

我国高空风速的气候学特征

任国玉¹, 张爱英^{1, 2}, 王 颖³, 郭 军⁴

(1) 中国气象局气候研究开放实验室, 国家气候中心, 北京 100081; (2) 中国气象科学研究院, 北京 100081;
(3) 国家气象信息中心气候资料室, 北京 100081; (4) 天津市气候中心, 天津 300074)

摘要: 利用全国 119 个探空站 1980~2006 年 13 个等压面和地面附近的月平均风速资料, 分析了不同高度年、季节平均风速的气候学特征。结果表明, 全国平均 200hPa 以下风速随高度增加而增加, 200hPa~30hPa 之间风速随高度增加而降低, 30hPa 以上风速随高度增加而再呈增加趋势; 春、秋季平均风速随高度变化与年平均相似, 但冬、夏季的垂直分布差异明显; 700hPa 及其以上最大风速出现在 1 月, 最小风速在 7 月或 8 月; 850hPa 和地面最大风速发生在 4 月; 对流层风速年较差从下向上增加, 在 200hPa 附近风速年较差最大。我国地面风速在东、西部地区较大, 中部地区较小; 500hPa 年平均风速分布呈西低东高态势, 最大中心出现在辽东半岛东部; 200hPa 年平均风速在江淮地区出现高值中心; 500hPa 冬季最大风速区在大陆南部, 夏季北移并向西扩展; 200hPa 各季强风速区基本呈东西走向的带状分布, 其中春季在江淮地区, 夏季移至西北, 秋季位于黄淮地区, 冬季位置最南。

关键词: 高空风速; 地面风速; 气候学; 对流层; 平流层; 西风急流; 中国
文章编号: 1000-0585(2009)06-1583-10

1 引言

高空风是研究大气动力学的一个重要参量, 它反映了下垫面与下层大气的热力状态和辐射平衡变化, 同时又在大气中的动能、热量、水汽和气溶胶等能量和物质输送、交换中发挥着关键作用^[1~3]。此外, 了解高空风速和风向的气候学特征对于航空飞行、卫星发射、导弹运行等民用和军事活动也具有重要意义。

目前对高空风的研究多采用全球再分析资料^[4~6]。再分析风资料是使用资料同化技术, 采用数值模式对过去各种观测资料进行再分析, 制作出新的全球长时间序列综合资料集, 对于现代气候诊断分析具有重要的作用^[3,6]。但再分析风资料的可靠性主要取决于探空观测系统, 而探空风资料来源于几个全球业务预报中心, 在空间覆盖上和序列连续性等方面还存在一定差距, 根据这些不完整资料获得的再分析资料在区域尺度上难免存在缺陷。因此, 选用经过质量控制和更新的长时间序列密集探空站观测资料, 对我国高空风速的气候特征进行分析, 具有一定的理论和实际价值。

有学者利用探空风资料对区域性高空风速气候特征进行了研究, 国外这方面研究的例子包括 Essenwanger 等^[6]和 Pinard^[7]的工作。在国内, 杨大昇和李麦村^[8,9]很早就利用探空风资料分析了北京和汉口低对流层平均风速的垂直气候特征; 邹进上等^[10]对 20 世纪 80

收稿日期: 2009-02-26; 修订日期: 2009-05-20

基金项目: 国家 / 十一五 0 科技支撑项目课题 (2007BAC03A01 和 2007BAC29B02) 资助

作者简介: 任国玉 (1958), 辽宁人, 研究员。从事气候变化和古气候研究。E-mail: guoyou@cmd.gov.cn

年代末之前国内外学者关于东亚和中国地区高空风速气候特征的研究进行了系统总结, 马瑞平等^[11]利用 Nimbus27 卫星 1979~ 1981 年的平流层和中间层大气温度探测数据和热成风原理, 计算了高空风场, 得到中国上空 20~ 80km 高空范围风场的一些特征; 王丽琼等^[12]利用 1991~ 1995 年台北高空气候资料分析了该地区对流层顶风的年变化特征。上述关于国内的研究多限于小区域范围或较短的时间窗口内, 或者采用了有限台站和记录长度的资料, 在全国范围内利用足够长序列各位势高度的探空数据分析高空风速气候特征的研究还鲜见报道。

本文利用 1980~ 2006 年 119 个台站的探空资料, 对全国各等压面上平均标量风速的气候学特征进行分析, 希望对进一步了解我国高空风速的季节和空间特征有所帮助。

2 资料与方法

尽管风是一个矢量, 但构成矢量的风速和风向都可以作为独立的标量对待。高空平均标量风速是指探空气球在一段时间内沿某一方向漂移的水平合成速度。标量风速不考虑方向, 但在高空风速较大的情况下, 它与矢量风速差异很小。在中纬度地区, 矢量风速主要由纬向风速构成, 经向风速在多数情况下较纬向风速低一个量级。除夏季的南方沿海省份外, 我国高空的平均标量风速主要反映的是纬向西风的风速。

