

过去三年新疆大风沙尘分布及电网吐哈线路大风灾害风险分析

王建¹ 田浩² 庄文兵¹ 章涵² 任华² 张陵¹ 金莹³

(1 国网新疆电力公司电力科学研究院, 乌鲁木齐 830011; 2 国网电力科学研究院武汉南瑞有限责任公司, 武汉 430074; 3 象辑知源(武汉)科技有限公司, 北京 100084)

摘要: 采用新疆地区国家级观测站的风速和能见度数据。研究2014—2016年新疆地区大风沙尘分布特征及其相关关系。研究表明, 北疆大风多发生在冬季到第二年春季, 南疆多发生在春末; 北疆沙尘高发时段为3月, 南疆为4—6月。大风有利于沙尘天气的形成, 但是狂风以上强度的风有利于沙尘的迁移和局地沙尘天气的减弱。电网线路上除了与十三间房毗邻的365号路段大风灾害风险较高外, 其他路段大风灾害风险相对较低, 可在该区域进行电网后续建设及扩容。

关键词: 大风, 沙尘, 灾害, 电网, 新疆

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2017.02.004

Distribution of Gale Dust in Xinjiang during the Past Three Years and Risk Analysis of Wind Disaster in Tuha Line

Wang Jian¹, Tian Hao², Zhuang Wenbing¹, Zhang Han², Ren Hua², Zhang Ling¹, Jin Ying³

(1 State Grid Xinjiang Electric Power Research Institute, Urumqi 830011; 2 NanRi Group Corporation/State Grid China Electric Power Research Institute, Wuhan 430074; 3 Xiangjizhuyuan(Wuhan) Technology Co., Ltd, Beijing 100084)

Abstract: The observational data of wind speed in automatic stations in Xinjiang were used to study the distribution characteristics and correlation of wind with dust in Xinjiang for 2014–2016. The results show that the northeasterly gale occurred in the winter and spring in the second year, and the southern Xinjiang occurred in the late spring. The high sand-dust period in northern Xinjiang was in March while that in southern Xinjiang was in April to June. Strong winds are favorable for the formation of sandstorms, but winds above gale intensity are favorable for the migration of sand dust and the weakening of local dust weather. In addition to the power line adjacent to section 365 is in high wind risk, the risk of wind damage in other sections is relatively low, so that the regions around other sections rather than the 365 section are suitable for follow-up power line constructions and expansions.

Keywords: wind, dust, disaster, powerline, Xinjiang

0 引言

沙尘天气是指强风从地面卷起大量尘沙, 使空气混浊, 水平能见度明显下降的一种天气现象, 是由特殊的地理环境和气象条件所致的一种自然现象^[1]。大风是一定天气形式与特殊地形共同作用产生的天气过程^[2]。很多研究^[3-4]表明, 大气运动状态决定的大风和不稳定大气, 是沙尘形成的驱动因子, 主要决定了沙尘的强度、移动路径和持续时间。

多年来, 灾害性的大风一直威胁着新疆电网输电线路的安全运行, 因强风和沙尘暴造成的输电线路倒杆塔、断线、风偏、污闪、绝缘子脱串和金具断裂等

事故时有发生^[5-6]。新疆是重要的电力能源输出地, 保障输电线路的安全对新疆的电力向疆外输送具有极其重要的地位。因此分析新疆地区大风天气分布特征, 尤其是新疆电网线路附近的大风沙尘时空分布特征, 对建立新疆大风预警机制, 建立电网沿线的气象监测网有重要的指示意义。

高婧^[2]研究表明新疆沙尘发生频率高、分布广、强度大, 是我国沙尘暴高发区、强沙尘暴多发区。毛炜峰等^[7]研究发现新疆春季沙尘天气与前一年夏、秋季的大气环流之间存在明显的隔季相关现象。高卫东等^[4]发现大风的分布与大气环流形势和地形有关。还有研究表明^[8-9]大风的分布北疆多于南疆, 中、低山区多于平原地区, 地形开阔的高原地区高空等压面坡度大, 大风也比较多, 大风日数的高值区在北疆西北部、东疆和新疆西部。新疆独特的地理环境, 造成了

收稿日期: 2016年11月13日; 修回日期: 2016年12月23日
第一作者: 王建(1986—), Email: yaowang360@163.com
资助信息: 国网新疆电力公司科技项目(5230DK15000L)

大风分布的复杂特点。当冷空气侵入新疆时,由于天山山脉的阻挡,北疆大风较多,南疆大风较少。李红军等^[10]在研究了新疆45年沙尘暴(相当于普通沙尘天气)日数统计分析后发现年沙尘暴日数与气温和降水呈反相关关系,与大风呈正相关关系,与大风的相关性最高。王旭等^[11]、陈洪武等^[12]指出沙尘暴高发区位于南北疆两大沙漠,并以沙漠为中心向四周逐渐减少。马禹等^[13]也发现沙尘高发区在南疆的塔克拉玛干沙漠附近,而且平均沙尘日数南疆远远高于北疆,南疆是北疆的7倍,北疆沙尘天气主要是3—9月,多发生在3月,而南疆在3—9月,多发生在4月。

