

基于 Google Earth 的电网信息可视化研究及实现

黄媛¹, 刘俊勇¹, 何迈¹, 杨嘉湜², 王民昆²

(1 四川大学电气信息学院智能电网四川省重点实验室, 四川 成都 610065;

2 四川省电力公司, 四川 成都 610041)

摘要: 电网整体运行趋势性的数据构成主要是融合若干调度自动化系统的实时及历史数据, 采用灵活界定的数据选择展示, 提供电网运行的直观性、可阅性、提示性和概括性信息。利用编程工具实现了 Google Earth 和电网可视化的无缝连接, 在融合多个系统数据的可视化平台下, 为电网信息的可视化展示提供了一个新的手段。

关键词: Google Earth; 电网; 分区统计; 可视化

Abstract: The operation trend of the whole power grid can be exposed by its data through the combination of real-time data with history ones from dispatch automation system and showing them with flexibility, thus it has the features of intuitionism, readability, inspiration and summation. The seamless connections between Google Earth and visualization in power grid are realized and a new method is provided by which the information can be visualized with the integration of several platforms.

Key words: Google Earth; power grid; sectional statistics; visualization

中图分类号: TM711 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003-6954(2009)增-0042-04

0 引言

随着互联系统规模的日趋扩大和结构复杂程度的增加, 调度员需要监控的数据量呈指数级增长。面对海量的实时信息和各类经过分析、处理、筛选的二次信息, 如何对其进行直观的展示, 近年来得到了国内外众多学者的关注, 同时也做了很多相应的探索。从最初的电网单线图的数据原始表示及列表表示, 逐步考虑了颜色、动画、地理位置等因素以及从二维向三维发展, 形成了一系列与电力系统运行相对应的可视化表达方式^[1~2]。

随着电网可视化功能从静态监视—动态监视—安全控制分析—辅助决策发展, 根据现场的需求, 对各种分区、分类的指标体系也提出了新的可视化表达手段。

提出了在考虑空间地理信息的 Google Earth 上的电网信息的可视化表达的思想并予以实现。一改传统的表格统计, 采用数字化的虚拟仪表技术展示信息的方式, 给调度员提供了快速、准确的信息显示平台, 满足其直观性、可阅性、提示性和概括性要求。

1 Google Earth 与传统 GIS 平台的比较

始于 20 世纪 60 年代的传统 GIS 在数据采集和

输入、空间数据的分析与处理以及数据输出等方面表现了强大的功能, 在输配电管理方面已经有一定的应用, 但它本质上是基于抽象符号的系统, 不能给人以自然界的原本感受。

三维 GIS 对客观世界的表达能给人以更真实的感受, 它以立体造型技术向用户展现地理空间现象, 不仅能够表达空间对象间的平面关系, 而且能描述和表达它们之间的垂向关系。但在二维模型转换为三维模型以及因特网上三维空间数据的标准化与互操作上还未完全实现^[8]。电力系统本质上是一个跨越广大区域的实时动态系统, 传统的 GIS 虽然能够提供电网所处的各种空间环境信息 (如山脉、道路、水域、建筑物、架空线路和通信线路等), 以便了解各种电力设备的环境特征, 但二维的表现手段在本质上是与电力系统在时空性上的四维本质所不同的, 而 Google Earth 卫图影像与现实世界更为贴近。

Google Earth 是一款强大的三维地图软件^[4], 它将卫星图片与全球卫星定位数据、地理信息系统、图形、视频流以及 3D 等技术结合在一起, 能实时地为用户提供三维空间信息和数据。同时由于 Google Earth 的开放性及通用性为它的广泛应用提供了广阔的前景。

目前, 在电力系统的勘测设计中 Google Earth 已

得到一定程度的应用^[5],在厂变工程的勘测设计项目中,可通过 Google Earth 构建的三维地面高程模型进行选址、方案比选,而不必到现场;也可对勘测任务书中的勘测范围、面积进行确认,不会因未到现场使得勘测范围太大或太小,有效地节省勘测工作量和勘测周期。在输电线路工程的勘测设计中,可利用 Google Earth 对线路路径做优化选线,避让各类规划区、军事区,有效提高线路路径方案的可行性,同时,也可利用 Google Earth 的三维地面高程模型剖切断面,满足投标和方案比选之用,此外也可用来绘制输电线路地理平面图^[6]。

2 关于 KML

KML 全称 Keyhole Markup Language 是一种 Google 公司开发的、基于 XML (eXtensible Markup Language 可扩展标记语言)语法和文件格式的、用来描述和保存地理信息如点、线、面、3D 模型等的编码规范,并在 Google Earth 客户端中显示。

