

岔巴沟、大理河与无定河水土保持减水减沙作用的尺度效应

綦俊谕^{1,2}, 蔡强国¹, 蔡乐³, 孙莉英¹

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

2. 中国科学院研究生院, 北京 100049; 3. 北京市水文总站, 北京 100089)

摘要:运用经验公式法、双累积曲线法和不同系列对比法计算出岔巴沟、大理河与无定河流域在20世纪70年代水土保持综合措施的平均减水效益分别为14.47%、20.22%和20.78%, 平均减沙效益为64.97%、43.62%和47.26%。对计算结果进行分析发现, 用3种方法对岔巴沟、大理河与无定河流域水土保持综合措施减水减沙效益的计算结果之间的关系没有尺度效应。引进“减水效率”和“减沙效率”的概念来表示水土保持措施减水减沙作用的能力, 然后通过对3个流域水土保持综合措施减水效率和减沙效率的分析发现: ①无论是小流域还是中、大流域, 水土保持综合措施减沙效率都大于减水效率, 小流域的减沙减水效率比大于中、大流域的减沙减水效率比, 尺度效应明显, 后两者减沙减水效率比都各自趋于一致, 尺度效应不明显; ②小流域水土保持综合措施减水效率要低于中、大流域的减水效率, 而小流域水土保持综合措施减沙效率远高于中、大流域的减沙效率, 尺度效应明显, 中、大流域减水减沙效率都各自趋于一致, 尺度效应亦不明显。

关键词:水文法; 减水效益; 减沙效益; 减水效率; 减沙效率; 水土保持措施

1 引言

对水土保持措施减水减沙作用的研究分别在径流小区或坡面尺度、小流域尺度和大流域尺度上取得了丰硕的成果^[1-15]。前人对不同尺度流域各自的水土保持措施减水减沙作用研究比较集中, 而对于不同尺度流域水土保持减水减沙作用的差异研究还很少。师长兴收集了黄土高原64个不同面积大小的流域的水土保持措施减沙效益的资料和研究成果, 对黄土高原减沙效益的尺度效应进行了初步探讨, 发现黄河中游水土保持措施减沙模数以及减沙比与流域尺度不存在明显的关系, 黄河中游的平均减沙比与大量小流域得到的水土保持措施平均减沙比无明显差别^[16]。本论文在前人研究的基础上不仅要探讨水土保持措施减沙作用的尺度效应, 还对减水作用与流域的尺度之间的关系进行研究。主要是通过选取隶属于同一水蚀类型区的岔巴沟、大理河与无定河3级不同尺度的流域进行水土保持措施减水和减沙效益的计算, 并根据各流域治理情况分析黄土高原水土保持综合措施减水减沙的尺度效应。

2 研究区概况

2.1 流域自然概况

无定河是黄河中游的重要支流, 位于毛乌素沙漠南缘及黄土高原北部。面积为30261 km², 干流全长491 km, 主河道平均比降为1.97%^[17], 流域出口控制站为白家川水文站, 控制流域面积29662 km²。流域降水量年平均为409.1 mm, 由北向南增加, 北部为370 mm, 南部增为410 mm, 属于暖温带半干旱气候。风沙区位于西北部, 占全流域总面积的54.3%, 侵蚀模数较低。西北部河源地区为厚层黄土覆盖。沟壑切割深度为50~300 m, 形成梁峁丘陵地形, 梁长峁大, 但沟谷密度小, 沟谷之间地表较为平坦完整, 土壤侵蚀以沟蚀和重力侵蚀为主。东南部为黄土丘陵沟壑区, 沟谷密度很大, 达4~8 km/km², 切割深度为50~250 m, 黄土层厚度为50~100 m, 土壤侵蚀剧烈、面蚀、沟蚀和重力侵蚀均十分发育。据水土流失治理以前1956-1969年白家川水文站资料的统计, 全流域产沙模数7075t/(km²·a)^[18]。大理河发源于靖边县南部的白于山东侧, 自西向东流经榆林市的靖边、横山、子洲3县, 至绥德县城附

收稿日期: 2010-01; 修订日期: 2010-05.

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973)项目(2007CB407207); 国家基金委员会重点基金项目(40635027)。

作者简介: 綦俊谕(1984-), 男, 硕士研究生。主要研究方向为水土保持。E-mail: qijunyu2009@yahoo.com.cn

近注入无定河,是无定河最大的一级支流,干流全长 170 km,流域面积 3906 km²。大理河青阳岔以上为河源梁涧区,面积 662 km²,占全流域面积的 16.9%,其余均为黄土丘陵沟壑区。丘陵地形破碎,植被稀疏,水土流失严重。据 1960-1970 年统计,多年平均降水量为 478 mm,年径流量为 1.82 亿 m³,年输沙量为 6540 万 t,年均侵蚀模数为 1.68 万 t/km²,局部地区高达 3 万 t/km^{2[19]}。

岔巴沟是大理河的一个支流,自然地理区划属于黄土丘陵沟壑区第一副区,流域面积为 205 km²,岔巴沟出口站曹坪站以上集水面积 187 km²,沟道长度 24.1 km,流域平均宽度 7.22 km,沟道密度 1.05 km/km²,流域形状基本对称。该区土壤侵蚀极其严重,1954-1958 年的观测表明,平均侵蚀模数为 15780 t/km²,最大年侵蚀模数为 23670 t/km^{2[20]}。

