

三峡地区导线覆冰时空分布规律的研究

谢运华

中国电力工程顾问集团西南电力设计院有限公司, 四川 成都

收稿日期: 2023年10月6日; 录用日期: 2023年11月7日; 发布日期: 2023年11月14日

摘要

本文根据三峡观冰站和三峡区域气象站的气象资料, 分析了三峡地区覆冰的时间和空间分布规律。研究表明, 年度冰重最大覆冰过程出现在冬半年的12月~次年的2月, 年度最长持续时间覆冰过程出现在冬半年的12月~次年的2月, 海拔较高的地带可能出现在3、4月但比较稀少; 多年平均积冰日数2 d和多年最长连续覆冰时数100 h及以上的气象站, 其附近具有中小尺度覆冰地形特征的地段必须予以高度关注; 区域内覆冰冰重随海拔的增加而增大; 海拔相当的地段长江南岸的覆冰冰重比北岸的大, 东部的冰重比西部的大; 南岸南北向冰重和标准冰厚比东西向的大, 北岸东西向冰重和标准冰厚比南北向的大; 微地形地物对雨淞架覆冰量的影响十分显著。

关键词

覆冰, 时间, 空间, 分布

A Study on the Temporal and Spatial Distribution Law of Ice Cover on Conductors in Sanxia

Yunhua Xie

Southwest Electric Power Design Institute Co., Ltd., China POWER Engineering Consulting Group, Chengdu Sichuan

Received: Oct. 6th, 2023; accepted: Nov. 7th, 2023; published: Nov. 14th, 2023

Abstract

This paper analyses the laws of space-time distribution of ice accretion basing on the data of Sanxia icing observation station and meteorological observing stations in Sanxia. Research has shown that the maximum annual ice weight icing process occurs from December of the winter half year to

February of the following year, and the longest annual duration of icing process occurs from December of the winter half year to February of the following year. Areas with higher altitudes may occur in March and April but are relatively rare; meteorological stations with an average number of years of ice accumulation days of 2 d and the longest continuous ice cover time of 100 h or more must pay high attention to areas near them that have small and medium-sized ice cover terrain characteristics; the weight of ice cover in the area increases with the increase of altitude; the weight of ice cover on the southern bank of the Yangtze River is greater than that on the northern bank in areas with similar elevations, while the weight of ice cover on the eastern bank is greater than that on the western bank; the weight and standard ice thickness in the north-south direction on the south bank are greater than those in the east-west direction, while the weight and standard ice thickness in the east-west direction on the north bank are greater than those in the north-south direction; the impact of microtopography and features on the ice cover of rime frame is very significant.

Keywords

Ice Accretion, Time, Space, Distribution

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 前言

导线覆冰是重冰线路特别关注的自然荷载之一，设计冰厚的大小是影响线路每公里造价的主要因素之一。目前由于进行电线积冰观测的气象台站很少，气象站的地形条件又往往与架设线路地带的情形不相同，只能从有限的气象资料，参考实地调查覆冰资料，运用气象理论和经验，估计线路经过的不同地形上的覆冰情况。这样，覆冰的时空分布，特别是覆冰与地形的关系、覆冰随海拔的变化等研究结果及理论分析，就很有用处。对一个区域导线覆冰时空分布规律的充分认识，就有利于确定较符合当地客观实际的设计冰厚，并合理划分冰区。本报告在假定观冰点和高山气象站的地形都是开阔地形的前提下(大多数气象站都在市、县城附近的坪坝或凹地内，有一定屏蔽影响)，研究三峡地区中低海拔覆冰的时空分布规律。研究的三峡地区指重庆沿长江至宜昌的南北岸，大致在 $28\sim 32^{\circ}\text{N}$ 和 $106\sim 111^{\circ}\text{E}$ 的范围内。研究资料主要依据三峡观冰站的覆冰观测资料，鄂西地区和原四川万县、涪陵地区的气象资料，其中绿葱坡和金佛山气象站是我国少数几个长期作电线积冰观测项目的气象站，三万 I、II 回线路勘测设计收集的通信线电力线等覆冰调查资料[1][2]，以及导线覆冰地形、气候等论述的其它文献资料。时间分布着重论述覆冰日数和大覆冰过程；空间分布着重论述覆冰与方向的关系、南北岸对比、东西部对比、覆冰与海拔的关系、微地形对小雨淞架覆冰量的影响等等。

2. 地形和气候背景

三峡地区导线覆冰的大地形背景，长江北岸为自西北而东南走向、海拔 2000~2500 m、主峰大神农架 3053 m、绵延川渝甘陕鄂边境山地的大巴山；长江南岸的大娄山和武陵山；重点为横跨长江的巫山山脉。巫山山脉在四川、湖北两省边境，分布在秭归、巴东、巫山、建始、奉节等县长江河谷南北两岸。北与大巴山相连。东北-西南走向。海拔 1000~2500 m。长江穿流其中，成为三峡。

