

山东省水利勘测设计院 编

水闸设计 实例

山东科学技术出版社

水 闸 设 计 实 例

山东省水利勘测设计院 编

山东科学技术出版社

一九八四年·济南

水 闸 设 计 实 例

山东省水利勘测设计院 编

*

山东科学技术出版社出版

山东省新华书店发行

山东新华印刷厂德州厂印刷

*

787×1092毫米16开本 19.5印张 9 插页 222千字

1984年3月第1版 1984年3月第1次印刷

印数: 1—3,000

书号 16195·93 定价 3.20 元

前 言

为了提高水闸的设计质量，适应水闸建设的需要，现将我院设计的三个水闸典型实例汇编成册，供从事水利水电工程设计人员的参考。本书共分三篇，第一篇为混凝土灌注桩基础水闸设计，第二篇为强震区水闸设计，第三篇为无机架桥水闸设计。这三个典型实例，除强震区水闸尚待施工外，其余两个水闸工程，均已建成运用。

在编写过程中，我们尽量以原工程的设计指标及结构尺寸为依据，采用国家颁布的新规范新标准进行了重新校核，故计算成果与原设计成果略有出入。

参加本书编写工作的同志有张守悌、严芝达、林仁、吴松、刘雁秋、朱朋林、陶百勤。经由李志瀛、沈家珠、高良源、姜千里等同志校核。

编 者

1983年5月

目 录

第一篇 混凝土灌注桩基础水闸设计

第一章 基本资料	1	第三节 边墩桩基计算	64
第一节 设计指标和建筑物等级	1	第六章 闸墩计算	64
第二节 地质资料	1	第一节 中墩计算	64
第三节 各部位混凝土标号的采用和 混凝土及钢筋的设计强度	2	第二节 边墩计算	66
第四节 说明及附图	2	第七章 上游刺墙计算	73
第二章 水力学计算	4	第八章 机架桥计算	89
第一节 闸孔净宽计算	4	第一节 基本资料	89
第二节 消能设施	5	第二节 机架桥结构布置及结构计算 的几点说明	90
第三章 防渗设计	7	第三节 面板计算	92
第一节 防渗布置	7	第四节 次梁计算	94
第二节 渗透计算	8	第五节 主梁计算	96
第四章 闸室稳定计算	9	第六节 机架桥吊装核算	108
第一节 结构布置及稳定计算的说明	9	第九章 机架桥柱计算	111
第二节 外荷载计算	11	第一节 结构布置及结构计算的几点 说明	111
第三节 中墩稳定计算	17	第二节 机架桥柱计算	112
第四节 边墩稳定计算	22	第三节 边墩立柱计算	115
第五节 拉锚钢筋计算	32	第十章 小底板和桩台的计算	118
第五章 混凝土灌注桩桩基计算	33	第一节 小底板计算	118
第一节 桩基计算的几点说明	33	第二节 桩台计算	129
第二节 中墩桩基计算	34		

第二篇 强震区水闸设计

第一章 基本资料	132	第二节 中孔闸室整体稳定计算	143
第一节 规划指标及建筑物等级	132	第四章 中墩结构计算	159
第二节 地质资料	132	第一节 墩顶排架计算	159
第三节 工程材料计算数据	133	第二节 中墩计算	178
第四节 设计中的有关规定	134	第三节 中墩底板计算	191
第二章 水力学计算	135	第五章 边墩计算	216
第一节 水闸闸孔宽度计算	135	第一节 荷载计算	218
第二节 消能计算	137	第二节 边墩整体稳定计算	231
第三章 中孔闸室整体稳定计算	142	第三节 边墩配筋计算	243
第一节 闸室结构布置	142		

第三篇 无机架桥水闸设计

第一章 基本资料	250	第二节 计算公式	268
第一节 闸室布置及闸地质概况	250	第三节 应力合成	273
第二节 设计资料及基本数据的 确定	250	第四节 配筋计算	284
第二章 中墩荷载计算	253	第四章 闸门支铰牛腿配筋计算	291
第一节 概述	253	第一节 基本数据	291
第二节 运用情况及荷载计算	253	第二节 配筋计算	291
第三章 中墩应力及配筋计算	268	第五章 陡坡泄槽及挑流水力计算	294
第一节 概述	268	第一节 陡坡岸墙顶高程的拟定	294
		第二节 挑流消能计算	300