2.2 流域治理情况

从 20 世纪 50 年代开始,国家在无定河流域中展开了水土流失治理工作,治理规模逐步扩大。1950-1970 年为起步阶段,治理规模不大,1970-1980 年为初步规模治理阶段。截止 1981 年底,流域内共修建大小水库 261 座,其中大、中型水库 31 座,小(一)型水库 85 座,小(二)型水库 145 座,淤地坝 9096 座,现有水地 551.3 km²,坝地 132.5 km²,梯田 655.7 km²,水土保持林 3619.5 km²,种草 718.1 km²,以上 5 种治理措施面积合计为 5677.1 km²,占水土流失面积的 24.5%^[21],治理度达到 18.7%。大理河流域综合治理采用坡面上造林、种草、修水平梯田和沟道里打坝蓄水淤地相结合的方法。截止 1980 年,流域内已有水地 66.9 km²,坝地 28.6 km²,梯田 156.5 km²,造林 284.8 km²,种草 131 km²,以上合计治理面积 667.8 km²,占总流域面积的 17.1%(表 1)^[19]。截止 1980 年,岔巴沟流域内有梯田 10 km²,造林 10 km²,种草 6 km²,坝地 2 km²,水地 2.7 km²,合计治理面积为 30.7 km²,占总流域面积的 15%^[22]。1970 年以后由于水坠坝技术的推广,流域内水库、淤地坝总座数、总库容激增,特别是 1975 年后,大量的坝库建成并发挥效益,平均每平方千米有库容 12 万 m³ 以上。这些坝库均匀地分布在流域内,此乃减水减沙重要原因。

3 研究方法 with 数据来源

3.1 研究方法

“水文法”是利用水文观测资料建立水文统

计模型分析水土保持措施减水减沙作用的一种方法。其基本原理是以水土保持措施明显生效前的降水、径流和泥沙实测资料为依据,建立降水产流和降水产沙经验关系式——水文统计模型,以此关系式代入水土保持措施明显生效以后的实测降水资料,计算出如下垫面条件不变时应产生的水量和沙量,计算水量和沙量与实测水量和沙量之差再与水土保持措施生效前的实测值相比,即为水土保持措施的减水减沙效益。

“水文法”就具体方法而言,又有以下几种:①经验公式法。它是根据流域治理以前的降雨、径流、输沙系列观测资料,建立这三者间的经验关系模型,再将治理以后流域降雨系列资料代人经验关系模型,得到的治理后的径流和输沙模拟值与实测值进行比较从而获得减水减沙效益。②双累积曲线法。将年降水量及相应的年径流量、年输沙量点绘双累积曲线,此曲线在治理后发挥减水减沙效益年份有较明显的转折。根据治理以前的实测资料,经回归分析求得累积降水量与累积径流量和累积输沙量的线性相关方程,将治理后的累积降水量值分别代入方程中,求得累积径流量和累积输沙量,然后与同期实测值比较,即得减水减沙效益。③不同系列对比法。根据特定流域的水土保持实际情况,选择某一年份作为水土保持治理尚未发挥减水减沙效益的分界年份,分别取得该年份前后的系列观测资料,求均值进行对比。

3.2 数据来源

本次对岔巴沟、大理河与无定河流域水土保持措施减沙减水效益的计算所采用的数据来源于《黄河流域子洲径流实验站水文试验资料》、《黄河流域水文特征值统计》(第三册)、《陕西省水文统计》(第三册)。根据研究区域水土保持实施情况和统计资料范围,选择 1959-1980 年的水文泥沙和气象数据作为岔巴沟小流域水保效益研究基础;1957-1980 年的资料作为大理河流域的研究基础;1960-1980 年的资料计算无定河流域水保效益。应用赵石窑、靖

表 1 岔巴沟、大理河与无定河流域截止 1980 年存留水保措施面积
Tab.1 Chabagou, Dalihe and Wudinghe's reserved areas of sediment conservation measures in 1980

流域	面积 km ²	水地 km ²	坝地 km ²	梯田 km ²	林地 km ²	草地 km ²
岔巴沟	205	2.7	2	10	6	10
大理河	3906	66.9	28.6	156.5	284.8	131
无定河	30261	551.3	132.5	655.7	3619.5	718.1

注:为了便于比较,并且 1981 与 1980 年水保措施面积变化不大,故将无定河流域截止 1981 年的水保面积作为 1980 年底的存留面积。

边、米脂、青阳岔、绥德、川口和横山7个观测站的降水实测资料计算无定河流域年平均降水量;绥德、曹坪、青阳岔和李家河4个水文站点的实测资料计算大理河流域年平均降水量;曹坪站的降水资料获得岔巴沟流域年平均降水量。岔巴沟、大理河与无定河流域年径流量和输沙量的数据分别取自把口站曹坪、绥德和川口站的实测资料。

4 基准期和措施期

采用双累积曲线法确定水土保持措施对流域年输沙量和径流量产生明显影响的转折年份,即将岔巴沟、大理河与无定河流域年输沙量和径流量的逐年累积值对流域年降雨量的逐年累积值分别点绘成图(图1-3),若流域的输沙量或径流量只受到降水的影响(极端降水事件除外),则双累积曲线基本呈一直线,若双累积曲线发生偏转,说明流域下垫面状况发生了变化,也就是水土保持措施开始起到减沙减水作用。确定水土保持措施产生影响的转折年后,以此为分界点,将之前一段时间定为无水土保持措施影响的基准期,后一段时间为有水土保持措施影响的措施期。

