

289645

成都工學院  
基本學費

高等学校交流讲义

# 水工建筑物

下 册

陕西工业大学水利系水工结构教研组编

只限学校内部使用



中国工业出版社

519  
71134  
T2

高等学校交流讲义



# 水 工 建 筑 物

下 册

陕西工业大学水利系水工结构教研组编

中国工业出版社

水工建筑物教材除緒論外共十二章。專門論述各种有关的水工建筑物和其設計方法与原理，并較系統地反映了我国水利建設的新成就和国外的先进經驗。本书是在总结自1958年贯彻党的教育方針以来教学改革經驗的基础上，通过参加实际生产設計与施工及参加科学研究工作而进行編写的。经过两年的試用，先后作了两次修改。

全书共分上、下两册，上册主要内容包括：重力坝、拱坝、支墩坝、土坝和堆砌石坝及混合坝；下册主要内容包括：坝外泄水建筑物、閘門、取水建筑物、輸水建筑物、樞紐中通航及过魚、过木建筑物、河川水和樞紐的設計和水工建筑物的技术运用与研究等。本书可作为高等工业院校河川樞紐及水电站建筑和水利工程施工等专业的教材，并可供水工設計、施工技术人员与科学研究人員参考。

本书由陕西工业大学水工結構教研組集体編写。

## 水 工 建 筑 物

### 下 册

陕西工业大学水利系水工結構教研組編

\*

中国工业出版社出版(北京佟麟閣路丙10号)

(北京市书刊出版事业許可証出字第110号)

中国工业出版社第二印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

\*

开本787×1092<sup>1</sup>/<sub>16</sub>·印張21<sup>3</sup>/<sub>8</sub>·字數481,000

1961年10月北京第一版·1961年10月北京第一次印刷

印数0001—2,343·定价(10-6)2.55元

統一书号：15165·904(水电-134)

## 目 录

第六章 坝外泄水建筑物 .....	4	四、带有舌瓣的平面闸门, 双扇平面闸门 与多扇平面闸门 .....	51
第一节 概述 .....	4	五、迭梁闸板 .....	54
一、泄水建筑物的分类 .....	4	六、木插板门 .....	56
二、泄水建筑物的泄水能力 .....	5	七、平面闸门的特点与应用范围 .....	57
三、坝外泄水建筑物的采用条件 .....	5	第三节 露顶弧形闸门 .....	57
第二节 槽式溢洪道 .....	5	一、弧形闸门的工作条件 .....	58
一、一般布置 .....	5	二、弧形闸门的布置与构造 .....	59
二、选择溢洪道的位置时应考虑的条件 .....	6	三、弧形闸门的支承铰链、止水、起门力 及闸门的稳定校核 .....	62
三、溢洪道主要部分的构造 .....	7	四、特殊结构的弧形闸门 .....	67
四、溢洪道设计简述 .....	12	五、弧形闸门的特点及应用范围 .....	68
第三节 侧槽式溢洪道 .....	13	第四节 其他型式的露顶闸门 .....	68
第四节 沟式溢洪道 .....	13	一、园弧闸门 .....	68
第五节 井式溢洪道 .....	14	二、扇形闸门 .....	74
一、一般布置 .....	14	三、屋顶式闸门 .....	78
二、井式溢洪道的水力计算与构造 .....	15	四、舌瓣闸门 .....	80
第六节 具有侧堰(或正堰)的溢洪隧洞 式溢洪道 .....	19	五、露顶闸门型式的选择 .....	82
第七节 塔式及虹吸式溢洪道 .....	20	第五节 深水闸门及閘 .....	84
一、塔式溢洪道 .....	20	一、深水闸门 .....	84
二、虹吸式溢洪道 .....	20	二、閘 .....	93
第八节 泄水孔(放水孔)的 分类及其主要组成部分 .....	21	三、深水闸门及閘的型式选择 .....	98
第九节 管式泄水孔(放水孔) .....	23	第六节 闸门的启闭设备与工作桥 .....	100
一、泄水孔的管道 .....	23	一、闸门启闭设备的分类 .....	100
二、首部结构及閘室 .....	25	二、启闭设备中的传动机械 .....	101
三、出口消能设备 .....	31	三、启闭闸门的附属设备 .....	104
四、进水管与尾水渠 .....	32	四、启闭设备的功率、速度与重量 .....	107
五、渐变段 .....	32	五、自动控制 .....	107
第十节 隧洞式泄水孔 .....	32	六、工作桥与启闭室 .....	108
第十一节 泄水孔类型的选择 .....	34	第七节 闸门的安装与运用 .....	109
第七章 闸门及其附属设备 .....	36	一、闸门的安装 .....	109
第一节 概述 .....	36	二、埋装部分及其安装 .....	110
一、一般概念 .....	36	三、闸门的运行 .....	111
二、闸门的分类 .....	36	第八章 取水建筑物 .....	113
三、闸门的工作条件 .....	38	第一节 取水建筑物的功用 及对它的要求 .....	113
第二节 露顶平面闸门 .....	41	第二节 開啟式取水建筑物的布置 .....	114
一、平面闸门的布置与构造 .....	41	一、横向环流 .....	115
二、平面闸门的支承走动结构, 导向 构件与止水 .....	44	二、无坝进水閘 .....	117
三、平面闸门的启闭力 .....	50	三、有坝(低水头坝)进水閘 .....	121

