

高含沙引水及淤灌技术

陕西省水利厅

Conveyance of Hyperconcentrated
Flow and Its Application for
Irrigation and Warping

水利电力出版社

编著人员名单

主编 迟耀瑜 杨廷瑞

参编 (以姓氏笔画为序)

王在阳 何正元 迟耀瑜

杨廷瑞 徐义安 程永华

主审 吴以敦

前 言

引洪淤灌是我国古老的农业浑灌技术，在北方干旱、半干旱的水土流失地区开展得非常广泛。通过淤灌对水、土、肥综合利用，增产效果十分明显，有效地促进了农业生产的发展，使这一变害为利的技术深受群众欢迎。

新中国建立以来，引洪淤灌在理论和实践上取得了很大的发展和提高。随着建设的需要，在水土保持工作未臻完善之际，这一工作应当受到重视。首先，它关系到水土流失地区生态环境的改善和流域的综合治理，是国土整治的重要手段；其次，它能扩大水源，缓和夏季干旱缺水所形成的“卡脖子”，以及大规模淤地造田改良土壤扩大基本农田；它还可以通过拦截利用大量已流失的水土，降低河道汛期洪峰和含沙量，减少河道和水库的淤积，为根治黄河、海河等多沙河流创造条件。

众所周知，我国灌区都是按清水或低含沙水流理论（平衡输沙和不冲不淤原则）进行规划、设计和运用管理的。实践证明，上述理论不适用于高含沙水流。为了防止渠道严重淤积，早在30年代，由著名水利专家李仪祉先生主持兴建的泾惠渠，就已规定了引水沙限，即河源来水质量比含沙量 $S_M \geq 15\%$ 时应关闸停水。沙限限制了高含沙洪水的利用和灌区效益的发挥，以致造成作物减产或绝产。

为解决上述矛盾，五六十年代，洛惠渠和泾、渭灌区曾先后进行打破沙限的探索。1974年，陕西省水利水土保持厅组织洛惠渠管理局与水电部十一工程局、黄河水利委员会科研所协作开展试验研究，取得了显著的效益和成果。1976年，基于治黄和解决陕西关中、陕北农业缺水的需要，在水电部、黄委会支持下，由

陕西省水利水土保持厅主持领导，成立了包括省内外 11 个单位^①参加的“陕西省高含沙引水试验研究小组”。1976~1980 年在泾、洛、渭灌区开展大规模的高含沙引水淤灌试验及室内研究。1983~1985 年又在陕北进行了大面积推广试验，前后共历时 10 年时间。

通过试验研究，在理论、实践和效益等方面均取得丰硕成果，获得突破性进展，引水含沙量和输送距离大幅度提高。在不平衡输沙理论和冲淤平衡原则指导下，正常引水含沙量可达 $400\sim 500\text{kg}/\text{m}^3$ ，洛惠渠最高达 $957\text{kg}/\text{m}^3$ ，达到了灌溉、改土、增产和为黄河减沙的目的，为此多次荣获国家和陕西省的奖励。

本书主要是对上述工作的总结，同时也吸取国内外研究成果和兄弟省区的经验，从而使高含沙引水淤灌这一古老技术上升到理论的高度。书中主要介绍高含沙洪水的成因特征、高含沙浑水的理化力学性质、高含沙水流的阻力及挟沙冲淤规律、田间淤灌及改土技术、清浑兼引灌区的规划设计和运用管理等。

本书由陕西省水利厅组织编著。参加编著的有程永华（第一章）、王在阳（第二章）、迟耀瑜（第三、四、五章）、何正元和王在阳（第六章）、杨廷瑞（第七章）、徐义安（第八章）。

全书由迟耀瑜、杨廷瑞主编。黄委会科研所吴以敦高级工程师主审。参审的专家有：清华大学费祥俊教授、北京水利科学研究院万兆惠高级工程师、武汉水利电力大学王明甫教授、西北水利科学研究所任增海高级工程师、西北农业大学张君常教授。对专家所提宝贵意见，在此表示谢意。限于水平，书中错误和不妥之处，诚望读者指正。

陕西省水利厅

1994 年 12 月

① 11 个单位是：水电部第十二工程局、黄河水利委员会科研所、陕西省渭南地区洛惠渠管理局、陕西省泾惠渠管理局、陕西省宝鸡峡引渭灌溉管理局、陕西省水利科学研究所、西北农业大学水利系、陕西省水电勘测设计院、陕西省农业勘测设计院、陕西省农林科学院土壤所、陕西省水利学校。

