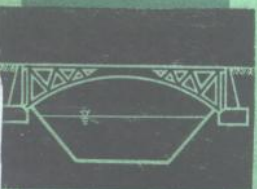
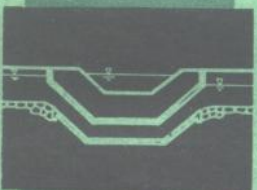
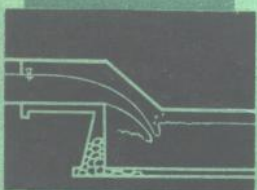
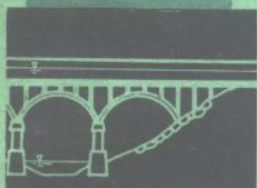
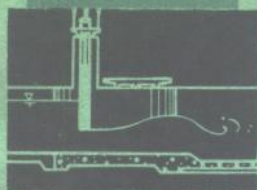


灌区水工建筑物丛书

跌水與陡坡

水利出版社



灌区水工建筑物丛书

跌水与陡坡

李崇智 乔海泉 苟兴智

张志恒 韩立

水利出版社

内 容 提 要

本书较系统全面地阐述了跌水、陡坡、斜管式跌水和直落式跌井等渠道落差建筑物的规划布置、水工设计、结构型式和水力学计算方法,并扼要提示了结构设计和施工安装中应注意的事项。本书作者总结了大量资料,介绍了这类工程的国内外实践经验和科研新成果,并对工程实践中存在的问题及今后研究改进的方向进行了分析评述。全书共八章,取材丰富新颖,论述简明实用,为了便于广大读者掌握和运用,还列举了一些设计计算实例。

21135/27

灌区水工建筑物丛书

跌水与陡坡

李崇智 乔海泉 苟兴智 张志恒 韩立

*

水利出版社出版

(北京德胜门外六铺炕)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力印刷厂印刷

*

850×1168毫米 32开本 8 $\frac{1}{4}$ 印张 218千字

1982年4月第一版 1982年4月北京第一次印刷

印数 0001—4640册 定价 1.05元

书号 15047·4179

出版者的话

大搞灌区工程配套,是挖掘现有灌溉设施潜力,加快建设早涝保收、高产稳产农田的一项重要措施。灌区水工建筑物面广量大,是灌溉排水工程的重要组成部分,也是灌区配套的主要内容。各地水利部门在修建灌区水工建筑物方面积累了丰富的经验,无论在建筑物的规划布置、结构型式、建筑材料、设计理论、施工工艺等方面,都不断有所创新,并在科学研究方面取得了一批新的成果。

为了总结交流经验、推广先进技术和科研成果,特组织编写了这套“灌区水工建筑物丛书”。丛书包括《渠首工程》、《水闸》、《闸门与启闭机》、《渡槽》、《倒虹吸管》、《涵洞》、《隧洞》、《跌水与陡坡》、《农桥》、《地下排灌工程》等十个分册。

丛书的服务对象以中专毕业的水利技术人员为主;讨论的工程规模以县办工程为主;写法以实用为主,在扼要阐明基本原理的基础上,着重讲述工程布置、结构型式、计算公式、施工要点和常用的图表,并介绍一些工程实例,便于广大读者在设计施工中应用和参考。

参加这套丛书编写工作的单位有:江苏、安徽、山东、广东、广西、湖南、河南、陕西、黑龙江等省(区)的水利厅(局)、勘测设计院、科研院所和有关水利院校。

为了提高书稿质量,请武汉水利电力学院农田水利工程系负责丛书的归口工作。该系陈德亮、赵文华等同志在审定书稿、减少各分册之间的重复、统一编写深度和广度等方面,做了大量的工作。

《跌水与陡坡》一书是由水利部西北水利科学研究所(陕西省水利科学研究所)派人编写的。本书各章的执笔人是:第一、七两章李崇智,第二章乔海泉,第三章苟兴智,第四章张志恒,