由图1可以看出,岔巴沟流域水土保持措施减沙作用明显生效的转折年为1969年,虽然1969年水土保持措施减水作用生效并不明显,但是由减水和减沙作用的关系可以判定岔巴沟流域水土保持措施减沙减水效益自1969年开始产生。

由图2可知,大理河流域水土保持措施减沙作用明显生效的转折年为1971年,1971年水土保持措施减水作用也开始生效。因此,大理河流域水土保持措施减沙减水效益自1971年开始产生。

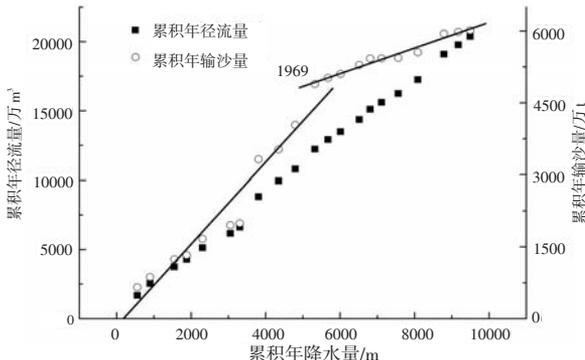


图1 岔巴沟流域年降水量与径流量和输沙量双累积曲线
Fig.1 Double-accumulative curves of annual precipitation and runoff and annual precipitation and sediment discharge in Chabagou Basin

由图3可知,无定河流域水土保持措施减沙作用明显生效的转折年为1971年,而1971年水土保持措施减水作用亦生效。因此,无定河流域水土保持措施减沙减水效益产生于自1971年。经过对各流域年降水量与输沙量和径流量双累积曲线的分析,确定计算岔巴沟、大理河与无定河流域水土保持措施减沙减水效益的措施期都为20世纪70年代。

5 减水效益计算

5.1 经验公式法

用SPSS软件对各流域基准期的年降水量与径流量进行曲线拟合,得到拟合曲线方程(表2)。

将岔巴沟、大理河与无定河流域历年降水量分别带入上列曲线方程,计算得到模拟径流量。与实测值进行比较(图4),可知基准期年径流量模拟值对实测值的模拟情况较好,而在措施期模拟值普遍

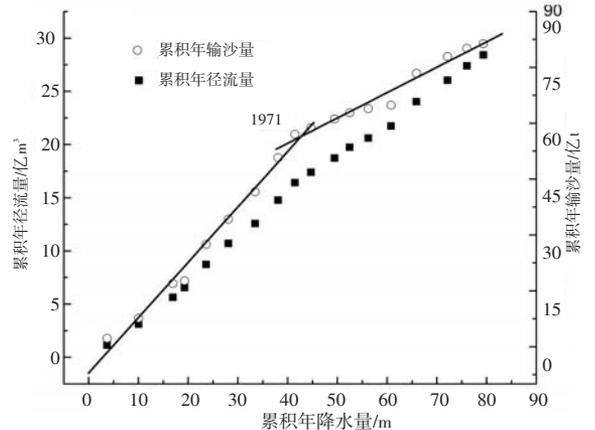


图2 大理河流域年降水量与径流量和输沙量双累积曲线
Fig.2 Double-accumulative curves of annual precipitation and runoff and annual precipitation and sediment discharge in Dalihe Basin

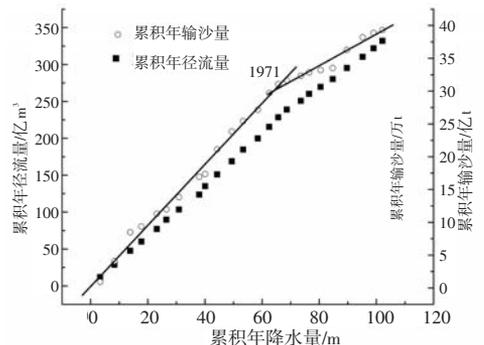


图3 无定河流域年降水量与径流量和输沙量双累积曲线
Fig.3 Double-accumulative curves of annual precipitation and runoff and annual precipitation and sediment discharge in Dalihe Basin

大于实测值,两者之差即为水土保持综合措施措施期的减水量。

5.2 双累积曲线法

用 SPSS 软件对岔巴沟、大理河与无定河流域的基准期降水量与径流量的累积值分别进行曲线拟合,得到拟合曲线方程(表3)。

将岔巴沟、大理河与无定河流域历年降水量的累积值分别带入上列曲线方程,计算得到各自模拟径流量的累积值,与实测值比较(图5),可知基准期年径流量累积模拟值对实测累积值的模拟情况较好,而在措施期模拟值普遍大于实测值,两者之差即为水土保持综合措施措施期减水量的累积值。

6 减沙效益计算

6.1 经验公式法

用 SPSS 软件对各流域基准期的年降水量与输沙量进行曲线拟合,得到拟合曲线方程(表4)。

将岔巴沟、大理河与无定河流域历年降水量分别带入上列曲线方程,计算得到模拟输沙量。与实测值进行比较(图6),可知基准期年输沙量模拟值

对实测值的模拟情况较好,而在措施期模拟值普遍大于实测值,两者之差即为水土保持综合措施在措施期的减沙量。

6.2 双累积曲线法

用 SPSS 软件对岔巴沟、大理河与无定河流域基准期降水量与输沙量的累积值分别进行曲线拟合,得到拟合曲线方程(表5)。将岔巴沟、大理河与无定河流域历年降水量的累积值分别带入上列曲线方程,计算得到各自模拟输沙量的累积值,与实测值比较(图7),可知基准期年输沙量累积模拟值对实测累积值的模拟情况较好,而在措施期模拟值普遍大于实测值,两者之差即为水土保持综合措施在措施期减沙量的累积值。

