

DOI:10.3880/j.issn.1006-7647.2008.03.001

黄河干流沿程水沙变化及其影响因素分析

刘 成¹,王兆印^{1 2},隋觉义³

(1. 国际泥沙研究培训中心,北京 100044 ; 2. 清华大学水利水电工程系,北京 100084 ;
3. University of Northern British Columbia, Prince George, BC, Canada)

摘要 采用“中国河流泥沙公报”数据,结合流域内长系列年降水量资料,探讨黄河干流沿程水沙的历史变化情况。通过对 17 个雨量站长系列降水量资料的分析,认为气候不是黄河径流量变化的主要影响因素,黄河年径流量沿程降低,而且愈往下游降低的幅度愈大,这主要是引水量增加和水土保持措施引起的;中下游沙量明显降低,降低的幅度沿程增加,这主要是水土保持、水利枢纽建设及其对水沙量的调节、上游引水和气候变化等因素综合作用的结果,其中水利枢纽工程的兴建和水库运行方式的改变引起了沙量的突变。分析还表明,黄河利津站年水沙量自 20 世纪 50 年代的 474 亿 m³和 14 亿 t 大幅度减少至 2000 年以来 6 年的平均值 132 亿 m³和 1.5 亿 t,给黄河口的演变带来很大的影响,值得深入研究。

关键词 黄河;水沙变化;降水量;径流量;输沙量

中图分类号 :P333.4 ;TV143⁺.4 **文献标识码** :A **文章编号** :1006-7647(2008)03-0001-07

Variation of flow and sediment of the Yellow River and their influential factors//LIU Cheng¹, WANG Zhao-Yin^{1 2}, SUI Jue-yi³ (1. International Research and Training Center on Erosion and Sedimentation, Beijing 100044, China; 2. Department of Hydraulic Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China; 3. University of Northern British Columbia, Prince George, BC, Canada)

Abstract : Variation of flow and sediment along the main stream of the Yellow River is analyzed using the long-term data published in *China Gazette of River Sedimentation* and long-term precipitation data. Based on analysis of the precipitation depth of 17 gauge stations, it is concluded that precipitation depth has little influence on the runoff of the Yellow River. The annual runoff decreases along the river from upper to lower reaches, and the decrease is mainly caused by increasing water diversion from the Yellow River and water and soil conservation practices. The sediment content in middle and lower reaches has a clear downward trend. The decrease of sediment loads is caused by human activities such as water and soil conservation, construction and operation of reservoirs on the Yellow River, and water transfer and intake, as well as climate change. Sharp changes in sediment amount can be observed downstream of a reservoir when it is put into operation or when its regulation mode changes. The average annual runoff and sediment loads at Lijin gauge station, the most downstream station on the Yellow River, decreased from 47.4×10^9 m³ and 1.4×10^9 t of average values of 1950s to 13.2×10^9 m³ and 0.15×10^9 t of average values of latest 6 years since 2000, respectively. The changes will have significant effects on the evolution of the Yellow River mouth.

Key words : the Yellow River; variation of flow and sediment; precipitation; runoff load; sediment load

我国主要入海河流下游站水沙量的年际变化基本同步,水大沙大,水小沙小。近年来,淮河及其以南河流的水量无明显变化趋势,淮河以北河流的水量明显降低,全国大多数河流的沙量明显下降,文献[1]所分析的 10 条河流下游站近 10 年的输沙量年平均值得于多年平均值的 1/2。本文以黄河为例,分析同一河流上下游的水沙变化情况。黄河以多泥沙闻名于世,年输沙量 16 亿 t(河南省陕县站 1919~1958 年长系列数据)。黄河发源于青海省巴颜喀拉山北麓,流经九省(区),在山东省垦利县注入渤海。干

流全长 5 464 km,流域面积 79.5 万 km²。自河源至河口镇(3 472 km)为上游,河口镇至桃花峪(1 206 km)为中游,桃花峪以下(786 km)为下游。黄河流经的黄土高原土壤侵蚀严重,输沙量巨大。黄河中游的支流窟野河温家川水文站实测含沙量曾高达 1 700 kg/m³(1958 年 7 月 10 日),为我国乃至世界有实测资料记载的最大值。在其他多沙支流及黄河中游干流上,1 000 kg/m³左右的含沙量实测值已有多次记载^[2]。随着气候变化、人类活动的影响,特别是 20 世纪 60 年代以来黄河流域大规模的人类活动,黄河水沙状况发

基金项目:财政部科研专项

作者简介:刘成(1964—),男,安徽涡阳人,教授级高级工程师,博士,从事水力学与河流动力学研究。E-mail:chliu@iwhr.com

生了明显的变化。本文选择黄河干流 9 个站点的实测数据^[2-4],分析黄河上下游水沙变化趋势及影响因素。9 个水文站分别为唐乃亥、兰州、头道拐、龙门、潼关、花园口、高村、艾山和利津。

