

芦倩, 刘超, 朱朝阳. 基于事件驱动模型的电力突发事件应急处置流程研究[J]. 灾害学, 2016, 31(1): 181–187. [Lu Qian, Liu Chao and Zhu Chaoyang. Study on the Emergency Disposal Process of Power Emergency Based on Event Driven Model[J]. Journal of Catastrophology, 2016, 31(1): 181–187.]

基于事件驱动模型的电力突发事件 应急处置流程研究*

芦倩¹, 刘超¹, 朱朝阳²

(1. 国家电网智能电网研究院, 北京 102211; 2. 中国电力科学研究院, 北京 100192)

摘要: 为提高应急抢修工作的效率和应急处置的能力, 认真履行电力企业的社会责任, 在详细分析目前电力应急管理研究存在的问题和面临的挑战的基础上, 对电力突发事件、电力应急预案体系等一些重要基本概念进行重新完善和明确, 为了让各级应急指挥及救援人员熟悉应急职责及流程, 关注各级各类预案相互衔接, 力图基于事件驱动模型和应急预案要素建立应急处置流程的生成方法, 为电力突发事件应急指挥决策方法的研究和实践提供理论和技术支撑。

关键词: 电力; 突发事件; 应急预案; 应急处置流程; 事件驱动模型

中图分类号: X43 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000–811X(2016)01–0181–07

doi: 10.3969/j.issn.1000–811X.2016.01.034

随着社会经济的快速发展, 电力工业发展迅速。电力系统由小到大, 由孤立电网发展到联结数省范围内发电厂、变电站、输配电线路和广大用户的区域性电网, 进而通过输电线路的互联, 发展为跨区、跨国的大型互联电力系统^[1]。大型互联电力系统可充分发挥大电网、大机组、大容量远距离输电的规模经济效益, 对现代经济社会的发展有强大的推动作用。随着社会对电力的需求持续增加, 一旦发生电力供应中断事件, 将给社会、经济秩序和人民群众生活带来巨大影响。近年来, 各类自然灾害频发, 2008年以来发生的南方冰雪灾害、汶川8.0级地震、玉树7.1级地震、舟曲泥石流灾害、芦山7.0级地震和每年登陆沿海地区的台风等自然灾害, 对电网设施造成严重损毁, 同时, 电网遭受外力破坏情况时有发生, 严重影响到了电网的安全稳定运行, 给人民生命财产与和谐稳定带来严重危害和影响。

为防御和应对各种电力突发事件, 电力行业跟随我国政府步伐, 从2003年起全面加强以“一案三制”为核心的电力应急体系建设, 其中电力应急管理体系包括应急法律法规体系、应急规章制度体系、应急标准规范体系、应急管理组织体系、电力应急机制、电力应急预案体系、电力应急保障体系和电力科技支撑体系^[2–3]。电力应急预案体系是电力应急体系中的重要组成部分。本文拟以应急预案为纲, 探讨和研究基于事件驱动模型的

电力突发事件应急处置流程生成方法。

1 电力突发事件

当前, 我国正处于经济和社会转型期, 面临的矛盾错综复杂, 各类自然灾害、事故灾难、公共卫生事件和社会安全事件频发, 对电网设施造成严重损毁, 严重影响到了电网的安全稳定运行, 给人民生命财产与社会和谐稳定带来严重危害和影响。同时, 社会发生的许多突发事件, 即使没有给电网造成损失, 也需要电网企业及时做出反应, 协助政府开展应急救援, 参与社会事故灾难抢险, 提供应急供电、照明等保障。因此, 认清与电力息息相关的各类突发事件, 定义电力突发事件并按照电网自身特点进行合理分类, 对编制电力突发事件的专项应急预案, 加强企业应对电力突发事件的能力, 积极履行社会责任, 满足国家和社会对应急工作的高标准要求具有特别重要的意义。

1.1 事件的定义和分类

根据《中华人民共和国突发事件应对法》及相关法律法规, 结合电网自身特点及电网应急预案体系框架^[4–6], 本文将电力突发事件分为自然灾害类、事故灾难类、公共卫生类、社会安全事件类等四大类, 23项事件类型。具体分类如图1所示。

* 收稿日期: 2015–05–12 修回日期: 2015–07–06

基金项目: 中央企业安全生产应急管理平台研究项目(B355HT150002); 国家电网公司应急指挥信息系统研究与开发项目(B342XX140078); 国家电网公司大规模综合应急演练场景模拟技术研究项目(B342XX140094)

