

中国泄水工程高速水流实验设备和仪器

西北水利科学研究所

西北勘测设计院科学研究所 合编

成都勘测设计院科学研究所



水利水电泄水工程与高速水流情报网

一九八九年八月

PDF

前 言

建国四十年来,随着水利水电建设事业的发展,我国在泄水工程高速水流领域里的研究工作也取得了长足的进步,研究基地相继建立、实验设备陆续投产、观测手段不断更新,到目前为止,已形成了具有相当规模的研究工作体系,因此,对大型基地、基本设备和主要观测仪器的概况加以汇总,编印成册,参考交流,将会对这一领域里的工程实践和科学研究起促进作用。

编写《中国泄水工程高速水流实验设备和仪器》一书的目的是重点介绍我国目前在高速水流研究手段上达到的水平、研究基地的布局以及研究设备的利用情况;找出同领域中和国外的差距及存在的问题,为主管部门提供决策依据;使国内各同行单位互通信息、避免重复;使工程、科研和教学人员了解高速水流研究基地和设备的现状,更好地发挥专业优势;充分发挥设备效益,促进联合协作攻关;参与国际交流,扩展合作领域,增强在世界科技前沿的竞争能力。

本书的主要内容可概括为以下四个方面:高速水流室内试验设备;高速水流测试仪器;高速水流原型观测基地;高速水流实验研究基地。在编写上采用图文并茂、每题一议的方式,力求做到提纲挈领、重点突出、文字简练、图表清晰,既不失之空洞,又不陷于繁琐,使读者能从中窥见一斑、参考所需,对各自的工作有所裨益。

根据1984年“水利水电泄水建筑物高速水流情报网”网长会议决定,交由西北水利科学研究所主持,西北勘测设计院科研所、成都勘测设计院科研所参加,组成编写组,共同承担此项编写任务。编写组大体分工如下:西北勘测设计院科研所负责减压箱、水洞及观测仪器部分;成都勘测设计院科研所负责变压箱、空蚀管、高陡槽等部分;西北水利科学研究所负责原型观测基地和试验基地等部分。编写组成员有张志恒、李隆瑞(西北水利科学研究所);严振、黄荣彬(西北勘测设计院科研所);姜信和、杨大华(成都勘测设计院科研所)。全书由张志恒、严振统稿。

本书初稿完成后,曾先后两次经本网网长会议讨论审查,徐秉衡、柴恭纯、夏毓常、汪永真、王川龙、朱光淬、刘长庚、郭志杰、刘文雪、陈忠儒、李焕才等专家教授以及上级主管部门和部分网长单位的代表参加了评审,长江科学院水工室对“高速水流测试仪器”一章作了集体审阅。最后,金泰来教授、徐秉衡高级工程师对全书作了仔细审定,在此一并致谢。

由于本书涉及面广,资料收集不易,加之编者水平所限,虽经努力,但挂一漏万甚至错误不当之处恐所难免,尚望读者不吝赐教,以臻完善。

《中国泄水工程高速水流实验设备和仪器》

编 写 组

一九八九年八月

目 录

前 言	
第一章 高速水流主要实验设备	(1)
第一节 减压箱	(1)
第二节 高压箱	(22)
第三节 变压箱	(23)
第四节 水 洞	(28)
第五节 高陡槽	(39)
第六节 文杜里型空化(蚀)试验设备	(42)
第二章 高速水流特种实验装置	(51)
第一节 环境风洞	(51)
第二节 含砂水流试验装置	(52)
第三节 液体抗拉强度测试装置	(53)
第四节 特殊空化试验装置	(55)
第三章 高速水流测试仪器	(59)
第一节 流速测量	(59)
第二节 掺气浓度测量	(68)
第三节 空化探测	(75)
第四节 振动测量	(82)
第五节 脉动压力测量	(87)
第六节 通用测试仪器	(89)
第四章 高速水流原型观测基地和试验基地	(97)
第一节 概 述	(97)
第二节 乌江渡水电站原型观测基地	(97)
第三节 部分进行过原型观测的工程简介	(104)
第四节 梅山水库原型试验基地	(114)
第五节 其它原型试验场简介	(117)
附 录 国内部分工程高速水流原型观测情况表	(120)
志 谢	

第一章 高速水流主要实验设备

第一节 减压箱

一、概述

减压箱（或称减压试验设备）是一种封闭式循环流道，可使箱体内部和箱体外的大气隔断，箱内的气压用抽气的办法进行减压控制，这样就能使模型的水流空化数按要求任意改变，为研究水工泄水建筑物的空化问题创造必要的条件。

标志水流空化特性的重要参数是空化数，空化数的表达式一般为：

$$K = \frac{H_a + H - H_v}{\frac{V^2}{2g}} \quad (1-1-1)$$

式中 H_a 为大气压力水柱， H 为某处的相对压力水柱， H_v 为水的绝对蒸汽压力水柱（1m水柱 = 9.81KPa）， V 为某处的流速， g 为重力加速度。从物理意义来理解，空化数是绝对压力（以水的饱和蒸汽压力为零点）与流速水头的比值，当该值甚大时（ $K > K_i$ ），水流不发生空化；当该值甚小时（ $K < K_i$ ），水流就发生空化。要模拟空化现象，最基本的必要条件是“模型空化数与原型空化数相等”。在减压箱中进行水工模型试验可以满足这一条件。

普通常压水工模型试验，由于不能满足上述条件，因而不能模拟空化现象。常压水工模型中有时测到很大的负压值，若按比尺换算为原型值时，出现超过真空极限的情况（标准真空极限为 -10.33m 水柱即 -101.3 KPa），这显然是不合理的。在减压试验中则不会如此。

水洞和减压箱（或变压箱）都是研究空化问题的专门设备，制造原理相同，所不同的是水洞的流速比较高，但它的工作断面一般比较小，不能进行具有整体形态的水工模型试验。减压箱的工作断面甚大，各种单体模型一般都能安装在其中进行试验，减压箱与水洞可取长补短，相辅相成，从事空化研究。

