

递方式，分析规划管理系统功能需求，提出系统的设计目标。第三部分介绍了系统的设计思想、体系结构和实现，具体探讨了规划预警功能的实现和 GIS 应用的问题；第四部分给出了系统实现，包括开发平台、开发工具和实现方法，简要介绍软件的构成和功能、安装调试和维护过程；第五部分给出了本课题研究的结论及下一步研究工作展望。

关键词：电网 规划 管理 预警 分布式 组件

## ABSTRACT

The organizational reform of the electric power, the development of the society and the advance in technology have nowadays all deeply affected the way of movement and construction of the electrical network. So under this situation tremendous changes have taken place to the nature and status of the electrical network's planning, making it faced with many problems and challenges coming up together with the new situation.

Linking to author's experience in supervisory and engineering, this article analyzes the importance of the establishment of the plan and management system for an electrical network, discusses the research content, the development tendency and domestic and foreign present situation of the current electrical network's plan and management, looks into the mentality and managing manner of the new time electric network planning and its management process as well as the process of data transmission flow during the engineering and arrangement of an network. And also in the article the author summarizes the problems existing in the current electrical network planning and arrangement. In view of the characteristics that the data transmission is in the spatial disperser, often causing the existence of the "Information Isolated Island" and that the transmission is complex while the process stochastic but important, the author points out the core questions in the software development for the electric network engineering and arrangement system: firstly, software should be used to assist better carries on the control and arrangement in the process of various, alternately and stochastic arrangement; secondly, more approaching ways should be provided on computation support, which are more exquisite and able to manifest the pilot process and allow the maximum of personal freedom and controlling.

Harnessing cognition-system engineering method the author conducts the research to the plan and management process of electric network and summarizes the process model concept of electric network engineering. And

also, referring to the actual management of enterprise, the author gives analysis to the process of data transmission flow in plan service. Based on the international standards such as IEC 61,970 CIM and OPENGIS, a data model for spatial electric network which is suitable for the electric network plan is analyzed and established, and through a detailed demand analysis the overall goal of design for the system is generated. To satisfy the demand of “strong compatibility” of the plan of electric network, the concept of “plan forewarns” and its function goal is proposed, aiming at the current arrangement of implement section in the arrangement model so called “rolling-repair arrangement”. And from the angle of making spatial data visible and providing analyzing tools, the application of GIS in the plan and management system is discussed.

The design and realization of software system is given based on the analysis of system process model, the data model and the function demand. The system utilized the structure of “traverse and longitudinal lamination” as well as the object-oriented module design thought, fully guaranteeing its good openness, expansibility, maintainability and usability.

Five sections are included in this article. The first part briefly introduces the following features of electrical network planning: the characteristics, contents and development tendency, the present situation of research and its managing system and process. And in this part problem, opportunities and challenges under the new situation are discussed, and simple explanation is given to the origin, the goal, and the significance of the topic as well as to the main work of this article. In the second part, following the idea of the cognition-system engineering method, the author makes a study of the process model of plan management and the data as well as the data transfer mode, analyzes the function demand of the plan arrangement, and sets the goal of the system design. The third part introduces the thought, structure and realization of the system, discussing the realization of the “plan forewarns” function and the application of GIS. The fourth part gives the way of realizing the system,

including developing the platform, the development kit and the method for realizing them. The construction, function, install debugs and maintaining process of the software are also briefly introduced. The conclusion of the topic and a forecast of next step of the research work are produced in the fifth part.

**KEYWORD:** Electrical network

Plan

Management

Forewarns

Distributional

Module

图表目录

图 1-1: 规划的管理流程.....	5
图 2-1: 规划的过程.....	18
图 2-2: 数据在不同层面的传递示意图 .....	19
图 2-3: 数据分类示意 .....	21
图 2-4: 电网设备的数据模型 .....	23
图 2-5: 发电厂的数据模型 .....	24
图 2-6: 电量数据的模型.....	25
图 2-7: 反映济运行的数据类型 .....	26
图 2-8: 地理信息系统构成示意图 .....	27
图 2-9: OGIS 的模型示意图 .....	28
图 2-10: 电网的空间地理信息模型 .....	29
图 3-1: 组件在系统中的位置 .....	36
图 3-2: XML 交换的模式 .....	37
图 3-3: 电网基础信息平台的概念性结构 .....	38
图 3-4: 层次化、组件化分布式软件结构体系 .....	40
图 3-5: 电网规划管理系统与电网统一基础信息系统的关系 .....	43
图 3-6: 负荷预测的流程示意 .....	44
图 3-7: 预警观测的目标.....	47
图 3-8: 观测数据的分类.....	48
图 3-9: 预警过程 .....	49
图 3-10: 预警的流程 .....	51
图 3-11: GIS 中的图层组织和元数据结构 .....	54

## 原创性声明

本人郑重声明：所提交的学位论文，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。对本文的研究做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：  顾晓晖   日期：  2025.4.15  

## 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：  顾晓晖   导师签名：  孟昭勇   日期：  2025.4.15

# 1. 引言

## 1.1 电网规划面临新的形势

### 1.1.1 电力工业改革

20 世纪 80 年代, 以引入竞争和市场机制, 充分发挥市场配置资源的作用为核心电力工业改革浪潮波及全球, 各国纷纷拆分传统的发输配一体化的电力垄断企业, 通过建立和完善政府监管, 统一调度和交易的体系, 在发、配电环节引入市场机制。

在“政企分开”的基础上, 2002 年以《电力体制改革方案》(国发[2002]5 号文) 出台为标志, 我国电力市场化改革全面启动, 2003 年国家电力公司分拆为两大电网公司和五大发电集团, 2005 年 2 月《电力监管条例》正式颁布, 电力市场化改革进入实质性阶段。我国改革的主要目的是打破行业垄断、引入市场机制, 逐步建立政府监管下的政企分开、公平竞争、开放有序、健康发展的电力市场体系, 充分发挥市场配置的基础性作用, 最终形成政府部门适时调控、独立机构实施监管、市场主体自主经营、中介机构自律服务的新型电力管理体制。

与发达国家不同, 我国属于典型的发展中电力市场(或称不完善的电力市场), 市场各主体及市场机制正在建立, 电价的交叉补贴普遍、电力客户对电价敏感、建设资金需求强烈, 当前电网企业的主要任务是吸引投资和扩大规模、设施的完善升级以及提高安全可靠。降低电价、提高效率、为客户提供更多的选择则是下一阶段的目标。

### 1.1.2 经济发展和社会、技术进步

当前正是全球政治、经济和社会生活发生深刻变革的时期, 全球化趋势带来资源配置的新需求。我国加入世贸组织后, 加速了融入世界经济体系的进程。市场经济的发展改变了发、用电的变化规律, 电力发展的环境发生了根本变化, 出现了电力资本要素的社会化和全球化, 发电能源、电力设备供应多元化, 经济的发展的趋势对电网运行管理和建设的方式、效率、质量都提出了更高的要求。

随着社会的进步和生活水平的提高, 环保问题、电能质量、土地占用等问题越来越受重视。科技进步带来的信息技术和互联网、免维护设备、

SF6 绝缘设备等新技术、新设备得到应用，数字化电网、统一基础数据平台、柔性电网、灵活输电甚至 IPV6 互联网等技术正在走向实际应用，分布式电源、大功率电子器件等新的设备也正在开发，随着科学技术的发展，新设备、技术还将不断出现并应用到电网生产建设 and 管理的各个方面。这些因素都对电网运营、管理产生深远影响<sup>①</sup>，也是电网建设、发展不可忽视的重要方面。

## 1.2 电网规划的特点、内容和研究现状

### 1.2.1 电网规划的基本特点

从本质上讲，电网规划研究的是电网的未来状态和其所处的未来经济、社会、政治环境等的统一。研究对象及相关数据规模庞大、结构复杂、不确定和未知因素多、具有“测不准性”<sup>②</sup>。范围广泛，涉及复杂和多领域、多学科交叉，不仅与负荷预测、网络优化、安全性和运行管理、投资体制和效益等技术和经济因素有关，还要表达政治和社会意愿。涉及多方面的认识、利益的协调，规划的过程同时也是各方意愿、利益、认识达成“共识”的过程。

电网规划的系统性和复杂性决定了电网规划是一个系统优化问题，具有离散性、动态性、非线性、多变量、不确定性和过程性的特点。

### 1.2.2 电网规划的主要内容和研究领域

规划的基本解决方式是在确定电源、规划负荷条件下，对变电站的最佳位置、最优容量和线路的最佳路径、最优截面的求解，约束条件一般是年费用最小、综合效益最大、满足需求、电压损耗和电量损耗、可靠性等。由于电网的复杂性，通常需要的并非“最优解”，而是“满意解”<sup>③</sup>。

编制规划的一般方式是：进行负荷预测，确定负荷需求的规模和方向；进行电力电量平衡，确定规划期需要补充的容量的规模、分布，确定降压变电站的位置和容量；根据容量和负荷分布需求进行网架结构设计优化；按照负荷发展和网架方案确定建设项目及顺序；进行方案综合评价。重点是送电规模、电压等级、输电方式、网络结构优化、安全稳定分析、方案综合评判。

电网规划设计的内容主要包括：1、负荷预测，分析、预测规划区内的

负荷分布、电量、负荷特性；2、电力电量平衡，根据电源建设情况和负荷预测进行规划区域的总体、分区的电力电量平衡，确定各区域的容量规模；3、变电站布点，确定目标年、中间年变电站的供电范围、容量、位置；4、网络优化，确定目标年、中间年网络结构、输送容量、电压等级；5、无功优化，确定目标年、中间年无功分布及方案；6、设备改造及二次系统（保护、自动化、通信等）；7、确定建设项目及规模；8、方案综合评判及比较。

电网规划研究领域包括：负荷预测、变电站布局优化、网络结构优化设计、潮流和短路分析、人工智能应用、计算机辅助规划、方案的经济效益分析和综合评价、稳定分析、可靠性、GIS 应用等。

### 1.2.3 发展趋势和国内外研究现状

早期的电网规划以方案比较为基础，采用手工方式，主要依据经验并辅以科学计算的方法<sup>④</sup>。60 年代以后开始采用优化规划，应用运筹学、系统论、决策论等新成果，提出各种优化模型，用计算机求解。基本的思路是在负荷预测的基础上对变电站的容量、位置、路径、截面等进行优化，以电源和电网的建设满足用电需求，侧重供电侧。

在 DSM 和电力可靠性价值的概念出现以后，与上述方法相结合<sup>⑤</sup>，产生了如最小成本规划<sup>⑥</sup>（LCP）、综合成本规划<sup>⑦</sup>（IRP）、综合价值规划等一系列新的概念和方法。随着信息技术的发展，人工智能（AI）<sup>⑧</sup>方法和地理信息系统（GIS）<sup>⑨</sup>逐步引入，以计算机为工具，采用新技术和新方法成为新的发展方向。

国外电网规划的研究较为成熟，其数学模型有多种，从数学角度，对整体系统的描述通常采用混合整数规划模型，对子系统采用运输模型和网络流模型，从物理结构上有可分为负荷整体系统模型和负荷子系统模型。规划采用的方法主要有人工统筹法、数学优化法、人工智能技术、GIS 技术等。

数学优化法的应用最为广泛，包括运筹学中的启发式方法、最短路径法、线性规划方法、非线性规划法、混合整数规划、动态规划等等，其最新的发展包括最遗传算法、模拟退火算法、Tabu 搜索等现代启发式算法等，现代启发式技术的特点是不要求目标函数及约束条件可导或连续，实际应用的效果更好。人工智能技术应用已经积累了较多的应用经验，相关的 AI

方法包括专家系统、知识系统、决策支持系统等。GIS 应用于规划取得了很好的效果，结合人工智能技术，在空间负荷预测、空间分析、网络分析等取得了实际应用，并实现了自动化配电网规划。

上述方法在国外已经取得了相对较好的应用效果，加拿大、美国等均积累了多年的电网规划辅助软件的实际应用经验。

前述数学模型和算法的研究在国内也都已开展，出现了城市电网规划计算机辅助决策系统等软件，在国内部分城市已经取得实际应用，并且出现了专门针对规划过程控制的系统，智能控制已取得初步成效。在 GIS 应用研究上，也取得了实际进展，开展了基于 GIS 的城市配电规划、农村配电规划、结合 GIS 功能配电规划的人工智能算法研究和基于 GIS 系统的负荷空间预测方法研究并应用到配网自动化系统中等，但国内 GIS 平台的建立不成熟，目前的研究也主要集中在配电系统，输电网规划中的 GIS 应用尚未广泛开展。

## 1.3 当前的管理体系和过程

### 1.3.1 体系结构

在电网规划管理上，目前已经建立了相对完整的体系，针对不同的领域和内容颁布了相应的规程、导则及实施意见等，规定了编制范围、内容和方法。按照规划期，分为短期规划（5 年以内，也称建设计划）、中期规划（5~15 年）、长期规划（15~30 年）<sup>11</sup>；按照规划的范围和主体，分为大区联网规划、区域电网规划、省域电网规划、地区（市）电网规划；城市电网规划和农村电网规划一般属于配电网规划范围，目前仍纳入电网规划的管理范围。

电网规划管理有明确的层次体系，下级规划是上级规划的基础，以上级规划为指导。一个规划一般由总体规划和基础规划、专题规划组成，以地市级电网规划为例。网架结构和变电站布局由总体规划决定；不同区域的配网属于基础规划，包括县级电网规划和城农网规划；专题规划主要包括设备改造规划和通讯、自动化、保护等二次规划。

### 1.3.2 管理过程

规划的管理包括规划的编制、评审、颁布、实施、反馈、调整等各个

环节。编制是以现有的规划为基础，根据负荷和电力建设的情况，按照上级规划的指导、要求进行修编和调整。规划的管理流程可以用图 1-1 表示。

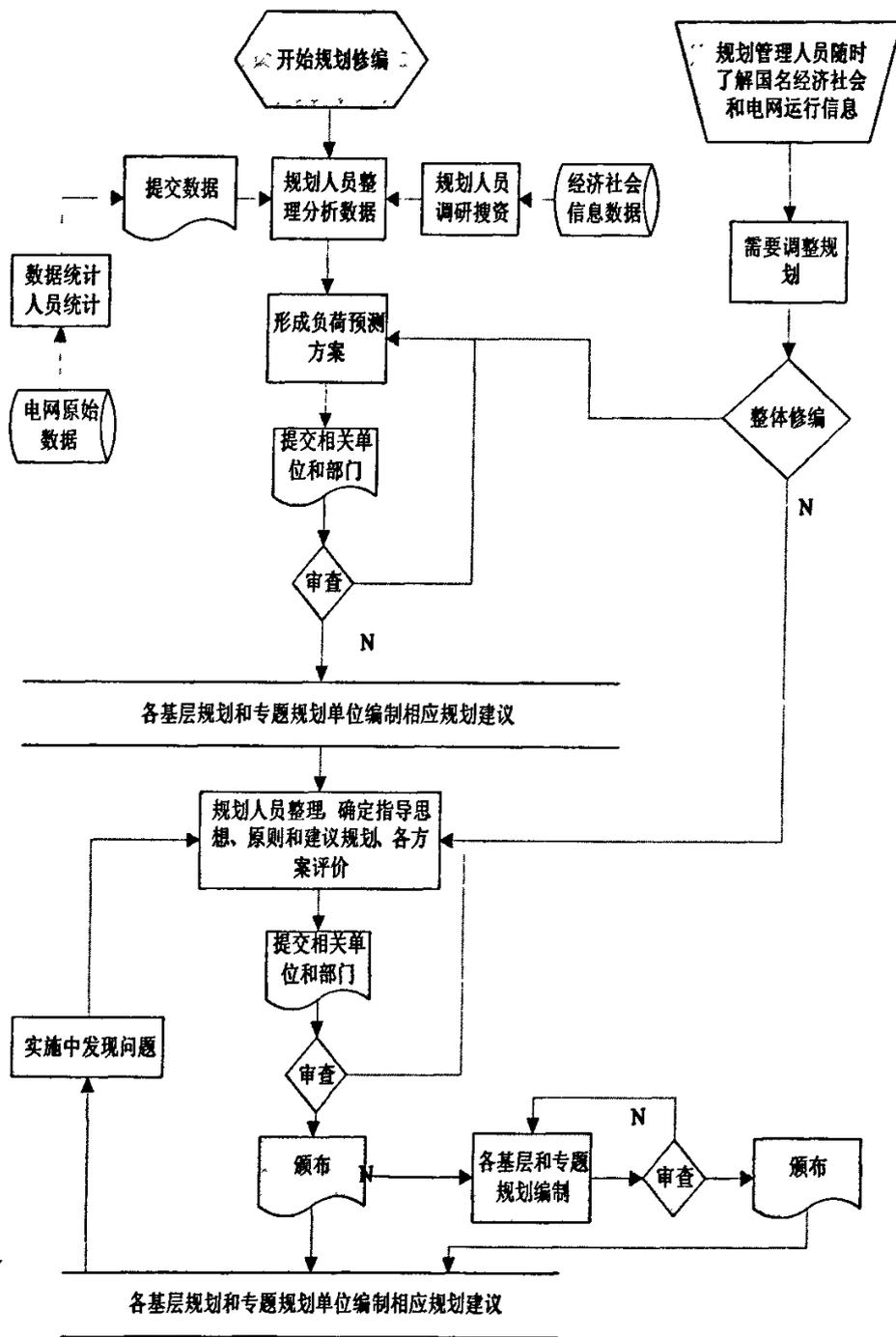


图 1-1: 规划的管理流程

首先由规划人员通过搜集、整理和分析相关数据，了解发、供、用电各环节的情况和趋势。数据的收集和整理主要由各单位的统计人员负责，规划人员进行分析和整理，提出负荷的预测方案，并通报的各单位，各单位据此提出各自范围内的建议规划上报，上级规划人员汇总编制总体规划，经过评审、反馈、修改、审查后确定规划方案和建设项目库，然后颁布实施，基层和专题规划管理人员以之为指导编制各自规划，经审查后实施。

一套规划颁布实施后，计划管理单位按照规划项目库列支基建计划，规划管理在实施中根据统计人员提供的信息、业扩报装、基层单位反馈了解实施效果，发现问题后及时提出调整建议，经主管单位审查后实施调整。从图中可以看出，规划的管理实际上是一个不断的反复过程。

## 1.4 新形势下的问题、机遇与挑战

### 1.4.1 影响和问题

新的形式给电网规划带来了重要和深远的影响<sup>12</sup>，主要表现在：

#### 1.4.1.1 电网规划的基础发生根本变化

电网企业作为电力市场主体和法人实体，在国家宏观调控和市场监管下，参与市场竞争，利益是电力企业进行投资经营活动的主要驱动，建立和完善竞争性电力市场，意味着规划边界或基础即电源布局和时序、电力需求分布、电力潮流、市场竞争模式的不确定性增加，对电力规划的理论基础、研究内容和实现方式都带来根本性变化。规划责任主体和管理方式，都要发生较大的变化。

#### 1.4.1.2 性质和地位的变化

传统上电网规划隶属于政府制定的电力行业规划，其编制、发布、实施都属于政府行为，更倾向于公益性，追求行业的发展速度和规模，以技术经济分析作为规划和设计的合理性的手段，内容集中于电源建设和大电网、高电压等级电网规划。“八五”期间我国开始开展的独立的电网规划，到“十五”期间，逐步实现与政府的行业规划脱钩，转变为电网企业的规划，不再具有政府背景。

但是，具有切合实际的中长期电力规划、明确的实施主体和方法、有效的规划管理机制是电力市场化改革必要的技术经济条件之一。作为唯一

联系发、用电的和作为电力产业链重要环节的电网的规划，其主导性地位并没有根本性的变化，甚至有所加强。不同的是电网规划与电力监管、政府行业规划、各市场主体之间将更具互动性。当前我国电力市场正在建立，没有统一的电源规划；各地政府行业规划的管理和技术水平又制约了其权威性；真正能够统筹考虑发、用电需求，并且具有执行能力的，只有电网规划。

