

## 摘 要

为了适应电力企业现代化管理的需要,依据《电业安全工作规程》的要求,工作票制度也是电力系统运行管理中的一种行之有效的安全措施。在输电线路设备检修或试验前,工作人员必须填写相关的线路工作票,来说明工作开始之前所必需的安全措施。本文探讨了以网络技术为平台,研究开发了一种基于面向对象思想的线路工作票网络流程管理系统,实现了电力线路工作票的信息化管理。系统方案设计采用了图形技术、专家系统技术、网络技术和数据库技术等先进技术,建立了智能图形化线路工作票系统。所设计的系统具有很强的实用性和一定的创新性,该系统开发、调试的主体工作已完成,近期将投入试运行。

关键字: 图形化 专家系统 智能线路工作票

## ABSTRACT

In order to adapt the demand that the electric power business enterprise modernizes the management, basis <the electricity industry safety work the rules> of request, work orders system is also the power system movement management in a kind of effectively safe measure. Before the transmission line equipments check fix or test, the staff member must fill in the related transmission line work-order-sheets, explain that the work starts an essential safe measure. The paper has discussed taking the networking as the platform, the research has developed one kind based on the object-oriented thought work-order-sheets system of transmission line network flow management system, has realized work-order-sheets informationization management of the power circuit. The system project design has used the graph technology, the expert system technology, the networking and the data bank technology and so on vanguard technology, has established the Intelligent Work-order-sheets System. Designs of the system has the very strong usability and certain innovation, the main body of the development and the debugging in this system work has completed, in the near future it will invest to move.

Gao Ping (Power System and Its Automation)

Directed by prof. Liu GuoXian

**KEY WORDS:** Network Diagrams, Expert System, Intelligent Work-order-sheets

# 声 明

本人郑重声明：此处所提交的硕士学位论文《配电网电容电流分布式补偿方式的研究》，是本人在华北电力大学攻读硕士学位期间，在导师指导下进行的研究工作和取得的研究成果。据本人所知，除了文中特别加以标注和致谢之处外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得华北电力大学或其他教育机构的学位或证书而使用过的材料。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了谢意。

学位论文作者签名： 王萍 日期： 2008.3.8

## 关于学位论文使用授权的说明

本人完全了解华北电力大学有关保留、使用学位论文的规定，即：①学校有权保管、并向有关部门送交学位论文的原件与复印件；②学校可以采用影印、缩印或其它复制手段复制并保存学位论文；③学校可允许学位论文被查阅或借阅；④学校可以学术交流为目的，复制赠送和交换学位论文；⑤同意学校可以用不同方式在不同媒体上发表、传播学位论文的全部或部分内容。

(涉密的学位论文在解密后遵守此规定)

作者签名： 王萍

导师签名： 王萍

日期： 2008.3.8

日期： 2008.3.8

# 第一章 绪论

## 1.1 论文选题意义

目前，国家电网公司提出了“一强三优”（即电网坚强、业绩优秀、服务优质、资产优良）的奋斗目标，电网建设被提到了前所未有的高度，这既是机遇又是挑战，要求我们输电工区必须紧跟时代步伐，努力实现管理信息化、生产现代化。电力生产要实现上述目标，首要解决的问题就是实现由人工操作向机械化操作和信息化管理方向的转变。在电力生产活动中，电力线路工作票又分为电力线路第一种工作票、电力线路第二种工作票和带电作业工作票（以下统称为线路工作票）是电力安全生产的一项关键的保证措施，也是保证电力线路进行可靠安全检修和施工的重要举措，更是一项保障线路设备和工作人员人身安全的重要措施<sup>[17]</sup>。线路停电检修，首先要办理电力线路第一种工作票，然后由电力调度及相关变电所完成停电操作后，检修或工作人员入工作现场。在电力线路从停电到工作的过程中，办理电力线路第一种工作票是第一道程序，工作票面上有详细的工作任务、工作地点、需停的各台断路器、隔离开关以及为进一步确保安全所挂的接地线位置等。只有一丝不苟地办理好线路工作票，才能把事故消灭在萌芽状态，才能真正把好安全工作第一关<sup>[2]</sup>。过去由工作人员手工管理，存在许多问题，且极其容易产生人为错误或延误，导致信息不能及时下达和反馈，不适应国家电网公司提出的现代化企业管理模式的要求。随着信息产业的高速发展，各行各业都将计算机应用到自己的领域中，都把发展信息化管理提到重要的位置上。目前变电的工作票研究较多，图形化的智能线路工作票的研究还处于起步阶段。由于使用线路工作票的相关单位和部门管理观念相对落后，管理手段比较陈旧，随着电力部门“减人增效”的开展<sup>[1]</sup>，社会对供电可靠性要求的不断提高，对电力线路工作人员的工作效率和反应速度提出了更高、更新的要求。

本文图形化智能线路工作票管理系统的开发目的是为了通过计算机技术实现电力系统中的线路工作票的自动化生成，提高开票的效率和准确率，从而提高电力生产安全系数。同时通过互联网技术使得线路工作票的开票、签发、审票、许可、延期、终结等各环节更加快捷、可靠、方便，把人从枯燥的劳动中彻底解放出来，而且也提高了经济效益。

## 1.2 课题研究现状

随着计算机技术的发展，使得电力系统改变以往传统的管理和运作方式成为可

能，电力系统工作票的专家系统研究开发也比较活跃。而目前，电力系统中工作票形成方式主要采用键盘输入为主的文档输入方式，只提供输入界面，无变电站可视化接线图界面，所有工作内容以键盘输入为主，和原有的手工写票方式基本相同，仅仅将用手写输入改为键盘输入而已<sup>[11]</sup>。开发应用的一些智能化的工作票系统主要是变电工作票，线路工作票才刚刚起步。线路工作票，主要与变电站主接线图和电网结构图有关，是进行电力线路工作的凭证和依据，是命令的书面形式，也是办理工作间断、转移和终结手续的依据。由于工作票系统开发的复杂性和适用性，现在一些应用技术难点还没有得到根本的解决，规则库和推理机的完全分离等，以至于开发的系统多数未能进行推广应用<sup>[10]</sup>。

通过查阅各种资料，现在比较成型的工作票和操作票专家系统，多数系统采用合作项目的方式开发，在通用性和适应性方面往往考虑不充分，在功能实现上复杂、操作性差，且大多是针对变电站的，针对线路工作票的智能化解决方案则是寥寥无几。所以尽管目前开发出的系统都分别解决了不同层次的现场问题，但仍然存在许多需要改进的地方，如：1) 推理能力问题，推理能力弱使系统功能的实现受到限制；2) 实用性问题，工作票自动生成后手工修改量较大；3) 通用性问题，由于系统的开发面向给定设备环境，当电力系统中投入新设备时，常常不得不对系统中设备描述部分进行修改<sup>[13]</sup>。因此，为达到消除线路工作票管理中显在的和潜在的弊端，实现线路工作票计算机信息化管理，研究和开发“图形化智能线路工作票系统”，提高线路工作票的严肃性以及执行的高效性，成为时代发展的需要。

近几年来，内蒙超高压公司各部门和各生产班组都已建成内部局域网，实现了网络资源共享，使不同地点的各部门协同工作成为现实，线路工作票可在各班组、生产技术组和领导等部门传输，缩短工作票填写、签发和许可的时间，提高工作票的安全性、规范性。时代的发展和现代网络技术的应用，改变当前线路工作票的使用现状成为可能。由于电力线路工作票本身有着复杂、枯燥、安全性要求高、制度严格、逻辑性复杂等特点，因此在本系统中，将通过面向对象编程技术和专家知识加以实现。

### 1.3 本文主要工作

本系统针对电力生产对工作票不断提升的正确性、开放性和规范性要求，开发了一套图形化智能线路工作票系统，它综合采用了三层 C/S 软件体系结构、ORACLE 数据库、网络拓扑技术、数据安全控制技术和专家系统技术。利用面向对象的程序设计语言具有的继承、多态、封装等多种优良特性，把这一技术运用于线路工作票的知识表示和推理机的实现，合理抽象出问题域类，将使得工作票专家系统具有代码短、易维护、易修改和易扩充的优点，增强了系统的通用性。

本文所做工作如下：

- (1) 通过对《电力线路工作票制度》以及工作票信息化管理相关文献的深入学习、理解，明确了采用图形技术、专家系统技术进行线路工作票管理系统开发的技术路线；
- (2) 针对线路工作票信息化管理的实际需要，结合最新的信息化发展水平，进行了数据编码、数据结构和业务逻辑设计，经过对开发出的系统测试，初步表明系统设计合理、可行；
- (3) 基于面向对象的思想，对系统图元的绘制以及属性管理进行了改进，在此基础上，较好完成了电网主接线图绘制功能模块的编程和测试等工作；
- (4) 根据线路一种票、二种票的工程实际管理要求，参与设计、开发了线路一种票、二种票的填写、签发功能模块；该模块利用系统内建立的专家知识库，可根据选定的工作对象和工作任务，正确、规范地自动生成所应采取的安全措施列表；可较好地为保证线路工作安全服务；

在整个论文期间，通过自学，较好地掌握了面向对象、可视化编程的技术，并用 Delphi 语言，编写了大量高质量应用程序，该系统开发、调试的主体工作已完成，近期将投入试运行。

## 第二章 系统总体设计及相关技术

### 2.1 电力线路工作票制度

电力线路工作票又分为第一种工作票（格式见附录一）、第二种工作票（格式见附录二）和带电作业工作票（格式见附录三），是进行电力线路工作的凭证和依据，使用工作票的实质是根据工作票面所填写的内容，核实安全措施及组织技术措施，有目的地开展安全作业。同时，工作票也是办理工作间断、转移和终结手续的依据。工作票由填写、签发、许可、使用、间断以及终结恢复送电等几个环节组成，层层控制，层层落实，层层监督，是进行现场作业人员人身防护的预控制措施，着重于现场作业过程中对作业人员的安全产生危害的危险点和危险源的控制，是为了加强现场作业中的安全管理，促进现场作业安全责任和安全措施的具体落实，进一步强化工作安排人和工作小组负责人的安全责任，提高现场作业人员工作中的自保互保意识，杜绝违章行为的发生，从而确保工作人员的人身安全和设备安全不受损害<sup>[9]</sup>。各个环节则分别由工作票签发人、工作票负责人和工作票许可人根据分工共同完成，其重点在于确定工作任务的注意事项，制定相应的安全措施。因此线路工作票的计算机网络管理必须要具备良好的角色保密性和实时监控性。

输电线路工作票执行程序依据《电业安全工作规程》（电力线路部分）以及关于印发《“两票”执行程序》和《关于执行“作业安全措施票”的规定》的通知”要求，并结合工作实际而制定的规范性程序和要求执行，具体由工作票“三种人”（即签发人、负责人、许可人）执行，工作票签发人签发工作票，并不得兼任该项工作的工作负责人；工作负责人现场持有一份工作票，并只能持一张工作票；线路工区生产调度或值班员履行工作票二级许可制度，交接命令应使用录音电话，并做好记录。工作票的流程如图 2-1 所示：

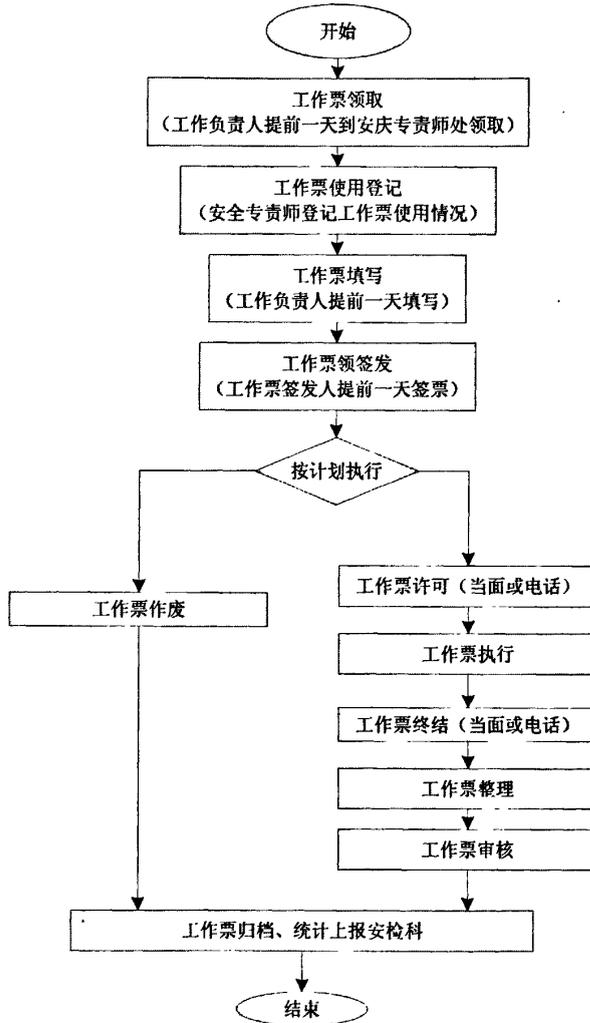


图 2-1 工作票执行工作流程图

## 2.2 系统设计总体方案

### 2.2.1 系统技术路线

根据线路工作票实际应用需求和其本身的特点，本系统确定采用图形技术、专家系统技术相结合，进行线路工作票管理系统开发的技术路线；，具体内容包括：

(1) 使用 ActiveX 图形控件进行变电站主接线、电网主接线图的绘制，为用户提供图形化的界面，同时，借助矢量图，构建网络拓扑，为安全措施智能生成提供技术基础；

(2) 基于专家系统技术，构建安全措施知识库，在已知工作对象和工作任务的情况下，智能生成工作票中安全措施项，包括线路两端变电站内应拉断路器、隔离开关、应合地刀等；

(3) 使用动态责任区控制技术，确保专家知识库中的数据安全，有效防止业务规则等被有意或无意删除；

(4) 知识库与推理机分离，可较好保证系统能够源源不断的吸取专家知识，以适应线路工作各种安全性防护要求。

此外，系统在图元属性管理等方面，采用面向对象技术，从而有效保证系统的开放性，使其有较好的生命力。

### 2.2.2 系统设计构想

基于系统开发目的和主要任务，根据电力生产实际需求，对实际应用环境进行了充分调查和分析后，主要设计构想如下：

1. 界面美观大方，人机交互性强，各大功能以导航条形式存在于主登录界面内，界面间可以相互转换，无论在哪个界面都不会迷失方向，对特殊要求的功能界面可以以单独方式打开。界面内以超链接方式调用相应功能界面，各界面的功能区划分清晰。

2. 用户登录：第一步：用 administrator 最高级别的管理员登陆给第二级管理员分配可分配的权限和可运行的权限，然后利用第二级管理员登陆给普通用户分配可运行的权限，就可以了。当然也可以不用第二级的管理员而直接通过 administrator 最高级别的管理员给普通用户赋予权限，但是有了第二级管理员会使系统操作更安全。

3. 用户管理：不同用户进行不同操作，根据用户的不同角色授予不同的操作和管理权限。用户的权限就要看他是什么职位他需要什么功能来分配了。

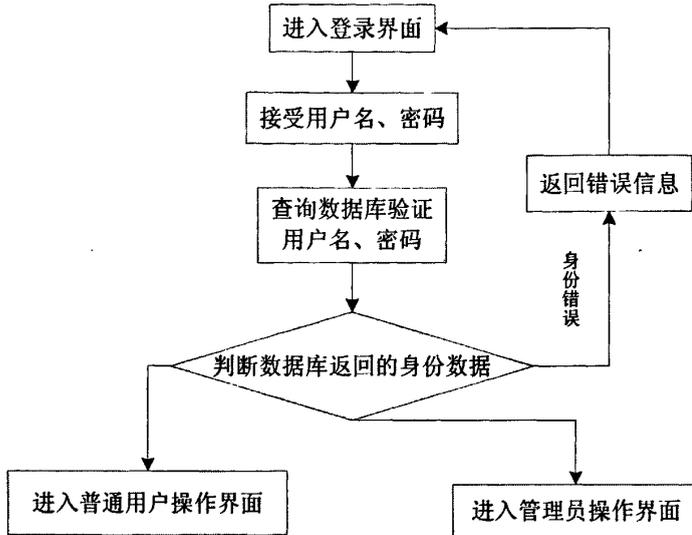


图 2-2 用户登录流程图

4.工作票的功能模块：用户登录后可以完成工作票的填写、签发、许可和完工终结等各个环节的操作；多种开票方式的实现，诸如手工开票、自动开票、图形开票及调用历史票；经过授权后，能够实时对票进行查询和统计分析，数据查询功能应能使用多种查询方式对各种工作票信息进行查询，诸如按时间查询、按状态查询、按类型查询等；能够进行网上传输，安全可靠地做出相应处理。

### 2.2.3 系统设计目标

系统开发的目的是实现输电线路工作票的信息化管理，主要任务是通过建立用户登录进行工作票的填写、签发、许可、完工和终结、工作票流程跟踪、工作票历史数据查询和统计分析、系统维护和更新以及系统用户管理等九个功能模块，实现系统的开发目的。基于此，完成以下目标：

1.各种开票方式的实现：手工开票、智能开票。手工开票：允许用户从开票界面以手工方式开出符合用户要求的线路工作票，当然也可以根据需要附带相应的线路连接图，这是最基本目标的实现；智能开票：系统可以根据选中的工作线路，对应其相应的线路图形上，再结合系统内部设置的开票规则、等自动开写出所需类型的工作票；。

2.系统具有网络拓扑功能：系统具有网络拓扑分析能力，当线路网络结构发生变化时，开票规则只需少量改动或不需改动，系统根据网络拓扑分析即可适应网络结构的变化。

3.带有工作票管理功能：系统具有工作票管理的功能，能对整个工作票的工作流程进行管理。

## 2.3 系统设计思想和应用技术

### 2.3.1 面向对象思想

#### 2.3.1.1 面向对象的概念

“面向对象”技术追求的是软件系统对现实世界的直接模拟，尽量将现实世界中的实物直接映射到软件系统的解空间。面向对象是把相互无关联的对象有效地集成在一起的软件方法<sup>[22]</sup>。这些对象都是将数据结构和行为紧密结合在一起的。这与传统程序设计方法的将数据结构和行为分离的模式完全不同。在编程时，可以将很多的概念作对象化处理，如窗体、按钮、菜单等等。对象可以是具体的，如文件系统中某个文件；也可以是抽象的，如多处理操作系统中的一个时序策略表。

(1) 对象：现实生活中，对象是现实世界的一个实体。在计算机世界中，我们可以把对象看成是存储器中一个可标识的区域，它能保存固定或可变数目的数值（或数值的集合）。例如，在本系统中将变电站的所有设备按照类型归类，每个具体设备都是类的实体，即对象。

