

# 输电线路基础数据可视化管理系统的研发与应用论证

叶建平 黄康裕 蒋宇星 胡学柳

(广西电网公司桂林供电局,广西 桂林市 541002)

**[摘要]** 随着桂林电网的不断建设与发展,输电线路设备遍布整个市、区、县;地形包括高山、河流、田野、森林等。目前对于该地区的输电线路运行维护数据都是以单一的文字、表格形式存在,比如:设备台账、缺陷登记处理单、隐患登记监控表等,不能直观的表达输电线路全貌;为了提高输电线路运行维护工作的效率和信息化管理水平,提出对输电线路基础数据进行技术变革。本文分析了输电线路基础数据可视化管理系统研发思路论证、移动终端性能验证、与现有生产数据域数据交换对接可行性分析论证以及对实际生产工作的实用性分析等。供输电工作同行参考。

**[关键词]** 输电线路;基础数据;可视化;移动终端;数据对接

## 0 引言

桂林电网输电线路目前总长 3276.713km,设备遍布整个桂林行政管理地区;而输电设备较大,投运时间跨度大,对这些输电线路设备的运行维护数据多年来都是以单一的文字表单形式进行管理。这样的管理模式带来的是对输电线路整体的运行状态分析将会有以下几种不利情况:一是输电线路运行维护数据管理分散查询时花费大量时间;二是单一的运行维护数据不能直观的表达整条输电线路的全貌;三是用单一的文字、表单进行表述不直观,没有采用图标、图片以及文字表述直接明了。这三种不利情况将是提高输电线路运行维护工作效率和信息化管理的瓶颈。

桂林输电线路运行环境具有多样性,比如:桂林北部地区山势陡峭、海拔地势高等,造成了高寒山区导、地线的覆冰,严重时导、地线的覆冰厚度达到了 50mm 以上,以 2008 年的冰冻灾害最为严重;而地处龙胜县、阳朔县、灌阳县、恭城县的输电线路途经原始森林、人烟稀少、地质变化大的区域,容易导致对输电线路运行维护工作的困难;桂林西南地区是全国重要的蔗糖种植地区,每年的春季发生山火的几率大,也是不利于输电线路安全稳定运行的;在桂林市区内的输电线路受到违章建房、违章施工的影响,易造成输电线路导线与建筑物安全距离不足,存在严重的安全隐患。

由于上述的输电线路安全隐患点多、面广、处理情况复杂,直接威胁到桂林电网的安全稳定运行。为了提高输电线路管理水平,实现对输电线路可视化管理,桂林供电局输电管理所进行了输电线路基础数据可视化管理系统的研发工作。通过该系统的研发与实际运用,对目前输电线路运行维护工作的开展提供了巨大的帮助,特别是针对特殊区域的特殊隐患监控有着实际帮助;而可视化功能通过图标、相片以及文字的方式对输电线路每个信息点进行管理,能达到直观的表述输

电线路全貌,移动终端的功能实现,又给在野外作业的工作人员提供了巨大的帮助。

## 1 输电线路基础数据可视化管理系统研发思路

输电线路基础数据可视化管理系统的研发必须坚持自主研发,充分调动一线生产员工积极性,集思广益,共同参与,汇集关于输电线路日常运行维护工作实际需求,制作出具有实际应用性质的系统;坚持自主研发的目的是利于该系统的日常维护,不会出现受到第三方公司的限制或在维护方面的扯皮现象,这样就提高了该系统在实际工作中的生命力。由于研发过程中有一线员工的参与,那么一线员工对该套系统相对熟悉,对于数据的维护和更新有很大的便利,也不需要为该系统的使用进行专门的培训,同时,提出“在实际工作中讨论在实际工作中改进,边设计边论证,逐渐形成系统”的总体思路。

**1.1 数据汇总以实用性为主。**目前输电线路日常运行维护的数据有:输电线路设计图纸、输电线路杆塔位明细表、输电线路运行普查表、输电线路设备档案、输电线路缺陷登记处理记录表、输电线路外部隐患登记处理记录表、输电线路巡视路径图等 7 大类,通过输电线路基础数据可视化管理系统集中整合形成整体。在实际工作中如果需要,使用该系统可以全面的查询到以上提到的 7 类详细基础数据。

