

中国科学技术协会 2005 年学术年会论文集

气候变化与 气候变异

QIHOU BIANHUA YU
QIHOU BIANYI
SHENGTAI - HUANJING
YANBIAN JI KECHIXU FAZHAN

生态—环境演变及可持续发展

国家气候中心 编

气象出版社

气候变化与气候变异、 生态-环境演变及可持续发展

国家气候中心 编



气象出版社

图书在版编目(CIP)数据

气候变化与气候变异、生态—环境演变及可持续发展/国家气候中心编.

—北京:气象出版社,2005.12

ISBN 7-5029-4100-2

I.气… II.国… III.气候变化-研究 IV.P467

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 151032 号

出 版 者:气象出版社

地 址:北京市海淀区中关村南大街 46 号

网 址:<http://cmp.cma.gov.cn>

邮 编:100081

E - mail:qxcbbs@263.net

电 话:总编室:010-68407112

发行部:010-62175925

责任编辑:丁问微

终 审:黄润恒

封面设计:阳光工作室

版式设计:谷 清

责任校对:王丽梅

印 刷 者:北京京科印刷有限公司

发 行 者:气象出版社

开 本:880mm×1230mm 1/16

印 张:18.5

字数:560 千字

版 次:2006 年 2 月第 1 版 2006 年 2 月第 1 次印刷

印 数:1~1000

定 价:50.00 元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等,请与本社发行部联系调换

前 言

中国科协 2005 年学术年会“气候变化与气候变异、生态-环境演变及可持续发展科学研讨会”于 2005 年 8 月 22~23 日在新疆乌鲁木齐隆重召开。这次研讨会是由中国气象学会、国家气候中心以及新疆维吾尔自治区气象局共同主办的一次大型学术会议。中国气象局局长秦大河院士担任这次研讨会的名誉主席,并参加了中国科协 2005 年学术年会的开幕式大会。黄荣辉院士、巢纪平院士、李泽椿院士、陈联寿院士、中国气象学会王春乙秘书长、华风影视集团秦祥士董事长、中国气象局机关服务中心魏华主任、国家气候中心董文杰主任、李维京副主任、新疆维吾尔自治区气象局张杰副局长以及来自中国科学院、中国气象局、国家海洋局、中山大学、兰州大学等 24 个省、市、自治区的 120 多位气象专家学者和领导参加了本次研讨会。新华社新疆分社、新疆日报、中国气象报以及新疆兴农网等多家新闻单位、网络媒体的十余位记者到会进行宣传报道。

国家气候中心李维京副主任主持了本次会议的开幕式,新疆维吾尔自治区气象局纪检组赵明书记首先在会上宣读了新疆维吾尔自治区政府钱智副主席的致辞,中国气象学会副理事长黄荣辉院士在开幕式上发表了热情洋溢的讲话,中国气象局国家气候中心董文杰主任、新疆维吾尔自治区气象局张杰副局长也分别在开幕式上作了致词。

会议学术交流以特邀专家学术报告、分会场报告进行。大会特邀学术报告 7 篇,国家海洋局巢纪平院士首先在大会上作了大气边界层动力学和植被生态过程耦合的一个简单解析理论的专题学术报告,中国气象局李泽椿院士、中国科学院大气物理研究所黄荣辉院士、中国气象局陈联寿院士、美国伊利诺州立大学梁信忠教授、国家气候中心董文杰研究员、中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所魏文寿研究员分别作了人工增雨是西北干旱半干旱气候带缓和水资源匮乏补充途径之一、中国旱涝气候灾害的年代际变化及其与东亚气候系统变化的关系、全球变暖对风暴灾害的影响、应用综合环境模拟系统为可持续发展作战略规划评估及决策、土地覆盖/利用变化对区域气候的影响、气候暖湿化对巴音布鲁克湿地环境的影响等专题报告,受到全体与会代表的热烈欢迎。

本次研讨会期间共有 55 位专家进行了分会场报告,分别对气候变异机

理与预测理论、方法的研究,青藏高原的热力、动力作用对东亚气候异常机理研究,气候系统模式发展思路与战略;海-陆-气相互作用及其对东亚季风影响的研究,气候突变和全球增暖区域响应及其与极端天气、气候事件变化规律研究,植被-大气相互作用模式发展的研究,气候、生态、环境演化特征的研究,气候、生态-环境的影响评价、对策及可持续发展的研究等方面进行交流和研讨,达成了共识,取得了许多有价值的成果。

本次会议共收到 120 多篇稿件,经专家评审收录其中的 70 篇文章整理成册出版。这些文章涉及了气候系统模式、气候诊断与预测、区域气候特征、自然生态、城市环境以及可持续发展等方面内容,可供气候学、生态学等方面的科研工作者参考阅读。

