

2015

水利水电地基与基础工程

赵存厚 肖恩尚 主编
中国水利学会地基与基础工程专业委员会 编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

2015

水利水电地基与基础工程

赵存厚 肖恩尚 主编
中国水利学会地基与基础工程专业委员会 编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是中国水利学会地基与基础工程专业委员会第13次全国学术会议论文集,主要包括2014—2015年我国水利水电行业地基与基础工程方面的技术成果,共辑录论文146篇。其中有理论研究与探讨,混凝土防渗墙工程,灌浆工程,高喷灌浆工程,岩土锚固工程,振冲工程,桩基工程,设备改造与研制,新材料研究与试验以及其他方面的技术论文或工程案例总结。

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

2015水利水电地基与基础工程 / 赵存厚, 肖恩尚主编; 中国水利学会地基与基础工程专业委员会编. — 北京: 中国水利水电出版社, 2015. 10
ISBN 978-7-5170-3725-5

I. ①2… II. ①赵… ②肖… ③中… III. ①水利水电工程—地基—学术会议—文集②水利工程—基础(工程)—学术会议—文集 IV. ①TV223-53

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第244786号

书 名	2015 水利水电地基与基础工程
作 者	赵存厚 肖恩尚 主编
出版发行	中国水利学会地基与基础工程专业委员会 编 中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 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	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 54.75印张 1298千字
版 次	2015年10月第1版 2015年10月第1次印刷
印 数	0001—1500册
定 价	150.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

《2015 水利水电地基与基础工程》

编 委 会

顾 问 孙 钊 夏可风

主 编 赵存厚 肖恩尚

编 委 马晓辉 王明森 刘建发 安中仁 李正兵 杨晓东
汪在芹 宗敦峰 姜命强 赵献勇 秦云祥 彭春雷

审 稿 肖恩尚 周继凯 马晓辉 孔祥生 王明森 刘 健
孙 亮 江志安 张玉莉 李正兵 杨晓东 汪在芹
邹 刚 龚高武 赵建民

编 务 李 玲

主要赞助单位

中国水电基础局有限公司

中国水利水电第七工程局有限公司

中国水利水电第八工程局有限公司

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

中国水利水电科学研究院

长江水利委员会长江科学院

山东省水利科学研究院

河海大学江苏河海工程技术公司

湖南宏禹水利水电岩土工程有限公司

序

本书为中国水利学会地基与基础工程专业委员会第13次全国学术研讨会论文集，主要包括广大会员2014—2015年间的技术成果。

不久前，2015世界水电大会在北京召开，来自60多个国家的1000名代表出席了会议。会议强调了水力发电是一项旨在以可持续方式提供现代能源和淡水服务以促进社会发展的技术。据会议报道，水力发电已占全球总发电量的16%，中国水力发电装机已近3亿kW，占到世界的1/3，中国水力发电处于全球领先地位，并且在国际上发挥着越来越重要的作用。与此同时，我国在水利建设方面的成就也无与伦比，南水北调中线、东线工程全面建成，各大江河流域的治理成效显著，中小水利工程的治理全面展开……

本书汇编论文146篇，创本专委会历次学术研讨会新纪录，反映了我国水利水电建设蓬勃发展的局面。在这些文章中，包括：锦屏超级高拱坝、溪洛渡高拱坝坝基处理，锦屏二级水电站超长隧洞TBM掘进、高压灌浆处理，核电工程，南水北调工程，其他中小水利工程建设，深厚覆盖层处理工程，基础工程理论研究成果，新工法试验研究或传统工法改进，等等，内容十分丰富，代表了进入21世纪以来我国水利水电地基与基础工程的新水平。尤其令人欣慰的是，我看到了许多新作者，许多年轻的工程师、专家，他们是我们事业兴旺发达的希望。

需要重视的是，我国经济社会正在发生新的变化，在经过多年的高速发展以后进入了中高速发展的“新常态”。新常态的特点是，不再追求GDP的单一增长，而是更加重视环保、均衡和可持续，这就要求工业结

