

吉林省气候变化对水资源的影响*

丁士晟

(吉林省气象科学研究所)

提 要

吉林省位于我国的东北部,气候比较湿润,但水资源并不充足,每人每年仅有 1565 方水储量,只是世界平均 11000 方的 1/7,并且水储量在地区分布上差异可达几十倍。本文讨论了水资源对吉林省工农业生产和人民生活的影响。分析表明,气候变化对水资源影响比降水大得多,并给出一个普遍表达式: $K=(1-B/r)^{-1}$ 其中 K 是水资源相对变幅与雨量相对变幅的比值, B 是年蒸发量, r 是年雨量。最后还讨论了合理利用水资源及水储量长期预测问题。

一、引 言

吉林省气候比较湿润,季风气候明显,降雨集中在夏季。在多雨的五十年代和六十年代初水灾频繁,加之工农业不发达,生活用水少,所以长期以来人们认为水主要是水害。六十年代中期以后,吉林省处于少雨阶段,加之工农业生产有了发展,逐渐感到水的不足,才把水当作一种资源来考虑。随着工农业生产的发展和人民生活水平的提高,水将愈来愈紧张,水作为一种资源象能源一样愈来愈显得重要。

二、吉林省水资源储量

我们用 1951 年—1980 年气象资料^[1]和有关水文资料^[2],来讨论吉林省水资源储量。

经计算得到吉林省多年平均降雨量为 603 毫米,而世界平均雨量为 740 毫米(陆地为 730 毫米)^[3],据中国地面气候资料(1951—1970 年)^[4]计算得到我国平均雨量为 870 毫米,吉林省年雨量分别是它们的 81.5% 和 69.3%。而每人每年占有自然水吉林省仅 5120 方,是中国平均 5700 方的 89.8%,是世界平均 32000 方的 16%。由此可见,吉林省自然水并不丰富,特别每人占有量更少。

降雨量是水的主要来源,但不是所有降雨量都可以利用,比较方便利用的是径流,人们把多年平均径流总量的水称为水年储量,平均径流深称为水年储量深度。吉林省多年平均水年储量深度为 183 毫米,水年储量为 344 亿方,平均每人拥有水储量为 1565 方,是中国平均 2700 方的 58%,只有世界平均 11000 方的 14.2%。又如:人口密度较大的日本,每人每年拥有自然水 6400 方^[3],吉林省是它的 80%,由于日本年蒸发量占的比重小,

* 本文于 1981 年 11 月 16 日收到,1982 年 4 月 23 日收到修改稿。

每人每年拥有水储量为 4261 方^[3], 吉林省仅是它的 36.7%。上述这些都说明吉林省每人拥有水储量的资源比自然水更少。

水资源利用率的高低决定于蒸发的大小, 计算年蒸发量的公式较多, 高国栋等^[5]比较详细的比较了这些公式, 并且与水份平衡方程进行比较。

$$B = r - f$$

其中 B 是年蒸发量, r 是年雨量, f 是年径流深。结果认为, 巴哥罗夫公式计算精度较高。

$$r = \int_0^B \frac{1}{1 - \left(\frac{B}{B_0}\right)^n} dB$$

其中 $B_0 = \frac{R}{L}$, R 是辐射平衡, L 是蒸发潜热。并且认为它与水份平衡方程计算结果相似。

吉林省有比较完整的水文观测记录, 其径流比较可靠, 所以我们采用水份平衡方程计算蒸发。

经计算得到吉林省多年平均年蒸发量为 420 毫米, 是年雨量的 70.0%, 而世界平均年蒸发量为 486 毫米, 是年雨量的 65.7%, 中国平均年蒸发量为 412 毫米, 是年雨量的 47.4%, 日本平均年蒸发量为 597 毫米, 是年雨量的 33.3%。由此可见, 吉林省年蒸发量占年雨量的比例是较大的, 这也说明吉林省可利用的水资源比重较少。

吉林省各地年雨量, 年水储量各地差异很大, 表 1 给出这些数据。

表 1 吉林省水资源的地区分布

	深 度(毫米)			方/人	
	年 雨 量	年 储 量	年蒸发量	水	水 储 量
白 城 地 区	429	14	415	5299	178
长 春 地 区	577	88	489	2048	313
四 平 地 区	612	102	510	3144	524
吉 林 地 区	702	243	459	5075	1760
通 化 地 区	800	379	421	8662	4108
延 边 地 区	572	257	315	13901	6244

