

黄河水沙调控与 下游河道中水河槽塑造

胡春宏 陈建国 郭庆超 严军 著



科学出版社
www.sciencep.com

黄河水沙调控与 下游河道中水河槽塑造

胡春宏 陈建国 郭庆超 严 军 著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书是在“十五”国家科技攻关计划课题“维持黄河下游排洪输沙基本功能的关键技术研究”(2004BA610A-03)和国家自然科学基金重点项目“水沙变异条件下黄河下游河道再造床机理及调控对策研究”(50239040)等多个项目研究成果的基础上系统总结而成的。全书采用理论分析、实测资料分析和水沙数学模型计算等多种研究手段,以维持黄河健康为目标,以改善黄河不协调的水沙关系为切入点,围绕黄河水沙调控的理论及措施开展研究,提出了塑造与维持黄河下游中水河槽的优化方案,研究成果为黄河下游河道的治理提供科学的依据。

本书可供从事泥沙运动力学、河床演变与河道整治、水沙调控、防洪减灾、黄河治理等方面研究、设计和管理的科技人员及高等院校有关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

黄河水沙调控与下游河道中水河槽塑造/胡春宏等著.—北京:科学出版社,2007

ISBN 978-7-03-018372-9

I.黄… II.胡… III. ①黄河—含沙水流—控制—研究 ②黄河—下游河段—河道整治—研究 IV.TV152 TV882.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第011337号

责任编辑:李 敏 张 震 吴伶伶/责任校对:赵燕珍

责任印制:钱玉芬/封面设计:中飞时代

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社编务公司排版制作

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007年6月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2007年6月第 一 次印刷 印张:22 3/4 插页:2

印数:1—2 000 字数:539 000

定价:80.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈科印〉)

“十五”国家科技攻关计划课题“维持黄河下游排洪输沙基本功能的关键技术研究”(2004BA610A-03)、国家自然科学基金重点项目“水沙变异条件下黄河下游河道再造床机理及调控对策研究”(50239040)和黄河下游治理方略研究课题“塑造黄河下游中水河槽措施研究”成果。

前 言

黄河是中华民族的母亲河，以其水少沙多而闻名于世，它也是世界上最难治理的河流之一。黄河流域在我国社会经济的可持续发展中占有举足轻重的地位，在流域内居住着全国 8% 的人口，分布着全国 13% 的耕地；在全国已探明的 45 种矿藏的储量中，黄河流域占了 32%；黄河流域后备的可开垦土地资源在 3000 万亩（1 亩 $\approx 666.7\text{m}^2$ ）以上。它是实现我国 21 世纪发展目标的重要基地之一。

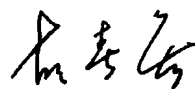
20 世纪 80 年代中期以来，由于人类活动日益加剧和气候变化等因素的影响，黄河下游来水来沙条件发生了显著变化。径流量减少、洪水频次和洪峰流量降低、流量过程调平、汛期和非汛期水量比例改变，导致下游河道主河槽严重淤积萎缩、“二级悬河”加剧、功能性断流与水患并存，河口地区生态环境恶化，水质污染日益加剧等。这一系列的问题都表明黄河的健康状况日趋恶化，从而严重制约了黄河流域社会经济的可持续发展，威胁到黄河流域人民群众的生存和健康。因此，黄河的健康问题已成为 21 世纪初期国家可持续发展的心腹之患。鉴于黄河流域所处的地位及水土资源的现实状况，如何处理流域开发与资源环境协调的关系，确保黄河流域水资源与防洪的安全，维持黄河的健康，维持流域社会经济的可持续发展，已成为国家十分关注的问题。为此，国家加大了对黄河研究工作的支持力度，如科技部将“维持黄河下游排洪输沙基本功能的关键技术研究”（课题编号：2004BA610A-03）列为“十五”国家科技攻关计划项目，国家自然科学基金委员会将“水沙变异条件下黄河下游河道再造床机理及调控对策研究”（项目编号：50239040）列为国家自然科学基金重点项目，水利部将“流域水沙优化配置与泥沙资源化研究”（项目编号：SCX2003-01）列为水利部科技创新项目等，以加强对黄河问题的研究。

