

黄河泥沙优化配置

胡春宏 安催花 陈建国 陈绪坚◎著



科学出版社

黄河泥沙优化配置

胡春宏 安催花 陈建国 陈绪坚◎著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书在“十一五”国家科技支撑计划课题“黄河泥沙空间优化配置技术与模式研究”(2006BAB06B03)等成果的基础上系统总结而成。全书采用实测资料分析、数学模型计算和理论分析等多种研究手段,围绕黄河干流泥沙优化配置的理论与模型、潜力与能力、技术与模式、方案与评价等进行系统的研究,构建黄河干流泥沙优化配置的总体框架,研发黄河干流泥沙优化配置的数学模型,确定各种配置方式的泥沙安置潜力与配置能力,建立黄河干流泥沙优化配置方案的综合评价方法,推荐不同条件下黄河干流泥沙优化配置方案及不同时期干流各河段的沙量配置比例,研究成果可为黄河水沙调控体系规划、设计、建设和黄河泥沙综合治理提供科学依据。

本书可供从事泥沙运动力学、河床演变与河道整治、水沙调控与优化配置、防洪减灾、黄河治理等方面研究、规划、设计和管理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

黄河泥沙优化配置 / 胡春宏等著. —北京: 科学出版社, 2012

ISBN 978-7-03-032867-0

I. 黄… II. 胡… III. 黄河—泥沙—优化配置—研究 IV. TV152

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 240968 号

责任编辑: 李 敏 张 菊 丛洪杰 / 责任校对: 陈玉凤

责任印制: 钱玉芬 / 封面设计: 无极书装

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>

北京通州皇家印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012 年 1 月第 一 版 开本: 787 × 1092 1/16

2012 年 1 月第一次印刷 印张: 18 1/2 插页: 2

字数: 440 000

定价: 88.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

国家杰出青年科学基金项目“江河水沙资源优化配置与维护河流健康的调控措施”(50725930)和“十一五”国家科技支撑计划课题“黄河泥沙空间优化配置技术与模式研究”(2006BAB06B03)等成果



前 言

黄河具有水少沙多、水沙关系不协调的显著特征，使黄河素以水沙灾害严重而闻名于世，历史上黄河三年两决口，曾给黄河两岸人民带来深重灾难。黄河流域面积 79.5 万 km^2 ，约占我国国土面积的 8%，黄河多年平均天然年径流量约为 535 亿 m^3 ，仅占全国年径流量的 2%，而黄河多年平均入河沙量高达 16 亿 t，约占全国江河年沙量的 45%。黄河携带的巨量泥沙塑造平原、湿地和填海造陆，并输送养分，河流两岸区域的开发利用，局限了泥沙淤积的空间分布范围，使自由驰骋在广阔平原上的黄河被限制在两道不断加固加高的堤防之间，河道淤积不断加重，河床不断抬高，使得黄河下游成为世界闻名的“地上悬河”，进一步加剧了洪水灾害的风险。

新中国成立以来，经过 60 多年的努力，黄河治理取得了巨大成就，但水沙灾害尚未得到根本治理。20 世纪 80 年代中期以来，随着流域经济社会的迅速发展，黄河水资源和水能资源开发利用的加强，加之自然气候条件变化的影响，黄河的来水来沙数量和过程产生了重大变化，特别是近期，在黄河流域实际径流量只有约 440 亿 m^3 的情况下，工农业耗用径流量已达 300 亿 m^3 左右，水资源开发利用程度超过 68%，大大超过国际公认的流域水资源合理开采度 40% 的临界值。黄河的河道输沙用水量远远不能得到保证，目前沉积在河道内的黄河泥沙超过来沙量的 90%，入海沙量不足来沙量的 10%，导致干支流主河槽淤积萎缩，下游“二级悬河”加剧，“小流量 - 高水位 - 大漫滩”的水沙灾害频繁发生。

