热带水库的健康危害预报与低成本疾病防治方法评估

威廉·乔宾（William Jobin）博士，
蓝色尼罗河协会（Blue Nile Associates）理事
E-mail: jobin@fone.net

全球水坝委员会（World Commission on Dams）新近发布的报告突出强调了在热带水利工程项目规划过程中及早认识水资源相关疾病的风险的重要性(1)。谨慎选址和修改水坝设计可减少发生致命性热带疾病，如疟疾和血吸虫病的风险。

1 引言

如果水坝和河道工程师在提议在热带地区修建大型水利项目之前从该地区的水利工程健康影响历史中吸取了经验和教训，那么，他们就能够防止他们的工程项目引发热带疾病。这一点非常重要，因为在过去一个世纪中有众多惨痛的历史教训，不少工程项目因为这类热带疾病的爆发遭受全面挫败(2)。

杜·雷塞（de Lesseps）和他的法国公司在 19 世纪初期修建横穿巴拿马地峡的运河的首次尝试就因致命疾病疟疾的流行而被迫中止。黄热病和霍乱在他的工程师和工人中间蔓延。他修建横穿巴拿马地峡的跨海运河的理念也存在重大缺陷，而出现在他的同胞之间的疾病和死亡造成的精神打击最终使他的努力宣告失败(3)。

2 影响指标

为了阐明大型水坝中品质的连续统一性，人们制定了两项影响指标，用于以一种在某种程度上稍显武断的方式罗列出十个声誉最佳的大坝。第一项指标是“人类影响指标（Human Impact Index）”，指因为修建大坝而被迫搬迁的人数除以大坝装机发电能力指数（单位为兆瓦）的得数(4)。

第二项指标是对环境影响的粗略测算，指在泄洪道水位上被库区淹没的土地面积（单位为公顷）除以电站涡轮的装机发电能力指数（单位为兆瓦）的得数。在采用这项环境影响指标时，我们假定水库的面积与其环境影响成正比。今后，我们还可以制定出更为精确的衡量指标。

这些指标对于复杂的问题显然过于简单化，但是向比较分析迈出了第一步。笔者将水坝粗略地划分为三类：优良、劣质、丑陋。对这种分类不必太较真，进行这种分类是为了方便我们进行讨论。

3 优良、劣质和丑陋的水坝举例

笔者希望对这十个水坝的如下等级划分会有助于引导人们对新修水坝的提议进行分析和评估，以便决定是投入大量时间和精力开展调查研究还是直接反对大坝修建项目。在此，笔者只分析了此类水坝项目在水电方面的问题，因为在这方面有庞大的数据库可供查询，但是，某些水坝具有多重功能。

在对十个水坝的“人类影响指数”的比较中，位于尼罗河上游乌干达境内的欧文瀑布大坝（Owen Falls Dam）位列首位，其每兆瓦的人类影响指数最低（见表 1）。位于美国境内的大深谷大坝（Grand Coulee Dam）位列第二，位与巴西与巴拉圭之间的伊泰普大坝（Itaipu Dam）位列第三。

表 1　　十大水坝人类影响指标比较表

水坝名称	所在国家/河流	装机发电能力（兆瓦）	移民人数（千人）	人类影响指标（每兆瓦的移民人数）	排名
欧文瀑布（Owen Falls）大坝	乌干达	150	0.01	0.1	1
大深谷（Grand Coulee）大坝	美国	6800	6	0.9	2
伊泰普（Itaipu）大坝	巴西	12600	42	3.3	3
二滩（Ertan）大坝	中国	3300	30	9.1	4
卡里巴（Kariba）大坝	赞比西河	1500	57	38	5
马南塔利（Manantali）大坝	塞内加尔	200	11	55	6
阿斯旺（Aswan）大坝	埃及	2100	120	57	7
阿科索姆博（Akosombo）大坝	加纳	833	80	96	8
三峡（Three Gorges）大坝	中国	13000	1600	123	9
布洛科朋多（Brokopondo）大坝	苏里南	30	5	167	10

