

# 一次电线积冰个例的数据处理及关联度分析

曼世超<sup>1</sup> 卢会国<sup>1,2</sup> 蒋娟萍<sup>1,2</sup> 赵锦阳<sup>1</sup>

(1 成都信息工程大学电子工程学院, 成都 610225; 2 中国气象局大气探测重点开放实验室, 成都 610225)

**摘要** 利用在四川省阿坝、甘孜和雅安布置的 3 个称重式电线积冰自动观测站 2017 年 2 月 4—5 日观测资料讨论该装置观测数据处理方法并分析所观测气象要素与数据的关联度。结果表明:基于  $T$  值的小波滤波方法具有良好的滤波效果,经过小波滤波后原始数据中的干扰量得到了有效抑制和消除,保留了数据变化的特征信息。通过灰色综合关联度分析,气象要素与电线积冰称重数据的关联度大小依次为温度、气压和风速,关联度在 0.516~0.632 之间;综合风向玫瑰图分析发现,迎风向导线积冰的增长大于顺风向。

**关键词** 电线积冰;小波;称重数据;灰色综合关联度

中图分类号: P413 DOI: 10.19517/j.1671-6345.20170172 文献标识码: A

## 引言

输电线路积冰会导致线路中断、冰闪跳闸等电力事故,易对正常的电网运行、社会生产生活产生消极影响。2008 年我国多地出现冰雪灾害<sup>[1]</sup>,南方部分地区因此而产生较大范围的电力系统瘫痪,对该地区产生了极大影响。川西南地区由于多为高海拔山地,位于这些地区的电路运输网易受积冰影响<sup>[2]</sup>。传统的人工观冰存在误差大、观测数据不连续等不足,随着输电线路布网范围的加大已经不能满足需求,而且在积冰季节人工观冰难度大、危险系数和观冰成本较高。因此,为了更好适应新的观冰需求,国内外一些高校、科研院所都对电线积冰进行了研究并取得一系列成果。N Davis<sup>[3]</sup>, A T Degaetano<sup>[4]</sup> 等针对电线积冰的预报进行了研究, K Savadjiev<sup>[5]</sup> 基于气象要素分析建立了电线积冰模型;高正旭<sup>[6]</sup> 等对积冰导线舞动灾害性天气事件进行了分析;郑利兵<sup>[7]</sup>,王春雷<sup>[8]</sup> 等对人工观冰数据与电线积冰观测装置称重数据进行了对比研究,证明了称重式电线积冰观测装置的有效性;刘雪静<sup>[9]</sup> 利用电线积冰观测系统得到的两次高压电线积冰实测数据分析了积冰产生时的天气条件,并在文中给出了电线积冰观测系统拉力与积冰厚度的变化曲线对应关系;牛

生杰<sup>[10]</sup>,周悦<sup>[11]</sup>,杨军<sup>[12]</sup> 指出了影响电线积冰的物理机制,从微观角度对电线积冰物理成因和微气象条件进行了研究;在分析积冰厚度和相关气象要素的关联性时,刘丹<sup>[13]</sup>,阳林<sup>[14]</sup> 均采用灰色关联度理论来进行讨论。

综上所述,我国在电线积冰观测系统研发、微物理机制分析等方面取得了较大成果,但对电线积冰自动观测系统原始数据处理方法以及基于东西、南北两方向的称重数据与气象要素关联性分析相对较少。

本文针对所使用的称重式电线积冰观测系统,基于东西、南北两方向上观测数据研究称重数据处理方法及其与所观测气象要素的关联度,为后续弱化和消除积冰干扰量、提高积冰观测准确度并优化系统设计,建立该系统称重数据与积冰厚度的关系模型打下基础。

## 1 观测试验和数据

### 1.1 观测试验

电线积冰自动观测系统由积冰观测和气象要素观测两部分组成。积冰观测部分基于称重法原理完成对积冰重量的观测,气象要素观测部分主要完成对温度、气压和风速风向的实时观测,该试验与电力