第一篇 混凝土灌注桩基础水闸设计

第一章 基本资料

第一节 设计指标和建筑物等级

某河道为拦河蓄水灌溉，拟修建一拦河闸工程，根据河道规划及运用要求，确定该闸设计指标为：

排涝流量： $Q = 702 \text{米}^3/\text{秒}$ ，相应闸后排涝水位为117.60米。

防洪流量： $Q = 1080 \text{米}^3/\text{秒}$ ，相应闸后防洪水位为119.10米。

设计河底高程：112.10米。

河底宽：135.0米，河道边坡为1 : 3。

闸正常挡水位：117.10米。

闸底板高程：112.10米。

闸门顶高程：118.10米。

建筑物等级：2级。

第二节 地质资料

闸址处河底地层土壤分布不均，根据勘探资料分别为粉砂土、亚砂土、砂土交错分布。其柱状图见第五章图（1—5—3）。土壤的物理力学指标如下：

基础部分

混凝土与地基的摩擦系数： $f = 0.25$ 。

土壤湿容重： $\gamma_{\text{湿}} = 1.8 \text{吨}/\text{米}^3$ 。

土壤饱和容重： $\gamma_{\text{饱}} = 2.0 \text{吨}/\text{米}^3$ 。

土壤浮容重： $\gamma_{\text{浮}} = 1.0 \text{吨}/\text{米}^3$ 。

地基允许承载力： $[\sigma] = 10 \text{吨}/\text{米}^2$ （用于闸室部分）。

边墩后回填土部分

土壤凝聚力： $C = 0.5 \text{吨}/\text{米}^2$ 。

土壤内摩擦角： $\phi = 14^\circ$ 。

土壤湿容重： $\gamma_{\text{湿}} = 1.8 \text{吨}/\text{米}^3$ 。

土壤饱和容重： $\gamma_{\text{饱}} = 2.0 \text{吨}/\text{米}^3$ 。

土壤浮容重： $\gamma_{\text{浮}} = 1.0 \text{吨}/\text{米}^3$ 。

第三节 各部混凝土标号的采用和混凝土及钢筋的设计强度

各部位混凝土标号的采用见表(1—1—1)。

混凝土及钢筋设计强度见表(1—1—2)。

各 部 位 混 凝 土 标 号 表

表(1—1—1)

部 位	混凝土标号	抗 渗	抗 冻
上游铺盖、下游护坦垫层	100		
上游铺盖、闸底板、下游护坦	150	S ₄	D ₅₀
中墩、边墩、上游混凝土护坡	150	S ₄	D ₅₀
交通桥、机架桥、机架桥柱	200		
混凝土灌注桩	200		

注：表中S₄表示防渗要求的标号。

D₅₀表示防冻要求的标号。

混凝土的设计强度及弹性模量(公斤/厘米²)

表(1—1—2)

强 度 种 类	符 号	混 凝 土 标 号			
		100	150	200	250
轴 心 抗 压	R _a	55	85	110	145
弯 曲 抗 压	R _w	70	105	140	180
抗 拉	R _t	8	10.5	13	15.5
抗 裂	R _f	10	13	15	19
弹 性 模 量	E _b	1.85×10 ⁵	2.3×10 ⁵	2.6×10 ⁵	2.85×10 ⁵

I级钢筋受拉设计强度 R_g=2400(公斤/厘米²)

I级钢筋的弹性模量 E_g=2.1×10⁶(公斤/厘米²)

第四节 说 明 及 附 图

本实例经过1970年、1975年两次整理编印，这次整理是在上述基础上进行的。该工程已经施工完成，运用已十余年，主体工程运用情况良好。其主要结构尺寸，均与实际工程相符，混凝土标号改用新规范统一标号。

