

doi: 10.3969/j.issn.1007-290X.2013.04.013

# 基于 Skyline 技术的三维输电线路信息管理系统构建

钟世冠, 苏超

(广东电网公司清远供电局, 广东 清远 511515)

**摘要:** 基于 Skyline 技术开发三维输电线路信息管理系统, 已完成主要功能的开发、硬件设备的部署和服务平台的搭建, 实现了输电杆塔的设备参数、影像图片以及运行状态记录, 输电线路任意杆塔任意地形的洪水淹没情况分析等应用功能, 实际应用效果较好。该系统能为复杂的输电线路结构提供强大的可视化管理及空间分析能力, 为实现电网三维可视化管理打下了良好基础。

**关键词:** Skyline; 输电线路; 三维可视化; 信息系统

中图分类号: TM769

文献标志码: A

文章编号: 1007-290X(2013)04-0060-05

## Construction of 3D Transmission Line Information Management System Based on Skyline Technology

ZHONG Shiguan, SU Chao

(Qingyuan Power Supply Bureau of Guangdong Power Grid Corporation, Qingyuan, Guangdong 511515, China)

**Abstract:** 3D transmission line information management system based on Skyline technology has finished construction of its development of main functions, deployment of its hardware equipments and service platform and realized application functions of recording equipment parameters, images and pictures and operational status of the transmission tower, analyzing flood situation of any tower or any terrain. Practical application shows this system is good in effect which can provide strong visual management and space analysis capability for complex transmission lines and establish good basis for realizing 3D visual management.

**Key words:** Skyline; transmission line; 3D visualization; information system

当前, 三维地理信息系统(geographic information system, GIS)技术得到了蓬勃发展, 并在大规模地形显示、空间数据管理和空间数据分析等方面都取得了突破性的进展, 为研究新一代交互式、可视化的电网地理信息管理系统提供了有利的技术条件<sup>[1]</sup>。

三维 GIS 技术在电力行业的生产、运行和管理方面已得到了一定的研究应用, 并取得了较好的成果。清远供电局结合自身实际, 独立自主开发了基于 Skyline 的三维输电线路信息管理系统。本文

对该系统的技术路线、系统构架、应用部署以及应用效果等方面分别进行阐述。

### 1 系统概述

#### 1.1 设计思路

设计合理的信息化系统可以大大提高工作效率, 减轻业务人员的工作负担。系统设计思路主要有以下几点:

a) 能直观、快速、准确地查询到设备地理位置、走廊通道以及运行状况等信息, 包括输电设备信息、杆塔金具、横担分色、相序、线路走向、抢修路径等。

b) 具备三维空间分析能力, 包括电网地理结

收稿日期: 2012-12-11

构分析、缺陷区域分析、三维雷电分布分析、地区鸟害易发区分布分析、污区分布分析、树木外部隐患速生长区分析。

c) 可进行后期的增值服务,例如为无人机巡检导航提供数据接口。

## 1.2 Skyline 简介

Skyline 是一套优秀的三维数字地球平台软件,它可利用海量的遥感航测影像数据、数字高程数据以及其他二、三维数据搭建出一个模拟真实世界的三维场景,目前在国内是制作大型真实三维数字场景的首选软件<sup>[2]</sup>。该软件具有全球三维地形及影像浏览、地物建模与三维地理信息查询等功能,目前的主要产品有三维浏览与显示模块 TerraExplorer Pro、三维数据生产与制作模块 TerraBuilder 和管理 Skyline 软件的服务器程序 TerraGate<sup>[3]</sup>。Skyline 软件不仅提供了直接可用的三维地理信息显示、浏览与分析软件,同时还提供了可进行二次开发的应用程序编程接口(application programming interface, API),该 API 可实现 TerraExplorer Pro 使用软件的大部分功能,并且在调用时可直接与各类常用程序语言混合编写,便于二次开发者建立自己的软件。Skyline 软件具备以下优点:

a) 产品线齐全,涵盖了三维场景的制作,网络发布和嵌入式二次开发整个流程;

