

山东大学硕士学位论文

摘要

随着用电量的增加,供电质量成为人们日益关注的焦点。用电质量的好坏可以通过对低压配电变压器的运行状态进行监测,而目前对配变的监测自动化程度不高,个别地方出现配变超负荷运行,甚至出现配变爆炸的事故,有些地方出现剪线、偷电的现象,由于负荷没有得到预测,事故没有得到及时报告,因此造成停电时间长等不利于居民生活的后果,同时也给供电公司带来不必要的损失。

本文首先介绍了国内外配网自动化的发展,分析了建立配电监测能量管理系统的基本条件,重点分析了配电监测系统的发展、指导思想和目标、功能要求及其主要内容,并探讨了开发本系统的必要性。

然后,结合配电网的具体特点和计算机技术的最新成果,阐述了有关配电监测系统开发的策略、原则,提出了采用分布式系统建设配电监测系统的方法,用面向对象方法建构子系统,最后将该思想推广至整个应用系统。通过详尽的现场调研和需求分析,给出了配电监测系统的总体设计目标,并根据配电网的现状进行了系统的划分。根据现场的实际情况和具体要求,在与用户充分交流的基础上,明确了系统的主要功能,并进行了系统及数据库的设计和优化。

最后,全面介绍了根据上述理论开发的实际系统从需求分析、系统目标的确定到数据库设计、功能流程实现的全过程,自始至终贯彻着分布式系统的开发方法和 Client / Server 方式的设计思路。

配变综合监测及能量管理系统可以形成一个相对独立的自动化系统,它上可以对配电 SCADA 系统形成补充,下可以作为配电管理系统、用户服务系统等的数据共享资源。实践证明该系统功能完善,使用方便,完全满足实际需求,可进一步提高供电企业的管理水平。

关键词:配电网 配电监测 分布式系统 客户/服务器

山东大学硕士学位论文

ABSTRACT

As the increase of the power consumption, power supply quality becomes the focus that people pay close attention to day by day. The quality of power supply can be decided by monitoring the operation state of the low-voltage distribution voltage transformer. But the monitoring automatic degree is not high at present, some places the transformer is overload, some places the accident of exploding has happened, some places present the phenomenon of cutting the line and sneaking current. Because the power consumption is not forecasted, accidents cannot be reported in time. It leads to a power failure and unnecessary losses of the power supply company.

Firstly, this thesis explains the development、objective、function、content of distribution network automation system. and the necessity of exploiting the power monitoring and energy management system, as well as the construction、function and the design of this system is put forward.

Secondly, combined with the feature of distribution network management and operation of power supply enterprise, this thesis proposes the tactics、principle、objective for developing the power monitoring and energy management system. On the basis of the latest achievements of computer technology, a distributed system method to construct the power monitoring and energy management system for distribution network is presented, the main functions of systems are summarized by discussing with the users many times, the system and database are also designed and optimized.

Lastly, a practical system developed based on the theory mentioned above is introduced, from requirement analysis、deciding the system objective to database design、function realization, embodying the system integration tactic、Client/Server design approach.

The power monitoring and energy management system may become a independent automation system. It can take shape and supplement to the distribution SCADA system, and make the data shared resource that can be regarded as the distribution administrative system, user service system, etc. Practice has proved that the system should be with perfect function, easy to use, has totally satisfied the actual demand, and it can improve the management level of the power supply enterprise further.

KEYWORD: Distribution Network
Power Monitoring
Distributed System Method
Client/Server

原创性声明

本人郑重声明：所呈交的学位论文，是本人在导师的指导下，独立进行研究所取得的成果。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科研成果。对本文的研究作出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本声明的法律责任由本人承担。

论文作者签名：田道宏 日期：2004.9.20

关于学位论文使用授权的声明

本人完全了解山东大学有关保留、使用学位论文的规定，同意学校保留或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；本人授权山东大学可以将本学位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、缩印或其他复制手段保存论文和汇编本学位论文。

(保密论文在解密后应遵守此规定)

论文作者签名：田道宏 导师签名：梁军 日期：2004.9.20

山东大学硕士学位论文

引言

目前,我国电力系统正在进行运营机制的改革,市场化运营机制的引入将对整个电力系统资源优化配置、节能增效、降低成本、提高服务意识等产生巨大的推动作用。

在电力系统各个环节中,配电系统直接面向用户,配电系统的运营将最终引入市场竞争机制,而对于各供电公司来讲,目前最重要的工作,就是要全面提升自己参与市场竞争的能力,既要降低经营成本,提高劳动生产率,又要保证供电质量,提高服务水平。要实现上述目标,必须要以提高配电系统自动化水平作为基础。完整的配电自动化系统称为 DMS (配电管理系统),我国近几年也正在研究、开发和实施配电自动化系统。应该看到,要全面实现配电系统自动化,对于我国的国情来讲,是不切实际的,因为我们一方面要考虑投资效益,还要考虑我国配电系统的基础。

实际上, DMS 是非常复杂而庞大的系统工程,它包含很多内容,从配电运行、配电维护、配电管理到用户服务,全部都属于 DMS 的范畴,我们应该采用系统的思想方法,既要全面统一规划和设计 DMS 系统的结构,综合利用各种资源(包括数据、通信、软硬件等),避免形成很多孤岛自动化系统,避免重复投资和浪费,又要合理地将系统划分为多个不同功能的子系统,分期分阶段实施各个子系统,以其达到可预期的最好的结果。

分析我国配电系统现状,最薄弱的环节在什么地方呢?应该是缺乏对众多配变运行状态的监控,系统运行功率因数低,无法精确计算配电网的能量损耗,不能进行经营指标的在线统计考核分析,在供、配、售环节上存在配电环节的断层,不能满足营销实现自动化的要求。由于没有实现配变的电量集抄,不能实现自动的分线考核、分台区考核,生成标准的行业用电分类,跟踪分析电力市场的动态,靠人工的抄表核算,效率底,准确度不高,同时配电变压器量大面广,安装情况十分复杂,运行情况千变万化,经常出现低压侧负荷严重不平衡、过负荷烧毁变压器、功率因数底、电压合格率低等情况,配电变压器运行情况不能得到有效的监视;对安全运行、业扩报装、电网改造形成了一定的影响。

因此,配变综合监测及能量管理,是供电公司迫切需要的,能够解决实际问题的系统。该系统旨在对配电网分布运行的配电变压器的运行状态进行综合监测,并实现综合无功优化控制,同时实现对各负荷点的能量采集,以便精确进行配网网损分析,经济指标在线统计考核等。

山东大学硕士学位论文

配变综合监测及能量管理系统可以形成一个相对独立的自动化系统，它上可以对配电 SCADA 系统形成补充，下可以作为配电管理系统、用户服务系统等的数据共享资源。

山东大学硕士学位论文

1. 绪论

1.1 配电网及其特点

配电网通常是指电力系统中二次降压变电所低压侧直接或降压后向用户供电的网络，它由架空线或电缆配电线路、配电所或者柱上降压变压器直接接入用户所构成。从体系结构上，配电网可分作辐射状网、树状网和环状网。

配电网的特点是：深入城市中心和居民密集点，传输功率和距离一般不大，供电容量、用户性质、供电质量和可靠性要求千差万别，各不相同。这一点就决定了配电网自动监控方面的难度。

1.2 配电自动化及其意义

配电自动化系统（Distribution Automation System，简称 DAS）是一种可以使配电企业在远方以实时方式监视、协调和操作配电设备的自动化系统。其内容包括配电网数据采集和监控（SCADA）、配电地理信息系统（GIS）和需方管理（DSM）几个部分。配电网数据采集和监控（SCADA）包括配网进线监视、配电变电站自动化、馈线自动化、配变巡检及低压无功补偿。

配电自动化的意义在于：在正常运行情况下，通过监视配网运行工况，优化配网运行方式；当配电网发生故障或异常运行工况下，迅速查处故障区段及异常情况，快速隔离故障区段，及时恢复非故障区域用户的供电，缩短对用户的停电时间，减少停电面积；根据配网电压合理控制无功负荷和电压水平，改善供电质量，从而达到经济运行目的；合理控制用电负荷，从而提高设备利用率；自动抄表计费，保证抄表计费的及时和准确，提高企业的经济效益和工作效率，并可为用户提供自动化的用电信息服务。

1.3 国内外配电自动化的现状

1.3.1 国外配电自动化的现状

在国外，配电自动化系统受到了广泛的重视，现已逐渐地形成了集变电所自动化、馈线分段开关测控、电容器组调节控制、用户负荷控制和远方抄表等系统一体的配电网管理系统（DMS）。新加坡公用电力局（PUB）

山东大学硕士学位论文

在 80 年代中期投运，并在 90 年加以发展和完善的大型配电网的 SCADA 系统，其规模最初覆盖其 22kV 配电网的 1330 个配电站，目前已将网络管理功能扩展到 6.6kV 配电网，进而覆盖约 4000 个配电站。在通信方式方面，一般采用有线和无线通信相结合的方式。

1.3.2 国内配电自动化的现状

与世界其它发达国家相比，我国的配电系统发展起步较晚，发展水平较低，建设相对落后。城市配电网，特别是老城网，已或多或少滞后于城市的经济发展，成为制约城市发展的瓶颈。配电网结构不合理，电力设备数量多但性能落后、免维护水平低且不适合自动化要求等，导致停电事故频繁发生，可靠性较低，严重影响了人民的生活水平和经济建设的发展。表 1-1 为包括我国在内的一些国家在发电、输电、配电上的投资比例。

表 1-1 各国发电、输电、配电投资比例表

国别	发电投资	输电投资	配电投资
美国	1	0.43	0.70
英国	1	0.45	0.78
中国	1	0.23	0.12

从表中可以看出，发达国家都是电网（包括输电与配电）投资大于电源投资，配电网投资又明显大于输电网投资。我国则刚好相反，电网投资不到电源投资的一半，且配电网投资又小于输电网投资。与发达国家相比，我国的配电网建设相对落后。

近年来，国家电力公司已经加快和推进配电网的建设与改造，把重点放到中低压配电网。从 1998 年以来近 4 年的城市电网建设改造中，电力系统累计完成投资 1070 亿元，新增变电容量 7100 万千伏安，农村电网建设改造累计完成投资 1488 亿元。目前，各地区纷纷从现有配电网的状况进行分析，根据需求和可能进行改造，提高供电质量、可靠性和安全性，降低损耗，以适应电力体制改革的要求和城乡发展的需要。

近年来我国配电网自动化工作已在起步，许多地区在不同层次、不同规模上对配电自动化进行试点，做了一些工作。银川城区配电自动化系统全部采用自行研制的国产设备，采用馈线 RTU、配变监测（TTU）和建立在 Windows 98 和 Windows NT 平台上的先进的计算机网络系统，运用 SQL Sever 大型数据库系统，并采用有线通信和无线通信相结合的综合数据通

山东大学硕士学位论文

在 80 年代中期投运，并在 90 年加以发展和完善的大型配电网的 SCADA 系统，其规模最初覆盖其 22kV 配电网的 1330 个配电站，目前已将网络管理功能扩展到 6.6kV 配电网，进而覆盖约 4000 个配电站。在通信方式方面，一般采用有线和无线通信相结合的方式。

1.3.2 国内配电自动化的现状

与世界其它发达国家相比，我国的配电系统发展起步较晚，发展水平较低，建设相对落后。城市配电网，特别是老城网，已或多或少滞后于城市的经济发展，成为制约城市发展的瓶颈。配电网结构不合理，电力设备数量多但性能落后、免维护水平低且不适合自动化要求等，导致停电事故频繁发生，可靠性较低，严重影响了人民的生活水平和经济建设的发展。表 1-1 为包括我国在内的一些国家在发电、输电、配电上的投资比例。

表 1-1 各国发电、输电、配电投资比例表

国别	发电投资	输电投资	配电投资
美国	1	0.43	0.70
英国	1	0.45	0.78
中国	1	0.23	0.12

从表中可以看出，发达国家都是电网（包括输电与配电）投资大于电源投资，配电网投资又明显大于输电网投资。我国则刚好相反，电网投资不到电源投资的一半，且配电网投资又小于输电网投资。与发达国家相比，我国的配电网建设相对落后。

近年来，国家电力公司已经加快和推进配电网的建设与改造，把重点放到中低压配电网。从 1998 年以来近 4 年的城市电网建设改造中，电力系统累计完成投资 1070 亿元，新增变电容量 7100 万千伏安，农村电网建设改造累计完成投资 1488 亿元。目前，各地区纷纷从现有配电网的状况进行分析，根据需求和可能进行改造，提高供电质量、可靠性和安全性，降低损耗，以适应电力体制改革的要求和城乡发展的需要。

近年来我国配电网自动化工作已在起步，许多地区在不同层次、不同规模上对配电自动化进行试点，做了一些工作。银川城区配电自动化系统全部采用自行研制的国产设备，采用馈线 RTU、配变监测 (TTU) 和建立在 Windows 98 和 Windows NT 平台上的先进的计算机网络系统，运用 SQL Sever 大型数据库系统，并采用有线通信和无线通信相结合的综合数据通 Sever 大型数据库系统，并采用有线通信和无线通信相结合的综合数据通

