

大型水利工程环境影响

译文集

长江水源保护局

大型水利工程环境影响译文集

长江水源保护科学研究所
长江流域规划办公室技术情报科

编译

一九八一年九月

内 容 提 要

本书选译自《大坝的环境影响》、《第十一届国际大坝会议文集》等专著。包括下列内容：1、国外著名大型水利工程的环境影响；2、水利工程与水生生态、陆生生态、水体的化学性质和物理性质、人群健康，近地面物理以及诱发地震等的关系；3、环境影响评价方法和环境质量评价制度；4、大坝环境问题展望等；共17篇论文。可供环保及水利水电部门科技人员和有关院校师生参考。

编译者的话

随着“四化”建设的不断发展,环境问题业已列入我国党和政府的议事日程。对各种大型工程科学地作出环境影响评价必将成为工程建设的重要组成部分。为了对大型水利工程的环境影响评价有所借鉴,我们从《大坝的环境影响》和《第十一届国际大坝会议文集》等专著中,选译了17篇译文编成本书,以供国内环境保护和水利水电部门的科技人员和有关院校的师生参考。

本书译文主要由长江水源保护科学研究所和长江流域规划办公室技术情报科翻译和校对。还从有关书刊中选择了部分译文,它们是“建坝对环境保护的影响”、“水库与地震”、“环境敏感度分析”和“建坝对于水库区内和水库周围人民的影响”。

大型水利工程对环境的影响因地域不同而有很大的差异。参阅本译文集时,请注意区域的环境特点,有选择地吸取其中有益的部分。

由于编译时间仓促,有的译文只作了技术校对,错误和不足在所难免,望批评指正。

目 录

建坝对环境保护的影响.....	(1)
TVA 水 库体系对环境的影响.....	(23)
罗马尼亚的电站和大坝对自然环境的影响.....	(27)
阿斯旺高坝的环境影响.....	(34)
水库对气候的影响.....	(40)
水库与地震.....	(44)
关于水库的自然热现象.....	(47)
水库水质的性状和预测.....	(56)
水库流态的模拟分析.....	(80)
大坝和水库对野生动物生境的影响	(100)
水库建设对鱼类的影响	(114)
建坝的生物学效应与医学的关系	(121)
建坝对于水库区内和水库周围人民的影响	(125)
大坝施工期间的环境控制	(134)
环境敏感度分析	(139)
美国的环境质量评价制度	(146)
大坝环境问题的现状与展望	(162)

建坝对环境保护的影响

总报告人 法国 艾芬契雷

专题40超出了历次大坝会议所讨论的通常议题的范围，对此已列入世界各国最高权力部门议事日程的课题。对环境保护早有广泛的议论，且不谈在技术上和经济上的后果，就其政治影响而言，已颇为值得关注。

在许多国家有一股强烈的倾向性意见，这种意见怀疑迄今人们为了改善物质条件所采用的方法，有时，断言某种发展是徒劳的，甚至责难它的效用。对大坝负责的工程师，也就是对水利资源管理和随之而来的土地使用负有责任的工程师，必须对这个基本问题具有明确的见解。

这个报告就是根据上述目的而拟定的，分为四个部分：

一、“大坝、环境保护和经济发展”的总介绍。

二、从已收到的报告，详细分析了专题40，根据其作用分为：

(一)物理影响；

(二)生物影响；

(三)对人类的影响。

三、对地区利害影响的比较，分为：

(一)当地影响；

(二)下游影响；

(三)区域影响。

四、建坝效益的评价(略—编注)

最后提出会议讨论题(略—编注)

一、大坝、环境保护和经济发展

从已收到的报告的数量和质量、引证的事实和发表的意见均表明：许多大坝工程师对它们所面临的这个问题表现出来的很大兴趣，远远超过了通常情况。这些报告涉及到很不相同的题目，从工艺学到经济学，从特殊事例的详细分析到一个广大地区规划的叙述，从某些电子仪器技术到生物学和医学。读了这些报告就很清楚，每位作者都在试图说明其对大坝的功利或弊害，优点和缺点所作出的判断。

建坝是好是坏，应不应该建造，以及在什么条件下才应建造？问题是提出来了，但在回答以前，应先将其置于有关环境保护和经济发展的疑题之中进行考察。

为什么要非难大坝？

一些毕生献身于大坝建筑的人们，为了减少由洪水带来的损害和灾祸，增加农业生产，

缓和饥荒和生产电力并使许多家庭得到照明，他们会把人类服务的成就引以为荣；但当遇到有些人为了环境保护而抨击他们的工作时，就会表现出惊讶甚至愤怒，这是完全可以理解的。

大坝建设者们当然并非盲者。他们也非常清楚地看到，在城镇的下游以及工业区的周围，水被污染了，许多城市被烟雾所笼罩，噪音妨碍了正常工作和休息，大城市的拥挤烦扰着他们。他们和其他任何人一样，同意这些弊害一定要纠正。污水应予净化，烟雾应予处理，噪音应予降低，城市应该更好地规划……。可是坝又是这样有用……这样无辜……。

没有什么可以阻止我们来面对现实，倾听对我们缺点的劝告、分析和批评，寻求补救办法、衡量赞同与反对意见，提出更新更大胆的、更能全面地符合人类日益增长的需求的解决办法。

