

北半球雪盖的气候特征及与印度季风降水的关系

杨向东

(民航东北空中交通管理局气象中心,沈阳 110043)

蒋尚城

(北京大学地球物理系)

提 要

利用卫星观测的1966年11月~2000年12月北半球雪盖资料,研究了北半球、欧亚、北美和青藏高原雪盖的气候学特征及其变化趋势。通过对雪盖与印度季风的分析,得出:(1)欧亚冬季(12月~翌年3月)雪盖面积与印度季风降水(6~9月)呈反相关,并指出印度季风降水不仅受欧亚雪盖的影响,可能与暖水年有一定的联系。(2)青藏高原10、11月雪盖面积与次年印度季风爆发及降水关系较好,并提出可能的影响机制。

关键词: 雪盖 印度季风 青藏高原 降水

引 言

雪盖在气候的形成和演变中所起的作用已得到了充分的肯定,其与气候的关系引起了国内外许多学者的关注。近几十年来,全球气候发生了比较明显的变化,气候异常和气候灾害频繁发生。为了提示气候变化与气候异常的规律,气象学家们非常关心下垫面在气候系统中的作用。雪盖是下垫面的重要组成部分,在积雪条件下的气候与平均状况有明显的差异,雪盖对气候的影响越来越引起广大学者的关注。雪盖作为下垫面的重要组成部分,以其高反照率、低导热率及融化吸收大量潜热等,不仅在积雪覆盖期间,而且在积雪融化以后,也将对气候产生作用^[1]。因此,研究雪盖与气候的关系十分必要。

早在100多年前,Blanford^[2]就发现印度季风雨与喜马拉雅山冬季积雪具有显著的反相关。李培基^[3]则对这种反相关存在不同意见。Hahn^[4]和Dickson^[5]很早就注意到52°N以南的欧亚雪盖面积与印度季风降水呈反相关,并给出了两者的相关图。我国学者着重研究了欧亚、青藏高原雪盖对东亚夏季大气

环流及季风降水等的影响。陈烈庭等^[6,7]在70年代根据青藏高原实测的积雪资料和卫星云图资料研究了青藏高原冬春季异常积雪对初夏东南亚季风和我国东部降水的影响。翟盘茂^[8]等对东亚雪盖与我国夏季降水的关系研究指出,东亚冬季雪盖与长江中下游至江南地区夏季降水量呈显著反相关,春季雪盖影响有所不同,显著反相关区出现在45°N以北的东北和西北地区。谢志辉等^[9]总结了青藏高原雪盖变化及对我国气候的影响。

本文根据卫星观测的1966年11~2000年12月雪盖资料,对北半球、欧亚、北美和青藏高原雪盖进行了分析,并研究了欧亚、青藏高原雪盖与印度季风爆发及降水的关系。

1 资料及其处理

积雪主要分布在人烟稀少的极地海洋、南极大陆及高山上,所以,过去根据极为稀少的测站点的观测资料去估计积雪的面积很不精确。观测资料的不同及时间序列的差异往往会造成结果的差异。而卫星观测资料则克服了自然条件等因素的影响。但由于早期卫星观测精度较差,用于分析及诊断得出的结

果可能出现误差。随着时间的推移,资料的精度和细节都有所改进。Robinson 等^[10,11]对最近 20 多年的雪盖资料进行了许多订正。徐国昌等^[12]为了考查卫星雪盖资料的代表性,分别统计了 3 月高原卫星雪盖面积与巴颜喀拉山和唐古拉山区的平均积雪日数的相关系数,相关系数分别为 0.588(0.05 信度)和 0.858(0.001 信度)。虽然卫星雪盖资料和地面站的积雪日数的含义并不完全相同,但相当高的相关系数表明了 NOAA 高原卫星雪盖资料是基本可信的。

本文雪盖资料由 Robinson 提供的 NOAA 卫星观测的北半球月平均资料,并从中选取青藏高原(>3000m)的积雪范围^[13](26~30°N, 80~100°E; 31~35°N, 77.5~105°E; 36~40°N, 75~105°E),作出四季(1、4、7、10 月)的雪盖分布图(图略)。限于早期卫星观测精度较差,所以,分析雪盖与气候的关系时采用比较可靠的 1972 年以后的雪盖资料。

