

文章编号: 1000-0550(2012)03-0565-07

黄河银川平原段河床沉积速率变化特征^①

王随继

(中国科学院地理科学与资源研究所 北京 100101)

摘要 黄河银川平原河段近几十年来面临较大的洪灾威胁,几次大洪水造成了很大的经济损失,人们常常将这归结为黄河上游修建大坝导致该河段河床沉积增强所引起的结果。为了分析该河段河床的沉积速率的历史变化特征,用地质尺度时段平均方法、90 万年以来不同时段的相关性分析方法以及当前河道断面实测方法分别对其沉积速率进行了估算。结果表明,相关性分析方法中的脉冲函数关系可以很好地估算其历史沉积速率的变化趋势,并且自距今 90 万年以来其沉积速率大致具有增大的趋势,在 2 万年左右达到峰值 3.43 cm/a;自距今 2 万年以来其沉积速率有减小的趋势;根据该关系式估算的目前河床沉积速率数值为 0.51 cm/a,这与河道断面实测方法估算的该河段河床的平均沉积速率为 0.3 cm/a 比较接近。显然,该河段的现代河床沉积速率远小于历史上最高的沉积速率,近年来水土保持、大坝建设等人类活动使得进入银川平原河段的粗泥沙明显减少,从而降低了该河段的河床沉积速率。

关键词 黄河 银川平原 河床 沉积速率 变化趋势

作者简介 王随继 男 1966 年出生 博士 副研究员 沉积学、地貌学 E-mail: wangsj@igsr.cas.cn

中图分类号 P512.2 **文献标识码** A

0 前言

黄河上游河段最大的冲积平原为内蒙古境内的河套平原及宁夏境内的银川平原。其中银川平原处于黄河青铜峡—石嘴山河段之间,由于黄河水的灌溉,这里早就成为我国北方著名的产粮区,有“塞上江南”的美誉。近年来,由于人口的增长、滨河土地的开发,使汛期尤其是凌汛期的防洪任务加重。为此,有人对该河段的凌汛特点^[1-4]、水沙演变及河道冲淤状况^[5-8]进行过必要的研究,一些研究者对大坝建设引起下游河道的冲淤变化特征进行过必要的研究^[9,10]。

据记载^[11],仅上个世纪,青铜峡站有记载的洪峰流量大于 5 000 m³/s 的洪水有 5 次之多,分别为 1904 年的 8 010 m³/s、1946 年的 6 230 m³/s、1964 年的 5 930 m³/s、1967 年的 5 140 m³/s 和 1981 年的 6 040 m³/s。每次大洪水都给沿河两岸造成不同程度的灾害。例如,1964 年发生的洪水,历时 60 天,其中洪峰流量大于 5 000 m³/s 的持续 5 天。该次洪水影响青铜峡水利枢纽工期半年,仅银川河段受淹农田 4 万亩,淹房 700 多间,倒塌 68 间。1981 年 8 月 13 日至 9 月 13 日,黄河上游地区连续降雨 30 天,经刘家峡水库调蓄后,9 月 17 日青铜峡水文站出现 6 040

m³/s 的洪峰流量,其中 3 000 m³/s 以上洪水持续了 28 天。这些动辄超过 5 000 m³/s 的洪水相对于目前的约 2 400 m³/s 的平滩流量显然是非常可怕的。黄河上游在 1968 年建成青铜峡、刘家峡水库,1986 年建成龙羊峡水库,这些大型水库的建设对于该区的防洪具有重要的作用,通过汛期消减洪峰流量而达到防洪的目的,但其不利的影响是减少了造床流量,使得平滩流量大幅度变小。在大型水库建成后,黄河银川平原段的河床沉积速率到底是多少,它与历史上的沉积速率相比是增加了还是减小了。为了回答这些问题,对不同时期的河床沉积速率的研究也就显得非常必要。

1 研究区地质构造和地貌背景

黄河冲出青铜峡峡谷后进入的第一个大型盆地为银川盆地,该盆地由于长期的河流沉积而成为狭长的冲积平原(图 1a)。银川平原位于贺兰山以东,鄂尔多斯高原以西,北部被石嘴山下部的峡谷束窄。活动断裂主要有北东向的贺兰山东部山前大断裂、鄂尔多斯西缘断裂,以及青铜峡附近的北西向断裂和石嘴山附近的東西向断裂,它们共同控制了银川盆地的沉降范围和银川平原的展布区域。其中贺兰山东麓断裂带是银川断陷盆地的西界断裂,走向北 40° 东,长

