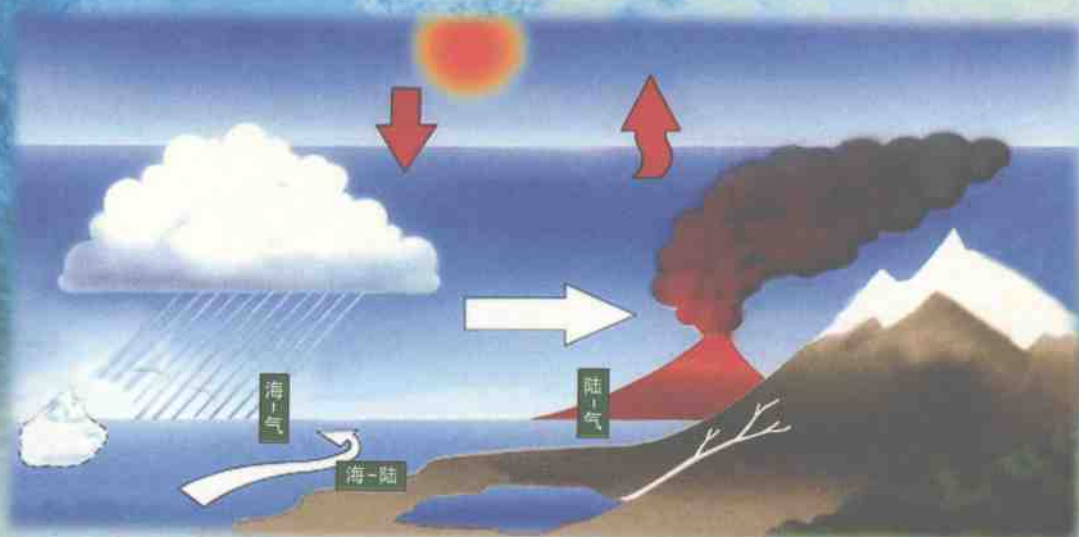


中国科学院知识创新工程重要方向项目 (ZKCX2-SW-210)

亚洲季风区海-陆-气相互作用对我国气候变化的影响(第二卷)

陆-气相互作用 对我国气候变化的影响

董文杰 封国林 韦志刚 等著



气象出版社

中国科学院知识创新工程重要方向项目(ZKCX2-SW-210)
亚洲季风区海-陆气相互作用对我国气候变化的影响(第二卷)

陆-气相互作用 对我国气候变化的影响

董文杰 封国林 韦志刚等 著

气象出版社

内 容 简 介

本书从事实分析和机理研究两个方面入手,针对若干典型地区的不同特点,结合外场试验,主要研究我国典型地表植被、土壤、水文特征,揭示陆-气相互作用及其与我国季度和年际气候变化的关系。研究长江、淮河和黄河三大流域水循环特征以及我国干旱半干旱地区陆-气相互作用特征及其对我国气候变化的影响。改进与发展了陆面过程模式,并与大气环流模式耦合,完整包含植被、积雪、冻土等的陆面模块,为海-陆-气相互作用的气候系统模式的实现服务,研究陆地生物圈与全球和我国气候的相互影响。

图书在版编目(CIP)数据

陆-气相互作用对我国气候变化的影响/董文杰等著.
北京:气象出版社,2005.3
(亚洲季风区海-陆-气相互作用对我国气候变化的影响;2)
ISBN 7-5029-3930-X

I. 陆... II. 董... III. 陆地—大气—相互作用—
影响—气候变化—中国 IV. P468.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 017001 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:qxcbs@263.net	电 话:010-68406262 发行部:010-62175925
责任编辑:李太宇 顾仁俭	终 审:黄润恒
封面设计:张建永	
印刷者:北京市北中印刷厂	
发行者:气象出版社	
开 本:787×1092	印 张:20.25 字 数:518 千字
版 次:2005 年 3 月第一版	2005 年 3 月第一次印刷
书 号:ISBN 7-5029-3930-X/P·1401	
印 数:800 册	
全套(四卷)定价:180.00 元	

