

文章编号: 1000 0240(2007)01 0107 07

北大西洋涛动和北极涛动与新疆河川径流变化

韩添丁¹, 永建¹, 叶柏生¹, 谢昌卫¹, 焦克勤¹, 陈鹏²

(1. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所 冰冻圈与环境联合重点实验室, 甘肃 兰州 730000;

2. 乌鲁木齐市气象局, 新疆 乌鲁木齐 830002)

摘 要: 分析了冬季北大西洋涛动(NAO)和北极涛动(AO)与新疆天山南北不同流域河川径流变化的关系. 结果表明: 影响北半球气温、降水等气候驱动因子的 NAO 和 AO 同样与新疆河川径流的变化具有显著的遥相关. 在年际变化上, NAO 和 AO 的强弱分别与径流变化的相关性具有明显的区域性差异; 在年代际尺度上, NAO 和 AO 有超前于新疆河流年径流 5 a 的显著相关, 相关关系分别超过了 95% 和 99% 置信水平. NAO 和 AO 变化对预测新疆河川径流的变化有很好的实际意义.

关键词: 新疆; 径流; 北大西洋涛动(NAO); 北极涛动(AO)

中图分类号: P333.1 **文献标识码:** A

1 引言

自 1980 年代中期以来, 新疆以天山西部为主地区, 出现了气候从暖干到暖湿转型的强劲信号^[1], 降水量、冰川消融量、径流量增加趋势非常明显, 估计自 1990 年代以来整个西部地区冰储量减少导致的冰川径流增加大于 5.5%^[2]. 新疆大多数河流 20 世纪 80 年代中期至 90 年代初, 年径流开始呈现了增加的趋势, 明显增加的时间大致在 1987 年前后, 1987—2000 年平均年径流总量比 1956—1986 年增加了约 7%^[3], 尤其是天山南坡河流增加趋势最为明显, 平均超过了 10% · (10a)⁻¹ 的增加幅度^[4].

本文就新疆天山南北坡河流径流变化与 NAO (North Atlantic Oscillation) 和 AO (Arctic Oscillation) 关系进行对比分析, 分析 NAO 和 AO 变化对不同区域、坡向和地形条件下径流变化的影响; 通过相关分析, 揭示 NAO 和 AO 变化对于河川径流变化的影响, 进而预测径流的变化趋势.

2 资料与方法

针对新疆特定地形地貌条件, 考虑到区域和径

流补给特征的差异, 同时考虑到资料的可信度和系列的长短, 选取了不同地理条件下具有代表性的新疆 26 条河流水文站(点)的实测径流资料, 及整个新疆河流总径流量的计算资料, 资料系列为建站至 2000 年, 所选水文站的基本位置要素如表 1 所示.

NAO 是北半球气候年际变化的一个主要源地^[5]. 研究表明^[6-8], NAO 对气温、降水等气候要素均有显著的影响, 强 NAO 年时(NAO 指数 > 1)我国冬季降水偏多, 尤其是河套以西地区, 气温明显偏高; 夏季气温偏低^[6]. 类似于 NAO, AO 同样对气温、降水等气候要素均有显著的影响^[9-12]. Thompson *et al.* ^[9] 指出, AO 和 NAO 二者在本质上是一致的, 是同一事物在不同侧面的两种表现. AO 和 NAO 实际上反映的是中纬度西风带的强弱, 其变化对气温、降水等气候要素均有显著的相关关系, 尤其可以预测径流的变化^[8, 13]. 基于冬季是 NAO 和 AO 模态最显著、变率最强的季节^[12, 14], 在此统计了冬季 NAO (12~3 月) 和 AO (1~3 月) 指数资料数据, 资料数据取自 <http://tao.atmos.washington.edu>, 所选资料系列时段为 1950—2000 年. 对所选资料运用相关、互相关及谱分析等方法进行统计分析.