本书是作者在系统总结近年承担的上述项目研究成果的基础上形成的，全书共分 8 章，主要内容及编写人员如下：第 1 章绪论，由胡春宏和陈建国执笔；第 2 章黄河下游水沙过程变异与洪水过程的作用，由陈建国和胡春宏执笔；第 3 章黄河下游断面形态与洪水过程的响应关系，由陈建国和胡春宏执笔；第 4 章黄河下游河道治理方略与水沙调控，由胡春宏和陈建国执笔；第 5 章黄河下游河道水沙数学模型，由郭庆超执笔；第 6 章小浪底水库水沙调控对塑造与维持黄河下游中水河槽的作用 I，由胡春宏、陈建国和

郭庆超执笔；第 7 章小浪底水库水沙调控对塑造与维持黄河下游中水河槽的作用 II，由郭庆超执笔；第 8 章黄河下游河道高效输沙水量及其应用，由严军、胡春宏和陈建国执笔。全书由胡春宏审定统稿。

本研究成果是多位同事经过多年的共同努力完成的。参加研究的主要人员有：胡春宏、陈建国、郭庆超、严军、董占地、刘大滨、王延贵、陈绪坚、张治昊、孙高虎、齐璞、邓安军、祁伟、陆琴等。在研究过程中，全体研究人员密切配合，相互支持，圆满地完成了研究任务，在此对他们的辛勤劳动表示诚挚的感谢！

限于作者水平，加之时间仓促，书中欠妥或谬误之处在所难免，敬请读者批评指正。



2007 年 1 月于北京

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 21 世纪初黄河治理面临的主要问题	2
1.2 研究内容与研究成果	3
1.2.1 研究内容	3
1.2.2 研究成果	3
参考文献	5
第 2 章 黄河下游水沙过程变异与洪水过程的作用	6
2.1 不同时期黄河下游水沙过程的变异	7
2.1.1 1950~2003 年水沙过程的变异	7
2.1.2 三门峡水库不同运用时期水沙过程的变异	16
2.2 不同时期黄河口水沙过程的变异	24
2.2.1 年际间的变异	24
2.2.2 年内分配的变异	25
2.2.3 典型水文特征的变异	26
2.2.4 沿程的变异	26
2.2.5 水沙过程变异的综合参数	26
2.3 下游洪水的一般特性	27
2.3.1 大漫滩洪水	27
2.3.2 一般漫滩洪水	29
2.3.3 不同含沙量洪水	30
2.4 下游洪水的分类	32
2.4.1 按洪水漫滩程度分类	32
2.4.2 按洪水最大含沙量分类	33
2.4.3 按洪水过程形态特征分类	35
2.4.4 按洪峰与沙峰相位差分类	35
2.5 不同洪水过程对断面形态的塑造作用	36
2.5.1 大漫滩洪水过程对断面形态的塑造作用	36
2.5.2 一般漫滩洪水过程对断面形态的塑造作用	39
2.5.3 不漫滩洪水过程对断面形态的塑造作用	44
2.6 小浪底水库运用及调水调沙试验对下游河道的作用	46
2.6.1 小浪底水库运用对下游河道的作用	46

2.6.2	2002 年小浪底水库调水调沙试验结果	47
2.6.3	2003 年小浪底水库调水调沙试验结果	50
2.6.4	2004 年小浪底水库调水调沙试验结果	51
2.6.5	小浪底水库 3 次调水调沙试验对下游河道的作用分析	53
2.7	下游河道有利的洪水过程特征分析	54
2.7.1	有利的不漫滩洪水过程	54
2.7.2	有利的漫滩洪水过程	55
2.8	小结	56
	参考文献	57
第 3 章	黄河下游断面形态与洪水过程的响应关系	58
3.1	断面形态与不漫滩洪水过程的响应关系	59
3.1.1	断面最大过流面积与洪水特征值的响应关系	59
3.1.2	最大水面宽度与洪水特征值的响应关系	63
3.1.3	最小宽深比与洪水特征值的响应关系	66
3.2	断面形态与漫滩洪水过程的响应关系	68
3.2.1	断面最大过流面积与洪水特征值的响应关系	68
3.2.2	最大水面宽度与洪水特征值的响应关系	72
3.3	平滩水位下断面形态与洪水过程的响应关系	74
3.3.1	平滩流量与洪水特征值的响应关系	74
3.3.2	造床流量与洪水特征值的响应关系	79
3.3.3	平滩面积与洪水特征值的响应关系	83
3.3.4	平滩宽深比与洪水特征值的响应关系	89
3.4	下游河道来水量与来沙量的响应关系	92
3.4.1	来水量与来沙量的响应关系	92
3.4.2	排沙比与流量的响应关系	93
3.4.3	排沙比与来沙系数的响应关系	94
3.5	下游纵剖面与来水来沙的响应关系	95
3.5.1	下游河道近代纵剖面演变过程	95
3.5.2	下游河道近期纵剖面的发展	97
3.6	黄河口拦门沙演变与来水来沙的响应关系	103
3.6.1	拦门沙纵横向演变响应特征	103
3.6.2	拦门沙立体动态演进模式	105
3.6.3	拦门沙演变响应机理	107
3.6.4	拦门沙淤进与蚀退的水沙调控临界指标	109
3.7	小结	111
	参考文献	113
第 4 章	黄河下游河道治理方略与水沙调控	114
4.1	历代下游治理方略回顾	115

