

水库排沙清淤技术

陕西省水利水土保持厅

水利电力出版社

内 容 提 要

本书总结了我国近年来在中小型水库排沙清淤方面各种行之有效的技术经验，主要阐述了浑水水库排沙，横向冲蚀、虹吸清淤装置、气力泵清淤和挖泥船清淤等技术措施的原理、适用条件以及应用实例，并附有必要的设计计算或选型方法。

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工作者阅读，也可供大专院校有关专业师生参考。

前 言

多沙河流上的水库，如果在设计和管理运用中不重视搞好防淤排沙，往往因大量泥沙淤积，使水库兴利和防洪效益下降，带来许多问题和不利影响，其后果有时是相当严重的。所以，在积极进行水库集水范围水土保持工作的同时，探索研究水库排沙清淤技术就成为水库建设和管理的一项重要任务。

国内外水利工作者，对水库排沙清淤技术进行了大量的试验研究。在异重流排沙、滞洪排沙、泄空冲刷等方面，取得可喜的成果。60年代初期，陕西省水利科学研究所科技人员深入现场，与黑松林水库的技术管理人员共同总结出“蓄清排浑，引洪淤灌”的水库调度运用方式，取得了显著成效。随后，山西、内蒙古等省区水库排沙运用的经验，又进一步丰富发展了“蓄清排浑”的运用方式。在黄土高原丘陵沟壑地区，因地制宜地采取库坝联合运用、上下库联合运用、清浑分治等办法，防治泥沙入库，延长水库寿命。这是水库防淤排沙技术发展的第一个阶段。

70年代以来，水库防淤排沙技术得到进一步发展，一些科研成果相继问世。其显著特点是研究在汛期蓄水条件下，保持一定有效库容长期使用的水库排沙清淤技术，解决了排沙与蓄水的矛盾。本书主要结合陕西等省进行的实验研究及生产实践，总结介绍这一时期水库排沙清淤技术，包括浑水水库排沙、横向冲蚀技术，虹吸清淤、气力泵清淤和挖泥船清淤等。

本书由陕西省水利水土保持厅组织编著。参加编著的有陕西省水利水土保持厅程永华和省水利科学研究所张浩（第一章）、省水利科学研究所陈景樑（第二章）、省水利科学研究所夏迈定（第三章）、省水利科学研究所吕世雄（第四章）、黄河中游治理局周德春、宝鸡峡引渭灌溉管理局范恩德和程永华（第五章）、陕西机械学院唐允吉（第六章）。最后，由张浩、陈景樑统稿；全书由清华大

学水利系夏震寰教授、水利水电科学研究院方宗岱高级工程师审稿；在本书的编写和审订过程中，还得到许多生产管理部门和大专院校的积极支持，水利水电科学研究院张启舜副院长、水利电力部长春机械研究所刘俊总工程师、水利电力部第十三工程局张天存高级工程师、武汉水利电力学院黄金堂副教授等同志提出了许多宝贵意见，在此一并表示谢意。

限于我们的技术业务水平，书中错误和不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

陕西省水利水土保持厅

1989年3月

目 录

前 言

第一章 绪 论	(1)
第一节 水库淤积的严重性	(1)
第二节 水库淤积的影响	(2)
第三节 减少入库泥沙的措施	(4)
第四节 水库排沙减淤方法	(6)
第五节 水库清淤技术	(8)
第六节 出库浑水的利用	(10)
参考文献	(12)
第二章 浑水水库排沙	(13)
第一节 浑水水库特性	(13)
第二节 浑水水库排沙规律	(24)
第三节 浑水水库排沙计算	(34)
第四节 浑水水库排沙模拟试验	(44)
参考文献	(54)
第三章 横向冲蚀技术	(55)
第一节 概述	(55)
第二节 冲蚀特性及原理	(64)
第三节 工程布设	(74)
第四节 调节运用	(84)
第五节 应用举例	(99)
参考文献	(105)
第四章 虹吸清淤装置	(106)
第一节 虹吸清淤的由来及其在生产上的作用	(106)
第二节 虹吸清淤的原理	(109)
第三节 吹水冲泥的分析	(114)
第四节 虹吸清淤设计的步骤及各部件的选择	(120)
第五节 虹吸清淤的布置要求	(129)
第六节 虹吸清淤使用的条件	(132)

