

气候变化下鄱阳湖 生物多样性保护优先区域 生态状况变化

QIHOU BIANHUAXIA POYANGHU
SHENGWUDUOYANGXING BAOHU YOUXIANQUYU
SHENGTAI ZHUANGKUANG BIANHUA

赵志平 吴晓莆 等 / 著

中国环境出版社

气候变化下鄱阳湖生物多样性 保护优先区域生态状况变化

赵志平 吴晓莆 李俊生 关潇 李果 汉瑞英 著

中国环境出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

气候变化下鄱阳湖生物多样性保护优先区域生态状况变化/赵志平等著. —北京: 中国环境出版社, 2017.9

ISBN 978-7-5111-2328-2

I. ①气… II. ①赵… III. ①鄱阳湖—自然保护区—生物多样性—生物资源保护—研究
IV. ①S759.992.56

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 070620 号

出版人 王新程
策划编辑 王素娟
责任编辑 赵楠婕
责任校对 尹芳
封面设计 彭杉

出版发行 中国环境出版社
(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjg1@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 编辑管理部
010-67162011 生态分社
发行热线: 010-67125803 010-67113405 (传真)

印 刷 北京市联华印刷厂
经 销 各地新华书店
版 次 2017 年 9 月第 1 版
印 次 2017 年 9 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 10.25
字 数 230 千字
定 价 36.00 元



【版权所有。未经许可请勿翻印、转载，侵权必究。】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题，请寄回本社更换

序

气候变化将对全球生态系统和人类社会带来深远的影响。近年来，由气候变化直接或间接引发的全球或区域环境危机已引起国际社会的广泛关注。当前，气候变化影响、适应以及减缓是生态学和环境科学研究的热点问题。如何准确评估过去及未来气候变化的趋势及其影响，制定积极有效的适应、减缓策略，不仅是全球气候变化研究的核心问题之一，也是政府决策与管理的迫切需求。

我国政府高度关注气候变化和生物多样性保护等环境问题。2010年环境保护部发布了《中国生物多样性保护战略与行动计划（2011—2030年）》，提出生物多样性保护优先区域是未来我国开展生物多样性保护工作的重点区域，同时将“提高应对气候变化能力”作为专门的优先领域，并明确提出要“评估气候变化对我国重要生态系统、物种、遗传资源及相关传统知识的影响，并提出相关对策”。2015年环境保护部组织开展了生物多样性保护优先区域边界核定工作，公布了我国35个生物多样性保护优先区域范围，其中包括鄱阳湖生物多样性保护优先区域。

优先区域是生物多样性保护的关键区域。鄱阳湖作为我国第一大淡水湖，在珍稀、濒危物种保护和生态系统服务功能供给方面具有重要的价值和意义。作者在大量基础数据收集的基础上，首先分析了鄱阳湖生物多样性保护优先区域地形地貌和遥感影像状况。然后对该区近50年来的温度、降水量、潜在蒸散、湿润指数、冻土深度、最大雪深以及蒸发量等变化进行了分析，阐明了各气候要素变化格局和趋势，同时揭示了RCP2.6、RCP4.5、RCP8.5情景下未来气候变化的程度。在此基础上结合土地利用/覆被变化、生态系统结构变化、生态系统服务功能变化、生物多样性保护现状和人类经济活动发展等，分析了气候变化对生态系统净初级生产力的影响、气候变化下鄱阳湖生物多样性保护优先区域脆弱

性，并初步提出了应对的政策措施。书中对“气候变化对鄱阳湖生物多样性保护优先区域影响”的研究，数据详实、方法合理、研究结论科学性强，属于前沿性的研究。

该书作者多年来从事气候变化与生物多样性保护的研究工作，能够独立开展科研工作，在气候变化影响、物种栖息地评估、生态系统结构和功能变化等方面具有丰富的积累和丰硕的成果。目前气候变化对鄱阳湖生物多样性保护优先区域的影响研究比较缺乏，本书的出版将丰富这方面的研究内容，为其他专家学者深入开展此类研究提供重要基础，同时也可当地政府和管理部門提供重要的参考。