4.1.1 以疏导为主的治河方略	115
4.1.2 以筑堤为主的治河方略	116
4.1.3 束水攻沙的治河方略	116
4.1.4 宽河固堤的治河方略	118
4.2 下游宽窄河道治理的有机结合	118
4.2.1 “宽河固堤”和“束水攻沙”的局限性	119
4.2.2 工程控制条件下“宽河固堤”与“束水攻沙”的有机统一	119
4.2.3 实现“宽河固堤”和“束水攻沙”有机统一的前景	125
4.3 下游河道的改造与窄深中水河槽的塑造	125
4.3.1 新形势下下游河道治理的方略	125
4.3.2 下游河道改造的思路与措施	126
4.3.3 下游塑造中水河槽可能的规模分析	128
4.4 黄河水沙调控体系	129
4.4.1 黄河水沙调控体系与维持黄河健康的关系	129
4.4.2 黄河水沙调控体系的理论基础与技术措施	131
4.5 小结	134
参考文献	135
第5章 黄河下游河道水沙数学模型	137
5.1 下游水沙数学模型基本原理	138
5.1.1 水力因素计算	139
5.1.2 输沙计算	141
5.2 下游高含沙水流输移	144
5.2.1 高含沙水流挟沙能力的理论	144
5.2.2 下游高含沙水流挟沙能力分析	145
5.3 下游水沙数学模型基本参数的确定	149
5.3.1 糙率	150
5.3.2 恢复饱和系数	150
5.3.3 挟沙能力系数	151
5.3.4 挟沙能力指数	151
5.4 下游水沙数学模型率定与验证	152
5.4.1 模型率定与验证计算水沙条件	152
5.4.2 水沙数学模型率定	154
5.4.3 水沙数学模型验证	156
5.4.4 水沙数学模型的进一步验证	159
5.5 小结	165
参考文献	165
第6章 小浪底水库水沙调控对塑造与维持黄河下游中水河槽的作用 I	167
6.1 塑造与维持下游中水河槽的方案设计	168

