

水工金属结构

第二分册

閘及操縱机械

刘国鈞 夏念凌編

水利电力出版社

內 容 提 要

全書共分三个分册分期出版，第一分册为“閘門”，已与讀者見面，第三分册为“欄污柵及管道”，不久也將出版。

在第二分册中除介紹了各种类型閘的結構性能、水力特征、經濟因素及設計原則外，还系統地說明了各种类型閘的发展过程及其前景。

对于操縱机械則着重于选型及确定設計原則，同时敘述了正在发展中的自动化操縱的一般概念。

本書的讀者对象为：1)大中小型水利建設工程技術人員；2)高等学校水利建筑系同学；3)各水电設計、施工單位。



水 工 金 屬 結 構

第二分册

刘国鈞 夏念凌編

*

1809S524

水利电力出版社出版 (北京西郊科學路二里溝)

北京市書刊出版業登記證出字第106号

水利电力出版社印刷厂排印 新华書店发行

*

787×1092 $\frac{1}{2}$ 开本 * 4 $\frac{1}{4}$ 印張 * 67千字

1959年1月北京第1版

1959年1月北京第1次印刷(0001—6,100册)

統一書号：15143·1420 定价(第10类)0.84元

目 录

第二篇 閘

第一章 概 述.....	94
2-1. 閘的分类和用途(94) 2-2. 閘型选择(94) 2-3. 设计资料(94) 2-4. 一般设计原则(94)	
第二章 針形閘.....	97
2-5. 概述(97) 2-6. 結構布置(97) 2-7. 針形閘的类型(98)	
第三章 管形閘.....	106
2-8. 概述(106) 2-9. 水力条件(108) 2-10. 设计条件(108)	
第四章 空注閘.....	109
2-11. 概述(109) 2-12. 水力条件(111) 2-13. 设计条件(113)	
第五章 錐形閘.....	116
2-14. 概述(116) 2-15. 結構布置(116) 2-16. 水力条件(117)	
第六章 蝶形閘.....	121
2-17. 概述(121) 2-18. 水力条件(121) 2-19. 結構布置(121) 2-20. 设计条件(122)	
第七章 栓塞閘.....	130
2-21. 概述(130)	
第八章 結束語.....	130

第三篇 操縱机械

第一章 分类及应用范围.....	132
3-1. 概述(132) 3-2. 按供給动力的分类及应用范围(132) 3-3. 按安装方法的分类及应用范围(132)	
3-4. 按操作方法的分类及应用范围(133)	
第二章 各种操縱机械.....	133
3-5. 手搖吊車(133) 3-6. 机械吊車(133) 3-7. 索鼓启閉机(135) 3-8. 鏈式启閉机(137) 3-9. 蝸杆启閉机(139) 3-10. 液壓启閉机(141)	
第三章 启閉机重量.....	142
3-11. 概述(142) 3-12. 弧形門启閉机(142) 3-13. 平板式閘門启閉机(143)	
第四章 设计条件.....	144
3-14. 概述(144) 3-15. 启閉速度(144) 3-16. 启閉力(145) 3-17. 吊点及固定装置(147) 3-18. 工作桥、启閉机室及控制室(147)	
第五章, 自动控制.....	150
3-19. 概述(150) 3-20. 水力自动操作(151) 3-21. 自动及遙控(158) 3-22. 遙測(159)	

第二篇 閘

第一章 概 述

2-1. 閘的分类和用途

凡堵水件永远位于水道中能保持任意开度至任何时段以调节流量者统称为閘。过去在低水头水庫上往往采用平板滑动式閘門来调节流量。約在20世紀初开始有高水头水庫，水庫的运用趋于綜合性，同时要求經濟使用水量，平板式滑动門在水力条件和机械性能上已不能滿足这一要求。为了精确地控制灌溉、航运、給水等需要的水量，便产生了閘。以后随着高坝的发展，閘的发展不仅在于高水头，高流速方面，并且它的尺寸也是逐漸增大的，在机械設計方面也有了許多改进。

閘的类型主要有針形閘，管形閘，空注閘，錐形閘，蝴蝶閘，栓塞閘等。其中除空注閘，錐形閘由于利用空气消能的关系必需安設于水道出口外，其它閘型都可以安設在水道上任何位置。但如安設位置不在出口时必须有一部分开启中有良好的进气条件。在实际运用中針形閘，管形閘，錐形閘，空注閘多安設于水道出口作为控制閘。蝴蝶閘，栓塞閘大多安設于压力管中部作为事故閘或檢修閘。

2-2. 閘型选择

每一水道都有它特有的条件和运用要求。因此对任一已定的水利樞紐应该从閘的客观条件和对閘提出的任务来选择閘型。以下叙述选择的几个主要因素：

水質的影响 当水中挟有沙石或帶酸性时几乎所有的閘型都不适宜。因为閘的堵水件与固定部件是以同心鑲塞式相对滑动的，这就非常容易使相对滑动面間的空隙和封水被堵塞或腐蝕，以致无法使用。在这种情况下，如果其它条件許可，最好采用蝴蝶閘或者安設一定数量的閘門，从开启閘門的数量和時間来达到调节流量的目的。例如在沙斯特坝上便安設了120套102吋活环滾动門，閘門安設在三层水道上，每一水道上安有前后二套，前者作为事故門，后者作为控制門(图2-1)。由于閘門数量多，分布高程不同，这便有灵活调节流量的可能。在大苦里坝上和华盛顿坝上也有同样的布置。

出口条件 当出口附近有电气设备或其它要求避免潮湿影响的建筑时最好采用針形閘，其次为空注閘^①。因为它们射流的范围比較小，使空气潮湿的影响小。錐形閘的射流扩散面很大，栓塞閘，蝴蝶閘，管形閘在部分开启时射流范围也較大，在上述情况下均不宜采用。由于各种閘的射流范围大小不一，因此有一些閘需要較大和費用較多的消能设备，在一定程度上以針形閘的消能设备最省。

