

系统分析法及其在水轮机台数选择中的应用

范松康

(四川省绵阳水电学校, 四川 绵阳 621000)

摘要: 系统分析法采用系统观点, 借助计算工具, 使系统中定性选择水轮机台数的方法实现了量化。这种方法在实际应用中操作简便, 切实可行。不论是通过定性分析还是技术经济比较都说明是正确的, 具有可操作性。

关键词: 系统; 系统分析法; 水轮机台数; 选择; 定性; 定量

中图分类号: TV 72; N 945. 1

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2000)增-0004-03

1 引言

在水电站的设计中, 正确、合理地选择水轮机, 对于充分利用水流能量, 保证水电站机组的安全运行, 降低电站造价以及节省运行管理费用等方面, 都有直接的影响。由于每一个电站所处的自然条件及河流开发的综合利用要求不同, 各电站的水力条件是不相同的。因此, 根据各电站的特定条件, 选择技术上合理、经济上能获得最大效益的水轮机, 便成为水轮机选型设计的主要任务。

水轮发电机组台数选择, 是水轮机选择中的首要工作。台数选择是在原始资料分析和核定后进行的。在水电站总装机容量确定后, 可以装置不同的机组台数, 由此可产生不同的备用(可能性)方案。机组台数不同, 机组的单机容量、水轮机型号、转轮标称直径和转速都可能不同, 从而引起机电设备投资、厂房和水工建筑等土建工程投资、机组运行效率、运行条件、产品供货条件等不尽相同。因此, 选择机组台数是一个技术、经济比较问题, 涉及许多技术经济因素。

目前, 选择机组台数的方法一般是根据影响台数选择的常规因素, 结合电站实际情况进行定性分析确定。其特点是方法简便, 工作量小, 易操作, 但在分析过程中易造成顾此失彼、精确度不高等问题。现就系统工程有关理论提出一种全新概念的定量分析法——系统分析法。

2 系统及系统分析的概念

系统是由相互联系、相互依赖、相互制约和相互作用的若干事物和过程所组成的一个具有整体功能和综合行为的统一体, “影响水轮机台数的因素”就构成了一个系统, 是我们研究和分析的对象。

水轮机台数选择是在已提出可能台数方案中进行方案优选, 如何使这个优选过程实现量化是研究的目的, 而用“系统”的观点, 使用系统分析的方法, 则是量化分析的手段。

系统分析是从系统观点出发的一个有目的、有步骤的探索和分析过程。它采用系统观点, 借助计算工具, 得出系统中的定量关系, 同时依靠分析人员的主观判断和经验进行定性分析, 利用这种相互结合的分析方法, 从众多可行方案中优选出最佳方案。

3 系统分析的内容和过程

系统分析包括系统的模型化、最优化分析和系统综合评价三个方面。

3.1 系统的模型化

影响水轮机台数的因素是一个复杂的系统, 归结起来包括技术和经济两个大的方面。而这两大方面又都受制造、运输、安装条件和运行、检修、维护以及电气设计等其它因素的制约和影响。对系统构成的众多系统进行调整分类, 得到表 1 所示的 5 个单层次系统, 从而建立起了系统及子系统模型。

表 1 “影响水轮机台数的因素”系统构成表

项 目	子系统序号				
	I	II	III	IV	V
子系统名称	制造、运输、安装条件因素	电站投资因素	运行效益因素	运行维护特性因素	其它因素
子系统组成	制造能力, 运输距离, 运输条件, 起重能力, 安装场地, 技术力量水平	单位千瓦制造成本, 配套设备数量, 厂房面积, 机坑开挖量, 安装工具	单机效率, 水电厂平均效率, 运行人员工资, 检修费用, 折旧年限	运行检修灵活性, 运行可靠性, 操作便捷性, 备件配置方便性, 可能事故机率	与主接线设计的配合性, 系统容量限制性

3.2 最优化分析

最优化分析是根据模型求出系统目标的最优解答。显然,不能直接将系统整体作为最优化研究的对象,而应首先寻求子系统的优化。

按照表 1 的系统构成,首先分别取其中某一子系统为研究对象,考虑子系统中各要素在所设计电站中作用的重要性,按作用的主次对每种可能的台数方案进行分析评分,所评分值总和即为该方案在本电站仅考虑某一方面因素(子系统)的优劣评价。