**第三节 開啟式取水**

**建筑物的构造** .....136

    一、底檻高程与進水口寬度 .....138

    二、開墩、邊墩与翼牆 .....138

    三、底部冲砂廊道 .....140

    四、胸牆与拦污柵 .....140

    五、排冰设备 .....141

**第四节 進水閘和冲砂**

**廊道的水力計算** .....142

    一、進水閘的水力計算 .....142

    二、冲砂廊道的水力計算 .....144

**第五节 深式取水** .....146

    一、坝前深式取水 .....146

    二、河岸深式取水 .....148

    三、深式進水口的計算 .....153

**第九章 輸水建筑物** .....160

**I. 水工隧洞** .....160

**第一节 水工隧洞的分类及其工作特点** .....160

            一、水工隧洞的分类 .....160

            二、山岩压力及其对隧洞工作的影响 .....161

            三、水工隧洞的断面形状和尺寸 .....165

            四、內水压力和岩层的彈性抗力 .....167

            五、溫度及其他因素对隧洞衬砌的影响 .....169

**第二节 隧洞的构造和选綫** .....172

            一、水工隧洞的組成 .....172

            二、水工隧洞衬砌的构造 .....173

            三、水工隧洞的选綫 .....177

**第三节 水工隧洞衬砌的强度計算** .....179

            一、計算的一般条件 .....179

            二、圓形隧洞衬砌的强度計算 .....182

            三、无压隧洞衬砌的强度計算 .....195

            四、渐变段和分岔段的靜力計算簡述 .....203

**II. 渠道及渠系交叉建筑物** .....205

**第四节 渠道** .....205

        一、渠道的类型 .....205

        二、渠道过水断面形状与尺寸 .....205

        三、渠道中設計流速的选擇 .....207

        四、渠道淤涵的計算 .....209

        五、渠道的防滲及护面 .....209

**第五节 渠系交叉建筑物** .....213

        一、渡槽 .....214

        二、倒虹吸管 .....218

        三、填土下的涵洞 .....223

**第十章 河川水利樞紐中的通航和过魚建筑物** .....233

**第一节 船閘的一般规划** .....233

        一、船閘的作用 .....233

        二、船閘的主要組成部分 .....233

        三、船閘的类型 .....234

        四、船閘的基本尺度 .....236

        五、船舶的过閘方式和所需時間 .....238

        六、船閘的通过能力 .....239

        七、过閘用水量 .....240

**第二节 船閘在水力樞紐中的布置** .....241

        一、布置的原则和应滿足的要求 .....241

        二、几种布置方式 .....241

        三、船閘、坝和水电站等相互位置的比較 .....243

**第三节 船閘的构造** .....244

        一、船閘的檢水系統 .....244

        二、船閘的閘室 .....247

        三、船閘的閘首 .....249

        四、船閘的閘門和閘門 .....249

        五、船閘其他附屬设备的細部构造 .....250

**第四节 船閘的計算** .....251

        一、水力計算 .....251

        二、結構計算 .....254

**第五节 船舶升降機** .....256

        一、斜坡升降機 .....256

        二、垂直升降機 .....257

**第六节 过木建筑物** .....258

        一、浮木槽 .....258

        二、筏道 .....259

**第七节 过魚建筑物** .....260

        一、筑坝后对漁業的影响 .....260

        二、过魚建筑物的种类 .....260

        三、过魚建筑物在水力樞紐中的位置 .....263

        四、我国生产的魚类 .....264

**第十一章 河川水利樞紐設計** .....265

**第一节 設計水利樞紐的一般原則** .....265

        一、操作运用的要求 .....265

        二、技术經濟条件 .....265

        三、建筑施工的要求 .....266

        四、建筑艺术上的要求 .....266

        五、国民經济发展远景的要求 .....267

**第二节 水利樞紐的用途及其分类** .....267

第三节 设计水利枢纽所需要的	
原始资料与设计程序.....	272
一、需要的原始资料.....	272
二、坝址选择.....	272
三、设计的一般程序.....	273
第四节 水利枢纽的施工导流.....	273
一、施工导流对建造水利枢纽的意义.....	273
二、施工导流的各种方式及其适用条件.....	274
三、影响导流方法选择的各因素.....	277
四、施工导流的水力计算.....	278
五、近代围堰型式及工程导流举例.....	286
第五节 水利枢纽方案的	
技术经济比较.....	294
一、方案比较的方法.....	294
二、水利枢纽的造价.....	295
三、年费用的确定.....	296
四、枢纽方案的技术经济比较.....	297
第十二章 水工建筑物的技术	
运用与研究.....	298
I. 水工建筑物的技术运用.....	298
第一节 水工建筑物的运用	
与管理.....	298
一、水工建筑物运用与管理的任务.....	298
二、水工建筑物正常工作破坏的原因.....	298
三、建筑物管理与运用的基本要求.....	298
第二节 水工建筑物的修理	
及恢复.....	301
一、修理及恢复工作的分类.....	301
二、防止经过建筑物及地基的渗透.....	302
三、防止护坡及建筑物下游的冲刷与破坏.....	304
四、治理建筑物的修理.....	305
五、混凝土及钢筋混凝土表面的修理.....	305
六、因建筑物沉降、滑动及变形	
而引起的修理.....	305
七、建筑物失事及破坏后的恢复.....	305
第三节 水工建筑物的改建.....	309
一、水工建筑物改建的目的和分类.....	309
二、土坝及堆石坝的增建.....	309
三、混凝土坝及钢筋混凝土坝的增建.....	310
四、混凝土坝及钢筋混凝土坝稳定性	
的提高.....	311
五、坝按设计规定的增建.....	312
II. 水工建筑物的实验研究.....	312
第四节 水工建筑物实验研究的	
目的和种类.....	312
第五节 水工建筑物的实验室研究.....	313
一、水工模型试验的种类及研究任务.....	313
二、水力模型试验的基本原理与水力	
相似条件.....	313
三、实验室设备及量测技术.....	316
四、建筑物的应力及变形的研究.....	317
五、离心模型实验.....	319
第六节 水工建筑物的原型观测	
与研究.....	320
一、观测与研究的主要目的和内容.....	320
二、建筑物渗透的观测与研究.....	321
三、建筑物应力及变形的研究.....	322
四、建筑物原型观测的设计布置	
及资料分析.....	331
主要参考书目.....	339

## 第六章 坝外泄水建筑物

### 第一节 概 述

关于泄水建筑物的分类、用途及其计算流量见第一章，但第一章内所述的泄水建筑物，仅系设置在坝体中。在某些条件下，泄水建筑物宜设置在坝体以外，即在河岸或坝基内。此即为本章所讨论的内容。

