

# 中国 2008 水库大坝统计、技术进展与关注的问题简论\*

贾金生、袁玉兰、郑瑾莹、马忠丽

中国大坝协会秘书处

中国经过近 60 年发展，在大坝建设方面已经取得了巨大成就，面向未来和国家发展需要，仍有一系列的技术问题需要关注。本文介绍了截止 2007 年底的中国大坝、世界大坝建设和水电发展进展，对水库大坝进展的比较参数、突出成就、需要关注的问题以及水电的国际发展趋势等问题进行了分析总结。对截止 2007 年底的水库大坝及水电发展进行了汇总。

## 一 中国水库库容、水电开发情况及与世界的比较

### 1、水库大坝进展的比较参数问题

水库大坝与水电开发的合理度问题在国内、外都是比较受关注的问题之一。由于采用的数据来源、数据的可靠程度以及数据的科学性不同，分歧往往比较大。以往的比较，包括国内、国际不同文献，过于强调 15m 以上大坝数量，这在 1980 年以前是基本可行的，那时世界总的大坝数以及 30m 以上的水库大坝数与今天比还比较少，同时社会各界对大坝的关注还不强烈，统计分析的目的多是服务于从业者分析趋势和发展方向，多注重于技术和经济方面。目前仍以此数进行比较有几个问题：一是单纯用大坝数进行比较，对产生效果的反映和发展程度的反映不直接，不能满足行业外各界人士的关心。由于大坝数反映更多的是技术和经济指标，对工程产生的影响即社会和环境效应反映较差，不能响应行业外各界人士所关注的问题；二是单纯比较大坝容易误导读者。不少的读者认为世界建的大坝过多了，认为发展中国家建设大坝不符合潮流，如此认识的原因可能有多种，但有一点是共同的，就是对合理开发度、对发展中国家与发达国家在开发的程度上的差别没有科学比较，对供水安全、防洪安全、粮食安全和能源安全等与水库大坝之间的关系难以清楚认识，说明我们的统计分析工作针对性需要改进。有的大坝有几百亿甚至上千亿方的库容，有的只有几十万方的库容，大坝数相同，但影响和产生的效益相差甚远，所代表的开发程度也相差甚远。因此水库大坝与水电开发的比较参数问题，值得关注和重视。三是大坝的技术发展趋势主要有重要的高坝所代表，用 15m 的大坝难以准确反映发展趋势。由于技术进展比较快，各国 30m 以下的大坝建设受关注

---

\* 本文数据来源于以下材料：

- 1、 World Atlas 2008, Hydropower & Dams
- 2、 中国大坝协会 2008 年大坝统计数据库
- 3、 《世界江河与大坝》，中国水利水电出版社
- 4、 Dam Register 1973, 1988, 2003, International Commission on Large Dams
- 5、 2008 年全国水利发展统计公报
- 6、 2008 年中国电力工业统计年报

的程度比较低，建设的数量比较多，因而每年变化也比较大，全世界准确统计也有一定的困难。作者建议用总的河川径流量、总的库容、人均库容和总的水电经济可开发量、水电总的发电量、人均水电发电量、总的装机容量进行比较，以准确说明开发进展和用于研究合理开发度问题。对于行业内研究大坝自身技术和发展趋势等方面所需要的统计分析，建议暂时以 30m 以上的大坝数量及分布为重点，以便更加清晰明确。

水电的统计有装机量和发电量之别，都是反映水电开发的进展和开发度的指标，对已完成开发任务的发达国家，两者区别很小，但对发展中国家而言，装机量反映的是建设水平、经济投入水平，发电量反映的是实际运行水平，有时两者会有比较大的差别。对行业外了解行业发展情况以及水能资源实际运用情况而言，以发电量进行比较更能反应自然水能资源的实际情况和国际比较的概念，避免对实际运用能力的过高估计。

## 1 中国的总库容、人均库容及与世界的比较

我国水库大坝的建设有着悠久的历史，如建于公元前 598~前 591 年间的安徽省寿县的安丰塘，坝高 6.5m，库容达 9070 万方，水面积达 34 平方公里，经历史上多次修复和更新改建等，至今已运行 2600 多年。中国建水库大坝的历史虽久，但前期发展较慢，根据 1950 年国际大坝委员会统计资料，全球 5268 座水库大坝中，中国仅有 22 座，包括丰满重力坝等，数量极其有限，以水库总的库容和水电总的发电量与国际比较，都处于非常落后的阶段。1950 年之后，特别是改革开放近 30 年来，中国的水库大坝建设和坝工技术有了突飞猛进的发展，防洪、灌溉、供水和能源安全有了重要的保障措施。

