

S9-53

31

内部材料

葛洲坝工程 重大技术问题讨论文集

第二分册

(续 编)

航 运

水利电力部驻葛洲坝代表处
水利部长江水利委员会

一九八九年

葛洲坝工程重大技术问题讨论文集

航运分册续编

葛洲坝工程重大技术问题讨论文集航运分册因受编辑完稿时间和篇幅的限制,仅收集了1987年以前的部分有关文献。随着时间的推移,近二年多来又有新的进展,大江航运工程进行了过流和冲沙试运行、实船试航、闸室抽干检查、原型观测和中间验收等工作,并于1990年5月1日大江航运工程正式投入试运行,开始发挥航运效益;三江航运工程运行情况、库区和坝下游原型观测和分析等也有新的文献报导。为了使本论文集能反映最新的情况,又收集了1988年以来的部分有关文献,作为葛洲坝工程重大技术问题讨论文集航运分册的续编,供读者参阅。

编者1990年5月

目 录

- 一. 葛洲坝工程大江航道过流及冲淤试运行组织实施会议纪要
附件: 大江航道过流及冲淤试运行技术要求(讨论修订稿) 部驻葛洲坝代表处(1-5)
- 二. 葛洲坝大江航道1988年过流冲沙效果及回淤问题的初步分析 王巧 韩明辉 殷瑞兰(6-25)
- 三. 葛洲坝大江航道、船闸试航简报 葛洲坝大江试航领导小组(26)
- 四. 葛洲坝大江航道、船闸试航工作总结 葛洲坝大江试航领导小组(27-32)
- 五. 葛洲坝大江航道汛期试航实船测试报告 长江航运科学研究所(33-54)
- 六. 葛洲坝枢纽大江航道试航期水位、流量和试验船对照表 长江航务管理局(55-56)
- 七. 函报关于大江航运工程中间阶段验收的有关意见 长办葛洲坝设计代表处(57-60)
- 八. 关于葛洲坝大江航运工程验收中应予研究解决的问题及对验收工作的建议 长江航务管理局(61-63)
- 九. 葛洲坝大江航运工程中间阶段验收鉴定书 (64-77)
- 十. 关于一号船闸排干检查处理情况及请安排试运行的意见 部驻葛洲坝代表处(78-89)
- 十一. 关于葛洲坝大江下游航道尺度能满足试通航要求的报告 宜昌航道分局 (90)
- 十二. 关于葛洲坝大江航道、船闸试运行的报告 长江航务管理局(91-95)
- 十三. 葛洲坝三江航道工程的运行实践 嵇德平(96-111)
- 十四. 葛洲坝水利枢纽三江航道冲淤特性分析 彭君山 周道科(112-124)

- 十五. 葛洲坝三江航线设计及运行实践.....刘党一 张亚利(125-136)
- 十六. 葛洲坝一期工程主要遗留问题研究、处理情况的报告.....
.....长江水利委员会、部驻葛洲坝代表处(137-142)
- 十七. 葛洲坝水库蓄水运用以来库区冲、淤及航道变化.....向熙琰(143-165)
- 十八. 葛洲坝水库变动回水区枯水险滩变化分析.....黄光华(166-174)
- 十九. 葛洲坝水利枢纽坝址至江口河段砂石骨料开挖及其影响.....
.....龙应华 黄丽华(175-183)

水利电力部驻葛洲坝代表处文件

水葛代字(88)第41号

1. 葛洲坝工程大江航道过流及冲淤

试运行组织实施会议纪要

葛洲坝工程局、葛洲坝电厂、长办设代处、葛洲坝船闸管理处、宜昌航道分局、宜昌航政分局、

六月十四日部驻葛洲坝代表处召开葛洲坝工程大江航道过流及冲淤试运行组织实施会议，葛洲坝工程局、葛洲坝电厂、葛洲坝船闸管理处、宜昌航道分局、宜昌航政分局、长办设代处及华中电管局、宜昌市护岸指挥部、江南市政指挥部的有关领导和工作人员参加会议。现将会议讨论意见纪要如下：

1、会议讨论了长办设代处(88)长葛设字第015号文“报送《大江航道过流及冲淤试运行技术要求》并请组织实施的报告”，基本同意长办设代处所提技术要求，并提出局部修改意见，修改稿见附件。

2、为搞好试运行工作，决定成立试运行领导小组，下设操作指挥组及观测组，具体单位及名单如下：

试运行领导小组：

组长单位水电部代表处：刘一是、王梅地

副组长单位葛洲坝工程局：王广杰

长办：邵长城(或黎安田)