<http://www.qxkj.net.cn> 气象科技

四川省教育厅重点科研项目(14ZA0170)资助

作者简介:曼世超,男,1993 年生,硕士研究生,主要研究方向为大气探测技术及应用,Email:markris@126.com

收稿日期:2017 年 3 月 27 日;定稿日期:2017 年 8 月 4 日

有关部门合作完成。

积冰观测子装置基于称重-模拟真实导线法设计而成。该装置依照《地面气象观测规范》电线积冰观测相关要求基于称重原理设计,为了使观测结果更贴近电力部门实际应用需求,采用的观测导线为长1 m,直径26.8 mm的真实电缆。积冰架高1.5 m,分别放置在东西、南北两个方向。积冰架上安装有称重传感器,电缆悬挂于称重传感器下。传感器和电缆用钢丝连接,传感器捕捉电缆由于积冰而形变产生的压力信号,并将其转换为电信号。系统数据采集器将电信号计算后输出相应称重数值。积冰观测系统测量精度为 $\pm 0.1\%$ ,最大量程20 kg,采样间隔为60 s,系统输出产品为称重数据(克)。气象要素观测子装置依赖温度传感器、气压传感器和风速风向传感器实现,系统每分钟输出一条气象观测数据。

电线积冰自动观测系统被分别安装在雅安市汉源县泥巴山站点( $29^{\circ}38'N$ ,  $102^{\circ}36'E$ , 海拔约2450 m)、雅安市与甘孜藏族自治州交界二郎山隧道站点( $29^{\circ}84'N$ ,  $102^{\circ}29'E$ , 海拔约2878 m)以及四川省阿坝藏族羌族自治州茂县龙王庙站点( $31^{\circ}31'N$ ,  $103^{\circ}43'E$ , 海拔约2670 m)共3个自动观测点。观测站点分布见图1。

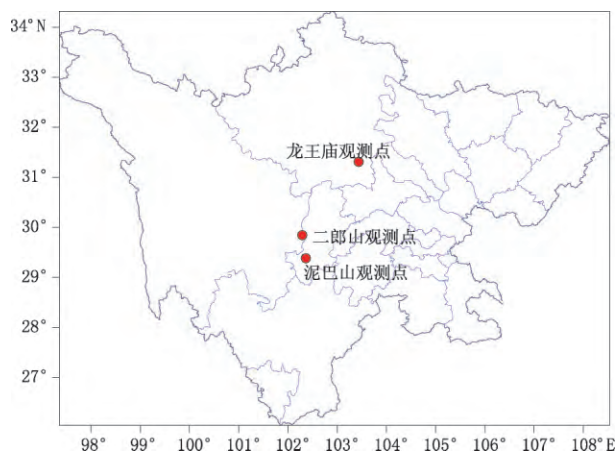


图1 观冰站点分布

## 1.2 观测数据

本次试验3个站点均为无人值守观测,根据远程上位机软件所观测到数据的变化曲线发现,3个站点数据曲线在2017年2月4至5日期间均有明显的波动变化,而这两日前后3个站点数据变化较平稳无明显波动。通过查询4—5日前后数据并根据

波动曲线可知3个站点积冰开始和结束时间分别为:泥巴山站点3日22:00至6日11:00;二郎山站点4日01:00至6日16:00;龙王庙站点3日22:00至6日01:00。

系统观测到的称重数据包括除了冰重以外的导线自身荷载、风荷载及其他干扰量,去除导线自重后的称重数据的变化能够体现出积冰重量的变化。通过研究称重式电线积冰自动观测系统的数据处理方法、分析称重数据与气象要素的关联为进一步减小干扰量、建立称重-冰厚输出模型、优化设备具有重要意义。文章选择3个站点4日00:00至6日00:00波动明显的连续观测称重数据和气象数据为样本进行分析。

## 2 小波变换在电线积冰称重数据处理中的应用

小波变换是一个时-频的局域变换,在时域和频域都有表征信号局部信息的能力,其时间窗和频率窗都可以根据信号的具体形态做动态调整,能够有效提取信号中的有用信息,小波分析也因此是非稳定信号处理中应用愈加广泛。

在对观测数据进行小波滤波时,首先对观测数据进行N层分解,这里选择具有正交性以及高度紧支撑性的db6小波基函数<sup>[15]</sup>,并使用软阈值函数方法<sup>[16-17]</sup>对小波进行重构。不同的分解层数影响着小波滤波的效果,通过中南大学朱建军<sup>[15]</sup>提到的一种新的T指标小波去噪效果衡量指标可确定最优分解层次。

T指标是一种复合评价指标,该指标将传统小波滤波指标均方根误差RMSE以及平滑度r结合在一起,通过归一化处理将2个指标放在同一域内进行计算,利用变异系数法计算RMSE和r各自的权重,进而得到指标T。T值越小,说明数据处理效果越好。

选择2月5日3个站点数据讨论滤波效果。以T指标为小波滤波评价标准,分别对3个观冰站点2017年2月5日东西、南北两方向数据进行2~8层分解,最终以最小的T值对应的层数作为最优分解层进行滤波处理。3个站点东西、南北两方向不同分解层对应T值见表1。

