

中国大坝协会丛书

堆石坝建设和 水电开发的技术进展

主编 李菊根 贾金生 艾永平 张宗亮



黄河水利出版社

堆石坝建设和水电开发的 技 术 进 展

李菊根 贾金生 艾永平 张宗亮 主编

黄河水利出版社

· 郑州 ·

图书在版编目(CIP)数据

堆石坝建设和水电开发的技术进展/李菊根等主编. —
郑州:黄河水利出版社,2013.10

ISBN 978-7-5509-0562-7

I. ①堆… II. ①李… III. ①堆石坝-研究进展-中
国②水电资源-资源开发-研究进展-中国 IV. ①
TV641.4-12②TV7-12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 245837 号

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 14 层

邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940、66020550、66028024、66022620(传真)

E-mail:hhsclchs@126.com

承印单位:河南地质彩色印刷厂

开本:787 mm×1 092 mm 1/16

印张:59

字数:1436 千字

印数:1—1 000

版次:2013 年 10 月第 1 版

印次:2013 年 10 月第 1 次印刷

定价:200.00 元

主办、承办、协办单位

主办单位：中国大坝协会

中国水力发电工程学会

承办单位：华能澜沧江水电有限公司

中国水电顾问集团昆明勘测设计研究院

中国水利水电科学研究院

协办单位：巴西大坝委员会

国家电网公司

水电水利规划设计总院

中国大唐集团公司

中国水利水电建设股份有限公司

中国人民武装警察水电指挥部

中国葛洲坝集团股份有限公司

黄河水利水电开发总公司

云南金沙江中游水电开发有限公司

国电大渡河流域水电开发有限公司

中电投云南国际电力投资有限公司

长江勘测规划设计研究有限责任公司

中国水利水电第八工程局有限公司

水利与交通基础设施安全防护河南省协同创新中心

国际水电协会

国际土力学与岩土工程学会大坝技术委员会

中国水力发电工程学会面板堆石坝专业委员会

会议组织机构

大会主席：

汪恕诚 中国大坝协会理事长、中国水力发电工程学会名誉理事长、水利部原部长

张基尧 中国水力发电工程学会理事长、国务院南水北调工程建设委员会办公室原主任

大会副主席：

矫 勇 水利部副部长、中国大坝协会副理事长

杨 昆 国家能源局总工程师

顾问委员会

主任:

陆佑楣 中国大坝协会荣誉理事长、中国水力发电工程学会名誉理事长、中国工程院院士

副主任:

周大兵 中国大坝协会副理事长、中国水力发电工程学会名誉理事长

张 野 中国大坝协会副理事长、国务院南水北调办公室副主任

委员(按姓氏笔画排序):

马晓佳 云南省发展和改革委员会副主任、云南省能源局局长

王 琳 中国水力发电工程学会副理事长、中国大唐集团公司副总经理

王永祥 中国水力发电工程学会常务理事、华能澜沧江水电有限公司党组书记、董事长

史立山 中国大坝协会常务理事、中国水力发电工程学会常务理事、国家能源局新能源和可再生能源司副司长

冯峻林 中国水电顾问集团昆明勘测设计研究院院长

匡尚富 中国大坝协会副理事长、中国水力发电工程学会副理事长、中国水利水电科学研究院院长

刘炎生 中国水利水电第八工程局有限公司、原总工程师

孙洪水 中国大坝协会副理事长、中国水利水电建设股份有限公司总经理

孙继昌 中国大坝协会常务理事、水利部建设与管理司司长

杨 淳 中国大坝协会副理事长、长江水利委员会副主任

张丽英 中国大坝协会副理事长、国家电网公司总经理助理

- 张晓鲁 中国大坝协会副理事长、中国水力发电工程学会副理事长、中国电力投资集团公司原副总经理
- 林初学 中国大坝协会副理事长、中国长江三峡集团公司副总经理
- 聂 凯 中国能源建设集团有限公司党委常委、副总经理、中国葛洲坝集团股份有限公司董事长
- 晏志勇 中国大坝协会副理事长、中国水力发电工程学会副理事长、中国电力建设集团有限公司党委书记、副董事长
- 高 嵩 中国水力发电工程学会副理事长、中国国电集团公司副总经理
- 寇 伟 中国大坝协会副理事长、中国华能集团公司副总经理
- 程念高 中国大坝协会副理事长、中国水力发电工程学会副理事长、中国华电集团公司副总经理、金沙江中游水电开发公司董事长
- 廖义伟 中国大坝协会副理事长、黄河水利委员会副主任

