

DONGSHEN GONGSHUI
GAIZAO GONGCHENG



东深供水改造工程

广东省东江—深圳供水改造工程建设总指挥部 编著

第五卷
技术研究与应用



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

DONGSHEN GONGSHUI

GAIZAO GONGCHENG

东深供水改造工程

第五卷 技术研究与应用

广东省东江—深圳供水改造工程建设总指挥部 编著

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

生命之源

· 李桂芳 题

内 容 提 要

本书取材于广东省东深供水改造工程,是《东深供水改造工程》系列中的第五卷,主要汇集了工程建设过程中技术研究的成果,分13章,内容包括U形薄壳预应力渡槽槽身受力分析方法、渡槽槽身受力分析方法、渡槽整体静动力分析、现浇无粘结预应力钢筋混凝土管研究、输水结构受力变形分析、止水材料耐老化性能及伸缩缝止水研究、原状土地基最终沉降计算研究、群桩及嵌岩端承桩承载力计算研究、金湖泵站高边坡稳定性研究、隧洞围岩变形三维非线性数值仿真分析、泵站及全系统过渡过程计算与控制、水泵及装置专题研究、泵站主电动机技术开发研究、计算机监控系统技术研究等方面。

本书内容丰富,实用性强,可供从事土木及水利工程技术研究、工程设计和施工等有关人员参考,也可作为大专院校相关专业的师生参考。

【编者特别声明】 本书的观点、结论和数据,对东深供水改造工程的有关合同无任何影响。

图书在版编目(CIP)数据

东深供水改造工程. 5, 技术研究与应用/广东省东
江—深圳供水改造工程总指挥部编著. —北京:中
国水利水电出版社, 2005

ISBN 7-5084-2603-7

I. 东... II. 广... III. 给水工程—工程技术—广
东省 IV. TU991

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第136569号

书 名	东深供水改造工程 第五卷 技术研究与应用
作 者	广东省东江—深圳供水改造工程总指挥部 编著
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
经 售	电话: (010) 63202266(总机)、68331835(营销中心) 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	787mm×1092mm 16开本 18.5印张 439千字 2插页
版 次	2005年5月第1版 2005年5月第1次印刷
印 数	0001—2500册
定 价	48.00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

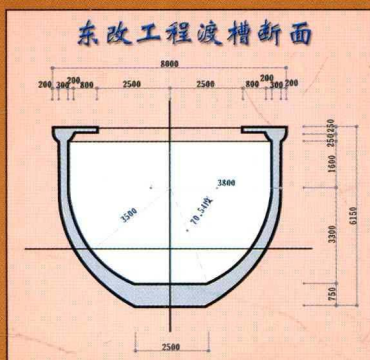
版权所有·侵权必究



项 目	跨 度	最大高度	壁 厚	U型内半径	U型直段长度
拱式渡槽	52m	20.2m	30cm	3.5m	2.1m
薄壁墩式渡槽	24m、12m	26.9m			
排架式渡槽	24m、12m	19.1m			



U型薄壳渡槽试验段



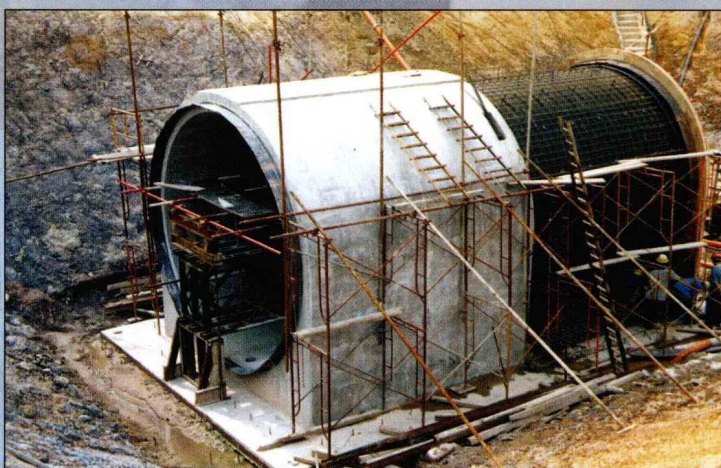
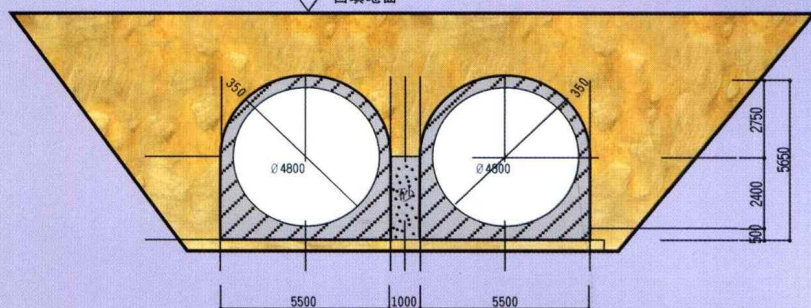
渡槽断面