閘的维护 在閘型选择中还必須考虑到它的维护条件。如果安裝后需要經常檢修，則会造成运轉費用上和可靠性上严重的缺点。气蝕是一直威胁着高水头閘的；在1909~1923年間美国設計了很多針形閘，安設于罗斯福坝，爱罗諾克(Arrowrock)坝，派司芬

^① 在文献〔4〕中称“……最好为空注閘，其次为針形閘”。作者以为前者系利用空气消能的效果比后者好，相反地应该是前者对于空气潮湿的影响較大。

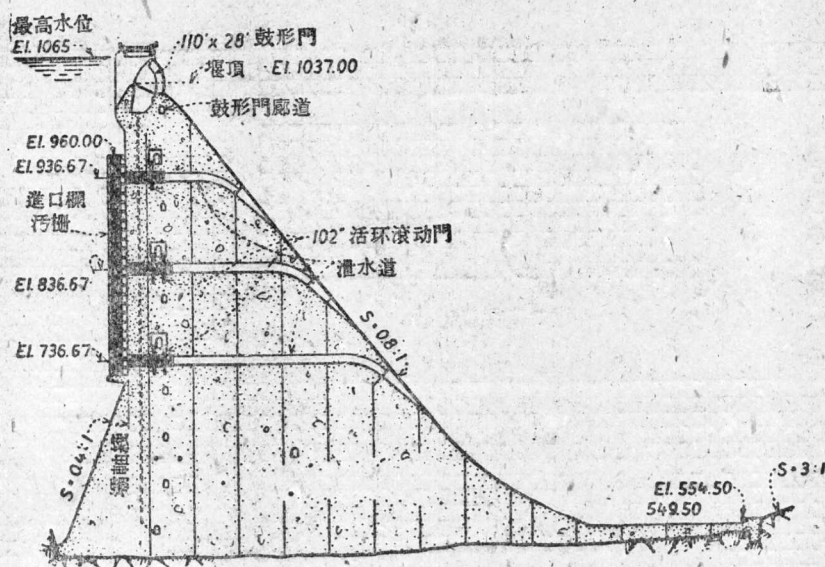


图2-1 沙斯特坝泄水道布置图

特尔(Pathfinder)坝, 休士响(Shoshone)坝, 埃里凡特巴梯(Elephant Butte)坝的进口, 在很短的运用期间都表明了当运用水头超过100呎时, 在閘舌尾部和閘的过水道表面都发现了严重的剥蚀, 以致停止使用或限制在最小开度下运用。

閘的經濟比較 閘型的最后采定除了以上所述的技术条件外还要作出經濟比較。在經濟比較中必須包括事故閘或檢修閘, 閘的操縱設備以及其他相应的金屬建筑或圬工建筑的費用。就閘而言, 它的費用与重量成正比, 而重量大致与閘的进口直径的三次方成正比。图2-2是几种閘的重量曲线, 估計造价时可以根据單位重量的造价乘以重量即得。

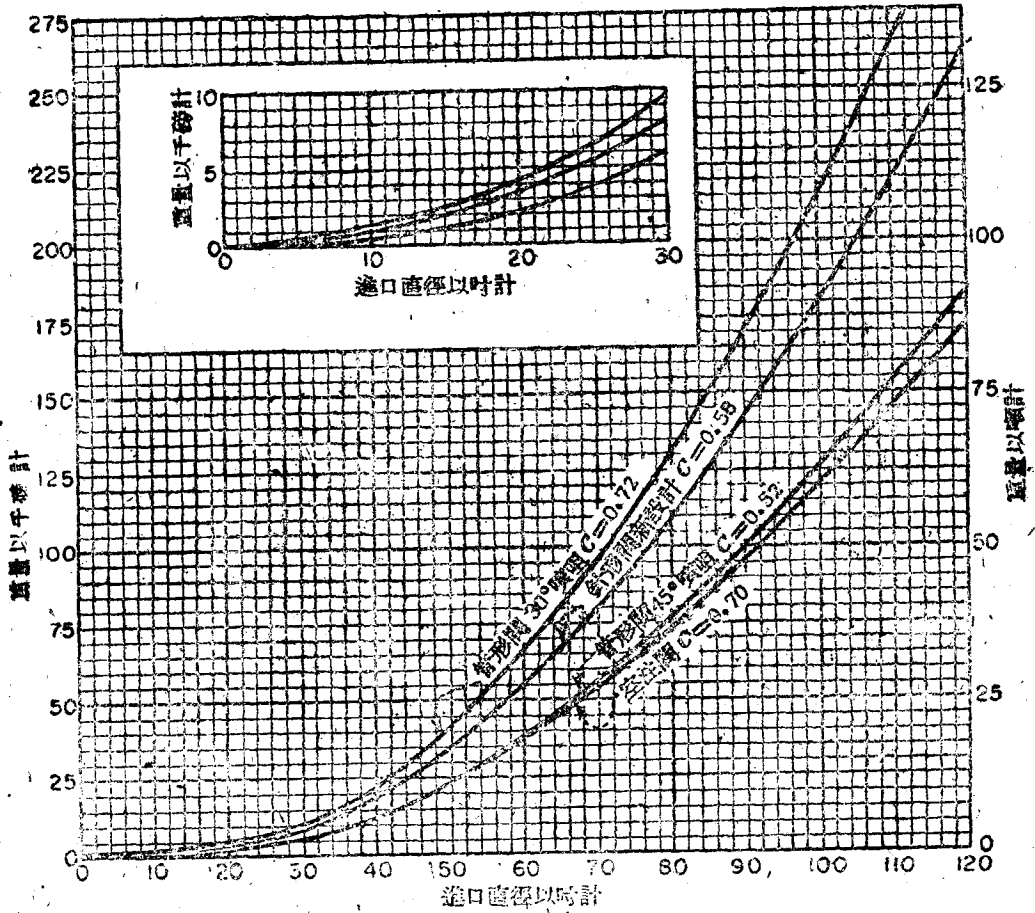
2-3. 設計資料

在进行設計之先必需确定以下的基本資料:

1. 水利樞紐的总佈置; 它應該包括閘的位置、数量和鄰近建筑的佈置;
2. 最大靜水头和运用水头;
3. 調节流量范围;
4. 每年运用次数, 時間;
5. 气候条件;
6. 要求控制方法和現場可能供給的动能;
7. 制造及运输条件。

2-4. 一般設計原則

在运用中, 閘进口处的靜水头位能至出口轉化为动能。靜水头愈高或流量愈大, 則动能愈大。对于这样巨大的能量如果不采取消能措施, 便会引起閘体或鄰近建筑物的毁坏, 因此要求:



		灰 鑄 鐵	鑄 鋼	合 金 銅 鋼	鋼 板	鋼	合 金 鋼	不 銹 鋼	摩 涅 爾 合 金	黃 銅	鋅	錫	合 計
設計水頭 小於 350'	管形閥 30°噴咀	690	028		.176	.030	.0025		.001	.058	.0072	.0073	1.000
	針形閥	705	.159			.026	.0022		.0018	.086	.010	.011	1.000
	管形閥 45°噴咀	725	.024		.152	.023	.003		.001	.057	.007	.009	1.000
	空注閥	887	.004			.042	.003		.0002	.051	.0064	.0064	1.000
設計水頭 350 ~ 600'	管形閥 30°噴咀	008	.639	.031	.220	.020	.0105		.001	.058	.0072	.0073	1.000
	針形閥		.643	.158		.020	.0702		.0018	.086	.010	.011	1.000
	管形閥 45°噴咀	006	.670	.031	.190	.020	.010		.001	.057	.007	.008	1.000
	空注閥	022	.695	.177		.020	.022		.0002	.051	.0064	.0064	1.000

图2-2 泄水閥重量

(重量系按最小压力为100磅/平方吋时估得)

1. 在任何开度下閘的过水道必需保持为正压。为了满足这一要求，必需使閘的噴嘴为突緣；閘舌封水环的直徑需大于閘壳封水环直徑；噴嘴圓錐角度等于或大于閘舌圓錐角度。但空注閘的噴嘴圓錐角度必需小于閘舌圓錐角度。因为它是上游封水的，控制断面在上游。

設計时应根据現存閘的各部分尺寸比值繪出初步布置图，然后通过水工模型試驗加以修正。

2. 最好將閘安設在水道出口，以保良好的供气和消能条件。必需安設于水道中部时应保証有充分的供气条件。需气量可从水工模型中加以測定，初步估算时可用第一篇第五章公式(1-2)計算。

第二章 針形閘

2-5. 概 述

針形閘(图2-3)是最早設計的一种閘型，适用于要求开度較小，保持時間較長的水道上。一般安設于水道出口，使射流直接进入空气中。如安設于水道中部^①，則随着流量的变化，进气量的变化也很大，而震动愈烈，其所发生的后果是难以估計和預防的。即使利用导流装置也难以改善。

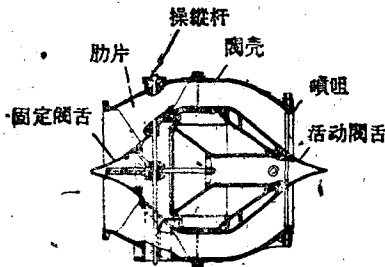


图2-3 針形閘

安設于水道出口时閘体最好伸出操縱室的下游牆壁。牆壁用重鋼筋混凝土做成八角形空穴，空穴边缘做成鳩尾榫鍵槽，在閘安裝好之后用貧混凝土填塞。这样可以保証当以后牆基发生沉陷时不致影响閘体的位置。这一安裝方法也适用于所有安設于水道出口的閘。

2-6. 結構 布置

針形閘由腰鼓形閘壳和針形閘舌(图2-3)及操縱机械所組成。閘舌兩端有封閉的舌尖以引导水流，上游段用肋片与閘壳固定，下游段是活动的，可以沿上游段閘舌內壁滑行。閘壳与閘舌形成一环形过道。过道断面必需适当地布置，以防止发生負压或气蝕，保証在任何开度下流态稳定。理想的过道断面应滿足水流以等加速向外射出，而以封水环为控制断面^②。为滿足上述条件，經過閘壳与閘舌曲綫上任一对对应点的切綫所成的夾角应沿水流方向逐渐减小。

針形閘用电动蜗杆操縱活动閘舌，以达到启閉。移动閘舌所需的力主要是克服活动閘舌与固定閘舌間的摩擦力，此摩擦力不大。但在最后关闭时为了达到密封，往往需要很大的力使閘舌与閘壳抵紧，这时往往將閘舌內室与上游連通，利用上游水压力来推动

① 指自进口至坝軸綫一段水道。

② 指流速最大，面积和压力最小的断面。

閘舌。上游水压力由双向閘控制，双向閘用手輪操縱，手輪处并附有指示器，以表示閘的开度。

2-7. 針形閘的类型

針形閘开始設計于1906年。以后虽累經改进，但截至目前还只有少数几种型式被采用。为了熟习过去的演变以利于今后設計起見，仅按其发展过程介紹如下：

安生閘 是在罗斯福坝上5'×10'高压滑动門损坏后为替代它而于1908年由安生(O. H. Ensign)設計的。閘的运轉方式与圓筒門相类似。閘体完全浸沒在水面以下，利用水压力控制閘舌上下移动。当水面降落至无法利用时，則用輔助油泵和水压机控制。由于構造和运用上的原因，它必需安設在水道进口，在它外面无法安設檢修門。因此除非降低水面至閘的安設高程以下，便无法进行檢修。初次安裝后在短期运轉中即发现进口附近的混凝土表面、閘舌、閘壳表面，特别是在导板附近，都有严重的气蝕現象。对于这些事故曾經作了很多补救：最先是拆換受損的部件或鑲补剝蝕部分。鑲补方法：对于混凝土表面是挖去受損部分后用水泥沙漿填补。对于金屬表面則挖去受損部分后用掺有鉄粉，阿母利亞，氯化物，硫黃的水泥沙漿填补。修补結果并不滿意。以后又用电弧焊补塞。所有这些嘗試在放水后除极少数外大部分鑲补物很快都脫落了。因此最后不能不停止使用。

