



# 引江济汉工程取水对航道通航条件的影响

胡鹏<sup>1</sup>, 裴金林<sup>1</sup>, 秦磊<sup>2</sup>, 郑力<sup>1</sup>

(1. 长江航道规划设计研究院, 湖北武汉 430011; 2. 东西湖区港航海事处, 湖北武汉 430040)

**摘要:** 引江济汉工程是从长江荆江河段引水至汉江兴隆段的大型输水工程, 以补给汉江下游河段因南水北调中线一期工程调水而减少的水量, 年平均输水量 37 亿  $m^3$ 。工程取水将会对长江中游荆江河段产生影响。以三峡 175 m 试验性运行期 (2008 年以后) 作为一般水文年, 根据引江济汉工程设计取水流量, 通过计算工程取水所引起的长江干流河道流量及水位的变化值, 分析受影响河段航道条件的变化情况。

**关键词:** 工程取水; 流量变化; 水位变化; 航道条件

中图分类号: U 612.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2016)06-0144-05

## Effect of water transfer project from the Yangtze River to the Hanjiang River on channel navigation condition

HU Peng<sup>1</sup>, PEI Jin-lin<sup>1</sup>, QIN Lei<sup>2</sup>, ZHENG Li<sup>1</sup>

(1. Changjiang Waterway Planning, Design and Research Institute, Wuhan 430011, China; 2. Dongxihu MSA, Wuhan 430040, China)

**Abstract:** The water transfer project from the Yangtze River to the Hanjiang river is a large water transfer project from Jingjiang reach of the Yangtze River to Xinglong reach of the Hanjiang river to supply water for the lower reach of the Hanjiang river considering the reduction of water supply due to the first stage midline the project of the South-North water diversion project, with an annual average carrying capacity of 3.7 billion  $m^3$ . The water-intaking project will have an influence on the Jingjiang reach in the middle reach of the Yangtze River. Considering the Three Georges project 175 m trial run period (after 2008) as a general hydrological year and according to the design water-intaking volume for the water transfer project from the Yangtze River to the Hanjiang river, we calculate the change of the flow and water level of the main river channel of the Yangtze River caused by the intake works and analyze the variation of channel condition in the affected reach.

**Keywords:** intake works; discharge variation; stage variation; channel condition

引江济汉工程作为南水北调中线水源区工程之一, 是从长江上荆江河段引水至汉江兴隆河段、补济汉江下游流量的一项大型输水工程。工程主体分为引水工程和通航工程两部分, 均位于长江中游太平口水道进口段左岸一侧, 通航工程进口布置在引水干渠进口下游 1 500 m 处, 距下游已建荆州长江大桥约 10.5 km。

干渠引水方式设计为自流和泵站提水 2 种。

一般在 5—9 月, 长江水位高时, 干渠可自流引水; 10 月至翌年 4 月, 当长江水位较低、没有自流条件时, 采用泵站提水方式, 以满足引江济汉出口以下河段的灌溉、水环境、航运、工业及居民用水要求, 设计引水流量  $Q = 350 m^3/s$  (最大引水流量  $500 m^3/s$ ), 泵站规模为  $200 m^3/s$ 。引江济汉通航工程是借水行舟, 为满足渠内 3.2 m 通航水深, 在 11 月下旬开始至翌年 4 月下旬当两江水

收稿日期: 2016-01-25

作者简介: 胡鹏 (1984—), 男, 硕士, 工程师, 从事水运工程设计、咨询研究工作。

位都低于渠内设计水位时, 需要补充通航流量, 因工程进、出口水位均低于渠内设计水位, 不能满足通航要求, 所以需关闭进、出口水闸, 采取泵站抽水, 通过控制渠内水位和补水, 满足通航要求。