三峡地区导线覆冰的气候背景，主要是前川东(重庆)锢囚类和回流类寒潮，环流形势为偏东类横槽型和两槽一脊型，导致冬季北方南下的冷空气经过河南湖北，折向西沿长江回流入本报告研究的三峡地

区。此外，长江南岸也可能受翻越大巴山脉的冷空气作用而形成导线覆冰。

本文把横跨长江的巫山山脉主脉部分称作三峡地区中部，把巫山山脉东部及其以东部分称作三峡地区东部，把巫山山脉西部及其以西部分称作三峡地区西部。

3. 时间分布

3.1. 覆冰日数

选取在本报告研究范围内三峡地区的气象站，据气象部门的气象资料统计其北岸和南岸气象站的覆冰概况见表 1、表 2。

Table 1. Overview of ice cover at meteorological stations on the north bank of the Yangtze River

表 1. 长江北岸气象站覆冰概况

站名	海拔 (m)	统计 年份	覆冰现象	出现 月份	多年最长连续过程		多年平均 日数
					起止日期	时数	
当阳	91.8	59~81	雨淞、雾淞	1~2	1964.2.8	12.1	0.4
枝江	50.0	59~81	雨淞、雾淞	12~2	1974.1.18	12.1	0.6
南漳	106.8	57~81	雨淞、雾淞	12~3	1964.2.7~11	101.5	1.2
远安	114.9	57~81	雨淞、雾淞	12~2	1971.12.22	12.1	0.8
宜昌	69.7	51~81	雨淞、雾淞	12~2	1954.12.31~1.5	113.3	0.3
保康	327.3	57~81	雨淞	2~3	1971.2.28	6.5	0.2
秭归	150.5	57~81	无	无	无	0	0
兴山	275.5	58~81	无	无	无	0	0
巫山	270.6	59~81	无	无	无	0	0
巫溪	337.8	59~81	无	无	无	0	0
奉节	607.3	52~81	无	无	无	0	0
云阳	205.5	51~81	无	无	无	0	0
城口	798.2	58~81	无	无	无	0	0
开县	165.7	56~81	无	无	无	0	0
万县	186.7	55~81	无	无	无	0	0
忠县	231.3	59~81	无	无	无	0	0
梁平	454.6	51~81	雨淞	12~1	1954.12.31~1.1	23.6	0.1
开江	451.1	59~81	无	无	无	0	0
丰都	218.0	59~81	无	无	无	0	0
宣汉	389.4	52~81	雨淞	1	1969.1.29~30	6.9	0.1
达县	310.4	51~81	无	无	无	0	0
垫江	416.5	57~81	无	无	无	0	0
大竹	398.4	60~81	无	无	无	0	0

从表 1 可以看出，长江北岸巫山山脉东部海拔很低的当阳、枝江、南漳、远安、宜昌、保康均有导线覆冰现象出现；巫山山脉中部深切河谷及其西部海拔 800 m 以下的气象站：秭归、兴山、巫山、巫溪、

奉节、云阳、城口、开县、万县、忠县、开江、丰都、达县、垫江、大竹没有导线覆冰现象出现，只有海拔 400 m 左右的梁平、宣汉出现了导线覆冰现象，极其罕见；年度最长持续时间覆冰过程出现在冬半年的 12 月~次年的 2 月；南漳和宜昌多年最长覆冰过程连续时数超过了 100 h，其附近具有中小尺度覆冰地形特征的地段必须予以高度关注。

Table 2. Overview of ice cover at meteorological stations on the south bank of the Yangtze River
表 2. 长江南岸气象站覆冰概况

站名	海拔(m)	统计年份	覆冰现象	出现月份	多年最长连续过程		多年平均日数
					起止日期	时数	
松滋	69.5	57~81	雨淞、雾淞	12~3	1971.12.22~25	74.2	1.3
宜都	74.1	59~81	无	无	无	0	0
长阳	140.6	59~81	无	无	无	0	0
五峰	908.4	57~81	雨淞、雾淞	11~3	1964.2.7~23	389.3	2.7
巴东	294.5	54~81	雨淞	1	1957.1.12	6	0.1
绿葱坡	1819	57~81	雨淞、雾淞	10~5	74.12.3~1.10	917.6	74.4
鹤峰	539.3	59~81	雨淞	1~2	1969.2.20	3.8	0.2
建始	614.1	59~81	无	无	无	0	0
恩施	437.2	51~81	雨淞、雾淞	12~2	1957.1.13~14	32.5	0.6
宣恩	534.3	59~81	雨淞	1	1966.1.27	7.5	0.1
来凤	459.5	53~81	雨淞、雾淞	12~2	1954.12.31~1.2	60.5	1.1
咸丰	776.9	57~81	雨淞、雾淞	11~3	1964.2.5	12.1	1.2
利川	1071	59~81	雨淞	12~3	1981.1.25~31	150.6	3.6
黔江	607.3	58~81	雨淞	2	1964.2.18~19	12	0.1
秀山	363.7	57~81	雨淞	12~2	1977.1.27~31	93	1
酉阳	663.7	52~81	雨淞、雾淞	12~4	1954.12.27~1.5	237.1	3.1
武隆	409.8	59~81	无	无	无	0	0
涪陵	273.5	52~81	无	无	无	0	0
南川	559.5	57~81	雨淞	1~2	1967.1.10	3.3	0.1
金佛山	1906	55~81	雨淞、雾淞	10~4	1968.1.19~2.26	905.6	70.2

