

青岛市环胶州湾各河流输沙特征分析

盛茂刚¹, 崔峻岭¹, 时青¹, 李磊¹, 耿尧²

(1.青岛市水文局, 山东 青岛 266071; 2.青岛市黄岛区水利局, 山东 青岛 266400)

摘要:通过对青岛市环胶州湾各河流上的水文站历年含沙量、输沙量资料分析计算, 推求出各河流的入海输沙量, 并对输沙特征进行分析评价, 最后得出以下结论: (1)从空间分布来看, 胶州湾河流输沙主要来自胶州湾西北部和东北部。(2)河流属中沙河流。河道上游多年平均含沙量和输沙模数均大于河道中下游。(3)输沙量年际变化较大, 最大年输沙量是最小年输沙量的 518.7 倍, 且年降水量较大时, 年入海水量也较大, 年输沙量也较大。(4)河流悬移质颗粒特征为河流从源头到河口, 泥沙粒径是不断减小。

关键词:胶州湾; 入海水量; 输沙量; 悬移质颗粒

中图分类号: P333.4

文献标识码: A

文章编号: 1000-0852(2014)03-0092-05

胶州湾是一半封闭型海湾, 总体上呈簸箕形直倾斜在湾口区又转而向东倾斜, 湾内平均水深为 7.0m, 最大水深在湾口附近局部可达 64m, 湾内为 51m; 海滩约占总面积的 29.5%, 0~5m 浅水区占 52.7%, 上述两面积占海湾总面积的 82.2%, 水深大于 20m 的深水区占总面积的 5.4%。低潮线以下海底, 除少数水道、沙脊外, 一般为平缓地向湾中部倾斜, 从大沽河河口和红岛南岸低潮线至海湾中部 20m 等深线之间, 海湾平均坡度分别为 2.0‰和 2.1‰。胶州湾口最窄处自薛家岛北端至团岛南端仅 2.5km, 湾内南北向最大长度约 40km, 东西向最大宽度约 28km, 湾内宽阔开敞, 自然条件有相对的独立性^[1]。

历史上引起海湾面积变化的因素很多, 诸如地壳升降运动、海平面变化、河流携带泥沙淤积、人为填海等。截至 2007 年底, 胶州湾面积比历史上的天然海湾缩小了三分之一。为了更好地保护青岛的母亲湾, 我们有必要对环胶州湾河流的输沙特征进行分析。

注入胶州湾的河流大沽河、墨水河、白沙河、洋河、李村河等 12 条河流, 流域面积大于 100km² 的共七条, 注入胶州湾的河流以大沽河最大, 大量的泥沙输入在河口区造成较宽阔的河口三角洲、潮坪等地貌单元。上述诸河皆为季节性河流, 汛期集中在 7、8、9 三个月。

1 资料和方法

1.1 资料来源

青岛市水文部门自 1956 年起分别设有南村、张家院、产芝水库及胶南等 11 处有泥沙观测项目的水文站。本次计算选用南村、闸子、胶南、即墨、阎家山、岚西头 6 站的实测泥沙资料作为入海泥沙量计算的基础资料。考虑到资料系列的一致性, 本次泥沙计算采用的各水文站的资料系列统一到 1960~2008 年。

1.2 计算方法

1.2.1 各水文站年输沙量计算

由于有的水文站资料观测年限比较短, 需要对其泥沙资料系列进行插补延长。插补延长按照年径流量 W 与年输沙量 W_s 建立相关关系, 求出 W_s 与 W 的回归方程, 利用所建立的回归方程插补延长年输沙量系列。回归方程根据 W 、 W_s 的同步观测资料, 用下述数学公式来计算确定, 并计算用来表示相关密切程度的相关系数 γ ; 一般认为 $\gamma > 0.8$ 时相关程度良好, $\gamma > 0.9$ 时相关程度密切。

W_s 与 W 的回归方程式^[2]:

$$W_s - \bar{W}_s = \gamma \frac{\sigma_{W_s}}{\sigma_W} (W - \bar{W}) \quad (1)$$

