

# 2008年云南滇东北电线覆冰的气象条件<sup>\*</sup>

陶云<sup>1,2</sup>, 吴星霖<sup>1,3</sup>, 段旭<sup>1,2</sup>, 何华<sup>1,4</sup>, 王曼<sup>1,2</sup>

(1. 云南省季风与气象灾害研究开放实验室, 云南昆明 650034; 2. 云南省气象科学研究所, 云南昆明 650034;  
3. 云南省昭通市气象局, 云南昭通 657000; 4. 云南省气象台, 云南昆明 650034)

**摘要:**通过对2008年1-2月云南滇东北电线覆冰(雨淞)气象条件的分析,得到:①2008年云南滇东北雨淞持续时间是有气象记录以来最长是的一年,所造成的电线覆冰灾害非常严重的;②雨淞持续时间与ENSO有密切对应关系;③2008年滇东北电线覆冰期间昆明准静止锋异常活跃,是最重要的影响天气系统;④2008年滇东北的电线覆冰是在气温偏低、降水偏小、风速不大(或静风)及空气较为潮湿的气象条件下发生的。电线覆冰的厚度与气温成显著负相关,与风速成显著正相关。

**关键词:**电线覆冰;雨淞;昆明准静止锋;云南

**中图分类号:** TM75; P426.63 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-811X(2009)02-0082-05

## 0 引言

电线覆冰是一种分布广泛的自然现象,是指在秋末至春初季节,当雨、雾滴凝结在导线上或湿雪冻结在导线上的现象。严重的积冰常造成断线、倒杆(塔)、闪络的事故,给电力输送带来巨大的危害。

云南滇东北地区属低纬度高海拔地区,相对高差大,地形复杂,独特的地理位置和地形特征形成了其鲜明的气候特征。滇东北是北方冷空气入侵云南省的重要通道,冬春季节昆明准静止锋常摆动于此,多低温阴雨,加之地形复杂,易造成电线覆冰,是电线覆冰灾害事故发生的主要地区之一<sup>[1]</sup>。

2008年冬季我国南方地区出现了历史上罕见得低温冷害灾害,高安宁等<sup>[2]</sup>对广西得罕见凝冻灾害进行了评估。2008年1月12日-2月20日,滇东北的昭通市也出现了持续性的低温雨雪冰冻灾害性天气,其强度之大、影响范围之广、持续时间之长、产生的灾害之重,为昭通全市自有气象记录以来的近50年未遇。昭阳区、鲁甸县、镇雄县及威信县的气象观测点都出现了电线覆冰的现象。其中镇雄站电线覆冰持续日数长达32 d,突

破了历史同期气象纪录。海拔在1 800 m左右的地区电线结冰厚度最厚为60 mm(镇雄实测值),威信县城附近最大电线结冰厚度为12 mm,均属历史罕见气象记录。持续低温雨雪冰冻灾害,毁坏输电线路,电杆倒损和偏移,通信电杆和光缆倒损,通讯机站受损灾害等,造成部分地区停电长达1个月以上,全市98.6%的乡镇、91.8%村(社区),逾70%的人口受灾。

近年来,随着电线网的发展,对于电线覆冰的研究,许多学者作了针对性的研究。孙才新等<sup>[3]</sup>对导线覆冰从湿增长向干增长转变的临界条件和导线覆冰的临界条件进行分析。张怀孔<sup>[4]</sup>基于对滇东及滇东北地区电线覆冰特性研究和对国内外覆冰模型的分析,构建出较为适合研究区域的覆冰模型。刘军臣等<sup>[5]</sup>根据河南17个基本(准)站资料对河南电线积冰气候特征及对架空线路的影响进行了分析。田宏等<sup>[6]</sup>通过对1998年1月三峡地区强覆冰过程的分析,给出了三峡地区强覆冰形成的有利条件。曾皓<sup>[7]</sup>对青藏高原东部边缘电线覆冰的特征及天气成因进行了分析。这些研究对了解电线覆冰及预防覆冰灾害起到了积极的作用。在前人研究分析的基础上,我们对2008年冬季滇东北发生的严重电线覆冰灾害的气象条件进行分析。

