

# 四川省电力公司应急通信建设管理概况及思考

邓 创, 肖行谏

(四川省电力公司通信自动化中心, 四川 成都 610041)

**摘 要:**近年来地震和冰雪等重大自然灾害对电网安全运行提出了新的挑战,各电网公司都开始大力建设应急抢险与应急通信系统,保障灾害发生时的指挥调度和通信通畅。介绍了四川省电力公司在总结 2008 年抗冰保电和抗震救灾的宝贵经验上,充分利用卫星、短波、无人航空器、近程接入通信等高科技、特种装备建立起的全国电力系统第一个天地空立体综合电力应急通信网。四川电力全国领先的应急通信网将为应急救援提供广泛、全面地通信保障,为国家电网应急体系的建设提供了宝贵独特的参考经验。

**关键词:**电力应急通信;天地空一体化;特种装备;可视化预警系统

**Abstract:** The power grids are confronting new challenges after 2008 snow-ice strike and Sichuan 5.12 earthquake. The application of Sichuan power emergency management and telecommunication system based on the experiences of emergent rescues in last year's earthquake is introduced. The system consists of VSAT communications, short-wave communications, wireless unmanned air vehicle surveillances, TETRA, wireless video transmission and wireless LAN, etc., formulating an integrated ground-air-space telecommunication system dedicated to power system. Most of the equipment are novel applications in power industry. Combined with the novel management philosophies, Sichuan Electric Power Corporation provides the significant and unique experiences for the construction of emergency management system of State Grid.

**Key words:** power systems emergency telecommunication; integrated ground-air-space; special equipment; visual warning system

**中图分类号:** TM73 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003-6954(2009)增-0054-06

2008 年来发生的冰灾、地震等自然灾害给电力应急通信提出了新课题,灾情勘察、指挥救援、灾后重建均给应急通信提出了挑战。结合电网设施所处位置存在地形复杂、自然条件恶劣等现状,电力应急通信系统的建设成为必要和紧迫的任务。2008—2009 年,各地电网均兴起了电力应急通信建设的高潮<sup>[1~4]</sup>。四川在冰雪灾害和地震灾害中受灾最为严重,也经历了严酷的抗震救灾任务的考验,在应急通信和指挥上获得了宝贵经验,并于 2008 年底建立起了应急指挥中心和全国电力系统第一个应急培训基地,利用先进的应急管理理念,采用大量高科技特种装备,在电力系统应急体系的建设上走到了全国的前列,以应急管理为重要支撑体系之一为电网公司建设坚强智能电网的战略决策贡献了独特的力量。

kV 变电站 15 座。包括配网线路在内 10 kV 及其以上线路 2751 条停运,其中 500 kV 线路 4 条,220 kV 线路 59 条。四川地震带大多分布在东经 104°以西地区,随着川西地区水电开发,该地区将建设许多大型、中型和小型水电站群并通过高压输电线路输出,未来这些地震带一旦发生地震极可能导致位于该区域的电网设施损毁。

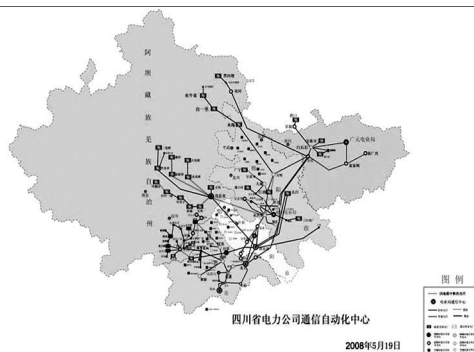


图 1 四川电力通信地震受灾分布图

四川地区也是覆冰最严重的地区,川西地区重覆冰可能经常遇到,且是水电送出、西电东送的主通道。一旦冰雪灾害对电网造成破坏,轻者造成某些通信电路的中断,重者造成通信网络的瘫痪。

## 1 四川电力通信 2009 受灾状况

2009 年 5.12 地震共造成四川电网 35 kV 及其以上变电站停运 171 座,其中 500 kV 变电站 1 座,220

本文部分内容于 2009 年 10 月第一届中国国际电力安全发展与应急管理论坛上公开演讲并获科技组征文一等奖(省部级)