中国科学院知识创新工程重要方向项目(ZK CX2-SW-210)
亚洲季风区海-陆-气相互作用对我国气候变化的影响

项目成果汇编总编辑委员会

主编:吴国雄

编委:李建平 郭裕福 纪立人

黄荣辉 李崇银 俞永强

董文杰 刘屹岷 宇如聪

序

我国位于亚欧大陆东南隅,面向太平洋,毗邻印度洋,地跨寒、温、热三带,其海-陆-气相互作用过程远比其他地区复杂。印度洋和太平洋的环流背景及水汽输送各具特色。从戈壁沙漠到热带雨林,陆面状况变化万千。受隆起的青藏高原表面感热所驱动,高原上空大气在冬季的下沉及夏季的上升犹如一架巨大的气泵,调节着大气的南来北往和气候的冬夏交替,驱动季风变化,使全球天气气候格局异彩多姿,也使我国天气气候形态各异。邻近海域表层热容量及海温异常具有持续性,其热量和蒸发异常对我国东部地区气候异常有强烈的影响。陆面过程的异常,如高纬度地区冬春季积雪、土壤湿度、深层土壤温度的异常等,也具有较长的持续性,因而对后期的环流、天气和江河流量造成一定的影响。规律性的季风气候使我国东部降水充沛,与全球副热带的大范围干旱沙漠形成鲜明对照,从而孕育了人口众多的中华民族。一旦该区域乃至全球的海-陆-气相互作用过程出现严重异常,我国大范围的或持续性的气候和水文异常就不断出现,导致生命财产的重大损失。1998年发生在我国的洪涝灾害使经济损失上千亿元,死亡超过3000人;1999年长江流域再度严重洪涝,北方干旱高温,黄河断流超过260天;从1999年到2001年我国北方发生持续干旱……每年由于旱涝灾害所造成的经济损失约占国民经济总产值的3%~6%,所以严重的旱涝灾害极大地抵消了经济增长率,阻碍着国民经济的持续发展。因此,揭示东亚季风区海-陆-气相互作用及其影响我国气候变化的规律是改善我国气候预测水平的需要,是保障我国战略目标的实施和国民经济的持续发展的需要,并将为国家决策部门制订我国自然经济格局长期战略规划提供重要的科学依据。

在《中国科学院知识创新工程重要方向项目》“亚洲季风区海-陆-气相互作用对我国气候变化的影响(ZK CX2-SW-210)”的资助下,来自中国科学院大气物理研究所、中国科学院寒区旱区环境与工程研究所、中国科学院青岛海洋研究所、中国科学院南海海洋研究所,以及中国气象局、黄河水利委员会、国家教育部有关院校等十余个单位50多位专家组成的研究队伍紧密围绕项目总体目标“研究印度洋-东亚-西太平洋(IEAP)区域海-陆-气相互作用的规律;认识该区域水分循环的空间分布和季节与年际变化特征;发展新一代、适合于IEAP的气候系统模式”,以海洋/极冰-大气-陆地/植被交界面上的能量、动量和物质交换过程为切入点,以亚洲季风区的海-陆-气相互作用为聚焦点,以青藏高原的抬升加热为特殊点,以资料分析、数值模拟和理论研究以及交叉科学相结合为手段,去揭示亚洲季风区海-陆-气相互作用及其对我国季度和年际气候变化的影响及其

物理机制。

项目执行3年来,在资料获取、海-陆-气相互作用的物理过程和气候系统模式研发等方面进展显著,取得了一批重要的创新性或原创性的成果,在国内外产生了相当影响。例如,参与国际CEOP计划,由本项目与973项目联合支持建立了吉林通榆人类活动、地-气交换及生态系统过程长期定位观测站,积累了重要的相关数据;发展出新一代高分辨率全球大洋环流模式和新一代较高分辨率的全球大气环流模式,模拟结果均有了明显的改善;完成我国自主研制的植被-大气相互作用模式与全球大气环流模式的耦合,在国际上这是最早真正实现了动态植被与全球大气的双向耦合;在关于气候格局形成的研究中发现夏季副热带主要大陆及其周边海洋的总加热均呈现“长波辐射冷却-感热加热-凝结加热-双加热”(LOSECOD)四叶型分布,并激发出对应的四叶大气环流型,决定了夏季东亚和全球的气候格局,这个结果被国际同行誉为高度原创性的工作。

为了及时总结和交流本项目取得的研究成果,进一步推动我国在海-陆-气相互作用领域的研究,使海-陆-气相互作用研究的成果能及时在实际业务中推广应用,项目专家组特依照不同课题组织项目全体参研成员撰写编辑了这套研究成果,撰写相关专著。全套书共分如下四卷:

第一卷:海-气相互作用对我国气候变化的影响

第二卷:陆-气相互作用对我国气候变化的影响

第三卷:海-陆热力差异对我国气候变化的影响

第四卷:大气环流模式SAMIL及其耦合模式FGOALS-s

在本套成果汇编的编排、修改、校对和印刷中,得到了项目办公室的吴津生、王暄等同志以及气象出版社李太宇等同志的大力帮助,特此致谢。虽然经过全体编写成员的共同努力,但由于种种原因,书中定有不少不当和欠妥之处,恳请读者和广大科研人员指正。

中国科学院知识创新工程重要方向项目(ZKCX2-SW-210)

亚洲季风区海-陆-气相互作用对我国气候变化的影响

项目首席科学家 吴国雄

2005年1月4日

前 言

我国位于欧亚大陆东南,东面太平洋,南邻印度洋,地跨寒、温、热三带,故海-陆-气相互作用过程非常复杂。自 2001 年以来,在中国科学院知识创新工程重要方向项目“亚洲季风区海-陆-气相互作用对我国气候变化的影响”的支持下,我们从事事实分析和机理研究两个方面入手,对陆-气相互作用特征及其对我国气候变化的影响进行了研究。

