

水利水保工程对局地温度、湿度影响及其计算方法

秦金虎¹, 秦金学², 王云璋³, 王金花³

(1. 巩义黄河河务局, 451200; 2. 孟津黄河河务局, 471000;
3. 黄河水利科学研究院, 郑州 450003)

摘 要: 根据黄河中游三门峡水库高水位运行期和黄土高原水土保持世界银行贷款项目实施 8 年的监测数据, 结合有关气象资料, 统计分析了工程实施所引起局地温度、湿度的变化。结果表明: (1) 水库高水位运行对库周的影响: 年均气温略升高, 其中冬、夏季升高, 秋季降低, 春季变化不大; 年最高气温降 1.0℃, 最低气温升 1.4℃左右; 湿度明显增大。(2) 世行项目实施的影响: 夏半年气温降低、冬半年升高、年较差减小; 极端最高气温降低、出现时间延后; 湿度增大。(3) 简述了评价气候效应的 3 种计算方法。
关键词: 计算方法; 影响; 湿度; 气温; 水保项目; 水利工程
中图分类号: S157; P423 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2007) 02-0203-04

The Impacts of Water Conservancy Projects on Local
Temperature and Humidity and Its Calculation Methods

QIN Jin-hu¹, QIN Jin-xue², WANG Yun-zhang³, WANG Jin-hua³

(1. Gongyi Yellow River Bureau, Gongyi, Henan 451200; 2. Mengjin Yellow River Bureau, Mengjin, Henan 451200;
3. Yellow River Institute of Hydraulic Research, Zhengzhou 450003, China)

Abstract: The variations of local temperature and humidity caused by water conservancy projects were analyzed according to the monitoring meteorological data during the period of Sanmenxia reservoir operation on high level and 8 years World Bank Loan Project implementing in Loess Plateau for soil and water conservation purposes. The results show that: (1) the impacts of high water level operation period of Sanmenxia reservoir on temperature and humidity: average annual temperature in the period is a little higher than multi-year average. In detail, the temperature in winter and summer was rising, decreasing in autumn, and small changes in temperature of spring; the highest annual temperature was decreased about 1.0℃, while the lowest annual temperature has increased about 1.4℃; the increase of humidity is very obvious. (2) The impacts of the World Bank Loan Project implementing period on temperature and humidity: the temperature increased in summer half year and decreased in winter half year, and the annual range decreased. the extreme high temperature decreased and its appearance is delayed. (3) the three methods to appraise climate effect were reviewed.

Key words: calculation method; impact; humidity; temperature; soil and water conservation project; water conservancy project

对于大型水利、水保工程建设所产生的环境效应问题, 很早就引起了人们的关注, 如对于大型蓄水工程运行的气候效应, 已有不少研究成果^[1]。但是, 所涉及黄河流域的分析成果较多地侧重于水利工程运行对下游河道、洪水和凌情的影响, 以及水土保持对产、汇流特性、入黄泥沙和当地土壤理化性质影响等方面^[2, 3]。尽管作者等曾就水利水保工程实施对于局地气候影响, 特别是对局地降水影响作过分析^[4, 5], 但一方面由于当时资料、篇幅等因素限止, 有些问题并没有深入讨论, 而且主要侧重于对降水影响的分析; 另一方面, 则以往成果很少讨论气候效应的计算方法。

为此, 本文将采用黄河中游三门峡水库高水位运行期间和黄土高原水土保持世界银行贷款项目(一期, 简称世行项目) 实施后的小气候监测数据及有关气象资料, 统计分析水利水保工程实施对局地温度、湿度的影响, 并简述局地气候效应的 3 种计算方法。

需要说明的是, 作者在上述文献中已对三门峡水库和黄土高原水土保持世行贷款项目(一期) 作过较详尽的介绍。为此, 以下只就工程情况作简要说明。

1 三门峡水库高水位运行对温度、湿度的影响

1.1 三门峡水库及其运行简况

三门峡水利枢纽是黄河干流上修建的第一座大型水利工程, 坝址位于河南省三门峡市北郊, 坝高 106 m, 坝长 963 m。水库控制面积 68.8 万 km², 约占黄河流域总面积的 92%。

