

 中国水电顾问集团贵阳勘测设计研究院 主编

中国

水电站压力管道

第6届全国水电站压力管道学术论文集



 中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

中国水电顾问集团贵阳勘测设计研究院 主编

中国

水电站压力管道

第6届全国水电站压力管道学术论文集

江苏工业学院图书馆
藏书章

 中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书共收录了 77 篇论文,从设计、科研、施工技术、材料发展等方面反映了我国目前对压力管道的研究状况,为学习与交流提供了宝贵的资料。

本书内容丰富,系统反映了我国水电站压力管道近年来的技术与水平,是理论研究与工程实践相结合的典型实用成果。

本书主要供从事水利水电工程设计、施工、科研、建设的技术人员和技术管理人员使用,同时也可供大中专院校相关专业的师生学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国水电站压力管道:第六届全国水电站压力管道学术论文集 / 中国水电顾问集团贵阳勘测设计研究院主编.
北京:中国水利水电出版社,2006
ISBN 7-5084-4089-7

I. 中... II. 中... III. 水力发电站—压力管道—学术会议—文集 IV. TV732.4-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 115472 号

书 名	中国水电站压力管道 ——第六届全国水电站压力管道学术论文集
作 者	中国水电顾问集团贵阳勘测设计研究院 主编
出版 发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路 6 号 100044) 网址:www.waterpub.com.cn E-mail:sales@waterpub.com.cn 电话:(010) 63202266(总机)、68331835(营销中心)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	889mm×1194mm 16 开本 29 印张 898 千字 4 插页
版 次	2006 年 10 月第 1 版 2006 年 10 月第 1 次印刷
印 数	0001—2000 册
定 价	90.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究



中国西部摄影在线(摄制) www.dutu.cn

洪家渡水电站建成后全景图



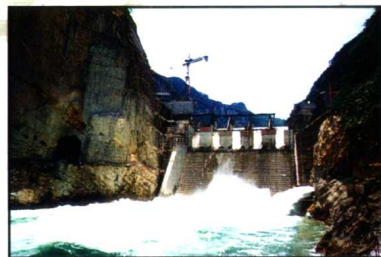
乌江洪家渡水电站工程——国家首批“西电东送”项目之一，获2006年度贵州省优秀工程勘察特等奖、优秀工程设计特等奖

