

948316

潘家铮 傅华 编著

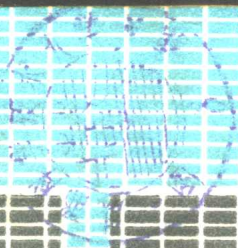
TV672
7710K



水工隧洞和调压室

调压室部分

水工建筑物设计丛书 潘家铮 主编



水利电力出版社

6

THE HYDRAULIC STRUCTURE
DESIGN SERIES
DESIGN OF HYDRAULIC
TUNNELS AND SURGE
CHAMBERS

6

PART OF SURGE CHAMBERS

水工建筑物设计丛书，潘家铮主编

水工隧洞和调压室

调压室部分

潘家铮 傅华 编著

水利电力出版社

(京)新登字115号

内 容 提 要

本书较全面地介绍调压室的设计原则、理论和方法。首先叙述调压室的作用、类型、设计要求和我国建设调压室的经验,然后分别就水力计算和结构设计两部分论述。在水力计算方面依次介绍水锤在调压室处的反射和穿越、调压系统的水力稳定以及调压室涌浪的确定方法。在结构设计方面则包括圆井式调压室、矩形调压室和地下分岔段。最后对气垫式调压室也作了扼要介绍。

本书的编写以调压室设计规范为依据,广泛搜集国内外经验和资料,内容全面新颖、深入浅出、附有数例,便于实用,可供水电设计人员使用,也可供有关院校师生参考。

本书初稿由潘家铮提供,经傅华全面整理、复核和补充而成。

水工建筑物设计丛书 潘家铮 主编

水工隧洞和调压室

调压室部分

潘家铮 傅华 编著

*

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号)

各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 15印张 332千字

1992年7月第一版 1992年7月北京第一次印刷

印数0001—2400册

ISBN 7-120-01561-3/TV·567

定价10.70元

序 言

二十多年前笔者曾写过一套《水工结构应力分析丛书》，虽然体例庞杂，取材不精，而且有不少讹误，但在当时尚能满足实际设计同志的需要，所以受到欢迎。直到目前，笔者还经常接到各地读者来信的鼓励，并建议重版。这不仅是对笔者的勉励，更是一种鞭策。但在跨入80年代的今日，原书内容显然不能满足要求了，所以再重版旧笈是不适宜的。

为了满足许多读者的期望，在有关领导的关心和鼓励下，我们试图以一套新的丛书来替代旧著，这就是即将陆续与读者见面的《水工建筑物设计丛书》。编写这套丛书的目的，仍在弥合教科书、论文文献和实际设计工作间的距离，供广大的水利水电设计同志，特别是基层设计同志在实际工作中参考，还可作为有志进修者的自学材料。在编写时，我们除力图保持原著一本书一个专题、篇幅精简短小的特点外，还想有所提高。即除了仍以结构的分析计算为中心外，适当论述一点有关设计上的问题，同时尽量反映国内外在近二十年来的成就和进展，力求跟上当前形势的需要。全书以实用为主，但也适当注意理论上的论述和概括，并不写成像手册一样。当然，要做到这些是很困难的。每种水工建筑物都有它的特点和复杂的一面，要详尽地讨论它们的设计问题，不仅是我们水平所不及，而且也断非小小的篇幅所能容纳。所以，本书在选材时力求在篇幅所及的范围内结合分析计算，择要介绍一些主要设计原则。基于同样理由，对理论分析中的许多详细的推导过程，也不得不割爱，而只列出基

0/A5/2/0/

本理论、假定和重要的成果和公式。当然，我们也力求写得清晰连贯，使读者不难自行导证，并尽量给出有关的文献名称，使读者在必要时可以找到出处。

要编写这样一套丛书，已非笔者个人的能力和时间所及，因此邀请了有较丰富实践经验的同志来共同撰写，笔者只分担了小部分编写任务并做了力所能及的校阅工作。

根据原丛书的内容，并在征求了一些同志的意见后，本丛书将暂定为以下十种分册：压力钢管、水工隧洞和调压室、重力坝、拱坝、土石坝、溢洪道、坝内的孔口和廊道、水工建筑物的温度控制、水工建筑物的有限单元分析以及工程地质计算和基础处理。各分册将视撰稿进度陆续出版。

