

# 窟野河流域水沙演变的尺度效应驱动因素研究

赵 激, 王向东, 张晓明, 乐茂华

(中国水利水电科学研究院, 北京 100044)

**摘 要:**流域下垫面的变化影响着流域的水文水沙特性,不同尺度及流域下垫面的变化特性也会对窟野河输沙率及径流量产生不同程度的影响,通过对已有数据和研究资料的分析比对,从1980~2013年以窟野河三个不同尺度的流域作为研究对象,研究在不同尺度情况下下垫面变化对水沙演变影响,用灰色分析法计算影响其变化的驱动因素的关联度。

**关键词:**水沙演变;尺度;窟野河流域;双累积曲线法;Mann-Kendall 校验法;灰色分析法

中图分类号:P333

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2016)02-0056-06

## 1 前言

气候变化和人类活动对下垫面的影响是导致水沙变化最重要的两大原因,研究区流域降雨变化影响流域内水循环过程<sup>[1]</sup>,在人类活动影响下的地貌景观格局改变土壤入渗特性和侵蚀程度,进而影响了流域径流量和输沙量。近年来,气候变化和人类活动对窟野河流域径流产沙的影响日趋明显,既有水土保持工程建设对流域保土蓄水的良性影响,也有过度开采煤矿毁林造田对流域水文循环的不良影响<sup>[2]</sup>,目前,有关气候变化和人类活动对水沙关系影响因素的研究多集中于水文趋势的定性分析,我们需要定量分析直观体现出流域土地利用变化及水利工程措施的治理成果。由于土地覆被资料的获取既费时费力又难以定量表达,因此,土地利用与流域输沙关系的研究仍是流域土壤侵蚀研究的薄弱环节<sup>[3]</sup>。另外,窟野河流域水土保持生态工程与淤地坝工程建设逐步展开,其水土保持措施效应的发挥具有一定的滞后性。本文选取窟野河流域为研究对象,为了更细致的探讨窟野河各个区块的水沙变化,把窟野河分为三个不同尺度区域分别研究,通过对1980~2013年窟野河所划分三个区域内径流量和输沙量的趋势分析,划分典型性时段,开展各时段的降水因素和人为因素影响的定量研究,进而对比分析得出不同时间段内主要影响水沙变化的原因,为水土保持治理提供科学依据。



图1 窟野河流域水系图<sup>[1]</sup>

Fig.1 The stream system of the Kuyue River basin<sup>[1]</sup>

## 2 研究区基本情况

窟野河流域位于黄河北干流右侧,是黄河中游河龙区间第二大支流。发源于内蒙古鄂尔多斯市的巴定沟,流向东南。河长241.8km,流域面积8706km<sup>2</sup>,平均比降2.58‰。于陕西省神木县沙峁头村汇入黄河。窟野河流域黄土覆盖区2768.7km<sup>2</sup>,约占31.2%;风沙区559.1km<sup>2</sup>,约占6.4%;基岩出露区5378.2km<sup>2</sup>,约占61.8%。特点是沙丘连绵,风沙较大;下游为黄土丘陵沟壑区,特点是千沟万壑、支离破碎,沟壑密度为4.3km/km<sup>2</sup>,1~10km长支沟达693条,10~100km长支沟43条<sup>[4]</sup>。河长大于100km支流3条,流域面积大于100

收稿日期:2015-03-05

基金项目:国家自然科学基金项目(51009154);水利部公益性行业科研专项(201501045)

作者简介:赵激(1990-),女,北京人,硕士研究生,主要研究方向为水力学及河流动力学。E-mail:1206103745@qq.com

km<sup>2</sup>的支流有11条。窟野河是暴雨多发区,大洪水发生机遇较多,是黄河北干流洪水主要来源区之一,也是向黄河输送泥沙特别是输送粗泥沙的最主要支流之一。窟野河流域水系图见图1。窟野河水量年内降水分配不均。非汛期和汛期的平水期主要以地下水补给为主,窟野河流域地下水补给较为丰沛,非汛期水量相对较大。窟野河洪水时含沙量很大,侵蚀强烈。

