

灌区水工建筑物丛书

跌水与陡坡

(第二版)

李崇智 等编著



水利电力出版社

灌区水工建筑物丛书

跌水与陡坡

(第二版)

李崇智 乔海泉 苟兴智 张志恒 韩立 编著

水利电力出版社

灌区水工建筑物丛书

跌水与陡坡

(第二版)

李崇智 等编著

著

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号)

各地新华书店经售

北京市京东印刷厂印刷

*

850×1165毫米 32开本 10.875印张 288千字

1982年4月初版

1982年10月第二版 1988年10月北京第三次印刷

印数11691—14460册 定价4.10元

ISBN 7-120-00366-6/TV·112

出版者的话

大搞灌区工程配套，是挖掘现有灌溉设施潜力，加快建设旱涝保收、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

第二版前言

“灌区水工建筑物丛书”自1980年陆续出版以来，受到了广大读者的欢迎，大家反映，这套丛书内容比较全面、实用，既有较为系统扼要的理论分析，又有工程实例作为参考，很适合地、县水利工程技术人员的学习使用。根据读者的要求，同时考虑到近几年来这方面科学技术的不断发展，我们决定对这套丛书进行修订，以便更好地满足地、县广大水利工程技术人员的需要。

丛书的这次修订是按下述原则进行的：重点介绍常用的理论和方法，注意反映国内外的先进技术，认真总结近几年经过实践证明，技术上先进、经济上合理、运用时安全可靠的先进经验，删去陈旧过时和实用价值不大的内容；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、构造、计算公式的应用、施工要点及管理注意事项，并编写一些实例，供广大读者应用参考。为了节省设计中繁琐的计算工作，有些分册将适当地编入实用性强的电算程序。

参加这套丛书修订编写工作的单位有：江苏、安徽、广西、湖南、河南、陕西、黑龙江等省（区）的水利厅（局），勘测设计、科研部门以及有关的水利院校。为保证书稿质量、统一写作风格、提高工作效率，每本书的编写人不宜过多。因此，第二版的某些分册将减少或调整了部分参编人员。

为了进一步提高第二版的质量，决定成立“丛书编审组”，负责组织全套书的审稿和归口工作。

本分册《跌水与陡坡》第二版由水利电力部西北水利科学研究所李崇智（第一、七、八、三章）、乔海泉（第二章）、苟兴智（第三章）、张志恒（第四章）、韩立（第五、六章）编写，由李崇智主编。

修订稿经安徽水利厅王诒昭审阅，并提出了修改补充意见，对提高书稿质量帮助很大。

修改后的“灌区水工建筑物丛书”(第二版)中的《地下排灌工程》、《闸门与启闭机》、《水闸》分册已于1988年出版,其它各分册将陆续出版。为了搞好这套丛书的再版工作,使它更好地为广大读者服务,诚恳希望读者对书中错漏之处,及时提出批评指正。

灌区水工建筑物丛书编审组

组长 陈德亮

成员 李崇智

张世儒

赵文华

王诒昭

1987年1月

目 录

出版者的话

第二版前言

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	8
第三节 基本资料	23
第二章 进口段的布置与计算	25
第一节 进口段的布置型式	25
第二节 缺口控制段的水力计算	31
第三节 闸门控制段的水力计算	45
第四节 退水、泄洪道进口的水力计算	49
第三章 陡坡段的设计和水利计算	51
第一节 陡坡段的水力特性及纵横断面	51
第二节 陡坡段的平面布置	53
第三节 陡坡段的水力计算	62
第四节 陡坡段上急流折冲波的克服方法	76
第五节 陡坡人工加糙	83
第四章 跌水、陡坡下游衔接消能	100
第一节 跌水消能塘的设计	100
第二节 陡坡消能塘的设计	121
第三节 跌水与陡坡的特种消能塘	143
第四节 陡坡急流分水消能塘	163
第五节 消能塘出口段设计	167
第五章 斜管式跌水	170
第一节 斜管式跌水的设计与布置	170
第二节 泄流能力计算	173
第三节 管身压力计算	179
第四节 出口消能	181