收稿日期: 2006 09 12; 修订日期: 2006 10 09

基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX3 SW 345; KZCX2 YW 301 2, 3) 资助

作者简介: 韩添丁(1964—), 男, 甘肃武山人, 副研究员, 1987 年毕业于兰州大学地理系, 现为中国科学院寒区旱区环境与工程研究所在职博士生, 主要从事寒区水文与环境研究. E-mail: tdhan@lzb.ac.cn

表 1 新疆 26 条河流水文站位置基本要素

Table 1 Location and basic parameters of the 26 hydrological stations in Xinjiang Region

位置	水文站	海拔/m	流域面积/km ²	位置	水文站	海拔/m	流域面积/km ²
天山北坡	卡琅古尔	1040	349	天山南坡	协合拉	1478	12816
	卡甫其海	900	27402		台兰	1575	1324
	乌拉斯台	1440	5081		黄水沟	1320	4311
	精河山口	620	1419	天山东部	石城子合成	1400	371
	吉勒德	1050	921		群库勒	640	8422
	肯斯瓦特	900	4637	帕米尔北坡	卡拉贝利	1900	13700
	制材厂	1400	840		克勒克	1960	9753
	英雄桥	1920	924	昆仑山北坡	沙曼	2330	2169
	开垦	1520	371		同古孜洛克	1650	14575
天山南坡	阿拉沟	960	1842		玉孜门勒克	1620	5389
	大山口	1340	19022		卡群	1370	50248
	兰干	1280	3118		乌鲁瓦提	1800	19983
	沙里桂兰克	2000	19166		努买提兰干	1880	7358

3 径流变化与 NAO 和 AO 特征

3.1 径流变化特征

新疆河川径流的变化呈现着明显的区域性差异的特点. 天山北坡以雨雪水混合补给的河流, 从 1980 年代中期径流均出现了增大趋势, 而其显著的增加趋势始于 1990 年代初(图 1); 天山南坡的以雨雪补给为主的河流, 如开都河大山口站径流变化过程相似于天山北坡河流; 但以高山冰雪融水主的河流, 如台兰河(其冰川融水径流占控制流量的 65.3%)^[15], 从 1987 年开始, 径流的持续增加趋势非常显著(图 2).

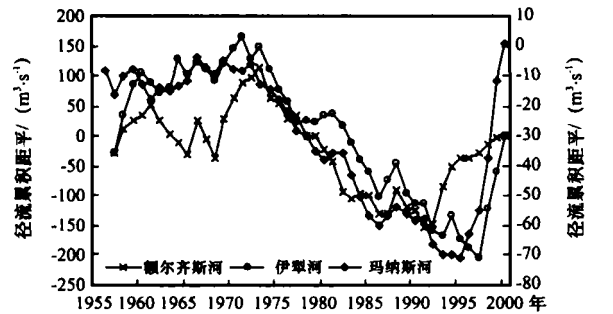


图 1 天山北坡代表性河流径流累积距平变化
Fig.1 Variations of cumulative anomalies of annual runoff of the main rivers on the northern slopes in Tianshan Mountains

阿勒泰山南坡及天山东部、帕米尔高原的河流, 其河流年径流量自 1980 年代末至 1990 年代初以来同样呈增加的趋势, 但变化趋势不十分显著.

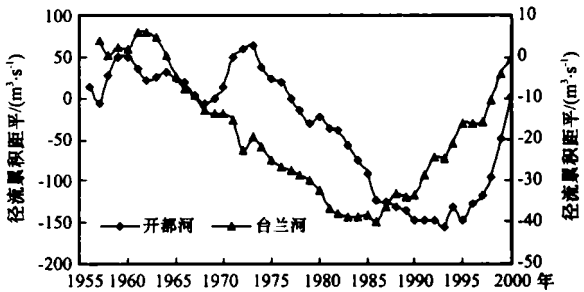


图 2 天山南坡代表性河流径流累积距平变化
Fig.2 Variations of cumulative anomalies of annual runoff of the main rivers on the southern slopes in Tianshan Mountains

