

嘉陵江流域年径流量的变化及其原因

许炯心¹, 孙季²

(1 中国科学院地理科学与资源研究所, 中国科学院陆地水循环及地表过程重点实验室, 北京 100101;

2. 西南科学技术大学, 四川 绵阳 621000)

摘 要: 以嘉陵江的资料为基础, 探讨了年径流量的变化及其原因, 分析了水土保持措施减少径流的效应。以 1956~1980年作为人类活动较弱的“基准期”, 而以 1981~2000年为人类活动较强的“措施期”, 分别给出了回归方程。计算表明, 降水减少导致的年减水量占年平均总减水量的 84.3%, 水利水土保持措施导致的年减水量占年平均总减水量的 15.7%。人类活动对年径流的影响是依赖于年降水量的, 降水偏少年减水量较大, 降水偏多年减水量较小, 超过某一临界值之后, 年径流量不但不会减少, 反而会增加。计算表明, 这一临界年降水量为 1 000 mm。年径流系数的变化和年径流量的变化相似, 1980年以前无趋势性变化, 1980年后有减小的趋势。人类活动对年径流系数的影响同样是依赖于年降水量的, 降水偏少年径流系数的减小较显著, 降水偏多年径流系数的减小不明显, 甚至还可能增大。

关键词: 年径流; 水土保持减水效应; 径流变化; 临界; 嘉陵江

中图分类号: S715.3

文献标识码: A

河流径流的变化及其原因的研究, 是一个重要的科学问题。这一问题解决, 将会为水资源的可持续利用提供更为坚实的科学依据。导致河流径流变化的因素, 可以概括为气候变化因素和人类活动因素。在影响河流径流的人类活动因素中, 最重要的是水土保持措施的实施与水利工程建设。对于水利工程和水土保持对径流的影响, 我国科学工作者已进行了大量的研究工作, 提出了评估水利水土保持对径流影响的各种方法, 可以概括为基于水文模型的“水文法”和基于各项措施减水指标的“水保法”^[1-3]。对于黄河干支流、长江上游干支流的径流变化及其成因, 已有大量的成果, 取得了若干重要的认识^[1-8]。嘉陵江流域是长江上游重点产沙区之一, 也是水土保持实施强度最大的支流流域, 为我们提供了研究水土保持对径流影响的理想地区。本文以嘉陵江的资料为基础, 探讨年径流量的变化及其原因, 分析水土保持措施减少径流的效应, 揭示这种

效应对年降水的依赖, 并试图确定其中的临界现象。

1 研究区概况、资料来源与研究方法

嘉陵江源于秦岭南麓, 干流全长 1 120 km, 流域面积 $16 \times 10^4 \text{ km}^2$ (图 1), 是长江支流中流域面积最大的河流。流域包括嘉陵江干流、渠江、涪江三大水系, 干流自北向南, 渠江自东北向西南, 涪江自西北向东南, 三大水系在合川附近汇合, 构成扇形向心水系。流域地势, 东、北、西三面较高, 向东南高程逐渐降低, 地势渐趋平缓。各水系上游均为山区, 河谷狭窄, 河床比降大, 两岸耕地少。干流自广元以下河谷逐渐开阔, 地形从深丘逐步过渡到浅丘, 河曲、阶地和冲沟发育, 与涪江、渠江中下游构成川中盆地, 人烟稠密, 农业发达。1996年总人口为 4 550.40 万人, 其中农业人口 3 965.99 万人, 占总人口的 87.16%, 贫困人口 419.84 万人, 占总人口的

收稿日期 (Received date): 2006-09-30; 改回日期 (Accepted): 2006-12-25.