构和技术逐步转型、节能、减排、提质、增效，这对各行各业包括水利水电地基与基础工程企业提出了新的挑战。应对挑战的有效措施就是创新，为此，中央发出了“大众创业、万众创新”的号召，国务院提出了《中国制造 2025》的规划。近一二十年来，我国水利水电地基与基础工程行业在极大地扩展了规模的同时，在技术创新方面也取得了长足的进步，但总的说来，创新不是很多、水平不是很高，甚至落后于其他建筑行业，在进入“新常态”时期，我们应当深刻反思，急起直追。

本书中还有不少来自我国承建的国外工程的文章，这是十分可喜的现象，在国内建设市场逐渐饱和的情况下，广大发展中国家基本建设方兴未艾，我们要充分利用国家“一带一路”的战略，创造条件走出去，赢得发展的新机遇。

祝贺本论文集的出版，预祝中国水利学会地基与基础工程专业委员会第 13 次全国学术研讨会圆满成功！

孙钊

2015 年 6 月

（孙钊，著名水利专家、灌浆专家，原中国水利学会理事，中国水利学会地基与基础工程专业委员会第一届委员会主任，第二、三届委员会顾问。）

目 录

序

理论研究探讨

打造中国灌浆的升级版	夏可风 (3)
基于时间的岩体灌浆参数设计研究	符 平 秦鹏飞 王 春 杨晓东 (7)
砂砾石层水泥灌浆浆液扩散过程监测研究	王 春 符 平 赵卫全 邢占清 (16)
基于云存储的物联网灌浆监测系统研究	张 慧 饶小康 贾宝良 (21)
锦屏二级水电站引水隧洞堵水施工技术演变研究	胡小顺 王天西 李德兵 (27)
沥青混凝土心墙堆石坝渗漏探测方法与处理措施研究	景 锋 彭 伟 韩 炜 李 珍 汪在芹 (34)
地下工程水浮力计算方法研究进展	林成欢 周继凯 陈 颖 王 军 汪 凯 (39)
关于国内外帷幕灌浆施工的几点探讨	张开军 (45)
非水反应型材料灌浆堵漏模型研究	符 平 赵卫全 张金接 (51)
关于灌浆规范标准体系基本情况和存在问题的简要分析	李自翔 王彦波 张建萍 孙 亮 (62)
利用钻孔声波测井确定薄层状岩体 RQD 分级指标	董育烦 孟永旭 巴 刚 朱盛廷 (67)
对于湿陷性土渠基处理措施的方案比选分析	王 健 王维娜 (71)
阿海水电站层状岩体波速各向异性研究	余良学 詹建平 杨朝辉 (78)
圆形巷道掌子面推进围岩应力变化规律研究	李卫兵 刘 斌 (83)
地震荷载下近海风电单桩式基础动态特性研究	汪明元 张建经 廖蔚茗 吴金标 唐雅蕾 (91)
三河口碾压混凝土拱坝地基处理研究	王 栋 张建华 周秋景 杨 波 (99)
关于控制性灌浆和控制性灌浆规范的几点认识	邢书龙 冯 涛 王东柱 孙 亮 夏可风 唐玉书 (104)

