

# 适用于 599 号令背景的电网运行风险评估方法

王兴刚, 赵 爽, 周俊东, 张 虹

(云南电网公司电网规划研究中心, 云南省昆明市拓东路 73 号 650011)

**摘 要:** 本文把安全生产领域较为成熟的风险评估方法移植到电网运行风险评估中, 建立起适用于 599 号令背景的电网运行风险评估指标体系。该指标体系方法简洁、便于应用, 已经在国内外安全生产领域得到广泛验证, 具有较强的科学性和权威性。利用该指标体系对云南现状电网和 2015 年规划电网开展风险评估, 得到各种故障的风险排序, 可以科学有效地指导电网规划建设运行。

**关键词:** 电网运行风险评估; 599 号令; 安全生产; 电网规划

## 0 引言

电力的安全、可靠、有效供应, 是现代社会正常运转的重要物质基础, 也是电网公司肩负的重大使命。近期国务院颁布了《电力安全事故应急处置和调查处理条例》(599 号令)<sup>[1]</sup>, 对电网安全稳定运行提出了新的要求。当前电网公司一项非常紧迫的任务, 就是要以 599 号令为基础深入评价现状电网和规划电网的运行风险水平, 进而采取针对性措施进一步提高电网安全可靠, 避免严重事故发生。

本文把安全生产领域较为成熟的风险评估方法移植到电网运行风险评估中, 建立起适用于 599 号令背景的电网运行风险评估指标体系。利用该指标体系, 对云南现状电网和 2015 年规划电网进行风险评估, 得到不同故障的风险排序, 从而科学指导电网规划建设运行。

## 1 从安全生产领域引入风险评估指标的原因

虽然国内外学者针对电网运行风险及可靠性评估已经开展了大量工作, 取得了一定成果<sup>[2~6]</sup>, 但是传统的电网运行风险评估指标存在着如下问题:

(1) 传统评估指标更加关注全系统整体风险水平, 比如停电概率、停电时间期望值、线路过载率, 等等, 而 599 号令背景下运行人员更加关注单个故障风险水平。

(2) 传统评估指标往往以元件停电时间和元件故障修复时间为基础进行计算, 得到的基于停电时间期望值等一系列指标在 599 号令背景下难以有效反应事故风险程度。

(3) 传统评估方法要求给出元件的故障概率, 这在实际应用中很难实现。

(4) 目前尚没有权威的针对传统评估指标的量值评分, 对于风险的分级更多依赖于运行人员的经验。

为了解决传统方法存在的上述问题, 更好地应对 599 号令背景下电网运行风险评估面临的新挑战, 考虑从较为成熟的安全生产风险评估中寻找合适方法移植到电网运行风险评估中来。经过广泛调研分析, 选择安瑞琪(北京)国际风险管理顾问有限公司(Internaional Risk Control Corporation)提出的安全风险评估指标体系(简称IRCC指标)<sup>[7]</sup>。主要原因如下:

(1) IRCC 指标是目前国内安全生产领域应用较为广泛的指标体系, 在南方电网公司、中国电信、黄金集团、中国国际集团等众多国有特大型企业均得到广泛应用。

(2) IRCC 指标体系已经较好地应用于包括云南电网在内的南方电网安全生产体系, 如果能够把 IRCC 指标体系进一步移植到电网运行风险评估中, 有助于构建云南电网公司安全管理、安全生产、安全运行、安全规划统一安全管控平台。

(3) IRCC 指标体系充分考虑了由于危害造成可能事故的后果、危害因素的暴露、完整事故顺序和发生后果的可能性, 并且给出了较为完善的量值评分和评价机制, 可以很方便直观地移植到电网运行风险评估中。