第七节 虹吸清淤的管理	(136)
第八节 实例——小华山水库虹吸清淤	(146)
参考文献	(154)
第五章 气力泵清淤	(155)
第一节 气力泵装置组成及工作原理	(156)
第二节 气力泵装置设计	(158)
第三节 气力泵清淤技术	(163)
第四节 气力泵清淤的优点、使用范围及发展趋势	(179)
第五节 王家崖水库的气力泵清淤及其效益分析	(181)
参考文献	(186)
第六章 挖泥船清淤	(187)
第一节 概述	(187)
第二节 挖泥船	(188)
第三节 绞吸式挖泥船及绞刀	(193)
第四节 吸扬式挖泥船及吸头	(214)
第五节 耙吸式挖泥船及耙头	(219)
第六节 抓斗式挖泥船及抓斗	(223)
第七节 挖泥船的输泥管和附属设备	(228)
第八节 挖泥船在水库清淤中的运用	(230)
参考文献	(236)

第一章 绪 论

第一节 水库淤积的严重性

水库是调节利用河流水资源的控制性工程。解放以来,我国已建成了8万多座水库。这些水库在防洪、发电、灌溉、航运、养鱼和城市工矿供水等方面发挥了巨大作用,促进了国民经济的发展。但是,一些地区水土流失严重,河流含沙量大,加之水库管理不善,带来了严重的水库淤积问题。

我国西北、华北和东北西部的河流,多数流经黄土、风沙地区。黄土质地均匀,粉沙含量大,缺乏团粒结构,抗冲蚀能力很差,遭受风吹雨打水冲,易被侵蚀流失。据初步统计,黄河中游地区每年每平方公里被冲的土壤为3700 t,为全世界平均侵蚀模数的27.6倍。与世界上大河流对比,我国黄河的水量虽然不多,但总的输沙量和年平均含沙量均居首位。黄河中游一些支流多年平均含沙量达 $400 \sim 500 \text{ kg/m}^3$,有的测站实测最大含沙量高达 1500 kg/m^3 。

在多沙河流上修建的水库,泥沙淤积非常严重。陕西省1979年统计,已经建成的341座百万立方米以上的水库,库容被泥沙淤积 8.04 亿 m^3 ,占总库容(39.97 亿 m^3)的20.1%,其中已被淤平报废的水库达61座。如总库容 980 万 m^3 的后街水库、总库容 125 万 m^3 的丁庄水库,建成尚未运用,一个汛期即被淤平。山西省统计,截止1978年底,60座大中型水库,已淤积泥沙 8.47 亿 m^3 ,占总库容(32.75 亿 m^3)的25.9%。该省总库容 2180 万 m^3 的老营水库,建成两年,尚未兴利即被淤平。

南方河流含沙量虽低,但径流量大,泥沙总量相当多。随着水库运用时间的增长,水库淤积问题也日益突出,其中以直接修建在山区河流上的中小型水库泥沙淤积最为严重。如广东省梅县

石壁水库,有效库容 500 万 m^3 , 1958~1984 年, 共淤积 433 万 m^3 , 占有效库容的 86.6%。四川省遂宁县断桥水库, 库容 30 万 m^3 , 四年淤积 12.5 万 m^3 , 平均年淤积量占库容的 10.4%。

由上述实例可见, 我国修建的中小型水库, 特别是多泥沙河流上的水库, 泥沙淤积是普遍存在的问题。水库淤积严重影响了水库效益的发挥, 因此解决这一问题已成为水库建设和管理方面的迫切需要。

第二节 水库淤积的影响

水库淤积的影响, 主要有以下六方面:

一、水库效益下降, 导致工程失事

水库淤积不仅使死库容被淤没, 有效库容也逐步被泥沙侵占。随着有效库容的不断减少, 兴利效益日益下降。当防洪库容不断被泥沙淤积时, 遂使防洪标准降低, 直接影响水库抗御洪水的能力。如不采取措施, 发展下去, 就可能发生工程事故, 甚至导致溃坝失事。陕西后街水库淤平后完全失去调洪能力, 即被洪水冲垮。

