

# 应对气候变化必须大力发展水电

贾金生<sup>1,2</sup> 马静<sup>1,2</sup> 张志会<sup>3</sup>

1. 中国水利水电科学研究院, 北京, 100038
2. 中国大坝协会, 北京, 100038
3. 中国科学院, 北京, 100039

**摘要:** 本文简要介绍了各大洲及主要国家的水电开发情况, 阐述了应对气候变化及优先发展水电的国际共识, 论述了未来一个时期大力发展水电、确保足够的储水设施对我国实现可持续发展、积极应对气候变化的必要性, 提出了发展建议。

## 1 世界及主要国家水电发展情况

水电作为技术最成熟、供应最稳定的可再生清洁能源, 在全球能源供应中占有重要地位。2007 年全球水电装机达到 84840 万 KW, 发电量 30448 亿 KWh/年, 约占全球电力供应量的 20%, 水电开发程度按发电量与经济可开发量的比值计算达到了 35%, 其中非洲为 11%, 亚洲为 25%, 大洋州为 45%, 欧洲为 71%, 北美为 65%, 南美为 40% (见表 1)

表 1 世界水电发展概况

	水电理论蕴藏量	技术可开发量	经济可开发量	水电装机	水电发电量	在建水电装机
	亿 KWh/年	亿 KWh/年	亿 KWh/年	万 KW	亿 KWh/年	万 KW
非洲	25902	13032	8484	2149	941	749
亚洲	197016	76546	44874	32974	11076	13048
大洋洲	6334	1960	886	1347	403	16
欧洲	29008	11205	7523	17881	5310	241
北美	75745	17635	10149	16704	6642	594
南美	56960	26153	15362	13791	6076	1133
世界	390966	146531	87279	84846	30448	15780

数据来源 World Atlas Industry Guide 2008

根据 2008 年的统计数据, 世界上有 16 个国家依靠水电为其提供 90% 以上的能源, 如挪威、阿尔巴尼亚等国; 有 49 个国家依靠水电为其提供 50% 以上的能源, 包括巴西、加拿大、瑞士、瑞典等国; 有 57 个国家依靠水电为其提供 40% 以上的能源, 包括南美的大部分国家。发达国家水电的平均开发度已在 60% 以上, 其中法国达到 90%, 意大利超过 90% 以上 (表 2)。

表 2 2008 年部分国家水电情况

国家	经济可开发年发电量	水电年发电量	水电年发电量占经济可开发量比例	水电装机	总装机	水库库容
	亿 KWh/年	亿 KWh/年	%	万 KW	万 KW	亿 m <sup>3</sup>
中国	24740	5655	22.86	17260	79273	6924
美国	3760	2700	71.81	7820	68700	13500
加拿大	5360	3500	65.30	7266	11495	6500
巴西	7635	3316.8	43.44	8375.2	8862	5680
俄罗斯	8520	1700	19.95	4700		7930
印度	4420	1216.5	27.52	3700	11206	2130
日本	1143	924.64	80.90	2200	26828	204
法国	720	646	89.72	2520	11120	75
挪威	2051	1218	59.39	2904	2789	620
意大利	540	513	95.00	1746		130
西班牙	370	232.9	62.95	1845	6230	455

注：美国 1999 年和 2003 年的水电发电量分别为 3560 亿 KWh 和 3953 亿 KWh,含抽水蓄能发电量。

数据来源：中国大坝协会

## 2 气候变化与水电优先发展的国际共识

我国为应对全球气候变化已有明确的表述，就是到 2020 年单位国内生产总值二氧化碳排放比 2005 年下降 40%-45%，作为约束性指标纳入国民经济和社会发展中长期规划，并制定相应的国内统计、监测、考核办法。决定，通过大力发展可再生能源、积极推进核电建设等行动，到 2020 年我国非化石能源占一次能源消费的比重达到 15% 左右。这必将对 2020 年以前的水电和其它可再生能源的发展产生深刻的、积极的影响。