作者简介: 芦倩(1982–), 女, 河北南宫人, 硕士研究生, 高级工程师, 主要从事电力安全与应急相关方面的研究。

E-mail: luqian-lqq@163.com

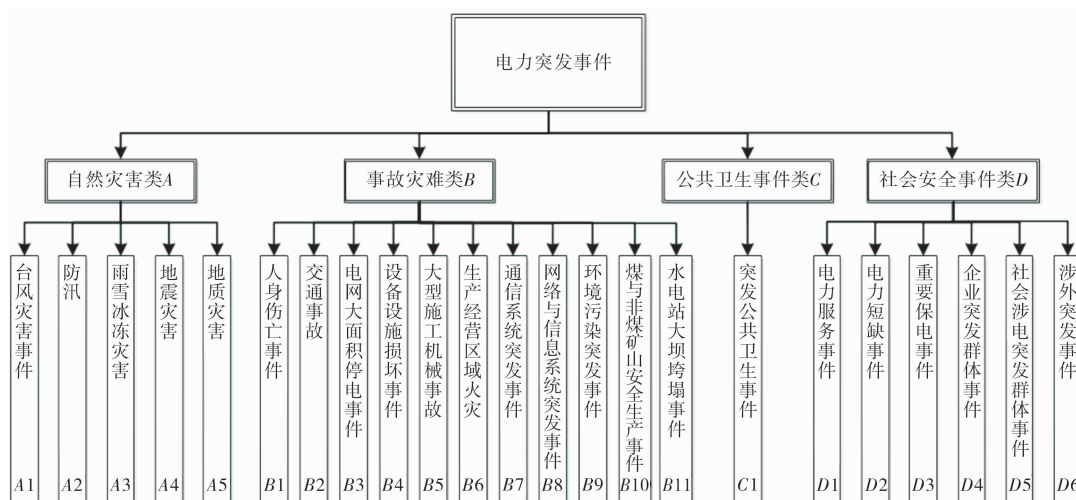


图1 电力突发事件分类图

1.2 事件链

电力突发事件的发生具有很强的随机性，爆发突然，蔓延迅速，始终处于急速变换之中，容易引起连锁反应。文献[4]对电力突发事件的特点进行了详细表述，同时表明电力突发事件通常具有发生次生、衍生、后续灾害的可能性。所以在实际情况中，电力突发事件不能简单地采用图1所示的自然灾害类、事故灾难类、公共卫生事件类、社会安全事件类这四种类型中一个事件为例，而应采用以某一个事件为原生事件或主事件，随时间顺序发生的其他事件作为次生、衍生事件的事件链。以台风灾害事件为例，台风灾害事件A1为主事件，台风在登陆前、登陆时及登陆后，很有可能会发生洪涝灾害、城市内涝、泥石流、大面积停电、设备设施损坏等次生灾害及人身伤亡、交通事故、电力服务事件、电力短缺事件、社会涉电突发群体事件等一系列次生、衍生事件，台风灾害为原生事件的事件链(图2)可表示为：

$$E = (A1, A2, A5, B1, B2, B3, B4, D1, D2, D5)。 \quad (1)$$

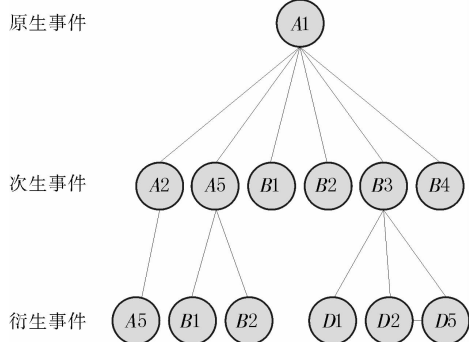


图2 以台风灾害为原生事件的事件链图

2 电力应急预案体系

应急预案是处置突发事件的重要依据，对危机事件防控体系及其运作机制的描述文件^[7]，而建立应急预案体系是为各级各类可能发生的突发事件明确事前、事发、事中、事后的各个过程中

相关部门和有关人员的职责。2006年以来，国家电网、南方电网及各省(区、市)电网公司配合各级政府制定省级《处置电网大面积停电事件应急预案》，同时也制定了本公司应对电网重、特大突发事件的应急预案及配套的专项预案。全国各主要发电企业也制定了总体应急预案，并针对人身伤亡、自然灾害、电网大面积停电、火灾、交通、以及公共安全等方面制定了相应的专项应急预案^[8]。

2.1 预案构成

电力行业的应急预案体系由总体应急预案、专项应急预案、现场处置方案构成，满足国家按照“横向到边、纵向到底”建立覆盖全面、上下衔接应急预案体系^[8]的要求。专项应急预案和现场处置方案按照自然灾害类、事故灾难类、公共卫生类、社会安全事件类进行分类。参考文献[1-8]，本文归纳出应急预案的要素有总则、风险分析、组织机构及职责、预防与预警、应急响应、后期处置、信息报告、应急保障、培训演练、附录是个部分组成，并提出了电力企业应急预案体系中总体应急预案、专项应急预案和现场处置方案各个预案要素的对比分析，如表1所示。

其中总体应急预案(General Emergency Plan, 简称GEP)可看作是总体应急预案各要素的集合，可表示为：

$$GEP = (GEP_1, GEP_2, GEP_3, GEP_4, GEP_5, GEP_6, GEP_7, GEP_8, GEP_9, GEP_{10})。 \quad (2)$$

专项应急预案(Special Emergency Plan, 简称SEP)可表示为：

$$SEP = (SEP_1, SEP_2, SEP_3, SEP_4, SEP_5, SEP_6, SEP_7, SEP_8, SEP_9, SEP_{10})。 \quad (3)$$

现场处置方案(Site Disposal Plan, 简称SDP)可表示为

$$SDP = (SDP_1, SDP_2, SDP_3, SDP_4)。 \quad (4)$$

2.2 各类预案对比分析

由表1中各类型预案的要素可看出，总体应急预案与专项应急预案从预案要素上来说差别较小，主要差距在第一项，而总体应急预案、专项应急预案同现场处置方案的差别较大。这是由三类应