3.3 系统综合评价

系统综合评价是在子系统优化分析的基础上,从系统整体观点出发综合分析问题,通过对各子系统之间的关系进行协调、整顿、全面规划,力图使各子系统之间不要出现矛盾,以达到整个系统最优化的目的。对比各种可能方案,权衡各方案的利弊得失,从而选择适当而且可能实现的优化方案。

4 最优化分析法及其数学工具

4.1 权衡——分清矛盾主次

一个子系统(或系统)中各因素之间对机组台数的影响是相互关联,又相互矛盾的,在不同的水电站的环境条件下其影响也各不相同。因此,应该首先立足于所设计电站的实际情况,分析子系统(或系统)中各因素对机组台数影响的大小,分清矛盾的主次。谁主谁次,必须权衡,这种权衡是通过系统影响大小的分析比较,利用一定的数学方法作为量化工具,求出影响程度(或重要性)的量值——权值,按权值大小来衡量主次。

4.2 权值确定的方法——“0-1”法

权值的确定,可以通过专家凭经验估测评定,也可通过“0-1”法、“1-9 标度”法等科学方法确定。由于“0-1”法具有简单、实用的优点,所以在本文中采用“0-1”法确定权值。

设系统中由 n 个因素组成,对这几个因素进行两两比较,根据对所设计电站所产生影响的程度(重要性),采用“定一”评分法,即相对重要者评分为“1”,相对次要者评分为“0”,一共进行 C_n^2 次比较,把各因素评价得分累加,每 i 个评价因素得分累加值设为 a_i ,再除以全部总分 C_n^2 ,就得出第 i 个因素在该水电站设计中的权值:

$$W_i = \frac{a_i}{C_n^2} \quad (i=1, 2, \dots, n)$$

在 $W_1, W_2, W_3, \dots, W_n$ 中,值最高者,说明此因素最重要。为 0 者,说明在相对比较的情况下它最不重要,可以取消不予考虑。子系统中各因素权值计算

及评分标准的确定,可在表 2 中进行。

表 2 子系统中各因素权值及评分标准确定表

序号 [i]	子系统 构成因 素	0-1 权衡(评定)									a_i	$W_i = \frac{a_i}{C_n^2}$	评分 标准
		1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1													
2													
3													
4													

4.3 评分——局部评价各方案优劣

评分标准:根据系统中各因素对电站设计影响的权值大小,按百分制确定各因素的评分标准。如果因素权值为 0.3,则评分最高标准为 30 分,评分范围则为 0~30 分。

专家评分法(特尔斐法)评分:在按权值(比重)定出评分标准和评分范围后,就可设计并印制对各个可能台数方案的评分表,由专家对各个可能方案进行利弊分析,分项对各方案评分。把每个方案所得分值统计相加求算术平均值,就得到每个方案仅对某一方面因素(某一子系统)而言的得分——局部评价。即该方案对某一子系统的性能值。

设机组台数方案序号为 K , ($K=1, 2, \dots, K$), 子系统序号为 j ($j=1, 2, \dots, N$), 则对 j 方面因素(第 j 个子系统而言),第 K 个方案得分为 A_{jk} 。各方案按子系统局部优选评分可在表 3 中进行。

表 3 方案按子系统局部优选评分表

方案号 (K)	方案	子系统中各因素编号、评分标准及分项评分									评分 合计	备注	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9			10
1													
2													
3													
4													

5 结论

5.1 系统分析法的正确实用性

通过系统工程理论在水轮机台数选择中的应用,使系统中定性选择水轮机台数的方案实现了定量化。这种方法在实际应用中操作简便,切实可行,分析结果由综合评价值表达。取最高或较高综合评价值的台数作为可行性方案或最后确定方案,不管是通过定性分析还是技术经济比较都说明是正确的,具有可操作性。

5.2 “0-1”法是定量化的基础

“0-1”法是两两比较,重要者取 1,次要或不重要者取 0。表面看来显得有些绝对,但是这种比较仅限于两者之间,对全局是具有合理性的,而且通过专家评分可以对“绝对化”现象加以弥补。通过这种两两比较,不但有利于在复杂的事物中抓住主要矛盾

盾,而且实现了以定性到定量的转化。在大、中型水电站中进行台数选择时,应用这种方法,还可借助于计算机进行分析计算。

5.3 定量的相对性

水轮机台数选择的定量分析方法,使传统的纯定性分析、选择、确定机组台数的方法定量化,克服了定性分析精度不高,综合分析时不易系统化,容易遗漏和忽略某些因素的缺点。但是,定量也不是绝对的,定量是以定性为基础,定量中包含了定性分析,定量和定性是相互联系和依存的。本文所介绍的量化分析法,整个选择过程就是定性和定量结合应用的过程。

