

年调节水电站下游日调节电站装机容量的确定

肖旭光 唐德善

(河海大学水利水电工程学院 南京 210098)

TV734.2

摘要 针对在已建年调节水电站下游修建日调节水电站的特殊情况,通过与常用方法的对比,根据概率分析的原理,提出了一种确定装机容量的简便方法,经过对已建工程的后评估,证明该方法能更有效地利用水资源。

关键词 水电站;日调节水库;年调节水库;设计保证率;装机容量;水能计算

在已建水电站下游修建日调节水电站,由于上游水电站的存在,下游水文情况发生了根本变化,对这样的日调节电站装机容量的研究,需作特别的考虑。

1 正常条件下日调节水电站装机容量的确定

日调节水电站装机容量的确定,首先需确定其最大工作容量,再确定各种备用容量、重复容量,其和就是电站的装机容量,最大工作容量的确定步骤如下:

- 通过水文计算得出设计枯水日径流过程;
- 根据保证流量和日平均水头求得保证出力:

$$N_{\text{保日}} = 9.8 K_{\text{水}} Q_{\text{设}} H \quad (1)$$

式中: $N_{\text{保日}}$ 为日保证出力, kW; $K_{\text{水}}$ 为发电效率; $Q_{\text{设}}$ 为设计流量, m^3/s ; H 为日平均水头, m。

- 计算日保证电能:

$$E_{\text{保日}} = 24 N_{\text{保日}} \quad (\text{kW} \cdot \text{h})$$

- 根据日电能累积曲线,确定水电站最大工作容量(见图1,图中 $N_{\text{水工}}^{\text{m}}$ 即为日调节水电站的最大工作容量)。

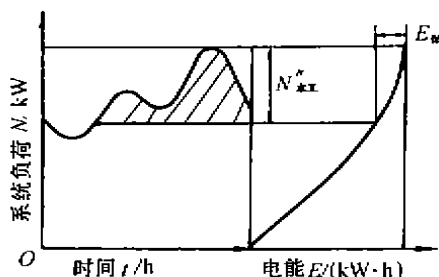


图1 日电能累积曲线

备用容量按规范确定,重复容量按最优经济利用小时数确定,电站装机容量可按式计算:

$$N = N_{\text{水工}}^{\text{m}} + N_{\text{备}} + N_{\text{重}} \quad (2)$$

式中: $N_{\text{水工}}^{\text{m}}$ 为最大工作容量; $N_{\text{备}}$ 为备用容量; $N_{\text{重}}$ 为重复容量。

2 年调节水电站下游的日调节水电站装机容量的确定

以上简述了在正常条件下日调节水电站装机容量的确定,但若河流上游已建了规模较大的年调节水电站,情况则发生了很大的变化。

主要是河流的水文情况发生了根本的变化,不再具有天然情况下的水文特性。此时,下游站址的水文情况取决于上游的水文情况和电站出力两个因素。在这种情况下,如何确定下游日调节电站的装机容量是本文重点研究的问题。

为便于讨论,假设上游只为单一发电目标所利用,且没有区间来水。常规的方法是根据上游的天然来水和电站出力,计算得出下游站址的水文情况,再确定装机容量。这样的做法存在一些难以改善的弊端:①要对一个有代表性的逐日流量系列进行逐日的调节计算,工作量很大;②计算时,总是假定上游年调节水电站以保证出力运行,这势必会造成水库不正常的弃水和放空,不符合电站的实际操作,这样得出的下游水文情况与实际情况的符合程度也常常难以令人满意。

因此,在实际工作中常需一些简便而易于操作的方法来解决这样的问题。对新方法的探索主要还在于推求所需的设计径流情况。

一般,所谓设计保证率($P_{\text{设}}$)是指在多年期间正常工作得到保证的程度,而设计保证出力($N_{\text{保}}$)是指在多年运行过程中,以大于或等于该出力进行工作所占工作时间的比率等于设计保证率,即

$$P(N \geq N_{\text{保}}) = P_{\text{设}} \quad (3)$$

在电站的实际运行中,总是参照水库调度图将水位控制在能按 $N_{\text{保}}$ 出力的界域内.若水位有超标迹象时,就加大出力,以保证出力工作时得到的下游流量 Q' 可满足:

$$P = (Q \geq Q') = P_{\text{设}} \quad (4)$$

式中: Q 指下游流量.在 $N_{\text{保}}$ 一定的情况下,怎样确定一个合理的发电水头,由此决定下泄的 Q' 呢?