而昆仑山北坡河流, 除叶尔羌河自 1990 年代中期以来有增加外, 大多数河流年径流量呈波动减少的趋势, 和田河从 1980 年代中期开始年径流量减少幅度较大(图 3). 同古孜洛克水文站径流分析显示, 1987—2000 年与 1956—1986 年平均年径流量进行比较, 年径流量减少 9.2%^[3]. 研究表明^[3], 20 世

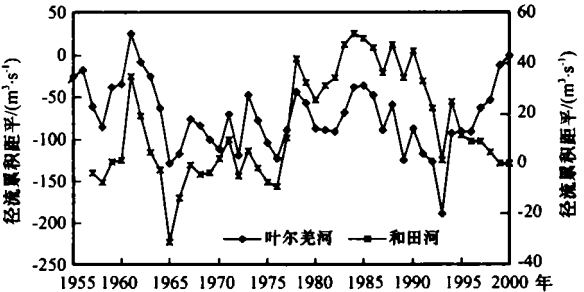


图 3 叶尔羌河、和田河河流径流累积距平变化
Fig.3 Variations of cumulative anomalies of annual runoff of the two main rivers in Kunlun Mountains

纪 60—70 年代是新疆河流的少水期, 80 年代径流呈现转折, 90 年代水量增加明显.

气候变化作为影响河川径流变化的主要因素之一, 其气温、降水的这种年代变化同样显著: 自 20 世纪 40 至 50 年代气温呈下降趋势, 60 年代以来呈上升趋势, 90 年代达到最高, 尤以 80—90 年代的增幅最大, 达 $0.3\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{a}^{-1}$ 左右. 尤其是北疆西部、北部和东疆地区增高 $0.6\sim1.6\text{ }^{\circ}\text{C}$, 其它地区一般增高 $0.3\sim0.9\text{ }^{\circ}\text{C}^{[16]}$; 近 50 a 新疆年降水量呈增加的趋势, 具体反映在 20 世纪 60 年代、70 年代为减少阶段, 80 年代是转为增加的转型时期(大约以 1987 年为界), 90 年代为逐年增加的时期, 南疆强于北疆, 西部多于东部^[17].

3.2 NAO 和 AO 指数与径流变化的相关分析

基于 AO 变化中包含 NAO 变化过程^[10, 18], 二者相关性较好(相关系数为 0.743, 达到了 0.01 的显著水平), AO 变化还有滞后 NAO 变化 1 a 的显著相关关系(相关系数为 0.369, 达到了 0.01 的显著水平). 但研究表明^[18], 二者在不同区域对于径流变化的遥相关关系同样具有显著的差异性.

为了揭示这种相关关系, 进行了相关分析计算. 结果表明: 所选择的 26 条河流径流与 NAO 和 AO 指数相关关系不尽一致, 其中呈负相关关系的河流有 16 条, 与二者均为正相关关系的有 10 条, 其中信度达到 95% 以上的河流有 5 条, 还有达到 0.01 显著水平的河流玉孜门勒克(昆仑山北坡). 总体上, 新疆河川径流与 NAO 和 AO 指数的相关关系具有明显的地域特点(表 2). 天山北坡河流(除乌鲁木齐河)与 NAO 和 AO 均显示为负相关关系, 且 AO 与径流的相关性明显大于 NAO 与径流的关

系; 而天山南坡河流(除开都河)与 NAO 和 AO 的相关关系则显示为明显的正相关, 昆仑山及帕米尔北坡诸河流与 NAO 和 AO 的相关关系则较为杂乱, 正负相关性不完全相同, 且 NAO 和 AO 对径流变化的相关性也不尽一致. 但总的来看, NAO 对径流的影响强于 AO 的影响, 且多呈正相关关系. 初步反映了天山南北径流变化趋势差异的原因.

除了帕米尔和昆仑山北坡部分小流域河流外, 新疆总河川径流的变化与不同区域、不同坡向的河流径流均有较好的年际变化一致性, 相关系数基本都达到了 0.05 的显著水平. 可以肯定, 通过分析新疆河川径流总量的变化与 NAO 和 AO 的相关关系, 也可以反映出不同流域径流的基本变化特征.

