

# 关于大坝建设利与弊的研究综述

梁宜 编译

(武汉大学图书馆信息服务中心)

**[摘要]** 由于人们对修建大坝的不同认识,引起了国际坝工界的广泛争议。本文对许多有争议的问题进行了探讨,综合分析了大坝建设的利与弊,指出了大坝在防洪、灌溉、供水、发电、航运等诸多方面的影响,以及由此产生的环境和社会问题。最后,总结了中国大坝建设的成就和存在的问题及前景展望。

**[关键词]** 大坝 水利水电工程 建设 环境影响评价 防洪 风险分析 安全

## 1 引言

据《国际水力发电与大坝建设》杂志统计:到 1997 年为止,全世界修建的水坝已超过 80 万座,其中大坝 4 万座(坝高高于 15 米称为大坝),并且大约有 300 多座巨型坝(坝高至少 150 米)。当今世界上 19% 的电力为水力发电,有 66 个国家的水电占全国总电力的 50% 以上。中国大约有 19 000 座大坝,数量为世界第一。美国第二,大约有 5 500 座。然后依次是前苏联、日本和印度。巴西排第十位,大约有 516 座。美国的巨型坝最多,共有 50 座。然后依次是前苏联、加拿大和巴西(巴西有 16 座)。

1998 年世界上有 400 余座水电工程正在建设,60 米以上的大坝约有 200 多座(我国就有 99 座,我国修建的大坝总库容达 4 600 亿  $\text{m}^3$ ,约占全国河川总径流量的 17%。),总装机达 130 000 MW,另有 900 余座工程正在规划或准备建设。据估计,迄今为止世界上只有 18% 的技术上可行和 32% 的经济上可行的水力资源被开发,发展中国家每年在水电方面的投资达 150 亿美元。

在早期,预估的大坝效益在决策中起决定作用。但现在,由于大坝对社会、经济、环境和安全所造成的影响,建设的代价——投资及环境、社会方面的不利影响已成为修建大坝的主要决策问题。这些代价中有许多在原来的规划中从未考虑过,或者在许多情况下可能估计不足。对这个问题的不同认识导致了现在人们对建造大坝的不同态度,甚至激发了部分人反对的情绪。

全世界建造大坝的速度正在下降。从 1950 年代到 1970 年代中期每年全世界完成的大坝数大约是 1 000 座。而到 1990 年代早期,该数字下降到 260 左右。从 1994 年开始,大约有 1 000 座正在建设中。虽然大坝建设在欧洲和北美已大为减少,但在世界其它地方,特别是广大发展中国家仍被认为是发展的动力(目前在建大坝数量最多的国家依次是中国、土耳其、南韩和日本。),由此产生的认识差别也使引发的争论变得激烈而深远。

## 2 世界上反对建造大坝的主要意见

### 2.1 反对建造大坝的主要理由

(1) 建坝造成大量移民。全世界大约有 3 000 万到 6 000 万人由于大坝的建设而移民,其中大部分移民是在中国和印度。现在每年大约有 200 万移民。

(2) 对下游成千上万的人民的生计造成影响:渔业损失、水污染、水量减少、由于天然肥料的减少及季节性采用洪水灌溉使下游的农田和森林的肥力下降。

全世界由于修建大坝而淹没的土地大约 400 000 平方公里。相当与全世界陆地面积的 0.3%。但所遭受的损失要远远大于该数字所表达的,因为建坝所淹没的河谷地带土地提供了世界上最肥沃的农田、最丰富多样的森林和湿地生态系统。

20 世纪,世界上除中国以外大约有 200 座大坝失事,导致 13 500 人死亡。由于水库蓄水而引发的地震也会导致人员伤亡。1967 年印度的 Koyna 大坝引起 6.3 级地震,导致 180 人死亡。

(3) 建大坝也引起水生疾病的传播,如疟疾、黑热病和血吸虫病。

(4) 建坝的效益经常是被故意地夸大了,而且大坝所提供的服务也可采用其他有效的和可持续的方法来代替。

大部分的大坝是为了灌溉,几乎所有的巨型坝都要用来发电。世界上将近 1/5 的电力是通过筑坝来生产的。大坝也用于防洪、城市供水、帮助航运。大多数的坝都是多用途的。

一旦大坝建成,水力发电是廉价能源。不过建造大坝耗资巨大,且建设时间很长。巴西的伊泰普电站用了 20 年时间,投资 200 亿美元。为了水力发电而修建大坝实际的投资几乎总是高于估算的投资,平均大约要高出 30%。大坝的设计者总是对于他们的大坝的发电前景非常乐观,而往往没有很好地考虑干旱的影响。如伊泰普电站的发电量就要比预计的减少将近 20%。

