

DIJI YU JICHU GONGCHENG  
JISHU CHUANGXIN YU FAZHAN

# 地基与基础工程 技术创新与发展 (2017)

赵存厚 肖恩尚 主编



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn



DHJIANJI GONGCHENG  
JISHU CAILIAO XIN YU FAZHAN

# 地基与基础工程 技术创新与发展 (2017)

赵存厚 肖恩尚 主编



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

· 北京 ·

## 内 容 提 要

本书为中国水利学会地基与基础工程专业委员会主办的“第14次全国水利水电地基与基础工程学术研讨会”论文集。内容包括了理论研究与探讨、混凝土防渗墙、灌浆工程、岩土锚固与支护、高喷灌浆工程、桩基工程、振冲工程、顶管与掘进、新材料研究与试验等内容,反映了2016—2017年两年来水利水电地基与基础工程技术的最新成果。

本书内容丰富,资料翔实珍贵,实用性强,可供水利水电行业及其他建筑领域的工程技术人员和院校师生参考使用。

## 图书在版编目(CIP)数据

地基与基础工程技术创新与发展. 2017 / 赵存厚,  
肖恩尚主编. — 北京: 中国水利水电出版社, 2017. 7  
ISBN 978-7-5170-5821-2

I. ①地… II. ①赵… ②肖… III. ①地基—工程施  
工—学术会议—文集②基础(工程)—工程施工—学术会议  
—文集 IV. ①TU47-53②TU753-53

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第217873号

|      |                                                                                                                                |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 书 名  | 地基与基础工程技术创新与发展 (2017)<br>DIJI YU JICHU GONGCHENG JISHU CHUANGXIN YU<br>FAZHAN (2017)                                           |
| 作 者  | 赵存厚 肖恩尚 主编                                                                                                                     |
| 出版发行 | 中国水利水电出版社<br>(北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038)<br>网址: www.waterpub.com.cn<br>E-mail: sales@waterpub.com.cn<br>电话: (010) 68367658 (营销中心) |
| 经 售  | 北京科水图书销售中心(零售)<br>电话: (010) 88383994、63202643、68545874<br>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  | 三河市鑫金马印装有限公司                                                                                                                   |
| 规 格  | 184mm×260mm 16开本 41印张 972千字                                                                                                    |
| 版 次  | 2017年7月第1版 2017年7月第1次印刷                                                                                                        |
| 印 数  | 0001—1500册                                                                                                                     |
| 定 价  | 145.00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

# 《地基与基础工程技术创新与发展 (2017)》

## 编 委 会

顾 问 孙 钊 夏可风

主 编 赵存厚 肖恩尚

编 委 王明森 马晓辉 刘建发 安中仁 李正兵 杨晓东  
汪在芹 宗敦峰 姜命强 赵献勇 秦云翔 彭春雷  
黄灿新 于子忠 孙国伟 张金接 赵明华 焦家训  
李 珍

审 稿 夏可风 肖恩尚 贺永利 孔祥生 刘松富 刘 健  
孙 亮 赵明华 王碧峰 王海云 马晓辉 肖立生  
李 翔 姜命强 孙国伟 黄晓倩 符 平 黄灿新  
李 娟 文 丽 龚高武

编 务 李 玲 白 雪

# 《地基与基础工程技术创新与发展 (2017)》及 第 14 次全国水利水电地基与基础工程学术研讨会

## 主要赞助单位

中国水利水电第八工程局有限公司

中国水电基础局有限公司

中国葛洲坝集团基础工程有限公司

北京振冲工程股份有限公司

中国水利水电第七工程局有限公司

中国长江三峡集团公司

山东省水利科学研究院

中国水利水电科学研究院

长江水利委员会长江科学院

湖南宏禹水利水电岩土工程有限公司

河海大学江苏河海工程技术公司

水利部建设管理与质量安全中心

# 前 言

随着我国国民经济建设不断取得新的成就，水利水电建设事业获得了前所未有的迅猛发展，水工建筑物规模越来越大，形式越来越多样，功能要求更高，对基础的要求也越来越高，而好的建坝地质条件越来越少，客观上要求地基与基础工程技术必须不断发展，这对技术的提高提供了一个难得的契机。

在这样的大好形势下，中国水利学会地基与基础工程专业委员会决定召开 2017 年水利水电地基与基础工程学术会议。这一动议得到了全国水利水电行业和其他行业一些单位的有关技术人员的热烈响应和积极支持，许多技术人员踊跃来稿，至发稿时止，收到各类技术论文、工程总结共计 160 余篇，经组织专家审校，选用 113 篇编辑成《地基与基础工程技术创新与发展（2017）》论文集。论文集主要包括了水利水电行业 2016—2017 年两年来的技术成果。综观来稿有以下几个特点：