表 1 电力企业应急预案体系中各类型预案要素对比表

序号	预案要素	总体应急预案 GEP		专项应急预案 SEP		现场处置方案 SDP	
1	总则	应急预案体系	GEP1	事件类型和事件分级	SEP1	事件特征	SDP1
2	风险分析	风险分析	GEP2	危害程度分析	SEP2		
3	组织机构及职责	组织机构及职责	GEP3	应急指挥机构及职责	SEP3	工作场所及岗位 应急职责	SDP2
4	预防与预警	预防与预警	GEP4	预防与预警	SEP4		
5	应急响应	应急响应	GEP5	应急响应	SEP5	应急处置	SDP3
6	后期处置	后期处置	GEP6	后期处置	SEP6	注意事项	SDP4
7	信息报告	信息报告与披露	GEP7	信息报告	SEP7		
8	应急保障	应急保障	GEP8	应急保障	SEP8		
9	培训演练	培训演练	GEP9	培训演练	SEP9		
10	附录	附录	GEP10	附录	SEP10		

急预案的职责和作用造成的。

因总体应急预案是应急预案体系的总纲,是电力行业各单位组织应对突发事件的总体制度安排。所以总体应急预案虽然普适性强,但针对性不足^[8]。专项应急预案则是应对某一次、某一种、某一类危机事件的应急预案。如果存在专项应急预案无法覆盖的危机情况时需启动总体应急预案。现场处置方案主要针对特定的场所、设备设施、岗位,在详细分析突发事件风险和危险源的基础上,制定的处置措施和主要流程。

电力企业总部、各省(自治区、直辖市)电力公司设总体应急预案、专项应急预案,根据需要设现场处置方案。地市、县级供电企业设总体应急预案、专项应急预案、现场处置方案。以国网山东省电力公司为例,共组织编制了省、市、县公司三级总体应急预案 119 项、专项应急预案 2 649 项、现场处置方案 16 414 项。其中,总体应急预案各等级(总部、省、地市、县)单位都需要设置;专项应急预案可按图 1 所示的电力突发事件分类进行设置,值得注意的是,并不是电力企业各等级单位都需要设置 23 个专项应急预案。电力企业总部可设置 16 个专项应急预案,比如自然灾害类的 5 个事件类型,将类似事件合并,并设置气象灾害处置应急预案和地震地质等灾害处置应急预案这 2 个专项应急预案,以次类推,省级电力公司可设置 21 个专项应急预案,地市级供电企业可设置 23 个专项应急预案;现场处置方案也可按照图 1 所示的电力突发事件分类进行设置,现场处置方案关注具体岗位具体事件的具体处置措施,比如可编制变电站值班人员应对突发水灾现场处置方案(自然灾害事件类)、作业人员应对突发高压触电事故现场处置方案(事故灾难类)、变电站值班人员应对外来人员强行进入变电站事件现场处置方案(社会安全事件类)等等。

套用表 1 中的预案要素,台风灾害处置应急预案的要素 3 应急指挥机构及职责可表示为 SEP_3^{41} 。

3 事件建模

面对复杂多变的电力突发事件,在停电后快速恢复供电能力,保障居民正常的生产生活,是供电企业和电力抢修部门的重要职责,也是国家

和社会对公司的要求。如何建立事件驱动模型,利用应急预案,合理规划指挥方案,快速有效地防范和控制事件的发生和蔓延,是本方法需要解决的主要内容。本文引入事件驱动模型来实现电力突发事件的应急决策支持方法^[9]。

事件驱动是指一种专注于事件和事件依赖的研究和能够用的方法论^[10]。而事件的建模是实现事件驱动应用的基础^[11-13]。

3.1 模型引入

本文将以业务规则为主线,采用事件驱动的过程分析(EDPA)方法^[13]建立业务过程的概念模型。电力突发事件的应急处置过程,其业务规则需进行层层分解,最终形成闭环的且部分规则呈现树状结构的规则。分解业务规则的步骤如下^[14-18]所示。

(1)建立一条最基本的业务规则,作为本规则的主体业务

以电力突发事件的应急处置过程为例。在不断检测电力突发事件时,如需启动预警则进入预警流程,预警流程有发布预警通知、采取预警措施等,如无需启动预警则进入应急响应流程。应急响应流程首先需成立应急领导小组;其次在发生本电力突发事件时,有可能发生电力设施受损、大面积停电等次生衍生事件,需要采取抢修、应急救援等应急响应措施;再次,在信息报告环节时,需向事发单位汇集信息,对政府主管部门、相关单位报告信息,向重要用户通报消息,并向社会滚动发布信息;当电力突发事件态势有所缓解,可终止应急响应,进入后期处置环节,需进行恢复重建、调查评估等工作,至此电力突发事件处理完毕。后续还需进行应急保障、培训演练及事件预防等工作,又回到电力突发事件检测这一环节,最终其业务规则就是闭环。

(2)扩展部分树状分支

在第一步主体业务规则中,有部分环节可以再进一步分解为树形结构,比如在应急响应环节时,可以分为组织抢修及应急救援、出动应急队伍、调配应急物资、重要用户保供电等多个子活动。只有当上述四项活动(或更少或更多)全部成功时,才能表示应急响应完毕。其中,组织抢修及应急救援可分解为开展电网抢修工作、提供应急照明等子活动;出动应急队伍可分解为出动应急抢修队伍、派出应急专家队伍等子活动;调

