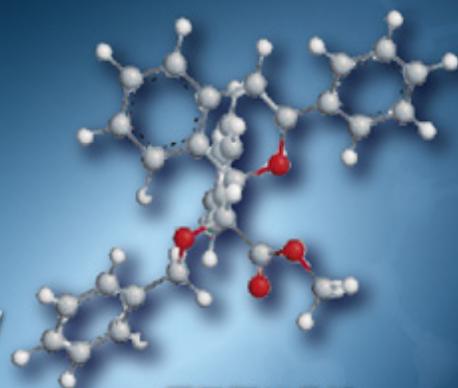


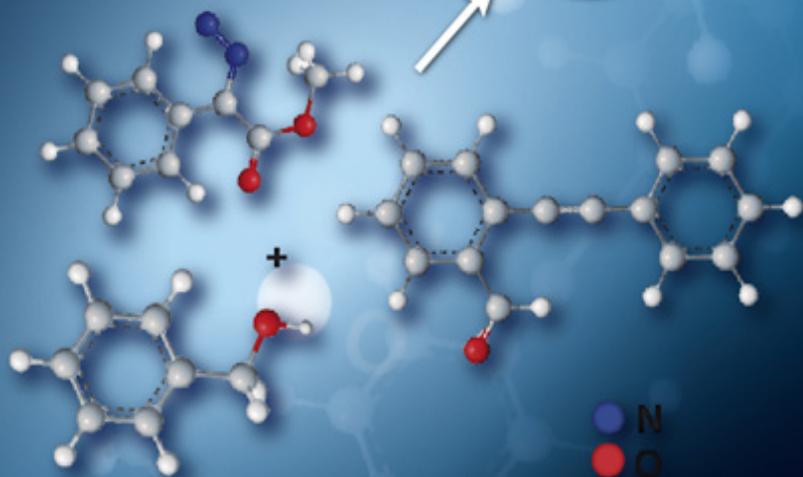
科学通报

Chinese Science Bulletin

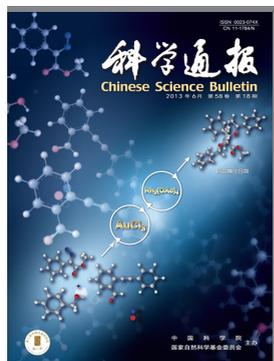
2013年6月 第58卷 第18期



异色烯化合物



中国科学院 主办
国家自然科学基金委员会



2013年6月,第58卷,第18期

封面说明: 最大限度地提高反应效率是现代有机合成面临的必然趋势和巨大挑战. 多组分反应通过多个组分同时参与, 一步生成多个新的化学键, 最大限度地提高了反应效率, 是一类高效构建复杂结构目标化合物的理想方法. 华东师范大学胡文浩研究小组研究了重氮化合物、醇以及邻炔基芳醛的三组分串联反应, 通过引入金属-金属协同催化的策略, 成功实现了传统单一催化剂不能实现的新型多组分串联反应. 通过 AuCl_3 活化邻炔基芳醛生成环化中间体, $\text{Rh}_2(\text{OAc})_4$ 催化重氮分解与醇生成羟基叶立德中间体; 两中间体发生亲核加成反应, 以较好的收率和非对映选择性合成了异色烯类衍生物. 借助活泼中间体捕捉的多组分反应, 不仅间接证明了该反应的途径是经过协同的环化-羰基加成的串联过程, 也为高效合成异色烯类衍生物提供了一种新途径. 详见江俊等人文(p1695).

《科学通报》编辑部

地址: 北京市东城区东黄城根北街16号 《中国科学》杂志社

邮编: 100717

网址: www.scichina.com csb.scichina.com

信箱: csb@scichina.org

主任	安瑞	010-64036120	anrui@scichina.org	(兼生命科学编辑)
副主任	张莉	010-64012686	zhangli@scichina.org	(兼地球科学编辑)
责任编辑	孙书军	010-62567305	ssj@scichina.org	(物理学 力学 天文学)
	付利	010-62567305	fuli@scichina.org	(化学)
	智欣	010-62567305	zhixin@scichina.org	(化学 材料科学)
	王元火	010-64015905	wyh@scichina.org	(生命科学)
	孙红梅	010-64036120	shm@scichina.org	(生命科学)
	林琳	010-64012686	linlin@scichina.org	(地球科学)
	李兆林	010-62567305	zhlli@scichina.org	(材料与工程科学 信息科学)
	闫蓓	010-64015905	yanbei@scichina.org	(新闻采编)

本期责任编辑 付利

自然科学基金项目进展专栏

评述/高分子化学与物理

1683 有机半导体薄膜的有序化及其器件应用

姚奕帆, 江浪, 董焕丽, 胡文平

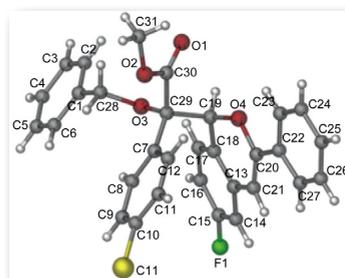
系统总结了有机小分子半导体材料薄膜有序化的构筑途径, 为从优化和改善分子有序性的角度来提高载流子传输特性和制备高性能有机薄膜场效应晶体管提供了指导意义。

