

山区河流小型水电站回水末端计算

张 玮¹, 吴苏舒¹, 张明进²

(1. 河海大学交通学院, 江苏 南京 210098; 2. 天津水运科学研究所, 天津 300456)

摘要:以广西绣江交口电站为例,通过综合利用正坡缓流水面线的基本特征、水动力数学模型以及电站水位-流量关系曲线等,确定不同流量时电站坝址处的天然水位,为山区河流小型水库在缺少天然资料时进行回水计算提供一个应用实例。交口电站回水计算结果表明:影响回水末端的主要因素是回水末端判别标准精度高低、来流流量大小,以及坝前水位高低等。回水末端判别精度越高或坝前水位越高,回水末端越趋向于上游;来流流量越大,回水末端越趋向于水库大坝。

关键词:水库运行水位;水库天然水位;回水计算;回水末端;小型水电站;广西绣江交口电站

中图分类号:TV742 **文献标识码:**B **文章编号:**1006-7647(2006)03-0038-03

Computation of backwater end for small hydropower station on mountainous river//ZHANG Wei¹, WU Su-shu¹, ZHANG Ming-jin²(1. College of Traffic, College of Ocean, Hohai University, Nanjing 210098, China; 2. Tianjin Waterway Research Institute, Tianjin 300456, China)

Abstract: The hydraulic theory, hydrodynamic numerical model and stage-discharge curve were used together to determine the water level of the Jiakou Hydropower Station under the natural condition at different discharges, the hydropower station being located on Xiujiang River in Guangxi Zhuang Autonomous Region. The study gives a successful example of backwater end computation for small hydropower stations in the case of lack of measured data. The result of computation indicates that the main affecting factors include the criterion for backwater end determination, the volume of discharge and the operating level of the reservoir. With the improvement of the precision for determination of the backwater end and the rise of the operating water level of the reservoir, the backwater end moves towards the upstream, while it approaches to the dam if the discharge is increased.

Key words: reservoir operating level; natural water level of reservoir; computation of backwater; backwater end; small hydropower station; Jiakou hydropower station on Xiujiang River in Guangxi Zhuang Autonomous Region

我国西南地区在 20 世纪七八十年代期间曾经兴建了一大批小型水电站,为国民经济的发展做出了重要贡献。受认识所限,当时所修建的水利工程往往用途单一,缺乏水资源综合利用功能,特别是未能处理好发电与航运的相互关系,断航、碍航现象十分严重。随着地方经济的迅速发展,断航河流要求复航的呼声逐渐高涨,已经引起各级政府和主管部门的高度重视,并着手进行相关的规划和研究工作。在进行复航工作中,水库回水末端及其变动范围的确定是极为重要的内容之一,而库区天然水面线又是上述工作的基础^[1]。一般来说,小型水库很少保存有完整的建库前天然河流资料,这就使得复航研究工作面临一定的困难。本文以广西绣江交口电站为例,利用水力学基本原理、水动力数学模型等,探索确定不同流量对应的天然水位的方法,并就影响回水末端的主要因素进行探讨。

1 交口电站运行水位的确定

目前情况下,交口枢纽主要按照满足发电要求进行水库调度。水库无调节库容,属于径流式电站,其出力的大小取决于入库流量。为充分利用水能,减少弃水,水库运行方式按不同的入库流量分为 3 种:①入库水流全部通过机组发电;②部分发电、部分弃水;③电站敞泄,河道恢复天然状态。根据交口电站运行水位的记录资料分析,电站正常发电时的运行水位主要集中在 26.4 ~ 28.0 m 之间,与此对应的流量则变化于 32 ~ 850 m³/s 之间。

2 天然情况水面线的确定

在进行水库回水计算时,首先必须确定天然情况下河道的水面线,在此基础上才能分析水库的回水影响。然而,由于缺少历史资料,目前水库已经建成运

行,挡水建筑物的存在使得小流量情况下天然河道水面线的确定变得极为困难。以下拟采用分析方法确定交口电站坝址处不同流量所对应的天然水位。

2.1 大流量时天然水位的确定

根据交口电站近年来的运行资料,水库运行水位与来水量之间存在如图 1 所示的关系。由图 1 可见,当来流流量小于 1000 m³/s 时,水位与流量之间呈多值对应关系,较为紊乱,说明电站的挡水建筑物具有壅水作用;而当流量大于 1000 m³/s 时,水位与流量基本呈单值关系,曲线单一,说明电站建筑物已不再起作用,河道已基本恢复天然状态,此时与不同流量所对应的水位也就是天然情况下交口电站坝址处的水位。

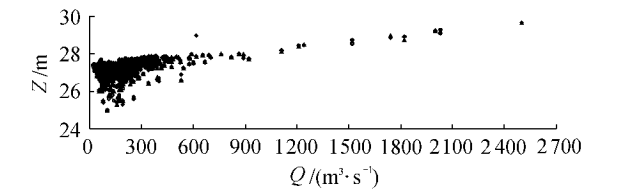


图 1 交口电站水库运行水位-流量关系

2.2 中低流量时天然水位的确定

2.2.1 水力学基本方法^[2]

