

近60年来广西北部湾气候变化及其适应研究

黎树式^{1,2}, 黄鹄¹, 戴志军²

(1. 广西北部湾海岸科学与工程实验室 钦州 535011; 2. 华东师范大学河口海岸学国家重点实验室 上海 200062)

摘要: 区域气候变化的适应研究是区域可持续发展的重要内容。文章通过收集近60年广西北部湾沿海地区的气温、降雨量和海平面变化等数据,采用小波分析、M-K检验等方法,分析该区域的气候变化特征,结果表明:年平均气温上升趋势明显,月平均气温峰值出现在6—8月,与全球平均气温变化趋势一致;年平均降雨量变化趋势不明显,5—10月是洪季;平均气温和平均降雨量存在4~6年的短周期振荡和12~16年的长周期振荡;平均气温突变年份可能是1993年或1995年,年平均降雨量的突变节点可能是2001或2007年;2007—2015年的平均海平面均高于常年海平面,平均高出常年海平面62.44 mm,海平面上升造成海岸侵蚀、风暴潮增加和湿地损失增大等严重后果;建议在生态、生产、生活和管理等方面提高人类对气候变化的适应能力。

关键词: 气候变化;北部湾;海平面上升;适应性

中图分类号:K903:P7

文献标志码:A

文章编号:1005-9857(2017)04-0050-06

Climate Change and Its Adaptation in Beibu Gulf of Guangxi in Recent 60 Years

LI Shushi^{1,2}, HUANG Hu¹, DAI Zhijun²

(1. The Key Laboratory of Coastal Science and Engineering, Beibu Gulf, Guangxi, Qinzhou 535011, China;

2. State Key Lab of Estuarine & Coastal Research, East China Normal University, Shanghai 200062, China)

Abstract: Study on the adaptability of regional climate change is an important content of regional sustainable development. The data about temperature, rainfall and sea level changes in coast of the Beibu Gulf in Guangxi in recent 60 years were collected, meanwhile, methods of Wavelet analysis, Mann-kendall were used to analysis the climate change characteristics. The results show that: Annual average temperature increases significantly, and the peak of monthly mean temperature appears in June-August, which are consistent with the variation trend of global average temperature, but the average annual rainfall trend is not obvious. The period of May to October is the flood season. The mean temperature and mean precipitation have short period oscillation with 4—6

收稿日期:2017-02-28;修订日期:2017-03-10

基金项目:国家自然科学基金项目(41666003);广西自然科学基金项目(2015GXNSFBA139207);2015广西高等学校科学研究人文社科重点项目(KY2015ZD133);广西北部湾海岸科学与工程实验室自主项目(2016ZZD01,2016ZYB01,2016ZZD02)。

作者简介:黎树式,副教授,博士研究生,研究方向为海洋环境、海岸带管理,电子信箱:lishushi120@163.com

通信作者:黄鹄,教授,博士,研究方向为海岸带环境演变,电子信箱:mrhuanghu@126.com

years and long-period oscillation with 12—16 years. The average temperature mutation year may be 1993 or 1995, while the average annual rainfall may be 2001 or 2007. The mean sea level in 2007—2015 was higher than the annual sea level by 62.44 mm; Rising sea level results in serious consequences such as coastal erosion, storm surge and wetland loss. It was suggested that human beings should adapt to climate change in the aspects of ecology, production, life and management.

Key words: Climate change, Beibu Gulf, Sea level rise, Adaptability

全球气候变化对地球、人类经济社会的影响具有长期性和根本性,因此成为国内外学者关注的焦点和热点^[1-5]。联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)至今已先后5次对全球气候变化进行评估,体现全球对气候变化的高度关注度,其中最近一次评估报告是2013年,报告确认世界各地都在发生气候变化,气候系统变暖毋庸置疑;报告还进一步指出,近几十年在各大洲和各个海域都已显现出气候变化的影响^[6]。根据2017年1月公布的2016年《中国气候公报》,受超强厄尔尼诺影响,我国极端天气气候事件多,暴雨洪涝和台风灾害重;2016年全国平均气温较常年偏高0.81℃,为历史第三高,年降水资源总量68888亿m³,为1961年以来最多。气候变化研究受到国内外专家学者的高度关注,涌现的相关研究成果不胜枚举。广西北部湾地区地处南海北部,半封闭、水深较浅、“大湾套小湾”等特点使该区域对全球气候变化的响应区别于其他海湾地区。本文通过收集近60年来广西北部湾的气象资料,尝试分析该区域气候变化特征并提出适应性措施,为决策部门提供科学依据。

