

文章编号: 1000-2022(2003) 06-0733-07

青藏高原积雪与亚洲季风 环流年代际变化的关系

刘华强¹, 孙照渤², 朱伟军²

(南京气象学院 1. 气象灾害和环境变化重点开放实验室; 2. 大气科学系, 江苏 南京 210044)

摘 要: 利用高原测站的月平均雪深资料和 NCEP/NCAR 再分析资料, 分析了 20 世纪 70 年代末以来, 青藏高原积雪的显著增多与亚洲季风环流转变的联系。研究表明, 高原南侧冬春季西风的增强及西风扰动的活跃是造成青藏高原冬春积雪显著增多的主要原因, 高原积雪的增多与亚洲夏季风的减弱均是亚洲季风环流转变的结果; 20 世纪 70 年代末以来, 夏季华东降水的增多、华南降水的减少及华北的干旱化与青藏高原冬春积雪增多及东亚夏季风的减弱是基本同步的, 高原冬春积雪与华东夏季降水的正相关、与华北及华南夏季降水的负相关主要是建立在年代际时间尺度上, 因此, 高原积雪与我国夏季降水关系的研究应以亚洲季风环流的年代际变化为背景。

关键词: 青藏高原积雪; 亚洲季风; 年代际变化

中图分类号: P732.6 **文献标识码:** A

青藏高原积雪对亚洲气候的影响一直为中外气候学家所瞩目。早在 1884 年, Blanford^[1] 根据少量观测资料提出了印度夏季风降水与喜马拉雅前冬春积雪之间的负相关。我国气象学家注意到了青藏高原冬春积雪异常与我国汛期降水及环流的可能联系, 叶笃正等^[2] 指出青藏高原异常雪盖是长期天气预报的一个重要因子, 陈烈庭^[3-4] 发现青藏高原冬春季异常雪盖对江南前汛期降水的影响是显著的, 并分析了青藏高原积雪异常和 ENSO 事件对我国 1998 年长江流域洪涝的共同作用。在青藏高原积雪与亚洲季风之间关系的问题上也存在不同意见, 李培基^[5] 认为青藏高原前冬积雪深度与次年夏季印度季风降水量之间不存在明显的相关关系, 雨量变化的主要原因不是高原积雪异常。从目前的研究成果来看, 青藏高原积雪与中国夏季风降水之间的关系是相当复杂的, 所得结论也存在较大的不一致性。相当多的研究是从年际变化的角度来分析青藏高原积雪异常与中国夏季降水之间的关系, 而忽视了这种关系所处的亚洲季风环流年代际变化的背景, 尤其是 20 世纪 70 年代末以来亚洲季风环流的转变。到目前为止, 青藏高原积雪与东亚夏季风及降水之间“隔季相关”的本质并不十分清楚, 要弄清这个问题, 首先要了解青藏高原积雪与亚洲季风年代际变化的相互联系。

收稿日期: 2003-01-03; 改回日期: 2003-06-13

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目 (G1998040901-03); 南京气象学院气象灾害和环境变化重点开放实验室开放课题项目 (K2107)

作者简介: 刘华强 (1965-), 男, 江苏泰兴人, 副教授, 博士后, 现在解放军理工大学气象学院工作。

1 青藏高原积雪的年代际变化特征

所用资料为 1957—1993 年高原 56 个站的月平均雪深值。站点分布如图 1 所示,可以看出测站主要分布在高原东部地区。由于高原 56 个测站的缺测记录较多,本文只选取记录数超过 32 a 的测站进行分析。

图 2 给出了高原冬季和春季月平均雪深(水当量)距平的逐年变化。由图 2 可以看出,在 20 世纪 70 年代末期前后,高原雪深距平存在显著的变化。以 1957—1977 年和 1978—1993 年两个时段为例进行讨论。冬季,1957—1977 年间以负距平为主,21 a 中负距平年达到 14 a;1978—1993 年间,则以正距平为主,16 a 中正距平年达到 10 a。春季,这种雪深距平的变化特征更为明显,1957—1977 年间,负距平年有 17 a,占 81%;1978—1993 年间,正距平年有 11 a,占 69%。由此可见,青藏高原积雪存在着显著的年代际变化,20 世纪 70 年代末以来,高原积雪明显增加,尤其是春季积雪更为明显。