山东大学硕士学位论文

道,实现了配电网中 30 余条进线、几十条馈线和七个开闭所及小区变的全面监控。它标志着我国城网改造进入一个新的阶段。但是,目前我国在配电网自动化中,要实现全面自动化仍然存在一些困难:

1. 由于配变变压器分布广泛,配变远方实时监测单元(TTU)成为馈线自动化中一个难点,配变实时运行数据很难及时传送到配电网 SCADA 中。

2. 没有一种通信方式能同时满足配电自动化各个层次的需要,例如在主变电站的自动化工程中,实现四遥(遥测、遥信、遥控、遥调)的 TRU 可以通过电话线与 SCADA 监控中心进行实时通信,因为主变电站内部,一般都有现成的电话网络,而对分布到街边甚至偏远农村的配电变压器的监测就无法采用电话线通信的方式。

1.4 配电变压器监测的重要性和存在问题

随着我国经济的高速发展,城市用电量的日益增加,配电网的安全可靠性也日益重要。它关系到千家万户的用电,特别随着电力市场的逐步建立。用电质量成为一个城市供电的重要参数,而用电质量的好坏通常要通过配变变压器的运行状态进行实时监测。因此配变负荷监测水平也是衡量配电自动化水平的一个主要标准之一。

配电变压器的安全可靠决定了配电网的安全可靠运行,这些配电变压器分布在城镇的大街小巷,由于通讯的困难,用常规的自动化检测手段难于实现大量的配电变压器的参数监测。因此,目前配电网自动化中自动程度不高的要数对配变的巡检,通常在配变旁边安装自动化水平不高的配变监测单元(TTU),但 TTU 只是在线测量变压器的电气参数,并没有采用有效的通信方式让测量数据自动传送到 SCADA 监控中心。要知道配电变压器的运行参数,电工人员往往要跑到几公里、甚至几十公里外的地方,拿着抄表器爬上变压器台,既辛苦又不安全,取下来的数据只是个别的瞬时数据,无法反映用电高峰与低谷、无法真正反映变压器的运行状态。另外,当配电变压器出现故障或者遭到人为破坏的时候,例如超负荷运行、偷线、剪线等,故障情况无法及时反映到电力供电公司,容易造成巨大的损失。

2. 系统分析与设计

2.1 系统目标

配变综合监测及能量管理系统主要针对市、区县级供电局目前存在的一些情况，解决电力部门日益增长的新需求，应用 GSM 无线通讯等先进的技术手段，对 10KV 电网实施全面监察、无功动态补偿，为配电网的科学运营和管理提供一种有效的、全天候的、实时全面的参数监察分析工具。从技术上保护供电企业的合法权益，加强配电管理，降低线损、减轻劳动强度，杜绝偷漏电现象的发生，真正做到应收必收、收必合理的原则。

通过对 10KV 配变的实时监测及运行状态分析，及时发现和调整不合理的运行状态和参数，如过负荷、负荷不平衡、功率因数低、缺相、掉电等，提高 10KV 配电网的运行质量和可靠性，节能降损。同时进行各种线损分析、电压合格率统计、供电可靠性统计、负荷分析等，提高区县级配电网商业化运行管理水平，使电力企业取得良好的经济效益和社会效益。

配变综合监测及能量管理系统要将所有的分布在配电变压器处的配变监测终端及电能计量表计、配电变电站内的关口电能表联接成一个系统，并将所有配变运行状态、配电网络上所有负荷点的电能计量数据在配电网模型基础上进行统一管理，形成共系统本身及其它 DMS 子系统共享的数据资源，从而可以实现：

- 配变运行状态分析；
- 全网无功优化；
- 线损分析统计考核；
- 电力市场分析
- 系统经营指标分析

等功能。

鉴于配网系统结构本身的复杂性，该系统设计应考虑以下几个方面：

- 系统体系结构上应考虑对配变监测仪及电能表计、集中器等多样性的适应性，或者说，系统应具有很好的可扩充性，真正做到“即插即用”。当增加新的、不同厂家、不同型号的终端装置时，只需要配

山东大学硕士学位论文

置新的软件组件，原有系统不需要任何改动；

- 软件系统应考虑对各种通信方式的适用性，即应透明地支持各种不同的通信方式，或者说，上层软件系统与所选择的通信方式无关；
- 应保证系统的开放性。保证可以与其它 DMS 子系统共享数据资源；
- 应具有完善可靠的数据安全性管理策略。

2.2 系统总体设计

为实现系统的设计目标，方案设计应全面考虑配电系统结构及其管理自动化系统的合理配置和统一规划，避免形成孤岛自动化系统，避免重复投资和浪费。

方案主要涉及以下几个方面：

- 配变监测装置：智能终端装置（TTU）；
- 硬件体系；
- 软件体系；
- 通讯方式；
- 与其他系统的相互关系。

2.2.1 硬件及网络体系

配变综合监测及能量管理系统整体规划设计结构如附图 1 所示，系统包含：

- 主站系统
- 配电变电站内子系统
- 配变监测子系统

三大结构层次。

其中，主站系统为一局域子网，包括数据库服务器、各种工作站、网关机、web 服务器以及一台或多台用以实现终端数据采集的通信网关计算机，通过网络交换机将这些设备联接成以太网。主站的主要作用是数据综合处理及对数据的综合有效业务应用。通信网关计算机负责对分散在现场安装的配电变压器综合检测仪（TTU）、站内关口电能表等终端设备所采集

山东大学硕士学位论文

的电网运行状态（电压、电流等）及电能数据进行采集，并送到数据库服务器中的数据库管理系统进行存储及处理；数据库管理系统将以 C/S 方式向运行在主站局域网内的应用程序提供数据服务；而对于企业内部的任何用户（企业内部网 INTRANET 的计算机终端用户）系统将以通用浏览器（WEB BROWSER）方式提供应用服务，在这种情况下，用户浏览器（WEB BROWSER）是通过 WEB SERVER 间接访问数据库服务器的。

配电变电站内子系统主要负责配电变电站内部关口电表的电量采集及处理，该子系统由一台站内计算机及通过现场总线方式联接的站内关口电子电能表构成，站内计算机负责采集各关口电能表的电能数据，进行缓冲、预处理后，通过通信网络送到主站之通信网关计算机。

配变监测子系统的核心是可以现场安装配置的职能配变综合检测仪（TTU）。TTU 本身可以全面监测配变的运行状态，并具有强大的数据存储、数据处理能力，同时可以现场总线（RS-485 或 CAN 总线）方式接入台变处的电能表计或用以小区抄表之综合处理的集中器，从而对电能数据进行采集。

各子系统之间的物理通信连接可以通过任何一种合适的物理通信方式，包括各种有线、无线、光纤等。系统软硬件体系支持任何一种联接方式。

2.2.2 通信连接方式

通信联接方式是指对各子系统内部、各子系统之间的物理通信连接媒介的选择。

对于各子系统内部，其通信方式选择分别为：

- 主站系统（局域网）内部采用超五类双绞线联接成以太网网络；
- 配电变电站内子系统可用 RS-485 或 CAN 总线方式联接站内计算机及所有的出线关口表；
- 配变监测子系统采用 RS-485 或 CAN 总线方式联接 TTU、台架内的电能表；

对于各子系统之间通信方式的选择，应根据本系统的物理结构特点及现场的实际情况进行科学的技术经济分析，在保证满足系统对通信性能要求的前提下，选择技术经济指标最优的方案。

山东大学硕士学位论文

(1) 配电变电站内子系统与主站系统之间的通信方式：变电站与主站之间均已建立自动化通信信道，可以采用现有的通信信道（如微波、光纤等）；对于绝大部分城区配电变电站，都可能已经或正在建设光纤通信线路。在光纤通道已经建成的情况下，所有配电变电站内子系统的通信管理计算机和主站系统的通信网关计算机可以通过光纤通信联接成相对独立的局域网，

(2) 配变监测子系统的上行数据通信方式。可以采用如下两种方式：

a) 配变监测子系统 \longleftrightarrow 配电变电站内子系统 \longleftrightarrow 主站系统。

这种方式主要特点是配变监测数据先到监测配变所属变电站，再到主站系统，这样将数据通信的负担按物理层次结构分配到各站内计算机，可以减轻主站通信处理的负担，同时可以以变电站为单位，在配电变电站内子系统的计算机上执行各种业务应用分析功能，比如，该变电站所属线路的线损分析、统计等功能。这种方式主要适用于那些已经在变电站与配变台架之间建立了光纤通道的情况，如附图 1 所示，这种光纤的铺设，通常是为了实现配网监控自动化，因为光纤的通信容量、通信可靠性、传输性能等比其他通信方式，均具有明显的优越性，所以，在此情况下，直接利用现有的光纤实现通信，在技术经济各方面考虑，都将是最佳的选择。

b) 配变监测子系统 $\xleftarrow{\text{无线移动通信网}}$ 主站系统。

这种方式是将具有明显地理分布特征的配变监测子系统通过租用无线移动通信网的通信信道资源实现配变监测子系统与主站系统之间的直接通信，事实上，通过无线移动通信网（GSM 或 GPRS），把众多沿配电线路分布的配变监测子系统和主站系统中负责通信处理的通信网关计算机联接成广域网，而主站的通信网关则起到将该广域网与主站局域网络隔离开的作用。GPRS 是一种通用分组无线业务，它是一种基于 GSM 系统的无线分组交换技术，提供端到端的、广域的无线 IP 连接。相对原来的 GSM 的拨号方式的电路交换数据传送方式，GPRS 的分组交换技术，具有“实时在线”、“按量计费”、“快捷登录”、“高速传输”、“自如切换”的优点。

以上给出的两种方式，是本系统适用的两种方式，根据现场的具体情况，可以采用两种方式的任一种，或混合采用两种方式。

通信方式的选择，是物理连接方式的选择，软件系统的设计，应可以支持任一种物理通信方式，或者说，软件系统应具有与通信媒介的无关性特点，应可以透明地支持任一种物理通信方式，这是靠软件系统的层次结构设计来实现的。

- (3) 主站系统与其它各 DMS 子系统之间的连接方式：主站系统与其它子系统之间通过网关及企业内部网络（Intranet）实现基于 TCP/IP 协议的通信连接，Intranet 网内任意一台计算机用户均可以通过通用 WEB BROWSER 方式浏览系统信息。

2.2.3 软件体系

要真正实现系统的设计目标，必须根据系统本身的物理特点，合理的规划和设计软件体系的体系结构。本系统的主要特点表现在以下几个方面：

- 终端装置为单元化结构，并具有多样性；
- 通信方式具有多样性；
- 系统本身具有物理层次结构特点；
- 本系统可以作为整个 DMS 系统的一个子系统，将与其它 DMS 应用系统共享数据资源。

鉴于上述特点，软件系统设计采用了横向分布、纵向分层的体系结构。所谓横向分布，是指面向对象的组件化的软件构造，构成整个软件系统的对象组件分布在网络内部的不同计算机平台之上，如此可以很好地保证系统的可扩充性和可维护性，具体讲，就是系统可以方便地支持多样化的终端装置的接入，支持各种各样的通信方式；所谓纵向分层，是指层次化的软件构筑体系，上层构筑在低层之上，底层为高层提供服务，如此，可以充分保证系统的可维护性。

2.2.4 与其它系统之间的关系

本系统设计方案，为一种理想的系统规划方案，本系统可以作为整个配电管系统 DMS 之重要组成部分。

本系统提供接口实现与其他系统之间的数据共享，以最大限度的发挥本系统的作用。

3. 硬件设计与实现

配电监测终端（TTU）用于低压配电网中，可实时监测台变的各项运行状态参数、指标，包括电压、电流、谐波、功率、功率因数、有功/无功电量等参数，对于电网的停电、缺相等事件进行记录，同时生成电压超限、谐波超限、三相不平衡等电能质量参数，结合后台软件可以生成配电网各种综合曲线、报表，监测偷电漏电等，为决策部门提供科学的、可靠的数据。

TTU 通过其就地通信接口（RS-485）可以作为当地多个电子设备（如用于低压用户集中抄表系统的数据集中器、台架电能表等）的数据收集器；TTU 提供多种远方数据通信接口方式：包括以太网网络接口 RJ-45，GSM 无线通信网接口，GPRS 无线通信网络接口。

3.1 系统组成结构

配电监测终端采用先进的高速微处理器为运算核心，14 位 A/D 转换器以及外围电路构成，结构设计严谨周密，确保设备运转的可靠性能。硬件组织结构如图 3-1 所示,主要包括以下几个部分：