第五节	USBR管道式跌水	183
第六节	算例	201
第六章	直落式跌井	205
第一节	跌井的设计与布置	205
第二节	泄流能力计算	208
第三节	过渡段与喉道断面	228
第四节	竖井、弯管及横洞	232
第五节	井口开挖轮廓与防涡措施	234
第六节	下游消能	235
第七节	跌井水工设计中应注意的几个问题	240
第八节	算例	241
第七章	跌水、陡坡工程存在的主要问题和设计布置原则	252
第一节	存在的主要问题	252
第二节	下游冲刷原因和消能工特点	255
第三节	工程规划布置	263
第四节	水工设计要点	271
第八章	结构与施工管理	297
第一节	结构设计要点	297
第二节	结构材料	305
第三节	主要结构部件的设计	311
第四节	施工注意事项	328
第五节	管理养护要点	331
参考文献		335

第一章 概 述

跌水与陡坡是灌溉渠系工程中最常见的落差建筑物。随着水利建设和工程技术的不断发展,这些落差建筑物不论从布置形式、水工设计、施工安装以及用途范围等方面,都取得了不少的革新和进展。本书各章在第一版的基础上,将对跌水、陡坡、斜管式跌水和直落式跌井(简称跌井)等,四种主要渠系落差建筑物的工程布置、水工设计及水力计算方法等,就我们所能收集到的国内外资料,作较系统地综合论述。同时,尽可能地把建国以来,我国在这些方面的工程实践经验和科技研究成果,予以扼要地评述和推荐介绍。对结构设计、施工安装以及管理运用等方面,也给以简要的叙述。

第一节 跌水与陡坡的作用

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。其主要用途分述如下。

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,增大不安全因素,而且将造成向两侧配水的困难。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。至于在原地而有天然陡坎处，设置落差建筑物，则更为适宜（图1-1），



图 1-1 天然陡坎处的落差建筑物

在我国西北黄土高原，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、清惠渠，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（图1-2、图1-3、图1-4）。陕西省洛惠渠干支渠上就曾修建了这类落差建筑物696座^②。安徽省淠史杭灌区的肥西县6.5万亩灌区的孙集支渠上，就有陡坡跌水300余座^③，占该渠系水工建筑物工程总量的50%以上。湖南省的韶山灌区、海南岛的松涛灌区等的干支渠道上，也都广泛地采用了形式多样的陡坡、跌水作为渠道落差建筑物^④（图1-5）。

在黑龙江省等寒冷地区，还采用筛网式跌水等型式（图4-12，4-13）。

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，

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。

② 安徽省肥西县水电局龚绍光，渠道陡坡跌水的技术比较与选择，农田水利与小水电，1983年第二期。

③ 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录，1979年5月。

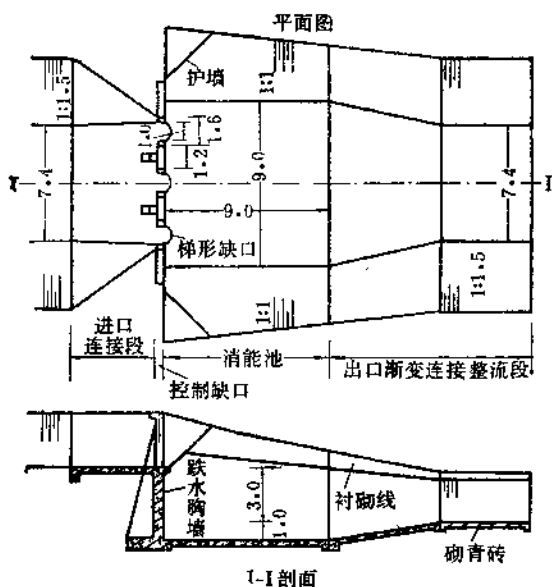


图 1-2 陕西渭惠渠干渠十号跌水 (单位: m)