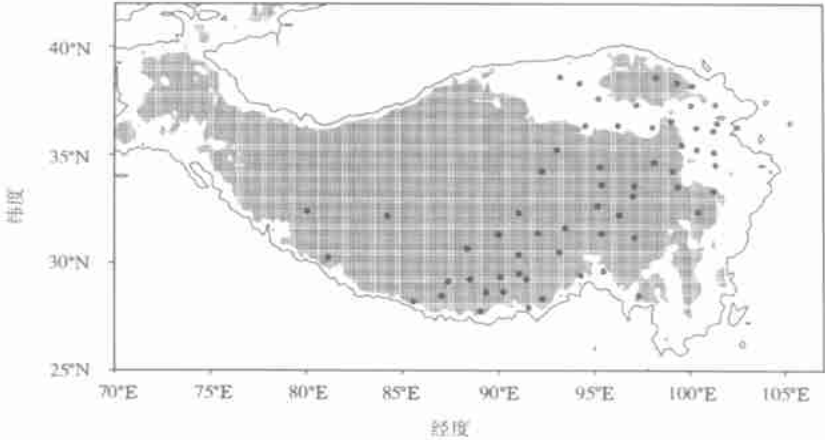


图 1 高原 56 个测站的地理分布(阴影表示海拔高度大于 4 000 m)

Fig. 1 The locations of 56 surface stations over the Tibetan Plateau (Shading denotes the region with terrain height in excess of 4 000 m)

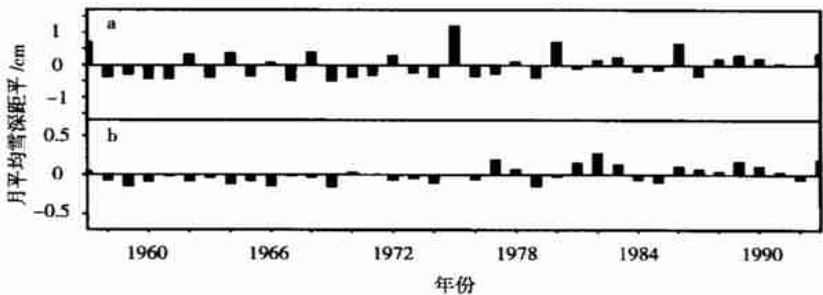


图 2 高原冬季(a)和春季(b)月平均雪深(水当量)距平的逐年变化(单位: cm)

Fig. 2 The interannual variation of the anomalies of averaged snow water equivalent over the Tibetan Plateau for winter (a) and spring (b) (units: cm)

2 20 世纪 70 年代末以来亚洲季风环流的转变

20 世纪 70 年代后期以来青藏高原积雪的显著增多必然与亚洲季风环流的转变存在一定

的联系。利用 NCAR/NCEP 再分析资料, 给出了 1978—1997 年和 1957—1977 年两个时段冬季 500 hPa 温度和位势高度的差值分布(图 3)。由图 3a 可见, 20 世纪 70 年代末以来, 在 500 hPa 的温度场上, 东亚中高纬度冬季是增暖的, 说明冬季东亚寒潮减弱。正常的冬季年份, 500 hPa 高度场上, 中高纬度 50~60 E 为高压脊, 140~160 E 为低压槽。而由图 3b 可见, 70 年代末以来, 60 E 附近的位势高度下降, 东亚大陆及西太平洋地区的位势高度上升, 反映出冬季东亚大槽强度有所减弱, 不利于寒潮爆发。可见, 20 世纪 70 年代后期以来, 东亚冬季风强度呈减弱趋势。徐建军等^[6]通过计算东亚冬季风强度指数得到了相同的结论。

