

长江下游典型分汊河段 河床演变分析及趋势预测^{*}

曾慧俊

(安徽省长江河道管理局, 安徽 芜湖 241000)

摘要: 以多年实测资料为基础, 从河段水流动力条件和河床演变分析着手, 结合三峡工程的影响, 对安庆河段的河势进行研究。该河段河道演变特点为: 洪水河势基本稳定; 新河口边滩生成后以小幅冲淤变化为主; 鹅眉洲与潜洲此消彼长; 新中汊的演变与新河口边滩、鹅眉洲和潜洲的变化密切相关。结合航道整治工程的实施, 对安庆河段河床演变的趋势进行预测。

关键词: 分汊河段; 演变; 冲淤变化

中图分类号: TV 8 文献标志码: A 文章编号: 1002-4972(2015)11-0130-05

Analysis of bed evolution process and prediction of evolution trend of typical multi-branched reach in lower Yangtze River

ZENG Hui-jun

(Anhui Yangtze River Management Bureau, Wuhu 241000, China)

Abstract: Based on the annual survey data, this paper analyzes the dydro-dynamic condition and bed evolution process, and researches the river regime of Anqing reach. The characteristics of river bed evolution are as follows: the flood river regime is stable; the Xinhekou point bar is basically stable with slight deposition and erosion; the process of new middle channel is closely related to Xinhekou point bar, Emei sandbar and Qian sandbar. Combining with the implementation of waterway regulation, the fluvial tendency of Anqing reach is predicted.

Keywords: multi-branched reach; evolution; deposition and erosion

1 河段概况

安庆河段位于长江下游安徽省境内, 上接官洲河段, 下与太子矶河段相连, 为典型分汊型河段之一(图1)。江中有潜洲、鹅眉洲、江心洲, 将水流分为左、中、右三汊, 其中潜洲与鹅眉洲的消长变化直接影响到安庆河段左汊与新中汊的入流条件。近年来由于上游来水来沙变化等因素的影响, 左汊与新中汊的分流比变化较大, 新中汊发展速度较快, 并一度威胁到左汊的主汊地位。本文从河段水流动力条件和河床演变分析着手, 结合实测资料, 对安庆河段的河势演变规律进行深入研究, 预测洲

滩发展趋势, 为安庆河段治理提供科学依据。

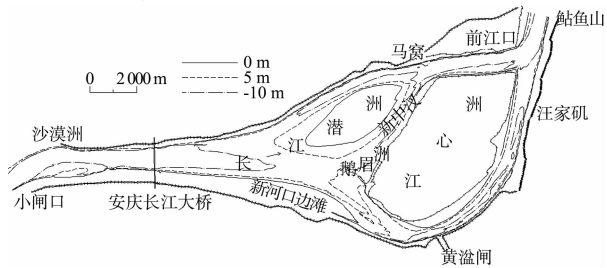


图1 安庆河段河势

2 来水来沙特征

安庆河段径流主要与上游来水和流域降水有关。根据本河段内的安庆水位站及下游大通水文

收稿日期: 2015-04-27

^{*}基金项目: 水利部公益性行业科研专项经费项目 (201401063)

作者简介: 曾慧俊 (1984—), 女, 硕士, 工程师, 从事河床演变及河道整治工程研究。

站多年观测资料统计分析^[1](表 1), 来水来沙特征表现为: 1) 大通站多年平均径流量为 8 915 亿 m³, 多年平均输沙量为 3.8 亿 t; 来水来沙总量年际变化较大, 20 世纪中叶出现丰水丰沙和丰水中沙年的组合较多, 70 年代有 3 次枯水枯沙年, 80 年代上半期出现丰水丰沙年, 进入 90 年代, 连续出现丰水丰沙年和中水枯沙年, 2000 年后多次出现中水枯沙和枯水枯沙年份, 沙量明显偏小, 直接影响着长江下游河道的冲淤。2) 来水来沙的年内分配规律为枯水含沙量很小, 洪水含沙量则较大; 来沙量较来水量更为集中在汛期, 如 5—10 月来沙量占全年的 80% 左右, 径流量则占全年总径流量的 70% 左右, 其中仅 7、8 月输沙量就占全年的 40% 左右, 而对应的来水量仅占 26% 左右; 非汛期输沙量很小, 1、2 月输沙量仅占全年输沙量的 3.8%, 年内分配差异很大。3) 悬移质粒径在 0.008~0.25 mm 范围内, 中值粒径变化范围为 0.012~0.031 mm, 平均粒径变化范围为 0.031~0.056 mm, 一般是主汉较粗, 支汉较细。大通站多年月平均流量、沙量统计表见图 2。