渠道流量 $Q = 30 \text{ m}^3/\text{s}$; 水深 $H = 2.2 \text{ m}$



图 1-3 陕西渭惠渠干渠十号
跌水过水情况

落差 $P = 3.0 \text{ m}$; $Q_{\text{实}} = 15 \text{ m}^3/\text{s}$

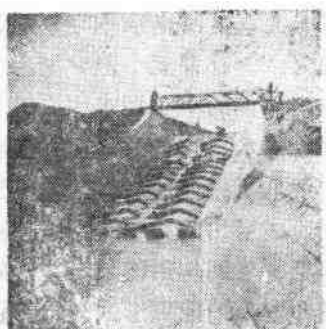


图 1-4 甘肃昌马河干渠21号
陡坡的陡坡面加双人字糙条

$Q_{\text{设}} = 56 \text{ m}^3/\text{s}$; $P = 5.0 \text{ m}$

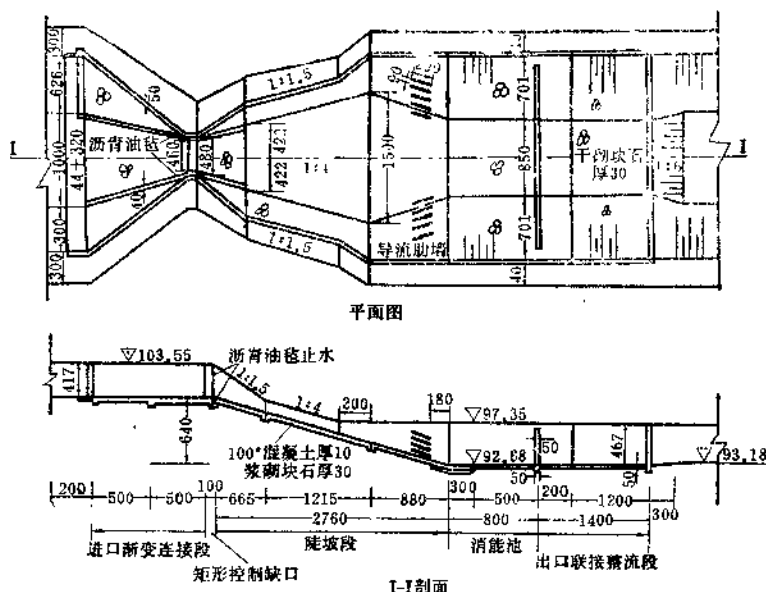


图 1-5 海南岛松涛灌区东干渠跃进一号陡坡跌水第二级
(单位: cm; 高程m)
渠道流量 $Q=42.1\text{m}^3/\text{s}$; 跌差 $P=6.4\text{m}$

以补充灌区的供水不足, 这是我国各地灌区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。这些陡坡进口, 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 (图1-6)。

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

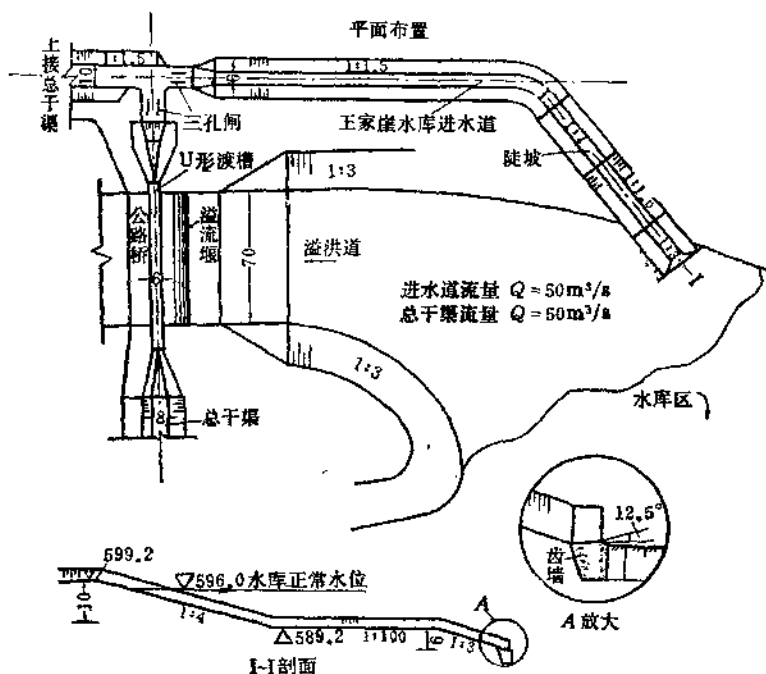


图 1-6 陕西宝鸡峡引渭工程王家崖水库进水道工程布置
(单位: m)

进水流量 $Q = 50 \text{ m}^3/\text{s}$; 总干渠流量 $Q = 50 \text{ m}^3/\text{s}$

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, 便于分段检查维修养护; 为了避免因渠道行水过程中发生配水失误, 闸门运用出现故障, 以及渠道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[●]。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