我国最早的减压箱于1959年在水利水电科学研究院建成，该减压箱的规模比较小，继此之后，长江科学院，安徽水利科学研究所，南京水利科学研究院，陕西机械学院水利水电学院等单位陆续建成减压箱共14座（变压箱不纳入本节内容）。

我国应用减压箱来进行试验研究的项目已涉及各类泄水建筑物的空化问题，诸如溢洪道、溢流坝、虹吸溢洪道、压力管道的进口及洞身体型、泄洪洞的体型、底孔、泄水闸阀、门槽、消力墩（齿或槛）、消力戽坎、挑流鼻坎、船闸灌泄系统、泄流表面不平整度等等。可见减压箱已成为研究水工泄水建筑物空化问题的一种重要设备。

减压试验设备包括水流循环系统和抽气系统两大主干和一些附属设备。水流循环系统是一套立体闭合型流道，工作段布置在高处，水泵、闸门、流量计、分流岔管等都布置在低处。抽气系统包括真空泵、抽气管路、真空稳压罐、真空压力计等。运转中从工作段顶上抽

气，以改变箱内的气压，从而控制试验中所要达成的空化数。

我国14座减压箱从其总体布置形式来看可分成两大类：

1. 立体集中式

这一类减压箱把水流循环系统的组件都布置在一幢楼房内，工作段设在最高层（次高层也多数加以利用），水泵、闸门、流量计、岔管等设在最低层，属于这一类的共有12座。

2. 上下隔离式

这一类是利用山坡地形高差，把工作段设在山坡顶上，把水泵、闸门、流量计、岔管等设在山坡底下，试验室与泵房相互隔离，两者之间用斜卧管联接起来。这一类的优点是试验室比较安静，这对于测试工作是很有利的。表1-1-2中8*、11*属于这一类。

二、减压试验设备的技术要点

概括地说，要求两大主干系统在组装完成之后能达到气密性好、真空度高且能在较长时间内保持稳定，抽真空时工作段的变形微小，箱体内壁平整，自身初生空化数小，箱内外要有足够的光源，清晰度高，观察方便，箱体的高度、宽度及长度能满足多种试验任务的要求，便于安装模型及试验操作，活动口门启闭灵活，调节控制应能实行集中控制或自动控制，运转中水流稳定、噪声低、温升小，在适当部位要设置引接装置，以便布设常规仪器及电测仪器等等。为了达到上述要求，必须注意以下的技术要点。

1. 减压箱的规模及体形

在规划设计减压箱时，首先要对所研究的工程对象的泄水建筑物形式、水头、流量等等有一个概略的调查了解，然后再根据模型比尺分析，大致估计出模型的大小与形式，减压箱的总体和工作段要尽可能适应各种模型试验的需要，合理地确定其规模，如果工作段的尺寸选得过小，则模型尺寸受限，难于达到试验精度的要求，模型安装操作也很不方便；如果工作段的尺寸选得过大，不仅徒然增加造价，而且抽气历时较长，甚至会给观察和激光测速带来困难，因此，其尺寸规模要适度，既能满足模型试验的需要，同时能满足进水、退水、测试和运转特性的要求。

综观我国14座减压箱的规模，工作段的宽度在0.4~1.5米之间，以采用0.8米者居多，见表1-1-1。当宽度小于0.6米时，人在其中工作就感到很不方便。

表1-1-1 减压箱宽度统计

减压箱宽度(m)	0.4	0.6	0.8	1.0	1.5
选用该宽度的个数	1	3	6	3	1
百分比(个数/14)	7.1%	21.4%	42.9%	21.4%	7.1%

减压箱的箱体高度，多数布置成高低两级（占64.4%），少数布置成高、中、低三级（占35.7%），净高度在0.7~4.0米之间。箱体的底部，多数在中间设一级降阶，少数是平底，根据一些实践经验，认为平底者有利于安装模型及模拟上游来流流态。

2. 总体高差（指工作段底部到水泵轴线间的高差）

据统计总体高差在8.8~12.9m之间，一般为10m上下，其所以采用这一高差，是考虑在减压情况下，水泵本身的绝对压力仍保持为正压或零压，以避免叶片空蚀或性能下降。实

实践表明，这一措施是有效的。

3. 次高层的利用

因总体高差达到十米上下，箱体（立体集中式）底缘以下还有较大的次高层空间可供利用，有些单位利用该层来做管道模型试验（如输水道、泄洪洞、底孔、弯道及岔道等），设计时只要在上水管及退水管上面留有合适的接口，便于模型联接即可，这种模型可以按要求任意布置，安装和观察都非常方便，这些优点比箱内模型强得多；但是，由于这种模型在减压情况下直接承受大气压力，要求模型板材的厚度比箱内模型厚得多，制作较难，造价较高。

有的单位利用次高层的空间来布置第二层减压箱，上下两层轮流使用，可以提高设备的利用率。

也有的单位曾利用次高层来布置水洞，意图是把减压箱与水洞结合起来。实践表明，由于两者的特性相差很远，把两者结合在一起，矛盾很多，其结果必然是顾此而失彼。

4. 纵横衔接（进水段，退水段）

为了改善进流段的流态，使平水塔内水面平稳，要求塔内的流速尽可能小一些，并使流速分布均匀，这就要求平水塔的横断面具有足够的尺寸，在平水塔与水管的联接处要采取一些导流稳流措施，譬如扩大渐变段、导流器、整流罩等，必要时还要在稳流段内设置几道消浪栅，以保证水流平稳地进入试验段。有的单位采用蜂窝式整流栅，效果很好，其长度可取蜂窝器六边形内切圆直径的5~6倍。