本文所用的资料来源于国家气象信息中心的全国 119 个站无线电探空仪观测的 13 个等压面 (850hPa、700hPa、500hPa、400hPa、300hPa、250hPa、200hPa、150hPa、100hPa、70hPa、50hPa、30hPa、20hPa) 1980~ 2006 年共 27 年的月平均标量风速资料。

不同于地面观测记录, 高空风速记录缺失较多, 特别是 1980 年之前, 资料缺测更多。国家气象信息中心气候资料室对探空风速资料进行了质量控制, 包括气候极值检查和统计方法检查, 对于明显错误数据进行了订正或删除, 消除了由于各种原因造成的错误记录。为保证资料的连续性和代表性, 本文采用 1980~ 2006 年共 27 年探空观测资料。同时规定, 在所分析的时段里, 如果某年的月平均风速资料缺测在 4 个月以上, 则该年的年平均风速值算作缺测, 不参与多年平均值统计; 如果某年的月平均风速资料缺测少于或等于 3 个月, 则采用该年其余月份观测值计算年平均值。全部探空站风速资料缺测率为 81.4%。地面风速资料是 119 个探空站的探空风速观测记录, 不是地面站观测记录。

探空站的分布情况见图 1。可见, 我国高空测风站分布除青藏高原中西部相对稀少外, 其他省份分布比较均匀, 这可以保证全国平均风速趋势值的估计以及趋势空间分布特征的分析具有较高的可靠性。

统计分析 119 个站和全国平均各等压面与地面 1980~ 2006 年 27 年的年平均和月平均风速。全国平均的方法是: 首先统计每个等压面上各站的年和月平均风速; 然后把全国划分为 $5\text{b} \times 5\text{b}$ 的经纬度网格, 计算每个网格内逐年各站的平均, 得到该等压面每个网格的平均值;

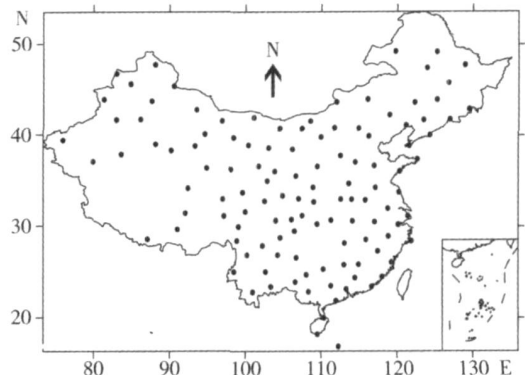


图 1 中国大陆地区探空测风站的分布情况

Fig 1 Distribution of 119 radiosonde stations of wind speed in China

最后以网格中心点纬度的余弦值作为权重系数进行加权平均, 获得全国平均的风速值。季节的划分方法是: 上年12月和本年1、2月为冬季, 3~5月为春季, 6~8月为夏季, 9~11月为秋季。年平均值采用年内12个月的平均。对流层代表性等压面选择500hPa和200hPa, 分别代表我国对流层中层和对流层顶部。

3 我国平均风速垂直分布和年内变化特征

表1列出了全国平均各等压面年和四季平均风速值, 图2则给出全国年和四季平均风速随高度变化的剖面分布情况。我国年和四季平均风速随高度的变化趋势基本相似。200hPa以下, 风速随高度增加逐渐增加, 地面平均风速最小, 在200hPa附近达到最大值, 相当于地面平均风速的10~20倍; 在200hPa~30hPa之间, 年和月平均风速随高度增加逐渐降低; 30hPa~20hPa之间, 风速随高度增加再呈增加趋势, 这一特征在夏季尤其明显。

表1 全国平均各等压面年和四季平均风速值 (单位: m/s)

Tab 1 Annual and seasonal mean wind speeds of varied altitude layers over China (Unit: m/s)

等压面 (hPa)	冬季	春季	夏季	秋季	年
地面	21.12	21.65	21.19	21.05	21.24
850	61.33	61.92	61.13	61.30	61.43
700	101.12	91.17	61.96	71.94	81.55
500	191.01	151.16	91.01	131.26	141.13
400	251.96	201.32	111.70	181.15	191.06
300	341.50	271.44	161.69	241.81	251.87
250	381.57	311.33	201.20	281.43	291.65
200	401.63	331.39	221.77	301.68	311.89
150	381.94	311.26	211.51	291.13	301.25
100	301.88	231.19	141.81	211.59	221.68
70	221.31	141.86	91.55	141.29	151.26
50	161.64	91.80	91.22	101.95	111.64
30	131.72	81.10	121.30	101.67	111.17
20	131.91	81.64	141.02	111.39	111.95

