

四川电网输电线路近年一季度故障原因分析及防治措施

李龙江

(四川省电力公司生产技术部, 四川 成都 610041)

摘要:四川电网由于盆地周边线路有较大部分穿越高山区、少数民族地区,线路覆冰情况严重,沿线农民春耕前烧荒情况突出,再加上近年森林植被恢复较好,鸟类活动更加活跃,由于覆冰、烧荒、鸟害导致的线路故障已成为四川电网一季度的主要故障类型,对一季度四川电网的安全运行威胁较大。主要对近年四川输电线路一季度故障情况进行了深入分析,摸索一季度线路故障规律,从而为提高四川电网输电线路安全运行水平奠定基础,为下步制定相应切实可行的针对措施提供条件。

关键词:输电线路;故障;分析

Abstract: Sichuan transmission lines go through many mountain area and minority area around the basin, so ice accretion of line happens a lot. Also straw burning is serious in the spring and since the recovery of the forests, the birds are more active which cause the damages. Those are the main types of faults in the first quarter and are a great threaten to the safe operation of Sichuan power grid. The fault situation of Sichuan transmission lines in the first quarter of recent years are analyzed deeply and it is tried to find out the regularity of the fault in the first quarter, thus it can lay a foundation for the safe operation of Sichuan transmission line and be a great help to work out the practical measures.

Key words: transmission line; fault; analysis

中图分类号: TM732 **文献标志码:** B **文章编号:** 1003-6954(2010)03-0087-05

0 引言

四川水电资源非常丰富,丰富的水电资源需长距离输送到成都平原或华中以及东部沿线地区,而水电主要集中在甘、阿、凉三州地区,水电送出通道条件相当恶劣,水电送出输电线路必须经过高海拔、重冰区、无人区、森林区等自然条件恶劣地区,线路运行条件很差,各种灾害频发;而盆地内却由于经济发达,外力破坏以及线路沿线污秽情况较为严重,外力破坏和污秽闪络已成为威胁盆地内线路安全运行的重要因素。为提高四川电网安全运行水平,切实加强应对各类故障的能力,在深入分析了一季度四川电网的故障类型和特点,对各类故障进行了有针对性的统计分析,从统计分析中寻求故障发生的特性和规律,根据故障特点和规律,提出四川电网一季度运行维护工作的重点和要求,为下步改善线路运行情况,减轻线路故障对电网安全的影响提供条件。

1 近年四川电网一季度输电线路故障分析

1.1 故障类型分析

2005年以来一季度四川电网 220 kV 及以上输电线路故障类型统计见表 1。

表 1 2005—2009 年一季度四川电网输电线路故障统计表

年度	覆冰	山火	鸟害	污闪	产品质量	外力破坏	原因不明	其他	合计
2005	2	3	1	3	2	0	1	0	12
2006	1	3	5	0	0	2	2	0	13
2007	7	0	4	0	0	0	0	0	11
2008	29	2	1	0	1	3	0	0	36
2009	1	4	4	2	0	1	1	5	18
合计	40	12	15	5	3	6	4	5	90
比例 /%	44	13	17	6	3	7	4	6	100

2005年至 2009 年一季度共计发生线路故障跳闸 90 次,其中覆冰 40 次(2008 年冰雪灾害占了 29 次)、鸟害 15 次、山火 12 次、外力破坏 6 次、污闪 5 次,分别占总量的 44%、17%、13%、7%、6%,故障中占前三位的分别是覆冰、鸟害和山火故障。

1.2 故障跳闸区域统计分析

对 2005—2009 年一季度故障跳闸按区域划分, 具体见表 2。

表 2 2005—2009 年一季度四川电网输电线路故障区域统计表

年度	西昌	乐山	雅安	成都	广元	达州	攀枝花	其他	合计
2005	5	2	2	0	1	0	1	1	12
2006	3	0	1	2	3	0	2	2	13
2007	3	4	0	2	0	2	0	0	11
2008	9	10	6	3	0	0	0	8	36
2009	10	3	1	0	0	1	0	3	18
合计	30	19	10	7	4	3	3	14	90
比例 /%	34	21	11	8	4	3	3	16	100

从故障的区域划分来看, 2005 年至 2009 年一季度故障数量占前四位的分别为西昌、乐山、雅安、成都地区, 西昌、乐山地区主要故障发生二滩送出线线路上, 雅安地区故障主要集中在石雅崇水电送出通道, 成都故障全部集中在 220 kV 线路上, 主要由于成都地区鸟类活动和外部施工活跃, 其中鸟害 5 次、外力破坏 2 次。