组织委员会

主 任:

- 李菊根 中国水力发电工程学会常务副理事长兼代秘书长
贾金生 中国大坝协会副理事长兼秘书长、中国水利水电科学研究院副院长

副主任:

- 袁湘华 华能澜沧江水电有限公司总经理、党组副书记
张宗亮 中国水力发电工程学会常务理事、中国水电顾问集团昆明勘测设计研究院副院长兼总工程师
Erton CARVALHO 巴西大坝委员会主席

委 员(按姓氏笔画排序):

- 马青春 武警水电指挥部总工程师
王民浩 中国电力建设集团有限公司副总经理、党委常委、水电水利规划设计总院常务副院长
付兴友 国电大渡河流域水电开发有限公司总经理
邢援越 水利部农村水电及电气化发展局巡视员
朱素华 中国水利水电第八工程局有限公司总经理
池建军 国家能源局电力安全监管司副司长
杨 骏 中国大坝协会副秘书长、中水电国际投资有限公司副总经理
吴义航 中国水力发电工程学会常务副秘书长
吴泽宁 水利与交通基础设施安全防护河南省协同创新中心秘书长
张汝石 水利部安全监督司副司长
张启平 国家电网公司总工程师
张国新 中国大坝协会副秘书长、中国水利水电科学研究院结构材料研究所(研)所长

和建生 中国葛洲坝集团股份有限公司总经理
周建平 中国大坝协会副秘书长、中国水电工程顾问集团公司副总经理
宗敦峰 中国水利水电建设股份有限公司副总经理兼总工程师
钮新强 长江勘测规划设计研究院院长
秦建明 中国大唐集团公司工程管理部主任
高 波 水利部国际合作与科技司司长
高盈孟 中国水力发电工程学会常务理事、金沙江中游水电开发公司总经理
彭 静 中国水利水电科学研究院国际合作处处长

技术委员会

主 任:

马洪琪 中国大坝协会常务理事、中国工程院院士
Adama NOMBRE 国际大坝委员会主席

副主任:

郑守仁 中国大坝协会常务理事、中国工程院院士
陈祖煜 中国大坝协会常务理事、中国科学院院士
钟登华 中国大坝协会理事、中国水力发电学会常务理事、
中国工程院院士、天津大学副校长
Luis BERGA 国际大坝委员会荣誉主席
Cassio B. Viotti 国际大坝委员会荣誉主席
Richard Taylor 国际水电协会执行主任
Paulo CRUZ 巴西大坝委员会

委 员(按姓氏笔画排序)

Bayardo MATERON 巴西大坝委员会
Manoel FREITAS 巴西大坝委员会
Michel De Vivo 国际大坝委员会秘书长
王复明 水利与交通基础设施安全防护河南省协同创新中心
主任
艾永平 中国大坝协会理事、华能澜沧江水电有限公司总工程师
刘志明 中国大坝协会副理事长、水利水电规划设计总院副院长
江小兵 中国葛洲坝集团股份有限公司副总经理
孙来成 武警水电部队指挥部副总工程师
严 军 国电大渡河流域水电开发有限公司副总经理
邹丽春 中国大坝协会理事、中国水电顾问集团昆明勘测设

计研究院副院长

- 张博庭 中国水力发电工程学会副秘书长
- 陈 侃 中国大唐集团公司云南分公司总经理
- 郑 平 中国水利水电建设股份有限公司工程科技部主任
- 周厚贵 中国大坝协会常务理事、中国水力发电工程学会常务理事、中国能源建设集团有限公司副总经理
- 徐泽平 中国大坝协会副秘书长、中国水利水电科学研究院教授
- 涂怀健 中国水利水电第八工程局有限公司总工程师
- 黄志斌 中国大坝协会理事、金沙江中游水电开发公司副总经理兼总工程师
- 彭 程 水电水利规划设计总院副院长
- 鲁一晖 中国水利水电科学研究院结构材料研究所(企)所长
- 温彦锋 中国水利水电科学研究院岩土工程所所长
- 路振刚 国网新源控股有限公司总工程师

序 一

世界人口的不断增长、社会经济的快速发展以及人们生活水平的不断提高,必然导致对水、粮食和能源需求的增加。同时,由于全球气候变化影响,水资源时空分布将变得越来越不均匀,洪涝和干旱等自然灾害将会加剧。面对这一严峻形势,对于全世界而言,建设大坝、开发水电是实现社会经济可持续发展的必然选择。