1 广西北部湾概况

广西北部湾地区位于北部湾北部、广西壮族自治区南部,行政区上包括北海市、钦州市和防城港市3个地级市,位于107°29'E~110°20'E、20°58'N~22°50'N,区域面积2.0361万km²,2015年末总人口达575.34万,海域总面积达12.93万km²,大陆海岸线长1628.59km。广西北部湾地区位于北回归线以南,地处南亚热带气候区,具有亚热带向热带过渡性质的海洋性季风特点。较大山脉有六万大山、罗阳山、铜鱼山及十万大山等,均呈东北—西南走向,较高山峰海拔高程为十万大山茆良峰

1462m、六万大山葵扇顶1118m;地势自东北向西南倾斜,大小低谷台地和平原分布于谷河系及濒海地区;平原有合浦南流江三角洲、钦江沿岸、茅岭江河口及滨海平原,这些地区地势平缓,海拔高程均在100m以下,尤其是合浦南流江三角洲、茅岭江河口、滨海平原的海拔高程均在20m以下(图1)。

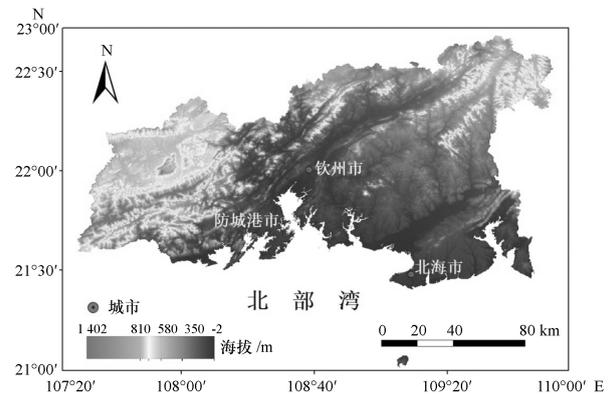


图1 广西北部湾区域

2 数据来源与研究方法

降雨量和气温数据来源于中国气象局国家气象信息中心“中国气象科学数据共享服务网”的中国地面气候资料月值数据集(数据集代码SURF_CLI_CHN_MUL_MON,版本3.0),以及各省(自治区、直辖市)气候资料处理部门逐月上报的《地面气象记录月报表》的信息化资料;台风数据来源于上海台风研究所;海平面变化数据来源于2007—2015年《中国海平面公报》。

采用的主要研究方法有小波分析(Wavelet Analysis)、蒙—肯德尔(Mann-Kendall)法、相关性分析和数理统计等。小波分析亦称多分辨率分析(Multiresolution Analysis),可在时(空)频(波)两域给出系统演化的信息,为全方位多尺度探索地理

系统提供诸多帮助^[7];可给出序列的瞬时推动随时间推移的变动状况,可分析同一频率的周期突变现象;由于河流水沙的变化在时域中存在多层次时间尺度结构和局部化特征,小波分析被广泛应用于地质、大气和海洋科学等研究领域^[8-11],是近期十分热门的前沿领域,本文主要运用该方法分析气温和降雨量的周期变化。蒙-肯德尔法是一种非参数统计检验方法,已被广泛应用于检验水文气象资料的趋势成分,包括水质、流量、气温和降雨序列等^[12]。

3 结果与分析

3.1 气温变化

1957—2014年广西北部湾地区平均气温为 $22.5\text{ }^{\circ}\text{C}$,年平均气温升高趋势明显,拟合结果通过99%的置信度水平(图2),平均气温升高 $0.61\text{ }^{\circ}\text{C}$,增温速率为 $0.11\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 。具体而言大致可分3个阶段:第一阶段是1957—1979年缓慢下降阶段;第二阶段是1980—2003年快速上升阶段;第三阶段是2004—2014年快速下降阶段。

