

南水北调中线工程对汉江中下游气候的影响研究

王玉敏¹, 周孝德¹, 宁大同²

(1. 西安理工大学, 陕西 西安 710032; 2. 北京师范大学, 北京 100875)

摘要: 研究了汉江中下游气候在南水北调工程实施前后所发生的变化。南水北调工程运行以后, 必然导致汉江中下游河流水位降低, 流速减缓, 水面宽度变窄。把汉江中下游以城镇为节点划分为 11 个区域, 通过水面宽度变窄的幅度引起的水面蒸发量的变化, 构造蒸发量与温度、相对湿度的关系模型, 初始温度、相对湿度为各区域 2000 年的年平均温度、相对湿度值, 经过模型递推计算, 得到不同调水规模下各区域经过 36 a 后的温度、相对湿度变化值。

关键词: 南水北调; 汉江中下游; 气候

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2001)06-0040-03

中图分类号: TV212

Effect on Climate in Middle-and-down Reaches of Hanjiang River Owing to Middl-line Project of Transferring Water from South to North

WANG Yu-min¹, ZHOU Xiao-de¹, NING Da-tong²

(1. Xi'an University of Science and Engineering, Xi'an 710032, Shaanxi Province, PRC;

2. Beijing Normal University, Beijing 100875, PRC)

Abstract The climate changes taking after the project of transferring water from south to north are studied. After the project is executed, the river's water level will be lowered, the water velocity will be slowed, the water surface will be narrowed in the middle-and-down reaches of Hanjiang river. The middle-and-down reaches of Hanjiang river are distributed into 11 zones by cities, the changes in water surface evaporation caused by the narrowness of water width are studied and the model of relationship between temperature, humidity and evaporation are established. The average temperature and humidity in every zone in 2000 are used as the initial temperature and humidity, which is taken into model to calculate, so as to achieve the change of temperature and humidity in every zone under different water transferring scale.

Keywords transferring water from south to north; the middle-and-down reaches of Hanjiang river; climate

1 问题的提出

1.1 南水北调中线工程概述

南水北调中线工程从丹江口水库引水, 初期丹江口水库正常蓄水位 170 m, 规划多年平均调水 $1.45 \times 10^{10} \text{ m}^3$, 后期从长江三峡水库引水, 多年平均调水 $2.20 \times 10^{10} \sim 2.30 \times 10^{10} \text{ m}^3$ 。引汉总干渠从丹江口水库经黄、淮、海平原直至北京玉渊潭, 全程水位落差高达 100 m 左右, 可以自流引水。华北平原的大部分地区近年来的经济发展严重受到水资源短缺的影响, 南水北调中线工程可以大大缓解该地区的水资源供需矛盾, 改善沿线地区生态环境, 增加工业、城市生活用水, 改善人民生活水平; 增加农业灌溉用水量, 减轻干旱灾害的影响, 促进沿线地区经济快速增长。

南水北调工程实施以后, 汉江中下游的洪峰流量

大大削减, 中下游流量过程变得较为均匀平缓, 枯季流量增大, 平水期延长, 水位相应降低, 减轻了中下游的防洪压力。由于枯水期水量增大, 稀释了污染源的浓度, 使水质的污染物含量在枯水期有所降低。丹江口水库水质良好, 水库中心的水质可以达到直接饮用的标准。

1.2 研究意义

南水北调工程实施后, 丹江口水库的下泄流量将减少, 河流流速变缓, 水温降低, 生态系统会在新的自然环境条件下达到新的平衡。如果自然环境变化太大而且过于迅速, 会严重破坏生态环境, 最终人类生存质量必然会大大下降。这属于不可逆的人为生态系统演变, 它的破坏程度远远大于自然生态系统演变。近年来, 汉江中下游连连发生“水华”现象, 水质变差, 发出恶臭, 水体浑浊, 严重影响了当地人民的正常生活。

收稿日期: 2001-08-28

资助项目: 国家“九五”攻关项目“南水北调中线工程对汉江中下游生态环境影响”专题 (96-015-01-010)

作者简介: 王玉敏 (1972-), 女 (汉族), 安徽省合肥人, 博士。主攻方向为水资源保护及水污染防治。E-mail wang_ym37@263.net

生产。南水北调工程实施后,污染源的浓度会大大增加,水流速度会变缓,如果气温再明显升高,“水华”的发生几乎是不可避免的。因此南水北调中线工程对汉江中下游的气候究竟有没有影响,影响程度有多大,这是关系到子孙后代的大事,从而也是南水北调工程的决策者极为关心的问题之一。