中国水电站压力管道

第6届全国水电站压力管道学术论文集

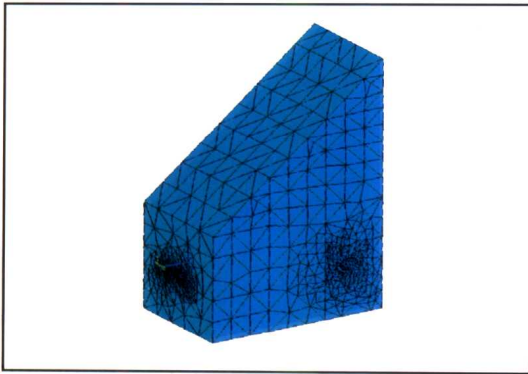


乌江引子渡水电站工程

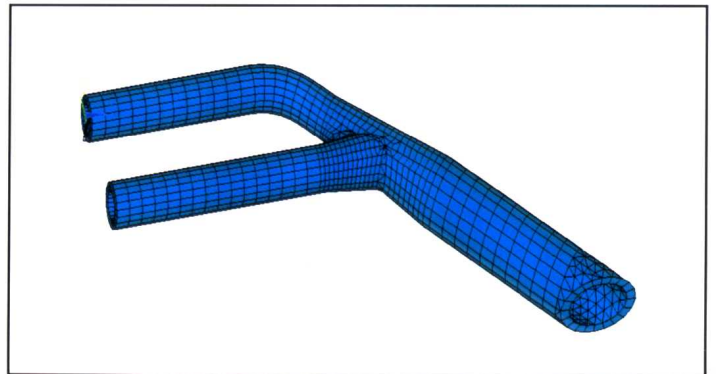


乌江索风营水电站工程大坝鸟瞰

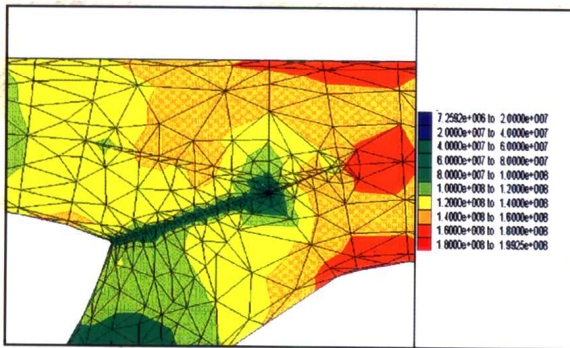
试读结束：需要全本请在线购买：www.ertongbook.com



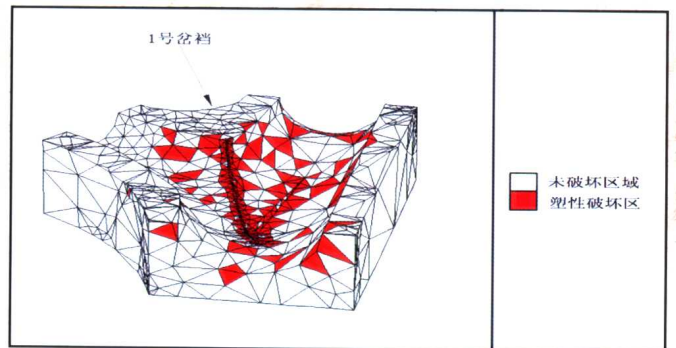
岔管及岩体结构单元划分图



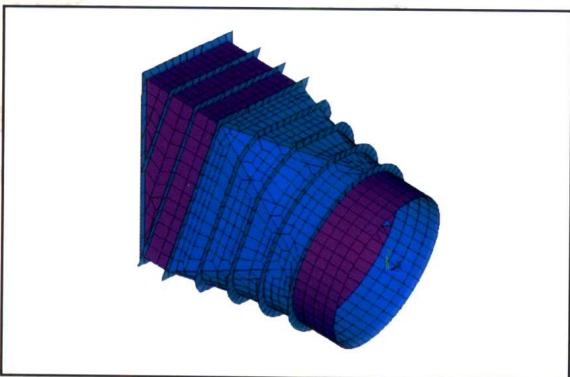
钢筋混凝土岔管结构计算模型



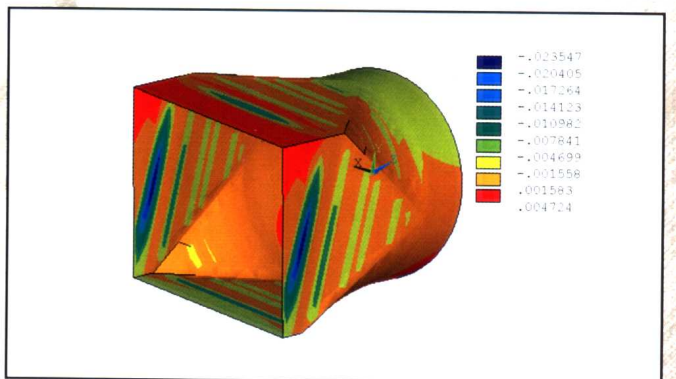
岔管钢衬的 Mises 应力图



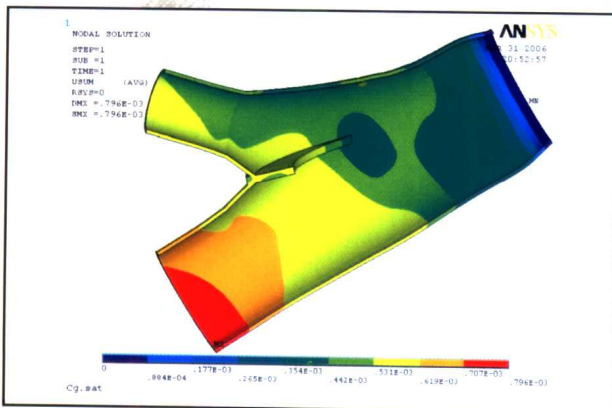
岔管分岔处的混凝土塑性破坏区域



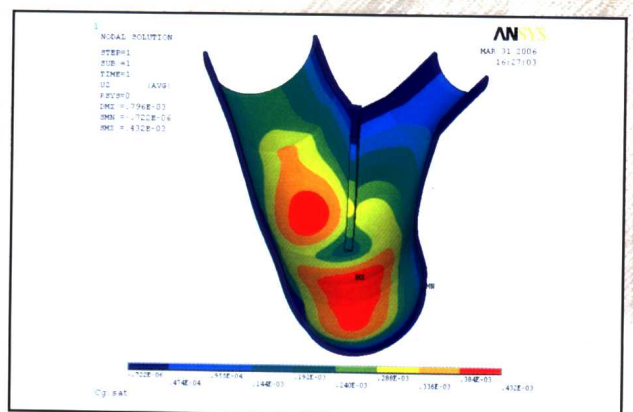
进水口渐变段钢衬结构单元划分图



渐变段钢衬结构法向位移云图



岔管总位移值云图



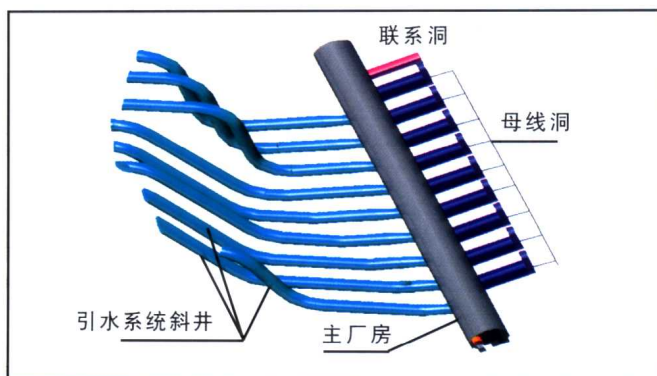
岔管Z向位移值云图

中国水电站压力管道

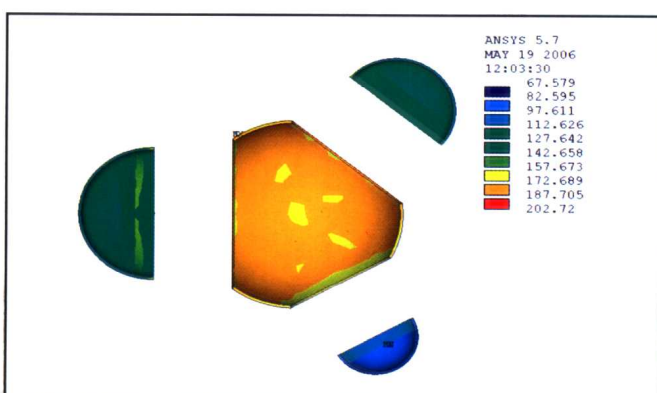
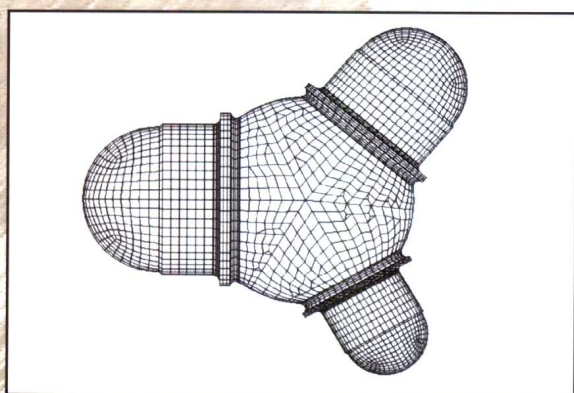
第6届全国水电站压力管道学术论文集