近年来，国际上召开了一系列重要会议，如 2002 年世界首脑峰会，波恩能源会议，2004 年联合国水电与可持续发展会议等。在联合国水电与可持续发展会议上，通过了《水电与可持续发展北京宣言》，这是国际上对 20 多年来水电开发中热点问题讨论的总结，是世界水电发展历史上的第一次，对世界水电发展具有重要的指导意义。

基于对水电发展的新认识，为应对经济危机，尤其是全球气候变化，各国在加大对病险水库除险加固、提高大坝安全能力的同时，进一步加大了对水电的投入力度。目前世界上有 165 个国家已明确将继续发展水电，其中 70 个国家在建总装机为 1 亿千瓦，110 个国家规划建设 3.38 亿千瓦。

据不完全统计，2008 年，世界上在建大坝有 1200 多座，其中 60 米以上大坝有 370 余座，主要分布在亚洲、南美等 55 个国家。

从几次重要会议及围绕水电开发与可持续发展的研究进展看，有几点值得强调：

(1) 优先发展水电是各国政府及国际各界人士当前的共识。能源是实现可持续发展的必要条件，水电是清洁的、可再生能源，以环境友好的、社会和谐的各种方式开发水电，符合新千年的发展目标，有利于持续地减少贫困和有效缓解全球 20 亿人无电供应的问题，可以有效减少温室气体排放，因此得到联合国、世界银行等国际机构的高度重视，也得到了各国政府及国际各界人士的积极推动。

(2) 世界各国在发展水电中的成功经验，让国际各界人士认识到优先发展水电是现实可行的。联合国呼吁所有有关各方共同努力，以可靠、廉价、经济可行、社会和谐和环境友好的各种方式为社会提供电力，并认为水电在实现这一目标中具有巨大的潜力。个别水电项目曾对社会、环境及生态等造成较大的负面影响，从而引起国际各界人士的广泛关注，但同时世界各国在开发水电中的众多成功及成熟的经验表明，水电开发是可以做到可靠、廉价、经济可行、社会和谐和环境友好的，是技术上成熟的可再生能源，可以大规模商业化开发。目前发达国家大部分技术及经济可行的水电资源都得到了开发，发展中国家水电开发率还很低，尤其非洲，开发率还不到 8%，因此，优先发展水电对全球，尤其对发展中国家是非常重要的，也是现实可行的。

(3) 呼吁大力开发水电，是科学认识水电的必然结果。联合国支持世界银行等金融机构重新投身水电开发，呼吁各国政府创造良好的吸引投资的环境，以便为可持续的水电项目开发提供资金保障，世界银行在对水电开发做过多年的全面评估分析后正式宣称重新投资水电，发生这些变化的前提是水电为全球社会进步、经济发展、改善环境及消除贫困等方面做出了巨大的贡献，在未来仍有做出贡献的巨大潜力。当今世界上尚有 20 亿人生活在没有电的世界里，而 2/3 的经济可行水电资源仍待开发，因此科学地认识水电、开发水电必然会成为世界的趋势。

(4) 水电开发中要充分重视对社会、环境的负面影响，要特别关注受水电影响的弱势群体。《水电与可持续发展北京宣言》支持各国，特别是发展中国家对水电的可持续性开发；强调要高度重视水电开发对社会、环境及生态等的负面影响；强调水电开发中没有全球通

用的准则，各国应结合国情积极探索，努力实践。最近一个时期，国内外有不少报告涉及到水电工程开发的案例研究、移民工作的实践总结、水电开发的环境影响补偿办法以及环境友好的大坝施工技术。这些报告对指导下一步的工作具有非常重要的现实意义。

### 3 水电的能源回报率最高 应对气候变化需要大力开发水电

能源设施建设和运行也需要消耗能源，如果从全口径的角度计算能源的投入产出比，就可以比较清楚的审视各种能源开发方式的效益和优劣，能更加清晰地认识到水电在节能减排、应对气候变化方面的巨大优势。在这里引用一个新概念—能源回报率（energy payback ratio），以一个火电发电厂为例，它的物理意义是指一个火力发电站在运行期内发出的所有电力与它在建设期、运行期为维持其建设、运行所消耗的所有电力的比值，建设期、运行期所消耗的所有电力既包括直接能源消耗，如机械设备运行、照明耗能等，也包括建筑材料、煤炭等制造、运输等过程的耗能。按照这一新定义，在各种能源开发方式中，水库式水电的能源回报率约为 208~280，径流式水电的能源回报率约为 170~267，风电约为 18~34，生物能约为 3~5，太阳能为 3~6，核电 14~16，传统火力发电 2.5~5.1，应用碳回收技术的火力发电仅为 1.6~3.3（如图 1、图 2）。因此，积极应对气候变化必须大力发展水电。