从表 2 可以看出，整个长江南岸只有海拔 620 m 以下位于长江河谷或在其支流河谷中的气象站没有出现过导线覆冰现象；年度最长持续时间覆冰过程出现在冬半年的 12 月~次年的 2 月；海拔 650 m 以上的酉阳、五峰、绿葱坡、利川、金佛山，多年最长覆冰过程连续时数超过了 100 h，多年平均覆冰日数超过 2 天，其附近具有大中小尺度覆冰地形特征的地段必须予以高度关注。

综合表 1 和表 2，海拔相当的地段长江南岸的多年最长覆冰过程连续时数和多年平均覆冰日数都比北岸的多，南岸更容易形成导线覆冰。

上述气象站中绿葱坡和金佛山是三峡区域的两个长期作电线积冰观测的高山气象站，海拔分别为 1819.3 m 和 1905.9 m。它们导线覆冰的雨淞和雾淞日数分布分别如表 3、表 4 所示。

Table 3. Distribution table of glaze days (d)
表 3. 雨凇日数分布表(d)

气象站	月	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
	平均		0	0	0.2	4.2	12.1	17.2	17.1	9.1	1.5	0.1
绿葱坡	最多	0	0	2	13	29	31	29	25	4	2	0
	最少	0	0	0	1	9	3	7	6	1	0	0
金佛山	平均	0	0	0.2	4.4	15.7	21.8	19	8.3	0.7	0	0
	最多	0	0	2	16	28	30	28	24	3	0	0
	最少	0	0	0	0	8	6	7	0	0	0	0

Table 4. Distribution table of rime days (d)
表 4. 雾凇日数分布表(d)

气象站	月	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
	平均		0	0	0.2	6.0	16.1	20.2	19.0	11.3	1.7	0.0
绿葱坡	最多	0	0	2	13	29	31	29	25	4	1	0
	最少	0	0	0	0	4	3	7	4	0	0	0
金佛山	平均	0	0	0.2	5.2	16.4	23.0	19.2	8.1	0.3	0	0
	最多	0	0	2	16	27	31	28	23	3	0	0
	最少	0	0	0	0	9	10	6	2	0	0	0

从表 1~表 4 可以看出，三峡地区导线覆冰现象在冬半年的 10 月~次年的 5 月都可能出现，覆冰日数主要集中在冬半年的 12 月~次年的 2 月。

3.2. 大覆冰过程

绿葱坡和金佛山气象站建站~1990 年的历年最大覆冰过程的出现时间统计成果见表 5。历年最大覆冰过程的出现时间指该年度最大冰重的观测时间。

Table 5. Statistical table of the occurrence time of the maximum icing process over the years
表 5. 历年最大覆冰过程出现时间统计表

年度	绿葱坡	金佛山	两站对应出现
56~57	1957.01.11	—	
57~58	1958.01.18	1958.02.01	
58~59	1959.02.17	1959.02.01	
59~60	1960.01.24	1960.01.26	对应
60~61	—	1961.02.16	
61~62	—	1962.03.24	
62~63	1963.03.11	1963.03.13	对应
63~64	1964.02.17	1964.02.26	
64~65	1965.01.25	1964.12.12	

Continued

65~66	1966.03.08	1965.12.27	
66~67	1966.12.25	1966.12.27	对应
67~68	1968.02.01	1968.04.25	
68~69	1969.01.30	1969.02.03	对应
69~70	1970.03.13	1970.03.06	
70~71	1971.01.18	1971.01.23	对应
71~72	1972.02.03	1972.02.04	对应
72~73	1973.03.06	1973.02.07	
73~74	1974.01.29	1974.02.26	
74~75	1974.12.31	1974.12.06	
75~76	1975.12.13	1975.12.11	对应
76~77	1977.01.30	1976.12.27	
77~78	1978.02.12	1978.01.18	
78~79	1979.03.12	1979.01.15	
79~80	1980.03.15	1980.01.07	
80~81	1981.01.31	1981.01.27	对应
81~82	1982.03.26	1982.03.08	
82~83	1983.02.03	1983.01.21	
83~84	1984.02.25	1984.01.27	对应
84~85	1984.12.21	1985.01.15	
85~86	1986.03.18	1986.03.02	
86~87	1987.02.22	1987.03.26	
87~88	1988.03.05	1988.02.19	
88~89	1989.02.25	1989.02.24	对应
89~90	1990.02.18	1990.02.07	
月份分布	12、1、2、3	12、1、2、3、4	
多年最大冰重出现月	1974.12	1984.1	

