

新疆东部地区风速的年代际变化及其成因

道然·加帕依,车罡

(新疆哈密地区气象局,新疆 哈密 839000)

摘要:用新疆东部5个气象站1960~2005年的大风、气温资料,结合国家气候中心下发的74项环流指数和NCEP/NCAR月平均再分析资料分析了新疆东部风速变化的特征。结果表明:①新疆东部地面风速分布特点是北部和南部戈壁地区大,巴里坤—伊吾盆地和哈密盆地小。不同地区风速的年内变化及分布特征基本相同;②1960~2005年年平均风速下降了 $0.94 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,减弱速率 $> -0.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}/10 \text{ a}$ 。南部哈密市风速变化最大,变化速率为 $-0.46 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}/10 \text{ a}$,伊吾县的年平均风速变化最小,变化速率为 $-0.09 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}/10 \text{ a}$ 。哈密市夏季变化速率最大为 $-0.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}/10 \text{ a}$,46 a下降了 $2.3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,冬季最小,为 $-0.4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}/10 \text{ a}$,下降了 $1.8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$;③全地区 $2.0 \sim 2.9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 级的风速出现频率最大,占22.04%,其次是 $1.0 \sim 1.9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 等级风速,出现频率占18.46%; $3.0 \sim 3.9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 级风速出现频率为17.67%;④新疆东部风速变化主要和强冷空气、寒潮、沙尘暴等天气有关。20世纪80年代中期以后侵入新疆东部的强冷空气天气在次数和强度上明显减弱,这与大陆冷性高压和气旋活动趋弱有关,西风指数、极涡面积和强度及东亚大槽等环流因子与风速变化有着很好的相关性,也与城镇化或观测环境的变化等有关。

关键词:风速;年代际变化;环流形势

中图分类号:P468.0⁺²⁶

文献标识码:A

引言

能源可持续发展战略是国家发展的重要决策,由于化石燃料的日益枯竭和人类对全球环境恶化的关注,从20世纪70年代以来,各国政府和国际组织都不断投入大量资金用于新能源和可再生能源的开发,寻求一条经济社会进步与资源、环境和人口相协调的、可持续发展的道路,尤其是将相对于常规能源最具有竞争力的风能作为促进能源结构多样化和环境与生态改善的重要途径。2006年1月1日正式实施的《中华人民共和国可再生能源法》,规划到2020年风力发电总装机容量达到2 000万kW。国家已经和正在实施几个几十万千瓦级的风电厂特许权招标项目,这些将进一步促进我国风电行业的发展。

全球气候变化背景下我国的风速呈下降趋势,根据丁一汇等^[1]研究结果表明,1956~2002年平均风速具有很明显的减弱趋势,1971~2002年全国年平均风速为 $2.52 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。1956~2002年全国年平

均风速变化可以分为2部分,在1969年附近有个突变。1969年以前,全国年平均风速有一个下降的趋势,从1956年的 $2.86 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 下降到1967年 $2.55 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,1956~1968年期间的变化速率为 $-0.21 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}/10 \text{ a}$;1969年又回升到 $2.84 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,然后又持续下降,在1984年转为均值以下,一直下降到2002年的 $2.24 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,1969~2002年期间的变化速率为 $-0.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}/10 \text{ a}$ 。

新疆东部是风力资源非常丰富的地区,新疆9大风区的3个风区(即哈密北部三塘湖—淖毛湖风区、七角井—百里风区和哈密南部风区)都在新疆东部。该区蕴藏的风能每年可提供的电力相当于960亿kW·h。在国家大力发展可再生能源的背景下寻找该地区过去和未来风能的变化及成因对该地区发展风电事业具有重要意义。

1 资料与方法

选用了新疆东部哈密、巴里坤、伊吾、淖毛湖、红柳河5个气象测站1960~2005年46 a日平均风速、

收稿日期:2008-06-06;改回日期:2008-07-08

作者简介:道然·加帕依(1966-),男,哈萨克族,新疆巴里坤人,高级工程师,从事短期气候预测及研究。E-mail:dawran@126.com

日平均气温、最高和最低气温资料。分析变化趋势采用线性趋势法,即把气候要素表示为时间 t 的线性函数 $y = at + b$,其中 a, b 为常数。用最小二乘法通过实际资料计算出 a 和 b ,其中 a 为回归系数,其 10 的倍数称该气候要素的变化速率, a 为正(负)表示增加(减弱)趋势,接近零无明显变化趋势。环流特征量资料来自国家气候中心气候系统诊断预测室。环流形势分析资料为美国 NCEP $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 月平均网格点资料。寒潮的定义是凡 1 次冷空气侵入后,该地区日平均气温 24 h 降温达 $10\text{ }^\circ\text{C}$ 以上或 48 h 降温达 $12\text{ }^\circ\text{C}$ 以上,最低气温 $< 4\text{ }^\circ\text{C}$,并伴有 6 级以上大风称为寒潮。强冷空气定义是日平均气温 24 h 降温达 $8\text{ }^\circ\text{C}$ 以上。