^①国家重点基础研究发展计划(973 项目)(编号:2011CB403305)及国家自然科学基金(批准号:40771031)的联合资助。
收稿日期:2011-07-03;收修改稿日期:2011-09-16

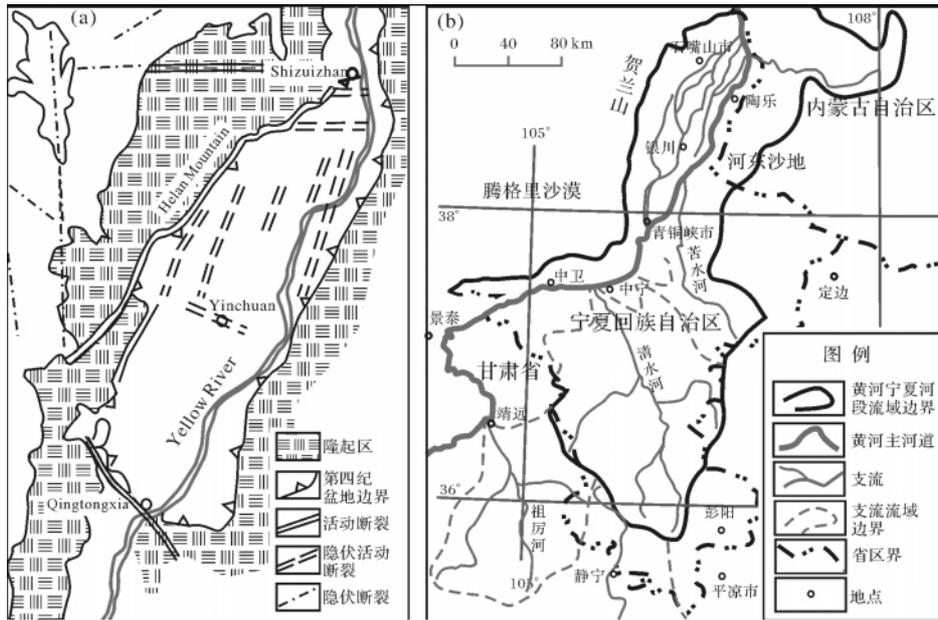


图1 银川盆地(a)新构造略图^[14]及(b)水系特征^[15]

Fig. 1 (a) The neotectonics^[14] and (b) water drainage^[15] in the Yinchuan fluvial plain

120 km, 倾向南东, 倾角 60° 以上, 是正断层组合而成的断裂带, 宽 10 ~ 16 km^[12, 13]。除此之外, 银川盆地内部还分布着不同走向的隐伏的活动及非活动断裂。

黄河宁夏河段的水系特征见图 1b, 主要支流为来自黄土高原的清水河。银川平原段主河道比降为 0.18‰, 比青铜峡以上宁夏河段的河道平均比降 0.5‰ 减小了约 2/3, 导致黄河出青铜峡峡谷后水动力急剧变小, 使得河流挟带的泥沙可以大幅度沉积, 这是银川平原得以形成的根源。银川平原段的较大支流为苦水河, 该支流的来沙量很小。由于农业生产

