

基于业务持续的电网应急指挥系统研究

余廉, 王大勇, 郭景涛

(华中科技大学公共安全预警研究中心, 武汉 430063)

摘要: 电网系统由于其自身脆弱性和所面临的风险, 极易发生大面积停电事件, 带来巨大经济损失和严重社会后果。本文基于常态管理与非常态管理相结合、预警与应急并行的电网应急管理思想, 设计了具备业务持续功能的构件化应急指挥模型, 以期有效提升电网应急管理水平和能力。

关键词: 电网; 突发事件; 业务持续; 应急指挥

中图分类号: X92

文献标识码: A

文章编号: 1674-4969(2011)01-0075-07

大面积停电事故是现代社会面临的重要威胁之一。2003年8月14日, 美国东北部和加拿大部分地区发生大面积停电危机; 2005年5月25日, 莫斯科发生大停电危机; 2006年11月4日, 欧洲多国发生大面积停电危机; 2008年1月, 中国南方因冰雪灾害引发数省电网危机。此类事件不断警示着电网应急管理的重要性。

电网系统由于其自身的脆弱性和所面临的风险, 极易发生对社会运行和企业生产构成重大威胁的突发事件, 其中大面积停电是最为严重的突发事件。它的发生具有耦合性、衍生性、快速扩散性、传导变异性等特征, 是一种非常态的事件演化过程, 与常态电网的事故解决方案有很大差异。因此, 对电网系统突发事件的应急管理, 应当涵盖包括突发事件的预防与准备、监测与预警、救援处置和恢复重建在内的全过程活动, 如此, 才能有效防止大面积停电事件的发生, 并能够在大面积停电后快速恢复电力供应。本文基于常态管理与非常态管理相结合、预警与应急并行的电网应急管理思想, 设计了具备业务持续功能的构

件化应急指挥模型, 以期有效提升电网应急管理水平和能力。

1 我国电网运行风险及其存在的管理问题

1.1 我国电网运行面临的主要风险

电力行业的公用性和电力生产、使用同时性的特点, 决定了电网事故影响大、速度快、后果严重, 不仅会给电力企业造成重大经济损失, 还会带来巨大的政治、经济影响, 甚至引起社会混乱。因此, 电网安全关系到公共安全与社会稳定。要预防和减少电网运行突发事件的发生, 首先就要对电网运行风险进行分析、识别, 进而对电网运行过程进行调控。根据近年来国内外典型电网事故的总结分析, 影响电网安全运行的风险主要有以下四类:

(1) 自然灾害

主要包括冰冻、台风、冰雹、盐雾、暴风雪等气象灾害, 火山、地震、山体崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷等地质灾害, 风暴潮、森林火灾等重大灾害等。

收稿日期: 2010-12-01; 修回日期: 2011-01-05

基金项目: 工业与信息化部经济运行监督协调局项目应急产业政策研究(2010-050201)。

作者简介: 余廉(1959-), 男, 湖北黄冈人, 教授, 博士生导师, 研究方向为公共安全预警与应急管理。E-mail: shelian2@163.com

王大勇(1978-), 男, 辽宁铁岭人, 博士生, 研究方向为公共安全预警与应急管理。E-mail: wangdayong@263.net

郭景涛(1981-), 男, 内蒙古通辽人, 博士生, 研究方向为公共安全预警与应急管理。E-mail: sniper_jay@163.com.

(2) 生产事故

引发生产事故可以分为非人为因素和人为因素。非人为因素包括: 电力系统主要元件故障: 发电机、变压器、输电线路故障; 控制和保护系统故障: 保护继电器的隐性故障、断路器误动作、控制故障或误操作等; 计算机软件、硬件系统故障; 信息、通信系统故障: 失去通信、不能进行自动控制和保护、信息系统的故障(造成信息的缺损或者信息不可靠)或拥塞、外部侵入信息与通信系统等; 电力系统不稳定: 静态/暂态/电压/振荡/频率/不稳定等。人为因素包括: 操作人员误操作; 控制和保护系统设置错误; 蓄意破坏等。

