

# 宁波市气候变化对水资源的影响

钱燕珍<sup>1</sup> 张建勋<sup>2</sup> 胡亚旦<sup>1</sup> 何彩芬<sup>1</sup> 罗 林<sup>1</sup>

(1 浙江省宁波市气象台, 315012)

(2 浙江省宁波市水利局)

## 提 要

通过对宁波市水资源有关参数的计算,了解宁波水资源状况。根据工农业和生活用水、经济发展规划对水资源的需求,分析了宁波市气候和气候变化对水资源的影响。为更好地促进水资源向可利用水资源的转化,利用和开发好水资源提出了建议。

**关键词:** 水资源 气候变化 年降水量 年平均气温

## 引 言

对于水资源,我国考虑比较多的往往是西北地区,因为众所周知,那儿缺水严重。宁波地处东海之滨,北濒杭州湾,南临三门湾,西连天台山山脉,东西宽 175km,南北长 192km,地势自西南向东北倾斜。宁波市属典型的亚热带季风气候,四季分明,温暖湿润,雨量丰沛,日照时数多,但却属水资源短缺城市。主要原因是由于人口稠密、耕地多,人均、亩均水资源占有量并不丰富,再加上自然环境和水利条件的限制及工农业生产和人民生活用水的增加,缺水问题日见明显。水的稳定供给,是保证社会经济和人民生活安定的重要前提。1949 年以来,宁波市的水利事业取得了巨大成就,但供水事业还不能满足人民生活 and 工农业生产发展的需要。这就要求水资源的开发利用要有长远安排,制定水的长期供求规划。认识和掌握水资源的变化规律对制定水长期供求计划具有重大意义,而水资源的变化趋势主要是由气候变化造成的,作为气象工作者,应该重视这方面的研究,为合理利用和规划水资源提供可靠依据。

### 1 水资源的几个重要参数

水资源指的是逐年可以得到恢复和更新

的淡水量。对于一个特定的区域来说,水资源总量是地表水资源与地下水资源的总和。所谓地表水资源指的是河川径流量,地下水资源是指地下水。水资源主要来自于降水和过境水,降水量为降水资源。宁波没有明显的过境水,所以降水量就是水资源总量的上限,即宁波的水资源上限等于年降水量乘以区域面积<sup>[1]</sup>。

$$W = r \times D \times 10^3$$

其中  $W$  是水资源总量上限,单位为  $\text{m}^3/\text{年}$ ;  $r$  是区域平均年降水量,单位为  $\text{mm}$ ;  $D$  为区域面积,单位为  $\text{km}^2$ 。宁波市面积统计年鉴为  $9365\text{km}^2$ ,水利详查面积为  $8754\text{km}^2$ ,本文用后者作为宁波市的面积。

水资源不可能都被利用,有相当一部分要损失掉,这包括蒸发和渗漏,一般情况下蒸发远大于渗漏,所以损失量主要是蒸发量。陆面蒸发在四明山区及南部山区年平均在  $700\text{mm}$  左右;西部山区在  $650\sim 700\text{mm}$ ;平原水稻地区在  $750\sim 800\text{mm}$ ;北部棉区在  $700\text{mm}$  左右。陆面蒸发年际变化不大,最大年与最小年的比值平均为 1.7。水面蒸发量面上分布与陆面相同,一般在  $900\sim 1000\text{mm}$ 。年际变化不大,变率为 1.53。

可被利用的水主要是径流水,所以人们把多年径流总量的水称为水资源年储量,简称水年储量。

$$Z = f \times D \times 10^3$$

其中  $Z$  是水年储量,单位为  $m^3/年$ ;  $f$  为区域平均径流深,单位为  $mm$ ,宁波的  $f$  为  $770.8mm$ 。

一个地方可利用水有多少,主要决定于水年储量,同时更重要的是平均每人每年、每公顷耕地每年占有的水资源储量和水资源开发水平。

$$Q = Z/N \quad T = Z/M$$

其中  $Q$ 、 $T$  分别为每人每年、每公顷耕地每年拥有的水储量,单位分别为吨/人·年、15吨/公顷·年;  $N$  为区域人口总数;  $M$  为耕地总数,宁波分别为 535.3 万人和  $21.6 \times 10^4 hm^2$ 。