第五、六两章韩立，第八章苟兴智、张志恒、李崇智。全书由李崇智负责主编。初稿写成后，曾经安徽省水利科学研究所、安徽省六安地区水利局等单位审稿，他们提出了很多补充修改意见，对提高书稿质量帮助很大。

“灌区水工建筑物丛书”中的《水闸》、《地下排灌工程》、《农桥》、《闸门与启闭机》四个分册已于1980、1981年先后出版，其它各分册亦将根据编写进度陆续出版。为了搞好这套丛书的出版工作，使它更好地为广大读者服务，热忱希望同志们随时将有关意见和要求告诉我们。

1981年9月

目 录

出版者的话

第一章 概述	1
第一节 跌水与陡坡的作用	1
第二节 跌水与陡坡的类型和结构形式	7
第二章 进口段的布置与计算	23
第一节 进口段的布置型式	23
第二节 缺口控制段的水力计算	29
第三节 闸门控制段的水力计算	43
第四节 退水、泄洪道进口的水力计算	46
第三章 陡坡段的设计和水力计算	49
第一节 陡坡段的水力特性及纵横断面	49
第二节 陡坡段的平面布置	51
第三节 陡坡段的水力计算	58
第四节 陡坡段上急流折冲波的克服方法	69
第五节 陡坡人工加糙	74
第四章 跌水、陡坡下游衔接消能	88
第一节 跌水消能塘的设计	88
第二节 陡坡消能塘的设计	110
第三节 消能塘出口段设计	146
第五章 斜管式跌水	148
第一节 斜管式跌水的设计与布置	148
第二节 泄流能力计算	149
第三节 管身压力计算	155
第四节 出口消能	156
第五节 设计中应注意的几个问题	159
第六节 算例	160

第六章 直落式跌井	164
第一节 跌井的设计与布置	164
第二节 泄流能力计算	167
第三节 过渡段与喉道断面	187
第四节 竖井、弯管及横洞	190
第五节 井口开挖轮廓与防涡措施	193
第六节 下游消能	194
第七节 跌井水工设计中应注意的几个问题	199
第八节 算例	199
第七章 跌水、陡坡工程存在的主要问题 和设计布置原则	209
第一节 存在的主要问题	209
第二节 下游冲刷原因和消能工特点	212
第三节 工程布置原则和设计要求	219
第八章 跌水、陡坡的结构设计与施工	236
第一节 常用的建筑材料	236
第二节 构造设计与计算	238
第三节 施工注意事项	251
参考文献	255

第一章 概 述

本书各章将对跌水、陡坡、斜管式跌水和直落式跌井（或简称跌井）四种渠系落差建筑物的水工设计、布置型式以及水力计算方法等，就我们所能收集到的国内外资料，作较系统地综述介绍。同时，尽可能地把建国三十年来，我国在这些方面的实践经验和科研成果予以扼要评述推荐。对于结构设计和施工安装等方面的问题，仅作了简要的论述。

第一节 跌水与陡坡的作用

跌水与陡坡是灌区渠系工程中应用最广泛的落差建筑物。在我国各地灌区内，这类落差建筑物的主要类型有：跌水、陡坡、斜管式跌水和直落式跌井等。它们的主要用途分述如下。

一、作为调整渠道比降的建筑物

灌溉渠道断面设计的基本原则，是在充分满足灌区所需流量的前提下，使渠道不冲不淤。为防止渠道遭受冲刷或淤积，必须使渠道保持一定的纵向比降（简称比降）。当渠道通过地面坡度过陡的高塬川台或丘陵地带时，如按原地面坡度选定渠道比降，将会出现过分宽浅的渠道横断面、高填方和深挖方的渠段，从而扩大渠道占地面积、增加土石方挖填工程量、增加不安全因素，而且将造成向两侧配水的困难条件。因此，为了使渠道设计达到经济合理，尽量避免深挖、高填方渠段，最常用的工程措施，就是根据渠道设计比降和实际地形状况，将渠底高程的落差适当集中，并在落差集中处，修建跌水或陡坡，作为渠道上下落差连接建筑物。至于在原地面有天然陡坎处，设置落差建筑物，则更为适宜，如图1-1所示。