2 雪盖的气候变化

2.1 雪盖的季节变化

北半球、欧亚、北美和青藏高原雪盖具有明显的季节变化,北半球、欧亚、北美和青藏高原雪盖都以冬季最大,最大值出现在 1 月份,夏季最小,最小值出现在 8 月份(表略)。从积雪融化、增长率(以当月雪盖面积减去前一个月雪盖面积)来看(表略),北半球、欧亚、北美 11 月雪盖增长最快,2 月积雪融化较小,5 月积雪融化最快,而青藏高原则是 10 月增长最大,反映了高原降雪较早的特点。上述特征说明冬季积雪变化较小,积雪容易维持,而春、秋季积雪变化较大的特点。

2.2 雪盖的年际变化

从标准差所反映的年际变率情况来看(表略),北半球、欧亚雪盖的年际变化最大值出现在秋季(10 月),最小值出现在夏季(8 月),北美雪盖的年际变化最大出现在 11 月,最小出现在 9 月,较欧亚推迟一个月。青藏高原雪盖却是春季(3 月)最大,夏季(6、7 月)最小,反映了高原春季雪盖变化较大的特点。而且欧亚大陆积雪比青藏高原大得多,年际变化也大。

对北半球、欧亚、北美和青藏高原 1966 年 11 月至 2000 年 12 月雪盖面积进行 12 个月滑动平均处理后得出图 1。图中北半球、

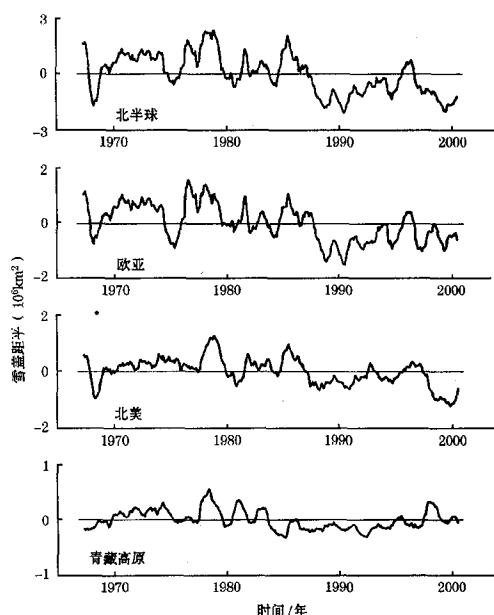


图 1 北半球、欧亚、北美(包括格陵兰)及青藏高原雪盖 12 个月滑动平均曲线

欧亚和北美所显示的气候变化趋势基本一致:60 年代中期雪盖急速下降,其中仅 70 年代中期低于平均范围。80 年代以来,雪盖开始减少,尤其 1986 年以后,雪盖持续低于正常值,1996 年升至平均值以上,之后又开始下降。北半球、欧亚及北美年平均雪盖面积在 1987 年以后发生了明显下降变化。而青藏高原雪盖面积略有不同,在 60 年代后期也呈上升趋势,但下降变化较早,从 1983 年开始减少,一直持续到 1996 年,1997 年以后急剧上升。1998 年上升至峰值,之后又开始下降,其中 1984 年前后的变化尤为明显,1984 年以前基本在平均范围以上,1984~1997 年则位于平均范围以下,反映出青藏高原雪盖变化比北半球、欧亚及北美早的特点,同时也反映出高原雪盖年际变化与北半球及欧亚不完全一致。

3 雪盖与印度季风

3.1 青藏高原与欧亚雪盖

Dickson^[5]研究指出,卫星观测的青藏高

原与欧亚大陆雪盖面积在70年代有很好的相关性,相关系数为0.85。随着观测资料的增多,计算欧亚与青藏高原自1972年1月至2000年12月逐月积雪资料,共348个时间序列,其相关系数为0.58,达到了0.001的信度,说明欧亚与高原雪盖的年内变化趋势较为一致:冬季雪盖最大,春季积雪迅速融化,到夏季8月雪盖达到最小值,秋季积雪又逐渐增大。将上述两序列进行12个月滑动平均,得到新序列的相关系数为0.486。表明二者年际变化差异明显,欧亚雪盖年内变化较大,而高原雪盖年际变化明显。表1给出了两者各月的相关系数。