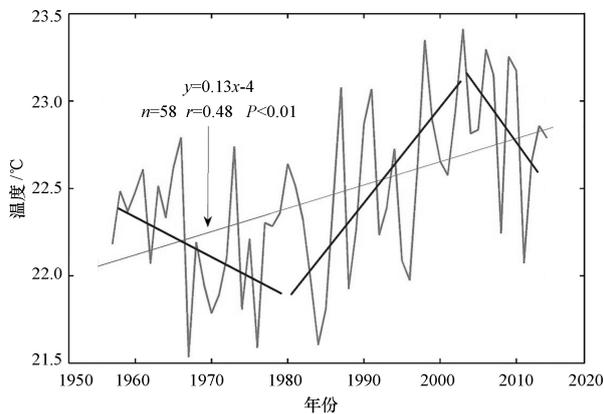


图2 广西北部湾年平均气温变化

广西北部湾月平均气温的高值区主要分布于6—8月,低值区分布于12月至次年2月(图3)。月平均气温不大于 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的极端低温月份为1977年、2011年的1月和1968年的2月,其中1968年2月平均气温最低为 $9.5\text{ }^{\circ}\text{C}$;月平均气温不小于 $29.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的极端高温月份均出现在2010年、2007年、1983年、2003年的7月,其中2010年 $29.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 为最高。可以看出近期月平均气温高于较早时期。

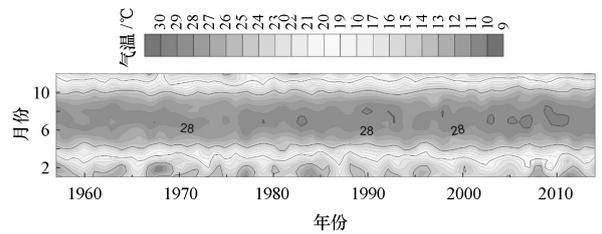


图3 广西北部湾月平均气温变化

为了解气温变化的周期性特征,用小波分析方法分析广西北部湾的月平均气温周期性变化,结果表明:1982年前广西北部湾地区平均气温有8年左右的短周期和20年左右的长周期,1982年后有4年左右的短周期和12年左右的长周期,2000年后长周期信号不明显(图4)。M-K突变检验结果表明,广西北部湾平均气温的突变年份很可能是1993年或1995年(图5)。

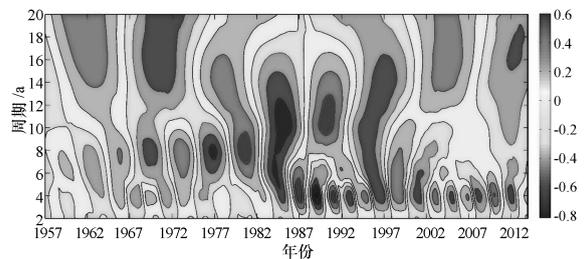


图4 广西北部湾月平均气温小波分析

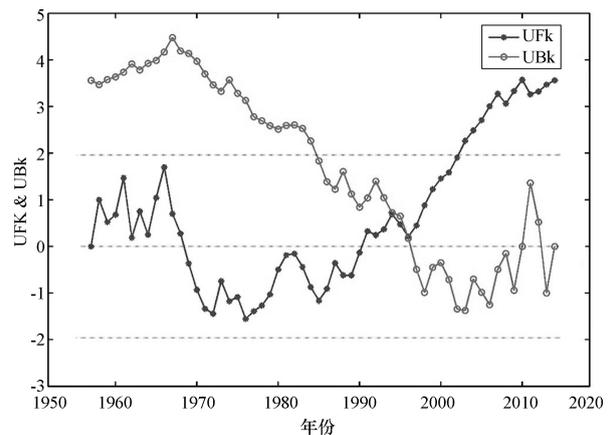


图5 广西北部湾年平均气温 M-K 突变检验

3.2 降雨量变化

总体来说,近60年来广西北部湾地区的年平均降雨量变化不大(图6)。年平均降雨量不小于

2 000 mm 的年份出现于 2001 年、2008 年、2013 年,其中 2001 年 2 194.6 mm 为最高;年平均降雨量不大于 1 200 mm 则出现在 1977 年、1976 年和 1989 年,其中 1989 年 1 085.04 mm 为最低。

