

基于事故因果继承原则的变电站电气误操作事故分析

凌毅¹, 张勇军², 李哲¹, 蔡泽祥²

(1. 广东电网公司, 广东 广州 510600; 2. 华南理工大学电力学院, 广东 广州 510640)

摘要: 变电站恶性电气误操作对电网运行的安全造成极大的危害。在分析事故的属性和事故原因的具体分类的基础上, 提出采用基于事故因果继承原则的方法来进行变电站电气误操作事故分析, 该方法强调事故分析从直接原因到间接原因乃至基础原因逐层深入地进行, 各种原因之间存在因果继承关系。通过实际案例探讨了该事故发生的直接原因、间接原因和基础原因。所提方法有助于挖掘事故发生的深层次诱因, 对制订预防变电站恶性电气误操作事故的措施具有积极的意义。

关键词: 变电站; 电气误操作; 事故; 因果继承原则

Analysis of electric operation error accident in substation based on the principle of causal relation of accident

LING Yi¹, ZHANG Yong-jun², LI Zhe¹, CAI Ze-xiang²

(1. Guangdong Power Grid Company, Guangzhou 510600, China;

2. South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: Malignant electric operation error (MEOE) in substation is harmful to the secure operation of power systems. Based on the analysis of accident's property and the concrete sort of accident causes, this paper introduces the principle of causal relation of accident to analyze the malignant electric operation error in power substation operation. The principle emphasizes accident cause analysis should be processed from the direct cause to the indirect cause, and even the basis cause step by step. There is a succeeding relationship within these accident causes in turn. Finally, the direct cause, indirect cause, and basis cause of MEOE accident are discussed through a real case. The proposed method helps to find the deep reasons of accident and has positive significance to draw the measure of prevention from malignant electric operation error in the operation of power substation.

Key words: substation; electric operation error; accident; principle of causal relation

中图分类号: TM764 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2007)16-0055-04

0 引言

变电站是电力企业的重要生产场所, 其生产过程的安全稳定运行水平直接影响到企业的利益和发展。由于人们思想意识及教育培训等多方面的缺陷, 电力行业事故频发, 尤其是变电事故所占比重较大, 而且危害和影响面也较广, 不但会造成人员伤亡事故, 还会直接威胁电网运行的安全可靠。

传统的电气运行事故分析侧重于寻找直接原因和主要原因, 对间接原因和基础原因分析得很少。因而难免忽视了一些更为根源的诱因。分析事故的目的是为了找到可以接受的原因来解释所有后果或影响, 从而获得预防事件重复发生的措施、方案。如果不能支持原因和现象间的清楚区别, 其分析结果必然不充分^[1]。如何进行已发生事故的深层次诱因分析, 是改善安全管理工作、避免同类型事故再次发生的重要环节。切实提高变电所的安全管理水

平, 杜绝事故发生已刻不容缓。

事故因果继承原则揭示了事故发生原因的层次性和因果相关性, 使人们可以从事故发生的表象看到深层次的真相。通过事故调查分析, 依据事故因果继承原则探求事故发生的因果关系, 搞清事故发生的直接原因、间接原因、主要原因以至基础原因, 对于预防事故发生具有积极作用。

1 事故的定义与属性

按照伯克霍夫 (Berckhoff) 的定义, 事故是人(个人或集体)在为实现某种意图而进行的活动过程中, 突然发生的、违反人的意志的、迫使活动暂时或永久停止的事件^[2]。

变电站恶性误操作事故是指: 带负荷拉、合隔离开关, 带电挂(合)接地线(接地刀闸), 带接地线(接地刀闸)合断路器(隔离开关), 误入带电间隔等。这些事故的后果覆盖了设备损坏、电网故障

和人员伤亡等各个层面，具有严重的经济损失和恶劣的社会影响。

事故一般具有以下属性：

1)普遍性：自然界中充满着各种各样的危险，人类的生产、生活过程中也总是伴随着危险。所以，发生事故的可能性普遍存在。危险是客观存在的。

2)随机性：事故发生的时间、地点、形式、规模和事故后果的严重程度都是不确定的。但在一定的范围内，事故的随机性遵循数理统计规律。

3)必然性：危险是客观存在的，而且是绝对的。因此，人们在生产、生活过程中必然会发生事故，只不过是事故发生的概率大小，人员伤亡的多少和财产损失的严重程度不同而已。

4)因果相关性：事故是由系统中相互联系，相互制约的多种因素共同作用的结果。导致事故的原因多种多样。这些原因在系统中相互作用，相互影响，在一定的条件下发生突变，即酿成事故。