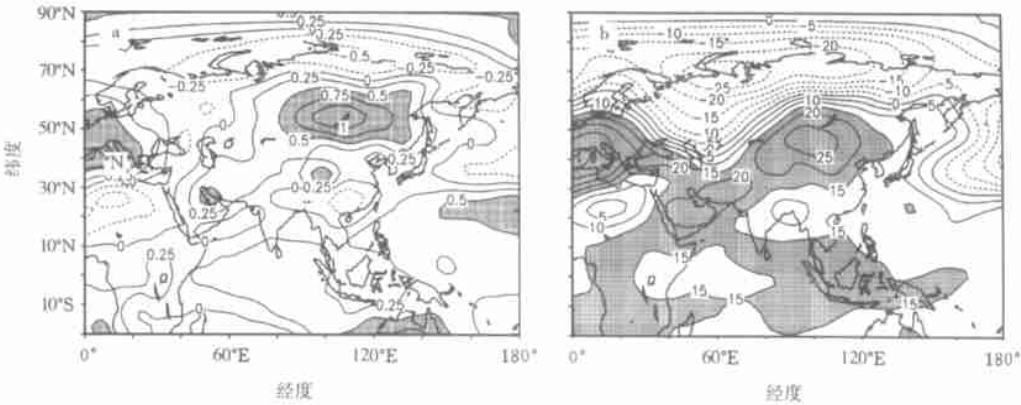


图 3 1978—1997 年和 1957—1977 年冬季 500 hPa 温度(a; 单位: $^{\circ}\text{C}$)和
位势高度(b; 单位: gpm) 的差值分布

Fig. 3 The geographical distribution of the DJF 500 hPa temperature (a, units: $^{\circ}\text{C}$) and
geopotential height (b, units: gpm) differences of 1978—1997 and 1957—1977

20 世纪 70 年代后期以来, 青藏高原积雪的显著增多与亚洲季风环流的转变存在何种联系呢? 图 4 给出了 1978—1997 年和 1957—1977 年两个时段冬季和春季 500 hPa 矢量风的差

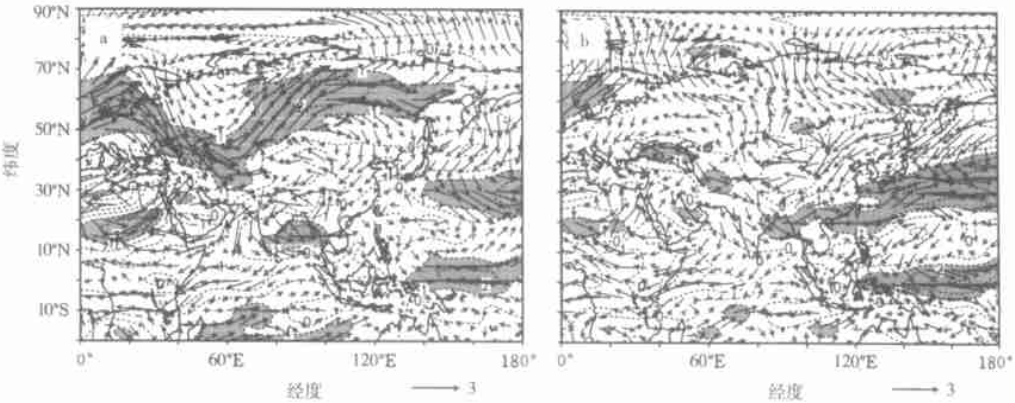


图 4 1978—1997 年和 1957—1977 年冬季(a)、春季(b) 500 hPa 矢量风的差值分布
(虚线为等风速线, 阴影表示风速差值 $\geq 1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)

Fig. 4 The geographical distribution of the DJF (a) and MAM (b) 500 hPa
wind differences ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) of 1978—1997 and 1957—1977