配应急物资可分解为调配恢复供电专用物资、调配冲锋舟等应急装备等子活动；重要用户保供电可分解为重要企事业单位、指挥中心、临时避难场所提供保供电等子活动。

(3) 上溯下溯所有规则

不断追溯对上层和对下层的活动进行分解，直到所有的活动均被分解。这样，就建立起完整的由业务规范描述的基于事件驱动的概念模型。

上述模型可由图形化的事件活动(EA)图来表示，图中有关图形元素的规定以及电力突发事件的应急处置工作基本流程^[19]参见图3。

3.2 模型分析

依照电力应急预案体系的设计，本文提出以应急预案要素为基础并基于事件驱动模型的电力突发事件应急处置流程方法，此方法按照总部、省级、地市/县级、班组/一线岗位四级进行设置。其中，总部对于电力突发事件的应急处置流程立足于总部的总体应急预案和专项应急预案；省、地市/县级电力公司或供电公司对于电力突发事件的应急处置流程立足于本省、地市/县级本单位的总体应急预案、专项应急预案和现场处置方案；班组/一线岗位对于电力突发事件的应急处置流程立足于现场处置方案。为直观展示，本文采用事件时间(X 轴属性维)、各级别单位(Y 轴属性维)构成的二次元空间结构来诠释对于电力突发事件的应急处置流程生成方法。为方便图形化展示及解释方便，本文将组织抢修及应急救援、出动应急队伍等相关应急处置措施简化为应急响应^[20-21]。

二次元空间结构中， X 轴、 Y 轴这两个属性维相对独立，它们之间相互结合而构成的区域就是本方法所需的应急处置流程的内容范围。在每一维结构中又可分小类，各个维划分的越精细，其确定的范围就越小，从而延伸和扩展了方法的体量和数量。对属性维的分解过程如下所示：

(1) 事件时间属性维(X 轴)的分解：以事件发生的时间先后顺序来分解电力突发事件，以台风登陆为原生事件，城市内涝等洪水灾害、泥石流等地质灾害、大面积停电、设备设施损坏、电力短缺事件等为该原生事件的次生、衍生事件，其事件链为：

$$E = (A1, A2, A5, B3, B4, D2)。(5)$$

事件的结束以风力已减弱至对电力系统不再造成影响，电网主网运行正常，抢修完毕且恢复电力供应为止。并按应急处置流程的时间顺序分为预警阶段、响应阶段和后期处置阶段三个阶段。但是有些电力突发事件在应急处置中没有预警阶段而直接进入响应阶段和后期处置阶段，有些事件只有预警阶段而没有响应阶段和后期处置阶段，本文按最大集合进行描述。

(2) 各级别单位属性维(Y 轴)的分解：按照电力企业总部、省级电力公司、地市/县级供电企业、班组/一线岗位四级进行层次分解。

所以，(X, Y)坐标决定一个点，这个点决定了某一事件在某一单位级别下生成应急处置流程所需的内容。如图4以二次元空间图形化展示应急处置流程生成方法为例。

从图4可以看出，从纵向来说，电力企业总部层面、省级电力公司层面、地市/县级供电企业层面在以台风登陆为原生事件的事件链中所用到预案要素相同，但是在内容上，三个层面是完全不相同的，因为各级单位分别使用的是本单位级别的专项应急预案中的预案要素。在应急处置阶段，处置 $A2$ 、 $A5$ 、 $B3$ 、 $B4$ 、 $D2$ 等次生、衍生事件时，应维持处置 $A1$ 事件的应急指挥机构及相应职责，并采用处置 $A2$ 、 $A5$ 、 $B3$ 、 $B4$ 等事件的应急响应措施等。另外，在响应阶段，省级电力公司层面和地市/县级供电企业层面在进行事件监测时，如预测到有可能会发生次生、衍生事件时，应参考相应事件的预警措施采取行动，尽可能避免事件的发生；在班组/一线岗位层面，由于现场处置方案相对独立，且同一电力突发事件可能由多个班组、多个一线岗位员工在多个现场处置方案的指导下开展协同配合处置工作，因此在本层面的应急处置流程分析以 SDP_N^{A1} 表示处置台风灾害的某一个现场处置方案，并以此类推。

从横向来说在响应阶段，电力企业总部层面、省级电力公司层面、地市/县级供电企业层面在成立应急领导小组、信息报告等流程需参考 SEP_{A1} 的相关要素，但在应急响应措施时，需针对不同的次生、衍生灾害采取相应专项应急预案的应急

