

# 三峡工程对生态环境影响的研究进展与展望

徐 琪

(南京土壤研究所 南京 210008)

**提要** 三峡工程具有发电、防洪与改善航运的三大效益,但由于改变了长江天然的水文河势,带来一系列生态与环境变化,需要采取对策。本文就库区移民、土壤沼泽化问题,盐渍化威胁,生物资源保护及其他环境问题论述了相应的防患措施。

三峡水利枢纽工程已经开工,对论证中提出的一系列生态与环境问题需进行系统的跟踪观测,像世界上所有大型水利工程一样,在生态与环境系统监测中及时发现问题,提出对策,才能充分发挥这一伟大工程的综合效益,以昭世人。

中国科学院一向关注三峡工程对生态与环境的影响,自“六五”开始受国家科委委托,组织院内外几十个科研单位及高等院校的数百名科研人员,就三峡工程对生态与环境的影响及对策进行了系统研究,取得了一批有价值成果,并积极参与了三峡水利枢纽工程对环境的影响报告书的撰写,为国家决策提供了科学依据。

长江流域是一个庞大的自然-人工复合系统,三峡工程建成后所引发的生态与环境问题是多方面的,不仅涉及库区、中下游与河口地区,也涉及陆生、水生与河口近海域等生态系统以及气候、库岸稳定、水质与景观文物等环境因素。从影响的性质而言,有的是可逆的,有的是不可逆的;有的是突变性的,有的是缓变性的或潜在的;有的是直接的,有的是间接的。所以在进行监测的同时,通过综合试验站的试验示范,优化区域生态与环境建设的对策措施,尤为急需。

## 一、关于库区移民环境容量问题

三峡库区所辖 20 个县市,面积达 5.4 万余平方公里,其中耕地 1724.6 万亩,旱地占 70%,其中大于 25 度的挂坡地占 1/4 以上,人口 1421.2 万人,90% 为农业人口,人均耕地仅 1.2 亩。

该区岭谷纵横,水热条件垂直分异明显,多种熟制并存,在气候上虽属亚热带,但干湿季节明显,春夏旱灾频繁,农业生产不高不稳,多年粮食平均单产在 240 公斤上下。多数县为扶贫对象,土地已经过垦。

由于人口不断增长,毁林开荒严重,森林覆盖率下降,库区平均达 19%,而沿江地带仅 10% 左右,以致水土流失不断加剧,山地灾害时有发生。据统计,水土流失面积已达土地面积的 80%,其中中度与重度侵蚀达 60%,是我国生态环境脆弱地区之一。

水库蓄水后,海拔 200 米以下的土地将被淹没,共计淹没耕地 35.7 万亩(其中水田 11.1 万亩,旱地 24.6 万亩),柑桔园 7.4 万亩。这些被淹没的耕地是长期经营形成的高产稳产农田或园地,不论其生产水平,也不论稳收程度,以同等数量的新垦农田是很难弥补的。据移民局精确统计,移民高达 86 万人,加上二次移民,最终动迁人口达 116 万人。移民后,人为活动加剧,不难想见,对已经脆弱的生态与环境会发生强烈的冲击,如不加强治理,势必导致生态环境进一步的恶化。

为了更有效地安置移民,在“七五”期间进行了土地资源的勘查。按坡度小于 25 度、海拔低于 1400 米,而紫色土区细土层厚度大于 20 厘米,石灰岩与黄棕壤区大于 50 厘米的标准,全库区共查出宜农荒地 29.5 万亩。另有宜牧草坡 65.4 万亩,其中较好的草甸土计 19.5 万亩,位于石灰岩槽谷地带,海拔多在 1800 米以上。其余为宜林地与水域以及非农业用地。宜农荒地的垂直分布明显,分布于 500 米以下仅 5.0 万余亩,占 17.2%,500—1000 米的约 15.0 万亩,占 51%;1000—1400 米的约 9.0 万余亩,占 31%,500 米以下的宜农荒地比重小,且多为分布零星的弃耕地。目前在石灰岩槽谷区已经进行种草养畜试点,如红池坝,其经验可望推广。