东深供水改造工程

DONGSHEN GONGSHUI GAIZAO GONGCHENG

东深改造工程地下圆涵断面

▽ 回填地面



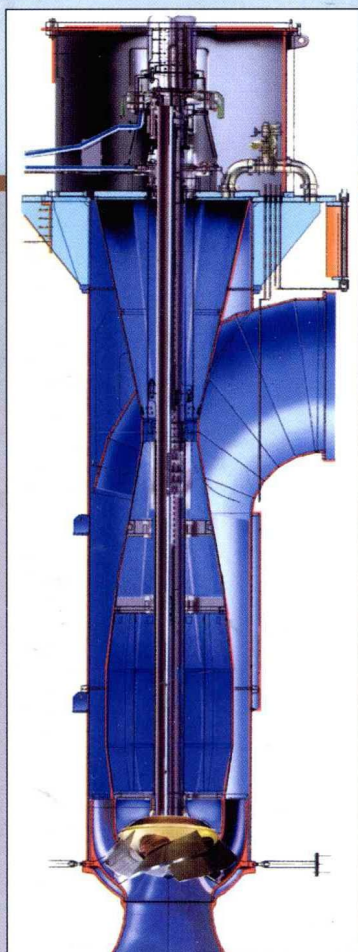
地下圆涵试验段



凤凰岗至窑坑3.4km地下圆涵外景



泵型	设计流量 (m^3/s)	设计扬程 (m)	转速 (r/min)	叶轮外径 (m)	叶轮重量 (t)	单个叶片重量 (t)
2600HTEXJ	15	26.6	250	1.95	9	0.55



液压式全调节立轴抽芯式斜流泵模型



指挥部领导在水泵生产厂家检查水泵制造情况



叶片加工



转轮吊装

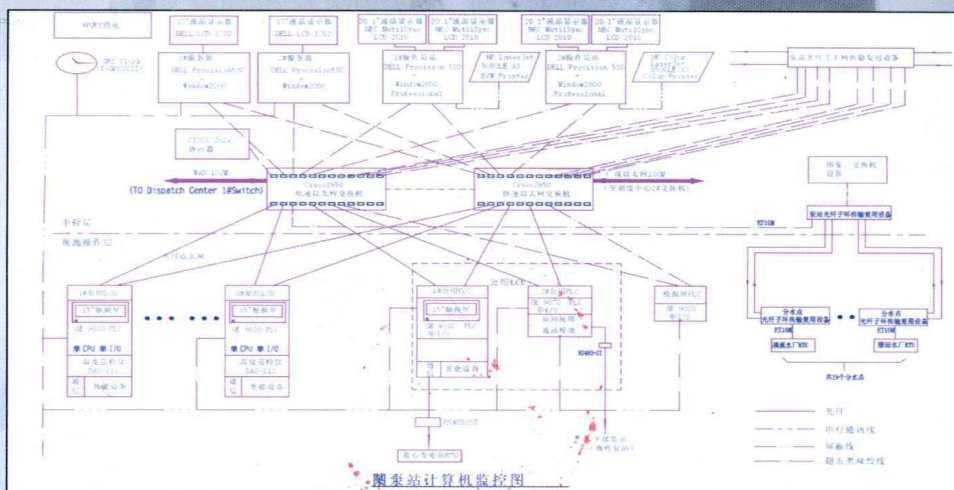
东深供水改造工程

DONGSHEN GONGSHUI GAIZAO GONGCHENG



旗岭泵站

项目 站名	设计抽水或水流量 (m ³ /s)	装机容量		
		工作台数	备用台数	kW
太园泵站 (单独立项)	100	5	1	15600
莲湖泵站	100	6	2	24000
旗岭泵站	90	6	2	40000
金湖泵站	90	6	2	40000



