

# 洪泽站发电工况下消能防冲 安全复核分析

周 亮<sup>1</sup>, 纪 恒<sup>2</sup>

(1. 南水北调东线江苏水源有限责任公司洪泽站管理所, 江苏 淮安 223001;  
2. 南水北调东线江苏水源有限责任公司淮安分公司, 江苏 淮安 223001)

**摘要:**洪泽站工程是南水北调东线一期工程的第三梯级泵站,其主要任务是由金宝航道、入江水道三河段向洪泽湖调水,为洪泽湖周边及以北地区供水。洪泽站利用汛期洪泽湖弃水发电,对泵站工程主功能进行扩展,就4种不同工况对洪泽站发电工况下的建筑物消能防冲及引河抗冲能力进行复核,发现站内建筑物及引河消能防冲基本上能满足要求,个别存在冲刷可能性的部位采取相关措施后即可保证安全。

**关键词:**发电工况;消能防冲;安全复核

**中图分类号:**TV742      **文献标识码:**B      **文章编号:**1007-7839(2022)01-0055-05

## Security recheck analysis of energy dissipation and impact resistance in Hongze Station under power generation condition

ZHOU Liang<sup>1</sup>, JI Heng<sup>2</sup>

(1. *Hongze Station Management Institute of Jiangsu Water Source Co., Ltd., East Route of South-to-North Water Diversion Project, Huai'an 223001, China;*  
2. *Huaian Branch of Jiangsu Water Source Co., Ltd., East Route of South-to-North Water Diversion Project, Huai'an 223001, China*)

**Abstract:** The Hongze Station Project is the third cascade pumping station of the first phase of the East Route of the South-to-North Water Diversion Project. Its main task is to transfer water from jinbao Channel and three river sections of the river channel to Hongze Lake and supply water to the surrounding and northern areas of Hongze Lake. The abandoned water of Hongze Lake during the flood season is used to generate electricity for Hongze station. The main functions of the pumping station project are expanded, and the energy dissipation and impact resistance of the buildings under the power generation conditions of Hongze Station and the impact resistance of the river diversion are reviewed for 4 different working conditions. It was found that the buildings in the station and the diversion river can basically meet the requirements, and safety can be ensured by taking relevant measures for individual parts with the possibility of scouring.

**Key words:** power generation condition; energy dissipation and impact resistance; security recheck

洪泽站工程是南水北调东线第一期工程的第三梯级泵站之一,其主要任务是通过与下级金湖站

联合运行,由金宝航道、入江水道三河段向洪泽湖调水  $150 \text{ m}^3/\text{s}$ <sup>[1]</sup>,为洪泽湖周边及以北地区供水,

收稿日期:2021-08-13

作者简介:周亮(1996—),男,本科,主要从事水利工程运行管理等工作。E-mail:1178653736@qq.com

并结合宝应湖、白马地区排涝。枢纽除调水功能外,兼具防洪、排涝及发电功能。

洪泽站工程主要由泵站、挡洪闸、进水闸及进出水引河等部分组成。泵站设计流量  $150 \text{ m}^3/\text{s}$ ,布置在洪泽湖大堤堤后约  $1\,300 \text{ m}$ 。挡洪闸设计流量  $150 \text{ m}^3/\text{s}$ ,位于洪泽湖大堤上,共 3 孔,每孔净宽  $10 \text{ m}$ ,进水闸设计流量  $150 \text{ m}^3/\text{s}$ ,位于泵站站下  $500 \text{ m}$ ,共 4 孔,每孔净宽  $10 \text{ m}$ 。泵站引河布置于三河船闸与洪金干渠之间,总体上呈东西走向,分为 3 段,其中引河口至进水闸段长  $3\,269 \text{ m}$ ,进水闸至泵站段长  $500 \text{ m}$ ,站上引河段  $1\,303 \text{ m}$ 。

## 1 各建筑物及引河消能防冲设计

### 1.1 泵站

泵站站上设  $25 \text{ m}$  长钢筋混凝土护坦、 $60 \text{ m}$  长浆砌块石护底,护底末端至翼墙间护坡采用浆砌块石护砌;站下设  $31.2 \text{ m}$  长钢筋混凝土护坦、 $60 \text{ m}$  长浆砌块石护底,护底末端至翼墙间护坡采用浆砌块石护砌。