图 2-4 是已經改进后的安生閘。閘舌可以用齿杆控制或液压控制，曾安設于爱罗洛克坝上，直徑58吋。

电动針形閘 图 2-5 示一电动針形閘。閘舌用电动蜗杆控制，是1919年安設在罗斯福坝上以代替安生閘的。它比安生閘优越之处是可以安設在水道出口，使水流直接投入空气中。上游可以安設檢修門，不必降低水面也可以进行閘的檢修工作。运用以来，情况尚屬良好。

平衡式針形閘 图 2-6 示一平衡式針形閘，于1922年开始安設在派司芬特尔坝泄水道出口。它是由电动針形閘改进而成的。与电动針形閘主要不同之点是操縱方法改变了，不象电动針形閘需要將水道出口做成弯段。平衡式針形閘运用不久，至1928年又发展成內差式針形閘和中差式針形閘。

內差式針形閘 图 2-7 是安設在波特尔坝上的內差式針形閘。它的閘舌較短，同时取消了包圍在固定閘舌外面的漸縮段。閘舌用压力室来达到平衡，因此称为內差式。閘舌上游段用很多短肋片与閘壳連結而固定不动，下游段沿上游段閘舌內套滑动。閘舌內有 A、B、C 三个压力室。当 A、C 兩室充水而达到平衡时活动閘舌向下游移动，以至关闭。反之，放空 A、C 兩室內的压力水而对 B 室充水时，活动閘舌向上游移动，以至开启。因此調节 A、B、C 三室內的压力，可以保持閘在任意开度。这样便大为減輕了操縱设备的負荷。水压力是利用上游靜水头用双向閘控制的。为了防止全开全关时活动閘舌与固定閘舌或閘壳发生冲撞，在操縱设备中已注意到使活动閘舌近于极限位置时减低速度。

由于取消了漸縮段，縮短了肋片的結果，便使閘的尺寸，重量以及造价都較平衡式針形閘降低很多，閘舌上的气蝕現象也减少了。惟在長期关闭后开始启动时会由于滑动面“积污”或銹蝕的原因增加启动时的額外負荷。在長期开启后关闭时又会由于同样的原