(Dashed lines denote wind speed differences and the areas with the
difference equal to or larger than $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ are shaded)

值分布。在冬季(图 4a), 70 年代末期以来, 青藏高原南侧的西风增强, 高原上空则表现为东风加强, 反映出南支槽低压扰动更为活跃。这在图 3b 中也有所反映。在亚洲 10~30°N 之间, 500 hPa 位势高度的增加值较小, 其南北两侧则较大, 表示 70 年代末以来, 冬季高原南侧的西风带低压扰动活跃。在春季(图 4b), 青藏高原南侧的南支西风也是加强的, 同时印缅槽亦有所增强。由此可见, 70 年代末以来, 冬季和春季的南支西风扰动强并且较活跃。相比之下, 高原北侧的西风减弱。高原南侧西风的加强同时出现在对流层上部 200 hPa 上(图略)。

陶诗言^[7]指出, 华南冬季的持续性雨(雪)天气大多数是由印度和缅甸移来的扰动所引起。20 世纪 70 年代末以来, 冬春季节南支西风扰动的活跃, 将会引起高原东部以及华南多雨雪。图 5 清楚表明, 70 年代末以来, 华南及高原东部地区冬季和春季降水是明显增加的, 这与前述 70 年代末以来, 青藏高原冬春积雪显著增加的观点是一致的。

再来看亚洲夏季风的转变情况(图 6)。图 6a 给出 1978—1997 年相对于 1957—1977 年夏

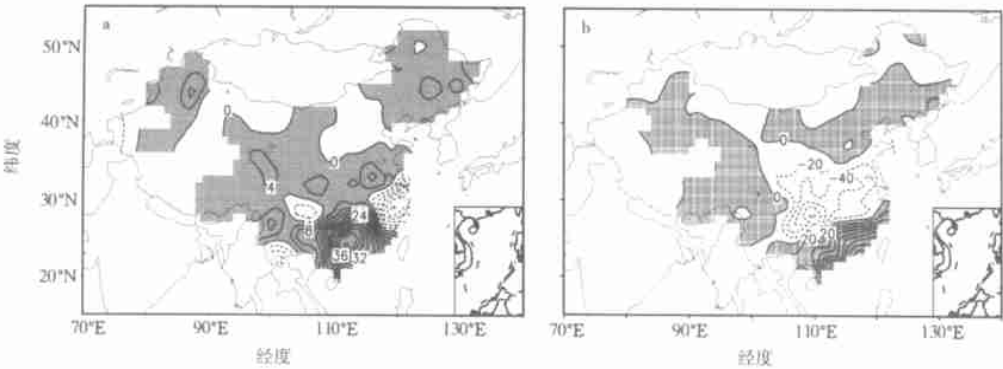


图 5 1978—1997 年与 1957—1977 年中国区域冬季(a)、春季(b)降水量的差值分布(单位: mm)
Fig. 5 The geographical distribution of the DJF (a) and MAM (b) rainfall (units: mm) differences over China between 1978—1997 and 1957—1977

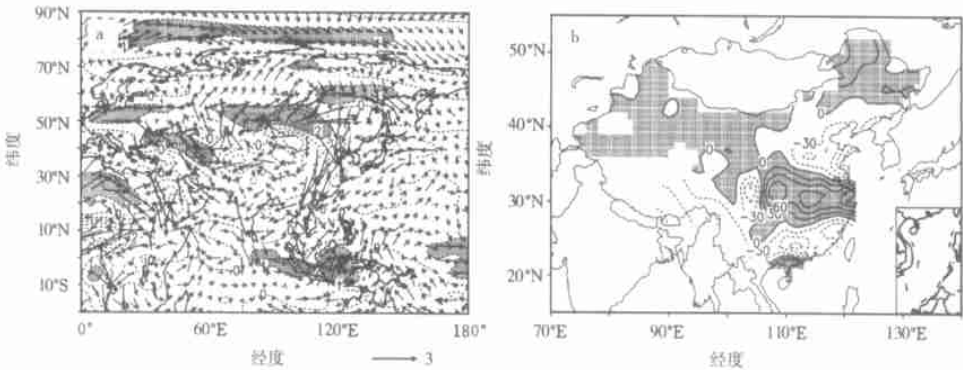


图 6 1978—1997 年与 1957—1977 年夏季 850 hPa 矢量风(a; 单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)、中国区域降水量(b; 单位: mm)的差值分布