我国 2008 年全国水电发电量约占全国电力供应量的 16%，水电开发程度约为 23%，低于世界平均水平约 10 个百分点。我国水能蕴藏量居世界第一，人均拥有量接近世界平均水平，我国煤炭蕴藏量居世界第三，人均拥有量仅为世界平均水平的一半。但我国水电发电量占总发电量的比例低于世界 5 个百分点，而火电则高于世界 40 多个百分点，因此，积极调整我国以煤炭为主的能源生产和消费结构，积极对能源结构进行战略性调整以减少对化石能源的过度依赖，是我国应对气候变化国家方案中不可回避的问题。水电未来的发展必将在国家减排温室气体和应对气候变化等国家目标的实现方面发挥重要的作用。

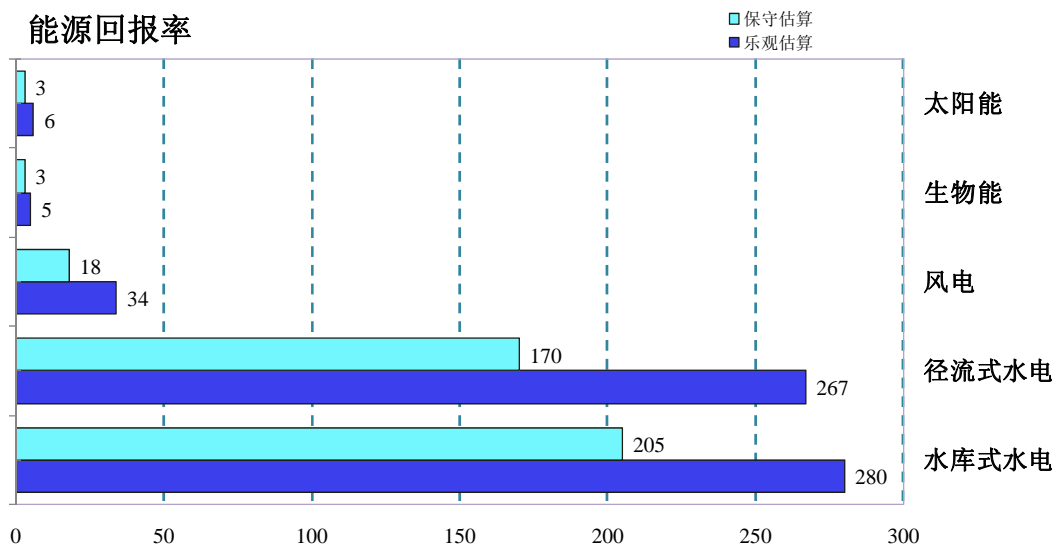


图 1 可再生能源回报率

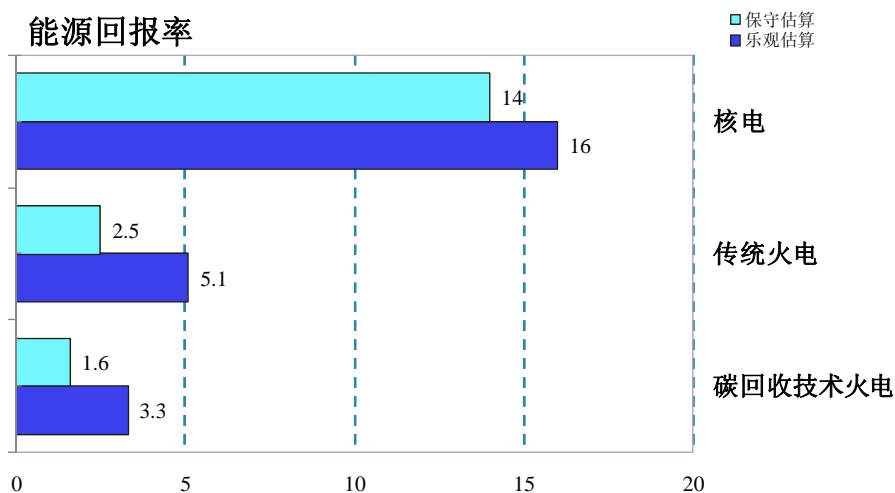


图 2 部分不可再生能源回报率

#### 4 保障我国水安全需要进一步建设储水设施

水是基础性自然资源、战略性经济资源和环境的控制性要素。人类社会进步和发展离不开水工程。水工程建设是各国人民保障水安全、适应自然、谋求与自然和谐相处、推动社会进步的必然手段和要求。面对新的发展，水安全需要进行重新的审视与定义：水安全可被定义为维护必需的水文条件和储水设施以在气候变化和区域经济社会需求（包括能源需求）不断增长等的情况下保持一个健康的生态系统。在一个水安全水平较高的国家，水问题对于穷人将不会造成较大的影响。维护健康和充满活力的生态系统对于保证穷人和弱势群体的水安全有重要意义。这一定义反映了在全球气候变化大的背景下对水

