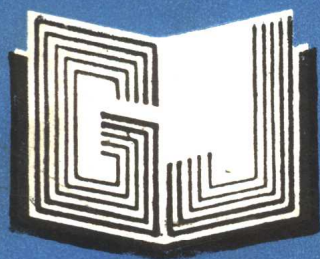


984623



高等学校教材

水电站调压室

河海大学 刘启钊
清华大学 彭守拙 合编



32
8

高等学校教材

水电站调压室

河海大学 刘启钊
清华大学 彭守拙

水利电力出版社

(京)新登字 115 号

内 容 提 要

本书共十二章。第一至第五章讲述调压室的设置条件和各种不同结构型式调压室的工作原理及水力计算方法,第六至第八章讲述各种复杂布置形式调压室系统的工作原理和水力计算方法,第九和第十章讲述水电站水力—调速系统的稳定性和水电站有压引水系统瞬变流的电算法,第十一和第十二章讲述水电站有压引水系统水工模型试验和调压室结构设计原理。本书是一本较全面、系统阐述水电站调压室水力计算理论和设计方法的书,既重视理论的严谨性和系统性,又兼顾工程的实用性。

本书是有关水利水电工程专业的选修课教材,同时可供从事水利水电工程科研和设计的科学技术人员参考。

高等学校教材
水电站调压室
河海大学 刘启钊
清华大学 彭守拙

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售
北京市朝阳区小红门印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 13.75印张 318千字

1995年9月第一版 1995年9月北京第一次印刷

印数 001—570册

ISBN 7-120-02227-X/TV·889

定价10.70元

前 言

本书是根据水利部“一九九〇~一九九五高等学校水利水电类专业本科、研究生教材选题和编审出版规划（第二部分）”编写的。编写大纲经水电站建筑物教学组1991年北京会议讨论通过。

本书为水工、水动、施工、农水等专业的选修课教材，也可供相应专业的研究生参考使用。本书包括十二章。第一至第五章讲述调压室的设置条件和各种不同结构型式调压室的工作原理及水力计算方法，第六至第八章讲述各种复杂布置形式调压室系统的工作原理和水力计算方法，第九和第十章讲述水电站水力—调速系统的稳定性和水电站有压引水系统瞬变流的电算方法，第十一和第十二章讲述水电站有压引水系统的水工模型试验和调压室结构设计原理。本书以本科必修课教材《水电站》为基础，以调压室的水力计算为重点，既注重理论的严谨性和系统性，又尽量结合国内外的经验，兼顾工程的实用性。

本书的第一、二、三、四、五、六、七和第八章的第一、二、四节以及第十一章由河海大学刘启钊编写，第八章的第三节和第九、十、十二章由清华大学彭守拙编写，全书由刘启钊统稿。

蒙清华大学王树人教授对本书进行了审查。

对本书的缺点、错误或不妥之处，请读者给予指正，意见请寄南京河海大学水电系。

编 者

1993.12

2007/57

目 录

前 言

第一章 概述	1
第一节 调压室的功用、要求和设置条件	1
第二节 调压室的类型	4
第二章 简单式调压室和阻抗式调压室	7
第一节 工作特点和适用条件	7
第二节 阻抗损失	8
第三节 波动的稳定性	13
第四节 调压室水位波动计算	24
第五节 调压室对水锤波的反射	28
第六节 引水系统中的水力振动	32
第七节 工程实例	33
第三章 双室式调压室及溢流式调压室	35
第一节 工作特点和适用条件	35
第二节 调压室尺寸的确定	36
第三节 长条形上下室的水力计算问题	40
第四节 结构布置和工程实例	44
第四章 差动式调压室	51
第一节 工作特点和适用条件	51
第二节 水力计算与基本尺寸的确定	52
第三节 差动式调压室的布置形式和工程实例	59
第五章 气垫式调压室	64
第一节 工作特点和适用条件	64
第二节 等出力条件下的波动稳定性	65
第三节 考虑调速系统特性的波动稳定性	67
第四节 涌波计算	73
第五节 调压室涌波和水锤联合计算	77
第六节 工程实例	78
第六章 具有泄水支洞的调压室	83
第一节 适用条件和布置形式	83
第二节 位于支洞分岔处的调压室	83
第三节 位于分岔点上游的调压室	88

第四节	位于分岔点下游的调压室	92
第七章	尾水调压室和抽水蓄能电站调压室	97
第一节	尾水调压室	97
第二节	抽水蓄能电站调压室	112
第八章	组合式调压室系统	121
第一节	动力系统的稳定性	121
第二节	上下游串联双调压室	125
第三节	上游串联双调压室	132
第四节	并联引水系统的调压室	141
第五节	混联调压室	150
第九章	水电站水力—调速系统的稳定性	156
第一节	水电站水力—调速系统的基本方程	156
第二节	水电站水力—调速系统的稳定性	161
第十章	调压室水力计算的电算法	166
第一节	调压室水位波动计算的电算法	166
第二节	调压室的源程序	171
第三节	有压引水系统瞬变流的电算法——水锤与调压室水位波动的联合求解	176
第十一章	水电站有压引水系统水工模型试验	189
第一节	概述	189
第二节	局部模型试验	190
第三节	整体模型试验	191
第四节	实例	199
第十二章	调压室结构设计	202
第一节	调压室的布置	202
第二节	调压室的结构计算	207
参考文献		213

