

# 能源和环境安全挑战下的我国水能开发战略探讨

王浩<sup>1</sup>, 张双虎<sup>1</sup>, 尹明万<sup>1</sup>, 鄂楠<sup>2</sup>

(1. 中国水利水电科学研究院, 北京 100044; 2. 天津大学电气与自动化工程学院, 天津 300072)

**摘要:** 阐述了我国经济发展对清洁能源需求的迫切性, 指出水能资源的开发利用是我国能源开发的重要组成部分, 事关能源安全和经济安全。从经济效益、社会效益、生态环境影响、移民问题等方面, 分析了水能资源开发带来的利和弊。在此基础上, 结合我国经济社会高速发展、能源需求持续增长、生态环境问题严重等现实情况, 提出了我国水能资源开发战略, 并对目前我国水能资源开发中存在的问题提出了建设性的建议。

**关键词:** 能源安全; 环境安全; 水能资源; 开发战略

中图分类号: TV213.9 文献标志码: A 文章编号: 0493-2137(2008)09-1062-06

## Discussion of China Water Power Exploitation Strategy Under the Challenge of Energy and Environment Safety

WANG Hao<sup>1</sup>, ZHANG Shuang-hu<sup>1</sup>, YIN Ming-wan<sup>1</sup>, E Nan<sup>2</sup>

(1. China Institute of Water Resource and Hydropower Research, Beijing 100044, China;  
2. School of Electrical Engineering and Automation, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

**Abstract:** The urgent demand of China economic development for clean energy was expatiated in this paper. It is stated that water power is an important constitute part of China energy exploitation and utilization, which relates to energy and environment safety. The advantages and disadvantages of water power exploitation were analyzed from the viewpoint of economic and social benefits, environmental impact and migration. China water power exploitation strategy was put forward in terms of economy and society high development, gradual increase of demands for energy and severe ecological problems. Suggestions on the problem of China water power exploitation were brought forward.

**Keywords:** energy safety; environment safety; water power; exploitation strategy

在经济全球化不断发展的今天, 能源资源的全球化配置是大势所趋。但是, 不合理的国际政治经济秩序及能源市场规则, 给发展中国家利用国际资源设置了重重障碍。由于受国内资源制约等因素, 中国保障能源供应, 特别是油气资源的供应必需依赖国内、国际两个市场。国际能源市场的动荡, 对中国的能源安全的影响越来越大。

能源资源的开发利用促进了世界经济的发展, 同时也带来了严重的生态环境问题。一次性能源的消耗, 排放大量温室气体, 导致全球气候变暖。全球气候变暖的结果是, 对自然生态环境系统和社会经济系统造成一定的负面影响, 如极端水事件发生的频次加

快、大气中的酸雨增强、海平面上升、粮食减产等。

一方面是社会经济的快速发展, 需要消耗大量能源资源; 另一方面是大量一次性能源的消耗对生态环境安全和能源安全造成负面影响。在双重压力之下, 要促进经济发展, 必须开发清洁的能源资源。

### 1 社会经济发展迫切需要加快清洁可再生能源的开发利用

#### 1.1 社会经济高速发展导致能源需求增长迅速

现代经济社会的发展建立在高水平的物质文明和精神文明的基础上。要实现高水平的物质文明, 就

收稿日期: 2008-04-06; 修回日期: 2008-06-02.

基金项目: 国家自然科学基金创新研究群体基金资助项目(50721006); “十一五”国家科技支撑计划资助项目(2006BAB04A07).

作者简介: 王浩(1953—), 男, 教授级高级工程师, 中国工程院院士.

通讯作者: 王浩, Wanghao@iwhr.com.

要有社会生产力的极大发展,有现代化的农业、工业和交通物流系统,以及现代化的生活设施和服务体系,这些都需要能源.

改革开放以来,我国国民生产总值以年均大于10%的速度增长.社会经济的高速发展导致我国能源,特别是一性能源的消耗量大增.2006年,我国能源消耗总量为 $24.63 \times 10^8$  t标准煤,是1978年消耗量的4.3倍,其中一性能源占到消耗总量的93%左右<sup>[1]</sup>.图1为改革开放以来,我国能源消耗总量和国民生产总值增长图.