1.3 故障跳闸重合情况分析

表 3 2005—2009 年一季度输电线路跳闸重合成功率统计表 (动作次数 / 重合成功次数)

年度	覆冰	山火	鸟害	污闪	产品质量	外力破坏	原因不明	其他
2005	2/0	3/3	1/1	3/2	2/1	0	1/1	0
2006	1/1	3/2	5/5	0	0	2/1	2/2	0
2007	7/3	0	4/4	0	0	0	0	0
2008	29/10	2/1	1/1	0	1/0	3/0	0	0
2009	1/0	4/0	4/3	2/2	0	1/0	1/1	5/3
合计	40	12	15	5	3	6	4	5
重合成功	14	6	14	4	1	1	4	3
重合成功率 /%	35	50	93	80	33	17	100	60

通过表 3 可以看出, 220 kV 及以上输电线路故障跳闸后, 鸟害和污闪重合成功率较高, 分别为 93% 和 80%, 而外力破坏、覆冰和山火重合成功率较低, 分别为 17%、35%、50%。

2 鸟害专题分析

2.1 鸟害故障发生的季节性

鸟类的活动受季节的影响很大, 所以线路的鸟害故障也带有明显的季节性。四川电网 2005~2008 年期间鸟害故障统计见表 4。

从表 4 可以看出, 冬春季是鸟害故障的多发期,

表 4 2005—2008 年度四川电网输电线路鸟害故障发生的季节特点

季度	次数	所占比例 /%
春季	6	24
夏季	4	16
秋季	4	16
冬季	11	44

主要的原因是: 在冬季, 由于鸟类的自然界栖息环境变坏, 而导致电力线路杆塔落鸟的概率增加, 再加之冬季雨水少, 落在绝缘子表面的鸟粪不易被清洗掉, 从而加大了鸟粪污闪的概率。而春季则正是鸟类繁殖的旺季, 电力线路杆塔上的鸟巢此伏彼起, 发生鸟害故障的概率自然大大增加。

2.2 鸟害故障发生的时间性

从四川电网 2005—2008 年度鸟害时间特点 (见表 5) 可见夜间到凌晨发生鸟害的故障率很高, 主要因为这期间内往往易形成晨雾, 空气湿度大, 电网运行电压高, 易形成击穿放电的有利条件, 同时杆塔上栖息的各种鸟类, 它们白天觅食, 夜间休息, 经过消化, 夜间到清晨是它们排泄粪便较集中且数量最大的时间, 这也是鸟类污闪事故集中发生在这个时间段的原因。

表 5 2005—2008 年度四川电网输电线路鸟害故障发生的时间特点

时间	次数	所占比例 /%
0~8	16	64
10~18	6	24
20~24	3	12

2.3 鸟害故障相别分析

从统计的数据来看, 鸟害主要发生在中相 (B 相), 统计 25 次鸟害中 B 相故障为 20 次, 占鸟害故障的 80%, 这主要是因为鸟害故障多发生在直线杆塔上, 由于中相便于鸟类歇息, 鸟害在此活动频繁, 也是凌晨鸟类排泄的主要场所。

2.4 四川鸟害特点

2.4.1 四川电网鸟害多发生在盆地周边森林植被茂盛地区

因为这类地区一方面环境较好, 有适合鸟类生存的条件和环境, 受人类活动影响较小, 有鸟类生存需要的丰富食物。

2.4.2 鸟害多发生冬春季节

冬春季节北方候鸟南迁导致四川省鸟类活动频繁, 再加上春节正值鸟类繁殖的旺季, 而四川盆地冬春季节大雾天气多、湿度大, 易发生鸟粪闪络。

2.4.3 鸟害多发生在夜间 0~8 时

鸟害多发生在夜间 0~8 时, 此时间段的鸟害约占 60%。主要是由于鸟类白天觅食, 经过夜间消化, 凌晨排泄集中、量大, 再加上此时电网系统运行电压较高和四川盆地湿度大, 极易发生鸟粪闪络。

2.4.4 鸟害主要发生在线路中相

鸟害主要发生线路中相 (B 相), 中相故障约占 80%。这是因为鸟害多发生在直线杆塔上, 而直线杆塔由于中相位置和结构适合鸟类歇息, 中相成了鸟类的主要活动场所, 鸟巢也主要筑在中相横担上, 中相也是鸟类排泄的主要场所, 所以中相较边相更易发生鸟害故障。

