

大坝工程环境问题

第17届国际大坝会议论文译文集

中国电力企业联合会科技工作部

974695

TU64
5654

TU64
5654

大坝工程环境问题

第 17 届国际大坝会议论文译文集

中国电力企业联合会科技工作部

大坝工程环境问题

第 17 届国际大坝会议论文译文集

中国电力企业联合会科技工作部

京苑印刷厂印刷

787×1092 毫米 16 开本 22 印张 500 千字

1992 年 9 月 内部发行

序

本世纪以来，人类修建大坝的技术有飞跃的发展，遍布世界各地的大坝和水库为控制水害、兴修水利、促进经济发展和提高人民生活水平作出了重要的贡献，但是也引起了一些问题和争议。如果说，数十年前工程师所遇到的难题是复杂的地基、强烈的地震、巨大的洪水、高边坡、大洞室以及导流、混凝土浇筑和土石方施工等技术问题的话，今天面临的难题中就包括了更多的社会政治问题——特别是建坝引起的生态环境影响问题。只要看一下历届国际大坝会议讨论的题目中，愈来愈多地出现环境问题，1972年更建立了专门委员会进行研究，就是一个明证。去年在维也纳召开的第17届国际大坝会议上，大坝工程环境问题更被列为四大专题之一，引起了广泛的注意。

出现这一情况不是偶然的。任何水利工程的兴建必然会改变现存的环境条件，产生相应的影响——只是不同的工程影响范围有大有小，程度有深有浅而已——需要经过一段时间才能达到新的平衡状态。这种新的状态和原有状态相比，在某些方面是有利的，而在另一些方面则是不利的。长期以来，人类在搞建设时（不仅指水利工程）往往偏重于从技术、经济角度考虑问题。工程师的主要任务似乎就是在保证建筑物安全的前提下如何最大限度地进行优化，以降低造价和缩短工期，对环境影响的考虑很少甚至未予考虑。这种对环境只知索取不讲求保护的做法，终于招致了大自然的无情的报复：环境污染、生态破坏、物种灭绝……水坝工程也不例外，某些水坝工程（特别是大水坝）建成后，出现了一系列问题：水库淹没、浸没、淤积、坍岸、地震、移民、水土流失、森林消亡以及对下游的冲刷、水质、水温、物种、健康等等。这就引起人们的注意和重视，逐渐认识到在进行建设的同时，必须保护人类赖以生存的环境，从而展开了一系列的研究，发出了各种呼吁，召开了多次会议，制订了各种国家或国际法规或导则，今年在里约举行的国际环发大会，各国首脑都出席，可见环境问题已被提到多么高的位置。

就大坝工程来说，现在许多发达国家已把建坝引起的环境影响列为首要问题，许多水利、水电工程计划均因此而搁浅或取消。国际上有些人士甚至强烈反对再兴建任何大坝。我写到这里，不禁回想起去年出席国际大坝会议（ICOLD）17届全会的情景。会议是在历史名城维也纳郊区多瑙河畔举行的。我们去报到时第一个印象就是在会议中心门口聚集着一些抗议者。他们自称是‘国际反坝协会’（ICALD），住在附近的帐篷中，架起幕布、贴上标语，举着抗议牌，散发宣传品，呼吁停止建坝，让河流自由流动。半个月的会议期间他们天天进行抗议，并要求与ICOLD对话辩论——当然示威者都是受雇的青年学生，并不是真正的策动者，但也可以说明国际上有些人士对大坝的反感和忧虑已经达到何等程度。

这就出现了发展与环保间的平衡问题。我曾经试探地询问那些可爱的学生：“你们反对修水坝建水电，因为水坝要破坏环境，你们也反对开煤矿建火电，因为那将产生更严重的污染，你们也反对搞核电，因为不安全而且核废料更是万世污染的祸根。但是你们还是需要用电，一刻也离不开它，请问又从哪里去得到电呢？”他们的答复非常简单，那就是写在标语牌上的一句话：“科学家工程师们，我们相信你们有足够的智慧找到更合适的能源！”球