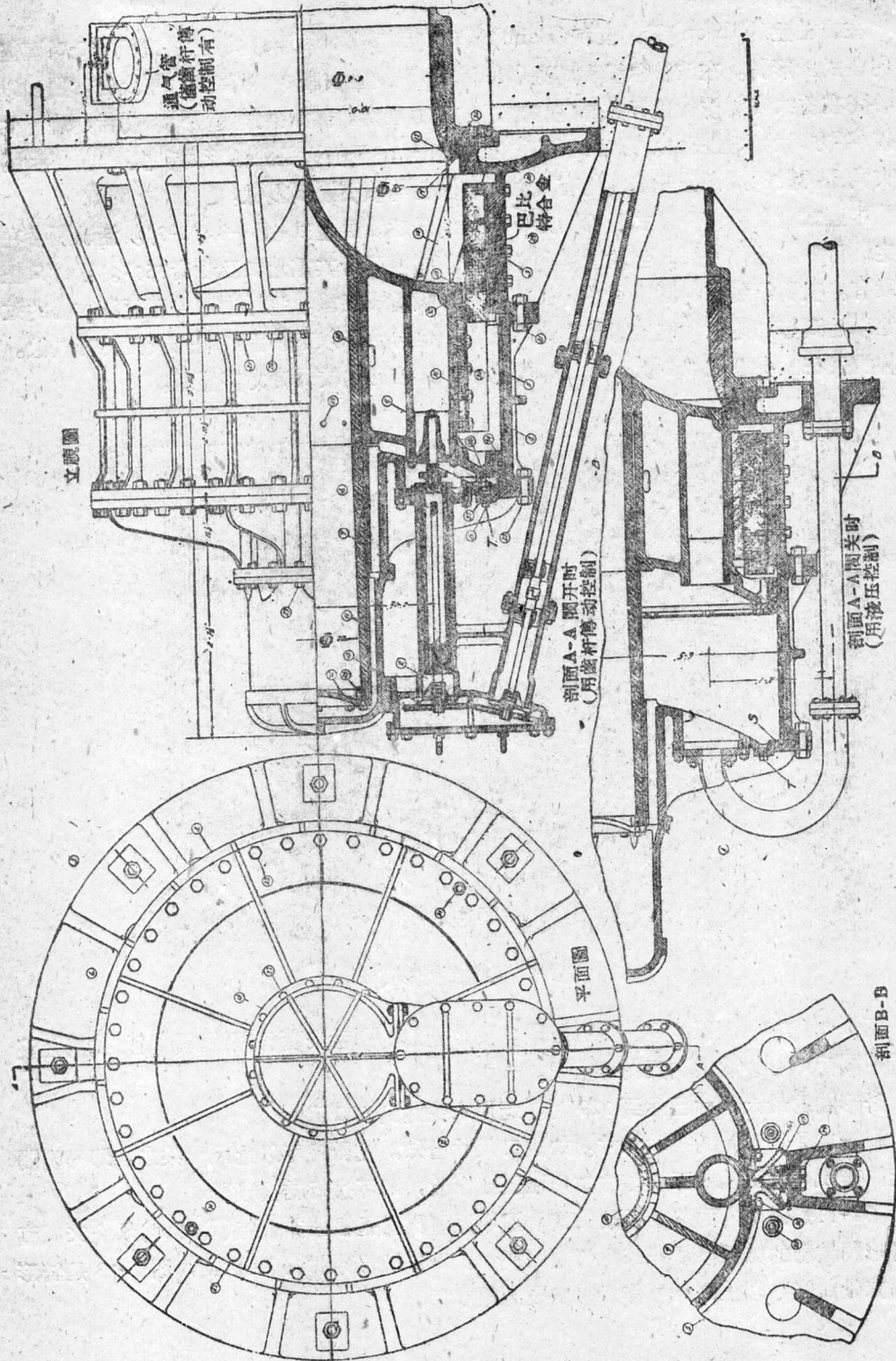


图2-4 58吋安生閥裝配圖

因影响密封。对这一问题曾经作了很多努力，仍得不到满意的结果，最后改进的结果便形成了中差式针形阀。

在吉柏生(Gibson)坝，爱柯(Echo)坝和柯里季(Coolidge)坝上曾安装了60吋直径的内差式针形阀。在波特尔坝和玛登(Madden)坝上曾安装84吋直径内差式针形阀。以上各阀在首次安装前曾进行过原型试验，试验结果指出：如果急速地关闭阀舌，将产生2磅/平方吋的水锤压力。以后运用的经验表明：由于喷嘴是圆弧形的和喷嘴与阀舌间的夹角是扩散的，部分开启时仍有气蚀，使阀舌与喷嘴遭到剥蚀。

中差式针形阀 中差式针形阀是针形阀的最后发展型式(图2-8, 2-9)。活动阀舌在固定阀壳外，阀壳较短。当泄量与内差式针形阀相同时其重量仅及后者75%。肋片只上游段有。喷嘴，阀舌的圆锥角各为 40° ， 39° ，喷嘴成突缘。这样便形成了逐渐收缩的过水道以达到等加速流，使气蚀现象大为改善。但封水环以下阀舌，阀壳表面仍有气蚀。这种现象在水头超过150呎，开度40%以下，开启时间较长时尤其显著。

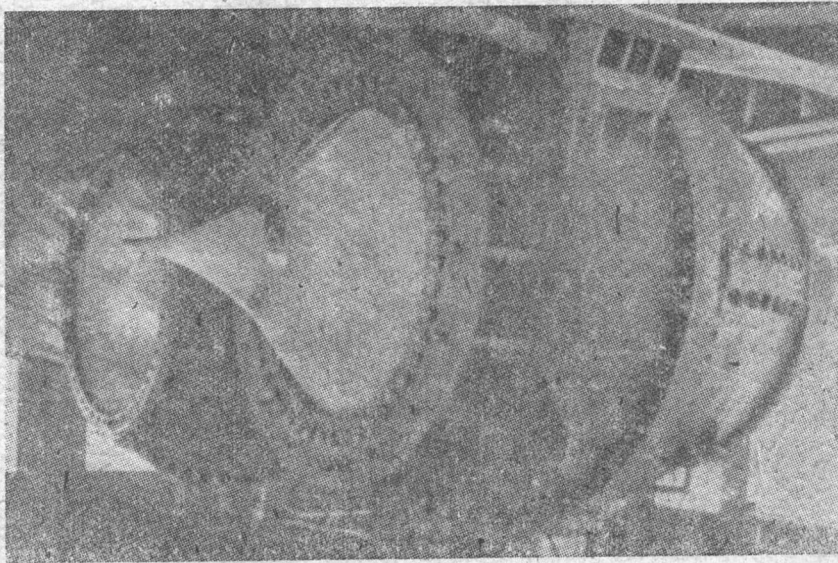


图2-8 中差式针形阀

图2-8是84吋直径的中差式针形阀。图中近边的阀舌表面已经镀锌。远边的阀还没有装上阀舌，可以看出阀壳内部情况。

针形阀的最大尺寸已达到129吋。运用水头达到600呎。

图2-10是针形阀的指示尺寸。如进口尺寸已知，设计时可以此尺寸乘之，即得出阀的大体布置，然后从水工模型中加以验证或修改，即可进行结构设计。

图2-11是针形阀的流量系数曲线。图中原型试验是根据弗兰特(Friant)坝上86吋直径针形阀试验的结果。图2-12为流量曲线，表2-1是针形阀的有关数据，图2-13是针形阀的重量曲线，以上资料可作为初步设计的参考。