● 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。

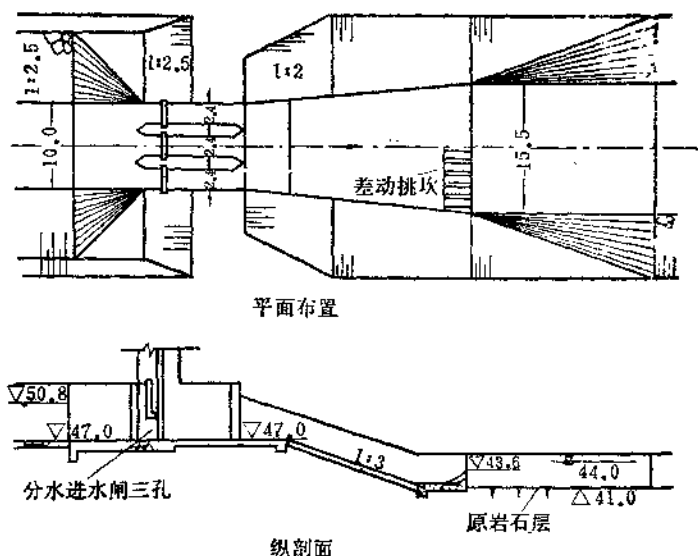


图 1-7 安徽淠史杭灌区滬东进水闸陡坡 (单位: m)

滬东干渠流量 $Q = 60 \text{ m}^3/\text{s}$

适应地形特点,有时还布置成多级陡坡(图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(为渠道安全与平稳水位的岸侧退水道),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(图1-9)。在它的进口,有的设有节制闸门,有的设有平水溢流堰,有的还设侧槽平水堰等。结合各工程实际,其布置形式多样化。我国南方各地灌区(如广东、浙江、四川等省)在这方面有不少的实践经验。

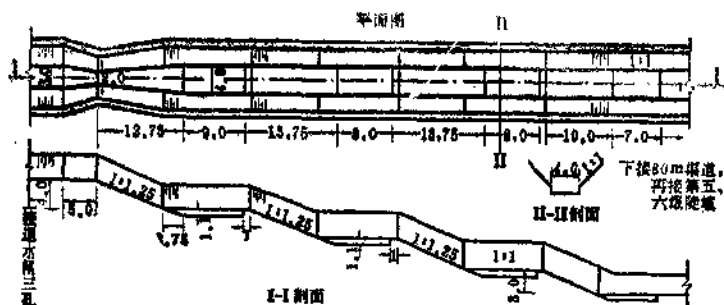


图 1-8 陕西渭惠高干渠漆水河倒虹上游退水的多级陡坡
(单位: m)

渠道流量 $Q = 22 \text{ m}^3/\text{s}$; 四级陡坡共落差 15m

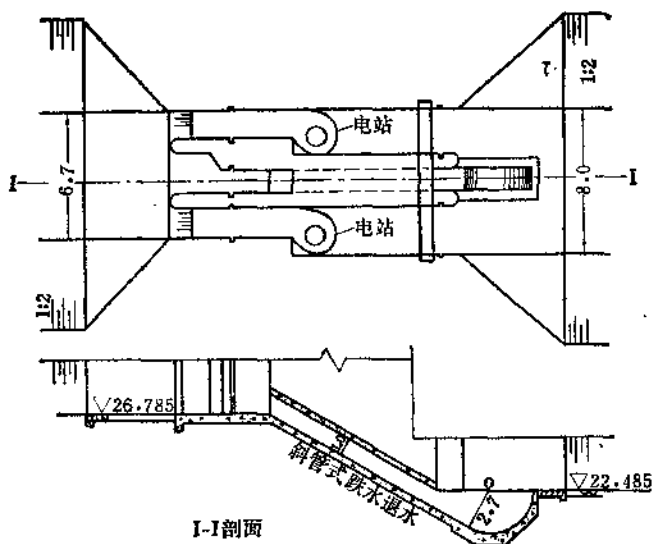


图 1-9 广东青年运河西海河安甫水电站布置 (单位: m)

渠道流量 $Q = 12 \text{ m}^3/\text{s}$; 两台机组共 130kW; 水头 $P = 1.3 \text{ m}$

在丘陵山区或塬边渠道沿线, 为了排泄暴雨径流, 保证渠道和灌区安全, 常沿山麓塬坡修筑形式多样的排洪陡坡或斜管式跌水涵洞, 它们有特殊的集水进口和出口衔接形式 (如底栅进口,

撞击式出口消能工等)。

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

渠道落差（联接）建筑物可分为开敞型与封闭型两大类型。应用最广泛的开敞型有跌水与陡坡两种类型。跌水和陡坡又各有单级的和多级的布置型式。斜管式跌水（或称涵管式跌水）和直落式跌井（简称跌井），是常见的封闭型渠系落差（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、施工管理方便和工程安全可靠。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5.0m（图1-10）。

跌水结构组成包括：上游进口连接段、控制缺口（或称控制墩口）、消能塘和下游出口联接整流护砌段四部分（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，

^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，1975年。