随着研究的逐渐深入,本课题聚焦到植被-大气相互作用上来,并重点考虑典型陆面特征及其对气候的影响和大流域的水循环特征,这几方面也都是国际上热点问题。通过在观测实验中加强植被-大气的观测,主要研究我国典型地表植被、土壤、水文特征,揭示陆气相互作用及其与我国季度和年际气候变化的关系;在模式中考考虑动态植被和冻土过程,并与大气环流模式耦合,完整包含植被、积雪、冻土等的陆面模块,为海-陆-气相互作用的气候系统模式的实现服务,研究陆地生物圈与全球和我国气候的相互影响;在资料分析中注重新观测资料例如遥感资料和气候资料的统计分析揭示新的事实和机理,水循环中利用 GCM 和 RCM 与汇流模型的结合完成整个水循环的过程等,突出了研究重点,完成了课题的预期目标。

本书的主要内容包括:

外场观测试验

模式发展

陆-气相互作用特征

青藏高原积雪和冻土的变化及其对我国短期气候变化的影响

为便于读者在今后的工作中与各专家联系,这里将本书各章节的作者列表如下:

第一章	1.1	刘辉志	涂 钢	董文杰
	1.2	魏文寿	杨 青	李红军
	1.3	袁玉江	李新建	张 璞 魏文寿
第二章	2.1	丹 利	季劲钧	
	2.2	张井勇	董文杰	
	2.3	王汉杰	施伟来	张洪锋
	2.4	孙菽芬	张 霞	
第三章	3.1	姜允迪	董文杰	
	3.2	姜允迪	董文杰	

3.3 张井勇 董文杰

3.4 王澄海

3.5 王澄海

3.6 布和朝鲁

3.7 卫 捷

第四章 韦志刚 王澄海 高 荣 董文杰

目 录

序

前言

第一章 外场观测试验	(1)
1.1 吉林通榆观测站	(1)
1.1.1 吉林通榆半干旱地区“干旱化和有序人类活动”长期观测实验	(1)
1.1.2 观测结果与分析	(4)
1.2 塔克拉玛干观测实验站	(13)
1.2.1 塔克拉玛干沙漠自然地理概况	(13)
1.2.2 塔克拉玛干沙漠大气环境观测实验站	(14)
1.2.3 肖塘生态环境气象监测站	(14)
1.2.4 塔中、肖塘气候特征对比	(15)
1.3 卫星资料、气候资料、生态模式	(18)
1.3.1 新疆现代气候变化	(18)
1.3.2 应用卫星资料分析天山中部植被盖度变化	(36)
1.3.3 新疆树木年轮生长对气候变化的响应	(44)
1.3.4 气候变化对新疆粮、棉生产的影响	(58)
参考文献	(66)
第二章 模式发展	(68)
2.1 AVIM 和 GOALS 模式的双向全耦合和陆面模式的发展	(68)
2.1.1 实现植被-大气相互作用模式(AVIM)与 IAP/LASG L9R15 的耦合, 实现植被-大气双向耦合	(68)
2.1.2 在大气-生物圈双向耦合模式中进行陆-气相互作用的季、年及年代际 变化研究	(71)
2.2 中国北方和蒙古南部植被退化对区域气候的影响	(89)
2.2.1 新的观测事实	(90)
2.2.2 模式和方案	(91)
2.2.3 模拟结果分析	(92)
2.2.4 结论和讨论	(93)
2.3 RIEMS 模式的改进	(96)
2.3.1 地表特征的卫星识别和综合有效粗糙高度计算	(96)
2.3.2 数值模式网格中有效粗糙高度的计算方法	(98)
2.3.3 三北防护林建设的区域性气候效应	(104)
2.3.4 西部大规模退耕还林(草)的区域性气候效应	(112)