b) 支持多种数据源的接入,其中包括 Web 要素服务(Web feature services, WFS)、Web 地图服务(Web map service, WMS)、地理标识语言(geography markup language, GML)、Keyhole 标记语言(Keyhole markup language, KML)、Shape 文件(Shp)、空间数据库引擎(spatial database engine, SDE)、Oracle、Excel、3DMX 和 sketch up 等,方便信息集成;

c) 通过流访问方式可集成海量的数据源,可制作小到城市、大到全球的三维场景;

d) 飞行漫游运行流畅,具有良好的用户体验,长时间浏览亦可保持流畅运行;

e) 支持在网页上嵌入三维场景,制作网络应用程序,方便构建浏览器-服务器(browser/server, B/S)系统。

## 1.3 系统功能设计

三维输电线路信息管理系统结合了虚拟现实和 GIS 的技术特点,使用户可以在三维空间中认识和

管理电网系统。其主要功能有<sup>[4]</sup>:

a) 输电线路三维可视化管理,具有漫游、标图和图形快速切换功能;

b) 具备对输电线路信息图形资料快速录入、查询功能;

c) 可快速查询任一输电线路、杆塔在平面地形图上的位置;

d) 可快速查询任一杆塔单线图、结构图和杆塔全部材料表;

e) 可快速查询任一线路上的故障记录及检修记录,并确定下一次巡线检修时间;

f) 进行道路拓补网络分析,对故障点可进行道路选择,给出线路抢修的最佳路线;

g) 各缺陷管理及分布图生成与分析,包括树木生长区、鸟害、污区、雷区分布图等;

h) 具备信息远传功能,通过设定的通信协议,可与现有信息系统实现信息互通。

## 1.4 基本技术要求

a) B/S 构架标准,应采用 Ajax、DIV + CSS (Division + cascading style sheets)、可扩展超文本标记语言(eXtensible hyperText Markup Language, XHTML)等标准的 Web2.0 技术,符合标准 HTML W3C,兼容各大主流浏览器(例如 IE6/7/8、Fire-Fox、Opers、Chrome 等)。脚本语言采用 PHP、JSP 或 .NET,数据库采用 MySQL、MSSQL 或者 Oracle,操作系统采用 WinXP、Linux 或 FreeBSD 等。

b) 客户-服务器(client/server, C/S) 构架标准,应采用标准的 C++ 语言编写,数据库采用 Oracle 或 SQL Server 等。

c) 系统应满足 10 个并发下单操作不少于 3 s 的性能要求。

## 2 系统实现技术路线

### 2.1 系统总体构架

三维输电线路信息管理运行于复杂网络环境中,需要与众多的业务系统进行交互。本系统采用分层设计思路,包括数据层、平台软件层、应用软件层和客户层<sup>[5]</sup>,如图 1 所示。

a) 数据层。主要用于存储三维地理空间数据、二维地理信息适量数据以及电网设备信息的基础属性数据、电网影像资料数据、依据基础数据构建的

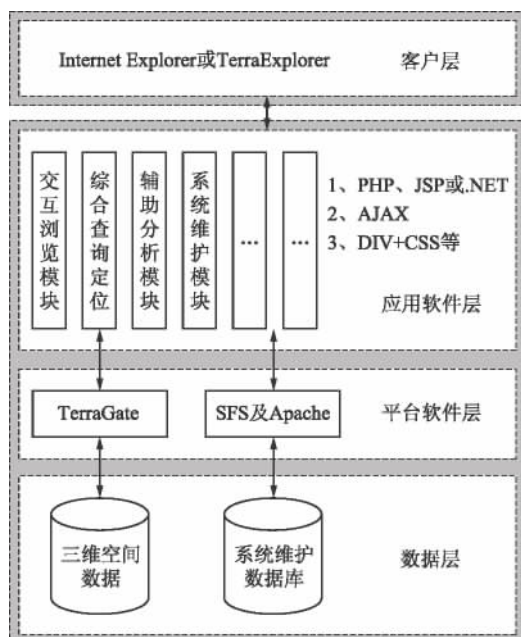


图1 系统总体构架图

电网数字化模型库以及增值服务数据等。

b) 平台软件层。主要用于管理数据模型并为应用软件层提供服务的应用服务器软件，主要为 TerraGate、流特征服务( Streaming Feature Service, SFS) 及 Apache 等。分别用于发布三维空间数据、电网矢量数据以及 Web 应用发布服务等。

c) 应用软件层。用于各类业务功能应用，具体有电网数据管理和展示、综合地理位置查询、辅助分析、架空线路和电缆运行状态分析、视频监控、无人机导航接入以及统计报表等。

d) 客户层。主要用于各类客户端定制和非定制

制服务。为保证良好的适应性和扩展性，系统在 B/S 和 C/S 两种构架模式下，分别使用 Internet Explorer 和 TerraExplorer 进行系统应用。

