

陕西省水利科学研究所河渠研究室
清华大学水利工程系泥沙研究室 合编

水库泥沙

水利电力出版社

水 库 泥 沙

陕西省水利科学研究所河渠研究室
清华大学水利工程系泥沙研究室 合编

水利电力出版社

内 容 提 要

本书除绪论外，共分十一章。第一到第六各章，主要阐述水库泥沙的各种冲淤现象及其计算方法。第一、二两章讨论壅水淤积的现象、规律及其计算方法；第三章为水库的泥水异重流问题；第四章讨论溯源冲刷及沿程冲淤问题；第五章专门阐述了冲淤计算中的解析方法；第六章为水库冲淤对上下游的影响问题。

第七章到第十一章主要论述水库规划设计、运用中的水库泥沙问题。第七章为水库来沙的分析和计算；第八章阐述水库的各种运用方式；第九章讨论水库泥沙的防治和利用；第十章为水库泄流排沙建筑物的规模和布置问题；第十一章为有关水库调节计算问题。

本书可供从事水库规划设计、管理运用以及科学研究方面的技术人员阅读，也可供高等院校有关水利专业的师生参考。

水 库 泥 沙

陕西省水利科学研究所河渠研究室 合编
清华大学水利工程系泥沙研究室

*

水利电力出版社出版

(北京德胜门外六铺炕)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

1979年2月北京第一版

1979年2月北京第一次印刷

印数 0001—7240册 每册 1.90元

书号 15143·3398

限 国 内 发 行

前 言

水库的泥沙淤积，使水库降低、直至完全失去其调节水量的性能。所以淤积的过程，就是水库死亡的过程。水库的淤积危害着防洪、灌溉、发电、给水、航运、水产等各方面的利益，阻碍着工农业生产的发展，威胁着人民生命财产的安全。在多沙河流上，由于淤积发展迅速，问题就更为严重。现在，我国社会主义革命和社会主义建设进入了一个新的发展时期，全国人民，意气风发，斗志昂扬，正在向农业、工业、国防和科学技术现代化进军，控制和利用水库泥沙是水利建设中的一个急待解决的问题。

建国二十多年来，在解决水库泥沙问题的实践中，我国取得了很大的成绩，积累了丰富的经验。正当全国亿万人民，在英明领袖华主席为首的党中央的领导下，抓纲治国，为把我国建设成为一个伟大的社会主义现代化强国而奋斗的时候，为了认真总结有关水库泥沙方面的经验，促进水库泥沙问题的进一步解决，为社会主义建设作贡献，推动泥沙学科的发展，我们编写了《水库泥沙》一书。

本书以总结我国自己的经验为主，对国外的有关内容，也作了适当的介绍。所介绍的我国各种经验和科研成果，都是全国广大水利工作者的辛勤劳动所取得的，我们不过是搜集汇编了有关的科研成果。由于“四人帮”对生产、科研的干扰破坏，几年来，各种成果多未正式刊印，因此在书中难以一一列注出处，特此加以说明。

由于我们的水平所限，资料的搜集、经验的总结等都不够全面。书中已介绍的一些经验和计算方法，也有待在实践中进一步检验，继续提高和发展。因此迫切期望各方面的批评和指教，以便进一步修订改进。

本书是由我们两个编写单位共同负责，分头执笔，互相修改定稿的。从绪论到第六章系由清华大学水利工程系泥沙研究室夏震寰、王士强、宋根培、费祥俊、杨美卿等同志执笔；第七章到第十一章及附录系由陕西省水利科学研究所河渠研究室曹如轩、陈景梁等同志执笔。全书由夏震寰、张浩同志审编统稿。在编写过程中，水利电力部科技司给予指导和关怀，并经有关单位参加的审稿会对本书进行了审查。陕西省水电勘测设计院协助描图和初稿的打印工作。还有许多兄弟单位，送寄材料，参加审查，提出了许多宝贵而有益的意见。我们对这些单位和有关同志，在此一并致以衷心的感谢。

陕西省水利科学研究所河渠研究室

清华大学水利工程系泥沙研究室

1978年3月

目 录

前 言	
绪 论	1
第一章 水库的淤积现象及特性	10
§ 1-1 水库的淤积现象及种类	10
一、库区的输沙流态 二、库区水流的挟沙能力及水库淤积的种类 三、淤积过程中的泥沙分选现象 四、淤积物的干容重	
§ 1-2 壅水淤积的淤积形态	23
一、纵向形态 二、横向形态	
§ 1-3 水库冲淤的发展规律	32
一、冲淤发展的基本规律 二、三角洲的发展过程	
§ 1-4 平衡比降	43
一、平衡比降的含义 二、影响平衡比降的因素 三、平衡比降的估算	
第二章 水库壅水淤积计算——统计法	59
§ 2-1 滞洪淤积量计算	59
一、排沙比法之一 二、排沙比法之二	
§ 2-2 多年淤积量估算	67
一、水库拦沙率和排沙比法 二、库容淤损率法 三、水库淤积年限	
§ 2-3 滞洪淤积部位的确定	75
一、锥体淤积部位的确定 二、三角洲淤积部位的确定	
§ 2-4 多年淤积部位的确定	85
一、三角洲叠加法 二、经验面积减少法	
第三章 水库异重流	95
§ 3-1 水库异重流的现象及作用	95
一、水库异重流的现象 二、水库异重流的作用	
§ 3-2 水库异重流的运动规律	98
一、异重流的发生及持续条件 二、异重流的运动 三、异重流滞蓄形成的浑水水库	
§ 3-3 水库异重流的淤积和排沙计算	109
一、挟沙能力计算法 二、经验统计法	
第四章 水库溯源冲刷及沿程冲淤	119
§ 4-1 溯源冲刷的现象及特点	119
一、溯源冲刷的现象 二、溯源冲刷的特点	
§ 4-2 溯源冲刷计算	123
一、悬移质的溯源冲刷计算 二、推移质的溯源冲刷计算	
§ 4-3 沿程冲淤的特征及计算	137
一、沿程冲淤的现象及特性 二、沿程冲淤计算	
第五章 水库冲淤计算——解析法	141

