

电力气象服务系统的设计与实现^①

袁兴德, 张 亚, 王传辉, 丁国香

(安徽省公共气象服务中心, 合肥 230031)

摘 要: 气象条件对电力安全生产有着显著的影响, 开展电力气象服务研究具有重要意义. 以用户需求为导向, 结合气象数据特征, 对于实况和临近预报, 采用气象站对应的泰森多边形, 对于短期预报和预警, 采用区县行政区划, 分别对输电线路和变电站进行切分, 建立最近邻关系; 同时, 设计气象综合影响等级规范, 提高服务的精细度. 利用 GIS 和数据库技术, 建成一套能够提供监测实况、临近预报、短期预报、预警信号、历史查询和服务材料等信息的电力气象服务系统. 业务应用结果表明, 系统运行稳定, 能够提升气象服务水平, 保障电力系统安全.

关键词: 电力气象服务; GIS; 泰森多边形; 气象综合影响等级; 系统设计

Design and Implementation of the Meteorological Service System for Electricity Industry

YUAN Xing-De, ZHANG Ya, WANG Chuan-Hui, DING Guo-Xiang

(Public Meteorological Service Center of Anhui Province, Hefei 230031, China)

Abstract: Meteorological conditions have a significant impact on the safe production of electric power, which is of great significance to carry out the research of the electricity meteorological service. Oriented by the user's demand, combined with features of meteorological data, Thiessen polygon corresponding weather station is used in live and nowcasting, and district and county administrative divisions is used in short-term forecasts and early warnings, to divide transmission lines and substations respectively, and then establish nearest neighbor relations. At the same time, meteorological comprehensive influence grade standard is designed to improve the fineness of service. A system of electricity meteorological service is built by GIS and database technology, which includes information about live monitoring, nowcasting, short-term predicting, signal of warning, historical queries, service material and so on. The results of the business application show that the system is stable, and is able to enhance the level of meteorological services, ensure the safety of power system.

Key words: power meteorological services; GIS; Thiessen polygon; meteorological comprehensive influence grade; system design

近年来, 安徽省电网建设不断加快, 拥有输电线路约 3.4 万公里, 发电量和用电量也不断攀升, 2014 年安徽省全社会发电累计 2033.9 亿千瓦时, 同比增长 2.84%, 全社会用电量累计 1585 亿千瓦时, 同比增长 3.74%. 全国范围内电力供需持续增长, 电力资源分布不均, 大量输电线路不断建设, 保障电网安全稳定运行的压力越来越大^[1,2]. 电力生产、输送、运维与气象条件有着密不可分的关系, 一方面, 气象灾害的频发给电网的安全运行带来很大威胁, 如雷电、暴雨、大

风、冻雨等极端天气均可能导致电力设备和线路损坏; 另一方面, 气象条件变化也会对电力生产调度产生很大影响, 如气温的变化直接影响电力需求的起伏^[3-5]. 全球气候变暖是不争的事实, 未来热带气旋、强降水等极端天气气候事件将变得更加频繁、更加剧烈^[6,7]. 我国地形地貌复杂多样, 近年来, 极端天气事件呈频次增多、强度增大的趋势, 电网输电线路常常损失严重, 如 2008 年中国南方低温雨雪冰冻灾害, 造成了大面积输电线路倒塌, 直接导致受灾区域生产生活陷入瘫痪^[8,9].

^① 基金项目:安徽省气象局科技发展基金(KM201412)

收稿时间:2016-07-22;收到修改稿时间:2016-08-18 [doi: 10.15888/j.cnki.csa.005679]

李华伟等开展了电力气象服务平台研究, 实现了监测预警、文字图片材料显示、电力设备查询^[10]; 于万荣开展了山西省电力气象服务系统研究, 以天气预报、火情监测和山西气候为主要功能模块, 实现了服务产品以行政区划为单元的简单显示^[11]; 张静等设计了存储、制作和发布子系统, 实现了服务产品的 Web 展示^[12]. 目前, 相关研究尚没有将气象信息精确的反演到电力部门重点关注的输电线路和变电站上, 本文通过气象与电力部门的紧密合作, 设计开发了面向电力管理、生产和运维等部门的专业化电力气象服务系统. 系统已投入业务应用, 运行稳定, 服务高效.

1 系统概述

本系统基于开放的在线地图应用服务技术, 采用 B/S 架构模式, 运用 .NET 框架, 结合 GIS 技术和 Flex 技术, 搭建了数据存储层、数据接口层、应用层、表现层等四层逻辑结构, 如图 1 所示.



图 1 系统总体框图

考虑用户的业务需求和系统的易用性, 将系统划分为系统界面、监测实况、临近预报、短期预报、预警信号、历史查询、服务材料、联系我们、系统设置等功能模块, 如图 2 所示.