相关分析计算表明, 新疆总河川径流与 NAO 和 AO 指数年代际同步的相关关系相对较差(表 2), 为了进一步揭示这种相关关系的年代际变化, 同时进行了互相关关系分析. 计算结果显示, 全疆径流总量变化与 NAO 和 AO 指数的年际变化均有滞后 5 a 的显著相关关系, 相关系数分别为 0.343 和 0.512(分别达到了 0.05 和 0.01 的信度水平). 另外, 这种滞后 5 a 的显著相关关系, 在不同时段还显示出了不同的显著性特点, 1950—1971 年其相关系数分别为 0.17 和 0.633(达到了 0.01 的信度水平), 而 1972—2000 年间相关系数分别为 0.555 和 0.529(二者均达到了 0.01 的信度水平). 这种相关性的变化特征明显源于 20 世纪 70 年代初的 NAO 和 AO 的由负相位变为正相位的增强趋势. 不同于 NAO 和 AO 指数与径流的同步相关关系, 径流与 AO 的滞后相关性明显大于与 NAO 的

表 2 NAO/AO 与各水文站径流相关系数

Table 2 Correlation coefficients between NAO/AO and runoff in different hydrological stations

水文站	AO	NAO	水文站	AO	NAO	水文站	AO	NAO
群库勒	-0.214	-0.121	开垦	-0.095	-0.042	卡拉贝利	-0.016	0.135
卡琅古尔	-0.030	-0.021	阿拉沟	0.128	0.106	克勒克	-0.031	-0.017
卡甫其海	-0.326 *	-0.248	石城子合成	0.227	0.309 *	沙曼	0.167	0.316 *
乌拉斯台	-0.349 *	-0.293	大山口	-0.063	-0.113	同古孜洛克	-0.202	-0.008
精河山口	-0.280	-0.150	兰干	0.241	0.071	玉孜门勒克	0.227	0.438 **
吉勒德	-0.265	-0.123	沙里桂兰克	0.027	0.062	卡群	0.061	0.183
肯斯瓦特	-0.113	-0.137	协合拉	0.102	0.207	乌鲁瓦提	-0.059	0.130
制材厂	-0.059	-0.149	台兰	0.233	0.373 *	努买提兰干	-0.177	0.048
英雄桥	0.090	0.084	黄水沟	0.040	-0.050	Runoff	-0.157	-0.059

注: * 表示相关关系达到了 0.05 的信度水平; ** 表示相关关系达到了 0.01 的信度水平.

表3 NAO/AO 与各水文站径流滞后 5 a 的相关系数

Table 3 Five year lag correlation coefficients between NAO/AO and runoff in different hydrological stations								
水文站	AO	NAO	水文站	AO	NAO	水文站	AO	NAO
群库勒	0.326 *	0.206	开垦	0.395 **	0.208	卡拉贝利	0.548 **	0.41 **
卡琅古尔			阿拉沟		0.383 *	克勒克		
卡甫其海	0.40 **	0.283 *	石城子合成			沙曼		
乌拉斯台	0.392 **		大山口	0.318 *	0.264	同古孜洛克		
精河山口	0.389 **	0.293	兰干			玉孜门勒克		
吉勒德	0.444 **	0.381 **	沙里桂兰克	0.567 **	0.297	卡群	0.264	0.175
肯斯瓦特	0.413 **	0.443 **	协合拉	0.576 **	0.505 **	乌鲁瓦提		
制材厂	0.267	0.221	台兰		0.38 *	努买提兰干		
英雄桥	0.508 **	0.474 **	黄水沟	0.356 *	0.406 **	Runoff	0.512 **	0.343 *

注：* 表示相关关系达到了0.05 的信度水平；** 表示相关关系达到了0.01 的信度水平；空格表示无滞后 5 a 的显著相关。

相关性，且对北坡径流的影响明显强于对南坡的影响，但 NAO 对全疆径流具有普遍显著的影响。总体上，天山北坡河流的这种滞后相关系数大于天山南坡，而昆仑山北坡诸河流则大多没有滞后 5 a 的这种显著相关关系(表 3)。

