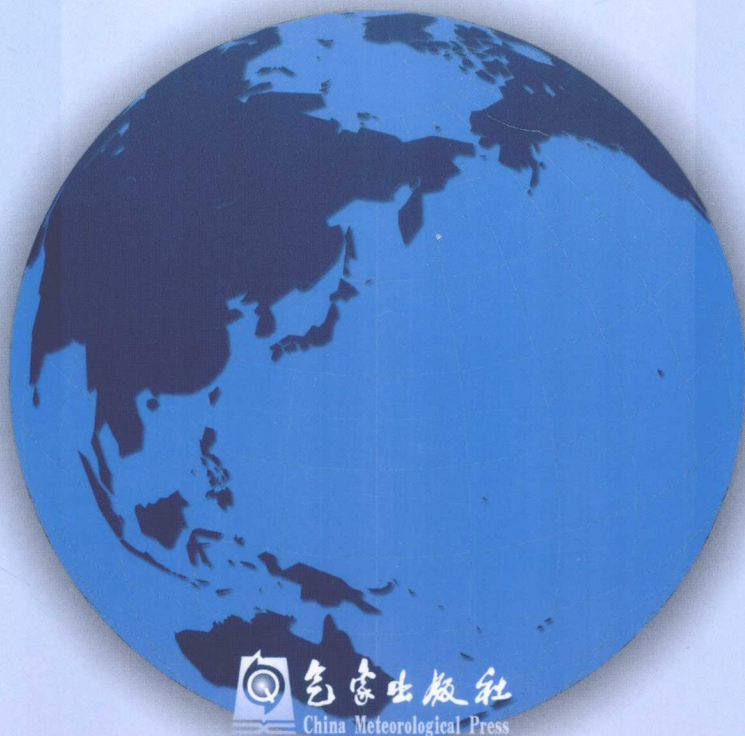


中国气候对全球升温响应的区域差异研究

卢爱刚 著



气象出版社
China Meteorological Press

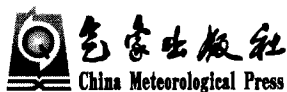
中国科学院(KZCX2-YW-145)

和渭南师范学院专项资金资助

中国气候对全球升温 响应的区域差异研究

Asynchronous Responses of Climate across China to Global Warming

卢爱刚 著



内 容 简 介

本书主要是对全球升温下中国区域气候变化的区域差异进行研究,运用 Mann-Kendall 趋势分析方法、插值法以及相关分析法,通过分析网格资料和中国气象中心全国 160 个站点的长期观测资料,重点对中国半个世纪以来的气温和降水区域变化的差异性及其主要形成机制进行了探讨。

本书可作为全球变化相关研究领域的科研、教学等人员的参考,也可供生态学、环境科学、大气科学等学科领域学生的学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国气候对全球升温响应的区域差异研究/卢爱刚著. —北京:
气象出版社, 2009. 8

ISBN 978-7-5029-4798-9

I. 中… II. 卢… III. 气候变化-研究-中国 IV. P468. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 131339 号

Zhongguo Qihou dui Quanjie Shengwen Xiangying de Quyue Chayi Yanjiu

中国气候对全球升温响应的区域差异研究

卢爱刚 著

出版发行: 气象出版社

地 址: 北京市海淀区中关村南大街 46 号

总 编 室: 010-68407112

网 址: <http://www.cma.gov.cn>

责任编辑: 王萃萃 李太宇

封面设计: 博雅思企划

印 刷: 北京中新伟业印刷有限公司

开 本: 750 mm×960 mm 1/16

字 数: 210 千字

版 次: 2009 年 8 月第 1 版

印 数: 1~1500

邮 政 编 码: 100081

发 行 部: 010-68409198

E-mail: qxcbs@263.net

终 审: 袁信轩

责任技编: 吴庭芳

印 张: 7.5

印 次: 2009 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 20.00 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

协调人地关系,是当今中国乃至世界共同面临的一个重要而艰巨的任务。

自从工业化以来,人类活动范围逐渐增大,对环境影响的强度日益加深,由此造成了一系列环境问题。主要表现在:一是植被遭到严重破坏,地面覆盖发生改变,生态系统失去平衡,生物类群不断减少;二是大量污染物被排入环境,造成大气、水体、土壤成分发生改变,引发了环境污染和气候变化。目前,地球正在经历一次以气候变暖为特征的显著变化,对全球生态系统 and 经济建设产生深远影响,并对人类生存带来巨大威胁。

中国的环境特点是干旱半干旱区域面积广大,旱涝灾害频繁。在全球升温的影响下,中国的环境问题必然会更加严峻。时下,中国正处于经济高速发展阶段,也是环境污染和生态破坏最为严重的时期。中国环境问题的特点是爆发时间集中,环境问题复杂多样。复杂的环境问题对资源与环境产生了巨大冲击,严重威胁着我国经济社会的可持续发展。

因此,探寻解决中国环境问题的出路,追索中国区域环境与全球环境的关系,尤其是弄清中国气候对全球升温响应的区域差异,显得十分迫切。

全球气候变化,存在着点与面、特殊和一般的关系,即由于纬度位置、地形地貌、海陆分布、大气环流、人类活动等因素的不同,各地对全球升温的响应不是同步的,而是千差万别的。因此,要根据区域的自然环境特点与社会发展状况,遵循具体问题具体分析的原则,通过由特殊分析到一般归纳的步骤,对全球升温进行系统的研究。