表 2 岔巴沟、大理河与无定河流域基准期年降水量与径流量曲线方程

Tab.2 Curve-fit equation of annual precipitation and runoff at base period

流域	拟合曲线	方程	R	显著性水平
岔巴沟	S 曲线	$Y = e^{(7.975-467.197/X)}$	0.767	0.006
大理河	S 曲线	$Y = e^{(1.382-3.518/X)}$	0.818	0.004
无定河	Cubic 曲线	$Y = 14.164 - 3.858X + 1.371X^2 - 0.1X^3$	0.896	0.01

表 3 岔巴沟、大理河与无定河流域基准期累积年降水量与累积年径流量拟合曲线

Tab.3 Curve-fit equation of accumulated annual precipitation and runoff at base period

流域	拟合曲线	曲线方程	R	显著性水平
岔巴沟	Linear 曲线	$Y = 2.178 + 239.025X$	0.993	0.000
大理河	Linear 曲线	$Y = 0.403X - 0.808$	0.998	0.000
无定河	Linear 曲线	$Y = -1.039 + 3.433X$	0.999	0.000

表 4 岔巴沟、大理河与无定河流域基准期年降雨量与输沙量拟合曲线方程

Tab.4 Curve-fit equation of annual precipitation and sediment discharge at base period

流域	拟合曲线	方程	R	显著性水平
岔巴沟	S 曲线	$Y = e^{(7.942-984.327/X)}$	0.740	0.009
大理河	S 曲线	$Y = e^{(3.71-9.084/X)}$	0.880	0.004
无定河	S 曲线	$Y = e^{(2.249-6.946/X)}$	0.817	0.000

