

2009

ADVANCE IN HYDRAULICS
AND HYDROINFORMATICS
IN CHINA

水力学与水利信息学

主编 周孝德
李桂芬
王连祥
王东胜

进展



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

2009 | ADVANCE IN HYDRAULICS
AND HYDROINFORMATICS
IN CHINA

水力学与水利信息学

主编

周孝德
李桂芬
王连祥
王东胜

进展



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

图书在版编目 (CIP) 数据

水力学与水利信息学进展 2009/ 周孝德等主编. —西安:
西安交通大学出版社, 2009. 10
ISBN 978-7-5605-3262-2

I. 水… II. 周… III. ①水力学—文集②信息技术—应
用—水利工程—文集 IV. TV-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 174605 号

书 名 水力学与水利信息学进展 2009
主 编 周孝德 李桂芬 王连祥 王东胜
责任编辑 任振国 刘雅洁 田 华

出版发行 西安交通大学出版社
(西安市兴庆南路 10 号 邮政编码 710049)

网 址 <http://www.xjupress.com>
电 话 (029) 82668357 82667874 (发行中心)
(029) 82668315 82669096 (总编办)

传 真 (029) 82668280
印 刷 西安新视点印务有限责任公司

开 本 880 mm×1230 mm A4 印张 50 字数 1492 千字
版次印次 2009 年 10 月第 1 版 2009 年 10 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5605-3262-2/TV·1
定 价 168.00 元

读者购书、书店添货、如发现印装质量问题, 请与本社发行中心联系、调换。

订购热线: (029) 82665248 (029) 82665249

投稿热线: (029) 82664954

读者信箱: jdlgy@yahoo.cn

版权所有 侵权必究

第四届全国水力学与水利信息学学术大会

2009年10月 西安

会议组织

组织委员会

主任：周孝德

副主任：吴一红 潘军峰 许文海 谭策吾 周月鲁 马海晨 黄 强

委员：（按姓氏笔画）

巨 江 刘士和 朱方清 吴时强 张永良 张金良 张博庭 李克峰
杨 敏 沈永明 苏祥林 金 峰 唐洪武 高 菁 梁宗祥 黄真理
彭 静 程晓陶

技术委员会

主任：李桂芬

副主任：刘树坤 刘之平 崔广涛 罗兴镒

委员：（按姓氏笔画）

许唯临 李 云 李 嘉 李文学 李占斌 肖白云 邱秀云 陈 刚
陈长植 林可冀 练继建 郭 军 黄岁樑 黄社华 黄国兵 槐文信
廖文根

秘书处

秘书长：王连祥

副秘书长：程 文 王东胜

秘 书：陈秀兰 杨 帆 魏炳乾 刘玉玲 邵建斌 魏 芳 魏 红
张宗孝

前 言

在金秋的收获季节,我们在西安理工大学又迎来了两年一度的“第四届全国水力学与水利信息学大会”。全国水力学及水利信息学学术大会由中国水利学会水力学专业委员会、中国水力发电学会水工水力学专业委员会和国际水利工程与研究协会中国分会共同发起,至今已经成功举办了三届。该系列会议已经成为我国水力学界的一件盛事,对促进我国水力学和水信息学学科的发展与学术繁荣起到了积极的推动作用。

本次会议的中心议题为生态水利与环境的可持续发展,有五个分议题,即:环境与生态水力学;工程水力学;河口、岸边生态与环境;灾害水力学;信息技术在水利工程与研究中的应用。本次会议得到了全国高等院校、科研院所、科技企业广大师生及科技人员的热烈响应和广泛支持。各方代表投稿和报名参会踊跃。会议共收到投稿论文 212 篇,还有英语论文 14 篇(只作会上交流,不进文集),最后录用 181 篇科学技术论文。经专家评审和推荐,18 篇论文发表在《水利学报》2009 年第 11 期,20 篇推荐到《水力发电学报》在 2010 年发表,20 篇发表在《西安理工大学学报》第 3、4 期上;2 篇被《水动力学进展与研究》录用;有 121 篇论文发表在由西安交通大学出版社出版的《水力学与水利信息学进展 2009》一书中。本书首先收录了大会主题报告人论文 3 篇,然后按论文内容分为 3 部分,第一部分“环境与生态水力学”35 篇,第二部分“工程水力学”41 篇,第三部分“信息技术在水利工程与研究中的应用”42 篇。这些成果既有广大科技人员的学术总结和工作积累,也有众多专家学者的前沿课题和学术创新,比较全面地反映了两年来水利界在水力学与水利信息学方面新的研究进展与成果,从多方面、多角度体现了我国水力学学科的发展水平。

全国水力学与水利信息学学术大会为广大水利水电科技人员提供了一个学术交流的平台,更为青年科技工作者提供了一个学习和展示才能的好机会。我们诚挚地希望,与前三届会议一样,在第四届会议上,同行们共聚一堂,切磋交流,进一步推动水力学与水利信息学的研究和发展,使之更加生气勃勃、发达兴旺。

本次会议论文的组稿、审定、编辑和出版过程中,李桂芬、王连祥、程文、王东胜、魏芳、杨帆、陈秀兰等作了大量的工作;陈肇和、崔广涛、李桂芬、周孝德、刘树坤、高季章、赵文谦、黄强等 83 名专家在百忙之中对每篇论文进行了认真审阅,提出了有价值的意见,付出了辛勤劳动,在此一并表示衷心的感谢!