本文分析了过去3年新疆地区国家级观测站观测到的大风天气分布特征,旨在分析区域分布特点,了解大风和沙尘的运动规律,了解新疆电网附近沙尘分布特征,为建立极端天气预测模型提供基础。

1 研究区概况

1.1 资料 and 统计方法说明

本文所用资料为新疆地区105个国家级气象站(包括基本站、基准站以及一般站)观测资料中的风速与能见度数据,时间为2014年2月—2016年10月,其中风速数据为10 min平均风速的每小时平均值,能见度数据为每小时10 min平均水平能见度的最小值。其中新疆电网线路选择吐哈线路,其附近的国家站有哈密站、十三间房站、鄯善站、巴里坤站和吐鲁番站。

气象学对大风和沙尘等级划分标准^[14]指出,大风指风速在17.2 m/s以上的风(即风力达到8级及以上的风),而沙尘天气能见度基本在1000 m以下。依据此标准,在所有国家站观测数据中挑选出大风数据及其对应时次的最小水平能见度数据。结果显示105个国家站中有12个国家站在研究时间段内出现大风现象,有94个国家站在研究时间段内出现沙尘现象。此外,依据大风和沙尘等级划分标准^[14],将大风天气进一步划分:风速 $\geq 17.2 \sim 20.7$ m/s称为大风(风力8级),风速 $\geq 20.8 \sim 24.4$ m/s称为烈风(风力9级),风速 ≥ 24.5 m/s称为狂风(风力10级及以上)。将沙尘天气进一步划分:能见度 < 50 m称为特强沙尘天气,能见度为 $50 \sim < 500$ m称为强沙尘天气,能见度为 $500 \sim < 1000$ m称为普通沙尘暴天气。最后,统计以上出现过大风现象的所有观测站在过去3年有多少日出现过大风、大风持续最长时间(小时)及其对应的时间段,并统计各观测站大风和沙尘天气每日在哪些时间点出现、每月在哪些日出现、每年在哪些月出现,不同等级的大风和沙尘天气每日在哪些时间点出现、每月在哪些日出现、每年在哪些月出现。

1.2 研究区地形气候特征

本文研究区域位于新疆维吾尔自治区内,新疆维吾尔自治区总面积160多万平方千米,地形起伏较大,海拔为300~1500 m,是著名的三山夹两盆的地形,从北到南依次为阿尔泰山—准葛尔盆地—天山—塔里木盆地—昆仑山(图1),形成高山与盆地相间分布的独特地形地貌特征。



图1 新疆地貌图

Fig. 1 Geomorphological map of Xinjiang

研究区天气气候特征复杂:夏季高温,阳光充沛,昼夜温差大,冬季阿尔泰山脉雪情频繁,容易出现雪灾。北疆受西风带影响降水偏多,南疆为暖温带降水稀少。高山地区地形雨偏多,山顶常有冰川覆盖。全年平均相对湿度约40%,春季平均不足30%，“三十里风区”和“百里风区”(其中“三十里风区”位于吐鲁番到达坂城区间,“百里风区”位于兰新铁路中红旗坎站—小草湖站—红台站—大步站—十三间房站—红层站—了墩站)(如图2中虚线标记所示)常出现西北偏北大风,3—6月最为频繁^[3]。

研究区大风沙尘发生和分布的气候特征如表1所示,气候特征研究显示大风频发区位于百里风区十三间房、北疆西部、天山中部、准噶尔盆地、北疆西北部,沙尘暴多发区在北疆和沙漠中,北疆的大风和沙尘暴都多于南疆,大风和沙尘多发生在夏季,冬季较少。此外,大风和沙尘暴的出现和持续时间在20世纪六七十年代很多,80年代以后减小,有研究表明这种突变发生在1987年前后^[10],与全球变暖引起的大气环流减弱进而使入疆冷空气强度减小有关。

2 新疆地区强风沙尘时空分布特点

2.1 历史强风时空分布特征

空间分布上,统计过去3年有多少日出现过大风、

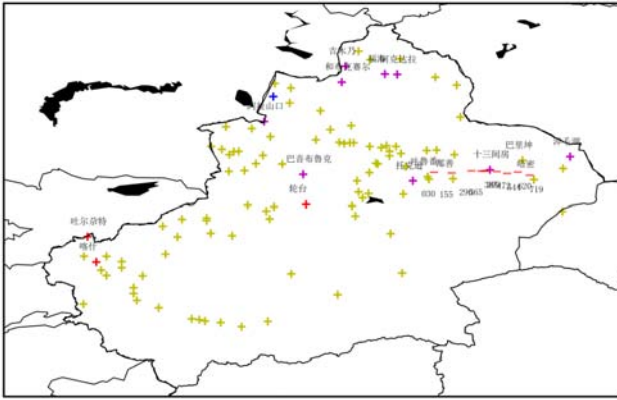


图2 站点分布图
Fig. 2 Site map

(红色一字：电网线路的观测站；十字：所有国家级观测站；紫色十字：有大风天气出现的北疆观测站；红色十字：有大风天气出现的南疆观测站；黄色十字：有沙尘天气发生的观测站；蓝色十字：未出现大风或沙尘天气的观测站；以上颜色有重叠和覆盖)