### 3 研究方法 with 数据处理

#### 3.1 研究方法

以窟野河流域为研究对象分为三个区域,以新庙水文站以上流域为区域一,集水面积为1431km<sup>2</sup>。以王道恒塔水文站以上流域为区域二,集水面积为3838km<sup>2</sup>。以温家川水文站以上流域为区域三,集水面积为8706km<sup>2</sup>。

本研究收集了三站1980~2013年的水文数据,运用双累积曲线法,分别作出降雨量—径流量双累积曲线及降雨量输沙量双累积曲线,并用Mann-Kendall校验法确定时段内的变化趋势及典型特征年份,并结合土地利用数据生产建设资料,具体分析水沙演变的驱动因子,用灰色分析法计算各因子的扰动情况,定量分析确定各因子的蓄水保土,减水减沙效应。

#### 3.2 数据处理

选取新庙、王道恒塔、温家川所代表三个尺度的历史水文资料1980~1985年(称作1980区间),与近期2008~2013年(称作2010区间)相比较。

采用双累积曲线法绘制1980~2013年窟野河

域不同时段径流量—降雨量双累积曲线(见图2)及不同时段输沙量—降雨量双累积曲线(见图3)。

### 4 计算成果及分析

#### 4.1 水沙变化时段确定

双累积曲线通过自变量和因变量分别累加,可以消除极端作用干扰,建立较为稳定的相关关系,从而提高结果的准确性及可靠程度。本研究基于窟野河流域1980~2013年的逐年降雨量、径流量、输沙量,分别建立降雨量—径流量和降雨量—输沙量双累积曲线(图2、图3)。

降雨是径流的主要来源,排除下垫面影响水沙变化仅受降雨量影响,即双累积曲线斜率保持不变。若双累积曲线斜率发生明显变化,表明所研究流域下垫面条件发生改变。在窟野河流域降雨量—径流量双累积曲线及输沙量—降雨量双累积曲线中可知两条曲线于1988年份1997年份出现2个转折点,由此可以划分水沙变化的三个典型时段,1980~1988年,1989~1997年,1998~2013年,并绘制各典型年份的双累积曲线图(图4、图5)

为了校验典型年时段选择的准确性,利用Mann-Kendall迭代相关检验法分析1980~2013年的径流量和输沙量。把此方法引用到反序列中,计算得到另一条曲线UB,则两条曲线在置信区间内的交点确定为突变点。

