

黄河口清水沟流路的河床演变及其影响^{*}

陈宝冲

(南京大学城市与资源学系 南京 210008)

提 要 黄河口清水沟流路先后经历了游荡型、顺直型和弯曲型的河床演变阶段。与此同时,河流的冲淤变化经历了摆动淤积、造床冲刷和延伸淤积三个阶段。这些变化对河床纵剖面、水位和险情带来了某些较深刻的影响。

关键词 黄河 清水沟流路 河床演变

分类号 中图法 P332.3

1976年5月27日,在西河口实行了人工改道。后,清水沟流路的河床发生了一系列变化。原由钓口河入海的黄河改由清水沟入海(图1)。其

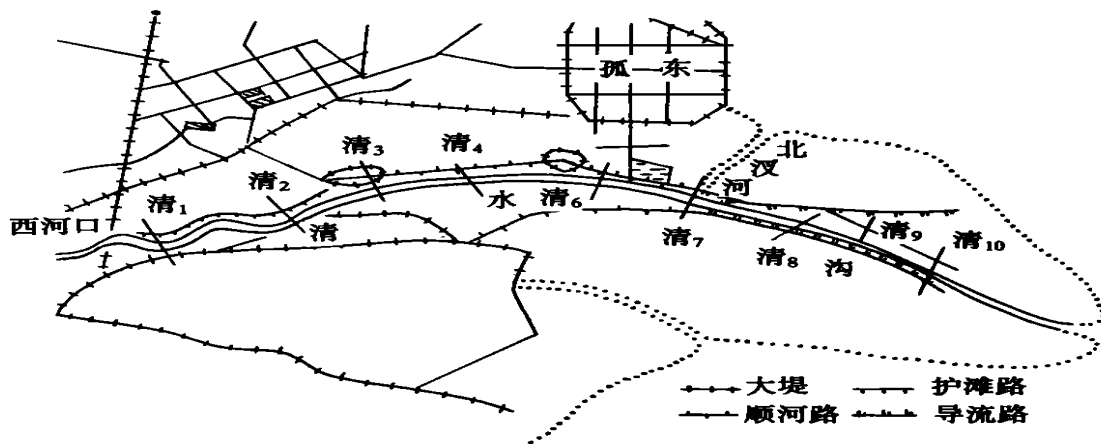


图1 黄河口简图

Fig. 1 The sketch map of the estuary of the Yellow River

1 清水沟流路的河床演变

1.1 游荡河床的演变

清水沟流路的游荡期大致在1977~1979年,除1976年改道至1977年6月,黄河河口段因流程突然缩短,河道发生短时间的溯源冲刷外,1977年6月至1979年10月,河道的淤积量是逐年增加的(表1)。淤积的部位不仅有行水道和漫滩区,还包括口门。而口门的淤积外突使河流的纵比降减小,更加剧了水流的淤积作用,使河底不断堆积抬高。河道

的堆积抬高有助于形成游荡型河流^[1]。河流的底部、岸坡和各种成型的淤积体都由疏松的泥沙堆积而成,抗冲强度小,为水流的扩散分汊提供了有利条件。此阶段河道的滩槽高差小,河水多呈漫流形式,即使出现股流或槽流,水流也极易漫溢和摆动。1977年10月,清₃断面附近的水流已很散乱,河无正槽,河道的摆动日趋剧烈。1978年10月,清₁断面处河道右摆约600 m,而清₃、清₄断面处河道则左摆1300 m,清₄断面以下,河道左摆更甚,大约达到4.5 km。但到1979年9月,清₄断面以下河道却由

^{*} 国家自然科学基金资助项目,批准号:49671006

作者简介:陈宝冲,男,1938年生,副教授,主要从事河流地貌专业教学与科研。

收稿日期:1997-10-07;改回日期:1997-11-22

表 1 1976 年 10 月至 1979 年 10 月清水沟流路的冲淤量

Table 1 The scouring and the deposition amount of the Qing shui gou Stream from Oct. 1976 to Oct. 1979

