

水电站能量指标计算软件的更新与扩展

袁汝华¹, 王震国², 刘 慧²

(1. 河海大学水利经济研究所, 江苏 南京 210098; 2. 河海大学经济学院, 江苏 南京 210098)

摘要 2000 年实施的《水电工程水利计算规范》明确指出:依据水库调度图按平均水头计算的电量可能与实际差别较大.因此,运用快速发展的计算机硬件、软件技术对相关软件进行全面更新,以适应新的国家标准,并在功能上予以扩展,涵盖能量指标计算、复核、考核、调峰优化排序、发电量预测、MIS 等功能.

关键词 水电站;能量指标;水库调度图;调峰;软件

中图分类号 TK71;TV737 **文献标识码** A **文章编号** 1000-1980(2003)06-0698-04

利用水库调度图进行水能设计、优化调度及相关能量指标计算^[1],在我国曾风行一时.在实际应用过程中,逐渐暴露出其局限性.基于水库调度图计算水电站发电量,即使采用日平均流量,求得的出力也只是平均值,相当于水电站承担基荷,没有反映水电站在电力系统中调峰运行的特点.正如国家经贸委于 2000 年 2 月发布的新编电力行业标准 DL/T5105-1999《水电工程水利计算规范》在正文中提到的:“承担日调节任务的水电站的出力和发电量计算应考虑由于水电站在系统中峰、腰荷运行时对水头的影响,……”对水头的影响,最终也是对发电量的影响.在该规范条文说明^[2]中,进一步阐明:“当水电站在系统中腰、峰荷运行时,尤其是承担调峰任务的水电站,日内水头变化较大,采用平均水头计算出力、电量可能与实际差别较大,……”所谓差别,实质是水电站调峰要损失电量,文献[3,4]列出的算例和笔者对若干个水电站的计算均得到证实.尽管有关单位曾探索新的方法进行改进,但由于应用理论与计算工具上的局限,仍然将水库调度图作为计算水电站发电量的依据,致使在考核过程中大多数承担调峰任务的水电站得益少,极少数不调峰的水电站得益反而多,这是不合理的.

1 软件的功能与质量要求分析

根据新的国家标准要求,结合水电站实际运行情况,必须对原有能量指标计算软件进行更新与扩展.

1.1 功能扩展的要求

由于种种条件的约束,原有软件大多仅限于常规水电站能量指标复核、考核,不能适用于蓄能电站的设计、运行指标的计算.另外,由于体制及其它因素,原有相关软件功能大多局限于指标计算,并未充分考虑到电站经济运行效益的最大化要求.随着以市场化为取向的电力体制改革的深入,必须在软件功能编制过程中充分体现综合效益因素,努力实现电力资源优化配置,使企业增强市场竞争力.

水电站设计过程中需要进行大量仿真计算,运行过程中更注重经济效益,因此,相关软件应该与时俱进,适应新的工作形势需要.国家经贸委于 2000 年 2 月发布了新编电力行业标准 DL/T5105-1999《水电工程水利计算规范》,明确提出需考虑调峰因素对水电站能量指标的影响,并规范了计算方法.因此,原有软件需要进行更新,以适应新的国家规范.

1.2 软件质量的要求

现有的常用计算水电站(群)能量指标的软件,大多出自 20 世纪 80 年代末期.由于当时硬件、软件条件的限制及对软件质量理解认识的局限,在编制过程中没有较好地贯彻软件工程化的思想;在十多年后的今天,计算机技术发展日新月异,软件标准相当规范,迫切需要用新的理念、新的标准、新的方法重新全面勾画、

编制软件系统,使其能准确、稳定、快捷、简便地运行。

原有软件的编制未能很好利用数据库技术,在模型建立、参数存储、数据更新、程序调试、运行速度等方面均存在很大局限,难以进行电站设计运行指标的比较优化,更无法过渡到联机操作计算及与企业 MIS 系统的无缝联接。现在数据库技术已成功应用于国民经济的各类行业,在水电站能量指标计算软件更新扩展过程中应充分利用。