2.4 冻土模型	(124)
2.4.1 冻土物理	(125)
2.4.2 冰点水势方程	(125)
2.4.3 土壤含冰量、未冻水含量	(126)
2.4.4 土壤导水率	(127)
2.4.5 冻土模式	(128)
2.4.6 土壤表面水分和能量平衡	(131)
2.4.7 冻土模式模拟检验	(135)
参考文献	(144)
第三章 陆-气相互作用特征	(148)
3.1 近 50 年来我国气候带的变动	(148)
3.1.1 数据来源及方法说明	(148)
3.1.2 近 50 年我国气候带变动	(148)
3.1.3 近 50 年我国气候带每 10 年分布	(149)
3.1.4 近 50 年我国气候带变动及温度变化分析	(149)
3.1.5 我国气候带边界变动及每 10 年温度变化分析	(154)
3.1.6 近 50 年我国温度变化趋势分析	(159)
3.1.7 本节小结	(162)
3.2 2035~2044 年我国气候特征分析及气候带、气候学季节等的未来趋势研究	(163)
3.2.1 引言	(163)
3.2.2 模式简单介绍及实验说明	(163)
3.2.3 未来(2035~2044 年)我国气候特征分析	(170)
3.2.4 我国气候带、气候学季节、黄河凌汛期的未来趋势研究	(173)
3.2.5 小结	(184)
3.3 中国植被覆盖对夏季降水的影响: NDVI 和气候数据的统计分析	(185)
3.3.1 数据和方法	(185)
3.3.2 结果	(186)
3.3.3 结论	(187)
3.4 干旱化的时空分布	(188)
3.4.1 干旱的定义	(189)
3.4.2 干旱气候区	(192)
3.4.3 中国的干旱发展趋势	(192)
3.5 探讨我国北方干旱化的若干原因和机理	(194)
3.5.1 引言	(194)
3.5.2 结果分析	(195)
3.5.3 小结及讨论	(199)
3.6 水文汇流模式及其气候研究中的应用	(199)

3.6.1	引言	(200)
3.6.2	水文汇流模式	(200)
3.6.3	模式应用	(201)
3.6.4	对 SSiB 模式水文过程的检验	(203)
3.6.5	我国大河流流量的未来变化	(205)
3.7	我国华北重大干旱气候灾害基本特征及成因分析	(209)
3.7.1	干旱气候特征的表征方法	(210)
3.7.2	我国华北地区干旱气候时空分布特征与成因分析	(219)
3.7.3	陆气相互作用研究在我国短期气候预测中的初步应用	(228)
	参考文献	(230)
第四章	青藏高原积雪和冻土的变化及其对我国短期气候变化的影响	(238)
4.1	青藏高原积雪的变化特征	(238)
4.1.1	引言	(238)
4.1.2	青藏高原积雪的年变化特征	(239)
4.1.3	青藏高原冬春积雪的空间分布	(243)
4.1.4	青藏高原冬春积雪的年际和年代际变化	(245)
4.1.5	小结	(247)
4.2	青藏高原季节性冻土的变化特征	(248)
4.2.1	引言	(248)
4.2.2	资料和数学分析方法	(248)
4.2.3	代表站冻土深度的年际变化及趋势	(252)
4.2.4	青藏高原季节性冻土深度的变化周期	(253)
4.2.5	青藏高原最大冻土深度序列的建立及其对北半球气温的响应	(253)
4.2.6	小结	(255)
4.3	高原积雪、冻土与气候变化	(256)
4.3.1	引言	(256)
4.3.2	高原积雪、冻土、气温和降水序列的建立	(256)
4.3.3	高原冻土对积雪、气温和降水的响应	(257)
4.3.4	青藏高原冻土与积雪的关系	(259)
4.3.5	积雪对冻土的保温作用	(259)
4.3.6	小结	(262)
4.4	青藏高原积雪变化对我国夏季降水的影响及其机理分析	(262)
4.4.1	引言	(262)
4.4.2	高原冬春积雪与我国夏季降水的相关分析	(263)
4.4.3	高原冬春积雪异常年温度场的变化	(264)
4.4.4	高原冬春积雪异常年夏季大气环流的变化	(265)
4.4.5	高原冬春积雪异常年垂直环流和经、纬圈环流的变化	(269)
4.4.6	小结	(272)

4.5	青藏高原最大冻土深度变化对我国夏季降水的影响及其机理分析	(273)
4.5.1	引言	(273)
4.5.2	青藏高原冻土季节性冻融与大气环流的关系	(274)
4.5.3	青藏高原冻土的季节性冻融与中国夏季降水的关系	(279)
4.5.4	小结	(280)
4.6	青藏高原冻土解冻日期对我国夏季降水的影响及其机理分析	(281)
4.6.1	引言	(281)
4.6.2	春末青藏高原冻土解冻早晚对中国夏季降水的影响	(281)
4.6.3	春末青藏高原冻土解冻早晚年东亚大气环流异常特征	(282)
4.6.4	小结	(284)
4.7	青藏高原冬春积雪影响我国夏季降水的数值模拟	(287)
4.7.1	引言	(287)
4.7.2	模式简介和模拟方案	(288)
4.7.3	高原冬春积雪影响的模拟结果分析	(289)
4.7.4	小结	(294)
4.8	冻土影响的数值模拟	(295)
4.8.1	引言	(295)
4.8.2	改进后的冻融参数化方案	(298)
4.8.3	结果分析	(299)
4.8.4	小结和讨论	(303)
	参考文献	(307)