中国地形复杂,多高山、高原,特别是受青藏高原的影响,地理条件区域差别很大;另外,中国地域广大,纬度跨度大,气候类型多样,又受多种气流影响,是全球最为典型的季风气候地区之一;作为地球的“第三极”,青藏高原对气候变化呈现显著的敏感性。同时,我国区域发展不平衡,人类对环境的影响区域差别较大。中国环境空间上的复杂性,独特的自然

条件,开发的不同程度,使中国具有复杂多样的地理环境和复杂的气候分布格局,也使中国气候变化在区域上存在着巨大的差异性。因此,开展全球气候变化及其区域响应研究,探讨区域响应不同步现象的机制,对于把握全球变化背景下区域的响应规律、缓和人类与其赖以生存发展的自然环境之间日趋尖锐的矛盾以及区域的可持续发展有着积极的意义。

本书是在笔者博士论文《全球变暖背景下中国气候区域响应的差异性研究》的基础上,结合近期有关最新研究成果而著就的。倘若能对该领域的研究起到一点推动作用,对优化我国的生态环境做出一份绵薄的贡献,那是对笔者几年来筚路蓝缕、殚精竭虑的最大安慰!

著者

2009年7月

目 录

第一章 引 言	(1)
1.1 研究区域概况	(1)
1.2 全球变化研究的现状、背景及意义	(7)
1.3 研究内容、特色及其意义	(18)
第二章 中国气温变化的区域性差异研究	(19)
2.1 20 世纪中国区域气温变化趋势的区域差异分析	(19)
2.2 半个世纪以来中国各地气温变化趋势与幅度研究	(25)
2.3 从等温线的变化看中国各地对全球升温的不同步响应	(36)
2.4 全球升温对中国区域温度纬度梯度的影响	(43)
2.5 地形对中国气温季节分布格局的差异影响	(48)
2.6 全球升温背景下中国温度区域变化稳定性研究	(51)
第三章 中国夏季降水变化的区域差异性研究	(57)
3.1 半个世纪以来中国夏季降水趋势区域差异研究	(58)
3.2 中国降水空间变化与分布差异规律研究	(64)
3.3 中国年代际降水区域差异及变化研究	(67)
3.4 中国区域降水量稳定性研究	(70)
3.5 中国降水量高度效应研究	(75)
第四章 青藏高原对中国区域气候的差异影响	(81)
4.1 青藏高原对中国气温影响的空间差异分析	(83)
4.2 青藏高原对中国夏季降水空间分布的影响分析	(87)
第五章 结论与展望	(91)
5.1 结论与讨论	(91)
5.2 问题与展望	(92)
作者简介	(94)
后记	(99)
参考文献	(100)

第一章 引言

1.1 研究区域概况

1.1.1 自然地理概况

中国位于欧亚大陆东南部,东临太平洋。大部分地区位于中纬度,幅员辽阔,自然环境复杂。

从海陆分布看,中国位于全球最大陆地与最大海洋之间,由于海陆之间水热条件的巨大差异,因而季风气候显著,加以青藏高原的影响,使季风气候更加显著,季风在一年内的交替与进退,对中国自然地理环境的形成及地域差异,起着非常重要的作用,由东部海洋性湿润气候至西部大陆性干旱气候间的水平变化使得自然景观沿经纬度方向的干湿地带性差异颇为显著。此外,中国大陆东海岸的地理位置,使西风带影响非常微弱,即使在东部季风区,大陆性气候也有所表现,夏季较世界同纬度地区气温高,而冬季较同纬度地区气温低。

辽阔的国土,独特的自然历史条件,使中国具有复杂多样的地理环境和复杂的气候分布格局。

中国自然地理最突出的特点是:

1)季风影响显著,范围广阔。季风环流使东亚大气运行发生明显改变,也大大改变了气候要素的组合形式与分布规律。季风的强弱和影响的范围,各年不同,各月不同,但季风在一年中的交替和南北推移,对中国自然景观的形成和发展起着重要的作用。中国东部和西部的差异以及东部季风区自然地带的南北交替,在很大程度上受季风的控制。

2)地形复杂,高原、山地和丘陵占有很大比重。青藏高原雄踞中国西部,高原上耸立着许多著名的高大山系,位于中尼边境的珠穆朗玛峰,是世界第一高峰。海拔在3000 m以上的高山高原,占国土面积的25%。中国东部有广阔的平原,其间也散布着许多中山、低山和丘陵。在自然地域分异中,水平地带与垂直地带犬牙交错。不同水平地带内的山地各具不同的垂直带结构,从而加深了中国自然条件的复杂性和多样性,使中国自然地域分异具有世界罕见的独特性。特别是青藏高原平均海拔4000 m以上,面积约为国土总面积的1/4。它的存在极大地破坏了通常的水平地带

