

水库防护工程

陈惠欣



水利电力出版社

水库防护工程

陈惠欣

水利电力出版社

内 容 提 要

本书主要介绍：减少水库淹没损失的措施、水库区防护工程的规划和设计、防护堤的坝线选择、结构和稳定设计、排洪渠、防漫和排水站的设计，以及库岸的失稳和防治等。

全书共分七章，通俗实用，附有大量的工程实例和图表可供使用。

本书可供水利水电设计与施工工程技术人员和有关高等院校师生参考。

水库防护工程

陈惠欣

*

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号)

各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 16.5印张 377千字

1987年12月第一版 1987年12月北京第一次印刷

印数0001—2950册

ISBN 7-120-00027-6/TV·9

15143·6454 定 价：3.80元

前 言

1978年以来，笔者接触了不少兄弟设计院从事水库工作的同志，彼此交谈了减少水库淹没损失和在水库区修建防护工程等问题。笔者又曾被邀在“水利水电工程水库淹没处理设计规范修订会议”上，西北勘测设计院水库组、华东勘测设计院规划室作“水库区防护工程的规划和设计”专题介绍。在反复的接触交谈中，笔者更清晰地意识到减少水库淹没损失已是当今水利水电工作者急需解决的重要问题，值得探讨。

探讨这样一个过去不受人重视的、认为技术性不强的问题，在今天却有着莫大的现实意义和经济意义。撰写这本小册子是为了切磋“防护”的技术，整理和小结已建防护工程的成就和经验，供待建工程参考。盼本小册子能对水库区防护工程的发展和建设有所帮助。愿防护工程能增色生辉，发挥更大的效益，得到更广泛的应用。

本小册子的撰写注意到了通俗、实用、简明和图表化，并注意到多多引举工程实例，以深化形象和便于让更多的从事水库工作的同志参考引用。

本小册子的撰写得到了老一辈专家马君寿、程学敏、潘家铮、刘兰桂等的赞助并惠赠参考文献，邢观猷老师的亲笔斧正指导，特表感谢。限于笔者水平，书中的谬误处，谨请同志们批评指教。

笔 者

1985年新春于杭州

目 录

前 言

第一章 水库	1
第一节 水库	1
第二节 水库的作用	4
第三节 水库的淹没和其他	5
第四节 减少水库淹没损失的措施	12
第二章 水库区防护工程的规划设计	23
第一节 水库区的防护工程	23
第二节 基本资料	23
第三节 防护工程的规划设计	26
第四节 工程实例、效益和建设经验	39
第三章 防护堤	62
第一节 堤线的选择	62
第二节 筑堤材料	65
第三节 堤体结构	68
第四节 堤基处理和渗流控制	84
第五节 堤坡的稳定计算	94
第六节 过水设计	97
第七节 抗震设计	107
第四章 排洪渠	113
第一节 排洪渠的规划和选线	113
第二节 纵断面设计	113
第三节 横断面设计	122
第四节 渠道的护面和渗漏	139
第五章 防浸没设计	144
第一节 浸没的预测	144
第二节 浸没的防治	148
第三节 减压井的计算	157
第四节 工程实例	165
第六章 排水站	174
第一节 排水站的规划、布局和站址选择	174
第二节 机型机组选择及计算	177
第三节 排水站设计	187
第七章 库岸的失稳和防治	222
第一节 岩质库岸的失稳和防治	222
第二节 非岩质库岸的塌岸与防护	251

第一章 水 库

第一节 水 库

一、水库

水库是人们为了对河川径流在时间和空间上进行重新分配，减少或增加某一时间、某一地区的径流量；或者为了抬高水位，达到某些用水的目的，而建造的一个人工蓄水湖。

水库按其总库容可划分为大、中、小型水库。其区划的指标如下表1-1。

表 1-1 水库的分等指标

工程等级	I	II	III	IV	V
工程规模	大(1)型	大(2)型	中 型	小(1)型	小(2)型
分等指标: 水库总库容 ($\times 10^8 m^3$)	>10	10~1	1~0.1	0.1~0.01	0.01~0.001

注 总库容系指校核洪水位以下的水库静库容。

按水库的兴利目标不同，可分为防洪水库、发电水库、供水蓄水水库、灌溉水库、航运渠化水库……等。六十多年前建筑的水库，多数是一元性目的的，如仅为都市给水的，或为灌溉的，二元性目的的水库少见。1930年后，建筑水库渐渐以发展水利方面多目标为准则。如为了防洪、航运、发电、灌溉……，甚至有关系人民的娱乐和养鱼等目的者；按水库的调蓄能力，又有日调节、周调节、月调节、季调节、年调节、多年完全或不完全调节等之别。

大、中型水库的形成，基本可分河谷型和湖泊型两类。筑坝横断河谷，在坝体上游形成一个人工蓄水湖，此类为水库的最基本型式。目前我国最大的水库——新安江水库（总库容 $220 \times 10^8 m^3$ ）、在建的龙羊峡水库（总库容 $247 \times 10^8 m^3$ ）和未来的长江三峡水库等，都是建高坝，拦截江河后在坝体上游峡谷河槽中形成水库的，为河谷型水库。另有在天然湖泊的出口附近建造水利枢纽，控制出水量，这样变天然湖泊为水库的，为湖泊型水库。我国东北的镜泊湖水库（总库容18.24亿立方米）和举世闻名的非洲卡里巴水库（总库容1603.68亿立方米）等，为湖泊型水库。