又踢回给科学家和工程师了。不幸，当今科学家和工程师并没有像他们期望的那样聪明，还找不到一种切实可行、大规模取得廉价能源的“干净手段”。

上述矛盾在发达国家中还容易解决些。以电力为例，他们目前的用电水平已达到人均 1 万几千千瓦·小时 / 每年，他们拥有的发电能力保持有 30% 以上的裕度。他们拥有高技术和强大的经济实力，可以投入大量资金于更换设备、提高效率、节约能源、减轻污染以及开发新能源中去。他们只需保持低的增长速度，在 10 年 20 年内不会有困难。所以他们对电力建设提出近于苛刻的要求，可以暂缓进行、重新研究一些大型水电、火电、核电的建设而不会马上受到影响，而对于发展中的我国来说，情况就完全两样了。到去年底，我国人均用电仅 600 千瓦·小时 / 每年，是发达国家的几十分之一。我国全面长期缺电，只得依靠无休止的拉闸限电来过日子。我国今后的发展速度无论如何不能低——否则世界就难以有中国和中华民族立足之地，我国目前的资金又极端短缺，不能放开手脚地大搞改建、更新、治理工作或搞新能源。跳出能源角度看问题，我国水资源十分短缺，分布不均，大江大河的洪灾和广大地区的旱灾更是笼罩在我们头上的阴影。在这种情况下，我们能像某些国家那样基本上停止建坝么？

坦率说，我们不能同意某些自封的国际组织——如什么‘国际探索’，‘国际河网组织’，甚至什么‘水法庭’那种对水坝的偏激看法。他们其实对水坝和水库了解甚少，对中国情况更是一无所知，但一再宣扬大坝是人类历史上最大的坟墓，建坝是对子孙万代的造孽，不分青红皂白地反对建坝。他们的错误在于‘以偏概全’、‘因噎废食’、和不对各国国情作任何区分。这种不客观不科学的论点理所当然地受到各国识的公正人士的否定，但是很有一些市场。对于我国来讲，尤其不能接受这种保持环境不受任何变动的主张，理由很简单：按照这些先生的理论，中国就只能停留在现在的水平，失去了发展权——也就是失去了生存权。一个沦为别人经济附庸的国家还有什么前途可言，还谈得到什么生态环境保护呢。我认为，如何正确对待建设中出现的环境问题，是值得全国人民、全国科技界——包括生态环境部门共同重视和研究的。

要从国情出发，千方百计使国家尽快富强，人民生活水平迅速提高，是压倒一切的任务。但是建坝又确实会对环境产生某些不利的影响，我们应如何处理这对矛盾呢？我认为，一应实事求是，二应区别对待，三应结合国情，四应分步到位，这似可成为我们遵循的原则。所谓实事求是是指建设前根据国家有关规定把工程对环境的有利不利影响调查清楚，既不要回避也不要夸大，对有利影响要充分发挥，对不利影响要提出减免措施并在建设中实施。所谓区别对待就是抓住影响较大较深的问题重点解决将它们和不影响大局、影响轻微或可另行补偿的项目区别对待。所谓结合国情指在制定各种评价、补偿原则和标准时要结合我国现实的经济和社会条件。所谓分步到位指的是规划的远景要求可以高些，但只能分步实施，不能要求毕其功于一役，尤其不能将负担完全压在基建投资上，而应合理分担，分步解决。总之，我认为我们应该有符合自己国情的生态环境科学和解决问题的方法与准则，不能照搬照抄发达国家的某些要求和做法，尤其不宜无分析地宣扬引用一些国际上的偏激论调和要求。我们迫切希望我国有关学术界和部门来共同发展这门重要的学科。

在维也纳举行的 17 届国际大坝会议上共收到 27 个国家提交的 70 篇有关大坝工程环境问题的论文，并进行了热烈的讨论。这些资料的内容很广泛，几乎涉及到筑坝对环境影

响的各个方面，仔细研读这些论文，不仅可以了解建坝对环境的各种影响，还可以从实例中看到各国评价环境问题的原则和治理的经验以及预测和实践的对比。和某些人士的偏激言论不同，这些文章是有实践经验的工程师和环境科学家撰写的，就显得较为客观和公正，遗憾的是多数论文是发达国家提供的，他们注意的重点也许和我们最关心的问题并不完全一致，但无论如何都有重要参考价值。中国电力企业联合会在能源部水电开发司、科技司和水利水电规划设计总院的协助下，组织有关部门的专家翻译了 50 篇论文汇编出版，做了一件很有意义的事。所以陈宗梁同志在出版前征序于我，我欣然命笔，而且发挥了上面一通议论，供广大的同志们参考，谬误之处尤其希望能得到批评指正。