我国是一个人口众多的发展中国家,2007年人

均GDP约为2456美元,与发达国家相比差距还较大,特别是农民的收入和生活水平还比较低,要达到较高水平的现代化社会还要有相当长的路要走.随着经济和社会持续发展和人民生活水平的不断提高,能源需求还会持续增长.据相关研究<sup>[2]</sup>,未来10~15年我国能源需求仍将保持较高增速,预计2020年我国一性能源需求总量将达到 $33.57 \times 10^8$  t标准煤,其中煤炭、石油、天然气和电力的消费总量将分别达到 $18.13 \times 10^8$ 、 $9.06 \times 10^8$ 、 $3.29 \times 10^8$ 和 $3.09 \times 10^8$  t标准煤,由此所带来的资源、环境和运输压力十分巨大.

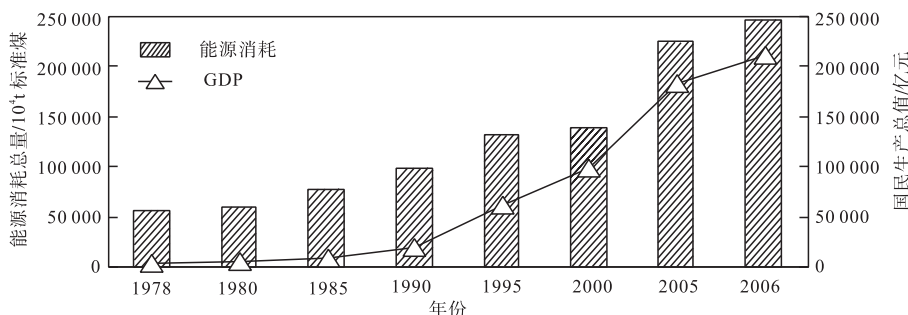


图1 改革开放以来我国能源消耗总量和GDP增长情况

Fig.1 China energy consumption and GDP increase since the adoption of the policy of reform and opening up

### 1.2 我国能源特点和发展现状对社会经济发展及其能源战略都具有挑战性

近几十年来,虽然我国能源发展取得了很大成就,但仍存在许多亟待解决的问题.特别是能源资源相对不足、人均占有量少、区域分布不均衡的特点对社会经济的发展带来前所未有的挑战.我国有多种能源资源,其中水能和煤炭较为丰富,蕴藏量分别居世界第1和第3位;而优质的化石能源相对不足,石油和天然气资源的探明剩余可开采量仅列世界第13和第17位<sup>[3]</sup>,但由于人口众多,各种能源资源的人均占有量均低于世界平均水平(见图2);另外,我国能源资源还有地区分布不均衡的特点,能源资源总体的地区分布特点是北多南少、西富东贫,能源品种的地区分布是北煤、南水和西油气,而我国经济相对发达、能源需求量大的地区是东部和东南沿海地区.能源资源分布和经济布局不协调,使得长距离输送能源的格局不可避免.

我国能源资源的特点和现实情况,对社会经济发展及其能源战略都具有挑战性.

(1)进入21世纪以来,工业化和城市化步伐加快,一些高耗能行业企业发展过快,能源需求出现了前所未有的高增长态势,能源对经济社会发展制约又

开始加大.

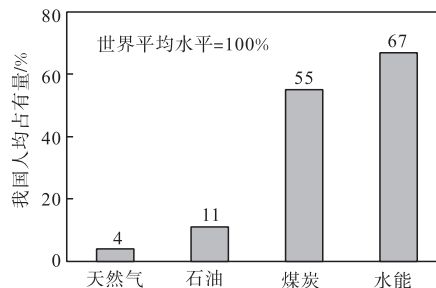


图2 我国主要能源资源人均占有量与世界平均水平的比较

Fig.2 Comparison of possession of chief energy resources per capita between China and the world average level

(2)国内、国际能源价格的不断攀升对我国的能源安全、经济安全乃至国家安全的影响越来越大.