施测时间 (年、月)	总淤积体积 (10 ⁸ m ³)	总冲刷体积 (10 ⁸ m ³)	净冲淤体积 (10 ⁸ m ³)	年均净冲淤体积 (10 ⁸ m ³)	年均净冲淤量 (10 ⁸ t)
1976. 10~ 1977.06	1. 828	2. 023	- 0. 195	0. 195	- 0. 215
1977. 06~ 1978.06	6. 972	2. 143	4. 829	4. 829	5. 312
1978. 06~ 1979. 10	9. 476	1. 726	7. 75	7. 75	8. 525

左向右摆动约 23km。

1.2 顺直河床的演变

1979 年后, 河道经过调整, 逐渐适应上游来水来沙状况, 淤滩成槽过程逐渐完成, 水流逐渐归槽, 河床趋于稳定。通过水流的淤滩刷槽, 河道宽深比渐渐减少(表 2), 滩槽高差渐渐增大, 泄洪排沙能力得到提高, 清水沟流路呈单一的、较顺直、较稳定的河势, 泥沙较多较快地向海输移, 河口沙嘴较快、较顺直地向海推进, 到 1983 年, 河口沙嘴已突出海岸外 16 km。清水沟流路这种顺直形态不是一成不变的, 因为冲积河流都倾向于发展成为蜿蜒型河流^[2]。约从 1984 年起, 清水沟流路逐渐弯曲发展。

表 2 清水沟流路各断面 $\sqrt{B}/H$ 的变化

Table 2 The changes of $\sqrt{B}/H$ of every cross section in the Qing shui gou stream

断面	1976	1977	1978	1980	1983	1985	1988
清 ₁	43. 14	18. 1	15. 62	10. 25	8. 71	10. 27	7. 1
清 ₂	96. 84	21. 4	8. 68	9. 27	7. 24	6. 33	7. 6
清 ₃	45. 03	27. 6	14. 32	12. 93	10. 35	15. 63	9. 1
清 ₄			9. 77	13. 27	10. 76	15. 07	10. 9
清 ₆					16. 56	21. 87	12. 3
清 ₇						15. 62	9. 6

1.3 弯曲河床的演变

据钱宁等研究, 河谷纵比降减小是弯曲型河床的成因之一^[1]。因为河谷纵比降减小导致河道排水能力降低, 为了容纳上游来水, 河道通过弯曲来增加河长, 扩大容量。1984 年后, 清水沟流路趋于弯曲。弯道的形成和发展使弯道螺旋流在湾顶的冲刷作用得以产生和增强, 将湾顶处的河底冲刷加深(图 2)。这种冲刷作用还渐渐向凹岸逼进, 这就是弯曲河床中常见的坍塌坐弯现象, 它使河道的曲折率不断增大, 曲率半径不断减小。据量测, 到 1992 年, 崔家河湾的曲率半径为 850 m, 而苇改闸河湾的曲率半径仅 370 m。河势愈锐弯, 不稳定性愈大, 高水位期间撇湾的机率愈大。1993 年 8 月 11 日, 利津站出现了该年最大洪峰(洪峰流量 3 200 m³/s)。洪峰期间, 从崔家河湾顶点开始, 滩岸急剧坍塌下移 1 200 m, 河床横向摆动约 1 000 m, 造成下游苇改闸河湾撇湾, 控导工程前河道全部脱流还滩, 新淤滩面宽约 1 000 m, 主流顶冲点沿右岸冲刷下移约 800 m, 且使河岸崩退 50~ 200 m, 形成了新的河湾。黄河河口段的弯道就这样向河口口门方向蠕动。