#### 1.4.1.3 负荷发展不确定因素增加

改革开放以来，随着市场在经济发展中的作用逐步增强，电力需求和负荷发展的规律发生了极大变化，周期性趋弱、突发性和不可预见性增强。出现了发电生产能力或同类用电负荷的突发性集中增加或减少的现象。

以枣庄市为例，2003年上半年全社会用电量同期比增长5%左右，但下半年骤然加快，达到23%；2004年全年增长平稳（13%），但2005年前两个月，同比增长不足5%。在负荷特性上，2003年以前全年最高负荷一般出现在每年的7、8月份，并在春节后（2、3月份）出现一个次高峰，低谷出现在4、5月份和春节前1个月左右，但2003、2005连续两年全年最高负荷出现在12月31日，最低负荷出现在春节后。在负荷分布和发电能力上也出现了较大变化。这些现象从没有出现过，分析其原因，主要是由市场行情变化、用人机制、产业结构调整和国家产业政策等方面影响引起的波动。

以市场行情变化为例：枣庄市山亭区的桑村镇集中了160多家小企业，生产豆制品和塑料编织袋，没有正规的生产管理、班次；市场行情好就加班加点生产，负荷能占到全区的1/3，行情不好就停业，所占比例不足1/10。

#### 1.4.1.4 电力市场机制提出更高要求

传统体制下，电源、电网都电力部门统一安排，经济计划使得负荷的分析预测较为简便，网络规划主要归结为技术问题。新形势下，电网公司作为一个独立的市场主体在监管下提供公平、公开、公正的输电服务，一个地区所有的发电、用电都接入单一的电网，形成统一的电力市场。不同的电力市场主体有不同的需求：发电企业要求可靠送出，减少“电网阻塞”，以提高竞争力；电网投资者要求降低电网建设和运营成本，提高投资回报率；电力消费者则期望更低的电价、更可靠更优质的供应，更多选择余地。

此外,作为垄断性服务,投资和规划方案必然融合各种利益并要接受监管,以实现社会总体效益最优的目标。满足这些条件,电网必须做到“经济、安全、灵活、开放”的条件,具有更强的适应性。

#### 1.4.1.5 电源与电网相互制约

与负荷发展的不可预见性类似,新形势下电源建设的不确定性增加。电源是电网规划的重要约束条件,不合理的电源方案不仅造成电网资源的严重浪费,还会进一步影响电网的经济性和灵活性、安全性。适应并引导电源发展,是电网规划的重要作用之一。

#### 1.4.1.6 科技进步和社会发展影响

新技术的巨大推动力反映到规划中,要求电网规划必须适应和体现技术革新作用,规划的电网必须考虑新技术应用对电网建设和运营的影响。电网规划的理论和方法、技术也在不断发展,新算法、GIS、人工智能(AI<sup>13</sup>)、认知工程理论和方法等逐步被引入。所有这些都将从根本上颠覆传统的规划方法和思路,对规划本身产生重要推动作用。

随着社会的进步和生活水平的提高,社会生产更加精密,对电能质量和可靠性、土地占用、环保和电磁污染的要求也越来越高,成为电网规划中必须慎重考虑的重要方面。

### 1.4.2 机遇与挑战

新形势下的电网规划是以政府电力行业规划为指导,并为之提供基础和支持,综合电源建设和电力需求等各方面因素,在电力监管机构监管之下的电网建设发展规划。在新形式下,解决新形势产生的影响电力负荷的因素增加、电源建设不确定性增强<sup>14</sup>、系统潮流不确定和系统潮流不均衡、电源与电网协调发展等问题是电网规划及管理工作必须面对的挑战。

实现电力可持续发展是电力规划面临的前所未有的又一重大课题。我国是资源相对匮乏的快速发展中大国,的生态环境恶化趋势尚未根本扭转。资源和环境的严重制约,是新形势下电网规划及管理工作的又一挑战。

适应新形势、解决新问题,既是挑战,也是推动规划理论和方法、技术改进的动力,给电网规划自身的发展带来了机遇。新的形势决定了电力规划的理念和方式都要进行根本性转变和更新,新时期要求更高的分析和

预测水平，更高的规划设计水平，使规划电网具有更强的适应性，也需要形成更为完善的管理方式和更为有效的工具和技术支持，电网规划的理论、技术和管理手段必须进一步的更新和改进。

#### 1.4.2.1 新时期电网规划的基本思路

新的电力体制中，电网始终保持其垄断地位，但这种垄断并不是说电网占有完全主导权，而是监管下的垄断。电网必须提供满足电源和电力用户需要的经济、可靠的开放式和高适应性的输电服务，需要提高效率、优化配置，降低建设和运行成本，提高投资回报率，降低电价和吸引投资。我国的电力市场还正在形成中，对电网企业来说，努力提高投资回报率、降低建设和运行成本以吸引投资，扩大电网规模是十分重要，因此新时期电网规划基本思路应进行必要的调整：

##### ● 突出强调其经济性原则

1、电力市场对电网的根本要求是尽可能降低输电成本、减少“输电阻塞”、优化社会资源配置，适应市场需要、提高效率、降低成本是电网企业的根本任务之一；2、更高的回报率才能吸引更多的投资，建设更好的电网，提供更低费用的输电服务，形成“投资—建设—回报—投资”的良性循环。

##### ● 更注重安全性原则，引入符合实际的可靠性评价指标

可靠性包括：1、电力系统完好的情况下，保证发电出力、输送功率、电压水平、容量储备等各项运行指标符合要求；2、特殊运行方式（某些设备故障、检修）满足给定的可靠性要求。

系统安全和投资直接相关，必须与市场需求相适应。引入相关的可靠性评价指标，从而更好的协调安全性原则与经济性原则。

##### ● 加强分析，动态掌握负荷变化

新时期各种因素之间的关系更为复杂和隐蔽，应当更为全面、深入分析和实质的掌握其内在规律，加强各种因素相关性的定性和定量分析，充分发挥“数据发掘”<sup>15</sup>的作用，建立统一和完善的数据采集和分析系统，消除“信息孤岛”和“信息延迟”，动态掌握负荷的变化情况。

##### ● 加强与电源规划的互动，引导并为之协调建设

电源规划和电网规划紧密相连，相互影响和制约。应全面和及时掌握当地的资源和厂址资源情况，在规划中灵活运用，同时根据负荷分布和发

展合理的调整网络结构，通过网络结构和负荷分布的市场实际来影响和引导电源建设合理布局。

- 注重与电力市场的互动，加强负荷侧管理（DSM）

电力消费主体是电力市场的重要组成部分，由于电力即时动态平衡的特点，各市场主体之间的互动更为明显，根据电网和电源资源情况，通过分时电价、区域电价、优惠电价等调剂手段加强负荷侧管理，降低电网建设和运行成本，提高设备和投资利用率。

- 重视方案优化，突出适应性，建立多指标的中长期预警机制

电网规划的优劣决定了电网整体实力，必须保持与瞬息万变的电力市场相协调。为及时察觉和发现电力市场的重大变化，建立中长期预警机制，通过对相关重要指标例如负荷发展和分布、电源建设和发电生产等情况的跟踪，有效的防止出现规划失当，提高电网适应能力。

#### 1.4.2.2 规划管理的特殊性及其在新形势下的任务

电力市场情况下电网规划的步骤一般是：由预测负荷发展趋势入手，结合电源规划预测未来的电力市场和电价水平，然后根据电网现状和问题提出各种规划方案进行分析和筛选，找出最佳的若干方案，进行评价，评价一般包括可能的收益分析和风险评估、投资分析等。

中长期电网规划是基于预测的电网建设和发展方案，需要在实施中根据实际发展进行调整、充实和完善，经济、社会以及电网的不确定性<sup>16</sup>，决定了电网规划必然是一个滚动调整修编的过程，需要一套有效的管理机制实施过程控制。

电网规划涉及整个电力市场各个方面、各环节的协调，包括投资者利益和履行电网的社会责任等问题，各方形成“共识”的过程同样需要通过管理来实现。

由于电力的统一和即时动态平衡的特点和电网在国民经济和社会发展中的重要地位，决定了电网的规划、建设、管理必须统一进行，在统一的体系下、以统一的标准开展数据搜集与分析、综合平衡各方面的信息，协调各层次、各区域的设计方案、滚动调整和实施。

当前电网规划面临的是一个电力高速发展的环境，我国人均产值超过1000美元，人均用电超过1400千瓦时，电力消费以工业用电为主、工业

中以重工业为主的结构十分清晰，重工业用电比重逐年增加，按照一般的经济发展观点，已经进入了重工业快速发展的阶段，目前用电高速增长的现象还将持续。以建设小康社会的角度，电力消费需求也将继续增长。在这种情况下，各方对未来的发展趋势、速度和增长空间的估计和看法出现了相当大的差异。这就对电网规划的管理工作提出了更高的要求，当前形势下，规划管理的首要任务是：

- 及时跟踪电网的潮流变化，准确快速的搜集分析、及时了解规划实施的效果和电力市场的动态变化；
- 科学合理的调整规划方案，通过有效的沟通，以最短的时间综合各方意见，协调各方利益和观点；
- 及时追踪最新的研究成果，积极采用更为先进的方法，提高规划方案论证的科学性和合理性；
- 建立跟踪、控制规划实施的机制，确保项目的实施与电力市场发展的实际相符合；
- 提高规划方案的适应性和灵活应变能力，针对不同环境、条件，制定多个备选预案。

### 1.4.3 需要解决的实际问题

面对新形势带来的新要求，当前的规划和管理还存在很多需要解决的实际问题，下面从技术工具以及管理自身的改进两方面进行分析：

#### 1.4.3.1 需要更为有效的规划和管理辅助工具

1、缺乏更为有效的数据的搜集、分析和管理的工具。电网规划属于数据密集型的业务，方案设计、实施管理都需要持续、稳定、可靠的数据来源以及快捷、完善的分析。而复杂的来源、多样的格式以及对快速分析、传递的要求，需要高效和先进的数据管理工具。当前仍普遍依靠人工管理数据，已有的规划软件相对封闭，数据格式、来源以及管理、录入方式不满足实际需要，不单不能减轻管理压力，甚至可能导致新的麻烦。

2、缺乏过程管理和动态调整的辅助工具。过程性、多样性、多途径、随机性决定了规划管理需要动态追踪整个过程，实施快捷、有效的观察和控制。当前缺少跟踪分析现实状态的工具，不能在合适的时机进行合理的调整，即便最初科学的方案，也会由于实施中缺乏有效管理而失去价值。

规划管理本身也是动态变化的,信息传递的途径和时间要视具体情况而定,不能按照固定的程序进行,有的技术条件无法替代人的判断和经验。并且由于需要广泛、灵活的参与和交互,大数据量的存储、传输与计算紧密结合,是单纯实现数据传递的企业 MIS 无法满足的,而现有的规划系统大都针对规划设计提供计算支持,缺少针对规划管理过程的解决方案。

3、管理过程中缺少灵活和实际的技术支持工具。新形势下规划的及时调整需要快捷的计算支持,这种计算工具要能够验证和对比各种假设,并提供有助于直观判断和分析的现实方式,方便在缺少数据时和协调各方意见时直接依据某一判断快速的进行分析。比如:规划审查中参与人多、时间短,缺少灵活的计算支持将使某些看似合理的方案获得通过。

在工作中具体的管理人员需要得到理论的指导,体现在技术支持工具上,通过更细致的展现中间过程和数据需求、来源可以指导、帮助规划人员更好的理解和掌握理论的应用,而不是迎合和被动适应现有的规划管理方式。

#### 1.4.3.2 管理上仍需进一步改进的问题

电网规划管理本身也存在需要改进的问题:

1、基础数据管理不完善,没有实现资源共享。健全管理体系,消除“信息孤岛”,建立完善的渠道是当前需要解决的关键问题之一。

2、对实施过程的控制和跟踪仍然缺乏有效的机制和手段,难以及时察觉规划方案与实际发展的误差。急需加强实施环节的管理,建立科学确定调整时机和调整方案的机制;

3、没有实现规划设计和规划的管理分离,缺乏专业人员的参与和支持。需要强化技术手段,在全过程引入专业人员和实用的技术工具。

## 1.5 本课题的来源、目的和意义

### 1.5.1 来源

本人在枣庄供电公司长期负责电网规划管理工作,期间组织建立了枣庄电网的规划管理体系,编制了本公司城市电网建设改造规划建设改造可研报告。攻读工程硕士期间,又先后编制了“十五”电网总体发展规划、枣庄市电力行业发展规划、枣庄新城区电网规划、“十一五”城市高压配电

网规划、“十一五”电网发展纲要等，组织所属各区市基础和专题规划的编制，独立完成了多个电厂接入系统设计及电网项目的可研。通过这些工作，完成了从理论准备到规划管理与实践的过程，对数据的来源、含义、分析方法和电力电量平衡、网络规划优化求解、计算机辅助分析、规划的经济分析及综合评判的方法，以及管理过程、管理方式和要求较为熟悉，了解电网规划和管理的需求和发展方向。为解决规划管理工作面临的问题，提供更有效、更全面的解决方案，结合所在单位的实际需要提出本课题，进行针对地区供电企业规划管理系统的研究。

### 1.5.2 目的

设计本课题的目的是：适应新形势对电网规划及管理工作提出的要求，解决当前工作中存在的实际问题，应用计算机、信息网络技术研究建立具有发展前景并能适应当前实际的计算机辅助管理系统的架构体系和实现。提供快速、可靠的数据搜集、分析、管理和灵活、快捷的计算支持以及切合实际、方便管理的，面向电网规划全过程管理的解决方案和实现。应用GIS、数据交换等技术提供方便快捷的数据分析和管理工作；引入规划预警的概念并实现其功能，提供加强实施环节管理的手段和工具，使规划及时跟踪电力需求的动态变化。

地市级电网规划是输电系统和配电系统的结合点，具有承上启下的关键性作用，而且规划的内容、管理的方式方法对上级和下级规划都具有一定的通用性，为增加推广价值和满足更广泛的需要，课题主要针对地市级的电网规划和管理。

### 1.5.3 意义

由于电力系统是国民经济的基础设施，具有电网建设周期长、投资巨大的特点，规划中微小的失误都有可能对社会和国民经济、电网运行造成巨大损害，电网规划的意义和重要性不言而喻。电网规划是一个动态的过程，在实施中，需要针对具体的局部进行调整或滚动修编。“十五”期间我国出现的大范围缺电和输电瓶颈，与电力规划的失当而且没有根据实际及时调整有直接的关系，尽管原因复杂，但足以表明加强电网规划尤其是加强规划过程管理的重要性和巨大的现实意义。

新形势给电网规划及管理带来了新的问题、新的挑战、也带来了新的

机遇。传统的管理思路、方法和手段已经不能满足实际的需要，迫切的需要更为先进和贴合实际的管理工具，用计算机手段弥补规划手段的不足已经成为趋势，而现有的规划软件主要是面向规划方案的封闭的系统，不能满足过程管理的需要。新的要求也推动了规划管理方式的革新，需要采用更为灵活、方便和快速的计算和管理支持工具。因此本课题具有以下意义：

- 本课题针对需要解决的实际问题提出了有效的解决方式，提供了更为灵活、方便和快速的计算和管理支持的实现方式，对推动在实际中应用准确高效的计算方法和理论具有十分积极的现实意义；
- 提供了面向过程的电网规划管理的解决方案和实现，特别是针对实施环节这一管理薄弱点，提供了实现规划“滚动”管理机制的技术手段，大大提高了规划的适应性和规划管理的应变能力，堵塞了管理漏洞，因而具有十分重要的现实意义。
- 把当前的实际需要与电力市场化对电网规划管理的新要求相结合，提出了体现新形势下电网规划新思路的过程管理模式和软件实现，对推动规划管理模式的革新将具有十分重要和积极的意义。
- 提出的与规划管理的实际相结合，基于过程管理的分布式开放开发系统的软件架构和实现，具有优异的数据处理能力和良好的可扩充性、可维护性和方便的实现方式，可以方便的集成各种应用，针对需要无限制的扩充系统功能。对及时应用最新的理论成果和方法，提高规划管理的水平具有重要的作用和意义；
- 将人的作用与快速准确的计算工具以及网络的便捷结合起来，充分体现规划及管理的过程性、多方面协调和滚动调整的特点，同时系统本身具有良好的实用性和适应性以及发展前景。从而对持续稳定的推动规划管理水平的提高和强适应性规划的实现具有重要意义。

## 1.6 本文的主要工作

### 1.6.1 主要内容

本文结合作者的规划管理工作实际，分析了建立规划管理系统的重要性和意义，对当前电网规划的思路、管理方式以及管理过程和数据传递流程进行了探讨，总结出了电网规划的过程模型的概念，并结合企业实际管

理,提取数据传递流程和符合 CIM 规范的数据模型、GIS 数据模型。通过需求分析,提出系统设计目标。提出了针对随机变化的动态过程的管理系统的实现方式和规划管理系统的体系结构,分析了建立“规划预警机制”的必要性,并对其功能实现进行了研究。以电网规划预警系统为例具体说明了系统功能实现的方式方法;同时结合实际应用对 GIS 应用进行了探讨。最后,简要介绍了系统开发的平台和工具、系统的主要功能。

### 1.6.2 研究方法

结合枣庄电网规划的编制和管理过程,研究实际的原始数据和流程,在认知系统工程方法提出其过程模型的基础上进行细化,以信息的传递和加工过程为主线,在分析实际工作中的问题和功能需求的基础上提出设计目标,并设计出系统具体实现的框架体系结构,进一步确定各个过程的具体任务和数据需求以及功能实现的方式和系统构建的方法。

## 2. 过程模型分析和系统设计目标

### 2.1 规划过程模型

认知科学<sup>17</sup> (Cognitive Science) 始于 20 世纪 70 年代,是哲学、心理学、语言学、人工智能、人类学、神经科学等多学科交叉的新兴学科。它揭示的是智能和认知的原理,探索对认知的理解。认知系统工程<sup>18</sup>以认知科学的发展为理论基础,从工程技术、心理学、认知科学、信息和计算机科学等领域提取模型概念,为系统分析和规划设计构成一个广泛、动态的结构框架。

按照认知系统工程的理解,电网规划是在两种模糊不清的状态之间寻求一致,即在无法适当或准确描述的环境(背景)与未规划过的电网形式之间寻求一致。

规划任务是一个往复和循环的过程:起点可以确定为代表不同观点的一组成员对与规划问题进行探讨,规划的过程就是要使具有不同的观点和背景的人形成“共识”,并明确下一步的工作。所以规划不是一个简单的从头到尾的循环或螺旋,而是各个相关部门、单位、具有不同观点的专家、各种硬性的制约(政策法规、规定、客观限制条件等)和利益的交互参与、

协调和相互制约、妥协，不断提出意见并根据发展实际从各个角度进行反复修正的过程。这种情形可以做以下解释：

1、电网规划是以电源、负荷发展为基础的，其中最为重要的是负荷的预测，由于负荷的发展具有不可预测性，与文化、环境、经济、建设、政策等多种因素相关，不可能由一个简单的曲线或方程来拟合，这种是由经济、社会、城市建设本身的“测不准性”决定的。

2、电网规划涉及到众多的部门、单位以及多个专业领域，上下级电网之间、生产运行管理之间、供应与经营、市政规划、经济管理、环保、不同行业、产业等等，都需要相互协调、沟通，包括不同方面的利益关系、不同的个人观点、专业特长、关注热点甚至主观上的个人喜好等等都会影响最终的方案，即电网规划需要适应多种约束条件，决不单纯是一个价值中立的技术支持过程，规划的过程是一个包括、融合、协调和相互妥协的过程，在很多情况下技术上的最优将让位与协调和妥协的最佳。