年平均风速在近地面只有21.2m/s, 700hPa以下不超过91.0m/s, 500hPa以上风速增加十分迅速, 在200hPa达到最大值, 年平均风速增加到311.9m/s, 这是我国西风急流所在的高度(图2a)。从200hPa往上风速开始减小, 150hPa~70hPa之间减少最迅速, 最低值出现在30hPa附近, 年平均风速只有111.2m/s。由30hPa向上, 年平均风速又开始增加。春、秋季平均风速随高度分布情况与年平均相似, 但冬季和夏季的分布差异非常明显(图2b)。冬季平均风速在700hPa以上随高度增加最为迅速, 并在200hPa左右达到最大值, 平均为401.6m/s, 再往上风速迅速减少, 递减速率与春、秋季相近; 夏季平均风速最大值也出现在200hPa左右, 但季节平均只有221.8m/s, 垂直风速切变比冬季小得多, 而且平流层底部的最小值出现在50hPa左右, 由此向上风速增加比其他季节明显。

图3给出地面、850hPa、700hPa、500hPa、400hPa、200hPa和100hPa等压面的各月平均风速变化情况, 图4是平均风速的月份(时间)与高度剖面图, 表2则给出同样层次月平均风速的最大值及其出现时间。各等压面特别是700hPa以上各层面月平均风速的

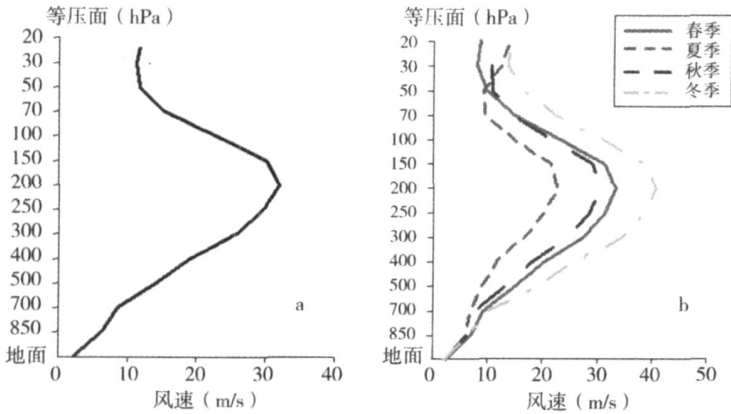


图 2 全国年 (a) 和四季 (b) 平均风速随高度的分布

Fig. 2 Annual (a) and seasonal (b) mean wind speeds at various heights over China

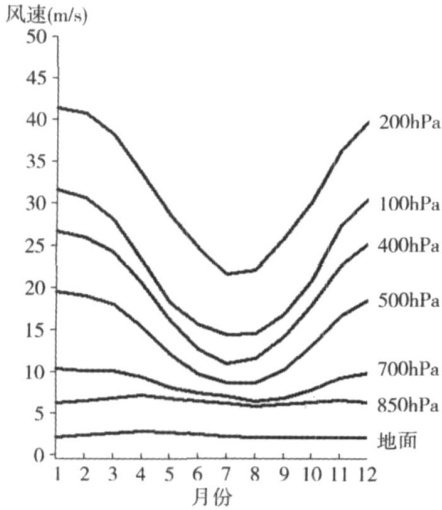


图 3 我国高空月平均风速季节变化

Fig. 3 Monthly mean wind speeds for representative heights over China (Unit: m/s)

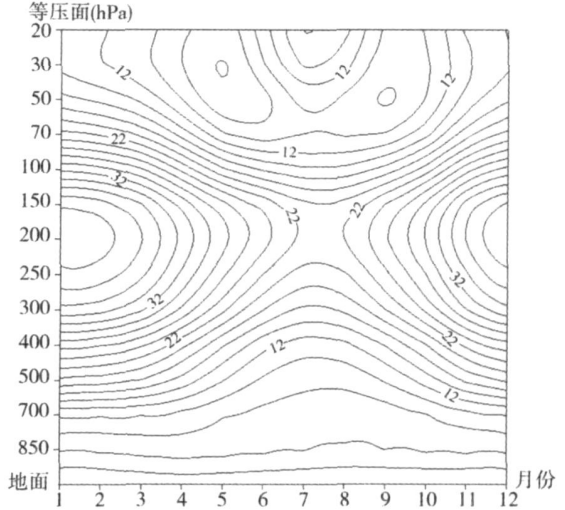


图 4 我国高空平均风速时间 (月份) - 气压剖面 (单位: m/s)

Fig. 4 Time-altitude (pressure) section of monthly mean wind speeds for China as a whole (Unit: m/s)

季节变化特点非常明显, 冬、春季风速大, 夏季风速小。700hPa 以上高度一年中最大风速均出现在 1 月; 850hPa 和地面最大风速发生在 4 月, 而且年内变化也不明显; 月平均最小风速在 500hPa 以下出现在 8 月, 以上各层次则出现在 7 月。1 月 200hPa 左右西风急流平均风速达到 41.4m/s, 略高于冬季平均风速值。