根据表1,最终确定泥巴山站点东西、南北两方向最优分解层数分别为5层和4层;二郎山站点东西、南北两方向最优分解层数分别为4层和8层;龙

表 1 3 站点两方向不同分解层数对应  $T$  值

	2	3	4	5	6	7	8
泥巴山东西	0.7580	0.3403	0.2272	0.2220	0.2307	0.2385	0.2420
南北	0.7752	0.2829	0.1902	0.1934	0.2079	0.2196	0.2248
二郎山东西	0.776	0.3044	0.1884	0.1963	0.2083	0.217	0.224
南北	0.759	0.3624	0.271	0.2471	0.243	0.2412	0.2410
龙王庙东西	0.7805	0.2818	0.1951	0.1918	0.204	0.2146	0.2195
南北	0.7712	0.3035	0.2103	0.2003	0.2121	0.2227	0.2288

王庙站点东西、南北两方向最优分解层数均为 5 层。  
根据最优分解层数对各站点不同方向观测称重数据进行小波滤波，滤波质量根据滤波前后数据间信噪比、均方根误差和平滑度进行评价，原始数据与处理后数据之间均方根误差越小，信噪比越大、平滑

度越小则说明滤波效果越好。评价指标具体数值见表 2。

表 2 最优分解层对应各评价指标值

	泥巴山		二郎山		龙王庙	
	东西	南北	东西	南北	东西	南北
信噪比/dB	33.2032	26.7846	32.2279	26.4716	33.8567	31.1024
均方根误差/g	6.6738	6.4056	5.91	11.5258	6.3483	6.4026
平滑度	0.0444	0.0246	0.0311	0.1486	0.0124	0.0148

