

国外关于年代际气候变率的研究^{*}

王绍武 朱锦红

(北京大学地球物理系, 北京, 100871)

摘 要

文中指出在气候变率与可预报性研究计划中, 列出年代际气候变率及可预报性研究子计划充分显示出这个问题的重要性, 回顾并总结了近年来年代际气候变率的研究成果, 特别是对全球气候变暖、海气相互作用、温盐环流、自然气候变率和 ENSO 的年代际变率的研究几个重点问题进行了讨论, 最后对年代际气候变率研究今后的发展方向提出了看法。

关键词: 年代际气候变率, 全球气候变暖, 海气相互作用与年代际变率, 温盐环流, 自然气候变率, ENSO 的年代际变率。

1 引 言

20世纪90年代中期年代际气候变率(inter-decadal climate variability) 才成为国际气候学研究的热门问题, 这一趋势由于气候变率与可预报性研究计划(CLIVAR)^[1]的建立而得到了加强。80年代到90年代初的研究表明, 年代际是一个非常重要的时间尺度, 它既是迭加在长期变化趋势上的扰动, 例如20世纪40年代到70年代中全球气温的下降减缓了20世纪气候变暖的势头; 另一方面, 年代际变率又成为年际变率的重要背景。例如从1979~1998年20 a 期间仅发生了2次拉尼娜事件, 却发生了6次厄尔尼诺事件, 其中1997~1998年及1982~1983年是本世纪最强的2次厄尔尼诺。自19世纪中期以来还没有出现过这种情况, 因此, 不少学者提出 ENSO 的年代际变率问题^[2]。

对年代际变率的时间尺度并没有明确的规定。从目前的研究来看, 它大体包括2个部分, 即15~35 a 的变率及50~70 a 的变率, 也有人把50~150 a 的变率^[3]称为百年尺度气候变率(Century-scale climate variability)。年代际气候变率的研究大体上可以分为3个方面: 诊断研究、模拟研究及成因分析。对诊断研究来讲, 代用资料序列的建立是非常重要的。模拟研究分为两种, 一种给定外强迫(如海温、海冰)积分大气模式^[4], 另一种是不给定任何外强迫积分海气耦合模式, 研究自然变率, 即研究气候系统自身的振荡。年代际气候变率的成因研究与上面两部分研究有密切的关系, 也有两种观点, 一种观点认为大气或海洋的年代际气候变率直接来自外强迫, 如太阳活动或火山活动, 但对过去直接在地球气候

* 初稿时间: 1997年1月24日; 修改稿时间: 1999年5月17日。

资助课题: 国家基础规划研究项目《俄国重大气候和天气灾害机理和预测理论研究》第一部分《俄国重大气候灾害的机理和预测理论研究》第一课题第二专题《不同时间尺度气候系统的变率》和973预选项目《气候动力学与预测理论》。

中寻找11 a或22~23 a周期的作法提出了批评^[5],至于如何检测外强迫因子的影响却仍是一个未解决的问题。另一种观点认为,目前观测到的年代际气候变率是大气海洋系统的自振,只是有些机制过去人们重视不够或者基本不了解,例如温盐环流的变化。

年代际变率的研究范围非常广泛,由于篇幅所限,文中只回顾了全球气候变暖、海气相互作用、温盐环流、自然变率和ENSO年代际变率等几个问题的研究进展,并对今后工作的方向提出一些看法。