如果把水力发电的高投资、工期长和冒着河流流量低时发电不足的风险等因素都计算到发电的成本中去的话,水力发电现在被看作是一种昂贵的发电形式。因为筑坝所引起的生态系统的破坏和对社会所产生的影响,水力发电也不能看作是一种清洁的能源。在国际上,大多数私人投资者避免对大坝投资,而倾向于对廉价和风险小的火力发电进行投资。

世界上大部分地区生产的电力是极其浪费的。在修建新的发电厂之前,更重要的事是要提高现有的能源供给和使用的效率。当确信需要修建新电厂时,大多数的环境保护者更倾向于太阳能和风力发电站,目前这两种形式的电厂从商业角度看已达到可实施的临界状态。在这些可再生能源成为商业上可行之前,燃气发电比燃煤和燃油发电投资更有效且对环境的影响要大大减少。另外,建设小型坝是一种更为经济且可持续发展的电力资源,特别是在农村地区。

大坝能够防止正常的洪水,但对于异常的大洪水就无能为力了。由于大坝使人认为洪水被控制了,他们就增加对洪泛区的开发。所以当大洪水发生时,所造成的损失往往要比不建大坝大得多。

世界上大坝所储蓄的大部分水用于灌溉,仅有小部分的水用于城市供水。灌溉系统通常都很浪费水,所以想要使城市获得更多的水的最廉价和有效的方法是提高农业灌溉的效率。农业灌溉的效益在任何情况下都是被夸大了。修建大坝所形成的许多大灌区往往造成众多的小土地所有者移居,同时使传统的农作物生产系统被生产供应城市和供出口的价格昂贵的作物的农工联合体所代替,使农村中的无土地者饥饿者数量增加。

总之,大坝批评者并不认为不应该修建任何大坝。他们只是坚信:修建任何大坝(或其他的任何开发工程),只有在有关该工程的信息都公开,提议者所声称的该工程的经济、环境和社会效益及成本经过不受约束的独立的专家验证,而且在受到该工程影响的人们同意修建的情况下,才能投入建设。

## 2.2 世界大坝委员会(WCD):对大坝的防洪作用持否定的态度

“世界大坝委员会”是由世界银行和世界自然资源联盟共同发起成立的组织,该委员会是一个独立机构,曾经用两年时间(1998 年 6 月~2000 年 6 月)来研究全球建坝与可持续发展中的争议问题。其工作目标为:

- (1) 对大坝建设的有效性进行全球性评估;
- (2) 制定水利、能源方案评估和决策过程的框架,促进水资源的可持续性管理;
- (3) 制定一套国际上普遍接受的准则和导则,用于大坝规划评估、设计、施工运行、监测和弃坝(大坝使用期后处理)。

2000 年 11 月,世界大坝委员会(WCD)提出了它的长达四万零四页的最终报告《坝与发展:一个新的决策框架》,引起了世界水利界和坝工界的激烈辩论。该《报告》对大坝的防洪作用持否定态度。《报告》以较少的样本资料为依据,夸大了大坝的负面作用,说大坝将世界 46%的河流改变了,弄得支离破碎了。美国

和欧盟有 60~65% 的河流被控制了, 亚洲有一半的河流建了坝, 坝愈修愈高, 水库面积愈来愈大, 带来了巨大的社会与环境问题。主张建立一种国际统一的标准和规范来约束每座大坝的规划、设计、施工、运行、监测和退役, 主张离开各国政府来决策, 要求受到大坝影响的各方都要参加决策过程等。

《报告》也承认坝的防洪作用, 并举了阿斯旺、塔贝拉、大古力等坝的例子来说明。但《报告》认为用大坝来防洪有许多问题: 在洪水中溃坝会使洪水变得更大; 如果水库操作失误或闸门故障会造成下游重大损失; 水电站调峰或洪水时开启闸门都会造成下游河道涌浪, 例如尼日利亚的河流涌浪死亡 1 000 余人, 淹没房屋 1 500 余户; 多目标的坝会由于各方利益处理不善造成下游洪灾; 建坝移民仍然住在更大洪水的淹没区, 要防所有的洪水则花费太大; 由于水库淤积, 大坝的防洪作用愈来愈差; 洪水有洪水的用处, 消除了洪水就失去了下游的生态平衡, 依赖洪水的生物就将绝灭。