根据  $T$  指标得到的每个站点各方向最优分解层次对原始观测数据进行小波滤波处理，最终得到的滤波前后数据变化曲线见图 2。

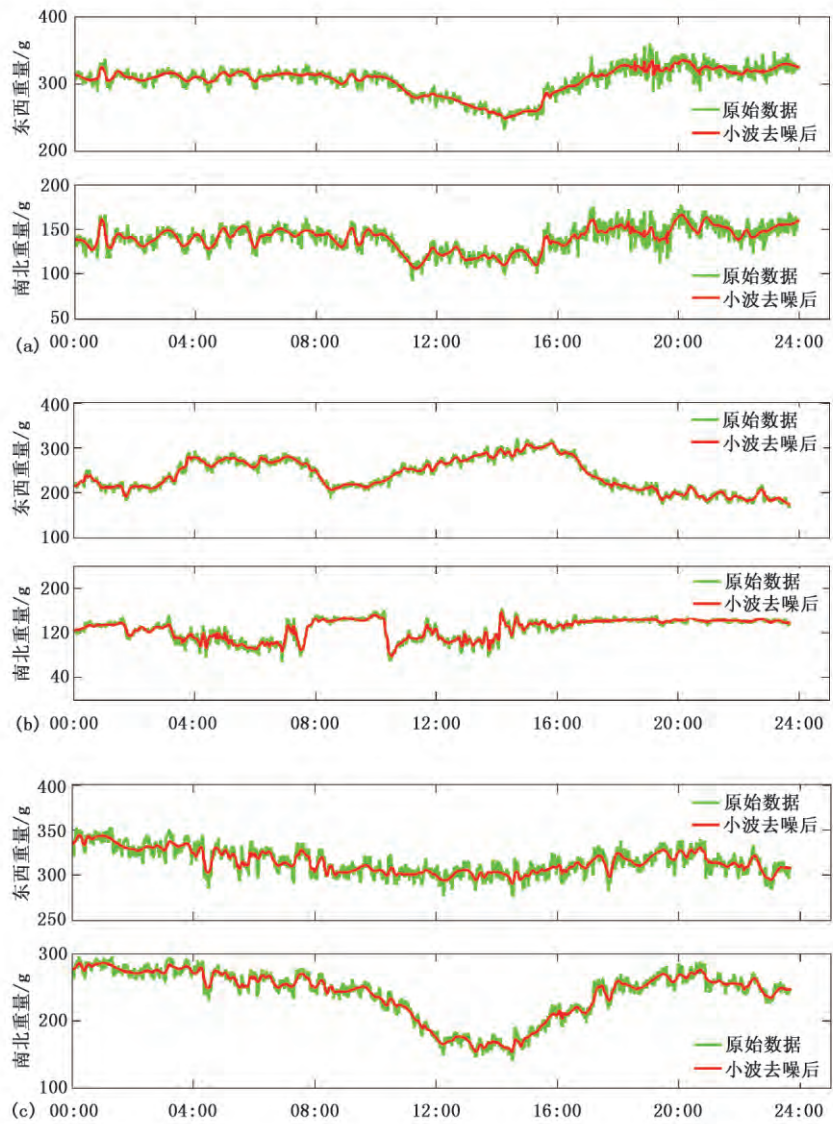


图 2 3 站点 2 月 5 日小波滤波前后各方向称重数据变化对比：  
(a)泥巴山站点，(b)二郎山站点，(c)龙王庙站点



### 3 称重数据与观测气象要素间关联分析

#### 3.1 称重数据与温度、气压及风速灰色综合关联度

电线积冰的形成与地形、气象等多方面因素有关<sup>[18]</sup>,本文采用的电线积冰观测系统所观测气象要素种类较少,观测过程还受自身系统误差和环境噪声干扰,自安装以来所得到的观测数据较少。这些因素都会使观测数据灰度增加,因而可将本系统当作灰色系统处理<sup>[19]</sup>。灰色关联分析方法弥补了传统数理统计分析方法的不足,对数据样本数量要求低且计算简便,通常可避免出现定量分析与定性分析结果不一致的情况<sup>[20]</sup>。

根据灰色综合关联度计算方法,以小波滤波处理后称重数据作为系统特征行为序列,温度、风速、气压数据分别为相关要素序列,分别计算相关因素与称重数据之间的综合关联度。

3 个测站海拔均在 2000 m 以上,经常会有云雾覆盖,尤其在清晨及傍晚期间,水汽较为充足。结合表 3 及表 4 计算结果,在 2 月 4 日至 5 日,3 个站点东西、南北方向的称重数据与温度间关联度均大于其与风速和气压之间的关联度。根据图 3,除二郎山站点东西方向外其它站点称重数据在温度上升时均会有不同程度减小,而在温度降低后又会继续增长;3 站点气压的日变化比较明显,从图 3 可以看出,气压在 12:00 以后开始降低,在 16:00 前后出现最小值。结合温度和气压变化曲线,推断称重数据变化原因可能是午后当温度升高时积冰加速融化脱落,且空气中原有小雾滴等的蒸发也会导致数密度

表 3 3 站点 2017 年 2 月 4 日称重数据与各气象要素关联度

	泥巴山站		二郎山站		龙王庙站	
	东西	南北	东西	南北	东西	南北
风速	0.5276	0.5400	0.5216	0.5214	0.5259	0.5171
温度	0.5683	0.6069	0.5599	0.5657	0.7412	0.6177
气压	0.5350	0.5459	0.5055	0.5116	0.6686	0.5763

表 4 3 站点 2017 年 2 月 5 日称重数据与各气象要素关联度

	泥巴山站		二郎山站		龙王庙站	
	东西	南北	东西	南北	东西	南北
风速	0.5717	0.5816	0.5145	0.5433	0.5114	0.508
温度	0.5881	0.7632	0.5553	0.5806	0.5357	0.5252
气压	0.5765	0.7171	0.5272	0.5775	0.5366	0.5186

