|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 分类号： |  | 密 级： |  |
| 学 号： | 6120100041 | 单位代码： | 10407 |



**硕 士 学 位 论 文**

|  |  |
| --- | --- |
| 论文题目: | 三维数字电力规划平台的设计与实现 |

|  |  |
| --- | --- |
| 研 究 方 向 | **GIS 应用** |
| 专 业 名 称 | **地图学与地理信息系统** |
| 研 究 生 姓 名 | **张国峰** |
| 导师姓名、职称 | **兰小机** **教授** |

**2013 年 4 月 6 日**

**江西·赣州**

摘 要

随着信息化时代的到来，传统的电力运营方式已经无法跟上现代化电网建设的脚步，为了保障人们用电安全，迫切需要一种现代化技术手段来管理与规划电网的实施。作为信息技术发展中的热点之一——三维地理信息系统，对空间数据处理及可视化的有着天然优势，两种不同领域中的技术应用到一起，会碰撞出怎样的火花，让人无限期待。基于此本论文将三维地理信息系统技术应用到电力行业，来设计与架构电力规划方向的三维地理信息系统，实现电网的三维可视化。

本文首先回顾了数字地球技术与电力地理信息系统技术在国内外的研究进展。根据现阶段发展状况，选取开源的OGRE作为图形渲染引擎。通过对遥感影像数据、DEM数据进行研究，实现瓦片数据分割，并以OGRE3D渲染引擎为核心，研究如何利用遥感影像数据、

DEM数据模拟三维地球表面。然后结合现有的层次细节模型算法，实现电力设备的三维模型文件在三维场景中加载与渲染。最后综合以上技术，利用现有数字地球平台EV\_Globe，结合微软. NET Framework 4.0框架、使用C#语言对三维地理信息系统各个功能模块进行开发，完成具有三维展示与三维分析等功能的三维数字化电力规划系统的实现。

本系统采用合理的计算机技术、三维地理信息系统技术和数据库技术，能够真实地、直观地对三维场景展示，为设计、规划、管理等部门提供全方位的观察视角，可以方便快捷的查询电网的空间属性信息、电力模型设备信息等内容，将信息化、系统化融入到数据资源的管理、维护、更新和共享中。这样不仅可以提高各个部门的工作效率，还可以降低“信息孤岛”和管理成本。对于电力行业的线路规划和运营管理有着重要意义。

**关键词**：数字地球平台；电力地理信息系统； OGRE3D 渲染引擎；电力线路规划

**Abstract**

With the development of information technology in human life, traditional ways of electric power operation haven't been able to keep up with the step of the construction of modern city grid. In order to insure the safety of public electricity, some kind of modern technology is needed urgently to manage and plan the grid. 3-D geographic information system, as one of the hot points in the development of information technology, it has natural advantages in spatial data processing and visualization. Two technologies in different fields out of the collision sparks will burn out the prospect of all what is common to look forward to. Based on this background, in this thesis the three-dimensional geographic information system technologies is applied to the electric power industry to design and project three-dimensional geographic information system about Electric power programming, and finally realize 3-D visualization of power grid.

This article first review the research progress of the digital earth technology and power geographic information system technology both at home and abroad. According to the current development status, the open source OGRE is selected as graphics rendering engine. Through the study of remote sensing image data and DEM data, we can implement tiles data segmentation and focus on the research that how to use remote sensing image data and DEM data to model 3-D surface of the earth with taking OGRE 3-D rendering engine as the core. Then we combine it with the existing level of detail model algorithm to realize loading and rendering of 3-d model file about the power equipment in 3-d scene. And finally this paper integrate the above technology and use of the existing digital earth platform, EV\_Globe, then, combine with the Microsoft. net Framework 4.0 and use c# language to develop various functional modules of the three-dimensional geographic information system. The ultimate goal is to complete three-dimensional digital electric power planning system which has functions such as 3-D display and 3-D analysis.

This system adopts reasonable computer technology, 3-D geographic information systems technology and database technology. It can show 3-d scene truly and intuitively and provide a full range of observation angle of view for the departments such as design, planning, and management. It can conveniently query the grid space attribute information, power model equipment, etc. and blend in informationization and systematization to the management, maintenance, updating and sharing of data resources. It can not only improve the work efficiency of various departments, but also reduce the" information island" and management costs. For route planning and operation management of the electric power industry this has important

significance.

**Key words**: The digital earth platform; Power geographic information system; OGRE 3-D rendering engines; Power line planning;

目 录

[摘 要](#_Toc686710598) 2

**[Abstract](#_Toc686710599)** 2

[第一章 绪论](#_Toc686710600) 4

**[1.1](#_Toc686710601)** [选题背景及意义](#_Toc686710601) 4

[1.1.1 选题的背景](#_Toc686710602) 4

[1.1.2 选题的意义](#_Toc686710603) 5

**[1.2](#_Toc686710604)** [国内外发展现状](#_Toc686710604) 5

[1.2.1 数字地球发展现状](#_Toc686710605) 5

[1.2.2 电力地理信息系统发展现状](#_Toc686710606) 5

**[1.3](#_Toc686710607)** [论文主要研究内容](#_Toc686710607) 5

**[1.4](#_Toc686710608)** [论文组织结构](#_Toc686710608) 5

[第二章 相关技术分析](#_Toc686710609) 5

**[2.1](#_Toc686710610)****[OGRE3D](#_Toc686710610)**[渲染引擎](#_Toc686710610) 6

[2.1.1 OGRE渲染引擎概述](#_Toc686710611) 6

[2.1.2 OGRE主要模块](#_Toc686710612) 6

[2.1.3 OGRE代码自动化封装](#_Toc686710613) 6

**[2.2](#_Toc686710614)** [瓦片金字塔技术](#_Toc686710614) 8

[2.2.1 瓦片划分规则](#_Toc686710615) 8

[2.2.2 瓦片存储规则](#_Toc686710616) 8

**[2.3](#_Toc686710617)** [细节层次模型技术](#_Toc686710617) 11

[2.3.1 LOD的定义](#_Toc686710618) 11

[2.3.2 LOD模型的分类](#_Toc686710619) 11

**[2.4](#_Toc686710620)****[3DS MAX](#_Toc686710620)**[的主要建模方法](#_Toc686710620) 11

[（1）Mesh网格模型](#_Toc686710621) 11

[（2）Polygon建模](#_Toc686710622) 11

[（3）NURBS建模](#_Toc686710623) 11

[（4）Tessellation技术](#_Toc686710624) 11

[第三章 系统分析](#_Toc686710625) 11

**[3.1](#_Toc686710626)** [系统概述](#_Toc686710626) 11

[（1）建立电力工程相关数据的数据库](#_Toc686710627) 12

[（2）基于数字地球的电力规划系统的建设](#_Toc686710628) 12

[（3）进行MIS系统档案管理部分接口设计、整合“河南电网工程地质信息系统”。与院内档案管理系统的接口，实现工程可视化模型与工程归档资料的关联管理。与“河](#_Toc686710629) 12

**[3.2](#_Toc686710630)** [系统建设目标](#_Toc686710630) 12

**[3.3](#_Toc686710631)** [系统平台选型分析](#_Toc686710631) 12

[3.3.1 现有平台简介](#_Toc686710632) 12

[3.3.2 系统平台分析](#_Toc686710633) 12

**[3.4](#_Toc686710634)** [功能性需求分析](#_Toc686710634) 13

**[3.5](#_Toc686710635)** [非功能性需求分析](#_Toc686710635) 13

[3.5.1 软件需求分析](#_Toc686710636) 13

[3.5.2 硬件需求分析](#_Toc686710637) 14

[3.5.3 数据需求分析](#_Toc686710638) 15

[第四章 系统设计](#_Toc686710639) 16

**[4.1](#_Toc686710640)** [系统概念设计](#_Toc686710640) 16

[4.1.1 系统设计目标](#_Toc686710641) 16

[4.1.2 系统设计原则](#_Toc686710642) 16

[4.1.3 系统技术路线](#_Toc686710643) 16

**[4.2](#_Toc686710644)** [系统逻辑设计](#_Toc686710644) 16

[4.2.1 系统功能设计](#_Toc686710645) 17

**[4.3](#_Toc686710646)** [系统数据库设计](#_Toc686710646) 18

[4.3.1 数据库层次结构](#_Toc686710647) 18

[4.3.2 数据库属性表设计](#_Toc686710648) 18

**[4.4](#_Toc686710649)** [系统控制流程](#_Toc686710649) 26

[第五章 系统实现](#_Toc686710650) 27

**[5.1](#_Toc686710651)** [基础算法实现](#_Toc686710651) 27

[5.1.1 面积测量算法实现](#_Toc686710652) 27

[5.1.2 三维地形表面的构建](#_Toc686710653) 27

[5.1.3 笛卡尔坐标与经纬度坐标转换](#_Toc686710654) 28

[5.1.4 空间插值算法](#_Toc686710655) 28

[5.1.5 拓扑关系运算](#_Toc686710656) 29

**[5.2](#_Toc686710657)** [三维](#_Toc686710657)**[GIS](#_Toc686710657)**[基础功能](#_Toc686710657) 29

[5.2.1 三维场景展示](#_Toc686710658) 29

[5.2.4 三维空间分析](#_Toc686710659) 30

**[5.3](#_Toc686710660)** [工程管理功能](#_Toc686710660) 30

[5.3.1 创建工程](#_Toc686710661) 30

[5.3.2 工程信息管理](#_Toc686710662) 30

**[5.4](#_Toc686710663)** [电力规划功能](#_Toc686710663) 32

[5.4.1 电力发展信息展示](#_Toc686710664) 32

[5.4.2 规划信息展示](#_Toc686710665) 33

[5.5.2 对象标绘](#_Toc686710666) 34

[第六章 总结](#_Toc686710667) 36

[参考文献](#_Toc686710668) 36

[个人简历](#_Toc686710669) 38

# 第一章 绪论

## **1.1** 选题背景及意义

### 1.1.1 选题的背景

电力行业是我国国民经济中的基础产业，是中国经济发展战略的重中之重。整体比较我国各个时期的电力生产与经济增长，大部分时期国民生产总值的增长远远落后于电力生产的增长。电力行业在我国发展迅猛，建国初期我国发电装机总容量仅为一百八十五万千瓦，年发电量只有四十三亿千瓦时，分别居世界第二十一位和二十五位[1]。到了1987年，全国发电装机容

量基本达到1亿千瓦。根据2013年全国电力工业统计数据，我国发电装机总容量达到10.63亿千瓦，居于世界首位，未来预期我国电力装机容量将在2020年达到900GW左右。除了发电装机容量的增加，三峡水电站的投产与运营、全国电力联网的实施、西部大开关键性工程“西电东送”的启动以及改变电力传统运营体制等重大电力事件的发生，无不展示着中国电力行业“乘风破浪会有时，直挂云帆济沧海”的发展势头。

高速发展带来机遇的同时也要迎接变革带来的挑战。电力行业作为一个传统信息密集型产业，生产过程主要包括电力生产、电力输送、变电、配电、和使用等环节。为了满足生活生产的用电量需求，电网建设正在逐年复杂化，其主要特点是：电厂建设大型化、电网布线复杂化、发电机组大型化、超高压远距离交流混合输电等。如何保障电力在传输过程中的稳定性与人们用电的安全性，成为人们越来越关心的问题，面对这一挑战，实现电力信息化是解决这一问题的关键途径。

电力行业信息化起步于60年代初期，起步时期以生产自动化为主，主要体现在发电厂与

变电站生产、监控等方面。来到80年代，电力行业信息化主要以专项业务应用为主，在电网

规划，电网调度，电力负荷测试等专项问题上有了很大进步。到了90年代，信息技术在电力行业的应用走向集成化、综合化。现阶段，信息化与数字地球等技术的成熟，计算机软硬件与网络通信平台等设施的完善，使电力行业进入数字地球、智慧电网的新时代。

目前，电力行业已经认识到三维地理信息系统技术在空间信息数据获取，数据更新及展示等方面的优势。三维数字地球为大家认识、观察、分析地球提供了一种全新角度与方式。对于电力主管部门基于数字地球的电力系统则摆脱了传统电力系统图形编辑能力差，三维仿真能力弱等方面的不足，提高了系统的可移植性，交互性，实现了电网海量数据的管理，更新，资源的共享，避免了数据的重复获取，为电厂电站选址、选线，设计、管理等方面提供了客观有效的决策支持。对于使用者（用户）可以使用鼠标进行简单的操作，就可以对自己关心的区域实现定位漫游，以各种角度浏览地球，达到身临其境的感受。基于此背景，本文提出了将数字地球平台用于电力规划行业，为“数字电力”、“智慧电网”提供实践依据。

### 1.1.2 选题的意义

电能从生产传输到使用的过程中需要各种不同规格的电力设备配合，大量的电力设备分布在中国广阔的土地上，各种不同的设备又需要使用相应的数据，这使得电力行业所使用的数据量特别大，而且很多数据与地图联系十分紧密。如何在三维空间上对这些数据生动、形象的展示、分析，如何改变数据文字报告这种单一的展示形式，如何获得国家与上级部门的政策支持。这些都需要电力行业接收容纳一些新的信息技术。

随着地理信息系统技术的逐步成熟，地理信息系统凭借对海量地理数据高效管理的天然优势及其对三维成果的良好支持，受到越来越多电力设计单位的青睐，纷纷开展相关研究设计工作。地理信息系统在大规模地形显示、空间数据存储管理和空间数据分析等问题进行了很大的改进，都为研究新型的交互式、三维可视化数字电力规划系统提供了必要的技术条件。当前中国对220KV以上电力高压系统的网络通信采用光纤技术，实现了高速通信，原有的载波传输将渐渐淡出历史舞台。这为电力三维数字化的实施提供必要的网络传输基础。

本系统依托国内先进的数字地球平台、利用三维可视化、地理信息系统、计算机等技术，对电力规划平台进行数字化整合分析，从而改善电力企业的传统管理方式，实现电力工程的现代化设计与管理。本项目作为河南省电力勘测院“数字电力”的示范性项目，其项目开发的过程及结果对于河南省乃至整个华中电力的数字化进程具有非同凡响的现实意义及长远影响。

## **1.2** 国内外发展现状

### 1.2.1 数字地球发展现状

1998年1月，OpenGIS协会等组织在加利福尼亚科学中心举办了一次改变信息技术未来发展的重要会议。在会议上美国副总统戈尔做了“数字地球——对二十一世纪人类星球的理解”的报告，在报告中他对数字地图概念体系的应用前景做了详细的论述[2]。从这之后，掀起了继一九九二年信息高速公路之后的又一伟大技术变革，即发展基于“数字地球”的空间信息革命。

“数字地球”是指使用数字化的技术和方法对地球现状进行模拟。最核心的思想是对地球的自然生态现象和社会生产活动等问题利用信息化手段处理，实现资源的利用最大化，并可以通过网络快速获得地球相关信息，其特点是以海量遥感、DEM等数据对地球实现多分辨率可视化。数字地球平台主要由三部分组成：第一部分是用来展示不同分辨率下地球模型的用户界面，这是与用户进行交互的接口。第二部分是基于网络的地理信息数据集成，用户可以通过网络浏览地理信息。第三部分是多种源数据信息的集成与数据可视化机制的选择。就是整合现有的多种源数据信息，将这些信息在数字地球平台框架中加载，进行三维可视化和自动化网络分析。这是构建数字地球的核心技术，也是将数字地球应用到实际生活中的主要方法。

数字地球的兴起在农业生产、资源环境、灾害预警、城市建设、人口分布、教育、政府宏观决策和范围内可持续发展等问题上产生巨大的影响。为了更好发展数字地球这一理念，1999年12月，来自全球20多个国家的500多名科技人员、学者、教育工作者及企事业家等齐聚北

京，召开了首届国际数字地球会议，发表了著名的“数字地球北京宣言”，标志着数字地球的发展进入全球化、标准化。此后每两年举行一次的国际数字地球会议制定了一系列的主题为数字地球的发展指明方向。

现阶段全世界准备研究或者已经开展数字地球技术的国家和地区已经增长到127个[3]。每

个国家都根据本国国情开展了不同形式的数字地球项目，美国于1990年成立了联邦地理数据委员会，建立“美国地理空间数据交换中心”，以网络为平台共享空间数据的生产，管理与使用。英国GIS协会在1995 年的年会上提出“国家地学空间数据框架”（national geospatial data

framework，NGDF）计划，预计在2001年完成数字化成功广泛应用，使更多公众了解它的实际作用及意义。

我国政府也十分重视“数字地球”的发展，“国家攻关计划”、“攀登计划”、“863计划”、“火炬计划”、“973 计划”等国家计划的实施以及自然科学基金的投入[4]，都为发展