## 2.2 地理信息层构架

地理信息层主要用于存储发布三维空间和二维地理信息数据。服务器软件采用 Skyline 的 TerraGate 模块和 TerraGateSFS 用于发布数字正射影像图( digital orthophoto map, DOM)、三维数字高程模型( digital elevation model, DEM) 以及电网信息模型数据( KML、Shp)，如图2所示<sup>[6]</sup>。

## 2.3 部署方案

系统采用区域集中式部署，共3台服务器，部署于互联网数据中心( Internet data center, IDC)。部署方案如图3所示，Server A 为应用程序服务器，操作系统采用 Windows Server 2003，用于发布地理空间信息数据；Server B 为 Web 应用发布服务器，操作系统采用 Linux，用于发布信息系统数据；Server C 为数据库服务器用于系统数据存储与应用。Server A 和 Server C 与 Server B 互联，各客户端通过局域网访问 Server B 实现系统业务访问，完成部署。

## 3 系统实现效果

根据设计要求，目前已完成第一阶段的开发测试和系统部署。

a) 系统采用 PHP + MySQL 进行 B/S 版本的开发，系统界面如图4所示。

b) 系统 C/S 版本系统采用 Skyline 组件 TerraExplorer，主界面如图5所示。

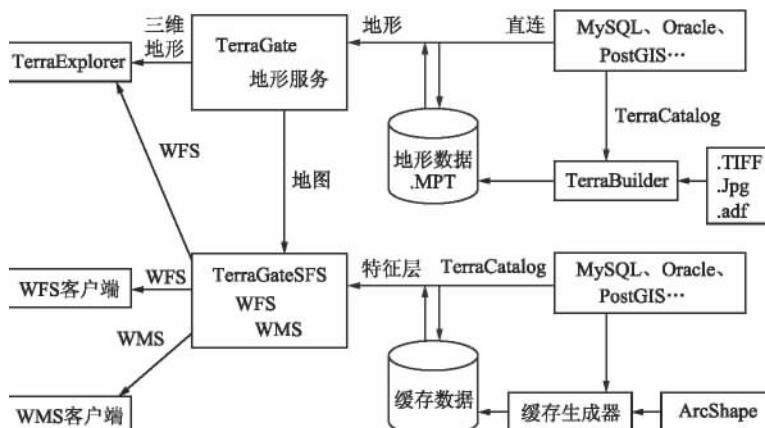


图2 地理信息层构架图

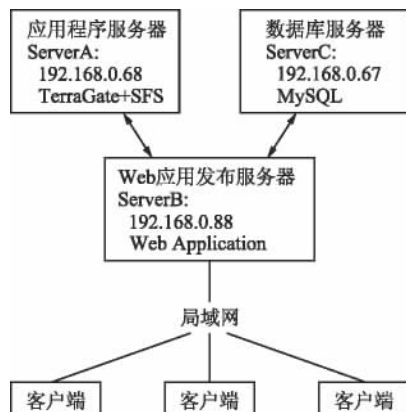


