黄山冬季气温分类及雪、雨凇和雾凇的气候分析*

吴有训 陈健武 杨保桂

(安徽省黄山气象管理处,黄山,242709) (安徽省宣城地区气象局,宣州,242000)

张 兵 江 斌 徐 巍 王进宝

(安徽省黄山气象管理处,黄山,242709)

摘 要

用对应分析方法对黄山1956～1996年冬季气温进行聚类分析。结果表明:Ⅰ类冬季气温特点,后冬冷于前冬,隆冬气温很高,冬季气温低;Ⅱ类特点,前冬暖后冬冷,隆冬气温很低,冬季气温正常;Ⅲ类后冬暖前冬冷,隆冬气温偏高,冬季气温高。Ⅰ类冬季降雪、积雪、雨凇和雾凇日数多;Ⅱ类冬季积雪日数多,降雪、雨凇和雪凇日数少;Ⅲ类冬季降雪日数正常,雨凇日数偏多,积雪和雾凇日数偏少。各类冬季降雪、积雪、雨凇和雾凇日数的冬季月分布差异明显。

ENSO对黄山冬季气温有明显影响,El Nino年黄山多为暖冬年份,冬季平均气温正距平百分比18.8%。关于中高纬度和极区环流与黄山冬季气温关系也进行了初步探讨。

关键词:黄山,冬季气温,雪,雨凇,雾凇,聚类分析。

1 引 言

1991年在联合国召开的"黄山旅游与环境协调发展国际研讨会"上,来自联合国环境署、世界旅游组织的40多名外国专家在考察黄山后,一致认为:作为世界自然和文化遗产的黄山在环境与资源利用方面作了积极努力。黄山自然景观由山体景观和气象景观相互构成,开发利用黄山旅游气候资源也是重要的一方面。黄山年平均降雪日数37.7 d、雨凇41.9 d、雾凇65.6 d,这类天气现象从9月延续到次年5月,是重要的冬季旅游气候资源。

用对应分析方法对黄山冬季气温进行分类,并给出各类的雪、雨凇和雾凇的气候特征,同时分析了大气环流特征与黄山冬季气温的关系,为长期预报及开发利用黄山旅游气候资源提供依据。

2 资料与对应分析计算方案[1]

采用资料分为两部分,一是黄山光明顶1956～1996年地面气象观测资料,其中电线积冰和积雪深度项目因1966年12月到1972年12月停止观测,这部分资料缺;二是500 hPa月平均环流指数、极涡中心位置资料,取自国家气候中心。

设原始资料阵 $\mathbf{X}$,阵中元素为 $X_{ij}(i=1,2,\cdots,p;j=1,2,\cdots,n)$,求一个时间空间相对比例阵 $\mathbf{Z}$,

* 初稿时间:1997年12月3日;修改稿时间:1998年11月23日。

$$Z_{ij}=\frac{P_{ij}-P_{i\cdot}P_{\cdot j}}{\sqrt{P_{i\cdot}P_{\cdot j}}}\quad(i=1,2,\cdots,p;j=1,2,\cdots,n)\tag{1}$$

其中

$$P_{ij}=X_{ij}\Big/\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{n}X_{ij},P_{i\cdot}=\sum_{j=1}^{n}P_{ij},P_{\cdot j}=\sum_{i=1}^{p}P_{ij}$$

矩阵 $\boldsymbol{Z}$ 与转置矩阵 $\boldsymbol{Z}'$ 的乘积

$$\boldsymbol{R}=\boldsymbol{Z}\boldsymbol{Z}'\ 及\ \boldsymbol{Q}=\boldsymbol{Z}'\boldsymbol{Z}\tag{2}$$

由此可计算公共因子分量

$$f_{ik}(R)=U_{jk}\Big/\sqrt{P_{\cdot j}}\quad(j=1,2,\cdots,n)\tag{3}$$

$$f_{ik}(Q)=V_{ik}\Big/\sqrt{P_{i\cdot}}\quad(i=1,2,\cdots,p)\tag{4}$$

式中 U_{jk} 为 $\boldsymbol{Q}$ 阵的第 k 个特征向量中第 j 个元素,V_{ik} 为 $\boldsymbol{R}$ 阵中第 k 个特征向量中第 i 个元素。

