

河南省水电站 装机容量利用小时数的调查分析

水利系 蒋水心

我国水力资源的蕴藏量约为6.8亿千瓦,占世界首位。1979年已建成运行的大中型水电站装机容量约1600万千瓦,年发电量466亿度。全国平均装机容量利用小时为2910小时。全国小水电资源为1.5亿瓩,已建小水电站(指单机容量为500千瓦以上,电站容量为12000瓩以下)装机容量634万瓩,年发电量120亿度,全国平均装机容量利用小时为1910小时。这些数值与原设计值及国外水电相比均为偏低。已建水电的效益尚未很好发挥。

河南省的水力资源就全国各省相比,属于偏小地区,理论蕴藏量为480万瓩,可开发量估算为293万瓩,且绝大部分属小型水电范围。已建成的水电站装机容量为19.4万瓩(不包括黄河干流三门峡水电站)年发电量2.25亿度,平均装机容量利用小时为1160小时。远低于设计数值(平均为2850~4300小时),已建水电站的潜力很大。造成利用小时偏低的原因是多方面的,通过若干典型调查,本文拟对这一现状进行分析并探讨进一步改进的措施。

一、现有水电站装机容量利用小时设计值的分析

在小型水电站的规划设计中,由于基本资料的不足(特别是负荷资料),亦为了简化计算,常常采用装机容量利用小时数法以确定水电站的装机容量。其计算公式为:

$$N_{\text{装}} = \frac{\bar{E}}{h_{\text{设}}}$$

式中 \bar{E} —为多年平均年发电量(度),可通过水能计算以求得, $h_{\text{设}}$ —选定的装机容量利用小时。我国近年来出版的一些小水电站设计参考书及若干水利高等院校教材中均有不少推荐的数值。各有关资料中亦都提出了在选择 $h_{\text{设}}$ 时应该考虑的一些主要因素它们是:水电站本身的调节程度、系统负荷特性及水电站在系统中的工作位置以及水电站所在地区水力资源的丰欠程度等。但推荐的 $h_{\text{设}}$ 取值范围较大为(1500~7000)小时,各地又缺乏统一的选择标准,因而在设计和审查时任意性较大。据了解各家的推荐数值都没有深入的论证亦没有充分考虑到经济效益。有些省区为了设计和审查的方便曾定有各自的经验性控制数字,如广东福建省为(4000~5000)小时,云南省为(6000~7000)小时等。笔者在“小型水电站计算装机容量简化法的探讨”(1979年南靖全国小水电学术讨论会提出)一文中曾建议采用投资

回收年限 (T) 与装机容量利用小时 (h) 相结合的方法以确定水电站的装机容量。本法以投资回收年限反映经济效益, 以装机容量利用小时反映设备利用程度。根据小水电站的实际情况, 本法认为水电站的投资与装机容量成正比, 由此可导出简单的计算公式:

$$h = \frac{K_{\text{元}}}{S \cdot T}$$

式中 K_元——各地水电站单位瓦的投资 (元/瓦);

S_元——电能净售价, 即每度电售价与电能成本的差值 (元/度); 根据我国情况可暂取为 0.04, 0.05, 0.06 元/度;

T——投资回收年限, 根据我国五、六十年代工业建设实践及国外资料, 目前可取为 3~6 年。

上述计算公式可列成表(一)以备查用。实际用时, 可根据各地情况先选定单位投资 K_元 及电能净售价 S, 即可查得不同投资回收年限时的装机容量利用小时。经适当分析, 一经确定 T 值后即可求得装机容量。虽然 T 及 S 等值亦不易确定但其取值变化范围不大, 使有可能取得统一标准而避免规划设计中的任意性。本法比较适合于参加电网运行并以生产电能为

装机容量利用小时 (h) 查用表

表一

T (年)	S (元/度)	K _元 (元/瓦)			
		800	1000	1200	1400
三	0.04	6670	8000	8000	
	0.05	5330	6670	6670	
	0.06	4440	5560	6670	7780
四	0.04	5000	6250	7500	8750
	0.05	4000	5000	6000	7000
	0.06	3330	4170	5000	5830
五	0.04	4000	5000	6000	7000
	0.05	3200	4000	4800	5600
	0.06	2670	3330	4000	4670
六	0.04	3330	4170	5000	5830
	0.05	2670	3330	4000	4970
	0.06	2220	2780	3330	3890