(2) 类：描述了一组具有相同特性（数据元素）和相同行为（函数）的对象。类实际上就是数据类型，例如，浮点数也有一组特性和行为。区别在于程序员定义类是为了与具体问题相适应，而不是被迫使用已存在的数据类型。程序员可以通过添加他所需要的新数据类型来扩展这个程序设计语言，以与具体问题相适应。

(3) 类的结构：在客观世界中有若干类，这些类之间有一定的结构关系。通常有两种主要的结构关系，即一般--具体结构关系，整体--部分结构关系。

① 一般——具体结构称为分类结构，是“is a”关系。

② 整体——部分结构称为组装结构，是“has a”关系。

(4) 消息：是对象之间相互请求或相互协作的途径，是要求某个对象执行其中某个功能操作的说明。通常，我们将发消息的对象称为发送者，接受消息的对象称为接收者。对象间的联系，只能通过传送消息来进行。在面向对象编程中，消息分为两类：公有消息和私有消息。若有一批消息同属于一个对象，其中有一部分是由外界对象直接向它发送的，这部分称为公有消息，向本身发送的那部分消息称为私有消息。当对象之间进行通信时只能通过公有消息来完成<sup>[23]</sup>。

#### 2.3.1.2 面向对象技术的特性

(1) 对象唯一性 每个对象都有自身唯一的标识，通过这种标识，可找到相应的

对象。在对象的整个生命期中，它的标识都不改变，不同的对象不能有相同的标识。

### (2)分类性

分类性是指将具有一致的数据结构(属性)和行为(操作)的对象抽象成类。一个类就是这样一种抽象，它反映了与应用有关的重要性质，而忽略其他一些无关内容。任何类的划分都是主观的，但必须与具体的应用有关。

### (3)继承性

继承性是面向对象系统的一个重要的概念。它所表达的就是一种对象类之间的相交关系。是子类自动共享父类数据结构和方法的机制，这是类之间的一种关系。在定义和实现一个类的时候，可以在一个已经存在的类的基础之上来进行，把这个已经存在的类所定义的内容作为自己的内容，并加入若干新的内容。若类间具有继承关系，则它们之间应具有下列几个特性：

- ①类间具有共享特征（包括数据和程序代码的共享）；
- ②类间具有细微的差别或新增部分（包括非共享的程序代码和数据）；
- ③类间具有层次结构。

继承所具有的作用有两个方面：一方面可以减少代码冗余；另一方面可以通过协调性来减少相互之间的接口和界面。在面向对象系统中，有了封装机制以后，对象之间只能通过消息传递进行通讯；那么继承机制的引入是否削弱了对象概念的封装性，继承和封装是否矛盾。其实这两个概念并没有实质性的冲突，在面向对象系统中，封装性主要指的是对象的封装性，即将属于某一类的一个具体的对象封装起来，使其数据和操作成为一个整体。在引入了继承机制的面向对象系统中，对象依然是封装的很好的实体，其它对象与它进行通讯的途径仍然只有一条，那就是发送消息。类机制是一种静态机制，不管是基类还是派生类，对于对象来说，它仍然是一个类的实例，也许是基类的实例，也许是派生类的实例，因此继承机制的引入丝毫没有影响对象的封装性。从另一角度看，继承和封装机制还具有一定的相似性，它们都是一种共享代码的手段。继承是一种静态共享代码的手段，通过派生类对象的创建，可以接受某一消息启动其基类所定义的代码段，从而使基类和派生类共享了这一段代码。而封装机制所提供的是一种动态共享代码的手段，通过封装，我们可将一段代码定义在一个类中，在另一个类所定义的操作中，我们可以通过创建该类的实例，并向它发送消息而启动这一段代码，同样也达到了共享代码的目的。

在面向对象系统中，引入继承机制后具有如下优点：

- ①能清晰体现相关类间的层次结构关系。
- ②能减小代码和数据的重复冗余度，大大增加程序的重用性。
- ③能通过增强一致性来减少模块间的接口和界面，大大增加程序的易维护性。
- ④继承是能自动传播代码的有力工具。
- ⑤继承还是在一些比较一般的类的基础上构造、建立和扩充新类的最有效手

段。

在面向对象系统中继承性不仅作用在对操作的继承，还作用在对数据内容的继承，即既具有结构特性的继承性，又具有行为特性的继承性。

#### (4)封装性

在程序设计时，封装是指将一个数据和与这个数据有关的操作集合放在一起，形成一个能动的实体—对象，用户不必知道对象行为的实现细节，只需根据对象提供的外部特性接口访问对象即可。因此，从用户的观点来看，这些对象的行为好像包含在一个“黑匣子”里，是隐藏的、看不见的。

从上面的叙述我们看出，封装应该具有下面几个条件：

①具有一个清楚的边界，对象的所有私有数据、内部程序（成员函数）细节都被固定在这个边界内。

②具有一个接口，这个接口描述了对象之间的相互作用、请求和响应，它就是消息。

③对象内部的实现代码受到封装壳的保护，其他对象不能直接修改本对象所拥有的数据和代码。

面向对象的封装性是一种信息隐藏技术，它使得系统设计人员能够清楚表明他们所提供的服务，用户和应用程序员则只看见对象提供的操作功能，看不到其中的数据或操作代码细节。数据隐藏允许我们（类的创建者）将来在不破坏用户代码（代码使用了该类）的情况下随心所欲地修改代码。为实现这一点，应把对象的成员尽可能定义为 `private`，而只让接口部分为 `public`，而且总是使用函数而不是数据。如果类的使用者不需要调用某个函数，就让这个函数成为 `private`。如果类的一部分要让派生类可见，就定义为 `protected`，并提供一个函数接口而不是直接暴露数据，这样，实现部分的改变将对派生类产生最小的影响<sup>[6]</sup>。

对象的这一封装机制的目的在于将对象的使用者与设计者分开，使用者不知道对象行为实现的细节，只需用设计者提供的协议命令对象去做即可。面向对象系统中的封装单位为对象，即主要指对对象的封装意义，它将数据和与这个数据有关的操作集合封装在一起，建立了一个定义良好的接口，这反应了抽象数据的思想。

#### (5)多态性(多形性)

多态性是指相同的操作或函数、过程可作用于多种类型的对象上并获得不同的结果。不同的对象，收到同一消息可以产生不同的结果，这种现象称为多态性。它是面向对象系统中的又一重要特性，它描述的是同一个消息可以根据发送消息对象的不同采用多种不同的行为方式。C++语言支持两种多态性：即编译时的多态性和运行时的多态性。编译时的多态性是通过使用重载来实现的，到底执行的哪个重载版本在编译时就可以知道，所以是相对静态的多态性。运行时的多态性是通过虚函数来实现的，到底运行的是哪个函数版本，需要在运行时通过找出发送消息的对象

来确定，编译器在编译时采用的是动态联编手段。

我们知道面向对象技术用抽象特性定义类在知识表示上是具有自身优势的，通过这一节的介绍我们可以进一步看到面向对象系统的几大特点使得知识扩充具有极大的方便性。因此本文介绍的线路工作票智能开票系统的知识表示选择了面向对象技术来实现。

### 2.3.2 主要应用技术

#### 2.3.2.1 三层 C/S 结构技术

所谓三层体系结构，是在客户端与数据库之间加入了一个中间层，也叫组件层。中间件作为构造三层结构应用系统的基础平台，提供了以下主要功能：负责客户机与服务器、服务器与服务器间的连接和通信；实现应用与数据库的高效连接；提供一个三层结构应用的开发、运行、部署和管理的平台。这里所说的三层体系，不是指物理上的三层，不是简单地放置三台机器就是三层体系结构，也不仅仅有 B/S 应用才是三层体系结构，三层是指逻辑上的三层，即使这三个层放置到一台机器上<sup>[12]</sup>。三层体系的应用程序将业务规则、数据访问、合法性校验等工作放到了中间层进行处理。完善的三层结构的要求是：修改表现层而不用修改逻辑层，修改逻辑层而不用修改数据层。使用三层结构主要是使项目结构更清楚，分工更明确，而且其拥有分布性强、维护方便、开发简单且共享性强、总体拥有成本低等特点，这就有利于后期的维护和升级。三层结构包含：表示层(USL),业务逻辑层(BLL),数据访问层(DAL)<sup>[7]</sup>。其相应的结构图如 2-4 所示：

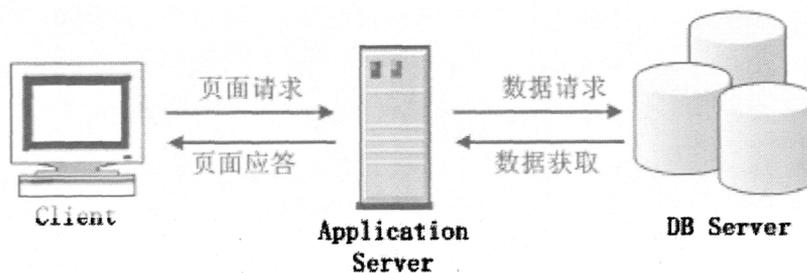


图 2.4 三层 C/S 结构图

(1)数据数据访问层:主要是对原始数据（数据库或者文本文件等存放数据的形式）的操作层，而不是指原始数据，也就是说，是对数据的操作，而不是数据库，具体为业务逻辑层或表示层提供数据服务。

(2)业务逻辑层:主要是针对具体的问题的操作，也可以理解成对数据层的操作，对数据业务逻辑处理，如果说数据层是积木，那逻辑层就是对这些积木的搭建。主要负责对数据层的操作，也就是说把一些数据层的操作进行组合。

(3)表示层: 主要对用户的请求接受, 以及数据的返回, 为客户端提供应用程序的访问。一般表示 WEB 方式,也可以表示成 WINFORM 方式,WEB 方式也可以表现成:aspx, 如果逻辑层相当强大和完善,无论表现层如何定义和更改,逻辑层都能完善地提供服务。

之所以采用三层结构, 因为其有以下方面的优势:

首先, 通过将整个系统分为不同的逻辑块, 大大降低了应用系统开发和维护的成本。三层结构将表示部分和业务逻辑部分按照客户层和应用服务器相分离, 客户端和应用服务器、应用服务器和数据库服务器之间的通信以及异构平台之间的数据交换等都可以通过中间件或者相关程序来实现。当数据库或者应用服务器的业务逻辑改变时, 客户端并不需要改变, 反之亦然, 从而大大提高了系统模块的复用性, 缩短了开发周期, 降低了维护费用。

其次, 系统的扩展性大大增强。模块化使得系统很容易在纵向和水平两个方向拓展: 一方面可以将系统升级为更大、更有力的平台, 另一方面也可以适当增加规模来增强系统的网络应用。由于摆脱了系统同构性的限制, 使得分布数据处理成为可能。对未来的系统性能提升需求, 仅需加入不同的层的服务节点, 系统即可平滑进行扩展。

第三, 系统的可维护能力大大增强。三层结构的应用使逻辑层的变动可以简单的在应用服务器上的升级调整, 即可完成应用系统的更新。无需像 C/S 程序一样, 每个工作站的程序升级更新一样麻烦。三层结构的应用, 系统的未来升级仅需在应用服务器端进行集中维护。

第四、系统具有可靠性。三层结构的应用, 可平滑将系统结构升级成为集群结构, 使系统具有非常高的稳定性, 单节点的系统灾难不会对系统的数据完整性和持续运行时间造成影响。

第五、系统具有较高性价比。系统逻辑计算部份集中部署于高性能的应用服务器上, 使系统具有非常高的计算性能, 减少对客户机的机器成本。

结合工作票系统的需要易维护、可靠性高、集中/分布式运行等特点, 我们采用三层 C/S 结构, 即三层 GUI 模式的体系结构。客户端运行时, 客户端 Client 将指令发往服务器 Server, Server 将处理结果送回 Client, 这样就实现了分布处理机制, 减少了网络上传输的开销, 提高了应用系统的运行效率, 此外三层结构便于系统的维护和升级<sup>[25]</sup>。

### 2.3.2.2 ORACLE 分布式数据库设计

数据库是 MIS 的基础和核心。一个信息系统的各子系统能否有机地结合在一起, 形成多层次综合处理地能力, 关键在于数据库, 在于数据库的设计是否合理有效。

随着传统的数据库技术日趋成熟、计算机网络技术的飞速发展和应用范围的扩充，数据库应用已经普遍建立于计算机网络之上。集中式数据库系统有它的不足：数据按实际需要已在网络上分布存储，再采用集中式处理，势必造成通信开销大；应用程序集中在一台计算机上运行，一旦该计算机发生故障，则整个系统受到影响，可靠性不高；集中式处理引起系统的规模和配置都不够灵活，系统的可扩充性差。在这种形势下，集中式数据库系统的“集中计算”概念必然向“分布计算”概念发展<sup>[16]</sup>。

分散的选择方案就是分布式数据处理(DDP)方案。分布式数据处理不仅是一种技术上的概念，也是一种结构上的概念。分布式数据处理的概念是建立在集中和分散这两种信息服务都能实现的原则基础上的。集中/分散的问题归结起来就是建立综合的信息系统(集中)和对用户服务(分散)这两者结合的问题，规模的大小已不再是争论点<sup>[23]</sup>。从理论上来说，分布式数据处理将这两个领域能最好地结合在一起。计算机系统不仅能连接到所有的业务领域，而且能致力于各业务领域的应用。由于所有的分布式系统都用一个网络联在一起，所以信息系统的综合也就很容易实现了。应该认识到分布式处理系统会具有较高的运行效率，因为其中某个计算机系统的失效并不危及整个公司的工作。事实上，在一个设计周到的分布式数据处理系统中，任何一个计算机子系统都能用来使整个系统正常工作。

在分布式数据库系统中，数据存放在逻辑上统一但地理上分布在不同位置的数据库中，数据库之间可以通过网络进行远程访问<sup>[17]</sup>。由于数据库分布在不同的位置，数据的访问和管理变得非常复杂。在设计时，要合理选择数据存放的位置要从以下几个方面来考虑：(1)每一个位置发出的事务数量；(2)每一个结点使用的数据量(包括表)；(3)网络的性能与可靠性；(4)各个结点的速度和硬盘容量；(5)结点或者链路不可用时结点与链路的路由选择；(6)对表之间引用完整性的需要。在数据库设计时要综合考虑以上各种因素，对系统数据进行分析，将数据合理分布到各个节点上。

Oracle 是一个功能强大、应用广泛的大型分布式数据库管理系统，具有分布性、逻辑整体性、分布式计算、透明访问、均衡网络负载和可靠性较高的特性，它对分布式事务、数据仓库有很强的处理能力，提供了一套有效的机制来保证数据的一致性、完整性和安全性。

分布式数据库系统已经成为信息处理学科的重要领域，正在迅速发展之中，原因基于以下几点：

(1)它可以解决组织机构分散而数据需要相互联系的问题。比如银行系统，总行与各分行处于不同的城市或城市中的各个地区，在业务上它们需要处理各自的数据，也需要彼此之间的交换和处理，这就需要分布式的系统。

(2)如果一个组织机构需要增加新的相对自主的组织单位来扩充机构，则分布

式数据库系统可以在对当前机构影响最小的情况下进行扩充。

(3)均衡负载的需要。数据的分解采用使局部应用达到最大,这使得各处理机之间的相互干扰降到最低。负载在各处理机之间分担,可以避免临界瓶颈。

(4)当现有机构中已存在几个数据库系统,而且实现全局应用的必要性增加时,就可以由这些数据库自下而上构成分布式数据库系统。

综合内蒙古超高压公司与子部门地域的分布性,本系统采用 ORACLE 分布式数据库设计。在公司建立数据中心,在不同子部门(两个输电工区)分别设立数据库服务器,用以存储具体部门的生产数据,依靠数据库本身的数据复制技术,实现各数据库之间的数据刷新、同步。

### 第三章 Active 图形控件在系统中的应用

这部分的功能主要是生成可操作的图形界面。在进入图形编辑界面后,用户可以新建或者编辑已有的图形。并且这里绘制的图形会为后续的线路工作票模块中的图形开票提供服务;

本文采用 VC 对 ActiveX 图形控件进行二次开发,通过采用标准化的图例以及丰富的图形元件属性配置,绘制出标准化的各种元件,乃至变电站主接线图和电网结构图,满足直观展示电网运行状况、数形结合查询设备台帐、运行参数信息的要求,提供线路工作票的智能图形化开票功能。

#### 3.1 Active 控件的简介

ActiveX 是 Microsoft 对于一系列策略性面向对象程序技术和工具的称呼,组件技术包括自动化服务器、自动化控制器、控件、COM 对象、文档和容器,其中主要的技术是组件对象模型 (COM)。COM 是一种技术标准,它是由微软公司创建,具有使多个应用程序或组件对象协同工作并相互通信的能力。COM 组件是遵循 COM 规范编写、以 WIN32 动态链接库 (DLL) 或可执行文件 (EXE) 的形式发布的可执行的二进制代码。遵循 COM 的规范标准,使组件与应用、组件与组件之间可以相互操作,极其方便地建立可伸缩的应用系统<sup>[24]</sup>。

ActiveX 是一种用于 INTERNET 的对象链接与嵌入技术 (OLE),其目标是提供一种与操作系统平台无关、与机器平台无关的,可以在应用程序之间互相访问对象的机制,它是操作系统平台级上对面向对象方法的支持<sup>[16]</sup>。接口是该技术的基础,它是应用程序之间对象互相访问的唯一途径。ActiveX 技术提供了很多优异特性支持,例如,支持复合文档,各个 ActiveX 服务器的文档可以一起存储;支持分布式的应

用，通过分布式组件对象模型，用户的程序可以分布运行在网络(例如 Internet)上；任何支持 ActiveX 的开发环境都可以使用分发的 ActiveX 控件，应用这种技术可以大大扩展软件的应用范围<sup>[18]</sup>。

从工程的角度看，ActiveX 控件在应用开发方面具有以下特点：

(1)ActiveX 控件与开发的工具语言无关。开发人员可以根据需要和爱好选择特定语言工具实现控件的开发。

(2)通过接口有效保证了控件的复用性。一个控件具有若干个接口，每个接口代表控件的某个属性或方法。其它控件或应用程序可以设置或调用这些属性和方法来进行特定的逻辑处理。控件和应用程序的连接是通过其接口实现的。负责集成的开发人员无须了解控件的功能是如何实现的，而只须创建控件对象与其接口建立连接。