“具有中国特色的数字地球”提供了物质基础和人力资源。“中国信息高速公路”等网络设施的推行也为“数字地球”发展提供必要的硬件基础。90年代国家遥感应用工程中心和中科院地学专家组等组织联合召开以“资源环境信息与数字地球”为主题的交流会，并向国务院提交了有关中国数字地球技术发展方向的报告。其后，我国有20个省200个城市启动了数字城市建设。经过十多年的研究发展，我国已经研发出一批各具特点的数字地球软件，例如北航的ChinaStar、武汉大学的GeoGlobe、中科院遥感所的DEPSCAS、北京国遥新天地的EV-Globe等，但与国外谷歌地球、SkyLine等数字地球平台在关键技术、产品深度、使用广度等方面还有着巨大差距，因此需要加强数字地球技术的国际间合作。

发展到今天，数字地球正慢慢向智慧地球转变，奥巴马在09年就任美国总统后举行了一次协商会议，彭明盛在会议上提出了发展“智慧地球”这一理念，建议政府加大对智慧型基础设施的支持力度。这一理念的核心是通过网络平台和传感器，把数字地球与人们生活的各个方面整合到一起[5]。2011年在西澳洲召开的第7届ISDE会议上，国际数字地球学会秘书长郭华东做了有关面向2020年的数字地球理念的报告，他在报告中指出我们应该利用互联网、云计算等前沿技术，通过高精度的元数据、多重时空数据模型，在统一的数字地球框架下，以实际应用为目标，解决人类社会的各个方面的问题和需求。

### 1.2.2 电力地理信息系统发展现状

自1998年数字地球概念提出以后，在全球范围内掀起了从信息高速公路到全球数字化的浪潮。“数字城市”、“数字农业”、“数字交通”等技术应运而生，“数字电力”正是在这样的趋势下提出的，“数字电力”的概念是对电力行业信息化生动形象描述。它是电力在生产和管理全过程的信息化建设，是数字地球实施重要的一部分[6]。

早期数字地球在电力行业的具体应用主要体现在GIS技术在电力行业中的应用。电力地理信息系统（Electric Power GIS）是将电力行业的电力设施、发电厂、输配电网络、用户和生产及管理等核心项目通过GIS技术整合形成的数字化系统[7]。电力地理信息系统在开始初期主要以

计算机辅助制图结合数据库的应用模式。虽然有很强的作图功能，但对数据库的管理却非常麻烦，比如，查询信息是在数据库系统中，而可视化却是在另外一个图形系统，操作性和可用性不高。进入20世纪90年代，GIS技术在电力行业中蓬勃发展，人们开始细化GIS在电力系统中的应用，分为配电地理信息系统应用、输电地理信息系统应用、营销地理信息系统应用。美国的Con Edison电力公司将ALSTOM ESCA的数据采集与监视控制（SCADA）系统与GIS技术集成。自动绘图（AM）/设备管理（FM）/地理信息系统（GIS）成为电力行业信息化的研究热点之一，其中FM继承了传统电力地理信息系统的关键技术，AM实现自动映射，它是整个自动绘图与设备管理技术的支撑核心[8]。我国北京、江苏、浙江、ft东、福建、广东等省电力公司都积极开展相关应用研究工作。2003年4月作为国家地理信息系统行业示范性项目——北京供电公司配电生产管理信息系统被评为“地理信息系统优秀应用工程”。江苏省电力公司信息中心，为支持“数字江苏”建设，从早期一直研究GIS行业应用，利用地理信息系统技术把电力信息化建设推向高级应用领域，在地理信息系统公共平台上整合输电管理系统、电力调度管理信息系统和电力客户服务系统。

现阶段由于数字地球技术的逐渐成熟，基础平台的日渐完善，电力信息在数字地球平台中的应用主要有以下几种形式：

1）利用数据的空间属性特征，以点线面的方式或符号化的手段展示，比如电厂分布，漫游定位等都是利用了其坐标数据在数字地球平台中进行描述。

2）对电力对象进行三维建模，加载到数字地球平台。比如对电线塔杆、变电站等进行建模，可以还原现场地形状况，可以直观展示电网分布，为电力前期规划提供依据。

3）数字地球平台的时空信息展示。该种方式的实现比较复杂，比如对地形的渲染，需要实现多期影像的时间轴渲染，模拟地形的变迁。在电力方面，可以记录不同施工阶段的状况，根据需要还原某一历史时刻的施工现场，将三维场景与时间轴结合，从而实现时空一体的信息展示。

随着数字地球向着智慧地球的发展，在2001年美国电力科学研究院首次提出智能电网概念，智能电网只要是以高速双向通信网络为通道，整合先进的设备条件、优秀的控制方法以及决策管理系统以数字化、自动化、集成化等实现手段构成的新型电网，它将电力发、配、输等环节高度集成起来。智能电网可以利用电子终端传感器将人与人、人与电力公司之间组成一个即时连接，实时互动的网络，实现电力数据读取的现势性、高效性的整体效果。英国计划在2020

年以前为大约5000万个用户安装新型智能电表，初步实现电网智能化[9]；加拿大的安大略省也

准备实施一个10亿美元的项目，为该省内450万个用户安装智能电表，并将魁北克水电局当前工作重点从变电站自动化和超高压输电移转向智能电网AMI的建设[10]。2009年年中，国家电网公司开始实施“电网空间信息服务平台（GIS）建设研究和实施”项目。同时我国也在刚颁布的十二五规划中明确提出，要求我国电力行业必须加快推进坚强智能电网建设。

## **1.3** 论文主要研究内容

论文的主要研究内容为通过深入研究国内外先进的电力系统设计、规划与管理理论方法，从现有数字地球平台出发，依托数字地球平台强大的数据存储管理功能，实用的空间分析功能，绚丽的三维展示功能，综合多种方法和技术手段的优势，建设一套完整的三维电力数字平台。为地理信息系统在电力行业中的研究发展提供一定的现实参考。

具体研究内容包括：

1、OGRE3D渲染引擎的研究与改造。通过对OGRE进行自动化封装，实现C#语言调用OGRE渲染引擎的接口，并将OGRE渲染引擎应用到数字地球平台的渲染中，实现房屋模型、电力模型的加载，天气的模拟等功能。

2、对现有数字地球平台进行总结分析，并深入剖析EV\_Globe平台，在此基础上从底层对平台进行改造，以适应电力规划系统的应用。

3、对数据高程模型插值算法进行研究，实现通视分析，剖面分析、面积测量等三维分析功能。

4、研究瓦片金字塔技术，对遥感影像数据和DEM数据进行分块、编码、存储管理。

5、本文通过对数字地球平台与电力地理信息系统的研究，提出了基于数字地球平台的电力地理信息系统的设计，并按照设计实现了三维数字电力规划平台。

## **1.4** 论文组织结构

本论文根据研究内容可以分为六个章节，具体情况如下：

第一章：绪论。本章节阐述了论文研究背景，由此引出的数字地球及其在电力行业应用的研究现状，总结论文主要研究内容，在结尾处阐明论文的结构框架。

第二章：相关技术分析。本章讨论了三维数字电力规划平台中需要用到的关键技术，并对某些技术提出自己的观点。

第三章：系统分析。本章详细介绍了三维数字电力规划平台的主要研究目标以及系统的需求分析情况，并对使用的数字地球平台框架结构等问题进行阐述与研究。

第四章：系统设计。本章根据第三章的功能性需求分析等内容，对系统的总体设计、网络架构、功能性设计等问题进行详细介绍。

第五章：系统实现。本章根据前面四章的研究内容，将研究成果以系统方式展现出来。第六章：结论与展望。文章对论文研究的主要成果进行总结，在此基础上指出其中不足与

未来的研究展望。

# 第二章 相关技术分析

## **2.1** **OGRE3D**渲染引擎

### 2.1.1 OGRE渲染引擎概述

OGRE（Object-Oriented Graphics Rendering Engine, 面向对象图形渲染引擎）是一款利用

C++语言开发的面向场景、用户可以灵活使用的3D引擎。它封装了底层图形系统库（Direct3D和OpenGL）的全部细节，提供了一个更加直接的基于世界对象的接口和类，使用户更加方便利用3D图形硬件加速系统开发应用程序[11]。

OGRE作为一个灵活、跨平台的3D图形库，具有以下特点[12][13]：

1)全面并同等的支持OpenGL、OpenGLES、OpenGLES2和Direct3D9；

2）全面支持微软操作系统、Linux、安卓系统、IPhone以及Mac OS X平台；

3）具有规范成熟可扩展的系统框架，可以经过简单修改适应已存在的程序应用框架；

4）内置细节层次算法，可以选择系统创建或者用户创建LOD，可以对空间进行自动裁剪；

5）以队列为单位渲染模型，可以对渲染顺序进行修改；

6）支持多重纹理混合和纹理挂接等技术，还可以对图形处理器进行编程，支持各种类型的着色语言；

7）可以加载多种图片格式，包括：PNG、TGA、DDS、TIF、GIF、JPG。

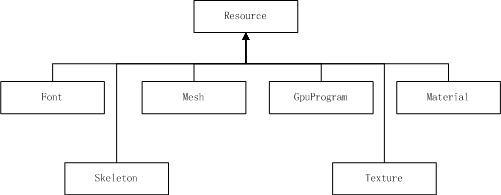
8）可以利用天空面等模块快速构建天空场景，支持多种阴影生成方法。

在OGRE发布初期，受计算机硬件水平的限制，大量使用虚函数接口的OGRE在图形渲染效率上受到了很大的质疑，经过工程师Steve Streetingde等人的不断完善，越来越多的公司开始使用OGRE，现阶段OGRE主要是当作游戏引擎来使用，在国内畅游公司的《天龙八部》、网域计算机网络有限公司的《华夏2》以及久游网的《疯狂飙车》等都是基于OGRE引擎开发的。鉴于OGRE渲染引擎的强大功能，跨平台，开源，免费等特性，本系统决定使用OGRE作为图形抽象层，实现电力系统的三维可视化，实现OGRE在数字地球平台和三维地理信息系统中的应用。

### 2.1.2 OGRE主要模块

1、资源管理器模块[14]

OGRE可以对二进制模型数据、骨骼（Skeleton，模型文件的附属信息）、材质脚本（Material，定义了渲染几何物体所需要的状态信息）、GPU程序（提供给图形硬件的着色语言文件）、纹理、合成器脚背、字体信息等资源进行处理，在实际应用的时候，它们可以从磁盘文件中加载，也可以通过其它的办法得到（比如在程序中手动生成）。每个资源都有唯一的标识符名称，根据标识符可以快速查询资源，检测资源是否被重复加载，OGRE中资源只能加载一次。



Resource的类继承体系如图2.1所示：

图2.1 资源类继承关系

派生于Resource的类需要满足以下条件：

a）构造函数和Resorce有相同的参数。派生类构造函数不允许有其它的参数传入，如果需要设置其它成员变量可以通过Set函数。

b）实现Resource中的纯虚函数loadImpl和unloadImpl，而且mSize必须在loadImpl调用后设置。这里使用了工厂方法设计模式，在子类中对资源进行实例化。

2、缓冲区

硬件缓冲区就是一块向系统申请的存储区域，不过它不是在内存直接申请的，而是在图形处理器/图形系统接口中的存储空间，它读取写入数据的非常便捷。硬件缓冲区的建立与删除是由一个硬件缓冲区管理者控制的，它是利用单件模式编写，单件在根初始化时就会被建立，所以，当需要申请一块内存区域的时候，不可以直接使用new或malloc操作，可以调用函数：

VerBuf = CHardwareBufferManager:: GetSingleton(). CreateVertexBuffer()

硬件缓冲区是比较低级的接口，它提供了直接操作缓冲区的方法。它是对底层渲染系统缓冲数据的一个包装，直接给与渲染系统以绘制的数据和类型。其它的与渲染相关的模块都依赖于这个接口（simplerenderable、mesh等），因为只有缓冲区的数据才是渲染系统绘制的唯一的数据来源。

3、场景管理器

OGRE使用场景管理器管理场景。与一般的渲染引擎不同的是它把场景结构与场景内容作为两个部分，这种设计方法增加了用户对场景管理的灵活性，可以在四叉树、八叉树等场景管理方式之间随意更换，而不会改变场景挂接的对象。场景管理器通过控制场景节点来控制场景

结构。创建的场景子节点按照等级分层的存储在场景管理器中：一个场景子节点有一个父节点和不限数量的字节点。可以通过相应命令对场景中的节点相关联或者摘除该节点。OGRE利用子节点控制该部分是否被渲染，当把子节点从根节点处脱离或者删除，该子节点所连接的部分就不会在场景中渲染。场景节点的创建与删除是由场景管理器控制的。

未命名.jpg

当场景管理器初始化的时候，会为整个场景创建一个节点，该节点是所有节点的父节点，它也是场景管理器中唯一没有父节点的场景节点。根节点的创建是整个场景可视化的开始，任何用户都没有权限删除根节点。对于场景图来说，根节点具有两个作用，一个是作为场景管理器中的所有节点的父节点，另一个作用是以根节点作为场景节点连接静态模型和地形图。可以通过移动根节点移动整个场景，但是大多数的情况下需要保证根节点的稳定性，尽量不要使用该操作。

图2.2 场景管理器相关对象继承关系描述

### 2.1.3 OGRE代码自动化封装

由于OGRE是一种用C++语言开发的面向对象的3D引擎，而本系统是基于C#语言编写的，为了实现C#语言对OGRE的调用需要通过P/Invoke技术，将C++版本的SDK封装

成C#版。P/Invoke技术的全称是Platform Invoke（平台调用），它实际上是一种函数调用机制。通过P/Invoke我们可以调用非托管DLL中的函数。实际上，很多. NET基类库中定义的类型内部都调用了从Kernel32. dll, User32. dll等非托管DLL中导出的函数。

本封装系统主要按照解译C++文件结构、建立C++元素架构、封装C文件、封装并输出C#代码、编译C#工程等采用流程化方式完成封装，实现C++版本的SDK到. Net版本的SDK的转换工作。此封装系统主要包括7个模块：系统流程控制模块、配置文件模块、C++文件解析模块、C++语言元素模块、转化规则模块、C代码输出模块、C#代码输出模块。

1、系统封装过程

根据OGRE编写特点，本系统采用流程化方法进行封装，其具体流程如图2.3：

绘图1.jpg

2、代码封装规范

图2.3 OGRE代码封装系统流程图

由于C++与C#在语法有些不同，所以需要对OGRE原有代码进行修改，例如：需要将

C++里面list、vector、map等容器修改为类，修改C++类的多继承为类中类等，由于篇幅有限，本来列举其中几种具体修改规则：

a）、导出类的继承关系：

导出类必须直接或者间接从CBaseObject类派生。

导出类原则上只允许有一个基类（如果出现两个或两个以上基类，则除第一个基类外，其它的继承关系不会导出到C#）。

如果确实需要多个基类被导出到C#，则可在类体中定义子类，并让子类从第二个基类派生（并重写其虚方法）。

b）、注册类工厂：

如果希望导出类能在C#中被开发者调用构造函数创建，则需要为该类注册类工厂，注册类工厂的宏为：REGISTER\_FACTORY\_CLASS ，注册内部类的类工厂的宏为：

REGISTER\_FACTORY\_CLASS\_INTERNAL。

c）、结构体的定义：

除了public类型的属性外，不允许定义其它任何类型的属性，也不允许出现任何函数（包括构造函数）。

禁止使用指针、字符串、自定义类型作为属性类型。

结构体禁止使用继承。

d）、函数的规定

禁止使用匿名参数，参数名称和参数类型必须成对出现。

禁止将自定义类的指针类型当作数组使用，因为该指针被认为只对应一个对象。如果需要传入该类型的多个对象，请使用指针的数组（CBaseObject\*[]）或者指针的指针