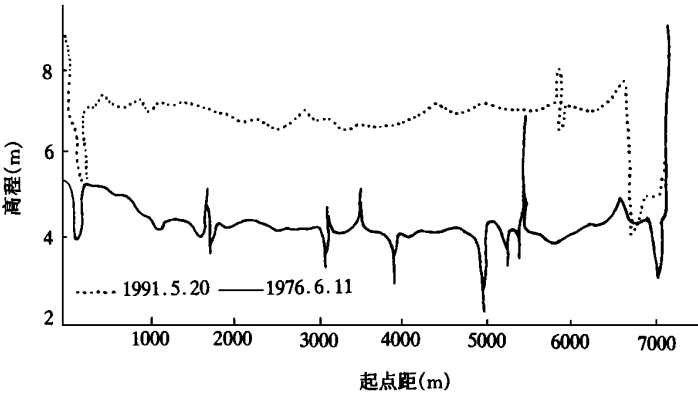


图 2 清₂ 断面图(据程义吉)

Fig. 2 The cross section of the Qingshuigou stream

2 清水沟流路河床演变的影响

2.1 对河床纵剖面的影响

黄河改由清水沟入海之初,引河的纵比降较大,清₁至清₃断面间的纵比降为 3.10×10^{-4} ;引水后,水流的冲淤作用使清₁至清₃断面间的纵比降很快调低至 1.80×10^{-4} ;1977年6月至1979年10月,清₁断面以下处于游荡状态,淤滩成槽过程尚未完成,水势漫流,输沙能力弱,大量泥沙的淤填导致河床纵比降迅速减小,清₁至清₃断面间的纵比降减小到 1.67×10^{-4} 。随着河道的弯曲延长,清水沟流路不仅沿程淤积加剧,溯源淤积也加大。至1991年,清水沟流路的纵比降降到 1.18×10^{-4} 。近口门处清₇至清₁₀断面间的纵比降降低幅度更大。在刚改道的1976年7月,清₇至清₁₀断面间河床的纵比降较大(图3),但到了1991年6月,近口门河床纵比降已大幅度降低。实测资料表明,在1976~1991年的15年中,清₁至清₆断面间河道平均淤厚2.39 m,清₇至清₁₀断面间河道平均淤厚8.87 m。自上至下淤积厚的逐渐增加,特别是近口门处的大量淤积,对清水沟流路河床纵剖面起了均夷作用,使黄河河口段河床的纵比降得到变缓。

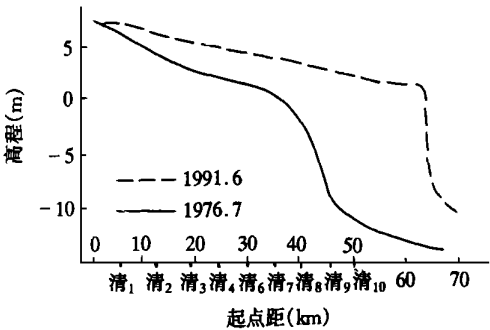


图3 清水沟流路主槽纵剖面图(据程义吉)

Fig.3 The longitudinal profile of the main channel of the Qingshui gou Stream

2.2 对水位的影响

随河床演变,清水沟流路水位变化分4个时期。
水位初始下降期 刚改道的1976年5月至1977年汛期,由于河口段长度由原来的64 km缩短为27 km,缩短37 km,水面比降由 1.03×10^{-4} 加大到 2.44×10^{-4} ,利于河道的溯源冲刷,加上1976年利津站来水 $449.1\times 10^8\text{ m}^3$,平均含沙量 20 kg/m^3 ,大于 $3\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 的流量出现47 d(表3),水沙条件利于沿程冲刷,因此,清水沟流路出现了短暂冲刷阶

段。利津、一号坝、西河口 $3\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 流量下的水位分别下降0.58,0.51和0.55 m。

表3 1976~1992年清水沟流路的水沙状况*

Table 3 The hydrology and sediment conditions of the Qing Shui Gou Stream from 1976 to 1992