成员单位葛洲坝电厂：庄正新

葛洲坝船闸管理处：钱治川

宜昌航道分局：周坦

宜昌航政分局：孙建南

宜昌市：请市政府指定

(1) 操作指挥组：

组长：葛洲坝工程局 杨浩忠

副组长：葛洲坝电厂 孙直义、李佳才

成员：葛洲坝船闸管理处 彭庚生

长办 宋维邦

葛洲坝工程局 徐鸣琴、严兴东、孙润清、孙广恒、黄明冲、杜其晨

(2) 观测组：

组长：长办 林少蒙

副组长：葛洲坝工程局 任尚卿

成员：葛洲坝电厂 刘樟、彭君山

葛洲坝船闸管理处 魏国

宜昌航道分局 黄建九

葛洲坝工程局 刘建国、邹忠铁、陈武、王建夫、王乃树、赵朝良

3、试运行中可能遇到险情，必须作好抢险准备。葛洲坝工程部位由工程局负责抢险工作，下游护岸包括江南大道等部位由宜昌市负责抢险工作。

4、葛洲坝工程大江航道过流及冲淤试运行是大江航道试航验收的重要组成部分，是葛洲坝水利枢纽二期工程竣工验收的重要阶段，各有关单位都应作好充分准备，高度重视，加强联系，搞好协作，齐心协力，搞好这次试运行工作。

水利电力部驻葛洲坝代表处

一九八八年六月十八日

抄报：水利部、能源部、能源投资公司、三峡工程开发总公司（筹）。

抄送：长办、华中电管局、长江航务管理局、宜昌市人民政府、湖北省地方船舶过闸管理处。

附件：大江航道过流及冲淤试运行技术要求（讨论修订稿）

第一节 目的

大江航道不仅是葛洲坝水利枢纽右岸航线的主要组成部分，而且是冲沙、泄洪、分流延长二江泄水闸检修时间，防止大江电厂粗砂过机的主要过流和排砂通道。为了达到上述综合效益，枢纽总体规划布置要求大江航道和泄洪冲砂闸最大过流量为20,000秒立米。在大江航道试航前应进行大江航道过流试运行，以便检验航道的过流能力，流速流态分布和大江冲砂闸消力池的消能情况；检验防淤堤、冲砂闸、下游导航隔流堤等工程所采用的防护设施在各级过流流量时水流和波浪等作用下运行的适应性和安全度；并通过过流试运行，冲刷挡淤埂上游和下游航道范围内的淤泥以基本上形成设计的大江航道断面和检验1号船闸充泄水设施和大江冲砂闸机电设备的性能。鉴于进行试运行技术复杂，要求严格，需各有关单位密切配合，以确保试运行顺利安全进行，为此制定本技术要求。

第二节 试运行的规定与要求

1、大江航道过流及冲淤试运行，分两步进行：第一步为过流能力、防护工程检验和冲淤；第二步为汛末冲砂。

2、大江航道过流及冲淤试运行时，采取与将来泄洪、防淤、冲砂运用条件基本保持一致的原则。试运行第一步，在长江来水量大于 35,000 和 45,000 秒立米，坝上水位 66.00 ± 0.5 米时进行；第二步，应在长江来水量为 25,000 秒立米左右时进行，坝上水位同前。

3、第一步过流能力，防护工程检验和冲淤试运行按来水量分级进行。在此之前为检验机电设备，在长江来水量大于 25,000 秒立米时，可开始开闸过流，流量由小到大分为四级，最大过流量为 8,000 秒立米。当长江来水量大于 35,000 秒立米，航道最大过流量为 15,000 秒立米；当长江来水量等于大于 45,000 秒立米时，航道最大过流量为 17,500 秒立米；当长江来水量等于大于 60,000 秒立米时，航道最大过流量为 20,000 秒立米。因此要尽量抓住大于 45,000 秒立米的洪峰，先达到航道过流 17,500 秒立米，和抓住洪峰流量继续上升到 60,000 秒立米的时机，达到航道过流 20,000 秒立米。在完成上述各级流量的过流试运行过程中，根据当时的水情、工情和资料收集分析情况，可研究是否及如何按设计条件（35,000 秒立米以上允许过流 20,000 秒立米）的最大过流量进行试验，届时由试运行领导小组确定。

