泰安市降水特征与水资源分析

康桂红[1]　杨宗波[1]　赵素华[2]　张　杰[1]　赵衍春[1]

(1 山东省泰安市气象局, 2 泰安市水利局, 泰安 271000)

摘要　分析泰安市 1951 ~ 2002 年降水资料,利用 Excel 图表分析得出泰安降水分布特征和未来趋势。降水年际变化大,年降水量最大值是最小值的 5 倍;季节分配极不均匀,分布总体呈下降趋势,特别是 1997 年以来降水量持续少于平均水平,下降趋势明显。利用 1951 ~ 2002 年月降水量和月气温资料,依据高桥浩一郎的陆面实际蒸发经验公式,计算出陆面蒸发、蒸发系数和可利用降水系数,得出泰安水资源的变化特征与降水变化特征基本相似,春季是泰安最易出现干旱的季节。分析 1984 ~ 2002 年泰安地下水埋深资料,得出地下水位的变化基本随每年降水量的多少而升降,总体呈明显下降趋势,地下水资源相应减少,特别是自 1995 年以来地下水位逐年下降。提出缓解和解决水资源缺乏的两个有效方法,人工影响天气增加降水量和开源节流节约用水。

关键词　降水分布　蒸发量　地下水资源　地表水资源

引言

山东省泰安市属暖温带大陆性季风气候,水资源主要来源于大气降水。全市多年平均降水量为 687.4 mm,水资源总量为 19.22 亿 m^3,其中地表水资源量为 13.49 亿 m^3,地下水资源量为 11.71 亿 m^3。人均占有水资源量为 350 m^3,相当于全国人均水平的七分之一,低于全省平均水平。全市平均每 666.7 m^2 占有量为 384 m^3,为全国的五分之一,全市每年平均地表水供水量为 6.3 亿 m^3,地下水可开采量为 10.2 亿 m^3,总计为 16.5 亿 m^3,人均水量约 300 m^3。联合国规定人均水量少于 500 m^3 的属于极端缺水地区。以此对照,泰安市的缺水程度已是"极端"了。同时,专家公认,人均水资源占有量 1000 m^3 为人类生存的保障线,泰安市远低于这个"生存线",属水资源缺乏型地区[1]。

泰安市水资源状况究竟如何,因降水的持续减少造成水资源匮乏的趋势是否还会持续是人们十分关注的问题。本文通过分析 1951 ~ 2002 年泰安降水的年际、季节变化特征、泰安有关水资源各分量(降水 P,蒸发 E,$P-E$)时间变化特征、1984 ~ 2002 年地下水资源的变化以及地表水资源的利用现状,找出了泰安降水特征和水资源状况,并提出了缓解和解决水资源缺乏的有效方法。

1　1951 ~ 2002 年泰安降水分布特征

1.1　资料来源

本文所用资料是 1951 ~ 2002 年泰安市气象局的月平均降水量和月平均温度资料,1984 ~ 2002 年泰安市水文站的地下水埋深资料。

1.2　年际降水特征及趋势

从泰安 1951 ~ 2002 年降水量年际变化(图 1)可以看出:1964、1990 年降水异常,为多年平均值的 2 倍多,出现明显的跳跃,其他年份均在 1000 mm 以下。52 年中有 25 年降水偏少,旱涝交替明显,时空分布不均,20 世纪 90 年代后年降水量的极大值和极小值位置均比以前明显下移。同时从图中年降水量二次多项式回归分析趋势线可以看出:年降水量呈明显下降趋势,并且从 1997 年以来降水量持续低于平均水平。

1.3　四季降水分布特征

泰安市全年降水量历年平均 687.4 mm,其中春季(3 ~ 5 月)平均为 91.9 mm,占全年的 13.4%,夏季(6 ~ 8 月)为 453.7 mm,占全年的 66%;秋季(9

