

金川水电站先于双江口水电站两年投产初步研究

成 磊

(国电大渡河流域水电开发有限公司,四川 成都 610041)

摘 要:结合金川水电站的工程特点和双江口水电站目前面临的复杂形势,提出了适当调整金川水电站水工建筑物的体型布置,破解二者在建设程序上存在连环套的基本方案。初步分析认为:适当降低金川水电站发电进水口高程,并对溢洪道进行适当改建,可以实现低水位发电和安全度汛的目的。

关键词:金川水电站;临时发电水位;进水口;导流洞出口弧门;双江口水电站

中图分类号:TV222;TV213.9

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2011)06-0082-05

1 概 述

按照大渡河流域开发时序的初步安排,金川水电站将于2016年汛前投产发电。双江口水电站由于受到核准等因素影响,初估于2018年底(最早2017年底)投产发电。目前,由于金川水电站的最低蓄水位(高程2 248 m)将造成双江口坝址下游侧的当卡掺和料场及其它6处施工生产生活设施处于淹没水位以下,给双江口水电站的主体工程施工造成重大影响,若采取工程措施抬高场地高程,代价巨大。为了有效化解二者在建设程序上“连环套”的矛盾,实现工程效益的最大化,笔者从微调金川水电站水工建筑物体型布置入手,在采取适当的工程措施来实现金川水电站按期蓄水发电的同时,确保双江口水电站主体工程施工不受金川水库蓄水的干扰。

2 工程概况

金川水电站为大渡河干流规划22级方案的第6个梯级电站,上游与双江口水电站相衔接、下游为巴底水电站。坝址位于四川省金川县城以北约13 km、大渡河右岸新扎沟汇合口以上约1 km的河段上。工程区沿省道S211线北行36 km至红旗桥接国道G317可到达成都,坝址距成都的公路里程约425 km,对外交通较方便。

大渡河金川水电站水库正常蓄水位高程2 253 m,水库长32.9 km,正常蓄水位高程以下库容4.877 5亿 m^3 ,为日调节水库;装机容量为860 MW,安装4台单机容量215 MW的混流式水轮发电机组,电站额定水头93 m;与双江口水库联合

运行枯水年枯水期平均出力213.7 MW,与双江口水库联合运行年发电量35.666亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$,年利用小时数4 147 h。

2.1 枢纽总体布置

该工程枢纽建筑物主要由混凝土面板堆石坝、右岸2孔溢洪道和1条泄洪洞、左岸输水建筑物及地下厂房等组成。

挡水建筑物为建造在深厚覆盖层、强卸荷岩体上的混凝土面板堆石坝,最大坝高112 m。坝顶高程2 258 m,坝顶长275.78 m,顶宽10 m,最大底宽400.1 m。

泄水建筑物由右岸2孔开敞式岸边溢洪道和1条有压泄洪洞组成。溢洪道为岸边开敞式,总长约450 m。溢洪道每孔宽度为14 m,进口引渠底板高程为2 225 m,堰顶高程为2 232 m,工作门孔口尺寸为14 m $\times$ 21 m(宽 $\times$ 高),最大泄流能力为6 732 m^3/s 。泄洪洞布置在溢洪道右侧,前期参与施工期度汛,永久运行期则泄洪,最大泄流能力为1 612.00 m^3/s ,总长933.5 m。泄洪洞进口为岸塔式,进口底板高程为2 175 m,出口工作闸室底板高程为2 170 m,工作门孔口尺寸为8 m $\times$ 7 m(宽 $\times$ 高)。

输水建筑物及地下厂房布置在左岸山体中,由电站进水口、输水隧洞、地下厂房、主变洞、尾水闸门操作室、尾水隧洞、尾水渠和地面GIS开关站等组成。进水口采用岸塔式进水口,进水口底板高程2 230 m,总长92 m,宽24.5 m。输水方式为“单机单洞”供水,输引水洞洞径9 m。

2.2 金川水库正常蓄水对双江口水电站的影响

收稿日期:2011-09-21

由于双江口水电站工程巨大,蓄水采用分期蓄水方式。在第八年 11 月(截流后第五年 11 月)1#导流洞下闸蓄水后,主体工程离全部结束尚有 2.5 年工期,此时上游施工场地基本被淹没,整个工程建设所需的场地(主要为大坝工程、厂房工程、溢洪道工程所需场地)均需由大坝下游场地解决。

