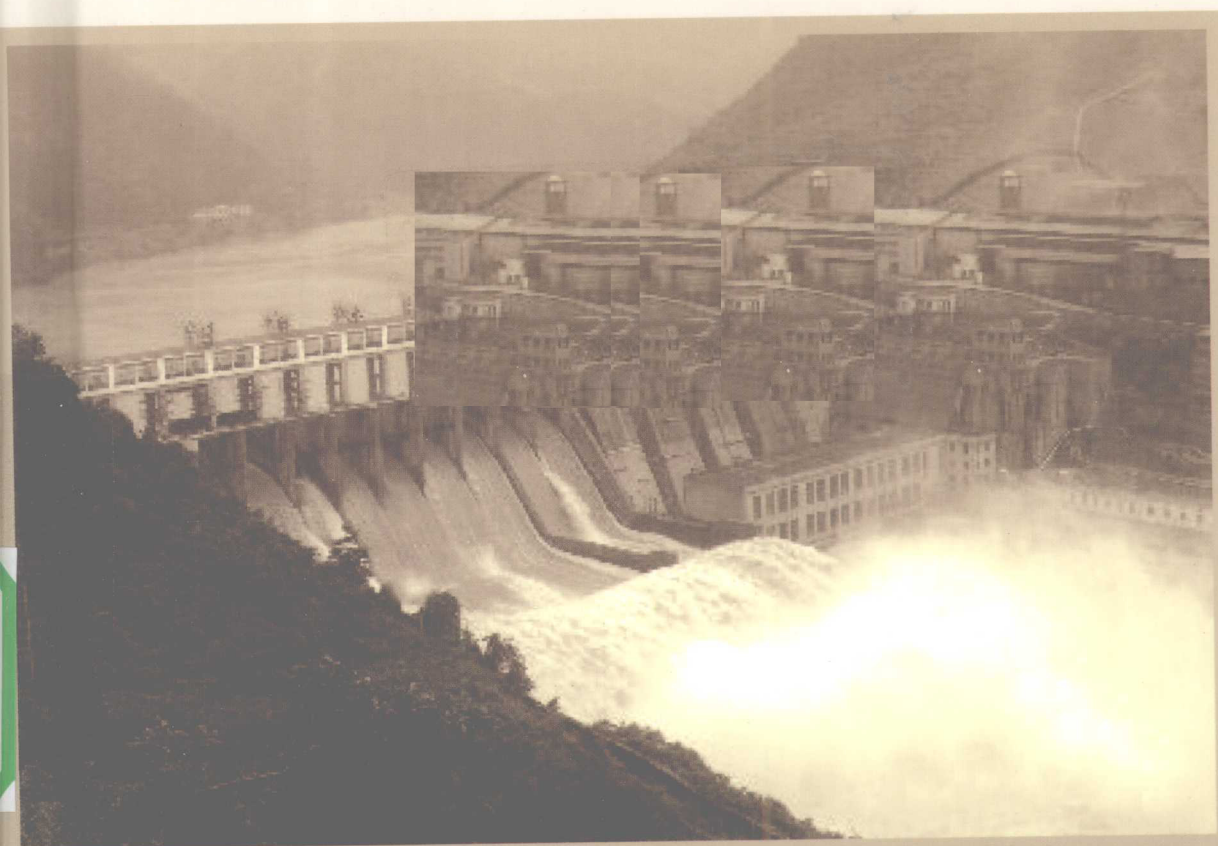


现代坝工 消能防冲原理

刘沛清 著



科学出版社

www.sciencep.com

现代坝工消能防冲原理

刘沛清 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

现代坝工消能防冲问题直接关系到大坝的安全和稳定。本书以水跃和射流理论为主线,分为理论基础、基本消能工和新型消能工三大部分,全面深入地系统地论述了现代坝工各种泄洪消能型式的流动特征、消能机理,给出详细的理论推导和设计方法等。在理论基础部分,包括水跃和射流理论;在基本消能工部分,包括底流、面流、挑流和岸流等消能工;在新型消能工部分,重点阐述了我国近期在峡谷区高坝建设中的最新研究成果,包括宽尾墩消能工、窄缝挑流消能工和挑跌流水垫塘消能工等。全书内容翔实,取材新颖,概念清晰,推导严谨,由浅入深,图文并茂,重点突出,应用性强。

