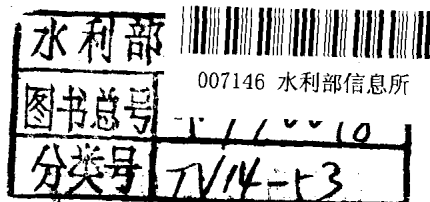
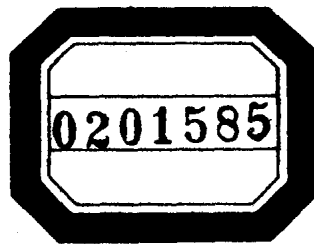


主编 张红武 姚文艺

河南省 首届泥沙 研究讨论会 论文集

1585

黄河水利出版社



河南省首届泥沙研究讨论会论文集

张红武 姚文艺 主编

黄河水利出版社

(豫)新登字 010 号

内 容 提 要

本书收录了河南省首届泥沙研究讨论会入选论文,共 45 篇,系近年来河南省河流泥沙科技工作者部分研究成果。论文较充分地反映了河南省境内以黄河游荡性河道为代表的特殊泥沙问题,大多为密切结合工程实践的成果。本书可供水利、水电、交通及水土保持等有关方面的科研和工程技术人员参阅。

河南省首届泥沙研究讨论会论文集

张红武 姚文艺 主编

责任编辑 许立新

黄河水利出版社出版发行

(河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 12 层)

黄河水利委员会印刷厂印刷

1995 年 5 月 第 1 版

开本:787×1092mm 1/16

1995 年 5 月第 1 次印刷

印张:15

印数:1—1000 册

字数:365 千字

ISBN7-80621-037-7/TV·9

定价:12.60 元

主办单位

河南省水利学会泥沙专业委员会

顾问

仝允皋 边凯元 龙毓骞 李保如 吴以敦
胡一三 程致道 杭载瑾 徐福龄 钱意颖
龚时旻 熊贵枢

组织委员会

主任 赵业安
副主任 邓学智 刘月兰 李正强
委员 刘德福 张红武 张润亭 蒋家振
吴兆现 吴楨祥 牛 占 蒋建国
姚文艺 张俊华
秘书 刘 杰

编辑委员会

主任 赵业安
副主任 张胜利 李世滢 罗启民 缪凤举
主编 张红武 姚文艺
编委 (以姓氏笔划为序)
邓学智 史传文 李国庆 刘德夫
陈上明 吴楨祥 张红武 庞致功
张俊华 姚文艺
秘书 张晓华 刘景发 王卫红

序

本书是根据河南省水利学会第六届泥沙专业委员会主办的,河南省第一届泥沙研究学术讨论会入选论文编辑而成的学术专集,也是河南省第一届泥沙研究学术讨论会的一个写照,是对河南省泥沙科学研究及管理方面所取得成果的一个侧记。

河南省地处黄河的中下游地区。河南黄河两岸几十万年以前就已是人类繁衍生息之地,夏商及其以后,河南沿黄地区交通便利,经济发达,是历史上不少朝代建都首选之地,使河南长期成为国家的政治、经济中心,在整个中国社会发展的历史上占有十分重要的地位。然而,由于黄河含沙量极高,又是一条多河患的河流,包括支流洛河、沁河在内,历史上决溢频繁,使河南部分地区人民长期遭受巨大灾难,今豫北、豫东平原上,条条黄河故道仍清晰可见。另外,诸如入淮的贾鲁河、颍河等一些含沙量较大的河流也蜿蜒中原。因此,泥沙问题十分突出,给防洪、灌溉及水库运用等方面带来一系列问题,是河南省水利工作,以及交通、航运、电力等工作中的一个重要问题,问题解决得如何,直接关系到河南省乃至全国有关经济建设的成败及发展速度。河南省人民政府对此十分重视,同时,黄河水利委员会对河南省境内黄河泥沙及防洪问题亦尤为重视,每年投入大量的人力、物力用于境内河流的治理开发、泥沙灾害防治、水土保持,以及水资源、泥沙资源的利用,使河南省的水利及其它生产建设,包括泥沙科学研究均取得了重大成果。河南省第一届泥沙研究学术讨论会的召开及本书的出版,对这些成果的总结、交流和推广无疑具有很大的意义。同时,对推动省水利事业及经济建设的发展,宣传河南省在该领域的巨大成绩,提高省科研水平的知名度都具有极大的社会价值和经济价值。

论文作者大多系工作在我省水利建设第一线的泥沙科学研究、管理人员,因而,所研究问题与生产实践结合紧密,内容广泛,具有很大的实用价值,其中有些论文在理论上有所突破,学术上具有国际先进水平。值得一提的是,本书论文作者以青年同志居多,这充分反映了河南省泥沙科学研究后继有人的可喜前景。

作为一种学术交流,我们希望本书的出版能够对从事泥沙科学研究、河流治理等有关方面的科技人员及管理工作者有所帮助和启迪,也企盼能进一步激发水利科研、管理人员,尤其是年轻同志钻研业务、开展课题研究的积极性,从而促进和推动河南省水利事业的发展,此乃出版此书之初衷。

赵业安

1995年1月

前 言

中原为黄河、淮河等四大水系流经或发祥之地,河流泥沙以及水土流失问题相当严重,对中原经济发展、水利、交通运输和人民生命财产都有很大影响。尽管我国早在公元前21世纪前人们就已开始进行黄河治理,且载入史册,并以“疏导”及一些简易工程因势利导防御黄河水害,然而,将黄河等河流泥沙作为科学研究则主要始于新中国成立以后。为解决水利工程建设中的泥沙问题,在诸大江河及一些主要河流上布设了大量的野外观测站,广泛收集第一手资料,建立泥沙专业研究机构,尤其在河南省境内,既有本省的河流泥沙、水土保持研究机构,还有黄河水利委员会水利科学研究院等主要泥沙研究机构。经过广大泥沙科技工作者几十年来的努力,对以黄河等为主要代表的河流泥沙问题进行了深入研究,取得了一大批具有国际水平的研究成果,为解决诸方面的泥沙问题作出了很大贡献。