4、大江航道过流及冲淤试运行的流量采用逐级加大的原则，具体规定如下：

级 别	一	二	三	四	五	六
流 量 m^3/s	< 5,000	10,000	12,500	15,000	17,500	20,000

每级的过流间隔时间一般不小于 6 小时，最后一级的过流时间当洪峰延续时间较长时不小于 24 小时，当洪峰延续时间不足 24 小时，根据实际时间长短而定。以上所定流量级、间隔时间和最后一级过流时间，根据进行中的模型试验成果、水情和工程情况，届时可作适当调整。

5、每次试运行过程中和结束后，应即时对各有关建筑物进行检测和检查有无异常现象，确定是否需要进行处理。如需要处理，必须等处理工程检查符合要求后，方可进行下级的试运行。一次洪峰（超过 35,000 秒立米）过境，过流试运行过流量 $> 15,000$ 秒立米后，需进行水下地形测量。

6、第一步试运行后，若汛期未过并仍出现长江来水量大于 35,000 秒立米的洪峰时，仍按第一步有关流量规定，逐级加大开闸过流，每级过流间隔时间不少于 2~6 小时，直到长江来水量降至 35,000 秒立米时终止。

7、第二步汛末冲砂，当汛末长江来水量为 25,000 秒立米左右时，进行流量为 10,000 秒立米的汛末冲砂，总历时不少于 10 小时，冲砂流量分 5,000、7,500、10,000 秒立米三级，逐级加大，各级间隔时间为 1 小时。

8、为了保持枢纽上下游水位稳定，不破坏来量泄量平衡的原则，试运行流量变级时，大江泄洪冲砂闸闸门的启闭应与二江闸协调进行。

9、大江泄洪冲砂闸的操作要求：闸门开启程序，若集控可以投入运行，则应试用成组集控（试用时应考虑备用的现场手控）；若集控不能投入运行，必须采用现场单孔操作时，为保证入池水流对称均匀，各孔开启顺序（对各级每一级泄量相同）如下：①#5、②#3、#7、③#1、#9、④#4、#6、⑤#2、#8；关闭顺序与开启顺序相反。闸门启闭均应控制水跃位置在一级池允许范围内。

10、第二步汛末冲砂完毕后，对大江航道及过流的影响范围进行全面水下地形测量检查。

11、为了减少水流出游导航隔流堤后向左侧扩散，使水流较顺直地沿着下游航道下泄，有效地冲刷航道范围内的淤滩。同时为了减少大江电厂下游心滩淤积，在大江航道试运行过流时，除大江电厂能发电的机组要过流外，大江电厂的排沙底孔和排沙洞也要先打开过流，最少右侧8个孔洞必须过流。

12、大江航道过流时，一号船闸用上闸首事故检修门挡水，关闭下闸首人字闸门。下人字门下游侧的冲淤管道应打开长期冲淤，航道过流过程中一号船闸应每隔1~2小时充泄水一次，为冲走左支泄水口的淤积，根据现场情况，可先开左支单边泄水。在充泄水和不充泄水时，闸室水位均应高于下游水位3米以上（在航道过流前，应做闸室充泄水和冲淤管道的试运行，检验有关设备是否正常），特别是过流快结束时，船闸应连续进行两次以上充泄水，以减少下人字门前的泥沙淤积。

13、由于大江航道的流量，单宽流量、流速均很大，水流形态复杂，加上其它估计不到的因素，在试运行过程中可能出现一些情况和问题，如护坡护脚局部破坏，需及时进行修补，以保证建筑物正常运行，各有关单位均必须预备一定数量的特大块石（单块重15T，上航道数量约2000立米的实体方）和块石。

14、每次大江航道过流前应及时通告有关单位。大江航道范围（上从向家咀，下至笔架山河段）内的所有船舶都应提前撤离，通过南津关河段，三江航道上下游口门附近的船舶（队）及西坝大江侧，南岸砖桥河上下段的船舶（队）均应密切注意水情变化，作好预防措施。

15、大江航道，大江泄洪冲砂闸，一号船闸等建筑物，具备试运行条件时，应密切注意水情预报，及时召开会议，抓住时机具体确定各步试运行日期。

第三节 观测要求（详由设计另提技术要求）

1、大江航道试运行过流期间，对大江航线内各主体建筑物应加强内外部原型观测，同时在防淤堤顶，右岸岸坡及其它有关建筑物要进行巡逻观察，若发现测压管，应力计，滑坡、裂缝、沉降、流态等异常现象时，应立即报告现场指挥组，研究确定是否暂停过流，进行处理或采取应急措施。负责单位，葛洲坝工程局，各单位参加。