搜集上游年调节电站的调度图(见图2).由水库调度理论可知,在调度图的A区和B区电站皆可按保证出力运行.由下例说明求得所需水头的方法.

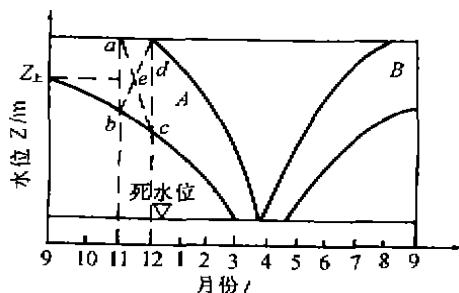


图2 水库调度图

例如,作出11月电站可按保证出力运行的区域,见图2中的a,b,c,d,其对角线交点为e,则e所对应的水头取11月电站按保证出力运行的代表水位 $Z_{\text{上}}$. 确定了上游水位后,发电流量(即下游流量)可按式(1)计算,从而有:

$$Q_i' = N_{\text{保}} / (9.8KH_i) \quad (5)$$

式中: Q_i' 为第 i 月按保证出力的下泄流量; H_i 为保证出力时相应的水头。

这样可以得到一个下游工程点一年的流量过程线($Q_i' \sim t$),对下游工程点各月的流量 Q_i 有:

$$P(Q_i \geq Q_i') = P_{\text{设}} \quad (6)$$

可见,若取 Q_i' 为日调节电站的设计枯水流量,那么,在第 i 月得到的设计保证率为 $P_{\text{设}}$ (这里 $P_{\text{设}}$ 为上游水库的设计保证率);若 Q_i' 在全年的排序概率计算中为 P' ,那么, Q_i' 所对应的装机在全年的保证率为 $P_{\text{设}} \cdot P'$,而这样一个由设计保证出力得出的年系列在整个水文系列中的概率应为 $P_{\text{设}}$. 所以,取 Q' 为设计日流量所得的保证率在整个水文系列中为 $P_{\text{设}}' = P_{\text{设}}^2 P'$.

在实际工作中,已设定了日调节电站的设计保证率 $P_{\text{设}}'$,故可根据 $P_{\text{设}}' = P_{\text{设}}^2 P'$ 推出

$$P' = P_{\text{设}}' / P_{\text{设}}^2 \quad (7)$$

式中 P' 所对应的 Q_i' 即为日调节电站的设计流量 $Q_{\text{设}}'$.

因日调节电站的设计保证率通常远小于年调节电站,所以式(7)一般能满足 $P' \leq 1$;若出现 $P' > 1$

的情况,说明 $Q_{\text{设}}'$ 的取值小于任何 Q_i' ,这时,可取几个较小的 $P_{\text{设}}'$,令其满足 $P' \leq 1$,求出对应的 $Q_{\text{设}}'$,由 $P_{\text{设}}' \sim Q_{\text{设}}'$ 关系外延求出所需的 $Q_{\text{设}}'$.

对于确定水库其它参数所要用的日径流过程,可根据上游电站的日典型负荷图对所得的 $Q_{\text{设}}'$ 进行划分得出.求出 $Q_{\text{设}}'$ 后,完全可以按前面方法推求最大工作容量.