给定显著性水平 $\alpha=0.05$ ,则统计量UF和的临界值为 $\pm 1.96$ 。UF>0,表示序列呈上升趋势;反之,表明呈下

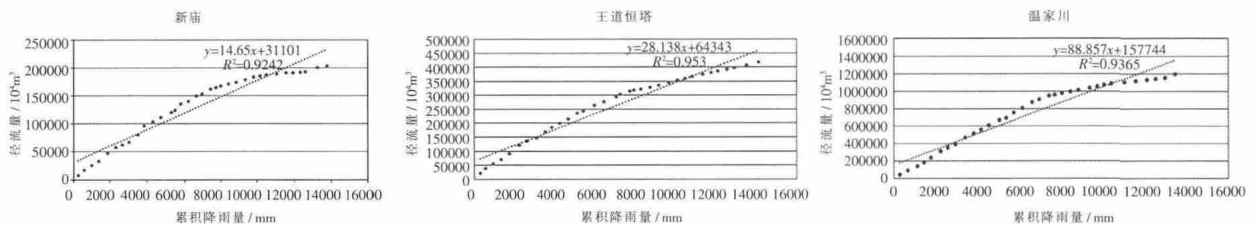


图2 降雨量—径流量双累积曲线图  
Fig.2 The double mass curves of the precipitation and runoff

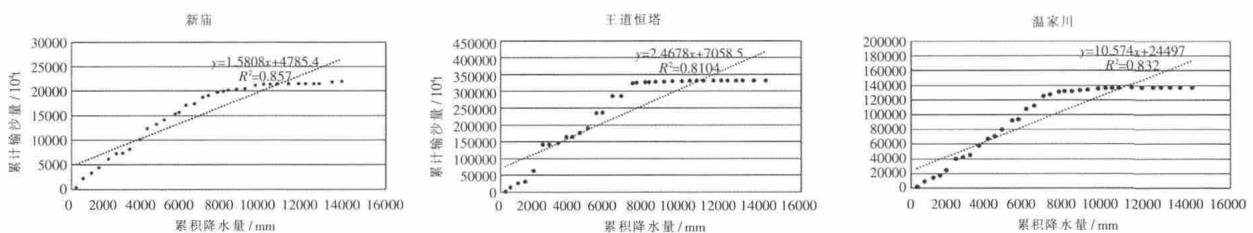


图3 降雨量—输沙量双累积曲线图  
Fig.3 The double mass curves of the rainfall and sediment

降趋势,大于或小于±1.96,表示上升或下降趋势明显。

由图 6 可知,在  $\alpha=0.05$  的情况下,由 Mann-Kendall 法的 UF 图表可以看出第一时段 1980~1988 年 UF 值基本都是大于 0 小于 1.96 属于不显著增加时段,新庙站径流量和输沙量变化趋势一致,王道恒塔的输沙量不显著增加,而径流量则表现为不显著减少,原因是陕西榆林开发煤矿导致下垫面破坏,影响径流量。温家川区域的径流量输沙量呈一致趋势不显著增加。第二时段 1989~1997 年,新庙区域的径流量和输沙量呈不显著减少趋势,水保措施开始显现效果,王道恒塔区域的径流量不显著减小,年输沙量算出的 UF 大于 0 小于 1.96,输沙量不显著增加。温家川区域的输沙量径流量呈不显著增加。第三时段 1998~1997 年三个区域的 UF 均小于 -2.58,输沙量及径流量均呈极显著减小趋势,各时段间,径流、输沙的变化趋势均明显改变,说明时段划分符合径流、输沙变化特征。因此,以 1980~1988,1989~1997,1998~2013 年为特征阶段,并获得对应的双累积曲线及回归方程。

### 4.2 径流输沙趋势分析

根据图 4、图 5 双累积回归方程的不同时间段斜率的变化,对窟野河流域水沙演变趋势进行分析。

第一阶段 1980~1988 年。20 世纪 70 年代和 80 年代是窟野河流域进行水土保持措施治理的起步阶段,流域在第一阶段内治理度较低,下垫面受人类活动变化影响较小,所以相对于后面两个阶段,可以认为此时段下垫面状况为天然状况,径流量输沙量仅受降雨影响,从双累积曲线看出,1985~1987 年的径流和输沙量发生了突变,原因是在 80 年代中期,黄河中游大规模的煤炭开采改变了下垫面的原本结构,同时影响了地下水的正常补给,引发了较为严重的水土流失,包括河道萎缩、断流等,影响了径流量和输沙量。

第二阶段 1989~1997 年。由于煤炭大量开采引发的水土流失问题引起水利部等相关单位的重视,并进行专项整治工程,可以看出 1989~1997 年间斜率相较第一阶段变缓,一方面是煤炭开采使河川径流减少,另一方面水保措施大规模开展有利于蓄水保土,此阶

