

珠海市近 50 年水资源变化特征及评估^{*}

文 敏¹, 陈创买²

(1. 珠海市气象局, 广东 珠海 519000; 2. 中山大学大气科学系, 广东 广州 510275)

摘 要: 利用珠海市年月降雨和月平均温度资料, 利用高桥浩一郎公式计算了珠海市年水资源量, 并用气候变率、气候序列的趋势分析和 M-K 突变分析和功率谱分析等方法, 分析珠海市近 50 多年水资源的年际及年代际的变化特征, 并对其进行评估和预测。结果表明: 珠海市 50 多年水资源总体有线性增多趋势, 具体却有丰水期和枯水期之分。在 1965 年前后有一次突变而后直至 1991 年才明显地呈增多的趋势。功率谱分析显示没有显著周期存在。用标准化旱涝标准评价表明水资源丰(偏丰)、枯(偏枯)的年份大体相当, 但近 10 年丰水年明显增多。利用北半球 500 hPa 高度场和太平洋海温场的主分量因子来预测珠海市年水资源是有效的和符合实际的。

关键词: 水资源, 气候特征, 预测, 珠海市

中图分类号: P331 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2005) S2-0272-04

1 引 言

水资源是一种可以再生的资源, 但并非取之不尽, 用之不竭, 自然和社会因素都可以改变它的数量和质量。珠海地处珠江口西岸, 多年平均降雨量约 2 000 mm, 是一个降雨充沛的城市^①, 但是降雨年内分配不均, 雨季和旱季明显, 4—9 月降雨量占年降雨量的 85%, 降雨多以暴雨的形式出现。珠海的地理状况是沿海地带, 陆地少而海域多, 缺少大型水库, 这种城市环境和地理形势不利于蓄水。因此, 珠海水资源在季节上的分配不均匀与各季节需水基本均衡之间就出现了矛盾, 这种情况严重影响了珠海的经济发展和人民生活水平的提高。因此加强对珠海水资源问题的研究具有非常重要的意义。一般来说, 某地水资源的多少取决于降雨、蒸发和径流量等的变化, 但从气象的角度来考虑, 降雨量和陆面蒸发量之差基本能表征水资源的多寡, 降雨量反映了一个地方水资源的收入情况, 陆面蒸发量则表示一个地方水资源消耗的程度。马晓波^[1]研究了华北地区水资源的气候特征, 宋正山^[2]等进一步研究了华北地区水资源各分量的时空变化特征, 张庆云^[3]更对自 1880 年以来华北降水及水资源的变化作研究, 杨辉^[4]等又用多时间尺度的方法研究华北地区水资源的周期性。本文对珠海市年的水资源、降雨量和蒸发量的变化特征进行分析和预测。

2 资料和方法

取珠海市经气候序列订正的 1951—2004 年的月降雨量和月平均温度为基本资料, 水资源量可用如下公式计算^[1-4]:

$$F = R - E(R, T) \quad (1)$$

其中, R 为月降雨量 (mm), T 为月平均气温 ($^{\circ}\text{C}$), $E(R, T)$ 为月陆面蒸发量 (mm), F 为可利用降雨, 即水资源量 (mm)。陆面蒸发量 E 是一个依赖于降雨和温度的可计算的量, 计算方法较多, 本文使用高桥浩一郎公式, 形式如下:

$$E(r, T) = \frac{Ar}{A + Br^2 \exp\left[-\frac{CT}{235 + T}\right]} \quad (2)$$

其中, A, B, C 为经验系数, 分别为 3100, 1.8, 34.4。该公式是经验公式, 但在物理上考虑了两个影响实际蒸发量的最主要因子, 并有实际观测资料作依据, 因此能较好地反映实际蒸发的变化情况。

水资源的丰枯程度可按中国近 500 年旱涝图集^[6]的旱涝标准来划分; 设 R 、 $\bar{R}$ 和 σ 分别为降雨量及其平均值和标准差, 则 5 级旱涝界限如下:

1 级 (涝): $\bar{R} + 1.17\sigma < R$; 2 级 (偏涝): $\bar{R} + 0.33\sigma < R \leq \bar{R} + 1.17\sigma$; 3 级 (正常): $\bar{R} - 0.33\sigma < R \leq \bar{R} + 0.33\sigma$; 4 级 (偏旱): $\bar{R} - 1.17\sigma < R \leq \bar{R} - 0.33\sigma$; 5 级 (旱): $R \leq \bar{R} - 1.17\sigma$ 。设 R 为标准化

① 珠海市气象局编制, 珠海气象四十年, 2002。

* 收稿日期: 2005-08-12

作者简介: 文敏 (1967 年生), 女, 工程师, 监测科长; E-mail: lisawm@tom.com

降雨量, 由资料标准化公式:

$$R = (R - \overline{R})/\sigma \tag{3}$$

可将降雨的旱涝的等级界限变成以下形式: 1 级 (涝): $1.17 < R$; 2 级 (偏涝): $0.33 < R \leq 1.17$; 3 级 (正常): $0.33 < R \leq 0.33$; 4 级 (偏旱): $R - 1.17 \sigma < R \leq \overline{R} - 0.33 \sigma$; 5 级 (旱): $R \leq \overline{R} - 1.17 \sigma$.

为了进一步分析珠海市水资源的变化情况, 拟采用气候变率^[7]、气候序列的趋势分析和 $M-K$ 突变分析^[8] 和功率谱分析^[9] 等方法 (原理略), 研究珠海市年水资源的年际、年代际的变化。还应用气候场的主分量逐步回归预测模型^[10], 利用该模型由对太平洋海温场和 500hPa 高度场的分区分季节的主分量计算所得到的大量主分量因子, 建立珠海市年降雨量和年水资源的预测方程。

3 珠海市水资源变化分析

图 1 给出了 50 多年来珠海的降雨 (P)、蒸发 (E) 和水资源 (F) 的对应关系。由图可以看出, 珠海年蒸发量的变化幅度相对较小 (一般介于 800 ~ 1 000 mm 之间), 而降雨变化对水资源的影响相对较大, 两者之间的关系密切。

图 2 是珠海市多年平均的 1—12 月份降雨量和水资源量分布图。由图可以看出, 6 月的降雨量和水资源量最多, 其次是 8 月、5 月、7 月也较多, 11 月一次年的 1 月, 降雨量和水资源量很少。图 3 为 1951—2004 年共 54 年珠海市水资源的变化图, 虚线为平均值, 实线为逐年变化曲线, 点划线为长期变化趋势线, 粗实线为直线变化趋势即气候变率。从图中可以看出, 50 多年来, 珠海市的年水资源平均值为 1193mm, 总体有线性增多的趋势; 具体分析可分 4 个时期, 大致从 1951—1965 年以及从 1980—1990 年两段时间为相对枯水期, 而从 1965—1980 年以及从 1990—2003 年两段时间为相对丰水期。目前刚进入相对枯水期。

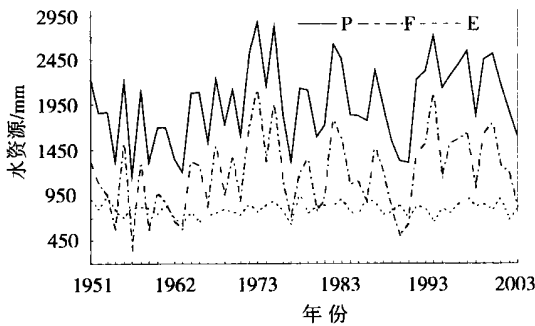


图 1 珠海市 1951—2004 年降水、蒸发和水资源曲线
Fig 1 The curves of rainfall and evaporation and water resources in Zhuhai city from 1951—2004