6.1.1	水沙系列一(编号 5065)	168
6.1.2	水沙系列二(编号 7896)	169
6.1.3	水沙系列三(编号 7897)	172
6.1.4	水沙系列四(编号 9796)	172
6.1.5	水沙系列五(编号 1938)	173
6.1.6	水沙系列六(编号 9003)	173
6.2	不同水沙系列对塑造与维持下游中水河槽作用的计算结果与分析	174
6.2.1	水沙系列一(编号 5065)计算结果与分析	174
6.2.2	水沙系列二(编号 7896)计算结果与分析	177
6.2.3	水沙系列三(编号 7897)计算结果与分析	179
6.2.4	水沙系列四(编号 9796)计算结果与分析	181
6.2.5	水沙系列五(编号 1938)计算结果与分析	182
6.2.6	水沙系列六(编号 9003)计算结果与分析	185
6.3	塑造与维持下游中水河槽之间的关系	186
6.3.1	6 个水沙系列对塑造与维持下游中水河槽作用的比较	186
6.3.2	塑造与维持下游中水河槽的相互关系	188
6.4	塑造与维持下游中水河槽的影响因素分析	190
6.4.1	小浪底水库不同“调水调沙”方案的效果分析	190
6.4.2	小浪底水库不同出库泥沙级配的影响	198
6.4.3	下游河道河床粗化的影响	201
6.4.4	现有河道整治工程对塑造下游中水河槽的作用	202
6.4.5	生产堤和疏浚对塑造下游中水河槽的作用	203
6.4.6	两岸整治对塑造下游中水河槽的作用	203
6.5	小结	204
	参考文献	208
第 7 章	小浪底水库水沙调控对塑造与维持黄河下游中水河槽的作用 II	209
7.1	小浪底水库水沙调控方案与出库水沙系列设计	210
7.1.1	小浪底水库水沙调控方案	210
7.1.2	设计的出库水沙系列	212
7.1.3	设计的下游河道引水过程	216
7.2	小浪底水库水沙调控对下游中水河槽的塑造作用研究	217
7.2.1	水沙系列一计算结果	218
7.2.2	水沙系列二计算结果	221
7.2.3	水沙系列三计算结果	226
7.2.4	塑造下游中水河槽计算结果的综合分析	231
7.3	小浪底水库水沙调控对下游中水河槽维持作用的研究	234
7.3.1	小浪底水库塑造与维持方案出库水沙系列设计	234
7.3.2	小浪底水库塑造与维持方案的计算结果	236

7.3.3 塑造与维持下游中水河槽方案计算结果的综合分析	243
7.4 塑造与维持下游中水河槽的优化方案研究	244
7.4.1 优化方案的小浪底水库出库水沙过程设计	244
7.4.2 优化方案的计算结果与分析	245
7.4.3 优化方案计算结果的综合分析	251
7.5 黄河干流大型水利枢纽联合运用对下游河道输沙入海效率影响的研究	251
7.6 小结	254
参考文献	255
第8章 黄河下游河道高效输沙水量及其应用	257
8.1 下游河道输沙水量的研究现状	258
8.1.1 输沙水量的概念	258
8.1.2 输沙水量的几种计算方法及比较	259
8.1.3 下游河道输沙水量研究成果综述	261
8.2 输沙水量和单位输沙水量的定义及计算方法	263
8.2.1 输沙水量与单位输沙水量的定义	264
8.2.2 输沙水量与单位输沙水量的计算方法	265
8.3 下游河道输沙水量研究	268
8.3.1 下游河道净水量	268
8.3.2 下游河道输沙水量	270
8.3.3 下游河道冲淤平衡时的输沙水量	297
8.4 下游河道单位输沙水量与高效输沙水量研究	300
8.4.1 下游河道单位净水量	300
8.4.2 下游河道单位输沙水量	301
8.4.3 下游河道洪水期单位输沙水量	319
8.4.4 下游河道的高效输沙水量	324
8.5 小浪底水库修建后下游河道高效输沙水量及其应用	331
8.5.1 小浪底水库运用方式研究综述	331
8.5.2 小浪底水库运用对下游河道的减淤效果分析	332
8.5.3 小浪底水库修建后下游河道高效输沙的水沙组合	349
8.6 小结	354
参考文献	355

第 1 章

Chapter 1

绪 论

1.1 21 世纪初黄河治理面临的主要问题

黄河是世界上最难治理的河流之一。黄河的突出问题是水少沙多,水沙过程不协调。半个多世纪以来,随着社会经济的发展、大规模水利工程的建设、人类活动的加剧,用水需求加大,生态用水被挤占,人们对黄河的索取远远超过了其承载能力,大大地改变了流域的水沙过程,使原本不协调的水沙关系更加恶化,导致黄河发生了一系列不利的变化。21 世纪初期,黄河面临的主要问题有流域生态环境退化、水土流失严重、下游河道主河槽严重萎缩、“二级悬河”加剧、水质污染日甚、功能性断流与洪水威胁并存、河口生态恶化等^[1,2]。这些问题严重威胁着黄河的健康和流域内的社会经济及生态环境的可持续发展,已成为 21 世纪初期国家可持续发展的心腹之患。