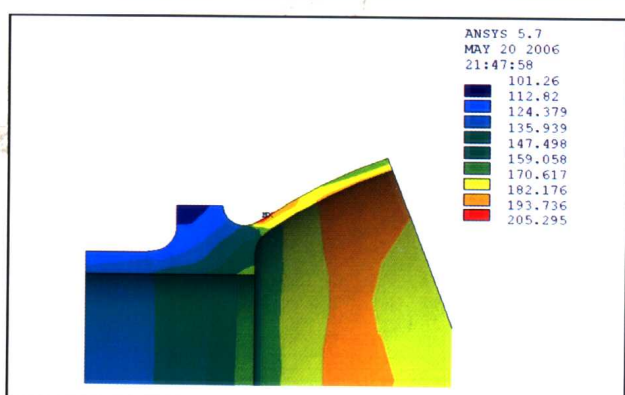
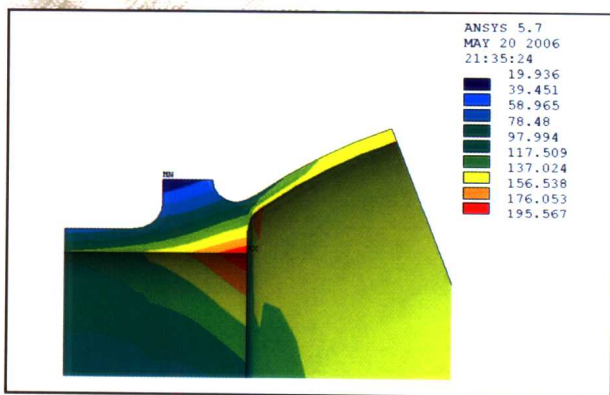
焊接试板的爆炸处理照片



龙滩地下厂房引水系统布置图

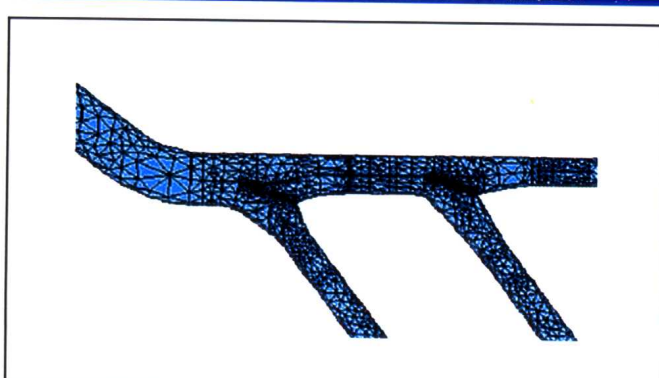
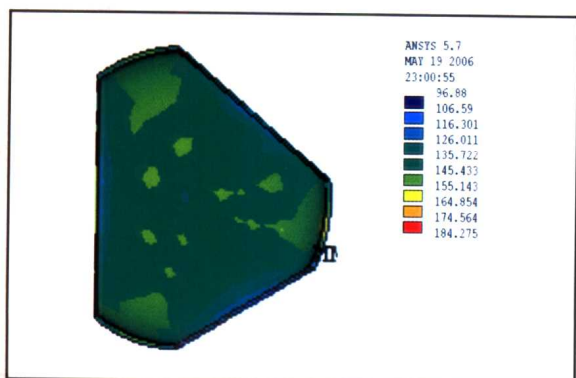


赛珠水电站1号岔管网格(水压试验加闷头)及膜应力区应力(MPa)



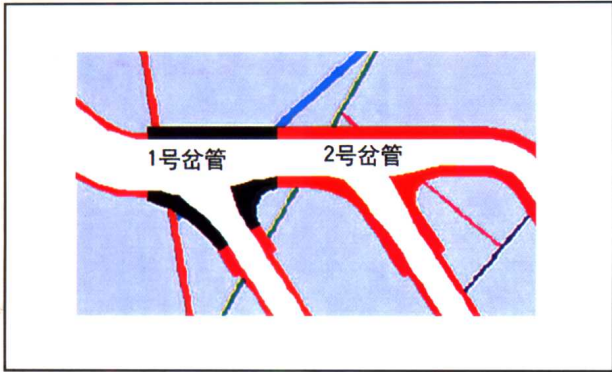
赛珠球岔正常运行工况主管补强环应力细部图(MPa)

赛珠球岔水压试验工况主管补强环应力细部图(MPa)

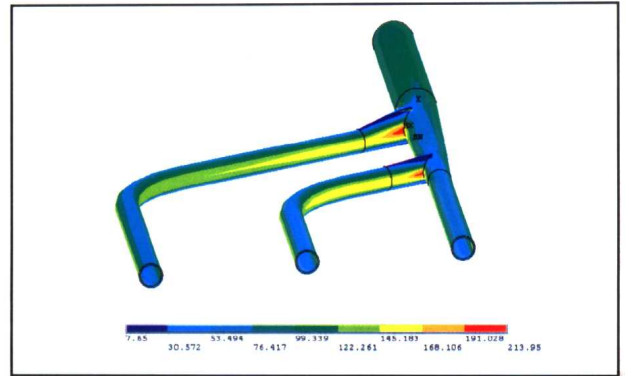


赛珠球岔正常运行工况膜应力区应力(MPa)

