

# 童子坝河流域水文特征与降水量的关系研究\*

胡广录<sup>1,2</sup>, 刘 鹄<sup>1</sup>, 赵文智<sup>1</sup>

(1. 中国科学院 寒区旱区环境与工程研究所, 兰州 730000; 2. 甘肃省水利水电学校, 兰州 730000)

摘 要: 分析 1991—2005 年张掖市民乐县童子坝河流域的水文特征, 并运用滑动平均和相关分析法, 分别在年际和月份 2 个时间尺度上讨论降水量与径流量之间的关系。结果表明: 在年际尺度上, 降水量对径流量的累加效应较弱, 年际间的降水量与径流量的关系极为显著, 并呈线性回归关系; 在月份尺度上, 降水量对径流量有累加效应, 表现在 2 个月的时间内。并由此讨论了民乐县水资源可持续利用的对策。

关键词: 径流量; 降水量; 童子坝河流域; 黑河上游地区

中图分类号: P333

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2008)03-0058-03

## Research of Relationship Between Hydrological Characteristics and Precipitation in Tongziba River Basin

HU Guang lu<sup>1,2</sup>, LIU Hu<sup>1</sup>, ZHAO Wen Zhi<sup>1</sup>

(1. Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China; 2. Gansu Provincial Water Conservancy and Hydropower School, Lanzhou 730000, China)

**Abstract:** This paper analyzed the hydrological characteristics of Tongziba river by applied sliding mean and correlative methods, discussed relationship between precipitation and runoff in monthly and yearly scale. Results showed that accumulative effects of the precipitation influence on runoff was little in yearly scale, but there was significant linear correlation between the precipitation on and the runoff in different years. In monthly scale, there were the accumulative effects and emerged two month scopes. According to these characteristics, we discussed strategy of water resource sustainable utilization for Minle county.

**Key words:** runoff; precipitation; Tongziba river basin; area of upper reaches of Heihe

水是自然环境中最活跃的因素,也是人类赖以生存和从事生产活动的重要资源,水资源开发利用不仅保障了人民的生活用水,而且促进了社会进步和经济发展。因此,水资源开发引起的环境变化<sup>[1-2]</sup>、水资源的可持续发展<sup>[3-4]</sup>、水资源调控<sup>[5-6]</sup>以及区域性水资源问题等成为当今资源科学研究领域中的焦点。

基于流域的水资源研究在当前的水科学研究中得到重视<sup>[7-8]</sup>,这不仅因为流域对水流是一个完整的空间,具有确切的空间域<sup>[9]</sup>,而且众多影响水资源的生产活动也具有明显的流域特征<sup>[10-11]</sup>。目前对流域水资源的研究主要集中在黄、淮河等大型河流流域上<sup>[7-8,12]</sup>,对于流程较短、流域面积较小的河流研究相对较少,特别是内陆河小型流域。

张掖市民乐县属内陆河流域黑河水系,境内有可开发利用的大小河流 19 条,多年平均地表径流量为 4.12 亿 m<sup>3</sup>,地下水补给量为 2.89 亿 m<sup>3</sup>,径流年内分布时空变化大,很不均衡,具有明显的地理和季节特征,山区大,平原区小,汛期 5—9 月降水量占年降水量的 75% 以上,年平均降水量 363.1 mm,蒸发量 1 638 mm,由于气候干旱,降水稀少,有限的水

资源既要支撑经济社会发展,还要支撑生态环境的稳定。因此,基于流域尺度,在民乐县地区开展河流径流特征及影响因素分析是该区域水资源研究的基础,同时也为当地研究生态水文过程及水环境的可持续发展提供参考。以民乐县内的童子坝河流域为研究对象,分析流域内河流径流特征变化及与降水的关系,旨在为民乐县水资源可持续利用和生态环境的可持续发展提供有力的依据。