安全的重新认识，反映了在新的形势下对与水有关的平等、减贫等社会问题的关注。

综合全球 50 余个国家的人类发展指数与水库大坝发展数据的计算结果显示，一个国家或地区水库大坝发展水平与国家人类发展水平呈较强的正相关。人类发展指数大于 0.9 的国家，人均库容拥有量平均为 3184m<sup>3</sup>，人类发展指数介于 0.8~0.9 的国家，人均库容拥有量平均为 2948m<sup>3</sup>，人类发展指数介于 0.7~0.8 的国家，人均库容拥有量平均为 541m<sup>3</sup>，需要指出的是中国 2007 年人类发展指数 0.772，在 182 个国家中列第 92 位，人均库容 528m<sup>3</sup>，人类发展指数介于 0.6~0.7 的国家，人均库容拥有量平均为 208m<sup>3</sup>，人类发展指数介于 0.5~0.6 的国家，人均库容拥有量仅为 125m<sup>3</sup>（如图 3）。这与联合国人类发展报告中所指出的“全球水基础设施的分布与全球水风险的分布呈反比关系”是一致的。从这个角度讲，储水设施建设和管理通常是推动发展关键要素之一，是实现经济社会可持续发展的重要基础。而满足基本的水与能源需求即是衡量发展水平的重要指标也是推动社会发展的引擎。随着各界对大坝的功能与作用的认识的进一步深化，加快水与水能资源的开发利用已成为国际社会的广泛共识。