2 新疆东部风速变化特征

2.1 地理分布

新疆东部,地处 $40^{\circ}09' \sim 45^{\circ}43' \text{N}$, $91^{\circ}06' \sim 96^{\circ}23' \text{E}$ 之间。总地势为“4 山夹 3 盆”,中部天山自西向东横贯全地区,分隔成山南山北 2 个主要的封闭盆地。山北巴里坤盆地居于巴尔库山与莫钦乌拉山之间,在莫钦乌拉山与东准噶尔山地余脉之间为淖毛湖—三塘湖盆地,山南是吐鲁番—哈密盆地。哈密地区地形复杂且多荒漠戈壁,植被稀少,干旱区占 90% 以上,其中极端干旱区就占到总面积的 70% 以上;年、日温差都很大,表现出典型的大陆性气候特征;哈密市年平均大风日为 13.5 d,最多(1956 年)达 49 d,哈密西部了墩至十三间房的 50 km 风区和三塘湖至淖毛湖大风最为频繁,年平均日数 > 90 d,高发中心在十三间房。其次为淖毛湖和伊吾县,年平均日数 30~40 d,巴里坤盆地为最少。

新疆东部地面风速分布特点是:北部三塘湖—淖毛湖和南部戈壁地区大,巴里坤—伊吾盆地和哈密盆地小。哈密西部了墩至十三间房的 50 km 风区到七角井一带年平均风速为 $4.5 \sim 8.6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$;哈密市和巴里坤—伊吾盆地一带在 $2.0 \sim 3.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$;北部三塘湖—淖毛湖戈壁达 $4.0 \sim 6.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$;哈密市南部至红柳河一带 $4.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 以上。山区的风速较小,多在 $3.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 以下(图 1)。

2.2 风速年内变化

将 46 a 风速数据按日全部绘于图 2,图中每 1 日都有 46 个数据点,代表 46 a 中同 1 天的风速数据。5 个站风速变化很类似,都具有波浪形分布特征。46 a 逐日平均风速变化呈现出一个峰值,哈密

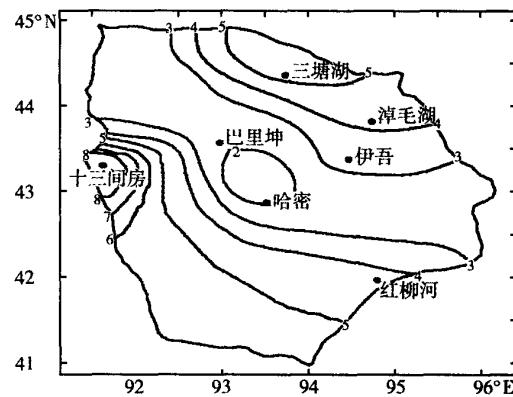


图 1 新疆东部年平均风速地理分布

Fig. 1 The geographical distribution of annual mean wind speed in East Xinjiang

和红柳河峰值出现在 4 月份,巴里坤、伊吾和淖毛湖峰值在 5 月份;最小风速出现在 12~1 月份。

表 1 例出了新疆东部各站 46 a 年、季平均风速。春季风速最大为 $2.57 \sim 5.54 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$;其次夏季 $2.04 \sim 5.24 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$;秋季 $1.69 \sim 4.37 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$;冬季最小 $1.64 \sim 3.89 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

2.3 风速年际变化

46 a 来,新疆东部地区年平均风速经历了明显的减弱趋势(图 3),减弱速率 $> -0.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}/10 \text{ a}$;46 a 年平均风速下降了 $0.94 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。平均风速 20 世纪 60~70 年代初有明显的增强,这可能与台站迁移和仪器变更有一定的关系,分析 5 个测站的台站信息发现 1962 年到 1966 年间 5 个测站都进行过迁移,1969~1970 年所有台站更换了气象测风仪器,由 EL 型电接风速风向计代替维尔德测风器。自 1972 年开始,新疆东部的风速呈现十分明显的持续性下降趋势,从 $4.1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 下降到目前的 $3.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,这与全国的趋势一致^[2]。

从年平均风速地理分布来看,南部哈密市风速变化最大,变化速率达 $-0.46 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}/10 \text{ a}$,20 世纪 60~70 年代初平均风速呈上升趋势,其余年都呈减弱趋势,1998 年降到最低,2000 年以后上升。其次淖毛湖站年平均风速变化速率为 $-0.23 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}/10 \text{ a}$ 。1960~1972 年风速明显增大,1972 年年平均风速达到最大,较高的风速维持到 20 世纪 80 年代末。1988 年开始风速呈明显的下降趋势。巴里坤县年平均风速 1966~1985 年间明显下降,1985 年以后波动幅度比较平稳,变化速率可达 $-0.21 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}/10 \text{ a}$ 。