从表 5 可以看出, 三峡地区长江南岸海拔 1800 m 左右的覆冰区域, 年冰重最大覆冰过程在冬半年的 12 月~次年的 3 月都可能出现, 海拔相对更高的区域甚至在 4 月份仍可出现, 年最大覆冰过程主要集中在冬半年的 12 月~次年的 2 月。表 1、表 2 也表明, 多年最长连续覆冰过程也是出现在冬半年的 12 月~次年的 2 月。

4. 空间分布

4.1. 迎风坡地形导线覆冰与海拔的关系

4.1.1. 鄂西地区

鄂西地区位于三峡地区的中、东部。表 1、表 2 表明该地区导线覆冰的起始高程很低, 特别是三峡

地区东部，海拔不到 100 m 就能形成导线覆冰，且还能形成持续时间较长的导线覆冰；多年最长连续过程时数和多年平均日数总趋势是随海拔增高而增多的。

贵州省电力工业局和贵州省气象科研所编著的《覆冰文集》中“雨淞雾淞的垂直变化特征及坡向差异”[3]，马乃孚通过亚热带山区 1983.4~1986.3 定点实测资料及同期气象资料的分析，巴东绿葱坡雨淞和雾淞日数分别高达 212 天和 250 天，神农架北坡 900 m，鄂西南 1000 m、鄂西北 1200 m、大别山 800 m 以上为多，在 8 至 26 天之间；而大别山和鄂西南海拔 500 m、鄂西北海拔 800 m、神农架南坡海拔 1700 m 以下均未出现过雨淞雾淞现象。各山系中雨淞、雾淞日数均随高程的增高而递增，在一定高程以上雾淞递增率较雨淞大，高寒山区多雾淞或雨雾淞。一般而言，在海拔 1000~1200 m 以下，雨淞日数多于雾淞日数，主要集中在 12~2 月；1000~1200 m 以上，雾淞日数多于雨淞日数，多集中在 12~3 月。例如，鄂西南五峰 908.4 m 和神农架北坡 935.2 m 雨淞日数各为 6 天和 8 天，而雾淞日数为 0；鄂西北武当山 1200 m，雨淞日数 9 天，雾淞日数却达 26 天。

据文献[4]，鄂西自治州气象局通过对邮电线路多年覆冰情况的分析，提出该州覆冰等效直径(计算冰厚) D_z (mm)与海拔 Z (hm)有如下关系式：

$$D_z = AZ^B \quad (1)$$

式中，A、B 值与线路走向有关，南北向和东西向分别为 0.0039，3.6 和 0.00069，4.05。南北向和东西向 A、B 取值的不同，主要反映了常年主导风向的不同和地形地貌的差别。综合文献[4] [5]，得到鄂西地区部分观冰站南北向覆冰直径 D 和计算的覆冰直径 D_z 与海拔的关系见表 6。

Table 6. The relationship between the diameter of ice cover and altitude at some ice observation stations in the western Hubei region

表 6. 鄂西地区部分观冰站覆冰直径与海拔的关系

调查地点	海拔(m)	南北向覆冰直径 D (mm)	D_z (mm)	
			南北向	东西向
绿葱坡站	1820	155	134	87.5
巴东绿葱坡	1730	120	112	71.3
利川	1680	110	101	63.3
恩施大坝	1650	55	94	58.8
巴东三尖子	1430	55	56	33.0
利川谋道	1370	40	48	27.7
巴东石马岭	1360	30	47	26.9
利川站	1080	10	20	10.6
巴东茶店子	950	15	13	6.3

(1)式和表 6 表明，鄂西地区覆冰随海拔的增高而增大。

4.1.2. 气象站

1) 整个研究区域

根据表 1 和表 2，选其中多年最长连续过程时数大于 10 h 且多年平均日数不小于 0.3 d 的气象站作参证站，选取结果见表 7。

Table 7. Overview of ice cover at meteorological reference stations
表 7. 气象参证站覆冰概况