编 者

2005 年 11 月

目 录

前言

中国旱涝气候灾害的年代际变化及其与东亚气候系统变化的关系·····	黄荣辉(1)
大气边界层动力学和植被生态过程耦合的一个简单解析理论·····	巢纪平 周德刚(6)
人工增雨是缓和干旱半干旱地区水资源匮乏的一个补充途径·····	李泽椿等(7)
涡旋自组织动力学的若干问题·····	陈联寿(17)
风云二号气象卫星的数据处理·····	许健民(18)
新疆气象与生态环境·····	张家宝(24)
土地覆盖/利用变化对区域气候的影响·····	董文杰 张井勇(28)
Review of China Short-term Climate Operational Prediction·····	Li Weijing, et al.(31)
乌鲁木齐市小流域山洪灾害临界雨量分区及防治区划研究·····	宾建华 宾新英(36)
支持向量机 SVM 方法在郑州冬季温度趋势预测中试应用·····	常 军 朱业玉 李素萍(41)
近 50 年广东气候变暖若干特征与气候带位移的研究·····	陈新光等(45)
南海热带气旋海面大风分布的季节变化·····	陈训来等(49)
托什干河流域径流量与气象因子的周期相关特征·····	陈 颖等(53)
城市化效应对佛山气温影响的研究·····	陈志芳 陈创买 炎利军(56)
暖湿背景下新疆地面站积雪的长期变化趋势·····	崔彩霞 张广兴(62)
一个陆气双向耦合模式中的年平均基本态模拟研究·····	丹 利 季劲钧 李银鹏(65)
黄土高原中部地区自 1470 年来的气候变化分析·····	杜川利(71)
2004/2005 年冬季河南北、中部“冷冬”年的气候和环流特征分析·····	杜瑞莉等(75)
珠江三角洲城市化对边界层的影响·····	范绍佳等(82)
1998 年 5 月广东的洪涝与南海海温异常关系的数值研究·····	冯瑞权等(87)
气候变迁下的古雷电解析·····	高 颢(90)
桂西北夏季高温天气与前期 500 hPa 环流特征的关系·····	韩礼应等(94)
天津市城区热岛的演变与对策·····	韩素芹 李培彦 郭 军(97)
陕西省大雾的气候特征分析·····	贺 皓 曹京红(101)
阿克苏东部地区低能见度的气候特征及影响因素·····	胡翠珍 姚 磊(104)
增暖背景下高空气候的变化·····	姬菊枝 王艳秋 曹鸿兴(108)
南海地区降水的四个阶段·····	李国丽 王安宇 冯瑞权(112)
热带气旋与珠江三角洲高温天气的关系·····	李海鹰 余江华 唐仰华(116)
东北夏季温度变化特征及对气候变暖的响应·····	李 轶 樊 强(120)
20 世纪 70 年代气候突变对我国降水的影响·····	李江南等(124)
华北干旱年代际背景与年际变化·····	李新周 刘晓东(127)
近 20 多年来季节可预报性的研究进展·····	李秀萍 罗 勇 郭品文(131)
关于东北地区气候变化、环境干旱化演变及对策研究·····	廉 毅等(135)
城市化与区域气候变异对生态—环境的影响·····	林松良(139)
长春市采暖期 PM ₁₀ 浓度预报方法研究·····	刘 实 王 宁 王新国(141)
华南夏季风活动的区域气候数值模拟·····	刘一鸣等(144)
黄土高原农业气候资源开发利用·····	刘珍芳 黄明政 林 行(147)
上饶市信江流域汛期降水统计和主汛期降水趋势预报分析·····	卢秋芳(151)

华南南部前汛期气温异常的时空变化特征·····	马 慧 陈吟晖 陈桢华(155)
城市化对思茅气象观测的影响分析·····	马学文 刘红俊(160)
浙江省降水量时空特征及近 40 年变化 ·····	苗长明 樊高峰 毛裕定(163)
中国东部夏季低频雨型及转换规律·····	任宏利等(167)
亚澳与美洲季风区大尺度水汽输送场季节转换气候特征的比较·····	孙丞虎等(171)
克拉玛依近 40 年大风天气气候特征分析 ·····	孙东霞(176)
黑河流域生态系统的气候脆弱性分析·····	孙兰东(179)
热带大气低频振荡时空结构与 ENSO 的关系 ·····	谭 晶等(183)
江苏气候变化的特征、影响和防灾减灾的应对战略 ·····	刘 新 唐洵昌 邓华军(189)
水汽输送的年代际变化及其对安徽降水的影响·····	田 红 刘 勇(195)
甘肃省河东旱作农业区夏粮土壤水分评价方法研究·····	万 信等(199)
模式大气中饱和水汽的运动·····	王安宇等(203)
荒漠化扩展对我国区域气候变化影响的数值模拟试验·····	张志富 王澄海 邱崇践(206)
基于 GIS 的云南烤烟气候适宜性分区研究 ·····	王树会等(211)
甘肃黄土高原夏半年降水与 500 hPa 环流的关系·····	吴爱敏(215)
百年全球气温变化的第一近似·····	谢志辉 王绍武(219)
沧州市沿海风能资源开发利用研究·····	邢开成(223)
从秦皇岛市气候变化谈可持续发展·····	燕成玉等(226)
海岸带低海拔大城市气候生态环境问题与可持续发展对策思考·····	杨秋珍 徐 明 端义宏(230)
伊犁河谷气候变化与极端天气气候规律初步研究·····	殷剑虹(234)
商丘市极端气候事件变化趋势分析·····	余卫东 黄玉超 任光辉(239)
东北亚近 100 年降水变化及未来 10~15 年降水预测研究 ·····	张存杰 李栋梁 王小平(243)
大型水库对气候与环境的影响分析·····	张国君 林 浩(252)
安庆市近 50 年日照特征变化分析 ·····	张马兵 杨应红 卢逢刚(255)
西北东部春季降水异常及其水汽输送特征·····	张培群 高 丽 李维京(258)
中国近 50 年干旱灾害时空变化特点 ·····	张 强 高 歌 邹旭恺(263)
全国大气自洁能力气候评价方法研究·····	赵珊珊 朱 蓉(266)
20 世纪中国气候变化主要特征的归因分析 ·····	赵宗慈等(270)
日照市 42 年气候变化及突变分析 ·····	郑美琴等(272)
云南烟草气候区划与引种·····	周金仙等(275)
第二代大气污染物排放源强反演模式 SSIM2 及其在城市规划大气环境影响评价中的应用 ·····	朱 蓉(281)
阿勒泰地区气候变化特征分析·····	庄晓翠 郭 城(285)

中国旱涝气候灾害的年代际变化 及其与东亚气候系统变化的关系*

黄荣辉

(中国科学院大气物理研究所, 北京 100080)