Fig. 6 The geographical distribution of the JJA 850 hPa wind vector differences(a, units: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) and JJA precipitation differences (b, units: mm) over China between 1978—1997 and 1957—1977
(In figure a, dashed lines indicate the wind speed differences and the areas with the difference equal to or larger than $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ are shaded)

季 850 hPa 矢量风的差值分布, 可以看出, 70 年代末以后, 在南亚地区, 夏季西风有所减弱, 在东亚地区, 中国东部至日本附近西南季风气流的减弱是非常明显的。由此可见, 整个亚洲夏季风是呈减弱趋势的, 这与 Wang^[8]的结论是一致的。与亚洲夏季风的减弱相对应, 中国区域的夏季降水表现为长江中下游地区降水增多, 华北及华南降水减少(图 6b)。

3 高原积雪与我国夏季降水年代际变化的关系

20 世纪 70 年代末以来, 青藏高原冬春积雪的显著增多与长江中下游地区夏季降水的增多呈正相关, 而与华北及华南夏季降水呈反相关, 这与许多高原积雪—降水的相关分析结论是一致的, 这似乎表明高原冬春积雪对我国夏季降水存在直接独立的影响。但从年代际变化的角度来看, 高原积雪增多与长江中下游偏涝及华北的干旱化是全球变化背景下亚洲季风环流转变的共同产物。因此通过华北、华东和华南地区夏季降水的年代际变化特征来进行说明, 3 个区域的划分如图 7 所示。根据我国 160 个地面测站的月降水量观测值, 图 8 给出华北、华东及华南夏季降水距平的逐年变化。由图 8 可以看出, 上述地区的夏季降水在 20 世纪 70 年代末期以后发生了明显的变化, 表现为华北和华南地区的夏季降水显著减少, 华东地区夏季降水则明显增加, 与东亚夏季风及青藏高原冬春积雪的变化基本上是同步的。

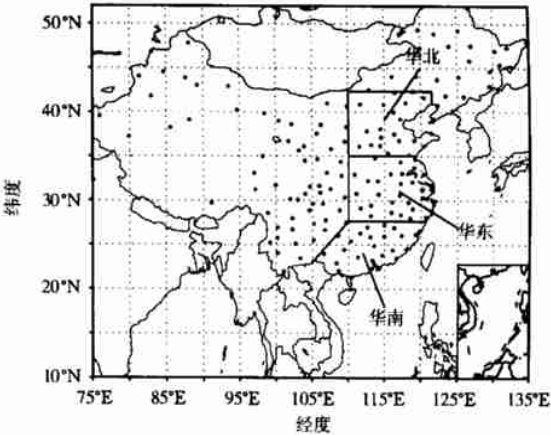


图 7 3 个气候区的划分及 160 个地面测站的分布
Fig. 7 3 climate subregions and locations of 160 surface stations