具体到中国实际,从能源利用的角度来看,目前中国能源构成中以煤炭为主。过度地依赖煤炭不仅会导致资源最终枯竭,而且二氧化碳的大量排放也会造成严重的环境问题。因此,中国的能源发展战略,不仅要包括未来的能源发展规模,还应对能源的组成结构做出明确规划,以水电为主的可再生能源未来将在中国得到大力发展。

从水资源管理的角度来讲,我国是一个水资源短缺、水旱灾害频发的国家,而且水资源时间和空间分布不均。随着经济社会的快速发展和人口的不断增加,我国水资源的供需矛盾将产生根本性变化,洪涝和干旱对我国的粮食安全、饮水安全等造成了很大危害。我国气候和地理的特点,决定了仅仅依靠河流自然调蓄不可能有效解决问题。要实现水资源优化配置,必须建设水库大坝和跨流域调水工程。

可以看出,无论是从世界范围来讲,还是从中国的实际情况看,建设水库大坝都不可或缺。

历经数十年特别是近年来的发展,中国的大坝建设在筑坝理念、筑坝技术、筑坝规模等各个方面取得了举世瞩目的进展。世界其他国家在大坝建设方面也都取得了很大成绩。为了共享水库大坝建设管理和水电开发中的新技术、新经验,探讨新问题、新思路,中国大坝协会和中国水力发电工程学会于2013年11月在云南昆明联合召开“水电2013大会——中国大坝协会2013学术年会暨第三届堆石坝国际研讨会”,这次会议既是水电1996、1998、2004和水电2006系列会议的延续,也是中国大坝协会2011、2012学术年会的延伸,还是第一、二届堆石坝国际研讨会的继续,三个会议合并召开,凝聚各方智慧,必将取得丰硕的成果。

在各位专家、学者及有关单位的大力支持下,经过有关专家的评审,结集了128篇文章正式出版。在此,我谨代表中国大坝协会对大家的支持与参与表示衷心地感谢!

本论文集涉及的议题包括:

- (1) 水电可持续发展与环境友好的大坝建设技术;
- (2) 高坝的设计和施工;
- (3) 大坝安全评估与加固技术;
- (4) 堆石坝工程案例与经验总结;
- (5) 堆石坝设计与分析;
- (6) 堆石坝材料与施工方法;
- (7) 堆石坝运行、维护与检测。

展望21世纪的未来发展,我国水库大坝还面临极为艰巨的建设任务和管理任务。应该注意到,水坝工程在发挥防洪、灌溉以及其他功能的同时,还应更好地发挥其生态作用。今

后,在工程设计、科研、建设、运行、管理等过程中,都要注重发挥水坝工程的生态功能。因此,需要全面提升水库大坝的建设与管理水平。衷心希望本论文集的出版能为大会的成功召开奠定良好的基础,也能为水利水电行业的决策者、投资者、设计者、研究人员和工程师们提供有价值的参考。

这次会议由华能澜沧江水电有限公司、中国水电顾问集团昆明勘测设计研究院和中国水利水电科学研究院承办,同时得到了巴西大坝委员会、国家电网公司、水电水利规划设计总院、中国大唐集团公司、中国水利水电建设股份有限公司、中国人民武装警察水电指挥部、中国葛洲坝集团股份有限公司、黄河水利水电开发总公司、云南金沙江中游水电开发有限公司、国电大渡河流域水电开发有限公司、中电投云南国际电力投资有限公司、长江勘测规划设计研究院、中国水利水电第八工程局有限公司、水利与交通基础设施安全防护河南省协同创新中心、国际水电协会、国际土力学与岩土工程学会大坝技术委员会、中国水力发电工程学会面板堆石坝专业委员会等单位的大力支持,在此一并表示感谢!

中国大坝协会理事长

水利部原部长

大会主席



2013 年 10 月于北京

序 二

水能资源是清洁的可再生能源,推进水电事业科学可持续发展一直受到世界各国的高度重视。国际上一致承认水电在节能减排、应对气候变化等方面具有巨大的优势。对于中国来讲,积极开发利用丰富的水能资源对提高清洁能源利用比重、优化改善能源结构、保证国家能源安全、满足电力需求增长和减少温室气体排放、保护生态环境、保障水安全等均具有重要意义,水电事业的可持续发展对于促进经济社会的可持续发展具有重大作用。