3　黄山冬季气温的对应分析

根据计算方案,用 FORTRAN 语言编程,并用黄山冬季 12,1,2 月平均气温的 1956～1996 年资料,用 486 微型计算机求其数值解。先求得矩阵 $\boldsymbol{R}$

$$R=\begin{pmatrix}0.00600 & -0.00363 & -0.00237\\ -0.00363 & 0.00709 & -0.00346\\ -0.00237 & -0.00346 & 0.00582\end{pmatrix}$$

解出其特征值 $\lambda_1=0.01064,\lambda_2=0.00827,\lambda_3=0.00000$。由于前两个公共因子对应的方差量已占总方差的 99.99%,故取它们作主要因子。求出的空间点变量的两个公共因子

$$F_1(\boldsymbol{Q})=\begin{pmatrix}-0.784\\ 1.411\\ -0.627\end{pmatrix},\qquad F_2(\boldsymbol{Q})=\begin{pmatrix}-1.177\\ -0.091\\ 1.267\end{pmatrix}$$

时间点变量两个公共因子的 80 个分量见表 1。

表 1　R 阵中求得第 k 个公共因子的第 j 个分量 $f_{jk}(\boldsymbol{R})$

	j										
k	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	2.11	−0.88	−1.52	−0.27	0.26	−1.99	−2.34	0.24	0.85	0.75	0.09
2	−1.09	−0.62	0.18	0.76	0.36	0.74	−1.25	−1.45	0.93	1.73	−0.27

（续表）

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
3.35	0.28	−1.06	−1.27	1.15	−0.58	1.56	0.04	0.20	−0.98	−1.05	−0.16
−0.27	−1.80	1.96	−0.24	−1.14	1.46	0.02	0.23	2.61	−0.77	−1.23	0.15

（续表）

24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
−0.08	0.56	1.08	0.43	−0.47	0.32	0.58	0.10	0.69	0.02	−0.22	−0.36
−1.90	0.79	0.74	0.39	−0.16	0.97	−0.43	0.31	−0.46	−0.18	0.38	−0.24