重复容量的推求,需取上游年调节水库多年平均径流总量,按保证出力进行划分,得到一条下游工程点处的以月为单位的年度径流过程线.以该过程作为多年平均径流过程,用上游电站的典型负荷图将径流划分到日,因下游电站可进行日调节,故可粗略地不再进行划分而认为一日内各小时流量是相等的,可作出下游工程点的日平均流量历时曲线,从而决定重复装机容量.

水库其它利用用水会对装机容量产生影响.综合利用水库对下游流量影响比较显著的就是灌区回水.灌区的灌溉需水过程在时间和流量上是基本确定的.确定量与随机量的和仍与原随机量是同分布的,因此,回水不影响下游电站设计保证率的确定,并且日调节电站也不存在季节上的径流补偿,所以,对回水这一类流量的处理为单独针对其流量用经济法则确定附加装机.其它综合利用对下泄流量的要求在上游电站设计时通常尽量由发电尾水承担,故无需再作考虑.

关于区间来水对装机容量的影响,笔者在实践中是这样考虑的:考察站址综合区间来水后的径流量是否仍符合建日调节水电站的条件,若符合,则可将区间来水当作弃水考虑,由此增加相应的重复容量.其实重复容量的选择是一个保证率为50%的容量优选问题,一般的小型电站设计保证率常选在65%左右,故这样的处理误差不是太大.至于径流综合后不再适于建日调节电站,则已不在本文讨论范围内.

3 工程实例

某地建有坝后式电站1座,正常蓄水位为554.00m,死水位为536.00m,装机容量为25000kW,设计保证率为90%,设计枯水径流过程见表1.

表1 设计枯水径流过程

月份	流量 /($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	月份	流量 /($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	月份	流量 /($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)
1	9.4	5	120.0	9	30.0
2	27.9	6	137.8	10	14.7
3	55.1	7	89.3	11	7.5
4	33.7	8	41.1	12	6.8

运行1年后,因该地区仍存在电力紧张问题,故又在该电站下游2km处修建了1座日调节电站,设

计保证率为 65%, 在设计中采用了常规方法确定: $Q_{\text{设}} = 30.3 \text{ m}^3/\text{s}$, $N_{\text{保}} = 2442 \text{ kW}$. 电站 10 年的实际运行证明, 该电站装机容量偏小、常发生弃水. 经测算, 10 年损失电能约 8400 万 $\text{kW}\cdot\text{h}$.

现以本文提出的方法进行计算.

搜集有关资料见表 2~4.

表 2 下游水位-流量关系

$Q/(\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1})$	水位/m	$Q/(\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1})$	水位/m
30	503.59	70	506.83
40	504.51	80	507.41
50	505.20	90	508.04
60	506.03	100	508.55

表 3 上游年调节电站保证出力过程

月份	出力/ 万 kW	月份	出力/ 万 kW	月份	出力/ 万 kW
1	1.73	5	2.00	9	1.40
2	1.88	6	2.00	10	1.53
3	2.00	7	2.00	11	1.61
4	1.84	8	2.00	12	1.77

表 4 各月按保证出力所应具有的代表性水头

月份	水头/m	月份	水头/m	月份	水头/m
1	547.7	5	541.1	9	553.4
2	545.0	6	545.4	10	552.5
3	541.8	7	550.0	11	551.1
4	537.8	8	553.6	12	549.2

已知上游水头、下游水头流量关系, 发电出力 N , 以及上游电站的发电效率 $K = 0.85$, 根据式(1)

(上接第 13 页)

间和长度. 由于均系人力搭设, 适于溃口处流速不大于 2 m/s 、水深不大于 8 m 的情况.

施工时, 采用长 $6 \sim 8 \text{ m}$ 、直径 50 mm 的脚手架钢管及木桩, 从两侧残堤堤头, 向溃口中间逐步打桩固定(木桩打入河底内不小于 1.5 m 、钢管不小于 1.0 m)、形成内外 4 排钢管、3 排木桩、沿堤轴线间距 1 m 的空间钢管、木桩组合构架, 并用纵、横方向布置的钢管水平连系杆、背水侧斜撑及迎水侧拉杆增强其整体性和稳定性. 沿构架迎水、背水侧竖插钢管加密至间距不大于 0.3 m , 以有效地拦截抛投填料. 采用立堵方式抛投石袋, 出水后人工码砌, 直到设计高程, 形成顶宽 $3.6 \sim 4.2 \text{ m}$, 高 $4.85 \sim 6.45 \text{ m}$ 的堵口组合堤.