### 2.3 世界河流评论(WRR)称防洪大坝有《一打问题》

世界河流评论(国际河流组织 International Rivers Network 的通讯刊物)曾发表一篇文章《一打问题》。文章说, 由于兴建了大坝, 洪水的威胁和损失不但没有减少, 反而在逐年增加; 美国每年花在工程防洪的经费在增加, 而每年的洪灾损失也在增加。现在证明了, 如果没有严格的土地利用的控制, 防洪大坝就会无效, 而中国的三峡工程仍然鼓励在河道中进行开发。大坝建设者不是土地利用经济学家, 他们不会提出减少洪灾的综合计划, 例如土地利用控制、洪水预警和防洪保险等。

### 2.4 Sierra Club Books 出版《论大坝对社会和环境的影响》

该书第十章标题为“防洪的神话”。文中说, 现在世界的洪灾每年损失 30 亿美元, 亚洲每年要淹没 400 万公顷耕地, 700 万人受灾。1981 年中国四川省洪水, 共有 53 个城市、580 个镇、2 600 个企业和广大农田被淹, 倒房 160 万间, 死亡 1 000 人, 受伤 3 万人。美国的洪灾损失 1937 年为 3 亿美元, 1976 年为 35 亿美元, 每年递增 4~7%, 为什么会造成这样? 文章接着说: 这是策略的失误! 主要的防洪方法, 目前是沿河建堤和兴建拦洪大坝, 这些都是工程措施, 事实证明是无效的。中国黄河流域自古以来就修堤防洪, 但 3 000 年以来发生了 1 500 次洪灾, 26 次改道, 其中 9 次改道非常大。但中国政府和其它国家政府一样, 继续依赖大堤来防洪, 而洪水却照样发生。事实清楚地表明, 工程措施对降低洪灾作用甚微或根本没有, 相反地却加重了问题的严重性。

美国政府 1937 年开始一项工程防洪计划, 共花了 120 亿美元, 但洪灾损失从那时的 3.5 亿美元/年, 到 1976 年却达到了 35~40 亿美元/年, 而这些洪灾都是由于工程防洪造成的。

文章说植被具有很强的水土保持功能, 森林覆盖的土地只有 1% 的雨水成为地面径流, 而开垦的土地却有 97~99% 的雨水成为地面径流。此外, 每公顷森林的土壤侵蚀为 1 吨/年, 而开垦地为 20~30 吨/年。这些冲刷物质被带到河中沉积, 逐渐地使河床抬高, 中国的黄河河床比两岸土地高出 5~10m, 河床抬高就要求堤防加高, 这就加重了洪水的严重性, 只要一决口, 就是一场灾难。中国李进常博士(Dr. Li Jinchang)是人大常委会委员, 他指出, 四川三条江每年冲刷泥沙 2.5 亿吨, 相当于 16.6 万顷土地冲走了表面 5cm 沃土。四川省 193 个县中, 只有 12 个县森林超过 30%, 川中 53 个县, 原有森林面积超过 50%, 现在只有 1~3%。

冲击平原是洪水造成的, 也是洪水的出路, 现在人们将河道拦起来了, 认为只要有钱修堤, 就可以在洪水平原上开发, 政府也乐于这种开发。1969 年联合国洪水会议就指出, 洪水平原的广泛利用是造成北美、西欧洪灾损失增加的主要原因。

工程防洪不能解决问题, 还有一个原因是太贵, 不适应于第三世界如印度、孟加拉和中国。在国际大坝委员会(ICOLD)公布的 1 554 座坝中, 只有 17 座坝是专为防洪而建, 专为防洪的坝是很少的。即使建了防洪坝, 其成功地使用的机会也是很少的, 除非管理十分负责, 维护得很好, 而在第三世界国家这是很难的。通常, 水库还可以发电和灌溉, 而且这种短期利益往往放在前面而忽略了防洪利益, 这样的结果会带来巨大

灾难。

洪水其实不是自然造成的，而是人的错误造成的，特别是土地管理不善和近视的洪水控制策略。这种近视的策略来源于急性病，针对结果而不针对原因，即是说，修建工程来控制洪水而不是选择长期的根本解决。唯一的出路和首要的任务是在世界各大江河的流域内停止砍伐，并且重新植树。然后是控制洪水平原的商业开伐。保留洪水平原，它具有鸟类和野生生物的食物链，它有多种植物，它提供肥沃的土地和湿润的土壤以种庄稼，（像孟加拉这样的国家，洪水平原占国土面积 66%，不可能都保留下来）。让洪水经常发生，人们最终能学会与洪水相处，房屋建来经得起洪水淹或淹后可迅速重建。总之，要以一种新的态度来对待防洪问题，应当抛弃那种认为洪水可以消灭的幻想。尽管我们有天才的工程师，辉煌的科学家，以及世界银行的慷慨，洪水还将继续发生，但不一定造成灾难。另一方面，整个历史表明，洪水以一种持续的方式能被利用来灌溉和肥田。如果在森林和土地双控制的情况下还会有洪水的话，那么，我们也一定能够学会与洪水相处并从中得到更多实在的利益。

