

近 50 a 中国东部和西部湖区水量空间变化趋势*

黄智华^{1,2}, 薛 滨², 逢 勇¹

(1: 河海大学环境科学与工程学院, 南京 210098)

(2: 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008)

摘 要: 基于近代湖泊水量(水位、水深和面积)记录, 对近 50 a 中国东部和西部湖区水量的空间变化趋势进行半定量研究. 结果表明: 整体上看, 20 世纪 80 年代以前, 东部湖区水量呈现波动变化而西部湖区水量基本趋于减少; 80 年代以后东部和西部湖区水量均表现为不同程度的增加. 其中, 20 世纪 50 年代, 东部和西部湖区水量状况基本相似, 均保持高湖面特征. 20 世纪 60 年代, 东部湖区水量有所减少但幅度不明显, 而西部湖区以中高水量为主. 20 世纪 70 年代, 不同区域湖泊基本都保持中湖面特征. 20 世纪 80 年代, 东部湖区水量呈增加趋势而西部湖区水量相对 70 年代略有减少. 20 世纪 90 年代, 东部和西部湖区水量均表现为增加趋势. 进一步研究发现, 最近 50 a 来中国不同区域湖泊水量发生变化除了气候因素的驱动外, 人类活动的影响也是不可忽视的.

关键词: 湖泊水量; 空间变化; 东部湖区; 西部湖区

Spatial variation of lake water quantity in the east and west regions of China during the past 50 years

HUANG Zhihua^{1,2}, XUE Bin² & PANG Yong¹

(1: *College of Environmental Science and Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, P. R. China*)

(2: *Nanjing Institute of Geography & Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, P. R. China*)

Abstract: Index including water level, water depth and area was employed to quasi-quantificationally study the spatial change of lake water quantity in the east and west regions of China during the past 50 years. The results indicated that, as a whole, lake water quantity showed a wave change in the east regions of China while a decrease tendency in the west before 1980s. Since 1980s, it showed an increase tendency at different degree in the east and west regions. In 1950s, high lake water quantity occurred both in the east and the west regions of China. Water quantity in the east regions showed a little decrease in 1960s, while lakes in the west regions displayed a middle-high status. In 1970s, there was a steady-going medium lake water quantity occurred in different regions of China. Lake water quantity in the east regions showed an increase tendency in 1980s, while in the west a little decrease compared with that in 1970s. In 1990s, an increase tendency occurred both in the east and west regions of China. Further studies revealed that not only climate incurred the changes of lake water quantity, but also human activities showed important effect.

Keywords: Lake water quantity; spatial variation; east regions; west regions

湖泊是区域生态与环境变化的“缩影”与“记录器”, 对流域人与自然的相互作用响应十分敏感^[1]. 湖泊的演化过程往往是其所在流域自然生态和人类社会活动共同作用的结果. 湖泊水量的变化提供了大量自然及人类活动的综合信息^[2]. 单个湖泊的水面波动是流域范围内水量平衡的综合体现, 而区域一致的湖泊水面波动可以过滤掉个别湖泊受局部地域影响的水面变动, 从而反映出较大空间范围的降水同步变化^[3].

* 国家自然科学基金(40472085)和江苏省自然科学基金(BK 2007534)联合资助. 2007-05-08 收稿; 2007-05-09 收修改稿. 黄智华, 女, 1978 年生, 博士研究生; E-mail: hzhay@126.com.

中国湖泊分布广泛,近 50 a 东部和西部湖区又都面临着一个相似的问题——水资源短缺。其中,西北内陆湖泊咸化、萎缩、甚至干涸;西南云贵高原湖泊围垦、富营养化;青藏高原湖泊面积锐减、盐度/矿化度增加;长江中下游湖泊淤积、围垦、富营养化及华北平原湖泊的萎缩。已有的研究表明,最近 50 a 来,人类活动的强烈干预成为影响湖泊环境的最主要的驱动力,有的地方甚至超过自然变化的幅度^[1-3]。因此,对近 50 a 湖泊水量空间变化趋势的研究尤为重要。

