

金华近 56 年电线积冰气候特征及灾害防御

陈柏堃¹ 郜庆林¹ 吴明江²

(1. 浙江省金华市气象局, 321000; 2. 浙江省嘉兴市气象局)

提 要: 利用金华市 1953—2008 年 56 年的逐日雨凇、雾凇资料, 分析了电线积冰日的年代、年、季节、月变化, 电线积冰起止时间、持续期、持续时间、最大直径等气候特征, 并对金华电线积冰形成条件、灾害特点进行了分析。结果表明: 金华市年平均电线积冰日数为 0.8 天; 集中在冬季, 1 月最多, 2 月次之, 12 月最少; 电线积冰可出现在一天的任何时间; 最早初日是 12 月 10 日, 最晚终日是 2 月 19 日; 电线积冰持续时间最长 64 小时, 最大直径为 16mm; 雨凇形成条件与雾凇不同, 最大直径相近时雨凇灾害更严重, 高海拔山区的电力冰灾比丘陵盆地严重。根据电线积冰灾害的特点, 提出了加强灾害防御的具体措施。

关键词: 电线积冰 雨凇 雾凇 气候特征 灾害防御

Climatic Characteristics Analysis and the Disaster Defense of Wire Icing in Jinhua City in the Recent 56 Years

Chen Baikun¹ Gao Qinglin¹ Wu Mingjiang²

(1. Jinhua Meteorological Office, Zhejiang Province, 321000; 2. Jiaxing Meteorological Office)

Abstract: Based on the daily observation data of rain rime and fog rime in Jinhua during 1953—2008, characters of wire icing, such as the variation in the age, year, season, month, and the beginning and ending time, the duration, the largest diameter were analyzed. At the same time, the analyses of the formation conditions and characters of the disaster of wire icing in Jinhua were carried out. The results showed that the average day of wire icing in Jinhua was 0.8 d each year, which concentrated in winter. The maximum appeared in January, followed by February, and the minimum appeared in December. Wire icing can occur at any time in one day. The first date of the appearance of wire icing was on December 10, and the latest date was on February 19. The longest duration was 64 h, and the largest diameter was 16 mm. The formation conditions of rain rime and fog rime were different. The disaster of rain rime was worse than the fog rime when the largest diameter of them was the same.

And the ice disaster in electric power was more serious in high mountains than in hills or basins. Finally, specific measures about the defense of the disaster were put forward based on the analysis of characteristics of wire icing.

Key Words: wire icing rain rime fog rime climatic characteristics disaster defense

引 言

电线积冰是雨淞、雾淞凝附在导线上或湿雪冻结在导线上的现象。电线积冰资料对通信电缆、电力线的抗灾参数设计和通信、电力传输的正常运行起着重要参考作用。在输电工程设计的气象条件中,主要考虑导线覆冰、大风、极端气温、雷暴日数等气象因素对线路的影响,其中影响最大的就是导线覆冰。合理地确定导线设计标准冰厚对输电线路的建设投资和运行安全具有重要意义^[1]。张国庆等^[2]分析了积冰强度的影响因子和积冰成因,龙立宏等^[3]对输电线路冰害事故的原因及防治措施进行了研究。有关专家^[4-7]对冰冻灾害的气候特征和天气成因进行了分析。2008年2月初的雨淞使金华电网遭受重创,毛竹、林木、通信、交通、农业等产业和设施也受损严重。电力线路覆冰严重超过了设计极限是这次电网重创的主要原因。本文根据金华气象观测站56年的观测资料,对金华市电线积冰气候特征、形成的气象条件进行统计分析,为电线积冰预测预警、灾害防御提供科学依据。

1 资料和分析方法

利用金华气象观测站1953—2008年56年逐日雨淞、雾淞观测资料,将每天20—20时出现的雨淞(含湿雪冻结)、雾淞或两者混合出现日统计为一个电线积冰日。

金华地处金衢盆地东段,为浙江省中部丘陵盆地地区,地势南北高、中部低。金华气

象观测站建站于1953年1月,站址位于城镇的东北角,29°07' N、119°39' E,海拔高度62.6m,属丘陵地区。56年来站址没有搬迁过,探测环境基本符合气象探测环境保护要求,资料连续观测从未间断,资料的代表性、均一性较好。