3 二滩送出输电线路山火专题分析

二滩送出输电线路共有 7 回 500 kV 线路, 分别为二普一、二、三线、普洪一、二线、普叙线、普天线, 山火灾害频繁, 从投运到现在为此, 已相继发生山火引发的线路故障达 17 次, 现对 2005 年以来的山火情况进行分析如下。

3.1 山火原因统计分析

表 6 2005—2009 年度二滩送出输电线路山火故障统计表

时间/年	政府烧荒	农民违规用火	风偏不够	其他	合计
2005	3	0	4	1	8
2006	1	2	0	0	3
2007	0	0	1	0	1
2008	0	2	0	0	2
2009	1	2	0	0	3
合计	5	6	5	1	17
所占比例/%	30	35	30	5	100

从表 6 可以看出, 在二滩送出 500 kV 线路近年发生山火的原因主要有政府组织烧荒、农民违规用火和风偏距离不够三类, 三类已占山火原因的 95%。

3.2 山火故障分线路统计分析

表 7 2005—2009 年度二滩送出输电线路山火故障分线路统计表

时间/年	二普一线	二普二线	二普三线	其他	合计
2005	0	2	5	1	8
2006	0	2	1	0	3
2007	0	0	1	0	1
2008	1	1	0	0	2
2009	1	0	1	1	3
合计	2	5	8	2	17
所占比例/%	12	29	47	12	100

通过对近年来二滩送出输电线路山火进行统计

分析, 山火主要集中在二普一、二、三线, 特别是二普三线特别明显, 其发生的山火已占总量的 47%。

3.3 山火故障区段分析

表 8 2005—2009 年度二普三线山火故障分区段统计表

时间/年	120~130号	二滩~120号	130号~普提站	合计
2005	3	1	1	5
2006	1	0	0	1
2007	0	1	0	1
2008	0	0	0	0
2009	0	0	1	1
合计	4	2	2	8
所占比例/%	50	25	25	100

500 kV 二普三线山火主要发生在 120~130 号段, 占二普三线山火总量 50%, 120~130 号位于西昌德昌县境内, 由于德昌县政府组织烧山和当地农民违规用火引起。

表 9 2005—2009 年度二普一、二线山火故障分区段统计表

时间/年	80~90号	二滩~80号	90号~普提站	合计
2005	1	1	0	2
2006	1	1	0	2
2007	0	0	0	0
2008	1	0	1	2
2009	1	0	0	1
合计	4	2	1	7
所占比例/%	57	29	14	100

二普一、二线基本为平行走线, 从表 9 分析可以看出, 二普一、二线山火主要集中在 80~90 号段, 80~90 号位于德昌县境内, 由于德昌县政府组织烧山和当地农民违规用火引起。

3.4 山火发生时间区域分析

表 10 2005—2009 年度二滩送出线路山火故障分时间区域统计表

时间	二普一线	二普二线	二普三线	其它	合计	所占比例/%
00:00~08:00	0	0	0	0	0	0
08:00~12:00	0	0	1	1	2	12
12:00~14:00	0	1	1	1	3	18
14:00~16:00	0	0	1	0	1	5
16:00~20:00	2	4	5	0	11	65
20:00~24:00	0	0	0	0	0	0
合计	2	5	8	2	17	100

二滩送出输电线路山火故障时间性较强, 主要集中在下午 16~20 时之间, 约占 65%, 夜间未曾发生过山火, 下午发生山火故障的概率较大, 主要是由于山火大部分为政府组织的烧荒和农民违规用火导致,

而烧荒和烧山也多白天,而至线路跳闸时,往往山火都经过了一段长时间的燃烧和发展,山火火势较大时导致线路跳闸。

3.5 山火故障季度特点

(1)导致输电线路山火故障跳闸的主要因素一是政府组织统一烧荒,二是农民春耕前的违规烧荒用火,三是由于线路对山坡风偏不够导致,这三类故障原因已占总量的 95%。

(2)二滩送出输电线路山火主要集中在 1~4 月份。主要是由于当地政府每年会在 1~4 月组织进行烧山工作,防治森林病虫害,另外当地农民在春耕前会对山坡进行烧荒,由于控制不好,扩大成山林大火,从而引发故障。

