

文章编号: 1000-0690(2000)01-0056-05

气候波动对莱州湾地区水资源 及极端旱涝事件的影响

邓慧平¹, 李爱贞², 刘厚风², 陈淑芬², 张雪芹²

(1. 安徽师范大学地理系, 安徽 芜湖 241000; 2. 山东师范大学地理系, 山东 济南 250014)

摘要:通过对莱州湾地区 1960~1993 年气候波动对水资源及极端旱涝事件的影响分析, 可以看出该地区水资源对气候波动很敏感。当降水增加 10%, 全区水资源总量可增加 22%; 若降水减少 10%, 全区水资源总量则减少 23%。在气候处于多雨时期, 极端雨涝频率远高于少雨时期; 在气候处于少雨时期, 极端干旱频率远高于多雨时期。同时还分析了未来气候变化对莱州湾地区水资源的可能影响。

关 键 词: 气候波动; 水资源影响; 极端旱涝事件

中图分类号: P468.0+24 文献标识码: A

当前, 水资源已成为制约中国经济发展的重要瓶颈, 超过了能源和交通等问题^[1]。在全球水资源日趋紧缺的情况下, 水资源的气候影响研究已受到普遍关注^[2]。此外, 气候变化影响研究不仅要注意年、季等平均状况, 也应重视极端事件的影响。极端事件与国民经济发展及可能发生的灾害密切相关。近年来这一问题已引起了研究者的注意。例如, Dracup 等研究了平均径流的变化对干旱频率和强度的影响^[3]; Smith 等分析了伊利诺斯州 1950~1985 年气候波动对该地区水资源及旱涝事件频率的影响^[4]; Krasorkia 等计算和评价了北大西洋及挪威几个地区的洪水频率及洪水流量对气候波动的响应^[5]; Wetton 根据大气环流模式输出结果分析了未来温室效应引起的气候变化对澳大利亚洪水和干旱的影响^[6]; 邓慧平等应用随机模拟技术研究了气候变化(CO₂ 倍增)对沱江流域洪水、干旱频率的影响^[7]。

莱州湾地区按 1993 年人口和耕地计算, 人均水资源 315 m³/人, 只有全国平均水平的 1/8 和世界银行发展报告中人均拥有水资源量的低限值的 1/3, 耕地每公顷平均水资源只有全国平均水平的 1/7。该地区自 1977 年以来近 20 年气候持续干旱, 加剧了水资源短缺矛盾。此外, 该地区干旱雨涝灾害频繁, 严重的旱涝灾害使经济和人民生命财产遭受巨

大损失。本文旨在分析该地区气候波动对区域水资源及极端旱涝事件的影响。

1 研究地区概况及资料来源

莱州湾地区位于山东省的北部, 北纬 36°25′~37°47′, 东经 118°17′~120°44′, 总面积 10 114 km²。该地区北临渤海莱州湾, 南依泰山北麓山前平原, 东与胶东半岛相邻, 西与鲁中腹地接壤, 沿莱州湾海岸呈半环状, 东西长约 200 km, 南北宽约 40 km, 是我国东部经济发展水平较高的地区, 也是发展中的重点对外开放区。全区包括龙口、招远、莱州、平度、昌邑、寒亭、寿光、广饶 8 个县(市)(图 1)。

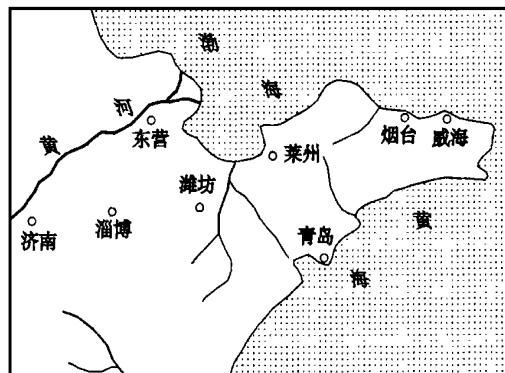


图 1 研究区域位置

Fig. 1 Geographical location of Laizhou Bay area

收稿日期: 1998-11-20; 修订日期: 1999-06-09

基金项目: “八五”国家重点科技攻关《海水入侵防治试验研究》(85-806-03)及山东省科学基金《气候变化对莱州湾地区水资源及旱涝事件影响》(Y98E01072)项目资助。