§ 5-1 水库冲淤的基本方程	141
一、水流和泥沙的连续方程 二、挟沙水流的运动方程 三、二元恒定水流的扩散方程	
§ 5-2 有限差分法	146
一、差分方程 二、计算步骤及方法 三、有关计算的几点说明	
§ 5-3 不平衡输沙法	151
一、平均含沙浓度的沿程变化 二、悬移质级配的沿程变化 三、河床质级配的变化 四、计算步骤 五、方法的验证	
§ 5-4 特征线法简介	176
一、基本方程组的简化类型 二、特征线方程的求解	
第六章 水库冲淤对上下游的影响	181
§ 6-1 水库淤积末端发展及其对回水计算的影响	181
一、水库淤积末端发展现象及影响 二、水库淤积末端发展规律 三、水库淤积末端发展的影响因素及预估 四、淤积对回水计算的影响	
§ 6-2 水库冲淤对下游的影响	192
一、下泄清水对下游河道的影响 二、下泄浑水对下游河道的影响	
第七章 水库来沙的分析与计算	202
§ 7-1 影响泥沙来源的因素	202
一、气候因素 二、下垫面因素	
§ 7-2 多年平均年输沙量计算	205
一、有长期实测资料时多年平均年输沙量计算 二、资料插补延长的方法 三、无资料地区多年平均年输沙量估算	
§ 7-3 输沙量的年内分配	212
一、来沙量的月分配 二、洪水来沙量	
§ 7-4 来沙的粒径变化	219
一、来沙粒径的年内变化 二、来沙粒径的地区分布	
§ 7-5 来沙预报	223
一、来沙预报概述 二、限制含沙量的短期预报	
§ 7-6 推移质泥沙来量的估算	227
一、模型率定推移质输沙率 二、用水库淤积资料推算入库推移质输沙量 三、用推移质公式计算年平均输沙量 四、推移质占悬移质比例系数法 五、地貌调查岩性分析法	
第八章 多沙河流水库的运用方式	238
§ 8-1 水库运用方式的类型	238
一、蓄洪运用 二、蓄清排浑运用 三、自由滞洪与控制缓洪运用 四、多库联合运用	
§ 8-2 水库运用方式对淤积的影响	250
一、水库淤积速率 二、水库淤积形态和分布 三、水库淤积极限形态	
§ 8-3 水库运用方式的选择	256
一、影响水库运用方式的因素 二、怎样选择水库的运用方式	
§ 8-4 水库的终极库容	261
一、终极库容的含义 二、终极库容的估算	

第九章 水库泥沙的防治和利用	268
§ 9-1 全面规划 减少来沙	268
一、水库上游流域内开展水土保持 二、水库上游修建拦沙堰或拦泥库	
三、清浑分治、旁侧分沙	
§ 9-2 加强管理 * 合理排沙	273
一、水库管理运用的重要意义 二、水库排沙减淤	
§ 9-3 引洪淤灌 用洪用沙	289
一、引洪淤灌、用洪用沙的意义 二、引洪淤灌、用洪用沙的途径 三、引	
洪淤灌、用洪用沙的工程措施和运用管理	
第十章 水库泄流排沙建筑物的布设	296
§ 10-1 泄流排沙建筑物的泄流规模	296
一、水库运用方式对泄流规模的要求 二、水库泄流规模的确定	
§ 10-2 泄流排沙建筑物的形式	305
一、孔、堰、隧洞、卧管、竖井 二、明流洞与压力流洞	
§ 10-3 泄流排沙建筑物底槛高程	308
一、担负水库排沙减淤的泄流建筑物 二、担负水电站防沙防草的泄流建筑物	
三、水库淤满作为坝地排洪排涝的建筑物	
§ 10-4 泄流排沙建筑物平面布置	315
一、水库排沙减淤的泄流建筑物布置 二、水电站防沙防草泄流建筑物的布置	
§ 10-5 水电站进口防沙防草问题	323
一、泥沙水草对电站安全运行的危害 二、水力机械与泄水建筑物的防磨措施	
三、电站进水口防止淤堵和防草清污措施	
第十一章 水沙调节计算中的几个问题和举例	329
§ 11-1 水沙调节中的几个问题	329
一、调沙库容 二、“代表期”和典型年的选择 三、水库淤积水平	
四、水沙调节计算的任务和内容	
§ 11-2 水库特征水位的选定	333
一、水库正常高水位 二、汛期限制水位和设计滩面高程 三、设计洪水位	
和校核洪水位 四、最低运用水位和垫底库容	
§ 11-3 综合利用的“蓄清排浑”运用水库水沙调节——三门峡水库	336
一、水库运用方式 二、泄流排沙规模 三、洪水调节 四、兴利指标	
五、调沙库容问题	
§ 11-4 汛期“低水位”运用水库的水沙调节计算——黑松林水库	341
一、汛期“低水位”运用水库水沙调节特点 二、黑松林水库的冲淤规律和运	
用方式 三、黑松林水库的水沙调节计算	
§ 11-5 “汛期滞洪”运用水库的水沙调节计算问题	349
一、“汛期滞洪”运用水库的水沙调节特点 二、“汛期滞洪”运用水库的水	
沙调节计算	
§ 11-6 “控制蓄洪”运用水库的水沙调节计算问题	354
一、“控制蓄洪”运用水库的水沙调节特点 二、“控制蓄洪”运用水库的水	
沙调节计算	
附 录 我国部分水库特征值表	358

绪 论

水库里有泥沙的淤积,是由于河水中挟带着泥沙引起的。所以概括地了解一下我国河流的挟沙情况,可对我国水库泥沙问题的普遍性及其严重程度有一个正确的估计和认识,这是研究解决水库泥沙问题的起点。

河流挟带的泥沙,有悬移质和推移质之分。关于悬移质沙量已累积有较多的实测资料。现将我国主要河流多年平均所挟带的悬移质沙量和多年平均含沙量的资料,按地区列于表0-1。为了和世界各地其他河流比较起见,对世界各大河流的沙量情况,列于表0-2。