表 1 大通水文站水文、泥沙特征值			
项目	流量/ (m ³ ·s ⁻¹)	含沙量/ (kg·m ⁻³)	输沙量/ 10 ⁸ t
历年最大 (出现时间)	92 600 (1954-08-01)	3. 240 (1959-08-06)	6. 78 (1964)
历年最小 (出现时间)	4 620 (1979-01-31)	0. 012 (2009-12-31)	0. 72 (2011)
多年平均	28 206	0. 426	3. 80

注: 流量根据 1950—2013 年资料统计; 输沙率、含沙量根据 1951 年和 1953—2013 年资料统计。

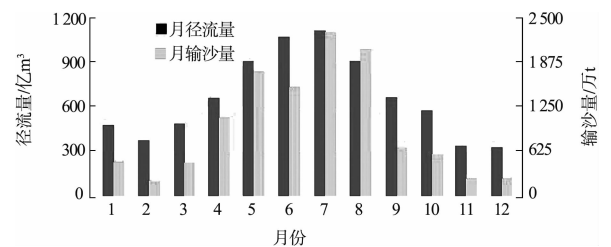


图 2 大通站多年月平均流量和沙量

3 河段演变特点

对于分汉型河段的洲滩演变而言, 很大程度上还取决于局部边滩、心滩等尺度较小地貌形态的短周期交替变化^[2]。

3.1 洪水河势基本稳定

安庆河段两岸均建有防洪堤防: 左岸为安广江堤, 西起狮子山, 东止枞阳县城幕旗山脚; 右岸建有池州江堤, 上起东至县香隅河, 下至贵池区大通河。大堤与河槽间存在宽窄不一的河漫滩, 江心洲筑有圩堤, 汛期洪水河宽得以有效控制, 河段整体河势基本稳定。

3.2 新河口边滩发育, 基本稳定

因 90 年代上游官洲河段汇流段河势变化, 小闸口挑流减弱, 水流对左岸顶冲部位有所下移, 进入右汉水流向江心洲头过渡, 新河口边滩开始发育, 经历了 1986—1998 年间数个大沙年份冲槽淤滩过程, 滩体不断淤高, 至 1998 年滩顶高程稳定在 10 m 左右, 5 m 滩面宽度维持在 600 m 左右, 2003 年后, 新河口边滩 0 m 线与江心洲淤连, 右汉口门出现拦门沙。

新河口边滩的生成发育与上游水流动力轴线位置关系密切。90 年代前, 分流区水流顺槽于新河口一带贴右岸下行, 右汉分流比在 40% 以上; 90 年代后, 随着分流区深槽尾部不断下移左摆, 右汉入流条件恶化, 枯水期分流比最低时仅为 17.6%, 新河口边滩得到充分发育。近年来分流区深槽尾部位置变化较小, 新河口边滩基本稳定。

3.3 鹅眉洲与潜洲此消彼长

鹅眉洲于 20 世纪 50 年代中低水出露, 与江心洲并列江中, 将水流分成左、中、右三汉。50 年代至今, 鹅眉洲经历了生成、发育和冲蚀的过程, 这个过程伴随着鹅眉洲洲体的不断右移而发展, 至 1981 年以后中汉河床淤积抬高, 中枯水以下断流, 鹅眉洲 5 m 线与江心洲淤连, 两洲并为一体。鹅眉洲的生成是由河道放宽所致, 而洲体的不断冲蚀右摆则是水流动力轴线在分汉段河道周期性变化的表现形式。

鹅眉洲并入江心洲后, 受分流区深泓左摆影响, 洲体头部及左缘不断冲刷后退——90 年代以前, 冲刷较缓; 90 年代以后, 分流区深槽下延幅度加大, 洲体受冲程度随之加剧, 洲体头部年均冲刷后退超过 100 m。随着鹅眉洲头及左缘的冲刷, 进口处河道展宽, 水流流速减小, 相应挟沙