另外,由于种种原因,现有软件在兼容性、可靠性、易使用性、维护性、移植性、扩展性、安全性等方面存在诸多局限性,给应用单位的使用、维护、扩展带来了很大不便。新软件遵循 ISO/IEC9126 软件质量标准,利用数据库技术,针对不同工作需求分单机版与网络版,在功能性、可靠性、易使用性、效率、可维护性、可移植性等方面较原有软件均有了根本的提高。

2 软件功能的改进与更新

为贯彻新规范,更好地满足设计、运行单位的工作需要,有必要对现行单纯依据水库调度图计算水电站能量指标的软件改进与更新,主要框图如图 1 所示。如结合电站运行的实际情况,增加了考虑水电站调峰计算发电量的程序;为了适用于承担各种综合利用任务的水电站,程序中加入了诸如水位、流量等各种约束;为适应电力体制改革的要求,增加了计算水电站可发电量(可作为入股电量的依据)的功能。此外,还可应用于蓄能电站能量指标的计算。新编软件应具有的功能见表 1。

2.1 水电站(群)优化排序调峰

由于软件可同时计算有调节性能水电站(群)的发电量,因此给水电站(群)优化排序调峰^[5]提供了科学依据。以可承担调峰的 A、B、C、D4 座水电站为例,假定各电站日均调峰 6 h,日均调峰容量为其装机容量的 80%,即若容量不受阻,每天提供“6×日均调峰容量(万 kW·h)”的峰荷电量,求得 4 座电站的成果见表 2。

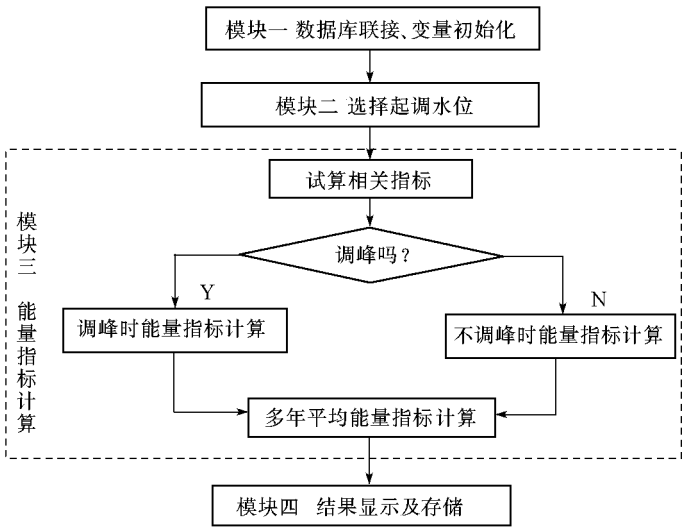


图 1 能量指标计算主要框图

Fig.1 Block diagram of energy index calculation

表 1 新编软件功能

Table 1 Function of new programmed software

适用范围	基本功能	其他功能
常规水电站 蓄能电站 水电站群	(1)设计水电站能量指标计算; (2)设计蓄能电站发、耗电量计算; (3)运行水电站能量指标复核; (4)运行水电站发电业绩考核; (5)运行蓄能电站发、耗电量复核; (6)运行蓄能电站发电业绩考核; (7)运行水电站群调峰优化排序; (8)运行水电站最优死水位选择; (9)运行梯级水电站最优死水位选择; (10)运行水电站发电量预测; (11)运行水电站售电计划编制; (12)运行水电站厂内经济运行; (13)运行梯级水电站厂内经济运行。	来宾演示; 系统备份; 用户管理; 管理工具;

表 2 4 座电站发电量计算成果

Table 2 Calculated results of energy output of four hydropower stations

10⁵MW·h

电站	按调度图计算发电量	调峰容量 (万 kW)	考虑水电站调峰计算发电量			因调峰损失 发电量	排序指标
			合计	基荷电量	峰荷电量		
A	5.29	8	5.05	4.10	0.95	0.24	0.0300
B	4.98	7	4.72	3.51	1.21	0.26	0.0371
C	4.99	13	4.78	2.92	1.86	0.21	0.0162
D	19.72	32	19.07	13.06	6.01	0.65	0.0203