现在，很多质疑和批评最后都集中到大坝上，这是很自然的。坝，作为建筑物，是一项给人以深刻印象的工程，同时它对大自然确可产生一种极为有力的影响。

几千年来，人类一直在对大自然作斗争，试图摆脱大自然所给予的单一资源，人类创造了各样东西，如房屋、耕地、车船等。在悠久的年代里，这些明显的事实，已习以为常，而且应该承认，只是近来在那些原先受到保护而很好的区域里，出现了反常现象，从而促使人们致力于重新认识那个过去曾经遭到过分的控制和耗竭的大自然。

显然，坝确实已经引来了损害，而这些损害本来是能够避免或减轻的，我们理应纠正过失，我们理应继续维护我们工作中有益的方面，并使之适应环境保护的现实要求。

什么是环境保护？

为使任何一项工程具有很好的适应性，就必要知道它们应满足哪些明确的要求。

工程工作的主要关键是要精确。工业部件要机械加工到几分之一毫米。在电子学上使用的是微米单位。和这些相比，土木工程是粗线条的。但是一条路、一座桥、一栋房子，都同样应有明确的指标和位置，对坝来说也同样如此。闸门与透平机械一样，要有确定的尺寸，根据它们的开度或坡角的大小，使一定的流量通过或宣泄，也必须有明确的操作规程。因此不难理解，当我们的同事当中有些人因需考虑环境保护的要求而感到困惑时，他们就会问：“什么是环境保护”。

答案是不能够用一个数学公式来表达的。

1972年6月在斯德哥尔摩召开的联合国会议是一个具有世界规模的检验的大会，在这个会议上通过的“环境保护宣言”，对解答这个问题提出了宝贵的重要论点。

从这个文件引用部分段落：

“人既是他的环境的创造物，同时也是他的环境的创造者，环境保证了人的物质生活，并提供给人以发展智力、道德、社会和精神方面的可能性。在漫长而艰辛的进化过程中，感谢科学和技术的不断迅速发展，现时，人类已有能力在许多方面以史无前例的规模来改变他的环境。

人类不断地完善着他的经验，而且一定要继续有所发现、探索或发明，有所创造和前进。今天，一个强有力的人为改变他所生活的环境，假如他的力量使用得当，就对进展带来好处，就可能改善大家的生活素质。若过度地或轻率地加以使用，同是这样的力量，就会对

人类和环境造成巨大的灾害。在地球许多地区，我们看到人为造成的损害、破坏和荒芜的实例正在增加：水的污染、空气和土壤的污染以及生物污染已达到了危险的水平。生物领域的生态平衡受到巨大的和令人惋惜的破坏。无可替代的资源遭受损失和浪费，最后，在人自己创造的环境里，尤其就在他们的生活和工作中，严重的危机威胁着人们肉体的、精神的和社会的健康。”

因此，在斯德哥尔摩提出的环境保护的概念……不是着眼于停止发展而是鼓励发展，同时遵照这样一条道路用来指导发展：使其不因自己带来危害而停滞不前。

这些都是一般常识的说法，特别对一个敏感的人、坝工专家以及终身致力于水利资源利用的人来说，是能够通过他自己的经验而倾向于这种见解的。

关注着人们的安危，了解大自然的危害与价值，确定建筑物的必要性，以及同样顾及到每种活动的可能缺陷，有什么设计能比江河流域规划更丰富多采呢？使流域中的水实现统一开发。

水利资源规划和环境保护

坝本身不算什么，坝仅通过它的作用而存在，其作用则直接关系到整个流域。

几十年来，专家们抛弃了那种单纯的概念：以为一座坝可以从它周围环境中孤立出来，并且以为可以不必全盘考虑，而只需针对一个局限的目标来处理它。多目标坝的概念，就是在不同的名义下吸引着各个方面的宏大规划，如1972年罗纳河国家公司和1933年田纳西流域管理局的规划，都没有忽视战后的综合开发建设，在提到本届大会上的报告中，引用了这些规划作为卓越的实例。

很明显，在一个流域里，每项事物都是相互关联的。

一个小流域面积，例如一个小面积的农村支流，在土地和水的使用之间有着很密切联系。田地的重新调整，森林的荒废或重植，农作物的选择，都对水的循环有直接影响，必须充分考虑。因为在这种情况下，这不是外表上从河里取水或把水排泄到河里就完事。这是一种如何使用土壤来改变自然资源的途径。

在一个广阔流域面积里，现象更为多变和复杂，由于存在着市镇和工业，电力生产和航运，污染和旅客拥挤，统一管理更有必要，而且任何一项人类活动都会影响到流域面积内的其它部分。

坝工也不能超出这个规律，而且这些无可比拟的建筑在一个总的规划里常常充作骨干工程，它们各自占有一定地位和用途，好象一个乐队里不同的乐器那样。这样，“原始自然”的平衡，固然很吸引人，但同时它也具有资源不充裕以及荒废过多的缺点。这种平衡可以为另一种新的平衡来代替，后者会给人类一个从各方面看来都更为满意的环境。