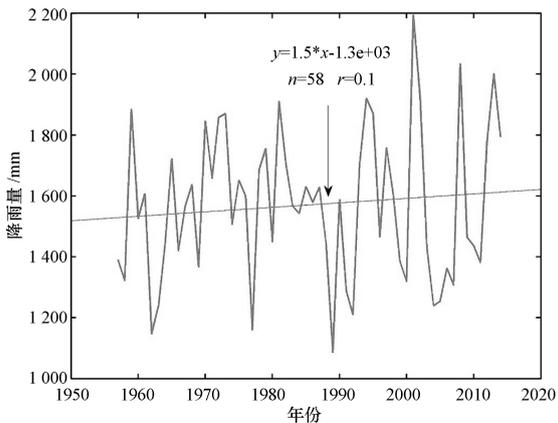


图 6 广西北部湾年平均降雨量变化

广西北部湾月平均降雨量的高值区(洪季)主要分布在 5—10 月,低值区(枯季)为 11 月至次年 4 月(图 7)。月平均降雨量不小于 7 000 mm 的月份出现于 1994 年和 2001 年的 7 月,其中 1994 年 8 468.83 mm 为最高;月平均降雨量不大于 5 mm 的月份出现在 1973 年、1981 年的 12 月和 1971 年、1980 年的 11 月,其中 1980 年 11 月的 0.5 mm 为最低。

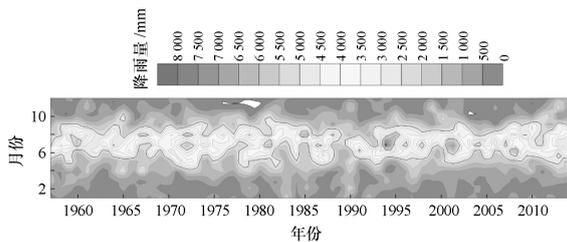


图 7 广西北部湾月平均降雨量变化

月平均降雨量的周期性也比较明显。1967 年前,6 年左右的短周期信号明显;1968—1987 年,14 年左右的长周期信号明显;1988—2014 年期间存在 6 年左右的短周期和 16 年左右的长周期(图 8)。M-K 突变检验结果表明,年平均降雨量的突变节点很可能是 2001 年或 2007 年(图 9)。

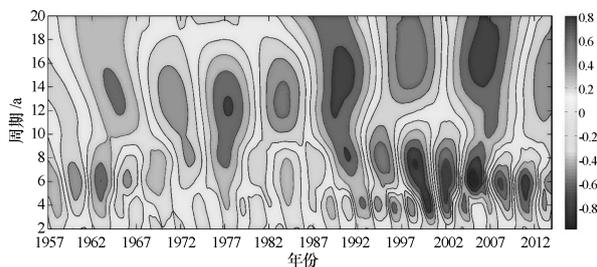


图 8 广西北部湾月平均降雨量小波分析

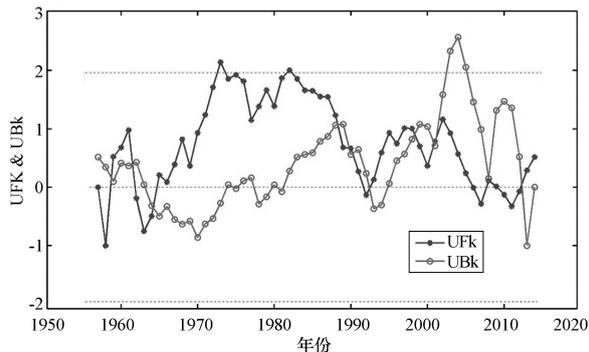


图 9 广西北部湾年平均降雨量 M-K 突变检验

4 讨论

4.1 气候变化的原因

广西北部湾是全球众多海湾地区之一,其气候变化一方面是区域自然条件和人类活动共同作用的结果;另一方面受全球气候变化大趋势的控制。首先,根据 IPCC 第五次报告,过去 100 年全球平均气温升高约 0.74 ℃;葛全胜等^[5]研究表明,20 世纪亚洲进入快速增暖时期;近 50 年我国平均地表气温变暖幅度约为 1.1 ℃,增温速率接近 0.22 ℃/10a^[13];广西北部湾与全球和我国的平均气温变化趋势是一致的,增暖速率比全国小。其次,任国玉^[13]研究成果显示,1951 年以来全国平均降水量变化趋势不明显,广西北部湾平均降雨量变化趋势与之很吻合。平均气温和平均降雨量 4~6 年的短周期振荡和 12~16 年的长周期振荡可能与周期为 2~7 年的厄尔尼诺现象和周期为 11 年的太阳黑子活动有关。