KML 是一种用来在地图浏览器中展示地理数据的文件格式,使用一种基于标签(名称和属性)的语法格式来描述地理标注信息,KML 文件采用简单易理解的文本文件来描述地理信息结构化数据,可以使用简单的文本编辑程序或 XML 编辑程序进行读写和编辑。它支持 3D 图形,且 KML 文件中的图像可以选择随着视角高度的变化而缩放,甚至平躺,也可以选择随视角高度的变化而放缩,其实现过程较其他 3D 专业软件更容易。

在 Google Earth 中各种信息是通过不同的图层(layer)添加进去的。通过编写制作不同的数据图层,并在相应的图层上加载相应的数据信息,图层打开就会在相应的位置呈现所加载的电网数据。Google Earth 实现它的核心内容是 KML 语言。KML 被 Google Earth Viewer 显示的过程和 HTML 网页被浏览浏览器处理差不多,而且和 HTML 一样。通过 KML 建立各种不同的数据层,可以实现各种属性数据的分拣、归类、查询、标识。

KML 基本特点功能为^[7]:

指定一个地点的图标和标注来区分每一个地点;

为每一个视图指定明确的视角来创建不同的特写镜头;

使用指定到屏幕或地理位置的图片标注;

为特定种类的标注定义显示样式;

为标注指定基于简单 HTML 语法的描述,支持超链接和图片的显示;

使用目录对标注进行树形的分类管理,时间戳记的标注可以用来进行动态播放;

从本地或远程的网络地址动态的加载 KML 文件。

客观世界各种复杂的地理对象可以抽象为点、线、多边形(面)等几种空间几何类型。KML 通过 Geometry 抽象元素定义了几种基本的几何图形元素,提供了点(point)、线(LineString)、环(LinearRing)、多边形(polygon)、三维模型(Model)等基本几何图形,还可以通过 MultiGeometry 聚合不同形态的基本几何图形形成复合的几何图形从而定义复杂的几何实体,见图 1。

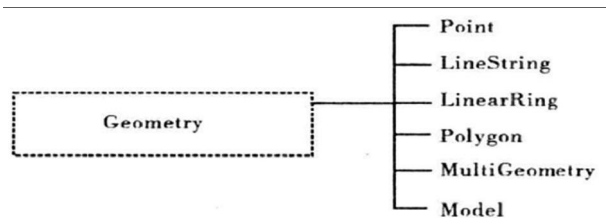


图 1 KML 几何对象

KML 提供的常用的地理元素如下。

(1) Coordinates 元素,即坐标序列元素,一个地理坐标对定义为:经度、纬度、高度。坐标序列的坐标对之间用以空格为分隔符。

(2) Point 元素,即点元素,用来编码几何点类,每一个 Point 元素包括一个 coordinates 元素,包括一个而且仅仅一个坐标对。

(3) LineString 元素,即折线元素,是由一序列的坐标对所组成的直线段连接起来的折线。

(4) LinearRing 元素,即环元素,是一个简单的线形闭合环,是由起点坐标与终点坐标相同的一序列的坐标对所组成的直线段连接起来的折线环。

(5) Polygon 元素,即多边形元素,是一个连接的平面,按面域之间的包含关系可分为无岛面域、有岛面域,其外边界由 outerBoundaryIs 定义,内边界由 innerBoundaryIs 定义。

(6) MultiGeometry 元素,即复合对象元素,作为包含任意几何元素(点、线、面等几何图形)的容器,一个 MultiGeometry 元素可以包含基本的几何元素如: Point LineString Polygon 等,甚至包括其他 MultiGeometry 元素。

3 电网信息可视化实现的结构

3.1 电网信息

电网可视化的信息主要包括 SCADA /EMS 的电网运行的一次信息以及电网根据分区信息所形成的电网运行状态的趋势信息。其中的分区可以根据预先设定的 (主要按行政管辖界定),也可以是从图形上灵活设置电网的分区。电网的分区运行信息主要包括容载比分析、负荷水平分析、电力电量平衡分析、电压合格率分析、重载设备分析。这些分区统计信息均从系统角度为调度员提供电网运行状态的信息,是宏观掌握电网变化的重要信息,其定义如下。

容载比分析是指所有设备 (主要包括线路、变压器、发电机、无功补偿设备)按类区分计算其当前运行容量与允许最大容量 (即额定容量)之比。

负荷水平分析包括对所画区域负荷总量的累加,该负荷总量占全网负荷总量的百分比以及该负荷总量占电网历史最高负荷总量的百分比。

电力电量平衡分析是用来分析本区内的负荷总量、本区内发电机的装机容量、检修容量、备用容量、受阻容量、区间联络线的交换功率。它将揭示出这些数据之间既相互依存,又相互独立的内在关系。