二、建坝对环境影响的分析

建坝对环境是有益、还是有害，其影响是多方面的。对其中许多影响所作的研究，已为与会专家们提供了足可使每一影响都能成为一个有价值课题的资料。

二十六个国家对专题40提出了59篇报告。总报告人不企求对其中每一个课题作出任何最

终的评定。

由于为这次会议提供的文件中，目前还存在这样一个问题。即专家们对坝与环境的关系已形成了概念，还相当普遍和牢固。按照执行会议所定专题40的主旨而提出的课题，来对这些概念加以分析是特别有意义的。

(一) 物理影响

随着建坝而带来对环境的物理影响，特别是由于淤积和冲刷所引起的影响，久已引起了工程界的注意。在很多坝兴建之前，通常就已对这个课题进行过研究，以评价这些影响并加以防治。但是一定要注意到还有其它影响，如对水质、地下渗透的改变、地下水面的影响等；某些形式的淤积和冲刷、地震等则要待水库蓄水以后和经过较长（达数年之久）观察时间，才可以知道。

这些报告提出了对物理影响的一般见解，或对这些影响的某一特殊方面作了陈述。例如：

- 水库的淤积和冲刷；
- 水文状况；
- 有关水质的问题；
- 对气候和冰冻状况的效应调节作用；
- 地震的影响。

值得注意的是，在过去几届会议上，这些课题至少部分已经有过论述，我们尤其要特别提起“水库的淤积”（问题14，1951），“阿斯旺高坝下游尼罗河的冲刷”（c.2,1970）和“因大水库造成的地震影响”（总报告No9, 1967）等论文。至于其它的问题则将在后面逐个加以解决。

1. 淤积和冲刷

各种物理影响中，淤积是最不易处理的一种。因为它危及水库的继续存在。由于河水流速减低，河水挟带的物质就或多或少地沉积下来，这是物理影响的直接作用。从而减少水库的库容并带来水库使用年限问题。报告13“巨型建筑物的现代技术概念”的作者们认为，一定要保证水库的寿命不少于250到300年，而为沉积所需“额外容量”一定要能满足100到150甚至200年的应用。现在他们注意到保加利亚的两个水库，它们将在原设想时间的一半便达到所预计的泥沙淤积容量，也就是说，一个水库只能淤36年，而另一个只能淤45年。

报告37给出水库很快就被淤满的一些实例，它们的寿命仅有几十年，甚至更少些。据美国、印度、塞浦路斯等130座水库的调查表明，每年淤积损失的库容在14.33%至2%之间，这样，为了补偿这些库容的损失，就必须考虑另建新的水库，或加高已有的坝。在这方面，意大利的旁梯阿尔图坝从1813年至1887年间共加高过5次，乃是一个著名的实例。

阿斯旺高坝（埃及）水库是更使人安心的一例，该水库总库容1640亿立方米中有300亿立方米为淤积备用库容。按估计500年才能淤满。虽然尼罗河泛滥时由冲积物所组成的输沙量中仅有12%被截留在坝上游，然而这已使农田因失去泥沙中的肥分而受到相当的损失，但是这个损失可从扩大灌溉面积中得到补偿，因此整个农业最后仍将由于大坝工程而获得巨大收益。尼罗河河床的引人注目的冲刷情况，自从修筑大坝以来，一直是很多研究工作的主题，这些研究工作目前还在进行，它们给出每个时段内估计的冲刷量，以便采取必要的保护措施。

施。报告26引用了许多实例来研究日本一个山区的河床与水库库底的变形。作者指出,输送泥沙的颗粒级配与水库淤积的纵断面之间有着密切关系,并给出实用的计算方法。这个方法的实用性已为一些资料所证实。

报告41以法国来茵河与罗纳河为例,说明大平原河流纵断面的演变。坝下游河床的冲刷对于已有的建筑物,对地下水位,对农田的淹没以及对航运都有重大影响。就来茵河的冲积河床而言,考虑施工中的两座坝和已建成的七座坝的作用,用一个数学模型来预测约百年的长期冲刷演变。对于罗纳河,其上12座坝中有8座系1948年以后建成,也根据一个多世纪来的观测结果作出了纵断面演变分析。

在侵蚀的其它作用中,由于建设水库而引起的岸边不稳定,在许多情况下是令人担忧的。

人们常常观察到,由于水库水位变动而引起大规模的侵蚀。罗马尼亚的依兹伏鲁·慕特路—帕斯崔亚湖(报告31)的水位变动约50米,造成一个长400米、深150米的侵蚀段,就是一个很好的例证。另一情况是库区发生滑坡,这通常是孤立的和不太大的,但有时会达到灾难性的规模,例如意大利瓦央坝上游大滑坡,就毁灭了一个村镇。

2. 水文状态的变化

表征天然河流特性的水文状态,当然会因建造水库而发生变化。根据水库的用途,这种变化使河流得到调节或反调节。

虽然小的蓄水量仅略有影响,而大的蓄水量就会引起相当大的变化。依照水库的大小,在一个平均年内可以控制部分或全部蓄水量,或甚至控制几年蓄水量。在后一情况下,以避免任何无功弃水。

主要用于发电目的的蓄水,它具有一个集中用水的要求,不是使用水集中在某几个小时(峰荷电站),就是集中在某一个季节(具有季调节能力的水库)。这种情况就需要为下游放送一定的水量,以使下游保持最低水流。