**1.2 图文并茂实现可视化功能。**以图标、图片、卫星地图及文字的形式集中表达输电线路设备的详细数据及含义,在卫星地图的环境下建立输电线路可视化系统。在输电线路日常维护工作中,该系统随时可以从整体效果图中了解到输电设备信息,详细到单独的每一个缺陷、隐患点的数据信息。

**1.3 对特殊区段的重点隐患进行重点标注。**在日常运行

维护中外部隐患是对输电线路运行的安全造成一定影响。根据桂林特殊的地理地貌,针对特殊区域的输电线路外部隐患,在输电线路基础数据可视化管理系统中要作重点功能标注,如:覆冰区域、山火易发区、防洪防汛重点区域,在系统中要求有较醒目的图标,在其中还必须加以该隐患的详细信息。

1.4 系统应该具有移动作业和巡视路径导航功能。输电线路设备架设于户外,设备所在地地形错综复杂(包括有:市区、山川、河流等地形),输电线路巡视路径图在该系统中予以重点集成;此项功能可以帮助员工在日常巡视工作中迅速找到最佳巡视路径。

1.5 系统数据必须保证准确性、时效性。输电线路工作受到外围因素影响较大,而输电线路维护数据变化也比较快,所以根据输电工作的特性,该系统要对数据的更新做出设计。

## 2 系统在基于 Google Earth 平台运行可行性分析

输电线路基础数据可视化管理系统需要建立在一个具有多功能编辑及显示的应用软件上,并应具备能辅助输电线路管理工作的相关功能:(1)输电线路明细资料汇总、单独浏览及编辑;(2)输电线路缺陷、隐患资料直观标注及现场图片显示;(3)线路外部施工点标注及现场图片显示;(4)线路冰冻灾害、山火易发区段标注及现场图片显示;(5)输电线路通道走向、杆塔位置地理信息直观显示;(6)输电线路巡视路径显示与查询;(7)输电线路通道内及附近湖泊、村庄、河流直观显示;(8)输电线路跨越铁路、河流、低压线路等交叉跨越直观显示及资料浏览等。

2.1 该系统是基层员工集思广益的结果,为了控制系统建设成本,用最经济的投入,创造出最实用的成果。在众多已有软件中,使用容易上手、简单操作的几个软件完成了三个备选方案,其中包括:(1)在 Office Excel 表格中,编写根据经纬坐标连线的宏运算程序,绘制出线路示意图,其表达直观,简单明了,但有无法显示线路周围环境地势、宏命令编辑复杂、功能不足等缺点;(2)通过 AutoCAD 软件绘制线路示意图,其表达效果精简全面,编辑相对简单,相关线路信息可以直接显示,但仍存在无法显示线路周围环境地势,批量导入困难等问题;(3)使用地理信息系统软件进行坐标导入、编辑,由于这类软件带有地形地势图、坐标点标注编辑等功能,输电线路基础数据可视化管理系统要求实现的相关功能均能达到,并且软件免费开放,操作简易。在综合各种优缺点后,将输电线路基础数据可视化管理系统建立在可以显示高分辨率地理图的地理信息系统上,是一个制作工序简单、后期操作便捷、投入少的可行方法。

2.2 通过对比互联网上可以搜索并能下载的几个免费开

放地理信息软件:GeoGlobe,NASA World Wind,Google Earth。综合卫星地理图分辨率高低、GPS 配合程度、编辑汇总操作难易、软件加载速度、手机端相应程序等要素,Google Earth 在同类软件中以绝对优势保证了各种功能齐全、实用、易操作。最后决定在 Google Earth 软件基础上建立输电线路基础数据可视化管理系统。

2.3 谷歌地球(Google Earth,GE)是一款 Google 公司开发的虚拟地球仪软件,它把卫星照片、航空照相和 GIS 布置在一个地球的三维模型上。Google Earth 于 2005 年发布开放下载免费使用。经过多年的版本更新、进化,功能不断完善,最新版本为 7.1.1.1871(于 2013/6/26 更新)。

2.3.1 Google Earth 软件拥有众多优势功能:显示高精度卫星视图、地形地势可视图、单独位置经纬度显示、单独位置高程显示、路径长度显示、GPS 数据导入、坐标点数据(文字、图片)显示、坐标点数据批量导入、坐标点编辑方便、显示内容可以直接打印等,已经足够实现现有输电线路基础数据可视化管理系统相关功能。