（续表）

36	37	38	39	40
−0.04	−1.41	0.67	−0.59	0.91
−0.54	0.21	0.15	−1.64	−0.32

以两个公共因子为轴，将3个空间点及40个时间点作图1。

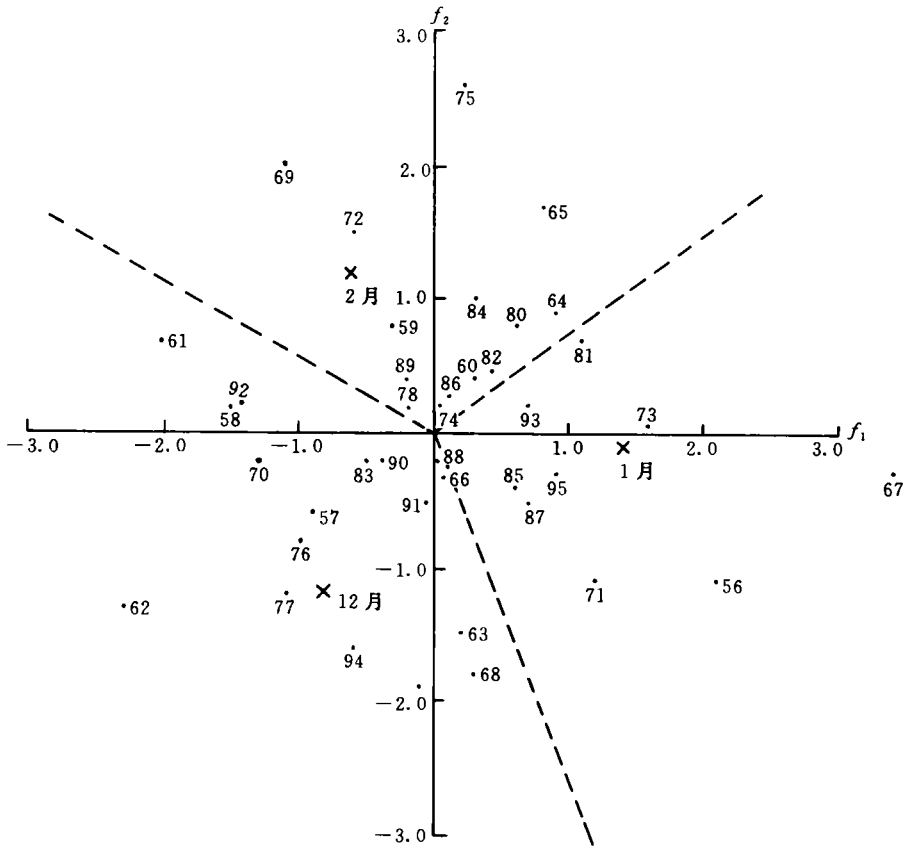


图1 黄山冬季气温对应分析

（两位数表示年份19××年，1，2，12月表示空间点）

4 黄山冬季气温的分类及特点

图1中根据因子在空间点子的聚集情况，把黄山历年冬季气温分成3类（见表2）。Ⅰ类12，1和2月平均气温分别为−1.7，−1.6，−3.3℃，冬季平均气温为−2.2℃；Ⅱ类的12，1和2月平均气温分别为0.7，−3.9，−2.0℃，冬季平均气温为−1.7℃；Ⅲ类的12，1和2月平均气温分别为−0.9，−2.1，0.1℃，冬季平均气温为−1.0℃。黄山历年冬季平均气温为−1.6℃，比较各类的气温月分布和季平均气温差异显著。

表2　黄山冬季气温分类

类别	年数	年份	主要特点
Ⅰ类	9	1956,1967,1971,1973,1981,1985,1987,1993,1995	后冬冷于前冬,隆冬(1月)气温很高;冬季气温低
Ⅱ类	17	1957,1958,1961,1962,1963,1966,1968,1970,1976,1977,1979,1983,1988,1990,1991,1992,1994	前冬暖后冬冷,隆冬气温很低;冬季气温正常
Ⅲ类	14	1959,1960,1964,1965,1969,1972,1974,1975,1978,1980,1982,1984,1986,1989	后冬暖前冬冷,隆冬气温偏高;冬季气温高

5　各类的降雪和积雪气候特点

表3是各类降雪和积雪的平均日数。表3中,Ⅰ类降雪日数前冬少后冬多,隆冬略偏多,冬季降雪日数偏多;Ⅱ类各月降雪日数接近常年略偏少;Ⅲ类降雪日数前冬多后冬少,隆冬略偏多,冬季降雪日数正常。Ⅰ类日最大降雪量为24.9 mm(1956年1月15日),Ⅱ类为28.0 mm(1976年11月16日),Ⅲ类为30.0 mm(1969年3月13日)。Ⅰ类积雪日数前冬和隆冬略偏少,后冬多;冬季略偏多。Ⅱ类积雪日数前冬偏少,隆冬和后冬偏多;冬季略偏多。Ⅲ类积雪日数前冬偏多,隆冬和后冬偏少;冬季偏少。Ⅰ类最大积雪深度为17 cm(1985年12月11日),Ⅱ类为26 cm(1988年1月13日),Ⅲ类为20 cm(1960年2月16日)。

表3　各月降雪和积雪平均日数

项　目	类　别	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	全年
降雪	Ⅰ	0.3	2.2	5.3	11.1	12.8	6.1	2.4	0.0	40.3
	Ⅱ	0.2	2.3	6.1	10.4	9.1	5.9	1.2	0.2	35.5
	Ⅲ	0.2	2.2	8.1	11.1	7.6	7.4	1.9	0.0	38.6
积雪	Ⅰ	0.1	1.7	7.9	13.4	16.6	6.4	1.1	0.0	47.2
	Ⅱ	0.0	3.2	7.5	17.5	13.3	6.5	0.8	0.1	48.9
	Ⅲ	0.1	1.1	10.2	13.9	9.7	6.9	0.4	0.0	42.3