水电是中国第二大常规能源资源,理论蕴藏量 6.94 亿千瓦,年发电量 6.08 万亿千瓦时;技术可开发量 5.42 亿千瓦,年发电量 2.47 万亿千瓦时。自 20 世纪下半叶,中国的水电建设步入了快速发展的轨道,一大批世界顶级的工程在中国建设、一大批世界顶尖的技术在中国突破发展。特别是进入 21 世纪以来,在党和国家的高度重视下,中国水力资源合理开发和利用,水电事业持续发展,2004 年和 2005 年,中国水电装机容量和年发电量先后跃居世界第一;2003 年以来中国水电投产容量每年以超过 1 000 万千瓦的速度在增长。目前,中国水电总装机容量已超过 2.5 亿千瓦。据不完全统计,中国已建成大中型水电站 500 余座,已投产的大中型各类水力发电机组有 3 000 多台,在建和已建的 30 m 以上的大坝 5 200 余座,其中坝高 100 m 以上的大坝有 150 余座,农村小水电站近 4.6 万座。中国已从水电小国,逐步发展成为世界水电大国和水电强国,从追赶世界到领跑全球,不但水电装机世界第一,也是世界上水电在建规模最大、发展速度最快的国家。

中国水电科技工作,以科学技术为引领,以国家重大工程为依托,以科技成果工程化为基点,经过多年的努力,初步突破了技术、资金和科技人才的约束,水电科技从无到有、从跟随到引领,实现了跨越式发展,水电建设的设计、施工、制造、安装、运行、管理等水平大幅提升,水电建设与管理综合能力达到了国际先进水平。举世瞩目的三峡工程经过近 20 年的建设,突破了五大工程领域关键技术,攻克了十大工程难题,创造了百余项工程技术世界之最,近年来无数水电领域的技术创新和突破都出自三峡工程,这一世纪工程使中国水电从学习追赶世界先进水平,发展为引领全球水电技术潮流实现了这一历史性的跨越。

中国水电正加快推进“走出去”战略。近年来,中国水电建设企业凭借积淀几十年的雄厚技术实力、丰富成熟经验和庞大人力资源,积极实施“走出去”战略,业绩遍布亚、非、美、欧等的近百个国家和地区,拥有全球 50% 以上的水利水电建设市场份额,在全球水利水电建设行业树立了标杆,成为全球水利水电建设行业的引领者,很多由中国水电企业承建的规模大、质量高、效益好的项目受到了项目所在国政府和人民的广泛赞誉,为推动世界水电发展做出了积极贡献。

在推动水电发展进程中,世界各国都取得了各自不同的成就。为了共享水电发展新技术、新经验,探讨水电开发的新理念,研究开发中的新问题,近年来中国水力发电工程学会和中国大坝协会携手主办了几届水电国际研讨会,会议的成功召开促进了中国在水力发电领域同世界各国的广泛交流与合作。本次双方再度联合在中国昆明召开“水电 2013 大会”,得到了中外水电机构和专家、学者的高度重视,大会论文投稿踊跃,共收到中外论文 160 余

篇,经有关专家评审,最终甄选了 128 篇论文正式出版成集。在此,我谨代表中国水力发电工程学会对作者们取得的研究成果表示祝贺!

希望通过本次“水电 2013 大会”的召开和本论文集的出版发行,能够为中外水电界的专家和同仁搭建起一个各国展示水电成就、分享技术和管理进步成果、促进各国水电开发的交流与合作、共谋水电可持续发展的广阔平台,携手为应对全球气候变化、推进清洁绿色能源发展、造福人类作出贡献。

中国水力发电工程学会理事长

国务院南水北调办公室原主任

大会主席

A stylized handwritten signature in black ink, consisting of three characters: '王', '康', and '光'.

2013 年 10 月于北京

目 录

序 一	汪恕诚
序 二	张基尧

综 述

我国坝工技术的发展与创新	马洪琪(3)
水电在适应与减缓气候变化影响中的作用	L. Berga(9)
堆石坝的变形特性—关于巴西几座堆石坝特性的讨论	Cássio B. Viotti(16)
高寒地区混凝土面板堆石坝的技术进展	周建平, 杨泽艳, 王富强 吴毅瑾(24)
积极慎重地推进新技术应用, 引领世界坝工技术	刘志明(32)
统筹规划, 加快推进, 以科学发展观指导澜沧江流域水电开发全面可持续发展	王永祥(38)
大渡河流域三座高坝建设的主要技术问题与管理对策	付兴友(44)
糯扎渡水电站枢纽工程 主要技术创新与实践	张宗亮, 刘兴宁, 冯业林, 李仕奇, 等(52)
高拱坝时空性态演化机理探讨	邹丽春, 陈胜宏, 王国进, 汤献良(60)
高拱坝施工技术新进展	和建生, 程志华, 杨 军(72)
环境友好的大坝建设与管理技术——梨园水电站建设中环境友好措施的实践	黄志斌(77)
提高水电站运行安全水平的技术措施	向泽江, 杨春明(81)
采用竖向排水作为地震区混凝土面板堆石坝的安全措施	Bayardo Materón(86)
委内瑞拉 Turimiquire 高 113 m 的混凝土面板堆石坝的水下修复经验	Scuero A. , Vaschetti G. (93)
基于水下机器人的水电站和水坝大坝监控和检测技术	Torsten Pfuetzenreuter, Thomas Rauschenbach, Marco Jacobi(102)