目 录

前 言

第一章 绪论	1
第一节 高含沙引水淤灌的作用	1
第二节 我国历史上的引洪淤灌	1
第三节 近四十年来用洪用沙技术的发展	8
第四节 黄河中游地区水土流失及产沙分布情况	15
第二章 高含沙洪水的形成特征及对生产的影响	24
第一节 高含沙洪水的形成过程	24
第二节 黄河中游来水来沙及高含沙洪水发生情况	27
第三节 地表土粒径组成对高含沙洪水形成的影响	33
第四节 沟道含沙量、输沙率与流量的关系	35
第五节 水沙量年内分配与年际变化	37
第六节 高含沙洪水的水文特征	40
第七节 高含沙洪水对工农业生产的影响	53
第三章 浑水中固液界面特性及絮凝现象	62
第一节 概述	62
第二节 粘性颗粒与非粘性颗粒	63
第三节 西北黄土的理化性质	66
第四节 分散度和比表面	69
第五节 吸附作用	72
第六节 双电层及絮凝现象	75
第四章 高含沙浑水的力学性质	83
第一节 高含沙浑水的定义及判别	83
第二节 浑水含沙量和容重	86
第三节 组合泥沙的几何特性	88
第四节 高含沙浑水的流变性	91
第五节 毛管粘度计原理及流变参数的测定	96
第六节 静水中泥沙群体沉速	112
第七节 均质浑水中颗粒沉速及不沉极限粒径	118

第五章 渠道高含沙水流阻力与挟沙规律	122
第一节 均质流与非均质流	122
第二节 明渠层紊流态及其判别	127
第三节 沿程阻力规律	140
第四节 局部阻力规律	150
第五节 高含沙水流的减阻问题	154
第六节 高含沙水流的挟沙规律	157
第七节 明渠高含沙水流的冲淤规律	163
第八节 明渠高含沙浑水的长距离输送	177
第九节 明渠不平衡输沙理论	178
第六章 高含沙引水淤灌的效益及技术	185
第一节 高含沙引水淤灌的效益	185
第二节 高含沙引水的淤灌技术	207
第七章 高含沙浑水渠道的规划设计	224
第一节 渠系规划	224
第二节 渠道设计	236
第八章 高含沙引水灌区渠道的运用和管理	246
第一节 组织管理	246
第二节 用水管理	248
第三节 工程管理	255
第四节 高含沙引水试验研究	259
附 录	
附录一 《高含沙引水渠道水文测验办法》(暂行)(摘要)	264
附录二 《洛惠渠灌区高含沙引水淤灌观测工作细则》(田间观测 部分摘录)	274
附录三 毛管流变试验记录格式及计算程序(附实例)	276
附录四 土壤分级资料	282
附录五 土壤粒组分级及土壤质地分类标准	284

第一章 绪 论

第一节 高含沙引水淤灌的作用

采用简易形式,利用多沙河流洪水淤灌农田,称为“引洪淤灌”。对引用含沙量较高(S_M 大于 15%),并淤灌规模较大的高浓度洪水淤灌称之为“高含沙引水淤灌”。这种高含沙浑水灌溉需要相应的灌区规划、设计和运用管理制度,并须有配套的淤灌改土和田间管理技术。

引洪淤灌在我国北方干旱半干旱的水土流失地区,特别是黄河中上游地区,开展得十分广泛。据现有资料考证^[1],它始于战国,距今已有 2300 多年,历史十分悠久。

古代的引洪淤灌,既有浅山区、小规模,如陕西省赵老峪等著名的洪灌区;又有远距离、大规模的,如秦汉时期的郑国渠和白渠等。在漫长的生产实践过程中,这一技术不断得到发展,积累和创造了不少经验,它为今天进一步研究、提高和开发这门古老的技术奠定了基础。引洪淤灌有效地促进了浑灌农业的发展,创造性地对已流失的水、土、肥进行综合利用,从变害为利的效益来看,它是中华古代文明的重要组成部分。