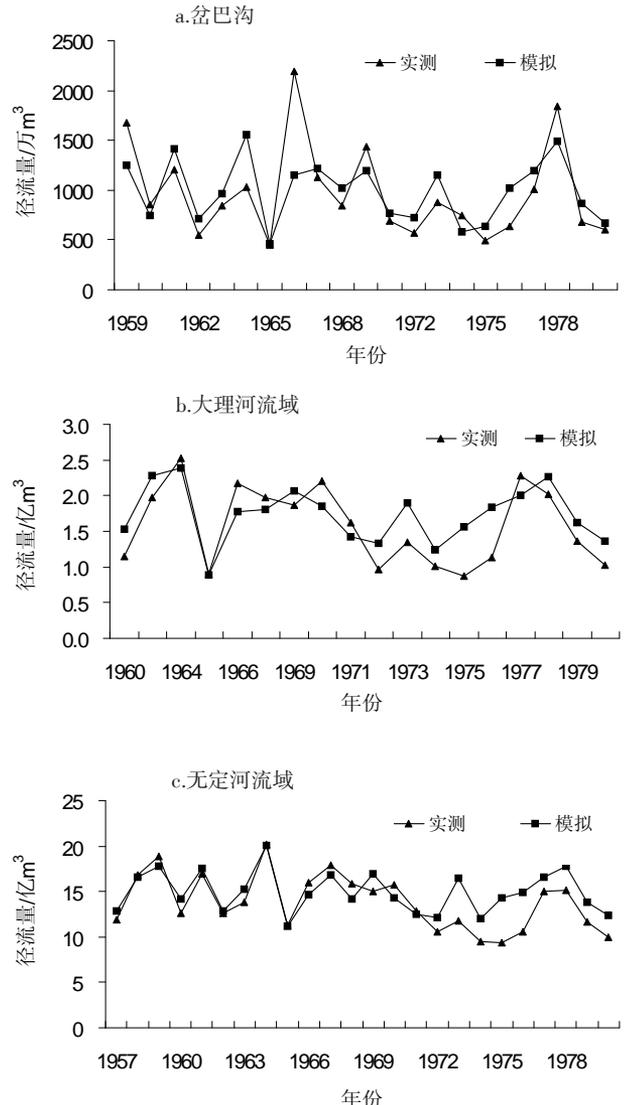


图 4 三流域年径流量模拟值与实测值比较

Fig.4 Comparison between simulated and measured values of runoff in three basins

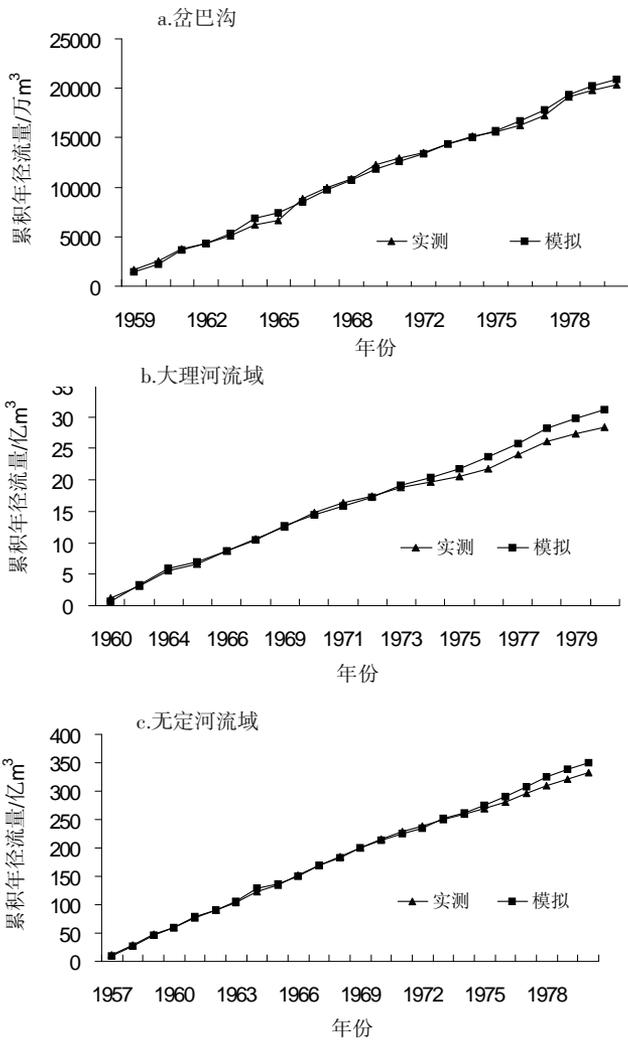


图5 三流域累积年径流量模拟值与实测值比较
Fig.5 Comparison between simulated and measured values of accumulated annual runoff in three basins

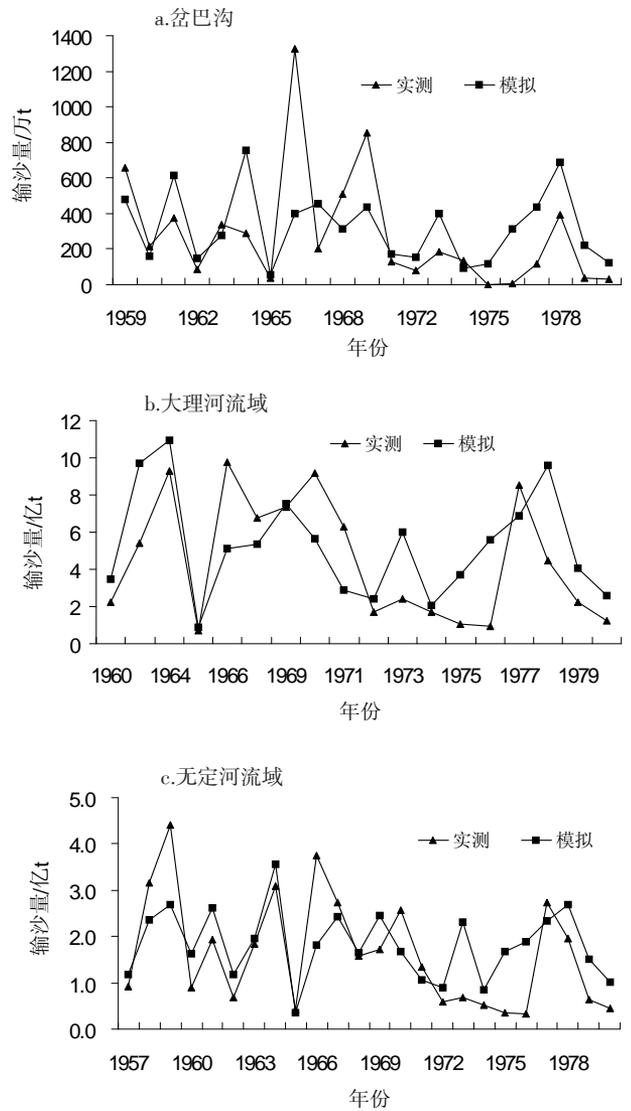


图6 三流域年输沙量模拟值与实测值比较
Fig.6 Comparison between simulated and measured values of sediment discharge in three basins

7 尺度效应分析

7.1 计算方法尺度效应分析

通过经验公式法、双累积曲线法和不同系列对比法计算得出岔巴沟、大理河与无定河流域水土保持措施在1970年代的减沙减水效益结果见表6。

由表6可以看出,对于3个不同尺度的流域而言,①不同系列对比法计算减水减沙效益的结果要高于经验公式法和双累积曲线法的计算结果,这由于经验公式法和双累积曲线法在计算减水减沙效益时可以刨除流域降水量变化的影响,而不同系列对比法的计算结果包含降水量变化对径流量和输沙量的影响;双累积曲线法计算出的减水效益都低于经验公式法计算出的减水效益,而前者的减沙效

表5 岔巴沟、大理河与无定河流域基准期累积年降水量与累积年输沙量拟合曲线

Tab.5 Curve-fit equation of accumulated annual precipitation and sediment discharge at base period

流域	拟合曲线	曲线方程	R	Sig.F
岔巴沟	Linear 曲线	$Y = 0.854 - 154.634X$	0.968	0.000
大理河	Linear 曲线	$Y = 1.434X - 6.21$	0.992	0.000
无定河	Linear 曲线	$Y = 0.288 + 0.463X$	0.995	0.000

益都高于后者的减沙效益,所以②由3种方法计算出的不同尺度流域水土保持措施减水效益的平均值都更接近于经验公式法计算出来的结果,而减沙效益的平均值都更接近于双累积曲线法计算出的结果,③双累积曲线法计算的减沙效益与减水效益的比值都大于另外两种方法计算出来结果相应项

