

黄河宁蒙河段泥沙加入量分析及防治对策

缙倩倩^{1,3}, 韩致文¹, 王国华^{2,3}, 杜鹃强^{1,3}, 孙家欢^{1,3}

(1. 中国科学院 寒区旱区环境与工程研究所 沙漠与沙漠化重点实验室, 甘肃 兰州 730000;

2. 中国科学院 寒区旱区环境与工程研究所 水文与水土资源研究室, 甘肃 兰州 730000; 3. 中国科学院 研究生院, 北京 100049)

摘要: 利用 1950—2005 年黄河干流泥沙分布特征值资料与干流任意河段年平均泥沙加入公式对黄河干流宁蒙河段年平均泥沙加入进行了计算分析。结果表明, 1950—2005 年宁蒙河段每年都有大量泥沙加入, 并且加入量随时间呈波动变化。通过数据分析与实地调查发现, 造成该河段泥沙大量加入以及随时间呈波动变化的原因主要是宁蒙河段穿越腾格里沙漠、河东沙地、乌兰布和沙漠以及库布齐沙漠, 沙漠与河流交互作用, 使其具备风沙直接进入黄以及支流泥沙入黄的条件; 尤其以“十大孔兑”河道上游比降大, 河道两岸地表沙物质易蚀性高, 从而导致大量泥沙通过洪水过程进入黄河。黄河宁蒙河段的泥沙防治关键在于减少入黄泥沙量, 特别是要加强“十大孔兑”地区的水土保持综合防治力度。

关键词: 黄河干流; 宁蒙河段; 河道淤积; 泥沙加入量; 综合防护对策

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2012)04-0303-04

中图分类号: TV152, S157.2

Sediment Input and Their Control Along Ningxia—Inner Mongolia Section of Yellow River

GOU Qian-qian^{1,3}, HAN Zhi-wen¹, WANG Guo-hua^{2,3}, DU He-qiang^{1,3}, SUN Jia-huan^{1,3}

(1. *Key Laboratory of Desert and Desertification, Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou, Gansu 730000, China*; 2. *Division of Hydrology Water—Land Resources, Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou, Gansu 730000, China*; 3. *Graduate University of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China*)

Abstract: The eigenvalues of particle size distribution were analyzed for the sediment of Yellow River from 1950 to 2005 and the formula addressing mean annual sediment input in any reach of the Yellow River were developed to account the sediment sources inputting into the Ningxia—Inner Mongolia reach of the Yellow River. The results show that a huge amount of sediment was delivered into the Ningxia—Inner Mongolia reach annually from 1950 to 2005, and the mean annual sediment input amount varied with time. With data mining and field investigation, we found that the variations were results from the interaction between desert and river as Yellow River flows through the deserts such as Tengger Desert, Hedong sandyland, Ulan Buh Desert and Kubuqi Desert in Ningxia and Inner Mongolia Autonomous Region, where aeolian sediment transportation was a major input source into the river. Furthermore, in the upper reach of "Ten Great Gullies" with great bed gradients, the aeolian sediment covering river banks can be eroded easily by both wind and water and carried into Yellow River by floods. In summary, we think that the key to control channel aggradation of Yellow River is reducing the amount sediment input into the Ningxia—Inner Mongolia reach, which in turn can be achieved through comprehensive prevention measures such as soil and water conservation, ecosystem restoration and engineering measures, which especially should be strengthened in the "Ten Great Gullies" region.

Keywords: mainstream of the Yellow River; Ningxia—Inner Mongolia section of the Yellow River; sediment input; comprehensive controlling countermeasures

黄河宁蒙河段是指从宁夏自治区的下河沿至内蒙古自治区的头道拐,全长约 1 100 km,位于黄河上游最下段,穿越腾格里沙漠、河东沙地、乌兰布和沙漠与库布齐沙漠,是沙漠、河流交互演化的典型区域,也是黄河上游水沙变化最复杂、河道演变最剧烈的典型河段。