## 2.2 短波通信

短波通信是四川电力应急通信“天地”通信骨干的重要组成部分。短波依靠地球电离层反射进行通信,不受地形和距离限制,能覆盖山区、戈壁等地形复杂的地区,特别适于四川地形。短波运行成本低,是唯一不受网络枢纽和有源中继体制约的远程通信手段,其抗毁能力和自主通信能力优于其他任何通信手段。

短波通信配置原则为:作为卫星通信的补充通信手段在暂未配置卫星通信的地区配置短波基地台,保障基本应急通信能力。根据四川的地理位置,短波覆盖范围以成都为圆心,覆盖半径 600 km。在省调设置大功率广播电台,在绵阳、德阳、阿坝等 14 个地调设置便携短波电台。

## 2.3 空中无线通信

空中无线通信是四川电力“空地”通信的组成部分。空中特种设备主要包括固定翼飞行器、无人直升机、动力三角翼、无人飞艇等多种低空飞行器设备,在高度 500~3 000 m 空中进行航行拍摄,并通过无线数据链路(超短波或微波频段模拟视频)将实时视频回传至地面。若传输距离太远或存在阻挡,还可以使用空中无线中继实现无线信号的转发,例如使用遥控飞艇、热气球搭载无线信号转发器上升 1 000 m 高度悬停,可实现 50 km 覆盖半径内的视频实时传输。该系统构成了四川电力“空地”通信网,形成以灾害点为中心半径覆盖 50 km 的视频通信。

## 2.4 集群电话、单兵图传与无线局域网

集群电话、单兵图传与无线局域网是“地地”近程接入通信的组成部分。集群电话可以实现 5 km 内的语音对讲、广播,单兵图传可实现 3 km 内高清晰视频图像和语音的传送,无线局域网可实现周边 2 km 内数据通信的无线接入。这些通信设备集成在应急通信车上,可以在通信车机动范围内的任意地点实现以通信车为指挥中心,半径 5 km 的应急通信作业点,满足周边语音、视频和数据的接入。

# 3 四川电力应急通信系统的特点

有别于传统的简单应急通信手段,四川电力应急通信系统针对了电力需求构建了“天地空一体”的立体网状应急通信系统,覆盖半径具备 1~3 km、50 km、600 km、1 000 km 多种层次,实现语音、视频、数

据多种业务,全面提供灾害现场信息并形成调度指挥能力。具体特点如下。

### 3.1 远程通信与近程通信相结合

卫星通信是应急通信的骨干网,也是实现远程通信的首要手段,覆盖范围广、数据速率高、误码率低,可以在灾害现场和指挥中心建立高速通信。同时,灾害现场的近程接入通信,如集群电话、单兵图传、无线数据传输、各种航空飞行器的航拍画面等,也可以通过现场应急通信车转发至后方应急指挥中心,可以实现前线、后方同时具备接收现场信息的能力,便于前后方协同应急指挥。这样可形成“后方应急指挥中心—前线指挥部—第一现场”的三级应急指挥与作战层次。

### 3.2 高速率与高可靠通信系统相结合

卫星通信虽有上述优点,但需要借助国外的卫星转发器资源,可能存在资源不足、寿命到期、卫星故障、国际政治因素等风险,无法保障极端条件下的基本通信。短波通信作为卫星通信网络的补充弥补了卫星通信这一缺陷。短波通信无需任何中继和运营商,是极端条件下进行长距离通信的唯一手段。因此虽然短波通信速率较低、质量较差,但其不受外界破坏的特点使其具备高抗毁能力,结合卫星通信则大大加强了应急通信网络的可靠性。

### 3.3 特种设备在应急通信中的应用

航空器可在高空中对地面电力设施情况进行航拍勘察和物资投放,大大提高了电网的地理、空间等立体信息的搜集工作,为救灾提供极为宝贵的资料。四川电力是引进的这批特种航空设备的电力系统首家单位,经应急培训基地半年来的演练,已能熟练进行特种作业,为特种航空设备在电力系统的应用提供了第一手的宝贵经验。



图 4 载人动力三角翼

动力三角翼:载人飞行器,最高时速 120 km/h

用于在发生重大自然灾害人员不能通过地面及时到达,且天气状况良好的情况下,利用动力三角翼机动力灵活,留空时间长、低空低速的飞行特点搭载摄像系统进行空中侦查、探测,并将视频通过无线链路实时传回地面。