为城市供水而建造的水库则倾向于要使全年内流量均匀地输送;那些为农业灌溉的水库,则要求在农业季节增大流量;为防洪目的的水库,则又仅要求将洪峰削减。

这些现象是大家所熟悉的,也是水库运行人员的基础业务。每个人都知道,为不同用途而制定的水库操作规程常是有矛盾的,要使各方面协调一致常会遇到种种困难。

有些水库必须经常保持空库以预防洪水,有的则要求在“游览季节”里经常保持满库,以吸引旅游者,有的则在夏季为灌溉面用水或在冬季为发电而放空。

要使所有这些需求取得协调常常是不容易的,甚至经过流域综合规划的骨干工程也是如此。

对各种常遇的不同需求,无论采用何种协调办法,一般仍有待于作不断地调整或补充,以便减小所采用的运用方式中的缺点。

又如,坝上游水位升高不仅需要防护库岸,而且还需要采用防渗或排水,以防止地下水位上升过高。相反的情况,当与水库相贯连的渠道可能造成大量排水或减少地下含水层的水源时,就需对相关的地下或井泉的水量损失进行补偿。

在多瑙河上加德浦峡建造了270公里长的水库以后,防护堤就发生了很显著的渗漏问题(报告38)。

对于地下水位的升高和淹没河滩地所造成的威胁,曾进行过重要的研究,并在水文地质、地质力学和土壤学各方面进行了全面研究。这些与水库设计同时进行的研究工作,是

为了论证水库每种水位的限度，以便准确地预见某些有害作用，并采取相应的措施来保护河滩地带。根据研究资料所采用的技术方案，一方面，增高和加强已有的堤坝，同时借排水控制地下水状态，以便按照所需保护的要求而维持地下水位于临界深度。

很显然，人类曾象植物和动物一样对自然条件适应了千万年，经过漫长的道路，学会了对自然条件的适应乃至利用它们来兴利。著名的尼罗河的泛滥情况就是一个很好的说明，而提交的几篇报告又举出了热带和北方地区的重要实例；这些实例表明，时间因素具有重要作用，而且这种演化，不管愿望如何，总需时间来适应自然界。假如把每年一遇的洪水立即加以拦蓄，就可能带来一场灾难。

3. 水质的变化

水库的影响，当然，由于所蓄水的水质不同而很不相同。水库的第一个无可争辩的作用是把水加以澄清。当进水口布置在正确位置时，由于物理的沉淀作用，可使用户得到水质良好的清水。对大城市，例如伦敦和鲁尔等供水所建的水库群，都有使水质改善的效果。

在法国(报告5)塞纳坝水库调节了塞纳河的流量，以供应巴黎的用水。对该水库的来水与出水的水的物理—化学、生物以及微生物各种特性关系进行了研究，结果证实了这一功能。

曾对水库在季节性放空时间的温度、氨氮和亚硝酸氮含量以及氧和碳酸的溶解情况，进行了观测。其物理—化学方面的影响，较之调节河流所得到的无可争辩的效果来说，是微不足道的。

对罗马尼亚依兹伏鲁·慕特路—帕斯崔亚(报告31)和保加利亚八个水库(报告13)的水质研究，也强调了这种物理—化学特性的变化。

但是这些水库还包括着更为复杂的现象，这些现象既有属于物理、化学方面的，也有属于生物方面的。对后者，我们将在以后(生物方面的影响)作更详细的论述。

当水用作饮料时，就要求采取一些特殊的防护措施，将在以后(对人的影响)论述。

当淡水水库修建在含盐地下水层的附近，其所引起的专门问题，应作更慎重的研究。

很明显，假如这种水库一旦被咸水所污染，那么水库的全部功效都将丧失。若因碱性地下水位高而危及植物和庄稼，则建造这种水库将是对这一区域的灾害。

澳大利亚南部肖威拉的灌溉水库(报告24)就发生过这个问题。为严格防止灌溉用的淡水受到盐分污染，曾使这个问题变得非常复杂。

曾有人利用很特殊的模型试验创造出一个新颖方法，就是将咸水抽送到大蒸发池里，以部分地降低含盐的地下水位。

报告33讨论了在海边附近透水土层中水的渗漏问题。作者调查了岩溶地区淡水与碱水混合的特例情况。

对几个南斯拉夫地下水库的研究表明，如果水库与海不相通或将水库与盐介质隔离，就可能使淡水蓄在低于海平面的高程。

4. 对气候和冰冻状况的影响

在过去很长一段时间里，对大型水库可能改变气候到什么程度的评定，曾是研究和争论的一个主题，本届会议上有人提出了几篇值得注意的观察成果报告。

报告10研究瑞典某些湖的水温与周围气温的关系。

从某些大湖周围收集到的资料表明，由于湖面温度和夜间气温的变化，增加了下雾的频率。

曾经有人利用距水库160公里处的气象站资料,复制了水库平均温度的变化,进行模拟计算,以研究法国塞纳河水库的温度效应(报告5)。计算的数值和量测的数值是一致的。由于修了水库,出水口的水温就比较高,但对河流下游的水温却没有明显的作用。但水沿着引水渠道流过相当长一段路程,水温才回复到与大气平衡。