表1 青藏高原与欧亚雪盖各月相关系数

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
相关系数	20	45	13	43	62	51	54	69	39	52	45	40
信度		*		*	**		**	**	*	*	*	*

注: *0.05信度 **0.01信度

从表1可以看出,两者冬季相关性较差,仅2月通过了0.05信度检验,而夏季则较好,可能由于夏季青藏高原占欧亚雪盖比重较大,而此间欧亚雪盖的变化主要取决于青藏高原的变化,各月相关并不相同,故高原与欧亚雪盖变化并不一致。

3.2 欧亚雪盖与印度季风

Hahn^[4]很早就注意到52°N以南的欧亚冬季雪盖面积与印度夏季风降水呈反相关,从1967~1975年卫星观测资料中发现9年中有8年为负相关。Dickson^[5]1984年给出了两者相关图(图略),可以看出,大多数年份欧亚冬季(12月~翌年3月)雪盖大(小),则次年夏季(6~9月)印度季风降水小(大)。本文利用Robinson提供的最新卫星观测资料(1972~1999年),作出两者逐年变化曲线图(图2),可以看出,欧亚雪盖与印度季风降水反相关趋势依然存在,但相关性未能通过0.05信度检验。从雪盖与季风降水关系出现异常来看,28年中共出现了8年(1973、1977、1978、1983、1991、1992、1995和1997年)异常,除了1978年外,其余异常年份均为暖水年^[14]年。除去暖水年的影响,组成一个新的序列,则两者相关系数为-0.498,通过了0.05的信度检验。从暖水年年季风降水

出现异常来看,虽然1973、1977及1995年暖水位相过程在年初已经结束,但仍对印度季风降水产生影响。而1986~1988年ENSO过程中,欧亚雪盖与印度季风降水关系却很好,可见并不是所有ENSO均对印度季风降水起决定性影响,欧亚雪盖与ENSO对印度季风降水的影响也不是完全对立的。是否可以认为:在正常年份,欧亚雪盖与印度季风降水反相关明显,即欧亚冬季雪盖大(小),则印度季风降水小(大),欧亚雪盖是影响印度季风降水的主要因子,而在ENSO或暖水年由于大气环流出现异常,欧亚雪盖不是影响印度季风降水的主要因子,海气的相互作用可能更为明显,同时也反映了欧亚雪盖与热带太平洋海温异常之间似乎也存在某种联系。

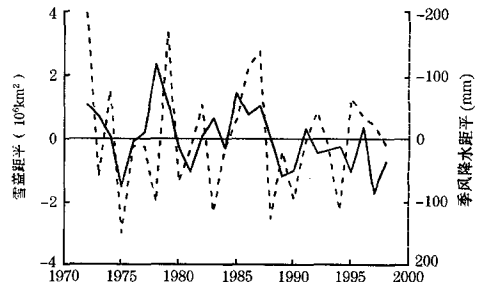


图2 欧亚冬季(12月~翌年3月)雪盖面积距平(实线)与印度季风降水距平(虚线)逐年变化曲线

3.3 青藏高原雪盖与印度季风

3.3.1 青藏高原积雪的基本特征

前面已经分析了北半球、欧亚、北美及青藏高原积雪的气候变化,下面分析东亚区域雪盖的季节分布。根据NOAA卫星观测的积雪资料,作出四季(以1、4、7、10月为代表)积雪分布图(图略)。可以看出,春季(4月)积雪最大可覆盖我国东北大部分地区、华北北部、西北地区西部以及青藏高原大部分地区。而新疆中部塔里木盆地则没有积雪。雪线平均位置主要位于我国天山山脉、喀拉昆仑山、喜马拉雅山、念青唐古拉山以及48°N以北地区,春季积雪融化较快,到了夏季雪盖最大可覆盖新疆、青海的西部以及西藏的大部分地区,平均雪线仅在天山西侧、喀拉昆仑山及喜马拉雅山西北部有较稳定的积雪。进入秋季,积雪范围逐渐扩大,可达青藏高原大

部分地区及新疆北部以及 42°N 以北的大部分地区。秋末 10、11 月的积雪已达到相当的规模。冬季(1 月)积雪进一步扩大,最大积雪可达我国长江以北大部分地区,平均雪线在 42°N 以北、喜马拉雅山、喀拉昆仑山、念青唐古拉山, 47°N 以北及喜马拉雅山西北部为常年冬季积雪覆盖区,雪盖达到一年中积雪的最大值。