工程引水使得取水河道的流量、水位等发生变化。文章以此为着眼点, 分析引江济汉工程取水对长江干线航道与通航可能带来的影响<sup>[1]</sup>。

### 1 工程河段航道条件

引江济汉工程进口所处长江中游荆江河段, 航道蜿蜒曲折, 演变频繁剧烈, 滩多水浅, 历来是长江干线碍航最为严重的航段, 是制约长江干

线航道资源有效利用的“卡口”。2010 年 11 月, 工程河段最小航道维护尺度为 3.2 m×80 m×750 m (深×宽×弯曲半径, 下同), 保证率 98%。近年来, 荆江河段进行了航道整治工程, 对河道内与航道条件关系密切的关键滩槽进行了控制, 荆江河段的通航环境较过去有所改善: 2016 年枯水期最小维护水深提升至 3.3 m。2015 年 1 月起, 在不计保证率的条件下, 工程河段航道维护尺度为 3.5 m×100 m×750 m, 试运行。水位等要素发生变化时, 会造成河段航道实际维护尺度调整, 文章主要以工程取水所引起的河道流量、水位入手, 分析河段航道条件的变化情况。图 1 为工程河段河势及引水干渠口门布置。

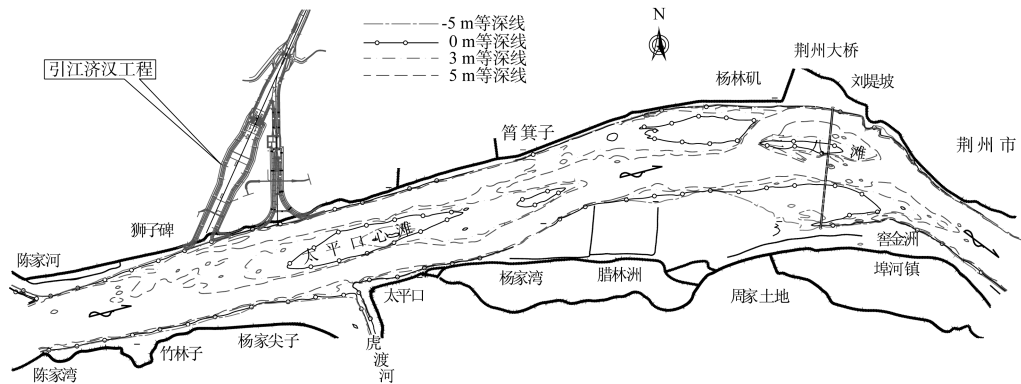


图 1 工程河段河势及引水干渠口门布置

### 2 取水对流量的影响

为全面分析引江济汉工程对河道流量的影响, 结合工程引水过程、设计引水流量及最大引水流量, 对旬引水量占沙市站多年旬平均流量和旬最小流量的比例进行计算, 并对比分析三峡水库蓄水前后该比例变化情况。由于荆江河段浅滩大多遵循“涨淤落冲”的演变规律, 浅滩冲淤与航道条件息息相关<sup>[2]</sup>, 为此还分析了涨水期及落水期引水量占沙市站流量比例。

#### 2.1 旬平均流量

从各旬最大引水量占沙市站各旬多年平均流量比例来看, 三峡水库蓄水前和蓄水后上旬最大比例均出现在 5 月, 中旬最大比例分别出现在 2 月和 5 月, 下旬最大比例分别出现在 2 月和 11 月; 上旬最小比例分别出现在 7 月和 1 月, 中旬最小比

例均出现在 7 月, 下旬最小比例均出现在 10 月。

从各旬最大、最小比例对应的沙市站多年旬平均流量来看, 三峡水库蓄水后 5 月上旬、中旬引水量所占比例较同期其他月份偏大, 但同时沙市站流量也较大, 引水对沙市河段流量影响相对较小; 11 月下旬引水所占比例较同期其他月份偏大, 且沙市站流量偏小, 引水后河段流量进一步减少, 加上退水期正值浅滩冲刷时期, 有可能对河段浅滩冲刷不利 (表 1)。

表 1 各旬引水量最大、最小比例对应沙市站多年平均流量  $m^3/s$

统计时段	各旬引水最大比例对应流量			各旬引水最小比例对应流量		
1991—2002 年	5 月上旬	2 月中旬	2 月下旬	7 月上旬	7 月中旬	10 月下旬
	9 868.8	4 310.8	4 624.7	27 477.2	29 206.8	13 014.6
2003—2014 年	5 月上旬	5 月中旬	11 月下旬	1 月上旬	7 月中旬	10 月下旬
	9 917.6	11 054.9	7 757.0	5 181.6	23 742.9	10 577.8

## 2.2 旬最小流量

从各旬引水量占沙市站各旬多年最小流量比例来看,三峡水库蓄水前上旬、中旬、下旬最大比例均出现在5月,蓄水后各旬最大比例分别出现在6月、5月和5月,蓄水前中旬、下旬最小比例均出现在10月,上旬最小比例均出现在12月,蓄水后上旬最小比例出现在1月,中旬和下旬最小比例均出现在12月(表2)。