作者简介: 邓慧平(1962-), 男, 理学博士, 主要从事气候变化影响研究。

该地区地处中纬度, 属暖温带大陆性季风气候。冬季寒冷干燥, 夏季炎热多雨。全区有大、中型河流 20 多条, 属淮河流域沿海诸河水系, 河流多独流入海。由于降水集中, 上述河流均为季节性雨源河道, 源短流急, 雨季流量大, 枯季流量小, 甚至干涸。1977 年以来, 该地区近 20 年持续干旱。同时, 该地区经济也进入了粗放型持续高速发展时期, 水资源供需矛盾日益突出, 导致超采地下水, 致使形成大面积地下水位负值区, 引发了海(咸)水入侵灾害, 使海水入侵区生态环境遭受严重危害, 工农业生产受到严重损失。

本文所用的该区还原水资源资料来源于《海水入侵防治试验研究》第三专题组水资源计算成果^①, 地表水资源量含河流上游入境客水量。历年各月气象资料从各县(市)气象站获得。

2 气候波动对莱州湾地区水资源的影响

根据莱州湾地区 8 个气象站 1960~ 1993 年降水资料用等权重平均方法求得区域逐年降水量(图 2)。

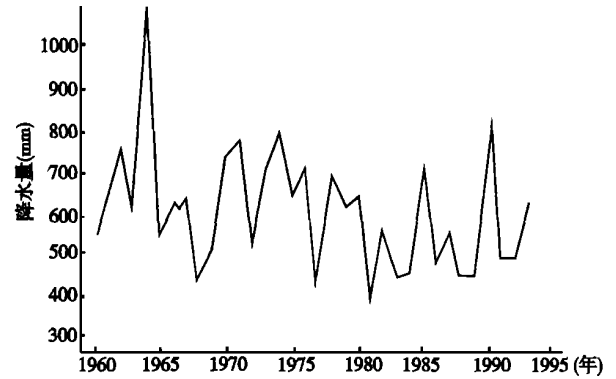


图 2 区域 1960~ 1993 年年降水量

Fig. 2 Regional annual precipitation from 1960 to 1993

该区 1960~ 1993 年多年平均降水量 596. 5 mm。1961~ 1964 年和 1973~ 1976 年两个 4 年中年降水量均大于多年平均降水量, 是多雨时期。1981~ 1984 年和 1986~ 1989 年两个 4 年中年降水量均小于多年平均值, 是少雨期。此外, 据莱州湾地区 1960~ 1993 年降水量差积曲线, 1960~ 1976 年差积曲线呈上升趋势, 而在 1977~ 1993 年差积曲线呈下降趋势(图略)。据此, 以 1976 年为转折点, 将莱州湾地区 1960~ 1993 年降水时间序列划分为 1960~ 1976 年 17 年的相对多雨时期和 1977~ 1993 年 17 年的相对少雨时期。以上各个时期年降水距平百分率和同期各项水资源距平百分率见表 1。

由表 1 可知, 在 1961~ 1964 年、1973~ 1976 年和 1960~ 1976 年 3 个多雨时期, 全区降水量较多年平均分别增加了 35%, 20% 和 12%, 相应的全区水资源总量较多年平均(14. 57 亿 m³) 分别增加了 95%, 38%, 26%; 在 1981~ 1984 年、1986~ 1989 年和 1977~ 1993 年 3 个少雨时期, 全区降水量较多年平均分别减少了 24%, 20% 和 12%, 相应的全区水资源总量较多年平均分别减少 62%, 40% 和 27%。若用水资源变化百分率比降水变化百分率作为水资源对降水变化的敏感指数(弹性系数), 对于全区水资源总量, 在 3 个多雨时期分别为 2. 7, 1. 9 和 2. 2, 在 3 个少雨时期分别为 2. 6, 2. 0 和 2. 3。降水增加 10%, 全区水资源总量增加 19%~ 27%; 降水减少 10%, 全区水资源总量减少 20%~ 26%。由此可见, 莱州湾地区水资源对气候波动很敏感。

3 极端旱涝事件对气候波动的响应

3. 1 旱涝等级的划分

4~ 9 月是农作物主要生长季节, 该期间降水量

表 1 各个时期降水和水资源距平百分率

Table 1 Percentages of anomaly of precipitation and water resources in each period (%)

时 段(年)	1961~ 1964	1973~ 1976	1981~ 1984	1986~ 1989	1960~ 1976	1977~ 1993
降 水	35	20	- 24	- 20	12	- 12
全区地表水资源	91	41	- 62	- 41	27	- 27
山丘区地下水资源	58	40	- 56	- 26	22	- 28
平原区地下水资源	30	18	- 29	- 19	9	- 12
山丘区水资源总量	69	40	- 59	- 51	22	- 24
平原区水资源总量	103	36	- 63	- 42	29	- 29
全区水资源总量	95	38	- 62	- 40	26	- 27

《海水入侵防治试验研究》第三专题组. 莱州湾海水入侵区域水资源优化开发与管理信息系统研究成果汇编. 1996, 168~ 196.