关键词: 气候学(1701535)旱涝气候灾害 年代际变化 东亚气候系统

1 引言

气候灾害是指大范围、长时间的气候异常所造成的灾害,如长时间气温偏高、偏低,或降水量偏多、偏少,风力偏强等,这些气候异常会带来干旱、洪涝、低温、冷害和沙尘暴等灾害。这些气候灾害对农业、工业、牧业、水利、交通等产生巨大影响,从而造成巨大经济损失。如1998年夏季长江流域汛期季风降水比常年偏多了100%,造成了全流域严重洪涝,致使3000多人死亡,2600亿元的经济损失。由于气候灾害经历时间长、受灾面积大,故造成的灾害也严重,特别是旱涝等重大气候灾害给我国带来的经济损失是非常严重的,如图1所示,旱涝气候灾害造成的农作物受灾面积可占到气象灾害造成的农作物总受灾面积的80%左右。在20世纪90年代,气象灾害每年约造成 $200 \times 10^8 \text{kg}$ 的粮食损失和2000亿元以上的经济损失,在90年代中后期可占到国民经济生产总值的3%~6%,这其中70%是气候灾害所造成的损失。

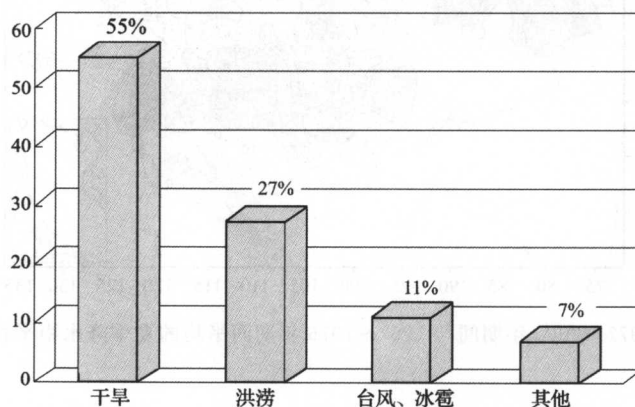


图1 1989~2003年平均各类气象灾害造成的农作物受灾面积占农作物总受灾面积的百分比
(资料来源于国家气候中心)

由于我国旱涝气候灾害的严重性,我国大气科学界一直重视我国旱涝气候灾害的研究,特别是在1998~2003年,《我国重点基础研究发展规划》中把“我国重大气候灾害的形成机理和预测理论研究”作为首批启动项目之一。本文分析了近50年来中国旱涝气候灾害的年代际变化及其发生机理的认识,特别是分析了最近20多年来中国旱涝气候灾害的分布特征;并且,本文从东亚气候系统来分析这些重大气候灾害的年代际变化的机理。

2 中国旱涝气候灾害的年代际变化特征

我国由于位于东亚季风区,东亚夏季风的年际变异将导致我国干旱和洪涝等重大气候灾害的发生,而冬季风的变异将导致我国严重雪灾、寒害和沙尘暴的发生,因此,中国气候灾害的种类是很多

* 本文部分得到国家自然科学基金委员会重大研究计划《全球变化与区域响应》的重点项目40231005的资助。

的,有干旱、洪涝、沙尘暴、夏季低温、酷暑、寒害、雪灾、霜冻、春季连阴雨、登陆台风的增多等。这些气候灾害给我国带来了严重的经济损失,而其中给工农业生产和国民经济带来损失最严重的是干旱和洪涝灾害。

2.1 干旱灾害

干旱灾害是指由于降水减少所造成的水资源的收与支或供与求不平衡而形成的水分短缺现象。干旱灾害是我国最常见、影响最大的气候灾害。如图 1 所示,每年因旱灾造成的农作物受灾面积约占气象灾害造成的受灾农作物总面积的 55% 左右,全国每年平均旱灾面积约 3.0 亿亩^①左右,占我国耕地总面积的 1/6 左右,因此,旱灾列为我国气候灾害之首。

从 20 世纪 70 年代后期以来,由于我国华北和东北南部降水处于年代际降水偏少阶段(见图 2),造成这个区域干旱灾害发生频繁(黄荣辉等^[2])。据统计,在黄淮海地区旱灾发生的频率可达三年二遇,居全国干旱灾害发生频率之首(黄荣辉等^[3])。从 20 世纪 90 年代以来,我国年均农田受旱面积达 4.0 亿亩,特别在 1999~2002 年华北和东北的南部地区出现了近 50 年来少有的持续严重干旱灾害,2000 年和 2001 年全国受旱面积超过和接近 6.0 亿亩,发生了近年来最严重的旱灾。这些干旱灾害不仅给华北地区的农业生产带来严重损失,而且造成此地区水资源严重缺乏。此外,在 2000~2003 年,江南和华南一带也发生了严重干旱,带来了严重的经济损失。

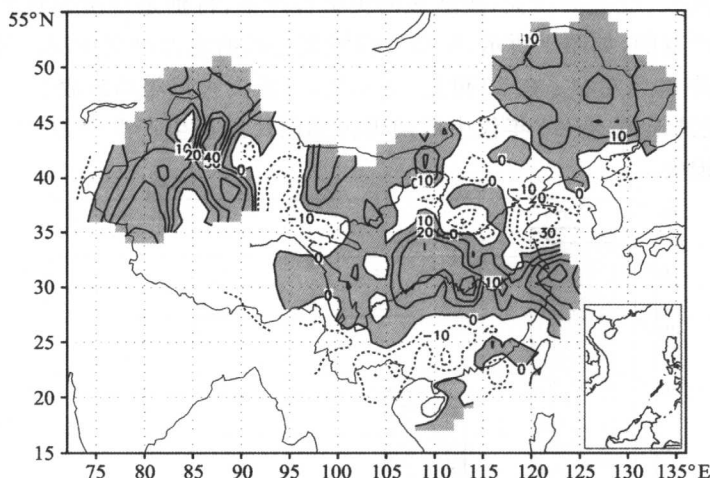


图 2 我国 1977~2000 年期间与 1967~1976 年期间平均的夏季降水距平百分率之差

2.2 洪涝灾害

洪涝灾害通常是指由于大气降水偏强,致使江河洪水泛滥,淹没田地和城乡,或因长期降雨等产生积水或河流淹没低洼土地,造成农业或其他财产损失和人员伤亡的一种灾害。洪涝灾害也是我国的重大气候灾害之一,如图 1 所示,它所造成的农作物受灾面积占因气象灾害造成的受灾农作物总面积的 27%。根据 1950~2002 年资料统计,我国平均每年洪涝受灾农作物面积为 1.4 亿亩左右。夏季连续暴雨是我国洪涝灾害产生的最主要原因。由于我国东部、南部受东亚夏季风的影响,因此,我国洪涝灾害分布特点是:东部多,西部少;沿海地区多,内陆地区少(黄荣辉等^[3])。