潘家铮

1992 年 8 月 15 日于能源部

编 者 的 话

1991年6月在奥地利维也纳召开的第17届国际大坝会议上,大坝工程环境问题被列入四大讨论题之一,成了一个热门课题。目前一些发达国家把环境影响作为兴建大坝前的一个首要研究问题,十分重视环境影响。与此同时,近年来在国际上也还出现一些偏激看法和言论、过分地强调环境保护,甚至提出了反对兴建大坝。对此应该客观地回顾一下历史,作出一个公正的评价,看到大坝给人类造福所作出的重大贡献,同时过去对环境影响考虑很少或是未作考虑,引起了某些环境的问题,这也是事实。对此持积极态度应给予高度重视,努力做到充分发挥建坝的有利作用,采取得力措施,对可能引起的不利影响降低到最小程度,重要的前提还是要多建和快速大坝,为造福人类,做更大的贡献,有关处理建坝与环境影响问题的原则,正如在序言中所指出的,根据我国的国情应是:实事求是,区别对待,结合国情,分步到位。要建立我国自己的生态环境科学,研究解决我国问题的方法和准则。在这里再强调一下对待外国经验一定要作具体分析,切不可照搬、照抄,对一些偏激言论不应盲目宣扬和盲目接受。

第17届国际大坝会议上,专家和学者发表了70篇大坝工程环境问题的论文,内容丰富,涉及面广,包括有:能源、农业、森林、渔业、珍稀动植物、卫生、水质水温、气候、泥沙淤积、淹没浸没、诱发地震、滑坡、移民安置、政治、社会、经济、财政等等,几乎所有这类问题全都概括在内,可以说反映出了发达国家在大坝工程环境影响方面的实际情况和发展动态,并列举了较多的工程实例:如建坝对环境的影响,评价环境的一些原则,预防和治理环境的经验以及预测和实践情况的对比和分析研究。上述这些国外情况和经验虽绝大多数来自发达国家,有他们国家的一些具体情况和注意的重点,但对我国做好大坝工程环境方面的工作具有重要的参考价值,为此中国电力企业联合会科技工作部组织了翻译,选择国外有代表性的21个国家的论文和总报告,共50篇文章,组编出版此本译文集,供广大读者参考。

参加此译文集的译校工作有:中国电力企业联合会科技工作部、水利水电规划设计总院、水利水电科学研究院、水利电力科学技术情报研究所、北京师范大学环境科学研究所、天津勘测设计院、北京勘测设计院、成都勘测设计院等单位的专家和同行。

译文集是由中国电力企业联合会科技工作部陈宗梁同志主编并统校,参加组织工作的还有姚奇、柳林、费骥鸣等同志。

这本译文集的出版是在中国科学院学部委员、能源部水电总工程师潘家铮,中国电力企业联合会副理事长游吉寿,秘书长陈望祥的关心和指导下进行的,还得到了能源部张津生、邝凤山同志,水利水电规划设计总院沈淦生,董在志同志的大力支持,在此向关心、支持译文集的同志和参加译校工作的专家和同行表示谢意。