在我国西北黄土高塬，晋、冀、豫、皖等省的丘陵地区的灌溉渠道工程中，陡坡、跌水和跌井等落差建筑物，采用得较为普遍，一般占渠道工程总量的比重也较大^[1]。如陕西省的渭惠渠、泾惠渠、滑惠渠，甘肃省的黄羊河、昌马河灌溉干支渠，河南省的引黄济卫干渠、白沙水库灌溉干支渠等大中小型灌溉渠道上，都曾修建有大量的各种型式的跌水、陡坡作为渠道的落差建筑物（见图 1-2、1-3、1-4）。陕西省洛惠渠干支渠上就曾修建这类落差建筑物 696 座^①。安徽省的淠史杭灌区、湖南省的韶山灌区、海南岛的松涛灌

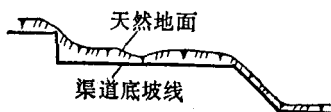


图 1-1

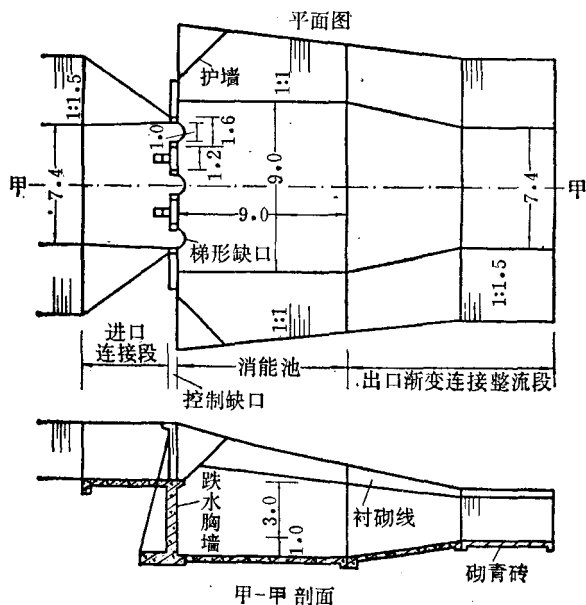


图 1-2 陕西渭惠渠干渠十号跌水（单位：米）

渠道流量 $Q = 30 \text{ 米}^3/\text{秒}$ ，水深 $H = 2.2 \text{ 米}$

① 西北水利科学研究所水工研究室：“陕西省洛惠渠水工建筑物调查报告”，1959年5月。

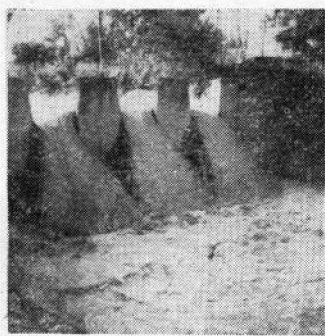


图 1-3 陕西渭惠渠干渠十号跌水过水情况

$P = 3.0$ 米; $Q_{实} = 15$ 米³/秒

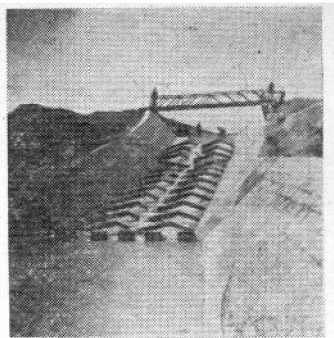


图 1-4 甘肃昌马河干渠21号陡坡的陡坡面加双人字糙条

$Q_{设} = 56$ 米³/秒; $P = 5.0$ 米

区的干支渠道上，也都广泛地采用陡坡、跌水作为渠道落差建筑物^①（参见图1-5）。

二、作为引水、进水建筑物

为了充分利用河川径流，在灌区内利用天然地形修建中小型“结瓜水库”，或利用渠道跨沟填方，形成“渠库结合”蓄水，以补充灌区的供水不足，这是我国各地灌区常常采用的蓄水工程措施之一。在灌溉空隙时期，将河道径流量由渠道输引，蓄存于沿渠道两侧的中小型水库或陂塘，以备缺水季节供给灌区部分高地提灌用水。这样的水库、陂塘，水位变化较大，而且其最高水位一般均低于渠道底高程。把渠道水输引到这些水库、陂塘的引水工程，多采用陡坡型式。这种陡坡进口，均设有控制进水闸门。闸和塘库间均用陡坡衔接。陡坡末端直伸到库塘底部，其陡槽布置与消能工形式，与渠道陡坡有所不同，如图1-6所示。