的需要, 人们在银川平原开发了大量的引水渠道, 这些渠道呈网状分布。

2 银川平原第四纪沉积特征

银川平原以上河段的来沙主要由来自黄土高原的洮河、祖厉河、清水河供给, 历史上, 这些支流带来的泥沙首先将较粗部分沉积在黄河银川平原河道中。

2.1 沉积横剖面特征

从银川盆地东西向的沉积物横断面(图 2)可以看出, 盆地主要受到西部的贺兰山东部山前断裂和盆

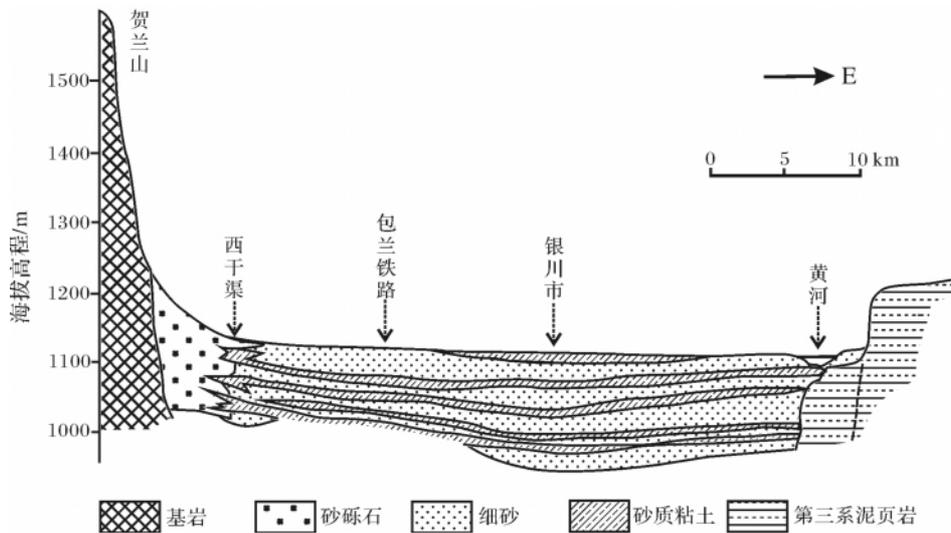


图2 银川盆地第四系沉积横断面(据文献^[16], 有修改)

Fig. 2 The cross section of Quaternary depositional stratum of Yinchuan basin (modified from Zhang, 1993)

地东侧的鄂尔多斯西缘断裂的控制。西侧是贺兰山高地,在山前(东麓)发育了厚层的砂砾石为主的山麓堆积物。在盆地的东缘,是第三系泥页岩抬升后形成的高地带,盆地横断面的主体部分由黄河冲积物填充而成,主要为细砂层与砂质黏土构成的互层堆积。这些沉积物较细的粒度特征表明,第四纪时黄河在流经银川盆地时其水动力一直相对较弱,其河道具有相对小的比降。在盆地沉降的总背景下和在较小的河道比降条件下,银川盆地沉积了厚层的第四纪地层。目前,银川盆地的河流水动力状况、河流冲淤态势,是气候和地质地貌共同作用的综合体现。

2.2 沉积物柱剖面特征

根据地球物理勘探资料,银川盆地的第四系沉积厚度在盆地南部为1 800 m,在北部为2 000 m^[14],显示盆地北部的沉降幅度较南部略大,沉积补偿作用导致地层南部比北部稍薄,但总体上表现为盆地整体具有均衡沉降特点。据盆地内不同地方的钻孔资料显示,银川盆地南北向长轴方向,其沉积物主要表现为南部较粗北部较细,其中盆地南端以含砾粗砂、中砂为主,盆地中、北部以粉、细砂为主。上述特征不但反映了银川盆地的地势状况,也反映了黄河沿该盆地的水动力变化特点。

童国榜等^[17]在其研究论文中给出了银川盆地北部的CK1钻孔柱剖面的详细地层信息,该孔位于惠农县上营子村,孔深300.39 m,第四系未钻穿。沉积物以粉、细砂为主夹粉砂质黏土层,共分38层,存在18个沉积旋回,每个旋回由一个或数个沉积韵律组成。该钻孔基本可以反映盆地中北部的地层特征。

经过对柱剖面进一步分析可以发现,这些沉积韵律层基本上反映了河流沉积特征,砂质沉积物是河道相、黏土层是泛滥平原相,并且每一个韵律层是河道侧向摆动过程中形成的。在河流的来回摆动过程中,一些原来形成的黏土层被河流侵蚀,使得多期河道砂质沉积物累积,从而常常形成厚达几十米的复合河道砂体,因为河道单次侧向迁移形成的砂体厚度总是小于其河流的水深。目前,该河段的水深一般不超过5 m,因此,厚度在5 m以下的河道砂体才有可能是在河道单次侧向移动过程中形成的。另外,在这段柱剖面上基本不存在湖相地层,故可以说,银川盆地中北部深度在3 00 m以内的地层基本是河流沉积产物。

3 第四纪以来的河床沉积速率

3.1 更新世以来的沉积速率

第四纪以来,银川盆地沉积厚度为2 000余米,其中早、中更新世沉积了1 700 m地层,晚更新世以来沉积厚度为340余米^[18]。据此可以初步计算出第四纪以来银川盆地的平均沉积速率,在早—中更新世时为0.063 cm/a,晚更新世以来为0.21 cm/a。第四纪平均沉积速率为0.082 cm/a。