3、实际的规划方案制定中，由于对于电网规划这样大规模非线性混合整形的 NP 难问题没有有效的解决办法，初始阶段由于可能的方案数目庞大，各个约束条件也难以精准描述，不同的条件在不同情况下其权重或影响力也不同，需要对未来的环境的变化过程进行准确的把握。规划方案的提出主要来源于规划人员的经验和积累，取决于其在不同层次、不同方面（包括人和技术的）想法和解答，实际的过程是规划人员很少对规划过程的每一个反复或循环都按部就班的按照流程开始，而是在对类似问题的归纳和已有的解答的基础上进行修正和逻辑推断，即所谓“再规划”的过程。其中“人”的作用仍然需要定量的数学分析的支持，补偿在优化设计、获取参数、找到问题的理论值域等方面的不足，类似于直觉判断与数学证明的关系，人的判断和数学分析的技术手段是互补和相辅相成的。

因此规划过程难以实现程式化和逻辑化，无法用一个统一的秩序和精确的模式来描述。实际的规划过程更依赖于规划人员的知识和经验以及协调能力，丰富的知识和经验、好的协调和沟通对提高规划的水平至关重要。这个过程中，人起着关键的作用，为了更好的发挥人的作用，必须研究：1、人的信息获取途径；2、信息传递和加工；3、人在信息的传递及加工过程的作用。电网规划的过程模型的核心应当是信息在人与人之间的传递和加工。

综上所述，可以得出如下结论：1、规划本身是可变性和机会主义的，结果依赖于众多具有测不准性的因素；2、实际的规划过程必须采用直观和决策识别模式，决策识别的过程仍需要科学手段提供技术支持，以减轻工作量和提高准确性；3、规划的过程模型的核心是信息在人之间的加工和传递。

规划过程的上述模型决定了实际的规划过程中必须更好的适应和体现这种多部门、多领域的交互参与、反复修正的思想，确保信息传递的及时性和准确性，做到可控、在控。例如：与城市规划部门建立稳定沟通渠道，在负荷预测前及时了解规划信息，预测方案及时反馈、协商，变电站布点、网络结构方案及时沟通以影响城市规划，并在规划施行时及时了解城市规划部门的意见等。通过召开专题研讨会、阶段性验收、征求意见、预审会、审查等过程广泛的与相关人员取得沟通，这样经过多方面参与交互和反复的过程才能形成一个切实可行的规划方案，而规划的施行也会更少的遭遇阻碍。

## 2.2 数据流程和数据

### 2.2.1 数据流程的研究

#### 2.2.1.1 数据传递过程

按照广义的理解，数据是信息的表现形式，按照前述电网规划的过程模型，以数据（信息）的传递、加工过程为主线，研究规划实现的过程以及人的作用。按照一般的规划管理程序，为方便分析，将规划的过程大体分成：数据搜集和负荷预测、规划设计和方案评判、实施和反馈三个阶段，规划的管理过程用图 2-1 表示。

图 2-1 所示的过程是一个简化的模型，由于过程的复杂和随机的过程太多，不可能全面地描述每一个细节，仅仅是整体的和粗略脉络，基本上能够说明正常的流程。从规划的过程描述中可以清楚的发现：规划是过程的管理，数据源涉及企业内外的各个方面，规划管理人员在数据传递过程中起着中枢的作用，通过他来控制数据的传递路径，数据的加工主要是技术支持（专业咨询机构）进行，规划方案的审查、确定都是在更大范围进行协调和沟通，形成最终结果的过程。

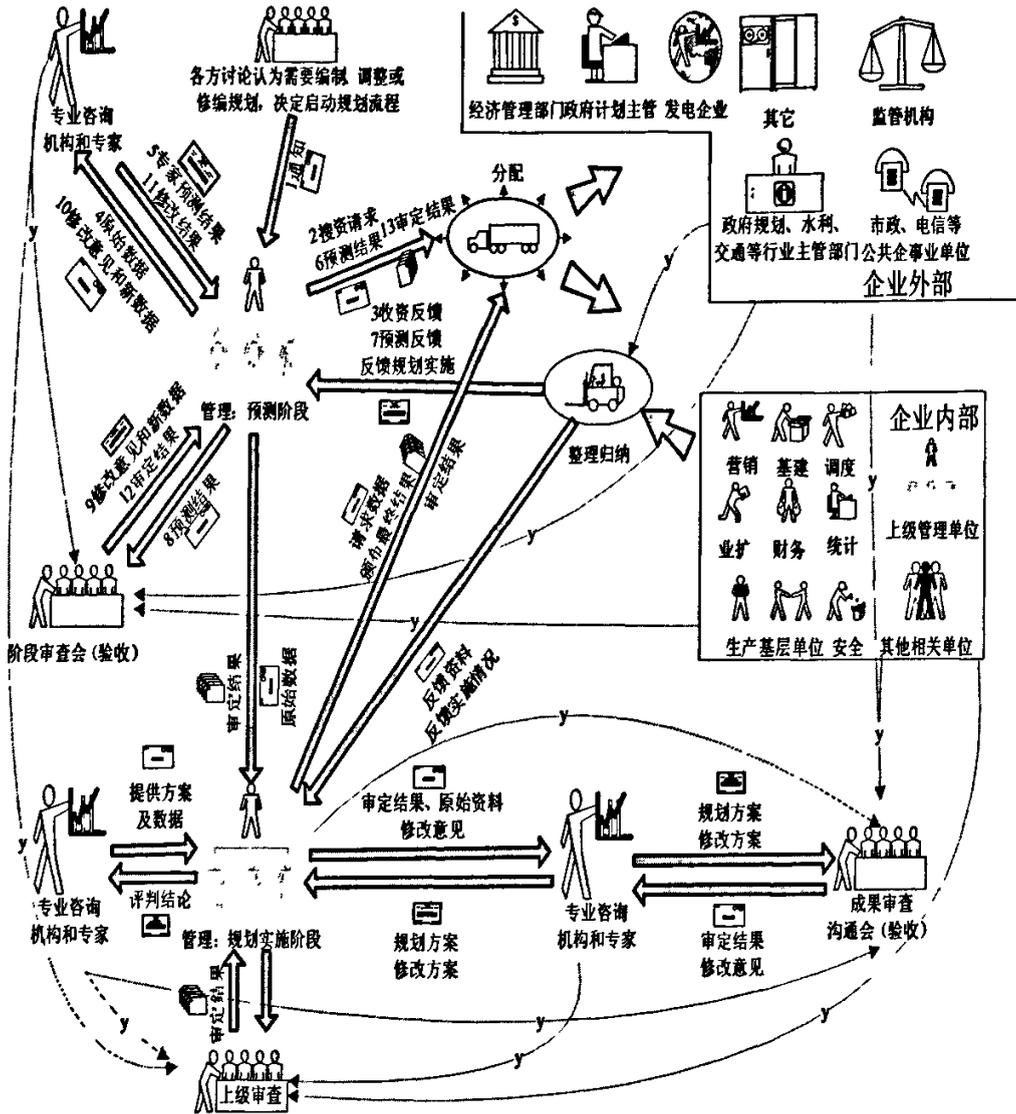


图2-1: 规划的过程

需要说明的是：在现实中，这个过程要复杂的多，更类似一个随机的并发过程。有些过程和事件在实际当中不一定每次都会发生，有些过程可能同时发生，或者不同进程穿插进行。同时一些数据的传递也不一定每次都走同样的路径：所有参与者之间都有可能建立起信息传递的渠道，某些信息有可能根本不经过管理层的传递。最明显的例子是：专业机构可能不经过管理人员而直接向有关单位取得原始数据，待审方案不经管理人员而直接递交评审或递交决策层。从而又大大增加了过程的复杂程度。

此外，一个过程也可能需要多次的重复，比如：对数据请求的反馈并

不一定能达到要求，提供原始数据可能是错误和不全面的，在使用中可能需要核实和更正（对数据来源及数据真实性的甄别十分重要，因此数据的整理和分析工作应当引起足够的重视）。

### 2.2.1.2 过程中的信息分布

按照前述的数据传递过程，将数据传递的路径中的相关人群分成不同的层域：作为电网企业，规划涉及的层域应包含内、外两部分，内部包含决策、管理、协作三个部分，外部包含协作（包括咨询、建议、通报、规定等）和规划专业支持（主要是专业规划人员提供专家意见、计算服务等）两个部分，规划的数据在不同层面的传递的过程可以用图 2-2 表示：

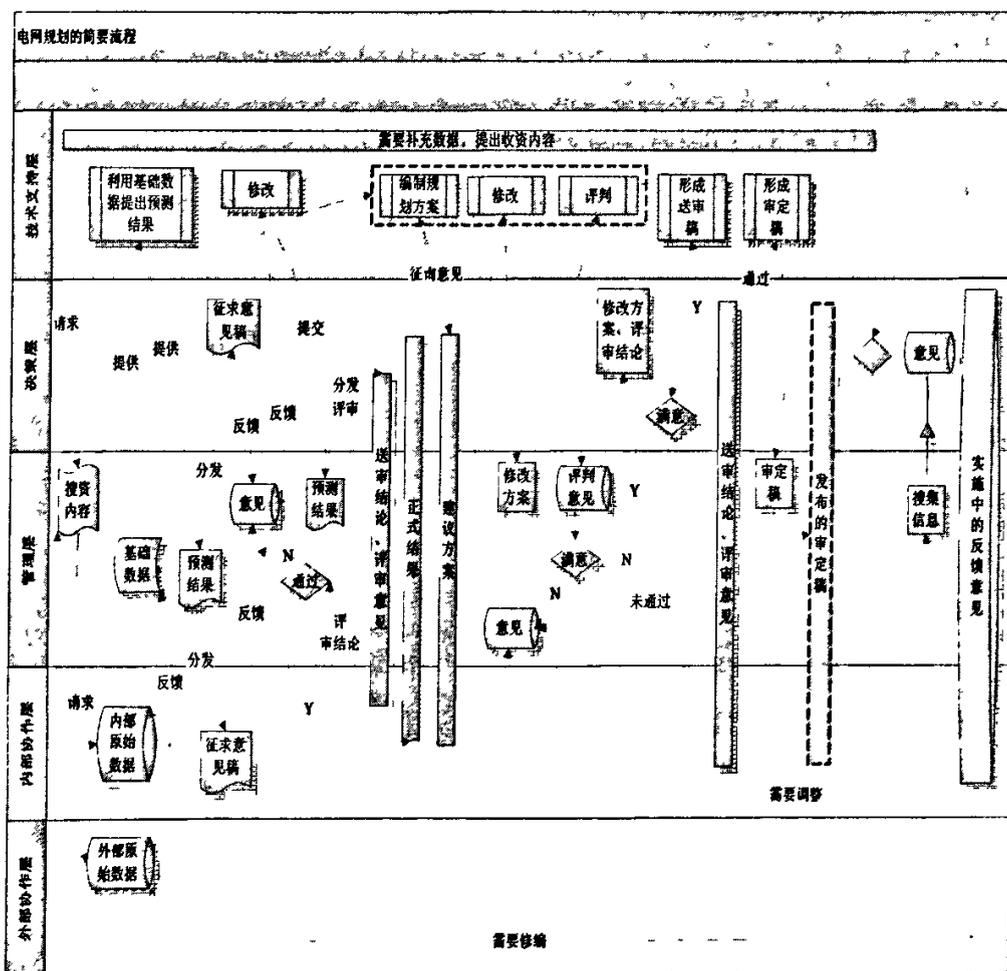


图2-2：数据在不同层面的传递示意图

从传递过程中的数据分布可以看出不同的阶段所具有的数据以及处理

数据的人和处理数据的方式。仔细观察就会发现，对于每一个环节，除了技术支持层和个别管理层环节处理的是过程，即数据加工过程外，其余的环节主要是数据的传递。可见，这种基于认识论的过程模型中在强调人的作用的同时，并不排斥先进的计算技术的参与，反而赋予它更为重要的支持作用。实际的规划过程中，一个普遍的现象就是把技术支持的任务交给管理层面承担，即将管理层和技术支持层合而为一，这种情况下毫无疑问极大的增加了管理层面的工作量，而管理层面在规划过程中处于中心地位和数据密集的环节，是控制整个过程和各种交互、协调的中心，是提高规划水平的关键。通过先进的计算机技术和信息网络技术，在各个环节减轻管理层面的工作量，使其集中精力处理好数据传递中枢的作用，正是本课题研究最主要的目的。

## 2.2.2 数据

### 2.2.2.1 数据分类

当前，对于复杂和多变的系统通常采用面向对象（OOP）的设计方法，它将所面对的事物描述为对象，将用于描述其特性的数据组织成数据结构，将其行为描述为一组方法（函数），并采用类的概念将数据和方法二者联系起来。这种方法可以通过继承、重用、派生等方法大大减轻程序设计的工作量，更便于维护和升级。更重要得是，这种方法使得程序设计更接近于真是世界中的对事物的处理方式，因而成为现代程序设计必不可少的工具之一。规划是数据密集性的复杂的过程，系统设计中数据的处理十分重要。

电网规划数据按照其性质不同可以分为两类：数值数据和信息量数据。数值数据是指可以用数值表示其量化信息，用单位表示其基本含义的数据，比如电量数据、GDP 数据；信息数据主要是那些无法量化的信息，例如设备型号、政策法规、指示、要求等。在计算机处理过程中，信息数据一般统一采用文本和逻辑值表示；数值信息由数值和单位表示。

规划过程中的数据按照数据的来源可以分为政府经济部门数据、统计部门数据，规划部门数据，内部电网数据、电厂、外部电网数据等等；按照用途可以分为用于负荷预测的数据，用于网络规划的数据、用于经济评价的数据等等。按照 OOP 的设计思想，不同的对象由不同的数据结构描述，

采用不同的方法。因此数据的分类的原则是按照其描述的不同对象和不同的方法进行分类。见图 2-3。

图 2-3 只是一个示例，是实际的数据类型的一部分，由于实际的数据类型的数量十分庞大，在此无法一一展开。采用 OOP 的方法进行规划数据的分类具有十分明显的优点，例如对电量的处理，电量类包含了全社会用电量、电网售电量、本地电厂发电量、上网电量、电网损耗电量等等，但是只要是电量类的数据都可以采用相同的处理方法，并且不容易出错，比如电量数据之间不能使用乘法，但可以除以时间量得到功率量（负荷量），因为电量类之间没有乘法方法，根本不能相乘，有效地避免了大量繁杂计算容易出错的情况。

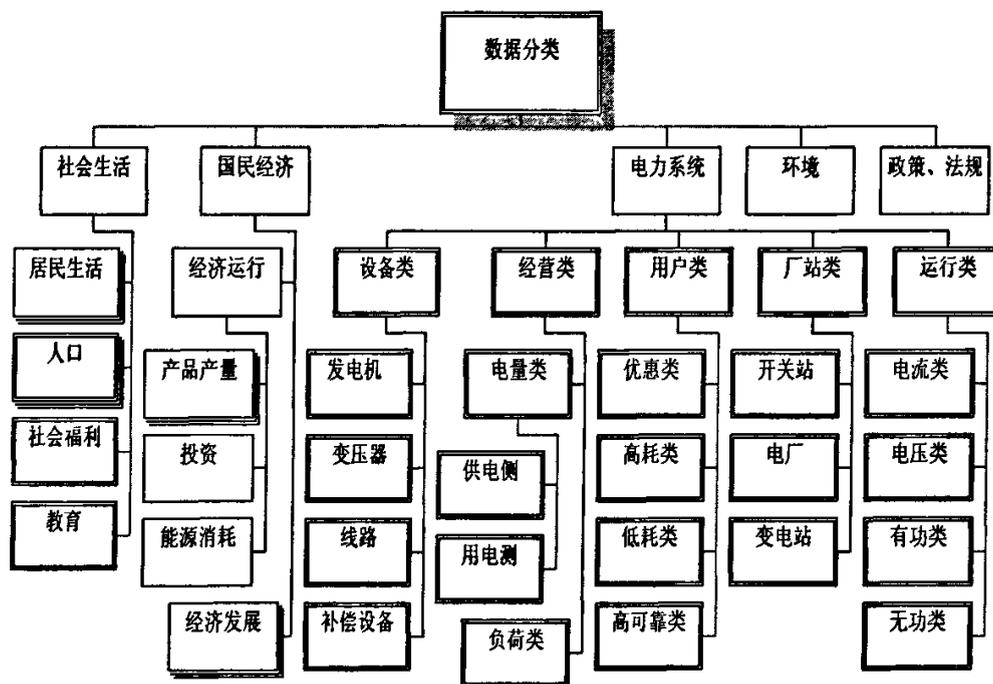


图2-3：数据分类示意

### 2.2.2.2 数据模型

电网规划涉及到多种方式的数据传递和交叉、交互，数据作为信息的载体，其模型应为信息交换的双方或多方所理解。

当前设计的电力系统软件基本上都是针对某一应用的独立系统，采用了不同的数据结构、存储和输入格式，难以满足用户及系统的发展需要，

也限制了第三方软件的开发和增加应用，极大的增加了开发和维护成本，造成“信息孤岛”和数据灾难，因此目前电力系统发展的方向之一就是开发基于统一的基础信息。

针对这种情况，IEC 制定了所有使用实时信息的应用开发者的标准化设计规范，即 IEC61970<sup>19</sup>，已经成为在电力系统软件设计开发过程中普遍采用的数据标准。它允许所有用户（电力公司、电力联营、电力市场、配电控制、供电方、投资者等能够在竞争环境中来移植和升级他们的系统，而不必依赖于某一厂家，极大的促进了开放系统的建构。

IEC61970 包括公共信息模型 CIM、组件接口规范 GIS（级别 1、级别 2）等，其中 CIM 经过十年的发展，相对比较成熟，GIS 中除了用 XML 承载 CIM 数据的标准（Part501）已经可以付诸实际应用，其他的部分还不成熟。CIM 定义了电力工业标准对象模型，用于电力工程、规划、管理、运行、财务等的应用和开发，CIM 划分为 13 个类包，290 多个类。在 IEC61970 中，CIM 的定义采用面向对象的建模技术，并采用统一的建模语言（UML，是一种通用的模型语言，用于确定、展开和记录软件系统，1997 年 OMG 通过 UML 成为软件工业的标准）来描述。CIM 的每一个类包都包括一个或多个类，他们都以类图的形式给出所有类以及他们的关系。

CIM 数据模型基本上包含了所有和电力生产有关的数据，如 RTU 设备、SCADA 数据、财务、网络连接、发电、检修和电力市场等。CIM 是一个抽象模型，它表示了典型的各种电力系统的应用软件系统中电力企业的所有主要对象，包含这些对象的公共类和属性，以及它们之间的关系。对电网规划管理应用而言，就是类与对象以通用的方式对电力系统中需要表示的模型进行建模，以类来对现实世界中对象的描述。