电压合格率分析是统计本时段区内所有电压监视点的电压合格的个数占全网所监视的节点个数的比例。电压合格率一直是调度考核的重要指标,电网在线可视化预警调度系统^[3]中采用等高线等对其进行了表示,对越线或告警信息也通过报警界面给出了提示,而电压合格率分析则提供了非常灵活的统计信息。

重载设备分析是指扫描所有设备超过自定义重载容量参数的个数和设备名。这些设备的分析和统计将为后续的设备可利用小时、可靠性分析提供相关信息。具体的重载设备信息可放在预警界面给出、定义灵活。

自定义断面监视。电网中存在若干的区域之间的联络线和稳定监控的断面,传统的方式是调度员靠头脑记住这些值,而这个统计功能定制和灵活设定的使用将极大地解放调度员的劳动强度。

其中分区可以是对电网地理接线图任意指定分区,以图元为单位,利用图元、设备模型、分区信息之间的关联关系,更形象、直观、更符合面向对象的设计

思想,体现了“所见即所得”的特点。

这些分区信息是通过可视化数据平台融合了 SCADA /EMS、MIS 等系统的数据,在后台进行搜索、整理、判断、分析、综合后放入实时数据库中,以便于展示。这些分区信息将有助于调度员对全网运行的把握和控制。

3.2 可视化系统结构

基于 Google Earth 的电网信息可视化表达建立在已有的电网可视化系统之上^[3],利用三维建模工具生成电网设备的三维模型,包括输电线路、变电站、发电厂等,然后与电网可视化系统的实时数据相关联,通过 KML 文件实时刷新和显示电网的信息。

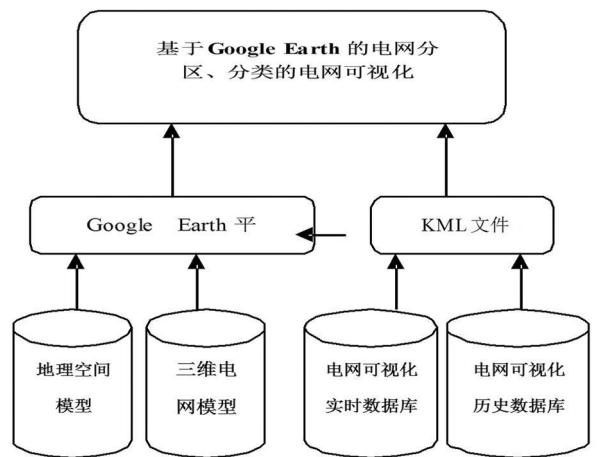


图 2 基于 Google Earth 的电网分区、分类指标可视化结构图

电网可视化实时数据库实际上是融合 SCADA /EMS、MIS 等的一个数据平台,它由物理隔离装置和调度自动化系统 I 区相隔离。使用 VC++ 开发环境来生成电网实时运行数据的 KML 文件,该文件能动态生成和刷新。利用 Google Earth 提供的三维建模工具 Sketch Up 生成电网的三维模型。

4 电网信息可视化实现的步骤

在 Google Earth 上实现的电网信息可视化的关键是如何将各类电网设备及数据映射至 Google Earth 平台并在其上展示分析,通过五步解决此难点。第一步是控制 Google Earth 以便自动下载区域内的高程数据;第二步是利用 API 中查询点的三维坐标的功能,按一定的距离,获取区域内各点的高程,存入文本文件;第三步是将提取的高程数据,采用专业软件

建立三维数字地面模型;第四步是利用 sketch up 建立电网模型的三维表达;第五步是将电网的实时信息用 KML 动态生成和刷新加载到 Google Earth 上进行显示。其数据加载如图 3 所示。

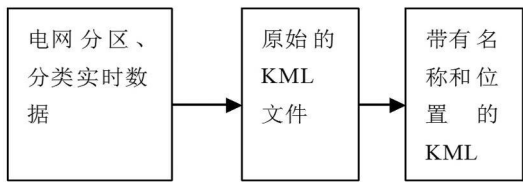


图 3 数据加载流程

在这个实现过程中需要对大量的电网模型的数据进行整理,包括按电压等级分类线路、对大量的发电厂、变电站、线路的位置参数的定位等,然后再形成需要的 KML 文件。在电网实时分区、分类数据统计结果的加载过程中其相关统计数据来自电网可视化实时数据库,从中读取数据后可根据内容指定展示的位置,形成 KML 文件。在这个数据的展示上,由于它和实时数据库连接在一起,因此该 KML 文件将随实时数据库而自动生成。