受季风变化的影响,我国洪涝灾害有很大的年际和年代际变化(黄荣辉等^[2]),中国洪涝受灾面积呈现出明显的年代际变化。从 20 世纪 70 年代后期以来,我国长江和淮河流域处于季风降水的偏多期(见图 2),并且在此两流域暴雨发生的频率也增加,因此引起了洪涝灾害发生频数明显增加,洪涝面积远大于多年平均。特别是 90 年代,在此两流域洪涝灾害频繁发生,如 1991 年淮河、太湖流域发生严重洪涝;1995 年鄱阳湖水系发生大水;1996 年洞庭湖水系、长江流域、海河流域发生洪涝;1998 年长

① 1 亩 = 666.6 m² = 0.0666 hm², 下同。

2.3 我国旱涝气候灾害的演变特征

从上述可见,我国气候灾害是很严重的,不仅灾种多,分布广,而且发生频率高,造成经济损失严重。

3 我国旱涝气候灾害与东亚气候系统

```

graph TD
    A[中纬度扰动] --> D[东亚气候系统年代际变化]
    B[陆面过程] --> D
    C[极冰] --> D
    E[青藏高原] --> D
    F[东亚季风] --> D
    G[西太平洋副热带高压] --> D
    H[西太平洋暖池] --> D
    F <--> G
    G <--> H
    H <--> I[ENSO循环]
    I --> D
    I --> J[东亚严重气候灾害]
    F --> J
    E --> J
    J --> K[旱涝气候灾害]

```

图 3 东亚气候系统示意图

- (1)在大气圈中有东亚季风(包括冬、夏季风)、西太平洋副热带高压、中纬度扰动;
- (2)在海洋圈中有热带太平洋的厄尔尼诺和南方涛动循环(ENSO 循环)、热带西太平洋暖池热力状态和印度洋的热力状态;
- (3)在陆面与岩石圈有青藏高原的动力、热力作用、北冰洋海冰、青藏高原的积雪以及我国干旱和半干旱区的地-气温差。

从上可见,我国气候灾害的成因是很复杂的,它是与东亚气候系统变化密切相关的。

4 东亚气候系统的年代及变化及其对我国旱涝灾害的影响

4.1 热带太平洋海温的年代际变化与异常及其对中国旱涝气候灾害的影响

热带太平洋海表热力异常不仅是引起热带大气环流异常的重要原因,而且也是引起东亚季风异常和旱涝发生的重要原因。Huang et al^[4]从观测资料分析指出,厄尔尼诺·南方涛动(ENSO)循环的不同阶段对我国夏季风异常和旱涝分布有着不同影响。当厄尔尼诺·南方涛动(ENSO)事件处于发

展阶段,即当赤道东太平洋海温处于上升阶段时,该年夏季我国江淮流域降水将会偏多,可能发生洪涝,而黄河流域、华北地区的降水往往偏少,易发生干旱。

分析结果还表明,热带中、东太平洋的海表温度(SST)距平也有很明显的年代际变化(见黄荣辉等^[2]),热带中、东太平洋从1976年以后迄今SST明显增暖,出现了明显的“类似厄尔尼诺(El Nino)型”的SST距平分布,即发生了“年代际的厄尔尼诺事件”。这种海温距平分布不仅减弱了东亚夏季风,而且对热带Walker环流也有重要影响。

4.2 亚洲季风环流系统的年代际变化及其对我国旱涝气候灾害的影响

由于东亚气候受到东亚季风环流很大影响,并且,由于东亚季风的年际变率很大,这给我国东部、韩国和日本经常带来严重的干旱和洪涝等气候灾害。因此,季风气候是东亚气候系统最突出的特征。

4.2.1 东亚夏季风环流的年代际变化及其对旱涝灾害的影响

许多研究表明了东亚夏季风降水有明显的年代际变化,特别在华北地区和江淮流域降水的年代际变动更加明显(Huang et al.^[4])。

本研究利用NCEP/NCAR再分析资料和ERA40资料系统地分析了欧亚非地区700hPa流场的年代际变化,表明了由于受热带太平洋年代际海温异常的影响,东亚夏季风有很大的年代际变化。在1965年以前,东亚夏季风偏强,华北上空有气旋性异常环流;1965~1976年期间,东亚夏季风渐渐变弱,分布在华北上空气旋性异常环流不明显;从1976年之后,东亚夏季风明显减弱,偏南气流到达纬度明显偏南,华北上空出现反气旋性环流异常,这使得输入到华北地区的水汽大大减少,而输送到长江、淮河一带水汽大大增加,从而引起华北地区的持续严重干旱,而长江、淮河流域洪涝频繁发生。

4.2.2 西太平洋副热带高压的年代际变化及其对旱涝灾害的影响

研究表明:东亚雨带的北移不仅与东亚夏季风的北进有关(涂长望和黄仕松^[5]),而且与西太平洋副高的北跳有关(黄荣辉等^[6])。我国夏季在夏季风环流背景下,在青藏高原的影响下,在副热带高压的西侧与北侧季风暴雨具有频发性,从而引起洪涝。由于东亚夏季风与西太平洋副热带高压密切相关,西太平洋副热带高压又与西太平洋暖池热状态及菲律宾周围对流活动紧密相关,研究表明:在菲律宾附近对流活动强的夏季,西太平洋副热带高压在6月上、中旬向北突跳明显,相反,在菲律宾附近对流活动弱的夏季,西太平洋副热带高压向北突跳往往不明显;并且,研究还表明了北半球夏季环流异常存在着一遥相关型,即东亚/太平洋型遥相关型(也称EAP型)。这个遥相关型表明了行星尺度扰动波列在北半球夏季能够从东南亚通过东亚向北美西部沿岸传播,它严重地影响着西太平洋副热带高压与东亚夏季旱涝的发生(Huang et al.^[4])。