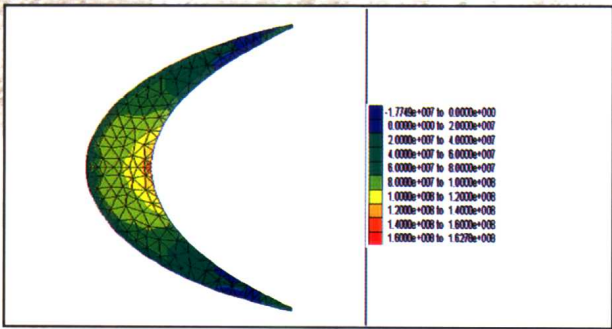
岔管计算模型



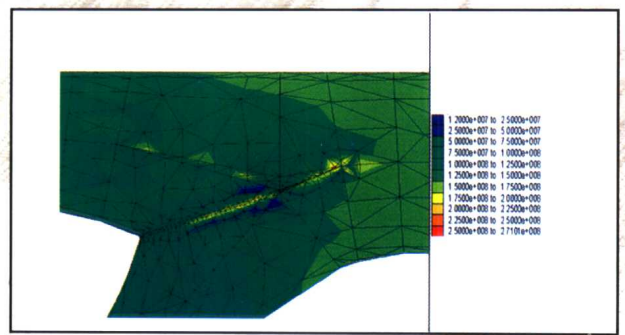
岔道与断层位置



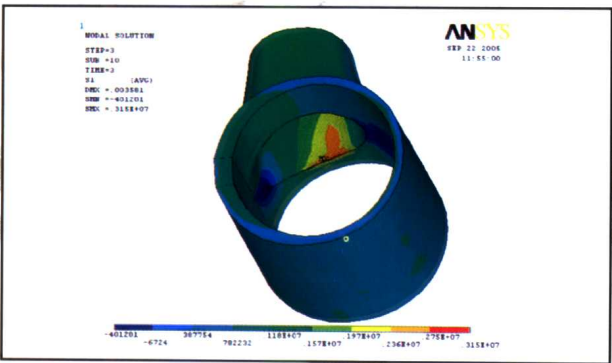
衬砌钢筋应力分布 (MPa)



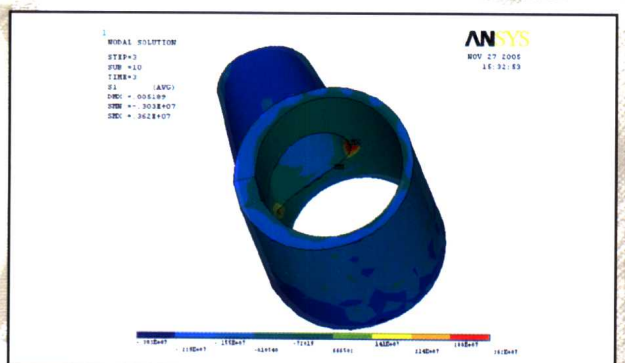
肋板钢衬的 Mises 应力



岔管钢衬的 Mises 应力



惠蓄电站工况 C 岔管衬砌主拉应力图



惠蓄电站工况 D 岔管衬砌主拉应力图



江苏宜兴抽水蓄能电站
钢岔管水压试验状况

中国水电站压力管道

第6届全国水电站压力管道学术论文集



贵阳院——贵阳市金阳水电科技园

中国水电顾问集团贵阳勘测设计研究院（以下简称“贵阳院”）成立于1958年，隶属于中国水电工程顾问集团公司。现有员工1000人，其中各类专业技术人员800人。主要承担大中型水电站勘测、设计、科研、监理、咨询等工作。持有国家颁发的工程勘察、工程设计、工程咨询、工程造价、工程监理、工程总承包、环境评价、水土保持、工业与民用建筑、建材试验等17个甲级资格证书。

在近50年的发展历程中，作为贵州水电水利勘察、设计、规划的主力军，贵阳院为贵州的水电水利开发和经济社会发展做出了重要贡献。先后完成了乌江、南盘江、北盘江等30余条大中型河流的水能开发规划和110座大中型水电站（总装机容量17500MW）的勘测设计。已建和在建水电站装机容量达8000MW。“十五”期间承担的贵州省“西电东送”首批开工项目——洪家渡水电站、引子渡水电站、索风营水电站顺利建成投产发电。承担的贵州省“西电东送”第二批项目光照、思林、沙沱、董箐

和马马崖一级水电站的勘测设计工作有序推进。光照水电站已进入全面建设高峰期，思林水电站成功实现了截流目标，董箐水电站截流在即，沙沱水电站、马马崖一级水电站等前期勘测设计及筹建期的各项工作进展顺利。贵阳院发挥人才、技术、服务优势，积极开拓国内外市场，已参与云南、四川、西藏、甘肃、河南、重庆、湖北、江西等省区，以及越南、缅甸、斯里兰卡等国的水利水电建设和服务。

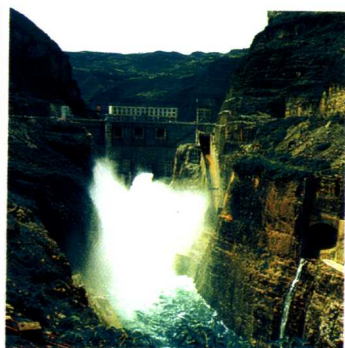
贵阳院在勘测设计工作中始终坚持科学求实，技术创新和设计创优。先后获得各级各类科技奖励130余项，1981年以来获国家、省部级科技进步奖49项，其中，国家科技进步一等奖2项，二等奖3项，省部级科技进步一等奖11项，国家优秀工程勘测和设计金奖3项。

贵阳院是贵州省唯一进入全国勘测设计百强的设计院，在长期的工程实践中形成了以大中型水库岩溶渗漏勘测及处理技术，边坡勘测设计及大型滑坡治理技术，碾压混凝土重力坝和拱坝的勘测设计及施工技术，高薄拱坝的勘测设计技术，复杂地质条件下的长大隧洞及地下洞室群的勘测设计技术，大容量高电压发送电技术，各种地形地质条件下的土石过水围堰设计技术，各类复杂地区基础处理及防渗技术，土石坝防渗灌浆技术，各类水工建筑物原型观测设计及原型观测技术，各种复杂地质情况的物探技术，狭窄河谷地区混凝土面板堆石坝勘测设计技术等十二大技术优势和特点。

贵阳院将以“先进的技术，精良的产品，良好的信誉，优质的服务”，竭诚为社会各界服务。



获国家科技进步一等奖，国家第七届优秀工程设计



东风水电站

地址：贵阳市解放路85号（550002）

Tel. 0851-5567448

Fax. 0851-5565974

E-mail. gky@ghidri.com.cn



从云贵高原崛起的水电施工劲旅

中国水利水电第九工程局

中国水利水电第九工程局是国家建设部认定的建筑工程施工总承包一级企业，2005年通过质量、环境、职业健康安全三合一管理体系认证，荣获中国水利水电建设集团文明单位、贵州省优秀施工企业，是中国工程建设社会信用AAA级企业和中国500家最大经营规模建筑施工企业之一。