图 5 搭载稳定摄像云台的无人直升机

无人直升机:用于在发生重大自然灾害人员不能通过地面及时到达,且天气状况相对恶劣,载人飞行器不能完全保障人员安全的情况下,通过无人直升机搭载的摄像系统进行空中侦查、探测及搭载相关通讯设备保障前方人员同后方指挥中心的通讯畅通。无人直升机系统依靠惯性导航系统及 GPS 定位,通过地面站精确设定飞行航线,通过稳定云台搭载的高清摄像或红外热成像仪,可近距离地观测输电线路、变电站、铁塔及相关金具、附件。



图 6 无人遥控飞艇

无人遥控飞艇:用于重大自然灾害通讯中断的情况下,搭载相关通讯中继设备来保障前方人员同后方指挥中心通讯的畅通。遥控飞艇中继通信是一种非常有效的空中平台中继通信方式,中继飞行高度约 1 000 m 左右,覆盖范围可达到方圆 200 km。利用遥控飞艇的通信中继,可起到灾害现场信息通报和无人直升机系统的中继转发平台的作用,用以解决其他通信手段难以完成的山区快速指挥通信问题。

## 4 四川电力应急通信系统应用场景分析

四川电力应急通信系统的战略定位不仅限于灾害发生时的应急通信,更要在日常的电力生产建设方面发挥作用,尽力提高设备利用率,全面提高电网建设效率和科技水平。典型的应用场景如下。

### 4.1 针对突发自然灾害的应急通信

2009年初针对“二郎山 220 kV 输电线路覆冰塔杆倒塌”为预想事故演习,应急通信车建立现场指挥中心,并与后方指挥中心以卫星链路传输语音、视频、现场照片,现场集群电话进行抢险指挥,单兵系统进行近程视频监控,无人机或飞艇在 100 m 高空航拍输电线路整体状况。所有视频信息通过无线中继回传至卫星通信车并通过卫星链路回传至后方指挥中心,实现了天地空一体的立体应急通信体系,大大提高指挥效率<sup>[5]</sup>。

### 4.2 针对电厂生产备用接入的通信系统

四川地区水电站众多、所处位置偏僻,很多水电站只能通过单路由接入电网,极不可靠。利用应急通信系统的卫星通信骨干网,在偏远水电站设置便携站,可以建立与电厂与省调的卫星通信,结合语音网关、IP 协议转换器开通调度电话、调度自动化信息对省调的备用接入,在常规通信中断时实现备用通信。卫星中心站至少可支持 50~100 个远端小站的接入,可以大大提高电厂通信系统接入的双通道覆盖率、提高通信可靠性。

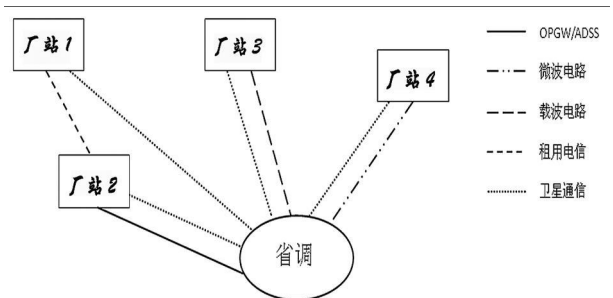


图 7 卫星通道作为厂站备用接入

### 4.3 针对电力输电线路勘测与巡检的通信系统

输电线路巡检是维护电网的重要手段,传统人工方式的巡检费时费力,且无法看到线路的整体状况,在四川部分山区因气候和复杂地理条件无法进行近距离人工巡检。飞艇、无人直升机、固定翼飞行器 etc 航空设备可以在不同飞行高度利用高清照相机、摄像

