

龚嘴水库调度初步探讨

张祥金

(龚嘴发电总厂,乐山,614905)

提 要 龚嘴水库是一座日、周调节水库,其调度内容包括防洪渡汛安全调度,水电站的经济运行调度,泥沙的出库调度及漂木的过坝等综合调度。水库调度工作的成败直接影响工程的安全渡汛,电站的近期和长期效益以及漂木过坝等综合效益。本文旨在探寻该水库调度中在处理防洪、发电、排沙及漂木四者关系时的一些可行和有效措施,供类似水库调度借鉴和参考。

关键词 水库调度 发电效益 泥沙淤积 合理控制 漂木

龚嘴水库原设计总库容为 3.74 亿 m^3 ,正常高水位以下库容为 3.45 亿 m^3 ,调节库容为 1.02 亿 m^3 ,但自 1971 年开始蓄水运用以来逐年泥沙淤积,至 1991 年底调节库容仅余 0.91 亿 m^3 。其库尾段河道淤积抬高河床现象严重,例如沙坪 1[#]洞已累计抬高 3.77m,马斯溪抬高 4.55m。水库在 520m(死水位)高程以下只剩下 0.196 亿 m^3 库容可供沉沙。

龚嘴水库自 1971 年投运以来,已运行了 21 年,对入库情况进行分析,基本情况如下:

a. 本流域径流来源主要是降水,从径流过程的年内变化看,6~9 月为汛期,其年入库最大流量绝大多数出现在 7~9 月;

b. 洪水的地区组成可分三种情形,即以中下游来水为主的暴雨型洪水;以上游来水为主的长历时平稳型洪水;上游与中下游来水结合的混合型洪水;

c. 平水期(5、10 月)入库流量适中,一般月平均流量在 1 000~2 300 m^3/s 之间,是发电的较好时机;

d. 枯水期(1~4 月及 11、12 月),流量变化不大,其年最小流量不小于 338 m^3/s (1979 年 3 月 6 日);

e. 泥沙和漂木主要在汛期入库,汛期入库沙量占全年入库泥沙总量的 85%左右,每

年 5~10 月入库沙量为年总量的 95%以上。漂木在汛期入库达 90%以上。

在水库调度中,一方面要满足发电需要;另一方面还要考虑防洪安全以及排沙过木等综合效益,为了更好地发挥水库总体效益,应对水库调度进行全盘考虑,精心调度,做到既积极稳妥又要灵活多样。根据龚嘴水库的入库情况及多年运用的实际情况,结合本电站在电力系统中承担的调峰调频特点,我们主要采取了如下调度措施。

1 汛期抓防洪安全、促发电效益

汛期是水库调度的关键,其一,入库水量占年入库水量的 60%以上,且变化较大,必须重视防洪安全;其二,这阶段水量丰沛,应积极稳妥地抓住时机,力争多发满发。我们坚持“发电服从防洪,防洪服务于发电”的原则。在实际运用中主要加强了以下几点:

1. 径流式水电站其泄洪特点是泄量等于入库流量。加强短期洪水预报,提高洪水预报精度。通常用两种预报方法同时预报,经分析选用预报结果,精度达 95%以上;积极利用先进的计算手段,将微机应用到水库调度工作中,在洪水预报中减少了作业时间,增长了预见期(预见期达 3.5h),为安全地将各类型

洪水下泄,库水位降到要求运行范围创造了有利条件。

2. 建立灵活的调度制度,采用分流量级控制库水位,如表 1 所示。

表 1 汛期分流量级库水位运用表

流量级(m ³ /s)	库水位范围(m)
$Q_{\lambda} < 2000$	522~524
$2000 \leq Q_{\lambda} < 3000$	521.50~523
$Q_{\lambda} \geq 3000$	520~521.50

汛期一般入库流量大于 3 000m³/s 以上的天数均在 60d 以内,以建站以来来水量最大的 1989 年为例,全年汛期入库大于 3 000m³/s 以上的天数为 59d。即汛期有 63d 以上时间入流在 3 000m³/s 以内,可以提高库水位运行。

3. 加强水情情报的测报手段,积极稳妥地应用先进的通讯设备,确保水情的正确及时传递。近年来通过认真分析论证,选择了流域内的重点控制站建立单边带电台传递水情,为水库调度掌握了解水情及雨情提供了有利条件。