4 讨论

Hurrell *et al.*^[3] 运用葡萄牙 Lisbon (38.8° N, 9.1° W) 与冰岛 Stykkisholmur (65.1° N, 22.7° W) 的海平面气压之差来定义 NAO 指数。近年来有关 NAO 的研究表明^[19]，NAO 指数的年代际变化在 60 年代后期有异常增强的趋势；进而研究显示^[6]，60 年代的气候跃变与 NAO 的异常有密切关系，充分反映了北半球大气环流形势在 60 年代前后的重大异常；而同样反映中纬度西风带的强弱的 AO 指数与平均气温和平均降水的偏相关系数分别为 0.66 和 0.70^[13]，相关最显著的地区主要在 30°~40° N 以北，即新疆天山南北等地。

人们发现 NAO 和 AO 波动可以在正位相和负位相来回震荡，且 AO 与欧亚大陆上的地面气温变化具高度的耦合性^[10]，NAO 和 AO 正位相，使得欧亚大陆北部降水量大于正常水平，北半球的大部分气温也高于正常水平；在负位相，其结果相反。分析不同补给特征的河流显示，以雨雪水混合补给的河流(图 1)，径流在 1980 年代中期呈现了明显增加的趋势，但更为显著的持续增加开始于 1990 年代初(强 NAO 和 AO 年)，主要还是降水量持续增加的结果。而以高山冰雪融水主的河流(如台兰河)(图 2)，由于夏季气温的升高促使了冰川消融加剧(弱 NAO 和 AO 年)，导致冰川融水径流量明显增

多，河流径流量早于 1987 年就开始了明显的持续增加。

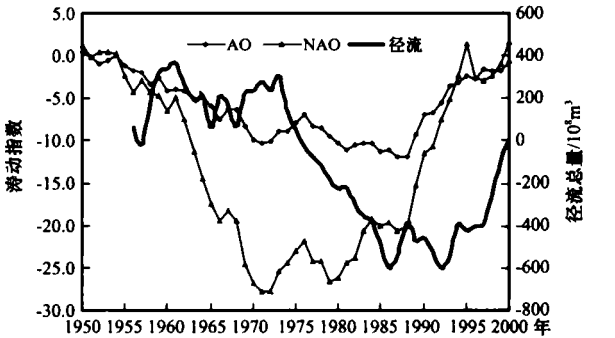


图4 NAO 和 AO 指数及新疆河川径流距平累积曲线年际变化

Fig.4 Variations of cumulative anomalies of annual runoff in Xinjiang rivers and NAO/AO indexes

对 1956—2000 年的 NAO 和 AO 指数及径流变化的距平累计(图 4)分析显示，NAO 和 AO 指数的正负位相变化明显影响着径流的波动。1956—1971 年是二者持续的负位相期，期间新疆平均年径流量是 $910.4 \times 10^8 \text{ m}^3$ (距平值为 $17.39 \times 10^8 \text{ m}^3$)，径流年际变化相对比较稳定；1972—1986 年处于正负波动期，期间新疆平均年径流量呈现为明显的负距平时期，其年径流量是 $834.5 \times 10^8 \text{ m}^3$ (距平值为 $-58.48 \times 10^8 \text{ m}^3$)；1980 年以后 NAO 突然转为明显的正相位，1987—2000 年基本上是持续正位相期，平均年径流量是 $935.8 \times 10^8 \text{ m}^3$ (距平值为 $42.78 \times 10^8 \text{ m}^3$)，并且强度明显增强。这个变化过程与新疆天山西部 1987 年开始出现气温明显升高、降水量及河川径流增加等时间相一致，说明中国西北地区气候转型和北大西洋向东输送的水汽增加、西风气流加强等因素关系密切。