根据河南省水利学会泥沙专业委员会的工作计划,为总结和推广中原广大泥沙科技工作者的研究成果,推动河南经济发展,1994年由河南省水利学会泥沙专业委员会组织召开了“河南省第一届泥沙研究学术讨论会”。经论文评审组评审,共录用论文45篇。录用论文的作者中既有老一辈的专家学者,又有占相当比例的中青年科技工作者;既有来自科研单位的,也有不少是来自生产第一线的。论文题材新颖,内容广泛,具有较高的学术水平和使用价值。本书就是根据这些录用论文编辑而成的。全书内容分八个部分,分别为河流治理与开发、河床演变、河道整治、水库及河口泥沙、水土保持、泥沙数学模型及基本理论、河工模型试验。

在编辑过程中,编者对部分论文在保持原貌和主要结论的基础上,对部分内容作了必要的删改,或对个别段落做了较大调整。另外,对有些论文补写了内容提要。

编辑工作得到了有关专家的鼎力相助,河南省水利学会、黄河水利委员会水利科学研究院等学术团体和单位给予了大力支持,编者在此深表谢意。

由于论文数量较多,因时间所限,会有不少缺点和疏漏,敬请读者指正。

编者

1994年12月

目 录

序

前言

黄河泥沙研究主要进展综述 赵业安(1)

河流治理与开发

21 世纪黄河的治理开发战略与发展前景 赵业安(5)

黄河中游多沙粗沙区治理与黄河的长治久安 张胜利(11)

河口镇至龙门河段调沙特性分析——兼论修建碛口水库的紧迫性
..... 焦恩泽 张翠萍(13)

黄河下游艾山以上河道调沙特性分析 刘月兰(20)

河床演变

刘家峡、龙羊峡水库对黄河下游河道水沙及冲淤变化的影响 李国庆 孙东坡(28)

黄河小浪底水库运用对焦枝铁路桥的影响 张俊华 曹 芹(34)

铁谢至伊洛河口河段清水冲刷过程与特点 李 勇 张晓华(41)

黄河柳园口至府君寺河段河床演变分析 窦焕春(46)

1986 年以来黄河温孟滩河段河势变化特点 王卫红(54)

高村至陶城铺段河道整治对输沙能力的影响 张原锋(58)

潼关高程变化分析 张翠萍 焦恩泽(64)

三门峡水库底孔拉沙对黄河河南河段的影响 罗怀新 张 莹(68)

黄河下游凌汛期河道输沙用水量的初步研究 王贵香 赵业安(71)

1986~1993 年黄河下游水沙特性及河道冲淤演变特点 张晓华(77)

河道整治

黄河丁坝根石走失研究 贺志忠 柴青春(85)

黄河下游河道整治工程曲率半径浅析 符建铭(90)

卫河的淤积与防治措施探讨 田伟强 洪全成(93)

黄河下游丁坝局部冲刷深度的计算 张柏山 赵连军(97)

黄河老田庵控导工程布局研究与设计 马继业(101)

黄河原阳武庄控导工程布局的研究与设计 艾永旺(106)

故县水库下游河段及寻峪沟的综合整治 任国强 宗志坚(111)

防治寻峪沟泥沙对故县水库枢纽影响措施研究的模型试验 曹丰生 王文珂(116)

水库及河口泥沙

1985年以来巴家嘴水库库区淤积分析	郭选英(120)
黄河中游近期修建碛口水库的必要性	余欣(122)
黄河口的“河口台阶”	王万战(126)
运用科学技术措施提高三门峡水电站发电效益	贾晓生(130)
三门峡工程溢流坝段泥沙铺盖层对扬压力影响的分析	胡志扬(134)

渠系泥沙及滩区建设

引黄灌区沉沙条渠设计	谭兴华(139)
河套灌区总干渠来水来沙对渠床变形影响及工程运用措施探讨	徐建新 牛文臣 肖文彩 吴汉生 郭平(147)
滩区低压浑水管道的规划设计与运用	王自英 陈上明 苏运启(152)
新乡市黄河滩区水利建设的组织与管理	韩松年(158)

水土保持

80年代黄河中游泥沙减少原因浅析	刘德夫 于一鸣(161)
洛宁县洛池沟流域土地合理利用的研究	郑合英 王卫东 马秋英 孙天星(166)
大面积快速治理水土流失是减少入黄泥沙的有效途径和得力措施	刘景发 周翠霞(174)
菏泽地区及梁山县暴雨成灾原因浅析	陈上明 林秀芝 张东方(179)
80年代河龙区间水沙变化原因初步分析	康玲玲(183)

泥沙数学模型及基本理论

冲积河流河床变形的数值模拟方法	高幼华 张红武 马怀宝(186)
坡面产沙数学模型研究	姚文艺 孙赞盈(191)
三门峡库区泥沙数学模型初步研究	岳德军(197)
泥沙的群体沉降	江恩惠 张清 张红武(203)
三门峡库区枢纽模型垂线含沙量分布规律初探	侯志军(211)
非均匀沙起动和输移的试验研究	常温花 刘海凌 王德昌(215)

河工模型试验

黄河泥沙模型设计的研究进展	刘海凌(222)
从紊流的概念谈水力物理模型的局限性	丁易(227)

黄河泥沙研究主要进展综述

赵业安

(黄委会水利科学研究院)

黄河是世界上最大的一条多沙河流,泥沙问题是治黄的症结。新中国成立以来,从解决黄河治理与开发的实际问题出发,结合黄河干支流泥沙问题特点,40多年来,进行了大量的观测,取得了丰富的数据资料,组织了国内有关的科研单位及高等院校协同研究,取得了丰硕的成果,形成了具有黄河特色的研究方法,为治黄作出了重大贡献,在工程泥沙等一些领域的研究处于国际领先水平,受到了国际同行专家的赞许。