近年来,黄河侵蚀、塌岸与泥沙淤积问题^[1]日益凸显,河床的行洪、行凌能力降低,洪灾、凌灾频繁发生,尤其是位于内蒙古自治区伊克昭盟境内的“十大孔兑”^[2-3](包括:毛不拉孔兑、卜尔色太沟、黑赖沟、西柳沟、罕台川、壕庆河、哈什拉川、母花河、东柳沟、呼斯太河)频繁突发洪灾,挟带大量泥沙,堵塞黄河干流河道,抬高河床,冲毁水利设施,淹没农田、村庄,同时还向下游输送大量泥沙,致使河道不畅,严重威胁两岸人民生命财产安全,制约着经济的可持续发展。研究该河段的防洪治沙与河岸防护对策,直接关系到黄河水资源的可持续利用以及宁夏、内蒙两自治区社会经济的持续发展。因此,对黄河宁蒙河段河道淤积,泥沙加入以及防护对策进行研究,有着重大的理论和实践意义。

1 宁蒙河段泥沙加入量计算方法

师光玉^[4]等在研究陕西省黄河流域泥沙流失变化时,曾建立关于境内自产泥沙的计算公式:

$$W_s = W_{s出} - W_{s入} \pm W_{s淤} \quad (1)$$

式中: W_s ——境内自产沙量; $W_{s出}$ ——出境输沙量; $W_{s入}$ ——入境输沙量; $\Delta W_{s淤}$ ——境内输沙量变量,在计算过程中,本研究将 $\Delta W_{s淤}$ 忽略不计,并且只考虑了悬移质泥沙。

在建立黄河干流任意河段泥沙加入计算公式时,借鉴了公式(1)的表达,同时,考虑了河段内部河道淤积以及泥沙引出,建立公式:

$$W_s = W_{s出} - W_{s入} \pm W_{s淤} + W_{s引} \quad (2)$$

式中: W_s ——黄河干流某河段沙量加入; $W_{s出}$ ——河段出口输沙量,采用该河段出口水文站数据资料统计计算; $W_{s入}$ ——河段入口输沙量,采用该河段入口附近水文站数据资料统计计算; $\Delta W_{s淤}$ ——河段的河道淤积量; $W_{s引}$ ——河段引出沙量。

1.1 黄河干流宁蒙河段泥沙加入量计算

对于宁蒙河段,公式(2)中 W_s 为宁蒙河段年平均加入沙量, $W_{s出}$ 为出口头道拐水文站年平均输沙量, $W_{s入}$ 为入口下河沿水文站年平均输沙量, $\Delta W_{s淤}$ 为宁蒙河段河道年平均淤积量, $W_{s引}$ 为宁蒙河段年平均引出沙量。

根据黄河水利委员会编印的《黄河流域综合规

划》中所列的黄河干流泥沙分布特征值表,得到宁蒙河段出、入口水文站(即下河沿与头道拐)年平均输沙量值,宁蒙河段年平均泥沙淤积量值、年平均引沙量值以及依据公式(2)计算出的黄河干流宁蒙河段年平均加入沙量值(图 1—2)。

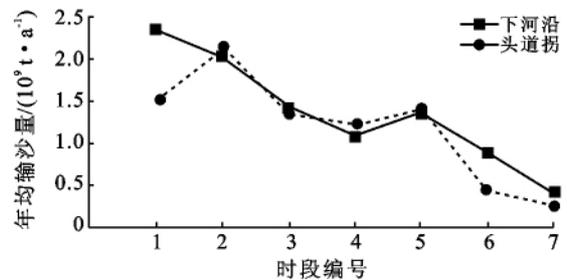


图 1 宁蒙河段各水文站年平均输沙量

注:1,2,3,4,5,6,7 分别代表 1950—1960,1960—1964,1964—1973,1973—1986,1986—1986,1986—1999,1999—2005 年。下同。

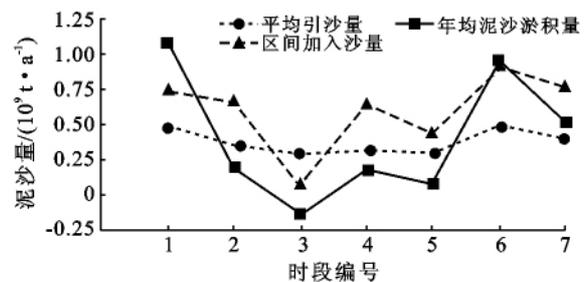


图 2 宁蒙河段年均泥沙淤积量、引沙量以及加入沙量

1.2 宁蒙河段泥沙加入量分析

1.2.1 数据分析 由图 1 可知,宁蒙河段入口下河沿水文站与出口头道拐水文站年平均输沙量自 1950—2005 年基本呈现出逐渐减少的一致变化,而由图 2 可知,从 1950—2005 年,宁蒙河段年平均泥沙淤积量与年平均引沙量却呈现出先减少后又波动上升趋势,由此可以看出宁蒙河段在 1950—2005 年间存在沙量加入,而且加入量呈波动变化。