国际大坝委员会规定，坝高超过 15m，或者库容超过 300 万方、坝高在 5m 以上的坝为大坝，据不完全统计，全球有约 5 万座大坝，另有 10 万多座超过 10 万方库容的小坝，几百万座小于 10 万方库容的更小的坝。全球最大的 44 座水库总库容为 2.5 万亿方，约提供了 5000 亿度水电。

全球河流年径流量约为 55 万亿方，，可利用的水资源总量约有 9 万亿方，至 2007 年，全球水库大坝的总库容接近 7 万亿方，其中 98% 为大坝库容，全球水库的有效库容约为 4 万亿方，约相当于世界河流年流量的 7.3%。水库总面积为 50 万平方公里，约相当于地球天然湖面的 1/3。

全国河川年径流量为 2.8 万亿，占世界的 5%。排在世界第六位。巴西 8 万亿，俄罗斯 4.3 万亿，美国 3 万亿，加拿大 2.9 万亿，印度尼西亚 2.84 万亿，分列前五位。根据 2008 年全国水利发展统计公报，截止 2007 年底，全国已建成各类水库 86353 座，水库总库容 6924 亿立方米（未含港、澳、台地区），在世界上排第四，是世界总库容的 9.9%。人均库容则比较落后，人均库容见图 1。

为了更有效的利用水资源，有些国家的水库总库容超过自身的河川径流量，如土耳其等国家。土耳其的河川径流量为 1860 亿方，2007 年水库总库容为 1980 亿方。

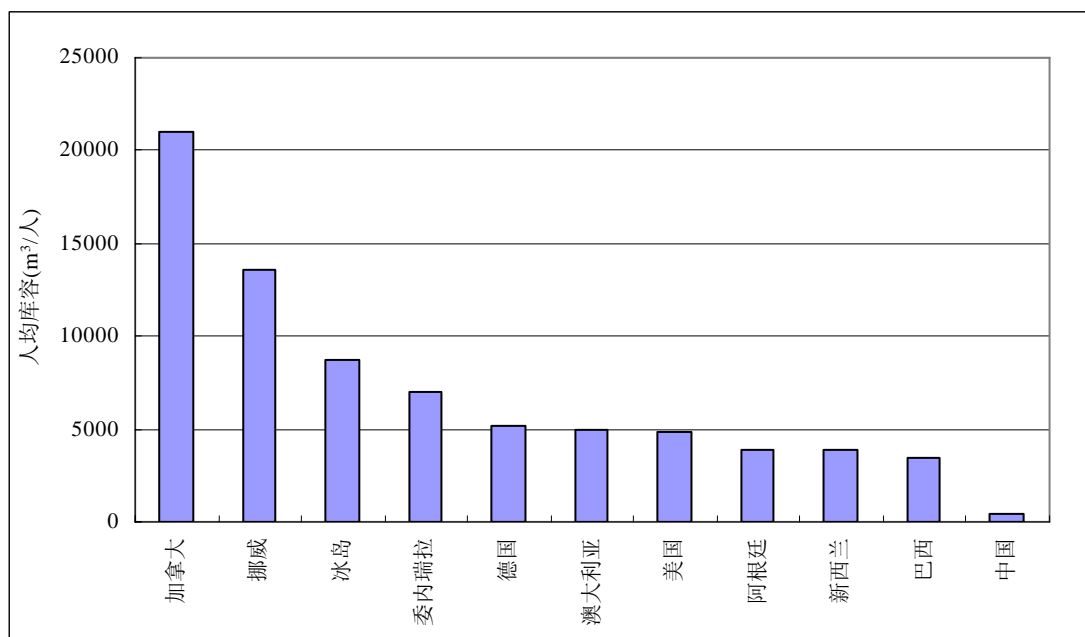


图 1. 典型国家的人均库容（中国人均库容低于世界平均水平）

## 2 中国的水电经济可开发量、开发度及与世界的比较

2008 年全球水电总发电量 30450 亿度，占经济可开发量 87280 亿度的 39.5%，其中，多数发达国家开发度都在 80% 以上，发展中国家水平多在 30% 以下，非洲总的开发度还不到 8%。