表 0-1 我国部分河流的挟沙情况 (按地区排列)

地区	河 流	测 站	年 水 量 (亿米 ³)	年 沙 量 (亿吨)	平均含沙量 (公斤/米 ³)	最大含沙量 (公斤/米 ³)	流域侵蚀模数 (吨/公里 ² ·年)
东 北	嫩 江	江 桥	213.1	0.02	0.084	1.20	12.2
	松 花 江	松 花 江	170.3	0.0198	0.127	2.76	38.4
	辽 河	卡 力 马	56.5	0.33	5.86	46.6	240
	西 辽 河	郑 家 屯	12.7	0.198	15.5		217
	大 凌 河	锦 县	21.0	0.344	16.3	92.2	1490
华 北	永 定 河	官 厅	14.22	0.826	49.2	436	1944
	洋 河	响 水 堡	5.4	0.170	31.5	310	1200
	桑 干 河	石 厘 里	11.39	0.634	52.4	519	2780
	漳 沱 河	黄 壁 庄	24.68	0.238	9.64	107	1040
	黄 河	陕 县	426.4	16	37.5	590	2330
西 北	祖 历 河	清 远	1.69	0.833	493		5600
	皇 甫 川	皇 甫	1.97	0.614	312	1480	19200
	窟 野 河	温 家 川	7.95	1.383	174	1500	11800
	无 定 河	川 口	15.55	2.098	135	1290	7700
	清 涧 河	延 川	1.63	0.51	313	1150	14700
	延 河	甘 谷 驿	2.51	0.649	258	1210	11000
	汾 河	河 津	18.31	0.409	22	286	1100
	北 洛 河	淤 头	9.65	1.058	110	1190	4200
	泾 河	张 家 山	17.38	2.709	156	1040	6400
华 中	渭 河	咸 阳	60.12	2.006	33		4000
	淮 河	蚌 埠	261	0.186	0.539	11.0	153
	长 江 水	大 通	9336	4.31	0.46	2.29	253
西 南 及 华 南	汉 水	白 河	268	0.597	2.23	34.4	558
	嘉 陵 江	北 碚	651	1.92	2.81	19.1	1208
	岷 江	高 场	969.4	0.60	0.618	6.52	473
	金 沙 江	屏 山	1441	2.29	1.41	9.42	454
	乌 江	武 隆	549	0.328	0.578	2.71	401
	钱 塘 江	芦 茨 埠	327	0.05	0.15		100
	西 江	梧 州	2526	0.86	0.34	4.08	260

表 0-2

世界各大河流的挟沙情况 (按含沙量顺序排列)

序号	河 流	国 别	流域面积① (公里 ²)	年 水 量 (亿米 ³)	年 沙 量 (亿吨)	平均含沙量 (公斤/米 ³)
1	黄 河	中 国	687869	426.4	16.0	37.5
2	科罗拉多河②	美 国	637000	49	1.35	27.5
3	辽 河	中 国	136391	56.5	0.33	5.86
4	恒 河②	印度、孟加拉	955000	3710	14.51	3.92
5	密苏里河②	美 国	1370000	6160	2.18	3.54
6	印 度 河②	巴基斯坦	969000	1750	4.35	2.49
7	布拉马普特拉河②	孟加拉、印度	666000	3840	7.26	1.89
8	尼 罗 河②	埃及、苏丹	2978000	892	1.11	1.25
9	红 河②	越 南	119000	1230	1.30	1.06
10	伊洛瓦底江②	緬 甸	430000	4270	2.99	0.70
11	密西西比河②	美 国	3220000	5610	3.12	0.56
12	湄 公 河②	老挝、泰国、柬埔寨、越南	795000	3480	1.70	0.49
13	长 江③	中 国	1700000	9336	4.31	0.46
14	西 江③	中 国	330000	2526	0.86	0.34
15	顿 河③	苏 联	422000	280	0.06	0.23
16	尼日尔河③	尼日利亚	1112000	1800	0.40	0.22
17	多 瑙 河③	西德、奥、捷、匈、南、保、罗	1165000	2000	0.28	0.14
18	伏尔加河③	苏 联	1500000	2500	0.25	0.11
19	亚马逊河②	巴 西	5770000	57100	3.63	0.06
20	刚 果 河③	扎 伊 尔	3700000	14000	0.70	0.05
21	莱 茵 河③	西德、荷兰、法国、瑞士	362000	800	0.03	0.04

① 流域面积系指表中所列水沙相应测站控制的流域面积。

② 引自 D.K.Todd, 《Water Encyclopedia》, Water Information Center, 1970, p.85.

③ 引自钱宁、周文浩, 《黄河下游河床演变》, 科学出版社, 1965.

从表 0-2 可以看出, 我国许多河流挟带沙量之多, 在世界各大河流中是名列前位的。特别是黄河, 为各大河流之冠。表 0-1 表明, 挟带大量悬移质泥沙的河流 (或称为多沙河流), 多位于我国的西北、华北一带; 其他地区, 如华南、西南一带的河流, 挟带悬移质的沙量相对地要少得多。

这是因为我国幅员辽阔, 地质地貌、水文气象、森林植被等条件相差极为悬殊所致。在我国的西北、华北及东北的西部地区, 为一辽阔的黄土区。黄土质地均匀, 缺乏团粒结构, 仅靠碳酸钙粘聚, 但碳酸钙易于被水溶解, 因而黄土的抗侵蚀能力较低。而这个地区的雨水又很集中, 多以暴雨出现, 侵蚀性强。加上历代反动统治阶级的破坏, 对森林乱加砍伐, 以致植被不良, 表土侵蚀模数 (见图 0-1) 甚高。在黄河中游一带, 就有 43 万公理² 的水土流失面积。大量泥沙被冲入河流, 黄河支流实测最大含沙量可高达 1500 公斤/米³, 含沙量在 1000 公斤/米³ 以上是屡见不鲜的。这在全世界河流中是没有匹敌的。