由表可知, 各地年雨量、年储量、年蒸发量, 每人拥有水和水储量都有差别, 差别最小的是蒸发, 四平地区最大比最小的延边地区大 61.9%, 而每人拥有水储量差别最大, 延边地区最大比最小的白城地区大 35 倍, 这说明吉林省水资源的分布极不均匀, 所以进一步研究各地的水资源是很有必要的。

三、水资源对工农业生产和人民生活的影响

水与工农业生产和人民生活有着密切的关系。建国三十年来, 吉林省水利事业有了很大的发展, 水利对农业生产起到了促进作用。据省统计局统计, 就灌溉来讲大约扩大了

20 万顷水田,增加了 25 万顷旱田灌溉,水稻平均比旱田每顷增产 4000 斤左右,旱田灌溉每顷约可增产 800 斤左右,这样可增产 10 亿斤左右。再加上兴修排涝工程,估算每年少损失 1—4 亿斤粮食,这样由于更好地利用水资源增产粮食,就要深入研究气候与农业生产的关系。

作者(1961 年)^[6]曾指出:吉林省怕涝不怕旱,整个生长期少雨、高温、多日照的年份是丰收年,多雨、低温、少日照是欠收年。经过二十年证明这个结论是正确的。作者(1979)^[7]的研究得到,1951—1978 年 28 年 5—9 月降水量和逐年粮豆单产呈明显反相关,相关系数 -0.44,其信度为 0.02。如以滑动平均雨量与滑动平均产量计算相关系数高达 -0.96,这也说明少雨丰收,多雨欠收。

吉林省各县单产差异较大,可达一倍以上,计算了各县年雨量与产量相关很好,相关系数为 0.543,信度达 0.001。这说明干旱地方低产,湿润地方高产。

降雨和产量随时间是反相关,随地区是正相关。初看起来是矛盾的,但仔细分析并不矛盾。吉林省干旱的西部由于雨量少不能满足作物需水,所以产量低;雨量多的东部地区产量高的水稻比重大,所以单产高。而少雨年份吉林省主要产量区中,东部地区雨水也够用不会由于少雨而减产,与少雨相伴随的高温和多日照有利于作物增产,所以少雨增产。而多雨年份吉林省的粮食中部地区最易遭涝灾,加之伴随的低温少日照而使作物减产。

为了进一步研究,将各县平均年雨量对产量进行最优二分割。最优二分割就是取最小总变差。

$$S(c^*) = \min_{1 \leq c \leq n} S(c)$$

$$S(c) = V(1, c) + V(c+1, n)$$

其中 $V(1, c), V(c+1, n)$ 表示变差, $V(1, c) = \sum_{k=1}^c (Y(k) - \bar{Y}_{1,c})^2$,

$V(c+1, n) = \sum_{k=c+1}^n (Y(k) - \bar{Y}_{c+1,n})^2$, 在这 $Y(k)$ 表示各县平单产, $\bar{Y}_{1,c}, \bar{Y}_{c+1,n}$ 分别是二组的单产平均值。

用最优二分割可以把吉林沿双辽、农安、三岔河一线分为西部地区和东部地区两部分。并经 F 检验证明这样分割是很显著的,也就是说,西部地区十个县正好是吉林省降水最少,产量最低的十个县。平均单产仅 2780 斤/顷,东部地区单产平均为 4680 斤/顷,比西部高 68.3%。

除了西部地区外,东部五个地区 5—9 月气温和蒸发关系很好,大小顺序完全一致,可以认为在湿润地区年蒸发量与气温关系很好,这样可以用下列方程来描述吉林省的蒸发:

$$B = 439 + 15(T - 90.5)$$

其中 B 是年蒸发量, T 是 5—9 月气温和。

用上述方程计算其误差的标准差仅 13.5 毫米,相对误差仅 3.2%,这说明方程是有效的。如按这个方程计算吉林省西部白城地区年蒸发量为 509 毫米,比实际蒸发量 451 毫米大 94 毫米,比雨量 429 毫米大 80 毫米,所以白城地区要获得高产就要通过灌溉或人工降雨等途径增加 100 毫米以上的水量。

工业发展就需要增加用水,我省 30 年统计每千元产值耗水量还略有增加,如吉林市 1951—1960 年 4.8 方/千元产值·天,1971—1980 年为 8.7 方/千元产值·天。平均每年增

加 3.0%。而日本^[8]1965 年工业水使用量 1965 年为 108 方/亿日元·天, 1975 年为 105 方/亿日元·天, 变化很小, 但耗水量 1965 年为 70 方/亿日元·天, 1975 年为 37 方/亿日元·天, 耗水量十年几乎减少一半。这说明吉林省工业节约用水有很大潜力, 这个问题不仅吉林省如此全国类同, 缺水已是我国北方许多城市的普遍问题, 出路主要是节约用水。