论文/有机化学

1695 $\text{Rh}_2(\text{OAc})_4\text{-AuCl}_3$ 协同催化三组分串联反应高效构建异色烯衍生物

江俊, 郭震球, 张志勇, 刘顺英, 马晓初, 曾云想, 胡文浩

采用双金属的协同催化策略, 成功实现了单催化策略不能发生的多组分串联反应, 一步高效构建了多官能团异色烯骨架, 并且通过对比实验, 间接证明了该多组分串联反应是先经过分子内环化再亲核加成的反应途径。



▲ 江俊等 p1695

进展

病毒学

1701 H7亚型禽流感病毒感染人的组织嗜性分析

年庆功, 孙伟, 姜涛, 张雨, 李靖, 祝庆余, 秦成峰

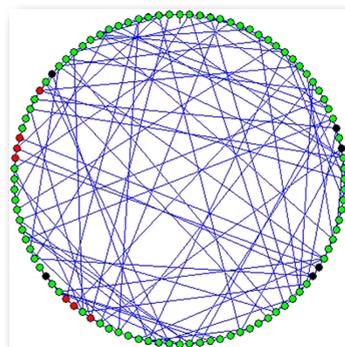
禽流感病毒感染人的临床表现与其组织嗜性密切相关, 本文结合近期出现的H7N9禽流感病毒, 对影响H7亚型禽流感病毒组织嗜性的主要影响因素进行了分析。

海洋科学

1706 估计变动气候中大气和海洋经向热量输送

杨海军

全球大气-海洋总经向热量输送关于赤道反对称, 大气经向热量输送可以弥补海洋热量输送的非对称性, 大气与海洋热量输送的变化之间存在所谓“Bjerknes补偿”关系, 本文讨论了全球海气系统的这个新的耦合方式。



细胞生物学

1711 AFM单细胞单分子形貌成像的研究进展

李密, 刘连庆, 席宁, 王越超, 董再励, 肖秀斌, 张伟京

介绍了原子力显微镜(AFM)单细胞单分子成像实验中的样本制备技术, 总结了近年来AFM用于活细胞和天然态膜蛋白形貌成像取得的进展, 讨论了AFM单细胞单分子高分辨率成像面临的挑战。

▲ 谢莉等 p1731

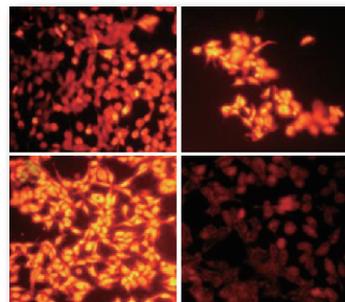
评述

信息处理技术

1719 扩散张量磁共振图像分割研究进展

王毅, 冯前进, 刘哲星, 崔文超, 郝重阳

作为新的磁共振成像模式, 扩散张量成像已成为大脑区域结构、功能连接及白质疾病研究的首选工具之一, 其影像分割过程通过白质组织水分子各向异性的检测与分析, 可实现细胞水平上的病理变化监测和早期神经系统白质疾病的影像筛查。



论文

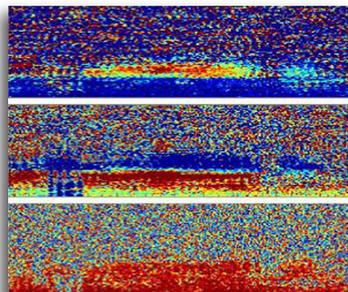
理论物理

1731 复杂网络中男-男同性性行为间的艾滋病传播

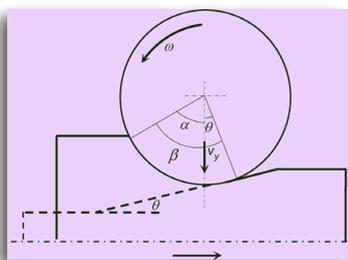
谢莉, 姚伟

研究了在男-男同性性行为群体间的艾滋病在复杂网络中的传播特点, 用“节点移出”的概念进行了更贴近现实的模拟, 根据此群体的特点, 论述了不同偏好的个体比例对于传播的影响。

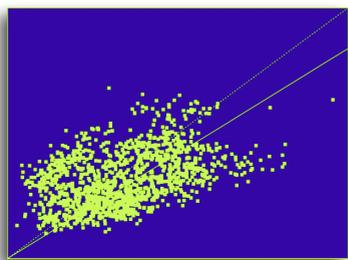
▲ 蒋亚琴等 p1739



▲ 张青梅等 p1748



▲ 刘相华等 p1769



▲ 魏征等 p1775

药理学

1739 以P2X₇受体为靶标的高通量筛选方法

蒋亚琴,尹琪,栗世铀

通过构建P2X₇受体的稳定细胞系,针对人源P2X₇受体特性,首次比较和验证了3种国际通行的荧光检测方法——膜电位检测方法、溴化乙啶内吞检测方法和钙内流检测方法,并成功建立了简便、快捷、低成本的、适用于高通量药物筛选的钙内流检测方法。

地球物理学

1748 太阳风动压脉冲条件下电离层与等离子体层的物质输运

张青梅,王赤,李晖,李传起

利用子午工程地面台站对等离子体层和电离层的同时监测,分析了地磁平静期间这两个区域物质输运对太阳风动压脉冲的响应,进一步得到等离子体层和电离层的密度变化的特点及这两层间物质运输的影响因素。