由图 2 可以看出,从 1950—2005 年,宁蒙河段每年都有沙量加入,根据黄委会统计资料中将这时期划分为 4 阶段:即 1950—1960 年,1960—1986 年,1986—1999 年,1999—2005 年,其中 1960—1986 年又划分为 3 个阶段:1960—1964 年,1964—1973 年,1973—1986 年,总体可视为 6 个阶段,这 6 个阶段年平均泥沙加入量呈波动起伏变化,其中年均泥沙加入量最小值出现在 1964—1973 年,为 7.00×10^7 t/a,泥沙加入量最大值出现在 1986—1999 年,为 9.10×10^7 t/a。初步分析造成 1964—1973 年间年均泥沙加入量最小的原因,是由于 1969 年刘家峡^[5]的蓄水发电

投入使用,使得水土保持工作得到很好地开展,而1986—1999年间,由于该河段大规模垦荒种田、广种薄收、过度放牧、不合理地开采地下矿产资源造成土地沙化、植被退化以及工矿企业等新的人为破坏引起水土流失加剧^[3],从而使该时间段内泥沙加入量相对增加。

1.2.2 宁蒙河段加入泥沙量变化的原因分析 宁蒙河段穿越腾格里沙漠、河东沙地、乌兰布和沙漠和库布齐沙漠,是沙漠、河流交互演化的典型区域,也是黄河上游水沙变化最复杂、河道演变最剧烈的典型河段。姚正义^[1]对黄河宁蒙河段1958—2008年的河岸侵蚀、塌岸和淤积进行了研究,共发现229处(侵蚀面积 $>10\,000\text{ m}^2$)存在河岸侵蚀,其中,110处位于黄河左岸,119处位于黄河右岸。50 a来宁蒙段黄河河岸后退总面积为 518.38 km^2 ,其中 257.29 km^2 位于黄河左岸, 261.09 km^2 位于黄河右岸,整个河段侵蚀和塌岸程度最严重的是巴彦高勒—河口镇,程度最轻的是石嘴山—巴彦高勒。从左右岸侵蚀后退数据可以看出,两者基本保持平衡,也说明该段黄河河道是在左右摇摆中发展演变。杨根生^[6]曾估算过黄河风沙段沿岸(沙坡头—河曲段)的风成沙入黄沙量(该段把

研究区下河沿—头道拐包括在内),结果表明,以风沙流和坍塌两种方式入黄的风成沙总量为 $5.32\times 10^7\text{ t/a}$,再加上发源和流经风沙区的几条大支流 $5.00\times 10^7\text{ t/a}$ 入黄沙量,每年大约有1亿多吨风成沙输入黄河干支流。

李占斌^[7]研究指出,在磴口东南部,黄河干流流经乌兰布和沙漠的东侧,乌兰布和沙漠现在每年以 $8\sim 10\text{ m}$ 的速度向东扩展,在风力作用下,沙漠每年向黄河侵泄的流沙高达 $2.0\times 10^7\text{ t}$ 。另外产沙比较严重的地段是位于内蒙古伊克昭盟境内的“十大孔兑”地区^[2,8],这10条洪水沟谷流域形态相似,沟道比降大,上游有大面积砒砂岩出露,中游是库布齐沙漠,水土流失严重,风、水、冻蚀交替进行,秋、冬、春大量泥沙存积于沟道,每当夏季山洪暴发都有大量泥沙下泄入黄,造成十分巨大的土壤侵蚀量和输沙量,在有资料记载的约30 a间,西柳沟洪水泥沙堵塞黄河干流达7次^[8]。

野外调查也证实了上述几个地段河岸侵蚀与塌岸的严重性。2011年4月初,本研究对上述风沙入黄比较严重的地区以及泥沙入黄较严重的“十大孔兑”地区进行了野外实地调查观测,调查结果详见表1。

