

冶勒水库年末消落水位研究

过夏明¹, 陈建春², 马光文¹

(1. 四川大学 水电学院, 四川 成都 610065; 2. 国电四川南桷河流域水电开发有限责任公司, 四川 成都 610016)

摘 要: 提出了冶勒水库在考虑丰枯分时上网电价条件下, 确定年末消落水位的方法。研究表明, 分时上网电价政策下年末消落水位对冶勒水库的运用调度产生很大影响。研究中提出的考虑丰枯分时电价水库长期优化调度模型, 可以确定较优的年末消落水位, 使水电站可靠出力提高, 发电收益提高。该方法对分时上网电价政策下, 多年调节水库的调度运用具有推广价值。

关键词: 多年调节水库; 消落水位; 分时电价; 优化调度; 冶勒水库

中图分类号: TV 697

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2003)04-0054-03

1 前言

我国不少省网已经实施和即将推行分时上网电价政策, 即在丰水期将上网电价适当降低, 枯水期将上网电价适当提高, 形成具有一定季节电量差价的上网电价结构¹。分时上网电价政策给具有多年调节能力水库的水电站运行带来了机遇和挑战, 一方面, 水电站通过多发枯、平期电量不仅可以提高公司/电厂自身发电收益, 而且可以为电网提供尽可能大的枯、平期出力, 充分发挥水电的容量效益, 以替代火电; 另一方面, 传统以发电量最大为目标的水库运行方式将不再适合新的环境。多年调节水库调度的关键是确定一个科学、合理的年末消落水位, 这不仅对水库自身, 而且对有水力、电力等联系的水库群运行调度影响极大。但遗憾的是, 目前对此问题的研究不够深入, 也没有好的解决方法²。笔者对冶勒水库的年末消落水位进行了研究, 提出了冶勒水库在考虑丰枯分时上网电价条件下, 确定年末消落水位的方法。研究表明, 该方法具有重要的推广应用价值, 对具有多年调节能力水库的梯级水电站的运行调度具有十分重要的意义。

2 水库长期运用方式优化

2.1 数学模型

目标函数。

为实现水资源的最优化利用, 本研究在满足各用水部门要求的前提下, 以提高发电公司自身发电收益, 并且给电网提供尽可能大的可靠出力和电量为准则, 因此, 选择下列两目标³:

目标 I: 梯级水电站年内出力最小的时段的出力尽可能大, 即“最大化最小出力”, 也就是使水电站在枯水期和平水期为电网提供尽可能大的均匀的可靠出力, 充分发挥水电的容量效益, 以达到替代火电的目的。

$$NP_i = \max \min_{i=1}^N (A_i \cdot Q_{i,t} \cdot H_{i,t}) \quad \forall t \in T \quad (1)$$

式中 NP_i 为整个梯级最大化的最小出力 (MW); A_i 为第 i 个电站综合出力系数; $Q_{i,t}$ 为第 i 个电站在第 t 时段发电流量 (m^3/s); $H_{i,t}$ 为第 i 个电站在第 t 时段平均发电净水头 (m); T 为年内计算总时段数 (计算时段为月, $T=12$); N 为梯级水电站总数。

目标 II: 梯级水电站年发电收益最大, 即考虑丰枯分时上网电价的差异, 通过水库调节, 使水电站在尽可能增加枯水期、平水期发电的同时, 尽可能增大丰水期发电收益。

$$E_j = \max F = \max_{i=1}^N \max_{t=1}^T (A_i \cdot P_t \cdot Q_{i,t} \cdot H_{i,t} \cdot M_t) \quad j \in S \quad (2)$$

式中 E_j 为电站第 j 年最大化年发电收益; P_t 为 t 时段电价; M_t 为第 t 时段小时数; S 为资料系列长度 (年)。

约束条件。

(1) 水量平衡约束:

$$V_{i,t+1} = V_{i,t} + q_{i,t} - Q_{i,t} - S_{i,t} \quad \forall t \in T \quad (3)$$