地理学

1755 降雨期间岩溶地下水化学组分的来源及运移路径

杨平恒,袁道先,叶许春,谢世友,陈雪彬,刘子琦

获取降雨期间典型岩溶地下河的高分辨率水化学数据,运用主成分分析法辨别地下水中化学组分的来源,结合水物理化学指标的变异系数特征,探讨地下水化学组分的运移路径,认为农业活动和水土流失对地下水系统安全和居民健康构成严重的威胁。

材料科学

1764 图案化金属铜膜的SIAD法自组装制备

李星星,蒋美萍,朱贤方,苏江滨

采用直流磁控溅射沉积方式,分析对比了小入射角沉积(SIAD)和垂直入射沉积(NID)情况下铜沉积物的形貌差异,对它们的形成机理进行了深入探讨,并在此基础上提出了一种新的层-线状生长模式。

1769 变厚度轧制时质量守恒的表述方式

刘相华,张广基,支颖

研究了变厚度轧制中轧辊垂直方向位移速度对微元体变形影响的定量关系,在此基础上论证了变厚度轧制时秒流量相等关系不成立,此时质量守恒定律的确切表述是发生塑性变形时工件体积不变,进而给出了变厚度轧制流量差的计算方法。

水利工程

1775 基于叶片气孔导度提升的冬小麦冠层阻抗估算模型的应用和对比

魏征,刘钰,许迪,蔡甲冰,张宝忠

依据冬小麦两个生长季的试验资料,以Leuning-Ball和Jarvis叶片气孔导度模型为基础,构建了冠层阻抗估算模型,对比了不同冠层阻抗估算模型的应用效果,筛选了适合华北典型地区冠层阻抗基于叶片气孔导度的提升方法。

动态

1763 第9届国际二氧化碳大会在北京召开

1784 第4届国际粒子加速器会议在上海召开

1784 2013年全国核反应会议暨核物理973计划年会在深圳召开

估计变动气候中大气和海洋经向热量输送

杨海军

北京大学气候与海-气实验室, 北京大学物理学院大气与海洋科学系, 北京 100871

E-mail: hjyang@pku.edu.cn

2012-11-19 收稿, 2012-12-18 接受, 2013-04-12 网络版发表

国家自然科学基金(40976007, 41176002)、国家重点基础研究发展计划(2012CB955201)和公益性行业(气象)科研专项(GYHY201006022)资助

摘要 气候系统准平衡态的维持决定于大气-海洋的经向热量输送. 由于全球海陆分布南北半球严重不对称, 海洋向极热量输送关于赤道也是非对称的. 然而, 全球热量输送的一个最显著特征就是大气-海洋总经向热量输送关于赤道反对称. 这暗示着大气经向热量输送会弥补海洋热量输送的非对称性, 同时也说明大气与海洋热量输送之间存在着某种约束关系. 对这一基本问题的深入研究有可能揭示一些气候系统的关键约束因素, 减少复杂气候系统的自由度或不确定性, 使得人们能以更简洁的方式理解气候系统及其变化. 在变动气候背景下, 大气-海洋经向热量输送的变化以及这二者之间可能存在的“Bjerknes 补偿”关系的研究, 是目前气候变化研究领域前沿课题之一. “Bjerknes 补偿”所暗示的大气-海洋经向热量输送的协同变化揭示了海气系统的一个耦合方式, 将极大加深人们对复杂气候系统变化的理解.

关键词

经向热量输送
Bjerknes 补偿
耦合机制

估计大气-海洋系统中的经向热量输送是一个“古老”的问题. 大气和海洋将热量从赤道到极地的经向输送, 维持着地球系统热量收支的准平衡状态. 海气系统总经向热量输送可以通过积分大气层顶净辐射通量得到. 大气层顶净辐射通量定义为向下的太阳短波辐射与向上的长波辐射(OLR)之差. 早在 20 世纪 70 年代, 卫星观测的辐射通量刚刚出现之后, Vonder Haar 与 Oort^[1]就估计了经向热量输送, 随后科学家们对此进行了大量研究^[2-12]. 经向热量输送的准确估计直接依赖于对大气层顶进出辐射通量的精确观测, 目前最可靠的观测来自地球辐射收支实验(ERBE)与 Nimbus-7 卫星观测^[9]. 这些观测给出了海气系统总经向热量输送的一个最显著特征: 向极热量输送关于赤道反对称, 最大输送约发生在 35°N/35°S, 大小约为±5.5 PW(1 PW=10¹⁵ W)(图 1)^[11,12].

大气和海洋对总经向热量输送的分配问题一直是描述和理解气候与气候变化的中心议题^[12]. 通常大气经向热量输送可以根据观测资料直接计算出来,

海洋经向热量输送即为总热量输送与大气输送之差. 尽管理论上海洋热量输送也可以直接计算, 但由于直接的海洋观测非常稀少, 大多数研究都用这种间接方法估计海洋热量输送. 这个方法假设陆地和海洋上的大气观测是准确的^[11]. 总热量输送在大气和海洋中分配的大致图像是: 30°N/30°S 向极, 大气经向输送远大于海洋输送; 在热带区域, 越靠近赤道, 海洋输送越占主导(图 1)^[12-14]. 具体说来, 大气经向热量输送在 43°N 和 40°S 附近达到极大值, 约为 5.0±0.14 PW. 在总经向热量输送达到极值的 35°N/35°S, 大气输送约占北(南)半球总输送的 78%(92%)^[11]. 然而, 越往低纬度, 海洋输送分量所占比例越大, 在赤道附近超过了大气输送分量, 其极值位于赤道以北, 约为 2 PW. 南半球的海洋经向输送要弱得多, 主要因为南大西洋向赤道的热量输送减弱了海洋总的向南热量输送^[12]. 这种热量输送在大气和海洋中的分配特征也是地球气候的一个显著特征. 研究表明, 即使在地质时间尺度上, 海陆板块构造显著改变, 甚或