感谢西安理工大学对本次大会的大力支持;感谢中国水利学会和中国水力发电工程学会长期以来给予我们专业委员会的支持;感谢给予本次大会经济上大力支持的单位;特别要感谢参加本次大会的来自全国的代表和为本次会议作了大量工作的所有人员。

中国水利学会
水力学专业委员会

主任: 吴-仁

中国水力发电工程学会
水工水力学专业委员会

主任: 刘之平

国际水利工程与研究协会
中国分会

主任: 李桂芬

2009 年 10 月

目 录

大会主题报告

中国可再生能源开发现状与未来·····	高季章/1
新疆水资源战略问题研究·····	邓铭江/8
三峡水库蓄水期间近坝区域水流及水质特性分析·····	陈永灿/19

第一部分 环境与生态水力学

三峡库区水环境保护概况及对策·····	梁福庆/31
退化的城市河流生态恢复能力研究·····	王秀英/38
三峡水库调峰运行下的香溪河水水质数值模拟·····	徐国宾/44
糯扎渡水库流场及水电站下泄水温三维数值模拟·····	张少雄/50
天然湖泊冷却容量论证计算·····	王晓松/57
金沙江下游梯级水电开发对鱼类影响的分析·····	蒋艳/63
于桥水库三维水质模拟及预测·····	张晨/70
水资源调度对河流水环境的影响·····	邵军荣/79
河漫滩湿地中植被对污染扩散的影响研究·····	吴福生/84
北京奥林匹克森林公园水系水质维护设计与运行效果·····	刘学燕/90
淤泥固化对太湖水环境的改善作用·····	朱峰/99
模糊数学在串联湖泊水质评价中的应用·····	李进/104
西安雁鸣湖 2 号湖草灾控制措施的探讨·····	杨靖/110
某港口与河海之间的流场及其水质交换的数值模拟·····	孙建/115
黄河三角洲生态环境需水量探讨·····	郑世武/125
相对丰水区水资源承载力研究·····	李连侠/132
长江江豚栖息地特性分析·····	朱瑶/140
汾河流域水环境容量的计算·····	唐文秀/147
浅谈西南地区水库饮用水保护措施·····	邱玥/154
水库生态调度与环境影响研究的进展·····	张莉/160
水环境水污染中生物化学时均反应率的研究·····	倪浩清/165
水能资源不同开发方式对生态环境影响的探讨·····	冯玉平/176
菖蒲河治理效果的公众调查和分析评价·····	梁洪华/182
曝气生物滤池沿滤料方向有机物与氨氮降解规律的试验研究·····	胡保卫/190
环境负荷综合设计与评价方法在过滤带设计中的应用·····	吴佳鹏/194
变水力负荷条件下曝气生物滤池处理效能的实验研究·····	韩祯/200
鱼道水力学关键问题及设计要点·····	白音包力皋/206
竖缝-潜孔组合式鱼道进鱼口渠段三维紊流数值模拟研究·····	黄明海/212
城市雨水资源化利用模式研究·····	张磊/219

长江下游局部采砂对防洪安全影响论证研究·····	赵燕/225
少水小流域水资源管理中设定环境流量的可行性分析·····	郭辉/232
北京雁栖河暴雨洪水对生态清洁型小流域建设影响分析·····	李翀/237
城市河道生态环境需水量估算方法与实例应用·····	陈兴茹/245
蓄滞洪区管理中的生态服务价值评估·····	李传奇/253
天津泰达新区围海造陆工程的防洪影响评价·····	余萍/258

第二部分 工程水力学

高土石坝导流洞改造利用技术进展及新思考·····	郭军/267
泄洪洞模型进口立轴漩涡试验研究·····	王英奎/274
香港雨洪排海出水口消能工试验研究·····	郭永鑫/281
尚嘎尼水利工程泄洪消能试验研究·····	武彩萍/287
中低水头拱坝泄洪消能技术探讨·····	王立杰/293
柬埔寨某水电站溢流表孔消能试验研究·····	曾德坚/298
大变幅上下游水位差冲沙闸消能形式试验研究·····	杨云川/304
亭子口水利枢纽工程泄洪消能试验研究·····	石教豪/311
基于射流理论的跌坎型底流消能工水力特性分析·····	张强/319
基于冲击压强的挑流冲刷深度预测方法·····	杨敏/325
新型联合消能工在岗曲河二级水电站工程中的应用·····	徐根海/330
泄洪洞过流壁面升坎流场的 PIV 剖析·····	张旭/334
利用 PIV 测试跌坎流场的试验研究·····	朱芳/342
高速水流流经不平整圆柱形突体流动特性的试验研究·····	李晓鹏/350
三峡水利枢纽工程水力学安全监测·····	邓浩/359
水力浮动式升船机竖井与浮筒间隙及承船厢底部型式的优化·····	张蕊/365
筒装料管道水力输送影响因素分析·····	孙西欢/371
格栅式排沙廊道优化布置方案的试验研究·····	张耀哲/376
温泉水电站表孔溢洪道水工模型试验研究·····	张明义/381
溇沱河某段采沙坑冲淤变形的河工模型试验研究·····	李广晶/388
长江防洪模型荆江水流特性试验研究·····	唐峰/394
亭子口水利枢纽泄洪底孔突扩跌坎式掺气可行性分析·····	韩喜俊/402
锦屏一级水电站发电进水口快速事故闸门工作特性试验研究·····	张文远/409
消除掺气坎空腔回水的研究·····	叶茂/416
戛洒江一级水电站导流洞改建泄洪与放空冲沙洞研究·····	赵云秀/421
大比降陡坡的水深计算研究·····	韩群柱/427
亭子口水利枢纽通航建筑物水力学试验研究·····	石教豪/434
输水渠道中分水口和节制闸的水力敏感性分析·····	郭晓晨/441
长江镇江港大港港区四期码头工程防洪论证研究·····	沈之平/449
堤坝溃口周界近壁区紊动强度试验研究·····	侯斌/456
刚性阻流板和柔性导流板对海底管线防护的对比试验研究·····	韩艳/460
黄河下游建造活动式导流网设想的可行性研究·····	邓宇/467