除了悬移质之外, 河流还挟带颗粒较粗的推移质泥沙。由于测量上的困难, 目前对河流所挟带推移质沙量尚无系统的实测资料。但实践告诉我们, 在有些地区的水库运用中, 推移质泥沙问题确实是存在的。

岷江上著名的都江堰工程, 二千多年以来, 经常通过岁修来清理水流带来而淤积在内江的卵石。这些卵石都是以推移质形式被水流挟带下来的。水电部成都勘测设计院曾对岁

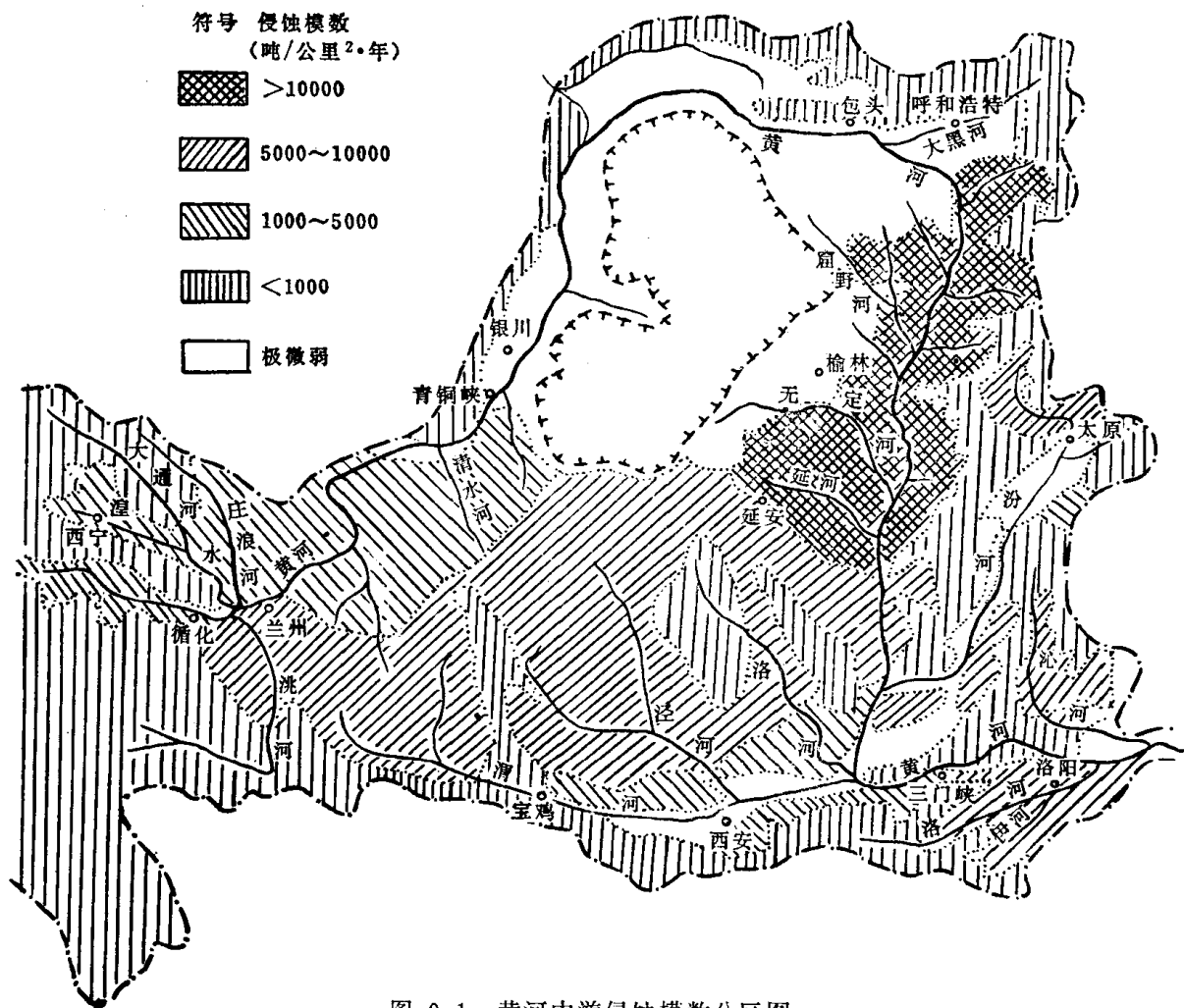


图 0-1 黄河中游侵蚀模数分区图

修的清淤量的历史资料作过统计分析，得出年清淤量 $14.9\sim 264$ 万米³，平均为70万米³。由此可见岷江推移质沙量之大。

根据各方面通过各种方法估计得出推移质沙量的部分资料，列于表 0-3。尽管资料零

表 0-3 我国几条河流的推移质输沙量资料

河 流	地 点	流 域 面 积 (公里 ²)	河 道 比 降 (‰)	多年平均流量 (米 ³ /秒)	年平均悬移质输 沙量(万吨)	年平均推移质输 沙量(万吨)
岷 江	映 秀 湾	18900	6	381	830	110
大 渡 河	龚 咀	76400	1.2	1570	3560	88
南 桤 河	南桤河闸	896	29.6	47.7	100	38
雅 砻 江	二 滩	110750	1.53	1590	2350	67
长 江	奉 节	987711	0.2	13300	52400	30*
乌 溪 江	黄 坛 口	2484	1.1	90.6	41.2	17.2~20.7
汉 水	丹 江 口	95217	0.33	1210	7266	720
第二松花江	丰 满	42500	0.46	412.1	240	43.6
上 犹 江	上犹江水库	2750	1	93.6	29.6	13
滁 河	冶源水库	786	2.57	7.02	103.7	11.5
浑 河	大伙房水库	5437	1.39	56.5	50	43.3

* 指卵石推移质来量而言，沙质推移质来量未包括在内。

星不全，精度不一，但也表明我国山区的大小河流中的推移质沙量还是相当可观的。如山东省水文总站的调查研究表明，山东山区河流上水库的推移质来沙量与悬移质来量之比为0.38~1.16，平均为0.72。这个比值看来偏大，但也表明推移质数量之大。特别是我国西南地区的山区河流，比降较陡，悬移质泥沙的绝对量虽比北方河流为少，但推移质泥沙常常是影响水库综合利用的一个重要问题。