(3)一性能源的消耗对生态环境的影响日益突出.一性能源的开发利用促进了我国经济的发展,同时也带来了严重的生态环境问题.如能源开采过程中的植被破坏和水资源的浪费;能源的消耗导致温室气体排放增多,进而导致极端气候、洪涝灾害等事件频发.

(4)石油价格的飙升,使得生物质能源在经济上

变得可行,生物质能源的开发,使“能源安全”与“粮食安全”两个原本独立的问题联系起来,从而使问题变得更加复杂,影响范围扩大。

世界上发达国家能源发展的经验、我国能源发展现状和存在的问题、一次性能源消耗带来的生态环境负面影响等事实表明,我国社会经济发展迫切需要加快清洁可再生能源的开发利用。

水能不仅是可再生能源,而且还是清洁的可再生能源;同时,水能还是目前我国唯一能够大规模商业化开发利用的清洁可再生能源。截至 2007 年底,我国水电装机规模为  $1.45 \times 10^8$  kW,水能资源开发利用率仅为 27%,与发达国家 70%~80%的开发程度相比,开发潜力还很大。大力发展水能资源,不仅可以减少对煤炭、石油和天然气等一次性能源的依赖,还能避免一次性能源生产和使用对生态环境造成的负面影响,可以说开发水能资源是一个巨大的“节能减排”工程。随着生态环境保护力度的加大,大力开发利用水能资源将是我国能源建设的重要组成部分。

## 2 我国水能资源的特点

### 2.1 我国水能资源的总量和分布特点

我国西高东低的地势,蕴藏着得天独厚的水能资源。根据 2005 年 11 月国家发改委公布的水利资源复查结果,我国水能资源蕴藏量为  $6.94 \times 10^8$  kW,技术可开发装机容量为  $5.4 \times 10^8$  kW,年可发电量为  $2.5 \times 10^{12}$  kW·h,列世界之首。按使用 100 年计算,水能占我国常规能源资源剩余可开发量的 40%,是我国仅次于煤炭资源的第二大能源资源。特别是水能资源相对集中的大江大河,开发条件好,有利于建成大型水电基地,发挥水能资源的规模效益。我国水能资源具有以下特点:

- (1) 水能资源丰富,总量居世界首位;
- (2) 水能资源区域分布极不均匀,需要实施“西电东送”;
- (3) 水能资源时间分布不均,需要建设水库进行调节;
- (4) 水能资源较集中地分布在大江大河干流上,便于建立水电基地实行战略性集中开发。

### 2.2 我国水能资源的开发利用现状及开发利用潜力

截至 2007 年底,我国水电装机上升到  $1.45 \times 10^8$  kW,发电量为  $4.8 \times 10^{11}$  kW·h,约占全国年发电量的 16%左右。根据有关部门的预估<sup>[2]</sup>,为了满足我国国民经济的发展和日益增长的社会用电需求,2010

年全国用电量将达到  $3.3 \times 10^{12}$  kW·h,装机容量达到  $7.5 \times 10^8$  kW;2020 年,用电量达到  $5 \times 10^{12}$  kW·h 左右,装机容量达到  $11.5 \times 10^8$  kW,届时,水电装机将比 2007 年底增加  $2 \times 10^8$  kW,水电年发电量占发电总量的比例将上升到 30%左右。表 1 为 2020 年我国电力装机容量构成情况。

表 1 2020 年我国电力装机容量构成  
Tab.1 Constitutes of installed power-generating capacity in 2020

电源	装机容量/ $10^8$ kW	所占比例/%
火电	6.58	57.2
水电	3.50	30.4
天然气	0.60	5.2
核电	0.42	3.7
风电等其他能源	0.40	3.5
合计	11.50	100.0

如果我国水能资源最终的开发利用率按发达国家的平均水平(70%)考虑,我国水能资源的最终可开发容量为  $3.78 \times 10^8$  kW,与 2007 年底的水能资源开发利用现状相比,开发潜力为  $2.33 \times 10^8$  kW,开发潜力巨大。今后 10~20 年,我国水电开发利用潜力较大的地区主要是西南地区(金沙江、雅砻江、大渡河、澜沧江、怒江和雅鲁藏布江等)和黄河龙羊峡以上河段。