根据水力学知识,对于正坡且是缓坡明渠河段,其水面线具有如下特征:①如果下游水深大于正常水深,也就是壅水曲线时,下游以水平线为渐近线,上游以正常水深线为渐近线,随着下游水位的降低,逐渐逼近正常水深;②如果下游水深小于正常水深,也就是降水曲线时,上游以正常水深为渐近线,下游与临界水深线相垂直,随着下游水位的升高,逐渐逼近正常水深。在实践中,可以利用上述原理来确定某一流量所对应的天然水位,具体方法为:对于给定的某一流量,假设不同的下游水位,利用水动力数学模型计算河道的水面线,然后比较上述各水面线,根据壅水曲线和降水曲线均将逐渐逼近正常水深的原理,确定相对应的天然河道水位。

2.2.2 中低流量时天然水位的估算

根据山区河流的特点,在进行天然水位计算时应尽可能地选取小流量,以减少河道地形对水面线的影响。为此,分别选择流量为 32 m³/s 和 50 m³/s,其中前者为设计最小通航流量。以来流量为 50 m³/s 的情况为例,下游水位分别假定为 22.9 ~ 24.9 m 之间,每间隔 0.5 m 一级,相应的沿程水面线计算结果见图 2。由图 2 可见,在水位逐渐升高的过程中,水面线由 23.9 m 时的降水曲线过渡到 24.4 m 时的壅水曲线,所以天然水位应该位于 23.9 ~ 24.4 m 之间。采用同样的方法,可以确定流量为 32 m³/s 时天然水位应该位于 23.4 ~ 23.9 m 之间。此外,还选择了中

水期 500 m³/s 流量进行计算,其对应的水位应该介于 27.0 ~ 27.2 m 之间。

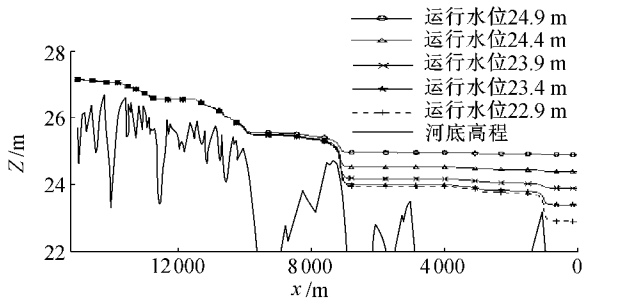


图 2 来流 50 m³/s 时的沿程水位

2.3 各级流量下交口电站天然水位的确定

综合以上有关交口电站坝址处大流量(流量大于 1000 m³/s)和小流量所对应的天然水位分析计算结果,点绘水位流量关系曲线,见图 3,然后进行曲线拟合,相关系数可达 0.992 7,说明两者之间有着很好的相关性。据此,可以推求出交口电站各级流量情况下相应的天然水位(表 1)。

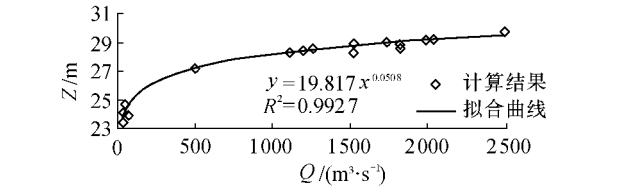


图 3 交口电站天然水位-流量关系曲线

表 1 交口电站处天然水位-流量关系

流量/(m³·s ⁻¹)	水位/m	流量/(m³·s ⁻¹)	水位/m
32	23.63	450	27.03
50	24.17	550	27.30
150	25.56	650	27.54
250	26.23	750	27.74
350	26.68	850	27.91

3 回水计算及其结果分析

回水曲线与天然水面线应该有一个交点,这个交点就是回水的末端^[1,3]。理论上,回水末端应该位于上游无穷远处,但在实际应用中,可采用 SL104—95《水利工程水利计算规范》对回水末端加以判定。根据规范,水库回水曲线计算至回水水位高于同一断面同频率天然洪水位 0.1 ~ 0.3 m 处,作为回水末端^[4,5]。此次计算中,主要采用 0.1 m 作为回水末端的判别标准,此外也应用 0.3 m 的判别标准进行计算,以达到相互比较的目的。

3.1 回水末端计算情况

在回水末端计算中,分别取 32 m³/s, 50 m³/s, 150 m³/s, 250 m³/s, 350 m³/s, 450 m³/s, 550 m³/s, 650 m³/s, 750 m³/s 以及 850 m³/s 共计 10 级流量,交口电站运行水位介于 26.4 ~ 28.0 m 之间,分别取