年份	年水量 (10^8 m^3)	年沙量 (10^8 t)	年平均 流量 (m^3/s)	年平均 含沙量 (kg/m^3)	流量 大于 $3000\text{ m}^3/\text{s}$ 天数(d)	断流 天数 (d)	水沙 条件 分类*
1976	449.1	8.98	1420	20.0	47	7	中水中沙
1977	248	9.49	785	38.3	11	0	小水中沙
1978	259	10.2	822	39.5	19	1	小水中沙
1979	270	7.33	856	27.1	3	19	小水小沙
1980	189	3.08	597	16.3	1	6	小水小沙
1981	346	11.5	1100	33.2	50	37	中水中沙
1982	297	5.42	941	18.3	19	10	小水小沙
1983	491	10.20	1560	20.8	70	5	大水中沙
1984	447	9.34	1410	20.9	58	0	中水中沙
1985	389	7.56	1230	19.5	37	0	中水小沙
1986	158	1.72	502	10.9	0	0	小水小沙
1987	106	0.959	336	8.49	0	17	小水小沙
1988	193.8	8.6	614	44.38		8	小水中沙
1989	241.7	5.99	766	24.78		20	小水小沙
1990	264.3	4.69	838	17.74		0	小水小沙
1991	122.5	2.49	388	20.3		14	小水小沙
1992	135.1	4.71	428	34.86		82	小水小沙

* 依据利津水文站水沙资料。年水量大于 $455\times 10^8\text{ m}^3$ 为大水年,小于 $303\times 10^8\text{ m}^3$ 为小水年,两者之间为中水年,年沙量大于 $11.36\times 10^8\text{ t}$ 为大沙年,小于 $7.58\times 10^8\text{ t}$ 为小沙年,两者之间为中沙年。

水位首次上升期 1977~1979年,利津站来水量大为减少(表3),河流沿程淤积严重。冲积扇的向海推进,河长的增加,河流在沿程淤积的基础上叠加溯源淤积。随着河床的游荡摆动,河底普遍堆积抬高,水位相应抬升。利津、一号坝、西河口和18 km处于 $3\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 流量下水位分别升高0.77,0.66,0.91和1.23 m,均超过改道前的水位。

水位第二次下降期 1979~1984年期间,除1980年来水量较小外,其他年份的水沙条件都对河床冲刷有利。且由于当时河流趋于单一顺直,泄洪能力增大,利于沿程冲刷,致使利津、一号坝、西河口和18 km处 $3\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 流量下的水位分别下降0.95,1.02,0.81和0.71m。

水位持续上升期 1984年以后,清水沟流路自上至下渐趋弯曲,黄河河口段溯源冲刷停止。虽在湾顶部位河底存在相对刷深的现象,但河床总体上以堆积上升为主,水位也随之上升。因淤积作用是持续性的,所以水位上升也是持续性的。1984~1993年,利津、一号坝、西河口和18 km处于 $3\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 流量以下的水位分别上升1.47,1.40,.43和1.49m,较改道前分别上升0.71,0.53,0.98和2.02m,超过改道前的水位,达到历史最高值。河道的弯曲加上河口口门的外突,使清水沟流路的长度迅速增加。1993年西河口以下河长曾达65 km,比1984年增长17 km,超过改道前的河长。因河口

段连年淤积, 河槽逐渐萎缩, 且越向下游萎缩越严重, 同流量下水位逐年抬高, 且越向下游抬高越多。

2.3 对险情的影响

黄河河口段的险情主要表现在由于河道出汉, 特别是高水位出汉可能引起的洪灾和凌灾的灾情上。而出汉主要发生在河流演变为弯曲形河床, 特别是陡弯河床时。正如当地人说的“黄河变弯必生祸患”。1972 年, 钓口河出现陡弯, 7 月份洪峰来临时, 在距口门 11.5 km 的湾顶处, 向右侧发生当年第一次出汉摆动; 当年 9 月第二次洪峰来临之后, 又于上述出汉点以上 7.4 km 的湾顶部位再次出汉, 经由老神仙沟入海; 1974 年 8 月的洪峰过后, 在 1972 年出汉的新河上, 距口门约 18 km 处, 又一次向左出汉。依据当时发展趋势, 尾间将在罗₇ 断面再次出汉, 并将块溢利埝公路, 故于 1976 年汛前实施人工改道, 将黄河入海道由钓口河改为清水沟。