#### 一、泄水建筑物的分类

泄水建筑物按其用途可以分为：(1)泄洪建筑物；(2)放水孔；(3)泄水孔；(4)专用施工泄水道。

##### 1. 泄洪建筑物：

水利枢纽中通常均设置泄洪建筑物，其作用系在洪水期排泄多余洪水，使库水位不超过规定高程，以保证枢纽中各建筑物的安全及避免超过上游所规定的淹没损失。这种泄水建筑物应保证在洪水期间运用可靠，因此，它的孔口通常采用露顶式，即所谓溢洪道。但由于近代科学技术的发展，在一定条件下已有采用深孔泄洪道的，但在采用时对其运用的可靠性应有充分的估计。

由此，泄洪建筑物可分为溢洪道及深孔式泄洪道两种。关于深孔式泄洪道按其工作条件及构造与泄水孔基本相似。本章只讲河岸溢洪道。河岸溢洪道的主要组成包括进口渠、溢流堰、泄洪道及消能设备。溢流堰系控制结构，在平面上的布置有直线形、曲线形或环形几种。泄洪道系将溢过溢流堰的水流泄至下游河流或附近山谷的人工水道中，它可以为明渠或隧洞。消能设备设在泄洪道的末端，用以消除高速水流的能量，但在泄洪道的末端若地基岩石坚固，且距枢纽中其它建筑物较远，高速水流对建筑物没有危害时，并不一定采用消能设备。

基于上述，河岸溢洪道按其组成的型式与布置，可以分为以下两类：

1) 泄洪道为明渠式的，常称为槽式溢洪道。溢洪堰的轴线与渠道的中线正交时，称为正堰式，如不正交则称为侧堰(侧槽式溢洪道)式。

2) 泄洪道为隧洞式的，这种溢洪道可作成正堰或侧堰，并可作成环形堰；后者常称为井式溢洪道。

此外，溢洪道的控制结构也有作成塔式(塔式溢洪道)或虹吸式的(虹吸溢洪道)，但近代大型工程中很少采用。

深孔式泄洪道，其孔口系潜孔，后接以隧洞。

溢洪道可设闸门或不设闸门，但深孔式泄洪道必须设置闸门。

##### 2. 泄水孔(放水孔)：

泄水孔(放水孔)系当下游用水部门需水时(如灌溉、航运、给水或其它目的)，将水库中的水按时向下游泄放，或在进行检修及洪水来临前将水库泄空，使库水位降低至规定高程。前者常称为放水孔；而后者则称为洪水孔。实际上专用以泄空水库的泄水孔很少单独设置。此外，水电站的输水道，可视为放水孔的一种特殊形式。

### 3. 专用施工泄水道:

該种泄水道系在樞紐施工期間专用以导流, 施工完毕后, 即予以堵塞。

由于泄水建筑物設置在坝体以外时, 其本身造价往往很高, 因此, 設計时应该考虑泄水建筑物的兼用問題, 如同一泄水孔在运用期間供泄水及放水之用, 在施工期間可供导流用以降低樞紐造价。

## 二、泄水建筑物的泄水能力

泄水建筑物的泄水能力, 应根据运用时所要求通过的最大流量来設計。

溢洪道的計算流量及校核流量, 应根据建筑物的等級确定, 当水庫的庫容大或有防洪庫容时, 通过溢洪道的流量并非天然来水流量, 而为經過調洪后的流量, 在这种情况下須作專門的調洪計算。

确定泄水孔(放水孔)的泄水能力时, 应考虑以下条件: (1) 按照下游用水部門的要求, 水庫在运用期間应向下游泄放的流量或按照放空水庫的期限而定, 一般不超过1~2月; (2) 当施工期間用作施工泄水道时, 应考虑施工期間通过的施工流量。

施工流量常規定为施工期間頻率為5~10%的流量, 但在任何情况下, 当确定施工流量的大小时, 应考虑到实际流量超过該值时所引起的后果。

## 三、坝外泄水建筑物的采用条件

通常将泄水建筑物設置在坝体中是較為經濟的, 但在某些情况下是既不經濟也不合理的, 甚至有时是不允許的:

1) 当拦河坝系土坝或堆石坝时, 一般不允許将泄水建筑物設在坝体内, 常将它設置在坝体以外。

2) 高水头的混凝土坝及鋼筋混凝土坝水利樞紐, 在下述情况下, 采用坝外泄水建筑物是合理的:

(1) 設將施工期間的导流隧洞, 改建成永久泄水建筑物, 其費用增加不多, 而且无困难时;

(2) 在拱坝及連拱坝上設置泄水建筑物在构造上有困难时;

(3) 坝址处的地形条件宜于将泄水建筑物布置在坝外, 例如河谷較窄或附近有山腰可以利用时。

坝外泄水建筑物本身的造价往往很高, 尤其是大流量的溢洪道。当地材料坝的溢流問題, 即基于以上原因所提出, 以期降低樞紐造价。

在进行水利樞紐布置及選擇坝型时, 必須考虑泄水建筑物的合理型式与布置。

## 第二节 槽式溢洪道

### 一、一般布置

槽式溢洪道是当地材料坝樞紐中最通用的溢洪道, 我国已修建的許多大中型土坝水利樞紐, 大多数均采用这种型式。

它的一般布置如图6-1所示。



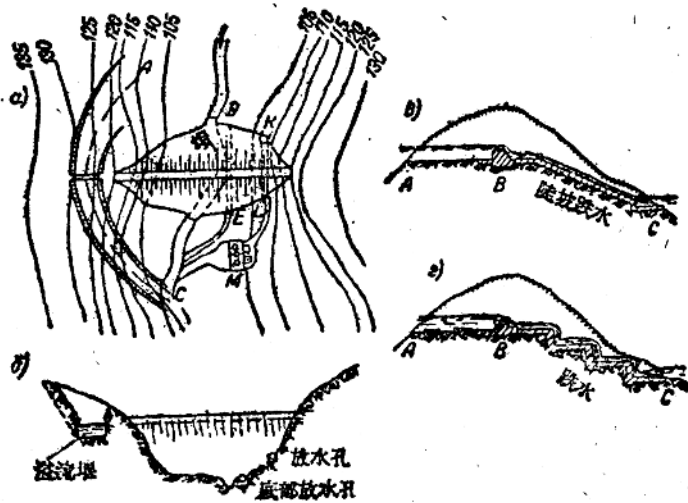


图 6-1 明流河岸泄水道示意图

这种溢洪道主要由以下四部分组成：(1)进口渠；(2)溢流堰；(3)泄洪渠道；(4)消能设备。

进口渠的作用系将水库中的水引至溢流堰，通常为一个人工渠道或为一喇叭口形状。溢流堰为一低的滚水坝，用以控制泄量，为溢洪道的主要组成部分。泄洪渠道系将流过溢流堰的水泄至下游，其形式为直槽或曲线形(图6-1)的泻槽(底坡大于临界坡度)，或多级跌水式，或泻槽与跌水的混合式。泄洪渠道末端接以消能设备以消除高速水流的能量，以免对坝下游引起危害性的冲刷。