下游金川水电站正常蓄水位高程 2 253 m,最低发电水位高程 2 248 m。既使不考虑库尾水位在高标准洪水情况下的壅高,在金川水电站最低发电水位运行时仍将淹没双江口水电站下游部分施工场地。受影响施工场地的主要情况见表 1。

表 1 处于金川水电站正常蓄水位高程以下的场地表

序号	场地名称	面积 / m ²	现有高程 / m
1	当卡掺和场	147 300	2 240
2	5#混凝土系统	10 000	2 245 ~ 2 250
3	2#综合仓库	8 000	2 220
4	2#木材加工厂	2 040	2 220
5	2#钢筋加工厂	6 880	2 220
6	机械修配厂	19 000	2 210
7	汽车修配厂	23 000	2 210

从表 1 可以看出,若金川水电站在双江口水电站完建前蓄水发电,将导致木足渡大桥下游的所有场地(包括当卡掺和场、5#混凝土系统及其它 5 处临时施工生产辅助设施等)位于金川水电站正常蓄水位以下,将影响到双江口水电站主体工程的施工。

3 金川水电站利用低水位提前发电初步研究

3.1 方案的基本构思

为了有效解决金川与双江口水电站在建设程序上的连环套问题,在金川水电站提前蓄水发电的前提下,确保双江口水电站主体工程的正常施工,首先考虑 20 年一遇洪水的库尾回水在双江口当卡料场平台高程 2 240 m 以下(其它 5 处加工厂暂不考虑,通过其他措施解决),同时还要满足金川水电站机组在稳定运行情况下的最低运行水位底限值。在低水位确定的前提下,相应对引水发电系统进水口底板高程进行调整,同时,通过对溢洪道或导流洞进行适当改建,以满足低水位运行期间的防洪度汛要求。

3.2 低水位的选择和发电进水口底板高程的初步拟定

3.2.1 低水位的选择

低水位的选择考虑了两方面因素:(1)确保该

水位回水在双江口当卡掺和料场平台高程 2 240 m 以下;(2)满足机组运行最低发电水头要求。

金川水电站正常蓄水位高程 2 253 m,最低发电水位高程 2 248 m。按照当卡掺和料场 20 年一遇的防洪标准,库尾水位必须在 2 240 m 高程以下(考虑 1 ~ 2 m 的超高),则金川水电站临时低水位选择最高不能超过 2 238 m。

对使用混流式机组的大多数水电站的统计和分析表明:当运行水头 H 在水轮机设计水头 H_0 的下述范围内是比较稳定的: $(0.6 \sim 0.65)H_0 \leq H \leq (1.1 \sim 1.15)H_0$,运行水头 H 偏离 H_0 越小越稳定。过低的水头会引起叶片进口边正面脱流空化,过高的水头会引起叶片进口边背面脱流空化涡带和叶道涡,后者更为严重。基于此考虑,当金川水电站设计水头为 93 m,则最低运行水头拟定为 60.5 m。在不考虑双江口水电站调蓄的情况下,多年平均流量为 527 m³/s;按照 2 台机额定流量情况下发电尾水位高程 2 155.15 m,外加水头损失 4.24 m,则最低运行水位底限为高程 2 219.84 m。

综合考虑上述两个因素,拟定临时发电低水位为高程 2 238 m。

3.2.2 进水口底板高程的确定

根据《水电站进水口设计规范》DL/T 5398 - 2007,有压进水口应保证在上游最低运行水位以下有足够的淹没深度。

按戈登公式估算最小淹没深度 S 如下:

$$S = Cvd^{1/2}$$

式中 C 为经验系数。 $C = 0.55 \sim 0.73$ (取 $C = 0.73$); d 为闸门孔口高度; v 为闸门断面的流速。

保证进水口不产生负压的最小淹没深度按以下公式计算:

$$S = K[\Sigma \Delta h + \frac{V^2}{2g}]$$

式中 K 为安全系数,不小于 1.5; $\Sigma \Delta h$ 为进水口及输水道总水头损失; V 为输水道平均流速。

经计算,最小淹没水深由戈登公式控制, $S = 6.77$ m。根据电站低水位高程 2 238 m 确定进水口底板高程为 2 220 m,淹没水深 9 m。

3.3 低水位发电情况下安全度汛研究

3.3.1 度汛标准

笔者的研究主要考虑低水位发电期间(2016

年底至2018年底)的安全度汛。按照相关规范要求,在工程完建前,大坝的临时防洪标准取 $P=1\%$,相应流量 $Q=5\,330\text{ m}^3/\text{s}$ 。在临时低水位发电期,上游双江口当卡掺和料场等临建设施的度汛标准取 $P=5\%$,相应流量 $Q=4\,190\text{ m}^3/\text{s}$ 。

3.3.2 度汛方式研究

由于金川水电站在2015年底实现初期蓄水后,仅能维持高程2 238 m低水位运行。根据金川水电站泄洪系统建筑物布置,承担泄洪主力任务的溢洪道的堰顶高程(2 232 m)低于临时发电低水位(高程2 238 m)6 m,泄洪洞能满足正常开启的运行要求。按照20年一遇洪水标准 $4\,190\text{ m}^3/\text{s}$ 、参照泄洪洞水位-泄量关系曲线,在水位为高程2 238 m时,泄洪洞泄量为 $1\,380\text{ m}^3/\text{s}$,其余 $2\,810\text{ m}^3/\text{s}$ 的流量需要由新的泄洪建筑物来承担。为此,拟定了以下两种方案作初步比较分析。

(1)方案一。考虑“泄洪洞+无堰平底溢洪道”方案,将溢洪道引渠段局部及堰闸段底板预先浇筑至2 222.5 m高程,以满足 $2\,810\text{ m}^3/\text{s}$ 的泄量要求。在结束低水位发电后,再按照原设计方案加高。根据水力学计算得出:在泄流量为 $2\,810\text{ m}^3/\text{s}$ 时,根据堰流流量公式 $Q=mB\sqrt{2g}H^{3/2}$ (式中: m 为流量系数,取0.385; B 为净宽度,取28 m),推算堰上水头 $H=15.3\text{ m}$ (考虑一定的

富裕系数,取15.5 m),得出底板高程为2 222.5 m。

(2)方案二。考虑“泄洪洞+溢洪道+导流洞”方案,参照溢洪道水位-泄量关系曲线(两孔全开),在水位为高程2 238 m时,溢洪道泄量为 $800\text{ m}^3/\text{s}$,其余 $2\,010\text{ m}^3/\text{s}$ 的流量需要由新的泄洪建筑物来承担。在原导流洞设计方案基础上,将导流洞进口闸室顶高程抬高,在出口处设置一弧形闸门并配备相应的启闭设备,将导流洞作为施工期临时度汛使用。导流洞进口尺寸为 $12.5\text{ m}\times 14.5\text{ m}$,出口底板高程2 149.9 m,根据水力学计算得出,在水位高程2 238 m时,出口 $10\text{ m}\times 10\text{ m}$ 的工作弧门在85 m水头下的泄量根据孔口出流流量计算公式 $Q=\mu A\sqrt{2gz}$ (式中: μ 为流量系数,取0.63; z 为上下游水位差,取75 m),得出泄流量为 $2\,415\text{ m}^3/\text{s}$,完全满足 $2\,010\text{ m}^3/\text{s}$ 的泄量要求。

上述两种方案均可达到安全度汛的目的,且在技术上可行。方案一在低水位运行期结束后,需按设计高程对引渠段与堰闸段底板、WES曲线堰进行加高,在平板门前需浇筑一临时门槽,以满足施工期间挡水需要。方案二需要对导流洞进出口进行加高、改建处理,工序上更为复杂。