## 3 水能资源开发带来的利和弊

世界上的任何事物都是一分为二的。水能资源开发,一方面会给我们带来巨大的经济和社会效益;另一方面,不可避免地会对当地的生态环境造成一定的负面影响。

### 3.1 水能资源开发的有利方面

水电开发带来的正面影响主要表现在清洁、可再生和经济性。具体地讲,水电开发会给我们带来经济效益、资源效益、环境效益和综合效益。

(1) 经济效益。根据水利部重大科研项目《水利与国民经济协调发展研究》中的计算,全国水电的平均经济价值为 0.37 元/(kW·h)。2007 年,我国水电发电量为  $4.8 \times 10^{11}$  kW·h,由此带来的直接经济效益为 1 776 亿元。若按此价格水平计,我国水能资源技术可开发量的经济价值为 9 250 亿元/年。随着能源价格的提高,我国水能资源的经济价值还会不断升值。

(2) 资源效益。我国水电经济可开发装机容量为  $4 \times 10^8$  kW,年发电量为  $1.75 \times 10^{12}$  kW·h,如果按重复使用 100 年计算,经济可开发水能资源约为  $6 \times 10^{10}$  t 标准煤。

(3) 环境效益. 以水电替代煤电的方式来粗略估算水电的环境效益(见表2). 从1978—2007年的30年, 水电累计发电量共计  $5.4756 \times 10^{12}$  kW·h, 约合  $1.917 \times 10^9$  t 标准煤. 水电与发同样电量的煤电相比, 可减少  $\text{CO}_2$  排放量  $4.65 \times 10^9$  t, 减少  $\text{SO}_2$  排放量  $1.628 \times 10^7$  t, 减少  $\text{NO}_x$  排放量  $1.417 \times 10^7$  t, 可减少灰渣  $5.75 \times 10^8$  t 左右. 若按2007年的现状运行100年, 共计可减少  $\text{CO}_2$  排放量  $4.08 \times 10^{10}$  t, 减少  $\text{SO}_2$

排放量  $1.428 \times 10^9$  t, 减少  $\text{NO}_x$  排放量  $1.243 \times 10^9$  t, 可减少灰渣  $5 \times 10^9$  t 左右.

除了上述效益外, 水利水电工程还有防洪、供水、航运、旅游景观和改善环境等社会效益. 在成功的典范中, 新安江、葛洲坝、二滩、小浪底、三峡等大型水电站的建设, 均为地方经济发展注入了活力, 有力地带动了当地旅游和环境保护等各项事业的发展, 充分体现了经济效益和社会效益的统一.

表2 水电替代煤电的环境效益

Tab.2 Environment benefits of hydropower taking the place of thermal power

年份	运行年数	发电量/( $10^8$ kW·h)	节省标准煤/ $10^8$ t	减少排放量			
				煤渣/ $10^8$ t	$\text{SO}_2/10^4$ t	$\text{NO}_x/10^4$ t	$\text{CO}_2/10^8$ t
1978—2007	30	54 756	19.17	5.75	1 628	1 417	46.5
2007年水平运行100年	100	480 000	168.00	50.40	142 800	124 300	408.0

注：耗煤按  $350 \text{ g}/(\text{kW} \cdot \text{h})$  计；燃烧  $1 \text{ t}$  标准煤按排放  $\text{CO}_2 2 430 \text{ kg}$ 、 $\text{SO}_2 8.5 \text{ kg}$ 、 $\text{NO}_x 7.4 \text{ kg}$  和灰渣  $300 \text{ kg}$  计。

### 3.2 水能资源开发的不利方面

我们在看到水利水电工程带来巨大的经济、资源和环境效益的同时, 不能忽视大型水利水电工程开发建设可能造成的负面影响.