### 3 世界上支持建造大坝的主要意见

#### 3.1 支持建造大坝的主要理由

针对当前国际反对兴建大坝的势力抬头的情况，国际大坝委员会的公共关系委员会（COPR）发表了批驳文章《坝的利益与关注的问题》。批驳反对建坝者的论点，纠正反对建坝者所散布的歪理邪说。公共关系委员会经常发表文章和材料，对社会各界宣传建坝的目的和好处，也对反对大坝的组织和个人给予批驳。该文包括 9 章，论及大坝与人、供水、防洪、安全、环境、泥沙、能源、航运、旅游的关系，从正、反两个方面以通俗的语言进行论述。

支持大坝建设的还有世界水委员会（WWC）、国际灌溉及排水委员会（ICID）、中国大坝委员会，他们分别发表了文章论述了坝在防洪中的不可替代的巨大作用。

支持建造大坝者认为：大坝的防洪作用是巨大的，是利大于弊，反对建坝者总是以大坝存在溃坝的潜在危险，会产生“人造洪水”来否定大坝的防洪作用，这种忧虑是完全不足道的。大坝改善了河流的天然水流，使坝的下游得到了保护，其防洪作用的大小，取决于以下七个方面：

（1）水库水位。这是由地形地质条件、经济因素和社会因素决定的。

（2）水流过程的改善。洪水入库后，暂存在溢洪道以上的水库中，然后以比自然来水量小的流量泄放至下游，从而保护了下游。所谓由于闸门操作失误而产生“人造洪水”，理论多于实际，业主有责任妥善管理，这不是大坝本身的问题。

（3）泥沙。水库中泥沙会沉淀下来，占据有效的水库容积，粗的砾石会在库尾首先沉积下来形成库尾三角洲。坝的下游因产生清水冲刷，这些都会仔细分析解决的。

（4）漂浮物。通常洪水会带来许多漂浮物，尤其是漂浮的大树对溢洪道的运行，特别是对闸门的威胁。溢洪道或其他泄水孔口一般都设有漂浮物打捞结构以避免妨碍设备的操作。

（5）副作用。洪水是很稀有的，公众会慢慢忘记洪水的可能性并开始占据河岸或河滩。而业主则是对下游群众要求赔偿而弄怕了，甚至泄放历史洪水的 1/40 都会有人要求赔偿。

（6）最终破坏。大坝和所有人工结构物一样，具有缺陷，会导致最终破坏。历史上曾发生在洪水期大坝破坏的事件。近期以来，许多国家在环境方面的严格规定以及 ICOLD 的巨大影响，产生了一整套大坝设计和施工的高标准，于是大坝失事明显减少了。由于大坝失事是严重事件，世界各国政府都对大坝的设计、施工、运行实施最严格的管理。同时，安全监测，预警机制，紧急处置计划也都包括了并经常维持，以预防难以预见的灾难。

总之,大坝和水库对公众的利益远大于其潜在危险,这对于专家们是十分明白的事情而对公众来说却不一定明白。所以有必要教育公众了解大坝的防洪作用和其他作用,要说明如果没有这些大坝他们会面对什么?大坝可以减轻洪水或根除洪水,以致使人们忘记了洪水。大坝建设有严格的法规,大坝自身的安全,除了由设计施工保证外,还对大坝终生监测,及时采取措施来保证。

### 3.2 国际大坝委员会(ICOLD):肯定大坝在防洪中所发挥的作用是利大于弊

国际大坝委员会是坝工界享有权威的民间学术组织,该组织每年召开一次年会,每3年召开一次大会。国际大坝委员会第69届年会于2001年9月9日至9月15日在德国德累斯顿召开。2001年9月11日,国际大坝委员会第69届年会“坝与洪水”专委会会议召开,讨论的焦点围绕着肯定还是否定坝在减轻洪水灾害中所发挥的作用而进行。本专委会的工作任务是:①审查其他组织(如WWC、WCD、ICID等)发表的出版物中有关洪水与坝的部分,撰写这方面的评论文章;②在有关坝与洪水的问题上支持公共关系委员会;③用丰富的数据与资料撰写报告,论述坝在防洪减灾中的作用;④继续研究分析最大可能洪水的量与流域面积的关系。

