

# 南水北调东线工程典型供排闸站 施工导流分析研究

侯钧宇<sup>1</sup>, 陈 栋<sup>2</sup>, 王 凯<sup>2</sup>, 杨晨霞<sup>2</sup>, 严春华<sup>2</sup>

(1. 淮安市水利工程建设管理服务中心, 江苏 淮安 223001

2. 江苏省水利勘测设计研究院有限公司, 江苏 扬州 225100)

**摘要:**南水北调东线工程南起扬州长江, 经13个梯级提水入东平湖后, 穿黄北送等, 线路总长1 466.5 km。鉴于南水北调输水干线上水工建筑物的功能多样, 加固改造时供排水导流工况复杂, 选取输水干线典型闸站即沙集闸站, 分功能、分时段、分规模、分方案地进行导流, 充分保障施工期工程原供排水充分效益发挥。

**关键词:**南水北调东线工程; 闸站; 泵站; 施工导流; 供水; 排水

中图分类号: TV551

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839(2024)03-0033-0004

## Analysis and research on the construction diversion of typical supply and discharge gate stations in the East Route of the South-to-North Water Diversion Project

HOU Junyu<sup>1</sup>, CHEN Dong<sup>2</sup>, WANG Kai<sup>2</sup>, YANG Chenxia<sup>1</sup>, YAN Chunhua<sup>1</sup>

(1. Huai'an Water Conservancy Engineering Construction Management Service Center, Huai'an 223100, China;

2. Jiangsu Surveying and Design Institute of Water Resources Co., Ltd., Yangzhou 225001, China)

**Abstract:** The east route of the south to north water diversion project starts from the Yangtze River in Yangzhou in the south, and after being pumped into Dongping Lake through 13 cascades, it passes through the Yellow River and is transported to the north, with a total length of 1466.5 km. Considering the diverse functions of hydraulic structures on the south to north water diversion project main line, and the complex water supply and drainage diversion conditions during reinforcement and renovation, a typical gate station on the main line, namely Shaji Gate Station, was selected for diversion in different functions, periods, scales, and schemes, fully ensuring the full benefits of the original water supply and drainage during the construction period.

**Key words:** East Route of South to North Water Diversion Project; gate station; pump station; construction diversion; water supply; drainage

## 1 概 述

### 1.1 工程概况

南水北调东线工程南起扬州市长江干流, 利用京杭大运河及与其平行的河湖, 经13个梯级22处

枢纽34座泵站提水入东平湖, 穿黄北送等, 线路总长1 466.50 km, 抽江规模为500 m<sup>3</sup>/s, 设计多年平均抽江水量87.66亿 m<sup>3</sup>, 供水范围为黄淮海平原东部和山东半岛, 总面积16.62万 km<sup>2</sup>[1]。

自2013年11月南水北调东线一期工程运行

收稿日期: 2023-11-23

基金项目: 江苏省水利科技项目(2021008)

作者简介: 侯钧宇(1971—), 男, 工程师, 本科, 主要从事水利工程建设管理工作。E-mail: 547481600@qq.com

10年以来,累计调水入山东61.38亿 $\text{m}^3$ ,供水范围内直接受益人口超0.68亿。2019年以来,通过东线北延应急供水工程,累计向河北、天津地区调水5.87亿 $\text{m}^3$ ,综合效益显著<sup>[2]</sup>。

江苏省沙集闸站工程位于睢宁县沙集镇西南约2 km处的南水北调输水干线徐洪河上,地处东经118°07'26.5",北纬33°53'23",距下游洪泽湖约72 km,具有防洪、除涝、灌溉、航运、发电等综合功能<sup>[3]</sup>。

## 1.2 现状供排水任务

1993年建成的沙集站(设计流量50  $\text{m}^3/\text{s}$ )与2013年建成的睢宁二站(设计流量60  $\text{m}^3/\text{s}$ )及中运河输水线刘老涧梯级(设计流量230  $\text{m}^3/\text{s}$ )共同组成了“南水北调东线工程”第五供水梯级,承担着“南水北调东线工程”调水任务。

沙集闸地处淮河下游,位于徐洪河上,属洪泽湖周边及以上区,沙集闸是废黄河区间泄洪通道之一,设计分洪流量50  $\text{m}^3/\text{s}$ ;沙集闸可相机排泄黄墩湖地区涝水;排涝面积309.37  $\text{km}^2$ ;沙集站也可作为骆马湖的分洪通道,相机分洪流量200~400  $\text{m}^3/\text{s}$ <sup>[4-5]</sup>。