2 全球气候变暖

全球气候变暖是当前气候学研究中占第一位的问题。有资料显示* 1998年全球平均气温对1961~1990年平均的距平为0.57,成为近百年来最暖的一年,比过去最暖的1997年又高了0.14。中国气温距平达到1.38,至少是1880年以来最暖的一年。可以说气候变暖的势头愈来愈猛,这也就是人们为什么对这个问题异常关心的原因。但研究中发现,全球平均气温距平在1910年前后达到最低(-0.5)以后逐渐上升,1944年上升到0.21,20世纪40年代初到70年代中气温下降趋势明显,而这个时期正好是第二次世界大战后的恢复及发展时期,大气中的CO₂浓度从1943年的 308×10^{-6} 增加到1975年的 331×10^{-6} ,增加了 23×10^{-6} ^[6]。因此,这段时期的气温变化与温室气体的增加是矛盾的。Ghil及Vautard^[7](1991),Elsner与Tsonis^[8](1991),Allen等(1992)^[9]的研究都发现了20 a左右的周期,这是气候趋势之外最显著的年代际气候变率。对于这一周期而言,如果峰值与谷值差0.2,则平均可以达到0.02/a的变率。近百年来变暖趋势约为0.005/a,约比20 a振荡小一个数量级。因此研究年代际变率对确认及预测气候变暖趋势有重要意义。不过Ghil与Vautard亦曾指出1910年之前及1940年之后20 a周期较明显,在此之间气温上升趋势占优势,但1980年之后气温持续上升,20 a周期不甚显著。

Schlesinger和Ramankutty^[10](1994)用一个简化气候/海洋模式模拟出人类活动造成的气温变化,然后从1858~1992年的IPCC全球气温平均序列中减去这一变化,得到一个去掉人类活动影响的无趋势气温序列。对这个序列的分析表明,这一结果相当好地反映了气温的变化,特别是20世纪40年代初到70年代中的气温下降,这一部分气温变化的周期长度约为65 a。不过目前序列长度仅为两个周期左右,所以很难认为这个周期长度是足够精确的。但这至少给人一个数量级的概念,一旦有了新的资料或者利用代用资料把序列向前延伸,则可以进一步证实或修正对65~70 a周期的结论。

为了进一步了解65~70 a周期是否是全球性的或者有什么地区特征,把全球分为11个区,每个区也去掉该区的人类活动影响所造成的气温变化趋势,结果发现有3个区与全球平均气温的变化趋势最一致,即1区北大西洋、2区北美及3区欧亚大陆,此外4区非洲也有一定的一致性,这就是说65~70 a的周期主要出现于大西洋及其邻近地区。中国东部也有65~70 a周期,这与中国学者的研究结果是一致的^[11]。Schlesinger和Ramankutty指出形成这种周期的3种可能性:(1)随机强迫,如Hasselmann的大气白噪声强迫海洋产生红噪声响应;(2)外部振荡强迫,如太阳常数变化;(3)海气系统内部振荡。如果是第1类振

* 龚道溢,个人通讯。

荡,则应该在海洋上占优势。如果是第2类,则应该是全球性的。但是从分区研究来看至多在1~4区65~70 a 周期较为明显,其它7个区没有这种振荡。因此,这两位作者认为可能是第3类振荡,即海气相互作用而产生的振荡。

3 海气相互作用与年代际变率

20世纪80年代末到90年代初人们对70年代北太平洋发生的气候突变作了许多研究。Graham(1994)^[12]对此作了总结:以1976~1977年冬为界,在此之后阿留申低压加深,北太平洋中部 SST 下降。分析表明从1976~1977年冬开始其后的13个冬季中有6个 SLP 为较强的负距平,4个为弱的负距平或正常值,仅有3个为正距平。而在此之前的12个冬季仅有1个为负距平。SST 从1976~1977年冬开始连续13个冬季为负距平,而在此之前的12个冬季中有8个为正距平。Graham(1994)^[12]用 ECHAM 1模式作了模拟,用1970~1986年40°S—70°N SST 观测场强迫,成功地模拟出这次大气环流的变化。用热带 SST 与观测的700 hPa 高度场或模拟的700hPa 高度场作 CCA,所得结果与上面相同。因此,他认为热带 SST 异常可能是这次中纬度大气环流变化的原因。为了进一步证实这个论点,Graham 等(1994)^[13]用 ECHAM 2作了3组实验,仍然对1970~1988年作积分。SST 强迫分为3组情况:(1)在热带地区(25°N—25°S) SST 取观测值,其余地区用气候平均值;(2)在中纬度地区(31°N 以北及31°S 以南) SST 取观测值,其余地区用气候平均值;(3)全球用 SST 观测值。结果表明,3个试验均能说明一定的大气环流变化,但北太平洋特别在东部主要对热带 SST 反映最敏感。尽管对热带 SST 的作用还有争议,无论如何在给定的 SST 观测值时能强迫大气模式,产生年代际变化,这是一个重要成果。Miller 等^[14](1994)成功地用大气参数强迫 OGCM 模拟了这段时期北太平洋的 SST 变化,而且模拟出中太平洋先暖后冷的变化。这表明如果大气参数有明显的年代际变化,则 SST 亦受其影响而发生年代际变化,不过这只是说明气候系统内部一个成员对另一个成员的响应,并不能解释年代际气候变率形成的原因与机制。