作者简介:康桂红,女,1967 年生,学士,高级工程师,主要从事气候分析及天气预报工作,Email:kgh0309@163.com

收稿日期:2004 年 4 月 29 日;定稿日期:2004 年 7 月 10 日

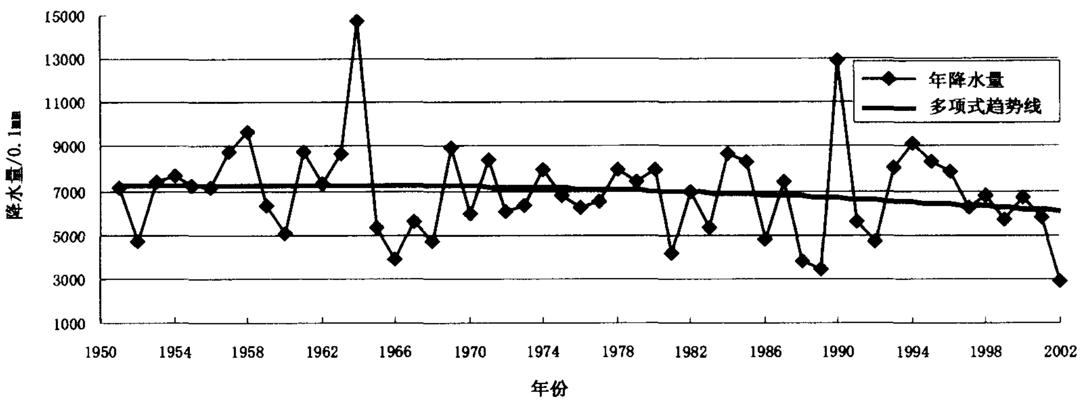


图 1 1951 ~ 2002 年降水量年际变化

~11 月)为 119.5 mm,占全年的 17.4 %;冬季(12 ~ 2 月)为 22.3 mm,占全年的 3.2 %;夏季降水对水资源的变化起着重要作用。

从泰安 1951 ~ 2002 年夏季降水量变化趋势(图 2)可以看出夏季降水偏少年份明显多于偏多年份。夏季降水量大于 600 mm 的年份有:1957、1958、1963、1964、1971、1978、1990、1994、1995、1996 年,小于 300 mm 的年份有:1952、1956、1966、1968、1972、1983、1988、1999、2002 年。1990 年降水最多,为 1029.5 mm;2002 年降水最少,仅有 143.7 mm。从图中夏季降水量二次多项式回归分析趋势线可以看出:泰安市夏季降水量呈下降趋势,且 1970 年前夏季降水变化不大,从 1970 年起呈明显下降趋势,并且在 2002 年出现了极小值。

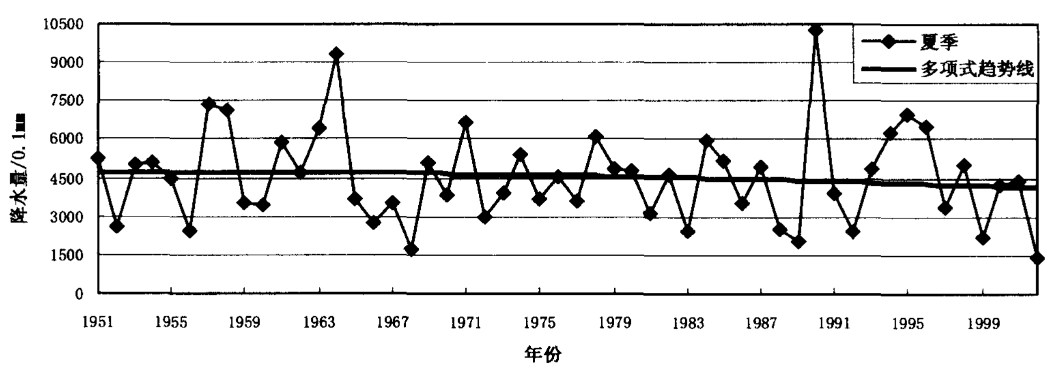


图 2 1951 ~ 2002 年夏季降水量变化趋势

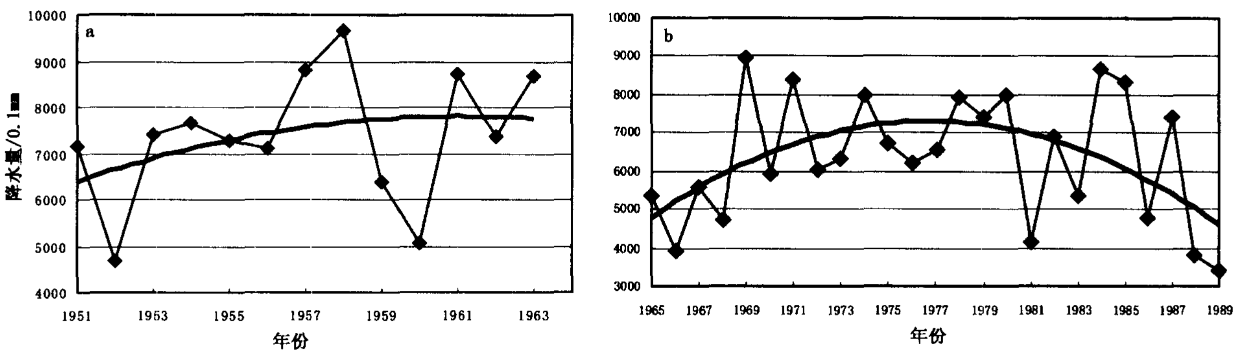
1.4 不同时段降水量变化特征

以 1964 年、1990 年两个降水异常多年份为界,将 52 年的降水资料分为 1951 ~ 1963 年、1965 ~ 1989 年和 1991 ~ 2002 年 3 个阶段,分时段分析降水量分布特征。