1.3 研究范围

1.3.1 温度与湿度因素 气候因子中最重要的因素是温度和相对湿度,因此本文把研究的重点放在温度和相对湿度上。国内外对这方面的研究很多,但是大部分都是定性的分析,本文从定量化的角度研究这个问题。温度和相对湿度的影响因素主要是降水量和蒸散量。根据《三峡工程对库周气候影响报告》,建库后对库区的降水量的影响大约仅 3 mm,即降水总量的 0.273% 左右,而且汉江中下游一年四季雨量充沛,降水量即使有一些变化,对总量来说也基本上影响较小。因此本文研究中忽略了降水量的影响。本文对蒸散量的研究主要是针对汉江中下游河流水面的蒸发量变化,即调水量越大,下泄水量就越少,下游的河流水面宽度就越少,水面蒸发量就减少,相应地,整个区域的温度会升高,湿度会降低。

1.3.2 模型的建立 本模型采用宏观分析,以年为时段划分,将南水北调中线工程分为以城镇为节点的不同区域,在某一个特定区域里,对运用模型求解

$$T(i+1) - T(i) = dT \quad (1)$$

$$q(i+1) - q(i) = dq \quad (2)$$

式中: $T(i)$, $q(i)$ ——第 i 年的温度、相对湿度值; dT , dq ——第 i 年由调水后河流水面宽度变窄引起的温度、相对湿度改变值,所用到的子模型如下。

(1) 水面蒸发量模型

由道尔顿布德科模型

$$E = 1.688 + 0.375 \times (7.250 \times e^{0.062T} - 4.375 \times e^{0.066T}) \quad (3)$$

式中: T ——大气年平均温度; E ——水面蒸发量 (mm/a)

$$\Delta E = E \times \frac{\Delta w}{u} \times 365/1000 \quad (4)$$

式中: Δw ——水面宽度的减少值 (m); u ——流域水平影响范围 (m); ΔE ——水面蒸发量的变化量 (m/a)

根据三峡库区对两岸陆地气温影响范围的研究,最大的水平影响范围不超过 1500 m,考虑到调水引起汉江中下游水面宽度的变化比三峡水库的库区集水面积小的多,取流域水平影响范围为 500 m。本文主要研究蒸散量变化中的水面蒸发量的变化。故 ΔE

也可以认为是蒸散量的变化。

(2) 蒸散量变化与热量变化的关系模型

$$\Delta P = \Delta E \times C_a \times d_k \quad (5)$$

式中: C_a ——水的气化热 (2.268×10^6 J/kg); ΔP ——热量变化 [$J/(m^2 \cdot a^{-1})$]

(3) 热量变化与温度变化的关系模型

$$dT = \frac{\Delta P}{c_{p\text{气}} \times C_p \times z} \quad (6)$$

式中: z ——研究平均高度,据三峡工程对库周气候影响的报告,水域对温度的垂直影响范围大在 400 m 以下的河谷地区,南水北调对温度的垂直影响高度比三峡要小的多,本文取为 100 m; C_p ——空气的定压比热,为 100.4 J/(kg $^\circ$ C); dT ——温度的变化率 ($^\circ$ C),作为温度变化的汇,应以加号代入。

(4) 蒸散量变化与相对湿度变化的关系模型

$$dq = \frac{g \times \Delta E \times 1000}{f_0 \times e^{T/U} \times e_s} \quad (7)$$

式中: f_0 ——高度为 1000 mh Pa 的比湿,取为 9.54; z ——研究平均高度; T, U ——常数; g ——常数 9.8; dq ——相对湿度的变化率,作为湿度变化的源,应以减号代入。

2 结果分析

2.1 求解步骤

初始条件为 2000 年的年平均温度、相对湿度,丹江口水库下泄水量的变化引起的汉江中下游河流的水面宽度减少,因为汉江中下游断面资料缺乏,无法根据不同的调水规模计算河流的水面宽度,所以将水面宽度的减少范围取为 1~50 m,将汉江中下游按城镇划分为以老河口、襄阳、宜昌、钟祥、荆门、潜江、天门、仙桃、汉川、蔡甸、武汉为节点的 11 个区域,对各个区域及各种不同的河流水面宽度的减少值,逐年计算年平均温度、相对湿度的变化值,可得到经过 36 a 后的温度、相对湿度的变化值。由每一区域及每一河流水面宽度的减少值,得到南水北调对汉江中下游温度、相对湿度的变化影响范围。

2.2 结果分析

经过模型求解,得出不同区域、不同河流水面宽度的减少值,经过 36 a 后的温度、相对湿度的变化范围。表 1 表列出了部分结果。

从表可见,温度、相对湿度变化值与河流水面宽度减少值呈正比关系,河流水面宽度减少值越大,温度、相对湿度变化值越大。而且,温度随河流水面宽度减少呈上升趋势,相对湿度随河流水面宽度减少呈下降趋势。

表 1 荆门—潜江区域调水后第 36 a 温度、相对湿度随河流水面宽度变化的过程

水面宽度减少 /m	温度变化值 / $^{\circ}\text{C}$	温度变化比率 / 10^{-4}	相对湿度变化 / 10^{-3}	湿度变化比率 / 10^{-5}
1	0.000317	0.185	-0.095	0.123
5	0.001584	0.926	-0.474	0.616
10	0.003168	1.853	-0.947	1.230
15	0.004752	2.779	-0.421	1.845
20	0.006336	3.705	-0.895	2.460
25	0.007920	4.632	-0.368	3.075
30	0.009504	5.558	-0.842	3.690
35	0.011089	6.485	-0.315	4.305
40	0.012673	7.411	-0.789	4.920
45	0.014257	8.337	-0.262	5.535
50	0.015842	9.264	-0.736	6.150