例如 EMS 中需要表示的电力系统模型（变压器、发电机、负荷和断路器等）。这些对象需要以一种通用的形式表示，以达到兼容插入和互联互通的目的。

目前国际上许多厂家已经将电力系统自动化的各级产品，例如 RTU，自动抄表，电量设备和 SCADA/EMS/DMS/PM 的各种模型逐步采用 CIM 数据模型。

电网规划中使用的数据类型复杂，众多类型的数据中最为主要的部分

就是电网信息和经济运行（GDP，国内生产总值）信息的数据。采用 UML 来表示，此处仅举几个简单的例子来说明（图 2-4、图 2-5、图 2-6、图 2-7）。

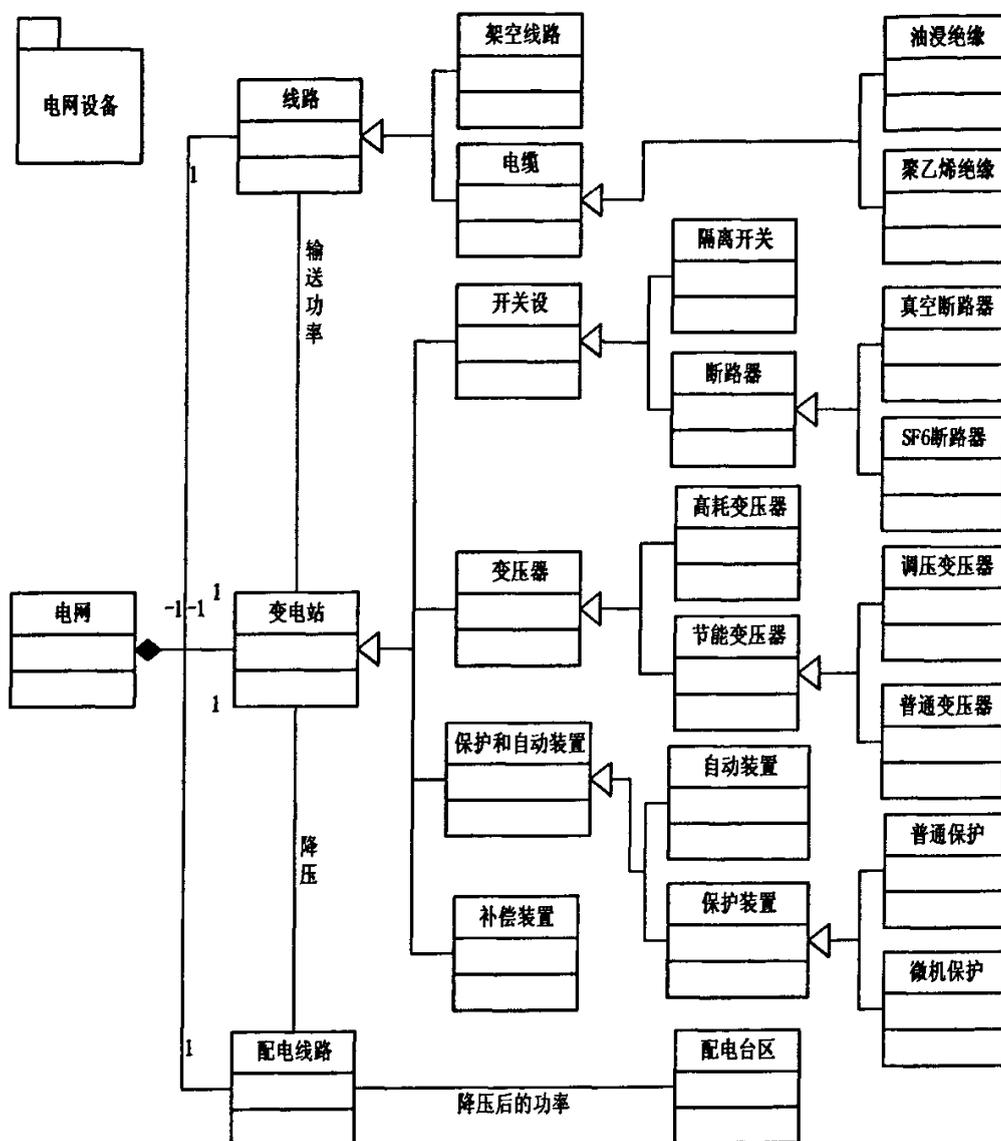


图2-4：电网设备的数据模型

由于数据的复杂，为清晰的说明，本文仅以此为例来说明其构成方式和构建模型的思路，未将数据结构全部展开。完整的电网设备主要包括发电、输电、变电、配电部分，按照其功能进行分类，他们之间的联系用消息来表示。图 2-4 未包含发电厂部分。

发电厂的分类方式有多种，比如按照调度管理权限、按照容量大小、机组类型、燃料等等，对电网规划，对发电厂关心的主要是容量、并网方式，电量计划等，按照发电厂对电网运行方式的影响不同，发电厂的数据模型见图 2-5。

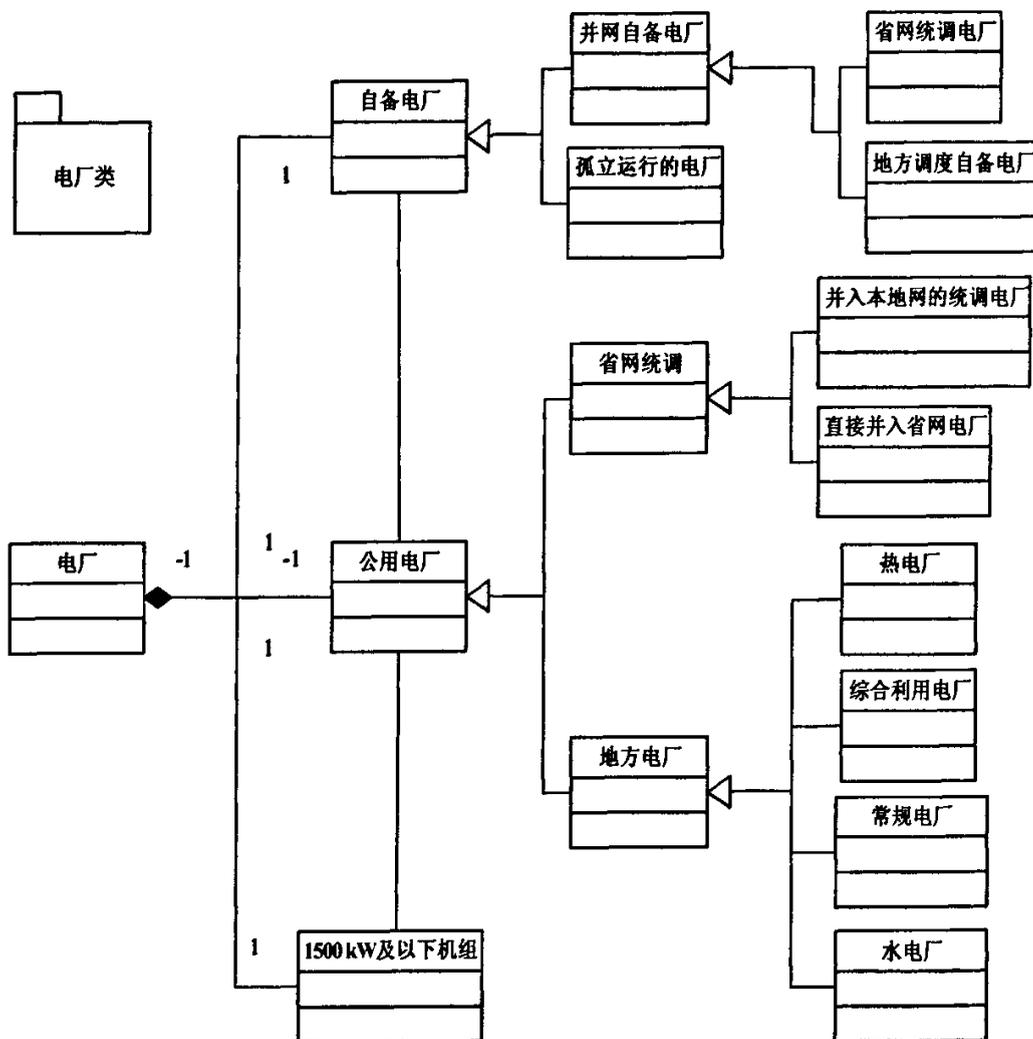


图2-5：发电厂的数据模型

电网规划中处理量最大的是电量和负荷数据，为了准确的描述地区的电网运行和负荷的规律，需要尽可能多的了解电网的现有运行状况，这些数据是相互关联的地区的输入电量和本地区发电量是网络首端的可输配的电量，损耗电量是输配过程中消耗的电量，还可进一步细分为线路损耗、



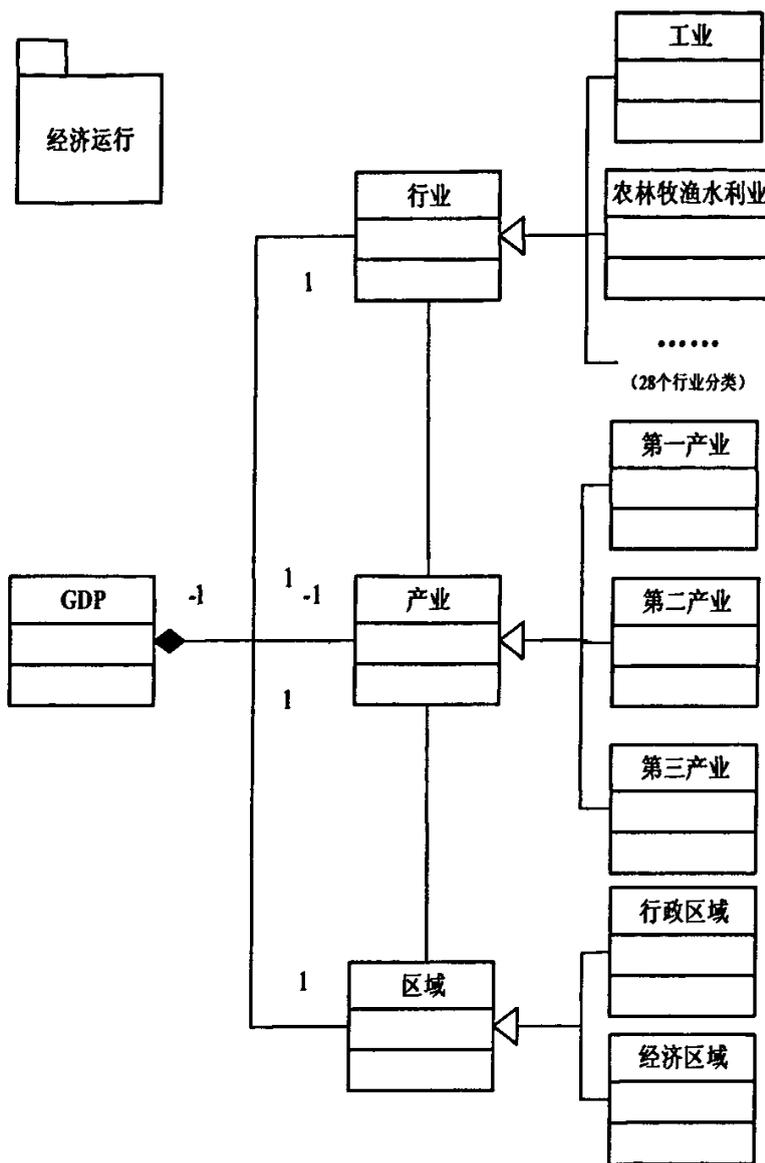


图2-7：反映济运行的数据类型

CIM 为电力系统的各种应用提供了标准的描述方式,但 CIM 并不是一个完备的数据模型,为适应更多的应用系统,仍然需完善和扩充。

### 2.2.3 GIS 的数据模型

地理信息系统 (GIS)<sup>20</sup>源于 20 世纪 60 年代,加拿大地理信息系统 (CGIS) 20 世纪 70 年代全面运行,成为第一个地理信息系统的实际应用,目前在发达国家, GIS 广泛的应用于国土资源管理、导航等领域,在电力系统也取得了广泛应用。

一个典型的地理信息系统通常由四部分构成：硬件系统、软件系统、数据、用户组织机构（图 2-8），完整的 GIS 包含五大功能：数据获取、预处理、数据管理、数据操作分析、产品生成。

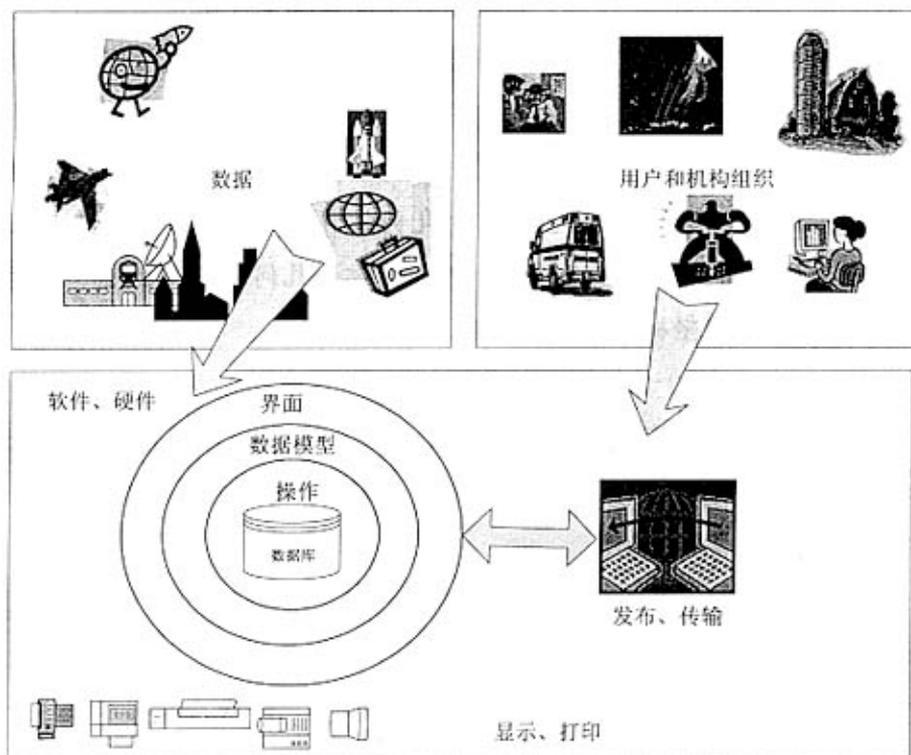


图2-8：地理信息系统构成示意图

电网规划由于其处理的对象具有广阔的时间和空间的分布，这种空间（或称地域）分布的特点，使得将目前已经取得巨大发展的 GIS 应用于电网规划成为必然的趋势。

在 GIS 构建中，为了解决广泛存在的数据封闭的问题，需要采用统一的标准。OpenGIS（简称 OGIS）规范就是为解决公共接口的标准，不仅能够使不同系统之间通过公共的接口相互作用，而且允许各子系统内的数据结构与数据过程各不相同。

OGIS 提供了一个与程序设计语言和硬件、网络无关的开放式的地理数据模型（OGM），以易于理解的地理要素为核心，以面向对象的分析方法规定了地理要素的定义、空间属性、语义属性给与地理要素大关系，地

理数据模式等元数据的定义和表示。

OGM 中,现实世界的地理事件分为实体(Entities)、现象(Phenomena),实体是指占据一定空间范围的可区分的对象,如变压器、变电站、线路、电厂等等都可以作为一个实体;现象是在空间连续变化担忧不具有空间特性,其值或描述只有相对于空间的特定点才具有意义,例如温度、人口密度、电量、GDP、负荷等。

实体和现象的地理定位,要确定时间、地点,在 OGM 中统称为位置,OGM 把实体或现象发生的位置统称为几何体。对于不同的时间、空间参照系,一个位置可以对应多个坐标化的几何体。几何体实际上是一个坐标几何体和时间-空间坐标参照系的联合,包括:

- 1、同一参照系的一个坐标点系列;
- 2、同一参照系的其它几何体的集合;
- 3、一个几何体构造算法,这个算法构造出的几何体间接的定义了几何体的空间范围;
- 4、一个将坐标几何体与它在现实世界中的位置相对应的时间-空间参照系。

采用 OGIS 的规范,用点、线、面以及多点、多线、多面来表示空间物体,现实世界的任何物体都可以根据实际的需要表示为一种和几种几何体的组合,例如一个变电站,在网络规划中可以用一个点来表示,一条输电线路可以用线来表示,但是放大一个变电站时,可以表现为一个面,进一步放大显示可以表现为多个面和点、线的组合。OGIS 的模型见下图:

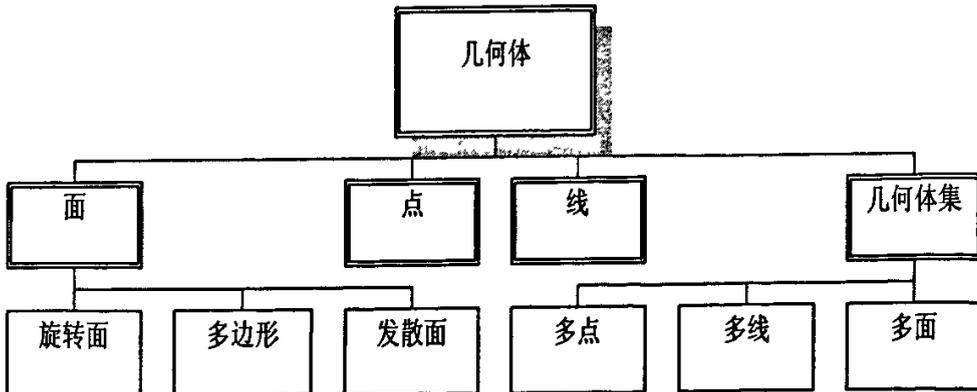


图2-9: OGIS 的模型示意图

作为基于拟为大多数电网应用软件提供基础信息服务的电网基础信息平台上的应用系统，所采用的数据模型应该比 CIM 更完备、更具广泛的适用性。结合 GIS 应用的需要，我们将地理空间信息模型与 CIM 相接合，形成了一种更加完备的空间电网基础信息模型。

采用这种方式，对于电网的图形描述可以很方便得实现，电气标准对几乎所有的设备元件的符号做了明确和统一的规定，直接采用即可实现。

以一个简单的例子来说明：

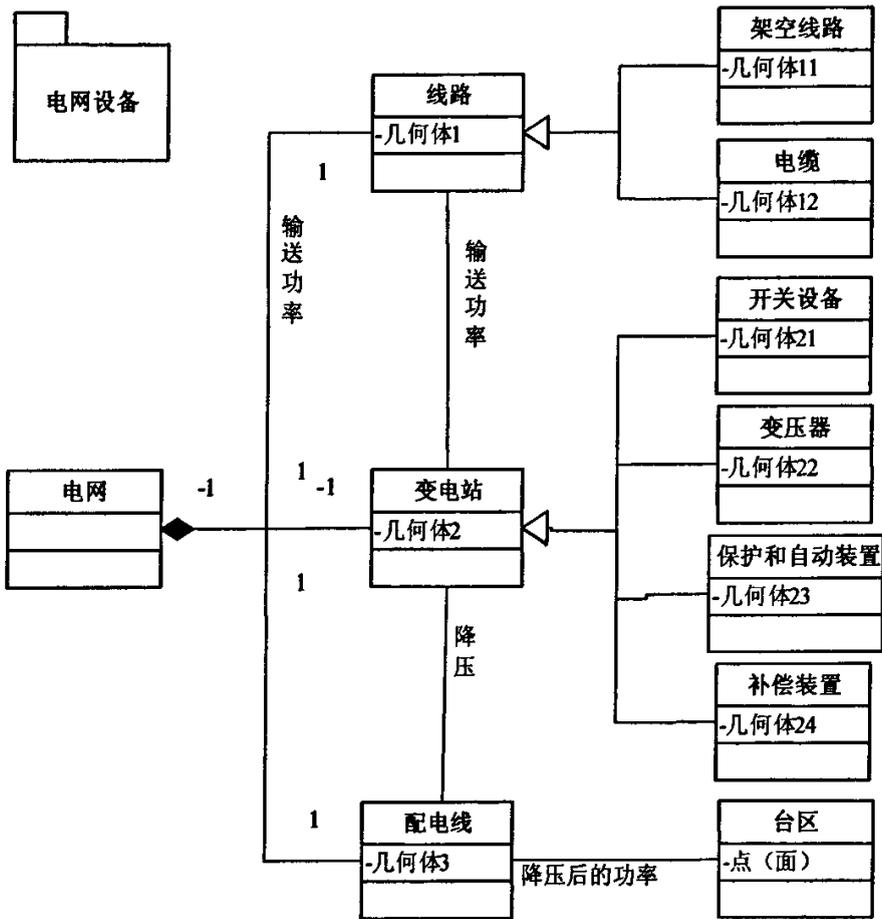


图2-10：电网的空间地理信息模型

## 2.3 功能需求分析

### 2.3.1 设计目标系统的定位

本课题的目的是解决实际规划过程中缺少实用的辅助工具的问题，

目前的一些规划系统采用的技术十分先进，并且实用性也逐渐的改进，但是，由于规划本身以及解决的问题的随机、复杂和不可预测，使这些体系完整、功能先进的软件难以在实际中应用。