银川平原第四纪的沉积是河流迁移摆动过程中逐渐形成的。根据Google Earth地图量算,银川盆地的平均宽度大致为46 km;根据银川盆地河道断面的测量结果,发现大部分河道宽度在1 500~4 500 m之间,该河段河道平均宽度可近似看作3 km,那么盆地宽度是河道宽度的15.33倍。盆地整体的沉积上升是由河道的摆动过程中形成的,那么可以近似地认为河道沉积速率将是盆地沉积速率的15.33倍。据此计算得到,黄河在银川平原段的河道沉积速率,在早—中更新世时为0.97 cm/a,晚更新世以来为3.22 cm/a。

3.2 90万年以来的沉积速率

银川盆地北部的CK1钻孔柱剖面中还测量了不同沉积地层的沉积年代,虽然原作者没有对沉积速率进行分析,但该资料对此处的沉积速率的计算非常珍贵。利用童国榜等^[17]的分析测试资料和读取该钻孔相应时段的地层厚度数据,进而计算了不同时期银川盆地的沉积速率(表1);通过对盆地和河道的平均宽度比较,认为盆地平均宽度大致是河道平均宽度的15.33倍,因此将盆地沉积速率乘以15.33便可获得相应时段银川平原段黄河河床的平均沉积速率(表1)。通过统计分析和曲线拟合可获得90万年以来该河段河床的平均沉积速率如图3所示。

显然,黄河银川平原河段的河床沉积速率自90万年以来有增大的趋势,并且可以用两种函数进行关系拟合。

1) 拟合出的脉冲函数关系式(图3a)如下:

$$y = 0.51 + 3.83 \times (1 - e^{-(x+0.54)/0.1})^{202126} \times e^{-(x-0.54)/9.2} \quad (1)$$

式(1)中 y 为沉积速率(单位:cm/a), x 为年代(单位: 10^4 年),决定系数 R^2 为0.993,相关性很好,但公式显得很复杂。其特点是对所有数据有比较精确的拟合,包括1万年以来的沉积速率减小现象。

2) 拟合出的指数衰减函数关系式(图3b)如下:

$$y = 0.478 + 3.23 \times e^{(-x/11.21)} \quad (2)$$

式(2)中 y 为沉积速率(单位:cm/a), x 为年代(单位: 10^4 年),决定系数 R^2 为0.979,公式简单,相关

表1 黄河银川平原段90万年以来的盆地及河道沉积速率变化

Table 1 The average sedimentation rate of the Yinchuan basin and channel bed in the Yinchuan reach of the Yellow River since 900 ka B. P.

距今年代*	地层厚度	盆地沉积速率	河道沉积速率	距今年代	地层厚度	盆地沉积速率	河道沉积速率
/10 ⁴ 年	/m	/(cm/a)	/(cm/a)	/10 ⁴ 年	/m	/(cm/a)	/(cm/a)
1	19.8	0.20	3.04	20	135.0	0.07	1.04
2	44.7	0.22	3.43	30	146.7	0.05	0.75
3	64.9	0.22	3.31	40	161.2	0.04	0.61
4	73.8	0.19	2.84	50	175.7	0.04	0.54
5	80.7	0.16	2.47	60	183.0	0.03	0.48
6	88.4	0.15	2.25	70	189.6	0.03	0.41
8	100.6	0.13	1.93	80	240.2	0.03	0.46
10	114.0	0.11	1.75	90	294.0	0.03	0.51
11	121.2	0.11	1.69				