基金项目 (Foundation item): 国家重点基础研究规划项目 (2003CB415202-2002-2006) [Major State Basic Research Development Program of China (2003CB415202-2002-2006)]

作者简介 (Biography): 许炯心 (1948-), 男, 四川人, 研究员。主要研究方向: 河流地貌、侵蚀产沙。[Xu Jiongxin (1948-), male, was born in Sichuan, professor. Fluvial geomorphology & erosion and sediment yield. E-mail: xuj@igsn.ac.cn]

9.23%。农业人口密度为 250人 / km², 农业人均耕地 0.099 hm² / 人, 但是瘠薄地多, 耕作粗放, 单产不高。盆地丘陵区面积约 9.91 × 10⁴ km², 人口密度 513人 / km², 一些县甚至达到 800人 / km²。由于人口密度大, 耕地从丘陵间槽谷一直分布到丘顶, 垦殖率在 50% ~ 70% 之间^[9]。流域内坡耕地 212.92 × 10⁴ hm², 占耕地面积的 54.57%, 其中 > 25° 的坡耕地 38.38 × 10⁴ hm²。长期以来, 森林资源未得到合理的利用和保护, 木材的开采量大于森林的生长量, 毁林开荒, 乱砍滥伐, 许多天然林荡然无存, 林地

面积逐年减少, 水土流失面积不断增加^[11]。据 1988 年全国遥感普查结果表明, 76 个县 (市、区) 水土流失面积 82 830.08 km², 占土地总面积的 52.14%^[9]。

1988 年国务院批准将长江上游列为国家水土保持重点防治区, 包括金沙江下游、三峡库区和嘉陵江流域。嘉陵江流域的 76 个县市中, 有 50 个县市开展了水土流失重点治理。截至 1996 年底, “长江上游水土流失治理”工程实施 7 a 来, 嘉陵江流域共治理水土流失面积 21 361 km², 占流域内水土流失面积的 25.8%^[9-12]。



图 1 嘉陵江流域示意图

Fig. 1 Diagram showing the Jialingjiang River

本研究依据的河流径流量资料, 来自嘉陵江流域出口控制站北碚站, 以该站的年径流量作为嘉陵江流域的年产水量。以降水量来表示气候因子。所涉及的降水资料, 来自中国气象局的全国基本气象站资料, 位于嘉陵江流域的有 12 站, 采用算术平均方法求得流域平均年降水量。本文的研究方法为经验统计分析方法, 先划分受人类影响较轻的基准期和受人类影响较重的措施期, 然后建立两个时期的年径流量与降水因子之间的回归方程, 并据此对

两个时期进行比较, 以查明人类活动与降水变化对年径流量变化的影响。

2 年径流量和年降水量的变化

图 2 中点绘了嘉陵江出口控制站北碚站年径流量和嘉陵江流域年平均面雨量随时间的变化。可以看到, 从 1956 年至 1980 年, 嘉陵江年径流量和流域面平均降水量都没有趋势性变化。值得注意的是,

从 1981~2000 年, 年径流量有减少的趋势; 在同一时段中, 流域面平均年降水量也有减少的趋势。图中分别给出了 1981~2000 年间年径流量 Q_w 和年降水量 P 随时间 (T , 公元年) 变化的拟合直线与回归方程

$$P = -9.7288T + 20316 \quad (r^2 = 0.2055) \quad (1)$$

$$Q_w = -18.188T + 36847 \quad (r^2 = 0.3324) \quad (2)$$

对相关系数的检验表明, 相关显著性概率均小于 0.05。这一时段中流域降水的减少, 是径流量减少的原因之一。值得注意的是, 从上述两式中 T 的系数可以粗略算出, 1981~2000 年间, 年降水的减少率为 9.8 mm/a 而年径流的减少率为 18.2 mm/a。年径流量的减少率远大于年降水量的减少率。可以认为, 除了降水以外, 还存在着使径流减少的人为因素, 这就是水土保持措施与水利工程建设。如何对人类活动和降水量的变化对年径流量的影响进行定量区分, 是一个需要研究的问题。