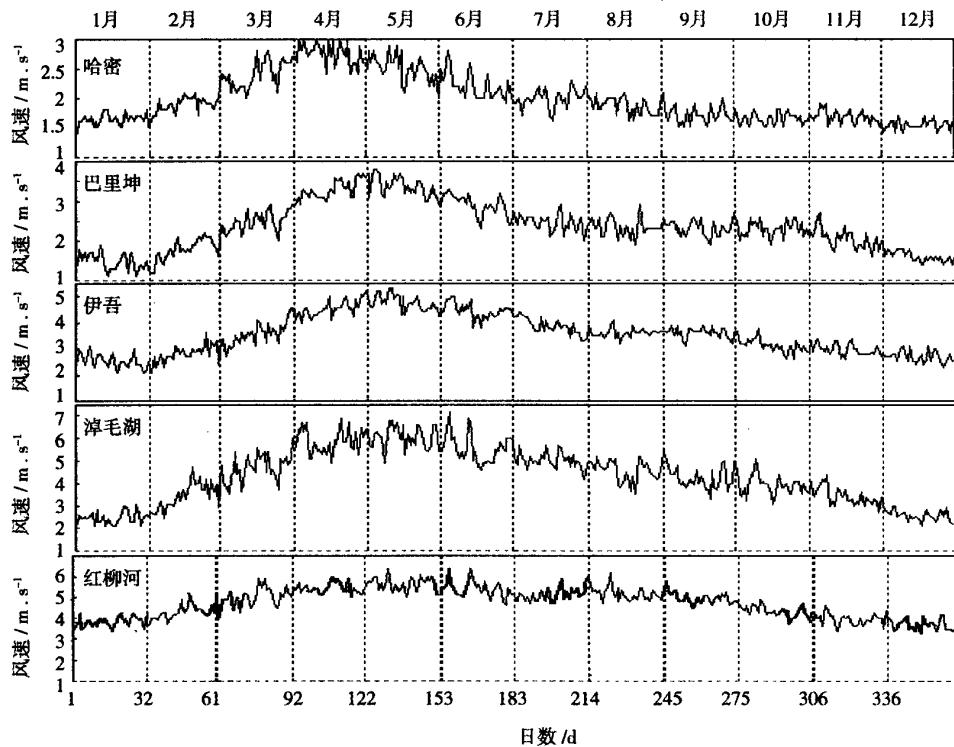


图2 新疆东部近46 a 逐日变化

Fig. 2 The daily mean wind speed change during 1960–2005 in East Xinjiang

表1 新疆东部46 a年和各季平均风速及演变趋势(变化速率单位: $m \cdot s^{-1}/10 a$)

Tab. 1 Yearly and seasonal mean wind speed trend during 1960–2005 in East Xinjiang

	春		夏		秋		冬		年	
	平均风速 $/m \cdot s^{-1}$	变化 速率								
哈密	2.57	-0.47	2.04	-0.5	1.69	-0.44	1.70	-0.4	2.00	-0.46
巴里坤	3.06	-0.19	2.57	-0.06	2.22	-0.22	1.64	-0.38	2.37	-0.21
伊吾	4.28	-0.09	3.94	-0.16	3.24	-0.08	2.69	-0.06	3.54	-0.09
淖毛湖	5.54	-0.33	5.04	-0.28	3.85	-0.28	2.83	-0.15	4.31	-0.23
红柳河	5.34	-0.11	5.24	-0.1	4.37	-0.09	3.89	-0.08	4.71	-0.10
平均	4.16	-0.23	3.77	-0.21	3.07	-0.21	2.55	-0.21	3.39	-0.11

红柳河戈壁地区风速到20世纪70年代以后开始为下降趋势,风速在较小的范围内上下波动,风速变化率达 $-0.1 m \cdot s^{-1}/10 a$ 。伊吾县的年平均风速变化最小,变化速率为 $-0.09 m \cdot s^{-1}/10 a$ 。

4季年平均风速的变化也各有千秋。哈密市风速变化率在 $-0.40 \sim -0.50 m \cdot s^{-1}/10 a$ 之间

(表1),夏季变化速率最大,46 a下降了 $2.3 m \cdot s^{-1}$,冬季最小,为 $-0.4 m \cdot s^{-1}$,下降了 $1.8 m \cdot s^{-1}$;巴里坤县春秋变化趋势比较相似,变化速率均为 $-0.2 m \cdot s^{-1}/10 a$,夏季变化趋势不明显,变化速率仅为 $-0.05 m \cdot s^{-1}/10 a$,冬季1969年风速显著增强后开始明显下降,变化速率为 $-0.38 m \cdot s^{-1}/10 a$ 。

$s^{-1}/10 a$; 伊吾县各季变化趋势基本一致, 变化趋势不大, 变化速率为 $-0.06 \sim -0.16 m \cdot s^{-1}/10 a$; 北部淖毛湖戈壁从波动幅度上看, 春、夏和秋季波动均较平稳, 变化速率为 $0.3 m \cdot s^{-1}/10 a$, 冬季波动幅度较大, 有弱的下降趋势, 变化率在 $-0.1 m \cdot s^{-1}/10 a$; 南部红柳河4季波动幅度较小, 变化速率均在 $-0.1 m \cdot s^{-1}/10 a$ 。