建国初期,据不完全统计^[2],陕西、山西、内蒙古、甘肃、河北等省区,引洪淤灌面积达 66.7 万 hm^2 (1000 万亩),淤灌改土及增产效益十分显著。

上述用洪用沙的措施,主要依靠现有水利设施,遵循高含沙水流的运动规律,因势利导来完成。因而它具有投入少、见效快、效益高,以及变害为利的特点。

近年来,引洪淤灌,特别是高含沙引水淤灌取得了重大进展,使这一纯经验性的技术,上升到理论的高度。通过实践,我们认

识到，在水土保持工作未臻完善之际，该项技术应得到重视。其主要作用如下。

一、扩大水源

我国黄土地区面积广大，水土流失严重、干旱缺水、土地瘠薄、作物产量低，通过引洪淤灌可以起到扩大水源，缓和干旱缺水的作用，特别是解决夏季卡脖子旱效果显著。通过淤灌，既增加了土壤水分，又同时起到改土和增肥的作用，保证作物连年丰收，因而是一项重要的水利措施。

二、淤沟、淤坡、淤地造田

引高含沙洪水，以淤填方式来治沟、治川和进行河道整治（修筑堤防和裁弯取直）；还可以大规模淤地造田、改良盐碱沙荒，改造沟壑地区的自然面貌和生态环境，起到了流域综合治理的作用。另外，淤地造田和改良土壤，能有效地扩大基本农田，为该地区经济发展和脱贫致富创造有利条件。

三、减少河流泥沙

我国北方黄土地区的河流，如黄河和海河水系，因水土大量流失，成为著名的多泥沙河流。这些河流因汛期含沙量过高而产生严重的淤积，致使河道下游演变加剧而泛滥成灾。以黄河为例，高含沙引水淤灌对其治理的作用如下。

（一）减少水库和河道的淤积

在多泥沙河流上兴建水库，症结问题是泥沙淤积。黄河支流上一些水库在短短几年之内被淤平报废，影响了水库防洪、灌溉和发电等效益的发挥，由于滞洪、防洪库容因淤积而减少，还会成为下游防洪的威胁。黄河河道（包括河口）本身的大量淤积和演变，使灌溉、航运、港口以及石油的开发建设遇到困难，严重时会发生溃决造成灾害。

在黄河中上游地区大规模开展高含沙引水淤灌，拦截利用流失的水土，可以有效地减少水库和河道（包括河口）淤积，有助于水库、河道的开发利用。

（二）降低下游汛期洪峰和含沙量

众所周知，黄河之害，症结在于下游河道（包括河口）汛期泥沙的大量淤积，非汛期冲刷力弱，难以达到输沙冲淤平衡。产生淤积的原因，是水沙比例失调，含沙量大于水流挟沙力。这是由两种因素造成的：一是汛期黄河中游黄土塬区产生大量水土流失，不断形成高含沙洪水，因而下游含沙量过高。据三门峡测站资料：多年平均含沙量为 37.6kg/m^3 ；最大含沙量为 911kg/m^3 ；年平均输沙量为 16.4 亿 t。二是黄河进入中下游，特别是进入下游以后，河道比降变缓水势变弱，水流挟沙力相应降低。另外，大量淤积既不断抬高河床，又使河口不断延伸，进一步降低了河道比降和水流挟沙力，造成恶性循环。

由上述可知，多沙河流的根治在于减少汛期含沙量，即减少入黄泥沙。要做到这一点，公认的治本措施是在黄河中游地区广泛开展水土保持。而目前开展大规模用洪用沙也是减少入黄泥沙的有力措施，起到削减下游汛期洪峰和含沙量的作用，有利于黄河的治理。

四、丰富发展了农业灌溉技术

高含沙引水淤灌属于高浓度浑水灌溉。为了科学地引洪，需具有一整套适用于高含沙浑水灌区的规划、设计方法和运用管理制度。要实现淤灌改土的增产效益，必须有相应的淤灌改土和田间作物生长管理技术。由此可见，高含沙引水淤灌，是一种农业浑灌技术。早在 2000 多年前，已是我国农田水利学科的重要组成部分。今天，随着高含沙引水淤灌技术的提高，农业灌溉技术也进一步得到丰富和发展。

五、促进了研究泥沙运动理论的发展

为了科学地引用高含沙浑水，必须对其物理力学性质和运动规律进行研究。只有如此，才能做好引洪灌区的规划、设计和运用管理。在高含沙引水淤灌的实践中，我们发现了高含沙浑水许多独特现象和规律，提出了许多迫切需要解决的课题。例如：高含沙浑水的流变性、流态、阻力、沉速以及挟沙力和冲淤规律等等。这些问题引起了国内外泥沙专家的关注和兴趣，纷纷参与这