收稿日期: 2013-05-09

基金项目: 水利部公益性行业科研专项经费项目 (201301089)

作者简介: 盛茂刚 (1978-), 男, 山东菏泽人, 工程师, 大学本科, 主要从事水文情报预报及水资源方面的研究。E-mail: qd329@126.com

其中:

$$\sigma_{W_s} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (W_{s_i} - \bar{W}_s)^2}{n-1}} \quad (2)$$

$$\sigma_W = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (W_i - \bar{W})^2}{n-1}} \quad (3)$$

$$\gamma = \frac{\sum (W_i - \bar{W})(W_{s_i} - \bar{W}_s)}{\sqrt{\sum (W_i - \bar{W})^2 \sum (W_{s_i} - \bar{W}_s)^2}} \quad (4)$$

式中: \bar{W}_s 为输沙量系列的平均值; \bar{W} 为径流量系列的平均值; σ_{W_s} 为输沙量系列的均方差; σ_W 为径流量系列的均方差; γ 为相关系数。

对于有的年份缺少年径流量的站, 采用年降雨量 P 与年径流量 W 建立相关关系求得回归方程, 插补延长年径流量系列以后, 再利用年径流量 W 与年输沙量 W_s 建立的回归方程, 求得该站的年输沙量。

1.2.2 各河流入海径流量的计算

入海泥沙是由入海径流携带的, 入海径流量是指各河流实际流入海洋的水量, 主要采用以下几种方法估算。

控制站为河道站时:

$$W_{\lambda} = W_{\text{控}} + W_{\text{未天}} - W_{\text{未还}} \quad (5)$$

式中: W_{λ} 为年入海水量; $W_{\text{控}}$ 为控制站实测年径流量; $W_{\text{未天}}$ 为未控区天然年径流量; $W_{\text{未还}}$ 为未控区年还原水量, 包括未控区的工农业耗水量、水库闸坝蓄水变量及蒸发损失量、跨流域引水量、河道渗漏量等。

估算区内无水文站或水文站控制面积较小时:

$$W_{\lambda} = W_{\text{天}} - W_{\text{还}} \quad (6)$$

式中: $W_{\text{天}}$ 为区内天然年径流量; $W_{\text{还}}$ 为区内年还原水量。

控制站以上占整个流域面积比例较大时, 采用控制站实测年径流量面积比放大法推求入海径流量。

2 特征分析

2.1 各河流入海输沙量

(1) 大沽河入海输沙量。将大沽河流域南村水文站和闸子水文站分别作为大沽河干流和南胶莱河控制站, 控制站以上输沙量采用水文站实测输沙量; 控制站以下未控区域的输沙量借用闸子站的年实测含沙量乘以未控区年径流量求得; 将南村站年输沙量、闸子站年输沙量和求得的未控区年输沙量相加求和, 即

得大沽河年入海输沙量, 大沽河多年平均入海输沙量 $36.59 \times 10^4 \text{t}$ 。

(2) 墨水河入海输沙量。墨水河上设有即墨水文站, 即墨水文站以上流域输沙量采用即墨站的实测资料; 即墨站以下未控区借用即墨站的年均含沙量乘以未控区年径流量求得年输沙量; 二者之和即为墨水河年入海输沙量, 墨水河多年平均入海输沙量为 $6.867 \times 10^4 \text{t}$ 。

(3) 洪江河入海输沙量。洪江河流域借用即墨水文站的年均含沙量, 乘以洪江河流域的年径流量, 求得洪江河年入海输沙量, 洪江河多年平均入海输沙量 $1.027 \times 10^4 \text{t}$ 。

(4) 洋河入海输沙量。洋河流域缺少实测水文资料, 借用临近流域胶南水文站的实测年均含沙量资料, 乘以洋河流域年径流量(扣除山州水库以上径流量), 求得洋河年入海输沙量, 洋河流域多年平均入海输沙量 $2.215 \times 10^4 \text{t}$ 。