引用格式: 杨海军. 估计变动气候中大气和海洋经向热量输送. 科学通报, 2013, 58: 1706-1710

英文版见: Yang H J. Assessing the meridional atmosphere and ocean energy transport in a varying climate. Chin Sci Bull, 2013, 58, doi: 10.1007/s11434-013-5665-x

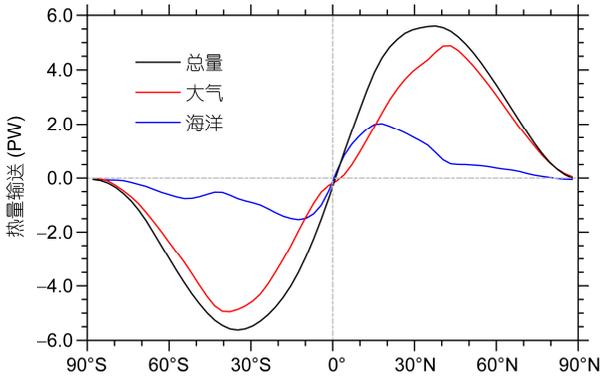


图1 海气系统总的经向热量输送(黑线)、大气经向热量输送(红线)和海洋经向热量输送(蓝线)^[11]

总热量输送根据大气层顶的净辐射通量计算得到, 大气输送根据 ERA40 资料计算, 海洋输送为前二者之差

在一个陆地完全被水覆盖的地球上, 这样的热量分配特征也不会有太大改变^[14]。

1 存在问题

“古老”的热量输送问题到目前为止并没有得到完美解决, 近年来又焕发出新的生命力。因为在目前变动的气候背景下, 如人们正在经历并有望继续经历的全局持续性变暖, 基本的地球能量平衡有可能被暂时打破, 并且有可能向另一气候态漂移, 科学家们不得不重新思考有关地球能量平衡的一些根本性问题。例如, 对于我们捻熟于心并视为当然成立的平均气候经向热量输送廓线(如图 1 所示), 如今人们仍有疑问: (1) 为什么总经向热量输送几乎关于赤道反对称, 而不管海洋热量输送具有极大非对称性这个事实? (2) 中高纬度总的热量输送中海洋的“真实”贡献到底是多少? 考虑到大气经向热量输送中的相当大一部分是以潜热输送的形式完成的, 而大气潜热事实上是由来自海洋的水汽供应维持着。

第一个问题的提出来自于南北半球海陆对比具有显著差异这个事实。南半球的海洋经向热量输送非常弱(图 1)——这里有一种假象: 南大西洋热量输送指向赤道, 抵消了南太平洋和印度洋向南的输送, 从而减少了南半球海洋对总极向输送的贡献。尽管有这样明显的半球非对称性, 大气-海洋结合在一起的总经向热量输送却存在显著的半球反对称性。这样的反对称结构为什么存在、它又是如何维持的, 目前我们并不清楚。有些研究认为在大气-海洋热量输送之间存在一个负反馈: 如果海洋输送减弱, 则大气

输送就会补偿^[15]。但是, 这个负反馈过程我们并不清楚, 至于如何补偿就更不清楚了。

第二个问题的存在是因为相对短而稀疏的海洋观测资料妨碍了对海洋热量输送的精确估计。不管是直接还是间接估计, 目前对海洋热量输送的估计还有很大的不确定性。比如对中纬度海洋, 早期认为它占北半球总输送量的 50%左右^[10], 后来又认为它只占 10%^[11]。然而, 因为大气热量输送的大部分是以潜热输送的形式完成的, 并且大气中水汽主要来源于海洋, 所以相当部分归于大气的热量输送其实应该是海洋大气共同完成的^[12, 16]。对大气质量输送的详细诊断表明, 如果忽略水汽的贡献, 中纬度大气质量输送将减少高达 80%^[14]。换言之, 如果没有海洋的水汽供应, 中纬度干空气的热量输送将远低于湿空气的热量输送。海洋实际上在目前观测到的中纬度大气热量输送中扮演至关重要角色。重新评估中纬度海洋的真实贡献显得尤为重要。

除了上述关于平均气候的问题外, 关于变动气候中经向大气和海洋热量输送的变化也有大量未解决的科学问题。这是目前气候变化研究的基础前沿领域之一, 在最近五年间已经吸引了广泛的注意。这里的变动气候, 既包括气候的自然变率, 如海气耦合系统的年际、年代际及百年时间尺度气候变化, 又包括气候的强迫变率, 如与人类活动有关的大气中 CO₂ 增加对气候系统的影响、两极海冰与陆冰的融化对大尺度海洋经向翻转流的冲击、火山爆发引起的气候突变等等。过去 30 年间, 大量研究关注了气候态的总经向热量输送及其在大气-海洋热量输送中的分配, 但是对另一个同等重要的问题却关注很少, 即大气与海洋两分量热量输送的变率问题。对后一问题研究较少的可能原因是缺乏可靠的长时间序列大气海洋通量的直接观测。这个问题相当重要, 一个小的热量输送异常可能对应于大的气候状态漂移^[17]。假设在某种情况下, 海气系统总的经向热量输送减少了 10%——总量(5~6 PW)的 10%约为 0.5 PW。对中高纬如 40°N 以北的地球表面积来说($\sim 5.6 \times 10^{13} \text{ m}^2$), 0.5 PW 的热量相当于 9 W m^{-2} 的大气辐射强度变化^[12]。这个数值远大于 CO₂ 加倍可能造成的辐射通量异常(约 3~4 W m^{-2}), 也远远超过了自 1750 年以来人类活动对全球净辐射通量的影响(0.6~2.4 W m^{-2})^[18]。可以设想这个变化将会引起区域气候的重大改变。