站名	海拔(m)	统计年份	覆冰现象	出现月份	多年最长连续过程		多年平均 日数
					起止日期	时数	
枝江	50.0	59~81	雨淞、雾淞	12~2	1974.1.18	12.1	0.6
松滋	69.5	57~81	雨淞、雾淞	12~3	1971.12.22~25	74.2	1.3
宜昌	69.7	51~81	雨淞、雾淞	12~2	1954.12.31~1.5	113.3	0.3
当阳	91.8	59~81	雨淞、雾淞	1~2	1964.2.8	12.1	0.4
南漳	106.8	57~81	雨淞、雾淞	12~3	1964.2.7~11	101.5	1.2
远安	114.9	57~81	雨淞、雾淞	12~2	1971.12.22	12.1	0.8
秀山	363.7	57~81	雨淞	12~2	1977.1.27~31	93.0	1.0
恩施	437.2	51~81	雨淞、雾淞	12~2	1957.1.13~14	32.5	0.6
来凤	459.5	53~81	雨淞、雾淞	12~2	1954.12.31~1.2	60.5	1.1
酉阳	663.7	52~81	雨淞、雾淞	12~4	1954.12.27~1.5	237.1	3.1
咸丰	776.9	57~81	雨淞、雾淞	11~3	1964.2.5	12.1	1.2
五峰	908.4	57~81	雨淞、雾淞	11~3	1964.2.7~23	389.3	2.7
利川	1071.0	59~81	雨淞	12~3	1981.1.25~31	150.6	3.6
绿葱坡	1819.3	57~81	雨淞、雾淞	10~5	74.12.3~75.1.10	917.6	74.4
金佛山	1905.9	55~81	雨淞、雾淞	10~4	1968.1.19~2.26	905.6	70.2

表 7 表明，三峡地区多年最长连续时数和多年平均日数总趋势是随海拔增高而增大的。表 1、表 2 表明，从三峡地区东部到西部导线覆冰起始高程逐渐增高。其中的一些差异主要是由于局地地形和观测年限的不同而引起。表 1、表 2 还表明，雨淞和雾淞在三峡地区覆冰区域内的不同高程都能出现。

此外，从表 7 还可以看出，分别位于三峡地区长江南岸的中西部的绿葱坡和金佛山气象站，金佛山海拔比绿葱坡的仅高 86.6 m，历年最大覆冰过程中两站对应出现的约占三分之一，考虑到这些年最大覆冰过程大多数都是以雾淞为主的雨雾淞混合冻结覆冰，观测时易脱落等因素的影响，估计两站对应出现的应占一半以上，但肯定会如表 7 所示的两站不对应的情况。

2) 南岸高山气象站

对已收集到的绿葱坡和金佛山气象站的历年覆冰极值资料，统计计算得出三峡地区长江南岸区域两气象站的冰重和标准冰厚与海拔的关系如表 8 所示。

Table 8. The relationship between ice cover and altitude at high mountain meteorological stations on the south bank
表 8. 南岸高山气象站覆冰与海拔的关系

气象站	海拔(m)	冰重(g/m)		标准冰厚(mm)	
		平均	多年最大	平均	多年最大
绿葱坡	1819.3	996.7	3484.0	15.7	33.2
金佛山	1905.9	1798.5	6120.0	22.1	44.6
金佛山/绿葱坡		1.8	1.8	1.4	1.3

从表 8 还可以看出，三峡地区长江南岸区域覆冰冰重和标准冰厚都随海拔的增高而增大，金佛山海

拔比绿葱坡的高 86.6 m, 多年平均和最大的冰重是绿葱坡的 1.8 倍, 多年平均和最大的标准冰厚分别是绿葱坡的 1.4 和 1.3 倍。

4.1.3. 三峡观冰站

三峡观冰站从 2000 年 11 月开始从宜昌的三斗坪至云阳的石门一线布设 8 个观冰点。三斗坪观冰点位于三峡地区东部和石门观冰点位于三峡地区西部, 其它都位于三峡地区中部巫山山脉主脉中且都在长江北岸。2001 年度观测的导线覆冰年度极值见表 9。

Table 9. Table of ice cover extreme values of conductors measured at ice observation points in the three gorges region
表 9. 三峡地区观冰点实测导线覆冰极值表

时间	点名	高程(m)	种类	长径(mm)	短径(mm)	冰重(g/m)	标准冰厚(mm)	密度(g/cm ³)	备注
2001.1.25	三斗坪	1080	~V	69	49	408	5	0.16	LGJ-185
2001.1.25	三合铺	1202	~V	44	33	200	2	0.19	LGJ-185
2001.1.25	赵家垭	1110	*	42	35	236	3	0.22	LGJ-185
2001.1.25	杜家山	1410	~V	68	28	260	4	0.18	LGJ-185
2001.1.25	乌龙洞	1620	V	64	41	420	6	0.21	LGJ-185
2001.1.25	梨子坪	1806	V	105	48	840	10	0.22	LGJ-185
2001.1.25	翻坎垭	1150	*	48	31	116	2	0.11	LGJ-185
2001.1.25	石门	1380	~V	38	30	120	2	0.15	LGJ-185