在译校工作中遇到有关的地名、河名、工程名、人名、动植物名较多,除重点译成中文并写上原文外,其它的写原文或中文。由于出版时间仓促,如有建议和意见,请与编者联系。

编者

1992年8月15日于

中国电力企业联合会科技工作部

目 录

序

编者的话

热带地区水库的影响以法属圭亚那小瀑布坝的研究为例(法国)	(1)
阿那布水库的水质问题原因和解决方法(西班牙)	(12)
决策建设河流开发项目时的环境影响平衡(西班牙)	(23)
杰尼尔河四座水库垂直入射光的衰减情况(西班牙)	(32)
考底斯拉梅拉水电工程和环境(西班牙)	(39)
大坝工程对满足人类和环境要求的贡献(联邦德国)	(47)
法国水电站水库用于控制生态系统的学术认识, 泥沙淤积处理 技术和水生物模型研究技术(法国)	(59)
敏感的社会经济环境中的大坝建设: 法国最近几个有代表性的工程实例(法国)	(69)
水库中淡水赤潮的物理累积与基本生长元素的研究(日本)	(83)
塞文潮汐电站档潮闸对塞文海湾的环境影响(英国)	(98)
大坝建设对自然环境和社会环境的影响(日本)	(109)
从满足全球环境需求出发来重新评价水能开发(日本)	(121)
为了水库上游地区的发展所进行的环境改善(日本)	(132)
改善水库水质实例(日本)	(141)
长良川河口拦河堰的建设和渔业资源的保护(日本)	(154)
大坝环境影响评价的方法论及实际经验(葡萄牙)	(165)
帕尔丹大坝和水库与原目标相比较的运行评价(韩国)	(176)
大坝结构对河流生态和未来水利利用的影响(捷克)	(183)
与水生动物进化有关的水电站大坝下游补偿 流量的确定(罗马尼亚)	(189)
姆加拉工程对环境的影响(摩洛哥)	(197)
帕蒂亚水电工程实例: 环境预测和结果(新西兰)	(207)
综合利用工程对环境的总体影响 评价方法和结果(法国)	(218)
特里大坝工程环境影响评价(印度)	(230)
老人河大坝工程的环境保护计划(加拿大)	(235)
大坝和河流水质(美国)	(239)
希奇希查工程: 一个世纪性观点(美国)	(250)

大坝规划, 人和环境; 世界银行的政策和实践 (美国)	(257)
东侧水库工程, 人类和环境需要平衡的研究 (美国)	(266)
洛斯特溪水库优化调度研究 (美国)	(283)
达尔斯顿鱼道工程上的水电开发 (美国)	(295)
河道建坝对溯河回游鱼类幼鱼下行的影响 (美国)	(303)
马卡瓜二级: 城市环境内的一个大型水电工程 (委内瑞拉)	(312)
约翰哈特大坝加固设计和施工的环境研究 (加拿大)	(317)
挪威大坝建设和水库调度的	
特许权——立法申请程序和环境问题 (挪威)	(326)
德拉瓦河上水电站的环境影响 (南斯拉夫)	(331)
对萨勒·达·依斯特拉天然公园内建萨巴古莱	
二级水电站方案的环境影响的评价 (葡萄牙)	(334)
巴克巴兰巴流城灌溉工程和水栖生态系统	
的综合管理研究 (澳大利亚)	(343)
西海姆挡水堰利用灌浆帷幕抗盐入侵 (澳大利亚)	(357)
为评价海帕·诺维·赛特回水影响对 Kopacki Rit	
保护区进行调研的计划 (南斯拉夫)	(370)
环境对生活用水的水库的影响 (南斯拉夫)	(375)
摩洛哥姆加拉大坝的环境影响研究 (摩洛哥)	(382)
水质模型 [WQ-ARM 和 STRATIF] 在巴西、	
印度尼西亚诸水库的应用 (荷兰)	(394)
社会和环境问题对西澳大利亚的西皮巴拉	
地区水资源规划的影响 (澳大利亚)	(410)
水能开发和环境保护 (苏联)	(426)
阿尔顿沃尔斯水库的生态系统	
研究主要成果和可用于未来工程的结论 (奥地利)	(432)
奥地利电站区域协调及环境影响研究: 理论与实践 (奥地利)	(437)
水电站与自然生态能否共存 (奥地利)	(454)
弗鲁登瑞: 一个回水区规划设计的新方法 (奥地利)	(458)
水电工程环境方面的研究 (印度)	(469)
大坝工程环境问题 (Q64) 总报告 (英国)	(475)

热带地区水库的影响以法属 圭亚那小瀑布坝的研究为例

[法国] C.SISSAKIAN 等

提 要

最初建设这座坝的目的是为了发电,但法属圭亚那的小瀑布(Petit Saut)坝所处的人类、经济和大自然遗产的环境远远要比现仍有很多方面未知的阿马索尼埃森林(Amazonian forest)还要重要。