宁波市  $W = 1.331 \times 10^{10} m^3/年$ 、 $Z = 6.748 \times 10^9 m^3/年$ 、 $Q = 1261 m^3/人 \cdot 年$ 、 $T = 3.12 \times 10^4 m^3/hm^2 \cdot 年$

## 2 宁波市水资源分析

### 2.1 水资源人均占有量不丰富

本市可利用的水资源总量为 70.36 亿  $m^3$  (水年储量加上地下水资源量,再减去互相重复的部分),水年储量为 67.48 亿  $m^3$ 。全市人均拥有水年储量为  $1261 m^3$ ,每公顷平均水年储量为  $3.12 \times 10^4 m^3$ 。全世界平均每人拥有水年储量  $11000 m^3$ ,我国平均每人  $2700 m^3$  [2],可见本市人均分别为全世界、全国的 11.5%、46.7%,缺水问题非常严峻。每公顷分别为全省、全国的 54%、110%。特别是慈溪市人均水资源占有量仅  $525 m^3$ ,只有全省、全国平均水平的四分之一,全市平均的 40%,是浙江省缺水最严重的地区之一。在宁波现有水源工程条件下,计算了水平年水资源供需情况(表 1),由表 1 可见,在保证率较高的情况下,宁波缺水明显。水枯年,如 1967 年,鄞县气象站年降水量只有  $851.4 mm$ ,在

不同的保证率下,缺水都很严重。

表 1 宁波市现有水源工程条件下供水平衡表

供水保证率%	需水量/ $10^8 m^3$	供水量/ $10^8 m^3$	缺水量/ $10^8 m^3$
50	21.22	21.22	0
75	22.96	22.71	0.25
90	24.20	21.77	2.43
95	24.20	19.23	4.97

### 2.2 水资源时空分布不均

本市因受季风气候的影响,降雨和径流的年内分配不均,年际变化大,而丰枯水年又有连续交替发生的现象。全市降水 6、9 月份比较多,冬半年少,多的时候(6 月份)是少的时候(12 月份)的近四倍;县与县之间差别也比较大,其中宁海雨量最多,慈溪雨量少,宁海气象站年平均降水量( $1679.7 mm$ )比慈溪气象站( $1285.8 mm$ )多 30.6% (图 1)。全市三个雨量等值线在  $1800 mm$  以上的降水高值区都分布在水利区划分区线的西部和西南部边缘,中部及东部滨海地区一般只有  $1300 \sim 1400 mm$ ,而城市发展和耕地分布主要在中部平原及东北部滨海地区。

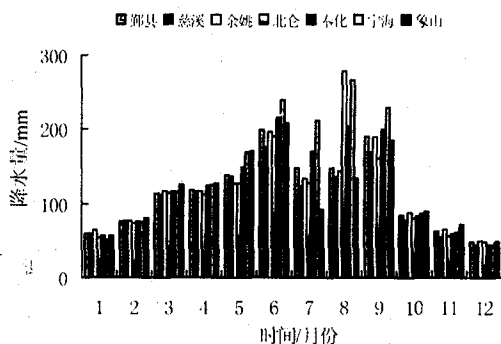


图 1 宁波市各气象站月降水量 (1953~1996) 平均值

### 2.3 水利设施分布不均

宁波市已建了亭下、皎口、横山、四明湖等大型水库 4 座(正在建设的白溪水库也属大型水库),中型水库 20 座,小型水库 351 座,合计兴利库容  $9.61 \times 10^8 m^3$ ,河网总面积  $2.67 \times 10^8 m^2$ ,低水位以上有效库容  $1.63 \times 10^8 m^3$ ,总计水库河网兴利库容  $11.24 \times$

10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>。这些水库为宁波市调配水资源时空分布不均、防洪抗旱起到了很大的作用。但是由于自然环境的制约,宁波没有库容在5×10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>以上的特大型水库,这也是宁波降水丰沛而可利用的水资源仍缺乏的原因之一。这些水库分布不均匀,大多在余姚、奉化、鄞县、宁海。象山年降水量并不少(如图1,象山气象站年平均降水量为1394.2mm,比余姚气象站1371.6mm的年平均降水量还多),可水资源仍缺乏,原因就是象山属半岛地区,源短流急,无法建造大的水库,大量降水直接流入大海。