前面已经提到,库区后备宜农土地资源短缺,土地已经超载,根据我国水土保持法规定大于 25 度坡耕地约有 300 万亩需逐步退耕还林,加上淹没耕地与二次占地,人地人粮关系更趋紧张,以人均年占有粮食 300 公斤、350 公斤与 400 公斤三个标准测算,即使将宜农宜牧荒地全部垦殖,不论库区还是移民安置区,粮食问题仍有相当大的缺口,靠库区自给是不现实的。为了扩大移民环境容量,并建设优美的库区环境,建立综合监测试验站是刻不容缓的。

## 二、中游土壤沼泽化潜育化的潜在威胁问题

长江中游是我国淡水湖泊集中分布地区。由于自然与人为活动双重影响,湖泊不断萎缩、滩地不断出露,自古以来就有围湖造田的壮举。随着时代的前进,围湖造田愈演愈烈。据研究,自本世纪 20 年代到 80 年代,洞庭湖萎缩了一半,湖区面积萎缩了 41%,同时垸(圩)田面积不断扩大。据不完全统计,建国 40 年来中下游地区围湖造田面积不下千万亩。这些新辟稻田无疑对维系商品生产基地起了一定作用,但降低了湖泊调蓄能力,增加了防洪的压力。

围湖所建造的农田,中游地区习称为垸,而下游则习称为圩。这类农田依地形起伏而筑埂包围,以防涝灾。一般是四周高而向中间缓倾,呈现碟状。从大范围看,形成了大盆套小碟的微地形起伏。农民十分清楚,旱季垸田田面平于或稍高于内外河水位,而雨季田面则平于或低于内外河水位,土壤地下水位滞高不下,旱季一般在 30 厘米上下,这种垸田俗称水袋子,涝渍灾害经常发生。

长江中下游地区人口稠密,通过提高复种而争取高产稳产是传统的耕作措施之一,渍害成为实现高产稳产的严重障碍。长江中下游地区又是我国盛行梅雨的地区之一,1—5 月份,特别是 3—5 月份的夏熟作物拔节抽穗或扬花期,如遇梅雨来临,稻田耕层含水量超过田间最大持水量的 80%,作物根系呼吸受阻,轻则导致作物减产,重则失收,由于土性冷湿亦不利水稻返青分蘖。研究证明经常发生渍害的土壤多为地下水位常年维持在 50 厘米以上的低湖田。据统计,渍害发生频率中下游地区是不同的,如 3—5 月份累积降水量超过 300 毫米作物受渍害,超过 400 毫米则受严重渍害,四湖地区分别为十年八遇与十年五遇。而下游地区由于农田水利建设水平较高,渍害频率较低,一般十年三遇或五遇。为防渍害而建设的地上地下相结合的排水系统,对旱作物稳产起了很大作用。

建库后,由于水库调蓄需要,1—5 月份下泄流量增多,江水水位相应抬升,除直接影响沿岸或江心洲农田地下水位下降外,由于回流顶托与滞缓通江湖泊与支流向长江的渲泄,从而影响垸田地下与田面的排水。而对四湖地区也必加强长江向湖区地下水的侧向补给。多年观察已经表明,侧渗补给范围最大距离可达 10—15 公里,有的地区已几乎同地面水域衔接。同时,研究也表明,如湖口江水水位抬升 0.5 米,鄱阳湖通江水道回流顶托达 40 公里,如抬升 1 米可

达 80 公里,是否影响垸田排水应该是不言而喻了。洞庭湖靠近坝区,其影响程度不会比鄱阳湖轻。水库运行后,长江水位已处平水年水平,如遇梅雨年份,中下游江水水位必然抬高,从而加剧农田的四水矛盾(降雨、内外河水、地下水与土壤水),如在不进行人为强行干预的情况下,首先加重渍害,土壤沼泽化潜育化的潜在威胁是难于避免的。至于波及范围不仅包括傍江滩地、洲田,也包括湖泊周围与支流两侧垸田,既有原来未脱潜的垸田,也有已脱潜而又返潜的垸田,在面积估测上有不同意见,同时水库运行到一定时段,荆江河段旁蚀加剧、河床下切,使江水水位有所下降,可能对垸田排水有利,但又影响边滩与岸堤稳定。这些问题还有待监测。