一领域的研究。而高含沙引水淤灌的实践，又为研究提供了条件和场所。在短短的十年中，形成了一个研究高含沙浑水运动的热潮。我国泥沙专家通过深入系统的研究，其成果引起了国际泥沙学术界的重视。一门崭新的学科“高含沙水流运动力学”已初步形成。

高含沙浑水运动机理的研究，在我国也具有广泛的实用价值。例如：我国华南花岗岩风化地区，具有深厚的红土风化层。其特点是：质地疏松、抗蚀力弱、表面崎岖不平，在植被破坏后，每遇暴雨就会形成“华南高含沙水流”^[3]。据广东省德庆县观测资料表明，暴雨期间崩岗沟道中水流含沙量大多在 $400\sim 600\text{kg/m}^3$ 之间，最高可达 800kg/m^3 。梅县水土保持站资料也表明，一次暴雨中，崩岗径流平均含沙量可达 $490\sim 1350\text{kg/m}^3$ 。我国西南地区是泥石流的多发区，其运动规律与高含沙水流极为近似，其中的泥流就属高含沙水流。此外，高含沙水流运动的机理，对石油、化工和煤炭工业中的浆体输送也有重要参考价值。

总之，通过对高含沙水流运动机理的研究，水流的含沙量，由过去几十公斤低含沙提高到数百、上千公斤，扩大了人们的视野，对泥沙运动规律的认识产生了一次飞跃，有力地促进和提高了泥沙运动理论研究的水平，在机理的分析上也更为深入和具有普遍性。

第二节 我国历史上的引洪淤灌

引洪淤灌的开创和发展，极可能与黄河干支流的洪水泛滥有关。众所周知，世界四大文明古国的出现，其特点都是在洪水泛滥过后的肥沃淤土上发展原始农业。我们的前人正是根据这一经验，人为地开展引洪淤灌。

我国古代的灌溉，主要是从黄河流域开始的，水源多为浑水。在长期的生产实践中，人们认识到灌溉的双重作用，一是水分浸润，二是泥沙肥田。古代对灌溉的概念是淤灌，如有关灌溉的记

载多包括改造盐碱地和沼泽地，即指灌和淤^[4]。

《吕氏春秋》记载，公元前四世纪的战国时期，魏国史起引漳水灌溉鄴地（今河北临漳县）农田和改造盐碱、沼泽地的情况。

据陕西《富平县志》，公元前 359 年，秦孝公支持商鞅变法，实行“强本弱末”、“重农抑商”的奖励耕战政策，小型水利工程陆续兴起，赵老峪引洪漫地就是在这时期发展起来的。它使“地土高燥的穷乡僻壤”变为“土润而腴”的肥沃良田，至今仍然焕发着青春，是用洪用沙的典型。赵老峪引洪淤灌的经验是：“多口引”、“大口吞”、“大比降”和“燕窝田”等等，以适应高含沙洪水来势猛、历时短和易淤渠的特点。赵老峪与定边八里河、礼泉赵镇、泾阳冶峪河合称陕西四大古老洪灌区。图 1-1 为赵老峪引洪漫地情况（图中照片为中国科学院西北水土保持研究所周培华提供）。



图 1-1 赵老峪引洪漫地

郑国渠是我国古代著名的大型高含沙引水淤灌工程，始建于战国末年秦王政元年（公元前 246 年），历时 10 年竣工。郑国渠渠首，自瓠口（今渭北礼泉县北屯）引泾河水横过清峪河、冶峪河、石川河至洛河，全长 126km，淤灌面积 7.3 万 hm^2 （110 多万

亩)^[4]，灌区跨今泾阳、三原、高陵、富平和蒲城县境，见图 1-2 所示^[6]。灌区主要是盐碱荒滩不毛之地，即“未凿渠之前，斥皆卤硖（音敲，瘠也），确不可以稼”，而淤灌改土之后，增产效果十分明显，每亩产量达“一钟”（约合亩产 125kg）。据《汉书·沟洫志》记载：“举甬（音插，即锹）为云，决渠为雨。泾水一石，其泥数斗；且溉且粪，长我禾黍，衣食京师，亿万之口”。又据《史记·河渠书》记载：“用填阡之水，溉泽卤之地四万余顷”，于是关中为沃野，无凶年，秦以富强，卒并诸侯”。由此可见，引洪淤灌或高含沙引水淤灌，在当时取得了巨大的经济和政治效益。郑国渠的建成，表明当时对高含沙水流的运动规律有了初步的认识。