二、抬高上游河床及库周地下水位

水流进入库区, 受水库蓄水影响, 流速逐渐降低, 其所挟带泥沙在水库回水末端淤积形成三角洲, 并逐步向上游发展, 高出正常高水位, 形成“翘尾巴”现象。水库“翘尾巴”不仅使上游相当长河道堤防的防洪能力降低, 而且使通航条件恶化。北方风沙地区和南方山区河流上的中小型水库, 除悬移质淤积外, 还存在推移质淤积问题。一般推移质淤积量占淤积总量的 20%~80%。末端严重存在推移质淤积“翘尾巴”现象, 致使农田和村镇被淹没或浸没。陕西南秦水库运用初期, 由于对卵石推移质“翘尾巴”现象估计不足, 造成堤防溃决, 一百多亩农田被冲毁, 十几户农民被迫迁移, 损失达 4 万余元。所以, 在水库回水末端河道通航, 治河筑堤, 修建桥梁和排水入河工程, 都应考虑到该段河道的变

化情况。

水库蓄水使库周地下水位相应抬高，淤积则更加重了这一影响。上游河床抬高也影响两岸地下水的通畅排泄，给库周及上游河道沿岸一些低洼地方带来渍涝或盐碱化问题，影响农业生产。受三门峡水库回水影响，渭河下游淤积使河床抬高，扩大了沿河右岸的沼泽区，加重了左岸地区的盐碱化，并迫使一些支流和排水沟入渭口不得不改建为抽水站进行抽排。

三、影响大坝等工程建筑物的正常运用

水库淤积对坝体的影响，最危险的是堵塞底孔、输水洞口；特别在汛期，漂浮的树木柴草及碎石杂物连同泥沙一并堵塞孔口，将会造成严重问题。所以对尚未采取排沙运用的水库，也要采取措施（如间歇开闸放水），确保大坝放水塔及水电站深水孔口前漏斗不被淤堵。

水库泥沙淤积体对坝体有一定的压力。泥沙淤积的发展，对坝体的压力也就随着增大对坝体的稳定也产生一定的影响，所以，在设计刚性坝体结构时，应考虑泥沙淤积施加于坝体的压力。此外，坝前淤积体内有时含有有害物质，对混凝土起化学反应，将造成水质污染或腐蚀坝体，等等。

泥沙淤积还影响大坝的管理工作。主要由于淤积体掩盖了坝体部分迎水面，使潜水员难以利用潜水器、水下电视、或直接检查其结构变化和病害发展；甚至在水库泄空时，也妨碍直接观察检查。

四、使水库下游河道发生新的变化

水库修建后，下游河道水沙下泄过程发生了变化。下泄清水，特别是运用初期较长时期的清水下泄，冲刷下游河道，使给水工程引水口，桥梁和防洪工程的基础被淘刷，甚至造成悬空，必须进行加固或改建。当水库排沙时，又造成下游河道的回淤，给下游给水、灌溉引水带来困难，影响水位比降和河道行洪能力。

五、造成水力机械和泄流设施的磨损

泥沙对水电站的水轮机和其他水力机械的磨损，影响效率，

缩短水力机械寿命，增加修补材料和机修时间；对水工建筑物泄水孔口管道的磨损，加速工程的老化损坏。黄河盐锅峡水电站曾因磨损被迫停机修补，1970年大修仅4*机组一次耗焊条达5 t之多。长江支流汉江上的南秦水库，其泄水洞虽以钢筋混凝土衬砌了0.4 m厚，经近几年的排沙泄洪，主要是推移质泥沙的磨损，其底部钢闸槽已被磨穿，被迫于1986年用环氧沙浆等进行了修补。

六、影响水产养殖

水库回水末端河床抬高，常引起卵石浅滩的形成，并使河道河网化，形成有利于鱼类产卵的场所。但是，泥沙淤积会使这些产卵区被泥沙埋没，使鱼类不能繁殖，它们不得不迁往支流，致使支流鱼群拥挤，缺乏足够饲料而影响生长。

近年的研究表明，泥沙是水流污染的传递体，水库淤积物如含有毒物质，则不利于鱼类放养。当鱼类随浑水下泄出库时，高浓度浑水会使鱼鳃受伤，甚至致死，特别是含有毒物质的浑水更加重了伤亡。