(3) 社会事件

主要包括涉及恐怖袭击事件、战争、重大传染病疫情或群体性不明原因疾病导致大规模群体性事件等。

(4) 其他事件

网络病毒、黑客攻击、电网企业的重大刑事案件、发电燃料供应短缺等。

一般来说, 从电力系统事故严重程度和对社会的影响看, 电网运行突发事件可分为四大类: 一类是区域电网、跨区电网崩溃; 二类是区域电网、跨区电网大面积停电; 三类是局部停电; 四类是电网正常运行情况下的重要用户失电。其中第三类局部停电和第四类重要用户失电事件发生时, 由于电力系统发电输电的基础设施基本完好, 可以依靠电网的应急调度、检修和恢复控制等手段, 系统恢复正常的时间通常较快; 而第一类电网崩溃和第二类大面积停电事件发生时, 由于电力系统基础设施的大范围破坏会造成大范围长时间停电, 这类灾害会给社会带来极大损失, 通常需要外部合作与干预才能逐步恢复电网系统的正常运行。

1.2 我国电网应急管理存在的主要问题

我国电网应急管理的发展经历了经验型的预案处理阶段、分析型的预防管理阶段、智能型的灾变防御阶段。其中, 经验型的预案处理阶段, 以

大面积停电恢复和各种专业预案的编制、修订以及应急体系建设为主要工作内容; 分析型的预防管理阶段, 以利用现代信息技术、通信技术、电力系统分析与控制技术, 加强预警应急管理信息系统建设为主要内容; 智能型的灾变防御阶段, 则通过有效利用经验型、分析型阶段的成果, 引入人工智能、知识工程理论, 并利用数据挖掘技术, 在积累应急事件数据和案例、提高数据质量的基础上, 实现灾害风险的在线跟踪, 提高灾害的预测预警水平, 为应急指挥提供智能辅助决策手段。

健全完善的风险管理体系可以有效降低电网风险与突发事件所造成的损失与影响。当前我国各地电网的应急体系已经初步完备, 但在应急指挥体系、应急制度、应急保障、应急能力整合方面存在一些问题。

(1) 应急指挥无程式, 应急行为不确定性强

我国各地电网已经建立了形式上相对完备的应急指挥体系。这些应急指挥体系是依据国家电网总体应急预案而制定的, 主要表现为原则性、指导性的框架, 针对性与精细化程度不够, 相应的分类指挥流程、指令传递、应急权责行为的程式性规定等较为简单甚或缺乏, 难以满足应付不同类型风险和程度不同的应急决策要求和大规模应急处置资源协同的需要, 特别是难以在事件变化状态下适时地调整指挥机构的权限和职能。这种体制特征又容易导致应急指挥人员在决策过程中由于指挥流程太简化或无规定, 而发生职权的自由裁决量过大、指挥行为无序变化等弊端, 导致应急管理过程的不确定性和失控性。

(2) 电网常态管理与非常态管理难以融合

目前国家电网已经建立了包括应急预案、应急管理制度、应急工作规则等形式相对完备的应急制度框架。从应急预案管理角度讲, 尽管企业建立了相对完备的应急预案体系, 但在应急状态下多个业务单元预案的启用与实施可能会产生冲突, 如多个预案启用要使用同样的稀缺资源而又

无法同时满足，多个预案的实施有前后顺序与支持的要求而被同时启动实施等，这些预案实施冲突往往导致整个应急活动的混乱与失效。从应急管理制度角度讲，制度规则主要是为满足重大突发事件的瞬时处置需要而制定，如何将企业常态的管理职能同突发事件非常态下的应急管理职能有效地综合为一体，如何将企业生产运行中的常态技术能力有机地集合为非常态下的应急技术功能，目前尚未形成集成与共享的制度与规则。因此，电网企业如何在体制与制度上将企业常态的组织功能、各种具有应急功能的监测与控制技术、各种保障支撑资源等进行有效整合，使企业的常态管理与非常态管理活动整合为一体，使企业各个组织要素与技术要素能够在突发事件状态下进行有效协同，是提升电网整体应急技术能力与管理水平的关键所在。

(3) 应急保障资源难以协同

电网应急保障主要由应急队伍、信息通信系统、物资装备、宣传培训与演习、资金保障等要素构成。各省电网企业均已形成一定规模的内部保障要素配置，但在重大电网突发事件的应急过程中，企业应急保障的能力难以支撑事件的应急保障需求。如何快捷有效地将外部社会应急保障要素引入电网内部应急活动中？如何协同企业与社会保障资源？这些在目前的电网应急管理制度安排中尚未建立协同机制。