式中 $V_{i,t+1}$ 为第 i 个电站第 t 时段末水库蓄水量; $V_{i,t}$ 为第 i 个电站第 t 时段初水库蓄水量; $q_{i,t}$ 为第 i 个电站第 t 时段入库流量; $S_{i,t}$ 为第 i 个电站第 t 时段弃水流量;

(2) 水库蓄水量约束:

$$V_{i,t,\min} \leq V_{i,t} \leq V_{i,t,\max} \quad \forall t \in T \quad (4)$$

式中 $V_{i,t,\min}$ 为第 i 个电站第 t 时段应保证的水库最小蓄水量; $V_{i,t}$ 为第 i 个电站第 t 时段的水库蓄水量; $V_{i,t,\max}$ 为第 i 个电站第 t 时段允许的水库最大蓄水量 (如汛期防洪限制等);

(3) 水库下泄流量约束:

$$Q_{i,t,\min} \leq Q_{i,t} \leq Q_{i,t,\max} \quad \forall t \in T \quad (5)$$

$$S_{i,t} \geq 0 \quad \forall t \in T \quad (6)$$

收稿日期: 2003-09-16

式中 $Q_{i,t,\min}$ 为第 i 个电站第 t 时段应保证的最小下泄流量; $Q_{i,t,\max}$ 为第 i 个电站第 t 时段最大允许下泄流量;

(4) 电站出力约束:

$$N_{i,\min} \leq A_i \cdot Q_{i,t} \cdot H_{i,t} \leq N_{i,\max} \quad \forall t \in T \quad (7)$$

式中 $N_{i,\min}$ 为第 i 个电站允许的最小出力(取决于水轮机种类与特性); $N_{i,\max}$ 为第 i 个电站装机容量;

(5) 非负条件约束:

上述所有变量均为非负变量(≥ 0)。

2.2 模型求解

本研究采用动态规划方法求解。以水电站(群)多年平均发电收益最大为目标, 建立水库联合优化调度数学模型, 开发了梯级水电站长期优化调度软件包。

表 1 不同年末消落水位下设计代表年南桎河梯级水电站的年收益表(不考虑丰枯电价差异)

年末消落水位 /m	设计代表年年收益 /万元			
	枯水年	平水年	丰水年	平均
2 600.00	81 174.71	91 358.16	103 314.4	91 949.09
2 605.00	81 225.07	91 429.32	103 408.3	92 020.90
2 610.00	81 278.56	91 488.68	103 471.5	92 079.58
2 615.00	81 357.77	91 566.63	103 556.1	92 160.16
2 620.00	81 421.38	91 631.11	103 631.4	92 227.95
2 625.00	81 501.15	91 704.83	103 742.1	92 316.04
2 630.00	81 565.92	91 751.18	103 706.4	92 341.16
2 635.00	81 622.69	91 669.65	103 258.5	92 183.62
2 640.00	81 639.13	91 039.54	102 311.5	91 663.40

92 341.16 万元。但是, 其它年末消落水位对应的年收益平均值与其相差无几, 如最小的 91 663.40 万元(对应年末消落水位 2 640 m) 也占极大值的 99.3%。因此, 在不考虑丰枯电价系数的情况下, 梯级年收益与年末消落水位几乎没有依赖关系;

(2) 考虑丰枯电价系数。根据四川省的分时上网电价政策, 枯水期电价在平水期电价基础上上浮 50%, 丰水期电价在平水期电价基础上下浮 25%, 平水期执行基准电价。浮动电价系数见表 2。

表 2 四川统调电网丰枯电价系数表

时间	枯水期(12~ 4月)	平水期(5, 11月)	丰水期(6~ 10月)
电价因子	1.50	1.00	0.75

采用历史实测径流资料和表 2 的丰枯电价系数, 在不同的年末消落水位下, 对三个设计代表年: 枯水年、平水年、丰水年分别进行全梯级联合优化调度计算, 得出不同年末消落水位下设计代表年南桎河梯级水电站的年收益, 见表 3 和图 1。

