

金沙水电站泄洪消能分析与采取的工程措施

彭海波

(四川省能投攀枝花水电开发有限公司,四川 攀枝花 617068)

摘要:对于具有“低水头、大流量、大单宽、低弗氏数”特点的河床式水电站,由于其发电水头较低,泄洪水流初始弗氏数较低,在泄洪建筑物体型不合理的情况下极易形成远趋式不完全水跃,导致泄洪消能区域的水位波动变幅增加,厂房尾水波动值占发电水头的比例较高。对于机组而言,其发电水头的过大波动将导致机组出力、接力器开度等参数的波动,进而影响到机组运行的稳定性,最终将影响水轮机组的发电量;另一方面,电站尾水波动过大将直接影响水电站在电网中输送的电能质量,致使其难以参与电网调频、调峰,直接影响水电站的发电效益。基于以上考虑,在低水头河床式水电工程中,需要采取可行的工程措施来降低厂房尾水波动值,以减小其对机组发电的影响。

关键词:金沙水电站;泄洪消能;厂房尾水波动;工程措施

中图分类号:TV74;TV22;TV52

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2018)增2-0144-03

1 工程概述

金沙水电站是金沙江中游十级水电枢纽规划中的第九级,位于金沙江中游攀枝花西区河段,上距观音岩水电站坝址 28.9 km,距攀枝花市区 11 km,下距银江水电站坝址 21.3 km。工程以发电为主,同时兼有供水、改善城市水域景观和取水条件、对观音岩水电站进行反调节等综合效益。电站坝址控制流域面积 25.89 万 km²,多年平均流量 1 870 m³/s;水库正常蓄水位高程 1 022 m,死水位高程 1 020 m,总库容为 1.08 亿 m³,调节库容 1 120 万 m³,具有日调节功能;电站总装机容量为 560 MW(4 × 140 MW),多年利用小时数 4 540 h,多年平均年发电量为 21.77 亿 kW·h。

工程枢纽整体布置为:右岸布置导流明渠,纵向围堰以左布置了 3 个孔口尺寸为 14.5 m × 23 m(宽 × 高,下同)的泄洪表孔,以右布置了 2 个孔口尺寸为 14.5 m × 23 m 的泄洪表孔和 1 个孔口尺寸为 6 m × 15 m 的生态泄水孔,河床及左岸布置了河床式电站厂房。混凝土重力坝坝顶高程为 1 027 m,最大坝高 66 m(其中原河床之上坝高 40 m 左右),坝轴线长度为 394.5 m。厂房尾水与泄洪表孔之间设厂闸导墙,导墙顶高程为 1 014.5 m。金沙水电站枢纽平面布置情况见图 1。

2 机组运行工况分析

金沙水电站为低水头河床式电站,安装 4 台

单机容量为 140 MW 的水轮发电机组,发电水头变化范围为 8 ~ 26.8 m,单机引用流量为 954.5 m³/s,4 台机满发流量为 3 818 m³/s。机组运行特点:只要厂房上下游水位差大于 8 m,均存在机组发电的可能性,也存在机组发电与泄洪表孔同时运行的可能性。

(1)根据金沙水电站水位流量关系测算,在遭遇 30 a 一遇洪水时,泄流量为 12 100 m³/s,上游水位高程为 1 022 m,下游水位高程 1 014 m,水头差为 8 m,此时为机组可发电的最大入库流量。由此可知:当金沙水电站入库流量位于 3 818 m³/s 与 12 100 m³/s 之间时,将出现机组与泄洪表孔同时运行的工况。

(2)根据对金沙水电站多年平均净流量分析可知,8 月、9 月的月平均流量均超过了 4 台机组的满发流量 3 818 m³/s,这段时间内出现机组与泄洪表孔同时运行工况的可能性非常大。另外,在汛期(6 ~ 10 月)内也将有很大几率出现机组和泄洪表孔同时运行的工况。

由上述分析可知:金沙水电站出现机组和泄洪表孔同时运行工况的几率比较大,在此工况下,泄洪表孔的下泄水流势必会对下游河道内的水位造成影响,进而造成厂房尾水的波动。在可研设计阶段,长江科学院开展了 1:100 整体水工模型试验,试验成果表明:

(1)在 $P = 20\%$ ($Q = 8\ 780\ \text{m}^3/\text{s}$) 运行工况

收稿日期:2018-01-07

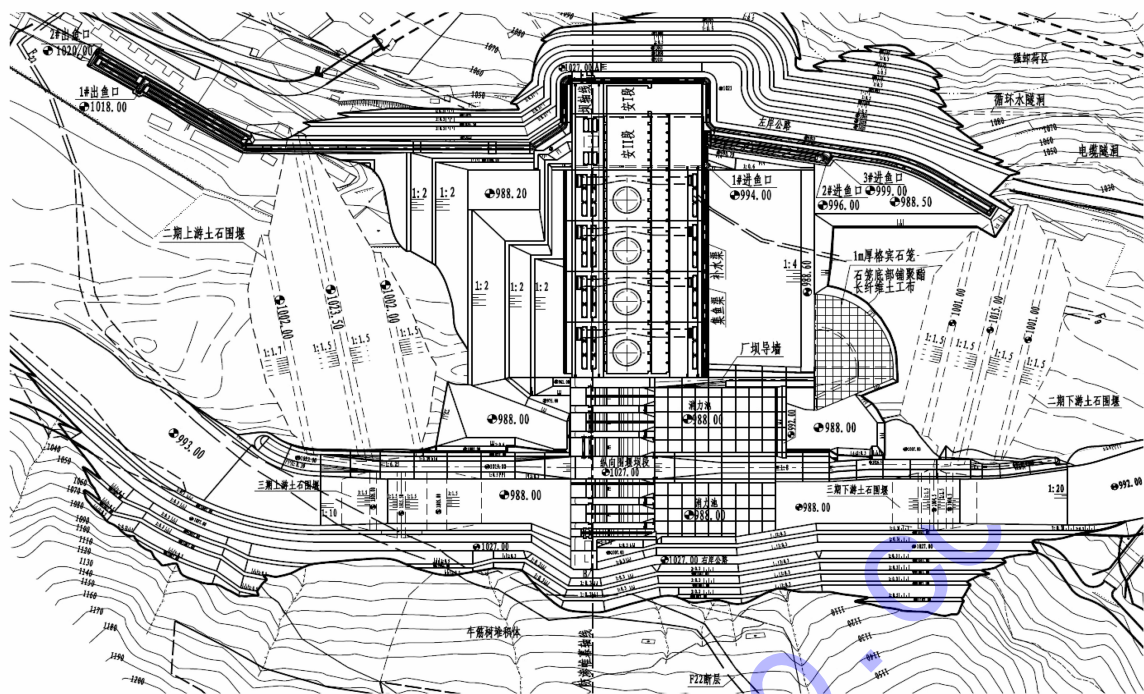


图1 金沙水电站枢纽平面布置图

下,上游水位高程为 1 022 m,下游水位高程 $H_{\text{下}} = 1 010.42 \text{ m}$,此时机组引用额定流量、河床侧 3 孔控泄、电站出口附近(距电站出口 5 m 处,下同)尾水波高均平值为 0.602 m,约占发电水头的 5.2%。

(2) 在 $P = 5\%$ ($Q = 11 400 \text{ m}^3/\text{s}$) 运行工况下,上游水位高程为 1 022 m,下游水位高程 $H_{\text{下}} = 1 013.3 \text{ m}$,此时机组引用额定流量、泄洪表孔 5 孔控泄,电站出口附近尾水波高平均值为 0.89 m,约占发电水头的 10.23%。

(3) 各运行工况下,电站出口尾水波动均随坝身泄量的增大而增大。

由于金沙水电站发电水头最低仅为 8 m,虽然厂房尾水波动幅值均在 1 m 以内,但其占到发电水头的比例达到了 5% ~ 10%,相当于水轮发电机组的发电水头存在 5% ~ 10% 的波动。对于机组而言,其发电水头的过大波动,最终将导致机组出力、接力器开度等参数的波动,进而影响机组运行的稳定性。

3 泄洪消能的重要性

对于河床式电站,受布置格局限制,泄洪建筑物及发电建筑物的位置比较靠近,而且会出现电站发电及泄洪建筑物泄洪同时进行的工况。在电站泄洪时,尾水出口处难以避免地会受到泄洪水流的影响而造成尾水处的水位波动。对于高水头

水电站而言,厂房尾水波动的波高占发电水头的比例较小,此时尾水波动对发电机组的影响有限,可以通过一定的系统调节将其影响控制在电站和电网能够接受的范围之内,对水电站发电效益的影响很小。

虽然本工程在泄洪表孔与厂房尾水中间布置有厂闸导墙相隔,但由于导墙长度有限且导墙在大流量情况下会被淹没,因此,厂房尾水的波动主要是由泄洪区的水位波动造成的。金沙水电站在大流量情况下,上下游水位差不太大,泄洪时的水流弗汝德数较低,从而使得下游水跃的消能率很低,大量余能会造成消能区水位波动,这种波动的传播距离很远,影响区域很广,从而造成与之相邻的厂房尾水区也存在较大的波动。

综上所述,金沙水电站采取降低厂房尾水波动的工程措施是必要的,可采用泄洪消能的工程措施予以实现,对于改善水电机组运行稳定性、改善水电站电能质量具有重要的意义,同时有助于保证金沙水电站的发电效益。