3.4 新增工程量及预估费用汇总

方案一需采取的工程措施如下,具体情况见图1和图2。

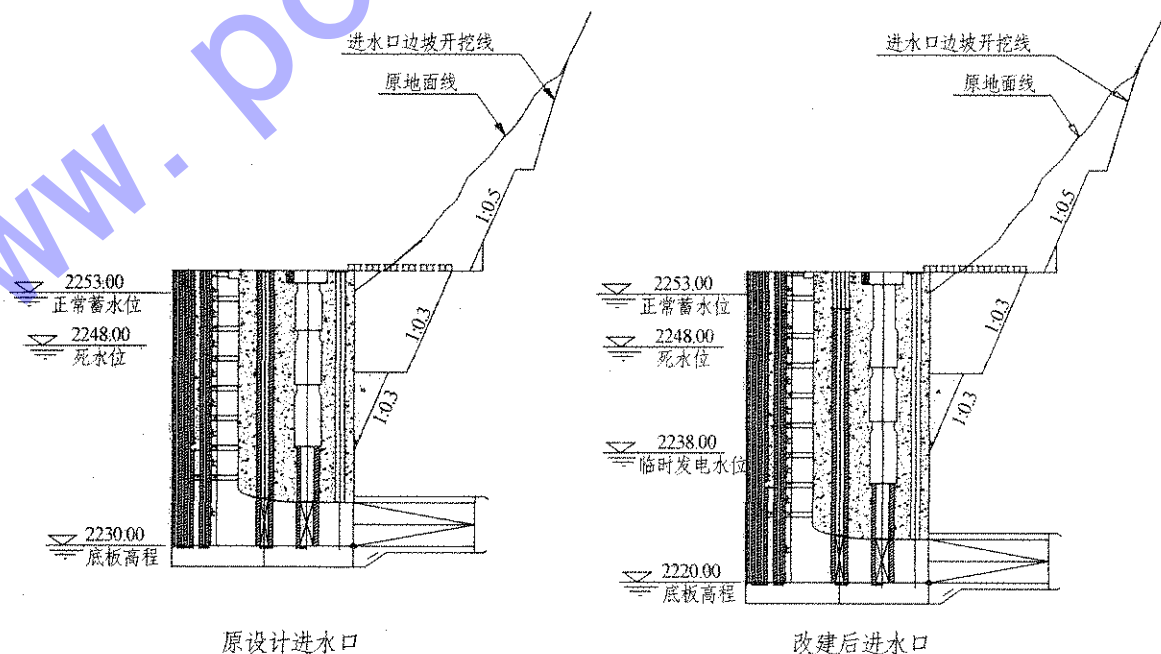


图1 进水口改建前后示意图

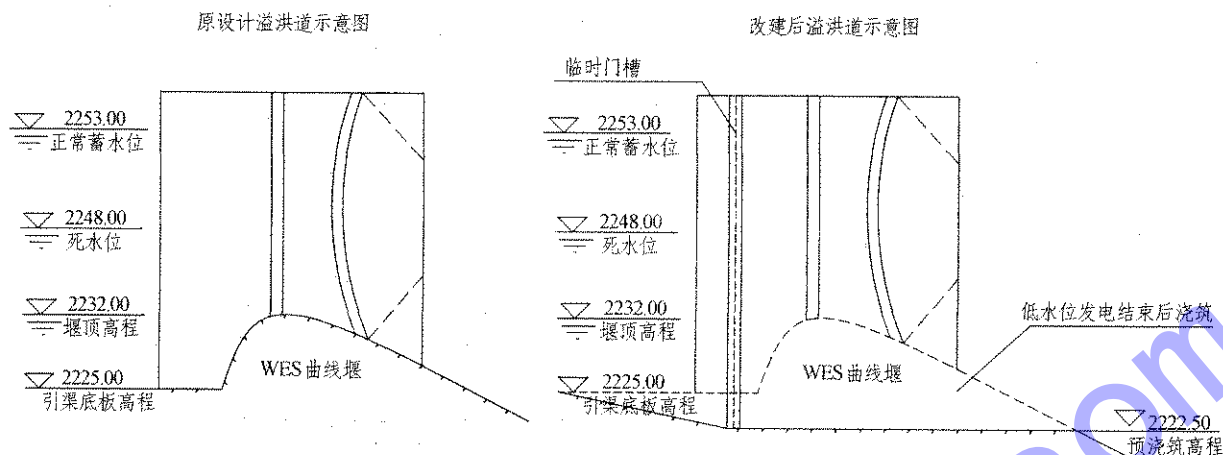


图2 溢洪道改建前后示意图

- (1) 将引水发电系统进水口底板在原设计高程 2 230 m 基础上降低 10 m; 侧浇筑一临时门槽并附带部分金属结构埋件。方案一的主要工程量增加及预估费用见表 2。
- (2) 在对溢洪道改建期间, 需在平板门上游 2。