从泰安市 1951 ~ 1963 年、1965 ~ 1989 年、1991 ~ 2002 年年降水量变化趋势可以看出:1951 ~ 1963 年 13 年中仅有 5 年降水偏少,且降水呈明显增多趋势;1965 ~ 1989 年降水量呈以 70 年代中期为顶点的抛物线形;1991 ~ 2002 年同样呈抛物线形,且从 1996 年后降水下降趋势显著。图 3 表明:泰安市 50 ~ 60 年代降水丰富,70 ~ 80 年代降水偏少,90 年代前期降水有增多趋势,但从 90 年代后期降水急剧下降,2002 年出现了 52 年来的极小值。根据外延降水趋势图可以预测降水量在未来几年中仍有下降趋势。

2 1951 ~ 2002 年泰安可利用水资源分析

局地水资源的多少取决于降水、蒸发和径流量等变化,如不考虑地下水的开采、利用及径流的情况,仅从气象角度考虑,降水与蒸发之差越大($P - E > 0$),则局地水资源越丰富,反之水资源则匮乏。



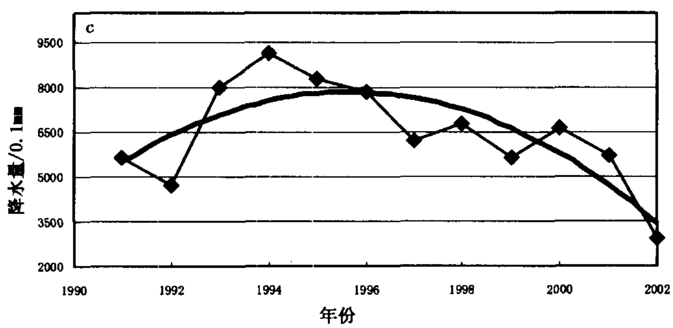


图3　泰安市降水年际变化
(a)1951～1963年
(b)1965～1989年
(c)1991～2002年
(粗实线为多项式趋势线)

本文根据当地气候特点及可收集到的气象要素资料,采用高桥浩一郎公式对蒸发进行计算[2]:

$$E = \frac{3100P}{3100 + 1.8P^2\exp\left(-\frac{34.4T}{235+T}\right)} \quad (1)$$

其中,E 为月地面实际蒸发量(mm),P 为月平均降水(mm),T 为月平均气温(℃)。

高桥浩一郎的陆面蒸发经验公式表明,该经验公式计算所得到的蒸发与降水和温度变化密切相关。为了分析方便,文中定义 α 为蒸发系数,β 为可利用降水系数,其公式分别为:

$$\alpha = \frac{E}{P} \quad (2)$$

$$\beta = 1 - \alpha = \frac{P-E}{P} \quad (3)$$

2.1　可利用水资源月、季节变化

利用泰安 1951～2002 年 52 年月平均降水 P、月平均气温 T 资料,根据式(1)至式(3)计算泰安陆面蒸发 E、可利用降水 $P-E$、蒸发系数 α 及可利用降水系数 β,如表 1。

表 1　1951～2002 年泰安 52 年平均逐季及全年 P, E, $P-E$, α 及 β

	P mm	P 占全年 %	E mm	E 占全年 %	$P-E$ mm	$P-E$ 占全年 %	α	β
春季(3～5 月)	92	13	76	18	16	6	0.83	0.17
夏季(6～8 月)	454	66	248	58	206	79	0.55	0.45
秋季(9～11 月)	120	18	87	20	33	13	0.73	0.27
冬季(12～2 月)	23	3	19	4	4	2	0.83	0.17
年平均(1～12 月)	689		430		259		0.62	0.38

从泰安市逐月 P、E、$P-E$ 分布(图 4)可以看出,泰安的蒸发量、降水量及可利用降水量逐月变化趋势基本相似,且分布极不均匀,呈现以 7 月为顶点的抛物线形。7 月份 E、P、$P-E$ 分别占全年的 23.6%、31.3%、43.7%,1 月份仅占全年的 1.1%、0.9%、0.5%。