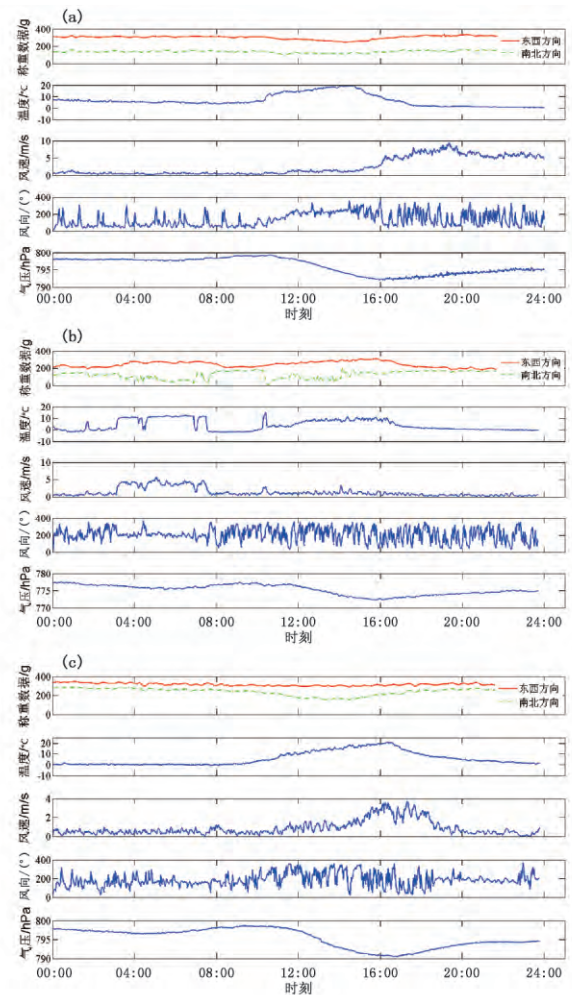


图 3 2017 年 2 月 5 日 3 站点称重数据与气象要素变化趋势对比: (a) 泥巴山站, (b) 二郎山站, (c) 龙王庙站

下降;而在温度迅速降低的时候气压升高,空气中水汽和雾滴等粒子数密度增加,在粒子碰撞到导线后被捕获并形成积冰的概率也增加。

在合适的风速下,空气中的雾滴、水汽运动加速,凝结在电线表面的概率增加,在风的作用下,水汽和雾滴等凝结物源源不断向电线表面输送,促进积冰的形成。而风速过大不仅会稀释空气中的水汽雾滴等粒子,还会加速蒸发作用,不利于积冰的形成。在 2 月 4 日,泥巴山、二郎山和龙王庙 3 个站点的平均风速分别为 0.9 m/s、2 m/s 和 0.8 m/s;在 2 月 5 日分别为 3 m/s、1.3 m/s 和 0.9 m/s。以图 3 (b) 为例,在约 03:00—08:00 之间,测站风速稳定在 5 m/s 左右,风向此时稳定在 200° 为偏南风,图中对应的南北方向称重数据下降趋势明显,而东西向称重数据则有增加趋势;而在图 3a 中,16:00—20:00

期间,平均风速大于  $5\text{ m/s}$ ,风速峰值接近  $10\text{ m/s}$ ,而此时对应的两方向称重数据无明显变化,这可能是由于风速较大使得导线既获得了水汽补充,同时导线表面与空气接触的冰层因风力较大而破碎脱落因而称重数据维持稳定。

综合以上分析,认为气象要素对积冰的贡献大小依次为温度、气压和风速。

根据图 3,3 个站点东西方向称重数据均大于南北方向称重数据,这可能与所选择的观冰站点所处地形有关。龙王庙—二郎山—泥巴山 3 点一线地处四川盆地西部,为平原和山地交界地带,地势西高东低。二郎山站点四面环山,相比地势相对开阔的泥巴山站点和龙王庙站点气象条件更加复杂,站点四周地势多变且有河流;泥巴山站点和龙王庙站点均安装在当地沿山而立的民房上,周边地势情况较复杂,这可能会对东西、南北方向称重数据造成差异。

### 3.2 称重数据与风向关系分析

由于风向数据为角度值,不能利用简单的数值分析计算其与称重数据的关联性。为了更好分析风向对积冰的影响,本文利用 2 月 4—5 日两天剔除各站点风速小于  $0.2\text{ m/s}$  的风速及其对应风向值后的风向风速数据绘制风玫瑰图(图 4,彩页)。

根据统计结果,4—5 日,泥巴山站点静风频次分别为 22 和 1;二郎山站点静风频次分别为 2 和 84;龙王庙站点分别为 63 和 94;泥巴山站 4 日静风出现在 18:00—19:00,二郎山站 5 日静风多出现在 00:00—01:00,18:00—23:00 之间;龙王庙站 4 日静风在 19:00—23:00 零散分布,5 日静风在 01:00—2:00,07:00—10:00,21:00—23:00 分散出现。静风多出现在夜间至凌晨期间。结合图 3,在静风对应时间段内称重数据均无明显变化,可能是因为风速过小,空气中的雾滴等粒子运动处于相对稳定状态,导线对粒子的捕获率处于平衡态因而称重数据无大的波动。

从各站点的风玫瑰图来看,泥巴山站在 4—5 日以东北—西南为主导风向;二郎山站 4—5 日以偏南风为主;龙王庙站在 4—5 日同样以偏南风为主。在本文中,在  $[0^\circ, 90^\circ]$  角度范围内,若 A 导线与风向夹角大于 B 导线与风向夹角,则称 A 导线为迎风走向导线(迎风向导线),B 导线为顺风走向导线(顺风向导线)。

结合图 5(彩页),泥巴山站点 4—5 日东西方向

的数据波动程度远大于南北方向,在称重数据减小期间风向多集中在  $[200^\circ, 250^\circ]$  区间内,为西南风。在风的作用下,源源不断的水汽与南北向导线发生碰撞并被导线捕获,其重量得到补充而没有发生明显变小;东西向导线所接触水汽较少,加之温度升高重量减小明显。