水资源的过度开发利用还引起水质恶化、河口湿地减少等一系列生态问题，使得黄河干流泥沙的分布还有朝着更加不利的方向发展的趋势，进一步加剧了黄河的洪水灾害，黄河河道泄洪输沙的基本功能严重衰退，表明黄河的健康状况受到严重损害，因此，给泥沙以出路是解决黄河泥沙的基本原则，如何利用黄河“拦、排、放、调、挖”的治理措施，调节和改善水沙关系，合理配置黄河干流泥沙的分布，已成为黄河治理迫切需要解决的关键问题之一。为此，科学技术部（以下简称科技部）将“黄河泥沙空间优化配置技术与模式研究”（课题编号：2006BAB06B03）列为“十一五”国家科技支撑计划课题，以加强对黄河干流泥沙优化配置问题的研究。

本书是作者在系统总结近 10 年承担的多个项目研究成果的基础上形成的，全书

共分为 10 章，主要内容及编写人员如下：第 1 章绪论，由胡春宏、陈建国执笔；第 2 章黄河干流泥沙空间分布现状分析，由陈建国、田勇、胡春宏执笔；第 3 章黄河干流泥沙优化配置理论与模型，由胡春宏、陈绪坚、郭庆超执笔；第 4 章黄河干流河道输水输沙潜力与能力研究，由郭庆超、胡春宏、陈建国执笔；第 5 章黄河干支流水库拦沙潜力与能力研究，由郭选英、张厚军执笔；第 6 章黄河滩区放淤潜力与能力研究，由吴海亮、江恩惠执笔；第 7 章黄河口容沙潜力与配置能力研究，由安催花、陈雄波执笔；第 8 章黄河干流泥沙优化配置技术与模式研究，由胡春宏、陈建国、陈绪坚执笔；第 9 章黄河干流泥沙优化配置方案与评价，由胡春宏、陈绪坚、陈建国执笔；第 10 章主要认识与结论，由胡春宏、陈建国执笔。全书由胡春宏、陈建国统稿。

本研究成果是许多同事经过近 10 年的共同努力完成的，参加研究的主要人员有：胡春宏、安催花、陈建国、陈绪坚、郭庆超、郭选英、吴海亮、江恩惠、陈雄波、田勇、许炯心、张厚军、邓安军、兰华林、董占地、李勇、祁伟、师长兴、万占伟、何予川、苏运启、钱裕、吉祖稳、姜乃迁、胡建华、孙高虎、李庆国、陆琴、唐梅英等。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，书中欠妥之处敬请读者批评指正。

作 者

2011 年 8 月于北京

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 当前黄河主要泥沙问题	2
1.2 研究内容与研究成果	3
1.2.1 研究内容与技术路线	3
1.2.2 主要研究成果	4
参考文献	5
第 2 章 黄河干流泥沙空间分布现状分析	7
2.1 黄河干流泥沙来源	8
2.2 黄河干流泥沙资料分析方法	10
2.2.1 河道冲淤量计算方法	10
2.2.2 进入黄河干流水沙总量计算方法	11
2.3 不同时期黄河干流泥沙分布特征	11
2.3.1 1950 年 7 月至 1960 年 6 月泥沙分布	12
2.3.2 1960 年 7 月至 1965 年 6 月泥沙分布	14
2.3.3 1965 年 7 月至 1973 年 6 月泥沙分布	17
2.3.4 1973 年 7 月至 1986 年 6 月泥沙分布	19
2.3.5 1986 年 7 月至 1999 年 6 月泥沙分布	20
2.3.6 1999 年 7 月至 2005 年 6 月泥沙分布	24
2.4 黄河干流泥沙分布若干问题分析	26
2.4.1 控制性水库运用与下游河道淤积	26
2.4.2 引水引沙量变化与下游河道淤积	31
2.4.3 输出利津站沙量变化与干流泥沙分布	32
2.4.4 干流泥沙空间分布存在的问题分析	34
2.5 小结	39
参考文献	40
第 3 章 黄河干流泥沙优化配置理论与模型	42
3.1 黄河干流泥沙优化配置总体框架	43
3.2 黄河干流泥沙优化配置理论与方法	44
3.2.1 层次分析	44