近年来热量输送变化问题得到极大关注还因为

大西洋经向翻转流(AMOC)的变化对全球气候具有深远的影响. AMOC的变化能非常明显地在海洋经向热量输送上体现出来. 根据1957~2004年间25°N附近的现场观测, AMOC减弱了30%, 向北的海洋热量输送减少了超过20%^[19]. 如此显著的海洋环流变化看起来似乎与观测到的北大西洋北部表层海水显著变淡一致^[20]. 然而, 最新的强化观测表明, AMOC具有非常强的短期气候变率, 变动范围在4.0~34.9 Sv之间^[21]. 平均AMOC强度与它的标准差在量值上甚至是相当的. 观测到的AMOC变化, 正如Bryden等人^[19]警告的那样, 非常不幸地与目前观测本身的不确定性量值相当, 也与AMOC的短期变率相当^[21, 22]. 从长期趋势来看, AMOC是否在减弱, 以及它是否会引起北大西洋向极热量输送的减弱, 是全球气候变化中最重要的问题之一.

在无外热源强迫情况下, 在年代际或更长时间尺度上, 大气和海洋热量输送的变化倾向于呈现互为补偿的特征, 这就是所谓的“Bjerknes 补偿”假说(Bjerknes compensation)^[17, 23, 24]. 20世纪60年代, Bjerknes^[25]提出: 如果大气层顶的辐射通量以及海洋的热容量变化不大的话, 气候系统总的热量输送也不会变化太多. 这暗示着海洋和大气热量输送异常变化应该是大小相等方向相反. 换言之, 气候系统内部变率导致的大气或海洋任何一方的热量输送出现显著改变, 则另一方将不得不补偿. 这种简单的情景就是著名的“Bjerknes 补偿”假说. 如果它成立, 那么大气和海洋热量输送变化之间的关系可以看作气候系统的一个内部约束, 它会在相当大程度上减少气候系统的自由度或不确定性, 使我们更加深入洞悉海洋-大气耦合过程.

“Bjerknes 补偿”暗示, Bryden 等人^[19]发现的北大西洋向北的海洋热量输送的减少将或多或少被向北的大气热量输送增加所补偿, 从而总的向北热量输送并不会变化太多, 因而西半球高纬度的气候也就变化不大. 值得强调的是, “Bjerknes 补偿”假设的前提是稳定的气候态, 大气层顶净辐射通量应该保持稳定, 地气系统没有额外的热强迫. 在全球变暖情况下, 地气系统有额外的热强迫, 地球总的经向热量输送如何变化、大气和海洋如何分配这种变化、“Bjerknes 补偿”在何种程度上成立是急待深入研究的问题. 在前面给出的例子中, 总的热量输送减弱10%并不意味着海洋和大气的热量输送一定会成比例地都减弱

10%, 二者的变化有无穷多的组合. 如果“Bjerknes 补偿”在某种程度上成立, 将大大减少海气热量输送变化的任意性.

“Bjerknes 补偿”假说值得广泛而深入研究. 不幸的是, 如此干净利落的假说目前仅在有限的几个耦合模式中得到证实^[17], 还没有被大多数其他耦合模式特别是实际观测资料所验证. 其正确性急待进一步确认. 如果它是合理的, 将会极大简化气候系统的复杂性, 减少系统的自由度. 然而, 正如所料, 一个新的研究前沿往往伴随着对一些基本性问题的争论. “Bjerknes 补偿”的适用性就是如此. 比如, 最初的研究认为它仅适用于北半球高纬度地区^[17, 23], 接下来的研究又认为它仅在热带地区成立^[24]. 后者的研究又与Held^[13]的关于热带海洋-大气热量输送分配的框架性理论研究相左. Held^[13]认为热带大气和海洋热量输送的变化应该是同向的, 而非Bjerknes所预言的反向. 另外, 目前的研究认为“Bjerknes 补偿”只局限在北半球, 甚或西半球. 至于为什么“Bjerknes 补偿”在南半球以及北半球的东半球不明显需要明确的解释. 要了解变动气候背景下经向大气和海洋热量输送这方面的详细研究进展, 请进一步参考Vallis与Farneti^[26].