在加拿大麦肯齐三角洲(报告46)形成的一种微气候发展了某种生活环境。在对冰辐射起何种重要作用的研究中,令人注意到,调节北方河流时,可能引起有害的后果。

报告1研究了水库对冰的形成和融解的影响。

报告56描述了加纳的大沃尔特湖地区从1964年建造该湖以后就注意到它对降雨情况的影响。

5.地震的影响

在这里谈到大水库蓄水所引起的地震作用。

在1967年伊斯坦布尔会议(即第九届国际大坝会议——译注)上提出的法国的总报告,描述了这种地震的一些实例。此后,在有新的实例时,专家们就常讨论这个问题,可是他们对已发生的地震确是由水库引起,抑或是没有水库也会发生这个问题,还没有得出明确的结论。

有一些实例指出几个水库由于坝而引起的地震后果,例如卡里巴、马尔斯克森等。加纳的沃尔特水库(总库容163立方公里)于1964年库容达到28立方公里,于1966年达到102立方公里和1969年达到162立方公里时都分别有地震记录(报告56)。

报告58的作者们(苏丹)已清楚地说明,在过去几十年里曾观测到地震次数增多,其震源都位于大水库附近。他们建议对所观测到的地震和它的影响进行详细研究,以便评定一个坝址在建坝以前或水库蓄水后的地震活动。他们希望利用水库模型有可能验证一个水库的极限荷载情况。

(二)生物影响

坝和水库的生物影响问题确是一个有着最大量未知数和最新奇的问题,这不仅对土木工程师来说,就是对很多科学家来说也是如此。

与时间因素、适应生活环境的能力和在某些条件下生存平衡的脆弱性,研究的历时,以及预测的困难等均相关联的各种主要作用,使得想要考虑这些作用的设计人员,工作特别困难。

一个水库的建设,会引起广泛的变化。它不仅对地上生态系统,而且对建库前业已存在的水下生态系统也有影响,这些影响随水库大小、水库的寿命与操作运用情况而变化,对气候影响以及其它许多因素也各有所不同,是非常复杂的;例如:物理—化学的变化,会引起微生物品系的变化,从而又对植物与较高级动物的生命活力带来广泛的影响。建库之前的生态系统常表现为随时间的推移而不断演化。不难理解,建立一个相对平衡的新系统需要好多年的时间,此后才能评价对生物的影响。

在专题40涉及生物影响报告中,有些倾向于论述广大地区内与这些变化有关联的各方面的问题,如介绍整条河流或专项专门规划。另一些报告则仅考虑生物作用的某个方面。再有一些报告又只讨论某一个特殊论点。

虽然课题较为分散,但看来把这些报告综合起来,实际上已经概括了重要的生物问题的全部领域。需着重指出,有些问题在某些气候区域是严重的,但在其它区域就可能不成为问

题。显然,传染病问题主要发生在热带地区。

为了方便,我们将按照有机体的复杂程度,从细菌到哺乳类动物的次序,来研究这些报告。

1. 细菌

第一个问题是关于因细菌作用而产生水的化学成分的改变。这个问题与水生动物的繁殖和饲养有关,但是必须考虑到这些问题的其它方面,特别是那些能使水不适于应用或者使水更有侵蚀性的微生物问题,象报告35中所指出的。由于象牙海岸一座坝的金属部件的腐蚀现象和放出大量硫化氢,在西非和中非曾进行了一系列的研究;通过对这座位于森林地带的水库作了大量观测工作,结果表明:厌气菌和好气菌的活动起着硫化还原和磺胺氧化的作用。这报告介绍了采用的各种方法:

对现象作分析,需要进行空间的和持续时间的观测。因为,在空间上,由于群落生境内厌气菌和好气菌的垂向分布着明显的差别;而在时间上,则由于年度泄洪以及随后的蓄水,使各种细菌的密度有很大波动。

在喀麦隆和加蓬的另一些研究,证实水库水质(从热带林区来水)乃是微生物活动主要的和不可缺少的根源,从而增大了水的侵蚀性。水库在蓄水前没有发现破坏性浮游植物,或出现大漂藻,这事实也仅说明了毒害现象的增大。当证实未来的水库中将会发生这种现象时,应立即采取预防侵蚀的措施。

2. 营养物质的浓集

建造一座水库一般都会引起营养物质含量的变化,这些营养物质中对植物生长最重要的是氮和磷。在第一次蓄水以后或在每次水位上升时,由于淹没或泄放了多少受污染的河道或渠道,生物量遭到损减,从而增加了氮和磷的含量,这样造成细菌或多或少的广泛发展,随之水藻(浮游植物或生物孢子)也发展了。这种发展可能仅是一次骤发性的,随之即呈衰退;也可能根据自然条件而持久地呈起伏现象。这种现象是不好的,因为水将有一种不好的气味,不宜于洗澡,同时,含氧量变化过大,甚至可发展到缺氧状态,对于鱼类也是十分有害。

藻类浓度可以用每公升的叶绿素毫克数来确定,其最大容许值随水的不同用途而定。藻类浓度有日的和季的变动,以及具有更长期的变动趋势。预计这些变动是极端重要的,报告40介绍了一个模型,对了解这些现象的原因作过预示。

现在采用的模型,经过观测和计算的叶绿素含量,相互校核证明,用于预测短期变动是满意的;用于长期变动的初步试验是有前途的,可以期望,这个模型能给出某种趋向,预测其成果,以及影响某些可变参数的指标。