Latif 等^[15](1996)用耦合模式研究气候内部振荡的特点,共积分125 a,并与观测结果进行比较。取变化最突出的北太平洋(25~45°N, 170°E—160°W)平均 SST 作为指数,对1950~1990年 SST 指数作低通(5 a 以上)滤波,明显地看出约20 a 尺度的变化,且该指数与赤道东太平洋 SST 为负相关。耦合模式第43~83年的模拟结果与1950~1990年 SST 指数作低通(5 a 以上)滤波的结果非常一致。大西洋也有年代际变率,并且耦合模式也能作出相当成功的模拟,且模拟结果与观测结果十分接近。SST 及500 hPa 高度典型相关时间系数从第21年到第120年之间5个峰值,周期平均17 a。这表明耦合模式有能力模拟周期为15~20 a 的年代际气候变率。这里不是对大气或海洋一方给定一个包括年代际变率的强迫,而研究另一方的响应,在这个积分中不包括任何给定强迫,因此得到的年代际变率显然是气候系统内部的自然变率,这种变率形成一种振荡。Latif 等^[15](1996)认为海洋的变化适当落后于大气,因此产生振荡,耦合系统中这种振荡即来源于中纬度大尺度海气相互作用。

4 温盐环流

温盐环流(thermohaline circulation 缩写为 THC)变化是20世纪90年代提出来的一种可能形成年代际气候变率的机制^[1]。Delworth 等^[16](1993)用海气耦合模式模拟了 THC 的自然振荡,整个积分过程中没有给定外强迫。模拟的600 a THC 指数(52~72 N 的流函数梯度)的年代际变化十分明显,前200 a 周期稍短,约在40~50 a 之间,后400 a 周期稍长,约60 a 左右。从600 a 中取4个 THC 异常高的10 a SST 减去4个 THC 异常低的10 a 的 SST,与用1950~1964年(暖水期)的 SST 观测值减1970~1984年(冷水期)的比较,二者结果十分相似。这就是说 THC 强北大西洋北部暖,THC 弱北大西洋北部冷。Gray (1997)^[17]从另一角度得到了类似的结论,他指出20世纪70年代以来全球气候有如下6个特点:(1)南半球海温高、北半球相对较低,(2)大西洋及太平洋中西西风增强,(3)强厄尔尼诺频率增加,(4)萨赫勒干旱,(5)大西洋强飓风减少,(6)全球温度上升。他认为这可能反映大西洋的 THC 较弱,由此推论近百年的气候变化可按 THC 的特征分为4个阶段:1870~1899年、1900~1942年、1943~1967年及1968~1996年。第1,3两个阶段 THC 强,第2,4两个阶段 THC 弱(表1)。Gray 的工作的重要意义在于他把 THC 的变化与气候异常联系起来,他划定的时间阶段也可能并不一定合适,但这为认识大西洋气候异常形成的机制开辟了一条新途径。