火电厂取水流程布置形式探讨·····	王英伟/472
U 形渠道的水力最佳断面及正常水深的计算·····	邹珊/477
混凝土表面磨蚀破坏划分标准初议·····	戴晓兵/485
堰塞湖溃决影响快速评估及应急措施探讨·····	张宝森/488
非均质材料坝防渗体开裂位置对渗流特性的影响·····	刘达/492
冲积河流河型成因的逻辑推理·····	史传文/499
多沙水库跌水溯源冲刷模式初步研究·····	王艳平/506
长江河口演变及其岸线防护·····	董杰/512
波生沿岸流的垂向结构特征分析·····	王世澎/519
红旗泡水库不同重现期冰厚度的推算·····	贾青/525

第三部分 信息技术在水利工程与研究中的应用

复杂地形与风场条件下的随机溅水模型研究·····	柳海涛/533
同流中不同孔间距热水浮射流特性的数值模拟·····	吴海洲/540
有限雷诺数圆球绕流阻力特性和环状涡形态的数值研究·····	熊渊/546
强潮汐河口电厂温排水数值模拟研究·····	吴修锋/553
淹没式丁坝群河道泥沙平面二维数值模拟·····	周杰/560
城市给水管网动态建模及其算法研究·····	郭晓晨/565
海底管道附近流场的数值模拟·····	曹先凡/572
基于混合网格的复式河道平面二维水沙运动数值模拟·····	胡宁宁/579
生产堤对河道行洪能力影响的 MIKE21 模拟研究·····	许士国/585
溢洪道掺气坎二相流数值模拟·····	覃昕慧/590
植物坝前壅水区河床冲淤计算及数值模拟·····	刘锋/595
济南市河网水动力数值模拟研究·····	李传奇/604
ECOMSED 模型的改进和检验·····	马方凯/609
基于水深平均显式代数应力模型在丁坝绕流中的模拟·····	邢领航/614
魏家堡枢纽滚水坝下游消能设计数值模拟·····	王文娥/620
巨亭水电站溢流坝泄流三维数值模拟·····	史志鹏/625
渡槽槽墩群附近流场和压力的三维数值模拟·····	叶小梅/631
渠道倒虹吸水流三维数值模拟·····	任坤杰/637
济南市城区暴雨积水二维水动力模拟研究·····	李传奇/643
青银高速跨汶河大桥上游壅水影响及冲刷的数值计算·····	闫秀平/648
波状边界上湍流运动的深化研究·····	尹书冉/656
南海潮波数值模拟·····	诸裕良/663
基于 ArcGIS 的南水北调中线调水工程平台系统研究·····	王琦/670
开放式模型公共接口 OpenMI 及其应用·····	范子武/676
感潮河网调水过程数值模拟的可视化·····	顾正华/681
基于 Java 的 Web 统计图表引擎的设计与实现·····	缪纶/686
黄河冰情监测系统的设计·····	彭浩/691
溃坝洪水计算分析软件平台研发·····	李昌志/697

水资源管理软件系统的应用·····	孙加龙/704
调水工程管道系统泄漏检测技术研究·····	郭新蕾/710
新型物体表面覆冰厚度传感器及远程自动监测系统研究·····	刘瑞华/716
应用 3S 技术监测湖泊水质及富营养化程度·····	刘亮/722
黑河上游梯级水库联合调度系统研究与开发·····	张永永/727
三峡-葛洲坝梯级水电站短期优化调度研究·····	马超/734
山西省水利信息化研究综述·····	蔺颖/741
基于动态规划和遗传算法灌区水资源优化配置·····	王勇/746
运城地区棉花需水规律研究·····	金建华/752
多孔介质模型求解渗流自由面的应用·····	钟小彦/758
山西运城地区冬小麦需水量和灌溉制度试验研究·····	韩娜娜/764
基于 LSSVM 泾惠渠灌区来水预测·····	王海军/769
高拱坝地震响应的行波效应分析·····	李毅佳/772
海上风电发展状况综述·····	张丛林/778
附录 1 发表在《水利学报》2009 年第 11 期的论文·····	787
附录 2 发表在《水动力学进展与研究》上的论文·····	787
附录 3 发表在《西安理工大学学报》2009 年第 3、4 期上的论文·····	788
附录 4 推荐到《水力发电学报》2010 年第 1、2 期上的论文·····	789