\* 收稿日期: 2008-10-13

基金项目: 中国气象局成都高原气象研究所“西南地区2008年低温、雨雪、冰冻天气灾害研究”(BROP200809)课题资助

作者简介: 陶云(1971-),女,云南个旧人,高级工程师,在职博士,主要从事短期气候预测与气象灾害研究。

E-mail: cqkty@163.com

## 1 资料和方法

(1) 2008 年 1–2 月滇东北昭通市的昭阳区、鲁甸县、镇雄县及威信县的气象观测点的逐日常规气象要素观测资料(气温、降水、风、湿度及天气现象)及雨淞厚度资料。1957–2008 年镇雄县的逐日天气现象。

(2) 2008 年 2 月 1–20 日逐时的 FY2C 红外云图。

(3) 国家气候中心提供的 1951–2008 年 2 月 74 项环流指数资料。

## 2 2008 年滇东北电线覆冰分析

电线覆冰按结冰物的性质一般可分为雨淞、雾淞、雪淞及混合冻结 4 类<sup>[8]</sup>。滇东北冬季常受到昆明准静止锋的影响, 当准静止锋比较稳定时容易形成雾, 在连续雾天里电线上所结的雾淞冰体比较疏松, 密度较小。当准静止锋不稳定时, 容易出现毛毛雨, 常形成雨淞或混合冻结, 所结冰体结实, 密度也较大。而当湿雪粘附在物体表面并随着气温的降低发生冻结后, 形成雪淞。其中雨淞是滇东北电线覆冰的主要类型。

2008 年 1–2 月在昭通市的昭阳区、鲁甸县、镇雄县及威信县的气象观测点都出现了雨淞类的电线覆冰现象, 从雨淞持续的最长时间看昭阳区 1 d, 鲁甸县 3 d, 威信县 18 d, 镇雄县持续时间最长 32 d。上述的情况只能反映测站点的情况, 在滇东北海拔更高的山区, 电线覆冰的情况更加严重, 且还存在其它类型的覆冰。从电线结冰厚度看, 测站的厚度在 5 mm 以下, 但测站外测到的最大电线结冰厚度达到了 60 mm。

众所周知, 电线覆冰持续时间越长, 危害越大, 损失越严重。在此选取 2008 年冬季电线覆冰持续时间最长的镇雄县, 查看了 1957–2008 年冬季 1–2 月持续出现雨淞的天数的气候变化特征(图 1)。从图 1 可知, 2008 年镇雄县观测点雨淞持续时间最长是 32 d(1 月 14 日–2 月 14 日), 是自 1957 年以来持续时间最长的 1 年, 其次是 1989 年持续时间为 31 d(1 月 11 日–2 月 10 日), 再次是 1984 年持续时间为 30 d(1 月 16 日–2 月 14 日), 3 次的持续时间都远远大于平均持续时间(12 d), 可见造成的电线覆冰灾害是非常严重的。持续时间最短的年份是 1959 年、1966 年、1987 年及 1997 年。

查看雨淞持续时间较长年份及较短年份与 ENSO 的对应关系, 发现 1957 年、1989 年及 2008 年都为 La Nina 事件年; 除 1959 年外, 1966 年、1987 年及 1997 年都为 El Nino 事件年, 这说明在 El Nino 年云南滇东北地区的气温易偏暖, 滇东北地区不易发生电线覆冰, La Nina 年则相反, 这与解明恩等<sup>[9]</sup>、据建华等<sup>[10]</sup>的研究结果基本一致, 即 El Nino (La Nina) 年冬季云南气温以正(负)距平为主要特征, 存在明显的暖(冷)气候特征。