3.2.2	配置目标	45
3.2.3	配置方式	48
3.2.4	配置单元	50
3.2.5	配置方法	51
3.3	黄河河道水沙动力学数学模型	52
3.3.1	河道数学模型	53
3.3.2	河道数学模型率定与验证	56
3.4	黄河泥沙多目标优化配置数学模型	58
3.4.1	综合目标函数	59
3.4.2	配置约束条件	65
3.4.3	模型计算方法	68
3.5	黄河干流泥沙优化配置基本条件与基本配置方案	69
3.5.1	配置潜力与能力	69
3.5.2	来水来沙条件	70
3.5.3	基本配置方案	75
3.6	小结	76
	参考文献	77
第4章	黄河干流河道输水输沙潜力与能力研究	79
4.1	黄河中游河道输水输沙潜力与能力研究	80
4.1.1	中游河道水沙动力学模型计算条件	80
4.1.2	中游河道输水输沙潜力与能力计算结果及分析	80
4.2	黄河下游河道输水输沙潜力与能力研究	86
4.2.1	下游河道水沙动力学模型计算条件	86
4.2.2	下游河道输水输沙潜力与能力计算成果及分析	89
4.2.3	下游河道输沙水量与含沙量的关系	99
4.2.4	水库拦粗排细对下游河道排沙和过流能力的影响	100
4.3	小结	102
	参考文献	103
第5章	黄河干支流水库拦沙潜力与能力研究	104
5.1	黄河干支流已建水库拦沙潜力与能力研究	105
5.1.1	已建水库拦沙潜力	105
5.1.2	各时期水库拦沙能力	109
5.1.3	小浪底水库排沙比	110
5.2	黄河干支流拟建骨干水库拦沙潜力与能力研究	111

5.2.1	拟建水库拦沙潜力	111
5.2.2	拟建水库拦沙能力	115
5.2.3	干支流骨干水库拦沙潜力与能力	115
5.2.4	拟建水库拦沙期合理排沙比及拦粗沙潜力	116
5.3	黄河干支流水库拦沙经济投入分析	117
5.3.1	投资分摊的原则和方法	117
5.3.2	龙羊峡水库拦沙经济投入	118
5.3.3	大柳树水库拦沙经济投入	118
5.3.4	磬口水库拦沙经济投入	119
5.3.5	古贤水库拦沙经济投入	120
5.3.6	小浪底水库拦沙经济投入	121
5.3.7	东庄水库拦沙经济投入	121
5.4	小结	122
	参考文献	123
第6章	黄河滩区放淤潜力与能力研究	124
6.1	黄河放淤现状与放淤滩区确定	125
6.1.1	放淤实践及研究现状	125
6.1.2	适宜放淤的滩区	127
6.1.3	滩区放淤方式	128
6.1.4	滩区放淤的作用	130
6.2	黄河小北干流滩区放淤潜力与能力研究	132
6.2.1	小北干流滩区概况	132
6.2.2	小北干流滩区无坝自流放淤潜力与能力	133
6.2.3	小北干流滩区有坝自流放淤潜力与能力	138
6.2.4	小北干流滩区放淤对下游河道减淤效果及影响	141
6.2.5	小北干流滩区放淤推荐方案	144
6.3	黄河温孟滩区放淤潜力与能力研究	145
6.3.1	温孟滩区概况	145
6.3.2	温孟滩区放淤潜力	145
6.3.3	温孟滩区放淤能力	147
6.3.4	温孟滩区放淤工程布置	148
6.3.5	温孟滩区放淤对下游河道的减淤效果及影响	150
6.4	黄河下游滩区放淤潜力与能力研究	151
6.4.1	下游滩区概况	151