4. 完善和加强了闸门启闭操作管理制度和有关操作规程,建立了一整套确保大洪水时及时启闭闸孔溢流的规程制度。能确保洪水安全顺利下泄。每年枯水期对启闭设施(设备)进行年检,对有故障和缺陷的设施(设备)进行检修,保证汛期的正常使用。

通过强化安全防洪措施,建立起切实可行的保障体系,汛期的防洪有了保障,同时我们又可灵活地控制库水位。抓住每次洪水前后小水少沙的有利时机,根据每次的水情态势及其变化情况,采取抬高相应时期库水位的方法,增加机组出力,减少机组出力受阻损失。若按库水位为 520m 计算,自 1978 年 7 台机组全部投产后,由于适当抬高库水位增发电能每年均在 5 000 万 kW·h 以上。若按

库水位为 521.5m 计算,每年增发电量也在 1 000 万 kW·h 以上。经济效益显著。表 2 列出 1989~1991 年增发电量情况(以库水位为 520.0m 计)。

表 2 6~9 月抬高库水位发电统计表

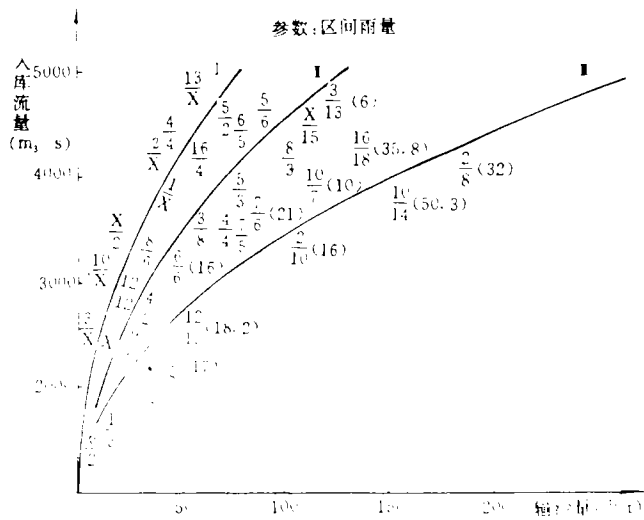
年份	增高水头(m)	发电流量(m ³ /s)	增发电量万 kW·h	说明
1989	1.81	1273	5532	按汛期 122d 计
1990	2.11	1296	6566	按汛期 122d 计
1991	2.81	1241	8373	按汛期 122d 计

2 发电与排沙同时兼顾,延长水库寿命

龚嘴水库原设计年输沙量为 2 360 万 t,但自建库以来,其入库沙量均高于设计值,最高年入库沙量已达 10 200 万 t,达设计值的 4 倍多。原设计实测最大含沙量为 19.9kg/m³,而 1989 年的最大断面含沙量达 31.4kg/m³。原设计低坝运行期为 15 年,由于种种原因,现在加高大坝的条件还未成熟。面对这一新的情况,有必要探索合理的水库调度方式,延长水库使用寿命。

泥沙在库内的运动情况及规律是需要库水位越低越不易落淤,即库水位越低水流的流速越大,从而水流挟沙能力就愈高,但从发电考虑,又需要库水位尽量高些,因而必须合理科学地解决这一矛盾,以获取较好的发电经济效益的同时兼顾排沙保库延长水库寿命。

根据多年资料分析,一般汛期来沙量占全年来沙量的 85%左右,且大水即有大沙。就流域的产沙情况看,其产沙机理较复杂,影响因素也较多,不易直接建立泥沙预报模型。但经库区监测人员的进一步分析,发现流域的产沙量与降雨量关系密切,且初步建立起了以降雨量为参数的入库流量与入库沙量的关系图(见附图)。



附图 流量沙量关系图*

图例说明:1. 流量沙量关系是以区间雨量为参数;2. 参数以分式“A/B”表示,“A”代表前一天的日平均雨量;“B”代表当天的日平均雨量。无雨量时以“X”表示;括号内的值代表干流石棉站相应天的各时段雨量。3. 三根线比较,同流量时,线 I 比线 II 沙量增加 5~50 万 t,线 II 比线 I 增大两倍。线 I 一般适用在 A>5mm, B>10mm,且当天干流石棉站时段雨量大于 10mm 时。