结构。

中国地貌的基本特征：

1) 地势西高东低，呈阶梯状分布

中国地势西高东低，自西向东逐级下降，形成一个层层降低的阶梯状斜面，成为中国地貌总轮廓的显著特征(图 1.1.1)。

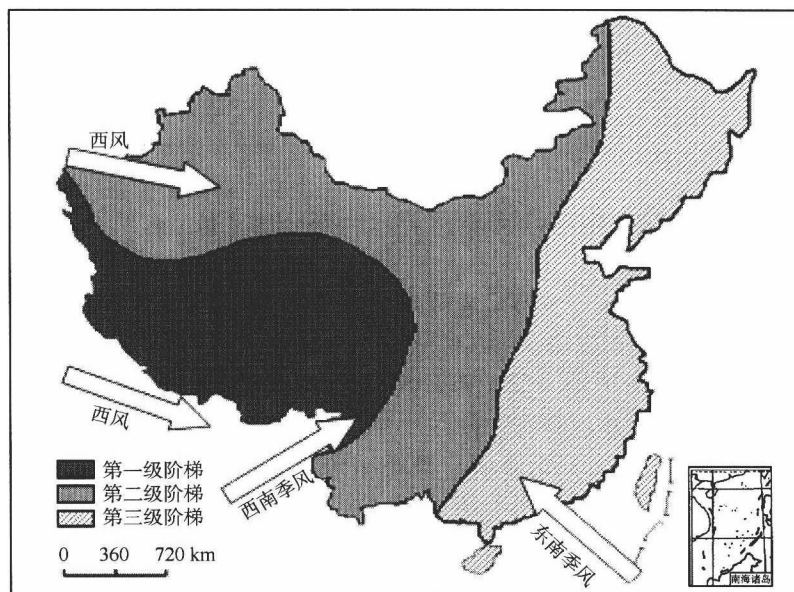


图 1.1.1 中国大地形及夏季影响气流

青藏高原雄踞中国西部，海拔平均达 4000~5000 m，是中国最高的一级地形阶梯。高原周围耸立着一系列高大的山脉，南侧是世界最高的喜马拉雅山，海拔平均在 6000 m 以上，超过 8000 m 的高峰有 7 座，以世界最高的珠穆朗玛峰著称。北侧有昆仑山、阿尔金山和祁连山分布，东边有岷山、邛崃山和横断山等排列，地势以巨大落差降低与第二级地形阶梯相接。

青藏高原外缘以北、以东，地势显著降低，东以大兴安岭、太行山、巫山、雪峰山一线为界，构成中国第二级地形阶梯，主要由广阔的高原和盆地组成，其间也分布着一系列高山地。

在第二级地形阶梯边缘的大兴安岭至雪峰山一线以东，是第三级地形阶梯，主要以平原、丘陵和低山地貌为主。在海岸线以东，为宽阔的大陆架浅海，是大陆向海洋平缓延伸的部分。

西高东低，呈阶梯状下降的地势，是中国地貌轮廓最为突出的特点。

2) 山脉众多,起伏显著

中国是一个多山的国家,山地占全国总面积的 1/3。从最西的帕米尔高原到东部的沿海地带,从最北的黑龙江畔到南海之滨,大大小小的山脉,纵横交错,构成了中国地貌的骨架,控制着地貌形态类型空间分布的格局。如果把分割的高原、盆地中崎岖不平的山地性高原、丘陵性高原、方山丘陵性盆地包括在内,连同起伏和缓的丘陵合计来算,广义的山地约占全国陆地总面积的 65%。

地势起伏显著,地区间海拔高程差别大也是中国地貌的特色。青藏高原平均海拔 4000 m 以上,但其东侧的四川盆地海拔为 500 m 左右;昆仑山南面为海拔 5000 m 的藏北高原,但北面的塔里木盆地海拔在 1000 m 上下,一山之隔出现这样大范围的巨大高度差别,实属罕见。就全国而言,珠穆朗玛峰海拔达 8800 多米,而新疆吐鲁番盆地内的艾丁湖却低于海平面以下 155 m,高差达 9900 m,为世界所仅有。起伏显著的地表,在各地形成不同类型的山地垂直景观,使中国的自然地理环境更加复杂。

3) 地貌类型复杂多样

中国地域辽阔,地质构造、地表组成物质及气候水文条件都很复杂,按地貌形态区分可分为山地、高原、丘陵、盆地、平原五大基本类型。以山地和高原的面积最广,分别占全国面积的 33% 和 26%;其次是盆地,占 19%;丘陵和平原占的比例都较少,分别为 10% 和 12% (赵济,1995)。

1.1.2 研究区域气候概况

1.1.2.1 气候特征

(1) 季风气候显著

广义的季风,指盛行风向随季节变化而有明显转换的现象。张家诚等(1985)用希克(Schick,1953)季风指数公式,对全国各站的计算,发现地面风受地方条件影响大,在中国东南部以距地面高度 500~1000 m 之间的近地面层最明显;近地面层季风指数在南岭南北及闽粤沿海为最大值,指数在 100 以上。距地面 2000 m 以下季风现象不明显,说明季风只是近地面层的现象。

