

园筒式及阻抗式调压室的最大涌浪值计算

季 奎

(水利系)

提 要

作者用能量守恒原理推导出计算园筒式及阻抗式调压室最大涌浪的公式, 通过与其它计算公式的比较, 可以证明, 本文所推出的最大涌浪值计算公式完全可以满足工程的初步设计要求。

关键词: 简单园筒式调压室, 阻抗式调压室, 最大涌浪值。

郑工学报第八卷第二期笔者曾介绍了用能量守恒原理计算差动式及双室式调压室最大涌浪值。本文将介绍用能量守恒原理计算简单园筒式及阻抗式调压室的最大涌浪值。

简单园筒式及阻抗式调压室在结构上及水力计算上都很类似, 不同之处是阻抗式调压室多增设一个阻抗孔口。在理论推导波动方程及推导计算最大涌浪值公式时所采用的方法都基本一样, 基本假设及步骤在普通教科书中都有详细的介绍, 这里就直接引用其结果;

$$\ln[1 + (1 + \eta)x_m] - (1 + \eta)x_m = \ln[1 - (1 + \eta)\eta x_0] - (1 + \eta)x_0$$

..... (1)

上式为求阻抗式调压室的最大涌浪值公式, 如令 $\eta = 0$, 即为求简单园筒式调压室的最大涌浪值公式;

$$\ln(1 + x_m) - x_m = -x_0$$

..... (2)

式中 $\eta = k_0/h_{w0}$ $x_0 = h_{w0}/S$

$x_m = z_m/S$ $S = Lf v_0^2 / 2g F h_{w0}$

其中, h_{w0} ——引水道中水头损失

k_0 ——水流进入调压室之水头损失

η ——阻抗式调压室的阻抗系数

S ——引水道—调压室系统特性系数

公式(1)、(2)为理论求解园筒式及阻抗式调压室的最大涌浪值之公式, 谓之解析法。经过大量的试验与实测证明此式的精度可以满足工程上的一般要求。

在理论推导上述公式时有如下的假设;

- 1、在所研究的时间内, 假定水库水位不发生变化。
- 2、当水电站由某一固定出力过渡到新的稳定出力时, 忽略机组的效率的变化。
- 3、不考虑水和引水道的弹性。
- 4、不考虑调压室中的摩擦水头损失, 引水道中的水头损失与恒定流时相同。

5、引水道中的断面积不随长度变化, 即 $\frac{\partial V}{\partial S} = 0$

上述假设条件也适用能量守恒原理计算调压室的最大涌浪值。

(一) 用能量守恒原理计算简单园筒式调压室的最大涌浪值

园筒式调压室的特点是自上而下具有相同的断面, 结构形式简单, 反射水击波效果好。但在正常运行时水头损失较大, 流量变化时调压室中水位波动的振幅较大, 衰减较慢。所需调压室的容积较大, 因此一般多用在低水头水电站中。

在稳定状态下, 水头损失设为 h_{w0} , 并认为伐门为紧靠调压室而突然全关闭, 调压室内水位最高上升到 Z_m , 如图1

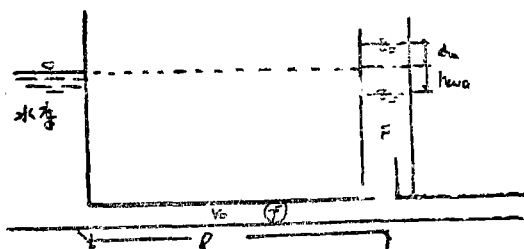


图 1

我们将水库——调压室作为独立系统来分析, 根据能量守恒原理可写出并简化成下式。

$$1f v_0^2 + F g h_{w0}^2 = F g (h_{w0} + Z_m)^2$$

整理上式可得;

$$Z_m = \sqrt{1f/g F v_0^2 + h_{w0}^2} - h_{w0}$$

..... (3)

在推导(3)式时并没有考虑到流速减慢而产生一部份恢复水头, 根据试验室内之观测, 我们取下式作为计算 Z_m 值的修正值

$$h'_{w0} = k \left(\frac{v_0}{2} \right)^2 = \frac{1}{4} h_{w0}$$

则(3)式改写成;

$$Z_m = \sqrt{\frac{1f}{g F} v_0^2 + h_{w0}^2} - h_{w0} + \frac{1}{4} h_{w0}$$

$$\text{即, } Z_m = \sqrt{\frac{1f}{g F} v_0^2 + h_{w0}^2} - 0.75 h_{w0} \quad \text{..... (4)}$$

(4)式即为用能量法计算简单园筒式调压室的最大涌浪值公式。

如果我们令 $h_{w0} = 0$, 则(4)式可写成;

$$Z_m = \sqrt{\frac{1f}{g F} v_0^2}$$

这一结果与用解折法计算最大涌浪值的运动微分方程式

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + 2n \frac{dx}{dt} + \varphi^2 x = 0$$