6　各类的雨凇和雾凇气候特点

图2和图3分别是各类的雨凇和雾凇频数月分布图,图中实线表示Ⅰ类,点划线表示Ⅱ类,虚线表示Ⅲ类。图2中,Ⅰ类雨凇频数前冬偏小,隆冬和后冬略偏大,平均频数31.9%。Ⅱ类各月雨凇频数接近常年略偏小,平均频数27.7%。Ⅲ类雨凇频数前冬偏大,隆冬和后冬略偏小,平均频数31.0%。雾凇频数月分布与雨凇很相似。Ⅰ类雾凇频数前冬略偏小,隆冬略偏大,后冬偏大,平均频数54.5%。Ⅱ类雾凇频数前冬略偏小,隆冬和后冬正常,平均频数46.8%。Ⅲ类雾凇频数前冬偏大,隆冬和后冬略偏小,平均频数49.0%。

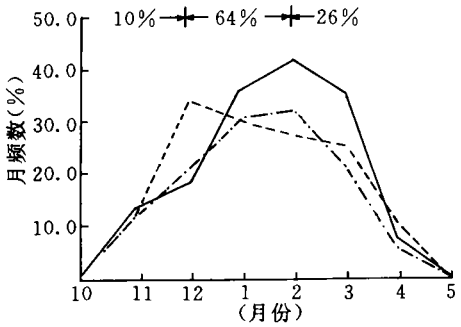


图2　各类雨凇频数月际变化

10月到次年5月，冬季雨凇日数占64%，冬季雾凇日数占68%。

雨凇、雾凇凝附在导线上或湿雪冻结在导线上的现象，称为电线积冰[2]。表4分类给出其直径、厚度和重量的最大值。Ⅰ类、Ⅱ类直径和厚度最大值出现在2月，Ⅰ类量值大于Ⅱ类；Ⅲ类的直径和厚度最大值一般出现在12月，量值也大于Ⅱ类。最大直径1350 mm，出现在Ⅰ类；最大重量为12148 g·m^{-1}，出现在Ⅲ类。最大重量往往出现在11月或4月，其原因是这个时期电线积冰的雨凇成分大。

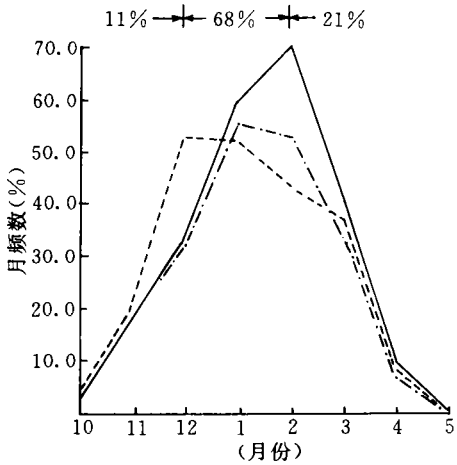


图3 各类雾凇频数月际变化

表4 各类的电线积冰最大值

类别		南北向			东西向		
		直径(mm)	厚度(mm)	重量 (g·m^{-1})	直径(mm)	厚度(mm)	重量 g·m^{-1}
Ⅰ	数值	1350	750	2680	880	650	2928
	日期	1956.2.7	1956.2.7	1987.2.28	1956.2.7	1956.2.7	1981.11.27
Ⅱ	数值	220	90	4656	215	95	5140
	日期	1983.2.18	1983.2.6	1979.4.26	1983.2.18	1983.2.6	1976.11.11
Ⅲ	数值	413	109	12148	248	107	4820
	日期	1975.12.13	1959.12.20	1975.12.13	1978.4.2	1975.12.9	1978.4.2

7 黄山冬季气温与ENSO关系

El Niño/La Niña事件会引起全球范围的天气气候异常，它与中国冬季气温也有密切关系。Ni Yunqi等[3]的研究结果表明大气对海温异常有瞬时响应和滞迟后效应。在El Niño年西太平洋副热带高压较常年偏强，面积大，西伸明显，而在La Niña年，西太平洋副热带高压偏弱，面积小，位置偏东[4]；冬季副热带高压对黄山的天气仍有影响。因此，研究黄山冬季气温与ENSO关系，为长期预报提供背景资料。