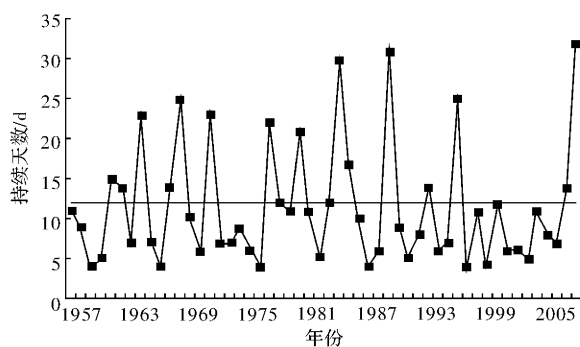


图 1 1957–2008 年镇雄县雨淞持续最长时间演变

## 3 2008 年滇东北电线覆冰的天气成因

2008 年滇东北电线覆冰主要出现在 1 月 14 日–2 月 14 日, 在这期间依据云南主要影响系统的变化, 主要有 3 次天气过程, 伴随着不同的主要影响环流系统。第 1 阶段天气过程是 1 月 11–18 日, 云南受副热带高压西侧的西南暖湿气流、700 hPa 长时间维持在成都至西昌一线的切变线和云贵高原准静止锋的共同影响, 云南滇东北地区出现了持续性低温阴雨(雪)天气, 致使一些高海拔地区出现了电线覆冰现象(鲁甸、威信及镇雄的测站上都测到雨淞类电线覆冰)。第 2 阶段天气过程是 1 月 19 日–2 月 5 日, 云南中高层主要受副热带高压西侧西南急流和南支槽前西南暖湿气流影响, 底层昆明准静止锋持续控制滇东地区, 造成云南自西向东出现了一次持续时间长、影响范围大的雨雪天气过程, 滇东北的低温阴雨(雪)天气长时间持续, 位置偏东、海拔偏高的镇雄县的雨淞类电线覆冰现象一直维持。第 3 阶段天气过程是 2 月 6–20 日, 云南主要受川滇切变线、昆明准静止锋及高原东移小槽共同影响。这期间在 500 hPa 上不断有弱的小槽东移; 700 hPa 上在贵州至西昌一线长时间维持切变线, 切变线后部不断有冷平流补充; 850 hPa 有强冷高压稳定在青海至湖南一线; 地面昆明准静止锋持续

控制云南滇东北、滇东及滇东南。

可见,滇东北电线覆冰期间昆明准静止锋持续控制,是最重要的天气系统之一。下面利用测站最高温度及卫星云图详细分析昆明准静止锋;利用国家气候中心提供的74项环流特征指数资料,分析了与云南2月气温有密切关系的因子2008年的变化特征。

### 3.1 昆明准静止锋

在2008年1月中旬-2月中旬云南滇东北持续32d的严重电线覆冰灾害过程中,昆明准静止锋一直在云贵之间东西摆动,2月初之前主要影响云南滇东北及东部边缘地区,2月7日后准静止锋东退及西进比较活跃,且影响范围明显西扩。图2给出了昆明(102.7°E, 25°N)、昭通昭阳区(103.7°E, 27.4°N)、镇雄县(104.9°E, 27.4°N)和威信县(105.1°E, 27.9°N)在整个过程中的日最高气温的变化,从它们的变化可以反映锋面的活动。由图2可知,自1月11日冷空气影响滇东北,昭阳、镇雄及威信明显降温后,处于锋后的镇雄及威信最高气温长时间维持在一个较低的状况,从1月13日起最高温度一直处于5℃以下,威信从1月22日-2月1日最高温度持续11d低于0℃,镇雄从1月18日-2月1日最高温度持续15d低于0℃,表明冷空气较强且长时间滞留,所以这两个地方是滇东北电线覆冰时间最严重的县;1月29日前昭阳区最高气温的变化则呈现出较大的起伏,昭阳区的最高温度随静止锋的东西摆动而变化,表明准静止锋东西摆动的位置。1月29日后静止锋加强影响到

滇东大部,昭阳区也处于了锋后;2月7日以前昆明最高气温一直稳定维持在一个较高的状况,最高温度基本在15℃以上,说明2月7日前昆明处于锋前,冷空气没有影响昆明及以西地区,直到2月7日后静止锋加强西进影响到滇中,昆明最高气温随着准静止锋东西摆动而呈现出较大的起伏。