水电九局建局48年来，在水利水电工程建设中取得了辉煌的成就，完成贵州猫跳河流域梯级开发，建成7座坝型各异的梯级水电站；独立完成了贵州乌江东风水电站，参与建设了贵州乌江流域“西电东送”项目乌江渡、洪家渡、引子渡、索风营等大型水电站建设，以及天生桥一级、二级水电站、青海龙羊峡水电站、浙江赵山渡水利枢纽、湖北汉江王甫洲水利枢纽、湖南湘江大源渡航电枢纽、河北丰宁水电站、三板溪水电站、广西桂江巴江口水电站等国内数十个大中型水利水电工程的建设。目前参与在建构皮滩等贵州乌江流域梯级开发的水电站以及光照、董箐、湖南沅水铜湾等水电站工程建设。

在工程建设施工中，水电九局承担了混凝土拱坝、混凝土面板堆石坝、碾压混凝土重力坝、闸坝等多种类型大坝，地面和地下发电厂房、地下交通、导流洞室、水利枢纽船闸、大型机电设备安装等施工任务。水电九局在独立总承包施工的乌江东风水电站建设中，建成国内最高最薄的双曲混凝土薄拱坝，完成国内最长的帷幕灌浆32万多m。在天生桥一级、二级电站施工中，水电九局成功安装了设计水头120m，居亚洲第一的链轮闸门和弧形闸门，建成了世界上水电站建设中长度最长(3636m)、吨位最重(17000t)的压力钢管的制作厂。水电九局具有设计、制造、施工平拉索道桥的成功经验，在东风、洪家渡、索风营、构皮滩、思林、官地等水电站工程建设中，设计、制造、施工了多座施工交通用的平拉索道桥，在索风营水电站成功架设了载质量64t，居亚洲第一的倒张拱双车道钢索桥，获中国水利水电建设集团公司科技进步二等奖。水电九局具有在岩溶地区修建水电站的丰富经验。

水电九局坚持推进科技进步，提高生产效率和经济效益，开发运用的多项科研成果达到国际国内领先水平，并荣获全国科学技术大会奖、贵州省科学技术大会奖等国家级和省、部级奖励。在贵州猫跳河流域梯级开发中，水电九局率先采用人工砂替代河砂作混凝土骨料，并在水利水电工程施工中被广泛推广使用。在乌江索风营水电站建设中，水电九局又首创半干式制砂工艺，建成国内第一座环保型人工砂石系统，该工艺获2005年贵州省科学技术三等奖和2006年中国水利水电建设集团公司科技进步二等奖。水电九局被中国水利水电工程总公司授予“科技开发推广先进企业”称号。

同时，水电九局积极开拓公路、市政工程施工建设市场，先后完成了三峡专用公路等200余km高速公路、跨度位居亚洲前列的不对称式单拱桥乌江上游六冲河大桥等



水电九局独立总承包施工的乌江东风水电站



承建的浙江温州赵山渡水利枢纽



承建的索风营水电站倒张拱双车道钢索桥



承建的盘南电厂响水水库



水电九局承建的贵阳市金阳新区市级行政中心人大、政协办公大楼

10余座桥梁工程和贵阳市金阳新区道路工程、贵阳市市级行政中心人大、政协办公大楼、贵阳市小关隧道等工程的施工任务。从20世纪70年代开始，水电九局走出国门，参加国际工程建设，先后完成了外援伊拉克、突尼斯、刚果、伯利兹等多个国家的工程建设任务。

经过多年的积累与发展，水电九局形成了以水利水电施工为主，包括公路、工业与民用建筑、市政、金结制作安装、工程勘察设计、投资等多业并举的经营格局，成为技术力量雄厚、施工经验丰富、装备先进、能够从事多种产业的国有大型施工企业。