(3)ActiveX 控件运行效率高、便于使用和管理。因为控件是二进制代码，比 ASP 脚本运行效率高，所以核心的商务逻辑计算任务必须由控件来负责，ASP 脚本只起组装控件的角色。而且控件在网络上的位置可被透明地分配，控件和使用它的程序既能在同一进程中运行，也可在不同进程或不同机器上运行，控件之间是相互分离和独立的。

本文设计的图形平台基于 Active 控件开发，具备诸多优点：一是控件可以嵌于程序，减少了计算机内存的使用；二是控件具备可适用于多个开发环境，可随网络发布等特点；三是重用性高，减少了繁杂的代码设计，便于系统扩充。而图形平台功能模块较多，要求系统有很好的扩展性，因此采用 ActiveX 技术适用于图形平台的开发，从而较好的满足电力生产信息管理系统开发的需要。

ActiveX 图形控件是一套完全基于 C++开发的 OCX 组件，它提供了非常丰富的功能，如：

(1)提供了一套非常简单而且统一的修改单个或者多个组件的基本属性的方法；

(2)组件的组合与分解，并支持组件移动、拉伸、旋转，组件的锁定与解锁；

(3)打印、打印预览以及输出到图像，以及支持自适应固定打印页大小和自定义页面大小设计模式；

(4)绘制直线、曲线、矩形、椭圆、自由曲线、多边形，添加文本、以及图片等，并能为图形定制背景组件；

(5)创建对象之间的连接，并支持组件与组件之间进行直线、曲线、折线等自由连接；

(6)屏幕放大、缩小，提供按页面宽、高放大，按图形选择组放大等功能；

(7)无限制的撤消和重做 (UNDO\REDO)；

(8)多种标准单位自由转换包括 (英寸、Feet、Yards、毫米、厘米以及像素点

等)。

## 3.2 图元的设计与控制

图元的绘制本质就是要用链表记录每个线、弧、圆和矩形等的基本画笔、画刷属性，根据记录的数据来调用图形元素的基本画法来完成各种图元以至整个图形的绘制的。从人工智能的观点出发，需要对研究对象的概念进行充分的抽象和概括，线路工作票系统主要面临的对象是变电站一次接线图和电网结构图，接线图则由各个电气元件以及它们之间的连接关系组成。所以对电气图元的抽象，是建立线路工作票系统的基础。在分析和借鉴以往开发图元方法的基础上，系统采用面向对象的技术，把元件以类的形式封装起来，用元件类的属性来描述元件的特性，通过调用元件类的方法来实现对元件的操作。通过采用标准化的图例及图元属性配置，可较好保证各基层单位绘制出的变电站主接线图和电网结构图满足标准化、规范化要求，从而为图形开票提供基础。

### 3.2.1 图形元件设计

基于面向对象的图元设计是一套面向用户、完全开放性设计的图元绘制平台，该平台设计的图元具有内置连接关系，绘制的接线图自动具备拓扑关系，以及图元与设备的信息关联。同时，本系统采用关系型数据库，元件类的全部属性信息被存储在数据库中，调用不同的元件类可从数据库中直接读取，而加入新的元件类时，也只需在数据库中增加相应的属性信息，而不需改变程序。

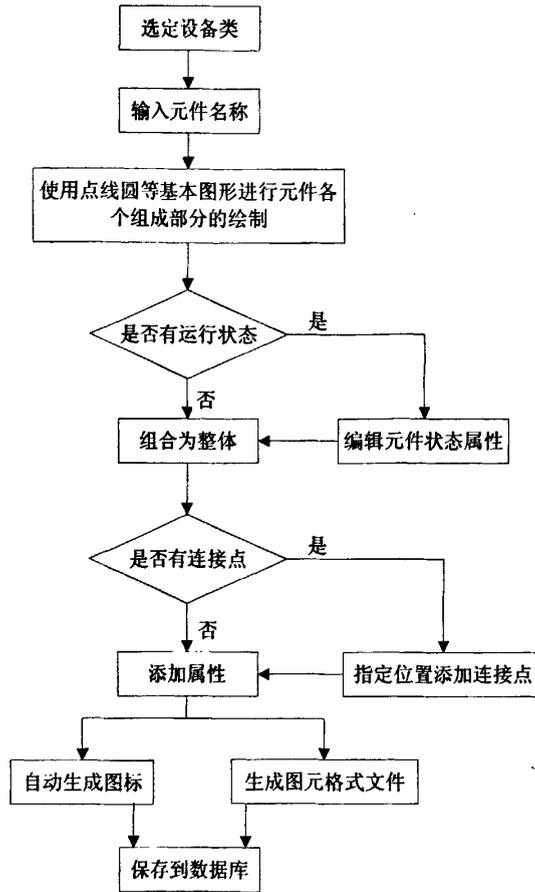


图 3.1 图元绘制流程

按本文对图元的设计思路，其绘制流程如图 3.1 所示。其组成部分如下：

(1)基本图形：直线、标注直线、水平/竖直直线、折线、圆弧、自由曲线、椭圆、矩形、园角矩形、绘制封闭多边形。图形元件就是指由这些基本图形绘制而成的组合图形。

(2)操作属性：是指画图过程中应该会用到的操作，依次有：置画布大小、页面设置、打印、全选、剪切、复制、粘贴、删除、恢复、重做、设置网络、对其到网络点、停靠点是否可见、设置停靠点、标签、插入表格、设置页面背景、直线连接线、移动画布、放大、缩小、放大选择区（附带放大规模）等属性，有了这些属性就可以很方便地绘制所需要的图元。

(3)图元的基本操作：这是指对编辑和绘制好的图元进行操作，包括有：返回、添加、修改、删除、保存、取消、审核、超级口令、截取图片，并配有相应的图标，编辑好图元后，点击相应的操作图标便可与数据库建立链接。

(4)设备/组件小类：指在大类的所属下选择更具体的小类所属，依据所选的设

备大类不同，设备小类也有所不同。比若选中的设备大类为“二次组件”，则设备小类包括：压板、开关操作把手、重合闸方式切换开关、同期把手、二次小开关、按钮、多位置压板、保护装置、电压切换箱、操作箱、收发信机、电流切换压板组、母线切换开关、检同期检无压切换开关、屏柜框、测控箱、投入退出切换压板、电源切换开关、低周切换压板等，这样使得各个组件存储得更为细化、具体。

(5)设备/组件名称：用于给所绘制好的图元起一个见名知意的名字，便于归档存储。具体绘制过程为：依照软件所提供的一些基本图形（直线、垂直线）画出所要的元件；然后点击属性区的  或  进行添加或删除；然后选择所要添加的“设备/组件大类”，下来菜单选择即可，比如“一次组件”；然后选择“设备/组件小类”，下拉菜单选择如“同期断路器”；然后只要输入“设备/组件名称”；最后点击上方的  保存即可。这样一个元件就添加到图形数据库里，以供绘制“图形模板”或各类接线图时调用。图形编辑界面见图 3.2：

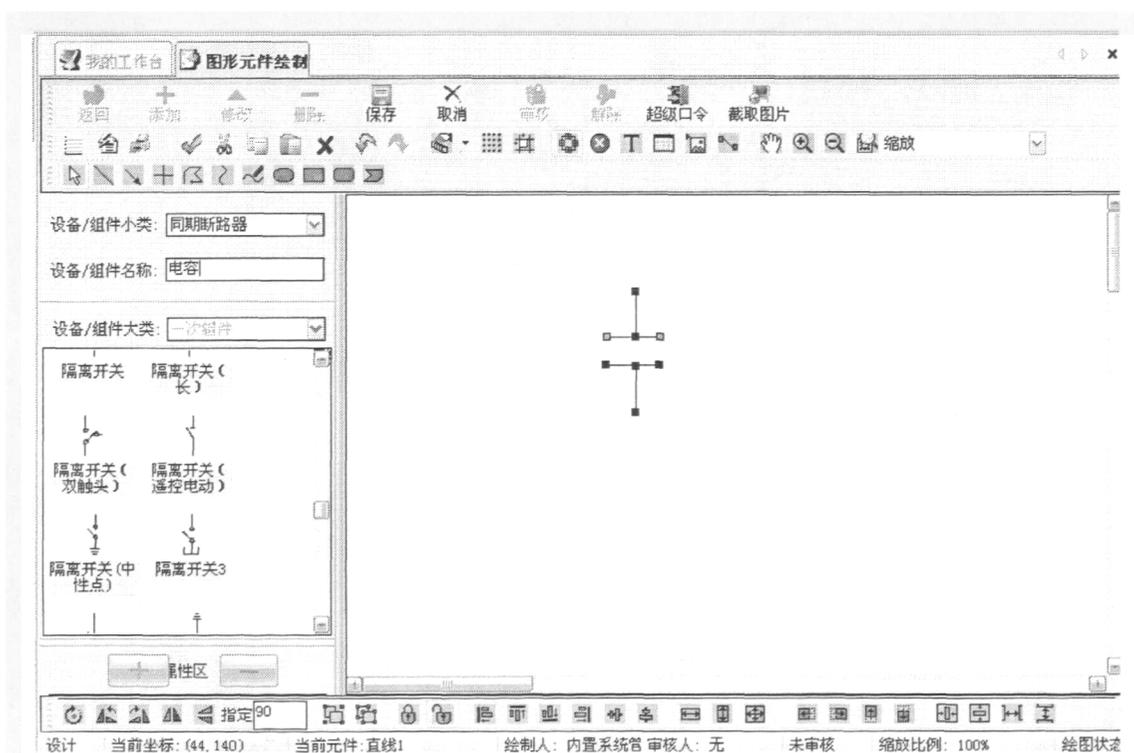


图 3.2 图形元件绘制

### 3.2.2 图形元件模版编辑

在这个单元里，是绘制模版的，如二次屏柜模版或间隔模版。从导航树中选中“图形模板编辑”；在“模版类别”里下拉菜单，选择相应的模版，如“二次屏柜模版”；再在“模版小类”中选择相应小类，如“220 线路保护屏”；点击“添加”按钮后再“设备/组件大类”中选择类别，如“一次组件”，这时系统将向数据库请

求链接，这样就可以显示出相应的元件以供选择；只需点中需要的元件，然后在空白窗体中单击就可以添加相应的元件，以至画出需要的模版或典型接线方式即可。这个创建好了，下一步画变电站接线图就会方便很多。电力设备从类别上分为：

(1) 断路器、刀闸等有位置变化的电气设备

根据设备实际位置的变化分为合上、断开两类进行图形标识，对于断开且处于检修状态的该类设备以该设备断开的图形标志闪烁的方式加以标识，对于热备用、冷备用两种状态视为断开，不另行标识；但在数据库中记录此两种状态以便查询统计。特殊情况，因断路器术语的不同，绘制图元时分为三种类型，分别为同期断路器，非同期断路器，充电断路器。隔离开关和接地刀闸均分为三相联动和分相操作两类。

(2) 母线、变压器等没有位置变化的电气设备

将设备的状态分为运行、热备用、冷备用、检修，其中前三种状态不特别标识（使用者可根据与其相连接的断路器、刀闸自行直观判断），检修状态以该设备图形标志闪烁的方式加以标识；且数据库中对此四种状态均加以记录以便查询统计。

在界面处理上与“图形元件绘制”单元相像，不过不同点表现在以下三个方面：首先是多了一项“模版类别”和“模版小类”，因为要绘制模版需要选定其类别的；“模版名称”代替了“设备/组件名称”；没有了基本图形一栏。设备大类是很方便地供选择的，直接点击，然后在编辑窗体里单击就可以出现，如需停止则单击右键即可。图形模版绘制界面见图 3.3：

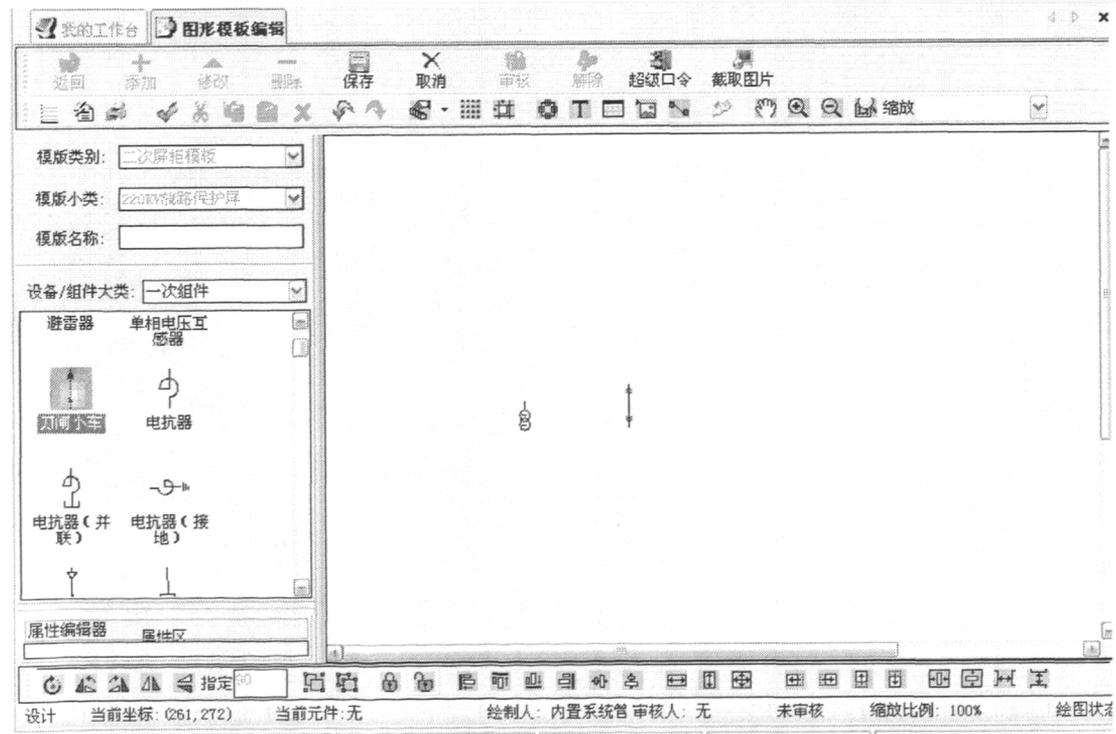


图 3.3 图形模版编辑

### 3.2.3 设备/组件的管理

因为在画图时候要调用数据库里的各种设备，分为设备/组件状态管理和设备/组件小类管理两个单元：

(1)设备/组件状态管理：这是为了管理各个设备的信息而设置的。比如说“开关”，包括有状态名称（合上、拉开）、状态编码（数据库内部唯一识别的号码）、登记用户、登记日期、是否审核、审核人、审核时间等。操作也极为简单：进入该模块，选中“设备/组件类”，则在左侧显示树里便会出现其相应的目录，只需选中特定的组件，便在右侧的编辑框里出现其下属的所有设备，点击可以进行修改、删除等操作，但对于已审核的设备需要先解除审核方可进行操作。点击“添加”即可进行新设备的添加维护，然后“保存”并“审核”。设备/组件状态管理界面见图 3.4：

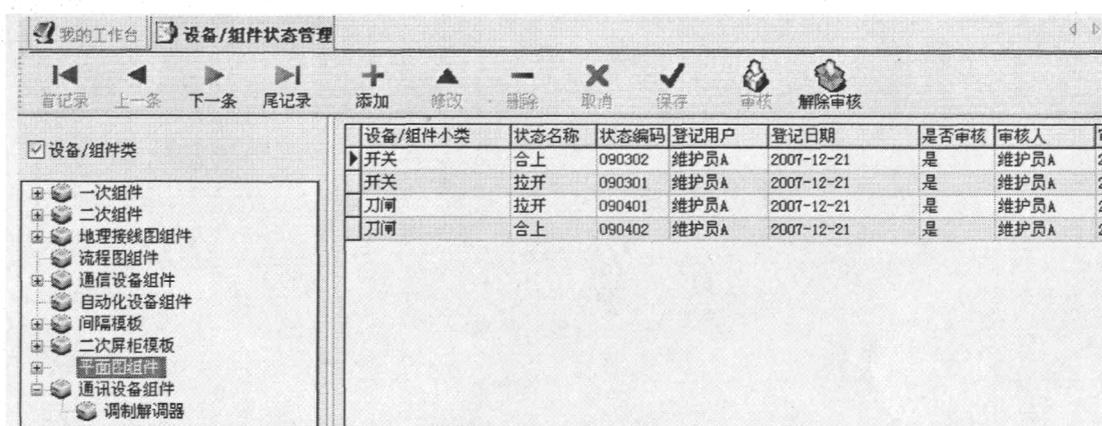


图 3.4 设备/组件状态管理

#### (2) 设备/组件小类管理

主要是为了对设备/组件小类进行维护。选中图形设备/组件类别（大类），下拉菜单（二次屏柜模版、流程图组件、一次组件、二次组件等），选中，比如“二次屏柜模版”，便可出现所包含元件的详细信息。设备/组件小类管理界面见图 3.5：

序号	设备/组件大类	设备/组件小类	设备/组件小类编码	备注	登记日期	登记人	是否审核	审核人
1	二次屏柜模板	220KV线路保护屏	0801		2006-4-18	维护员B	是	维护员B
2	二次屏柜模板	220KV主变保护屏	0802		2006-4-19	维护员E	是	维护员E
3	二次屏柜模板	220KV母差保护屏	0805		2006-4-19	维护员E	是	维护员E
4	二次屏柜模板	220KV失灵保护屏	0806		2006-4-19	维护员E	是	维护员E
5	二次屏柜模板	110KV线路保护屏	0810		2006-4-19	维护员E	是	维护员E
6	二次屏柜模板	110KV主变保护屏	0811		2006-4-19	维护员E	是	维护员E
7	二次屏柜模板	110KV母差保护屏	0812		2006-4-19	维护员E	是	维护员B
8	二次屏柜模板	110KV母联保护屏	0813		2006-4-19	维护员E	是	维护员E
9	二次屏柜模板	220KV母联保护屏	0804		2006-4-19	维护员E	是	维护员B
10	二次屏柜模板	10KV电容器保护	0803		2006-4-21	维护员B	是	维护员B
11	二次屏柜模板	10KV线路保护屏	0825		2006-4-21	维护员B	是	维护员B
12	二次屏柜模板	110KV备自投屏	0814		2006-5-24	维护员E	是	维护员E
13	二次屏柜模板	110KV主变测控屏	0815		2006-5-24	维护员E	是	维护员E
14	二次屏柜模板	110KV联切远切屏	0816		2006-5-29	维护员E	是	维护员E
15	二次屏柜模板	(虚拟屏)断路器	0817		2007-4-20	维护员B	是	维护员B
16	二次屏柜模板	直流馈线屏	0818		2007-4-20	维护员B	是	维护员B
17	二次屏柜模板	站用电接线图	0820		2007-5-30	维护员B	是	维护员B