在二郎山站点,4—5 日东西方向重量均有明显增长,与南北方向重量变化不一致。4 日,二郎山站点南风为主导风向,东西走向导线为迎风面,除了迎风可能导致其表面凝结的粒子增多而引起其重量变大外,较大的风速可能引起的导线舞动也是造成其重量增加的原因。南北向导线重量变化则较平缓,且为减小趋势,这既和温度升高积冰融化脱落有关,还和由于顺风得不到水汽液滴的补充有关;5 日,二郎山站南风为主导风向,但其风向变化较频繁,根据图 3b,在风速较大且风向较为稳定的 04:00—08:00 期间,此时风向为南西南,东西向导线可能因捕捉到更多的水汽而重量增加。

龙王庙站点 4—5 日均以南风为主导方向,南北向导线重量波动程度大于东西向。在 12:00—16:00,风向发生明显变化但多集中在  $[150^\circ, 210^\circ]$  内,同时风速明显增大,可能是在南风的作用下,迎风面东西方向导线得到水汽补充所以重量没有剧烈下降,而顺风向的南北向导线由于无法捕获更多水汽而重量迅速下降。

综上所述,可以推断风向对积冰影响较大,风作用下顺风向导线称重数据波动大于迎风向导线,即风向能促进迎风向导线积冰的形成。

## 4 结语

本文利用泥巴山、二郎山和龙王庙 3 个电线积冰自动观测站点一次积冰过程观测数据,分析了该过程中原始观测称重数据的滤波方法,讨论了所观测气象要素与称重数据之间的关联度。

(1)系统观测到的原始称重数据包含系统噪声和观测的过程噪声,根据  $T$  指标得到最优分解层数再运用小波软阈值滤波算法对数据进行预处理可以有效抑制噪声干扰,滤波后的数据最大程度地保留了积冰变化趋势信息,对后续分析积冰发展趋势,建立相应的积冰预测模型有重要意义。