表2 各旬引水量最大、最小比例对应沙市站多年最小流量  $\text{m}^3/\text{s}$

统计时段	各旬引水最大比例对应流量			各旬引水最小比例对应流量		
	5月上旬	5月中旬	5月下旬	12月上旬	10月中旬	10月下旬
1991—2002年	4 920	6 260	6 750	5 190	6 720	8 720
2003—2014年	4 790	6 930	7 300	4 550	5 360	4 690

从各旬最大、最小比例对应的沙市站多年最小流量来看,5月引水量所占比例最大,对应沙市站最小流量上旬最小,中旬、下旬依次递增。其中最大比例均出现在汛前5~6月,最小比例基本出现在汛后枯水期。

## 2.3 引水量占旬比例

依据引江济汉设计引水流量至最大引水流量,结合三峡蓄水后近年实测资料,计算得到不同时期引水量占旬流量的比例。可以看出:依据200~500  $\text{m}^3/\text{s}$ 引水量,最大引流比例一般出现在5—6月,且以5月居多,引水流量占旬流量的最大比例均在5%~10%之间。在特殊水文年份,长江干流来流较小,最大引流比例可能出现在枯水期9—11月份,最大引流比例可占旬均流量的5.76%。若枯水期引流比例增大至350  $\text{m}^3/\text{s}$ ,相应枯水期引流量大幅度增加,年最大引流量出现在枯水期的频次将增加,尤其在11月至次年2月,引流比例在7%以上的可能性增大。一般引流比例均在6%以上,枯水期旬均最大引流比例可达9.59%。

在2008年175 m试验性蓄水运行期后,200~500  $\text{m}^3/\text{s}$ 引水量情况下,最大引流比例同样以5月份居多,一般水文年最大引流比例在7%左右,枯水期在5%以内;而偏枯年份枯水期取水流量将出现达10%的极端情况。

## 3 取水对水位的影响

三峡水库蓄水以来,沙市站水位流量关系呈现出平行下降的态势。以近期沙市河段水位流量关系为基础,引水导致流量减小后,河段水位相应会有所下降<sup>[3]</sup>。根据各旬的设计引流量,选取三峡水库初期运行期及175 m试验性运行期,(洪、中、枯)3个典型年份分析知,沙市站水位变化幅度基本在0~10 cm。枯水年份由于来流量较小,引水对水位变化的影响相对较大,中洪水年份引水对水位的影响相当。从水位变化的年内分配来看,最大水位变幅一般出现在5月份,退水期9月下旬引水量也相对较大,水位下降较为明显。遇来流量偏枯,9月下旬引水所引起的水位变幅可达到10 cm以上。

为全面判断引水对水位的影响,选取各月份设计及最大引水流量,计算分旬最大水位变幅,其中枯水期(11月至翌年4月)按泵站最大引水能力(200  $\text{m}^3/\text{s}$ )或按照泵站加自流量(350  $\text{m}^3/\text{s}$ )计算,中洪水期按照最大引水流量(500  $\text{m}^3/\text{s}$ )计算。结果表明,引水所引起的最大水位变幅约32 cm,最大变幅一般出现在5月份,退水初期的9月份水位变幅也相对较大,变幅在23~29 cm。中洪水期由于水流漫滩,单位流量引起的水位变化降低,故在引水500  $\text{m}^3/\text{s}$ 情况下引起的河道水位降幅较5月份有所减小。同时,值得注意的是,枯水期引水所导致的沙市站水位降幅均在10 cm以上,尤其在特枯水年份,水位降幅可达14~29 cm。

### 3.1 对沿程水位的影响

工程取水改变了河道径流量,不可避免地造成上、下游沿程水位变化,其影响主要表现出以下3个特点:

1) 引流量越大,来流量越小,对应水位降幅越大,中水期水位降幅最大,洪水期次之,枯水期水位降幅相对较小。

2) 同时期内,沙市河段水位降幅居荆江河段首位,越靠近工程,水位降幅越大,工程下游河段水位降幅衰减速度小于上游河段。

3) 依据“200~500 调度规程”枯水期沙市河段最大水位降幅为 0.185 m, 相应枝城站及宜昌站水位降幅为 0.06 和 0.04 m; 下游荆江河段沿程水位均有 0.15 m 以上降幅, 过城陵矶后, 水位降低幅度将明显减小, 至螺山站水位降幅为 0.134 m。若采用“350~500 调度规程”相应沙市水位下降幅度将在原来的降幅基础上再下降约 0.07 m, 下游沿程水位再下降约 0.05 m (图 2)。

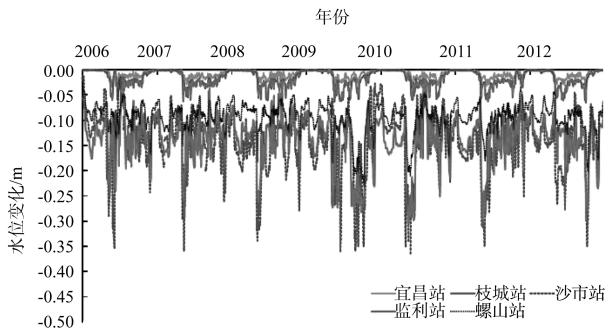


图 2 “200~500 调度规程”引水后荆江各控制水文站水位变化

### 3.2 对枝江江口河段水位比降的影响

枝江江口河段位于三峡下游砂卵石河段末端, 距离沙市河段约 20 km。沙市水位的下降将直接导致枝江江口河段出口水位的降低进而导致河段内水位流态的变化<sup>[4]</sup>。依据引江济汉沙市站水位下降区间, 分别假定沙市站水位下降 0.3、0.2、0.1 m, 计算枝江江口河段沿程水位得知, 沙市水位下降 0.3 m 时, 下曹家河以下河段相应水位变化幅度较为明显, 变幅在 0.2 m 以上, 下曹家河以上水位变幅明显减小, 枝江上浅区水位仅下降 0.05 m, 至昌门溪, 水位降幅仅为 0.03 m。当沙市水位下降 0.1 m 时, 枝江上浅区水位降幅削减为 0.03 m, 昌门溪水位变化幅度将进一步减小至 0.01 m。从比降变化情况来看, 下游水位的下降将引起河道内部比降的持续增大, 且沙市水位降幅越大, 比降增大也较为明显。从沿程比降变化幅度看, 枝江至宝筏寺一带比降受水位影响相对较小, 向上游及向下游比降受下游水位变化的影响均较为显著, 其中江口水道下曹家河一带比降受水位影响最大(图 3)。

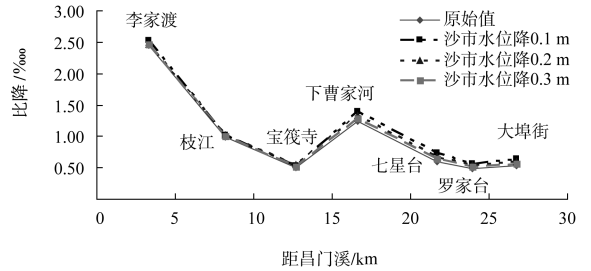


图 3 引水后枝江江口比降变化

引江济汉工程所导致的上游水位下降较下游水位降幅明显减小。对于下游河段而言, 引水改变了进流条件(即上游初始边界条件), 故而这一影响会随着河道内水流的演进而逐渐向下游传递, 在流量不变的情况下影响幅度并不会随着距离的增大而减小; 对于上游河段而言, 引水并没有改变河道流量, 仅仅影响了河道出口的侵蚀基准面, 其对上游的影响幅度将会随着距离的增大而逐渐减小。同时枝江江口河段河床由砂卵石组成, 加之河床形态复杂, 对水位控制作用较强, 下游沙市河段的水位变化向上游传递的难度也相对较大<sup>[5-6]</sup>。