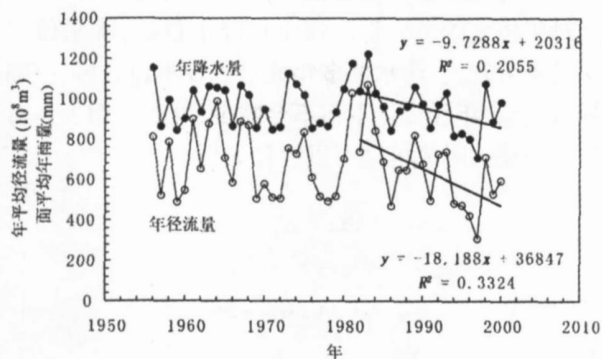


图 2 嘉陵江北碚站年径流量和嘉陵江流域年平均面雨量随时间的变化

Fig 2 Temporal variation in annual water yield at Beibei station and temporal variation in area-averaged annual precipitation in the Jialingjiang River basin

3 人类活动和降水对年径流量影响的定量区分

图 3 中点绘了北碚站年径流量和嘉陵江流域面平均年降水量的关系。年径流量、年降水量高度相关, 相关系数的平方为 0.8461, 意味着年径流量变化的 84.61% 可以用年降水量的变化来解释。这说明, 其他因素 (包括人类活动) 对嘉陵江年径流的影响次要的。

为了对人为影响进行评价, 可根据人类活动的差异, 划分人类活动较弱的“基准期”和人类活动较

强的“措施期”, 然后对这两个时期的径流量进行比较。图 2 显示, 从 1956 年至 1980 年, 嘉陵江年径流量没有趋势性变化; 从 1981 年至 2000 年, 年径流量有减少的趋势。故本文以 1956~1980 年作为人类活动较弱的“基准期”, 而以 1981~2000 年为人类活动较强的“措施期”。计算表明, 基准期中年降水量平均为 973.3 mm, 措施期中平均为 946.1 mm, 措施期中减少量为 27.2 mm, 占基准期年均降水量的 2.8%。

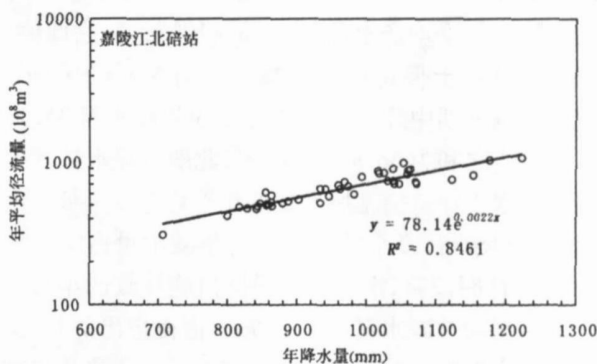


图 3 北碚站年径流量 Q_w 与流域面平均年降水量 P 之间的关系

Fig 3 Relationship between annual water yield and area-averaged precipitation at Beibei station on the Jialingjiang River

为了对措施期中人类活动对年径流的影响进行评价, 我们在图 4 中所点绘的北碚站年径流量 Q_w 与流域面平均年降水量 P 之间的关系图中, 用不同的符号区分基准期 (1956~1980 年) 和措施期 (1981~2000 年) 的点, 并分别给出了回归方程

1956~1980 年:

$$Q_w = 93.047e^{0.002P} \quad (r^2 = 0.7332) \quad (3)$$

1981~2000 年:

$$Q_w = 68.788e^{0.0023P} \quad (r^2 = 0.9378) \quad (4)$$

运用上列二式, 可以对相同降水条件下两个时期中年径流量的差别进行定量估算。式 (3) 表示基本上无人活动、只受降水变化影响情形下的年径流量-降水量函数关系, 式 (4) 表示在人类活动和降水变化共同影响下的年径流-降水量函数关系。因此, 措施期只受降水影响时的年径流量, 可以用措施期降水资料代入基准期公式即式 (3) 计算而得到; 水利水土保持措施实施后的年径流量, 可以用措施期降水资料代入措施期公式即式 (4) 计算而得到。降水减少导致的年减水量, 可以用基准期年平均年径流量减去措施期只受降水影响时的年径流量