表 2 荆门—潜江区域在河流水面宽度变化为 30 m 时经过 36 a 演算得湿度、相对湿度的年变化过程

年数 / a	温度变化值 / $^{\circ}\text{C}$	温度变化比率 / 10^{-4}	相对湿度变化 / 10^{-3}	湿度变化比率 / 10^{-5}
1	0.000000	0.000	-0.000	0.000
5	0.001086	0.635	-0.325	0.422
10	0.002444	1.429	-0.731	0.949
15	0.003802	2.223	-0.137	1.477
20	0.005159	3.017	-0.543	2.004
25	0.006517	3.811	-0.949	2.531
30	0.007875	4.605	-0.354	3.057
35	0.009233	5.399	-0.760	3.584
36	0.009504	5.558	-0.842	3.691

从表 2 可见,调水以后从第 1 a 到第 36 a,温度、相对湿度的变化随时间推移逐年上升,而且,温度随时间推移逐渐升高,相对湿度随时间推移逐年下降。总之,经过模型求解,汉江中下游调水以后的气候趋势呈干热化,这是不利的,但是影响程度非常非常小,对汉江中下游人民的生活和正常生产及生态环境不会产生太大的影响。

2.3 对作物生长温度、湿度变化的影响

根据《中国主要作物需水量与灌溉》中,水利部农田灌溉研究所对湖南溇阳站早稻作物的研究成果,早稻的需水量与温度、湿度等气象因素的关系如下式:

$$E_r = -21.700 + 0.258T + 0.204q + 0.368H + 0.55u \quad (8)$$

式中: E_r ——水稻的日需水量 (mm/d); T ——温度; q ——相对湿度; H ——日照时数 (h); u ——2 m 高的风速 (m/s)。

从式 (8) 中可见,温度升高、湿度增大有利于水稻需水量的增加,而作物的需水量与产量有线性相关关系,而本文的研究结果表明温度增加的幅度比湿度

降低的幅度大,因此,早稻的产量有增加的趋势,但是变化幅度不大。

3 结果讨论

(1) 在本文中,蒸散量的变化仅仅考虑了水面蒸发,实际上,蒸散量包括 3 个部分:植物蒸腾、水面蒸发和土壤蒸发。土壤蒸发量一般较小,可以忽略不计。但是,植物蒸腾量的变化不能忽略不计,研究植物蒸腾量的变化必须研究当地的土壤特性,土壤含水率,植物蒸腾量与土壤含水率密切相关,如果当地的降水能补充土壤含水量的亏缺,使土壤含水率能达到田间持水量的 70%~80%,则认为植物蒸腾量的变化量就等于标准蒸腾量,标准蒸腾量与大气温度密切相关,经计算温度变化又相当小,故植物蒸腾量不发生变化,因此,本文的研究是在假定当地的降水量能补充土壤含水量不足的条件下的。

(2) 调水以后,汉江中下游的地下水位会有所下降,地下水位的降低程度与植物的生长密切相关,如果地下水位降低到植物的根系无法触及的深度,则植物根系无法从地下水中吸收水分,蒸腾过程停止,植物就会干涸而死。进一步应该对地下水位与土壤水的复杂关系进行研究。

(3) 南水北调工程实施以后,对汉江中下游的生态环境必然带来一系列的影响,今后还将修建一些补偿工程,如引江济汉工程,兴建碾盘山水利枢纽等。所以汉江中下游的河流水面宽度的减少值是很有限制的,随着时间的延长,水面宽度的变化有可能还会增加,所以实际调水后的温度、相对湿度的变化有可能会朝着有利的方向发展。

(4) 温度的微小增加对“水华”的发生不会起到促进的作用。防止“水华”的关键在于减少沿岸的工业废水、生活污水排放量,减少水体中氮、磷含量。

[参 考 文 献]

- [1] 刘昌明,王会肖,等著.土壤—植物—大气界面水分过程与节水调控 [M].北京:科学出版社,1998.
- [2] 水利部牧区水利科学研究院编著.草原灌溉 [M].水利电力出版社,1995.
- [3] 傅国伟编著.河流水质数学模型及其模拟计算 [M].北京:中国环境科学出版社,1987.
- [4] 陈玉民,等编著.中国主要作物需水量与灌溉 [M].北京:水利电力出版社,1995.
- [5] 刘国纬著.水文循环的大气过程 [M].北京:科学出版社,1997.
- [6] 张家玉,等.南水北调中线工程对汉江中下游生态环境影响研究 [J].环境技术与科学,2000(增刊):90.