本书可供从事水利水电工程技术领域的研究人员、技术人员、管理人员以及大专院校的相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代坝工消能防冲原理/刘沛清著. —北京: 科学出版社, 2010

ISBN 978-7-03-027092-4

I. 现… II. 刘… III. ①大坝-消能(水流) ②大坝-防止冲刷 IV. TV653

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 051112 号

责任编辑: 刘延辉 李 锋 / 责任校对: 刘小梅

责任印制: 钱玉芬 / 封面设计: 王 浩

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京佳信达欣艺术印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010 年 4 月第 1 版 开本: B5 (720×1000)

2010 年 4 月第一次印刷 印张: 40 1/2 插页: 8

印数: 1—2 000 字数: 799 000

定价: 118.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

作者简介



刘沛清, 男, 1960 年 12 月 30 日生, 山西省忻州市人, 中共党员。1978—1982 年在华北水利水电学院读水工专业, 获学士学位。1989 年在河海大学获工学硕士学位, 研究方向为计算流体力学。1995 年在清华大学获工学博士学位, 研究方向为高坝泄洪消能机理与防护。1995—1997 年, 在北京航空航天大学流体力学研究所博士后流动站工作。1997 年至今, 在北京航空航天大学流体力学研究所工作。2000 年至今, 任教育部流体力学重点实验室责任教授, 博士生导师, 2003 年至今, 任航空科学与工程学院副院长。北京市空气动力学精品课负责人, 国家级航空航天实验教学中心主任, 中国空气动力学学会理事, 四川大学等学校兼职教授。2000 年获全国百篇优秀博士学位论文, 2003 年获全国国防系统百名优秀博士、硕士先进工作者称号, 2005 年获国家教学成果二等奖, 2007 获中国电力科学技术三等奖。2009 年获北京市教学成果一等奖, 2009 年获北京市优秀教师称号。

长期从事空气动力学、水动力学实验和数值模拟工作。近年来结合国家自然科学基金重点资助和面上项目以及国防预研课题等, 利用理论、实验和数值模拟等多种手段对工程中的一些复杂流动开展了系统深入研究, 在国内外学术刊物上发表论文 150 余篇, 被 SCI、EI 收录多篇, 出版著作 6 部。特别是在高坝泄洪消能领域提出一系列独到见解, 受到国内外同行专家的肯定和好评。现主要从事的研究方向是: 旋涡分离流与流动控制、飞行器大迎角空气动力学、鸭式布局涡系干扰与控制、高速层流控制技术、现代轻质高效螺旋桨设计与优化、大型飞机起飞着陆气动性能、水上迫降性能研究等领域。承担博士生“近代流体力学”课程; 硕士生“湍流模型理论及其应用”和“水动力学理论”课程。

前 言

随着我国生产力水平和科学技术的迅速发展,人们对电力的需求愈来愈大,使我国水利水电工程规模日益增大,特别是峡谷区的高坝建设发展迅速.由于现代坝工泄水建筑物的下泄水流具有水头高、流速大、水股集中的特点,下泄水流的机械能(特别是动能)很大,远远超过下游河道正常水流所能承受的能量,显然,如不设法消刹解决,在其直接与下游河道水流衔接的过程中,势必会造成恶劣的流态,严重地冲刷破坏,危及泄水建筑物的安全.故消能防护的核心问题是,在泄水建筑物下游尽可能短的范围内或所规定区域内集中消刹下泄水流的机械能(动能),使其与下游河道水流平顺衔接,以确保建筑物与河道的安全.

由于泄洪消能防护问题直接关系到坝体的安全和稳定,所以对于具体工程的消能型式,必须做到安全、可行、方便、经济.其中,“安全”指泄洪时必须保证坝体和其他各类建筑物的安全和稳定;“可行”指泄洪布置、控制闸门以及施工运行等是合理可行的;“方便”指运行操作和维修方便;“经济”指在满足上述要求的前提下使泄水建筑物的总造价最小.一般泄水建筑物的工程造价约占坝工总造价的40%~50%,因此经济问题也是泄洪消能设计中一个相当重要的因素.

从水力学和流体力学观点看,消能与防护是一个事物的两个方面,消能是通过各种工程措施为下泄水流提供一个高效消刹能量的区域,防护则是对消能区及其下游一定范围内的河床与岸坡进行必要的工程保护,以免遭水流的冲刷破坏.在整个过程中,消能是主要手段,防护是辅助措施.那么,对于具体的水流条件、地形地质条件、泄水建筑物的形式与布置等,如何才能提供一个有效的高消能效率区,怎样进行必要的防冲保护,这是人们解决各种泄洪消能问题的关键,也是进行防护设计的重要依据.