大风持续最长时间(h)及其对应的时间段(表2)。结合大风情况(表1)和新疆地区国家观测站分布(图2)可知,过去3年,处于北疆的大风日数多于南疆以及天山山脉附近。其中,十三间房出现大风日数最多,有278 d,且大风天气最长持续了108 h。吉木乃和淖毛湖在3年内只出现过一次大风天,且持续时间不足1 h。

时间分布上,如图3~5所示,北疆大风多出现在春季,尤以3月居多。南疆大风多出现在春末夏初4~6月。由月变化可见,过去3年内,北疆大风多出现在1~3日、10~14日及25日前后,南疆大风主要出现在7日和23日左右。由大风频次日变化可见,北疆

表1 新疆大风、沙尘发生和分布的气候特征^[2, 8, 10-11, 15-16]
Table 1 The climate characteristics of occurrence and distribution of wind, sand and dust weather in Xinjiang

现象	分布特征
大风频发区	百里风区十三间房(206 d) ^a ,北疆西北部阿拉山口(155 d) ^a ,天山中部山谷达坂城(148 d) ^a ,准噶尔盆地西缘塔城老风口(144) ^a ,北疆西北部、东疆和南疆西部 ^b
大风较少区	北疆准噶尔盆地南部 ^{ab} 、天山山区 ^a 、南疆塔里木盆地西南部(小于10 d) ^{ab}
大风最多季节	4—7月 ^a , 5—6月 ^{bc}
大风最少季节	1月 ^a
大风发生趋势	20世纪60年代最多,70年代次之,80年代位居第三,2000年以后最少 ^b ;20世纪80年代以后大风年总日数减少 ^b
沙尘暴频发区	北疆,南北两大沙漠中 ^b
沙尘暴最多季节	4—8月 ^b , 6月 ^c
沙尘暴最少季节	10月—次年3月 ^b
沙尘发生趋势	逐渐减小,南疆减小趋势强于北疆 ^d ,高发年代为20世纪六七十年代,90年代出现日数明显减少 ^b

注: a为1999—2009年; b为1961—1999年; c为1980—2000年; d为1961—2005年; e为1958—2007年。

大风主要出现在09—13时,南疆大风出现频次较均匀,无明显时间变化。

2.2 历史沙尘时空分布特征

从全疆地区沙尘天气分布来看(图6),普通沙尘的时间分布均匀无明显时间特征。强沙尘主要发生在10—12月,尤其在月末和夜间出现频率较高。特强沙尘主要发生在10月中旬到12月,月频率高值在26日一次月3日,日发生频率高值在19时一次日04时。从南疆、北疆的时间分布上来看(如图7、图8所示),北疆普通沙尘多发生在12月—次年1月,日发生频率高值在00—02时,月频率高值在4日和30日左右;南

表2 气象站大风信息表
Table 2 Weather station's wind information

站名	大风日数(d)	最长持续时间(h)	最长持续时间段	经纬度
吉木乃	4	*	*	85.8667°E, 47.4333°N
福海	6	3	2015年3月30日11—14时	87.4667°E, 47.1167°N
阿克达拉	1	1	2016年3月3日06—07时	87.9667°E, 47.1°N
和布克塞尔	14	10	2015年10月5日05—15时	85.7167°E, 46.7833°N
阿拉山口	27	8	2014年11月24日23时—25日07时	82.5667°E, 45.1833°N
淖毛湖	1	*	*	94.9833°E, 43.75°N
十三间房	278	124	2016年7月29日09时—8月3日13时	91.7333°E, 43.2167°N
巴音布鲁克	2	1	2014年5月20日11—12时; 2014年5月30日21—22时	84.15°E, 43.0333°N
托克逊	4	1	2016年3月3日02—03时; 2016年4月24日05—06时	88.6°E, 42.7667°N
轮台	1	2	2014年4月23日03—05时	84.2667°E, 41.8167°N
吐尔尕特	1	2	2014年12月7日14—16时	75.4°E, 40.5167°N
喀什	4	1	2014年4月22日19—20时; 2014年5月22日05—06时	75.75°E, 39.4833°N

注: *表示最长持续时间不足1 h。

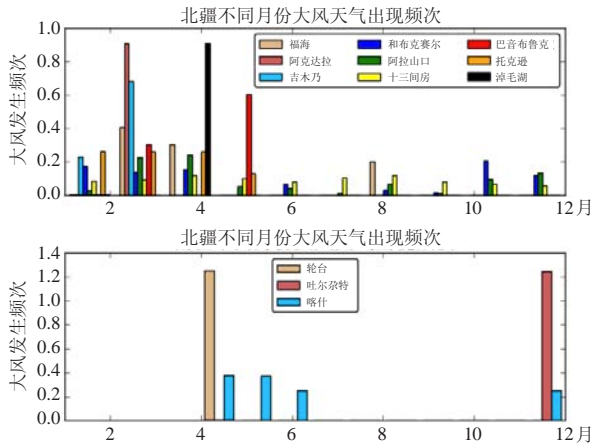


图3 大风天气出现频次季变化

Fig. 3 The seasonal variation of wind frequency (北疆站点为图2中紫色十字, 南疆站点为图2中红色十字)