在泥沙运动基本理论方面研究较多的是浑水异重流及高含沙水流。关于浑水异重流运动规律的研究,早在50年代即已开始,针对三门峡水库异重流,进行过较系统观测,并在室内开展了较大规模的试验研究。有关水库异重流的形成条件、阻力损失、运动和沉积特性及排沙等的研究成果,已在生产上得到应用,为水库设计及调度运用提供了科学依据。高含沙水流在黄河干支流经常出现,从60年代起关于高含沙水流运动规律的研究,已成为黄河泥沙研究的重点问题之一。通过室内试验及野外观测,对高含沙水流形成的条件,高含沙水流的物理特性、流动特性、运动模式、运动机理以及高含沙水流对河床演变的影响、管道与河道高浓度输送问题等进行了系统的研究,取得了许多理论成果。同时也十分重视高含沙水流在治黄中的应用研究,在中游地区利用高含沙水流淤灌已取得重大突破,在窄深河槽输送高含沙水流的研究也取得了很大进展。

黄河流域的水土流失极为严重,水土流失规律与水土保持是重大的治黄科学问题,又是涉及许多学科的边缘性科学。关于水土流失规律的研究,通过小区径流观测和人工降雨试验,取得了地形、降雨、土壤、植被等因素对水土流失影响的定量关系;对于水土流失地区分布的调查研究,得到了黄河中游黄土丘陵区是最主要的水土流失区以及危害黄河中下游河道中游粗颗粒泥沙主要来源区的认识,为确定治理水土流失的重点地区提供了科学依据。关于黄河中游地区流域产沙、输移、沉积过程的研究,得到了关于流域产沙与输沙的比值近似于1的认识。近10年来围绕黄河来沙量的变化问题进行了大量研究,在流域产沙及水土保持的宏观研究方面取得了新进展。一方面通过分析干支流主要控制站长系列水沙变化资料,了解其一般变化趋势,另一方面结合降雨量大小、强度及其分布对产沙的影响来探讨自然因素的影响,与此同时采用不同方法估计水土保持措施及支流水库对减沙的作用,探讨人为因素的影响。还分析了人类活动对未来黄河泥沙变化的影响,为治黄宏观决策服务。

泥沙淤积是黄河下游洪水危害的根本原因,下游河道的泥沙淤积如不能控制,现河道的行洪能力和寿命始终是国家的忧患。因此,黄河下游河床演变及整治问题,始终是黄河泥沙研究的核心问题。根据丰富的史料及地质钻孔资料、文物考查及地形图比较、水文泥沙观测资料,查明了1855年铜瓦厢改道以来各个时期黄河下游各河段的历史演变过程与抬升速

率。从河床演变及其形态特征出发,将黄河下游划分为游荡、过渡、弯曲等三种河型,并着重研究了游荡型河段河道的成因与演变特性。黄河下游和其它冲积河流一样,其河床演变取决于来水来沙条件、河床的边界条件及作为侵蚀基点的河口演变状况,其中水沙条件具有决定性作用。50年代主要研究了天然情况下黄河下游河道水沙运行与河床演变的基本规律,配合三门峡水利枢纽建设,重点研究了三门峡水库修建后黄河下游的河床演变与河道整治问题;60年代将三门峡水库滞洪排沙运用与黄河下游河床演变联系在一起研究,指导了三门峡枢纽两次改建,并取得成功。通过三门峡水库的不同运用方式下泄水沙条件的差异,搞清了水库“蓄水拦沙”、“滞洪排沙”及“蓄清排浑”等不同运用时期黄河下游不同的河床演变规律。70年代开始把黄河流域作为整体、黄河下游河道是流域的一个组成部分来研究下游河床演变与流域各地区来水来沙的关系。对于黄河流域不同地区来水来沙对黄河下游河道冲淤影响的研究取得了突破性的进展,明确了黄河中游粗泥沙来源区的来沙对下游河道的危害最为严重。70年代末开始较系统地研究人类活动对黄河流域环境的影响以及由此产生的黄河水沙条件的变化及其对黄河下游河床演变带来的影响,得到了许多重要的认识。由于黄河是世界大江大河中受人类活动影响最强烈的一条河流,已经使黄河的水沙条件发生了根本性变化,在新的水沙条件下,黄河下游河道正进行着剧烈调整,出现了许多新情况、新特点,河床演变与过去相比较有很大的改变,发展了我们的认识。但是,人类活动造成环境变化所引起的水沙变化与河床演变具有积累性和隐蔽性,在其渐变过程中,往往不易引起人们的警觉和重视。加上黄河上、中、下游地区的差异以及人们认识上的局限,未能从整体上看问题,目前对于黄河下游河床所发生着的新变化的研究还很不够,影响着国家对治黄的决策。

黄河下游槽、滩、堤存在着“淤滩刷槽、滩高槽稳、槽稳滩存、滩存堤固”的辩证统一关系,积累了有槽则排水排沙能力大、河势变化小、洪水位表现低,“守堤不如守滩,守滩必须定槽”等防洪经验。在总结弯曲型与过渡型河段河道整治成功经验的基础上,提出了游荡型河段河道整治的基本原则是:“因势利导、护滩定槽”,将中水河槽整治成微变型河道。基本措施是:“以弯导流、以坝护弯、平滩护岸、滩槽并治。在整治工程结构、材料及工艺的研究上也不断得到发展。目前正集中力量进一步研究游荡型河道的演变规律,总结河道整治的实践经验,提出近期游荡型河道的整治方向、有效的整治措施、适宜的实施步骤,以指导近期的整治工程建设。