退水段与退水管的联接方式对设备运行的性能也有相当的影响，退水段要有足够的长度，以便气水混合流中的气泡逸出，要避免水流直接跌落进入退水管，以免引起水流掺气，影响试验质量，也影响水泵工作性能的稳定。较好的办法是使水流在退水段上下折回流动，在退水管进口形成满流，同时采取消旋措施，这样就可以避免掺气及旋涡的影响。

5. 水泵及电动机

减压模型试验中，上下游之间水流的落差及沿程阻抗比较大，水流的能量损失比较大（与循环水洞相比），因而要求水泵具有一定的扬程，宜采用离心式水泵；泵的台数可根据试验流量来选定，如果流量及其变幅都很大，则宜选用二台或多台水泵，以便于按需要组合运转，可节约动力。流量的调节方法，早期多采用分流岔管及控制闸门开度来实现。近几年来随着电动机的发展，有些单位已采用电磁调速异步电动机来作动力，可以在闸阀全开状态下通过改变转速以改变试验流量，这种方法运行方便，节约能源，水流平稳，试验中水温温升较小。

6. 抽气减压系统及气密问题

利用真空泵抽气可以改变减压箱内的气压，选择真空泵时要考虑下列几个条件：

- (1) 真空泵的额定真空度要大于减压试验所需的真空度；
- (2) 真空泵的抽气量要大于整个系统的漏气量；
- (3) 选择允许抽水汽的泵；
- (4) 泵的噪声宜小，否则要采取隔音或消声措施。

国内各单位现在多采用H型（也称J型）滑阀式真空泵作为主泵，这种泵装配有汽水分离器，在运转中能排除大部分水汽，基本上能符合要求，但是，还是存在真空油与水掺混的

问题，运转一段时间之后需要更换真空油方能使高真空度得到保证。掺混了水分的真空油，静放一段时间，待油与水分离之后，油可以再用。旋片式真空泵没有汽水分离器，油中积水及泵的振动和噪声都比较大。水环式真空泵最适合于抽水汽，抽气量也相当大，但这种泵的极限真空度太低，只在80%以下，不能满足试验要求，作为前期抽气则是可行的。

在抽气系统中需要设置两个真空罐，第一个装在减压试验段附近，第二个装在真空泵旁，其作用是防止水被直接抽入真空泵中，同时可使一部分水汽在罐中凝聚成水（在常压下排掉），可以减少进入真空泵的水汽流量。

抽气主管道的管径不宜太小，以 $\phi 100 \sim 150 \text{ mm}$ 为宜，如果管径太小，气流流速过大，在管道沿程会出现较大的压力坡降，将影响到工作段的真空度。

真空泵运转时噪声较大，排出的气体混有油烟，为了使试验室免受污染，真空泵房宜与试验室隔离开。

要获得持久而稳定的高真空度，除了要求真空泵的性能良好之外，整个系统的气密问题也是个关键，影响气密性的部位很多，例如活动门、进人孔、观测窗、法兰接头、水泵转轴、管道上的闸阀以及箱体焊缝等等，都是容易漏气的部位，但只要采取适当的措施，气密的要求是不难达到的。对于观测窗、进人孔、吊物孔等构件的密封，可采用真空手册上的标准Ⅱ型密封槽，充以环形真空橡胶圈，效果甚佳。

7. 集中控制和自动控制

对于水泵、真空泵的启动和停机、闸门的启闭操作等，各单位都采用了集中控制的方式，运用比较方便。南科院在自动控制方面做了不少工作，现在已实现真空度数字显示和自动控制，不仅可以提高工作效率，而且可以提高试验精度，对于下游水位的自动控制也取得了一定进展。

三、小结

以上所述是我国减压试验技术当前的概况，总的来看，减压箱的座数不断增加，设备的性能不断改进，标志着我国在这方面的发展已达到一个新的水平。但也存在着一些问题有待于今后改进，这些问题有：

1. 水中含气量的控制问题

减压试验中，随着真空度的改变及抽气时间的延长，水中的含气量也不断地改变，含气量对于空化特性的影响是较大的，如何控制试验水质的含气量是一个很大的问题。

2. 箱体锈蚀问题

设备建成后，经过内外涂漆，可以保护数年至十来年，一旦漆层失效或脱落以后，锈蚀现象就会加速发展，锈即一层层脱落下来，不但腐蚀箱体，而且污染水质，影响观测。此后要想再作第二次除锈涂漆处理是极其困难的。近几年有用喷锌防锈的措施，其效果及耐久性如何，还有待于检验。有人曾考虑接触水的构件用不锈钢来制作，如能实现，这将是比较理想的办法。

3. 空化空蚀模拟问题

模型与原型空化现象相似程度究竟如何？这是一个尚未充分论证的问题，在实践中，如果原型中有严重空蚀发生，减压模型试验中多半出现空穴，但减压模型试验中未发现空穴，不一定能肯定原型中不发生空穴，至于空化水流的相似程度及缩尺影响问题，尚有争