在对流层, 月平均风速的年内波动幅度 (年较差) 一般从下向上增加。850hPa 和地面月平均风速年较差很小, 近地面不超过 1m/s, 850hPa 也只有 1.3m/s 左右, 而 200hPa 的年较差则高达 20m/s 左右。因此, 在西风急流附近, 不仅平均风速最大, 而且风速的年内波动也最明显。700hPa 以上明显的年内波动反映出受下垫面摩擦作用逐渐减弱, 北半球南北温度差异造成的热成风影响占据了主导地位。这种经向温度差异在冬季达到最大, 因而冬季的平均风速也最强。

表2 我国代表等压面最大和最小月平均风速及分布月份

Tabl 2 Maximum and minimum monthly mean wind speeds and their occurrence time (month) at various heights over China

等压面	地面	850hPa	700hPa	500hPa	400hPa	200hPa	100hPa
最大值 (m/s)	21.77	7.12	10.30	19.54	26.71	41.37	31.53
最大值出现月份	4	4	1	1	1	1	1
最小值 (m/s)	2.00	5.79	6.48	8.66	10.97	21.54	14.30
最小值出现月份	8	8	8	8	7	7	7

4 代表性等压面的风速分布

4.1 年平均风速

图5给出对流层各代表层次(地面、500hPa、200hPa)的年平均风速分布情况。从地面年平均风速分布来看,我国东部和西部地区风速较大,中部大部分地区风速较弱。新疆西北部、西藏南部、青海西部、内蒙古大部、甘肃北部、东北大部、以及山东、江苏、浙江、福建沿海地带年平均风速都在2m/s以上,其中青海西部和东北中部的通辽、长春、齐齐哈尔等地分别出现3m/s以上的高值中心,胶东半岛和辽东半岛南端年平均风速高达5m/s以上;低值中心主要分布在四川盆地和东南丘陵部分地点,年平均风速在1m/s以下。

在对流层中部(500hPa等压面),年平均风速的分布表现为很明显的西低东高态势。东部最大风速达到17m/s以上,最大风速中心出现在辽东半岛东部,年平均值达到19m/s以上。在东部的45°N和27°N附近出现两个高风速脊,分别对应对流层中层北支和南支西风急流所在位置,反映了青藏高原对西风气流的机械作用。青藏高原地区年平均风速较小,最低风速区分布在高原西南部,一般小于9m/s。这是因为500hPa位势高度比东部更接近地面,多位于边界层内,平均风速不大。