力减小，泥沙落淤，形成鹅眉洲左缘低滩。同时，由于分流区深槽下延，深槽尖端正对鹅眉洲左缘低滩，水流切割低滩形成新的沙洲——潜洲，潜洲与鹅眉洲之间的汉道称为新中汉。

在鹅眉洲右移崩退的过程中，潜洲随之充分发育，洲体不断淤高扩大，束水控流作用得到加强，同时进一步促进了鹅眉洲的崩退，且鹅眉洲崩退的速率与潜洲淤长的速率一致，两者此消彼长。从平面变化上看，潜洲和新中汉已取代了鹅眉洲和原中汉的位置。两洲不能共存的现象表明，左汉口门处的河宽还不足以容纳 2 个洲体。正是 2 个洲体的交互发展和周期性变化，导致了左中两汉入流条件处在较大的变化之中，并且这种变化也会对两汉分流比产生影响。鹅眉洲、潜洲 5 m 等高线变化见图 3。

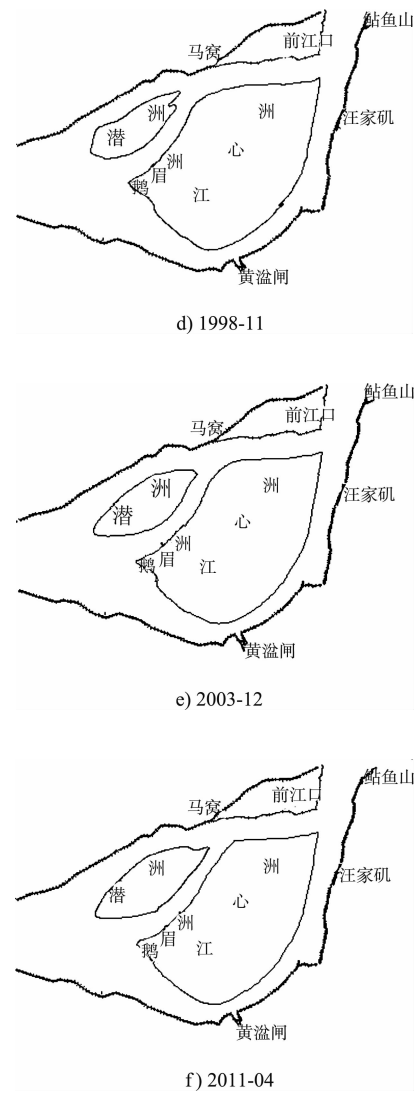
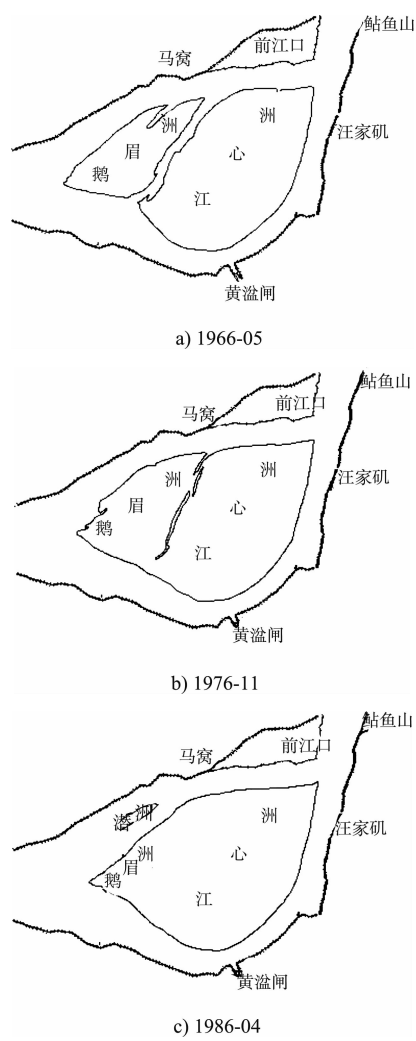


图 3 鹅眉洲、潜洲 5 m 等高线变化

可见，鹅眉洲变化主要可分为 2 个阶段，分别为并入江心洲之前的生成—发展、长大—右移—并入江心洲的变化过程和并入江心洲后头部及左缘不断冲刷崩退；潜洲的变化过程与鹅眉洲此消彼长，并沿着鹅眉洲的演变趋势而变化。同时潜洲洲头在水沙条件的作用下又呈不断的关联变化，比较直观的是随着洲头的冲刷、右摆，左中两汉分流点相应表现为下延、右移，引起新中汉的深槽冲刷贯通以及右汉流量的减小，从而导致分汉段河道的河势调整。鹅眉洲、潜洲变化情况见表 2。