因此,法国电力公司进行了多方面的研究和活动以尽可能地减少因水电工程引起的不利影响。

在与环境部协调之下,决定对工程下游西纳马里(Sinnamary)河段的水质予以优先考虑。借助数学模拟模型对水库溶解氧的等浓度线所进行的研究表明,最受损坏的水层,即溶解氧浓度较低的水层是在水库下层部分。

为此法国电力公司计划在取水口上游建设一座潜没式堆石坝。需要土石方 10 万 m^3 以便能优先取用水库上层水。

在法国电力公司国家水利实验室的缩尺模型上所进行的试验及借助数学模型所进行的各种模拟都表明了建这座坝的积极作用。

此外,法国电力公司还采取了其它措施(水库管理、水质监测设施)以为保持西纳马里河丰富的生态结构而保证工程下游的水质。

1. 前 言

圭亚那的发电量,1976年为0.67亿kwh,到1989年达3亿kwh。根据圭亚那目前已有工程项目和预计耗电量的发展情况,发电量到1990年要达到3.7亿kwh。

为了适应这一发展,法国电力公司对经济条件特别有利于发展水电的地区,进行了普查以避免依赖进口矿物燃料。普查之后,根据消费中心的经济利益和发展优先顺序,找到了最适合开发的地点,是西纳马里河上,称做小瀑布的坝址。

但如果说最初建设这座坝的目的是为了发电。然而,工程所处的人类、经济和大自然遗产的环境远远要比现仍有很多方面未知的阿马索尼埃森林还要重要。

因此,根据现行法律和环境部、工业部与法国电力公司之间签定的协定,开展了多方面的研究和活动。此外,面对圭亚那生态系统的敏感性及因建设通向坝和水库的一条长310km的公路而使进入森林的条件发生了改变,法国电力公司在国家和地方受权范围内对自然保护进行了更深远的思考和行动。

本文旨在表明在工程预计于1994年年初投入运行后的最初几年,为保证良好的水质还需采取的措施和运行条件。

2. 坝址介绍 (图 1)

法属圭亚那的地形主要呈现为地球古老地盾上的典型丘陵。地质被分隔为分散开的、甚至完全孤立的、形式为多种多样的残余体，而有点象山脉，因此称之为克里奥尔传统地盾。

小瀑布地处西纳马里河上，与接近河口处的西纳马里市的直线距离为 35km。

西纳马里河源于圭亚那中部地区的孔蒂南山下，孔蒂南山最高峰海拔 600m。西纳马里河长 200km，向北流入大西洋。坝址以上，西纳马里河的流域为广阔的森林、集水面积为 5930km²。

小瀑布水库沿河长 80km。未伐光树木的面积约 310km²。

2.1 工程特点 (图 2)

• 碾压混凝土坝

坝顶高程海平面以上 37m

基础以上最大高度为 44m

总长度 750m 包括取水建筑为电站供水的取水坝

机组流量 430m³/s

水轮机为轴流转浆式

数量 4 台

装机容量 11.1 万 kw

年平均发电量 5.6 亿 kwh

2.2 水库特点

• 未伐光树木的水库

面积 310km²

总库容 3500hm³

有效库容 1000hm³

正常高水位 35.00m

最低水位 31.50m

3. 工程的影响

水库蓄水后的主要后果是淹没 310km² 的森林，它占圭亚那已伐或未伐光森林面积的千分之三。淹没带来了很多不利影响，目前正在力图控制或减少这些影响。最主要的影响是由于被淹没的森林腐烂分解出有机物，从而使水质恶化，（消耗水中溶解氧）进而对水生生命产生不利影响。（鱼类、植物等）

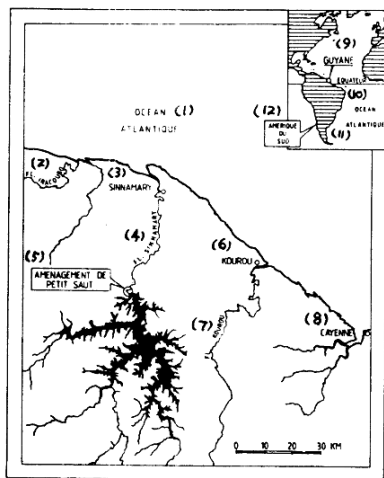


图1 法属圭亚那小瀑布工程坝址图

(1) 大西洋 (2) 伊拉库博河 (3) 西纳马里市 (4) 西纳马里河 (5) 小瀑布工程
(6) 库鲁布 (7) 库鲁河 (8) 卡宴 (9) 圭亚那 (10) 厄瓜多尔 (11) 大西洋 (12) 南非