## 二、选择溢洪道的位置时应考虑的条件

选择这种溢洪道的位置时，应考虑地形、地质及水利枢纽总体布置等条件。

这种溢洪道可修建在石基上，亦可修建在非石基上，但不宜修建在有滑坡及容易坍塌的河岸上，因为在这种地带采取保护措施所化的费用很大。

地形与地质条件，常常对溢洪道位置的选定起着决定性的作用。设计时，对以下各项应慎重地进行研究分析。例如，开挖方量及其利用程度，地基渗透与管涌的可能性，若不加衬砌时泄槽内的允许流速，断层的位置，地基岩土的性质以及承载力等。在地形方面，显然岸坡平缓的比陡者为有利。理想的溢洪道位置是马鞍山腰或谷地，基岩以上的复盖层不厚而以下有山谷处，可利用作为泄槽的延续部分。

选择溢洪道的位置时，也应考虑水流流入溢洪道及流入下游的方向和地点，以防对坝及枢纽中其它建筑物引起冲刷与淘刷。

总之，在选择溢洪道的位置时，应力求溢洪道的土石开挖量及混凝土工程量尽可能的小。因此它可能距坝较近，也可能较远，甚至在一岸上有时设置两个溢洪道，也可能在每岸上各设一个(图6-2)。

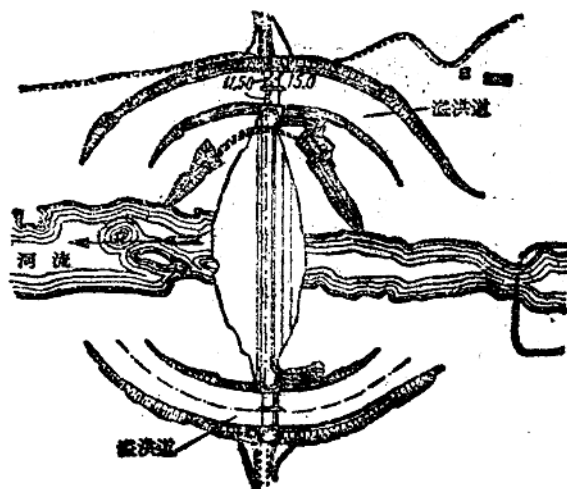


图 6-2 两岸均設有溢洪道的布置图

### 三、溢洪道主要部分的构造

#### 1. 进口渠:

进口渠系自水庫引水流向溢流堰的渠道。进口渠道内的水头损失，直接影响溢洪道的溢流能力，所以溢流堰的位置应尽可能的靠近水庫。但这样理想的溢流堰位置在实际中不易遇到，因此应该尽量减小进口渠中的流速和緩和在进口渠内过水断面的变化，同时，当流速小时，衬砌工程费用亦省，通常这样作能达到经济的效果。渠内最大流速一般限制在1~3米/秒以内。进口渠内的水流应尽可能的平順与均匀，应没有渦流与横波，以免使堰后泄槽内水流恶化。此外进口渠也不能太长，否则将加大渠中的摩擦水头损失。有时溢流堰的位置因地形条件的限制，須使进口渠轉一 $90^\circ$ 的弯，水流才流向溢流堰(图6-3)。

进口渠中的水深对溢流堰的泄量有显著的影响，根据实验証明，为减少其影响，进口渠的渠底高程比溢流堰堰頂高程最少应低 $\pm$ 的堰頂水头。若再降低，則应作经济比較。

进口渠的断面形状在石基上一般为矩形，在非石基上一般用梯形。当在非石基上时，靠近溢流堰的一段由于流速大，为防止冲刷可采用混凝土板或砌石护面。当在石基上时，有时为了减小摩擦损失也采用混凝土护面。

#### 2. 溢流堰:

溢洪道的溢流堰通常用混凝土或浆砌石修建。在非石基上一般采用寬頂堰的型式，在石基上为了增大溢流的流量系数以縮短溢流前沿，常采用实用断面堰的型式，但堰比較低，否則溢流前沿虽縮短而挖方的深度将增加过多，也将使工程量增加。有时因地质与地形的关系堰可能較高。

溢流堰在平面上，通常均布置成直綫形状，过去为了加大溢流前緣曾采用曲綫形、

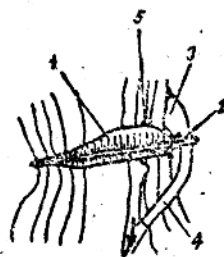


图 6-3 进口渠为曲綫形的溢洪道布置

1—坝；2—泄水建筑物；3—进口渠；4—泄水部分；5—放水建筑物。

锯齿形、甚至连拱形的，这种布置现在已认为没有必要。它在平面中的布置应尽可能的使流向堰的水流平顺且与堰正交，并使泄洪道在平面上是直线的或者曲度很小。通过坝上的道路通常与溢洪道顶的桥梁相联接。

溢流堰上的闸墩与边墩以及防渗与排水设备其设计与布置和滚水坝相同。有时在堰后设消能设备(静水池、消能物等)消除水流的能量后再流入泄水渠内。在石基上通常溢流堰下不设专门的消能设备，溢下水流直接流入泻槽中(图6-12)。