图3 系统部署方案

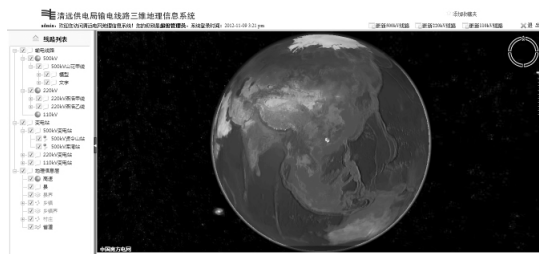


图4 B/S 构架系统主界面

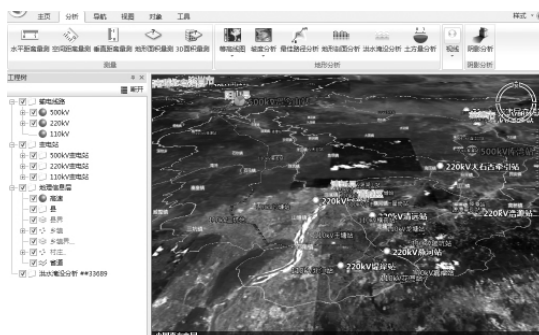


图5 C/S 构架系统主界面

c) 系统可实现对整条线路以及任意杆塔的三维漫游，界面如图6所示。

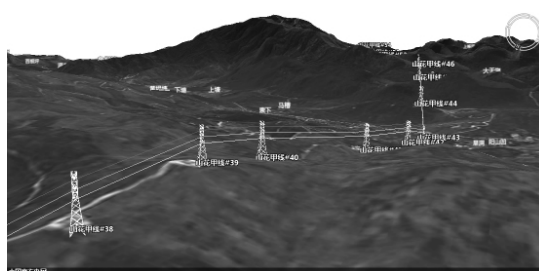


图6 输电线路三维漫游

d) 系统可实现查看任意输电杆塔的设备参数、影像图片以及运行状态记录等信息的功能，界面如图7所示。

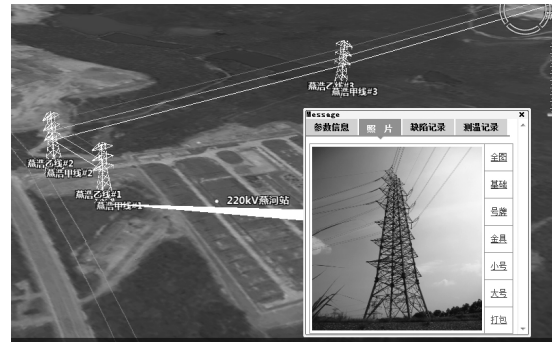


图7 杆塔信息查看

e) 系统可实现对输电线路所经过地形、地貌及高程进行分析，以便进行抢修、防雷、防山火等方面的研究，界面如图8所示。

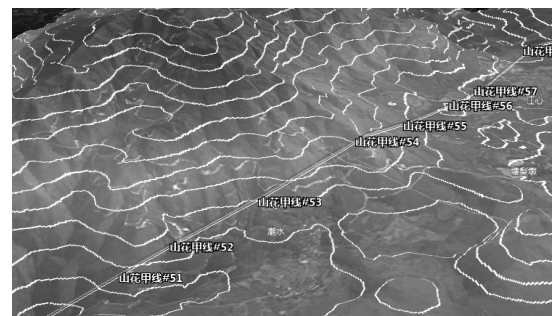


图8 线路高程分析

f) 系统可实现对输电线路任意杆塔任意地形的洪水淹没情况进行分析，以便进行防洪方面的研究，界面如图9所示。

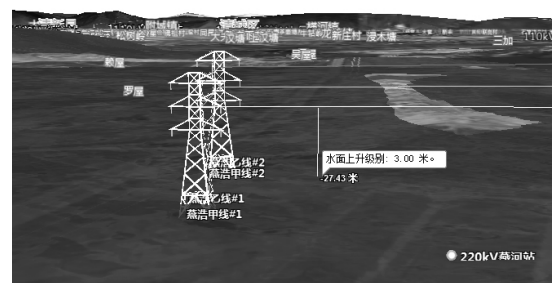


图9 杆塔淹没分析

## 4 结束语

在三维输电线路信息管理系统中，一条完整的

线路往往要延续几十甚至几百公里,这使得相应的数字地面模型规模巨大,加上众多的河流、道路、居民区等地表特征物模型和数以千万计的输电设备模型,导致整个三维场景结构复杂<sup>[7]</sup>。三维 GIS 提供了处理大量数据的平台,同时通过模拟真实的输电设备(如杆塔、绝缘子、导线),使输电线路更直观立体地展示。