黄河干支流兴建水库因泥沙量大,水库淤积十分严重,如何妥善解决水库的泥沙淤积问题,延长水库的使用年限,是黄河泥沙研究的紧迫问题。随着三门峡等干支流众多水库的建设与运用,特别是三门峡枢纽的改建与运用经验的积累,利用许多水库实验站长期观测的资料,对水库淤积与排沙规律进行了系统研究,取得了大量成果。对于多沙河段水库泥沙淤积数量、部位、淤积形态和淤积物组成与分布特性的研究,揭示了许多独特的规律,如水库淤积迅速上延——“翘尾巴”问题、坝区泥沙淤积导致的电站、泄流建筑物有大量泥沙通过,造成机组与泄流建筑物的磨损问题,有的泄水建筑物还会出现泥沙淤堵问题。对于水库淤积防治技术的研究也取得了突破,在分析泥沙在水库中淤积与冲刷的规律的基础上,提出了在多泥沙河流上修建长期使用水库的设计原则与管理运用方式:只要避开大片川地,选择峡谷型库区,确定合理的死水位,有足够的泄水规模,并拟定适合于来水来沙特点及水库库区特点的运用方式,就能使设计水库发展成为冲淤平衡的水库,保持有效库容长期使用。三门峡水库改建成功及20年“蓄清排浑”运用的经验,说明了在黄河上水库防淤技术的重大成就。现在该经验已被用于黄河小浪底及长江三峡等水库建设,发挥了巨大的社会效益与经济效益,对

水库科学技术的发展作出了突出贡献。黄河中小型水库在水库清淤措施方面积累了丰富的经验,甚至能将“死库复活”。除了根据汛期沙峰集中的特点,应用“蓄清排浑、引洪淤灌”的办法外,有的还利用异重流排沙、泄空冲沙、基流冲沙、引渠拉沙及辅以人工排沙等,在延长水库寿命,保持水库效益方面,起到了良好的作用,受到了国内外的重视。

引黄灌溉及城市供水,遇到的渠首和渠系的泥沙淤积问题十分严重。渠首防沙问题一直是研究的主要内容。无坝渠首引水在黄河十分普遍,根据黄河下游的经验,引水口的选择必须选择在主流比较稳定的河段,布置在主流“上提下挫”的范围内,一般都布置在弯道顶点下端,以便利用环流原理,取表层含沙量较低的水流。为避免多引泥沙,黄河下游还充分掌握引水时机,避开沙峰,多在非汛期及汛期含沙量较低时引水。为防止引水渠的淤积,有条件的地方在引水口多修建固定的防沙闸。还利用黄河多泥沙、淤积迅速的特点,停水时在口门设置柔帐网帘缓流促淤,防止引水渠淤积。还曾研究了局部工程防沙措施,如筑拦沙堰、叠梁闸门等,对防止底沙入渠效果显著。由于黄河是以悬移质泥沙为主的多沙河流,泥沙颗粒细,含沙量在垂线上的分布比较均匀,单纯靠渠首防沙措施难以防止泥沙入渠,因此在渠首闸后修筑沉沙池用以处理入渠泥沙,减少干、支渠泥沙淤积,其中条形沉沙池在黄河下游广泛采用,冲洗式沉沙池在黄河中游应用较多。随着引黄事业的发展,引水、引沙量增多,灌区内可供沉沙的洼地越来越少,渠首沙化面积越来越大,排水河道泥沙淤积越来越严重,严重制约引黄事业的巩固和发展。因而,入渠泥沙处理利用技术研究日趋重要,除通常采用的人工清淤、拖淤技术外,90年代主要研究泥沙长距离输送问题。在渠首没有沉沙条件时,通过包括调整渠道比降、衬砌断面等工程措施和管理措施,使泥沙尽可能合理分布在整个灌区,把水沙作为资源,统一安排利用处理,变害为利。山东、河南两省利用泥沙淤高黄河两岸背河地面淤筑相对地下河的实践,为处理引黄泥沙开辟了广阔的前景。

引黄用水对黄河下游河道冲淤的影响,是治黄中争议很大的一个重要问题。引水必然降低水流的输沙能力,但同时也引出了泥沙。研究表明,由于各地区来水来沙情况不同,各地区引黄用水对黄河下游的影响也不一样。黄河上游引用低含沙量水流,引水量大,对下游河道淤积的影响大;中游地区汛期引水含沙量大于黄河下游,不会加重下游河道淤积,非汛期引水将减少河南河段的冲刷及减轻山东河段的淤积;黄河下游沿程引水引沙对下游河道冲淤的影响较小。

黄河河口是弱潮陆相河口,泥沙淤积严重,三角洲延伸迅速,尾间流路经常摆动改道,直接影响三角洲地区经济发展与下游河道的防洪,因此河口治理与三角洲开发是治黄中的一个重要问题。经过几十年的连续观测和分析研究,对于黄河口的历史概况、演变规律及对下游河道的影响等已取得了大量成果,同时还开展了河口三角洲滨海的淤积形态、潮流潮汐特性、拦门沙的形成机制、河口及附近海域泥沙输移等专题研究。随着河口油田的开发与三角洲地区经济的发展,对黄河口治理的要求越来越高,推动了黄河口的研究工作。1976年有计划地人工截流改道清水沟的成功,开创了人为控制河口流路的新时期。80年代中期关于延长清水沟流路使用年限的可行性研究得到重要认识,认为如能采取必要的工程措施提高尾间河段的防洪能力,在近口段有计划人工改道,尽量扩大容沙海域,减缓河口延伸速率,有可能使清水沟流路继续长期行河。根据这一认识拟定的《黄河入海流路规划》已经国家审查批准实施,妥善地解决了河口安危与石油开发之间的矛盾。近年来还开展了“截支强干、工程导流、疏浚口门、巧用潮汐”等综合治理措施的现场试验,积累了新的经验。由于黄河口治理与三角洲开发涉及面广,问题复杂,不确定因素多,必须加强科学研究,才能使决策建立在可靠