狭义的季风仅指海陆季风。它是由于两种下垫面热力性质差异的季节变化引起,使冬夏季盛行风向显著差异甚至相反,同时这两种盛行风向也代表着两种不同性质的气团,能使影响地区的天气气候具有明显的年变化。符合这个定义的中国季风区域,大致在大兴安岭—阴山—贺兰山—乌鞘岭—巴颜喀拉山—唐古拉山—冈底斯山连线的东南部。在季风区,冬季陆地气温比海洋低,陆上近地层受高压系统控制,盛行偏北风,具有大陆气团性质,气候干冷;夏季陆地气温比海洋高,陆上近地层受低压系统控制,盛行偏南风,具有海洋气团性质,气候湿热。

中国季风区的冬夏季风都很盛行。中国季风区中也包括一部分的印度季风区。

四川及滇东一带是中国季风区中季风指数最小的区域,那里是东亚季风区与印度季风区的转换区域。其东部的东亚季风区,冬夏季风都很盛行,冬季风强于夏季风,季风雨属于极锋雨性质;西部的印度季风区,夏季风强于冬季风,降水主要在夏季风控制区内。

(2)气候的大陆性强

气候的大陆性是相对于海洋性而言,指受大陆热力变化大、水分少的性质所影响的气候。在中国,主要表现为气温年较差大,最热与最冷的月份紧跟在夏至与冬至之后出现;春温高于秋温;降水集中在夏半年;气温日较差大等。全国气温年较差多达 $10\sim 30^{\circ}\text{C}$,其中甘肃、新疆地区 $35\sim 45^{\circ}\text{C}$,普遍比同纬度的大陆西岸地区大。

中国气候的大陆性自东南向西北增强,淮河、秦岭、川西山地、喜马拉雅山连线是大陆性气候与海洋性气候的分界线。具体分为4个区:海洋性气候区有东、西两块。东块在华南沿海,自嵊泗列岛至云南河口附近;西块在四川盆地。

海洋性过渡气候区也有东、西两块。东块在长江中下游和东部沿海,其大陆度略大于50,但年和各月的平均日较差都小于 10°C ;西块在云南和喜马拉雅山南坡,其大陆度小于50,但年平均气温日较差大于 10°C ,干季的月平均气温日较差也大于 10°C 。

大陆性过渡气候区也有东、西两块。东块在东北南部、华北地区,其大陆度大于50,但7月或8月因雨季而使月平均气温日较差小于 10°C ;西块在川西和青藏高原东部地区,其大陆度小于50,但年和各月平均气温日较差都大于 10°C 。

大陆性气候区,在黑龙江北部、内蒙古、陕北、宁夏、甘肃、青海、新疆和藏北等北部广阔地区,其大陆度大于50,年和各月的平均气温日较差都大 10°C 。

(3)气候类型复杂多样、以亚热带、温带气候为主

中国幅员辽阔,气候类型复杂多样。按照气温的不同,从南到北包括南热带、中热带、北热带、南亚热带、中亚热带、北亚热带、南温带、中温带、北温带等9个气候带和1个高原气候区域。按照水分条件,自东南向西北,又有湿润、半湿润、半干旱和干旱气候区之别。按照海拔高度,各地山区气候垂直带谱又不尽相同。中国气象局根据 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温等气温指标和干燥度指标,中国可以综合划出9个气候带、18个气候大区、36个气候区和1个高原气候区,足见中国气候的复杂多样(赵济,1995)。

中国自南向北因气温递减而分成3个气候带,自东向西因水分的递减而分成4个气候区。所以,中国温带气候类型甚为齐全。

庞大的青藏高原,高突在中国西部偏南,自身既形成世界上最特殊的气候单元,又通过热力与动力作用影响中国气候,使中国气候的复杂性更突出。

(4)区域差异大

由于区域面积广,纬度跨度大,受影响的气流多样(图 1.1.1),加之地形复杂,中

国气候的区域分异非常明显。中国东部广大地区,邻近海洋,降水丰沛。东南沿海地带降水量最高达 2000 mm 以上,华北、东北地区也在 400~800 mm 之间,河流众多,径流丰富。秦岭—淮河以南属高温多雨的亚热带和热带地区,地表河网稠密。秦岭—淮河以北的华北地区,为暖温带湿润和半湿润地区。许多地方的年蒸发量大于年降水量,河网密度比南方小,径流量也较秦岭—淮河以南河流锐减,但降水季节分配不均匀,主要集中在夏、秋两季。径流作用强弱的季节变化也比南方突出。东北地区,属温带和寒温带地区,东南部的长白山地,降水量丰富,径流地貌发育。

西北内陆干旱区,降水量小,蒸发量大,气温日变化和年变化剧烈。一般来说,从北疆至南疆,随着水汽的减少,干燥剥蚀带幅度逐渐加大。

青藏高原,地势高峻,形成了特殊的高寒干燥环境。高原北部柴达木盆地和阿尔金山,同气候干旱的西北地区相邻,也是全国降水量最少、蒸发量最大的地区,形成干燥剥蚀山地、平原及沙丘、戈壁等地貌类型。藏北地区主要是地势高峻导致的高寒低温环境,使地下保存着广泛的多年冻土。高山上则是中国现代冰川的主要分布区。高原东南部边缘地带,邻近印度洋,受西南暖湿气流影响,降水丰富。