2 金华电线积冰气候特征

2.1 电线积冰日的年代际变化和年际变化

1953—2008年56年中,电线积冰总日数为47天(其中雨淞21天、雾淞26天),年平均为0.8天。从年代际分布看(见表1),电线积冰日1950年代没有出现,1960年代至1980年代持续增加,1980年代和1990年代为最多,年平均达1.3天;1990年代后迅速减少。1960年代至1990年代雨淞呈减少趋势,雾淞持续增加,1990年代后雨淞略有增加,雾淞迅速减少。

表1 金华市不同年代电线积冰日数(天)

| 年代 | 1953— 1959 | 1960 年代 | 1970 年代 | 1980 年代 | 1990 年代 | 2000— 2008 |
|-------|---------------|------------|------------|------------|------------|---------------|
| 雨淞日 | 0 | 7 | 5 | 5 | 1 | 3 |
| 雾淞日 | 0 | 0 | 4 | 8 | 12 | 2 |
| 电线积冰日 | 0 | 7 | 9 | 13 | 13 | 5 |
| 年平均 | 0.0 | 0.7 | 0.9 | 1.3 | 1.3 | 0.6 |

56年中22年有电线积冰,最多年份1969年和1977年均出现4次,另外有8年出现3次,3年出现2次,9年出现1次。1953—1963年连续11年无电线积冰。1964—1993年10年移动平均线逐年震荡上行,1993年达到顶峰,尔后持续下滑,2008年略有回升。

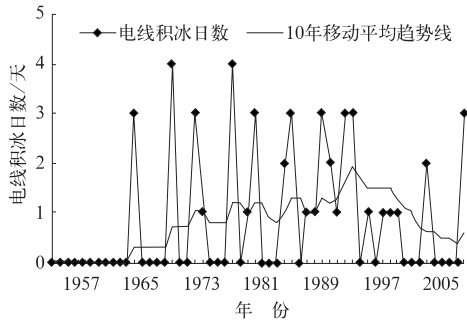


图 1 金华市电线积冰日数年际变化

2.2 电线积冰日的季节变化和月际变化

电线积冰全部出现在冬季(12月、1月、2月)。从月际变化看,电线积冰最多月份为1月,占总出现次数的57.5%,月平均0.5天;2月次之占31.9%,月平均0.3天;12月最少占10.6%,月平均0.1天。1月份18年有电线积冰,占全部年份的32.1%;2月份6年有电线积冰,占全部年份的10.7%;12月份只有2年,占全部年份的3.6%。

2.3 电线积冰的起止时间

雨淞、雾淞由于形成和消散的气象条件不同,两者的起止时间具有不同的规律。雾淞起止时间具有明显的日变化规律。晚上和早晨受辐射降温影响易出现雾淞,雾淞开始时间大部分出现在03—08时(占92.0%),60.0%集中出现在06—08时,最早出现在22:31;白天随太阳辐射增温雾淞趋于消散,雾淞终止时间集中在08—13时。雨淞是过冷却水或湿雪冻结而成,在低温雨雪天气形成,它可以出现在一天的任何时间段,在统计中(不考虑跨日界)也可发现雨淞开始时间分散在一天的各个时段,但以02—05时、09—12时开始较多;雨淞终止大部分随日出辐射增温而消融,也有少数随降雨增大而消融,雨淞终止时间以09—14时居多。

由此可知,电线积冰可出现在一天的任何时间。在不考虑跨日界情况下,电线积冰

起止时间频率见表2,开始时间频率最大的时段为2:00—7:59,占总出现次数的75.7%;终止时间频率最大的时段为8:00—13:59,占总出现次数的89.2%。

表 2 金华市电线积冰起止时间频率

| 时段 | 20:00—01:59 | 2:00—7:59 | 8:00—13:59 | 14:00—19:59 |
|-----------|-------------|-----------|------------|-------------|
| 开始时间频率(%) | 8.1 | 75.7 | 10.8 | 5.4 |
| 终止时间频率(%) | 2.7 | 8.1 | 89.2 | 0 |