在不计水头损失, 丢弃全负荷后的最大波幅理论值完全相同。

苏联古宾教授著水力发电站中译本下册第358页中也用能量守恒原理(不计水头损失)推导出上述相同的结果。因此我认为用能量守恒原理来计算调压室的最大涌浪值的基本原理早已被采用, 不过以往在建立方程时都假定 $h_{w0} = 0$, 因此误差较大, 而笔者则将水头损失考虑进去。

表1为一组用能量法公式(公式4)及解析法计算成果比较表,由表可知二种方法计算结果都是比较接近的。但用能量法计算比用解析法更简单,公式的推导也简单,不要用微分方程这一较为复杂的数学方程,如果解析法的计算能给工程界一个满意的结果,由表1计算结果表明能量法也可以给工程界一个较为满意的计算结果。

(二) 用能量守恒原理计算阻抗式调压室的最大涌浪值

在园筒式调压室底部加一阻抗孔口即为阻抗式调压室,如图2所示。

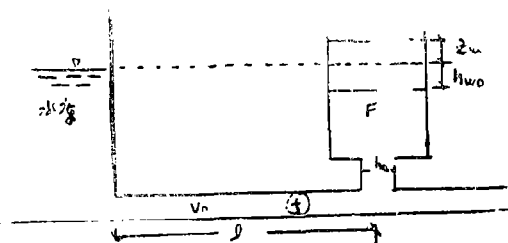


图 2

由于阻抗的作用使水位波动振幅减小了。衰减加快了,因而所需调压室的体积小于园筒式。正常运行时水头损失小,但由于阻抗的存在水击波不能完全反射。因此合理的确定阻抗值是很重要的。

求阻抗式调压室最大涌浪值以往用逐步积分法和解析法,而解析法常

用于初步决定调压室的尺寸,因方法较逐步积分法简单,(2)式即为求解阻抗式调压室最大涌浪值的方程式。但其中阻抗系数 η 值有不同的理解,莫洛托夫推导中以 $\eta = k_0/h_{w0}$,

$k_0 = \xi \frac{v_0^2}{2g}$, 而吴培豪则用 $\eta = \frac{k_0 - \xi \frac{v^2}{2g}}{h_{w0}}$, $k_0 = k_m + h_c + \xi \frac{v_0^2}{2g}$, 因此采用不同的 η 值计算

结果也有较大的差异。

用能量守恒原理计算阻抗式调压室最大涌浪值方法简单,而且完全可以避开上述的争论。

根据能量守恒原理可写出并简化成下式

$$l f v_0^2 + F g h_{w0}^2 = F g \{ [(Z_m + h_{w0}) + h_c]^2 - h_c^2 \}$$

整理后可得

$$Z_m = \sqrt{\frac{l f}{g F} v_c^2 + h_{w0}^2 + h_c^2} - h_{w0} - h_c \quad \dots\dots\dots (5)$$

其中 h_c 为阻抗孔的水头损失值,其它符号同前。

表2中九组数据用解析法(公式2)及能量法(公式5)以及精度较高的龙格——库塔法在计算机上进行比较计算,其结果分别汇集在表2中,由表知其结果较接近。因此用能量法计算阻抗式调压室最大涌浪值完全能满足初设的要求。

结 束 语

用能量守恒原理对常用的四种调压室,简单园筒式,阻抗式,双室式及差动式调压室分别推导出计算最大涌浪值计算公式。同时与以往的解析法等方法进行了数值计算成果相比较,证明用能量法能够对调压室的最大涌浪值进行初步计算,有一定的精度,其结果能够满足工程的初步设计阶段要求。

通过对上述四种调压室的数值比较计算,其误差(用解析法差值)随着 h_{w0} 的增大而增加,这是因为能量法的基本原理是建立在当突关之后室内水位上升到库水位时引水道中流速变化很小。因此在推导公式时将 h_{w0} 值作为能量转换中的势能考虑的。如果 h_{w0} 过大,则违背了上述的基本原理,因此带来一定的误差。

