

和畅洲段分流比及河槽容积与航道条件关系研究

杨芳丽

(长江航道规划设计研究院,湖北 武汉 430010)

摘要:为了提高对长江下游和畅洲水道演变规律的认识,以该河段大量实测资料为依据,从分流比、河槽容积以及航道条件的相关关系出发,分析了其河势的演变及航道存在的主要问题。研究表明,在和畅洲右汉分流比小于 30%、0 m 以下河槽容积小于 0.8 亿 m³ 时,航道条件总体趋于恶化。对和畅洲水道河势控制和航道整治思路进行了初步的探讨,建议采取的工程措施包括,适当加大右汉分流比、增强右汉水流动力条件、稳定并提高右汉现有河道容积。

关键词:分流比;河槽容积;航道条件;整治思路

中图法分类号:TV85

文献标志码:A

DOI:10.16232/j.cnki.1001-4179.2015.17.003

1 河道概况

和畅洲水道位于江苏省境内,为长江下游镇扬河段(三江口至五峰山内)中下段,上起世业洲洲尾瓜洲,下至五峰山,长约 37 km,左岸为扬州,右岸为镇江,河道形势见图 1。根据河道平面特性,该河段可以分为 3 段。

(1) 上段六圩弯道(瓜洲渡口至沙头河口)为顺直微弯河型,长约 15.1 km,进出口河宽分别约为 1 480 m 和 1 300 m,弯顶附近达 2 350 m,为两端窄中部宽的弯道。长期以来,六圩弯道平面变形较大,近期经护岸工程实施后,河势趋于稳定,但河床形态仍在调整中。

在近几年大洪水作用下,中部的征润洲边滩有所冲刷。

(2) 中段(沙头河口至和畅洲洲尾)为江心洲分汉河型,和畅洲将其分为左、右两汉,其中和畅洲洲体呈长方形,左汉长 10.9 km,右汉长 10.2 km。汉道分流区左右侧分别为人民滩和征润洲尾滩,洪水期江面宽阔,进出口段的河宽分别约 1 300 m 和 1 500 m,左汉为主汉,左汉的分流比由 1995 年 5 月的 58.1%,增至 2001 年 6 月的 71.5%,2002 年 9 月,已达 75.48%,为抑制左汉的发展,2003 年水利部门实施完成和畅洲左汉口门控制工程,工程实施后至今,左汉分流比稳定在 72%~75% 左右。目前左汉为自然江段,被列为江苏镇江长江豚类省级自然保护区,未开放为航道。右

汉为支汉,是目前的主航道,即长江下游最复杂的尹公洲航道(亦称“和畅洲右汉航道”),有“老虎口”之称,航道全长约 10 km,平面形态呈“Z”字型,目前主要存在航道弯曲、狭窄、流态复杂和通航密度大等问题。

(3) 下段(和畅洲尾至五峰山)为汇流段,长约 8 km,多年来河道较为稳定,平均河宽为 1 500 m 左右,为曲率适度的弯曲河道。

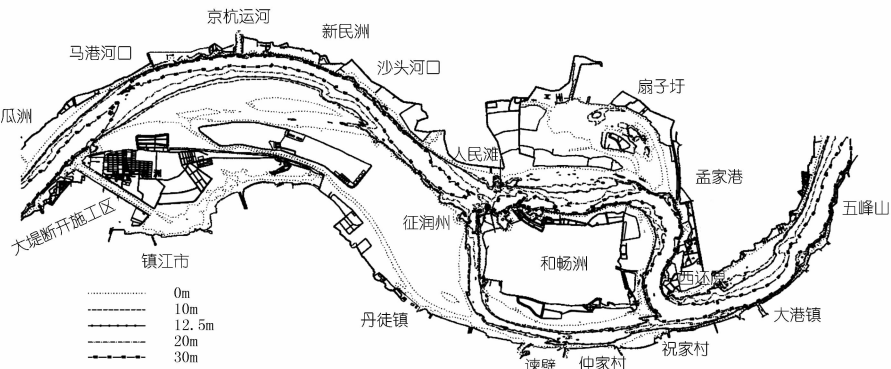


图 1 和畅洲水道河道形势示意

收稿日期:2015-07-09

作者简介:杨芳丽,博士,女,高级工程师,主要从事长江航道整治研究。E-mail: yangfl81@163.com

围绕和畅洲水道的治理,许多学者开展过河床演变分析、河道治理工程等研究^[1-6],主要是从河势控制等角度进行分析与研究,为和畅洲水道河道整治及航道治理提供了较好的技术支撑。长江下游南京以下 12.5 m 深水航道整治,对航道条件提出了越来越高的要求。分流比及两汉河槽容积变化是反映分汉河段河道演变特点的重要参数,航道条件的优劣与之密切相关。本文结合和畅洲水道的特点,在已有的研究基础上^[7-8],着重从分流比、河槽容积与航道条件变化关系进行研究,为今后进一步深入认识该水道演变规律及航道治理提供参考。