2.4 电线积冰的持续期和持续时间

电线积冰初日、终日之间的时段称为电线积冰持续期。最早电线积冰初日是12月10日,最晚初日是2月17日,初日差是70天;最早终日是12月13日,最晚终日是2月19日,终日差是70天;电线积冰多年平均持续期3.2天,最长42天(1992年),最短0天(共34年)。

雾淞持续时间短,一般在2~15h,8h以下占92.0%,8h以上占8.0%。雨淞持续时间长,一般在2~64h,8h以下占25.0%,8h以上占75.0%。雨淞持续时间一般比雾淞长得多。

电线积冰的持续时间在2~64h,8h以下占70.3%,8h以上占29.7%。而持续24h以上的电线积冰共出现3次,占8.1%,平均每年0.05次。持续时间最长的电线积冰(雨淞)发生在1969年1月30日至2月2日,持续了64h。持续时间次长的电线积冰(雨淞)发生在2008年2月1日至3日,持续了51h。连续3天或以上有电线积冰日的记录有5次,最长连续日为4天。

2.5 电线积冰的最大直径、厚度和最大重量

电线积冰的最大直径是指垂直于导线的切面上冰层积结的最大数值线,导线直径包括在内;积冰厚度是指在导线切面上垂直于积冰直径方向上冰层积结的最大数值线,厚

度一般小于直径,最多与直径相等。积冰重量是指 1m 长导线上冰层的重量^[8]。

金华站电线积冰的最大直径 $\geq 8\text{mm}$ 的日数有 6 天,测定积冰重量的日数有 3 天。金华站最大直径历史记录为 16mm,最大重量为 $128\text{g} \cdot \text{m}^{-1}$,出现在 2008 年 2 月 2 日(表 3)。雨淞、雾淞最大直径相差不大时,雨淞重量比雾淞大得多。

表 3 金华市最大直径 $\geq 8\text{mm}$ 的电线积冰

| 出现日期 | D_{S-N} | H_{S-N} | G_{S-N} | D_{E-W} | H_{E-W} | G_{E-W} | 现象 |
|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----|
| 1984-1-22 | 15 | 15 | 13 | 15 | 15 | 10 | 雾淞 |
| 1985-12-13 | 8 | 7 | | 7 | 6 | | 雾淞 |
| 1989-1-15 | 10 | 8 | | 9 | 8 | | 雾淞 |
| 1999-1-13 | 9 | 8 | | 10 | 9 | | 雾淞 |
| 2008-2-2 | 16 | 11 | 128 | 16 | 11 | 116 | 雨淞 |
| 2008-2-2 | 13 | 9 | 100 | 13 | 9 | 92 | 雨淞 |

注:最大直径 $D(\text{mm})$,厚度 $H(\text{mm})$,最大重量 $G(\text{g} \cdot \text{m}^{-1})$,南北向 S-N,东西向 E-W

3 金华电线积冰形成气象条件分析

雨淞是过冷雨滴或毛毛雨滴在物体上冻结而成的坚硬冰层,有雨、毛毛雨或雨夹雪下降时,水平面、垂直面上均可形成,但水平面和迎风面上增长快。金华雨淞出现时,气温在 $-0.1 \sim 4.2^\circ\text{C}$ 之间,有雨雪或毛毛雨下降,相对湿度在 80% 以上,风速在 $2.0 \sim 8.0 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,风向多偏东风。出现雨淞时,逆温层高度较高,一般在 $700 \sim 850\text{hPa}$ 出现正温区,而在近地层为负温度区。

雾淞是过冷却雾滴在物体迎风面冻结或严寒时空气中水汽凝华而成的乳白色冰晶物,气温较低,有雾或湿度大时,多附在物体的突出部分和迎风面上,有时结构较松脆,受震易塌落。金华雾淞出现时,气温在 $-1.0 \sim -8.9^\circ\text{C}$ 之间,相对湿度在 95% 以上,风速在 $2.0\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 以下。特别是气温在 $-1.0 \sim -4.0^\circ\text{C}$ 之间(占总次数的 76.9%),相对湿度在 98% 以上(占总次数的 84.6%),静风(占总