2、大江泄洪冲砂闸及消力池的流态观测要求同《规程》对三江冲砂闸及消力池的要求；其它部位的流速，流态及波浪观测要求另提。负责单位，长办葛洲坝水文实验站。

3、在试运行第一步各次过流的最后两级流量和第二步汛末冲砂的最后一级流量，都要进行上下游航道的表面流速流态观测。观测范围从 $13+000\sim 17+200$ 。负责单位，长办葛洲坝水文实验站。

4、第一步大江航道过流前后及试运行过程中和第二步汛末冲砂前后都要进行全面水下地形测量（比尺 $1/2000$ 、 $1/5000$ ）。测量范围从上游向家咀至下游砖桥河河段，从 $13+800\sim$ 笔架山断面范围内测量断面和测点要适当加密，具体要求另提，先提供草图后提供正式图。负责单位，长办葛洲坝水文实验站。

5、在第一步各阶段过流试运行过程中进行含沙量及推移质观测，观测部位由承担单位与有关单位商定。负责单位，长办葛洲坝水文实验站。

6、试运行全部结束及试航后，枯水季节选择适宜时间，抽水检查大江泄洪冲砂闸一级池护坦及大江船闸闸室，进行全面的检查和必要的修补。负责单位，葛洲坝工程局。

7、大坝监测，过流前一次，过流量 $15000\sim 20000$ 秒立米 $1\sim 2$ 次。负责单位，各观测管理单位。

8、设备监测，主要包括反弧门起闭力观测，大江冲砂闸弧门动荷载及振动观测。负责单位，长办长科院。1号船闸的气蚀声震观测结合三峡工程需要由三峡公司另行安排。

9、大江冲砂闸护坦和船闸水力学观测。负责单位，长办长科院。

10、承担观测和检查的单位，对发现异常现象和急需的资料或草图应立即提供。正式报告或图纸应在观测、检查结束后二个月提供。

2. 葛洲坝大江航道 1988 年过流冲沙

效果及回淤问题的初步分析

王巧 韩明辉 殷瑞兰

长江科学院河流室

内 容 提 要

本文初步分析了葛洲坝大江航道 1988 年过流冲沙效果及回淤问题, 通过分析表明, 大江航道的冲沙效果良好, 航道内各级流量的通航水流条件也是良好的, 同时也指出了大江下引航道口门外的波浪对航行有一定的影响, 大江航道的回淤速度较快应给予足够的重视。初步的实践证明了“静水通航, 动水冲沙”同样是解决大江航道的通航水流条件及航道泥沙问题的基本途径。

前 言

葛洲坝大江航道地处南津关弯道凸岸下游, 位于该河段的主要输沙道上。它的泥沙问题及航行的水流条件均较三江航道复杂。通过以往的试验研究了解到大江上引航道, 尤其是向家嘴至上口门一带淤积较为严重。有的专家总结为“多、快、粗”, “挖不胜挖”。另一方面随着淤积高程的增高, 口门拦门泡的强度逐渐增强, 对船舶的航行有一定的影响。大江下引航道回淤速度亦很快, 且自笔架山至李家河一带, 流速较大, 波浪较高, 影响船舶顺利进入航道。因而, 大江航道的通航标准由原定的 $45000 \text{ m}^3/\text{s}$ 降至 $35000 \text{ m}^3/\text{s}$, 远较三江航道的通航标准 $60000 \text{ m}^3/\text{s}$ 为低。而冲沙流量又较三江航道大得多, 大江最大冲沙流量达 $20000 \text{ m}^3/\text{s}$, 三江仅 $10000 \text{ m}^3/\text{s}$ 。这也说明了大江航道泥沙问题的复杂以及解决这一问题的难度之大。1988 年大江航道各项建筑物已近峻工, 各方人士对它的通航条件及泥沙问题极为关注。采用“静水通航, 动水冲沙”的途径能否适用于大江航道, 人们拭目以待第一年大江航道运行的实践检验结果。为此, 长江科学院河流室根据今年过流试运行, 过流后的泥沙淤积及试验情况对大江航道的冲沙效果及回淤速率进行了初步分析研究, 分述于后。

一、通航期大江航道的水流条件

通航期的水流条件, 不仅决定了船舶能否顺利进出航道, 航行的条件是否良好, 同时也决定了航道上泥沙淤积的性质。原型中尚未观测航道口门流速, 为此, 在模型上对流量为 $32000 \text{ m}^3/\text{s}$ 及 $25000 \text{ m}^3/\text{s}$, 坝上水位 66.5 M 两