欧文瀑布大坝是利用奔腾江河的典范，该工程的大坝和涡轮均建在一个狭窄的山谷中，而其河水水流几乎常年保持稳定。从维多利亚湖（Lake Victoria）东北角延伸出来的这条狭长的河道是为邻近城市金加（Jinja）市和首都坎帕拉提供电力供应的理想位置。大坝充分利用了维多利亚湖巨大的蓄水能力，而无需再在维多利亚湖与大坝之间的短短水道中新建蓄水水库。数十年以来，维多利亚湖的水位变化幅度微乎其微。

伊泰普大坝工程移民 42,000 人，但是其每兆瓦移民人数却相对较少。原因是该大坝是全面运转的最大型的水电大坝，装机发电能力高达 12.6 吉瓦（见表 1）。

从另一项重要指标——环境影响指标（即每兆瓦装机发电能力对应的淹没面积）来看，欧文瀑布大坝的每兆瓦淹没面积比其它 9 个大坝都要小。在欧文瀑布所在位置，每兆瓦装机发电能力对应的陆地淹没面积仅约为 0.1 公顷（见表 2）。

在欧文瀑布大坝提议修建时，阻碍回游鱼回游通路的问题并未被提出来。或许人们认为下游地区缺乏咸水或出现其它反常状况并不表明当地鱼类的季节性回游对于这些鱼类的生命周期至关重要。但是，一个重大的健康影响问题被预知到了。

欧文瀑布的河流下游地区是墨蚊（蚋）的繁殖地，这种墨蚊会传播盘尾丝虫病（又称河盲症）。墨蚊激流中产卵，产卵区通常在维多利亚湖与科果湖（Lake Kyogo）之间的尼罗河上游

地区。居住在欧文瀑布附近的居民中盲人甚多，原因是这些墨蚊叮咬后传播的一种线状蠕虫侵袭了他们的眼睛。

昆虫学家建议在修建大坝期间用滴滴涕对河道进行消杀处理，以便至少保证大坝施工人员的安全。没有预料到的是，经过若干年反复的消杀处理，墨蚊永远地消失了。滴滴涕消杀工作在 1970 年左右就停止了，但是修建大坝给河流状况带来的改变显然使墨蚊这个物种再也无法适应激流区的条件，因而再也无法传播这种致盲寄生虫了。

表 2　　十大水坝环境影响指标比较表

水坝名称	所在国家/河流	装机发电能力（兆瓦）	库区面积（千公顷）	生态影响指标（每兆瓦对应的淹没公顷数）	排名
欧文瀑布（Owen Falls）大坝	乌干达	150	0.01	0.1	1
大深谷（Grand Coulee）大坝	美国	3300	10	3.0	2
伊泰普（Itaipu）大坝	巴西	6809	26	3.8	3
二滩（Ertan）大坝	中国	13000	110	8.5	4
卡里巴（Kariba）大坝	赞比西河	12600	135	11	5
马南塔利（Manantali）大坝	塞内加尔	2100	400	190	6
阿斯旺（Aswan）大坝	埃及	200	48	240	7
阿科索姆博（Akosombo）大坝	加纳	1500	556	370	8
三峡（Three Gorges）大坝	中国	833	848	1000	9
布洛科朋多（Brokopondo）大坝	苏里南	30	150	5000	10

尽管其它产卵要求的水流速度不是那么高的墨蚊种类后来又在这条河出现，但是这些墨蚊喜欢叮咬动物，而不大叮咬人类。这大概是河盲症消失的另一个原因。但是，这的确是水电工程带来积极健康影响的一个十分罕见的例子。

从低环境影响度的角度来衡量，排在第二位的是二滩大坝，该大坝刚刚在中国西南省份四川修建完成。位于长江支流雅砻江上的这座混凝土拱坝高 240 米，是最高的水坝之一。二滩大坝建在一个峡谷中，但是由于大坝的巨大高度，将产生 10,000 公顷的广阔蓄水面积，发电能力可达 3,300 兆瓦（见表 2）。 库区所在位置是一片已经用于农业开发的地区，并无需要专门保护的特殊对象或多样化物种。