的基础上。

数学模拟和物理模拟是研究河床演变过程及定量预测发展趋势的有效手段,从 50 年代开始,在黄河上得到了广泛应用和发展。1955~1960 年在三门峡水库设计时,曾先后采用了前苏联列维与罗辛斯基的方法对水库及黄河下游河道进行了泥沙冲淤计算。60 年代初期在研究三门峡水库滞洪排沙运用及枢纽改建问题时,从黄河的实际情况出发,在分析大量实测资料的基础上,提出了经验性的计算方法,其中黄河下游河道冲淤计算所采用的水文水力学经验模型,由于考虑了黄河含沙量高、来水来沙变幅大、河床冲淤调整迅速的特点,巧妙处理了在黄河冲淤变化中起关键性作用“多来多排”的输沙特性与滩槽水沙交换两个重要环节,使所建立的模型整体构架合理,计算所需资料少,工作量小,计算结果近于实际情况,因而在黄河上得到长期使用,解决了不少生产问题。80 年代以来,随着计算机技术的普及和泥沙数学模型在生产实际中的应用,泥沙数学模型越来越受到人们的重视。在数模开发研究及其运用中造就了一支技术力量雄厚的研究队伍,研制了很多具有不同特色的数学模型,有一维、二维模型,还有个别三维模型,以水动力学模型为主,也有水文水力学模型,其中一维泥沙数学模型都不同程度地考虑了滩槽划分,在一定程度上可视为准二维模型。经过反复检验及在使用过程中不断改进,已日趋成熟,解决了不少生产问题。由于黄河水沙运行与河床演变极其复杂,现有的各种模型都需要进一步扩展、补充和完善。

黄河泥沙河工模型试验早在 30 年代就已经开始,1953 年以后的 40 年间得到了迅速发展。1956~1958 年在室内进行了自然模型法研究,曾成功塑造了游荡型小河。1958~1961 年三门峡水利枢纽建设时,曾进行了水库淤积与黄河下游河床演变及整治的大比尺动床模型试验。60 年代初期曾根据三门峡水库的改建及不同运用方式,采用自然模型法和半自然模型法进行了下游河道演变趋势研究。70 年代以来,黄河动床模型的设计理论得到了重大发展,根据黄河泥沙运动与河床演变的特点,提出了“黄河动床河道模型的相似原理及设计方法”,对模型变率的选择、模型沙的选配、动床加糙方法等进行了系统研究总结,使河工模型的设计建立在比较严格的相似论的理论基础上。运用这一相似原理及设计方法,较好地完成了一系列模型试验,取得了大量的试验成果,满足了生产建设的需要。其中小浪底枢纽布置方案试验与黄河下游花园口至东坝头河道整治方案试验两个大模型,试验方案最多,历时最长,所取得的成果也最多,体现了 80 年代泥沙模型试验的新水平。黄河高含沙洪水模型相似律的研究是一个十分重要而又极为困难的课题。90 年代以来,针对黄河天然情况下的紊流型高含沙水流,在研究其运动特性、输沙特性等一系列基础研究的基础上,建立了可用于高含沙洪水模拟试验的相似律。经过检验,可供黄河多沙及高含沙洪水试验使用。

黄河河工模型除在理论上有所进展之外,在实验技术上也取得很大发展。模型进口自动控制、沿程水位自动记录 and 数据处理,以及流速、地形量测仪器的试制及使用、模型浑水含沙量及粒配的控制等,均积累了较丰富的经验。由于泥沙河工模型试验技术复杂,模型设计尚缺乏严密的相似理论,缺乏精密的测试仪器,数据采集与处理手段落后,特别是对从生产实践中提出的理论问题,进行概化试验,深入探讨各个因素的分别影响及其综合效应,没有开展,上述方面都需要今后努力解决。

总之,在黄河泥沙研究的广度与深度上都取得了重大进展,及时解决了治黄中的许多问题,为治黄作出了贡献,并达到较高的水平。但应当承认我们的认识还是有限的,还有许多未被认识的规律和未曾研究的领域,有待进一步探索研究。

21 世纪黄河的治理开发战略与发展前景

赵业安

(黄委会水利科学研究院)

提要 根据 21 世纪治黄面临的形势与问题,提出了 21 世纪治黄的战略措施,论述了建破口、龙门等水库、加强黄土高原水土保持综合治理等在治黄中的重要战略地位。对 21 世纪黄河发展前景作了展望,认为通过治黄战略措施的实施,黄河终将会成为一条造福中国人民的利河。

黄河是中国的第二大河,也是中国北方地区的重要水源。黄河流域资源丰富,生产潜力巨大,在中国现代化建设中具有重要的战略地位。但黄河又是一条流域自然条件复杂、河情特殊的世界上最大的多泥沙河流。治理开发黄河,是中国国土整治与开发的重大战略任务,对促进中国经济长期健康发展和社会稳定具有十分重要的意义。

1 治理开发的现状

新中国成立后,经过长期综合治理与开发,治黄工作取得了历史性的巨大进展,黄河已开始从害河变为造福于人民的利河。到本世纪末,黄河上游将建成龙羊峡、李家峡、刘家峡、盐锅峡、八盘峡、大峡和青铜峡等 7 个梯级电站,装机容量 554.4 万 kW,年发电量 230.3 亿 kW·h,开发程度 39.3%;上中游水土保持和支流开发有显著进展,初步治理水土流失面积近 20 万 km²,人民生活改善,年入黄泥沙平均减少约 4 亿 t;中游干流建成万家寨、天桥、三门峡、小浪底等 4 个梯级,装机容量 310.8 万 kW,年发电量 104.8 亿 kW·h,开发程度 40%;黄河下游将建成比较完整的防洪工程与非工程体系,特别是小浪底水库投入运用与黄河下游河道整治工程基本完成,将进一步控制下游的洪水泥沙,提高下游河道的防洪标准。全流域灌溉面积增加到 800 万公顷,灌溉技术水平与效益也有显著提高,城市及工矿区用水迅速增长,使得黄河水资源利用量平均每年 350~370 亿 m³,水资源利用率高达 60%~64%,有力地推动了沿黄各省区的经济发展。治黄所取得的伟大成就为今后黄河流域社会与经济的发展,奠定了坚实的基础。但是,从全国看,由于流域内大部分地区自然条件和生态环境较差,交通不便,黄河流域经济区工农业基础还很薄弱,农业生产低而不稳,人均占有粮食与畜产品量均低于全国平均水平,国民收入不高,特别是近十几年来,经济增长的速度远低于我国东部沿海地带,急待加速开发。