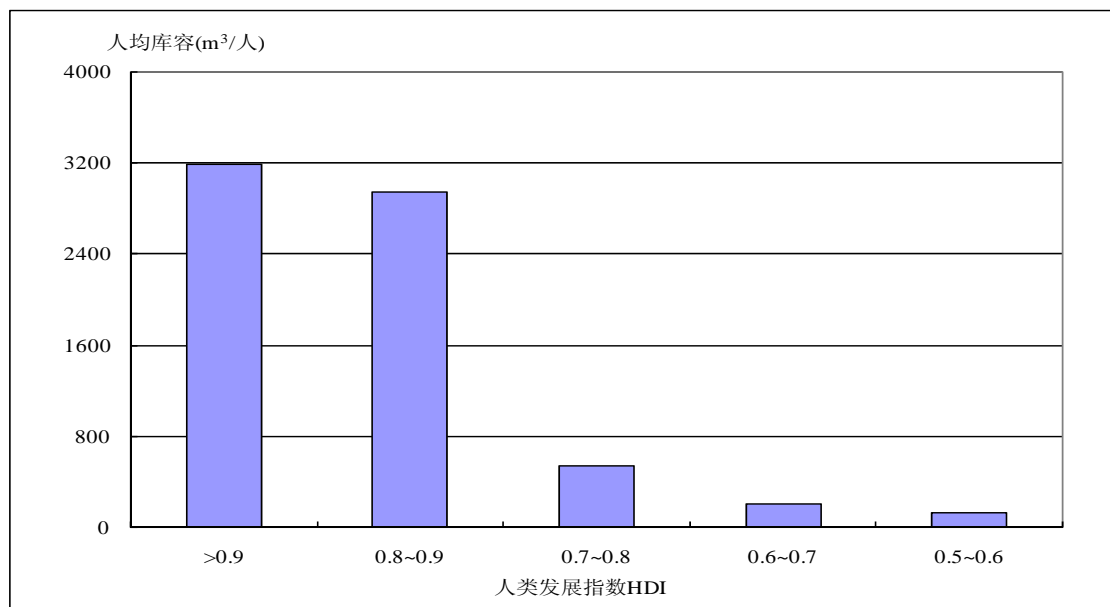


图 3 人均库容与人类发展指数关系

## 5 水电大坝又好又快的发展需要新的理念

### 5.1 水电发展思路需要转变

在谋求发展与应对气候变化的国际背景下，大坝与水电发展迎来了前所未有的良好发展机遇，水电建设将掀开新的一页，迎来新的春天。但是现在建设一座大坝和水电站已经不仅仅是一件单纯的技术和学术问题，其活动的全过程变得更加公开和透明。中国及世界其它国家的成功及成熟的经验表明，水与水能以可靠、廉价、经济可行、社会和谐与环境友好的方式开发是可行的，我们必须以可持续方式加速储水设施建设、尽可能将各种因开发所造成的不利影响降到最低，在实践中，需要我们实现四个转变：

（1）认识上需要从强调改造、利用自然转变到既强调改造、利用，又强调保护和适应自然。改进工作，需要基于国内外经验的总结，在如何保护和适应自然方面需要取得更多创新性的成果，以适应当前及今后一个时期发展的要求；

（2）决策上需要从重视技术上可行、经济上合理转变到既重视技术上可行、经济上合理，又重视社会可接受、环境友好的发展要求。通过发展规划的制定和调整，实现科学决策和科学发展；

（3）运行管理上需要从重视工程安全、实现传统功能转变到既重视工程安全、传统功能实现，又重视生态调度、生态补偿和生态安全；

（4）效益共享上需要从重视国家利益、集体利益转变到既重视国家利益、集体利益，又重视受影响人利益和生态补偿的发展要求，统筹兼顾，实现和谐发展和可持续发展。

## 5.2 水电发展的政策需要进一步深化研究

在行动中，面对新的形势，特别是针对气候变化所带来的影响与后果，需要采取实质性的举措制定适应性对策和行动方案，因此建议在以下几方面加强工作：

（1）针对气候变化对涉水事务可能产生的影响及其后果开展前瞻性研究，为制订长远规划提供科学依据。

（2）从宏观战略高度梳理应对气候变化的水电开发与水库大坝管理国际经验，探讨我国水库大坝应对气候变化的适应性管理模式，提出应对气候变化的水电运行与水库大坝管理指导思想，制定适合我国国情的储水设施管理的适应性对策。

(3) 基于投入与减灾成效的比较, 探讨未来长期不同投入和应对方案下的差别, 论证应对气候变化的合理的财政投入政策。

### 参考文献

1. 贾金生, 马静, 徐泽平, 确保足够的储水设施以满足农业、能源和城乡需求, 2009.4.4, 中国水利报.
2. 80 Years- but still Young, ICOLD, the 80th Anniversary Celebration, Special Edition of ICOLD News letter.
5. Word Atlas & Industry Guide 2007, 2008, The International Journal on Hydropower and Dams. London, UK
6. United Nation, Human Development Repor 2009 Overcoming barriers: Human mobility and development, United Nation, 2009.
7. World Declaration Dams & Hydropower for African Sustainable Development, Nov. 24<sup>th</sup>, 2008, Paris, France.
8. Luc Gagnon, Energy payback trends, a guide for future development, Hydro2009, Lyon France, 2009.10.
9. 联合国, 人类发展报告 2007/2008 应对气候变化-分化世界中的人类团结, 2008
10. 中国国家发展与改革委员会, 中国应对气候变化国家方案, 2007.6