6.4.2	下游滩区放淤途径与潜力	152
6.4.3	下游滩区放淤综合潜力与配置能力	157
6.4.4	下游滩区放淤试验方案实例	159
6.5	黄河滩区放淤经济投入分析	165
6.5.1	小北干流滩区放淤经济投入	165
6.5.2	温孟滩区放淤经济投入	168
6.5.3	下游滩区放淤经济投入分析	170
6.6	小结	171
	参考文献	172
第7章	黄河口容沙潜力与配置能力研究	173
7.1	黄河口海洋动力输沙能力	175
7.1.1	黄河口海洋动力输沙形式	175
7.1.2	黄河口海域冲淤特性	176
7.1.3	黄河口不同流路的海洋输沙特性	177
7.1.4	黄河口演变对海洋输沙的影响	179
7.1.5	黄河口海洋动力输沙能力预测	180
7.2	黄河口入海流路行河方案研究	181
7.2.1	黄河口入海流路行河方式	181
7.2.2	黄河口入海流路选择	182
7.2.3	黄河口入海流路改道控制条件	182
7.2.4	黄河口清水沟流路行河方案	183
7.2.5	黄河口备用入海流路方案	185
7.3	黄河口容沙潜力与泥沙配置能力	185
7.3.1	黄河口淤积延伸的允许距离	185
7.3.2	黄河口滨海区的容沙潜力	186
7.3.3	黄河口其他处理和利用泥沙潜力	187
7.3.4	黄河口泥沙配置能力	190
7.4	黄河口泥沙配置技术措施及经济投入研究	193
7.4.1	黄河口泥沙配置的技术措施	193
7.4.2	黄河口其他处理和利用泥沙的工程措施	198
7.4.3	黄河口泥沙配置经济投入	198
7.4.4	黄河口泥沙配置对生态环境的影响	199
7.5	小结	200
	参考文献	201

第8章 黄河干流泥沙优化配置技术与模式研究	202
8.1 黄河泥沙综合利用途径与措施	203
8.1.1 泥沙综合利用的方式与途径	203
8.1.2 加固大堤措施	205
8.1.3 引水引沙措施	207
8.1.4 下游滩区放淤措施	209
8.1.5 放淤改土措施	210
8.1.6 砌体材料应用	211
8.1.7 建筑砂料采挖能力	214
8.2 黄河泥沙配置技术	214
8.2.1 水力配置	215
8.2.2 机械配置	220
8.2.3 工程配置	224
8.2.4 生态配置	229
8.2.5 泥沙利用	230
8.3 黄河干流泥沙优化配置模式研究	231
8.4 小结	232
参考文献	233
第9章 黄河干流泥沙优化配置方案与评价	235
9.1 黄河干流泥沙优化配置潜力与能力及经济投入	236
9.1.1 泥沙安置潜力	236
9.1.2 泥沙配置能力	237
9.1.3 泥沙安置潜力与配置能力综合分析	243
9.1.4 泥沙配置的经济投入	244
9.2 黄河干流泥沙优化配置方案计算成果与分析	245
9.2.1 泥沙优化配置计算方案组合	245
9.2.2 泥沙优化配置方案计算方法	246
9.2.3 基本配置方案计算结果与分析	251
9.2.4 拦粗排细配置方案计算结果与分析	256
9.2.5 泥沙优化配置方案计算成果综合分析	256
9.3 黄河干流泥沙优化配置方案综合评价指标与方法	257
9.3.1 评价指标选取	257
9.3.2 评价指标权重	262
9.3.3 综合评价方法	265

9.4 黄河干流泥沙优化配置方案综合评价与建议方案	266
9.4.1 配置方案评价	266
9.4.2 建议配置方案	271
9.5 小结	276
参考文献	278
第10章 主要认识与结论	279

第 1 章

Chapter 1

绪 论

1.1 当前黄河主要泥沙问题

黄河以其水少沙多、水沙关系不协调的特点和水沙灾害严重而闻名于世。经过新中国成立后 60 多年的努力,黄河治理取得了巨大成就,但随着水资源和水能资源开发利用的快速发展,以及自然气候条件的变化,黄河泥沙空间分布发生了重大变化^[1],干流河道泥沙的空间分布更加趋于不合理,导致“小水大灾”和生态环境恶化等一系列新问题^[2],其根本原因是泥沙淤积问题,如何利用黄河“拦、排、放、调、挖”的治理措施,调节和改善水沙关系,合理配置黄河泥沙的空间分布,已成为未来维持黄河健康需要解决的关键问题之一^[3]。当前黄河存在的泥沙问题主要有以下几方面。