次数的 42.3%)或微风条件下的晴朗早晨容易形成。出现雾淞时,逆温层高度较低,一般由地面辐射冷却形成,近地面为负温区,近地层为正温区。

4 电线积冰灾害的特点及防御措施

电线积冰灾害有直接灾害和间接灾害之分。直接灾害会对电力、通信等造成不同程度的影响。间接灾害是由于电力、通信等受灾后的衍生行业或其他影响,如电气化铁路因电网中断而导致的运输中断,企业因断电停产,居民因断电、通信中断影响生活等。

电线积冰灾害中,电力灾害是最直接、最明显的灾害。由于导线覆冰,增加了导线在大气中迎风面,当风向与导线冰面角度合适的时候就会使导线舞动,输电线路不稳定;绝缘子覆冰也会使导线失去了对地绝缘,造成闪路、短路,使电力中断无法输送;导线覆冰使导线垂直负载增加,如果垂直负载过重,严重超过了最初的设计极限,电线就会被压断、塔杆被折断或倒塌,最终导致输电中断。不同电线积冰过程对输电线路的灾害影响是不同的。它与电线积冰特征、天气条件、环境状况等有关。电线积冰直径越大、密度越大、持续时间越长、伴随的灾害天气越多、天气环境条件越有利于积冰形成保持增长的区域电线积冰灾害也越明显。

一般情况下,最大直径差不多时,雨淞造成的电线积冰灾害比雾淞严重。因为雨淞天气伴随着低温阴雨雪,电线积冰结构坚硬,密度大,其密度可达 0.9,并且持续时间较长,给铁塔和导线造成的负荷较大,有可能造成严重的冰灾;而雾淞天气伴随着大雾和低温天气,电线积冰结构松脆易脱落,密度小,持续时间短,给铁塔和导线造成的负荷不会很大,虽然有可能造成闪路,但不会对线路结构造成较大破坏。如 2008 年 2 月 1—3 日的雨

淞过程,输电线路严重覆冰,金华电网成为重灾区,经济损失巨大。据统计,500kV线路累计发生跳闸10条,倒塔58基,受损4基;220kV及线路累计发生跳闸8条,倒塔15基,受损3基;110kV线路累计发生跳闸3条,倒塔15基,受损2基;35kV线路累计发生跳闸12条;10kV线路累计发生跳闸176条;10~35kV线路倒杆914基,低压线路受损586km、倒(断)杆776根,共有1158村、25.7万个用户停电,直接经济损失估计超2亿元人民币。而1984年1月22日的雾淞过程,最大直径差不多,其对输电线路结构影响却不大。

另外,金华属于丘陵地区,电线积冰日出现不多,最大直径一般也不是很大,但是山区情况有所不同。山区的气象条件和环境更加有利于电线积冰形成、增长和长时间结冻,覆冰厚度也会随着电网设施所在的海拔增加而增加。如2008年2月1—3日的雨淞过程,金华气象观测站所处的城镇丘陵地区,电线积冰最大直径观测到只有16mm,而根据电力部门冰灾调查,同一过程海拔500m以上山区冰灾时实际覆冰达30mm,最高50~60mm,覆冰厚度大大超过覆冰设计极限(浙江输电线路大部分是按可抗30年一遇的15mm覆冰设计的)。这次冰灾使浙江电网遭受重创,损失仅次于湖南,尤其金华电网成为重灾区,损失主要发生在500kV高压输电线路及低压线路,而线路倒塔的区域基本上是在海拔500m以上的山区。因此,高海拔山区的电力冰灾比低海拔的丘陵盆地严重。