### 三、河口三角洲区土壤盐渍化潜在威胁

河口三角洲地区是咸淡水相互作用沉积而成的,随着长江输沙量的不断累积,三角洲成陆并逐步向外延伸,咸水影响减弱,土壤与地下水中所含盐分逐步淡化,而受海潮侵袭地区仍然有盐土或盐化潮土残存。

长江入海江段,因崇明岛的形成,分为南北两支,北支流量小,所以潮水可沿北支而上溯到斗龙港以远,而后汇入南支入海,由于南支冲淡能力强,南岸的盐土或盐化潮土分布零星,而北支沿岸一带不仅残存大面积盐化土壤,而且地下水矿化度多维持在 2 克/升左右,以致在崇明岛北侧土壤仍未脱离盐渍化的威胁。农作物经常受盐、渍之害。

建库后,1-5 月份江水水位有所抬升,影响土壤地下水位降低,本来地下水盐度高而又处临界深度的土壤,作物受盐渍的危害增加,而 10-12 月份下泄流量减少,对咸潮的顶托能力减弱,咸潮上溯能力加强,势必影响两岸土壤脱盐过程。如不加强治理措施,可能导致土壤盐渍化。

研究表明,江水位与河水位有明显的水利联系,而土壤地下水与江水及内河水位联系亦甚密切。只不过地下水位的波动滞后于内河水位与江水位而已,从而证实潜在威胁的存在。另外咸潮倒灌如影响了城市用水的水质,对工业与饮水造成的危害就更严重了。这种事件过去也有所发生,更应防范。

当然,长江三角洲位于亚热带地区,雨量充沛,土壤发展趋势是脱盐,这无疑是正确的,但不能由此忽视因咸水倒灌而引起的局部地区滞缓土壤脱盐,乃至土壤盐渍化的现象。如果看一看中国土壤分布图或世界土壤分布图就不难发现,即使在热带、亚热带地区沿海地带仍有大面积盐土分布这一事实,就可一目了然。

### 四、生物资源与物种保护问题

生物资源与人类生存发展休戚相关,保护生物多样性是当代各国政治家与科学家十分关注的问题之一,我国也是签字国之一。

三峡地区与长江水域是我国陆生与水生生物资源与物种丰富的地区,以生物多样性与珍稀物种而闻名于世。

研究表明,库区陆生植物计 2859 种,其中属珍稀濒危的植物有 47 种,列为一级保护的 4 种,二级保护的 21 种,三级保护的 22 种,其中荷叶铁线蕨与疏花水柏枝的原产地淹没或受严重威胁。至于说到与森林相依为命的珍稀兽类,因森林植被锐减已向高山迁移。

长江水域及通江湖泊共有鱼类 140 余种,其中上游特有种计 47 种,经济鱼类 30 余种。白鲟、白鲟、中华鲟与长江鲟为一级保护动物,江豚、胭脂鱼为二级保护动物。同时,长江及通

江湖泊是我国四大家鱼的繁殖基地。

河口与近海水域咸淡水交汇形成营养盐富集带,成为回游或海洋鱼类的生存与繁殖水域,从而维系了东海渔场较高的生产力。据调查共有鱼类 167 种,分属 17 目、67 种,其中软骨鱼类 11 种,硬骨鱼类 156 种,尚有无脊椎动物 67 种,以暖水与暖温水种类为主。大家都知道,河口水域还是中华绒毛蟹与鳊鱼的繁殖场所,每年捕捞种苗之战有加无已。

