

水利电力部第八工程局

乌江渡工程 施工技术

上册

水利电力出版社



水电部科技情报所	
图书编号	1057
分类号	TL52

乌江渡工程施工技术

上 册



005639 水利部信息中心

水利电力部第八工程局

水利电力出版社

内 容 提 要

本书系统介绍乌江渡工程施工特点,对各项施工技术课题进行阐述和探讨,内容充实,资料丰富,分析中肯,文图并茂。全书共约260万字,分上、下两册,可供从事大中型水电站设计、施工、科研人员参考,也可作为大专院校教学参考。

2W46/2402

艺术设计 赵景伟

乌江渡工程施工技术

上 册

水利电力部第八工程局

•

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

北京昌平沙河建华印刷厂印刷

•

787×1092毫米 16开本 66.5印张 1518千字 5插页

1987年1月第一版 1987年1月北京第一次印刷

印数 00001—1,500册 优惠价 10.50元

书号 16143·6321X

乌江渡水电站

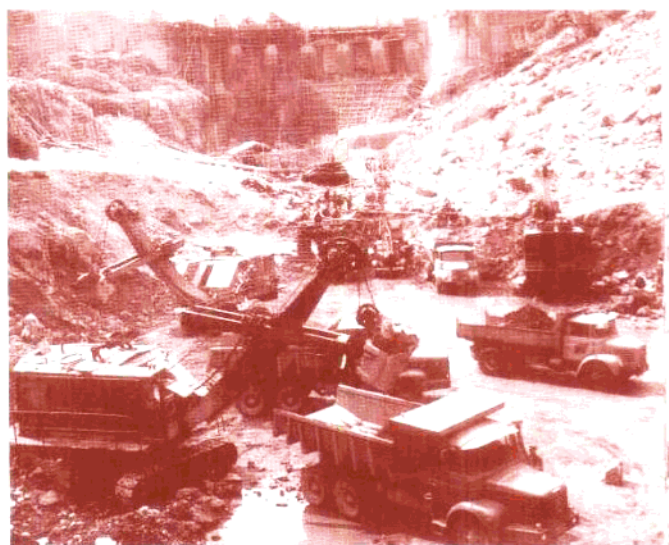


坝址原貌





岩溶地貌

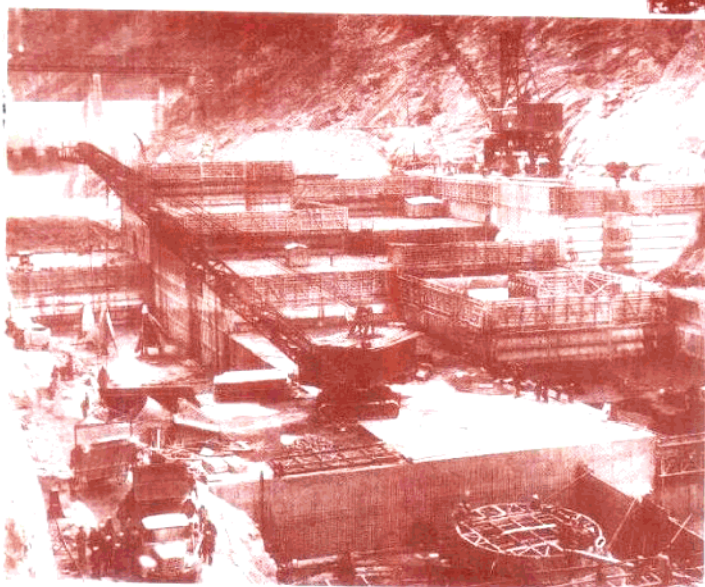
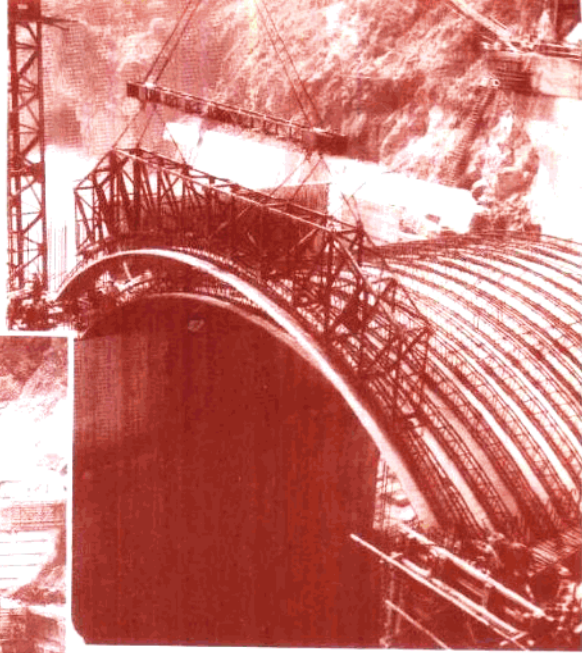