### 1 童子坝河流域概况

童子坝河流域位于民乐县东部(图 1),地处河西走廊中段南侧的洪积冲积扇上,流域面积 475.86 km<sup>2</sup>,水土流失面积 246.5 km<sup>2</sup>,集雨面积 331 km<sup>2</sup>,多年平均径流量为 7 375 万 m<sup>3</sup>。流域地形南高北低,海拔高程在 1 589~5 027 m,南部山区海拔在 2 800 m 以上,为低山丘陵和祁连山区,中部地势平坦,气候冷凉,为农业耕作区;北部干旱少雨,为风蚀荒漠戈壁平原区,多年平均降雨量为 320 mm 左右,年蒸发量达 1 640 mm,流域内土地资源较为丰富,耕地面积达 138.6 km<sup>2</sup>,适于温凉型粮油作物和林果生长。但近年来由

\* 收稿日期: 2007 09 17

基金项目: 中国科学院知识创新项目(KZCXZ-XBZ-04-01)

作者简介: 胡广录(1966—),男,甘肃靖远人,高级讲师,在读博士,主要从事生态水文、水土保持研究。E-mail: hgl0814@163.com

通信作者: 赵文智(1966—),男,陕西定边人,研究员,博士生导师,主要从事干旱区生态水文研究。E-mail: zhaowzhi@lzb.ac.cn

于受自然(降水波动)和人为因素(过度农业开发等)的影响,流域内沿山及山前平原的水力侵蚀和北部荒漠区的风力侵蚀日益加剧,地表水资源呈下降趋势,水资源涵养能力低下,严重影响到流域内人民群众的生产和生活。给当地国民经济和生态环境带来了极大的危害。

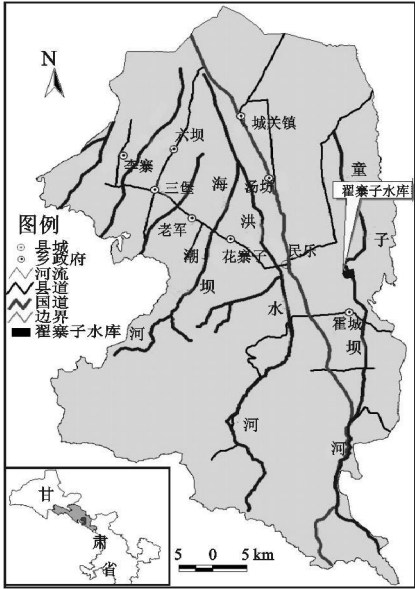


图 1 童子坝河流域位置图

2 数据来源与研究方法

研究采用民乐县翟寨子水库的来水量作为童子坝河的径流量(翟寨子水库位于童子坝河流域的下游,为童子坝河水流汇集的水库)。统计数据主要来源于民乐县水务局、气象局和《民乐县统计年鉴》。统计方法采用滑动平均和相关分析法,分别在年际和月份 2 个尺度上讨论降水量与径流量之间的关系。计算是在 Excel 和 SPSS 11.5 统计分析软件支持下完成的。

3 结果分析

3.1 径流量的变化趋势

图 2 为童子坝河 1991-2005 年间的径流量年际变化。由图 2 可见,童子坝河径流年际变化呈波浪式,周期在 3~4 a,平均径流量为 3 417.8 万 m<sup>3</sup>。整体变化呈增加趋势,最大径流量出现在 2003 年,径流量为 5 381.2 万 m<sup>3</sup>,在 1993 年与 1994 年 2 个年份之间的变化较大,径流量相差 2 879.4 万 m<sup>3</sup>。从年内各月份的径流量变化来看(图 3),童子坝河的径流主要集中在 7-9 月。3 个月份的径流量占到年总径流的 62% 以上,这与季节性河流的径流特征有关。

3.2 降水量的变化趋势

图 4 和图 5 分别为童子坝河流域内 1991-2005 年的年际降水量和平均月降水量变化趋势。从年际降水量变化来看(图 4),平均降水量为 350.6 mm,降水量总体呈波动性增长趋势。最低降水量出现在 1991 年,降水量为 255.2 mm。最高降水量出现在 2003 年,降水量为 478.8 mm,波动变化范围 0~223.6 mm。从平均月降水量变化来看(图 5),降水