据此看来，欧文瀑布大坝或许还包括大深谷大坝可以作为“优良型水坝”的典范，因为它们的环境影响度相对较低，移民人数也相对较少。同样，必须指出的是，对所有水坝工程而言，从人类和野生动物迁移成功的细节上来看，始终是不如人意的。因此，本文的这种排名并不意味着这些大坝在移民方面是成功的，而仅仅是表明其每兆瓦装机发电能力对应的移民人数较少。

劣质型水坝

排名在第 4 位到第 9 位的大坝被归入“劣质水坝”一类。很明显，这并非一种精确的分类，这些大坝也不存在固有的道德缺陷。在人类影响指标上排名第 4-5 位的是二滩大坝和卡里巴大坝，其人类影响指标分别是移民 9.1 人/兆瓦和移民 38 人/兆瓦（见表 1）。 尽管坐落在赞比西河上的卡里巴大坝高达 1.5 吉瓦的发电能力造成的移民人数仅为 57,000 人，但是这个大坝在修建过程中表现出来的冷酷本性，以及缺乏充分的规划，而且使用致命武器强行推行移民计划，都表明这个大坝的确应该被打入“丑陋型水坝”之列，尽管其理论上的人类影响指标

仅为 5（见表 1）。从人类影响指标的角度来衡量，列入“劣质型水坝”的还有卡里巴大坝（作为一个特例）、马南塔利大坝、阿斯旺大坝、阿科索姆博大坝和三峡大坝，这些大坝的人类影响指标为 38～123 人/兆瓦（见表 1）。在考虑位于塞内加尔河流域的马南塔利大坝的影响时，我们应该将其与下游的迪亚马（Diama）大坝的综合影响考虑在内。迪亚马大坝在下游地区发挥着平稳蓄水量的作用。

从环境影响指标的角度来衡量，排在第 4 位和第 5 位的是中国的三峡大坝和巴西的伊泰普大坝，其环境影响指标分别为 8.5 公顷/兆瓦和 11 公顷/兆瓦（见表 2）。 在三峡大坝动工修建之前（计划在几年内竣工），伊泰普大坝一直是全球最大的水电工程。十个大坝中，排在第 6 至 9 位的大坝也被用环境影响指标来评判，排名靠后的“劣质型大坝”包括：埃及的阿斯旺大坝、塞内加尔河上的马南塔利大坝、赞比西河上的卡里巴大坝和加纳的阿科索姆博大坝。其公顷/兆瓦比值为 190～1000 （见表 2）。

将塞内加尔河上马南塔利大坝和迪亚马大坝这对组合型大坝被合在一起进行考虑，这是两个“劣质型水坝”被合并衡量的一个特例。合并之后，这两个大坝均可列入“丑陋型水坝”一类，因此，笔者将这两个水坝一并列为“丑陋型水坝”。

丑陋型水坝

“丑陋型水坝”这个称谓有一种幽默的味道，因为这些大坝的建筑设计外形可能是相当美观的。

这种类型专门用于在两项指标的排名明显最低，而其具有非常重大的不利影响的水坝工程。苏里南境内的布洛科朋多大坝就够格列入这一类，不但其环境影响指标相对较高，而且其人类影响指标也非常高。还有其它一些水坝——如卡里巴大坝以及马南塔利大坝和迪亚马大坝这对组合型大坝——都属于“丑陋型水坝”。

苏里南河阿佛巴卡（Afobaka）河段修建的低坝在布洛科朋多大坝的上游产生了一个浅位水库，这个水库如今被称为凡·布罗门斯丁教授湖（Lake Prof. van Blommenstein），其条件极其不利。修建在阿佛巴卡的水坝只有 30 兆瓦的发电能力，但是却淹没了 150,000 公顷的热带雨林，移民人数超过 5000 人。需要指出的是，这个移民人数相当于发电能力高达 7 吉瓦的大深谷大坝的移民人数，要知道，大深谷大坝的发电能力是布洛科朋多大坝的 200 倍以上。

