

国家科技重大专项“水体污染控制与治理”项目

“辽河保护区水生态建设综合示范”课题之第四子课题

“水体污染控制与治理科技重大专项(2012ZX07202-004-04)”资助

辽河干流

输沙环境与泥沙运行规律研究

范昊明 王铁良 刘立权 党中印 著

中国农业科学技术出版社

中国水利水电科学研究院 水利部黄河泥沙研究所 编

（北京）中国水利水电出版社（北京）水利部黄河泥沙研究所

（北京）中国水利水电出版社（北京）水利部黄河泥沙研究所

辽河干流

输沙环境与泥沙运行规律研究

张德成 王德成 张德成 张德成 张



中国水利水电出版社 北京

国家科技重大专项“水体污染控制与治理”项目

“建设综合示范”课题之第四子课题

“管理科技重大专项(2012ZX07202-004-04)”资助



辽河干流

输沙环境与泥沙运行规律研究

范昊明 王铁良 刘立权 党中印 著



中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

辽河干流输沙环境与泥沙运行规律研究/范昊明等著. —北京: 中国农业科学技术出版社, 2013. 5

ISBN 978-7-5116-1274-8

I. ①辽… II. ①范… III. ①辽河—泥沙运动—研究 IV. ①TV152

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 085720 号

责任编辑 崔改泵 白姗姗

责任校对 贾晓红

出版者 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电 话 (010) 82109194 (编辑室) (010) 82109702 (发行部)
(010) 82109709 (读者服务部)

传 真 (010) 82106650

网 址 [http:// www. castp. cn](http://www.castp.cn)

经销者 各地新华书店

印刷者 北京富泰印刷有限责任公司

开 本 787 mm × 1 092 mm 1/16

印 张 10.25

字 数 243 千字

版 次 2013 年 6 月第 1 版 2013 年 6 月第 1 次印刷

定 价 38.00 元

前言

FOREWORD

辽河流域有其独特的自然与人文环境特点。目前,辽河干流水资源紧缺与河道泥沙沉积问题同时存在,已经严重威胁了该区工农业生产的可持续发展。然而,目前对辽河干流水沙关系、风水两相泥沙输移规律、输沙水量规律等研究较少,理论基础的缺乏严重制约了该区水资源管理、河流生态环境修复等工作科学、有效地进行。鉴于此,本文将研究区定位于辽河干流,并将对上述提及的问题进行系统分析。

为了明确辽河干流泥沙在风水两相作用下的输移特点,回答如何应用最少的水量,输送尽可能多的泥沙入海,以解决辽河干流泥沙研究中许多富有争议的问题,探索适合于辽河干流输沙水量与生态修复研究的新思路,寻找现有辽河干流风、水、沙关系研究中存在的主要不足的解决途径,本研究在风、水、沙关系计算框架下,深入分析了辽河干流输沙水量、滩地泥沙风蚀起动等问题。首先通过对辽河流域自然地理与人文环境的深入分析认为,该流域在水资源匮乏的同时却产生了大量泥沙,由于辽河干流特殊的水沙关系,使大量泥沙沉积于干流河道,造成了严重的洪灾隐患和生态环境等问题。本研究分析了辽河干流河道发展的历史与近期变化情况,并对其未来一定时期内的发展趋势进行了探讨。对水沙特征的分析发现,辽河流域具有“东水西沙”的水沙地域分布特点。同时,指出了辽河干流径流与泥沙年际变化大、年内分布不均、径流年内分布集中、泥沙则集中程度更高的特点。对辽河干流不同河段泥沙颗粒进行了分析,明确了不同河段泥沙颗粒级配分布特征及不同时期泥沙颗粒级配变化特点,揭示了辽河干流泥沙颗粒在时间与空间上变化的基本规律,并反映出了不同河段与时期水沙关系特征。辽河干流