中国可再生能源开发现状与未来

高季章

(中国水利水电科学研究院 北京复兴路甲1号 100038 gaojz@iwhr.com)

摘要 中国的可再生能源开发一直以水电为主。这是由于中国水能资源丰富(技术可开发装机容量达5.4亿kW);中国大规模开发水能资源起步较早;中国经过几十年的发展,已掌握了各种复杂条件下建设水电站的技术和机电设备的制造技术;中国经过改革开放和实行市场经济,年经济增长长期保持在8~9%,电力市场需求旺盛,建设资金比较宽裕,到2008年底,水电装机已达1.7亿kW,按照规划,2020年将达到3亿kW。但是,随资源开发度的提高开发难度也在提高,特别是移民难度和费用大幅提高,环境与生态保护标准的提高与费用的增加,水电的开发速度将逐渐放慢,估计到2050年才可能达到4亿kW。中国的风电开发起步并不晚,但在2000年以前一直发展缓慢,主要是缺乏鼓励政策和中国没有掌握大型风机制造的核心技术。近十年来,这两方面的情况有很大改善,风电开始快速发展。到2008年底,风电装机已达1000万kW,按照规划,2020年将达到1亿kW。从年投产规模看,将达到与水电接近的水平。除陆上风电大规模建设外,近海风电也开始试验性开发。中国的可再生能源开发从以水为主走向风、水并举。风电的发展到2050年也能达到4亿kW(电量相当于2亿kW水电)。中国也在积极发展太阳能等其他可再生能源,目前在规模上还比较小,但太阳能具有极大的发展潜力。中国可再生能源的发展,将为电力结构的调整和CO₂减排做出重大的贡献。

关键词 可再生能源;水能资源;风电;太阳能;生物质能;海洋能

1 中国可再生能源的开发现状——以水电为主

1.1 中国有多少水能资源

水能资源是我国最丰富的能源资源。季风区充沛的雨量($Q\text{ m}^3/\text{s}$)和高山峻岭间的大落差($H\text{ m}$)形成巨大的水能($P\text{ kW}=9.81QH$)。

21世纪初复查的数字是:中国大陆部分水电的理论蕴藏容量为6.94亿kW,年电量为6.08万亿kWh,其中技术可开发容量为5.4亿kW,年发电量为2.47万亿kWh,列世界之冠。

1.2 中国水能资源在中国能源中的地位

水电资源总量在中国能源组成中仅次于煤处第二位。

水能资源是我国最丰富的能源资源。总量世界第一,人均也能接近世界平均水平。

水电能源是中国现有能源中唯一可以大规模开发的可再生能源。水电能源考虑的时间段越长,其总量越大。按常规能源再使用100年考虑,中国经济可开发水电能源折合标准煤507亿tce。而中国煤炭剩余可采储量为950亿t,折合标准煤678亿tce。中国的能源资源中,水电能源和煤炭能源处在大体相同的水平。

1.3 中国能开发多少水电资源

2004年9月,随着黄河公伯峡水电站首台30万kW机组的投产,中国水电总容量突破了一亿kW,稳居世界第一。世界上最大的三峡水电站不久将竣工。金沙江、大渡河、雅砻江、乌江、红水河、澜沧江、黄河等十二个大水电基地正在全面开发建设。在东部和沿海水能资源较少的地区,仍有一些中小型水电站在建设,一批抽水蓄能电站也在建设中。预期到2010

年和2020年全国水电容量将达到2.0亿和3.0亿kW。

到2020年,除雅鲁藏布江、怒江、金沙江上游、澜沧江上游外,其他水电基地的水电资源将基本开发完毕。

一般认为,到2050年我国可开发的水电资源将基本开发完毕。综合考虑改变能源结构、减轻温室气体排放的需求和考虑移民、淹没耕地、保护生态环境的限制,可以开发4亿kW。

另外,预计我国2050年装机15~16亿kW,常规水电占20~25%,这样的电网需要6~8%的抽水蓄能电站,大约为1亿kW。

1.4 发展历程:1949到2009——可再生能源开发以水电为主

中国的电力工业从1949年新中国成立开始,特别是1978年实施改革开放政策后,得到快速发展。由于中国煤炭资源丰富和政策方面的原因(如早期很少考虑环保),一直是火电为主。水电由于具有防洪、灌溉、供水、发电等综合效益,也得到较快的发展,一直是中国可再生能源的主力。水电在中国可再生能源中起到主力作用,除资源丰富和政府的政策支持外,还有如下一些重要原因。

1.4.1 中国已掌握在各种复杂条件下建设巨型与大型水利水电工程的技术,涌现一大批世界之最

世界最大的水电工程——三峡工程,装机26+6台,容量1820+420万kW;该工程还有世界上规模最大的五级船闸;该工程创造混凝土年浇筑量的世界最高纪录;世界最高的混凝土拱坝——锦屏一级双曲拱坝,最大坝高305米;世界最高的碾压混凝土坝——龙滩碾压混凝土坝,最大坝高216.5米;世界最高的混凝土面板堆石坝——水布垭混凝土面板堆石坝,最大坝高233米;在工程建设中,大批自主研发的具有世界先进水平的技术得到广泛应用。