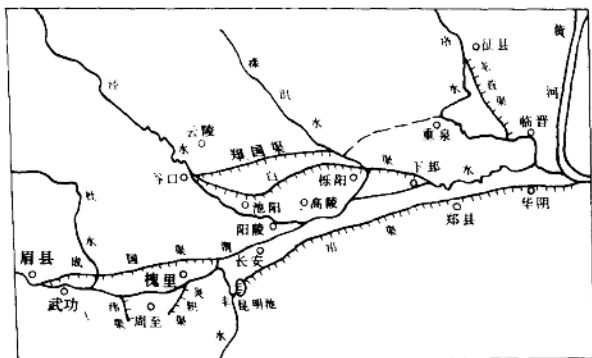


图 1-2 秦汉时期关中引洪淤灌工程示意图

1985 年对历代引泾工程渠首遗址进行调查，发现了郑国渠渠首遗址^[6]。从渠首位置、坝址选择、引水枢纽的组成（具有拦河坝、泄水道和引水渠三大件），以及施工技术和质量来看，可以和同期的都江堰工程（公元前 256 年）媲美。又一次显示了战国末期水利技术已具有较高水平。

郑国渠建成至汉武帝时期约 140 余年，由于淤塞等原因，作

用逐渐缩小，它与汉武帝时期修建的白渠相连通，至唐代末年完全湮废，历时长达 1100 年。郑国渠为长距离输送高含沙浑水开创了先例，为大规模淤改盐碱荒滩积累了经验，这在世界灌溉史上也是一个创举。

公元前 120~125 年，汉武帝时期，山西引汾水下游及黄河水淤灌河东、汾水以南地区，面积约 0.933 万 hm^2 。其中引黄工程因引水口脱流而失败，这是最早的直接引黄淤灌的记载。

白渠建于汉武帝太始二年（公元前 95 年）见图 1-2。因与郑国渠相通，故常合称为郑白渠。白渠渠首在郑国渠渠首的上游，渠道长 110km，淤灌面积约 2.07 万 hm^2 （31 万余亩）。该渠至唐末湮废。其原因，一是渠道特别是渠首淤塞；二是将渠道据为私有，堵截争水，渠道受到严重破坏。其后，在郑白渠的基础上，引泾淤灌工程时有兴废，后由著名水利专家李仪祉先生于 1930 年主持兴建泾惠渠至今。

据宋史记载：嘉佑五年（公元 1060 年），山西多引雨洪浊水淤灌，绛州淤田五百余顷，其它州亦推广，凡九州二十六县，是年竣工，编成《水利图经》（已佚），为历史上最早的浊水灌溉总结。

汴渠建于东汉时期，上游引黄河水，下游连接淮水，为唐宋时期漕运要道。由于汴水“温而多泥，肥比泾水，…”，因此在两岸设立斗门进行淤灌和放淤，每年影响漕运达 3~4 个月。北宋沈括在《梦溪笔谈》中记载：“唐人凿六陡门发汴水以淤下泽，民获其利，刻石以颂刺史之功，则淤田之法其来久矣”。

北宋熙宁年间，王安石变法，大兴农田水利为变法的主要内容。而淤灌、放淤又是农田水利的主要措施，专门成立了淤田司。群众引北方多沙河流（如黄、汴、漳、滹沱等河）的洪水淤灌农田，在历史上形成放淤肥田的高潮，淤田面积达七万顷（有重复上奏者）。同期，山西有的地方已开始利用“谷水”（山丘地面径流）淤灌。

明、清两代，黄河及渭、洛、漳、南运河等流域放淤较为流

行，范围涉及今陕、晋、甘、宁、内蒙古及豫、鲁、冀、苏等省区。

应当指出，黄河下游及其它多沙河流的引洪淤灌或放淤，其含沙量除少数情况外，一般均比高含沙低得多，约为几十公斤左右。从大规模用洪用沙和淤灌改土增产角度出发，亦应了解其发展的历史、规模和经验。