从以上所引用的我国河流的泥沙资料，充分说明，在我国河流修建水库，泥沙的调节处理是一个普遍存在的重要问题。推移质泥沙数量较少地区，悬移质泥沙数量甚为惊人；而悬移质泥沙较少地区，推移质泥沙问题又较为突出。所以水库泥沙问题，在我国是应给以足够的重视。只有加强观测、研究，掌握泥沙运动的规律，正确处理水库的泥沙，这样才能使水沙资源，更好地为社会主义生产服务。

二

建国以来，亿万群众遵循党的独立自主，自力更生，艰苦奋斗，勤俭建国的方针，大搞水利建设，以愚公移山的精神，在祖国的千万条大小河流上，修起了数以万计的大中小型水库。这对变水害为水利，保障人民生命财产的安全，促进农业生产的发展，满足工业、城市的用水需要，发展国民经济，起了极为重要的作用。到1975年底止，全国已建成库容10万米³以上的水库达73651座（台湾省暂未统计在内），总库容达3624亿米³。其中大型水库301座，中型水库1982座，小型水库71368座。说明我国水库建设速度是相当快的。

随着水库建设的飞速发展，水库淤积问题也就很快地现露出来了。

表0-4为我国部分大中型水库库容淤损情况。表中所列水库，位于长江以北的较多，位于长江以南的较少。这是因为南方水库淤积相对来讲比较轻微，调查测量淤积的资料较少。所以表中资料较多地反映了我国北方多沙河流的情况，不代表全国的平均情况。表0-4所列资料中，有略多于40%的水库，库容损失已超过原始库容的50%，而这些水库多半只运用了10多年。对于这些水库来讲，泥沙淤积问题是极为严重的。表0-4中的资料还表明，有多于50%的水库，其库容的淤损率每年超过2%。如按这个速率发展下去，水库将在50年内淤满报废。这也表明问题的严重性。

由于水库淤积问题已逐渐地引起了有关部门的重视，不少省区在最近几年里都进行了全省（区）规模的调查，提供了比较完整的资料。象陕西省对100万米³以上的水库进行了调查。截至1973年底，全省192座水库，总库容15亿米³，已淤损4.73亿米³，占总库容的31.4%。平均每年损失库容3000万米³。全省已有43座水库淤满。按地区统计，该省100万米³以上水库的淤积情况列于表0-5。

山西省曾对1958年以来修建的43座大中型水库进行了调查。这些水库的总库容为22.3亿米³，到1974年底为止，泥沙已淤积了约7亿米³，占总库容的31.5%。平均每年淤损库容0.5亿米³，相当于耗费水库建设投资700多万元（不包括灌区配套工程的投资）。所以山西省水库淤积的严重程度和陕西省是同等的。

内蒙古自治区曾调查19座库容在100万米³以上的水库，淤积量已占总库容的31.4%。

表 0-4

我国部分大中型水库库容淤损情况表

序号	水 库	省 (区)	河 流	控制流域面积 (公里 ²)	原始库容 (亿米 ³)	统计年数 (起迄年份)	总淤积量		每年淤积量	
							绝对量 (亿米 ³)	总库容的 百分数 (%)	绝对量 (亿米 ³)	总库容的 百分数 (%)
1	三门峡①	豫 晋 陕	黄 河	688421	77.0	7.5(58~66) 7.0(67~73)	33.91 11.64	44.0 15.0	4.52 1.65	5.87 2.14
2	红 山	辽 宁	老 哈 河	24486	25.6	15(61~75)	4.40	17.2	0.293	1.15
3	官 厅	河 北	永定河	47600	22.7	24(53~77)	5.528	24.4	0.233	1.01
4	汾 河	山 西	汾 河	5268	7.0	17(60~76)	2.39	34.2	0.141	2.01
5	青铜峡	宁 夏	黄 河	285000	6.07	5(67~71)	5.27	86.9	1.055	17.4
6	刘家峡	甘 肃	黄 河	172000	57.2	8(69~76)	5.22	9.11	0.652	1.14
7	丹江口	鄂 豫	汉 水	95217	160	15	6.25	3.91	0.417	0.26
8	大伙房	辽 宁	浑 河	5437	20.1	16	0.291	1.45	0.0182	0.0905
9	岗 南	河 北	漳 沱 河	15900	15.58	17	1.85	11.9	0.109	0.7
10	黄 壁 庄	河 北	漳 沱 河	7500	12.2	5	0.53	4.35	0.106	0.869
11	丰 满	吉 林	第二松花江	42500	107.8	27	1.42	1.32	0.053	0.049
12	二 龙 山	吉 林	东 辽 河	3626	17.6	28	0.849	4.82	0.0304	0.172
13	巴家咀	甘 肃	蒲 河	3020	2.57	13(60~72)	1.578	61.4	0.121	4.72
14	盐 锅 峡	甘 肃	黄 河	173000	2.2	4(62~65)	1.5	68.2	0.375	17.0
15	新 桥	陕 西	红 柳 河	1327	2.0	14(60~73)	1.56	75.0	0.11	5.5
16	册 田	山 西	桑 干 河	16900	2.0	10(60~69)	1.290	64.5	0.129	6.45
17	张 家 湾	宁 夏	清 水 河	8000	1.19	5(59~64)	1.005	84.5	0.201	16.9
18	三 盛 公	内 蒙	黄 河	314000	0.8	11(61~71)	0.439	54.9	0.04	5.0
19	旧 城	陕 西	芦 河	378	0.578	14(60~73)	0.5871	100	0.04	7.26
20	镇 子 梁	山 西	浑 河	1840	0.36	15(59~73)	0.287	80	0.0191	6.7
21	冶 源	山 东	滁 河	786	1.68	13(59~72)	0.122	7.5	0.0094	0.558
22	卧 虎 山	山 东	玉 符 河	557	0.67	12(60~72)	0.083	12.4	0.00692	1.03
23	张 家 庄	山 西	孝 河	460	0.341	13	0.165	48.5	0.0127	3.73
24	漓 河	山 西	漓 河	322	0.2751	15(60~74)	0.171	56.2	0.0114	4.15
25	滴水沿	山 西	苍 头 河	320	0.249	9	0.150	60.2	0.0167	6.7
26	孤 峰 山	山 西	南 洋 河	291	0.228	15	0.143	62.8	0.0095	4.16
27	零 河	陕 西	零 河	217.6	0.185	14(60~73)	0.1105	60.0	0.0079	4.27
28	沈 河	陕 西	沈 河	224	0.147	13(61~73)	0.0746	50.7	0.00574	3.9
29	黄 坛 口	浙 江	乌 溪 江	2484	0.86	16	0.0509	5.90	0.00310	0.366
30	上 犹 江	江 西	上 犹 江	2750	7.04	13	0.04135	0.583	0.00318	0.0451
31	西 津	广 西	郁 江		14.20	11	0.00165	0.0116	0.00015	0.00106
32	柘 溪	湖 南	资 水		27.30	12	0.781	2.83	0.0651	0.235
33	长 岗	江 西	潦 水		2.51	3	0.0424	1.69	0.01445	0.56
34	新 安 江	浙 江	新 安 江		178.0	16	0.197	0.11	0.0123	0.0069