表1-1-2

我国的减压箱

序 号	1	2	3	4	5	6	7
单 位 名 称	水利水 电科学 研究院	长 江 科学院	南京水 利科学 研究院	安 徽 水 利 科学研究所	陕西机械学院 水利水电学院	西 北 水 利 科学研究所	松辽委员 会科研所
主要技术特征值							
减压箱总长度(m)	7.40	16.00	12.64	13.40	10.63	12.70	14.60
工作段宽度(m)	0.4	0.8	0.6	1.5	0.5、0.6、0.8	0.8	0.6
箱体内净高度(m)	1.2~0.7	3.0~1.5	1.9~2.3 ~1.8	2.2~1.5	2.4~1.5	3.0~1.9	2.4~3.0 ~1.8
低底板以上箱体高度(m)	1.2~0.7	3.5~1.5	2.3~1.8	2.4~1.5	3.0~1.5	3.5~1.9	3.0~1.8
观测窗面积(m ²)		13.00	12.50	4.14	6.55	13.20	
每观测窗高、宽(m)		0.82 ×0.54	0.80 ×0.50	0.35×0.45	0.85×0.55		0.90 ×0.70
窗有机玻璃厚度(cm)	4	4	4		4	4	4
箱底与水泵轴线高差(m)	12.9	9.3	11.9	9.2	11.5	10.5	9.7
上水管直径(m)	0.40	0.60	0.50	0.60	0.50	0.84	0.48
退水管直径(m)	0.40	0.60	1.00	0.60	0.50	1.18	0.48
进水箱高、宽(m)	2.70 ×0.75	3.00 ×1.20	9.40 ×1.20	2.00×1.50	2.00×0.50		2.00 ×0.60
循环系统体积(m ³)	7	60	32	24	16		25
水 泵 型 号	10Д -19А	1台 14Д-28 1台 12sh-19	300sh-19	1台 12sh-19 1台 8K-18	1台300sh-19 1台10Д-19А	1台14sh-28 1台12sh-19 1台10sh-19	12Д-19
水泵扬程(m)	11.0	15.2 14~23	19.4	14.0	14.0	14、19.4	20.0
电动机功率(kw)	20	75、40	55	40、28	55、20	30、55、37	40
最大流量(l/s)	120	220~500	220	300	240	640	200
运转中水体温升(°C/h)	1	0.25	1		0.5	0.5	0.5
真空泵型号	J-550	H-3	H-150 2SK-6	W ₄ 、707、 V ₃ 各一台	2台H-8	2台H-150	H-150
箱体最大真空度(%)	98.5	97.0	98.9	98.0	98.0	98.0	98.5
建造投产时间	1959	1964	1964 1975改建	1964 1982扩建	1974	1975	1976
注							

续表1-1-2

我国的减压箱

序 号 (续)	8	9	10	11	12	13	14
单 位 名 称	河 海 学 院	黄 河 水 利 委 员 会 科 研 所	武 汉 水 利 电 力 学 院	昆 明 勘 测 设 计 院 科 研 所	成 都 勘 测 设 计 院 科 研 所	水 利 水 电 科 学 研 究 院	天 津 勘 测 设 计 院 科 研 所
主要技术特征值							
减压箱总长度(m)	14.50	13.48	20.56	18.13	19.50	19.22	15.70
工作段宽度(m)	1.0	0.8	0.8	0.8	1.0	1.0	0.6
箱体内净高度(m)	4.0~1.8	2.5~2.0	3.7~2.9	3.5~4.0 ~2.4	4.0~2.0	3.3~4.0 ~2.7	2.0~3.0 ~2.0
低底板以上箱体高度(m)	4.0~1.8	2.5~2.0	5.1~2.9	4.0~2.4	5.0~2.0	4.0~2.7	3.0~2.0
观测窗面积(m ²)	6.30	11.37		24.00	26.60	25.88	
每观测窗高、宽(m)	0.6 × 0.48	0.86 × 0.56 0.56 × 0.40	0.67 × 0.57	0.74 × 0.54	0.82 × 0.52	1.50 × 0.75	0.78 × 0.54
窗有机玻璃厚度(cm)	3~4	3~4	4	3~4	4	5	4
箱底与水泵轴线高差(m)	10.1	12.2	10.1	12.1	10.8	10.4	10.1
上水管直径(m)	0.40	0.78	0.80	0.60	0.70	1.6 × 1.6	0.51
退水管直径(m)	0.40	0.78	0.80	0.50	0.70	1.0 × 1.0	0.51
进水箱高、宽(m)	4.0 × 1.5		3.7 × 0.80	4.5 × 1.2	4.0 × 1.0	3.3 × 1.0	2.0 × 0.6
循环系统体积(m ³)	56	40	90	46	84	90	
水 泵 型 号	1 台 12sh-19 1 台 12sh-13A	12sh-19	14sh-28A 二 台	1 台 12sh-19 1 台 14sh-28A	12sh-19 二 台	24sh-19c	1 台 12sh-13 1 台 10sh-13A
水泵扬程(m)	30	14~23	15	14~23 13~20	19.4	13	28
电动机功率(kw)	2 × 75	55	2 × 75	55、75	2 × 55	185	100
最大流量(l/s)	500	170~260	400	450	2 × 220	1000	250
运转中水体温升(°C/h)		0.53~0.66		0.5~1.0		0.5	
真空泵型号	1 台 H-150 2 台 2X-70	H-150 2Z-5	H-150 H-70	2 台 2X-70	H-150 2X-30	H-150	H-150
箱体最大真空度(%)	98.0	98.0	98.0	98.5	98.2	98.7	
建造投产时间	1980	1982	1982	1984	1984	1985	建造中
	总体布置 为上下隔 离式		采用电 磁流量 计二个	总体布置 为上下隔 离式	文柱利计		

议,有待深入探讨,对于初生阶段的空化现象,缩尺影响的问题尤为显著,急待研究解决。至于如何模拟空蚀现象,目前还是个空白。这些问题如能得到解决,将是空化研究方面的巨大进展。

4. 数量与布局问题

我国水力资源丰富,到现在(1989年)只开发了8%左右。各个省区都有高坝大库的工程和任务,科研为生产服务,建造一定数量的减压箱是完全必要的,至于究竟应该建造多少座?如何布局为好?这需从全局出发,合理规划,统筹安排,使它既能满足生产需要,又能充分发挥其经济效益。

四、我国减压箱总览及分项介绍

表1-1-2中列出了我国14座减压箱的主要技术特征值,表中编号按投产先后顺序排列,其中1*~13*从1958年之后陆续投产,第14*则尚在筹建中。

各家减压箱具有其特点和经验,本节意欲一一介绍,但由于收集到的资料有详有简,有的因为资料缺乏,这次未能列入,只好留待今后补充。

1. 1*减压箱(水利水电科学研究院)

它是我国首建的产物,其规模比较小,工作段的概貌见照片1-1-1,1959年建成之后,数十年来用它进行了大量的试验研究工作,认为有许多经验教训值得注意:

(1)该设备的工作段底部与水泵轴线间的高差为12.9m,把水泵、控制流量的闸门、分流岔管、孔板流量计布置在低处,这样,在减压运转时,可避免大气向水流循环系统内泄入,并可避免水泵叶片及孔板遭到空蚀。

(2)观测窗采用双层有机玻璃,内层不承受大气压力,减压运转中变形很小,可保证工作段内壁具有理想的平整精度;外层有机玻璃承受大气压力,允许它在减压时发生较大的变形;这样观测窗的尺寸可以大一些。但是,双层玻璃的缺点是,玻璃表面水雾很大,夹层之间必需灌满清水,这对于观察清晰度有一定影响。

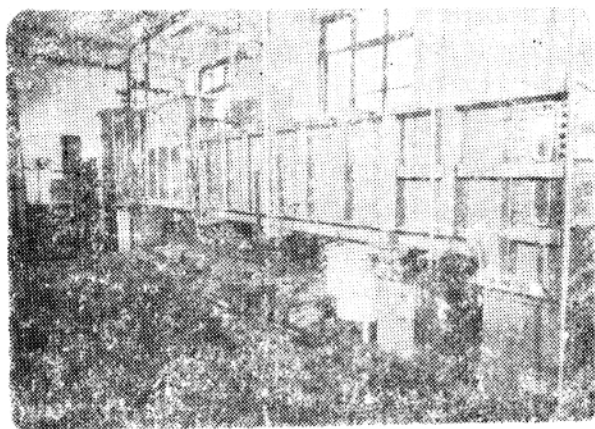
(3)工作段的宽高尺寸太小,使模型尺寸受到限制,人在其中装拆模型时也相当困难。

(4)箱内采用涂漆防锈(底层涂红丹,表层涂漆。),有效期约7~8年,之后漆层开始脱落,里面锈蚀逐渐发展,到一定程度时锈蚀加快,锈皮一层层掉下,以致箱壁钢板厚度逐年变薄,直接影响到设备的寿命,也使试验水质受到严重污染,这是不能补救的缺陷。

(5)该设备在运行初期因未实现集中控制,操作十分不便,而且影响试验精度,在实现对水泵、真空泵、闸门的集中控制之后则情况大大改善,说明集中控制是必须的措施,进一步则要实现自动控制。

2. 2*减压箱(长江科学院)

布置情况见图1-1-1,它的特点是在底层设有空气吸收器。



照片 1-1-1 水利水电科学院小型减压箱

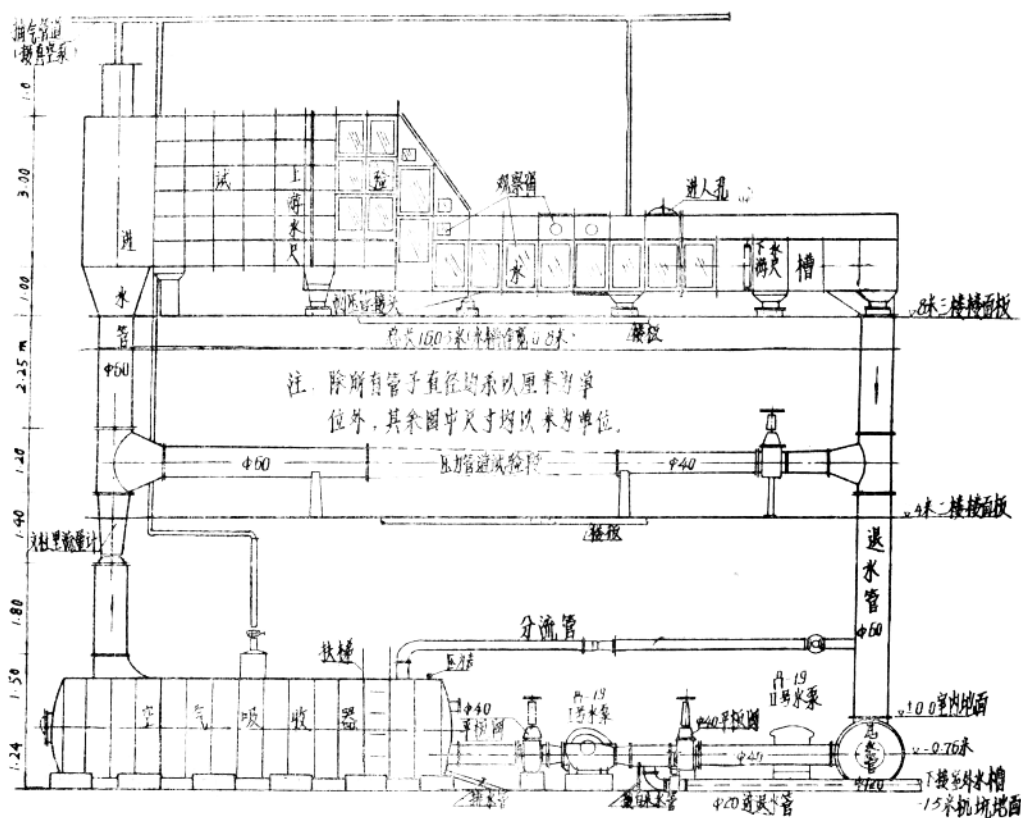


图1-1-1 长江科学院减压箱(单位m)

3. 3°减压箱(南京水利科学研究院)