（CBaseObject\*\*）。

禁止使用自定义类的数组，如果需要，请使用指针的数组。

禁止使用基本类型的指针作为传出参数，如果需要，请使用引用类型。因为基本类型的指针被认为是指向多个元素，只能作为传入参数。

自定义类作为传出参数使用时，请使用指针的引用。

返回值如果是类的指针，并且该指针指向的内存不再由C++负责释放时，请在返回值类型前加上\_extfree关键字，使其内存可以由C#负责释放。

重载函数的特别规定。重载后的两个函数，不能只在一个参数类型上有如下区别：一个是类的对象或引用，另一个是该类对象的指针。因为封装之后，这两个重载函数没有任何区别。

3、代码封装具体流程图

对OGRE代码进行修改之后，需要将C++头文件转化为C++语言元素结构数据，供

C++转化C#使用。其过程如下：遍历需要导出的Include文件夹中每个\*. h文件，形成一个头文件列表，并将其标记为未解译状态。依次读取每个头文件，判断其解译状态，未解译文件开始解译，遇到include，去查找头文件列表，如果列表中存在，判断其解译状态，如果已经解译，则跳过解译下一个C++元素，如果没有则解译该文件，加载C++文件元素，解译完成后，将该文件标记为已解译，进入下一个C++元素解译，依次判断include、using、命名空间、define定义、typedef定义、类、结构体、枚举、函数等，进入各元素的解译过程，直至文件结束，进入下一个文件解译过程。所有文件处理后，解译过程结束。具体过程如下图所示：

dfs.jpg

图2.4 Using解译过程

2jpg.jpg

图2.5 Namespace解译过程

绘图1.jpg

图2.6 Include解译过程

绘图1.jpg

图2.7 OGRE封装具体解析过程

## **2.2** 瓦片金字塔技术

遥感影像数据、DEM数据是数字地球平台构建的基础，这些数据最显著的特点是数据量大，数据结构单一。如此海量空间数据要进行有效地管理和渲染应用，必须运用先进的数据调度技术。金字塔瓦片技术能很好地解决海量数据的显示和调度，它最显著的特点是能够保证全息地图模块在调度数据时，不用加载所有数据，只需要从服务器获取需要的几个瓦片数据进行操作，很多商业影像数据库系统采用金字塔结构来管理影像，例如

MrSIDea，Terraserver等[15]，金字塔结构在数据处理管理、图像压缩以及影像数据发布等领 域也有广泛的应用[16]。所以本项目决定采用此技术进行影像数据发布。

瓦片金字塔技术从其字面意思理解，包含两个名词概念：瓦片与金字塔。其中瓦片是按照一定的要求将一幅遥感影像分割成相等大小的正方形，每个小正方形就是一个瓦片[17]。对数据进行分块，用户可以选择性的读取某块数据，减少数据访问量，提高系统读取和显示数据的速度，从而提高系统的运行效率。当三维可视化窗口采用固定大小的时候，由于窗口内数据基本保持不变，所以系统的数据访问量也基本保持不变。瓦片技术的这一特点对实现大范围地形三维可视化非常重要。影像金字塔技术是以一套多种分辨率的图像描述同一个位置的数据结构[18]，现阶段国内外的一些主要地理信息系统和遥感图像处理软件，如Esri的ArcGIS，Erdas，SuperMap等[19]，在海量空间数据的存储管理上都是利用的影像金字塔技术。影像金字塔的构建方式主要有两种：第一种是对同一个地物拍摄多种分辨率的数据自动构建金字塔，第二种是金字塔最底层采用清晰度最高的数据，其它层根据以最底层数据位基础插值获取。本系统使用的遥感影像数据采用影像数据插值。

### 2.2.1 瓦片划分规则

根据电力系统应用特点，本系统瓦片图层主要分为：遥感影像图层，贴地矢量图层，

DEM瓦片图层，以单纯颜色表示的应用图层。各图层的主要功能如下：

遥感影像图层：主要利用航空相片或者卫星相片展示地貌特征，如某个区域是湖泊还是草原，给人直观感受。

DEM瓦片图层：存储DEM数据模拟地球表面起伏，地形走向等。

贴地矢量图层：存储贴地纹理或者三维分析结果等，防止贴地纹理与遥感影像图层中纹理混合，在镜头的拉动过程中产生闪烁现象，例如贴地面，贴地线的展示等。

单纯颜色表示的应用图层：主要是存储生成的单一颜色的纹理图片，例如海水的模拟，但是海水瓦片最终呈现的颜色由底色、凹凸纹理颜色、法线扰动量等因素共同决定。

123.jpg

图2.8 遥感影像数据第6层影像块的编码方式

瓦片按照分辨率分为不同的层级，每级按照1分4的规则进行分割，如图2.7以遥感影像第6层为例，如果第二层为一幅256\*256像素的jpg图片，则第二层为4幅，3级16幅，4级64幅……，一直分割到最高分辨率的层级。如果用MM表示数据等级，那么给定层的全球影像就是一个 的影像块矩阵，本系统的二维线性编码方案是以上遥感数据西北角的数据块设为编码的原点，正南方向为坐标系的Y轴方向，正东方向为坐标系X轴方向，X轴与Y轴距离原点的区间范围是：。最终，每个影像块的编码表示为：MM—YYYYYY—XXXXXX，其中，MM为瓦片所在金字塔的层数，YYYYYY为该影像块在Y轴方向的行数，XXXXXX为该影像块在X轴方向的列数，为了统一数值保持定长，位数不足的前端补“0”。

本系统采用的二维线性编码方法的主要优势在于不同层次之间影像的位置关系非常简单，可以大大提高影像数据库的计算速度和查询效率，为代码实现降低难度。例如：对某个区域进行放大缩小操作，只需要对相应的数据编码乘以或者除以缩放比例，对于地图的移动只需要对相应的编码加上或减去移动距离。

### 2.2.2 瓦片存储规则

为了减少琐碎文件的数目，瓦片数据在存储到数据库中的时候，可能是数百个或者上千个瓦片数据存储在同一个\*. db文件中，这样做有利于数据的管理，但是却降低了瓦片数据的检索效率。

用于存放遥感影像前10 级别数据的库名称为：MM\_IMAGE\_L01-10/01-10-All. db. 那么

11级到15级的瓦片数据分别存放在以第8级别块为基础的数据库中，其名称为：MM\_IMAGE\_L11-20/Row8/Col8/11-15-08-Row8-Col8. db。最后16级别到20级别的瓦片数据分别存放在以第12级别块为基础的数据库中，其数据库的名称为：MM\_IMAGE\_L11-20/Row8/Col8/16-20-12-Row12-Col12. db。其中Row8代表了第8级别某一行的行号，并且6位右边对齐；Col8代表第8级别某一列的列号，并且6位右边对齐；

Row12代表了第12级别某一行的行号，并且6位右边对齐；Col12代表第12级别某一列

的列号，并且6位右边对齐。

每一个db文件中都有两个表组成，即Version表和ImageTable表，Version用来标示影像的版本号，有可能存在不同版本的影像。ImageTable用来存储具体的影像瓦片数据，每一条记录就代表一个具体的瓦片。具体情况如表2.1所示。

表2.1 遥感影像数据存储表格

| TileLevel | 整型 | 级别 |
| --- | --- | --- |
| TileRow | 整型 | 行号 |
| TileCol | 整型 | 列号 |
| TileType | 整型 | 数据格式(JPG 等;) |
| DataValue | 二进制 | 瓦片数据 |
| IsLastest | tinyint | 是否最新数据 |
| UpdateTime | BigInt(\_int64) | 切割时间 |
| DataTime | BigInt(\_int64) | 采集时间 |
| Property | 二进制 | 属性信息 |

表2.2 矢量数据瓦片存储规则

| TileLevel | tinyInt | 级别(1-20) |
| --- | --- | --- |
| TileRow | int | 行号 |
| TileCol | int | 列号 |
| DataValue | blob | 瓦片数据 dds |
| PngValue | blob | 瓦片数据 png |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 续表 | | |
| IsLastest | tinyInt | 是否最新数据 |
| UpdateTime | Int64 | 瓦片DDS 数据更新时间 |
| DataTime | Int64 | 矢量数据时间 |
| PicInfo | blob | 数据叠加信息 |
| AnnotationImg | blob | 沿线注记图片数据 png |
| AnnotationDDS | blob | 沿线注记图片数据 dds |
| AnnotationUpdateTime | Int64 | 沿线注记图片更新时间 |
| Property | blob | 属性信息 |

这里数据时间统一用64位整形表示，在程序中定义SYSTEMTIME的对象，可以用

GetLocalTime（）获取当前时间，或者直接对SYSTEMTIME 的对象设定时间，然后利用

SystemTimeToFileTime()将SYSTEMTIME对象转换成FileTime类型，最后将结果强制转换成整形。

对于DEM数据的存储与遥感影像的存储有些不同，Dem的作用是用来生成三角形格网，其他类型瓦片都是作为纹理贴在三角形格网上。Dem瓦片数据集可以按配置文件进行嵌套，即低精度的数据集内嵌套高精度的数据集。

DEM瓦片数据没有经过投影，直接存储经纬度坐标。DEM瓦片的划分规则也与其他瓦片不同，DEM首级的最大跨度为度，每个DEM数据集都有自己独立的级别序列，也就是说DEM数据集的第一级的范围不一定是经度-180至180，纬度-90至90，通过配置文件可以获取DEM数据集的相关信息。

下面是一个典型的DEM数据配置文件：

<terrainAccessor Name="SRTM">

<TerrainTileService>

<ServerU[rl>http://192.168.3.4/E](http://192.168.3.4/EvGlobeServer/EvGlobeMapServer.asmx/DoGet)vGl[obeServer/EvGlobeMapServer.asmx/DoGet</ServerUrl>](http://192.168.3.4/EvGlobeServer/EvGlobeMapServer.asmx/DoGet)

<DownLoadFromServer>True</DownLoadFromServer>

<LevelZeroTileSizeDegrees>20</LevelZeroTileSizeDegrees>

< NumberLevels >6</NumberLevels>

<SamplesPerTile>150</SamplesPerTile>

<DataFormat>Int16</DataFormat>

<FileExtension>bil</FileExtension>

<CompressonType>7z</CompressonType>

<MatchString>newdem90</MatchString>

</TerrainTileService>

<LatLonBoundingBox>

<North>90</North>

<South>-90</South>

<West>-180</West>

<East>180</East>

</LatLonBoundingBox>

<HigherResolutionSubsets Name="中国 90 米 DEM">

<TerrainTileService>

<ServerU[rl>http://192.168.3.4/E](http://192.168.3.4/EvGlobeServer/EvGlobeMapServer.asmx/DoGet)vGl[obeServer/EvGlobeMapServer.asmx/DoGet</ServerUrl>](http://192.168.3.4/EvGlobeServer/EvGlobeMapServer.asmx/DoGet)

<DownLoadFromServer>True</DownLoadFromServer>

<LevelZeroTileSizeDegrees>80</LevelZeroTileSizeDegrees>

<NumberLevels>11</NumberLevels>

<SamplesPerTile>150</SamplesPerTile>

<DataFormat>Int16</DataFormat>

<FileExtension>bil</FileExtension>

<CompressonType>7z</CompressonType>

<MatchString>china\_90m\_dem</MatchString>

</TerrainTileService>

<LatLonBoundingBox>

<North>55.15625</North>

<South>14.6875</South>

<West>70.390625</West>

<East>139.609375</East>

</LatLonBoundingBox>

</HigherResolutionSubsets>

</terrainAccessor>

“terrainAccessor”标签表示地形数据获取器。

“Name=SRTM”表示此DEM数据的来源，将在本地缓存文件中创建一个名为“SRTM”的文件夹用于存放对应的DEM缓存数据。

“TerrainTileService”标签表示地形瓦片服务。 “ServerUrl”标签表示地形瓦片服务的服务器地址。“LevelZeroTileSizeDegrees”标签表示地形瓦片第零级（首级）的经纬度跨度。“NumberLevels”标签表示地形瓦片的总级别数。“SamplesPerTile”标签表示每个地形瓦片在经度或纬度方向采样的点数。“DataFormat”标签表示数据的格式，比如Int16，float。

“FileExtension”标签表示瓦片的文件后缀，在跨平台版本中这个标签可以忽略，因为所有的瓦片都存储在数据库中。

“CompressonType”标签表示瓦片数据的压缩格式。“MatchString”标签表示服务器端的匹配字符串。“LatLonBoundingBox”标签表示此DEM数据集所覆盖的范围。

## **2.3** 细节层次模型技术

Clark在1976年提出了细节层次模型的理念[20]，他指出当模型在屏幕上显示比较小的时候，可以用该方法快速描述精度较低的模型，通过对模型的简化，减少构建三维场景所需要的时间。随后Rubin等人对该思想进行了改进。

### 2.3.1 LOD的定义

LOD中文译为细节层次技术，主要是指使用一套精度不同模型来模拟同一个物体，对于不同精度级别的模型其构建的复杂程度也不同，细节程度越低的模型对象其多边形数量越低。在浏览同一个物体或场景的时候，使用LOD技术制作一组模型，在渲染的时候，系统会根据观测点距离目标点的远近选择相应的模型。当观察者在距离不同的位置观察同一个物体的时候，该物体所反馈给观察者的表象是不同的，在距离视点较远的情况下，即使模型制作的非常精细，为了与现实情况保持一样，也只能看到大概的轮廓，这个时候使用精细模型是对资源的一种浪费。

### 2.3.2 LOD模型的分类

LOD模型根据几何结构大致可以分为以下三种类型[21]：1）不连续模型

不连续LOD模型，这种方法在保留原始模型的前提下，根据一定比例制作多个副本，所有的副本模型构成一个金字塔模型。这种方法不同分辨率直接的模型没有特定关联，只是在加载中根据不同的要求使用不同分辨率。该模型的主要优点是对算法要求不高，易于实现。由于是提前制作模型，所以加载比较快，但是由于它需要保存多个模型副本，需要占用很大的硬盘空间，只适合一些特定需求的应用。

2）连续模型

连续LOD模型，这种方法根据实时模型算法生成模型，当用户需要加载模型的时候，系统根据当前分辨率临时生成相应模型。该方法制作的模型在数据格式上保持一致，可以保证视觉上的连续性，但是对于实际操纵要求较高，在程序实现、算法设计和数据结构上往往比较复杂。

3）几何结构模型

这种方法制作的模型本身具有多分辨率结构，各个模块通过节点相互连接，在实际应用中判断不同部件之间的节点是否需要操作，如果所有节点都要被操作，这种情况就是全分辨率模型[22]。该种方法保存了模型的节点信息，因此具有操作简便，模型结构简单等优点，这种模型结构在软件系统中得到广泛的使用。

## **2.4** **3DS MAX**的主要建模方法

三维电力地理信息系统需要实现对环境的模拟，电力模型的建立与动画建模有很大不同，电力设备模型建立一般采用纹理映射、分割模型等技术，本系统的模型主要利用3DSMAX进行建模，3DS MAX是由Autodesk公司开发研制的用于三维动画制作与渲染软件[23]。3DS MAX主要建模方法有以下几种[24]：

### （1）Mesh网格模型

OGRE渲染引擎可以加载这种格式的模型，这种建模方法主要是对模型的点、线、面等对象进行编辑修改，通过命令可以对这些对象旋转、放大、缩小、移动来完成模型的建立。在使用Mesh网格建模的时候，应尽量从简单的模型开始建立，然后逐渐对其细化。如果在开始就进行复杂建模，模型的修改会非常麻烦。这种建模方法适用于有棱角的物体，例如高压电塔杆模型等，也可以模拟具有平滑表面的模型。主要使用Edit Mesh工具完成网格模型的建立。

### （2）Polygon建模

Polygon建模又称多边形建模，是使用范围最广的一种建模方法，早期主要应用于游戏制作，现阶段被广泛使用。它的主要思想是利用零碎的平面代替曲面，从而建立各种姿态的三维模型，模型最小单元以三角面为主，也可以是长方形或者其他多边形。使用Polygon建模可以创建基本几何体，然后根据需求采用编辑器调整模型的形状，通过曲面片型、物体组合等方法制作。此种建模方法多用于规则物体的建模。

### （3）NURBS建模

NURBS中文译名为非均匀有理B样条曲线，该名词主要是为了计算机三维建模而专门建立的。NURBS主要适用于表面光滑有曲率的模型，在模型的细节仿真性方面具有其他方法无可比拟的优势。但是由于必须使用全面作为模型建立的最小元素，导致该种方法无法构建具有复杂拓扑关系的模型。