1 河流水沙变化的影响因素

1.1 降水量

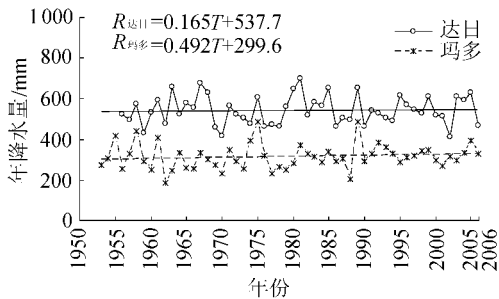
有研究表明^[5],黄河源区的降水近 50 年来的变化基本上是年际波动,长期变化趋势不明显,但 2003 年之前 10 年的降水量明显下降,据对黄河上游 33 个雨量站至 2002 年近 50 年的数据分析^[6]和对全流域 77 个雨量站至 2001 年约 50 年的数据分析^[7],均认为黄河流域的降水量近年来有所下降。表 1 为黄河流域上游至下游 17 个雨量站 20 世纪 50 年代至 2006 年的年降水数据,数据源自国家气象信息中心。用近 10 年平均降水量与多年平均降水量的比值评价其变化,可见西宁雨量站以上各站降水量基本不变;自兰州站到中游各雨量站降水量略有降低,近 10 年降水量较多年平均值约降低了 10%,而下游 2 站的降水量基本不变,略有增加。由图 1 也可看出黄河源区年降水量无趋势性变化,中游区年降水量呈略降低趋势。黄河水量主要来源于兰州以上,约占全河径流量的 58%,因此,可以推论气候对黄河水量的影响不是主要的。这一结论与一些文献的分析不同,主要原因是 2003 年后黄河源区雨量站连续 4 年降水量较高。

表 1 黄河流域雨量站降水量

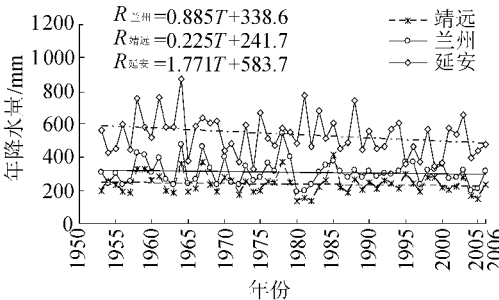
雨量站	流域位置	数据年限	多年平均 降水量/ mm	近 10 年平均 降水量/多年 平均降水量
玛 多	上游源区	1953 ~ 2006 年	314.1	1.03
达 日	上游源区	1956 ~ 2006 年	542.8	1.00
玛 曲	上 游	1967 ~ 2005 年	601.8	0.99
合 作	上 游	1958 ~ 2006 年	546.5	0.99
西 宁	上 游	1954 ~ 2005 年	380.0	1.12
兰 州	上 游	1951 ~ 2005 年	313.8	0.92
银 川	上 游	1951 ~ 2006 年	192.0	0.91
呼和浩特	上 游	1952 ~ 2006 年	409.2	0.96
平 凉	中 游	1951 ~ 2006 年	500.6	0.96
榆 林	中 游	1951 ~ 2006 年	396.9	0.94
靖 远	中 游	1951 ~ 2005 年	235.4	0.94
延 安	中 游	1952 ~ 2006 年	532.3	0.89
西 安	中 游	1951 ~ 2005 年	570.9	0.97
太 原	中 游	1951 ~ 2006 年	439.0	0.84
运 城	中 游	1956 ~ 2006 年	536.0	0.90
郑 州	下 游	1951 ~ 2006 年	639.9	1.03
济 南	下 游	1951 ~ 2006 年	684.3	1.09

1.2 人类活动

影响黄河水沙变化的人类活动主要为水土保持(流失)、黄河引水和水利枢纽工程的兴建及调控。



(a)源区玛多站和达口站



(b)上中游区兰州、靖远和延安站(右)

图 1 黄河源区和上中游区年降水量变化

a. 水土保持。黄河流域的水土保持主要体现在梯田、林草和坝地的修建上。1960 年以前黄河流域基本是自然状态。20 世纪 60 年代末,黄河流域开始实施了大规模的水土流失治理,包括植树、种草、修建梯田、淤地坝和拦沙库等措施。据统计^[2,8],1959 年以前,黄河流域梯田、林草和坝地面积之和约为 0.8 万 km²,而 1969 年、1979 年、1989 年和 1998 年前的面积分别约为 1.58 万 km²、3.60 万 km²、7.92 万 km²和 17.13 万 km²。水土保持措施改变了下垫面的状况,使产流、汇流和产沙过程发生变化,导致河流径流和进入河道的泥沙量有较明显的减少。20 世纪 70 年代以来,多年平均入黄泥沙每年减少 3 亿 t 左右。

b. 引水。黄河流域的主体地处半干旱地区,水资源短缺,农业灌溉、城市和工业用水及农村人畜用水等引水量日趋增加。据统计^[9],黄河全流域有 3 300 多座水库,17 000 多处引水、提水工程。20 世纪 50 ~ 80 年代全流域农业年耗水量分别为 125 亿 m³、175 亿 m³、233 亿 m³和 274 亿 m³,呈持续增加趋势^[8]。表 2 为 1998 ~ 2006 年黄河全流域地表水的取水量和耗水量^[10]。据 2006 年数据,取水量和耗水量以兰州至头道拐和花园口以下最多,取水量分别占全河总取水量的 42.5%和 27.7%。取水量的增加直接降低了河流径流量,同时引起河流输沙能力的降低。

c. 水利枢纽工程。据 2006 年统计^[10],黄河流域大、中型水库有 171 座。黄河干流上已建水利枢纽工程共 12 座,总库容 563 亿 m³。影响黄河水沙变