### 3 水资源在工农业生产和民用方面的应用

工农业生产和人民生活需要水。随着生产的发展和人民生活水平的提高,对水的需要量也大幅度提高,根据宁波水利局提供的需水预测,以农田灌溉需水情况为例列于表2。

表2 宁波市预测的需水量/10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>

年份	保证率/%	农田灌溉	需水总计
2000	50	10.76	21.22
	75	12.50	22.96
	90	13.74	24.20
	95	13.74	24.20
2005	50	10.33	22.75
	75	12.04	24.46
	90	13.21	25.63
	95	13.21	25.63
2015	50	10.24	26.45
	75	11.96	28.17
	90	13.12	29.33
	95	13.12	29.33

### 4 气候变化与水资源

由于气候变化,水资源的情况会发生很大改变。讨论水资源一系列重要参数时,除了考虑多年平均值,丰水年、枯水年的情况外,还应十分重视它们的变化趋势,这些量是受气候变化影响的,因此分析气候和雨量的超长期趋势十分重要。

#### 4.1 雨量直接影响着水资源各参数值

图2是宁波市(鄞县气象站)历年降水

量,其中1998年最大,达1856.6mm,最小的1967年,年降水量只有851.4mm,最大年份是最小年份的2倍多。从图形看,50年代是相对丰水期,1963年以后到1972年降水量相对较少,是相对枯水年,1994到1996年又是一个相对枯水年,以后又进入了丰水年。因此,宁波市年降水量变化大,丰枯水年连续交替发生。

年径流深是一个非常重要的参数,直接影响着水年储量、每人每年和每公顷每年拥有的水年储量等有关参数。下面把年径流深的相对变幅( $\Delta f/\bar{f}$ )与雨量的相对变幅( $\Delta R/\bar{R}$ )进行比较:

$$\Delta R/\bar{R} = (R_i - \bar{R})/\bar{R} \quad \Delta f/\bar{f} = (f_i - \bar{f})/\bar{f}$$

$$K = \frac{\Delta f/\bar{f}}{\Delta R/\bar{R}}$$

如忽略年蒸发量的变化,则有 $\Delta f = \Delta R$

$$k = \bar{R}/\bar{f} \approx 2$$

由此可见,由于气候变化,水年储量的相对变幅是年雨量相对变幅的近2倍,所以对水资源来说,应重视气候变化对它的影响。

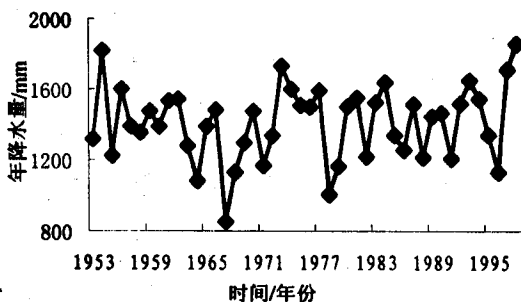


图2 宁波市(鄞县站)年降水量统计图

#### 4.2 降水状况影响着水资源向可利用水资源的转化

宁波主要的降水系统是梅雨和热带气旋,暴雨大多数集中在6月份和9月份。梅雨期间,经常会出现暴雨或连续性暴雨,如入梅暴雨,出梅暴雨等,由于宁波市防洪能力有限,一般采取前期一定时候泄洪的办法,往往

只把出梅暴雨蓄留在水库中,这样大量的水资源没有很好地转化成可利用水资源。

热带气旋也有同样情况,通常情况下,它带来的降水量是全年总降水量的 10%~20%。统计 1953~1998 年,宁波市每年有 2~3 个热带气旋活动影响,其中差不多平均 2 年有 1 次出现一个能带来较大的风雨,造成比较严重的后果,对工农业生产、人民生命财产造成很大的影响的热带气旋。这一方面带来丰沛的水资源,另一方面由于防洪能力的限制,也往往造成洪涝灾害和水资源浪费,因为随着热带气旋骤然而至的连续性暴雨和大暴雨,往往使水库放水泄洪,大量淡水流入大海。