图 3.5 设备/组件小类管理

### 3.2.4 电压等级颜色配置

电压等级颜色的配置模块的设置是为了便于选择电压等级，用于选择的电压等级项由台帐提供。选择电压等级的目的在于可以根据电压等级给元件设置颜色。点击右键可以进行自行配置颜色，但是在配置的过程中应该和数据库中的颜色保持一致。电压等级颜色配置界面见图 3.6：

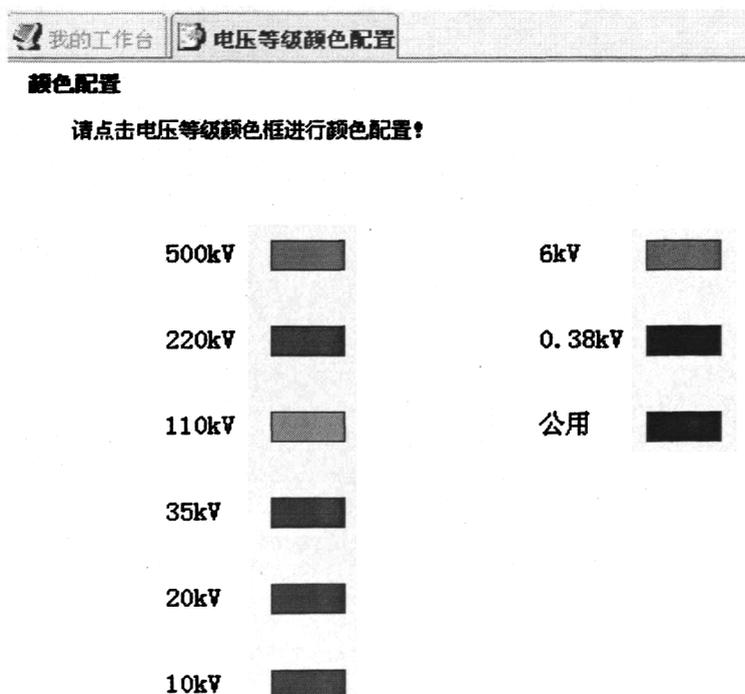


图 3.6 电压等级颜色配置

### 3.3 图形编辑

编辑好了图元模块，接下来的变电站主接线图和电网结构图的绘制与编辑就很容易。下面以变电站主接线图为例说明一下整个绘图的过程。

#### 3.3.1 变电站主接线图的绘制与编辑

这一模块将利用绘好的基本元件来绘制变电站主接线图。

首先进入变电站主接线图编辑模块界面，单击新建按钮，则弹出新建对话框。选择要添加的接线图所在的单位，填上序号，并在新建图形一栏填上变电站名称，按确定进入接线图绘制界面。新建界面见图 3.7：

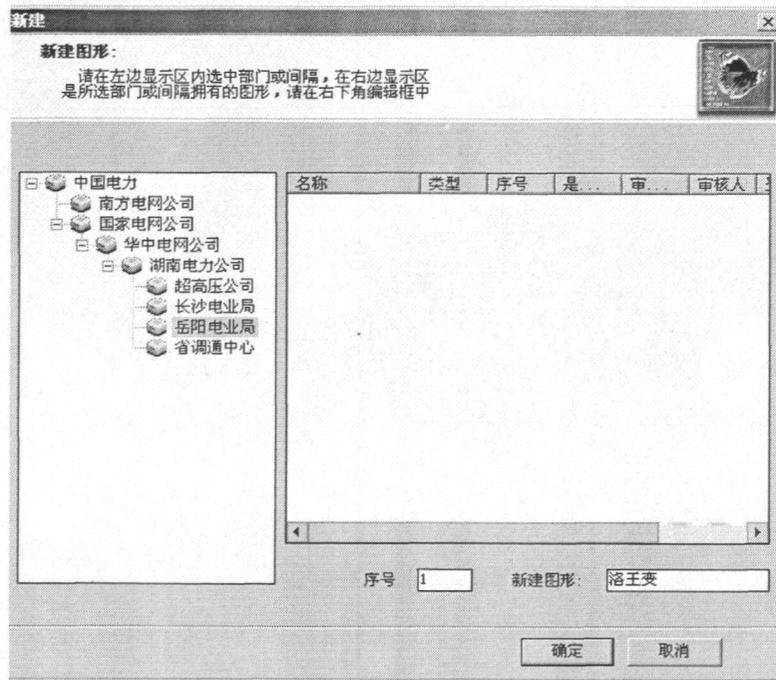


图 3.7 新建界面

新建图形对话框：在进入界面后，在左上角的设备/组件大类中选择组件类别，选择后将会在元件框中列出这一类型已经经过审核的设备/元件。从中选择需要的元件在画布上进行接线图的绘制。

#### 3.3.2 变电站主接线图编辑工具栏说明

(1) 自动添加连接线：当两个元件相接时，元件之间的停靠点将会自动引出连接线。（注：按 Ctrl 键+鼠标左键则可以在连接线上添加点，移动此点则可以将连接线按要求移动成需要形状）。

(2) 添加颜色：给接线图上的元件添加电压等级之后，将可以给接线图设置上

颜色。

(3) 状态编辑：用于编辑图元的状态、线色、填充、文字等；

(4) 停靠点：设置图元及母线上的停靠点，使图元进行关联；

(5) 连接线：用于连接两个图元的连接线；

(6) 替换元件：当图元的属性修改后，用于替换更新图元的属性；

(7) 位置属性设置：点击后系统将根据接地线属性表对接地线和接地刀闸的位置属性自动配置。

(8) 组件移动工具：点击相应方向按钮将使组件移动；同时使用“Ctrl”组合键可使组件微移。

(9) 组件对齐工具：选定一组图元组件，再使用对齐工具可使其对齐。

(10) 组件分布工具：选定一组图元组件，再使用分布工具可使其作相应均匀分布。

(11) 组件旋转工具：点击可使选定图元作相应旋转。

(12) 组件组合/分解：使选定一组图元进行组合/分解。

(13) 组件锁定/解锁：使选定图元进行锁定/解锁。

### 3.3.3 变电站主接线图的绘制

#### 1. 绘制的一般步骤：

在绘制时，一般选“一次组件”，和“间隔模板”；选择“一次组件”，则在缩略图选择相应图元，在绘图板上添加；选择“间隔模板”，则还需选择模板小类，再在缩略图选择相应图元，在绘图板上添加。

(1) 添加母线，加长并定位用间隔模板复制相应间隔到对应位置；如果无相同间隔模板，可采用相近模板分解后进行适当编辑，编辑完仍组合好，并可复制到其他间隔。将母线长度设置成适宜长度，对间隔进行均匀分布，并对齐母线（将母线与母线刀闸连接点对齐）；全选各组合图型进行分解，并编辑相应间隔图形：双击各段母线，使母线刀闸与母线自动相连，用查看停靠点方式检查连接正确，如果有未连接组件，则再点击母线刀闸，使其与母线相连；增加主变连线及母线连线等，可用输电线组件相连；根据现场实际增减相应设备组件；根据现场实际替换分相接地刀闸组件（此步可在第2步修改间隔模板时进行）；增加接地点配置（注意220kV系统选用分相接地点，其它选普通接地点图元）关联设备，

(2) 添加属性（电压等级和设备编号必填）：首先关联母线，确认各母线编号正确；再通过关联断路器批量关联间隔设备；检查间隔设备，对于未自动关联的设备进行手工逐个关联，对于分相设备修改设备名称为不分相设备名称；检查接地线图元正确且符合现场要求，对所有接地线编号，用自动匹配功能对所有接地线和接地

刀闸进行自动匹配；检查接地线和接地刀闸位置属性，对属性错误的组件进行修改，改完后用“接地线名称自动更新”功能对接地线名称进行更新；

(3) 添加出线标签，并编辑文字：用高级检查功能检查图形，并修改相应错误；拓扑检查，分别检查是否有悬空、环形连接点；属性唯一性检查：检查是否存在相同的设备编号、名称、GUID等；属性完整性检查：检查设备编号、名称、电压等级是否为空；设置合适的画布尺寸，保存并审核图形。最后绘制效果见图 3.8：

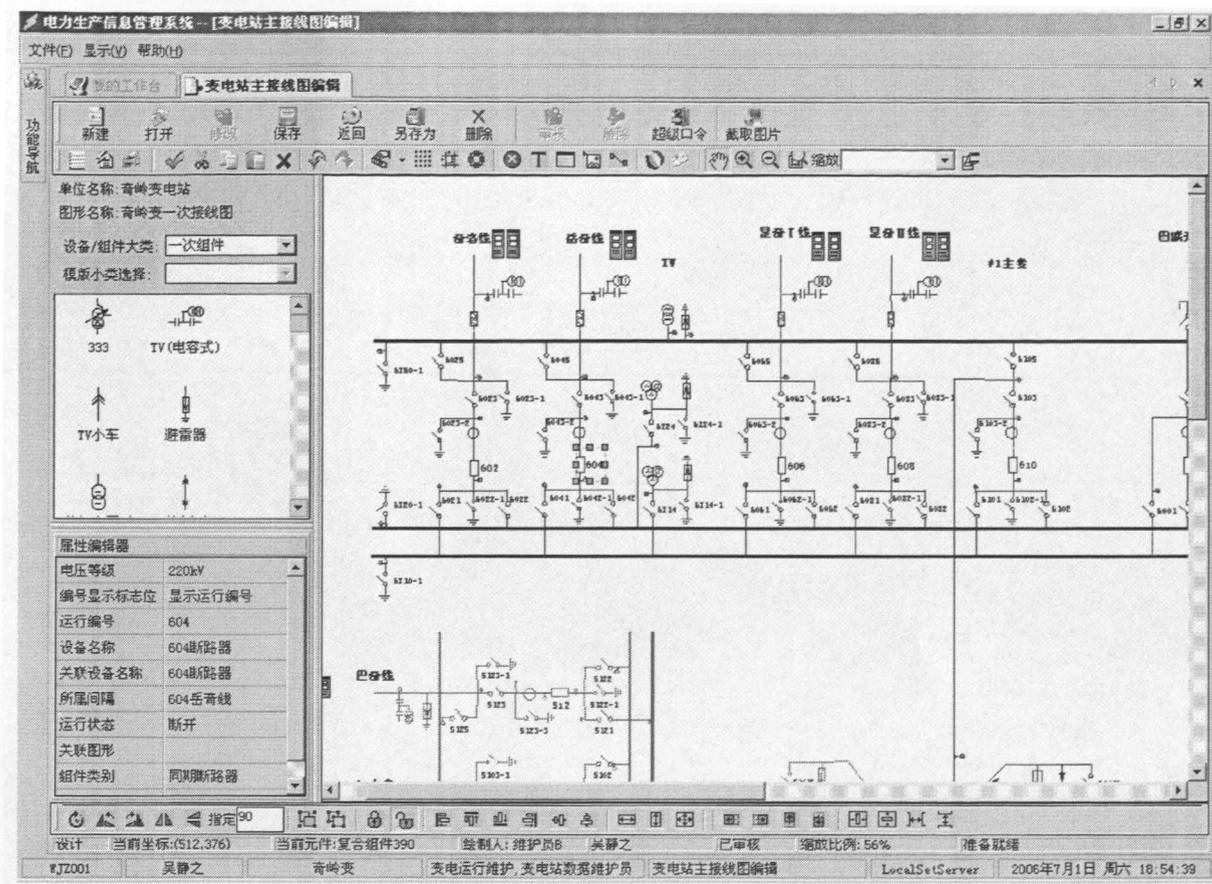


图 3.8 变电站主接线图

## 2. 变电站主接线图编辑基本操作：

A. 审核：系统对图形所做修改保存后进行发布的一个环节，只有经过审核后的图形才能被其他模块引用。

B. 解除审核：系统对已开放给其他模块使用的图形取消使用的一个环节，只有解除审核后的图形才能被编辑、修改。对已经审核的记录，添加、修改、删除、取消、保存等按钮将不可用，只有单击解除审核按钮将审核解除，才可以对记录进行操作。

3. 设备连接线的连接和删除：组件连接必须在有停靠点的位置才可以，停靠点的位置一般在设备组件的两端，母线全段，主变的中性点等。在线段中部设有停靠点。

直线连接：单击起始点，松开鼠标，再点击终结点，松开鼠标好连接。

折线连接：单击起始点，松开鼠标，依次点击转折点，最后点击终结点，松开鼠标好连接。在起始与结束点连接好直线，再用“Ctrl”键+鼠标单击组合在直线上添加转折点，再点击转折点移到合适位置；

删除连线：单击连接线端点，移开到空闲位置，松开鼠标即可；

删除转折点：用“Ctrl”键+鼠标单击组合点击转折点即可删除；连接线必须在有停靠点的位置才能连接，如果组件组合就必须先分解。

### 3.3.4 电网结构图的编辑

电网结构图的编辑与变电站主接线图的编辑步骤基本一样的，可以实现“新建”新的图形和“打开”数据库中已存入图形这两大功能。这里仅截取几个相关的界面进行演示：

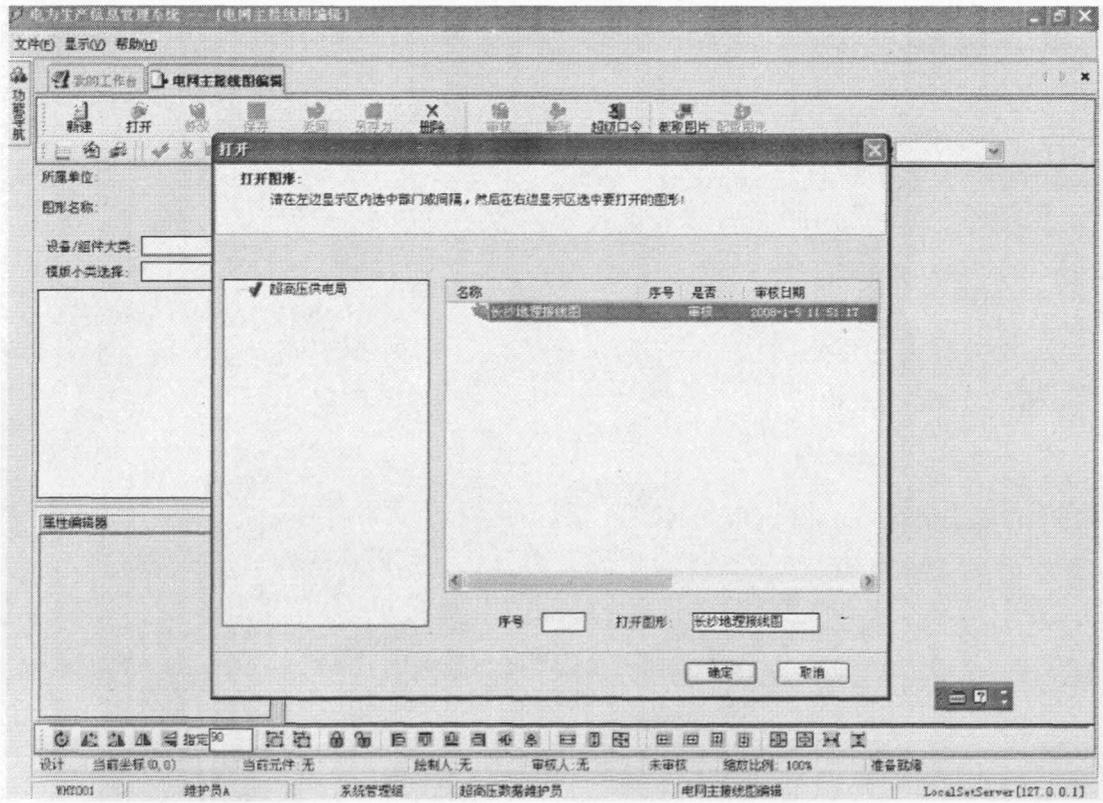


图 3.9 打开图形

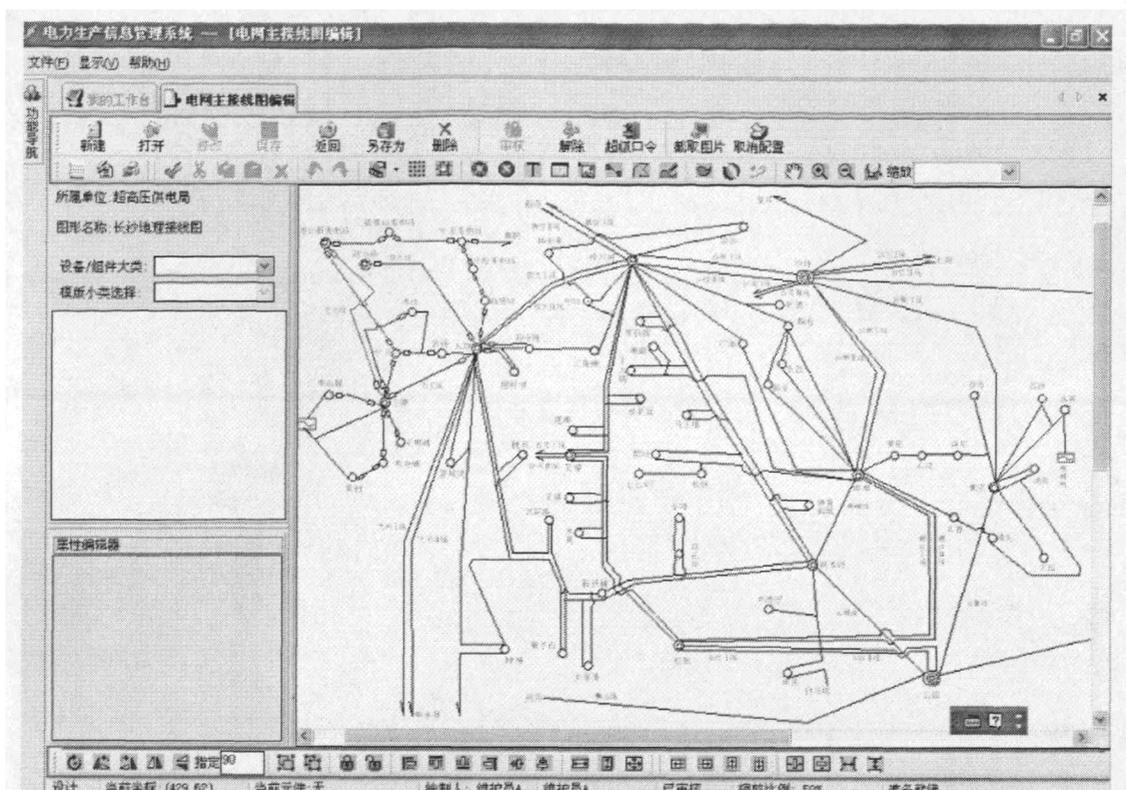


图 3.10 电网结构图

具体要用到哪段线路时可以对相应的进行放大:

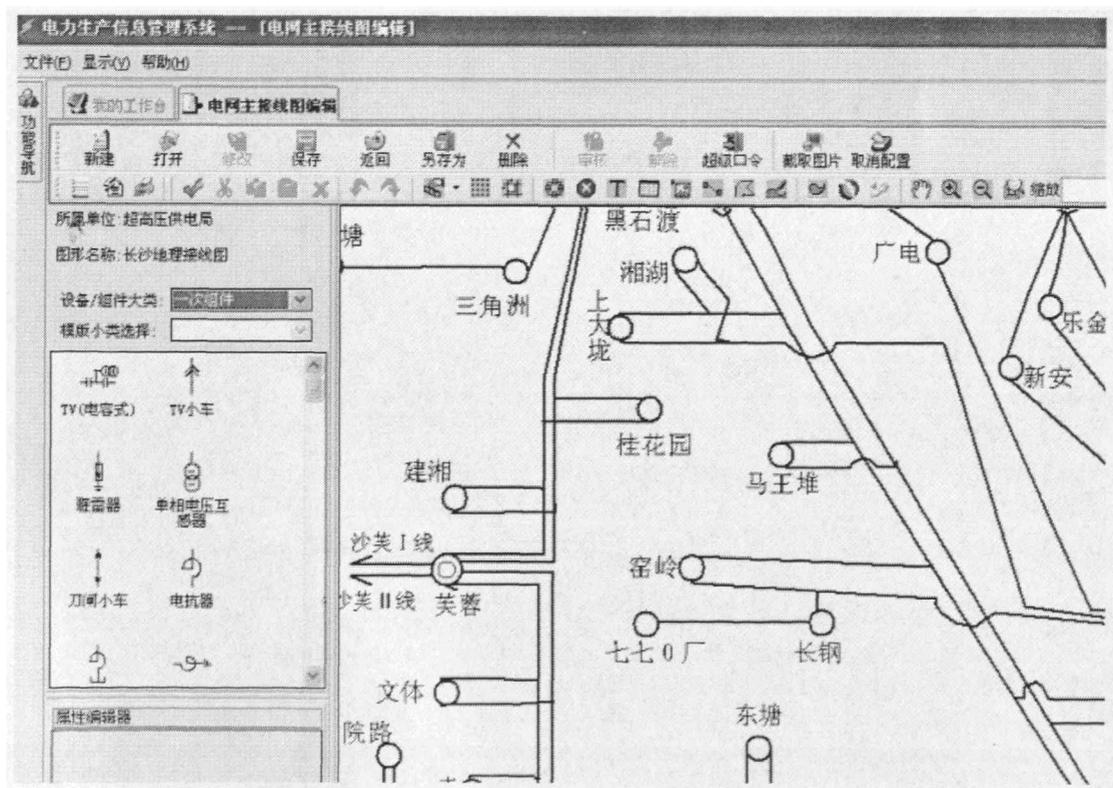


图 3.11 放大后的效果

## 第四章 智能线路工作票管理

### 4.1 专家系统简介

所谓“专家”，一般都拥有某一特定领域的大量知识，以及丰富的经验。在解决问题时，专家们通常拥有一套独特的思维方式，能较圆满地解决一类困难问题，或向用户提出一些建设性的建议等。专家系统（Expert System）是人工智能的重要分支，它是人工智能学者从探讨一般思维规律方法走向以专门知识信息处理为中心的转折点。是一个具有智能特点的计算机程序，它的智能化主要表现为能够在特定的领域内模仿人类专家思维来求解复杂问题<sup>[14]</sup>。因此，专家系统必须包含领域专家的大量知识与经验，拥有类似人类专家思维的推理能力，并能够利用人类专家的知识 and 解决问题的方法来处理该领域的问题，以人类专家的水平完成特别困难的某一专业领域的任务。也就是说，专家系统是一个具有大量的专门知识与经验的程序系统，它应用人工智能技术和计算机技术，根据某领域一个或多个专家提供的知识和经验，进行推理和判断，模拟人类专家的决策过程。

#### 4.1.1 专家系统的定义及特点

专家系统到目前为止尚无一个精辟的公认的定义。其主要原因是专家系统学科的历史还很短暂其理论研究工作刚开始不久，其次是由于各个应用领域的特点不同人们研制的出发点看问题的角度和追求的目标也不同。因此，对专家系统定义的看法也不同。

尽管如此，专家系统还是有一个比较粗略而一致的定义：专家系统是一个在某特定领域内用人类专家水平去解决该领域中难以用精确数学模型表示的困难问题的计算机程序<sup>[12]</sup>。专家系统具有如下特点：

##### (1) 启发性

通常人们把具有严谨理论依据的专门知识称为逻辑性知识。而把没有严谨理论依据，主要来源于专家经验的知识称为启发性知识。启发性知识很难保证在各种情况下是普遍正确的。但在一定条件下用来解决问题往往能有效地简化问题或快速求得问题的解，使用启发性知识处理问题是人类推理的特征之一。人类专家的技能主要来源于启发性知识。因此，专家系统要达到人类专家处理问题的水平就必须能够存储和利用启发性知识，像专家那样，通过推理和判断来求解问题。专家系统的这个特点称为启发性。

## (2) 透明性

专门知识大都是人类专家在实践中积累起来的启发性知识，通常只有专家本人掌握。为了使用户对求得的结果放心，专家系统必须具有向用户解释推理过程。回答用户提问的解释功能，使它对用户是透明的。

## (3) 灵活性

要把专家头脑中的经验知识全部而明确地表示出来不是一件容易的事，要反复多次，不断扩充才能达到。况且这些启发性知识往往是有针对性的。在特定情况下才是正确的，情况变化后也要随之而变化。这就要求专家系统具有灵活性，系统中的知识要便于修改、扩充。

### 4.1.2 专家系统的结构

目前对于专家系统的结构尚没有完全一致的看法，但对实用专家系统的基本结构，则看法大致相同。专家系统通常由人机交互界面、知识库、推理机、解释器、综合数据库、知识获取等 6 个部分构成<sup>[23]</sup>。基本结构如图 4.1 所示：其中箭头方向为数据流动的方向。其中知识库和推理机是核心部分：

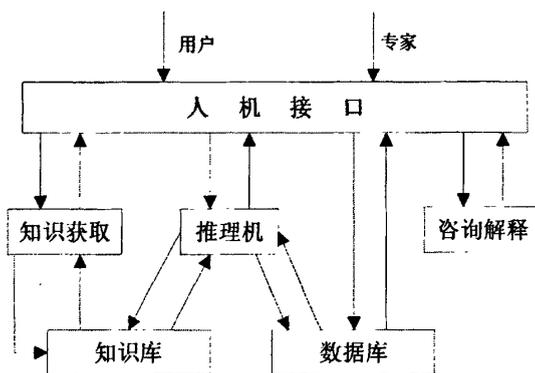


图 4.1 专家系统组成

(1) 知识库，知识的表示技术。就是研究在计算机中如何用最合适的形式对问题求解过程中所需要的各种知识进行描述，也就是知识的形式化或模型化的问题。一个专家系统性能的高低，决定于知识库中知识的完善程度和良好的组织结构。它是开发专家系统的一项最关键的工作，知识库具有存贮、检索、修改等功能。专家系统采用的比较多的几种知识表示方法：产生式表示法，谓词逻辑表示法、框架表示法、语义网络表示法等。

产生式系统模型中每一条规则成为一个产生式，类似于线路工作票中的规则，所以本系统设计采用与或图表示的树结构产生式规则，每一个树枝对应一条规则，每次器件动作都必须核查树上节点的状态是否正确，采用反向推理结合宽度优先的

搜索策略。这种树型结构可以提高规则库的检索效率，也有利于表达复杂知识。因此本系统采用产生式知识表示。

(2) 数据库，用于存放原始数据和推理过程中得到的各种中间信息。为了使推理机能方便地求解问题，数据的表示和组织形式应尽量和知识库的表示相容。通过对大量原始工作票的研究，总结各类操作任务所涉及的操作设备及其状态。

(3) 推理机，是专家系统的核心之一，它具有依据一定策略进行推理的能力，即能够根据知识推导出结论。推理机制包括正向推理、反向推理和正反向混合推理三种方式，每种推理方式由于其控制策略不同各有其特点，本系统采用正向推理方式。

#### 4.1.3 专家系统在本系统中的应用

专家系统应用(Expert System Application)是针对实际领域，建造专家系统，用来辅助或代替领域专家解决实际领域的问题。电力系统中尽管计算机的离线与在线应用取得了卓有成效的进展，解决了系统中大量重要问题。但是在电力系统中仍有不少问题需要依靠领域专家(规划、故障诊断等)来解决，有的是依靠专家经验求解，也有的是将基于经验的判断与基于数值分析方法得到的结果为一体来解决的。主要是由于以下原因：

(1) 有些问题目前还不可能建立精确的、贴切反映实际的数学模型、包括反映它的约束条件等；

(2) 由于问题的规模和复杂性太大，即使有大型计算机也难以在时域内得到完全基于数值计算的解。

(3) 人类专家所采用求解问题的方法有些不能用算法或数学形式来表示，他们的经验来自于知识的积累、来自于心灵深处的体验，是启发式的、直觉的。

由以上看出，专家系统弥补了电力系统中单纯靠数学求解的不足，它用以处理符号，表达不确定性知识，引入了判断、推理、决策等功能，能解决某些传统数学方法求解难以或不能解决的问题。在本系统中，针对一个检修的线路，分别构建了应拉开关、应拉刀闸，应合地刀的专家知识库，较好解决了线路工作票的智能生成问题。

#### 4.1.4 编码设计

编码是代表事物名称、属性、状态等的符号，为了便于计算机处理，通常是由字母与数字组合而成。设计出一个好的编码方案可以使很多及其处理，比如某些统计、校对、查询等就会变得十分方便，还可以把一些现阶段人工难处理的工作变得很简单。

##### 1、编码的功能

(1) 它为事物提供一个概要而不含糊的认定，便于数据的存储和检索。编码缩短了事物的名称，无论是记录、记忆还是存储，都可以节省时间和空间。

(2) 可以提高数据的全局一致性。这样，对同一事物，即使在不同场合有不同叫法，都可以通过编码统一起来，提高了系统的整体性，减少了因数据不一致而造成的错误。

(3) 可以提高处理的效率和精度。按编码十分快速地对事物进行排序、累计或按某种规定算法进行统计分析。

(4) 编码是人和计算机的共同语言，是两者交换信息的工具<sup>[26]</sup>。

## 2、编码设计原则

(1) 具有唯一性。每个代码所标示的实体或属性应是唯一的。

(2) 合理性。必须在逻辑上满足用户需要，在结构上与处理方法一致。

(3) 具有可扩充性。编码要有足够的备用码位，以适应不断发展的需要。

(4) 编码的编制应规范化、系统化。编码的结构、类型、编码格式必须统一，有一定的分组规则，以便在整个系统具有通用性。

(5) 编码应简单。尽可能反映实体的特点，以助记忆，便于填写。

本系统的数据编码是在综合考虑上述编码原则和电力系统实际的前提下进行的，采用顺序码和分段码两种方式进行编码。

顺序码又称序列码，就是用连续按字母或数字的顺序进行编码。顺序码的优点是短而简单，记录前定位方法简单，易于管理。但这种码没有逻辑基础，它本身不能说明任何信息的特征。此外，新加的代码只能列在最后，删除则造成空码。通常，顺序码作为其他码分类中细分类的一种补充手段。如电压等级编码：1-110v，2-220v，3-380v，4-10kv，5-35kv……分段编码方式将编码分成几段，每段位数可以不等，各段表示不同的含义。顺序码的应用举例见下表的工作票种类编码：

分类	编码
线路一种工作票	1
线路二种工作票	2
带电工作票	3

## 3、本系统主要编码

(1) 线路编码。是本系统编码的一部分，如图所示。该图中，实体即是输电线路：

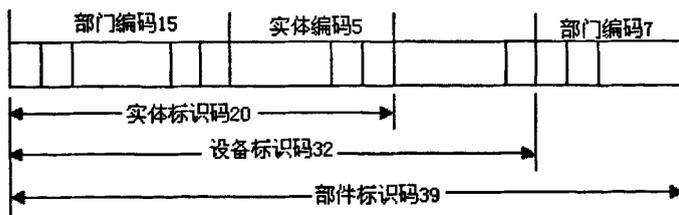


图 4.2 编码组成示例

①1 部门编码 16 位：（运行维护部门）

1、2 位：电网公司、发电公司代码。

3、4 位：大区电网公司（华中、东北）以及国家电网公司直属机关部门编码。

5、6 位：省级电网公司（湖南、内蒙……）以及大区电网公司直属机关、部门编码。

7、8 位：地区级电网公司（长沙、呼市……）以及省电网公司直属机关、部门

编码。

9、10位：县级电网公司以及地区电网公司直属机关

11、12位：县级电网公司直属机关及地区电网公司直属机关部门下班组编码。。

13、14位：备用

15、16位：备用

②2 实体编码

1位：实体分类。1-发电厂；2-变电站；3-输电线路；4-配电线路；5-箱式变电站；6-开闭所……；

2、3、4、5位：序列号。

③3 设备编码 12位

1位：设备次别编码。1-一次设备；2-二次设备；3-试验及测量；4-通信设备；5-计算机及网络设备；6-其它。

2位：设备大类（发电设备、变电设备、输电设备……）

3、4位：设备中类（发电机、变压器、开关、保护设置）

5、6位：设备小类（汽轮发电机、油浸变压器）

7、8位：备用。

9、10、11、12位：序号。

④4 附件编码 7位

1、2位：设备附件大类

3、4位：设备附件小类。

5、6、7位：序号。

采用上述编码，可完全保证当全国电网设备设备汇成一张表时，不会发生任何冲突，确定编码与实体唯一性对应。并且，当对某一类设备（如变压器）进行统计时，只需检索编码字段即可，无需对设备名称进行搜索，保证数据库管理的高效率。

(2) 线路工作任务编码

序号	编码	工作任务
1	01	更换绝缘子
2	02	线路清扫
3	03	杆塔加固
4	04	线路走廊清理
5	05	消缺
6	06	零值监测
7	07	盐密测试
8	08	…
9	09	…

4.1.5 数据库设计

数据库设计是指在现有的数据库管理系统上建立数据库的过程，其关键问题是如何建立一个数据模型，使其能正确地反映用户的现实环境，包括向用户及时准确地提供所需要的信息和支持用户对所有需要处理的数据进行处理。数据是管理信息

系统的核心，数据的收集、整理、存储、加工、更新、统计及流转等操作是程序通过对数据库的存取实现的。因此，设计一个合理高校的数据库是系统设计的一项非常重要的任务。

### 1、数据库设计

数据库技术的发展，使其成为现代信息技术的重要组成成分，成为现代计算机信息系统和计算机应用系统的基础和核心。Oracle 数据库自 1979 年推出以来，收到了社会的广泛关注。

Oracle 能够提供关系模式存储和访问数据的方法。因此，Oracle 是一种关系型数据库管理系统（RDBMS），它是关系数据库的倡导者和先驱，是标准数据库语言的产品。

为了访问数据库中的数据，Oracle 为所有用户提供一组后台进程。并且，有一些存储结构专门用来存储最近的有关对数据库访问的数据。这些存储区可以通过减少对数据库文件的 I/O 次数来改善数据库性能。

另外，Oracle 在数据库管理、数据完整性检查、数据库查询性能、数据安全性方面都具有强大的功能，而且它还保密机制、备份与恢复、空间管理、开放式链接以及开发工具方面提供了不同手段和方法。

除了以关系格式存储数据，从 Oracle8 起，Oracle 开始支持面向对象如抽象数据类型及方式。一个对象可以与其它对象建立关系，也可以包容其它对象，可以用一个对象视图支持面向对象的接口数据而无需对表做任何修改。无论是面向对象结构是关系结构，Oracle 数据库都将数据存储存储在文件中。在其内部，数据库结构提供一张数据存储到文件的逻辑图，允许不同类型的数据分开存储。

这些正是 Oracle 最为突出的优点，本系统使用 Oracle 数据库的主要原因正在与此。

### 2、数据库设计原则

#### (1) 真实性

任何应用系统的设计，其真实性总是第一位的。创建出的数据库应当能非常详实的反映出现实使用所涉及到的各个环节，即设计必须忠实于规范。

#### (2) 非冗余性

在数据库中不存在任何重复拷贝的属性、记录或文件，这点很难实现，一般只是在属性层上实现了非冗余性。

#### (3) 简单性

所创建的数据结构应该尽可能简单明了，使用户易懂，这不仅是开发必须的，对系统后期的维护和升级也是十分必要的。

在上述原则中，简单性和非冗余性二者本身是相互抵触的，如果数据结构过于简单，必然会导致大量冗余数据；反之，如果数据结构无冗余，显然，该结构就会

很复杂。因此，在数据库表的创建过程中，要有所取舍，尽量达到二者的平衡。

### 3、数据库设计方法

#### (1) 选取数据存放方法

目前数据的存放方法，主要有：普通文件管理、关系型数据库管理和面向对象的数据库管理系统。鉴于现在的主流数据库仍是关系数据库，支持面向对象的数据库还处于实验应用阶段，没有非常成熟的产品问世<sup>[22]</sup>。因此，本文仍采用关系数据库系统实现数据管理。

#### (2) 数据库设计方法

目前，存在多种数据库设计方法，这些方法基本上都属于规范设计法，规范设计法运用软件工程的思想和方法设计数据库；随着技术的发展，也出现了各种数据库自动生成工具，可以帮助人们进行大型数据库的设计。

##### ① 规范设计法

规范设计法包括基本设计法、关系模型设计法、新奥尔良 (New Orleans) 法、信息结构求精法和 LRAM 法等，其中比较著名的新奥尔良 (New Orleans) 法将数据库设计分为四个阶段：需求分析、概念设计、逻辑设计和物理设计。

##### ② 数据库自动生成工具

数据库工作者和数据库厂商一直在研究和开发数据库自动生成工具，目前数据库设计工具已经实用化和产品化了，例如 SYBASE 公司推出的 PowerDesigner，它可以自动生成辅助设计人员完成数据库设计，特别是大型的复杂的数据库设计中的很多任务。