### 3. 泻槽:

泻槽系一底坡大于临界坡度的人工渠道，常采用混凝土及钢筋混凝土的护面。泻槽的底坡应根据护面的允许流速确定，并与地面坡度相适应(图6-1)，以减少挖方。常用3~8%的坡，有时则达到10~15%；在石基上可能更陡，甚至为1:1(图6-12)。

泻槽照例位于河岸的挖方中，在非石基上，其横断面一般为梯形，两侧的边坡大约为1:1~1:1.5。当采用矩形断面时，两侧应作成挡土墙形式(图6-4)。

在石基上开挖的泻槽，其断面形状一般为矩形，两侧略有倾斜。当岩石坚固时，若没有减少糙度的需要可不加护面。

在石基上的混凝土护面一般厚为0.15~0.30米，常加双方向钢筋，钢筋断面积约为混凝土面积的0.2~0.3%，并加锚着钢筋。在非石基上的混凝土护面一般铺设于砂砾的垫层上，护面厚度有时达0.8米或更厚。护面通常以温度缝分开。缝处设止水。缝的间距一般为4~15米，视护面的厚度而定，护面的下面应设排水设备以消除下面作用于护面上的反压力。

两侧护面的高度，应在水面以上加一超高。由于泻槽中流速较高，水流可能含气或由于泻槽中冲击波的影响，均会加高水面，在拟定超高时，必须考虑这些因素。

直线形泻槽的水力计算，可按通常的稳定非均匀流公式计算。

泻槽的宽度可以同溢流堰的宽度相同。但有时为了减少泻槽的工程量，也可能比溢流堰的宽度为小。这时与溢流堰的连接须采用渐变段，不论在平面上或垂直面上，应尽可能的较为平顺些(图6-9)，以免泻槽中水流恶化。

泻槽通常具有固定的宽度，但有时为了减少泻槽的工程量，可采用沿水流渐减的变化宽度。这种收缩的泻槽通常根据固定水深而设计，一般在流量较小时采用为宜。

在土基上的泻槽有时采用加大粗糙的办法，使泻槽具有较大的底坡，以减小泻槽的工程量，而流速仍不超过规定值。或在达到极限的地方设置静水池，减小流速后再流入下一段的泻槽中。

泻槽在平面中通常为直线形的。但在某些情况下采用曲线形的，可减少工程量(图6-2)，因而在实践中也常采用。当水流沿着这种泻槽流动时，由于边界条件的改变，若不采用特殊措施，水面将交替的升高与降低，形成所谓冲击波系(图6-5)。这种冲击波系