最后，笔者代表所有参加编写的同志，向热情审阅和加工本丛书的同志们表示衷心的感谢。对本丛书的批评和改进意见请寄水利电力出版社转。

潘家铮

1981年

目 录

序 言

第一章 调压室的作用和类型	1
第一节 调压室的作用	1
第二节 调压室的类型和布置	4
第三节 调压室的设计要求	13
第四节 我国的调压室建设及经验	17
第二章 水锤在调压室处的反射和穿越	27
第一节 问题的性质和简化处理	27
第二节 Calame-Gaden近似分析法	32
第三节 有调压室的引水系统的水锤精确分析	36
第三章 调压系统的水力稳定	49
第一节 问题的性质	49
第二节 常系数线性微分方程解答的稳定判据	52
第三节 简单调压室的振荡稳定——托马条件	54
第四节 其它情况下的托马修正公式	59
第五节 传递函数的定义和应用	73
第六节 无调压室水力系统的稳定分析	78
第七节 有调压室水力系统的稳定分析	93
第四章 调压室极限涌浪的计算	102
第一节 概述	102
第二节 简单式调压室的涌浪计算	105
第三节 阻抗式调压室的涌浪计算	117
第四节 差动式调压室	129
第五节 双室式调压室和尾水调压室	136

第五章	调压室水位波动的图解法和数值积分法	141
第一节	概述	141
第二节	圆筒式调压室的涌浪图解	146
第三节	阻抗式调压室的涌浪图解	151
第四节	溢流式调压室的图解	154
第五节	双室式调压室的图解	156
第六节	差动式调压室的图解	160
第七节	数值积分法	167
第六章	简单圆井式调压室的衬砌计算	183
第一节	概述	183
第二节	直井井壁分析	185
第三节	直井计算图表和短圆筒分析	193
第四节	底板计算	198
第五节	弹性地基上的底板	212
第六节	筒底弯矩调整	221
第七章	矩形调压室的衬砌分析	290
第一节	井壁分析	290
第二节	底板分析	300
第三节	数值解法	309
第四节	矩形调压室实例	339
第八章	地下分岔段的分析	402
第一节	广义初参数法	402
第二节	地基梁的初参数公式	407
第三节	数例	417
第九章	气垫式调压室	435
第一节	概述	435
第二节	气垫式调压室的勘测设计	439
第三节	气垫式调压室水力计算的基本公式	441
第四节	气垫式调压室的稳定断面和过渡过程计算	444

第五节 挪威已建气垫式调压室介绍	451
附录 压力水道水头损失计算资料	462
参考文献	469

第一章 调压室的作用和类型

第一节 调压室的作用

在引水式水电站布置中，通常在水库边缘设置进水口，以近乎水平的引水道（隧洞）将水引向下游。在靠近厂房处引水道折转成很陡的压力管道（压力水管、压力钢管），然后又折成水平压力管道引入厂房。如果引水道的总长度较长，则在隧洞与压力管道交界处常需设置调压室。调压室可以是山体中开挖出来的井式结构，称为调压井，也可以是从高出地面的一个塔，称为调压塔（图1-1），或为某种混合结