此外，尚有地下水库。在雨季时，利用地下冲积层或地下岩层的溶洞，将多余雨量引入地下储存。当灌溉或其他方面用水时，引出该储存水源。这种工程称地下水库。地下水库可分为三类：1）利用古代水系变迁遗留下来的旧河道兴建的；2）利用古代河流冲积的扇形地带修建的；3）利用溶洞修建的。我国西南六郎洞水电站的水库以及河北南宮地

下水库（总库容为4.8亿立方米）均为地下水库。地下水库蒸发少，无淹没，但有时可能有浸没问题。

二、水库的范围

水库区的范围，一般包括淹没区（考虑回水影响）、浸没区及坍岸地段三部分。在具体确定淹没区及相应的浸没、坍岸范围时，应根据所在河流的洪水特性、水文地质和工程地质条件、水库调节性能、水库运用方式等进行分析论证。

水库淹没区分为经常淹没区和临时淹没区。水库淹没区的设计洪水标准，一般在安全、经济的原则下，因地制宜地在如表1-2所列设计洪水标准范围内选定。

表 1-2 不同淹没对象设计洪水标准

淹 没 对 象	洪 水 标 准 (频率%)	重 现 期 (年)
耕地、园地	50~20	2~5
林 地	正常蓄水位	
农村居民点、一般城镇和一般工矿区	10~5	10~20
中等城市、中等工矿区	5~2	20~50
重要城市、重要工矿区	2~1	50~100

注 表中未列的淹没对象如：铁路、公路、电力、电信线路、文物古迹、水利设施等，其标准参照专业规范的规定同有关部门协商确定。

水库回水淹没的范围，按上表不同洪水标准的坝址以上沿程回水位高程为依据。当采取汛期降低库水位运行的水库，坝前段应不低于正常蓄水位高程。水库回水末端的终点位置，可按回水曲线高于同频率洪水天然水面线0.1~0.3m范围内确定。

水库回水淹没范围，还应考虑泥沙淤积、风浪爬高和冰塞壅水淹没的影响。

坍岸、滑坡地段：系指水库形成后，库岸受风浪冲击、水流侵蚀、使土壤风化速度加快、抗剪强度减弱及库水位涨落引起库岸地下水动水压力变化而造成库岸变形的地段。

三、水库的水文特性和特征水位

水库的建成和蓄水，将改变天然河道的水文特性，形成新的水文特性。表现为：

- 1) 径流在时间上的重新分配。水库下游河道的洪水流量减少，枯水流量增加；
- 2) 水库入库洪水。由于库区内原有天然河道的槽蓄作用消失，洪水传布时间缩短，回水区产流和库周汇流条件的改变，入库洪水较坝址洪水往往表现为洪峰增大、洪水历时缩短、涨水段洪量加大、落水段洪量减小，洪峰出现时间提前；
- 3) 水量的损失。库区水面面积的增加，导致河流的水量因水面蒸发损失的增加而减少。库区地下水运动状态的改变，渗漏损失的增加，也使河道的水量减少；
- 4) 库内水深增大，在风力作用下，水面将出现波浪。大型水库中的波高可达2.0~3.0m或更高。水库的岸坡在水浸和风浪作用下，可能产生坍塌再造现象；
- 5) 库区水流流速减小，一部分挟沙沉淀下来，部分库容被淤填，库尾形成新的三角洲。坝下河床则遭受冲刷；

6) 水库改变了河道的水深, 也改变了河道水、空气和库床三者热能交换的原有规律, 改变了河道的水温。可能使水库的结冰和解冻期相对推迟, 改变航运时期, 影响某些水生物的繁殖和生长;

7) 水质的变化。个别水库因水分的蒸发和损失, 或库区某高程土壤中盐分的溶入, 使河道水的含盐度和水化学成分发生变化。水温和水生物的变化, 也可使水的含氧量发生变化。

水库中上列水文要素(水量、水温、流速、泥沙及水化学成分等)多年的一般变化规律, 与流域的气候、地理条件以及流域特征和人类活动等因素密切相关, 也与水库的壅水深度、容积和表面积等参数有关。

水库的容积和面积是表征水库的二个重要参数。而水库的水深和容积、面积的关系曲线, 则是表征水库地形特性的二条曲线。平原河流面积随水位增加很快, 面积曲线的坡度较小; 山区河流面积随水位增加较慢, 曲线坡度较大(图1-1, a)。