任阵海

2016年3月

前 言

随着科学和技术的发展,遥感技术得到了越来越广泛的应用。目前遥感技术在生态方面的应用已经十分广泛,如反演土壤水分、建立数字高程模型、监测洪涝灾害、监测农作物产量、估算森林生物量、监测和评估河流湖泊水质、监测土地利用变化、监测森林火灾、评价物种栖息地质量等。然而目前我国许多生态相关研究在遥感技术应用方面仍然十分欠缺。

鄱阳湖是我国最大的淡水湖,是许多珍稀鸟类和其他濒危物种的栖息地。2013年12月,由于项目实施的需要,我们前往江西鄱阳湖国家级自然保护区和南矶山国家级自然保护区进行考察。我们最初的目的是考察气候变化下的鄱阳湖干旱适应和湿地珍稀鸟类与濒危物种保护,但实际情况十分曲折。后来鄱阳湖自然保护区没去成,南矶山自然保护区接待了我们,但没有提供任何资料。第二天我们租车前往保护区考察,第一次见到了传说中的“鄱阳湖大草原”,还有东方白鹤、白鹤、小天鹅等珍稀保护候鸟。随后我们去观摩了当地渔民生产方式“涸泽而渔”。在南矶山保护区的考察增加了我对鄱阳湖的认识,并深深地感觉到保护区在遥感技术应用方面十分欠缺。回京后我就一直构思着写这样一本书,把我所学的知识都汇聚到鄱阳湖这个区域发挥出来。希望本书的出版能对鄱阳湖生态系统和生物多样性保护提供一些启示和帮助。

本书的出版从某些方面反映了我近10年来的学习和工作经历。该书在大量基础数据收集的基础上,分析了鄱阳湖生物多样性保护优先区地理概况、1960—2010年以及未来情景下气候变化及其影响、土地利用/覆被变化、生态系统结构变化、生态系统服务功能变化、生物多样性保护现状和人类经济活动发展。本书最后2章专门针对鄱阳湖国家级自然保护区和南矶山国家级自然保护区进行了详细分析。本书可作为大专院校、

科研院所和行业部门管理的参考书籍。

全书共包括 12 章内容，其中第 1 章、第 2 章、第 5 章和第 6 章主要由赵志平撰写，第 3 章和第 4 章主要由翟俊撰写，第 7 章和第 8 章主要由关潇撰写，第 9 章和第 10 章主要由李果撰写，第 11 章主要由郭书颖撰写，第 12 章主要由汉瑞英撰写。全书由赵志平统稿，吴晓菁和李俊生参与统稿。

由于作者水平有限，书中难免出现疏漏和错误，恳请广大读者提出宝贵意见，以便我们进一步修订与完善。

本书参考了国内外大量研究著作和文献以及统计年鉴，在此对参考文献的作者表示感谢！

本书的出版得到了“三江源区退化高寒生态系统恢复技术及示范”项目的第四课题“高寒草地综合利用关键技术及适应性管理研究与示范”(2016YFC0501904)的资助，在此一并表示感谢。

作 者

2016 年 9 月

目 录

1 地理概况	1
1.1 地形地貌.....	2
1.2 遥感影像.....	3
2 气候变化	4
2.1 温度.....	5
2.2 降水量.....	8
2.3 潜在蒸散	12
2.4 湿润指数	14
2.5 植被降水敏感性变化	15
2.6 冻土深度	17
2.7 最大雪深	18
2.8 蒸发量	20
2.9 湿润程度变化对生态系统脆弱性影响	24
3 土地利用/ 覆被变化	27
3.1 土地利用/覆被空间格局.....	27
3.2 土地利用/覆被变化过程分析.....	30
3.3 30 年间鄱阳湖水域面积变化	32
3.4 近 15 年鄱阳湖丰水期和枯水期面积变化.....	32
4 生态系统结构变化	36
4.1 2000—2010 年生态系统格局	36
4.2 2000—2010 年生态系统空间变化	37
5 生态系统服务功能变化	38
5.1 植被净初级生产力变化	38