本课题的研究就是希望以认知系统工程方法建立的过程模型为基础，提出满足实际需要的、能够真正应用于规划实践的灵活和应变的规划管理的辅助软件的设计方法和思路，为规划管理辅助软件系统开发提供结构体系设计和功能实现的方法。因此本课题设计的目标系统定位于功能和使用上的实用化，着重解决理论的应用，而不是理论的创新，所采用的算法都是基于当前较为成熟的算法。

### 2.3.2 功能需求分析

规划管理系统本身与规划人员存在一种交互关系，不仅需要适应管理需要，同时也应当为规划管理人员提供必要和先进的规划理论和方法的指导，这也是技术支持的重要方面：

- 1、规划过程需要解决的技术问题是什么，有那些方法和手段可供选择；
- 2、对规划中存在的复杂的关系和因素如何处理；
- 3、提供足够的过程信息而不是完全封闭和“透明”，以给予规划人员所需要的启发并提供接受干预的条件，为后续工作提供经验积累和正确判断。

基于电力市场化的实际，电网规划应当增强适应能力，强适应性规划的实现表现在：

- 1、适应多方面的利益要求，对电源、负荷、经济发展、城市建设等等不同的发展结果都有较好的适应能力，这需要在规划过程中增强人的干预，因此规划系统的设计应提供人工干预的手段；

- 2、多方位的适应市场的需要，而不是基于一种特定的假设或预测，规划方案不应针对某一预测结果提出解决方案，而是针对所有可能出现的结果或过程提出一整套解决方案，这需要采用鲁棒性强的算法模型。实际中使用的是滚动修编和及时调整的办法：在规划实施中跟踪预测目标的实际变化，实际状态与预测状态的差距超过允许时即进行规划的修编。因此在规划系统设计中应提供这种具有“预警”功能的方法，方便确定调整、修编的时机，避免出现失误。

实际的规划过程中对规划人员来讲，需要解决以下问题：

1、数据的搜集、分析、整理、存储。这需要建立科学的数据结构体系，尽量减少冗余数据和筛选错误数据，还要解决时效的问题；

2、科学、快速的计算方法。在进行预测和电网规划过程中，基于了解到的信息，规划管理人员可能希望更快的根据自己设定的一系列假设了解相应的结果，从而了解某些变量调整引起的变化和后果，以便进行尽可能多的对比和分析；

3、规划的最优不是计算的最优，而是协调的最优，规划人员可能需要根据协调的结果了解某种协调对电网的实际影响，以便进一步的协调而不是简单的求出最优解；

4、需要对掌握的信息进行验证，和分析正在实行的方案是否达到预期的目的。

### 2.3.3 对规划管理过程和管理体系的思考

实际的过程规划管理由于涉及单位、部门众多，会有更多的分支和循环，在不同的时期、不同的环境和不同的单位和地区会有差异，如很多地方已经将建议方案的工作交由专业的工程咨询单位或研究单位，本身只负责数据传递过程的管理、衔接，也有些单位组成临时的规划工作组来编制规划等等。但整个的电网规划管理过程总体上是沿着图 2-1 的流程进行的。当前的规划管理过程和管理体系上仍有许多值得进一步思考的问题：

#### 2.3.3.1 数据的来源和整理。

众所周知，电网规划面对的是一个涉及变量多、规模庞大的非线性实时系统，这包含两个方面的内容，一个是电力系统本身，另一个是庞大的社会和庞大的电力消费市场，这决定了电网规划是一个数据密集型的专业。数据是否能及时获取、获取的是否是真实有效的数据，直接关系到规划是否符合实际、是否需要调整现行规划等一系列问题，是规划管理中的一个关键和十分重要的问题。否则，数据失实，即使规划的方法再先进也不会取得好的结果，甚至一个符合实际的规划方案也可能被修改甚至否定。我国十五期间由于规划失当形成了严重的社会发展问题，电力危机遍及大江南北，这与十五电力规划失当直接关系，但深究其原因就会发现，十五规划中采用的国民经济发展和各行业的规划的数据与实际的有极大的

差距，这是一个不容忽视的问题。当前的电力企业统计管理仍旧沿用过去的统计管理方式，统计的数据量变化不大，已经远远不能满足规划的实际需要。同时，繁杂的统计口径导致数据的不一致，最终导致数据灾难，真实信息淹没在庞大的数据中无法辨别真伪。此外，随着各种自动化系统、电站综合自动化系统、电量管理系统的建立，大多数电网信息进入了不同的应用系统，甚至连传统的运行日志都取消了。但是由于各个系统采用封闭式设计和管理，不具备公开使用的条件，造成数据难以及时获得。例如：在具有调度自动化和电量远程管理两套系统的情况下，每年的负荷实测还需要到各变电站现场抄表，充分暴露了“信息孤岛”的严重和弊端。

要彻底解决这种问题，就必须建立一个统一的应用开发标准、并用统一数据格式存储电力系统的基础数据。这在实现上极为困难，它属于企业基础信息设施，需要整个企业的努力，不是单一的应用系统可以解决的，也不是电网规划管理主要任务。而且，从发展趋势来看，电力企业的统一的技术数据平台已经在开发中，很快就能进入实用，这是解决这一问题的最为有效的手段。因此，作为电网规划专业应用，没有必要过多地在这方面消耗太多的精力，重要的是如何采取合适的过渡手段及时取得真实有效的数据，而不是开发一套功能完善的数据管理系统。

#### 2.3.3.2 规划的管理和规划本身的关系

电网规划不仅数据密集，同时还必须处理负荷预测、电力网络规划优化以及经济评价等方面的问题，涉及到许多的复杂的计算技术，是一个技术密集型的工作。但是如果我们把管理和规划分开来就会发现，不管是电网规划的研究还是制定规划方案本身，其主要的工作是对数据进行处理和加工，属于技术支持与决策问题。而管理的任务主要是负责数据流程的控制，也就是说规划是进行数据加工的过程，而规划的管理是负责收集数据，以及处理何时以何种方式加工数据。规划的方案其实只是按照管理确定的流程进行数据加工后的结果，其本身也是一种数据。从这个角度，完全可是实现规划与规划管理的分离，即实现数据和数据加工的分离。

但是实际的管理中往往把规划和规划管理混为一谈，管理者负责规划的编制，缺乏专业人员的技术支持，从而造成规划的被动和低水平。如何有针对性地解决，同样也是设计规划管理系统必须认真思考的。

### 2.3.3.3 规划管理的分工与协调

电力系统的庞大决定了电网规划及其管理必须要求明确的分工，电网规划的金字塔式结构体系就是这种分工的体现。同时，由于电力系统的统一性，各规划紧密联系在一起，相互交叉作用，因此必须协调一致，其管理也必须协调一致。由于电网的地域分布特性及过程性特点，使得这种协调的工作量极大。因此，有必要在规划管理系统中采用基于网络的过程管理功能。

目前电网企业一般都建立了 MIS，但是由于规划的专业性，仅依靠 MIS 是无法完成这一任务，MIS 一般都是基于固定的流程进行数据的传递，不能实现复杂和动态的管理，而规划管理还同时需要多样化的技术支持。和丰富的数据管理和分析功能，而且分布式开放的结构体系可以使规划管理系统与 MIS 系统形成很好的融合。因此，而这并不存在重复开发造成浪费的问题。

### 2.3.3.4 动态的规划和动态的管理

电网规划的管理是跟踪环境变化而动态调整、修改规划的过程，随着电力市场化的深入，对规划的即时性提出了更高的要求，缩短规划周期，紧跟市场变化是规划及规划管理在新时期的主要任务之一。目前的管理模式和体系结构显然已经不能适应这种要求，需要一种能够适应新的要求的工具和方法。如果综合上面讨论的三个方面的问题就会发现，满足动态规划和动态管理的要求，最关键的问题不是规划的方法和技术，而是管理模式和方法。

### 2.3.3.5 GIS 应用的实际问题

由于电网的地域分布特征，GIS 的应用是必然的，但是不容忽视的是 GIS 的建设是一项繁重和困难的事，还涉及到法律、规定、信息来源、软硬件设施等难于回避和解决的问题，是整个企业甚至全社会的基础信息平台。我国 GIS 发展较为落后，并且经济的高速发展和规划体系的落后也制约了地理数据的准确性，要建立一套实用化的 GIS 有相当的难度。另一方面，不论是对电网建设还是电网运行，当前情况下，精确和全面地 GIS 并不是十分的必要，尤其是对电网规划来说，主要是相对精确的概念性的地理信息就够了，没有必要费时费力的开发强大的 GIS 平台。

举例说明：当前基于 GIS 的配电系统研究较多，有些已经开发出相关软件系统，这代表了技术上的发展方向和前沿，比如城市配电网规划布线，但是在实际应用中，国内绝大多数城市根本没有可信的城市管沟信息，线路走经还受到人为因素的制约，涉及热力、市政、通信、广电等等众多部门、单位的利益和纠葛，不能在短时间统一规划。使这类系统根本无法实际应用。这也说明，GIS 应用的推广和必然要建立在统一的公用 GIS 平台上，在我国，这个工作尚未开始，因此也就没有必要过分的强调这个问题。

电网规划对地理信息的要求主要集中在负荷分布及预测、网络结构布局、站、线选择和优化等环节，另一个有用的就是实现数据的可视化和 GIS 提供的大量分析工具。考虑到现在的 GIS 数据来源和花费，完全没有必要在建立 GIS 平台上浪费精力，可以通过建立在以一定方式配准的图片格式的地图背景简化地理基础数据的输入和处理，把重点放在利用 GIS 的数据可视化和空间数据处理能力处理电网及其它必要的的数据上，数据录入的精确度也可以适当降低。这样不仅大大降低了开发的难度，而且在很多情况下，通过更换不同的地图，反倒更适合规划的实际需要。

#### 2.3.4 设计目标

因此，在目标系统的设计上，不应再对完整的过程进行封闭的求解，而应该尽可能的针对过程的各个部分提供解决工具，帮助规划人员尽快的达到期望的目的。按照上述确定的规划过程模型，规划管理系统需要：

1、提供数据搜集、整理和存储的功能，并具有一定的分析、筛选功能，开放每一计算过程的数据输入、输出端口；

2、多种方法进行负荷预测，开放基础数据的录入，允许在不改变源数据的基础上进行调整，并具备存储不同调整方案及相应结果的功能，方便对比。

3、提供对电网现状情况（包括设备、网络等）的描述和记录，方便随时修改和调用

4、区分分压进行电力电量平衡的功能，具备规划管理人员调整数据的接口，能对调整及调整后的结果进行存储、对比；

5、提供独立的电网规划优化和独立的电气计算、方案评判功能，规划人员可以自己假设条件并即时观察任意功能模块的结果；

6、规划实施过程的监控功能，随时了解规划的实施结果及其影响；

7、基于信息网络化和基于 GIS 的应用是当前急需的应用和未来的发展方向之一。

其核心是及时更新和有效维护的数据管理、分析、分发和快速的、可随时使用的计算工具、直观的和可视化的数据分析。

### 3. 基于 GIS 的规划系统分析与设计

#### 3.1 总体的设计思想

针对电网规划管理中数据在空间上的分散、存在“信息孤岛”、传递过程复杂、中间过程随机并且十分重要的特点，系统设计应：

1、采用符合规范的数据结构和统一的接口；

2、基于 GIS 平台；

3、采用基于 CIM 标准和 OGIS 规范的 XML<sup>21</sup> (eXtensible Markup Language) 各式的文档交换数据；

4、采用组件（中间件，Middleware）技术，用组件实现更细致的过程，提高软件系统适应随机过程的能力，发挥人的中心作用；

5、借助于信息网络连接分散的管理体系的各个成员。

软件开发的核心理念包括两个方面的问题：

1、人对数据传递路径和时机的控制，采用软件帮助更好的进行多方面交互和随机管理过程的控制；

2、提供更加小巧和更能体现中间过程、规划人员拥有最大限度的自由度和控制权的计算支持的实现方式。

借助于现代编程技术，对规划过程进行分解：完整的过程（类似于完整的程序）可以分成不同的功能（对应于子程序），可以采用不同的方法实现相同的功能。同理每个功能可以再细分成功能片（进程），功能片划分成若干个功能单元（线程），这样完成一个过程就可以通过不同的路径实现。从而可以将无法用固定流程描述的多变和随机的规划管理过程用众多的功能单元按照管理人员决定的流程来实现。

##### 3.1.1 组件技术

随着信息产业的发展，软件工程向细化分工的方向发展，软件的需求和先进的思想、技术的出现，带来了软件方法的革命，传统数据为中心的结构化设计方法发展到面向对象的程序方法，逐步转移到以组件为中心、面向组件的程序方法。组件是可以独立开发的二进制功能单元，组件实现了接口与实现的分离。接口是数据传递的方式，是对象或组件的通信协议。实现是数据加工的方式、方法，是对象或组件内部的细节。在软件系统的层次信息结构中，组件为位于操作系统与应用程序之间，可以为各种不同的应用提供方法或实现。组件提供了跨平台的统一接口，为软件的可重用和可移植性提供了很好的支持，可以大大缩短软件的开发周期和工作量。

组件包括消息传输、交换、Web 应用、数据访问、安全、对象等等，常说的 SQL 和 ODBC 都属于数据库组件接口。当前，常用的组件平台包括 COM (Component Object Model, 微软公司提出的用于 MS Windows 操作系统的对象组件模型), EJB (Enterprise Java Beans, SUN 公司的企业 JAVA 组件), OMG (Object Management Group, 对象管理组织) 的 CORBA<sup>22</sup> (Common Object Request Broker Architecture, 公共对象请求代理系统)。OMG 组织提供了众多开放式操作系统提供的分布式互操作基础上的制定的公共对象请求代理体系规范，具有模型完整、先进独立与系统平台和开发语言，广受支持，逐渐成为标准。

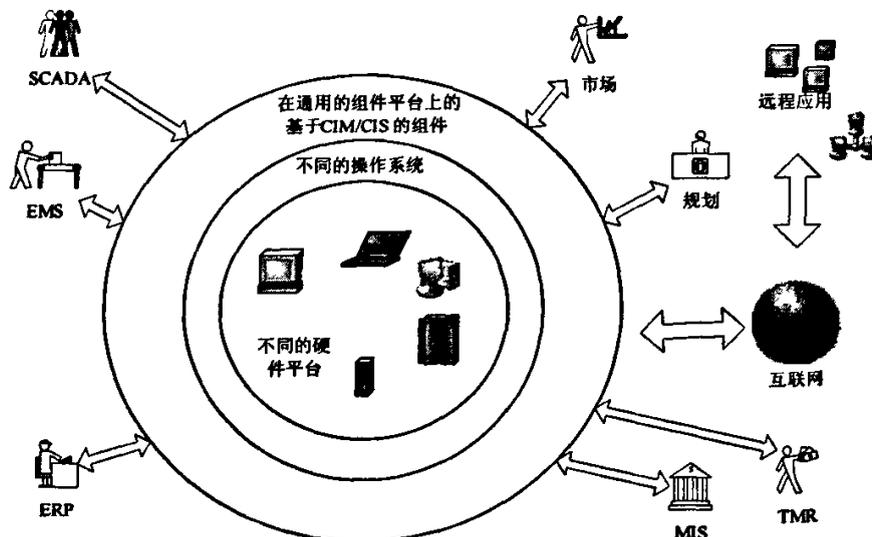


图3-1：组件在系统中的位置

### 3.1.2 XML 和统一数据平台

电力系统的信息化建设中,普遍存在着不同的系统之间的互操作难题, IEC 针对这种情况制定了电力系统的信息标准化规范, CIM 模型已经制定并逐渐被接受,但是组件接口规范 CIS 还不成熟,为了满足电力系统数据交换的需要, IEC 确定采用基于 CIM 标准的 XML 文件进行数据交换和互操作的试验,并取得了成功。我国也开展了这方面的工作并取得了较好的效果。

W3C (World Wide Web Consortium, 万维网联盟) 对 XML 的描述为“XML 描述了一类被称为 XML 文档的数据的对象,并部分描述了处理他们的计算机程序的行为。XML 是 SGML 的一个应用实例或受限形式。从结构上,XML 遵守 SGML 文档标准”,同 HTML 一样,XML 是一种基于文本的标记语言,XML 只定义了文档的结构,没有定义文档的表示语义,完成数据间的互操作必须遵守相同的文档类型定义。文档的类型定义包含在该文档中的元素、标记、属性、实体的清单以及他们中的联系。

利用 XML,可以将离散的“信息孤岛”联系起来:通过数据格式转换模块,将数据转换为系统内部统一的格式,再组合成 XML 格式,导出为 CIM XML 文件保存,其他系统读取文件将 XML 导入后转换为能够接受的内部格式供直接使用。以下是一种较为通用的过程的示意:

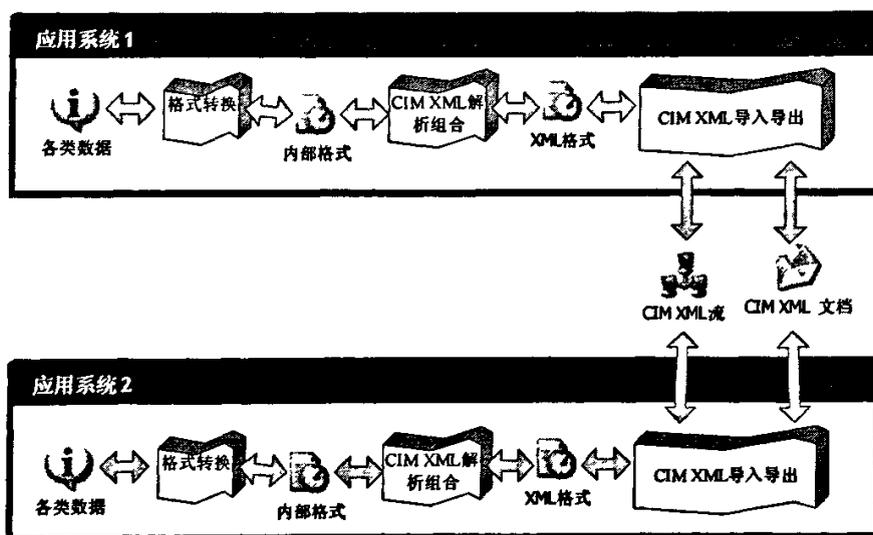


图3-2: XML 交换的模式

从根本上解决信息的互通互联问题是当前电力系统软件开发的前沿和

热门的课题,随着数据仓库<sup>23</sup>、数据挖掘<sup>24</sup>等概念逐步在电力系统走向应用,最终将形成统一的基础数据平台,为电网的各种应用提供统一的数据服务,统一的电网数据平台也称电网基础信息平台,国内应用开发的研究已经起步,并且开始在电网规划软件中应用<sup>25</sup>。电网的统一的的基础数据平台是未来的发展方向,未来电力系统的任何应用必定是基于这一系统的,他提供了一个统一标准的数据模型和接口的组件服务层,具有分布式的开放构架。是解决电网规划管理系统数据困境的最佳手段。

电网基础信息数据服务器为一组件化的基于 CORBA 标准规范而设计的软件服务器,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”,可以简化本地与远程对象之间的通信,使之以“透明”的方式实现互连、互通与互操作。软件服务器对外提供一组数据操作接口,应用软件可以在基于 TCP/IP 的网络上任一节点通过该接口透明地访问该软件服务器。该服务器支持多用户并发及事务处理等。