针对以上电线积冰灾害的特点,提出了如下的防御措施。

4.1 开展电线积冰灾害性天气调查和抗灾风险评估

电线积冰灾害性天气调查应包括灾害发生的地点、时间、持续期、电线积冰最大直径、

最大重量、气温、湿度、风向风速、当地地形环境状况、灾害损失情况等。因为不同的海拔高度、不同的迎风面上电线积冰增长速度是不一样的。有关研究表明^[1],电线积冰在云层以下高度内,其凝聚量随高度呈指数规律变化。根据灾害调查结果,结合电线积冰历史气象观测资料,进行抗灾风险评估和区划,为灾害性天气预测预警、提高电网规划设计抗灾标准等提供支持。

4.2 加强电线积冰观测站点建设,积累电线积冰观测资料

目前电线积冰观测站点少,资料不能满足气象服务需要。今后要加强电线积冰观测站点建设,在不同海拔高度、不同高压线路、重点林区等设立电线积冰观测站。电线积冰起止时间、最大直径、最大重量、灾害调查可由气象信息员观测收集上报,给他们配备必要观测工具并给予相应观测培训,其他要素实现自动观测。

4.3 建立和完善电线积冰灾害性天气监测预警机制

开展电线积冰灾害性天气精细化预报预警方法的研究。根据电力、通信、林业、交通、农业等不同行业对电线积冰灾害影响程度的不同临界指标和设计标准,结合金华雨淞、雾淞形成的不同气象条件,建立不同行业电线积冰灾害性天气精细化预报、风险预评估、预警工作流程和预案。加强电线积冰灾害性天气实时监测预警,为政府部门实行动态调控的灾害防御措施提供科学决策建议。

5 结论

(1) 金华市近56年中22年有电线积冰,年平均为0.8天。电线积冰集中出现在冬季,以1月最多,2月次之,12月最少。电

线积冰可出现在一天的任何时间。电线积冰开始时间频率最大的时段为 02—08 时;终止时间频率最大的时段为 08—14 时。电线积冰持续期最长 42 天,连续日最长 4 天,最长持续时间 64h,最大直径为 16mm,最大重量为 $128\text{g} \cdot \text{m}^{-1}$ 。

(2) 晴朗微风气温低、湿度大、有雾的早晨容易形成雾凇。气温稍低,有雨雪或毛毛雨下降,偏东风且风速较大,逆温层高度较高,易出现雨凇。雨凇密度比雾凇大,持续时间比雾凇长,黏附力比雾凇大,最大直径差不多时雨凇造成的灾害比雾凇严重。

(3) 山区的气象条件和环境更加有利于电线积冰形成、增长和长时间结冻,覆冰厚度也会随着电网设施所在的海拔增加而增加,高海拔山区的电力冰灾比丘陵盆地严重。

(4) 通过开展电线积冰灾害性天气调查和抗灾风险评估,加强电线积冰观测站点建设,建立和完善电线积冰灾害性天气监测预警机制等,最大限度地减少和避免电线积冰

灾害造成的损失。

参考文献

- [1] 阎同喜. 导线覆冰气象参数的分析研究[J]. 机械管理开发, 2006(5): 51-52.
- [2] 张国庆, 张加昆, 祁栋林, 等. 青海东部电线积冰的初步观测分析[J]. 应用气象学报, 2006, 17(4): 508-510.
- [3] 龙立宏, 胡毅, 李景禄, 等. 输电线路冰害事故统计分析及防治措施研究[J]. 电力设备, 2006, 7(12): 26-28.
- [4] 王凌, 高歌, 张强, 等. 2008 年 1 月我国大范围低温雨雪冰冻灾害分析. I: 气候特征与影响评估[J]. 气象, 2008, 34(4): 95-100.
- [5] 高辉, 陈丽娟, 贾小龙, 等. 2008 年 1 月我国大范围低温雨雪冰冻灾害分析. II: 成因分析[J]. 气象, 2008, 34(4): 101-106.
- [6] 王晓兰, 李象玉, 黎祖贤, 等. 2005 年湖南省特大冰冻灾害天气分析[J]. 气象, 2005, 32(2): 87-91.
- [7] 黄小玉, 黎祖贤, 李超, 等. 2008 年湖南极端冰冻特大灾害天气成因分析[J]. 气象, 2008, 34(11): 47-53.
- [8] 中国气象局. 地面气象观测规范[M]. 北京: 气象出版社, 2003: 92-95.