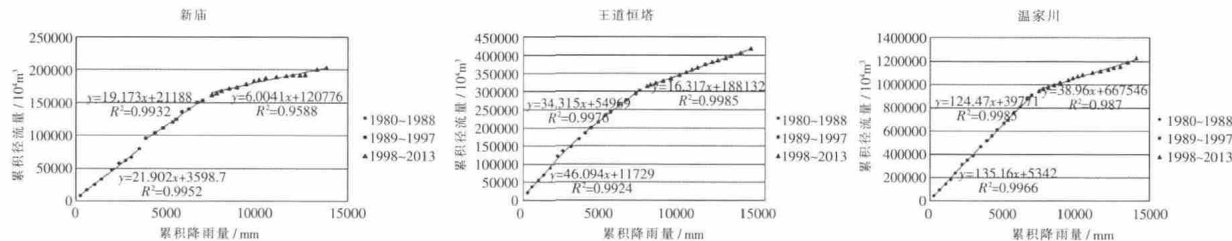


图 4 不同时段降雨量—径流量双累积曲线

Fig.4 The double mass curves of precipitation and runoff in the different durations

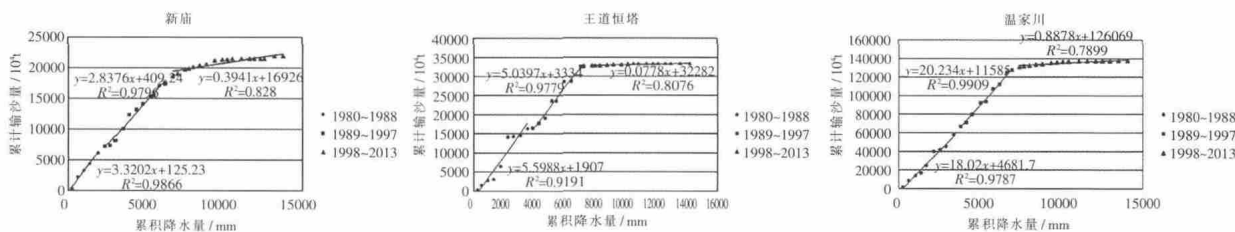


图 5 不同时段降雨量—输沙量双累积曲线

Fig.5 The double mass curves of the rainfall and sediment in the different durations

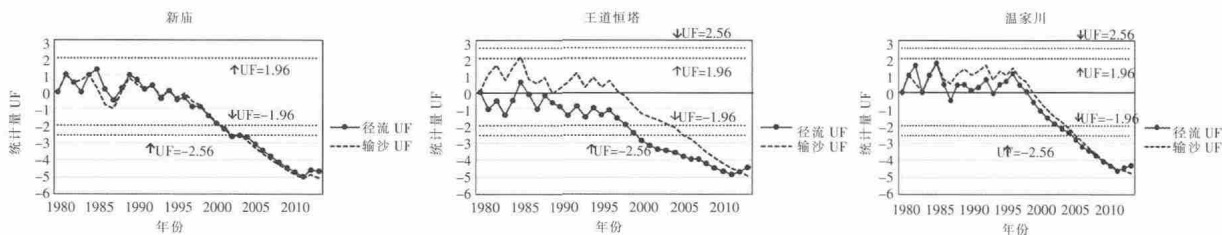


图 6 窟野河年径流输沙时间序列的 Mann-Kendall 法 UF 图

Fig.6 The annual runoff and sediment time series with Mann Kendall method in the Kuye River basin