混凝土防渗墙工程

西藏甲玛沟尾矿库 119m 超深塑性混凝土防渗墙施工

..... 刘典忠 潘文国 邢书龙 杨永强 潘金伟 肖恩尚 孙 亮 (111)	
科威特某政府大楼采用逆作法施工的可行性分析	陈 俊 (117)
框格式地下连续墙接头保护板研究与设计	蒋万江 潘 洪 (122)
龙湖调蓄工程塑性混凝土防渗墙快速施工技术	李云松 关 伟 谢长福 (129)
软基 H 形防冲墙施工技术	周昌茂 耿云辉 郑继斌 向燕华 (137)
坚硬花岗岩中地下连续墙成槽施工浅谈	李国保 陈占江 周 雷 (142)
海边堆填块石层塑性混凝土防渗墙施工技术	耿云辉 胡宗宝 (149)
混凝土防渗墙围堰体加高防渗施工技术	童 耀 唐结齐 (155)
膨胀岩地层地下连续墙泥浆处理技术	童 耀 罗会东 (162)
大岗山水电站围堰防渗墙工程中钻劈法的应用	梅良敏 苟永平 (169)
超厚型混凝土防渗墙施工综合技术研究及应用	张伯夷 李清平 (173)
小型洞室充砂溶洞地基防渗处理施工工艺	周发海 刘 文 刘 阳 谭红斌 (177)
大华桥水电站围堰防渗墙施工技术对比分析	魏 礁 (182)
浅谈混凝土防渗墙施工质量控制	杨 齐 (189)
振动射冲地下连续墙在孤北水库围坝截渗工程中的应用	

..... 谢文鹏 焦乐辉 姜旭民 (192)	
地铁围护叠合墙结构中的地下连续墙施工技术	季海元 李国保 李 军 (198)
阿尔及尔地铁 1 号线延伸段工程围护结构的关键技术与对策	陈 俊 (202)
地下连续墙在成都地区基坑支护中的首次应用	石 峰 薛天威 (208)
临近地铁既有线地下连续墙施工措施	李国保 李 军 陈占江 (214)
爆破技术及纠偏措施在防渗墙施工中的应用	赵先锋 王玉山 赵俊玲 (219)
地下连续墙槽孔内地下既有锚索快速切割技术	李国保 孙国亮 (225)
稳态表面波法检测地下混凝土防渗墙接缝质量	
..... 贾永梅 姚成林 邓中俊 杨玉波 王会宾 房纯纲 (233)	
猴子岩水电站基坑上下游围堰防渗墙施工技术	孟建正 (239)
孟家沟水库坝基防渗设计	董新美 巩向锋 (244)
塑性混凝土防渗墙技术在某水库围坝防渗中的应用	安凯军 类维强 王怀国 (250)
大渡河安谷水电站左右岸副坝混凝土防渗墙施工	刘典忠 肖恩尚 孙 亮 (255)

灌 浆 工 程

锦屏特高拱坝坝基帷幕防渗灌浆关键技术探讨	李正兵 黄 平 (263)
锦屏二级水电站引水隧洞横向通道封堵体灌浆处理技术研究	
..... 张刚武 王天西 曾凡荣 (274)	