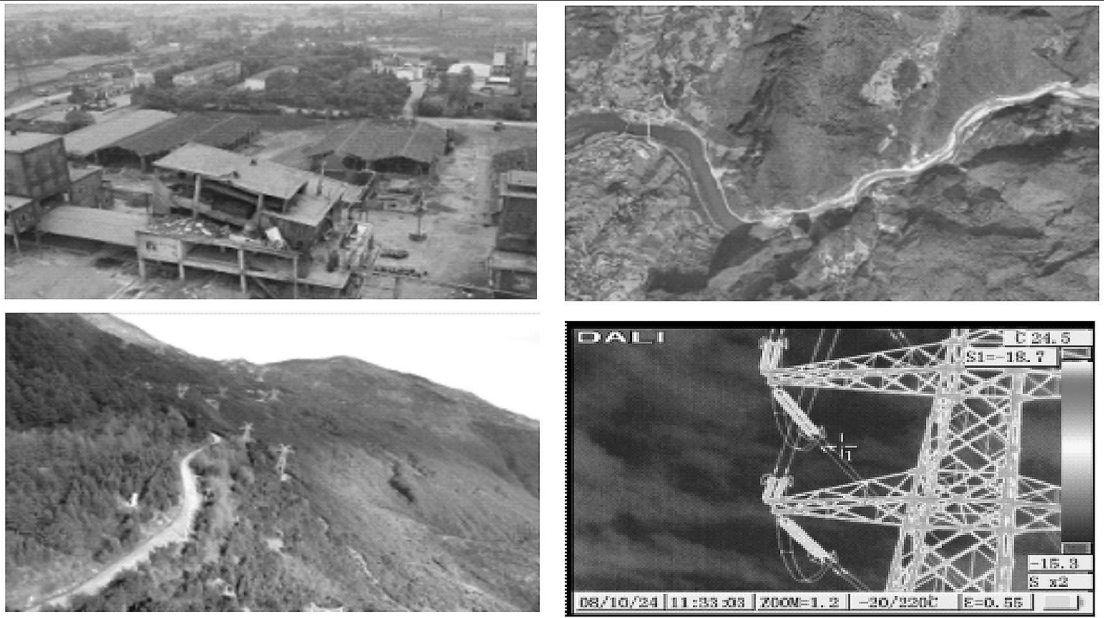


图 8 各种飞行器航拍的地震灾害和输电线路图片

机、红外热成像仪航拍输电走廊地理信息、线路、杆塔情况,并通过无线中继回传至监控室并接入电力通信网,可以在省调监控中心实时监控全省输电线路的状态,便于故障的快速判断定位。

## 5 四川电力应急体系的远景规划

“应急救援”仅仅是四川电力应急建设管理的部分内容,今后的四川电力应急管理将发展为“灾害预警—事故救援—恢复重建”的全过程处置体系。为贯彻国网公司“安全第一、预防为主”的安全生产原则,预警体系将是今后建设发展的重点。

### 5.1 电网可视化在线预警系统

电网具有规模大、范围广、系统复杂等特点,所处的外部环境极为复杂,且受天气、地质、人为等各种因素影响。因此如何选取合理的监控参数,以最小的投资代价和最低复杂度实现最大化的智能信息指导预警和救援,成为一个值得研究的问题。经历了去年的自然灾害后,电力行业内对电网稳定性的定义进一步延伸,将不仅仅包括电压、频率、潮流等稳定,还包括了外部环境(如雷击、泥石流、台风等)对电网稳定的影响、人员因素对电网稳定的影响(如误操作等)、电力市场对电网稳定的影响(如可中断负荷、辅助服务等)<sup>[6~7]</sup>。因此电网稳定的定义将进化为“广域电网稳定性”。对传统电网参数进行稳定分析已成熟多年,但外部环境、电力市场等对电网的影响,目前尚缺乏相关研究。鉴于此,采用虚拟现实技术的灾害预警将是四川省电力公司应急管理今后的发展重点。

虚拟现实技术(Virtual Reality)是指将各种实际的物理设备(输电线路、杆塔、变电站设备)按实际情况绘制并采用三维建模的方式在计算机上呈现,结合 Google Earth 等地理信息系统(Geographic Information System, GIS),可以将整个电网完全真实地用计算机显示出来。结合可视化调度系统、系统脆弱性分析软件、在线环境监控、视频监控、航空器勘测等系统,将电网的内部潮流、功率、电压和电网的外部环境信息如天气、风速、湿度、地质状况等结合到一起,利用最优化理论如贝叶斯估计等实现从“内”“外”两方面信息的结合进行灾害的评估和判断,可以帮助及早发现电网的脆弱部分,以及在灾害发生时迅速定位和确定灾害原因<sup>[8]</sup>。

### 5.2 重要变电站和地区供电局的通信备用接入地市局和偏远地区重要变电站都将接入应急通

按照四川省电力公司通信规划,未来几年内各信系统,通过卫星传输设备进行双通道、多路由改造,提高通信可靠性。卫星通信将按照国家电网公司安全分区和防护原则,提供多种生产和行政通信业务的传输通道,增强四川电力通信网的可靠性和容灾能力。