水库的水位和相应的库容可作如下的区分和命名(图1-1, b)。

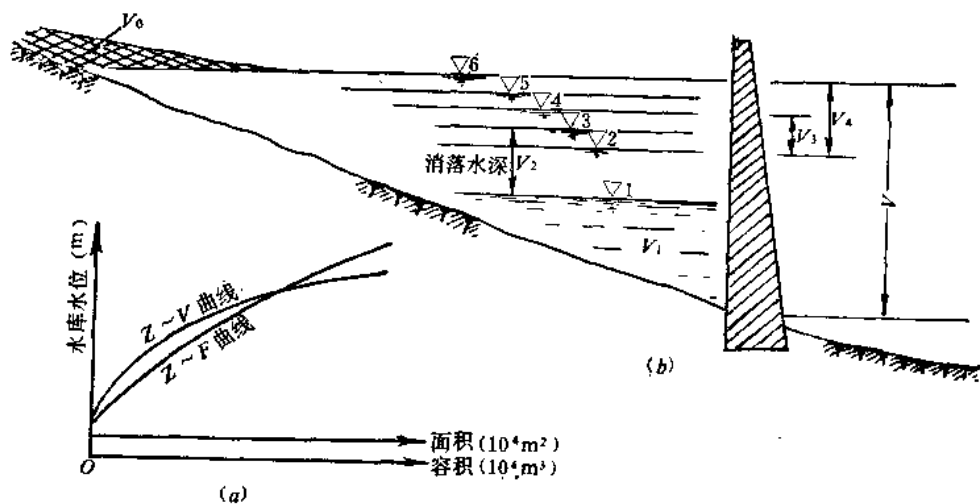


图 1-1

(a) 水库水位与面积、容积关系曲线; (b) 水库的特征水位及其库容间的关系

∇1—死水位; ∇2—汛期限制蓄水水位; ∇3—正常蓄水位; ∇4—防洪高水位; ∇5—设计洪水水位; ∇6—校核洪水水位; V—总库容; V₀—动库容; V₁—死库容; V₂—兴利库容(调节库容); V₃—防洪库容; V₄—调洪库容

死水位。是指在正常运用情况下, 允许水库消落的最低水位。死水位以下的水库容积称死库容。死库容不起调节作用, 只是为了保证水库上下游有一定的水位差, 或者为存蓄淤积泥沙而留的库容。死水位以下淹没的田地, 将永久淹在水下, 不再出露于大气中, 为永久性淹没。

正常蓄水位。是指水库在正常运用的情况下, 满足设计的兴利要求, 在开始供水时应蓄到的高水位。正常蓄水位至死水位之间的深度称消落深度。二者间的水库容积称兴利库容(或称调节库容)。水库消落深度间淹没的田地, 或为经常性淹没, 或为季节性周期淹

设、随水库的运行方式而别。正常蓄水位以上的田地受水库洪水回水和风浪、冰塞壅水等的影响，可能出现短时间的临时淹没，为临时淹没区。

防洪特征水位。是水库各项防洪水位的总称。包括汛期限制水位、防洪高水位、设计洪水位和校核洪水位。

1) 汛期限制蓄水位。是水库在汛期允许蓄水的上限水位；

2) 防洪高水位。当遇到下游防护对象的设计标准洪水时，水库（坝前）达到的最高水位。它与汛期限制蓄水位间的水库容积，称防洪库容；

3) 设计洪水位。系遇到大坝的设计标准洪水时，水库（坝前）达到的最高水位；

4) 校核洪水位。系遇到大坝的校核标准洪水时，水库（坝前）达到的最高水位。它与汛期限制蓄水位间的水库容积，称调洪库容。

总库容。系校核洪水位以下的水库静库容容积。

动库容。系水库在洪水时实际水面线以下与坝前水位水平面以上之间所包含的容积，亦称楔形库容。坝前水位水平以下的容积，则称之为静库容。

第二节 水库的作用

水库的作用有：1) 拦蓄洪水，防止水旱灾害；2) 按用水部门的需要，有计划地分配径流；3) 抬高水位，为有关部门（发电、航运、灌溉）服务。

水库与湖泊的不同处是，水库的水位和出水不仅取决于库区的来水量，也取决于人的意志，受到人的控制和调度。水库是人们为综合利用“水”而建设的，人们有了水库，可以按照各部门用水的需求，有计划地贮蓄水和分配贮蓄在水库中的水，合理地利用水资源；可以提高枯水季节的发电水量，保障城市的生活、生产用水，滋润农作物，畅通航道

表 1-3 新安江水库的防洪效果

序	降 雨 时 间			降 雨 量 (mm)	洪水总量 (亿m ³)	入库洪峰 (m ³ /s)	溢洪道流量 (m ³ /s)
	年	月	日				
1	61	6	8	129.5	12.18	10030	0
2	63	5	8	100.7	11.25	7200	0
3	66	6	23~25	146.1	10.36	8040	0
4	66	6	28~30	167.7	15.84	7820	0
5	66	7	4~6	223.3	20.39	23350	溢洪试验
6	70	6	23~26	157.6	13.46	14580	0
7	70	6	11~14	157.6	10.98	9060	0
8	71	6	1~2	98.5	10.10	12880	0
9	71	6 ^B	3~6	200.2	18.63	12570	0
10	73	6	18~25	262.5	23.10	10770	0
11	74	7	9~19	323.0	25.20	16345	0
12	75	4	15~19	128.9	12.20	7825	0
13	77	6	13~21	197.6	19.19	7250	0
14	79	6	25~28	140.6	11.72	9370	0

注 本表为一次洪量10亿m³以上的统计表。

……：可以抬高水位，发电和航运。

如新安江水库：每年向我国最大的工业城市——上海，输送十几亿千瓦小时的电能。巨大的水库，驯服了新安江（见表1-3）源源的江水，保障着沿江下游地区人民的生产、生活和灌溉用水，改变了过去在枯旱季节缺水 and 饮用咸水的命运。库区水运条件得到彻底改善，渔业、林业生产欣欣向荣，旅游事业和地区经济有了很大的发展。水库的综合效益十分明显。