2.3.3 值得注意的是,由于 Google Earth 制作运行商为国外软件公司,软件中出现的高精度卫星图可能触及到国内敏感地区,国内因此可能在特殊时期对软件连接服务器进行封杀,会造成 Google Earth 不能使用。针对遇到此类情况,国内可以使用更改电脑默认连接服务器 IP 地址解决问题。Google Earth 软件作为系统的基础,可以实现数据坐标点、路径等资料可视化,是因为其拥有高清的地形卫星图及集合 GPS 卫星定位导航功能。若 Google Earth 软件因种种原因无法继续使用,通过投入一定资金,购买导入合法授权的高清卫星图,建立拥有坐标系的 GIS 系统,亦能摆脱对 Google Earth 软件的依赖,并建立起完全自我产权的信息系统。近年来我国大力投入的北斗星全球定位卫星的发射,决心建设一个中国自行研制的全球卫星定位与通信系统(BDS),将来必定会出现中国国内自主知识产权的地理信息软件,届时或将现有 Google Earth 数据文件转换为北斗星系统地理信息软件便可以完全解决现有软件使用可能中断的缺陷。

2.4 以现阶段桂林供电局每个输电班组所配置的硬件设施来看,Google Earth 软件可以正常运行在大部分办公计算机上,能完成数据的收集、编辑工作。但输电线路基础数据可视化管理系统收集数据量大,在部分时间内可能会同时显示处理上千个视觉单位,在同一个界面中会出现系统延时,针对存在系统运行不流畅的可能性,可升级办公计算机硬件配置来满足要求。分别从 CPU、内存、显存三个要求进行硬件升级,即可解决系统运行不流畅的问题。

通过上述几点分析,将输电线路基础数据可视化管理系统建立在 Google Earth 软件上是完全可行的。

### 3 系统在移动终端应用可行性分析

将输电线路相关资料移植到手机上,尽可能实现输电线路基础数据可视化管理系统 PC 端所有功能,增加便携查找、浏览、导航等是输电线路基础数据可视化管理系统的另一个重要功能。

3.1 同样以免费开放软件优先为选择原则,经过互联网搜索查找,大量地图导航软件如:谷歌地图、百度地图、高德地图等可以实现卫星地形图显示、人员车辆导航等功能,但 PC 端一些基础资料如:杆塔位置、巡视路径等却无法显示。

3.1.1 移动版 Google Earth 是 Google Earth 软件的手机、平板电脑等移动端版本,是谷歌公司于 2010 年 2 月发布的一款在手机平台上运行的虚拟地球仪软件,相对应桌面版本的 Google Earth,该版本专门为手机平台优化,简化了操作方式,结合手机 GPS 增加了 GPS 定位及导航功能。从发布之初的 1.0 版本到现在 7.1.1 版(2013 年 6 月 6 日更新),软件功能不断强化,至今已经与桌面版本 Google Earth 的显示功能十分接近。

3.1.2 对比其他手机版的地图软件,有其不可比拟的众多功能及优点:(1)软件开放免费,扩展程度高;(2)可以实现 PC 端输电线路基础数据可视化管理系统软件 80%以上的功能;(3)PC 端 Google Earth 软件与移动版 Google Earth 可以共用 KML 格式文件,完美对接,免去转换步骤;(4)移动版 Google Earth 可以运行在安卓系统(国内市场占有率 71.5%),ios 系统(国内市场占有率 23.6%)两大主流手机、平板系统,系统普及难度降低。

3.1.3 针对市面上手机与平板电脑配置无法与桌面 PC 办公电脑配置相提并论,输电线路基础数据可视化管理系统内容集成较多,数据量庞大,在运行过程中无法达到预想效果,会出现卡顿现象,有两种方法可以解决:(1)使用较新、配置高、内存大的移动终端;(2)将 KML 文件简化、细化,使其显示多余内容减少。

3.2 同时,作为工作需要随时携带在身的手机,输电线路基础数据可视化管理系统的基础数据收集可以在其携带工作过程当中完成。手机安装 GPS 转谷歌地球(Gps 2 Google Earth)软件,在工作开展前开始记录,到达杆塔处标记坐标点,工作结束后结束记录。即可以 KML 文件格式收集到杆塔位置坐标、线路巡视路径、隐患位置坐标等基础数据。过后将文件在 PC 端 Google Earth 打开,便可对其进行编辑汇总。