总之，水库淤积与国民经济的关系非常密切，因此研究如何防治水库淤积已是迫不急待的任务。防治水库淤积应有系统工程的观点，注重减少水库上游来沙，利用泄洪排沙洞排沙，利用机械清除库内淤积，并将排出泥沙引用到农田灌溉或改荒造田，以达到延长水库寿命，长期除害兴利的目的。现就拦、排、清、用四个方面分述如下。

第三节 减少入库泥沙的措施

搞好水库集水范围内的水土保持，采用水保工程措施。生物措施、耕作措施，最大限度地减少水土流失，是防治水库淤积的根本途径。美国规定流域内治理面积达到70%，才允许修建水库，但要达到上述目标还需要一个相当长的过程，所以对于水土流失特别严重的黄土高原沟壑区和黄土丘陵沟壑区，在积极进行水土

保持的同时，还可因地制宜地采取以下措施，防止泥沙进入水库。

一、坝库联合运用

坝库联合运用是在水库上游干流或支流，修建一座或数座滞洪坝，结合拦泥造田，将清水输送到下游水库调蓄兴利。这类实例很多，宁夏园河上的张湾、园河水库梯级开发，就是“上坝拦泥，下库蓄清”的实例。张湾水库实际是拦泥坝。当洪水在张湾水库澄清后，通过输水洞将清水输送到园河水库，当发生大洪水时，张湾水库排泄的洪水，则通过排洪渠（此时关闭顺坝下面的涵洞闸门），经园河水库溢洪道下泄引入灌区引洪漫地。这些措施确保了园河水库不被泥沙淤积，长期兴利。又如子洲县在建设总库容 1590 万 m^3 的电市水库时，同时在上游 7 km 处，修建了容积为 1600 万 m^3 的磨石沟拦泥坝，滞洪拦泥，做到上坝拦泥造田下库蓄清兴利。

二、清浑分治

该项措施是依据水库的具体地形条件，对水库上游来的清水和浑水，采取分而治之的办法，达到防淤的目的。目前清浑分治大体有三种方式：

(1) 绕库排浑方式 来沙时间上不均，且具有利的条件。即在工程量不大，地质地形条件足以确保引洪渠长期安全运用的条件下，实现清水入库，浑水绕库泄入下游河道（图 1-1）。延安冯庄乡接受了丁庄水库建成未受益即被淤平的教训，在该库下游兴建首头庄水库时，采取了绕库排浑方式。即在水库回水末端筑拦洪坝，并在坝身设底孔闸，绕库修排洪渠，渠首与拦洪坝衔接，下游与水库的溢洪道相通，汛期来洪时，关闭底孔闸，洪水通过排洪渠及溢洪道泄入下游，无洪水时，开闸引基流清水入库。

(2) 引洪放淤方式 当来沙在空间上不均，且在水库上游或旁侧有低洼地可供消纳泥沙的地形条件时，实现浑水支流改道引洪放淤改土造田，清水支流入库调蓄灌溉。如靖边土桥水库，为防止泥沙淤积，筑坝拦截了多泥沙支流大沟岔，通过 7 km 的引