马南塔利大坝和迪亚马大坝这对位于塞内加尔河流域的组合型大坝是在塞内加尔和开发组织（OMVS）的庇护下修建的。尽管单独来看，马南塔利大坝只能列入“劣质型水坝”，但是这两个大坝的组合造成了大范围的悲剧性灾难，因此理当被列为“丑陋型水坝”。尽管这两个水坝最终开始向巴马科（马里首都）、达喀尔（塞内加尔首都）和努瓦克肖特（毛里塔尼亚首都）等城市输送电力，但是，它们在迪亚马大坝所在地区引发了多次水患疾病的爆发，其中的一次爆发仍在继续恶化。

综上所述，根据环境影响和人类影响方面的这些简单的指标，乌干达境内的欧文瀑布大坝和美国境内的大深谷大坝堪为“优良型大坝”的典范；苏里南境内的布洛科朋多大把、赞比西河上的卡里巴大坝和马南塔利大坝和迪亚马大坝这对位于塞内加尔河流域的组合型大坝则是“丑陋型大坝”的突出代表。

4 水坝相关疾病

在热带地区从事水坝修建的建设者最为关注的疾病大多与水生昆虫、螺类生物和人类污染水相关。此外，在大型建筑队伍和色情服务者中间还存在着性传播疾病，尤其是艾滋病的危险。这些疾病也在世界其它热带地区，尤其是非洲和亚洲的热带地区发现 (4) 。水患疾病包括疟疾、黄热病、血吸虫病、霍乱、伤寒症和河盲症等。

大坝及其产生的水库在卫生和健康方面发挥着三种作用。首先，水库可以成为传播热带疾病的水生昆虫和螺类生物的繁殖地；其次，水库由于具有渔业潜力和可以开展其它经济活动，因此会引来大量人口；第三，修建大坝往往会将居民从水库淹没区迁移出去，因此需要修建大型安居社区，而这些社区的修建质量往往很差。所有这三方面的作用都会影响到热带疾病的传播。

疟疾 要鼓励工程设计师们谨慎选择大坝修建地址和决定拟建水库的最高水位，以便最大限度地减少水库岸线周围疟疾传播性蚊虫的栖息地面积，从而尽可能减少疟疾的产播。疟疾是热带地区传播范围最广的水患疾病。该疾病通过雌性疟蚊进行传播，雌性疟蚊必须要在静止的水体中进行产卵。如果水体连续一周保持稳定，这些吸血昆虫的卵就会孵化出来。.

美国田纳西州流域管理局（Tennessee Valley Authority）的工程师们至今仍在采用的一项疟蚊控制措施是，在疟蚊产卵季节反复涨落水库水位(5)。这种方法可以使虫卵留在岸上干死或被冲入水中被鱼类吃掉。田纳西流域管理局（TVA）的水坝控制员采用的水位涨落周期为每周水位垂直变化幅度为 1 英尺，并保持进水口和出水口的平稳流速。这种水位涨落法足以控制美国大部分地区的疟蚊，但关键是要把握疟蚊的季节性产卵习性和来自其它热带地区的疟疾传播。

通过除水库出水口的常年稳定出水而外，间歇性放水的方法，同样可以冲掉水库下游河道岸边的疟蚊卵。小型水库，尤其是亚洲地区的小型水库，成功利用虹吸管泄洪道达到了上述目的(6) 。

评估库区或水利工程项目周围地区社区发生疟疾的风险机率的一种重要的方法是，分析疟蚊的日间飞行范围。成年雌性疟蚊在吸血后必须飞回产卵地点以便产下另一批虫卵。如果人类居住地与疟蚊产卵地相隔太远，人类被疟蚊叮咬的可能性就会大大降低，疟疾性寄生虫的传播几率就会大大减少。因此，生活在距离稳定库区边缘 100 米范围内的人们每晚遭疟蚊叮咬的可能性最大，他们中不少人都感染了疟疾性寄生虫。相反，生活在距离疟蚊产卵地 10 公里以外的村庄的居民就很少会遭疟蚊叮咬，感染疟疾的可能性因此也很低。

在美国南部和加勒比海地区常见的一种典型疟蚊的最大飞行范围为 7 公里，尽管其通常的日间飞行范围要小得多，约为 2 公里。通过查阅疟疾方面的相关文献，我们可以确定特定库区的疟蚊种类及其飞行范围。这种飞行范围既可用于选定移民安居地点，也可用于选择施工营地的位置。