5.2	土壤性状和保持	39
5.3	生态系统碳源汇调节	46
5.4	水热调节	46
5.5	可利用水量	48
5.6	森林、农田、草地、水域分布和供给	49
6	生物多样性保护	53
6.1	生物多样性概况	53
6.2	生物多样性保护现状	55
7	人类活动和经济发展	57
7.1	基本情况	57
7.2	综合经济	58
7.3	农业	60
7.4	工业	61
7.5	教育卫生	62
8	气候变化未来情景	64
8.1	温度	65
8.2	降水	65
8.3	潜在蒸散	67
8.4	湿润指数	68
8.5	植被蒸散量	69
8.6	未来情景下植被净初级生产力变化	70
9	气候变化对生态系统净初级生产力的影响	71
9.1	气候变化对农田生态系统净初级生产力影响	71
9.2	气候变化对森林生态系统净初级生产力影响	72
9.3	土地承载力	75
10	脆弱性分析和应对	78
10.1	气候变化强度	79
10.2	物种敏感性	80
10.3	生态系统敏感性	80

10.4	适应能力评估	81
10.5	脆弱性评估	81
10.6	鄱阳湖优先区适应气候变化措施	81
11	鄱阳湖国家级自然保护区	83
11.1	地理概况	83
11.2	气候变化	84
11.3	土地利用变化	92
11.4	生态系统结构变化	95
11.5	生态系统功能变化	97
11.6	鄱阳湖自然保护区生物多样性保护	103
11.7	保护区景观多样性评价结果分析	106
11.8	人类活动和社会经济发展	112
12	南矶山国家级自然保护区	114
12.1	地理概况	114
12.2	气候变化	115
12.3	土地利用变化	124
12.4	生态系统结构变化	126
12.5	生态系统功能变化	127
12.6	生物多样性保护	138
12.7	人类活动和社会经济发展	139
12.8	脆弱性变化与应对	140
	参考文献	141

1 地理概况

鄱阳湖生物多样性保护优先区属典型河湖湿地生态系统,同时也是具有国际意义的重要湿地,是白鹤、白枕鹤等越冬珍禽的重要栖息地。该优先区位于江西省北部,总面积为7 026km²,涉及2个省、4个地级行政区、13个县级行政区,包括4个国家级自然保护区。

优先区内的鄱阳湖是我国最大的淡水湖,上承赣、抚、信、饶、修五河之水,下接长江,年均入江水量约占长江径流量的15.6%。丰水季节浪涌波腾,浩瀚万顷,水天相连;枯水季节水落滩出,野草丰茂,芦苇丛丛;湖畔峰岭绵延,沙山起伏,沃野千里,候鸟翩飞,牛羊徜徉。鄱阳湖是我国重要的生态功能保护区,是世界自然基金会划定的全球重要生态区。鄱阳湖是长江的重要调蓄湖泊,承担着调洪蓄水、调节气候、降解污染等多种生态功能。鄱阳湖水量、水质的持续稳定,直接关系到鄱阳湖周边乃至长江中下游地区的用水安全。(沈洋,2011)

鄱阳湖区属亚热带湿润季风型气候,热量丰富,雨量充沛,无霜期长,四季分明。该区年均气温为17.1℃,7月气温最高,平均为29.1℃,极端最高气温40.2℃;1月气温最低,平均为4.5℃,极端最低气温为-9.8℃。无霜期270d。日照充足,年平均日照时数达1 970h,以8月最多,2月最少。湖面上年平均最高气温比陆地上低0.3℃左右,而1月平均气温比陆地上高0.5℃左右,水温一般高于气温,最大温差可超过4℃。年辐射总量为45×10⁶kJ/m²,是江西省乃至长江中下游地区光能资源富有区域。除7月外,其他各月均是散射辐射大于直射辐射。这是鄱阳湖大水体效应与鄱阳湖盆地效应共同作用所形成的。年降水量744.1~2 363.2mm,年平均为1 426.4mm。雨量充沛,但时间分配不均匀,降水主要集中在4—6月,占全年的47.4%。11月—次年1月是少雨期,降水量仅占全年的9.9%。(江西鄱阳湖国家级自然保护区最新总体规划,2001)

