

导叶分段关闭规律在电站非恒定流计算中的应用及问题讨论

鞠小明 孙诗杰 陈家远

(四川联合大学,成都,610065)

摘要 用实例说明导叶分段关闭规律在电站调节保证计算中的应用,并讨论了引水系统非恒定流计算中的几个问题,供设计计算时参考。

关键词 导叶 分段关闭规律 调节保证 计算

1 引言

水电站调节保证计算是设计中的一项重要内容,其目的在于计算机组的最大转速升高值和蜗壳的最大水击压力值。随着特征线法的不断完善,调节保证计算能够全面考虑各种边界条件,包括上下游水库、引水管道的串并环节点、调压室、水轮机和调速器,就为整体考虑引水系统创造了条件。在以往的计算中,多数采用导叶直线关闭规律。由于在直线关闭规律下,低水头电站的最大压力升高往往在后面出现;而高水头电站则往往出现在前面,因此导叶采用两段关闭规律对低水头电站效果比较显著。

2 计算实例

2.1 基本资料

某引水式电站装机容量 $3 \times 8\,000\text{kW}$,设计引用流量 $3 \times 20.013\text{m}^3/\text{s}$,水轮机型号 HLA296-LJ-160,转轮直径 1.6m,设计水头 46.37m,最大水头 66.04m,额定转速 375 r/min,机组 $[GD^2] = 131\text{t} \cdot \text{m}^2$;水库汛期水位 1 628.00m,枯期水位 1 636.00m;引水隧洞直径 4.5m,长 2 580.07m,糙率 0.013 ~

0.017,调压井为阻抗式,直径 12.00m,阻抗孔口流量系数:流进 0.6,流出 0.8;压力钢管主管直径 4.0m,长 227.08m,主支管直径 2.8m,长 11.75m,支管直径 2.3m,长分别为 33.30m,25.75m 和 29.95m。

调节保证计算要求:蜗壳进口压力 $H_{\text{蜗壳}} \leq 10.0 \times 10^{-1}\text{MPa}$,机组转速升高 $\beta_{\text{max}} \leq 50\%$ 。

2.2 计算成果

各管段计算参数如表 1。

表 1

长度 /m	直径 /m	节点数	波速 /m·s ⁻¹	每段长 /m	管 名
2580.07	4.5	251	1032.03	10.32	引水隧洞
227.08	4.0	23	1032.18	10.32	压力钢管主管
11.75	2.8	2	1175.00	11.75	主支管
33.30	2.3	4	1110.0	11.10	支管
25.75	2.3	3	1287.50	12.87	支管
29.95	2.3	4	998.33	9.98	支管

水轮机模型综合特性曲线及飞逸特性曲线均以数据点的形式存贮,计算时采用二元三点插值方法求取所需工况点的参数。

2.2.1 导叶采用直线关闭规律

导叶采用直线关闭规律时的计算工况及调节保证计算成果如表 2 和表 3。

表 2

关闭时间 T_s / s	蜗壳最大压力 $H_{\psi_{max}} / \times 10^{-1} MPa$	转速最大升高 $\beta_{max} / \%$	计算工况
6.0	10.75	46.9	设计水头工况 3 台
8.0	9.56	49.25	机同时丢全负荷

表 3

关闭时间 T_s / s	蜗壳最大压力 $H_{\psi_{max}} / \times 10^{-1} MPa$	转速最大升高 $\beta_{max} / \%$	计算工况
6.0	12.31	30.56	最大水头工况 3 台机同时丢全负荷
8.0	10.65	34.51	
8.5	10.47	35.28	
8.8	10.37	35.87	
9.0	10.15	37.12	
10.0	10.02	37.95	

从表 2 和表 3 可以看出,最大水击压力由最大水头下甩全负荷工况控制,而最大转速升高由设计水头下甩全负荷工况控制。为满足调节保证计算要求,由表 2 知 T_s 不宜大于 8.0s;由表 3 知 T_s 不宜小于 10.0s。两种工况互相制约,不能同时满足要求,所以导叶采用直线关闭规律不能满足调节保证计算要求。