(1) 技术创新较多，学术水平较高。有多篇论文反映了我国水利水电地基与基础工程的最新成果、最新纪录和新型工艺。如超深与复杂地质条件防渗墙施工技术、灌浆中的 MICP 技术、BIM 技术、防渗支护一体化 (RMG) 技术、岩溶地区灌浆技术、高水头下复杂岩体防渗补强技术、高拱坝衔接帷幕灌浆技术等。

(2) 深厚覆盖层处理技术取得巨大进展。正在施工的新疆大河沿水库坝基防渗墙深度达到 184m，这是继西藏旁多水利枢纽工程防渗墙深度 158m 纪录的又一次突破。目前，我国深度大于 100m 的防渗墙已超过 10 道，且都处在西部高山峡谷地区，地质条件复杂，这标志着我国深厚覆盖层防渗处理的技术达到了一个新的高度。

(3) 新型灌浆材料的研究极大地丰富了基础工程技术的内涵。如新型固化灰浆墙体材料、生石灰改性膨润土浆液、乳化沥青破乳堵漏材料、低热沥青浆液、CW流变自黏性材料等。新材料的多样化也催生了工艺的多样化,对地基与基础工程中的缺陷处理措施更具有针对性。书中多位作者慷慨地把这些成果贡献出来,其资料和精神难能可贵。

(4) 开展了学术争鸣。不同的学术和技术观点展开讨论有助于明辨真理,弄清是非。有鉴如此,书中还收入了对我国现行技术标准进行讨论和实效灌浆压力等方面的文章。

本次论文集的征集工作自2016年10月开始,2017年6月完成,历时8个月。论文的整理和审稿工作,由中国水利学会地基与基础工程专业委员会秘书组组织多位专家完成初审,由各主任委员、副主任委员完成终审。在论文的征集、审稿和出版过程中,学会老领导夏可风同志也付出了大量辛勤的劳动。在此期间,中国水电基础局有限公司给予了大力支持。将要举行的学术会议的会务工作,专委会委托中国水利水电第八工程局有限公司承担。在此一并表示衷心的感谢。

本论文集的文稿内容充实、资料丰富、技术先进,值得学习和借鉴,但也有个别文章内容稍嫌肤浅。有些工程项目由多篇文章从不同角度阐述,致使这些文章中部分文字有不同程度的重复,编者在审改时删除了其中的一部分;但为照顾各篇论文的相对独立性,仍旧保留了部分内容。由于编辑出版时间仓促,部分论文的文字来不及准确推敲,错漏在所难免,请作者与读者予以谅解。

编 者

2017年8月

# 目 录

## 前言

## 理论研究与探讨

|                                      |          |          |                          |
|--------------------------------------|----------|----------|--------------------------|
| 控制性灌浆帷幕对某枢纽地基防渗适用性研究 .....           | 周建华      | 王丽娟      | 张金接 (3)                  |
| MICP 技术影响因素探究及其灌注效果分析 .....          | 李 娜      | 李 凯      | 王丽娟 符 平 (9)              |
| 关于《水工建筑物水泥化学复合灌浆施工规范》若干重要问题的思考 ..... | 李会勇      | 景 锋      | 李 珍 韩 炜 孙 亮 魏 涛 邵晓妹 (15) |
| 浅议灌浆工程中的 BIM 技术应用 .....              | 姜命强      | 王海东 (19) |                          |
| 灌浆工程地表抬动变形控制技术的探讨 .....              | 刘松富 (25) |          |                          |
| 岩基灌浆工程“实效灌浆压力”的引入及应用 .....           | 刘松富 (30) |          |                          |

## 混凝土防渗墙

|                                        |     |          |                      |
|----------------------------------------|-----|----------|----------------------|
| 超深与复杂地质条件防渗墙施工技术 .....                 | 刘 健 | 孔祥生 (37) |                      |
| 巨漂孤石地层、倒悬体及陡坎地层中防渗墙施工关键技术研究及应用 .....   | 田 彬 | 何 烨 (45) |                      |
| 堤防超深防渗墙施工技术研究 .....                    | 谢文璐 | 杨 磊      | 邬美富 焦家训 张玉莉 巨伟涛 (54) |
| 乌东德水电站大坝围堰防渗墙施工技术及其质量控制 .....          | 曹中升 | 刘传炜 (60) |                      |
| 胜利油田某水库原出库闸溃决段除险加固设计 .....             | 宋智通 | 刘 欣      | 谢文鹏 钱 龙 (66)         |
| 新疆石门水库钢筋混凝土防渗墙施工技术 .....               | 高治宇 | 高小江 (69) |                      |
| 乌东德水电站大坝围堰防渗墙施工关键技术与实践 .....           | 常福远 | 张玉莉      | 周志远 周万贺 (74)         |
| 射水造墙施工技术探讨和应用 .....                    | 杨 湖 | 常 亮      | 佟晓亮 洪岗辉 田雪梅 (81)     |
| 塑性混凝土防渗墙施工技术在 reservoir 除险加固中的应用 ..... | 李 伟 | 何建超 (84) |                      |
| 防渗支护一体化 (RMG) 施工法 .....                | 王国富 | 石长礼      | 肖立生 (90)             |
| 新型固化灰浆防渗墙在尚善水库中的应用 .....               | 肖俊龙 | 李明涛 (94) |                      |



