

锦屏一级水电站建设与雅砻江开发

吴世勇

(四川大学水利水电工程学院 四川 成都 610065)

摘要 分析锦屏一级水电站的特点和在发电、梯级补偿、蓄洪、减淤、促进民族地区经济发展等方面的综合效益,以及对雅砻江后续项目开发的重要作用,认为应加快开发锦屏一级水电站建设。

关键词 水电开发 水利规划 锦屏一级水电站 雅砻江

中图分类号:TV211.1+4

文献标识码:A

文章编号:1006-7647(2004)07-0013-02

1 雅砻江规划概况

雅砻江是金沙江最大的支流,发源于青海省巴颜喀拉山南麓,自西北向东南至呷衣寺附近流入四川省境内,在攀枝花市保果注入金沙江。干流全长 1570 km,流域总面积约 13.6 万 km²,天然落差 4420 m,其中四川省境内长 852 km,流域面积 12.5 万 km²,天然落差约 3180 m。江口多年平均流量 1910 m³/s,年径流量约 602 亿 m³。干流分为上游、中游和下游河段,其中源头至两河口为上游河段,两河口至卡拉为中游河段,卡拉至江口为下游河段。河段共规划 21 级水电站,装机容量 2856 万 kW,年发电量 1540 亿 kW·h^[1],流域水力资源具有淹没损失小、调节性能好、电能质量优等显著特点。

两河口至江口的中下游河段长约 680 km,天然落差约 1630 m,平均比降 0.24%,水能资源富集,开发条件较好,是我国能源发展规划的十二大水电基地之一,共规划 11 级电站,装机容量 2285 万 kW,占雅砻江干流的 87.5%,保证出力 921 万 kW,年发电量 1245 亿 kW·h。

1992 年 10 月成都勘测设计研究院编制完成了《四川省雅砻江干流(卡拉至江口河段)水电规划报告》,1996 年 3 月四川省计委会同电力工业部水电水利规划设计管理局召开了审查会议,并以川计[1996]能 200 号文下发了审查意见,基本确定下游河段采用 5 级开发方案,自上而下依次为锦屏一级、锦屏二级、官地、二滩和桐子林等 5 座水电站,总装机容量为 1355 万 kW,其中锦屏一级为下游河段的控制性水库工程。1999 年底装机 330 万 kW 的二滩水电站建成投产。为了贯彻“流域、梯级、滚动、综合”

的开发方针,作为雅砻江流域资源开发业主的二滩水电开发有限责任公司(以下简称二滩公司),已投资大量资金用于雅砻江流域资源的规划和前期准备工作,为雅砻江水电资源的流域开发奠定了良好的基础。

2 锦屏一级水电站及其效益

2.1 概况

锦屏一级水电站位于四川省凉山彝族自治州境内,是雅砻江干流自下而上的第 5 个梯级,距已建下游二滩水电站约 333 km,坝址左岸为木里藏族自治县,右岸为盐源县。该电站坝址以上控制流域面积 10.26 万 km²,占全流域的 75.3%,坝址多年平均流量 1220 m³/s,多年平均年径流量约 385 亿 m³。

锦屏一级水电站开发任务以发电为主,兼有蓄洪、拦沙等作用。枢纽建筑物主要由拦河坝、泄洪隧洞、坝后水垫塘、引水发电系统、地面开关站等组成,拦河坝采用混凝土双曲拱坝,最大坝高 305 m。水库正常蓄水位 1880.00 m 时的库容为 77.65 亿 m³,其中调节库容为 49.1 亿 m³,库容系数为 12.8%,具有年调节能力。电站初选安装 6 台单机容量为 600 MW 的混流式水轮发电机组,总装机容量为 360 万 kW,枯期平均出力 110.9 万 kW,设计多年平均年发电量为 166.2 亿 kW·h。电站建成后,向四川、重庆和华东电网送电,初拟送电华东地区为纯直流输电,电压等级采用 ±600 kV,送川渝电压等级为交流 500 kV。