表1 北大西洋各种环流与气候要素变化趋势比较

| | 第1阶段 | 第2阶段 | 第3阶段 | 第4阶段 |
|---------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| THC ^[17] | 1870~1899 强 | 1900~1942 弱 | 1943~1967 强 | 1968~1994 弱 |
| SST ^[18] | | 1900~1929 冷 | 1930~1965 暖 | 1966~1988 冷 |
| SLP ^[18] | | 1900~1919 高 | 1920~1969 低 | 1970~1988 高 |
| NAO ^[19] | 1867~1903 弱 | 1904~1930 强 | 1931~1972 弱 | 1973~1995 强 |

这4段时期之间有3次转折期,大约在1900年、1930年、1970年前后,第1次转折期资料较少,但是至少有两点值得注意:(1)1900年之前20~30年的 SST 虽然对1961~1990年平均也是负距平,但却显然要比1900~1920年期间要高0.1~0.2 °C;(2)代用资料所建立的长期 NAO(North Atlantic Oscillation)序列显示,1900年之前有一个长达40~50 a 的弱 NAO 时期,1867年以来的 SLP 观测资料也证实了这一点。第2,3两次转折期则证据更多。首先是20世纪20年代的气候变暖,这次变暖在大西洋及其邻近陆地的中高纬变暖十分突出。而60年代末萨赫勒的干旱也是20世纪几个著名的气候变化事件之一,同时北大西洋北部开始变冷。1968~1969年出现了极端寒冷的冬季,当时甚至有的作者认为是小冰期又一次来临。由此看来这3次转折期的气候意义是非常巨大的。以上的分析虽然未能完全证实 THC 的变化是北大西洋气候年代际变率形成的主要机制,但至少说明这种可能性是存在的。

THC 是如何构成年代际循环变化的? Stocker^[20]认为北大西洋传送带把大量表层海

水带向极地,当 THC 弱时,减少了低纬度暖而盐分高的海水向北的输送,在北大西洋中部形成一个冷的淡水池。由于热力对密度的影响比盐度的影响高3倍,冷水域在海表形成气旋式环流,使北美东北沿岸的冷淡水与较低纬度的暖盐水交换。这个涡旋流叠加在向东北流的传送带上,使传送带加强。盐度增加后,密度较大的水来到下沉区,通过平流把低纬度较多的热量向北输送,使大西洋中部的冷水逐渐减弱,最终在同一地区形成一个暖池。地转涡旋又变成反气旋式,与传送带方向相反把较淡的冷水向南输送到大洋中部,从而减弱 THC。

5 自然气候变率

所谓自然气候变率是指在没有外强迫情况下产生的气候振荡。这里主要讨论年代际尺度的自然气候变率。首先要说明的是只有用模式才可能产生自然变率。因为对于任何一段观测时间,例如近千年,尽管人们可以舍去近百年以排除人类活动的影响,但不可能排除前900 a 中地球大气受外强迫的影响,例如火山活动、太阳活动。严格地讲,很难说那一段时间的气候变率可以认为是自然变率。而模式则恰恰相反,可以积分 AGCM 或 CGCM,不必给定任何外强迫,这时就可以模拟出大气或者海气系统是如何产生振荡,从而认识其自然变率。当然,由于目前模式不成熟,不能保证模拟出来的就是真正的自然变率,但人们可以把它与观测到的气候变率进行比较,由此来认识观测到的气候变率可能的形成原因与机制,研究自然气候变率的意义也在于此。

目前自然气候变率的形成有两种理论:(1) Lorenz^[21] (1976) 认为混沌性的短期天气变率可产生气候事件尺度的变率(L 机制);(2) Hasselmann^[22] (1976) 则认为快变白噪声天气变率可能造成气候系统的慢变红噪声响应(H 机制)。这两种理论的结果是一致的,即气候可能对天气产生慢变响应。但两种理论对形成机制的认识不同。