在干支渠分水枢纽处，如干渠底高程较支渠底高程为高时，则分水闸与支渠间也常用陡坡相接。如图 1-7 为安徽淠史杭灌区淠河干渠淠东进水闸陡坡。

① 陕西省水利科学研究所：“我国南方广东、湖南、安徽等省重点灌区调查纪实”，1979年5月。

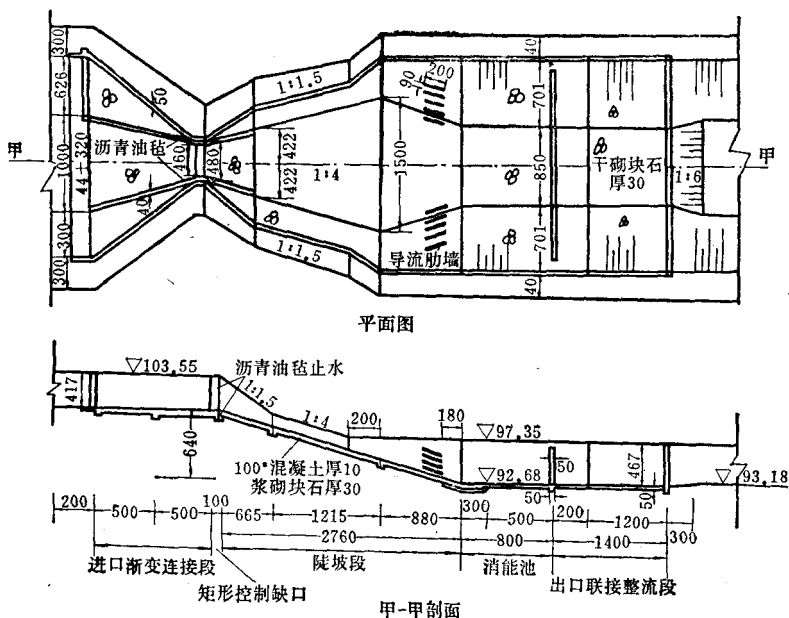


图 1-5 海南岛松涛灌区东干渠跃进一号陡坡跌水第二级
(单位: 厘米; 高程: 米)

渠道流量 $Q = 42.1 \text{ 米}^3/\text{秒}$; 落差 $P = 6.4 \text{ 米}$

三、作为退水、分水和泄洪建筑物

在沿山丘或塬边修建的灌溉渠道上, 为了保证安全行水, 调节干支渠引水流量, 方便分段检查维修养护; 为了减免因渠道行水过程中发生意外滑塌或沉陷决口事故时造成灌区不应有的灾害损失, 一般在渠道一定长度的渠段泄退水方便的地方, 或重要建筑物 (如渡槽、倒虹等) 上游处, 均应设置安全退水或调节分水的建筑物^①。这类退水、分水建筑物的闸下布置形式, 常是陡坡、跌水或跌井。为适应地形特点, 有时还布置成多级陡坡 (见图