全国水电经济可开发量 24740 亿度，占世界的 28.3%，排在世界第一位。

截至 2008 年年底，全国水电发电量为 5655 亿度，占世界的 18.6%，占全国经济可开发量的 22.86%（中国的水电装机达到 172.6GW，按装机算达到经济可开发的 42.7%）。美国 1999 年、2003 年水电发电量分别为 3560 亿度和 3953 亿度，接近或超过经济可开发值 3750 亿度，原因是抽水蓄能发电。不计抽水蓄能，开发度约为 80%（2007 年美国水电发电量是 2700 亿度，占经济可开发量的 71.8%）。

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。全世界水电的发电量占有所有发电量总和的 17%，水电总装机容量为 8.48 亿千瓦。

发达国家水电的平均开发度已在 60% 以上，其中日本约 84%，加拿大约 65%，德国约 73%，法国达到 90%，意大利超过 90% 以上。

附表 1 给出了 2007 年世界水力发电开发进展主要技术参数，附表 2 给出了 2008

年部分国家大坝与水电情况。

## 二、气候变化与水电优先发展的国际共识

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。

## 二、 中国大坝建设进展

中国现代化的大坝建设以三峡、二滩和小浪底工程为代表，其中二滩和小浪底工程已分别于 1999 年，2001 年完工投产，三峡于 2009 年竣工验收。三峡、二滩、小浪底这三座工程标志着中国大坝建设在建设技术上由追赶世界水平到与世界水平同步。这一时期中国建设的一大批高坝工程有 5 个突出的特点，即 (1) 质量好、安全可靠。特别是 2008 年 5 月 12 日汶川地震区域的四座 100m 以上的高坝 (紫坪铺面板坝、沙牌碾压混凝土拱坝、宝珠寺混凝土重力坝、碧口心墙坝)，经受住了超过设防的强震考验，得到世界大坝界的高度赞誉，具有里程碑意义)；(2) 工程造价普遍低于预算；(3) 工程工期普遍短于预期，部分工程实现了提前发电；(4) 工程发挥了预期经济效益和社会效益，如 98 年中国大洪水，多个高坝联合调度，在减轻洪水灾害中发挥了重要作用；(5) 新坝型和新的坝工技术得到了广泛应用和进一步的深化研究，如混凝土面板堆石坝、碾压混凝土坝、高拱坝等，中国组织了国家科技攻关，相继推动建设了世界最高的水布垭混凝土面板堆石坝、龙滩碾压混凝土重力坝、小湾高拱坝等。中国大坝建设比较重要的进展有以下 10 个方面，简要概述如下：

### 1 三峡工程

三峡水利枢纽具有防洪、发电、航运等巨大综合利用效益，拦河大坝最大坝高 181m，总装机 22500MW (含地下厂房)，年发电 84.7TWh。1993 年经全国人大表决批准，开始施工，1997 年大江截流，2003 年开始蓄水，首批机组发电、永久船闸通航。工程预计总投资节省 200 亿元人民币，2006 年 5 月三峡大坝全线浇筑到顶，2009 年 8 月竣工验收。三峡工程既是巨型工程，也将是工程质量好、安全可靠、建设工期缩短、工程投资节省、工程效益全面发挥的代表工程之一。

### 2 二滩水电站

二滩水电站是雅砻江干流规划建设 21 个梯级电站中的第一个水电站，是中国 20 世纪建成的仅次于三峡工程的大型水电站，也是 20 世纪中国建成的发电量最大的水电站。二滩水电站以发电为主，电站装机容量 3300MW，多年平均发电量 17TWh。二滩

混凝土双曲拱坝是上世纪亚洲第一、世界第三的高拱坝。

二滩水电站由中央与地方合资，并部分利用世界银行贷款，合计 9.3 亿美元建设起来的。二滩水电工程利用世行贷款与国际竞争性招标选择最优承包商、供货商，引进了先进的施工技术及管理。该工程曾于 2006 年获国家环境友好工程奖。