主的小水电站设计中。若水电站单独供电并有一定要求的电力用户则尚可结合考虑水电站的设计保证出力以最后确定装机容量。今以我省张村水电站为例说明应用过程。根据当地情况选定单位投资 K_元 = 1000 元/千瓦, S = 0.04 元/度。对丰水, 中水及枯水 (其保证率分别为 P = 25%, 50%, 及 75%) 三个典型年的旬平均流量进行水能计算得装机容量与平均年发电量及利用小时的关系为:

装机容量 $N_{装}$ (瓩)	4000	6000	8000	10000
年发电量 E (10^4 度)	3447	4588	5089	5507
利用小时 h (小时)	8618	7647	6361	5507

并可绘成 $N_{装} \sim E$ 及 $N_{装} \sim h$ 曲线图(此处略)。当选 $T=4, 5$ 年时,查表(一)得装机容量利用小时 $h=6250, 5000$ 小时,即可由 $N_{装} \sim E, h$ 图查得相应的装机容量 $N_{装}=8300, 11300$ 千瓦。原设计中曾采用多种途径分析,最后确定 $N_{装}=7800$ 千瓦,接近本法中 $T=4$ 年的数值。又如栗子坪水电站,选 $K_{瓩}=1400$ 元/瓩, $S=0.04$ 元/度, $T=4, 5$ 年时,相应的装机容量为 $N_{装}=1650$ 瓩。原设计最后的装机容量为1600瓩。

根据河南省七个水电站的调查资料表明:以灌溉防洪为主结合进行发电的水库式电站,其 $K_{瓩}=800$ 元/瓩,若取 $S=0.04$ 元/度,则相应 $T=4, 5, 6$ 提的装机容量利用小时 $h=7200, 5750, 4770$ 小时。对无压引水径流式电站,其 $K_{瓩}=1300 \sim 1400$ 元/瓩,仍取 $S=0.04$ 元/度,则相应 $T=4, 5, 6$ 年的利用小时 $h=5830, 6500, 8750$ 小时。以上数值可作为河南省装机容量利用小时的设计取值范围。

二、已建水电站实际运行情况分析

前已述及国内已建小水电站的装机容量利用小时平均仅为1910小时。管理较好的一些省区如四川、广东、福建等省其利用小时亦仅只(2300~2500)小时。河南省若干电站的运行情况如表(二)所示。

河南省水电站实际运行情况表

表二

	装机容量 $N_{装}$ (千瓦)	年发电量 E (10^4 度)	设计利用小时 $h_{设}$ (小时)	实际利用小时 $h_{实}$ (小时)	
河南省	194000	2500	2000~7000	1160	1979年底
洛阳地区	45950	5100	4372	1110	"
南湾水库电站	5440	1144	4320	2100	59~79年
香山水库电站	2000	273	2500	1360	73~79年
鸭河口水库电站	2720	764	3700	2810	65~79年
宿鸭湖水库电站	1000	231	3750	2310	
栗子坪电站	1600	325	6875	2030	75~79年
张村电站	7800	940	5400	1210	79年
火炎城电站	2850	640	4440	2243	75~79年

由表可见水电站实际运行的利用小时与原设计值相差很大，其原因大体上可以归纳为以下的一些方面：

1、实际运行时间较短，且这几年天然来水偏枯。

我国小水电的建设是最近十多年中迅速发展起来的。小水电建设的速度在五十年代平均每年增加装机容量几千千瓦，六十年代每年为几万千瓦，七十年代发展至平均每年增加几十万千瓦。我国现有小水电装机容量634万千瓦中的(80~90)%是七十年代建成并陆续投入生产的，因而其运行时间多则7~8年，少则1~5年而该期内的天然来水量代表性不足。仅据我省黄支、伊洛河上的几个主要水电站来看，其近年运行情况见表(三)。

河南省两个水电站近年运行情况表 表(三)