### （4）Tessellation技术

细分曲面技术的提出是为了弥补NURBS技术对曲面模拟的不足，它采用多面体作为网格单元，顶点与顶点之间可以插入新的点，通过顶点的插入，模型的曲面会被模拟的特别细腻，从而获得模型细化。细分曲面技术被微软的DirectX11采纳，成为其组成部分之一。

# 第三章 系统分析

## **3.1** 系统概述

河南省电力勘测设计院对已有电网工程的设计资料有较为丰富的积累，包括基础地理信息数据、地质资料、气象水文资料、电网专题数据等，在勘测工程部已经建设“河南电网工程地质信息系统”，实现了勘测工程地质资料的整合管理，但是还没有从设计院的层面上对大量的基础地理信息数据、电网规划数据其进行整合共享管理。很多资料数据分散在各个项目组，或者在专业人员的手里，资料格式各异，容易形成诸多“信息孤岛”，非常需要一个数字化GIS平台来统一规划管理这类信息数据，实现资源的整合共享，提高工程设计的效率，并发挥三维GIS平台的编辑、分析、可视化的优势，为工程规划设计服务。

三维数字电力规划系统以河南省高分辨率遥感影像、数字高程模型（DEM）、电网空间专题信息、电力设备高仿真模型及电网业务数据等信息为基础，综合运用遥感、三维GIS、海量数据存储及动态调用、信息系统集成等技术手段，通过专项行动的实施，全面整合河南省500千伏以上电网的规划、设计、施工、运维等各环节数据信息，实现河南省500千伏及以上电网资源的共享以及三维空间展示，不断提升电力行业数字信息化水平，为电网运营提供三维数字化辅助决策设施。

系统功能主要包括以下三个部分：

### （1）建立电力工程相关数据的数据库

系统数据库包括河南省基础地理信息、区域地质、电力模型、污秽、气象水利等信息，工程设计成果信息，包括工程基本信息及其三维设计成果信息。

### （2）基于数字地球的电力规划系统的建设

通过本系统的建设，完整的梳理工程设计流程范围，完成包括项目管理、发电工程设计、变电站工程设计、线路工程设计、工程成果查询、三维设计模拟分析、基础地理数据管理及系统配置管理等多个功能模块。

根据工程设计需求，在工程选址选线阶段提供前期规划、信息查询、分析统计、方案设计编辑等业务相关功能。完成航带图与断面导出功能，完成各专业的地理信息资料信息化，完成属性信息、工程图纸、设计资料的集成等功能。对现有电网建设区域内的各种工程地质、气象地质、水文地质、地质灾害以及环保等专业数据进行集成，使工程设计相关的专业数据资料信息化、数字化，在统一的平台上集成管理、显示、分析应用[28]。

### （3）进行MIS系统档案管理部分接口设计、整合“河南电网工程地质信息系统”。与院内档案管理系统的接口，实现工程可视化模型与工程归档资料的关联管理。与“河

南电网工程地质信息系统“进行整合，对现有电网建设区域内的各种工程地质、气象地质、

水文地质、地质灾害以及环保等专业数据进行集成，使工程设计相关的专业数据资料信息化、数字化，在统一的平台上集成管理、显示、分析应用。

## **3.2** 系统建设目标

利用现有数字地球平台，综合运用三维可视化技术、信息系统集成技术、多源海量数据存储等先进技术，全面整合河南省电力勘测设计院规划、设计、勘测等电网设计核心环节中相对分散的数据信息，实现河南省500千伏及以上电网资源的统一管理与三维可视化，以及在规划、设计、勘测等电网运营业务中的深层次应用，为实现河南省“智慧电网”建设提供实践依据。

系统具体建设目标概括为以下几点：

#### 1）建立河南全省0.5米DOM及高精度DEM的全省三维地理模型，实现各类地形地貌的准确辨识 。

#### 2）实现全省500千伏以上电网设施的虚拟可视化还原并清晰展示全省500千伏及以上变电站、500千伏及以上输电线路、主要220千伏变电站和输电线路的三维精细化模型和全省300MW及以上发电厂的三维简化模型。

#### 3）实现地理空间信息、发电工程简化模型、输变电工程模型、设备属性信息、设计资料等各类工程数据信息的集成、查询、统计等综合管理功能。

#### 4）实现电厂、变电站和线路工程的规划选址选线及前期设计服务。

#### 5）实现与“河南电网工程地质信息系统”集成整合接口和数据资料库的共享，并逐步增加水文和测量资料信息，形成一套完整的基于数字地球平台的工程地质信息系统。

## **3.3** 系统平台选型分析

### 3.3.1 现有平台简介

现阶段国际比较流行的数字地球平台如下：

#### 1、 Google Earth

Google Earth（谷歌地球）是当今数字地球平台技术的最全面体现，最成功的商业产品。

2005年6月推出的Google Earth以其完美的技术融合，全新的视觉体验深深震撼了数字地球技术研究者。谷歌地球的前身是一家卫星图像公司的开发的Keyhole软件，经过Google的重新整合开发，谷歌地球将卫星影像和航拍图像结合起来形成全景数字三维的世界地图，允许用户通过网络浏览地图[29]。

谷歌地球分为基本的免费版和专业的收费版，允许用户上传三维模型或自己的照片，最新推出的街景视图服务真实还原了街道场景，给人身临其境的感受，是Google的又一创新。

#### 2、 World Wind

NASA World Wind是NASA（美国航空航天管理局）开发的一款完全开源、免费的数字

地球平台，它是一个类地球仪的数字软件，将美国航空航天管理局、美国地质调查局以及其他网络地图服务商提供的数据通过一个数字化三维地球模型显示出来，目前还增加了银河系的火星与月球等星球的数据。World Wind的优势是其完全开放资源，允许用户定制个性工具；并且实现了数据的实时更新，可以进行近期内全球内天气变化，灾害情况等情况的动态模拟。其缺点是没有友好的用户界面，对于非专业人员无法灵活使用该平台[30]。

#### 3 、Virtual Earth

Virtual Earth是微软混合使用客户端与服务器端技术架构在Live Searth上的一个网页服务[31]。基于服务的架构，使该软件很方便的在任意一台电脑上的使用。Virtual Earth其主要特点是三维视图模式下下的建筑模型都采用1: 1的真实尺寸实现，并可以通过解析用户网络地址来实现自动定位。

#### 4、 Skyline

Skylinesoft公司的软件从20世纪90年代中期开始在三维可视化方面一直走在行业前端，SkylineGlobe. com为公众提供免费的全球化可视化平台[32]，其核心成果之一Skyline Globe Business Package可以为用户提供自定义的3D立体地图标签，另一个核心成果SkylineGlobe Pro是企业版的3D场景创建工具。

### 3.3.2 系统平台分析

经过多方选择，综合考虑本次项目选择国内自主研发的先进数字地球平台EV-Globe作为系统的基础平台。作为国内新一代的数字地球平台，EV-Globe 具有跨平台可应用于

Windows、Linux桌面级移动平台，直观的全空间三维可视化能力，海量多元数据集成、二三维界面快速转换等特点。

EV-Globe的设计、开发工作全部由国内工程技术人员完成，代码的开发、存放、维护过程均在国内进行。用户在使用系统发布数据的过程当中，不用担心系统后门带来的安全隐患，因此从根本上保障了后台数据库的安全性。另一方面，作为国产数字地球平台，系统可以根据用户指定需求在代码底层进行修改，提升系统实用性。

在系统结构方面，如图所示，EV-Globe采用分层构建的思想，系统至下而上分为操作系统抽象层（EV\_Core）、图形抽象层（EV\_Graphic）、数字地球功能类库（EV\_World）、数字地球界面库（EV\_WorldUI）、数字地球应用（EV\_WorldDesktop、EV\_WorldDroid、EV\_WorldTouch）五个层次。

34.jpg

图3.1 系统构件图

EV\_Core提供对操作系统API的抽象，提供基础类型定义、一套对象继承体系、时间和定时器、同步和异步事件、文件和目录操作、类工厂机制、字符串类、网络通讯、线程和同步互斥、插件和动态库加载、日志等功能。其他所有库和应用程序都是基于EV\_Core构建，它屏蔽了操作系统差异，编写其他模块的时候就不需要关心操作系统差异。

EV\_Graphic提供对三维图形引擎的抽象，它提供了场景管理、渲染系统、资源管理等一整套图形功能。其中场景管理部分管理了一个场景图，提供了可渲染对象、实体、模型、照相机、视口和渲染目标的定义、渲染队列和渲染流程的管理；渲染系统部分提供了对实际渲染系统的抽象，渲染系统是以插件的形式提供；资源管理提供了一整套渲染所需资源和脚本的管理，如模型资源、材质脚本、GPU程序等。

EV\_WorldDesktop是桌面版数字地球平台软件，EV\_WorldDroid是Android版数字地球应用软件，EV\_WorldTouch是iOS版数字地球应用软件。

地形地貌、人工建筑仅仅是构成自然环境的一部分，我们生活的世界还包括大气、海洋以及各种天气状况，为了更加逼真的仿真自然环境，EV-Globe系统以特效渲染引擎为基础，提供了大量的特效模拟效果，以提高不同地理环境、不同天气状况、不同视角高度下的系统仿真效果。

同时，EV-Globe针对数字地球平台数据量大、数据种类多样、服务器端与客户端交互频繁等特点，在客户端实现了数据缓冲机制。利用数据缓冲技术后，数字地球平台可以提供快速在线地图浏览查询，通过缓存，在数据通信过程中如果短时间中断，图像加载不受影响，从而提高平台的用户感受与操作效率。

表3.1 EV-Globe的系统效率指标值

| 指标项 | 指标值 |
| --- | --- |
| EV-Globe 客户端影像浏览响应速度 | <0.2 秒 |
| EV-Globe 客户端矢量浏览响应速度 | <1 秒 |
| EV-Globe 客户端 2G 矢量数据加载效率 | <10 秒 |

## **3.4** 功能性需求分析

根据河南电力勘测院实际工作需求情况，本系统需要在原有数字地球功能的基础上叠加电力行业的应用，如选线排位，运行管理、检修管理等。三维数字电力规划系统在功能上分为三个大类，分别为系统基础功能类、工程规划设计辅助功能类、系统数据库维护功能类。

详细介绍如下：

（1）二三维图形显示定位。系统能够将各电压等级的输电线路图、线路上的各种设施图、单线图、电缆沟剖面图、交配电站网、开关站图以及基础地形图进行分层综合显示，可同时显示三维场景图视窗和鹰眼区域视窗。

（2）三维漫游与缩放。系统应该具有三维漫游功能，并在显示效果上实现无闪烁的画面交替，用户可以通过输入坐标等内容快速定位。通过鼠标、键盘控图像窗口的放大、缩小、平移或者旋转等操作。通过模拟输电线路的巡视线路，按照线路塔杆号码的顺序显示在屏幕的中心。

（3）图层管理。可以控制变电站、线路和塔杆分层显示或隐藏。创建污秽区图，特殊地段、巡视、并对各地市县区图层，公路，铁路高速公路，河流，铁路等进行管理。专题图的生成，例如区域变电站容量专题图，输电线路电压等级专题图，输电西路评级情况专题图，输电线路地理接线图。

（4）输入编辑功能。具备对输变电的图形资料和设备数据快速输入、包括线路、设备杆塔等图形数据和属性数据的输入。

（5）工程项目管理。根据勘测院规范化办公提供的资料情况，具有新建线路工程，建立工程基本信息，如工程负责人，工程起止点，电压等级、类型、项目编号等，可对项目进行编辑，备份，实时更新，监控。在地理信息系统电网图上完成负荷测量、接地测量等

（6）三维空间量算分析功能。对故障点进行道路选址，给出线路抢修的最佳路线，能进行基于地形的通视分析、淹没分析、土方分析。

（7）系统配置与维护。为保障数据安全，防止数据人为或无意的改动，输出，分配用户权限，实现数据字典，方便维护数据库分类编码值，运行日志管理。

（8）实现工程设计辅助类功能。例如发电工程设计、线路工程设计和变电工程设计。具体实现提取线路范围内的航带图，生产等高线、三维成果导出，对线路中各种信息进行多种方式的空间统计，例如生产月报，生产季报，带点作业情况统计表、设备汇总统计等工作，并可以输出成果。

（9）数据库维护。可以导入扫描栅格图，元数据编辑，更新等。方便实现DEM数据维护，影像数据维护更新，按属性和空间位置查询基础地理数据并导出。管理测量控制点。

（10）查询功能。可以对电力规划系统中的模型和属性信息进行快速准确的双向空间查询，提供强大的设施管理（FM）功能。可以直接点击地图上符号获得线路、变电站等模型的信息，可以直接查询电网上某一条电线的历史故障及维修记录，可以查询任意杆塔线路图，结构图和塔杆属性表。

## **3.5** 非功能性需求分析

### 3.5.1 软件需求分析

表3.2 软件需求分析表

| 客户端软件配置需求 | | | |
| --- | --- | --- | --- |
| 项 | 支持情况 | 推荐值 | 备注 |
| 操作系统 | Windows Server 2003 Windows XP  Windows Vista  Windows 7 | Windows 7 |  |
| 服务端软件配置需求 | | | |
| 项 | 支持情况 | 推荐值 | 备注 |
| 操作系统 | Windows Server 2003  Windows Server 2008 | Windows Server 2003 |  |
| 数据库 | ORACLE 10g ORACLE 11g | ORACLE 10g |  |

### 3.5.2 硬件需求分析

表3.3 硬件需求分析表

| 三维数字电力规划平台客户端硬件配置需求 | | | |
| --- | --- | --- | --- |
| 设备项 | 最低要求 | 推荐值 | 备注 |
| CPU | 双核2.0GHz | 四核 2.4GHz 以上 |  |
| 主板 | - | - | 须支持高端显卡 |
| 内存 | 2GB | 4GB 以上 |  |
| 显卡 | 显存 512M | 显存 1GB, NVIDIA Geforce GTX560 | 须支持 directX 3D 或则 |
| 硬盘 | 300GB | 500GB 以上 |  |
| 服务端硬件配置需求 | | | |
| 设备项 | 最低要求 | 推荐值 | 备注 |
| CPU | 四核3.0GHz | 八核，3.0GHz |  |
| 服务器数 | 1 | 2 | 数据服务器和应用服务器可部署在同一计算机上 |
| 内存 | 4GB | 8GB |  |
| 显卡 | 显存 256M | 显存 512M | 须支持 DirectX 3D 或者  OpenGL |
| 磁盘阵列 | TB 级 | 3TB 以上 | 所需空间大小视数据量而定，建议可扩展 |

### 3.5.3 数据需求分析

#### 1） 测量专业

需要录入或掌握的数据包括：1: 1万地形图、1: 5万地形图、DEM、地名数据、村级行政区划土地界限、测量专业成品数据。

#### 2） 水文气象专业

需要录入或掌握的数据包括：全省水系图、风资源图、暴雨图、风压图、冰区图、风区图、水文气象专业成品数据。

#### 3） 岩土专业

需要录入或掌握的数据包括：断裂构造图、矿区分布图、水文地质图、构造单元图、地震烈度图、地质钻孔数据、岩土专业成品数据。

#### 4） 物探专业

需要录入或掌握的数据包括：特殊岩土分布、物探专业成品数据。

#### 5） 机务部

需要录入或掌握的数据包括：热力规划图、环保图、天然气管线图、电厂基本信息模板。

#### 6） 线路部

需要录入或掌握的数据包括：全省大地导电率数据、线路路径图。

#### 7） 系统部

需要录入或掌握的数据包括：舞动区、产业经济区等各类专题图，大负荷用户信息，变电站电厂信息、线路信息。

#### 8） 技术质管部、档案室

需要录入或掌握的数据包括：归档数据卷册目录结构、图纸编号规则。

#### 9） 总交专业

需要录入或掌握的数据包括：电厂总平面图、电站总平面图。

# 第四章 系统设计

## **4.1** 系统概念设计

### 4.1.1 系统设计目标

河南省电力勘测设计院电力规划系统应实现对各种地理基础数据、电网专题数据、设计成果等方面的集成管理，保障海量数据的稳定传输、更新和维护，为工程设计提供数据支持。使用该系统平台，可以开展辅助设计规划、发电厂变电站选址、布线等设计工作。在三维场景下实现空间分析功能，为数字化设计提供决策支撑，实现线路、变电站、发电厂全景三维可视化设计，保障该系统能与勘查工程部的“河南电网工程地质信息系统”的系统实现数据传输，实现勘测院的资源整合共享，最终达到建设数字化GIS与规划设计平台的建设目标。