的多少对于全年旱涝状况影响最大,参照国家气象局关于旱涝等级的划分,按 4~ 9 月降水总量划分单站旱涝等级,其标准如下:

1 级(Ⅰ) $R_i > (\bar{R} + 1.17\sigma)$ 大涝
2 级(Ⅱ) $(\bar{R} + 0.33\sigma) < R_i \leq (\bar{R} + 1.17\sigma)$ 涝
3 级(Ⅲ) $(\bar{R} - 0.33\sigma) < R_i \leq (\bar{R} + 0.33\sigma)$ 正常
4 级(Ⅳ) $(\bar{R} - 1.17\sigma) < R_i \leq (\bar{R} - 0.33\sigma)$ 旱
5 级(Ⅴ) $R_i \leq (\bar{R} - 1.17\sigma)$ 大旱
式中 $\bar{R}$ 为多年平均 4~ 9 月降水总量, R_i 为历年 4~ 9 月降水总量, σ 为标准差。

区域的旱涝,既与各地的旱涝等级有关,也与受旱和受涝面积有关,综合考虑这两个因素,用以下公式计算区域旱涝指数^[8]。

$$I_d = (\sum S_{Ⅴ} + \frac{1}{2} \sum S_{Ⅳ}) / N \tag{1}$$

$$I_w = (\sum S_{Ⅰ} + \frac{1}{2} \sum S_{Ⅱ}) / N \tag{2}$$

式中 I_d 和 I_w 分别为区域干旱和雨涝指数,

$S_{Ⅰ}$ 、 $S_{Ⅱ}$ 、 $S_{Ⅳ}$ 、 $S_{Ⅴ}$ 分别为旱涝等级为Ⅰ、Ⅱ、Ⅳ、Ⅴ级的站点数, N 为总站数。

区域旱涝等级划分标准见表 2^[8]。

表 2 区域旱涝等级划分标准
Table 2 Standard for determination of regional drought and waterlogging grade

I_d	干旱等级	I_w	雨涝等级
< 0.10	正常	< 0.10	正常
0.10~ 0.25	局地干旱	0.10~ 0.25	局地雨涝
0.26~ 0.50	旱	0.26~ 0.50	涝
0.51~ 0.70	大旱	0.51~ 0.70	大涝
> 0.70	特大旱	> 0.70	特大涝

3.2 极端旱涝事件对气候波动的响应

根据莱州湾地区 1960~ 1993 年 4~ 9 月降水量计算出历年区域干旱和雨涝指数,将区域干旱和雨涝指数与区域旱涝等级标准相比得到莱州湾地区 1960~ 1993 年旱涝序列(表 3)。

表 3 莱州湾地区旱涝序列
Table 3 Drought and waterlogging time series in the Laizhou Bay area

年份	雨涝序列	干旱序列	年份	雨涝序列	干旱序列	年份	雨涝序列	干旱序列
1960	正常	旱	1971	大涝	正常	1982	正常	旱
1961	局地雨涝	局地干旱	1972	正常	旱	1983	正常	特大旱
1962	涝	局地干旱	1973	涝	正常	1984	正常	旱
1963	局地雨涝	旱	1974	大涝	正常	1985	涝	局地干旱
1964	特大涝	正常	1975	局地雨涝	旱	1986	正常	旱
1965	正常	局地干旱	1976	涝	正常	1987	正常	局地干旱
1966	局地雨涝	正常	1977	正常	特大旱	1988	正常	旱
1967	正常	局地干旱	1978	涝	正常	1989	正常	特大旱
1968	正常	特大旱	1979	正常	旱	1990	特大涝	正常
1969	正常	旱	1980	正常	局地干旱	1991	正常	局地干旱
1970	大涝	正常	1981	正常	特大旱	1992	正常	旱
						1993	局地雨涝	局地干旱

在 1960~ 1976 年相对多雨期,区域雨涝指数平均为 0.29,17 年间共发生大涝 3 次,特大涝 1 次;在 1977~ 1993 年相对少雨期,区域雨涝指数平均为 0.16,17 年间仅发生 1 次特大涝。在 1977~ 1993 年相对少雨期,平均干旱指数为 0.37,17 年中发生 4 次特大旱;在 1960~ 1976 年相对多雨期,平均干旱指数为 0.20,17 年中仅发生一次特大旱。根据以上分析,极端旱涝事件具有以下特点:在多雨期,极端雨涝事件(大涝、特大涝)发生频率要远高于少雨期;在少雨期,极端干旱事件(大旱、特大旱)发生频率远高于多雨期;但在多雨期也可能发生极端干旱