① 陕西省水利电力勘测设计院等: “陕西宝鸡峡引渭灌溉工程技术总结”, 1974年。

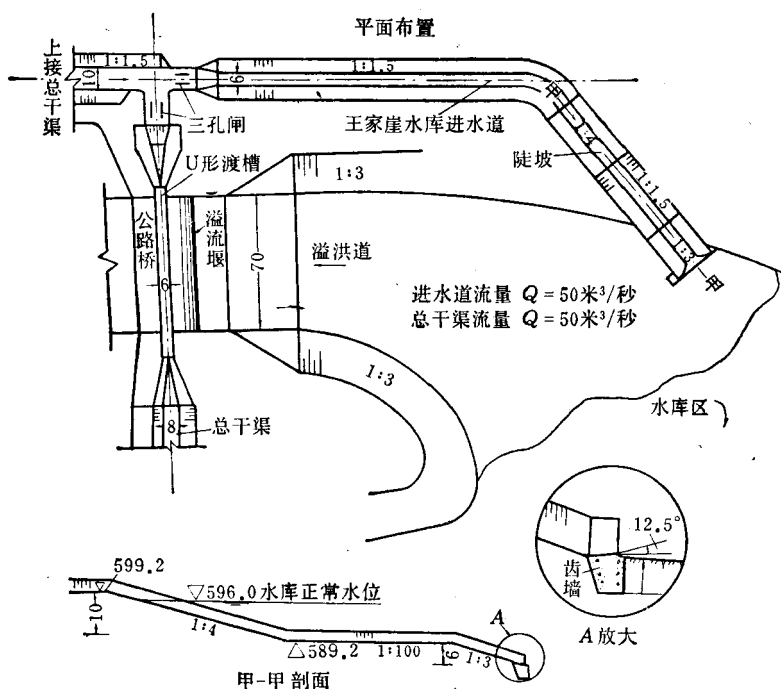


图 1-6 陕西宝鸡峡引渭工程王家崖水库进水道工程布置
(单位: 米)

进水道流量 $Q = 50 \text{ 米}^3/\text{秒}$; 总干渠流量 $Q = 50 \text{ 米}^3/\text{秒}$

1-8), 或陡坡、跌水和跌井联合布置的形式。这类建筑物的末端, 有时还用悬臂式跌水、鼻坎挑流等方式, 将水挑入下游河道或沟壑。

灌区渠道落差建筑物处, 集中了水流的位能。利用这种水能进行小型水力发电、水轮泵提水, 或农产品水力机械加工等, 是综合利用水利资源的重要途径之一。我国各地灌区渠道上这类小型水电站工程设计布置中, 均设有退水、泄水工程, 用以调节、平稳上游水位, 排泄电站停机时渠道流量。这类退水泄水建筑物, 一般多采用明渠陡坡, 或斜管式跌水, 参见图 1-9 所示。在它的

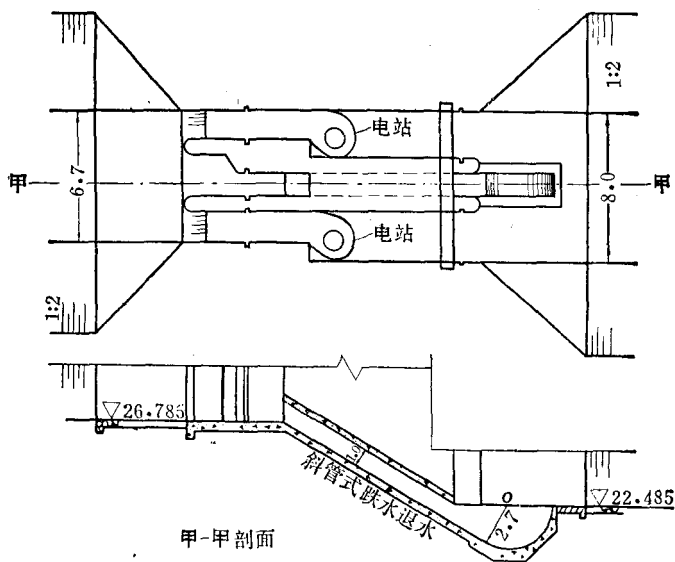


图 1-9 广东青年运河西海河安甫水电站布置 (单位: 米)
渠道流量 $Q = 12 \text{ 米}^3/\text{秒}$; 两台机组共 130 千瓦; 水头 $P = 4.3 \text{ 米}$