国内已有很多学者针对我国湖泊的水量变化做了大量工作。王晓峰^[4,5]研究发现,人类大规模的引水灌溉导致近 50 a 新疆平原沙漠区湖泊严重干缩;郭锐等^[6]认为降水增多是近 10 a 西北高山湖泊和内陆河尾间湖面扩张的主要原因;姜加虎等^[7]认为人类对水资源的过度开发利用使得近期西北湖泊严重萎缩;李劲峰等^[8]发现围湖造田及大量水利工程的兴建导致长江中游四湖地区湖泊水域面积急剧缩减。鉴于前人的研究工作大都局限于对单个湖泊或较小范围内若干湖泊的水量状况做定性描述,而在宏观区域尺度上定量研究近代中国湖泊水量变化的记录在国内少有尝试,仅见于革、薛滨等^[9,10]基于湖泊地质资料的分析辨识,对距今 30000 a 中国古湖泊水量的变化趋势进行了定量研究。丁永健等^[11]通过对青藏和蒙新两大湖区典型湖泊与气候变化的时间序列分析,从区域尺度上揭示了温度和降水对我国寒区和旱区湖泊水位及面积的影响。

本文作者借鉴国内外学者对湖泊水量的研究方法^[11-14],基于对所选取的典型湖泊的研究,尝试从区域尺度的角度出发,对近 50 a 中国不同区域湖泊水量的空间变化趋势做定量/半定量研究,以期为区域水资源配置及合理利用提供科学依据。

1 数据资料来源和研究方法

1.1 数据来源

本文所用的湖泊数据资料主要来源于近 20 a 国内主要学术刊物上公开发表的文献,同时引用了部分水文监测站点的原始资料,并对不同来源不同指标的数据资料进行比对,力图做到资料的准确性及完整性。本次研究选取具有一定区域代表性且有长时段较完整水位或面积记录的东部和西部典型湖泊点共 18 个,时间跨度为 1950-2000 a(表 1)。对于一些基本上以人工控制为主的水库型湖泊,因为受到人工调蓄水量的影响,湖泊的水量变化过程比较复杂,本文暂不做讨论。

1.2 研究方法

结合收集到的 18 个典型湖泊点最近 50 a 来的水量记录情况,计算其水量指标(水位、水深或面积)的多年距平值,并借助单个记录值与多年距平值的差值和标准方差(σ)之间的线性关系来指示湖泊的干湿变化。以水位指标为例(假定 H 代表单个水位记录, \bar{H} 代表水位多年距平值),分别用 $(H - \bar{H}) \geq +2\sigma$ 、 $(H - \bar{H}) \geq +\sigma$ 、 $-\sigma < (H - \bar{H}) < \sigma$ 、 $(H - \bar{H}) \leq -\sigma$ 、 $(H - \bar{H}) \leq -2\sigma$ 指示五级湖泊干湿变化:湿润、较湿润、无变化、较干燥、干燥,并将其分别数字化为 2、1、0、-1、-2。

需要说明的是,作者在对湖泊数据资料进行数字化分析时所采用的原则是:优先考虑湖泊的水位记录,对于缺少水位记录或记录时段较少的湖泊,可分析湖泊的水深或面积变化以大致辨识其水量变化的趋势。尽管湖泊对水量的调蓄,主要表现为湖面的扩张或收缩,以及水深的增大或减少。然而在很大程度上,湖泊水位可以直接反映湖泊接纳流域汇水并完成自身调蓄的响应关系,它是由湖泊水量平衡、气象要素等在湖盆边界约束下综合作用的结果^[49]。因此,研究影响湖泊水位变化的主要因素可以间接反映湖泊水量变化的驱动力。

2 近 50 a 中国东部和西部典型湖泊水量变化趋势

2.1 典型湖泊水量空间变化

图 1 即为按照上述方法对本次所研究的湖泊进行数字化的结果。为了较清楚的辨析最近 50 a 来中国东部和西部湖泊水量的空间变化趋势,我们基于湖泊干湿变化的数字化结果对湖泊水量进行了三级重新分类,即数字化结果大于等于 +1 指示高水量、小于等于 -1 指示低水量、介于 -1 和 +1 之间指示中水量。并

根据三级水量分布的概率,以直方图的形式,绘出了空间上的湖泊水量演化图(图 2).