1999 年预可行性研究报告通过国家审查,随即转入项目可行性研究工作。2003 年 7 月,受国家发展改革委员会委托,中国国际工程咨询公司组织专家对项目建议书进行了评估,专家组对锦屏一级电

站给予了较高评价。2003 年 12 月国家批准项目立项。电站的可行性研究报告已于 2003 年 11 月完成并通过行业审查。为了实现 2005 年主体工程开工, 2013 年第一台机组发电的目标, 按照公司董事会的要求, 二滩公司也积极开展了项目的筹备期准备工作。12 km 长的锦屏辅助洞东端接线公路于 2003 年 2 月开工, 50 km 长的大河湾辅助道路改建工程于 2003 年 7 月开工, 两条 17.5 km 长穿越锦屏山的辅助洞也已开工。施工用电、施工通讯等也在积极筹建中。锦屏一级开工前的各项工作正在紧锣密鼓地开展。

2.2 锦屏一级水电站效益显著

a. 发电效益。锦屏一级水电站总装机容量 360 万 kW, 枯期平均出力 110.9 万 kW, 设计多年平均年发电量 166.2 亿 kW·h, 其中平、枯水期 (11 月至翌年 5 月) 电量为 67.8 亿 kW·h, 约占 40%。该电站建成后, 具有年调节能力的电站容量增加至 1130 万 kW (含已建二滩和待建锦屏二级两座电站), 枯期平均出力 391.1 万 kW, 可显著改善四川电网运行的丰枯矛盾, 满足四川经济发展和用户的用电需求。

b. 梯级补偿效益。锦屏一级水库调节库容为 49.1 亿 m^3 , 具有年调节能力, 利用其良好的调节性能, 可使坝址处枯水年枯期平均流量由 367 m^3/s 提高到 678 m^3/s , 提高 84.7%, 使雅砻江下游已建二滩电站多年平均平枯期电量增加 19.3 亿 kW·h, 平枯期平均出力增加 36.6 万 kW; 锦屏一级的补偿效益还延伸到金沙江下游的溪洛渡、向家坝及长江三峡、葛洲坝等水电站, 可增加这 4 座电站平枯期电量 49.6 亿 kW·h, 平枯期平均出力 103.2 万 kW^[3], 梯级补偿调节作用显著。

c. 蓄洪作用。初拟锦屏一级水库运行方式为: 5 月水库水位消落至死水位 1800.00 m, 6 月开始电站按保证出力发电, 余水蓄存, 至 9 月底水库蓄至正常蓄水位 1880.00 m。综合考虑水库运行方式及雅砻江暴雨出现时段, 5000 年一遇 3 d 洪量为 35.1 亿 m^3 , 利用调节库容大的特点, 可临时蓄滞洪水, 有利于减轻沿江下游地区的洪灾损失, 有良好的调蓄洪水作用。

d. 减淤作用。雅砻江干流洼里至小得石区间是雅砻江流域的主要产沙区, 锦屏一级水电站坝址即位于此区间内。据统计, 坝址多年平均悬移质年输沙量为 2120 万 t, 推移质年输沙量为 71.7 万 t。初步分析, 锦屏一级水库死库容 28.5 亿 m^3 , 水库运行 20 年, 可拦截全部的推移质和 82.6% 的悬移质, 约占二滩水库入库悬移质输沙量的 58%, 有效改变入库的水沙条件, 减少泥沙淤积, 延长该水库的使用年限, 减轻粗颗粒泥沙过机的磨损, 同时也有利于减少长江三峡水库的泥沙淤积。

e. 促进民族地区经济发展。锦屏一级水电站地处四川省凉山彝族自治州, 该州经济基础薄弱, 社会教育程度低。锦屏一级水电站的开工建设将使当地的交通条件得到有效改善, 为当地的水泥、钢材等行业带来良好的市场前景, 还可增加当地税收和劳务投入, 加快沿江少数民族地区脱贫致富的步伐, 对拉动四川省和当地少数民族地区经济发展将起到积极的推动作用。