5)突变性：系统由安全状态转化为事故状态实际上是一种突变现象。事故一旦发生，往往十分突然，令人措手不及。

6)潜伏性：事故发生之前存在一个量变过程，亦即系统内部相关参数的渐变过程，所以事故具有潜伏性。当某一触发因素出现，即可导致事故。事故的潜伏性往往会引起人们的麻痹思想，从而酿成重大恶性事故。

7)危害性：事故往往造成一定的财产损失或人员伤亡。严重者会制约企业的发展，给社会稳定带来不良影响。因此，人们面对危险，能全力抗争而追求安全。

8)可预防性：人们可以通过采取控制措施来预防事故发生或者延缓事故发生的时间间隔。充分认识事故的可预防性，对于防止事故发生有促进作用。通过事故调查，探求事故发生的原因和规律，采取预防事故的措施，可降低事故发生的概率。

2 事故的原因分类

根据事故的特性可知，事故的原因和结果之间存在着某种规律，所以研究事故，最重要的是找出事故发生的原因。事故的原因分为事故的直接原因和间接原因。

2.1 事故的直接原因

所谓事故的直接原因，即直接导致事故发生的原因，又称一次原因，大多数学者认为，事故的直接原因只有两个，即人的不安全行为和物的不安全状态。为统计方便，我国国家标准 GB 6441-1986《企

业职工伤亡事故分类》对人的不安全行为和物的不安全状态作了详细分类，如图 1 所示。

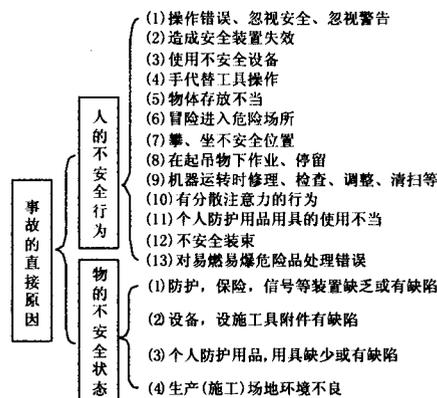


图 1 事故的直接原因

Fig. 1 Efficient cause of accident

据美国有关方面统计^[3]，每年全国休工 8 天以上的事故中，有 96% 的事故与人的不安全行为有关，有 91% 的事故与物的不安全状态有关。日本全国每年休工 4 天以上的事故中，有 94.5% 的事故与人的不安全行为有关，83.5% 的与物的不安全状态有关。这些数字表明，大多数事故既与人的不安全行为有关，也与物的不安全状态有关，也就是说，只要控制好其中之一，即人的不安全行为或物的不安全状态中有一个不发生，或者使两者不同时发生，我们就能控制大多数事故，减少不必要的损失。这对于事故的预防与控制是非常重要的，因为控制两者和控制两者之一的代价是完全不一样的。

2.2 事故的间接原因

事故的间接原因，则是指使事故的直接原因得以产生和存在的原因，如图 2 所示，包括：

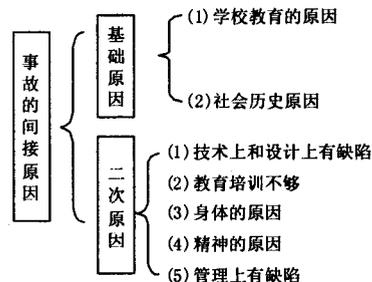


图 2 事故的间接原因

Fig. 2 Indirect cause of accident

1)技术上和设计上有缺陷

指从安全的角度来分析，在设计上和技术上存在的与事故发生原因有关的缺陷。包括工业构件、建筑物、机械设备、仪器仪表、工艺过程、控制方法、维修检查等在设计、施工和材料使用中存在的

