

《电世界》丛书

电气事故 的分析与处理

上海市电机工程学会 编
《电世界》编辑委员会

上海科学技术出版社

内 容 提 要

本书是从《电世界》月刊 1979 年复刊以来的“事故分析”专栏所刊载过的 146 篇文章中,经过汇选、分类,重新修订而成的。全书共分七章,内容包括:电机、电器、电力系统、防雷、接地及接零事故中的详细技术分析,并提出防止事故再发生的有效措施;分析透彻,措施可行。

本书可供工矿企业、电力系统及广大农村从事电气、电力工作的电工和技术人员参考。

《电世界》丛书

电气事故的分析与处理

上海市电机工程学会

《电世界》编辑委员会 编

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路 450 号)

新华书店上海发行所发行 上海市印十二厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 8.5 字数 183,000

1986 年 12 月第 1 版 1986 年 12 月第 1 次印刷

印数: 1—11,000

统一书号: 15119·2488 定价: 1.30 元

前 言

上海市电机工程学会编辑委员会汇编出版的《电动机文辑》、《变压器文辑》、《读者信箱》、《电工问答》等《电世界》丛书,曾深受广大读者的欢迎。在“文革”期间,丛书随着《电世界》被迫停刊而中断出版。

《电世界》复刊以来,在广大读者的热切要求下,经编辑委员会决定,拟于近年陆续恢复丛书的编选出版工作。蒙上海科学技术出版社的大力支持,《电气事故的分析与处理》续《读者信箱》三册出版后,今日与读者见面。

本书主编罗颐寿,编辑朱仲卿、毛一诚,责任编辑薛维江。

上海市电机工程学会

《电世界》编辑委员会

1985年11月

目 录

第一章 电机、变压器、互感器事故的分析与处理	1
1. 同步电动机阻尼条烧断	1
2. 直流电动机的一次非断磁飞车事故	3
3. 电动机无故自起动之谜	5
4. 农用电机事故分析	7
5. 农村电动脱粒机触电事故	11
6. 排气风扇触电事故	13
7. 发电机故障与铅笔	14
8. 小型发电机集电环短路故障处理	15
9. 一起触电事故的教训	16
10. 变压器接、拆线中引起的人为故障及防止	17
11. 油浸变压器故障导致火烧的分析与对策	19
12. 切断空载变压器的过电压造成硅整流器损坏	23
13. 12 万千伏安大型变压器故障烧坏的教训	24
14. 电力变压器爆炸的教训	25
15. 分接开关的故障会引起配电变压器烧坏	28
16. 分接开关错位引起变压器瓦斯继电器动作	30
17. “安全电压”也应注意安全	33
18. 交流弧焊机二次电压触电致死事故分析	33
19. 由电焊机引起的恶性事故	34
20. 电力电容器爆炸的教训	35
21. 电流互感器二次回路极性反接造成的停电事故	37
22. 电流互感器引起 35 千伏少油断路器爆炸	39
23. 电压或电流互感器引起的惊人事故	42

24. 投入运行的电流互感器应考虑热稳定	44
第二章 开关、接触器、熔断器等故障分析与处理	47
1. 手车式高压开关柜事故一例	47
2. 谨防高压空气断路器爆炸	49
3. LN-27.5 型六氟化硫开关爆炸分析	53
4. 开关灭弧罩不全,招致全厂大停电	55
5. 灭弧罩上豆粒大的缺损造成重大事故	57
6. 闸刀爆炸,炸伤右手	58
7. 防止交流接触器断电不释放造成事故的一种措施	59
8. 交流接触器无声运行中熔焊事故的分析与改进	60
9. 产品质量与工伤	64
10. 卷扬机按提升按钮却下降的故障分析	64
11. 二次回路熔断器熔断引起的短路事故	65
12. 瓷插熔断器引起的短路停电事故	67
13. 酸碱车间行车盲目自行的危险和对策	67
14. 不要忽视偶然事件	69
15. 警报器突然失灵,电工险些伤命	70
第三章 发、供电事故分析与处理	72
1. 发电机谐波电流的危害和抑制	72
2. 水电站喷水短路母线的事故	76
3. 警惕 35 千伏电网断线谐振过电压	77
4. 10 千伏配电线路的一种“假故障”现象	82
5. 电话中的误会导致一起高压触电事故	83
6. 误操作引起的一起大事故	85
7. 一次操作顺序颠倒的未遂事故	87
8. 用户小发电机误向电网送电造成死亡事故	90
9. 用户自备电源倒送电的触电事故	91
10. 一起严重的自发电倒送电事故	93
11. 电源频率降低造成日光灯烧毁	95
12. 由二次回路发现一次回路接线错误	96