而得到。措施期中年平均水利水土保持减水量,可以用措施期假定只受降水影响时的年平均径流量减去水土保持措施实施后的年平均径流量而得到。按以上方法,计算得到:措施期中(1980~2000年),假定只受降水影响时的嘉陵江年平均径流量为 $634.76 \times 10^8 \text{ m}^3$,而基准期中(1956~1980年)年平均径流量为 $665.94 \times 10^8 \text{ m}^3$,二者之差 $31.18 \times 10^8 \text{ m}^3$ 即为基准期中降水减少所导致的年减水量。按(4)式计算出水利水土保持措施后措施期中年平均产水量为 $628.96 \times 10^8 \text{ m}^3$,以假定只受降水影响时的嘉陵江年平均产水量 $644.76 \times 10^8 \text{ m}^3$ 减去此值,得到水利水土保持措施年减水量为 $5.8 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。此值与基准期中降水减少所导致的年减水量 $31.18 \times 10^8 \text{ m}^3$ 之和为 $36.98 \times 10^8 \text{ m}^3$,此即为降水量减少与水利水土保持措施所导致的年平均总减水量。由此进一步求得,降水减少导致的年减水量占年平均总减水的 84.3%,水利水土保持措施导致的年减水量占年平均总减水量的 15.7%。值得指出的是,这里计算出的降水减少导致的年减水量占年平均总减水量的 84.3%,与从图3中得到的年径流量变化的 84.61% 可以用年降水量的变化来解释相比,两个数据几乎是相同的。

4 水利水土保持减水效益对降水量的依赖关系

从图4可以看到,基准期与措施期的回归直线不平行,前者的斜率较小(0.002 0)而后者的斜率(0.002 3)较大。在某一给定降水量处作一直线与纵轴平行,分别与两直线相交,在两条直线之间截得

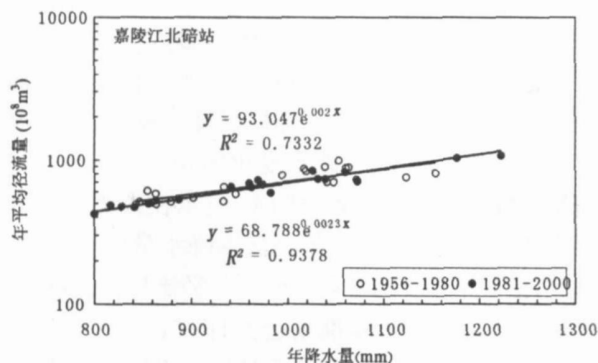


图4 “基准期”和“措施期”北碚站年径流量与流域面平均年降水量之间的关系

Fig 4 Relationship between annual water yield and area-averaged precipitation at Beibei station on the Jialingjiang River for “baseline” period and the period with measures

的线段长度即可表示给定点处的水利水土保持减水量。可以看到,两条直线有一交点,在交点左侧,水利水土保持减水量为正;而在交点右侧,水利水土保持减水量为负。交点处水利水土保持减水量为零。这说明,水利水土保持减水效益是依赖于降水量的变化而变化的。由式(1)和(2)可得,在年降水量为 P 处,水利水土保持减水量 ΔQ_w 可以表示为

$$\Delta Q_w = 93.047e^{0.002P} - 68.788e^{0.0023P} \quad (5)$$

因此, ΔQ_w 是年降水量 P 的函数。按照式(3)计算出 1981~2000年历年的 ΔQ_w ,图5中点绘了 ΔQ_w 随年降水量 P 的变化,可以用线性关系来拟合