水库蓄水海拔 200 米左右的陆地被淹没,移民后靠,人类经济活动加剧,对植物资源及其多样性不能不产生影响,影响涉及 120 科、358 属、550 种,受影响最大的是禾本科、菊科、大戟科与蔷薇科。生长于库区的无患子科 9 个属几乎全部淹没,在珍稀濒危与经济植物中虽然受到影响,但物种不致灭绝,只淹没一些种的原产地与植株,如疏花水柏枝原产地被淹没,而荷叶铁线蕨原产地受到威胁。可喜的是通过数年的努力这两种植物易地栽培试验已获初步成功,结合森林保护区建设与退化生态系统的重建,使之保存并予扩展,已是指日可待了。

建坝后对水生生物的影响是多方面的,且因种类不同而异,例如白鳍豚,目前已不足 200 头,水库蓄水后清水下泄河床冲刷,中下游栖息水域改变,白鳍豚的分布范围缩小 155 公里,出现意外死亡、事故的几率增多。坝下鱼类资源减少对饵料的保证也是不利的。目前保护区已在筹建中,希获成效;中华鲟属上游洄游性鱼类,已受阻于葛洲坝,正采取人工繁殖放流与保护坝下产卵场等措施;当建成三峡大坝后,10 月份水库蓄水,葛洲坝下游水位下降,江面变窄,产卵场面积相应缩小,不利产卵与发育幼鱼,同时船舶增多,对亲鱼噪声干扰加剧,机械损伤的机率也增多;长江鲟的产卵场在库区上游,建坝后对其产卵场不会产生影响,但水库蓄水之后,水文条件有所改变,原栖息地则发生变迁,种群数据不会明显增加;胭脂鱼在上游的种群在建库后若干年内将相对稳定,而中下游的种群,由于缺乏上游幼鱼的补充,仅靠在本江段小规模繁殖,将难以维护稳定的种群数量。目前人工繁殖已成功,可望减轻所引起的影响程度。

长江鱼类资源丰富,建坝后,上游由于环境的改变,约 40 余种鱼类受到不利影响,其中 40% 系上游特有鱼类,虽不致灭绝,但因栖息地范围缩小约四分之一,种群数据则相应减少;对四大家鱼而言,建坝后上游干支流所繁殖的卵苗将滞流库内,加之库内浮游生物将会增多,鲤鱼种类得以发展,家鱼资源量增加,而坝下产卵场,由于水文条件改变,产卵场的位置与规模将发生变化,如果水库调度不考虑家鱼繁殖要求,宜昌至城陵矶江段的家鱼繁殖将受到严重不利的影响,鱼苗在中下游将减少 50-60%,进入洞庭湖鱼苗的减少幅度则更大。水库调蓄使洞庭湖提前一个月进入枯水期,鱼汛提前,鱼产品的数量与质量亦将下降。鄱阳湖亦有类似的情况发生,另外滩地提前出露,珍禽栖息地分散,对保护也不利。

长江口近海域在咸淡水交汇处有一营养盐类富集带,支持着东海渔场的生产力。研究表明:进入河口的营养盐类 70-80% 来自中下游支流与通江湖泊,由坝上水域汇入的营养盐量仅占 20-30%,所以建库后,河口与近海域营养盐的含量仍可维持较高的水平,但是由于改变河口区径流在年内的分配,对该水域的渔业资源将产生一定的影响。中华绒螯蟹的产卵场将有所移动,蟹苗可能减少,对刀鲚与梅童鱼则产生不利影响,而对凤鲚、银鱼、鲥鱼有利;10 月份下泄流量减少,渔场位置有可能内移,并改变鱼类回流路线,有利于捕捞,当然对资源补充与保护则是不利的。

总之,不论陆生与水生,还是近海水域生态系统,建坝对该生态系统在功能与结构上所产生的影响是复杂多变的,需在上中下游建立保护区,强化研究力度,进行长期监测,方可在保护