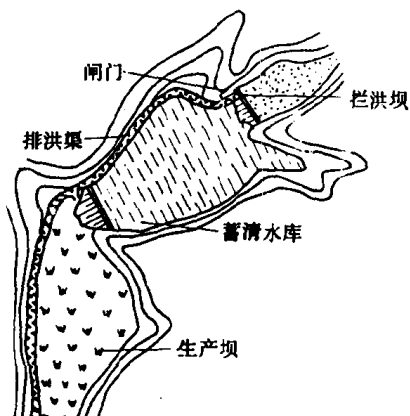


图 1-1 绕库排浑示意图

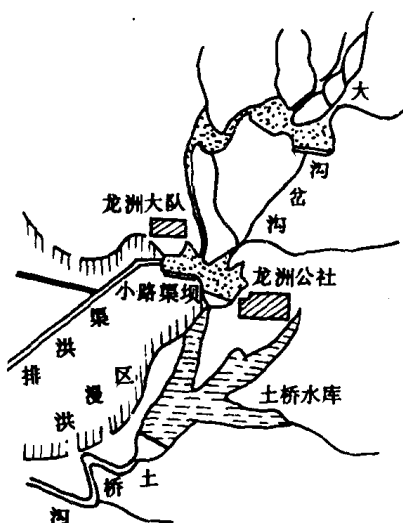


图 1-2 土桥水库拦浑示意图

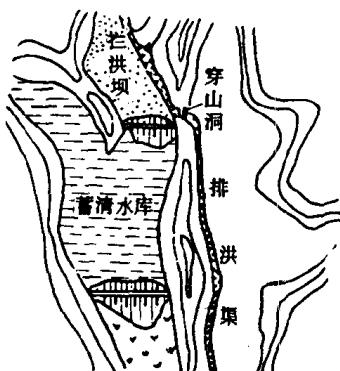


图 1-3 跨沟引洪示意图

洪渠，将大沟岔来洪绕经水库右侧，引到广阔的涧滩淤灌改土，而保清水水源入库调蓄利用。(图 1-2)。

(3) 跨流域引浑方式 当来沙在时间上不均，且分水岭山梁较窄、开挖隧洞工程量不大的条件下实现基流清水入库，而截引洪水通过隧洞输往他处放淤的布置方式(图 1-3)。

第四节 水库排沙减淤方法

60年代以来，陕西、内蒙古、山西等省区科技人员深入现场与水管人员结合进行了水库排沙管理运用试验研究。总结出以下几种主要排沙减淤方法。

1. 异重流排沙

在水库蓄水情况下，利用浑水比重不同，使挟带泥沙的洪水，潜入清水下顺河床行进，由排沙洞泄出。如果掌握好异重流运动规律，及时开闸排沙，中小型水库排沙比（出库泥沙与入库泥沙之比）可达80%以上。

2. 滞洪排沙

在汛期以低水位或空库迎汛，使挟带大量泥沙的洪水，经水库调滞，使泥沙来不及大量落淤，即通过放水建筑物下泄出库。排沙比一般可达90%，高者可达140%，即还冲走部分前期淤积。

3. 浑水水库排沙

洪水入库后，一般以异重流的形式运动至坝前，由于入库洪水量远大于泄流规模，在清水下形成浑水水库或满库浑水，浑水水库内流速很小，泥沙以静水沉降规律下沉为主，此时打开闸门排掉下层浓度较高，粒径较粗的泥沙，而将清水留在库内，该排沙方式称为浑水水库排沙。按此方式运用的中小型水库排沙比一般可达60%，最高达80%以上。它具有既能蓄水，排沙比又高，耗水率又低的优点。故在用水紧张的干旱、半干旱地区，即使排沙泄流规模很大的水库，也多采用浑水水库排沙，因此浑水水库排沙是中小型水库蓄水条件下的基本排沙方式。

4. 泄空冲刷

利用水库泄空过程产生的沿程冲刷和朔源冲刷以清除原有的淤积物恢复有效库容，是保持水库长期使用的重要措施之一，其详细内容将在本书第二章中介绍。

5. 基流排沙

在空库时，依靠河道挟沙不饱和的常流量，对库区泥沙进行冲刷，使深槽两侧的淤泥滑塌排出。常辅以人工措施排沙。

6. 人工排沙

在库空情况下，将库内主槽两侧淤泥推向主槽，或将水流引入滩上新开挖的渠槽，利用常流量和小洪水冲淤出库。有条件时，还可利用水枪冲淤和爆破配合进行。

7. 横向冲蚀排沙

在水库回水末端以上, 拦引河道流量或开辟新的水源, 沿库周岸坡适当高程开挖高渠, 当水库泄空或低水位时, 沿河道拦截引水入高渠, 利用滩槽差有计划的泄水冲滩排淤。这一种冲滩方式, 改变了“主槽冲淤交替, 相对稳定; 滩面只淤不冲, 逐年抬高”的水库冲淤特性, 即“死滩活槽”之说。是恢复有效库容保持水库长期使用的关键措施之一。