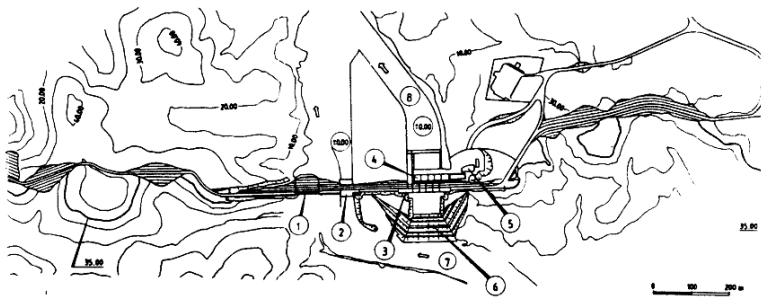


图 2 小瀑布工程平面图

(1) 堰 (2) 溢洪道 (3) 倾倒式闸门 (4) 电站 (5) 露天开关站
(6) 填土堰 (7) 西纳马里河 (8) 尾水渠

4. 水质的变化

4.1 初始状态

水中含矿物质少。悬移质为细小而轻的植物性垃圾。PH 值平均为 6.5 左右，但在枯水期 PH 值较小，为 5.4。而在大雨时上升到 6.8。（因大雨期，降雨使河水呈酸性），导电性差。水中营养及植物有机物含量少，但含氧丰富（水中溶解氧几乎饱和： 8mg/l 25 度下）。

4.2 水质变化的数学模型模拟结果回忆

（参阅第 16 届大坝会议问题 61，报告 3）

建立该模型的目的是为了了解水库内树木或多或少地部分砍伐，对生态系统是如何影响的。被研究的代表性参数是直接影响水生生态系统生命的温度和溶解氧。研究结果表明，水库森林砍伐后，不会产生原预计的较大影响，因此，确定工程蓄水时下泄的最小流量为 $80\sim 100\text{m}^3/\text{s}$ 。

4.3 水质的变化（图 3 和图 4）

接着，应用模型研究了以下几方面的趋向：

- 首先，水文学状况如何（干旱年或正常年）？在最初 3 个月，溶解氧含量明显超过 2mg/l 。

- 其次，第一年水库库底水质严重恶化，而库表面水质破坏程度较轻（表面 8m 深水层溶解氧含量一直超过 2.5mg/l ），特别于干旱年的干旱季除外，但蓄水后的前两年内，溶解氧含量仍超过 2mg/l 的水层只是库表面 1~2m 水层。

- 5 年之后，整个水库深度内溶解氧浓度超过 3mg/l ，除旱季外，旱季库底溶解氧浓度可下降为 1mg/l 。

- 紧靠工程下游，缺氧越来越严重，直到蓄水期结束（含氧量下降到 -2mg/l ，该值只表示需氧情况，无任何物理意义）。从第 2 年起含氧浓度逐渐上升达到 4mg/l 。

4.4 小结：

在与环境部讨论获准建设此工程时，就已经决定为坝下游的西纳马里河的水质提供保护特权。即优先抽取水库的表层水。

为了保证这项工程的实施，法国电力公司制定了如下几方面建设性的设计，并从不同水文学角度对设计进行了验证。

5. 保护下游水质所采取的建设性设计

5.1 溢洪道（3 个底孔 $7\text{m}\times 7\text{m}$ ）

溢洪道的底孔准备在蓄水的最初几个月，当机组还不能运行时使用（水头很低）。它们设置在 14m 高的围堰下游，围堰分 6 段，各段高 2.35m，分散在一个或几个底孔上以形成水头，使水重新充氧。对约 4m 高的水头平均获氧量约 1.5mg/l （根据加默松 [Gameson] 公式计算得出）。