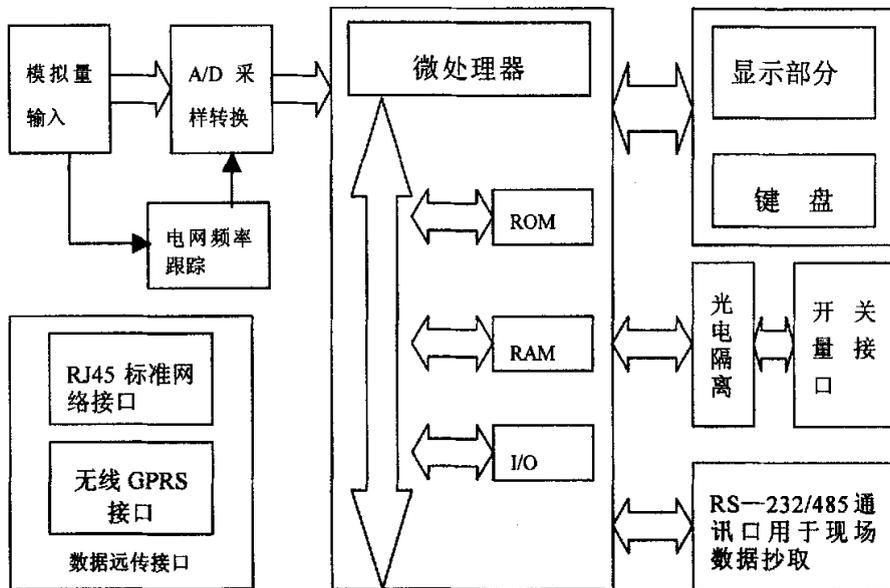


图 3-1 配电监测终端组成原理

山东大学硕士学位论文

- 1、 模拟量输入部分
- 2、 电网频率跟踪部分
- 3、 A/D 转换
- 4、 运算单元
- 5、 就地通讯接口单元 (RS-485\RS-232)
- 6、 远方通信接口 (RJ-45 或 GPRS 接口或 GSM 网络接口)
- 7、 显示控制和键盘控制
- 8、 I/O 量控制 (可以控制无功补偿电容器的投切)

3.2 硬件功能描述

配电监控终端以数字信号处理器 DSP 为核心, 采用交流取样, 集数据采集、通讯控制为一体, 适用于交流 0.4kV、50Hz 低压配电系统。

整个硬件系统设计采用开放式构架, 以高可靠性, 易操作性为设计宗旨, 产品结构严谨合理, 可分为几个主要功能模块: 数据采集、无功自动补偿及电容投切控制、数据传输网络通道。

3.2.1 数据采集与存储单元

整个数据采集与存储单元组成结构如图 3-2 所示。配电监测终端是整个系统的底层数据采集控制单元核心, 终端控制模块提供标准 RS-485/232 串行接口, 读取电能表数据和配电监测终端数据, 控制数据传输媒介接口, 将数据传送到主站服务器

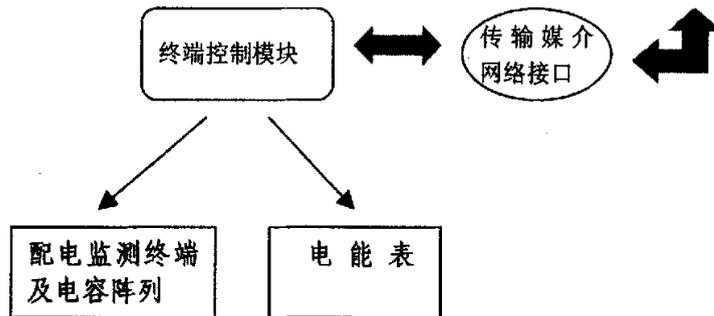


图 3-2 数据采集单元组成结构

山东大学硕士学位论文

配电监测终端采用高速微处理器作为核心处理单元，利用交流采样，14 位 A/D 芯片保证数据的精度，具有全中文 LCD 显示和键盘接口，全中文菜单式窗口人机操作界面，实时显示电网有关参数，直观显示预置参数，根据所计算的电网参数控制电容的投切，整机结构设计严谨周密，确保设备运转的可靠性能。

数据采集与存储单元主要包括以下几个部分：

- 1、 模拟量输入部分
- 2、 电网频率跟踪部分
- 3、 A/D 转换
- 4、 运算单元
- 5、 对外通讯单元
- 6、 显示控制和键盘控制
- 7、 I/O 量控制

数据采集与存储单元所采集数据包括：三相电压/电流/功率因数、有功功率/无功功率、有功电量/无功电量、频率/谐波电压/谐波电流/谐波分析至 13 次、日电压/电流最大及最小值、停电时刻/来电时刻、累计停电时间、电压超上、下限/缺相时间。

数据存储时间为 2 个月。

3.2.2 无功自动补偿及电容投切控制单元

无功自动补偿及电容投切控制单元适用于交流 50Hz、0.4kV 低压配电系统的配电监测及无功补偿控制，通过控制交流无触点开关投切低压并联电容器组，提高功率因数，保证供电质量，减少电费开支。

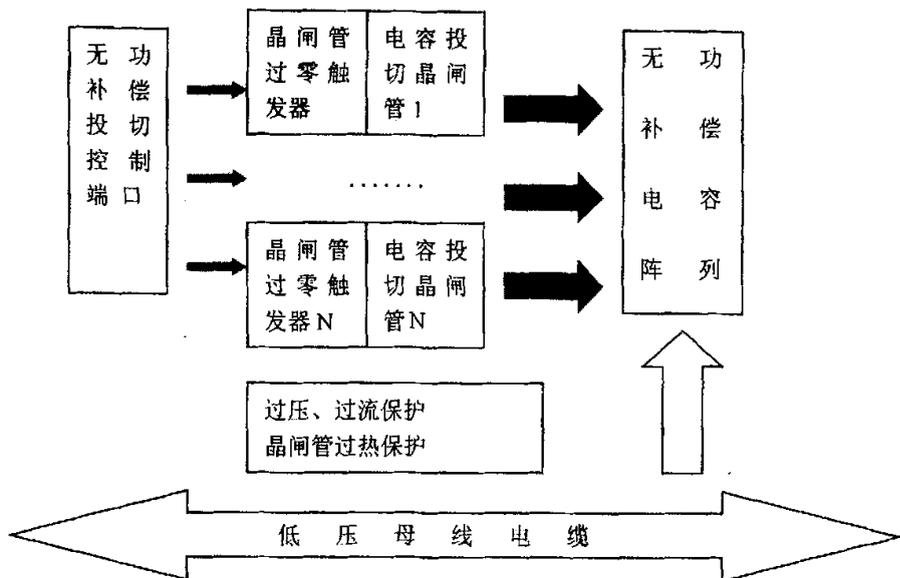


图 3-3 无功自动补偿及电容投切控制单元原理结构图

一、主要特点

- 微机型控制器功能强大，友好的人机界面令操作简单，维护方便。
- 控制器本身具有电量累计功能，可作为计量参考。
- 采用无功功率作为控制量，以最少投切次数获最佳补偿效果，完全消除投切振荡。

二、主要功能

- 配电监测实时测量一回输电线路的 3 相电压、电流、功率因数、有功功率、无功功率、有功电度、无功电度、频率、谐波电压、谐波电流，统计每日电压、电流最大/最小值，电压超上限/下限时间，记录停电时刻、来电时刻，累计停电时间。
- 无功补偿控制物理量为无功功率，可控制交流无触点开关或交流接触器的投切，最快响应速度可达 20ms，无投切振荡，无补偿死区，有共补和分补两种补偿方式。
- 保护装置每次上电，控制器首先闭锁输出以防止电容器上电投入，并执行自检，自检通过再投入正常运行。控制器具有过压、欠压、缺相、零序、谐波等多种保护措施。

三、补偿方式

控制器有三相共补和三相分补两种方式。如图 3-4 所示：

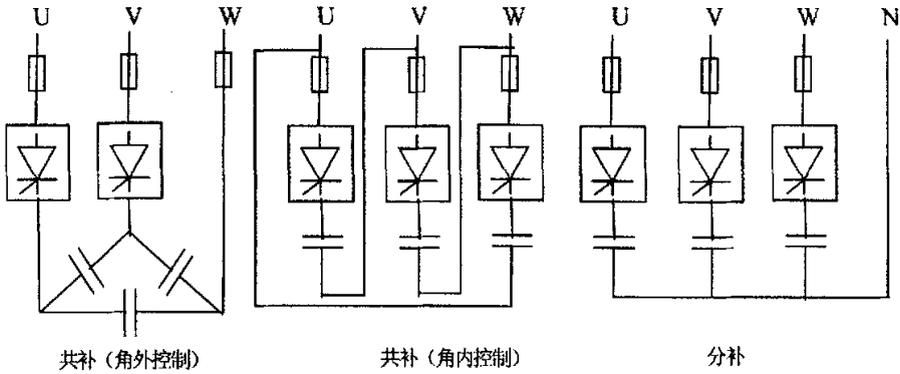


图 3-4 电容补偿方式

共补表示 ABC 三相电容器同时投切，此时电容器组采用三角形接法，TTK 无触点开关的 2 个（角外控制）或 3 个（角内控制）晶闸管模块用一个开出控制信号并联控制，适用于三相平衡系统；分补表示 ABC 三相电容器可分别投切，此时电容器组采用星型接法，TTK 开关的 3 个晶闸管模块分别用 3 个开出控制信号控制，适用于三相严重不平衡系统。

控制方式有手动和自动两种，通过菜单选择设定。

整个无功补偿控制回路包括 TTU 控制器、空气开关 GK、快速熔断器 KR、无触点开关 TK 和并联电容器 DR 等部分。其中，无触点开关 TK 是专为 TTU 无功补偿装置设计的交流无触点开关 TTK，它包括晶闸管模块、JCF 触发器、散热器、温控开关等器件，可以精确控制电容器组的投切时刻，达到无扰动投切的效果。很好地解决电容投切所带来的电网干扰。

TTU 控制器通过 JCF 触发器来控制。控制器实时检测电压电流，跟踪电网变化，而触发器则不断地自动检测晶闸管两端的电压 UTK。当决定要投入电容器时，控制器发投入命令给 JCF，JCF 在收到投入命令且检测到 $UTK = 0$ 时，触发 TK 导通，因为导通时刻电容器回路的电压为零，所以不会产生涌流冲击；当决定要切除电容器时，控制器发切除命令给 JCF，JCF 在收到切除命令后，停止发脉冲，TK 在电流为零时刻自动关断，所以不会产生开闸过电压和电弧重燃现象。由此实现电容器组平滑投切，同时，由

山东大学硕士学位论文

于 JCF 实时跟踪 TK 两端的电压变化，因此可以做到无需放电即可重新投入，并且不受投切次数的限制，从而达到快速补偿的效果。

3.2.3 数据传输网络通道

台变终端控制模块提供标准 MODEM 接口和标准以太网接口，适合于通过有线电话网、无线 GSM 网、无线 GPRS 公用数据网以及以太网等方式进行组网通讯，向后台服务器传输数据，用户可以根据现场具体情况选择具体的组网方式，模块保留现场数据读取功能，在数据传输网络出现故障时用笔记本电脑通过串行口进行现场读取终端数据。

3.3 主要技术指标

3.3.1 基本参数

1、输入电压：三相四线供电，线电压 AC 220V \pm 20%，电源频率：50Hz \pm 5%

2、PT 取样电压：AC 220V \pm 20%

3、CT 取样电流：0 - 5A

4、本机功耗： \leq 15W

3.3.2 设备运行环境

1、设备运行适用温度范围：-20 $^{\circ}$ C -- 50 $^{\circ}$ C；

2、设备运行适用湿度范围：空气温度 20 $^{\circ}$ C 时小于 90%

3、环境条件：周围介质无爆炸危险、无足以损坏绝缘及腐蚀金属的气体，无导电尘埃，海拔不超过 2000 米。

3.3.3 设备测量精度

1、电压： \pm 0.5%

2、电流： \pm 0.5%

3、功率因数： \pm 1.0%

4、有功功率： \pm 1.0%

5、无功功率： \pm 1.0%

山东大学硕士学位论文

6、有功电度： $\pm 2.0\%$

7、无功电度： $\pm 2.0\%$

3.4 其它特殊要求

1、配变现场的监测装置箱体可以根据安装现场的情况采用不锈钢或经过防锈处理的箱体，外型美观，安装方便，具有很强的防风沙、尘埃、潮湿能力；

2、现场装置电源用两级隔离模式，增加系统运行可靠性；电磁兼容等级可达 4 级；采用 3 相供电，保证缺相情况下设备正常运行；现场装置具有很强的抗空间电磁辐射干扰和负荷的谐波干扰能力。

{1}{5}{6}{7}{22}{23}

4. 后台软件设计

软件开发的第一步是需求分析，需求分析阶段需要与相应各专业人员充分沟通，对现行业务进行详细调研，并在了解了调查的业务，明确了业务功能的基础上，书写需求分析报告，经双方审查并签字认可，以保证其正确、完整，作为系统进一步分析与设计的重要依据，为下一步的总体设计及详细设计打下良好的基础。

通过与用户的反复交流和对具体业务的充分调研，在全面而真实地掌握系统需求的基础上，我们用软件工程方法进行需求分析和系统设计，提出了新系统的逻辑模型，并制定了系统的体系结构和开发目标，明确了系统的功能要求。