段为人类活动影响阶段,也是径流量及输沙量缓慢下降阶段。

第三阶段 1998~2013 年。降雨量-径流量双累积曲线和降雨量-输沙量双累积曲线较第二阶段斜率明显减小,说明在窟野河流域的河道综合治理开展进行下,本时段的径流量输沙量有显著下降趋势,保水保沙效果明显。窟野河流域建成的骨干坝和大型拦泥坝总数达到 789 座,控制流域面积达到 388.9km<sup>2</sup>,占流域总面积 4.2%,建成淤地坝 3 270 座,可淤地 4 873hm<sup>2</sup>。另一方面第三时段的林草面积比第二时段增加了 90.1%,径流量较上一时段减少百分之 54%,根据水土保持统计资料成果,窟野河流域现状建设有骨干坝 291 座,中小型淤地坝 1 071 座,小型蓄水保土工程 1 587 处(座、眼)。真正对河川径流有直接影响的是骨干坝的建设。与 1998 年相比,2010 年骨干坝增加了 192 座,骨干坝建设后由于拦蓄水量会形成一定的水面面积,造成蒸发损失量加大,使径流量减小。近 10 年地下水被过度开发利用,从 1978 年、1989 年和 2010 年,遥感解译结果表明,窟野河流域,1978 年植被平均盖度(林草垂直投影阴影面积占土地面积比例,下同)15%左右,1998 年窟野河植被平均盖度为 30%左右,2010 年窟野河植被平均覆盖度达到了 47%左右<sup>[6]</sup>。看出窟野河流域植被近十年明显增加,说明水土保持工程措施和林业措施相结合,使窟野河流域蓄水保土效应显著,第三时段为径流量输沙量明显下降阶段。

4.3 径流泥沙变化的驱动因素分析

根据窟野河流域水沙演变分析得到,从第 3 时段开始是水土保持措施显著影响水沙演变的时段,在此时段生产建设项目和水利水保措施发挥了有利影响,因此选择 2004~2013 年这一典型时段为水利及水保措施的效应评价期,以 1980~1988 为受下垫面变化影响较小的第 1 段典型年份为基准期,采用双累积曲线法计算减水减沙效应,见表 1~3。

表1 新庙双累积曲线法计算减水减沙效应结果

Table1 The results of the runoff and sediment reduction at Xinmiao, calculated with the double mass curve method

评价期 新庙	实测年 均径流 量/10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup>	预测年 均径流 量/10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup>	减水 效应 /%	实测年 均输沙 量/10 <sup>4</sup> t	预测年 均输沙 量/10 <sup>4</sup> t	减沙 效应 /%
1980~1988 年	8 116	7 567	7	1 087	972	12
1989~1997 年	8 306	5 860	42	991	869	14
1998~2013 年	3 099	1 880	64	176	127	38

表2 王道恒塔双累积曲线法计算减水减沙效应结果

Table2 The results of the runoff and sediment reduction at Wangdaohengta,calculated with the double mass curve method

评价期 新庙	实测年 均径流 量/10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup>	预测年 均径流 量/10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup>	减水 效应 /%	实测年 均输沙 量/10 <sup>4</sup> t	预测年 均输沙 量/10 <sup>4</sup> t	减沙 效应 /%
1980~1988 年	16 719	16 616	0.6	1 790	1 986	9
1989~1997 年	14 900	14 113	5	1 789	2 075	14
1998~2013 年	7 292	6 843	6.6	45	34.5	30

表3 温家川 双累积曲线法计算减水减沙效应结果

Table3 The results of the runoff and sediment reduction at Wenjiachuan,calculated with the double mass curve method

评价期 新庙	实测年 均径流 量/10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup>	预测年 均径流 量/10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup>	减水 效应 /%	实测年 均输沙 量/10 <sup>4</sup> t	预测年 均输沙 量/10 <sup>4</sup> t	减沙 效应 /%
1980~1988 年	46 677	47 091	0.8	6 285	6 278	0.2
1989~1997 年	49 386	51 970	6.9	7 731	8 028	2
1998~2013 年	17 278	20 147	14.2	1 100	693	58

4.4 减水减沙效应分析

根据双累积曲线回归线上各年累积计算值及累积实测值,可以计算出各年平均输沙量和径流量的减少值,通过公式(1)、公式(2)计算不同时段评价期内的年均减少径流量及年均减少输沙量,确定各时段的减水减沙效应<sup>[2]</sup>。

$$B_Q = \frac{Q_c - Q_a}{Q_c} \times 100\% \quad (1)$$

$$B_S = \frac{S_c - S_a}{S_c} \times 100\% \quad (2)$$

式中:  $B_Q$  和  $B_S$  分别代表减水效应和减沙效应(%);  $Q_c$  为研究时段内年均径流量(10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>);  $Q_a$  为实测的研究年份的年均径流量(10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>);  $S_c$  为研究时段内计算的年均输沙量(10<sup>4</sup>t);  $S_a$  为研究时段内实测的各年均输沙量(10<sup>4</sup>t)<sup>[6]</sup>。