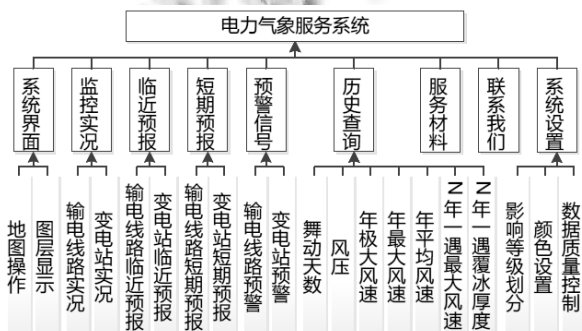


图 2 系统功能模块图

监测实况: 提供对输电线路和变电站产生高影响的监测实况数据^[13], 包括气温、风速、风向、相对湿度、气压和 1 小时降雨量等气象要素, 并逐小时更新. 每段输电线路根据实况影响等级以对应颜色进行显示, 提供直观的用户体验.

临近预报: 提供未来 6 小时逐小时的临近预报数据, 包括气温、风速、风向和 1 小时降雨量等气象要素, 并逐小时滚动更新.

短期预报: 提供未来 1-3 天逐天的短期预报数据, 包括天气现象、高低温、风向和风力等气象要素, 并逐天滚动更新.

预警信号: 提供当前存在的气象预警信号, 并实时更新.

2 系统关键技术

2.1 输电线路顶点化处理

安徽省内气象站众多, 为了提升气象服务的精细化程度, 需要将输电线路分成小段; 另一方面, 每一小段输电线路的天气条件不尽相同, 为了便于在地图上着色显示, 需要将输电线路进行顶点化处理.

首先, 选出靠近输电线路的气象站, 利用 ArcGIS 软件中的 Create Thiessen Polygons 工具生成泰森多边形图层^[14], 保证每个多边形内的输电线路和气象站距离最近, 这样即可建立每段输电线路和每个气象站的一一对应关系. 举例说明, 图 3 中曲线 O_0O_4 为输电线路, A、B、C、D 为输电线路附近的气象站, 虚线为 A、B、C、D 任意两点间线段的中垂线, O_1 、 O_2 、 O_3 为输电线路与虚线的交点, 这样输电线路 O_0O_1 距离 D 站最近, 以此类推.

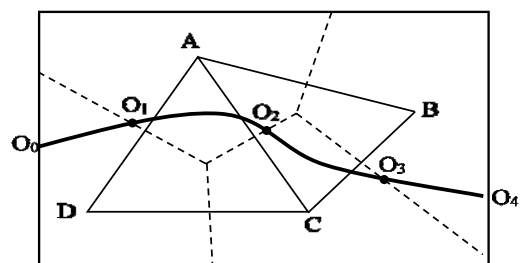


图 3 利用泰森多边形的线路分段示意图

然后, 利用 Intersect 工具将初始输电线路在行政区划图层上切分, 得到具有属地信息的输电线路图层. 再次利用 Intersect 工具将切分后的输电线路在泰森多

边形图层上切分, 由于一条输电线路可能两次或两次以上进入同一个多边形内, 导致切分结果出现两段或两段以上不连续的输电线路作为一个整体, 即只有一个 ID 属性值, 因此需要进一步利用 Multipart To Singlepart 工具进行拆分处理。

最后, 利用 Feature Vertices To Points 工具获取每小段输电线路的顶点, 再利用 Add XY Coordinates 工具添加每个顶点的经纬度信息, 为在地图上分段着色显示输电线路提供必要的数据库基础。

以上处理过程, 利用 ArcGIS ModelBuilder 生成的处理模型, 如图 4 所示。当未来行政区划变更、气象站或输电线路增减时, 利用该模型可实现系统的快速重建, 有利于提高系统的可用性、可扩展性和可移植性。

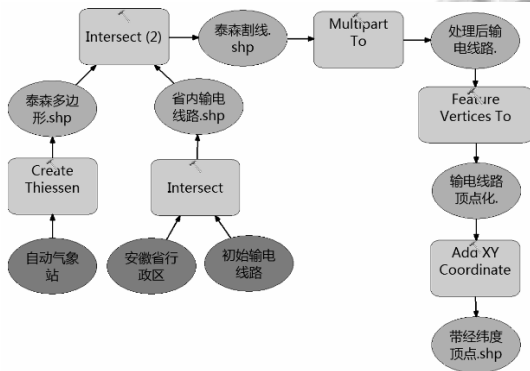


图 4 输电线路顶点化处理模型图

2.2 气象综合影响等级

不同等级电力设施的气象条件设计标准是不同的^[15,16], 本研究将建立一套规范的阈值设计方案。在充分研究相关资料的基础上, 结合电力与气象专家意见, 制定如下规范。(1)将气象综合影响等级设定为4级, 并对每一级设定对应的颜色, 如表1所示。(2)甄别出对电力设施会产生显著影响的气象要素^[13], 实况数据包括气温、风速、降雨量等气象要素, 预报数据包括气温、风速、天气现象等气象要素。(3)针对4级输电线路和3级变电站, 逐级逐气象要素设置每一级气象影响等级的阈值范围。(4)对于每段输电线路和每个变电站, 选取其气象要素中的最高影响等级为气象综合影响等级。