黄河下游河道长期处于强烈的淤积抬升状态,河床平均每年抬高 0.05~0.10m,现行河床一般高出堤外两岸地面 4~6m,最大高出 10m 以上,形成所谓的“地上悬河”,称为“一级悬河”。随着大量水利枢纽工程的修建和人类活动的加剧,从 20 世纪 60 年代以来,黄河下游河道大洪水漫滩的机遇越来越少,而中小洪水和枯水期间泥沙淤积主要发生在主河槽和嫩滩上,远离主河槽的滩地因水沙交换作用不强,淤积厚度较小,堤根附近淤积更少,致使河道平滩水位明显高于主河槽两侧滩地,甚至主河槽平均高程高于两侧滩地,形成了“槽高、滩低、堤根洼”的“二级悬河”,如图 1-1 所示。

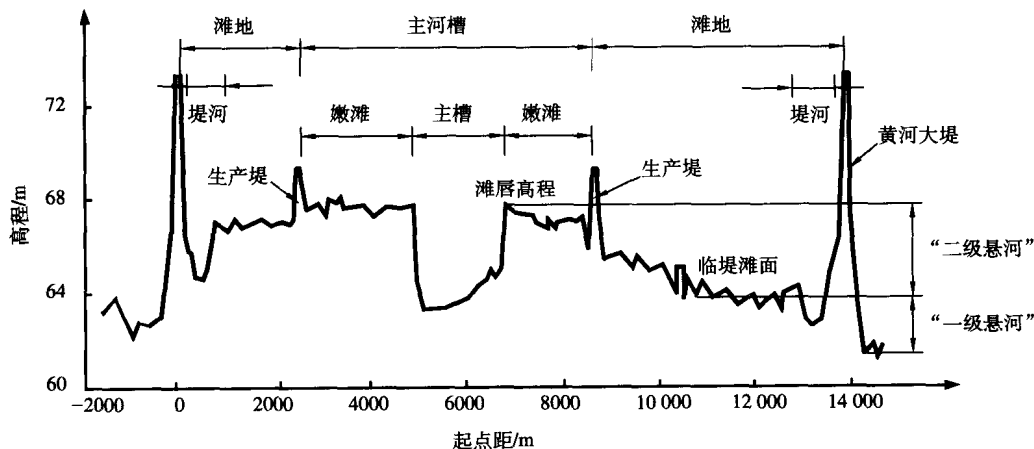


图 1-1 黄河下游“二级悬河”示意图

1986 年以后,由于龙羊峡和刘家峡水库的建成与运用,加之沿黄河工农业用水的大量增加及降雨量减少等因素的影响,黄河下游来水来沙条件发生了显著的变化,径流量减少、流量过程调平、汛期和非汛期水量比例改变、洪水频次和洪峰流量降低,致使下游河道主河槽严重淤积萎缩,平滩流量显著减小,由 20 世纪 80 年代中期以前平滩流量 $6000\sim 8000\text{m}^3/\text{s}$ 减小为目前的 $3000\text{m}^3/\text{s}$ 左右^[3~10],一些河段甚至不足 $2000\text{m}^3/\text{s}$,小洪水条件下即可造成大范围漫滩。由于主河槽的严重淤积和“二级悬河”局面的不断加剧,进一步增加了河道防洪的负担和河道治理的难度。洪水漫滩后,堤防假水,部分河段存

在较大的顺堤行洪,部分河段则有发生滚河的可能,使堤防发生冲决和溃决的可能性增加。主河槽过流能力的减小,使小洪水漫滩概率增大,滩地淹没加大了滩区群众的财产损失,形成所谓“小流量-高水位-大灾害”的局面。在黄河下游河道治理中,不仅要保证遇大洪水时的防洪安全,同时还要考虑遇小洪水($2000\sim 3000\text{m}^3/\text{s}$)时的防洪安全,这是进入20世纪90年代以来黄河下游河道治理中遇到的新情况。这种形势还有不断加剧的趋势,成为21世纪初期黄河下游防洪治理面临的关键问题之一。

从未来发展趋势看,随着流域人口的增加和区域社会经济的快速发展,社会经济发展用水量还要增加,河道生态用水将被大量挤占,尽管水土保持、水库拦蓄等措施使得进入下游的泥沙已减少了许多,但减沙的速度相对比较缓慢,未来黄河的水沙关系将会朝着越来越不协调的方向发展,水沙关系不协调带来的主河槽萎缩、排洪能力降低、生态环境恶化、水质污染和“二级悬河”等问题将更加严峻,维持黄河健康,解决黄河水沙关系不协调和黄河下游基本的泄洪输沙通道(中水河槽)的问题,已经成为当前黄河治理的重点和紧迫的任务。