1.4.2 特大型水电机组设备国产化进程加快,接近世界先进水平

三峡和龙滩700MW国产机组先后投产,标志特大型机电设备国产化进程加快,接近世界先进水平。

1.4.3 开发理念实现重大转变,移民和生态环境保护越来越受到重视

中央政府提出在保护生态的基础上发展水电,中国长江三峡工程开发总公司在“建设三峡,开发长江”的过程中,逐步形成了“建好一座电站,带动一方经济,改善一片环境,造福一批移民”的水电开发理念。

1.5 2020年以前,水电还将较快发展

1.5.1 国际石油、煤炭价格剧烈波动,从发展趋势看仍将震荡向上,水电的竞争力提高

1.5.2 温室气体减排的压力

水力发电主要的环境效益是减少污染物的排放,改善空气质量。由于人类活动特别是CO₂排放引起的全球变化将会加速中国的生态与环境的恶化。近百年中国的气候也在变暖,平均地面温度上升了0.6~0.7℃,海平面平均上升了10~20cm,极端的天气气候事件如旱涝灾害发生的频率和强度近20年来呈上升趋势,由此造成的气象灾害损失目前达到了GDP的3%。4亿kW水电装机,按平均年利用4000小时计,年发电量为16000亿kWh。按照先进的耗煤水平(330g/kWh)计,每年减少燃烧原煤5.3亿吨。减排10.7亿吨CO₂,以及大量的悬浮颗粒物,废水和固体废物。

1.5.3 水电工程的综合效益促进其发展

水电工程一般都具有发电、防洪、供水等综合效益。水电工程在防洪、灌溉、供水方面的作用,本质上就是减轻和防止生态环境灾难的发生。三峡工程运行以来,除了发电、防洪效益外,在增加枯期流量,保障航运和生态需求方面也显现了重要的作用。

1.5.4 水能资源的可再生性决定了水电是不会枯竭的资源型产业

水电也是资源型产业，最终的开发量是有限的。但水能资源的可再生性决定了水电是不会枯竭的资源型产业。这是与火电不同的。火电依赖的煤、油、天然气均是不可再生的，一旦燃料枯竭，火电便无法生产。而水电会以开发的最大容量继续运转，机电设备和土建工程的老化是可以更新的。

1.6 水电发展面临的挑战，发展速度将逐步放慢

水电发展面临的挑战来自水电本身的负面影响和人们的工作两个方面。

1.6.1 移民

在过去几十年水电建设过程中，由于补偿标准较低，或者补偿资金使用管理上的问题，有部分移民没有达到“移得出，稳得住，能致富”的目标。近十几年来，人均移民经费有了大幅度的提高，如三峡工程移民经费已占工程投资的约50%，人均约8万元，情况已有很大好转。云南省政府2007年针对金沙江中游电站移民提出的“16118政策”——“立足长效补偿机制（逐年定量递增，补偿期与电站运行期相同）；实行6种安置并举（城市（县城）安置；城乡结合安置；农业生产安置；分散安置；货币安置；就业安置）；建立产业发展资金；享受统一后期扶持（600元/人年）”；实行2年效果良好，移民年人均得到的综合补助达到4800~6000元，为历史最高水平；移民问题的产生根源在于水电开发效益分配不合理和长期的同质不同价的水电低上网电价问题（从计划经济时代的每度几分钱到现在三峡的每度2角5分钱）。一方面为中国的工业化提供了廉价的电力，另一方面积累了移民发展滞后的问题。如果我们用党中央提出的科学发展观来分析，这一政策的不合理性是非常明显的：

- 同质不同价违背市场经济公平竞争的原则；
- 清洁的水电电价大大低于污染较重的火电，是鼓励污染的政策；不仅得不到风电的优惠电价政策，还不如污染较重的火电；3、压低水电电价，使利益由发电侧转移至输配电；
- 压低水电电价，使利益由西部发电侧转移至东部用电侧，“穷人”补助了“富人”；不利于区域协调发展；

计划经济时代不计，从1980年至2008年，水电累计发电量58000亿kWh，按每kWh少计电费0.1元计，共计从水电平调资金5800亿元。“同质同价”应该写入国家法律并尽快实施，由此增加的收入应该主要用于移民和生态环境保护。按2008年的水平，每年有560亿资金，完全可以为搞好移民和生态环境保护提供资金支撑。

1.6.2 大坝的淹没、阻隔、径流调节对生物资源、生物多样性、景观多样性等方面的影响

特别是大坝的堵隔作用对珍稀洄游性鱼类产生的影响，需要采用人工繁殖、设过鱼通道（鱼道、鱼梯、能过鱼的水轮机）等措施。对于国际河流，还要考虑国际合作问题，如果下游国家建坝未解决珍稀洄游性鱼类的通道问题，即使我们放弃建坝也不能解决问题。

在生态保护中，珍稀鱼类的保护占有重要位置。如果干流开发，而部分支流不开发，就会有较大的保护空间。现在的问题是支流开发往往先于干流，在水电领域，从保护生态环境出发，也有“上大压小”的问题。

1.6.3 区域发展规划、流域综合规划与水电开发规划的协调

水电开发规划应该在区域发展规划、流域综合规划的指导下制订。但实际上区域发展规划、流域综合规划落后于水电的开发。在今后的水电开发中，争论比较大的是怒江中、下游的开发，三江（金沙江、澜沧江、怒江）上游的水电开发，雅鲁藏布江的水电开发。