#### 4.3 气候变暖使宁波水资源更加紧张

蒸发量也是对水资源各参数有直接影响的重要物理量,气温高低将影响蒸发量的大小。宁波市(鄞县气象站)年平均气温最高出现在 1995 年,达 17.83℃;最低出现在 1976 年,只有 15.56℃;年平均气温最高和最低差达 2.27℃,冷暖变化比较大。自从进入 80 年代以来,由于人类活动、环境等诸多原因,年平均气温在不断升高,进入 90 年代以后,这种趋势更是非常明显。通常情况下,气温高,蒸发量大,用水量也相对多一些,特别是农业用水和生活用水。所以全球大气的变暖趋势,也使本来缺水的宁波,水资源更加紧张。

#### 4.4 冬半年大风天气使蒸发量加大

统计了 1953~1998 年的资料,从 12 月份到 2 月份,几乎每 5~7 天有一次冷空气过程,它带来的 4~6 级内陆偏北大风,有时甚至达 6~8 级的大风天气,大大提高了蒸发量,影响着水年储量等物理量,这种冷空气影响的频率和强度不断变化,因此应注意冬天水资源的保护。

### 5 讨 论

通过对宁波市水资源有关参数的计算,

了解了工农业和生活用水的状况,并进一步了解了经济发展规划对水资源的需求,然后根据对宁波市气候和气候变化的分析,为有效地利用水资源,特提以下建议:

(1)气象部门力求提高预报质量,特别是超长期、长期和中期预报,为水资源利用提供依据。如 10 年甚至 20 年的超长期气候和雨量的趋势预报,可为有关部门的水利建设和用水规划提供依据。

(2)充分发挥已建、在建、待建水库的作用,科学使用天气预报,充分蓄水,促进水资源向可利用水资源转化,在发挥水库防洪调度的同时,发挥好水库的用水调度作用。工业生产布局要充分考虑水资源,以解决水资源时空分布不均的问题。

(3)积极开发空中水资源,即开展人工影响天气中人工增雨工作。目前宁波市大中型水库不少,且库区集水面积较大,如果充分利用有利的天气条件,进行人工增雨作业,则能达到事半功倍,提高水库蓄水之目的。

(4)大力提倡节约用水,农业上除调整农作物的品种外,应制订农业灌溉节水规划和计划,完善农业灌溉工程的配套设施。工业用水要计量定额,推广新工艺、新技术,新建工业企业应采用先进节水设备,减少工业耗水量,提高工业用水的重复利用率。居民生活及公共事业单位的用水要实行计量管理,推广节水器具和措施,加强管理,防止浪费,励行节约。

(5)防止水源污染,控制水质恶化,提高水环境质量。经济发展和生活水平提高的同时,工业污水和生活废水、垃圾也日益增多,由于污染治理跟不上污染发展,宁波市地表水污染、平原河网富营养化日益严重,因此应加强水源的保护和污染的治理。

(下转封三)

(上接第 54 页)

## 参考文献

1 章澄昌. 产业工程气象学. 北京:气象出版社, 1997: 256~

271.

2 丁士晟. 气候与水资源. 气象, 1982, 8(11): 16~18.

# The Impact of Climate Change upon Water Resource of Ningbo City

Qian Yanzhen<sup>1</sup> Zhang Jianxun<sup>2</sup> Hu Yadan<sup>1</sup> He Caifen<sup>1</sup> Luo Lin<sup>1</sup>

(1Ningbo City Meteorological Office, Zhejiang Province 315012)

(2Ningbo City Hydraulic Office, Zhejiang Province )

## Abstract

Having computed several parameters about water resource of Ningbo city, it is realized that the status of the water resource of Ningbo. According to the the water necessities in the agriculture, industry, people's daily living and economy development, an analysis of the impact of the Ningbo climate on the changes of water resource and suggestions about how to fully exploit and use the water resource are put forward.

**Key Words:** water resource climate changes precipitation air temperature