|                               |     |     |     |           |
|-------------------------------|-----|-----|-----|-----------|
| 华阳河水库除险加固工程防渗墙和帷幕灌浆施工 ...     | 杨 锋 | 鲁合庆 | 常福远 | (100)     |
| “铤接法”地下连续墙施工技术措施研究 .....      | 常利冬 | 王 辉 |     | (105)     |
| 生石灰改性膨润土浆液在地下防渗墙造孔中的研究与应用 ... | 王 峰 | 刘全超 |     | (111)     |
| 多头深层搅拌桩截渗墙工程质量检测实例<br>.....   | 安学军 | 刘士进 | 高印军 | 董延鹏 (116) |
| 地下连续墙施工计算 .....               |     | 耿云辉 |     | (120)     |

灌 浆 工 程

|                                            |     |     |     |                   |
|--------------------------------------------|-----|-----|-----|-------------------|
| 岩溶地区灌浆技术探析 .....                           | 黄晓勇 | 刘加朴 | 赵明华 | (129)             |
| 乌东德水电站坝基裸岩无盖重固结灌浆试验研究 .....                | 丁 刚 | 施华堂 |     | (136)             |
| 磁悬浮检波器结合膜袋膏浆灌浆技术在高压力大流量渗漏地层中的应用<br>.....   | 谭 勇 | 戴灵辉 |     | (144)             |
| 溪洛渡水电站Ⅳ级破碎岩体固结灌浆技术 .....                   |     | 刘松富 |     | (148)             |
| GIN 灌浆法在厄瓜多尔美纳斯项目帷幕灌浆中的应用 .....            |     | 彭林峰 |     | (154)             |
| CW512 灌浆材料在广州抽水蓄能电站中的应用<br>.....           | 韩 炜 | 杨秀林 | 邵晓妹 | 李 珍 汪在芹 (160)     |
| 桐柏抽水蓄能电站 1 号输水系统平洞段渗水处理技术 .....            | 徐军阳 | 赵贤学 |     | (164)             |
| 水泥黏土膏浆在强岩溶地区深孔帷幕灌浆中的应用<br>.....            | 陈冠军 | 赵铁军 | 宾 彬 | 赵 杰 (169)         |
| 水泥稳定性浆液在灌浆施工中应用探讨 .....                    | 蒋永生 | 邓力雄 |     | (174)             |
| 两河口水电站大坝灌浆施工中盖板混凝土的抬动变形控制<br>.....         | 张来全 | 王宏刚 | 陈淑敏 | (180)             |
| 高水头下复杂岩体防渗补强技术研究与应用<br>.....               | 汪在芹 | 廖灵敏 | 魏 涛 | 陈 亮 肖承京 (186)     |
| 新疆哈密八大石水库断层破碎带固结化学灌浆处理<br>.....            | 陈 亮 | 张 达 | 汪在芹 | 魏 涛 李 珍 (192)     |
| 武汉地铁隧道穿越区岩溶处理措施探讨<br>.....                 | 肖承京 | 张 达 | 陈 亮 | 张 健 魏 涛 汪在芹 (197) |
| 某水电站导流洞大漏量涌水灌浆技术研究与应用<br>.....             | 赵卫全 | 周胜成 | 杨晓东 | 韦兵生 (202)         |
| 阿尔塔什水电站厂房围堰减渗体设计与施工 .....                  |     | 郭国华 |     | (209)             |
| 高生水电站围堰覆盖层防渗帷幕灌浆施工技术 .....                 |     | 郭国华 |     | (215)             |
| 黏土水泥膏浆在酸水环境下的防渗应用<br>.....                 | 赵 杰 | 宾 斌 | 赵铁军 | 陈冠军 (220)         |
| 冲击回转钻进+自下而上灌浆法快速施工技术在恰央水库帷幕灌浆中的应用<br>..... |     | 夏修文 |     | (224)             |
| 高拱坝衔接帷幕灌浆技术研究 .....                        | 易 明 | 梅运生 | 郑 伟 | (229)             |
| 不良地质洞段加固超前预灌浆技术 .....                      |     | 刘松富 |     | (237)             |
| 上尖坡水电站帷幕灌浆工程岩溶地层的处理 .....                  | 曾 政 | 赵永磊 |     | (242)             |

武汉地铁 27 号线盾构隧道密集岩溶处理施工技术

..... 欧阳红星 吴志平 刘 星 (247)

两河口水电站深孔帷幕灌浆地下涌水灌浆处理措施

..... 王宏刚 张来全 陈淑敏 (254)

厚层饱水软弱致密岩体化学灌浆技术研究 ..... 周运东 舒王强 范 明 陈安重 (259)

黏土心墙堆石(渣)坝墙下补强灌浆施工技术

..... 刘加朴 季海元 盖广刚 唐 静 (266)