	洛 河 张 村 电 站				伊 河 栗 子 坪 电 站			
	流域面积(平方公里)	6400				3070		
设计水文系列	1952~1976年n=25年				1952~1971年n=20			
多年平均流量(秒立米)	48.11				27.88			
实际运行年数	1976	1977	1978	1979	1976	1977	1978	1979
各年平均流量(秒立米)	29.97	18.36	13.4	27.3	15.1	13.9	10.4	16.9
各年保证率(%)	80	98	>98	85.5	83	91	>95	77
实际装机容量(千瓦)	3000	6200	6200	7800	1600	1600	1600	1600
各年发电量(10 ⁴ 度)	763	289	570	940	333	386	196	384
各年利用小时	2544	466	920	1206	2080	2410	1225	$\frac{1}{3}$ 2400
平均					h=2030			

由表可明显看出从1976~1979年为枯水年组使电站装机容量不能发挥效益。

2、水工建筑物不配套，不能按设计要求正常引入流量发电。

以我省张村水电站为例，该站是我省规模较大的水电站之一，为无压引水式电站，装机容量为7800千瓦(三台机组，容量分别为3000，3200，1600千瓦)，设计水头29米，已并入地区大电网运行。水电站分二期施工。第一期渠首拦河坝只修了一个临时工程几次被洪水冲毁至今尚在修复中。引水渠道亦未按原设计扩宽扩深，且沿渠(黄土坡带)淤积严重。原设计及加大过水能力为27及31秒立米而目前实际最大过水能力不及15秒立米。个别渠段还小于(12~13)秒立米。因此电站不能正常引水发电。为了比较我们对1979年的河道天然来水及渠道实际进水进行了不同情况下的水能计算，其结果见表(四)。

表中张村电站的(6)，(7)两项表示若渠道达设计要求正常引水(最大过水31秒立米)发电时的全年发电量。相应的利用小时可达h=4150,4540小时。第(8)，(9)两项是根据1979

张村及栗子坪水电站1979年运行分析

表(四)

	洛河张村电站	伊河栗子坪电站
(1)1979年天然来水年平均流量(秒立米)	27.3	16.90
(2) " " " " " " 相应保证率(%)	85.5	77
(3)1979年电站实际发电量(10^4 度)	940	384
(4)1979年电站装机容量(千瓦)	7800	1600
(5)1979年装机容量利用小时	1206	2400
(6)渠首正常引入设计,加大流量时的年发电量 E_1 (10^4 度)	3543	944
(7)同上,但扣除灌溉及渗漏等($q=1.5$ 秒立米)后的年发电量 E_2 (10^4 度)	3238	755 (扣除20%)
(8)实际进入渠道的流量全部发电时的年发电量 E_3 (10^4 度)	1507	
(9)同上,但扣除 $q=1.5$ 秒立米后的年发电量 E_4 (10^4 度)	1203	

年进入引水渠的实测流量计算得来的年发电量。但由于渠道管理不善、前池闸门漏水、尾水渠淤高以及送电线路及机电设备方面的原因使实际发电量只为940万度。分别为上表中 E_1 , E_2 , E_3 及 E_4 的26.5%、29%、62.4%及78%。损失的能量是十分可观的。洛河上游火炎城水电站亦有类似情况。由于渠道淤积其实际过水能力(小于或等于10秒立米)仅为原设计及加大(分别为16及18秒立米)过水能力的55.5%及62.5%。上述对发电量的影响在平水及丰水年份将更为严重。我省亦有部分水库式电站由于大坝或溢洪道工程尾工及险工的影响,长期不能正常蓄水发电,电站装机容量基本上处于闲置停机状态。如黄支宏农洞河上的窄口水库电站1976年已装机4800千瓦但由于大坝险工处理至今没有发电。

3、联网问题未很好解决,当地用电负荷极不均匀,水电站本身缺乏调节能力,多余电能送不出去影响电站正常发电。

据去年南靖全国小水电学术讨论会上反映,小水电参加电网运行的问题除少数省区外,都没有解决好。由于目前小水电管理水平较低,调节能力差,又遇上枯水年组出力保证程度不高,故有些电网不欢迎小水电并网运行。表(四)中所列伊河栗子坪水电站,从水工方面看,基本配套齐全,渠首临时性拦河坝已经过几个汛期的考验,一般情况下能保证引水(但枯水期,由于坝基未很好处理,其渗入下游河床的流量约占河道流量的20%~30%)。引水渠工程及其管理情况亦较好。但由于电网不同意并网联运,致使小水时本地用电不足多水或地方用电负荷时被迫停机弃水。表中列出了1979年的情况,电站实际年发电量仅为正常发电量的 $40.7\% \left(\frac{384}{944} \right)$ 及 $50.9\% \left(\frac{384}{755} \right)$ 。