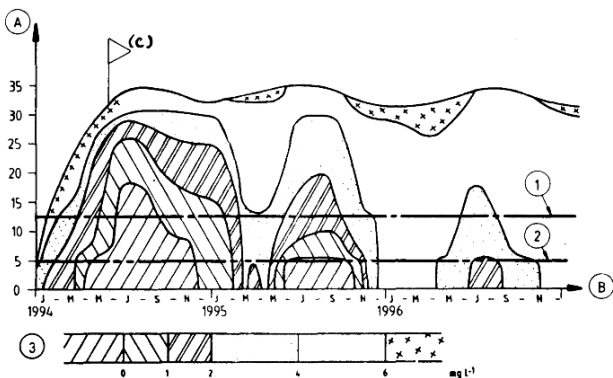


图 3.水库溶解氧浓度情况

(A) 库水位(m) (B) 年、月 (1) 进水口高程经过水轮机的流量
(2) 放水口高程蓄存流量 (3) 溶解氧浓度 (C) 机组开始运行, 94.6.1, 水位 35m (正常水位)

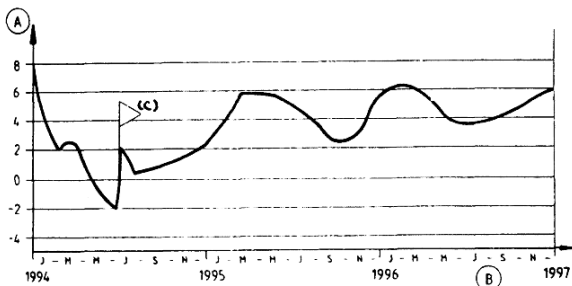


图 4.取水上游无坝情况下, 坝下游溶解氧浓度变化情况

(A) 坝下游含氧量(mg/l) (B) 年、月 (C) 机组开始运行, 94.6.1, 水位 35m (正常水位)

5.2 取水口上游的坝 (见本文第 6 节)

这是一座堆石坝, 坝顶高程+20.00m。位于取水口上游。可以优先从库表面取水, 然后向下游排泄质量好的水。

5.3 表面闸门（长10m，高4.5m）

它可以通过从约31.50m高程起，将表层约3.50m厚的水排出，而使水重新充氧。

5.4 表面溢洪道（顶高程：+35.00m）

溢洪道长60m，带有一个钢筋混凝土引水渠。溢洪道泄槽为阶梯型，用以消除泄流能量，有利于对泄出的水再充氧。估计库水初始含氧量为 2mg/l 时，获氧量为 2mg/l ；初始含量为 4mg/l 时，获氧量为 1.5mg/l ；对初始含量为 6mg/l 时的获氧量为 0.5mg/l （根据加默松公式计算得出）。

6. 取水口上游的坝（图5）

该坝是法国电力公司建设性设计中最主要的工程。需填筑土石方 10万 m^3 ，进行了两方面的试验。

6.1 在法国电力公司的国家水利实验室的缩尺模型上对坝的作用进行检验。

在有坝和无坝情况下进行了一系列试验，目的是查明表层和底层的水流流态的差别。

除有坝和无坝的情况之外，流态也因水库高程、西纳马里河河水的流量，机组运行的数量及闸门开展状况而有所区别。

因坝作用，使河水水面流速增加的趋势是很明显的。比如在坝顶和上游高程25m处，根据连续摄影估计的速度，无坝时，表面水流流速小于 20cm/s ，有坝时达到 80cm/s 。这一流速度变化也可通过简单的流量过流面积关系式得出。当库水较深时，加速作用必然就小。但由于有侧向水流的存在和库面闸门的影响而加快了上层水流，使加速现象受到影响。