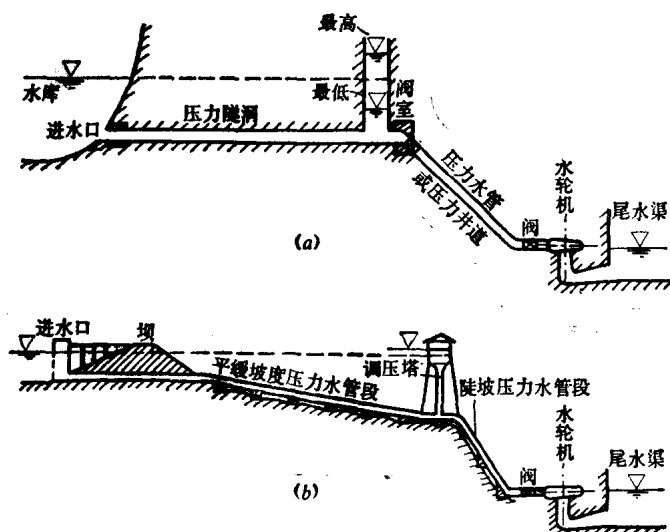


图 1-1 调压井和调压塔

构(图1-2), 还有较少见到的气垫式调压室, 这是一个在山体中挖成的密闭的洞室。采用气垫式调压室时, 引水道常布置成一条斜线。

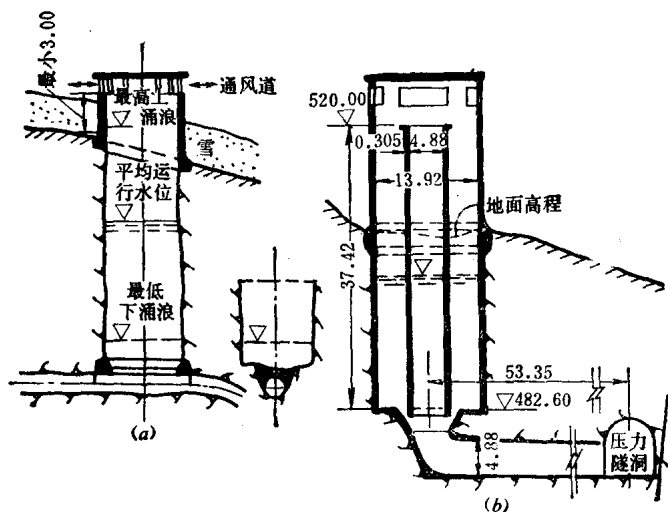


图 1-2 混合式调压室
(a)简单的调压室; (b)差动式调压室

调压室的作用有以下几种:

(1) 消除或减低引水道上的水锤压力。当水电站突然甩负荷时, 水轮机迅速关闭, 在引水道中运动的水体突然受阻, 由于水体的惯性作用, 在关闭端将产生一个巨大的压力, 称为水锤压力, 而且以压力波形式沿水道向上游传播, 一直达到自由水面(如水库)后高压才消失, 并反射为负压力波向下游行进, 形成压力振荡现象(参看本丛书之一: 压力钢管)。

设置了调压室后，在压力水道的顶端就存在自由水面。如果调压室断面有足够的大，就能中断水锤波的传递，从而保护其上游的引水隧洞不受影响，这可以大大降低隧洞的造价和保证其安全。即使调压室的断面不够大，不能全部截断水锤波的传递（即压力波在调压室处仅作不完全反射），也可显著减低隧洞所承受的超压力。具体减低数值要根据联结的各水道的尺寸及布置而定。

调压室不仅可以保护位于其上游的隧洞免受或少受水锤压力，而且也能减轻位于其下游的压力管道中的水锤压力。因为水轮机阀门的关闭不是瞬时完成的，由于调压室与阀门间的距离较近，所以在阀门尚未全部关闭前，从调压室处反射回来的负压力波可能已达到阀门处，从而减小了阀门处的最大水锤压力值。实际上，这个最大水锤压力近似地正比于封闭水道的长度，因此设置调压室可以减轻压力管道中的水锤的作用的道理就很明显了。

（2）供给水轮机增荷时所需的水量。在水轮机开机或负荷突增时，阀门突然打开或开度突然加大，压力管道中的水体也突然开始运动和加速，但平缓的引水隧洞中的水体由于惯性影响，其加速度是很低的，在某些情况下会出现水流中发生真空以至水流中断的现象，这不仅使得供给水轮机的流量中断，而且在水柱中出现真空和中断现象后还会发生随之而来的水力冲击（反击）而形成严重后果。设置调压室后，其中的大量水体可以在增荷时及时供应所需水量，此时调压室内水面急骤下降，以加速引水隧洞中的流量增加，直至达到新的平衡状态。当然，在设计调压室时应使之有必需的容量，以满足各种情况所需。

（3）水轮机在运行时，负荷经常有少量波动，机组将

作出相应的反应和调节。当系统中设置调压室缩短了封闭水道的长度后，在负荷波动时可使机组的反应迅速及时，更快地恢复稳定，操作灵活，从而能获得更佳的调节质量。

以上所述都指地面式厂房布置。对于地下式厂房，尤其是采用首部式或中部式开发方案时，厂房下游常有较长的有压尾水隧洞。这时，对尾水隧洞而言，上述要求同样存在，只是当机组突然丢荷时，尾水洞中将出现真空或水流中断以及随之而来的水力反击；机组突然增荷时，尾水洞中将出现压力增高，性质与引水隧洞相反。当尾水隧洞较长时，也需要设置尾水（下游）调压室。尾水调压室可以单独设置，更多的是结合尾水闸门井合并设置。在有些地下厂房布置中，引水隧洞和尾水隧洞都较长，需同时设置上下游调压室，形成较复杂的双调压室水力系统。

第二节 调压室的类型和布置

调压室的类型很多，除根据调压室是从山体内开挖而成或是位于地面上的塔型结构分别称为调压井或调压塔外，根据其水力作用和结构布置情况可以分为以下几种类型（参见图1-3）。

（1）等截面的简单调压室（少数情况下也可以是变截面的）。调压室与引水道直接相通，或通过一根断面较大的洞子与引水道连通，在连结处并不存在很大的水力阻抗。调压室的顶部可以是不溢流的，也可以是溢流的（溢流式简单调压室），图1-3(a)为其示意。