13. 变电站二次电压回路 <i>b</i> 相断线分析	100
14. 电压、电流端子碰接造成母线保护误动作	103
15. 高压配电线路带电作业的安全问题	105
16. LH-15 型距离保护的误动故障	106
17. 罕见的 220 千伏线路鸟害事故	107
18. 一草千金患	111
19. 一只老鼠造成 1700 万元的巨大损失	113
20. 一根树枝引起全厂停产三天	115
21. 电缆头过热引起电气火灾事故	117
22. 不接触带电导体也会触电死亡	119
23. 文明生产重要, 小事会酿成大乱子	120
24. 废弃导线未及时收回造成触电死亡事故	120
25. 防止电业人员在工作中触电	122
26. 耕牛死亡该谁负责	125
27. 试验前考虑不周影响安全发、供电	127
28. 配电板起火	131
29. 私拉电网灭鼠, 造成人身触电死亡	132
30. 蜘蛛作祟记	133
31. 封堵电缆孔洞可防止火灾事故扩大	134
第四章 用电事故的分析与处理	136
1. 螺丝刀带电检修引起的电击事故	136
2. 违章检修发生事故, 农村电工亟需加强管理	137
3. 拉开电源开关, 却仍旧有电	138
4. 用电设备不能跨接在两条馈路上	139
5. 长距离控制回路故障一例	140
6. 可控硅触发不良原因何在?	141
7. 熔断器与熔体规格不相配造成的触电事故	142
8. 铭牌安装不牢造成的停电事故	143
9. 谨防铜铝线夹发热	143
10. 矿井下的奇怪“漏电”现象	144

11. 加强电度计量管理,防止少计电量	146
12. 湖南省农村触电事故分析	149
第五章 零线、中线故障分析与处理	153
1. 接地线与保命线	153
2. 不接地系统的中性点电压偏移	159
3. 中线带电引起火灾	161
4. 分支线路合用零线的危险性	163
5. 电动机开关未合闸,引入线也会烧毁	164
6. 一条线路故障导致另一条线路单相接地	166
7. 一次未遂的电缆事故	168
8. 在变压器接地引下线上触电	169
9. 零线烧红,引燃漏油	170
10. 从烧毁 50 支灯管谈照明配电箱的接地	172
11. 变压器中性点不接地的危险	173
12. 零线接触不良,险些造成人身事故	175
13. 工作现场不接地造成触电	176
14. 切莫将保护零线当中性线使用	177
15. 电焊焊接时烧坏电动机零线的事故	178
16. 也谈电焊焊接时烧坏零线的事故	180
17. 易燃易爆场所采用保护接零仍有危险	181
18. 铁路油槽车的意外事故	182
19. 油库接地与接零系统中值得注意的问题	183
20. 触电保安器动作后仍可能发生触电死亡事故	188
21. 触电保安器试验线路的正确连接	189
22. 接地引起可控硅传动装置的失控	191
23. 测量回路一定要有接地点	193
24. 错误接零,触电死人	195
25. 电器接地不良引起的事故几例	197
26. 从机床照明事故分析接线方式	199
27. “电人”的冰箱	201

28. 电风扇故障接地引起的触电	204
29. 值得注意的家用电器同时烧坏事故	206
30. 200 多只灯具毁于一线头	207
31. 一起因接零不妥引起的灯泡烧坏事故	211
32. 水管是怎么带电的	212
33. 水池触电事故	213
第六章 雷电事故的分析与处理	215
1. 一次雷电火灾事故的教训	215
2. 大气过电压的触电事故	216
3. 值得注意的小水电厂防雷保护	217
4. 220 千伏变电站雷击事故	218
5. 未送电线路的触电	222
6. 电容传递过电压引起避雷器爆炸	223
7. 低压架空电力线路的雷害调查和防雷措施	225
8. 由九仙山雷害谈山头建筑物的防雷击措施	228
9. 雷雨季节架设线路应注意防雷	231
第七章 其他电气事故的分析与处理	234
1. 公园里的一幕触电险剧	234
2. 一起轨道塔式起重机吊臂折损的事故	235
3. 铁丝搭电线, 火炉要电人	237
4. 烟尘引起的放电短路	238
5. 一只螺栓导致短路事故	239
6. 清洗汽车发动机前要先切断蓄电池电源	240
7. 用汽油擦洗车床电气控制箱引起的火灾事故	240
8. 晒场电火灾, 几十万斤稻谷险遭损失	241
9. 浴池电线漏电, 两名青工触电死亡	243
10. 电线直接埋在墙内危险	244
11. 自来水龙头有电	245
12. 安装电视机天线发生触电死亡事故	246
13. 违反安装规程造成的触电事故两则	246

