

国家重点基础研究发展规划项目

我国重大气候灾害的形成机理和预测理论研究^{*}

关键词 气候灾害, 形成机理, 预测, 理论研究

1 首席科学家

黄荣辉 中国科学院院士, 中国科学院大气物理研究所研究员, 博士生导师。1965 年毕业于北京大学地球物理系, 1968 年获大气物理研究所硕士, 1983 年获东京大学理学博士。中国科学院地学部常委、全国政协委员、世界气候研究计划(WCRP)中国委员会副主任、中国科学院研究生院学位评定委员会副主任。1986 年获国家“五一”劳动奖章和国家级有突出贡献中青年科学家称号。曾主持过多项国家重大研究项目。发表论文 100 余篇, 著编多部著作。曾获国家自然科学奖三等奖 3 项, 中国科学院科技进步奖一等奖 2 项、二等奖 1 项, 中国科学院自然科学奖二等奖 1 项, 1999 年何梁何利基金科学与技术进步奖。

2 科学内涵和意义

我国地处东亚季风区, 由于东亚季风年际和年代际变化很大, 因此, 我国气候灾害发生频繁且严重, 尤其是 20 世纪 80 年代以来, 大范围的旱涝等重大气候和天气灾害已给我国工农业生产和国民经济带来严重损失。每年由旱涝灾害造成经济损失达 2 000 亿元左右, 约占国民经济总产值的 3%—6%。1998 年长江流域、松花江和嫩江流域的特大洪涝灾害给国民经济带来 2 600 亿元的严重经济损失; 1999 年和 2000 年我国华北地区严重干旱不仅给工农业生产带来严重损失, 而且严重影响到华北地区水资源和生态环境, 并使扬沙和沙尘暴天气剧增。因此, 开展我国重大气候灾害的形成机理和预测理论的研究, 提高跨季度和年度气候异常的预测

水平, 从而防御和减轻旱涝等重大气候灾害造成的经济损失是我国国民经济建设的当务之急。

气候异常的机理及其预测是当前国际大气科学前沿研究课题, 也是“国际气候变率及其可预测性研究计划(CLIVAR)”的核心内容。在我国, “国家重点基础研究发展规划”把重大气候和天气灾害的形成机理和预测理论作为首批项目的重点研究内容之一。鉴于气候和天气灾害在时间和空间尺度的差别, 该项目又分成两部分: 第一部分是“我国重大气候灾害的形成机理和预测理论研究”; 第二部分是“我国重大天气灾害的形成机理和预测理论研究”。第一部分由中国科学院主持, 并作为我国参加 CLIVAR 国际计划的一个核心计划。

3 研究进展及创新点

该项目研究工作发表了一大批高水平的论文, 仅 2001 年, 在国内外就发表论文 162 篇, 其中被 *SCI* (包括 *SCIE*) 收录论文 62 篇, *EI* 收录论文 12 篇, 出版专著 4 部。每年论文在 *SCI* (包括 *SCIE*) 发表的论文数约占全国大气科学论文总数的 50%。建立了灾害气候资料信息库, 整编了有关海区的海洋观测资料, 重建了我国万、千、百年气温资料序列, 这些已被世界气象组织(WMO)和政府间气候变化评估小组(IPCC)有关文件所引用。

(1) 在气候系统动力理论方面有突破。该项目首先通过动力理论分析研究了在强迫条件下全球气候系统非线性演变的渐近行为和不同时间尺度气候的变化规律及其相互作用; 从数值模式的计算分析了由于气候系统控制方程离散化所带来的系

* 收稿日期: 2002 年 3 月 20 日

统误差和计算机精度所带来的舍入误差, 提出气候系统变化的数值模拟和数值预测中的“算不准原理”和克服“算不准”的方法。为研究我国重大气候灾害发生机理提供了年代际气候变化的背景, 为气候系统耦合模式的设计提供了新的思路。