4.1 软件体系

要真正实现系统的设计目标，必须根据系统本身的物理特点，合理的规划和设计软件体系的体系结构。本系统的主要特点表现在以下几个方面：

- 终端装置为单元化结构，并具有多样性；
- 通信方式具有多样性；
- 系统本身具有物理层次结构特点；
- 本系统可以作为整个 DMS 系统的一个子系统，将与其它 DMS 应用系统共享数据资源。

鉴于上述特点，软件系统设计采用了横向分布、纵向分层的体系结构。所谓横向分布，是指面向对象的组件化的软件构造，构成整个软件系统的对象组件分布在网络内部的不同计算机平台之上，如此可以很好地保证系统的可扩充性和可维护性，具体讲，就是系统可以方便地支持多样化的终端装置的接入，支持各种各样的通信方式；所谓纵向分层，是指层次化的软件构筑体系，上层构筑在低层之上，底层为高层提供服务，如此，可以充分保证系统的可维护性。

4.1.1 分布式系统概念及 CORBA 技术规范

我们的软件系统建立在网络化的硬件环境之上，而网络环境下的应用程序应该也必须是分布的。所谓分布式应用程序，是指构成整个软件系统

山东大学硕士学位论文

的各个组成部分分别运行在网络内不同计算机平台上，并能同时协调运行。分布式系统可使网络及计算机资源得到充分的有效的运用。但这些分布的计算机，就象本系统的开发背景一样，往往具有不同的硬件平台及操作系统，在这种分布式网络环境下，采用传统的软件思想开发分布式软件系统非常困难且易于出错，并且可能不可避免的进行很多重复工作。因为，我们必须考虑很多通讯协议、出错监测及恢复等底层的细节问题，这样开发的系统，效率低且不可靠，又难以保证其可扩展及可维护性。

对象管理组织（Object Management Group, OMG, 一个大型国际组织）推出的公共请求代理结构（Common Object Request Broker Architecture, CORBA）提供了优秀的、并经 X/Open（具有全球影响力的开放系统组织）认可的分布式系统解决方案，其核心是采用对象请求代理（Object Request Broker, ORB）的分布式计算模型，ORB 可以认为是分布式对象系统中对象之间发送和接收消息的“软总线”，可以简化本地与远地对象之间的通信，使之以“透明”的方式实现互连、互通与互操作，免去繁琐易于出错的底层工作，提高大型分布式系统的开发效率及可靠性。这里所谓“透明”是指：

- ORB 提供关于对象位置的透明性：对象可以运行于网络内的任一计算机上，当然也可以运行在同一台计算机上。
- ORB 提供了关于通讯协议的透明性：ORB 完全隐藏了通信协议的细节，对象之间的互操作就是互相调用各自的接口函数。
- ORB 可以跨操作系统平台：分布式对象服务器可以运行在不同的操作系统平台之上。ORB 建立在 TCP/IP 基础之上，而包括拨号网络，光纤，数字微波等物理通讯媒介之上都可以建立 TCP/IP 网络通讯协议，因此 ORB 提供对通讯物理媒介的无关性。

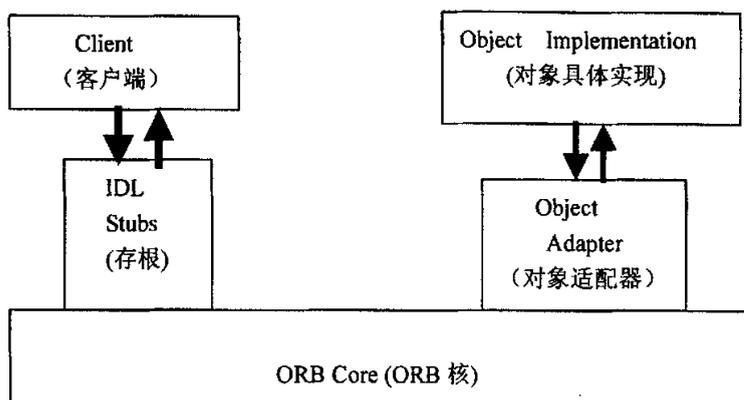


图 4-1 CORBA 体系示意图

如图 4-1 所示，当客户端与远地计算机上的对象（具体实现）进行交互操作时，客户端实际上直接操作的是对象在本机上的一个代理对象，该代理对象再通过 ORB 实现与远程对象的交互操作。当对象置于同一台计算机上时，就不再需要代理对象的存在。

CORBA 是一种国际标准和规范，只要遵循这个标准，任何厂家，采用任何语言开发的对象组件都能实现交互操作。

4.1.2 面向对象的分布式组件设计

图 4-2 为分布式软件体系示意图，分布式系统构成基础是对象组件，我们采用面向对象的思想方法对本系统进行分析设计。面向对象的分析设计方法最大的特点是：非常贴近于人们了解和认识客观世界的思想方法，对象即是对客观物理客体的描述和抽象。

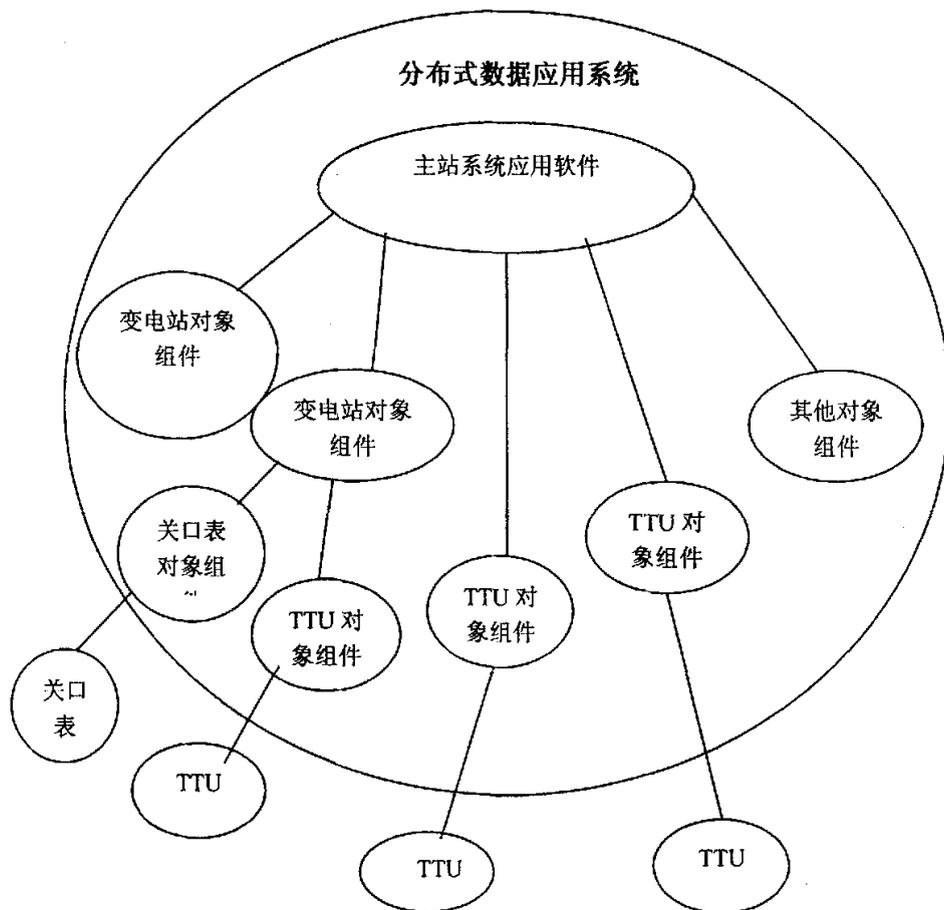


图 4-2 分布式软件体系

图 4-2 所示给出了构成分布式软件系统的部分组件，圆圈内表示基于 TCP/IP 协议的网络平台，其中，变电站对象组件、TTU 对象组件、关口表对象组件等分别为对应于实际物理对象客体的软件对象组件，他们分布在网络平台内部的不同计算机上，如变电站对象组件运行在配电变电站内子系统的计算机上，而 TTU 对象组件为运行在主站的通信网关计算机或变电站子系统的计算机上的虚拟组件对象，它向应用程序提供 TTU 实际应该提供的数据服务，但与 TTU 的实际通信过程，由该相对独立的软件组件负责完成，这样对于应用程序来讲，所有的 TTU 软件对象组件提供完全相同的服务接口，但每一个 TTU 软件对象组件对应于一个实际的 TTU 装置，他们的内部实现可以具体解决和实际 TTU 的通信问题。

4.2 应用系统功能

系统以两种方式实现具体业务应用功能：

- 专业应用软件系统：该系统运行在主站系统的局域网络内部的计算机平台上，该系统功能丰富操作简单，适合专业人员操作应用；
- 基于通用浏览器的应用系统：该系统是一种胖服务器/瘦客户端的软件体系，可以在企业网内部任意一台计算机上，利用通用 WEB 浏览器进行业务应用操作。适合企业内部所有人员授权应用。

4.2.1 系统功能要求

应用系统的主要功能要求如下：

- A. 配电变压器、电容器、电能表、智能设备等设备台帐管理：对所有台变、电能表、集中器、智能终端等设备的台帐属性进行直观、高效的管理；
- B. 设备查询、统计：可以根据属性条件等进行设备查询统计；
- C. 配变及各负荷点运行状态监测：系统可定时与分站通讯，若发现异常或故障，系统将采用多种报警方式发出警报；
- D. 全局或局部无功优化控制：系统根据所采集的配电网的运行状态，可以针对整个配网或某一个局部进行无功优化分析，并通过各配变监控点实施电容器投切控制，以求使整个配电网的网损最小；
- E. 采集任意时段表码（峰、谷、平），与变电站集抄系统结合，实现配电网的自动分线电量统计考核，结合小区集抄系统进行分台区线损的在线监测。
- F. 根据线损分析和负荷分析的情况，指导配电网的技术改造、运行维护、业扩报装。
- G. 记录每小时三相电压、电流、功率、功率因数、频率、谐波和有功、无功电量；记录每天三相电压、电流的最大、最小值及出现时间，并生成运行数据报表。
- H. 记录每次停电时间，自动统计供电可靠性；根据设定值自动累

山东大学硕士学位论文

计每天电压超上、下限时间,统计电压合格率;自动记录失压缺相时间,并提供 TTU 积分电量与关口表计量电量的比较功能,避免因用户窃电或 PT、CT 开路造成的供电企业的电量损失。

- I. 根据采集到的基础数据,综合分析,对出现异常和超标的现象自动报警,运行现场故障及异常自动上传报警,具有辅助决策的功能。
- J. 根据运行监测数据进行统计分析,自动生成各种报表,并以图形或表格的形式表现出来。

4.2.2 系统功能模块

配电监测管理系统软件用于同配电监测终端通讯、进行数据传输、纪录及管理监测数据,自动生成报表和图形以供查询,具备综合分析及智能检索能力,单独提供 web 发布系统,所有指标报表均可通过浏览器查询。

系统可分为四个模块:

一、通讯管理

主要完成与 TTU 通讯设置,自动数据采集设置、手动数据采集及对时等功能。

系统可根据自动数据采集设定(每日)定时自动实现所有监测点的日整点数据、日统计数据、停电数据和电表的采集;具有对采集器的信息进行校验功能,发现异常应能对数据进行重新召唤;对于数次尝试均无法获取的数据,系统可发出警报并纪录以供工作人员手工传抄或进行故障排查。

系统提供手动召唤数据的功能,可随时传抄二个月内任意天的整点数据、统计数据、停电数据和当前的实时数据、电表数据、TTU 设置数据。以避免因特殊情况,如:通道中断等,较长时间采不到数据信息,可根据用户操作,方便地替换到主站数据库相应的位置,并作记录。

系统可提供与通讯中断对时功能,若选配标准的 GPS 卫星对时系统,可保证主站与采集器或电表的时钟误差 $<1\text{s}$ 。

二、数据维护与指标生成

系统采用标准 SQL 语句开发,支持标准大型关系型商用数据库,以保证数据的安全性、可靠性、完整性和一致性。

系统可自行树状管理相关设备,如变压器、PT、CT、采集终端、电表

山东大学硕士学位论文

等，的基本信息和相关参数，为用户提供方便的查询和修改功能，并可实现与其他系统，如 MIS 系统等，的数据共享和数据交换，以最大限度的发挥本系统的作用。

系统可实现对监测数据的进一步加工处理，提供各种指标数据，如电压合格率、供电可靠性、谐波分析等，以提供决策支持，并可通过配电监测电量和电表电量的对比和失压监测，提供报警功能，避免因用户窃电或 PT、CT 开路造成的供电企业的损失。

三、报表、图表功能

系统提供配变、PT、CT、采集终端、电表等设备基本资料、配电电量统计、线路电量统计、负荷分析、电压合格率、电压极值、最大负荷、整点负荷、停电记录、供电可靠率等综合报表，全面提供分析统计数据，所有的报表均可生成 EXCEL 文档，以方便用户使用，用户可以根据实际需要自行修改 EXCEL 报表格式。