$$\Delta Q_w = -0.0003x + 0.298 \quad (r^2 = 0.9994) \quad (6)$$

可以看到,随着降水量的增大, ΔQ_w 减小。令上式右端为 0 解之可得到 $\Delta Q_w = 1000 \text{ mm}$ 。这意味着水利水土保持减水量为零相对应的年降水量为 1000 mm,此即为水利水土保持减水效应随降水量变化的临界值,年降水量超过这一临界值之后,水利水土保持减水量变为负值。这一结果说明,人类活动对年径流的影响是依赖于年降水量的,降水偏少年减水量较大,降水偏多年减水量较小,超过某一临界值之后,年径流量不但不会减少,反而会增加。对这一现象的形成机理可以解释如下:

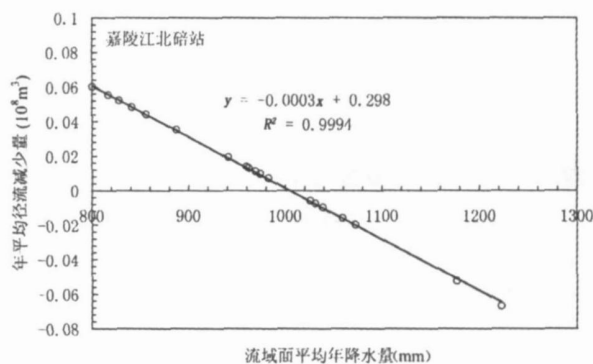


图5 措施期中水利水土保持减水量 ΔQ_w 随年降水量 P 的变化

Fig. 5 Water reduction by soil and water conservation measures varying with annual precipitation

水土保持措施增加了降雨的入渗,入渗水量一部分消耗于蒸发和蒸腾,另一部分则补给地下水,最终从地下流入河道而成为河流基流。水土保持措施的减水作用,取决于上述两部分中的前一部分。在降水偏少年,气温较高,土壤含水量较低,土壤蒸发较强,植被蒸腾亦较强,故水土保持措施的减水作用较强。另一方面,在降水偏少年易发生干旱,人们会

大量从水库、塘堰引水以保证农作物的需水要求, 从而使河流径流减少。在降水偏多年, 上述两个方面的作用均较弱, 故人类活动的减水量也较小。由于水土保持措施有蓄水保土作用, 水土保持实施后, 土壤含水量一般较水土保持实施前为大。在降水显著偏多的年, 特别是在长历时的大暴雨中, 土壤层很容易发生饱和, 从而出现大量产流, 暴雨后期的径流系数可接近于 100%, 1998 年长江大洪水中就出现了这样的情况。这显然会使洪水径流增大, 并迅速排出到流域以外。这一因素可能是使水土保持的减水量为负值, 即水土保持措施实施后径流量反而会增加的原因。大暴雨期间, 可能导致水库、塘坝等蓄水工程的冲毁, 使前期蓄水量下泄, 这也会增加当年的径流量。这也是一个可能导致水利和水土保持的减水量为负值的因素。

5 年径流系数的变化

年径流系数表示从年降水到年径流的转化率。当人类引水量可以忽略时, 年径流系数可以作为表征河流径流可再生性的指标^[7]。嘉陵江人类引水量与年径流量相比所占比例很小。由于历年人类引水量的资料缺乏, 而据 1954~1979 年统计, 年净引水量只占天然径流量的 3%, 故可以近似采用实测年径流系数表示径流的可再生性。图 6 中点绘了嘉陵江北碚站年径流系数随时间的变化。可以看到, 年径流系数的变化和年径流量的变化相似, 1980 年以前无趋势性变化, 1980 年后有减小的趋势。这种减小一方面与年降水量的减小有关, 另一方面则说明, 在水利水土保持措施的影响下, 嘉陵江流域的径流可再生性有所减小。