表2 方案一的主要工程量增加及预估费用汇总表

部 位	开挖及支护	混凝土	金属结构	预估费用
厂房进水口	石方开挖约 25 000 m ³	进水塔边墙及闸墩混凝土约 6 200 m ³	因水头较原设计增加 10 m, 金属结构增加约 300 t	约 900 万元
溢洪道			金属结构埋件增加约 50 t	约 50 万元
小 计				950 万元

方案二需采取的工程措施如下:

- (1) 将引水发电系统进水口底板在原设计高程 2 230 m 基础上降低 10 m; 将原进口闸室排架高程抬高了 38 m, 同时, 在出口处设置了一弧形闸门并配备了相应的启闭设备。
- (2) 导流洞进口闸室排架原设计高程为 2 201 m, 较运行水位高程 2 238 m 低 37 m。为了满足泄洪期间导流洞进口启闭设备能正常工作, 方案二的主要工程量增加及预估费用见表 3。

表3 方案二的主要工程量增加及预估费用汇总表

部 位	开挖及支护	混凝土	金属结构	预估费用
厂房进水口	石方开挖约 25 000 m ³	进水塔边墙及闸墩混凝土约 6 200 m ³	因水头较原设计增加 10 m, 金属结构增加约 300 t	约 900 万元
导流洞	弧形门闸室石方开挖约 6 300 m ³	进口闸室混凝土约 2 000 m ³ 弧门闸室混凝土约 3 000 m ³	弧形门、启闭设备一套, 共计约 400 t	约 1 100 万元
小 计				2 000 万元

经综合技术与经济比较后推荐方案一, 即采取“泄洪洞 + 无堰平底溢洪道”方案来达到低水位发电期间的安全度汛目的。

3.5 提前两年发电电量估算

两个项目在建设程序上的关联性被破解后, 金川水电站的建设计划将不受双江口水电站的制约。按金川水电站 2012 年底核准、同年底主体工程开工安排建设计划, 2013 年 11 月就可以实现截流, 2015 年 10 月将实现导流洞下闸蓄水。2015 年 11 月至 2016 年 5 月对导流洞进行改建,

则 2016 年 6 月底可实现首台机组发电。2016 年 10 月初、2017 年 2 月初、2017 年 6 月初, 后三台机组将实现投产。待 2017 年 12 月底, 双江口水电站具备蓄水发电条件后, 利用溢洪道前沿的平板检修闸门挡水, 浇筑 WES 溢流堰, 2018 年 6 月底, 金川水电站恢复原设计水位运行。

按照上述机组相继投产的时间作电量估算, 两年所发电量约为 31.98 亿 kW·h, 电量毛收益约为 9.6 亿元, 净利润超过约 1 亿元。

3.6 投入产出分析

综上所述,厂房进水口及溢洪道等部位改建主要工程量增加费用预计为950万元,而提前两年发电的净利润则超过1亿元,同时,金川水电站提前两年发电,对尽早改善集团公司清洁能源比重及大渡河公司的滚动开发作用非常明显。

4 结论与建议

金川水电站临时低水位(高程2 238 m)发电方案的初步研究表明:采取适当降低金川水电站发电进水口的高程,并对溢洪道体型和施工工序进行适当调整,可以在维持金川水电站低水位发

电及安全度汛的前提下,为双江口水电站主体工程正常施工提供有利条件。同时,从经济方面进行综合比较分析,所需资金投入远远小于发电产生的综合效益,因此,金川水电站先于双江口水电站两年投产,无论从技术层面还是经济层面都是可行的。

作者简介:

成 磊(1982-),男,河南三门峡人,工程师,硕士,从事水电工程建设技术与管理工作的。

(责任编辑:李燕辉)

国电集团多个新能源项目获核准

9月末以来,国电集团多个水电、风电项目获核准,新能源发展稳步推进。9月26日,云南省发改委核准国电云南新能源公司寻甸清水海项目。清水海风电项目一期工程建设规模为4.95万千瓦,工程力争今年年底发电。9月28日,吉林省发改委核准吉林龙源风力发电公司所属的吉林通榆兴隆山2C风电项目和吉林农安永安一期风电项目。前者平均年发电量约为10 875万千瓦时,计划2012年并网发电;后者平均年发电量约为11 449万千瓦时,计划2011年底并网发电。9月30日,红河州能源局核准国电红河发电公司勐曼三级水电站项目。该电站位于云南省南部绿春县境内,总装机38 MW,多年平均发电量17 192万千瓦时。