这次整理校核，采用《水工钢筋混凝土结构设计规范SDJ20-78(试行)》及三院校编《水工钢筋混凝土结构》1974年版进行校核计算。

本实例采用10×6米(宽×高)露顶式平面钢闸门，启闭机选用2×25吨双吊点固定卷扬启闭机。

本实例仅整理校核水工结构部份。

混凝土灌注桩基础水闸总平面布置见图(1—1—1,附后)。纵断面图见图(1—1—2)。上游正视图见图(1—1—3)。

第二章 水力学计算

第一节 闸孔净宽计算

按淹没式宽顶堰公式计算（参见柯莫夫著《水力学》第334页）：

$$Q = \varepsilon \varphi b h \sqrt{2g(H_0 - h)} = \varepsilon \varphi b h \sqrt{2gz} \quad b = \frac{Q}{\varepsilon \varphi h \sqrt{2gz}}$$

式中：Q——过闸流量，米³/秒。

ε ——侧收缩系数，取 $\varepsilon = 0.90$ 。

φ ——流速系数，取 $\varphi = 0.95$ 。

b——闸孔净宽，米。

h——闸下游水深，米。

H_0 ——包括行近流速水头的堰前水头。

Z——上下游水头差，因流速较小忽略行近流速水头，取 $Z_0 = Z$ 。

g——重力加速度。

一、排涝时期闸孔净宽计算

排涝流量 $Q = 702 \text{ 米}^3/\text{秒}$ ，相应闸下游水深 $h = 117.60 - 112.10 = 5.50 \text{ 米}$ 。

$$\begin{aligned} b &= \frac{Q}{\varepsilon \varphi h \sqrt{2gz}} \\ &= \frac{702}{0.90 \times 0.95 \times 5.5 \sqrt{19.62 \times Z}} \\ &= \frac{33.70}{\sqrt{Z}} \end{aligned}$$

假设不同水头差Z，所需闸孔净宽b，列表（1—2—1）计算于下：

闸孔净宽计算表 表（1—2—1）

Z 米	$\sqrt{Z}$	b 米
0.05	0.224	150
0.10	0.316	107
0.15	0.387	87
0.20	0.447	75
0.25	0.500	67

二、防洪时期闸孔净宽计算

防洪流量 $Q = 1080 \text{ 米}^3/\text{秒}$ ，相应闸下游水深 $h = 119.10 - 112.10 = 7.0 \text{ 米}$ 。

$$\begin{aligned} b &= \frac{1080}{0.90 \times 0.95 \times 7.0 \times \sqrt{19.62 \times Z}} \\ &= \frac{40.7}{\sqrt{Z}} \end{aligned}$$

假设不同水头差Z，所需闸孔净宽b，列表（1—2—2）计算于下：

闸孔净宽计算表 表（1—2—2）

Z 米	$\sqrt{Z}$	b 米
0.05	0.224	182
0.10	0.316	129
0.15	0.387	105
0.20	0.447	91
0.25	0.500	81

三、闸孔净宽选定

根据规划任务的要求，上、下游水位差不得大于0.10米和河道设计宽度，经研究选定**b** = 130米为宜，每孔净宽10米，共13孔，相应上下游水头差为：

$$\text{排涝时期：} Z = \left(\frac{33.70}{130} \right)^2 = 0.07 \text{米，相应闸前水位为117.67米。}$$

$$\text{防洪时期：} Z = \left(\frac{40.7}{130} \right)^2 = 0.10 \text{米，相应闸前水位为119.20米。}$$

第二节 消能设施

平原地区拦河闸在行洪排涝期间（此时全闸孔闸门全部开启），闸室上下游水头差一般是比较小的，因此对下游消能不是危险情况。全闸孔均按一定开度开启，此时对下游消能可能比上一种情况偏危险些，在多闸孔的情况下，下泄一定流量，全闸孔均按一定开度开启，在管理运用上，是不容易做到的。对下游消能最危险的情况则是部分闸孔控制不同开度，这种情况在实际管理运用中则是常常遇到的。对后一种情况，我们经过计算和水工模型试验，消力池加坎和消力坎两方案比较，从消能效果上看，两方案差不多，从施工、经济、闸室稳定上看，消力坎方案有利。故本工程采用消力坎方案。其水工模型试验结果如表（1—2—3）。