表 9 表明, 在海拔相当时三峡地区东部的覆冰量比西部的大, 或覆冰量从东到西逐渐减小。2001 年年度各观冰点的极值都出现在在 2001 年 1 月 25 日这同一次覆冰过程中, 且位于巫山山脉主脉的观冰点的覆冰量明显呈现随海拔的增高而增大。

2002 年度观测的导线覆冰年度极值见表 10。

Table 10. Table of ice cover extreme values of conductors measured at ice observation points in the three gorges region
表 10. 三峡地区观冰点实测导线覆冰极值表

时间	点名	高程(m)	种类	长径(mm)	短径(mm)	冰重(g/m)	标准冰厚(mm)	密度(g/cm ³)	备注
2001.12.16	三斗坪	1080	~	60	48	560	7	0.29	LGJ-185
2001.12.14	三合铺	1202	~	66	50	948	11	0.42	LGJ-185
2002.1.18	赵家垭	1110	~V	39	34	128	2	0.17	LGJ-185
2002.3.3	杜家山	1410	~	50	40	368	5	0.29	LGJ-185
2002.3.3	乌龙洞	1620	~V	57	46	528	7	0.3	LGJ-185
2002.3.3	梨子坪	1806	~	65	48	1040	11	0.48	LGJ-185
2002.1.18	翻坎垭	1150	~V	45	32	240	3	0.29	LGJ-185
2002.1.19	石门	1380	~V	45	36	200	3	0.21	LGJ-185

表 10 表明, 该年度观冰站点中对应应有 3 次极值覆冰过程。“12.12”过程持续时间 30 小时左右, 多数观冰点的覆冰冰重较小, 只有三合铺的覆冰值最大, 冰重达到 948 g/m, 而高程相对高的梨子坪覆冰冰重仅为 480 g/m。“1.16”过程持续时间 2~3 天, 梨子坪导线覆冰冰重 500 g/m, 乌龙洞在 348 g/m, 杜家山 268 g/m, 赵家垭 128 g/m, 翻坎垭 240 g/m, 三合铺 668 g/m, 石门 200 g/m, 三斗坪 480 g/m。“3.3”过程受较强冷空气南下影响, 从 3 月 2 日晚开始, 三峡地区出现降温, 降雨天气过程, 三峡地区高程相

对高的地段出现雨淞天气现象,在高程1400米以下基本未出现雨淞,梨子坪导线覆冰最大,冰重1040 g/m,其次是乌龙洞冰重528 g/m,杜家山冰重368 m/s,其它观冰点均未覆冰,3月4日午后过程结束。综合表11和表12,说明三峡地区覆冰总的气候趋势是随海拔增高而增大,但对单一覆冰过程,存在低海拔的覆冰量比高海拔的大情况。

4.2. 覆冰与方向的关系

据已收集到的绿葱坡和金佛山气象站的历年覆冰极值资料,计算东西向和南北向对应的多年平均的冰重和标准冰厚,计算结果见表11。梨子坪观冰点据2000~2001和2001~2002年度的对应观测资料计算,结果见表11。

Table 11. Table of the relationship between east-west and north-south icing
表 11. 东西向和南北向覆冰关系表

气象站 或观冰点	冰重(g/m)			标准冰厚(mm)		
	东西向	南北向	南东比率	东西向	南北向	南东比率
绿葱坡	631.9	996.7	1.6	12.3	15.7	1.3
金佛山	1087.1	1798.5	1.7	16.7	22.1	1.3
梨子坪	392	302	0.8	4.1	3.3	0.8

表11表明,绿葱坡和金佛山在长江南岸,其南北向冰重和标准冰厚都比东西向的大,多年平均冰重和标准冰厚的比率分别为1.6和1.3左右,表明南岸覆冰期间的主导风向偏东;梨子坪在长江北岸,其东西向冰重好标准冰厚都比南北向的大,多年平均冰重和标准冰厚的比率都为0.8,表明北岸覆冰期间的主导风向偏北。

4.3. 长江南北岸覆冰

由于北岸的梨子坪2[#]观冰点和南岸的绿葱坡2[#]观冰点海拔接近,且这两个观冰点分别是梨子坪和绿葱坡小区域内覆冰最大的观冰点,地形条件在暴露程度上应比较类似,绿葱坡2[#]观冰点只作了1997~1998年度一个年度的观测,故选取该年度的冰重(g/m)对应观测值进行南北岸覆冰情况的对比分析,计算统计结果见表12。

Table 12. Comparison of ice cover on the north and south banks of the Yangtze River
表 12. 长江南北岸覆冰对比表