图 6-4 非石基上泻槽断面

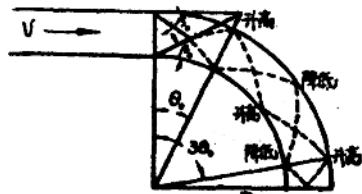


图 6-5 弯道上泻槽冲击波系

常延长相当距离不会消失，使泻槽中的水流恶化，并使其与下游联接发生困难。为了避免这种现象，泻槽的底应做成横坡或微微突出的坡状(图6-6和6-7)。

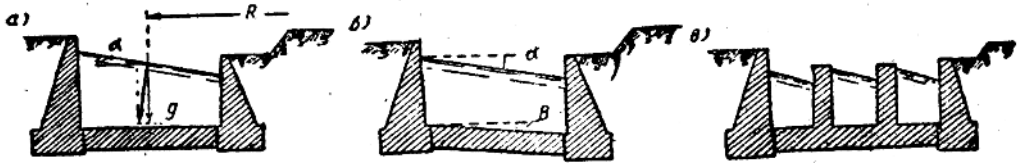


图 6-6 曲线形陡坡的横断面

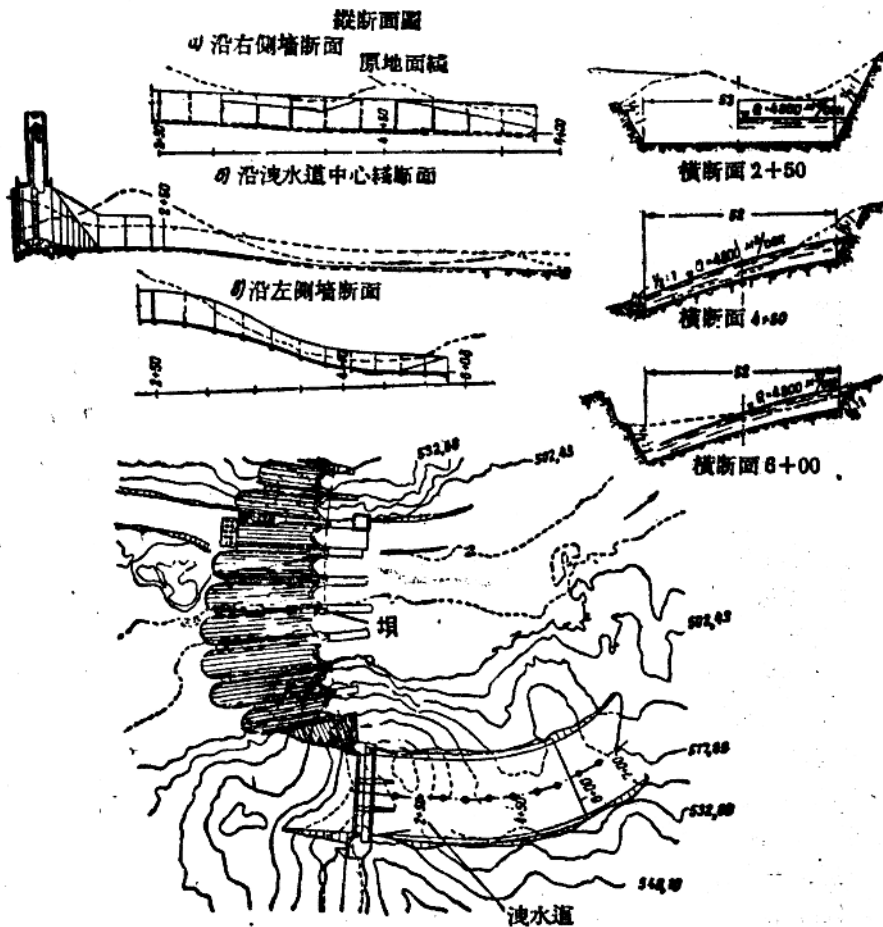


图 6-7 在連拱坝旁带有曲线形超高段的陡坡跌水

当弯道的转弯半径较大时，仍可采用平底，但需考虑冲击波的影响，相应的采取措施，如将侧墙加高(图6-6和6-7)或在泻槽的弯道上采用分水墙(图6-6)等。

#### 4. 多级跌水:

当泄水道所在地区沿溢洪道中线的地面坡度很大时，可考虑采用多级跌水。一般用

于土基上。

多級跌水系許多水平的(有时有微小的反坡)階級狀的渠道，用垂直的牆分开(图6-8)。在选定每阶的长度时，須使落下的水流不超过它而落到下一阶台上，并在此处將能量消除。为了保証整个斜坡上水流稳定，每台阶长度应为下坎高的2倍以上。

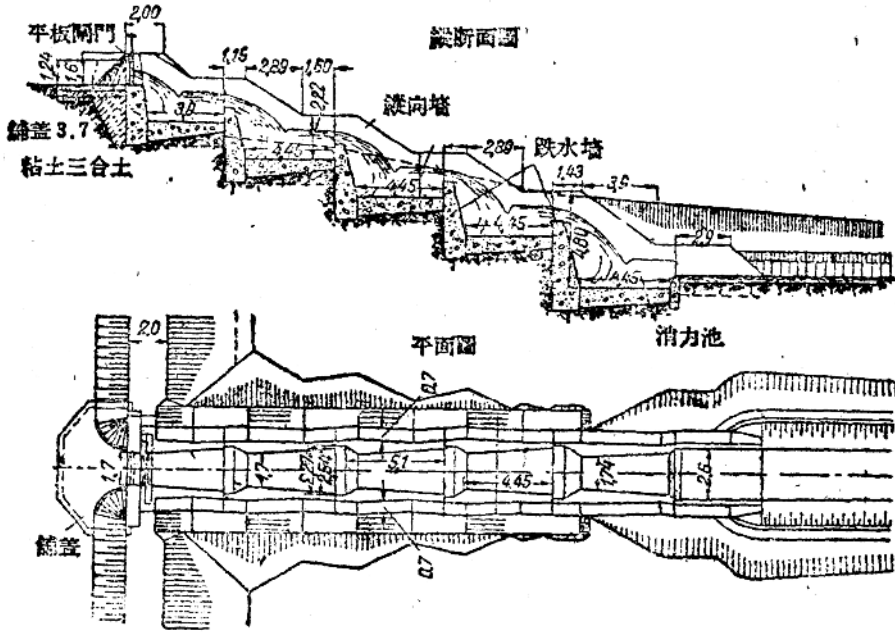


图 6-8 多級跌水

多級跌水实质上是梯級的靜水池，水流能量即在池中消除。所以在跌水上的水流流速一般并不大(2~3米/秒)。

跌水的台阶与下坎可用混凝土、鋼筋混凝土、木料或浆砌块石作成，并用縫分开。下坎及側牆按擋土牆設計。

多級跌水的穩定計算，用一般的圓弧法进行。

5. 溢洪道与下游的联接:

由于泻槽末端水流的流速很高，故应采取工程措施，以保証不对樞紐中建筑物及溢洪道本身引起危害。

在土基上，一般常采用水跃消能。其布置和設計与土基上滾水坝下游消能設備相同(图6-9)，同时，还可采用在泻槽的末端設置悬槽式跌水等处理方法。图6-10为一筑于非石基上設有悬槽跌水的泻槽。射流自悬槽中落入滯水潭中，能量在潭中消除。悬槽泄水道之后一定会形成冲刷坑，而且相当深。因此需采取专门措施以防止对水力樞紐的反刷。为了減輕冲刷，可将水流分散，如在悬槽末端設置分流坎，将水流在平面上及垂直面上分成若干股，或采用沒有边牆的帶縫的悬槽跌水(图6-11)使水流在三个方向流出。