1961—2010年,鄱阳湖区年均温上升了1.24℃,年降水量增加了209.90mm,气候暖湿化明显。

鄱阳湖聚集了许多世界珍稀濒危物种,并保存了一定数目,是保存生物多样性的重要地方,该区最为人们熟悉也是最重要的组成部分就是鸟类。鄱阳湖是白鹤等珍稀水禽及其他鸟类的重要栖息地和越冬地。白鹤是我国一级保护动物,野外总数大约为4 000只。其中98%在鄱阳湖越冬。白枕鹤为我国二级保护动物,野外大约有5 000只,其中60%在鄱阳湖越冬。珍贵、濒危鸟类还有白鹤、黑鹤、大鸨等国家一级保护动物;斑嘴鹈鹕、白琵鹭、小天鹅、白额雁、黑冠鹃隼、鸢、黑翅鸢、乌雕、凤头鹰、苍鹰、雀鹰、白尾鹳、草原鹳、白头鹳、游隼、红脚隼、燕隼、灰

背隼、灰鹤、花田鸡、小杓鹬、小鸦鹬、蓝翅八色鸫等国家二级保护动物。(李国强等, 2004)

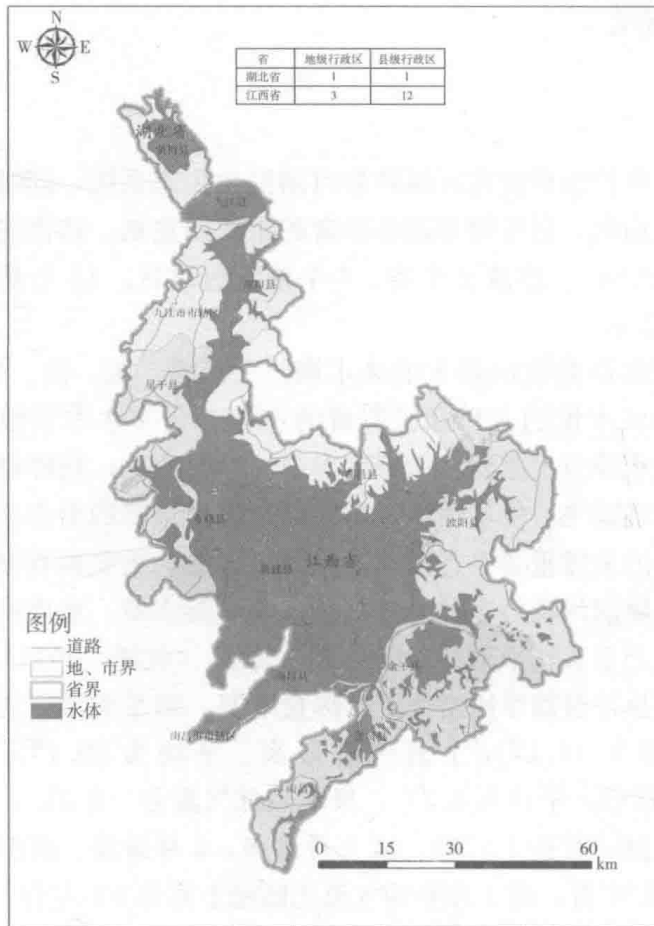


图 1-1 鄱阳湖生物多样性保护优先区行政区划

1.1 地形地貌

鄱阳湖生物多样性保护优先区位于江西省北部, 主要地形特点是中部为湖泊、四周主要为平原和丘陵, 海拔最高为 1 458m, 最低为 -77m。该区四周海拔较高, 中部海拔较低, 地形起伏度相对较小。区内地质结构复杂, 远在地质史“元古代”时期, 湖区为“扬子海槽”的一部分, 大约在距今八九亿年前的燕山运动时期, 湖区地壳又经断陷构成鄱阳湖盆地锥形。传说中的黄帝时期, “彭蠡泽”向南扩展, 湖水进抵今鄱阳湖。