2 近期演变

和畅洲汉道经历了主支汉易位的往复过程(分流比变化见图 2),河床演变过程如下。

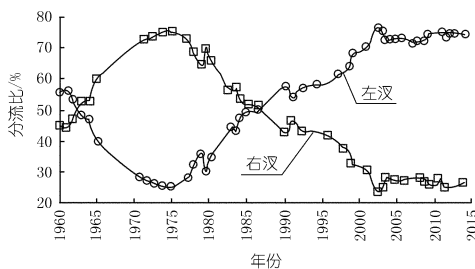


图 2 和畅洲汉道分流比历年变化

(1) 1952 ~ 1961 年,由于上游六圩、都天庙一带的严重崩退,大量冲刷下行的泥沙在向下输运的过程中,造成沙头河口附近人民滩淤积,六圩弯道延伸进入沙头河口以下,当时由于和畅洲头处于自然演变状态,洲头发生崩退,使得和畅洲分流区分流点大幅下挫,据统计,1952 ~ 1961 年下挫约 2.5 km;由于和畅洲洲头的崩退速度大于人民滩淤涨速度,和畅洲左汉进口断面扩大,有利于左汉进流,使得左汉发展,分流比由 1952 年的 22% 递增至 1961 年的 56%。

(2) 20 世纪 60 年代初至 1974 年。上段发生较大变形,下段和畅洲左汉扇子圩鹅头形成,形成鹅头型汉道,左汉分流比先逐渐减少后稳定,右汉发展成主汉,其航道条件相对较好。1970 年代以前,左汉分流比由 1963 年的 56.1% 下降至 27%,左汉向支汉转化,右汉发展,和畅洲洲头崩退强度减弱。1970 年洲头左缘开始转向淤积,左汉上段进一步弯曲,形成鹅头型汉道。此后到 1975 年,左岸人民洲切滩,上段及分流段崩岸区开始护岸(护岸强度不匀,且在顶冲区沙头口留有缺口),1973 年发生大水,左岸大崩,弯顶下移,汉道进口征润洲洲尾向北淤长,右汉发展停滞,两汉处于相对稳定的状态。在此阶段,六圩弯道冲刷顶点位于大运河口门以上和附近,弯道与下游和畅洲右汉弯道

之间有较长的过渡段,上下两弯道呈衔接良好的河势,大部分水流可进入和畅洲右汉,有利于保持右汉主汉地位,其航道条件相对较好。

(3) 1977 ~ 2002 年。和畅洲左汉口门控制工程实施以前,随着上游六圩弯道左岸崩退、顶冲点下移,和畅洲汉道分流区主流左移,左汉口门冲刷且持续发展;右汉口门处征润洲边滩持续淤积,进流口门缩小,迎流条件日益恶化,右汉深槽逐渐淤浅,缓慢缩窄,航道条件向不利方向发展。

1977 年左汉水流取直,鹅头被切割,左汉分流比急剧上升,20 世纪 80 年代分流比超过 50%。与此同时,和畅洲洲头剧烈崩退,1954 ~ 1980 年后退了 4 km,1983 年崩退 610 m。孟家港崩塌加剧,右汉趋向萎缩。经过 1983 ~ 1993 年的一期整治,左汉发展趋势一度有所趋缓。以后连续遭遇 1995,1996,1998 年与 1999 年大洪水,和畅洲左汉发展速度又明显加快,1995 年 5 月分流比为 58.1%,1999 年 10 月分流比达到 67.9%,2002 年 9 月达到 75.48%。

在此期间,右汉口门处征润洲边滩持续淤积,进流口门缩小,迎流条件日益恶化,右汉深槽逐渐淤浅,缓慢缩窄,航道条件向不利方向发展。

(4) 2003 年至今。和畅洲左汉口门控制工程实施以后,上游六圩弯道河道处于相对稳定阶段,和畅洲左汉分流区仍在调整,左汉继续增长的势头得到初步遏制;右汉河床缓慢淤积态势未见明显扭转,航道条件仍向不利方向发展。