第一章 外场观测试验

1.1 吉林通榆观测站

进入 20 世纪 90 年代末期,我国北方干旱化问题变得非常严峻,特别是 1998 年~2000 年连续几年的干旱,已经严重影响了北方地区的工农业生产及人民的日常生活,也给当地经济带来了巨大损失。符淙斌等(符淙斌和温刚,2002)2000 年 5 月至 6 月,在对我国东北西部和内蒙古东部干旱化问题进行调研和考察后,指出“不合理的人类活动对生态环境的破坏是加剧北方干旱化的一个主要因素”。不合理的人类活动如何加剧北方干旱化?其影响机理是什么?研究人类活动作用下(主要是土地利用)植被-大气-水文过程相互作用,是研究北方干旱化的发展及其形成机理必须要回答的重要科学问题。叶笃正等(叶笃正等,2001)首次提出有序人类活动的概念,并指出通过组织有序人类活动,采取尊重自然规律的生态治理,有望在一定程度上实现干旱化过程的控制和生态环境的改善。开展“干旱化和有序人类活动”相互作用机理的研究,可以为我国北方干旱化趋势预测提供科学的依据。正是在此背景下,在国家基础研究发展规划项目“我国生存环境演变和北方干旱化趋势预测”的支持下,中国科学院大气物理研究所在吉林通榆建立了“干旱化和有序人类活动”长期观测实验站。该站于 2002 年 10 月正式建成,并开始连续观测,这是目前在我国除中国科学院碳循环重大项目(www.chinaflux.org)外,为数不多的对地-气界面间物质和能量交换过程进行长期监测的野外实验站。

1.1.1 吉林通榆半干旱地区“干旱化和有序人类活动”长期观测实验

1.1.1.1 WCRP-CEOP 计划

1997 年,世界气候研究计划(WCRP)下的全球能量与水分循环试验(GEWEX)和全球水文气象工作组(GHP)共同提议组织和实施国际协同加强观测期计划(Coordinated Enhanced Observation Period,简称 CEOP)。CEOP 是第一个开始实施的全球水循环和气候集成研究计划。此计划的目的是为水资源及气候机理研究和合理利用提供观测依据。CEOP 主要研究陆地水分和能量通量,以及季风环流;通过在全球陆地不同区域,尤其是季风区设立的地面观测基准站,结合卫星资料,加深对该区域的水分和能量通量循环,以及陆地在全球气候系统中的作用;加深对陆地-大气-海洋相互作用的了解。CEOP 有四个工作小组,分别是水分和能量循环的模拟和预测小组(Water and Energy Cycles Simulation and Prediction),季风系统研究小组(Monsoon System Studies),卫星和地面观测资料小组(Satellite and in Situ Data Requirements),资料分析和同化小组(Data Analysis and Assimilation Requirements)。CEOP 的长期目标是研究和模拟大陆尺度的水文过程对全球大气环流及水资源变化的影响,尤其在驱动和影响气候系统及气候异常的热量的源和汇区域的可预报性中的

作用。

CEOP 国际计划的野外观测实验从 2000 年开始,2000 年夏季是野外观测预实验(EOP1),2001 年夏季进行了先行实验(EOP2);2002 年 10 月 1 日~2004 年 9 月 30 日是 CEOP 计划中为期两年的连续观测加强期。2002 年 10 月 1 日~2003 年 9 月 30 日为第一个连续观测加强期(EOP3—EOP4),第二个连续加强观测期为 2003 年 10 月 1 日~2004 年 9 月 30 日(EOP5—EOP6)。

目前,CEOP 观测网由全球 36 个观测站(含中国 3 个站)组成。在吉林省通榆县设立的项目观测站是 36 个站中唯一在中国,完全由我国自己主持、投资和运行的试验站。

1.1.1.2 建站的目的和意义

自 20 世纪 90 年代以来,由于涡动相关直接测量陆地生态系统植被与大气间 CO_2 、水汽及能量通量仪器的广泛应用,采用涡动相关微气象塔进行长期的植被与大气间 CO_2 、水汽和能量通量交换过程的监测成为可能。通过对不同气候带、不同生态系统的 CO_2 、水汽和能量通量的长期观测,利用植被-大气模式及卫星遥感资料,可以得到区域及全球尺度陆地生态系统的碳收支,为全球气候模式及全球变化研究提供科学的依据,同时也为全球气候预测模式及利用卫星遥测资料估算 NPP、蒸发等提供基本数据及地表参数真值。