第一章 概 述

第一节 调压室的功用、要求和设置条件

一、调压室的功用

调压室的功用是利用调压室扩大的底面积和自由水面使压力管道中传来的水锤波发生异号反射,从而减小压力管道和传入有压引水道的水锤压强,调压室的存在缩短了压力管道的长度,减小了管道中的水流惯性,有利于提高机组的运行稳定性和供电质量。

二、调压室的设计要求

- (1) 调压室应有自由水面和足够的底面积,以保证水锤波的充分反射;
- (2) 在正常运行时,水流流经调压室底部进入压力管道所造成的水头损失要小,因此,调压室和引水道连接处的面积又不能过大;
- (3) 调压室的位置应尽可能靠近厂房以缩短压力管道的长度;
- (4) 调压室的断面积和结构型式应能保证运行的稳定和波动的快速衰减。

上述要求常互有矛盾,设计调压室时应根据具体情况,权衡利弊,综合平衡各方面的要求,以达到技术上可行和经济上合理的目的。

以上所述系指上游调压室。下游调压室的功用和要求类似,只不过与压力管道对应的是尾水管;与引水道对应的是尾水道。

三、调压室的设置条件

设置调压室是改善有压长输水道水电站运行条件的一种可靠措施。它不但可以降低压力管道和引水道中的水锤压强,防止尾水管中因过大的压力降而产生水柱分离,而且能够提高电站运行的稳定性和供电质量。但调压室一般尺寸较大,造价较高,特别是对于水头较低的电站,调压室的造价可能占整个引水系统造价相当大的比例。因此,在什么条件下才需要设置调压室,即调压室的设置条件,历来是人们非常重视并进行过诸多研究的课题。

是否需要设置调压室一般由电站的调节保证计算和运行的稳定性分析确定。这不但与水电站的具体参数有关而且决定于电站在电力系统中的地位和作用。

调节保证计算的主要任务是推求电站的相对转速升高 β 和相对压力升高 ζ ,并与允许值相比较,为是否设置调压室提供依据。

规定允许的 β 值涉及到许多方面,随着科学技术的发展,允许的 β 值有逐步提高的趋势。目前,美国一般采用0.65,前苏联为0.60,日本和法国则采用0.50。我国《水力发电厂机电设计技术规范》SDJ173-85规定:当机组容量占电力系统工作总容量的比重较大,且担负调频任务时, β 宜小于0.45;当机组容量占电力系统工作总容量比重不大或担负基荷时, β 宜小于0.55。

允许的 ζ 值多年来变化不大,机组甩负荷的蜗壳最大允许 ζ 值为:

$$H < 40\text{m}, \quad \zeta = 0.7 \sim 0.5$$

$$H = 40 \sim 100\text{m}, \quad \zeta = 0.5 \sim 0.3$$

$$H > 100\text{m}, \quad \zeta < 0.3$$

H 为额定水头，在 ζ 的变化范围中低水头时 ζ 取大值。

水电站运行的稳定性决定于引水系统、机组和调速器的特性和参数，并与电力系统的组成和本电站在电力系统中的作用有关，这部分内容将在第九章中讨论。这里需要说明的是水电站有压水道中的水流惯性不利于电站的运行稳定，设置调压室是减小压力水道水流惯性、提高水电站运行稳定性的主要措施之一。水电站能否稳定运行还取决于是否采用了调速器参数的合理整定值。

在水电站的初步设计阶段，由于存在许多不确定的因素，对计算方法和计算结果并不要求有很高的精度，同时，在这个设计阶段原始资料一般不足，也难以采用精确的计算方法，对于调节保证计算和电站运行的稳定性分析也是如此。此外，小型水电站也往往并不要求进行详细的过渡过程分析。因此，是否需要设置调压室应有一个简单的判别条件，以适应生产需要。

影响水锤相对升压 ζ 的主要因素有水电站引水系统的水流惯性和水头，这些因素可用一个系数 $T_w = \Sigma LV/gH$ 表示， T_w 称为引水系统水流惯性时间常数，在其他条件相同的情况下， T_w 越大 ζ 越大。

影响机组转速相对升高 β 的主要因素有机组的惯性矩 GD^2 、转速 n 和功率 N ，这些因素可归纳为系数 $T_a = GD^2 n^2 / 365N$ ， n 和 N 为额定值， T_a 称为机组的惯性时间常数，在其他条件相同的情况下， T_a 越大 β 值越小。

T_w 和 T_a 也是影响水电站运行稳定性的重要因素。 T_w 越大越不利于稳定，当 T_w 足够大时，无论调速器的参数如何调整都无法达到稳定运行的目的。 T_a 越大越有利于稳定。两者的综合影响可用比值 T_w/T_a 表示，比值大对水锤升压、转速升高和运行的稳定性都不利，因此比值 T_w/T_a 可作为初步判别是否需要设置调压室的标准。

一般国产调速器的稳定条件为 $T_w/T_a < 0.6 \sim 0.7$ 。不同条件下的水电站的允许 ζ 值和 β 值如前所述。根据这些允许值，通过逆算，可以求出以 T_w/T_a 为表征的不设调压室的条件：