(4) 应急技术的匮乏

电网生产运行中，诸多生产业务单元中的许多监测、监控技术与信息技术，大都具备直接或间接的应急功能，如何在应急状态下将这些技术按应急管理流程的要求快速组合成具备特定应急能力的技术模块，使之形成常态下循规使用、非常态下有序移动与集合的构件化技术组合机制，这些在目前电网应急预案中没有涉及。从现代科技发展的趋势上讲，电网生产业务技术的单元化、构件化与可替换化，是电网技术的主流发展方向，这其中包含了对突发事件应急技术的开发

与协同。因此，结合企业现在技术能力，针对类型化的各类突发事件，开发形成常态与非常态下通用的、序列化的、可替换的应急技术是未来企业应急能力的基础性保障。

2 基于业务持续的电网应急指挥体系构架

进入 21 世纪以来，业务持续管理模式成为国际社会高度关注的一个焦点。业务持续管理超越以往传统的危机管理概念，具有了集自然科学与社会科学、研究与管理为一体的特点^[1]。目前，发达国家的企业已基本建立起业务持续管理体系。在英国，完善的业务持续计划甚至是企业上市的基本要求。国外有关公共部门和机构也相继建立起业务持续计划，以保证关键的业务活动组织经得起各种突发事件的冲击。

我国电网建立应急管理业务持续系统的首要任务是建设应急指挥系统，以形成有效的决策、组织、指挥、协调、控制的系统中心。其核心目标是防止出现大面积停电，或防止大面积停电导致系统崩溃，并能够在较短时间内迅速恢复电网的核心业务，保证电网基本功能的持续。具体任务要求是在事故早期处置中，防止电网发生系统性崩溃；在电网恢复中，优先保证重要电厂厂用电源和主干网架、重要输变电设备的恢复，提高整个系统恢复速度；在供电恢复中，优先保证省会城市、重点地区、重要用户的恢复供电，尽快恢复社会正常秩序。

2.1 建立基于业务持续的电网应急指挥系统的条件

2.1.1 良好的安全生产技术和应急管理体系是基础

现代电网拥有的生产安全系统和应急管理体系，是建立业务持续技术系统的基础。电网运行中大量的监测、监控和调度技术，大都具备直接、间接的应急功能，由于这些技术分散于各业务部门，使之无法在突发事件状态下的有限响应时间内，快速、有序、有效地支撑应急管理的活动。

对此,可运用构件化思想将电网现有技术进行应急功能的集约性整合,使之能依据不同应急指挥流程进行应急技术的集成和分拆,实现构件化的应急技术集成模式,并经济化和便捷化地运行这些技术系统,达到快速、有序、高效地处置电网突发事件的目的。

2.1.2 国家加强突发事件应急体系建设是保障

近年来,随着各种突发事件的增多,国家非常重视突发事件应急体系建设,积极引导和鼓励各级政府建立健全应急管理机制。国务院国有资产监督与管理委员会于2006年发布了《中央企业全面风险管理指引》,要求大型国有企业建立现代风险管理体系。国家信息主管部门、金融主管部门对信息系统安全防护、灾难恢复方面出台了一系列的指导性意见。这些外部条件是电网建立业务持续技术系统的保障。

2.1.3 社会资源的有效动员是支撑

我国已建立起“统一领导、综合协调、分类管理、分级负责、属地管理为主”的应急管理体制。在发生重大电网突发事件的情况下,企业可

以有效动员企业内部和外部资源进行应急救援,为电网应急管理业务持续系统活动提供社会资源的有力支撑。

2.2 构建突发事件下的电网业务持续系统

电网应急管理既涵盖对电网运行的评估、监测、预测及报警等,也包括对突发事件的预防、干预与控制。在突发事件尚未发生的常态阶段,应急管理的核心是预警信息的获取、生成与发布;当突发事件的警讯出现后,应急管理的重心向事件的早期干预转移,以保持电网运行的常态性^[2]。一旦爆发危机事件,内电网运行立即进入非常态的应急状态。由于电网应急管理的复杂性,目前国家电网的监测预警、应急响应和恢复等阶段的应急机制建设尚不完善。根据前述我国电网应急管理中存在的组织体制、应急技术、管理制度和应急保障等几个方面的问题,借鉴国际上通行的业务持续管理的理论与方法,依据国家电网应急管理预案及其危机处置流程方法,构建电网业务持续系统,以保障电网在重大危机发生后能够保证基本的功能并能快速恢复常态运行。其构成如图1所示:

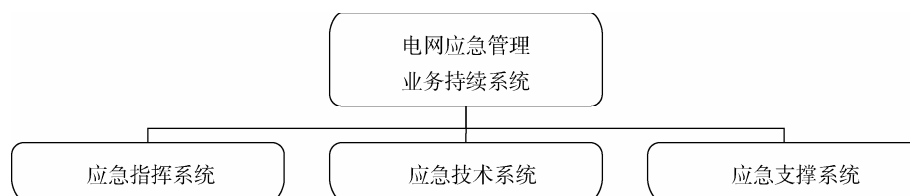


图1 电网应急管理业务持续系统

2.2.1 应急指挥系统

应急指挥系统是电网业务持续系统的首脑和核心,是各级应急机构决策和指令之源,是所有危机信息的汇聚之所。它基于一定的原则对危机事件进行快速有序的处理,确保电网主干系统免受致命冲击而保持持续,或电网系统受损后快速恢复核心业务,保持系统的基本功能,逐步化解危机和恢复常态。应急指挥系统是业务持续系统的主干系统,包含制度子系统、决策子系统和执

行子系统。

目前,中国区域电网应急组织体系中包含了政府机构、电网企业、发电企业和重要用户4个大主体,其中政府机构处于主导地位,涵盖多个公共服务与权力部门。电网企业、发电企业和重要用户虽然承担着电网灾难性事件预防预警、紧急控制和应急响应等环节的具体职责,但是由于这些企业均无权调度本单位之外的社会应急资源,因此必须保证地方政府在电网应急管理中的中心

地位，其应急方案应当侧重原则和框架规定，发挥组织、指挥和协调作用；而电网应急体系的其他成员应当按照区域电网应急方案的要求完成其担负的具体应急任务，重点在于其应急行为的规范性、合理性和可操作性。

2.2.2 应急技术系统

由于电力能源不能中间存储，产供销必须同时同步变化，否则就会引起电网震荡，导致系统故障甚至崩溃，因此，依靠科技手段维持产供销同步是电网应急管理的基本原则之一。电力系统运行要求电网各部门间的运行控制与协调，必须依靠各种专业技术系统，保证电力产供销的同步实时变化。电网应急技术系统的构成如图 2^[3]。

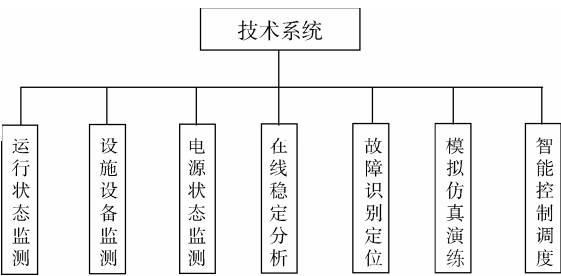


图 2 电网应急技术系统构成

2.2.3 应急支撑保障系统

电网应急支撑保障系统，是电网业务持续系统的运行保障基础。它主要解决电网突发事件应急过程中的专业技术人员、物资装备供应、通信与交通、资金、技术培训以及社会间的应急响应与配合等。电网业务持续支撑保障系统构成如图 3 所示：