5.4 “最优化分析”与满意性结果

根据系统分析法进行台数选择的过程,就是以

(上接第3页)

kW·h,增加19.4%;枯期平均出力增加0.35万kW,增加6.1%。工程投资增加2364.34万元,补充单位电能投资为0.36元/kW·h。

从其日运行方式看,栗子坪电站亦基本上处于高效区,说明该运行方式可行。

综上所述,引用区间流量,既可充分利用水力资源,在经济上又明显有利。故栗子坪电站与冶勒电站基本同步运行的运行方式是合理、可行的。

表1 栗子坪水电站运行方式比较动能指标表

项目	运行方式	
	完全同步运行	基本同步运行
区间最大引用流量/ $m^3 \cdot s^{-1}$	0	4.5
装机容量/万kW	13.2	13.2
年发电量/亿kW·h	3.376	4.030
枯期平均出力/万kW	5.74	6.09
需日调节库容/万 m^3	2	20
直接投资/万元	1438.99	3793.33
补充单位电能投资/元·(kW·h) $^{-1}$		0.36

3 调节池容积

栗子坪水电站为高水头引水式电站,与冶勒水电站尾水衔接。冶勒“龙头水库”系多年调节作为年调节运用,每年在汛末蓄满的条件下,汛期调峰运行,枯期增发电能,担负系统基、腰荷,使得本电站可参与系统进行日调节。本电站日调节池容积受运行方式和引用区间流量制约,为减少日调节池容积,应力争与冶勒水电站同步运行;从利用区间流量调峰和电站运行灵活需要出发,又需设置一定的日调节库容,将其区间低谷电能转化为高峰电能,并能被系统吸收,作用是十分明显的。经四川电力系统2005年水平设计枯水年年电力电量平衡计算,所需日调节库容为10~25万 m^3 。枯期由于区间引用流量较

“最优”为目的。但是,影响水轮机台数的因素太多,各因素之间相互矛盾又相互联系,任何方案都不可能百分之百地满足要求,因此,不可能有绝对“最优”的结果。通过计算所得的综合评价值,是按分析评价者个人观点所得到的结果,站在不同角度,其评分高低不同。因此,即便是综合评价值最高的方案,其“最优”性也是相对的。确定可行性方案或最终方案,还必须以综合评价值为基本依据,进一步进行综合分析,以“满意”的结果作为选择确定方案的目标。

作者简介:

范松康(1954年-),男,四川剑阁人,四川省绵阳水电学校校长,高级讲师,从事水利电力专业教学及管理工作

小,栗子坪水电站与冶勒水电站可维持基本同步运行,并在系统中承担基、腰荷,所需调节库容在15万 m^3 以下。汛期由于区间引用流量较大,并承担调峰任务,所需日调节库容较大,一般在15~20万 m^3 之间。个别月份超过20万 m^3 。

栗子坪水电站调节池容积的大小直接影响工程投资,调节池容积适当大些,可增加电站运行的灵活性,减少电量损失,但投资增加,见表2。显然,调节库容为20万 m^3 较为有利。

表2 调节库容比较表

项 目	方案一	方案二	方案三
调节库容/万 m^3	15	20	25
投资差/万元		315	315
电量差/万kW·h		312	68.8
补充单位电能投资/元·(kW·h) $^{-1}$		1.01	4.57

综上所述,结合水工布置和地质地形条件,推荐栗子坪水电站调节库容采用20万 m^3 。

4 结束语

栗子坪水电站的发电用水81%来自冶勒水电站尾水,枯水期更甚,为充分利用冶勒水库的调蓄作用,本电站按与冶勒水电站基本同步运行考虑。即:枯水期集中发电,在系统中主要承担基、腰荷;汛期参与系统调峰,并与冶勒水电站同步担负事故备用容量。

从利用区间流量调峰和电站运行灵活需要出发,电站需设置一定的日调节库容,将其区间低谷电能转化为高峰电能,并能被系统吸收,经综合分析比较,日调节库容为20万 m^3 。

作者简介:

徐文(1967年-),女,贵州凯里人,国家电力公司成都勘测设计研究院规划处高级工程师,学士,从事水电工程动能经济工作