清水沟流路的险情主要出现在它的弯曲期, 但在它的游荡期也孕育着这种险情。因为清水沟流路在游荡期摆动很剧烈, 也会出汉。例如 1978 年 7 月, 在清₄ 断面以下 2 km 处向左的出汉摆动。1984 年以后清水沟流路进入弯曲期, 至 1987 年, 西河口以下河道的长度和纵比降都已接近神仙沟和钓口河流路的改道值, 水流出汉的机率更高。

3 后语

清水沟流路经过约 20 年的演变, 河流长度增

加, 纵比降降低, 行水阻力增大, 出汉成灾的可能性也增大。近年来虽然采取了一系列工程措施, 如苇改闸控导工程、西河口护滩工程、护林堵截支汉、挑流坝工程、八连护滩工程和 18 km 护岸、防洪堤工程等。但洪灾和凌灾的威胁依然存在。1976 年 5 月, 黄河入海口由渤海湾南岸改为莱州湾西岸。但莱州湾的排沙量较小, 年均排沙量为 1.14×10^8 t, 仅为神仙沟流路的 1/3.5, 为钓口河流路的 1/2.9, 因此, 清水沟流路的泥沙淤积率较高, 河道更易淤积延伸。如按每亿吨泥沙延伸的长度计算, 神仙沟为 0.177 km, 钓口河为 0.250 km, 而清水沟则约为 0.303 km, 清水沟较前两流路分别大 71% 和 21%, 表明在来沙量相同的情况下, 清水沟流路较神仙沟和钓口河流路延伸得更长。也表明莱州湾水域的容沙量较小。而位于黄河三角洲东北侧的渤海湾南岸岸坡, 在风浪等海洋动力作用下, 受到强烈冲刷, 原有淤积物被输往其他海域。因此, 黄河在此入海较有利。但在科氏力作用下, 注入莱州湾的黄河河口, 只会南移(右移), 而不会移向东北。黄河的泥沙量也不可能在短期内有实质性的减少。因此, 1996 年 7 月 23 日, 在清₇ 断面附近实行人工改道, 使黄河尾间沿北汉河注入三角洲东北海域。

参 考 文 献

- 1 钱宁, 等. 河床演变学. 北京: 科学出版社, 1987. 403~410
- 2 侯晖昌. 河流动力学. 北京: 水利出版社, 1982. 217~218

THE CHANNEL CHANGES AND THEIR EFFECTS IN THE QINGSHUIGOU STREAM INTO THE ESTUARY OF THE YELLOW RIVER

Chen Baochong

(Department of Urban and Resource Sciences, Nanjing University, Nanjing 210008)

ABSTRACT

The Qing Shui Gou Stream into the estuary of the Yellow River experienced the following changing periods: First it began with the wandering channel pattern, then the straight channel pattern, till at last meandering channel pattern. At the same time, the at last meandering channel pattern. At the same time, the scouring and deposition changes of the stram also experienced three periods: 1) the deposition with the channel wandering 2) the scouring which makes the channel formed 3) the deposition which makes the estuary extedn. These changes have some deep effects on the channel longitudinal profiles, the water level and the dangerous situation. The study of these changes and effects is of great instruction to the preventing disasters, the harness and the course change by engineering-measures of the estuary reach of the Yellow River.

Key Words: The Yellow River; Qingshuigou stream; channel change