### 3 小浪底水利枢纽工程

小浪底水利枢纽是黄河干流的控制性工程，既可较好地控制黄河洪水，又可利用其淤沙库容拦截泥沙，进行调水调沙运用，减缓下游河床的淤积抬高。小浪底水利枢纽与三门峡、陆浑和故县水库联合运用，可以使黄河下游防洪标准从不足百年一遇提高到千年一遇。

小浪底工程 1991 年 9 月开始前期工程建设，1994 年 9 月主体工程开工，1997 年 10 月截流，2000 年元月首台机组并网发电，2001 年底主体工程全面完工，历时 11 年，安置移民 20 万人，取得了工期提前，投资节约，质量优良的好成绩，被世界银行誉为该行与发展中国家合作项目的典范，在国际国内赢得了广泛赞誉。小浪底工程技术突出特点有：（1）垂直防参与水平防渗相结合；（2）进水口防淤堵；（3）设计建造了世界上最大的孔板消能泄洪洞；（4）设计建造了单薄山体下的地下洞室群；（5）工程用于黄河调水调沙，在生态调度方面有创新和引领作用。工程建设采用了国际竞争性招标，全面实践了“三制”建设管理模式。

### 4 混凝土面板堆石坝

中国修建混凝土面板堆石坝始于 1985 年。最早开工建设的是西北口水库，坝高 95m，1990 年建成。基于在设计与施工技术、抗震安全、软岩筑坝、超硬岩筑坝、狭窄河谷高陡边坡条件下筑坝、深厚覆盖层上筑坝、高寒与高海拔地区筑坝等方面的关键技术和工程实践，混凝土面板堆石坝在中国得到了快速的发展，2007 年已建在建坝中，混凝土面板堆石坝有 190 座。代表性工程有水布垭（坝高 233m）、江坪河（坝高 221m）、三板溪（坝高 186m）、洪家渡（坝高 179.5m）、天生桥一级（坝高 178m）、滩坑（坝高 162m）、紫坪铺（坝高 158m）等。紫坪铺面板坝经受住了 2008 年 5 月 12 日汶川地震的严峻考验，在国际坝工界具有里程碑意义，在地震后发挥的应急功能具有引领作用。

### 5 碾压混凝土坝

中国于 1986 年建成第一座碾压混凝土坝—福建坑口碾压混凝土重力坝，2007 年已建在建碾压混凝土坝有 126 座，最高的为龙滩碾压混凝土重力坝，坝高 216.5m。2004 年以来相继开工的光照（坝高 200.5m）、大花水（坝高 134m）、武都（坝高 119m）、景洪（坝高 110m）、金安桥（156m）等，标志着中国碾压混凝土坝建设达到新的水平。龙滩碾压混凝土重力坝工程 2007 年作为中国代表荣获国际碾压混凝土工程里程碑奖。

沙牌碾压混凝土拱坝经受住了 2008 年 5 月 12 日汶川地震的严峻考验，在国际坝工界具有里程碑意义，作为碾压混凝土高拱坝的代表，为碾压混凝土筑坝技术的进一步推广起到了新的推动作用。

## 6 高混凝土拱坝

混凝土高拱坝已成为大型水利枢纽的主要坝型之一。1998 年 240m 高的二滩拱坝投入运行后，为特高拱坝的建设积累了经验。目前，在建的代表性工程有 305m 高的锦屏一级拱坝、292m 高的小湾拱坝、278m 高的溪洛渡拱坝、250m 高的拉西瓦拱坝等一批工程。围绕这些高拱坝的抗震技术、结构设计以及枢纽布置等问题，国家组织开展了关键技术研究并取得了丰富成果。

## 7 水工沥青混凝土防渗工程和其它心墙防渗工程

通过国际合作与自身发展，水工沥青混凝土工程得到了快速发展，已建成了天荒坪、冶勒、尼尔基、茅坪溪、张河湾、西龙池、宝泉等一批工程。中国的大坝工程，总体上仍然是土石坝具有数量上的绝对优势，目前设计中的代表工程是糯扎渡心墙堆石坝和双江口心墙堆石坝，前者坝高达到 261.5 米，后者坝高达到 314m。