对付疟蚊最有效的措施之一是，仔细屏蔽卧室或采用蚊帐或杀虫剂。疟蚊主要在夜间叮咬，因此用蚊帐是非常有效的方法。

黄热病和其它出血性发热病　对进行库区移民规划的工程师们而言，合理设计住房和生活用水供应系统是减少移民中黄热病发生风险的一种重要方法。这种高致命性的发热病由某种蚊虫传播，这种蚊虫通常在人类居住区内常见的小型人工水容器中产卵。尽管这种疾病可通过免疫措施防治，但是在美洲的大部分热带地区这种疾病仍然是一种潜在危害。

传播黄热病的这种蚊虫不同于疟蚊，其常见于住房附近的开放式水塔或供水箱中。因此，建筑工地和移民居住区的饮用水蓄水容器必须要采取封闭措施。这种蚊虫生活在住房周围，全天都会叮咬。因此，蚊帐不是一种有效的防范措施，尽管对住所实行完全屏蔽是有效之举。

在砍伐森林准备修建水坝时，伐木工人也可能会感染类似黄热病的出血性发热病，只是这些疾病的感染途径有所不同。这是一种非常罕见和复杂的危险，需要咨询专业人士。只有在热带雨林地区进行大规模大范围工程时才需要进行这方面的咨询(7) 。

血吸虫病 与控制疟蚊的方法相似，涨落变动水库的水位同样有助于控制传播这种称为“血吸虫病”的寄生虫疾病的寄生螺(2)。水面稳定的水库、水池、灌溉渠、排水沟和沼泽都是这种寄生螺的理想栖息场所。

在亚洲地区，尤其是中国的长江流域，还发现另一种疾病类型。尽管通过全国性的控制措施，这种疾病已经显著减少，但是，三峡大坝的修建可能会使发生这种疾病的风险再次增加。根据目前的估计，三峡大坝完全蓄水后，可能会对这种疾病的地理分布产生积极和消极两方面的影响(7)。

人们一旦涉入钉螺栖息的水中，就有可能感染钉螺携带的血吸虫，这是一种非常微小的寄生虫。这种幼虫能迅速穿透人的皮肤，然后寄生在人体肠道周围的主要动脉血管中，成长为成虫。成虫产下的卵会穿透肠壁，并随人体粪便排出。一旦这种粪便污染了钉螺的栖息地，钉螺就会感染血吸虫，疾病传播周期于是便如此继续下去。人类如果持续结出大量此类寄生虫就会产生严重的肝脏疾病，甚至导致死亡。

在某些地方，工程师们在控制血吸虫病方面发挥了主要作用。在波多黎各的甘蔗灌溉种植地区，在二战前波多黎各岛南海岸修建多处水坝和沟渠之后的数十年间，血吸虫病使众多甘蔗园工人丧命(2)。战后，美国公共卫生局（US Public Health Service）的工程师和曾在田纳西流域管理局学习过公共卫生工程学的科学家们首次将他们的经验用于控制波多黎各地区的疟疾。随后，他们制定了一项综合性的血吸虫病控制方案，该方案利用排水工程，通过保证供水安全和采取其它方法对血吸虫病实施控制。然而，这种疾病在美洲的其它很多地方，尤其是在某些加勒比海岛国，在委内瑞拉的低洼地区和巴西海岸众多地区，依然挥之不去。在巴西南部边境沿线这也是一个潜在的问题。

在亚洲，这种疾病通过经济发展和填埋和排干钉螺的栖息地等途径得到了很大程度的控制，尤其是在日本。目前，这种疾病仍然在长江流域和湄公河流域的部分地区存在。

通常，工程师们已经拥有了控制这些疾病所需的众多信息。在进行水坝建设规划时，工程师们采集到的信息——如地形信息、河流年流量信息和气候条件信息等——同样可以用于预测疾病传播的风险，尤其是血吸虫病和疟疾。尤其应关注可以用于预测拟建水库岸线配置预期的季节性变化和影响钉螺和疟蚊繁殖区的水位预期变化的各种因素。