表 1 采用在本次研究中的湖泊资料情况
Tab. 1 Information of the recorded lakes used in the present study, China

湖泊	经度	纬度	湖泊类型	收集资料	主要参考文献
艾比湖	82°35′ - 83°16′ E	44°34′ - 45°08′ N	内陆封闭湖	1957 - 2000 a 湖面面积*	文献[15 - 17]
博斯腾湖	86°41′ - 87°27′ E	41°49′ - 42°08′ N	内陆封闭湖	1955 - 2000 a 年均水位 1980 - 2000 a 湖面面积	文献[18 - 20]
艾丁湖	89°10′ - 89°40′ E	42°32′ - 42°43′ N	内陆封闭湖	1949 - 2000 a 湖面面积*	文献[17]
兹格塘错	90°44′ - 90°57′ E	32°00′ - 32°09′ N	内陆封闭湖	1958 - 1998 a 年均水位	文献[21]
羊卓雍错	90°21′ - 91°05′ E	28°16′ - 29°11′ N	内陆封闭湖	1974 - 200 a 年均水位	文献[22 - 24]
洱海	100°06′ - 100°18′ E	25°36′ - 25°58′ N	高原深水湖	1952 - 2000 a 年均水位	文献[25 - 26]
青海湖	99°36′ - 100°47′ E	36°32′ - 37°15′ N	内陆封闭湖	1955 - 2000 a 年均水位	文献[27 - 29]
乌梁素海	108°43′ - 108°57′ E	40°47′ - 41°03′ N	内陆湖	1995 - 2000 a 年均水位	文献[30]
岱海	112°33′ - 112°47′ E	40°28′ - 40°37′ N	内陆封闭湖	1955 - 2000 a 年初水位	文献[31 - 33]
呼伦湖	116°58′ - 117°48′ E	48°30′ - 49°20′ N	内陆封闭湖	1959 - 2000 a 年均水位	文献[34 - 35]
白洋淀	115°48′ - 116°07′ E	38°43′ - 39°02′ N	浅水湖泊	1952 - 2000 a 年最高/ 最低水位	文献[36 - 37]
洪泽湖	118°10′ - 118°52′ E	30°06′ - 33°40′ N	平原浅水湖泊	1954 - 1990 a 年均水位	文献[38 - 39]
石臼湖	118°46′ - 118°59′ E	31°22′ - 31°35′ N	过水性湖泊	1973 - 1985 a 年均水位	文献[40]
固城湖	118°53′ - 118°57′ E	31°14′ - 31°18′ N	过水性湖泊	1950 - 1985 a 年均水位 1950 - 1998 a 年最高水位	文献[40 - 41] 中科院南京地湖 所太湖站监测 资料
太湖	119°54′ - 120°36′ E	30°56′ - 31°34′ N	大型浅水湖泊	1971 - 2000 a 年均水位* 1969 - 2000 a 湖面面积*	文献[42 - 44]
鄱阳湖	115°49′ - 116°46′ E	28°24′ - 29°46′ N	过水性、 吞吐型湖泊	1952 - 1999 a 年洪水位	文献[45]
洪湖	113°11′ - 113°28′ E	29°38′ - 29°59′ N	平原浅水湖泊	1961 - 2000 a 年均水位	文献[46]
洞庭湖	111°53′ - 113°05′ E	28°44′ - 29°35′ N	过水性、 吞吐型湖泊	1964 - 1998 a 年洪水位* 1949 - 1995 a 湖面面积*	文献[46 - 48]

* 阶段性数据,不连续.

2.2 结果与讨论

图 2 时间序列反映了近 50 a 记录的中国东部和西部湖泊组水面波动的大致趋势. 整体上看,20 世纪 80 年代以前,东部湖区(图 2(a))以中高湖面组为主,变化趋势不明显;而西部湖区(图 2(b))高湖面组表现为明显的阶梯状减少趋势. 20 世纪 80 年代以后,东部湖区高湖面组呈现增加趋势. 而西部湖区自 90 年代中期中湖面所占比例略有增加. 这与中国近 50 年来的降水变化趋势大体上相一致^[50]. 由此可见,长时间序列的湖泊水量变化趋势仍然是气候因素(温度和降水)影响的结果.