风水联合钻孔裂隙冲洗法在官地水电站大坝帷幕灌浆中的应用

..... 宋玉国 张来全 (273)

黏土水泥砂浆在砂质覆盖层灌浆工程中的应用 ..... 杨东升 赵铁军 (277)

观音岩水电站右岸大坝帷幕灌浆施工技术研究 ..... 刘松富 黄晓勇 王世东 (282)

帷幕灌浆中三序变两序施工的工效及成果比较 ..... 宋玉国 张来全 肖 普 (287)

聚氨酯灌浆在伸缩节室紫铜止水失效情况下的应用 ..... 谢 灿 (292)

高水头条件下不良地质体灌浆技术研究与应用

..... 周运东 舒王强 朱华州 陈安重 (295)

船闸基坑开挖岩溶涌水应急抢险封堵处理措施 ..... 雍旺雷 王雪龙 (302)

坝基两阶段固结灌浆研究与应用 ..... 邓 强 (306)

新疆米兰河电站大透水率破碎基岩地层帷幕灌浆施工技术研究

..... 李春鹏 李津生 孔祥生 陈 航 (311)

裂隙封闭材料在陡倾岩体无盖重固结灌浆中的应用 ..... 黄 伟 段海波 (316)

西藏甲玛沟尾矿库深厚基岩帷幕灌浆关键技术研究与实践

..... 苏李刚 刘典忠 潘文国 杨永强 潘金伟 (322)

软岩互层条件下灌浆压力和各次序孔施工工艺选择 ..... 任 博 王建生 (326)

杨房沟水电站导流隧洞进口无盖重固结灌浆施工应用 ..... 刘 涛 (330)

浅谈塔贝拉四期扩建项目无混凝土盖重固结灌浆施工方法应用

..... 张 杰 郭 宇 (337)

岩土锚固与支护

老挝南塔河水电站溢洪道边坡强风化岩体预应力锚索施工

..... 李 卫 吉子为 张 瑜 (343)

城市建筑垃圾松散渗水边坡应急治理施工技术应用 ..... 陈红超 杨淑仙 (348)

地铁深基坑围护桩工程跳桩施工方案研究 ..... 龚小双 欧阳红星 张楚俊 (357)

综合围护方案在深基坑围护工程中的应用

..... 张联洲 安凯军 门天扬 樊 冰 孙雪琦 (362)

乌东德水电工程大型岩溶斜井治理 ..... 向 鹏 黄灿新 李 昀 (368)

吉林引松供水工程浅埋坡积碎石地层进洞施工技术

..... 丁 庭 苏滕藿 毛延平 (375)

重载铁路隧道穿越填充型岩溶处治技术与探讨 ..... 肖海涛 (382)

三亚地区砂层、周边建筑物无基础条件下的基坑支护技术研究

|                               |     |     |       |
|-------------------------------|-----|-----|-------|
| .....                         | 韩拥军 | 陈 亮 | (389) |
| 马来西亚 TRX 项目硬切割咬合式排桩施工技术 ..... | 尤福来 | 贾立维 | (394) |
| 填海地层复合灌浆法止水工艺试验 .....         | 龚宏伟 | 丰武江 | (398) |
| TBM 组装间岩壁梁岩台缺陷处理技术研究 .....    | 苗双平 |     | (403) |

高 喷 灌 浆 工 程

|                            |     |     |       |     |       |
|----------------------------|-----|-----|-------|-----|-------|
| 土石围堰高喷灌浆防渗设计与施工的几点思考 ..... | 邱俊沅 | 赵建民 | (411) |     |       |
| 浅谈某码头海上高压旋喷桩施工 .....       | 龚宏伟 | 丰武江 | 付正群   | 付荣华 | (415) |
| 高压旋喷灌浆与帷幕灌浆的结合应用 .....     | 马宝鹏 | 李向平 | 翟兵科   | 黄胜利 | (421) |
| 高压旋喷灌浆在砂卵石地层中的应用 .....     | 李文禄 | 黄胜利 | 赵阳峡   | 翟兵科 | (428) |

桩 基 工 程

|                         |     |     |     |           |
|-------------------------|-----|-----|-----|-----------|
| 京沪高速铁路黄河南引特大桥钻孔灌注桩施工技术  | 唐 静 | 刘加朴 | 王 冰 | (435)     |
| 深厚石渣回填层冲孔灌注桩施工关键技术研究与实践 | 吴文涛 | 焦家训 | 徐光红 | (441)     |
| 高水头压力下海床软基地层旋挖桩施工技术     | 李 君 | 原 伟 | 罗维波 | 程 潇 (447) |
| 深厚石渣回填地层灌注桩施工机具选择研究     | 张玉莉 | 徐光红 | 吴文涛 | 白家安 (452) |
| 后注浆灌注桩施工工艺              | 李延刚 | 赵 坤 | 李亚伟 | (458)     |
| 桩基施工中保护城市地下管线的经验        |     |     | 周发海 | (461)     |
| 浅谈桐子林水电站明渠左导墙抗冲桩的施工方法   | 何 烨 | 陈杰杜 | 思 莲 | (465)     |