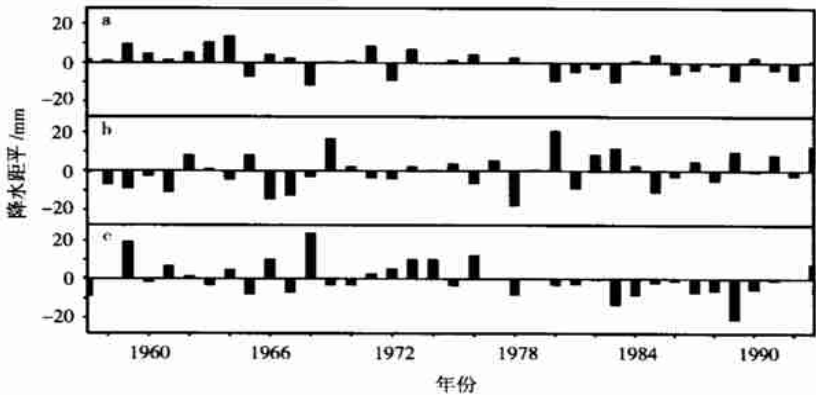


图 8 华北(a)、华东(b)和华南(c)夏季降水距平的逐年变化(单位: mm)
Fig. 8 The interannual variation of the anomalies of JJA regionally averaged rainfall (units: mm) over North China (a), East China (b) and South China (c)

通过青藏高原冬春积雪与华北、华东及华南夏季降水的不同时段相关系数的比较也可以说明这一点。表 1 给出了不同时段的高原冬季和春季积雪与华北、华东及华南夏季降水的相关

系数。由表 1 可知,在 1957—1993 年的长时间段里,高原冬春积雪与华北、华南夏季降水呈反相关,而与华东夏季降水呈正相关,其中春季积雪与降水的相关程度更高。在 1957—1977 年或 1978—1993 年的分时段里,高原积雪与上述地区夏季降水的相关程度普遍降低,但 1978—1993 年间,高原冬季积雪与华北及华东夏季降水的相关例外。可见,高原冬春积雪与华东夏季降水的正相关、与华北及华南夏季降水的负相关在更大的程度上是建立在年代际时间尺度上的。因此,研究高原积雪对我国夏季降水的影响时,应当结合全球大气环流及亚洲季风环流转变的影响。由表 1 还可发现,虽然在 1957—1977 年或 1978—1993 年时段里,相关系数值是减小的,但其符号与 1957—1993 年时段里的基本保持一致,说明高原积雪与我国夏季降水的年际变化之间仍然存在一定的联系。

表 1 不同时段高原冬季和春季积雪与华北、华东及华南夏季降水的相关系数

Table 1 The correlation coefficients between the winter/spring snow cover over the Tibetan Plateau and the subsequent JJA precipitation over three regions in China in different periods

	1957—1993 年			1957—1977 年			1978—1993 年		
	华北	华东	华南	华北	华东	华南	华北	华东	华南
冬季积雪	- 0.31	0.23	- 0.11	- 0.15	0.08	0.01	- 0.42	0.39	- 0.02
春季积雪	- 0.36	0.25	- 0.39	- 0.18	0.14	- 0.32	- 0.20	0.21	- 0.12

4 讨论及主要结论

已经指出,20 世纪 70 年代末以来,东亚冬季风的减弱、高原南侧冬春季西风的增强及西风扰动的活跃是造成青藏高原冬春积雪显著增多的主要原因。这种前冬和春季西风的加强与南亚夏季风的减弱之间存在一定的联系,Krishnamurti^[9]及 Webster 等^[10]曾指出,弱南亚季风的前冬和春季,在南亚副热带 15~30°N 地区对流层上部 200 hPa 出现强西风,而强南亚季风的前冬和春季则相反。Yang 等^[11]进一步强调,冬春季对流层上部西风的这种变化是夏季南亚季风强弱的前兆信号,认为其中物理机制可能与冬春季高原积雪、南亚大陆的土壤水份以及 ENSO 事件有关系。由此可以认为,20 世纪 70 年代以后,青藏高原冬春积雪的显著增多与亚洲季风环流的转变有着必然的联系,高原积雪的增多与亚洲夏季风的减弱是亚洲季风环流转变的不同表现,而高原积雪增多又对亚洲夏季风减弱存在一定的反馈作用。主要结论如下:

- (1) 20 世纪 70 年代末以来,青藏高原冬春积雪是显著增多的。
- (2) 20 世纪 70 年代末以后,东亚冬季风的减弱、高原南侧冬春季西风的增强及西风扰动的活跃是造成青藏高原冬春积雪显著增多的主要原因,高原积雪的增多与亚洲夏季风的减弱均是亚洲季风环流转变的结果。
- (3) 20 世纪 70 年代末以来,江淮流域降水的增多、华南降水的减少及华北的干旱化与青藏高原冬春积雪增多及东亚夏季风的减弱是基本同步的。高原冬春积雪与江淮流域夏季降水的正相关、与华北及华南夏季降水的负相关主要是建立在年代际时间尺度上。因此,高原积雪与我国夏季降水关系的研究应以亚洲季风环流的年代际变化为背景。

参考文献:

[1] Blanford H F. On the connection of Himalayan snowfall and seasons of drought in India[J]. Proc Roy Soc, 1884, 37: 3-

22.

- [2] 叶笃正, 高由禧. 青藏高原气象学[M]. 北京: 科学出版社, 1979: 278.
- [3] 陈烈庭. 青藏高原冬春季异常雪盖与江南前汛期降水关系的检验和应用[J]. 应用气象学报, 1998, 9(增刊): 1-8.
- [4] 陈烈庭. 青藏高原异常雪盖和 ENSO 在 1998 年长江流域洪涝中的作用[J]. 大气科学, 2001, 25(2): 184-192.
- [5] 李培基. 对“喜马拉雅山积雪与印度季风降水呈明显反相关关系”的商榷[J]. 气象学报, 1996, 54(3): 379-384.
- [6] 徐建军, 朱乾根, 周铁汉. 近百年东亚冬季风的突变性和周期性[J]. 应用气象学报, 1999, 10(1): 1-8.
- [7] 陶诗言. 冬季从印缅移过来的高空低槽[J]. 气象学报, 1952, 23(3): 172-192.
- [8] Wang H J. The weakening of the Asian monsoon circulation after the end of 1970's[J]. Adv Atmos Sci, 2001, 18(3): 376-386.
- [9] Krishnamurti. The summer monsoon of 1987[J]. J Climate, 1989, 2(2): 321-340.
- [10] Webster P J, Yang S. Monsoon and ENSO, selectively interactive systems[J]. Q J R Meteorol Soc, 1992, 118(4): 877-926.
- [11] Yang S, Lau K M, Sankar Rao M. Precursory signals associated with the interannual variability of the Asian summer monsoon[J]. J Climate, 1996, 9(4): 949-964.

Interdecadal Relation between Snow Cover over the Tibetan Plateau and Asian Monsoon Circulation

LIU Hua-qiang¹, SUN Zhao-bo², ZHU Wei-jun²

(1. Key Laboratory of Meteorological Disaster and Environmental Variation;

2. Department of Atmospheric Sciences, NIM, Nanjing 210044, China)

Abstract: Based on the monthly mean snow depth observations over the Tibetan Plateau and the NCEP/NCAR reanalysis data, the relation between the obvious increasing of the Plateau snow cover and the transition of Asian monsoon circulation since the end of 1970s is analyzed. The results indicate that the increasing of winter or spring snow mass over the Plateau is mainly due to the enhance of the westerly south of the Plateau and the active westerly disturbances in winter and spring. The increasing of snow cover and the weakening of Asian summer monsoon both result from the transition of Asian monsoon circulation. Since the end of 1970s, the increasing of summer rainfall over East China and the decreasing of summer rainfall over South and North China are synchronous with the increasing of snow mass over the Plateau and the weakening of East Asian summer monsoon. The previous winter and spring snow cover over the Plateau positively correlated with the summer rainfall over East China and negatively correlated with the summer rainfall over South and North China on interdecadal time scale. Therefore, the researches about the relation between the Plateau snow cover and the summer rainfall over China should be set under the background of the interdecadal variation of Asian monsoon circulation.

Key words: snow cover over the Tibetan Plateau; Asian monsoon; interdecadal variation