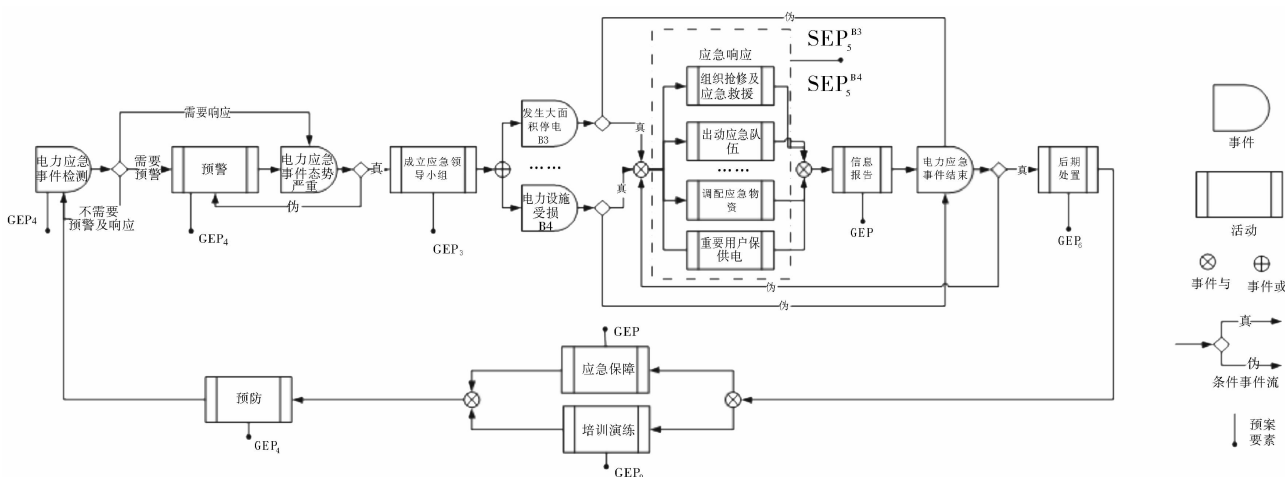


图3 电力突发事件应急处置流程(EA)图及图素约定

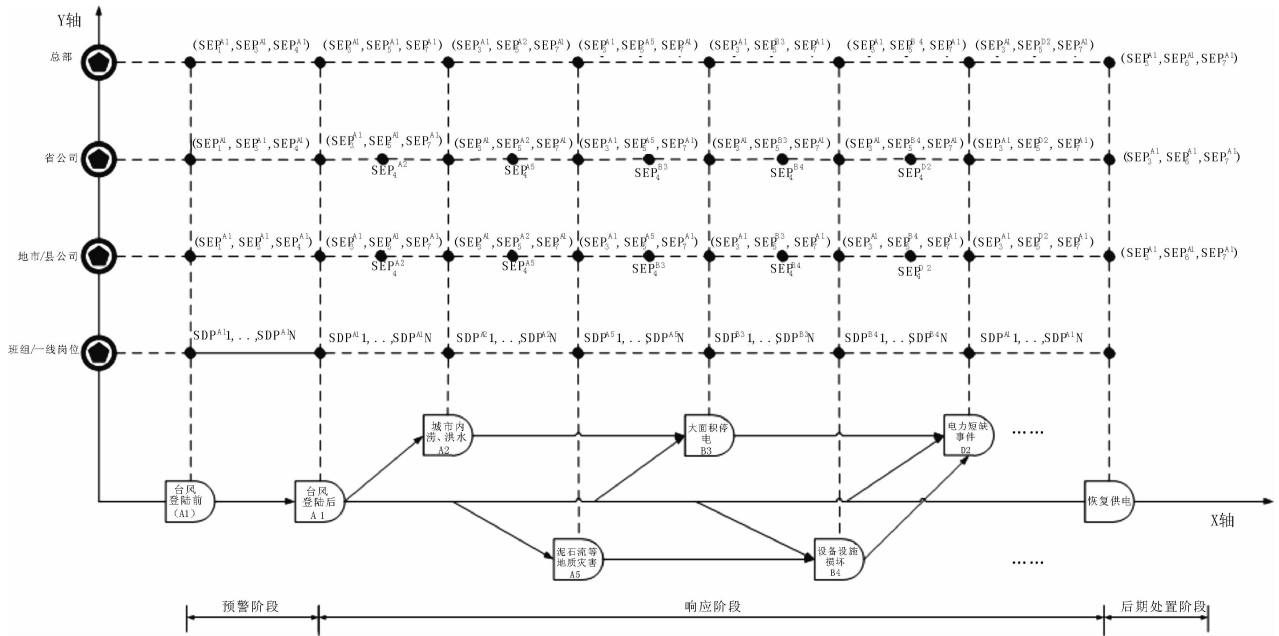


图4 以二次元空间诠释应急处置流程生成方法

响应措施要素; 班组/一线岗位层面, 也需针对不同的次生、衍生灾害采取相应的现场处置方案。

3.2.1 电力企业总部层面

那么, 电力企业总部层面以 A1 处置事件, 以 (A2, A5, B3, B4, D2) 为次生衍生事件链的应急处置流程如下所示。

(1) 预警阶段

预警分级参考 SEP_1^{A1} , 成立应急领导机构及办事机构参考 SEP_3^{A1} , 预警发布、预警响应、预警级别调整、预警结束等流程参考 SEP_4^{A1} 。

(2) 响应阶段

确定响应级别参考 SEP_1^{A1} , 成立应急领导机构及办事机构参考 SEP_3^{A1} , 应急启动、应急会商、资源调动、应急响应调整与结束等参考 SEP_5^{A1} , 总部各部门协同配合、跨省跨区域调集应急物资、跨省跨区电力应急支援等应急处置措施联合参考 SEP_5^{A1} , SEP_5^{A2} , SEP_5^{A5} , SEP_5^{B3} , SEP_5^{B4} , SEP_5^{D2} , 应急响应调整与结束参考 SEP_6^{A1} , 信息报告流程参考 SEP_7^{A1} 。

(3) 后期处置阶段

应急领导机构及办事机构参考 SEP_3^{A1} , 应急响应调整与结束参考 SEP_6^{A1} , 评估事件损失、调查原因参考 SEP_6^{A1} , 信息报告流程参考 SEP_7^{A1} 。

因此电力企业总部以 A1 处置事件, 一系列次生衍生事件的应急处置流程为:

$$\left\{ SEP_1^{A1}, SEP_3^{A1}, SEP_4^{A1}, (SEP_5^{A1}, SEP_5^{A2}, SEP_5^{A5}, SEP_5^{B3}, SEP_5^{B4}, SEP_5^{D2}), SEP_6^{A1}, SEP_7^{A1} \right\} \quad (6)$$