关于怒江中、下游的开发，已争论多年。目前主要有三种意见，一是完全不开发，保留“原生态”的怒江；二是全面开发，十一个梯级；三是适度开发，开发效益好、移民与淹没耕地较少、生态环境影响较小的四个梯级。实际上怒江流域的生态破坏已很严重，当地发展的压力很大，下游的萨尔温江已开始开发。保留“原生态”的怒江既无可能也无必要。由于涉及

自然保护区,全面开发也无可能。适度开发是比较好的选择。

关于三江(金沙江、澜沧江、怒江)上游的水电开发,由于涉及三江并流自然遗产保护区,开发的难度很大。需要在规划阶段就把开发与保护的关系研究清楚。

雅鲁藏布江干流的水力资源以墨脱大拐弯处最为优越,装机可达4000万kW以上。虽然这是远期的任务,但开发方式与生态环境影响等都是需要超前研究的重大课题。

2 中国可再生能源开发的未来——风、水并举

2.1 风电:起步不晚,相当长时间发展缓慢

中国风电发展起步并不晚,世界上从20世纪70年代石油危机开始发展风电,中国80年代中期开始发展,但一直发展缓慢,2004年总装机仅76万kW,与1950年中国的水电装机相当。发展缓慢的主要原因国家缺乏政策支持,不掌握风机制造的核心技术,风电设备产业链没有形成,风电成本高及业界普遍认为风电不稳定,是“垃圾电”。

2003年底,国家主管部门出台了关于风电特许权项目前期工作管理办法;2005年2月第十届全国人大常委会第十四次会议通过了《中华人民共和国可再生能源法》,并于2006年1月1日正式生效。由于环境保护及可持续发展的要求,风机制造核心技术逐步掌握和国产化水平的提高,国家扶持政策及激励措施的实施,中国风电开始加速发展。风电装机一再突破原有规划,2008年已达1200万kW,主管部门已把2020年风电发展的目标提高到1亿kW。风电将超过核电,继煤电、水电之后成为中国第三大主力发电电源。

2.2 风能资源

中国幅员辽阔,海岸线长,风能资源比较丰富。据中国气象科学研究院估算,全国平均风功率密度为 100 W/m^2 ,风能资源总储量约32.26亿kW,可开发和利用的陆地上风能储量有2.5亿kW(依据陆地上离地10m高度资料计算),海上可开发和利用的风能储量有7.5亿kW。

中国风能资源主要分布在东南沿海及其岛屿风能丰富带、北部(东北、华北、西北)地区风能较丰富带、内陆局部风能丰富区(如鄱阳湖、湖南衡山、湖北九宫山、河南嵩山、山西五台山、安徽黄山、云南太华山等)和海上风能丰富区。

2.3 发展现状与展望

2.3.1 政策

可再生能源法2006年1月生效,要求并鼓励发电企业都要开发一定的可再生能源。电价政策是在当地平均电价的基础上加0.25元/kWh,各地还可适当增加。经过国家批准的风电,电网必须收购。目前,陆上风电与水电的单位kW投资相当,水电的年利用小时是风电的2倍,风电的上网电价是水电的2倍。因此,条件较好的风电场与水电一样可以做到微利。

2.3.2 风机制造

中国政府近年来加大了对风机制造技术的支持力度,鼓励企业自主创新和引进、消化、吸收、再创新。要求风电场的设备国产化率达到70%。一批国有、民营、合资企业加大了研发力度,多种1 MW—3 MW的风机投产。

2.3.3 科技支撑

“十一五”国家科技支撑计划安排了重大项目“大功率风电机组研制与示范”,包括16个课题。该项目包括大型风电机组4个课题,叶片、齿轮箱、发电机、控制系统及变流器等6个课题,近海风电4个课题,认证规范与相关标准等两个课题。国家投入经费1.8亿,承担单位配套不少于6亿,投入强度为历史最高水平。中标单位全部为企业,体现了科技创新以企业

为主体，产学研结合的格局。这些项目完成时，我国的风电技术可望缩小与世界先进水平的差距。

2.4 重大技术研究

2.4.1 海上风电

中国的风资源主要分布在北部、东部沿海和近海三个区域，北部新疆等地资源丰富但用电负荷较小，远距离输电成本高；东部沿海地区土地资源短缺，还有一些鸟类保护区；而海上风况优于陆地，开发利用海上风能受噪声、景观影响、鸟类影响、电磁波干扰等问题的限制较少，海上风电场不占陆上土地，海上风能的开发利用不会造成大气污染和产生任何有害物质。但是，海上发电成本很高，海上作业难度大，海洋潮湿的环境和周围的盐雾容易引起结构和部件的腐蚀问题。为了将来能够大规模开发近海风电，中国正进行海上风电建设技术的研究和海上专用风机的研制。作为试点的上海东大桥海上风电场进展顺利，采用非专门设备和自有技术，已成功地在海上安装了3MW的风机3台，2010年将完成全部100MW海上风电场的建设。

2.4.2 大规模并网对电网的影响及对策

许多电力专家认为，电网中容纳5%的风电没有问题，更多的比例则可能影响电网的稳定安全运行。也有专家认为可容纳10%。但欧洲丹麦、德国的实际经验又表明电网中风电的比例可以更高。