种情况进行了专门的试验研究。

1. 流态: 以长江流量为 $32000 \text{ m}^3/\text{s}$ 时大江航道口门流速流态绘于图 1。由图可见, 上游航道自向家嘴至上口门, 有两个回流, 第一个回流是自向家嘴, 高程为 5.5M 平台的尾端至口门以上 500M, 回流长约 500M, 宽约 200M。回流流速近主流一侧较大, 最大达 0.86 m/s , 越近岸壁越小。第二个回流紧靠航道口门, 范围较小, 时隐时现, 为弱回流。两个回流之间为缓回流区, 流速为 $0.5 \sim 1.0 \text{ m/s}$, 近主流一侧流速较大, 越近岸壁越小。航道以内有一阵发性往复流。

下引航道自导航墙尾端至笔架山上首为大片回流区, 其宽度与航道大致相同。近主流一侧的回流流速约为 0.85 m/s 左右, 右岸江南大道坡脚附近流速很小, 难以测出。导航墙端点至口门以内约 100M 范围内, 有极弱的回流。

综上所述, 上下口门区属回流缓流淤积, 航道内侧为往复流、异重流淤积, 这一点尚须进一步观测。另一方面, 大江航道地处南津关弯道凸岸下游, 受环流影响是不可忽视的。因此大江航道的泥沙淤积显然比三江航道严重。

2. 口门流速

上口门外 500M 范围内, 下口门外 1100M 范围内流速值列于表 1、表 2。

由表可见, 上口门外纵向流速均在 1 m/s 以下, 横向流速约为 $0.1 \sim 0.2 \text{ m/s}$ 左右, 基本上都小于 0.3 m/s , 下口门纵向流速最大为 1.78 m/s , 水流方向与航道方向的偏角一般很小, 因此横向流速也较小。由此可见, 上下口门的航行水流条件是良好的。从今年 8 月 29 日至 9 月 2 日试航情况来看, 大江航道上口门外的水流情况十分平稳, 船舶可以自由进出航道。下口门外主要是波浪对船舶有一定的影响, 航行条件较上口门为差。这一点需进一步研究改善。

表 1

大江上引航道口门处流速

流量 m ³ /s	断 面		测 点		流 速 (m/s)		
	断面号	距口门距离(m)	测 点 号	距 右 水 边 距 离 (m)	实测流速 V	偏 角 α	横 向 流 速 V_y
32000	8	200	1	120	0.3	左 22 °	0.11
			2	155	0.43	左 20 °	0.15
			3	200	0.51	左 32 °	0.27
			4	250	0.64	左 40 °	0.41
			5	290	0.64	左 20 °	0.22
	9	350	1	130	0.40	左 7 °	0.05
			2	170	0.64	左 12 °	0.13
			3	220	0.67	左 13 °	0.15
			4	260	0.77	左 18 °	0.24
			5	300	0.64	左 18 °	0.20
	10	500	1	135	0.54	左 5 °	0.05
			2	165	0.64	左 10 °	0.11
			3	225	0.73	左 10 °	0.13
			4	275	0.75	左 13 °	0.17
			5	315	0.86	左 15 °	0.22
25000	8	200	1	120	0.27	左 27 °	0.12
			2	155	0.42	左 34 °	0.23
			3	200	0.52	左 29 °	0.25
			4	250	0.56	左 27 °	0.25
			5	290	0.56	左 27 °	0.25
	9	350	1	130	0.40	左 25 °	0.17
			2	170	0.47	左 17 °	0.14
			3	220	0.54	左 17 °	0.16
			4	260	0.56	左 17 °	0.16
			5	300	0.73	左 20 °	0.25
	10	500	1	135	0.42	左 3 °	0.02
			2	200	0.40	左 5 °	0.03
			3	225	0.50	左 12 °	0.10
			4	275	0.60	左 13 °	0.13
			5	315	0.70	左 15 °	0.18

表 2

大江下引航道口门外流速 (m/s)