报告9介绍了来茵河三角洲某一支流上的四个水库之一布利尔斯米尔水库所作的探索性研究。由于从慕尤兹河,尤其是从来茵河而来的污水注入这个水库,这里有着产生大量浮游植物的现象,然而,幸运的是,对藻类繁殖物的分解,由于丛聚和沉淀作用,虽在库底一直累积达到显著的比例(40%),仍能保持需要的含氧状态。如沿水库周围的暗沟未将磷带入库区,则磷就停留在来茵河水入库处的附近。该文还介绍了一系列措施,以消除任何事态的恶化,以及尽可能地加以改良,从而改善了这个水库的水质。这些措施就是避免干扰自净化过程,加强丛聚和沉淀作用,防止未经处理的废水流入,减少航运的污染,消除或补偿成层状态等。一个值得注意的措施,就是明确划定水库每个区域的用途,以便分别采取最合适的对

策。

浮游植物的发展对鱼类生活有着重要影响,对此将留待后述。

3. 对植物的影响

在热带地区发展水生植物(报告35)可能引起严重问题,特别是在妨碍航运和渔业,庇护传染疾病的昆虫,或者引起水化学成份的变化等方面。从这观点来讲,三种最主要的植物是水蓼,在罗得西亚卡里巴水库著称的羊齿,以及更为严重的水风信子,但提出的论文对此未作充分介绍。报告59简单指出在埃及纳赛尔水库实际上不存在这种水生植物(仅在少数几处有少量水杨梅)。报告35强调应用对这种植物的生物控制而不使扩散毒物,令人注意的是,对于各类变异品种适应性的后果情况,人们尚无所知,联合国教育、科学和文化组织近来刊行的一项重要文献,介绍了关于槐叶平和水风信子(在热带水草的生态学)及其天敌。

就广义而言,植物的变化很大程度上取决于建筑物的类型与它的运用,在来茵河三角洲(报告9)人为的改变工作,主要是指在某些人工围地中排除潮水,用淡水代替盐水,开垦出新的干地,水生植物和地面植物因而被改变了。在4个试验围地上研究过这些改变,在150个试验站观测了物理的、化学的、生物的和细菌的因素。对使用新地和新湖有各种不同的办法,自然也出现不同的生物后果。

报告46介绍的问题是很独特的:大河流的整治,特别是加拿大的俾斯河,以及麦肯齐河下游的整治,取得了巨大成果。尤其是麦肯齐三角洲的异常温暖带趋于缩小,堤岸趋于稳定,从而使麦肯齐三角洲预定要更新的云杉和白杨生长区,重新呈现林木茂盛,同时整个三角洲地区再现了植物群落的稳定。

溢流以及库水位波动的作用,在坝的上下游都能察觉出来。卡里巴水库(报告29)水位的变化较大(1964年达9米),在水库里留下一部分裸露岸边和槐叶平。假如有一个高的水位变动区,则就会有一种美观的圆锥花序的刺实属组成的植物在岸边生长,这在热带地区是极为常见的。可是,在温带地区或高纬度地区(报告57),水位变动区一般是光裸的。

报告14介绍的南非潘勾拉坝下游情况和报告29介绍的查姆比兹坝(罗得西亚)下游情况是可以比较一下。具有相对有规律重现性的年度洪水替代了过去的混乱状态,受泛滥的平原不再定期被淹,平原上的池塘也不再被洪水所充溢。

报告27研究在波兰森林区建设水库的影响。在纳雷夫的一个泽格尔齐水库附近进行了系统研究,在奇皮斯特地区600公顷地面上分成10个研究区,每区研究一种植物群落,各具有某种确定的湿度条件。

采用比较法,列出水库在蓄水前后的环境要素。由于地下水面升高,而出现了一些新的水池,约经1300天后,由于地下水位升高的变化已稳定在0.45米和0.88米之间,在第三纪的砂土地区地下水面达到新的平衡状态。这里改变了露头层的厚度,和各种不同森林群落的其他土壤温度类型,如:11公顷被淹没和77公顷周期性受淹,在这些泛滥区,树木的耐浸能力随品种而异,其中橡树最强。在周期性淹没地区,则视土的通气层深度而定。植物群落变化了,且在某些情况下趋向于典型的沼泽性,在另一些场合,植物群落趋于形成一个橡树和松树的组合,这就较之原先的群落更为有用。

地下水面的升高对松树生长的影响,根据松树的年令与地下水面的深度,进行了研究。每一树令的最大生长率随树令而增加,并与通气层的深度相关。

极限可接受的通气层深度和树令间亦有类似的关系。论文给出了相应的公式,在这种情

况下，建立水库的效果是确实可称赞的。

对植物影响的最后一篇论文是报告25。论文说明在英国为一个具有冰川时代的残余——北极植物特点的植物园所采用的防护措施，后者亦可用以处理许多其它生物影响方面的问题。最引人注意的措施是，园里任命一位专职科学家负责和建设者与顾问工程师们经常协作。

4. 对鱼类的影响

在诺克斯维尔会议上，对渔业问题引起了很大的关注。

就热带地区而言，渔业是重要的，它供给人类以额外的蛋白质，报告35对此作了一个总的评价，在湖泊里，增加营养物可改变鱼类繁殖的条件，水库阻止了部分悬浮质的通过，亦能导致下游某些品种的损失。