中国已规划建设几个1000万kW的巨型风电场，大规模并网对电网的影响及对策是重大的研究课题。将针对大规模风电并网可能对电网运行带来的诸如电压闪变、谐波污染、系统不稳定、频率偏差等一系列问题进行研究，提出解决的技术措施。

建立“强大智能电网”是国家电网公司提出的解决对策。

2.4.3 非并网风电的大规模应用

避免风电对电网影响的另一思路是走风电大规模非并网应用的路。在中国，小风机的风电非并网应用已有30多年的历史，特别是在内蒙古牧区得到了广泛应用。风光互补系统加蓄电池调节，成为牧民解决照明、看电视、听广播、提水（人畜饮水与草地灌溉）的重要能源。但大规模的风电非并网应用尚无先例。

大规模的风电非并网应用需要考虑需求量很大且可以持续发展的产业，海水淡化是一个方向，因为水资源短缺是一个长期趋势，随城市化的发展，人口的增加，需求也会持续增加。目前海水淡化的成本还较高，而供水带有公益性，很多基础设施的建设由国家或地方政府投资，没有纳入供水成本。因此，完全商业性的海水淡化还缺乏竞争力。但如果采取鼓励的政策，加上技术的进步，从中长期看，大规模的风电非并网应用于海水淡化是有前途的。

3 其他可再生能源

3.1 太阳能：潜力最大

3.1.1 资源

太阳能是资源量最大、分布最普遍的可再生能源，也是一种取之不尽、用之不竭、对环境无任何污染的一次能源。中国太阳能资源总量9600000 GW，如果开发1%，就超过水电10倍。

3.2.2 太阳能利用

太阳能利用主要包括太阳能热利用和太阳能光利用。太阳能热利用应用很广，如太阳能热水、供暖和制冷；太阳能农作物干燥和海水淡化；太阳能热动力发电等。太阳能光利用主

要是太阳能光伏发电和太阳能制氢。

中国太阳能热水器应用世界第一, 1平方米太阳能每年等于150 kg煤, 中国有6500万平方米以上的太阳能热水器。技术非常成熟。太阳能光伏发电, 技术成熟、但成本高, 5元/kWh。住宅用并网光伏系统已在北京、深圳、上海等地建成多处示范工程。2006年敦煌市筹建100兆瓦太阳能并网光伏发电项目。

从长远看, 太阳能光伏发电的潜力非常巨大, 过去因成本过高难以大规模应用。随技术进步和成本的大幅下降, 国家支持力度的增加, 应用规模将扩大。

3.2 生物质能

生物质指农业、林业生产中产生的农林剩余物和能源作物。能源作物包括野生的和人工种植的。

生物质能在中国的利用主要有四种方式:

- 直接燃烧技术, 如非常原始而范围极广的炉灶, 中国农村仍广泛采用; 现代技术是用于发电, 需要解决收集、致密成型等问题, 中国应用规模很小;

- 物化转换技术(热化学途径), 形成气态、液态中间产物, 如燃气、生物油, 以热与电的方式应用, 中国应用规模很小;

- 生化转化技术(糖途径), 形成糖和木质素中间产品, 再转化为沼气、燃料酒精、生物柴油等, 副产品为肥料, 以热与电的方式应用; 沼气在中国南方农村已广泛使用; 使用粮食制酒精因为影响粮食安全, 难以在中国大规模应用。

- 植物油技术, 从植物中提取生物柴油; 从需要农田的油料作物中提取生物柴油也难以在中国大规模应用。而可在山坡种植的油料树, 如麻疯树等有一定的前景, 在原油价格超过80美元时有市场竞争力, 中国正在扩大种植规模。

严格地讲, 生物质能虽然是可再生能源, 但他的清洁性比不上水能、风能、太阳能和海洋能, 它直接燃烧或用于发电都要产生CO₂, 也有温室效应问题。

3.3 海洋能

海洋能主要包括潮汐能、波能、海流能、温差与盐差能, 目前在中国潮汐能与波能获得小规模的试验与应用。

3.3.1 潮汐能

中国在20世纪80年代进行过潮汐能资源普查, 技术可开发装机容量2157.5万kW, 多年平均发电量618.7亿kWh。

中国江夏潮汐实验电站位于我国浙江省乐清湾北端的江夏港。该电站的特点是采用双向发电的灯泡贯流式水轮发电机组。该站址最大潮差8.39 m, 平均潮5.1 m, 第一台为500 kW在1980年5月投入运行, 第二台为600 kW, 其余3台为700 kW, 最后一台于1986年投入运行。目前总装机为3200 kW, 为世界第3大潮汐电站。

近20年来中国几乎没有建新的潮汐电站, 分析原因主要是考虑电站的经济性和潮汐大坝对环境的影响, 包括有泥沙淤积问题以及对沿海动植物、鱼类和鸟类栖息地等特殊生态环境的影响问题。在沿海筑坝建大型潮汐电站所导致的环境与生态问题可能比在河川筑坝还要严重。

3.3.2 波浪能

波能资源总量很大, 但沿岸的波能资源并不多, 中国的调查与计算表明, 中国沿岸波浪资源理论平均功率为1285万kW。

中国从1986年开始在珠江口大万山岛研建振荡水柱岸式3kW波浪电站, 随后几年又在该电站上改造成20kW的电站。1996年2月试发电, 初步试验的结果表明是成功的。广东省汕尾