流量 m ³ /s	断 面		测 点		流 速 (m/s)		
	断面号	距口门距离(m)	测点号	距右水边距离(m)	实测流速 V	偏 角 α	横 向 流 速 V_y
32000	6	500	1	220	0.36	左 5°	0.05
			2	266	1.40	0°	0
	7	650	1	210	0.54	0°	0
			2	250	1.57	0°	0
			3	300	1.78	左 5°	0.16
	8	800	1	150	0.33	0°	0
			2	200	1.16	左 5°	0.10
			3	245	1.75	左 5°	0.15
	9	950	1	165	0.26	0°	0
			2	200	0.54	左 7°	0.07
			3	242	1.44	左 10°	0.25
			4	290	1.68	左 11°	0.32
	10	1100	1	115	0.80	0°	0
			2	210	1.20	左 8°	0.17
			3	250	1.47	左 10°	0.26
			4	300	1.57	左 8°	0.22
25000	6	500	1	220	0.47	0°	0
			2	266	1.40	左 15°	0.36
	7	650	1	220	0.89	0°	0
			2	266	1.60	0°	0
			3	300	1.83	左 3°	0.1
	8	800	1	150	0.88	0°	0
			2	200	1.44	左 10°	0.25
			3	245	1.87	0°	0
	9	950	1	165	0.37	左 15°	0.07
			2	200	0.99	左 5°	0.09
			3	242	1.47	左 5°	0.13
			4	290	1.68	左 10°	0.29
	10	1100	1	115	1.0	0°	0
			2	210	1.40	左 5°	0.12
			3	250	1.62	左 10°	0.28
			4	300	1.64	左 14°	0.40

二、1988年大江航道冲沙效果

大江航道与三江航道的起始运用情况有一定的差异。三江航道为陆上开挖，在挖到设计高程后蓄水运用。经过整个汛期的运行，泥沙淤积达到一定高程，于汛末进行冲沙。而大江航道除近坝段为陆上开挖外，尚有部分河段为水下开挖，此外上、下口门外大段航道尚须借助过流冲沙，以能基本达到设计高程。因此，过流冲沙前的淤积，属几年来的累计淤积，过流冲沙后的回淤物为今年新淤。也就是大江航道的运用程序为先冲沙、后运用，运行期必然产生泥沙回淤。

1. 过流冲沙前的航道地形及河床组成

图2为过流冲沙前大江上引航道地形，由图可见，航道以内自坝前至上横向围堰（距坝400M），高程一般为39M左右，上横向围堰至挡淤埂下首（距坝900M），高程一般为43M左右，挡淤埂段的高程一般为44.5~45M，个别点达到46M，口门以外有一淤积大边滩，自口门至口门外600M范围内，淤积高程均在58M以上，其中64M高程以上的滩体长约230M，宽60M左右，最高高程达64.5M。

图3为过流前大江下引航道地形。自坝下至导航墙末端，河底高程自38M逐渐抬升至42M，形成倒坡。口门以外有一上宽下窄的边滩。40M高程以上的滩体在下口门处为220M，至翠谷山仅100M，滩顶最高高程达47.3M。航道中心线一带高程为32~37M左右。

上、下口门外边滩上淤积物粒径一般为0.07~0.17mm。航道内河床系大部分为开挖后残留的砂石料，粒径较粗，最粗可达20~30cm，为卵石、砾石。细的则为粗砂，极不均匀。

2. 冲沙流量及冲沙历时

大江航道过流试运行三次，汛末冲沙一次，共计四次，详见下表。

表3 冲沙流量及冲沙历时

序号	起迄时间	历时 (小时, 分)	大江航道冲沙流量 (m^3/s)	长江来流量 (m^3/s)	坝上水位 (M)
1	7月16日10时~21时	11时	5000~10000	25000	66.5
2	7月28日~7月31日 其中	64时51分	10000~20000	37000~43000	66.5
		59时	>10000		
		29时	>15000		
		11时30分	>17500		
		7时	>20000		
3	8月24日22时 ~8月25日19时 其中	21时	10000~12000	32000~28000	66.5
		14时	12000		
4	9月20日~9月22日		15700~10000	3800~2500	66.5

3. 冲沙流速流态

原型当大江航道泄流 $15000 \text{ m}^3/\text{s}$ (长江流量为 $36800 \text{ m}^3/\text{s}$) 及 $20000 \text{ m}^3/\text{s}$ (长江流量为 $39000 \text{ m}^3/\text{s}$) 时, 对大江上、下引航道的表面流速流态进行浮标观测。图4、图5为大江航道流量为 $15000 \text{ m}^3/\text{s}$ 时, 表面流速流态, 为了弥补原型流态中有些区域未能观测到的不足, 在模型中又专门进行了补充试验。图6为模型大江航道冲沙时的流态图。由图可见, 整个大江航道的流态是, 水流向家嘴逐渐向大江航道汇集, 在堤头处, 流线较为密集, 绕过堤头后, 在防淤堤右侧有一窄长的回流, 其余均为顺流。大江下引航道右岸有两个贴岸回流, 一个在紫阳河口下游, 回流较弱, 流速仅 0.5 m/s 左右; 另一个在纱帽山附近, 回流流速很小, 难以测出。