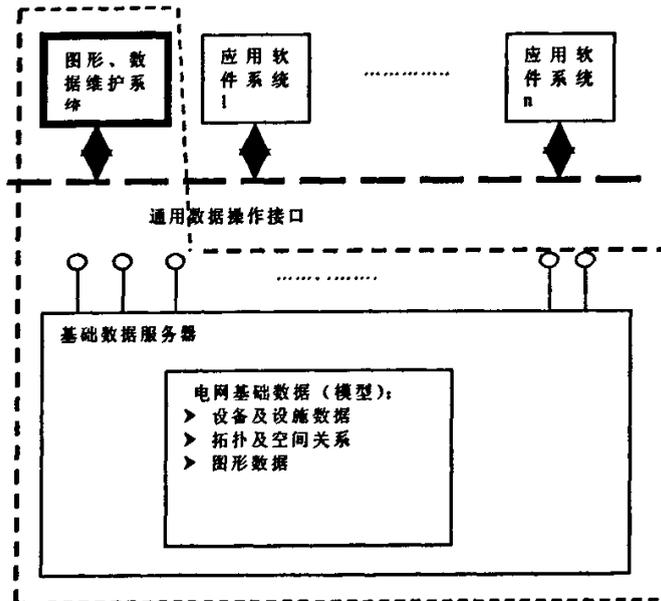


图3-3: 电网基础信息平台的概念性结构

电网规划管理系统采用与之相同设计思路,由一组提供不同服务的组件组成,未来建立起电网的基础信息平台以后,可以很方便的转移到这种平台中。因此未来电网基础信息系统的框架和概念是设计本系统必须考虑

的。

## 3.2 软件结构体系

### 3.2.1 概述

系统设计作为一种具有技术支持功能<sup>26</sup>的管理平台，众多的数据来源、处理方式，系统工具性和随机、即时的服务方式，决定了系统必须具备下述特点：

- 优异的数据操作性能；
- 开放的数据操作接口；
- 良好的可扩充性、可维护性等。

要真正实现系统的设计意图，最重要的是软件体系结构设计。应用功能采用完全扁平化的结构，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。每个独立的功能片或功能单元由组件实现。是否使用某一组件以及对若干组件采用何种顺序完全通过请求/代理机制由用户选择，同时在用户和组件集合之间，通过界面选择和控制，以实现用户的操作；在组件与平台（基础的组件平台或操作系统）之间设置数据管理单元，未来该单元完全可以由统一的基础信息平台来代替，软件组件之间表现为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。这种结构即所谓“横向分布、纵向分层”的体系结构。

### 3.2.2 组件化的分布式系统结构

整个系统基于 CORBA 技术和规范设计，其核心是采用对象请求代理结构（Object Request Broker, ORB）的分布式计算模型。

如图 3-4 所示，规划软件系统及建立在其上的各种应用程序分别作为相对独立的软件组件共同构成分布式系统，这些相对独立的软件组件之间可以通过分布式软件体系的基础设施（ORB）实现透明地互连互操作。

ORB 作为一种基础设施（“软总线”）可以跨越整个基于 TCP/IP 的企业内部网络（INTRANET），可以是省级电网、区域电网乃至整个国家电网的企业内部网络，意即在企业内部网络上的任意两个计算机节点上的软件

组件都可如此,可以面向各个电网管理层次形成分布式电网基础信息平台,并建立基于分布式电网基础信息平台的应用程序。

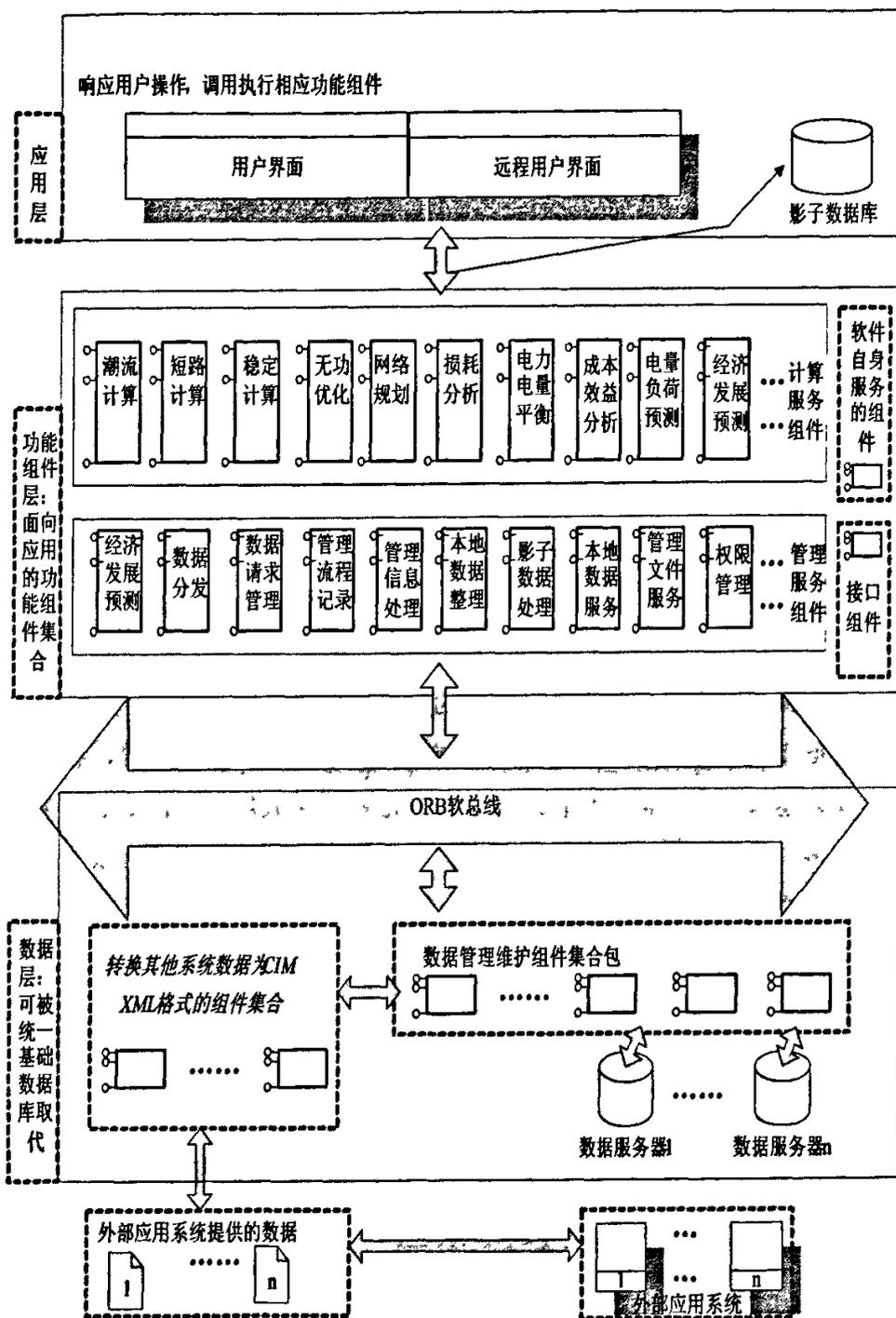


图3-4: 层次化、组件化分布式软件结构体系

在目标系统设计中，考虑到在 ORB 未能真正应用的情况下，使用图 3-4 数据层的功能可以代替作为过渡手段。

由于规划管理是一个面向多层次、多区域的管理体系，不同时期、不同层次、不同区域的需要不同，同一区域、同一地点、同一层次的不同管理环节面对的任务也不同，需求也不会相同，采用基于信息网络（包括广域网和局域网）的分布式组件代理/服务体系不仅可以通过信息网络把整个管理体系连成一个整体，加强管理体系内部的信息传递过程，同时也可以加强与这个体系外部甚至企业外部的信息沟通，比如：规划成果（负荷预测方案或规划网络接线方案、规划项目库等）发布后，通过 ORB 软总线提供给其他的软件系统，可供查询、获取有关资料，搜集反馈信息等，甚至可以做到开放规划工具供其他系统或相关人员使用等等，这正是分布式开放系统的最大优势之一；此外，这种组件式的结构还有利于不断扩充新的功能和他方法，随时地进行改善、升级，而不影响正常的使用。这种体系结构还有效的解决了规划管理过程随机性的需要，对管理过程中的不同环节上的反复、执行的先后顺序等不是非常敏感，更符合规划管理的实际。

### 3.2.3 层次化软件体系

就构成整个分布式软件系统的各类组件之间的关系而言，可用所谓纵向分层的概念描述其体系结构，系统层次由下而上依次为：

#### 3.2.3.1 数据层

提供最底层的数据管理、存储及数据查询检索等操作服务，可以是关系型或对象关系型或面向对象的数据库管理系统；体系设计有意弱化了系统的数据层的设计，主要的考虑是：

- 1、已经取得应用的其他软件系统具有了大量的有用信息，通过基于 CIM XML 方式的数据交换方式可以解决当前的“信息孤岛”问题，目前的应用系统中不能提供的数据大都是数据结构和过程相对简单、数据传递路径短，或是对规划过程不太重要，通过提供录入导出及数据库接口可以大大简化系统设计；

- 2、电网基础信息平台的建立是必然趋势，将来本系统真正能够具有价值的是应用层和组件层；

- 3、规划系统通过网络传播、获取必要信息仍需要 CIM XML 方式的数

据交换方式，因此过程的实现不复杂，只需要根据应用调整数据的结构就可以了。

### 3.2.3.2 功能组件层

该层建立在数据库管理系统之上，主要是根据不同的应用需求提供相应的功能的组件集合；根据应用的不同可以分为：

1、面向计算支持类的组件集合，主要是提供计算方法，帮助规划人员对给定的计算机要求快速的计算出结果，作为规划过程的依据；

2、面向管理类的组件集合：主要是协助解决管理过程的信息传递和环节，控制整个过程和信息传送的路径等。比如：其中较为重要的一个部分是预警管理，通过对规划实行期间各种数据的检查和监视，对规划的偏差进行评估，误差超出预设值便给出告警信息。这个功能可以通过一系列的组件的组合实现。

3、在功能层还有一个重要的组件集合，就是专门为系统自身而设计的组件集。由于界面直接与人打交道，其变化的可能最大，而且专用性强，代码重用的可能性少，为减少整个系统的修改、升级难度，进一步将系统功能集中管理，减少应用层的重复设计，充分利用已有的和其他系统、平台提供的组件，提高代码的可重用性。

4、接口，这一部分是所有组件式分布系统必须的，主要处理组建与组建之间各种应用之间的信息交换（通信功能）。

### 3.2.3.3 应用层

解决的主要是人机界面，包括本地界面和远程界面，由于此系统功能主要是集中在组件层上，界面的设计大大简化，一些简单的应用甚至不需要专门的界面设计，例如对于远程的查询可以直接借助浏览器实现；地理信息系统的查询和显示也可以通过远程调用本系统的组件将数据传递到GIS平台，利用GIS本身的远程和本地查询显示功能来实现，更高层的应用还可以通过调用现成的GIS平台开放的组件功能实现与GIS系统的完全融合，对于开放的组件中心的系统，这种融合不仅可以在GIS系统上实现，也可以在规划管理软件上实现，甚至可以在第三方软件上实现上述两者与第三方的完全融合<sup>27</sup>。

其次，针对规划中间计算过程和协调、平衡中需要进行数据的大量调

试、基于假设的尝试以及各种假设方案的结果对比等，这些大量的中间数据虽然不是最终结果，但是却是必须的，为了加强对中间数据的处理，设定了本地的影子数据库。之所以设定在本地而不是数据层上，主要是基于三方面的考虑：

1、这些数据没有必要进入参与主要的数据库过程，属于“节外生枝”的数据；

2、这些数据的传递一般不经过正规的流程或不允许进行传递，或是根本就不传递；

3、规划过程中，为了多方案的对比需要多种假设，往往需要对这正的数据库中的真实数据进行多种调整，这需要对其多个镜像和修改，但却不能破坏真实数据的完整。

### 3.2.4 目标系统与电网信息体系的关系

规划管理软件系统是电力系统的应用软件之一，当采用基于统一基础信息系统的模式时，目标系统在整个电力软件体系中的位置及与其他系统的交互关系可以用图 4-5 表示：

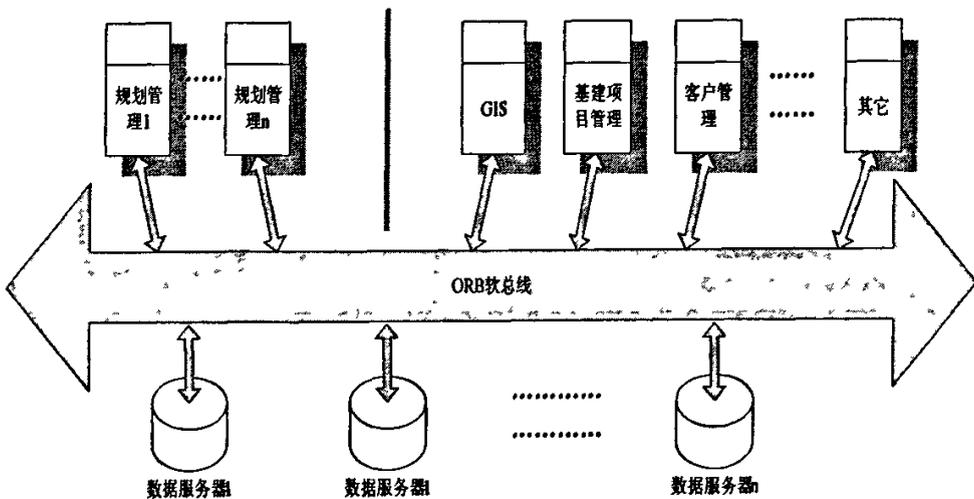


图3-5：电网规划管理系统与电网统一基础信息系统的关系

由此可见，目标系统将来最主要的功能是提供规划设计与管理的功能组件，数据层的主体功能将由统一基础信息系统承担，而界面层受人为的不确定因素影响，随着时间的推移将不断的变化，并且采用本体系的软件

界面功能有限，更改难度小。因此目标系统的核心和重点是组件层。

### 3.3 应用功能设计实现

本课题研究的目标系统采用开放的组件分布式的体系结构，理论上这种体系结构的软件系统可以通过接口调用实现无穷多的应用功能，例如网络规划优化的计算，可以采用不同的组件实现不同的算法，根据不同的需要采用不同的算法组件实现同一功能。由于目标软件系统设计的功能应用繁多，不可能一一列举，其计算模型和算法也有成熟的应用，本文仅就应用功能的实现过程进行描述，然后探讨规划预警功能的实现，并结合在实际工作中的经验探讨 GIS 系统的在规划管理上的实际应用。

#### 3.3.1.1 功能实现的方式

以一个简单的例子说明在上述体系构架中实现一个应用功能的过程，假设用户希望了解按照实际的负荷历史发展数据，当 GDP 在预测期保持 10%增长率的情况下的负荷发展。下面给出一个简化的实现过程：

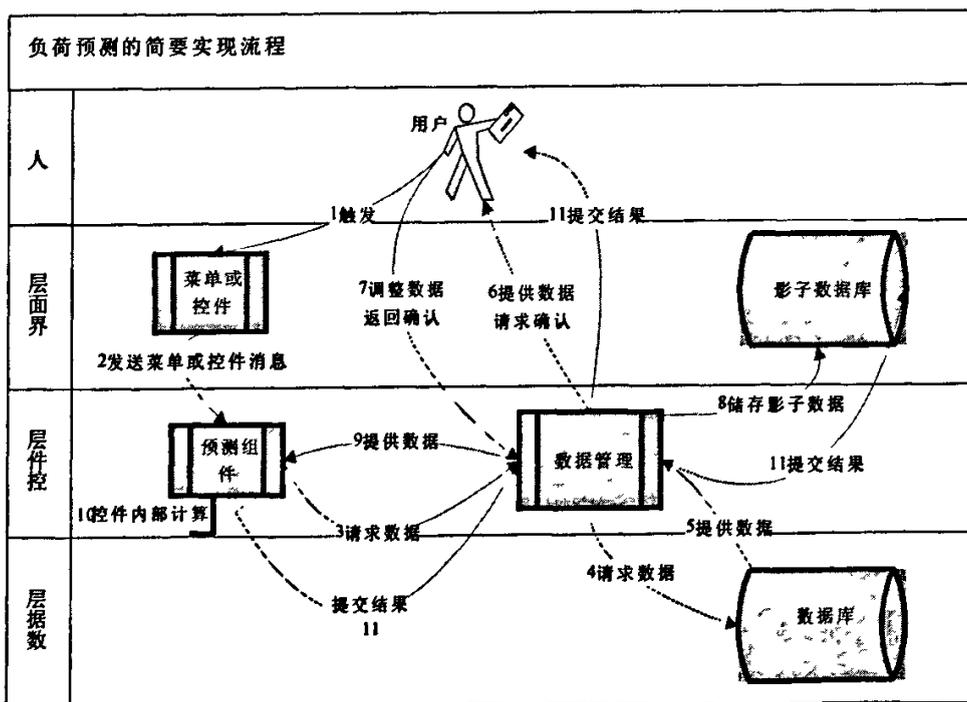


图3-6：负荷预测的流程示意

由于组件的功能应保持最小化完整功能，上述图示中每一个组件，实

实际上都应当是相互交叉调用的多个组件集合。

从功能实现的过程可以看出，界面层和数据层的实现都大大简化了，功能主要集中在组件层。

#### 3.3.1.2 界面层

前文已述，按照目标系统的设计思路和框架体系，系统的主要应用集中在功能组件层，界面的功能仅仅只是用户调度组件的工具，其实现根据个人的喜好用极为简单的办法实现，甚至一个简单的 Web 页面就可以实现很多功能。具体的实现依赖于不同的操作系统和开发平台，实现的方法有极大的差异，但其本质是：响应用户操作，然后按照一定的流程调用一系列的组件。

#### 3.3.1.3 数据层

数据层尽管很重要，但与将来的统一的基础数据平台接口，将不需要开发数据层的应用，在目前，只要对数据层按照前面讨论的数据组织方法沿正常的管理路径进行顺序的存储，基本可以满足实际的需要。主要是基于以下几点：

- 1、目前在实际上，一般没有电网管理人员能够接受采用软件间的数据交换的方式向实时系统请求数据的过程；

- 2、规划所要求的即时数据主要是尽快而不是实时的得到，实际的过程中，对封闭的数据仍有其他很多途径可以利用，比如有些系统可以直接使用其数据库文件的副本，有些系统可以提供 Excel 格式文件，有些可以提供固定格式的文本文件，有些最近升级后的软件已经可以提供 XML 接口文件；

- 3、目前大多数的数据库系统都能提供较为完善的功能。

#### 3.3.1.4 功能层

功能层是目标系统的核心和主要工作，功能层的开发要符合标准，首要的是处理好接口，此外还要注意：每个功能可以采用很多方法实现，每种方法都包含若干个功能片，功能片又可以有不同的实现，每个实现由不同的若干功能单元组成，组件的实现可以基于这些功能单元实现；方便程序设计和重复利用。但组件必须是一个独立、完整的数据处理过程，包括数据输入、处理、输出三个环节，组件本身是一个独立完整的程序，允许

调用其他组件或直接与用户交互，这和传统的程序设计有区别，并不是所有的交互过程都通过独立的界面模块实现的。

功能层包括整个规划过程的一系列的功能的实现，而且能够近乎无限的扩充，每一种功能有可以有多种途径，例如负荷预测阶段，需要实现 GDP 预测、电量预测，负荷预测，负荷特性预测等功能，预测方法多达几十种，每一种方法的实现都需要一系列的组件来完成。因此，不可能详细的说明。