溪洛渡水电站深孔帷幕灌浆施工技术	王海东	贺毅	(280)
覆盖层及软弱岩体膏浆控制灌浆技术及其应用	彭春雷	张贵金	杨松林 (286)
浅谈窄巷口水电站左岸 K_{18-2} 溶洞处理施工技术	赵攀峰	王龙	赵克欣 (296)
岩溶充填粉细砂层防渗处理复合灌浆技术	王玉生	姜旭峰	陆文浩 (303)
预埋花管法在砂卵石地层帷幕灌浆中的应用		王佳伟	(310)
锦屏山隧道西端高压大流量地下水处理技术		苏刚锋	(316)
桐子林水电站深厚覆盖层全帷幕灌浆技术		骆秋林	(327)
溪洛渡水电站坝基固结灌浆施工技术		贺毅	(332)
锦屏水利枢纽辅助洞 AK10+610 涌水带封堵施工	张培青	沈增良	胡越斌 (338)
阳江核电平堤水库架空填筑块石层套阀管法灌浆施工	李文书	袁冲	肖恩尚 孙亮 (342)
亭子口水利枢纽左岸帷幕灌浆试验浅析	方程		赵先伟 (349)
浅谈锦屏一级水电站 f_2 断层化学灌浆施工中的质量控制		石军	(357)
深厚覆盖层水泥化学复合灌浆应用与实践		唐应鹏	(362)
浅谈廊道斜坡段帷幕灌浆施工技术		王建强	(365)
超长距离引水隧洞钻孔灌浆施工管理研究	王天西	熊雄	尹志超 (371)
灌浆技术在桥梁钢围堰堵漏抢险中的应用	黄立维	周建华	符平 张金接 (376)
长河坝水电站泄洪洞灌浆施工技术探讨		伍贤伦	(382)
沐若水电站大坝帷幕灌浆试验		林成华	(387)
猴子岩水电站围堰防渗墙墙下帷幕灌浆施工技术	辜永国	方学军	朱福平 袁伟林 (394)
重复接触灌浆技术在龙开口水电站深槽处理中的应用		邱建雄	袁水 (401)
防渗帷幕施工中遇岩溶的处理		赵永磊	葛刘洋 (406)
金川水电站工程两岸卸荷岩体帷幕试验研究	梅良敏	苟永平	刘超 (412)
钙质砂砾岩溶蚀地层固结灌浆生产性试验	覃建庭	朱旭	熊波 (418)
陡倾角裂隙条件下帷幕灌浆施工		张黎波	朱姜 (424)
综合灌浆技术在隧洞涌水处理中的研究及应用	赵卫全	王春	符平 黄立维 (429)
万家口子水电站坝基深孔高压固结灌浆施工及评价	周胜成	赵卫全	韦兵生 (437)
某水库入库泵站地基应急加固灌浆设计	焦乐辉	姜旭民	李文博 (442)
银盘水电站下游引航道临时围堰防渗施工		曾庆贺	杨彬彬 (448)
浅析大坝碾压混凝土渗透性超标原因及处理效果		周颇	(452)
沙坡头水利枢纽坝基破碎砂岩层防渗加固灌浆技术的探讨	周林	龚高武	宾斌 赵铁军 (457)
江垭水利枢纽大坝岸坡接触灌浆试验浅析		贺佐	(463)
挠曲核部破碎带灌浆技术研究与应用		曹莉	(470)

低渗透性介质复合灌浆处理技术探讨

.....	尹作仿	何 怡	张 辉	李 珍	汪在芹	(474)		
抽水蓄能电站尾水支管灌浆处理		刘 校	景 锋	郑 卫	苏 强	李 珍	汪在芹	(480)
苏丹上阿特巴拉水利枢纽溢流坝闸室钢衬接触灌浆施工		汤国辉	任 磊	(484)				
水电站横向永久伸缩缝涌水处理		陈稳科	(488)					
浅谈丙烯酸盐化学灌浆在施工中的质量控制		姚 昕	(491)					
化学灌浆和聚脲喷涂技术在长河坝大坝河床廊道裂缝处理中的应用		孙周辉	柳启超	李 翔	(499)			
CW510 化学灌浆材料在高水头坝基微裂隙岩体帷幕灌浆中的应用		邱本胜	景 锋	韩 炜	李 珍	汪在芹	(506)	

高 喷 灌 浆 工 程

山东高喷灌浆设备的新发展	肖立生	任焕东	(513)
某引水闸深层搅拌桩和高压旋喷桩施工和复合地基承载力检测	王正兴	安学军	高印军 (519)
黄河大河家水电站一期围堰高压旋喷灌浆施工	刘全超	李云松	潘文国 关 伟 (523)
新三管法高喷技术在深层岩溶粉细砂层防渗处理中的应用	石 峰	毛建新	王 勇 刘启国 (528)
桑河水电站二期围堰高压旋喷灌浆施工	吉子为	杨彬彬	邓立雄 (534)
高喷技术在上石盘二期围堰施工中的应用	吴 勇	陈 渝	(538)
多头小直径搅拌桩和高压摆喷防渗墙在红旗水库坝体防渗工程中的应用	向 东	焦乐辉	姜旭民 (543)
台山核电 HCD 排水暗涵地基高压旋喷桩施工	李文书	肖恩尚	孙 亮 (548)
谈摆喷灌浆技术在锦凌水库土石围堰基础防渗工程中的应用		陈稳科	(553)