注:银川盆地宽度是该段河流平均宽度的15.33倍

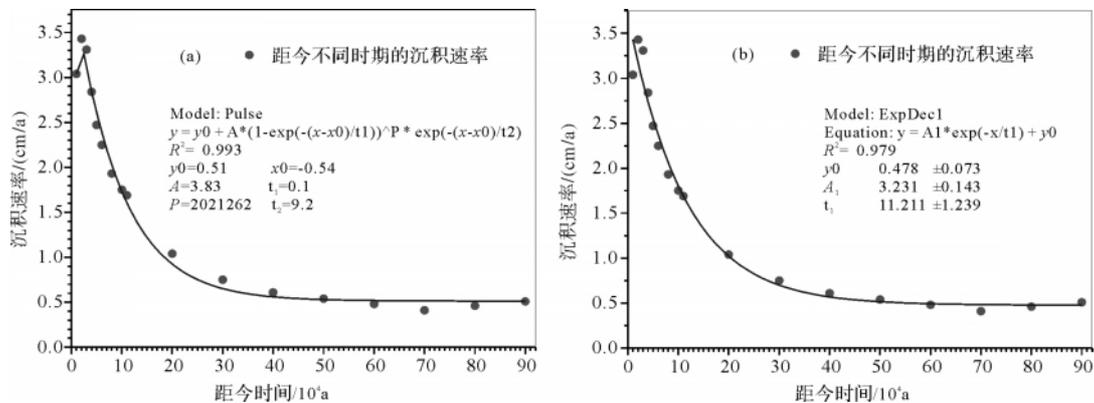
* 测年及地层厚度数据资料根据董国榜等^[17]的CK1钻孔沉积柱剖面读取。

图3 黄河银川平原段90万年以来的河道平均沉积速率变化

Fig. 3 Channel sedimentation rate in the Yinchuan plain reach of the Yellow River since 900 ka B. P.

性同样很好。但模糊了1万年以来的沉积速率减小现象。

当上两式中, x 为0时,可分别求得目前的沉积速率为0.51 cm/a 和3.71 cm/a。这两个数值相差较大,那么,哪个数值更接近目前的实际沉积速率数值?下面将根据实测数据来检验上述数值的准确性。

4 黄河银川平原北部河段的现代沉积速率

现代河流沉积速率可以通过两种方法获得,一是利用相关水文站多年实测水文资料来比较其一定时间间隔中同流量下的水位高程变化来进行计算^[19]。二是利用河道断面实测数据来比较给定断面处一定时间间隔中的河床平均高程的变化来计算。虽然黄河在银川平原的首尾两端分别设立了青铜峡和石嘴山水文站并有多年的水文泥沙观测资料,但因为二站位于峡谷区,其河床质主要以卵石质为主,显示其主要处于侵蚀过程中,而黄河在银川平原的河段主要为

砂质河床,主要为辫状河型,这类河型的河道冲淤演变复杂,迅速多变,洪水期及平水期的河道宽度相差大。因此,这两个水文站的水位变化未必能够反映黄河在该河段的沉积速率。下面利用研究区河道断面的实测资料来计算该河段的河床沉积速率。

这里共收集到银川平原北部河段1993年和2001年分别进行实测的断面有9个,位置见图4。近几十年来黄河在银川平原北部河段没有发生改道和在冲积平原上的漫溢沉积,因此该段的淤积泥沙基本都在河道中。根据断面实测数据作图,对上述不同年份的断面分别计算其平滩点以下的河道断面面积,再用断面面积除以河道的宽度获得河道的平均深度,最后用平滩高程减去河道平均深度就获得河床的平均高程,将每个断面的上述两个年份的河床高程差除以间隔年份,即可获得该时段内的平均沉积速率。通过上述方法计算得到的上述9个断面的平均沉积速率见图5。

由图5可见,在1993—2001八年间,黄河银川平

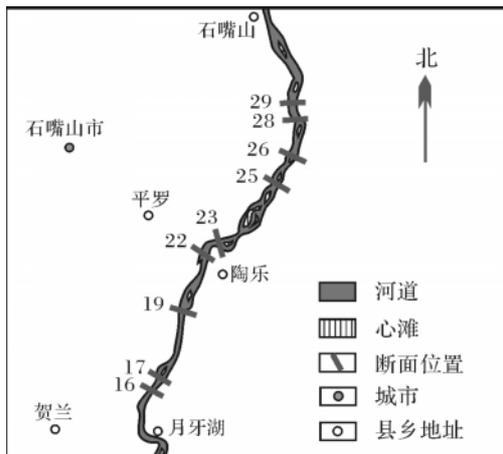


图4 黄河银川平原北段实测河道断面位置

Fig. 4 Location of the channel cross sections in the northern Yinchuan plain reach of the Yellow River

原北部河段的9个断面,表现为净沉积的断面为7个,但河床平均沉积速率均不超过4 cm/a。最大沉积速率出现在QS25断面并为3.5 cm/a。而河床表现为净侵蚀的断面仅有2个,最大侵蚀速率出现在QS19断面并为-9.7 cm/a, QS26断面为-0.7 cm/a。该河段9个断面的平均沉积速率为0.3 cm/a。QS19断面侵蚀速率很大,如果不考虑这个断面,则其他8个断面的平均沉积速率为1.55 cm/a。