该设备已实现减压自动控制 and 真空度数字显示, 可以提高试验精度和工作效率。

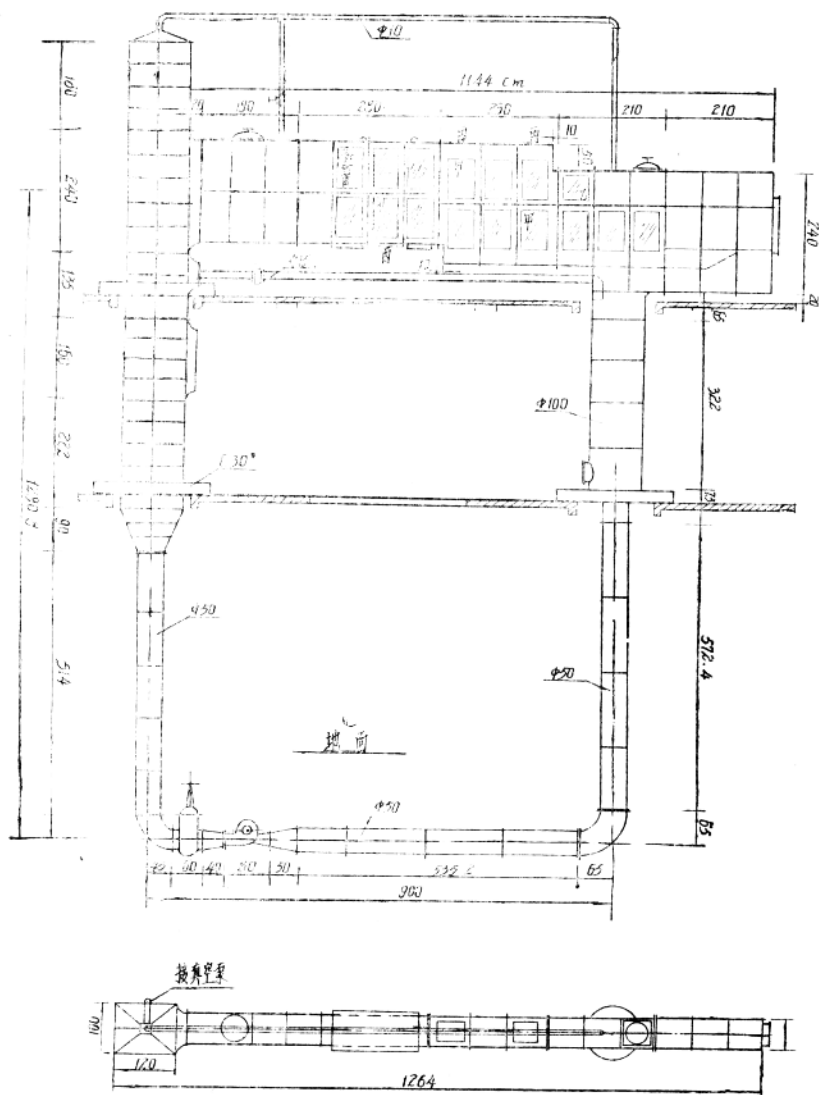


图1-1-2 南京水利科学科学研究所减压箱 (单位cm)

4. 4°减压箱 (安徽省水利科学研究所)

该设备始建于1959年, 由于不同时期服务工程对象的水头、流量、泄流形态及试验要求有所不同, 曾于1964、1982年进行过两次大的扩建, 现在的布置形式见图 1-1-3, 工作段概貌见照片 1-1-2, 工作段箱体长宽高的尺寸为 $13.4\text{m} \times 1.5\text{m} \times (2.2 \sim 1.5)\text{m}$, 其宽度是我国减压箱中最宽者, 经过长期实践, 得到以下几点认识:

(1) 适当加大箱体宽度到 1.5m , 可以在箱内并列安装两个模型, 以提高减压箱的利用率, 解决因模型加工期长等待试验的矛盾。但如果宽度太大, 对观察流态及应用激光测速带来困难。

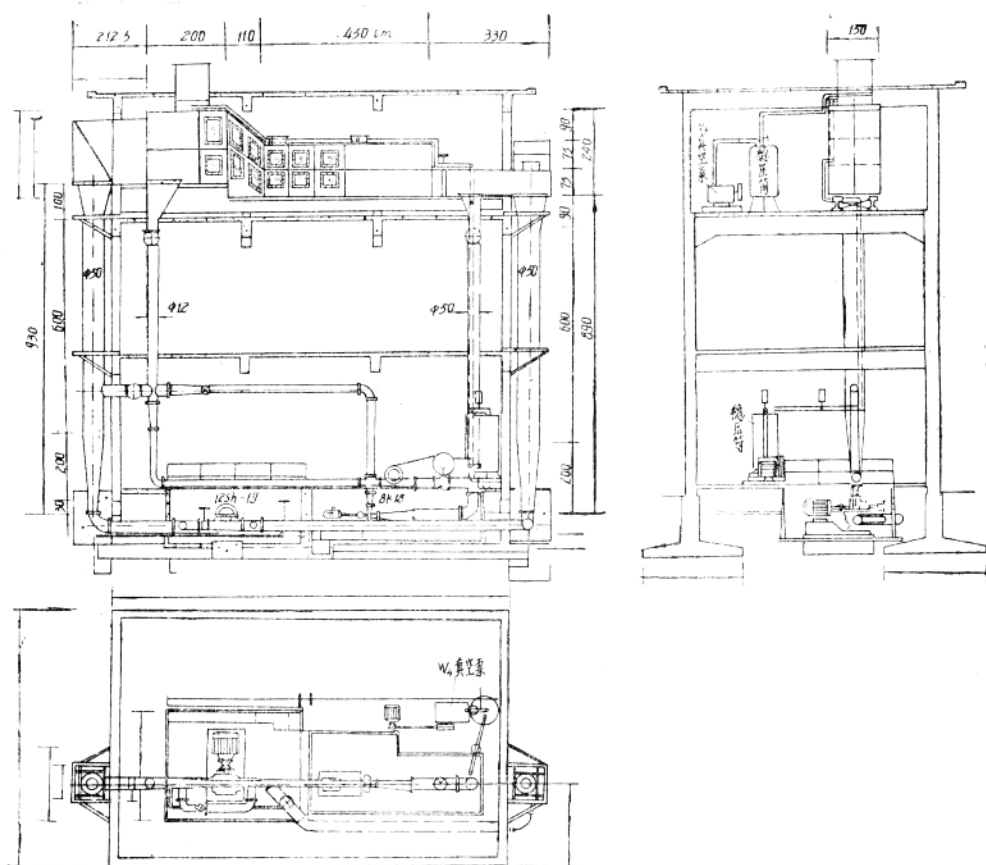
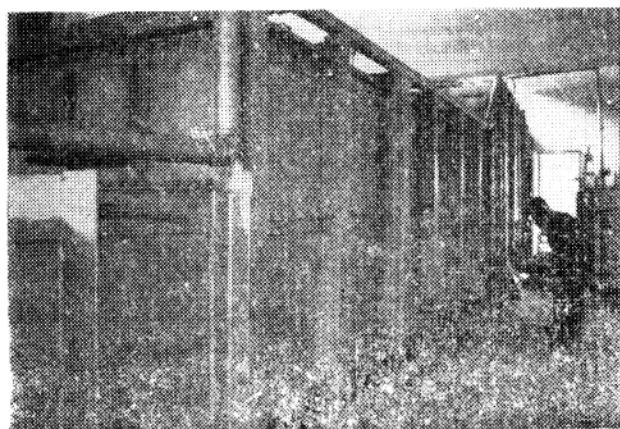