厂、坝基开挖

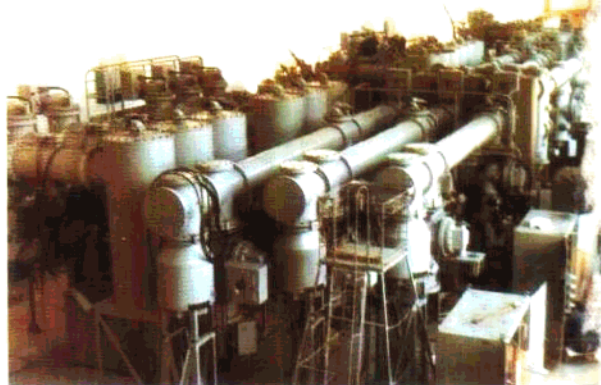
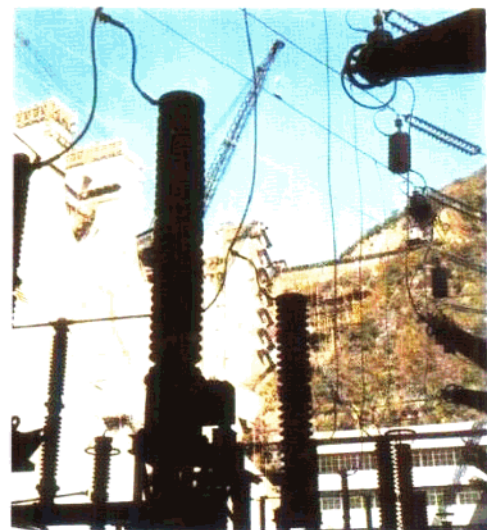


砂石料生产

混凝土浇筑



户外电压互感器和避雷装置



220千伏六氟化硫全封闭开关

运行中的三台机组



《乌江渡工程施工技术》

编审小组和审定人员

编审小组成员

谭靖夷 黄 广 陈世其 年文亮

莫 邴 屈国柱 毕芳镒 曾鼎森

高家训 杨志帆

审 定

谭靖夷 黄 广

认真总结经验开创水电建设新局面

李 鹄 鼎

乌江渡水电站是我国在岩溶地区兴建的第一座大型水电站，165m高的拱形重力坝及主要泄水建筑物已经受了设计条件下蓄水和泄洪的初步考验，三台单机容量21万kW的水轮发电机组已全部投产，至1982年底已共发电28.37亿kW·h。乌江渡水电站的胜利建成，为我们在岩溶地区修建高坝提供了宝贵的经验，对加快我国西南地区水能资源的开发，将起重要的促进作用。我谨向长年累月战斗在乌江渡工地的水电工作者致以衷心的祝贺和敬意。

在岩溶地区建设水电站，特别是建设高坝大库，由于需要解决岩溶地质勘探、水库防渗处理、高深峡谷的枢纽布置、大流量泄洪消能等一系列技术难题，过去在国内曾被人们视为畏途。而我国碳酸岩系分布面积达200万km²以上，且集中在水能资源非常丰富的云、贵、川、桂等省区。因此，能否在岩溶地区胜利建成高坝大水电站，也是能否经济有效地开发这一地区水能资源所亟待解决的重要课题。乌江渡水电站的建成，正是从实践上为我们作出了肯定的回答。