岩 土 锚 固 工 程

1000 吨级超大预应力锚索施工技术应用	李 焱	(559)
锚索抗滑键在桐子林滑坡体加固中的应用效果	杨治平	(564)
浅谈可回收锚索在深基坑当中的应用	李林娟	(570)
猴子岩水电站地下厂房系统对穿预应力锚索孔斜控制施工技术	闭少刚 陈波汲	(574)
锚索布袋充浆式止浆环的技术与应用	陈怀玉	(580)

振 冲 工 程

90m 级深厚覆盖层振冲碎石桩基试验

..... 赵 军 丁海龙 李昌华 郑喜彦 肖恩尚 孙 亮 (587)

浅析振冲技术造孔孔壁稳定机理及应对技术 姚军平 (591)

振冲碎石桩在国外某大型工程地基处理中的设计应用

..... 张明生 黄宏庆 焦洋洋 (596)

严寒条件下复杂地层中的振冲桩施工 丁海龙 (602)

碎石桩与砂桩复合地基在处理地震液化地层中的应用 李延刚 (605)

桩 基 工 程

密集深嵌岩基础钻孔灌注桩施工技术 童 耀 (611)

大吨位挖孔灌注桩在黔中水利枢纽连续刚构渡槽中的应用

..... 蒙 进 徐 江 王银军 杨元红 (616)

浅谈 DDC 法在湿陷性黄土地基处理中的应用 王 珏 (624)

可穿越中密实土层的 PCC 桩内活瓣式桩靴及施工效果研究

..... 马晓辉 周继凯 戴元志 林成欢 (627)

设 备 改 造 与 研 制

潜孔锤反循环钻进技术 廖 军 赵 倩 (635)

多功能防汛抢险车的研制与应用 姜旭民 谢文鹏 焦乐辉 肖立生 (640)

冲击钻机降噪技术研究 赵先锋 王玉山 孟嘉强 赵俊玲 (646)

19 英寸刀具在大伙房项目的应用 吴志勇 (649)

长河坝泄洪洞大坡度钻灌台车的设计与运行 王远勋 (654)

导杆式水平轴滚刀开槽机在某尾矿库截渗工程中的应用

..... 肖立生 张 雨 谢文鹏 李文博 (659)

“重锤式”测斜仪器的研究与应用 赵 毅 (666)

土石坝渗流监测仪器设备应用研究 张玉龙 鲁米香 (673)

水压式灌浆塞在长河坝水电站墙下帷幕灌浆施工中的应用

..... 王海波 王玉山 伍 彪 (677)

新 材 料 研 究 与 试 验

岩体微裂隙灌浆湿磨细水泥材料特性研究 陈 昊 陈 彤 (685)