由于受热带太平洋热力的影响,西太平洋副热带高压从20世纪70年代后半期开始迄今偏南、偏西,这就导致东亚夏季雨带容易在长江和淮河流域停滞。

4.2.3 热带Walker环流的年代际变化及其对东亚季风的影响

赤道东太平洋所发生的“年代际El Nino现象”等是导致华北地区所发生的持续严重干旱的重要成因。本研究利用NCEP/NCAR和ERA-40再分析资料分析了热带地区Walker环流的年代际变化,揭示了从20世纪70年代后期迄今,赤道东太平洋由于海温升高,出现了“El Nino型”的SST距平分布,从而引起热带东太平洋上升气流的增强和在非洲的萨赫勒地区下沉气流的增强,此下沉气流的增强导致了非洲萨赫勒地区反气旋环流增强。并且,本研究通过相关分析,发现在年代际时间尺度上,从非洲萨赫勒地区经青藏高原西侧的中亚地区到我国西北、华北地区无论降水或是环流和经向风异常都存在着一个遥相关波列的分布。因此,非洲萨赫勒地区上空的反气旋环流异常通过从非洲的萨赫勒地区经伊朗高原到我国西北和华北地区上空对流层下层所存在的遥相关波列会引起我国华北上空环流的异常。这表明热带Walker环流的变化所引起非洲季风的变化可以通过波列的传播来影响东亚季风的变化。

4.3 我国西部干旱、半干旱地区地-气温差的年代际变化及其对华北地区干旱的影响

周连童和黄荣辉^[7]选取了西北干旱、半干旱区 55 个站的地表温度与气温观测资料,分析此地区地-气温差的年代际变化特征,研究发现我国西北干旱、半干旱区的地-气温差存在着明显的年代际变化。从 1976 年之后我国西北干旱、半干旱区的地-气温差距平值从负值跃变为正值,这表明此地区地-气温差明显增强,这个地区的地-气温差的增强,使得位于西北的上升流增强,而使得华北地区下沉气流异常也随之增强,从而导致黄河流域和华北地区夏季降水减少,且发生了年代际的持续干旱现象。

4.4 青藏高原上空雪盖的年代际变化及其对旱涝灾害的影响

青藏高原陆面热状况对东亚气候异常有着重要影响,特别是青藏高原的雪盖面积大,深度深,不仅本身是气候灾害之一,而且它对我国旱涝气候灾害的发生也有重要作用。韦志刚和黄荣辉等^[8]从观测资料分析和数值模拟的结果指出了青藏高原冬、春雪盖与我国长江流域南部的汛期降水有明显的正相关,而与华北地区夏季降水有负相关,即,青藏高原冬、春雪盖天数多、深度大,夏季洞庭湖、鄱阳湖和江南地区的梅雨强,而华北地区夏季降水弱。

韦志刚和黄荣辉等^[8]分析了青藏高原冬、春季积雪天数和深度的年际和年代际变化情况,指出了青藏高原冬、春季无论积雪天数或积雪深度都有很大的年代际变化。相对于 1976 年以前,从 1976 年起迄今,青藏高原冬、春季无论积雪天数或积雪深度都增加了。按照上述的研究结果,青藏高原冬、春季积雪的这种年代际变化也会影响华北地区夏季降水的减少和长江和淮河流域降水的增加。

5 结论和讨论

从上分析可以看到,我国旱涝气候灾害不仅发生频率大,分布广,而且造成经济损失巨大,且有很大的年代际变化。从 1976 年以后,由于华北地区夏季降水明显减少,导致了华北地区从 20 世纪 70 年代后期开始迄今发生了持续严重干旱灾害;并且从 1976 年以后迄今由于长江流域和江淮流域夏季降水明显增多,从而造成了此两流域洪涝灾害频繁发生。由于从 70 年代后期开始迄今我国旱涝灾害的加剧,从而带来了严重的经济损失。

本研究还利用观测资料从东亚气候系统各成员的年代际变化及其他的互相作用,系统地分析华北地区从 20 世纪 70 年代后期迄今所发生的持续干旱以及长江流域和江淮流域洪涝灾害的频繁发生的机理。分析结果表明:从 70 年代后期,由于热带中、东太平洋海温上升并出现“类似于厄尔尼诺(El Nino)型”分布的年代际海温距平,这不仅引起了东亚季风变弱、西太平洋副热带高压偏南、偏西,而且引起了热带 Walker 环流的变化,使得北非萨赫勒地区上空反气旋环流异常的增强,由于遥相关波列的传播,导致华北上空反气旋环流距平的增强,这也使得到达华北的偏南季风气流的减弱;并且,从 70 年代后期迄今青藏高原冬、春积雪天数增多、深度加深,我国西北干旱、半干旱区地-气温差增大,这有利于长江和淮河流域夏季降水增多,而不利于华北地区夏季的降水。