(3)山火主要集中在下午 16~20 时。

主要是由于山火大部分为政府组织的烧荒和农民违规用火导致,而烧荒和烧山也多白天,而至线路跳闸时,往往山火都经过了一段长时间的燃烧和发展,山火火势较大时导致线路跳闸。

4 四川输电线路一季度故障特性

4.1 输电线路故障季节性突出

四川电网输电线路一季度故障类型主要以覆冰、山火、鸟害故障类型为主,外力破坏和污闪故障次之,多年统计分析发现:一季度覆冰、鸟害、山火引发的故障分别占到一季度故障总量的 40%、20%、15% 左右。覆冰灾害主要是由于二滩、石棉等水电送出通道路经高海拔、重覆冰地区,运行条件恶劣,极易受天气变化而发覆冰故障;山火灾害主要是由于二滩送出输电线路沿线政府有组织的烧山防森林病虫害和沿线农民烧荒违规用火导致,多在 1~4 月间发生;鸟害主要是由于四川盆地周边环境较好,适应鸟类生存,北方候鸟南下迁徙越冬,又加上盆地内冬春季节雾大、湿度大,一季度易发生鸟害故障。

4.2 季度故障区域性明显

西昌、乐山、雅安地区一季度故障问题突出,上述三个地区一季度的故障已占四川电网一季度故障总量的 70%,这主要是由于此三个地区是二滩、石棉水电的主要送出通道,其沿线覆冰、山火、鸟害情况较为突出,特别是西昌地区德昌县境内一季度山火问题较为严重,西昌地区一季度天气暖和、食物丰富,是候鸟理想的越冬地区之一,鸟害情况较其他地区更为严

重。随着四川甘、阿、凉三地大型水电的开发,大量水电送出输电线路将投入运行,而覆冰、山火、鸟害仍然成为威胁水电送出通道的安全,如何及早采取有效措施,加强线路分析和运行维护,是保证四川主网安全的关键所在。

4.3 线路重合成功与否与故障类型关系密切

从统计分析的数据来看,鸟害和污闪故障跳闸后重合成功率较高,约达到 90% 左右,而外力破坏、覆冰、山火故障后重合装置重合成功率较低,其中外力破坏最低,不到 20%。这主要是由于鸟害、污闪多为瞬时故障,线路跳闸放电结束后,线路较快恢复了原有的绝缘水平,而外力破坏和覆冰对线路的破坏往往造成了线路本体严重损伤,不具备自恢复能力,多以倒杆、断线等形式为主,其故障多以永久故障为主。

5 应对故障的措施与对策

(1)加强对甘、阿、凉三地水电送出通道的运行维护,认真分析线路沿线情况,对易覆冰、易发生山火、易发生鸟害的区段进行重点分析,加强一季度上述区域的特巡工作,加强群众护线力度。

(2)在防覆冰方面,逐步提高线路自身防护能力,对不满足覆冰条件的线段进行差异化改造,提高其抗覆冰的能力。

(3)加强鸟害情况分析,掌握鸟类活动规律,了解鸟类活跃区域、候鸟越冬地区或外候鸟南迁路线。对易发生鸟害的杆段防放电通道形成为主,加装大盘径绝缘子,提高绝缘水平为主。适当在鸟害易发生杆塔中相上安装防鸟刺等可改变中相横担结构的装置,阻止鸟类在中相活动的机率。适度降低凌晨电网运行电压。

(4)在防外力破坏方面,一是提高线路自身防护能力,适度加高线路杆塔高度,减小上述地区耐张段长度,适度提高杆塔强度,对跨越电气化铁路、高速公路、城市核心区的线路要作为重点进行改造,减小由于外力破坏带来的不良后果和影响。二是加大打击外力破坏电力设施的力度,加大宣传,加强线路巡视维护。

(5)根据新的污源分析情况和盐密监测点的监测情况,对不满足污秽等级要求的输电线路进行绝缘化改造,防止由于绝缘水平不够造成污闪事故发生。

(6)在防山火故障方面,掌握输电线路沿线政府

和农民烧山、用火情况,加强与沿线政府的沟通,加强对沿线农民的宣传,防止违规烧山、用火可能对线路造成的危害。对新投的水电送出线路要及时收集此类信息,提前作好预防工作。

(7)及时处理由于线路对档距中央边坡风偏距离不够的情况,采用增加杆塔、提高杆塔高度、对突出边坡进行开方等措施来防止由于边坡距离不够可能

引发的线路故障发生。

参考文献

- [1] 陶元忠,包建强.输电线路绝缘子运行技术手册[Z].北京:中国电力出版社,2003.
- [2] 胡毅.输电线路运行故障分析与防治[M].北京:中国电力出版社,2007.