(1) 下游河道主河槽淤积萎缩,“二级悬河”加剧

1986 年以来,黄河下游来水来沙条件发生了显著的变化,汛期平均流量减少 50%,小水挟大沙,由于进入下游的洪峰次数大幅减少、洪水漫滩概率减小,主河槽内淤积的泥沙占 80% 以上,黄河下游主河槽淤积萎缩严重,河道排洪能力下降,平滩流量减小,平滩流量由 1986 年以前约 $5000\text{m}^3/\text{s}$ 减小到 2002 年约 $2000\text{m}^3/\text{s}$,局部河段不足 $1800\text{m}^3/\text{s}$,以“小流量-高水位-大漫滩”为特征的水沙灾害频繁发生^[4]。黄河下游是著名的“地上悬河”,现行河床一般高出背河地面 4~6m,最高达 10m 以上,近年来由于主河槽与滩地水沙交换作用减弱,主河槽淤积速度大于滩地,黄河下游大部分河段逐步形成了“槽高、滩低、堤根洼”的“二级悬河”局面。例如,东坝头至高村河段,左岸平滩水位高于临河滩面近 2m,滩地横比降超过 0.5‰,为河道纵比降的 2 倍左右。个别断面(如古城断面),滩地横比降超过河道纵比降的 10 倍。严重的“二级悬河”,使得下游在中等洪水时极易出现“横河、斜河、滚河”。洪水漫滩时,较大的横比降易使洪水对大堤形成冲击或顺堤行洪,甚至造成大堤的冲决,给下游的防洪造成严重的威胁。小浪底水库从 2002 年开始进行“调水调沙”试验和运用后,下游河道萎缩问题有所改善,2009 年黄河下游最小平滩流量增大到 $3880\text{m}^3/\text{s}$,2010 年增大到约 $4000\text{m}^3/\text{s}$,但“二级悬河”严重的局面尚未根本改变,黄河下游防洪的威胁仍然严重。

(2) 小北干流河道淤积严重,潼关高程居高不下

由于黄河水资源开发利用过度,进入黄河中游小北干流的汛期水量明显减少,1990 年以后汛期水量占全年的比例明显减小,绝大多数年份都小于 50%,平均值只有 44%,而汛期泥沙占全年的比例减少到 77%,汛期泥沙减少的比例小于汛期水量减少的比例。由于进入该河段漫滩洪水的概率明显减小,中游河道输沙能力明显降低,多年未产生揭河底等大幅冲刷的现象,主河槽淤积比重增加,达到 40% 以上,滩槽高差进一步减小,加之小北干流主河槽沿程淤积和三门峡水库溯源淤积的共同影响,潼关高程居高不下,一直在 328m 左右^[5],引起黄河洪水顶托和倒灌汾河、渭河等支流,加剧了支流的洪涝灾害。

(3) 入海水沙比例锐减,河口生态环境恶化

小浪底水库投入运用后,水库拦沙约占黄河下游来沙量的 90%,黄河入海沙量由

1986年以前的年平均约10.5亿t锐减到1999~2005年的年平均约1.5亿t,入海沙量占黄河沙量的百分比由约60%减少到约34%,入海水量占黄河水量的百分比由1950~1985年的71%减少到1999~2005年的37%,入海沙量百分比小于入海水量百分比,黄河水资源利用引起超过60%的泥沙沉积在黄河流域内,河道输沙入海能力明显降低,黄河入海沙量少于维持河口三角洲稳定的临界年沙量,河口三角洲整体处于退蚀状态,不利于河口造陆和湿地维护,导致河口生态环境恶化。

(4) 支流主河槽淤积,行洪输沙能力下降

黄河支流的来水量和洪水历时显著下降,含沙量明显增大,导致支流下游河床冲刷机会减少,主河槽淤积严重。以黄河的第一大支流渭河为例,1986年以来,渭河下游年平均来水来沙量比1986年以前减少约1/3,滩槽淤积比由1986年以前的4:1变为目前的2:3,主河槽严重淤积萎缩,过水断面锐减,目前渭河下游主河槽平均断面面积比1986年汛后减小44%,其中萎缩最严重的河段断面减小70%,主河槽宽度由1986年以前的300~1000m减小到几十米,主河槽行洪能力锐减,导致渭河下游出现了1996年、1998年、2000年和2003年的小水大灾,洪水灾害频繁^[6]。