工程自动化监控系统网络图



深圳总调度中心



莲湖泵站中控室

东 深 供 水 改 造 工 程

编 委 会

主 任 委 员

周日方

常务副主任委员

彭泽英

副 主 任 委 员

熊振时	张黎明	李杰夫	邝明勇
尚 伟	郭楠鹏	刘耀祥	邱锦春
周德蛟			

委 员

(按姓氏笔画为序)

乐茂华	边立明	冯群东	苏光华
陈志宏	何锡贤	钟周贵	凌小雄
曾林阳	曾金鸿	蔡宗宪	廖品忠

顾 问

汤德俊	刘瑞祥	茹建辉	黄志祥
费之镠	蓝启铭		

第五卷 技 术 研 究 与 应 用

编 委 会

主 编

邝明勇

副 主 编

尚 伟 邱锦春 冯群东 蔡宗宪
曹广德

执 行 编 写

李同春 王卓甫 刘梅清 边立明
杨高升 欧阳红祥 吕 凯 李英才
赵 刚 陈献文

序

广东省东深供水改造工程是为香港及工程沿线深圳、东莞提供优质水源的跨流域调水工程，意义重大、影响深远。特别对香港来说，它是连接香港和内地的大动脉，关系到人民的幸福健康和特区的繁荣稳定。甜美的东江水满载内地深情源源流进香港，解除了缺水的心腹大患。每一位香港同胞喝上东江水时，饮水思源，都会激发起爱祖国的深情，这是一座充满同胞情意的工程啊！

该工程2000年8月开工，经过近3年的努力，于2003年6月全线通水，交付使用。我有幸于2003年10月应邀主持了其工程建设技术与管理的科技成果鉴定会。全体与会院士、专家对工程进行了实地考察，一致认为这是一座为民造福、有利无弊的好工程，并在规划设计、工程质量、进度安全、投资控制各方面都达到优秀水平。例如，几十公里长的输水线几乎滴水不漏；这么大的工程无一例责任死亡事故；资金节约了7亿元以上；提前全线通水并向香港供水。能取得如此近乎完美的成绩，一应归功于高水平的管理；二应归功于科技创新。东改工程是水利工程的一面旗帜，回答了中国人能不能技术创新，能不能搞好管理两大问题。该项目获2003年度广东省科学技术特等奖和2004年度中国建筑工程鲁班奖（国家优质工程）是名副其实的、当之无愧的。

我是个技术人员，对技术研究和应用方面更感兴趣。我认为东改工程对关键技术的研究和应用方面，确实下了很大工夫，并成功实施了多项具有国际先进水平的建设技术：

一、成功建成了同类型世界最大的现浇无粘结预应力混凝

土 U 形薄壳渡槽，解决了大型渡槽的抗裂、防渗、抗震和止水等关键技术问题。其中专门开发研制了 DZ500 型 500t 级迈步式造槽机；对伸缩缝止水结构进行改进，较好地解决了接缝漏水问题；对拱支承及墩支承的渡槽结构，作了较深入的抗震研究分析，包括考虑土—桩—结构协同工作和固—液耦合作用。

二、成功建成同类型世界最大的现浇无粘结预应力混凝土圆涵，解决了现浇超大直径混凝土圆涵的防渗、抗裂和止水等关键技术难题。其中对圆涵结构型式进行优化，采用内圆外城门洞形混凝土圆涵结构和无粘结预应力技术；在圆涵施工中开发应用移动式组合针梁钢模台车；专门研制应用接缝止水检测装置。

三、成功开发并应用了同类型世界最大的液压全调节立轴抽芯式斜流泵。其中进行了泵组的参数与结构型式优化；开发了斜流泵转轮，应用了叶片调节机构及电机弹性推力轴承；研制开发了整体吊装式大型异步电动机。

四、成功开发并应用具有世界先进水平的全线自动监控系统，有效解决了“刚性”链接供水系统的流量平衡和优化调度运行等技术难题，确保供水系统运行稳定、可靠、安全。其中整合冗余多以太网、现场总线、多环 OTN 通信和无矩阵视频控制等技术；开发安全闭锁、流量平衡与控制 and 全线集中调度、优化调度等功能。