又如：解放初期修建的官厅水库，也发挥了巨大的效益。在防洪方面，1953年8月永定河发生有水文记录以来的第二次大洪水，由于水库拦蓄了洪水，保障了该河下游广大土地以及交通和城市的安全；此外该水库还为当地提供电力、农业灌溉和工业及生活用水等等。密云水库建成后，控制了潮白河的洪水，与官厅水库的联合运用，缓和了北京、天津用水需求的矛盾。

第三节 水库的淹没和其他

水库既能给国民经济各部门带来许多的综合效益，也不可避免地给水库区和某些部门造成一定的损失。建造水库引起的损失有：淹没、移民、浸没、大范围的水库区坍岸和某些生态环境变化的影响等。

一、淹没

水库既是一个大的人工湖泊，占有较大的平面和空间，就免不了要淹没库区范围内河槽两岸大片肥沃的农田和城镇等，造成水库的淹没和移民，构成水库的淹没损失。

淹没农田和城镇，将使农民和库区群众失去劳动对象和生活依据，需要迁移和影响群众的正常生活和生产秩序，在一定时段内将降低移民的生活水准，甚至需要改变群众的劳动方式、生活习惯和社会关系，影响深远。

除淹没农田外，有的水库还可能淹没库区范围内地表和地下的自然资源和人工建筑物。如森林、矿藏、交通和通讯线路、水利水电设施、文物古迹、有重要意义的革命纪念地、风景游览区和自然保护区等。

淹没和移民，是水库建设时的一项重大损失。损失的大小，移民的多寡，和水库的地理位置、库容的大小、蓄水的深度、库面的宽广等有关。水库的淹没损失和得益的权衡，常以淹没指标表示，表1-4为全国321座大型水库的总库容、效益、淹没和淹没指标。总计蓄水2781.918亿 m^3 ，淹没耕地871.23万亩，移民448.57万人，年发电量345.0531亿kW小时，灌溉农田1.2278亿亩。效益很大，损失也不小，构成水库建设的一种基本矛盾。如何扩大水库建设的效益，减少损失，趋利避害，是一个值得探索的问题，正引起多方面的关注。

水库对有纪念性的文物和建筑物构成淹没时，常常需要采取保护或迁移。如：

黄河三门峡水库建设时，水库淹及山西省永济县永乐镇，这里有六百多年前的元代建筑物——永乐宫。宫内有精美的元朝壁画八百多平米，各种人像一千多幅（图1-2）。永乐宫以古代壁画艺术闻名于世。修建三门峡水库时，国家为了“保护这一珍贵的文化遗产，决

表 1-4

全国大型水库淹没指标统计值

地 区	水 岸 座 数	总库容 (10^8m^3)	效 益		淹 没		淹 没 指 标					
			灌溉面积 (万亩)	年发电量 (kWh)	淹 地 (万亩)	移 民 (万人)	每 10^8m^3 蓄水		每万亩灌溉 ¹		每 10^8kWh 发电 ²	
							淹 地 (万亩/ 10^8m^3)	移 民 (万人/ 10^8m^3)	淹 地 (万亩/ 万亩)	移 民 (万人/ 万亩)	淹 地 (万亩/ 10^8kWh)	移 民 (万人/ 10^8kWh)
华北地区	37	235.771	2127.16	42579	121.58	48.27	0.516	0.205	0.057	0.023	28.437	11.310
东北地区	42	479.318	686.48	575879	114.54	24.15	0.239	0.050	0.167	0.035	1.980	0.419
华东地区	83	621.935	2395.60	489481	228.75	147.44	0.368	0.237	0.095	0.062	4.673	3.012
中南地区	128	1289.781	4691.09	1169156	359.91	206.33	0.279	0.160	0.077	0.044	3.078	1.765
西北地区	21	114.019	2233.42	773386	38.04	22.30	0.334	0.196	0.017	0.010	0.492	0.288
西南地区	10	41.098	145.19	399950	22.97	14.66	0.559	0.357	0.158	0.101	0.574	0.367
全国总计	321	2781.918	12278.95	3450531	871.23	448.57	0.313	0.161	0.071	0.037	2.525	1.300

注 本表统计的范围,系截至1981年底已建成的总库容在1亿米³以上的水库工程。



图 1-2 永乐宫壁画

定拆迁到山西省芮城县风光秀丽的中条山下按原样重建，供人游览欣赏。四个大殿的一砖一瓦，一木一石，大块的壁画……事先绘图编号，事后对号组装复原，给予重建起来。

河北省平山县的西柏坡，这里是召开党的七届二中全会的革命圣地，是值得全国人民纪念和保护的革命纪念地。1959年，当河北省人民决定修建岗南水库的时候，当地政府组织有关人员把党中央旧址和中央领导同志的旧居绘制下来，并把一些房屋的梁柱门窗编成号码，保存和拆迁至水库岸边的山上，建成新的西柏坡，保护了这些纪念革命的建筑物。