在200hPa等压面,年平均风速分布的最大中心出现在江淮地区,可达

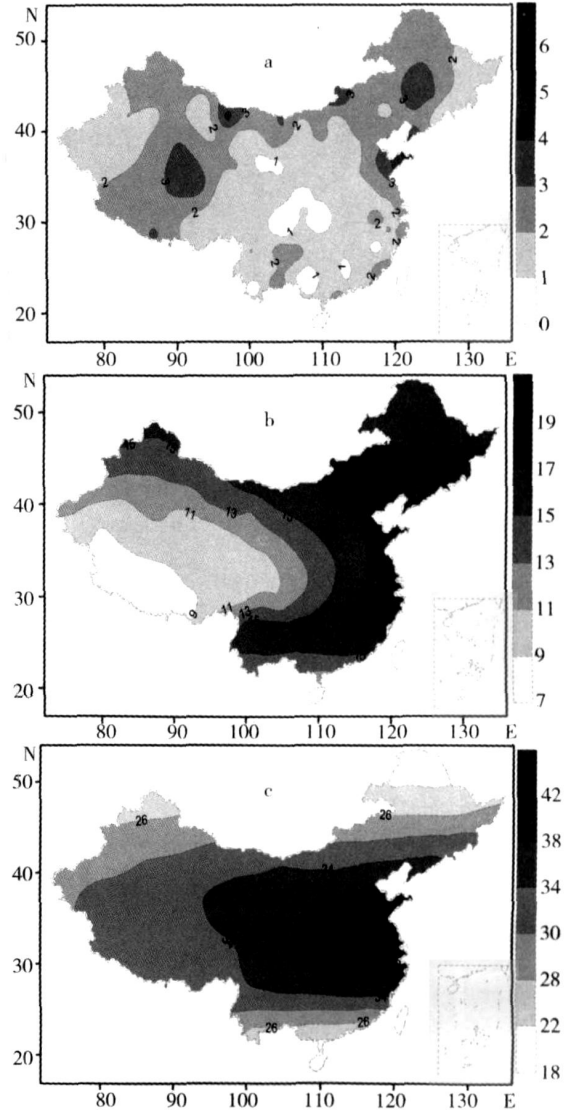


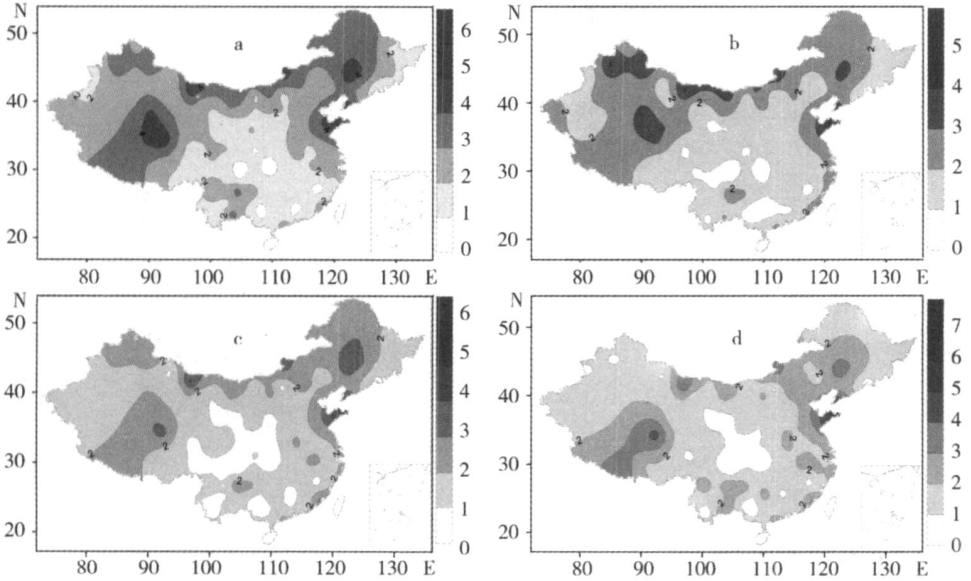
图5 各代表高度层年平均风速值分布(单位: m/s)
(a) 地面, (b) 500hPa, (c) 200hPa

Fig 5 Distribution of annual mean wind speeds at surface (a) 500hPa (b) and 200hPa (c) heights over China (Unit: m/s)

42m/s 以上。大风速区由此向西偏北方向延伸，长江与黄河流域之间的广大区域年平均风速均在 34m/s 以上。这个大风速地带也代表了对流层上部西风急流所在位置。由于青藏高原的机械影响消失，急流在 200hPa 附近不再出现对流层中下层的分支现象。华南和东北北部年平均风速值相对较低，不到 22m/s。

4.2 风速季节转换

图 6 表示地面各个季节平均风速分布情况。地面平均风速冬季最大，秋季次之，夏季最小。春、夏、秋、冬季平均风速最大值分别为 61.0m/s、41.7m/s、61.1m/s、71.1m/s。各季节平均风速空间分布特征与年平均风速分布基本一致，东部沿海地带和西部大部分地区、内蒙古北部风速较大，中部地区一般较小。分散的风速高值中心分布在新疆西北部、西藏南部、青海西部、内蒙古大部、甘肃北部、东北大部、以及山东、江苏、浙江和福建沿海等地，平均风速都在 2m/s 以上，其中青海西部、东北中部、胶东半岛和内蒙古西部长年维持着高值中心。季节平均风速的低值中心主要分布在四川盆地及其周围的山地和丘陵地区。



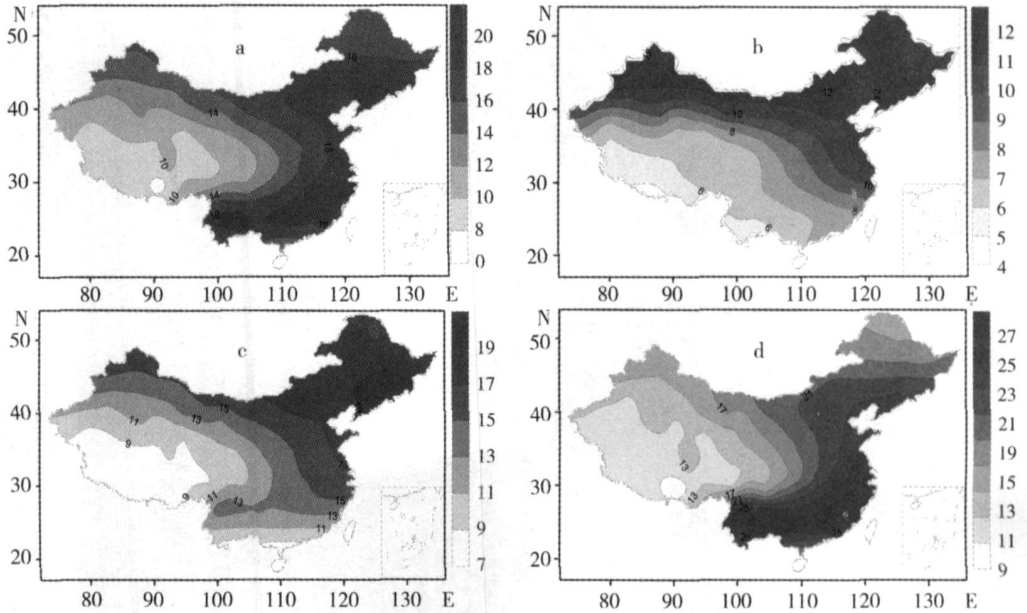
(a) 春季 (b) 夏季 (c) 秋季 (d) 冬季

图 6 地面各季节多年平均风速值分布 (单位: m/s)