为了实现维持黄河健康的目标,必须协调好黄河的水沙关系。协调黄河水沙关系的有效措施是增水、减沙、调节水沙过程。增水——主要靠外流域调水和流域内节水来实现,外流域调水是关键;减沙——主要靠黄土高原地区水土保持措施拦沙、黄河上中游干支流上的大中型水库拦沙和滩区放淤来实现;调节水沙过程——主要通过干支流水库群的合理调控运用,努力改变黄河不利的水沙过程为协调的水沙过程,修复河道形态,扩大下游河道主河槽的过流能力,输送泥沙入海。上述三项措施要想最大限度地发挥其作用,建立完善的黄河水沙调控体系是重要措施之一。因此,当前黄河治理的重点问题之一是尽快构建完善的黄河水沙调控体系,改善黄河水少沙多、水沙不协调的局面,维持黄河的健康,以水资源的可持续利用支持流域社会经济的可持续发展。

1.2 研究内容与研究成果

1.2.1 研究内容

本书采用理论分析、实测资料分析和水沙数学模型计算等多种研究手段,对黄河下游水沙过程变异与洪水过程的作用、黄河下游断面形态与洪水过程的响应关系、黄河下游治理方略与水沙调控、塑造与维持黄河下游中水河槽的措施与影响因素、小浪底水库水沙调控对塑造与维持下游中水河槽的作用、黄河下游河道高效输沙水量等进行了系统研究,研究工作以维持黄河健康为目标,以改善黄河不协调的水沙关系为切入点,围绕黄河水沙调控的理论及措施开展研究,提出了塑造与维持黄河下游中水河槽的优化方案,研究成果为黄河下游河道的治理提供科学的依据。

1.2.2 研究成果

本书取得的研究成果包括以下几个方面:

(1) 在黄河下游水沙过程变异与洪水过程的作用研究方面,系统分析了黄河下游和

黄河口不同时期水沙过程变异的特点；给出了黄河下游不同洪水分类的四种方法，并对不同洪水过程对断面形态的塑造作用进行了分析；研究了小浪底水库运用及“调水调沙”试验对下游河道的作用；在综合分析的基础上，提出了黄河下游河道有利的洪水过程特征参数。

(2) 在黄河下游断面形态与洪水过程的响应关系研究方面，系统分析了黄河下游典型断面形态与不漫滩洪水过程和漫滩洪水过程的响应关系；给出了平滩水位下断面形态与洪水过程的响应关系；分析了黄河下游河道水沙响应关系和黄河口拦门沙演变与来水来沙的响应关系；指出近 50 年来，黄河下游河道造床流量和平滩流量总体上呈逐渐减小的变化趋势，且花园口站年来水量（汛期来水量）是影响黄河下游河道平滩流量的主要因素；研究了黄河下游河道冲淤平衡的临界来水来沙条件和拦门沙动态平衡的水沙临界条件；提出了在目前黄河下游来水量偏枯的条件下，可以通过小浪底水库调整进入下游河道的来水过程，适当增大河道造床流量，从而达到增加下游河道的过洪能力、增大主河槽平滩流量的目的。

(3) 在黄河下游治理方略与水沙调控研究方面，对历代黄河下游治理方略进行了回顾和评价；系统分析了“宽河固堤”与“束水攻沙”治河方略在黄河下游治理中的作用和局限性；探讨了工程控制条件下“宽河固堤”和“束水攻沙”治黄方略的有机统一；提出了新形势下黄河下游河道改造的思路和具体措施；通过实测资料分析和水沙数学模型计算，系统论证了在目前黄河下游来水来沙条件下，下游塑造平滩流量 $4000\text{m}^3/\text{s}$ 左右中水河槽的可能性；分析了黄河水沙调控体系与维持黄河健康的关系和维持黄河健康生命的内涵；提出了流域水沙资源优化配置是黄河水沙调控体系的理论基础、黄河水沙调控工程体系是水沙调控体系的技术措施。