埃及的阿布·西木贝尔 (Abu simbel) 寺院，在阿斯旺水库范围以内。其出名的石雕等古迹，是极其宝贵的文化遗产。埃及政府利用国外资金支付了庞大的迁移费用，照原样迁到库外，给以保护和展出。

二、浸没

水库蓄水后，抬高了库周的地下水位，在特定的地质条件下，可以促成库边或库外某些地区出现沼泽等浸没现象。浸没使农田荒芜或单产下降，饮水和居住卫生条件恶化，建筑物地基受地下水浸润并发生沉降，道路反浆等。在水库淹没处理设计中，应根据水文地质预测成果区别不同对象所允许的地下水埋藏深度，采取相应措施。我国官厅、黄壁庄、龙门、三门峡等水库蓄水后，库边、库外都曾发现有浸没现象，作了专门的处理。

官厅水库1955年开始蓄水后，由于库区地下水位被抬高，使几十个村庄数千亩土地沼泽化，浸没带的宽度在个别地段达3km以上。沼泽化和盐碱化的后果，农作物及果树减产或部分枯死，房屋倒塌，墙垣开裂……等等。事后补做了大量排水工程，并相应改变耕作制度，才得到解决。

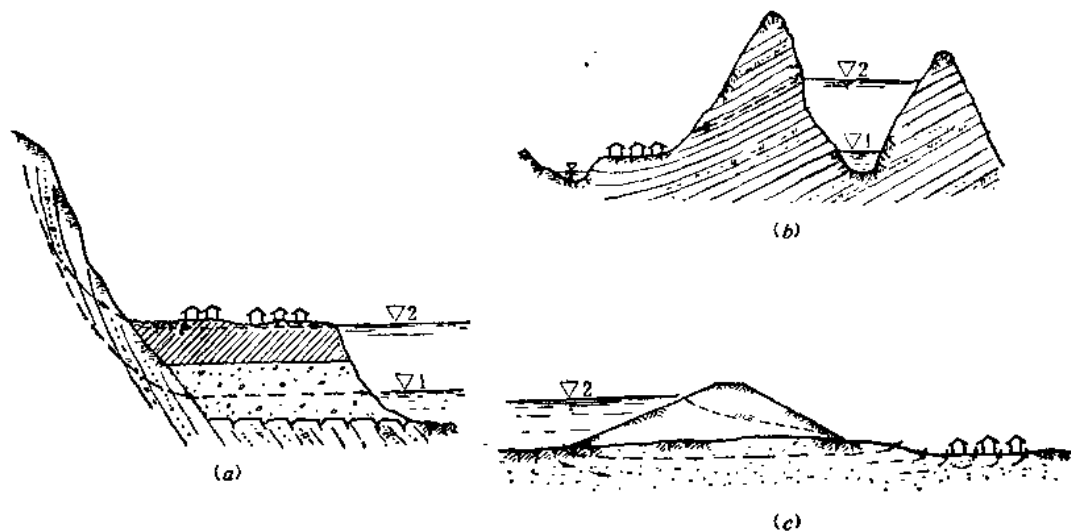


图 1-3 水库与浸没

(a) 库区浸没的情况；(b) 库外浸没的情况；(c) 坝址下游的浸没

黄壁庄水库 (河北省滹沱河) 1959年开始蓄水后，当汛期水位达115m高程时 (正常蓄水位为127.5m)，副坝下游坡即出现渗漏、管涌和塌坡等现象，同时副坝下游的灰北、小壁、郑村等七个村庄发生房屋倒塌，井水变苦和土地沼泽化等浸没现象。60年代初，在副

坝下游趾修建排水减压井渠系统等, 才予解决。

龙门水库(河北省沙江)也于1961年8月当库水位蓄至66.32m高程时,副坝下游普遍发生管涌,距坝轴300m附近地面约有1万 m^2 出现沼泽化,当库水位达67.42m时,坝后沼泽化面积由1万 m^2 扩大为4万 m^2 ,并有冒砂、坍坑等现象。不得已,补设了排水减压井予以处理。

三、水库的淤积和冲刷

泥沙进入水库后由于流速降低,开始沉淀,形成水库区的淤积。在多泥沙河流上建水库,水库的淤积是一个值得注意的课题。它不仅缩短水库的使用年限,影响水库的有效库容和效益,而且形成“拦门沙”,扩大库尾和支流上的淹没界限,影响其他建筑物的正常使用。诸如:上游航道航深的减小,港口的淤塞,取水建筑物前水深减少或淤塞报废,宽浅游荡性河段游荡性的发展等等。

黄河三门峡水库于1960年蓄水后,库区迅速淤积,上游潼关段河床抬高,渭河河口出现“拦门沙”。潼关常水位从建库前323.7m升至328.6m,抬升4.9m,导致黄河水顶托渭河水,倒灌加剧。渭河河槽淤堵长达8.8km,华县常水位从333.6m升至336.68m,抬升3m。渭河下游河槽平滩过水流量迅速减小,加重了沿江两岸的防洪任务。而且由于泥沙淤积和河道水位升高,两岸水位相应抬高,库区土地盐碱化和沼泽化的面积迅速扩大,农作物减产,果树死亡,当地群众患风湿病和腰腿痛症者增多,给农业生产和人民生活造成很大影响,以致后来不得不对工程进行改建,并改变运行方式,使原设计的效益大大减少。