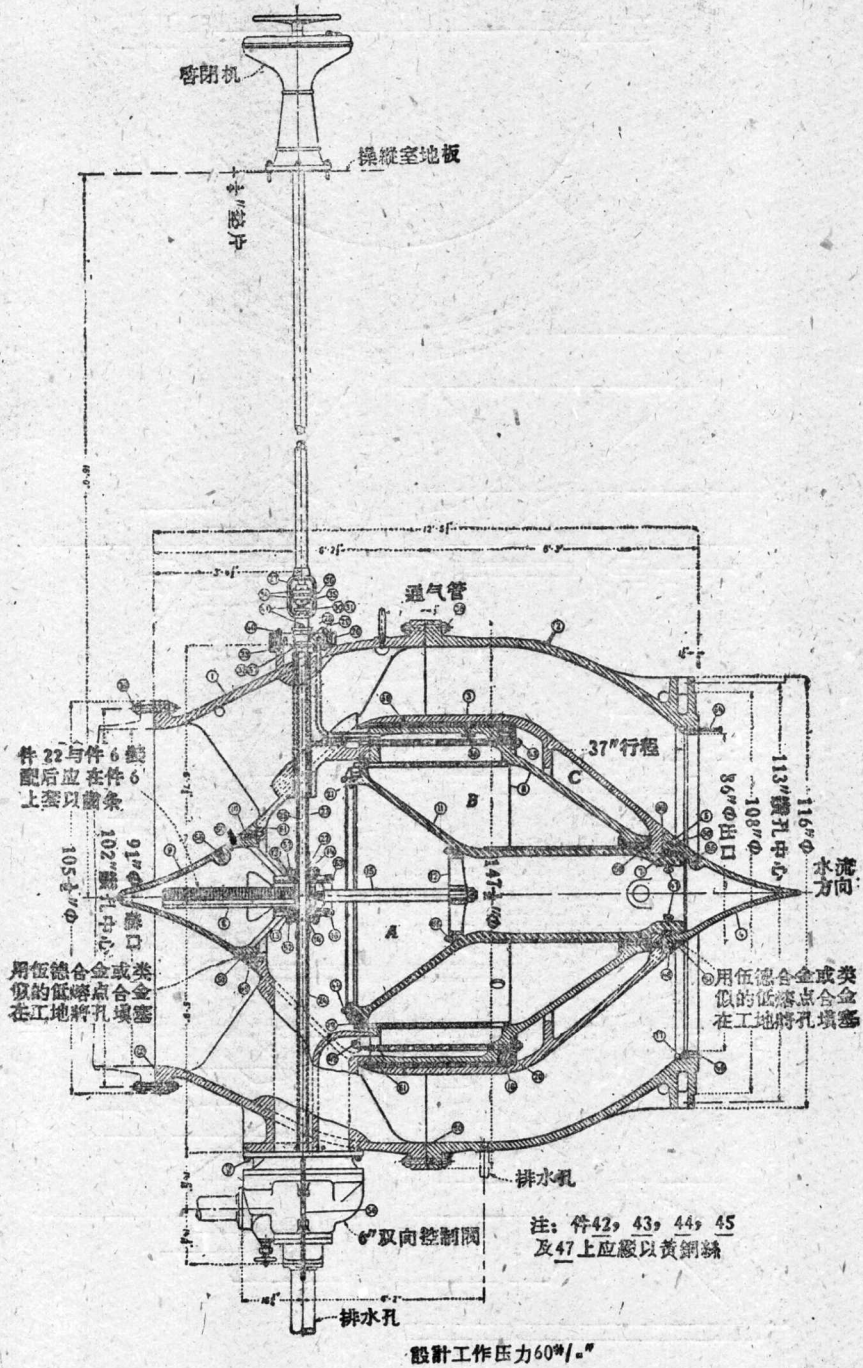


图2-9 86吋中差式针形阀装配图

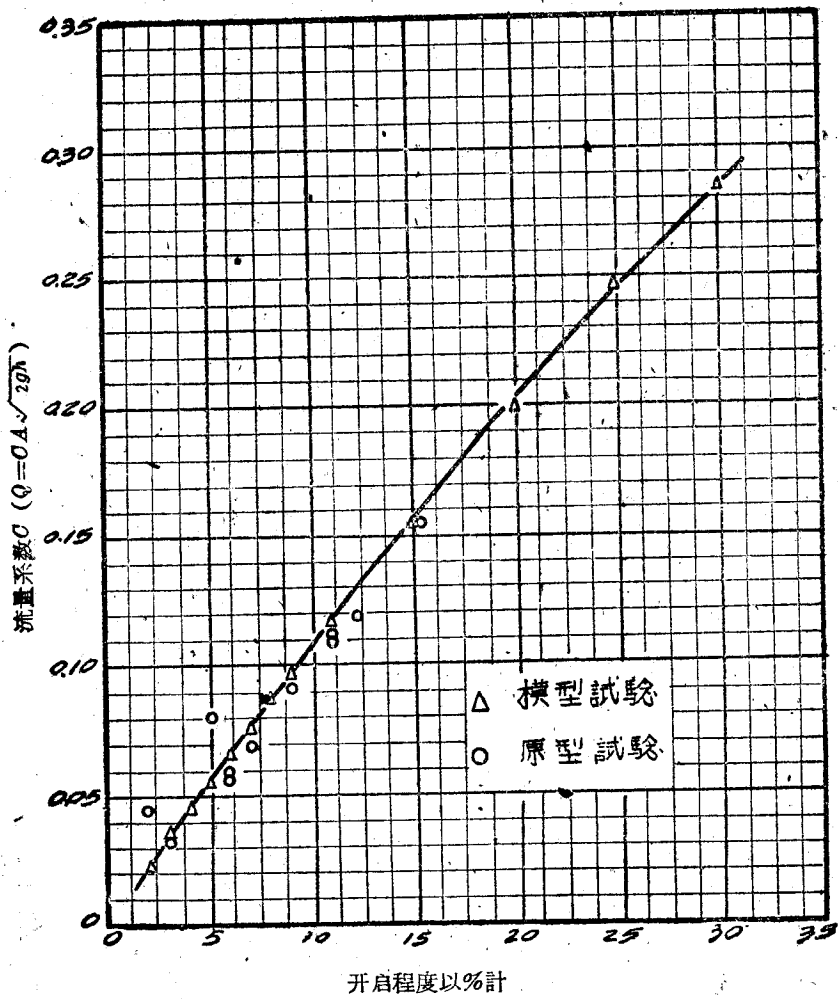