(5) 王家滩河、漕汶河、岛耳河、龙泉河入海输沙量。王家滩河、漕汶河、岛耳河、龙泉河皆借用胶南水文站的年均含沙量乘以各河道年径流量求得各河道年入海输沙量, 其中岛耳河扣除小珠山水库以上径流量, 经计算, 王家滩河多年平均入海输沙量 $0.329 \times 10^4 \text{t}$, 漕汶河多年平均入海输沙量 $1.136 \times 10^4 \text{t}$, 岛耳河多年平均入海输沙量 $0.431 \times 10^4 \text{t}$, 龙泉河多年平均入海输沙量 $0.238 \times 10^4 \text{t}$ 。

(6) 张村河入海输沙量。张村河流域设有阎家山水文站, 阎家山站以上输沙量采用阎家山水文站实测输沙量; 阎家山以下区间输沙量采用阎家山以下区间径流量乘以阎家山站的年平均含沙量求得, 二者之和作为张村河流域的年入海输沙量, 张村河流域多年平均入海输沙量 $5.250 \times 10^4 \text{t}$ 。

(7) 白沙河入海输沙量。白沙河年入海输沙量重点是崂山水库以下区间所产沙量, 借用岚西头水文站的年平均含沙量乘以崂山水库以下区间的产流量, 求得白沙河的年入海输沙量, 白沙河流域多年平均入海输沙量 $1.280 \times 10^4 \text{t}$ 。

(8) 海泊河、楼山后河入海输沙量。海泊河、楼山后河均借用阎家山站的年平均含沙量乘以各河道的年径流量求得各河道的年入海输沙量, 海泊河多年平均入海输沙量 $0.559 \times 10^4 \text{t}$, 楼山后河多年平均入海输沙量 $1.057 \times 10^4 \text{t}$ 。

环胶州湾各流年年均入海水量、输沙量见表 1。由

表1看出,环胶州湾河道多年平均入海输沙量 $56.974 \times 10^4 \text{t}$;其中大沽河入海输沙量最多,占总入海输沙量的64.2%。从空间分布来看,胶州湾河流输沙主要来自胶州湾西北部的大沽河、王家滩河群和东北部的洪江河、墨水河、楼山后河等。

2.2 各河流泥沙沿程变化特征

注入胶州湾的河流以大沽河为最大,流域面积 $6\,131.3 \text{km}^2$,占全部流入胶州湾河流水系集水面积的82%。大沽河流域自上而下设有张家院、产芝水库、葛家埠、岚西头、红旗、闸子、南村等水文站,具有多年实测含沙量资料。因此选择大沽河代表胶州湾流域各河道泥沙沿程变化特点(见表2)。由表2可以看出,大沽河干流上游张家院站多年平均含沙量远大于下游南村站,小沽河葛家埠站的多年平均含沙量也远大于南村站,南胶莱河红旗站的多年平均含沙量远大于下游闸子站,闸子站由于所处河道为平原河道,受地形因素的影响,含沙量较小;产芝水库由于水库的拦蓄沉淀,出库含沙量较少。

河流泥沙是反映河川径流特性的一个重要因素,青岛市环胶州湾河流多年平均含沙量在 $0.1 \sim 2.5 \text{kg/m}^3$,属中沙河流^[3],最大多年平均含沙量为红旗水文站 2.230kg/m^3 ,最小多年平均含沙量为产芝水库站 0.123kg/m^3 。从大沽河流域各水文站泥沙特征资料统计表看(表2),河道上游多年平均含沙量和输沙模数均大于河道中下游,这一分布规律完全符合河流的一般自然规律。

2.3 环胶州湾各水系输沙量年际变化特征

据统计环胶州湾各河流多年平均输沙量为 $56.974 \times 10^4 \text{t}$,其中最大年输沙量为 $531.10 \times 10^4 \text{t}$ (1964年),最小年输沙量为 $1.02 \times 10^4 \text{t}$ (1988年),相差为