3 分流比与河槽容积的变化

由图 2 可见,20 世纪 60 年代初至 1974 年,左汉分流比先逐渐减少后稳定,约为 25%,右汉发展成主汉;1974 ~ 1977 年鹅头自然裁弯取直以来,左汉分流比持续增加,每年增加约 3% (由 1975 年 25% 增加至 1982 年的 46%),至 80 年代中期分流比达 46%,1983 ~ 1993 年镇扬河段一期整治工程实施后,左汉的发展速度得到有效的控制,分流比的增加速度减小至 0.7%。由于二期工程未能如期实施,加之 90 年代相继发生几次大洪水的作用,致使左汉的发展又开始加快,1995 年 5 月、1998 年 8 月、1999 年 10 月、2000 年 10 月、2002 年 9 月和畅洲左汉的分流比分别为 58.1%,63.9%,67.9%,69.9%,75.48%。2000 年以后,右汉分流比已逐步降低至 30% 以下。2002 ~ 2003 年间和畅洲左汉口门控制工程的实施,一定程度上遏制了左汉迅速发展的势头,2003 年 5 月 ~ 2008 年左汉分流比一直维持在 70.9% ~ 72.9%,2009 ~ 2012 年 12 月和畅洲左汉分流比达 74% ~ 75%,说明左汉分流比在镇

扬二期工程之和畅洲左汊口门控制工程实施后,分流比仍有增大的可能。自 1977 年左汊鹅头自然裁弯取直以来,左汊分流比持续增加,2003 年镇扬二期左汊口门控制工程实施后,左汊分流比迅速发展的趋势得到一定程度遏制。

和畅洲左汊河槽容积变化与其分流比的变化一致,基本反映了左汊发展的变化过程。由表 1 和图 3 可见,1977 年左汊和畅洲鹅颈切割,新通道切开后获得迅速发展,1976~2002 年,左汊分流比开始增加,河槽容积相应增加。其间:1986 年由于左汊下段孟家港至西还原一带实施护岸工程,河槽容积扩大速度有所减缓;1994 年后,受连续 4 次大洪水的作用,左汊河床冲刷,河槽容积进一步增加;至 2002 年实施左汊口门控制工程前,0m 河槽容积增加至 2.502 亿 m³,扩大 89.5%。口门控制工程实施前,河槽发生冲刷的部位主要集中在和畅洲左汊进口 2 km 附近河段及左汊弯道段孟家港 3 km 附近。由以上分析可知,和畅洲左汊口门控制工程实施之前,随着左汊分流比增加,左汊冲刷发展。此后,左汊发展基本得到遏制。

表 1 和畅洲左右汊容积历年变化

时间/ (年-月)	左汊容积/ 亿 m ³	右汊容积/ 亿 m ³	左汊分流 比/%	说明
1969-04	-	1.397	35.9	和畅洲鹅头自然裁弯前
1977-11	0.966	1.387	31.3	1977 年和畅洲鹅头自然裁弯取直;
1980-07	1.235	1.361	38.2	1983~1993 年实施镇扬河段一期
1992-09	2.287	1.230	55.1	整治工程;1998~2003 年实施镇扬
1998-09	2.364	0.876	63.9	河段二期整治工程;
2000-09	2.504	0.836	69.8	
2002-08	2.502	0.776	75.5	
2004-01	2.443	0.772	72.2	和畅洲左汊口门控制工程实施后
2006-05	2.442	0.758	72.3	
2008-08	2.367	0.748	72.1	
2009-11	2.349	0.741	74.2	
2010-03	2.416	0.747	74.7	
2010-08	2.440	0.718	73.2	
2011-01	2.449	0.732	74.6	
2011-10	2.463	0.745	-	
2012-12	2.540	0.758	75.0	
2013-07	2.555	0.768	74.4	
2014-07	2.565	0.792	74.1	

注:计算水位 0 m(1985 国家高程基准)

由表 1 和图 4 典型年份右汊河槽容积变化可见,右汊容积的变化与右汊分流量变化相一致。1960~1974 年,和畅洲右汊处于发展期,这期间河槽容积表现为扩大;1975 年后,右汊转入衰退期,分流比逐年减小,河床处于淤积状态,河槽容积逐年减小;1992 年以后的衰退速度明显加快,1992 年河槽容积为 1.23 亿 m³,2002 年的左汊口门控制工程前为 0.776 亿 m³,缩小 36.9%,其间,右汊分流比由约 55% 减小为 25%。