由表 3 和图 1 可知, 在考虑丰枯电价系数的情况下, 梯级年收益与年末消落水位存在着相当大的依赖关系: 梯级年收益随着年末消落水位的降低而明显增大, 在死水位 2 600 m, 设计代表年的年收益

2.3 计算结果

冶勒水电站为南桎河梯级的龙头电站, 其水库具有多年调节能力, 调节库容 2.76 亿 m^3 ; 正常蓄水位 2 650 m, 死水位 2 600 m; 装机容量 24 万 kW。冶勒水电站下游有栗子坪、姚河坝、南瓜桥、洗马姑、大渡河边等 5 座日调节或径流式水电站。

(1) 不考虑丰枯电价系数。传统的方法不考虑丰枯电价系数, 即丰水期、平水期、枯水期的电价系数相同, 采用历史实测径流资料在不同的年末消落水位下, 对三个设计代表年: 枯水年、平水年、丰水年分别进行全梯级联合优化调度计算, 得出结果见表 1。

由表 1 可知, 梯级年收益在年末消落水位 2 630 m 处, 设计代表年的年收益平均值中有一个极大值

表 3 不同年末消落水位下设计代表年南桎河梯级水电站的年收益表(考虑丰枯电价差异)

年末消落水位 /m	设计代表年年收益 /万元			
	枯水年	平水年	丰水年	平均
2 600.00	94 874.73	105 306.6	119 055.7	106 412.3
2 605.00	94 397.59	104 694.7	118 508.2	105 866.8
2 610.00	93 722.34	104 081.3	117 851.5	105 218.4
2 615.00	92 585.65	102 896.3	116 689.9	104 057.3
2 620.00	91 545.93	101 747.0	115 397.5	102 896.8
2 625.00	89 577.32	99 863.15	113 740.7	101 060.4
2 630.00	87 712.28	97 982.59	111 840.4	99 178.43
2 635.00	84 842.14	95 249.34	108 694.0	96 261.84
2 640.00	81 855.38	91 885.26	104 968.8	92 903.14

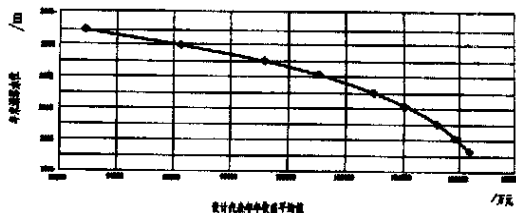


图 1 不同年末消落水位下设计代表年南桎河梯级水电站的年收益平均值曲线图(考虑丰枯电价系数)

平均值有极大值 106 412.3 万元。在 2 620 m 以下, 设计代表年的年收益平均值都大于极大值的 95%, 因此, 可以对 2 600 m、2 605 m、2 610 m、2 615 m、2 620 m 五个水位优化计算后得出的统计指标进行

进一步分析,找出一个指标较优的水位作为年末消落水位。通过对这五个水位分别进行长系列全梯级联合优化调度计算,各项指标见表4和图2。

表4 南桷河梯级各项统计指标与冶勒水库年末消落水位的关系值表

年末消落水位 /m	水库蓄满率 /%	月平均出力保证率 /%	枯水期最小出力平均值 /万 kW
2 620	97.1	99.0	35.06
2 615	94.1	98.8	36.29
2 610	91.2	96.8	37.59
2 605	85.3	96.1	37.73
2 600	79.4	94.4	37.87

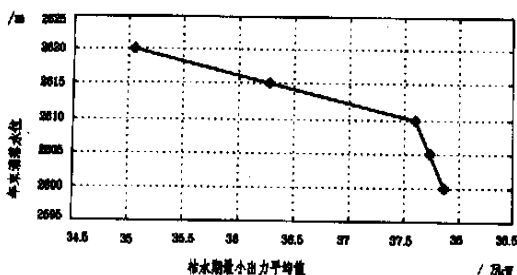


图2 不同年末消落水位下的枯水期最小出力平均值图

注:水库蓄满率指冶勒水库10月末水位回到正常高水位的年数占总年数的比值;月平均出力保证率指实测系列中月平均出力值大于保证出力的月数与总月数的比值;枯水期最小出力平均值指应用梯级水电站长期优化调度软件包进行长系列全梯级联合优化调度计算时采用的各年枯水期最小出力的平均值。