控制水库淤积的根本方法在于控制泥沙和水土保持。调整水库运用方式和加大泄流排沙、冲沙的能力,则是控制泥沙的重要手段。

对水库泥沙的处理,五十年代以拦为主,曾过高的估计水土保持的作用,造成一些失误。但在河流的上中游仍应严禁毁林开荒、陡坡耕种,防止地面水土流失。六十年代以后以排为主,其措施是制定合理的运用方式和工程布置。在水库运用方式上,根据河流的来水来沙特点,在调节径流的同时调节泥沙,使进入水库的泥沙能按人们的意志运动,减少不利的后果。这方面我国已经总结出蓄清排浑,降低汛期水位、蓄洪、自由滞洪或控制缓洪以及多库联合运用等不同类型的水库运用方式。三门峡水库从1964年到1970年进行加大泄流规模的改造,增设两条泄水隧洞,打开8个导流底孔。并从1974年起,水库控制运用,在汛期降低库水位到300~305m高程,汛后抬高水位为320m。从而使淤积量从改造前的每年5.4亿 m^3 减少到0.2亿 m^3 ;恢复潼关以下河槽库容约9亿 m^3 ;保持了335m高程以下约58亿 m^3 库容,基本上控制了淤积上延;龚咀水库将汛期水位降低到水库最低运行水位,还采取降低坝前水位造成溯源冲刷的办法,运行15年兴利库容仅损失4.6%;北方一些中小型水库利用高浓度异重流排沙或采用水力吸泥的方式进行排沙,取得了一定的效果。另外,把泄洪排沙建筑物的底槛高程尽可能布置得低些,使其不仅有利于排沙,减少机组过沙,且可降低坝前侵蚀基面,加大纵比降,以形成较大的槽库容。汾河水库泄洪洞较原河床高20.2m,致使1960~1966年间异重流不能排出,直到1967年后,泄水洞以下淤平,异重流排沙才有了明显的效果;碧口水电站排沙洞高程低于电站进水口25m,洞径4.4m,

最大泄量 300m^3 每秒。根据实测，排沙洞最大含沙量达 $395\text{kg}/\text{m}^3$ ，水轮机组过沙仅 $3\sim 4\text{kg}/\text{m}^3$ ，排沙效果甚为显著。

在我国的水利水电工程建设中，泥沙问题十分突出，必须从河流规划阶段就予以足够重视。坝址选择恰当，方案布置合理，也是减免泥沙危害的重要措施。

水库的沉淀作用，使坝下河水含沙量减少。在一般情况下，水库下游附近河道将处在冲刷状态下，引起河床变化，影响下游的桥基、护岸工程、堤防和码头等建筑物的基础。水库下游的冲刷，其后果有时是非常有害的，应予控制。如：丹江口水利枢纽下游 10km 左右的公路桥桥基的被冲刷；西津、富春江、石泉电站的下游因大坝泄洪，两岸岸坡受到冲刷，都是不容忽视的。

四、塌岸和滑坡

水库的土体岸壁，在库水的长期浸泡下，土体的物理、力学及水理性质发生了变化。加之，在库面波浪对岸壁的积极磨蚀作用下，岸壁的平衡被破坏，导致库岸的塌坍、再造和滑坡。

因水库蓄水引起库岸滑动的事例，在国内和国外不乏罕见。1963年10月9日意大利瓦将特（Vajont）坝库岸的大滑坡，滑裂体体积达 $2.5\times 10^8\text{m}^3$ ，致使其下游部分遭受大灾害，库水溢出淹袭朗加龙（Longarone）城，造成2125人的死亡，震动了世界坝工建设者们。

库岸大量的塌坍，扩大了水库的征田界限，危及岸边建筑物和居民点，应予保护。有关库岸的塌坍、滑坡及其防治，将于第七章中专题讨论。

五、生态环境的影响

近年来，大坝愈修愈高，库容愈来愈大；从单一水库到梯级的水库群开发；从一条河流的开发到跨流域引水。大水库和水库群对自然环境的冲击越来越大，大大超越了以往的工程。水库对生态环境的影响，值得工程师们关注和采取相应保护措施。

水库对环境的影响可分为：

（1）对自然环境的影响：如对水文、气候、土壤、地质、地震、河道、植物群、动物群和微生物的影响等；

（2）对社会环境的影响：如对人口、土地利用、交通港口、名胜古迹以及人类健康的影响等。

水库对环境的影响具有两重性。从消除洪涝旱碱等自然灾害来说，是对环境的极大改善，是积极和主导的方面。水库区内的淹没、人口迁移、浸没、塌岸、淤积等是不利的影响，已如前述。

预测水库对生态环境的影响，是采取措施，消除和减少影响，趋利避害，防止生态系统有不良破坏的基础。为此应研究水库可能对生态系统影响的几个方面。

（1）库面蒸发和对气候的影响：水库形成后，水面扩大，蒸发量增加。水库的大水面、水面温度差、水面蒸发量、饱和差和风速等，能影响水库地区的小气候。如早晚温差、相对湿度……等。加纳沃尔特（Volta）湖蓄水后，多雨季节由10月提早到7月。埃及纳赛尔水库蓄水时，库区多年来第一次下了雨。新安江水库20年实测资料，平均降雨减