量主要集中在 5-9 月,5 个月的降水量占到年内降水量的 81.1%,最高平均月降水量出现在 7 月,降水量为 75.4 mm。

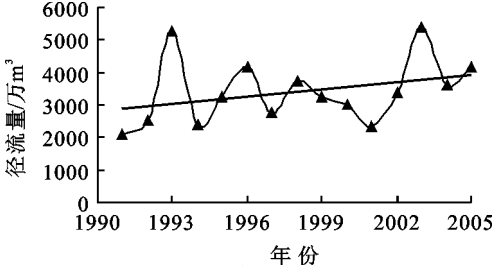


图 2 1991-2005 年径流量的特征变化

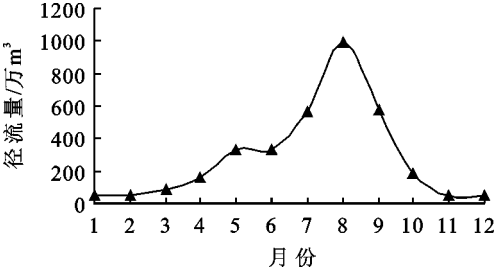


图 3 1991-2005 年各月平均径流量变化

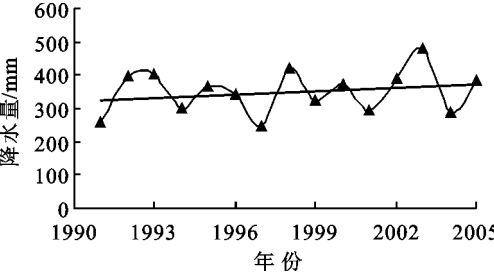


图 4 1991-2005 年降水量特征

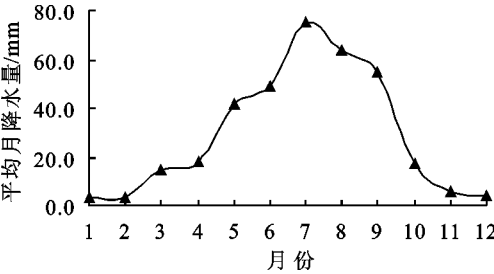


图 5 1991-2005 年平均月降水量特征

3.3 径流量与降水量的关系分析

降水量直接影响地表径流量,从而影响河流的径流量变化<sup>[13-14]</sup>。通过分别比较图 2 和图 4、图 3 和图 5 知,降水量与径流量的变化波动基本吻合,进而对 1991-2005 年的降雨量与径流量分别在年和月尺度上进行关联分析。结果表明:在年和月尺度上,降水量与径流量的相关程度均呈显著(在 0.01 水平上),相关系数分别为  $R = 0.709 > 0.625 = \alpha_{0.01(14)}$  和  $R = 0.800 > 0.684 = \alpha_{0.01(11)}$ ,可见降水量是童子坝河径流量变化的主导因素。

对图 2-5 进一步比较降水量与径流量的变化过程,可见径流量变化有相对于降水变化的向后推移,是否表明降水量对径流量具有累积效应?进一步在年际上对降水量进行 1~8 a 的滑动平均,在月份上对降水量进行 1~6 个月的滑动平均,再分别与对应时间段的径流量关联和回归分析

(表 1, 2), 以探讨降水量是否对径流量存在累积效应。

从年际尺度的滑动平均与径流量的关联程度来看(表 1), 与径流量的关联性相对较高的降水量累计分别在 1~ 2 a 和 5~ 6 a(相关性在 0.01 以上)。进一步分别对相关性较高

表 1 滑动平均年际降水量与径流量的相关系数

滑动年数/a	1	2	3	4	5	6	7	8
相关系数	0.743***	0.737**	0.377	0.674	0.791**	0.828**	0.742	0.703