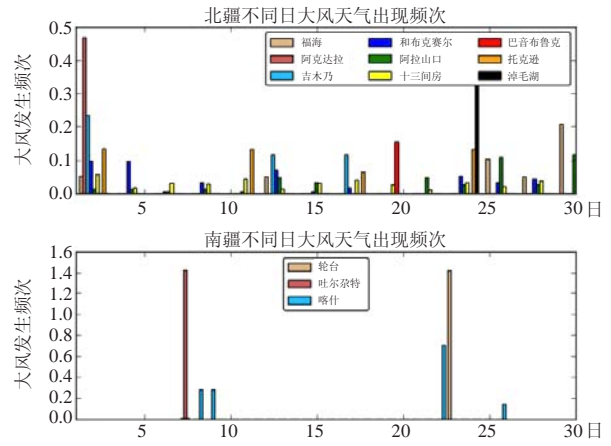


图4 大风天气出现频次月变化

Fig. 4 The monthly variation of wind frequency

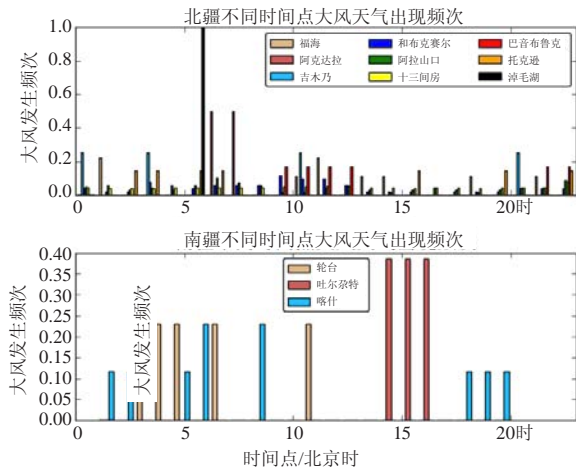


图5 大风天气出现频次日变化

Fig. 5 The daily variation of wind frequency

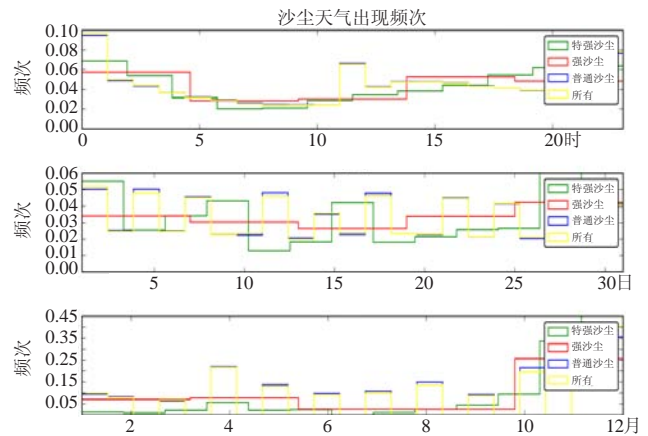


图6 全疆沙尘天气出现时间分布

Fig. 6 The time distribution of dust weather in Xinjiang

疆普通沙尘多发生在12月和4月, 高发时段为凌晨和傍晚。北疆强沙尘多发生在12月, 月频率高值在30日左右, 高发时段为凌晨和20时以后; 南疆强沙尘多发生在4月, 月频率高值区在28日一次月5日, 高发时段与北疆相似。北疆特强沙尘主要发生在11月左右, 月频率高值在26日和6日前后, 高发时段为05时、10时及20时前后; 南疆特强沙尘主要发生在4月和11月左右, 月发生率高值在6日和26日左右, 高发时段为04时、14时和20时前后。

2.3 两者的相关性分析

对大风天气和沙尘天气对比发现(图3~6), 从季节上来看, 在北疆基本呈现大风高发季节沙尘天气减少的现象: 北疆沙尘天气都主要发生在冬季到次年年初, 而大风多发生在3月, 在此期间沙尘天气很

少出现, 此后4—5月重新发生沙尘天气, 直到10月初沙尘天气出现频率明显降低; 而南疆大风与沙尘天气基本同时出现, 5月和12月前后均为大风和沙尘多发月份。从月变化来看, 北疆大风多发日与强和特强沙尘天气有较好的对应关系, 大风提前于特强沙尘天气发生时间, 与普通沙尘对应关系不明显; 南疆无明显相关性。从日变化来看, 北疆大风日发生频率比较均匀, 高值区在中午, 而沙尘天气在中午这段时间要比早上和傍晚发生的频率小一些, 南疆大风天气和沙尘天气基本同时出现, 但是随着大风天气的持续, 沙尘情况逐渐减少, 这种关系在上午时段比较明显。总体上来说, 大风天气与沙尘天气基本上相伴相生, 当大风持续时间长时, 该地区强和特强沙尘现象在大风结束时有所缓解。在季节尺度上, 春季和冬季为主要沙