中国水电站压力管道

第 6 届全国水电站压力管道学术论文集

水电九局贵州机电制造安装有限责任公司

压力钢管工程施工简介

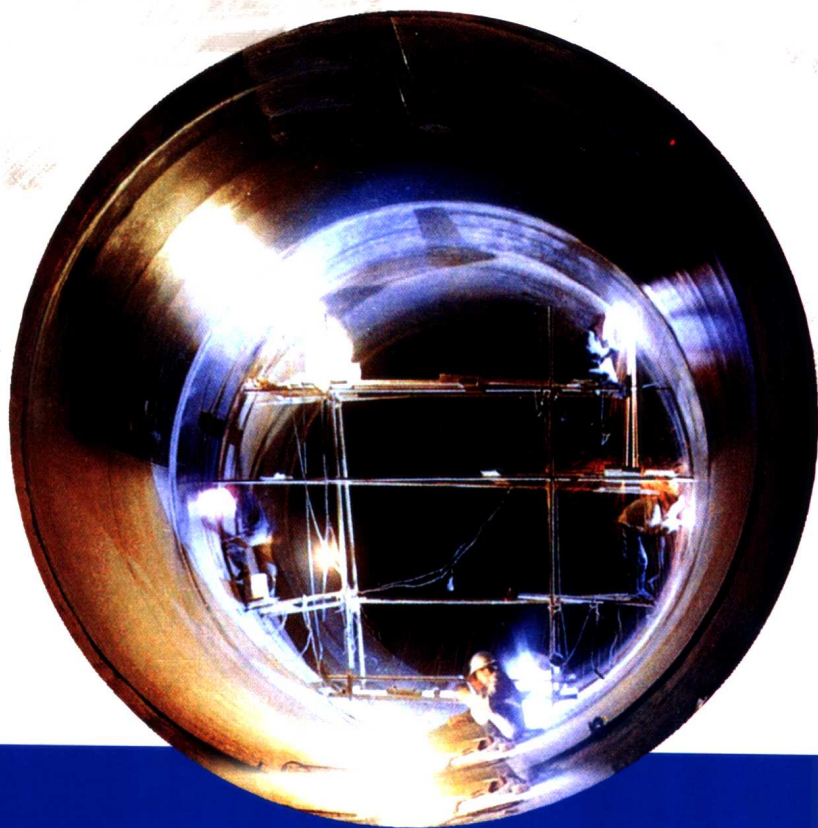


在中山包水电站大型高强度钢（70~80kg级）岔管施工中，采用的岔管分节分部现场按顺序组对焊接的施工工艺，打破了国内在岔管施工中采用的厂内预组装然后再现场安装的传统工艺，经国电公司南方分公司组织的专家验收组的全面检查、审核，岔管工程的施工工艺、施工质量获得了专家组全体成员的一致称赞，并评定为全优工程。天生桥二级电站3号引水主洞钢管工程，是在已衬砌完成的混凝土隧洞内（隧洞直径8.7m）装设一条长472m、内径8.1m的压力钢管（钢管最大外径8.45m），钢管材质为CUPTEN570Q耐候钢。针对工程工期紧、安装现场空间尺寸有限、运输及安装施工难度大等诸多困难，制定的加劲环双机埋弧自动焊焊接工艺、洞内钢管轨道运输方案及管内环缝组对压缝工艺，成功地解决了天生桥二级水电站3号主洞压力钢管工程施工中出现的施工工艺难题。

目前公司正以全新的面貌投入到我国的水电开发事业，并作出积极的贡献。

水

电九局贵州机电制造安装有限责任公司，是中国水电九局控股的股份制公司。多年来，公司依靠科技进步，强化施工管理，在水电站压力钢管工程施工中取得了优异的业绩。承建的天生桥二级电站压力钢管工程，钢管直径5.0~5.7m，总重量约17000t，采用的SM570Q高强钢在国内是第一次完全由中国人独立制造安装的，施工中采用的制安流水线工艺、无疤痕压缝工艺及压力钢管埋弧自动焊工艺，处于当时国内压力钢管先进水平，为高强钢在水电站压力钢管中的运用积累了丰富的施工经验。近几年陆续完成的白水河二级电站、中山包电站、天生桥二级电站3号引水主洞、大七孔电站、东风电站扩机项目、大田河电站钢管工程。以先进的施工技术、新颖的施工方法，完成了上述电站压力钢管的施工，并全部被评定为优质工程。在白水河二级电站压力钢管施工中，首次创造了水电站长轴线、高水头（600m）压力钢管整体一次充水分段打压的压力钢管水压试验方法，且一次水压试验成功。



地址：贵州省贵阳市白云大道90号

邮编：550008

Tel：0851-4842994

Fax：0851-4842994

E-mail：sdjjjdaz03@163.net

《中国水电站压力管道》

主办单位 中国水利学会水工结构专业委员会
中国水力发电工程学会水工及水电站专业委员会
贵州省水力发电工程学会
中国水电顾问集团贵阳勘测设计研究院
贵州省水利水电勘测设计研究院
贵州乌江水电开发有限责任公司
贵州黔源电力股份有限公司
水电站压力管道信息网

协办单位 中国水利水电第九工程局
云南滇能禄劝电磷开发有限公司
中国水利水电第八工程局第三分局

《中国水电站压力管道》

编辑委员会

主任委员 兰春杰

副主任委员 马善定 范福平 王琳瑞 鲁一暉 刘文雪

委员 赵三其 李洪泉 杨卫中 何开明 钟秉章 伍鹤皋
傅金筑 张晋秋 姚元成 陈鉴治 湛正刚 郑治

工作人员 周维娟 王芳

支持和协助单位：

中国水利水电第九工程局、九局贵州机电制造安装有限责任公司
武汉大学水利水电学院、水资源与水电工程科学国家重点实验室
浙江大学固体力学研究所、建筑工程学院
中国水电工程顾问集团公司
中国水电顾问集团华东勘测设计研究院
中国水电顾问集团昆明勘测设计研究院
中国水电顾问集团西北勘测设计研究院
中国水电顾问集团成都勘测设计研究院
中国水电顾问集团中南勘测设计研究院
北京国电水利电力工程有限公司
长江水利委员会长江勘测规划设计研究院
黄河勘测规划设计有限公司
福建省水利水电勘测设计研究院
广东省水利电力勘测设计研究院
中水东北勘测设计研究有限责任公司
河海大学水电学院
华北水利水电学院
三峡大学土木水电学院
清华大学水利水电工程系
大连理工大学水利水电研究所
中国科学院金属研究所
水利部水工金属结构质量检测测试中心
中国华电工程（集团）有限公司
华东宜兴抽水蓄能有限公司
富源电力集团股份有限公司
贵州中水建设项目管理有限公司
南京晨光东螺波纹管有限公司
武汉钢铁（集团）公司技术中心
中国水利水电第八工程局
中国水利水电第十四工程局
遵义水利水电勘测设计研究院
国电郑州机械设计研究所，电力工业金属结构及设备质量检测中心

在《中国水电站压力管道》的编辑出版工作中，得到上述单位的大力支持与协助，在此，谨代表本论文集的主办单位向他们表示衷心的感谢！

中国水电顾问集团贵阳勘测设计研究院

2006年9月

序 一

在“第六届全国水电站压力管道学术会议”召开之际，受中国水利学会水工结构专业委员会和中国水力发电工程学会水工及水电站专业委员会的委托，由我院主编的《中国水电站压力管道》论文集与广大工程技术人员见面了！这是主办单位、协办单位、编辑委员会及全体作者向此次会议献上的一份厚礼。借此机会，我代表主编单位对支持、帮助和具体参与撰写、汇编这本论文集的单位和个人表示衷心的感谢并致以崇高的敬意！

压力管道是主要的水工建筑物，是水电工程的重要组成部分，在保证工程正常运行中发挥着重要而不可替代的作用。随着我国国民经济的持续、稳定、快速发展，特别是国家西部大开发和“西电东送”工程的建设，为压力管道技术的应用发展创造了条件，压力管道技术水平得到了较大提升。