表 2 鹅眉洲、潜洲变化									m
测量时间	鹅眉洲				潜洲				备注
	长度	宽度	洲头	左缘	长度	宽度	左缘	右缘	
1966-05	6 500	2 450							
1976-11	6 130	2 900	- 400	- 320					
1986-04			- 600	- 800	1 800	340			鹅眉洲与江心洲淤连, 潜洲出水 潜洲位于 5 m 高程以下
1991-04			- 350	- 140					
1997-08			- 750	- 760	3 970	1 180			
1998-11			- 310	- 330	4 260	1 410	360	400	
2003-12			- 280	- 155	4 700	1 820	- 450	500	
2005-08			- 100	- 20	4 750	1 800	- 80	100	
2011-04			50	- 100	5 270	1 960	- 130	150	

注：按 5 m 高程计；洲头及左右缘变化为相对于上一次测量变化情况（“-”表示冲刷、“+”表示淤积）。

3.4 江心洲汉道分流比相应变化

90 年代以前，右汉分流比较稳定，保持在 40% ~ 50%。当鹅眉洲、江心洲分汉道为左、中、右三汉时，右汉分流比与左汉分流比相当，或大于左汉分流比，右汉保持主汉地位；当鹅眉洲并入江心洲，汉道被分为两汉时，左汉分流略大于右汉，两汉分流呈相近格局。90 年代以后，受上游河段河势变化影响，本河段水流动力轴线位置发生摆动，导致右汉分流比呈减小趋势，右汉进入衰退期。比较中枯水期，分流比由 41.9% 减少到 17.6%；洪水期分流比由 38.7% 减少到 27.4%。

在右汉衰退过程中，新中汉生成，且随着鹅眉洲的崩退，新中汉进口展宽，入流条件得到加强，新中汉快速发展，到 90 年代初，新中汉分流比增大到 25.9%，相应左汉分流比由 90 年代前的 50 % 左右减小到 32.20%。随着凹岸冲刷，新中汉中下段 - 10 m 深槽全程贯通，河床下切引起比降加大，加大水流入新中汉，该时期新中汉的快速发展威胁到潜洲左汉的主汉地位，新中汉分流比在 2005 年洪水期达到历史最高 33.6%。2005 年以后，新中汉洪水期分流比趋于稳定，保持在 30% 左右，枯水期分流比维持在 20% 上下（表 3）。

3.5 左右两汉断面形态呈明显的弯道断面特征

安庆河段的左右两汉均处于弯曲河势的凹岸，从 30 多年来的地形测图分析得知，两汉河道横断面皆呈较为明显的弯道形态特征，凹岸冲刷，凸岸淤积，深槽逐渐坐弯。

表 3 江心洲汉道分流比

时间	水位 (1985 高程)/m	流量/ (m ³ ·s ⁻¹)	分流比/%		
			左汉	中汉	右汉
1959-06	12. 21	46 520	39. 12	19. 82	41. 06
1959-09	7. 86	25 610	49. 20	8. 63	42. 17
1960-05	9. 36	31 980	45. 03	12. 13	42. 84
1979-08	10. 57	37 682	50. 42	1. 54	48. 03
1984-04	8. 48	29 000		56. 55	43. 45
1986-04	7. 90	23 400		58. 71	41. 29
1988-09	14. 20			53. 60	46. 40
1991-04	9. 50	25 562		54. 90	45. 10
1992-06	10. 34			59. 20	40. 80
1993-12	5. 90		32. 20	25. 90	41. 90
1997-08	12. 60	48 200	35. 10	26. 20	38. 70
2000-02	4. 80		42. 00	29. 30	28. 70
2001-12	5. 00		46. 50	30. 00	23. 50
2005-08	11. 22	40 600	39. 30	33. 60	27. 10
2007-12	3. 60	9 814	59. 60	22. 80	17. 60
2008-08	11. 13	37 508	41. 70	30. 90	27. 40
2008-12	4. 11	12 090	57. 80	23. 00	19. 20
2011-04	4. 62	18 384	60. 76	18. 22	21. 02