表 2 黄河全流域地表水取水量和耗水量 亿 m³

年份	取水量	耗水量	年份	取水量	耗水量	年份	取水量	耗水量
1998	370	277	2001	337	265	2004	312	249
1999	384	299	2002	360	286	2005	332	268
2000	346	272	2003	296	243	2006	375	305

注 地表水取水量是指直接从黄河干、支流引(提)的水量。地表水耗水量是指地表水取水量扣除其回归到黄河干、支流河道的水量后的水量。

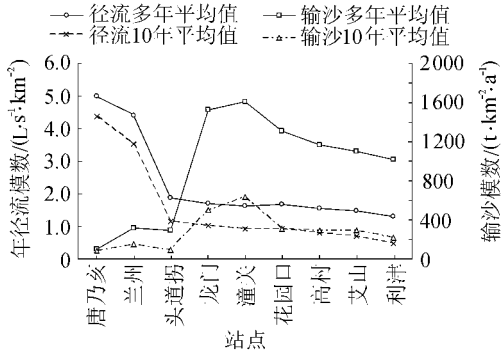
化的水库兴建及运行方式的改变主要有 ①1960 年三门峡水库建成投入运行至 1964 年运行方式为蓄水拦沙 ②1965~1973 年,三门峡水库运行方式改为滞洪排沙,1974 年改为蓄清排浑 ③1979 年刘家峡水库建成 ④1985 年龙羊峡和刘家峡水库联合运用; ⑤1999 年小浪底水库投入运行 2002 年起利用小浪底水库进行调水调沙。由于水利枢纽工程的调节,黄河的水沙过程较之天然情况发生了巨大变化。大型水利枢纽工程的建设会明显地改变黄河下游河道的水沙过程,特别是在枢纽运用初期,水库拦截泥沙并使之淤积在库区,导致下泄水流含沙量显著降低,而水库的运行,改变了径流量在时间上的分配,使洪峰流量大幅度降低,导致汛期河道输沙能力减弱。根据实测资料^[2],龙羊峡水库 1986 年蓄水以后与刘家峡水库联合运用,中游的汛期沙量由刘家峡水库运用前(1967 年)的 80%~90%降到 60%~82%。

2 黄河干流上下游水沙变化

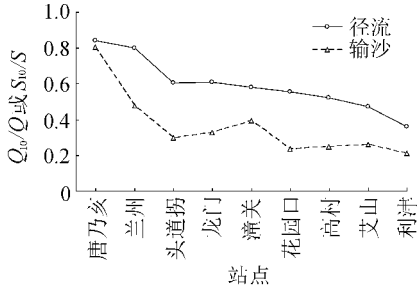
2.1 总体情况

选择黄河干流上游 3 个站、中游 2 个站和下游 4 个站点的水沙数据,分析黄河上下游水沙条件的变化。图 2 为这 9 个站的年径流模数和年输沙模数多年平均值和近 10 年平均值的沿程变化情况。采用径流模数和输沙模数的概念,可便于在控制面积大小不同的水文站间进行径流和输沙特征的比较。

从年径流模数看,黄河上游唐乃亥站和兰州站的数值较大,多年平均值分别为 $5.2 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ 和 $4.4 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$,头道拐站和中下游各站年径流模数明显较低,仅为 $1.3 \sim 1.9 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$,并沿程减少。而 20 世纪 50 年代唐乃亥站、兰州站、头道拐站以下各站年径流模数的平均值约为 $5 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$, $4.5 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ 和 $2 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$,头道拐站以下各站径流模数几乎相同。唐乃亥站和兰州站年径流模数近 10 年平均值分别为 $4.4 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ 和 $3.5 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$,约为多年平均值的 84% 和 80%;头道拐站以下各站均在 $0.5 \sim 1.1 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ 之间,约为多年平均值的 35%~60%,而且此百分比沿程降低。年径流模数的这种时空变化,一方面反映出黄河水量主要来源于上游,另一方面反映出黄河愈向



(a) 多年平均值和近 10 年平均值



(b) 下降幅度(近 10 年平均值/多年平均值)

