网。
 31. 康华光,《电子技术基础》[M],北京:高等教育出版社,1980 年 1 月。
 32. 向利民,《mcs-51/96 系列单片及应用系统配置与接口技术》[M],北京:航空航天大学出版社,1990 年 4 月。
 33. 沈得全,《mcs-51 系列单片机接口电路应用程序控制实例》[M],北京:航空航天大学出版社,1990 年 4 月。
 34. 薛钧义等,《mcs-51/96 系列单片微型计算机及其应用》[M],西安:西安交通大学出版社,1990 年 6 月。
 35. 徐用等,《微型机在控制中的应用》[M],北京:清华大学出版社,1989 年 6

- 月。
36. 潘新民,《微型计算机控制技术》[M],北京:人民邮电出版社,1988年3月。
 37. 黄一天,《微型计算机控制技术》[M],北京:机械工业出版社,1988年6月。
 38. 钱宗宇,《微机通讯技术》[M],成都:电子科技大学出版社,1992年9月。
 39. 伊彦芝,《C语言高级教程》[M],北京:清华大学出版社,1991年10月。
 40. 丁恩杰等,微机监控系统抗干扰方法研究与设计,《煤矿自动化》[J],1999年第3期。
 41. 宋占华,微型计算机应用系统的抗干扰设计[J],《电子自动化》,1998年第6期。
 42. 刘伯强等,单片机控制系统中的算法的处理与应用[J],《电气自动化》,2000年第2期。
 43. 周林富,模拟信号光藕离方法及应用分析[J],《工业仪表与自动化装置》,1999年第6期。
 44. 刘伯春等,分布式微机数据采集系统[J],《自动化仪表》,2000年第3期。
 45. 鲍海燕,计算机总线[J],《计算机应用》,1998年第4期。
 46. 何克忠,郝恩等,《计算机控制系统分析与设计》[M],北京:清华大学出版社,1988年。
 47. 刘豹,《现代控制理论》[M],北京:机械工业出版社,1983年。
 48. 胡家耀,赵亚军,《现代控制理论基础》[M],北京:轻工业出版社,1990年。
 49. Clothill.J.R, Gokcen.N.A, Morral.J.E, computerizal Metallurgical Database[J], Warrendale, pa: ALME, 1998.
 50. George Blickley. PID Tunning without The Math, Control Engineering[J], VOL37NO.2 Feb 1990:17-18.

致 谢

本论文的全部工作都是在导师刘杰教授的精心指导下完成的，字里行间都凝聚着导师的心血。导师的亲切教导和严谨的学风以及渊博的只是将使我收益终生。论文能够顺利完成是与导师对论文工作的全过程所给与的全面的具体的指导分不开的。

在改造设计期间，得到了本次设计改造课题组的其他同志，特别是万利达公司王跃跃总工程师的多方指导和热心帮助，还得到高级工程师王士钊的指导与帮助，在设备的安装调试期间还得到了变电站技术人员的帮助。

值此，我谨向支持、关心和帮助我的导师，向其他同志致以崇高的敬意和诚挚的谢意。