水工模型试验成果表

表（1—2—3）

工程名称	上游水位（米）	闸门开度（米）	下游水位（米）	流速特征 (闸墩后沿河以下50米断面)				消能工程布置图
				平均流速 (断面平均) (米/秒)	最大流速 (垂线平均) (米/秒)	最大流速位置	最大流速	
							平均流速	
× × × 闸	5	0.5	0.7	1.46	1.79	开孔中	1.2	
		1.0	1.5	0.95	1.62	开孔中	1.7	
× × × × 闸	7	0.5	0.76	1.52	1.68	闭孔中	1.1	
		1.0	1.5	1.24	1.6	开孔中	1.4	

以上控制条件是根据室内试验结果提出的, 与实际情况不可能完全一致, 因此, 应在实际运用中总结经验, 找出保证工程安全又便于管理运用的规律。

闸孔开启程序表

[illegible]

第一节 防 渗 布 置

滞渗长度与地基土层有很大关系。由地质资料查得，高程110.60米以上为中细砂层，高程110.60~109.60米约有1米厚粘性土层，再下为粉砂。为充分利用天然粘性土层起滞渗作用，闸室底板两端加做深1.5米齿坎，插入天然粘性土层内。但是，此1.0米厚粘性土层分布是否均匀，是否足以形成一个天然铺盖，为安全计，仍按中细砂层考虑渗径长度。当下游设有排水反滤，查勃莱系数 $C = 6$ ，则所需渗径长度 L ：

$$L = CH = 6 \times 5 = 30 \text{米}$$
$$L = CH = 6 \times 6 = 36 \text{米}$$

边墩上游端两侧设有钢筋混凝土刺墙，长9.4米，以增强绕流防渗措施。

Figure 1 is a technical drawing of a rectangular structure, likely a mold or frame. The top edge is labeled "铺盖" (Cover) and "闸底板" (Gate Bottom Plate). The left side has dimensions 0.5, 1, 2, 3, 4. The right side has dimensions 14, 12, 11, 10, 9, 8, 7, 6, 5. The bottom edge has dimensions 16, 0.5, 0.3, 12.4, 0.3, 0.5. The overall width is 18, and the overall height is 14.

7

第二节 渗 透 计 算

本工程水头较低，故作用于底板上的渗透压力，按直线比例法勃莱假定计算。

一、正 常 运 用 时 期

当水头 $H=5.0$ 米时，渗径长度：

$$L = 1 + 0.5 + 16 + 2 \times 0.5 \times \sqrt{2} + 0.5 + 0.5 + 0.5 + 12.4 + 2 \times 0.3 \times \sqrt{2} + 0.5 + 1.5 = 35.66 \text{ 米}$$

渗透坡降：

$$J = \frac{H}{L} = \frac{5}{35.66} = 0.1402$$

地下轮廓各点渗压水头按下式计算：

$$h_x = JL_x = 0.1402L_x$$

式中： h_x —地下轮廓某点的渗压水头，米。

L_x —地下轮廓某点距下游出逸点的距离，米。

各点的渗压水头列表（1—3—1）计算于下：

渗 压 水 头 计 算 表

表（1—3—1）

序 号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
L_x 米	35.66	34.66	34.16	33.45	17.45	13.74	16.24	15.74	15.24	14.82	2.42	2.0	1.5	0
h_x 米	5.0	4.86	4.79	4.69	2.45	2.35	2.23	2.21	2.14	2.03	0.34	0.28	0.21	0