系统提供界面友好、功能全面的图表显示功能，通过对历史数据的长期累计和相关数据的直观对比，为工作人员提供分析现场工作状态最佳的依据。

四、权限管理

系统角色和组从数据库级提供完备的权限管理，各个工作人员只能按预先设定的权限执行所赋予的任务，系统自动纪录每个用户的所有操作并生成日志。

4.3 系统设计

4.3.1 主界面设计

主界面设计既要考虑规范性，又要考虑易用性，同时还要考虑编程实现的简单和高效。规范性与易用性并不矛盾，只要尽量遵行应用软件开发规范，尤其是在界面的功能定义、菜单设计和图标风格上要尽量顺应常用软件的样式，这样才能使用户容易上手，一学就会。同时，还要充分考虑到系统开发及以后的升级、维护等过程中功能的重新定义与搭配、软件的修改时，要尽量方便可行。

山东大学硕士学位论文

初步设计软件界面风格如图 4-3 所示：

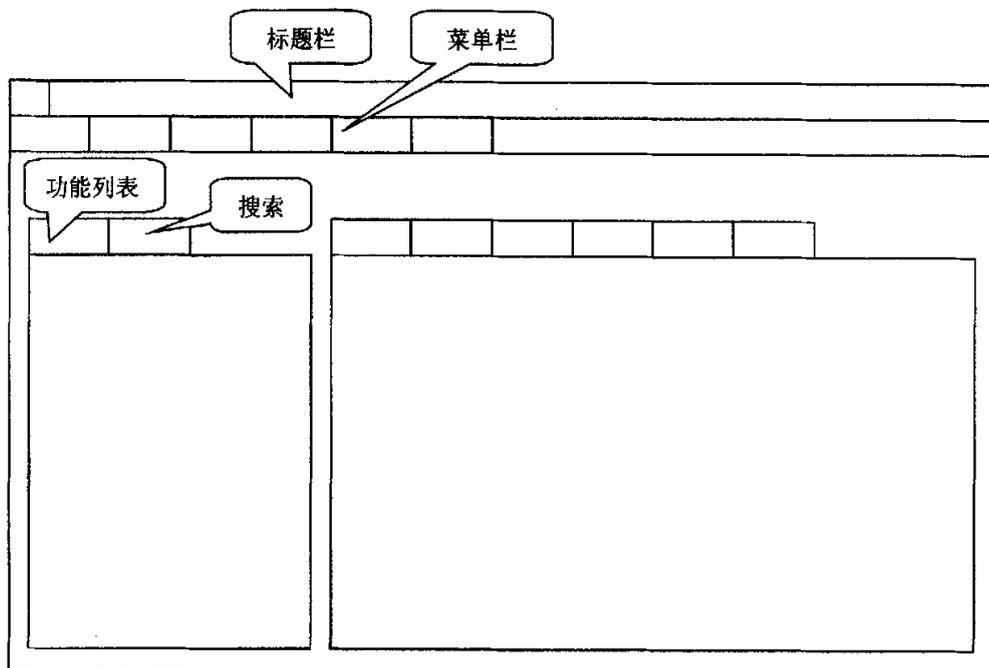


图 4-3 主界面设计

由菜单和工具栏提供所用功能接口。左侧的功能列表采用通用树状列表按层次列出所有配电监测点，并用右键菜单提供相应对象的常用功能。右侧使用 Tab 页的形式提供功能的具体实现，便于功能的修改和增减。

4.3.2 菜单功能设计

一、通讯功能

1. 通讯设置：

采用响应窗口。将通讯信息采取.ini 文件保存到本地。

2. TTU 数据采集

➤ 通讯显示：

通讯端口、通讯速率。

➤ 设备选择：

选择单个设备，默认值为最后一次浏览过的设备。

山东大学硕士学位论文

➤ 日期选择:

(本月|上月)、XX 日。

➤ 数据选择:

整点数据、统计数据、停电数据。为多选项。

➤ 功能按钮:

开始采集、保存数据、关闭窗口。

➤ 数据显示:

整点数据

电压[A|B|C]相、电流[A|B|C]相、功率因数[A|B|C]相、频率、电压[A|B|C]相[3|5|7]次谐波、电流[A|B|C]相[3|5|7]次谐波

统计数据

[A|B|C]相电压超上限起止时间、[A|B|C]相缺相时间、第 1-12 组电容投入时间、[A|B|C]相电压电流功率因数有功功率无功功率最大最小值及发生时间、[A|B|C]相 15 分钟电流最大值及发生时间等数据。

停电数据

停电时间、来电时间

采用响应窗口。按设备和日期顺序与 TTU 通讯读取用户选择的数据，读取后放入临时表中，在显示窗口显示，存盘时与数据表中的纪录比较，如果已有该数据则提示用户选择是否覆盖。

2. 电能表数据采集

➤ 通讯显示:

通讯端口、通讯速率。

➤ 设备选择:

选择单个 (TTU) 设备，默认值为最后一次浏览过的设备。

➤ 数据选择:

山东大学硕士学位论文

正向有功、反向有功、总感性无功、总容性无功、失压累计记录、瞬时量。多选项。

➤ 功能按钮:

开始采集、关闭窗口。

➤ 数据显示:

正向有功

总码、峰码、平码、谷码、总尖峰;

反向有功

总码、峰码、平码、谷码、总尖峰;

总感性无功

总码、峰码、平码、谷码、总尖峰;

总容性无功

总码、峰码、平码、谷码、总尖峰;

失压累计记录

总失压时间、A 相失压时间、B 相失压时间、C 相失压时间、一相/A 相失压电量、两相/B 相失压电量;

瞬时量

有功功率、无功功率、A/AB 相电压有效值、B 相电压有效值、C/AC 相电压有效值、A 相电流有效值、B 相电流有效值、C 相电流有效值。

采用响应窗口。按设备与 TTU 通讯读取用户选择的数据, 读取后放入临时表中, 在显示窗口显示。

3. 实时数据:

➤ 通讯显示:

通讯端口、通讯速率, 默认值为最后一次浏览过的设备。

➤ 设备选择:

山东大学硕士学位论文

选择单个设备。

➤ 功能按钮：

获取数据、打印数据、关闭窗口。

基本数据：

	电压 V	电流 A	功率因数	有功功率 kW	无功功率 kvar
A 相					
B 相					
C 相					

有功电度 kWh、无功电度 kvarh、零序电流 A、频率 Hz。

谐波数据：

	3 次	5 次	7 次	9 次	11 次	13 次	总
U_a							
U_b							
U_c							
I_a							
I_b							
I_c							

电容状态：

路数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
状态												

最多能控制 12 路电容器，实际使用的路数不一定。状态为布尔值，0 表示投上，1 表示切除，状态是从 TTU 中抄得的结果。

山东大学硕士学位论文

故障状态:

	过压	欠压	缺相	谐波超限	超负荷
A相					
B相					
C相					

零序超限。

均为布尔值，0表示正常，1表示异常。

4. 设置数据

➤ 通讯显示:

通讯端口、通讯速率。

➤ 设备选择:

选择单个设备，默认值为最后一次浏览过的设备。

➤ 功能按钮:

读设置(从TTU读取设置数据并回显)、写设置(将设置数据写回TTU)、默认值、退出。

➤ 数据显示:

报警设置:

电压上限(%）、电压下限(%）、过压保护(V)、欠压保护(V)、谐波超限(%）、零序超限(%）。

修改电度:

有功电度 kWh、无功电度 kvarh。

密码设置:

原密码、新密码、确认密码。

电容设置:

山东大学硕士学位论文

三角形路数、三角形编码、三角形容量 kvarh、星形路数、星形编码、星形容量 kvarh。

补偿设置:

目标功率因数、投切延时 S、门限系数、CT 变比 (/5)。

电容线路状态字:

5. 校时

提示框: 现在是时间 XXXX-XX-XX 您确实要校时吗? 校时按按钮“是”。

二、设备管理

1. 配电网

2. 变电站

3. 线路

➤ (线路) 基本资料

线路编号、名称、型号、长度、额定电压 V、容量 MVA...

4. 配电终端

➤ (配电终端) 基本资料

编号、名称、地址、用户数、用户总容量、所属线路、配变监测 (是/否)、无功补偿 (是/否)、型号、生产厂家、出厂序号、制造日期、投运日期、电话号码...

➤ 日趋势曲线

选择单个设备和年月日, 多选项电压 (包括 U_a 、 U_b 、 U_c)、电流 (包括 I_a 、 I_b 、 I_c 、 I_0)、功率因数 (COSA、COSB、COSC)、频率。

根据选择不同显示某监测终端某日 24 点整点数据曲线。

山东大学硕士学位论文

➤ 月趋势曲线

选择单个设备和 X 年 X 月至 X 年 X 月，多选项有功电量、无功电量；有功功率、无功功率（[A|B|C|总][最大值|最小值]）；电压、电流（[A|B|C][最大值|最小值]）。

根据选择不同显示某监测终端以日为单位相应数据曲线。

5. 配变

➤ （配变）基本资料

编号、性质（公/专）、型号、相数、额定容量 kVA、接线方式、生产厂家、出厂序号、制造日期、投运日期、所属监测终端...

6. 关口表

➤ 基本资料

表号、型号、相数、转数、额定容量、制造等级、生产厂家、制造日期、投运日期、安装位置（高压侧/低压侧）、所属监测终端...

三、电量计算

1. 电能表变更

变更表得起止码。

2. 电量计算：

计算当天的电量。

四、报表管理

需要提供如下报表：整点数据报表、综合分析报表、电压极值报表、电流极值报表、停电记录报表、功率因数报表、最大需量报表、不平衡率报表、电压合格率报表、供电可靠率报表、电压谐波统计报表、电流谐波统计报表、负荷分析报表、线路电量台帐、按线路统计汇总、按变电站统计汇总等。

五、系统设置

1. 权限维护

超级用户管理工作人员权限窗口，工作人员设置修改个人登陆密码。

2. 查看日志

查看工作人员对该系统的所有操作。

3. 自动采集时间

设定自动采集数据时间。

[1][7][8][9][10][11][12][13]

5. 系统编程与实现

5.1 软件平台

软件平台直接影响整个系统的性能，因而必须选用技术先进、成熟且性能好的软件平台。

5.1.1 网络操作系统

我们采用Windows NT操作系统配合专用服务器平台，既能保证系统的可靠性，又具有界面友好、维护方便的特点，具有较高的性价比。

5.1.2 数据库管理系统

采用先进的开放式Server / Client体系结构的SQL Server数据库管理系统，数据可靠性高，吞吐量大，速度快，兼容性好。

5.1.3 系统软件

作为整个用电管理信息系统应用的平台，客户端采用目前流行的Windows操作系统，界面友好，操作方便。

5.1.4 开发平台

整个系统的开发均在PowerBuilder下进行，采用面向对象方式，特别适合作为数据库管理系统的前台开发，其特点是可维护性好，开发周期短。

整个系统的开发，我们采用了目前非常流行的瘦客户端和三层结构。瘦客户端是将大量的数据和逻辑操作放在服务器端，而客户端只提供人机交互的界面，这样只需配备一台功能强大的服务器，充分发挥大型商用数据库提供的数据存储和数据操作能力，对客户端的要求较低，可以使用现有计算机，能够降低整个系统的一次投资，同时网络数据传输量较少，可以减轻系统对网络带宽的依赖程度。三层结构是在分布式技术成熟之后建立起来的，它的基本思想是将用户界面同企业逻辑分离，把信息系统按功能划分为表示、功能和数据三大块，分别放置在相同或不同的硬件平台上。这些都在县级电网用电管理系统的开发和使用中取得了良好的效果。

5.2 系统功能及其实现

一、主界面

按照系统设计，主界面左边是功能列表及搜索，右边对应相应的信息。功能列表是个树形控件，配电网——>变电站——>线路——>配电终端——>变压器、电压互感器、电流互感器。

将树形列表展开后，通过左键右键分别进行操作。

变电站：

左键单击要查看的变电站名称，右边的 tab 控件就显示对应的该变电站的基本信息。右键单击变电站名称，系统将弹出对应该变电站的菜单，菜单项“添加线路”，该功能是在该变电站添加一条新线路，菜单项“按变电站汇总”，对在该变电站下的变压器、ct、pt 进行汇总。

线路：

左键单击要查看的线路名称，右边的 tab 控件就显示对应的该线路的基本信息。右键单击线路名称，系统将弹出菜单，菜单项“增加配电终端”，该功能将在该线路下添加配电终端名称、菜单项“删除线路”、菜单项“按线路统计汇总”、菜单项“线路电量台帐”。