（2）带有扩大室的调压室，例如带有上室、或下室、或同时有上下室的调压室，后者常称为双室式调压室。设置

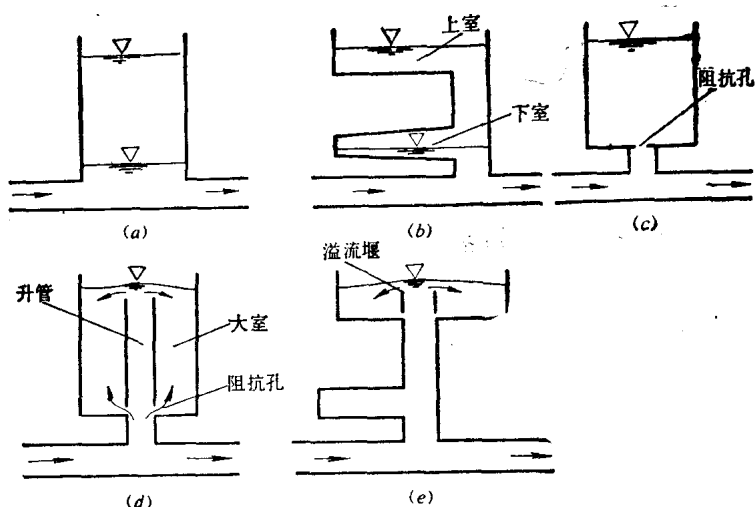


图 1-3 调压室的基本结构型式

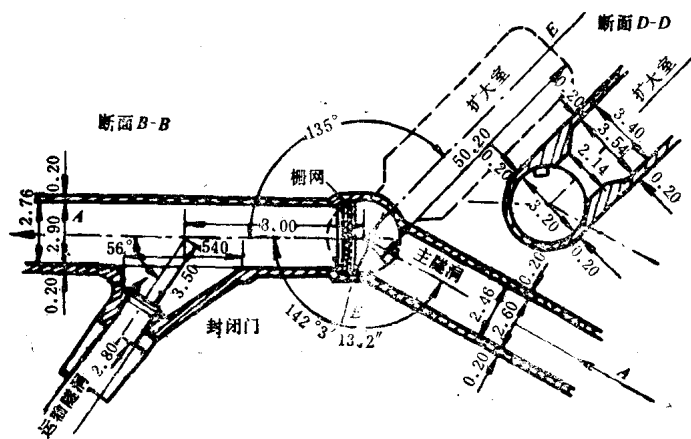
扩大室后，可以显著限制调压室中的最高最低水位，即可缩小水面波动的幅度。有时，扩大室可利用施工或勘探时开挖的洞室作为其组成部分。有这种需要和可能时，宜在勘测设计及施工初期即予以考虑。参见图1-3(b)。

(3) 阻力孔式调压室，或称为阻抗式、节流式调压室。包括：简单阻力孔式调压室（图1-3, c）、差动式调压室（图1-3, d）和带有扩大室的阻力孔式调压室（图1-3, e）。在这类调压室中，当水流从引水道进入调压室或自调压室流入引水道时要通过一个阻力较大的孔口（一般水流从调压室内流向引水道时的阻力相对要小一些）。设置阻力孔或节流孔的目的，也在限制调压室内水面振荡的幅度，但同时也影响调节的作用。例如，有阻力孔时的水锤压力就不设阻力孔的要高。如果连接段的孔口面积等于隧洞的面积，则实际

上已无节流作用。即使连接段的孔口面积为隧洞面积的一半左右，实际上也可不考虑节流作用。阻力孔的进口断面一般更要小一些，其具体形状常需通过细致的水力模型试验确定，以保证提供所需的阻力系数。

隧洞与调压室的连接方式很多，一般很少将隧洞直接通入和引出调压室的本体，更多的做法是将隧洞在调压室之下或其旁通过，而另用一段连接管接通调压室。如有阻力孔，即设于连接管进入调压室的地方，以避免隧洞中的来水直接进入（流出）调压室，发生水流突扩（缩）现象，引起水头损失和水流紊乱现象。