该委员会对世界大坝委员会的报告《坝与发展:一个新的决策框架》的第一、二、三、五章有关大坝的防洪作用的部分进行了审查。讨论中认为,《报告》列举的这些问题都是些局部的、次要的或是可以解决的问题,大坝的防洪作用是巨大的,是主流,是利大于弊的,这是铁的事实。然而,《报告》提出的以“整体洪水管理”的思路替代“洪水控制”的概念是值得参考的;改变单纯依靠堤防和大坝来防洪的做法,而是用制度上,政策法规上的支持来对洪水进行整体管理;用工程措施和非工程措施来降低洪水的规模;为了减少洪水危害,一方面可建防洪堤,另一方面则应限制洪水平原的开发;增加群众的信息和知识以提高其防洪能力等。

### 3.3 国际灌溉及排水委员会(ICID):坝在灌溉、排水和防洪中的巨大作用

国际灌溉及排水委员会(ICID)发表了一篇表态性的文章《坝在灌溉、排水和防洪中的作用》,从正面阐述了坝的巨大作用。文章说,由于建坝的作用,河流下游在洪水期的水量、洪峰的量 and 频次都显著降低了,这就大大减少了农业和非农业的损失,而枯水季则河流的水会增加,这可带来许多好处。由于坝的保护,在密苏里、密西西比、尼罗河、田纳西流域的经济均得到了巨大发展。当然,除了工程措施外,非工程防洪措施也很重要,如雨情、水情测报预报,早期预警和灾期警报,以及各种政策、策略、计划等对洪水管理来说是同样重要的。

目前,各国政府,机构、学会等,于上个世纪制定了一系列的建坝导则和标准,这些是经验和知识积累的产物,可指导分析建坝的可行性、规模、风险、目标、对环境的影响及减轻的措施,还有建筑物设计程序等。所有的坝都要符合这些标准。

### 3.4 世界水委员会(WWC)关于洪水的观点

世界水委员会WWC的文章《让水与人人悠关》中,有一段论及了洪水和干旱问题。文中说,洪水有时在自然体系中带来好处,有些生态系统依赖于洪水,有些人群也依赖洪水灌溉和带来肥料,但人们更多地了解洪水给人们带来的灾难。90年代,孟加拉、中国、危地马拉、洪都拉斯、索马里、南非的洪水都死了不少人,比其它灾难如山崩、滑坡、地震所死亡的人数要多。1973~1997年,平均每年有6600万人遭到洪灾,1998年洪水死亡达30000人,90年代的洪水经济损失是60年代的10倍,灾害的次数增加了5倍。文中列出了世界主要洪水死亡人数,其中包括我国1887年和1938年黄河大水死亡90万人和87万人,长江在1911、1931、1935、1949、1998年大洪水中,死亡分别为10万人、14.5万人、14.2万人、5700人和3000人。与其它自然灾害相比,洪灾占1/3,死亡人数占1/2,经济损失占1/3,保了险的财产只占不到10%。造成灾害增加的原因是:全球性的人口增长并住在暴露地区;暴露地区的财富增加;建筑物,基础设施,货物的愈来愈

愈容易受到攻击,在洪灾易发区搞建设;防洪体系失误;环境变化(如砍伐和湿地蓄洪功能减小等)。

文章认为当前的水管理制度不健全,是实行水的整体管理的严重障碍,首先应把土地管理和水资源管理结合或统一起来,综合建设大坝防洪体系。

### 3.5 中国大坝委员会:积极支持大坝建设

中国大坝委员会是中国水利学会和中国水力发电工程学会成立的分支机构,是学术性的非营利性组织,是中国坝工技术领域的国际活动窗口,并代表中国参加国际大坝委员会的各项活动,宗旨在于通过组织中国专家在国际大坝委员会中进行学术交流与合作,促进坝工及有关土木工程技术等方面的发展。

中国是当前世界上坝工建设最多,最活跃的国家,大坝对我国国民经济的发展,特别是在防洪、灌溉、供水、发电和航运等方面起到了不可替代的作用。中国大坝委员会在国际大坝委员会中发挥着重要的作用。遵循“趋利避害,维护我国权益”的原则,其任务为:①研究国际大坝委员会工作文件,提出中方意见;②研究国际大坝委员会各位委员的评述意见;③针对大坝与可持续性发展的问题,组织表述中国立场的专题报告和文章;④将一些成熟的、国内优秀的规范推荐给世界大坝委员会,参与世界大坝委员会一些准则和导则的编写;⑤参与世界大坝委员会的专题和工程实例研究;⑥为世界大坝中国委员会及论坛成员参加世界大坝委员会会议活动准备有关材料。