14. 带电移动皮带机造成的悲剧	247
15. 吊卸货物时发生的触电死亡事故	248
16. 防止行车静电荷积累造成事故	249
17. 水泥热柱	250
18. 铅蓄电池爆炸事故的原因和预防	251
19. 热处理设备容易被忽视的故障剖析	252
20. 用 QS-1 交流电桥测量耦合电容器介质损耗时的触电 教训	253
21. 螺口灯头的安全使用	255
22. 高压钠灯的常见故障及判断	258

雨，造成瓷件爆裂断开。事后试验测量避雷器分布电压，上面三节避雷器确实分担较高电压，证明了上面的分析。

为防止这类事故，应改善 220 千伏避雷器的分布电压；减少绝缘拉棒的泄漏电流。为此，可采用防污涂料（如硅脂等），提高绝缘拉棒的绝缘水平，以降低上面三节分担的电压。这样并联电阻就不会发热了，经过试验，证明这样的措施是有效的。

5. 未送电线路的触电

未送电线路的触电现象，往往使人迷惑不解。所以，笔者也来谈谈这方面的一些教训和体会。

1962 年夏天，笔者工作的电站要恢复矿区供电，外线电工登 1 号杆重接“断连线”（因停电时已解开），操作前指弹（为防触电，一些老电工习惯用手指弹一弹线头）有麻电现象；用测电笔测试，发现线路带电。当时他们误以为矿区柴油发电机组发电，线路上互相搭碰而带电，打电话询问，矿区回说柴油发电机未发电。他们进一步分析：中午有过一次较大雷雨，虽雨过天晴，但因雷云对线路的静电感应作用，使高压线路也存在电容电压。经过对地放电，线路带电现象消失。这次登杆操作，侥幸是技术较熟练的老电工，否则，可能会有不幸事故发生。

事过十年后的又一个夏天，一次高压线路野外作业中，一块黑云向线路作业区移动，为防止线路上人身雷击事故的发生，下杆停止作业，其中有一位同志说：“好！还差一点，我就下来！”就在他收尾时，突然，“唷！”一声，“叭！”工具随声跌下，好在这位同志还系着安全带，坐在横担上面，不然，可真的“差一点”他“就下来了”。事后大家也迷惑不解，既不打雷，又没闪

电,线路从哪儿来电呢?这是因为带电雷云已进入线路施工地带的上空,夏天云层较低,虽没有打雷闪电,但带电雷云已经使线路产生了静电感应电荷,并使线路间存在一定的电容电压,因而,当人触及线路就挨触电。所以,夏天线路野外作业,应特别注意雷雨前、后线路上静电感应电荷和电容电压的存在,并应采取三相短路接地措施,确保人身安全。

(编者按:在雷云接近线路时,由于静电感应,电线出现正负两种电荷,与雷云电荷相异的电荷为束缚电荷,与雷云电荷相同的电荷为自由电荷。由于此时电压较高,后者可通过绝缘子部分泄漏。当雷云放电后,电线上束缚电荷重新和剩余的自由电荷中和,但不能全部中和,因此电线上仍有一定电荷。此时电压较低,不易再泄漏,当人体触及时会引起电击。所以不论附近是否有带电运行的线路,为安全起见,未送电或已送电而进行停电检修的线路电线均应接地。)