沉积了大量泥沙,通过滩地沉积泥沙风蚀起动模拟试验研究,找出了滩地泥沙风蚀起动的几个主要临界点,建立起风蚀量与泥沙粒径、风速、泥沙含水率之间的相关关系。应用含沙量法、河道水沙资料法、净水量法和能量法四种方法对辽河干流输沙水量从不同角度进行了分析与计算。对不同粒径泥沙在辽河干流不同河段的输移与沉积进行了分析,对不同粒径泥沙输沙用水提出了指导性意见。本研究在对流域环境、水沙关系及输沙水量研究的基础上,提出了应充分利用冬三月水量输沙,充分利用平滩流量输沙并创造平滩流量发生条件,充分利用不同粒径泥沙进行输沙用水调控,以及通过水库等水利枢纽工程进行全流域水量综合调配,从而实现水资源高效利用的目的。

本研究的主要创新性研究思路在于在输沙水量的框架下进行辽河干流四种计算方法的比较研究,避免了对输沙水量计算过程中的片面性理解,对水沙过程的揭示更为直观,也更为全面、深刻。以往有关输沙水量研究中基本都是考虑全沙输沙需水量问题,很少考虑到不同粒径泥沙输沙需水量不同问题,本研究以不同粒径泥沙输移需水量研究为核心,在研究思路与内容上具有很好的创新价值。另外,对辽河干流风、水两大作用营力与泥沙输移关系的综合分析,将该区域泥沙研究引入了一个新的思考领域,对该区泥沙灾害防治将更具指导意义。

本书的研究内容是在国家科技重大专项“水体污染控制与治理”项目,“辽河保护区水生态建设综合示范”课题之第四子课题,“水体污染控制与治理科技重大专项(2012ZX07202-004-04)”的资助下完成的,在此表示感谢!

在本研究的完成过程中,辽宁省辽河保护区管理局、辽宁省水利厅水文水资源管理局在数据资料提供、野外调查与试验等方面给予了大力支持,在此一并致谢!

参加本书编写和相关研究的主要人员还有沈阳农业大学水利学院陈杨、邓宝玉、李春生、苏芳莉、齐非非、王连宵、顾广贺、刘爽、邱壁迎等,对他们的辛苦工作同样表示感谢!

编著者

2013年4月

目 录

C CONTENTS

1	引 言	1
1.1	研究依据	1
1.1.1	河流水沙研究意义	1
1.1.2	辽河干流水、沙研究意义	2
1.1.3	辽河干流风、水、沙研究意义	4
1.2	研究内容与方法	5
1.2.1	研究内容	5
1.2.2	研究方法与技术路线	6
1.3	国内外研究进展	9
1.3.1	流域侵蚀产沙研究	9
1.3.2	风水两相侵蚀研究	15
1.3.3	输沙水量研究方法	18
2	辽河干流环境特征研究	23
2.1	辽河干流自然地理特征研究	23
2.1.1	气候特征	23
2.1.2	地貌特征	24
2.1.3	地质特征	24
2.1.4	生态环境	26
2.2	辽河干流人文环境特征研究	27
2.3	辽河干流河道特征与防洪工程	28
2.3.1	辽河干流河道特征	28
2.3.2	辽河干流防洪工程	30
2.4	辽河干流河道演变与发展趋势研究	33
2.4.1	河道历史演变	33
2.4.2	辽河干流近期演变及趋势	34
2.5	辽河干流洪水灾害	36

2.5.1	1951 年洪水	36
2.5.2	1953 年洪水	37
2.5.3	1985 年洪水	37
2.5.4	1995 年洪水	37
2.5.5	2010 年洪水	38
3	辽河干流径流与泥沙特性研究	39
3.1	辽河干流径流与地表水资源特征研究	39
3.1.1	辽河干流径流特征研究	39
3.1.2	辽河干流水资源特征	40
3.2	辽河干流泥沙特性研究	43
3.2.1	水、沙地域分布	43
3.2.2	暴雨洪水产沙特性	44
3.2.3	上游水库拦沙作用	45
3.2.4	主要测站悬移质泥沙特性	48
3.2.5	主要测站推移质输沙量估算	49
3.3	辽河干流水沙关系研究	52
3.3.1	辽河干流水、沙年际变化	52
3.3.2	辽河干流水、沙年内变化	54
3.3.3	辽河干流水沙关系分析	54
3.3.4	辽河干流沿程主要控制站水沙量时间变化特征	59
3.3.5	辽河干流主要控制站水沙量的沿程变化	61
3.3.6	辽河干流水沙变化原因分析	62
4	辽河干流不同粒径泥沙研究	67
4.1	辽河干流悬移质泥沙颗粒分布特征	67
4.1.1	不同测站泥沙粒径的分布特征	67
4.1.2	泥沙颗粒时间变化特征	72
4.2	辽河干流河床泥沙颗粒特性	77
5	辽河干流泥沙沉积特性分析	81
5.1	沉积环境与沉积分布	81
5.2	辽河干流泥沙冲淤的时间、空间分布	82
5.3	辽河干流泥沙沉积特性分析	83
5.3.1	按输沙率统计	83
5.3.2	上游水沙来源区水沙量与下游河段年冲淤量相关分析	84
5.3.3	巨流河—六间房河段泥沙沉积量与柳河来水来沙量的关系	85