20 世纪 50 年代,东部和西部湖区基本保持高湖面特征,这大概是由于上世纪 50 年代是中国降水量最多的十年^[26],且湖泊流域受人类活动的影响存在一定的滞后现象,因此湖泊水量普遍较多. 20 世纪 60 年代,东部地区湖泊水量略有减少但幅度不明显,可能是该地区多为过水性湖泊,因而对水位变化不敏感. 但该时期大规模的围湖造田则使得长江中下游地区大部分湖泊水域面积锐减,如洞庭湖、巢湖、洪湖、固城湖等. 而西部地区湖泊大都保持中高水量状况. 施雅风^[51]研究认为该时期湖泊水量减少,一方面是由于气候偏干,主要还是农业及生活需水量增加,以及大量的截流、引水灌溉造成入湖补给水量减少引发的,一些湖泊甚至濒临干涸(如罗布泊、玛纳斯湖等). 20 世纪 70 年代,东部和西部湖区湖面波动不大,且中湖面组所占比例均达到近 70%,说明该时期不同区域湖泊均处于稳定的中水量阶段,反映出湖泊水量相对于气候及

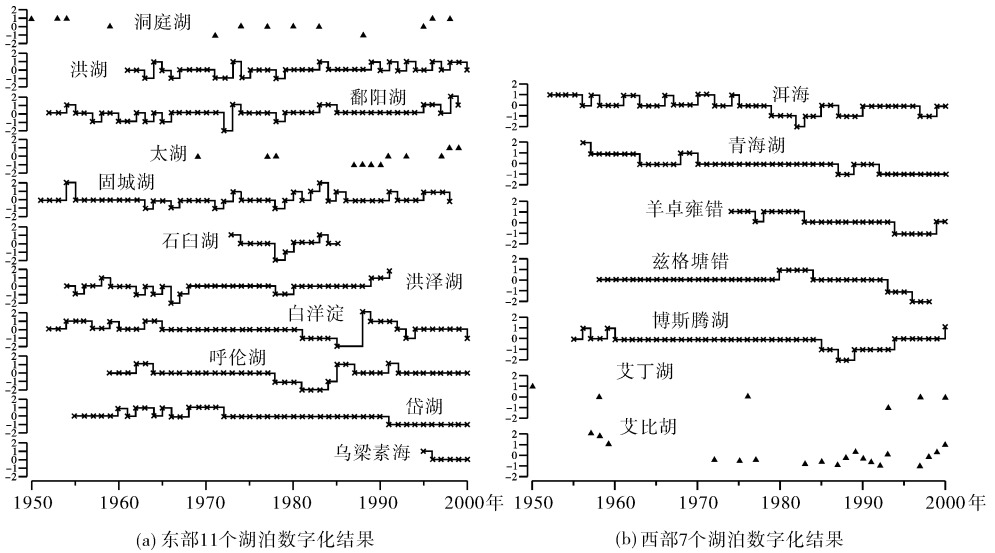


图1 本次研究中记录的中国东部和西部湖泊近50a的干湿变化

Fig. 1 Dry and wet changes of lake status in the east and west regions of China in the past fifty years

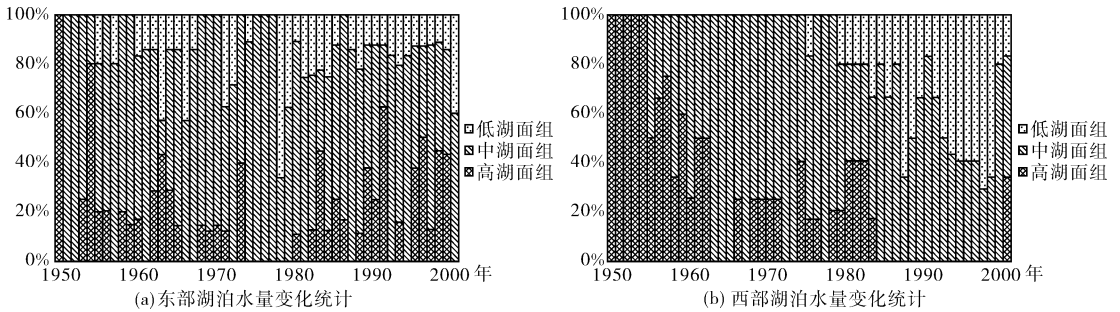


图2 近50a中国东部和西部湖区水量变化

Fig. 2 Quantity changes of regional lake status (%) in eastern group of China (a) and western group of China (b) in the past fifty years