在黄河治理开发中,始终把泥沙处理放在突出位置,经过长时期的探索,人们认识到解决泥沙问题的艰巨性、复杂性与长期性,必须采用多种措施来综合处理和利用黄河的泥沙,并逐步形成了“拦、排、放、调、挖”等措施综合处理和利用泥沙的治理方略,“拦”主要是靠中上游地区的水土保持和干支流控制性骨干工程拦减泥沙;“排”就是通过河道整治,规顺流路,形成窄深河槽,将拦不住的泥沙通过河道尽可能多地输送入海;“放”是利用河道滩地与两岸洼地处理和利用泥沙;“调”是利用干支流骨干工程调节水沙过程,使之适应河道的输沙特性,以减少河道淤积及节省输沙水量;“挖”就是在局部淤积严重的河段和河口河段挖河疏浚,结合淤背固堤和淤高低洼地面,增加可用土地,处理和利用泥沙。长期以来,许多水利工作者对黄河泥沙治理的各种措施和技术进行了大量的研究^[7,8],进一步的研究需要协调黄河泥沙治理的各种措施,避免突出某一单项措施及其目标效益,导致其他目标效益受损。例如,如果过分强调水库的拦沙作用,水库淤积通常加剧库区上游支流的洪涝灾害,水库下泄清水的冲刷将影响下游河道的稳定性,甚至影响河口的生态环境,三门峡水库的建设就是一个典型的例子。因此,当前应从全河的角度协调黄河泥沙治理的各种措施,统筹规划黄河泥沙处理的各种途径及其安置泥沙的潜力,提出黄河泥沙致灾最小和经济可行的泥沙优化配置模式,为黄河治理规划和合理安排黄河泥沙提供科学依据。

1.2 研究内容与研究成果

1.2.1 研究内容与技术路线

本书围绕黄河干流泥沙优化配置的理论模型、潜力与能力、技术与模式、方案与评价,采用实测资料分析、数学模型计算和理论分析等多种研究手段,系统分析1950年

以来不同时期黄河泥沙空间分布状况与存在的问题,提出黄河干流泥沙优化配置理论与方法,研发黄河干流泥沙优化配置数学模型,研究黄河干流各种泥沙配置方式的潜力、能力及经济投入,提出未来可能的黄河干流泥沙的4种配置模式及相应的4个基本配置方案,分析3种水沙系列条件下14个优化配置方案,建立黄河干流泥沙优化配置方案的综合评价方法,推荐优化配置方案。研究成果可为黄河治理规划、构建黄河水沙调控体系的工程布局 and 黄河泥沙的综合治理提供科技支撑。

本研究的技术路线分三个层次:一是建立水沙多目标优化配置的理论与模型,属理论基础层;二是提出黄河泥沙空间优化配置的潜力与能力及经济投入指标,属应用技术层;三是形成黄河泥沙空间优化配置的技术与模式、方案与评价方法,属方案实施层。研究的技术路线如图1-1所示。