由表 1~3 可知三个时段的减水减沙效应随评价期时段增加,说明窟野河流域的水土保持措施,包括林业农业措施及水保工程措施持发挥了持续蓄水保土效应。随着治理程度的增加水保效应更加明显。从整个评价时段观测新庙减水效应为 64%,减沙效应为 38%,减水效应大于减沙效应;王道恒塔在效应评价期内减水效应为 6.6%,减沙效应为 30%;温家川在效应评价期内减水效应为 14.2%,减沙效应为 58%,减沙效应大于减水效应。

#### 4.5 土地利用类型对水沙变化的影响

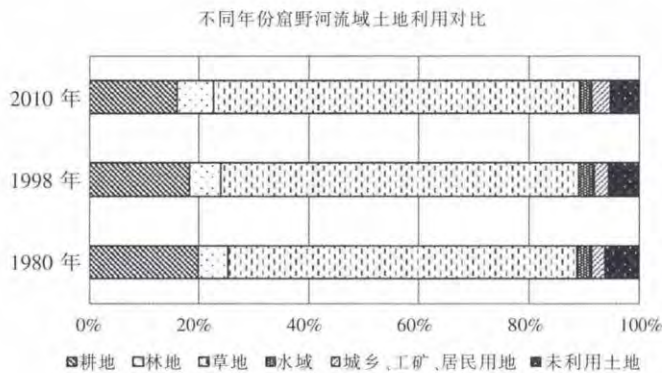


图7 1980、1998、2010年窟野河流域各土地利用面积占总面积比例

Fig.7 The area proportions of all the land use types in the Kuye River basin in 1980,1998 and 2010

研究区域土地利用面积如上图7所示,利用遥感数据观测得到,在灰色分析法中利用相关数据进行分析。

#### 5 驱动因子灰色系统关联度分析

灰色系统关联分析的具体计算步骤如下:

(1) 确定反映系统行为特征的参考数列和影响系统行为的比较数列。参考数列为径流量及输沙量,比较数列为人类活动影响及降雨量。人类活动影响体现在植被覆盖率上

(2) 对参考数列和比较数列进行无量纲化处理<sup>[6]</sup>。由于系统中各因素的物理意义不同,导致数据的量纲也不一定相同,不便于比较。因此在进行灰色关联度分析时,一般都要进行无量纲化的数据处理。

(3) 求参考数列与比较数列的灰色关联系数 $\xi(k)$ 。所谓关联程度,对于一个参考数列 $X_0$ 有若干个比较数列 $X_1, X_2, \dots, X_n$ 各比较数列与参考数列在各个时刻(即曲线中的各点)的关联系数 $\xi(k)$ 可由下列公式(3)算出:其中 $P$ 为分辨系数, $P > 0$ ,通常取0.5。第二级最小差,记为 $\Delta_{\min}$ 。两级最大差,记为 $\Delta_{\max}$ 。为各比较数列 $X_i$ 曲线上的每一个点与参考数列 $X_0$ 曲线上的每一个点的绝对差值:

$$\xi(k) = \frac{\min_i \min_k |X_0(k) - X_i(k)| + P \max_i \max_k |X_0(k) - X_i(k)|}{|X_0(k) - X_i(k)| + P \max_i \max_k |X_0(k) - X_i(k)|} \quad (3)$$

