

# 泥砂对大型水库的危害

Fred Pearce

大型水库满足了世界对水和电力的大部分需求，但是它们可能在20年内被淤泥阻塞从而变得毫无用处。

1960年中国人建成了黄河三门峡大坝。4年后，坝后的水库几乎被泥砂淤满而不起作用。那座按照苏联的设计建造的大坝曾被许诺会提供各种好处。50年代初公布的这个计划夸耀说它能防止水灾，浇灌土地，发电，甚至可以消除春天顺流而下的大片冰排的危害。当局动员30万人从居住地搬迁给水库让位。这水库比英国最大的基尔德水库还大40倍。但它们忽视了黄河的泥砂。

黄河不是平白无故叫黄河的。它比任何别的大河携带的泥砂都多，每年从华北中部冲走大约15亿吨的细腻“黄土”。106米高的三门峡大坝建在黄河进入中国平原地带前的最后

等的发展。如果市场机制能使这些濒危资源受到保护与管理，我们也许需要一个深思熟虑的政策去促进这个过程。

近来公认的商业性渔业市场衰退阐明了这个普通的论点，并且该论点也有鼓舞人心的成就。世界上一些最主要的捕鱼国家已经认识到公有制的弊端：所有的自由渔场都导致资源枯竭和经济浪费，这些国家试图用事倍功半的限制性法规去控制它。而相反，如果我们指定渔场捕获量，并且给捕鱼者分派完全限定的所有权，那么渔民们将选择最有效的方法去捕鱼，同时开始对管理渔场资源感兴趣。同样为了克服水、空气和其它普遍缺乏市场机制保护的环境资源的滥用，也可以采用相同的做法。

这个论点与近几年相当流行的“用户支付”和“污染者支付”的原理是一致的。然而这些概念的流行似乎反映出一种强迫用户负担费用的要求，未能使人们清楚地认识到在竞争的市场经济中更高的生产费用被极大地转嫁到其它方面。要求生产者为他们所使用的资源支付足够费用的真正好处在于转变他们的动力以及由此产生的行为，以便能适应他们所应用的所有资源的价格与有限供应。

**四、结论** 持续发展仍仅是一个模糊的概念，在任何一种特定环境下应用这一概念之前，还有许多问题需要澄清。不过，无论持续发展最终将采取什么形式，它都需要一定的手段来保证经济活动不危害自然资源的正常状况和生产能力。

目前，我们管理环境资源的政策机构几乎完全依赖直接法规，即“控制与管理”近似于调和私人活动与国家利益。使市场刺激对这些资源的保存、保护和提高它们的价值几乎不起任何作用。

当然，这并不是说通过市场途径能解决所有的管理问题。市场上还存在许多弊端，尤其是自然资源市场，以致法规大有可为。本文的意旨仅仅是指出我们也许给直接法规管理增加的负担太重，以致它不能保护我们的环境资源，忽视了聚集强大经济力量的良机，实践已经证明经济力量在克服工业生产必需的自然资源有限供应方面是很有效的。

苏英译自《Natural Resources Forum》，Vol.15, No.1, 1991，刘俊峰校

个峡谷上，在泥砂含量最高的地段将河流截断，使大量泥砂沉降下来。多亏某些后期的改建工程，现在三门峡大坝又控制住了黄河水，但水库蓄水量只是最初  $8\text{ km}^3$  库容的三分之一。一度安置过涡轮机的八个孔道改成了排砂隧道。

中国人并未气馁，他们打算在黄河上再建一系列的15个梯级水坝。作为该计划的一部分，他们将在三门峡下游建一座170米高的新坝，来顶替它失去的作用。这次对淤积作了计划安排。中国的工程师计算出10年后三门峡新坝的库容将从开始的  $12.6\text{ km}^3$  降为  $5\text{ km}^3$ 。这两个坝将保护低于黄河的平原地带抵御千年一遇的最大洪水。对这些坝的希望主要是减少下游堤防的经常性的加高。洪泛区平原的黄河在很高的堤岸里流着，河床的淤积使河流抬高到比周围平原高出5米的水平上。

印度比任何别国造的大坝都多，它的首批大坝之一，安德拉邦曼吉拉河的尼扎姆萨加尔大坝完工于1931年，到60年代初泥砂已淤满三分之二的库容，之后在河流集水区进行的制止土壤侵蚀的努力使库容损失保持在这个水平，但水库附近  $2700\text{ km}^2$  的耕地只有半数能够灌溉。