## 2 利用 IRCC 指标评估电网运行风险的方法

使用 IRCC“风险评估公式”计算危害造成风险的严重性, 需考虑三个因素: 由于危害造成可能事

故的后果；危害因素的暴露；完整的故事顺序和发生后果的可能性。“风险评估公式”如下：

**风险值 = 后果×暴露×可能性** (1)

2.1 “后果”评分标准

“后果”定义为由于危害造成的事故的最大可能的结果。参照 IRCC“后果”评分标准，结合 599 号令，将电力安全事故等级划分为特别重大事故、重大事故、较大事故以及一般事故。相应按照“后果”分值，可将上述四个事故等级依次评分为 100 分、50 分、25 分、15 分，如表 1 所示。

表 1 电网故障“后果”评分标准

后果的严重程度	分值	对应电力安全事故
灾难性	100	特别重大事故
严重	50	重大事故
较严重	25	较大事故
一般的	15	一般事故
次要	5	—
轻微	1	—

2.2 “暴露”评分标准

“暴露”定义为危害事件出现的频率，危害事件是第一个可能引发事故序列的意外事件。

根据电网历史故障数据统计，可以计算出各地区各年度各种故障发生的频率：

**故障发生频率 = 全年该设备故障总次数 / 当年该设备总数** (2)

根据历史故障发生频率，再依据表 2 给出的 IRCC“暴露”评分标准可以得到电网各地区各类型故障的暴露分值。

表 2 IRCC“暴露”评分标准

安全	分值
持续（或每天许多次）	10
经常（大概每天一次）	6
有时（从每周一次到每月一次）	3
偶尔（从每月一次到每年一次）	2
很少（据说它曾经发生过）	1
特别的少，几乎不可能	0.5

2.3 “可能性”评分标准

“可能性”定义为一旦危害事件发生，事件按照完整的故事顺序发展导致事故后果的可能。在电网运行风险评估中，“可能性”的评分最为复杂，需要综合考虑电网故障时刻的运行方式、继电保护、备自投装置动作、下一级电网转供电能力、稳控装置动作以及其他调度控制措施的效果。

具体评分过程中，需要对故障的发展过程进行详细分析，并依据表 3 给出的 IRCC“可能性”评分标

准进行评分。

表 3 IRCC“可能性”评分标准

安全	分值
如果危险事件发生的话，它是最可能和预期的结果	10
并不是罕见，大约 50/50 的机会	6
可能	3
很少的可能性，曾经发生	1
相当少但是确有可能，经过多年都没有发生过	0.5
尽管暴露了许多年，从来没有发生过	0.1

2.4 电网运行风险值判断标准

参考 IRCC 提供的风险值标准，结合电网运行特点，给出如表 4 所示的风险值判断标准：

表 4 IRCC“可能性”评分标准

风险值	层次选择参考
超过 400	非常高的风险，需要立即采取措施纠正
200 至 400	高风险，需要尽快采取措施纠正
70 至 200	中风险，需要纠正
20 至 70	可能的风险，需要关注
20 以下	可接受的风险，容忍

3 电网运行风险评估案例

案例 1：

500kV 厂口变电站全停，昆明市损失负荷 10.02%。对此事件评估风险值：

(1) 后果：此事件造成电网一般事故，后果分值 15 分。

(2) 暴露：结合以往电网事故的总结，发生 500kV 变电站全停的几率特别少，几乎不可能，暴露分值为 0.5。

(3) 可能性：在 500kV 厂口变全停时，损失的为上峰变、金刀营变及中屏变负荷，而上峰、金刀营变电站负荷全部损失是在其所供的 110kV 变电站备自投均动作不成功时造成的，发生全部备自投动作不成功的可能性不高，可能性分值为 3 分。