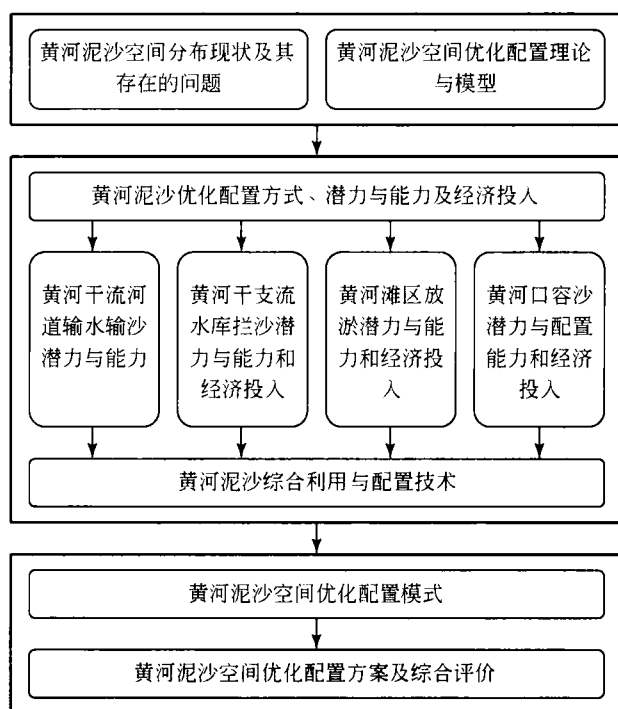


图 1-1 研究的技术路线

1.2.2 主要研究成果

本书取得的研究成果包括以下几个方面^[9-12]。

1) 在黄河干流泥沙空间分布现状及存在问题方面,分析了黄河干流泥沙来源;研究了不同时期黄河干流泥沙分布特征;分析了黄河干流泥沙空间分布现状的特点与存在的问题。

2) 在黄河干流泥沙优化配置理论与模型方面,构建了黄河干流泥沙优化配置的总体框架;研究了黄河干流泥沙优化配置理论与模型,提出了黄河干流泥沙优化配置理论与方法,包括层次分析、配置目标、配置方式、配置单元和配置方法;提出了黄河泥沙空

间优化配置的技术经济比较方法；构建了黄河泥沙多目标优化配置模型的综合目标函数；建立了黄河泥沙多目标优化配置数学模型；提出了黄河泥沙多目标优化配置数学模型的计算方法和黄河干流泥沙优化配置基本方案与水沙系列条件。

3) 在黄河干流河道输水输沙潜力与能力方面，研究了不同配置方案和水沙条件下，中下游干流河道输水输沙能力；得到了基本配置方案条件下2050年下游河道可维持的平滩流量和黄河干流河道输沙潜力与能力；分析了水库拦粗排细对河道排沙和过流能力的影响。

4) 在黄河干支流水库拦沙潜力与能力方面，研究了黄河干支流已建水库和拟建骨干水库的拦沙潜力和能力；分析了拟建水库拦沙期合理排沙比和拦粗沙潜力；得出了水库拦沙的经济投入指标。

5) 在黄河滩区放淤潜力与能力方面，研究了黄河小北干流滩区和温孟滩区放淤方式、淤粗排细措施以及各滩区放淤处理泥沙的特性、放淤潜力、放淤能力、减淤效果与影响；分析了黄河下游滩区不同放淤途径的放淤潜力、下游滩区放淤能力；提出了滩区放淤经济投入指标。

6) 在黄河河口容沙潜力与配置能力方面，分析了黄河河口海洋动力输沙能力；研究了黄河入海流路行河方案；得出了黄河河口三角洲的容沙潜力与配置能力；进行了黄河河口泥沙配置的技术措施与经济投入效果的评价。

7) 在黄河干流泥沙优化配置技术与模式方面，分析了加固大堤、供水引沙、放淤改土、砌体材料应用和河道采砂用于建筑砂料等各项人工利用泥沙措施的能力；研究了水力配置、机械配置、工程配置、生态配置和泥沙利用等泥沙优化配置技术；提出了未来黄河干流泥沙优化配置的4种模式。

8) 在黄河干流泥沙优化配置方案与评价方面，提出了黄河干流泥沙优化配置的14个优化配置计算方案；综合分析了各配置方式的泥沙配置潜力、配置能力和经济投入指标；利用黄河干流泥沙优化配置数学模型分析了黄河干流泥沙优化配置的14个计算方案；建立了黄河干流泥沙优化配置的综合评价方法，并对各种泥沙配置方案进行了综合评价；提出了黄河干流泥沙优化配置的推荐方案，以及各河段各种配置方式的配置比例和顺序。

参 考 文 献

- [1] 胡春宏, 陈绪坚, 陈建国. 黄河水沙空间分布及其变化过程研究. 水利学报, 2008, (5): 518-526.
- [2] 刘晓燕, 张建中, 常晓辉, 等. 维持黄河健康生命的关键途径分析. 人民黄河, 2005, (9): 5-8.
- [3] 胡春宏, 陈绪坚. 流域水沙资源优化配置理论与模型及其在黄河下游的应用. 水利学报, 2006, (12): 1460-1469.
- [4] 胡春宏, 陈建国, 郭庆超, 等. 黄河水沙调控与下游河道中水河槽塑造. 北京: 科学出版社, 2007.
- [5] 胡春宏, 陈建国, 郭庆超. 三门峡水库淤积与潼关高程. 北京: 科学出版社, 2008.
- [6] 陈建国, 胡春宏, 戴清. 渭河下游近期河道萎缩特点及其治理对策. 泥沙研究, 2002, (6): 45-52.