518.7倍。与此对应的年入海水量为 $403\,456 \times 10^4 \text{m}^3$ 和 $2\,627 \times 10^4 \text{m}^3$ (1981年),相差为153.6倍。与此对应的年降水量为 $1\,342.3 \text{mm}$ 和 305.3mm ,相差为4.4倍。根据环胶州湾各水系河流年降水量、入海水量、年输沙量曲线图来看(见图1),年降水量较大时,年入海水量也较大,年输沙量也较大,线形相似,关系良好。

由环胶州湾各河流年代降水量、入海水量输沙量曲线图(见图2)可知,环胶州湾地区从60年代到70年代中期为丰水期,年平均降雨量为 753.4mm ,70年代中期以后到2008年为偏枯年份,年平均降雨量为 637.6mm ,相差1.18倍。对应的年平均入海水量为 $112\,852 \times 10^4 \text{m}^3$ 和 $29\,635 \times 10^4 \text{m}^3$,相差3.81倍。对应的年平均输沙量为 $103.66 \times 10^4 \text{t}$ 和 $19.63 \times 10^4 \text{t}$,相差5.28倍。这是由于80年代以来水利工程投入更大,水土保持效益显著,年均输沙量已大为减少,从60年代的年

表1 青岛市环胶州湾各河流年均入海水量、输沙量统计表

Table1 The statistics of the annual runoff and sediment discharge into the sea from the rivers along the Jiaozhou bay

河流名称	集水面积/ km^2	年均入海水量/ 10^4m^3	年均输沙量/ 10^4t
海泊河	14	381	0.559
李村河	132	3 576	5.245
楼山后河	27	721	1.057
白沙河	215	3 133	1.280
墨水河	317	3 734	6.867
洪江河	56	558	1.027
大沽河	6 131	50 366	36.590
洋河	303	2 106	2.215
王家滩河	37	315	0.329
漕汶河	129	1 089	1.136
岛耳河	83	413	0.431
龙泉河	27	228	0.238
合计	7 470	66 620	56.974

表2 大沽河流域各水文站泥沙特征资料统计表

Table2 The sediment characteristics of the various station in the Daguhe River basin

水文站站名	系列长度/a	多年平均含沙量/ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	最大含沙量/ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	最大年平均含沙量/ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	多年平均年输沙量/ 10^4t	多年平均输沙模数/ $\text{t} \cdot \text{km}^{-2}$
张家院	45	1.044	37.7	3.353	15.442	258
产芝水库	16	0.123	1.66	0.355	3.512	40
葛家埠	12	2.128	22.6	3.310	55.282	546
岚西头	45	0.352	16.5	1.487	3.896	91
南村	47	0.445	18.8	2.055	29.002	78
红旗	45	2.230	23.4	9.080	8.282	538
闸子	45	0.374	8.69	2.074	5.498	49

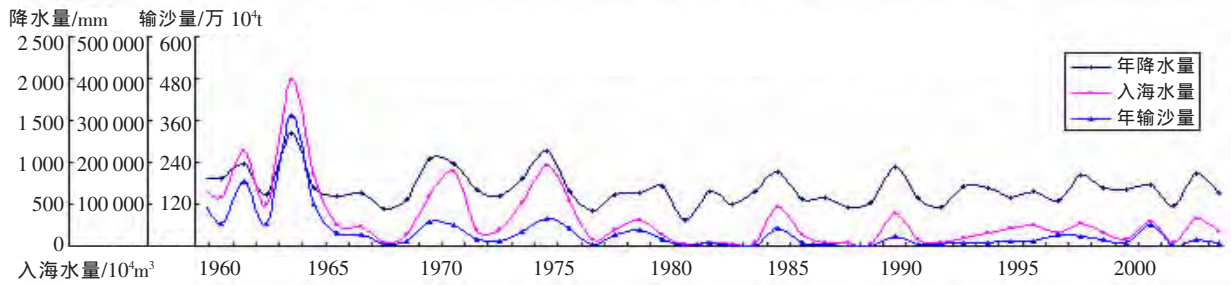


图1 环胶州湾各水系河历年降水量、入海水量、输沙量曲线图

Fig.1 The annual rainfall, runoff and sediment discharge from the rivers along the Jiaozhou bay