图 2 黄河干流沿程多年平均及近 10 年平均径流模数和输沙模数

下游水量下降幅度愈大。

从年输沙模数看,黄河上游 3 站的数值较小,多年平均值在 $100 \sim 320 \text{ t} / \text{km}^2$ 的水平;中游龙门站和潼关站较高,多年平均值达 $1500 \sim 1600 \text{ t} / \text{km}^2$;下游 4 站多年平均值约为 $1000 \sim 1300 \text{ t} / \text{km}^2$,并沿程下降。近 10 年平均值较多年平均值降低,除了唐乃亥站 10 年平均值降低不大外(为多年平均值的 84%),兰州站及其以下各站的降低幅度均较大,为多年平均值的 21%~48%,下降幅度最大的为利津站。年输沙模数的这种时空变化反映出黄河沙量主要来源于中游,除唐乃亥站外沿程沙量均明显下降。

2.2 沿程水沙变化分析

黄河的水量主要来自于上游,而沙量则集中来自于中游。兰州以上控制流域面积占花园口以上流域面积的 30%,水量占 58%,沙量极少,黄河清水基流主要源自兰州以上。黄河沙量的 90% 来自中游。其中河口镇至龙门区间,流域面积只有 11 万 km^2 ,区间径流量占花园口水文站径流量的 13%,区间年输沙量占全河总输沙量的 56%。黄河龙门至河口为河床淤积的主要区段(包括三门峡、小浪底两个峡谷型水库),黄河中游产生的大量泥沙淤积于此。

为了表现直观且便于分析比较,绘制了年降水量与年径流量双累积关系曲线(图 3)、年径流量和年输沙量变化图及其双累积关系曲线(图 4~9)。考虑到黄河的水量大多来自上游,采用黄河源区达日雨站年降水量与黄河干流 9 个站的年径流量进行双累积关系比较。

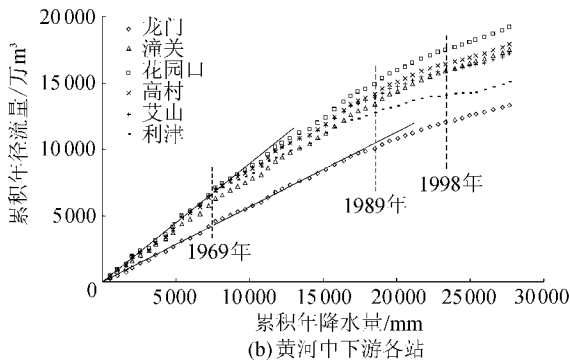
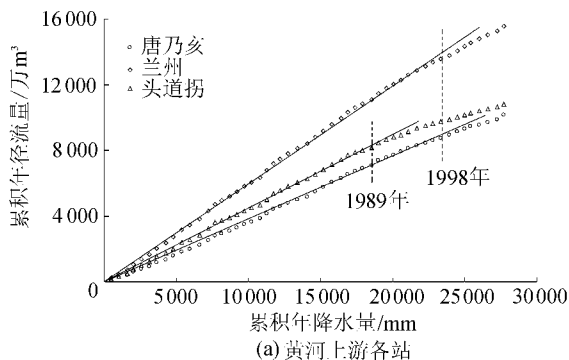


图 3 达日雨量站年降水量与黄河干流各站年径流量双累积关系曲线

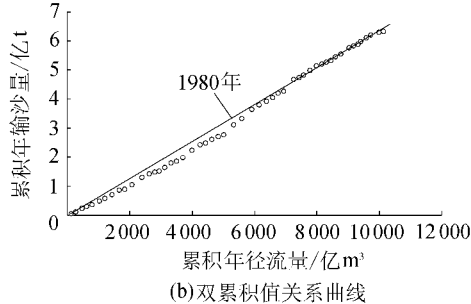
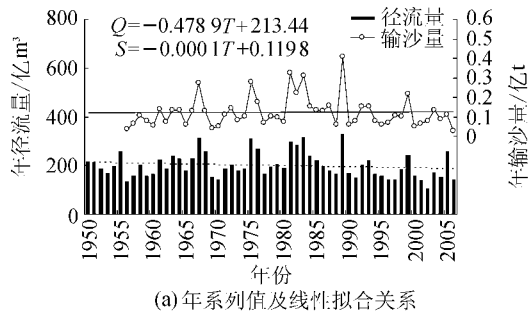


图 4 黄河唐乃亥站年径流量和年输沙量的变化

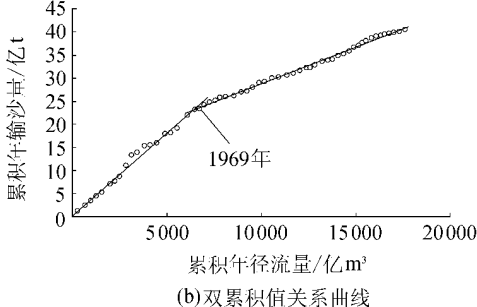
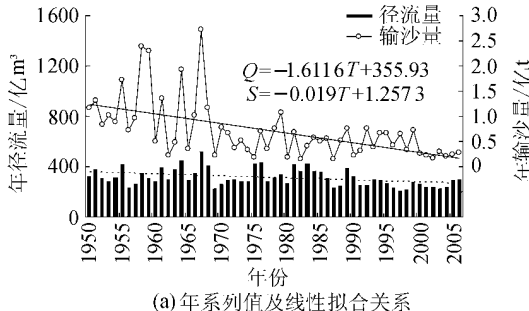