表1 野外考察地点

编号	考察地点	调查内容	坐标位置
1	河东沙地	塌岸淤床	$38^{\circ}24'32.00''\text{N}, 106^{\circ}30'48.35''\text{E}$
2	二道敦	风沙防治体系示范	$38^{\circ}35'46.01''\text{N}, 106^{\circ}32'21.39''\text{E}$
3	乌兰布和沙漠东南边缘	塌岸	$39^{\circ}36'0.67''\text{N}, 106^{\circ}46'19.62''\text{E}$
4	刘拐沙头	风沙入黄防治措施	$40^{\circ}09'48.18''\text{N}, 106^{\circ}50'38.12''\text{E}$
5	库布齐沙漠黄河沿岸	侵蚀产沙	$40^{\circ}46'22.74''\text{N}, 108^{\circ}26'25.02''\text{E}$
6	毛布拉孔兑	侵蚀产沙与防治措施	$40^{\circ}28'31.02''\text{N}, 109^{\circ}03'19.31''\text{E}$
7	卜尔色太沟	侵蚀产沙与防治措施	$40^{\circ}28'02.09''\text{N}, 109^{\circ}12'31.54''\text{E}$
8	罕台川	侵蚀产沙与防治措施	$40^{\circ}12'12.74''\text{N}, 109^{\circ}57'49.57''\text{E}$
9	二道壕	治理措施	$40^{\circ}11'05.95''\text{N}, 109^{\circ}55'10.12''\text{E}$
10	西柳沟	侵蚀产沙与防治措施	$40^{\circ}20'52.49''\text{N}, 109^{\circ}45'24.74''\text{E}$
11	东柳沟	侵蚀产沙与防治措施	$40^{\circ}18'08.21''\text{N}, 110^{\circ}32'11.20''\text{E}$
12	郝圪劳湾	侵蚀产沙与防治措施	$40^{\circ}10'35.33''\text{N}, 111^{\circ}12'43.14''\text{E}$
13	罕台川上游淤地坝	水土流失防治工程	$39^{\circ}47'34.72''\text{N}, 109^{\circ}44'38.50''\text{E}$

考察点1—5属于风沙直接入黄(包括沙丘移动和塌岸),且河岸坍塌都比较严重;6—8,10—11考察点位于“十大孔兑”的沟谷中,考察时正处于春季,孔兑中几乎干涸,沟谷两侧的地貌清晰可见,大部分沟谷两侧沙丘广布,侵蚀地貌突出。十条沟谷中,罕台川防护措施较好,沟道两旁自20 a前已经种植锁边林,其中的典型防护示范区——二道壕(考察点9),近20 a来造防护林 $6\,000\text{ hm}^2$,植物防护措施结构配

置合理,灌草结合的防护体系植被生长茂密,覆盖度高,地表生物结皮发育。除罕台川外,“十大孔兑”中的其他孔兑防护措施薄弱,由于这些沟道比降大,夏季暴雨来临,洪水来势迅猛,洪峰流量大,高强度暴雨造成强烈的侵蚀产沙,大量泥沙通过洪水过程进入黄河河道。

综上所述,黄河宁蒙河段具备风沙入黄以及支流泥沙入黄的条件,每年有大量泥沙加入。因此,今后

要减少入黄泥沙量,应把重点放在黄河干流宁蒙河段,特别是“十大孔兑”地区的以生态恢复与工程措施结合的水土侵蚀和泥沙产输综合防治。

2 “十大孔兑”综合防护对策分析

近年来,“十大孔兑”的综合治理研究已经得到很多学者^[3,8-9]的关注,提出了许多治理对策。比较一致的观点是分区治理^[8,10],即在“十大孔兑”流经的上游丘陵沟壑地区,开展以小流域为单元的综合治理工程;中游库布齐沙漠,以防沙治沙、恢复和增加植被为主;在下游冲积平原、川道以及滩区,利用其得天独厚的用洪用沙条件,大力发展分洪、用洪工程,加强川道的治理和利用。从而利用综合治理对策实现黄河宁蒙河段人口、资源、环境、社会的可持续发展。

通过野外实地调查,本研究认为,前人提出对“十大孔兑”地区制定分区防护措施的对策是可行的。问题的关键在于“十大孔兑”地区真正实行以上分区对策的很少,只有罕台川的防护工作比较到位,其他孔兑基本没有任何防护措施。因此,今后应加强“十大孔兑”中其余沟道两侧的水土保持,在制定措施时借鉴罕台川的成功经验:先采取工程措施固沙,以生物措施,利用“先挡后拉”的办法,先在迎风坡种植植被,迎风坡的沙丘基本固定下来后,再在背风坡种植植物,并按照先坡脚,后坡顶的顺序依次固定。罕台川中的二道壕以及恩格贝风沙防治示范区,是典型的治理示范区,该治理模式值得今后在制定“十大孔兑”防护措施时借鉴。值得注意的是,各大孔兑自然地理状况并不完全相同,在借鉴罕台川的防护模式的同时,应该充分调查各孔兑所在地区的风速、风向、降雨量等环境条件,在制定防护措施的同时不能违背自然规律,“十大孔兑”由西向东(从毛布拉孔兑到呼斯太河)水分条件逐渐改善,因此,呼斯太河的防护措施不一定适合毛布拉孔兑,只有综合考虑每条孔兑的自然地理条件,才会使防护工作做得更好。