① 三门峡水库原始库容系指实际运用中的最高库水位以下的库容。1958~1966年系改建前情况，1967~1973年系改建期及改建后情况。

宁夏回族自治区，自1958年以来建成的大中型水库，到1974年底止，有30~70%的库容已被泥沙淤废。青海省也在1976年对全省10座中小型水库作了调查，除3座淤积库容分别占总库容的24%、29.1%、13.3%以外，其他7座的淤积量多在总库容的5%以下，表明该省水库淤积比较轻微。

山东省也在1972~1974年对有代表性水库进行了测量，对16座水库取得淤积资料。这

表 0-5

陕西省各区(市)100万米³以上水库淤积情况统计(截至1973年)

地 区 (市)	100万米 ³ 以上水库座数		总 库 容① (万米 ³)		淤 积 量 (万米 ³)		淤 积 量 总 库 容 (%)	
	1970年 前建成	1971~1973 年 建 成	1970年 前建成	1971~1973 年 建 成	1970年 前建成	1971~1973 年 建 成	1970年 前建成	1971~1973 年 建 成
西 安 市		2		875				
铜 川 市		2		300				
宝 鸡 市	6	11	1435.7	13003	294.0	1530	20.5	11.8
渭 南	10	10	5797.3	4728	2496.0	300	43.1	6.3
咸 阳	14	5	7350.1	9196	2753.0	420	37.5	4.6
延 安	14	12	3927.0	30942	3480.0	3625	88.6	11.7
榆 林	42	22	38640.0	16307	28824.3	2764	74.6	17.0
汉 中	28	3	12631.1	854	678.0		5.4	
安 康	5		2910.1		112.0		3.9	
商 洛	1	5	103.0	1368	65		63.0	
合 计	120	72	72794.3	77573	38702.3	8639	53.3	11.1
总 计	192		150367.3		47341.3		31.4	

① 总库容系指正常高水位以下的库容。

16座水库的总库容有30.092亿米³，总淤积量为1.4亿米³，占总库容的4.65%。其中个别水库淤积严重的已损失库容42.9%，象这类水库在全省只是极个别的。淤积损失占总库容10%左右的占大多数，还有一部分淤积轻微，库容损失在5%以下。以上统计系对大中型水库而言，小型水库估计淤积较为严重。全省每年损失于泥沙淤积的库容(包括小型水库在内)，估计达1亿米³左右，占总库容的0.7%左右。

综观以上的统计资料，可以得出，在我国黄河中游地区，包括晋、陕、宁、蒙及甘肃的一部分，水库淤积问题甚为严重。在10多年里，大体上已有1/3的库容被泥沙淤废，严重地降低了水库寿命和效益，紧迫地威胁着水利资源的开发和利用。此外，东北西部地区也有类似情况。其他地区，如山东等省，则问题一般。另一些地区，淤积程度更为轻微。但全国各处，水库淤积问题普遍存在。这点需要引起足够的注意。特别是水利工作者，应该正确地看到这点，给以应有的重视。水库淤积问题的严重性随地区不同而差别很大，这是和前面所提到的河流挟沙情况，紧密联系在一起。

水库的淤积也是世界各处普遍存在的问题。

美国曾对1105座大中小型水库，进行过淤积资料的统计(见表0-6)①。从表0-6可以看出，在运用不到20年(有的略为超过20年)的时间里，库容的损失是42.6亿米³，占原有库容的3.9%。每年的库容损失率从0.16%到3.56%。库容越小，淤积的速率越快。在水土流失地区的水库，据1953年统计②，已有10%的水库淤废，有14%的水库已损失原有库容的50~75%，有23%的水库损失原有库容的25~50%。此外，据估计全国每年因泥沙淤

① Mchenry, T.R., 《Reservoir Sedimentation》, Amer.Soc.of Agri. Eng., Paper No. 71-726, 1971.

② Task Com.on Sedimentation Manual, 《Sedimentation, Mechanics, Nature of Sedimentation Problem》, Proc.ASCE, J.Hyd.Div., Mar.1965.