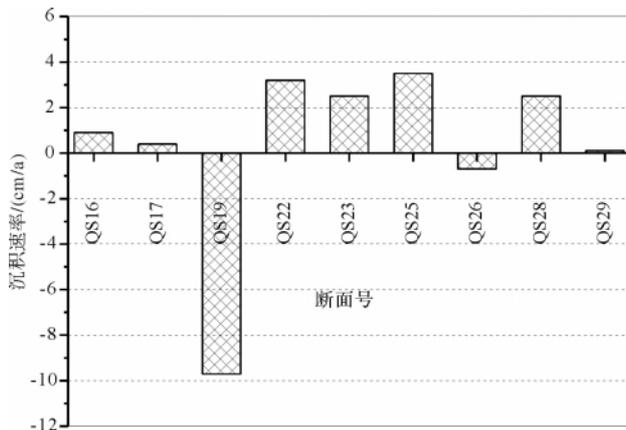


图5 黄河银川平原北部河段段1993—2001年间的河床平均沉积速率

Fig. 5 Average sedimentation rate on the channel bed in the northern Yinchuan plain reach of the Yellow River during time period from 1993 to 2001

5 讨论和结论

上述运用三种方法对黄河银川平原河段的河床沉积速率分别进行了估算,所得结果有较大差别。第

一种方法是在地质年代范围内的估算,据此计算的研究区河床平均沉积速率在晚更新世以来为3.22 cm/a,而银川盆地的平均沉积速率也达到0.21 cm/a,后者与近年来水准测量的盆地沉降速率为0.20~0.30 cm/a^[20]基本相当。通常情况下,盆地沉积速率应与其沉降速率大致相等才能维持盆地的升降平衡。根据该方法得到的河道沉积速率基本能够满足盆地表层的动态平衡。

第二种方法是根据钻孔地层及其测年数据进行的估算,其年龄精确到万年尺度,盆地沉积速率自距今90万年以来呈现脉动函数变化趋势,并且成功拟合出了2万年左右的峰值,其中4万年以来盆地的平均沉积速率为0.21 cm/a,这与上述的水准测量值非常接近。而4万年以来该河段河道的平均沉积速率为3.16 cm/a。上述两种方法计算的河道平均沉积速率非常接近。

第三种方法是根据给定时段的河床平均高程差估算河道的沉积速率,该方法的特点是直接计算河床沉积速率,并不像其他两种方法那样先求得盆地沉积速率,再根据盆地/河道宽度比转化为河床沉积速率;计算针对特定的河道断面,而不同断面有不同的数值、有侵蚀有沉积;时段的选取不可能很长,这就显得时间尺度的代表性不足。无论如何,据此计算的1993—2001年间银川平原北部河段河床的平均沉积速率为0.3 cm/a,即使忽略QS19断面,其他断面的平均沉积速率也只有1.55 cm/a。考虑到银川平原南部河段的河流动力大于北部河段的现状,可以预见,南部河段的河床平均沉积速率应该更小。显然,目前的沉积速率小于4万年以来的平均沉积速率。

许多研究者认为人类活动加剧了该河段的河床沉积,使河床沉积速率明显变大,从而造成了近年来的较大的凌汛灾害。但距今2万年左右该河段河床的沉积速率为3.43 cm/a这一极大值,而那时人类活动几乎对河流没有影响。上述沉积速率的变化趋势及其极大值的出现是盆地与河流相互作用过程中自然演化的结果。

根据上述讨论可以得出如下初步结论:

至少在距今90万年以来,银川平原的沉积速率应该与其沉降速率大致相当,但在近百年来,人为影响限制了河道的大幅度迁徙,致使银川盆地的沉积速率几乎变为0。

黄河银川平原河段的河床平均沉积速率自距今90万年以来具有明显增大的趋势。在距今2万年左

右达到最大值 3.43 cm/a。根据拟合的脉冲函数计算的现在河床沉积速率为 0.51 cm/a。

根据河道断面实测数据计算的近年来该河段河床的平均沉积速率 0.3 cm/a, 约是该河段距今 4 万年以来河道平均沉积速率 3.16 cm/a 的 1/10。近年来水土保持、大坝建设等人类活动使得进入银川平原河段的粗泥沙明显减少, 从而降低了该河段的河床沉积速率。

参考文献 (References)