5.4	不同粒径组泥沙对流域下游沉积的影响	86
5.5	辽河干流淤积成因分析	90
6	辽河干流滩地沉积泥沙风蚀起动研究	93
6.1	辽河干流滩地泥沙起沙风速规律研究	93
6.1.1	试验设计与方法	93
6.1.2	结果与分析	95
6.2	辽河干流滩地泥沙风蚀量随风速的变化规律研究	99
6.2.1	试验设计与方法	100
6.2.2	结果与分析	100
6.3	辽河干流滩地泥沙风蚀量随含水率的变化规律研究	104
6.3.1	试验设计与方法	104
6.3.2	结果与分析	105
7	辽河干流输沙水量研究	111
7.1	应用含沙量法的辽河干流输沙水量计算	111
7.1.1	输沙水量计算方法	111
7.1.2	输沙水量计算	113
7.2	辽河干流输沙水量的河道水沙资料分析法研究	114
7.2.1	汛期输沙水量	115
7.2.2	非汛期输沙水量	116
7.2.3	洪峰期输沙水量	117
7.2.4	高效输沙洪峰	117
7.3	辽河干流输沙水量的能量平衡法计算研究	117
7.3.1	辽河河道挟沙水流的能量平衡	118
7.3.2	辽河下游塑槽输沙需水量的计算	119
7.3.3	以辽河下游3站为输入条件的塑槽输沙需水量计算方法	121
7.4	辽河干流输沙水量的净水量法计算研究	124
7.5	辽河干流不同粒径泥沙对泥沙冲淤影响	133
7.6	不同粒径组泥沙对输沙水量影响	135
7.7	冲淤量与输沙水量关系	137
8	辽河干流输沙用水综合调控分析	141
8.1	充分利用冬三月水量	141
8.2	充分利用平滩流量	141
8.3	充分利用不同粒径泥沙输沙特点	141