通榆“干旱化和有序人类活动”长期观测实验,与过去在我国进行陆面过程大气边界层观测实验 HEIFE(胡隐樵和高由禧,1994)及 IMGRASS(吕达仁等,2002)的最大的区别在于,首先改变了过去仅在加强期(一般在夏季)进行湍流通量的加强观测,而采取一年四季的连续观测地-气间通量交换,研究地-气通量交换过程的日、月、季及年变化,为气候模式中半干旱地区陆面过程参数化的改进提供可靠的数据支持。另外结合生态过程,研究人类活动下不同下垫面水热交换特征,试图探讨气候变化和人类活动在北方干旱化中所起的相对作用。国家基础研究发展规划项目“我国重大气候灾害形成机理和预测理论研究”开展的我国西北干旱区陆气相互作用野外观测实验(张强等,2001),取得了丰硕成果,获得了有关西北极端干旱区陆气相互作用宝贵的资料;不过该实验也是每年(2000~2003 年)夏季进行为期 1~2 个月的加强期观测,没有连续观测其季节变化;同时它代表干旱区的陆气相互作用特征。本实验选择在通榆半干旱区,该实验区处于生态脆弱带,生态环境对人类活动可能比较敏感。另外相关半干旱区地气相互作用的研究,目前我国开展不太多,对其地气能量和物质交换过程进行长期的监测才刚刚开始。

吉林通榆“干旱化和有序人类活动”长期观测站的建立,旨在通过在吉林西部选择不同下垫面进行人类活动、地气交换及生态过程的长期定位观测,获得地气界面物质和通量交换过程的日、月、季及年变化特征,分析不同土地利用和水资源利用对区域能量和水分循环的影响,为北方干旱趋势预测、影响评估和对策研究提供第一手的科学观测依据,同时也可作为有序人类活动的开展及生态效应评估提供试验平台,另外利用观测资料验证和改进目前气候和天气预报模式中半干旱地区陆面过程的参数化方案。

吉林通榆观测站已经纳入国际计划 CEOP 的观测网(Bosilovich, M. G. 等, 2002),是 CEOP 计划亚洲季风比较研究(CAMP)的一个地面观测基准站(www.ceop.net),也是目前我国为数不多的对地气物质和能量交换过程进行全年不间断的连续观测站之一。本观测项目的实施,可为全球水资源及气候变化研究提供资料和协同分析。另外通过参与 CEOP

国际计划,可以通过数据共享获得以通榆站为中心的 $250\text{ km} \times 250\text{ km}$ 范围的约 20 种关于大气和陆面特征的卫星遥感数据。这些资料对于研究半干旱区的陆气相互作用有重要作用。通榆观测站的建立及加入 CEOP 国际计划的观测网,对于提高我们的观测台站的观测资料质量,提升我们在国际科学计划中的作用有重要意义,同时对我国全球变化及气候变化的研究亦有重要意义。

吉林通榆“干旱化和有序人类活动”长期观测站目前已经连续运行近两年多,获得近两年的连续地-气界面能量和物质通量观测资料。除仪器故障、下雨及太阳能供电故障造成的资料缺失外,总有效资料长度达到全年的 75% 以上。2002 年 10 月 1 日~2003 年 3 月 30 日(CEOP-EOP3)6 个月的观测资料,经质量控制和整理后,已经提交给 CEOP 数据中心,2 年后将向全球学者开放。本文主要分析在 CEOP-EOP3 和 EOP4 期间(2002 年 10 月~2003 年 12 月)获得的地-气界面水汽和能量通量资料的变化特征。

1.1.1.3 实验场地和仪器

吉林通榆长期观测实验站位于吉林省白城市通榆县新华乡的行政地域内。实验站地理位置为($44^{\circ}25'N$, $122^{\circ}52'E$),处在白城至双辽沙丘覆盖的冲积平原区,平均海拔高度为 184 m,实验区地形非常平坦。实验区以新华乡为中心,分别针对半干旱区农业和退化草地生态系统建立了 2 个观测点,2 点空间距离在 5 km 左右。其中,

(1)农田下垫面位于新华镇北 2 km,周围近 2 km 范围无障碍物,2 km 外有零星田间林网,上风向开阔,地形平坦;主要作物为高粱和玉米,生长季每年 5~9 月,10 月初收割完毕;冬、春季农田为裸土覆盖,无作物,农田下垫面土壤主要为沙土和淡黑钙土。

(2)退化草地下垫面位于新华镇南 3 km 左右,一大片因过牧而退化的草地面积近 $3\text{ km} \times 4\text{ km}$,草地周围已经开垦了不少农田,其中含有已经开垦,但 2002 年开始弃耕的农田。退化草地上的草在夏季一般在 10 cm 以下,冬春季在 5 cm 以下,属严重退化的草地;退化草地下垫面土壤主要有盐碱土、草甸土和淡黑钙土。选取退化草地与农田作对比,可以比较不同土地利用对地气间水和能量交换过程的影响。