- 杨淑萍, 丁建军, 陈晓娟, 等. 近 13a 来黄河宁夏段凌汛分析[J]. 中国沙漠, 2005, 25(6): 933-937 [Yang Shuping, Ding Jianjun, Chen Xiaojuan, *et al.* Analysis on ice flood in Ningxia section of Yellow River in last 13 years [J]. Journal of Desert Research, 2005, 25(6): 933-937]
- 路秉慧, 郭德成, 张亚彤, 等. 黄河宁蒙河段凌汛特点分析[J]. 内蒙古水利, 2005, (4): 15-16 [Lu Binghui, Guo Decheng, Zhang Yatong, *et al.* Analysis on the ice flood characteristics of Ningxia-Inner Mongolia reach of Yellow River [J]. Inner Mongolia Water Resources, 2005, (4): 15-16]
- 龙虎, 杜宇, 邹虹霞, 等. 黄河宁蒙河段河道淤积萎缩及其对凌汛的影响[J]. 人民黄河, 2007, 29(3): 25-26 [Long Hu, Du Yu, Wu Hongxia, *et al.* Channel deposit and shrinkage and their influence on ice flood in the Ningmeng reach of the Yellow River [J]. Yellow River, 2007, 29(3): 25-26]
- 郑广兴, 罗义贤. 黄河上游水库对宁夏河段防洪防凌及灌溉的影响与对策[J]. 人民黄河, 1998, 20(6): 4-13 [Zheng Guangxing, Luo Yixian. Influence of the upstream reservoirs on flood prevention and irrigation in the Ningxia reach of the Yellow River [J]. Yellow River, 1998, 20(6): 4-13]
- Wang Houjie, Yang Zuosheng, Saito Yoshiki, *et al.* Stepwise decreases of the Huanghe (Yellow River) sediment load (1950-2005): Impacts of climate change and human activities [J]. Global and Planetary Change, 2007, 57(3-4): 355-370
- 范小黎, 王随继, 冉立山. 黄河宁夏河段河道演变及其影响因素分析[J]. 水资源与水工程学报, 2010, 21(1): 5-11 [Fan Xiaoli, Wang Suiji, Ran Lishan. The study of channel evolution in the Ningxia reach of the Yellow River and the influence factors [J]. Journal of Water Resources and Engineering, 2010, 21(1): 5-11]
- 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, doi: 10.1016/j.geomorph.2010.12.010
- 申冠卿, 张原锋, 侯素珍, 等. 黄河上游干流水库调节水沙对宁蒙河道的影响[J]. 泥沙研究, 2007, (1): 67-75 [Shen Guanqing, Zhang Yuanfeng, Hou Suzhen, *et al.* Impact of water and sediment regulation by reservoirs in the upper Yellow River on Inner-Mongolia reaches [J]. Journal of Sediment Research, 2007, (1): 67-75]
- Ran Lishan, Wang Suiji, Fan Xiaoli. Channel change at Toudaoguai Station and its responses to the operation of upstream reservoirs in the upper Yellow River [J]. Journal of Geographical Sciences, 2010, 20(2): 231-247
- Ta Wanquan, Honglang Xiao, Zhibao Dong. Long-term morphodynamic changes of a desert reach of the Yellow River following upstream large reservoirs' operation [J]. Geomorphology, 2008, 97: 249-259
- 黄河水利委员会黄河志编辑室. 黄河防洪志 [M]. 郑州: 河南人民出版社, 1991 [Yellow River Record Editor Office of Yellow River Water Conservation Committee. The Record of Flood Prevention of Yellow River [M]. Zhengzhou: Henan People Press, 1991]
- 宁夏地质矿产局. 宁夏回族自治区区域地质志 [M]. 北京: 地质出版社, 1982 [Ningxia Geological Minerals Bureau. Regional Geological Record of Ningxia [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1982]
- 周特先, 姚茂文, 王利, 等. 宁夏构造地貌 [M]. 银川: 宁夏人民出版社, 1993 [Zhou Texian, Yao Maowen, Wang Li, *et al.* Tectonic Geomorphology [M]. Yinchuan: Ningxia People Press, 1993]
- 国家地震局鄂尔多斯活动断裂课题组. 鄂尔多斯周缘活动断裂系 [M]. 北京: 地质出版社, 1988 [Research Group of Erdos Active Faultage, National Earthquake Bureau. The Active Faultage Around the Erdos [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1988]
- 中国科学院-国家计划委员会自然资源综合考察委员会. 黄土高原地区资源与环境遥感调查数据集 [M]. 西安: 西安地图出版社, 1991: 1-245 [Natural Resources Compositive Investigate Committee, CAS and China Plan Committee. Remote Sensing Data Set on Resources and Environment of Loess Plateau [M]. Xi'an: Xi'an Map Press, 1991: 1-245]
- 张天曾. 黄土高原论纲 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1993: 1-213 [Zhang Tianzeng. Outline of Loess Plateau [M]. Beijing: China Environmental Press, 1993]
- 童国榜, 石英, 郑宏瑞, 等. 银川盆地第四纪地层学研究 [J]. 地层学杂志, 1998, 22(1): 42-51 [Tong Guobang, Shi Ying, Zheng Hongrui, *et al.* Stratigraphy research of Quaternary period in Yinchuan Basin [J]. Journal of Stratigraphy, 1998, 22(1): 42-51]
- 李祥根. 中国新构造运动概论 [M]. 北京: 地质出版社, 2003: 1-424 [Li Xianggen. Tectonic Movement Conspectus [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2003: 1-424]
- 王随继. 黄河下游不同河型河道的水沙效应及演变趋势分析 [J]. 沉积学报, 2009, 27(6): 1163-1171 [Wang Suiji. Analysis of effect of water and sediment load and evolution trend of the different channel patterns in the Lower Yellow River [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2009, 27(6): 1163-1171]
- 戴英生. 黄河的形成与发育 [J]. 人民黄河, 1986, 5: 2-7 [Dai Yingsheng. Formation and development of the Yellow River [J]. Yellow River, 1986, 5: 2-7]