在考虑 AO 和 NAO 正负相位变化的同时, 基于 AO 和 NAO 二者反映中纬度西风带强弱本质上的一致性, 以及 NAO 和 AO 值正负位相的波动和转折变化, 在资料统计时段内计算了 NAO 和 AO 指数的差值, 结果如图 5 所示. 1970 年前后, AO 值由大于 NAO 值占绝对优势变为基本小于 NAO 值; 分析比较表明, 当 NAO 和 AO 指数二者比较接近或同时为负值且差值较大时(绝对值), 气候处于转折时期, 二者强弱转换导致了中纬度西风带环流形势的变化, 从而可能引起了径流的阶段性转折变化. 如 1960 年、1972 年和 1987 年 NAO 和 AO 指数差值分别为 0.06, 0.07, 0.03, 则预示着其后的次年径流量将开始呈现明显的阶段性减少; 1964 年、1969 年、1996 年指数差值分别为 -2.99, -2.78 和 -3.52, 而 1996 年 -3.52 的差值, 也是资料统计时段内 NAO 和 AO 指数差值的最小值, 随后径流出现了明显的阶段性增加趋势的变化, 新疆南北疆河川径流呈现了显著的持续增加. 从乌鲁木齐河源实测资料分析显示^[20], 1996—2000 年降水、冰川物质平衡及高山冰雪径流均显示出急剧的增大趋势.

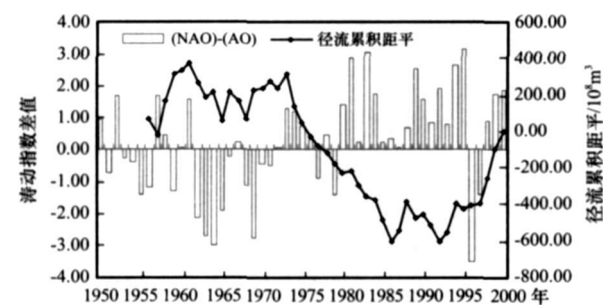


图 5 NAO 和 AO 指数的差值与新疆河川径流累积距平变化

Fig. 5 Variations of cumulative anomalies of annual runoff in Xinjiang rivers and difference of NAO and AO index

新疆河川径流的变化受 NAO 和 AO 的共同影响, 但其影响程度在天山南北不同河流有较大的区域性差异. NAO 的影响范围基本遍及全疆, 而 AO 对天山北坡径流的影响更甚于南坡; 昆仑山及帕米尔北坡诸河流与 NAO 和 AO 涛动的相关关系不是非常明显, 更多的原因可能是受青藏高原及西南季风等的影响, 与区域性循环有关.

由于 AO 和 NAO 从本质上反映中纬度西风带强弱的特点, 其对北半球气候的变化具有重要而广泛的影响, 其波动变化对气温、降水、积雪等气候要素均有显著的影响, 而这些变化又从另一个方面

影响着河川径流, 尤其是冰雪径流的变化, 即滞后影响径流的变化. 这种明显的滞后关系还可从累积距平曲线直观的看出(图 4), 但其相互影响作用的机理还需我们进一步分析研究.

5 结论

新疆天山南北坡及帕米尔高原各流域河流, 从 1987 年开始均呈现出了径流增加的趋势, 但其变化时间和变化幅度不完全相同. 阿勒泰山南坡、天山东部及昆仑山北坡的河流年径流量自 1980 年代以来的增加趋势不十分显著, 和田地区玉龙喀什河从 1980 年代中期开始年径流量呈减少趋势; 而新疆南北疆河川径流显著的同步增加始于 1990 年代初.

天山北坡河流(除乌鲁木齐河)与 NAO 和 AO 均显示为负相关关系, 而天山南坡河流(除开都河)则呈现为正相关关系; 昆仑山及帕米尔北坡诸河流与 AO 和 NAO 的相关关系则较为杂乱, 正负相关不完全相同, 且 NAO 和 AO 与径流变化的相关性也不尽一致.

NAO 和 AO 涛动指数二者相对接近或同时为负值且差值较大时(绝对值), 明显地预示着径流的转折变化, 当 NAO 和 AO 指数的差值趋于 0 时, 则预示次年径流将开始明显的阶段性减少; 而差值相对为极小值(小于或接近 -3.00)时, 径流将会出现明显的阶段性增加的变化趋势.