1.1.2.2 气候形成和影响因素

(1) 地理位置

1) 纬度位置 中国处于北纬 $53^{\circ}31'$ ~ $3^{\circ}52'$ 的中、低纬度位置。北回归线穿过华南地区。由于不同纬度的太阳高度角、理论昼长(可照时间)、日地距离不同,使理论辐射量(指大气上界处的天文辐射量,计算时假设日地距离处于平均距离)也有所不同。各纬度上的太阳高度角与理论昼长的季节变化,使理论辐射量相应地发生季节变化。这种各纬度大气上界处的理论辐射量的季节变化,是中国夏季普遍高温且南北温差小、冬季普遍低温且南北温差大的重要原因。

中国的中、低纬度位置,还决定着其所处的行星风带。中国 100 hPa 上空冬季为西风环流,夏季为副热带反气旋环流,这是中国气候形成的大气环流背景。

2) 海陆位置 中国处于世界最大的大陆——亚欧大陆与最大的大洋——太平洋之间。由于海洋与大陆的热容不同,使冬季大陆较海洋冷却快,出现冷高压,风从大陆吹向海洋;夏季大陆较海洋增温迅速,出现热低压,风从海洋吹向大陆。

中国大部分地区处于中纬度大陆东岸,海陆热力差异更加突出。冬季,中高纬度大陆迅速冷却,西风气流经过亚欧大陆的漫长路程而不断冷却,形成东亚大槽,槽后寒冷的西北气流侵入到更低的纬度;夏季,低纬度的大陆尤其是青藏高原急剧增温,偏南气流深入大陆,并带来丰富的水汽。中国之所以成为世界上显著的季风气候区,与地处中纬度亚欧大陆东岸的位置有关。

中国的沿岸流及台湾暖流(黑潮),对海陆温差没有起调节作用,反而加深深海陆之间的热力差异。暖流还对中国东部的水汽输送起了一定的作用,如夏季东南季风带

来的水汽及冬季回归气流对台北、东南沿海等地的影响较明显。

(2) 下垫面

多山的地表 中国幅员广大,山脉纵横交错,既使气候东西南北各区域大有差异,又使邻近地方气候山前山后不一,山上山下不同。其中,东西向山脉常成为南北冷暖气流的屏障。例如,秦岭山脉是暖温带与亚热带气候的重要分界线,也是前面已提及的海洋性气候与大陆性气候的分界。南岭山地常使冷空气受阻,锋面、气旋等天气系统到此移速减缓甚至呈半静止状态。各区山地垂直带谱不同,特别是高原面上有山地突起,盆地中有低谷凹下,使气候的地带性规律复杂化。西北地区,由于高山的屏障使闭塞盆地十分干旱,但高山上截取的大量水汽成为干旱区的水源,使干旱区中出现不少沃土绿洲和成片的草坡、山林。可见,起伏多山的地表,使气候复杂多样化。

青藏高原的影响 青藏高原面积大,海拔高,本身就是一个独特的高原气候区域。这里气压低,大风多,日照长,年辐射强,年均温低,气候温凉,常年无夏,气温日较差大,年较差小,多对流性降水,降雪日多,具有与周围环境不同的气候特征。

高大的青藏高原耸立在对流层中下部,对冬半年西风气流有着明显的机械动力作用。它使 500 hPa 以下西风发生分支、绕流、汇合。绕流作用形成北脊、南槽的环流形势。北支西风脊,加强西北部冷空气的势力;南支西风槽,促进副热带锋区的活动。高原东侧的中国西南地区,由于处在背风部位,风速小,出现“死水区”。

对高原南北两侧来说,高原的存在阻碍了南北气流的交换,使冬季西北盆地冷空气局限在北坡而呈干冷气候。沿东经 90° , 1 月经向垂直环流剖面图中,高原面上出现的偏北气流,是盛行西北气流投影在南北剖面上的缘故;夏季,高原南坡的爬坡气流造成丰富降水,而高原北坡气流受阻下沉,出现干热气候。

高原的热力作用突出地表现在夏半年。盛夏,高原加热作用最强,高原近地面层形成热低压,周围同高度的自由大气层相对为高压。空气向高原中部辐合上升,到高层辐散。在对流层上部(200~100 hPa),出现青藏高压。青藏高压是对流层上部的系统,与同时在青藏高原近地层出现的热低压系统不同。青藏高压的出现,是高原加热作用的结果,也是大气辐合上升运动强烈的标志。从 7 月 850 hPa 和 500 hPa 平均流场还可发现,四周空气向高原辐合,加强了中国夏季风势力。因此,青藏高压在一定程度上是夏季风环流的加热机。

冬半年,青藏高原气温迅速下降,近地面层出现冷高压,高原面上有下沉空气和辐散气流。青藏冷高压的出现,加强了蒙古高压,也即加强了中国冬季风的势力。

总之,青藏高原对中国气候的影响,使中国气候更加复杂化,同时也加大了中国季风气候的强度及其空间范围。

(3) 大气环流

1) 冬季环流 冬季,低层大气中影响中国的主要气压中心有蒙古高压、阿留申

低压。其中,蒙古高压是亚欧大陆冬季最强大的冷高压,1月中心位置在阿尔泰山东部、蒙古高原西北部,中心强度可达1050 hPa。它的成因主要是大陆的迅速冷却,而平坦辽阔的高原面也有利于冷空气的堆积。蒙古高压10月开始出现,1月最强。其强弱变化,主宰着中国冬季冷空气的活动。阿留申低压,秋季开始出现,冬季最强,夏季消失。它的强弱变化与蒙古高压相反,强盛时可吸引寒潮东去,减弱时可使中国东部寒潮南下的频率增大。