事件,在少雨期也可能发生极端雨涝事件。

此外,1960~ 1993 年 34 年间,全区等级在涝(包括涝)以上的雨涝共 10 次,其中 6 次发生在 1960~ 1976 年的多雨期,4 次发生在 1977~ 1993 年的少雨期;全区等级在旱(包括旱)以上的干旱共 16 次,其中 6 次发生在 1960~ 1976 年的多雨期,10 次发生在 1977~ 1993 年的少雨期。由此可见,该地区旱涝频繁。

根据干旱面积指数及旱涝持续时间分析,不论在多雨期还是少雨期,特大涝和大涝主要集中出现在夏季及其前后,出现季节性连涝极少,仅 1964 年

4~10月连涝。特大旱则季节性连旱普遍,在特大旱的5年中,春夏秋连旱的有4年,夏秋连旱的有1年^[8]。

4 未来气候变化对莱州湾地区水资源的可能影响

由于人类对气候及其变化认识的局限性,目前还不能准确预测未来气候变化,只能利用各种方法研究制定未来气候情景,以此为基础分析未来气候变化的影响^[9,10]。据王绍武先生对华北地区夏季(6~8月)未来45年(1998~2042年)降水的预测结果,未来华北地区降水的自然变化有增加的趋势。距平百分率1998~2002年为0,2003~2007年为25,2008~2012年为5,2013~2022年为10,2023~2032年为-5,2033~2042年为5^[11],根据叶笃正先生“我国未来(20~50年)生存环境变化趋势”的预测结果:华北地区在2030年左右总的气候情景是:冬季将比现代增温1~1.5℃,降水基本持平,夏季增温0.5℃~0.8℃,降水增加1%~2%;由于未来的增温,蒸发量明显增加,而降水的增加不足以弥补蒸发的消耗^[12]。由于莱州湾地区历年降水量与山东全省历年降水量变化趋势几乎一致^[13],因此可以认为莱州湾地区未来气候情景和华北地区基本相同。考虑到莱州湾地区降水量主要集中于夏季,年降水量的变化主要取决于夏季降水的变化,在不考虑未来增温情况下,根据全区水资源总量的变化与降水变化的比值(近似取为2),对未来莱州湾地区全区水资源总量的变化作一粗略的估测。

未来5年,莱州湾地区全区水资源总量将开始回升,与多年平均持平,在未来6~10年内(2003~2007年)将有较大幅度的增加,较多年平均增加50%左右,相应的雨涝事件将增多。在未来11~25年期间(2008~2022年),全区水资源总量将增加10%~20%。在2023~2042年20年期间,平均全区水资源总量基本上与多年平均持平。根据叶笃正先生预测的未来气候情景,2030年左右,莱州湾地区水资源总量将略增2%~4%,也基本与多年平均持平。

根据未来气候变化及水文水资源影响研究结果,由于气温升高导致蒸散增加,华北地区土壤水分将减少^[14]。例如,未来降雨增加10%而气温上升1℃,在雨养方式下,黄淮海平原土壤蒸散将增加11%,四季土壤水分均将略有减少,黄淮海平原平均

全年作物需水量增加9%,年灌溉量增加13%^[15]。这表明未来气温上升1℃引起的蒸散量的增加基本上抵消了降水10%的增加。综合以上分析,除未来2003~2007年期间莱州湾地区水资源将有较大幅度增加外,在未来40余年间可能发生的气候变化不会使该地区水资源有太大的增加。若考虑未来气温上升,则2023~2042年全区水资源将低于多年平均值。

5 小结

(1) 莱州湾地区水资源对气候波动很敏感,降雨10%的增减将引起全区水资源20%左右的增减。

(2) 在多雨时期,极端雨涝事件远大于少雨时期;在少雨时期,极端干旱事件远大于多雨时期。

(3) 根据未来45年华北地区气候情景,除2003~2007年5年中莱州湾地区水资源将有较多的增加外,未来可能发生的气候变化不会使该地区水资源有太大的增加。

(4) 本文初步分析了未来气候变化对莱州湾地区水资源的影响,今后应根据该地区历史气候史料和现代仪器观测资料建立长系列的气温、降水序列以预测未来气候自然变化,并结合大气环流模式CO₂倍增模拟结果研制未来莱州湾地区较详细的区域气候情景,在此基础上根据水文资源模型评估未来气候变化对莱州湾地区水资源系统、社会经济系统等方面的影响和研究适应性对策,为区域经济建设和可持续发展提供科学依据。