本系统的数据库设计就是采用规范化的设计方法中的新奥尔良法设计，用 PowerDesigner 建模自动生成的。

#### (3) 规范化设计过程

##### ① 用户需求分析

其目的是获得用户对计划建立的数据库的信息需求的全面描述。

A. 信息要求：用户需要从中获得信息的内容和性质。例如对某一具体的试验项目而言，用户需要了解试验项目名称、试验时间、环境温度、试验结果值、单项评估值、所处健康状态及相应检修等信息。

B. 处理要求：例如，对欲试标准、项目评分、权重等应该设为开放的结构，便于用户根据实际情况进行调整。

C. 安全性、可靠性要求：数据库的安全性是指保护数据库以防止不合法使用者所造成的垃圾数据和数据篡改、破坏，主要是权限的控制。本文的权限控制，结和被广泛接受的基于角色存取控制 (Role-Base Access Control, RBAC) 模型，采用用户/模块授权模型。

D. 性能要求：如时间相应等。

### ②建立概念模型

对需求分析阶段收集到的数据，进行分类、组织，最终形成实体及其属性，并确定实之间的联系。

A. 设计局部 E-R 模式：首先确定局部结构的范围划分，然后进行实体及联系属性的定义，当多个实体用到同一属性时，将导致数据冗余，一般的处理方法是将其属性分配给使用频率最高的实体或属性值最少的实体。

B. 设计全局 E-R 模式：主要通过局部 E-R 模式的合并完成，为此，需首先确定各局部结构中的公共实体类。一般较好的合并方法是：先选出最大的一个局部模式作为基础，再将其它局部模式逐一合并上去。期间要解决的主要问题是局部模式间的冲突。

C. 全局 E-R 模式的优化及评审：其作用是减少实体及实体的属性，使实体间的联系无冗余，同时检查概念模型是否准确完整地反映了用户的信息需求和现实世界事物的属性间的固有联系。

### ③逻辑设计

逻辑设计的主要目的是从概念模型导出特定的数据库管理系统可处理的数据库结构。它涉及的工作有：

#### A. 导出初始关系模型

一般的规则是 E-R 图上每一实体和联系均对应一个关系模式，联系所对应的关系模式的属性集由联系所涉及的实体的关键字加上联系自身的属性组成。

#### B. 规范化处理

数据库在设计时，为了避免数据冗余，节省空间，提高效率，需要遵循一系列“范式”进行规范化。范式就是为了避免数据库中的表出现数据冗余、数据不一致等现象，设计表时必须遵循的一些条件或规则。常用的范式有第一范式、第二范式和第三范式。

第一范式的含义是表中的属性应该原子的，不能再进行分割。也就是说，如果关系模式 R 的所有取值的域只包含原子值，则称该关系属于第一范式。

第二范式要求非主键列是主键的子集，非主键列活动必须完全依赖整个主键。主键必须有唯一性的元素，一个主键可以由一个或更多的组成唯一值的列组成。一旦创建，主键无法改变，外键关联一个表的主键。主外键关联意味着一对多的关系。简言之，如果关系模式 R 的所有非主属性都完全依赖于 R 的每一个候选关键字，则称该关系属于第二范式。

第三范式要求非主键列互不依赖。遵守第三范式标准的数据库的表设计原则是：“One Fact in One Place”即某个表只包括其本身基本的属性，当不是它们本身所具有的属性时需进行分解。表之间的关系通过外键相连接。它的特点是有一组专门存放通过键连接起来的关联数据。即就是，如果关系模式 R 的任何一个非主属

性都不传递依赖于它的任何一个候选关键字，则称该关系属于第三范式。

逐一考察模式，判断它们是否满足选定的规范性要求。若不满足，利用相应的规范化算法，将关系模式规范化。本系统数据库设计力争遵循第三范式，但也没有完全拘束于第三范式。因为这样会把信息放在不同的表中，增加操作的难度，会影响系统的性能。

#### ④物理设计

设计的主要内容有：数据的存储结构、存取路径选择、存储分配、数据库恢复方式等。

### 4、数据库设计结果

这里仅给出几张主要的表结构

#### (1) 线路工作票数据主表

	代码	名称
1、提前收到工作票	gzpbd1_main_ID	工作票主表 ID
	TRANSLINE_LIST_ID	工作电缆、线路 ID
	TRANSLINE_NAME	工作电缆、线路名称
	ticket_rec_Dept_Name	收票单位
	workticket_xkNo	工作票许可编号
	workticket_qfNo	工作票签发编号
	WTICKET_KIND	工作票类别
	planStart_Time	计划开始时间
	planEnd_Time	计划终止时间
	Worktiket_signer_name	工作票签发人
	Worktiket_signer_ID	工作票签发人 ID
	Worktiket_sign_date	签发日期(新增加)
	Work_Leader_name	工作负责人
	Work_Leader_ID	工作负责人 ID
	work_team_code	工作班组 code
	work_team_name	工作班组名称
	workticket_Receiver_name	工作票收票人
	Receiving_Time	收票时间
	in_Rec_man_ID	工作票收票记录人姓名
	in_Rec_Man_name	工作票收票记录人 ID
in_Rec_Time	工作票收票记录时间	
2、工作许可	MayStart_Time	工作许可时间
	approbative_Man_Name	工作许可人
	Monitoring_name	专责监护人
	Monitoring_Cont	监护内容
	App_Rec_man_ID	工作许可记录人姓名
App_Rec_Man_name	工作许可记录人 ID	

	App_Rec_Time	工作许可记录时间
3、负责人变更	if_WLeader_Change	是否有负责人变更（自动置位，根据该位的值，确定以后各环节的工作负责人）
	New_WLeader_name	新工作负责人
	wlc_Rec_man_ID	负责人变更记录人姓名
	wlc_Rec_Man_name	负责人变更记录人 ID
	wlc_Rec_Time	负责人变更记录时间
4	if_work_interrupt	是否有收开工记录
5、工作任务变更	if_NEW_work	是否有工作任务变更
	New_work_cont	新增工作任务（确定返回时，自动加到原工作任务中）
	Nwork_leader_name	新增工作负责人
	Nwork_Appman_name	新增工作许可人
	NW_Rec_man_ID	新增工作记录人姓名（多次添加时，保留最后一次）
	NW_Rec_Man_name	新增工作记录人 ID
	NW_Rec_Time	新增工作记录时间
6、工作票延期	if_wTime_delay	是否工作票延期
	New_App_time	有效期延长到
	Delay_leader_name	延期工作负责人
	Delay_Appman_name	延期工作许可人
	delay_appTime	延期办理时间
	Dl_Rec_man_ID	延期工作记录人姓名
	Dl_Rec_Man_name	延期工作记录人 ID
	Dl_Rec_Time	延期工作记录时间
7、工作终结	WorkEnd_Time	工作终结时间
	WorkEnd_Leader_name	工作终结负责人
	WorkEnd_Appman_Name	工作终结许可人
	We_Rec_man_ID	工作终结记录人姓名
	We_Rec_Man_name	工作终结记录人 ID
	We_Rec_Time	工作终结记录时间
8、工作票终结	Wticket_End_Time	工作票终结时间
	WTEnd_Appman_Name	工作票终结许可人
	Remain_G_Line	未拆除或未拉开的接地线（组）
	Remain_G_Switch	未拉开的接地刀闸(小车)(台)
	wte_Rec_man_ID	工作票终结记录人姓名
	wte_Rec_Man_name	工作票终结记录人 ID
	wte_Rec_Time	工作票终结记录时间

## (2) 线路工作应拉断路器、隔离开关表

	代码	名称
1	gzpbd1_sub2_break_ID	应拉开关记录 id
2	gzpbd1_main_ID	工作票主表 ID
3	condition_No	条件编号
4	Substation_ID	所属变电站
5	Rel_comp_point_ID	相关组件指针 ID
6	Rel_comp_name	相关组件名称
7	GComp_kinds_code	图形组件小类编码
8	graph_id	相关图形 id
10	Rel_comp_status_Code	相关组件状态
11	Remark	注释

## (3) 线路工作应合地刀表

	代码	名称
1	gzpbd1_sub3_grd_ID	应合地刀记录 id
2	gzpbd1_main_ID	工作票主表 ID
3	condition_No	条件编号
4	Substation_ID	所属变电站
5	Rel_comp_point_ID	相关组件指针 ID
6	Rel_comp_name	相关组件名称
7	GComp_kinds_code	图形组件小类编码
8	graph_id	相关图形 id
10	Rel_comp_status_Code	相关组件状态
11	Remark	注释

## 5、本系统数据库特点

## (1) 数据结构的开发性

随着技术的不断进步，各种新的评估标准将不断投入运行，各种现有设备也将有些新属性被发现，数据结构的开放性将保证系统在不修改程序的情况下，能够对各种新设备、新属性进行有效管理，可适应技术进步的需要。

## (2) 数据的统一性

通过主键的关联，实现数据的统一性。实际操作过程中，例如一般实验记录不许删除，但是当用户有此要求时，可同时删除与此记录相关的试验项目记录，保证完全清楚垃圾数据。

## (3) 辅助库表的建立可减少操作错误

本文中单独建立辅助数据表，这样，在录入该项目的时候，就可以直接从列表中选取，把原来的输入过程，变为选择过程，简化了用户的操作，防止输入中偶然的失误对系统的影响。

(4) 适应性。实际的管理工作中，大量的数据处理并不需要复杂的计算，只要有了详细而又合理组织起来的数据，凭借现有的开发工具，其实现是很方便的。另一方面，所开发的各种功能都是由数据平台直接得出来的，相互之间是独立的，功能的改动仅仅涉及独立的程序，这使得系统的功能可以灵活的增加和改动，能适应实际工作的需求。

## 4.2 智能线路工作票开票系统

整个系统采用客户/服务器模式实现，服务器是采用Windows 2003，客户端采用Windows 2000或Windows Xp的操作系统平台。客户端包括主要包括线路工作票的基础维护模块、工作票规则模块、工作票开票模块和历史票管理模块；服务器端是客户端调用数据库的服务器函数。系统的客户端和服务端均采用Borland公司的Delphi开发，应用程序和Oracle数据库通过调度服务器进行连接，这使得客户服务器之间的连接更加高效。

利用图元的开放性模型实现了线路工作票的图形智能一体化设计，高效的网络拓扑与设备台帐设计，保证了数据的一致性，确保系统操作及工作的安全。图形界面是该两票系统的重要的输入输出方式。利用图形界面进行输入输出，从而实现了真正的窗口式全鼠标操作、图形动态变位的实时人机交互界面。

图形界面的引入大大改善了传统文本维护方式的可视化程度低的缺陷。可视化电气主接线图能很好地反映设备的电气连接，也能显示大多数的设备的状态及其属性，电网结构图也很明确地勾勒出各个变电站（所）之间的相互连接关系，从而能方便地实现图形化的线路工作票的填写、签发、以及审核工作。本文提出的工作票系统以电气主接线图为入口，利用图元建立起系统设备的数据连接，能方便地进行图形化写工作票以及各种维护工作。在接线图上，可直接进行工作票的图形开写，并显示现场的安全措施。系统的模块组成见图4.3:

# 智能线路工作票系统

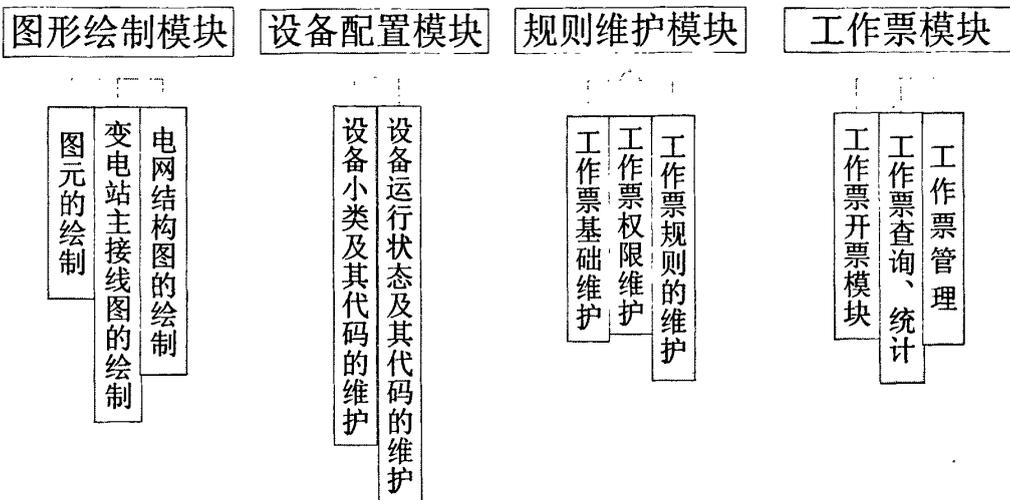


图 4.3 系统的模块组成

## 4.2.1 电力线路第一种工作票开票、签发

线路工作票签发功能的实现，是本文工作的重点，它需要综合运用电网主接线拓扑和变电站主接线拓扑，同时，还要结合运用专家知识库，系统开票过程的逻辑流程图如图 4.4 所示：

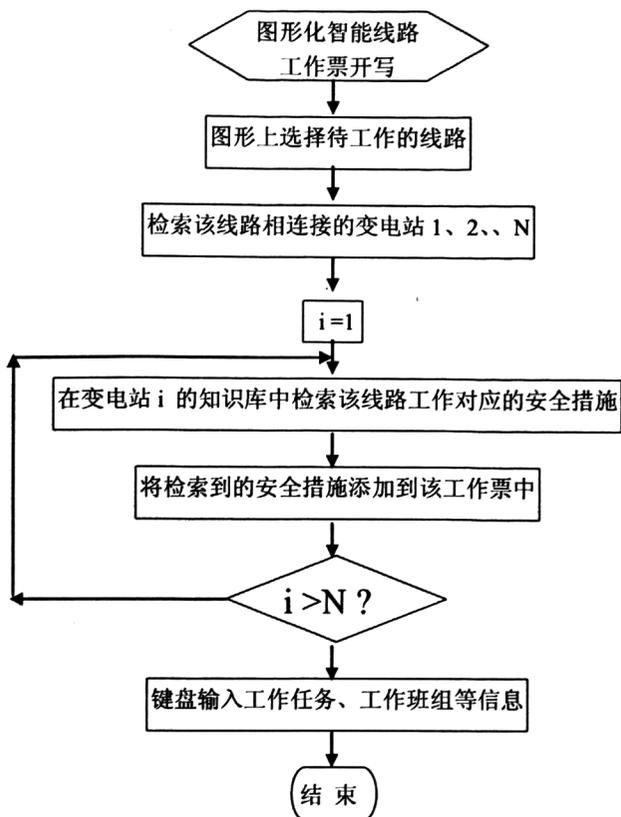


图 4.4 工作票签发逻辑流程图

电力线路第一种工作票的填写位于系统导航区“智能两票管理”功能模块中的“电力线路第一、二种工作票”操作项，鼠标点击后，系统自动进入“电力线路第一种工作票、二种工作票开票、签发”的界面，见图 4.5 工作票的填写界面：

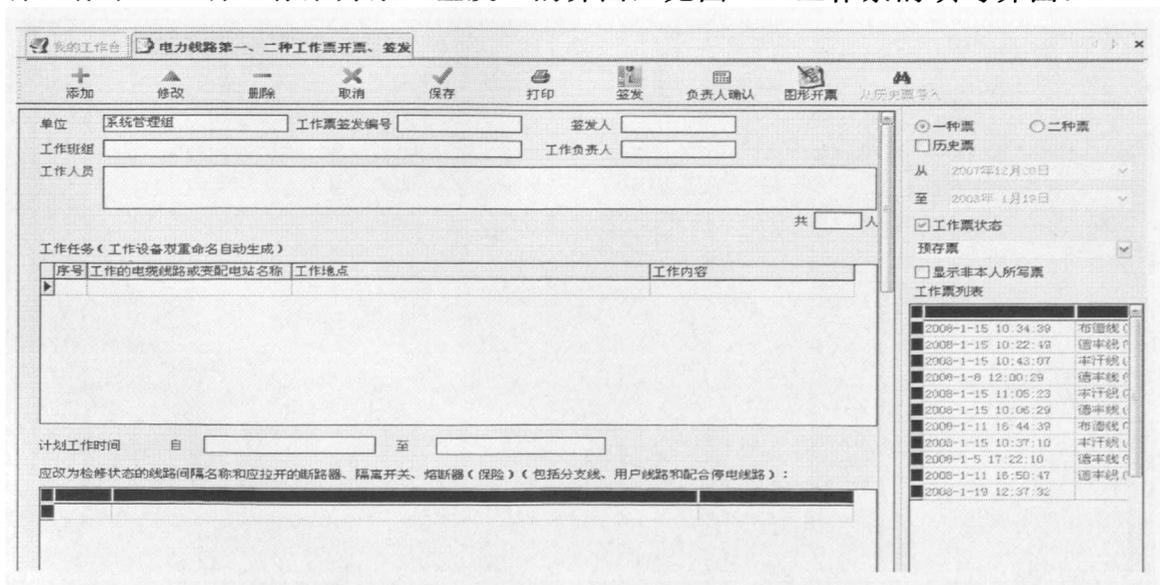


图 4.5 工作票的填写界面

点击  添加，激活开票系统；然后选中顶上方的  图形开票，即可进入“图形开票”界面，见图 4.6：

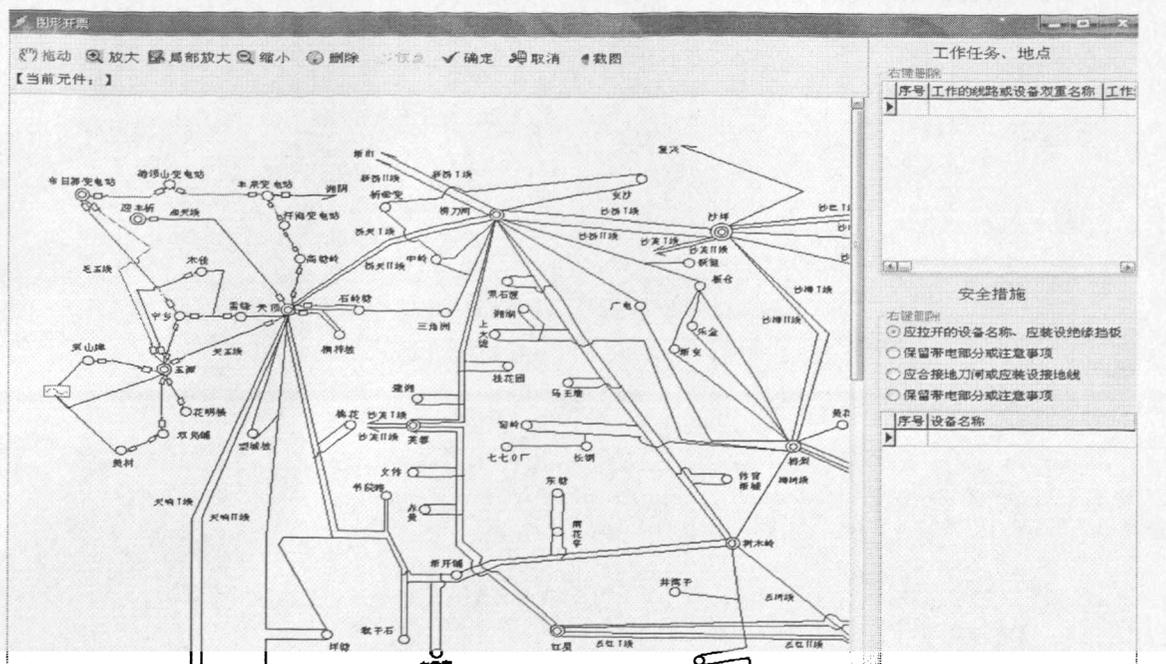


图 4.6 图形开票界面

然后选中要进行开票的线路，如德丰线（德领山变电站和丰泉变电站之间的线路），可以选择 **局部放大**，对所选线路进行放大，这样图形就好看很多；然后点击选中线路，点击右键，即可出现相应功能显示，见图 4.7：