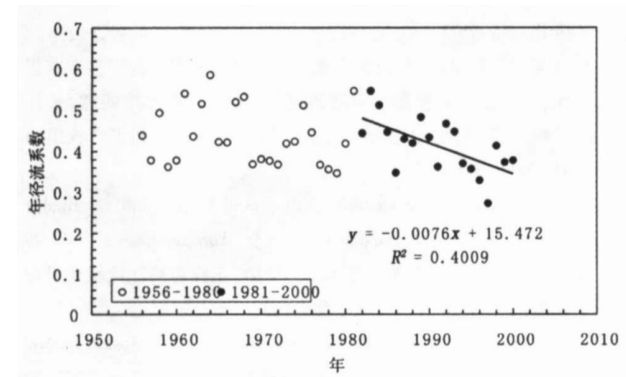


图 6 嘉陵江北碚站年径流系数随时间的变化

Fig 6 Temporal variation in annual runoff coefficient at Bebei station on the Jialing River

将 1956~1980 年作为“基准期”, 1981~2000 年作为“措施期”, 点绘了年径流系数-年降水关系中 (图 7), 图 7 中以不同的符号区分这两个时期, 并分别建立了如下回归方程:

1956~1980 年

$$y = 0.1637e^{0.001x} \quad (r^2 = 0.4042)$$

1981~2000 年

$$y = 0.1239e^{0.0013x} \quad (r^2 = 0.8379)$$

图 7 中的两条直线斜率不同, 交点左侧, “措施期”直线低于基准期直线, 意味着在降水量相同时, “措施期”径流系数小于“基准期”。由于水土保持措施的实施改变了土地利用土地覆被状况, 使得由年降水到年径流的转化率减小。交点右侧, “措施期”直线高于基准期直线, 意味着在降水量相同时, “措施期”径流系数高于“基准期”。其原因是, 在降雨量显著偏多的年, 年径流会增大, 其原因已在上文中作了解释。这说明, 人类活动对年径流系数的影响同样是依赖于年降水量的, 降水偏少年份径流系数的减小较显著, 降水偏多年径流系数的减小不明显, 甚至还可能增大。图 7 中的变化图形与年径流-年降水关系反映出的情形是相同的, 可以用相同的原因来解释。

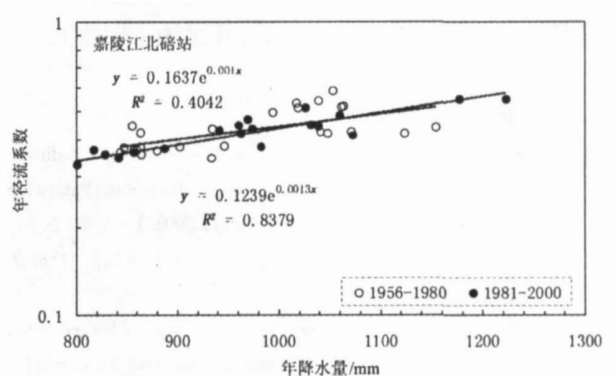


图 7 “基准期”和“措施期”北碚站年径流系数与流域面平均年降水量之间的关系

Fig 7 Relationship between annual runoff coefficient and area-averaged precipitation at Bebei station on the Jialing River for “baseline” period and the period with measures

6 结论

以嘉陵江的资料为基础, 探讨了年径流量的变化及其原因, 分析了水土保持措施减少径流的效应, 揭示了这种效应对年降水的依赖, 并确定了其中的临界现象。从 1956~1980 年, 嘉陵江年径流量和流

域面平均降水量都没有趋势性变化,从 1981~2000 年,年径流量和年降水量都有减少的趋势。1981~2000年间,年降水的减少率为 9.8 mm/a 而年径流的减少率为 18.2 mm/a 年径流量的减少率远大于年降水量的减少率。以 1956~1980 年作为人类活动较弱的“基准期”,而以 1981~2000 年作为人类活动较强的“措施期”,分别给出了回归方程。降水减少导致的年减水量占年平均总减水量的 84.3%,水利水土保持措施导致的年减水量占年平均总减水量的 15.7%。