图 1-2 鄱阳湖优先区地形状况

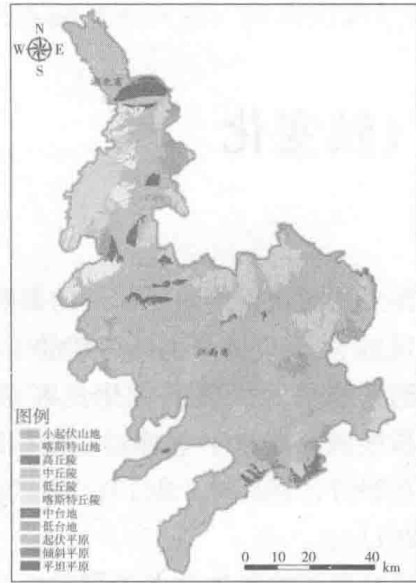


图 1-3 鄱阳湖优先区地貌类型

地貌上鄱阳湖生物多样性保护优先区以平原和丘陵为主，分别占该区面积的 76.9% 和 11.85%，主要分布在鄱阳湖区和周边地区；其他地貌类型有山地和台地，零星分布于优先区，分别占该区面积的 5.81% 和 5.44%。

1.2 遥感影像

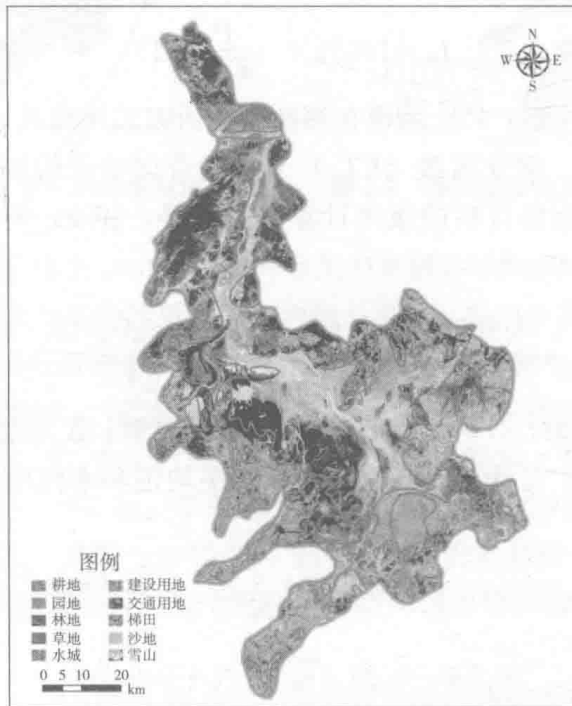


图 1-4 鄱阳湖优先区遥感影像

2 气候变化

气候变化对我国产生了深远的影响（《第二次气候变化国家评估报告》编写委员会，2011），气候变暖及由此引起的干旱化问题已经引起世界各国重视。近年来学者们对我国及局部地区气候变化及其对生态环境的影响做了大量的研究（符淙斌，2008；马柱国，2007；李林，2004，2006，2007；郭佩佩，2013；李晓东，2015；唐红玉，2007；祁栋林，2015；周秉荣，2014；刘蕊蕊，2013；任国玉，2005；姚玉璧，2011）。

本研究用到的气象站点观测数据是由中国气象局数据共享中心提供。针对站点数据，利用 ANUSPLIN 软件将研究区及周边气象站点数据插值形成研究区空间 1km 栅格气候数据，包括年平均气温、年降水量和湿润指数。多项研究认为 ANUSPLIN 方法对温度和降水的插值效果明显优于其他方法（王英等，2006；Hustchinson，1998）。湿润指数由公式（2-1）、公式（2-2）和公式（2-3）计算得到。

温度和降水量是表征区域气候变化的主要因子，但降水量不是区域湿润程度的唯一指标，区域的湿润状况还与气温、下垫面、太阳辐射、风速等因子有关。Thorntwaite（1948）使用湿润指数来指示气候的湿润程度，并提出了以下计算湿润指数（ I_m ）的公式：

$$I_m = 100\% \times \left(\frac{P}{ET_0} - 1 \right) \quad (2-1)$$

式中： P 为年降水量； ET_0 为潜在蒸散。本研究采用此式计算湿润指数来定量表示研究区湿润程度。潜在蒸散（ ET_0 ）采用联合国粮农组织（FAO）1998 年对 Penman-Monteith 模型修订后的版本计算（王菱等，1998；Richard et al.，1998；Wu et al.，2006；Yin et al.，2008）：