### 4 取水对航道的影响

引江济汉工程对水位的影响分析结果表明, 工程直接降低了上下游河道水深, 枝江江口河段枯水期水深下降约 0.1 m, 沙市至城陵矶河段内沿程水位下降约 0.15 m, 对于航道尺度均较为紧张的枝江、江口、太平口、尺八口等水道而言, 目前航道水深仅能勉强维持最小维护尺度, 引江济汉工程实施后, 航道维护的压力将增大。以太平口水道 2012 年度航道条件为例, 太平口水道经历 2012 年大水后, 南槽—北汉过渡区域持续淤积, 为保障航道畅通, 航道部门于 2012 年 9 月在太平口水道“南槽—北汉”过渡区域实施维护性疏浚, 疏浚方量约 50 万  $m^3$ , 确保了枯水期 3.2 m 水深航道畅通。若水位进一步下降 0.15 m, 应疏浚维护方量将增大约 20 万  $m^3$ , 航道维护压力明显增大。同时可能带来河道内部杨林矶边滩的进一步淤积及退水期冲刷力度的减弱, 疏浚量将远远大于上述水位降低引起的维护方量, 相应维护频次也将

明显增加。

对于下游其余沙质河段而言，引江济汉工程将进一步减小河道内部退水期流量，进而引起河道内部退水期冲刷力度减弱。流量的减小与水位降低同时作用，航道部门退水期间分月目标水深的维护难度加大，长期累积作用，有可能使原本航道水深较为优良的河段出现碍航问题。因此，航道年度维护工作须进一步加大对浅区退水冲刷力度的观测，尤其在对于枝江浅区及太平口水道北汉进口浅区，须视浅滩9月底~10月的冲刷状况，增加维护性疏浚量与次数，同时密切关注枯水期水位变化情况，才能确保航道的畅通。

对于航道整治工程而言，引江济汉工程的实施在一定程度上抵消了航道整治工程中枝江、江口水道限制水位下降、太平口水道加大北汉进口浅区冲刷等的治理效果，同时加大了下游航道治理的复杂程度。且引江济汉工程与沙市河段限制北槽发展等航道治理规划存在一定的矛盾，也将直接制约宜昌—城陵矶河段航道尺度的进一步提高。

### 5 结语

1) 引江济汉工程取水使长江干流河道流量的减小和河道内部水位的下降，将导致枯水期枝江、江口、太平口等水道浅区水深不足和退水期浅区冲刷力度不足，将对航道通航条件产生不利影响。

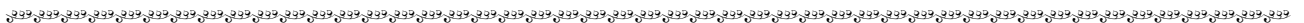
2) 长江中游部分水道枯水期航道维护尺度勉强维持 3.3 m×80 m×750 m，工程取水将使枯水期航道水深更为紧张，增加了航道维护难度。

3) 太平口心滩南北槽分流态势将发生调整，心滩头冲淤变化加剧，北槽出口处流速减缓，致使下段杨林矶边滩淤积加剧，使得北汉过渡段浅区碍航问题复杂。

### 参考文献：

- [1] 长江航道规划设计研究院.引江济汉工程取水通航安全影响论证报告[R].武汉:长江航道规划设计研究院,2014.
- [2] 汪飞,李义天,刘亚,等.三峡水库蓄水前后沙市河段滩群演变特性分析[J].泥沙研究,2015(4):1-6.
- [3] 江凌,李义天,孙昭华,等.三峡工程蓄水后荆江沙质河段河床演变及对航道的影晌[J].应用基础与工程科学学报,2010,18(1):1-10.
- [4] 周成成,黄召彪,熊小元,等.三峡水库蓄水后荆江河段河床冲淤及水位变化特点分析[J].中国水运,2014(5):52-53.
- [5] 何传金.长江中游荆江河段航道整治思路、对策及初步成效[J].水运工程,2012(10):11-17.
- [6] 刘林,黄成涛,李明,等.长江中游典型顺直河段交错边滩复归性演变机理[J].应用基础与工程科学学报,2014(3):445-456.

(本文编辑 郭雪珍)



## · 消 息 ·

### 上海航道局中标洋山深水港区四期工程

5月24日，上海航道局中标上海国际航运中心洋山深水港区四期工程施工项目，中标额为3.79亿元。

项目建设地点为浙江省舟山市嵊泗县，主要工程内容包括集装箱船进港内航道、码头前沿停泊水域、回旋及连接水域、码头下方疏浚施工，疏浚断面工程量为1210.6万m<sup>3</sup>。项目将于2016年6月1日开工，工期为436d。

[http://en.ccccltd.cn/pub/ccccltd/xwzx/zgsdt/201605/t20160531\\_48244.html](http://en.ccccltd.cn/pub/ccccltd/xwzx/zgsdt/201605/t20160531_48244.html)(2016-05-31)