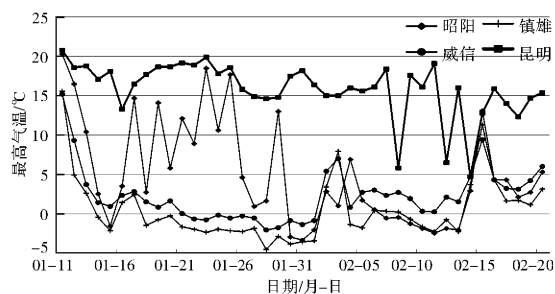


图2 2008年1月11日-2月20日昆明、威信、镇雄和昭阳区最高温度演变

为了更直观的了解昆明准静止锋的演变,选取2月上旬到中甸的卫星云图(图3),可以清楚的看出第3阶段天气过程是中昆明准静止锋的演变。2月1-6日(图3a~c)准静止锋在滇东北、滇东及贵州一带东西摆动,主要影响云南的滇东北及滇东地区,2月8日(图3d)准静止锋有明显西进的过程,影响到云南中部的昆明一带,之后静止锋在滇中附近摆动(图3e~h),15日(图3i)后静止锋南压后,减弱、消失。云系与图2的温度变化基本是一致的。这次静止锋过程是滇东北电线覆冰期间最强的一次。

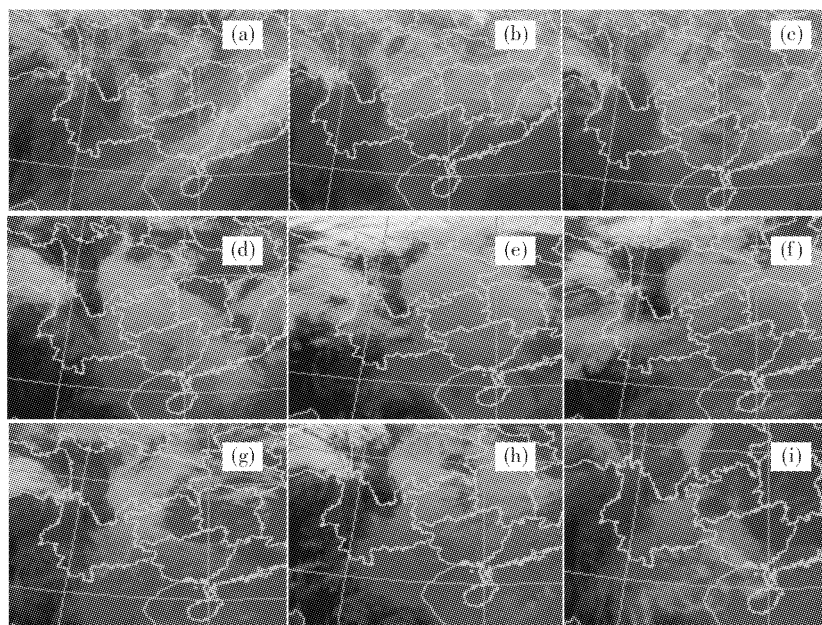


图3 2008年2月2-15日卫星云图

图注: a. 2日12时; b. 5日18时; c. 6日18时; d. 8日14时; e. 9日14时; f. 10日14时; g. 12日12时; h. 15日12时; i. 15日13时

### 3.2 2008 年 2 月环流特征指数的异常

利用国家气候中心提供的 74 项环流特征指数资料, 分析了与云南 2 月气温有密切关系的因子 2008 年的变化特征。通过计算 74 项环流指数与云南主要冰冻天气发生区的平均 2 月气温的相关关系, 获得了与 2 月气温高相关的环流特征指数(表 1)。

表 1 与 2008 年 2 月气温高相关的环流指数

重要相关因子(位置)	相关系数	显著水平	2008 年距平值
南海副高北界(100°~120°E)	0.555	0.001	-13.1
南海副高面积(100°~120°E)	0.521	0.001	-1.9
南海副高脊线(100°~120°E)	0.495	0.001	-11.3
西太平洋副高西伸脊点	-0.478	0.001	12.4
西藏高原高度(25°~35°N, 80°~100°E)	0.465	0.001	-4.7
南海副高强度(100°~120°E)	0.458	0.001	-2.7
西藏高原高度(30°~40°N, 80°~100°E)	0.442	0.001	-6.7
亚洲区极涡面积指数(60°~150°E)	-0.408	0.01	1.3
西太平洋副高面积(110°~180°E)	0.387	0.01	1.7
南方涛动指数	-0.336	0.02	21.1
西太平洋副高强度(110°~180°E)	0.330	0.02	-2.3
印缅槽(15°~20°N, 80°~100°E)	0.325	0.02	1.9