水库于 1960 年夏建成, 1961~ 1964 年除 6~ 8 月份因防洪运用而畅泄外, 大多采用高、中水位运用方式, 平均蓄水量约 15 亿 m³, 相当于建库前河道水量的 16.6 倍; 库水表面积 138 km², 扩大近两倍。结果, 在坝上形成一个相当规模的人工湖泊, 进而改变了原有大气与下垫面间热量的交换与平衡状态, 破坏了库区的水分内循环, 导致了库周气候的变化。

* 收稿日期: 2006-06-20

作者简介: 秦金虎(1963-), 男, 工程师, 从事黄河治理工作。

1.2 高水位运行对温度的影响

一般来说,建库前、后库周气温的变化,可以理解为大范围气候振动(简称气候影响)和水库影响两部分。因此,便可选取远离水库的西安、卢氏、垣曲、渑池、运城和洛阳站(视为不受水库影响)作为参证站,再统计各站与库周站同步的建库前、后气温差,所得参证站的气温差即可近似作为气候影响部分。至于水库影响部分,只要将库周站建库前、后的气温差减去气候影响部分,即可获得。

1.2.1 对平均气温的影响

表 1 给出了建库前、后库周的年、季平均气温差。可见,因水库运行行为夏季畅泄和冬春秋季高水位蓄水方式,故库周气温呈秋季下降和冬春夏季升高的特点。

表 1 库周季平均气温水库影响部分统计表 ℃					
季 节	春季	夏季	秋季	冬季	年平均
实际气温差	+ 0.4	+ 0.2	- 0.3	- 0.2	0.03
气候影响部分	+ 0.3	0	- 0.1	- 0.6	- 0.10
水库影响部分	+ 0.1	+ 0.2	- 0.2	+ 0.4	0.13

注:表中正值表示升温,负值为气温下降。
为消除大范围气候影响,本次还采用了以下所介绍的单点分析法,对三门峡等站进行了回归计算。即对库周站建库前的季平均气温分别取距平值和标准化变量消除季节影响后,由逐步回归法解出其与参证站间的最佳方程(略),确定无水库影响条件下库周站与参证站的气温关系。

然后,把建库后库周站实际气温与由方程式计算所得的天然气温值相减,便推算出季平均气温的水库影响部分(表 2)。

表 2 回归法对于季平均气温水库影响部分的计算成果表 ℃

取值方法	季节	春季	夏季	秋季	冬季	年平均
距平	实际气温	14.3	26.2	13.8	1.0	13.83
	天然气温	14.2	25.8	14.0	0.7	13.68
	水库影响部分	+ 0.1	+ 0.4	- 0.2	+ 0.3	+ 0.15
标准化	天然气温	14.3	26.0	14.0	0.9	13.80
	水库影响部分	0.0	+ 0.2	- 0.2	+ 0.1	+ 0.02

备注:天然气温由方程计算所得的逐季平均气温求得;“+”表示升温,“+”为降温。

由表 1、2 可见,两种方法的结果基本一致。表明三门峡水库高水位蓄水运行对库周平均气温的影响为:(1)年均气温略升高;(2)冬、夏季升高 0.1~ 0.4℃;(3)秋季降低 0.2℃左右;(4)春季无大变化。

1.2.2 对极端气温的影响

表 3 给出了由差值法计算所得的库周各月极端最高和极端最低气温的水库影响量。可见,对极端气温的影响远较对平均气温要显著。如年最高气温平均降低 1.0℃;年最低气温升高了 1.4℃左右。

表 3 建库后库区周边平均逐月极端气温影响量统计表 ℃

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
最高	- 0.6	0.6	- 1.1	1.2	0.1	0.6	- 0.7	0.1	- 0.1	- 0.8	- 0.3	0.3	- 1.0
最低	0.6	0.2	- 0.2	0.4	- 0.6	0.7	1.2	- 0.1	- 0.5	0.2	0.2	0.5	1.4

注:表中正值表示气温升高,负值为气温降低。
对于库周气温的上述变化,可以从库中水体与大气间的热量交换来加以解释。由于水体的热容量是空气热容量的 3 300 多倍,其热惯性作用远较空气要大。因此,水体与库区的空气相比,在夏半年和白天为冷源,水体大量吸收并贮存热量的结果,导致了平均气温和极端最高气温的降低。至于