8.4 全流域水利枢纽综合调水调沙 142

9 结论 143

9.1 主要结论 143

9.1.1 辽河干流水沙环境与河道发展趋势分析 143

9.1.2 辽河流域水沙特点与水沙关系分析 143

9.1.3 辽河干流泥沙颗粒特征分析 144

9.1.4 辽河干流滩地沉积泥沙风蚀起动研究 144

9.1.5 辽河干流输沙水量计算与分析 145

9.1.6 辽河干流输沙用水高效应用分析 145

9.1.7 不同粒径泥沙沉积与输沙用水分析 145

9.2 主要创新点 146

9.2.1 研究思路的创新性 146

9.2.2 区域研究的创新性 146

9.3 有待深入研究的问题 146

参考文献 148

1 引言

1.1 研究依据

1.1.1 河流水沙研究意义

水土资源是人类生存和发展的重要物质基础,是进行农业生产的基本条件。大量的水土流失已经成为不可忽视的全球性生态问题。全球土壤侵蚀面积约 $2\,500 \times 10^4 \text{ km}^2$, 占陆地总面积的 16.8%, 约有 $1/4 \sim 1/3$ 的耕地表土层侵蚀严重, 每年约有 $600 \times 10^8 \text{ t}$ 肥沃表土被冲刷流失, 地表侵蚀掉的大量土壤或泥沙, 经过河流挟带, 除了一部分淤积在水库、湖泊、河道和两岸的洼地外, 大部分被输送到海洋, 入海泥沙每年约 $170 \times 10^8 \text{ t}$ (钱宁, 1980)。全球多年平均输沙量大于 $1 \times 10^8 \text{ t}$ 的河流有 25 条, 中国就有 9 条。中国多年平均输沙量大于 $1\,000 \times 10^4 \text{ t}$ 的河流有 115 条, 其中, 黄河流域 54 条, 长江流域 18 条, 海河流域 10 条, 辽河流域 8 条, 其他河流 25 条。一般来说, 针对我国河流的特性, 可将河流按含沙量大小相对地划分为几个类型: 将平均含沙量超过 5 kg/m^3 的河流称为高含沙量河流 (多沙河流), 如黄河、海河; 将平均含沙量在 $1.5 \sim 5 \text{ kg/m}^3$ 的称为大含沙量河流 (次多沙河流), 如辽河、汉江; 将平均含沙量在 $0.4 \sim 1.5 \text{ kg/m}^3$ 的称为中度含沙量河流 (中沙河流), 如长江、松花江。

我国平均每年进入江河的泥沙约 $35 \times 10^8 \text{ t}$, 其中, $21 \times 10^8 \text{ t}$ 输入海洋, 有 $12 \times 10^8 \text{ t}$ 的泥沙在水库、河道、湖泊及灌区中淤积。黄河由于泥沙淤积已成为地上悬河, 每年输沙 $16.1 \times 10^8 \text{ t}$, 有 $7 \times 10^8 \text{ t}$ 淤积在水库、河道和灌区中。黄河平均每年引黄灌溉引走泥沙约 $1.1 \times 10^8 \text{ t}$, 三门峡下河道淤积 $2.6 \times 10^8 \text{ t}$, 三门峡水库 1960 年蓄水以来淤积泥沙已有 $60 \times 10^8 \text{ t}$ 。海河的泥沙主要在上游, 支流永定河 (官厅) 年输沙量 $0.8 \times 10^8 \text{ t}$, 年平均含沙量为 49.2 kg/m^3 (高于黄河)、最大含沙量 436 kg/m^3 。辽河年输沙量 $0.1 \times 10^8 \text{ t}$, 年平均含沙量为 3.32 kg/m^3 , 支流柳河是全国有名的多沙河流, 最大含沙量 $1\,500 \text{ kg/m}^3$ 。由此可见, 我国河流普遍存在含沙量偏高的情况, 由于近些年经济的快速发展, 对水资源的过度运用, 忽视水土保持, 使得部分主要河流的含沙量有逐年增高的趋势, 造成水少沙多以及水沙不平衡, 导致其下游河道淤积严重。由于河流的泥沙淤积, 使下游河床不断抬高, 两岸堤防不断被迫加高, 甚至高出地面达十几米, 防洪形势严峻, 严重威胁着两岸人民的生命财产安全。同时, 泥沙淤积也直接威胁着水库综合效益的发挥, 对社会经济的发展产生着深远的影响, 主要表现如下。

(1) 有效库容被泥沙淤积侵占, 减少了水库寿命, 严重影响水库的调节能力

泥沙淤积使水库有效库容不断减少, 兴利效益逐年下降, 使得水库防洪、发电、灌溉和供水等兴利指标不能实现, 甚至导致水库淤满报废或溃坝失事。我国多数发生的溃坝失事事件, 其中一个重要原因就在于坝前淤积面几乎与溢洪道齐平, 水库基本上失去了调洪能力, 使得洪水漫顶溃坝, 从而导致了严重灾害的发生。

(2) 抬高坝上游河床和水库周围的地下水位, 扩大水库淹(浸)没影响

受水库蓄水的影响, 水流进入库区后, 所带泥沙在水库回水末端淤积并逐步向上游发展, 形成库区尾水位的“翘尾巴”现象。“翘尾巴”不仅使上游河道的防洪能力降低, 通航条件恶化, 还会引起水库周围地下水位抬高, 使得两岸农田淹没、浸渍或盐碱化, 影响当地的农业生产, 威胁城镇、厂矿和道路交通安全。