## 8 抽水蓄能电站发展

中国的抽水蓄能电站建设起步较晚，20 世纪 60 年代后期才开始研究抽水蓄能电站的开发，至 2003 年年底，中国已建在建抽水蓄能电站 24 座，总装机容量已达 1595 万千瓦。已建代表性工程有广州抽水蓄能电站、十三陵抽水蓄能电站、天荒坪抽水蓄能电站、河北张河湾（1000MW）、山西西龙池（1200MW）、浙江桐柏（1200MW）等。抽水蓄能电站因为能够顶尖峰、填低谷，并有调频、调相、紧急事故备用、黑启动等方面的功能，在电力系统中有重要的作用，将进一步得到大力发展。

## 9 中国小水电发展

我国农村水电资源丰富，可开发量为 1.28 亿千瓦，分布面广，在山区、丘陵地带的 1600 多个县有小水电资源。小水电站工程相对比较简单，没有大量土地淹没和移民，建设周期短，见效快；具有分散开发、就近供电、不需要远距离高电压输电的优点。到 2007 年年底，全国共兴建农村小水电站 4 万多座，按装机容量计算，开发率达到 36.62%。

## 10 胶凝沙砾石坝技术

胶凝沙砾石坝在中国的应用刚刚起步，目前处在向国外学习和国内试验研究阶段，已应用于两个水电工程的围堰施工，取得了一定的经验。该坝型可以比混凝土面板坝节省一半的材料，比重力坝更适宜于比较差的地基等，在造价、工期、适应坝基条件等方面有一定的优势，有发展前景。

## 三、 中国大坝建设关注的问题

在中国的大坝建设和管理过程中，仍面临着很多挑战性的技术困难与问题，较为关注的有以下 10 个方面：

(1) 大坝与生态。大坝建设，需要在保护生态基础上进行有序和适当的开发，如何维护河流健康、实现水资源的可持续利用，支持经济社会的可持续发展是值得关注的问題，如量化河流健康的标准、量化大坝的影响并确定可接受的影响程度、科学确定水沙关系、河湖关系等等；

(2) 河流生态的修复与建设，即如何通过人工干预改善河流生态；

(3) 大坝生态调度问题。水利水电枢纽工程在发挥防洪、发电、供水、航运等功能的同时，还要考虑到河流生态的影响，使之能保持最佳生态状态；

(4) 特高坝建设的技术问题。中国在建的坝很多是历史上最高、最复杂、最难的，有一些也是世界最高的，如何保障安全、如何做到技术上可靠将是比较突出的问题。如高压水劈裂、地基承载能力、决定大坝的力学基本原理都是值得探究的基本问题；

(5) 病险坝除险加固问题。随着大坝数量的增加和年限的增加，大坝的运行维护和查险、除险也将是重要的问题；

(6) 工程寿命和退役问题。大坝工程合理的、经济的使用年限确定是一个复杂的问题，如何建立合适的退役制度尚需要在实践中不断总结；

(7) 环境友好筑坝技术的技术标准。公众对大坝建设的关注度日益增加，在提高筑坝技术的同时，坝工技术工程专家与环境专家和社会专家合作，共同寻求对环境的有效保护是非常必要的。研究环境友好筑坝技术的技术标准在未来一段时间内将成为一项重要任务。

(8) 筑坝新材料、施工新工艺研究。近 20 年来，由于碾压混凝土筑坝技术、面板堆石坝技术的发展和推广，水库大坝在提升质量、降低造价、加速建设等方面取得了卓著的成就。展望未来，在新的筑坝材料、新的施工工艺方面突破仍有迫切的需求，需要加速发展。

(9) 可视化技术、隐患探测技术与并行计算分析技术。大坝的运行性态以及安全运行的保障，有赖于可视化技术、隐患探测技术的进步，除此之外，还需依赖于计算机分析技术的发展，并行计算技术有望得到进一步的发展。

(10) 进一步提升大坝安全的途径研究。大洪水、大地震以及大坝的长期运行等因素不断将大坝的可靠性、安全性提到更为重要的地位，如何结合这些因素探索提升大坝的安全性成为重要的研究方向之一。

#### 四、 中国水库大坝与国际典型工程的比较

中国的水库大坝建设起步晚、发展快，为了更好地了解中国水库大坝与国际典型工程的比较情况，下面给出了在数量、高度、新坝型、水库库容、单个工程发电量等与国



际代表性国家、典型工程的比较表（国际大坝委员会 2003 年出版统计报告后，至今未有新的统计报告，中国大坝协会曾于 2005 年系统整理过国际大坝典型数据，因这几年变化不大，在未系统整理出新的数据库前，有些数据引用了以前系统整理的数据以说明问题）。