此外,霍有光^[11]提出,可以考虑实施“黄河体外循环工程”以及与它相关的库布齐沙漠生态环境建设工程,“黄河体外循环工程”即开凿人工运河引黄河水入库布齐沙漠,关于该措施的可行性,本研究对此持怀疑态度,因为近年来黄河水量正在减少,将本来就短缺的黄河水引入茫茫沙漠,其治理效果如何,还有待进一步深入研究论证。

3 结论

(1) 利用黄河干流各水文站的泥沙分布特征值

数据,建立了黄河干流任意河段年平均沙量加入公式,并计算了宁蒙河段年平均泥沙加入量。

(2) 经过计算可知,宁蒙河段每年都会有大量的沙加入,并且加入量呈波动变化,加入的这部分泥沙成为导致宁蒙河段与中下游河段河道泥沙淤积的主要来源,造成宁蒙河段入黄沙量大的原因主要是该河段具备风沙入黄以及支流泥沙入黄的条件。

(3) 内蒙古自治区“十大孔兑”是宁蒙河段泥沙入黄特别严重的区域,在这十条支流沟道中,罕台川的防护措施做的最好,而其他几条孔兑基本没有防护措施,每当暴雨来临,泥沙会大量进入黄河河道。因此,今后应加强对“十大孔兑”地区的综合治理与防护对策研究。

(4) 在制定黄河各大泥沙入黄区的防护对策时,可以借鉴罕台川与恩格贝的成功经验,但同时应该做到因地制宜,结合各沟道自身的自然地理条件,尊重自然规律,减少宁蒙河段的泥沙加入。

致谢:论文修改中得到薛娴研究员的悉心指导,作者谨致谢忱。

[参 考 文 献]

- [1] Yao Zhengyi, Ta Wanquan, Jia Xiaopeng, et al. Bank erosion and accretion along the Ningxia—Inner Mongolia reaches of the Yellow River from 1958 to 2008[J]. *Geomorphology*, 2011, 127(1/2): 99-106.
- [2] 杨根生, 拓万全, 戴丰年, 等. 风沙对黄河内蒙古河段河道泥沙淤积的影响[J]. *中国沙漠*, 2003, 23(2): 152-159.
- [3] 严国民, 王晓. 浅谈内蒙古十大孔兑水土保持生态环境建设[J]. *水土保持学报*, 2001, 15(5): 119-121.
- [4] 师光玉, 赵红. 陕西省黄河流域泥沙流失变化分析[J]. *水文*, 2006, 26(2): 91-94.
- [5] 顾文书. 黄河近年来水沙变化情况以及龙羊峡和刘家峡两大水库在黄河治理开发中所起的作用[J]. *水力发电学报*, 1994(1): 1-6.
- [6] 杨根生, 刘阳宣, 史培军. 黄河沿岸风成沙入黄沙量估算[J]. *科学通报*, 1988(13): 1017-1021.
- [7] 李占斌, 李德海. 乌兰布和沙漠综合治理措施浅探[J]. *内蒙古水利*, 2008(1): 60-61.
- [8] 赵昕, 汪岗, 韩学士. 内蒙古十大孔兑水土流失危害及治理对策[J]. *中国水土保持*, 2001(3): 4-7.
- [9] 姬宝霖, 吕忠义, 申向东, 等. 内蒙古达拉特旗十大孔兑综合治理方案研究[J]. *人民黄河*, 2004, 26(1): 31-32, 36.
- [10] 梁其春, 骆鸿固, 王英顺. 十大孔兑区水土流失现状与防治对策[J]. *中国水土保持*, 1996(3): 3-6.
- [11] 霍有光. 综合治理黄河内蒙古河段泥沙淤积及库布齐沙漠的对策[J]. *水利经济*, 2004, 22(3): 45-49.