

21 世纪中国水资源危机

彭珂珊

TV211

13-16168

(中国科学院·水利部水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100) TV213.4

摘要:分析国内外水资源的现状、中国水资源危机及走向 21 世纪存在的主要水问题,说明中国属于世界上贫水的国家之一,人均拥有量只占世界平均水平的 25%,在 668 座城市中有 400 余座缺水。进入 21 世纪,中国的水资源矛盾将进一步加剧,洪灾、干旱、断流、水污染、水土流失等问题将继续存在,中国必须进行大规模国土整治,逆转恶化的水生态环境,合理开发、利用、保护水资源。

关键词:水资源;水环境;开发利用;21 世纪

中图分类号:TV211

文献标识码:A

文章编号:1006-7647(2000)05-0013-04

随着人口的增长、经济的发展以及人们物质文化生活水平的提高,人类对水的需求量迅速增长,加之人类活动造成水污染,使得世界上许多国家和地区出现水资源危机,水资源紧缺已经成为当今世界许多国家社会经济发展的制约因素,引起人们普遍的关注。早在 1972 年联合国第一次环境与发展大会即已指出:“石油危机之后,下一个危机便是水”。1977 年,联合国大会进一步强调:“水,不久的将来将成为一个深刻的社会危机”。1989 年,联合国前秘书长加利说:“未来的战争将为水而战”。1992 年,一些专家指出:“到 21 世纪,水、粮食和能源这三种资源中,最重要的是水”。1997 年,联合国再次呼吁:“目前地区性的水危机可能预示着全球性危机的到来”。1999 年 2 月,联合国教科文组织在日内瓦召开全球水文大会,再次动员世界各国为解决日趋严重的水资源危机而积极行动起来,加强各国之间的合作,以寻找解决或缓解越来越严重的全球水资源危机的有效途径。目前设在世界水理事会的 21 世纪世界水资源委员会,正在着手制订 21 世纪水、生命和环境长期构想。随着地球水生态环境日益恶化,有专家预测水资源危机将成为 21 世纪人类大规模战争的主要导火线。

1 世界水资源现状

地球表面的 2/3 虽然被水覆盖,但其中 97.5% 是咸水,在余下的 2.5% 的淡水中,又有 87% 是人类难以利用的两极冰盖、冰雪。如果考虑现在的经济、技术能力,扣除无法取用的冰川和高山顶上的冰雪

储量,人类可利用的淡水只占全球水总量的 0.26%,而这部分淡水大部分是地下水,实际上人类可从江河湖泊中取用的淡水仅占水总量的 0.014%。据联合国统计,全球淡水消耗量自 20 世纪初以来增加了 6~7 倍,比人口增长高 2 倍,全球目前 14 亿人缺乏安全的清洁食用水,每年至少 1500 万人死于食用被污染的水而引起的疾病。农业用水约占全球淡水用量的 70%,水资源短缺会阻碍农业的发展,危及世界粮食安全,缺水使全球耕地面积逐年减少,进一步加重贫困人口的负担。

地球上 214 个河流和湖泊系统跨越一条或若干条国界,因争夺水资源,部分国家大动干戈。在过去四五十年里,几乎每一场中东战争中,双方都会将摧毁敌人的供水系统和水源作为首要的战略目标,因此在中东,水资源不仅是人民生活的保障,更是国家安全的支柱,以色列已故总理拉宾曾经警示:“如果我们解决了中东所有其它问题,但是却没有令人满意地解决水的问题,那么,我们的地区将会爆发(战争)”。

在地球上,由于海陆位置、地理纬度、大气环境及地形的影响,各处降水和径流存在明显的差异,表 1 给出了世界大陆各纬度带的多年平均降水量和径流量。由表 1 可知,世界水资源供需状况也不乐观,有 53 个国家和地区缺水,目前的趋势和预测表明,到 21 世纪水资源将成为几乎所有干旱和半干旱国家普遍存在的问题。联合国预测结果表明,生活在水源紧张和经常缺水国家的人数将从 1990 年的 3 亿人增加到 2025 年的 30 亿人。