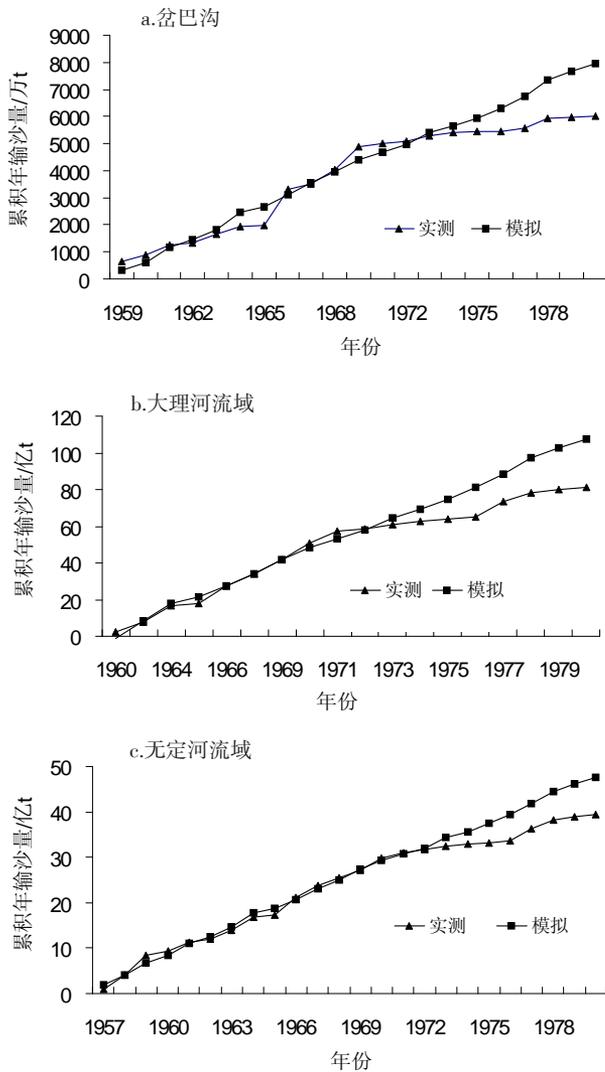


图7 累积年输沙量模拟值与实测值比较

Fig.7 Comparison between simulated and measured values of accumulated annual sediment discharge in three basins

的比值,这是由不同计算方法在各自基准期确定的拟合曲线方程的性质所决定的。经过上面的分析,用经验公式法、双累积曲线法和不同系列对比法计算岔巴沟、大理河与无定河流域水土保持措施减水减沙效益的时候存在着以上3点共性,也就是3种方法计算出来的结果之间的关系没有尺度效应。

7.2 减水减沙效率的尺度效应分析

定义“减水效率”和“减沙效率”为流域水土流失治理单位治理度(1%治理度)的减水效益和减沙效益,亦即减水效益和减沙效益与治理度的比值。其意义为水土保持综合措施减水减沙效益的效率。减水减沙效率可以表达流域水保综合措施在“投入-产出”意义上减水减沙作用的整体效率,排除了各流域治理度的差异从而为比较不同尺度流

表6 岔巴沟、大理河与无定河流域减沙减水效益计算结果(%)

流域	效益	经验公式法	双累积曲线法	不同系列对比法	平均
岔巴沟	减沙效益	58.74	63.40	72.77	64.97
	减水效益	10.55	6.18	26.67	14.47
大理河	减沙效益	32.95	46.16	51.74	43.62
	减水效益	17.68	16.79	26.19	20.22
无定河	减沙效益	40.85	46.19	51.75	47.26
	减水效益	18.58	13.09	30.67	20.78

表7 岔巴沟、大理河与无定河流域水保措施减水减沙效益和效率

流域	治理度/%	减水效益/%	减沙效益/%	减水效率/%	减沙效率/%
岔巴沟	15	14.47	64.97	0.96	4.33
大理河	17.1	20.22	43.62	1.18	2.55
无定河	18.76	20.78	47.26	1.10	2.52

域水土保持综合措施减水减沙能力引入新的指标。

各流域依水土保持措施减沙效益大小排列从大到小为:岔巴沟(64.97%)>无定河(47.26%)>大理河(43.62%);按照减水效益从大到小排列为:无定河(20.78%)>大理河(20.22%)>岔巴沟(14.47%);按照减沙与减水效益的比值从大到小排列为:岔巴沟(4.5)>无定河(2.3)>大理河(2.2),岔巴沟水土保持综合措施减沙效益与减水效益比值是大理河与无定河的2倍,而后两者相近。对于不同流域,在治理度未知的情况下,水土流失治理措施减水和减沙作用的相互比较是没有意义的,这就需要引入含有治理度和减水与减沙效益双因子的量来进行不同流域之间水土保持措施减水减沙作用的比较,特别是在不同尺度的流域之间。减水减沙效率代表各个尺度的流域水土保持措施减水和减沙作用的能力,也是水土保持措施减水减沙作用的另一种表达。由表7可知,大理河与无定河流域的减沙效率(分别为2.55和2.52)接近,都小于岔巴沟流域的减沙效率(4.33),这说明属于小尺度的岔巴沟流域水土保持措施减沙作用的能力远大于属于中尺度的大理河和属于大尺度的无定河流域水土保持措施的减沙能力,后两者的减沙能力相差不大;并且大理河与无定河流域的减水效率(1.18和1.10)接近,都大于岔巴沟流域的减水效率(0.96),这说明中尺度的大理河与大尺度的无定河流域水土保持措施减水的能力大于小尺度的岔巴沟,前两者的减水能力相差不大;按照减沙减水效率比排列次序为:岔巴沟