3.2.2 省级电力公司层面

省级电力公司层面的事件 A1 的应急处置流程如下所示。

(1) 预警阶段

预警分级参考 SEP_1^{A1} , 成立应急领导机构及办事机构参考 SEP_3^{A1} , 预警发布、预警响应、预警级别调整、预警结束等流程参考 SEP_4^{A1} 。

(2) 响应阶段

确定响应级别参考 SEP_1^{A1} , 成立应急领导小组参考 SEP_3^{A1} , 应急启动、应急会商、资源调动、应急响应调整与结束等参考 SEP_5^{A1} , 次生、衍生灾害的预警措施参考 SEP_4^{A2} , SEP_4^{A5} , SEP_4^{B3} , SEP_4^{B4} , SEP_4^{D2} , 本地区应急救援、抢修恢复、现场处置等应急处置措施参考 SEP_5^{A1} , SEP_5^{A2} , SEP_5^{A5} , SEP_5^{B3} , SEP_5^{B4} , SEP_5^{D2} , 应急响应调整与结束参考 SEP_6^{A1} , 信息报告流程参考 SEP_7^{A1} 。

(3) 后期处置阶段

应急领导机构及办事机构参考 SEP_3^{A1} , 应急响应调整与结束参考 SEP_6^{A1} , 评估事件损失、调查原因、保险理赔及灾后人员心理恢复参考 SEP_6^{A1} , 信息报告流程参考 SEP_7^{A1} 。

因此省级电力公司以 A1 处置事件, 一系列次生衍生事件的应急处置流程为:

$$\left\{ SEP_1^{A1}, SEP_3^{A1}, SEP_4^{A1}, (SEP_5^{A1}, (SEP_4^{A2}), SEP_5^{A2}, (SEP_4^{A5}) SEP_5^{A5}, (SEP_4^{B3}), SEP_4^{B3}, (SEP_4^{B4}), SEP_5^{B4}, (SEP_4^{D2}), SEP_5^{D2}), SEP_6^{A1}, SEP_7^{A1} \right\} \quad (7)$$

3.2.3 地市/县级供电公司层面

地市/县级供电公司层面的事件 A1 的应急处置流程如下所示。

(1) 预警阶段

预警分级参考 SEP_1^{A1} , 成立应急领导机构及办事机构参考 SEP_3^{A1} , 预警发布、预警响应、预警级别调整、预警结束等流程参考 SEP_4^{A1} 。

(2) 响应阶段

确定响应级别参考 SEP_1^{A1} , 成立应急领导小组参考 SEP_3^{A1} , 应急启动、应急会商、资源调动、应急响应调整与结束等参考 SEP_5^{A1} , 次生、衍生灾害的预警措施参考 SEP_4^{A2} , SEP_4^{A5} , SEP_4^{B3} , SEP_4^{B4} , SEP_4^{D2} , 本地区应急救援、抢修恢复、现场处置等应急处置措施参考 SEP_5^{A1} , SEP_5^{A2} , SEP_5^{A5} , SEP_5^{B3} , SEP_5^{B4} , SEP_5^{D2} , 应急响应调整与结束参考 SEP_6^{A1} ,

信息报告流程参考 SEP_7^{A1} 。

(3) 后期处置阶段

应急领导机构及办事机构参考 SEP_3^{A1} ，应急响应调整与结束参考 SEP_6^{A1} ，评估事件损失、调查原因、保险理赔及灾后人员心理恢复参考 SEP_6^{A1} ，信息报告流程参考 SEP_7^{A1} 。

因此地市/县级供电公司以 $A1$ 处置事件，一系列次生衍生事件的应急处置流程为：

$$\left\{ \begin{array}{l} SEP_1^{A1}, SEP_3^{A1}, SEP_4^{A1}, \\ (SEP_3^{A1}, (SEP_4^{A2}), SEP_3^{A2}, (SEP_4^{A5}), SEP_3^{A5}, \\ (SEP_4^{B3}), SEP_3^{B3}, (SEP_4^{B4}), SEP_3^{B4}, (SEP_4^{D2}), SEP_3^{D2}), \\ SEP_6^{A1}, SEP_7^{A1} \end{array} \right\}^{\circ} \quad (8)$$

3.2.4 班组/一线岗位层面

班组/一线岗位层面的事件 $A1$ 的应急处置流程如下所示。

(1) 预警阶段

预警响应措施参考 SDP_1^{A1} , SDP_2^{A1} 等。

(2) 响应阶段

应急处置措施参考 SDP_1^{A1} , \dots , SDP_N^{A1} ，次生、衍生事件 ($A2$, $A5$, $B3$, $B4$, $D2$) 的应急处置措施参考 SDP_1^{A2} , \dots , SDP_N^{A2} , SDP_1^{A5} , \dots , SDP_N^{A5} , SDP_1^{B3} , \dots , SDP_N^{B3} , SDP_1^{B4} , \dots , SDP_N^{B4} , SDP_1^{D2} , \dots , SDP_N^{D2} 。

(3) 后期处置阶段

因此班组/一线岗位以 $A1$ 处置事件，一系列次生衍生事件的应急处置流程为：

$$\left\{ \begin{array}{l} SDP_1^{A1}, \dots, SDP_N^{A1}, SDP_1^{A2}, \dots, SDP_N^{A2}, \\ SDP_1^{A5}, \dots, SDP_N^{A5}, \\ SDP_1^{B3}, \dots, SDP_N^{B3}, SDP_1^{B4}, \dots, SDP_N^{B4}, \\ SDP_1^{D2}, \dots, SDP_N^{D2} \end{array} \right\}^{\circ} \quad (10)$$