表1 世界大陆各纬度多年平均降水量和径流量

纬度/(°)	北半球			南半球		
	降水量 /mm	径流量 /mm	径流 系数	降水量 /mm	径流量 /mm	径流 系数
0~10	1677	565	0.34	1872	729	0.39
10~20	763	194	0.25	1110	270	0.24
20~30	513	143	0.28	607	140	0.23
30~40	501	88	0.18	564	134	0.24
40~50	561	190	0.34	868	430	0.50
50~60	510	280	0.55	976	778	0.80
60~70	340	240	0.71			
70~80	194	156	0.80			
80~90				100	80	0.80

2 中国水资源现状

中国年均降水总量为 61 889 亿 m^3 , 平均降水深度 648 mm, 年均地表水资源为 27 115 亿 m^3 , 扣除重复利用量以后, 年均水资源总量为 28 124 亿 m^3 , 居世界第四位. 中国用世界上 7% 的水养活了世界上 22% 的人口. 按 1999 年人口统计, 中国人均占有水资源量约 2 232 m^3 , 仅为世界人均水资源量 8 840 m^3 的 1/4, 排在世界 110 位, 已被联合国列为 13 个贫水国家之一. 我国河川径流量 26 550 亿 m^3 , 在世界主要国家中居第六位, 在与世界主要国家比较中, 水资源是相当可观的, 但人均值远低于一些国家(表 2). 因而存在水资源与人民生产、生活不能完全适应的矛盾. 1949 年以来, 我国的用水量大幅度增长, 由 1949 年的 1031 亿 m^3 增加到 1999 年 6 000 亿 m^3 , 北方和沿海地区已出现不同程度水资源短缺和水质遭污染的严峻形势. 根据国际水资源会议的约定, 可利用水资源在 2 000 m^3 以下地区为贫水国家, 我国华北地区更是缺水, 海河流域水资源人均占有量只是全国人均占有量的 1/6. 我国是世界上淡水资源严重短缺的国家之一. 有 18 个省(区)、30% 的国土、60% 的人口处于严重缺水的边缘. 多年来我国水资源质量不断下降, 水环境持续恶化, 由于污染导致的缺水和事故不断发生, 不仅使工厂停产, 农业减产甚至绝收, 而且严重威胁社会的可持续发展和危害人类的生存. 据调查, 全国 1/4 的人口在饮用水质不良的水, 有 2/3 的人口饮用受次生污染的水. 近年来, 河流断流是一个十分引人注目的水生态问题, 在全国南北地区广泛存在. 我国水资源受降水影响, 其时空分布年内、年际变化大以及区域分布不均. 地区分布很不均匀, 北方水资源缺乏, 南方水资源较丰富, 南北相差悬殊. 1998 年长江发生特大洪灾, 黄河入海时间却只有 5 d. 西南每年近 6 000 亿 m^3 优质水资源流出国境; 西北则是十年九旱. 由于地表径流量的巨大时空变化, 地下水资源就成为我国大部分地区供水的重要来源之一, 地下水资源也是南多北少, 北

方年均地下水资源量为 2 551 亿 m^3 , 占全国的 31%; 南方年均地下水资源量为 5 735 亿 m^3 , 占全国 69%. 水资源空间上分布不平衡性与全国人口、耕地和资源配置的差异性, 构成了我国水资源与人口、耕地资源不匹配的特点.

表2 几个主要国家的年径流量、人均水量和耕地均水量

国 家	年径流量 /亿 m^3	人 口 /亿人	人均水量 /($\text{m}^3 \cdot \text{人}^{-1}$)	耕 地 /(10^6hm^2)	耕地均水量 /($\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$)
巴 西	69 500	1.49	46 808	32.3	215 170
前苏联	54 660	2.80	19 521	226.7	24 111
加拿大	29 010	0.28	103 607	43.6	66 536
中 国	28 124	12.6	2 232	97.3	27 867
印 尼	25 300	1.83	13 825	14.2	178 169
美 国	24 780	2.50	9 912	189.3	13 090
印 度	20 850	8.50	2 464	164.7	12 662
日 本	5 470	1.24	4 411	4.33	126 328
全世界	468 000	60	7 800	1 326.0	35 294