表 3 6~9 月排沙情况表

年份	项目	1000≤Q<2000 (m³/s)	2000≤Q<3000 (m³/s)	3000≤Q<4000 (m³/s)	Q≥4000 (m³/s)	全年(5~10月)底孔 运用排沙情况		出库沙量占 年来沙量%
						泄水量 (10⁸m³)	占年输沙%	
1988	坝前水位 (m)	522.46	522.21	521.65	521.41	泄水量 (10⁸m³)	5.37	65.7
	日均出库 沙量(10⁴t)	6.3	20.8	55.9	74.3	排出沙量 (10⁴t)	315	
						占年输沙%	7.6	
1989	坝前水位 (m)	522.61	522.33	521.43	520.99	泄水量 (10⁸m³)	22.9	62.3
	日均出库 沙量(10⁴t)	8.8	16.9	51.3	14.6	排出沙量 (10⁴t)	1160	
						占年输沙%	18.3	
1990	坝前水位 (m)	523.12	522.48	521.59	521.42	泄水量 (10⁸m³)	16.1	72.3
	日均出库 沙量(10⁴t)	3.5	16.0	53.8	118	排出沙量 (10⁴t)	1320	
						占年输沙%	23.4	
1991	坝前水位 (m)	523.77	522.77	522.04	521.91	泄水量 (10⁸m³)	9.2	75.3
	日均出库 沙量(10⁴t)	4.7	14.3	44.2	98.6	排出沙量 (10⁴t)	441	
						占年输沙%	15.5	

全年底孔的运用为 5~10 月,其余时间均无底孔开启

* 参见《龚电科技论文选集》第 1 集,1991 年 12 月印

从附图可以根据入库流量以及区间的降雨情况及分布情况较简便地估算出入库沙量,从而达到及时调沙的目的。就附图上看虽然其关系线不是单一线,但只要根据其参数的不同,不断总结探索其产流与产沙的关系,是不难进一步建立关系的。同时调沙也仅提供一种来沙的信息即可,因而建立起了按流量级控制运用水位,从定性上讲是按大水大沙考虑低水位运行,小水小沙则适当提高库水位。从1988年起至1991年通过采用

分流量级控制运用及用入库流量加降雨参数估算入库沙量的方法作调沙的依据,较合理地进行排沙调度。一方面较合理地控制库水位;另一方面适时开启冲沙底孔排沙。其运用情况见表3所示。

从表3可看出,通过不断加强底孔排沙运用与合理控制库水位,每年的排沙量在逐年增加,延长水库使用寿命,增加长期发电效益。从水库沿程相同条件下水位变化看到水库运用是较好地兼顾了长远利益,如表4。

表4 相同条件下沿程水位抬高情况表

年份	沙平均(二) (m)	沙坪1 [#] 洞 (m)	乌斯溪 (m)	老虎嘴(上) (m)	共和 (m)	扬旋 (m)
1988	0.13	0.18	0.20	0.09	0.19	-0.08
1989	0.11	0.20	0.18	0.15	0.14	0.09
1990	0.02	0.30	0.45	0.62	0.52	0.30
1991	0.12	0.17	0.09	0.18	0.06	0
累计抬高	1.27	3.77	4.55	1.43	4.27	0.67
累计时间	1973~1991	1973~1991	1973~1991	1985~1991	1973~1991	1984~1991

从泥沙出库率大于100%的情况分析,4年中共有93d,其中1988年为23d,1989年23d,1990年18d,1991年29d。就一般而言出库率大于100%均是充分利用三个冲沙底孔冲沙的结果。特别是1991年8月份底孔运用情况多一些,共开孔为212.1h,总排沙量达346万t,占年底孔排沙量的78.5%占年总出库沙量的12.2%。如8月13日,入库流量为3000~4000m³/s之间,运行水位521.93m,10[#]底孔运行9h,泥沙出库率达381%,多排出前期淤积物105.2万t。再如8月14~15日,Q_入大于4000m³/s,水位为521.82m,15[#]孔运行34h,出库沙量达235万t,入库只有93.3万t,出库率达252%,多排出前期淤积物141.7万t。为保持水库有限的调节库容不失为一成功之举。