(4) 求关联度 $r_i$ 。关联系数是比较数列与参考数列在各个时刻(即曲线中的各点)的关联程度值,有必要

将各个时刻(即曲线中的各点)的关联系数集中为一个值,即求其平均值,作为比较数列与参考数列间关联程度的数量表示,关联度 $r_i$ 公式:

$$r_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \xi_i(k) \quad (4)$$

(5) 关联度排序。因素间的关联程度,主要是用关联度的大小次序描述,而不仅是关联度的大小。将 $m$ 个子序列对同一母序列的关联度按大小顺序排列。

新庙,王道恒塔,温家川三个所研究区域的灰色关联度如表4~5所示降雨量的关联度小于植被覆盖面积的关联度。

表4 所研究区域分时段径流量灰色关联度比较

Table4 The comparison among the grey correlation degrees in the study area in the different durations

关联度 $r_i$	新庙 降雨	新庙 植被	王道恒 塔降雨	王道恒 塔植被	温家川 降雨	温家川 植被
1980~1988年	0.56	0.80	0.65	0.85	0.52	0.755
1989~1997年	0.49	0.68	0.25	0.47	0.39	0.57
1998~2013年	0.56	0.84	0.44	0.72	0.52	0.76

表5 所研究区域分时段输沙量灰色关联度比较

Table5 The comparison among the grey correlation degrees in the study area in the different durations

关联度 $r_i$	新庙 降雨	新庙 植被	王道恒 塔降雨	王道恒 塔植被	温家川 降雨	温家川 植被
1980~1988年	0.92	1.19	1.46	1.53	0.86	1.03
1989~1997年	0.75	0.94	1.49	1.68	1.09	1.29
1998~2013年	0.77	1.05	0.98	1.24	0.92	1.15

#### 6 结论

本文首先将研究流域窟野河分为三个区域,根据绘制降雨量-径流量双累积曲线及降雨量-输沙量双累积曲线和Mann-Kendall趋势分析法确定了三段典型时段,分别讨论三个区域在三个典型时段内的水沙变化,确定其减水减沙效应,及其驱动因素用灰色分析法算出各区域各时段关联度最高的驱动因子。1980~1988不显著增加时段,第二时段1989~1997年,不显著减少趋势,输沙量不显著增加。第三时段1998~1997年三个区域的UF均小于-2.58,输沙量及径流量均呈极显著减小趋势,减水减沙效应为从整个评价时

段观测新庙在效应评价期内减水效应为 64%, 减沙效应为 38%, 减水效应大于减沙效应;王道恒塔在效应评价期内减水效应为 6.6%, 减沙效应为 30%;温家川在效应评价期内减水效应为 14.2%, 减沙效应为 58%, 减沙效应大于减水效应。由灰色分析法算得人类活动对下垫面变化的影响导致的水沙变化关联度大于降雨量影响导致的水沙变化关联度。

窟野河河川径流量减少, 降雨变化作用占 32.3%, 人类活动引起的下垫面变化的作用占 67.7%。人类活动影响中, 地下水开采影响作用占 18.2%, 植被变化影响作用占 34.5%<sup>[3]</sup>, 淤地坝建设作用占 3.0%, 煤炭开采影响占 17.2%, 其它因素如水库工程建设影响、建设项目增多、城镇化加快、公路建设以及其他不可预测的因素等综合影响作用占 27.1%<sup>[8-9]</sup>。

从历年变化过程来看, 各站输沙量有减少的趋势。窟野河流域年均入黄沙量 20 世纪 50、60 年代为  $1.25 \times 10^8 \text{t}$ , 2001~2010 年则减少为  $0.0462 \times 10^8 \text{t}$ , 减少了 96.3%。窟野河泥沙减少, 降雨变化作用占 42.4%, 水利水保措施作用占 57.6%。