一般而言,从水流出坎、入水后机械能消刹到与下游河道水流平顺衔接,在整个水流剧烈变化过程中,不同流动区域的流动特征和消能机理虽然不尽相同,但原理上可归结为水流在局部区域内发生剧烈演变的复杂流动现象,统称为局部水流现象.在局部水流现象中,水流在剧烈的动量和能量转换过程中,伴随有大量的机械能损失,其中一部分损失是水流克服边界摩阻力做功引起的,另一部分损失是水流克服内部紊动涡体发生剧烈混掺和碰撞所产生的紊动应力做功引起的.由于这些机械能损失是不可逆的,最终被转换成热能而消散,不可能再被水流所利用而作有用功,故水力学中,把这种发生于局部流动区域中的机械能损失称为局部能量损失,在泄洪消能问题中也称消能.由于消能的大小取决于水流克服阻力(边界摩阻力和

内部的紊动应力) 做功的形式和机制, 所以消能防冲的核心问题就是研究各种局部水流现象的复杂流动结构、水流的运动和动力特性以及能量转换和耗散机理。在泄洪消能问题中所涉及的各种局部水流现象, 虽然流态结构复杂多变、紊动剧烈, 但从宏观上主要表现为射流、水跃和射流与水跃的混合流三种基本流动形态, 且射流和水跃理论又是整个消能防冲的理论基础。

本书是在作者及其所指导的部分博士研究生多年研究成果的基础上, 全面系统地论述了现代坝工消能防冲机理, 全书内容分为理论基础、基本消能工和新型消能工三大部分, 以水跃和射流理论为主线, 重点阐述各种泄洪型式的消能防冲机理和设计方法, 并在各章中全面系统地介绍了作者多年的研究成果和认识观点, 供读者参考。

本书的理论基础部分, 以消能防冲的基本流动现象为主线, 包括水跃和射流理论两章, 其中水跃章节主要论述了水跃的特征、自由水跃、强迫水跃、空间水跃、淹没水跃和水跃消能机理等; 紊动射流章节主要论述紊动射流的基本特征、紊动射流的基本方程和紊流模型、平面自由紊动射流、圆形自由紊动射流、紊动壁射流、紊动冲击射流和紊动射流消能机理。

本书的基本消能工部分, 包括泄水建筑物下泄水流的消能与衔接、底流消能、面流消能、挑流消能和戽流消能, 共五章。针对各章的特点, 在阐述了主要流动现象的基础上, 深入系统地导出了不同消能型式的理论公式和水力计算方法。

在本书的新型消能工部分, 包括泄水建筑物下游不同消能形式的消能防护设计准则探讨、宽尾墩消能工、掺气分流墩消能工、窄缝挑流消能工、高坝挑跌流水垫塘泄洪消能型式、挑射水流对岩石河床的冲刷机理和泄洪洞内消能工, 共七章。针对不同消能工的特点和流动现象, 深入系统地论述了各种消能工机理, 给出理论分析公式和水力计算方法。

本书在内容的取材和论述过程中, 力图做到物理概念清晰, 理论推导严谨, 由浅入深、图文并茂地介绍给读者。

在本书的编写过程中, 得到李福田博士、李爱华博士、焦爱萍博士的大力帮助, 在此一并致谢。

特别感谢赵万里博士在本书的成稿过程中, 所做的大量繁琐的文字整理和插图绘制等工作, 可以说没有赵万里博士的辛勤而有成效的工作, 本书很难及时问世, 在此表示作者的衷心谢意。