4 实例分析

本文以 2013 年第 23 号台风“菲特”为例，以电力企业处置台风的预警、响应两个阶段对电力突发事件的应急处置流程做一实例说明。为简要说明，本文只摘取应急抢修的部分片段。

4.1 预警阶段

2013 年 10 月 2 日 18:00，中央气象台发布台风蓝色预警，4-5 日相继改为台风黄色、橙色预警，最终于 5 日 06:00 改发台风红色预警。

(1) 国家电网公司总部层面

预警通知：5 日，国网公司总部下发台风红色预警，要求相关单位做好台风“菲特”应对防范工作 (总部 SEP_4^{A1})。

预警响应：6 日，国网公司总部成立应急领导小组，开启应急指挥中心，相关人员到岗到位进行 24 h 应急值班；多次与国网浙江、福建、上海公司开展视频会商，协调指挥抗台风工作 (总部 SEP_4^{A1})。

(2) 省公司、地市、县级层面

预警通知：国网浙江、福建电力公司分别发布 I 级预警通知，多次召开视频会商会，动员部署防台风防汛应急措施 (国网浙江电力 SEP_4^{A1} 和国网福建电力 SEP_4^{A1})。

预警响应：6 日，国网浙江电力公司启动各级应急指挥中心进入 24 h 应急值守，做好电网运行方式预安排，落实各项防范措施。全省近 400 座变

电站恢复有人值守。为消除输变电设备安全隐患，出动特巡人员 11 584 人次，车辆 3 807 辆次。确保 95598 服务热线畅通。组建应急专家队伍提前赶赴温州抗台第一线。做好灾后抢修队伍的准备，全省组织 1 000 多支抢修小分队、2 万名抢修人员 (国网浙江电力 SEP_4^{A1})。

国网福建电力公司全面落实防御各项工作，严格执行抗御“菲特”台风电网运行方案，确保联络线安全稳定运行；省网要求各电厂加强设备巡视，提前安排好水电厂运行方式，做好水口腾库工作；对可能受影响的变电站恢复有人值守。全省共出动人员 4 658 人次，对 1 156 条线路、521 个变电站进行隐患排查 (国网福建电力 SEP_4^{A1})。

4.2 响应阶段

7 日 01:15，台风“菲特”在福建福鼎登陆，对浙江、福建电网运行造成影响。台风伴随强降雨，造成浙江省余姚、杭州等多地发生城市内涝等次生、衍生灾害。故，响应阶段分为台风登陆及处置次生衍生灾害阶段。

4.2.1 台风登陆阶段

(1) 省公司、地市公司层面

国网浙江省电力公司启动防台风 III 级应急响应，依照“全网一盘棋”原则，统一部署全省电网系统抗台工作 (国网浙江电力 SEP_5^{A1})。

国网福建电力按照“风进人退、风退人进”的原则，加强抢修现场安全管理和监督，有序开展受损线路和设备的抢修。省公司组织应急基干抢修队伍、应急抢修队伍 23 支 565 人支援宁德重灾区。全省共出动抢修人员 6 985 人次，抢修车辆 1 132 台次 (国网福建电力 SEP_5^{A1})。

(2) 地市公司层面

7 日，根据国网浙江公司统一安排，永康供电公司派出技术骨干、10 辆抢修车，以及电力抢修物资、装备支援苍南电网抢修；金华供电公司派出 270 名抢修队员，49 辆抢修车支援温州电网抢修。 (国网永康、金华电力 SEP_5^{A1})。

4.2.2 处置次生衍生灾害阶段

8 日开始，浙江部分地区暴雨后水库泄洪、城市内涝及积水严重。

(1) 省公司层面

因避险需要，国网浙江电力拉停部分线路和变电站，新增停电客户 18 万户。10 日，余姚城市内涝严重，省公司在当地成立抗洪抢险现场指挥部，紧急调集力量支援余姚，按照“水退、人进、电通”的原则科学组织抢险，确保人身安全 (国网浙江电力 SEP_5^{A1})。

(2) 地市公司层面

余姚供电公司调集 400 余名抢修人员、50 辆抢修车、20 台潜水泵、50 台抽水机、10 台发电机进行抢修，同时，宁波供电公司调集 230 名抢修人员支援余姚 (国网宁波、余姚电力 SEP_5^{A1})。

针对杭州城市内涝，杭州供电公司出动人员 1 823 人次、车辆 425 辆次，共处理抢修事故 500 余起，排查线路通道隐患 82 个，治理易滑坡塌方杆塔 61 基，清除变电所积水 53 座，确保了杭州电网的总体平稳运行 (国网杭州电力 SEP_5^{A1})。

(3) 班组/一线岗位层面

7 日 01:00，国网温州供电公司检修试验工区二次检修一班的蒋永康和郑杨奔赴灵溪变电站，

克服了道路不畅和水浸严重等困难, 于 04:00, 将出现问题的 2#主变 C 相套管缺陷部件更换完成(国网温州供电公司检修试验工区二次检修一班 SDP_N^{12})。

面对强台风“菲特”袭击, 国网公司系统各级员工奋起抗灾, 有序抢修, 通力合作, 在确保人身安全的前提下, 以最快速度恢复供电, 24 座变电站, 732 条 10 kV 及以上线路, 71.1 万户客户恢复供电, 抗击“菲特”取得了决定性胜利。也验证了本文设计的应急处置流程生成方法的正确性和有效性。