多沙河流上修建水库, 一般都应依据来水来沙条件、用水特性、库容库型和水库泄流排沙规模等因素, 因地制宜地选择排沙运用方式, 采取综合措施排沙, 以达到耗水少、排沙多、综合经济效益高, 且能保持一定有效库容长期使用之目的。对于一些重要的大型水库还应考虑水库冲淤对水库上、下游的影响。目前通常选用的排沙运用方式有“蓄清排浑”“汛期低水位运用”“汛期滞洪”和“控制蓄洪”等。有关这些排沙运用方式的内容, 使用条件和水沙调节计算方法请阅参考文献[3]的第十一章。有时同一座水库在不同季节, 不同水文年也可能采用不同的排沙运用方式。例如黑松林水库, 遇到枯水年或每年的汛初, 虽有洪水, 但洪峰较小, 沙量有限, 宜采用“汛期低水位”运用, 浑水水库排沙或异重流排沙; 汛中洪水频繁, 且洪峰高, 沙量大, 一般采用“汛期滞洪”运用方式, 空库迎洪, 滞洪排沙。

梯级联合调水调沙将有利于控制泥沙, 更大地发挥水库的综合经济效益。例如, 某年上库拦蓄洪水, 输送清水穿过泄空的下库到灌区, 即可采取泄空拉淤、横向冲蚀、基流排沙、人工排沙等方法, 冲刷下库淤沙入田, 还可采取通过上库的异重流对下库进行冲刷。次年下库蓄水, 上游来水穿过已泄空的上库流入下库, 也采取如上几种措施将泥沙输送到下库或结合灌溉农田。

第五节 水库清淤技术

清除水库中淤积的泥沙, 最简单的方法是采用泄空水库, 利

用泄空冲刷和横向冲蚀排沙等措施。但对那些不允许泄空水库、或没有泄空排沙底洞，或排沙洞泄流规模不足、底洞过高的水库，上述方法就受到一定限制或不能应用。对那些水源特别紧张，无水排沙的地区，上述方法也不宜采用。因此不得不使用机械清淤技术。近年来从国外引进，并因地制宜地发展起来的虹吸清淤装置（水力吸泥装置），气力泵清淤和挖泥船清淤已成为清除水库局部淤积的有效措施。现将上述清淤措施分述于下。

1. 虹吸清淤装置（水力吸泥装置）清淤

该方法是利用水库上下游水位落差为动力，通过由操作船、吸头、管道、联接建筑物组成的虹吸清淤装置进行清淤。排出浑水的含沙量一般达 $100 \sim 150 \text{ kg/m}^3$ ，最大可达 700 kg/m^3 以上。其主要优点是，不需泄空水库，不必专为清淤消耗水量，清淤不受来水季节限制，可以结合各季灌溉常年排沙。较以下两种清淤措施经济。缺点是清淤范围局限在坝前一定范围。

2. 气力泵清淤

气力泵清淤装置是以压缩空气为动力的清淤新设备。主要组成部分为泵体、压缩空气分配器、空气压缩机。辅属部件有悬吊系统、移船系统、操作船、输泥管道等，排出浑水的含沙量平均达 500 kg/m^3 ，最大达 900 kg/m^3 。其优点磨损小、维修方便、排泥浓度高、适用范围广，可以结合抽水灌溉排沙，较挖泥船清淤经济。其缺点是，受管道长度限制，只能清理坝前一定范围或水库某局部淤积。

3. 挖泥船清淤

挖泥船清淤主要是利用装有绞刀、耙头、吸头、抓斗等设备的挖泥船，对水库某一区域进行清淤。其优点机动性好，不受水库调度影响，耗水量少，可以常年排沙。其缺点是深水不便于应用，成本及管理费用较高。

上述三种清淤方法的共同缺点是：管理操作较复杂，费用较高，且虹吸清淤装置和气力泵清淤由于受技术条件的限制，只能清除局部淤积。挖泥船由于成本费用太高，也只能在局部范围内

采用。因此上述机械清淤应因地制宜地与前述排沙措施配合使用，才能取得较好的排沙效果和综合经济效益。

第六节 出库浑水的利用

水库出库的浑水泥沙应尽可能的利用。不仅做到充分利用水资源，而且可以减少下游河道及水库的泥沙负担。根据陕西灌区经验，按照输清理论设计的渠道，进行适当的工程改善，或采取适当的管理运用措施，就可以输送高浓度浑水。从而创造条件，使水库排出的浑水尽可能的引入灌区淤灌或放淤改土。