注:\*\*\* 双尾检查关联程度极显著(在 0.001 水平上),\*\* 双尾检查关联程度极显著(在 0.01 水平上),下表同。

从月份尺度的滑动平均降水量与径流量的关联程度来看(表 2), 与径流量的相关性较高的降水量累计在 1~ 3 个月内(相关性在 0.01 以上), 相关系数分别为 0.800, 0.924, 0.832。进一步分别对相关性较高的滑动平均降水量与对应的径流量进行回归分析, 2 个月的滑动平均与径流量的关系最为显著(图 6b), 呈线性回归关系,  $R=0.924>0.823=\alpha 0.001_{(10)}$ 。这表明, 在月份尺度上降水量对径流量有累加

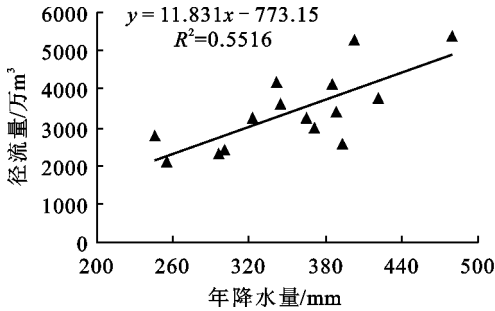


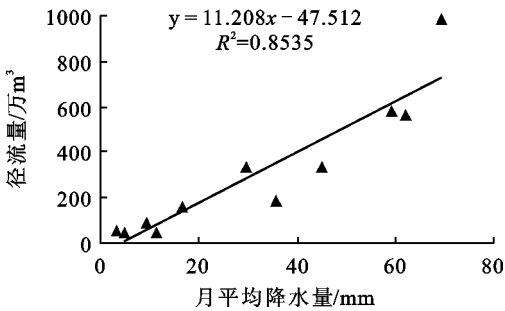
图 6 年降水量和月平均降水量与径流量的回归分析

的滑动平均降水量与对应的径流量进行回归分析知, 当年的降水量与径流量的关系最为显著(图 6a), 呈线性回归关系,  $R=0.743>0.742=\alpha 0.001_{(14)}$ 。这说明, 童子坝河流域内在年际时间尺度上降水量对径流量的累加效应较弱。

效应, 表现在 2 个月的时间内, 且作用明显。

表 2 滑动平均月降水量与径流量的相关系数

滑动月数	1 个月	2 个月	3 个月	4 个月	5 个月	6 个月
相关系数	0.800**	0.924***	0.832**	0.645	0.351	0.082



4 结论与讨论

(1) 分析了 1991– 2005 年童子坝河流域水文特征和降水量的变化趋势。在年际变化上, 径流量和降水量均呈波动性变化, 并略呈增长趋势。在各月份变化上, 径流量主要集中在 7– 9 月, 3 个月份的径流量占年总径流的 62% 以上; 降水量主要集中在 5– 9 月, 5 个月份的降水量占年内降水量的 81.1%, 最高降水量出现在 7 月份, 降水量约为 75.4 mm。

(2) 采用相关分析和滑动平均对降水量与径流量进行分析表明, 在年际尺度上, 当年的降水量与径流量的关系最为显著, 呈线性回归关系( $R=0.743>0.742=\alpha 0.001_{(14)}$ ), 降水量对径流量的累加效应较弱。在年内月份尺度上, 2 个月的降水量滑动平均与径流量的关系最为显著, 并呈线性回归关系( $R=0.924>0.823=\alpha 0.001_{(10)}$ ), 表明降水量对径流量在 2 a 的时间内有累加效应。

(3) 从图 2 和图 4 中可见, 在 1991– 2000 年间, 径流量呈减少趋势, 而降水量则变化不大; 2000 年以后, 降水量仍变化不大, 而径流量大幅度增加。这主要是 2000 年以来, 由中央财政专项资金支持, 民乐县水务局先后在童子坝河的上游进行了 4 期水土保持项目的治理, 采取了退耕还林还草、梯田建设、经济林建设、防风固沙林带建设、苗木培育基地建设和群井汇流工程建设等措施, 累计完成治理水土流失面积 84.55 hm<sup>2</sup>, 从而增加了流域蓄水能力, 减少了水土流失。