30年中尼扎姆萨加尔水库的淤积速度是政府设计师预测的16倍。印度政府远未从这一灾难中吸取教训，又多次重犯了这个错误。安德拉邦的斯里拉姆—萨加尔水坝于1970年建成，两年内因为库底淤积减少了三分之一库容。此后水库达到一个新平衡，被冲走的和沉积的泥砂相当，但水库一半已为泥砂占据。在北方喜马拉雅地区，印度工程师低估了陡峭的峡谷里建筑的大坝泥砂淤积速率，实际的速率是所估计的5倍，很少有证据能说明他们技艺有所增进。

印度政府希望今年开始建设北方邦喜马拉雅山区代赫里的260米高的大坝。它是该地意向中的巨大的新一代水电站大坝之一。即将完工的巴吉拉蒂水坝建在喜马拉雅地区泥砂最多和最容易塌方的河流上面。政府的工程师说这坝能发挥效益100年。这评价与它依据的研究依然是矛盾的。

印度政府派出一个小组审查代赫里大坝在环境方面的前景，包括设计者无论因意外的还是设计造成的，及所发布的对水库淤积低得毫无道理的估计。工作小组说，事情已经发生，因为沿巴吉拉蒂的泥砂监测站建在泥砂沉降最少的地点；因为这些站只监视河水中悬浮的泥砂而疏忽了“河床淤积”的监测，和那些顺河滚动的较大石块和沉积物。喜马拉雅地质研究所前任所长S. P. 诺梯尔对该地区进行了详细研究后说，代赫里水库的寿命也许只有30至40年。

巨大的水坝是现代社会最令人敬畏的纪念碑。其先驱是20世纪30年代的美国新政公共工程计划，首先在科罗拉多河建起胡佛大坝，以及斯大林在俄国河流上进行的那些伟大工程。水坝在发展中国家里被看作经济增长的跳板，供给工业所需要的无尽电力和土地灌溉的可靠水源。从1950年起，大多数在热带，泥土、石块和混凝土把世界上某些最大河流的峡谷截断。过去的40年里，大坝的蓄水量增加了25倍，目前总数已达  $5000\text{ km}^3$  左右。对我们这个星球的水循环而言，这是一个实质性的阻碍。现在人工水库蓄积的水量大致相当于流入大洋的河流总流量的13%。

在热带建造大坝的大部分工程师是在温带修建较小的水坝时成长起来的，他们把水坝的福音带到数十个国家，然而却导致了致命的盲目建设。除少数例外，在设计和经济评价时泥砂对水库的影响往往被忽视或低估，温带陆地岩石的风化是缓慢发生的，反之，热带的高温和频繁的大雨使自然风化率高得多。水溶解了盐分渗入岩石，参与了风化的化学过程。热带比温带风化快20至50倍。化学侵蚀使岩石表面脆弱，易受风或水的机械磨蚀。

用美国泥砂居最多之列的科罗拉多河上的大坝和巴基斯坦因都斯河上的水坝的泥砂沉积率进行对比,这种差别就很清楚了。科罗拉多河胡佛水坝仅以每年0.3%的速度淤积着,现在这种积累因上游的一些新坝断绝了泥砂来源而几乎停止。而印度河上规模相当的塔贝拉水坝自1974年建成以来,淤积速度接近每年2%。看来数百个这样的热带水坝在下世纪初就会变得毫无用处。

一个典型例子是,工程师假定水库“死库容”——库底的这个区域无法排出水,因为它低于水库出水口——将足够容纳泥砂。但实际上,与水文学的预测大相径庭,泥砂在死库容远未被填满之前常顺水库的倾斜的侧面在有效库容淤积起来。塔贝拉水坝才使用6年,有效库容的44%已被泥砂填满,虽然此时78%的死库容仍空着。

在数十年轻率的建设之后,西方工程师及其热带国家的弟子们才为时已晚地体会到他们小看了泥砂的淤积。华盛顿特区乔治·华盛顿大学的国际水利资源系教授哈立德·马哈默德于1988年为世界银行完成了一研究。在过去40年中世界银行为热带地区修建水坝贷款比为任何其它实体贷款都多。

马哈默德估计世界水库总蓄水能力每年1%被淤泥消耗,也就是每年损失 $50\text{km}^3$ 可调节水量,几乎是胡佛水库蓄水能力的两倍。根据相当保守的造价估计,马哈默德认为这个损失每年达60亿美元,造成的总损失为1300亿美元。

损失的不止是金钱。正如马哈默德在报告中所指出的:“在许多盆地里,适合(水库)的地点很难找到。总之,剩下的位置更难处理,因而开发起来花钱更多。”世界上大部分水库的最佳位置都是粉砂土高岗,这种土地大多因曾流经的河水的压力板结得如此坚强,以至一旦暴露出来对农业也毫无用处。

水电常被描绘作一种“可再生”能源,只要河水还在流向大海我们就能得到它。但正是从此观点出发,如同我们在煤矿采煤或从北海泵出石油时一样,我们确实正在毁灭这个能源,在这种过程中我们把地球上某些最肥沃的河谷变成永久的不毛之地。