文中插图由山东师范大学地理系王琳霞老师绘制,特此致谢。

参考文献:

- [1] 邓楠. 办好中国可持续发展研究会推动中国的可持续发展[J]. 中国人口·资源与环境, 1998, 8(1): 1.
- [2] Kenneth D F, David C M. Climate change and water resources [J]. Climate Change, 1997, 37(1): 7-23.
- [3] Dracup J A, Kendau D R. Floods and droughts [A]. In: Waggoner P. Climate change and U. S. water resources [C]. New York: Wiley J, 1990. 243-257.
- [4] Smith K. Recent hydroclimatic fluctuations and their effects on water resources in Illinois [J]. Climate Change, 1993, 23(2): 249-269.
- [5] Krasorskia. Frequency of extremes and its relation to climate fluctuations [J]. Nordic Hydrology, 1993, 24(1): 1-12.
- [6] Wetton P H. Implications of climatic change due to the enhanced green house effects on floods and droughts in Australia [J]. Cl+

- mate Change, 1993, **25**(2): 289– 317.
- [7] 邓慧平, 张翼. 可用于气候变化研究的日流量随机模拟方法探讨[J]. 地理学报, 1996, **51**(增刊): 151~ 160.
- [8] 陈淑芬, 李爱贞. 莱州湾地区 30 年来的旱涝特征[A]. 赵德山. 海水入侵灾害防治研究[C]. 济南: 山东科学技术出版社, 1996. 105~ 111.
- [9] Lins H, Shiklomanov I and Stakiv E. Hydrology and water resources[A]. In: Tehart G W, Griffiths D C. IPCC Impacts Assessment[C]. Canberra: Australian Government Publishing Service, 1990. 99.
- [10] Gleick P H. Climate change, hydrology and water resources[J]. Reviews of Geophysics, 1989, **27**(3): 329– 344.
- [11] 李克让, 郭其蕴, 汤奇成, 等. 水旱灾害的时空特征、未来趋势及防治对策[A]. 刘昌明, 等. 中国 21 世纪水问题方略[C]. 北京: 科学出版社, 1996. 141~ 142.
- [12] 徐庚(摘). 华北地区未来 30 年更趋干旱[J]. 中国人口·资源与环境, 1998, **8**(专刊): 95.
- [13] 李爱贞, 金荣兴. 莱州湾地区干湿气候研究[M]. 济南: 山东省地图出版社, 1997. 68.
- [14] 傅国斌, 刘昌明. 全球变暖对中国东部热带地区水文情势影响的典型分析[A]. 张翼, 等. 气候变化及其影响[C]. 北京: 气象出版社, 1993. 220.
- [15] 张翼, 许秀元, 巫新民, 等. 用 SCCM 模式估算气候变化对黄淮海平原土壤水分平衡各分量的影响[A]. 张翼, 等. 气候变化及其影响[C]. 北京: 气象出版社, 1993. 223~ 233.

Impacts of Climate Fluctuations on Water Resources and Extremes in the Laizhou Bay Area

DENG Hu+ping, LI A+ zhen, LIU Hou+ feng, CHEN Shu+ fen ZHANG Xue+ qin

(1. Departement of Geography, Anhui Normal University, Wuhu Anhui 24100; 2. Department of Geography, Shandong Normal University, Jinan Shandong 250014)

Abstract: The Laizhou Bay area is located in the north coastal zone of Shandong Province, China. In order to investigate the sensibility of water resources and extremes to climate fluctuations, the annual regional precipitation series (1960– 1993) is divided into more precipitation and less precipitation periods equally at the point of 1976. In the wet period (1960– 1976), average precipitation is 12% more than the normal. In the dry period (1977– 1993), average annual precipitation is 12% less than the normal. In the wet period, regional total water resources is 26% more than the normal, while in the dry period, regional total water resources is about 27% less than the normal. Ten percent increase in precipitation will cause about 20% percent increase in total water resources. Ten percent decrease in precipitation will result in about 20% decrease in total water resources. Regional water resources is very sensitive and fragile to the climatic fluctuations.

During the wet period, extreme waterlogging occurred four times, while during the dry period it only occurred once. The frequency of extreme waterlogging in the wet period is much higher than that in the dry period. During the dry period, extreme drought occurred four times but it only appeared once during the wet period. The frequency of extreme drought in the dry period is much higher than that in the wet period. The frequencies of extremes also show their sensibility to the climatic fluctuations.

Based on the future climate secnarios in Huabei region, impacts of climate change on water resources in 45 years (1998– 2042) are investigated primarily.

Key words: Climate flunctuation; Water resource impacts; Extremes