市遮浪镇100 kW岸式波力电站是一座与当地电网并网运行的岸式波浪发电站，2001年2月进入试发电，最大发电功率100kW。

中国国家海洋局海洋技术研究所在山东大管岛研建的30 kW摆式电站，与振荡水柱不同的是，利用波浪推动一个摆板，通过油压传动系统带动发电机发电。后者还与5kW的风力发电机进行波风互补，为岛上渔民提供电力。

广州能源研究所海洋能源实验室研制出了独立稳定波浪能发电系统，波浪能发电系统由三部分构成：波浪能独立发电系统、波浪能制淡系统以及漂浮式波浪能充电系统。其中发电系统的功能是将波浪能转换成稳定的电力；制淡系统的功能则是将波浪能直接用于海水淡化；而充电系统，则是将充裕的波浪能转换成电能，直接充入蓄电池，备不时之需，或为海上航标灯等设施供电。据测算，一台总装机容量50 kW、允许最大波浪能峰值功率为400 kW的波浪能独立发电系统，一年可发电26300 kWh。

由于成本较高，目前仅在无电海岛小规模试验及应用。

4 小 结

为了应对气候变化，实现减排温室气体的目标，我国电力的结果必须加快调整，应该限制火电发展，加快可再生能源的发展。从资源、技术、经济等方面出发，2050年使火电的比重降到50%以下是有可能的。

按低限估计，2050年电力总装机16亿kW，可能达到较优的结构是：火电8亿kW，水电4亿kW，风电4亿kW（电量相当于2亿kW的水电），核电1.5亿kW（电量超过2亿kW的水电），太阳能和其它可再生能源发电0.5亿kW。火电第一，水电第二，风电核电争第三，其它新能源补充的格局在2050年前将难以改变。

新疆水资源战略问题研究

邓铭江

(新疆水利厅 乌鲁木齐 830000)

摘 要 新疆地处欧亚大陆腹地, 远离水汽源, 气候干燥, 属典型的干旱、半干旱地区, 存在严重的资源性缺水问题。新疆河川径流总量 879 亿 m^3 , 其中约 1/2 用于人工绿洲内的国民经济发展, 1/4 直接消耗于天然绿洲, 1/4 流出境外, 未来社会经济发展与生态环境保护面临严峻的水资源瓶颈制约。本文系统分析了新疆水资源的形成及其转化机理以及主要生态环境特征, 综合评价了水资源开发利用现状及存在的主要问题, 并就新疆可持续发展中的有关水资源战略问题进行了研究探讨, 提出了具体解决办法和应对措施, 对于实现新疆水资源可持续利用, 优化配置, 合理保护, 促进经济社会又好又快发展, 具有重要的指导意义。

关键词 新疆; 水资源; 战略研究

1 水资源转化及生态环境特征

1.1 水资源形成及其转化规律

(1) 地形地貌。新疆地貌轮廓鲜明, 高耸宽大的山脉与广阔平坦的盆地相间排列, 形成“三山夹两盆”态势。由南至北排布着昆仑山、塔里木盆地、天山、准噶尔盆地、阿尔泰山。天山横亘中部, 将新疆分为南北两部分。南疆塔里木盆地面积为 53 万 km^2 , 北疆准噶尔盆地为 38 万 km^2 。在远离海洋和高山环抱的综合地理因素影响下, 形成典型干旱气候。

(2) 水汽来源。大气水分主要分三条路径输入新疆上空: 一条是西方路径, 依靠西风环流带来的大西洋气流是新疆水汽的主要来源。其次是西北路径, 来自北冰洋的干冷气流, 经乌拉尔山南部进入新疆。另一条是西南路径, 来自南印度洋水汽含量丰富, 虽然受到高大山系阻隔, 但仍有部分湿润气流进入塔里木盆地。据气象部门的测算, 新疆上空的水汽输入量为 11540 亿 m^3 , 加上本区蒸发量 2403 亿 m^3 , 减去本区降水量 2544 亿 m^3 , 水汽输出量为 11399 亿 m^3 。

(3) 山区水资源形成过程。山区年降水量为 2062 亿 m^3 , 占总降水的 81.1%, 山区降水到达地表时, 首先植物截留少量降水, 通过蒸发返回空中, 大部份降水到达地面后其中部分补给河网、湖泊、冰川等各种水体, 部分从地表渗入土壤中, 当降水强度超过下渗强度时, 可形成坡面流汇入河道。渗入土壤中水量, 一部分由土壤直接蒸发和通过植物散发返回空中, 一部分以壤中流形式补给河道, 其余部分下渗补给地下水。坡面流和壤中流以及冰川等水体补给河道的水量合成河道地表径流。山区的地下水又以基流的形式补给河流, 成为河流径流组成部分, 即由地下水转化成地表水。因此, 山区地表水资源量 (765.7) 加上国外产流流入本区水量 (90.3), 则山区河川径流总量为 856.0 亿 m^3 。山区地下水中还有一部分水, 以山前侧渗和河床潜流 (31.88) 形式直接补给平原区地下水。2062 亿 m^3 山区降水量, 经过山区调蓄与转化, 产生了 798.8 亿 m^3 的水资源, 其余水量以各种蒸散发 (1263) 形式返回空中, 这就是山区水资源形成过程。参见图 1。

(4) 河流湖泊及水资源运移转化。由于有高大山体拦截高空的水汽, 山区降水较多,