### 1.2 挡洪闸

闸室上游(洪泽湖侧)设构造消力池,长  $20 \text{ m}$ 、深  $50 \text{ cm}$ ,其后为  $10 \text{ m}$  长的混凝土防渗护坦和  $34 \text{ m}$  长的混凝土护底,末端为抛石防冲槽;下游(站侧)设  $15 \text{ m}$  长透水护坦,其后为  $45 \text{ m}$  长混凝土护底。

### 1.3 进水闸

闸室上游(入江水道侧)设钢筋混凝土防渗护坦,其后为  $30 \text{ m}$  长灌砌块石护底,护底末端与翼墙间的护坡采用混凝土护砌;下游(站侧)设构造消力池,长  $13.5 \text{ m}$ 、深  $60 \text{ cm}$ ,其后为  $40 \text{ m}$  长的灌砌块石护底,末端为抛石防冲槽,防冲槽外  $5 \text{ m}$  至翼墙间护坡采用灌砌块石护砌。

## 2 计算分析方法

洪泽站有 2 套发电装置<sup>[2]</sup>,一是泵站岸墙内水轮机发电,流量为  $30 \text{ m}^3/\text{s}$ ;二是泵站主机组反转发电,流量为  $150 \text{ m}^3/\text{s}$ 。本文主要就两者共同发电工况下对其建筑物消能防冲及引河抗冲能力进行复核。

### 2.1 计算工况

消能防冲复核应选择可能最不利工况所对应的水位、流量进行计算,根据洪泽站发电特征水位进行不利组合,并结合水位组合形成水头差所确定的发电流量,形成以下消能防冲水位、流量组合(表 1)。

### 2.2 建筑物消能防冲复核方法

根据《水闸设计规范》(SL265—2016)<sup>[3]</sup>,建筑物消能防冲按附录 B 进行计算,其中主要包括消力池计算,分别为消力池深度计算、消力池长度计算、消力池底板厚度计算、海漫长度计算及海漫末端河床冲刷深度计算。

### 2.3 引河防冲复核方法

根据《灌溉与排水工程设计规范》(GB50288—99)附录 F《渠道允许不冲流速》进行引河的允许不冲流速计算。按引河土质表 F-1 或 F-2 得水力半径  $R=1$  时的允许不冲流速,当  $R \neq 1$  时,表中数值要乘以  $R^\alpha$ 。 $\alpha$  按土质情况取值:疏松的壤土、黏土  $\alpha=1/3 \sim 1/4$ ,中等密实和密实的壤土、黏土  $\alpha=1/4 \sim 1/5$ ,非黏土  $\alpha=1/3 \sim 1/5$ 。

站上引河河床土质主要是由 A 层粉质黏土、②层粉质黏土、④层粉质黏土、重粉质壤土组成,属黏性土, $\alpha$  按中等密实和密实的壤土、黏土进行取值,取  $\alpha=1/5$ ;站下引河河床土质主要是由②层粉质黏土、④层粉质黏土、重粉质壤土以及④'层重粉质沙壤土、轻粉质壤土组成,属黏性土, $\alpha$  按中等密实和密实的壤土、黏土进行取值,取  $\alpha=1/5$ 。

## 3 计算结果分析

### 3.1 建筑物消能防冲复核计算分析

#### 3.1.1 泵站

根据消能防冲复核计算方法,得洪泽站泵站消能防冲计算结果(表 2)。

泵站上下游水位差较大,由于是发电工况,其势能大部分转化为电能,采用水闸规范所提供的消能计算方法已不适用,考虑到站下水深较大,而尾水流速也很低,因此认为站下消能能够满足要求。由表 2 可知,泵站下游在工况 1、工况 2、工况 3 消能防冲均能满足要求,最不利组合工况 4 会造成海漫末端轻微冲刷,冲刷深度约  $0.41 \text{ m}$ 。