我国水资源供需状况不容乐观, 长期以来, 社会经济发展受缺水困扰, 水资源成为国民经济发展的“瓶颈”, 缺水遍及各个流域, 成为全国性的问题. 进入 21 世纪, 我国的水资源矛盾进一步加剧, 据预测: 2010 年全国总供水量为 6 400 ~ 6 670 亿 m^3 , 相应的总需水量将达 6 633 ~ 6 988 亿 m^3 , 供需缺口近 137 ~ 318 亿 m^3 (表 3). 随着人口进一步增长, 我国 21 世纪 30 ~ 40 年代人口将达到峰值水平——16 ~ 17 亿人, 按 16.5 亿人计算, 南、北方人口比例, 按现在的 44:56 计算, 届时北方人均水资源仅有 735 m^3 , 南方人均耕地 413 m^2 , 仅为安全保障水平的 3/4. 城市中的生活用水与工业用水需求加大, 虽然节水和重复利用水源使需水定额增长趋势变缓, 但由于工业经济的快速发展, 将导致工业用水量迅速增加. 2000 年工业用水达 655 亿 m^3 , 2010 年将达 929 亿 m^3 , 2030 年将达 1 899 亿 m^3 , 2050 年将为 3 436 亿 m^3 , 生活用水将由 2000 年的 189 亿 m^3 增加到 2050 年的 730 亿 m^3 . 由此可见, 我国水资源面临的形势非常严峻, 如果我国水资源的开发利用没有大的突破, 水资源将难以支撑国民经济的快速发展和人民生活水平的提高, 水资源危机将成为 21 世纪最为棘手的难题, 它将威胁中华民族的生存与发展, 前景实在令人担忧.

表3 2010 年全国供需水量分析结果

分区名称	可供水量 /亿 m^3	需水量 /亿 m^3	缺水量 /亿 m^3	缺水率 /%
松辽片	660.3~663.2	637.3~677.4	10.1~17.1	1.5~2.2
黄淮海片	1768.6~1712.5	1800.6~1943.0	88.1~174.4	4.9~9.0
内陆河片	682.2~682.6	701.4~706.3	19.2~23.7	2.7~3.4
长江片	2000.0~2161.0	2030.8~2219.7	30.8~58.7	1.5~2.6
珠江及 东南片	1305.6~1309.5	1331.7~1340.0	22.2~34.4	1.7~2.6
西南诸 河片	92.2~92.4	95.8~102.1	3.6~9.7	3.8~9.5
全 国	6460~6670	6633~6988	137~318	2.5~4.5

3 水资源危机引发的问题

与世界其它国家相比,我国幅员辽阔,人口众多,以占全世界 7% 的耕地养育着占全世界 22% 的人口,随着工农业的快速发展,使水资源问题显得十分严峻,特别是 1978 年以后,对水的需求不断增加,在自然因素和人为因素的双重压力之下,全国出现水资源问题的地区越来越多,而且问题的性质也各不相同,情况复杂,现将目前存在的“水多、水少、水脏、水浑”问题进行综合分析。