Schneider 与 Kinter III^[23] (1994) 用 COLA 的 R15L9AGCM,作了3组400 a 积分,3组试验为:试验1,固定春分日的太阳辐射,海温取1月1日的气候平均值;试验2,太阳辐射及海温均为包括季节变化的气候平均值;试验3,用 OGCM 与 AGCM 耦合。模拟结果显示3个试验全球陆面温度距平的功率谱都近于红噪声,说明 L 机制在起作用。但试验3的低频部分要比试验1与试验2强,所以 H 机制也有作用。降水变率功率谱的分析表明,试验2模拟的降水变率大小与试验3属同一数量级,试验3 的变率略大一些。因此可以认为降水变率的模拟也说明 L 机制是最基本的,但 H 机制在年代际变率形成中的作用也不可忽视。

GFDL1000 a 的模拟、ECHAM 模式1000积分的前600 a 和 UKMO310 a 的模拟与近百年气温观测的谱^[24] 的比较表明,在反映年代际变率的20~40 a 周期上,模拟与观测接近,模拟与观测的年代际气候变率在总变率中所占的比重接近,但绝对值可能要比观测到的低。这再次说明 CGCM 有一定模拟年代际气候变率的能力。Hunt^[25] (1998) 认为用自然变率可以在相当程度上解释过去500 a 观测到的气温变化。他用的大气模式为 R21L4,并与一个50 m 深的混合层海洋模式耦合,积分530 a,去掉前30 a 的调整时期。模拟结果显示500 a 之间有15~16个峰值(或谷值),大约30多年一个循环,这正是典型的年代际气候变率。Hunt 利用他模拟的气温变化与 Bradley 与 Jones (1993) 用16个站代用资料建立

的北半球夏季气温序列作了比较,把模拟中相应16个站的气温作平均,居然与观测结果大同小异。不过模拟是没有绝对时间概念的,因此某个峰值或谷值的相合是偶然的,但从10 a 平均气温的变率来看,两者非常相像。模式模拟的自然气候变率确实与过去500 a 观测到的气温变化有某些相似之处,只是模拟的绝对振幅可能要小一些。

6 ENSO 的年代际变率

Wang^[26] (1995) 研究了1950~1992年6个重要的暖事件,结果表明1976年之后 El Niño 发生特点有显著的变化,他认为这一变化是由1970年代中的年代际变化引起的,产生大气环流异常的原因是由于作为背景的 SST 的显著的长期变化,背景状态的年代际变化对 ENSO 循环的演变也有着较大影响。Rasmusson 等^[27] (1995) 把长期变化分为两类,即多年代气候平均和多年代际变率。研究表明在19世纪末到20世纪20年代 ENSO 循环的方差较大,1920~1950年代处在相对较弱的时期,随后加强至今,这一点与 Wallace^[28] (1998) 的研究是一致的。赤道东太平洋 SST 的百年尺度的变化与全球平均 SST 的相应变化在很大程度上相似,并与全印度季风的变率、美国大平原20世纪干旱早期的强度变化有联系,与 Sahel 降水的世纪尺度的变化关系不清楚。Trenberth 等^[29] (1995) 研究了太平洋气候的年代变化,认为北太平洋年代时间尺度的变化与热带太平洋和印度洋的变化关系密切,同时与 El Niño 发生的频率与强度之间也有密切的关系,并指出近年来 El Niño 与 La Niña 发生频率的巨大差异是空前的。这是否是由于(或部分由于)一些确定因素或仅仅是由于自然变率引起的,目前还很难断言。同时作者也指出1988年3~4月似乎又发生了一次气候变化。Zhang 等^[30] (1997) 利用1900~1993年近百年的资料,采用不同的诊断方法对 ENSO 的年代际变率进行了研究。他把 SLP, SST 等要素分成高频和低频两部分,发现高低频之间的空间结构非常相似,时间分量中低频部分有明显的年代际变化。研究发现热带的特征在与 ENSO 循环有关的变率中更突出,而外热带的特征则在低频部分更明显一些。但作者最后也指出,由于资料长度的限制和其它一些原因,这种人为分离出的年代际变率到底有多大的意义也还很难讲。