实验观测主要在近地面层进行,观测项目包括平均场和湍流场两部分,主要观测近地面层基本气象要素、土壤温度、土壤湿度以及近地面层的物质和能量通量。2 个观测站观测项目一致,观测也是完全同步进行的。在两个观测点各建立 20 m 近地面层气象观测塔,塔上 0~20 m 安装了 5 层(2, 4, 8, 12, 17 m)风速(Met one, 034A-C)、温度和湿度传感器(Vaisala, HMP45C-L),1 层风向传感器(17 m, Metone, 014A-L)。地面观测包括地表温度(红外测温计, APOGEE, IRTSO-P)、气压和雨量;辐射观测包括向上、向下太阳辐射(CM21, Kipp&ZONEN)及向上、向下长波辐射(CG4, Kipp&ZONEN);辐射仪器在农田和退化草地下垫面分别安装于 2.0 m 和 3.0 m 高度上。同时还测量 0~80 cm(2, 5, 10, 20, 50, 80 cm)6 层土壤温度(STP01-L50, 107-L),以及 0~80 cm(5, 10, 20, 40, 80 cm)5 层土壤体积含水量(CS616-L)。采用热流量板测土壤热通量,每观测站测地表以下 5 cm 及 10 cm 处 2 层的土壤热通量(HFP01SC-L50)。所有平均场采样频率为 2 s 取一次,10 min 给出一组平均值,平均值存在 CR23X 采样器中。湍流观测仪器由超声风速温度仪(CSAT3)、湿度和 CO_2 脉动仪(LI-COR, CS7500)组成(图 1.1.1),测量动量、热量水汽仪 CO_2 湍流通量。湍流仪器在农田和退化草地下垫面分别安装于距地面 2.0 m 及 3.0 m 高度上,采样频率为 10 Hz;采用

CR5000 采集器采样,用 1G PCMCIA 卡储存,每 20 天换卡,所有仪器采用两组 128 W 太阳能电池供电。除仪器出现故障,仪器检修,或因天气、供电等原因出现的缺测外,观测几乎一直连续进行。

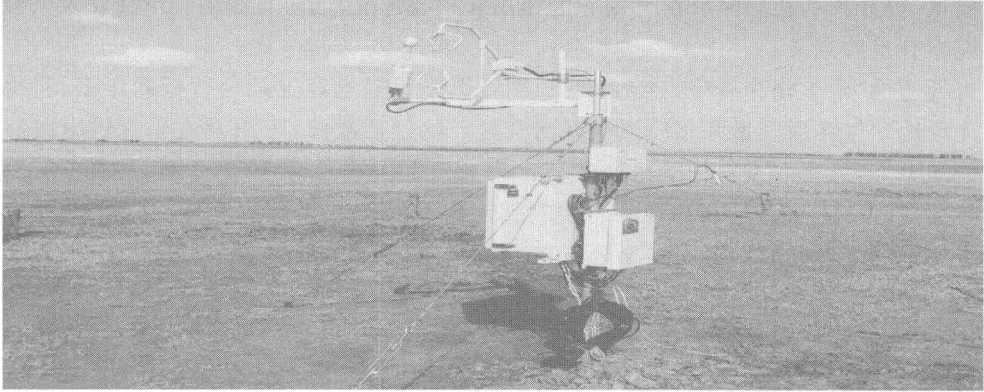


图 1.1.1 退化草地下垫面湍流观测系统

另外在草地的生态实验观测场上,在距离气象塔 500 m 左右的下风方建立永久样条(100 m×100 m)1 个,围栏内外相互对照,研究放牧对草场作物量等的影响。生态测量主要内容包括:物种多样性,地下、地上生物量,植被高度、覆盖度,叶面积指数,植被冠层,土壤有机质,土壤容量,凋落物的分解,N、P、K 等主要元素的季节和年际变化的长期观测,主要植物的水分关系,水势、光合、呼吸,以及室内土壤植物实验的培养和测定,还有人类活动和经济等统计数据。

这里我们主要分析 CEOP-EOP3, EOP 4 期间地-气近地面层微气象及通量观测数据(2002 年 10 月~2003 年 12 月),在非生长季农田下垫面无作物,地表为裸土覆盖;生长季主要作物为玉米,最大生长高度为 1.8 m 左右;退化草地下垫面草地退化非常严重,草的覆盖度大约在 60% 左右,夏季最高不超过 10 cm,仍在放牧;同时退化草地土壤盐碱化明显,这也影响土壤体积含水量仪器的测量结果;目前如何消除土壤盐碱化对土壤体积含水量仪器测量值的影响,没有可靠办法;利用自动测量仪器准确测量盐碱化土壤的体积含水量仍然是一难题。平均场、湍流场及辐射资料每个样本取样时间长度均为 30 min,湍流资料的选取要求每个样本内风向变化小于 45°。CO₂ 通量根据文献(Webb, E. K. 等, 1980)进行了水汽及感热通量影响的订正,CO₂ 通量负号表示由于光合作用等地表吸收大气中的二氧化碳,正号表示地表(土壤及作物)向大气释放二氧化碳。