2 21 世纪治黄工作面临的形势与问题

黄河全长 5464km,流经青海、四川、甘肃、宁夏、内蒙古、陕西、山西、河南、山东等九省

区,流域面积 79.5 万 km^2 (包括内流区 4.2 万 km^2), 占全国国土面积的 8.3%, 耕地 1193 万公顷, 人均 0.12 公顷, 约为全国人均耕地面积的 1.5 倍, 大部分地区光热资源充足, 农业生产发展潜力很大, 林牧业发展前景广阔。全流域还有宜开垦的荒地约 200 万公顷, 是我国开发条件较好的后备耕地资源。黄河流域资源丰富, 土地与人口不到全国的十分之一, 而主要矿藏在全国的比重为: 煤炭占 60%, 石油占 30%, 铁占 14%, 各类有色金属平均占 20%。黄河流域地表水资源约 580 亿 m^3 , 都只有全国的 2%, 黄河流域地下水可开采利用量为 119 亿 m^3 , 人均、单位耕地面积平均占有水资源量只占全国平均数的几十分之一, 十分短缺。黄河干支流水能资源蕴藏量 4000 万 kW, 可开发量约 3200 万 kW, 在我国七大江河中居第二位。水能资源 91% 集中在干流上, 其中上游龙羊峡至青铜峡河段和中游的北干流河段, 梯级水电开发条件好, 技术经济指标优越, 综合利用效益大, 是我国水电资源中的富矿。

由于资源优势, 中国经济发展自东向西的战略转移中, 黄河流域的地位日益重要。按照全国国土开发和经济发展的规划布局, 沿黄地带综合开发的重点地区为: 以山西为中心, 包括山西、陕西、内蒙古、宁夏、河南等省区广大地区, 以煤炭资源开发为主导, 建成以煤、电、铝、化工等工业为重点的全国最大的能源、重化工基地、山东半岛重点开发区, 包括整个山东半岛和黄河口地区, 将建设成为全国重要的石油和海洋开发基地, 石油化工基地, 以及外向型产业为特色的经济区域。

根据全国农业开发布局, 黄河下游沿黄平原、中游渭汾平原、上游宁夏和内蒙古河套平原, 都是今后重点建设的农业基地。同时, 流域内还有大面积的干旱高地, 随着灌溉事业的发展, 将形成新的农业生产基地, 宜垦荒地、特别是沿河沙洲与河口三角洲地区的荒地将逐步开发利用。

黄河流域 1990 年人口为 9780 万, 占全国人口的 8.6%。近 50 年的统计资料表明, 其人口增长率高出全国平均值 4‰, 预计今后半个世纪内, 当全国人口超过 15 亿时, 黄河流域的人口肯定要超过 1.5 亿。随着工矿业及农业的发展, 人口的增长, 以及人口向城镇集中, 今后黄河流域的环境必然要发生重大变化, 既有有利的条件, 也有不利的因素。可以预测, 21 世纪黄河流域及毗邻的西北、华北地区, 人口、资源、粮食、环境等现代化的制约因素与社会经济发展的矛盾将更加突出, 治黄面临的形势十分严峻, 所担负的任务更加繁重。21 世纪黄河流域社会与经济发展存在的主要问题是:

(1) 水资源短缺日趋严重, 水质污染更加严重, 供需矛盾更为突出。

预计 21 世纪初, 黄河干流河口镇断面年平均来水量约 180 亿 m^3 , 花园口断面年平均来水量约 310 亿 m^3 , 利津断面年平均入海水量约 210 亿 m^3 。按照目前的黄河水资源开发利用规划, 为适应排沙入海需要, 多年平均入海水量需保持 200 亿 m^3 左右 (汛期入海水量不小于 150 亿 m^3), 即进入 21 世纪, 黄河地表水已无水可用。另一方面, 随着人口的增长, 社会进步, 经济发展, 生活水平提高, 用水需求将会继续增长。预测在 2030 年前后, 考虑人口按 13‰ 的速度增长, 工业产值在本世纪末的基础上再翻一番, 人均粮食 400kg, 生活需水量将达到 600 亿 m^3 左右, 其中约需河川径流量 520 亿 m^3 。

据近年来的水质监测资料评价, 黄河干支流水质污染日趋严重, 如不加强治理, 到 2000 年全流域年排污水总量将达到 47 亿 t, 为 1990 年的 1.44 倍。其后, 废污水总量还会继续增加, 势必造成黄河干支流多数河段的水质不能满足集中式生活饮用水的水质要求。

(2) 黄河下游防洪减淤出现了一系列新情况、新问题, 洪灾的经济损失日益加大, 对黄河下游防洪的要求愈来愈高, 黄河下游河道的泥沙淤积如不能控制, 现行河道的行洪能力和寿

命始终是中国的忧患。

小浪底水库建成后,三门峡以下的区间如发生特大洪水,还需要启用滞洪区,北金堤滞洪区内有 140 万人、16 万公顷耕地和年产近 1000 万 t 原油的中原油田,东平湖滞洪区内有 30 万人、3 万公顷耕地,一旦滞洪运用,损失巨大。黄河下游河道大堤内滩地居住人口近 200 万、耕地 27 万公顷。滩地作为下游河道的行洪区,长期以来采取的“洪水时排洪、枯水期耕作”的方针,不适应滩区人民脱贫致富的基本要求。