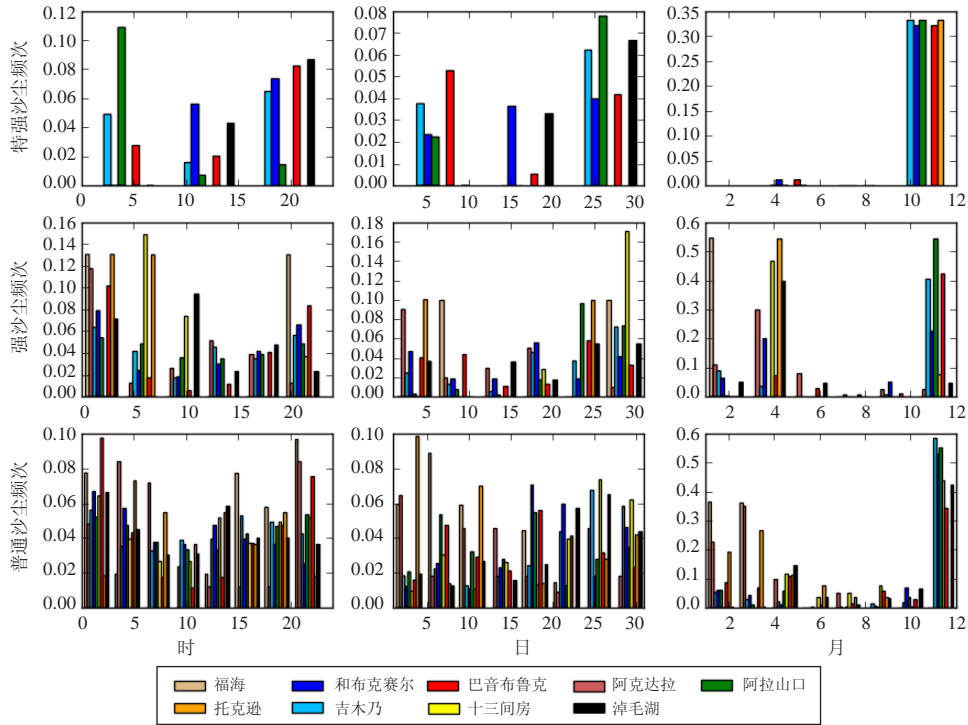


图7 北疆不同等级类型沙尘出现频次

Fig. 7 Occurrence frequency of different grades of type dusts in the northern Xinjiang

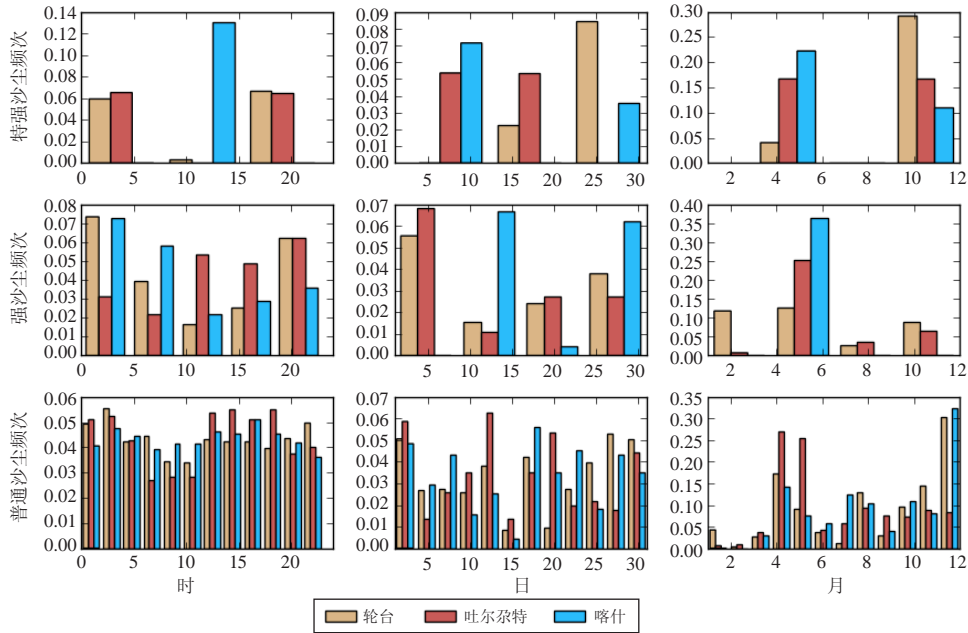


图8 南疆不同等级类型沙尘出现频次

Fig. 8 Occurrence frequency of different grades of type dusts in the southern Xinjiang

尘发生季节，大风天气在北疆主要发生在春末，在南疆多发生在春季和冬季。

由不同大风强度和沙尘强度等级的对比图（图7~10）可见，从季节尺度上看，烈风以上程度的风更容易诱发强沙尘，反而对特强沙尘有减少的作用，可能原因是在风速极大时，局地沙尘被快速带到

其他地方。而大风和普通沙尘在季节变化上相吻合，大风频发的2月、4月、12月也正是普通沙尘频发的时间段。月变化和日变化上，大风与特强沙尘的变化图吻合度较高为狂风，吻合度最低为烈风。进一步表明烈风强度的风有利于的沙尘迁移，而大风强度的风有利于沙尘天气在局地的逗留。