(4) 分析了民乐县童子坝河的水文特征及与降水量的关系, 就民乐县水资源可持续利用的战略对策, 提出以下看法:

树立高效节水生态农业理念。采取各种方式和方法, 加强宣传力度, 提高人民群众对民乐县水资源和生态危机的认识, 使全县广大人民群众认识到, 建设高效节水生态农业是关系到全县、全省乃至整个西北地区可持续发展的根本问题。各行各业要围绕建设高效节水生态农业和节水型社会的总体目标, 提高认识, 加强协调, 通力合作, 合理配置水资源, 保障生态安全, 克服经济建设的短期行为和生态建设的形式主义, 才能促进经济社会的可持续发展。

加强水资源统一管理, 改革用水管理制度。解决民乐县水资源分配问题, 可通过水资源统一管理和水权制度这两个突破口去实现。按照全县水资源的承载能力、水环境承载能力和经济社会发展状况, 科学合理地分析水利工程供水能力和各用水户的用水需求量, 确定科学合理的行业用水定额指标, 以用水权的形式作为水量分配的依据, 对各类用水户实行总量控制、定额管理、计量收费和超采超用累进加价的制度, 逐步将超计划用水加价过渡到超定额用水加价, 有效促进节约用水和水资源保护。

继续加强流域水土保持生态环境建设, 提高对水资源的涵养能力。从本文的分析来看, 童子坝河流域 2000 年以后, 由于实施了水土保持措施, 在降水量变化不大的情况下, 径流量明显增加, 可见水土保持对流域水资源的涵养有显著的效益。因此, 为了实现民乐县水资源的可持续利用, 促进农业生产以及国民经济长足发展, 应积极争取资金, 完成童子坝河流域的水土保持综合治理。

149%, 增加速度非活性有机碳> 有机碳> 活性有机碳, 表明植被恢复过程中, 土壤碳素中大多数以非活性形态作为潜在的物质源被贮存起来。

(2) 开放的坡耕地农田生态系统土壤碳素可能以高速低效率的运转, 而植被恢复后土壤碳库活度和活度指数绝大多数呈降低趋势, 表明碳素转化变为一种相对低速但高效率的模式进行。植被恢复后, 碳库指数和碳库管理指数较坡耕地明显增加, 增幅分别达到 15%~659% 和 6.5%~414%, 说明土壤经营和管理水平较坡耕地得到了显著改善, 土壤系统向着良性方向转变。

(3) 相关性分析表明有机碳、活性有机碳、非活性有机碳、碳库指数、碳库管理指数与土壤主要肥力因子相关性及其密切, 可以作为反映生态恢复过程土壤质量演变的指标。

(4) 侵蚀环境下黄土丘陵区坡耕地土壤养分贫瘠, 不同植被恢复措施可以显著改善土壤碳库含量, 增加土壤碳库管理水平, 但改善作用不同, 总体来说混交林的效果最好, 其次为纯林, 最后为荒草地, 因此在该地区要通过人工促进生态恢复, 应以营造混交林为主, 纯林为辅的恢复模式, 来实现该区生态系统健康发展。

参考文献:

[1] 周国模, 姜培坤. 不同植被恢复对侵蚀型红壤活性碳库的影响[J]. 水土保持学报, 2004, 18(6): 68-70.

[2] Blair J, Lefroy R D B, G Lisle L. Soil carbon fractions based on the in degree of oxidation and the development to carbon management index for agricultural systems[J]. Aust. J. Agric. Res., 1995, 46: 1459-1466.

[3] 沈宏, 曹志红, 胡正义. 土壤活性有机碳的表征及其生态效应[J]. 生态学杂志, 1999, 18(3): 32-38.

[4] 巩杰, 陈利顶, 傅伯杰, 等. 黄土丘陵区小流域植被恢复

的土壤养分效应研究[J]. 水土保持学报, 2005, 19(1): 93-96.