(4) 在黄河下游河道水沙数学模型研究方面，建立了基于非均匀沙不平衡输沙理论的一维水沙数学模型。该模型具有较好的理论基础，考虑了支流入汇和区间耗水对水流影响，改进了水流动量方程，增加了由于水流沿程变化而引起的附加比降项；针对黄河高含沙水流的特点，采用非均匀不平衡输沙理论，建立了高含沙和低含沙统一的挟沙能力公式；对模型中的挟沙能力系数 k_0 和恢复饱和系数 α 进行了理论研究，推导了估算它们的表达式，避免了参数取值的不确定性；建立了黄河下游河道的平滩流量估算方法，丰富了水沙数学模型模拟主河槽过流能力的功能。

(5) 在小浪底水库水沙调控对塑造与维持黄河下游中水河槽的作用 I 研究方面，系统分析了不同水沙系列条件下塑造与维持黄河下游中水河槽的不同方案的作用与效果；指出了黄河下游中水河槽的塑造和维持是保持下游河道在一段较长时间内具有相对稳定平滩流量过程中密不可分的两个阶段，塑造是通过牺牲小浪底水库的拦沙库容得到的，中水河槽的维持也是以部分牺牲拦沙库容为代价的；研究了包括恒定流与不恒定流调水调沙运用、小浪底水库拦粗排细运用、河床粗化和下游河道整治工程等影响因素对塑造中水河槽的作用；给出了在小浪底水库前 5~8 年采取拦沙运用，然后采取泥沙多年调节、相机排沙运用，选取适当的出库排沙比，并配合“调水调沙”和“拦粗排细”的条件下，不同水沙系列塑造与维持的黄河下游中水河槽相应的平滩流量；在综合分析的基础上，提出了按目前实际的来水来沙情况，黄河下游能够塑造与维持的中水河槽的规模。

(6) 在小浪底水库水沙调控对塑造与维持下游中水河槽的作用 II 研究方面, 系统分析了来水量、来沙量、调控流量、来沙级配、洪水历时以及河道形态等与塑造的黄河下游中水河槽平滩流量的关系; 提出了优化的小浪底水库水沙调控方式应该是既能塑造具有一定规模平滩流量的黄河下游中水河槽, 又能尽可能多地将泥沙输送入海; 分析了黄河上的大型水利枢纽运用对下游河道的减淤效果与输沙入海效率的矛盾。

(7) 在黄河下游河道高效输沙水量及其应用方面, 通过对黄河下游河道输沙水量的研究, 提出了输沙水量和单位输沙水量的概念及计算方法; 分析了输沙量法、含沙量法和冲淤比修正法计算单位输沙水量的差异; 计算和分析了黄河下游河道输沙水量与单位输沙水量的变化过程; 探讨了小浪底水库修建后黄河下游河道高效输沙的水沙组合。

参 考 文 献

- [1] 胡春宏等. 论维持黄河健康生命的关键技术与调控措施. 中国水利水电科学研究院学报, 2005, 3 (1): 1~5
- [2] 李国英. Keeping the Yellow River Healthy. 第九次河流泥沙国际学术讨论会论文集, 2004
- [3] 胡春宏等. 黄河水沙过程变异及河道的复杂响应. 北京: 科学出版社, 2005
- [4] 陈建国等. 黄河下游河道平滩流量与造床流量的变化过程研究. 泥沙研究, 2006, (5): 10~16
- [5] 钱意颖, 叶青超, 曾庆华. 黄河干流水沙变化与河床演变. 北京: 中国建材工业出版社, 1993
- [6] 赵业安等. 黄河下游河道演变基本规律. 郑州: 黄河水利出版社, 1998
- [7] 陈建国等. 黄河下游河道萎缩的特点及其水文学背景. 泥沙研究, 2003, (4): 1~7
- [8] 胡春宏等. 黄河水沙过程调控与塑造下游中水河槽. 人民黄河, 2005, (9): 1~2
- [9] 胡春宏等. 塑造和维持黄河下游中水河槽措施研究. 水利学报, 2006, (4): 381~388
- [10] 胡春宏等. 水沙变异条件下黄河下游河道横断面形态特征研究. 水利学报, 2006, (11): 1283~1289

第 2 章
Chapter 2

黄河下游水沙过程变异 与洪水过程的作用