3.1 洪灾频繁

水资源年内分配不均而发生洪灾,是水资源危机最为严重的表现之一,使我国的生态环境和生命财产遭受严重破坏,均给社会造成毁灭性的打击,有时还会出现社会动荡。我国是一个洪灾发生最为严重的国家之一,其特点是频次高、历时长、地区广、强度大,洪涝灾害造成的经济损失和人员伤亡,在各种自然灾害中列居第一位。1949~1991 年的 42 年中,全国每年平均受灾面积 780 万 hm^2 ,成灾面积 431 万 hm^2 ,1949~1999 年期间,全国粮食总产出量平均增长率约为 4%。而 1991 年属于水灾较严重的年份之一,全国农田受灾面积 1 613 万 hm^2 ,其中成灾面积 1 131 万 hm^2 ,粮食总产量增长率为负 2.45%。洪灾对国民经济其它部门的影响,不仅在当年,还可能滞后一年甚至几年,如 1954 年特大洪灾损失影响到 1955 年全国国民经济的发展。洪灾对交通运输的影响很大,七大江河中下游有京广、京沪、京九、陇海和沪杭甬等重要铁路,受洪水威胁铁路里程运达 1 万 km ,1954 年江淮水灾,京广线中断 100 d。洪灾对水利设施破坏也很严重,1981 年四川洪灾,15 座小型水库失事,冲毁塘堰 1.4 万座,堤坝 641 km ,提灌站 3 401 个。我国大中城市基本是沿江河布设,受江河洪水严重威胁,1983 年陕西汉江上游发生洪灾,洪水高出安康城 1.5 m,造成安康城毁灭性的灾害,城区最大水深达 11 m,9 万人受灾,死亡 870 人,9 万间平房大多冲毁。近 10 年长江、黄河、淮河、海河、珠江、辽河、松花江连续发生了罕见 100 年一遇的特大洪涝灾害,严重地影响国民经济的发展和人民生命财产的安全,经济损失达 629~2 642 亿元人民币,损失十分惨重。1998 年洪灾发生的原因,除环流背景异常、暴雨强度大、面积广、过程频繁、雨带稳定外,因连降暴雨而造成水土流失则是一个不可忽视的重要因素。1998 年长江、嫩江、松花江爆发百年不遇的大洪灾,连续 70 多天超警戒水位,人民解放军出动 30 余万兵力,动用飞机 2 200 架次,车辆 125 万辆,舰艇 1 070 余艘,夺取抗洪救灾的全面胜利,但同时也付出了农

田受灾面积 0.254 亿 hm^2 、成灾 0.155 9 亿 hm^2 、直接经济损失达 2 642 亿元的代价。

3.2 干旱少雨

旱灾是水资源骤减引起的,它的危害仅次于洪灾,是引起水资源价值突变的另一表现形式。全国农田受旱面积由 70 年代 0.11 亿 hm^2 增加到 1997 年的 0.33 亿 hm^2 ,每年因缺水造成粮食减产 750~1 000 kg 。在 20 世纪前 50 年中,中国发生 11 次死亡逾万人的特大旱灾。其中两次分别是 1928~1930 年的全国大旱和 1942~1943 年的河南大旱,其中 1928 年全国性的大旱延伸到 1930 年,遍及华北、西南、西北 13 个省,受灾人口 1.2 亿人,占当时中国总人口的 30%,因饥饿而死 1 000 万人。1949 年以前每遇严重干旱,河、溪、井、塘干涸,赤地千里,民无粮可食,无水可饮,灾民饥渴交加,背井离乡,六畜渴毙,史不绝书。1949 年以后,政府加大改水工程建设的力度,到 1992 年已解决 1.5 亿人和 9 900 万头牲畜的饮水困难,但近 50 年以来,干旱仍是一种重要的危害社会发展的灾害。由于干旱通常具有发生范围广,持续时间长,对工农业生产破坏极大,其中对粮食生产损失最大(表 4)。1959~1961 年中国北方大范围干旱,此次干旱特别严重。1959 年长江流域及其以北,夏秋连旱,华南秋旱严重,在 1959 年大面积季节旱的基础上,1960 年旱象进一步发展,1959 年 12 月至 1960 年 6 月总降水量比历年同期少 30%~60%,连续 150~180 d 无降雨,春夏严重连旱,全国受灾面积达 0.33 亿 hm^2 ,鲁、豫、晋、陕均有水井干涸、河水断流的情况,土壤含水量普遍在 60% 以下,小麦整个生育期缺水,1961 年干旱持续,北方大面积干旱,严重的干旱使农业大幅度减产,平均每年严重受灾面积 5 300 万 hm^2 。工矿企业因缺水的直接经济损失在 100 亿元以上。国民经济计划难以完成,市场供应紧张,人民生活困难,加上疾病流行因素,人口非正常死亡增加,全国死亡高达 3 000 万人。