(4.5)>无定河(2.3)>大理河(2.2),说明小尺度的岔巴沟流域水土保持措施减沙能力相对于中尺度的大理河与大尺度的无定河流域更加大于减水能力。

以上分析可以得出,无论是小流域还是中、大流域,水土保持综合措施减沙效率都大于减水效率,小流域的减沙减水效率比大于中、大流域的减沙减水效率比,而后两者接近,尺度效应不明显;小流域水土保持综合措施减水效率要低于中、大流域的减水效率,而减沙效率则相反,小流域水土保持综合措施减沙效率远高于中、大流域的减水效率,中、大流域减水减沙效率都各自趋于一致,逐渐失去尺度效应。小尺度流域与中、大尺度流域水土保持综合措施减沙减水效率的尺度效应很明显,而中尺度和大尺度流域减沙减水效率的尺度效应不明显,说明在众多影响因素的共同作用下,水土保持综合措施减沙减水效率随着流域面积的增大而趋向一个临界值,而这些因素之间的相互关系和它们的尺度效应还需要更多的研究和探讨。

由前述各流域水土保持措施实施情况可以发现(图8),各个流域采取的措施类型相同,但各项措施配置的面积比例不同。水地所占比例各流域相差不大,坝地、梯田和草地的比例随着流域尺度的增大而减小,林地的比例随着流域尺度的增大而增大。各类措施面积比例的不同是由不同尺度流域自然属性所决定的,比如无定河流域的风沙区林地面积很大而很少建淤地坝,而岔巴沟几乎每个沟口都会建设规模不同的淤地坝。但是在总体上而言,3条流域在20世纪70年代水土流失的治理模式基本一致,虽然淤地坝淤地面积在各个流域水土保持措施总面积当中占比例较小,但是淤地坝工程在各流域水土保持措施减水减沙作用上起到了主导作用。因此,在以淤地坝工程为主的水土流失治理模式的黄河中游地区,水土保持措施减水效率和减沙效率以及两者之比在小尺度与中、大尺度之间都会存在类似的尺度效应,中、大尺度流域之间相关量的尺度效应不明显。

8 结论

经过上面的分析,本研究可以得到如下结论:

(1) 对于3个不同尺度的流域而言,不同系列对比法计算减水减沙效益的结果要高于经验公式法和双累积曲线法的计算结果;由3种方法计算出的

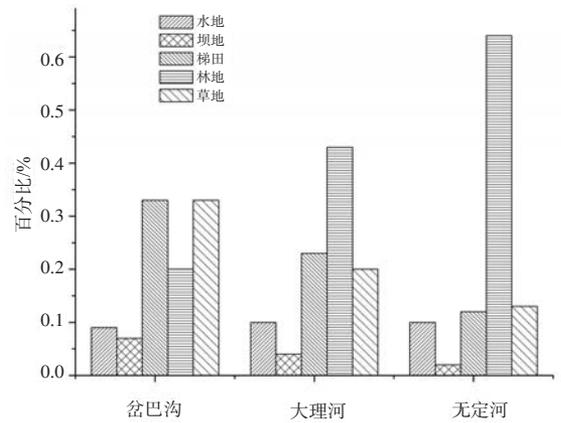


图8 岔巴沟、大理河与无定河流域水土保持各项措施保存面积百分比

Fig.8 Percentage of areas of different measures in three basins 不同尺度流域水保措施减水效益的平均值都更接近于经验公式法计算出来的结果,而减沙效益的平均值都更接近于双累积曲线法计算出的结果;3个流域双累积曲线法计算的减沙效益与减水效益的比值都大于另外两种方法计算出来结果相应项的比值。因此,3种方法计算出来的结果之间的关系没有尺度效应。

(2) 小流域水土保持综合措施减水效率要低于中、大流域的减水效率,而小流域水土保持综合措施减沙效率远高于中、大流域的减沙效率,中、大流域减水和减沙效率都各自趋于一致,故小尺度流域与中、大尺度流域水土保持综合措施减水和减沙效率的尺度效应很明显,而中尺度和大尺度流域减水和减沙效率的尺度效应不明显。

(3) 无论是小流域还是中、大流域,水土保持综合措施减沙效率都大于减水效率,小流域的减沙减水效率比大于中、大流域的减沙减水效率比,后两者的减沙减水效率比接近,尺度效应不明显。

参考文献

- [1] 郝建忠. 黄丘一区水土保持单项措施及综合治理减水减沙效益研究. 中国水土保持, 1993(3): 26-31.
- [2] 陈中方. 常家沟水土保持试验站各种水土保持措施减沙效果的对比分析. 泥沙研究, 1985(3): 88-93.
- [3] 胡传银, 连光学, 王保英, 等. 何店小流域水土保持措施蓄水拦沙效益分析. 中国水土保持, 2004(10): 32-33.
- [4] 高小平, 康学林, 郭宝文. 坡面措施对小流域治理的减水减沙效益分析. 中国水土保持, 1995(6): 13-15.
- [5] 冉大川, 刘斌, 罗全华, 等. 泾河流域水沙变化水文分析. 人民黄河, 2001, 23(2): 9-11.
- [6] 冉大川, 刘斌, 罗全华, 等. 泾河流域水土保持措施减水减沙作用分析. 人民黄河, 2001, 23(2): 6-8.

