

# 雅砻江锦屏二级水电站大江截流设计与施工

王继敏, 杨安林

(二滩水电开发有限责任公司, 四川 成都 610051)

**摘要:**雅砻江流域位于川西高原,具有干湿季节分明的气候特征:雨季时,雨水较多,因而流域的水流量较大;干旱季节由于雨水少而使流域的水流量也相应较小。建于该流域的锦屏二级水电站,采用单戽立堵截流方案。但由于施工场地狭窄,戽堤上下游水位落差大,流速高,分流条件受到限制,导致施工难度较大。然而,经过科学决策,精心组织,使截流施工进展顺利,并获得了成功。对该工程截流设计方案及施工状况作了介绍,总结了该工程的截流实施经验,可为类似工程的设计施工提供参考。

**关键词:**截流设计;截流施工;戽堤;锦屏二级水电站

中图分类号:TV551.1 文献标志码:A

## 1 工程概况

锦屏二级水电站位于四川省凉山彝族自治州木里、盐源、冕宁三县交界处的雅砻江干流锦屏大河湾上,电站总装机容量为4 800 MW。工程枢纽主要由首部低闸、引水系统、尾部地下厂房等永久性建筑物组成,为一低闸、长隧洞、大容量引水式水电站。工程首部包括一座拦河闸坝,一条右岸导流隧洞和上、下游围堰。拦河闸坝的施工导流采用枯水期断流围堰、隧洞导流的方式,汛期采用导流隧洞和基坑联合泄流。闸坝的上、下游围堰为土石过水围堰结构形式,堰体及基础部分采用厚为0.8 m的塑性混凝土防渗墙防渗。闸址处河谷狭窄,河谷呈“V”型,两岸岸坡较陡,基岩裸露。在枯水期,水面宽为110 m左右,河床坡降大,最枯时水深为9~15 m,覆盖层厚23~43 m。

锦屏二级水电站已于2007年1月30日正式开工,2012年首台机组发电,预计2015年工程完工。根据工程总进度计划和水文状况,2008年11月30日,已成功实施大江截流。

## 2 截流设计

### 2.1 截流标准及时段

雅砻江流域属川西高原气候区,干湿季节分明。

每年5~10月为雨季,此时,河水流量较大;11月至次年4月为干季,此时的河水流量较小。根据该流域水文特点,结合施工进度,认为河床截流宜安排在11、12月进行<sup>[1-2]</sup>。表1为11月和12月的旬平均流量频率分析成果。

表1 11月和12月旬平均流量频率分析成果 m<sup>3</sup>/s

月份	旬	频率			
		50%	20%	10%	5%
11月	上旬	929	1110	1210	1300
	中旬	761	890	967	1040
	下旬	641	746	809	866
12月	上旬	551	637	686	730
	中旬	473	549	595	636
	下旬	412	476	514	546

由表1可见,汛后,11月上旬流量最大,之后逐渐减小。考虑到闸坝工程施工不占锦屏二级水电站工程施工的直线工期,且闸址处在枯水期流量相对较稳定,故选择截流标准为5 a一遇的旬平均流量。根据对最不利工况(5 a一遇旬平均流量)下进行的模型试验结果,11月下旬、12月上旬截流龙口最大单宽功率分别为103.85 t·m/(s·m)、70.84 t·m/(s·m)<sup>[1]</sup>。从截流水力指标来看,2个截流时间方案在技术上均可行,但考虑到闸坝在河流干枯期间施工工期紧张,最终

选择在 11 月下旬截流,相应 5 a 一遇旬平均流量为  $746 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

## 2.2 截流方案

由于该工程处于高山峡谷地区,两岸岸坡陡峻,施工场地狭窄,立堵截流不需要修建栈桥或浮桥,因此,具有施工方法简单、施工准备工程量小和费用较低等优点。而且,根据单戗立堵截流模型试验结果,截流水力指标虽然较高,采用单戗立堵截流方案会有一定的难度,但是只要组织得当,仍可获得成功。故该工程采用单戗立堵截流方案。

## 2.3 截流戗堤设计

### 2.3.1 戗堤布置

将截流戗堤轴线选在上游围堰的上趾处,戗堤轴线与围堰轴线相距为  $36.75 \text{ m}$ ,戗堤顶宽设计为  $18.00 \text{ m}$ 。截流设计流量为  $746 \text{ m}^3/\text{s}$ ,导流隧洞进口围堰有  $2 \text{ m}$  残留岩埂时,合龙后的最高水位为  $1\ 635.14 \text{ m}$ 。考虑安全超高,截流戗堤顶高程设计为  $1\ 636.00 \text{ m}$ ,戗堤顶长为  $162 \text{ m}$ ;戗堤上游边坡约为  $1:1.3$ ,下游边坡约为  $1:1.0$ ,戗堤进占端头边坡约为  $1:1.0$ 。