南水北调中线一期工程总干渠浙川段高填方渠段基础结构缝处理

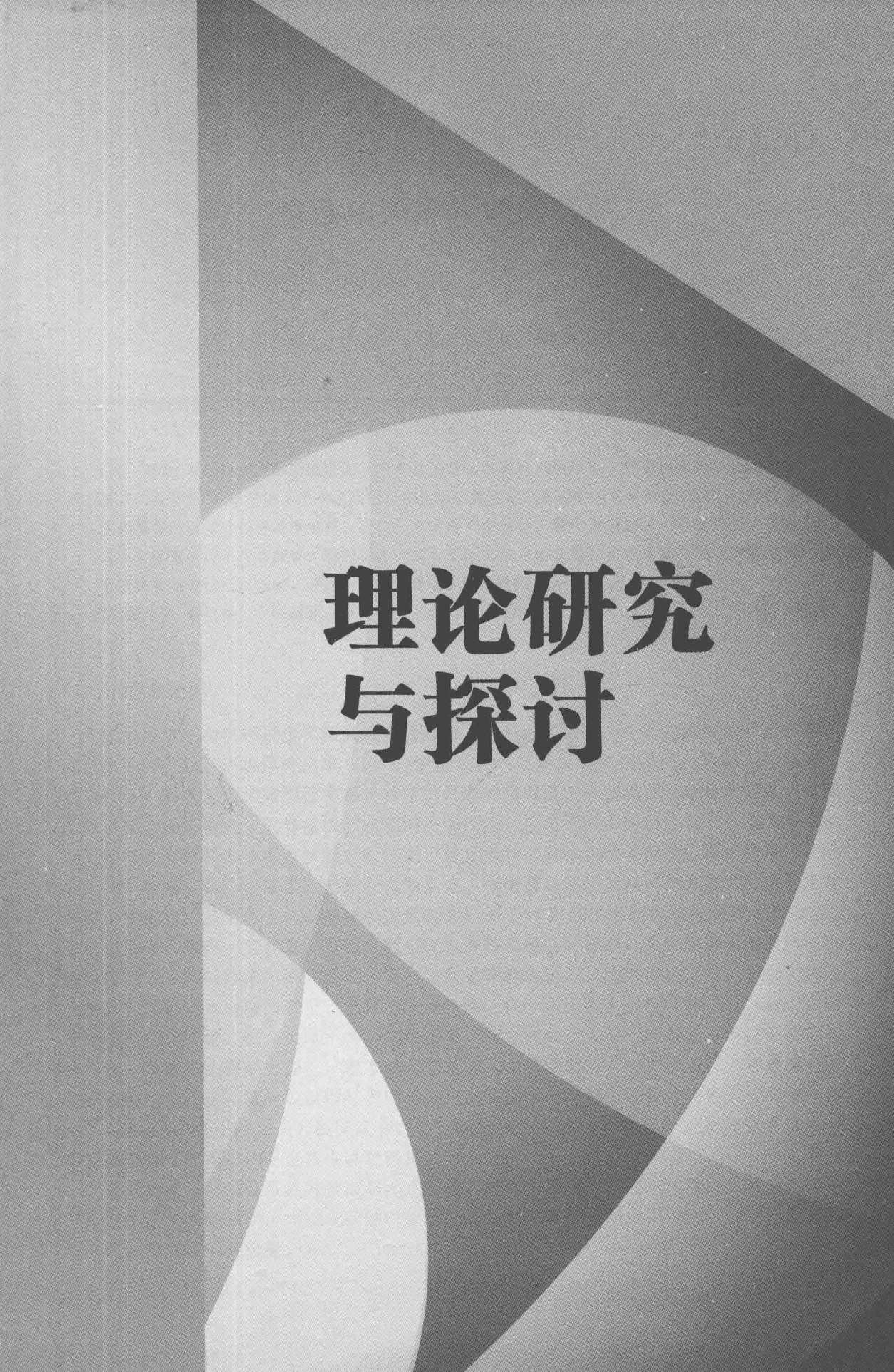
..... 韩 炜 景 锋 邵晓妹 李 珍 汪在芹 (690)

水溶性聚氨酯在围岩渗水堵漏中的应用

.....	苏 强	崔江涛	景 锋	李 珍	汪在芹 (695)
浅析混凝土弹性模量					李晨光 (699)
柔性防渗材料在水利工程中的应用研究	徐运海	陈丕华			程素珍 (703)
西藏甲玛沟尾矿库塑性混凝土配合比研究与应用					
.....	苏迎春	刘典忠	潘文国	邢书龙	杨永强 潘金伟 孙 亮 (708)