系统设计的主要目标是利用先进的计算机技术、数字地球技术、数据库技术，结合电力规划管理业务特点，促使以电力规划需要使用的数据为核心，以勘测院日常电力项目工作流程为导引，实现现代化的计算机辅助办公及工作管理的数字化与自动化。为电力规划部门正常工作提供可靠、便捷的查询功能，提供生动形象的数据统计图，实现各个部门之间工作进度、数据资料的共享。这样一方面提高了工作效率，另一方面实现了勘测院办公的自动化、标准化和规范化。

### 4.1.2 系统设计原则

三维数字电力规划系统的实施涉及三维可视化技术、数字地球技术、3S技术、海量数据动态调度技术、数字电力技术、数据库技术等多种技术，为成功实现系统的初始设计目标，在整个系统的开展中应遵循软件工程的相关规范，做好用户需求分析、系统整体设计和功能详细设计并按照规范逐步实施、测试以及后期维护，为确保项目目标和项目进度的顺利实现，在系统的研发过程中应遵守以下基本准则：

#### 1）界面简洁、操作简便

三维数字电力规划系统在用户交互、系统维护方面应便捷、灵活、易用。例如，将复杂的功能以瀑布式方法展现下给用户；可利用图表、专利图等直观的方式将查询分析结果展示给用户。

#### 2）规范标准，系统安全

为降低本系统耦合性，接口可读性，数据库可维护性等技术问题，在软件开发，硬件配置，数据提取和存储等方面，依据电力系统与地理信息系统行业相关标准，实现项目从前期设计、中期开发、后期运行维护中的标准化。

由于河南电力勘测院部分数据的保密性，系统的安全性至关重要。系统应充分考虑安全性方面的设计，在用户权限分级，数据保密，数据定点还原，数据备份等方面加大力度。

#### 3）保证现势，可扩充性

在电力行业，信息技术发展日新月异的今天，系统的开发应该尽量采用最先进、成熟可靠的技术，系统应该采用耦合性小的架构。在符合行业平台标志的条件下，在功能上应具有很强可扩展性，为技术的更新换代和系统升级预留空间，最大限度的利用已有的数据资源。

#### 4）海量存储，高效运行

电力规划系统需要管理电力数据，空间数据等数据。数据种类繁多、数据量大，而且随着系统的运行和升级还会不断增加，所以系统设计框架必须考虑海量数据的管理、存储和查询。同时，在保证系统运行速度的情况下，满足用户提出的性能要求。

### 4.1.3 系统技术路线

针对电力规划系统的功能需求，本系统的采用如下技术路线：

1）三维数字电力规划系统在实现过程中采用面向对象的程序设计方法，在. Net4.0框架下，利用Visual Studio 2010编程器与C#语言组合进行二次开发。根据电力系统的特别情况，修改数字地球平台的底层代码，进行适当的底层开发。

2）为提高平台在操作过程中对数据频繁操作请求的效率，本系统采用传统客户机与服务器的系统架构。

3电力数据库管理系统采用甲骨文公司的Oracle RDBMS存储电力相关数据与地理信息系统基础数据。为提高系统处理速度，DEM数据与高清遥感影像数据采用SQLite轻型数据库存储。

4）利用北京国遥新天地有限责任公司的EV-Globe作为基础数字地球平台，在Windows

操作系统下进行系统集成。

5）系统在设计与开发过程中应严格按照面向对象思想执行，充分发挥面向对象思想在建模技术，编程技术，分析方法等方面的作用。

## **4.2** 系统逻辑设计

### 4.2.1 系统功能设计

三维数字电力规划平台功能分为四大类共十二个功能模块，包括三维GIS基础功能、二维GIS功能、工程管理、线路工程设计、发电工程设计、变电工程设计、新能源工程设计、工程信息查询、基础数据维护、整体功能架构图如图4.1所示。

341.jpg

图4.1 系统整体功能架构图

#### 1）三维GIS基础功能

三维GIS基础功能模块包括场景漫游、场景定位、空间测量、空间分析、地名查询、三二三维一体化标绘等功能。此功能提供平台所依赖的基本三维浏览组件、三维分析组件及视频录制。三维浏览组件是以三维地球为载体，不仅实现了三维场景浏览、场景定位、等高线生成等三维基本功能，而且实现对变电站、输电线路、电厂等对象的三维模拟，并展现在高分辨率的航空影像和数字高程模型上，形象化、可视化的展示电网的建设状态。三维分析组件封装了点位量测、高程量测、距离量测、面积量测的空间量测功能和坡度分析、路径分析、坡面分析、淹没分析等空间分析功能。视频录制功能封装了视频录制的参数设置等功能。

#### 2）二维GIS基础功能

二维GIS基础功能包括图层管理、基础数据维护、地图操作、距离量算、地图测量、地图输出、地图管理、图层对象的选择、绘制、编辑、扑捉、标准厂站、坐标转换等功能。

#### 3）工程管理

实现河南省电力勘测设计院全省已建或正在建设中的发电、变电、输电电力工程设计信息的统一管理及三维成果可视化管理等全流程工程应用与信息化管理。

#### 4）电力规划

集成了电力发展信息、国民经济信息、能源资源信息、电网主网架构图、电厂布局展示、变电站布局展示等规划所需基础信息，并开发了丰富的数据查询及分析功能，以辅助电力规划工作。

#### 5）线路工程设计

系统提供了线路工程设计中的路径标绘、信息统计、线路漫游、方案成果导出等前期设计功能。并与专业的线路排位软件对接进行三维成果展示。

#### 6）发电工程设计

系统提供了发电工程设计中的厂地标绘、厂址漫游、电厂添加、方案成果导出等前期设计功能。

#### 7）变电工程设计

系统提供了变电工程设计中的站址标绘、站址漫游、变电站添加、方案成果导出等前期设计功能。

#### 8）新能源工程设计

系统在新能源工程设计中进行探索性应用，特别是风电工程，提供了风场标绘、导入风机坐标和导出风场地图等前期设计功能。

#### 9）工程信息查询

系统能够根据属性条件、空间范围对电力现状对象、地理要素对象、专题数据、设计过程数据、标绘信息进行查询统计并输出。

#### 10）基础数据维护

系统对集成的电网专题数据、勘测设计数据等数据资源进行统一优化管理，实现了设计院各部门的资源共享和便利查询。

#### 11）系统设置

系统设置是指三维数字电力规划平台维护管理相关的功能类，主要分为用户管理、权限管理、日志管理、系统配置、场景设置和系统帮助六个部分。

用户管理是系统管理中拥有最高权限的用户，可以制定系统中所有用户的使用权限。管理员能够对所有用户、角色和权限进行添加、删除和修改。用户权限的设置根据用户角色进行划分，这样可以按用户名或部门编号进行查看。系统能支持多用户同时联机访问服务器，在局域网内，用户根据自己的权限可浏览相对应的电力数据。

系统配置模块是用来进行系统个性化信息、三维地球相关服务的配置。用户可以配置地形夸张倍数、服务器地址，设置系统的缓存路径。以上所有配置操作均有可视化界面。日志管理用于记录登陆系统的用户所做操作的详细信息。日志主要记录的内容：登录

人、角色、操作内容、登录时间、离开时间等。系统管理员能够对所有用户的日志进行修改，包括查询、删除、导出。除系统管理员之外的用户只能够查询用户自己的操作日志，而且没有删除功能。所有的操作日志记录都能够保存为Excel格式的文档。

4.2.2系统网络设计

三维数字电力规划平台主要是在勘测院内网使用，所以网络设计基于局域网络环境，采用三层结构的胖客户端C/S架构设计，主要包括客户端和服务器以及连接客户端与服务器的中间层三部分。客户端在微软的. Net2010软件平台上开发，以OGRE作为三维渲染核心，同时兼容OpenGL和Direct3D渲染引擎，采用C#语言。服务器端主要负责接收客户端发送的请求，进行分析处理并向客户端返回结果，服务器端程序采用C#语言开发。其网络架构设计如图4.3所示。

考虑到平台的数据安全性要求高和平台运行故障保障，服务器采取基于共享存储的双机热备方案，方案采用主—备（active/standby）架构方式部署。所谓主—备方式是指使用两台服务器，一起为同一个服务服务，并共享存储空间，但是只有一台服务器处于开机状态，当运行的服务器突然出现故障的停止运行的时候，会通过软件通知备用服务器启动，全程没有人工操作，保障服务器可以继续提供服务。



4.2.3系统界面设计

图4.3 系统网络架构

系统是通过系统界面与使用者进行交互，界面的布局间接影响着使用者的操作习惯。在人们审美日益苛刻的今天，一个设计友好的界面直接关系到系统的使用寿命。三维数字电力规划平台不同于一般的常规软件，需要支持二三维界面快速转换，复杂的空间数据操作，多种分析功能并存。系统的界面分为菜单栏区域、可视化区域、功能按钮等部分。使用户可以通过界面完成数据的录入、过程控制、实验结果输出等工作。下面是主界面的详细设计。

根据操作需求主界面包括主窗体、工具栏等四部分，如图4.4所示：

E:\1.JPG

图4.4 系统主界面

1）模块导航栏：模块导航栏位于屏幕右上方，主要显示系统的三维视图、二维视图、二三维协同标绘、系统分为四大模块，切换不同的模块，下面的菜单栏将随之改变。

2）菜单栏：菜单栏位于窗体顶部，主要显示在不同模块下的业务功能菜单。

3）工具栏：工具栏位于菜单栏下方，主要显示上级菜单栏下所包含的工具，工具栏通常被分隔为若干框架部分，每个部分包含了若干相互关联的工具，点击任一工具即可触发相应的功能。

4）数据操作栏：数据操作栏位于屏幕左侧，由工程列表、电力设备、基础数据管理、图层管理、基础数据维护五个部分组成。

工程列表可打开或关闭工程项目的设计方案和基础数据，也可快速定位到所选工程地区，进行工程信息查询、工程成果导出、以及工程设计方案管理。电力设备列表可打开或关闭变电站、线路以及发电厂等电力设备，查看电力设备的基本信息以及快速定位电力设备所在位置。基础数据管理列表中可打开或关闭基础数据、查看基础数据属性信息、以及设置图层属性、显示风格。图层管理列表对各个图层的状态、风格设置、比例尺可见范围等进行管理。基础数据维护列表对基础数据进行新建、导入、导出、关闭以及属性信息浏览等管理。

5）主窗体：主窗体是系统场景浏览、信息展示、用户交互的主要窗口。初始状态下，显示河南全景地图。

## **4.3** 系统数据库设计

电力系统中的输电线路、电力设施都与地理环境有着紧密的联系，必须结合地理信息系统的数据模型来搭建电力地理信息系统的模型，从而完成电力设备的管理以及电网线路的分析、规划等，这种数据库模式包括空间数据与属性数据两大类别。它们之间通过标识码进行交互，存在一对一或者多对一的关系。空间数据主要用于表示发电厂、电力设施、施工单位、区域信息等，这些信息由点、线、面等元素构成，用地理信息系统软件进行管理。属性数据主要有线路运行状况、设备参数、电力负荷等内容，本系统中使用关系型数据库Oracle管理属性数据。

### 4.3.1 数据库层次结构

根据电力规划实际情况，三维数字电力规划平台主要分为以下几个部分：

#### 1、 系统基础数据图层

主要是电力线路所经过区域的地理环境数据，包括行政区划图、河南地质构造图、水域图、交通路线图、河南省污区分布图，产业聚集区等图层。

#### 2、 电网线路图层

主要保存电网线路、电力设备分布数据，包括电力设施图、塔杆线路图、变压器分布图、供电所分布图等。

#### 3、 标记注释图层

主要用于保存电力设施的名称、描述信息等数据，包括用户自建图层、城镇名称图、线路编号图等。

数据库为了提高图像加载、显示、查询速度，对图像数据进行了数据分割，具体内容参照第二章瓦片金字塔技术。

绘图1.jpg

图4.5 数据模型图

### 4.3.2 数据库属性表设计

#### 1、 数据编码

为了保障数据库的正常通信，每个对象都应该具有唯一的标识符，用数据编码表示他们之间的逻辑关系。利用编码可以了解数据库各层之间的逻辑关系，电力地理信息系统编码主要由两部分构成：遵循GIS行业编码标准的基础地理数据编码，遵循电力产业信息编码准则的电力图层编码。

#### 2、 数据字典

数据字典是数据库结构、数据项等信息的整体描述。它详细介绍了数据库各层的内容和关系。在电力GIS中，根据系统需求建立电力设施的属性关系和属性数据，将复杂的属性表分割成几个独立的属性表，以标识符作为关键字，可以使数据库对象之间的关系更明

确，操作存储更简便。

#### 3、 表格详细设计

本数据库表主要分为三类：第一类是系统表，记录系统相关信息，其中包括项目信息表、用户表、部门表、公司信息表等内容；第二类是三维模型表，其中包括电网线路表、线路节点表、杆塔类型表、塔身模型表、绝缘子串模型表、电网变电站表、变电站模型表、设备资料表等；第三类是二维矢量表，其中包括专题图、标绘图层、基础图层。在专题图中包括河南产业集聚区、地震构造、告诉环城引路及其他、国道和省道等图标。标绘图层包括水源地、管线、风场、水文站表等。基础图层包括大地导电率、图幅结合表、县区、图层等。

表4.1 数据库总表

| 表名 | 功能说明 |
| --- | --- |
| 系统表 | |
| tb\_prjinfo | 项目信息表：主要存储项目基本信息 |
| tb\_scheme | 方案表：主要存储方案基本信息 |
| tb\_material | 文档资料表：主要存储项目相关的文档资料 |
| tb\_layerregister | 图层注册表：主要用于记录需要在三维上展示的二维图层 |
| tb\_user | 用户管理表：管理系统用户 |
| tb\_right | 权限管理表：管理系统权限 |
| tb\_log | 日志表：管理系统日志 |
| tb\_department | 部门表：主要存储部门信息 |
| 三维模型表 | |
| tbmodel\_towermodel | 杆塔模型表：存储电网中用到的所有杆塔模型，既杆塔模型库 |
| tbmodel\_towerhangingpoint | 杆塔挂点表：针对杆塔模型表中的每一个杆塔模型、按照一定的规则存储其所有挂点相对坐标信息。 |
| tbmodel\_insulatormodel | 绝缘子串模型表：存储电网中用到的所有绝缘子串模型，既绝缘子串模型库。 |
| tbmodel\_insulatorhangingpt | 绝缘子串模型挂点信息表：针对绝缘子串当中的每一个绝缘子串模型、按照一定的规则存储其所有挂点相对坐标信息。 |
| tbmodel\_transformermodel | 变电站模型信息表：存储电网中所有变电站模型，既变电站模型库 |
| tbmodel\_transformerhangingpt | 变电站挂点信息表：针对所有变电站模型、按照一定规则存储其相关变电站间隔的挂点信息。 |
| tbmodel\_extendmodel | 特殊模型表：存储电网中所用到的特殊模型 |

|  |  |
| --- | --- |
| tbmodel\_extendobjecttype | 特殊模型类型表：主要存储电网中特殊模型的类型：杆塔或绝缘子串 |
| tbbase\_loop | 电网回路表：主要存储电网中的回路对象，一个回路一条记录。 |
| tbbase\_tower | 电网拓扑点表：主要存储电网中的杆塔位置信息，现实电网中一个实实在在的杆塔就是一条记录。 |
| tbbase\_rel\_loop\_tower | 回路节点表：主要存储回路的所有节点信息。回路有哪些节点组成。 |
| tbbase\_transformer | 电网变电站信息表：存储电网中所有变电站位置等相关信息。负责变电站的渲染工作。 |
| tbbase\_rel\_towerhang\_loop | 回路杆塔绝缘子串关系表：存储每一个杆塔上的挂点和其对应绝缘子串的一一对应关系，从而计算出对应绝缘子串的地理坐标并存储该表中，用于绝缘子串的渲染。渲染时根据需  求从该表中取绝缘子串来渲染。 |
| tbase\_ownerlinetab | 交叉跨越信息表：主要存储 220kV 交叉跨越相关信息。 |
| tbase\_crossingtab | 交叉跨越坐标表：主要存储 220kV 交叉跨越的杆塔位置坐标相关信息。 |
| tbse\_modelrecordtab | 模型自动更新信息表：存储所有电网模型的自动更新记录。 |
| tbhigh\_towermodel | 特高压杆塔模型表：主要存储 1000kV 特高压线路所用到的所有杆塔模型。 |
| tbhigh\_hangpts | 特高压杆塔模型挂点表：主要存储特高压所有杆塔模型的挂点坐标信息。 |
| tbhigh\_insulatormodel | 特高压绝缘子串模型表：主要存储特高压线路所用到的所有绝缘子串模型，既特高压绝缘子串模型库 |
| tbhigh\_loop | 特高压回路信息表：存储特高压线路的相关信息。 |
| tbhigh\_tower | 特高压线路节点信息表：主要存储特高压线路的所用杆塔位  置节点信息。 |
| tbhigh\_insulatorhangingpt | 特高压绝缘子串挂点信息表：存储特高压绝缘子串挂点信息 |
| 二维矢量表 | |
| SMDTV\_1 | 地质钻孔表：主要用于存储地质钻孔数据 |
| SMDTV\_2 | 进厂道路表：显示进厂道路属性信息 |
| SMDTV\_3 | 管线表：显示管线二维扩展属性信息 |
| SMDTV\_4 | 水源地表：显示水源地二维扩展属性信息 |
| SMDTV\_5 | 厂址表：显示厂址二维扩展属性信息 |