(3) 影响枢纽建筑物的正常运用

闸孔附近泥沙的淤积, 增加了泄水孔口闸门的荷载。在汛期泄洪时, 淤沙会造成闸门超载无法开启, 产生严重后果。所以, 多沙河流上的水库, 通常采用间歇提闸放水排沙, 能减少闸前的泥沙淤积。泥沙的淤积还会增加坝体的荷载危及坝体的稳定和安全。

(4) 坝下游河道发生新的变化调整

水库修建后, 改变了下游河道原有的水沙条件。水库运用初期, 清水下泄, 冲刷下游河道, 冲淘引水口、桥梁和防洪工程的基础; 当水库排沙时, 又使下游回淤, 影响河流比降及河道行洪能力, 使下游河道发生剧烈的变化, 给河道整治及两岸引水工作带来许多新问题。如三门峡水库建成初期下游河道发生冲刷, 造成滩地的大量坍塌并使险情增加, 三门峡水库在改变运用方式为“蓄清排浑”后, 常因水库泄流能力不足而发生滞洪淤积, 出库浑水常发生“大水带小沙, 小水带大沙”的不协调局面, 造成下游河槽的淤积, 对防洪极为不利。

(5) 污染水质

泥沙是有机和无机污染物的载体, 沉积在库区的泥沙对水质的影响很大。如官厅水库中水含有的汞、酚及砷等有毒物质较高, 曾造成库区渔业减产。

除上述泥沙淤积问题之外, 还存在着水电站进口泥沙问题以及出库泥沙利用问题等。实践表明, 对这些泥沙问题如不认真地加以解决, 必将对人民生命财产产生极大威胁。因此, 为了解决多沙河流的泥沙淤积带来的各种问题, 开展流域侵蚀产沙、泥沙输移规律和输沙水量等的研究, 既有实际意义, 又有理论价值, 同时也为流域侵蚀产沙预报提供了理论基础。

1.1.2 辽河干流水、沙研究意义

辽河是中国七大江河之一, 位于东北地区的西南部, 发源于河北省承德市平泉县燕山山脉北侧七老图山的光头山北麓, 始称老哈河, 在内蒙古自治区(以下称内蒙古)哲里木盟苏家铺纳入西拉木伦河后称西辽河。东辽河发源于吉林省辽源市哈达岭的隆哈岭。东西辽河于辽宁省昌图县的福德店汇合后称辽河(即辽河干流)。辽河从老哈河源头起到盘山县入海口河流全长 1 394km, 流域面积 $21.96 \times 10^4 \text{ km}^2$, 其中, 西辽河为

$13.62 \times 10^4 \text{ km}^2$, 除少部分在河北省境内外, 绝大部分在内蒙古境内。东辽河面积为 $1.14 \times 10^4 \text{ km}^2$, 均在吉林省境内。辽河中下游为 $7.20 \times 10^4 \text{ km}^2$, 均在辽宁省境内。辽河流域位于东经 $116^\circ 54' \sim 125^\circ 32'$, 北纬 $40^\circ 30' \sim 45^\circ 17'$, 东与松花江、鸭绿江流域为邻。西接大兴安岭南端, 并与内蒙古高原的大、小鸡林河及公吉尔河流域相邻。南以七老图山、努鲁儿虎山及医巫闾山与滦河、大小凌河流域为界, 滨邻渤海。北以松辽分水岭与松花江流域相接, 地跨河北、内蒙古、吉林和辽宁四省(区)(张小光等, 2011)。

上源老哈河地势西高东低, 波状倾斜, 河网发育, 河道比降较大, 植被覆盖稀疏, 水土流失严重。老哈河与西拉木伦河在海流图相汇后称西辽河。东辽河为辽河干流上游区东侧的大支流, 发源于吉林省东辽县的萨哈岭五座庙福安屯附近。西辽河在福德店与东辽河汇合后称辽河。继续南流, 分别纳入左侧支流招苏台河、清河、柴河、汎河和右侧支流秀水河、养息牧河、柳河等。

随着社会经济的快速发展, 辽河流域的水资源短缺, 水环境污染和地下水超采等问题更加突出, 目前已经成为制约该区域社会经济可持续发展的重要因素, 也已经成为制约流域经济社会发展的瓶颈问题。