感谢科学出版社的同志们, 为本书的出版付出的辛勤劳动。

因本人水平有限, 时间仓促, 书中错误在所难免, 恳请读者批评指正, 本人不胜感谢。

刘沛清

2009 年 9 月于北京航空航天大学



水跃现象



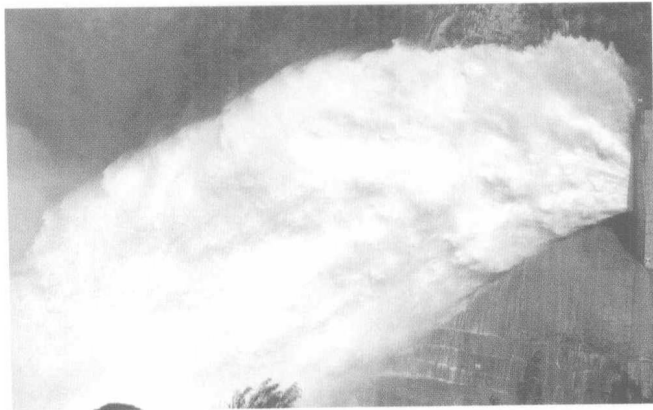
自由水跃



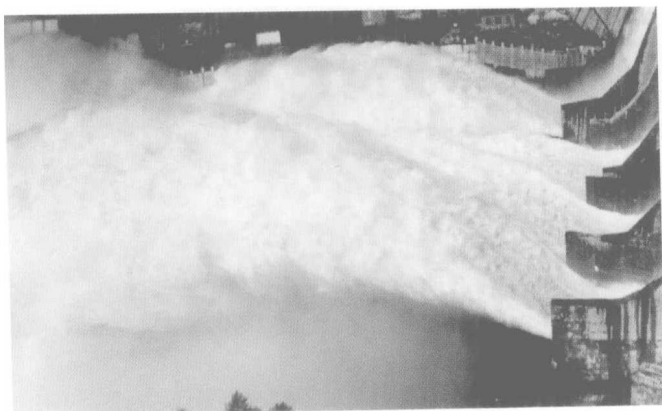
淹没水跃



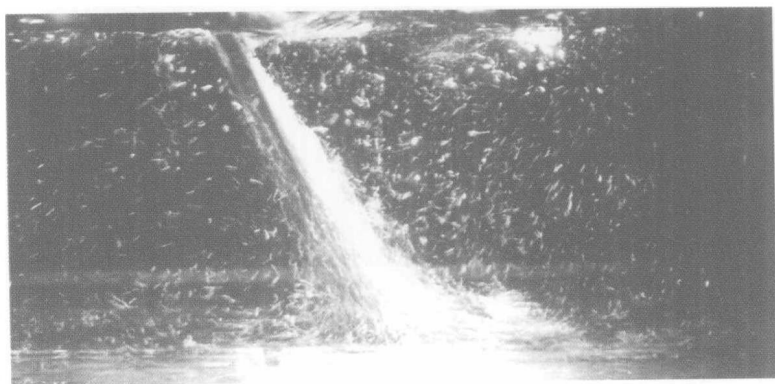
2010 年干旱期间黄果树贴壁自由跌流（类似壁射流）



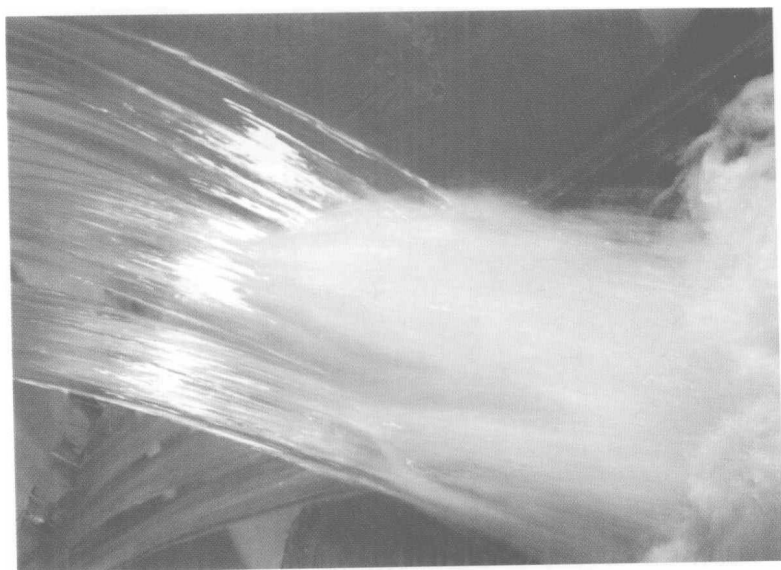
自由掺气射流水舌