基准期与措施期的回归直线不平行,前者的斜率较小(0.002 0)而后者的斜率(0.002 3)较大。两条直线有一交点,在交点左侧,水利水土保持减水量为正;而在交点右侧,水利水土保持减水量为负。交点处水利水土保持减水量为零。这说明,人类活动对年径流的影响是依赖于年降水量的,降水偏少年减水量较大,降水偏多年减水量较小,超过某一临界值之后,年径流量不但不会减少,反而会增加。计算表明,这一临界年降水量为 1 000 mm。

年径流系数的变化和年径流量的变化相似,1980 年以前无趋势性变化,1980 年后有减小的趋势。人类活动对年径流系数的影响同样是依赖于年降水量的,降水偏少年径流系数的减小较显著,降水偏多年径流系数的减小不明显,甚至还可能增大。

参考文献 (References)

- [1] Wang G., Fan Z. (editors). A Study of Water and Sediment Changes in the Yellow River [M]. Vol 1. Zhengzhou Publishing House of Yellow River Water Conservancy, 2003. 1~576 [汪岗, 范昭 (主编). 黄河水沙变化研究 [M]. 第 1 卷. 郑州: 黄河水利出版社, 2003. 1~576]
- [2] Ye Q. C. (editor). Researches on Environmental Changes of the Yellow River Basin and Laws of Water and Sediment Transportation [M]. Jinan: Shandong Science and Technology Press, 1994. 1~220. [叶青超 (主编). 黄河流域环境变迁与水沙运行规律研究 [M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1994. 1~220]
- [3] Ran D. C., Li W., Liu L. Y., Zhao et al. Water and Sediment Changes in Relation with Soil and Water Conservation Measures in the Middle Yellow River Basin [M]. Zhengzhou Publishing House for Yellow River Water Conservancy, 2000. 1~274 [冉大川, 柳林旺, 赵力仪, 等. 黄河中游河口镇至龙门区间水土保持与水沙变化 [M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2000. 1~274]
- [4] Xu J. H., Y. G. Niu. Effect of Hydraulic Engineering Works on River flow and Sediment Load in the Middle Yellow River Basin [M]. Zhengzhou Publishing House for Yellow River Water Conservancy, 2000. 1~296. [徐建华, 牛玉国. 水利水土保持工程对黄河中游多沙粗沙区径流泥沙影响研究 [M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2000. 1~296]
- [5] Wu Kai, Tang Dengyin, Xie Xianqun. Changing tendency of river runoff at lower reaches of the Huanghe River and countermeasures for reducing its effects [J]. *Journal of Geographical Research*, 2000, 19(4): 378~382 [吴凯, 唐登银, 谢贤群. 黄河下游径流的变化趋势与对策 [J]. 地理研究, 2000, 19(4): 378~382]
- [6] Xu Jiongxin, Sun Ji. Influence of precipitation and human activities on water fluxes from the Yellow River into the sea in the past 50 years [J]. *Advances In Water Science*, 2003, 14(6): 690~695 [许炯心, 孙季. 近 50 年以来降水变化和人类活动对黄河入海径流通量的影响 [J]. 水科学进展 [J], 2003, 14(6): 690~695]
- [7] Xu Jiongxin. Temporal variation in runoff renewability in the drainage area between Hekouzen and Longmen and the influencing factors [J]. *Progress in Natural Science*, 2004, 14(7): 787~791 [许炯心. 黄河流域河口镇至龙门区间的径流可再生性变化及其影响因素 [J]. 自然科学进展, 2004, 14(7): 787~791]
- [8] Fu R. S., Yu Z. Y., Jin M., et al. Trend in water and sediment variations in the Yangtze River [J]. *Journal of Hydraulic Engineering*, 2002, (11): 21~29 [府仁寿, 虞志英, 金穆, 等. 长江水沙变化发展趋势 [J]. 水利学报, 2002, (11): 21~29]
- [9] Hydrological Bureau the Yangtze River Water Conservancy Commission. A study of sediment-reduction effect of soil conservation measures in the Jialingjiang River basin [A]. In: Experts Group on Sediment Issues of the Three Gorges Project: A Study of Sediment Issues of the Three Gorges Project [C]. Beijing: Press of Intellectual Property Right Vol 4, 2002. 1~173 [长江水利委员会水文局. 嘉陵江水土保持措施对长江三峡工程减沙作用的研究 [A]. 见: 国务院三峡工程建设委员会办公室泥沙课题专家组. 中国长江三峡工程开发总公司工程泥沙专家组编. 长江三峡工程泥沙问题研究 (1996~2000), 第四卷, 长江三峡工程“九五”泥沙研究综合分析 [C]. 北京: 知识产权出版社, 2002. 1~173]
- [10] Hydrological Bureau the Yangtze River Water Conservancy Commission. A study of the trend in runoff and sediment yield in the Jialingjiang River basin after practice of soil and water conservation [A]. In: Experts Group on Sediment Issues of the Three Gorges Project: A Study of Sediment Issues of the Three Gorges Project [C]. Beijing: Press of Intellectual Property Right Vol 4, 2002. 1~173 [长江水利委员会水文局. 嘉陵江水土保持治理前后水沙变化趋势研究 [A]. 见: 国务院三峡工程建设委员会办公室泥沙课题专家组. 中国长江三峡工程开发总公司工程泥沙专家组编. 长江三峡工程泥沙问题研究 (1996~2000), 第四卷, 长江三峡工程“九五”泥沙研究综合分析 [C]. 北京: 知识产权出版社, 2002. 341~387]
- [11] Guo Houzhen, Wan Caibing. Soil control project and sustainable development in the Yangtze River [J]. *Yangtze River*, 1998, 29(2): 38~39 [郭厚祯, 万彩兵. “长治”工程与长江流域跨世纪发展 [J]. 人民长江, 1998, 29(2): 38~39]
- [12] Shi Liren. Soil loss in the Yangtze River basin: erosion control countermeasures and beneficial effect [J]. *Yangtze River*, 1998, 29(2): 41~43 [史立人. 长江流域水土流失特征、防治对策及实施成效 [J]. 人民长江, 1998, 29(1): 41~43]