夏季气温升高的原因,乃是水库防洪运用畅泄所致。到了冬、春季和夜间,水体相对成为热源,并以潜热和感热等方式向大气传送热量,结果使冬、春季平均气温和极端最低气温比建库前有所升高。

值得指出的是,三门峡水库蓄水运用后,库周春季气温并未明显升高。其原因就在于,冬、春季防凌蓄水运用拦蓄了来自中上游的大量冰凌,它不但抑制了库中水体向大气输送热量,而且融冰过程又要消耗大量热量。

1.2.3 对湿度的影响

由于水库蓄水运用使库区水面面积扩大近两倍,因此随着水温升高和水温年较差减小,以及原有河道的冷性水面转变成暖性水面(水表面温度与空气温度相比较而言),有利于库区水面蒸发,致使库周平均湿度比建库前明显增大(表 4)。

表 4 库区周边月平均湿度建库前、后差值统计表													
月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
A/%	- 6.5	- 5.7	- 4.5	0.7	3.0	2.3	- 1.3	- 2.6	3.4	4.3	2.4	7.2	0.9
B/hPa	- 0.2	- 0.5	- 0.6	0.8	1.9	0.0	- 0.4	0.7	2.0	2.2	0.4	- 0.1	0.6

注:(1)A 代表相对湿度差,B 代表绝对湿度差;(2)表中正值表示湿度增大,负值为湿度减小。
分析表 4 中 1~ 3 月和 7、8 月份库周湿度较建库前反而减小的原因,作者认为主要与库水面的蒸发量减少有关。由于 1~ 3 月份水库大量拦蓄上游来的冰凌,使水面蒸发量减少;7、8 月则因防洪畅泄使得水面积缩小,同样引起水面蒸发量减少。

2 世行项目实施对温度、湿度的影响

2.1 世行项目及其实施简况

黄土高原水土保持世行项目是我国政府利用外资进行水土保持综合治理的一个大型项目,总投资 21.645 亿人民币。项目区包括黄河中游水土流失严重的 7 个地(盟)、21 个县(旗),总面积 16 068 km^{2[6]}。自 1994~ 2001 年期间,完成各项治理面积 42.2 万 hm²,其中水平梯田、坝地和水地 7.4 万 hm²,林草面积 34.8 万 hm²;建成治沟骨干坝和淤地坝 11 463 座。使该区水土流失基本得到控制,林草植被覆盖度由 11.4% 提高到 27.3%,治理度由 21.3% 提高到 51.5%。

项目的实施,不仅使区内径流泥沙分布发生变化,有效减少入黄泥沙、改善生态环境、提高土地生产力、促进当地经济发展,而且随着林草种植面积扩大和植被覆盖度的提高,以及高标准水平梯田、坝地等滞蓄和拦截径流工程增多,使得区域小气候也发生了较明显的变化。

2.2 对气温的影响

资料和研究表明,林草植被的反照率明显低于空旷地或荒地,而且林区由于受树冠的影响使得风速减小,空气与地面之间的热量交换也明显减弱;再加上林冠和湿润土壤(因水的容积热容量为 14.187 J/(cm²·℃),而空气仅 0.001 3 J/(cm²·℃))可以更多地拦截、吸收日间的太阳辐射,并部分消耗于林草、作物的叶面水分蒸发与叶孔蒸腾。因此,使得气温变化过程中的年较差和日较差相对趋于稳定。

在文献[7]中已详尽分析了项目实施后的气温变化。故本文只概述主要分析结论,并补充部分统计分析成果。

2.2.1 夏半年气温降低、冬半年气温升高、年较差减小

统计结果(表略)表明,除项目区大部分站均表现为夏半年气温下降、冬半年升高和年较差减小的特征,其平均升、降幅度在 0.1~ 0.3℃之间。

2.2.2 极端最高气温降低及其出现时间延后

资料表明,1994 年以来由于受大范围气候增暖的影响,我国北方大部分地区的气温,尤其极端最高气温都呈现不同

程度升高。由甘肃省马莲河项目区庆阳、宁县站等站 1985~2000 年期间的 5~9 月 153 d 逐日最高气温统计结果表明,项目区多数站较前期升高 0.1~0.5℃,平均为 0.2℃。而同期处于项目区上风向的西峰镇站(为参证站)升温达 0.7℃。