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34U_2)} \quad (2-2)$$

式中： R_n 为净辐射； G 为土壤通量； γ 为干湿常数； Δ 为饱和水汽压曲线斜率； U_2 为 2m 高处风速； e_a 为实际水汽压； e_s 为平均饱和水汽压。净辐射 R_n 的计算公式如下：

$$R_n = 0.77 \times \left(0.248 + 0.752 \frac{n}{N} \right) R_{so} - \sigma \left[\frac{T_{\max,k}^4 + T_{\min,k}^4}{2} \right] \\ (0.56 - 0.25 \sqrt{e_a}) \left(0.1 + 0.9 \frac{n}{N} \right) \quad (2-3)$$

式中： σ 为 Stefan-Boltzmann 常数 [$4.903 \times 10^{-9} \text{ MJ}/(\text{K}^4 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{d})$]； $T_{\max,k}$ 、

$T_{\min,k}$ 分别为绝对温标的最高和最低气温; n 为实际日照时数; N 为可照时数; R_{s_0} 为晴天辐射。

2.1 温度

2.1.1 年际变化

从空间上看, 1961—2010 年鄱阳湖生物多样性保护优先区年平均温度均值为 17.82°C , 其中南部年平均温度较高, 最大值为 18.14°C ; 北部年平均温度较低, 尤其是庐山地区, 最小值为 10.32°C 。50 年来鄱阳湖生物多样性保护优先区北部年平均温度变化速率较快, 尤其是庐山地区, 最大为 $0.28^{\circ}\text{C}/10\text{a}$, 南部年平均温度变化速率较慢, 最小为 $0.22^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 。

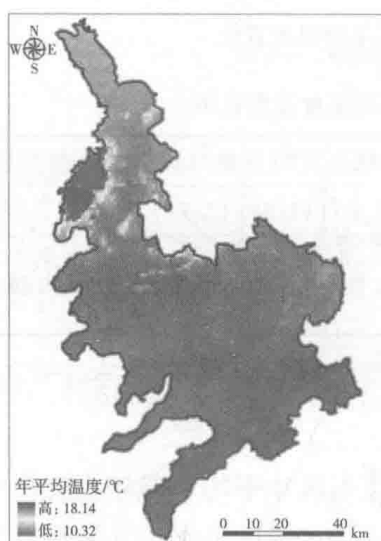


图 2-1 鄱阳湖优先区年平均温度空间格局

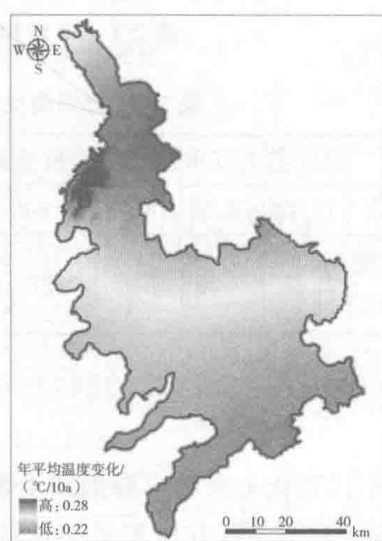


图 2-2 鄱阳湖优先区年平均温度变化格局

从时间上来看, 总体上 1961—2010 年鄱阳湖生物多样性保护优先区年平均温度呈现上升趋势, 50 年内年平均温度上升幅度约为 1.20°C , 升温速率约为 $0.24^{\circ}\text{C}/10\text{a}$, 略高于 1950 年以来全国升温速率 $0.22^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 。50 年来鄱阳湖生物多样性保护优先区年平均温度波动幅度较大, 1961—1976 年年平均温度下降趋势极显著 ($P < 0.01$), 气温下降速率约为 $0.53^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 。1977 年后年平均气温开始上升, 在经历了 1984 年的 50 年气温最低值 16.96°C 后, 年平均气温逐步上升, 在 2007 年达到该区域 50 年来气温最高值 19.11°C 。1977—2010 年年平均温度上升趋势极显著 ($P < 0.01$), 气温上升速率约为 $0.44^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 。气温上升效应将会对该区物种和生态系统产生巨大影响, 值得广泛关注。