从表 1 可见:泰安年平均蒸发量为 430 mm,其中夏季(6～8 月)蒸发量最大,占全年蒸发量的 58%;冬季最小,占全年蒸发量的 4%;秋季和春季分别占全年蒸发量的 20%和 18%。可利用的降水年平均为 259 mm,夏季最多,占 79%,其次为秋季占 13%,春季占 6%,冬季占 2%。因此 P、E 及 $P-E$ 的季节变化大小顺序也是相似的,降水量的大小决定了可利用降水量的大小,夏季降水最多但不均

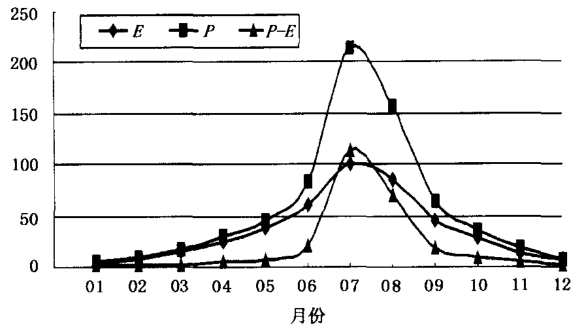


图 4　泰安市逐月 P、E、$P-E$ 分布

(单位:mm)

衡,主要降水发生在 7~8 月,蒸发和可利用降水也是 7~8 月份最大。

从表 1 中降水和蒸发的百分比可见,除夏季降水百分率大于蒸发百分率外,其它三季降水百分率均小于蒸发百分率,特别是春季表现尤为明显,这表明泰安春季的降水变成可利用水资源的可能性最小,春季是泰安最容易发生干旱的季节。

表1 中 α 及 β 值表明,泰安全年降水 62 %被蒸发掉,仅有 38 %的降水可被利用。夏季虽然气温高,但蒸发的损失最小,占 55 %,可利用降水占 45 %。而冬春季蒸发损失最大,均占本季降水的 83 %,秋季蒸发损失也不小,占 73 %。就季节变化来看,越是在降水少的季节,蒸发的损失也就越大。这一特征往往加剧了水资源的供需矛盾,特别是在春季,正值农作物生长需水期,仅有的降水反而更多地被蒸发损失掉,导致泰安春旱严重,且连年出现。

2.2　可利用水资源年际变化

图 5 给出了泰安 1951~2002 年 P、E、$P-E$ 逐年变化。由图 5 可见,泰安水资源各分量的年际差异很大,旱涝交替变化。可利用水资源和降水的变化趋势基本相似,1964 年和 1990 年为异常丰水年,20 世纪 50~60 年代是丰水期,70~80 年代有所减少,但蒸发反而增加,因而可利用的水资源也明显不如 50 和 60 年代。90 年代前期又有增多趋势,可利用水资源也有增加趋势,但从 90 年代后期降水急剧下降,可利用水资源呈减少趋势。

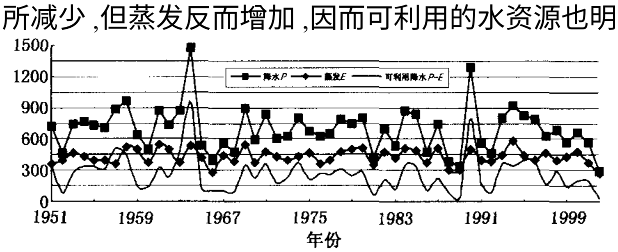


图 5　泰安市 1951~2002 年逐年 P、E、$P-E$ 变化曲线

(单位:mm)

从蒸发的年际变化看,上述变化的阶段性并不明显,这可能是因为气温对蒸发的变化起到一定的调节作用造成的。

3　1984~2002 年泰安地下水资源分析

图 6 给出了泰安市 1984~2002 年地下水位变化情况。从图中可以看出:地下水位基本随每年降水量的多少而升降,变化总趋势是下降的。1984 年地下水埋深 4.66 m,2002 年地下水埋深 7.12 m,19 年累计下降了 2.46 m,年均下降 0.1 m,特别是自 1995 年以来地下水位逐年下降。

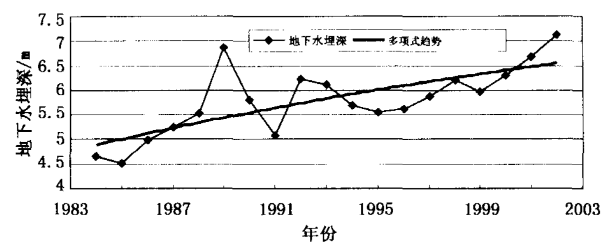


图 6　1984~2002 年泰安市地下水埋深变化

4　地表水资源利用和应对水资源短缺对策

泰安市多年平均地表水资源量为 13.49 亿 m^3,现有总库容为 8.17 亿 m^3,平水年地表水可供水量为 6.6 亿 m^3,枯水年为 4.5 亿 m^3,特枯水年为 2.53 亿 m^3,全市地表水的开发利用程度已达 50 %以上。而且随着社会经济的发展,工业、农业以及城市生活的大量用水,地表水的开发利用量正成倍增长,按此趋势,泰安市用水量即将逼近可用储量的极限。