(1) 机组容量占电力系统工作总容量的比重较大、且担负调频任务的水电站 (β 宜小于 0.45)：

$$H < 40\text{m}, \quad T_w/T_a < 0.6 \sim 0.4$$

$$H = 40 \sim 100\text{m}, \quad T_w/T_a < 0.4 \sim 0.35$$

$$H > 100\text{m}, \quad T_w/T_a < 0.35 \sim 0.25$$

(2) 机组容量占电力系统工作总容量的比重不大或担负基荷的水电站 (β 宜小于 0.55)：

$$H < 40\text{m}, \quad T_w/T_a < 0.6 \sim 0.5$$

$$H = 40 \sim 100\text{m}, \quad T_w/T_a < 0.5 \sim 0.4$$

$$H > 100\text{m}, \quad T_w/T_a < 0.4 \sim 0.3$$

H 为水电站的额定水头。在 T_w/T_a 的变化范围内，水头低时取大值。

有些水电站在初步设计阶段,甚至难以提供 T_s 的数值,在这种情况下,可以更粗略地只用 T_w 作为判别是否需要设置调压室的条件。对于可不设调压室的允许 T_w 值,许多专家曾提出过各种不同的建议,各国采用的数值也不一致。现提出可不设调压室的条件如下,供参考:

(1) 单独运行或在电力系统中所占比重超过 50% 的电站, $T_w \leq 1.5 \sim 2.5s$ 。

(2) 在电力系统中所占比重为 50%~20% 的电站, $T_w \leq 2.5 \sim 3.5s$ 。

(3) 在电力系统中所占比重小于 20% 的电站, $T_w \leq 3.5 \sim 5.0s$ 。

上述 T_w 值的变化范围,低水头时取大值,装机容量小时取大值。

以上讨论的是上游调压室的设置条件。

尾水调压室的功用是缩短尾水管道的长度,减小甩负荷时尾水管中的真空度,防止水柱分离。尾水管中的水流甚为复杂,水柱分离的条件不易精确地确定,一般控制在真空度不超过 $8mH_2O$ 。即通过调节保证计算求出的尾水管进口的水锤降压应满足:

$$\Delta H \geq -8 + H_s + \phi \frac{V_1^2}{2g} \quad (1-1)$$

式中 ΔH ——尾水管进口的水锤降压值; mH_2O ;

H_s ——水轮机的吸出高度;

V_1 ——尾水管进口初始流速;

ϕ ——考虑最大水锤降压与最大流速水头出现时间的相位差的系数,极限水锤取 $\phi = 0.5$,第一相水锤取 $\phi = 1.0$ 。

在近似判别是否需要设置调压室时,我国常采用下式作为临界条件:

$$L_{cr} = K \frac{gT_s}{2V_w} \left(8 - H_s - \phi \frac{V_1^2}{2g} \right) \quad (1-2)$$

式中 L_{cr} ——不设调压室的尾水洞的临界长度。

V_w ——尾水洞中之流速;

K ——考虑尾水管进口流速分布不均的修正系数,一般取 $0.7 \sim 0.8$ 。

式 (1-2) 是按水锤相对压强 $\zeta = 2\sigma$ 的条件导出的, $\sigma = LV/gH_0T_s$ 。令水锤压强 $\Delta H = \zeta H_0 = 2\sigma H_0 = K \left(8 - H_s - \phi \frac{V_1^2}{2g} \right)$ 即可导出式 (1-2)。 $\zeta = 2\sigma$ 为直接水锤的条件,一般不会发生,按照这一条件来决定是否需要设置尾水调压室显然是要求太高了。对于甩全负荷情况 ($\tau_0 = 1$), 极限水锤的 $\zeta = 2\sigma / (2 - \sigma)$, 第一相水锤的 $\zeta = 2\sigma / (1 + \rho - \sigma)$, 均比 $\zeta = 2\sigma$ 要小 (σ 一般小于 1 和 ρ), 故式 (1-2) 的等号右端可乘以 $(2 - \sigma)$ 或 $(1 + \rho - \sigma)$ 以放宽不设尾水调压室的条件。相应的尾水洞的临界长度变为:

$$L'_{cr} = \frac{2L_{cr}}{1 + \frac{L_{cr}V_w}{gHT_s}} \quad (1-3)$$

或

$$L'_{cr} = \frac{(1 + \rho) L_{cr}}{1 + \frac{L_{cr}V_w}{gHT_s}} \quad (1-4)$$

式中 L_{cr} 用式 (1-2) 求出。 $H < 250\text{m}$ 的电站采用式 (1-3)， $H > 250\text{m}$ 的电站采用式 (1-4)。