河床的淤积几乎发生在整个右汊,其中进出口段淤积略小于汊道内。2000 年以后,右汊 0m 以下河槽容积已逐步下降到 0.8 亿 m³ 以下,航道条件逐步趋于恶化。和畅洲左汊口门控制工程实施后,右汊河槽淤积减缓,河槽容积始终小于 0.8 亿 m³。因此,和畅洲右汊河槽兴衰与分流比变化一致,1977~2002 年间总体呈现单向淤积状态,2002 年以后河槽容积始终小于 0.8 亿 m³,右汊通航条件未见好转。

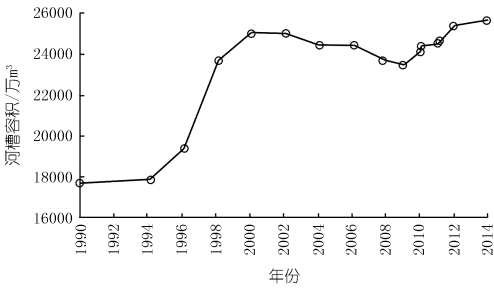


图 3 和畅洲左汊 0m 河槽容积历年变化

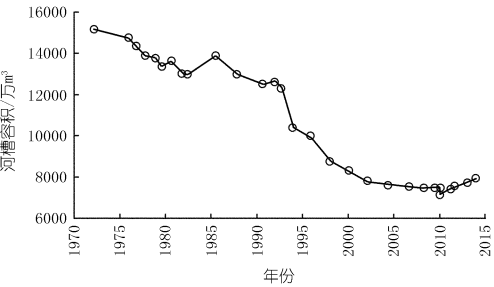


图 4 和畅洲右汊 0m 河槽容积历年变化

综上所述,和畅洲汊道在潜坝工程实施后至 2008 年间,和畅洲汊道左右汊均总体呈现淤积态势,两汊的淤积速率基本相当,但两汊的河槽容积比值基本维持在 2002 年的水平,这说明左汊口门控制工程的实施,基本抑制了左汊持续发展的势头。2008 年以后,两汊河槽容积虽都略有扩大,但右汊分流比并未增加。

4 分流比、河槽容积与航道条件的关系

4.1 航道条件变化

和畅洲右汊浅滩年际变化表现为 12.5 m 等深线多年来一直贯通,随着右汊分流比的减小,右汊河床淤积萎缩,12.5 m 等深线宽度逐年缩窄,在右汊中段和下段 12.5 m 航宽大多数年份不足 200 m。

近年来,12.5 m 等深线窄段主要在中段和下段,由表 2 可见,12.5 m 等深线最窄航宽由 1988 年的 425 m 减小至 2014 年的 176 m,随着航道条件的恶化,碍航长度逐年增加。12.5 m 水深航道不足 250 m,碍航长度由 1998 年 9 月的 901 m 增加至 2014 年 7 月的 2 510 m,碍航情况逐年恶化(见图 5)。不足 250 m 碍航

位置主要位于谏壁河口、孩溪边滩,碍航浅段的最小水深在 9.3~10.4 m 之间。

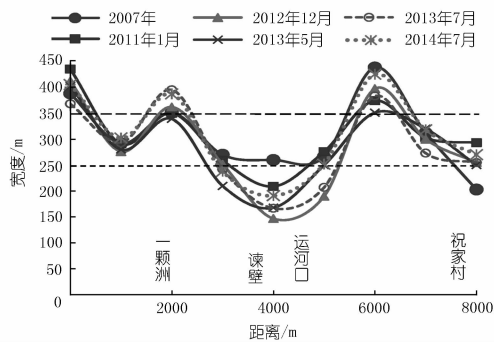


图 5 和畅洲右汉 12.5m 等深线沿程宽度(2007~2014 年)