根据史料记载，淤灌作物主要是高粱和谷子，而玉米、水稻则是清代才开始淤灌的主要作物。至于小麦、油菜多在淤后的沃土上种植。

淤灌的增产效果十分明显，群众称颂说：“一年淤灌，两年不旱”；“沙盖垆，力量大如牛”；“洪水浇一回，顶上万斤肥”等等。

综上所述，引洪淤灌或高含沙引水淤灌，在我国有着悠久的历史 and 很大的规模，它为我国浑灌农业的发展做出了贡献，也为综合利用水沙资源积累和创造了经验。

第三节 近四十年来用洪用沙技术的发展

新中国成立以来，黄河和海河流域的引洪淤灌积极开展起来，把用洪用沙做为流域治理和发展农业的一项重要措施。在积极总结推广用洪用沙经验的同时，还开展群众和科技人员相结合的科学试验，以此来推动和提高用洪用沙事业的发展。

40年来，用洪用沙在技术和理论上有了很大进步和发展，达到了一个新的水平，其经济和社会效益也十分可观。

一、丰富和发展了用洪用沙的技术

1. 利用坡面、路面和村庄的分散洪水淤灌农田

黄河中上游地区，利用分散洪水淤灌农田由来已久，建国以来又重新受到重视和推广，并在陕、甘、宁等省区积极开展起来。以甘肃平凉为例，为了利用分散洪水，修建了较为固定的引洪工程5178处，1974~1975年两年共引洪漫地累计达1.85万hm²。起到了为河道削洪、减沙和淤灌增产作用。规划中准备发展到4万

hm² 的淤灌规模^[7]。

2. 开展沟道用洪用沙

黄土丘陵区,一般河谷川台占总面积的 10%~20%,其余为丘陵沟壑。为了拦截流失的水土,充分利用水沙,在沟道内打坝淤地已有较长历史。1958 年创建第一座水坠坝(榆林石峁水库利用水力拉沙冲填筑坝,坝高 28m,库容 1500 万 m³)以后,这种省工、省力而又经济的水坠坝,以及引水拉沙淤地造田的活动,在陕北等地迅速开展起来。

水坠坝按其作用可以分为:淤地耕种的生产坝;滞洪落淤的拦泥坝以及灌溉用水的蓄水坝。这些不同作用的坝,在沟道小流域治理中,相互结合形成坝系,具有防洪、拦沙、淤地和灌溉等多种功能。到 1979 年底共计打坝 3.2 万座,淤地 3.47 万 hm²,平均每公顷拦泥沙约 4.5 万 t,用洪用沙效益十分显著。

3. 结合水库排沙减淤进行淤灌

建于多沙河流的水库,为了减少淤积延长寿命,除了水库自身采取排沙减淤措施外,还可在其上、下游开展用洪用沙,起到拦沙减淤作用。近年来的实践表明,在水库上、下游开展高含沙引水淤灌,既能起到拦沙减淤,又能为水库排出的高含沙浑水提供理想的出路,有效地防止对下游河道和水库的淤积。

位于水库下游的淤灌灌区,由于水库的调节,起到缓洪作用,有利于多引水沙,以提高灌溉保证率和扩大淤灌面积。例如:海河流域永定河上游,水土流失严重,大量泥沙通过支流洋河、桑干河进入官厅水库,淤积使库容损失 6 亿 m³ 以上,约占总库容 22.8 亿 m³ 的 1/3,使其防洪标准降低,危及下游、特别是首都北京的安全。为了减少淤积,已在水库上游开展高含沙引水淤灌,其中万全县在五道沙河沿岸修建大小引洪渠道 800 多条,总引洪能力达 863m³/s。目前已初步达到小水不出乡,大水不出县,每年引沙量在 100 万 t 以上,群众称之为“无形水库”。另外,洋河灌区,目前平均每年淤灌 8000hm² 左右,引洪总量 2400 万 m³,拦沙 200 万 m³,上述引洪淤灌已有效地减缓了官厅水库的淤积速度。有必