人类活动保持了准平衡. 20世纪80年代开始, 东部高湖面组所占比例逐渐增加, 分析认为主要是由于长江流域同时期的降水增加引起的^[52], 降水增加甚至引发了长江中下游地区1991年的大暴雨及1998年的大洪水. 图1(a)也反映了东部地区大部分湖泊在该时期水量偏高. 20世纪80年代, 西部湖区水量相对70年代略有减少, 大概是该时期降水量减少造成的^[50]. 90年代中后期开始, 西部地区中湖面比例略显增加趋势. 施雅风等^[53,54]推断该时期水量增加很可能是“温室效应”引起的北半球同纬度地区气候增温变暖所造成的. 温度升高使得西部地区冰川、雪线不断退缩, 融水又直接导致入湖河流径流量的增加, 最终湖泊水位上升、湖面扩张^[55,56]. 尽管如此, 到2000年西部降水增加仍没有达到20世纪50-60年代水平, 其结果是2000年西部湖泊水量相对于1960年代而言仍然是减少的^[11]. 王绍武等^[57]也认为西部水量增加属于气候的“世纪周期性”变化.

3 结论

中国东部和西部湖区近50a水量空间变化趋势的研究结果表明, 20世纪80年代以前, 东部湖区水量

呈现波动变化,而西部湖区水量则表现为明显的下降趋势;20 世纪 80 年代以后,东部和西部湖区水量均表现为不同程度的增加,但仍没有达到 20 世纪 50-60 年代水平。这与中国近 50 年来的降水变化趋势大体上相一致。其中,20 世纪 50 年代,由于全国范围内降水量的普遍增加及人类活动影响的滞后,东部和西部湖区基本都保持高湖面特征。20 世纪 60 年代,东部平原湖区遭遇了大规模的围垦,但由于该区多为过水性湖泊,对水位变化不敏感,因此水量减少幅度不明显;而西部湖区大量的截流及引水灌溉使得入湖补给水量减少,导致湖盆萎缩,因此湖泊水量有所减少,基本处于中高水量状况。20 世纪 70 年代,东部和西部湖区基本都保持中湖面特征,反映了气候和人类活动的准平衡。20 世纪 80 年代末开始,长江流域降水的增加引起长江中下游地区湖泊水量增加,同时,“温室效应”引起的气候增温变暖也使得西部湖区出现水位上升、湖面扩张的现象。

尽管目前尚无确切数据显示人类活动对湖泊水量变化的影响份额,但人类活动在湖泊的演化过程中所起的作用无疑是不可忽视的。

对于数量众多、分布广泛且类型多样的中国湖泊而言,仅仅将其粗略的划分为东部和西部两大区域进行水量变化研究显然是比较粗糙的,可能还需要对各个区域单元的湖泊资料进行详细的归纳及相应的对比研究。再者,仅仅通过这 18 个湖泊的水量变化以了解全国范围内湖泊水量在宏观尺度上的区域变化特征同样也是远远不够的。然而由于资料所限,对区域尺度上湖泊水量空间变化趋势的研究难度较大。本文仅作一些初步的探讨,在以后的研究中还将进一步深入。