在石基上当岩石相当坚固时，且出口离樞紐建筑物亦較远，常只將控制建筑物的一段妥加保护，或在末端設挑水坎將水流挑至泻槽下的山谷中，使其自由流入河道(图6-12)，

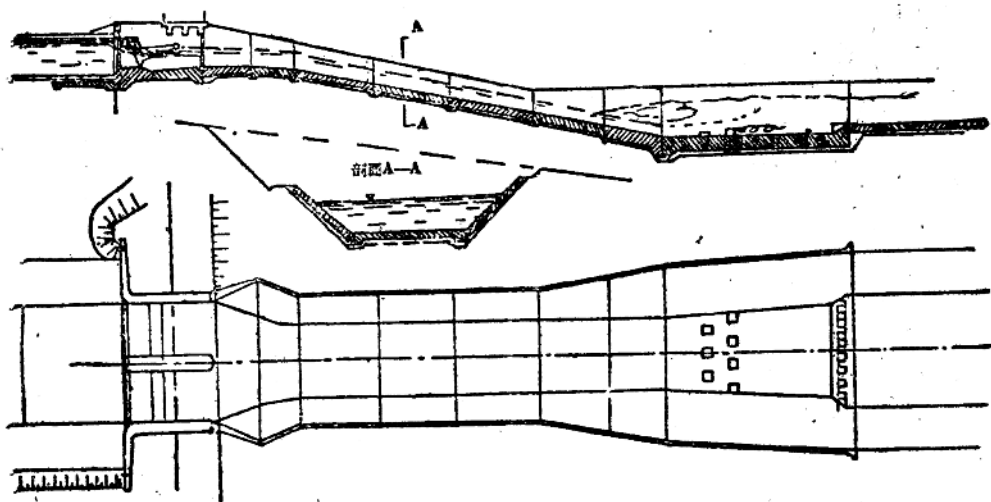


图 6-9 非石基上的溢洪道

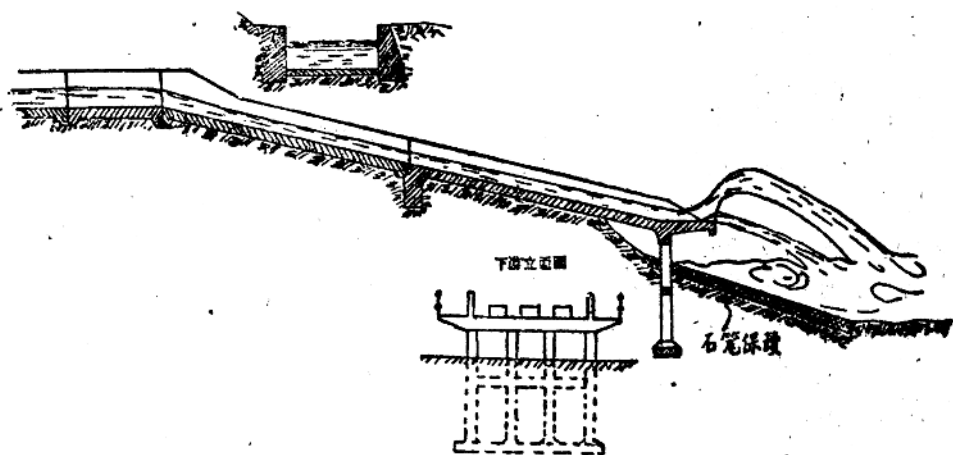


图 6-10 悬槽式跌水

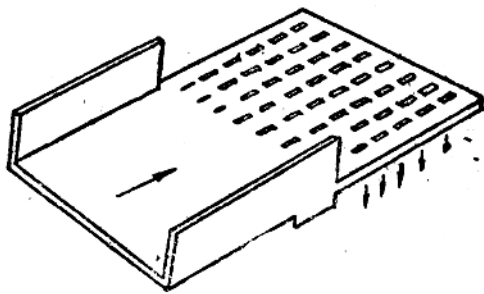


图 6-11 缝式悬臂跌水

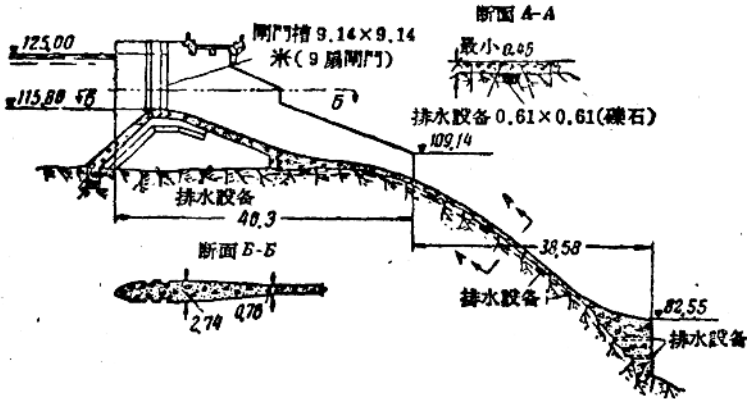


图 6-12 設于岩石上帶有鋼筋混凝土檻的陡坡跌水

或直接挑至河床中。

鼻坎型式还可采用差动式，将水流以不同角度挑至空中，以消杀能量。

当采用悬槽跌水及挑水坎时，可按一般水力学的計算方法，計算其射程及冲刷坑深度，拟定出几个不同的方案，通过水工試驗，最后确定。

#### 四、溢洪道設計簡述

槽式溢洪道是当地材料坝枢纽中最常用的型式。設計时应首先对河流的洪水流量充分研究，然后根据所在地区的地形与地质特点，选定溢洪道的可能布置。

溢洪道的泄水能力，应按設計流量与校核流量进行核算。当下游有防洪要求时，水庫常留有一部分防洪庫容进行洪水調节，使枢纽下泄流量不超过規定值，或有时为了降低溢洪道的造价，而留有拦洪庫容，在这种情况下，溢洪道下泄流量常小于天然来水流量。并且水利枢纽中某些建筑物，如水电站及放水孔等，在洪水期内亦可以部分的用来泄洪。

溢流堰上通常設閘門。若为不設閘門的溢流堰，堰頂高程即为正常高水位的高程，为了宣泄規定的流量，則堰上必須有一定的水头。显然泄水时它与設閘門的溢流堰相比，使庫水位增高了，因而引起淹沒損失及拦河坝填高的增加。但在某些情况下，采用不設閘門的溢流堰也可能是有利的。通常这种溢流堰的堰上水头不大于2~3米。考虑到这些情况，采用側堰有其独特的优点(第三节)。

表 6-1

堰 上 水 头 (米)		堰 上 单 寬 流 量 (立方米/秒)		泻 槽 中 单 寬 流 量 (立方米/秒)		与 下 游 联 接 单 寬 流 量 (立方米/秒)	
設計流量	校核流量	設計流量	校核流量	設計流量	校核流量	設計流量	校核流量
9.3	10.9	55.5	69.2	51.0	64.0	51.0	64.0
7.51	8.9	43.0	55.0	34.5	45.5	34.5	45.5
—	6.20	—	28.8	—	25.0	—	25

溢洪道各部分(溢流堰、泄洪道)的单宽流量的选择是个技术经济问题,须作出各种方案进行比较。在某些情况下加大溢流堰上的单宽流量并不一定合理,它常使溢流堰的工作条件恶化,并使闸门运用复杂化。为了减少溢洪道的造价,可在堰后设收缩段,以加大泄洪道中的单宽流量,缩小其宽度。表 6-1 是几个工程中溢洪道溢流堰上所采用的单宽流量。

### 第三节 侧槽式溢洪道

侧槽式溢洪道的特点是:水流经过溢流堰后即流入一个与堰轴平行的侧槽内,所以通常称为侧槽式溢洪道。水流在侧槽内任一横断面上的流量互不相同,故在侧槽内的水流实质上为一(沿途)变流。当流出侧槽后,水流又变成为定量流经泄洪渠泄往下游。