表5给出了1957～1995年间13个El Niño年和9个La Niña年与黄山冬季气温类型。El Niño年只有2a出现Ⅰ类(占15%)；有6a出现Ⅱ类；5a出现Ⅲ类(共占85%)；冬季平均气温距平百分比为18.8%，即El Niño年冬季气温多偏暖年份；周琴芳、翟盘茂[5]分析了1994/1995年ENSO事件的气候影响，在1994年冬季，北半球中高纬地区气温持续偏高，异常状况仅次于1990～1991年冬季；结果与其基本一致。La Niña年有3a出现Ⅰ类，2a出现Ⅱ类，4a出现Ⅲ类，虽然各类出现情况分散，但冬季的平均气温为负距平百分比(−12.5%)，即La Niña年容易出现寒冷年份，1967年冬季出现有记录以来最低季平均气温−5.0℃。

表 5　El Niño/La Niña 与黄山冬季气温类型

El Niño 年	类型/年份	La Niña 年	类型/年份
1957～1958	Ⅱ类/1957 年	1964	Ⅲ类/1964 年
1963～1964	Ⅰ类/1963 年	1967～1968	Ⅰ类/1967 年
1965～1966	Ⅲ类/1965 年	1970～1971	Ⅱ类/1970 年，Ⅰ类/1971 年
1968～1970	Ⅱ类/1968 年，Ⅲ类/1969 年	1973～1975	Ⅰ类/1973 年，Ⅲ类/1974 年
1972～1973	Ⅲ类/1972 年	1975～1976	Ⅲ类/1975 年
1976～1977	Ⅰ类/1976 年	1984～1985	Ⅲ类/1984 年
1982～1983	Ⅲ类/1982 年	1988～1989	Ⅱ类/1988 年
1986～1988	Ⅲ类/1986 年，Ⅰ类/1987 年		
1991～1992	Ⅱ类/1991 年		
1993～1994	Ⅰ类/1993 年		
1994～1995	Ⅱ类/1994 年		

* 本文指 El Niño/La Niña 事件延续到冬季的年份，称该年为 El Niño/La Niña 年。

8　黄山冬季气温与亚洲地区中高纬度 500 hPa 环流特征

El Niño/La Niña 事件连续多年(可间隔 1a 左右)出现后，存在准 4a 左右的间歇期。它们的出现可以明显地影响黄山冬季气温，但它们出现与否不是黄山冬季气温类型区分的必要条件。天气事实的分析表明，黄山冬季气温的变化与大气环流有一定的关系。

计算黄山冬季各月平均气温与亚洲地区(45～65°N，60～150°E)月平均纬向环流指数、经向环流指数的相关系数。月平均气温与月平均纬向环流指数相关系数均为正值，12，1 月相关系数通过信度 α 为 0.05 的显著性检验，2 月相关系数通过信度 α 为 0.001 的显著性检验；月平均气温与月平均经向环流指数相关系数均为负值，其中 12 月相关系数达 −0.72，信度超过 0.001。图 4 是黄山历年 12 月平均气温距平与亚洲地区 12 月平均经向环流指数距平变化曲线，除 1958，1962，1972，1976 和 1978 年趋势比较明显相同外，两条曲线趋势基本相反，关于距平零线对称。相关系数计算结果表明，冬季西风强盛时，纬向环流指数大，中纬度气流多近于纬向，由于西风急流的屏障作用，使冷空气不易南侵，黄山气温偏高；经向气流强时，经向环流指数大，此时东亚沿海多为一深槽，槽后西北气流带来大量冷空气，使黄山出现低温。

图 5 是 1956～1993 年间黄山 12 月平均气温与亚洲地区 500 hPa 月平均极涡中心位置。月平均气温偏高年份极涡中心位置多在 70°N 以北，占 88%，仅 1958 年极涡中心位置在 68°N，103°E，接近 70°N；极涡龟缩极地附近，使冷空气聚集于高纬度地区或路径偏北，不易向南扩散，造成黄山气温偏高。气温正常或偏低年份的极涡中心位置分布在 120°E 以东，70°N 以南。1，2 月极涡的分布与黄山气温无明显规律性。