#### 3.1.2 挡洪闸

根据消能防冲复核计算方法,得洪泽站挡洪闸消能防冲计算结果(表 3)。

由表 3 可知,挡洪闸在 4 个工况下的消能防冲均满足要求。

#### 3.1.3 进水闸

根据消能防冲复核计算方法,得洪泽站进水闸消能防冲计算结果(表 4)。

由表 4 可知,进水闸下游在工况 1 条件下消能防冲均满足要求,工况 2、工况 3、工况 4 条件下消能

表 1 消能防冲水位、流量组合

工况	挡洪闸上游水位/m	挡洪闸下游水位 (站上水位)/m	进水闸上游水位 (站下水位)/m	进水闸下游 水位/m	发电水 头差/m	发电流量/ ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )	备注
1	12.50	12.35	8.20	8.00	4.15	171	发电设计工况
2	12.50	12.35	7.70	7.50	4.65	184	站上发电设计水位, 站下发电最低水位
3	13.63	13.48	8.20	8.00	5.28	200	站上发电最高水位, 站下发电设计水位
4	13.63	13.48	7.70	7.50	5.78	212	站上发电最高水位, 站下发电最低水位

表 2 发电工况下泵站消能防冲计算成果

工况	上游水位/m	下游水位/m	流量/ (m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> )	消能	海漫			末端防冲槽		
				是否满足要求	计算长度/m	实际长度/m	是否满足要求	计算冲刷深度/m	有无防冲槽	是否满足要求
1	12.35	8.20	171	是	15.6	60	是	<0	无	是
2	12.35	7.70	184	是	16.1	60	是	<0	无	是
3	13.48	8.20	200	是	16.8	60	是	<0	无	是
4	13.48	7.70	212	是	17.3	60	是	0.41	无	否

表 3 发电工况下挡洪闸消能防冲计算成果

工况	上游水位/m	下游水位/m	流量/ ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )	消能		海漫			末端防冲槽		
				计算池深/m	是否满足要求	计算长度/m	实际长度/m	是否满足要求	计算冲刷深度/m	有无防冲槽	是否满足要求
1	12.50	12.35	171	<0	是	11.5	45	是	<0	无	是
2	12.50	12.35	184	<0	是	11.9	45	是	<0	无	是
3	13.63	13.48	200	<0	是	12.4	45	是	<0	无	是
4	13.63	13.48	212	<0	是	12.8	45	是	<0	无	是

表 4 发电工况下进水闸消能防冲计算成果

工况	上游水位/m	下游水位/m	流量/ ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )	消能		海漫			末端防冲槽		
				计算池深/m	是否满足要求	计算长度/m	实际长度/m	是否满足要求	计算冲刷深度/m	有无防冲槽	是否满足要求
1	8.20	8.00	171	<0	是	12.4	45	是	<0	无	是
2	7.70	7.50	184	<0	是	12.8	45	是	0.55	无	是
3	8.20	8.00	200	<0	是	13.4	45	是	0.34	无	是
4	7.70	7.50	212	<0	是	13.8	45	是	1.24	无	是

及海漫长度满足要求,但海漫末端河床会产生一定冲刷,工况 4 条件下冲刷深度较大,为 1.24 m。

3.2 引河防冲复核计算分析

根据引河防冲复核计算方法,对 3 段不同河段进行计算,结果见表 5~表 7。

从表 5~表 7 可知,各段引河在各个工况下的平均流速均小于允许不冲流速,满足河道不冲要求。但这里需要说明的是,进水闸前引河在工况 4 时,其平均流速已非常接近允许不冲流速,由于理论计算与实际计算总存在一定偏差,因此该段引河存在冲刷可能。

3.3 计算结果

综合以上 4 种工况下建筑物消能防冲复核计算及引河防冲复核计算分析,可知挡洪闸及站上引河在各工况下消能防冲均满足要求。各工况下的消能、海漫长度均满足要求,海漫末端河床除工况 4

有轻微冲刷外,其余工况均不存在冲刷问题。由于海漫长度较长,其末端河床轻微冲刷不会影响建筑物安全。进水闸闸下在各工况下的消能、海漫长度均满足要求,海漫末端河床除工况 1 不产生冲刷外,其余工况均会产生不同程度的冲刷,冲刷深度在 0.34~1.24 m,由于海漫长度较长,其末端河床轻微冲刷不会影响建筑物安全。站下引河各工况下的平均流速均小于允许不冲流速,满足河道不冲要求,但进水闸前段引河在工况 4 时仍存在冲刷可能。