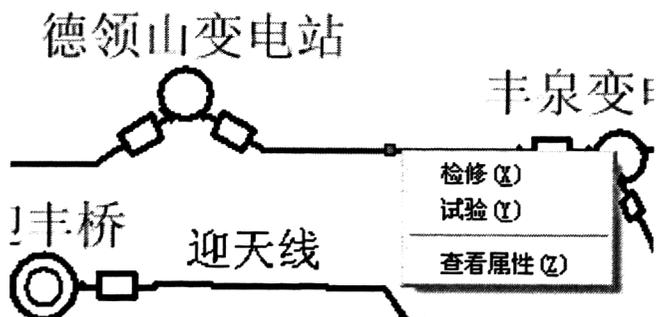


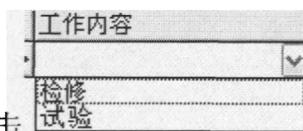
图 4.7 右键功能

点击“查看属性”，即可查看该线路的相应属性，见图 4.8：



图 4.8 线路属性显示

“检修”和“试验”分别是两种工作内容，选中要进行的工作即可；比如选择“检修”，则需要采取的安全措施即可自动生成。界面右侧的“工作任务、地点”和“安全措施”栏将会出现相应的数据内容。具体来说，在“工作任务、地点”栏目里，一条记录的选项分别有：序号、工作的线路路或设备双重名称、工作地点、工作任务、备注等关键字。其中前两项是针对具体线路的操作自动生成的；“工作地点”的选择只需要点击栏中的省略号 ，即可出现相应的数据存储，



选择即可；“工作内容”可以点击 ，下拉菜单直接选择即可；备注信息是一些说明情况，需要手动输入。

“安全措施”栏里有“应拉开的设备名称、应装设绝缘挡板”、“保留带电部分或注意事项”、“应合接地刀闸或应装设接地线”和“保留带电部分或注意事项”。其中应拉开的设备名称、应合接地刀闸或应装设接地线等内容都是依据专家知识库自动生成的。

点击  **确定** 即可退出图形操作，回到开票界面，当然刚才在图形上所进行的操作也都保存到了此时的开票界面。

回到开票后，点击  **修改**，即可激活各个项目，此时只需再填补一下诸如“单位”、“工作票签发编号”、“签发人”、“工作班组”、“工作负责人”、“工作人员”和“计

划工作时间”等项目，即可点击  **保存** 进行保存数据，然后点击  **签发** 进行签发即可。至此电力线路第一种工作票开票、签发就完成了。

需要说明的是票面上的蓝色信息表明是可以在下拉菜单中选择的项目，这当然是在数据苦维护初期已经录入到数据库中的。如此可以提高效率，减少出错率，同

时也大为省时。

系统整体工作流程如图 4.9 所示：

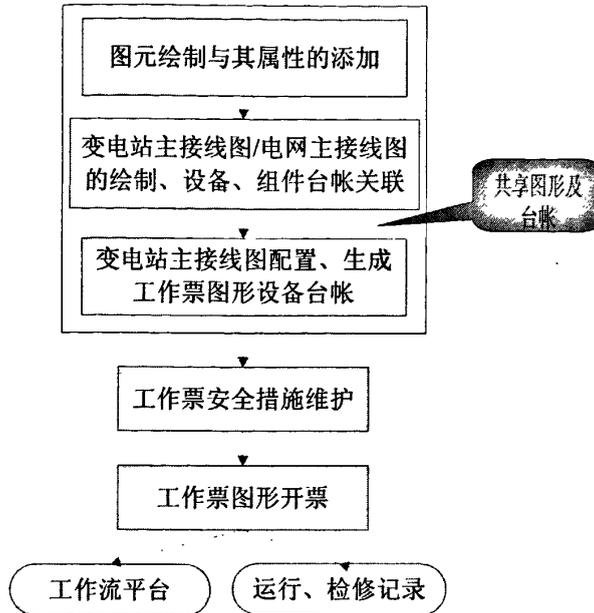


图 4.9 系统整体流程

#### 4.2.2 工作票的管理

此功能模块用于完成工作票签发后的环节工作，如许可、终结、作废、打印等。进入模块后，选择好条件，点击查询按钮，可根据条件查询已结束的工作环节。界面中，**事件发生时间**表示某环节执行的时间，**记录时间**表示登记某环节记录的时间。

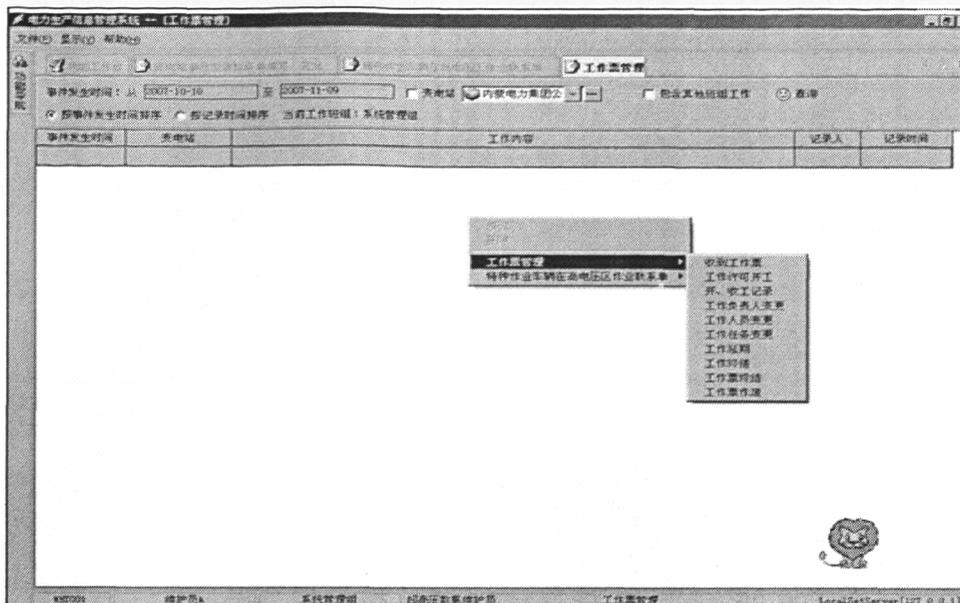


图 4.10 工作票管理的进入界面

使用时，点击鼠标邮件，即可弹出功能环节列表菜单，如图 4.11 菜单所示。  
具体的线路工作管理票管理说明：



图 4.11 工作票管理界面

在右侧的“工作票类型”中选择相应的票种，如“线路一种工作票”，即在窗体中出现“线路一种工作票”和“线路一种工作票处理”两大页面标签，分别点击可以看到相应的数据显示。票面内容会全部显示在“线路一种工作票”中，对其的相应处理，如许可工作、负责人变动情况等都在“线路一种票处理”中记录在案。如此票面和处理情况一体化设计更直观和方便，这也是本系统人性化的一个小小体

现。

具体操作为：选中“工作类型”，如“线路一种工作票”；然后在“工作票列表”中选中相应的具体哪一张工作票，其“签发”之前的相关信息便会相应出现在“线路一种工作票”的显示窗体中，此时点击“线路一种工作票管理”，就可进入该票的下一步的工作，界面见图 4.12：



图 4.12 工作票处理界面

对其进行许可、确认、工作负责人变动、工作票延期、工作终结、备注等栏目的填

写；填写完后点击  进行数据保存，点击  则取消所作的各项处理；确认无误

后点击 ，则对该票进行终结，由工作票许可人完成；点击  则作废该票；

打印则有 ，点击即可进行该票的打印输出，打印时间、打印格式由系统自动生产，每张票号只打印一次，且一经打印用户就不能进行修改和删除，保证了两票的严肃性。

#### 4.2.3 线路工作票的查询和统计分析

这个模块编写较细致，多方位提供可能的查询条件，可以以时间查询，比如说

查询最近一周、一个月的开票信息；也可以以工作票类型查询，如第一种线路工作票、第二种工作票和变电工作票；还可以以工作票的状态查询，如工作票处于“签发”状态、“许可”状态等。查询的结果直接呈现给有权限的用户。工作票的查询和统计分析可以由系统实时完成，点击相应的子项的功能按钮就能完成相应的需求，能查询相关记录和打印报表，能快速有效的对线路工作票进行审核，使其管理变得简洁、迅速，大大地提高了管理工作的效率。ORACLE 强大的数据库功能，充分保证了数据的完整性和一致性，能够为管理工作提供正确的统计数据 and 打印报表。

### 4.3 工作票系统维护

工作票系统维护模块分为工作票基础维护和工作票权限的维护：

#### 4.3.1 工作票基础维护

工作票基础的维护包括有工作票种类维护、工作票术语维护、设备地点维护和工作内容维护等四个小单元各个单元里都存储了专门的相关术语。如果需要的添加



新的内容只要选中相应的单元，点击 **添加** 就可以进行新记录的添加；要是已有



纪录的状态需要进行修改，只需选中具体的记录，点击 **修改** 即可对相应记录进行修改；删除操作也是一样的操作过程，但不管进行了哪一项操作，最后如果确认一定



要点击 **保存** 进行数据的保存，如果放弃操作则要点 **取消**，这样才能使所做的操作生效。工作票基础维护界面见图 4.13：

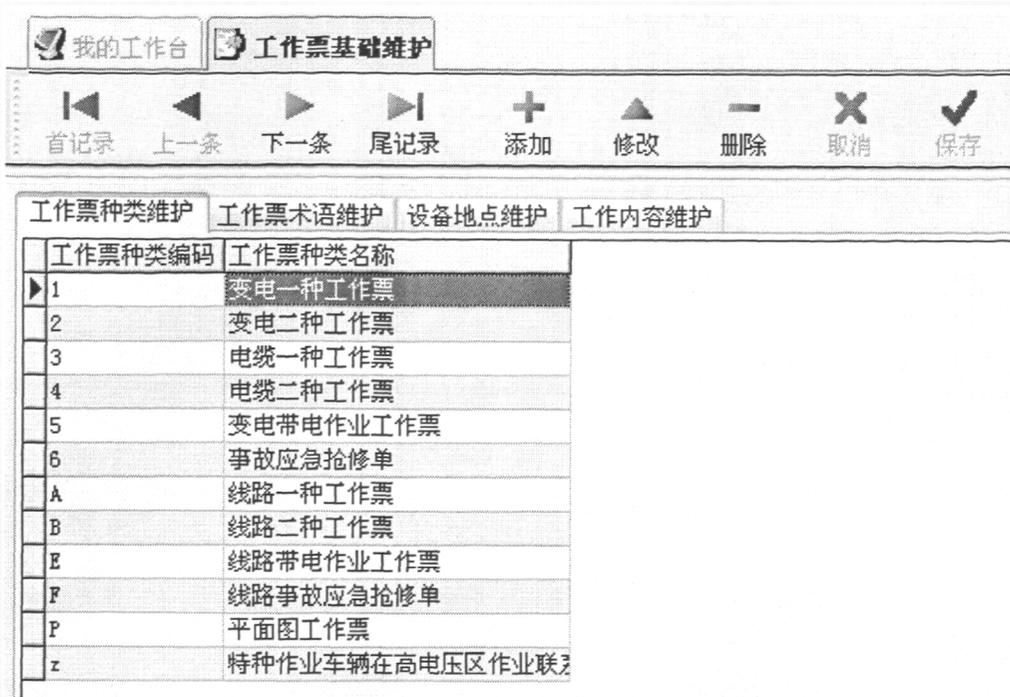


图 4.13 工作票基础维护界面

#### 4.3.2 工作票权限维护

工作票权限维护是对工作票签发人、负责人及许可人的权限进行维护、更新的模块，基本操作方法为：智能两票管理→智能两票基础维护→工作票权限维护。

如图 4.14，选定人员，点击修改按钮，然后在签发人、许可人、负责人等相应的位置点击标打上对勾保存即可。

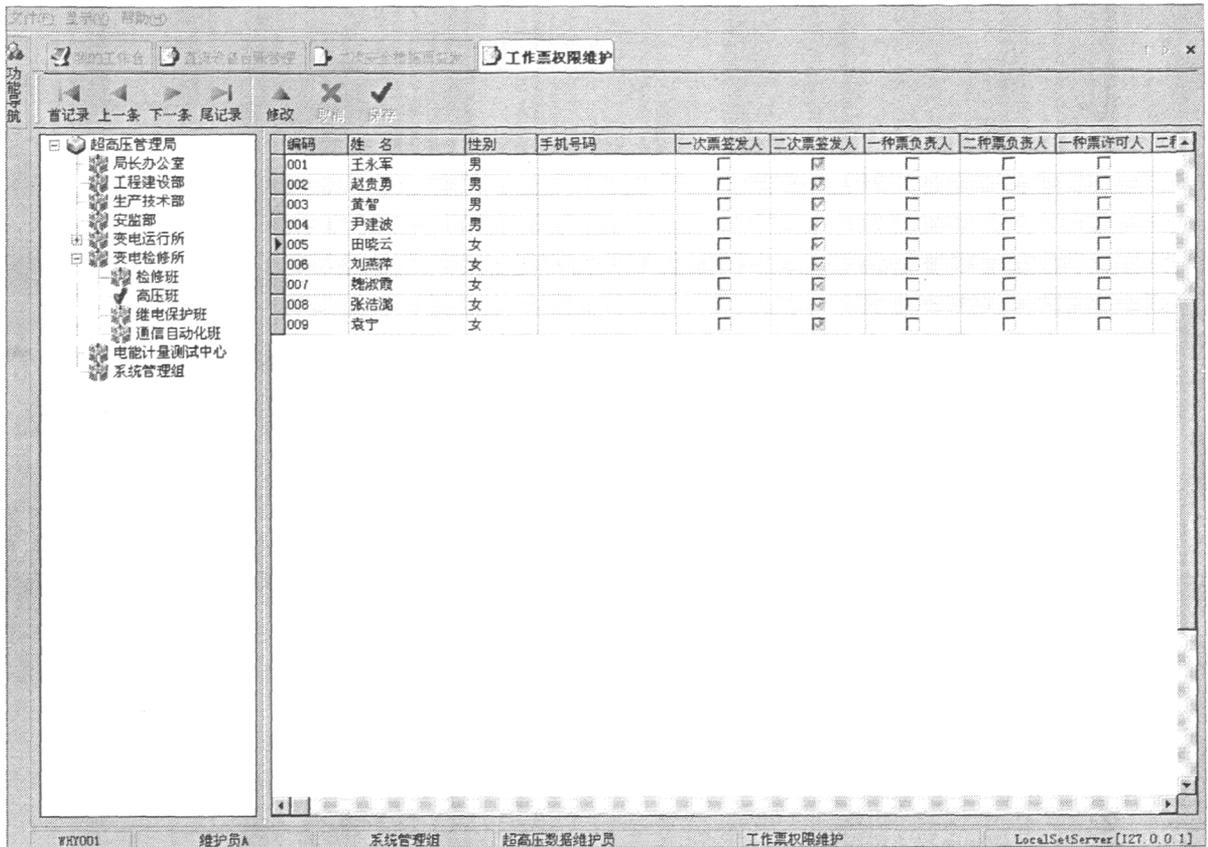


图 4.14 工作票权限维护

## 第五章 系统功能实现

### 5.1 用户登录系统

用户登录系统后，进入系统主界面，这里相当于一个全方位的工作大厅，给用户提供导航服务，使用户能够全面了解系统的各个功能，用户既可以从此进入自己的工作区，又可以在系统内更方便的移动。系统的大部分显示性信息都发布在本登录界面内。这样使操作更加简单、方便，更符合日常工作的需要。

#### 1) 启动系统

点击系统图标，输入用户 ID（默认为用户名全拼，当然，也可由各单位系统管理员提供注册时的帐号清单，如果有重名的，必须与系统管理员联系确认），输入密码，（初始密码为 1234）。