表 0-6

美国水库淤积统计表

统 计 的 水 库 数 目	原始总库容 (亿米 ³)	每个水库的 库 容 范 围 (亿米 ³)	库 容 损 失		平 均 淤 积 年 数	平均年库容 损 失 率 (%)
			绝 对 量 (亿米 ³)	总库容的百分数 (%)		
190	0.01	0~0.00012	0.0027	27	11.8	2.29
257	0.11	0.00012~0.00123	0.0218	19.8	14.5	1.37
283	1.38	0.00123~0.0123	0.227	16.5	23.5	0.70
176	7.00	0.0123~0.123	0.935	13.4	20.9	0.64
107	53.9	0.123~1.23	4.88	9.1	23.6	0.39
69	292.0	1.23~12.3	10.7	3.6	18.4	0.20
23	745.0	>12.3	25.8	3.4	19.1	0.18
共计1105	1099.4		42.6	3.9	18.6	0.21

积而损失的库容达12亿米³，耗费投资约2.62亿美元。

苏联的中亚细亚一带，水库淤积也甚为严重。锡尔河上的法尔哈德水库^①，库容2.5亿米³，运用12年，损失库容达87%；另一个库容1亿米³的水库，仅运用9年，便被淤满。

日本统计过坝高大于15米、库容大于100万米³的水库256座^②。水库的平均寿命为53年。其中全淤满的占总数的2%，已损失库容达50%以上的占总数的22%。到1972年，平均已淤损库容20.63%。

印度21座库容大于10亿米³水库的统计表明^③，平均每年淤损库容占总库容的0.5~1.0%，有的达2%。阿尔及利亚的水库测淤资料表明^④，库容超过1亿米³的大型水库，平均每年损失库容1.2%；库容在0.1~0.5亿米³的中型水库，平均每年损失库容1.8%。

以上的部分材料可以说明，水库的淤积问题是全球性的问题。只要哪里的河流有泥沙，那里的水库就有淤积问题。在资本主义社会里，大量修建水库的历史，比我们要早半个世纪左右，但是水库淤积至今还在继续发展。

三

十多年来，水库淤积在我国的发展已经展示出来，它所造成的危害也达到了惊人的程度！

在我国由于水文气象条件，防洪问题在水利事业中居首要地位。所以我们的水库，不少是以防洪作为第一位的任务。除害才能兴利。但是水库的淤积使库容逐渐削减，有些水库已经不能承担设计时所赋予水库的防洪任务，反而有溃坝危险，成为险库，加剧下游的危害。水库成为险库有多种原因，但水库淤积削减库容，使水库的防洪标准不断降低，而成为险库，也是主要原因之一。而且因淤积的继续发展而使危险程度不断加剧。有些淤

① ——，《关于世界坝工建设中几个主要问题的发展概况》，水利电力技术，1964年12月。

② 吉良八郎，《貯水池の滞砂に関する水理学的研究》，香川大学农学部纪要，第12号，1963。

——，《昭和47年度貯水池土砂堆积状况》，水力发电(日)，1974，5。

③ ——，《水库淤积》(英)，Proc.ASCE, Irrigation and Drainage Div., IR3, 1969。

④ Thévenin, M. J., 《阿尔及利亚水库淤积和保持库容的方法》(法)，Annales de L'institute Technique du Baliment et des Travaux Publics, 1960, 12。

积严重的水库，今天已经成为下游人民生命财产的严重威胁。这种情况告诉我们，水库淤积的危害是甚为严重的，必须采取有效措施，予以解决。否则，会给我们社会主义的事业带来严重的损失。

水库不是哪里都可以修建的，要有自然条件。可以修建水库的库址应以国家的自然财富之一来看待。用掉一个就少了一个。所以对水库的淤废也是对自然财富的浪费。在资本主义社会里，一切都是为了利润，只要一个水库在被淤废以前，能够对投资带来足够的利润，就认为值得修建，对于库址的报废是在所不惜的。在我们社会主义国家里则不同，既要算经济账，也要算政治账，要考虑近期效益，也要照顾长远利益。不能轻易地让库址一个一个淤废。

库容的削减不仅影响到防洪，水库的各种兴利效益也将同样受到影响。水多的时候，没有库容存蓄，水少的时候就无法补缺。大片农田，得不到灌溉，严重地影响农业生产。其他的兴利指标，如发电、给水、水产等都将遭到同样的后果，其影响所及，将牵涉到国民经济许多方面。

由于三门峡水库特有的地理位置，渭河尾间的潼关正处在库区。渭河两岸是人口稠密的富饶著称的关中平原，是我国西北的重要工农业基地，著名的历史古城，当代的西北重镇——西安市，又在这个平原的中心，以致潼关河床的升降直接影响到千百万人民的生活和生产。在三门峡水库初期运用过程中，潼关河床迅速抬高，加剧了这个地区的洪水威胁，扩大了土地的盐碱化和沼泽化，甚至有可能影响西安市的安全。这就充分显示出，水库的淤积对上游地区可能带来多么严重的危害！

山西雁北地区的镇子梁水库，也有这类问题。运用10多年来，回水末端上延了3公里多，淹没浸没范围一再扩大，多次追加赔偿，总额竟达水库建设投资的1.8倍。所以水库淤积对上游地区可能引起的问题应给以充分的重视。

对通航的河流，水库的淤积也可能给航运造成困难。特别是三角洲尾部段，河槽宽浅，容易使航道堵塞。丹江口水库上游，曾因泥沙淤积而引起航运的困难。其他枢纽上游也有类似问题。

水库淤积也会给水库运用带来困难。在洪水沙峰来势较猛的河流里，如不及时提闸泄水，有可能把闸门淤死，造成无法提闸的危险。

在有电站的水库里，泥沙淤积发展到一定程度后，会使泥沙进入水轮机组，引起过水部件发生磨损，影响效率，增加检修时间，耗费大量的修补材料。盐锅峡电站在刘家峡水库蓄水以前，一年左右就要检修一次，每次检修期长达30~40天，其中80%的工作量是用于处理机械磨损。此外，大量的水草及泥沙常造成电站进水口拦污栅的淤堵，造成被迫降低出力或停机清淤等事故，影响工农业生产用电，造成政治和经济上的损失。

有的水库资料还指出，水库淤积物中，铜、锌、铅等金属元素的含量，远较水体中的含量为高。以重量计，曾得铜为453倍，锌为371倍，铅为975倍。这个资料提出了泥沙淤积和水质污染的关系问题，值得引起重视，应予进一步的调查研究。