可见,若以参证站为代表消除大范围气候增暖的影响,则由于本项目的实施而使得项目区的极端最高气温相对降低了 0.5℃左右。

可以肯定,随着项目区林草面积扩大,植被覆盖度提高,基本农田和大量库坝塘的修建,使得项目区内拦蓄、截留的雨水、径流量增加,土壤含水量和空气湿度加大,下垫面粗糙度提高,风速减小,乱流交换变弱,以及林草、作物蒸腾加强,耗热增加等原因,则必然使项目区白天最高气温会有更大幅度的降低。

另一方面,实施后的项目区日最高气温的出现时间也发生了一定变化。通过对内蒙古准格尔旗营盘小气候监测站 1997~2000 年 7~10 月逐日最高气温观测资料统计结果(表 5)不难看出,随着项目实施的进展,水土保持工程对日最高气温出现时间的影响也日趋明显,就平均而言,其出现时间延后约 2 个多小时。

表 5 内蒙古准格尔旗营盘监测站 7~10 月最高气温出现时间及其变化统计表				
年份	1997	1998	1999	2000
出现时间(时:分)	12:34	14:59	15:50	16:04
较 1997 年变化(分)		+25	+196	+210

2.3 对湿度的影响

前已指出,随着项目区林草面积扩大、生长越来越旺盛,以及大面积高标准梯田建设和数量可观的拦泥蓄水工程修建,使得所拦截的雨水和拦蓄的径流数量增加,这不仅削弱了原有不均匀区域湿度的分布,而且随着项目区成片林和农田防护林的生长及林冠扩大,较明显地降低了风速,减弱了近地层空气的湍流交换,地面和植物表面蒸发的水汽不易扩散,进而加大了林、土、水面的蒸发和林草、作物的蒸腾,加速当地的水分循环,增大了空气湿度。

以甘肃省马莲河项目区监测资料为依据,就项目实施对湿度影响进行了分析。下面再根据内蒙古准格尔旗营盘小气候监测站的监测资料,加于补充分析。

图 1 给出了营盘监测站记录比较完整的 1997、1999 和 2000 年 6~10 月的逐日平均相对湿度曲线。结合资料分析不难看出,尽管后两年的降水量较 1997 年偏少 16% 以上,但主要由于水土保持措施的影响,使得其相对湿度稳定增大。

值得注意的是,尤其在植物生长盛期的后阶段,这种影响更加显著。如 8 月中旬之后两个半月期间的平均相对湿度分别为 49.1%、59.5%、和 62.3%;后两年分别较 1997 年提高 10.4% 和 13.2%。若消除降水的影响(因降水偏少,则由降水对于湿度的贡献也将会减弱),则由项目实施所引起的增湿幅度会更大些。

3 局地气候效应评价的计算方法

水利水保工程实施后所引起的局地气候效应,已被大家所公认,并有前述的不少成果,尤其已有如《生态环境影响评价方法》等专著^[8]。但是,关于水利水保工程措施实施后所产生局地气候效应的问题,特别在消除大范围气候振动影响前提下,定量分析其气候效应方面,至今还没有完善的计算方法可供参考。为此作者根据多年工作经验,结合有关参考资料,简要介绍 3 种计算方法。

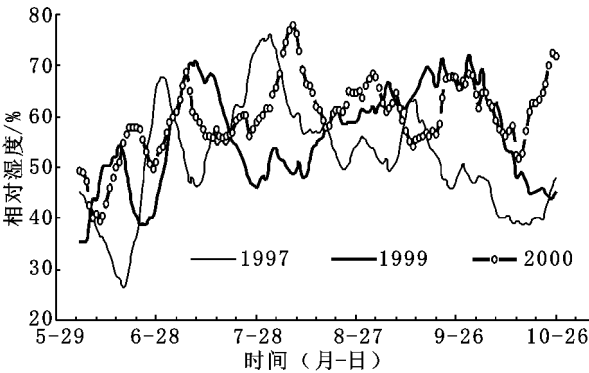


图 1 营盘相对湿度 10 日滑动平均曲线

3.1 差值法

该方法也是本文所采用的主要方法,其计算过程与主要步骤如下:

- (1) 统计项目区实施后气候要素较前期的变化量。
统计基本点在项目区实施前、后各气候要素月、季、年的平均值,分别以 $X_1(i)$ 和 $X_2(i)$ 表示。
由 $\Delta X_0(i) = X_2(i) - X_1(i)$ 式计算气候要素的变化量。
- (2) 消除大范围气候振动的影响。
用同样方法计算参证点气候要素的变化值($\Delta X_1(i)$)。
由 $\Delta X(i) = \Delta X_0(i) - \Delta X_1(i)$ 式消除气候振动的影响。
- (3) 根据 $\Delta X(i)$ 值,应用气候学理论与方法,分析项目区小气候变化的原因、评价水利水保工程实施对局地气候的影响。

3.2 单点分析法

该方法被用于三门峡水库高水位运行对季平均气温的影响分析。具体如下:

- (1) 单点的定义。所谓单点,就是视项目区为一个基本点,若有多个基本点,则以其均值表示。
- (2) 资料的膨化处理

该方法要求所分析对象在项目实施前具备一定样本的气候资料,故需将短序列资料延长,称其为膨化处理。资料膨化程度要根据分析对象和原始资料的长短而定,若要对原序列膨化延长 12 倍,则可以将月资料按时序横向展开,排列成月间变化的时间序列,其余类推。

消除季节影响

凡是经过膨化处理的资料,均需要消除季节影响,计算公式有两种,即有:

距平处理公式:

$$X_j = X_j(k) - \overline{X_k} \tag{1}$$

标准化处理公式:

$$X_j = \frac{X_j(K) - \overline{X_k}}{S_{n-1}(K)} \tag{2}$$

式中: X_j ——消除季节影响后的新序列: $K = 1, 2, 3, 4$ (即冬、春、夏、秋) 或 $K = 1, 2, 3, \dots, 12$ (即全年的 1、2、3、...12 月); $X_j(K)$ ——逐年各季(或各月)气候要素值组成的原序列; $\overline{X_k}$ ——多年各季(或月)气候要素的平均值; $S_{n-1}(k)$ ——季(或月)气候要素的标准差。

采用回归分析方法,求得各参证点(即为自变量)与基本点(即应变量)项目实施前新序列间的最佳方程式。

将项目实施后参证点的新序列值代入(1)式或(2)式,求得项目实施后气候要素的计算值(即认为未受项目实施影响,以 $X_{\text{计}}$ 表示)。

由(1)式或(2)式对计算值($X_{\text{计}}$)进行返算,恢复存在季节影响的气候要素值(简称气候要素天然值)。

将基本点气候要素天然值减去实测值,其差值即为项目实施后对局地气候影响的变化部分。

4.3 比值法

所谓比值法,就是假定大范围气候变化所引起气候要素在项目实施前、后的比值不变,于是就可以利用参证点前、后气候要素的平均比值推算出相应时期项目实施对气候要素的影响量。一般来说,对于较易受地形、地貌影响的气候要素,如降水量、湿度、风速等,采用该方法进行分析评价的效果比较好。其气候影响增量的计算公式为:

$$\Delta R = R - \frac{X}{X_0} R_0 \tag{3}$$

若将上式左右两侧同时除以 R_0 ,即得到气候要素影响量的百分率公式:

$$K(\%) = \left(\frac{R}{R_0} - \frac{X}{X_0} \right) \times 100 \tag{4}$$

式中: ΔR ——基本点气候影响增量; R_0 和 R ——基本点在项目实施前、后的气候要素值; X_0 和 X ——参证点在项目实施前、后(与 R_0 、 R 同步序列)的气候要素值; K ——项目实施后所引起气候要素的净增百分率。

参考文献:

[1] H·多贝施. 水库对气候的影响[A]. 大型水利工程环境影响译文集[C]. 长江水源保护局科研所编译, 1981.

[2] 杨庆安, 等. 黄河三门峡水量枢纽运行与研究[M]. 郑州: 河南人民出版社, 1995.

[3] 康玲玲, 王云璋, 刘雪, 等. 水土保持措施对土壤化学特性的影响[J]. 水土保持通报, 2003, 23(1): 46– 48.