表 4 全国不同年代因旱粮食损失量

年 代	粮食损失 量/万 t	年均损失 量/万 t	实际产量 /万 t	正常产量 /万 t	损失量占正 常量比值/%
1949~1959	4 477.5	407	183 105	187 582	2.4
1960~1969	8 247.0	825	185 485	193 733	4.3
1970~1979	9 249.4	925	276 120	285 369	3.2
1980~1990	22 500.0	1 864	423 034	443 534	4.6
合计/平均	42 473.9	1 011	1 067 744	1 110 218	3.8

3.3 河断水减

黄河是我国第二大河流,水量在全国七大河流中居第五位,径流较贫乏,近几年,黄河干流自 1972 年开始,70 年代断流历时最长为 21 d;80 年代年断流历时最长为 36 d;到 90 年代,断流历时急剧升高,

1991、1992、1993、1994、1995、1996、1997、1998、1999年分别为16、82、61、25、122、133、226、137、48 d; 70年代平均断流河长为242 km; 80年代为256 km; 90年代为122 km; 1997年高达700 km; 90年代以前断流一般在河口位置, 1992~1994年延至山东济南附近, 1995年发展到河南夹河滩, 1997年自河南开封以下黄河一片干涸, 占黄河下游段的90%。黄河断流, 下游豫、晋两省沿黄地区有200万 hm^2 农田不能引黄河水灌溉; 由于断流, 黄河下游年均减产7~8亿kg粮食, 直接经济损失年均10亿元人民币。1992年春旱, 利津站断流河次累计82 d, 造成东营、滨州农田严重干旱, 1.4亿 hm^2 不能播种, 减产粮食10亿kg, 直接经济损失达13亿元。同时, 工业也造成很大损失, 东营、滨州和胜利油田生活用水几乎断绝, 7月8日东营市停止全部生活用水, 生活用水仅能维持7 d, 工业处于瘫痪状态, 200万人口、50万头牲畜饮水困难, 胜利油田损失达2.16亿元。黄河断流迫使人们将视线转入地下水, 造成地下水大量超采, 以致形成0.3万 km^2 巨大漏斗, 德州市出现地面沉降, 许多建筑物出现裂缝。新的调查表明, 2010年黄河流域将缺水40亿 m^3 , 2030年将缺水110亿 m^3 , 2050年将缺水160亿 m^3 , 枯水年份缺水还要增加。据了解, 由于河水的减少全国城市缺水60亿 m^3 , 日缺水量超过1600万 m^3 , 其中缺水严重城市达13个。北京目前人均资源量不足300 m^3 , 为全国平均量的14.2%, 世界平均量的50%, 远低于国际公认的人均1000 m^3 的缺水下限, 北京年均可利用的水资源量41亿 m^3 , 按现在的设施和管理水平, 已不能达到国际大都市及环境质量一流城市的要求。

3.4 水体污染

水体中所含溶解物的种类和数量对水质都有一定的影响, 当水质恶化到一定程度时, 使水体丧失了其原有的利用价值, 这就称为水体污染。造成水体污染包括人为因素和自然因素。目前是为人为因素大于自然因素, “三废”是其重要来源, 对人类健康、工农业生产 and 环境质量造成严重威胁。1998年全国废水排放总量为395亿t, 化学需氧量排放为1499万t, 生活污水占总排放量的49.1%。生活污水COD排放总量占COD排放量的46.2%, 这些污水未经任何处理直接排入江河湖泽, 污染了水源。中国668个城市中, 有70%以上的城市水域污染严重, 每年平均有360万t的生活废水和工业废水被倒入江河湖海, 其中95%为未经任何处理的粪便水。北京市的污水集中处理不到40%, 大量没有处理的污水排入河道和渗井、渗坑, 加之农药和化肥的过量使用, 许多地下水受到污染。水资源的污染, 不仅造成农业危害, 农

产品质量下降, 致使土地结构破坏, 而且危及人们的身体健康。据中国29省(市、区)报告, 1996年共发生65起事故性环境污染, 其中由化学性污染引起的28起, 由生物性污染引起的26起。在这些污染事故中有51万人受害, 导致4305人发病, 并有10人死亡。水体污染破坏生态环境, 突出的表现是阻断鱼类洄游路线, 还会破坏城市环境。素有“山水甲天下”之称的桂林, 近年来工业污染使清澈的漓江变得浑浊, 水质变坏。据有关资料, 中国12.6亿人口中, 有7.5亿人正在饮用大肠杆菌超标的污水, 90%的城市水污染严重, 供32个重点城市人口饮用的71个水源中, 就有30个达不到二类饮水标准, 约1.7亿人饮用被有机物污染的水。