比较上述结果,在不考虑丰枯电价时,收益基本上是随水位的增高而增加,而考虑丰枯电价差时,收益随水位的增高而减少,其原因在于不考虑丰枯电价时,丰水期与枯水期电价相同,水位高,则不蓄电能愈多,而后者,由于枯水期电价远高于丰水期,水库蓄能起主要作用,综上所述,我们可以发现:如果年末消落水位定在2 610 m,那么整个梯级不仅可以在枯水期和平水期为电网提供尽可能大的均匀的

可靠出力(37.59万kW),获得较高的回报(是2 600 m对应的极大值的98.9%),而且有较大的水库蓄满率(91.2%),避免冶勒水库长期在低水位下运行,从而降低了水库运用的风险³,因此,选择2 610 m作为该水库年末消落水位较为合适。

3 结语

上述对冶勒水库年末消落水位的优化计算分析方法,可推广到大江、大河具有多年调节能力水库(群)的梯级水电站的运行调度中去,实际应用时丰枯电价系数应根据各个地区的具体情况而定。应用笔者提出的方法,能较好地解决在分时上网电价政策下,多年调节水库年末消落水位变化与水电站各项统计指标之间的关联分析问题,使水库调度决策更具有科学性和合理性。

参考文献

- 1 马光文,王黎,过夏明.分时电价下多用途水库的运用方式研究[J].水科学进展,2002,13(5):583~587.
- 2 田嘉宁,黄强.多年调节水库年末消落水位控制规则研究[J].西安理工大学学报,1999,15(1):71~74.
- 3 王新民.水库调度应重视经济效益——龙羊峡水库运行十年的分析与思考[J].青海电力,1998,4:42~47.

作者简介

过夏明(1978-),男,浙江绍兴人,四川大学水电学院硕士研究生,主要从事水电工程经济管理和研究工作;

陈建春(1963-),男,四川三台人,国电四川南桷河流域水电开发有限责任公司总工程师,高级工程师,工程硕士,从事水电工程技术与管理工作的;

马光文(1960-),男,陕西人,四川大学水电学院教授,中国西部开发研究院副院长,博士生导师,博士,从事水电工程经济管理和研究工作。

四川大渡河干流水电规划调整报告通过审查

11月1日至3日,大渡河干流水电规划调整报告在成都通过了由中国水电水利规划设计总院会同四川省发展计划委员会组织的专家审查。由国电成都勘测设计研究院完成的《规划调整报告》,将1989年编制完成的原《规划报告》规划的两库17级开发,装机2 150万kW,调整为三库22级开发,装机容量2 340万kW,总发电量1 123.6亿kW·h,其中枯水期总量277亿kW·h,较原规划方案分别增加190万kW、104亿kW·h和136亿kW·h。在22个梯级电站中,以装机容量54万kW,具有多年调节性能的下尔呷为干流“龙头”水库;以装机容量180万kW,具有年调节性能的双江口为上游控制性水库;以装机容量330万kW,具有季节调节性能的瀑布沟为中游控制性水库。

经过140多位专家认真讨论确认,通过调整,全梯级减少移民8.5万人,少淹耕地近3万亩,减少成昆铁路淹没约40 km,避免了金川和峨边两座县城及姑咱镇、金口河镇等重要集镇的淹没影响,大幅度降低了大渡河水电开发的水库淹没影响程度和移民安置难度,减少了对丹巴藏碉群等环境敏感点的影响,进一步协调了大渡河干流水电开发与社会经济发展和生态环境保护的关系。