与此同时，在项目管理研究和实践中，根据工程实际情况，采用项目管理承包（PMC）的建设管理模式，科学组建工程项目管理体系，推行建设管理社会化；依法组织工程招标，全面引进监理，规范合同管理，采用目标管理、协同管理等技术，控制建设目标，建立以质量安全为核心的激励机制；征地拆迁（移民）采用透明、直接的补偿机制；建立工程廉政建设机制。

实践出真知。在东深供水改造工程建设过程中创造出的建设管理经验和建设技术十分丰富和宝贵，当然也有些问题需继续研究、提高和解决。现在广东省东江—深圳供水改造工程建设总指挥部决定编著出版《东深供水改造工程》丛书，这是件非常有意义的事。该丛书分建设管理、工程设计、工程施工、工程监理、技术研究与应用和管理文件汇编共 6 卷，全面总结了工程建设技术与管理经验，为工程建设留下了真实的历史记录，并将丰富我国水利工程建设技术与管理的文献宝库，可为今后的大型水利工程建设作借鉴和参考。总指挥部索序于我，为写数语如上，以资鼓励亦与其共勉。是为序。

潘家铮

2005 年 4 月于北京

前言

东深供水改造工程（以下简称东改工程）是对东深供水工程进行彻底改造，实现清污分流，并适当增加供水水量的跨流域大型调水工程。工程担负着向香港、深圳和东莞沿线供应东江源水的重任，为香港特区提供了80%的淡水来源，关系到香港的繁荣稳定，关系到供水沿线社会经济的可持续发展，被誉为“生命线工程”和“民心工程”。

东深供水工程是为解决香港淡水缺乏问题而修建的一宗供水工程，始于东莞桥头镇东江之畔，终于深圳三叉河深港交界处，全长约80km。工程始建于1965年3月，1978年11月~1994年1月，先后经3次扩建，设计供水量由每年的1亿 m^3 增加到17.43亿 m^3 。三十多年来，东深供水工程为香港以及工程沿线的繁荣和发展做出了重要贡献。东深供水工程利用开敞式明渠以及石马河和沙湾河的天然河道作为输水载体。进入20世纪90年代，随着工程沿线经济和人口的迅速发展，大量未经处理的污水流入供水河道，使东深供水工程的水质受到影响。为彻底解决这一问题，经国家和广东省批准，决定实施东改工程，即对东深供水工程进行彻底改造，实现清污分流；适当增加供水水量，以满足深圳及东莞沿线的用水需求。

东改工程全长51.7km，设计水平年为2010年，设计流量 $100\text{m}^3/\text{s}$ ，设计年供水量24.23亿 m^3 。其中向香港供水11.0亿 m^3 ，深圳8.73亿 m^3 ，东莞沿线城镇4.0亿 m^3 。设计供水保证率为99%，工程计划投资为49亿元（含沙湾隧洞工程2亿元），计划工期3年。工程为Ⅰ等工程，主要建筑物为1级，次要建筑物为3级。主要建设内容有：

- (1) 供水泵站 (3 座)。
- (2) 渡槽 (3.9km)。
- (3) 无压隧洞 (14.5km)。
- (4) 有压输水箱涵 (9.9km)。
- (5) 无压输水明槽、箱涵和涵洞 (10.4km)。
- (6) 人工渠道改造 (9.1km)。
- (7) 分水工程建筑物 (36 项)。

东改工程具有线路长、地质复杂、建筑物结构型式多、工期要求紧、质量和投资控制及环保要求严格等特点,工程涵盖几乎所有水工建筑物类型,如泵站、水闸、渡槽、明槽、箱涵、圆涵、隧洞等,各类型建筑物之间的水力衔接复杂,并且单项工程的规模大,其中 U 形渡槽、圆涵、水泵机组的规模和型式为世界之最。同时东改工程供水干线区间无库塘调节,是“刚性链接”的供水系统,运行调度和自动化监控的要求高。在管理方面,除因东改工程线路长、施工队伍多,管理工作的量和难度大以外,工程建设期间正处于我国建设管理体制改革的不断深入,建设管理体系与社会主义市场经济体制正逐步相适应的过渡过程之中,客观上也要求必须结合工程的实际情况,注重建设管理方面的创新,做到机制创新和系统配套,以科学、高效的管理确保工程建设总目标的实现。