乌江渡坝址座落在石灰岩地层上，两岸岩溶及暗河发育，左岸溶洞最大发育深度达河床以下200m。距坝脚下游50m有厚达80m的软弱页岩及其破碎带，右坝肩地形单薄，不但岩溶发育，而且断裂密集并有软弱夹层。乌江渡设计洪水流量19200m³/s，校核洪水24400m³/s，但河床狭窄；枯水期水面宽仅70m。这些复杂的地形地质条件给工程建设带来很大困难。工程兴建初期，人们担心的有三大问题：一是水库能否蓄住水；二是大坝是否稳定；三是洪水能否安全下泄。这三大难题的解决，不仅关系到乌江渡水电站建设的成败，也是关系到我们在岩溶地区修建高坝能否闯出道路的问题。

乌江渡工程成功地采用了高压水泥灌浆帷幕与上游砂页岩隔水层相连接的防渗设施，解决了水库渗漏问题。其帷幕线总长约1000m，灌浆钻孔总长达19万余m，最大灌浆压力达60kgf/cm²，经高压灌浆注入地区的水泥计5万余t。据观测资料，在设计水头作用下，大坝及厂房基础渗水量每昼夜小于10m³，坝基扬压力远小于设计值，初步说明防渗及排水效果良好。

乌江渡防渗工程的规模、技术要求和施工难度，在国内都无前列。经过长期的勘探、试验、研究和施工实践，初步摸索出一套行之有效的岩溶勘探、水文地质观测和高压灌浆

施工技术,而且对高压灌浆机理的初步探索,也获得可喜的成果。这些经验都是极其宝贵的。

需要指出的是,基础防渗效果会随时间的推移而发生变化,也有可能向不利的方向发展。因此,在今后电站的长期运行中,还应十分注意加强观测,以便及时发现问题,采取必要的措施。

关于大坝的基础稳定问题,乌江渡工程为适应坝脚下游存在软弱页岩和右坝肩地质弱面较多的特点,采用了以重力作用为主的拱形重力坝,并用混凝土传力桩及固结灌浆等手段加强右坝肩,将一部分水压力传递至两岸,以减轻河床基础的负担,提高了大坝的总体安全度。在施工中注意了温度控制,接缝灌浆质量良好,保证了大坝的整体性,从而使大坝的稳定问题得到妥善解决。初步观测成果表明,坝体外部变形微小,各部分应力正常。

为妥善解决高水头、大流量和狭窄河床的泄洪消能问题,在设计过程中,对乌江渡工程的枢纽布置方案曾作过几次大的调整,经过反复的水工模型试验,最后确定利用洪水期下游河床水势较深的有利条件,采取大流量挑流消能方式,其最大单宽流量达 $240\text{m}^3/\text{s}$;采用厂房、溢洪道及开关站重叠布置,两岸隧洞泄洪与坝体两侧滑雪道式溢洪道及中部厂前挑越厂顶的溢洪道泄洪相结合,各泄洪建筑物出口错开布置,使水舌落点沿河床纵向扩散;另外,在溢流表面还普遍采用了通气槽掺气减蚀。经过不同水头、不同闸门开度的泄洪试验与较长时间的运用实践,各泄洪建筑物闸门启闭灵活,掺气减蚀效果良好,下游河床未出现严重冲刷,厂房振动微小,机组运行正常,位于溢洪道上的开关站亦未受水雾影响。乌江渡工程紧凑的枢纽布置,成功的泄洪消能,获得了中外人士的好评。

还值得提出的是,连接右岸泄洪隧洞的 72m 大跨度拱渡槽,最大泄量为 $2135\text{m}^3/\text{s}$,经多次泄洪考验,振动轻微,结构完好,为大型泄洪建筑跨越软弱地层创造了成功的经验。

乌江渡工程在建设过程中,还较好地实现了施工综合机械化,采用了较新的工艺和技术,加强施工管理,注意节约材料,确保工程质量,生产效率不断提高,工程成本显著降低,实际投资不超过概算并有节余,这在近年来施工的大型工程中是少见的。乌江渡工程在施工中还成功地建立了年生产能力为 200万t 的大型人工砂石料系统,砂石成品质量优良,价格低廉,为在缺乏天然砂石料地区筑坝提供了经验。