### 2.3.2 龙口位置选择

根据该工程的地形、地质条件和模型试验结果,将龙口位置布置在靠近中部偏右岸的河床处,即采用右岸非龙口段预进占  $35 \text{ m}$ 。进占戗堤采用单戗立堵,主要是从左向右、单向进占的截流方式,龙口初始宽度确定为  $50 \text{ m}$ ,水面宽度为  $37 \text{ m}$ 。

### 2.3.3 截流水力学计算

该工程只有一条右岸导流洞分流,而且一般导流洞进出口围堰不易完全拆除,这将影响导流洞的分流。因此,预先考虑了导流洞进口存在  $2 \text{ m}$  岩埂、截流流量为  $746 \text{ m}^3/\text{s}$  的工况,其龙口段主要水力学指标见表 2 和图 1<sup>[1]</sup>。图 1 中, $n$  为龙口的平均单宽功率; $Z$  为戗堤落差; $q$  为龙口的平均单宽流量; $V$  为龙口的平均流速。

### 2.3.4 龙口护底和裹头保护

龙口位于砂卵石覆盖层上,根据最不利工况下的局部动床模型试验结果,截流时,龙口戗堤头部最大垂线平均流速为  $7.37 \text{ m}^3/\text{s}$ ,河床覆盖层最大冲刷厚度为  $2 \text{ m}$  左右。因此,不需要专门进行龙口护底,但是需要对裹头实施保护,以防止裹头的坡脚被掏刷而发生塌滑。

### 2.3.5 截流进占分区及抛投料设计

根据龙口水力学指标,将龙口分为 4 个区,编号分别为龙 I、龙 II、龙 III 和龙 IV。每区的宽度分别为  $10$

$\text{m}$ ,  $10 \text{ m}$ ,  $10 \text{ m}$  和  $20 \text{ m}$ 。见图 2。

表 2 截流龙口段水力学主要参数(流量为  $746 \text{ m}^3/\text{s}$ )

口门宽/ m	水面宽/ m	戗堤上游水位/ m	戗堤落差/ m	导流洞分流量/ ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )	龙口流量/ ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )	戗堤渗流量/ ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )	最大流速/ ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )	
							左 堤头	右 堤头
50	37	1631.37	0.6	319	404	23	3.05	3.03
40	26	1631.83	1.07	354	356	36	4.28	4.17
30	18	1633.03	2.37	448	233	65	6.49	6.49
20	13	1634.30	3.66	540	111	95	7.37	7.37
0	0	1635.14	4.59	620	0	126	0	0

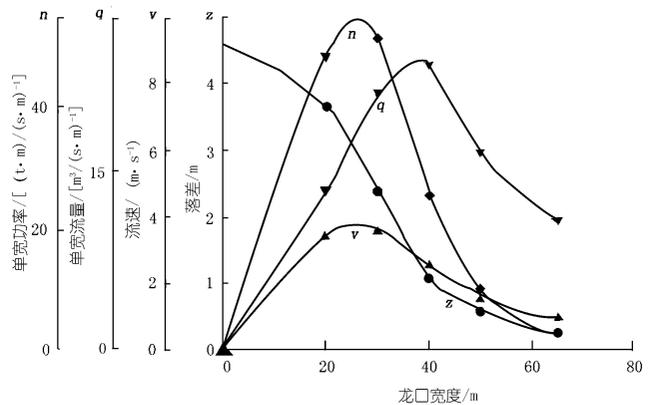


图 1 截流龙口段水力学参数特性

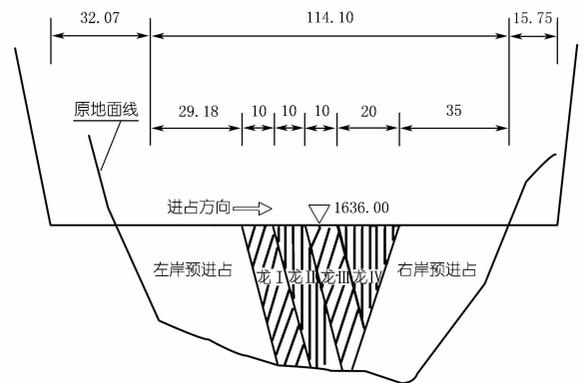


图 2 戗堤截流龙口分区示意(单位:m)

(1) 龙 I 区( $B$  为  $50 \sim 40 \text{ m}$ )。龙口的平均流速为  $2.57 \text{ m/s}$ ,最大流速为  $4.28 \text{ m/s}$ ;抛投料为含有 20% 以上的大石石渣和一般石渣。

(2) 龙 II 区前半段( $B$  为  $40 \sim 35 \text{ m}$ )。龙口的平均流速为  $3.58 \text{ m/s}$ ,最大流速为  $6.49 \text{ m/s}$ ;在上挑角抛投大石、特大石,跟进抛投含有 20% 以上的大石石渣。

(3) 龙 II 区后半段和龙 III 区( $B$  为  $35 \sim 20 \text{ m}$ )。戗堤上下游落差为  $3.66 \text{ m}$ ,试验测定的最大流速  $7.37 \text{ m/s}$  和龙口的最大单宽功率皆出现在该区段。该区段