振 冲 工 程

|                          |             |       |
|--------------------------|-------------|-------|
| 振冲加固处理拦沙坝坝基试桩工程及成果 ..... | 张少华         | (473) |
| 振冲法在淤泥质土层中的应用 .....      | 李国印 张来全 张少华 | (477) |

顶 管 与 掘 进

|                                 |     |     |           |
|---------------------------------|-----|-----|-----------|
| 泥水平衡顶管技术在南水北调穿越高速公路工程中的应用 ..... | 白建峰 | 曹 宇 | (483)     |
| 泥水平衡顶管在特殊环境下的基坑支护施工方案探析 .....   | 周 兵 |     | (486)     |
| 泥水平衡顶管在典型砂质土层下的触变泥浆减摩控制 .....   | 周 兵 |     | (490)     |
| 开敞式 TBM 过类泥石流不良地质洞段施工处理技术 ..... | 苗双平 | 李 强 | 高健冬 (493) |

## 新材料研究与试验

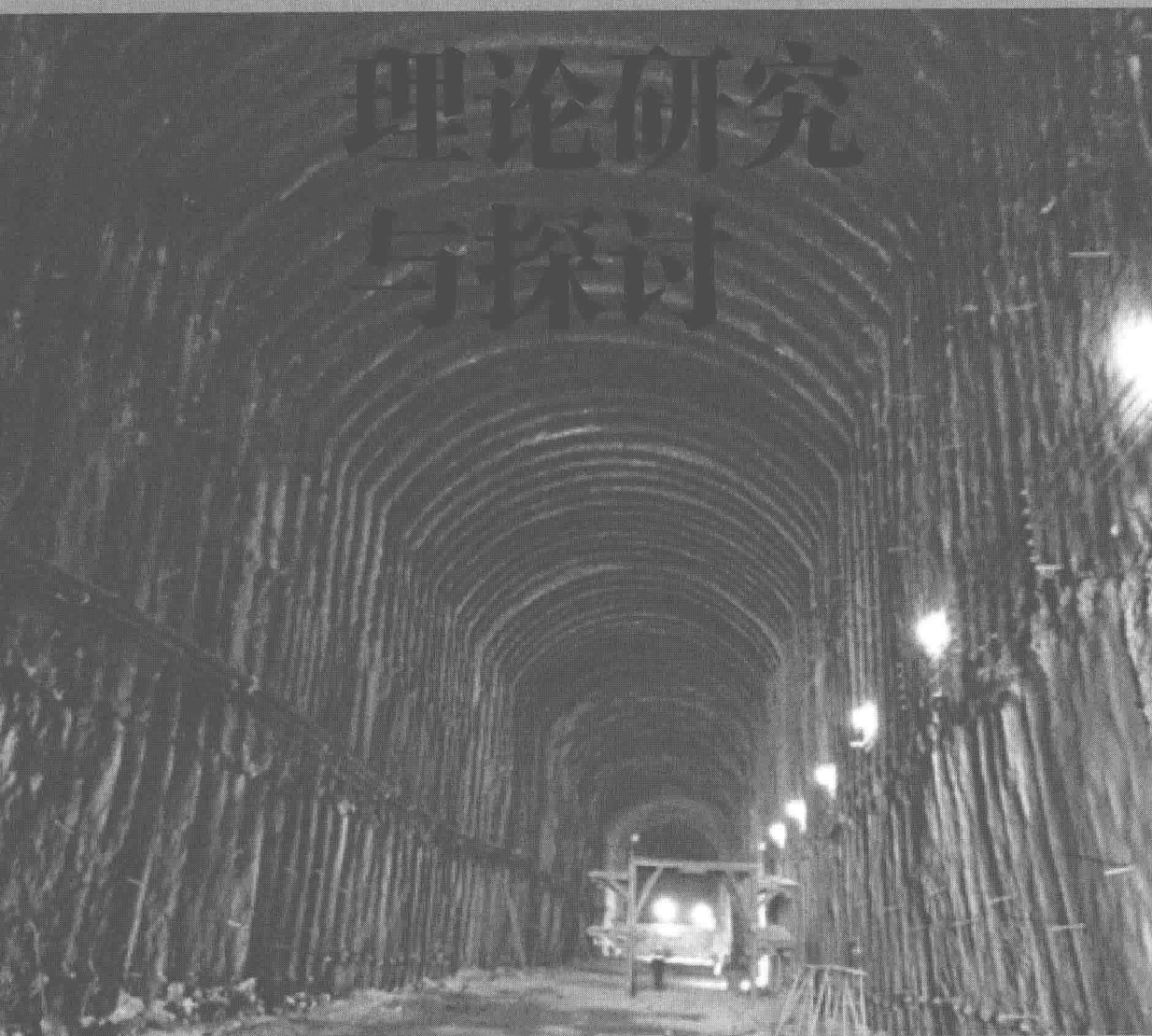
- 乳化沥青破乳堵漏材料研发 ..... 李娜 赵宇 王丽娟 符平 (501)
- 环保型 CW 系环氧树脂灌浆材料研究 ..... 李珍 邵晓妹 魏涛 韩炜 (509)
- 新型环氧树脂抗冲磨材料的研究与施工工艺  
..... 邝亚力 韩炜 李娟 李珍 汪在芹 (515)
- CW 流变自黏性材料在东湖隧道防渗堵漏的试验研究  
..... 韩炜 杨秀林 邵晓妹 李珍 汪在芹 (519)
- 堆石混凝土用自密实混凝土原材料及配合比研究  
..... 柳新根 张玉莉 石艳军 文丽 (523)
- 低热沥青浆液可灌性试验研究 ..... 黄立维 邢占清 李娜 符平 (531)
- 低热沥青灌浆材料性能试验研究 ..... 李娜 赵宇 王丽娟 符平 (539)
- 对不同水灰比的静置浆液黏度测量的研究 ..... 王丽娟 周建华 李凯 (547)
- 广蓄电厂引水隧洞 CW713 环氧砂浆混凝土表面防护材料应用研究  
..... 李娟 韩炜 邵晓妹 李珍 汪在芹 (554)
- 新型灰浆墙体材料配比试验研究 ..... 李明涛 肖俊龙<sup>2</sup> (559)
- 南水北调工程穿黄隧洞 CW620 水免疫聚脲混凝土表面防护材料应用研究  
..... 韩炜 甘国权 景锋 邵晓妹 李珍 汪在芹 (568)
- 三门峡大坝 CW721 丙乳砂浆混凝土碳化处理材料应用研究  
..... 邝亚力 赵良成 李娟 韩炜 邵晓妹 李珍 汪在芹 (574)