第二节 调压室的类型

一、调压室的基本布置方式

根据调压室在引水系统中的位置，可归纳出以下几种基本布置方式。

1. 上游调压室（引水调压室）

调压室位于机组上游，是目前应用最广的一种调压室布置方式，见图 1-1 (a)。

2. 下游调压室（尾水调压室）

调压室位于机组下游，用于有压长尾水隧洞的地下水电站。目前应用也较多，见图 1-1 (b)。

3. 上下游双调压室系统

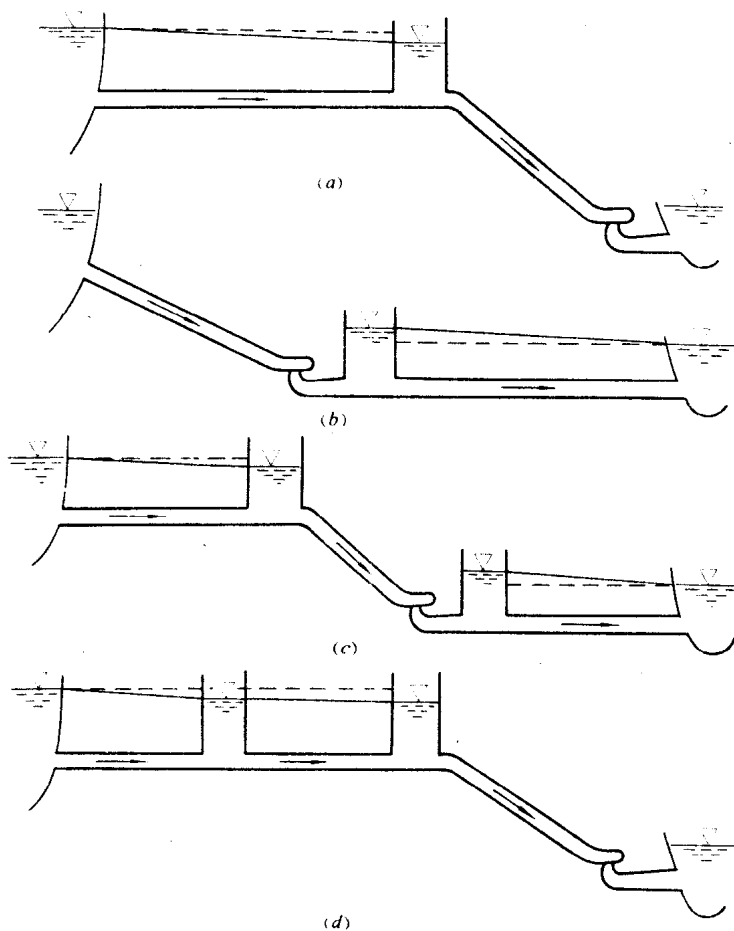


图 1-1 调压室的基本布置方式

两个调压室串联在机组上下游的系统，见图 1-1 (c)。随着地下水电站的发展，这种布置方式的应用已渐趋广泛。

4. 上游双调压室系统

两座调压室串联在机组上游的系统，这种布置方式迄今应用不多，见图 1-1 (d)。

5. 其他布置方式

其他布置方式尚有并联和串、并联（混联）调压室系统等。其中一些布置方式将在第八章中研究。

二、调压室的基本型式

根据工作特点和结构形式，调压室的基本型式可归纳为：

1. 简单式调压室

其特点是自上而下具有相同的断面，如图 1-2 (a)，结构简单，反射水锤波好，但正常运行时水流通过调压室底部的水头损失较大，故调压室底部亦常用连接管与引水道连接，以减小上述水头损失，如图 1-2 (b)。连接管的直径常取其等于引水道的直径。

2. 阻抗式调压室

底部有小于引水道断面的孔口或连接管的调压室，如图 1-2 (c) 和 (d)。阻抗调压室

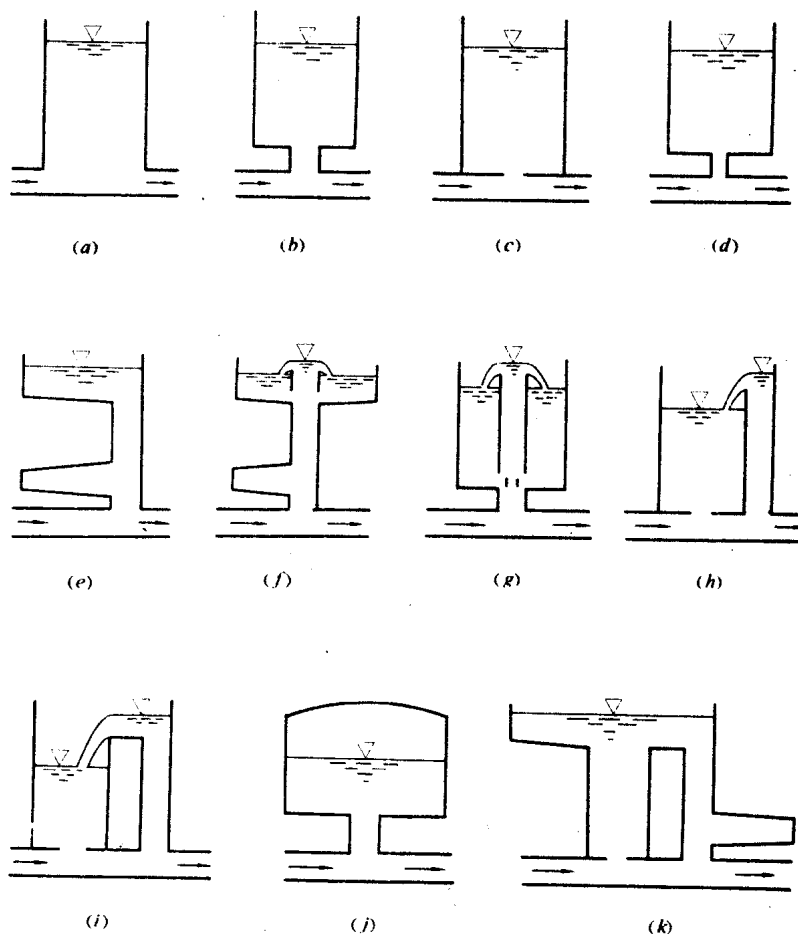


图 1-2 调压室的基本型式

在同样条件下比简单调压室的波动振幅小，衰减快，但对水锤波的反射效果不如简单调压室。

3. 双室式调压室

由一个断面较小的竖井和上、下两个断面扩大的储水室组成的调压室，如图 1-2 (e)。上室供甩负荷时蓄水之用，下室供增加负荷和上游低水位甩负荷的第二振幅时补充水量之用。双室调压室适用于水头较高、水库工作深度较大的水电站，并宜做成地下结构。