## 1.3 沙集闸站施工计划及导流标准

按原规模对沙集泵站进行加固,更换主机、电气设备等,消除各类安全隐患,确保工程运行安全;并对沙集闸进行适当消险加固。为不影响区域行洪排涝,本工程水下部分需确保在一个非汛期内完成,含机电部分的更新改造、上下游清污机桥工程、河道护砌和砼修补及防碳化处理<sup>[6]</sup>。

沙集泵站加固改造工程施工工期24个月,工程筹建期自2022年5月初开始,于2022年10月底开工,2024年5月底完工,要求2023年5月底前完成工程水下部分,确保2023年6月1日前能打开围堰,节制闸可运行;2023年8月具备临时调水运行条件,泵站可运行<sup>[7]</sup>。

围堰截流周期为:2022年10月至次年5月。

节制闸加固周期(即排水导流周期)为:2023年10月至次年5月。

泵站加固周期(即供水导流周期)为:2022年10月至次年8月。

沙集泵站加固改造工程施工围堰等临时水工建筑物级别为4级,导流建筑物设计洪水标准为施工期10年一遇<sup>[8]</sup>。

# 2 施工导流期水位及围堰

## 2.1 施工导流水位分析

根据沙集闸站工程任务,分析不同工况下施工

期(导流期)水位,最后综合确定施工期水位<sup>[9-11]</sup>。沙集闸站施工导流期水位计算成果见表1。

表1 沙集闸站施工导流期水位计算成果

工况	上游水位/m	下游水位/m
10年一遇 非汛期排频	20.55	14.39
非汛期排水 设计工况	19.50	16.09
调水/灌溉 设计工况	21.6	13.5
通航水位	最高22.5 正常19.5	最高16.0 最低11.5
导流水位确定	21.6	16.09

综合表1水位成果,结合《南水北调东线一期工程睢宁二站工程初步设计报告》成果,考虑施工期围堰的重要性,导流期供排水需要,本次施工期10年一遇上游水位取21.6 m(即睢宁二站站上设计水位),下游取16.09 m(即非汛期10年一遇设计水位)。

## 2.2 围堰方案分析

为便于清污机桥、引河交通桥及护砌工程顺利实施,并结合河道清淤,拟在上、下游引河中打施工围堰,上游围堰中心线距站身130 m,下游围堰中心线距站身约150 m。上游侧施工围堰长约65 m,采用素土填筑围堰,距离泵站约130 m。施工期水位21.60 m,考虑安全超高和波浪高度,结合睢宁二站站上最高运行水位等要求,综合确定设计围堰顶高程22.50 m,在围堰迎水面顶部设1.0 m高挡水子堰。下游侧施工围堰长约65 m,采用素土填筑围堰,距离闸站约150 m,非汛期10年一遇施工期水位16.09 m,考虑安全超高和波浪高度,结合施工临时交通等要求,综合确定设计围堰顶高程18.50 m,为满足防浪要求,在围堰迎水面顶部设1.0 m高挡水子堰。

# 3 施工导流流量

沙集闸站施工期(导流期)应同时考虑沙集闸站排水需求和供水需求,其中沙集闸站一水闸工程施工工期为10月至次年5月,沙集闸站一泵站工程施工工期为10月至次年8月。

### 3.1 施工导流排水流量分析

#### 3.1.1 沙集闸实测排水流量分析

根据沙集闸历年非汛期实测最大流量资料分析,施工期(2022年10月至次年5月)沙集闸10年一遇流量为 $133.4\text{ m}^3/\text{s}$ ,非汛期历史最大排水流量为 $216.0\text{ m}^3/\text{s}$ (2005年10月11日)、2005年外非汛期历史第二高排水流量为 $109\text{ m}^3/\text{s}$ (2021年11月17日)<sup>[12-14]</sup>。