建设某些水库对渔业是显然有利的，如开介湖、阿牙米湖、高苏湖和伏尔塔湖等，鱼产量从一万吨增加到四万吨，卡里巴湖每年一万七千吨。

该文着重指出关于引入新品种的若干失败的教训，然而，根据初步研究，将此项工作交由有经验的生物学家来进行，仍有可能变得令人满意，只有对逐个事物的具体研究，方能有效。

坝对鱼的洄游是个主要障碍，甚至某些品种最后就消失了。这在加拿大、美国和瑞典，有着更为恰当处理的事例。

报告59、14和29涉及的是关于热带地区的渔业。报告59介绍了纳赛尔湖表层水温从年初开始回升，而至春末建立一个温度带的过程，它形成了一个阻挡层妨碍了表层水（上层生物）和深层水（下层生物）间的垂向循环，有效水的总量减少了。在夏天鱼从深层区游到表层来，在夏末，垂向循环得以恢复，鱼又正常地分布了。仅有一个品种终年保持接近于岸边，而其他的鱼则在10月、11月和12月，退回到深水中。从1971年6月到1972年6月捕鱼量是一万八千吨，其中有一万二千吨以鲜鱼出售。由于缺乏加工工业和运输到尼罗河下游的设备，渔业发展受到限制。在未来几年内可能达到二万三千吨，将来可能达到每年八万到十万吨。在埃及有着很重要市场。因每公斤鲜鱼的价格远比冻鸡低，现正着手研究发展渔业计划。纳赛尔湖渔业的增产，大大补偿了尼罗河三角洲沙丁鱼的捕获量，后者由于尼罗河入海流量少而有所减产。但将随着包如鲁湖体系的改造而改善沙丁鱼的状况。

报告14扼要说明了调查（南非）斯崔介道慕坝水库发展某种鱼类的展望。这里必须细致研究水位差，以免除对邻近岸边的特拉皮亚有任何损害。报告29也着重指出：在水位累计变差2米时，由于漫淹了植物残留物和地面动物的粪便，可保证湖内有丰富的养料。假如水涨得太快，水草的绿穗仍保留在湖的四周，而且如果水位差不超过2米，鱼亦不能洄游到深水区；湖边的水生物对鱼是很有益的，同时对水位变化亦很敏感。应注意，水位固定不变，对渔业不利。

报告14也提及到了对于坝下游产生的后果，特别是在干扰产卵繁殖区方面。1970年至1972年在南非潘勾拉水库作了几次人造洪峰的研究，表明泄放三天洪峰流量 $120\text{米}^3/\text{秒}$ ，可保证下游淹没区创造出适当的产卵条件，但需于适宜的时间进行：12月、元月或2月，并且要先放一个较小的洪水在前，此时下放的水通常对于农业也是有利的。

报告29介绍了卡里巴水库的经营情况：该坝溢洪道的水流具有更多的过氧化氢，水内所含养料较由水轮机和闸门所泄放的下层水流来得贫乏；当溢流量大时，鱼类能抵达产卵床。

溢流关闭后，鱼类常群聚在坝趾处，但每当闸门开放，这里就有大量的鱼死亡或受伤。在多数情况下，通过水轮机的鱼亦都受到严重的损害。

然而最为严重的情况发生在非常溢流的时候。此时若增加发电，从而增加通过水轮机的流量，或许会有改善。

报告17、46、47和57介绍北方地区（瑞典、加拿大、美国北部）建坝对渔业影响所引起的问题。那里萨门鱼（即鲑鱼）和它们的移栖占着一个特别重要的地位，因为商品渔场邻近的钓鱼运动占有一定的重要性。

报告46调查了加拿大北部由于削除洪峰而干扰鱼类产卵床的问题。特别是北方梭鱼因此不能再抵达原为淹没平地上的小湖和池塘。人工降低阿萨巴斯卡湖三角洲的水位和提高水温对各种喜好湖面完全封冻的鱼类有不良作用（整治后形成的湖）。创建水库对秋天产卵的鱼的影响较小。对在冷水里生长的鱼种，在整治后得到较好的条件。

报告57是对瑞典水力发电成果的全面总结，分别有两种情况：一是扩展湖泊为水库，二是在河流上修建台阶式低坝挡水，对这两种情况列举了对鱼类的一般有害作用。

在第一种情况，移栖停止了，干扰了产卵床的进出口，岸边变成一个裸露区，藻类增生，生长在底部的生物发生变异，并趋贫乏。在运用初期，水位变化地区，草木消失，随之藻类植物爆发性的生长了。使鱼的食物得到了补充。在瑞典有两种湖：褐色鲑鱼湖和白鱼湖。在鲑鱼湖里，上述变迁对喜爱浮游动物的黑鲑鱼（鲑鱼的一种）有益，而对鲑鱼有害，因鲑鱼一般以吃食湖底动物为生，而现在被迫留在浅水里，在白鱼湖里也发生类似现象。所有这些情况致使鱼的体形变小了。

在河流水库里，情况要好些。由于水流速度降低，底部的动物变得稠密，移栖的鱼少了，然而深水品种（梭鱼、鲑鱼等等）比萨门鱼要多得多，萨门鱼栖于坝趾浅水处。据此为了补偿损失，介绍了几种补救办法：