3.5 水土流失

大量事实表明, 水环境恶化是加剧水土流失的元凶, 而水土流失又是造成山穷水恶、水旱灾害交替发生的根本原因。我国现在水土流失的面积370.6万 km^2 , 占国土面积的38.7%, 其中水力侵蚀面积为182.6万 km^2 , 风力侵蚀面积为188万 km^2 , 水土流失遍布全国, 几乎每个省(市、区)都有。全国每年流失的表土在50亿t以上, 黄河每年有16亿t泥沙输入三门峡以下, 其中4亿t淤积在下游河床, 12亿t入海。1949年以来, 全国水库、塘坝淤积库容达200亿 m^3 , 相当于损失库容1亿 m^3 的大型水库200座, 直接经济损失100亿元人民币。湖北省因水土流失造成水库、池塘等水利设施的淤积, 使水库库容减少, 蓄洪能力下降, 相应增大了洪峰流量。据调查, 长江上游地区现有大中型水库平均年拦沙淤积1.5亿t, 塘堰7767万t。大渡河龚嘴水电站13年累计淤积泥沙2.32亿 m^3 , 占总库容的1/3。泥沙淤积以及人们不合理的围垦, 使湖泊调蓄洪水能力大大下降, 1949年长江中下游共有湖泊面积25828 km^2 , 至1977年仅余14074 km^2 , 减少近50%。长江原有的22个较大通江湖泊, 因大量不合理的开发建设已损失容积567亿 m^3 , “千湖之省”湖北省的湖泊面积80年代比50年代减少61%。50年代初期, 湖北有332个面积在333 hm^2 以上湖泊, 现在仅剩125个, 总面积2520 km^2 , 不足50年代初期的1/3。泥沙淤积和盲目围湖造田, 昔日“八百里洞庭”已被大大小小的堤垸分割湖体变成“洞庭河”。湖区的耕地面积由1949年的3975 km^2 增加到1999年的6675 km^2 , 湖泊面积缩减2/5, 容水量减少174亿 m^3 , 降低了近40%。

4 结 语

水问题是一个全球性的大问题, 水资源问题将成为21世纪人类面临的最重要的自(下转第68页)

建立标准基础(即在 DSS 中采用的决策准则)并且将这些与综合性 DSS 系统联系起来。

f. 委托人运行 DSS, 可以经济目标促进环境目标的实现, 或反过来确定下游的环境目标并由此来确定补救方案中经济决策条件。

g. 地方管理者可以可实现效益的目标评估来决定费用水平。

h. 输出值往往非常直观, 带有标准判据, 便于委托人选择各种方案, 并且利用它作为公众参与高级管理的一种工具。

K-B 法的关键是委托人可以参与全过程, 因而可以提高当地人员的能力。

不确定性是评价模型预测结果的决定性因素, K-B 法可以发现模型输出结果中的这种不确定性因素。

比较起来, 地方经验(作为与区域经验或数据的区别)可能是非常可靠的。与那些不能直接地利用这类经验的数学模型相比, K-B 法可以把这种经验编入分析程序中去并将它加入到区域经验库中。

在对数学模拟法一些问题的讨论中, 我们注意到, 对这类研究总是要依赖外国咨询专家控制模拟过程得出最终结果。这一点对 K-B 法也适用, 但主要不同点是委托人只从国外引进一部分技术和判据, 更多的是结合当地的经验和国内专家的研究, 这就大大减少了对外国咨询专家的依赖从而提高了自己的技术能力。

(张惠英摘译自 Ongley E D, et al. Pollution remediation planning in developing countries: conventional modelling versus knowledge-based prediction. Water International 1999, 24(1):31~38 编辑:马敏峰)