观冰点	梨子坪2 [#]	绿葱坡2 [#]	比值
海拔(m)	1806	1820	
1998.01.05	256	480	1.9
1998.01.14	424	2500	5.9
1998.01.15	544	4400	8.1
1998.01.17	1268	6440	5.1
1998.01.19	2092	7400	3.5
1998.02.02	180	280	1.6
1998.02.14	376	520	1.4
平均	734.3	3145.7	4.3
最大	2092	7400	3.5

从表 12 可以看出,在海拔接近地形条件类似时三峡地区长江南岸的覆冰量比北岸的大得多。但这仅仅是据一个年度覆冰对比观测资料得出的初步结果。从三峡地区的气候背景分析,当覆冰期间冷空气是偏北气流、或和沿长江回流气流共同作用产生的时,肯定是长江南岸的覆冰量比北岸的大得多;但当覆冰期间冷空气是沿长江回流气流产生的时,就可能存在长江南岸的覆冰量比北岸的大得多的单一覆冰过程,也可能存在长江南岸的覆冰量与北岸的差不多的单一覆冰过程;但多年长期来看应该是三峡地区长江南岸的覆冰量比北岸的大得多。

据表 1、表 2,三峡地区东部长江南北岸的覆冰起始高程、多年最长连续覆冰过程时数和多年平均日数都较接近;三峡地区中西部南北岸的差异就很大,北岸无一气象站入选表 9 的气象参证站,海拔分别为 607.3 m 和 798.2 m 的奉节和城口气象站,在资料统计年限内没有出现过覆冰现象,而南岸入选表 9 的气象参证站有 7 个,其中秀山气象站海拔仅 363.7 m。

4.4. 东中西部覆冰

据表 1、表 2 及上述论述,从三峡地区东部、中部到西部的覆冰起始高程逐渐增高;当海拔相当时从三峡地区东部到西部的多年最长连续覆冰过程时数和多年平均日数都逐渐减少,特别是三峡地区中西部的长江北岸,海拔 800 m 以下区域几乎无导线覆冰现象。

表 13 是三万 500 kv 线路沿线主要覆冰调查点的计算分析成果。主要调查点都位于长江北岸、顺序为在三峡地区内从西向东排列。

Table 13. Table of standard ice thickness for main survey points along the line

表 13. 沿线主要调查点标准冰厚表

地名	海拔(m)	20 m 高 30 年一遇标准冰厚(mm)
万县大垭口	1308	13.8
云阳石门	1000	15.7
奉节新龙山	1900	21.7
奉节望乡坪	1352	14.1
巫山望天坪	1500	19.4
巫山大梁子	1250	20.3
巫山梨子坪	1870	30.2
巫山梁风垭	1600	30.2
巫山哨路	1320	17.0
巫山三合铺	1220	22.9
巫山月池	1025	13.2
巫山百合坪	1175	19.2
巫山界岭	1220	26.0
渝鄂交界的道坑子	1225	25.8
利川齐岳山	1300	33.8

表 14 是三万 500 kv 线路设计时在万州传输局收集到的万州至湖北长途通信线覆冰资料的计算分析成果。界岭、三合铺、哨路、大垭口都位于长江北岸、顺序为在三峡地区内从东向西排列。

Table 14. Table of standard ice thickness measured at observation points along the communication line**表 14.** 沿线通讯线观测点实测标准冰厚表

地名	海拔(m)	20 m 高 30 年一遇标准冰厚(mm)
界岭	1220	25.2
三合铺	1220	23.8
哨路	1320	21.7
大垭口	1200	13.2

表 13 和表 14 表明了三峡地区覆冰 1300 m 左右以下区域，当海拔相当时覆冰量从东向西逐渐减小。

4.5. 微地形对雨凇架覆冰量的影响

梨子坪附近三个观冰点都是架设雨凇架进行覆冰观测，海拔在 1805~1865 m，相对高差最多 60 m；三站在直径 3 km 的范围内。选取三峡观冰站自观测以来的多年最大覆冰过程的冰重(g/m)对应观测值进行对比分析，计算统计结果见表 15。

Table 15. The influence of ice point microtopography on ice cover in Liziping observation area**表 15.** 梨子坪观冰点微地形对覆冰量的影响

观冰点	观冰点 1 [#]	观冰点 2 [#]	观冰点 3 [#]
海拔(m)	1805	1808	1865
1998.01.13	208	228	76
1998.01.14	296	424	136
1998.01.15	456	544	184
1998.01.17	1016	1268	396
1998.01.19	1580	2092	468
平均	893.5	1060.7	520.8

表 15 表明，在如此小的局地范围内，最大观冰点观测的该过程的平均和最大冰重分别是最小观冰点观测的 2 和 4 倍多。

绿葱坡附近两个观冰点也都是架设雨凇架进行覆冰观测，相距 100 m，海拔相差仅 0.7 m。选取其 1997~1998 年度的冰重(g/m)对应观测值进行对比分析，计算统计结果见表 16。