- [7] 赵俊侠, 王宏, 马勇, 等. 1990-1996年渭河流域水沙变化原因初步分析. 水土保持学报, 2001, 15(6): 136-139.
- [8] 王宏, 熊伟新. 渭河流域降雨产流产沙经验公式初探. 中国水土保持, 1994(8): 15-18.
- [9] 王宏, 杨国礼, 王瑞芳. 渭河流域水利水保措施对泥沙、径流影响分析计算. 水土保持通报, 1994, 14(5): 48-52.
- [10] 王宏, 张智忠. 渭河主要支流产流产沙规律及水保措施减水减沙效益. 水土保持通报, 1995, 15(4): 55-59.
- [11] 沈燕舟, 张明波, 黄燕, 等. 大通江、平洛河水保措施减水减沙分析. 水土保持研究, 2002, 9(1): 34-37.
- [12] 张明波, 黄燕, 郭海晋, 等. 嘉陵江西汉水流域水保措施减水减沙作用分析. 泥沙研究, 2003(1): 70-74.
- [13] 张明波, 郭海晋, 徐德龙, 等. 嘉陵江流域水保治理水沙模型研究与应用. 水土保持学报, 2003, 17(5): 110-113.
- [14] 李景玉, 张楠, 王荣彬. 黄河流域土壤侵蚀产沙模型研究进展. 地理科学进展, 2005, 25(2): 103-111.
- [15] 程琴娟, 蔡强国, 李家永. 表土结皮发育过程及其侵蚀响应研究进展. 地理科学进展, 2005, 24(4): 114-122.
- [16] 师长兴. 黄土高原水土保持减沙效益的尺度效应初步分析. 水土保持通报, 2006, 26(3): 51-54.
- [17] 杨新, 延军平, 刘宝元. 无定河年径流量变化特征及人为驱动力分析. 地球科学进展, 2005, 20(6): 637-642.
- [18] 许炯心. 无定河流域侵蚀产沙过程对水土保持措施的影响. 地理学报, 2004, 59(6): 972-981.
- [19] 熊贵枢, 张胜利. 大理河减水减沙效益初步分析. 人民黄河, 1983(1): 32-36.
- [20] 方海燕. 黄土丘陵沟壑区产流产沙尺度效应及泥沙输移动态研究[D]. 北京: 中国科学院地理科学与资源研究所, 2007: 20-25.
- [21] 张胜利. 无定河流域综合治理减沙效益. 泥沙研究, 1984(3): 1-10.
- [22] 张胜利. 岔巴沟年径流泥沙变化初步分析. 水土保持通报, 1983(2): 60-64.

Scale Effect of Runoff and Sediment Reduction Effects of Soil and Water Conservation Measures in Chabagou, Dalihe and Wudinghe Basins

QI Junyu^{1,2}, CAI Qiangguo¹, CAI Le³, SUN Liying¹

(1. Key Laboratory of Water Cycle and Related Land Surface Processes, Institute of Geographic Science and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;

2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

3. Beijing Hydrological Station, Beijing 100089, China)

Abstract: The study of runoff and sediment reduction benefits of soil and water conservation measures has been improved at different scales separately; however, there are relatively few studies on the scale effect of runoff and sediment reduction benefits of soil and water conservation measures in basins of different scales. In this study for Chabagou, Dalihe and Wudinghe basins, runoff and sediment reduction benefits of soil and water conservation measures in the 1970s are calculated by three methods: rainfall-runoff and rainfall-sediment statistical model (R-RSM), double accumulative curve method (DACM) and time series contrasting method (TSCM) accordingly. As a result, average runoff reduction benefits are 14.47%, 20.22% and 20.78% respectively and average sediment reduction benefits are 64.97%, 43.62% and 47.26% respectively. The results show that there is no scale effect in the results from the three methods when they are applied separately to calculate runoff and sediment reduction benefits in basins of three scales. Runoff reduction efficiency (RRE) and sediment reduction efficiency (SRE) indicating the “efficiency” of the runoff and sediment reduction benefits are introduced, and after analyzing the relationship between runoff reduction efficiency and sediment reduction efficiency of basins of three scales, several conclusions are obtained. (1) Sediment reduction efficiency is always greater than runoff reduction efficiency in basins of three scales, however, the ratio of sediment reduction efficiency to runoff reduction efficiency of small scale basin is greater than that of middle and large scale basins and there is no scale effect of the ratio between middle and large scale basins. (2) Sediment reduction efficiency of small scale basin is lower than that of middle and large scale basins, while runoff reduction efficiency of small scale basin is greater, and runoff reduction efficiency and sediment reduction efficiency of middle and large scale basins are so close that there is no scale effect.

Key words: rainfall-runoff and rainfall-sediment statistical model; runoff reduction benefits; sediment reduction benefits; soil and water conservation measures; runoff reduction efficiency; sediment reduction efficiency

本文引用格式:

蔡俊谕, 蔡强国, 蔡乐, 等. 岔巴沟、大理河与无定河水水土保持减水减沙作用的尺度效应. 地理科学进展, 2011, 30(1): 95-102.