据了解,大渡河四川境内的水能资源蕴藏量达3 132万kW,在我国十二大水电基地中居第五位。尽早合理地开发大渡河水能资源,一直是四川人民尤其是大渡河流域地区人民关注和盼望的大事。成都院1989年编制完成的《大渡河干流规划报告》,提出以独松、大岗山、瀑布沟、龚嘴等主要梯级为格局的干流17级开发方案,并推荐龚嘴加高和瀑布沟水电站为继铜街子之后的近期工程,并通过了有关部门的审查和省政府的批准,对指导大渡河水电开发起到了一定作用。

但限于历史条件,对水电开发适应经济社会发展、水库淹没及工程占地造成的移民安置难度、环境影响问题等还存在一定不足。为此,成都院从2001年开始,在对原工作成果的分析研究、规划河段的自然特点、水库环境及流域经济社会状况调查分析的基础上,通过对开发方案的研究和比选,于今年7月份完成了规划调整报告。根据“进行规划调整的基本思路,主要是在梯级布置和梯级开发方案中,重点处理好需要与可能、近期与远期、补偿效益与水库淹没及移民安置、梯级衔接与环境保护等方面的关系,使经济社会可持续发展”的基本思路,将大渡河干流水电规划推荐为三库22级开发,梯级自上而下依次为:下尔呷(装机54万kW)、巴拉(装机56万kW)、达维(装机36万kW)、卜寺沟(装机30万kW)、双江口(装机180万kW)、金川(装机80万kW)、巴底(装机110万kW)、丹巴(装机130万kW)、猴子岩(装机160万kW)、长河坝(装机220万kW)、黄金坪(装机60万kW)、泸定(装机80万kW)、硬梁包(引水式,装机130万kW)、大岗山(装机230万kW)、龙头石(装机64万kW)、老鹰岩(装机64万kW)、枕头坝(装机46万kW)、沙坪(装机60万kW,已建)。规划总装机容量2 340万kW,年发电量1 123.6亿kW·h。通过上中游三大控制性水库、部分季调节水库及以下的中小水库,可对大渡河径流进行较好的调节,使整个大渡河梯级电站达到年调节能力。其梯级开发对提高四川省水电站群的供电质量、保证系统安全经济运行将发挥显著作用。通过分析比较,结合电力市场及大渡河近期开发目标,规划调整报告推荐双江口、深溪沟、大岗山、长河坝、猴子岩、金川、巴底7个梯级为近期开发工程。其中,双江口、深溪沟、大岗山、长河坝为继瀑布沟后的第一批重点工作梯级,猴子岩、金川、巴底为第二批重点工作梯级,4个梯级地理位置适中,交通条件好,经济指标优越。近期梯级开发后,将有利于带动大渡河干流梯级电站全面持续开发。

“十一五”期间安排的大渡河干流双江口、大岗山和长河坝等三个大型梯级电站,总装机容量约为630万kW,分别位于阿坝州、雅安市和甘孜州境内,其开发既考虑了区域分布及地区经济发展的均衡性,又考虑了省内电力市场的需求。会议在完成了预定议程后圆满结束。

ABSTRACT

Design and Construction of Dam Foundation Seepage Control System at Yele Hydropower Station

CHEN Jian-chun

(Sichuan Naya River Basin Hydropower Development Corporation, Chengdu, Sichuan, 610012, China)

Abstract: Yele Dam is located in Naya river basin in Sichuan province in Southwest China and is the highest rockfill dam with asphalt concrete core in Asia. Design and construction of foundation treatment are not easy because of complex geologic conditions and high seismic intensity (VIII). The Yele dam is situated on extremely asymmetric foundation rock. The left abutment foundation is composed of quartz diorite. Dam foundation, right abutment and terrace consist of poorly bonded silty sandstone and interbedded sand and gravel. The overburden is over 420m.