参 考 文 献

- [1]黄荣辉. 2004. 我国重大气候灾害的形成机理研究综述. 中国基础研究, 6, 6~13
- [2]黄荣辉, 徐予红, 周连童. 1999. 我国夏季降水的年代际变化及华北干旱化趋势. 高原气象, 18, 465~476
- [3]黄荣辉, 郭其蕴, 孙安健等. 1997. 中国气候灾害图集. 北京: 海洋出版社, 190pp
- [4]Huang Ronghui, Zhou Liantong and Chen Wen. 2003. The progresses of recent studies on the variabilities of East Asian monsoon and their causes. Adv. Atmos. Sci., 20, 55~69
- [5]涂长望, 黄仕松. 1944. 夏季风进退. 气象杂志, 18, 1~20
- [6]黄荣辉, 顾雷, 徐予红, 张启龙, 吴尚森, 曹杰. 2005. 东亚夏季风爆发和北进的年际变化特征及其与热带西太平洋热状态的关系. 大气科学, 29, 20~36
- [7]周连童, 黄荣辉. 2005. 中国西北干旱、半干旱区春季地气温差的年代际变化特征及其对华北夏季降水年代际变化的影响. 气候与环境研究, 10
- [8]韦志刚, 黄荣辉, 陈文, 董文杰. 2002. 青藏高原地面站积雪的空间分布和年代际变化特征. 大气科学, 26, 496~508

大气边界层动力学和植被生态过程 耦合的一个简单解析理论

巢纪平¹ 周德刚²

(1 国家海洋环境预报研究中心, 北京 100081; 2 中国科学院大气物理研究所, 北京 100029)

摘 要:发展了一个大气边界层动力学和植被某些生态过程相互作用的简单模式, 求得了这个耦合模式的解析解, 分析了植被反照率和冠层阻抗(气孔阻力)对大气运动及植被温度的影响, 这一相互作用的方式可为进一步发展大气运动和生态过程相互作用的、更复杂的数值模拟模式提供参考。

关键词:大气边界层运动 植被生态过程 耦合的解析理论

人工增雨是缓和干旱半干旱地区水资源匮乏的一个补充途径

李泽椿¹ 周毓荃¹ 李庆祥² 王月冬¹

(1 国家气象中心,北京 100081;2 国家气象信息中心,北京 100081)

摘 要:第三纪开始青藏高原隆升,改变了东亚的地理和大气环流的格局,由此形成了西北以干旱和半干旱为主的气候条件,但也存在相对的干湿气候的时期性摆动,近若干年即便新疆等地一些地方降水有所增加但仍难缓解西北的干旱和半干旱状态,因此必须思考及运用工程措施解决水资源的匮乏问题。合理节约用水,进行水利工程调配是解决此问题的主要有效途径,但充分运用在有条件的地方人工增雨也是一个有益的补充方式。人工增雨也因其科学技术上尚不十分成熟和难于检验的事实,受到一部分科学工作者的质疑。本文简单地论述了人工增雨的科学性,国内外的一些实践证明的有效性以及在西北干旱和半干旱地区人工增雨的可行性和关键点,以此希望能推动此项工作的开展,从流经我国西北上空的大气中多转换一些水汽形成雨(雪)降落在我国大地上,为缓和干旱作一些贡献。

1 引 言

西北地区包括了新疆、青海、甘肃、宁夏、陕西和内蒙古的中西部地区以及黄河流域,全区土地总面积达 $345 \times 10^4 \text{ km}^2$, 占国土面积的 36%; 人口 9178 万, 占全国 7.3%, 相对地广人稀。西北气候变化为众多科学家所关注, 并且近期取得了许多新的研究成果, 一方面, 西北绝大部分地区的年降水量远远小于其气候需水量(张庆云等, 1991; 李庆祥等, 2002), 因此, 西北地区水资源仍然是十分短缺的。西北水资源总量为 $1979.3 \times 10^8 \text{ m}^3$, 占全国的 7%, 分别为西南地区的 18.20%, 中部地区的 28.56% 和东部地区的 35.71%。从我国多年平均年降水量看, 西北无疑是全国降水量最少的地区, 从而导致西北的生态相对比较脆弱。另一方面, 施雅风等(2003)认为西北正在由暖干向暖湿转型, 这无疑对于西北的生态建设是一个非常有利的结论。但正如作者指出的, 这种转型只是一种趋势, 水资源增加无疑十分有限。由于水资源短缺会造成严重后果, 如导致在干旱区内陆河流域挤占生态环境用水, 导致河流断流, 地下水位下降, 天然绿洲衰亡, 尾间湖泊消失, 草地退化, 森林植被破坏、覆盖率低, 不能充分发挥防护功能。西北地区用水也紧缺。

西北各分区不同时段中等干旱年农牧业水资源供需平衡分析表(10^8 m^3)

平 衡 分 析 省 区	现 状			2010 年			2030 年		
	可供 水量	毛灌溉 需水量	余(+)缺(-) 水量	可供 水量	毛灌溉 需水量	余(+)缺(-) 水量	可供 水量	毛灌溉 需水量	余(+)缺(-) 水量
内 蒙 古	179.66	185.53	-5.87	183.97	186.34	-2.37	183.97	166.64	-
陕 西	51.92	62.16	-10.27	54.04	61.34	-7.30	54.04	55.57	-1.53
甘 肃	96.17	100.72	-4.55	99.70	102.99	-3.29	99.70	99.75	-0.05
青 海	10.91	14.31	-3.40	5.79	8.17	-2.38	5.79	7.82	-2.03
宁 夏	70.86	71.11	-0.25	69.32	70.13	-0.81	69.32	67.69	-
新 疆	326.34	342.22	-15.88	359.57	370.22	-10.65	359.57	360.22	-0.65
西北地区	735.86	766.05	-40.22	772.39	799.19	-26.80	772.39	757.69	-4.26

对未来 50 年西北地区气温的变化趋势, 各方面专家都估计为变暖。对增温幅度有各种预测, 不完全一致, 大约到 2050 年在 $1.0 \sim 4.2^\circ \text{C}$ 之间。对降水量的预测, 各方面有很大不同, 有的估计将向暖湿气流过渡, 降水量有所增加; 有的估计, 在前 30 年将减少, 后 20 年有所增加; 有的估计, 新疆等地将有所增加, 但黄河流域仍将趋于减少。总的说来, 对于西北地区在温度升高的情况下, 降水量是否增加,