1. 主要技术措施

① 结合水库排沙，灵活调配输送。根据水库排沙不同措施的具体特点、不同渠道的挟沙能力、不同地块土质和作物需水情况，合理调水调沙。含粗沙的浑水宜用比降大的渠道输送到质地较细或盐碱化程度较重的土地进行淤灌或改土；含细沙较多的浑水则相反，可引到质地较粗的土地利用。

② 按冲淤平衡设计渠道，控制不淤流速，改善渠道输浑条件。在紊流条件下，挟沙能力与流速的三次方成正比，即含沙量越高，渠道输送浑水流速相应要增大。根据在陕西省泾、洛、渭三大灌区观测资料分析，干渠的不淤流速一般约 $0.8 \sim 0.9 \text{ m/s}$ ；支渠约 $0.6 \sim 0.7 \text{ m/s}$ ；斗渠 0.5 m/s 。一般难以做到完全不淤。规划设计时，应在不影响正常灌溉的前提下，按照有淤有冲，冲淤平衡的原则设计，做到在一场洪水，一个汛期或一个年度内，采用低含沙水交替灌溉等冲淤排淤措施，达到冲淤平衡。输浑渠道也有采用窄深断面的，以满足清、浑水的输送。例如，镇子梁水库的渠道，采取窄深断面，可以适应清浑水的输送而不淤。

③ 减少阻力，提高输浑能力，输浑渠道应光滑顺直，减少弯道，宜采用U型或矩型断面，渠道尽可能衬砌。考虑允许少量淤积及高浓度浑水的滞性较大，应当适当增加渠道超高。布设渠道桥梁等建筑物时应避免壅水，涵洞断面适当增大。同时注意维修

渠道，防止杂草丛生，保持渠道畅通。

④ 设置冲沙泄水闸，进行冲淤拉淤。为减少或排除渠道淤积、确保正常灌溉，输浑渠道应在中、下段适当布设若干冲沙泄水闸，冲淤拉沙，以调节水面比降和流速。

⑤ 持续输送，集中引用。渠道输浑应持续不断，避免突然停水，人为地造成淤积。集中引用浑水能增强挟沙能力，故应自下而上的集中轮换开斗，不要分散，以避免因流量分散造成斗渠淤积。

⑥ 合理确定田块淤层厚度，掌握好淤灌技术。淤灌厚度应视不同作物及其生长发育阶段而异。荒地放淤改土淤层可厚，但要注意搞好排水。田间淤灌及荒地放淤改土，可根据畦宽及田面比降，选用适当的单宽流量，避免颗粒分选落淤不均，确保畦块上下游均匀受水、淤层厚度均匀。庄稼淤灌后，及时中耕松土，防止淤层板结干涸夹苗。

2. 洪沙利用的经济效益

① 充分利用水资源，缓和了灌区用水矛盾。例如，黑松林水库从1962年起至1985年的二十三年来，采用“蓄清排浑，引洪淤灌”措施，共排沙1400余万吨，共排浑水6700万 m^3 ，全部引入灌区进行灌溉和放淤改土造地，淤灌面积由建库初期的1000万 m^2 发展到3000万 m^2 。对于十年九旱，来水尚不能充分满足灌溉的冶峪河灌区，利用浑水等于每年多引水291万 m^3 ，卓有成效地缓和了“卡脖子”旱的缺水紧张状况。

② 提高农田肥力，促进了粮食增产。根据山西省子洪水库测定，每吨泥沙中含氮一项分别相当碳酸氢铵4.5~5.5 kg，硫酸铵4 kg，尿素约2 kg，人粪尿80 kg或骡马粪90 kg。一些低产田，经过淤灌，亩产达千斤。

③ 改良土壤，扩大了耕地面积。放淤改造盐碱地成效显著，其原因在于逐年放淤抬高了地面，相对降低了地下水位，有效地削弱了地下水的毛细管升盐作用，且浑水温度较高，淋洗盐分能力较强，促进了盐分消退。山西省恒山水库灌区有盐碱下湿地2467万 m^2 沙石滩地，山坡薄地约万亩，目前已改良治理薄地，盐