2.2.2 导叶采用两段折线关闭规律

两段折线关闭规律如图 1 所示。

计算工况及调节保证计算成果如表 4。

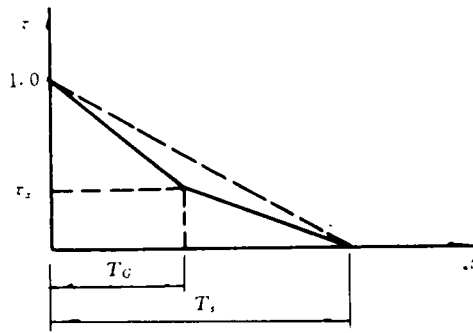


图 1 导叶关闭规律

表 4

关闭时间 T_s / s	拐点位置 T_G	蜗壳最大压力 $H_{\psi_{max}} / \times 10^{-1} MPa$	转速最大升高 $\beta_{max} / \%$	计算工况	
8.0	3.0	0.3524	10.29	32.08	最大水头工况
8.0	4.0	0.3524	9.8	33.28	
8.0	5.0	0.2643	10.47	29.79	
8.0	4.0	0.3524	8.77	47.25	

由表 4 可知,当 $T_s = 8.0s$, $T_G = 4.0s$, $r_x = 0.3524$ 时,可保证在两种工况下都能满足调节保证计算要求,两种工况下导叶采用两段折线关闭规律时引水系统甩负荷过渡过程曲线分别如图 2 和图 3 所示。拐点位置用试算法确定。从图 2 可以看出,由于导叶采用两段折线关闭规律,水击压力在开始阶段上

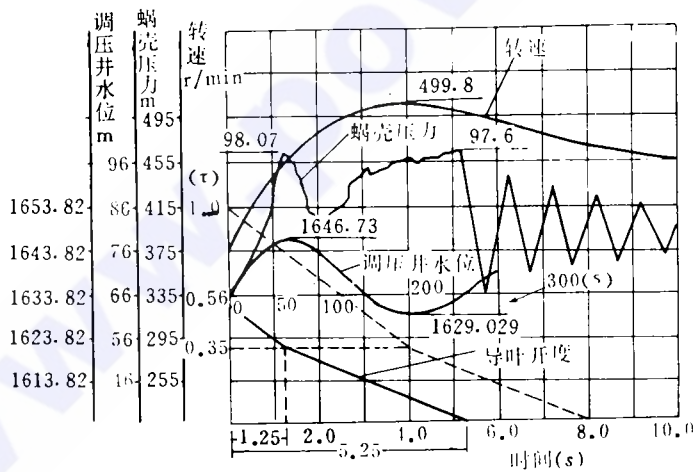


图 2 最大水头下甩全负荷

升较快,限制了最大水击压力值,而最大转速升高由设计工况决定,从表 4 和图 3 可知,设

计工况下最大转速升高满足调节保证计算要求。

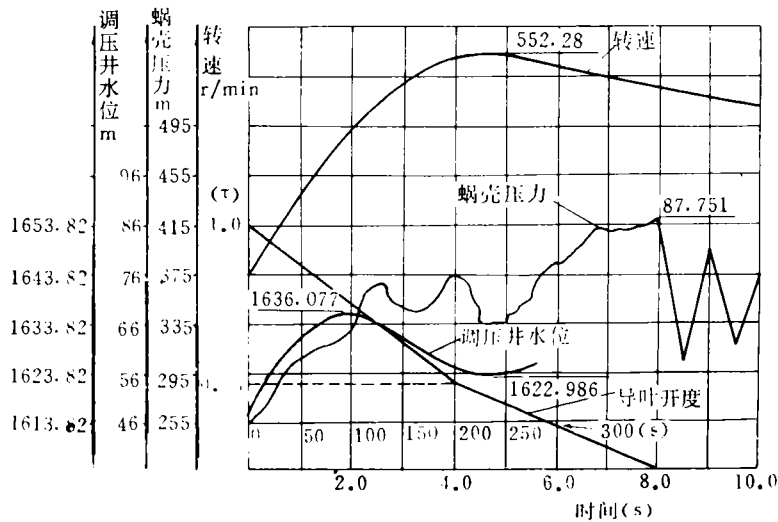


图 3 设计水头下甩全负荷

3 问题讨论

3.1 关闭时间与机组引用流量问题

由于机组在最大水头工况下的引用流量小于设计水头工况下的引用流量,所以导叶在最大水头工况下的实际关闭时间应小于 T_c ,因此引水系统非恒定流计算中必须考虑水轮机边界条件,也即水轮机特性。

3.2 关于分段关闭规律在混流式水轮机上的应用问题

以往认为在混流式水轮机上采用分段关闭规律效果不明显,这一观点带有一定的片面性。从计算实例可以看出,两段关闭规律对混流式水轮机同样有效,效果的显著程度除与机型有关外,还与电站的设计水头,引用流量及引水系统的布置等因素有关。值得说明的是,两段折线关闭规律在目前生产的调速器上易于实现,而更复杂的关闭规律在调速器上难以实现,有待进一步深入研究。