3 正确处理木材过坝,保障机组发电安全

大渡河上游森林资源较丰富,原设计漂木量达160万m³左右,近年因各种原因,漂木逐年减少,至目前年漂木量约20万m³左右,而且90%集中在汛期。

漂木进入库区后,随水流逐渐漂至坝前。由于坝前主流是沿左岸流向地下厂房进水口,然后转弯流向溢洪道和上厂房进水口,木材也随水流流至坝前挤压在左岸拦漂设施。由于流速大,一部份木材穿过拦漂设施底部流向地下厂房进水口撞击拦污栅,并在拦污栅前堆积。堆积过多后堵塞拦污栅,使拦污栅前后压差增大,给安全发电造成威胁。在众多的漂木中还夹杂着沉木及半沉木,这些沉木及半沉木随着主流进入拦污栅进水口前,撞击、挤压拦污栅,并吸附或堆积在栅前,一方面造成栅前后的较大压差;另一方面,细小的

沉木及半沉木挤进栅缝,有可能进入引水管内,给安全发电造成威胁。从1983年以来,虽然每年均进行人工打捞。但打捞毕竟是有限的,一度造成栅前后压差达4m。因此在此情况下采用快速关闭导叶反冲栅前漂木,配合开启7^号闸门,将漂木冲走,以降低栅前压差,减小对电站发电损失及安全的威胁。近年来在木材过坝上主要采取以下措施。

1. 积极与木材水运处协商,达成木材过坝协议。每年汛前召集有关部门与木材水运处协商该年度的木材过坝协议,制定每年第一次过漂方案,落实放漂责任,为每年的集中放漂创造好条件。

2. 在每年第一次集中放漂时采用切实可行措施,放走漂木。

每年第一河漂木因拥挤成木垛,且数量较多(约10万m³左右,)往往较难放出库。将闸门全开时,也只有少量木材进入溢洪道。若入库只在3000m³/s时,闸门只能有1扇能全开;这时只能依靠合理调节闸门。有时反复用7^号、8^号、9^号门轮换启闭,或将库水位蓄升1m左右,让木垛由水体的浮力及水面增宽产生松散,然后再全开闸门,增加流速放出木材。如若出现大量木材形成木垛不进入溢洪道时;为了确保安全发电及渡汛,我们及时采用了人工或机械来拆除木垛且闸门给予密切配合。

3. 在汛期每一次洪水期间,均源源不断有木材漂至坝前,这时我们根据其流量情况,采用木材随到随漂的放漂形式。

4. 在每年汛后或汛前,视其拦污栅的堵塞情况,均要进行潜水打捞,以清理栅前漂木、沉木及半沉木。若汛期栅前出现了较多沉木、半沉木及浮木,在不得已时我们采用了快速全关导叶,反冲栅前漂木,也起到了一定的作用。

通过对不同的漂木情况,采用对应的措施正确处理木材过坝,保证了电站的安全。

4 平枯期加强中长期水文预报,水库调度更趋经济合理

1. 平水期(5、10月)是一年中发电效益最好时期,俗称“黄金季节”。多年平均入库流量,5月是1140m³/s,10月是1880m³/s(统计时间1972~1991年),这两月如若水库调度合理,将有很好的发电效益。按每台机组满发用水量为254m³/s计,7台机组满发用水量为1780m³/s,其平水期的入库流量基本可保证满发需要。再因此期有较好的日、旬、月预报,一般日预报精度均在90%以上,发电按入库水量预报值安排,逐步根据实际来水量进行修正,从而保证库水位的正确控制。1988年至1991年的发电调度情况如表5。

表5 平水期发电调度情况表

年 份	月份	水位 (m)	水头 (m)	入库流量 (m ³ /s)	发电用水 (m ³ /s)	耗水量 (m ³ kWh)	发电量 (10 ⁴ kWh)
1988	5	525.16	1.05	888	884	8.25	2.87
	10	525.56	48.52	2180	1480	8.51	4.68
1989	5	525.93	49.98	1660	1280	8.45	4.05
	10	525.47	49.12	2250	1330	8.60	4.16
1990	5	524.61	50.07	1260	1010	8.66	3.11
	10	525.47	48.96	2140	1200	8.86	3.64
1991	5	525.73	50.98	1130	1110	8.48	3.50
	10	525.94	50.10	1750	1250	8.66	3.88