从行政区划来看, 鄱阳湖生物多样性保护优先区南部的进贤县 50 年的年平均温度均值最高, 其次为余干县、南昌县, 均在 18°C 以上; 九江市、黄梅县、星子县

50年的年平均温度均值较低,其中九江市年平均温度均值最低,只有16.57℃,这是由于该辖区内庐山地区海拔较高、气温较低的缘故。

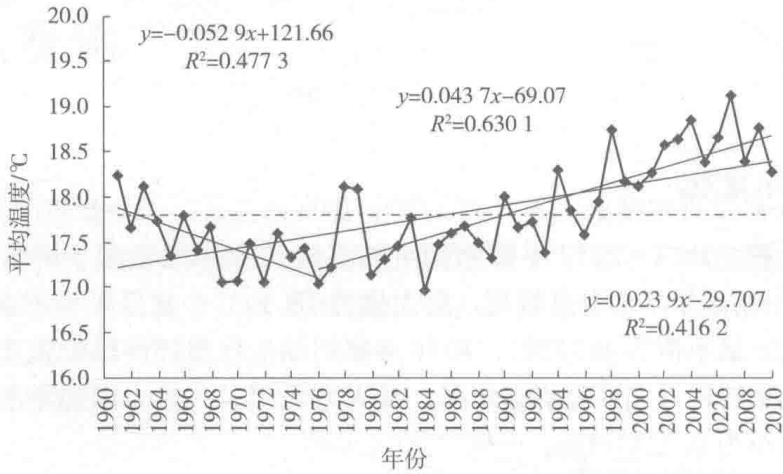


图 2-3 50 年间鄱阳湖优先区年平均温度变化

表 2-1 鄱阳湖优先区各县市年平均温度及变化率

县市	九江县	九江市	余干县	南昌县	新建县	星子县	永修县	波阳县	湖口县	进贤县	都昌县	黄梅县
年均温/℃	17.72	16.57	18.06	18.03	17.99	17.32	17.95	17.98	17.77	18.08	17.88	17.66
年均温变化率/(℃/10a)	0.26	0.26	0.22	0.22	0.23	0.25	0.24	0.24	0.26	0.22	0.25	0.25

2.1.2 年代变化

从年代变化上来看,鄱阳湖生物多样性保护优先区年平均气温年代变化十分明显。1960s 鄱阳湖优先区年平均气温为 17.61℃; 1970s 该区年平均气温整体下降至 17.45℃; 1980s 该区年平均气温上升至 17.50℃, 升温幅度 0.05℃, 但仍然低于 1960s 水平; 1990s 该区年平均气温大幅上升至 17.94℃, 升温幅度 0.44℃; 2000s 该区年平均气温又大幅上升至 18.58℃, 升温幅度 0.64℃。升温速率越来越快(见图 2-4)。

2.1.3 季节变化

鄱阳湖生物多样性保护优先区四季分明。以 3—5 月为春季、6—8 月为夏季、9—11 月为秋季、12 月—来年 2 月为冬季,通过对气温数据资料分析得出 50 年间鄱阳湖生物多样性保护优先区春、夏、秋、冬 4 个季节的气温均值分别为 17.27℃、28.09℃、19.15℃、6.75℃。1961—2010 年鄱阳湖生物多样性保护优先区春、夏、秋、冬 4 个季节气温均呈现上升趋势,其中春季和冬季气温浮动较大,而夏季、秋季气温相对稳定,春季增温最为显著。50 年间春季增温速率约 0.32℃/10a,夏季增温速率约 0.06℃/10a,秋季增温速率约 0.23℃/10a,冬季增温速率最大约 0.36℃/10a。

春、秋、冬 3 季增温趋势均达到极显著水平 ($P < 0.01$), 夏季增温趋势未达到显著水平 ($P > 0.05$) 其变化趋势和显著性检验结果如图 2-5 和表 2-2 所示。