(2)由于本试验观测站点少,所观测气象要素种类有限,加上系统自身的观测误差等,造成最终观测

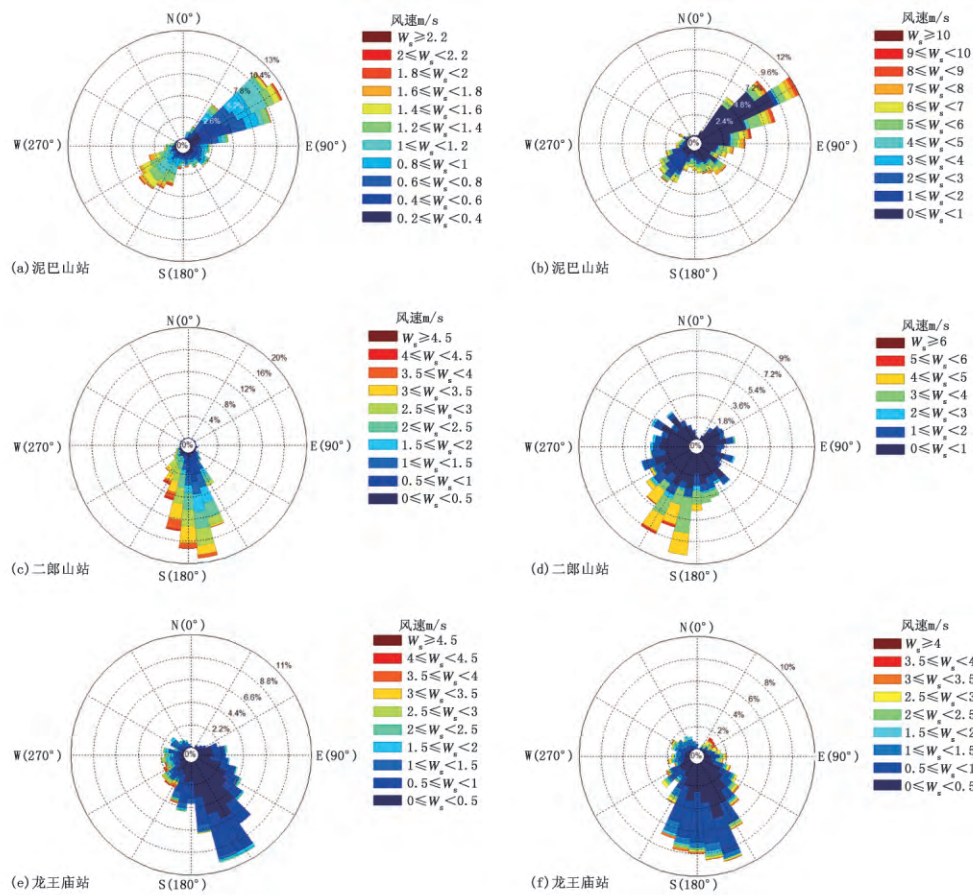


图4 3站点2017年2月4—5日风玫瑰图

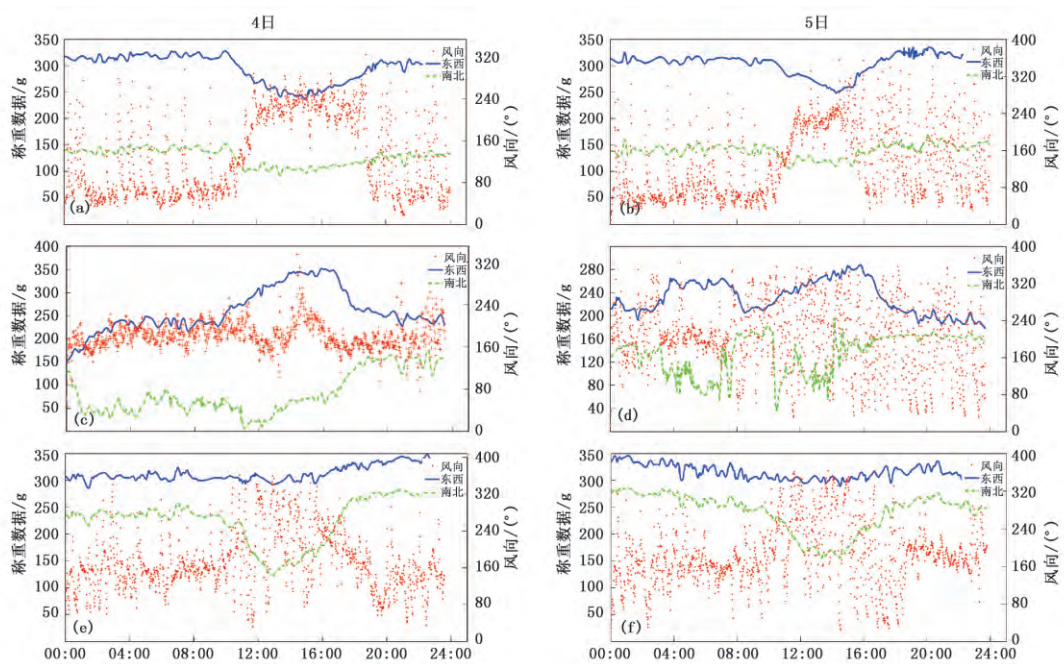


图5 3站点2017年2月4日(左)、5日(右)风向分布与称重数据关系:

(a、b)泥巴山站,(c、d)二郎山站,(e、f)龙王庙站

数据灰度较大,可以将观测系统当作灰色系统来处理。综合各站点东西、南北两方向称重数据与气象相关因素的灰色综合关联度分析,泥巴山站点温度、气压、风速与称重数据的平均灰关联度分别为 0.632, 0.594 和 0.555;二郎山站点分别为 0.565, 0.530 和 0.525;龙王庙站点为 0.605, 0.575 和 0.516。温度对该系统称重观测数据影响最为显著,其次为气压和风速。