吉林省生活用水三十年来有了很大发展, 水资源丰富的吉林市 1949—1973 年平均每人每年生活用水 6.7 方, 1974—1978 年增加到 28.4 方, 增加了 3.24 倍, 平均每年增加 5.9%, 水资源贫乏的四平市 1978 年为 14.0 方/人·年, 平均每年增加 2.0%。吉林省城镇平均每人每年 15 方, 全省平均约 10 方, 仅是日本 60 方的 1/4、1/6, 这个消费水平是很低的, 平均每人每年生活用水随着生活水平提高, 和发展楼房仍将增加。

城镇用水也受气候影响, 工业布局受水资源分布的影响, 吉林省耗水量大的工业如: 化工、造纸、钢铁等工业都在水资源比较丰富的延边、通化、吉林三个地区。1975—1979 年长春市由于连续少雨而严重缺水, 1977 年自来水售水量比 1976 年下降 16%, 迫使一些工厂停产, 严重影响居民生活用水, 长春市生活用水 1975 年已达 21.1 方/人, 但 1976—1978 年都低于这个水平。

四、气候变化对水储量的影响

水储量的大小主要取决于雨量的大小, 在研究水资源时, 一般讨论十年一遇的丰水年和枯水年的情况, 吉林省丰水年雨量为 715 毫米, 枯水年雨量为 504 毫米, 平均每人占有自然水 4390 方。

有的研究指出, 年蒸发量不随雨量变化, 大体上是个常数。这个结论在吉林省是否可靠, 我们用丰满水库资料进行计算, 丰富上游有 42500 K_m^2 , 计算得到丰满平均年雨量的均方差为 117 毫米, 径流深为 113 毫米。对逐年水份平衡方程有:

$$B = r - f + a$$

其中 B 为年蒸发量, r 为年降水量, f 为径流深, a 为上一年积雪。

逐年降水和径流之差 $r - f$ 的均方差为 35 毫米, 这是蒸发和上一年积雪之差的均方差, 如对逐年积雪作出估计, 则蒸发的均方差约为 22 毫米, 不足雨量或径流深均方差的 1/5, 并且只有年蒸发量的 5%, 所以可以粗略认为年蒸发量的年际变化变化很小, 可以看成常数, 这样就可以由雨量方便地计算逐年水储量。

吉林省丰水年与枯水年雨量相对变幅 44.8%, 水年储量相当变幅 147.5%, 水年储量与年雨量相对变幅的比值为 3.29, 这说明气候变化对水储量的影响比雨量大得多。

气候变化除了年际变化以外, 还有几年、十年、几十年、百年以上的变化。近三十年来气象资料表明吉林省雨量有 60% 的年际之间持续了多雨或持续少雨, 最长持续五年多雨

表 2 吉林省连续多雨、少雨雨量和水量

	多 雨			少 雨			相对变幅比值
	雨 量	储量深	年 份	雨 量	储量深	年 份	
连续 2 年	746	326	56—57	511	91	78—79	3.29
连续 3 年	692	272	55—57	529	109	77—79	3.29
连续 4 年	694	274	54—57	530	110	76—79	3.29
连续 5 年	663	243	53—57	536	116	75—79	3.29

或少雨。持续多雨、少雨对水储量的影响很大,并且对靠多年调节水库供水的城市影响极大。

由表可见,连续多雨、少雨,水储量变化均比雨量大,其相对变幅的比值也均为 3.29。以上四个相对变幅的比值均为 3.29,这是偶然的吗? 让我们作如下推导。

我们有水份平衡方程,

$$B = r - f$$

如果令水储量(径流)的相对变幅是雨量相对变幅的 K 倍,则有:

$$\frac{\Delta f}{f} = K \left(\frac{\Delta r}{r} \right)$$

因为年蒸发量是常数,所以有 $\Delta f = \Delta r$, 这样有: $\left(\frac{\Delta r}{r - B} \right) = K \left(\frac{\Delta r}{r} \right)$

可以得到:

$$K = (1 - B/r)^{-1}$$

K 就是水年储量变幅与年雨量变幅的倍数,计算结果由表 3 给出:

表 3 水年储量变幅与年雨量变幅比值表

B/r	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60	0.40	0.30	0.20	0.10
K	20.0	10.0	6.67	5.00	4.00	3.33	2.86	2.50	1.67	1.43	1.25	1.11