图 5-1. 系统主界面

山东大学硕士学位论文

配电终端：

左键单击要查看的配电终端名称，右边的 tab 控件就显示对应的该配电终端的基本信息及日、月趋势曲线图。

日趋势曲线图：选择要查看的日期和数据类型（电压、电流、功率因数、频率）各值的日趋势图。默认状态为曲线图，可选择其他方式显示（柱状、饼图等）如下图所示：

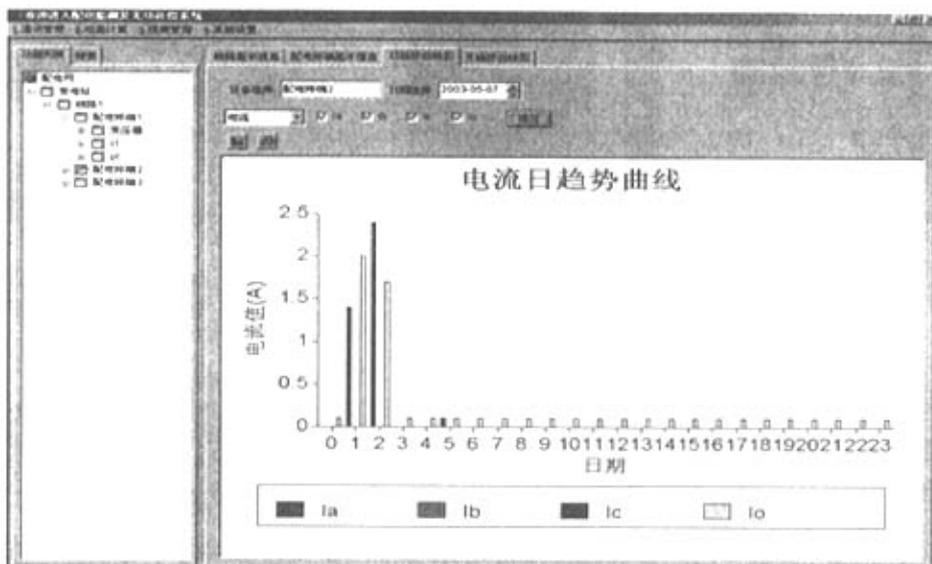


图 5-2 日趋势图

右键单击配电终端名称，系统将弹出菜单，菜单项“通讯设置”、菜单项“TTU 数据采集”、菜单项“电能表数据采集”、菜单项“实时数据”、菜单项“设置数据”、菜单项“删除配电终端”，如下图所示：

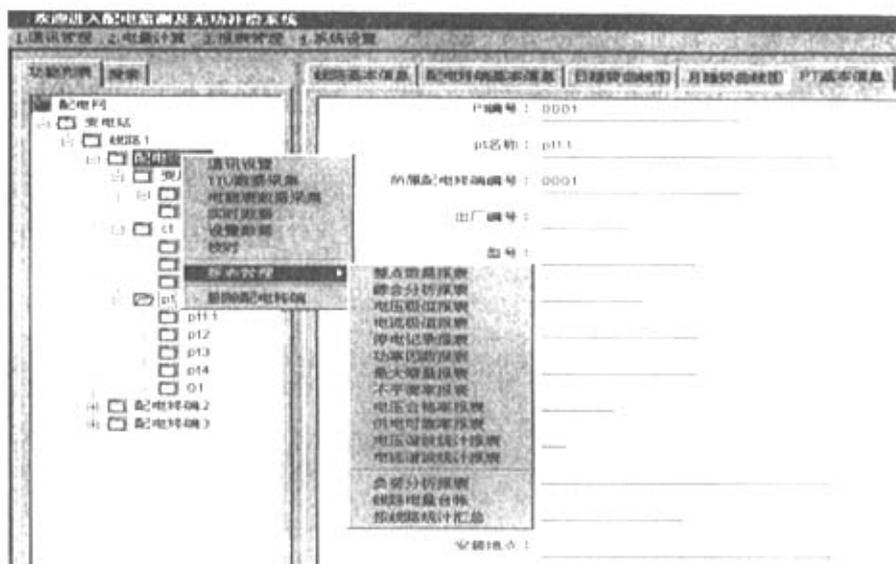


图 5-3 右键菜单

同样，左键单击要查看的变压器、电压互感器、电流互感器名称，右边的 tab 控件就显示对应的该变压器、电压互感器、电流互感器的基本信息。右键单击变压器，系统将弹出菜单，菜单项“添加变压器”、菜单项“删除所有变压器”，删除该配电终端下所有变压器。右键单击电压互感器，系统将弹出菜单、菜单项“添加电压互感器”、菜单项“删除所有电压互感器”、右键单击电流互感器，系统将弹出菜单、菜单项“添加电流互感器”、菜单项“删除所有电流互感器”。

二、通讯管理

通讯设置：

在窗口中设置通讯串口和通讯速率，并保存在创建的 ini 文件中。

TTU 数据采集：

选择设备名称、日期及选择要采集的数据：整点数据、统计数据、停电数据，然后采集数据。如下图所示：

山东大学硕士学位论文

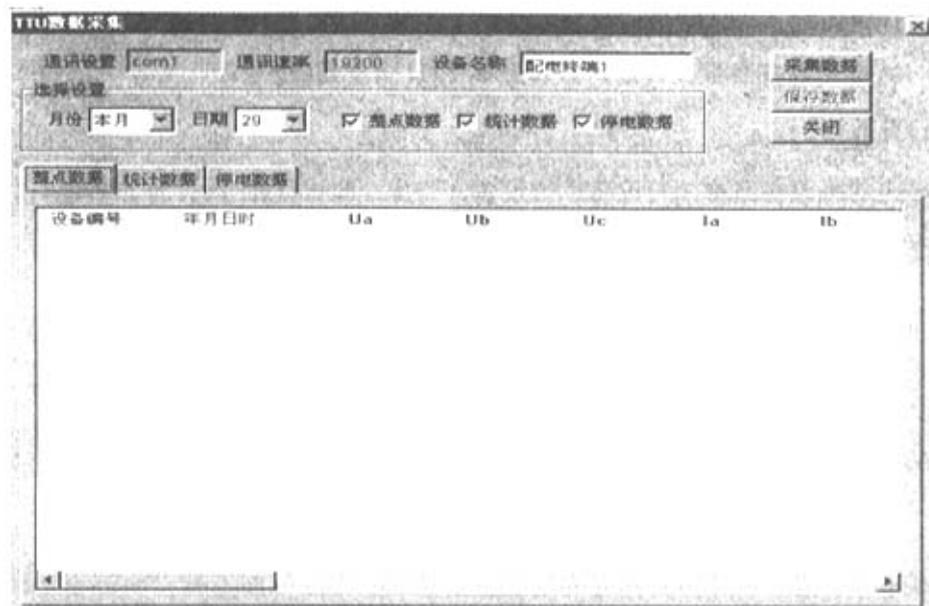


图 5-4 TTU 数据采集窗口

电能表数据采集：

选择设备名称、日期及要采集的数据：正向有功、反向有功、感性无功、容性无功、失压累计记录、瞬时量数据，然后采集数据。如下图所示：



图 5-5 电能表数据采集窗口

山东大学硕士学位论文

实时数据：

选择设备名称、日期，然后采集 TTU 当前数据。

设置数据：

选择设备名称，写设备、读设备、写库、读库操作 TTU 设置数据。

校时：

取当前系统时间对 TTU 进行校时。

三、报表管理

根据后台软件设计方案，提供所需报表。报表的入口有多种方式，可以从菜单进入，也可以从相关对象的右键菜单进入。报表可以提供日报、月报、年报及某一段时间内的数据汇总，相应的，报表界面上就需要提供报表日期或报表时间范围。

为了保证系统的易维护性，对于报表窗口采用统一的风格，提供统一的打印设置、换页按钮和通用的显示比例、标尺等辅助工具，并提供了转化为 Excel 文档的功能，以方便用户根据自身实际需要对比报表结果进行进一步的分析和处理。

具体界面见图 5-6。

整点数据报表

时间	电压值			电流值			功率因数			有功功率			无功功率			
	A相	B相	C相	A相	B相	C相	管理	Active	Reactive	Power	A相	B相	C相	A相	B相	C相
2003-05-07 00:00	234	0	0	0	0	0	0.1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
2003-05-07 01:00	195.1	0	0	14	0	0	2	0.829	0.827	0.827	174.72	0	0	273.82	0	0
2003-05-07 02:00	270.4	0	0	24	0	0	1.7	0.795	1	1	306.43	0	0	300.76	0	0
2003-05-07 03:00	233.1	0	0	0	0	0	0.1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
2003-05-07 04:00	232.9	0	0	0	0	0	0.1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
2003-05-07 05:00	229.8	0	0	0	0	0	0.1	0.873	1	1	22.24	0	0	75.0	0	0
2003-05-07 06:00	228.1	0	0	0	0	0	0.1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
2003-05-07 07:00	228.2	0	0	0	0	0	0.1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
2003-05-07 08:00	226.7	0	0	0	0	0	0.1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
2003-05-07 09:00	230.5	0	0	0	0	0	0.1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
2003-05-07 10:00	227.6	0	0	0	0	0	0.1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
2003-05-07 11:00	228.0	0	0	0	0	0	0.1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
2003-05-07 12:00	221.5	0	0	0	0	0	0.1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
2003-05-07 13:00	226.3	0	0	0	0	0	0.1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
2003-05-07 14:00	229.9	0	0	0	0	0	0.1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
2003-05-07 15:00	242.3	0	0	0	0	0	0.1	1	1	1	0	0	0	0	0	0

图 5-6 打印管理窗口

山东大学硕士学位论文

四、系统管理

权限维护：

本系统的权限共分三级管理，分别为一般人员、工作人员、超级用户。一般人员只能对历史数据进行查询和统计，察看相关报表，没有任何修改和通讯操作权限；工作人员则在此基础上具备了修改部分数据和通讯操作权限，但没有权限管理的权力，只能根据个人权限设定进行相关操作；超级用户则具备系统全部权力，一般是用来进行权限管理。

工作人员只能利用该功能，修改个人密码。先输入旧密码，在输入新密码和确认密码，系统将自动更改密码，下次登陆时必须使用新密码。

具有超级权限的人员可以添加、删除、更改任意工作人员的权限和密码，以维护系统的正常运转。

查看日志：

任何人员进入系统后，做的任何操作都要写入日志。该窗口可查看工作人员对系统的操作情况如：操作时间、操作内容、操作结果等信息。

自动采集时间：

设定更改自动采集数据时间

退出系统：

退出配电监测及无功补偿系统。

5.3 系统开发过程中需妥善解决的几个问题

5.3.1 充分考虑与其它系统的接口

目前与配电监测系统密切相关的其它系统主要是用电 MIS 系统。为了充分利用数据的共享性，提高信息系统的利用率，提高工作效率，避免新的信息孤岛的形成，应充分考虑与用电 MIS 系统的接口。不仅要实现与现有系统的无缝连接，还要提供标准的、合理的转入和转出接口，以利于与以后未知系统的数据共享。

5.3.2 安全策略

在系统中采用权限管理等技术手段来保证数据的安全性和保密性。诸如设置用户标识和口令、设置 DBMS 级存取控制、OS 级文件保密及 DB 级

密码存取等多种技术手段来保护数据库，以防止不合法的使用，限制用户数据操作权力。具体设计中主要采用了以下方法：

利用操作系统提供的多级用户权限及其检查机制，设置用户名及密码，定制用户进入系统的规则

利用数据库管理系统的多级存取控制机制，根据需求分析，对于不同用户设置数据库级、关系级、字段级的多层控制，对于数据库中存储的用户密码也采用加密算法，以防止数据库访问密码外泄造成系统用户口令被窃取

采用窗口控制技术，对于不同用户定义不同的存取权限，对于同一窗口也能限制不同用户只能操作其权限内的信息。

5.3.3 系统界面的一致性

在系统的设计过程中，我们充分考虑了界面的一致性，不同的子系统采用一致的风格，既增强了系统的整体性，又方便了用户的使用。对于大多数子系统中相似的功能，如登录界面、打印功能及一些常用的按钮等，我们都做了统一的规划和设计，如下所示，并封装成公共类库，各个子系统都调用同一类库，来实现一致性。



[10][14][15][16][23][28]

6. 数据库设计与优化

6.1 软件系统的核心内容——数据平台

通常将经过分类组织起来便于存取的物品、信息等称为平台。日常生活中，这种通过对物品的分类存放而提高效益的例子很多，如仓库、衣柜等都给人以平台的概念。

建立数据平台的困难主要有两个方面：①对数据进行合理分类。由于数据的属性是隐蔽的，仅仅通过向用户调研，一般不能全面地获取数据的全部属性，这就需要在系统开发过程中和用户共同去研究。②一个实用的数据平台不仅需要在开发过程中经过反复地调试，而且需要用户及时地输入更新数据。因此信息系统的建设不仅是建立了一套计算机系统，而且要建立起完备地运行这套系统的新的工作方式，使用户能及时准确地将数据输入系统，并能熟练地对数据进行维护。用户要从一个已经习惯的工作方式过渡到新的工作方式上来，必须经过一个艰难的适应过程。这需要开发者在系统开发的过程中进行周密的策划和安排。