### 5.3 电力应急救援集成化建设

电力应急救援的集成化是另一部分重点工作。灾害后电监会和各地电网公司都针对应急救援的管理提出了一些规定和制度,但尚未形成行业标准。四川省电力公司将按照“准军事化”的应急管理目标进行应急体系的建设。将救援中从事不同工作的队伍(如设备抢修、航空勘察、应急通信、后勤保障)仿照



图 9 虚拟现实变电站展示与电网可视化调度系统

“军事集团”进行分类,确定人员与设备编制,并进行相应的专业训练;其对应的救援设备也效仿军队作战,利用集装箱进行“集成化”;针对不同的灾害因素,编制不同的应急预案和战术,使应急救援的目标更明确、效率更高。这种“集团化”、“集成化”的准军事应急管理将大大提高应急处置的效率,增强队伍的应急作战能力。

## 6 结 语

四川省电力公司充分总结抗冰保电、抗震救灾的应急抢险经验,结合四川电网实际情况,利用先进通信手段和特种装备,建设了“天地空一体化”立体应急通信网。目前应急培训基地与通信自动化中心已联合进行多次演练,全面展示出了“一体化”立体应急通信网络高效、可靠的通信能力,为电力系统应急体系开创了国内领先的管理和建设模式。在 2009 年 10 月举行的第一届中国国际电力安全发展暨应急管理论坛中,四川省电力公司应急体系建设的汇报得到了电力行业专家广泛的认可。四川省电力公司也将积极参与电力行业应急管理的行业规范、标准的制

订,努力成为电力行业安全生产、应急管理的领跑者。

## 参考文献

- [1] 杨洪. 关于电力应急通信体系建设的几点建议 [J]. 电力系统通信, 2009, 30(6): 6-8.
- [2] 元翔. 贵州电力应急通信网建设思路探讨 [J]. 电力系统通信, 2009, 30(2): 37-40.
- [3] 谷坊祝. 卫星通信技术在电力应急通信中的应用 [J]. 电力系统通信, 2009, 30(6): 29-32.
- [4] 崔燕明, 刘孝先, 吴维农, 等. 电力应急通信指挥系统的建设方案 [J]. 电力系统通信, 2009, 30(6): 33-36.
- [5] 四川新闻网. 二郎山电网“告急”, 四川电力实施立体应急战. <http://scnews.newsse.org/system/2009/01/23/011501514.shtml>
- [6] 薛禹胜. 从更广的视角看电力系统稳定性 [C]. 第一届中国国际电力安全发展暨应急管理论坛. 2009, 10.
- [7] 卢强. 智能电力调度控制系统与电力系统安全运行 [C]. 第一届中国国际电力安全发展暨应急管理论坛. 2009, 10.
- [8] 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, (1): 1-5.

(收稿日期: 2009-10-10)

(上接第 51 页)

- [13] 王鲁单, 王洪光, 等. 一种输电线路巡检机器人控制系统的设计与实现 [J]. 机器人, 2007, 29(1): 7-11.
- [14] 王鲁单, 王洪光, 等. 基于视觉伺服的输电线路巡检机器人抓线控制 [J]. 机器人, 2007, 29(5): 451-455.
- [15] 付双飞, 王洪光, 等. 超高压输电线路巡检机器人越障控制问题的研究 [J]. 机器人, 2005, 27(4): 341-346.
- [16] 周风余, 吴爱国. 架空输电线路自动巡线机器人 [J]. 农村电气化, 2008, (2): 59-60.
- [17] 周风余, 吴爱国, 李贻斌. 110kV 输电线路巡线机器人控制方法及实现 [J]. 山东大学学报, 2007, 37

(6): 31-35.

- [18] 周风余, 吴爱国, 李贻斌, 等. 高压架空输电线路自动巡线机器人的研制 [J]. 电力系统自动化, 2004, 28(23): 89-91.
- [19] Richard D. Cherry T. Standards for the Smart Grid [C]. IEEE Conference on Global Sustainable Energy Infrastructure 2008, 1-7.

## 作者简介:

佃松宜 (1973-), 男, 湖北松滋人, 博士, 副教授, 主要从事精密运动控制、智能机器人等方面的教学和科研工作。

翁桃 (1987-), 男, 四川简阳人, 硕士研究生, 研究方向为检测技术与自动化装置。

(收稿日期: 2009-11-04)