3 锦屏一级电站在雅砻江水电开发中的重要作用

3.1 雅砻江流域滚动开发启动的标志性工程

雅砻江干流是国家确定的十二大水电基地之一。雅砻江中下游河段规划有两河口、锦屏一级、二滩三大水库, 总调节库容约 157.7 亿 m^3 , 约占二滩坝址年径流量 520 亿 m^3 的 30.3%, 建成后可实现两河口至二滩河段梯级完全年调节, 成为四川省大江大河中电能质量最好的大型梯级水电站。三大水库中二滩已建成发电, 锦屏一级为下游河段的控制性水库工程, 其建设对改善四川水电的调节能力有着重要的战略意义。从地理位置上分析, 锦屏一级梯级具有承上启下的作用, 向上可接续开发两河口梯级, 向下可开发锦屏二级、官地、桐子林等梯级, 是加快雅砻江干流水能资源开发的关键工程。锦屏一级水电站的开工建设也标志着雅砻江资源梯级开发拉开了序幕。

3.2 构筑雅砻江资源输电格局

按照规划, 初步拟定锦屏一、二级电站 800 万 kW 装机, 其中 350 万 kW 通过一回 ± 600 kV 直流送华东, 其余 450 万 kW 送川渝。其中锦屏一级水电站送四川 100 万 kW, 送重庆 85 万 kW, 送华东 175 万 kW^[3]。锦屏一级水电站的建设将初步构筑雅砻江资源服务川渝, 支持“川电外送”的市场格局。

3.3 为雅砻江资源开发奠定组织基础

二滩电站的建设引用世界银行贷款, 采用国际招标, 在项目管理上全面实现国际接轨。在二滩电站建成后, 二滩公司的工作重点转入二滩电站的生产经营。随着锦屏一级水电站的开工建设, 二滩公司将进入生产经营与工程建设并重的管理阶段, 公司将积极探索新的项目管理模式, 完善流域开发公司的组织结构形态, 为雅砻江资源的持续开发做好组织准备。

4 结论及建议

a. 锦屏一级水电站水库调节性能良好, 发电效益大, 梯级补偿效益显著, 是一个综合效益好的大型水电工程。

(下转第 20 页)

数据表,即可绘制对应位移或应力的等值线.另外,对切面的边界也要按 SURFER 的要求作相应处理.

5 应用实例

采用以上方法分析了某拱坝中孔预应力闸墩.中孔工作门为大型弧形闸门,弧门总推力为44050 kN,弧门支承结构采用固端支承梁形式,闸墩中布置双排永存张力为3000 kN的主预应力锚索,支承梁中布置3排永存张力为2000 kN的次锚索^[4].由于闸墩处锚索密集且主次锚索交错分布,直接在 ANSYS 中建模将十分困难,为此,笔者用以上方法进行分析,依据对称性取结构的一半分析,由于建模范围较小,边界条件运用了该拱坝整体有限元计算结果的位移值.单元采用八节点六面体等参单元(ANSYS 中为 SOLID45 单元),材料参数如下:混凝土弹性模量为 20 GPa,密度为 $2.45 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$,泊松比为 0.167,线胀系数为 $10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ^[4].按设计要求先进行线弹性分析,给闸墩及支承梁配筋提供依据,预应力采用等效集中力模拟,共剖分 7667 个节点,5999 个单元,计算取得了良好效果.图 3 是在 SURFER 中绘制的第三排次锚索所在平面 σ_1 等值线.