Key words: Yele hydropower station; foundation seepage control system; rockfill dam with asphalt concrete core; single ogee joint construction

Research on Yearly Drawdown Level for Yele Reservoir

GUO Xiaoming CHEN Jian-chun MA Guangwen

(College of Hydropower Engineering, Sichuan University, Chengdu, Sichuan, 610065, China)

Abstract: A method to determine yearly drawdown level for Yele reservoir is presented taking account of network electricity price during flood season and dry season. Analysis results indicate the yearly drawdown level will affect the operation of long-term storage reservoir greatly under time-varying electricity price policy. The optimal operation model of long-term storage reservoir is established to determine an optimal yearly drawdown level so that the firm power output and benefit of power plant can be increased. Therefore, the method has great significance for the operation of long-term storage reservoir under time-varying electricity price policy.

Key words: long-term regulating storage reservoir; yearly drawdown level; time-varying electricity price policy; optimal operation

Study on Yearly and Monthly Runoff Prediction Model for Yele Reservoir

YAN Bing-zhong LU Zhi-li MA Guangwen

(College of Hydropower Engineering, Sichuan University, Chengdu, Sichuan, 610065, China)

Abstract: Reservoir inflow runoff prediction is very important under power market situation. It is of a great theoretical and practical significance for hydropower plant to schedule power generation, power time bargain and bidding in power market. The yearly and monthly runoff models are studied, providing some models which suited to long and mid-term runoff prediction.

Key words: runoff prediction; regression analysis; hydrology; assessment of results

Relationship between Power System Reform and Existence and Development of Shizitan General Hydropower Plant

ZHU Chang-hua

(Shizitan General Hydropower Plant, Changshou, Chongqing, 401259, China)

Abstract: Based on review of Europe and Shanghai and meticulous consideration, some measures are presented to stable development of the enterprise under current power system reform.

Key words: Shizitan General Hydropower Plant; power system reform; existence and development; some measures

Discussion on Construction Cost Control in Water Conservancy and Hydropower Projects

ZHOU Jin-shan

(Chinese 7th Construction Bureau of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Pixian, Sichuan, 611730, China)

Abstract: Due to severe competition in water conservancy and hydropower project construction contracting market, profit gained by construction enterprises is less. Therefore, project management level is required to be improved endlessly. Construction cost control is a very important way. Construction cost control must be carried out by scientific steps. The actual construction cost payout is controlled by contract construction cost budget norm or enterprise practicality consumption norm. Relationship between construction cost and controlling expenses should be well-handled. Enterprise ration, material management and initial record preservation system should be got down with.

Key words: water conservancy and hydropower project; construction cost control; construction enterprise; project management

Analysis on Calibration Reliability of Hydraulic Steel Gate Structure

ZHOU Jian-fang¹ LI Dian-qing²

(1. Institute of Electrical and Mechanical Engineering, Hehai University, Changzhou, Jiangsu, 213022, China;

2. Institute of Ship and Ocean Engineering, Shanghai Taotong University, Shanghai, 200030, China)

Abstract: Simple second moment probabilistic approach is used to carry out calibration computation and analysis on reliability index of component strengths in current "Water Conservancy and Hydropower Project Steel Gate Design Code." Computation results show that reliability index of gate component strengths conforms with safety standards of the first class structure. Selected reliability index for hydraulic steel gate structure is proposed to give reference to modification of "Water Conservancy and Hydropower Project Steel Gate Design Code."

Key words: hydraulic steel gate; calibration method; reliability index; load; strength

Automatic Welding System for Circumferential Weld of Large Diameter Penstock

ZHAO Hong-jie

(Metal Structure Factory of Electrical and Mechanical Installation Department,

Chinese 7th Construction Bureau of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Dujiangyan, Sichuan, 611830, China)

Abstract: In construction of penstock at hydropower station, there is some ellipticity at joint of penstock. In order to solve this problem, "automatic welding system for circumferential weld of large diameter penstock" is especially developed. Structure, components and operational principles are presented.

Key words: circumferential weld; ellipticity; circularity regulation; bogie frame; mechanical drive; hydraulic system; welding system