注:排序指标为调峰损失发电量与调峰容量之比。

2.2 运行水电站最佳死水位选择

目前绝大多数水电站的死水位是设计中选定的^[6,7]。在设计阶段,死水位是在满足进水口和综合利用要求的前提下,根据求得的能量指标,通过综合分析比较确定。实际上,在选择死水位时,保证出力与发电量是

有矛盾的,通常死水位低,保证出力大;反之,发电量大.由于保证出力与水电站工作容量密切有关,所以为了得到更多的工作容量,故在设计阶段,死水位的选定侧重于保证出力较大.在水电站投入运行以后,保证出力作为编制修改水库调度图、制订水电站运行考核指标的依据.在注意对设计枯水年供水期工作容量的校核,重新选择已运行水电站的死水位,是不花代价增加发电量的一项很好的措施.若能抬高死水位,还可提高机组的预想出力.以某电站为例,电站发电量最大为目标,求得不同死水位的指标如图2所示.

此外,对年调节水电站而言,还可选择不同来水情况下的最佳死水位.新编软件可在极短时间内予以完成.

2.3 发电量预测与售电计划编制

新编软件配备有水电站来水量预测程序.虽然至今近似地定量预测水电站来水量是困难的,但通过某些理论和方法作出定性预测不失有一定的参考价值.目前绝大多数水电站具有 50 年或更长的径流系列,程序中将各种来水年份分为丰水年、偏丰年、平水年、偏枯年、枯水年 5 种来水情况作为来水样本,并结合最佳死水位,假定不同的日均调峰小时和日均调峰容量,计算各种组合方案的峰荷电量和基荷电量,然后从中选择一个较好的方案作为电厂的售电计划.

以某水电厂为例,在最佳死水位情况下求得各种售电方案如表 3.售电收益计算中,采用电站所在地区电价改革试点规定的电价,以基荷上网电价为 0.15 元/kW·h,峰荷上网电价为 0.3 元/kW·h 计.

由表 3 可见,该水电厂在最佳死水位情况下的来水偏丰年份,提供峰荷电量 2.47 亿 kW·h,基荷电量 1.91 亿 kW·h,其收益最高,如果电网运行需要足够的峰荷电量,不妨就此方案作为售电计划.新编软件考虑了预测来水情况下的各种发电方案,可为编制售电计划提供依据.

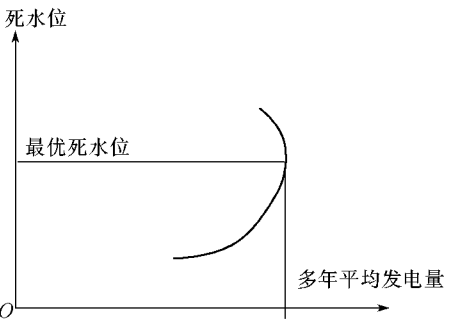


图 2 死水位与多年平均发电量关系
Fig.2 Relationship between dead water level and mean annual energy output

表 3 某水电厂来水偏丰年份售电方案比较

Table 3 Comparison of electricity selling for a hydroelectric station in sub-wet year						
日均调峰 /h	日均调峰容量 /万 kW	发电量(亿 kW·h)		售电收益/万元		
		基荷	峰荷	基荷	峰荷	合计
6	15	2.66	1.85	3 990	5 550	9 540
	20	2.40	2.05	3 600	6 150	9 750
	25	2.19	2.22	3 285	6 660	9 945
7	15	2.46	2.02	3 690	6 060	9 750
	20	2.18	2.24	3 270	6 720	9 990
	25	2.06	2.34	3 090	7 020	10 110
8	15	2.30	2.15	3 450	6 450	9 900
	20	2.02	2.39	3 030	7 170	10 200
	25	1.91	2.47	2 865	7 410	10 275

3 软件测试结果分析

选用分布于华南、西南、华东、华中、东北、西北地区的库容相对较大、调节性能相对较好、资料齐全的 16 座水电站进行新编软件的测试,各电站日均调峰小时数、日均调峰容量是根据新安江电站 1980~1991 年统计资料^[8],假定日均调峰为 6h,日均调峰容量按各电站装机容量的 0.7~0.8 计,分别按调度图计算调峰及其损失电量.