图 5 黄河兰州站年径流量和年输沙量的变化

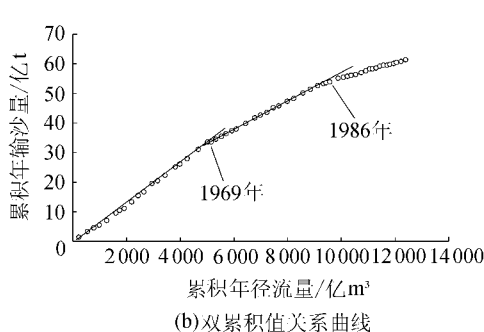
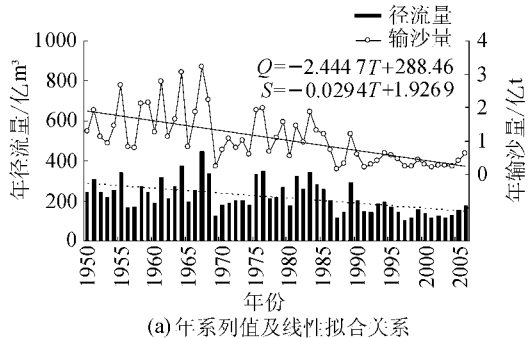
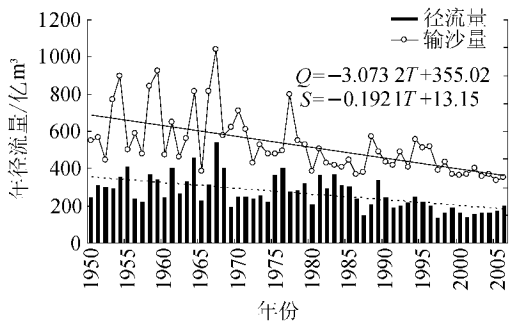


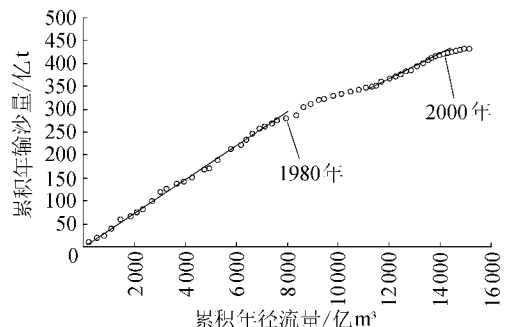
图 6 黄河头道拐站年径流量和年输沙量的变化

a. 黄河上游。由图 4 可见,唐乃亥站年径流量的长期变化趋势几乎不变,略有降低,20 世纪 80 年代初径流量高与当时的降水量高相对应。从图 3(a)也可以看出,唐乃亥站的年径流量基本与年降水量一致,1998 年后略有下降,说明 20 世纪唐乃亥站上游无明显的引水量影响,基本反映了自然状态下黄河来流的总体情况,1998 年后径流量略降

低,可能是上游引水量有一定增加造成的。唐乃亥站的输沙量变化与径流量变化相似,从水沙双累积曲线也可以看到,水沙量变化几乎同步,1980 年以前的沙量略低。由此可见,由于唐乃亥站上游受人为影响较小,水沙量无趋势性变化,年际间的变化主要受降水量的影响。由图 3(a)可见兰州站在 1998 年前年径流量与年降水量的变化也是基本一