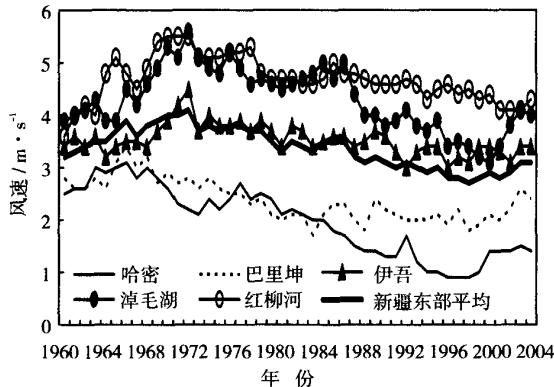


图3 1960~2005年新疆东部平均及各站年平均风速变化
Fig. 3 The annual mean wind speed change in East Xinjiang

2.4 不同等级风速频率分布及年际变化

分别统计了全地区各地不同等级风速出现的频率, 以分析其频率分布特征及变化趋势。

从分析结果看: 全地区 $2.0 \sim 2.9 m \cdot s^{-1}$ 级的风速出现频率最大, 占22.04%, 其次是 $1.0 \sim 1.9 m \cdot s^{-1}$ 等级风速, 出现频率占18.46%, $3.0 \sim 3.9 m \cdot s^{-1}$ 级风速出现频率为17.67%, 之后随风速等级的增大频率逐渐减小(表2)。全年大部分时间风速在 $0.0 \sim 4.9 m \cdot s^{-1}$ 之间, 出现频率为80.95%。

不同等级风速出现日数变化曲线图(图略)上可以看见, $\leq 5 m \cdot s^{-1}$ 风速出现日数除哈密市外均有上升趋势, 增速率均为 $0.1 \sim 4.9 d/10 a$; $5.0 \sim 5.9 m \cdot s^{-1}$ 等级风速出现日数各站均为减少趋势, 减速率均为 $-0.1 \sim -3.3 d/10 a$, 伊吾、淖毛湖和红柳河各级风速年际变化比较相似, 出现日数波动幅度均较平稳。哈密市因观测环境的改变和城市化建设发展的影响, 不同级别的风速变化幅度很大(图4), 从20世纪80年代初开始静风和弱风速($0.0 \sim 1.9 m \cdot s^{-1}$)出现日数明显增多, 增速率高达 $22.5 d/10 a$; $2.0 \sim 2.9 m \cdot s^{-1}$ 等级风速出现日数以 $-33 d/10 a$ 速率下降, 1960~1983年之间该等级风速日数135~169 d, 1984年开始明显减少; $3.0 \sim 3.9$ 、 $4.0 \sim 4.9$ 和 $5.0 \sim 5.9$ 等级风速出现日数减少速率分别为 $-19.6 d/10 a$ 、 $-8.2 d/10 a$ 和 $3.3 d/10 a$ 。

表2 不同等级风速频率分布(单位:%)

Tab. 2 The frequency distribution for different scale of wind speed in East Xinjiang

风速等级 $/m \cdot s^{-1}$	哈密	巴里坤	伊吾	淖毛湖	红柳河	平均
0~0.9	18.42	17.45	2.74	8.72	1.79	9.82
1.0~1.9	34.03	24.59	14.48	15.83	3.42	18.47
2.0~2.9	29.26	26.32	24.32	18.71	11.78	22.08
3.0~3.9	11.46	16.41	22.92	14.32	23.45	17.71
4.0~4.9	4.31	8.49	16.41	10.81	23.85	12.77
5.0~5.9	1.58	4.10	9.98	8.38	15.72	7.95
6.0~6.9	0.65	1.89	4.89	6.19	8.69	4.46
7.0~7.9	0.21	0.76	2.23	5.15	4.47	2.56
8.0~8.9	0.17	0.17	1.25	3.26	2.85	1.54
9.0~9.9	0.06	0.04	0.56	2.18	1.66	0.90

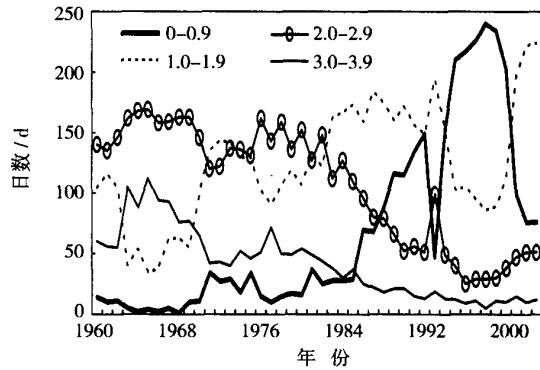


图4 1960~2005年哈密站不同等级风速日数年际变化

Fig. 4 The annual change of windy days with different scale of wind speed in Hami during 1960~2005