二、校 核 运 用 时 期

当水头 $H=6.0$ 米时，渗透坡降：

$$J = \frac{6}{35.66} = 0.1682$$

地下轮廓各点渗压水头列表（1—3—2）计算于下：

渗 压 水 头 计 算 表

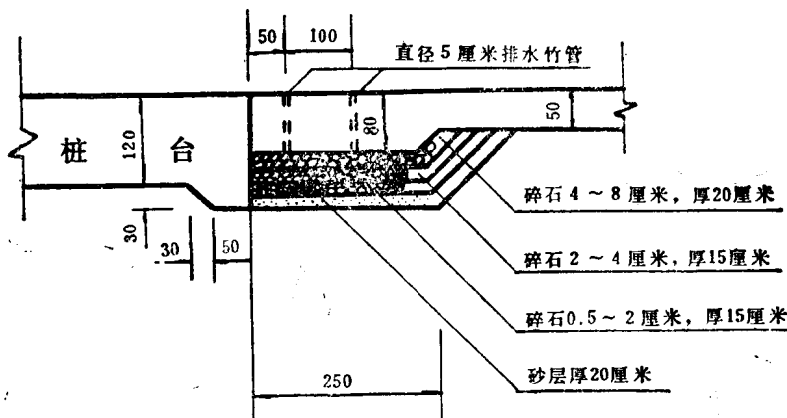
表（1—3—2）

序 号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
L_x 米	35.66	34.66	34.16	33.45	17.45	16.74	16.24	15.74	15.24	14.82	2.42	2.0	1.5	0
h_x 米	6.0	5.83	5.75	5.63	2.94	2.82	2.73	2.65	2.56	2.49	0.41	0.34	0.25	0

底板中部虽位于中细砂地基上，但由于上下游两端齿坎已插入粘性土层内（塑性指数 $I_p > 7$ ），已将中部砂层封闭起来，故可不进行管涌校核。水流在下游出逸处渗压极

小，而地基上部有0.7米厚的反滤层及0.8米厚的护坦，故认为流土现象也不会发生。

反滤层做在粘性土地基上，其层次及粒径要求如图（1—3—2）。

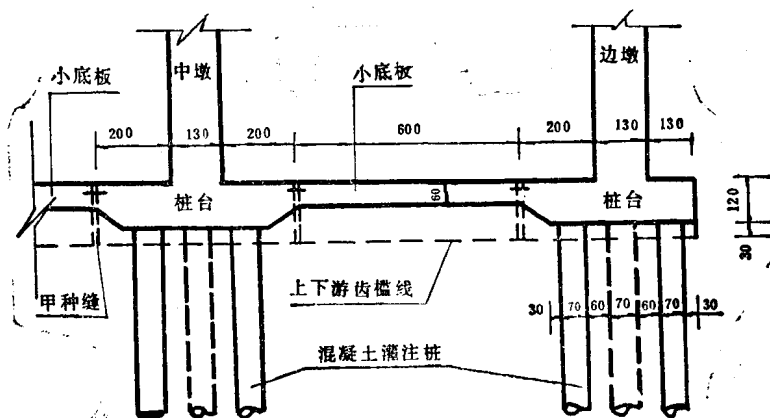


图（1—3—2）反滤层布置图（单位：以厘米计）

第四章 闸室稳定计算

第一节 结构布置及稳定计算的说明

闸室基础型式作了两种方案的比较：一为大底板方案，另一为混凝土灌注桩桩基方案。经过比较，后一方案比前一方案约减少混凝土一千余立方米；特别对软弱基础，后一种方案较前一种方案更为安全可靠。故闸室基础采用混凝土灌注桩桩基型式，闸孔采用二道分缝，中间由小底板联结；这样整个闸室由小底板和桩台两部分组成。其结构尺寸如图（1—4—1）。