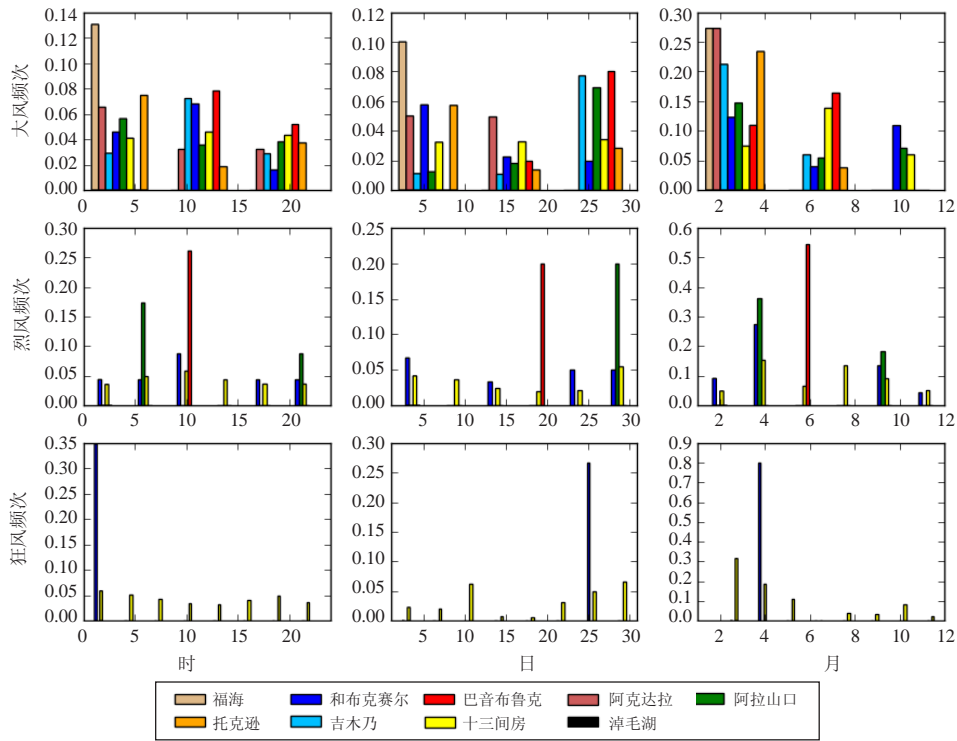


图9 北疆不同强度等级风速出现频率

Fig. 9 Frequency of different strength grade of wind speed in the northern Xinjiang

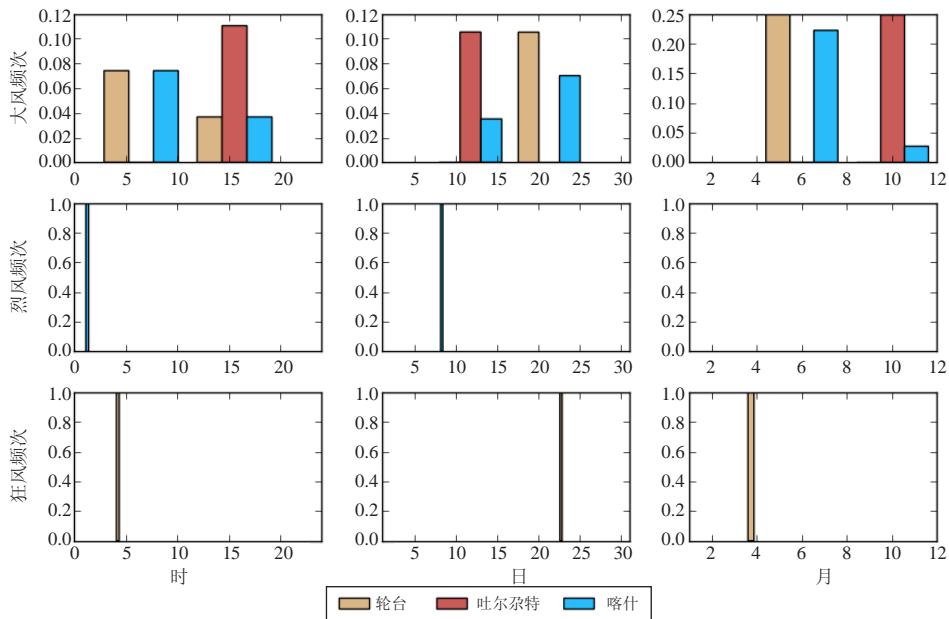


图10 南疆不同强度等级风速出现频率

Fig. 10 Frequency of different strength grade of wind speed in the southern Xinjiang

3 电网线路附近大风沙尘分布统计特征

3.1 气象观测站可代表性分析

由于电网线路上微气象站观测的数据有限，通过分析输电线路附近的国家级气象站与电网线路上的微

气象观测站的观测数据之间的总体均值差异和相关关系，期望找到在统计上能够代表电网线路风速沙尘分布的国家观测站，然后利用代表性强的国家站的长时间序列资料分析电网强风沙尘的分布特征。