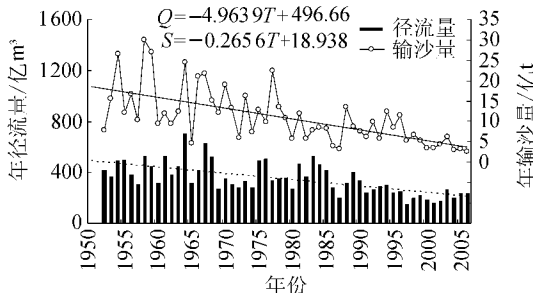


(a) 年系列值及线性拟合关系

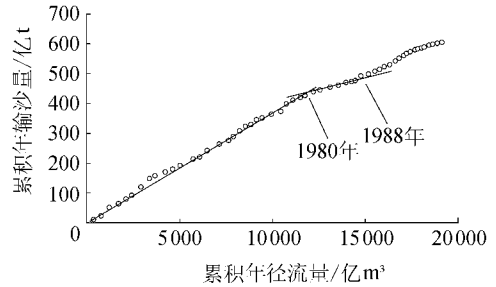


(b) 双累积值关系曲线

图 7 黄河龙门站年径流量和年输沙量的变化

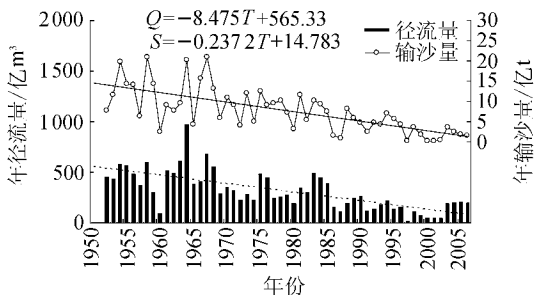


(a) 年系列值及线性拟合关系

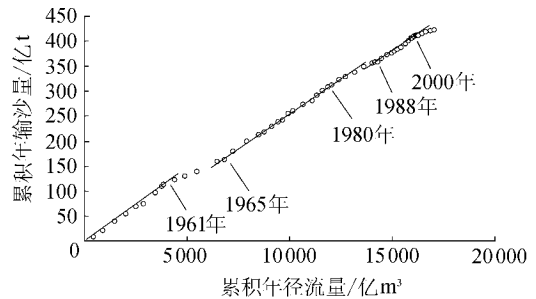


(b) 双累积值关系曲线

图 8 黄河潼关站年径流量和年输沙量的变化



(a) 年系列值及线性拟合关系



(b) 双累积值关系曲线

图 9 黄河利津站年径流量和年输沙量的变化

致的,但 1998 年后径流量有下降趋势,而头道拐站 1989 年和 1998 年有两次明显的拐点,说明了引水量的大幅度增加(图 3(a))。实测资料也表明头道拐站引水量有大幅度增加,头道拐站以上 20 世纪 50~80 年代年引水量分别为 79 亿 m^3 , 99 亿 m^3 , 102 亿 m^3 , 121 亿 m^3 [11],而 1998 年兰州站以上引水量为 33 亿 m^3 , 约占全流域引水量的 9%,头道拐站以上引水量达 175 亿 m^3 , 约占全流域的 47%。兰州站水沙双累积曲线显示在 1969 年有一明显的拐点(图 5),头道拐站水沙双累积曲线显示在 1969 年和 1986 年均有明显的拐点(图 6),表示输沙量突然下降。这主要是刘家峡水库(1968 年蓄水)和龙羊峡水库(1986 年蓄水)拦沙和灌溉引水引沙引起的。

b. 黄河中游。由图 3(b)可见,龙门和潼关站的点据在 20 世纪 70 年代以前相关性较好,70 年代中期后点据下折,并在 1989 和 1998 年有较明显的拐点,表明年径流量明显下降,这与上游区引水量在

20 世纪 80 年代后的明显增加密切相关。龙门站和潼关站的水沙均呈现下降趋势,沙量的下降趋势更大(图 7、图 8)。由图 7 和图 8 可知,两站的水沙双累积曲线具有相同的特点,且 80 年代黄河中游的输沙量明显较低。这种降低的原因可能有 4 方面:①流域引水量的明显增加引起河流径流量降低;②黄河上中游的水利水电工程发挥了作用 [12];③龙羊峡水库 1986 年蓄水以后与刘家峡水库联合运用,中游的汛期沙量由刘家峡水库运用前(1967 年)的 80%~90%降到 60%~82%;④气候变化。由表 1 可见,黄河中游近 10 年平均降水量较多年平均降水量约降低 10%;资料分析也表明 [8],河口镇至龙门 20 世纪 70~90 年代年降水量比 1970 年前分别降低 5.9%、9.2% 和 7.1%;而 80 年代和 90 年代汛期降雨量偏小,降雨多集中在少沙来源区 [12]。这些气候变化的原因造成流域产沙量降低。有分析表明 [8],20 世纪 80 年代,河口镇至龙门工农业用水、水土保

持和水库引起的年减水量分别约占总减水量的41%、62%和2%(其中人类活动增水占4%)。灌溉引沙、水库拦沙和水土保持减沙量约占总减沙量的3%、38%和91%。应当注意,水沙双累积曲线上,黄河上游站由于刘家峡水库兴建而出现的输沙量减少,在龙门站上有一定的表现,而到潼关站此拐点已经观察不到,反映出河道输沙能力的自我调整。2000年后沙量再次降低,应是上游引水量增加造成径流量降低,输沙能力随之降低。

c. 黄河下游。由图3(b)可知,利津站分别在1969年、1989年和1998年有拐点。特别是20世纪80年代后下游站的年径流量累积值与中游站的值明显逐年加大,愈往下游差距愈大,反映了80年代后黄河全河引水量的大幅度增加。下游花园口、高村、艾山站和利津站的水沙年系列值和双累积曲线均具有相似的特点(限于篇幅,略去花园口、高村和艾山站年径流量和年输沙量变化关系图)。从图9中可以看出,下游站的水沙量呈下降趋势,而且愈往下游下降幅度愈大。下游站在1961~1965年、1980~1988年和2000年后均有1次明显的输沙量下降现象。1961年输沙量的下降反映了三门峡水库建成并开始蓄水拦沙;1965年后,三门峡水库运行方式先后改为滞洪排沙和蓄清排浑,输沙量恢复。资料表明^[2],1960~1964年,三门峡水库335m高程库容由97.5亿m³降至57.0亿m³,1973年水库改建完成后库容为60.55亿m³。80年代输沙量再次降低,原因应与黄河中游这一时期输沙量降低的原因一样,即水土保持措施发挥效益和引水量增加等。2000年后输沙量的降低一方面应归因于上游引水量增加造成径流量降低,更主要的原因应是1999年小浪底水库的建成蓄水。20世纪50年代利津站平均年径流量和输沙量分别为474亿m³和14亿t,基本反映了自然条件下黄河接近入海口的水沙状况。而至2006年,利津站多年平均水沙量分别为311亿m³和7.7亿t,2000年以来的6年平均值更是陡降为132亿m³和1.5亿t。黄河入海水沙量的大幅度减少,给黄河口的演变带来很大的影响^[13],值得深入研究。