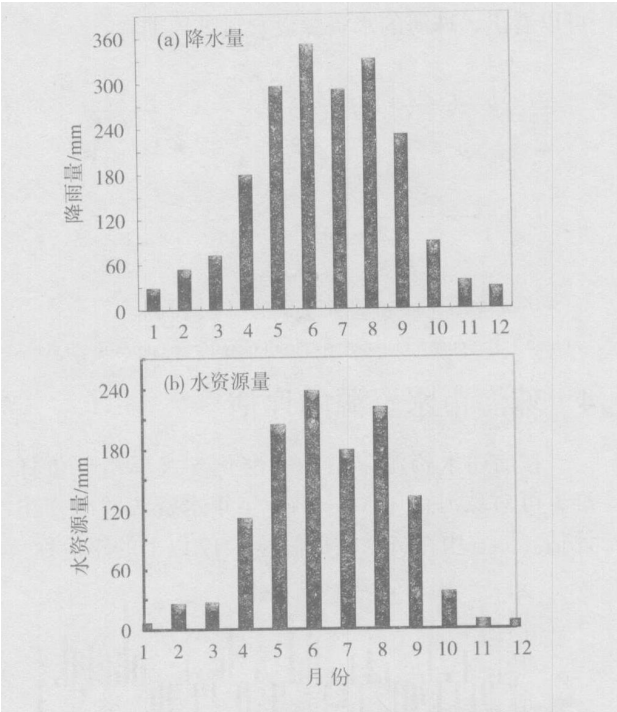


图 2 珠海市 1—12 月平均降水量和水资源量分布
Fig 2 The distribution of mean rainfall and mean water resources in Zhuhai city from Jan to Dec

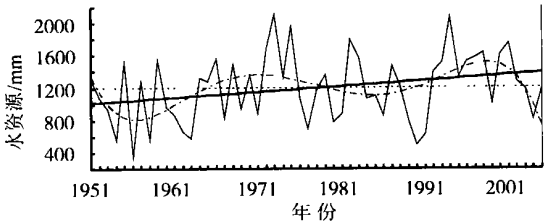


图 3 珠海市年水资源的气候变率及长期变化趋势
Fig 3 The climatic characteristics and long-range variation trend of yearly water resources in Zhuhai city

图 4 为珠海市水资源的 $M-K$ 突变曲线, 由图可以看出, 1951—2004 年间仅发生了一次突变, 出现在 1965 年前后, 之后直至 1991 年才明显地呈增多的趋势。

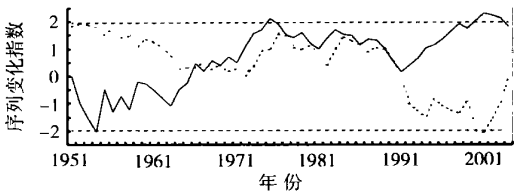


图 4 珠海市水资源 $M-K$ 突变曲线
Fig 4 The curves of sudden change of water resources with MK method in Zhuhai city

图 5 是水资源的功率谱曲线, 其中虚线和细实线分别为 95% 与 90% 信度的白噪声检验线。由图 6

可以看出，珠海的水资源没有显著周期存在。

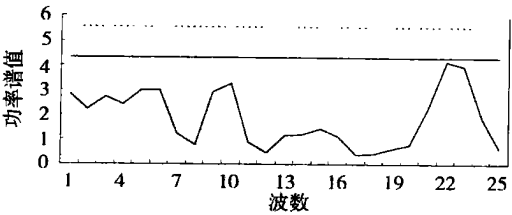


图 5 珠海市水资源的功率谱曲线

Fig. 5 The curves of power spectrum of water resources in Zhuhai

4 珠海市水资源的评估

按前述水资源丰枯的标准化 5 级旱涝评价标准，可对珠海市 1951—2004 年年水资源状况作出评估。图 6 中，将纵坐标值达 1.17 以上的年份称

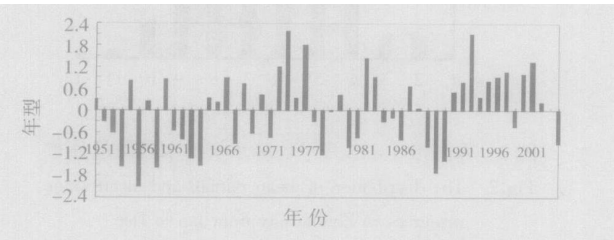


图 6 珠海市 1951—2004 年水资源丰枯变化曲线

Fig. 6 The curves of high and low variation of water resources in Zhuhai city from 1951—2004