(3)在合适风速的作用下,迎风向导线的水汽捕获概率要大于顺风向导线,风向对迎风向导线的积冰增长影响大于对顺风向导线的影响。

### 参考文献

- [1] 李登文,杨静,吴兴洋. 2008 年低温冰冻雨雪灾害天气过程中贵州电线积冰气象条件分析[J]. 气象, 2011, 37(2): 161-169.
- [2] 谢运华,王坚. 川西南导线覆冰时空分布规律的研究[J]. 中国电力, 2013, 46(3): 30-34.
- [3] Davis N, Hahmann A N, Clausen N E, et al. Forecast of icing events at a wind farm in Sweden [J]. Journal of Applied Meteorology & Climatology, 2014, 53(2): 262-281.
- [4] Degaetano A T, Belcher B N, Spier P L. Short-term ice accretion forecasts for electric utilities using the weather research and forecasting model and a modified precipitation-type algorithm [J]. Weather & Forecasting, 2008, 23(5): 838-853.
- [5] Savadjiev K, Farzaneh M. Modeling of icing and ice shedding on overhead power lines based on statistical analysis of meteorological data [J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 2004, 19(2): 715-721.
- [6] 高正旭,高雅琦,王咏薇,等. 一次输电线路覆冰舞动事故灾害性天气分析[J]. 气象科技, 2017, 45(1): 189-194.
- [7] 郑利兵,陈林,林云生,等. 基于气象规范的电线积冰自动监测系统的研究[J]. 气象, 2010, 36(10): 97-101.
- [8] 王春雷. 导线覆冰自动化观测设备研发[D]. 长春: 长春工业大学, 2010.
- [9] 刘雪静,牛生杰. 两次高压电线积冰过程气象成因分析[J]. 气象科学, 2016, 36(2): 230-235.
- [10] 牛生杰,周悦,贾然,等. 电线积冰微物理机制初步研究: 观测和模拟[J]. 中国科学: 地球科学, 2011, 41(12): 1812-1821.
- [11] Zhou Y, Niu S J, Lü J J, et al. Meteorological conditions of ice accretion based on real-time observation of high voltage transmission line [J]. Chinese Science Bulletin, 2012, 57 (7): 812-818.
- [12] 杨军,谢真珍. 电线积冰物理过程与数值模拟研究进展[J]. 气象, 2011, 37(9): 1158-1165.
- [13] 刘丹,牛生杰. 两次电线积冰过程气象条件实时观测研究[J]. 大气科学学报, 2015, 38(3): 428-432.
- [14] 阳林,郝艳捧,黎卫国,等. 输电线路覆冰与导线温度和微气象参数关联分析[J]. 高电压技术, 2010, 36(3): 775-781.
- [15] 朱建军,章浙涛,匡翠林,等. 一种可靠的小波去噪质量评价指标[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2015, 40(5): 688-694.
- [16] 李华,柳云雷,韩冰,等. 天气雷达回波信号去噪中小波分析应用[J]. 气象科技, 2015, 43(2): 196-201.
- [17] 姜德君,孙卫国,李治民. 齐齐哈尔市气温变化小波分析[J]. 气象科技, 2004, 32(6): 475-478.
- [18] Chen Q, Dong Y, Fan G, et al. Notice of Retraction Features of wire ice coating in Erlang Mountain [C]// Iita International Conference on Geoscience & Remote Sensing, 2010, 2: 255-258.
- [19] 刘思峰,杨英杰,吴利丰,等. 灰色系统理论及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2014.
- [20] 刘思峰,蔡华,杨英杰,等. 灰色关联分析模型研究进展[J]. 系统工程理论与实践, 2013, 33(8): 2041-2046.



## Data Processing and Correlation Analysis of a Wire Icing Case

Man Shichao<sup>1</sup> Lu Huiguo<sup>1,2</sup> Jiang Juanping<sup>1,2</sup> Zhao Jinyang<sup>1</sup>

(1 School of Electronic Engineering, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225 ;

2 Key Laboratory of Atmospheric Sounding of CMA, Chengdu 610225)

**Abstract :** It is to discuss the processing methods of observation data and to analyze the relation between meteorological elements and observation data by means of the daily measurement from three weighing wire-icing automatic observation stations in Ya'an, Aba and Garza, Sichuan Province from February 4 to February 5. The results show that the wavelet filtering method based  $T$ -value has a good filtering effect for weighing data and it is possible to effectively suppress the noise in the original observation data and retain the characteristic information of the data change. According to the degree of grey comprehensive relation between meteorological factors data and weighing wire icing data, the sequence is: temperature, atmospheric pressure, and wind speed with the relation degree being between 0.516 and 0.632. The analysis of wind direction rose diagram shows that the growth of ice accretion on the windward side is larger than that in the downwind direction.

**Keywords :** wire icing; wavelet; weighing data; comprehensive grey relational grade

=====

(上接第 236 页)

## Design of Wireless Ground Temperature Measurement System Based on Pt100 Platinum Resistor

Gong Xi Zeng Tao Yang Weifa Cai Ming

(Hubei Meteorological Information and Technology Support Center, Wuhan 430074)

**Abstract :** Aiming at the problem of the intricacy of the cables and inconvenient for maintenance and replacement, a wireless ground temperature measurement system is design, which measures the temperature of the four-wire Pt100 platinum resistance by the constant current source, filters and amplifies the temperature signals. The control chip is STC12C5A60S2 with the A/D conversion function integrated inside. The wireless transmission module is a nRF905 chip, which makes the maintenance, replacement and metrological verification of the Pt100 Platinum Resistor much more convenient by transferring data wirelessly. The system uses the LCD1602 to display temperature, which makes the system also be an individual thermometer while transmitting signals wirelessly.

**Keywords :** platinum resistance thermometer; wireless transmission; microcontroller; wireless transmission chip