3 风速与气温的相关

风速的减小可以从气候变暖得到解释, 因为风是气团之间存在温差、出现气压梯度而造成的气体流动。由于气候变暖, 并且高纬、冬季和夜间的增温显著, 这就造成了高、低纬之间的温差减小, 冬、夏的温差减小, 白天和夜间的温差减小。温差的大小决定冷暖空气交换的剧烈程度, 所以高纬与低纬的经向气流减弱, 冬季与夏季的冷暖空气交换也减弱。冷空气强度变弱, 白天和夜间的温差减小, 使局地的山谷风、海陆风减弱, 于是风速普遍减小。

从表 3 中可以看出年平均风速与年平均气温、年平均最高气温和年平均最低气温之间存在反相关关系。全地区而言, 年平均风速与年平均气温、最高最低气温之间的相关系数, 经显著性检验超过 $\alpha = 0.01$ 显著性水平。平均风速与年平均最低气温相关性最好。淖毛湖戈壁地区风速与气温的反相关也达到了显著水平 ($\alpha = 0.01$); 红柳河和伊吾县相关系数不显著。

表 3 风速与平均气温、平均最高、最低气温的相关系数

Tab. 3 The correlation coefficients between wind speed and mean temperature, mean maximum, minimum temperature

	哈密	巴里坤	伊吾	淖毛湖	红柳河	新疆东部平均
平均气温	-0.25	-0.29*	0.10	-0.61**	-0.27	-0.48**
平均最高气温	-0.37*	-0.08	-0.15	-0.48**	-0.16	-0.45**
平均最低气温	-0.29*	-0.53**	-0.20	-0.62**	-0.26	-0.64**

* * $\alpha = 0.001$; * $\alpha = 0.05$

4 风速变化成因

北极地区常年气温寒冷, 是北半球冷源所在地, 对全球气候系统有着十分重要的影响。许多研究表明, 极地大气系统的变化对中高纬度地区环流形势, 如西伯利亚冷高压、东亚大槽、甚至东亚季风作用显著, 进而影响欧亚大陆中高纬度地区的气温和降水分布^[3-4]。风速的年际变化, 有了一定的大气环流(异常)型与之相对应, 那么, 在年代际变化的阶段, 大气环流是否有明显差异呢? 下面对欧亚和亚洲环流指数、西风指数、北半球极涡面积、强度、东亚大槽位置、北半球环流异常场、极端事件和观测环境变化等进行分析解释风速变化成因。

4.1 大气环流指数

4.1.1 欧亚和亚洲环流指数

大气环流是形成和制约区域气候的重要因子, 在全球气候变化背景下, 大气环流的变异和调整是导致区域气候变化的重要原因。近 46 a 来亚洲经向环流呈减弱趋势, 而纬向环流呈加强趋势(表 4)。

1960~2005 年, 亚洲中高纬度地区西风环流指数演变显示(图 5a), 自 20 世纪 60~80 年代西风环流指数为低指数状态, 期间 1963 年、1968 年、1975 年、1978 年和 1979 年为高指数, 表明该时期亚洲中高纬度环流经向度偏大, 以经向环流为主; 80 年代

后期以后转为高指数态, 环流经向减弱, 为纬向环流。

纬向环流的加强趋势与中纬度平均海平面气压梯度增加有关, 而经向环流的变化则与东亚季风的变化密切相关。亚洲冬季环流的减弱必然导致亚洲冬季风减弱, 亚洲冬季风减弱致使中国偏北风减小。冬季风的减弱趋势略明显于夏季风的减弱趋势。

表 4 1960~2005 年欧亚和亚洲环流指数变化趋势

Tab. 4 The variation trend of Eurasian and Asia circulation indexes during 1960~2005

	春	夏	秋	冬	年
欧亚纬向环流指数	0.263	0.593	0.251	2.646	1.033
欧亚经向环流指数	-0.136	-0.529	-1.342	-0.691	-0.689
亚洲纬向环流指数	-0.934	0.519	-0.675	1.504	0.112
亚洲经向环流指数	-0.230	-0.297	-1.136	-1.071	-0.665

4.1.2 北半球极涡面积和强度指数

通过计算北半球极涡面积和强度指数与风速的相关关系发现, 冬季风速的强弱, 极涡面积的大小起一定的作用, 相关系数为 0.45, 通过了 0.01 显著水平检验, 强度与风速线性相关不明显, 仅有 -0.09; 夏季极涡面积和强度与风速相关系数达 0.61 和 0.59, 均通过了 0.01 显著水平检验。由图 5b 可知, 20 世纪 60~70 年代极涡面积相对较大, 极地冷气团易向外扩散, 侵入中纬度地区造成新疆地区冷空气频繁, 结果风速加强。80 年代后期开始极涡面积缩小, 极地冷空气向外扩散势力明显减弱, 尤其是 1993~2005 年迅速缩小, 结果造成这一时期冬季气温连续偏高, 风速也明显减弱。