(上接第 16 页)然资源问题, 水资源危机将会给各国的经济发展造成大的威胁。中国是个缺水的国家, 在从小康走向强国富民的进程中, 必须进行大规模国土整治, 逆转恶化的水生态环境, 更应保护和开发利用水资源, 建立节水型社会, 缓解供需矛盾, 使我们的水资源调配融入一个更高的境界: “为天地立心, 为生民立命, 为往圣继绝学, 为万世开太平”。为此应做到以下几点: ①加强水利建设, 增加供水设施, 通畅江河流程, 提高抗灾能力; ②加大执法力度, 采取有力措施, 控制污染发展, 划分水源保护区; ③加强水资源管理, 建立统一的权威机构, 发挥水资源潜力, 抓好水价改革; ④依靠科技进步, 应用高新技术, 普及水资源知识, 控制人口增长; ⑤兴建调水工程, 解决缺水问题, 科学分配南北水源, 促进经济带的发展; ⑥大搞植树造林, 调整产业结构, 逐步退耕还林, 再造秀美山川; ⑦大力推行节水技术, 发展节水产业, 开源节流并举, 实行节水战略; ⑧统一思想认识, 树立可持续发展思

想, 加大宣传力度, 增强水患意识。

参考文献:

- [1] 邓英淘, 王小强, 崔鹤鸣. 重整山河再造中国[J]. 国土经济, 2000(1):10~12.
- [2] 朱建盈. 21 世纪中国水供求[J]. 中国水利, 2000(1):21~22.
- [3] 郎根栋. 我国水灾可持续发展研究[J]. 灾害学, 2000(1):51~55.
- [4] 姜文来. 水资源价值论[M]. 北京: 科学出版社, 1998. 1~24.
- [5] 赵秉栋, 管华. 水资源学概论[M]. 郑州: 河南大学出版社, 1996. 1~60.
- [6] 彭珂珊. 中国土壤侵蚀的影响因素成因及其危害分析[J]. 水利水电科技进展, 2000, 20(4):15~18.
- [7] 彭珂珊. 黄土高原水土流失区退耕还林(草)的基本思路[J]. 水利水电科技进展, 2000, 20(3):9~14.

(收稿日期:2000-04-01 编辑:马敏峰)

(上接第 40 页)

(忽略超蓄库容带来的发电效益), 也就是说加高方案产生了 37 200 万元的直接经济效益, 将此按 100 年平均分摊, 则相当于每年带来 372 万元的直接经济效益, 加高方案一次性投资 2 422.76 万元与 372 万元之比为 6.5:1, 即相当于大坝加高增加的投资回收年限为 6.5 年, 这是比较短的; 如果还考虑在此 100 年内可能发生 50 年以上、100 年以下频率的洪水及超蓄库容产生的发电效益, 则回收年限更短。

此外, 蓄洪垸分洪当年只能使用一次, 进洪、排洪均难控制, 分洪的时间与量亦难准确把握, 预测效果的未知因素较多; 而水库超蓄时有闸门控制, 高度灵活可靠, 可准确及时蓄洪、泄洪, 尤其是超蓄库容当年可重复使用, 其优越性更是显而易见。

3.2 发电效益

根据计算, 1.15 亿 m^3 的超蓄库容每次可发电 1 900 万 $kW \cdot h$, 如果按江垭电站丰水期上网电价 0.263 元/($kW \cdot h$) 计算, 可创造 500 万元的发电效益, 且超蓄库容利用次数越多, 其创造的发电效益越大。

4 结 语

江垭水库作为澧水流域第一个大型水利水电骨干工程, 抓住其正在建设的有利时机, 在设计不作大的改动、不影响工程施工总进度的前提下, 采取有效的工程措施, 使水库具有超蓄洪水的功能。在下游澧澧地区防洪处于紧急状态下动用超蓄库容, 增加水库对下游削峰和错峰能力及汛期防洪调度的灵活性, 以减轻澧水下游及西洞庭湖区防洪压力, 减灾效益明显, 并可创造可观的发电效益, 比建成后再来加高大坝可节省进出场费及临时建筑设施费用。

(收稿日期:2000-01-11 编辑:熊水斌)