新疆河流年径流总量与 NAO 和 AO 指数均有滞后 5 a 的显著相关关系, 相关系数分别为 0.343 和 0.512(分别达到了 0.05 和 0.01 的信度水平); 其中, 天山北坡河流的这种滞后相关性强于天山南坡, 而昆仑山北坡诸河流径流均没有滞后 5 a 的显著相关关系. AO 对北天山径流影响较大, NAO 与东天山和昆仑山北坡径流的相关性较好.

参考文献(References):

- [1] Shi Yafeng, Shen Yongping, Hu Ruiji. Preliminary study on signal, impact and foreground of climate shift from warm dry to warm humid in Northwest China [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2002, 24(3): 219–226. [施雅风, 沈永平, 胡汝骥. 西北气候由暖干向暖湿转型的信号、影响和前景初步探讨[J]. 冰川冻土, 2002, 24(3): 219–226.]
- [2] Shi Yafeng. Estimation of the resources affected by climatic warming and glacier shrinkage before 2050 in west China [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2001, 23(4): 333–341. [施雅风. 2050 年前气候变暖冰川萎缩对水资源影响情景预估[J]. 冰川冻土, 2001, 23(4): 333–341.]
- [3] Zhang Guowei, Wu Sufen, Wang Zhijie. The signal of climate