B/r 愈大气候愈干燥, 这说明气候愈干燥的地方气候变化对水储量变化的影响愈大, 气候很湿润地区, 水储量变化和雨量变化相近, 比雨量变化略大。

在气象学中, 降雨变化是很受人们注意的, 在研究水储量时, 不仅要计算分析其平均状态, 更要注意其年际变化, 因为气候变化对它的影响往往要比雨量的变化大几倍, 并且对生产的影响也很大。

五、水资源的长期预测

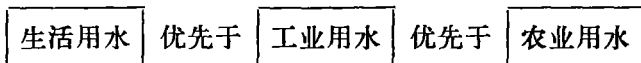
在研究气象问题时, 对于雨量的长期预报和超长期预报 (指二年以上的预报) 是很重要的, 水资源的变化比雨量大, 更应重视一年及一年以上的预测。对于水资源的一年及以上的预报这里统称为长期预测。关于水资源的长期预测对于制定经济发展规划是很有用的。问题在于是否能做水资源的长期预测, 水资源的长期预测的精度取决于雨量的长期预测。

六十年代我国开始研究气象的超长期预报, 并且有的预报取得了较好的结果。作者 (1962 年) 曾对吉林省雨量长期演变规律及其成因进行分析, 做出较成功的超长期预报, 并作出了到 2000 年的预报。再结合作者最近研究指出: 吉林省由于大砍森林, 150 年降水稳定减少。这样可以预测八十年代吉林省水储量深度为 183 毫米, 和近三十年平均相近, 比近十五年平均有所增加, 九十年代将是 155 毫米, 水储量为 290 亿方, 比近三十年平均少 15%, 每人拥有水资源将下降到 1007 方左右, 仅是现在的 64.3%。

目前吉林省工农业和生活用水大约每年 30 亿方, 近 30 年枯水年水储量为 186 亿方, 利用率为 16.1%。到本世纪末, 吉林省预计将开发 10—15 万顷水田, 发展一部分旱田灌

溉,这样农业用水将达40亿方,比目前大约增加40%,预计城镇工农发展和人民生活用水增加到本世纪末约增加1—1.5倍,达8—10亿方左右,全省耗水将达50亿方,比目前增加60%,它将是未来枯水年储水量的32%左右。也就是说,水的利用率在20年内增加一倍,并且达到一个较高的水平,这有许多问题要进行研究和解决。

首先要解决城乡用水矛盾,工业用水和生活用水矛盾。吉林省农业用水每方产值仅0.1—0.3元,工业用水产值每方50—90元,生活用水关系到人民生活水平。所以优先序应为:



为了实行这个优先序,应该在缺水城市上游控制农业用水,特别应节农业节水灌溉。在城市里也应注意节水,提高水的利用率。更重要的是从生态平衡出发大量植树造林,增加雨量,阻止降雨减少的趋势,减少蒸发,提高可利用水的比重。

参 考 资 料

- [1] 吉林省气象台,《吉林省气候基本总结》,1972年。
- [2] 吉林省水文总站,吉林省水利勘测设计院,《吉林省水文图集》,1974年。
- [3] 山下嘉之,我が国の水资源賦存量について,《工业用水》,No. 22,1977年。
- [4] 中央气象局,《中国气候资料》。
- [5] 高国栋、陆渝蓉、李怀瑾,我国陆面蒸发量和蒸发热量的研究,气象学报,38卷2期,1980年。
- [6] 丁士晟,吉林省丰欠气象条件的探讨,1961年吉林省气象学会汇编,1961年。
- [7] 丁士晟,吉林省气候变化及其对农业生产的影响,吉林农业科学,1979年4期。
- [8] 文卿,日本工业用水结构分析,自然资源译丛,参考资料第3期,1980年。
- [9] 丁士晟,吉林省六十年代降水超长期预报的检验,气候变迁和超长期预报文集,1975年。

THE INFLUENCE OF CLIMATIC VARIABILITY ON WATER RESOURCES IN JILIN PROVINCE, CHINA

Ding Shisheng

(The Institute of Meteorological Science of Jilin Province)

Abstract

Jilin province, in the northeast part of China, is subhumid in climate, and not rich in water resources, with only $1565 \text{ m}^3 \text{ year}^{-1}$ water storage per capita, and water resources are unevenly distributed from region to region with the maximum difference several times as high.

The influence of water supplies on agriculture, industry and people's life is discussed at some length in this paper.

Analysis reveals that climatic variability shows much more pronounced influence on water storage than on rainfall. A general expression is given: $K = (1 - B/r)^{-1}$, where K is the ratio of relative variation amplitude of water supplies to that of rainfall, B , annual evaporation, r , annual rainfall.

Water resources forecasting is also discussed.