4. 溢流式调压室

溢流式调压室顶部有溢流堰，用以限制甩负荷时的最大水位升高。从溢流堰溢出的水量可排至下游河道，亦可设上室储存，待水位下降时经汇流孔返回竖井，见图 1-2 (f)。溢流调压室常由双室调压室加溢流堰组成。

5. 差动式调压室

差动式调压室由大、小两个竖井组成。两个竖井可以布置成同心结构，如图 1-2 (g)，也可将小井置于大井的一侧或置于大井之外成双井式，如图 1-2 (h) 和 (i)。同心结构的大、小井间需设较多支撑，结构复杂，已逐渐为后两种结构形式所代替。

6. 气垫式调压室

又称气压式、空气制动式、封闭式调压室，是一种利用封闭气室中的空气压力约束水位高度及其变幅的调压室，如图 1-2 (j)。室内气压一般高于一个大气压，故能压底调压室内的稳定水位，降低调压室的高度。在调压室水位变化过程中，室内气压随水位的升降而增减，故气室的存在又能抑制水位波动的振幅。气垫调压室适于做成深埋的地下结构。

7. 组合式调压室

组合式调压室是指根据水电站的具体情况，吸取上属两种或两种以上基本类型调压室的特点组成的调压室。组合调压室的结构形式和水位波动过程一般较为复杂，多用于要求波动衰减比较快的抽水蓄能电站。图 1-2 (k) 为组合式调压室的一例。

第二章 简单式调压室和阻抗式调压室

第一节 工作特点和适用条件

一、工作特点

简单式调压室和阻抗式调压室是两种结构最简单的调压室。在水电站负荷变化时, 进出简单式调压室的水流在调压室底部造成的水头损失较小, 故简单式调压室中的水位波动振幅大, 衰减慢。阻抗式调压室就是在克服简单式调压室缺点的基础上发展起来的。由于阻抗式调压室的底部设置了面积较小的孔口或连接管, 增加了进出调压室水流的能量损耗, 因而波动的振幅小, 衰减快, 当然也在一定程度上恶化了水锤波的反射条件。

由于水流在进出简单式调压室时带来的附加能量损失, 与阻抗式调压室并无原则区别, 只不过数值较小而已, 故简单式调压室和阻抗式调压室之间并无明确的界线, 也从未明确地划分过。简单式调压室和阻抗式调压室的界线可以人为地从以下三个方面来划分:

- (1) 水流进出调压室造成的水头损失的绝对值;
- (2) 水流进出调压室造成的水头损失与引水道水头损失之比值 (阻抗系数);
- (3) 孔口或连接管的面积与引水道面积之比值。

第(1)种划分方法虽然可行, 但不够简单明了。第(2)种划分方法能够显示附加阻抗作用的大小, 但引水道的长度变化很大, 同一阻抗系数情况下, 孔口或连接管的面积会有很大的变化范围, 故据此划分调压室的型式也不够合理。第(3)种, 用孔口或连接管的面积与引水道面积之比值作为划分两种调压室的标准比较简单、直观, 易于应用, 若令阻抗孔口或连接管的面积为 ω , 引水道的断面积为 f , 建议划分标准为:

简单式调压室: $\omega \geq f$

阻抗式调压室: $\omega < f$

二、适用条件

简单式调压室适用于水头较低的中小型电站。水头低, 需要的稳定断面大, 采用简单式调压室也不致出现过大的水位波动振幅, 同时, 对于不太重要的电站, 水位波动衰减慢些也是可以允许的。

阻抗式调压室适用于有压引水道比较短的水电站。引水道和调压室底部阻抗的水头损失不但影响水位波动的振幅, 而且决定着波动的衰减速度, 在其他条件相同的情况下, 两者的水头损失越大, 越有利于抑制波动的振幅和加快波动的衰减。引水道越长其中的水头损失越大, 同样的阻抗损失在总损失中所占的比重越小, 因此, 阻抗的作用就相对降低了。当引水道较短时, 阻抗损失可以在总损失中占很大比重, 阻抗的作用就比较明显。故有压引水道越短, 采用阻抗调压室的效果越好。当然, 在有压长引水道的情况下, 为了提高阻抗损失的作用, 也可采用底部孔口很小的阻抗调压室, 但孔口过小可能使进入引水道的水锤压强过大, 这是在设计长引水道时极不希望出现的。

第二节 阻 抗 损 失

调压室底部的阻抗损失是很复杂的，其数值不但与孔口（或连接管，下同）的尺寸和形状有关，而且决定于水流形态，如分流，合流，流量的大小，各部分的流量比等。即使用水头损失系数（阻力系数）表示，同一孔口在不同流态下的阻力系数也不是常数。

由于阻力系数比较复杂，在实践中无论在概念上或数值的采用上往往不够正确，因而在很大程度上影响了计算精度。不同的计算情况，例如增荷和减荷的大波动分析及小波动分析等，都可能需要采用不同的阻力系数。