东改工程于 2000 年 8 月 28 日开工兴建,2003 年 6 月 28 日完工通水,2004 年 6 月 22 日,工程通过验收。在建设过程中,在省委、省政府的正确领导下,在省水利厅的直接指挥下,东改工程建设总指挥部与各参建单位团结拼搏,求实创新,严格遵循国家和省的有关法律、法规和规章制度,认真执行项目法人制、招标投标制、合同管理制和工程监理制。根据工程的建设条件,围绕着建设总目标,一方面依靠科学和技术进步,组织技术攻关,解决工程中的关键技术问题;另一方面则是讲究建设管理的科学性,依靠建设管理创新,保障工程建设整体达到先进水平,圆满地实现了建设“安全、优质、文明、高效的全国一流供水工程”的总目标。具体表现为:

(1) 质量方面。单元工程优良率为 94.1%,分部工程优良率为 100%,单位工程优良率为 95.5%,外观质量得分率(观感得分率)93.1%;所有泵机组启动均一次成功;输水建筑物及其 1800 多条接缝均无渗、漏水;工程外观质量、自动化水平、水保绿化配套等均达到优良标准。

(2) 安全方面。没有发生一例安全责任死亡事故。

(3) 投资方面。实际应用资金比计划投资节省 7 亿多元。

(4) 工期方面。比设计工期提前 8 个月,比建设计划工期提前 2 个月。

(5) 廉政方面。未发生一例违纪违法案件。

在工程建设过程中，中央领导，广东省委、省政府和水利部等上级领导曾多次到现场检查指导并作重要指示。2003年9月14日，中共中央政治局常委、国家副主席曾庆红视察工程时称东改工程建得好，要请香港同胞来看一看，感受一下祖国亲人的深情！2002年1月23日，中共中央政治局常委、时任广东省委书记李长春在视察工地时称赞东改工程有一流的施工队伍、一流的配套设备和严格的科学管理，肯定了东改工程初步走出了一条高质量、高速度、低造价进行大型工程建设的路子，勉励建设单位和施工队伍努力拼搏，争时间、抢速度、保质量早日完成东改工程施工任务，争取早一天让香港同胞喝上优质水，给香港同胞送上广东人民的关爱之情，为香港的繁荣稳定作出贡献。2003年6月1日，中共中央政治局委员、广东省委书记张德江视察了东改工程，并作了重要讲话。他对东改工程和工程建设总指挥部的工作给予极高的评价，认为东改工程在中国水利建设史上、在广东大型工程建设方面树起了一面旗帜，其意义和影响是深远的，其创造和积累的宝贵经验，富有借鉴意义，要很好地总结推广。2003年5月17日，黄华华省长视察东改工程后，对东改工程克服了3大困难，取得了4项成绩表示很满意，认为领导重视，目标明确，标准高，工程建设总指挥部和参建单位勇于探索，不断改革的精神很可嘉，特别是在加强管理，建立良好的机制，依靠机制来管理工程方面，有很多经验值得好好总结。

东改工程的建设得到了良好的社会评价，获得多项荣誉和奖励。曾获得2004年度中国建筑工程鲁班奖（国家优质工程）、2004年度广东省优良样板工程、2003年度广东省科学技术奖特等奖等多个奖项或荣誉。东改工程建设总指挥部被中共广东省委、广东省人民政府授予“模范工程建设指挥部”、“广东省先进集体”；被水利部评为“全国水利建设先进集体”。广东省人民政府授予东改工程“模范建设工程”，中共广东省纪委、广东省监察厅授予东改工程“廉洁工程”，获水利部“全国开发建设项目水土保持示范工程”，获得广东省“全省重点建设项目档案工作先进单位”等荣誉称号。《人民日报》在头版刊登了长篇通讯《大型工程建设的一面旗帜》，中央电视台《焦点访谈》栏目、《新闻调查》分别以“阳光工程”和“廉洁工程”为题，全面报道工程建设管理经验。2001年12月，广东省人民政府召开东改工程建设管理工作经验报告会；2003年7月，省委省政府专门组织编写《大型工程建设的旗帜——来自广东东深供水改造工程的报告》、《广东省东深供水改造工程建设管理规范——大型工程建设指引》，并在工程工地召开东改工程建设经验现场会，将东改工程的建设管理经验作为“东改模式”和“大型工程建设的旗