5 电网信息的电网可视化实例

已经在某省级电网上实现了 500 kV 主干电网数据的可视化展示以及分区信息的统计显示,该系统充分利用了 Google Earth 所提供的卫星照片和高效的三维渲染引擎,实现了三维场景的无缝漫游、图形显示的流畅等操作。利用了 Google Earth 集成的遥感、地理信息系统 (GIS) 和全球定位系统 (GPS) 三种高新技术的功能,从地理信息上反映出电网的运行状态,为电网的分区信息提供了新的展示手段。

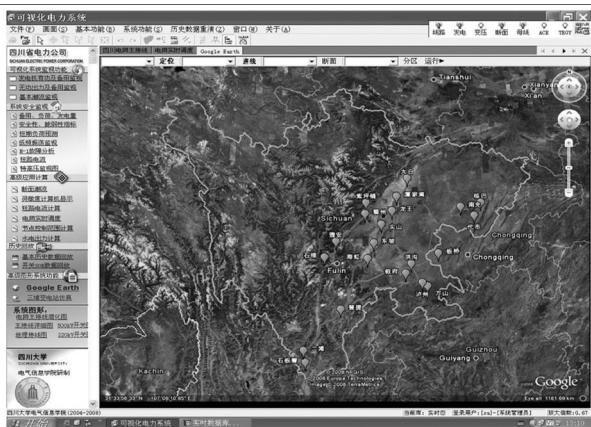


图 4 基于 GE 的电网实时数据的可视化展示

图 4 为在 Google Earth 上建立的电网模型,图 5

为在 Google Earth 上显示的电网分区统计信息。

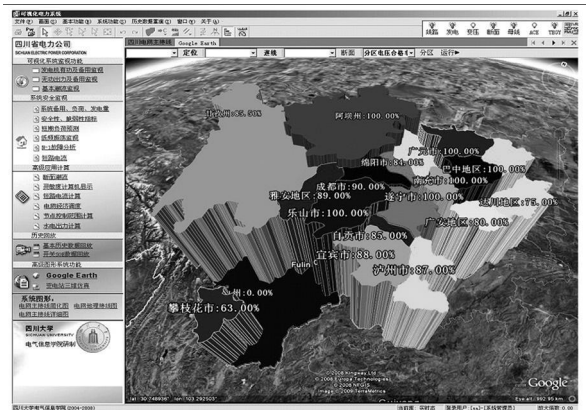


图 5 基于 GE 的电网分区信息的可视化展示

6 结论

在 Google Earth 上实现了电网可视化实时数据和 Google Earth 搜索和地理图形的有机结合。融入了电网设备信息、电网设备的地理空间信息、电网拓扑结构信息、电网运行状态信息,为调度员提供了更丰富的数据信息,对各种分区信息的统计更灵活方便,表达方式更直观。

参考文献

- [1] WEBER J D, OVERBYE T J. Voltage contours for power system visualization [J]. IEEE Trans on Power Systems, 2000, 15(1): 404-409.
- [2] OVERBYE T J, WEBER J D. Visualization of power system data [C]// Proceedings of the 33rd Hawaii International Conference on System Sciences Hawaii USA: IEEE, 2000, 1228-1234.
- [3] 刘俊勇,陈金海,沈晓东,等. 电网在线可视化预警调度系统 [J]. 电力自动化设备, 2008, 28(1): 1-5.
- [4] <http://code.google.com>
- [5] 邓加娜,胡茂林,等. 数字地球及其在电力勘测设计中的应用 [J]. 岩土工程·勘测, 2006, (10): 48-52.
- [6] 邢文忠,罗嘉嘉. 利用 GPS 接收机和 Google Earth 软件制作输电线路地理平面图 [J]. 广东电力, 2008, 21(4): 47-48.
- [7] <http://earth.google.com>
- [8] 施加松,刘建忠. 3D GIS 技术研究发展综述 [J]. 测绘科学, 2005, 30(5): 117-119.

作者简介:

黄媛 (1974-), 女, 汉族, 四川洪雅人, 硕士, 研究方向为电力系统稳定和控制。

刘俊勇 (1963-), 男, 汉族, 四川成都人, 教授, 博士生导师, 研究方向为电力系统稳定与控制、电力市场、灵活交流输电等。

(收稿日期: 2009-10-10)