5 石袋后戗台

后戗台布置在钢木构架组合堤背水侧(见图 2), 用于增加组合堤闭气后承担全部水头的结构稳定性和渗透稳定性. 设计顶宽 4.0 m , 边坡按满足接触径径要求定为 $1:3$. 主要由石袋码砌.

石袋由编织袋内装粒径 40 mm 以下的碎石 $30 \sim 40 \text{ kg}$ 组成, 便于人力运料和施工, 采用人工码砌, 形

进行试算, 得出下游一个径流过程见表 5.

表 5 下游站址径流过程

月份	流量/ $(\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1})$	月份	流量/ $(\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1})$	月份	流量/ $(\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1})$
1	50	5	69	9	34
2	58	6	61	10	39
3	69	7	45	11	41
4	71	8	50	12	48

对所得的这一过程的流量大小用公式 $P = n/(N+1)$ 进行频率排序计算, 所得结果见表 6.

表 6 频率计算结果

序号	流量/ $(\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1})$	频率/%	序号	流量/ $(\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1})$	频率/%	序号	流量/ $(\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1})$	频率/%
1	71	8	5	58	38	9	45	69
2	69	15	6	50	46	10	41	77
3	69	23	7	50	54	11	39	85
4	61	31	8	48	62	12	34	92

已知上游电站 $P_{\text{设}} = 90\%$, 下游日调节水电站 $P_{\text{设}}' = 65\%$, 由公式(7)可计算出: $P' = 80\%$, 从表 6 中的频率与流量的关系可知, $P' = 80\%$ 所对应的 $Q_i' = 40.2 \text{ m}^3/\text{s}$, 即为下游日调节水电站的设计流量 $Q_{\text{设}}'$. 由该 $Q_{\text{设}}'$ 得出的 $N_{\text{保}} = 3188 \text{ kW}$, 在原来的基础上提高了 31% . 经与实际电站运行资料对比分析, 若以该 $N_{\text{保}}$ 为基础求出电站装机容量, 则可较好地符合实际来水情况、减少弃水, 每年增发电能 $600 \text{ 万 kW}\cdot\text{h}$ 以上, 使水资源得到充分利用.

(收稿日期: 1997-09-10 编辑: 张志琴)

成的坝体结构紧密, 又不需碾压, 有利于实现高强度填筑和水下填筑; 便于加高加宽, 形成的坝体整体性好, 又有一定透水性, 自稳性强.

6 水下抛土铺盖

水下抛土铺盖位于钢木构架组合堤与截流戗堤之间, 采用人工水下抛投当地坡积粘土, 直到出水面高度不少于 1.0 m , 形成防渗铺盖.

这种闭气方法只需在水面已形成的组合堤及排架上向水中倒土, 因此施工简便、安全, 技术要求不高; 水面施工场面大, 抛设施工速度快; 水下抛土土体柔性大, 能与岸坡和已形成结构结合一体, 适应地基变形能力强. 由于抛入水中粘土会自行崩解, 不须专门处理残存在铺盖范围内的抛填料、铁件, 便能通过固结作用, 达到良好的整体防渗效果.

要使水下抛土铺盖达到闭气止漏效果, 必须使水下抛土体在施工期具有崩解、密实条件, 运行期不被水流及渗透水破坏. 为此, 抛投区流速要小于 0.5 m/s , 土体块径不超过 $10 \sim 20 \text{ cm}$. 抛填土料宜选用一般粘土、亚粘土及天然含水量较高的塑态肥粘土.

(收稿日期: 1998-10-22 编辑: 熊水斌)