辽河流域地表水资源量年际变化很大, 最大年与最小年地表水资源量比值, 西辽河、东辽河在 20 倍以上, 辽河干流极值比一般在 10 ~ 20 倍, 地表水资源量年内分配也极不均衡, 汛期 6 ~ 9 月地表水资源量约占全年的 60% ~ 80%, 其中, 7 月、8 月又占全年的 50% ~ 60%。辽河流域水资源较为缺乏, 且由于水资源时空分布不均、水污染严重、用水效益偏低、局部地区地下水超采、少数地区还存在严重的用水浪费现象, 而以流域为基础的水资源管理体系又尚未形成, 这些因素的共同作用造成了目前辽河流域水资源短缺、水环境和水生态不良的局面。随着人口增长、经济社会发展和人民生活水平的提高, 全社会对水资源的需求也将越来越高, 辽河流域将面临着十分严峻的水资源问题(党连文, 2011)。

水资源短缺的同时, 辽河流域土地沙化严重, 西辽河沙地面积 50 年间已从 $1\,921 \text{ km}^2$ 增加到 $3\,619 \text{ km}^2$ 。沙地面积的扩大, 也造成了水土流失的加剧。如今辽河流域有近一半的土地面积水土流失严重, 西辽河、柳河流域尤为严重。严重的水土流失, 造成下游水库库容逐年减少, 河道逐年淤高展宽(党连文, 2011)。

辽河流域泥沙多, 淤积下游河道, 甚至造成部分河段形成地上悬河, 成为东北地区的重大隐患。河道输送泥沙需要消耗大量水源, 制约着水资源的开发利用程度。而国民经济发展, 既要求下游河道不产生过量泥沙淤积, 也要求提高水资源开发利用程度。为此, 需要研究出既能控制住辽河干流泥沙不持续淤高, 又能减少输沙用水的策略。但目前对辽河干流输沙用水问题研究甚少, 严重地制约了辽河干流水资源高效开发利用与泥沙治理问题科学解决策略的制定。相关问题的解决将有利于我们理解辽河干流如何在河流自身调整作用下呈现出“多沙多排”的输沙特性, 有利于我们进一步认识辽河干流的输沙能力, 从而为估算其最小输沙水量、节约其宝贵的水资源提供依据。因此, 如何充分利用辽河有限的水资源, 既最大限度地满足用水需求, 又使下游河道淤积的状况有所改善, 始终是辽河开发治理中的一个重要问题, 也是恢复辽河干流河道生态与行洪功能的关键问题, 因此, 辽河干流河道输沙水量研究具有重要的理

论与实际意义。

1.1.3 辽河干流风、水、沙研究意义

地表环境系统的演变主要受水、土、气、生这四大因子相互作用、相互制约的影响,在其相互作用过程中包括了众多复杂的过程,其中,流水、风与泥沙过程是地表环境系统演变过程中的三大主要过程。这三大过程中流水与泥沙、风与泥沙两两密切相联系而又相互影响,是地表环境系统演变过程中最明显也是最敏感的过程。无疑它们对地表环境系统的演变或者说对地表环境系统的生态过程有着直接和重要的作用。有关径流与泥沙相互作用过程,以及风与泥沙相互作用过程的研究在国内外均有较为深入的探索,其研究成果对于认识区域环境系统演变过程、制定区域环境可持续发展计划等均具有重要的意义。然而,更为复杂的问题是,在一些半干旱、半湿润地区集水流域内,以及多沙河流下游沉积滩地上,除了流水与泥沙、风与泥沙两两相互作用外,也有流水、风、泥沙三者交互作用的更为复杂的过程。这一复杂的侵蚀过程称为风水两相复合侵蚀,是一个相互联系又相互影响的系统,是风水两相对同一侵蚀物的共同作用或交替作用,实质是水力侵蚀营力对风力侵蚀营力(或者风力侵蚀营力对水力侵蚀营力)所形成的侵蚀形态的再侵蚀过程,即水力侵蚀所形成的侵蚀物又发生风力侵蚀或风力侵蚀所形成的侵蚀物又发生水力侵蚀。这种侵蚀形式不同于单独的水力侵蚀和风力侵蚀形式,所造成的危害远远高于单独水力侵蚀与风力侵蚀。辽河流域就是这样的典型流域之一(其中,表现最为显著的为辽河流域内的西辽河流域、柳河流域以及辽河干流滩地)。在该流域内,风蚀与水蚀相互交织在一起,泥沙输移过程更为复杂。科尔沁沙地主体几乎全部位于辽河流域内,沙地产生的风蚀泥沙的输移多发生于冬、春季节,这一时期产生的风蚀泥沙落入辽河流域集水坡面与河道,在夏秋季节又随水流输移运行。部分随水输移泥沙于下游河道沉积后,在冬、春季节又从河道随风扩散,形成风蚀、水蚀交错进行的复杂侵蚀与泥沙输移方式。