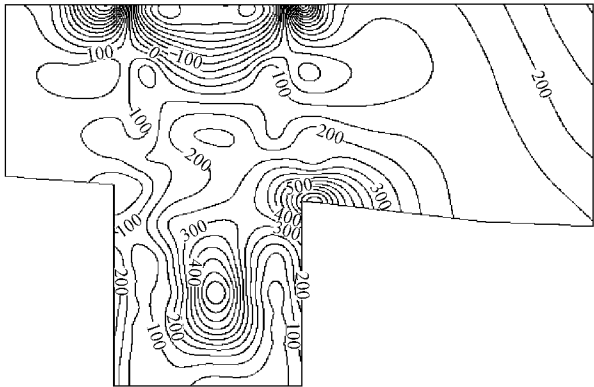


图 3 第三排次锚索所在平面 σ_1 等值线(单位: kPa)

6 结 语

本文介绍了在有限元分析中使用 GID 作前后处理器,ANSYS 为求解器,用 GID-plus 作接口程序的有限元分析方法,并介绍了将 GID 中切面上的结果导入 SURFER 绘制位移、应力等值线的原理和方法.事实上,采用其他程序作求解器时,这种方法也可参考使用,有限元建模最终都是要得到节点、单元、约束、材料等信息,求解后由节点应力、位移画云图或等值线图,本文所介绍的方法能方便快捷地实现这一前后处理过程,具有一定的实用价值.

GID-plus 的功能虽然还不完善,但它具有很好的可开发性,用户可以根据自己的需要添加自己想要的功能.相信对其进行不断完善,将给 GID 与

ANSYS 提供一个很好的接口.

现在针对有限元分析的软件很多,各自都有自己的特点和优势,如果能将各软件结合起来应用,能大大提高工作效率,并取得更好的效果.

参考文献:

[1] 叶先磊,史亚杰. ANSYS 工程分析软件应用实例[M]. 北京:清华大学出版社,2003.17~33.
[2] 姚纬明,牛志伟,李同春.基于 GID 的程序界面设计及应用[J].水利水电科技进展,2003,23(3):22~24.
[3] 《数学手册》编写组.数学手册[M].北京:高等教育出版社,1979.339~341.
[4] 陈琴.乌江构皮滩拱坝不同孔口布置方案对大坝应力的影响研究[R].武汉:长江科学院,2002.

(收稿日期:2004-07-20 编辑:熊水斌)

(上接第 14 页)

b. 锦屏一级建设对雅砻江开发具有承上启下的作用,有利于加快雅砻江干流其他梯级电站的开发.

c. 锦屏一级对推进“川电东送”战略,拉动四川省经济社会发展具有积极的作用.

d. 鉴于锦屏一级的综合效益及对雅砻江开发的重要作用,建议国家尽快批准项目的开工建设.

参考文献:

[1] 吴世勇.从四川能源结构特点看雅砻江水能资源开发.水力发电,2004,30(5):1~3.
[2] 吴世勇.锦屏一级电站建设在四川经济发展中的战略作用.雅砻江水电,2003(1):60~63.
[3] 吴世勇,张运洲,吴安平.锦屏水电站电能输送与消纳研究.中国电力,2004,37(6):23~25.

(收稿日期:2004-03-15 编辑:熊水斌)

· 简讯 ·

第四届流域管理和城市供水国际会议在深圳举行

2004 年 12 月 13 日,第四届流域管理和城市供水国际会议在深圳银湖旅游中心举行.来自世界各地的 170 余位水利、水务专家出席了这次会议,共同探讨水资源管理、水资源利用、水环境保护以及城市供水和节水问题.流域管理和城市供水国际会议由美国弗吉尼亚大学、美国土木工程师学会环境水资源研究会(EWRI)和城市水资源研究委员会(UWRRC)共同发起,旨在推动世界范围内水事业的革新与进步.第一、二届会议于 1997 年和 1999 年在美国召开,第三届会议于 2001 年在中国台湾召开.本届会议共收到会议论文 150 多篇,收入会议论文集的有 117 篇,大会交流 70 多篇.

(编辑部供稿)