(1) 对生态环境的负面影响. 水电开发对生态环境的影响主要是由于水工建筑物对河道的阻隔、水沙情势的变化、库区淹没和工程施工等作用施加的<sup>[4-5]</sup>. 主要有以下几方面：工程现场施工以及建筑材料的开采、加工和堆放对天然植被的破坏, 加剧了水土流失, 增加了河道淤积；水库大坝的淹没、阻隔和径流调节, 对生物资源和生物多样性等方面的影响, 特别是对水生生物和鱼类资源的影响；水库泥沙淤积对河道的影响, 库区周边水位抬高对土壤盐渍化的影响；水库蓄水后, 山体滑坡和诱发地震的影响；对库区水质的影响等.

(2) 移民问题. 移民既是水能资源开发中面临的最突出的社会问题, 也是一个重大的经济问题. 过去, 我国在水库移民安置方面做了大量工作, 成绩斐然, 但是回头看来也还存在一些问题, 主要体现在：体制和机制不合理；观念跟不上市场经济的发展形势；水库移民的脱贫与生存条件持续改善成问题；

水库移民导致的新的生态环境问题. 水库移民的问题在于如何使移民能够稳得住, 即移民生活问题解决和改善的可持续性.

将水利水电工程带来的有利和不利影响综合起来看, 水利水电工程带来的利还是远远大于弊的. 只要在水电开发和运行过程中, 总结历史经验教训, 加强水库施工期的生态环境保护, 实行生态调度, 改革移民政策, 就可以将水电开发和运行带来的负面影响

降到最低.

## 4 对我国水能开发战略的探讨和建议

### 4.1 高标准的优先开发水能资源的战略

对我国社会经济发展对能源的需求、水能资源特点和开发潜力以及水能资源开发带来的利弊进行综合分析和权衡, 可以看出, 我国迫切需要实行高标准的优先开发水能资源的战略. 这既符合我国当前和未来几十年的国情和实际需要, 也符合国家的能源政策和电力工业发展方针的基本精神. 我国已经将优先开发水电列入了电力工业发展方针中.

这里的“高标准”主要有两层意思：一是开发质量高；二是开发速度快. 水电开发质量高是指, 要科学、有序地开发水能资源, 包括科学合理的水电规划设计、先进的施工建设手段和严格的建筑质量保障、较高水平的运行管理机制以及项目建设和运行要符合国家有关规定程序和保障质量标准等. 特别需要强调的是, 水电开发利用中的科技含量要高, 生态环境保护的标准要高, 水库移民的安置标准要高. 水电开发速度快是指, 要加大前期投入力度, 在保证质量的前提下, 加快流域和梯级规划、项目设计论证的进度, 加快工程建设和水电站投入运行的步伐. 既然能源和电力需求必须保障, 如果水电站建设慢了, 投入运行的容量少了, 每年就要多消耗大量的煤炭和石油. 这不仅在经济上不合理, 而且还要付出沉重的环境代价; 另一方面, 如果我们进口的石油过多, 对外依存度过高, 国际石油市场的异常波动, 就会对我国的能源安全、经济安全乃至国家安全的影响越来越大.

#### 4.2 对我国水能资源开发的几点建议

实行高标准的优先开发水能资源的战略内容很丰富,这里仅对几个最重要、最迫切的方面提出建议。

##### 1) 切实做好流域综合规划,坚持水电开发服从流域综合规划

优先发展水电并不意味着完全放开、任其无序开发。水电开发利用过程中还存在着一定的负面影响,无序开发将带来严重的社会和环境问题,所以必须加强规划,实行水电有序开发。流域综合规划是指根据流域社会经济发展和水资源开发利用现状编制的开发、利用、节约、保护水资源和防治水害的总体部署,是政府履行流域综合管理和公共服务职责的重要依据。流域水电规划属于行业规划,要服从流域综合规划;单座水电站的规划设计和运行管理,要服从流域水电规划。