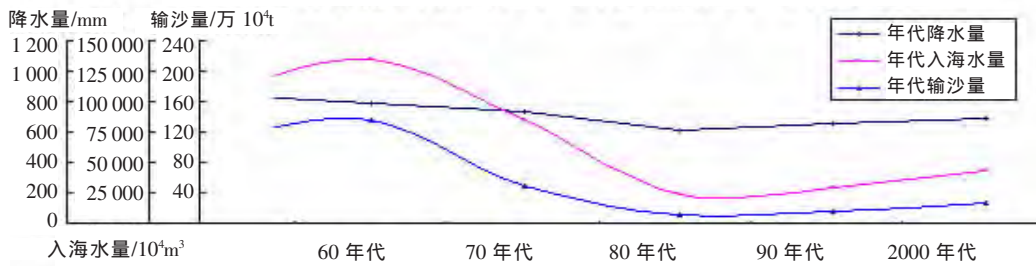


图2 环胶州湾各河流年代降水量、入海水量、输沙量曲线图

Fig.2 The rainfall, runoff and sediment discharge from the rivers along the Jiaozhou bay in the various decades

均 149.38×10^4 到目前的年均 $(20 \sim 30) \times 10^4$ 。详细情况见表3。

2.4 环胶州湾河流悬移质颗粒分析

为研究环胶州湾河流的泥沙特征,本次以大沽河为例,这是因为大沽河干流上水文站较多,且上中下游及河口皆有站点,有关水文站曾进行过泥沙颗粒分析,统计各站监测的颗粒分析资料见表4。

通过表4可以看出:上游张家院站的泥沙颗粒平均粒径、最大粒径都明显大于下游南村、山角底站,而产芝水库站由于水库的拦蓄沉淀作用,出库泥沙的平均粒径、最大粒径明显减少。泥沙粒径的这种分布规律完全符合河道的一般规律。河流从源头到河口,坡降越来越小,流速也越来越小,挟沙能力取决于流速,因而河流的挟沙能力也越来越小,河流中的粗而重的沙粒不断地沉降到河底,因而河口附近的泥沙粒径总是最小的。大沽河是青岛市最大的河流,干流全长179.9km,源远流长,因而河口的泥沙粒径为最细。而其它的较小的河流,尤其是一些坡降大、流程短直接入海的河流,河口的泥沙粒径就会大一些。

3 结论

(1)从空间分布来看,胶州湾河流输沙主要来自胶

表3 环胶州湾地区年均降水量入海水量输沙量各年代统计表
Table3 The statistics of the mean annual rainfall, runoff and sediment discharge from the rivers along Jiaozhou bay in the various decades

年代范围	平均年降水量 /mm	平均年入海水量 / $10^4 m^3$	平均年输沙量 / $10^4 t$
1960~1969	751.2	132 826	149.38
1970~1979	755.6	92 877	57.93
1980~1989	580.2	19 240	13.48
1990~1999	673.0	36 897	22.30
2000~2004	681.8	35 903	26.59
1960~1979	753.4	112 852	103.66
1980~2008	637.6	29 635	19.63
最大年值	1 342.3	403 456	531.10
最小年值	305.3	2 627	1.02
最大最小倍数	4.4	153.6	518.7

州湾西北部的大沽河、王家滩河群和东北部的洪江河、墨水河、楼山后河等。

(2)环胶州湾各河流泥沙沿程变化特征是多年平均含沙量在 $0.1 \sim 2.5 kg/m^3$,属中沙河道,最大多年平均含沙量为红旗水文站 $2.230 kg/m^3$,最小多年平均含沙量为产芝水库站 $0.123 kg/m^3$ 。河道上游多年平均含沙量和输沙模数均大于河道中下游,这一分布规律完全

表4 大沽河有关水文站实测泥沙颗粒分析成果表

Table4 Particle size analysis of the sediments at the hydrological stations in the Daguhe River