表 1：100m 以上坝数较多的国家(至 2005 年年底，中国占世界的 15%，世界 851 座)

国家	100m 以上坝数	最大坝高	最高坝坝名
中国	130	305	锦屏一级
日本	102	186	Kurobe No IV Dam
美国	80	234	Oroville Dam
西班牙	48	202	Almendra Dam
土耳其	45	247	Deriner Dam
伊朗	37	222	Karun IV Dam
印度	29	261	Tehri Dam
意大利	24	262	Vaiont Dam
瑞士	23	285	Grande Dixence Dam
越南	10	139	Son La Dam
智利	8	155	Ralco Dam

从工程建设的规模和主要坝型分类看，全世界 2005 年已完工、在建高度大于 30m 的碾压混凝土坝 290 座（以重力坝为主）；2005 年已完工、在建高度大于 30m 的面板堆石坝有 418 座；新建的和在建的沥青混凝土心墙坝 95 座；沥青混凝土面板防渗坝 100 座。

面板堆石坝较多的国家有中国、澳大利亚、西班牙、美国等，碾压混凝土坝较多的国家有中国、日本、美国、巴西、西班牙等，见表 2。

表 2： 面板坝和碾压混凝土坝较多的国家

国家	已建在建 30m 以上面 板坝数	最高面板坝 坝高 (m)	国家	已建在建 30m 以上碾 压混凝土坝 数	最高碾压混凝 土坝坝高 (m)
中国	169	233	中国	90	216.5
澳大利亚	29	122	日本	46	156
西班牙	24	117	巴西	29	80
美国	17	150	美国	24	97
朝鲜	15	97	西班牙	17	125
墨西哥	14	208	摩洛哥	13	120
罗马尼亚	14	110	南非	11	81
巴西	13	200	越南	10	139
智利	13	136	澳大利亚	6	52
阿根廷	9	138	墨西哥	6	100

表 3：世界前十大已建、在建高坝

序号	坝名	坝高（米）	建坝目的	国家
1	锦屏一级	305	HC	中国
2	Nurek	300	IH	塔吉克斯坦
3	小湾（云南）	292	HCIN	中国
4	Grande Dixence	285	H	瑞士
5	溪洛渡	278	HCN	中国
6	Inguri	272	HI	格鲁吉亚
7	Vajont	262	H	意大利
8	Manuel m. Torres	261	H	墨西哥
9	Tehri	261	IS	印度
10	Alvaro Obregon	260	IS	墨西哥

表 4：世界前十大已建、在建水库（中国的三峡排在第 22 位）

序号	坝名	库容（亿方）	建库目的	国家
1	Kariba	1806	H	津巴布韦 / 赞比亚
2	Bratsk	1690	HNS	俄罗斯
3	High aswan dam	1620	IHC	埃及
4	Akosombo	1500	H	加纳
5	Daniel Johnson (manic 5)	1419	H	加拿大
6	Guri	1350	H	委内瑞拉
7	Bennett w.a.c	743	H	加拿大
8	Krasnoyarsk	733	HN	俄罗斯
9	Zeya	684	HNC	俄罗斯
10	Lg deux principal cd-oo	617	H	加拿大

注：H 发电，I 灌溉 C 防洪 S 供水 N 航运

表 5：世界前十大已建、在建水电站

序号	坝名	完工年	装机容量 MW	年平均发电量 GWh	国家
1	三峡	2009	22500	84000	中国
2	Itaipu（伊泰普）	1991	12600	90000	巴西/巴拉圭
3	溪洛渡	2010	12600	57120	中国
4	Guri（古里）	1986	10000	52000	委内瑞拉
5	Tucuruí（图库鲁伊）	1984	8370		巴西
6	Sayano-Shushenskaya（萨扬舒申斯克）	1990	6400	22800	俄罗斯
7	向家坝	UC	6000	30747	中国
8	Krasnoyarsk（克拉斯诺）	1967	6000	19600	俄罗斯