中国大坝委员会致力于加强对我国全国性和流域性的水利水电方针、策略和形势的研究,主动向国际大坝委员会提供论文和资料,介绍我国的经验和体会。

中国大坝委员会认为:洪水是最严重的自然灾害,洪灾死亡占有所有自然灾害死亡的40%。减轻洪灾最有效的方法就是修建大坝和水库,这本来是十分清楚的事实。但近年来出现了一批反对建坝者,他们漠视和抹煞大坝的巨大利益,夸大建坝所带来的一些社会与环境问题,这些问题是可采取措施予以解决或可以减少至最低限度的。反对建坝者是一批能量很大的人,不可轻视,他们著书,发表文章,演说写报告,把大坝说得一无是处,对行业外的人士颇具蛊惑力。因此,我们的任务首先是把建坝本身的事业办好,同时要批驳反对建坝者,用生动的事实,充分的资料,严谨的逻辑向广大业外人士宣扬大坝已经获得的效益和将会带来的更多利益。

## 4 中国大坝建设的成就、存在的问题及前景展望

### 4.1 建设成就

新中国成立后的50年来,全国共建成了各类大坝约8.6万余座,数量居世界首位。中国在国际大坝委员会登记的大坝(坝高大于15m)为3万多座。在水利水电建设过程中,特别是改革开放20年来,我国的坝工技术有了突飞猛进的发展。

我国的大坝以土石坝居多。1990年前大多为中低坝,坝高90m以上的只有3座。1990年以来,高土石坝和混凝土面板堆石坝的筑坝技术得到了迅速发展。小浪底水利枢纽工程采用粘土斜心墙堆石坝,坝高154m,天生桥一级水电站大坝为混凝土面板堆石坝,坝高178m。中国已建和在建的坝高在90m以上的土石坝已超过20座。

混凝土重力坝是中国高坝建设中的主要坝型,目前,已建和在建的坝高90m以上的重力坝有27座。三峡大坝最大坝高181m,龙滩大坝最大坝高初期建设时为192m,最终为216.5m,为目前世界上最高的碾压混凝土坝。1985年以来,碾压混凝土重力坝在我国有了较快的发展,已建、在建的碾压混凝土坝约50座,其中江垭水库最大坝高131m,列世界第三位。

我国是世界上修建拱坝最多的国家。已建和在建的坝高90m以上的拱坝有14座。已建成的最高重力拱坝龙羊峡大坝,坝高178m;最高双曲拱坝二滩大坝,坝高240m;最高空腹重力拱坝凤滩坝,坝高112.5m;

最高浆砌石拱坝群英坝, 坝高 100.5m; 在建的沙牌大坝是世界上最高的碾压混凝土拱坝。

我国的筑坝技术在很多方面处于世界领先水平。地质勘探技术、计算机和物理模型试验在坝工领域的应用技术、导截流技术、地下工程施工技术、高坝泄洪消能技术等发展迅速。土石坝筑坝材料、坝体分区、坝体稳定、渗流、沉降及应力应变分析、基础处理、填筑标准、施工机具等一系列关键技术, 已积累了丰富的经验。重力坝的筑坝技术及其设计理论已达到了国际先进水平。以坝高和坝身泄洪量著称的我国拱坝技术也在向世界技术高峰攀登。实践证明, 我国已完全有能力解决百米以上高坝和各种坝型的技术难题, 正在建设中的三峡大坝, 就综合反映了我国大坝建设的杰出水平。

大坝建设, 在防洪、供水、灌溉、发电、水产养殖、改善环境、发展旅游等方面产生了巨大的社会效益、经济效益和环境效益, 在我国的经济发展和进步中发挥了巨大的作用。

#### (1) 防洪

我国建成水库的总库容相当于全国河流年均径流量的 1/6, 在历年抗洪斗争中, 发挥了巨大的防洪效益。据统计, 全国水库大坝保护范围覆盖了 3.1 亿人口、4.8 亿亩耕地和北京、天津、武汉、沈阳等几百个大中城市以及重要铁路、公路干线和大型工矿企业。通过水库对洪水的合理调蓄和联合运用下游河道工程, 大大减少了洪涝灾害所造成的损失。如 1995 年浑河流域大伙房水库上游发生特大洪水, 经过水库的调节, 保证了下游沈阳、抚顺等城市的安全, 减免洪灾经济损失约 75 亿元, 相当于大坝工程投资的 18 倍。又如, 1998 年长江流域发生特大洪水, 洪峰流量、洪峰水位均与 1954 年接近, 但洪灾损失较 1954 年大大减少, 其中重要的原因之一就是丹江口、葛洲坝、二滩、宝珠寺、隔河岩、安康、五强溪、柘林、柘溪、凤滩等一大批水库调蓄洪水, 削减洪峰, 为减轻洪灾损失作出了突出贡献。据统计, 1998 年全国共有 1 335 座大中型水库参与了拦洪削峰, 拦蓄洪量 532 亿  $\text{m}^3$ , 减少农田受灾面积 3 420 万亩, 使 200 余座城市免遭洪水淹没, 减灾效益达 7 000 亿人民币。