乌江渡水电站在建设过程中所取得的一系列的成功经验是十分宝贵的,都值得我们在今后的水电建设中借鉴和应用。而这些经验的取得,很重要的一点,就是在建设过程中,勘测、设计、施工、科研始终紧密地结合在一起,坚持实事求是的科学态度,勇于创新,勇于实践,针对客观实际提出的问题,脚踏实地去探索解决的道路。事实证明,只要有这种精神,技术难题就能够胜利解决;通过难题的解决,技术水平也必然获得进一步的提高。

乌江渡工程在建设过程中也走过弯路,遭受过挫折,有经验也有教训。乌江渡坝址前期勘探工作深度不够,为查明岩溶地层的工程地质和水文地质,开工后曾一度停止主体工程施工,进行补充勘探;施工初期急于求成,颠倒了正常施工程序,勉强浇筑了 3000m^3 不合格的混凝土,以后不得不炸除重来,还拖延了施工进度。施工后期由于缺乏实践经验,对高速水流认识不足,没有处理好提前蓄水发电与安全渡汛的关系,后期导流没有实

视原规划要求,发生了水淹厂房的事故。由于上述原因,加以工程建设的前7年正处于10年动乱期间,以致施工准备整整用了4年,从第一方混凝土开始浇筑到第一台机组发电历时近6年,致使整个建设周期长达13年之久。现在回顾起来,象乌江渡这样建设条件比较复杂困难的大型工程,在正常情况下,全部建设周期缩短到9或10年是完全可能的。尽管如此,作为在岩溶地区修建的第一个大型水电工程,在第一次达到设计洪水位时就能顺利地通过各种考验,是令人高兴的。只要我们能从走过的弯路中正确接受教训,对今后的水电建设,都是有益的。

乌江渡水电站的建成,为贵州地区提供了廉价动力,并送电川东,将成为西南电网的骨干电站之一,为国民经济的发展作出了贡献。其单位千瓦投资约930元,单位电能投资约0.18元/kW·h,电站的经济效益是很显著的,也充分说明了开发水能资源的优越性。

目前,我国已进入全国开创社会主义现代化建设新局面的时期,党的十二大提出了20年内工农业年总产值翻两番的宏伟目标,能源开发是现代化经济建设的战略重点之一,电力建设要逐步把重点转到水电上来。水利电力出版社出版了“乌江渡工程施工技术”,其目的是要通过系统地总结和介绍乌江渡水电站的建设经验,进一步促进我国水电建设的发展。希望水利水电系统勘测、设计、施工、科研等各部门的同志,认真学习贯彻党的十二大文件,振奋精神,艰苦奋斗,团结协作,改革创新,不断提高技术水平和管理水平,为加快水电建设速度,提高质量,降低造价,更好地发挥水电的经济效益,迅速开创水电建设的新局面,作出新的贡献。

目 录

第一篇 工程施工概况

第一章 基本情况	(1)
第一节 流域概况和乌江渡水电站在贵州电力系统中的作用	(1)
第二节 坝址自然条件	(2)
第三节 枢纽布置	(5)
第二章 施工概况与施工总体布置	(15)
第一节 施工概况	(15)
第二节 施工总体布置	(25)
第三章 施工总进度	(40)
第一节 施工总进度实施概况	(40)
第二节 影响总工期的主要因素的分析	(44)
第四章 工程质量	(49)
第一节 工程质量管理	(49)
第二节 工程质量评价	(53)
第五章 工程投资	(54)
第一节 工程概算及其执行情况	(54)
第二节 投资效益分析	(56)
第三节 提高投资效益的几个问题	(59)

第二篇 施工导流工程

第一章 施工导流的特点	(61)
第一节 水文及地形、地质特征	(61)
第二节 施工导流特点	(62)
第二章 初期施工导流	(64)
第一节 导流时段与流量的选择	(64)
第二节 导流方案选择	(66)
第三节 初期导流实施情况	(71)
第三章 中、后期施工导流	(74)
第一节 概述	(74)
第二节 中期施工导流	(75)
第三节 后期施工导流	(82)