站名	次数	中数粒径/mm		平均粒径/mm		最大粒径/mm	
		最大值	最小值	最大值	最小值	最大值	最小值
南村	88	0.0220	0.0033	0.0359	0.0056	0.890	0.213
张家院	90	0.0355	<0.0050	0.1150	0.0130	1.473	0.361
产芝库	13	0.0155	<0.0050	0.0268	0.0064	0.757	0.146
山角底	51			0.03	0.01	0.890	

注:山角底站资料系 1972 年由山东省总站水文测潮队分别在枯水期、洪水期、大潮期在山角底断面进行了 51 次潮汐水文、泥沙测验整理得到。

符合河流的一般自然规律。

(3)环胶州湾各水系输沙量年际变化特征:首先年际变化较大,最大年输沙量是最小年输沙量的 518.7 倍,且年降水量较大时,年入海水量也较大,年输沙量也较大,线形相似,关系良好。其次从 60 年代到 70 年代中期为丰水期,70 年代中期以后到 2008 年为偏枯年份。对应的年平均入海水量为 $112\ 852\times 10^4\text{m}^3$ 和 $29\ 635\times 10^4\text{m}^3$,相差 3.81 倍。对应的年平均输沙量为 $103.66\times 10^4\text{t}$ 和 $19.63\times 10^4\text{t}$,相差 5.28 倍;这是由于 80 年代以来水利工程投入更大,水土保持效益显著,年均输沙量呈减少趋势,从 60 年代的年均 $149.38\times 10^4\text{t}$ 到目前的年均 $(20\sim 30)\times 10^4\text{t}$ 。

(4)环胶州湾河流悬移质颗粒特征为河流从源头到河口,坡降越来越小,流速也越来越小,携沙能力取决于流速,因而河流的携沙能力也越来越小,河流中

的粗而重的沙粒不断地沉降到河底,因而河口附近的泥沙粒径总是最小的。因此干流较长河流河口的泥沙粒径一般较小;而那些干流较短的河流,尤其是一些坡降大、流程短直接入海的河流,河口的泥沙粒径就会大一些。

参考文献:

- [1] 李乃胜,于洪军,赵松龄. 胶州湾自然环境与地质演化 [M]. 北京:海洋出版社, 2006. (LI Naisheng, YU Hongjun, ZHAO Songling. Natural Environment and Geological Evolution of Jiaozhou Bay [M]. Beijing: Ocean Press, 2006. (in Chinese))
- [2] 黄振平. 水文统计学 [M]. 南京:河海大学出版社, 2003. (HUANG Zhenping. Hydrologic Statistics [M]. Nanjing: Hohai University Press, 2003. (in Chinese))
- [3] 余文畴,卢金友. 长江河道演变与治理[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2005. (YU Wenchou, LU Jinyou. Channel Evolution and Governance of Yangtze River [M]. Beijing: China WaterPower Press, 2005. (in Chinese))

Analysis of Sediment Discharge Characteristics of Rivers in Jiaozhou Bay, Qingdao City

SHENG Maogang¹, CUI Junling¹, SHI Qing¹, LI Lei¹, GENG Yao²

(1. Hydrology Bureau of Qingdao City, Qingdao 266071, China;

2. Huangdao Water Conservancy Bureau of Qingdao City, Qingdao 266400, China)

Abstract: Sediments entering into the sea was calculated according to the analysis of the sediment concentration and sediment discharge at the hydrometry stations of the rivers in the Jiaozhou Bay, and the sediment discharge of the rivers was analyzed. The results show: (1) The sediment discharge of the rivers are mainly from the northwest and northeast of the Jiaozhou Bay; (2) The rivers belong to medium sand, and the sediment concentration and sediment discharge modulus of the upstream are more than those of the downstream; (3) The annual variation of sediment discharge is large and the maximum is 518.7 times of the minimum, the runoff entering into the sea and the sediment discharge become larger with the rainfall increasing; (4) The particle size of the sediments becomes smaller when it transports from the headstream to the estuary.

Key words: Jiaozhou Bay; runoff into sea; sediment discharge; suspended particle