3.3.2 青藏高原积雪与印度季风降水

青藏高原积雪及其对亚洲季风的影响,近百年来一直为中外气象学家所瞩目。早在 1884 年 Blanford^[2] 就提出喜马拉雅山积雪对印度季风降水的影响的假设。1996 年李培基^[3] 用 1957~1992 年前冬高原亚洲积雪深度与次年全印度季风降水量进行相关分析,结果表明两者相关系数仅为 -0.06 ,用 1966~1989 年 NOAA 前冬积雪面积做相关计算,相关系数也仅为 -0.098 ,并说明 1972 年以前负相关明显,1972 年之后,正相关明显,两者不存在明显的相关关系。本文根据 1972~2000 年青藏高原雪盖资料,与印度季风降水进行相关分析,得出青藏高原冬季(12 月~翌年 3 月)积雪面积与印度季风降水相关系数也仅为 0.077 ,相关性较差,与李培基的结论基本一致,说明青藏高原冬季雪盖面积与印度夏季降水相关不明显。

青藏高原 10 月~翌年 3 月积雪范围较大,能较好地代表积雪特征,分别对 10 月~翌年 3 月各月及冬季积雪面积与印度季风降水作相关分析,结果发现高原 10 月、11 月积雪面积与次年印度季风雨量有很好的负相关,相关系数分别为 -0.42 和 -0.44 ,通过了 0.05 的信度检验,而 10 月、11 月平均积雪面积与印度季风降水相关系数达到 -0.49 ,通过了 0.01 的信度检验(图 3)。表明高原秋季(10、11 月)积雪面积大(小),则来年印度夏季风降水小(大)。其可能影响机制是季节转换作用。当季节转换时,整个大气环流都将发生显著变化。10 月中旬,高空西风带明显向南扩张,东风带向南撤退,南支急流迅速建立并南移,基本稳定在偏南的冬季平均位置上(30°N 以南),青藏高原上空变化略早。当南支急流在高原南麓上空建立时,

高原南边的高空东风带及其下面的印度西南季风向南撤退,同时赤道辐合带也从印度和南海迅速南退。在 50 年代,叶笃正、陶诗言等人称之为“十月突变”^[15]。印度西南季风的南退必然会影响次年季风爆发的早晚与强度,青藏高原 10、11 月积雪范围则反映了这一“突变”所造成的气候变化,当 10、11 月雪盖面积大(小),印度西南季风向南撤退早(晚),造成次年印度季风爆发晚(早)且强度弱(强)。

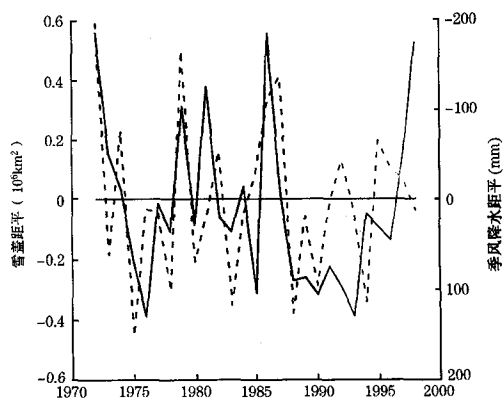


图3 青藏高原 10、11 月平均雪盖距平(实线)与印度季风降水距平(虚线)逐年变化曲线

3.3.3 青藏高原雪盖与印度季风爆发

季风降水与季风爆发有直接的联系。计算结果表明,印度 Bombay、Kerala 的季风爆发与全印度降水相关性较好,相关系数分别为 -0.354 (接近 0.05 信度)和 -0.49 (通过了 0.01 信度),表明季风爆发早(晚),则全印度季风降雨量大(小),并与印度西北部地区季风降水的相关也通过了 0.05 信度,与印度中北部季风降水的相关达到了 0.01 的信度。计算发现高原 10、11 月积雪面积与印度 Bombay 和 Kerala 季风爆发相关性较好,相关系数分别为 -0.54 和 -0.47 ,均通过了 0.01 和 0.05 信度检验,即秋末 10、11 月雪盖大(小),则印度 Bombay、Kerala 季风爆发晚(早)。其原因可能主要是季节转换作用的结果。可见,青藏高原雪盖对印度季风爆发有一定影响。