图1-1-3 安徽省水利科学研究所减压箱(单位cm)



照片 1-1-2 安徽省水利科学研究所减压箱工作段

(2) 水流循环系统在无条件采用变速马达的情况下，如果能采用多台水泵组合运转也是比较方便和经济的。

(3) 抽气真空系统选用的真空泵在运行操作上应方便简单，真空度不低于99%，并能保持抽气量大于空气泄入量为宜，若选用真空度过高的真空泵，将导致投资和维修经费过大。

(4) 真空泵和减压箱工作段附近应设置真空罐，可起到稳压和防止真空泵进水的作

用。

(5) 为了正确预测空化，应进一步研究减压模型试验的流态相似，水质相似，空化形态相似的影响，在试验中应对空化初生、空化发展、空泡覆盖面积、空泡特征尺寸等方面的量测、判别、录象、分析等测试技术作深入探讨。

5. 5°减压箱（陕西机械学院水利水电学院）

该设备始建于1964年原西安交通大学水利系，后来几经机构调整，有关的人员设备转到现单位，于1973年把该设备加以扩建改造成为现在的规模，其总体布置见图 1-1-4，在四楼和三楼都设有矩形工作段，以四楼者为较大，其概貌见照片 1-1-3，四楼箱体的高度分为三级：1.8~1.5~1.0m，（低底板以上高度2.4~1.5~1.0m），前段底部有一个0.6m的降台阶，箱体的宽度在不同的部位有所不同，分别为0.5、0.6、0.8m，经实践总结，认为 0.8m

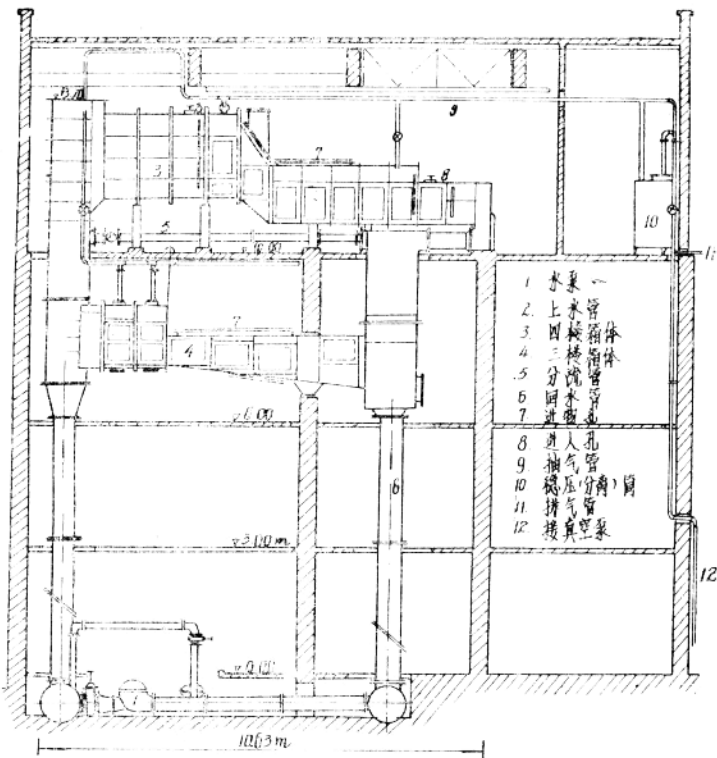


图1-1-4 陕西机械学院水利水电学院减压箱（单位m）

的宽度比较适宜,0.6m的宽度已嫌小,对于装拆模型颇感不便。

在建造当中考虑到箱体内壁不是模型过水边界,对于观察窗的里面及箱体内壁不作平整处理,这就可以使施工简化,节省造价,观察窗的尺寸也就可以做得大一些。三楼的箱体较小,但它具有6~8m的水头,适合于管道模型及底孔模型试验用。三、四楼的工作段可以轮换地进行试验,有利于提高设备的利用率。

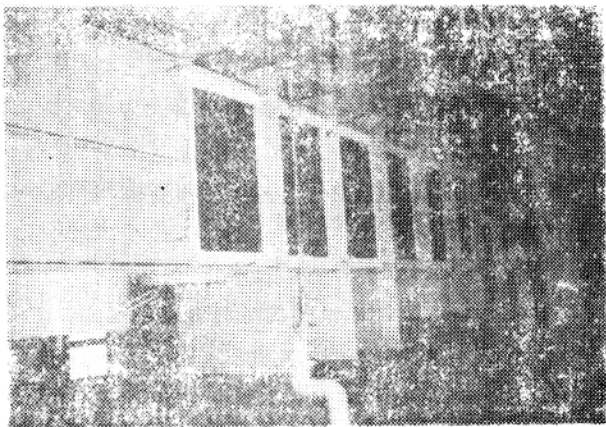
6.6*减压箱(西北水利科学研究所)