其 他

半管式双管取芯工艺在防渗墙基岩鉴定中的应用	白晓光	李春鹏	吴金伟 (717)
大伙房项目 TBM 边开挖边衬砌施工技术	吴志勇	赵 燕 (721)	
心墙砂壳坝坝坡及坝基加固技术及检测方法简析	顾红鹰	高印军	董延朋 (726)
大直径 TBM 通过深埋强岩爆洞段的岩爆防治方法研究	张照太	陈 竹 (731)	
深埋隧洞极强岩爆段 TBM 半导洞掘进岩爆风险研究	张照太 (739)		
湿陷性黄土区增湿高能强夯施工试验与分析	陈永学	李 旺 (748)	
混凝土结构裂缝处理粘钢加固施工技术	赵延坤	梅运生 (754)	
拉日铁路风沙路基防护施工技术	梅运生	肖艳斌	曹 莉 (760)
南水北调渠道混凝土衬砌面板裂缝处理研究	何定挺 (767)		
“垂直铺塑防渗技术”的拓展应用技术研究			
.....	张立新	李 勇	牛景涛 张 钊 于海洋 (772)
风化岩路基边坡滑坡成因及综合治理	刘宏生	李延波 (777)	
沙漠渠道沥青混凝土衬砌施工技术	覃建庭	胡万美 (781)	
超窄高边坡不良地层平台上 750t 水泥灰罐基础处理研究	蔡海燕 (789)		
谈谈风机基础大体积混凝土质量控制	黎达伟 (795)		
综合检测技术在拦河闸强夯地基中的应用探讨	杨 萌	许尚杰	王 飞 (799)
碾压混凝土重力坝坝基糜棱岩处理方案优化	李学平 (805)		
土石坝砾石土掺合料现场碾压试验研究	黄 斌	汪明元	张 伟 (809)
渗流综合示踪方法在西藏江雄水库渗漏水处理工程中的运用	肖 华 (816)		
CSAMT 及高分辨地震勘探在官厅地热勘查中的应用			
.....	杨玉波	姚成林	邓中俊 贾永梅 王会宾 (826)
稳态表面波法在水电站厂房基础检测中的应用			
.....	邓中俊	姚成林	贾永梅 杨玉波 王会宾 (834)
基于 ArcGIS Engine 的大岗山水电站灌浆信息系统的设计与实现			
.....	饶小康	张 慧	郭 亮 (841)
埃及深井取水项目施工技术探讨	陈 俊 (849)		
浅析大数据时代的机遇与挑战	白 雪 (855)		
国有施工企业信息化现状与思考	李云松 (859)		



理论研究 与探讨

打造中国灌浆的升级版

夏可风

(中国水电基础局有限公司)

【摘要】 长期以来,我国灌浆施工基本处于劳动密集型和粗放型。随着国家经济社会发展进入“新常态”,灌浆施工技术应当向自动化信息化转型,实现中国灌浆的升级版。当前我国实现灌浆升级版的条件基本成熟。近些年来国内不少灌浆工程的管理体系,包括计量支付方式、监理制度等不符合灌浆工程的规律,制约了施工技术的发展。实现灌浆升级版要通过充分的试验研究论证和创新,开辟中国灌浆自动化的新途径。

【关键词】 灌浆施工 机械化 自动化 互联网+ 升级版

1 问题的提出

国家经济社会在经过多年的高速发展以后,已经进入了一个中高速发展的“新常态”。新常态的特点是,不再单纯追求 GDP 的快速增长,而是更加重视协调、均衡、可持续发展和环保,要求工业结构和技术逐步转变扩张型的发展模式,提倡以创新驱动发展,强调节能减排、提质增效,倡导发展“互联网+”产业,提出了《中国制造 2025》规划。