6.1.1 数据的分类组织

为使数据平台具有合理的结构，要对数据进行分类组织，在所开发的县级电网用电管理信息系统中我们主要考虑了以下几方面：

1. 全局性的数据。在系统所涉及的数据中，有些和多个部门有关，关系到系统的全局，如用电营业中的用户编号涉及到计量、收费、检修等多个部门。这些数据不仅是各个子系统的关键，而且是子系统间数据交换的唯一性标识，一旦这些数据出现问题，极易引发严重的错误，因此开发、建立数据平台的过程中，我们特别注意对全局性数据的把握。

2. 数据量。有的数据操作的频率很高，数据量较大，用户必须安排一定的工作量才能完成输入。若将这些数据很好地组织到系统中来，就能够构成数据平台的主体。系统开发的过程中，重点要组织的是输入量较大的数据，输入量较小的数据的组织可以穿插安排在调试的过程完成。

3. 数据平台的分层。为保证在数据平台的基础上功能开发的便利和系统的长期稳定运行，数据平台应该是规范和稳定的，但实际情况常常相反。在实践中，我们采用对数据平台分层的方法，限制这些不稳定的因素，即

山东大学硕士学位论文

在数据平台的高层存放规范和稳定的数据，连接输出，底层则存放不规范或不稳定的数据，连接输入。将不规范或不稳定因素局限在输入端，通过程序变换，得到稳定、规范的数据。

6.1.2 以数据平台为核心的系统的特点

以数据平台为核心的系统具有如下特点：

1. 系统性。数据的组织是出于整体的需要，而不是为了某张报表。如集多个自动化系统和信息系统于一体的供电企业营销系统，其一体化的本质实际上是数据的一体化，只有在一体化的数据平台的基础上，才能实现信息的共享。

2. 稳定性。企业的管理方式和数据处理方式可能是变化的，但是企业的基本数据类型却是稳定不变的，因此数据平台是稳定的。

3. 适应性。在数据平台的基础上可以方便地生成各种所需要的报表并查询分析数据，可以方便地满足用户各种变化的功能需求。

4. 系统结构简单。以数据平台为核心的系统结构，在逻辑上可以分为数据输入、数据平台和数据处理三个部分。这种系统结构与人工处理的数据流程不同，这是根据计算机数据处理的特点抽象出来的。

6.2 基于大型商用数据库的数据平台设计

随着性能优越的计算机网络系统和通用性好、信息存储量大、高可靠性及支持通用的结构化查询语言(SQL语言)的大型商用数据库管理系统(如 Sybase、Oracle、MS SQL Server 等)的广泛应用，对数据库应用系统的要求已经不再仅仅停留在可靠性和安全性的层面上了。如何才能最大限度地利用现有的高速网络，实现资源(包括各种数据和资料)的最大共享，以节约办公费用，提高办公效率，已经成为衡量一个数据库应用系统开发是否成功的指标之一。对数据库应用系统的开发来说，关键是数据库结构的设计，其目标是保证数据的一致性和共享性。

为满足以上要求，在县级电网用电管理信息系统数据库的设计过程中采用了以下原则：

(1) 在设计前统一规划、统一设计思想、统一信息交换标准、统一技术规范。

山东大学硕士学位论文

(2) 开发前对用户和他们的工作方式作深入调研,对具体情况作具体分析,有建立新的工作模式的创造力。详细了解原有系统,采用开放模式,最大限度地保护原有资源,立足长远发展,实现系统的平稳过渡。

(3) 对于数据库的设计不仅要保证满足当前的需要,还要充分考虑到今后的发展,要有一定的可扩展能力,以满足工程应用集中化、网络化和开放计算等的要求。

数据库逻辑设计的结果不是唯一的。为了进一步提高数据库系统的性能,还应适当地修改、调整数据模型的结构,这就是数据库模型的优化。关系数据库的优化通常以规范化理论为指导。从概念上来说,规范化就是要将描述一个独立事物的属性组成一个关系。规范化的目的就是减少数据冗余并避免操作异常。

6.2.1 数据库设计过程

所开发的县级电网用电管理信息系统数据库的设计经过概念结构设计、逻辑结构设计及物理设计三个阶段。

1. 概念结构设计

• 数据分析

数据分析是数据库设计的第一步,主要做了以下内容:

(1) 调查部门设置及职能,了解组织机构情况,包括部门组成和职责,编写部门设置及职能表。

(2) 编写数据流程图及初步的数据字典

根据部门设置和职能表,进一步了解部门具体的业务,包括数据内容、方法及数据流向,并在此基础上编写数据流程图及初步的数据字典。

(3) 编写系统功能结构图

了解上述处理工作中要求计算机实现的部分,即确定系统的处理要求和系统的边界,编写系统功能结构图。

• 初步实体—联系图(E-R图)

根据数据分析的结果,主要是数据流程图,编制初步E-R图,它表示信息世界中的信息实体及其相互联系。为了简化起见,E-R图可以不列出实体的属性。

• 基本 E-R 图

在初步 E-R 图中，消除冗余的实体数据和实体间的冗余联系后即为基础 E-R 图。所谓冗余数据是可以由其它基本实体数据导出的数据，冗余的联系是可以由其它基本联系导出的联系。

2. 逻辑结构设计

定义一个关系模型是一个二维表 $R(A_1, A_2, \dots, A_n)$ ，其中 R 为关系名， A_i 为属性名。确切地讲一个关系模型对应一个数据库基表 (Table)。逻辑结构设计首先是将基本 E-R 图向关系数据模型转换，转换的方法涉及深奥的专业理论，此处不作论述。最简单的转换可以将基本 E-R 图中的每个实体定义为一个关系模型，一个联系也是一个关系，从而得到关系模型。在模型转换中，最基本的要求是保证每个关系至少有一个码 (Key)，关系中每个属性都是不可分的数据项，不允许表中有表，坚持“一事一的”的原则，即一个关系只描述一个信息实体或实体间的一种联系。关系模型的信息可在前面的初步数据字典的基础上进行整理，以数据字典的形式表示。

3. 数据库物理设计

数据库的物理设计主要指数据库在物理设备上的存储结构和存取方法设计。设计完成了如下内容：数据的存储结构及存取路径的选择和调整；在一个关系上建立几个索引 (Index)，是单字段索引还是组合索引，索引一般不超过三个，否则虽然查询速度提高了，但是插入和删除速度却降低了；确定数据存放位置，如建立簇 (Cluster)，使逻辑相连的记录物理相邻，从而提高数据访问速度；确定存储分配，如数据块大小、饱满度、缓冲区大小和个数等。

6.2.2 数据字典

数据字典是关于数据描述信息的一个集中库，它产生于数据分析阶段，在以后的各个阶段都对其进行查询或维护。在数据库应用系统的整个生命周期内，数据字典是最重要的文档之一。它包括数据的标志、技术信息、注解信息、关系信息及每一数据的名字、意义、别名、来源、操作人、类型、位数、值范围、格式、作用、注解以及与其它数据的关系。如一个关系模型的数据字典可以包括每个数据元的各项信息，也可以包含诸如后面谈到的数据的安全性和完整性约束等更多信息 (见下表)。数据字典的编制要保证信息代码的一致性。

山东大学硕士学位论文

关系模型的数据字典表示法

字段名	中文名称	类型	长度	约束					操作人	备注
				键	外键	唯一	非空	缺省值		

6.2.3 数据库的安全性和完整性机制

1. 安全性约束

信息安全是信息系统应用中的重要问题。如何严格地保护重要数据，同时又为授权用户提供尽可能的方便，如何安全、有效地管理权限，如何可靠地鉴别用户身份以及防止非法用户的侵袭等，这些构成了信息系统安全的重大课题。管理信息系统要使错综复杂的信息流、数据流在不同的处理者之间安全、有序地流动，必须建立一个完善、统一的安全机制进行有效地控制，并为用户提供灵活、方便的安全管理手段。安全机制包括安全技术和安全管理两个方面。系统开放程度越高，对安全管理的要求也越高。

系统安全性主要是靠保护数据库防止非法使用来实现的。安全机制一般分层实现，包括操作系统级、数据库级、存取控制、用户标识鉴别等。

现主要介绍存取控制级和用户标识鉴别。用户标识是系统赋予每个用户唯一的用户名称和口令密码，用户登录时必须输入用户名称和口令，系统鉴别确认合法后方可进入系统。用户标识由 DBA 管理，用户可以更改自己的口令。

存取控制要根据用户权限区分实现。用户权限是指不同的用户对于不同的数据对象允许进行的操作权限。用户权限主要包括以下三类：(1) 数据检索和处置权限，即查询、修改、删除、插入权的任意组合。(2) 独立于数据值或与数据值有关的存取权限，前者与数据值无关，后者由用户信息和数据信息共同决定用户对数据的权限，如普通用户只能查询本人的工资信息。(3) 与数据和地点有关的存取权限，如限制用户只能在某时某处存取某信息。基于上述理解，在需求分析时必须确定用户情况，包括用户数，各用户工作范围，对数据库中的各类数据拥有的权限，权限的集合至少细化到上述三类，甚至可以具体到某些字段。上述工作既可以得到用户权限情况，又有助于建立全面合理的系统用户设置。

用户权限的实现有以下几种情况：

山东大学硕士学位论文

(1) 数据库服务器端授权，将某些表或某些表的查询权、修改权、删除权、插入权的任意组合直接授权给用户。

(2) 数据库端设置数据库触发器（与时间有关）进行控制。

(3) 在客户端应用程序中控制。

2. 完整性约束

数据库的完整性是指数据的正确性和相容性，以防止不符合语义的错误信息输入输出。完整性约束主要是对数据值的约束和对数据之间的联系的限制。对数据值的约束是对数据的取值类型、长度、范围、精度、缺省值、是否非空、码、格式等的约定。对联系的约束是基于结构化的关系之间具有各种联系，因而关系的属性之间也可以有约束条件，如外键等。

6.3 系统数据库设计

6.3.1 系统数据库设计原则

系统数据库设计主要是针对系统方案设计中所涉及的数据及与其相关联的内容，并结合大型商用数据库的特点进行的数据库划分和结构设计。数据库设计要遵循以下原则：

1) 通过对子模块数据类的划分和归纳产生各数据库，以保证数据的完整性。

2) 不同数据表间，除关键字段外尽量避免同名字段，以减少数据冗余，增强数据的一致性。

3) 数据库字段编码设计应统一、规范，同名字段应尽量共享字段编码。

4) 数据结构应适应大型商用数据库特点，提高系统整体性能。

6.3.2 数据库结构设计

数据库结构设计指对上述分类产生的数据库，依据划分所包含的数据内容，结合相应的业务内容，确定各数据库数据项（或称字段）、数据类型及长度的过程。数据库结构设计的主要步骤是：

1. 根据数据库划分所确定的数据范围，参照相应的业务内容一一列出数据库包括的数据项。

2. 确定数据库的关键数据项（关键字段），将上述数据项按关键字段

山东大学硕士学位论文

在前，同时尽量兼顾原业务内容的排列关系，重新排列各数据项。

3. 确定各数据项存储类型和长度。

4. 按统一规范对数据字段进行编码，按编码、名称、类型、长度的顺序书写出设计清单，以备建库时使用。

5. 确定数据库结构。

按以上方法和步骤，完成全部数据库结构设计。

6.4 数据库的优化

6.4.1 模式优化

模式优化是要求在已获得的一组关系模型之上，利用属性的语义限制消除信息冗余，达到提高系统性能的目的。如何判定性能的好坏通常从以下几个方面来考虑：

1. 关系属性的语义

当我们把一些属性组在一起构成一个关系模型时，我们假定这些属性之间有一定的语义关联，每个关系即是由这些属性值构成的元组集合。要解释关系的语义就是要解释关系元组中属性值的语义。通常认为对于关系语义的解释越容易，则该关系模式的设计越好。

2. 元组及冗余信息

模式设计优化的目标之一是减少基本关系占有的存储空间。如何组织基本表中的属性对于存储空间有较大的影响。

3. 空值

当插入的元组中有很多属性值没有时，其对应的属性值取空值。这不仅带来空间的浪费，而且对于该属性的理解及做连接（Join）操作时都会存在问题。另外，做聚集操作如计数（Count）、求和（Sum）时无法对这些空值计算。

6.4.2 规范化

关系数据库中的关系是要满足一定要求的，满足不同程度要求的为不同范式。满足最低要求的叫第一范式，简称 1NF，在第一范式中满足进一步要求的为第二范式，其余以此类推。本来所谓“第几范式”是表示关系

的某一种级别，所以经常称某一关系模式为第几范式。现在把范式这个概念理解成符合某一种级别的关系模式的集合。

对于各种范式之间的联系有：

$$5NF < 4NF < BCNF < 3NF < 2NF < 1NF。$$

一个低一级范式的关系模式，通过模式分解可以转换为若干个高一级范式的关系模式的集合，这个过程就是规范化。在关系数据库中，对关系模式的基本要求是满足第一范式。这样的关系模式就是合法的、允许的。但是人们发现有些关系模式存在插入、删除异常、修改复杂，数据冗余等毛病。人们寻求解决这些问题的方法，这就是规范化的目的。