4.1.3 东亚大槽

在冬季新疆东部风速与东亚大槽有很好的负相关关系, 相关系数达 -0.54, 通过了 0.01 显著水平检验, 说明东亚大槽位置偏西时新疆东部的风速大, 反之风速小。近 46 a 来东亚大槽的位置发生了变化, 从图 5c 看, 20 世纪 60~80 年代中期, 中亚大槽位置偏西, 平均位于 144°E; 80 年代开始槽线的位置开始东移, 90 年代平均位于 147°E, 比 60、70 年代东移了 3 个经距。因此东亚大槽东移对亚洲中高纬度的环流结构、锋区位置、北方冷空气的移动路径产生重要影响。80、90 年代东亚大槽的东移造成北方南下冷空气路径东移, 从而减少了影响新疆的冷空气次数。

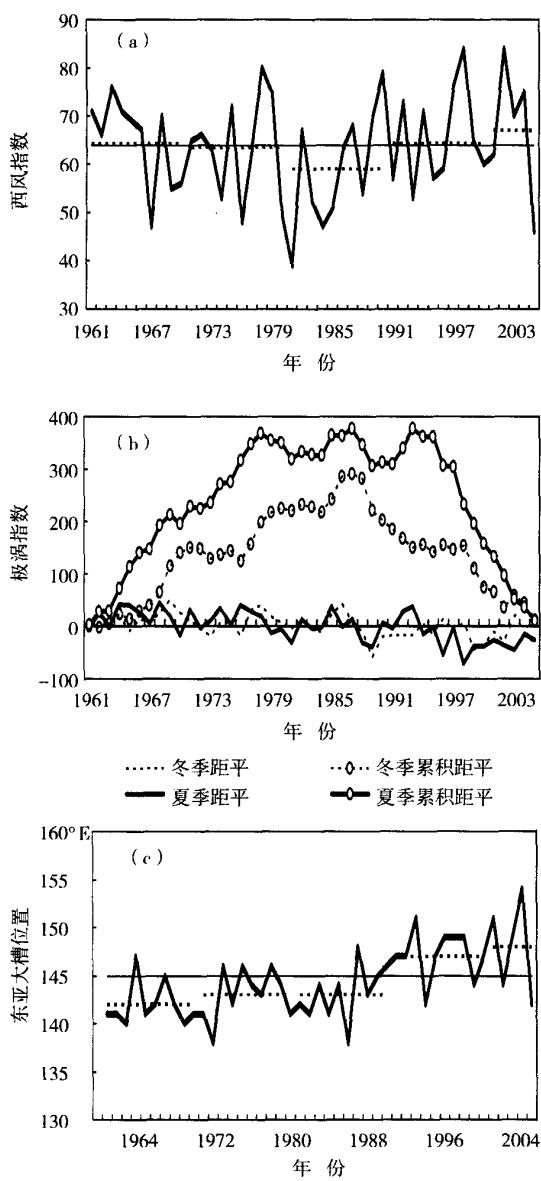


图 5 (a)1960~2005 年亚欧中高纬度西北环流指数变化(细线为 30 a 平均值,虚线为年代平均值),(b)1960~2005 年北半球极涡面积指数距平曲线及累积距平曲线,(c)东亚大槽位置(细直线为 30 a 平均值,虚线为年代平均值)

Fig. 5 (a) Variation of westerly index in mid – high – latitude of Eurasian during 1960 – 2005 (thin line for average of 1971 – 2000, broken line for average of decade);
 (b) Anomaly and accumulative anomaly of polar vortex area of the Northern Hemisphere during 1960 – 2005;
 (c) The position of East Asia trough (thin line for average of 1971 – 2000, broken line for average of decade)

4.1.4 北半球环流异常

各年代冬季平均的 500 hPa 高度场和海平面气压的异常形势上看(图略),20 世纪 60 年代西伯利亚到乌拉尔山地区为强大的正距平中心,中纬度地区为弱的负距平区,到了 70 年代正距平范围缩小,强度加强,西退到乌拉尔山长波槽区,贝加尔湖地区为负距平中心;地面气压场 60 年代西伯利亚高压偏强,欧亚范围内 50°N 以南地区为负距平,西伯利亚高压有些减弱,中西伯利亚到乌拉尔山西部地区为大片正距平,并向南扩充。20 世纪 60~70 年代极涡面积偏大,北极冷空气活动活跃,冷空气在乌拉尔山西部南下沿中纬度西风带东移进入我区。

20 世纪 80 年代 500 hPa 环流形势是南亚到西西伯利亚地区为强大的正距平区,东亚大槽和乌拉尔山槽区为负距平区,亚洲北部平均脊区异常偏强;地面西伯利亚高压比 70 年代位置偏南。这种形势表明冷空气次数少,但冷空气强度强于 60、70 年代。90 年代 500 hPa 环流形势与 70 年代几乎反位相分布,东亚地区为正距平,西西伯利亚到乌拉尔山西部为明显的负距平区,欧亚范围内环流经向减弱;从地面图上看,与 70 年代也反位相分布,西伯利亚高压有些北进。这种形势表明极区冷空气较弱,东亚大槽位置偏东,冷空气南下动力不足,造成影响我区冷空气次数少,强度减弱。