南等省), 在这方面有不少的好经验。

对有通航或抽水要求的渠道, 为了管理运用方便, 在船闸、套闸或泵站的一侧, 也常有设置小落差的退水陡坡。

此外, 在灌区中小型水库、陂塘工程中, 常采用明流陡槽溢洪道、土坝坝面溢洪陡槽等, 以渲泄洪水。这类陡槽布置形式与渠道上的陡坡相类似^①。

第二节 跌水与陡坡的类型和结构形式

渠道落差 (联接) 建筑物, 应用最广泛的有跌水与陡坡两大类, 跌水和陡坡各又分有单级的和多级的布置形式。斜管式跌水 (或称涵管式跌水) 和直落式跌井 (简称跌井), 也是常见的

① 西北水利科学研究所水工研究室: “陕西省中小型水库调查报告”, 1960年。

渠系落差（联接）建筑物，它们多用作渠系退水、泄洪或调节渠道水量的工程。这些类型的落差建筑物的结构形式，都要求简单坚固、就地取材、施工管理方便、工程安全可靠。有些小型工程，还可定型化或装配构件化。现将它们的结构形式，简述于下：

一、跌水

使渠道上游水流自由跌落到下游渠道的建筑物称跌水，其结构形式的主要特点是控制缺口带有垂直胸墙。根据上下游渠道间的落差大小，可采用单级和多级的布置形式。

1. 单级跌水 单级跌水是按渠道通过的地形状况，只作一次跌落的跌水。在我国各地灌区工程实践中，这种跌水的落差都较小，一般很少超过5.0米（参见图1-10所示）。

跌水结构组成包括：上游进口连接段、控制缺口（或称控制堰口）、消能塘和下游出口联接整流护砌段四部分，详见图1-2。为了充分消除跌落水流的势能能量，和减少消能塘的工程范围，常在塘内加设一些辅助消能工，如图1-10所示。兹将单级跌水组成部分的结构形式简介如下：

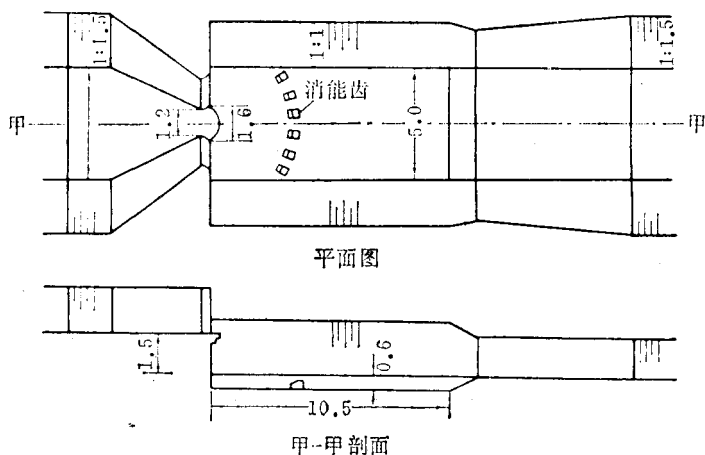


图 1-10 甘肃昌马河北干渠二号跌水（单位：米）

渠道流量 $Q = 9.0 \text{ 米}^3/\text{秒}$

(1) 进口连接段, 即上游渠道到控制缺口间的联接部分: 为了使上游渠道水流平稳顺利地泄到下游渠道, 跌水控制缺口与渠道间要设置平缓渐变的连接段。此连接段的形式, 对于梯形断面渠道, 多做成渐变收缩扭曲面; 对于矩形断面渠道, 多为八字墙形式, 参见图1-2、1-5及图2-3所示。

(2) 控制堰口, 亦称控制缺口(简称缺口): 它是控制上游渠道正常水位流量的咽喉。常见的缺口结构形式有: 矩形宽顶堰、梯形宽顶堰(或称狭缝堰)、矩形台堰和梯形台堰等。

矩形缺口对维持渠道正常水位流量关系变化的范围较小。矩形台堰在含沙量较大的渠道, 还会造成堰上游一定渠段的淤积。当渠道水位流量变化时, 梯形缺口能较好地维持上游渠道相应的正常水深, 因而它在实际工程中, 得到较广泛地的采用。