4、机组不配套,科学管理水平低,电站机组工况经常偏离最优工况,加上机组制造及安装方面的原因使机组效率偏低。

当前已运行的不少电站都感觉到低水头或小流量时机组效率较低,但由于缺乏运行期水位,水头及流量等实测资料而没有确实的科学数据。仅据伊河陆浑水库输水洞电站(装机容

量为 2×1250 千瓦) 1979年实测水位、流量及电站出力等资料的计算, 电站的运行效率 $\eta=0.444 \sim 0.694$, 其平均效率 $\eta=0.61$, 而电站机组(HE123-WJ-71)的正常效率应为0.85。此外尚应指出由于输配电电压及线路的不配套以及用电管理不善, 线损高达20%~40%。

三、对当前小水电建设中的若干建议

以上分析, 虽然由于资料不足难以反映省内水电建设的全貌。但大体上可以看出当前小水电建设中的主要问题是已建水电站装机容量利用小时偏低潜力很大。而其关键则在于搞好配套和提高科学管理水平。在当前国民经济全面调整阶段不应将主要力量放在新建方面, 单纯追求装机容量数而忽视实际的经济效益。为充分发挥已建水电效益建议抓好以下几方面工作:

1. 继续狠抓配套特别是水工遗留工程的配套。由于我省水电站大部分均由地、县管理, 其运行所得收入虽中央有明文规定“谁建、谁管、谁受益”、“以水养水, 以电养电”等。但实际上则由于尾巴工程多欠债多, 二则是地方领导部门随意调用电站收益, 水电部门本身主动性不大。加以某些领导不重视配套以为机组一转动就算建成, 致使尾工一拖再拖电站长期不能发挥设计效益。建议省、地水电部门应对此类工程分类摸底排队确有困难者仍应在基建投资或其他款项内给以照顾, 专款专用, 限期完成并由主管负责人承担经济责任。地方财政部门亦应切实保证“以电养电”, 给水电部门以主动权。附带指出, 我们在调查中发现一部分电站的折旧大修基金的存款不落实, 虽有其名而无其实款这是一个应引起严重注意的问题。关于机电输配电设备线路的配套当然亦应包括在配套工程之内。

2. 要妥善解决好水电站并网运行的问题。水电站本身要加强科学管理逐步做到对本站未来中、长期的来水和出力情况做出预估, 以使系统可以按此做出不同情况下的运行调度计划。电网应该支持小水电的发展给以扶持。在电价上应公平合理(河南省10个电站的统计, 电能售价为0.035~0.055元/度, 既不统一, 又普遍偏低)。今后在建设水电站时在有条件的地方, 在一个水系或地区内要考虑水电站的调节能力, 即使是日调节亦会给电网及电站本身带来很大效益。各地方供电部门要切实掌握本地用电特点, 对各类用户进行必要的调整。我们在调查中发现几个县的用电状况基本上处于无人调度管理的状态, 白天高峰负荷达1200~1700千瓦电能供应不足, 后半夜则减为200~300千瓦甚而为0, 水能大量溢弃。这种不合理的负荷分布严重影响水电站的运行效益。应加以改变。

3. 建立基本资料的测试分析工作。目前运行的不少水电站(特别是县管的骨干电站)都缺乏上下游水位, 水头、流量等观测资料, 只是在厂内从仪表上记录电压、电流、出力、电量等因而对机组的实际效率没有确切数据, 地方用电的负荷资料亦很缺乏, 供电部门一般只记录逐月(或逐日而没有逐时)的用电量而画不出负荷图。今后应加强水文及电两方面的观测分析, 逐步作出电站机组的运转特性曲线及地方用电负荷图。这些都是加强科学管理提高运行效益的最基本工作亦为进一步提高设计水平提供依据。