箱体的总体布局见图1-1-5,该设备具有以下特点:

(1) 减压箱的总体最大高度14.55m、长12.70m;圆形进水稳流段直径1.5m,高3.2m;上游段长宽高为3.8m×0.8m×3.0m,下游段7.71m×0.8m×1.19m,上游观察段1.6m×0.8m×3.0m,下游观察段4.5m×0.8m×1.9m;底板以上箱体最大高度4.55m,箱底与泵轴线高差10.5m。

(2) 三台水泵同时并联运转时,流量可达640l/s,其中两台可以并联或串联,根据试验要求组合运用。

(3) 拥有空化噪声量测系统(国产),压力巡回检测器(自制),冷凝器2个,过滤器1个。



照片 1-1-3 陕西机械学院水利水电学院
减压箱箱体概貌

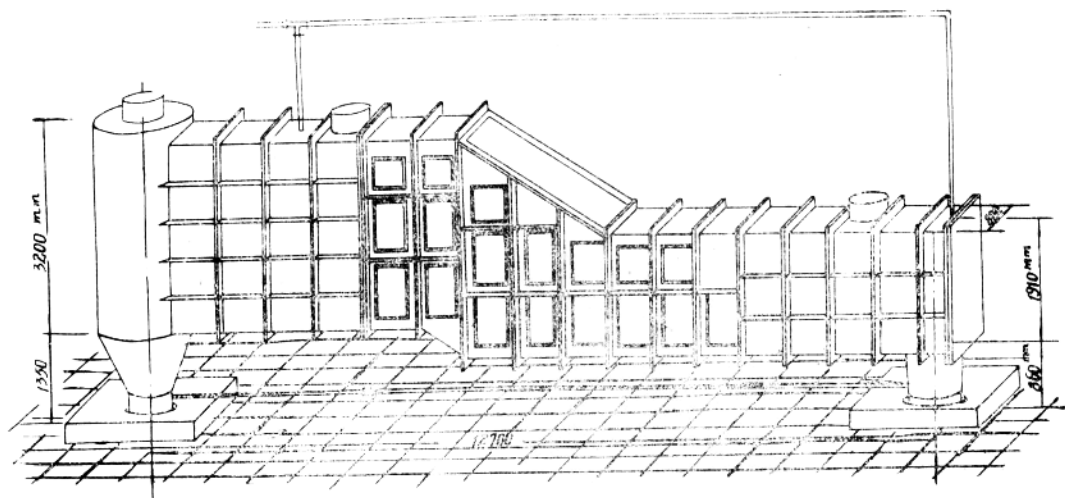


图1-1-5 西北水利科学研究所减压箱(单位mm)

(4) 1988年又引进丹麦B/K公司的外差式分析仪测试处理系统,目前该系统经过安装调试已投入运用。

7.7* 减压箱 (东北勘测设计院 (松辽水利委员会) 科学研究所)

该设备的工作段见图 1-1-6。

该设备具有以下特点:

(1) 箱体焊接质量较高,活动接头上采用环形密封胶圈(条),气密性良好,由真空压力回升到大气压力所需时间约50小时,最大真空度可达98.5%。

(2) 箱体变形小,最大跨度(4m)的最大变形为1.88mm,挠度小。钢板为 $f=1.37\text{mm}$ 。

(3) 进流平稳,调节上、下游水位比较方便,退水无旋涡漏斗现象。

(4) 进物孔和进人孔的活动盖板用铁卡子来固定(不用螺栓),启闭操作较方便。

(5) 存在的主要问题是:遥控和自动控制系统尚未实现,有机玻璃上的水雾尚无有效的去除措施。

8. 8*减压箱 (河海大学)

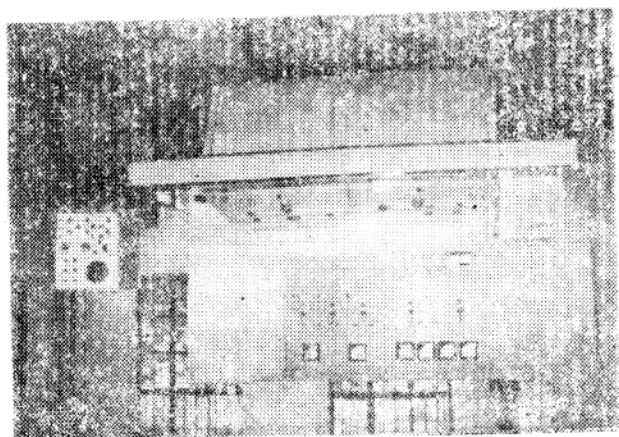
这一设备及试验室的总体布置与通常的“立体集中式”有所不同,可称之为“上下隔离式”,其特点是利用山坡地形高差,把工作段设在山坡顶上,把水泵、闸门等安装在山坡底下,试验室与水泵房相互隔离,两者之间用斜卧管联接起来,其优点是试验室比较安静,这对于测试工作是很有利的。

在布置方面的另一个特点是把减压箱与压力箱并列在一起,用管路加以联通,据实践总结,认为这样组合,可利用压力箱作为减压箱的稳流装置,避免减压试验中下游水位出现暴涨暴落的情况。该减压箱不设尾门,用改变水泵转速来调节水位。

该试验室的布置情况见图 1-1-7。

减压箱在侧壁旁路管道上装设一个小文杜里管,见照片 2-3-1,用以测定试验用水的实际抗拉强度,求出试验水的临界压力 p_c 值,据此来控制相应的试验真空度。

减压箱与压力箱共用一套动力设备及上下水管,运转时可以集中控制,照片 1-1-4 为中央控制台。用可控硅整流控制直流马达的转速,从而可任意调节水泵的转速和流量。



照片 1-1-4 中央控制台