最后必须提到，水库淤积使水库下泄的水沙过程发生显著变化，这对下游河道的演变，势必引起剧烈的变化和调整。泥沙淤在库里，下泄沙量减少，总的趋势将使下游河道

发生冲刷。使同流量的水位下降，影响下游的引水。如埃及尼罗河阿斯旺水库下游，从1964年水库开始蓄水以来，坝下游500公里范围内，同流量水位下降0.4~0.8米，引起了两岸引水的困难。三门峡水库在1960~1964年期间，水库淤积严重，下泄的泥沙大量减少，黄河下游也发生了冲刷，总共冲走泥沙20余亿吨。同时，在冲刷时期，河床调整十分剧烈，堤岸防护工程的布局与变化的水沙条件不相适应，冲决的威胁反而有所增长，值得注意。修建官厅水库以后，永定河下游也有类似情况，平水险次占抢险总数的百分数从建库前的8%增加到建库后的37%。出险部位发生在险工范围以外，非险工堤段出险的百分数从建库前的15%增加到70%。从而使险工长度在左右两岸分别增加了132%及49%。抢险用料也大大增加。

在水库下泄浑水时，也因水库的滞洪作用，会把原来水沙峰比较适应的情况变成水沙峰极不适应。这会给下游河道带来一系列新问题。总之，水库泥沙的冲淤会给下游河道带来各种新的问题，需要认真对待，全面考虑。

四

综上所述，水库淤积会给各方面带来不良的影响，引起各种问题，造成程度不同的危害。我国战斗在水利战线上的广大工农群众和技术人员，在党的领导下，二十多年以来，在解决水库泥沙问题上，积累了丰富的实践经验，取得了显著的成绩。我们进行了规模宏大的水库泥沙的测验工作，积累了大量的水库泥沙的冲淤资料。为我们认识自然，掌握泥沙运动规律提供了不可缺少的依据。在整理分析这些资料的基础上，初步归纳出水库泥沙冲淤现象的基本类型，摸索了一些泥沙运动的规律，提出了水库泥沙各种冲淤计算的初步方法。现在，在多沙河流上的枢纽布置和工程设计方面，也摸索了一些经验，因而出现了一些比较能够适应多沙河流特点的设计方案。在制定水库的运用计划中，不但对水量进行调节计算，同时对泥沙也开始了初步的调节计算。在水库的运用方式方面，通过实践，已经探索出比较适合于多沙河流特点的运用方式——蓄清排浑、引洪淤灌的运用方式，使延长水库寿命和发挥近期效益相结合。实践还告诉我们，在现阶段，由于对泥沙运动的认识还很不够，在水库的规划设计中，必须考虑到泥沙冲淤可能出现的各种情况。因此，在措施上要留有充分的余地，使我们能处于主动地位。在水库泥沙问题上，我们取得了一些进展，并积累了一些经验，已经开始摆脱听天由命、完全被动的地位，正在开始做控制水库淤积的各种尝试。我们有毛泽东思想和毛主席的革命路线指引，有华主席为首的党中央的英明领导，有优越的社会主义制度，有战斗在水利战线上的广大工农群众和科技人员的共同努力，我们坚信，在把我国建设成为社会主义现代化强国的进程中，一定能够更有效地控制和利用水库泥沙，让我们的水库长期地在国民经济中发挥出更多更大的作用；让泥沙这门学科，在河流挟沙较多的我国土地上，开出鲜艳夺目的花朵，为人类做出较大的贡献！

第一章 水库的淤积现象及特性

§ 1-1 水库的淤积现象及种类

为了认识水库泥沙淤积的规律，正确处理水库淤积问题，首先应了解水库里的水流形态。因为在一般情况下，泥沙运动主要受水流运动的制约。当然，泥沙运动反过来也可能对水流运动产生影响，有时甚至对水流结构起着决定性作用。所以在探讨水库淤积现象时，首先说明一下库区水流的不同形态及其输沙特征。

一、库区的输沙流态

库区里的水流形态可以分为下列两种：一是挡水建筑物起了壅高水位的作用，库区水面形成壅水曲线，水深沿流程加大，流速则沿流程降低。这种水流流态称为壅水流态，是库区最常见到的流态。此外，也可以有另外一种流态。即挡水建筑物不起壅水作用，或者说基本上不起作用，库区的水面线接近于天然情况。严格地讲，这时的流动不一定是真正的均匀流动，但在现阶段的技术水平条件下，就可以近似地按均匀流来对待，所以我们就简称这种流态为均匀流态。

以上两种流态的输沙特征是不一样的。均匀流态的挟沙特征与一般的天然河流相同，我们称之为明流输沙。均匀水流可以挟带的泥沙数量沿程不变，所以当来沙的数量和水流可以挟带的数量不一致时，就会发生淤积或冲刷。这种冲刷或淤积就是以后所要讨论的沿程冲刷或沿程淤积。

在壅水流态情况下，可以有两种不同的输沙特征。如果浑水进入壅水段以后，泥沙扩散到水流的全断面，过水断面各处都有一定的流速，有一定的含沙量，这种输沙就是明流的输沙流态。但因为壅水流态中，流速是沿程递减的，所以水流可以挟带的沙量也是沿程递减的。因此，壅水明流输沙时所产生的淤积与均匀流态下的明流输沙的淤积具有不同的特征。我们将称之为壅水淤积。

如果入库来水含沙较浓，细颗粒又多，当浑水进入壅水段以后，浑水可能不与壅水段中的清水混掺扩散，而潜入到清水的下面，沿库底向下游继续运动。有的一直运行到坝前。如有下泄条件，并可排出库外。在清水库面以下的这种浑水运动称为水库异重流。这种输沙流态叫做异重流流态。图1-1为试验水槽中的异重流照片。图1-2为实测水库异重流的断面流速分布和含沙量分布。

当异重流行抵坝前而不能排出库外，或没有全部排出库外，则异重流浑水将滞蓄在坝前清水库面以下，形成一个浑水水库。由于异重流的含沙较细，如果含沙浓度较高，则浑水水库中泥沙沉降过程将不同于明流输沙中分散颗粒的沉降过程，具有独特的沉降特性。因而异重流流态中有无浑水水库的形成将影响库区的淤积形态。

在壅水明流输沙流态中，如水库下泄流量很小，则库区壅水程度较大，库区水流的流