1.1.2 观测结果与分析

1.1.2.1 基本气象要素

吉林通榆“干旱化和有序人类活动”长期观测站两个观测点所在的退化草地和农田下垫面的空间距离为 5 km 左右,观测期间两个观测点总是处在同一天气系统控制下。图 1.1.2 给出了观测期间日平均气压和日降雨量的逐日变化。两个观测点观测到气压日变化一致,但降雨(不包括降雪,降雪量没有观测)有差别。气压除有日变化外,存在明显的季节变化特

征;冬季气压比夏季高些。在冬春季实验区降雨量很少,观测到的只有4次主要降雨过程,最大日降雨量不到5 mm。该观测站全年降雨主要集中在每年6月至9月,是作物的生长季。在雨季两个不同下垫面测得的日降雨量有时候相差较大,最大可以相差一倍(7月17日、27日);但有些天日降雨量基本一致(7月3日、8日)。这也反映降雨空间的分布是很不均匀的,具有很强的局地特征。地表植被影响局地的降水分布;降水尤其是对流性降水,受下垫面不同生态系统影响较大;即使在同一天气过程控制下,不同植被下垫面的降雨分布有时候是不相同的,甚至相差很大。

实验区冬季主导风基本为西北和西南风,夏季主导风基本为东南和西南风,风向日变化

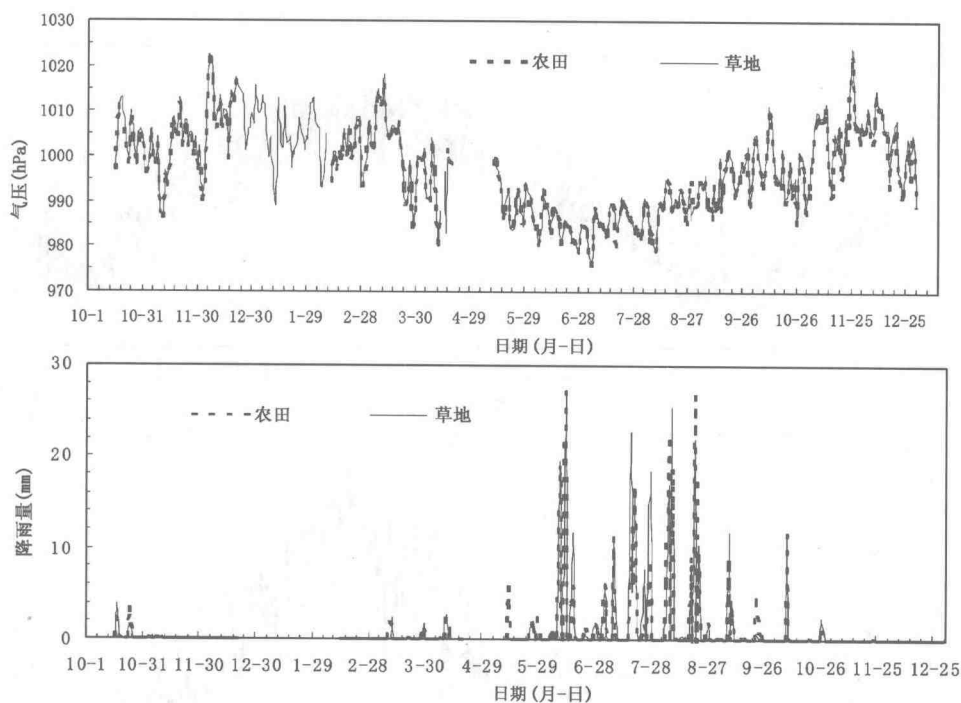


图 1.1.2 日降雨量及日平均气压的逐日变化

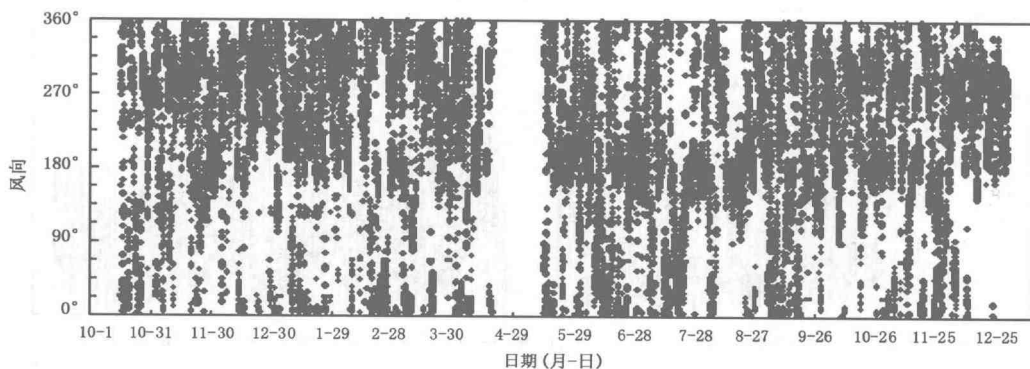


图 1.1.3 风向(30 min)的逐日变化(草地)