有效避免了模态混叠问题,给出了重构后不同分量基于时间变化的频率特征,基于该方法得出以下 3 点结论:①短周期 100 d 范围内的入库量在汛期变化剧烈,而在枯水期相对较小且平稳,且自 2003 年开始入库量频率有略微增大的趋势;②年变化周期占据了整个三峡库区入库量的主要成分,并且存在 5.7 a 周期的变化特征;③通过分析趋势项,显示入库量自 1998 年以来有下跌趋势,长江上游流域周边因经济发展用水量的增加以及各支流水电站的拦水效应可能是造成其入库量减小的主要原因。

水文系统研究是一个很复杂的问题,对于大型的河道型水库,影响其入库量、水位等水文信息的因素更是难为全面掌握,因此通过总结与分析入库流量的变化特征,能够为三峡水库蓄水前后水情预报、三峡工程的库区流量控制提供一些有效的参考。本文所采用的 EEMD 方法完全趋于数据本身,因此所获得的多尺度分解信息不仅依赖于入库量统计精度,而且得到的主要周期仅体现原始数据 20 a 内的变化特征。而长江流域因涉及区域大,支流河道多,特别是上游气候变化、汛期降水量及流量统计影响因素等都是需要面对的问题,并且在分解过程中,虽然克服了 EMD 方法中的模态混叠现象,但边界效应同样是不能忽略的影响因素,这些问题也是本文下一步有待补充完善的工作。

#### 参考文献:

- [1] 张俊,闵要武,陈新国. 三峡水库动库容特性分析[J]. 人民长江, 2011, 42(6): 90-93.
- [2] 施晓晖,徐祥德. 三峡库区来水流量与长江流域上游前期降水的

关系研究[J]. 长江流域资源与环境, 2011, 29(9): 1062-1066.

- [3] 黄忠新,韩庆菊,李春香,等. 三峡水库 156 m 蓄水宜昌站水文特性与水情预报[J]. 人民长江, 2008, 39(13): 5-8.
- [4] Huang N E, Shen Z, Long S R, et al. The empirical mode decomposition and the Hilbert spectrum for nonlinear and non-stationary time series analysis [J]. Proceedings of the Royal Society A, 1998, 454 (1971): 903-995.
- [5] Huang N E, Chern C C, Huang K, et al. A new spectral representation of earthquake data: Hilbert spectral analysis of station TCU129, Chi-Chi, Taiwan, 21 September 1999 [J]. Bulletin of the Seismological Society of America, 2001, 91(5): 1310-1338.
- [6] 王永文,付娟,金菊良,等. 基于经验模态分解的年径流组合预测模型[J]. 水电能源科学, 2010, 28(10): 16-19.
- [7] 曹丽青,林振山. 基于 EMD 的 HHT 变换技术在长江三峡水库年平均流量预报中的应用[J]. 水文, 2008, 28(6): 21-23.
- [8] Wu Z and Huang N E. Ensemble Empirical Mode Decomposition: A noise assisted data analysis method [J]. Adv. in Adap. Data Analy., 2009, 1(1): 1-41.
- [9] 邵骏,吕孙云,钱晓燕,等. 基于总体经验模态分解的水文序列多尺度分析[J]. 华中科技大学学报:自然科学版, 2011, 39(11): 105-108.
- [10] Flandrin P, Goncalves P. Empirical Mode Decompositions as data driven wavelet-like expansion [J]. International Journal of Wavelets, Multiresolution and Information Processing, 2004, (20): 310-315.
- [11] Huang N E, Shen Z, Long S R. A new view of nonlinear waterwaves: The Hilbert Spectrum [J]. Annual Review of Fluid Mechanics, 1999, (31): 417-457.

(编辑:李慧)

(上接第 2 页)

常情况及时报告相关人员并组织撤离。加强施工人员素质教育,尊重当地民族风俗习惯和宗教信仰,加强与当地政府联系,保障现场工作人员人身及财产安全。

## 4 结语

目前,雅砻江流域已建成的水情自动测报系统测站共计 146 个,包括水文(位)站 48 个、雨量站 80 个、自动气象站 18 个。其中,两河口以上共有水文站 8 个,雨量站 18 个,自动气象站 1 个;两河口至锦屏区间共有水文站 9 个,雨量站 33 个,自动气象站 14 个;锦屏至桐子林区间共有水文站 13 个,雨量站 29 个,自动气象站 3 个。目前雅砻江流域水情站网与 2007 年站

网规划前测站数量相比有大幅提高,基本满足流域中下游梯级水电站开发需要。

流域水文站网规划和建设是一项漫长而复杂的工作,应根据流域水利水电开发计划和需要进行统一规划,分期实施,避免重复建设。而水文站建设是一项过程复杂、专业性强、涉及行业广、建设项目繁多、单项工程量及投资较小的工作。若能在建设前期将施工过程中的各种情况考虑周全,则能够顺利开展,圆满完成水文站建设任务,为流域水电开发提供强有力的技术支持。

(编辑:李慧)