表4.2 线路信息表

**表名**

TBBASE\_LINEINFO

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 列名 | 数据类型 | 空/非空 | 约束条件 | 备注 |
| （精度范围） |
| EVID | Number(20) | 非空 | PK |  |
| LineName | VARCHAR(100) |  |  | 线路名称 |
| StartLocation | VarChar(50) |  |  | 线路起点 |
| EndLocation | VarChar(50) |  |  | 线路终点 |
| VolLevel | NUMBER(20) |  |  | 线路电压等级 |
| LoopID | INTEGER |  | FK | 回路 ID（对应电网回路表  的 EVID) |
| MaxWindSpeed | Number(5) |  |  | 最大设计风速 |
| TowerLength | NUMBER(10,3) |  |  | 线路长度（单位：m） |
| AerialLength | Number(10, 3) |  |  | 架空段总长度  （单位：m） |
| GerneralAreialLe ngth | Number(10, 3) |  |  | 一般架空段总长  （单位：m） |
| TangentTowerNu m | Number(5) |  |  | 直线塔数 |
| StrightNum | Number(5) |  |  | 直线转角塔数 |
| AngelTowerNum | Number(5) |  |  | 转角塔数 |
| FNode | Number(20) |  |  | 首结点编号 |
| TNode | Number(20) |  |  | 末结点编号 |
| LineType | Varchar(20) |  |  | 线路线型 |
| FStationInOut | Varchar(100) |  |  | 首结点连接间隔 |
| TStationInOut | Varchar(100) |  |  | 末结点连接间隔 |
| 补充说明 |  | | | |

表4.3 变电站模型表

**表名**

tbmodel\_transformermodel

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 列名 | 数据类型 | 空/非  空 | 约束条件 | 备注 |
| （精度范围） |
| TRANSFORMERMODELID | INTEGER | 非空 | PK | 变电站模型 ID |
| MODELNAME | VARCHAR2(40) |  |  | 模型名称 |
| MODELSAVEPATH | VARCHAR2(200) |  |  | 模型路径 |
| M41 | NUMBER(30,20) |  |  | 参数 M41 |
| M42 | NUMBER(30,20) |  |  | 参数 M42 |
| M43 | NUMBER(30,20) |  |  | 参数 M43 |
| MODELENTITY | BLOB |  |  | 模型实体 |
| 补充说明 |  | | | |

表4.4 特高压杆塔模型表

表名

tbhigh\_towermodel

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 列名 | 数据类型（精度范围） | 空/非空 | 约束条件 | 备注 |
| LTOWERMODELID | INTEGER | 非空 | PK | 特高压模型 ID |
| LMODELNAME | VARCHAR2(40) |  |  | 特高压模型名称 |
| LVOLTAGE | VARCHAR2(40) |  |  | 特高压电压等级 |
| LMODELPATH | VARCHAR2(100) |  |  | 特高压模型路径 |
| LISCORNER | INTEGER |  |  | 是否转角 |
| LDATATIME | DATE |  |  | 更新时间 |
| MODELENTITY | BLOB |  |  | 特高压模型实体 |
| 补充说明 |  | | | |

## **4.4** 系统控制流程

三维数字电力规划平台程序流程从用户登录界面开始，用户输入指令，确定用户身份，其中包括该用户是否是有效用户和确定该用户权限两部分。然后用户通过鼠标操作，选择是在二维界面还是在三维界面操作，最后，选择工作状态，根据工作状态调用相关模块，计算结果，将结果反馈给用户，如果其中出现问题，生成错误报告。

具体控制流程如图4.6所示

绘图1.jpg

图4.6 系统控制流程图

# 第五章 系统实现

## **5.1** 基础算法实现

### 5.1.1 面积测量算法实现

面积测量就是计算选定区域的大小，在三维空间中求解选定区域的地表面积分为曲面面积和该曲面的投影面积，如图5.1所示S为地形曲面，D为该范围的投影面积。



图5.1 三维曲面面积示意图

设地形曲面为f(x, y)，，空间曲面S的面积公式（5.1）。

*A*

*D*

1*Zx* ( *x*, *y*)*zy* ( *x*, *y*) *d* 

*dA* (5.1)

在规则格网上计算表面积，需要将格网拟合成一个曲面。由于无法通过简单的函数算

2 2



出拟合曲面，一般利用数值分析进行计算。比较常用的数值积分方法有抛物线求积法或辛卜生(Simpson)方法。Simpson方法是利用二次抛物面近似计算曲面，从而将面积计算转化为函数值计算。

对于函数f（x），积分区间[0, a]划分成n个间隔，Simpson方法计算公式（5.2）。

（5.2）

Simpson方法将定积分的计算转化为积分区间上的各个分割点处函数值的加权平均值计算。对于格网间距为g的规则格网单元，将任意格网单元的坐标原点设在其左下角处，其表面积f(x, y)可以根据公式（5.2）改成：

（5.3）

最终网格都是分割成小三角形，根据海伦公式计算出小三角形面积相加，求的曲面近似面积。

海伦公式：假设有一个三角形，边长分别为A，B，C，三角形面积

，其中P=(A+B+C) /2。利用边长求解三角形面积在程

序实现上更具优势，算法更简便。多边形剖分步骤：

1、如图5.2所示，假设多边形的顶点为ABCDE，以A点为起始点，将多边形分割成三个三角形。

2、利用DME插值计算分割后每个三角形中网格的面积。计算出三角形面积。

3、判断分割后的三角形的顶点是顺时针还是逆时针排列，在本系统中默认逆时针为正，

三角形的顶点以A点为起点，排列顺序为逆时针，面积相加，所以多边形面积 。

C:\Users\lx\AppData\Roaming\Tencent\Users\273433874\QQ\WinTemp\RichOle\O@F0H]}W06B]WZWB~2_3RJH.jpg

图5.2 多边形剖分示意图

### 5.1.2 三维地形表面的构建

OGRE使用模块OGREPaging和OGRETerrain渲染地形表面，利用OGRE渲染引擎渲染地形表面主要分为以下几个步骤：

#### 1、 设置地形瓦片属性

使用函数setLightMapDirection（距离方向）设置光源照射方向，如果不设置光线方向，将无法生成正常的阴影。

使用函数setCompositeMapAmbient（通过场景管理器获取环境光）设置环境光。

使用函数setCompositeMapDiffuse（颜色）设置瓦片反射光。其他参数可以使用OGRE默认值。

#### 2、 创建地形管理器，用于建立或者管理地形瓦片

新建一个TerrainGroup需要传入场景管理器指针、地表走向、地表区域大型等参数。使用函数setOrigin（CVector3坐标点）设置地形的原点，之后渲染的地形数据都使用

该点作为参考点。

#### 3、 通过地形管理器模拟地形表面

设置地形默认参数主要包括：terrainSize（地表网格的顶点个数）、worldSize、inputScale、

minBatchSize、maxBatchSize等。OGRE中细节层次模型与四叉树公式（5.4）：

C:\Users\lx\AppData\Roaming\Tencent\Users\273433874\QQ\WinTemp\RichOle\PQRH$23PG}}NG@}OY[_`F}4.jpg （5.4）加载纹理图片，将纹理图片放置OGRE制定文件夹，通过函数textureNames. push\_back("

图片名称“）可以直接加载图片。

根据瓦片在地形管理器中的索引位置，使用函数defineTerrain（索引位置，高程）命令显示地形模型。如图5.3所示。

未命名.jpg

图5.3 基于OGRE渲染引擎的球面格网

### 5.1.3 笛卡尔坐标与经纬度坐标转换

在系统空间分析应用过程中，经常需要将经纬度坐标与笛卡尔坐标进行转换，本系统从底层利用OGRE的数学模块进行修改，能快速的实现坐标之间的转换。

本系统采用WGS84椭球体，通用墨卡托投影构建球面。通过墨卡托投影是以椭球体进行投影计算，但是现阶段数字地球软件都是以正球体为模型，所以本系统为了计算简便，将墨卡托投影后的平面坐标映射到了（-π，π）的范围内。

假设某一点经纬度坐标为（lon, lat），世界坐标为（X, Y, Z），R为该点与地球球心直接的距离，根据球面几何公式，则经纬度坐标转换为世界坐标的公式为：

Double X= R \* Cos(lat) \* Cos(lon); double Y= R \* Cos(lat) \* Sin(lon); double Z=R \*Sin(lat)；

世界坐标转换为经纬度坐标公式为：double R=Sqrt(X\*X+Y\*Y+Z\*Z); double lon=ArcTan2(Y, X)；double lat=ArcSin(Z/R)；

构造一个点结构体，public Vector3d (double x, double y, double z)；这里使用double型是为了提高计算精度，多步计算过程中数据丢失。

### 5.1.4 空间插值算法

在系统分析功能、量算功能、点线面渲染过程中常常需要利用空间插值求解位置点，下面详细介绍本系统使用的插值算法：

#### 1、 线段插值

根据两点的经纬度坐标和拆分段数，求出拆分后所有点的地理坐标。假设A点经纬度坐标（lat1, lon1），B点坐标（lat1, lon1），AB两点的球心夹角为α。

double sind = Sin(α);

double cosLat1 = Math.Cos(lat1.Radians); double cosLat2 = Math.Cos(lat2.Radians); for (int i = 0; i <= num; i++)

{float f = i \* 1.0f / num;

double A = Math.Sin((1 - f) \* d.Radians) / sind; double B = Math.Sin(f \* d.Radians) / sind;

double x = A \* cosLat1 \* Math.Cos(lon1.Radians) + B \* cosLat2 \* Math.Cos(lon2.Radians);

double y = A \* cosLat1 \* Math.Sin(lon1.Radians) + B \* cosLat2 \* Math.Sin(lon2.Radians); double z = A \* Math.Sin(lat1.Radians) + B \* Math.Sin(lat2.Radians);

lat = Angle.FromRadians(Math.Atan2(z, Math.Sqrt(x \* x + y \* y))); lon = Angle.FromRadians(Math.Atan2(y, x));

outPoints[i] = new Vector3d(lon.Degrees, lat.Degrees, Z);}

#### 2、 弧线插值

根据给定中心点A（lat, lon）和半径R求出圆弧上点的坐标。

double dir = radius / WorldSettings.EquatorialRadius; Vector3d[] circlePoint = new Vector3d[insertNum]; for (int i = 0; i < insertNum; i++)

{double tc = (i \* 2) \* Math.PI / insertNum;

latitude = Math.Asin(Math.Sin(latd) \* Math.Cos(dir) + Math.Cos(latd) \* Math.Sin(dir) \* Math.Cos(tc));

if (Math.Cos(latd) == 0)

{longitude = lond;} else

{longitude = ((lond - Math.Asin(Math.Sin(tc) \* Math.Sin(dir) / Math.Cos(latd)) + Math.PI) % (2 \* Math.PI)) - Math.PI;}

Angle latiAngle = Angle.FromRadians(latitude); Angle longiAngle = Angle.FromRadians(longitude);

double alti = drawArgs.CurrentWorld.TerrainAccessor.GetCachedElevationAt(latiAngle.Degrees,

longiAngle.Degrees);

if (useVerticalExagg) circlePoint[i] = MathEngine.SphericalToCartesianD(

LatiAngle. Degrees, longiAngle. Degrees, WorldSettings. EquatorialRadius + WorldSettings.

VerticalExaggeration \* alti); else

CirclePoint[i] = MathEngine. SphericalToCartesianD(latiAngle. Degrees, longiAngle. Degrees, WorldSettings. EquatorialRadius + alti);} return circlePoi

### 5.1.5 拓扑关系运算

拓扑关系运算主要是指用于判断物体之间拓扑关系的逻辑算法。

#### 1、 两条线段是否相交

已知两条线段的端点坐标，判断两条线段是否相交。

double dxa = 端点 B.X - 端点 A.X;

double dya = 端点 B.Y - 端点 A.Y; double dxb = 端点 D.X - 端点 C.X; double dyb = 端点 D.Y - 端点 C.Y;

double d = dxa \* dyb - dxb \* dya;

if (Math.Abs(d) <= double.MinValue) return false;

double dlx = 端点 C.X - 端点 A.X;

double dly = 端点 A.Y - 端点 C.Y; double ta = (dyb \* dlx + dxb \* dly) / d; double tb = (dya \* dlx + dxa \* dly) / d;

if (ta > 0 && ta < 1 && tb > 0 && tb < 1) return true; else return false;

#### 2、 点是否在多边形内

已知多边形顶点坐标List<Vector3d[]，判断点是否在多边形内部。for (int k = 0; k <list. Count; k++)

{Vector3d[] tempCircle = list[k]; int n = tempCircle.Length;

for (int i = 0, j = n - 1; i < n; j = i, i++)

{Vector3d node0 = tempCircle[j]; Vector3d node1 = tempCircle[i]; if (node.Y < node1.Y)

{if (node.Y >= node0.Y)

{if ((node.Y - node0.Y) \* (node1.X - node0.X) > (node.X - node0.X) \* (node1.Y - node0.Y))

inside = !inside;}}

else if (node.Y < node0.Y)

{if (node.Y >= node1.Y)

{if ((node.Y - node0.Y) \* (node1.X - node0.X) < (node.X - node0.X) \* (node1.Y - node0.Y))

inside = !inside;}}}

## **5.2** 三维**GIS**基础功能

### 5.2.1 三维场景展示

三维场景展示基于高精度数字地形模型（Digital Terrain Model DTM）、高分辨率遥感影像，对电力线路所经过的地区实现三维可视化，还原该地区的自然环境。建立塔杆、电网线路等设

施的三维模型，通过OGRE渲染引擎加载，利用键盘、鼠标等外设实现三维场景缩放、移动、翻转等交互操作。

1.JPG

5.JPG

图5.4 电网架设区域自然环境仿真

图5.5 输电线路三维仿真

C:\Documents and Settings\xiaoj\桌面\2.jpg

图5.6 电力设备三维仿真

111.jpg

风机2.png

图5.7 变电站三维仿真

5.2.2三维漫游

图5.8 风机模型三维仿真

在三维环境下，选择利用飞机空中飞行、车辆地面航行等方式，沿输电线路或用户自定义路线，对电网建设区域进行航行浏览，以实现基于三维环境的模拟巡线。



5.2.3三维空间量算

图5.9 沿输电线路航行浏览

三维空间量算包括点位量算、距离量算、面积量算、高度量算等。

点位测量：通过鼠标在地球表面选择一个点，可以获得当前点的经纬度坐标以及高程信息，并通过结果展示窗口对这些信息按照采集顺序记录；如果用户知道某地点精确地经纬度信息，也可以使用定位功能，通过手动输入该点的经纬度信息，使地球窗口自动定位到该点。