[5] 焦峰, 温仲明, 焦菊英, 等. 黄土丘陵区退耕地土壤养分变异特征[J]. 植物营养与肥料学报, 2005, 11(6): 724-730.

[6] 王国梁, 刘国彬, 常欣, 等. 黄土丘陵区小流域植被建设的土壤水文效应[J]. 自然资源学报, 2002, 17(3): 339-344.

[7] Liu G B. Soil conservation and sustainable agriculture on Loess Plateau: challenge and prospective[J]. AM-BIO, 1999, 28(8): 663-668.

[8] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999.

[9] 徐明岗, 于荣, 王伯人. 土壤活性有机质的研究进展[J]. 土壤肥料, 2000(6): 3-7.

[10] Hu S J, Van Bruggen A H C, Grunwald N J. Dynamics of bacterial population in relation to carbon availability in a residue amended soil[J]. Applied Soil Ecology, 1999, 13: 21-30.

[11] 苏静, 赵世伟, 马继东, 等. 宁南黄土丘陵区不同人工植被对土壤碳库的影响[J]. 水土保持研究, 2005, 12(3): 50-52.

[12] Whitbread A M, Lefroy R D B, Blair G J. A survey of the impact of cropping on soil physical and chemical properties in northwestern New South Wales[J]. Australian J. of Soil Res., 1998, 36: 669-681.

[13] Logninow W, Wisniewski W, Strong W M, et al. Fractionation of organic carbon based on susceptibility to oxidation[J]. Polish. J. of Soil Sci., 1987, 20: 47-52.

(上接第 60 页)

参考文献:

[1] 赵全, 赵新华, 董国凤, 等. 基于 GIS 的地下水环境安全评价模型[J]. 中国给水排水, 2005, 21(3): 98-101.

[2] 吴凯, 许越先. 黄淮海平原水资源开发的环境效应及其调控对策[J]. 地理学报, 1997, 52(2): 114-122.

[3] 王鹏飞, 李捷, 张杰. 深圳特区水资源的可持续利用[J]. 中国给水排水, 2002, 28(2): 21-23.

[4] 黄钰铃, 惠二青, 员学锋, 等. 西南地区水资源可持续发展与利用[J]. 水资源与水工程学报, 2005, 16(2): 46-49.

[5] 阮本清, 王浩. 西线调水区水资源分析及可调水量商榷[J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2000, 40(1): 101-106.

[6] 马斌, 解建仓, 阮本清, 等. 基于构件式的水资源调度管理模式及其应用研究[J]. 水利学报, 2000(12): 26-30.

[7] 朱九龙, 陶晓燕, 王世军, 等. 淮河流域水资源价值测算与分析[J]. 自然资源学报, 2005, 20(1): 126-131.

[8] 沈珍瑶, 杨志峰. 黄河流域水资源可再生性评价指标体

系与评价方法[J]. 自然资源学报, 2002, 17(2): 188-197.

[9] Wang D Z, Hao Z Q, Xiong Z P. Modified method for extraction of watershed boundary with digital elevation modeling[J]. J. For. Res., 2004, 15: 283-286.

[10] 丰华丽, 王超, 朱光灿. 土地利用变化对流域生态需水的影响分析[J]. 水科学进展, 2002, 13(6): 757-762.

[11] 王芳, 王浩, 陈敏建, 等. 中国西北地区生态需水研究(1) 基于遥感和地理信息系统技术的区域生态需水计算及分析[J]. 自然资源学报, 2002, 17(2): 129-137.

[12] 郑红星, 刘昌明. 黄河流域水资源演化模式分析[J]. 地理学报, 2004, 59(2): 267-273.

[13] WANG Diarr zhong, HAO Zharr qing, XIONG Zar ping. Modified method for extraction of watershed boundary with digital elevation modeling[J]. Journal of Forestry Research, 2004, 15(4): 283-286.

[14] 穆兴民, 李靖, 王飞, 等. 基于水土保持的流域降水—径流统计模型及其应用[J]. 水利学报, 2004, 5(7): 122-128.