Temporal Variation in Annual Water Yield of the Jialingjiang River and the Formative Causes

XU Jiongxin¹, SUN Ji²

(1. Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, Key Laboratory for Water Cycle and Related Land Surface Processes, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 2. Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621000, Sichuan, China)

Abstract Based on data from the Jialingjiang River, the temporal variation in annual water yield and the formative cause have been studied, and the water reduction effect of soil and water conservation has been analyzed. The periods 1956–1980 and 1981–2000 were taken as the “baseline” period and the period with measures, and a regression equation between annual water yield and areal average precipitation has been established for the above two periods, respectively. Using the two equations, the water reduction by the decreased precipitation has been estimated as 84.3% and that by soil and water conservation measures as 15.7%. The effect of human activity on water yield is dependent on annual precipitation. During the years with higher precipitation, the water reduction is lower, and during the years with lower precipitation, the water reduction is higher. When the annual precipitation exceeds a certain threshold, the water reduction may become negative. The temporal variation in annual runoff coefficient (R_c) is similar to that in water yield. Before 1980, no trend could be seen, but after 1980, the annual runoff coefficient tended to decrease. The effect of human activity on runoff coefficient is also dependent on annual precipitation. During the years with higher precipitation, the reduction in R_c is lower, and during the years with lower precipitation, the reduction in R_c is higher. When the annual precipitation exceeds a certain threshold, the R_c might increase.

Key words annual water yield, water reduction by soil and water conservation, variation in water yield, threshold, the Jialingjiang River