调压室的阻力系数一般由水工模型试验确定，其表达式为：

$$\xi = h / \left(\frac{V^2}{2g} \right) \quad (2-1)$$

式中 h ——某两断面间的水头损失；

V ——某特征断面的流速，为了便于应用，一般可用与引水道断面面积相对应的流速。

以下给出调压室阻力系数的一些试验成果。

一、调压室等断面 T 形分岔

1. T 形分岔无突然扩大

此种情况相当于差动式调压室的升管和双室式调压室的竖井。

参见图 2-1。1-1 至 2-2 断面间的局部阻力系数：

$$\xi_{1-2} = 0.358 - 0.918 \left(\frac{Q_2}{Q_1} \right) + 0.709 \left(\frac{Q_2}{Q_1} \right)^2 \quad (2-2)$$

Q_2/Q_1 称为分流比。用式 (2-2) 求出 ξ_{1-2} 后，可按式 (2-1) 求出 1-1 和 2-2 断面间的水头损失。式 (2-1) 中的流速为与总流量对应的 1-1 断面的流速。

从图 2-1 可以看出， ξ_{1-2} 随分流比 Q_2/Q_1 的变化而变化，并非常量，在 $Q_2/Q_1 = 0.6$ 左右， ξ_{1-2} 最小。

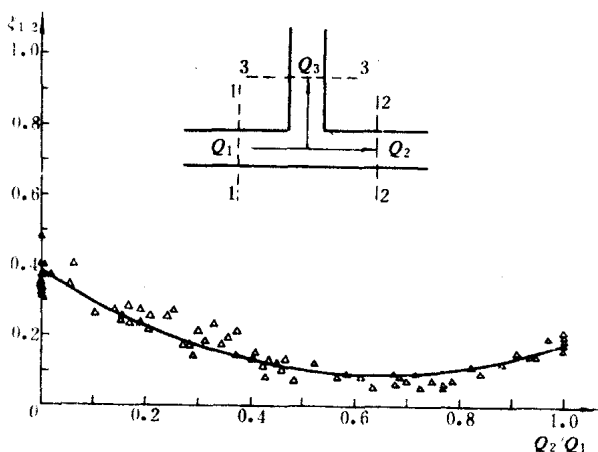


图 2-1 $\xi_{1-2} \sim Q_2/Q_1$ 关系曲线

在进行调压室水位波动计算时，可将式 (2-2) 编入计算程序，用起来也极方便。

参见图 2-2。1-1 至 3-3 断面间的局部阻力系数：

$$\xi_{1-3} = 1.06 - 0.816 \left(\frac{Q_3}{Q_1} \right) + 1.03 \left(\frac{Q_3}{Q_1} \right)^2 \quad (2-3)$$

1-1 至 3-3 断面间的局部水头损失计算方法同前。从图 2-2 可以看出，1-1 至 3-3 断面间的水头损失（水流流入调压室的水头损失）比 1-1 至 2-2 间的水头损失（水流流经调压室底部的水头损失）要好几倍。 $Q_3/Q_1 = 0.4$ （对应于 $Q_2/Q_1 = 0.6$ ）时 ξ_{1-3}

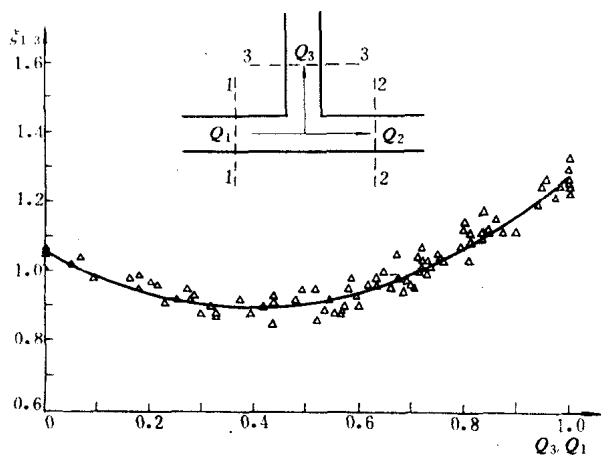


图 2-2 $\xi_{1-3} \sim Q_3/Q_1$ 关系曲线

头损失时用断面 3-3 的流速。

2. T 形分岔加突然扩大

此种情况相当于有连接管的简单式调压室。调压室的直径为连接管和引水道直径的 2 倍。

参见图 2-4, 1-1 至 2-2 断面间的局部阻力系数:

$$\xi_{1-2} = 0.366 - 1.09\left(\frac{Q_2}{Q_1}\right) + 0.902\left(\frac{Q_2}{Q_1}\right)^2 \quad (2-5)$$

图 2-4 中的曲线与图 2-1 中的曲线很相似, ξ_{1-2} 的最小值仍在 $Q_2/Q_1 = 0.6$

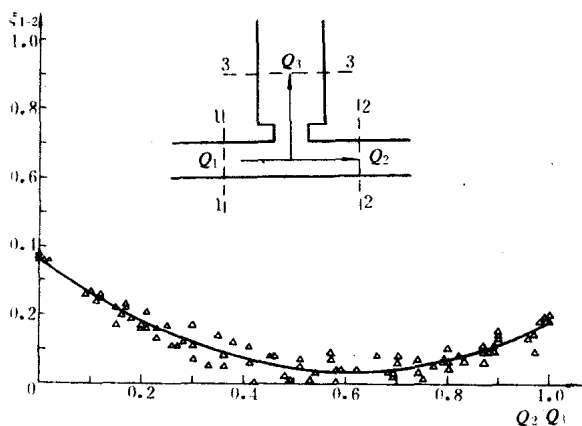


图 2-4 $\xi_{1-2} \sim Q_2/Q_1$ 关系曲线

最小。图 2-2 曲线的左、右两端分别对应于图 2-1 曲线的右、左两端。

图 2-3 相当于水流流出调压室的情况。3-3 至 1-1 (或 2-2) 断面间的局部阻力系数:

$$\xi_{3-1} = 0.623 + 0.660\left(\frac{Q_1}{Q_3}\right) \quad (2-4)$$

因为分岔是对称的, 3-3 至 2-2 断面间的局部阻力系数 ξ_{3-2} 的表达式只需将式 (2-4) 中下标 “1” 均改成 “2” 即可。 ξ_{3-1} 随 Q_1/Q_3 的增大而增大, 呈线性关系, $Q_1/Q_3 = 1$ 时 ξ_{3-1} 达 1.3。