6 结 论

应该说对年代际气候变率的研究刚刚开始,还缺少比较系统的诊断研究,也就是说,人们还不很确切地了解气候系统的年代际变率。在介绍机制研究中着重讨论了海气相互作用和海洋中温盐环流的影响。当然形成年代际变率的可能机制绝不仅仅这两种,Latif 等(1996)^[15]就提出了6种以上的机制。这里需强调的是,这些工作表明在观测到的气候变率中,气候系统内部的自然变率起着重要的作用。当然这决不排除外强迫因子如太阳活动、火山活动,近代还要加上人类活动影响,这些外强迫对自然气候变率有什么影响也是一个未知数。因此,进一步研究自然气候变率具有十分迫切的意义。从另一方面讲,这也对认识或预测外强迫因子(如温室效应)造成的气候变化有重要的作用。

参考文献

- 1 International CLIVAR Project Office. A research programme on climate variability and prediction for the 21st century, CLIVAR, World Climate Research Programme. Bundesstr: Max-Planck-Institute für Meteorologie, 1997. 48pp
- 2 Gu D, Philander S G H. Secular changes of annual and interannual variability in the tropics during the past century. *J Clim*, 1995, 8: 864– 876
- 3 Mann M E, J Park, Bradley R S. Global interdecadal and century-scale climate oscillations during the past five centuries. *Nature*, 1995 378: 266– 270
- 4 Bevan A C, Rowell D P, Folland C K, et al. Simulated climate variability through the twentieth century. In: NOAA, ed. Proceedings of the Eighteenth Annual Climate Diagnostics Workshop. U. S.: Department of Commerce, NOAA, 1994. 110– 113
- 5 Stocker T F. An overview of century time-scale variability in the climate system: observations and models. In: Anderson D L T, Willebrand J, eds. Decadal Climate Variability, Dynamics and Predictability. 144. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1996. 379– 406
- 6 WMO. Global temperature 1997. WMO Statement on the Status of the Global Climate in 1997. WMO No 877. 4. The Global Climate System Review, December 1993–May 1996. WMO No. 856:22– 23. *Tiempo*, 1998, 26
- 7 Ghil M, Vautard R. Interdecadal oscillations and the warming trend in global temperature time series. *Nature*, 1991, 350: 324– 327
- 8 Elsner J B, Tsonis A. Do bidecadal oscillations exist in the global temperature record? *Nature*, 1991, 353: 551– 553
- 9 Allen M R, P L Read, Smith L A. Temperature time-series? *Nature*, 1992, 355: 686
- 10 Schlesinger M E, Ramankutty N. An oscillation in the global climate system of period 65– 70 years. *Nature*, 1994, 367: 723– 726
- 11 王绍武. 近百年中国气候变化的研究. *中国科学基金*, 1983, 3: 167 ~ 170
- 12 Graham N E. Decadal-scale climate variability in the tropical and North Pacific during the 1970s and 1980s: observations and model results. *Climate Dynamics*, 1994, 9: 135– 162
- 13 Graham N E, Barnett T P, Wilde R. On the roles of tropical and mid-latitude SSTs in tropical forcing interannual to interdecadal variability in the winter Northern Hemisphere circulation. *J Climate*, 1994, 7: 1416– 1441
- 14 Miller A J, D R Cayan, T P Barnett, et al. Interdecadal variability of the Pacific Ocean: model response to observed heat flux and wind stress anomalies. *Climate Dynamics*, 1994, 9: 287– 302
- 15 Latif M, Grotzner A, Münnich M, E Maier-Reimer, et al. A mechanism for decadal climate variability in: David L T et al, eds. Decadal Climate Variability, Dynamics and Predictability, Berlin: springer-verlag Berlin Heidelberg, 1996. 263– 292
- 16 Delworth T, Manabe S, Stouffer R J. Interdecadal variations of the thermohaline circulation in a coupled ocean-atmosphere model. *J Climate*, 1993, 6: 2011
- 17 Gray W M. Forecast of global circulation characteristics in the next 25– 30 years. In: NOAA, ed. Proceedings of the Twenty-First Annual Climate Diagnostics And Prediction Workshop. October 28–November 1, 1996. U. S.: Department of Commerce, NOAA, 1997. 219– 222
- 18 Kushnir Y. Interdecadal variations in North Atlantic sea surface temperature and associated atmospheric conditions. *J Climate*, 1994, 7(1): 141– 157
- 19 Nicholls N, et al. Observed climate variability and change, in: Houghton J T, et al, eds. *Climate Change 1995*. Cambridge: Cambridge University Press, 1996. 165– 167
- 20 Stocker T E. The variable ocean. *Nature*, 367, 1994, 367(2): 221– 222
- 21 Lorenz E N. Nondeterministic theories of climate change. *Quar Res*, 1976, 6: 495– 506