经济社会和科学技术在发展、在转型,可是水利水电行业灌浆技术的现状却落后于形势;几十年来,钻孔、灌浆工艺没有大的变化,效率没有明显提高,大多数工程质量没有改善,能源材料浪费惊人,劳动强度仍然很大;基于计算机技术的灌浆记录仪已经普及,但是道高一尺魔高一丈,篡改仪器或利用仪器作弊几成公开秘密;个别灌浆工程虽然试验性地应用了互联网技术、信息技术,但由于数据来源失真,其结果也成笑话;不少“验收合格”的工程蓄水后渗漏严重,不得不大量补灌。在一些工程上进行了新工艺、新工法的探索,但总体来说,创新力度不大,成果不多。与此同时,大量的灌浆施工单位长期靠低价中标,只能在生存线上挣扎,根本缺乏创新的动力和资源,有的甚至不得不依靠编造假数据来骗取工程费,战战兢兢地打发时光。还有我国水电灌浆工地较普遍地实行两班制作业,每天工作 12 小时,工人极度疲劳,与三班制比较对提高工效毫无益处,完全是为了多开工资留住工人,同时也减少临建费用。

严肃地说,目前灌浆界的情况是不正常的,是不可持续和不应当持续的,是发展中的一个特殊阶段,现在到了应该变革的时候了。无论从工程技术层面还是从社会学层面都需要打造中国灌浆的升级版。

2 中国灌浆升级版的含义

制造业发展的路径是：手工劳动→机械化→自动化→信息化→智能化。但是我国钻孔灌浆施工基本上还停留在半机械化水平，而邻国日本早在 20 世纪 80 年代就进行过自动化灌浆。

在此基础上，笔者认为中国灌浆升级版的含义（或者说应满足的要求）有以下几点：

（1）由半机械化过渡到机械化和自动化，小工程应当实现机械化、半自动化，大工程应当实现自动化。

（2）实现钻孔灌浆数据的自动采集、传输、处理和反馈，也就是信息化。

（3）实现灌浆工艺的精细化。所谓“精”，一是简，现在灌浆工艺总的来说还太复杂，不利于自动化、信息化；二是真，工艺参数和形成的数据要真实，真实或者诚实是灌浆的生命，没有真实，灌浆必然失败（那种投入了大量资源获得的“成功”其实也是失败）。所谓“细”，就是有针对性，灌浆参数充分与地质信息挂钩，随地质信息变化而调整。

由上可知，本文所言灌浆升级版实际上仅仅是欧美日二三十年以来的水平，仍然低于他们当前的水平。

3 实现灌浆升级版的条件

为了满足灌浆升级版的要求，技术上应当具备以下条件：

（1）硬件部分。主要包括钻机、灌浆泵、浆液拌制与输送系统、记录仪、数据传输及处理系统等。

1）钻机。目前我国常用的岩芯钻机是半机械化的，人力移动钻机，手工接卸钻杆，人工感知孔底状况，只有钻进的时候可以依靠液压推进，工人操作控制。国产的多数潜孔钻机也比较简陋，钻机移动、钻杆接卸需要人力，高档的潜孔钻机可以做到较高度度的机械化。发达国家的岩芯钻机可以做到履带自行、机械接卸钻杆，装有传感器感知孔底情况，钻孔参数记录仪记录钻进参数。

2）灌浆泵。我国常用高压柱塞泵，定排量（或分若干档），不定压力。西方发达国家使用液力变矩泵，定压力，调节排量，便于实施自动化灌浆。

3）浆液拌制与输送系统。我国大型工程灌浆，已普遍实行浆液集中拌制输送。

4）记录仪。我国已普遍推广应用灌浆记录仪，记录仪的结构功能适应国内灌浆技术要求，比国外复杂。

5）数据传输及处理系统。可采用有线传输，或有线结合无线传输，几个工程试验性应用情况尚好。

钻机的现代化主要是有利于减轻钻孔工序劳动强度和不间断地准确获取孔中的信息，孔中信息的获取有利于有针对性地选择灌浆参数。不同的灌浆泵都可以实现灌浆自动化，但技术有难易之分，成本有高低之别。但只要有需求，上述国外先进的钻机和灌浆泵我国机械制造厂目前都有能力制造出来。其他的条件也应可以满足要求。

20 世纪 90 年代，在国家“七五”科技攻关中，笔者所在的中国水电基础局科研所与天津大学自动化工程系合作进行了自动化灌浆的研究与试验，使用当时的常规钻灌机械，