冬季控制中国近地面层的气团主要是极地大陆气团。它以蒙古高压区为源地,性质寒冷而干燥。极地大陆气团的移动,成为冬季风。

2) 西风急流 沿青藏高原南缘及中国东部到日本,冬季存在着一支稳定的西风急流。急流轴出现在12 km(200~150 hPa)的高空,平均最大风速达60 m/s,这就是通常所指的南支急流。它是高空副热带锋(属高空行星锋区之一),与近地面层的华南准静止锋等南方的锋面系统有一定的联系。冬季南方锋面气旋较活跃,与南支急流的强盛和频繁的槽脊活动(即南支扰动)有关。中国北部的北疆、内蒙古、华北等地上空,存在着另一支西风急流,称为北支急流。急流轴出现在8~10 km(300 hPa附近)的高空,强度不如南支急流。北支急流是高空中的极锋(也属高空行星锋区之一),与近地面层的寒潮冷锋等北方锋系有一定的联系。

1.2 全球变化研究的现状、背景及意义

1.2.1 国际研究现状与趋势

(1) 研究概况与趋势

目前,国际上全球变化研究主要有4大计划:世界气候研究计划(WCRP),国际地圈—生物圈计划(IGBP),全球环境变化的人文因素计划(IHDP)和生物多样性计划(DIVERSITAS)及其一系列核心研究计划,并取得了一些重要进展,如① TOGA(热带海洋和全球大气计划)的成功,推动了全球海洋观测系统(GOOS)的建立;特别是,在太平洋赤道地区建立了比较完整的El Nino监测系统(锚碇浮标阵、漂流浮标、验潮站、XBT(投弃式温深仪)观测网和卫星遥感等);② 建立和发展了提前半年至一年预报El Nino发生的数值模式;③ 空前地对地球系统进行了多学科交叉研究,取得了大量高质量的科学数据,发现了一些新的现象,如海洋中的高营养盐低生产力区和铁在初级生产力中的重要作用等;④ 对地球系统碳的循环有了深入认识,初步找到了过去所说的丢失项(missing term);已有证据表明大洋海域是大气CO₂的“汇”,但近海的“汇/源”之争仍在继续;⑤ 提出了地球系统中的几个关键性问题,如全球碳循环、水资源、食物安全等,使IGBP进入集成研究阶段等;⑥ 古全球变化研究在认

识气候的自然变率、工业化前的全球大气成分、全球温室气体的自然变化及其与气候的关系、陆地生态系统对过去气候变化的响应、过去气候系统的突发性变化等方面做出了重要贡献,认识到许多人类所不知道的事实,被国际社会公认是自然科学的重要进步。

这些研究成果在降低对未来环境预测的不确定性,促进社会可持续发展,尤其是在减少自然灾害及其影响、环境规划及资源管理等方面具有无可估量的价值。

当前,全球变化研究有以下发展趋势:

1) 多学科交叉研究的深度和广度在加强:如:描述物理、化学、生物过程的耦合模式在发展;WOCE(世界海洋环流实验)和JGOFS(全球海洋通量联合研究计划)在CO₂问题上的交叉合作,GEWEX(全球能量与水循环试验)与BAHC(水文循环的生物圈方面)之间在水的问题上之交叉合作,CLIVAR(气候变率和可预测性研究计划)与PAGES(历史全球变化研究计划)之间的交叉合作,SOLAS(表层海洋—低层大气研究计划)是海洋大气之间的关键生物地球化学物理的交叉等。

2) 注重全球变化的区域响应研究:全球问题与区域问题的结合更加明确,并达成共识:全球性问题的研究需要由区域研究来完成;区域性研究必须体现全球性问题。

3) 通过集成研究取得众多共识:阿姆斯特丹全球变化宣言明确总结,地球系统是一个由物理、化学、生物和人文因素组成的完整的自调节系统,除了温室气体排放和气候变化外,人类活动明显地通过多种途径影响地球环境,全球变化不能借助单一的因果模式来理解,地球动力系统具有临界阈值和突变特征,地球系统一些关键环境参数的变异已远超过50万a以来的自然变异范围。

4) 亚洲可能成为IGBP(国际地圈—生物圈计划)研究的战略重点:发展中国家社会经济将有巨大的发展,特别是亚洲人口占世界的60%以上;化肥占50%以上;建成水坝占60%以上;世界上10条最大输沙河流中,亚洲占5条。因此,亚洲将成为全球变化研究的中心地区;自然,他们的科学家应该也将会在全球变化研究中起越来越重要的作用。