缺陷。这类缺陷主要表现在：在设计上因设计错误或考虑不周造成的失误；在技术上因安装、施工、制造、使用、维修、检查等达不到要求而留下的事故隐患。

2) 教育培训不够

指形式上对职工进行了安全生产知识的教育和培训，但是在组织管理、方法、时间、效果、广度、深度等方面还存在一定差距，职工对安全生产方针政策、法规和制度不了解，对安全生产技术知识和劳动纪律没有完全掌握，对各种设备，设施的工作原理和安全防范措施等没有学懂弄通，对本岗位的安全操作方法、防护方法、生产特点等一知半解，应付不了操作中遇到的各种安全问题，对安全操作规程等不重视，不按规章制度操作，以致不能防止事故的发生。

3) 身体的原因

包括身体有缺陷。如眩晕、头痛、高血压等疾病，近视、耳聋、色盲等残疾，身体过度疲劳、酒醉、药物的作用等。

4) 精神的原因

包括怠慢、反抗、不满等不良态度，烦躁、紧张、恐怖、心不在焉等精神状态，偏狭、固执等性格缺陷等。此外，兴奋、过度积极等精神状态也有可能产生不安全行为。

5) 管理上有缺陷

包括劳动组织不合理，企业主要领导人对安全生产的责任心不强，作业标准不明确，缺乏检查保养制度，人事配备不完善，对现场工作缺乏检查或指导错误，没有健全的操作规程，没有或不认真实施事故防范措施等。事故统计表明，85%左右的故事都与管理因素有关。因此可以说，管理因素是事故发生乃至造成严重损失的最主要原因。

6) 学校教育的原因

是指各级教育组织中的安全教育不完全，不彻底等。学校素质教育中应包括安全素质。而且学校老师的思想，观点对学生的影响甚至终生都难以消除。

7) 社会历史原因

包括有关安全法规或行政管理机构不完善，人们的安全意识不够等。

3 事故因果继承原则

事故的因果性是说一切事故的发生都是有其原因的，这些原因就是潜伏的危险因素。这些危险因素有来自人的安全行为和管理缺陷，也有物和环

境的不安全状态。这些危险因素在一定的时间和空间内相互作用就会导致系统的隐患、偏差、故障、失效，以至发生事故。

事故现象的发生与其原因存在着必然的因果关系。因果关系表现为继承性，即第一阶段的结果可能是第二阶段的原因，第二阶段的原因又可能引起第二阶段的结果。因果是多层次相继发生的：一次原因是二次原因的结果，二次原因又是三次原因的结果。

造成事故的直接原因叫一次原因（近因），是在时间上最接近事故发生的原因；造成事故直接原因的原因叫二次原因（间接原因）；造成间接原因的更深远原因叫基础原因（远因）。根据上一节对事故的原因分类，本文认为事故发生的因果继承关系可以表达如图3所示。

所以，预防事故必须从直接原因追溯到基础原因；防止危险源继发成事故就必须控制危险源，并对其加强安全管理。

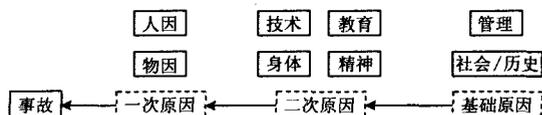


图3 事故发生的因果继承关系

Fig. 3 Causal relation of accident

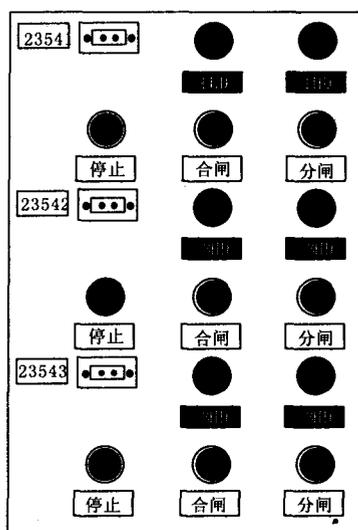


图4 控制箱按钮排列示意图

Fig. 4 Arrangement of buttons on the control box

4 典型变电站电气误操作事故分析

2006年某月某日，某220 kV变电站运行人员

在运行到母线操作过程中,发现 23542 刀闸 C 相合闸不到位,经报批后进行电动遥分再合该刀闸仍合不到位。经请示后改为手动操作,因手动分闸速度慢,该刀闸产生电弧且有燃烧物掉落并引燃草地。操作人遂改为电动遥分该刀闸,慌乱中误对 23541 刀闸解锁并按下 23541 刀闸分闸按钮,造成带负荷拉刀闸引起抢弧,在 220 kV 母差保护动作后造成全站及多个关联 110 kV 变电站失压,23541 刀闸触头烧损,损失负荷 17 万 kW。