我国有不少河流缺乏流域综合规划,有的虽然做过流域综合规划,但是由于社会经济等诸多方面已经发生了较大变化,原规划已经不符合实际需要,必须修改,尤其是生态环境保护方面以前考虑不足,今后需要加强。国家已经启动了新一轮的流域综合规划,在新的流域规划中,要协调好流域开发目标和河段开发目标之间的关系、经济目标和生态环境目标之间的关系、经济目标和社会目标之间的关系以及经济目标中发电、供水、航运等子目标之间的关系。这样水能资源开发及其他方面的开发利用才能有一个好的基础和指导依据。

##### 2) 改革移民机制,创新移民模式,使移民切实分享到水电开发的效益

从 1985 年以来,我国逐步由简单安置性移民阶段,转变为开发性移民阶段。提出的口号是“移得出,稳得住,逐步能致富”。各级地方政府和项目业主根据我国国情和政策以及当地实际情况,在实践中不断探索出大农业安置模式、小城镇安置模式、成建制外迁到具备生存与发展条件的地区的模式和混合型安置模式。但是,在实际工作中,有关部门对移民问题重视得还不够,没有使移民在水能资源开发中得到长期的实惠。随着工农业之间、城乡之间收入剪刀差的扩大,原有的移民模式已经不能适应时代的需要,必须改革移民机制、创新移民模式。新的移民模式包括入股型移民模式、工业化导向的安置模式和人力资本投资的前置式安置模式<sup>[6-7]</sup>。

(1) 入股型移民模式。库区移民将经评估后承包地的使用权或者被征用土地的土地补偿款和安置补偿款,以资本金的方式投入到水利水电工程项目的开

发经营中,根据所占股份的比例,分享水利水电工程的经济效益。

(2) 工业化导向的安置模式。在我国目前的经济政策和经济环境下,工农业之间的收入逐渐扩大;另外,移民已不是改革开放以前的移民,他们对农村土地的依附大大降低,自由度很大,他们必然在农业和非农业安置之间进行利益比较。走非农业型安置的道路是新形势下水利工程移民安置的新出路之一,其中工业安置又是主要形式。工业安置可以采用就近安置移民到工业企业中去的形式,也可以采用新建企业的安置方式。

(3) 人力资本投资的前置式安置模式。通过教育改良水利水电工程所在地的人力资本,提高农民素质,是做好非农化安置的关键。这就要求水利水电工程在前期规划时,要将对移民的教育投入(包括转变观念、基础教育和提高劳动技能等)作为其投资的一部分。如果在工程上马前几年甚至更长的时间内增加当地的人力资本投资,提高未来移民的素质,无论对水利水电工程本身的开工建设和建成后的良好运转,还是对做好非农化移民安置工作,都具有重要而深远的意义。因此,加强人力资本投资是一种非常重要的安置模式。

总之,要解决好移民问题,需要抓住几个关键点:一是随着时代的发展,要更新移民观念,引入经济效益的共享机制,达到“在共建中共享,在共享中共建”的各方面利益均衡的局面;二是要把库区移民的经济可持续发展作为水电开发的目标之一;三是对工作中发现的问题及移民提出的要求,要及时、公正、合理地解决。

##### 3) 加强水电建设和运行调度中的生态环境保护

水利水电工程的开发建设和运行调度,不可避免地会对局部地区的生态环境造成一定影响。但这并不是要求我们为了保护生态环境而放弃对水能资源的开发,而是要求我们在保护生态环境的基础上,有序地开发水能资源。为此,必须做到以下几点。

(1) 制定更为现实和合理的开发规划。我国水电建设已如火如荼地开展起来,但规划仍落后于项目建设。根据目前水电建设和发展的需要以及环境保护政策,应尽快制定一个新的与环境保护相协调的水电发展规划,以便政府实施宏观调控。

(2) 开展水电开发规划环境影响评价研究。目前,环境影响评价工作已在各水电站的建设项目上展开,但对于水电开发规划评价工作基本上是空白。单个电站的环境影响评价很难反映流域梯级水电开发对生

态环境的累积效应。因此,应尽快开展流域开发规划的环境影响评价的研究工作。

(3) 水电站的施工建设要做到有法可依、执法必严、违法必究。水电站的施工建设要严格遵守有关水利、国土、森林和环境等方面的法律法规,要加强对业主和施工人员的生态环境保护意识教育,要加强对施工过程的监督管理。