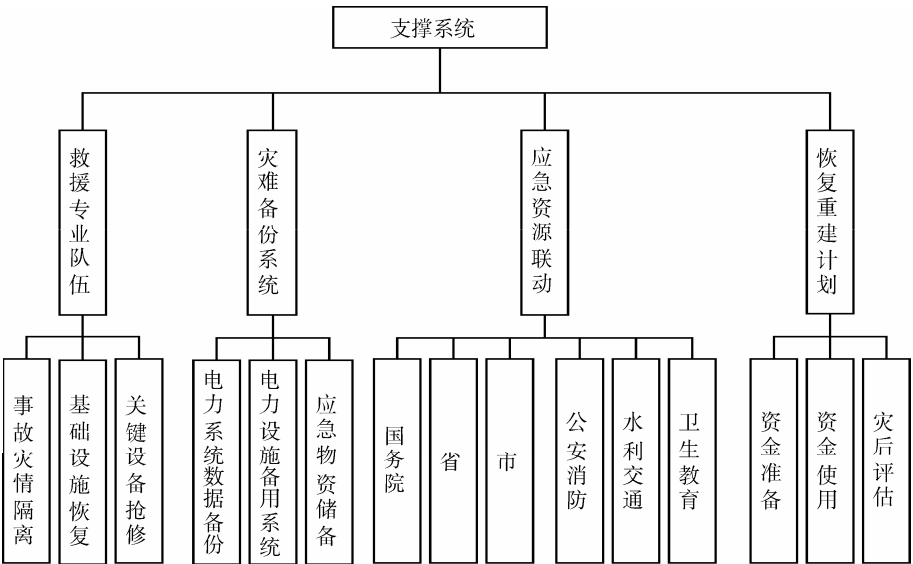


图 3 电网业务持续支撑保障系统构成

(1) 救援专业队伍

应急救援专业队伍是处理危机事件、执行决策的实施者，应急救援成功与否在很大程度上依赖于救援人员对事故危害特性的了解深度和对控制技术的掌握程度。应根据“预防与应急并重，常态与非常态相结合”和“险时搞救援，平时搞防范”的原则，加强应急队伍建设，保证应急演练，开展预防性安全检查和参与事故防范工作。

(2) 灾难备份系统

① 电力系统数据备份

电力企业中的许多应用系统和重要数据，比如能量管理系统、电量计量、电力市场系统、水调系统、调度生产管理系统、财务管理系统、用电营销系统、办公自动化系统，大多分布在内部系统的多台服务器上，其数据的安全管理涉及诸多风险因素。人为的操作错误、软件缺陷、硬件故障、计算机病毒、黑客攻击、自然灾害等诸多因素，均有可能带来数据的丢失。因此，必须建立电力数据备份系统，进行远程容灾备份，加强网络信息安全防护，使企业在遭受攻击或遭遇自然灾害而引

发数据丢失时, 快速恢复数据和系统服务。

② 电力设施备用系统

备用容量是电力系统安全稳定运行的保证, 也是电网经济效益的基础, 两者相辅相成、相互促进。但备用容量留得过多则设备得不到充分利用, 且单位运行成本增加, 电网经济性差; 留得过少则电网安全可靠性能差。因此, 应经济合理地确定电力系统的备用容量, 保证安全前提下提高电网的经济运行水平。

③ 应急物资储备

应急救援物资包括抢险物资和救灾物资两大部分。抢险物资主要包括抢修电力、通信设施的备品备件、救援工具设备, 以及其他紧急抢险所需的物资。救灾物资包括粮食、方便食品、药品、帐篷、衣被、饮用水和其他生存救助所需物资等。

(3) 社会应急资源联动

是指当电力故障导致社会大范围受损时, 社会各级组织为了应对事件应当自发或有组织的响应电网应急, 为应急抢险提供适当资源或外部环境, 减轻电网应急部门的压力, 使电网逐步恢复稳定。主要的社会资源包括政府应急支撑、公共部门的应急配合与支持, 以及重点用户的响应与配合。

① 各级政府的支持

重大电网事故必然对社会各生产部门和群众生活造成不同程度的影响, 特别是地铁、医院等城市生命线系统, 一旦电力供应停止, 就会停止运行, 从而造成很大的社会混乱。当电力事故影响超出了企业控制范围, 政府必须介入, 为企业提供必要的物资、人员和资金等方面的支持, 同时稳定社会秩序, 为应急抢险创造良好的外部环境。

② 公共部门应急支持

公共部门主要指消防、公安、水利、气象、环境、医院等职能部门。当重大电力事故发生时, 需要这些部门在抢险救援方面提供专业范围内的协助与支持, 共同应对各种危机事件, 保障群众的生命财产安全和社会稳定。

③ 重点用户的应急支持

重点用户是主要的电力消耗企业、属于城市生命线的地铁、医院等部门的企业与机构等。用户部门一般会制订应急预案, 储备应急物资, 配备专业应急队伍, 以备电力事故的应急之需。这些机构与企业可以适当地对外输出应急资源, 协助电力企业或政府部门处理电网重大事件, 由此构成完整的社会应急保障体系, 提供社会应急资源。