原型表面流速, 上引航道一般为 $4 \sim 7 \text{ m/s}$, 最大为 7.2 m/s , 发生在上航道中部偏右, 口门以外较小, 一般为 3 m/s 左右。下引航道流速一般为 $4 \sim 5 \text{ m/s}$, 最大为 5.98 m/s , 发生在笔架山附近。模型上测得的各断面表面流速, 上游一般为 4 m/s 左右, 下游 $3 \sim 4 \text{ m/s}$, 这种流速冲刷力是较强的。

4. 冲沙效果

(1) 冲沙量, 三次过流试运行的冲沙量列于表4。表中上引航道冲沙量的计算范围为自坝轴线至口门以外 800 M , 全长 1800 M , 口门以外的计算宽度为 $200 \sim 300 \text{ M}$ 。下引航道计算范围为自坝轴至笔架山, 全长 1800 M 。断面宽为 $200 \sim 300 \text{ M}$ 。

(2) 冲沙前后的纵横剖面, 图7、图8为大江上、下引航道冲沙前后的纵剖面。可以清楚地从该图看到冲刷沿纵向发展的过程。图9为典型横断面的冲淤变化, 可以看出沿横向的冲淤变化。

(3) 冲沙后地形, 以第二次冲沙后的地形为例, 上、下引航道冲沙后的地形分别绘于图10及图11。

表4 大江航道冲沙量 单位: 万 m^3

	第一次冲沙				第二次冲沙				第三次冲沙				冲沙总量 (万 m^3)			
	口门内	%	口门外	%	口门内	%	口门外	%	口门内	%	口门外	%				
	冲沙量 (万 m^3)		冲沙量 (万 m^3)		冲沙量 (万 m^3)		冲沙量 (万 m^3)		冲沙量 (万 m^3)		冲沙量 (万 m^3)					
上引航道	33.315	64%	16.90	34%	39.293	13.943	15.9%	71.76	36.1%	85.305			135.4			
下引航道	22.068	68.6%	10.155	31.3%	39.313	36.94	30%	107.35	30%	134.69	5.13	11%	41.3	19%	16.43	213.133
全引航道	55.403	67.1%	27.135	32.8%	82.306	49.483	16.4%	179.31	81.6%	219.995			46.43			246.733

由图可见,上引航道自坝轴线至横向围堰的400 m范围内,已由39 m高冲至36.2~36.8 m,平均冲深2.5 m。上横向围堰段(距坝400~600 m)已由冲前的43 m冲至40.6~42.6 m,平均冲深1.5 m。上横向围堰至挡淤埂段已由冲前的43~45 m冲至40 m以下。平均冲深4 m左右。防淤堤右侧45 m以上的边滩宽为70~100 m,上宽下窄,亦较冲前为窄。口门外边滩冲低冲窄,6.4 m以上的滩体已冲光,60 m以上的滩体亦已缩小不少。下引航道,口门以内在第一次过流后已冲至36~37 m高程,第二次冲沙虽无资料,但可以推测,必定会进一步冲深。口门外航道中心线上高程为31~33 m,最低已冲至29.8 m,边滩冲后变窄亦较低。

综观上述资料,可以清楚地看到,第一次过流,冲刷主要发生在上、下口门之内的航道上。对于上航道而言,冲刷发生在闸前段和上横向围堰与挡淤埂之间,这两个河段上河床组成较松散,估计颗粒亦较细,易于冲刷。口门以外的冲沙量小,是由于第一次的冲沙流量小,历时短。第二次冲沙流量大,历时长,冲沙效果较好,尤其是上下口门以外的冲沙量所占比重很大。上航道口门内的冲刷部位主要在上横向围堰及挡淤埂段。由此可见,一些较粗的颗粒、卵石、砾石已被冲动带往下游。从下引航道纵剖面图亦可清楚地看出,冲刷有逐渐向下游发展的趋势。这一点与三江航道是不同的。三江航道属悬移质淤积,冲刷作用在初始的8~12小时内较为明显,超过12小时,冲沙效果明显降低。而大江航道尚有施工的卵石、砾石,甚至较大块石带往下游,这类物质属推移质冲刷,它的输移必然需要一定的时间,才能带到下游主河槽去。由于大江下引航道内,在紫阳河口上首,修建了裹头,它在冲沙时将主流挑到航道中心线一带,因此,对航道冲沙及保护江南大道起到了良好效果。第三次冲沙,显然冲沙流量不大,但航道上为新淤物,因此,冲沙效果亦较好,保证了试验的顺利进行。