议题一 水电可持续发展与环境友好的大坝建设技术

胶凝砂砾石坝的设计准则研究	贾金生, 郑瑾莹, 杨会臣(111)
用水电站平台概念协同巴西水电开发与亚马孙地区可持续发展的分析	Araujo A. L. , Elias G. T. (119)
澜沧江流域水电开发环境保护实践	黄光明(125)
加强环保科技创新, 构建美丽三峡库区	梁福庆, 孙永平(130)
立足国情省情破解水电移民难题	杨贵平, 肖 蕾(135)
圣安东尼奥水电站围堰施工中的新方法	Wilson Soares Jr, Rogério Piovesan, Paulo de Ávila Pimenta, Fernando Dias Resende(142)

建设混合式抽水蓄能电站合理性论证及效益分析	张正平(150)
澜沧江流域水电开发对鱼类栖息地保护研究与实践——以基独河鱼类栖息地保护为例	赵承远,王烈恩,王海龙,李 威(156)
高地应力与岩体稳定研究	叶光明,程伟,冯汉斌,刘东勇(163)
水电站大坝选址、设计和运行中的可持续水库泥沙管理	Mathias Kondolf,高咏璇,George W. Annandale, Gregory L. Morris(172)
三峡工程不同汛限水位调度方式对坝区通航影响试验研究	黄建成,金中武,吴华莉(178)
21 世纪可持续发展混凝土坝	Mohammad Reza Jabarooti(185)
龙开口水电站施工期环保工作管理与实践	胡思波,王 毅,尹 翔(189)
多波束测深技术在漫湾电站水库安全管理中的运用	丁玉江,付兆明,李 云,熊成龙(194)
守口堡胶凝砂砾石坝防渗保护方案研究	郑瑾莹,贾金生,杨会臣,冯 炜(202)
清平大坝发电站厂房泄流试验研究	Joongu Kang, Changsung Kim, Hongkoo Yeo(208)
水电工程建设阶段信息化的现状与挑战	彭 华(217)
基于差分 GPS 技术的水电站库区淤积测量研究	徐建光,李幼木,瞿富强,郭张军(222)
旁多水利枢纽工程帷幕灌浆施工难点与处理措施	张俊涛,唐泉涌(229)
堆石混凝土技术在水利水电工程中的应用进展	安雪晖,黄绵松,于玉贞,金 峰,等(233)
水电站斜面升船机水下限载称重系统研究	曹希尧,胡水清(238)
堵河流域黄龙滩水库泥沙淤积分析	卢金波,姜有雪,鲍吉敏,陈海燕(244)
漫湾水库泥沙淤积及泥沙调度方式	赵盛杰,简树明,龚友龙,丁玉江(249)
连续滑落式胶凝砂砾石拌和设备性能的初步研究	翟 洁,贾金生,姜福田,马锋玲,等(255)

议题二 高坝的设计和施工

小湾水电站高拱坝工程技术创新及应用	马洪琪(263)
迈向 300 m 级的高混凝土面板堆石坝	Paulo T. Cruz(273)
300 m 级拱坝蓄水安全运行关键技术研究及工程应用	易 魁,肖海斌,迟福东,余记远(281)
拉耶斯卡坝岩土工程设计的一些重要方面:施工阶段及建成后初次蓄水一年期间 大坝性状描述	Humberto Marengo-Mogollón, Rigoberto Rivera-Constantino(288)
外掺 MgO 膨胀剂取代 RCC 重力坝冷却水管的可行性研究	张国新,冯树荣,周秋景(309)
功果桥水电站枢纽总体布置	王明疆,孙保平,刘 园,黄 坚,等(321)
围堰和堆石坝作为临时导流建筑物的风险和挑战	Manoel S. Freitas Jr, Guy H. R. M. Bourdeaux, 徐泽平(326)
小湾水电站工程关键施工技术创新	郑爱武(336)