从表5看出1988年及1989年发电效益较合理,自1990年起因电力系统大容量火电机组的投产,龚嘴电厂承担的调峰调频任务较重,损失电量较大,在今后的电力系统负荷安排中是值得高度重视的。

2. 枯水期(1~4月及11、12月)因其来水量较小水库调度主要是控制库水位,保持在正常蓄水位运行,达到降低发电耗水率。为搞好枯期的水库调度,一方面加强中长期水文预报,向电力调度部门提供未来的来水情况预报;另一方面积极主动与电力调度部门联系,力争按入库流量情况安排我厂的发电负荷,确保水位控制在正常蓄水位运行。

5 结 语

1. 龚嘴水库调度在处理发电与防洪、排沙及漂木的关系中,通过 21 年的运用与探索,制定汛期执行“发电服从防洪,防洪服务于发电”,在保证防洪安全的前提下,抓住小水少沙的有利时机力争多发电的调度措施是可行且有效的。同时在汛期积极开展调沙工作,为延长水库寿命,实行“分流量级控制”运用也较符合本水库的实际情况,起到了减淤保库的作用。汛期漂木是龚嘴水库调度的又一特点,在原设计漂木道不能使用情况下,采取闸门全开放漂也较成功且有效地解决了木材过坝问题。

2. 在龚嘴水库调度中,由于自建库以来来水属于中偏估水年,未经历丰水年乃至大

水年洪水的考验,对汛期的防洪和排沙调度工作还应作进一步的探索,逐步建立起适用于大水大沙年份的调度措施及方案。

3. 近年来水电在电力系统中的比重在下降,象龚嘴这种没有多少调节能力的水电站在电力系统中承担的调峰调频任务在进一步加重,致使年发电量逐年减少,弃水损失电量逐年增大,希引起有关方面的高度重视。

4. 每年存在汛期浮木、沉木及半沉木堵塞拦污栅,经常采用快速关闭导叶反冲栅前漂木对发电不利,同时对输水钢管、拦污栅等设施均不利。应考虑使用其他机械设备等解决拦污栅的堵塞问题。

5. 铜街子电站 1[#]机已开始发电,应尽快制定出两库联合运行方案,以达两库调度的安全经济且合理。

(收稿日期:19930316)

狮泉河水电站规划选点查勘工作胜利完成

狮泉河水电站位于西藏阿里地区狮泉河中游,装机容量 4 000kW,年发电量 1 315.9 万 kW·h。1992 年水利水电规划设计总院以水规计(1992)017 号文件指令成都勘测设计研究院对阿里地区进行水电电源规划选点。同年 7 月,该院派出 18 名工程技术人员组成规划选点查勘队,从拉萨起程经过 1 750km 的长途颠簸到达阿里地区行署所在地狮泉河镇。到达后未作休整,就开始对狮泉河进行了测量,物探、水文、地质等勘测工作,反复勘选坝址,拟定了梯级开发方案。

阿里地区地处西藏自治区西端,平均海拔 4 500m,东接那曲地区和日喀则地区,北邻新疆维吾尔自治区,西南和南面有 1 050km 的国境线,与克什米尔、印度和尼泊尔接壤。区内缺油少煤,生存和安全自保能力不足,机关干部、驻军官兵、城镇居民的生活、取暖、照明等所需能源全靠调入油料维持。

为建设好边疆,党和国家对阿里地区的能源建设十分关心,毛泽东主席早于 1969 年“12.18”批示中就把建设狮泉河水电站列为重要议事日程,后因种种原因,未能实施。

今年 4 月,成勘院组建狮泉河勘测设计队,进驻狮泉河镇开展勘测设计现场工作。由于地方政府的大力支持和全队各专业人员的共同努力,完成钻探 1600m,测量 30 多标准 km²,以及大面积的区域地质测绘、砂石料特性试验和物探工作,提前 50 多天顺利完成了勘测设计任务。8 月中旬,勘测设计队全体人员平安地返回成都。目前,勘测设计人员正积极努力,紧张地工作,力争于 1995 年 6 月提交狮泉河水电站可行性研究报告(原初步设计报告)。

(成勘院 李桓)