### 3.3.2 规划的预警功能

#### 3.3.2.1 问题的提出

规划的预警机制是基于规划方案是建立在对不可预知的动态系统的推测的基础上这样一种事实而提出来的，实际的规划过程采用的“预测—规划—实施—再预测……”的过程，根据事实情况及时调整来避免由于预测失误或规划失误而导致严重的后果。由于电网建设方案的偏差所造成的后果，不一定能在短时间内显现或被察觉，并且电网项目的建设需要一个“提出方案—筹资—设计—建设”的过程，即便察觉到偏差也难及时纠正。枣庄电网在 1998 修编年规划时，基于当地发电容量远远超过当地最大负荷、各级容载比超过 2.0、预测经济发展速度低于 12% 的情况，预测未来 5 年内新增容量需求不高，规划方案将建设资金主要用于电网的改造和更新换代上，但到 2000 年发现经济建设投资增长加速及时调整了规划，但到 2003 年下半年，由于新规划项目建设周期的限制，个别区域容载比仍下降到了 1.6 的底线，220kV 夏庄变电站甚至达到 1.43，随着规划项目的投产，2004 年以后情况逐渐好转。在电力规划领域，国内外都发生了由于规划失误导致“电力危机”，引起整体经济灾难的例子，我国十五后期出现全国大范围的电力短缺，其直接原因之一就是由于预测的失误导致建设的滞后。由此可见及时的跟踪规划实施过程，提前发现问题的重要性。

#### 3.3.2.2 基本思路

建立预警机制就是为了及时跟踪了解规划实施是否能够满足市场的需要，所谓预警机制是这样一套运作方式，对于某个需要防范的事件，对发生事件的规律、前提、条件等诸多因素进行量化和跟踪，当这些因素的量化指标满足一个预定的值时即发出警告。发出告警只是表明接近满足发生所被告警事件的全部条件，并不表示该事件已经发生或一定会发生。为了

进一步说明这种条件的满足程度，一般会对预警进行分级。预警机制是对跟踪监视一个动态系统的过程的管理方式，本系统实现的预警功能就是为这个管理过程提供管理工具。

实现规划的预警主要的目的是防止规划方案的失误，在规划管理系统中实现预警机制的基本思路是：

- 1、分析导致规划失误的因素，设定观测量，并根据其影响程度排序；
- 2、对指标进行量化；
- 3、设定预警条件，满足该条件即发出相应等级告警；
- 4、根据不同等级的预警，预设不同的应对方案；
- 5、搜集相关数据并及时分析，跟踪监视相关指标；
- 6、根据满足的预定条件发出相应等级的告警，提请采取相应措施。

### 3.3.2.3 功能实现

按照上述思路进行预警功能的实现：

#### 1、观测目标分析

选择用于跟踪的观测目标，必须是能够反映电力市场状态和规划方案之间差距。按照管理的要求，正常状态下规划方案和规划过程都是可控、在控的，是已知条件，因此需要观测目标应针对电力市场的状态设定，电力市场包括电力消费、电网（将来可细分为输电网、配电网）、发电、监管（包括政府主管和监管）的相互作用。

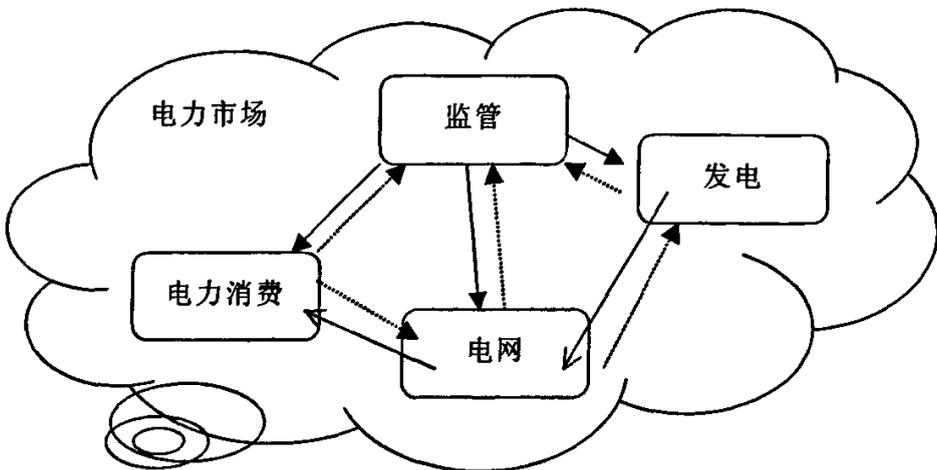


图3-7：预警观测的目标

观测的目标就是按照规划方案建设电网是否能够实现：在政府监管下，规划期内是否能够满足发电接入（输入）和电力消费（供出）的需要（图 3-7 中实线所示）。同时整个过程是一个动态的相互作用的过程，规划期内电网对发电、用电以及监管的影响（图 3-7 中虚线所示）是否达到预期或有利的目标，也应作为观测的内容。据此，可以设定观测的目标量（图 3-8）。

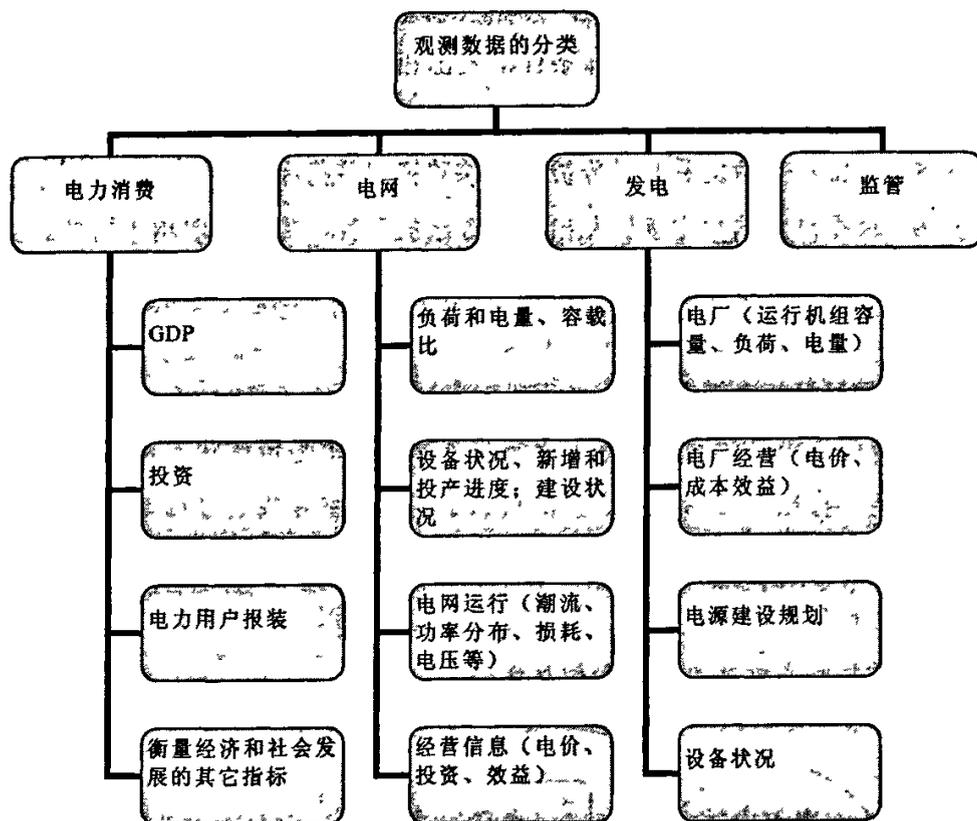


图3-8：观测数据的分类

图 4-8 只是对观测数据的概念性分类，实际需要观测的数据十分庞大，不可能一一列出。正是由于数据的烦杂和庞大，要从中分析出规划期规划方案是否保持最佳、需要如何调整相当的困难，因此需要建立相应的辅助管理手段完善管理过程。预警功能是由于规划管理的典型应用，它提供一个完整的原始数据到应对措施的控制数据传递过程的工具，在数据的传递模型中，解决的主要是管理层面的问题。

## 2、预警过程

对目标的观测有两种方式：其一，根据规划方案及制定过程，经过分析提取对应原始数据的预定值；其二，对原始数据进行加工整理，分析出与规划结论对应的预定值。其预警的过程如图 3-9：

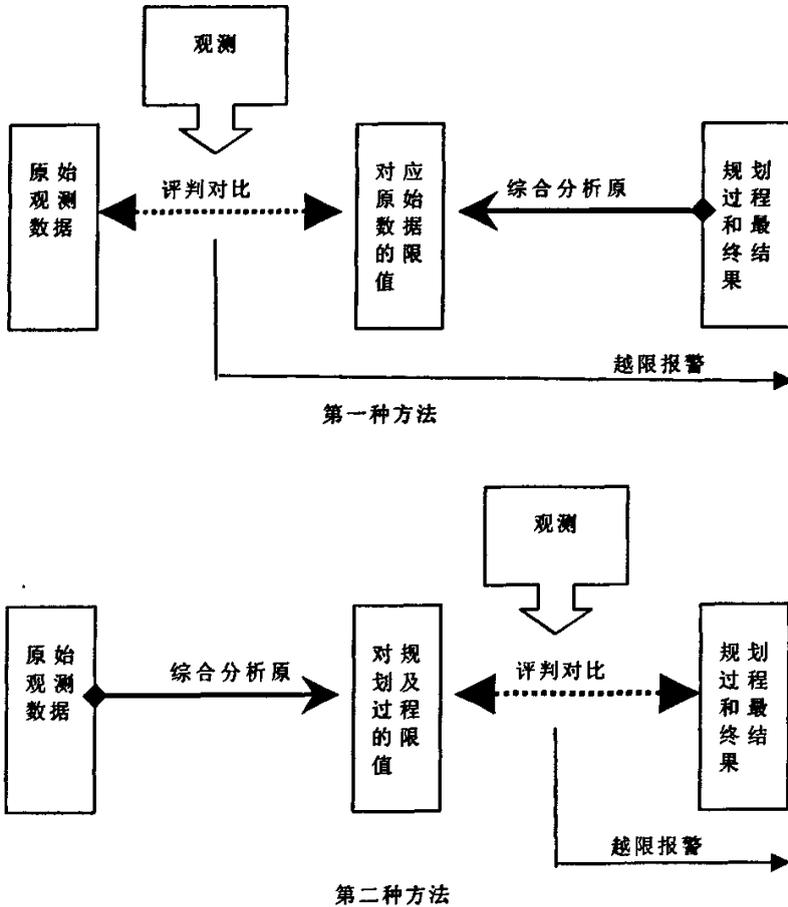


图3-9：预警过程

从本质上，两种方式是一样的，采用第二种方法符合规划管理和规划的过程的习惯，第一种方法更接近目标实际状态。建立预警机制的初期建议采用第二种方法，易于为管理人员接受，经过实际应用积累一定的数据和经验后，可以改用第一种方法。本文采用第二种方法进行设计。

### 3、观测的数据

采用第二种方法需要对原始数据进行综合分析，就规划过程及结果来讲，可能的误差来源于几个环节：

1、电力平衡环节：预测结论（如最大负荷）、电网设备状况（如变电容量）、电源状况等；

2、规划方案环节：电网设备状况，可靠性、备用容量、潮流、电压、损耗、负荷特性等；

3、其它环节：如项目建设情况、监管方面的要求，大用户增减容、社会和经济建设重大变动、影响电网的城市（如新建工业园区和其它工程建设（铁路、水利等）、规划项目投资成本受益等。

这些数据对规划的影响也不尽相同，有些比较明显，有些则很难判断，对于不同的电网、企业性质、用电结构、经济结构等等，重要程度的排序也不一样，需要针对具体的情况确定，有些还需要在实际应用中积累经验。为解决数据的空间分布，所有这些数据都应是基于 GIS 的，便于空间数据分析和直观判断，区别整体或某一局部的问题。

对于观测量的计算，要求量化的数据，数据量一般采用权重和比例的概念，权重的设定应根据考察的目标视具体情况而定。如：分析售电量时，不同的区域可按照售电量的比例设定权重，对于特殊区域如重要机关所在区域可在此基础上增加权重比例。

对于离散信息量，例如上级政策变化或有重点项目建设等，则依赖于规划人员的判断，对此可以采用事件登记的方式处理：对于有些可以直观的判断的，如某些原因导致规划项目无法实施，规划人员将该事件在系统中登记，并基于直观的判断决定其重要程度和等级，在预警判断中按照登记的观测误差计算。

#### 4、预警条件

根据上述观测数据对规划和电网建设的影响以及需要采取的措施，将数据进行分成若干等级，每个等级对应不同的权重，分级的目的主要实在概念上明确问题的严重程度，以及需要采取何种措施，一旦发出警告即可按照相应的应对方案采取不同的措施。本文设置了严重、重要、一般三个等级，严重级警告必须采取应急措施，重要级警告需要重新审查方案，一般级警告要求严密关注。预警条件按照观测计算误差判断是否越限。

在发出告警信息的同时，系统同时将发生越界告警的观测值以及信息按照计算的误差大小及权重给出清单，便于规划管理人员查找问题原因，

分析对策。

### 5、实现

规划不同于实时系统，预警检查是一个静态的过程，流程始于用户操作，要求系统扫描数据，求出观测误差然后按照观测误差给出预警等级和按观测误差排序的清单，图 3-10 给出一个大致流程：

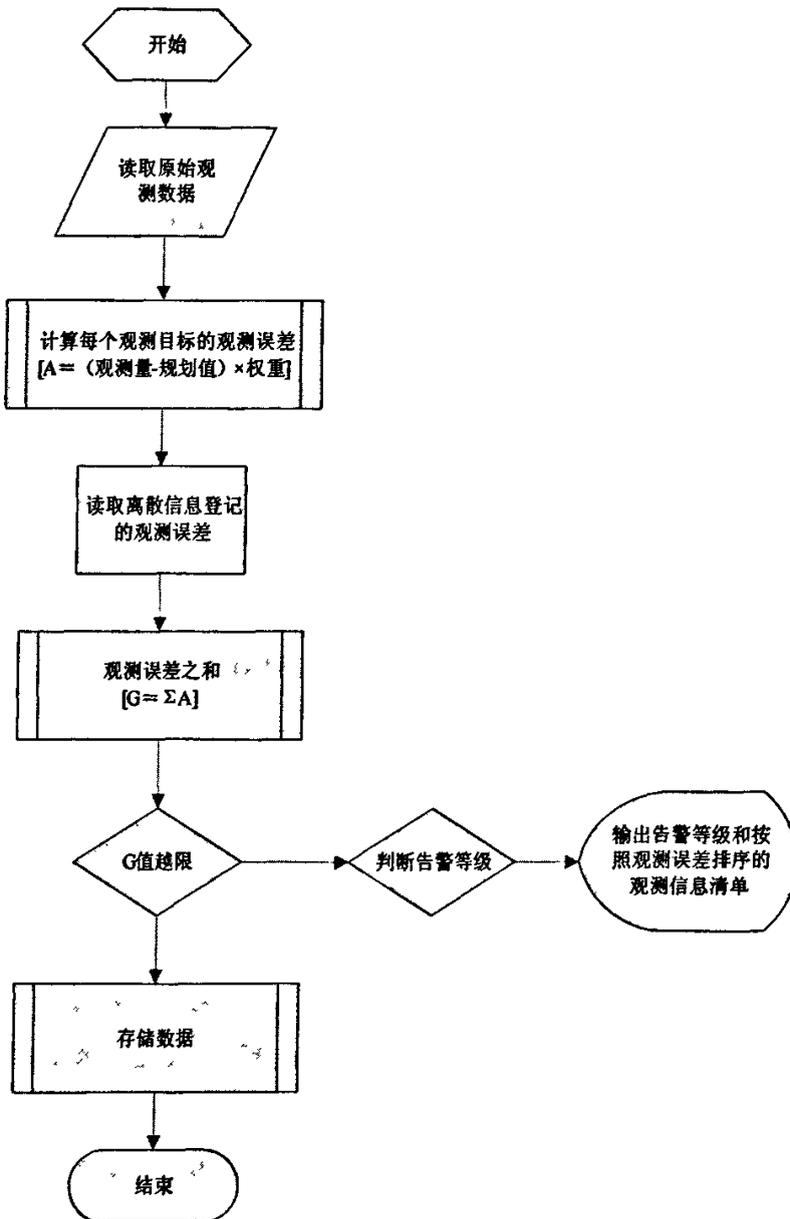


图3-10：预警的流程

## 6、预警机制对规划的影响

采用预警机制对规划管理和规划的编制都有较大影响，表现在：

1、引入预警机制完善了规划的滚动修编过程，健全了判断何时修编和调整的管理手段，在规划实施中能及时发现问题，同时预警功能能够给出误差的清单，为确定修编和调整的方向、内容提供有益的帮助；

2、强调编制强适应性规划，要求编制规划提供基于条件的多方案选择，避免实施中出现问题时临时动议、“拍脑瓜”。

### 3.3.3 GIS 应用

#### 3.3.3.1 地图数字化和 GIS 的使用经验

为解决规划工作中地理接线图的制作，本人在 94 年开始，利用数字化仪在 AUTOCAD 中对枣庄地图进行数字化工作，利用 AUTOCAD 坐标系进行配准，随着软件功能的升级，在 R12 以后版本中可以插入 BMP 和 JPG 等格式的图片配准后作为背景，使用上更为方便，但同时带来了存储量较大，不能修改底图、打印困难等问题。CAD 系统中对底图配准后可以实现距离、角度、大地坐标等的简单的查询、计算以及放大、缩小、分层显示等。CAD 是面向工程设计开发的，绘图能力较强，自带 AUTO LISP 语言，R14 以后又开放了 ObjectARX 编程接口，可以利用 VC、VB 等进行二次开发，AUTODESK 公司基于 CAD 开发了 AUTOMAP 软件，但存在表现手段不足的问题，空间数据的可视化功能较差，因此很少使用。CAD 中只能实现简单的地图数字化，真正的 GIS 应用较为困难。

标准的 GIS 系统则不同，尽管在大多数 GIS 系统绘图能力不如 CAD 强大，但都提供了强大的空间数据的分析和表现功能，对电网规划来说十分有用，其统计地图功能对分析负荷的区域分布，变电站的供电范围，以及基于地理分布的分区域负荷预测都十分有用，在编制十五规划过程中，尝试在 MAPINFO 中利用地理接线图进行负荷分布、变电站布点的分析和分区的电力电量平衡，取得了很好的效果，MAPINFO 中可以通过导入 DXF 文件的方法弥补绘图功能较弱的特点，并且可以导出多种格式的通用图片文件，方便使用和传递。更重要得是 GIS 系统的数据库能力很强，可以和多种通用系统接口，使用通用语言平台进行二次开发。同时提供了网络化的解决方案。

在 GIS 中，可以直观的在地图上选取某一区域的图元进行分类别的统计分析，并提供统计地图显示、存储，方便直观的进行电网设备统计、负荷空间分布、变电站供电范围和位置；通过数据库接口可以读取现有的数据库文件然后添加空间位置信息等，通过实际使用发现，现有的 GIS 系统具备的十分强大的地理信息处理功能，能够满足几乎所有的应用，不易重新开发或是用其它系统代替。

实际使用中对地理数据的来源问题，采用的解决办法是利用扫描后的地形图作为背景配准，然后对重要地理信息（城市、乡镇、边界、主要公路、铁路、河流、水库、湖泊等）和电网信息进行数字化。由于 MAPINFO 的每一层都是采用独立的一组文件构成的数据库，由多个层组成的环境及组织方式构成工作空间，因此很容易实现分层，在不需要详细的地理数据时，可以关闭相应的层，避免过多的信息妨碍判断。

### 3.3.3.2 规划管理系统与 GIS 应用实现

由于系统采用开放式的架构，主要应用是通过组件实现，而且目前所有的商业化 GIS 软件系统都按照通用的软件标准开放了其编程接口，还有的提供了强大的组件集或类库（例如 AUTOCAD 对开发者开放了构成 AUTOCAD 的几乎全部的类库，第三方软件可以在自己的软件中实现绝大部分的 AUTOCAD 功能）。因此可以采用两种方式实现 GIS 应用：