#### 3.1.2 沙集闸非汛期设计排水流量分析

沙集闸承担着黄墩湖地区相机排水任务,同时在适当时机下承担着废黄河区间洪水和骆马湖洪水的分洪任务。当废黄河区间发生非汛期10年一遇洪水时(非汛期设计流量为 $17\text{ m}^3/\text{s}$ ),可通过庆安水库(50年一遇设计)调蓄或泄洪,也可通过徐沙河上的沙集西闸排入徐洪河,庆安水库设计防洪标准50年一遇、300年一遇洪水校核,当废黄河区间发生非汛期10年一遇洪水时,庆安水库完全有能力进行调蓄。2020年起,江苏省启动了黄墩湖洼地治理工程,现已基本完工,工程治理后,黄墩湖地区排涝条件明显改善,区域排涝标准可达5年一遇,骨干河道防洪标准可达20年一遇,当黄墩湖地区遭遇非汛期10年一遇洪水时(非汛期洪水 $210.3\text{ m}^3/\text{s}$ ),黄墩湖地区有能力实现自排,有条件不启用沙集闸相机排水。废黄河以南徐洪河汇水区洪涝水直接排入徐洪河(沙集闸下段),无需经过沙集闸下泄。当骆马湖水位超过 $24.50\text{ m}$ 并预报继续上涨时,退守宿迁大控制;嶂山闸泄洪控制新沂河沭阳站洪峰流量不超过 $7\,800\text{ m}^3/\text{s}$ ;视下游水情,控制宿迁闸泄洪不超过 $1\,000\text{ m}^3/\text{s}$ ;徐洪河适时分洪 $200\sim 400\text{ m}^3/\text{s}$ 。现骆马湖防洪标准已达到50年一遇,非汛期骆马湖发生10年一遇洪水时,有能力实现自排,无需启用徐洪河分洪。

综上所述,沙集闸非汛期有能力不排水,设计工况下,沙集闸非汛期无排水任务。

#### 3.1.3 施工期排水流量确定

表2为沙集闸施工导流期流量计算成果,综合表2流量计算成果,确定沙集闸施工期导流流量为0。周边相关地区排水维持现有排水体系即可。沙集闸施工期周边相关区域排水情况如下:①黄墩湖地区维持现有排水体系,不采用沙集闸相机排水。②废黄河区间涝水入庆安水库调蓄等。③骆马湖非汛期不向徐洪河分洪。④徐沙河排水区维持现有排水体系,经沙集西闸排入徐洪河。

### 3.2 施工导流供水流量分析

根据沙集站2000—2020年抽水流量系列资料,

表2 沙集闸施工导流期流量计算成果

工况	流量/ $(\text{m}^3/\text{s})$
工程调度等设计工况	0
历年非汛期实测流量最大平均	56.3
非汛期实测流量10年一遇	133.4
导流流量确定	0

对历年(10月—次年8月)实测供水流量资料,进行累计频率曲线分析,沙集站施工期(10月至次年8月)流量90%保证率流量为 $50\text{ m}^3/\text{s}$ 。沙集站设计供水流量为 $50\text{ m}^3/\text{s}$ ,供水高峰期为每年5—6月,南水北调东线一期工程运行以来,历年10月至次年8月沙集站平均供水总量为 $4.3\text{ 亿 m}^3$ ,最大供水总量达 $6.7\text{ 亿 m}^3$ 。综合以上两种流量计算成果,考虑沙集站施工期跨沙集站供水高峰期,为充分保障供水安全,本次施工期供水导流流量取 $50\text{ m}^3/\text{s}$ ,即沙集站设计流量。

## 4 施工导流方案分析

### 4.1 排水导流方案分析

拟定多线路分流排水导流方案<sup>[15]</sup>:

线路一:废黄河以北黄墩湖地区洪涝水自排入骆南中运河。黄墩湖地区涝水维持现有排水布局,自排工况下,黄墩湖地区(徐洪河以西民便河片)涝水由民便河套闸排入民便河再入邳洪河,最终由新邳洪河闸排入骆南中运河,沙集闸不再承担相机排水任务。

线路二:废黄河以北黄墩湖地区洪涝水抽排入骆马湖。黄墩湖地区涝水维持现有排水布局,当地区无法实现自排时,黄墩湖地区涝水可由民便河站、皂河一站、邳州站抽排入骆马湖、骆南中运河,沙集闸不再承担相机排水任务。

线路三:废黄河区间洪涝水经庆安水库调蓄等。沙集闸承担着废黄河分洪任务,沙集闸施工期废黄河区间涝水 $17\text{ m}^3/\text{s}$ ,可经庆安水库调蓄或排入徐洪河经徐沙河沙集西闸(设计流量 $637\text{ m}^3/\text{s}$ )下排。

### 4.2 供水导流方案分析研究

分不同供水时期拟定不同的供水导流方案。

工况一:10月至次年5月供水导流方案。南水北调东线一期工程即现状向胶东和鲁北的输水时间为10月至次年5月,沙集站(设计 $50\text{ m}^3/\text{s}$ )施工期间,可采用西侧睢宁二站(设计 $60\text{ m}^3/\text{s}$ ,备用机组 $20\text{ m}^3/\text{s}$ )并根据需要启用中运河输水线进行供水



导流。

工况二:6—8月供水导流方案。6—8月,江苏省无需向省外供水,此时苏北地区处于灌溉用水高峰期,可提前适当提高洪泽湖、骆马湖水位,供水时可同时启用睢宁二站和骆南中运河输水线向苏北地区供水。