可以利用标明了拟建水库预期岸线和最高水位的地形图，将库区划分为深度、宽度、岸坡和主导风向相近的统一岸线区段(2)。钉螺或疟蚊在避风避浪的小水湾处可以生长得非常繁盛。但是，他们无法再开阔和侵蚀严重的岸边生存繁衍。这样，我们就可以将风速数据用于判断那些岸边区域的水流侵蚀严重，不适合这类致病寄生虫栖息繁衍，同时也可用于那些岸边区域可能适合它们生长繁殖。

其他方面的信息，如水温、水的清澈度以及水和土壤的肥度，也有助于推测保护性植被的数量，这些植被同样会影响岸边区域对各种螺类和蚊虫生长的适合程度。我们还需要通过生物学文献界定螺类和蚊虫的特定地理位置及其繁殖条件。

霍乱和伤寒症 为拟建大坝的移民安居区和大坝施工人员住地适当选定居住位置和进行妥善的卫生设计，是工程师和规划者们避免发生因不良卫生条件而导致的各种疾病的一种有效的途径。草草搭建的建筑工棚或设计极差的安居社区都可能成为霍乱、伤寒症和其它热带疾病严重爆发的根源。这些传播迅速的疾病是由于饮用水和食物受到排泄物的污染而导致的，因此提供方便、充足和安全的饮水是防止此类疾病的重要关键。

盘尾丝虫病（河盲症） 负责设计水坝和其它水利工程泄洪道的工程师能够在防止河盲症爆发方面发挥重要作用。这种疾病常见于中美洲、厄瓜多尔、委内瑞拉和巴西北部的山区(2)。此外，在非洲和红海地区也有发现。这种寄生虫感染性疾病是通过一种小型墨蚊进行传播的，这种墨蚊在山涧激流中和水坝的泄洪口等激流中产卵繁殖。其寄生虫通过墨蚊令人作痛的叮咬传播给人类。这种寄生虫进入人体后会居住在人的眼睛中，并最终致盲。这种疾病也被称为盘尾丝虫病。

工程师们可以采用调节水流速度或周期性地排干泄洪道等方法阻止墨蚊繁殖。此外，还必须对当地的墨蚊特性进行具体界定，以便确定其繁殖所需的流速，但是，一般而言，墨蚊都会在流速介于 0.9 米和 1.2 米之间的激流中产卵。如果泄洪道每周排干一次，这类墨蚊就很难在此产卵繁殖(2)。

在美洲地区，墨蚊的飞行范围可以借助有关非洲墨蚊的丰富数据很好地推测得知。这些数据表明，墨蚊的通常日飞行范围约为 30 公里，这样看来，墨蚊的飞行距离要比疟蚊远得多。由于这些墨蚊主要是白天在户外叮人，因此蚊帐和屏蔽对于防止河盲症并不有效。

艾滋病 在尚未发现艾滋病病毒的孤立地区进行大型建筑工程规划时，要小心避免因艾滋病病毒（HIV）的性传播引发的艾滋病 。一旦将这种致命病毒传入这些孤立社区，就会造成毁灭性和长期性的危害。同样，在业已发现艾滋病病毒的地区，应采取广泛的防治措施，并将其纳入常规影响弥补计划。

在大型水坝的修建阶段，材料和设备都必须千里迢迢地运来。这种运输过程可以采用一种接力中继体制，使卡车驾驶员可以每晚在家睡觉，从而减少传播艾滋病病毒的可能性。艾滋病病毒在非洲的蔓延，长途货车司机难辞其咎(2)。

工程规划者在制定艾滋病防治措施时需要专家的支持，因为这些措施和方法通常都具有社会学和医疗学的特性。但是，工程师们也可以发挥一定的作用，他们可以尽量避免大坝施工现场的大型施工住地中单身男子的数量。取而代之以施工工人的家庭居住方式，并每天运送工人上下班，在家庭与工地之间稳定往返，以便避免各种性传播疾病的蔓延。大型施工住地中的单身男子在性行为方面的社会控制力大大降低，通常是性传播疾病的重要隐患。在正常和稳定的社会群体中，可以通过健康教育和其它防治计划加强这方面的社会控制。