注：1959—1979 年中汉为鹅眉洲与江心洲间汉道（称为中汉）；1984—1992 年间左汉和中汉分流比是一起进行统计，未单独分开统计；1993—2011 年中汉为潜洲与鹅眉洲间汉道（称为新中汉）。

3.6 新河口边滩形成、鹅眉洲与潜洲此消彼长与新中汉演变密切相关

分析表明新河口边滩的形成、鹅眉洲与潜洲此消彼长和新中汉的演变关系密切。自 90 年代新河口边滩形成以来，随着分流区右汉水流动力轴线向左摆动，鹅眉洲头部大幅冲刷，潜洲洲体随

之淤高，控导水流作用增强，新中汉冲槽淤滩，发展迅速。2005 年以后，新河口边滩趋于稳定，鹅眉洲头冲刷幅度减弱，潜洲洲体淤长速度有所下降，新中汉发展趋于稳定，近年汉道过水断面有所减小。新中汉汉道特征值见表 4。

表 4 新中汉汉道特征值

测量 时间	断面面积/ m ²	河宽 B/m	河底 高程 /m	平均水深 H/m	宽深比 B/H
1986-04	2 620	685	-5	3.82	6.84
1991-04	3 755	785	-5	4.78	5.86
1997-08	4 062	785	-5	5.17	5.41
1998-11	3 305	790	-3	4.18	6.72
2003-12	4 712	835	-5	5.64	5.12
2005-08	5 152	865	-6	5.96	4.94
2011-04	3 156	842	-5	3.75	7.74

注：计算高程为 5 m（1985 高程）。

4 航道整治工程措施

针对安庆河段演变特点，航道部门于 2011 年实施了安庆河段航道整治工程。主要工程措施为：1) 对潜洲头部实施护滩带工程，稳定现有洲滩形态；2) 对新中汉汉道实施护底带工程，抑制汉道冲刷发展；3) 对鹅眉洲头实施守护工程，减缓洲头崩退。

实施工程措施后，抑制了新中汉的发展，同时稳定潜洲与鹅眉洲目前的滩体形态，从而达到保持安庆河段左汉主汉地位的目的，维持其较好的航道条件。

5 河段河床演变趋势预测

1) 安庆河段两岸建有防洪大堤，左、右岸的岸线基本得到控制，分汉段的边界条件及上游来流情况均得到稳定，在自然状态下，本河段总体河势不会发生大的改变，分汉格局将保持不变，右汉将作为缓慢衰退的支汉长期存在。

2) 新河口边滩 0 m 线与江心洲淤连形成右汉进口拦门沙，将保持目前基本稳定状态，其小幅度的冲淤变化仍将持续。

3) 在自然条件下，分汉段河道仍会遵循以往的演变规律，鹅眉洲与潜洲此消彼长，潜洲周期性生成、长大、右移、最后向右侧江心洲并岸，中汉也周期性生成、发展、衰退、再生成。新中汉洪水期分流比发展至高峰后，已转入稳定调整期，枯水期分流比有所下降，2011 年对鹅眉洲头、潜洲左缘及新中汉实施的航道整治工程，有利于维持现有状态，确保左汉主汉地位。

4) 三峡工程运行后，汛期洪峰被削减，中水流量出现概率增加，出库沙量大幅减少，坝下河段近期以枯沙年为主。安庆河段虽然远离三峡坝址，但局部河床受来水来沙变化也产生了一定变形。三峡水库清水下泄，水流挟沙力能力增大，河段内洲滩冲刷后退趋势会更加明显，但不会对河床边界条件、河道平面形态和河道演变规律造成大的影响。

6 结语

- 1) 安庆河段整体河势已基本稳定；
- 2) 在自然状态下，随着河段内洲滩的周期性交替变化，中汉将历经生成、发展、衰退、再生成的演变过程；
- 3) 在新中汉调整期内实施的航道整治工程可有效抑制其发展速率，维持左汉的主汉地位，稳定现有河势；
- 4) 目前应加强观测，对河段整治后续工程进行研究，并适时实施。

参考文献：

[1] 长江委水文局. 长江泥沙公报[R]. 武汉: 长江水利委员会, 2013.

[2] 孙昭华, 李义天. 长江中游城陵矶——湖口分汉河道洲演变及碍航成因探讨[J]. 水利学报, 2011 (12): 1 398-1 406.

(本文编辑 郭雪珍)