帜”，向全省推广。

为进一步全面地总结东改工程建设技术和管理的经验，客观真实地综合记录工程建设的全过程，在工程全面竣工之际，东改工程建设总指挥部编写了《东深供水改造工程》，全书共分6卷。《建设管理》卷总结了东改工程建设管理的探索与实践经验；《工程设计》卷主要介绍了工程规划设计和新技术的应用；《工程施工》卷重点介绍了工程主要建筑物的施工组织、施工技术及其创新；《工程监理》卷总结工程实施全面监理的实践；《技术研究与应用》卷汇集了工程重大技术研究的主要成果；《管理文件汇编》卷汇编了建设管理中实施应用的主要文件资料。

本书是《东深供水改造工程》的第五卷，分13章，主要介绍了东改工程在建设过程中技术攻关所取得的主要成果，包括：U形薄壳预应力渡槽槽身受分析方法、渡槽整体静动力分析、现浇无粘结预应力钢筋混凝土管研究、输水结构受力变形分析、止水材料耐老化性能及伸缩缝止水研究、原状土地基最终沉降计算研究、群桩及嵌岩端承桩承载力计算研究、金湖泵站高边坡稳定性研究、隧洞围岩变形三维非线性数值仿真分析、泵站及全系统过渡过程计算与控制、水泵及装置专题研究、泵站主电动机技术开发研究、计算机监控系统技术研究等。

参与东改工程技术攻关的有多家高校和研究机构的科研人员，正是他们的辛勤劳动，成就了本书的编辑出版。本书编辑出版还得到了参建各方的大力支持和协助，河海大学工程管理研究所负责了本书的最后统稿。对此一并表示谢意。

编 者

2005年4月

目 录

序

前 言

第一章 U形薄壳预应力渡槽槽身受力分析方法	1
第一节 渡槽槽身受力分析方法	1
第二节 后张有无粘结预应力作用机理及仿真模拟	7
第三节 预应力 U形薄壳渡槽现场试验	8
第四节 预应力 U形薄壳渡槽有限元分析与现场试验结果比较	17
第五节 结论	24
第二章 渡槽整体静动力分析	25
第一节 计算原理和方法	25
第二节 抗震分析计算模型中的几个问题	35
第三节 静力分析	45
第四节 动力分析	45
第五节 结论	50
第三章 现浇无粘结预应力钢筋混凝土管研究	51
第一节 预应力混凝土涵管有限元分析	51
第二节 预应力混凝土涵管现场试验	59
第三节 结论	62
第四章 输水结构受力变形分析	63
第一节 计算理论	63
第二节 计算模型及参数	65
第三节 输水结构沉陷分析	67
第四节 输水结构应力分析	69

第五节 结论	70
--------------	----

第五章 止水材料耐老化性能及伸缩缝止水的研究	72
-------------------------------------	-----------

第一节 老化对比试验方法	73
第二节 天然橡胶止水带老化试验	74
第三节 乙丙橡胶止水带老化试验	80
第四节 东深高架渡槽止水结构形式及其设计	86
第五节 东深高架渡槽止水结构的大模型试验研究	91
第六节 结论	92

第六章 原状土地基最终沉降计算研究	93
--------------------------------	-----------

第一节 地基最终沉降计算方法的发展概况	93
第二节 隔水—塘厦（B—Ⅲ ₃ ）明槽段各土层物理力学土工试验指标	99
第三节 单向压缩分层总和法计算	99
第四节 应力路径分析法最终沉降计算	105
第五节 邓肯模型有限元计算	108
第六节 计算与观测成果综合分析	110
第七节 考虑应力路径影响的地基最终沉降有限元计算法	111
第八节 结论	113

第七章 群桩及嵌岩端承桩承载力计算研究	115
----------------------------------	------------

第一节 嵌岩端承桩的工作机理及其应力路径	115
第二节 嵌岩端承桩嵌岩段极限承载力的研究	119
第三节 工程基桩实例计算与试验成果分析	122
第四节 竖向荷载作用下群桩承载力有限元分析方法	127
第五节 竖向荷载作用下4号槽墩桩基础三维弹塑性有限元分析	130
第六节 结论	135

第八章 金湖泵站高边坡稳定性研究	137
-------------------------------	------------

第一节 边坡稳定分析理论与方法	137
第二节 边坡岩土体工程性质的研究	139
第三节 边坡稳定分析与计算	140
第四节 左岸边坡加固与处理方案的建议	148
第五节 结论	149

第九章 隧洞围岩变形三维非线性数值仿真分析	150
------------------------------------	------------