2.3 沿程含沙量和粒径的变化

图10反映了黄河干流9个站的水沙变化关系。由图10可见,9个站中,上游的唐乃亥站和头道拐站的水沙关系具有较好的相关性,下游的高村、艾山和利津站的水沙相关性也尚好,其他各站两者相关性较差。从图10也可见在同样的径流模数下,上游3站的输沙模数远低于中下游各站。高输沙模数值出现在中游站,并且径流模数不高。

由图11可见,黄河上游站的含沙量较低并沿程

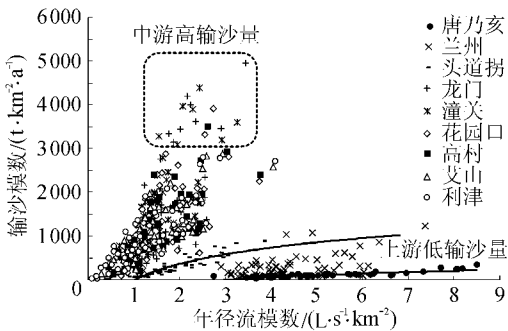


图10 黄河干流各站水沙关系

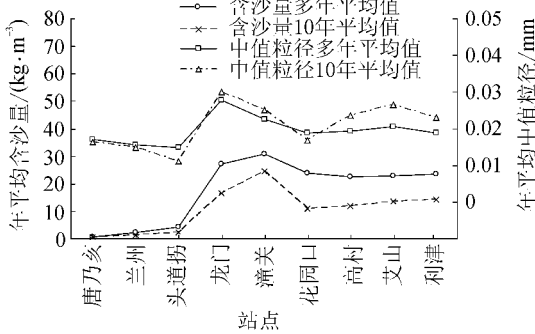


图11 黄河平均含沙量和平均中值粒径沿程变化曲线

增加,唐乃亥、兰州和头道拐站含沙量多年平均值分别为0.59 kg/m³、2.23 kg/m³和4.41 kg/m³。中游龙门和潼关站含沙量最高,多年平均值分别达27.6 kg/m³和31.3 kg/m³。下游4站的含沙量相近,为23~24 kg/m³,明显低于中游。含沙量的这种沿程变化,反映了黄河的泥沙源主要来自中游地区,在进入下游前,泥沙已经大量淤积于河道或水利枢纽工程中。从图11中亦可看出,除唐乃亥站外,其他各站近10年的平均含沙量均较多年平均含沙量明显降低。这种降低应是黄河引水量增加、水土保持措施发挥效益、水利枢纽工程拦沙和气候变化等综合作用的结果。

从图11中中值粒径的沿程变化可以看出,上游的泥沙粒径较细,中游泥沙粒径最大,下游泥沙粒径小于中游。这说明了黄河中的粗沙主要来源于中游地区,在进入下游前,有一定的粗沙淤积于河道。花园口之前的各站近10年的平均中值粒径与多年平均值近似,但下游高村、艾山和利津站3站近10年的中值粒径明显大于多年平均值。分析逐年数据可以发现,2000年后此3站的中值粒径值明显较往年增大,推测应是小浪底水库投入运行后,清水下泄引起下游段河床的冲刷使河床粗化。

3 结 语

结合黄河流域降水量和人类活动等影响因素,通过对黄河干流上下游站水沙量变化的分析,可以得到如下认识:

a. 黄河源区和下游区年降水量无明显的长期变化趋势,中游近 10 年降水量平均值较多年平均值约下降 10%。而黄河的水量主要来源于兰州以上,说明气候对黄河径流量变化的影响不是主要的。

b. 唐乃亥站水沙量无长期变化趋势,与降水量的变化趋势一致,说明受人为干扰较小的黄河源区水沙量变化主要受气候因素影响。

c. 黄河干流自头道拐站以下各站的径流量、自兰州站以下各站的输沙量均呈明显下降趋势,下降幅度基本沿程增加。而且,每次水沙量的明显下降都与人类活动相关联。年径流量的降低主要是上游引水量的增加和水土保持措施发挥效益引起的,年输沙量的降低主要是水土保持、水利枢纽对水沙量的调节、灌溉引沙和气候变化等因素综合作用的结果,水利枢纽的兴建和水库运行方式的改变引起沙量的突变。

d. 20 世纪 50 年代,黄河利津站的平均年水沙量约为 474 亿 m^3 和 14 亿 t,至 2006 年,多年平均水沙量分别降为 311 亿 m^3 和 7.7 亿 t,2000 年以来的 6 年平均值更是陡降为 132 亿 m^3 和 1.5 亿 t。黄河入海水沙量的大幅度减少,给黄河口的演变带来很大的影响,值得关注。

e. 黄河中游含沙量较高、中值粒径较大,反映了黄河的泥沙源主要来自中游地区,近 10 年中下游各站含沙量明显降低,是全流域水土保持措施发挥效益、水利枢纽工程拦沙、引水量增加等因素综合作用的结果。2000 年后,下游站的泥沙中值粒径值明显增大,应是小浪底水库清水下泄引起下游段河床

的冲刷致使河床粗化。

参考文献：

[1] 刘成,王兆印,隋觉义.我国主要入海河流水沙变化分析[J].水利学报,2007,38(12):1444-1452.