4 参考文献

- [1] 王苏民,窦鸿身主编. 中国湖泊志. 北京:科学出版社,1998:1-8.
- [2] Harrison S P, Digerfeldt G. Europe lakes as palaeohydrological and palaeoclimatic indicators. *Quaternary Science Reviews*, 1993, **12**:233-248.
- [3] 薛滨. 中国晚第四纪古湖泊水量恢复与古大气环流重建[学位论文]. 中国科学院南京地理与湖泊研究所,2001.
- [4] 王晓峰,章海生. 新疆平原沙漠区湖泊干缩现象的初步评价. *湖泊科学*,1994, **6**(4):333-339.
- [5] 王晓峰. 中国东西部平原区湖泊近期变化之比较. *干旱区地理*,1994, **17**(2):16-21.
- [6] 郭 铤,张 杰,梁 芸. 西北地区近年来内陆湖泊变化反映的气候问题. *冰川冻土*,2003, **25**(2):211-214.
- [7] 姜加虎,黄 群. 我国西部地区湖泊水资源利用与湖水咸化状况分析. *干旱区地理*,2004, **27**(3):300-304.
- [8] 李劲峰,李蓉蓉,李仁东. 四湖地区湖泊水域萎缩及其洪涝灾害研究. *长江流域资源与环境*,2000, **9**(2):265-268.
- [9] 于 革,薛 滨,刘 健等. 中国湖泊演变与古气候动力学研究. 北京:气象出版社,2001:20-21,76-77.
- [10] 薛 滨,于 革,王苏民. 中国不同区域 30000aB. P. 以来湖泊水量变化特征. *第四纪研究*,2001, **21**(6).
- [11] 丁永建,刘时银,叶柏生等. 近 50 a 中国寒区与旱区湖泊变化的气候因素分析. *冰川冻土*,2006, **28**(5):623-632.
- [12] Street-Perrott F A, Marchand D S, Roberts N *et al.* Global lake-level variations from 18,000 to 01 years ago: a palaeoclimatic analysis. Washington:U. S. DOE/ER/60304-H1 TR046. U. S. Department of Energy Technical Report, 1989:230.
- [13] Yu G, Harrison S P. Lake status records from Europe: Database documentation. Boulder:NOVV Palaeoclimatology Publications Series Report 3,1995:451.
- [14] Tarasov P E, Harrison S P, Saarse L *et al.* Lake status records from the former Soviet Union and Mongolia: Data base documentation. Boulder:NOVV Palaeoclimatology Publications Series Report 2, 1994:27.

- [15] 阎 顺. 艾比湖及周边地区环境演变与对策. 干旱区资源与环境, 1996, 10(1): 30-37.
- [16] 王前进, 巴音查汗, 马道典等. 艾比湖水面近 50 a 变化成因分析. 冰川冻土, 2003, 25(2): 224-228.
- [17] 吴素芬, 何文勤, 胡汝骥等. 近年来新疆盆地平原区域湖泊变化原因分析. 干旱区地理, 2001, 24(2): 123-129.
- [18] 李宇安, 谭 芑, 姜逢清等. 20 世纪下半叶开都河与博斯腾湖的水文特征. 冰川冻土, 2003, 25(2): 215-218.
- [19] 周成虎, 罗格平, 李 策等. 博斯腾湖环境变化及其与焉耆盆地绿洲开发关系研究. 地理研究, 2001, 20(1): 14-23.
- [20] 王亚俊, 李宇安, 谭 芑. 新疆博斯腾湖生态环境变迁分析. 干旱区资源与环境, 2004, 18(2): 61-65.
- [21] 李万春. 青藏高原湖泊现代过程研究——以兹格塘错为例[学位论文]. 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 2001.
- [22] 刘天仇. 羊卓雍错水位变化趋势. 西藏大学学报, 1994, 9(2): 9-14.
- [23] 李代明, 何 军. 试论羊卓雍错抽水蓄能电站限制水位的重新确定. 西藏科技, 2002, (5): 61-64.
- [24] 中国科学院青藏高原综合考察队. 西藏河流与湖泊. 北京: 科学出版社, 1984.
- [25] 杜宝汉. 洱海生态环境恶化及综合治理对策研究. 海洋与湖沼, 1994, 25(3): 312-318.
- [26] 秦大河主编. 气候与环境的演变及预测(中国气候与环境演变, 上卷). 北京: 科学出版社, 2005: 52-53, 82-84.
- [27] 秦伯强. 气候变化对亚洲内陆湖泊影响个例研究——过去、现在与未来[学位论文]. 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 1993.
- [28] 燕华云, 贾绍凤. 青海湖水量平衡分析与水资源优化配置研究. 湖泊科学, 2003, 15(1): 35-40.
- [29] 刘小园. 青海湖水位变化趋势分析. 干旱区研究, 2001, 18(3): 58-62.
- [30] 李畅游, 刘廷玺, 高瑞忠等. 乌梁素海富营养化主控因子年季变化分析及综合评价. 水文, 2004, 24(3): 14-17, 24.
- [31] 黄文钰, 姜加虎, 黄 群. 岱海水质咸化及对策研究. 污染防治技术, 1997, 10(3): 127-130.
- [32] 黄 群, 姜加虎. 岱海水位下降原因分析. 湖泊科学, 1999, 11(4): 304-310.
- [33] 周云凯. 我国干旱半干旱区内陆湖泊变化及其原因分析——以内蒙古岱海为例[学位论文]. 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 2006.
- [34] 秦伯强, 王苏民. 呼伦湖的近期扩张及其与全球气候变化的关系. 海洋与湖沼, 1994, 25(3): 280-287.
- [35] 李 翀, 马 巍, 史晓新等. 呼伦湖水位、盐度变化(1961-2002年). 湖泊科学, 2006, 18(1): 13-20.
- [36] 王建华. 白洋淀湿地资源退化及其原因分析. 沧州师范专科学校学报, 2003, 19(4): 41-42.
- [37] 李英华, 崔保山, 杨志峰. 白洋淀水文特征变化对湿地生态环境的影响. 自然资源学报, 2004, 19(1): 62-68.
- [38] 姜加虎, 袁静秀, 黄 群. 洪泽湖历史洪水分析(1736—1992年). 湖泊科学, 1997, 9(3): 231-236.
- [39] 唐荣桂, 薛 松, 智日进. 从降水量观测成果浅析厄尔尼诺现象下的洪泽湖水文特征. 江苏水利, 2003, (7): 27-29.
- [40] 中共高淳县委党史工作办公室, 高淳县地方志办公室编. 高淳年鉴(1993). 北京: 方志出版社, 1994.
- [41] 谷孝鸿, 范成新, 杨龙元等. 固城湖冬季生物资源现状及环境质量与资源利用评价. 湖泊科学, 2002, 14(3): 283-288.
- [42] 闵 骞. 鄱阳湖水位变化规律的研究. 湖泊科学, 1995, 7(3): 281-288.
- [43] 闵 骞. 近 50 年鄱阳湖形态和水情的变化及其与围垦的关系. 水科学进展, 2000, 11(1): 76-81.
- [44] 闵 骞. 20 世纪 90 年代鄱阳湖洪水特征的分析. 湖泊科学, 2002, 14(4): 323-330.
- [45] 陈世俭, 王学雷, 卢 山. 洪湖的水资源与水位调控. 华中师范大学学报(自然科学版), 2002, 36(1): 121-124.
- [46] 姜加虎, 黄 群. 洞庭湖区生态环境退化状况及其原因分析. 生态环境, 2004, 13(2): 277-280.