为涝年，在 0.33—1.17 之间的年份称为偏涝年，在 -0.33 ~ +0.33 之间的年份称为正常年，在 -1.17 ~ -0.33 之间的年份称为偏旱年，在 -1.17 以下的年份称为旱年。由统计得出，珠海市自 1951—2004 年，涝年有 6 a，旱年有 8 a，偏涝年有 15 a，偏旱年有 12 a，正常年有 13 a。值得注意的是自 1992 年以来，涝年出现了 2 a，偏涝年出现了 7 a，正常年和偏旱年各仅 2 a，表明珠海近 10 年来水资源明显增多，这可能是近几年气候变化加剧的体现。未来若干年水资源的状况是政府决策者和广大市民十分关心的问题。

5 珠海市年水资源的预测

未来年降雨量和水资源的状况是气象预报人员和政府决策者十分关心的问题。利用气候场的主分量逐步回归预测模型对太平洋海温场和 500hPa 高度场的分区分季节的主分量计算所得到的 1792 个主分量因子，经过相关筛选和双重检验逐步回归了建立珠海市年降雨量和年水资源的预测方程。以年水资源预测为例，预测方程为：

$$y=1185.6+125.43x_1+33.79x_2+44.75x_3+16.87x_4+65.75x_5+26.83x_6$$

其中： x_1 = 太平洋西部冬季第 8 主分量 (P1WTSTT8.51T)， x_2 = 东北半球北部 4—6 月第 6 主分量 (H24—6HT6.51H)， x_3 = 西北半球北部 7—8 月第 5 主分量 (H47—8HT5.51H)， x_4 = 全被半球 10—12 月第 7 主分量 (H7NTDHT7.51H)， x_5 = 太平洋区域南部 1—2 月第 8 主分量 (H81—2HT8.51H)， x_6 = 北半球副热带区春季第 8 主分量 (HASPRHT8.51H)。复相关系数达 $R=0.8139$ 。结果如图 7。

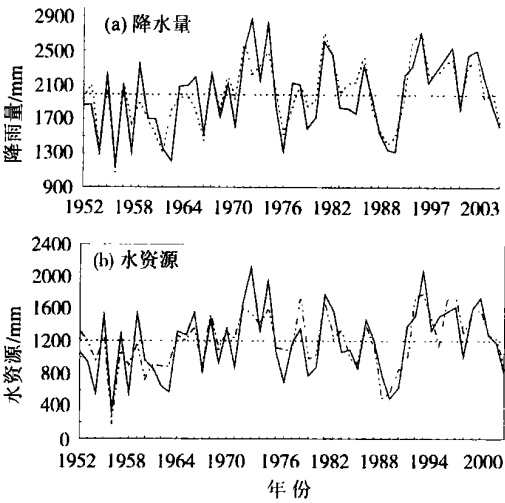


图 7 珠海年降水和水资源预测曲线

Fig. 7 The curves of prediction of yearly rainfall and yearly water resources in Zhuhai city

由图 7 可以看到，降雨和水资源的预测和实况对比情况，两者的拟合度很高，说明这种预报模式预测的结果有一定参考价值。对珠海市 2004 年的年降雨量预测值为 1659 mm，实况值为 1605 mm，平均值为 1986.4 mm，所以其距平百分率分别为 -16.5% 和 -19.2%，预测值和实况值仅相差 3%。对珠海市 2004 年的年水资源预测值为 852.8 mm，实况值为 811.3 mm，平均值为 1193.04 mm，因此，其距平百分率分别为 -28.4% 和 -32.0%，两者相差仅有 3.6%。可见两项预测结果与实际都相当接近，对珠海政府决策者提供科学依据，实际表明，2004 年珠海缺水严重，缺水事件为珠海市民和政府造成相当的困扰。