#### (2) 灌溉和供水

水是粮食作物和经济作物稳产高产不可缺少的条件, 水库灌区水源可靠, 用水保证率高, 可以为农业灌溉提供优质、稳定的供水。我国 80% 以上的水库以灌溉为主, 水库的灌溉面积为 2.4 亿亩, 约占全国灌溉面积的三分之一。为满足城市迅猛发展对水日益增长的需求, 我国修建了一大批向城市远程供水的水源工程, 如为北京供水的密云水库, 为天津供水的潘家口, 为香港、深圳供水的深圳水库等。据统计, 全国已有 100 多座大、中城市主要或全部依靠水库供水。

#### (3) 发电

水力发电对环境没有污染, 运行成本低。改革开放以来, 我国水电大坝建设取得了迅速的发展, 截至 1999 年底, 中国的水力发电总装机容量已达 7 297 万 kW, 占全国装机总容量的 24.4%, 水电年发电量 2 129 亿 kW·h, 占全国年发电量的 17.3%。1999 年, 中国水电装机容量和发电量为世界第 2 位和第 4 位。

#### (4) 水产养殖及旅游

我国水库大坝的建设, 形成了约 3 000 多万亩的水域, 为发展水产养殖提供了极好的条件, 许多水库已成为水产供应基地。水库环境优美, 是城乡居民极好的旅游休闲场所, 又是极其宝贵的旅游资源。一大批水库, 如浙江的千岛湖(新安江水库) 已成为著名的旅游胜地。

### 4.2 存在的问题

我国大坝建设中也存在一些问题和沉痛的教训。如“大跃进”和“文革”时期兴建的一些大坝, 由于没有按照科学行事, 导致许多水库大坝标准偏低、质量问题严重; 又如三门峡水库, 由于对泥沙问题认识不足, 建成后出现严重问题, 不得不多次改建; 再如, 对水库移民问题重视不够, 办法简单, 造成大量遗留问题。

### 4.3 前景展望

在二十一世纪到来之际,水已成为世界各国人民关注的焦点,人类社会遇到了前所未有的水问题的挑战。从防洪看,我国的防洪标准仍然普遍偏低,洪涝灾害始终是中华民族的心腹大患;从水的供需看,水资源短缺问题十分突出,水环境恶化的趋势尚未得到有效遏制,干旱缺水和严重的水污染已严重制约了经济的发展;从能源结构看,水能资源的开发利用水平还比较低,今后水电开发有巨大的市场需求和良好的发展环境。所有这些,都预示着今后中国的水利水电建设任务将十分繁重,中国的大坝建设任重道远。

为了有效控制洪水,减轻洪涝灾害的威胁,要进一步加强防洪工程建设和非工程措施建设。防洪工程建设中,在加强堤防建设、河道整治工程建设及蓄滞洪区建设的同时,还必须建设一批控制性工程。在长江,建设皂市、廖坊、亭子口等主要支流控制性工程;在黄河,建设大柳树、古贤、绩口等调水调沙水库;在嫩江,建设尼尔基水利枢纽;在辽河,建设石佛寺水利枢纽;在淮河,建设临淮岗洪水控制工程;在珠江,建设百色、大藤峡等水利枢纽。通过这些控制性工程建设,加上防洪其他措施,使我国大江大河的防洪能力达到规划确定的防洪标准,保证主要河段、大中城市及重点地区的防洪安全。

解决水资源短缺问题,要坚持开源节流保护并举,在节水和水资源高效利用的基础上,通过建设必要的蓄、引、提、排、灌等各类水资源开发利用工程,增加有效供水量,使水资源得到合理配置,满足经济社会发展的需要。需要兴建的骨干水源调蓄工程有:岷江紫坪铺、黄河沙坡头、丹江口大坝加高、新疆恰布其海、哈腊塑克等。