世界上河流的泥砂含量差别悬殊,大河之中,中国黄河平均泥沙含量2.2%,显得尤为突出。其它泥沙含量高的河流的名声就逊色多了,经印度流向孟加拉国的恒河——布拉马普特拉河流域含沙量仅为0.17%,与印度河大致相同。

许多大坝几乎消除了下游的淤积,当农民需要淤泥使他们的田地变得肥沃时引起了潜在的严重问题。尼罗河曾经每年把多达1亿吨的淤泥带到下游,这些淤泥及其含有的细菌使下游尼罗河谷及这国家的主要农业区三角洲的全部土地重新变得肥沃,同时也支撑着地中海的渔业,自从1964年阿斯旺水坝建成,洪水泛滥几乎停止,三角洲的原海岸线退缩两公里多,东地中海的捕渔业也衰落了。

1966年加纳建成阿科松博大坝。用它的电力改进国家经济的企图失败了。坝后的沃尔特湖沉积了沃尔特河的大量泥沙,以至不到30年里邻国多哥由于海岸侵蚀1万户家庭失去家园。巴基斯坦印度河过去每年把4.4亿吨泥沙带入阿拉伯海。曼格拉水坝和塔贝拉水坝1964年和1974年分别建成后降为1亿吨。减少的3.4亿吨泥沙大部分滞留在水库里。

尼罗河阿斯旺水坝的巨大的纳赛尔湖的蓄水能力意味着,建成的25年中每年沉积的 $2\text{km}^2$ 泥沙使其巨大的库容以近2%的速度递减。但印度河上的较小水库淤积造成了严重问题。印度河流入价值十亿美元的塔贝拉水坝的水库,沉积形成一个泥砂三角洲并逐渐向坝逼近。设计该坝的美国Tippetts Abnett McCarthy Statton 咨询股份公司知道会形成三角洲。马哈默德说,但他们对砂洲如此迅速地伸向大坝严重估计不足。“(大坝)使用9年之后三角

洲顶峰已在坝上游18km处而不是原先的45km处了。”如果无法制止它，看来这三角洲明年就到大坝了。工程师正在极力防止它埋住涡轮机。即使成功了也将创下能看到水坝最后命运的先例。塔贝拉水库20年内将报废，预测的100年寿命缩短成40年。

巴基斯坦在很大程度上依靠印度河两个主要水坝为干旱的平原进行灌溉并为促进工业化提供电力。巴政府已计划在塔贝拉下游卡拉巴格建座新坝，以使以前的坝淤满后能弥补损失。但这个坝址不利于发电。

在世界许多地区，泥砂的原始来源并非岩石日常的风化侵蚀，而常是地震触发的滑坡。它使按河流平均淤积的测量估计的水库寿命毫无意义。1970年新几内亚的地震触发了 $60\text{km}^2$ 面积的滑坡，在平均侵蚀速度100年2厘米的地区剥去估计11厘米厚的斜坡。圣海伦斯火山1980年喷发后大量的泥石流流入美国西北部主要河流之一的哥伦比亚河。

在世界上地震活动最强的地区之一喜马拉雅地区，滑坡规模宏大，频繁发生，它能使巴吉拉蒂河上拟议中的代赫里水坝的淤积大为增加。这是恒河的一条支流，据《印度地质测量》记载，不久前它曾发生“一系列大规模的滑坡”。1978年卡瑙蒂亚加德发生的一次滑坡完全挡住了河水，几天里形成一个天然水坝。毗邻的阿拉克河谷1970年的一场洪水冲走了 $300\text{万m}^3$ 的泥砂。《印度地质测量》指出巴吉拉蒂河建坝本身就会诱发新的滑坡。当水库调节水位来满足印度工业城市对水电的需求时，水库侧面裸露的易破碎的页岩将因为不断的浸湿和晾干而破坏。比谷底高数百米的整个山坡将失去稳定。某些地质学家，如海德拉巴国家地球物理研究所前任所长维诺德·考尔警告说，滑坡引起的浪潮可能漫过大坝，就和它填满水库一样迅速。

一个潜在的悲剧也可能发生在代赫里。喜马拉雅山发源的第三大河柯西河从西藏经尼泊尔流入印度恒河。1980年的一次滑坡首先截断了它的支流，然后一场大洪水挟有重量150吨以上石头的漂砾泄入柯西河，一天之内就涌进0.6亿吨泥砂沉积物。

水库淤积问题在亚洲最严重，那里年轻的岩层常因造山构造过程在继续升高，这种岩层的侵蚀提供了进入世界大洋的三分之二的沉积物。从亚洲大陆产生的沉积物每年达 $380\text{吨}/\text{km}^2$ ，是全球平均值的两倍多。在喜马拉雅地区程度还要严重。黄河、恒河与布拉马普特拉河流域产生 $1000\text{吨}/\text{km}^2$ 的泥砂。