## 其他

- 利用水下检测对水下建筑物基础质量的分析应用  
..... 顾红鹰 董延朋 顾霄鹭 刘力真 (581)
- 物探技术在水库病险坝段隐患探测中的应用  
..... 宋智通 李振 谢文鹏 胡继洲 (585)
- 浅析白鹤滩水电站灌排廊道群测量控制方法 ..... 李 宁 蒙万谦 傅自飞 (590)
- 三维地震 TRT 法在 TBM 施工隧洞超前地质预报中的应用  
..... 丁 庭 苗双平 赵 欢 (596)
- 金沙江乌东德水电站金坪子滑坡 II 区治理工程效果初步评价  
..... 李 志 覃振华 刘冲平 王团乐 白 伟 (602)
- 七星水库 HDPE 膜平面防渗技术 ..... 贾 平 周 姣 (609)
- 浅谈夏季混凝土温控措施在箱涵混凝土中应用 ..... 郑 伟 程 意 (614)
- 管井井点降水在淮水北调侯王站施工中的应用 ..... 郭国华 (619)
- 山地风电场风机基础施工技术 ..... 徐 斌 (625)
- 一种新型泥浆池的研究与应用 ..... 荆 鲁 秦领军 周国锋 (629)
- 高压风压双壁钻杆造孔技术研究及应用 ..... 周胜成 卢勇君 赵卫全 韦兵生 (636)
- 莱芜市沟里水库防渗层基础处理 ..... 徐运海 刘莉莉 巩向峰 (640)



# 理论研究 与探讨



贵州夹岩水利枢纽水源工程库尾伏流隧洞



# 中国水利水电第八工程局有限公司基础公司

## 简介

中国水利水电第八工程局有限公司基础公司（简称基础公司）组建于1952年，主要从事水电、风电等新能源、城市轨道交通等地基与基础工程及水利、堤防、市政、隧洞工程等领域的施工，具有地基与基础工程专业承包一级资质。

基础公司拥有一大批高素质工程技术人员及施工管理人员，在多领域地基与基础工程施工技术及管理领域致力于不断创新。基础公司有14项重大科研成果获省部级科技进步奖，拥有国家专利23项、国家级工法3项、省部级工法10余项，主编及参编行业标准3项，11项工程荣获国家和省部级优质工程奖。

基础公司积极推进转型升级，竭诚通过自身的不懈努力，以激情和智慧，以诚信和服务，成功锻造“八局基础”品牌，以精湛的施工工艺、严谨的工作作风、良好的履约信誉，充分展示开放、进取、诚信、负责的企业形象，为业主提供优质服务，创建一流品牌。

# 控制性灌浆帷幕对某枢纽地基防渗适用性研究

周建华 王丽娟 张金接

(中国水利水电科学研究院 北京中水科工程总公司)