6 结 论

通过对珠海市年水资源的讨论和分析，得出以下结论：

- (1) 珠海市各月多年平均水资源量情况是，6 月的水资源量最多，其次是 8 月、5 月、7 月也较

多, 11 月至次年的 1 月, 水资源量很少。

(2) 1951—2004 年共 54 年珠海市年水资源有线性增多的趋势, 其变化主要经历了 4 个时期, 1951—1965 年以及从 1980 到 1990 年, 为相对枯水期, 1966—1980 年以及从 1990 年到 2003 年为相对丰水期, 2003 年后水资源量呈下降的趋势。

(3) 对珠海市年水资源的评估结果表明, 其水资源丰(偏丰)、枯(偏枯)的年份大体相当, 但近 10 年珠海市年水资源量明显偏多, 这可能是近几年气候变化加剧的体现。

(4) 对珠海市年水资源的预测表明, 利用北半球 500 hPa 高度场和太平洋海温场的主分量因子来预测珠海市年水资源是有效的, 预测结果相当符合实际。

参考文献:

[1] 马晓波. 华北地区水资源的气候特征[J]. 高原气象, 1999, 18(4): 520—524.

[2] 宋正山, 杨辉, 张庆云. 华北地区水资源各分量的时空变化特征. 高原气象[J], 1999, 18(4).

[3] 张庆云. 1880 年以来华北降水及水资源的变化. 高原气象[J], 1999, 18(4): 486—495.

[4] 杨辉, 宋正山. 华北地区水资源多时间尺度分析[J]. 高原气象, 1999, 18(4).

[5] 高桥浩一郎. 从月平均气温、月降水量来推算蒸发量的经验公式. 天气[J], 1979, 26(12): 29—32.

[6] 中央气象局气象科学研究院等. 中国近五百年旱涝分布图集[M]. 北京: 北京地图出版社, 1982 年.

[7] 符淙斌, 王强. 气候突变的定义和检测方法[J]. 大气科学, 1992, 16(4): 488—493.

[8] 林学椿, 于淑秋. 近 40 年我国气候趋势[J]. 气象, 1990, 16(10): 16—21.

[9] 黄嘉佑编著. 气象统计分析与预报方法(第 3 版)[M]. 北京: 气象出版社, 2004. 215—238.

[10] 陈创买, 周文. 气候场的主分量逐步回归预报[C] // 广东灾害性气候的分析和预测研究. 广州: 中山大学出版社, 1999: 181—186.

Characteristics and Estimation of Water Resources Variation in Resent 50-years in Zhuhai City

WEN Min, CHEN Chuang-mai

(1. Meteorological Bureau of Zhuhai City, Zhuhai 519000, China;

2. Department of Atmospheric Sciences, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: The yearly water resources of Zhuhai city are computed by Gaoqiao equation using monthly rainfall and monthly mean air temperature data of Zhuhai station, and the characteristics of inter annual and inter decade variation of water resources in resent 50 years in Zhuhai are analyzed by the methods of climate variability and trend analysis and the M-K sudden change and power spectrum analysis, and its estimation and prediction was made. The results show that: in resent 50 years, the water resources of Zhuhai city have a linear risen trend, but the high and low water terms has been happened in this period; a sudden change was happened at 1965 and have a risen trend obviously still begin at 1991, it have not significant period by power spectrum analysis. The assessment of water resources by class of dryness and wetness with standardized series show that the number of high and low water year are well-matched, but the high flow year is rise obviously in resent 10 years. The prediction of yearly water resources in Zhuhai is available and accord with the real by using the principal component factor of 500hPa height field in north hemisphere and Pacific’ s sea surface temperature field.

Key words: water resources; climate characteristics; prediction; Zhuhai city