安宁河谷阿月风电场和华能昭觉风电场(一期) 工程水土保持方案报告书通过技术评审

9月29日,由成都院编制的《四川省德昌县安宁河谷阿月风电场工程水土保持方案报告书》和《四川省华能昭觉风电场(一期)工程水土保持方案报告书》顺利通过了四川省水土保持局在成都市组织的技术审查。四川省德阳市安宁河谷阿月风电场是成都院设计的第二个风电场,建设单位为德昌风电开发有限公司;华能昭觉风电场由北京国庄国际经济技术咨询有限公司设计,建设单位为华能新能源股份有限公司。评审会上,与会专家和代表查阅了相关资料,观看了两个工程所在区域相关照片,分别听取了建设单位对项目前期工作情况的介绍和成都院对上述项目水土保持方案报告书内容的详细汇报,经过认真讨论和审议,认为“报告书”编制依据充分,内容较全面,工程项目及项目区环境概况介绍清楚,水土流失防治目标与责任范围明确,分区及分区防治措施可行,水土保持监测目的明确,监测内容较全面,水土保持投资估算编制原则、依据、方法符合规定,效益分析可信。报告书的内容达到了风电工程可行性研究阶段的设计深度,符合有关法律法规和技术规范的要求。在落实各项水土保持措施的前提下,工程建设是可行的。其水土保持方案技术评审的顺利通过,为工程后续建设的开展及其水土保持工作奠定了良好的基础。

2011年全国水利水电地基与基础工程学术研讨会在蓉举办

2011年11月3~4日,2011年全国水利水电地基与基础工程学术研讨会在蓉举办。水利水电基础局总工程师肖恩尚主持会议,介绍了与会的领导与嘉宾以及会议的筹备情况,夏可风主任委员在会上发表了热情洋溢的致辞,欢迎与会代表出席此次盛会。此次会议承办单位——中国水利水电第十工程局有限公司党委书记何其刚、水利学会技术交流部主任张淑华、中国水力发电工程学会副秘书长毛亚杰先后在会上致辞,预祝会议圆满成功。与会代表合影留念后举行了学术主题发言。中国水利水电科学院的符平博士以“裂隙岩体水泥灌浆效果评价及数值模拟研究”为题;中国水电基础局有限公司的肖恩尚总工以“垂直防渗技术的进展及施工中存在的问题”为题;北京振冲有限公司的刘勇以“中外振冲技术应用及比较”为题;成都理工大学环境与土木工程学院的陈礼仪以“地下连续墙护壁聚合物泥浆的研究与应用”为题;中国水电七局有限公司的党玉辉以“桐子林水电站框格式地下连续墙结构优化及施工”为题图文并茂地做了主题发言,受到与会代表的热烈欢迎。还有来自各有关单位的领导和工程技术人员、厂家20余人在会上宣读了论文或介绍了产品,受到与会者关注。会议开的紧凑、内容丰富,代表们受益匪浅。11月5日,与会代表参观了紫坪铺水利枢纽。在完成了预定的议程后,会议圆满结束。

美国一新清洁能源发电系统开始测试

10月22日,美国弗吉尼亚州罗阿诺克市政府与一家技术公司宣布,一个新的清洁能源发电系统开始了测试阶段。目前,在弗吉尼亚州罗阿诺克市的一家文娱中心,研究人员用新能源技术设置了其动力系统。据了解,该清洁能源新系统可从数千辆行驶的汽车中捕获动能,然后转化为持续的电流。新系统转化生成的电力用途广泛,例如需要电力驱使用运行的其他物品或系统。该项目的工程师说:“新的清洁能源系统非常有用处,例如紧急路牌、偏远地区的交能系统数据收集、备用电池甚至是无线网络的电力系统都可以使用该系统。”系统开发人员称,此次测试是新系统三次测试中的第一次,用来帮助公司收集有用的数据并且提高设备的效率。