26.4 m, 26.8 m, 27.2 m, 27.6 m, 28.0 m 共 5 级水位。

3.2 回水末端随水库运行水位的变化

回水末端的位置与水库运行水位的高低变化有关,随着下游水库运行水位的升高,回水末端逐渐向上游延伸。如来流流量为 150 m³/s 时,交口电站的天然水位为 25.56 m,各级运行水位的回水曲线计算结果见图 4。如采用 0.1 m 的回水末端判别标准,下游水位为 26.4 m 时,回水末端在交口电站上游 10920 m 左右;下游水位为 26.8 m 时,回水末端在交口电站上游 12930 m 左右;下游水位为 27.2 m 时,回水末端在交口电站上游 14260 m 左右;在其余两种情况下(下游水位 27.6 m 和 28.0 m),模型计算段内并不能得到回水末端,经分析回水末端应该在模型的上游,详见图 5。

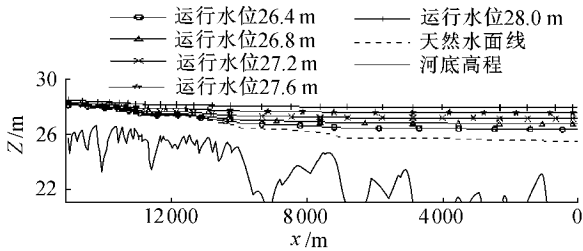


图 4 来流 150 m³/s 时的沿程水位

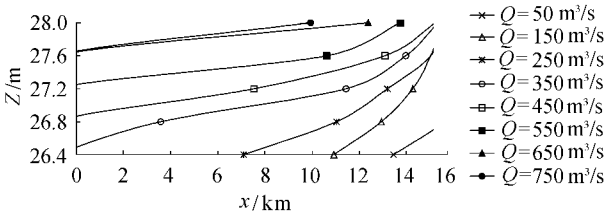


图 5 不同流量下运行水位与回水末端关系
(判别标准为 0.1 m)

3.3 回水末端随判别标准的变化

回水末端的位置与判别标准的精度密切相关,精度越高,回水末端的位置越趋向于上游。仍以来流流量 150 m³/s 为例:①下游水位为 26.4 m,判别标准为 0.3 m 时,回水末端位于电站上游 9900 m 左右;而当判别标准提高到 0.1 m 时,回水末端位于电站上游 10920 m 左右,向上游偏移了 1020 m。②下游水位为 26.8 m,判别标准为 0.3 m 时,回水末端位于电站上游 10750 m 左右;判别标准为 0.1 m 时,回水末端位于电站上游 12930 m 左右,向上游偏移了 2180 m。③下游水位为 27.2 m,判别标准为 0.3 m 时,回水末端位于电站上游 11450 m 左右;判别标准为 0.1 m 时,回水末端位于电站上游 14260 m 左右,向上游偏移了 2810 m。

3.4 回水末端随流量的变化

回水末端位置除了受水库运行水位和判别标准精度影响外,还取决于来流流量的大小,一般随着流

量的增加,回水末端逐渐向下游移动,当达到一定流量时,将恢复天然泄流情形。以坝前水位为 27.2 m 和回水末端判据 0.1 m 为例,当流量小于 50 m³/s 时,回水末端位于电站坝址 15 km 以上,流量 150 m³/s 时回水末端距坝址 14260 m,流量 250 m³/s 时回水末端距坝址 13190 m,流量 350 m³/s 时回水末端距坝址 11430 m,流量 450 m³/s 时距坝址 7530 m,总体趋势是随着流量增加回水末端逐渐向坝址靠近,详见图 5。当流量达到 550 m³/s 时,坝址处的天然水位为 27.3 m,比坝前水位 27.2 m 要高,此时无需计算回水末端长度。

4 结 语

a. 在进行回水末端计算时,天然情况下的水流条件应是基本参数。在交口电站缺乏资料的情况下,可以利用正坡缓流水面线的基本特征以及水动力学数学模型,分析计算枯水期交口电站坝址处的天然水位,同时还可利用交口电站水位-流量关系曲线,求出电站敞泄(也就是处于天然状态)时各级流量对应的天然水位。综合上述两部分结果,经曲线拟合,即可确定不同流量时交口电站天然情况下的水位。

b. 回水计算结果表明:回水末端位置主要取决于回水末端判别标准精度高低、来流流量大小以及坝前水位高低等。回水末端判别精度越高或坝前水位越高,回水末端越趋向于上游;来流流量越大,回水末端越趋向于水库大坝。

参考文献:

[1] 韩其为. 水库淤积[M]. 北京:科学出版社,2003:344-346.
[2] 李家星,赵振兴. 水力学[M]. 南京:河海大学出版社,2001:205-223.
[3] 周冠伦. 航道工程手册[M]. 北京:人民交通出版社,2004:396-398.
[4] SL104—95, 水利工程水利计算规范[S].
[5] 李质珊,欧阳启麟. 低水头径流式电站回水计算及水库设计淹没范围的确定方法[J]. 水力发电,1995(10):42-44.

(收稿日期:2005-07-18 编辑:高建群)