4 结 语

洪泽站反向发电时,为了确保相关建筑物及引河安全,提出如下建议。

(1)严格控制发电运行条件,当洪泽湖水位低于 12.5 m 或高于 13.63 m,进水引河口水位低于 7.5 m 或高于 10.0 m 时,应停止发电。

表 5 发电工况下站上引河防冲计算成果

工况	站上引河水位/m	流量/( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )	平均流速/( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )	允许不冲流速/( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )	是否满足防冲要求
1	12.35	171	0.47	0.92	是
2	12.35	184	0.50	0.92	是
3	13.48	200	0.42	0.95	是
4	13.48	212	0.45	0.95	是

表 6 发电工况下泵站与进水闸间引河防冲计算成果

工况	泵站与进水闸间引河水位/m	流量/( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )	平均流速/( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )	允许不冲流速/( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )	是否满足防冲要求
1	8.20	171	0.50	0.93	是
2	7.70	184	0.61	0.91	是
3	8.20	200	0.58	0.93	是
4	7.70	212	0.70	0.91	是

表 7 发电工况下进水闸前引河防冲计算成果

工况	进水闸前引河水位/m	流量/( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )	平均流速/( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )	允许不冲流速/( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )	是否满足防冲要求
1	8.00	171	0.60	0.91	是
2	7.50	184	0.74	0.89	是
3	8.00	200	0.70	0.91	是
4	7.50	212	0.86	0.89	是

(2)当站下水位较低或站上水位较高时,可适当控制发电流量,以满足建筑物及引河的防冲要求。

不同工况的控制流量见表 8。

表 8 不同工况流量控制

工 况	挡洪闸上游 水位/m	进水闸下游 水位/m	发电水头 差/m	计算发电流量/ ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )	控制发电流量/ ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )	备注
1	12.50	8.00	4.15	171	171	发电设计工况
2	12.50	7.50	4.65	184	160	站上发电设计水位,站下发电最低水位
3	13.63	8.00	5.28	200	180	站上发电最高水位,站下发电设计水位
4	13.63	7.50	5.78	212	160	站上发电最高水位,站下发电最低水位

(3)定期检查泵站站下和进水闸闸下海漫末端冲刷情况,若发现冲坑<sup>[4]</sup>,以抛石填平即可。

参考文献:

[1] 沈明星. 南水北调东线洪泽站发电运行影响的初探

[J]. 资源节约与环保, 2017(10):63-65.

[2] 王钧,程建华,叶新霞,等. 南水北调东线一期工程洪泽站结合水能开发利用方案研究[J]. 中国水能及电气化, 2009(9):33-35.

[3] 中华人民共和国水利部. SL 265—2016 水闸设计规范[S]. 北京:中国水利水电出版社, 2016.

[4] 赖勇,黄荣卫,张永进. 浙江省山区水利枢纽工程水闸消能防冲新技术[J]. 水利水电科技进展, 2012, 5(32):78-79.

(上接第 54 页)

[5] 徐文晓. 长江河口北港北汉河势演变及动力沉积特征分析[D]. 上海:华东师范大学, 2016.

[6] 兰宇. 数字河流的河槽演变分析方法[D]. 南京:河海大学, 2007.

[7] 洪思远,王建中,范红霞,等. 长江下游新生洲头分流段演变特征及洲头守护措施[J]. 水利水运工程学报, 2017(2):91-99.

[8] 刘星童,渠庚,徐一民. 长江马鞍山河段演变规律与治理思路研究[J/OL]. 人民长江:1-8[2021-01-21].

[9] 徐锡荣,钟凯,白金霞. 长江小黄河洲演变对下游汉道

分流特性的影响[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2014, 42(3):211-216.

[10] 徐锡荣,管捷,张少杰,等. 长江新济洲河段河道整治与稳定分析[J]. 长江科学院院报, 2015, 32(7):5-8.

[11] 李昌文,李安强,黄艳,等. 流域超标准洪水特点回顾性研究[J]. 人民长江, 2020,51(10):12-19.

[12] 王义坤,王晓娟,朱春光. 长江南京新济洲河道整治工程与沿岸堤防防洪安全的实践与思考[J]. 江苏水利, 2020(1):69-72.