表 2 和畅洲右汉 12.5 m 水深航道条件核查情况

时间/ 年-月	最小宽度/ m	分流 比/%	不足 250m 碍航长度/m	不足 250m 碍航位置	最小水深/ m
1988-01	425	45.5	-	-	
1992-10	320	44.9	-	-	
1995-05	275	41.9	-	-	
2000-09	237	30.2	860	一颍洲、谏壁河口	
2002-08	193	24.52	1450	谏壁河口、孩溪边滩	10.4
2004-10	174	27.8	2082	谏壁河口、孩溪边滩	9.5
2008-08	178	27.9	3865	谏壁河口、孩溪边滩	10.5
2010-03	171	25.3	2222	谏壁河口、孩溪边滩	9.3
2014-07	176	25.9	2510	谏壁河口、孩溪边滩	10.0

随着和畅洲右汉分流比的减小,和畅洲右汉航宽逐年减小,在谏壁河口、孩溪边滩附近 12.5 m 等深线航宽较窄。

4.2 分流比、河槽容积和航道条件关系

和畅洲水道是历史上长江下游河势变化最剧烈的河段,各汉道一直处于兴衰交替的巨大变化中。在 1974~1984 年期间,左汉分流比迅速增加,由 25.2% 增加到 46.2%;水利部门实施了一系列的治理工程后,1984~1987 年间,左汉分流比约维持在 50% 左右,两汉暂时均衡,这一时期,左、右汉的河槽容积分别为 2.14 亿 m³ 和 1.35 亿 m³,右汉 12.5 m 深水航宽最窄处亦达到 345 m,总体来说右汉深水航道条件优良。自 20 世纪 90 年代开始,随着长江频发大水,左汉分流比又持续上升,至 1996 年已达 60%,此时左、右汉的河槽容积分别为 1.94 亿 m³ 和 0.99 亿 m³,右汉 12.5 m 深水航宽最窄处为 322 m,深水航道条件仍然较好;但由于左汉继续发展,至 2000 年左汉分流比达 70%,此时左、右汉河槽容积变化为 2.504 亿 m³ 和 0.836 亿 m³,右汉 12.5 m 深水航宽最小航宽为 237 m,深水航道条件开始恶化;至 2002 年实施左汉口门控制工程后,左汉分流比扩大的势头被初步遏制,至 2014 年左汉分流比约 75%,右汉 12.5m 深水航道最小航宽仅为

176 m,深水航道已明显恶化。分流比、河槽容积和航道条件关系见表 3。

(1) 从航道变化趋势来看,左、右汉河槽的容积变化(即发展或缓慢淤积趋势)与分流比的变化是相对应的,右汉深水航道条件的优劣与分流比的变化密切相关,在不采取进一步工程措施的情况下,右汉河床仍将维持缓慢淤积势态。

(2) 和畅洲右汉航道条件与右汉分流比密切相关:右汉分流比大于 30% 时,右汉航道条件相对较好;右汉分流比逐渐减小时,航道条件趋于恶化。目前和畅洲右汉分流比相比历史较好(20 世纪 80 年代中期约 50%)时期已大幅减小(仅约 25%),相应的 12.5 m 最小航宽由约 350 m 减小至约 140 m(2012 年),航道条件明显恶化。虽然和畅洲左汉口门控制工程的实施,左汉分流比迅猛增加的趋势得到初步抑制,但左汉仍维持绝对的主汉地位,且近 3 a 又呈增加的态势,若任其进一步发展,对右汉航道条件十分不利。因此,需结合水利部门河势控制工程,通过工程措施,调整汉道分流,改善右汉航道条件。

表 3 和畅洲汉道分流比、河槽容积、航宽变化关系

时间	支汉	分流比/ %	河槽容积/ 亿 m ³	最小航宽/ m	航道 条件
1984~1987 年间	左汉	50	2.14	-	-
	右汉	50	1.35	345	优良
1992 年	左汉	55	2.29	-	-
	右汉	45	1.23	322	较好
2000 年	左汉	70	2.504	-	-
	右汉	30	0.836	237	趋于恶化
2014 年	左汉	75	2.65	-	-
	右汉	25.9	0.792	176	严重恶化

(3) 从上述 30 余年分流比与航道条件的变化过程来看,左、右汉河槽的容积变化与分流比的变化是相对应的。基于这一认识,对于改善右汉航道条件的工程治理思路为:① 通过整治工程措施,适当增加右汉分流比,改善右汉航道条件;② 在右汉分流比增加的情况下,辅以疏浚维护措施,维持右汉航道的通畅。

5 结论

(1) 和畅洲水道经历了左、右汉易位反复的过程,近年来受进出口节点控制及沿程岸线控制工程作用,总体河势变化不大,今后左主右支的分汉格局仍将继续维持。

(2) 和畅洲右汉航道条件与右汉分流比、河槽容积有较好的相关性,右汉分流比大于 30%,河槽容积维持在 0.8 亿 m³ 以上时,右汉航道条件相对较好;右汉分流比逐渐减小,0 m 以下河槽容积小于 0.8 亿 m³

时,航道条件趋于恶化。

(3) 为改善和畅洲右汊通航条件,采取工程措施适当加大右汊分流比、增强右汊水流动力条件、稳定并提高右汊现有河槽容积是十分必要的。

参考文献:

[1] 夏细禾,余文畴.长江中下游分汊河道稳定性与治理方略的探讨[J].人民长江,1999,(9):21-22.