Fig 6 Distribution of seasonal mean wind speeds at surface over China (Unit: m/s)

图 7 给出 500hPa 各季节平均风速值的分布特点。500hPa 平均风速以冬季为最大，春季次之，夏季最小；冬季最大风速为 281.5m/s，夏季最大风速为 121.5m/s。各季节平均风速分布特征存在较明显的差异。

春季分布特点与年平均风速相似，在青藏高原南部存在一个明显的弱风速区，在高原地形的影响下，东部出现南北两支高风速区，对应对流层中层西风急流位置，其中南支大致位于 25°~28°N，北支大致位于 42°~45°N，最大风速在 18 m/s 以上；夏季高原上的弱风速区扩展到南部和西南部地区，最大风速区明显北移并向西扩展，强度较春季有所减弱，最大风速区的风速在 12 m/s 以上；秋季风速分布与春季相近，最大风速较夏季有所



(a) 春季 (b) 夏季 (c) 秋季 (d) 冬季

图7 500hPa 各季节多年平均风速值分布 (单位: m/s)

Fig 7 Distribution of seasonal mean wind speeds at 500hPa over China (Unit: m/s)

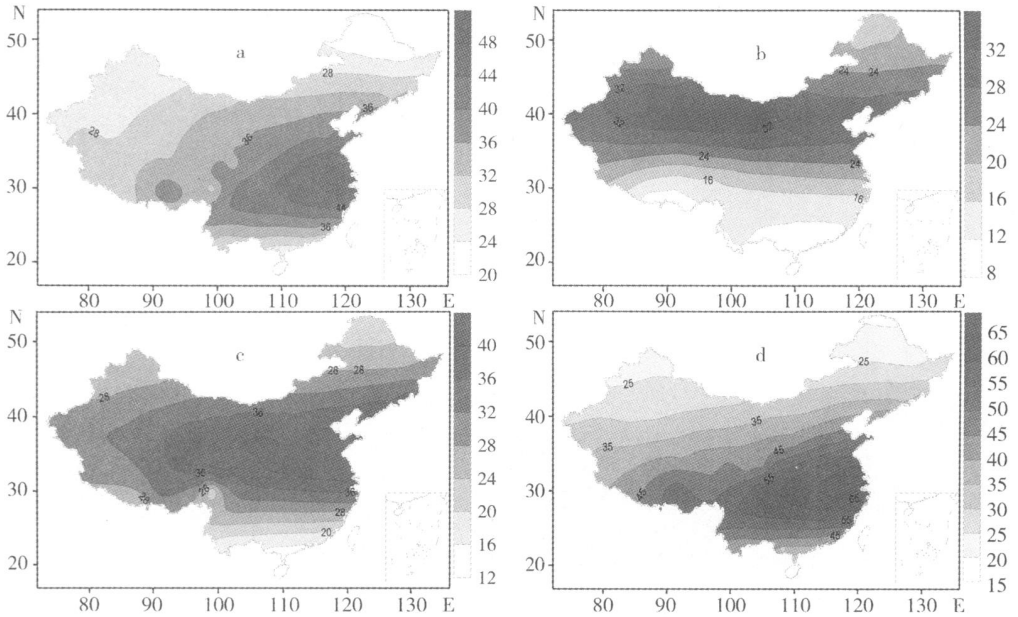
增大,北方的最大风速轴变为西北东南走向,风速中心在东北东南部,最大风速在20m/s以上,同时对应于南支西风急流的高风速区雏形开始显现;冬季在南部发展成一个很强的大风速地带,最大风速轴呈东西走向,大致位于25b~28bN之间,最大风速达到27m/s以上,对应南支西风急流所在位置。冬季青藏高原上是一个弱风区,平均风速不到13m/s。

在200hPa,各个季节大风速区基本呈东西走向的带状分布(图8)。这个高度是西风急流轴所在位置。大风速区位置的演替反映了我国对流层上部西风急流位置、范围和强度的季节更迭。

春季高风速区基本位于26b~33bN之间,最大风速中心在江淮之间,平均风速可达45m/s以上(图8a)。这个高风速带对应西风急流轴的位置,大体呈东北东-西南西走向。春季平均风速在东北北部、新疆和华南地区相对较低,其中东北北部和海南岛不足25m/s。