4.1 一次原因分析

(1) 物因。故障刀闸运行时间长达 14 年,性能下降,合闸不到位。刀闸控制箱上各刀闸的解锁孔和操作按钮排列缺少警示标识,导致操作人员在紧急状态下产生混淆(如图 4 所示),也是事故发生的原因之一。

(2) 人因。操作人没有认真核对按钮编号,监护人也没有进行认真的监护,操作人操作过程慌乱,操作行为随意,造成误操作,是事故的直接原因。操作人员在按钮操作时依次发生了感知错误、记忆错误、判断错误、信息错误、决策错误,从而形成操作错误。

4.2 二次原因分析

(1) 技术方面。设备运行维护及技术改造力度不够,未能保证设备运行工况处于良好状态;防误解锁的控制手段也不足,未能有效防止误解锁操作。

(2) 教育方面。员工现场操作技能培训欠缺,没有开展有针对性的培训工作,使得操作人员缺乏必要的专业知识和作业技能;安全教育也不够充分,使得操作人员没有严格执行相关的规程制度。

(3) 身体方面。主要是视觉问题。人通过视觉分析器感觉各种物体。但视觉也会由于经验参与而发生扭曲,如产生视觉错觉,就会发生事故。在突发事件面前,操作人员的视野变得狭窄,肌肉偏于紧张,身体技能协调能力下降,无法对按钮排列、按钮及其标识的对应进行必要的分析判断,以至按错按钮。

(4) 精神方面。主要表现为精神紧张和注意分散。人在异常状态下,接受信息之后瞬息之间十分紧张,首先反应的是眼睛能看到的直接事物和直接刺激引起的冲动。此时接受信息的方向性不能选择和过滤,只能将注意力集中于眼前的事物之一而无暇他顾。具体地,反复合闸不到位且有电弧燃烧物产生,给经验不足的操作人员造成极大的精神压力,并且使其注意力被与控制箱操作无关的刺激物(电弧、燃烧物、刀闸、草皮等等)所吸引,而发生事故。

4.3 基础原因分析

(1) 管理方面。设备的维护管理工作存在缺陷,让设备带病运行而形成事故隐患;安全管理制度的执行力度不足,操作人员没有执行录音制度,操作前危险点分析和预控措施欠缺;对员工的安全意识和业务素质是否满足电气安全操作工作的需要缺少评估,因而没有进行具有针对性的培训工作。

(2) 社会/历史方面。“马马虎虎”、“凑合”等口头禅表现出我国社会历史文化中存在一种不严谨的倾向。求简、求快、贪图方便等怕麻烦、走捷径的思想意识和侥幸心理也往往是导致人们安全意识淡薄的社会性心理。由于这种历史沉淀的文化具有巨大的惯性,导致人们在生产中对危险缺乏足够的认识。这些文化层次的消极心理成为了电力企业安全文化推动的最大阻力。

5 结语

基于事故因果继承原则的变电站电气误操作事故分析有助于由浅入深地揭示事故发生的根源,避免诸如“责任心不强、安全意识不足”等泛泛而谈的分析。按照该原则进行的事故原因分析结果有助于安全管理人员从各个层次各个方面去掌握变电站运行电气误操作事故发生的规律,从而制订出相应的管理策略来保障安全生产,预防新的事故发生,特别是同类事故的再次发生。

参考文献

- [1] 刘燕子, 张力, 王以群. 复杂系统中人误原因因素的层次分析法[J]. 安全与环境学报, 2005, 5(5): 39-42.
- LIU Yan-zi, ZHANG Li, WANG Yi-qun. Analytic Hierarchy Process of Human Error Cause Factors in Complex System[J]. Journal of Safety and Environment, 2005, 5(5): 39-42.
- [2] 隋鹏程, 陈宝智, 隋旭. 安全原理[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [3] Joe S. System Safety 2000: A Practical Guide for Planning, Managing, and Conducting System Safety Programs[M]. New York: Van Nostrand Reinhold.

收稿日期: 2007-01-22; 修回日期: 2007-03-28

作者简介:

凌毅(1965-), 男, 工程师, 从事电力系统安全监察工作。

张勇军(1973-), 男, 博士, 副教授, 主要从事电力系统优化运行与控制研究。E-mail: zhangjun@scut.edu.cn