3.3 关于引水系统计算中参数的合理选择问题

在水电站非恒定流计算中,引水隧洞糙

率和调压室阻抗系数很难在设计时精确确定,都需要有一个合理的取值范围;根据具体工况,在该范围内取不利的值组合。出于对调压室安全裕度的考虑,调压室最高涌浪(丢弃负荷)计算时,引水隧洞采用可能的最小糙率,压力钢管采用可能的最大糙率;最低涌浪(增加负荷)计算时,引水隧洞采用可能的最大糙率,压力钢管采用可能的最小糙率。当考虑水轮机特性时,引水隧洞和压力钢管的糙率取值可由初始恒定状态下水轮机水头反推求得。比较而言,压力钢管的糙率变化范围相对较小,而引水隧洞的糙率与施工条件及施工质量有关,变化范围相对较大。反推计算时,可先确定压力钢管的糙率,再由水轮机水头反推求得引水隧洞的糙率。但这样反推求得的引水隧洞糙率值不一定恰好等于考虑调压室安全裕度计算时采用的最小糙率值(以丢弃负荷为例)。那么调压室安全裕度如何考虑,笔者认为可以从调压室阻抗孔口的阻抗系数上加以考虑。调压室设置阻抗的目的在于限制最高最低涌浪值,阻抗孔口的设计要求水流进入调压室时阻抗较大,流出调压室时阻抗较小。为考虑调压室的安全裕度,丢弃

负荷计算时,水流进入调压室时的阻抗取值宜采用比设计值稍小的数值;增加负荷计算时,水流流出调压室时的阻抗取值也采用比设计值稍小的数值。但是阻抗值的大小直接影响到压力钢管的最大水击压力值,从压力钢管的安全裕度考虑,计算时调压室阻抗取值宜比设计值稍大,这样对压力钢管设计偏于安全。因此从考虑安全裕度来说,调压室的要求和压力钢管的要求是矛盾的。引水系统非恒定流计算的目的是为工程设计提供安全可靠保证,我们认为对调节保证要求富裕量较大的电站,非恒定流计算时,调压室阻抗系数取值可比设计值稍小,以使调压室最高最低涌浪含有一定安全裕度;对接近或不能满足调节保证计算要求的电站,压力钢管的安

全问题显得更为重要。非恒定流计算时,调压室阻抗系数取值应等于或略大于设计值。

4 结 语

本文以实例说明了导叶分段关闭规律在混流式水轮机上的应用;重点讨论了有压引水系统非恒定流计算中参数的合理选择问题;目的在于使电站设计安全、经济、合理。

参 考 文 献

- 1 华东水利学院、华北水利水电学院. 水电站. 水利出版社, 1980
- 2 华东水利学院、武汉水利电力学院、华北水利水电学院. 水轮机调节. 水利电力出版社, 1981

(收稿日期: 19941115)

Application and Discussion of Law of Guide Closure in Sections in Non-constant Flow Calculation in Hydropower Station

Ju xiaoming Sun ShiJie Chen Jiayuan
(Sichuan Union University)

Abstract Application of law of guide vane closure in sections in guaranteed calculation for regulation is illustrated by examples. Several problems existed in non-constant flow calculation for diversion system are presented for reference to design.

Key Words guide vane law of guide vane closure in section guaranteed for regulation calculation

本刊 1996 年第 1 期要目预告

(西藏羊卓雍湖抽水蓄能及查龙电站建设专辑)

羊湖电站进水口水下爆破小结	张家元	西藏查龙水电站面板坝填筑施工总结	周平 王志远等
羊卓雍湖抽水蓄能电站引水隧洞塌方及处理	王水平	西藏高海拔地区电气设备外绝缘水平的确定	刘山 由丽华
羊湖电站厂区土建冬季施工	谢方生	查龙水电站的机电设计	黄成焱
论高海拔地区施工现场的医疗保障	陈应城	国内海拔最高的混凝土面板砂砾石坝设计	吕明治
在高寒缺氧地区水电站施工的技术总结	周昭强等	西藏查龙水电站混凝土面板施工专题总结	刘宏荣 黄文贵
施工企业定额的编制与应用	张云祥		
查龙水电站灌浆总结	王志远 杨文武		