[2] 中华人民共和国水利部.中国河流泥沙公报(2000-2004 年)[G].北京:中华人民共和国水利部,2001-2005.

[3] 中华人民共和国水利部.中国河流泥沙公报(2005)[M].北京:中国水利水电出版社,2006.

[4] 中华人民共和国水利部.中国河流泥沙公报(2006)[M].北京:中国水利水电出版社,2007.

[5] 王可丽,程国栋,丁永建,等.黄河、长江源区降水变化的水汽输送和环流特征[J].冰川冻土,2006,28(1):8-14.

[6] 王云璋,康玲玲,王国庆.近 50 年黄河上游降水变化及其对径流的影响[J].人民黄河,2004,26(5):5-7.

[7] 许炯心,孙季.近 50 年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,2003,14(6):690-695.

[8] 顾文书.黄河水沙变化及其影响的综合分析报告(第一期)[C]/汪岗,范昭.黄河水沙变化研究.郑州:黄河水利出版社,2002:1-45.

[9] 毛寿龙.黄河断流问题的制度分析[EB/OL].[2002-04-17].http://www.hwcc.com.cn.

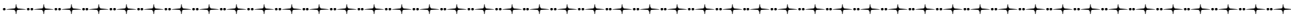
[10] 黄河水利委员会.黄河水资源公报(1998-2006 年)[G].郑州:黄河水利委员会,1999-2007.

[11] 钱意颖,龙毓骞.黄河上游水沙变化及发展趋势的预测[C]/汪岗,范昭.黄河水沙变化研究.郑州:黄河水利出版社,2002:46-73.

[12] 饶素秋,霍世青,薛建国,等.黄河上中游水沙变化特点分析及未来趋势展望[J].泥沙研究,2001(2):74-77.

[13] 胡春宏,张治昊.水沙过程变异条件下黄河口拦门沙的演变响应与调控[J].水利学报,2006,37(5):511-517.

(收稿日期 2007-09-30 编辑 骆超)



建设美好家园——水电建设环保行摄影大赛征稿启事

为反映我国水电建设的成就及其所营造的新环境、新气象、新风貌,水利部农村水电及电气化发展局倡导并主办“建设美好家园——水电建设环保行”摄影大赛。活动主办单位为水利部农村水电及电气化发展局,承办单位为《中国水能及电气化》杂志社,组委会秘书处设在《中国水能及电气化》杂志社事业部。支持媒体有《中国水利》、《水利水电科技进展》、《河海大学学报(哲学社会科学版)》、《中国农村水利水电》、《水利水电技术》、《水利发展研究》、水利部网站、水信息网、中国农村水电及电气化信息网、中国能源投资网、中国节能环保网。

参赛要求 ①摄影作品体裁不限,数量不限,新闻、纪实、风光、艺术照片均可,曾获奖与否不限。②作品黑白、彩色均可,不收反转片。勿寄底片。谢绝电脑合成的照片和用电脑技术修改制作的照片。③作品要求内容真实、主题突出,画面清晰、构图完整、曝光准确、色彩良好,形象生动、形式新颖,富有视觉冲击力和艺术感染力。④作品同时要求电子数码照片与加洗照片,加洗照片的规格为 10 英寸,方片为 8 英寸,请勿装裱。数码照片要求原图发送。⑤组照不超过 8 幅照片。⑥作品只接受没有折叠和磨损的照片。⑦参赛者均需在作品背面写清作品标题、作者真实姓名、单位、地址、邮政编码和联系电话、拍摄时间、地点及图片简要说明。⑧作品的名誉权、所涉及肖像权均由作者负责,杂志社具有使用权(包括出版物、展览、活动宣传等),不另付稿费,不承担相应法律责任。作者享有署名权。⑨全国范围内摄影爱好者均可参加本次活动,参赛作品一律不退稿,不收参赛费。截稿时间 2008 年 9 月 25 日。

收稿方式 数码照片发送 E-mail 到 sd-photo@163.com,标题注明“作者姓名-摄影比赛作品”;加洗照片邮寄地址:100053 北京市宣武区白广路北口水电综合楼 625 室《中国水能及电气化》杂志社(收),信封上请注明“摄影比赛”字样。联系人:李勇,孟醒,联系电话 010-63202883,010-63203410。

(《中国水能及电气化》杂志社供稿)