图（1—4—1）闸室结构图（单位：以厘米计）

闸门采用10×6米（宽×高）露顶式平面钢闸门。启闭机选用2×25吨双吊点卷扬固定式启闭机。

为满足当地群众生产要求，闸室上部附设生产桥宽5米，按汽—8级标准设计。

稳定计算的几点说明：

第一、计算闸室抗滑稳定时，考虑桩基桩台与地基摩擦力和阻滑板共同工作时抗滑安全系数K须满足：

正常运用时期： $K \geq 1.30$ 。

校核运用时期： $K \geq 1.15$ 。

当只考虑桩基和桩台工作，阻滑板仅作一种安全因素时，闸身安全系数： $K \geq 1.0$ 。

第二、为使桩基中各桩在不同运用时期中所承受的荷载（包括垂直与水平荷载两个方面），相差不致过大，地基应力不均匀系数 η 要求不大于2.0。

第三、混凝土容重采用2.4吨/米³。最大风速由气象资料查得为18米/秒。

第四、本闸为群桩基础，闸身全部荷载（包括垂直荷载及水平荷载）考虑由桩基桩台和阻滑板共同工作。桩基和桩台系浇筑成整体，桩台位于中墩以下，且上游有铺盖，下游有护坦联结。根据《承台版座位于地面之下的桩基内与计算方法的探讨》一文中引用的试验资料（见表1—4—1），认为承台底面土壤的垂直反力大约为垂直外力的

承台底面土压力与垂直荷载的关系表

表（1—4—1）

桩号	P总荷重（吨）	T承台底面土压力（吨）	T/P%
群 ₁ (承台面积 桩尖面积 = 1.73)	57.1	12.29	21.5
	94.0	19.44	20.7
	131.0	25.12	19.2
	166.9	34.90	20.9
	180.0	40.0	22.2
	192.3	42.3	22.0
群 ₂ (承台面积 桩尖面积 = 1.52)	70.4	8.95	12.7
	101.3	15.75	15.5
	132.0	20.99	15.9
	163.5	29.17	17.8
	193.3	39.75	20.6
群 ₃ (Ⅱ)	24.2	4.71	19.5
	(47.6)	11.8	24.8
	89.1	18.0	20.2
	121.4	28.6	23.6
	153.9	36.4	23.7
群 ₄ (Ⅱ)	98.3	19.1	19.4
	121.0	24.6	20.3
	172.0	34.5	20.1

注：本表引摘自《爆扩短桩和桩台受力性能的研究及计算》（1972年12月国家建委建筑科学研究院资料）。

15~25%，本闸选用桩台承重占全部垂直荷载的15%，以计算闸身抗滑稳定。

第五、桩的水平许可承载力，选用每根桩承受15吨。

第二节 外 荷 载 计 算

一、静 水 压 力

静水压力按三角形分布。作用于单位长度上的静水压力，按下式计算：

$$P = \frac{1}{2} \gamma H^2$$

式中： γ ——水的容重，取 $\gamma = 1.0$ 吨/米³。

H ——由上游水位算至底板与铺盖间的止水的深度，米。

1. 正常运用情况

当水头 $H = 5.2$ 米时：

$$P = \frac{1}{2} \times 1.0 \times 5.2^2 = 13.52 \text{ 吨/米}$$

$$y = \frac{1}{3} H = \frac{1}{3} \times 5.2 = 1.73 \text{ 米}$$

2. 校核运用情况

当水头 $H = 6.2$ 米时：

$$P = \frac{1}{2} \times 1.0 \times 6.2^2 = 19.22 \text{ 吨/米}$$

$$y = \frac{1}{3} \times 6.2 = 2.07 \text{ 米}$$

二、渗 透 压 力 计 算

1. 正常运用时期

(1) 闸室垂直渗压力：

$$W_1 = \frac{1}{2} (2.21 + 0.21) \times 14 \times 5.3 \times 1.0 = 89.8 \text{ 吨} \uparrow$$

合力作用点距闸室中心的距离：

$$e_0 = \frac{14}{3} \left(\frac{2 \times 2.21 + 0.21}{2.21 + 0.21} \right) - 7.0 = 1.93 \text{ 米}$$

(2) 闸室水平渗压力：

$$P_1 = \frac{1}{2} (2.28 + 2.21) \times 0.5 \times 5.3 \times 1.0 = 5.9 \text{ 吨}$$

合力作用点距闸室中心O点的垂直距离：

$$e = 0.3 - \frac{0.5}{3} \left(\frac{2.28 \times 2 + 2.21}{2.28 + 2.21} \right) = 0.05 \text{ 米}$$

2. 校核运用时期