(2) 在我国重大气候灾害机理研究方面提出创新理论。该项目以我国 20 世纪 80 年代以来长江流域的严重洪涝和华北地区的严重干旱为研究的切入点, 从观测资料分析了我国重大气候灾害的发生规律, 并从诊断和数值模拟研究了东亚气候系统中的各圈层(主要是海洋-大气-陆地)相互作用过程及其对我国重大气候灾害形成的作用, 提出了“东亚气候系统”概念, 指出这个系统包括东亚季风、西太平洋副热带高压、中纬度西风带扰动、西太平洋暖池、ENSO 循环以及青藏高原作用和陆面过程; 指出这个系统的年际变异是导致我国重大气候灾害发生的最基本的成因, 而西太平洋暖池的热力年际变化是导致这个系统发生变化的重要因子。这些研究内容多次在国际季风和气候学术讨论会作为邀请报告, 被国际同行所重视。

(3) ENSO 循环机理有所突破, ENSO 事件预测已见成效。热带太平洋的厄尔尼诺(El Niño)事件和拉尼娜(La Niña)事件(一般也把两事件统称为 ENSO 循环)的发生将给全球带来严重灾害。该项目基于太平洋海表和次表层海温、海流以及东亚和热带西太平洋大气环流及季风的观测资料, 利用海-气耦合的动力理论以及复杂的海-气耦合气候数值模式, 系统地研究 ENSO 循环与季风相互作用的物理过程, 提出 ENSO 循环对我国重大气候灾害发生有重要影响, 指出 ENSO 循环不同阶段对我国气候灾害发生有不同影响; 还提出亚洲季风通过西太平洋暖池对 ENSO 循环也有重要作用, 从而提出“季风-暖池-ENSO 循环”相互作用理论。该研究促进了国际上对“ENSO 循环与季风相互作用”的研究, 被正在全世界实施的国际 CLIVAR 多次引用。

(4) 青藏高原对我国气候灾害影响研究有新进展。该项目从观测事实和动力理论深入研究青藏高原对我国气候异常发生的动力、热力作用, 提出了“高原大气热力适应”理论, 并利用该理论来揭示对我国气候灾害发生有重要影响的南亚高压的形

成机理和高原附近环流形成和维持机理; 同时对高原上空南亚高压的性质及其与我国气候异常的关系进行了系统研究, 提出南亚高压有两种平衡态和振荡规律及其对我国气候异常的影响。这些研究为国际大气科学界所重视和引用。

(5) 跨季度数值气候预测已见成效, 新一代气候数值模式已具雏形。该项目在原有气候模式的基础上, 经过改进提出了跨季度气候异常的预测系统, 应用此预测系统正确做出了 1999—2001 年我国旱涝分布预测, 受到发布气候预测的国家气候中心的好评; 并且基于广义哈密尔顿算法理论, 设计和调试了新一代 21 层大气环流数值模式, 改进了数值模式中物理过程的计算方案, 为构建我国新一代气候系统数值模式奠定了坚实的基础。

(6) “我国西部干旱区陆-气相互作用观测试验”加强观测的顺利实施, 获得了宝贵的科学数据。为揭示我国气候灾害的形成机理, 该项目在我国典型干旱区敦煌双墩子戈壁区、临泽沙漠区和五道梁高原寒冷区建立了干旱区陆-气相互作用观测站, 对西北典型干旱区大气各种气象要素、地表和土壤等有关参数进行连续观测, 并进行了近 1 个月的加强观测。不仅捕捉到一次强沙尘暴过境时地面气象要素和能量平衡变化的宝贵观测资料, 而且获得大量有关典型干旱区陆-气相互作用的各种观测资料, 估算出我国典型干旱区地表总体输送系数, 分析了典型干旱区边界层特征。这些观测数据不仅为气候数值模式提供有用的参数, 也为开发大西北提供了可靠的气候环境科学资料。

(7) 研究成果在社会和经济发展中发挥作用。该项目坚持“边研究、边应用”的原则, 及时把研究成果应用到为国家经济和社会发展服务中。如, 与国家海洋局海洋环流预报中心联合组织了两次“关于 ENSO 事件预测讨论会”, 与国家海洋环境预报中心、国家气候中心联合组织了“我国重大气候灾害形成机理与预测研讨会”, 不仅成功地预测了 1999—2001 年拉尼娜事件的演变, 而且成功地预测出 1999—2001 年华北严重干旱的发生, 并提供给国家有关部门参考。还对华北地区今后 5—10 年干旱的变化趋势提出预测意见, 为国家重大经济规划和经济可持续发展提供了科学依据。