自由掺气射流水舌



斜向淹没冲击射流



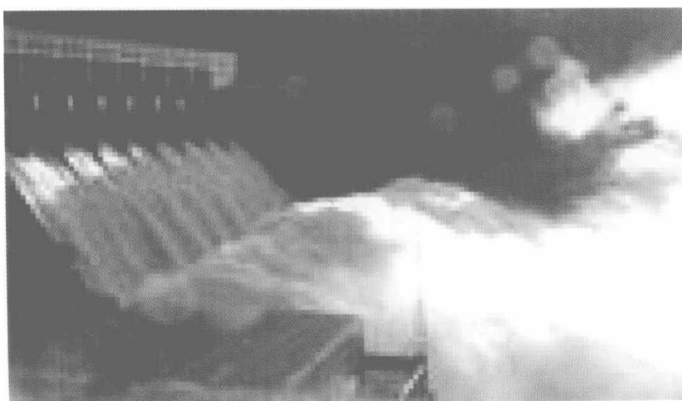
两股射流空中碰撞



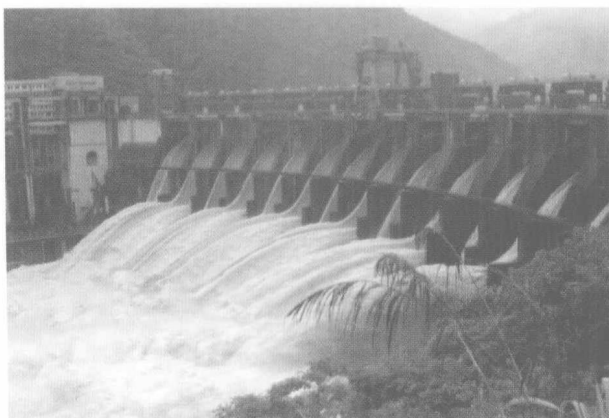
典型底流消能



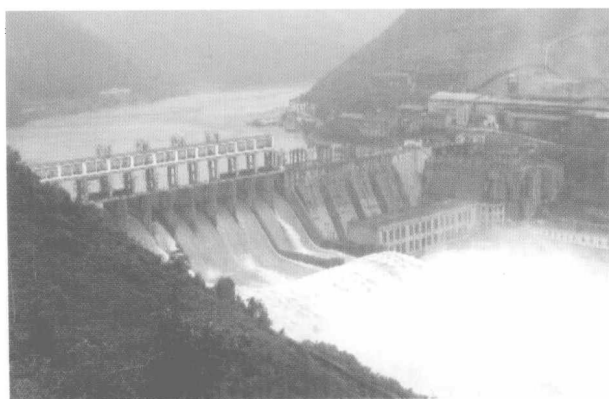
葛洲坝水电站底流消能



柘溪水电站挑流消能



风滩水电站挑流消能



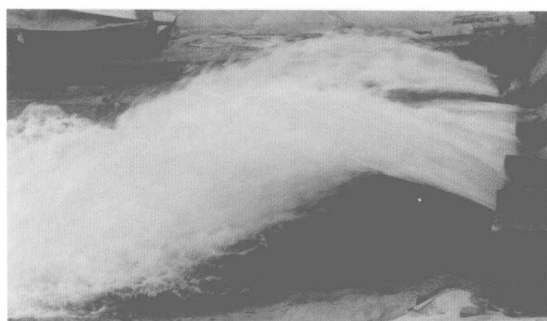
双牌水电站挑流消能



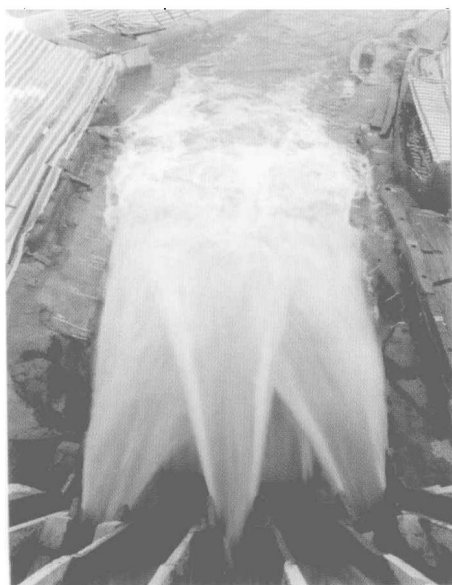
三峡水电站坝身孔口挑流消能(原型)