4.2 气候变化的影响

目前全球气候变暖已是不争的事实,气候变暖的影响是多方面的,海平面上升是显著响应之一。广西北部湾海平面变化比较显著,2007—2015 年广

西北部湾沿海平均海平面均高于常年海平面,平均高出常年海平面 62.44 mm,最高是 2012 年的 108 mm,最低为 2007 年的 27 mm(图 10),表现出较强的气候变化响应特征。月平均海平面变化则有较大差异,1—4 月整天海平面均低于常年平均海平面,最低值 -130 mm 出现于 2008 年 2 月;9—11 月则平均高出常年平均海平面 200 mm 左右,其中最高 290 mm 出现在 2012 年 10 月;显而易见,9—11 月是广西北部湾沿海地区季节性高海平面时期,与这个时期高温、热带气旋等极端气候事件时常发生相关。

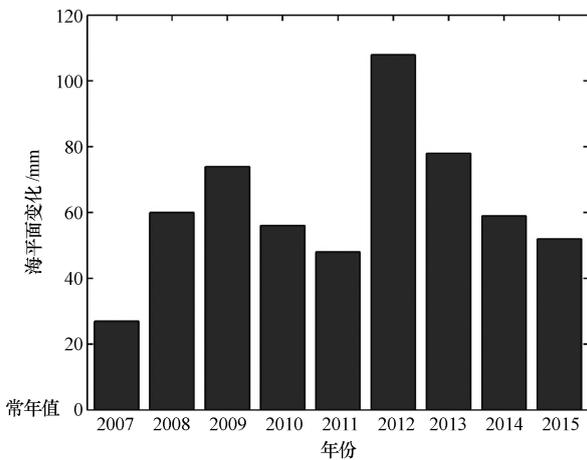


图 10 2007—2015 年广西北部湾沿海海平面变化

海平面上升会引发海岸侵蚀、风暴潮和湿地损失等一系列严重问题^[14]。如前所述,广西北部湾地区与全球沿海地区同样受气候变化的威胁。广西部分海岸侵蚀非常严重;1949—2013 年影响广西北部湾的台风频率增加、强度增强,风暴潮灾害较严重,数量呈增加趋势^[15];2001—2006 年北部湾沿海地区共发生较大洪潮灾害 12 次、热带风暴 3 次、天文大潮 4 次^[16];北仑河口红树林面积大为减少,红树林生态系统底栖生物密度和生物量偏低,处亚健康状态^[17]。

5 气候变化的适应对策建议

气候变化对人类的影响可能在短期内难以消除,尽管其有很大的不确定性,但发挥人类主观能动性、适当采取预防对策,是可以降低社会、经济适应成本的^[18-19]。由于气候变化的影响是多方面的,

可从生态、生产、生活和管理等方面提高人类对气候变化的适应能力;区域气候变化的适应是一个复杂的系统工程,而生态、生产、生活和管理适应之间相互联系,相辅相成(图 12),需要各方面统筹协调才能取得最佳适应效果。

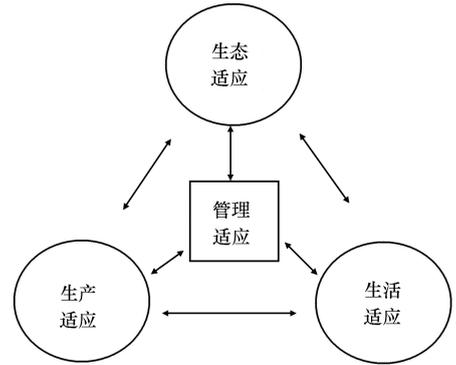


图 12 生态、生产、生活和管理适应的关系

生态适应是指从生态、环境等自然方面主动适应气候变化对人类的各种影响。目前广西北部湾海岸带生态系统良好,有较洁净的海湾、面积较大的红树林和沙质优良的海滩,可通过大量种植红树林、建立原生态海岸保护区等海岸生态防护工程,提高人类对气候变化的生态适应能力。