世界上产生过多泥砂的第二个地区是拉丁美洲，这里也有许多易受危害的坝，特别在中美洲，水电站是电力的主要来源。为美国政府国际开发署所做的研究表明，许多水库的严重淤积已威胁到某些国家的经济前景。危地马拉面临着花1亿美元采取补救措施来降低淤积对普韦布洛Viejo Quixal计划的中央水坝的威胁。

在中美洲，水坝集水区内森林的毁灭因水库淤积而受到广泛谴责。那里和别处一样，改进措施集中在植树上，希望这些树木能固定土壤以免流失并进入水库。但马哈默德警告说这种创见往往无法实施，特别是在大河的盆地。人类活动对河流淤积能产生多大作用还远未弄清，特别是在距离很远的下游。

对威斯康辛州流域仅 $360\text{km}^2$ 的一条小河库恩—克里克120年淤积数据的研究发现，清除森林及同时进行的农业活动侵蚀数千吨土壤，只有5%被挟出克里克河口，剩下的部分沉积在流域内河床和砂洲上。

这意味着努力造林保持集水区，无论在建新坝之前还是为延长现有水坝寿命，都很可能无助于水库，除非它有一个小集水区。这种失败的一个典型的事例是在马哈默德的祖国巴基斯坦印度河的支流杰卢姆河上的曼格拉水坝。一项旨在减少横穿近 $8000\text{km}^2$ 水库集水区的河

# 生物圈中的人类

## ——国际跨学科研究进展

Martin F. Price

进入20世纪的最后10年,我们对地球的新见解在发展。我们的活动能够影响地球上任何其它地方的居民,这一思想已为人们广泛接受。数十亿人活动的积累效应可能导致气候和臭氧层的重要变化。

这些变化称为“全球变化”。它们涉及全世界公众中一个正在形成的认识即:只有一个地球,而且它是唯一适于人类居住的行星。

由北美和欧洲的自然科学家和社会科学家提出的这些全球概念,直到二十世纪后半期才在科学界广泛应用。对这些概念的第一次重要的跨学科国际讨论是1955年以“人在改变地球面貌中的作用”为题的学术讨论会。于是,这次会议导致了将在下文评述的一些活动。

一、变化的范围 很多作者讨论了人类活动有意无意造成的环境变化的各种时间和空间范围。德·卡斯特里(Di castri)将全球变化划为4个阶段。第一阶段开始于1500年左右,欧洲移民和有关生物向其它大陆的迁移,从根本上导致了对生物界的侵扰,生物地理区的分化,饮食习惯的变化,农业实践的逐步扩散。第二阶段,与工业革命相联系,开始于19世纪后半期,世界上大多数生态系统开始经受工业和都市社会的影响。第三阶段是在20世纪,其

流带入的泥沙量的有关措施开始于1959年,即水坝竣工5年以前,一直继续到1989年。马哈默德说,原指望该计划能将曼格拉水库淤积速度降低30%,但集水区淤积监测站发布的数据表明“淤积情况看不出差别”,甚至在行动最早和最积极的区域也是如此。也许测试几十年后,可看出保持陆地土壤的努力对杰卢姆河泥砂含量的影响——但到那时也许曼格拉水库早就废弃,泥砂已埋住它的涡轮机了。

工程师该怎么办呢?首先,在设计大坝和估计其使用寿命前要对淤积速率作出客观的评价。其次,他们需要估价需要怎样的步骤来延长水库使用寿命。

世界大型水库的家族——曾经崭新、辉煌,——正步入晚年。随着赋与其新的寿命的刺激的增长,必需发明出清净水库的技术来。流行的作法包括河水冲刷水库及疏浚,甚至在上游建小型“碎石坝”,使泥沙到达主坝之前就沉积下来。这些选择实际并无吸引力。马哈默德说,最后下来碎石坝可能比主坝造价还高。

巴基斯坦喀布尔河的瓦萨克水坝已经试过冲刷除泥的办法,该坝使用第一年就减少了18%的库容,但只有年淤积量的6%被冲走,就这样,为了冲沙,水库几乎被放空。疏浚也是非常费钱的,比建造一个相应库容的水库造价多20倍。马哈默德说,不管怎样,疏浚也许是挽救搬不走的大坝的唯一途径。

如果他是真的,使这些“可再生”能源真正可再生的任务将使世界每年耗费1千亿美元以上,这还不算为清理以每秒可填满3个标准游泳池的速度淤积的泥沙山失去的库容要花费的总共2.6万亿美元。

胡季 程发泉译自《New Scientist》, 4 May 1991, 杨燕凤校