要指出,若水库在规划时就考虑引洪淤灌的拦沙减淤作用,则不仅可以减少淤积库容,降低工程造价,同时也相应减小了库区的淹没和移民^[8]。

陕北榆林龙洲村,在上桥水库(库容 1300 万 m^3)上游建引洪渠,将洪水泥沙输送到 10km 以外的滩地进行淤灌。在 10 年的时间内,除水库坍岸外,基本上没有发生淤积^[9]。至于在水库下游开展泄洪淤灌的例子是很多的,陕西省黑松林水库采用“蓄清排浑、引洪淤灌”的运用方式,自 1962~1990 年共下泄浑水 7200 万 m^3 ,排沙 1500 万 t。泄水含沙量多在 200 kg/m^3 以上,最高达 1008 kg/m^3 ,全部为下游淤灌所利用。由于水库的调蓄作用,下游灌区由建库初期 1000 hm^2 发展到 3000 hm^2 ,彻底改变了大水吃不了,小水吃不饱的被动局面,粮食增产一倍以上^[10]。又如山西省恒山、子洪以及内蒙古红领巾水库等也都在下游结合泄洪排沙开展淤灌。恒山水库下游淤灌面积由 66.7 hm^2 发展为 3300 多 hm^2 ,出库含沙量超过 200~600 kg/m^3 以上的历时,占排沙历时的 55.7%,最高含沙量达 1220 kg/m^3 。^[11]

由上可知,多沙河流域水库的规划,设计和运用管理与高含沙引水淤灌有着密切联系,在水库规划设计时应当做为一个整体来考虑。

4. 修建缓洪蓄清水库

为了扩大引洪淤灌效益,可在引洪灌区上游修建缓洪蓄清水库,以调节暴涨暴落的洪峰和沙峰。这既有利于安全、适时地引洪淤灌,又可延长洪灌时间,扩大淤灌面积,提高汛期水沙的利用率。为了减少缓洪蓄清水库的淤积,应与多沙河流域水库一样,采取汛期排沙减淤措施。汛期过后,可将基流清水拦蓄起来,用于春夏之交灌溉,这对克服春旱是极为有利的。河北省张家口地区,在 60 年代创建了不少缓洪蓄清水库,积累了丰富的设计和运用管理经验,图 1-3 为洗马林水库 1970 年 8 月 10 日的一次典型缓洪排沙过程线^[12]。

5. 抽洪(浑)淤灌

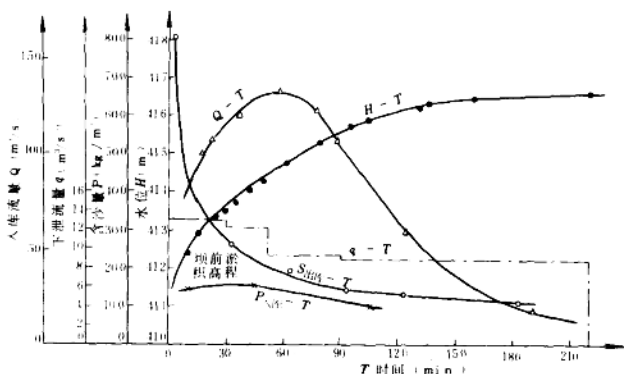


图 1-3 洗马林水库 1970 年 8 月 10 日缓洪排沙过程线

近年来,陕西、山西两省沿黄河干支流广泛开展抽洪(浑)淤灌工作。例如:陕西省近期建成的东雷抽黄工程,扬程 233m、流量 $40\text{m}^3/\text{s}$ 、抽浑含沙量 $S_M \leq 10\%$ 、灌溉面积 8.4万 hm^2 。又如:陕西省大荔县沙苑地区,面积 3.6万 hm^2 ,其中沙荒地 1.5万 hm^2 ,过去群众从 5km 以外拉土盖沙改良土壤。1971 年后建成 5 处抽渭淤灌站,安装水泵 14 台,装机 3700kW ,四级扬程 35.94m 。在 $2\sim 3$ 年时间里淤灌约 2267hm^2 ,其中淤沙造田 347hm^2 。延安地区修建多处水轮泵站进行抽浑淤灌,如甘泉县在北洛河川地建水轮泵站 6 处,抽浑改良沙板地 104hm^2 。由于水轮泵依靠水流动力,故成本低,但磨损严重。

甘肃省一些地区也开展抽洪淤灌,不仅解决了农作物干旱缺水问题,有的还解决了人畜饮水问题。

6. 黄河下游普遍开展吸泥淤堤

当前山东、河南两省普遍开展用吸泥船自黄河吸泥淤厚加大堤(淤临、淤堤、淤背)。利用吸泥水力充填修筑大堤,具有投