各年代夏季平均的 500 hPa 高度场和海平面气压的异常形势图上看(图略),20 世纪 60~70 年代,北半球大部几乎为负距平区,60 年代蒙古到中亚和欧洲东部为负距平中心,70 年代负距平中心在西西伯利亚地区,使得乌拉尔山低槽加深,地面上欧亚大范围负距平区,强负距平中心在蒙古一带。70 年代与 60 年代相似,蒙古负距平中心有些减弱。80~90 年代环流形势发生了明显的变化,80 年代中亚到西西伯利亚地区位势场明显增高,90 年代该地区位势变低,新疆东部到蒙古一带位势增高,极地为负距平区;地面上蒙古高压区为正距平,90 年代较 80 年代强,位置有些偏南。这说明 80 年代中亚到西西伯利亚的高压发展,阻止冷空气南下东移,使得影响我区的冷空气减少。90 年代乌拉尔山低槽东移到西西伯利亚一带并加深,新疆东部到贝加尔湖的高压脊阻挡了冷空气的东移,并且极地冷空气源较弱,造成侵入我区的冷空气偏弱,次数偏少。

4.2 极端天气事件

寒潮、强冷空气、沙尘暴等极端事件的变化也可

以从另一侧面反映近地面层风速特征及可能原因。冬季风强烈向南爆发会产生寒潮。寒潮天气通常会造成剧烈降温及大风。分析近 46 a 来单站寒潮特征发现,1960~2005 年影响新疆东部的强冷空气有 209 次,其中达到寒潮标准的有 84 次。强冷空气在 20 世纪 60~80 年代分别出现了 51、52 和 51 次,其中寒潮为 22、22 和 15 次,到了 90 年代强冷空气减少到了 38 次,寒潮为 18 次。由于寒潮日数仅由温度特征定义而与风速无关系,说明寒潮爆发南下是该地区大风发生的主要原因。因此,在这些地区寒潮日数的显著减少,必然导致大风日数的显著减少。

沙尘暴是由于强风将地面沙尘吹起,使大气能见度急剧降低的灾害性天气。1960~2005 年沙尘暴明显减少,减少速率为 $-1.119 \text{ d}/10 \text{ a}$ ^[5]。沙尘暴日数变化与大风日数变化(大风日数减少速率为 $-20.258 \text{ d}/10 \text{ a}$)密切相关,大风日数的减少是沙尘暴显著减少的主要原因之一。

20 世纪 80 年代以来蒙古地区中部和贝加尔湖东部地区气旋活动明显增加,而新疆东部、内蒙古地区以及东北地区大部分气旋活动减弱^[6]。这种减弱趋势对应了海平面气压梯度减小^[7]和沙尘暴天气的减少趋势。这也是风速减小的必然结果和佐证。

4.3 观测环境影响

风速的大小与当地大气环流和地理条件有很大关系,而城市化对风速的影响也不容忽视。20 世纪 80 年代开始中国经济快速发展,城市化建设日新月异。气象台站所在城市的快速发展在分析平均风速长期变化中起到怎样的作用,目前仍缺乏较全面的研究。

为了全面了解气象台站所在城市的城市化发展对平均风速长期变化的影响,选取位于哈密市气象站为城市代表站,再选取观测环境很少有变化的位于戈壁荒漠的红柳河气象站为戈壁荒漠代表站。对比城市气象台站和戈壁荒漠气象站年平均风速历年变化及变化趋势(图 6)发现,城市风速明显比戈壁风速小,这与王毅荣^[8]的观点一致,城市的年平均风速与戈壁荒漠的年平均风速都呈显著减少趋势,城市年平均风速减小趋势($-0.454 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}/10 \text{ a}$)比戈壁荒漠年平均风速的减小趋势($-0.099 \text{ m}/\text{s} \cdot 10 \text{ a}$)明显。新疆东部 5 个测站中哈密、巴里坤观测环境受城市化发展影响,年平均风速减少趋势也明显,而其余 3 个测站位于戈壁荒漠观测环境几乎没

什么变化,年平均风速减少趋势较小。因此,城市化是气象台站平均风速减小的一个不可忽略的原因。

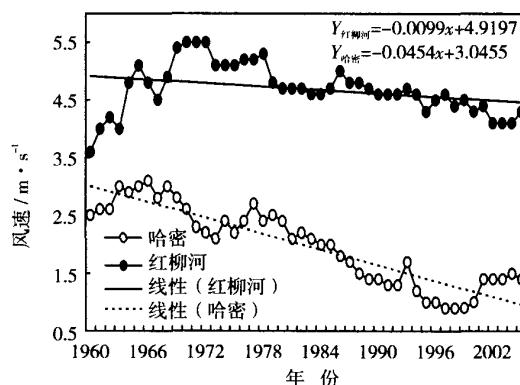


图 6 城市和戈壁气象观测站近 46 a 年平均风速变化曲线及线性趋势

Fig. 6 The yearly mean wind speed change and its linear trend at meteorological stations in city and desert