5 改善水坝的设计和运作

在进行水坝建设规划时，提早考虑到健康和环境方面的影响可以使规划过程在多方受益。这些考虑点同样也可以引入水坝选址、水坝和灌溉系统设计和整个水利系统的运作过程之中。运作的好坏通常取决于设计是否合理，因此，在设计过程中必须要充分考虑运作特点和需要。

选址 为水坝选择理想的修建地址通常是一个循序渐进的过程，在这个过程中，会对众多可能的地点进行逐步筛选，最终选定理想的修建地址。这种排除过程通常是不可逆转的，这在一方面是因为针对具体场地的信息会随着选择范围的缩小逐步增加。遗憾的是，健康和环境因

素在最后选定步骤之前往往遭到忽略，一旦发现有严重的消极影响存在，回旋余地已经很小了。因此，从选址初期开始，最好就将健康和环境因素纳入考虑范围，在理想地址处与其它原因被排除之前，要及时指明相关参数。

设计　泄洪道和出水口的设计要精益求精，以便满足周期性调节库区水位的需要，以及在必要时防止墨蚊繁殖。修建水坝带来的另一个负面影响是在物理上阻止了回游鱼类的回游。因此，在设计这类大坝时，要在泄洪道、出水口和其它设施中设计鱼类的回游通道。

运作 为了保证库区下游地区的环境利益，通常需要尽可能保持自然的水流状态。很多蓄水水库的水位在年内都有明显的涨落变化，水位通常会随季节变化涨落。仔细了解这些涨落方式和库区的地形特征等方面的情况，就可以在适当的季节保持繁殖区有充足的水面覆盖，从而保护水库周边鱼类和水生物的栖息地。

根据岸坡坡度和水位涨跌幅度，每年的水位涨跌会使杂物、浮游植物、蚊虫幼虫和寄生螺类搁浅。这种效应有助于减少疟疾和血吸虫病的传播，减少浮游植物，并最大限度地避免水面杂物在通过时给泄洪道和发电涡轮造成损害(2)。

江河入口处的防咸水倒灌栏坝常常严重阻碍了非洲河流的鱼类回游（参阅迪奥普［Diop］等人 1994 年论著）。这种鱼类每年的这种回游方式有利于减少血吸虫病致病螺的数量。咸水侵入还必须满足灌溉系统的需要，因为这类栏坝通常就是设计用于灌溉系统的供水(2)。

［参考文献］

[1] 全球水坝委员会，《最终报告（“Final Report.”）》，约翰内斯堡，南非，2001 年。

[2] 乔宾（Jobin, W.），《水坝与疾病（“Dams and disease.”）》，Routledge and Spon Publishers 出版社，伦敦，英国，1999 年。

[3]麦克库劳（McCullough, D.），《海际通道（“Path between the seas.”）》，Simon and Schuster Publishers 出版社，纽约，美国，1999 年。

[4] 古兰（Goodland, R.），《具有环境可持续性的能源系统中的民族要务（“Ethical priorities in environmentally sustainable energy systems,”）》，摘自《2000 年能源需求（Energy Needs in the Year 2000）》，西雅（Shea）编撰，沃森国际出版社（Watson Publishers International），第 145-169 页。

[5] 田纳西流域管理局（Tennessee Valley Authority），《阻断水体的疟疾控制（“Malaria control on impounded waters.”）》，美国政府出版社（US Government Printing Office），华盛顿特区，美国，1947 年。

[6]《蚊虫控制环境管理手册（“Manual on environmental management for mosquito control.”）》，世界卫生组织第 66 号出版分社（World Health Organization Offset publication No. 66），日内瓦，瑞士，1982 年。

[7] 蒋正（Jiang Zheng），《血吸虫病传播与三峡水库施工的关系（“Relationship between the transmission of Schistosomiasis japonica and the construction of the Three Gorge Reservoir”）》，摘自《Acta Tropica》，第 82 期，第 147-156 页，2002 年。