在实施西部大开发战略中,我国西部,特别是西南地区的水电宝藏将得到加快开发,实现“西电东送”,促进全国联网,使我国能源结构更趋合理。建设的大型水电站有:龙滩、小湾、公伯峡、三板溪、洪家渡等。在此基础上,将全面开发金沙江、雅砻江、大渡河、澜沧江、乌江、红水河和黄河上游水电资源,形成南、中、北三条“西电东送”大通道。东部地区,水能资源相对较少或开发程度已较高,要根据电网发展需要,建设一批大型抽水蓄能电站。对调节性能好、电能质量高的中心河流,进行梯级连续开发。到2010年,中国的水电总装机容量将达到1.25亿kW。

新世纪中国的大坝建设将遵循改善生态环境和可持续发展的最终目标,规划设计大坝工程,要建立科学的论证体系,综合分析人文、社会、动植物生态、自然资源、气候变化、土地资源、河流泥沙等因素可能发生的变化。我们要认真总结大坝建设中的经验教训,不断提高大坝建设的技术水平和管理水平。特别是要认识到,修建大坝不仅可以产生防洪减灾、调蓄水量、提供能源等正面作用,还会带来移民、文化历史遗迹的淹没、以及改变水坝上下游自然环境等负面影响。我们要慎重研究大坝工程可能带来的每一项负面环境影响因素,充分论证大坝建设项目的环境可行性,采取相应的措施,兴利除弊,以达到大坝建设的近期和远期的最终目标,促进人与自然的和谐相处。

大坝建设将更多地应用现代科学技术和现代工程技术,进行大坝的规划、设计、施工和运行,以得到最佳效益。在规划阶段将更多地应用卫星遥感技术获得整个流域和区域的环境、水文地质资料,用现代物探技术充分了解大坝的基础和水库自然条件,用数学模型和物理模型分析建坝前后的环境变化因素,在坝形选择、坝线选择、复杂的坝身结构设计以及高速水流的泄水结构等方面将广泛应用计算机专家系统,作出最优的选择;将新的材料用于大坝建筑,这将对传统的大坝混凝土发生一次革命性的变革;将运用信息技术建立完备的大坝、各水工建筑物以及水库的安全运行监测系统;将运用现代管理科学并广泛运用电子商务系统和电子管理系统完成大坝工程的施工全过程;将会有更多的有创新思维的施工设备、机械用于大坝施工;还将会更多地利用资本市场为大坝建设筹集资金。新世纪的中国大坝建设必将蓬勃发展,为中国的经济建设、可持续发展、改善生态环境作出更大的贡献。

下转第40页



加拿大政府、社会团体及各社区均对全国的生态和环保的状况密切关注。每年政府都通过每半年出版的《加拿大生态环境状况》杂志及网络信息，向全体公民免费发布生态环境状况的信息。在介绍生态与环境情况的同时，还向公民说明生态环境与经济可持续发展的关系。

加拿大在生态环境方面的宣传教育方式是多种多样的，除了与我国相近的一些形式外，较有特色的是在公共娱乐场所如公园中设立生态中心，这些中心不仅从事城市以及各区域的生态环境监测、生态学研究、生态保护试验，而且还建立起众多的教育项目，对加拿大的公民特别是中小學生进行生态和保护方面的教育，使他们能够对保护生态和环境有深入的了解。

加拿大的“农民协作组织”（也称“农民协会”）很普遍，它是农民自觉治理水土流失，保护环境的一种具体体现。如安大略省就有这种“农民协会”50多个，属非政府机构，协助政府进行一系列工作。具体任务是：与省、市农、林、牧、水、土地、环保等经济管理部门进行沟通；负责组织制定当地“环境农业（永续农业）发展方案”；经常进行一些新技术成果的展出和宣传教育活动，促使农民掌握更多的水土保持及相关科学知识。由于“农民协会”所做的工作都是关系农民自己的事（如地下水、地表水的开采和保护，农药、粪便及燃油的污染及治理等），所以人人都很积极，对行动方案提出很好的建议，并主动贯彻执行。

### 参考文献

- [1] <http://www.waterinfo.net.cn/>
- [2] <http://www.wateronline.com/>
- [3] <http://www.swcs.org/>
- [4] <http://www.gwpforum.org/>

---

上接第12页

### 参考文献

- [1] Pritchard, S. Keeping the faith [J]. International Water Power & Dam Construction. 2000,52(9):14~15
- [2] Hartford, D. Dam risk and the owner's dilemma [J]. International Water Power & Dam Construction. 2000,52(9):18~23
- [3] <http://www.dams.org/>
- [4] <http://www.wef.org/>
- [5] <http://www.swcs.org/>