三、大江下引航道的回淤问题

第二次过流冲沙后,于8月2日观测了上下引航道的地形。8月16日观测了上下引航道地形,发现回淤速度很快,口门外航道中心线以右,淤高了约5 m左右。至8月24日又淤高2 m,短短22天内淤高7 m,平均约三天淤1 m,回淤速度十分可观。该时段的回淤量为,8月2日至8月16日,下口门外回淤116.2万 m^3 (计算范围同前),8月16日至8月24日又继续回淤了72.9万 m^3 ,连同该两时段口门以内回淤的10.2万 m^3 共计淤积199.4万 m^3 。比前两次冲沙量的总和166.7万 m^3 还多。为了确保试航顺利进行,于8月25日进行了第三次冲沙,将航道冲到要求高程。

初步分析,下引航道回淤快的原因,一是,当大江航道不过流时,就整个河势而言,大江上航道处于弯道凸岸,在环流作用下,来沙量较大,且下游航道上大片

回流、缓流区，淤积必然严重。二是，当航道冲沙时，部分泥沙被水流带到航道左侧的电站下游心滩上落淤，冲沙后，航道高程仅31~33m，而心滩高程一般为36~39m，二者高差达6m左右。于是心滩上的泥沙又带到航道上淤填，俗称“龙摆尾”。三是随着电站装机的增多，原淤在电站上游的泥沙被带往下游。由于前几年的累积淤积，后两者的影响对今年而言，相对较大，今后随着航道、电厂的运行，影响将有所减弱，而前者则为经常性的起主要作用的影响。除上述外，《大江航道过流及冲淤试运行技术要求》规定：“第一步试运行后，若汛期未过，并仍出现长江来水量大于35000秒立米洪峰时，仍按第一步有关流量规定，逐级加大开闸过流……直到长江来水量降至35000秒立米时为止……。”由于种种原因，未按上述要求执行，这也是日淤较快的重要原因之一。今年的来水来沙均属中等。粗略估算了发生回淤的8月份的平均水沙情况，与其他典型年及多年平均值一并列于表5。

表5 各典型年份8月份水、沙量对比表

年	流量 (m ³ /s)	输沙量 (Kg/s)	含沙量 (Kg/s)	年型
1988	30500	53050	1.75	
1981	28600	77200	2.70	中水丰沙年
1954	49500	87600	1.77	
多年平均	27760	48600	1.75	

由表可见，今年8月份来水量略偏丰，但来沙量接近多年平均值，远较1981年及1954年少。它表明了今年大江下引航道的回淤速率并不是最严重的情况。对于大江下引航道的波浪问题及回淤快问题，尚须从整个下游河势规划治理着眼，研究较好的河势规划方案，降低环流效应，减少横波影响，方能从根本上改善大江下引航道的通航条件。

四、几点认识

1，1988年大江航道通过过流试运行及汛末冲沙表明大江航道的冲沙效果很好，初步的实践检验证明了“静水通航、动水冲沙”同样是解决大江航道的通航水流条件及航道泥沙问题的基本途径。

2，大江上引航道各级流量的通航水流条件是良好的。试航表明，船舶能自由进出航道，水流平稳。大江下引航道，在距坝1800m范围内，纵横向流速均较小，能满足航行要求，主要是波浪对航行有一定的影响。今后尚须从下游河势规划及局部工程措施两个方面进行研究改善。

3，大江下引航道的回淤速度较快，应给予足够的重视，尤其是在汛末，尚有

一定泥沙来量，水量又日益趋小的情况下，须利用其冲沙效果好的有利条件，根据预报，正确调度，进行冲沙以保证整个非汛期的航深。

4，大江上引航道，由于运用水位抬高，目前水深很大，回淤问题尚未充分暴露，因此，须在今后运行中认真观测，以便及早发现问题，解决问题。

编写单位：长江科学院 河流室

编写人：王巧 韩明辉 殷瑞兰

主要参加人员：叶树森 汪明娜 沈之平 韩向东 张政权 朱元林

1988年11月