- shift in Northwest China deduced from river runoff change in Xinjiang region [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2003, **25**(2): 183 – 187. [张国威, 吴素芬, 王志杰. 西北气候环境转型信号在新疆河川径流变化中的反映[J]. 冰川冻土, 2003, **25**(2): 183 – 187.]
- [4] Ye Baisheng, Ding Yongjian, Yang Daqing, *et al.* Regional patterns of climate changes in Northwest China during the last 50 years viewed from annual discharge change[J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2006, **28**(3): 307 – 311. [叶柏生, 丁永建, 杨大庆, 等. 50a 西北地区年径流变化反映的区域气候差异[J]. 冰川冻土, 2006, **28**(3): 307 – 311.]
- [5] Hurrell J W, Van Loon H. Decadal variations in climate association with the North Atlantic Oscillation [J]. *Climatic Change*, 1997, **36**: 301 – 326.
- [6] Wang Yongbo, Shi Neng. Relation of North Atlantic Oscillation anomaly to China climate during 1951–1995[J]. *Journal of Nanjing Institute of Meteorology* 2001, **24**(3): 315 – 322. [王永波, 施能. 近 45 a 冬季北大西洋涛动异常与我国气候的关系[J]. 南京气象学院学报, 2001, **24**(3): 315 – 322.]
- [7] Rohli R V, Vega A J, Binkley M R, *et al.* Surface and 700 hPa atmospheric circulation patterns for the Great Lakes basin and eastern North America and relationship to atmospheric teleconnections [J], *J. Great Lakes Res.*, 1999, **25**: 45 – 60.
- [8] Higgins R W, Leetmaa A, Xue Y, *et al.* Dominant factors influencing the seasonal predictability of U. S. precipitation and surface air temperature[J], *J. Clim.*, 2000, **13**: 3994 – 4017.
- [9] Thompson D W J, Wallace J M. The Arctic Oscillation signature in the wintertime geopotential height and temperature fields[J]. *Geophys. Res. Lett.*, 1998, **25**(9): 1297 – 1300.
- [10] Gong D Y, Wang S W, Zhu J H. East Asian winter monsoon and Arctic Oscillation [J]. *Geophysical Research Letters*, 2001, **28**(10): 2073 – 2076.
- [11] Wu B Y, Wang J. Winter Arctic Oscillation, Siberian high and East Asian winter monsoon[J]. *Geophysical Research Letters*, 2002, **29**(19): 1897 – 1902.
- [12] Gong Daoyi, Wang Shaowu. Influence of Arctic Oscillation on winter climate over China [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2003, **58**(4): 559 – 568. [龚道溢, 王绍武. 近百年北极涛动对中国冬季气候的影响[J]. 地理学报, 2003, **58**(4): 559 – 568.]
- [13] Trigo R M, Pozo Vazquez D, Osborn T J, *et al.* North Atlantic Oscillation influence on precipitation, riverflow and water resources in the Iberian Peninsula [J]. *Int. J. Climatol.*, 2004, **24**: 925 – 944.
- [14] Gong? Daoyi, Wang Shaowu. The North Atlantic Oscillation Index and its interdecadal variability[J]. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences*, 2000, **24**(2): 187 – 192. [龚道溢, 王绍武. 北大西洋涛动指数的比较及其年代际变率[J]. 大气科学, 2000, **24**(2): 187 – 192.]
- [15] Shen Yongping, Liu Shiyin, Ding Yongjian, *et al.* Glacier mass balance change in Tailanhe River watersheds on the south slope of the Tianshan Mountains and its impact on water resources [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2003, **25**(2): 124 – 129. [沈永平, 刘时银, 丁永建, 等. 天山南坡台兰河流域冰川物质平衡变化及其对径流的影响[J]. 冰川冻土, 2003, **25**(2): 124 – 129.]
- [16] Su Hongchao, Wei Wenshou, Han Ping. Changes in air temperature and evaporation in Xinjiang during recent 50 years [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2003, **25**(2): 167 – 171. [苏宏超, 魏文寿, 韩萍. 新疆近 40a 来气温和蒸发变化[J]. 冰川冻土, 2003, **25**(2): 167 – 171.]
- [17] Han Ping, Xue Yan, Su Hongchao. Precipitation signal of the climatic shift in Xinjiang region [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2003, **25**(2): 179 – 182. [韩萍, 薛燕, 苏宏超. 新疆降水在气候转型中的信号反应[J]. 冰川冻土, 2003, **25**(2): 172 – 175.]
- [18] Rogers A N, Bromwich D H, Sinclair E N, *et al.* The atmospheric hydrologic cycle over the Arctic basin from reanalyses, Part 2: interannual variability [J]. *J. Climate*, 2001, **14**: 2414 – 2429.
- [19] Jones P D, Jonsson T, Wheeler D. Extension to the North Atlantic Oscillation using early instrumental pressure observations from Gibraltar and S W Iceland[J]. *Int. J. Clim.*, 1997, **17**: 1433 – 1450.
- [20] Li Zhongqin, Han Tianding, Jin Zhefan, *et al.* A summary of 40 year observed variation facts of climate and Glacier No. 1 at Headwater of Ütümqi River, Tianshan, China[J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2003, **25**(2): 117 – 123. [李忠勤, 韩添丁, 井哲帆, 等. 乌鲁木齐河源区气候变化和 1 号冰川 40 年观测事实[J]. 冰川冻土, 2003, **25**(2): 117 – 123.]

Influence of the North Atlantic Oscillation and the Arctic Oscillation on River Runoff over Xinjiang Region, China

HAN Tian ding¹, DING Yong jian¹, YE Bai sheng¹, XIE Chang wei¹,
JIAO Ke qin¹, CHEN Peng²

(1. Key Laboratory of Cryosphere and Environment, CAREERI, CAS, Lanzhou Gansu 730000, China;

2. Ürümqi Meteorological Administration, Ürümqi Xinjiang 830002, China)

Abstract: An analysis of the relationships between the North Atlantic Oscillation (NAO), Arctic Oscillation (AO) and river runoff throughout Xinjiang region of China was presented. The results suggest that the NAO and AO, which drives the climate change of the Northern Hemisphere, have a significant teleconnection with river runoff in Xinjiang Region. One can see that the NAO and

AO affect the river runoff in Xinjiang region. The correlations between NAO and AO and river runoff have notable regional difference throughout the region. It is found that the influence of NAO and AO over the last 50 years has a 5 year lag effect on the river runoff in Xinjiang Region. The correlation coefficients are 0.343 and 0.512, with significant levels of 95% and 99%, respectively.

Key words: Xinjiang Region; runoff; North Atlantic Oscillation; Arctic Oscillation