由上述分析可以看出:近年来,自然降水量的不断下降,地下水资源减少,地表水的大量利用,造成了水资源短缺,加剧了旱情的发展,水资源供需矛盾日益突出,给工农业生产和人畜生活用水带来更大困难。目前缓解和解决水资源短缺的有效方法有以下两方面:

(1) 人工影响天气,合理开发空中水资源。

人工影响天气主要是利用云的微物理不稳定条件,通过人为扰动,影响自然演变过程。泰安市属暖温带大陆性季风气候,雨季相对集中,一般雨季云系人工催化条件较好,若能在此期间充分利用水汽源、

热力和动力条件进行针对性的适时人工催化,可能提前和延长雨季,较大幅度的增加雨量[3],目前此项工作正在开展中。

(2)节约用水,使有限水资源最大限度发挥社会和经济效益。

泰安市存在着严重的浪费水现象。农业是用水大户,用水量约占总用水量的 70 %以上,全市灌溉水的有效利用系数不到 0.5,而世界发达国家在 0.8 以上。工业用水的重复利用率为 55 %,发达国家为 80 %,城市供水漏水率 15 % ~ 20 %。在农业节水方面,要通过调整农作物种植结构、灌区改造和大力推广喷灌、滴灌、渗灌、地压管道输水、防渗渠等多种形式的节水灌溉技术,减少输水损失,提高灌溉水的有效利用率,坚决杜绝大水漫灌和土渠输水。工业方面,要严格行业耗水标准,提高水的重复利用率,降低万元产值耗水量,特别是对耗水量大、污染重的企业,要坚决关停。在城市节水方面,根据水源情况,确定各部门、各行业、各区域、各时期的用水计划和定额,实行限量供水、超计划加价制度;要大力推广节水卫生器具,减少输水过程中的跑冒漏滴现象。

5　结论

(1)泰安市降水资源分布特点突出表现为降水资源年际变化大,降水量的季节分配也极不均匀,四季降水均有明显的周期性,年降水量整体呈明显下降趋势。20 世纪 50 ~ 60 年代降水丰富,70 ~ 80 年代降水偏少,90 年代前期降水有增多趋势,但从 90 年代后期降水急剧下降。

(2)泰安的水资源各分量 P、E 及 $P-E$ 年际差异很大,季节变化明显,可利用水资源变化趋势与降水分布特征相同,但蒸发量的演变过程中这一特征并不明显,春季是泰安最易发生干旱的季节。

(3)进一步研究和开发解决水资源短缺的方法和对策,是今后工作的重点。

参考文献

1　泰安水利局. 泰安日报. 2002 - 05 - 06
2　高桥浩一郎. 从月平均气温、月降水量来推算蒸发量的公式. 天气,1979,26(12):29 - 32
3　李大山. 人工影响天气现状及展望. 北京:气象出版社,2002.30 - 31

Analysis of Precipitation Characteristics and Water Resources in Central Shandong Province

Kang Guihong[1]　Yang Zongbo[1]　Zhao Suhua[2]　Zhang Jie[1]　Zhao Yanchun[1]
(1 Taian Municipal Meteorological Bureau, 2 Taian Water Resources Bureau, Shandong Province, Taian 271000)

Abstract: According to precipitation data from 1951 to 2002, the precipitation distribution characteristics and variation tendency were analyzed. There was great variation in year-to-year precipitation with the maximum being five times greater than the minimum. The seasonal distributions were quite uneven with a general downward trend; especially since 1997 precipitation has been smaller than the normal. By means of monthly precipitation and temperature data from 1951 to 2002 and an empirical formula of land surface evaporation, the land-surface evaporating, evaporating coefficient and available precipitation coefficient were calculated; it is concluded that water resources and precipitation have similar variation characteristics and there occurred frequently droughts in spring in Taian. Through analyzing the underground water level data from 1984 to 2002, the following conclusions are arrived: the underground water level changes basically with precipitation; there is a general downward tendency and underground water resources decrease correspondingly; especially the underground water level declines year by year since 1995. Two solutions to mitigate the shortage of water resources are proposed: increasing precipitation through artificial rain enhancement and economizing water resources use.

Key words: precipitation distribution, evaporating capacity, water resources