[2] 张增发,李启顺,丁贤荣.GIS支持下长江镇扬河段河床演变分析[J].人民长江,2001,(9):39-40.

[3] 张志坚.对长江镇扬河段治理的构想[J].江苏水利,2004,(8):10-12.

[4] 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.

[5] 林木松,卢金友,张岱峰,等.长江镇扬河段和畅洲汊道演变和治理工程[J].长江科学院院报,2006,(5):10-13.

[6] 张细兵,卢金友,林木松.和畅洲汊道演变与左汉口门控制工程效果分析[J].人民长江,2009,40(20):1-6.

[7] 南京水利科学研究院.长江南京以下12.5米深水航道二期工程(南京至南通河段)河床演变分析研究[R].南京:南京水利科学研究院.2013.

[8] 杨芳丽,付中敏,朱立俊,等.和畅洲汊道近期演变及航道整治方案设想[J].泥沙研究,2012,(4):63-68.

(编辑:李慧)

Study on relationship of diversion ratio, channel capacity and waterway condition of Hechangzhou waterway

YANG Fangli

(Changjiang Waterway Planning, Design and Research Institute, Wuhan 430010, China)

Abstract: To strengthen the understanding of evolution laws at Hechangzhou branch channel in lower Yangtze River, the channel fluvial regime variation and the main problems of waterway are discussed from the perspective of the relationship between diversion ratio, the channel capacity and waterway condition on the basis of massive measuring data. The results show that if the diversion ratio of the right branch is less than 30% and the channel capacity below 0 elevation is less than 80 million m³, the waterway condition deteriorates. The thought of channel regime control and the waterway regulation are studied. The engineering measures are suggested such as increasing the diversion ratio of the right branch, improving the flow dynamic condition of the right branch, stabilizing and increasing the channel volume of the right branch.

Key words: diversion ratio; channel volume; waterway condition; regulation idea

(上接第9页)

参考文献:

[1] 彭静,何少苓,廖文根,等.珠江三角洲大系统洪水模拟分析及防洪对策探讨[J].水利学报,2003,34(11):78-84.

[2] 胡四一,施勇,王银堂,等.长江中下游河湖洪水演进的数值模拟[J].水科学进展,2002,13(3):278-286.

[3] 欧剑,马进荣,张行南,等.大通至长江口整体水动力模型[M].河海大学学报:自然科学版,2009,37(3):258-262.

[4] 白玉川,万春艳,黄本胜,等.河网非恒定流数值模拟的研究进展[J].水利学报,2000,(12):43-47.

[5] 李义天.河网非恒定流隐式方程组的汉点分组解法[J].水利学报,1997,(3):49-57.

[6] 张二俊,张东生,李挺.河网非恒定流三级联合算法[J].华东水利学院学报,1982,(1):1-13.

(编辑:常汉生)

Study on scale of sluice outlet of water – level maintaining works for Dazhou Lake

WU Fengyan, ZHANG Zulian, HE Juan

(Hubei Water Resources Research Institute, Wuhan 430072, China)

Abstract: Dazhou Lake in Xianning City, Hubei Province is a river – like one and the water level fluctuation results in the variation of the lake surface, so the landscape and ecological benefits can not be fully played. Therefore, the related departments decided to construct a sluice dam to control the lake water level. By the established river network hydraulic model, the hydrological process of the lake before and after the construction of the sluice was simulated. Taking the outlets number optimization of sluice built on Henggou River as a case, the influence of sluice outlets number and scale on flood control is analyzed by considering the long – term water level and discharge provided by the established river network hydraulic model. The results show that scheme of 9 sluice outlets is optimal, and its influence on flood control is the smallest.

Key words: hydrodynamic model; sluice outlet scale; Dazhou Lake; Xianning; Hubei Province