5) 正在酝酿中的三个IGBP全球可持续发展计划。全球水资源(Water Resources):其目的是了解大陆水系统(河、湖、湿地、河口、地下水和陆架海)在地球系统的生物地球化学过程中的作用。重点研究水、沉积物、碳和营养物(如氮、磷、硅)的通量,转换过程 and 变化。全球碳循环(Global Carbon Cycle):其目的是解决碳循环的源和汇的分布和过程、碳循环动力学的控制与相互作用、未来的全球碳循环。全球环境变化与食物系统(GECAFS):这是IGBP—IHDP—WCRP联合项目,其目的是从区域至全球的角度评估生态环境和社会经济系统中,全球环境变化对食物生产、存量和利用的影响,分析适应性策略的有效性。

6) 旨在建立一个新的全球环境科学体系。一方面,进一步加强和发展全球变化研究计划;另一方面,建立新的全球环境科学体系,其内容包括:利用和扩展全球变化科学基础,进行学科交叉、环境与发展、自然和社会的集成;基于共享和安全基础的跨国合作,促进发展中国家的科学家充分发挥作用,借助国家和地区的资助,建立有效的国际环境科学体系。

(2) 全球气候变化研究进展

根据 IPCC(2001) 研究报告,自 1861 年以来,全球地面平均气温已经增加。20 世纪期间增加了 $0.6 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 。从全球来看,20 世纪 90 年代很可能是 1861 年以来仪器记录中最暖的 10 a。新的北半球代用资料分析说明,20 世纪可能是过去 1000 a 中最暖的世纪。因此,据卫星资料证明,自 60 年代以来,雪盖面积大约减少了 10%,地面观测表明,在 20 世纪北半球中高纬度地区河湖每年结冰期很可能减少了约 2 个星期。另外,自 50 年代以来,北半球海冰面积减少约 10%~15%。在最近几十年,北极夏末至秋初的海冰厚度可能减少约 40%。同样,由于全球变化引起降水的一系列响应,20 世纪北半球大陆大部分中高纬度地区降水每 10 a 很可能增加了 0.5%~1.0%;热带陆地地区($10^{\circ}\text{N} \sim 10^{\circ}\text{S}$)降水每 10 a 可能增加了 0.2%~0.3%,过去几十年热带的增加不很显著;20 世纪北半球大部分亚热带地区($10^{\circ} \sim 30^{\circ}\text{N}$)的降水可能已经减少,数值在每 10 a 约 -0.3%。对比之下,没有发现南半球各纬度带出现可比较的降水系统性变化。另外,自 1950 年以来,极端低气温出现的频率可能已经减小,而极端高气温出现的频率略有增加。而 70 年代中期以来,厄尔尼诺暖事件的发生变得更经常、持续时间更长、强度更大。但是,近几十年全球有几个区域没有变暖,主要是在南半球海洋上的部分区域和南极大陆部分地区。1978 年以来,即有可靠的卫星观测以来,未见明显的南极海冰范围变化。

人类活动对气候变化的影响主要是改变地面状况和排放 CO_2 。同样据 IPCC (2001) 研究报告,自 1750 年以来,大气二氧化碳浓度增加了 31%。在过去的 20 a,排放到大气的 CO_2 中四分之三是由化石燃料燃烧造成的。其余的则是由土地利用变化、尤其是森林砍伐造成的。

(3) 全球气候变化中的不同步性研究

在全球变化的研究中,气候变化区域响应的不同步性是普遍存在的。许多学者(如 Lamy 等,2004;Jean Lynch-Stieglitz,2004;Nakagawa 等,2003;Cacho 等,2001;Blunier 等,1998;Lorius 等,1985)的研究表明全球性长时间尺度上存在着气候变化的不同步现象。即使在大的气候环境下,如在小冰期,气候变化在区域上也是有的区域暖而有的区域冷(Jones 和 Bradley 1992);另外,中世纪后第一次冰进事件,在全球有的地方出现时间是 13 世纪,而在其他地方出现时间为 14 或 15 世纪(Grove 和 Switsur,2000)。同样在中国,气候变化在时间和变化幅度上也存在明显的不同步

(He 等, 2004; An 等, 2000; 施雅风等, 1992); 围绕青藏高原, 也存在着气候变化在时间上的差异(Lu 等, 2004), 甚至在全球升温背景下还有降温现象的存在(丁一汇等, 1994; 王遵娅等, 2004; 张明军等, 2002)。

(4) 全球气候变化原因研究

目前, 关于气候变化原因的学说及其分支估计有上百个, 张强等(2005)结合 Hay 等(2002)归类的 11 种原因的基础上, 并参考其他研究成果, 归纳出全球气候变化的 16 种原因, 它们包括: ①太阳辐射的变化; ②宇宙沙尘浓度的变化; ③地球轨道的变化; ④大陆漂移; ⑤山地隆升对大气环流和环境的影响; ⑥洋流的改变; ⑦海冰的变化; ⑧大气温室气体的变化; ⑨大气气溶胶浓度的变化; ⑩极地平流层云量的变化; ⑪极地植被的变化; ⑫同大陆沙尘气溶胶相联系的“铁假说”; ⑬大陆 C_3 植物向 C_4 植物的转化; ⑭天体撞击; ⑮火山爆发; ⑯地核环流作用等。这些使人眼花缭乱的假说, 说明了这一科学问题的复杂性。