随着黄河流域水资源利用量不断增加,进入下游的水量日益减少;上中游修建水库后,调节径流量、削减洪水,使黄河下游各级洪水出现的机率减少,洪水总量减少,这对下游防洪是有利的。但黄河的基本特点是水少沙多、水沙异源。由于少沙地区水资源的开发利用进度快、程度高,多泥沙地区水资源综合利用难度大、进度慢,黄土高原水土流失状况尚未根本好转,边治理、边破坏的现象仍在继续,进入黄河下游水沙条件的剧烈变化,年来水量大量减少,水量的年内分配起了变化,汛期水量从全年的 60% 减为 40%~50%,洪峰流量大幅度削减,洪水总量减少;来沙量减少的幅度不及水量减少的幅度,全年泥沙集中到汛期进入下游,高含沙洪水出现的机遇增多,河道的输沙能力降低。

水沙条件的变化,改变了黄河下游自然条件下的演变规律,“洪水淤滩刷槽”、“大水多排沙”、“大水山东窄河道冲刷”等“大水出好河”的自然演变特性不复存在,长期平水及枯水作用下,山东河道断流时间日益增长,使得黄河下游主河槽萎缩,排洪能力降低,平滩流量减少,中小洪水也会漫滩,造成滩地淹没损失。如 1986~1994 年进入黄河下游的平均年水量只有 300 多亿 m^3 ,洪水很小,年来沙量 7 亿 t,不及多年平均来沙量一半,但下游河道仍然发生了严重淤积,年均淤积泥沙近 2 亿 t,并且几乎全部淤积在河槽内,致使河道排洪能力迅速降低。1993 年、1994 年黄河下游发生了小洪水,花园口站洪峰流量仅为 4000~6000 m^3/s ,却造成了较大范围内滩地淹没灾害。

21 世纪初期 30 年内,黄河治理开发规划设想,主要依靠黄河中游干流修建碛口、龙门、小浪底等大水库,形成黄河中游拦沙、滞洪、调沙的工程体系,利用约 200 亿 m^3 死库容拦沙来控制黄河下游泥沙淤积。2030 年以后,如何解决黄河下游的泥沙淤积?是我们面临的一大难题。

(3) 黄土高原水土流失状况未根本好转,干旱风沙、暴雨洪水水土流失灾害仍严重制约经济发展和人民生活改善,特别是黄河中游多沙粗沙区治理进展缓慢,水土流失严重,不少支流入黄泥沙未见减少。

黄土高原地质生态环境脆弱,人口急剧增长和不适当的人类活动使得该地区水土流失的防治工作十分艰巨。40 年来黄土高原综合治理,在改变农林牧业生产条件、促进生产发展和脱贫致富方面起到了重大作用,在减少水土流失,改善生态环境,减少入黄泥沙等方面收到了明显效果。但必须看到,黄土高原治理程度还很低,而且相当一部分治理措施的标准不高、质量差,遇较严重干旱风沙及较大暴雨,旱灾及洪水灾害仍很严重。危害黄河的粗泥沙来源区土壤侵蚀极其严重,治理难度大、进展缓慢,据分析估算,不少来自粗泥沙来源区的支流,入黄泥沙并没有减少。

3 21 世纪治黄的战略措施

纵观中外各大江河治理与开发的历史,均以经济发展需要为前提,并与社会经济发展水

平相适应。因此,治理、开发黄河的指导思想和战略,总是随着历史 and 经济发展而不断更新的。进一步开发利用黄河水土资源和防治黄河水旱灾害,以兴利促除害,寓除害于兴利之中,更好地为促进我国经济发展和社会安定服务,是 21 世纪治黄的根本任务。为此,科学选择黄河治理开发战略十分重要。根据多年研究,21 世纪黄河开发治理的战略措施应是:

(1)在黄河中游修建碛口、龙门两座高坝大库,争取获得 400~500 亿 m^3 的库容,用以蓄水拦沙,进行多年调节径流,与小浪底水库配合,实施泥沙多年调节,提高下游河道输沙效率,节省黄河下游 200 亿 m^3 输沙用水量中的绝大部分,使之变为可用水源,把充分开发黄河水资源与防止黄河下游河道淤积,统一由中游高坝大库群联合运用拦沙、调水调沙解决。

黄河水少沙多,水沙异源,天然径流量年际变化大,随气候波动呈现丰枯交替、连续枯水年的特点,使水资源的开发利用较世界其它江河更为困难。黄河上游来水 330 亿 m^3 ,水库调节径流,是为上游河段水电及用水服务,不能解决中下游对水资源的需求。将来西线南水北调的水,其绝大部分也将用于上游地区。中游来水 240 亿 m^3 ,黄河的泥沙 90%来自这一地区。21 世纪中游的来水,相当一部分要用在中游,而且上中游地区用水的发展速度,将大于中游水土保持的减沙速度,其结果将使黄河下游水少沙多的矛盾更加突出,粗颗粒泥沙高含沙量洪水出现的机会增多,到时,下游河道将面临河槽萎缩、排洪能力降低,中小高含沙量洪水带来的防洪负担加重的危险。如果中游的水库库容小,为保持一定的库容长期使用,均采用“蓄清排浑”的运用方式,则非汛期无水可蓄;不能提高水资源利用率,而且汛期排浑也解决不了下游河道的泥沙淤积。因此,从长远拦沙、调节径流、充分开发黄河水资源并控制黄河下游河道淤积、延长现行河道寿命的战略角度考虑,碛口、龙门必须尽可能修成高坝大库。据初步研究,碛口、龙门有修建高坝大库、两库总库容达到 400~500 亿 m^3 的可能性。淹没小的大库是一项难得的资源,碛口、龙门高坝大库修建后,可以拦截龙门以上来沙 100 年,可以利用小浪底进行泥沙多年调节,形成高效输沙洪水,排沙入海。这样做,既能够防止黄河下游河道淤积抬升,又能够增加发电水头,增加发电能力,一举数得,对确保黄河下游长治久安,增加北方可用水源,基本满足 21 世纪黄河流域社会与经济发展对水资源的需求,对华北、西北电网调峰也有重要作用,其战略地位不亚于长江三峡工程。