- 22 Hasselmann K. Stochastic climate models. Part 1. Theory. *Tellus*, 1976, 28:473– 485
- 23 Schneider E K, J L Kinter III. An examination of internally generated variability in long climate simulations. *Climate Dynamics*, 1994, 10: 181– 204
- 24 Santer B D, Wigley T M L, Barnett T P, et al. Detection of climate change and attribution of causes. In: Houghton, et al, eds. *Climate Change 1995: The Science of Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press, 1996, 406– 446
- 25 Hunt B G. Natural climatic variability as an explanation for historical climatic fluctuations. *Climatic Change*, 1998, 38: 133– 157
- 26 Bin Wang. Interdecadal changes in El Nino onset in the last four decades. *J Climate*, 1995, 8: 267– 285
- 27 Rasmusson E M, Wang Xueliang, Ropelewski C F. Secular variability of the ENSO cycle. *Natural Climate Variability on Decade-to-Century Time Scales*. U. S. : National Research Council, 1995. 458– 471
- 28 Wallace J M, Rasmusson E M, et al. On the structure and evolution of ENSO-related climate variability in the tropical Pacific: Lessons from TOGA. *J Geophys Res*, 1998, 103: 14241– 14259
- 29 Trenberth K E, Hurrell J W. Decadal climate variations in the Pacific, *J Geophys Res*, 1995, 472– 482
- 30 Zhang, Yuan Wallace E M, et al. ENSO-like Interdecadal Variability: 1900– 93. *J Climate*, 1997, 10: 1004– 1020

A REVIEW OF OVERSEAS STUDY ON INTER-DECADAL VARIABILITY

Wang Shaowu Zhu Jinhong

(*Department of Geophysics, Peking University, Beijing, 100871*)

Abstract

Studies on inter-decadal variability and predicability have been listed in CLIVAR Programme. This behavior sufficiently display that study on this field is very important, In this paper the progresses of studies on inter-decadal variability in recent years are reviewed especially on global climate warming the relation between inter-decadal variability and atmosphere-ocean interaction thermohaline circulation natural climate variability and the inter-decadal variability of ENSO. Finally the development of study on inter-decadal variability is disscussed.

Key words: Inter-decadal climare variability, Global climate warming, Relation between inter-decadal variability and atmosphere-ocean interaction, Thermohaline circulation, Natural climate variability, Inter-decadal variability of ENSO.

《气象学报》进入 SA 等检索系统

当前最具有权威性的国际6大检索系统有: SCI, EI, CA, SA, 苏联文摘杂志和日本科技文献速报。根据中国科技论文与分析数据库(CSTPC) 1998年10月提供的“期刊检索报告”得知, 中国气象学会主办的《气象学报》中文版被英国的《科学文摘》(SA) 和日本科技文献速报两大检索系统收录。