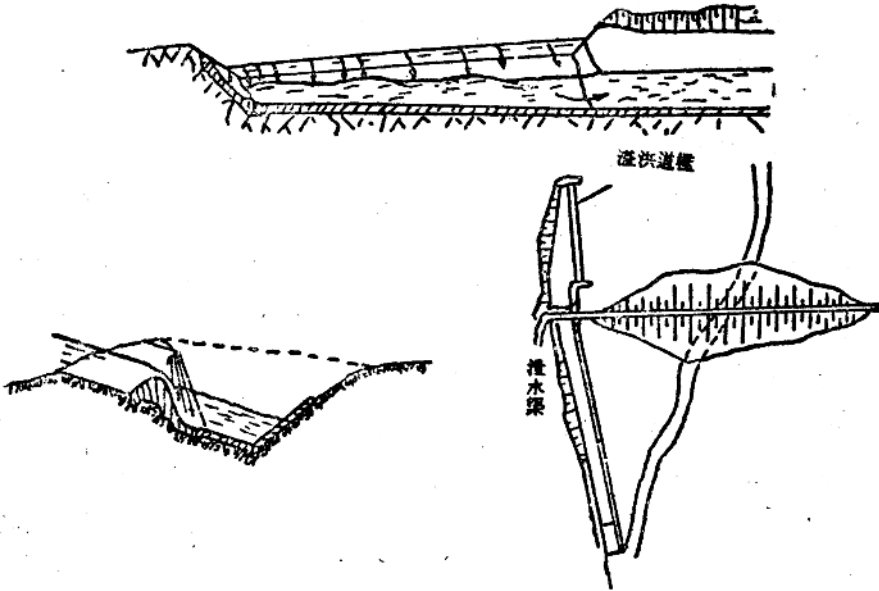


图 6-13 侧槽式溢洪道布置

在山势陡峻的地区修建水库采用这种溢洪道时,溢流堰的长度可随水库库岸的地形而向内伸延,受地形的限制较小,从而可以大大的节约工程费用,尤其当堰上不设闸门时,由于堰长的增加可以减少堰上的溢洪水深,并相应地减少了水库的淹没损失及拦河坝的高度。

侧槽式溢洪道的设计与水力计算,除侧槽段外,其它如溢流堰及侧槽段后的泄洪渠等均与槽式溢洪道相同。侧槽内的水流为一错综复杂的三向(沿途)变量流,在计算时,通常假设水流由堰上溢下时所获得的流速在侧槽内消失殆尽,再按(沿途)变量流公式计算。水力计算的目的在于确定在给定的侧槽断面尺寸下的水面线以不影响溢流堰的最大溢流能力为原则。当侧槽内的水面线已知后,则泄洪渠内的水面线亦可求出。

### 第四节 沟式溢洪道

沟式溢洪道也是属于开敞式的溢洪道。当修建的坝不高时,施工期间为了导流的需



要，可在河岸开挖一沟槽(图6-14, a中  $ABFK$ )，施工完了后即用作溢洪道的泄洪渠，溢洪道的堰即直接筑于沟内，如  $BC$  位置。若溢流前沿的长度不够，则可加筑侧堰  $CD$  以加长之(图6-14)。

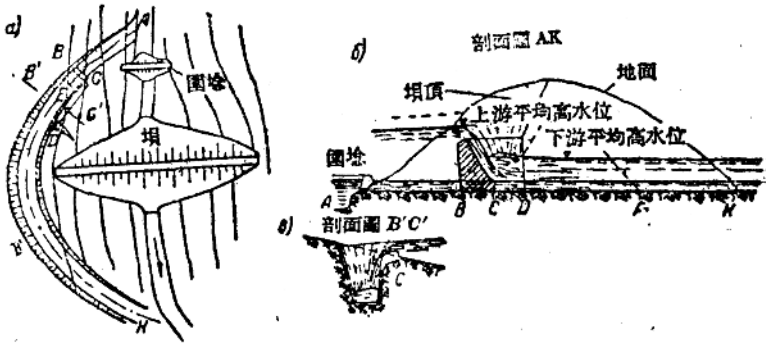


图 6-14 壕沟式泄水道

这种溢洪道只适用于坝高在10~15米以下，并且河岸是岩石，否则开挖量很大。

### 第五节 井式溢洪道

#### 一、一般布置

这种溢洪道由以下几部分组成：(1)进口口；(2)井；(3)隧洞；(4)出口的消能设备。

进口口通常为环形溢流堰，呈喇叭口的形状，它是控制结构。泄洪时水流经喇叭口溢下而流入垂直的(图6-15)或倾斜的(图6-16)圆形井中，然后再经水平隧洞(带有坡度)泄至下游。

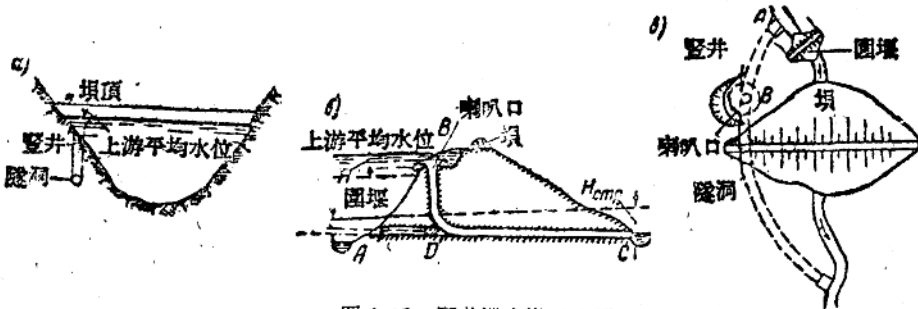


图 6-15 竖井泄水道示意图

这种溢洪道的隧洞在枢纽工程施工期间以专用施工隧洞与上游联接后，可以利用它作为导流隧洞，在施工完了后再将专用施工隧洞予以堵塞。

井式溢洪道一般用于石基上的高水头水利枢纽，当两岸较陡，采用其它类型的溢洪道由于石方工程量过大不很经济时或结合导流的需要而设置。唯进口口部分的布置也要求有一定的地形条件，以避免引起过大的开挖量。

这种溢洪道的修建开始于1896年，落差小者只有20米左右，最近修建的落差达149