第四节 问题讨论	(85)
第四章 导流建筑物的设计与施工	(88)
第一节 上游围堰	(88)
第二节 下游围堰	(126)
第三节 导流隧洞	(132)
第五章 导流隧洞与底孔封堵	(142)
第一节 导流隧洞封堵	(142)
第二节 导流底孔封堵及改建	(152)
第六章 尾水渠防护工程	(160)
第一节 九级滩页岩段地质情况及防护要求	(160)
第二节 防护方案选定	(161)
第三节 防护墙结构设计	(164)
第四节 防护墙施工	(166)
第五节 防护墙运用情况	(167)

第三篇 厂坝基础开挖处理和地下工程施工

1. 厂坝基础开挖处理	(169)
第一章 概述	(169)
第一节 地形地质条件	(169)
第二节 施工特点	(171)
第二章 现场布置与暗河处理	(173)
第一节 基坑排水	(173)
第二节 照明与供水	(174)
第三节 压缩空气系统	(175)
第四节 出渣道路与弃渣场	(176)
第五节 左右岸暗河处理	(177)
第三章 基础开挖	(181)
第一节 开挖顺序和施工方案	(181)
第二节 基坑开挖	(183)
第三节 规格洞与深孔爆破相结合的开挖方法的设计和施工	(186)
第四节 深孔与光面爆破的设计与施工	(193)
第五节 开挖机械的选型与配套	(197)
第六节 峡谷高坝边坡开挖的探讨	(199)
第七节 结束语	(201)
第四章 断层和破碎带的处理	(202)
第一节 基础修整的要求	(202)
第二节 断层和破碎带的处理	(202)

第三节 右岸坝肩主要地质弱面的处理	(204)
第五章 不稳定岩体的处理	(208)
第一节 厂房不稳定岩体的处理	(208)
第二节 小黄崖不稳定岩体的处理	(218)
第六章 固结灌浆	(238)
第一节 工程概况	(238)
第二节 施工工艺	(239)
第三节 灌浆质量与成本分析	(242)
第四节 结语	(246)
II. 地下工程施工	(248)
第七章 隧洞工程	(249)
第一节 概述	(249)
第二节 施工布置	(256)
第三节 施工方法选择	(258)
第四节 灰岩和页岩段小断面隧洞开挖方法	(259)
第五节 页岩段大断面隧洞的施工方法	(262)
第六节 右泄洪洞出口不稳定岩体的处理	(271)
第七节 模板工程	(278)
第八节 支模台车	(286)
第九节 泄洪洞底板混凝土液压拉模	(310)
第十节 混凝土浇筑	(315)
第八章 竖井和防渗墙工程	(320)
第一节 一次钻爆成井	(320)
第二节 竖井滑模	(326)
第三节 防渗墙工程	(332)
第九章 泄洪拱渡槽工程	(338)
第一节 结构设计概况	(338)
第二节 施工方法	(339)
第三节 主拱施工支承设计和施工	(343)
第四节 模板工程	(346)
第五节 混凝土温度控制和封拱	(348)
第六节 施工体会	(350)
第十章 喷锚支护	(352)
第一节 概述	(352)
第二节 喷锚支护设计	(354)
第三节 喷锚支护施工	(357)
第四节 裂缝的原因及其处理方法	(363)

第四篇 人工砂石料生产

1. 左岸砂石料系统	(365)
第一章 采料场基本情况	(367)
第一节 自然条件	(367)
第二节 采区规划与开采	(369)
第三节 风、水、电供应	(370)
第四节 覆盖层剥离	(371)
第五节 历次爆破资料统计	(371)
第二章 洞室爆破设计与施工	(375)
第一节 爆破设计与计算	(375)
第二节 设计与施工注意事项	(378)
第三节 若干问题的讨论	(379)
第四节 爆破设计实例	(381)
第三章 深孔梯段爆破的设计与施工	(387)
第一节 微差挤压爆破的基本原理	(387)
第二节 微差挤压爆破的设计方法	(387)
第三节 深孔微差挤压爆破实例	(394)
第四节 特殊问题处理	(398)
第五节 若干问题讨论	(399)
第六节 主要技术经济指标	(402)
第四章 预裂爆破	(404)
第一节 爆区地质地形情况及岩石力学性能	(404)
第二节 预裂爆破参数确定	(405)
第三节 装药结构	(406)
第四节 预裂效果分析	(407)
第五章 爆破网路	(408)
第一节 电爆网路	(408)
第二节 传爆索问题	(411)
第三节 起爆体位置	(412)
第四节 起爆方法	(412)
第六章 工艺流程与总体布置	(413)
第一节 系统生产能力的确定	(413)
第二节 破碎和筛分工艺流程的选择	(414)
第三节 制砂工艺流程选择	(418)
第四节 砂石加工系统工艺流程	(419)
第五节 砂石加工系统总体布置	(421)
第七章 粗碎系统和半成品料仓	(424)