在2011~2012年, 经向热量输送的Bjerknes补偿问题得到了进一步研究. Yang等人^[27]利用耦合气候模式分别测试了北半球高纬度的海冰融化及海面风场强迫对经向热量输送的影响. 在他们的系列试验中, 不管是在北大西洋高纬度注入淡水还是改变全球海平面风的强度, 均对地气系统的总能量收支没有显著改变. 因此这些试验满足Bjerknes补偿假说的前提条件. 海洋热量输送的减少几乎完全可以被大气的极向热量输送的增加所补偿, 这种补偿几乎在所有纬度都成立, 与先前研究有所不同. 在淡水试验中^[27], AMOC减弱导致北(南)半球海洋变冷(暖), 在减少向极海洋热量输送的同时增强了南北半球的温度差异, 从而增强了冬季的哈德莱环流. 这反过来增加了大气的极向热量输送, 从而弥补了海洋经向热量输送的减少. 在风强迫试验中(Yang等人未发表数据), 风减弱会使得风生环流及热盐环流都减弱, 海洋经向热量输送进一步减少. 赤道海水温度升高而赤道外海洋变冷, 赤道大气深对流加强, 导致哈德莱环流上升支向赤道移动并且环流强度增强, 从而反过来增强了大气经向热量输送. 他们的研究强调外强迫变化导致的大尺度海洋-大气环流的调整, 强

调大气环流滞后于海洋环流的变化, 大气环流与海洋环流的反向变化导致了经向热量输送变化的互为补偿. Farneti 与 Vallis^[28]的最新工作也得到了类似的结论, 他们利用完全耦合的气候模式(GFDL CM2.1)、中等复杂的气候模式(GFDL ICCM)和一个简单能量平衡模式(EBM), 研究了气候系统内部变率中的能量补偿问题. 在年代际或以上时间尺度上, Bjerknes 补偿能很好成立. 他们认为这种补偿成立的最根本原因在于大气能量输送的高效本性, 即大气对外强迫的响应非常迅速高效, 从而可以很好弥补别的子系统的能量输送变化. 在这些最新研究中, 对云的辐射效应以及云与辐射之间的反馈过程没有仔细研究, 因而对 Bjerknes 补偿的机制的认识是不完善的.

2 研究焦点

我们应当深入研究海气经向热量输送的结构及维持机制, 并密切关注变动气候中经向热量输送的变化以及海洋-大气之间的约束关系, 明确“Bjerknes 补偿”的有效性. 在稳定气候背景下, 需要弄清楚到底是什么机制维持了总经向热量输送半球反对称性. 为什么南北半球海陆对比的显著差异对这种反对称结构影响不大? 海洋经向热量输送, 特别是中高纬度海洋热量输送对总经向热量输送的贡献到底是多

少? 风生环流和热盐环流在海洋经向热量输送中的相对贡献是多少? 海洋中的混合过程对热量输送的影响如何定量? 对热量输送的讨论一定要基于质量守恒的前提, 因此定量研究不同深度不同层次海水的热量输送尤为具有挑战性.

在对经向热量输送自然变率的研究中, 应重点关注年代际或更长时间尺度的变率. 通过观测和数值模式研究大气-海洋经向热量输送变化之间的“Bjerknes 补偿”是否成立, 并进一步探讨这个关系在哪些纬度带成立及其补偿程度, 到底是哪些动力和热力过程导致了大气-海洋热量输送必须相互补偿. 在地气系统没有额外热力强迫, 但平均气候态发生漂移的情况下, “Bjerknes 补偿”是否依然成立, 以及大气-海洋大尺度经圈环流如何调整也应是未来研究的重点方向之一.

在目前全球变暖过程中, 海气系统经向热量输送如何调整, 以及海气之间的“Bjerknes 补偿”关系是否仍然成立, 是否会扮演一个约束机制以避免气候系统发生显著漂移将必然是未来气候变化研究中的一个最热门的课题之一. 综上所述, 估计变动气候中的大气-海洋经向热量输送不仅会极大加深对海气耦合物理过程的理解, 而且可以指导科学地预测未来气候变化的总体方向.

参考文献

- 1 Vonder Haar T H, Oort A H. A new estimate of annual poleward energy transport by the oceans. *J Phys Oceanogr*, 1973, 3: 169-172
- 2 Oort A H, Vonder Haar T H. On the observed annual cycle in the ocean-atmosphere heat balance over the Northern Hemisphere. *J Phys Oceanogr*, 1976, 6: 781-800
- 3 Trenberth K E. Mean annual poleward energy transports by the oceans in the Southern Hemisphere. *Dyn Atmos Oceans*, 1979, 4: 57-64
- 4 Masuda K. Meridional heat transport by the atmosphere and the ocean: Analysis of FGGE data. *Tellus*, 1988, 40A: 285-302
- 5 Carissimo B C, Oort A H, Vonder Haar T H. Estimating the meridional energy transports in the atmosphere and ocean. *J Phys Oceanogr*, 1985, 15: 82-91
- 6 Savijärvi H I. Global energy and moisture budgets from rawinsonde data. *Mon Weather Rev*, 1988, 116: 417-430
- 7 Michaud R, Derome J. On the mean meridional transport of energy in the atmosphere and oceans as derived from six years of ECMWF analyses. *Tellus*, 1991, 43A: 1-14
- 8 Peixoto J P, Oort A H. *Physics of Climate*. New York: American Institute of Physics, 1992. 520
- 9 Bess T D, Smith G L. Earth radiation budget: Results of outgoing longwave radiation from Nimbus-7, NOAA-9, and ERBS satellites. *J Appl Meteorol*, 1993, 32: 813-824
- 10 Trenberth K E, Solomon A. The global heat balance: Heat transports in the atmosphere and ocean. *Clim Dyn*, 1994, 10: 107-134
- 11 Trenberth K E, Caron J M. Estimates of meridional atmosphere and ocean heat transports. *J Clim*, 2001, 14: 3433-3443
- 12 Wunsch C. The total meridional heat flux and its oceanic and atmospheric partition. *J Clim*, 2005, 18: 4374-4380
- 13 Held I M. The partitioning of the poleward energy transport between the tropical ocean and atmosphere. *J Atmos Sci*, 2001, 58: 943-948
- 14 Czaja A, Marshall J. The partitioning of poleward heat transport between the atmosphere and ocean. *J Atmos Sci*, 2006, 63: 1498-1511
- 15 Stone P H. Constraints on dynamical transports of energy on a spherical planet. *Dyn Atmos Oceans*, 1978, 2: 123-139