图5.10 点位量算

距离量算：通过鼠标选取点，用于计算折线的贴地距离和直线距离。



图5.11 距离量算

高程量算：用于测量从某一点起始，相对于该点的垂直距离。



图5.12 高程量算

面积量算：在地球窗口上需要进行面积量算的地方单击鼠标左键拾取坐标点，便可获得其地表面积和球面面积。



图5.13 面积量算

### 5.2.4 三维空间分析

剖面分析：用于获取任意多点之间的剖面图，使用户可以更加精确地看到某一点的地形。在输电线路设计时提供有关地势的更详尽的信息。



图5.14 剖面分析

通视分析可以理解为三维空间上任意两点之间在直线方向上的可见性。通视分析可以分为三类：点对点通视、点对线通视、点对面通视。归根结底，通视分析就是计算延视线方向一条直线上点与点之间是否可见，在进行远距离分析的时候，还要综合考虑地球曲率、当前大气折射率等因素的影响。。实验结果中红色代表不能通视，绿色代表可以通视。



图5.15 点对面通视分析

淹没分析：通过用户指定点的经纬度和高程以及进行淹没分析的高程值，得到指定搜索间隔、搜索范围内被淹没区域的水域面积、淹没面积和水体面积，并在地球窗口显示淹没效果，供用户直观观察现场水位情况。



图5.16 点淹没分析

用户通过鼠标选取计算区域，通过设置可以更改挖填深度，更改选项卡，可以得到挖填方体积以及他们体积之间的差值。填挖方计算主要有两种方法，一种是截面法，根据截面走向的不同，有垂直截面和水平截面两种，其中垂直截面也称为断面法，是道路施工、水利建设等土方工程中常采用的一种方法。水平截面称为等高线，是水库库容，堆积体等体积计算常用的方法。另一种称为格网法，是建筑、场地平整等经常使用的土方计算方法。其主要方法是将计算区间按照固定距离分割成M\*N的格网，当格网分割成比较小的时候，我们近似认为该格网单元为一平面，高程为格网内所有顶点的评价值h，则该格网的体积为。整个区域的土方为所有网格土方之和。将正方形规则格网沿着对角线相连，将规则格网转换成三角形格网，则体积可以按照三棱柱体积公式计算。





图5.17 土方分析

## **5.3** 工程管理功能

### 5.3.1 创建工程

点击“创建工程”，弹出“创建工程”窗体，如图5.18所示，在此面板中录入工程的基本信息，其中带“\*”的内容为必填内容，其他为选填内容。点击“参与单位”选项卡，选择参与单位。所有信息录入完成后，点击“创建工程”按钮，开始创建工程，工程创建成功后弹出创建成功的对话框，并在数据操作栏的工程列表中相应的工程类型目录下显示创建成功的工程。



### 5.3.2 工程信息管理

图5.18 创建工程界面

点击“工程信息管理”，弹出如下窗体，点击“基本信息”选项卡，可以对当前打开工程的基本信息进行编辑修改，其中工程类型不可改。点击“参与单位”选项卡，可以对当前打开工程的参与单位信息进行添加、删除等管理操作。点击“获奖情况”选项卡，可以录入当前打开工程的获奖情况信息。



图5.19 工程信息管理界面

5.3.3三维电厂管理

点击“三维电厂管理”，弹出如图5.20窗体。在查找名称的文本框中输入要查询的电厂名称，单击“查找”按钮，窗口中即会显示查询结果。单击“显示全部”按钮，窗口中即会显示所有电厂信息。单击“添加”按钮，弹出如图5.21窗体。分别在相应设置输入电厂的模型路径、名称、经度、纬度等相关参数即可添加新的电厂。点击要删除电厂的“删除”按钮，即可以从系统中删除该电厂，也可以同时选中多个电厂，批量删除电厂。



图5.20 三维电厂管理界面



5.3.3三维电站管理

图5.21 添加电厂模型界面

主要功能是对电力系统中所有变电站进行管护，包括对变电站的增加、删除、修改等相关操作。点击“三维电站管理”，弹出如图5.22窗体。在查找名称的输入框中输入电站名称，单机“查找”按钮，窗口中即会显示查询结果。单击“显示全部”按钮，窗口中即会显示所有电站信息。点击“添加”按钮就会弹出添加变电站操作面板，如图5.23所示。分别在相应设置输入变电站的模型路径、名称、经度、纬度等相关参数即可添加新的变电站。点击要编辑的变电站“编辑”按钮即可弹出编辑变电站的操作面板，可以更改模型、更别变电站名称、位置等相关基本属性信息。如图5.24所示。点击要删除变电站的“删除”按钮，即可以从系统中删除该变电站，也可以同时选中多个变电站，批量删除变电站。





图5.22 三维电站管理界面

图5.23 添加变电站界面



5.3.4三维线路管理

图5.24 编辑变电站界面

主要负责对电网系统中所有线路的管理和维护，包括对回路以及回路某一个杆塔的增、删、改等相关操作。点击“三维线路管理”，弹出如图5.25所示窗体。在查找名称的文本框中输入要查询的线路名称，单击“查找”按钮，窗口中即会显示查询结果。单击“显示全部”按钮，窗口中即会显示所有线路信息。



新增线路

图5.25 三维线路管理界面

新增线路即新增一条新的回路数据，新增线路前需要准备以下数据：

A、线路表（Excel格式）

B、杆塔挂点表（Excel格式）

C、特殊杆塔挂点表（Excel格式）（如果有特殊杆塔的话）

D、绝缘子串挂点表（Excel格式）

E、杆塔用串表(Excel格式)

F、杆塔及绝缘子串模型文件（转换后的Gem格式数据）新增线路具体步骤如下：

第一步：对于绝缘子串模型，如果数据库当中没有该模型的话，要先用绝缘子串管理工具，将该绝缘子串添加到系统数据库中来；如果系统中已经有所用到的绝缘子串模型，则该步骤可以省略，直接进入第三步。

绘图1.jpg

图5.26 绝缘子串模型图

第二步：导入杆塔明细表，点击导入杆塔明细表，选中要导入的杆塔明细表文件。如图5.27

所示：



图5.27 导入杆塔明细表界面

第三步：导入杆塔挂点，点击导入杆塔挂点，选中要导入的杆塔挂点文件。如图5.28所示，此操作主要使用于出现匹配不成功或有特殊杆塔的情况下，可以进行人为的挂点编辑。



图5.28 导入杆塔挂点界面

第四步：导入杆塔用串表，系统会根据杆塔用串规则表自动匹配每一个杆塔的用串情况，如果出现匹配不成功的情况或者出现杆塔的特殊用串情况，也可以人为进行编辑从而修改杆塔的用串情况。



图5.29 导入杆塔用串表界面

第五步：导入杆塔模型，选择该线路的所有杆塔模型，然后确定即可。

第六步：回路数据入库，点击“回路数据入库”将该线路所用到的模型、挂点数据、绝缘子串数据等相关数据都存入到数据库当中。

第七步：指定回路与挂点关系，由于电网中既有单回路，也有双回路，既存在同塔双回，也存在同塔多回的情况，因此，需要根据实际情况需要指定回路和杆塔挂点之间的关系，以便确保能够满足电网复杂的实际情况。重新启动系统，即可显示新增的回路信息。

编辑回路

主要负责对线路以及线路的杆塔模型库进行的维护管理，通过编辑操作可以对要编辑的线路进行增加、编辑、删除等相关操作。点击“回路编辑”，弹出如图5.30窗体：



图5.30 线路管理界面

选择“线路维护”选项卡，点击“新增杆塔”，弹出如下窗体：



图5.31 添加杆塔模型界面

选择前端杆塔，系统自动定位到杆塔位置处。如果录入的塔形在模型库中存在，则可以直接选取杆塔型号，如果是新塔形的话，则点击添加新模型即可添加新的模型文件到模型库当中，弹出添加模型窗体：



图5.32 添加杆塔模型界面

有两种录入杆塔模型方式：手工输入和数据导入录入。

手工输入：选择杆塔模型文件（为. gem）系统自动读出挂点名称：选择第一个挂点名称，输入坐标值，点击新增即可添加一条挂点记录。此时挂点名称列表自动显示下一个要录入的挂点，依此将所有挂点录入。点击确定，回到新增杆塔主窗体。

数据导入录入：导入杆塔挂点Excel，导入杆塔模型，系统自动匹配好杆塔坐标。点击确定，回到新增杆塔主窗体。在新增杆塔主窗体，待数据输入完全后。点击确定即可为该回路新增一个杆塔。如果是新增的杆塔模型要等到下次启动系统才会生效。从该回路模型库新增的杆塔会立即更新。

点击“编辑”，弹出编辑杆塔模型的对话框：



图5.33 编辑杆塔模型界面

通过杆塔编辑面板，可以对杆塔号，杆塔型号、杆塔位置，以及杆塔挂点值、所挂绝缘子串等进行相应的修改和编辑。点击要删除杆塔的“删除”按钮，即可以从系统中删除该杆塔。也可以选择多个杆塔，批量删除杆塔。

选择“模型库维护”选项卡，如图5.34所示：



图5.34 编辑杆塔模型界面

输入模型名称关键字，点击查找，即可过滤出包含关键字的模型。点击显示全部，即可显示回路全部模型。双击杆塔模型记录，即可在小窗体显示杆塔模型。点击模型列表编辑，即可弹出编辑模型窗体，如图5.35所示。在杆塔模型页可以对杆塔模型进行更换，点击“<<”，选择要更换的模型。点击预览，可以在小窗体浏览杆塔模型。点击更换模型即可用新的模型更换旧有模型。切换至杆塔挂点信息页，如图5.36所示。点击编辑弹出编辑窗体，可以编辑绝缘子串挂点坐标。点击确定即可对该杆塔挂点进行更新，同时关闭窗体。点击取消，则取消对挂点的编辑。如图5.37所示。



图5.35 编辑杆塔模型界面



图5.36 编辑杆塔模型界面



图5.37 编辑杆塔模型界面

## **5.4** 电力规划功能

### 5.4.1 电力发展信息展示

单击“电力发展信息展示”按钮，弹出电力发展信息展示窗体：



图5.38 电力发展信息展示界面

电力发展信息展示窗体的界面选项卡可切换，查询展示不同的内容，在“电力工业现状”的“装机容量”界面中，选择“选择项”中的任意一项，单击“查询”按钮，显示不同的查询界面，如图5.39所示：



图5.39 电力工业现状装机容量界面

单击电力工业现状的变电容量界面，“区域选择”的下拉菜单中选择不同的区域，单击“查询”按钮，显示不同区域的不同内容界面，如图5.41所示：



图5.40 电力工业现状变电容量界面

单击电力工业规划展示的新增装机容量界面，选择“选项”的“新增装机容量”，单击“查询”按钮，显示新增装机容量界面；选择“选项”的“计划关停装机容量”，单击“查询”，显示计划关停装机容量界面，如图5.41所示：



图5.41 电力工业规划展示装机容量界面

单击电力工业规划展示的新增变电容量，“年份选择”中选择不同年份，单击“查询”，显示不同年份的不同内容界面，如图5.42所示：



图5.42 电力工业规划展示变电容量界面

单击电力工业规划展示的预测新增负荷，选择“查询方式”的“地区查询”，在“地区选择”的下拉菜单中选择不同的地区，单击“查询”按钮，显示不同地区的不同内容；选择“查询方式”的“年份查询”，在“年份选择”的下拉菜单中选择不同的年份，单击“查询”按钮，显示不同年份的不同内容，如图5.43所示：



### 5.4.2 规划信息展示

图5.43 电力工业现状负荷统计界面

点击“能源信息展示”按钮，弹出能源信息展示窗体界面，如图5.44所示：



图5.44 能源信息展示界面

在能源信息展示窗体界面中，选择“类别选择”下拉菜单的不同类别，“统计项选择”中选择不同统计项，单击“查询”，显示不同内容界面。单击“水资源信息展示”按钮，弹出水资源信息展示窗体界面，如图5.45所示：



图5.45 水资源信息展示界面

在水资源信息展示窗体界面中，选择“区域选择”下拉菜单的不同区域，选择“年份选择”下拉菜单的不同年份，“数据统计项”中选择不同统计项，单击“查询”，显示不同内容界面。

单击“国民经济信息展示”按钮，弹出国民经济信息展示窗体界面，如图5.46所示，在国民经济信息展示窗体界面中，选择“区域选择”下拉菜单的不同区域，选择“年份选择”下拉菜单的不同年份，“历史数据统计项”中选择不同统计项，单击“查询”，显示不同内容界面。



图5.46 国民经济信息展示界面

单击“分产业信息展示”按钮，弹出分产业信息展示窗体界面，如图5.47所示：



图5.47 分产业信息展示界面

在分产业信息展示窗体界面中，选择“查询方式”的“历年统计”，点击“选项”的不同目录，单击“查询”，显示不同内容窗体；选择“查询方式”的“预测”，选择“选项”的不同选项，选择“区域选择”下拉菜单的不同区域，单击“查询”，显示不同内容界面。

5.4.3电网主网架构规划图展示

点击“电网主网架规划图”，弹出如图5.48所示窗体，点击左侧树状图，可显示不同年份的电网主网架规划图，左侧树状图显示电网主网架规划图标题，单击显示；并可对电网图进行缩放、漫游等操作。



5.4.4电厂现状展示

图5.48 电网主网架规划图界面

单击“现状电厂”，主窗体上展示现状电厂分布情况，如图5.49所示：



5.4.5电厂规划展示

图5.49 现状电厂布局展示界面

“规划电厂”下拉菜单中选择不同年份，主窗体中展示相应的规划电厂分布情况；鼠标移动至规划电厂图标上，图标放大；单击规划电厂图标，弹出窗体展示该规划电厂的具体信息；选择“规划电厂”的下拉菜单，选择不同选项，球体上展示相应的规划电厂图标；选择“规划电厂”下拉菜单的“清空展示”，规划电厂图标清空。



5.4.6变电站现状展示

图5.50 规划电厂布局展示界面

单击“现状变电站”，可对110kV和220kV电压等级变电站，分别进行展示。



5.4.7变电站规划展示

图5.51 现状变电站布局展示界面

单击“规划变电站”，勾选不同级别的变电站显示，在“规划变电站”下拉菜单中选择年份，按不同投产年份进行显示。



图5.52 规划变电站布局展示界面

**5.5****线路规划功能**

5.5.1线路方案

点击“新建方案”，弹出如图5.53窗体，录入方案名称以及方案描述信息，单击“新建”按钮，即可完成方案建立。



图5.53 新建方案界面

点击“打开方案”，弹出如下窗体，选择需要打开的方案名称，单击“打开”按钮，即可打开选择的文件。



图5.54 打开方案界面

点击“删除方案”选项，弹出如图5.55窗体，选择需要删除的项目，单击“删除”按钮，即可删除当前工程下的设计方案。



### 5.5.2 对象标绘

图5.55 删除方案界面

点击“参数设置”，选择标绘对象所属图层，进行相应的参数设置，设置完成后单击“应用”按钮，即可应用设置好的参数，如图5.56所示。



图5.56 参数设置界面

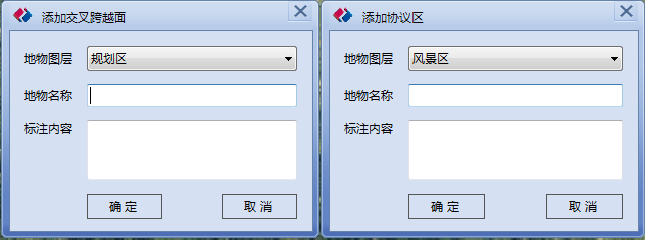
点击“新建线路方案”，则光标出现十字针，即可在主窗体中进行线路路径绘制，如图5.57

所示：



图5.57 线路路径绘制

点击“添加交叉跨越线”，弹出如图5.58窗口，选择地图图层，输入地物名称以及标注内容，单击“确定，“即可在需添加交叉跨越线的线路旁添加交叉跨越线。点击”添加交叉跨越面“，弹出如图5.59窗口。选择地图图层，输入地物名称以及标注内容，单击”确定，“即可



在需添加交叉跨越面的线路上添加交叉跨越面。点击“添加协议区”，弹出如图5.60窗口，选择地图图层，输入地物名称以及标注内容，单击“确定，“即可在主窗体中绘制协议区。

图 5.58 添加交叉跨越线图 5.59添加交叉跨越面图 5.60添加协议区

5.5.3设计成果展示

点击“设计成果展示”，弹出如下窗体：



图5.61 设计成果展示界面

选择“选取线路整体立塔”的立塔方式，单击“选择线路”按钮，利用鼠标在窗口中选中线路方案，单击“立塔”按钮，窗口即会显示立塔详细信息，单击“保存”按钮，即可保存立塔信息，如图5.62所示：