(4) 对已建电站实行生态调度。通过开展生态调度,将水库大坝对生态环境造成的负面影响降到最低。

4) 统筹部署水能资源开发利用与水资源开发利用

水能资源和水资源都是事关全局的大问题。水能是能源的一种,还有其他资源可以替代,而水资源则无可替代。因此,需要对水能资源开发利用与水资源开发利用进行统筹部署,合理地协调二者之间的关系。在通常情况下,水能资源的开发利用要服从水资源的开发利用。南水北调西线就是从水资源相对丰富的长江流域调水到水资源相对缺乏的西北地区,以解决当地的水资源短缺问题,属于水资源的开发利用。尽管南水北调西线工程还没有实施,但根据专业规划服从综合规划,综合规划服从全国战略规划,建设水工程必须符合流域综合规划的原则,在对长江流域相关电站做前期规划时,必须考虑调水可能造成的不利影响,对已经规划但并未开工建设的水电工程,需要及时调整梯级电站的开发方案和有关参数,以适应径流量的变化,避免发生不必要的损失。

5) 加大科技投入,为高标准的水电开发和利用提供关键技术支撑

水能资源开发利用是一项庞大的系统工程,涉及到水文、地质、岩土、结构、水力学、电力、环境和移民等各方面的专业知识。目前,我国科技人员所掌握的理论知识还不能解决水能资源开发利用中存在的诸多技术问题,水能资源开发利用在一定程度上还受到专业技术的约束。因此,国家还必须加大科技投入,进行基础性、前瞻性的研究,特别是一些有针对性的关键技术研究,如梯级水库的联合调度关键技术、预测和处理滑坡等地质灾害问题的关键技术、高边坡开发关键技术和生态环境保护关键技术等。

我国已经制定了开发水能资源、发展水电的基本思路。只有把水能资源开发与水资源综合利用、生态

环境保护和地方经济发展有机结合起来,做到合理规划、科学决策、有序开发,才能使我国水能资源更好地为我国经济社会的可持续发展做出更大的贡献。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国国家统计局. 2007年中国统计年鉴[M]. 北京:中国统计出版社,2007.  
National Bureau of Statistics of China. *China Statistical Yearbook 2007* [M]. Beijing: China Statistics Press, 2007 (in Chinese).
- [2] 《中国能源发展报告》编辑委员会. 中国能源发展报告2007[M]. 北京:中国水利水电出版社,2007.  
*China Energy Development Report* Editorial Committee. *China Energy Development Report 2007* [M]. Beijing: China Water Conservancy and Hydropower Press, 2007 (in Chinese).
- [3] 江泽民. 对中国能源问题的思考[J]. 上海交通大学学报,2008,24(3):345-359.  
Jiang Zemin. Reflections on energy issues in China [J]. *Journal of Shanghai Jiaotong University*, 2008, 24(3):345-359 (in Chinese).
- [4] 董哲仁. 探索生态水利工程学[J]. 中国工程科学,2007,9(1):1-7.  
Dong Zheren. Exploring eco-hydraulic engineering [J]. *Engineering Science*, 2007, 9(1):1-7 (in Chinese).
- [5] 董哲仁. 筑坝河流的生态补偿[J]. 中国工程科学,2006,8(1):5-10.  
Dong Zheren. Ecological compensations for dammed rivers [J]. *Engineering Science*, 2006, 8(1):5-10 (in Chinese).
- [6] 孔令强,施国庆. 水电工程农村移民入股安置模式初探[J]. 长江流域资源与环境,2008,17(2):185-189.  
Kong Lingqiang, Shi Guoqing. Primary exploration to the shareholder resettlement mode of hydroelectric project immigrants [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2008, 17(2):185-189 (in Chinese).
- [7] 曾建生. 水利工程移民专业化管理研究[D]. 南京:河海大学商学院,2007.  
Zeng Jiansheng. Research on Specialized Management of Hydropower Transmigrant [D]. Nanjing: Business School, Hohai University, 2007 (in Chinese).