(4) 恢复重建计划

电力系统恢复重建是指大范围电力设施毁损后进行重新建设的工作。首先是对城市生命线系统的电力供应进行恢复, 对部分关键电力设施进行抢修, 打通电力主干网络, 尽快恢复电力系统的核心业务。

3 电网突发事件的“预警化管理”模式

电网应急管理能力的诸项指标中, 最为关键的是对电网突发事件的预警能力。发达国家电网运行的现状表明, “预警化管理”是电网危机管理的未来发展趋势。

3.1 科学设计应对自然灾害的电网规划

不合理的电网规划是导致电网危机发生的潜在危险因素。E.G.纽多夫(E.G. Neudorf)(1995 年)认为, 做好电网优化设计工作是电网工程建设的关键环节, 它对电力工程建设的工期、质量、投资费用和建成投产后的运行安全性和生产的综合经济效益起着决定性的作用^[4]。应综合考虑电力供应的技术经济性、需求管理、环境、社会经济等因素, 采用综合资源规划的方法进行电力规划。应研究如何通过市场机制建立合理的输、配电价机制, 以此来引导电源和电网的布局。

3.2 基于现代技术的灾害监测与预报

运用现代信息技术, 通过互联网、通信系统及时获取电网服务地区的各种灾害信息和社会经济公共信息, 掌握各种灾害风险数据, 有针对性地做好灾前准备, 提高防御自然灾害的能力, 避免和减少灾害损失, 特别是要加强电网系统的动态

性预测预警工作，为应急指挥提供第一手信息。

3.3 构建电网预警管理平台

电网预警管理平台是利用现代信息技术、通信技术、电力系统分析与控制技术，为应对电力生产重特大事故、设备破坏、电力供应危机、与电力生产相关的严重自然灾害等重大突发事件而建设的管理平台，具有灾害风险信息采集与管理、应急值守、预测预警、调度指挥、辅助决策、电子预案、资源管理、演练评估、信息发布等应急管理功能，是应急指挥系统开展决策指挥行动的技术平台。^[5]

3.4 开发电网预警应急关键技术

电网预警应急关键技术主要是电网防灾减灾技术、电网自然灾害综合信息管理和恶劣天气监测技术、电网应急决策和灾害处理技术等。“预警化管理”的关键技术主要包括对电力系统大面积停电危害性的分析技术、自然灾害引发大面积停电的预测预警技术、大面积停电应急救援技术、

应对电网突发事件的海量信息融合技术及智能分析技术等。

电网突发事件“预警管理模式”的建立及有效运行，将会显著提高电网应急管理的水平和能力，大大减少因电网突发事件而带来的经济损失及社会灾难性后果，使国家电网更好地为国家经济社会事业服务。

参考文献

- [1] 王德迅. 业务持续管理的国际比较研究[J]. 世界经济与政治, 2008(6): 74-80.
- [2] 钱刚毅, 余廉, 张凯. 重大公共安全事件的预警及应急管理: 现实挑战与发展建议[J]. 科技进步与对策, 2009, 26(12): 25-28.
- [3] 张建华, 尚敬福, 赵炜炜. 中国区域电网应急管理机制建设的建议[J]. 电力系统自动化, 2009, 33(4): 40-44.
- [4] Neudof E G, Logan D M, Porretta B. Cost-benefit analysis of power system reliability: two utility case studies[J]. IEEE Transactions on Power System, 1995, 10(3): 1667-1675.
- [5] 田世明, 陈希, 朱朝阳. 电力应急管理平台研究[J]. 电网技术, 2008, 32(1): 26-30.

Research on Grid Emergency Command System Based on Business Continuity

She Lian, Wang Dayong, Guo Jingtao

(Research Center of Public Safety Warning and Emergency,
Huazhong University of Science of Technology, Wuhan 430063)

Abstract: Due to its own vulnerability and risks, the electricity grid system could easily cause large power outage events, and bring about huge economic losses and serious social consequences. Based on normal management and abnormal management, early warning and emergency response management, this paper designs an emergency command model which has business continuity function. This command model can effectively raise the grid emergency management capability.

Key words: Electricity grid; Emergencies; Business continuity; Emergency command

□责任编辑: 王佩琼