- 16 Bryden H L, Imawaki S. Ocean heat transport. In: Siedler G, Church J, Gould J, eds. *Ocean Circulation and Climate*. San Diego: Academic Press, 2001. 455–474
- 17 Swaluw E, Drijfhout S S, Hazeleger W. Bjerknes compensation at high northern Latitudes: The ocean forcing the atmosphere. *J Clim*, 2007, 20: 6023–6032
- 18 IPCC. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis Summary for Policymakers*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York, USA: Cambridge University Press, 2007. 996
- 19 Bryden H L, Longworth H R, Cunningham S A. Slowing of the Atlantic meridional overturning circulation at 25°N. *Nature*, 2005, 438: 655–657
- 20 Curry R, Mauritzen C. Dilution of the Northern North Atlantic Ocean in recent decades. *Science*, 2005, 308: 1772–1774
- 21 Cunningham S A, Kanzow T, Rayner D, et al. Temporal variability of the Atlantic meridional overturning circulation at 26.5°N. *Science*, 2007, 317: 935–938
- 22 Church J A. A change in circulation? *Science*, 2007, 317: 908–909
- 23 Shaffrey L C, Sutton R T. Bjerknes compensation and the decadal variability of the energy transports in a coupled climate model. *J Clim*, 2006, 19: 1167–1181
- 24 Vellinga M, Wu P. Relations between northward ocean and atmosphere energy transport in a coupled climate model. *J Clim*, 2008, 21: 561–575
- 25 Bjerknes J. Atlantic air-sea interaction. *Adv Geophys*, 1964, 10: 1–82
- 26 Vallis G K, Farneti R. Meridional energy transport in the atmosphere-ocean system: Theory and numerical experiments. *Q J R Meteorol Soc*, 2009, 135: 1643–1660
- 27 Yang H, Wang Y, Liu Z. A modelling study of the Bjerknes compensation in the meridional heat transport in a freshening ocean. *Tellus*, 2013, 65, doi: 10.3402/tellusa.v65i0.18480
- 28 Farneti R, Vallis G K. Meridional energy transport in the coupled atmosphere-ocean system: Compensation and partitioning. *J Clim*, 2013, doi: 10.1175/JCLI-D-12-00133.1

《科学通报》(Chinese Science Bulletin) 征稿简则

《科学通报》(Chinese Science Bulletin) 创刊于 1950 年, 是中国科学院和国家自然科学基金委员会共同主办、《中国科学》杂志社出版的自然科学综合性学术刊物。《科学通报》致力于快速报道自然科学各学科基础理论和应用研究的最新研究动态、消息、进展, 点评研究动态和学科发展趋势, 要求文章的可读性强, 能在比较宽泛的学术领域产生深刻的影响。2010 年起《科学通报》改为旬刊, 每月 10 日、20 日、30 日(2 月最后一天)出版。

为提高文章传播速度, 扩大文章传播范围, Chinese Science Bulletin 自 2011 年起发表的全部文章采取开放存取(Open Access)方式出版, 全球读者可在 SpringerLink 平台免费下载。

《科学通报》是《中国科技论文与引文数据库》和《中国科学引文数据库》的源期刊, 被《中国期刊全文数据库》收录, 并进入《中文核心期刊要目总览》。

《科学通报》的英文版 Chinese Science Bulletin 是 SCI 核心期刊, 同时被 Academic Search Complete, Chemical Abstracts, Current Contents, Environmental Engineering Abstracts, Environmental Sciences and Pollution Management, Inspec, Pollution Abstracts, Water Resources Abstracts, Zoological Record 等国际著名检索系统和数据库收录。

1. 《科学通报》设有以下主要栏目:

(1) 评述类

点评: 评介近期在国内外重要刊物上发表的重要研究成果, 以及国家级各重要科技奖项的研究成果等(1~2 个印刷面)。

进展: 评介当前迅速发展的某个研究领域或方向的突出进展, 归纳总结该领域近 2~3 年取得的重要成果(3~4 个印刷面)。

评述: 综述某一重要研究领域的代表性成果, 评论研究现状, 提出今后研究方向的建议(6~8 个印刷面)。

前沿: 评述当前活跃的、迅速发展的学科领域的研究现状、进展和存在问题, 对未来研究提出有洞察力的设想。本栏目以约稿为主。

(2) 论文类

快讯: 迅速、简要地报道具创新性和新颖性的科研成果(不超过 3 个印刷面)。

论文: 报道具创新性、高水平 and 重要科学意义的最新科研成果(不超过 7 个印刷面)。

(3) 讨论类

论坛: 对重要科学问题、科研管理政策或国家重大科技规划发表评论(不超过 4 个印刷面)。

争鸣: 就《科学通报》发表的文章进行讨论和答辩, 或就当前科学研究中的某个有争议的热点问题予以评论(不超过 3 个印刷面)。

(4) 消息类

简报: 简要介绍发表在《科学通报》英文版(Chinese Science Bulletin)上的论文及快讯文章的主要内容(1 个印刷面)。

动态: 报道重大科技新闻、科研信息、我国科学界重要的学术活动以及在我国举办的重要国际学术会议(0.5 个印刷面)。

书评: 评介国内外近期出版的高水平、高质量的自然科学学术论著(1 个印刷面)。

2. 请使用在线方式投稿: 访问本刊网站 csb.scichina.com (或 www.科学通报.cn), 进入“作者投稿系统”。首次投稿时需注册一个“作者账户”, 注册完成之后, 按照提示与引导将稿件上传到数据库服务器。