三维输电线路信息管理系统采用合理的软件体系和模块化设计模式,将来也可以作为维修模拟培训、雷电区域分析、输电线路设计以及无人机巡检导航等高层应用软件的数据平台。

随着计算机信息系统的飞速发展以及配套设施的不断完善,三维输电线路信息管理系统的应用必将为电网信息化发展注入新的活力,为电网三维可视化管理搭建良好的基础。

#### 参考文献:

- [1] 吴信才. 地理信息系统原理与方法 [M]. 2 版. 电子工业出版社, 2009.
- [2] 王爱国, 刘春雷, 胥存华. 3D GIS 技术在国土资源信息管理中的应用[J]. 现代测绘, 2007, 30(2): 44-46.  
WANG Aiguo, LIU Chunlei, XU Cunhua. The Application of 3D GIS Technology in Land and Resource Management [J]. Modern Surveying and Mapping, 2007, 30(2): 44-46.
- [3] 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, 34(2): 1-4.  
LIANG Jixin, ZUO Xiaoqing. Application and Research of Skyline in Web Three-dimensional GIS [J]. Journal of Kunming University

of Science and Technology: Science and Technology, 2009, 34(2): 1-4.

- [4] 孟遂民, 李光辉, 王正平. 输电线路 GIS 的总体设计[J]. 武汉水利电力大学(宜昌)学报, 1999, 21(4): 334-337.  
MENG Suimin, LI Guanghui, WANG Zhengping. General Design of Transmission Line GIS [J]. Journal of Wuhan University of Hydraulic and Electric Engineering (Yichang), 1999, 21(4): 334-337.
- [5] 洪安龙, 许大璐, 梁剑芳. 基于 Skyline 的三维地理信息系统应用的实践[J]. 数字国土, 2009, (3): 49-50.  
HONG Anlong, XU Dalu, LIANG Jianfang. Practice of Application of 3D GIS Based on Skyline Technology [J]. Digital Land, 2009, (3): 49-50.
- [6] 侯溯源, 危拥军, 吉国杰. 基于 Skyline 的地理信息三维可视化系统研究[C]//第六届全国地图学与 GIS 学术研讨会. 乌鲁木齐 [s. n.], 2008.
- [7] 李晓骏, 邱家驹. 基于三维 GIS 技术的输电线路地理信息系统的设计与实现[J]. 电力系统及其自动化学报, 2003(1): 5-9.  
LI Xiaojun, QIU Jiaju. Design of Geographic Information System in Power Transmission Management Based on 3D GIS Technology [J]. Proceedings of the CSU-EPSA, 2003(1): 5-9.

#### 作者简介:

钟世冠(1975), 男, 广东清远人。高级工程师, 工程硕士, 主要从事电力系统信息化管理工作。

苏超(1985), 男, 吉林吉林人。助理工程师, 工学学士, 在读工程硕士, 主要从事电力系统信息化工作。

(编辑 彭艳)

(上接第 38 页)

- [21] 武小梅, 白银明, 文福拴. 基于 RBF 神经网络的风电功率短期预测[J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39(15): 80-83.  
WU Xiaomei, BAI Yinming, WEN Fushuan. Short-term Wind Power Forecast Based on the Radial Basis Function Neural Network [J]. Power System Protection and Control, 2011, 39(15): 80-83.
- [22] 刘明波, 谢敏, 赵维兴. 大电网最优潮流计算[M]. 北京: 科学出版社, 2010.
- [23] 马瑞, 袁文伟. 基于蒙特卡罗随机选线最优潮流的电压崩溃临界点算法[J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39(2): 65-69.  
MA Rui, YUAN Wenwei. An Approach for Determining Voltage Collapse Critical Point Based on Monte Carlo Stochastic Line Selection Optimal Power Flow [J]. Power System Protection and Control, 2011, 39(2): 65-69.

#### 作者简介:

武小梅(1972), 女, 吉林吉林人。副教授, 硕士生导师, 在读博士研究生, 主要研究方向为电力系统运行分析与控制以及新能源发电。

陈慧坤(1963), 男, 广东博罗人。高级工程师, 工程硕士, 长期从事电网调度运行管理工作。

文福拴(1965), 男, 河南安阳人。特聘教授, 博士生导师, 工学博士, 主要研究方向为电力系统故障诊断、系统恢复和电力市场。

(编辑 王夏慧)