运用能量守恒原理计算调压室之最大涌浪值前人尚没有系统的研究过,此文是笔者的大胆初次尝试,其中尚有较多的理论问题正在探讨,在理论上有待进一步完善。

作为今后的研究设想,笔者在理论问题未完全弄清前多收集些实践运行实测资料进行验算,以实践来检验真理,恐怕这是可靠的方法。

文中引用的计算数据有很大一部分是引用了81级82级毕业生做的毕业论文中的数据。

表1 园筒式调压室最大涌浪计算成果表

编号	D_0	L	Q	n	D	f	F	V_0	h_{w0}	Z_1	Z_2	$\frac{Z_1-Z_2}{Z_1}(\%)$
1	5.2	480	73.4	0.014	10.3	21.23	208.57	3.46	0.79	7.04	7.17	-1.42%
2	4.2	516	72.4	0.012	15.8	13.85	195.97	5.23	1.90	8.80	8.80	0.23%
3	3.2	584	2.3	0.013	6	8.04	28.26	2.86	1.09	10.76	11.00	-2.04%
4	3	600	26	0.012	5	7.065	19.625	3.68	1.72	15.76	16.05	-1.65%
5	4	584	30	0.013	9	12.56	63.585	2.39	0.563	7.42	7.79	-4.72%
6	4.5	450	75	0.013	17	15.90	226.87	4.72	1.45	7.47	7.50	0.13%
7	4	400	70	0.012	15	12.56	176.63	5.57	1.79	8.29	8.30	0.24%
8	3.4	490	21.5	0.014	8.5	9.075	56.72	2.37	0.67	6.12	5.83	-1.47%
9	3.2	475	24.6	0.012	6.3	8.04	31.16	3.06	0.86	9.86	10.2	-3.24%
10	3.4	269.7	48.3	0.013	6.8	9.075	36.30	5.32	1.60	12.68	12.83	-0.75%

注: 1. Z_1 为解析法公式 $I_r(1-x_m)+x_m+x_0=0$ 计算结果

2. Z_2 为能量法公式 $Z_m = \sqrt{\frac{1f}{gF} V_0^2 + h_{w0}^2 - 0.75h_{w0}}$ 计算结果

表2 阻抗式调压室最大涌浪值计算成果表

序号	引水道直径M	引水道长度M	引水道流量 Q^3/S	引水道糙率n	调压室直径M	阻抗口直径M	孔口损失系数	最大涌浪值		
								解析法	龙一库法	能量法
ϕ	D_0	L	Q	N	D	D_1	A	Z_2	Z_2	Z_2
1	5.6	287	31.9	0.012	16	4.2	5.5	1.69	1.342	1.99
2	6.08	2400	37.4	0.012	10	4.2	8.0093	10.33	11.338	11.35
3	3.568	500	40	0.014	6.06	3.568	1.8	14.33	14.74	14.14
4	3.568	3000	25	0.016	11.28	3.568	1.8	10.03	10.069	10.16
5	3	4500	9	0.014	9.49	3	1.8	7.09	7.19	7.15
6	2.4	3140	12	0.012	8	2.4	1.8	10.02	10.04	10.21
7	3.4	265	48.24	0.012	10	3.4	2.319	6.65	6.69	5.71
8	8	368	292	0.014	18	8.01	3.41	11.52	11.599	10.3
9	2.47	300	24	0.012	4.87	2.47	1.8	11.32	11.44	10.53

参 考 文 献

- | | | | |
|-----|----------------------------------|---------|-------|
| [1] | 王树人 调压室水力计算理论与方法 | 清华大学出版社 | 1983年 |
| [2] | E. B. 怀利 瞬变流 | 水利电力出版社 | 1983年 |
| [3] | 王树人等 水电站建筑师 | 清华大学出版社 | 1983年 |
| [4] | C·耶格尔 水力不稳定流 | 清华大学出版社 | 1985年 |
| [5] | $\phi \cdot \phi \cdot$ 古宾 水力发电站 | 高等教育出版社 | 1957年 |

THE MAXIMUM SURGE VALUE CALCULATION OF THE CYLINDRICAL AND THE THROTTLED SURGE TANK

Ji Kui

(hydraulic Engineering Department)

Abstract

The author deduces the maximum surge value calculating formulas of the simple cylindrical and the throttled surge tank by the energy conservation principle. Comparing with the other calculating formulas, we can prove that the maximum surge value calculating formulas advanced in this paper can completely meet the engineering preliminary design demand.

Key Words Simple cylindrical surge tank,
Throttled surge tank,
Maximum surge value,

(上接22页)

参 考 文 献

- (1) “砖石结构设计规范” GBJ3—73, 中国建筑工业出版社。
- (2) S.铁摩辛柯《材料力学》 科学出版社, 1979年。
- (3) 潘家铮《弹性地基上的梁和框架》 上海科学出版社, 1960年5月。
- (4) B·N·库茨涅佐夫《弹性地基》 建筑工程出版社1959年。
- (5) 柯列涅夫《弹性地基上的板和梁计算问题》 建筑工程出版社, 1958年。
- (6) 范文田《地下地柱静力计算》 人民铁道出版社, 1978年。

THE APPLICATION OF THE THEORY OF BEAM ON ELASTIC FOUNDATION IN CALCULATING OVERHANGING BEAMS

(Zhang Bao shan)

(Civil Engineering and Architecture Department)

Abstract

This paper has applied the theory of beam on elastic foundation to the calculating of overhanging beams, and has given a set of formulae in calculating moment, shear force and the stress under overhanging beam. After the formulae have been simplified, we have recommended more and practical formulae of calculating overhanging beams, which is in good accord with the experimental results and can be available for the design of overhanging beams as well.

Key words: overhanging beam, elastic foundation, masonry.