#### 参考文献:

- [1] 戴明英, 陈发中. 窟野河水沙特性变化分析 [J]. 人民黄河, 1999, 21(8):22-24. (DAI Mingying, CHEN Fazhong. Analysis of runoff and sediment characteristics change in Kuye River [J]. Yellow River, 1999, 21(8):22-24. (in Chinese))
- [2] 慕星, 张晓明. 皇甫川流域水沙变化及驱动因素分析 [J]. 干旱区研究, 2013, 30(5):1-7. (MU Xing, ZHANG Xiaoming. The variation of runoff volume and sediment load and its driving factors in Huangfuchuan River watershed [J]. Arid Zone Research, 2013, 30(5):1-7. (in Chinese))
- [3] 余荔. 窟野河流域植被覆盖变化及其对径流影响 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2011. (YU Li. The Dynamic Change of Vegetation Cover and Its Impacts on Runoff in Kuye River Watershed [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2011. (in Chinese))
- [4] 王秀杰, 练继建. 近 43 年黄河上游来水来沙变化特点 [J]. 干旱区研究, 2008, 25(3):342-347. (WANG Xiujie, LIAN Jijian. Analysis on the change of stream flow and silt load in the upper reaches of the Yellow River since recent 43 years [J]. Arid Zone Research, 2008, 25(3):342-347. (in Chinese))
- [5] 赵晓坤, 王随继, 范小黎. 1954-1993 年间窟野河净流量变化趋势及其影响因素分析 [J]. 水资源与水工程学报, 2010, 21(5):32-36. (ZHAO Xiaokun, WANG Suiji, FAN Xiaoli. Analysis on the change trend of runoff and influence factors in Kuye River basin from 1954 to 1993 [J]. Journal of Water Resources and Water Engineering, 2010, 21(5):32-36. (in Chinese))
- [6] 李占斌, 靳顶, 符素华. 窟野河流域暴雨侵蚀产沙研究 [J]. 西安理工大学学报, 1997, 13(1):12-18. (LI Zhanbin, JIN Ding, FU Suhua. Research on stormrain erosion and sediment yield in Kuye River basin [J]. Journal of Xi'an Polytechnic University, 1997, 13(1):12-18. (in Chinese))
- [7] 邢肖鹏, 张文忠, 唐芳芳, 等. 月水量平衡模型在窟野河流域的水文模拟 [J]. 水资源与水工程学报, 2012, 23(6):73-78. (XING Xiaopeng, ZHANG Wenzhong, TANG Fangfang, et al. Hydrological simulation by monthly water balance model for Kuye River basin [J]. Journal of Water Resources and Water Engineering, 2012, 23(6):73-78. (in Chinese))
- [8] 苏凤阁, 谢正辉. 气候变化对中国径流影响评估模型研究 [J]. 自然科学进展, 2003, 13(5):502-507. (SU Fengge, XIE Zhenghui. Model evaluation of influence of climate change on the runoff in China [J]. Progress of Natural Science, 2003, 13(5):502-507. (in Chinese))
- [9] 谢平, 陈广才, 雷红富. 变化环境下基于趋势分析的水资源评价 [J]. 水力发电学报, 2009, 28(4):14-18. (XIE Ping, CHEN Guangcai, LEI Hongfu. The changes in the environment based on the trend analysis of water resources evaluation [J]. Journal of Hydroelectric Power, 2009, 28(4):14-18. (in Chinese))

## Scale Effect Driving Factors of Runoff and Sediment Evolution in Kuye River Basin

ZHAO Wei, WANG Xiangdong, ZHANG Xiaoming, LE Maohua

(China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100044, China)

**Abstract:** The underlying surface has an influence on the characteristics of runoff and sediment characteristics in river basins. And the features of the different scales underlying surfaces have various effects on the runoff and sediment discharge in the Kuye River. By analyzing the concerned data from 1980 to 2013, this paper took 3 different scales watersheds in the Kuye River Basin as the objects to study the influence of the underlying surface change on the runoff and sediment evolution in different scales, and calculate the correlation degree of the driving factors by using grey relational analysis.

**Key words:** runoff and sediment evolution; scale; Kuye River Basin; double-mass curve; Mann-Kendall method; grey relational analysis