- 1、开发一套功能提供与 GIS 系统的接口和显示界面，在本系统内集成 GIS 功能。这种方法工作量较大，实际使用较为困难；

- 2、进行 GIS 系统二次开发，调用本系统的组件。这种方法甚至可以在 GIS 系统内开发出规划管理系统的界面，将本系统融入 GIS 软件中。

还可以采用一种间接的办法：通过数据库文件的调用实现数据通信功能，而不需要在软件上进行任何改变。但这种方法需要对数据库文件的结构进行统一，数据库文件的结构需要扩展包含，每条记录不仅包含 GIS 数据的字段，还要增加与之对应的数据的字段结构。

### 3.3.3.3 GIS 的数据组织

GIS 系统的数据是分层组织的数据库方式，参见下图：

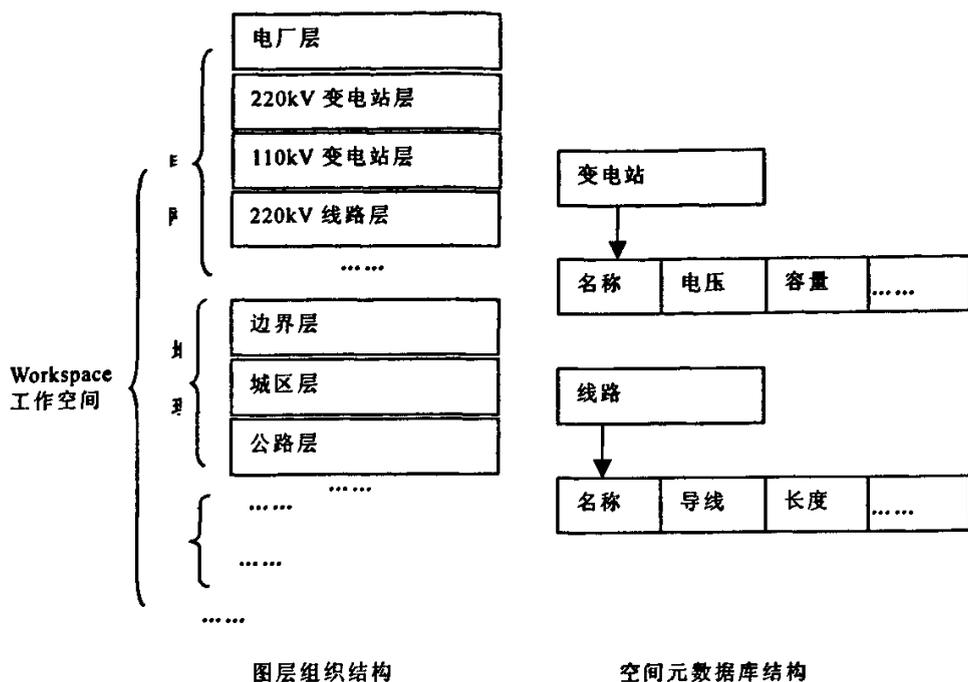


图3-11: GIS 中的图层组织和元数据结构

## 4. 系统实现

### 4.1 系统的基本平台选择

#### 4.1.1 操作系统

电网规划的管理系统的客户端采用采用流行的 Windows 操作系统, 界面友好, 应用广泛, 操作方便, 提供了完善的开发应用的工具。

#### 4.1.2 网络环境

基于企业内部的信息网络, 按照企业的内部的规定, 采用开放式 Server/Client 体系结构的 SQL Server 数据库管理系统<sup>28</sup>, 数据吞吐量大, 数度快, 兼容性好, 开发方便。

#### 4.1.3 GIS 平台

采用著名 GIS 厂商 ESRI 的代表产品 ARC/INFO<sup>29</sup>, ARC/INFO 是当今最经典、功能最强大的 GIS 平台, 适用于多种平台, 实现了全方位的汉化, 包含几千个专业的分析工具。提供了简便的内部 AML 语言开发环境和开放的开发环境 (ODB), 允许用户利用多种开发语言环境进行编程, 并且用

户可以在自己的开发环境中调用所有的 ARC/INFO 功能。

#### 4.1.4 开发工具

采用微软公司最新推出的 .net 开发平台，.net 是微软公司基于虚拟机技术提供的最新设计思想研制的软件开发体系，微软为其提供了功能完善并且具有最大的语言通用性的开发平台，支持面向对象的编程方式和以组件为中心的开发方式进行基于网络应用开发，提供了 .net Framework 组件，支持 XML 的开发<sup>30</sup>。

.net 采用中间代码编译的方式，使用一种通用中间语言 MSIL (Microsoft Intermediate Language, 简称为 IL) 环境把底层的软件应用环境和具体的开发语言隔离开来，提供了公共类型系统 (Common Type System, CTS) 和公共语言规范 (Common Language Specification, CLS)。不论采用其支持的何种语言，均编译成通用中间代码，在具体的运行环境中通过虚拟机翻译成本地代码运行。

## 4.2 开发方法

整套系统均按照 Windows 平台的统一界面和操作风格进行开发，尽可能多的采用通用的组件平台提供的功能。利用 Visual Studio.net 的可视化开发环境，可以采用任何其支持的语言，例如：C#<sup>31</sup>、VB、ASP+ 等等，这种开发方式可以非常灵活、迅速的进行软件开发，可以根据对语言的熟悉程度和针对不同涉及对象采用不同的语言，并且其效果都是一样的，开发出的软件可以在任何安装了微软提供的 .net 框架运行时 (.net Framework runtime) 的软硬件环境中使用，并且 .net 开发体系采用最先进的设计思想和方法，本身的面向网络开发和支持以组件为中心的分布式开放的特性，非常适合本系统的开发。

在 GIS 应用上，通过调用 ARC/INFO 提供的 Windows 动态连接库和 ActiveX 控件 (最新版支持组件化的开发)，借助 ARC/INFO 提供 ODB 开发环境来 GIS 应用。

## 4.3 软件构成和功能

### 4.3.1 概述

整个系统构成包括：

- 数据维护工具
- 预测和规划计算工具
- 规划程序管理工具
- 远程模块

#### 4.3.2 主要设计特点

- 基于开放式的设计思想，系统的构建按照提供一个可最大限度重用、可扩充的应用系统框架，在这个框架内，需要的应用都可以随时扩充，软件的任何功能的升级改造都可以单独进行，不会影响系统的其它部分。
- 体系构架的基本功能压缩到最小，除了应用层的界面主框架和数据侧的数据维护以外，其他的完全依赖于功能扩充，并且界面主框架和数据侧维护做到功能最小，可以根据实际需要简单方便的定制。
- 功能的使用实现最大限度的灵活，不硬性的要求特定的流程，实现用户对流程和功能使用的自主控制。

#### 4.3.3 界面的组织形式

##### 4.3.3.1 整体组织方式

以面向对象的形式组织应用程序界面，为标准的 Windows 风格。借用 Windows 的“桌面”的概念，将主要功能以图标的方式放在应用程序桌面上，通过图标打开相应的应用。一个系统或一幅图形对应于屏幕上的一个框架窗口，所有的操作功能都在窗口内进行。可以同时出现多个操作窗口。如：

- 一个行政区域是一个对象，其信息和操作功能被封装在一个框架窗口中包括其中的行政区及其人口、GDP 等；在 GIS 表现中 图中所有与之对应的图形单元都是一个敏感的对象，都可以被选中；
- 一个变电站是一个对象，其信息（容量、电量、进出线等）和操作功能均被封装在一个框架窗口中；

##### 4.3.3.2 对于同一种对象系统提供了几种不同表现形式：

- 地理图和原理图是以图形的方式来表现对象；

- 电网信息是以用户关心的方式来交互组织的信息结构；
- 类型关系一览是按照设备的类型来组织的信息结构；
- 同一种对象的不同表现，如：电网可以以地理接线图形式表示，也可以在电网信息中表示，也可用类型关系一览来表示；

#### 4.3.4 图形背景

- 系统几乎所有的操作功能均建立在图形背景之上，包括地理接线图、负荷分布、GDP 分布等；
- 所有的图幅均由敏感基本图形对象构成，即所有图幅内的任何图形对象代表一个物理设备或设施，以不同的颜色表示其状态量；
- 系统借助 ARC/INFO GIS 系统提供标准的基本图形操作功能：无级放缩、任意方向漫游、导航图、放大镜、图层控制、数据录入和图形化分析生成等；

#### 4.3.5 信息层次化组织

为适应信息的复杂多样，系统采用层次化组织方式，对于组合对象数据信息，可逐级展开浏览，清楚、直观、方便地调阅信息。如：从地理图中点击一个“变电站”对象，可弹出其内部电量、负荷、容量、进出线、设备等主要信息，点击相应对象可以修改等。

#### 4.3.6 一致的操作方式

采用面向被操作对象的操作方式，对象在不同的表现形式下的操作和得到的结果在表现形式上都是一致的。界面上任一对象在任何表现（图形或文本）形式下，均可被以鼠标右键点击弹出对应的操作菜单。可以：

- 从地理图上选中某对象，右键点击出关于该对象的操作菜单
- 从地理图树形结构中右键点击某对象，可点出关于该对象的操作菜单；
- 从类型关系一览的对象列表中点击某对象，可点出关于该对象的操作菜单；

#### 4.3.7 主要设计功能

##### 4.3.7.1 数据维护工具

一整套图形、数据的生成及维护工具软件系统，它是整个电网基础信息平台的组成部分，同时又是软件开发平台（或称软件支撑系统）的重要

组成部分。可以完成从其它系统的数据库文件或人工指定文件中提取数据。

对所有的数据结构由于涉及到跨系统的应用，对所有的数据结构定义时必须遵守同一的标准，采用冗余的数据库记录方案，每一个记录的字段都包括电网数据及地理信息两个大的组成。

#### 4.3.7.2 预测和规划计算工具

主要是必要的科学计算功能，包括数据分析和潮流、网络优化、预测等方式。

#### 4.3.7.3 规划程序管理工具

提供一个能够将规划管理系统的数据库维护和计算工具紧密结合的管理信息平台，对管理过程及信息传递等提供数据、数据传递的方式及计算的支持，如规划预警功能、信息的分发和搜集功能。

### 4.4 安装与维护

整个系统完全基于 Windows 系统开发，得益于 Windows 系统的优越性，因此安装十分简便，完全可以实现“绿色”安装，软件和数据的定制以及软件生成的数据文件相互分离，便于软件的传播和更新。对系统的定制可以用 ini 文本文件存储在本地。本地安装允许根据需要使用需要安装系统的不同部分或是全部安装。远程使用不需要安装，通过服务器提供基于浏览器（Web）的调用，根据使用的功能，如果需要涉及图形等工具的调用，则下载相应功能的控件。

系统的维护主要是涉及数据的更新，由于规划管理信息来源复杂，数据渠道不稳定，因此为了降低难度，采用数据文件交换的方式和人工处理相结合的方式，其他系统的数据文件存储为指定格式的数据库文件或文本文件（纯文本或 XML），将文件提交系统维护人员，由其导入数据；没有或无法取得电子数据的，只能采用人工录入的方式，为降低工作量，数据人工录入采用远程分散输入的方式，由各单位的统计、报告人员负责在远程将各自数据录入系统。地理数据和电网地理信息的修改和维护通过系统对 ARC/INFO GIS 系统提供的动态链接库或 ACTIVE X 控件的调用实现，维护人员直接调用系统提供的工具即可修改、添加、删除、排序等维护操作。

## 5. 结论和展望

### 5.1 结论

通过本课题研究可以得出如下结论：

1、在新形势下，加强电网规划的管理对电力企业适应电力体制改革和适应社会及科学进步具有十分重要的作用和意义，灵活高效的电网规划管理系统是电力企业适应电力市场的重要手段。

2、电网规划及其管理是一个动态的和机会主义的过程，难以用固定的流程和模式进行描述，电网规划的最终方案未必是求取技术上的最优，而是在于相关方面的协调和各种观点碰撞中取得“最佳”，这个过程需要借助于人的直观综合和判断以及快速科学的数据管理和计算工具。

3、采取“滚动规划”的方法解答“是在两个模糊的，具有‘不可测性’的动态系统的之间寻求一致”的问题，应观测实际发展与早先预测之间动态误差，在电网规划过程中可以采用基于规划实施过程管理的“预警机制”完善这一过程。

4、该系统的研究将改变传统的规划管理模式，推动规划管理水平提高，使电网的建设发展对电力市场的发展变化具有更强的适应性。

5、以组件为中心的分布式开放开发手段对于动态的和随机的过程在软件实现上，具有天然的优越性，是当前解决电网规划过程管理的最好的方式，这种方式可以更好的实现功能的扩充和随机的数据传递途径，以及不同系统之间有效地传递数据的方法。

6、软件系统的开放开发提供了最大限度的利用已有工具和成果的手段以及方便的集成应用的能力，这种方法在电网规划管理系统中直接集成最先进和最强大 GIS 应用提供了可能。

### 5.2 不足

对于电网规划的动态、不可预测的过程模型的研究应用还处于探索阶段，本文提供的解决方案还有待于在实际应用中的检验和积累经验。

为适应人的干预和管理，系统应用功能的开发采用了对一个预设的完整过程进行分割和封装成组件的办法，利用增加中间的接口的方法提供

干预的手段，提高适应和可干预能力就必须尽可能的细分一个过程的不同功能片，但是过分的细化将会导致“接口灾难”，软件的开发难度增加。

本文提出的在规划管理中建立“预警机制”的方法，但对观测目标的研究还不够深入，具体的方法需要实践中积累经验和更高层次的理论研究；

考虑的未来电力企业信息化建设的发展，本系统的构建并未就数据的搜集和管理进行深入探讨，仅给出了基于手工录入和现有应用系统软件间的数据交换方法，属于一种过渡手段。

系统的开发主要通过一个简单的界面实现多方位的应用和数据、计算支持、GIS 应用、规划管理的集成，数据的格式定义、接口的标准都是需要进一步深入研究的，需要在实际使用中进行不断的完善。

系统的功能中没有引入目前讨论较为广泛的人工智能<sup>32</sup>的应用和网络安全管理的概念。

### 5.3 展望

电力系统关于统一的基础数据平台的概念已经开始应用到实际中，随着未来电力企业信息化建设的发展，今后规划管理系统将成为基础信息平台之上的一项具体应用，并通过这个平台与其它的系统进行交互的操作，实际上将不再是独立的软件系统，最终成为在数据平台上提供具体应用功能服务的组件包。其发展方向是通过组件实现更完善、更先进、更实用的组件服务。

预警功能对于观察目标的选择与量化是完善管理的重要内容，将观测对比的环节前移到观测原始数据的环节，建立完善的目标观测的数据体系和更能反映规划与实际的动态误差的分析体系和相关方面的理论研究是今后发展的重要课题之一。

下一步需要考虑的功能中应引入人工智能技术。

按照本文提出的软件建构体系和方式，结合实际使用继续进行并完善规划管理系统的应用开发，在今后的开发、应用中不断的扩充功能、积累经验是下一步工作的重要内容。

## 参考文献

- ① 卢强, 数字电力系统, 电力系统自动化, 2004.4
- ② 董珂, 城市规划的过程控制, 城市规划汇刊, 1998(3)
- ③ 汤红卫, 基于 GIS 的农网规划方法研究, 博士论文 中国农业大学, 2001.6
- ④ Willis H.L., Engel M V et al. Optimization Application to Power Distribution, IEEE Computer Application in Power, 1995.8(4)
- ⑤ J.B.Burch, R.D.Miller, J.E.Wheeler. Distribution system integrated voltage and reactive power control, IEEE trans PAS, PAS-101, 1982
- ⑥ 王锡凡, 电力系统规划基础, 水利电力出版社, 1994
- ⑦ Murty P.B., James D.H. Integrating demand-side management into planning, Proceedings of the IEEE, 1989.77(6)
- ⑧ 田卫东, 国外电力规划理论的新发展, 中国能源, 1993.1
- ⑨ 肖峻 张义 王成山, 基于专家系统的城市电网进程智能控制系统, 电力系统自动化, 2003.6
- ⑩ 修文群 池天河编著, 城市地理信息系统, 北京希望电子出版社, 1999
- 11 电力工业部电力规划设计总院编, 电力系统设计手册, 中国电力出版社, 1998
- 12 戴彦 文福拴 韩桢祥, 电力市场改革对电网规划的影响, 浙江电力 2003.3
- 13 尼尔逊·N·J, 人工智能原理, 北京, 科学技术出版社
- 14 Christine Ward, Keith Bell, Amanda May, Porter Ruddy. Transmission Capacity Planning in an Open Energy Market. Cigar 2000
- 15 吴小明 等, 软件方法和数据挖掘理论在电力系统负荷预测中的应用, 电力系统及其自动化学报, 2003, 15, 1
- 16 张焰 陈章潮, 不确定性的电网规划方法研究, 电网技术, 1999, 23(3)
- 17 章士嵘, 认知科学导论, 北京, 人民出版社, 1992
- 18 Jens Rasmussen et.al. Cognitive System Engineering, New York, John

Wiley&Sons Inc.1994

19 Draft IEC 61970 Energy Power System-Application Program Interface (EMS-API). 2000

20 Michael N. demurs 著, 武法东 付宗堂 王小牛, 等译, 地理信息系统基本原理 (第二版), 北京, 电子工业出版社, 2001

21 王超 张鹏, ASP.NET/XML 深入编程技术, 北京, 北京希望电子出版社, 2002.1

22 朱其亮 郑斌, CORBA 原理及应用, 北京, 北京邮电大学出版社, 2001.10

23 曹辉 蔡颖 朱善君, 数据仓库技术在电力系统的应用, 华北电力技术, 2001 (3)

24 Jewie Han Michelin Kamber, 范明 孟小峰等译, 数据挖掘概念与技术机械工业出版社, 2001.8

25 魏威 陈金富 段献忠 谭智君, 基于统一数据平台的电网规划软件, 继电器, 2003 (3)

26 余贻鑫 王成山 肖俊 等, 城网规划计算机辅助决策系统, 电力系统自动化, 2000, 24 (8)

27 李晓露等, 构件技术与开放的 SCADA/EMS/DMS 系统, 电力自动化设备, 2002.6

28 微软, Microsoft SQL Server 7.0 实现数据库设计, 北京希望电子出版社, 1999.6

29 樊红 詹小国编著, ARC/INFO 应用及开发技术 (修订版), 武汉, 武汉大学出版社, 2003.1

30 Dino Esposito, Applied XML Programming for Microsoft .NET, Washington, Mircosoft Press, 2003

31 Simon Robinson Burt Harvey 等, C#高级编程 (第二版), 北京, 清华大学出版社, 2002

32 毕天姝 倪以信 杨奇逊, 人工智能技术在输电网络故障诊断中的应用评述, 电力系统自动化, 2000.24

## 致 谢

本文是在我的导师孟昭勇副教授的悉心指导下完成的。孟老师在电力系统基于 GIS 的基础信息平台方面的研究和开放开发的设计经验对本课题的设计思想、软件构建体系结构和软件开发手段给提供了至关重要的指导和借鉴，先生传授的知识和经验、熏陶将使我终生受益，学生感激万分！

在学习和课题研究期间，单位的领导和同事也给予了很大的帮助，尤其是枣庄电力设计院的陈阳院长，作为校外指导，提供了非常有益的帮助，在此表示诚挚的感谢。

我还要感谢我的岳父、岳母，帮助照看我 2 岁的儿子，为我提供了良好的环境和宝贵的时间。尤其要感谢我的妻子刘长艳，在我艰难的时候，给我快乐、鼓励、关心和支持，在这里谢谢你，并祝我们的儿子有一个幸福、健康的未来。

最后，谨将本文献给我的母亲和我去世的父亲，父母的慈爱、教诲和鼓励是我生命中永远的动力源泉。