（1）引进一些鱼食的品种，例如一种小虾，系统研究表明，它很能适应于湖水并宜作褐色鲑鱼的食料。

（2）引进外来品种，特别是在白鱼湖里。

湖鲑鱼看来已引入成功，但需采取一定的保护措施。

对河流水库，亦已作过大量此类试验，但是没有任何有效的结果。

报告47介绍了加拿大麦克塔奎克坝的情况，该处对大西洋萨门鱼移栖问题采用了一个合理办法。萨门鱼几乎不可能自然通过圣约翰河连续三座坝，以达到上游支流的产卵床，而且大部分幼鱼在回程中连续通过三个水轮机返海时，亦会死亡。

解决办法是在麦克塔奎克坝水轮机出口处将鱼聚引到一个很灵巧的装置里，使萨门鱼与其他种鱼分离后进入一个备用池，再由池内的一个活动网将萨门鱼引至集装湾。一个漏斗形的水流系统和蝴蝶阀门将萨门鱼导入卡车的水箱，然后将它们运往三座坝的上游。每次约运送10000~20000条，并从中选出1000条当作种鱼另运至鱼繁殖中心，在那里年产500000条萨门鱼苗，以后又把鱼苗运回到麦克塔奎克坝下游。这个文件详述了全部设备的细节。这套设备是为了保持流域自然特性而采取的一系列措施中的一部分。

5. 过饱和的影响

报告17也与萨门鱼有关。在哥伦比亚河及其支流斯内克河（美国）流域内生产大量萨门

鱼。在这两条河上有许多水电工程，当水流通过这些建筑物，主要是在溢流段，水可能被氧和氮过分饱和。对氮含量的研究表明，在溢流段能达到和超过130%的饱和率。当时某种萨门鱼在这种介质内存存，氮溶解在其血液和组织里，后又还原为气态，因此造成严重的生理失调。根据对幼萨门鱼死亡率的观察，当最大含量接近120%时就有明显的恶果。在1970年建造两座新坝后，在斯内克河幸存的幼萨门鱼只占10%。因此，采取了许多补救办法。如用减少溢流量延长溢流时间来调节水量，能部分地解决问题；另如加速发展水电和建立公共电网是一个更迅速见效的办法。对有些坝，为将来安装机组预留的额外位置，没有骨架式迭置门，其通过流量相当于水轮机的流量，而充气程度却远比溢洪量为小。用这种方法减弱了氮的超饱和。又有一种构筑装置，可使溢流的射水方向与下池相切。这样亦将减少带氮水流落入一定深度的可能性。第三种方法是春季在水轮机前安装上述骨架式迭置门以减少卡潘兰水轮机的出力，因春季电力需要量小。此外，也能象麦克塔奎克坝那样运送鱼类。总之，最重要的结论是，测量可溶解的氮的含量应列为水质标准试验的项目之一。

6. 对鸟类和哺乳类动物的影响

就鸟类而言，修建大水库将影响鸟类的移栖、觅食和筑巢。报告9说明来茵河三角洲对于西欧鸟的移栖起着重要作用，因而担心实施最近的发电计划可能会对这方面有所损害。为此在某些支流建立若干经过适当安排的鸟类留居地。如在其中一条支流上所进行的十年研究指出，由于许多浅水区和沙滩等遭受淹没，鸟的留居地随之消失了，而采取上述措施就可以得到补偿，至少能部分地补偿消失留居地的情况。

报告46介绍，在加拿大北部，河流的人工整治怎样改变了泛滥平原和三角洲地区的生活条件，在那里原是鸟类最喜爱的地带，有最丰富的小生物而且属于庇护地区。后来巢居地带（荒岛）减少了，沿河岸的多草地带被树林所代替，而这些鸟类对树林很不喜爱。冰冻融解迟顿了，阻碍了泛滥平原和三角洲地区的养料补给，这也是有害的。

报告14涉及坝对于热带地区淹没平原的影响，介绍了一些可供比较的各种效果。在潘勾拉的斯崔介道基坝的下游更为严重，那里原是一个动物的大留居地。所幸，这一问题的解决，如同对鱼类一样，在正常洪水时期溢放120米³/秒流量而不进行非季节性的溢流。

在狩猎或游览区和留居地的哺乳类动物也受到干扰。首先在水库蓄水时，很多动物被淹死（报告35）。根据以上情况，留居地的边缘可以保持有益的植物（报告29），只要那里无太大的水位差（对卡里巴湖来说，最好的生长繁殖条件是2米），且水位涨落是渐进的即可。否则，留居地的周围挤满动物的地方将出现一个不毛之地。当然，同时也会出现一个新的生物平衡，这一般是仅适合于不为动物感兴趣的品种。热带地区的下游泛滥平原上的植物变异了，植物变得贫乏了，在赞基俾日和潘勾拉的大留居地上过多地拥挤着危险动物。

在加拿大北部，人工整治导致泛滥平原上池塘里冰冻层下的有效水深减少，甚至有许多池塘的水完全冻结，因此这些池塘变得不宜于麝香鼠生活了。

在新近被冲积物所复盖的地区，植物群落被“钻天”树木所代替，海獭和其它动物受到严重影响，它们对此不能适应。

7. 对疾病发生的影响

水库对人和家畜的疾病发生的影响，不是直接由于改变了其上游水的状况所致，就是间接地由于下游发展灌溉渠道而引起。虽然在温带发生了某些问题（如疟疾），但比起在热带水