## 5 结论及建议

### 5.1 结 论

沙集闸具有相机排泄黄墩湖地区涝水、分泄废黄河区洪水、分泄骆马湖部分洪水的任务,非汛期(施工期)沙集闸不承担相机排水及分洪任务,沙集闸施工期周边相关区域排水情况如下:①废黄河区间涝水入庆安水库调蓄,余水经沙集西闸排入徐洪河;②废黄河以北区即黄墩湖地区洪涝水,维持现有排水体系,自排入骆南中运河或抽排入骆马湖;③废黄河以南即徐沙河等排水区,维持现有排水体系,经沙集西闸等排入徐洪河;④骆马湖非汛期不向徐洪河分洪。

根据工程建设任务、供水线路场段及运行管理成本,沙集站施工导流期确定为10月至次年8月,分时段进行导流设计如下:①向省外调水时(南水北调工况,10月至次年5月),采用睢宁二站,并根据需要启用中运河输水线进行供水导流;②6—8月,提前适当提高骆马湖、洪泽湖水位,同时启用睢宁二站、中运河输水线进行供水导流,当遭遇极限工况时,启用睢宁二站备用机组( $20\text{ m}^3/\text{s}$ )进行供水导流,备用机组不满足要求时,可在沙集站附近等架设临时机组进行供水导流。

### 5.2 建 议

现有多功能水利工程施工导流,应充分考虑各功能需求,进行分功能、分时段、分标准、分方案地进行导流,在保障工程安全的前提下,最大程度地发挥工程原有效益。

随着社会经济的发展,水利工程的综合效益越发显著,长期效益越发厚重,尤其南水北调东线工程等国家战略性工程,在工程规划建设时,应充分考虑功能效益持续发挥的需要、后期运行维护的需

要、工程安全运行的需要等,对关键工程进行分布式设计与建设,以提升工程效益、降低工程运维风险及难度,延长工程寿命。

### 参考文献:

- [1] YANG W H, CHENG J H, LI X H, et al. a research of the section layout of the second phase of the eastern route of south-to-north water diversion project from hongze lake to luoma lake[J]. Earth and Environmental, 2021: 676-685.
- [2] 李国英. 李国英召开专题会议研究南水北调东线一期工程北延应急供水工作[J]. 中国水利, 2022(7): 前插2.
- [3] 余希红. 浅谈南水北调东线徐洪河睢宁段影响工程规划[J]. 江苏水利, 2004(9): 17, 9.
- [4] 黄海田, 冯晓莉, 仇宝云. 南水北调东线泵站全站运行效率分析[J]. 南水北调与水利科技, 2005, 3(3): 11-4, 26.
- [5] 王丽, 莫兆祥. 沙集泵站增效扩容改造技术方案探讨[J]. 中国水利, 2014(10): 45-46.
- [6] 余春华, 吴新民, 袁凤友, 等. 骆运管理处病险水闸的分析及处理[J]. 江苏水利, 2007(8): 34, 36.
- [7] 问泽杭, 李丙旭, 莫兆祥. 沙集泵站机组同转速倒转发电研究[J]. 中国农村水利水电, 2005(4): 35-36.
- [8] 胡志根, 刘全, 贺昌海, 等. 水利水电工程施工初期导流标准多目标风险决策研究[J]. 中国工程科学, 2001, 3(8): 58-63.
- [9] 刘东海, 钟登华, 周锐, 等. 基于GIS的水电工程施工导流三维动态可视化[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2002, 14(11): 1051-1055.
- [10] 钟登华, 刘东海. 基于GIS的施工导流管理决策支持系统[J]. 水力发电, 2001, 1(1): 56-59.
- [11] 郑晓阳, 张建伟. 南水北调渠道抽排泵站运行工况研究[J]. 河南水利与南水北调, 2022, 51(8): 39-40.
- [12] 王文杰, 吴学文, 方国华, 等. 南水北调东线工程江苏段水量优化调度研究[J]. 南水北调与水利科技, 2015, 13(3): 422-426.
- [13] 张劲松, 周建中. 基于分时电价的南水北调东线水量优化调度[J]. 南水北调与水利科技, 2009, 7(5): 23-27.
- [14] 周楚天, 刘攀. 基于深度神经网络的水文频率分析[J]. 水文, 2022, 42(6): 1-6.
- [15] 许朝会, 孙凡永. 浅谈水利工程施工中导流施工技术的应用[J]. 河南水利与南水北调, 2015(10): 6-7.