设计调压室时，一般先根据工程总布置和具体地形地质条件，大致选择调压室的位置，接着根据工程具体条件及设计者的经验，选择调压室的类型。然后可以进行具体的水力



差动式调压室的布置

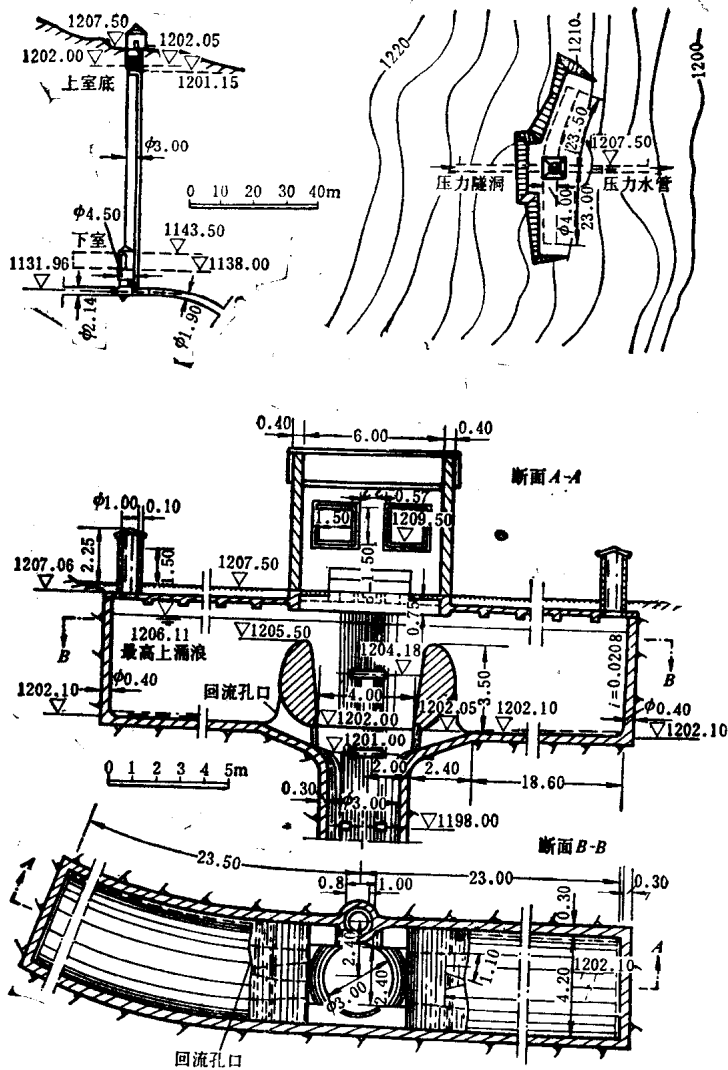


图 1-5 意大利Arisio河Predazzo电站的
双室差动调压室

计算和结构设计。如果在具体计算、设计中发现原来选择的位置及型式不够合理，应进行调整，有时甚至需重新研究枢纽布置。为了获得一个优良的设计，工程师的经验和类似工程的布置是很重要的。

调压室的水力计算是设计工作中的重要组成部分。通常先由水力稳定要求选定调压室的最小断面。由以后的分析可

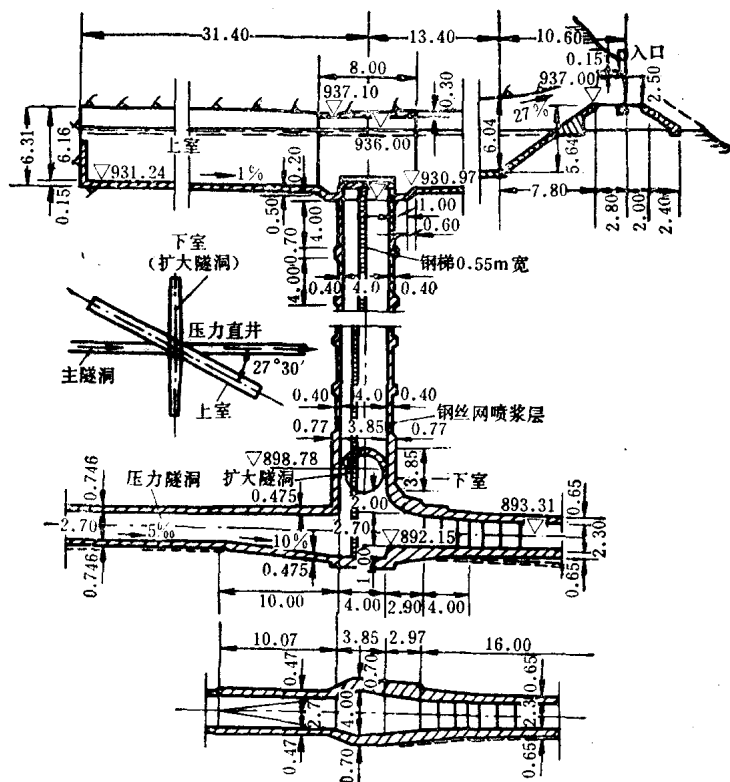


图 1-6 奥地利Achensee电站从很深的岩石中挖出的双室调压室