表 1 气象综合影响等级及对应颜色表

	无影响	稍有影响	较大影响	严重影响
输电线路/ 变电站	Green	Blue	Orange	Red

阈值规范的合理设计, 有利于提高系统的易用性, 提升气象服务的专业化水平。

2.3 基于存储过程的数据接口

系统显示涉及的数据量庞大, 处理操作复杂, 因此数据接口设计对优化系统性能尤为关键。存储过程是一组存储在数据库中的完成特定功能的 SQL 语句集, 具有高效、简便和安全的特点。本研究采用存储过程作为数据接口, 仅以数字作为唯一参数, 用于区分数据处理过程。存储过程分别针对输电线路和变电站实现地理属性和电力等级属性的检索、各类气象数据的检索、各种气象要素数值的气象影响等级判定和颜色匹配、气象综合影响等级的颜色判别, 以及气象图标的匹配。该数据接口设计有利于提高数据处理效率, 降低数据的耦合性, 增强系统的健壮性。

3 系统应用

该系统是气象部门开展电力气象服务的重要手段, 目前系统已建成并投入业务使用。应用结果表明, 系统运行稳定, 功能齐全, 信息丰富, 能够满足用户需求。系统的推广应用, 既能够改进电力气象服务质量, 提高气象部门的社会效益; 又能够提升电力调度水平, 降低气象灾害造成的各项损失, 提高电力部门的经济效益。系统界面协调美观, 如图 5 所示。



图 5 系统界面图

4 结语

电力气象服务系统具有以下特点: (1)实现了电力设施、气象数据和在线地图的有效叠加显示; (2)系统展现信息丰富, 结构设计合理, 用户体验良好; (3)数据访问接口耦合性低, 移植性高, 便于推广应用。将该系统应用于电力气象服务业务中, 能够帮助用户快速、精确的掌握天气条件对电力设施的影响情况, 有

利于电力部门提高防范气象风险的能力,提高电力运营的社会和经济效益。因此,该系统具有良好的应用价值。

参考文献

- 1 谭显东,韩新阳,冯义,郭利杰,单葆国.2014 年中国电力供需回顾及 2015 年预测.中国电力,2015,48(4):1-5.
- 2 王春亮,宋艺航.中国电力资源供需区域分布与输送状况.电网与清洁能源,2015,31(1):69-74.
- 3 傅新姝,谈建国.基于滤波技术的上海日最大电力负荷气象预报模型.气象科技,2015,43(6):1209-1212.
- 4 温华洋,田红,唐为安,鲁俊.安徽省电线积冰标准冰厚的气象估算模型.应用气象学报,2011,22(6):747-752.
- 5 郭崇兰.杭州市极端气象因子与工业电力消费关联研究[硕士学位论文].南京:南京信息工程大学,2014.
- 6 赵宗慈,罗勇,黄建斌.极端天气与气候事件受到全球变暖影响吗?气候变化研究进展,2014,10(5):388-390.
- 7 IPCC. Climate change 2014: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK and New York, USA: Cambridge University Press, 2014.
- 8 任福民,高辉,刘绿柳,等.极端天气气候事件监测与预测研究进展及其应用综述.气象,2014,40(7):860-874.
- 9 刘熙明,许爱华.降雪与冻雨天气研究回顾.气象与减灾研究,2008,31(4):59-64.
- 10 李华伟,周照.电力气象服务平台研究.气象研究与应用,2012,33(S1):291-293.
- 11 于万荣.山西省电力气象服务系统研究[硕士学位论文].成都:电子科技大学,2012.
- 12 张静,郭广,保广裕.青海电力专业气象预报服务产品制作及发布集成系统的开发.青海电力,2015,34(4):11-14,36.
- 13 万协成,刘甜甜,杨玲,李学敏,邓晓春.湖南电力气象服务效益评估分析.科技传播,2011,9:108-109.
- 14 邢超,李斌.ArcGIS 学习指南:ArcToolbox.北京:科学出版社,2010.
- 15 中国电力企业联合会.GB50545-2010 110kV~750kV 架空输电线路设计规范.北京:人民出版社,2010.
- 16 中国电力企业联合会.GB50790-2013±800kV 直流架空输电线路设计规范.北京:中国计划出版社,2013.