电网线路上的微气象站如图2红色一字所示，

从西向东站号分别为030 (43.112°N, 89.458°E, 48 m), 155 (43.088°N, 90.175°E, 66 m), 296 (43.173°N, 90.978°E, 52 m), 365 (43.169°N, 91.381°E, 51 m), 385 (43.169°N, 91.506°E, 49 m), 399 (43.178°N, 91.590°E, 70 m), 472 (43.143°N, 92.006°E, 34 m), 544 (43.071°N, 92.427°E, 36 m), 620 (43.124°N, 92.858°E, 35 m), 719 (42.995°N, 93.338°E, 42 m) 10个微气象观测站, 所得数据为10min平均风速, 并根据《风电场风能资源评估方法》(GB/T 18710—2002)对数据进行检查和质量控制。统计分析过程中, 从新疆地区国家气象站中挑选电网线路附近的观测站, 分别为巴里坤、哈密、吐鲁番、鄯善和十三间房气象站(图2)。将这些国家气象站测得的风速和电网微气象站观测的风速做统计分析, 检验国家站与微气象站之间的相关关系。利用检验统计分布与相关性的方法, 找到最能代表电网附近各微气象站的观测结果。

统计结果表明, 巴里坤站与7个微气象站观测风速之间的相关系数(R)在0.4以上, 且假设检验值(P)远远小于0.05信度。进一步做MWW RankSum检验发现巴里坤站与6个微气象站观测风速的 P 值大于0.05, 说明这些观测数据的分布无显著不同。同时满足有显著线性相关和无显著分布差异的有4个站, 分别是030、296、385和399号, 说明巴里坤站在统计上可以代表电网线路上的观测。此外其他4个自动观测站观测数据虽然与线路上的微气象站观测数据有显著相关, 但是其分布没有通过显著性检验, 即分布差异过大, 不具备可代表性。十三间房站的观测风速数据分布只与线路上365号微气象站的观测风速数据分布相似, 因此对线路气象数据的可代表性低于巴里坤站。基于以上统计分析, 在输电线路微气象观测数据量不足的情况下, 可以用巴里坤站的气象观测数据代表电网线路附近的风速分布特点。另外, 多分布方差分析(ANOVA analysis)表明地形对风速观测有显著影响, 即不同地理位置风速总体的均值差异较大, 所以尽管巴里坤站观测到的风速可以在总体分布上代表电网线路上的气象观测结果, 能够比较好地描述电网附近的风速变化情况, 但是只能反映风速的相对变化情况, 不能代表风速的绝对变化。此外, 由站点分布图2可见, 两个站在地理距离上接近并不代表互相的代表性就好。

3.2 气象观测站大风分布特征

可代表性分析指出巴里坤站最能代表电网附近各微气象站的观测结果。因此分析巴里坤站3年来的

10 min平均风速的小时平均值以及每小时最小水平能见度来分析电网线路附近的风速沙尘时间变化特征。

从代表站分析可以推测, 电网附近10 min平均风速的小时平均呈明显的周期性变化, 每年1—6月风速逐渐增大, 6月达到最大, 到7—8月有所回落, 随后10月呈风速小高峰之后持续下降, 到次年1月风速下降到上年1月的水平。每年平均风速最大值稳定在10 m/s左右, 平均风速最小值出现在冬季并基本稳定在1 m/s左右。能见度分布同样呈现出明显的周期性变化, 且变化周期与风速相似, 但振幅逐年增加, 即最大能见度在夏季且逐年递增, 而能见度最小值出现在冬季且变化不大。

3.3 气象观测站大风区域分布特征

气象上定义的大风为风速大于17 m/s的风。根据此定义, 在10 min平均风速资料中筛选风速大于17 m/s的数据及其对应的最小水平能见度, 发现线路附近的国家站中只有十三间房站在过去3年内出现过风速大于17 m/s的数据。可以初步推出, 与十三间房有较高统计相似性的365号微气象站附近大风灾害风险更高。而与巴里坤站统计相似性较高的其他微气象站附近大风灾害风险相对较小。

4 结论与讨论

本研究发现, 大风天气的发生与大风强度等级有助于预测和判断沙尘天气发生发展, 其气候趋势基本一致。过去3年北疆大风最大风险时段为3月, 沙尘最大风险时段为冬季到次年年初, 烈风以上强度的风有利于沙尘迁移, 表现为更容易诱发强沙尘, 对特强沙尘有减少的作用。而大风强度的风有利于沙尘天气在局地的逗留, 表现为大风与特强沙尘的变化较一致。陈洪武等^[17]也给出了相似的发现, 新疆沙尘暴与大风的地理分布刚好相反, 沙尘暴多的地区大风较少, 但是该研究没有区分大风强度等级。此外, 本文发现过去3年大风等级的风出现频率最多, 且主要出现在4—6月。这与夏炜萌等^[15]研究新疆20年105个站大风灾害分布时的发现相似, 新疆地区主要是大风轻灾, 基本为大风等级的风, 且发生在5—6月。