少223mm, 占13%。丹江口水库据库周50km范围内31个雨量站统计, 水库南面降雨量增加3%, 北面减少11%。降雨量在时空分布上均有变化。

大型水库能调节和储存热量, 改变水库周边水热平衡。新安江水库冬天平均温度升高, 夏天平均温度降低。建库前极端最低气温 -12°C , 建库后为 -7.5°C ; 建库前极端最高气温 45°C , 建库后为 41.8°C 。建库后初霜期推迟, 终霜期提前, 无霜期比周围增长33天。

(2) 水库地震: 水库蓄存了很厚的水体, 使地壳增加外荷, 地壳内部应力增大, 库水侵入地壳, 使在高压下的岩石抗压强度降低, 也使岩体内储藏的应变能量增加……等等, 在一定的地层构造条件下, 可以诱发地震。多次微小的地震, 将使地壳破坏和引起较大的地震, 这就是水库诱发的“水库地震”。

当前世界上已知有“水库地震”的水库约有30座以上。我国自1962年3月19日新丰江水库诱发6级地震以来, 迄今已有14座水库发生了水库地震。各库诱发地震的震级见表1-5。综合已有资料分析, 我国的水库地震有如下基本特点:

1) 发震水库多位于基本烈度6度以下地区, 仅佛子岭和丹江口在原7度区; 新丰江和葛窝地区是发生水库地震后才改划为7度区的。

2) 地震区多位于水库中部或尾部, 仅新丰江主要发震区在坝前深水区, 主震在坝下1000m处; 另外, 佛子岭的震中距库边10km以上, 因此还有异议。

3) 震中区出露地层多为碳酸岩类, 仅新丰江和湖南镇为火成岩, 台湾曾文为砂页岩。

4) 开始发震时震中区水深一般小于20m, 主震时水深除新丰江大于90m外, 其他均在40~50m以下。

5) 主震震级新丰江为6.1级, 属中强地震, 其余有四座4.2~4.8级, 9座在3.2级以下, 均属弱震和微震。

上述特点和地震时可能发生的巨大破坏力, 值得水库建设时注意, 应该从规划、选坝到运行各阶段比较系统的勘测、研究、设计和进行监控, 以期对水库地震的长期和中短期发展趋势作出评价, 供水库安全运行和防汛参考。

(3) 对水产的影响: 水库改造了江河湖泊, 引起了水体某些环境因子的变化, 必然对渔业资源产生一定的影响。如淹没产卵场, 隔断洄游线, 水温、水质、水量和流速的变化, 浮游生物的变化等。使库区洄游性和喜流水性鱼类减少, 鱼类繁殖和生长的条件恶化。美国哥伦比亚河上大古力坝建成以后, 一些珍贵鱼在坝址上游绝迹; 天津蓟运河河口大闸建成后, 银鱼不能进入内河产卵、索饵、育肥, 蓟运河内银鱼不见了; 泰国湄公河上纳姆邦水库内浮游生物生长减缓, 造成捕鱼量下降; 埃及阿斯旺大坝建成后, 浮游生物入海量大减, 使沙丁鱼等大幅减产; 我国海河流域的大清河南支, 由于片面强调“以蓄为主”, 拦蓄过度。使下游素称鱼米之乡的白洋淀水量减少, 加上水质污染, 对水产和人民生活影响极大。

(4) 对野生动物的影响: 水库淹没森林和某些野生动物繁殖、栖息、生长的场所, 或是由于地下水位抬高, 土地盐碱化、潜育化而使植物枯竭, 导致野生生物饲料贫乏, 影响生存。

表 1-5

我国水库诱发地震特性表

库名	位置	坝高 (m)	库容 ($10^8 m^3$)	开始蓄水时间	初次发震 时间	诱发最大地震		震中位置	震中区的 地质情况	蓄水前的 地震情况	备注
						时间	震级				
新丰江	广东河源	105	139.0	1958.10.20	1959.11	1962.3.19	6.1	库首与坝下游约1000m	花岗岩, 河源断裂带	1937~1958年30km范围内发生过有感地震3次	
南水	广东乳源	81.3	12.7	1969.2	1969.6	1970.2.26	3.0	库区北部东田、柳木桥	灰岩及硅化破碎带	处于无震区	
前进	湖北谷城	50.0	0.17	1970.5	1971.10	1971.10.20	3.0	库尾	白云质灰岩, 岩溶发育	近百年无地震记载, 属弱震区	
柘林	江西永修	63.5	79.2	1972.1	1972.10	1972.10.14	3.2	中部库岸边缘	灰岩、近东西向逆冲断层	无明显地震活动, 弱震区	
黄石	湖南慈利	40.5	6.12	1970	1973.5.1	1974.9.21	2.3	库尾	灰岩、岩溶发育	无明显地震活动	
佛子岭	安徽霍县	75.9	4.96	1954.6	1954.12.14	1973.3.11	4.5	水库库外西北约10km	大理岩, 岩溶发育	属大别山中强地震带	安徽省地震局对此提异议
丹江口	湖北均县	97	208.9	1967.11	1970.1	1973.11.29	4.7	水库上游宋湾峡谷	灰岩, 有南北向断层	为弱震活动区	
南冲	湖南邵东	45	0.14	1969	1969年夏	1974.7.25	2.8	库尾	石灰岩, 岩溶发育	未发现地震活动	
稷离	辽宁本溪	50.3	7.91	1972.11	1973.2.15	1974.12.22	4.8	库尾	厚层灰岩, 两断层交汇处	当地居民从未感到过地震	
曾文	台湾台南	147	9.96	1973.4				库区中部库底	砂页岩	为强地震活动区	蓄水后地震活动减弱
新店	四川犍为	26.5	0.29	1974.4	1976.7.16	1979.9.15	4.2	水库中部	灰岩、泥岩、岩盐	历史上无地震记载	
湖南镇	浙江衢县	129	20.6	1979.1	1979.5.23	1979.10.7	2.8	水库中部	火山岩、流纹斑岩	处于无震区	
乌江渡	贵州遵义	165	23.0	1979.11	1980.3	1980.6.20	1.0	库尾灰岩峡谷上下游	灰岩	处于无震区	
邓家桥	湖北宜都	12	0.004	1979.12		1980.8.1	>2	断层附近暗河出口处	灰岩	处于无震区	