生产适应是人类在创造物质财富的过程中同时考虑经济效益、社会效益和生态效益,以适应气候变化带来的各种挑战,一般通过调整产业结构和优化生产布局来实现。广西北部湾经济区自 2008 年获国务院批复实施以来,各类生产活动如火如荼,经济、社会效益逐渐凸显;但非法围填海、破坏沿海生态系统等行为也不断出现。因此,只有通过发展低能低碳环境保护产业和高科技产业等,才能有效提高适应气候变化的能力。

生活适应是人类在日常生活中通过接受教育和培训等途径,提高适应气候变化的自觉性。广西北部湾沿海地区在全球气候变化认识、海洋环境保护意识和高等教育水平等方面仍落后于我国其他沿海地区,可通过公众科普和教育活动以及提高区域气候变化基础研究水平等方式,提高对气候变化的适应能力。

管理适应是为更好地适应气候变化而制定的一系列措施、政策与法规。除严格执行国家相关法

律法规外,制定地方性的《区域海洋海岸灾害预报预警管理规定》以及制定措施尽快完善包含区域气候变化要素的系统观测网络建设等都是主动提高气候变化管理适应能力的有效途径。

参考文献

- [1] GRIBBIN J. Climatic change[J]. *Nature*, 1976, 33(5542): 430.
- [2] 秦大河. 气候变化科学与人类可持续发展[J]. *地理科学进展*, 2014, 33(7): 874—883.
- [3] BARRECA A I, CLAY K, DESCHENES O, et al. Adapting to Climate change: the remarkable decline in the U. S. temperature-mortality relationship over the 20th century[J]. *Journal of Political Economy*, 2016, 124(1): 213—250.
- [4] 刘剑宇, 张强, 陈喜, 等. 气候变化和人类活动对中国地表水文过程影响定量研究[J]. *地理学报*, 2016, 71(11): 1875—1885.
- [5] 葛全胜, 郑景云, 郝志新. 过去2000年亚洲气候变化(PAGES-Asia2k)集成研究进展及展望[J]. *地理学报*, 2015, 70(3): 355—363.
- [6] IPCC. Climate change 2013: the physical science basis[C]// STOCKER T F, QIN D, PLATTNER G K, et al. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge, United Kingdom, New York, USA: Cambridge University Press, 2013.
- [7] 陈彦光. 基于Matlab的地理数据分析[M]. 北京: 高等教育出版社, 2012.
- [8] 戴志军, 李春初. 华南弧形海岸动力地貌过程[M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2008.
- [9] BRICIU A E. Wavelet analysis of lunar semidiurnal tidal influence on selected inland rivers across the globe[J]. *Scientific Reports*, 2014, 4(2): 4 193.
- [10] DOGLIONI A, SIMEONE V. Geomorphometric analysis based on discrete wavelet transform[J]. *Environmental Earth Sciences*, 2013, 71(7): 3 095—3 108.
- [11] GAO J, DAI Z, MEI X, et al. Interference of natural and anthropogenic forcings on variations in continental freshwater discharge from the Red River (Vietnam) to sea [J]. *Quaternary International*, 2015, 380: 133—142.
- [12] 唐湘玲, 吕新, 李俊峰. 近50年玛纳斯河流域径流变化规律研究[J]. *干旱区资源与环境*, 2011, 25(5): 124—129.
- [13] 任国玉, 郭军, 徐铭志, 等. 近50年中国地面气候变化基本特征[J]. *气象学报*, 2005, 63(6): 942—956.
- [14] KLEINOSKY L R, YARNAL B, FISHER A. Vulnerability of Hampton Roads, Virginia to storm-surge flooding and sea level rise[J]. *Natural Hazards*, 2007, 40: 43—70.
- [15] 黎树式, 戴志军, 葛振鹏, 等. 北部湾北部生态环境灾害变化研究[J]. *灾害学*, 2014(4): 43—47.
- [16] 胡锦涛. 浅析北部湾沿海地区台风暴雨潮灾害及防范措施[J]. *珠江现代建设*, 2008(2): 26—28.
- [17] 广西红树林研究中心. 北仑河口海洋自然保护区本底资源调查综合报告[Z]. 1997.
- [18] 陈宜瑜. 对开展全球变化区域适应研究的几点看法[J]. *地球科学进展*, 2004, 19(4): 495—499.
- [19] 蔡运龙, SMIT. 全球气候变化下中国农业的脆弱性与适应对策[J]. *地理学报*, 1996, 51(3): 202—212.