压力管道技术是涉及结构、材料、施工、工艺、机械、冶金等多领域、多学科的专业，呈现交融性和集成性的发展特点，各专业的相關基础理论研究以及计算机技术等，均有力地支撑着压力管道技术的发展。作为多行业、多专业集成技术的载体，压力管道技术也反映了我国水电工程综合技术的发展方向。

工程实践证明，压力管道方案设计中技术经济指标比选的权重较大，技术选用的影响程度高，对工程技术人员知识多面性和技术把握能力的要求较高，这些技术特点得到业内人士共识，越来越受到专家、技术人员和建设业主的高度重视。

随着大中型水电工程的建设，压力管道规模大、技术难度高，以三峡、龙滩、西龙池、宜兴等工程为代表，为解决工程技术难题，设计、施工、材料、科研、监测等领域的新技术、新工艺、新设备的广泛研究与推广应用，极大地引领和提升了我国压力管道技术方向及其水平。中小型规模的压力管道工程实践，也在集成技术的有效应用与获取工程最佳经济社会效益方面，作出有益的探索，奠定了压力管道技术应用的雄厚基础。波纹管伸缩节、爆炸法和振动法消应、高性能高强钢材等相关专项技术的突破性研究与应用，极大地解决了压力管道普遍的技术制约因素，在有效保障结构安全的同时，取得了工程的最大效益，推进了压力管道技术的进一步发展。

每四年一次的全国压力管道学术会议，得到相关行业的广泛关注与大力支持，为广大的技术人员提供了技术交流和学习的平台。本论文集，呈现了近年来我国压力管道技术的丰富内容和发展趋势，特别是通过大量工程实践所积累的许多有益经验，是我国压力管道技术的新成果，对进一步提升压力管道技术水平，促进其发展将具有重要的作用。

中国水电顾问集团贵阳勘测设计研究院 院长

兰春杰

2006年9月于贵阳

序 二

由中国水利学会和中国水力发电工程学会共同领导召开的“全国水电站压力管道学术会议”，从1985年在武汉举行第一届会议以来，历时21年，今年已经是第六届了。会议的目的是为有关技术人员提供一个比较集中的机会，交流我国和国外水电站压力管道设计、研究、施工、建造、运行等方面的最新成就和经验，总结教训，提出技术进步的方向，使科技成果能为大家所共享。并动员集体力量来解决新的技术问题，以促使我国水电建设事业更好地发展。

从第二届会议开始，出版了会议《论文集》。从第三届会议起，《论文集》由出版社正式出版，并在会议期间提供给与会人员，从而提高了会议上技术交流的效率和质量，也为更大范围的业内专业人士长期利用这些技术资料创造了便利条件，扩大和延长了学术会议的作用。

本《论文集》收集了论文77篇，反映了最近几年来这一领域内的最新成果。

混凝土坝下游面钢衬钢筋混凝土压力管道（或称背管），近年来在国内得到了积极的推广应用，几乎已成了混凝土坝（特别是碾压混凝土坝）坝后式电站输水管道的首选方案。修订后的“水电站压力钢管设计规范”对这种管道的设计准则和方法已作出了规定。最重要的原则是考虑钢衬和外包钢筋混凝土联合受力和按极限承载状态进行管道结构的强度设计，不必规定钢衬和钢筋单独承受内水压力时的安全度，也不必限制联合承载状态下两者各自的允许应力。但是为了增加管道的安全度和耐久性，提高经济性，要求尽可能提高钢筋量在总用钢量中的比重。国内外的工程实践说明，管道外包钢筋混凝土的限裂规定通常都得不到满足。过大的裂缝宽度会影响结构工作的耐久性，而且揭示出裂缝处钢筋的高应力水平。因此这类管道外包混凝土裂缝形成和发展的定量分析、限裂要求、限裂或保护措施（例如敷设涂料）等，是需要继续研究和解决的重要问题。钢衬钢筋混凝土管道抗高烈度地震（例如9度）是我国遇到的新问题，这方面国内外的研究工作不多，工程实践更缺乏，也是亟待认真研究加以解决的。

21世纪我国已在建设的多座巨型水电站和抽水蓄能电站，都采用了地下埋管，目前，地下埋管已成我国大中型水电站压力管道的主力管型。虽然埋藏式钢管的设计理论和方法并无明显进步，但是随着大容量、高水头、深埋式的地下埋管的蓬勃建设，钢筋混凝土衬砌的埋藏式压力管道得到了比较广泛的应用和认同，透水衬砌的设计理论和方法渐趋成熟和系统化，这是近年来的可喜成就。由于透水衬砌工作的复杂性，积累和分析总结工程实践经验十分重要。

地下埋藏式钢管的抗外压稳定，近年来得到了特别关注和重视。这是因为一方面深埋钢管的应用增多，所承受外水压力很高；同时，响水水电站钢管在外压下失稳的严重事故，又一次敲响了警钟。这在客观上对地下埋管结构抗外压稳定的分析方法提出了改

进的要求，但又很难在短期内有明显突破。更重要和现实的是在工程中适当布置地下埋管的线路和埋置深度，在地质条件允许的情况下，尽量避开高地下水位地带，还要主动地采取各种有效的可行的可修复的降低外水压力的措施，从根本上降低外水压力荷载，并在运行中加强监测，严格控制放空管道的过程。在总结这些实践经验的基础上，希望将来在设计规范修订中，对降低外水压力以保证抗外压稳定的措施有必要的反映和规定。此外，类似双层混凝土薄钢衬防渗地下埋管道的设想，也有实现的可能。