由式 (2-4) 求 3-3 至 1-1 的局部水

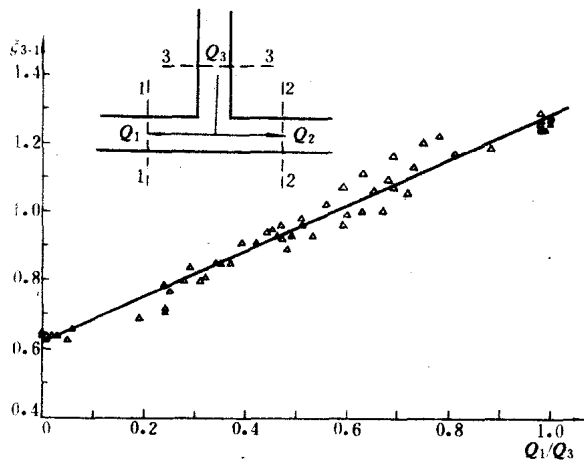


图 2-3 $\xi_{3-1} \sim Q_1/Q_3$ 关系曲线

附近。

参见图 2-5, 1-1 至 3-3 断面间的局部阻力系数:

$$\xi_{1-3} = 1.04 + 0.528\left(\frac{Q_3}{Q_1}\right) + 0.517\left(\frac{Q_3}{Q_1}\right)^2 \quad (2-6)$$

从图 2-5 可以看出, ξ_{1-3} 随 Q_3/Q_1 的增大而增大, 与图 2-2 曲线形状不同, 这是由于断面突然扩大引起的附加损失随 Q_3/Q_1 的增大而迅速增大之故。在 $Q_3/Q_1 = 0$ 时, 两根曲线是重合的, 因为当 $Q_3 = 0$ 时, 突然扩大所引起的附加损失也等于零。

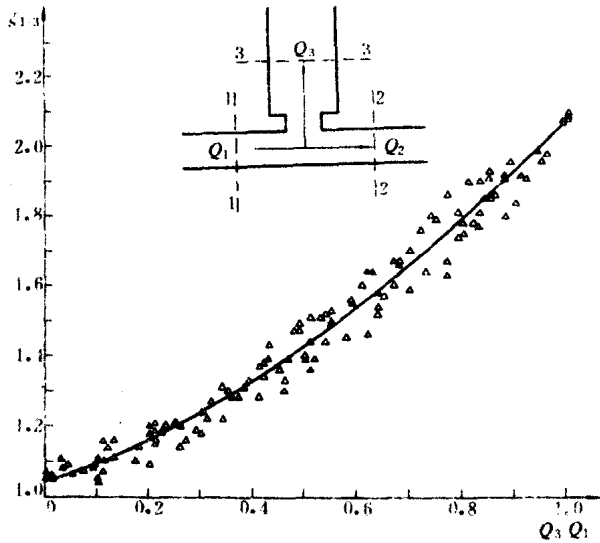


图 2-5 $\xi_{1-3} \sim Q_3/Q_1$ 关系曲线

样做的目的是为了在各断面 ξ 值之间进行比较。

式 (2-5) ~ 式 (2-7) 是调压室的直径为连接管和引水道直径的 2 倍情况下得出的结果。试验证明, 继续增大调压室直径的倍数对 ξ 值的影响并不很显著, 故上述结果对调压室相对直径较大的情况仍有参考和实用价值。

二、调压室不等断面 T 形分岔

图 2-7 ~ 图 2-9 为具有连接管的阻抗式调压室底部阻力系数的模型试验结果。 $d_1 = d_2 = 1.56d_c$, d_1 、 d_2 为引水道直径, d_c 为连接管直径, 连接管的面积和引水道面积之比为 0.41, 调压室的直径 $D = 2.14d_1$, 各断面间的局部阻力系数:

$$\xi_{1-2} = 0.189 - 0.448\left(\frac{Q_2}{Q_1}\right) + 0.399\left(\frac{Q_2}{Q_1}\right)^2 - 0.099\left(\frac{Q_2}{Q_1}\right)^3 \quad (2-8)$$

$$\xi_{1-3} = 0.566 - 0.318\left(\frac{Q_3}{Q_1}\right) + 5.476\left(\frac{Q_3}{Q_1}\right)^2 - 1.187\left(\frac{Q_3}{Q_1}\right)^3 \quad (2-9)$$