Variations of the Channel Sedimentation Rate in the Yinchuan Plain Reach of the Yellow River

WANG Sui-ji

(Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101)

Abstract: In the latest decades it has been confronted with the enhanced flood risk in the Yinchuan plain reach of the Yellow River and occurred several large floods have induced much economic losing. Many researches concluded that these flood disasters were resulted from the three large reservoir (Qingtongxia, Liujiaxia and Longyangxia) construction in the upper Yellow River because of the operation of the reservoirs and the water derivation from the reservoirs and the main stream in the upper Yellow River induced the enhanced channel sedimentation rate in the studied river reach. However, many previous studies in the world have shown that large dam or reservoir construction could induce the enhanced channel erosion or decreasing sedimentation rate in the downstream reach below the dam or reservoir. The change trends of channel sedimentation rates in long-time scale which includes anthropogenic dominant period (e.g. last 50 years) and natural dominant period (e.g. 1 000 years ago) could be used to reveal the influences of human activities on the channel change in the last decades. The aims of this study are to reveal the variation trend of the channel sedimentation rates in the Yinchuan plain reach of the Yellow River since 0.9 Ma B. P. and to evaluate whether the human activities have led to increase the channel sedimentation rates during the last decades. The methods used in this study are mainly the calculation of the average rate of channel sedimentation in geomorphological scale according to the chronological analysis of a bore core with depth about 300 m, correlation analysis in different time periods since 0.9 Ma B. P., and the comparison of channel bed variation according to the 9 channel cross-sections in the river reach measured in the two different years of 1993 and 2001 that could be used to assess the present channel sedimentation rate. The results indicate that the pulse function relationship between years and channel sedimentation rates obtained from the correlation analysis method can be used to estimate commendably the historical variation trend of the channel sedimentation rate in the study river reach in geomorphological scale. The sedimentation rate has had an increase trend since 0.9 Ma B. P. as a whole, however, a decrease trend of channel sedimentation rates has occurred since 20 ka B. P. The peak value of 3.43 cm/a appeared in 20 ka B. P., it indicates that the maximum channel sedimentation rate was in 20 ka B. P. The average channel sedimentation rate since 0.04 Ma B. P. calculated from the pulse function is 3.16 cm/a. The present sedimentation rate estimated from this function is 0.51 cm/a which is close to the result of 0.3 cm/a calculated from the actual measurement of the channel cross-section variation. Obviously, the present channel sedimentation rate is far less the maximum sedimentation rate in the geomorphological scale as well as the average channel sedimentation rate since 0.04 Ma B. P. The human activities, such as the water and soil conservation, large reservoir or dam constructions, and water derivation in the main stream of the upper Yellow River drainage basin, have decreased a lot of coarse sediment feeding to the Yinchuan plain reach of the upper Yellow river and decreased the channel sedimentation rate in the studied river reach.

Key words: Yellow River; Yinchuan plain reach; channel bed; sedimentation rate; variation trend