(2)修建桃花峪水库进一步控制下游洪水,黄河下游由“宽河固堤”向“窄河固堤”转变,废除北金堤、东平湖新湖区等滞洪区,并使下游滩地免受洪水淹没灾害。

黄河下游防洪采用“上拦下排、两岸分滞”的方针,现河道防洪标准为防御花园口站洪峰流量 22000 m^3/s ,山东艾山以下河道为 11000 m^3/s ,超标准洪水利用水库调蓄削峰及两岸滞洪区分洪。由于北金堤、东平湖两滞洪区均位置偏下,实际上,分洪口门以上河道的设防标准更高。小浪底水库建成后,花园口以上无水库控制区百年一遇洪水洪峰流量只有 12900 m^3/s ,千年一遇洪峰流量 20100 m^3/s ,万年一遇洪峰流量 27400 m^3/s ,5 天洪水总量分别为 24.4,40.1,55.0 亿 m^3 ,如考虑无控制区人类活动对洪水的削减,则各种频率洪水的洪峰与洪量设计值还要小得多。对于这种峰高量小、含沙量低的洪水(小浪底水库控制了黄河泥沙 98%),桃花峪水库的控制性极好。只需修建有十多亿 m^3 的低坝小库,就可将花园口站千年一遇洪水削减到 10000 m^3/s ,万年一遇洪水也可削减为 10000 m^3/s 多,不再需要利用下游滩区滞洪削峰,只需要保持桃花峪至河口 10000~12000 m^3/s 排洪通道,必要时利用东平湖老湖区分滞超过 10000 m^3/s 的洪水。因此,长期采用的“宽河固堤”办法,可改为“窄河固堤”的办法,对现河道进行改造,以现有控导护滩工程为主要节点,新修防洪堤,其设防标准为 10000~12000 m^3/s ,放淤固堤,整治河滩,在原临河大堤建设超级堤防,解放下游两岸约

3000km²的滩区,在滩区放淤改土,建设水利设施,建设稳产高产农田,发展乡镇工业,使滩区 200 万人安居乐业,并将原大堤保留作为二道防线。

桃花峪水库建成后,除特大洪水滞洪运用外,还可作为反调节水库,调节水量,提高下游两岸灌溉的保证率,并向南北两岸黄河灌区提供清水水源。

21 世纪,黄河三角洲地区由于黄河中游水库大量拦沙,黄河入海泥沙将日益减少,河口流路相对稳定,小浪底等干流水库实行水沙多年调节,一般年份入海沙量很少,丰水年将集中排沙入海。未来海平面相对上升,滨海地区海水入侵,土壤盐碱化加重,淹没面积逐渐扩大,风暴潮损失严重,需充分利用小浪底水库排沙淤高三三角洲地面并结合油气田开发利用黄河泥沙有计划地填海造陆,变海上开采为陆地开采。

(3)加强黄土高原水土保持综合治理,蓄水保土,提高抗御干旱风沙及暴雨洪水等自然灾害的能力,改善生产、生活条件,促进经济发展,促进当地群众脱贫致富,改善生态环境。同时,加强粗沙来源区治理,减少入黄泥沙。

黄河上中游黄土高原地区(包括鄂尔多斯高原)总面积 64 万 km²,总人口 7268 万人(1990 年),土地面积与人口均占黄河流域的绝大部分,继续坚持不懈地开展黄土高原地区的水土保持是流域治理及国土整治的重要任务,也是根治黄河的重要途径之一。全面贯彻“预防为主,全面规划,综合防治,因地制宜,加强管理,注重效益”的方针,以小流域为单元,实施综合治理。在 15.6 万 km²多沙及粗泥沙来源地区,重点建设治沟骨干工程,打坝淤地,建设高产稳产田。设想到 2050 年前后,共建治沟骨干坝约 2 万座,可控制流域面积 8 万 km²以上,总库容 200 亿 m³,拦泥库容 150 亿 m³,建成稳产高产田 20 万公顷。一般单坝 20 年左右淤满,需加高 1~2 次,即可接近相对平衡。2050~2100 年继续完成剩余流域面积的治理,以期基本控制这一地区占全河沙量 82%的入黄泥沙。

4 21 世纪黄河发展前景

在我国的发展过程中,治黄占有重要地位,发挥了重要作用。21 世纪我国经济社会发展对治黄提出了更高的要求,经济发展、国家财力物力的增强与科学技术水平的提高,为黄河开发治理提供了新的条件,可以预计 21 世纪治黄将得到空前大发展。

2030 年前后,黄河干流龙羊峡至桃花峪干流河段规划选定的近 30 座枢纽工程将全部建成,形成以龙羊峡、刘家峡、大柳树、磴口、龙门、三门峡、小浪底、桃花峪 8 座骨干工程为主体的综合利用工程体系,总库容约 1200~1300 亿 m³,其中长期有效库容约 500 亿 m³,使黄河洪水泥沙得到控制,基本满足水沙多年调节需要,装机容量约 2200 万 kW,年发电量约 800 亿 kW·h;黄河河川径流利用量将增加到 500 亿 m³,利用率达 86%,在普遍采取节水措施的情况下,能够基本满足黄河上、中游地区 21 世纪的需水量;黄河下游两岸淮河及海河流域引黄灌区将逐步改由调长江水源供水,实现江、淮、河、海四大水系水资源联合调配,满足华北地区水资源需求。2050 年前后,黄河干支流可开发的 3200 万 kW 水电资源将全部开发,年发电量约 1200 亿 kW·h。

黄土高原严重的水土流失将逐步得到基本控制,2050 年前后,黄土高原地区水土流失治理面积将达到总流失面积的 70%~80%,林草覆盖面积将达到 30 万 km²,占总面积的一半,入黄泥沙每年可减少 10 亿 t,生态环境状况明显改善,将建成中国最大的能源、重化工基地,农林牧业和乡镇企业取得迅速发展,人民生活水平日益提高。