摘自《中国水力发电年鉴》

为拯救库内留下的动物, 特别是珍贵动物, 国际大坝会议环境委员会建议: “在库区必要地点设置大型方船, 作为飞禽的栖息地。为陆地动物便于行动, 在水库岸边设置道路, 以保持库区附近生态平衡”。美国加利福尼亚州夏斯塔工程, 原坝高184m, 要求加高60m, 灌溉3000万亩, 因库区有几只珍贵的秃头鹬需要因此而迁移栖息地, 有关部门提出了许多迁移的方案进行研究。

(5) 卫生条件的影响: 水库和湖泊的周边浅水区, 杂草丛生, 适于疟蚊孳生。热

带、亚热带地区的低洼沼泽地，更是血吸虫中间宿主螺繁殖的良好环境。南非为发展灌溉、发电、供水和旅游，多年来建设了许多水坝，一些地区水量充沛，农业丰收。但也为蚊子等有害昆虫繁殖提供了良好的条件，疟疾流行危及居民健康。目前，南非的大坝区蚊子密度增加，有螺面积扩大，疟疾、血吸虫病和蚊子传播的病毒性疾病如乙型脑炎等增加。丹江口水库，原库区各县均有疟疾流行，建坝后有发展趋势。据环境流行病学调查，该地区疟疾的发病分布，疟原虫的检出率，疟蚊的生活习性与水库蓄水有一定的直接关系。库区郧阳地区疟疾发病率蓄水前为1.3%，蓄水后上升到7.6%；原虫检出率建坝前为0.78%（1955年），建坝后上升到3.78%（1970年）。库区周围的优势蚊种为中华按蚊，该蚊繁殖季节正值水库处于防洪限制水位上下，库区面积较大，且较稳定，为疟蚊孳生和传播提供了有利条件，也与疟病的发病季节是相吻合的。三门峡水库由于黄土高原的土壤中含砷较多，暴雨时砷随着泥沙入库，以致库区泥沙中砷的含量超过标准很多。值得今后选择坝址时，注意淹没区的地质、卫生状况，并以此作为确定蓄水高程时的因素之一。

我国政府对环境保护十分重视，颁布了《中华人民共和国环境保护法（试行）》^①。规定：“开垦荒地、围海、围湖造地、新建大中型水利工程等，必须事先做好综合科学调查，切实采取保护和改善环境的措施，防止破坏生态系统”。1981年3月，国家计委、建委、经委、国务院环境保护领导小组又联合颁发《基本建设项目环境保护管理办法》，规定：“建设单位及其主管部门，对基本建设项目的环境保护负责。必须在基本建设项目可行性研究的基础上进行编制环境影响报告书，经环境保护部门审查同意后，再编制建设项目的计划任务书”。“基本建设项目的初步设计，必须有环境保护篇章，保证环境影响报告书及其审批意见所规定的各项措施得到落实”。

虽然，水库建设带来一定的弊害，有时还很大，但它与兴利的效益、对人类的贡献相比，显然是第二位的。国内已建各大中型水库的成功和所发挥的效益，无一不说明水库的利大弊小。此外，通过实践已逐步认识到水库的许多弊害是可以采取工程性的和非工程性的技术措施，得到改善或减免的。只要我们正确认识和掌握水库建设中矛盾的两个方面，就一定能扬长避短，做出更大的成绩。

第四节 减少水库淹没损失的措施

在水库的各种弊害中，淹没损失是其最主要的弊端。水库建设的实践证明，水库淹没问题是在工程建设中的重大问题之一，往往构成建设项目的取舍和加快水利水电建设的制约因素，需予研究和做好水库淹没处理设计工作。

一、减少水库淹没损失的意义

我国是一个人多地少的国家。据有关报导，1957年~1980年间，全国由于进行基本建设和农房建设等原因，占掉的耕地约有5亿亩，平均每年减少2000万亩，即便加入这23年开荒增补的3.2亿亩，还净减1.8亿亩。由于人口增加和土地大量被占用，1980年全国平均

^① 人民出版社，1980年7月。