生物多样性上万无一失。

## 五、有关的环境问题

在环境因子方面,建坝后受到影响的主要有气候、水文水质、环境地质与山地灾害。

在气候方面,库区属亚热带湿润气候区,降水量在 1000 毫米以上,多暴雨。降水量年际变化较大,气温垂直变化明显,在海拔 400 米以下的河谷区一般年均温在  $17-18^{\circ}\text{C}$ ,海拔每升高 100 米,年均温约降低  $0.6^{\circ}\text{C}$  左右,寒潮影响轻微,云量大,光照不足。

研究表明,建坝后对库周气候虽有一定影响,但涉及范围不大。温度、湿度、风和雾产生影响的水平距离不超过 10 公里,降水的影响范围可达十几公里,如气温年均温增加  $0.2^{\circ}\text{C}$  左右,冬季稍有升高,而夏季略有降低,极端最高最低气温分别下降  $4^{\circ}\text{C}$  与  $3^{\circ}\text{C}$ 。垂直波及距离不足 400 米,湿度亦有一定程度的变化,春、夏、秋稍有增加,冬季略有减少。年降水量将增加 3 毫米,顺风坡降水量有所减少,而逆风坡则稍有增加,该区系多雾地区,雾日为 30-40 天,以重庆为最。建库后,雾日将增加 1-2 天。上述气象要素轻微的变化也有利有弊,如冬季气温升高对喜温性经济林木有利,夏季温度下降,可改善生活环境,夏季降水减少,伏旱有可能加重,雾日增加,障航机率增多等。

水质研究表明,目前长江水质在主要江段为 II 级水质,唯吴淞口已降为 IV 级水质,库区与中下游江段水质无明显差异。唯沿江城市排污量日益增加,在库区的重庆、万县市、涪陵市与长寿以及库首宜昌等城市周边江段已出现污染带,泡沫悬浮令人瞩目。

建库之后流速减缓,悬移质含量下降,复氧与自净能力降低,城镇沿江污染带加重,需减少总的排污量方可维持建坝前水质,而支流与库湾静水区局部污染加重,初次暴雨后易招致局部水体的富营养化;同时水体中重金属总浓度建库后降低 60-70%,沉积物中汞、砷含量将增加一倍,鱼体中汞含量将会增加。对坝下水质的影响有利有弊,宜昌江段水的浊度与固态元素的浓度将明显降低;枯水期坝下江段污染状况有所改善,但 10 月份污染程度较建坝前有所加重。

在环境地质方面包括诱发地震与库岸稳定问题。研究证明,三峡工程周缘 4 平方公里范围内无深大断裂分布,震旦纪以来无岩浆活动,三峡坝址位于完整的结晶岩刚性地块上,具良好的稳定环境。库首区系弱震环境, $M_s > 7$  级地震距坝区 400 公里以远, $M_s 6$  级地震分布于 200 公里以外,波及到坝址影响不会超过 6 度,所以对 7 度设防的大坝建筑不会构成威胁。

在库岸稳定方面,研究发现,干流库岸稳定与较稳定的占库岸总长度的 90%,其余 10% 为稳定性较差的或差的库岸。调查材料说明,干流库岸是泥石流与滑坡多发区。崩塌、滑坡与危体体积在 10 万立方米以上的共有 270 处,其中超过 100 万立方米的中大型计 140 处,稳定和比较稳定的有 118 处,占 84%,稳定性较差的为 14 处,正在变型的为 8 处。库区共有泥石流 271 处,其中 99 处位于巫山至云阳县城库段。在近坝区 70 公里范围内,无较大的致灾性泥石流分布。但在坝址上游正在变型的滑坡体与危岩体,一旦失稳,入江土石量甚大,将严重碍航,如黄腊石与链子岩。好在目前正在监测中。支流亦有滑坡,泥石流与危岩体分布,在城镇迁建与移民搬迁中就予以注意。

由此可以看出,这种影响是利弊交织,错综复杂,要在兴建大坝的同时进行生态与环境演变的系统监测与综合试验,水陆生态系统保护区建设,方可把不利影响减少到最低限度,使三峡工程与生态环境建设同步,促使流域经济发展步上一个新的台阶。