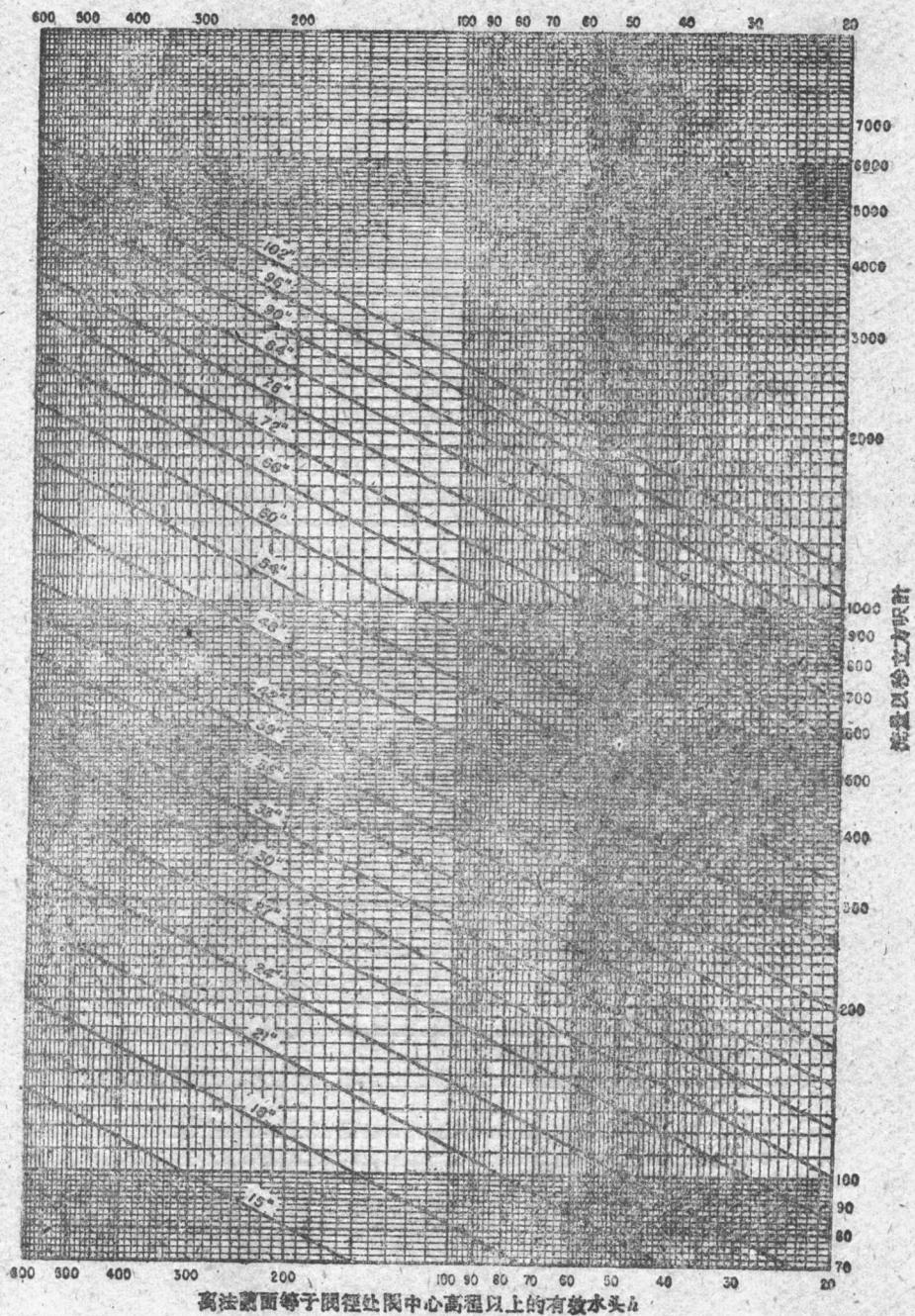
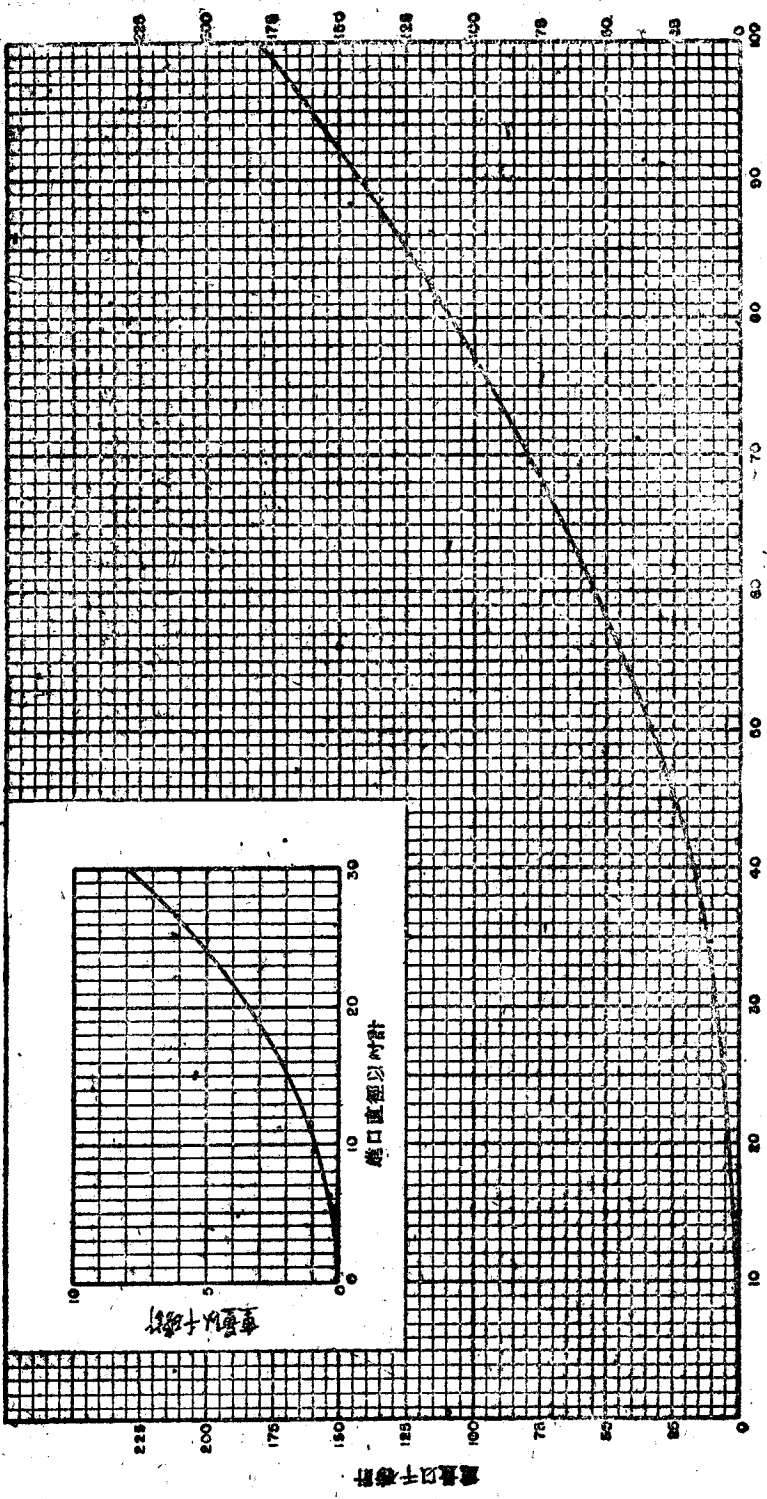


图2-11 針形閥流量系数曲线[17]