此外, 电网附近气象观测站的代表性分析发现, 电网线路附近有6月和10月两个大风小高峰, 这段时间大风风险较大, 且大风最大值在过去3年年变化不大, 而沙尘最大值在过去3年逐年减小。另外, 电网线路上除与十三间房毗邻的365号路段大风灾害风险较高外, 其他路段大风灾害风险相对较低, 可在该区域进行电网后续建设及扩容。在研究可代表性分析时发现, 电网微气象观测设备的高度在30~70 m不

等,高于国家气象站的观测高度10 m,因此,直接利用国家气象站观测风速分析电网线路的大风风险很可能会造成低估。气象部门与电网部门应该联合设计并建立有针对性的气象观测网络,在电网线路上建立密集的观测站,并获得长期连续的观测数据,以便对电网气象灾害进行及时监控和分析,真正让气象数据应用于电网气象风险分析和运行保障中。

参考文献

- [1] 王继新,谢云,余小玲.新疆沙尘天气及其演化特征.黑龙江科技信息,2012,(26):62-63.
- [2] 高婧.新疆大风时空变化特征及环流背景研究.兰州:兰州大学,2010.
- [3] 霍文,杨青,何清,等.新疆大风区沙尘暴气候特征分析.干旱区地理,2011,34(5):754-761.
- [4] 高卫东,袁玉江,刘志辉,等.新疆沙尘源状况及其沙尘气溶胶释放条件分析.中国沙漠,2008,28(5):968-973.
- [5] 郑文鹏.新疆电网输电线路杆塔防风偏优化研究.城市建设理论研究,2013,(35).
- [6] 付豪,陈立新.大风对新疆电网输电线路的危害浅析.新疆电力技术,2014,(1):9-12.
- [7] 毛炜峰,艾力买买提明,陈胜,等.新疆春季沙尘天气与前期月环流特征量的关系.干旱区地理,2015,28(2):171-175.
- [8] 王旭,王健,马禹.新疆大风天气过程的特点.新疆气象,2002,25(2):4-6.
- [9] 王旭,马禹.新疆大风的时空统计特征.新疆气象,2002,25(1):1-3.
- [10] 李红军,李军,何清.新疆沙尘暴的趋势和突变研究.中国沙漠,2008,(5):117-121.
- [11] 王旭,马禹,陈洪武.新疆沙尘暴天气的气候特征.中国沙漠,2003,23(5):539-544.
- [12] 陈洪武,王旭,马禹.新疆沙尘暴气候背景场的分析.气象,2003,29(6):37-40.
- [13] 马禹,王旭,黄镇,等.新疆沙尘天气的演化特征及影响因子.干旱区地理,2016,29(2):179-185.
- [14] 中国气象局.地面气象观测规范.北京:气象出版社,2003.
- [15] 夏祎萌,何清,李军,等.新疆大风灾害灾度和危险度分析.中国沙漠,2012,32(4):1025-1028.
- [16] 王存忠,牛生杰,王兰宁.中国50a来沙尘暴变化特征.中国沙漠,2010,30(4):933-939.
- [17] 陈洪武,王旭,马禹.大风对新疆沙尘暴的影响.北京大学学报(自然科学版),2003,39(2):187-193.

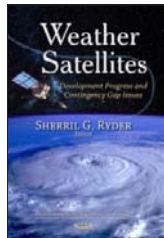
新书架 NEW BOOK

感兴趣的读者可以到中国气象局图书馆查阅



《大气科学和全球气候变化研究重大科学问题》

编著者:黄荣辉,等
出版者:科学出版社
出版年:2016



Weather Satellites: Development Progress and Contingency Gap Issues
《气象卫星:开发进展及应急资料缺失问题》

编著者: Louise O. Berkan
出版者: Nova Science Publishers Inc
出版年: 2013



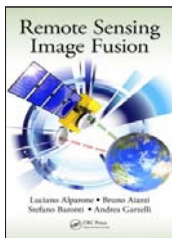
《气象信息化发展战略:研究与探索》

编著者:气象信息化战略研究课题组编著
出版者:气象出版社
出版年:2016



《2030年可持续发展的转型议程:全球视野与中国经验》

编著者:潘家华,陈孜
出版者:社会科学文献出版社
出版年:2016



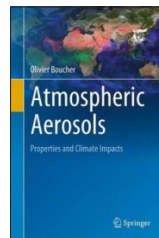
Remote Sensing Image Fusion
《遥感图像融合》

编著者: Luciano Alparone等
出版者: CRC Press
出版年: 2015



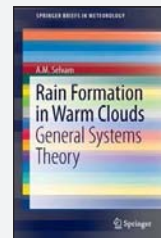
《中国学科发展战略:大气科学》

编著者:国家自然科学基金委员会,中国科学院
出版者:科学出版社
出版年:2016



Atmospheric Aerosols: Properties and Climate Impacts
《大气气溶胶:特性与气候影响》

编著者: Olivier Boucher
出版者: Springer
出版年: 2015



Rain Formation in Warm Clouds: General Systems Theory
《暖云中雨的形成:一般系统理论》

编著者: A. M. Selvam
出版者: Springer
出版年: 2015