6. 电容传递过电压引起避雷器爆炸

广西洛东水电厂曾经发生 FCD-10 避雷器爆炸事故。爆炸前不久对避雷器做过试验是完好的,爆炸时又没有雷雨,据分析是电容传递过电压而引起的。

一、爆炸情况

洛东电厂 1 号主变检修后,准备恢复送电,线路如图 1 所示。因高压侧无油断路器和隔离开关,为

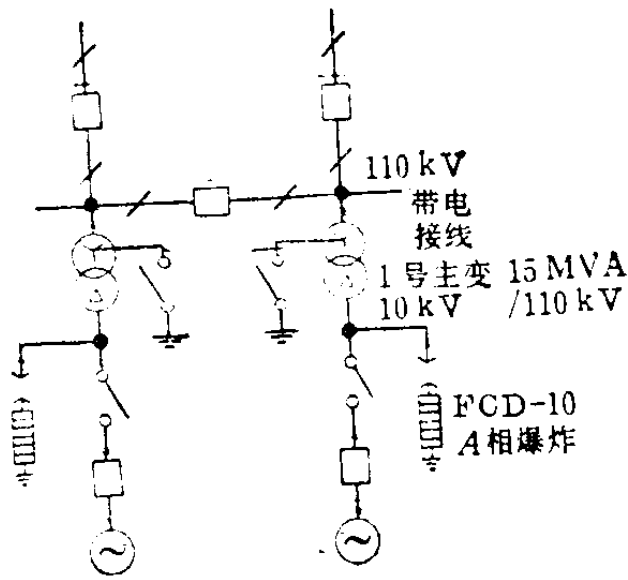


图 1

为了不使系统解列运行(即不断开桥联开关),故采用带电作业,在变压器高压套管处接线,带电分相投入。当时发电机侧的开关断开,FCD-10 避雷器直接在变压器低压侧,连线很短,约 4 米,1 号主变高压中性点断开,不接地。带电接线先接高压侧 A 相。刚接通不久,FCD-10 避雷器 A 相就发生爆炸。

二、原因分析

变压器高压侧接通一相,其余两相未接通时,变压器高压绕组各点处在同电位,其电位就是电网 A 相对地相电压 U_ϕ 。此时,中性点对地电位是相电压 U_ϕ ,即零序电压。它可通过变压器高低压线圈间的电容 C_{12} 传递到变压器 10 千伏侧去,如图 2。10 千伏侧电压:

$$U_1 = U_\phi \frac{C_{12}}{C_{12} + 3C_{11}}$$

C_{12} 与 $3C_{11}$ 可看作一个电容分压器,当 $3C_{11}$ 比 C_{12} 大得多时, U_1 的分压值较小。如 10 千伏侧开关合上时,发电机对地电容较大,即 $3C_{11}$ 较大,传递过电压 U_1 较小。但当发电机开关打开时,变压器低压侧连线又只有 4 米,那么 $3C_{11}$ 非常小, U_1 分压值就较大。这种传递过电压超过 FCD-10 避雷器

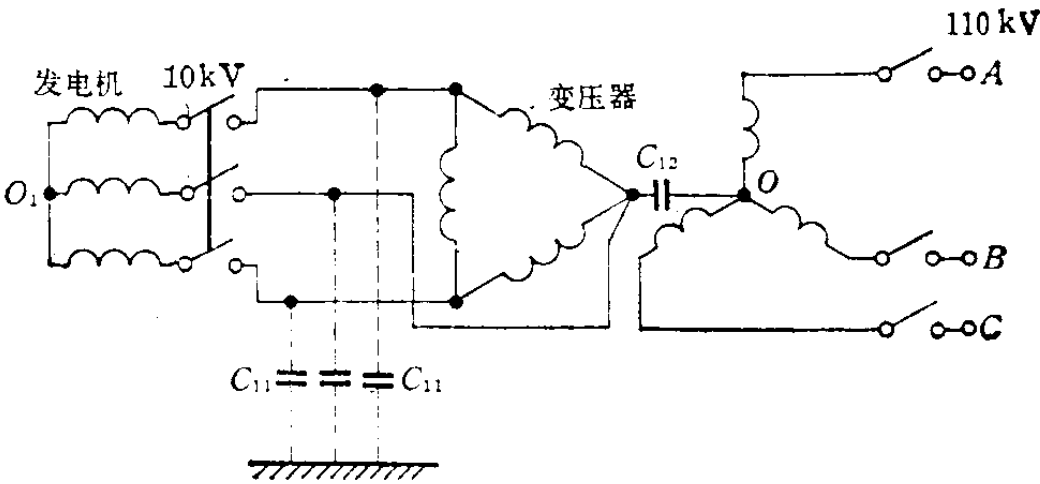


图 2

的工频放电电压 25~30 千伏,可使 FCD-10 动作,而且过电压持续时间较长,使 FCD-10 熄不了弧而爆炸。

三、体会

在中性点不接地的电力网中,或在中性点直接接地的电网而某些中性点不接地的变压器中,电容传递电压是经常发生的,必须引起应有的重视。防止的方法是:(1)如洛东电厂 1 号主变要在高压侧分相投入时,可在低压侧中性点或任一相临时接地,但高压侧三相投入完毕后即应将临时接地线断开或带电拆除;(2)可在 10 千伏侧每相对地之间加装电容,增大 $3C_{11}$ 的电容值,考虑到耦合电容 C_{12} 很小,一般每相加装 0.1 微法的电容就够了;(3)按洛东电厂接线,变压器高压侧还是加装三相联动的隔离开关为宜(现已安装);(4)应尽量避免中性点出现偏移电压,故三相联动开关要同步,避免不对称运行等。