辽河河道沉积泥沙在冬、春季节成为风蚀泥沙的重要沙源。面对不断发生的泥沙灾害,尽管每年投入大量的泥沙灾害防治工程,但并没有从根本上避免灾害的发生。因此,只有在重视泥沙灾害防治工程建设的同时,加强泥沙灾害致灾机理研究,才能更为深入地认识泥沙的产生与致灾原因,从而更为科学地、有针对性地制定防治措施,以有效减轻泥沙灾害造成的损失。

本研究以辽河流域风、流水、泥沙的交互作用为研究对象,探索三者之间的交互作用过程,重点研究流域中下游河道沉积泥沙在冬、春季节大风条件下的河道起沙规律,对于认识辽河流域特殊的泥沙输移过程与泥沙预报,以及相似条件其他区域风、流水、泥沙之间的复杂过程与泥沙预报具有重要的科学意义。同时,更能够为辽河流域和其他相似区域有效的泥沙治理措施及泥沙治理规划的制定奠定扎实的科学基础。

1.2 研究内容与方法

1.2.1 研究内容

1.2.1.1 辽河干流环境特征研究

通过对辽河干流地貌、地质、气候、水利工程建设、人文环境特征、水资源污染特征、主要支流多年来水来沙特征等研究,阐明辽河干流水资源总量、径流、泥沙的总体影响环境,为辽河干流水资源特征、不同粒径泥沙研究、滩地沉积泥沙风蚀起动研究、输沙水量研究等奠定基础。

1.2.1.2 辽河干流地表水资源与泥沙特征研究

应用辽河干流及主要支流水文站地表径流等观测数据,研究辽河干流径流特征、泥沙特征、径流与泥沙关系特征等。阐明辽河干流在不同年份、季度、月份,及特殊降水洪峰条件下地表水资源特征,地表径流与泥沙关系特征,为水沙关系研究、滩地沉积泥沙风蚀起动研究、输沙水量研究等奠定基础。

1.2.1.3 辽河干流不同粒径泥沙研究

应用辽河干流主要水文站泥沙观测、滩地沉积泥沙颗粒观测资料,对辽河干流不同河段悬移质泥沙分别为0.007、0.01、0.025、0.05、0.1、0.25、0.5、1.0、2.0、5.0mm粒径,及不同河段悬移质泥沙中数直径、平均粒径等按年代、年、季度等特征进行分析研究。对滩地沉积泥沙粒径进行研究、对推移质泥沙进行分析计算。阐明辽河干流不同粒径泥沙在干流不同河段、不同时间的分布规律,为滩地沉积泥沙风蚀起动,干流输沙水量研究奠定基础。

1.2.1.4 滩地沉积泥沙风蚀起动研究

在上述辽河干流环境特征、泥沙颗粒等研究基础上,通过滩地沉积泥沙风蚀起动模拟试验系统,进行不同粒径泥沙在不同风速、不同含水量等条件下风蚀起动模拟试验,建立起不同粒径泥沙、不同风速、不同含水量泥沙与滩地泥沙风蚀起动及风蚀量之间的定量关系。

1.2.1.5 辽河干流输沙水量研究

在上述径流、泥沙研究基础上,应用不同方法进行辽河干流输沙水量计算,筛选分析出适合于辽河干流环境条件的输沙水量计算方法。同时,对不同粒径泥沙对应的不同径流量进行复合分析研究,建立起不同时间输送不同粒径泥沙所需径流量的统计关系,进而确定辽河干流不同时间、不同河段、针对不同性质泥沙的输沙