3.3 移动版 Google Earth 可以在所有 Android2.2 及以上安卓系统手机上使用,为了让其在户外将效果发挥到最佳,可以投入资金按车辆及巡视小组数量配置足够移动终端、辅助车辆及巡视人员寻找巡视路径。同 PC 端系统硬件一样,配置主流、更加高硬件的移动终端,可以使系统运行更加流畅,并且可以同时显示更多的资料内容;提升移动终端显示屏幕至

4.5 英寸以上,甚至使用 7 寸、8 寸的中尺寸平板电脑,可以更方便于操作,更能直观浏览。目前公司所配发的三星 N7100 智能手机运行该系统还是比较理想的,现在基层班组的设备(三星 N7100 智能手机)配比为 3:1,可以满足日常输电线路基础数据可视化管理系统要求。而长时间在户外工作,一直开启输电线路基础数据可视化管理系统,并使用导航功能,会消耗大量移动终端电力,为了解决这个问题,额外配置多块电池,或另购置外接电源,便可保证其使用时间。

3.4 区别于 PC 端输电线路基础数据可视化管理系统,移动终端版本还有两个涉及因素:无线信息传输和支持终端运行的电力。每个移动终端在开启移动版 Google Earth 时,需要使用移动数据传输,因此,每个终端需要配备有无线移动数据接受协议(即手机 SIM 卡),办理 3G 数据业务,可以得到更加快速的数据接收速度;办理普通 2G 数据业务,则可以在更加宽广的范围内接收到无线数据。

输电线路基础数据可视化管理系统基于 PC 版 Google Earth 和安卓系统(手机操作系统)版 Google Earth 两个软件之上。PC 端 Google Earth 软件完成输电线路基础数据可视化管理系统在办公电脑上的数据显示、查看,数据的传输、整理、编绘工作。安卓系统端 Google Earth 软件完成系统的相关资料收集,便携资料显示、查看,巡视路径导航功能,由此可见,将输电线路基础数据可视化管理系统建立在安卓版 Google Earth 软件上是完全可行的。

### 4 该系统与现有输电线路生产 MIS 数据对接可行性分析

输电线路基础数据可视化管理系统的生命力就在于它的使用性,在于它是贴近生产一线的工具软件,符合日常输电线路运行维护工作需求,简化该系统的维护工作也是考验系统能力的一项指标。在日常巡视维护工作中,公司的生产 MIS(生产管理信息系统)是每一位一线员工都必须用到的软件,那么设想将生产 MIS 数据对接到输电线路基础数据可视化管理系统中,避免两套系统重复工作的弊端,也避免出现“两张皮”现象。

4.1 输电日常运行维护工作主要在户外开展,工作强度相对较大,并且公司工作规范化管理标准要求每日对输电线路生产 MIS 的数据进行记录、维护及更新等。假设输电线路基础数据可视化管理系统又是一个独立无对应联系的系统,那么无形中又增加了维护另一套系统的工作量。这样该套系统就违背了之初的设计理念,所以输电线路基础数据可视化管理系统实现与现有的输电线路生产 MIS 数据对接是必须攻克的难点。

4.1.1 由于输电线路生产 MIS 处理生产性数据功能比较

强大,在 MIS 系统中提取我们需要的数据,如:输电线路设备台账、输电线路缺陷登记处理记录表、输电线路外部隐患登记处理记录表、输电线路停电票、输电线路工作票等是可以实现的,MIS 系统的搭建来源于数据库,那么就理论上论证了两套系统数据能对接的可行性。

4.1.2 数据进行导出,需要公司设计运行 MIS 的信通部门协助。在输电生产 MIS 系统中建立可视化操作模块,该模块主要功能是将输电线路设备台账、输电线路缺陷登记处理记录表、输电线路外部隐患登记处理记录表、输电线路停电票、输电线路工作票等数据进行统计梳理,将已更新的数据进行提取并发送至输电数据共享库中。由于该局已经采用了局域网管理模式,那么在技术上分析不会出现太大的障碍。

4.1.3 班组巡视作业人员在每天结束日常线路维护工作之后,完成生产 MIS 中完成当天工作巡视总结、填写巡视记录数据时,即可同时操作生产 MIS 输电可视化模块对输电线路基础数据可视化管理系统进行数据同步对接、更新。新增的可视化操作模块,对班组人员的工作量不会造成很大的负担,并且该模块是一键操作,相对比较轻松。