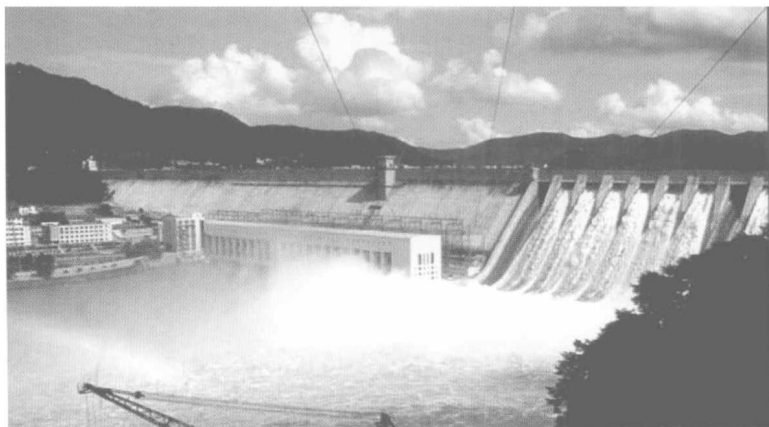
白山水电站溢流坝挑流消能(原型)



白山水电站溢流坝挑流消能(1:35 模型)



白山水电站溢流坝挑流消能(1:35 模型)



红石水电站埠流消能



西津水电站面流消能



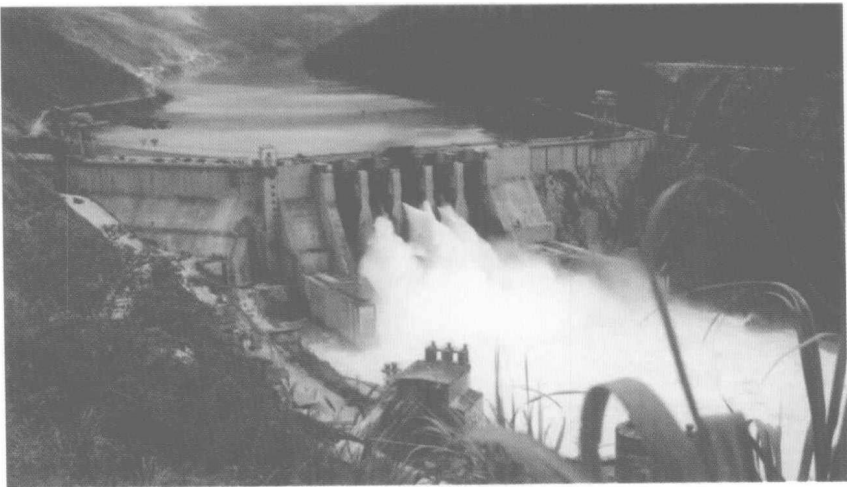
岩滩水电站宽尾墩戽式消力池消能



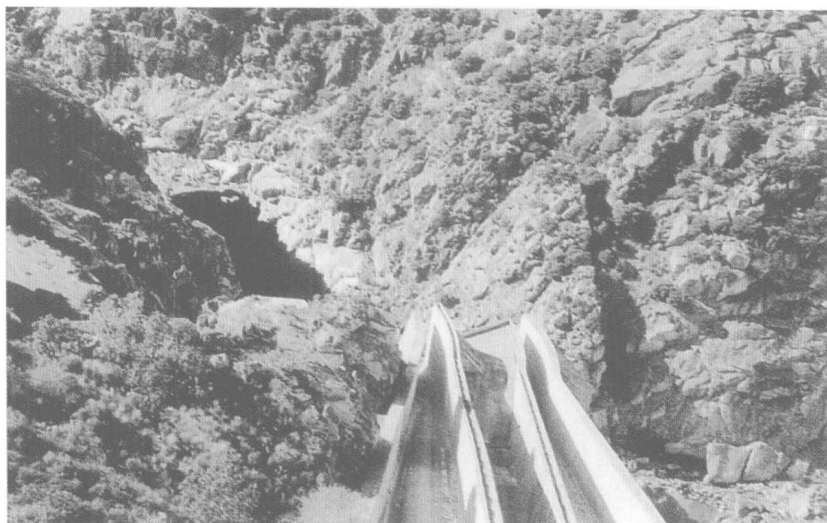
岩滩水电站宽尾墩戽式消力池消能



隔河岩水电站宽尾墩挑跌流水垫塘消能



大朝山宽尾墩坝面台阶戽流消能



典型窄缝坎



典型窄缝坎挑流水舌



东江水电站溢洪道窄缝坎消能



东江水电站溢洪道窄缝坎消能



二滩水电站挑跌流水垫塘消能