从表 1 可看出, 影响云南 2 月气温的重要因子是副热带高压、西藏高原高度和亚洲极涡、印缅地区的低槽以及南方涛动指数。这些因子的强弱及位置的变化直接影响云南 2 月气温。这些因子与云南 2 月气温的相关关系都在 0.3 以上或 -0.3 以下, 显著水平在 98% 以上。从 2008 年这些因子的距平值看, 2008 年 2 月南海副高偏南、偏弱, 西太平洋副高位置偏东, 这样有利于北方冷空气向南入侵, 影响云南; 西藏高原高度和较常年偏低, 说明高原上低槽活跃; 亚洲区极涡面积指数偏大, 也有利于冷空气生成。与相关系数配合来看, 2008

年除西太平洋副高面积及印缅槽指数不利于云南 2 月气温偏低外, 其余因子位置、强度的异常都十分有利于 2008 年云南 2 月气温异常偏低。

## 4 2008 年滇东北电线覆冰的气象要素分析

电线积冰是在一定的气象要素组合条件下产生的。利用 2008 年滇东北电线覆冰时间持续较长的镇雄县和威信县的基本气象要素(温度、降水、湿度、风速及风向)资料, 分析了 2008 年滇东北电线覆冰期间的气象要素特征。

2008 年 1~2 月镇雄县共出现电线覆冰(雨淞)现象有 37 d, 对气象要素进行分析表明, 出现电线覆冰时对应的日平均温度范围在 -6.1℃~0.7℃之间, 日降水量范围在 0.0~3.6 mm; 湿度范围在 77%~94% 之间; 风向以偏北风居多, 由表 2 可以看出, 最多风向频数出现在 WNW 方位, 其次为静风, NW 方位及 NNW 方位; 风速在 0.3~2.3 m/s 之间, 各风速段中出现最多的是 0.9~1.2 m/s 之间, 其次是 0.6~0.9 m/s(表 3)。威信电线覆冰的气象要素与镇雄有相似之处, 也存在不同点。2008 年 1~2 月威信县共出现电线覆冰(雨淞)现象有 26 d, 出现电线覆冰时对应的日平均温度范围在 -3.2℃~1.2℃之间, 日降水量范围在 0.0~3.8 mm; 湿度范围在 79%~94% 之间; 2008 年威信出现电线覆冰(雨淞)时伴仅随有静风、北风及东风 3 种风, 其中以静风居多(81%), 其次为北风(18%); 风速在 0.0~0.7 m/s 之间, 各风速段中出现最多的是 0.0 m/s 的静风, 其次是 0.3~0.6 m/s。

表 2 2008 年镇雄县出现电线覆冰时段风向频率

风向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C
频数	0	1	1	0	1	0	1	2	6	1	2	2	6	27	25	15	21

表 3 2008 年镇雄县出现电线覆冰时段风速段频率

风速	<0.3	0.3~0.6	0.6~0.9	0.9~1.2	1.2~1.5	1.5~1.8	1.8~2.1	2.1~2.4
频数	0	5	9	11	5	4	1	2

综上所述, 2008 年滇东北的电线覆冰(雨淞)是在气温偏低、降水偏小、风速不大(或静风)及空气较为潮湿的气象条件下发生的。通过分析发现, 电线覆冰的厚度与气温成负相关(相关系数为 -0.48), 与风速成正相关(相关系数为 0.55), 其显著性水平达到 95% 以上。与降水、湿度的相关不显著。

## 5 小结

通过对 2008 年云南滇东北电线覆冰(雨淞)的气候特征、大气环流特征及基本气象要素的分析, 获得一些结论:

(1) 2008 年云南滇东北电线覆冰(雨淞)持续

时间是有气象记录以来最长的一年,所造成的电线覆冰灾害非常严重的。

(2) 雨淞持续时间较长年份 1957 年、1989 年及 2008 年都为 La Nina 事件年,而最短年份除 1959 年外,1966 年、1987 年及 1997 年都为 El Nino 事件年,这说明在 El Nino 年云南滇东北地区的气温易偏暖,滇东北地区不易发生电线覆冰,La Nina 年则相反。

(3) 2008 年滇东北电线覆冰期间昆明准静止锋异常活跃,是最重要的影响天气系统。

(4) 2008 年滇东北的电线覆冰(雨淞)是在气温偏低、降水偏小、风速不大(或静风)及空气较为潮湿的气象条件下发生的。电线覆冰的厚度与气温成显著负相关,与风速成显著正相关。

## 参考文献:

[1] 王守礼,李家垣,霍义强,等. 云南高海拔地区电线覆冰问

题研究[M]. 昆明:云南科技出版社,1993.

- [2] 高安宁,陈见,李艳兰,等. 2008 年广西罕见凝冻灾害评估及思考[J]. 灾害学,2008,23(2): 83-86.
- [3] 孙才新,蒋兴良,熊启新,等. 导线覆冰及其干湿增长临界条件分析[J]. 中国电机工程学报,2003,23(3): 141-145.
- [4] 张怀孔. 滇东及滇东北地区电线覆冰模型研究[J]. 电力勘测设计,2007,14(4): 40-42.
- [5] 刘军臣,郭二凤,康雯瑛. 河南电线积冰气候特征及对架空线路的影响[J]. 河南气象,1999,(1): 27-28.
- [6] 田宏,陈文秀,张良忠. 三峡地区覆冰气候特征及个例分析[J]. 四川气象,2000,20(2): 47-50.
- [7] 曾皓. 青藏高原东部边缘电线覆冰的特征及天气成因[J]. 四川气象,2004,24(3): 4-6.
- [8] 朱瑞兆. 应用气候手册[M]. 北京:气象出版社,1991.
- [9] 解明恩,张万诚. ENSO 事件与云南冬季气温异常[J]. 应用气象学报,2000,11(1): 115-122.
- [10] 琚建华,李艳,黄仪方. ENSO 事件对云南短期气候影响的研究[J]. 云南大学学报:自然科学版,2001,23(6): 439-446.
- [11] 李勇,陆日宇,何金海. 影响我国冬季温度的若干气候因子[J]. 大气科学,2007,31(3): 505-514.

## Meteorological Conditions of Wire Ice Coating in Northeastern Yunnan in 2008

Tao Yun<sup>1,2</sup>, Wu Xinglin<sup>1,3</sup>, Duan Xu<sup>1,2</sup>, He Hua<sup>1,4</sup> and Wang Man<sup>1,2</sup>

(1. Monsoon & Meteorological Disaster Study Lab, Kunming 650034, China;

2. Meteorological Institute of Yunnan Province, Kunming 650034, China;

3. Zhaotong Meteorological Office of Yunnan Province, Zhaotong 657000, China;

4. Meteorological Observatory of Yunnan Province, Kunming 650034, China)

**Abstract:** The meteorological conditions of wire ice coating in northeastern Yunnan in January and February of 2008 are analyzed. The following results are obtained: The first, the glazed frost duration in northeastern Yunnan in 2008 is the longest in meteorological record and the disasters caused by wire ice coating is very serious. The second, there is a close relationship between the glazed frost duration and ENSO. The third, the quasi-stationary front (KQSF) in Kunming is abnormally active during wire ice coating in northeastern Yunnan in 2008. It is the most important influencing synoptic system. The fourth, the wire ice coating in northeastern Yunnan in 2008 occurred under the condition of lower air temperature, less precipitation, lower wind speed and higher air humidity. There is a distinct negative correlation between wire ice coating thickness and the air temperature, and a distinct positive correlation between wire ice coating thickness and the wind speed.

**Key words:** wire ice coating; glazed frost; Kunming quasi-stationary front; Yunnan