4.2 在输电数据共享库中将 MIS 系统提供的数据进行编程,批量导入输电线路基础数据可视化管理系统中,形成在 PC 端与移动终端的输电线路基础数据可视化管理系统。从输电线路生产 MIS 来源的数据只是计算机语言,那么通过 PathEditor 软件和 Google Earth 软件形成可视化的系统识别文件,这一过程完全可以通过数据库的程序编写实现全自动的功能。

4.3 在移动终端获取数据途径方面,也可以通过移动数据传输功能予以实现,比如利用 WIFI 技术(无线局域网)、移动 3G 技术或者直接采用数据线连接获取数据等。现在对于民用的网络数据传输的手机软件有很多,但是主流并且普及的是移动手机 QQ 软件、微信软件、飞信软件等,移动终端处在 WIFI 覆盖区域,就可以直接通过发送指令到输电数据共享库,由共享库发送指定的输电线路可视化数据到该手机中。同样的思路也可以使用 3G 网络进行数据传输。

通过以上分析,输电线路基础数据可视化管理系统与输电线路生产 MIS 的数据对接,和远程无线指令对接都是可行的。

## 5 该系统运用于实际生产活动中的效果检查

以桂林近两年冬季抗冰保供电为例,检查输电线路基础数据可视化管理系统实际运行效果。

该局所管辖的 110kV 金钟旺线地处桂北资源县高山区,是金紫山风电场的负荷输出线路,在该局 110kV 线路中有着

重要地位。由于线路处于 1700 米海拔以上山区,每年 11 月至第二年 3 月都冰雪封山,尽管该条线路在设计之初就已经把覆冰段所有杆塔全部建设为“防冰加固”类型,但也无法完全抵抗冰灾的侵袭,时常造成故障。

2011 年末至 2012 年初,金钟旺线就由于覆冰造成导线弧垂与 35kV 线路电气距离不足跳闸,当时未有输电线路基础数据可视化管理系统可用,故障巡视人员、抢修人员全靠线路管理班组、当地村民指路,寻找村民确定路线已经花费了很多时间。而步行巡视的小组处在更加偏远的无人居住区,寻路只能靠工作人员自己,出现过多次走错路、走回头路、冤枉路的情况,从而影响了线路故障点的确定和线路的抢修恢复。

2012 年末至 2013 年初,该线路的架空地线由于覆冰过重,弧垂降低,造成与导线电气距离不足,线路跳闸。输电员工立即组织了线路故障巡视,而由于山高、风大、雾浓,天气环境相当恶劣,影响了大部分参与紧急故障巡视小组人员的视觉判断,因此装在手机中的输电线路基础数据可视化管理系统在发挥了重大作用。

配合手机输电线路基础数据可视化管理系统导航功能,故障巡视人员及车辆,能够按照已经在之前收集完善的巡视路径资料,在大雾中迅速到达线路位置。再通过精度定位,确定巡视人员附近杆塔的杆号、塔型,并指导其正确的巡视路径,而这时,高山周围的能见度仅为 20 米。

找到故障点之后,即时开始对故障点进行处理,而详细的图纸资料还远在桂林供电局本部,打电话让资料员查询至少也要 20 分钟时间,这时在输电线路基础数据可视化管理系统移动终端中直接查询到该杆段线路杆塔资料,最大程度的缩短了资料的查询时间。整个过程,从线路跳闸停电、到恢复送电被控制在 16 个小时左右,而对比 2011 年末至 2012 年年初,同样的线路因同样的覆冰原因跳闸所用的抢修时间,减少了 5 个多小时。

## 6 结语

输电线路基础数据可视化管理系统并不是科技最前沿,也不是有着最精简代码程序、包装华丽的产品,但是它源于输电线路生产一线,真正的根据输电线日常运行维护工作的需求进行研发。采用“遇到问题解决问题”的总体思路,集思广益,充分调动一线员工的积极性打造而成,是大家真正喜爱的服务型软件。打个比喻:输电线路基础数据可视化管理系统就像自己量身、自己动手制作的棉袄,哪里出现不足哪里就进行修补,虽然不时尚、不起眼,但它实用、贴心,这就是输电线路基础数据可视化管理系统的优势。输电线路基础数据可视化管理系统现在也是初步试运行状态,它需要在实际工作中进行检验,就像当初设计时的理念一样,将它一步一步的完善。