Table 16. The influence of ice point microtopography on ice cover on Lucongpo observation**表 16.** 绿葱坡观冰点微地形对覆冰量的影响

观冰点	观冰点 1 [#]	观冰点 2 [#]	比值
海拔(m)	1819.3	1820	
1997.12.21	200	320	1.6
1997.12.22	260	640	2.5
1998.01.14	160	2500	15.6
1998.01.15	280	4400	15.7
1998.01.17	460	6440	14.0
1998.01.19	880	7400	8.4
1998.02.02	31	520	16.8
平均	511.3	3005.0	5.9

表 16 表明,在如此小的局地范围内,最大观冰点观测的该过程的平均和最大冰重分别是最小观冰点观测的 5.9 和 8.4 倍。

从上面两表可见,微地形对雨淞架覆冰量的影响十分显著。在重冰线路勘测设计收集到观冰点或覆冰事故段的覆冰资料时,应对观冰点或覆冰事故段的微地形情况进行了解,最好进行实地踏勘,以便作出其代表性的评价。

通过在三万 500 kV 线路勘测设计中,对沿线地形地貌的踏勘和认真细致的覆冰调查,经综合分析表明,三峡地区重冰区以相对高差较大、地形比较暴露的山峰为中心,在具有风口微地形特征的山口如表 16 中的界岭、三合铺等表现较为严重。

5. 结论

1) 三峡地区导线覆冰现象在冬半年的 10 月~次年的 5 月都可能出现,覆冰日数主要集中在冬半年的 12 月~次年的 2 月。年最大覆冰过程在冬半年的 12 月~次年的 3 月都可能出现,海拔相对更高的区域甚至在 4 月份仍可出现,但主要集中在冬半年的 12 月~次年的 2 月。

2) 雨淞和雾淞在三峡地区覆冰区域内的不同高程都能出现。多年最长连续覆冰过程时数和多年平均覆冰日数总趋势是随海拔增高而增多的。雨淞、雾淞日数均随海拔的增高而递增,在一定高程以上雾淞递增率较雨淞的大,高寒山区多雾淞或雾淞为主的混合冻结。

3) 覆冰起始高程在三峡地区东部海拔很低,从东部到西部覆冰起始高程逐渐增高,中西部北岸的覆冰起始高程比南岸的高。

4) 三峡地区总的气候趋势是覆冰量随海拔增高而增大,但对单一覆冰过程,存在低海拔的覆冰量比高海拔的大情况。

5) 三峡地区从东到西,覆冰随海拔的增高而增大,在巫山山脉主脉山脊附近达到最大,再越向西特别是长江北岸同海拔的覆冰量就越小。即三峡地区覆冰 1200~1300 m 左右及以下区域,当海拔相当、地形类似时,东部覆冰冰重比西部的大;1300 m 以上的区域,在相同地形条件下覆冰海拔随增高而增大。

6) 三峡地区长江南岸,南北向的覆冰量比东西向的大;长江北岸,东西向的覆冰量比南北向的大。但因不同覆冰过程主导风向不一致,且微地形特别是风口地形对局地风向影响十分显著,可能存在单一覆冰过程或局地与上述结果不同甚至相反的情况。

7) 三峡地区长江北岸的覆冰量在海拔相当、地形类似的条件下总的气候趋势是比南岸的小,但仍有可能出现两者差不多的单一覆冰过程。

8) 三峡地区重冰区以相对高差较大、地形比较暴露的山峰为中心,在具有风口特征的山口表现较为严重。

9) 微地形地物对雨淞架覆冰量的影响十分显著。建议在重冰线路勘测设计收集到观冰点(含积冰气象站)的覆冰资料时,应对观冰点的微地形地物情况进行了解,最好进行实地踏勘,以便作出其代表性的评价。

参考文献

- [1] 蒋兴良,孙才新,顾乐观,陆宠惠. 三峡地区导线覆冰的特性及雾淞覆冰模型[J]. 重庆大学学报(自然科学版), 1998(2): 16-19.
- [2] 谢运华. 三峡地区导线覆冰与气象要素的关系[J]. 中国电力, 2005, 38(3): 35-39.
- [3] 马乃孚. 雨淞雾淞的垂直变化特征及坡向差异[M]//覆冰文集. 贵阳: 贵州省电力工业局和贵州省气象科研所, 1992.
- [4] 胡红春. 三峡至万县 I 回 500 kV 输电线路鄂西段设计冰厚取值[J]. 电力建设, 2000, 21(10): 22-24.
- [5] 蒋兴良,易辉. 输电线路覆冰及防护[M]. 北京: 中国电力出版社, 2002.