3. 稿件的取舍将由本刊编委会决定, 评审过程大约需要 30~60 天。评审结束后, 无论录用与否, 编辑部将及时向作者转达评审意见。作者若在 60 天内没有收到编辑部有关稿件的取舍意见, 请及时与编辑部联系。作者在通知编辑部后, 可以改投他刊。本刊不受理“一稿多投”之稿件。

4. 稿件被录用后, 全体作者必须签署“著作权转让声明书”, 将该论文(各种语言版本)的复制权、发行权、信息网络传播权、翻译权、汇编权在全世界范围内转让给《科学通报》的出版单位《中国科学》杂志社。全体著作权人授权《中国科学》杂志社根据实际需要独家代理申请上述作品的各种语言版本(包含各种介质)的版权登记事项。

5. 详细的投稿指南请见《中国科学》杂志社网站《科学通报》主页。

科学通报

CHINESE SCIENCE BULLETIN

第 58 卷 第 18 期 2013 年 6 月 30 日出版

(版权所有, 未经许可, 不得转载)

主 管	中 国 科 学 院	出 版	《中国科学》杂志社
编 辑	中 国 科 学 院 《科学通报》编辑委员会	印 刷 装 订	北京(100717)东黄城根北街 16 号
	北京(100717)东黄城根北街 16 号	总 发 行 处	北京艺堂印刷有限公司
主 编	夏 建 白	订 购 处	北京报刊发行局
			全 国 各 邮 电 局
			《中国科学》杂志社发行部

刊号: $\frac{\text{ISSN } 0023-074X}{\text{CN } 11-1784/N}$ 代号: $\frac{\text{国 外 TM41}}{\text{国内邮发 } 80-213}$

每期定价: 116.00 元 全年定价: 4176.00 元

广告经营许可证: 京东工商广字第 0429 号

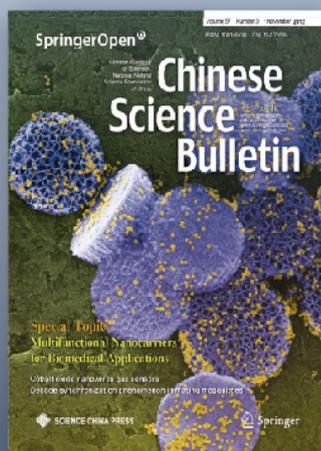
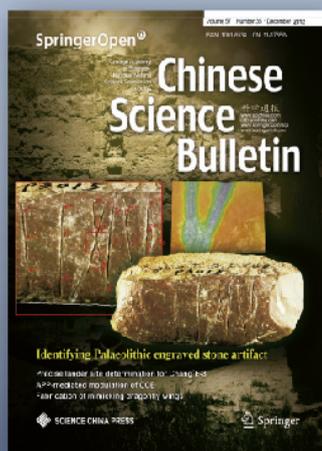
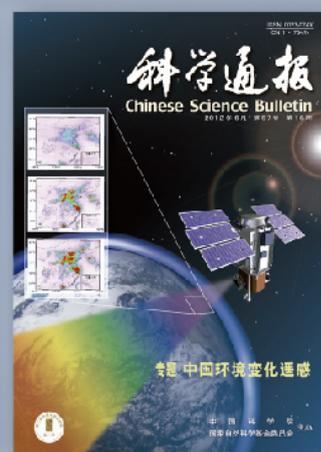
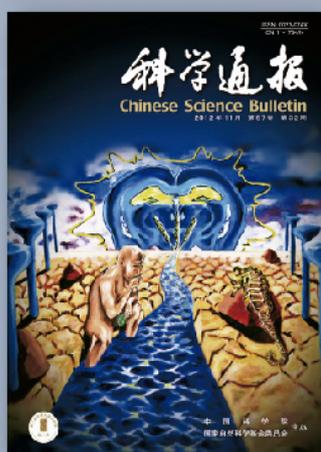
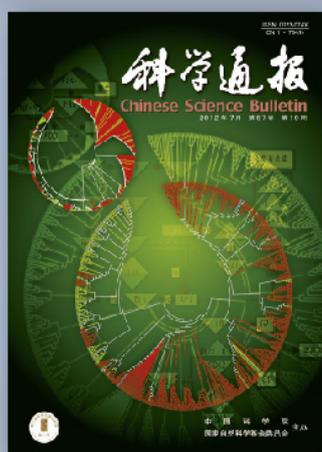
科学通报

Chinese Science Bulletin

- 1950年创刊，自然科学综合性学术刊物
- 旬刊，发表及时快速
- 栏目丰富，可读性强
- 英文版OA出版，全球免费获取

主编：夏建白

csb.scichina.com | www.springer.com/csb



公正快速的稿件审理 | 严格规范的编辑加工 | 专业周到的出版服务

- 中文期刊被《中国科技论文与引文数据库》、《中国科学引文数据库》和《中文核心期刊要目总览》等检索系统收录。
- 英文期刊被SCI、CA、SCOPUS等检索系统收录。

ISSN 0023-074X