[4] 王云璋, 常玮, 等. 黄土高原水土保持世行贷款项目局地气候变化初步分析[J]. 中国水土保持, 2003, (1): 24– 25.

[5] 王云璋, 王昌高, 康玲玲. 水利水保工程措施实施对局地降水影响初析[J]. 水土保持通报, 2004, 24(4): 6– 9.

[6] 黄土高原水土保持世界银行贷款项目办公室. 黄土高原水土保持世界银行贷款项目可行性研究[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 1997.

[7] 姚文艺, 李占斌, 康玲玲. 黄土高原土壤侵蚀治理的生态环境效应[M]. 北京: 科学出版社, 2005.

[8] 毛文永. 生态环境影响评价概论[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1998.

(上接第 202 页)

3.2 解决区域用水水源问题

对敦煌地区已经形成多年的井灌问题要加以重点研究,逐渐停止井灌、严格禁止开荒,为全力解决敦煌地下水枯竭的问题,必须尽快展开“党河流域水资源合理开发利用与生态环境保护研究”工作的专题立项与具体实施,这是敦煌水资源问题的治本之举。那么,建议 开源节流,灌溉绿洲。

参考文献:

[1] 董霁红, 卞正富. 敦煌市鸣沙山月牙泉自然遗产保全的研究[J]. 自然资源学报, 2004, 19(5): 561– 567.

[2] 地质矿产部兰州水文地质工程地质中心. 甘肃省敦煌市月牙泉成因及地质环境恶化综合治理勘察报告[R]. 1998.

[3] 张明泉, 曾正中, 蔡红霞, 等. 敦煌月牙泉水环境退化与防治对策[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2004, 40(3): 100– 102.

[4] 刘锋. 中国西部旅游发展战略研究[M]. 北京: 中国旅游出版社, 2001.

[5] 朱震达. 中国沙漠 沙漠化 荒漠化及其治理的对策[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1999.

[6] 中国科学院沙漠研究所. 有关鸣沙山发声的研究结果报告[R]. 2000.

[7] 尹承怀. 地下水资源管理[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2001.

[8] 敦煌县志[Z]. 清道光辛卯年(1831 年).

[9] 国家统计局. 中国统计年鉴 2001, 2002[Z]. 北京: 中国统计出版社, 2002.

[10] 敦煌市人民政府工作报告 2002, 城市发展规划[EB/ OL]. <http://www.dunhuang.gov.cn>.

[11] 朱铁臻. 建设现代化城市与保护文化遗产[EB/ OL]. 2004. <http://www.cas.cn/html/Dir/2004/09/06/5031.htm>.

[12] 邬建国. 景观生态学—格局、过程、尺度与等级[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000. 218– 221.

[13] 云桂春. 水资源管理的新战略: 人工地下水回灌[M]. 中国建筑工程出版社, 2004.

[14] 任志远, 张艳芳, 等. 土地利用变化与生态安全评价[M]. 北京: 科学出版社, 2003. 153– 154.

[15] 中国国土经济学研究会环境与发展专业委员审定(1999 年 3 月) 中国生态旅游指南—人与自然[M]. 经济日报出版社, 1999.

4 结 语

(1) 本文就三门峡水库高水位运用期和黄土高原水土保持世行贷款项目实施后的气候效应进行了统计分析, 所得结论与有关文献的研究成果大体接近, 而且简述了气候效应评价工作中所 3 种常用的计算方法, 对于开展气候效应评价工作具有一定参考价值。

(2) 水利水保工程气候效应评价是一项十分有意义的工作, 它不但有益于指导已建工程及邻近地区的农、林、牧、渔业生产及编制发展规划的工作, 而且对于进一步研究生态平衡和给拟建工程制定避害兴利对策, 提供了重要依据。

(3) 水利水保工程实施后的气候效应, 与工程本身的实施时间及运行情况密切相关。因此, 本文的结论具有一定的阶段性。

(4) 局地气候变化是由多因素综合影响的结果, 如何消除其他因素的影响, 揭示水利水保工程的影响, 目前尚缺少科学有效的方法。本文所介绍、采用的方法虽然直观、便于操作, 但仍很粗糙, 有待于进一步改进。