随着我国建设的水电站规模的加大，分岔管的尺寸及 HD 值愈来愈大。无论是明钢岔管还是岩体中的埋藏式岔管，都遇到了前所未有的技术问题和困难，使设计、研究、施工人员注入了很大精力，也取得了显著成绩。除了基于透水衬砌理论的埋藏式钢衬钢筋混凝土岔管的设计方法和实践有了明显进步并还在不断改进中外，最重要的进展应是埋藏式钢岔管与围岩联合承载的设计理论和方法方面取得的重要成果和开始在大型工程中的实际应用。可以预期，埋藏式钢岔管与围岩联合承载的设计方向将得到广泛认同和肯定，设计研究工作将更深入，工程应用会取得更加显著的成绩。

联合承载的钢衬钢筋混凝土岔管是另一种有发展前途的结构型式，应用于明岔管其优越性更加明显。由于外包钢筋混凝土内配有受力钢筋，可以分担内水压力，钢岔管的负荷可以减少，就能降低对钢材强度的要求，减少钢岔管壁厚和加强件的厚度，从而缓解钢岔管的材料、制安工艺方面的困难，同时使质量更易保证。钢筋的单价比钢板低，因而这种岔管的造价可以降低。由于钢衬和钢筋两种材料承载，结构的安全性也更高。据国外经验，这种结构可以取消水压试验和防止岔管破裂以保护厂房的排水设施。这些优点已在贵州大七孔、云南柴石滩水电站的岔管设计中得到了有说服力的体现。近几年来地面布置的钢岔管的参数愈来愈高，但习惯上仍按明钢岔管设计，导致采用强度很高的钢材和很大的钢板厚度。钢衬钢筋混凝土岔管未得到推广，主要是对它的工作机理和可靠性尚未得到应有认识。同时外包混凝土内的配筋形状和尺寸多变，增加了设计工作量，也使施工过程中增加了钢筋制作、安装的工作量和灌浆工程量。但这些麻烦与厚壁、高强钢材的明钢岔管带来的问题相比，仍是次要的，也是很容易克服的。因此有理由相信，这种岔管会得到更好、更快的推广。

波纹管伸缩节近年来在水电站得到了迅速和广泛的应用。很多水电站设计者已把波纹管伸缩节作为首选方案来替代长期习惯采用的填料止水的机械伸缩节。波纹管伸缩节在水电站领域的成功应用是适合我国的具有创新性的成就。三峡电站采用了大直径的波纹管伸缩节，迄今运行正常，更具有重要意义。今后需要电站设计、生产厂家和安装单位密切合作，总结经验教训，不断改进，进一步提高其安全性、经济性和方便性，以及产品的规范化、标准化水平。

随着三峡、龙滩、拉西瓦、小湾等水电站的建设，巨型机组的水轮机蜗壳结构型式的优化选择引起了极大关注，并结合每个工程具体情况，进行了大量设计和研究工作。二滩和三峡电站充水保压蜗壳的成功实践，说明这是一种可供实用的结构型式。近年内在建和将投产的 700MW 级的垫层蜗壳和直埋式（完全联合承载）蜗壳，将会提供非常宝贵的实践经验。可以预期，在此基础上，巨型机组蜗壳结构型式的改进和优化，将会进入新的水平。

优良的钢板材料及相应的制安工艺是优质压力管道建设的基础。近年来随着国内钢铁工业的发展，国产高质量的高强钢在水电站钢管上的应用得到了很快推广，打破了进口高强钢的垄断局面，这是振兴民族工业、促进我国水电建设的喜人进展。700~800MPa级的高强钢，也已获得了相当应用。为此，国内各钢铁企业作出了重要贡献。可以预期，在总结、比较各种不同优质钢使用经验的基础上，在国内钢铁企业技术进步的推动下，设计和施工人员将有更大可能建设愈加完美的水电站钢管。

一些高水头、大型的钢管和钢岔管的成功的水压试验，爆炸法和振动时效技术消除焊接残余应力的成功实践，丰富了钢管制造、检验的技术措施。进行水压试验的可行性和必要性，消应技术的改进和优选，仍是今后值得认真探讨和研究的。

自主创新是我国的重要政策。结构型式的改进和创新是水电站压力管道技术创新的重要内容和有效途径。为此，有关专业人员作出了勇敢的探索和很大努力。薄钢衬复合式地下埋管、不衬砌地下管道、更优构造和体型的联合承载埋藏式岔管、钢衬钢筋混凝土岔管、完全联合承载的蜗壳等，都是值得进一步研究、完善并逐步推广应用的。

计算分析、试验研究、原型监测、实际工程经验总结等都是进行工程设计和技术创新的相辅相成的重要手段，必须互相配合，综合使用。随着数值分析理论和方法的快速发展和电子计算机技术的进步，数值计算已日益成为设计工作的重要工具。国际上众多商用大型通用分析程序的推出，更加速了这一进程。今后数值分析方法将得到更大发展和完善，在设计方面发挥更大作用，解决更多问题，这是毋庸置疑的。但是就目前水平而论，并不是所有问题都能靠数值分析得到正确和满意的解决。一些分析程序虽有其通用性和权威性，但未必能较好地适应具体的建筑结构，一些专用程序也常有待于试验或工程实测结果的验证。因此必须在设计中，特别是在重大工程的重大技术问题的决策中，要科学地使用数值分析的结果。结构模型试验在解决关键技术问题上，仍是很有优势的手段。近年来随着原型监测工作可靠性的很大提高，充分利用原型观测的结果验证、分析设计理论显得格外重要。已有工程的实践经验是设计和建设的极为重要的依据。国内外成功的是经验，可以利用，但要注意它未必是最优的，也未必代表技术发展的方向。失败的肯定是教训，应该避免重犯，因此更值得总结、分析和交流。

2004年我国已成为世界第一水电大国，在未来的20~30年里，我国的水利和水电建设还将有更大的发展。我们一定要把握这大好的机遇，不仅要建成世界上规模最大的水利水电工程，还要在包括水电站压力管道和输水管道在内的水电科技理论领域内，成为世界水利水电强国。祝愿水电站压力管道学术交流会，一届又一届地记录下我们一步一步的征程。

武汉大学教授 《水电站压力管道信息网》主任委员

马善定

2006年9月于武汉