启动时，系统会自动检测是否有新版本发布，如有，会提示升级，点击“确定”后会自动升级客户端，并显示版本及本次更新的内容。

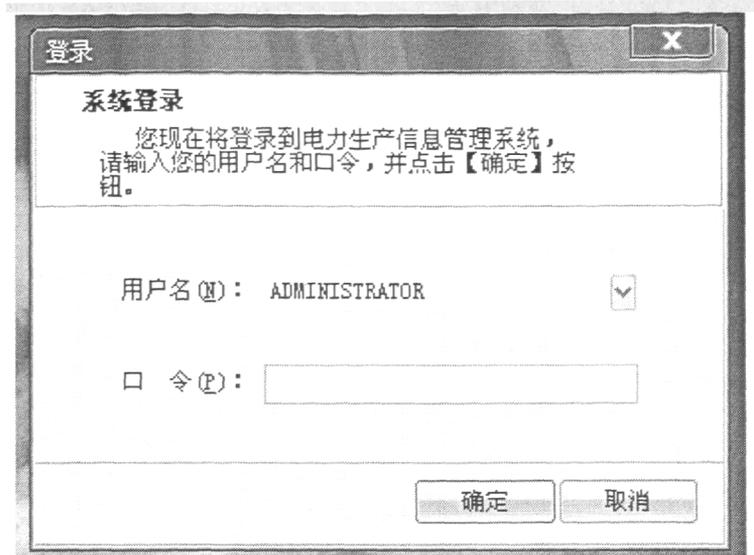


图 5.1 系统登陆

## 2) 用户名和密码更改

如图 5.1 所示，登陆系统后，点击界面左上角 文件->修改登录帐号（或者修改口令），在弹出的修改对话框中即可修改为自己喜欢或者常用的用户名和密码。

注意：系统中，登录用户名不允许重复，即修改用户名时，如果系统中已有人使用了相同的用户名，则需要更改为其它的用户名。

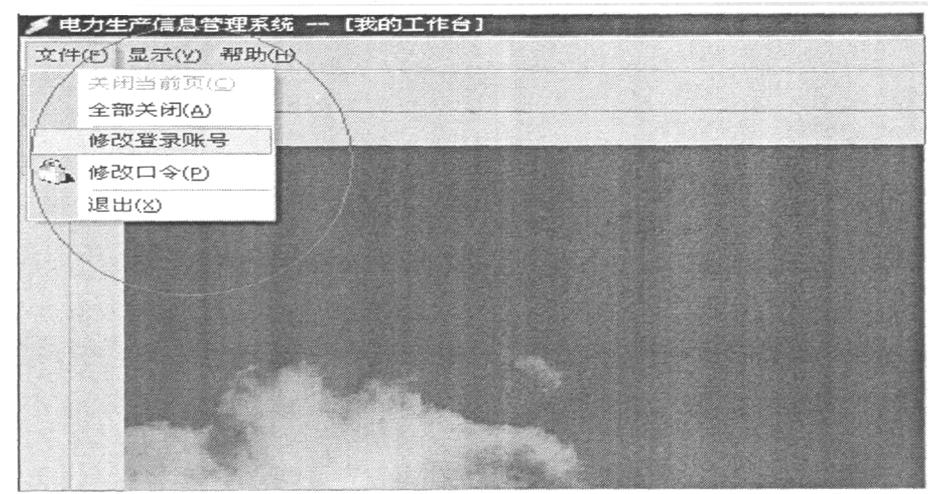


图 5.2 帐号修改

## 5.2 功能导航界面

A. 功能导航树：登陆进入系统后，单击左侧的“功能导航”字样，就会打开功能导航树，列出当前登陆用户可运行的所有功能——注意，由于用户的角色、所做工作的不同，可以运行的功能模块也是各不相同的，也就是说，不同用户所看到的“功能导航树”可能是不一样的。点击“+”，可以展开树节点，选择具体的功能模块节点后单击，便可打开相应的功能。

B. 导航限制：当打开具体的功能模块时，就会依次在“我的工作台”旁边显示。

需要注意的是，当打开的功能模块已经达到 10 个时，为了节约操作系统的资源，将不允许再继续打开新的功能模块，系统会提示用户关闭当前不用的功能模块，然后再打开需要使用的功能模块。

### 5.3 界面分区

以图 5.4 所示为例，界面上方是数据功能按钮区，可以新增、修改、删除、取消、保存当前对数据所做的操作；左侧区域为条件区，登陆用户可以根据自己的实际需要灵活的选择数据显示的条件；界面右侧一般为数据显示区，会根据左侧条件限定当前所能显示的数据范围。当然，在个别模块中，根据操作方便的原则，也有数据区和条件区互换的方式，并且数据区的显示方式并不完全跟示例模块相同，在具体的讲解过程中，我们会陆续接触到。

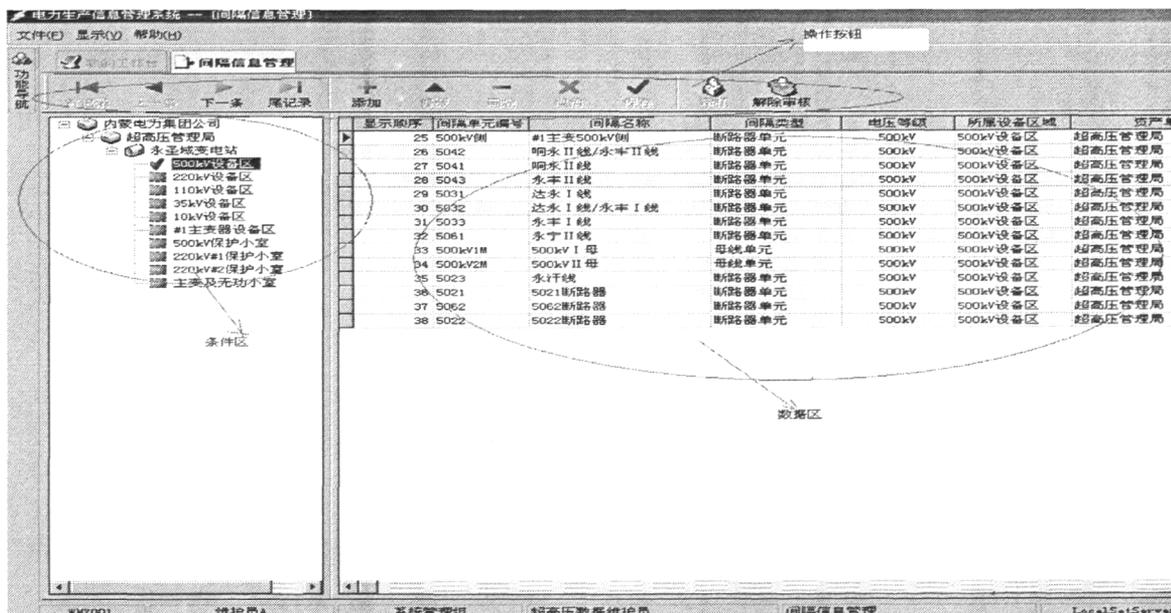


图 5.3 系统界面显示

### 5.4 数据显示

一种是打开模块时直接显示（例如：线路第一种工作票）；另一种是打开模块时需要点击“查询”按钮才能显示数据，在未点击过“查询”按钮之前，除了条件区，其它的操作不可执行；最后一种是点击鼠标右键，弹出菜单进行选择的方式，在“设备位置区管理”及权限管理中，基本上都使用了这种方式。

## 第六章 结 论

为了更好地满足电力生产对线路工作票不断提升的正确性、开放性和规范性要求，并针对线路工作票的具体特征，本文开发了一套图形化智能线路工作票系统，其主要特点如下：

(1) 安全性，安全性管理是工作票系统能否成功应用的关键之所在。本系统采用对管理员、用户等按角色、用户进行具体权限赋予的方式，授予相应的权限及设定其可控制的数据范围，较好的保证了系统专家知识库、工作票安全措施库等的数据安全。

(2) 实用性，系统充分利用三层 C/S 模式的优势，数据处理分散在客户端和应用服务器，大大降低了服务器端的负载压力，有效提升了系统速度、降低了系统对服务器的配置要求。

(3) 先进性，系统基于网络拓扑构建专家知识库，大大减轻了系统知识库维护的工作量。并且，具有较好的鲁棒性，可较好适应网络结构的变化。

(4) 灵活性，系统提供了“图形开票”、“手工开票”、“典型票调用”和“历史票调用”等多种开票方式，用户可以任意选择一种或者互相转换使用。

(5) 高效性，由于计算机取代了手工开票，从而使工作票内容得到了统一、规范，票面质量得到了明显提高。数据查询方便，系统可以按时间查询、按状态查询、按类型查询等对已完成的工作票操作票进行查询检索，也可对人员登录情况进行检查。

总之，经过一段时间的开发和试运行，证明该图形化智能线路工作票系统具有一定的通用性、自适应性以及较好的实用价值。它减轻了工作人员的负担，提高了工作效率，将为电力生产管理信息化、网络化的全面实现起到一定的促进作用。但是由于本人的水平有限，只是将专家系统中某些理论初步应用到系统中，所以肯定会存在一些不足，有待于在后者今后的工作中不断完善和提高。

## 参 考 文 献

- [1] 徐淑珍, 朱子述, 张君, 李洪涛. 变电站操作票仿真系统的面向对象设计和实现, 高电压技术, 2000. 2, 26 (1), 39-40
- [2] 王锋. 基于 COM 的变电站工作票及操作票专家系统. 硕士学位论文. (保定) 华北电力大学, 2003
- [3] 翟学明, 电网调度操作票专家系统中的知识表示方法, 华北电力大学学报, 1998, 25 (3), 98-100
- [4] 何定. 电网通用型智能操作票专家系统. 电力系统自动化, 1997 21 (6), 61-63
- [5] 陈允平. 计算机生成操作票的理论与实践. 电网技术, 1996 21 (2): 39-42
- [6] S. Islam, N. Chowdhury. A CASEBASED EXPERT SYSTEM FOR POWER SYSTEM RESTORATION. Proceedings of the 1999 IEEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering Shaw Conference Center, Edmonton, Alberta, Canada May 9-12 1999
- [7] 邓岳辉. 发电厂和变电所操作票生成专家系统的研究 (博). (保定) 华北电力大学 1998
- [8] 朱永利, 张健, 杨子强 等. 面向对象的农网变电站工作票与操作票专家系统. 海军工程大学, 全国高校电力系统及其自动化专业第十八届年会论文集, 2002 年, 1287-1292
- [9] 张健. 基于面向对象技术的变电站工作票及操作票专家系统. 硕士学位论文, 保定, 华北电力大学, 2001
- [10] 张莹. 基于软件复用的变电站工作票与操作票智能开票系统. 硕士学位论文, 华北电力大学, 2003
- [11] 李朝阳. 对电力线路第一种工作票使用和留存的思考. 《农村电工》2007 年
- [12] 敖丽敏. 交互式过程性知识表示与获取及其实现的研究. 博士论文, 中国农业大学, 2005年
- [13] 方惠如, 洪建兵, 刘 军. 电力系统网络工作票的功能及实现, 技术改进与创新, 2001年
- [14] Su Sheng, Yang Lan, Wang Jin, Li Xinran, Chen Feng . A Universal Expert System to Form Switching Sequence
- [15] Stewart Robinson, John S. Edwards, Wu Yongfa . AN EXPERT SYSTEMS APPROACH

TO SIMULATING 'THE HUMAN DECISION MAKER'. Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference D. J. Medeiros, E. F. Watson, J. S. Carson and M. S. Manivannan, eds.

[16] 任玉东, 宗晓杰, 种传立. 电力控制中主接线图的设计. 农机化研究, 2001, 12 (2), 72-73

[17] 黄光伟, 输电线路两票计算机网络流程管理系统的开发, 工程硕士专业学位论文, 华北电力大学, 2005年

[18] 范艳军, 孙力. ActiveX 控件的开发及其工控界面设计. 软件技术, 2005, 24(3)

[19] 陈裔生, 蔡泽祥, 尹亮, 刘德志, 许志华. 变电检修管理一体化工作票研究. 电力系统及其自动化学报, 2005, 17 (6), 67-70

[20] M. Ben-Bassat, I. Beniaminy, M. Eshel, M. Sella. "Practicing Diagnostic Expert Systems for Equipment Maintenance: The AITEST Experience," Proceedings of the TEST 1992 Conference, Brighton, England, November 1992

[21] 王勇, 杨宛辉, 谢琦, 海德伦. 通用变电站图形编辑系统的研究. 电力自动化设备, 2001

[22] 谭建, 丁维明. 基于面向对象和设计模式的电厂工作票软件模块的设计, 计算机与现代化, 2005

[23] 温有奎. 面向对象专家系统的知识表示方法研究. 信息系统, 2002 25 (2), 130-132

[24] 邱吉福. 电力系统智能化图形平台的研究. 硕士学位论文. 北京: 华北电力大学(北京) 电力工程系, 2006

[25] 韦燕. 分布式智能操作票系统的实用化研究. 硕士学位论文. 北京: 华北电力大学(北京) 电力工程系, 2006

[26] 王勇, 杨宛辉, 谢琦, 海德伦. 通用变电站图形编辑系统的研究. 电力自动化设备. 2001, 21(1):28-29

[27] Krost G, Spanel U, Muller C, Self-Acting Expert Systems in Electric Energy System Operation In: Proceedings of International Conference on Intelligent Systems Applications to Power Systems. New York: IEEE, 1996. 352~356

[28] Takashi Abe, etc. An expert system for generating switching sequences at substations. IEEE International Workshop on Artificial Intelligence for Industrial Application. 1988

- [29] 游仁敏. 两票实施中存在的问题与整改措施. 电力安全技术. 2005, 7(8): 14-17

## 致 谢

衷心感谢我的导师刘国贤教授，本文是在他的的热情关怀和悉心指导下完成的。刘老师渊博的学识、严谨的治学态度，给了我很深的影响。这使得我三年来，不仅学习了大量的专业知识，而且培养了我独立工作的能力，为以后学习和工作打下了良好的基础。在此，谨向导师表示衷心的感谢！

在本系统的设计工作中，还得到了杨红军、侯健生、郭继芳等同学的帮助，在此表示衷心的感谢！

同时也要感谢人工智能实验室其他全体老师和同学对我的热情帮助！

最后，也特别感谢我的父母，感谢他们在经济上和精神上给我的巨大帮助，正是他们的支持使我顺利完成了学业！

## 附 录

### 附录 1 电力线路第一种工作票格式

#### 电力线路第一种工作票

单位\_\_\_\_\_

编号\_\_\_\_\_

1.工作负责人(监护人)\_\_\_\_\_

班组\_\_\_\_\_

2.工作班人员(不包括工作负责人): \_\_\_\_\_共\_\_\_\_人。

3.工作的线路或设备双重名称(多回路应注明双重称号): \_\_\_\_\_

4.工作任务:

工作地点或地段 (注明分、支线路名称、线路的起止杆号)	工作内容

5.计划工作时间: 自\_\_\_\_年\_\_月\_\_日\_\_时\_\_分至\_\_\_\_年\_\_月\_\_日\_\_时\_\_分

6.安全措施(必要时可附页绘图说明): \_\_\_\_\_

6.1 应改为检修状态的线路间隔名称和应拉开的断路器(开关)、隔离开关(刀闸)、熔断器(保险)(包括分支线、用户线路和配合停电线路): \_\_\_\_\_

6.2 保留或邻近的带电线路、设备: \_\_\_\_\_

6.3 其它安全措施和注意事项: \_\_\_\_\_

6.4 应挂的接地线:

线路名称及杆号							
接地线编号							

工作票签发人签名\_\_\_\_年\_\_月\_\_日

工作负责人签名\_\_\_\_年\_\_月\_\_日\_\_时\_\_分收到工作票

7.确认本工作票 1 至 6 项, 许可工作开始:

许可方式	许可人	工作负责人签名	许可工作的时间

8.确认工作负责人布置的任务和本施工项目安全措施。

工作班组人员签名: \_\_\_\_\_

9.工作负责人变动情况: 原工作负责人\_\_\_\_离去, 变更为工作负责人

工作负责人签名\_\_\_\_年\_\_月\_\_日\_\_时\_\_分

工作人员变动情况: (增添人员姓名、变动日期及时间)

工作负责人签名: \_\_\_\_\_

10.工作票延期: 有效期延长到\_\_\_\_年\_\_月\_\_日\_\_时\_\_分。

工作负责人签名\_\_\_\_年\_\_月\_\_日\_\_时\_\_分

工作许可人\_\_\_\_年\_\_月\_\_日\_\_时\_\_分

11 工作票终结:

11.1 现场所挂的接地线编号\_\_\_\_\_共\_\_\_\_\_组,已全部拆除、带回。

11.2 工作终结报告:

终结报告的方式	许可人	工作负责人签名	终结报告时间
			年 月 日 时 分

12.备注:

(1)指定专责监护人\_\_\_\_\_负责监护

(地点及具体工作)

(2)其他事项:

附录 2 电力线路第二种工作票格式

电力线路第二种工作票

编号:

1.工区、所(工段)名称: \_\_\_\_\_

2.工作负责人姓名: \_\_\_\_\_

3.工作班人员: \_\_\_\_\_ 共 \_\_\_\_\_ 人

4.工作的线路或设备名称: \_\_\_\_\_

工作范围: \_\_\_\_\_

工作任务: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

5.计划工作时间: 自 \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日 \_\_\_\_\_ 时 \_\_\_\_\_ 分至 \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日 \_\_\_\_\_ 时 \_\_\_\_\_ 分

6.执行本工作应采取的安全措施: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

7.通知调度:(工区值班员)

工作开始时间 \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日 \_\_\_\_\_ 时 \_\_\_\_\_ 分

工作完工时间 \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日 \_\_\_\_\_ 时 \_\_\_\_\_ 分

工作票签发人:

工作负责人:

附录 3 电力线路带电作业工作票格式

### 电力线路带电作业工作票

单位 \_\_\_\_\_

编号 \_\_\_\_\_

1.工作负责人(监护人) \_\_\_\_\_

班组 \_\_\_\_\_

2.工作班人员(不包括工作负责人): \_\_\_\_\_ 共 \_\_\_\_\_ 人。

3.工作任务:

线路或设备名称	工作地点、范围	工作内容

4.计划工作时间: 自 \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日 \_\_\_\_\_ 时 \_\_\_\_\_ 分至 \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日 \_\_\_\_\_ 时 \_\_\_\_\_ 分

5.停用重合闸线路(应写双重名称): \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

6.工作条件(等电位、中间电位或地电位作业, 或邻近带电设备名称): \_\_\_\_\_

7.注意事项(安全措施): \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

工作票签发人签名 \_\_\_\_\_ 签发日期 \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日 \_\_\_\_\_ 时 \_\_\_\_\_ 分

8.确认工作票 1 至 7 项。 工作负责人签名 \_\_\_\_\_

9.工作许可:

调度许可人(联系人) \_\_\_\_\_ 工作负责人签名 \_\_\_\_\_

10.指定 \_\_\_\_\_ 为专责监护人 专责监护人签名 \_\_\_\_\_

11.补充安全措施(工作许可人编写): \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

12.确认工作负责人布置的任务和本施工项目安全措施。

工作班人员签名: \_\_\_\_\_

13.工作终结汇报调度许可人(联系人) \_\_\_\_\_

工作负责人签名 \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日 \_\_\_\_\_ 时 \_\_\_\_\_ 分

14.备注:

\_\_\_\_\_

## 在学期间发表论文和参加科研情况

已录用论文:

[1] 高萍,刘国贤. 智能算法在电力系统短期负荷预测中的应用. 华北电力第四届专业年会, 2006年11月录用.

[2] 高萍,刘国贤,侯健生. 基于图形智能化的电力线路工作票的开发和研究. 华北电力第五届专业年会, 2007年11月录用.

[3] 侯健生,刘国贤,高萍. 电厂电压无功自动控制(AVC)技术研究与实现. 华北电力第五届专业年会, 2007年11月录用.