(收稿日期:2010-03-02)

(上接第 57 页)

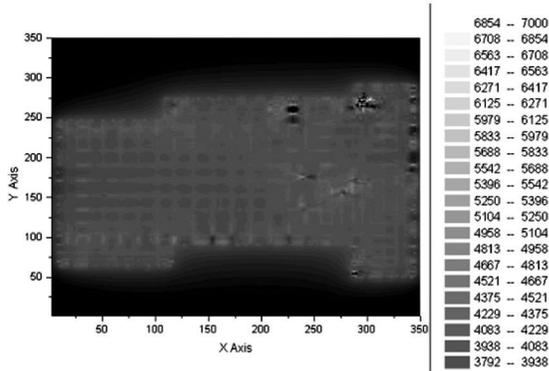


图 4 电位分布平面图

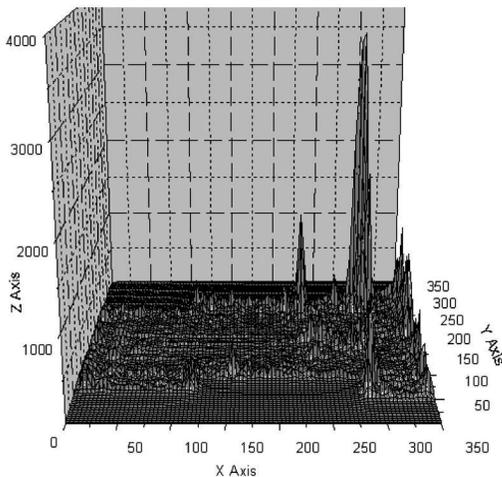


图 5 地网电位梯度分布三维图

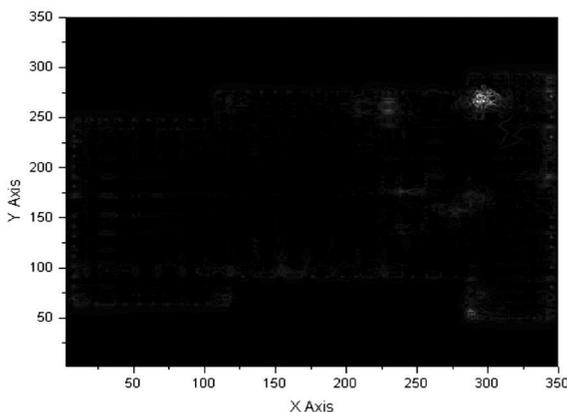


图 6 电位梯度分布平面图

置比较集中使电位升高。

为效验该软件计算的效果,计算了一个 4 乘 4 的网格,在计算所得的矩阵中取过节点和网格中心点的多条平行线,画出各条线的电位分布情况,与文献 [5] 中采用水槽中模拟测量的结果进行比较。其中计算所得的电位分布线与文献 [5] 采用水槽模拟测量所画出的电位分布线比较接近。所以可以用此软件对地面电位分布进行仿真计算。

3 结 论

运用前面提到的软件对变电站大型接地网的电位分布进行计算,计算结果通过 ORIGIN 进行分析,可以清晰地看到电位分布的三维图和用亮度代表电位值的平面图,能更方便对接地网电位分布的分析,从而找到最大的接触电压和接触电压所在位置。同时软件计算跨步电压的计算结果,通过 ORIGIN 分析得到的图可以清晰看见在地网中跨步电压高的危险区域。

所采用的方法能对各种地网分布方式进行计算,有助于对接地网电位分布的研究。同时可以对大型变电站的接地网进行计算,分析该地网的安全情况,有助于地网设计更加安全可靠。

参考文献

- [1] 张丽萍.一个实际变电站接地网的计算机模拟计算与分析[J].电工技术学报,2000,15(1):72-75.
- [2] 李中新.变电站接地网模拟计算[J].中国电机工程学报,1999,19(5):76-79.
- [3] 何金良,曾嵘.电力系统接地技术[M].科学出版社,2007.
- [4] 姚凤.变电站接地网数值计算[J].安徽水利水电职业技术学院学报,2007,7(1):1-3.
- [5] 李如虎.不同布置方式的接地网的地面电位分布及计算[J].供用电,1990(3):12-15.

(收稿日期:2009-12-25)