有较大分歧,有的认为,许多预测多是在考虑温室气体增加和存在大气硫化物气溶胶,其他条件与现在相同的情况下获得的,没有考虑气候系统本身不同尺度的周期性变化,以及温度和降水的变化可以是不同步等情况。研究后认为,对降水量预测的不确定性比气温更大,由于基本资料、科学研究和技术水平的限制,目前还很难取得一个变化可能性较为明确的结论。

即便难于有明确结论,但总应有一个在现有条件下对情况的估计看法和一种对策建议。西北地区的水资源配置,应立足于用好当地的各種水资源,包括地表水、地下水和雨水,合理安排生态环境用水。本文就在从雨水利用一个侧面来探讨水资源匮乏问题。

2 气候条件是西北干旱、半干旱的主要因素

2.1 西北地区近 30 年(1971~2001 年)降水变化的时空特征

对西北地区 30 年的标准化降水量场作经验正交展开(EOF)分析得知,即西北地区年降水量在近 31 年中有一个最主要的特点,即黄河河套地区偏干分布略有加强,而河西走廊以西大部分地区则较常年降水量多明显加强,显然这与宋连春(2003)等人的研究是一致的,但也看到这种增加或者减少都是十分有限的。并选取了乌鲁木齐、包头、西安、阿勒泰、西宁、酒泉、阿拉尔等 7 个站,分析其年降水的年际变化特征,并且利用 Mann-Kendall 法(Mann, 1945)对各站 31 年的年降水量线性趋势做出显著性检验,以判断各站降水减少(增加)的显著性。

包头近 30 年来的年降水量增多并不明显的,但 2004 年有 465.2mm,超过了 50 年最高值。

乌鲁木齐近 30 年来的年降水量是明显增多的,最近三年均超过平均年份 100% 水平。

西安近 30 年来的年降水量减少也并不明显,但 2003 年 883.2mm 接近了 30 年最高水平。

阿勒泰近 30 年来的年降水量增多是明显的,近三年降水接近或超过常年水平。

酒泉近 30 年来的年降水量减少并不明显,近三年也低于常年水平。

西宁近 30 年降水量增加并不明显,但近三年明显偏多。

阿拉尔 30 年降水量增多不明显,近三年降水有两年偏多,一年偏少。

综合以上的分析,可以得出下面四点结论:

(1)近 30 年中国西北地区的中、西部地区的年降水量为上升趋势,而黄土高原东部、秦岭等地年降水量则减少,大致以河西走廊为界;东、西部变化趋势滞后一年相关达到了 95% 的相关信度。

(2)近 30 年西北地区年降水量增加的主要区域为天山山区,其线性趋势增加达到了一定的显著性水平。

(3)20 世纪 80 年代中期以来西北地区年降水量增加幅度和范围较小,主要集中在天山山脉及其向西南延伸至帕米尔高原一些地区。相反,其他地区,如青海东南部、河套地区、黄土高原地区等区域的年降水量则为减少趋势。

(4)1987~2001 年期间,新疆地区年降水量处于明显的高值区间,但这十余年来增加趋势并不明显,说明可能存在一个降水量的陡然增加点,使得此后平均年降水量处于一个相对高值区间。

这种格局是属于十年的波动或更长时间的波动,难于确定。

2.2 青藏高原的隆起已经决定了目前大气环流的基本格局,在基本格局下有可能出现时期性的摆动

第三纪开始的青藏高原隆升改变了东亚的地理与气候格局。

前面说到西北干旱半干旱的气候条件主要是由青藏高原隆起和北极冰盖共同决定的(刘东生等, 1998),这是一个决定性的外部条件。但我们知道,天气、气候特征还受到各种尺度的大气内部作用的影响,在这些内部作用的长期变化和其他一些外部作用如太阳活动、人类活动等的共同作用下,形成了这种不同尺度的气候变化规律和天气形态。因此在干旱半干旱的基本格局下,西北干湿气候也存在着时期性的摆动。

第四纪以来西北气候最显著的特点是周期性、不稳定性 and 干旱化加剧(刘东生等,1992;Ding, et al,1993;Ding et al,1999);进入全新世(约距今1万年)以来的时期,人类文明进入出现和大发展的时期。随着末次冰期(LGM)的结束,气温开始升高,降水也开始增加,进入全新世适宜期以后,气候仍存在着不稳定性,出现了多次波动,并造成了西北地区人类文明的相应变化。8.5kaBP 其气温快速增加,西北诸多湖泊出现高水位,到7.2~6.0kaBP 为稳定的暖湿阶段,此后6.0~5.0kaBP 气候剧烈波动,环境较差,西北出现干旱化,5~3kaBP 气温逐步升高,干旱有所缓解,此后又进入低温期,环境恶化,最近一次约在2.2~1.8kaBP 出现了一次相对的暖湿期,但显然无法和全新世适宜期相比较(施雅风等,1992;王绍武等,2000)。

西昆仑古里雅冰芯研究表明(姚檀栋,1997):公元初是温度降低和降水减少时期,以后区域增加,但气温、降水变化具有不同的变化趋势,温度波动频率高于降水,二者在位相上相差约50~100年;近500年在波动中呈现上升趋势(施雅风等,1992)。

即使近500年以来降水在波动上升,在今天,西北地区仍为我国主要干旱半干旱区之一,年降水不超过400mm,而气温的升高导致蒸发加强,导致年降水量远远小于该地区气候需水量,因此造成生态比较脆弱。近几十年来西北地区中西部年降水量为上升趋势,但降水增加主要以上个世纪80年代后的一个突然变化为主,但其幅度和范围仍十分有限(李泽椿等,2004)。这种增加和全新世的几个相对暖湿时期相比仍然是微不足道的。因此,短期内依赖通过降水的自然变化来解决西北水资源的匮乏还是非常困难的。