无坝时，库底流速与库面流速相同（库面闸门影响除外）。有坝时，库底放置的颜料停止不动。

同样，在坝前底部放置的颜料有时因有轻微的上升水流而偏离位置，但我们仍可以认为水的流动总的来说是在横截面上。

尽管这些试验是定性的，但也表明了坝的积极作用。

6.2 在衡量水质变化的数学模拟模型上对坝的作用进行检验：

对模型进行了修改，以便反映取水层的高度。

按保守方法，在模型中取水位相当于高程+22m，对取水工程上游坝的作用进行模拟。

需要说明该模型是均质湖模型，特别能反映水库中部地区的水流情况，在模型它也在发展变化。

测量结果见下一节《水库管理》中，它同样表明了进口前坝的积极作用。

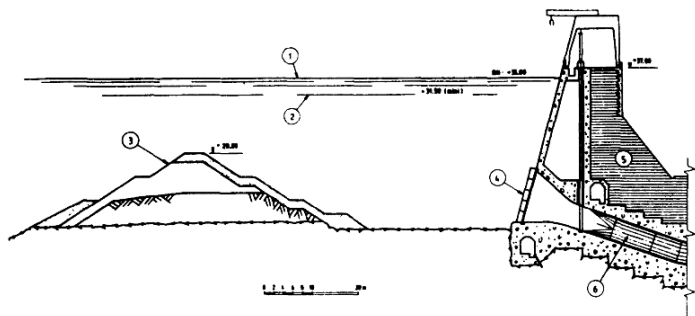


图 5. 位于取水上游的设施分布图

(1) 正常水位 (2) 最低运行水位 (3) 坝 (4) 拦污栅 (5) 碾压混凝土坝 (6) 压力管道

7. 水库管理

7.1 水文学

对 21 年中的测量值进行了研究，获得多年平均流量为 $267\text{m}^3/\text{s}$ ，月平均流量如下表：

小瀑布坝月平均流量(m^3/s)

1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
280	264	298	364	461	407	303	215	151	120	127	215

季节由年内降雨循环情况决定。小雨季从 12 月中旬至次年 2 月中旬，接着是持续时间很短的小旱季 2 月~3 月。大雨季从 4 月开始到 7 月，大旱季从 8 月到 12 月。

21 年中测得的年平均流量如表 1 所示。

表 1 西纳马里河年平均流量

年	流量(m ³ /s)	年	流量(m ³ /s)	年	流量(m ³ /s)
1954	302	1972	284	1980	239
1955	290	1973	225	1982	295
1956	384	1974	265	1983	219
1957	254	1975	279	1984	260
1969	241	1976	397	1985	185
1970	265	1977	284	1986	193
1971	365	1978	223	1987	167

很明显,水库的管理问题及向下游排水的可能性因所处年份的雨量、雨量适中和雨量少而有所不同。

7.2 水库蓄水

按合同规定,水库蓄水期间,工程向下游泄放的流量应保持在 $100\text{m}^3/\text{s}$,该流量通过底孔排出。水库蓄水预计 1 月份开始,与雨季开始相符。

21 年的长期研究表明,水库蓄水可以按如下方式进行。

——3 月~6 月蓄存 50%的水;

——6 月~7 月蓄存 25%的水;

——余下的 25%用一年或超过一年的时间(实际上需要等到下一个雨季开始)

在 10 年一遇的干旱年情况下,水库蓄水需要 18 个月。

因水文方面的限制,加上土工学方面的限制,以及水轮发电机组只能在水位达高程 25m 以上才能运行的限制,蓄水呈曲线形式上升。第一次蓄水时最少应持续时间为 15 天到 3 周(以便诊断监测各不同蓄水期间工程的状态)

图 6 所示为在平均年和干旱年中工程下游的水中溶解氧浓度的变化情况(频率 10%)。它表明在取水口上游有坝时这个约 $2\text{mg}/\text{l}$ 的浓度变化的影响是很有利的。

7.3 正常运行

前 3 台机组的投运常需在蓄水后 12 个月。第 4 台机组将在 5 年之后,据我们对圭亚那目前的电力消耗状况的了解,那时电站将并入电网。在蓄水后的第一年,如果按平均年进行推论,来水量将为 84亿 m^3 ,通过机组最大泄水量将为 45亿 m^3 ,这表明水库有蓄水量(3亿 m^3)将需在 6 个月内全部泄出。除 9 月、10 月和 11 月水库需少量蓄水外,其余时间水库都按最大水位运行。在蓄水后的第 2 年和以后的几年中,3 台运行机组平均年的过机水量为 74亿 m^3 。通常水库在旱季放空至高程 31.50m,到雨季再蓄满。需要指出的是,无论是雨量多还是雨量少的年份,在雨季都需要泄水,因此需要我们按以下原则对水库进行管理。