9　结　语

基于观测资料对黄山冬季(12 月到次年 2 月)气温、雪、雨凇和雾凇，以及相应的环流状况进行了分析研究，目的在于了解黄山冬季气温、雪、雨凇和雾凇的变化规律和原因，通过分析，得出如下结论：

(1)用对应分析法黄山冬季气温可分成 3 种类型，各类气温的月分布、冬季平均气温

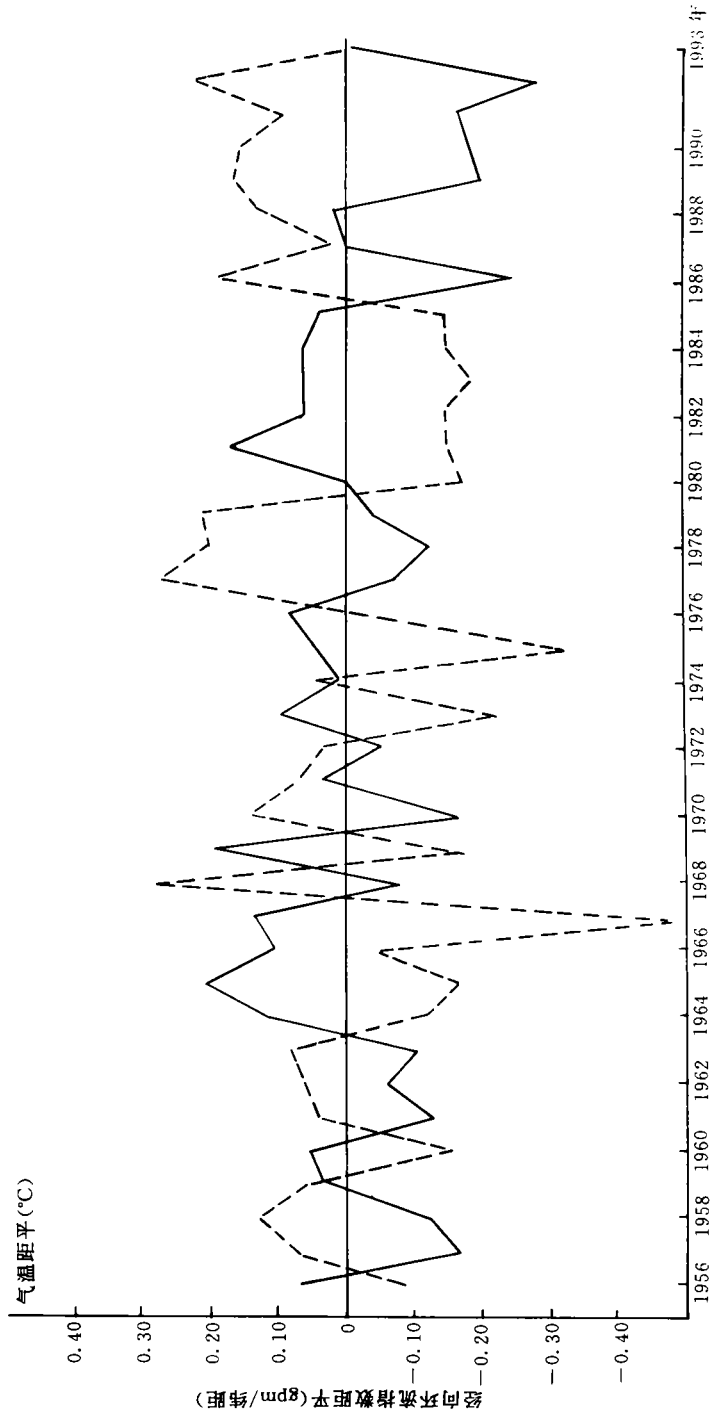


图 4 历年 12 月黄山平均气温距平与亚洲地区平均经向环流指数距平度化曲线

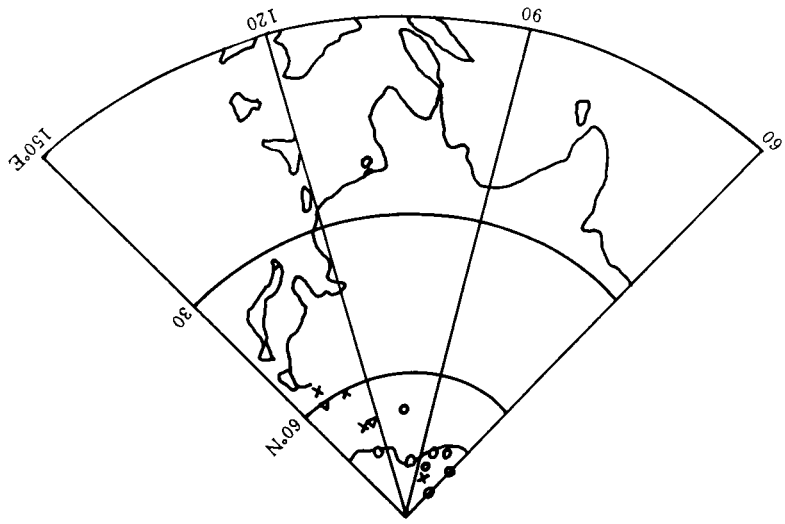


图 5　黄山 12 月平均气温与亚洲地区 500 hPa 月平均极涡中心位置

（0 表示月平均气温偏高，△表示平均气温正常，×表示月平均气温偏低）

都有显著差异。Ⅰ类后冬冷于前冬，隆冬气温很高；冬季气温低。Ⅱ类前冬暖后冬冷，隆冬气温很低；冬季气温正常。Ⅲ类后冬暖前冬冷，隆冬气温偏高，冬季气温高。

（2）按气温分类的年份，统计观测资料得出的雪、雨凇和雾凇的气候特征也有明显区别；Ⅰ类冬季降雪、积雪、雨凇和雾凇日数多；Ⅱ类冬季积雪日数多，降雪、雨凇和雾凇日数少；Ⅲ类降雪日数正常，雨凇日数偏多，积雪和雾凇日数偏少。

（3）ENSO 对黄山冬季气温有明显影响，El Niño 年黄山冬季多出现Ⅱ、Ⅲ类型气温，共占 85%，冬季平均气温正距平百分比 18.8%；La Niña 年冬季平均负距平百分比 −12.5%。

（4）冬季亚洲地区中纬度西风急流屏障作用，使高纬度地区冷空气不易南侵，因此月平均纬向环流指数与黄山月平均气温正相关；沿海槽后西北气流强，带来大量冷空气，造成黄山降温，月平均气温与月平均经向环流指数呈负相关，12 月份相关系数达 −0.72。

黄山冬季气温和天气现象变化是很复杂的，影响因素也很多，需要综合分析研究，方能使黄山冬季的要素预报有明显提高。

参考文献

1　黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法. 北京：气象出版社，1990. 218～224

2　中央气象局. 地面气象观测规范. 北京：气象出版社，1979. 89～94

3　Ni Yunqi, Lin Wuyin, Wang Wanqin. Numerical study for potential predicability of short term anomalous climate caused by El Niño. Adv Atoms sci, 1993, 10(1): 1—10

4　章基嘉. 中长期天气预报基础. 北京：气象出版社，1994. 457～458

5　周琴芳，翟盘茂. 1994/1995 年 ENSO 事件的诊断分析. 气象，1996，22(2)：18～23

TYPE OF THE WINTER AIR TEMPERATURE IN HUANGSHAN MOUNTAIN AND ITS CLIMATIC ANALYSIS OF SNOW GLAZE AND RIME

Wu Youxun Chen Jianwu Yang Baogui

(*Huangshan Meteorological Office, Anhui*, 242709) (*Xuancheng Meteorological Office, Anhui*, 242000)

Zhang Bing Jiang Bin Xu Wei Wang Jinbao

(*Huangshan Meteorological Office, Anhui*, 242709)

Abstract

Using correspondence analysis method the winter air temperature in Huangshan mountain is analysesed with the meteorological data from 1956 to 1996. Three types of winter air temperature and correspondence three weathers are discussed.

An obvious inflence of ENSO on the winter air temperature is investigated. In general the winter in El Niño year is warmer than nomal. Pleion percent of the winter season mean air temperture in Huangshan are discussed.

Key words: Huangshan mountain, Winter air temperature, Snow glaze, Rime cluster analysis.