7. 低压架空电力线路的雷害调查和防雷措施

一、雷害事故调查情况

通过调查,全国低压架空电力线路和进户线上遭受雷击的情况是比较普遍的。主要有四种类型:(1)架空进户线受到直击雷或感应雷;(2)雷击配电变压器的高压侧后窜入到低压进户线上;(3)球雷落在进户线或低压照明线上;(4)雷击建筑物后反击到进户线或照明线上。

由于雷击进户线造成人身伤亡事故者多数发生在多雷地区,并且大部分发生在没有遮蔽的郊区低压架空电力线路上,其中多数为对地绝缘水平较高的木杆线路,只有个别为绝缘子铁脚没有可靠接地的水泥杆线路。由此可见,多雷地区的

低压进户线在没有遮蔽的情况下，其绝缘子铁脚不做接地确实是十分危险的。

通过对全国发生的事故情况分析，可以看出以下特点：
(1) 雷击进户线时，建筑物内灯头对人体放电而造成死亡的距离绝大多数在 1.5 米以内，这部分占全部事故的 90% 以上；
(2) 雷击进户线时，建筑物内灯头对人体放电而造成受伤的距离大多数均在 1.5~2 米范围内，占全部事故的 7%；
(3) 放电距离超过 2 米以上者一般都没有发生人身伤亡事故，比较安全。

在水泥杆的低压线路上，由于钢筋混凝土电杆本身有自然接地的作用，相当于绝缘子铁脚接地了，因此很少发生事故。

雷击低压进户线的事故，不仅在江南地区较为严重，而且在华北、东北部分地区也有发生，某些地区事故率竟高达 1.7%~6.6%。有些城市每年雷击损坏电度表几十只，有的每年击坏上百只或几百只，某地区甚至有一年雷击损坏电度表达 1000 只以上。

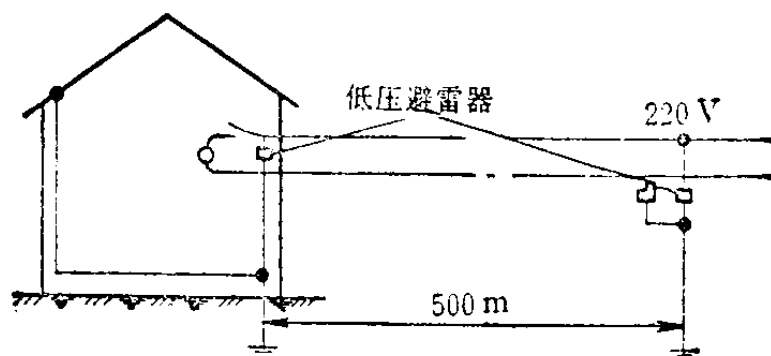
从调查到的事故推算，低压架空电力线路上的雷电过电压值竟可高达 2000~3000 千伏，由于幅值很大，进入建筑物后对人身安全有极大的威胁。但江南和东北地区将低压进户线绝缘子铁脚可靠接地以后，虽然进户线上落了雷，却没有发生过事故。如广西南宁市大部分钢筋混凝土电杆上绝缘子铁脚做了接地，当电杆遭到雷击时，亦未发生过人身事故。然而北京地区某山区游览胜地的管理处，其内部低压架空线路均为木杆木横担，绝缘子铁脚又没有接地，因此几次落雷时分别发生了灯泡爆炸、电视机损坏以及电话线放电烧损等事故。笔者曾去现场作过调查，证实了上述情况。

通过对低压雷击事故分析,发现了一些基本规律,即:(1)雷电日多的地区,雷击事故比雷电日少的地区严重;(2)郊区雷击事故比市区严重;(3)木杆雷击事故比钢筋混凝土杆和铁杆严重;(4)易击地区事故比一般地区严重。

二、防雷保护措施

根据以上情况,必须根据因地制宜的原则,积极做好防雷保护措施,以确保人身安全。主要措施如下:

1. 在低压架空线路进入建筑物前 50 米处安装一组低压避雷器,并作可靠接地;在建筑内再装一组低压避雷器,如附图所示。这种方案投资较多,不可能普遍采用,因此一般只对特殊重要的用户需要特别加强保护时才考虑采用。



2. 较为简易的保护措施是,在低压架空线进入建筑物前的电杆上将支持导线的绝缘子铁脚可靠接地。这样当低压线路遭受雷击时,即能对绝缘子的铁脚起放电间隙的作用,大大降低侵入建筑物内的雷电电压的幅值,防止危及人身安全和损坏各种低压电气设备。为了减少接地点,节约投资,也可沿低压架空线路的主杆线每隔 100~200 米接地一次,尤其对各种公共场所(如机关、学校、剧院和医院等)的低压接户线,必须将电杆上的绝缘子铁脚可靠接地。如是一般用户,接户线距接地点的距离小于 50 米的,就可不另加接地装置了。上述

各种接地电阻值,一般地区要求不宜超过 30 欧,如为岩石沙砾等高土壤电阻率地区,则亦不宜超过 50 欧。另外,在雷雨季节中人距电灯的距离必须保持 2 米以上,以确保人身安全,如果城市内的低压架空线路已完全处于高大建筑物的屏蔽之下,甚至是架设在房檐之下,则低压线路遭受直击雷击的可能性就很小,则其绝缘子铁脚就可不接地了。对处于少雷地区(指年平均雷电日在 30 天以下的地区)的低压架空线路,如果根据长期运行经验很少发生事故者,接户线绝缘子的铁脚也可以不必接地,以便节约投资。对于低压钢筋混凝土电杆,由于其本身的自然接地作用,当其接地电阻已符合于 30 欧的要求时,则绝缘子的铁脚就可以不必另行接地;如不符合上述要求者,则还应另加接地装置。

3. 对于处于多雷地区或易击地段的直接与架空线路相连接的电度表亦应考虑加装间隙保护,间隙的距离一般采用 1.5~2 毫米即可。有些地区有采用通信设备上用的 500 伏真空放电器来保护的。某些地区也有采用小型低压避雷器或氧化锌避雷器来专门保护电度表的。但由于电度表的数量很大,分布面又极广,如果普遍采用过电压保护措施,则投资极为可观,所以必须慎重考虑。

总之,对低压架空电力线路的防雷保护问题必须引起我们足够的重视,要积极采取有效的技术措施,并要注意因地制宜,做到既安全又经济。

8. 由九仙山雷害谈山头建筑物的防雷击措施

设在山头的建筑物易遭雷击,雷雨天气在山头行走很不安全,这已是一般常识。然而,体会更深的莫过于生活、工作在高山顶上的气象工作者了。下面介绍福建德化九仙山气象

站的情况：

一、地理条件

九仙山气象站位于海拔 1650 米处。四周群山都在低处，全年的大部分时间都湮没在云雾之中。观测场在山顶岩石上系人工用砂石填成的，西侧是 200 米高的悬崖，南面是 20 多米高的峭壁。东西宽约 15 米，南北长约 30 米。北面与值班室及生活区相连。山坡上的表层土厚度为 0.5~0.8 米，土壤电阻率约 400 欧·毫米²/米，下层砂岩则在 4 千欧·毫米²/米。这里年平均雷电日为 76.2 天，多的年份达到 102 天，是明显的雷击频繁区。

二、雷害事例

1. 1967 年一次球雷从地板下钻入机房，将摇机员击晕，火球移到走廊时爆炸。

2. 1969 年 7 月 20 日中午 12:45，一位观测员在观测场的东面被击毙。相距仅 10 米左右目睹这过程的一位妇女说：“我很奇怪，他趴在栏杆上向我们喊‘快点走，天要下雨啦！’说完后就蹲了下去，再也没有起来。其实头顶云层并不很厚，天还没有下雨，只是对面东边的山头乌云密布，雷声隆隆。”

3. 1968 年安装了避雷针，仅观测场就立了 3 根，至 1976 年 4 月未发生雷击事故。但因未对引入线采取防雷措施，故在雷电活动时接触金属物体常使人有麻电感觉。

4. 1976 年 4 月 6 日，观测场东北角的避雷针中雷，并见一球雷沿引下线下降至石砌平台，再由石缝钻入机房后爆炸，将一尺多厚的石墙炸了一个近半米直径的大洞，石砌平台的斜坡亦被炸一大坑，门窗被炸飞，发电机被炸坏，室内电线被烧