夏季平均风速明显减弱,最大风速在32m/s以上,高风速地带的位置与春季比较发生了显著变化,北移西迁至南疆到内蒙古西部一带(图8b),对应夏季对流层上部西风急流的位置。最大风速中心相对于春季的变化与青藏高原夏季低层的异常加热及其对流层上层强大的南亚高压作用具有密切联系。夏季的相对弱风速区主要在华南和青藏高原东南部地区,一般不足15m/s,大体相当于热带东风急流所影响的区域。

秋季最大风速区域移到黄河、淮河之间,西北地区的高风速带不复存在(图8c)。最大平均风速较夏季略有加强,可达40m/s以上。高风速地带的轴心走向与夏季相似,呈西北西-东南东方向,与对流层上部的西风急流轴位置相互对应。秋季的最小风速区位于



(a) 春季 (b) 夏季 (c) 秋季 (d) 冬季

图 8 200hPa 各季节多年平均风速值分布 (单位: m/s)

Fig 8 Distribution of seasonal mean wind speeds at 200hPa over China (Unit: m/s)

华南沿海上空, 东北北部风速也较弱。

冬季平均风速的分布情况与春季类似, 但风速值比春季增大, 最大风速带位置比春季偏南, 平均风速的经向梯度达到全年最大 (图 8d)。冬季西风急流为各季最大, 急流轴位置最偏南, 与最大风速带风速增强及位置偏南是一致的。长江三角洲一带平均风速最大, 可达 65m/s 以上。北疆、东北北部和海南岛地区平均风速最小, 一般不到 25m/s。

5 结论与讨论

本文利用 119 个台站最新的探空风资料, 对我国各等压面的多年平均风速时空分布特征进行了分析, 获得以下结果:

(1) 年和四季平均风速随高度的变化趋势基本相似, 200hPa 以下, 风速随高度增加逐渐增加, 地面平均风速最小, 在 200hPa 附近平均风速达到最大值; 200hPa~30hPa 之间, 风速随高度增加逐渐降低, 但 30~20hPa 之间风速随高度增加再呈增加趋势。春、秋季平均风速随高度分布情况与年平均相似, 但冬、夏季的分布差异非常明显。冬、夏季平均风速均在 200hPa 附近达到最大值, 但冬季平均风速为 401.6m/s, 而夏季则只有 221.8m/s。

(2) 700hPa 以上各层月平均风速的季节变化特点十分明显, 冬春季风速大, 夏秋季风速小。700hPa 及其以上最大风速均出现在 1 月; 850hPa 和地面最大风速发生在 4 月。月平均最小风速在 500hPa 以下出现在 8 月, 以上出现在 7 月。对流层月平均风速的年较差从下向上增加。西风急流附近不仅平均风速最高, 而且风速的年较差也最大。

(3) 地面年平均风速在我国东部和西部较大, 中部较小。胶东半岛是我国地面年平

均风速最强地区,而四川盆地及其邻近的山地丘陵地面年平均风速最弱。500hPa年平均风速分布表现为西低东高态势,最大风速中心出现在辽东半岛东部,青藏高原风速较小。200hPa年平均风速在江淮地区出现最大中心,华南和东北北部风速较弱。

(4) 500hPa春、秋季平均风速分布特点与年平均风速相似,夏季最大风速区北移并向西扩展,冬季在南部有一个很强的大风速带,最大风速在27 m/s以上,对应南支西风急流所在位置。200hPa各季强风速区基本呈东西走向的带状分布,其中春季最大风速中心在江、淮之间;夏季移至南疆到内蒙古西部;秋季位于黄河、淮河之间;冬季位置最南,平均风速最大,风速的经向梯度也达到全年最高。

由于高空风速与下垫面和下层大气的热力状态和辐射平衡变化密切相关,在大气中的动能、热量、水汽和气溶胶等能量和物质输送、交换中发挥着关键作用,因此,了解高空风速气候特征,对于进一步认识地面气候的时空分异现象和动力过程具有重要帮助。此外,现代航空、航天事业 and 环境保护事业的飞速发展对高空风速气候学也提出了特殊要求。例如,高空强风区和大风速切变带对火箭发射和飞行有较大影响^[13,14],火箭发射宜选择在地面和高空风速较弱、风速切变较小的地区和季节;城市和区域污染物、粉尘和花粉的扩散和传输也依赖高空风速和风向^[15~17]。本文研究结果在航空、航天和环保等领域将具有一定潜在应用价值。

参考文献:

- [1] Peixoto J P, Oort A H | 吴国雄,刘辉等译 | 气候物理学,北京:气象出版社,1995. 104~ 141
- [2] Kastendeuch P P, Najjar G. Uppe2air wind profiles investigation for tropospheric circulation study, *Theoretical and Applied Climatology*, 2003, 75 (34): 10. 1007/s007040030736.
- [3] 李崇银 | 气候动力学引论 | 北京:气象出版社,2000 | 515
- [4] Blackmon M L, Wallace J M, Lau N C, et al. An observational study of the northern Hemisphere wintertime circulation. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 1977, 34 (7): 1040~ 1053.
- [5] 王绍武,赵宗慈,龚道溢,周天军(编著) | 现代气候学概论 | 北京:气象出版社,2005 | 241
- [6] Essenwanger O M, Reising G H R | Wind profile climatology of New Orleans, Louisiana, 1967 Report No1 RR2TR2 6728, A Project No1 IV014501B538, AMC Management Structure Code No1 50111 111 862
- [7] Pinard J B | Wind climate of the Whitehorse area Arctic, 2007, 60 (3): 227~ 237.
- [8] 杨大昇 | 北京低层高空的风速分布 | 气象学报, 1957, 15 (3): 185~ 197.
- [9] 杨大昇,李麦村 | 汉口低层高空的风速分布 | 北京大学学报(自然科学版), 1957, (4): 453~ 465.
- [10] 邹进上,汪静,王梅华 | 高空气候学 | 北京:气象出版社,1992 | 103~ 107.
- [11] 马瑞平,廖怀哲 | 中国地区20~ 80km高空风的一些特征. *空间科学学报*, 1999, 19(4): 334~ 341.
- [12] 王丽琼,张立凤 | 台北高空气象要素年变化特征分析. *气象科学*, 2001, 21(2): 193~ 199.
- [13] 赵人灏,陈振官,付维贤. 风切变与运载火箭设计. *宇航学报*, 1998, 19 (2): 105~ 108.
- [14] 贾沛然,陈克俊,等. 远程火箭弹道学. 长沙:国防科技大学出版社,1993.
- [15] 王赞红,许清海 | 现代尘暴和非尘暴天气大气花粉特征及其环境意义 | 地理研究, 2006, 25 (2): 262~ 267.
- [16] 孟燕军,程丛兰 | 影响北京大气污染物变化的地面天气形势分析 | 气象, 2002, 28 (4): 42~ 47.
- [17] Griffin D W, Kellogg C A, Garrison V H, et al. The global transport of dust | *American Scientist*, 2002, 90(3): 228~ 235

Climatology of upper wind speeds over China

REN Guoyu¹, ZHANG Aiyi^{1, 2}, WANG Ying³, GUO Jun⁴

(¹ Laboratory for Climate Studies, CMA, National Climate Center, Beijing 100081, China;

² Chinese Academy of Meteorological Science, CMA, Beijing 100081, China;

³ Meteorological Data Section, National Meteorological Information Center, CMA, Beijing 100081, China;

⁴ Climate Center of Tianjin Meteorological Bureau, Tianjin 300074, China)

Abstract: The annual and seasonal mean wind speeds of upper atmosphere in the period 1980~2006 over China are analyzed for 13 heights (850 hPa, 700 hPa, 500 hPa, 400 hPa, 300 hPa, 250 hPa, 200 hPa, 150 hPa, 100 hPa, 70 hPa, 50 hPa, 30 hPa, 20 hPa) and surface using the radio sounding data from 119 stations. The data are well distributed across the country, and they are standardized before the analysis. The result of our study presents a clear temporal and spatial pattern of mean wind speeds. The country-averaged annual and seasonal mean wind speeds usually increase with height up to 200 hPa, where they reach the maximum. Wind speeds then drop with height between 200~30 hPa, and they again increase above 30 hPa. Mean wind speeds of spring and autumn months bear more similar vertical change with annual mean wind speeds, while winter and summer see a marked contrast, with the winter mean wind speeds at various heights especially above 500 hPa being significantly larger than those of summertime. Generally speaking, mean wind speeds and the yearly range obviously increase from the surface to 200 hPa where subtropical westerly jet stream core is located. The horizontal distribution features of mean wind speeds are also generalized. The surface annual wind speeds are usually larger in western and eastern coastal regions, and smaller in central parts of China; Higher annual mean wind speeds at 500 hPa are observed in eastern China, with the maximum wind speeds spot over the Liaodong Peninsula of Northeast China, and lower wind speeds at this height go over the Tibetan Plateau; Annual mean maximum wind speeds at 200 hPa are between the Yangtze and Huaihe rivers. At the surface, seasonal mean wind speeds have a similar horizontal distribution with annual ones. At 500 hPa, however, the maximum wind speeds for different seasons are obviously distributed in different regions. The belt of maximum wind speeds in wintertime are observed in southern China, while it moves to the north and extends to the west in summertime. Maximum seasonal mean wind speeds at 200 hPa are seen in an east-west belt. The belt is located between the Yangtze and Huaihe rivers in spring months, in southern Xinjiang and western Inner Mongolia in summertime, between the Yellow and Huaihe rivers in autumn, and in southern China in wintertime, which corresponds well to the seasonal movements of subtropical westerly jet stream at the upper troposphere.

Key words: upper air; surface; wind speed; climatology; troposphere; stratosphere; westerly jet stream; China