规范化的基本思想是逐步消除数据关联中不合适的部分，使模式中的各关系达到某种程度的分离，即“一事一的”的模式设计原则，让一个关系描述一个概念、一个实体或者实体间的一种联系，若多于一个概念就把它分离出去。因此所谓规范化实质上是概念的单一化。

关系模式的规范化过程是通过对关系模式的分解来实现的。把低一级的关系模式分解为若干个高一级的关系模式，同时这种分解不是唯一的。

6.4.3 数据查询统计快速性优化

对数据库进行查询是数据库的基本功能，查询速度的快慢是衡量数据库设计质量的重要指标。为了提高查询速度我们在对系统数据库进行设计时，做了以下三个方面的优化设计：

1. 创建适当的索引

如果把数据库比作一本书，那么表的索引就是这本书的目录，通过索引可以加快表的查询速度。针对用电管理信息系统数据的特点，根据最常用到的查询条件建立索引，尤其是对于一些历史表，随着时间的积累，其数据量会急剧膨胀，建立相应的索引能够很好地改善数据的检索速度。

2. 创建适当的视图

用电管理信息系统面对的是许多不同种类的用户，视图机制使用户眼中的数据库结构变得简单、清晰，在一定程度上简化了用户查询操作。视图机制能使不同的用户以不同的方式看待同一数据，当他们使用统一数据库时，这种灵活性就得以充分体现出来。

3. 创建适当的存储过程

山东大学硕士学位论文

在优化时将特定查询的使用减到最少，而由存储过程来做最常要求的任务。因为存储过程是服务器上一组预先定义并编译好的 SQL 语句，所以执行时花费的时间较少，另外存储过程还会减轻网络负担，提高了不熟悉 SQL 语句的用户的效率。

[8][9] [11][12] [17][18][19][20]

7. 配电监测系统发展方向的展望

随着改革开放的不断深入和市场竞争机制的建立,供电企业由单一的生产型转为生产经营型。为加强配电网的管理,提高自身的经济效益,以便在市场竞争中拥有强大的实力,需要功能强大的管理系统作为支持。随着计算机技术的飞速发展,信息处理技术的方式和方法也随之不断改进,配电监测系统的发展有以下几方面的趋势:

1. 系统必须要高度开放

从目前的计算机应用状况看,中国的电力行业由于使用了多年的分布式系统,形成了许多数据孤岛,使得统一管理变得异常复杂。在电力行业完成组织机构重组和区域的重新划分之后,厂网分开、竞价上网的经营模式将逐步变为现实,这意味着电力行业将取消垄断,逐步形成健全合理的竞争机制。为了在竞争中取得成功,电力企业需要一个既集成、优化原有各应用系统,又能满足当前和未来需求的综合实时的应用服务系统。从电力控制的角度看,要实现全过程的管理和控制,就必须了解各方面的状况,这就要求信息的集中管理。另一方面,如果各个系统互相独立,彼此之间不能共享数据,对于一些公共信息各个系统需要各自管理,重复录入。这样不仅会造成资源的巨大浪费,而且无法保证数据的一致性,严重的可能危及到系统的使用。解决问题的关键就是计算机应用一体化,一方面要完成各系统本身的一体化管理,另一方面要求全部系统的一体化,即建立综合信息系统。

2. 与地理信息系统的结合

地理信息系统(Geographic Information System——GIS)是以计算机技术为支撑,侧重地理空间数据的采集、图形处理和综合分析应用的新技术,是为了获取、存储、检索、分析与显示空间定位数据而建立的计算机信息系统。它把地理位置和相关属性有机结合起来,根据实际需要准确、图文并茂地输出给用户,满足城市建设、居民生活对空间信息的要求,借助其独有的空间分析功能和可视化界面,进行各种分析、管理和决策。

在作为国民经济支柱的电力企业中,传统的配电管理方式已经很难满足配电网的建设和安全经济运行的要求,必须采用新的管理方式,充分合理地利用有限的电力资源。在电力系统中,输电网络、配电网络、电站、用户、负荷、煤、水等能量资源都是按地理分布的,对于这些数据信息的

山东大学硕士学位论文

管理及使用应该结合地理环境采用可视化技术。为实现电网改造和发展的合理规划，需要将现代化的计算机和通讯技术用于配电网的管理，实现各种图形、地图、数据信息的共享。所有这些问题的解决都依赖于 GIS 技术。地理信息系统在供电企业生产管理中将得到越来越广泛的应用，其最终必然会和配电监测系统结合到一起。

8. 结论

本文讨论了配网自动化的发展历史、技术要求和必要性，并在此基础上，结合配电网的实际情况，有针对性地提出了配电监测系统既要有完善的业务处理功能又要能利用多种通讯手段的开发原则及其相应的系统结构和设计方案。

根据该原则，我们采用 Windows NT 网络操作系统支持下的 SQL Server 数据库及专用于数据库开发的 Powerbuilder 开发工具实际开发了配电监测系统。通过一段时间的试运行，该系统能及时地收集、整理和保存数据，实现了数据的共享，消除了数据冗余，提高了数据的准确性，保证了数据的一致性、安全性。该系统大大减轻了业务人员的劳动强度，并通过对信息的综合分析，为领导层提供辅助决策信息，提高了办公效率和工作质量，为企业带来了良好的经济效益。通过系统的开发和研究，我们得出以下结论：

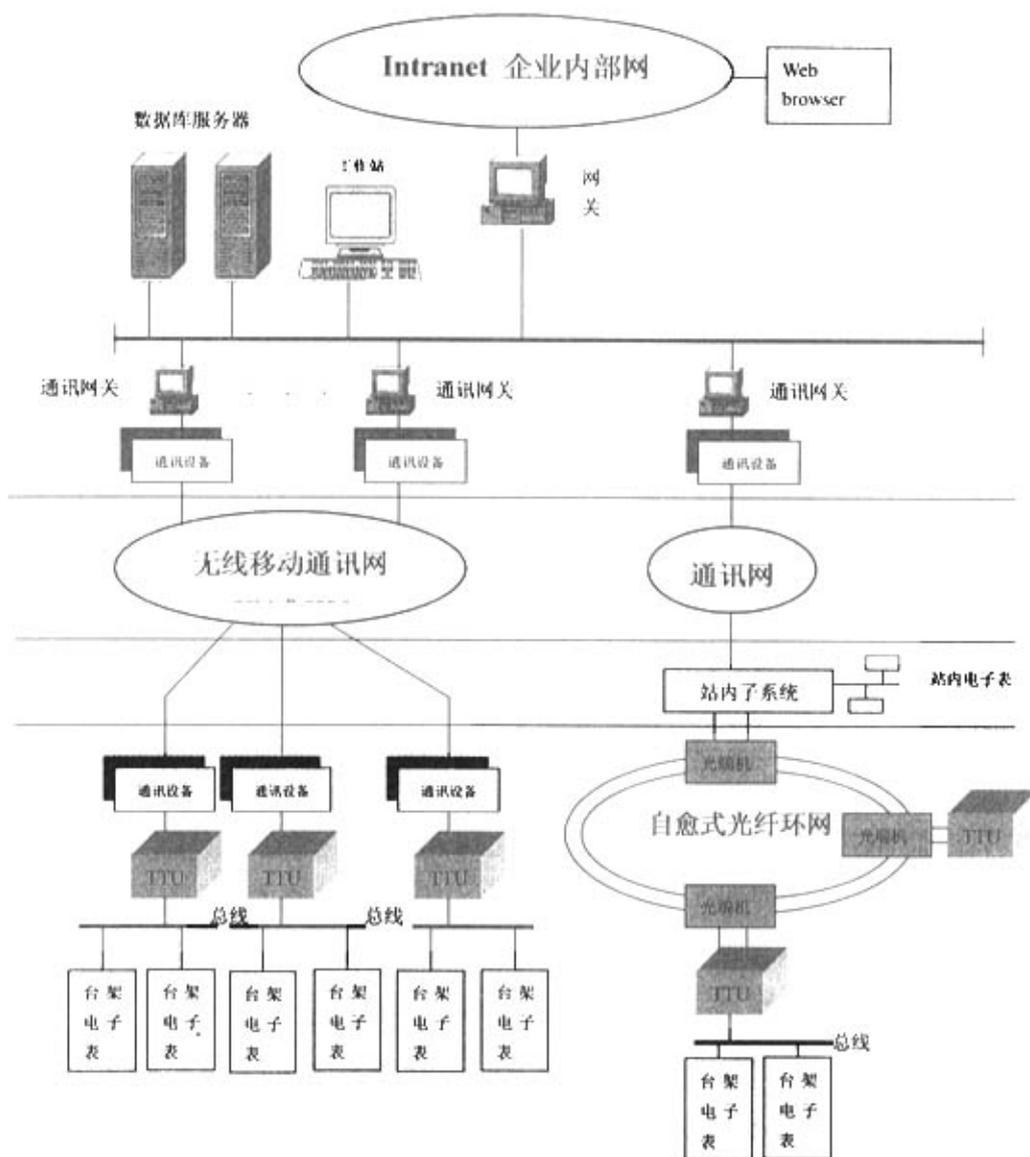
1. 系统的开发要综合考虑实用性与先进性，在充分考虑配电网实际的前提下，实用性是第一位的，要促进管理水平上等级、出效率。既反对盲目追求超前技术的所谓“一步到位”，从而增加系统投资和延长系统开发时间，同时也要考虑所开发的系统在一定周期内保持系统的相对先进性，使系统的投资得以充分利用。

2. 要充分利用目前计算机技术的飞速发展，综合分析，严格论证，选择最优的网络结构和软件平台，同时要尽可能利用现有资源，在节约投资的基础上，保证系统的快速开发和稳定运行。

3. 通过实践的检验，选用开放式 Server / Client 网络体系结构，以数据可靠性高、吞吐量大、速度快、兼容性好的 Sybase 数据库管理系统作为数据平台，用 Powerbuilder 开发工具进行系统的开发，不仅保证了系统的开发效率，同时也使开发的系统有很好的可靠性、易维护和易操作性。

4. 在系统投入正式运行的过程中，一定要加强使用人员的培训工作，只有他们真正掌握，系统才能在实践中不断完善。

附录



附图 1：系统硬件及网络体系

山东大学硕士学位论文

参考文献

- [1] 钱清泉 微机监控系统原理 中国铁道出版社, 1997
- [2] 盛寿麟, 尹更生 电力系统远动原理及应用[M] 水利电力出版社 1984
- [3] 孙成宝, 李广泽 配电网实用技术 中国水利水电出版社 1998
- [4] 徐纪法 城市中低压配电网及其发展理念 中国电力 2001, 12
- [5] 张 锋, 江道灼, 黄民翔 基于配电监测数据的 10kV 配网实时三相线损计算 继电器 2003, 3
- [6] 马克明 广深线 10kV 配电监控系统介绍 电力自动化设备 2000, 8
- [7] 刘建军, 潘东静, 宁玉富, 王付山 管理信息系统集成分析方法的研究及应用 德州学院学报 2002, 4
- [8] 林功平 配电网馈线自动化技术及其应用 电力系统自动化 1995, 4
- [9] 陈佳 编著 信息系统开发方法教程 清华大学出版社
- [10] 张华美, C. Zhou 面向电力市场的配电管理信息系统设计 电力系统自动化 2000, 11
- [11] 侯丽华, 蒋彬 配电自动化的多种通信方式 长春工程学院学报(自然科学版) 2000, 1
- [12] 周双喜, 王 琦 主配电馈线上固定电容器和可调电容器的最佳配置 电力系统自动化 2000, 2
- [13] 黎升洪, 蔡飞 面向对象数据库设计方法 计算机与现代化 1999, 1
- [14] 岳丽华, 丁卫群 编著 数据库系统概论 科学出版社
- [15] 萨师煊, 王珊 编著 数据库系统概论 高等教育出版社
- [16] 张海藩 编著 软件工程导论 清华大学出版社
- [17] Levitin G, Kalyuzhny A, Shenkman A ,et al. Optimal capacitor Allocation in Distribution Systems Using a Genetic Algorithm and a Fast Energy Loss Computation Technique [J] . Power Delivery ,IEEE Transactions on, 2000, 15(2): 623 - 628.

山东大学硕士学位论文

- [18] G. S. C Hinchwadkar, A. G OH. An Overview if Vertical Partitioning in Object- Oriented Databases. The Computer Journal. 1999,42(1): 39-50
- [19] Bradley R. Williams, David G. Walden. Distribution Automation Strategy For the Future. IEEE Computer Application in Power, 1994
- [20] Johnson G Establishing a Distribution AM/FM System on a PC Network Transmission & Distribution 1990(10)
- [21] Lin WM, Tsay MT, Wu SW Application of Geographic Information System for Substation and Feeder Planning Electrical Power & Energy Systems 1996,18(3)

山东大学硕士学位论文

致谢

本文从选题、现场调研、系统分析、方案设计到最终完成全文都是在导师梁军教授的严格要求和悉心指导下完成的。导师既严格要求、精益求精，又理解支持、关爱有加，具有无穷的人格魅力。其严谨的作风和求实的态度都深深影响了我，感动了我。值此机会，向导师致以深深的谢意！