5 总 结

(1) 新疆东部地面风速分布特点是:北部和南部戈壁地区大,巴里坤—伊吾盆地和哈密盆地小。风速的年内变化特征基本相同。最大风速出现在 3~6 月份;最小风速出现在 12~1 月份。

(2) 1960~2005 年年平均风速下降了 $0.94 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,减弱速率 $> -0.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}/10 \text{ a}$ 。南部哈密市风速变化最大,变化速率达 $-0.46 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}/10 \text{ a}$,伊吾县的年平均风速变化最小,变化速率为 $-0.09 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}/10 \text{ a}$ 。哈密市夏季变化速率为 $-0.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}/10 \text{ a}$,46 a 下降了 $2.3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,冬季最小,为 $-0.4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,下降了 $1.8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,南部红柳河 4 季波动幅度较小,变化速率均在 $-0.1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}/10 \text{ a}$ 。

(3) 全地区 $2.0 \sim 2.9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 级的风速出现频率最大,占 22.04%,其次是 $1.0 \sim 1.9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 等级风速,出现频率为 18.46%, $3.0 \sim 3.9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 级风速出现频率为 17.67%,之后随风速等级的增大频率逐渐减小。全年大部分时间风速在 $0.0 \sim 4.9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 之间,出现频率为 80.95%。

(4) 新疆东部风速变化主要和强冷空气、寒潮天气有关系,20 世纪 80 年代中期以后侵入新疆东部的强冷空气天气在次数和强度上明显减弱。西风指数、极涡面积和强度及东亚大槽等环流因子与风速变化有着很好的相关性,与大陆冷性高压和气旋

活动趋弱有关;也可能与城镇化或观测环境的影响有关。风速的减弱使沙尘暴天气事件发生频次减少^[9-11],潜在的风能资源蕴藏量降低。

参考文献:

- [1] 丁一汇,任国玉.国家“十五”科技攻关项目全球环境变化对策与支撑技术研究成果.国家气候中心网站.
- [2] 任国玉,郭军,徐铭志,等.近50年中国地面气候变化基本特征[J].气象学报,2005,63(6):942-956.
- [3] 龚道溢,王绍武.冬季西风环流指数的变率及其与北半球温度变化的关系研究[J].热带气象学报,2002,18(2):104-110.
- [4] 李峰,矫梅燕,丁一汇,等.北极区近30年环流的变化及对中国强冷事件的影响[J].高原气象,2006,25(2):209-219.
- [5] 道然·加帕依;阿依夏木.哈密地区风沙天气特征分析[J].气象,2004,30(12):61-64.
- [6] 王新敏,邹旭恺,翟盘茂.北半球温带气旋的变化[J].气候变化研究进展,2007,3(3):154-157.
- [7] 王小玲,翟盘茂.中国春季沙尘天气频数的时空变化及其与地面风压场的关系[J].气象学报,2004,62(2):96-103.
- [8] 王毅荣,罗勇,张书余.河西走廊风能资源可持续性的初步研究[J].气候变化研究进展,2007,3(6):379-382.
- [9] 苏东玉,李跃清,蒋兴文.南亚高压的研究进展及展望[J].干旱气象,2006,24(3):68-74.
- [10] 张瑞军,何清,孔丹,等.近几年国内沙尘暴研究的初步评述[J].干旱气象,2007,25(3):88-94.
- [11] 张莉,任国玉.中国北方沙尘暴频数演化及其气候成因分析[J].气象学报,2003,61(6):744-750.

Inter-decadal Variation Characteristics of Wind Speed in East Xinjiang

Dawran · japay, CHE Gang

(Hami Meteorological Bureau, Hami 839000, China)

Abstract: Based on the daily mean wind speed, the daily mean temperature, the daily maximum and minimum temperature from five meteorological stations in East Xinjiang during 1960-2005, the 74 circulation parameters from NCC and NCEP/NCAR reanalysis data, the annual and inter-decadal variation characteristics of wind speed in East Xinjiang were analyzed. Results show that the biggest wind speed areas were in the north and the south of East Xinjiang and the smallest were in Balikun-Yiwu basin and Hami basin, and the wind speed change in a year in different area presented basically the same trend. The occurring frequencies of wind speed from 2.0 to 2.9 m·s⁻¹, from 1.0 to 1.9 m·s⁻¹ and from 3.0 to 3.9 m·s⁻¹ were 22.04%, 18.46% and 17.67%, respectively. The variation of wind speed in East Xinjiang was mainly relative to the strong cold air, cold wave and dust storm. The circulation factors such as westerly index, polar vortex area and intensity, East Asia trough have good correlation with the variation of wind speed.

Key words: wind speed; inter-decadal variation; circulation