虽然太阳活动曾经被认为与全球温度有很好的相关性(Friis-Christensen 等, 1992; Hoyt 等, 1993; Hameed 等, 1994; Lassen 等, 1995; Butler 等, 1996; Zhou 等, 1998)。但到 20 世纪 90 年代以后这种相关性不再存在(Jones 等, 2002; Liu 等, 2005)。所以关于全球升温的研究, 目前更多的是将升温原因归于人类经济活动的影响(IPCC, 2001; MacKay 等, 2001; Jones 等, 2002; McKittrick 等, 2004; Liu 等, 2005)。而且这种影响正在变得越来越强烈。

1.2.2 国内现状与趋势

中国作为全球变化研究的发起国之一, 已在全球变化领域做出了具有中国特色的国际性贡献。中国科学家利用黄土古土壤序列、第三纪风尘堆积、湖泊、海洋、岩溶记录、冰芯及历史记录等, 建立了重要的季风区环境演化序列, 在国际全球变化研究领域占有重要学术地位, 中国科学家提出东亚季风系统的概念, 发现青藏高原上空夏季臭氧异常低值中心, 这些在国际上都有重要影响。中国被誉为世界上对国际“海洋—大气耦合响应实验”(TOGA-COARE)贡献最大的两个国家之一。围绕青藏高原的环境研究也是国际关注的科学热点。一批以中国科学家为主导的在中国特殊区域开展的陆地样带——中国东北样带(NECT)、国际环球环境大断面(PEPII)、南海季风试验(SCSMEX)、淮河流域能量和水分循环试验(HUBEX)、第二次青藏高原试验(TIPEX)等大型科学试验和国际上第一个陆架海洋通量项目——东海陆架边缘海洋通量实验与近海海洋生态系统动力学研究, 受到国际学术界的极大重视。上述工作成为国际全球变化研究计划的重要组成部分, 同时获得极为宝贵的中国地区的观测资料, 为进一步开展区域响应研究提供了科学积累和人才储备, 为中国开展大型科学研究创造了必要的条件。

1.2.3 中国气候对全球变化的响应研究的现状和进展

关于中国气候对全球变化响应的研究成果很多,这里不可能将所有的成果都详细回顾,所以只能就最新研究做一简单的介绍。

(1) 气温的响应

1) 全国气温变化研究

在全球变暖的大背景下,中国近百年的气候也在发生着明显的变化,其变化趋势与全球气候变化的总趋势基本一致。据王绍武等(2000)的研究,近 100 a 来中国的气温上升了 0.5°C 左右,略低于全球平均的 0.6°C 的增温幅度。其中 20 世纪 20—40 年代是一个持续升温的阶段,50—80 年代初期气温有所下降,80 年代后又进入一个持续升温的阶段。20 世纪 90 年代是中国近百年来最暖的时期之一,但尚未超过 20 世纪 20—40 年代的最暖时期。据徐影等(2003)的研究,由于人类活动的影响,21 世纪西北地区气温将可能平均变暖 $4.2\sim 6.0^{\circ}\text{C}$ 。

从季节看,中国冬季增温明显。1985 年以来,中国已经连续出现了 16 个全国大范围的暖冬,1998 年冬季最暖,2002 年次之(秦大河等,2005)。

钱维宏等(2005)利用中国 486 个测站 1960—2000 年逐日气温观测资料,采用分层聚类过程中组内和组间相关系数的差异指标法,得到中国气温年际变化的 9 个区。气温年际变化在中国北方(东北、新疆北部、新疆南部和西北)表现为显著增暖的趋势,其增温趋势分别为 $0.2\sim 0.3^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 。长江中下游的气温趋势是 $0.1^{\circ}\text{C}/10\text{a}$,高原气温趋势是 $0.1^{\circ}\text{C}/10\text{a}$,西南和华南的气温趋势分别是 $0.2^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 和 $0.1^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 。另外,中国北方和西南地区大约在 20 世纪 70 年代末出现了年代际增暖的突变。赵红岩等(2002)利用中国 141 个测站 1980—1997 年间 12—2 月 3.2 m 深度地温资料和中国 160 个测站 1951—1997 年间 6—8 月降水资料,采用主成分、旋转主成分分析,对冬季地温的空间异常特征、时间变化规律进行了分析。结果表明:未旋转的前 3 个载荷向量场可以较好地反映中国冬季地温整体异常结构,即全区一致的高温或低温;东西相反的东高(低)西低(高)型;南北相反的南高(低)北低(高)型。旋转后的前 4 个载荷向量场可较好地代表中国冬季地温的 4 个主要异常敏感区:北方区、淮河区、西北区和江南区。旋转主分量和代表站资料反映出 20 世纪 90 年代以来西北区、华南区冬季地温呈下降趋势,北方区、淮河区、江南区呈明显上升趋势。

关于极温事件的研究表明,最近 40~50 a 中,我国极端最低气温和平均最低气温都出现升高的趋势,尤其以北方的冬季最为突出。同时,寒潮频率趋于降低,低温日数趋于减少。1951—1990 年期间中国平均最高温度略有上升,最低温度显著增高,气温日较差明显变小,最低、最高温度的线性变化趋势表现较为一致的年代际变化特点,但反映出非常明显的不对称性趋势。最近 40~50 a 中,极端最低温度和平