按调度图计算电量,新软件复核的结果与原复核结果相比,正负误差不超过 2%.出现这一误差,除了大量的资料数据处理精度不一致外,有几个问题值得探讨:(a)起调水位的选择.原复核中一律采用 1950 年以后的径流系列,如果从 1950 年开始,由正常蓄水位或防洪限制水位起调,电站 1950 年汛期来水较大,有可能产生弃水,则会导致计算电量偏小.合理的调节方法,应从设计枯水年(段)供水期为开始时刻,从正常蓄水位开始起调,再返回到正常蓄水位.(b)起调水位与终了水位是否一致.若不一致即使差别很小,水量不平衡,也会导致计算电量偏大或偏小.(c)水库容积曲线与尾水位流量关系曲线处理方法的差异.处理方法可用线性,

也可用非线性 ,如处理方法不同 ,计算的电量也会不一致 .

考虑电站调峰计算的发电量 ,均比按调度图计算的发电量要小 ,充分说明调峰要损失一定的电量 ,经过测试 ,16 座水电站的平均调峰损失率为 3.75% ,主要原因是利用水头降低了 .两项发电量之比与水头之比不相应 ,是因电量与水头不是线性关系 .至于各电站损失的 程度不同 ,则与假定的调峰容量、水库调节性能和尾水位流量关系曲线有关 .

对新编软件基本功能的测试 ,表明其可应用于电网调度、电站管理、业绩考核、仿真设计等领域 .这对于提高我国水电站管理水平、缩短水电站设计周期、方便相关领域科学研究 ,都可发挥相当的作用 .

致谢 :本文在成文过程中 ,得到周之豪教授、刘恒教授的 帮助 ,在此表示衷心感谢 .

参考文献 :

[1] SL104-95 水利工程水利计算规范 [S] .

[2] DL/T5105-1999 ,水电工程水利计算规范 [S] .

[3] 许自达 . 水电站能量指标复核初步小结 [J] . 水力发电 ,2000 (3) 38—39 .

[4] 许自达 . 水电站水库调度与运行管理 [M] . 北京 :水利电力出版社 ,1994.56—58 ,59—61 .

[5] 赵懿旗 ,葛久研 ,徐锡荣 . 水电站水库群联合补偿调度 [J] . 河海大学学报 ,1991 (1) 53—58 .

[6] 周之豪 ,沈曾源 ,施熙灿 ,等 . 水利水能规划 [M] . 北京 :中国水利水电出版社 ,1997.106—113 ,142—145 .

[7] 叶秉如 . 水利计算及水资源规划 [M] . 北京 :水利电力出版社 ,1995.31—35 .

[8] 栗运华 . 新安江水电厂在华东电网中的调峰调频作用 [J] . 水能技术经济 ,1993 (1) 48—51 .

Software updating and expansion for calculation of
energy index for hydropower stations

YUAN Ru-hua¹ , WANG Zhen-guo² , LIU Hui²

(1. Research Institute of Water Economics , Hohai Univ. , Nanjing 210098 , China ;
2. College of Economics , Hohai Univ. , Nanjing 210098 , China)

Abstract :The “ Specifications of Water Conservancy Computation for Hydroelectric Projects ” clearly states that a large difference might exist between the amount of electric power calculated according to the mean water head on the reservoir dispatching curve and its real value . For this reason , by use of the rapidly developing hardware and software technologies , the related software currently used is updated in an all-round way , and its functions are expanded , so as to meet the new national standard . The modified software covers the functions of energy index calculation ,rechecking and examination of energy target of hydropower stations , optimization of sequencing for peak regulation , prediction of power output , and MIS .

Key words :hydropower station ; energy index ; reservoir dispatching curve ; peak regulation ; software