控制堰口在工程结构上, 应与跌水垂直胸墙结合成整体。

(3) 消能塘: 跌水的消能塘除有特殊情况外(如筛网式跌水等), 一般均按自由跌落水舌布置。消能塘在平面布置上有扩散和不扩散两种形式。横断面则有矩形、梯形、复合形式(即塘深部分为矩形, 高于渠底以上部分为梯形)等, 参见图1-11所示, 详细将在第四章内叙述。

(4) 下游连接段: 为防止出塘水流剩余动能冲刷渠道, 在消能塘与下游渠道间, 都设有整流护砌联接段(或称海漫段), 使出塘水流经过调整, 平稳地流入下游渠道。

2. 多级跌水 在地形陡峻的灌区, 当渠道上下游水位落差很大时, 将落差建筑物布置成多级跌水, 较为经济合理。多级跌水的分级数目和各级落差大小, 根据地形、地基、工程量、建筑材料、施工条件以及管理运用等经济技术指标, 综合比较, 予以确定。实践证明, 多级跌水胸墙工程量(如混凝土、砌石等)与胸墙数目成反比, 即增加跌水级数, 在一般情况下, 将使混凝土或砌石等的工程量相对地减少。同时每级落差小时, 也容易布置消能工, 虽然有时会造成消能工程总量稍许增大一些(如每级所需的过渡连接段增多等), 但水流能量经过多级跌水作逐级消能,

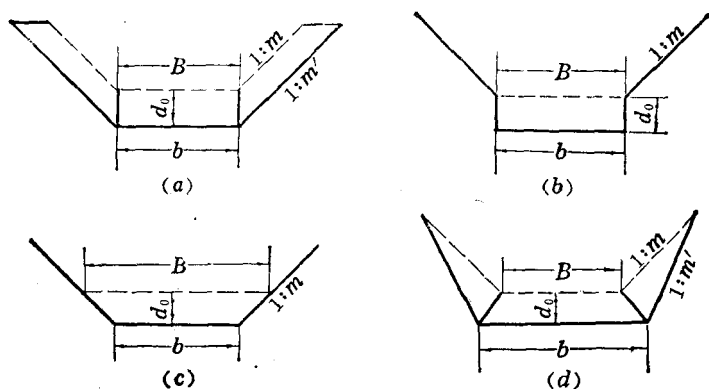


图 1-11 消能塘横断面

说明：B—渠道底宽；1:m—渠道边坡；b—消能池底宽；1:m'—消能塘边坡； d_0 —消能池深；虚线—渠道断面

其效果是比较好的。

多级跌水的合理布置形式，应使每级间相互紧密衔接，且落差尽可能相同，如图1-12所示。

多级跌水的结构组成，基本上与单级跌水相同，每级也由进口连接段、跌水控制缺口、消能塘及下游联接段四部分组成。但

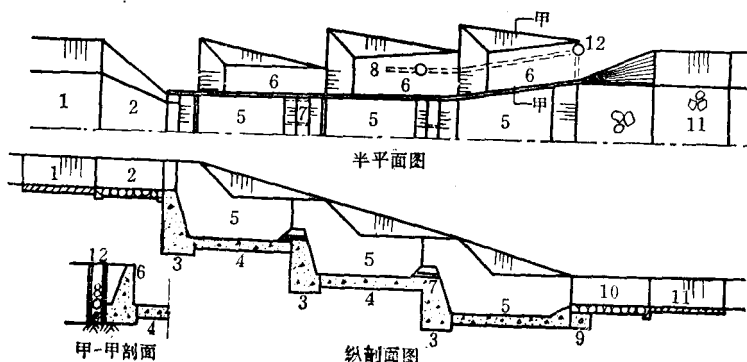


图 1-12 多级式跌水示意图

1—防渗辅盖；2—进口连接段；3—跌水墙；4—跌水护底；5—消能塘；6—侧墙；7—泄水孔；8—排水管；9—反滤体；10—出口连接段；11—出口整流段；12—集水井