4 结语

通过以上分析,得出以下结论:

(1)北半球、欧亚及北美年平均雪盖面积在1987年前后发生了明显的下降,而青藏高原雪盖下降变化较早,1984年前后的变化尤为明显,反映出青藏高原与北半球、欧亚及北美雪盖变化的差异性。

(2)欧亚冬季(12月~翌年3月)雪盖面积与印度季风降水(6~9月)呈反相关,并指出印度季风降水不仅受欧亚雪盖的影响,可能与 ENSO 及暖水事件有一定联系。

(3)用1972~2000年卫星观测雪盖资料进行分析,青藏高原(12月~翌年3月)雪盖面积与印度季风降水的明显反相关并不存在,而秋季10、11月雪盖面积与印度季风爆发及降水的相关均达到0.05信度检验,并提出可能的影响机制。

本文仅揭示了雪盖变化的一些基本事实及与印度季风爆发及降水的关系,得出的结果有待于进一步探讨,其影响机制还有待于进一步研究。

致谢:本文雪盖资料由 Robinson 提供,印度季风爆发及降水资料来自印度气象局,在此一并致谢。

参考文献

1 彭公炳,李晴,钱步东.气候与冰雪覆盖.北京:气象出版社,1992.
 2 Blanford, H. F. . On the connexion of the Himalaya snowfall and seasons of drought in India. Proc. Roy. , Soc. , 1884, 37: 3-22.

3 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.气象学报,1996,54(3).
 4 Hahn, D. G. and Shukla, J. 1976. An apparent relationship between Eurasian snow cover and Indian monsoon rainfall. J. Atmos. Sci. , 33, 2461-2462.
 5 Dickson R R. Eurasian snow cover versus India monsoon rainfall—An extension of the Hahn Shukla results. J. Climate Appl. Meteor. , 1984, 23: 171-173.
 6 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.应用气象学报,1998,9,增刊.
 7 陈烈庭,阎志新.青藏高原冬春季积雪对大气环流和我国南方汛期降水的影响.中长期水文气象预报文集(第一集).北京:水力电力出版社,1978:185-194.
 8 翟盘茂,周琴芳.北半球雪盖变化与我国夏季降水.应用气象学报,1997,8(2).
 9 谢志辉,罗勇.青藏高原雪盖变化对我国气候的影响.应用气象学报,1999,10,增刊.
 10 Robinson F T and Dewey K F. Recent variations in Northern Hemisphere snow cover, NOAA, Proc. 15th Annual climate Diagnostics Workshop, Asheville, NC, USA, 1991, 219-224.
 11 Robinson, D. A. , K. F. Dewey and R. R. Heim, Jr. . Global snow cover monitoring: an update. Bull. Am. Met. Soc. , 1993, 74, 1689-1696.
 12 徐国昌,李珊,洪波.青藏高原雪盖异常对我国环流和降水的影响.应用气象学报,1994,5(1).
 13 Chen Longxun, Niu Tao, Miao Qun. Relationship between the East Asia Monsoon and Snow Cover over Tibetan Plateau. 1997, WMO/TD-No. 786, 33-34.
 14 翟盘茂,江吉喜,张人禾. ENSO 监测和预测研究.北京:气象出版社,2000:37-46.
 15 张元箴.天气学教程.北京:气象出版社,1992:605-608.

Climatic Characteristics of the Northern Hemisphere Snow Cover and Its Relation to Indian Monsoon Rainfall

Yang Xiangdong

(Meteorological Center of Northeast Air Traffic Administration, CAAC, Shenyang 110043)

Jiang Shangcheng

(Geophysical Department of Peking University)

Abstract

Climatic characteristic and changes of snow cover over the Northern Hemisphere, Eurasian, North America and the Tibet Plateau are studied based on data of the Northern Hemisphere snow cover from 1966 to 2000. Correlation analysis shows that: (1) a inverse relationship between winter snow cover over Eurasia and monsoon rainfall over India, and Indian monsoon rainfall is not only influenced by snow cover over Eurasia, but also by ENSO. (2) there is an obvious relation between snow cover over the Tibet plateau during October to November and the following onset and rainfall of Indian monsoon, and the possible effective mechanism is proposed.

Key Words: snow cover Indian monsoon precipitation