	雅尔斯克)				
9	龙滩 (广西)	2001	5400	18710	中国
10	Bratsk (布拉茨克)	1964	4500	22500	俄罗斯

表 6: 世界前十大已建、在建面板堆石坝

序号	坝名	坝高 (m)	库容(亿方)	国家
1	Basha	270		巴基斯坦
2	Agbulu	234	39.8	菲律宾
3	水布垭	233	45.8	中国
4	江坪河	221	14.2	中国
5	Morro de Arica	220		秘鲁
6	La Yesca	210		墨西哥
7	Bakun (巴昆)	205	43.8	马来西亚
8	Campos Novos(坎朴斯 诺沃)	200	14.8	巴西
9	West Seti	195	16	尼泊尔
10	Kárahnjúkar	195	22.6	冰岛

表 7: 世界前十大已建、在建碾压混凝土坝

序号	坝名	坝高 (m)	库容(亿方)	国家
1	TaSang (塔桑)	227.5		缅甸
2	龙滩	216.5	272	中国
3	光照	196	32	中国
4	Miel I (米尔一级)	188	5	哥伦比亚
5	向家坝	162	52	中国
6	观音岩	160	22	中国
7	金安桥	160	9	中国
8	Urayama (浦山)	156	0.6	日本
9	Miyagase (宫濑)	155	0.2	日本
10	Ralco (拉尔科)	155	12	智利

表 8: 世界前十大已建、在建拱坝

序号	坝名	坝高 (m)	库容(亿方)	国家
1	锦屏一级	305	77.6	中国
2	小湾	292	151	中国
3	溪洛渡	278	129	中国
4	Inguri (英古里)	271.5	11	格鲁吉亚
5	Vajont (瓦依昂)	262	1.7	意大利
6	Mauvoisin (莫瓦桑)	250.5	1.8	瑞士
7	拉西瓦	250	10.8	中国

8	Deriner	247	19.7	土耳其
9	Sayano-Shushenskaya (萨扬舒申斯克)	245	313	俄罗斯
10	二滩	240	58	中国

中国 1973 年 30m 以上大坝共 1644 座,其中 100m 以上 14 座,分别占世界的 25% 和 3.5%。

中国 1988 年 30m 以上大坝共 3768 座,其中 100m 以上大坝 429 座,分别占世界的 41%和 7.2%。

中国 2005 年年底 30m 以上的大坝共有 4839 座,其中 100m 以上 129 座,分别占世界的 37.8%和 15%。

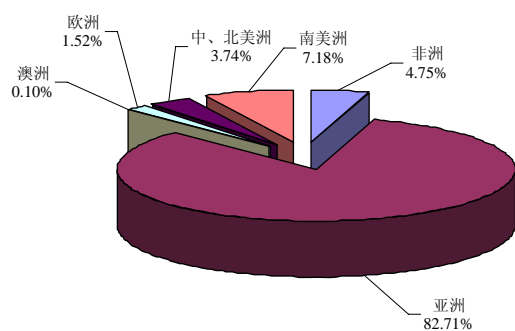
中国 2008 年 30m 以上的已建在建大坝共有 5191 座,其中 100m 以上 142 座。目前尚缺国际统计资料。

2008 年坝高超过 100m 以上的坝按坝型分,面板堆石坝 45 座,碾压混凝土坝 29 座,一般重力坝 20 座,一般拱坝 24 座,一般土石坝 24 座。

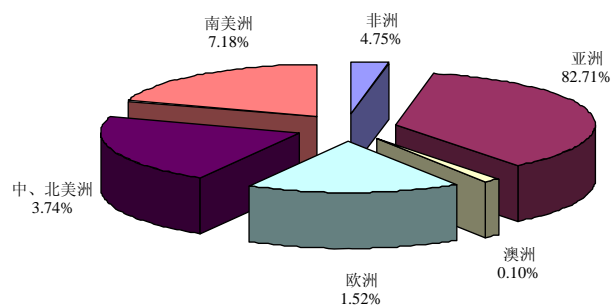
目前世界已建最高的混凝土重力坝是瑞士的大狄克逊坝,坝高 285m; 已建最高的混凝土拱坝为前苏联的英古里双曲拱坝,坝高 271.5m; 已建最高的土石坝是前苏联的努列克心墙土石坝,坝高 300m; 已建最高的混凝土重力拱坝是前苏联的萨扬-舒申斯克坝,坝高 245m; 已建最高混凝土支墩坝是加拿大的丹尼尔约翰逊,坝高 214m; 已建最高的面板堆石坝是中国的水布垭,坝高 233m; 已建最高的碾压混凝土重力坝是中国的龙滩,坝高 216.5m。