**【摘要】** 针对四川岷江干流下游河段某枢纽工程防洪堤防渗处理需求,分析了控制性灌浆帷幕方案的特点及对该地基适用性,建立相应计算模型,对灌浆帷幕防渗体进行了渗流稳定分析,确定了控制性帷幕灌浆防渗方案的有效性和适用性;通过帷幕体渗透系数敏感性分析,确定了灌浆帷幕渗透系数的最优控制指标;结合该工程条件,给出了经济可行的控制性帷幕灌浆施工方案。

**【关键词】** 控制性灌浆帷幕 渗流稳定性 敏感性 灌浆工艺

## 1 工程概况

四川岷江干流下游河段某枢纽工程正常蓄水位为 335.00m,总库容为 2.27 亿  $\text{m}^3$ 。

防洪堤采用胶凝砂砾石筑坝技术修建,拟建在砂卵砾石层上,工程级别为 4 级,上游坝坡坡比为 1:0.5,下游坝坡坡比为 1:0.7,坝顶宽度 6m。

工程区内主要覆土层如下:

(1) 河流冲洪积 ( $Q_4^{al+pl}$ ) 粉土、粉土夹细砂②层,稍密状,厚度 1~5m,上部为 0.5~1m 的灰黑色耕植土,属可液化土层,透水性强—中等;

(2) 河流冲洪积 ( $Q_4^{al+pl}$ ) 卵石③层,粒径一般为 20~80mm,少量大于 150mm,最大可达到 500mm,中密状为主,透水性强,层厚 8.3~10.5m,整个场地均有分布;

(3) 三叠系上统须家河组 ( $T_3xj^4$ ),灰色厚层细砂岩,层中夹少量薄层含碳质粉砂岩及煤块。

根据堤防工程设计规范规定,对于透水堤基,灌浆帷幕也是防渗的重要手段,且对于深厚覆盖层的砂砾石层和岩基渗漏一般也采用灌浆的方式进行防渗处理。

本文对堤基灌浆帷幕防渗体进行了渗流稳定分析,确定控制性帷幕灌浆防渗方案的有效性和适用性;通过帷幕体渗透系数敏感性分析,确定渗透系数的最优控制指标;并结合该工程条件,给出经济可行的控制性帷幕灌浆施工方案。

## 2 灌浆帷幕适用性分析

### 2.1 渗流稳定性分析

#### 2.1.1 渗流计算参数

根据相关报告及试验资料,覆盖层(砂卵石层)渗透系数为  $1 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$ , 下部弱风化岩层的渗透系数为  $2.61 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$ , 帷幕的幕体渗透系数为  $5 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$ , 上游混凝土防水层的渗透系数为  $2.61 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$ , 坝体渗透系数为  $1.77 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$ 。

稳定渗流期, 防洪堤堤前水头可取 10m。

灌浆帷幕布置 2 排, 孔排距均为 2m, 则根据帷幕体厚度理论计算公式:

$$T=2R+d=\frac{2d}{\sqrt{3}}+d \tag{1}$$

式中:  $T$  为帷幕体厚度;  $R$  为浆液扩散半径;  $d$  为注浆孔排距。将相应参数代入式 (1), 则帷幕体厚度  $T=4.4\text{m}$ 。

根据控制性灌浆技术对于砂砾石地层一般达到的工程效果, 帷幕体渗透系数可按  $K=5 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$  考虑。

利用 GeoStudio 软件, 按照设计给定的截面尺寸, 建立计算模型, 进行渗流稳定分析。

#### 2.1.2 渗流稳定性分析

正常运行期, 防护堤及堤基的计算成果如图 1~图 5 所示。

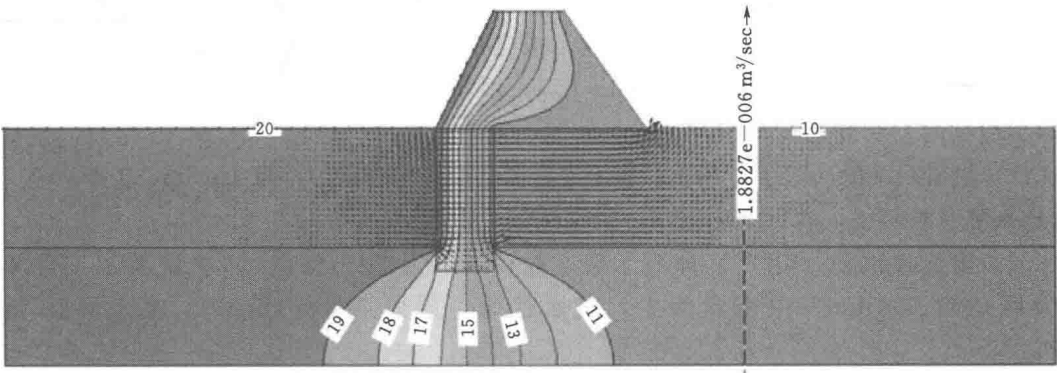


图 1 防护堤及堤基的总水头分布图

分析以上渗流计算结果, 可以得到如下结论:

(1) 堤身及堤基内部水头向下游方向逐渐变小, 水流整体向下游运移, 坝体内部渗流速度较小, 浸润线埋深较大, 堤身稳定性较好, 坝体上游方向地层内渗流速度较小, 说明覆盖层起到了一定的防渗作用, 最大渗流速度出现在下游堤脚与堤基接触位置。

(2) 灌浆帷幕最大水力坡降发生在帷幕体与基岩接触位置, 水力坡降最大值为 2.93, 根据堤防工程设计规范, 帷幕幕体允许水力坡降为 3, 幕体不会产生渗透破坏; 压力水头的 90% 消耗在帷幕体上, 故幕体内部渗透比降也比较大。

(3) 防护堤及堤后砂卵石覆盖层渗流出口处最易发生渗透破坏, 该位置水力坡降取值

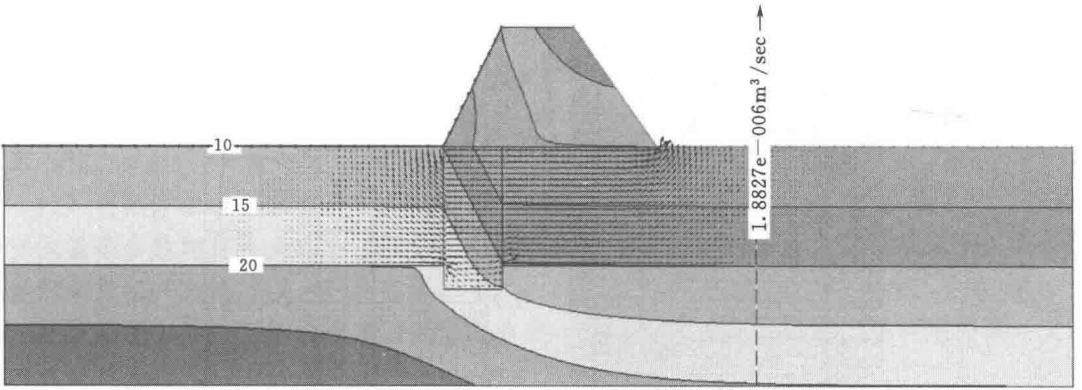


图 2 防护堤及堤基的压力水头分布图

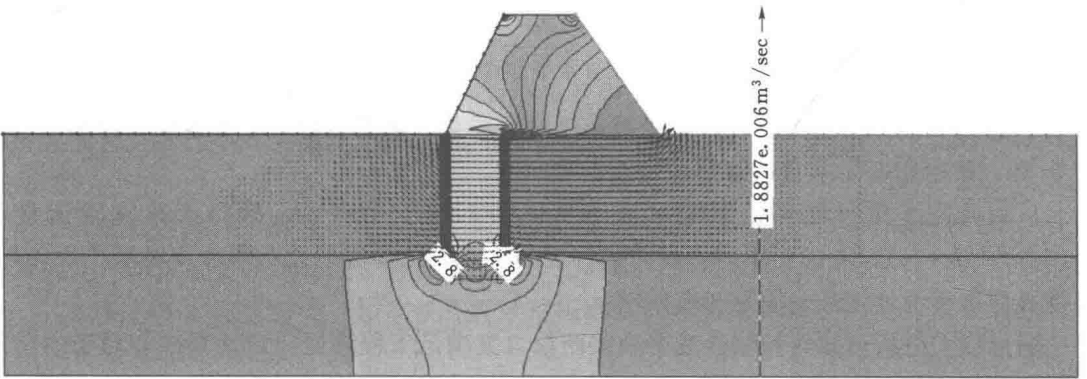


图 3 防护堤及堤基的水力坡降分布图

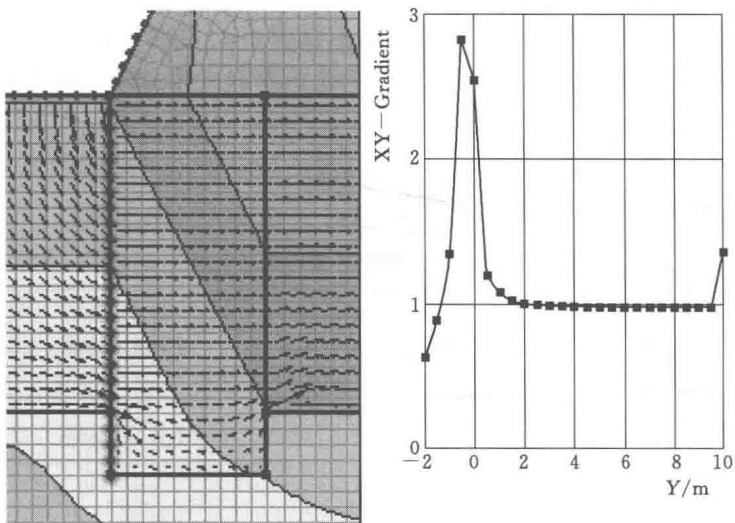


图 4 防渗帷幕竖直方向各点水力坡降