- [47] 谭晓明. 洞庭湖水位变化特性. 湖南水利水电, 2002, (2): 25 - 26.
- [48] 彭定志, 徐高洪, 胡彩虹等. 基于 MODIS 的洞庭湖面积变化对洪水位的影响. 人民长江, 2004, 35(4): 14 - 16.
- [49] 金相灿主编. 中国湖泊环境(第一册). 北京: 海洋出版社, 1995: 69.
- [50] 王绍武, 蔡静宁, 朱锦红. 19 世纪 80 年代到 20 世纪 90 年代中国年降水量的年代际变化. 气象学报, 2002, 60(5): 637 - 639.
- [51] 施雅风. 气候变化对西北华北水资源的影响. 济南: 山东科学技术出版社, 1995: 346.
- [52] Jiang T, King L, Gemmer M *et al.* Climate Change and Yangtze Flood. Beijing: Science Press, 2004: 182 - 200.
- [53] 施雅风, 沈永平, 胡汝骥. 西北气候由暖干向暖湿转型的信号影响和前景初步探讨. 冰川冻土, 2002, 24(3): 219 - 226.
- [54] 施雅风, 沈永平, 李栋梁等. 中国西北气候由暖干向暖湿转型的特征和趋势探讨. 第四纪研究, 2003, 23(2): 154 - 164.
- [55] 于淑秋, 林学椿, 徐祥德. 我国西部地区近 50 年降水和温度的变化. 气候与环境研究, 2003, 8(1): 9 - 18.
- [56] 左洪超, 吕世华, 胡隐樵. 中国近 50 年气温及降水量的变化趋势分析. 高原气象, 2004, 23(2): 238 - 244.
- [57] 王绍武, 蔡静宁, 慕巧珍. 中国西部年降水量的气候变化. 自然资源学报, 2002, 17(4): 415 - 422.