图5.62 选取线路立塔展示

选择“绘制线路自动立塔”的立塔方式，单击“鼠标绘制”按钮，利用鼠标在窗口中点选线路，双击鼠标结束线路，窗口即会显示立塔详细信息，单击“保存”按钮，即可保存立塔信息，如图5.63所示：



5.5.4平断面提取

图5.63 绘制线路立塔展示

点击“平断面提取”，弹出如下窗体，选择提取平断面的线路，设置提取参数，选择保存平断面的路径，点击“确定”按钮，即可将提取的平断面信息保存为org格式文件。



图5.64 平断面提取界面

5.5.5路径图导出

点击“路径图导出”，弹出如图5.65窗体，在左侧窗口中勾选导出的图层，设置路径图导出参数，点击“生成缓冲区”则沿着路径生成一定半径的缓冲区。

若选择绘制区域方式导出路径图，则点击“绘制区域”按钮，利用鼠标在窗口中框选导出路径图的范围，点击“清除”按钮，则可清除已选范围重新框选，点击“导出”按钮则可导出框选范围内的路径图。



5.5.6导线对地距离

图5.65 路径图导出界面

点击“导线对地距离”，弹出如图5.66窗体：



图5.66 导线对地距离界面

输入杆塔经纬度以及高度信息，点击“计算”按钮，即可在窗口中显示两杆塔之间导线的对地距离，点击“清除”按钮，则清除计算结果，如图5.67所示：



5.5.7排位结果导入

图5.67 导线对地距离展示

点击“路径图导入”，打开需要导入的路径图，如图5.68所示：



图5.68 路径图导入

单击“选择配准文件”按钮，打开已填写好源点和目标点坐标的excel表格，其中源点坐标通过鼠标在CAD图上获得，目标点坐标则通过鼠标在二维视图中获得，如下图所示：

113

图5.69 配准excel 表



图5.70 选择配准文件

点击“配准”按钮，则可完成路径图导入，选择“二维视图”模块，在左侧的基础数据维护栏中可以看到导入的CAD\_路径图。

# 第六章 总结

本文以数字地球技术、电力信息化和电力地理信息系统的相关理论技术为切入点，针对当前电力三维数字化规划系统的特点，通过对系统开发过程中的功能性需求，软硬件需求，系统各个模块的设计和数据库进程分析，最后实现了三维数字电力规划平台，为GIS技术在电力行业的应用提供了一个现代化的范本。

该系统本着“以人为本”的设计原则，在三维可视化、电力模型仿真、用户交互等方面做了部分改进，达到了本系统的预期要求，现已经在河南电力勘测设计院成功运营。经过本次的学习实践，论文主要完成以下工作：

1）将OGRE3D渲染引擎应用到三维地理信息系统渲染中，是本系统的一个大胆尝试，实验证明OGRE在三维地形表面模拟等方面，有很大的优势。OGRE自带的粒子系统、阴影模块等内容，可以快速扩展，方便用户对雨雪天气的模拟，阴影效果的添加使电力模型和城市模型在加载之后真实效果大大加强。但是由于OGRE不支持中文渲染，虽然通过修改接口实现了中文的渲染，但是仍和预期有些差距。

2）通过分析电力行业应用需求，提出了针对电力规划系统的设计方案，并实现了系统的功能性需求分析，最终建立了三维数字电力规划平台，结合河南省现有地形、电力等数据，在实例中进行应用，此系统可以真实模拟电力线路经过的地形环境，可以通过三维分析等功能实现线路规划的提前模拟。

3）系统利用现有EV\_Globe平台与C#编程语言，实现了电力模型的选择、移动、编辑等功能，大幅度提供了电力线路的编辑功能。实现了模型的属性信息等数据的查询，三维漫游等功能。

4）按照面向对象设计模式要求，利用Oracle10软件实现数据库的创建，根据需求数据库主要分为系统库、三维模型库、二维矢量库三个部分。

回顾论文的整体，由于本人技术理论和时间等方面的因素，虽然对系统在三维建模、可视化等具体应用做了改进，但是根据项目测试，有些细节还没有考虑周全，在一些地方应进一步改进。

1）由于电力规划的复杂性、系统使用数据的多样性，本系统部分功能模块需要进一步扩展，通过系统调试与用户反馈，对系统功能进行针对性完善，使其更加符合用户使用习惯。

2）由于三维场景中需要加载大量的空间数据，模型数据等，过多的模型势必会对系统响应速度、系统工作效率产生影响，因此需要对模型数据进行简化，优化系统的运行速度。

参考文献

[1] 中国1949—1989年电力装机容量和发电量. 中国电机工程学报, 1999, Vol. 10: 72

[2] Al Gore. The Digital Earth: Understanding our planet in the 21st Century. [http: //www. opengis. org/info/pubaf-fairs/ALGORE. htm](http://www.opengis.org/info/pubaf-fairs/ALGORE.htm) Given at the California Science Center, Los Angeles, California, on January, 31, 1998

[3] 承继成, 郭华东, 薛勇编著. 数字地球导论. 北京: 科学出版社, 2007.4~8

[4] [http: //www. cas. cn/jzd/jys/jyslt/200210/t20021031\_1677479. shtml](http://www.cas.cn/jzd/jys/jyslt/200210/t20021031_1677479.shtml)

[5] 李德仁, 龚健雅, 邵振峰. 从数字地球到智慧地球. 武汉大学学报（信息科学版）, 2010, 35卷2期: 127~132

[6] 辜体仁. GIS提升电力行业的信息化水平. 自动化博览, 2004, Vol.2: 85~87

[7] 倪建立. 电力地理信息系统及其发展[J]. 电力设备, 2004, 7: 85-88

[8] 卢娟, 李沛川. 浅析电力GIS系统的发展及其主要功能. 测绘通报, 2005, Vol. 2: 55~57

[9] IEEE Spectrum Energywise Newsletter[EB/OL]. [2011-07-01]. thhp: //spectrum. oeee. org/static/newsletters.

[10] WILLANTT, SAYLORS. Transmission and distribution in Canada[J]. Power, 2011, 155 (3): 42-44.

[[11] http: //www. ogre3d. org/about](http://www.ogre3d.org/about)

[12] 杨波, 徐利梅. 基于OGRE图形渲染引擎的视景仿真技术的研究与实现[D]. 成都: 电子科技大学, 2006

[13] Gregory Junker. Pro OGRE 3D Programming[M] Berkeley, CA: Apress, 2006.4~5

[14] 孙博蔚. 基于OGRE的3D校园虚拟社区战斗系统设计与实现: [硕士学位论文], 北京: 北京交通大学, 2010

[15] 李波. 城市基础地理信息系统矢量数据更新研究[D]. 南京: 南京师范大学, 2006

[16] 方涛, 李德仁, 龚健雅. GenlmageDB多分辨率无缝影像数据库系统的开发与实现[J]. 武汉测绘科技大学报, 1999, 24(3): 189-193

[17] 周波, 祝忠明, 刘再东. 遥感影像的瓦片金字塔切割与边界填充研究. 计算机与信息技术, 2011, Vol. 10: 29~32

[18] 刚萨雷斯(Rafael C. Gonzalez), Richard E. Woods等著, 阮秋琦, 阮宇智等译. 数学图像处理(第二版), 北京: 电子工业出版社, 2003: 276~279

[19] 杜莹. 全球多分辨率虚拟地形环境关键技术的研究[D]. 郑州: 信息工程大学, 2005

[20] Clark J H. Hierarchical geometric models for visible surface algorithms[J]. Communications of the ACM, 1976: 547-554

[21] 李清泉等. 三维空间数据的实时获取、建模与可视化. 武汉: 武汉大学出版社, 2003: 224~225

[22] 何晖光, 田捷, 张晓鹏等. 网格模型化简综述. 软件学报, 2002, 13(12): 15~24

[23] 郭红杰, 赵景亮, 等. 3dsmax5教程[M]. 北京: 北京希望电子出版社, 2003: 5~12

[24] 李广荣, 程凤娟, 皮微云. 3dsmax 7三维与动画设计精彩实例[M]. 北京: 清华大学, 2005: 25-33

[25] 桂早芳. 面向对象数据库技术分析[J]. 黄冈职业技术学院学报. 2010, 1

[26] 刘秀玲等, 配电网地理信息系统数据库设计与图形绘制[J]. 电力系统自动化, 2001.5(25), 61~63

[27] 耿国梁等, 面向对象技术在城市配电网GIS数据库中的应用[J]. 地球信息科学, 2000.9(3), 53~57.

[28] 栗然, 张光华等, 可视化环境下的配电网操作票通用化实现, 电力系统自动化, 2001, 25（10）: 47~50

[29] 金永福, 郭伟其, 苏诚. Google Earth在海岸线修测调查中的应用研究[J]. 海洋环境科学. 2009(05)

[30] 卢海滨, 郑文锋等. NASA World Wind JavaSDK数字地球客户端开发[J]. 测绘科学. 2009(03)

[31] 成鑫. Virtual Earth在物流系统中的应用. 中国西部科技. 2009, Vol. 2:

[32] 梁吉欣, 左小清. Skyline在Web三维GIS中的应用研究[J]. 昆明理工大学学报（理工版）. 2009(02)

[33] 郝齐辉. 虚拟现实中复杂形体的LOD模型研究. 2006

[34] 路由． 3DStudioMAX5.0基础造型方法[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2004: 1-16

[35] 李德仁. 数字地球与“3S”技术[J]. 中国测绘, 2003, 02: 28~31

[36] 杨春金. 3DGIS建模及可视化技术的应用研究[M]. 武汉理工大学, 2007

[37] 吴慧欣. 3DGIS空间数据模型及可视化技术研究[D]. 西北工业大学, 2007

[38] 翟建军. 基于DirectX的3D图形引擎的设计和实现[J]. 南京航空航天大学, 2008

[39] 王宇翔. [分布式网络地理信息系统研究](http://dlib.cnki.net/kns50/detail.aspx?dbname=CDFD2002&amp;filename=2002092337.nh&amp;filetitle=%e5%88%86%e5%b8%83%e5%bc%8f%e7%bd%91%e7%bb%9c%e5%9c%b0%e7%90%86%e4%bf%a1%e6%81%af%e7%b3%bb%e7%bb%9f%e7%a0%94%e7%a9%b6)[D]. 中国科学院研究生院（遥感应用研究所）, 2002

[40] 石华军, 万明忠. 三维地理信息系统与电网数字化管理[J]. 电力勘测设计, 2005

[41] 康志忠. [数字城市中街道景观主体3D可视化的快速实现研究](http://dlib.cnki.net/kns50/detail.aspx?filename=2006031607.nh&amp;dbname=CDFD2006&amp;filetitle=%e6%95%b0%e5%ad%97%e5%9f%8e%e5%b8%82%e4%b8%ad%e8%a1%97%e9%81%93%e6%99%af%e8%a7%82%e4%b8%bb%e4%bd%93%e4%b8%89%e7%bb%b4%e5%8f%af%e8%a7%86%e5%8c%96%e7%9a%84%e5%bf%ab%e9%80%9f%e5%ae%9e%e7%8e%b0%e7%a0%94%e7%a9%b6)[D]. 武汉大学, 2004

[42] 中国电力企业联合会标准化中心. 110~500KV架空送电线路设计技术规程[S]. 中国电力出版社, 1999

[43] 虞忠年, 陈星莺, 刘昊等. 电力网电能损耗[M]. 中国电力出版社, 2000

[44] 朱六璋. 浅析电网运行调度决策支持系统的应用[J]. 安徽电力, 2005, 22(2): 6-9

[45] 张启峰. 陕西电网GIS管理系统研究[J]. 陕西电力, 2007, 35（1）: 57~59

[46] 高东亮, 林济铿, 罗萍萍. 基于MapObjets的配电网信息管理系统开发[J]. 电力自动化设备, 2006, 33(5）: 50~51

[47] 朱明亮, 董冰等. 三维场景中基于视口空间的拾取算法[J]. 工程图学学报, 2008, 2: 94~97

[48] 王正源, 密新物, 常兆选. 基于OGRE 无限通信基站覆盖范围仿真[J]. 湖北工业大学学报, 2007, 22(6）: 51~53

[49] 冯杰. 大型三维网格模型的简化及基于视点的LOD控制. 北京大学信息科学技术院, 2005: 27~28

[50] 于永彦. 基于三角块分割实现细节等级地形的动态仿真. 计算机仿真, 2004, 21（12）: 169~171

[51] 盛崇ft. OGRE的渲染系统[. http: //antsam. blog](http://antsam.blogone.net/)o[ne. net](http://antsam.blogone.net/)

[52] 陈述彭, 鲁学军, 周成虎. 空间信息系统导论[M]. 北京: 科学出版社, 1999

[53] 张祖勋. 数字摄影测量学. 第1版. 武汉: 武汉大学出版社, 1997: 34~35

[54] 兰小机, 刘德儿. 地理信息系统基础[M]. 江西理工大学讲义, 2005

致 **谢**

“千淘万漉虽辛苦，吹尽狂沙始到金”。经过数月的努力，我终于完成了毕业论文。回首研究生求学的这三年，当我从祖国最东边的黑龙江，只身来到相隔万里的江西理工大学，闻着八角塘淡淡的荷香，听着图书馆的朗朗书声，这期间有过挫折，有过艰辛，是亲人、老师与同学们的关心与鼓励，给了我前进的动力，请允许我向你们表达最诚挚的谢意。

首先，感谢兰小机教授对我从本科到研究生期间的辛勤培养与教诲。在论文撰写期间，兰教授在繁忙的工作中多次对我论文研究内容等问题提出具体指导。他严谨的治学态度，勤奋的工作作风，深深地烙在我的脑海里，是我学习的榜样。

其次，我要感谢同实验室的蔡竹静、林川、刘光鑫、邓凯、肖元秀等同学，以及同一届的孙超、苑海涛、胡博宏等同学。在共同的学习生活中，他们使我受益匪浅，我们共同进步、一起成长。

再次，感谢研发部的陈超、赵威、徐海林等人，事业部罗真、单跃强等人。他们在我实习期间寄予我了许多指导与鼓励，为我论文的顺利完成提出了宝贵的意见，并感谢北京国遥新天地有限公司为我的论文提供相关的遥感影像、DEM等数据。

最后，我要感谢我的父亲母亲，是他们辛苦的劳作和无私的奉献，为我提供了物质基础，才能使我顺利完成学业，在此祝他们万事如意、身体健康。我将以优异的学习成绩来报道父母的养育之恩！

谨向那些帮助过、支持过、关心过我的所有老师、同学和朋友们表达我最衷心的感谢！谢谢你们。

# 个人简历

一、个人简历

张国峰，男，汉族，1986年9月出生，黑龙江省佳木斯人。

2010年7月毕业于江西省赣州市江西理工大学地理信息系统专业，获得理学学士学位。

2010年9月至今在江西省赣州市江西理工大学攻读地图学与地理信息系统专业硕士研究生。

二、攻读硕士学位期间获得的研究成果

研究生期间发表的论文——广域高分遥感技术在输电线路设计中的应用

学位论文使用授权书

学校有权保存提交论文的印刷版和电子版，并提供目录检索和阅览服务，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文。本人同意江西理工大学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。

注：保密学位论文在解密后适用于本授权书。**同意授权**

学号：6120100041

**江西理工大学学位论文独创性声明及使用授权书**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 学位论文题目： | |  |  | 学位级别 | 硕士 |
| 三维数字电力规划系统设计与实现 | | | | 所在学院 | 建筑与测绘工程学院 |
| 学科专业 | 地图学与地理  信息系统 | 导师姓名 | 兰小机 | 学生姓名 | 张国峰 |
| 学位论文  是否保密 |  | 如需保密，解密时间 | | 年 月 日 | |
| 独创性声明  本人声明所呈交的论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得江西理工大学或其他教育机构的学位或证书而使用过的材料，指导教师对此进行了审定。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做了明确的说明，并表示了谢意。  研究生签名： 时 间 ： 年 月 日 | | | | | |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 作者签名： |  |  |  | 导师签名： |  | | |
| 签名日期： | 年 | 月 | 日 | 签名日期： | 年 | 月 | 日 |
| **不同意授权** |  |  |  |  |  |  |  |
| 作者签名： |  |  |  | 导师签名： |  |  |  |
| 签名日期：  说明理由： | 年 | 月 | 日 | 签名日期： | 年 | 月 | 日 |