用式 (2-5)、式 (2-6) 计算 1-1 至 2-2 和 3-3 断面间的水头损失时均用断面 1-1 的流速。

图 2-6 相当于水流流出调压室的情况。3-3 至 1-1 (或 2-2) 断面间的局部阻力系数 ξ_{3-1} 随 Q_1/Q_3 的增大而增大, 呈线性关系, 其方程为:

$$\xi_{3-1} = 1.04 + 0.786\left(\frac{Q_1}{Q_3}\right) \quad (2-7)$$

由于水流流出调压室时有突然收缩, 故图 2-6 中曲线的位置要高于图 2-3。

利用式 (2-7) 和式 (2-1) 计算 3-3 至 1-1 (或 2-2) 断面间水头损失时, 流速用总流量 Q_3 和 1-1 断面积 (不是用 3-3 断面积) 求出, 即 $V = Q_3 / (\pi d_1^2 / 4)$, 这

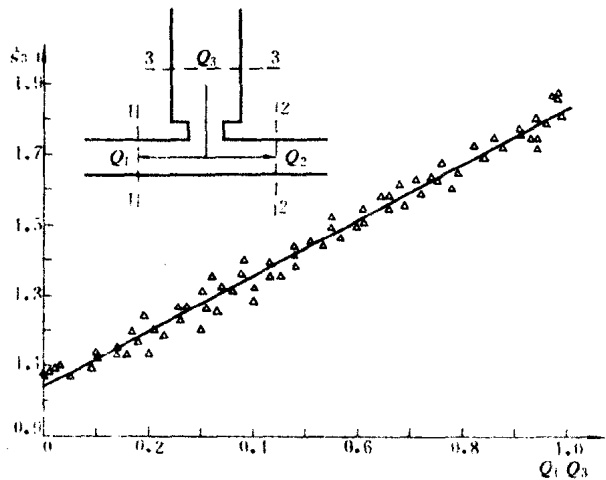


图 2-6 $\xi_{3-1} \sim Q_1/Q_3$ 关系曲线

$$\xi_{3-1} = 4.616 + 0.310\left(\frac{Q_1}{Q_3}\right) - 0.347\left(\frac{Q_1}{Q_2}\right) + 0.403\left(\frac{Q_1}{Q_3}\right)^3 \quad (2-10)$$

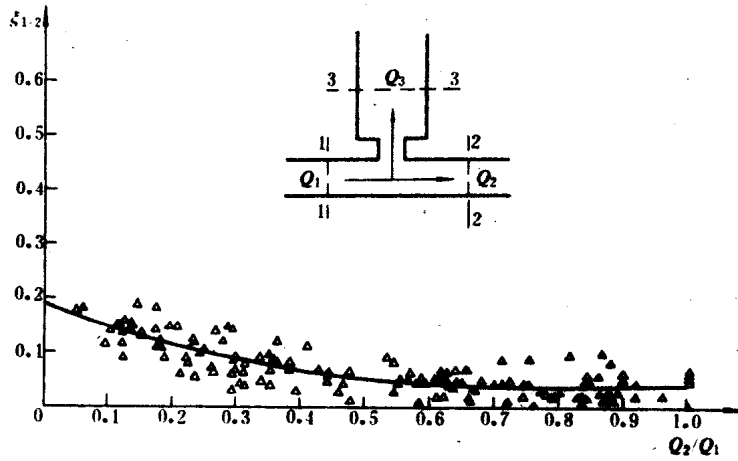


图 2-7 $\xi_{1-2} \sim Q_2/Q_1$ 关系曲线

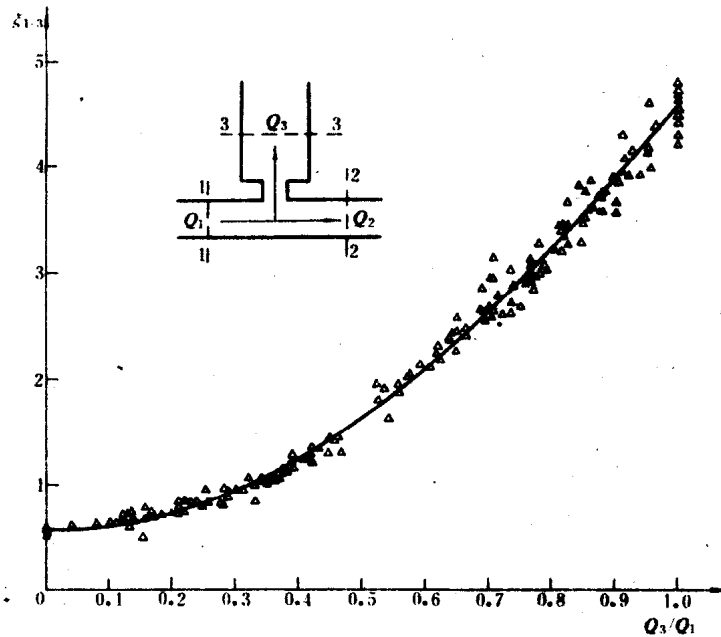


图 2-8 $\xi_{1-3} \sim Q_3/Q_1$ 关系曲线

ξ_{1-2} 、 ξ_{1-3} 、 ξ_{3-1} 分别为根据对应于总流量 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 的断面 1-1 的流速水头求出的。在应用 ξ_{3-1} 时应特别注意，断面 3-3 至 1-1 间的水头损失 $h_{3-1} = \xi_{3-1} \frac{V_1^2}{2g}$ ， $V_1 = Q_3 / \left(\frac{\pi}{4} d_1^2 \right)$ 。

图 2-10 和图 2-11 为膜板形孔口的阻力系数模型试验结果。 ξ 为对应于引水道流速水头