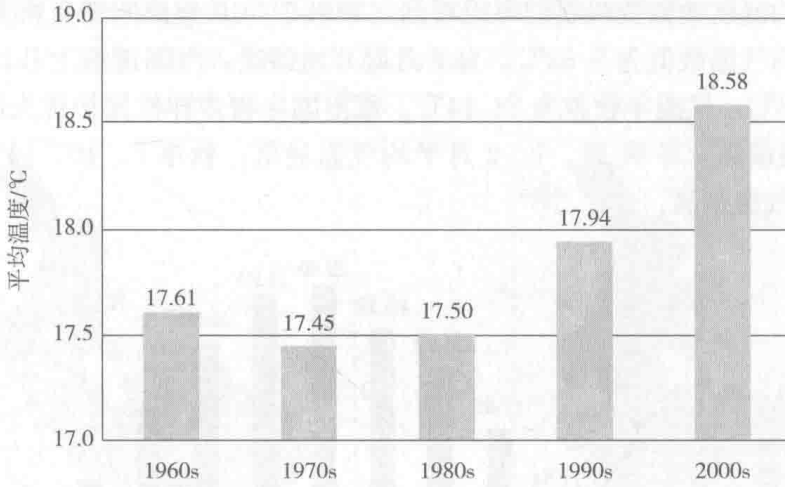


图 2-4 鄱阳湖优先区年平均温度年代变化

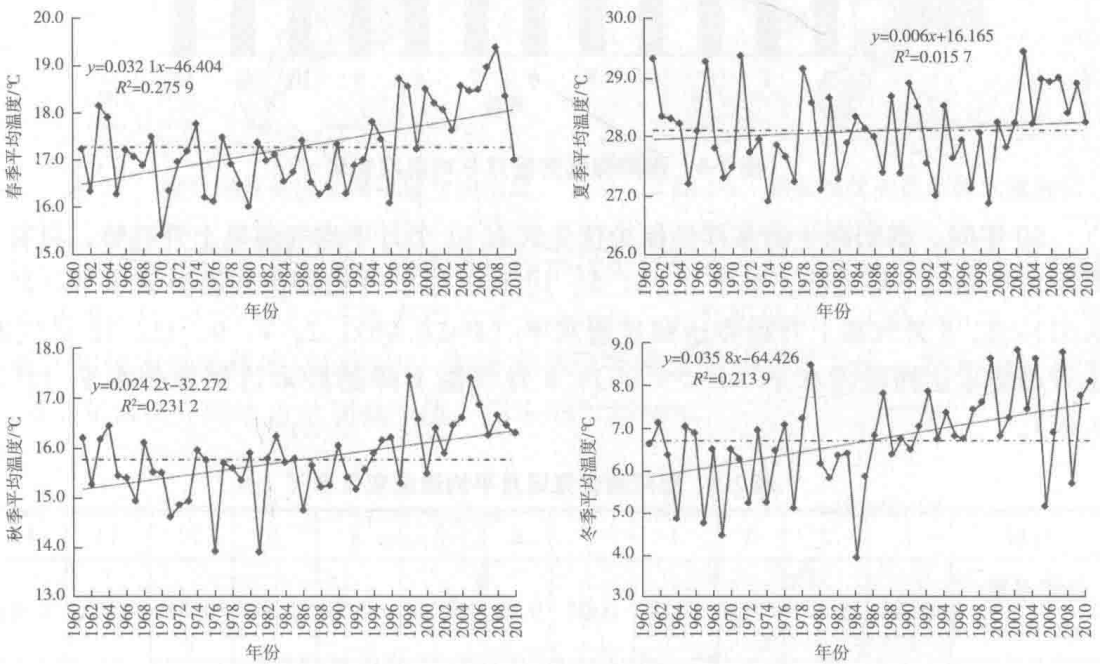


图 2-5 鄱阳湖优先区平均温度季节变化趋势

表 2-2 鄱阳湖优先区平均温度季节变化率

季节	春季	夏季	秋季	冬季
趋势系数/(°C/a)	0.032 1	0.006 0	0.022 6	0.035 8
Pearson R	0.525 3	0.125 2	0.448 7	0.462 5
n=50 下的显著性	极显著	不显著	极显著	极显著