5 结论

为了提高应急抢修工作的效率, 提高应急处置的能力, 除了增加抢修人力与物资以外, 还需要解决合理指挥方案的制定等方面的问题。本方法致力于让各级应急指挥及救援人员熟悉应急职责及流程, 关注各级各类预案相互衔接, 研究应急处置流程相关内容的生成方法, 并不断滚动修订应急处置流程, 从而尽量避免次生衍生灾害, 有效减少突发事件所造成的人员伤亡和财产损失。

因此, 本文对电力突发事件、电力应急预案体系等一些重要基本概念进行重新完善和明确, 并且力图基于事件驱动模型和应急预案要素建立应急处置流程的生成方法, 为应急指挥决策方法的研究和实践提供理论和技术支撑。通过对应急处置流程生成方法的研究, 得到如下结论。

(1) 明确了电力突发事件的概念, 并提出了某事件的事件链由原生事件及其次生、衍生事件组成。

(2) 研究了电力应急预案体系, 并对总体应急预案、专项应急预案及现场处置方案等各类预案进行对比分析。

(3) 基于事件驱动模型对电力突发事件进行建模, 并用二次元空间诠释了应急处置流程的生成方法。

(4) 以电力企业处置“菲特”台风的预警、响应两个阶段对电力突发事件的应急处置流程做一实例说明。

下一步将不断完善应急处置流程生成机制,

并深化应用于电力企业应急指挥信息决策系统、应急演练模拟系统等相关信息化软件中, 为电力突发事件应急处置的指挥决策做出更大贡献。

参考文献:

- [1] 国家安全生产应急救援指挥中心. 电力企业安全生产应急管理[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2013.
- [2] 健全电力应急预案体系[EB/OL]. [2015-03-20]. www.gov.cn/jtzt/content_355197.htm.
- [3] 朱朝阳, 于振, 刘超, 等. 电力应急理论与技术体系研究[J]. 电网技术, 2011, 35(2): 178-182.
- [4] 苗新. 电力突发事件处理中的数学方法论探讨[J]. 电力建设, 2010, 31(1): 15-17.
- [5] 陈希. 电网应急平台研究与建设[M]. 北京: 中国电力出版社, 2010.
- [6] 国务院. 突发事件应急演练指南[Z]. 北京: 国务院, 2009.
- [7] 谢迎军, 朱朝阳, 周刚, 等. 应急预案体系研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2010, 6(3): 214-218.
- [8] 国家能源局. 电力企业应急预案管理办法[Z]. 北京: 国家能源局, 2014.
- [9] 朱冰, 梅宏, 杨芙清. 基于事件驱动的主动对象模型[J]. 软件学报, 1996, 7(3): 145-149.
- [10] Event-driven[EB/OL]. [2015-04-06]. <http://en.wikipedia.org/wiki/Event-driven>.
- [11] 赵家庆, 李胜鹏, 钱科军, 等. 基于事件驱动机制的电网事件快速捕捉方案[J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41(23): 103-108.
- [12] 范明虎. 传感网环境下事件驱动的林火动态观测方法研究[D]. 武汉: 武汉大学, 2013.
- [13] 张晓东, 柴岳廷, 任守策. 基于业务规则的事件驱动建模方法[J]. 清华大学学报: 自然科学版, 1999, 39(7): 25-28.
- [14] 国家电力监管委员会. 电力突发事件应急演练导则[Z]. 北京: 国家电力监管委员会, 2009.
- [15] 田世明, 陈希, 朱朝阳, 等. 电力应急管理平台研究[J]. 电网技术, 2008, 32(1): 26-30.
- [16] 刘超, 朱朝阳, 龚波涛, 等. 城市电网应急能力评估理念及指标体系设计[C]//2012 电力通信管理暨智能电网通信技术论坛论文集, 2012.
- [17] 门永生, 金龙哲, 朱朝阳, 等. 电力突发事件应急标准体系框架研究[J]. 电信科学, 2013(11): 104-108.
- [18] 朱朝阳, 于振, 刘超. 电力应急管理理论与技术体系研究[J]. 电网技术, 2011, 35(2): 178-182.
- [19] 刘超, 周刚, 王理金, 等. 电网企业对外停电事件应急处置理念与流程—以 3 起停电事件为例[C]//2012 电力通信管理暨智能电网通信技术论坛论文集, 2012: 8-10.
- [20] 芦倩. 一种电力应急信息报表快速生成方法[J]. 电力信息与通信技术, 2014(10): 37-41.
- [21] 芦倩, 朱朝阳, 于振, 等. 虚拟现实技术在电网应急演练模拟系统中的应用[J]. 电力信息与通信技术, 2015, 13(3): 7-11.

Study on the Emergency Disposal Process of Power Emergency Based on Event Driven Model

Lu Qian¹, Liu Chao¹ and Zhu Chaoyang²

(1. Smart Grid Research Institute, State Grid, Beijing 102211, China;

2. China Electric Power Research Institute, Beijing 100192, China)

Abstract: In order to improve the ability of emergency repair work efficiency and emergency power, conscientiously fulfill the social responsibility of the enterprise, based on the detailed analysis of the existing research on emergency management of power problems and challenges on the basis of power, emergency power event, emergency plan system and some important basic concepts to improve and clear, in order to let all levels of emergency command and emergency rescue personnel familiar with the responsibilities and process, attention at all levels plan with each other, this paper based on the event driven model and emergency plan elements of the establishment of emergency response process generating method, to provide theoretical and technical support for the research and practice of emergency decision-making method for power emergency.

Key words: power; emergency; emergency plan; emergency disposal process; event driven model