閥進口處 $C = 0.53$
 $A =$ 進口面積 (平方呎)
 $Q = CA\sqrt{2gh}$

图2-12 針形閥流量曲綫〔4〕



針口直徑以吋計

C = 58

圖 2-13 針形關係曲線 (4)

表 2-1

針形閥有关数据 [6]

型式	尺 (直径吋)	設計水头 (呎)	重 量 (千磅)	操縱方法	制造時間
b	24	50	4.50	油 压	1940
a	24	82	11.50	油 压	1924
c	30	107	8.50	双向閥	1937
a	36	214	28.00	油 压	1925
c	36	98	14.00	双向閥	1936
c	36	76	13.75	双向閥	1936
a	42	101	35.30	油 压	1928
b	42	381	28.50	双向閥	1930
c	42	97	19.00	双向閥	1937
a	48	214	21.00	机 械	1921
b	48	200	33.56	双向閥	1931
c	48	150	31.00	双向閥	1936
b	54	129	41.88	双向閥	1930
c	54	110	41.00	双向閥	1937
a	58	200	—	油 压	1914
a	60	120	90.90	油 压	1924
b	60	110	52.64	油 压	1928
c	60	189	51.75	双向閥	1936
c	66	165	66.50	双向閥	1937
b	72	610	117.90	双向閥	1935
b	84	427	153.30	双向閥	1934
b	84	431	130.00	双向閥	1933
c	84	162	137.50	双向閥	1936

注: 1. a——平衡式; b——內差式; c——中差式。

2. 表內大多数閥的进口直径大于出口直径20%。

第三章 管 形 閥

2-8. 概 述

管形閥(图2-14, 2-15)可以安設在水道中部或出口。它是从內差式針形閥发展而来的。活动閥舌成圓筒形, 操縱时不借水压力, 而用油泵, 电动蝸杆或人力操縱。閥舌內的压力室及其控制系统也取消了。这些改进使得閥的设计、制造大为简化。

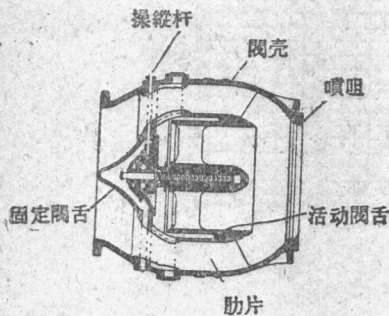


图2-14 管形閥

閥的一般尺寸为28~90吋直径, 較大級为90~102吋直径。由于适应运用上的要求而发展成如下两种型式:

中部式 噴嘴圓錐角为30°, 閥体較長, 宜安設于水道中部作为低水头調节閥。在沙斯特坝上曾安設了四套这种型式的閥, 在运用中表现当部分开启水头达到100呎时开始产生气蝕。水头再高, 則

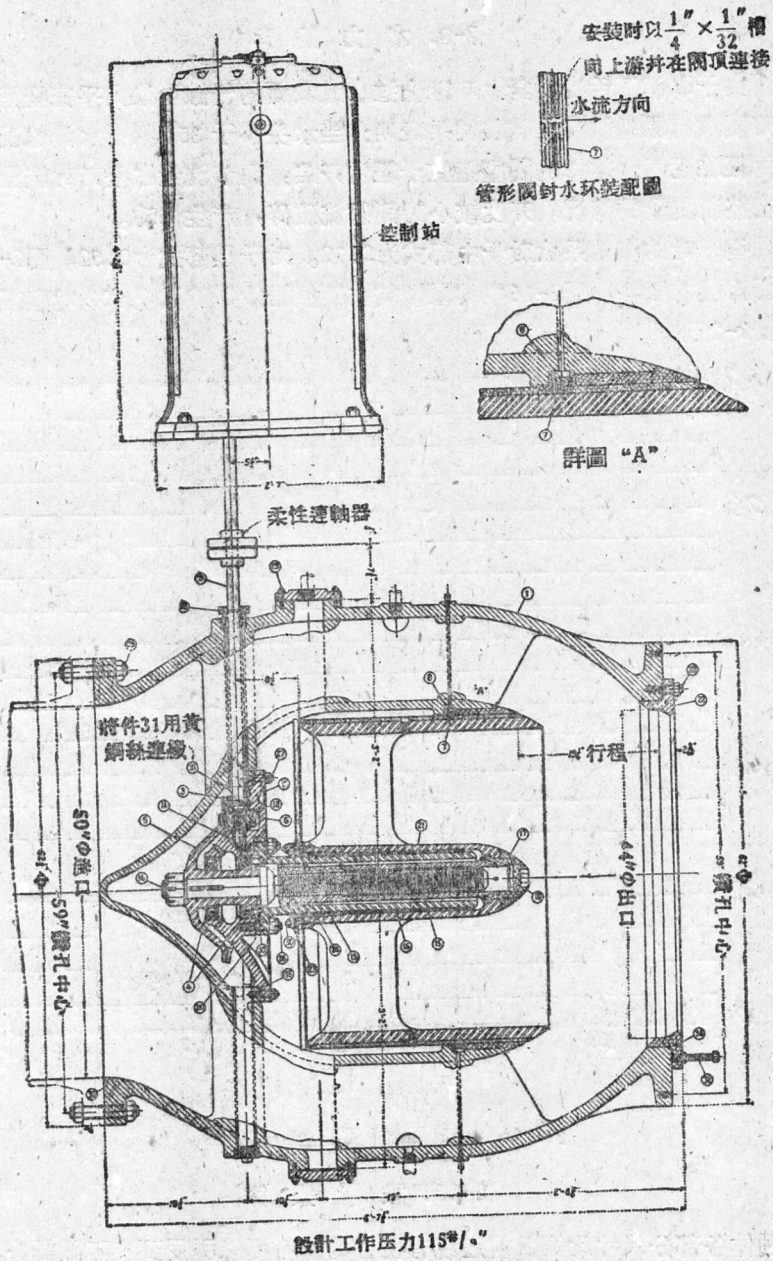


图2-15 44吋管形閘布置圖