附表 1 2007 年世界水力发电开发进展主要技术参数

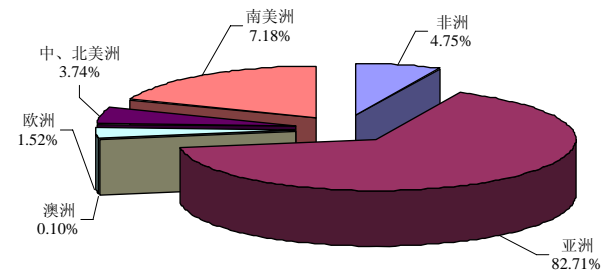
地区	在建工程				水电年发电量及装机				技术可开发 电量 (亿 kWh/年)	(%)	水电发电 量比例 >50%的 国家数量	规划水 电装机 (GW)	(%)
	装机 (GW)	(%)	国家 数量	(%)	年发电量 (亿 kWh/年)	(%)	水电装机 (GW)	(%)					
非洲	7.49	4.75	41	23.43	941.24	3.09	21.49	2.53	13032.5	8.89	20	24	6.98
亚洲	130.5	82.71	49	28.00	11076.2	36.38	329.7	38.86	76545.65	52.24	9	224.368	65.23
澳洲	0.16	0.10	9	5.14	402.6	1.32	13.47	1.59	1959.87	1.34	3	0.416	0.12
欧洲	2.4	1.52	44	25.14	5310	17.44	178.8	21.08	11205.41	7.65	7	11.029	3.21
中、北美洲	5.9	3.74	19	10.86	6642.4	21.82	167	19.69	17634.78	12.03	3	18.435	5.36
南美洲	11.327	7.18	13	7.43	6075.77	19.95	137.9	16.25	26152.99	17.85	7	65.693	19.10
合计(全球)	157.777	100	175	100	30448.21	100	848.36	100	146531.2	100.00	49.00	343.94	100



各大洲在建工程装机容量比



各大洲水电发电量比例



各大洲水电规划容量比例

注：以上部分数据来自 Hydropower & Dams, World Atlas, 2008

附表 2. 2008 年部分国家大坝与水电情况

国家	人口	地理面积 (万平方公里)	水电经济可开 发年发电量 (亿千瓦时/年)	2007/2008 年 水电年发电量 (亿千瓦时/年)	2007/2008 年 水电年发电量 占经济可开发 量百分比(%)	水电装机 (万千瓦)	总装机 (万千瓦)	已建在建 30m以上大坝 数 <sup>b</sup>	2007 年在建 60m 以上坝数	水库总库容 (亿方)
中国	13 亿	960	24740	5655	22.86	17260	79273	4685	55	6924
美国	2.93 亿	937	3760	2700	71.81	7820	68700 <sup>b</sup>	1533	2	135000
加拿大	3250 万	991	5360	3500	65.30	7266	11495 <sup>b</sup>	183	1	6500
巴西	1.84 亿	851	7635	3316.8	43.44	8375.2	8862 <sup>b</sup>	248	2	5680
俄罗斯	1.43 亿	1707	8520	1700	19.95	4700		60	5	7930
印度	10.6 亿	329	4420	1216.5	27.52	3700	11206 <sup>b</sup>	515	16	2130
日本	1.27 亿	37.77	1143	924.64	80.90	2200	26828 <sup>b</sup>	1075	27	204
法国	6000 万	54.9	720	646	89.72	2520	11120 <sup>b</sup>	198	/	75
挪威	457 万	32.4	2051	1218	59.39	2904	2789 <sup>b</sup>	115	/	620
意大利	5900 万	30.1	540	513	95.00	1745.9		322	4	130
西班牙	4270 万	50.4	370	232.9	62.95	1844.6	6230 <sup>b</sup>	517	11	455

注：a. 以上部分数据来自 Hydropower & Dams, World Atlas, 2008。

b. 2005 年数据。

c. 美国的库容数是美国大坝协会的确认证数，但仍有疑问，数字过大。