第一节 粗碎系统布置和半成品料仓	(424)
第二节 粗碎设备与运行	(429)
第三节 悬臂回转堆料机	(436)
第八章 筛分系统和成品料仓	(439)
第一节 筛分系统的布置	(439)
第二节 筛分系统设备性能与运行情况	(442)
第三节 筛分系统的生产能力	(449)
第四节 成品料仓	(450)
第九章 制砂系统	(456)
第一节 细碎车间	(456)
第二节 制砂车间	(459)
第三节 棒磨机	(461)
第四节 制砂系统中的几个问题	(463)
第五节 细砂流失与回收	(470)
第十章 胶带运输机和给料设备	(475)
第一节 胶带运输机	(475)
第二节 给料设备	(479)
第十一章 供水、供电及机具修配	(483)
第一节 供水	(483)
第二节 供电	(489)
第三节 机具修配	(492)
第十二章 系统的加工能力与生产效率	(494)
第一节 产量统计与计量方法	(494)
第二节 产品换算系数与加工损耗	(494)
第三节 砂石耗用量与成品生产级配	(498)
第四节 系统生产能力的分析	(499)
第五节 劳动组织与工效	(500)
第十三章 砂石生产的质量控制	(503)
第一节 砂石质量标准	(503)
第二节 碎石含泥量及其处理	(504)
第三节 人工砂的质量控制	(505)
第四节 人工砂的质量检验	(510)
第五节 人工砂的含水量控制	(512)
第六节 碎石生产中的超逊径	(512)
第十四章 砂石生产成本与劳动生产率	(514)
第一节 设计概算与年度计划单价	(514)
第二节 历年砂石生产实际成本	(516)
第三节 砂石综合生产成本的构成与分析	(518)

第四节 历年生产总值与劳动生产率	(519)
第十五章 技术引进与改进	(520)
第一节 潜孔钻的改进	(520)
第二节 槽式给料机	(526)
第三节 洗泥机尾部轴承密封装置的改进	(527)
第四节 棒磨机的改进	(528)
第五节 硫化胶接恒温自动控制器	(530)
第六节 6 kV 矿用电缆的修补	(532)
第十六章 经验与教训	(535)
第一节 人工砂石系统的基本特点	(535)
第二节 主要的经验与教训	(536)
II. 右岸砂石料系统	(540)
第十七章 概述	(540)
第十八章 设备选型与总体布置	(542)
第一节 加工系统生产能力与工艺流程计算	(542)
第二节 加工系统总体布置	(545)
第三节 毛料来源	(550)
第四节 风、水、电供应	(550)
第五节 设备总容量	(551)
第十九章 工艺流程改进与系统扩建	(554)
第一节 工艺流程改进	(554)
第二节 系统扩建	(556)
第二十章 系统运行中出现的问题与处理措施	(558)
第一节 车间结构出现的问题与处理	(558)
第二节 机械设备出现的问题与处理措施	(560)
第二十一章 系统的历年产量与生产能力分析	(564)
第一节 粗碎系统的产量及生产能力分析	(564)
第二节 锤碎机的生产能力	(565)
第三节 棒磨机的生产能力	(566)
第二十二章 主要材料、动力消耗及成品率	(568)
第一节 电能消耗	(568)
第二节 水量消耗	(569)
第三节 锤碎机钢锤及筛条损耗	(570)
第四节 棒磨机的钢棒损耗	(570)
第五节 砂石成品率	(571)
第二十三章 质量控制与成本	(575)
第一节 历年质量情况统计	(575)