2.3 近年来人为因素加剧了西北土地的沙漠化

我国西北干旱区土地总面积约占国土总面积的25%,大部分被戈壁、沙漠所覆盖;近几十年来沙漠化扩大的速度愈来愈快,形势严峻。形成沙漠化的原因,主要包括自然原因与人为原因两方面,其中人为原因占主导地位。在人为因素中主要包括水资源的不合理开发利用与森林植被的砍伐破坏,其中前者占主导地位(陈梦熊,2004)。

人类活动造成荒漠化的原因很多,例如森林、植被人为破坏,无科学依据的大规模垦殖、拓荒以及草场过度放牧等等。但很多地区土地沙漠化,主要是由于水资源开发不合理造成的。例如,河西走廊的石羊河年均径流量约为 $12 \times 10^8 \sim 15 \times 10^8 \text{m}^3$,建国以来在上游地区修建了许多水库,山区河川径流量基本上全部被拦截,导致山前平原地下水补给逐年减少,溢出带泉流量严重衰减,原泉灌系统被迫改为井灌,地下水位急剧下降,形成恶性循环。随着武威地区耗水量的迅速扩大,下游民勤盆地的来水量,由上世纪50年代的 $12 \times 10^8 \text{m}^3$,急剧下降到90年代的 $1.5 \times 10^8 \text{m}^3$ 左右,导致下游河流断流,湖泊干涸,河灌改为井灌,地下水位大面积持续下降,水质恶化,土壤盐渍化面积不断扩大,大片灌木林、沙棘林衰败死亡,草场退化,绿洲退缩。大片耕地撂荒,并被沙漠所替代。因而沙漠面积不断扩大,沙漠化日益严重,生态环境急剧恶化。另外,黑河流域、新疆其他内陆河流域等也因为中、上游大量消耗水资源,造成下游流量大量短缺,导致了生态环境的急剧恶化。

森林植被的破坏也是导致西北部分地区形成沙漠化的间接原因,土地沙漠化又破坏了西北土地的蓄水能力,加剧了水资源的缺乏程度。

2.4 经济的发展、人口的繁殖,加重了水资源的匮乏

经济发展、人口增长也是水资源匮乏加重的重要因素。虽然从人均水量看来,西北(如青海和新疆)是比较大的,但这主要是因为西北总人口偏少的缘故。就一个地区而言,水资源是分散的,而人口往往则是集中居住的。尤其是在城市化过程中,这种由于人口过度集中导致的水资源缺乏是很明显的,当人口集中程度超过当地承受能力时,就会出现水资源的严重不足。西北一些城市如以西安为依托的关中城市群,乌鲁木齐、金昌等城市,均是因为人口的过度集中导致水资源非常匮乏。因此说,经济发展、人口增长使得西北的水资源缺乏问题日益加重。

3 解决在目前气候条件下水资源匮乏应有多条途径

西北地区的水资源配置,应立足于用好当地的各種水资源,包括地表水、地下水和雨水,合理安排生态环境用水。

3.1 水利工程

西北地区具有丰富的高山和地下水資源,但这方面的开发存在着补充水周期长的问题。对于西部地区的水资源时空分布不均的问题,通过适当兴修一些水利工程对于荒漠严重的地区是十分必要的,如甘肃的引大济黑,新疆塔里木和下游的应急工程,引额济乌、引伊济艾(艾比湖)、引伊济塔工程等。另外也可以利用水利工程,在汛期多蓄水,甚至搞家庭式的蓄水窖等等,都有利于在一定范围内缓解水缺乏的问题。

3.2 搞好生态环境建设,保护西北水资源

中央提出的“退耕还林(草)、封山育林”是调整人与自然争水争地,改善生态环境的重大战略措施。要根据当地的气候和水资源条件,宜林则林,宜草则草、宜荒则荒,科学规划。保护好现有山林和草地,根据西北的气候特点,实行乔灌草相结合,以草灌为主。同时,针对西北范围广,自然和社会条件各自不同的特点,对不同地区采取不同的开发利用办法;杜绝污染,保护水源,规划与建立水源保护区也是保护水资源的另一重要措施。

3.3 节水措施、合理利用

节水不仅仅保护水源,杜绝浪费,它还减少排放意味着环保。首先,西北地区水资源相对偏少,必须防止工农业、城市生活用水的增长过快和用水的不合理;其次,在西部大开发中要全面规划节水,建立节水型社会(包括农业和城市的节水);第三,节水措施多种多样,不仅包括水的回收、处理,还包括可能利用而未被利用水的开发等等。

3.4 充分利用空中水资源

4 利用空中水资源进行人工增雨(雪)也是一个补充途径

地球上的淡水资源由地表水、地下水和空中水三个部分组成。空中水资源(也称大气水资源)通常是指大气中的水汽及其派生的液态水和固态水的总和。常见的天气现象如云、雾、雨、雪、霜等是空中水资源的存在形式。降雨和降雪合称大气降水,简称降水,是大气中的水汽向地表输送的主要方式和途径,也是陆地水资源最活跃、最易变、最值得关注的环节。大气降水是地表水和地下水的最终补给来源,在全球水循环和淡水资源演化中具有举足轻重的作用。

一个地方所得到的大气降水与流经本地上空的水汽有关,而当其他条件具备时,形成降水的物理过程也有一种效率问题,其中提高水汽对降水的转换率,增加西北的降水量,人工增雨就是基本途径之一。

我国西北地区水汽主要输送来源有三条通道:

- (1)西藏东部雅鲁藏布江峡谷的西南暖湿气流;
- (2)青藏高原中西部的西南暖湿气流及陕西南部秦岭山脉的东南暖湿气流;
- (3)春夏西北利亚和蒙古西北方的水汽通道。

西北地区空中水汽转化为地面降水的直接转化率仅为 14.5%,下降到地面的降水有 81%又蒸发入大气,而后者仅有 7%再形成地面降水成为内循环降水,因而西北地区仅能截留空中水汽的