4 所采取的泄洪消能工程措施

4.1 泄洪消能形式

金沙水电站采用底流消能形式,在坝址下游设消力池、消力尾坎等,主要利用水跃的跃前与跃后断面之间的水跃段内水流运动要素急剧变化产

生的能力损失,即通过水流紊动、混掺等激烈的动量交换实现水跃段内的能量损失,因而水跃的形式对消能效果有直接影响,主要与跃前断面的弗氏数有关,当弗氏数较低时,水跃表面会形成一系列起伏不大的波浪,并且沿程不断衰减、直至消失,此时的消能效果较差。本工程采用出口收缩及宽尾墩设计形式以提高水流下泄过程的弗氏数,避免在泄洪过程中大流量、低水头条件下在水流弗氏数较小时形成不完全的波状水跃,从而引起下游水位特别是电站尾水区的大幅变动;提高水流下泄弗氏数,不仅可以形成完全水跃,在较短的消能区域内提高消能率,并且有利于水流出消能区时实现与下游电站尾水区水流的平稳衔接。

4.2 泄洪消能设施的布置

泄洪消能建筑物整体设计方案为:泄洪消能建筑物采用5个孔口尺寸为 $14.5\text{ m} \times 23\text{ m}$ 的泄洪表孔,表孔堰顶高程为 999 m 。纵向围堰左侧三孔下游设消力池,底板高程为 988 m ,消力池长 98 m ,底宽 54.8 m ,消力池末端设置 4 m 高的尾坎,出口高程 992 m ;纵向围堰右侧二孔内消力池末端不设置尾坎,底宽 45.5 m ,导流明渠均做硬化处理,导流明渠出口高程为 988 m 。

宽尾墩是我国首创的一种新型消能工具,已成功地应用于安康、五强溪、岩滩、隔河岩等许多大型水利水电工程中,取得了显著的技术效果和

(上接第107页)

和变频消防泵几乎不会起动的,从而提高了其可靠性、稳定性。而新增管路用于生活用水、水池补水等所需压力较低、依靠自身势能正常供水即可达到用水要求。原管路作为备用以提高可靠性。

(3)除采取上述整改措施外,还应做好以下几项工作:

①加强对消防供水系统的检查,做到发现问题,立即处理;

②定期对消防供水设备进行维护、保养。对系统中的相关表计、开关定期校验,做到指示准确、动作可靠。对重要部件、易损部件购置备品,当其损坏时可立即更换投运,不影响供水系统的运行;

③定期清理消防水池,保证水池蓄水的有效容积。定期清洗、更换净水器过滤装置,使其尽量达到额定的净水量。

经济效益。其主要是利用宽尾墩形成堰顶收缩射流,在消力池中形成剧烈掺气的三元水跃,能大幅度地提高消能率,可使消力池的长度减小 $1/3$ 以上,大大节约了工程量。在金沙水电站可行性研究阶段,通过 $1:65$ 断面模型与 $1:100$ 整体模型试验研究,泄洪表孔推荐采用Y型宽尾墩布置方案。Y型宽尾墩收缩宽度为 7.5 m ,收缩比约为 0.5 ,宽尾墩长度为 9.5 m ,对应尾端折角为 20.22° 。

5 结语

针对金沙江金沙水电站泄洪表孔具有的大单宽、低弗氏数的特点,设计单位对泄洪表孔宽尾墩体型进行深入优化研究,以获得满足本工程泄洪消能要求的宽尾墩体型,并通过模型试验的研究方法,对不同运行工况(敞池、局开挖泄)下闸坝枢纽区的水流流态、水位、流速分布、下游冲刷等进行详细观测,提出金沙水电站在不同入库流量、不同电站机组运行状态下合理的泄洪运行调度建议方案。

在金沙水电站工程设计阶段,通过优化泄洪建筑物体型、纵向围堰的形态及长度、优化厂闸导墙的长度及形式、调整泄洪调度的方式、设置防浪排等措施降低厂房尾水波动对机组运行的影响。

作者简介:

彭海波(1987-),男,江西南城人,工程师,学士,从事水电工程建设技术与管理工作。(责任编辑:李燕辉)

④加强对消防供水分流供电设备、设施的维护与保养,提高其供电的可靠性与稳定性。

7 结语

按照上述方法对坪头水电站消防供水系统进行整改后,消防供水系统将具有以下优势:能耗低(降低了消防供水系统能耗)、可靠性高(大大增加了消防供水系统的可靠性)、能效高、水压稳定、水质好,对设备运行工况、现场人员生活用水都将有较大程度地改善。

参考文献:

- [1] GB15630-1995,消防安全标志设置要求[S].
- [2] DL5027-2015,电力设备典型消防规程[S].
- [3] SDJ278-1990,水利水电工程设计防火规范[S].

作者简介:

龙洋(1981-),男,四川绵阳人,工程师,从事水电厂运行维护技术工作。(责任编辑:李燕辉)