(4) 公式替代：**风险值 = 15×0.5×3 = 22.5**

参考表 4，风险值 22.5 属于可能的风险，需要关注。

案例 2：

220kV 临沧～大朝山线路故障，临沧市电网损失 75% 负荷，对此事件评估风险值：

(1) 后果：此事件造成电网较大事故，后果分值 25 分。

(2) 暴露：220kV 发生故障停电频率为每月一次至每年一次，暴露分值为 2 分。

(3) 可能性：发生 220kV 临沧~大朝山线路故障后，造成停电后果的有几条限定因素：一是该 220kV 线路重合闸是否成功；二是临沧变分母运行后，母线分段备自投是否成功。在上述两种条件均不能正确动作的情况下，才会造成临沧市损失 75% 的负荷。而两种均不能成功动作的可能性并不罕见，大概是 50/50 的机会，可能性分值为 6 分。

(4) 公式替代：**风险值** =  $25 \times 2 \times 6 = 300$

参考表 4，风险值 300 属于高风险，需要尽快采取措施纠正。

## 4 云南电网运行风险评估情况

### 4.1 云南现状电网风险评估结论

根据云南现状电网结构和负荷情况，筛选出故障后果达到 599 号令“一般事故”以上标准的共有 166 项。对该 166 项故障进行评分，结论如下：

(1) 共有 19 项电网故障风险值高于 400 分，均为省会及设区的市，主要有昭通、临沧、普洱、丽江、保山。

(2) 共有 44 项电网故障风险值在 200~400 分之间，其中：省会及设区的市共有 27 项，主要集中在昭通、普洱、临沧、丽江和保山；县级市共有 17 项，主要集中在宣威、楚雄、文山、景洪、芒市、瑞丽。

(3) 其余电网故障风险值均在 200 分以下。

### 4.2 云南 2015 年规划电网风险评估结论

根据 2015 年云南规划电网结构和负荷预测情况，筛选出故障后果达到 599 号令“一般事故”以上标准的共有 107 项。对该 107 项故障进行评分，结论如下：

(1) 共有 6 项电网故障分值高于 400 分，集中在普洱、临沧、丽江、保山。

(2) 共有 17 项电网故障风险值在 200~400 分之间，其中：省会及设区的市共有 14 项，集中在昭通、普洱、临沧、丽江和保山；县级市有 3 项，集中在宣威、文山。

(3) 其余电网故障风险值均在 200 分以下。

## 5 结论

本文把安全生产领域较为成熟的风险评估方法

移植到电网运行风险评估中，建立起适用于 599 号令背景的电网运行风险评估指标体系。该指标体系不仅方法简洁、便于应用，而且已经在国内外安全生产领域得到了广泛验证，具有较强的科学性和权威性。

利用该指标体系，进一步对云南现状电网和 2015 年规划电网进行了风险评估，得到各种故障的风险排序，可以科学有效地指导电网规划建设运行。

### 参考文献：

- [1] 国家电力监管委员会，国务院法制办. 电力安全事故应急处置和调查处理条例 [Z]. 北京：中国电力出版社，2011.
- [2] BILLINTON R. Composite System Reliability Evaluation [J]. IEEE Trans on Power Apparatus and Systems, 1969, PAS-88 (1): 276-281.
- [3] REI A M, LEITE da Silva AM, JARDIM J L, et al. Static and Dynamic Aspects in Bulk Power System Reliability Evaluation [J]. IEEE Trans on Power Systems, 2000, 15 (1): 189-195.
- [4] 周家启，卢继平，胡小正，等译. 电力系统风险评估模型、方法和应用 [M]. 北京：科学出版社，2006.
- [5] 冯永青，吴文传，孙宏斌，等. 现代能量控制中心的运行风险评估研究初探 [J]. 中国电机工程学报，2005, 25 (13): 74-79.
- [6] 王成亮，赵渊，周家启，等. 基于日发电计划的电力系统运行风险概率评估 [J]. 电力系统自动化，2008, 32 (4): 6-10.
- [7] 安瑞琪（北京）国际风险管理顾问有限公司. 危害辨识与风险评估 [M]. 北京：安瑞琪（北京）国际风险管理顾问有限公司，2005.

### 作者简介：

王兴刚（1979—），男，云南人，高级工程师，从事电网规划、电网安全稳定分析、智能电网等方面的研究。