水量。

1.2.1.6 辽河水沙综合调控分析

在上述水沙关系研究的基础上,根据辽河干流用水用沙特点,及不同河段水沙需求特点,初步探讨自然降水径流、人工调水径流的有效输沙用水调配制度,使辽河干流水沙资源发挥最大应用价值,减少水沙灾害。

1.2.2 研究方法与技术路线

1.2.2.1 研究方法

在综合分析辽河干流自然地理与人文环境特征的基础上,通过计算分析辽河干流主要支流汇入辽河干流水、沙情况的水文站观测数据,阐明辽河干流水资源量与径流、泥沙情况。通过水文站观测数据的深入计算分析,阐明辽河干流在不同年份、季度、月份,及特殊降水洪峰条件下地表水资源特征,进而为滩地沉积泥沙风蚀起动、输沙水量研究奠定基础。通过对水文站泥沙及泥沙颗粒特征研究、滩地沉积泥沙颗粒研究,阐明辽河干流不同粒径泥沙在干流不同河段、不同时间的分布规律,进而为滩地沉积泥沙风蚀起动、输沙水量研究奠定基础。通过滩地沉积泥沙风蚀起动模拟试验系统构建与试验研究,阐明辽河干流滩地沉积泥沙粒径、含水量及风速与风蚀量之间的定量关系。通过不同河段、不同泥沙粒径组与径流量的相关分析,计算出不同泥沙粒径在不同输移范围内所需输沙水量,并阐明输沙水量的年度、季节与特殊洪峰条件特征。最后,在评价辽河干流现有水沙调配管理制度和上述输沙水量研究的基础上,建立起自然降水径流、人工调水径流的有效调配管理制度,使辽河干流水沙资源发挥最大应用价值,减少水沙灾害。

具体技术方案如下。

(1) 辽河干流环境特征研究

辽河干流地貌情况通过收集区域地貌数据获得;地质情况通过查阅辽宁地质资料获得;气候情况通过辽宁省水文局水文站气候观测资料获得;辽河干流水利工程、人文环境情况通过辽宁省水利厅和辽河保护区管理局资料获得;辽河干流来水来沙特征通过西辽河、东辽河入辽河干流最后一个水文站观测资料获得。

综合分析辽河干流地貌、地质、气候、水利工程、人文环境与干流来水来沙情况,通过水文站资料分析阐明东辽河、西辽河多年汇入辽河干流水沙特征,阐明辽河干流水资源总量、径流、泥沙的总体影响环境,为辽河干流水资源特征、不同粒径泥沙研究、滩地沉积泥沙风蚀起动研究、输沙水量研究奠定基础。

(2) 辽河干流水资源与泥沙特征研究

本部分研究主要以水文站观测数据为基础进行,通过水文站径流观测的数据,研究辽河干流径流特征、泥沙特征、径流与泥沙关系特征等,阐明辽河干流在不同年份、季度、月份,及特殊降水洪峰条件下地表径流与泥沙关系,为输沙水量研究

奠定基础。

(3) 辽河干流不同粒径泥沙研究

本部分研究主要以水文站观测数据、滩地沉积泥沙观测数据为基础进行,通过水文站逐日泥沙观测数据及特殊洪峰条件下泥沙观测数据,阐明辽河干流不同粒径泥沙在干流不同河段、不同时间的分布规律。通过滩地沉积泥沙观测,获得沉积泥沙颗粒数据,为滩地沉积泥沙风蚀起动、输沙水量研究奠定基础。

(4) 辽河干流滩地沉积泥沙风蚀起动研究

应用模拟试验研究方法,在上述研究基础上,通过野外辽河滩地现场取样,筛分配置不同粒径泥沙及不同粒径泥沙组合,通过配置不同泥沙含水量,对不同粒径泥沙通过鼓风机模拟不同风速,模拟滩地不同粒径、不同含水量沉积泥沙风蚀过程。建立起粒径、含水量、风速与泥沙风蚀量之间的相关关系。

(5) 辽河干流输沙水量研究

应用相关分析方法,在上述径流、泥沙研究基础上,进行不同方式输沙水量计算研究,对不同粒径泥沙对应的不同径流量进行复合分析研究,建立起不同时间输送不同粒径泥沙所需径流量的统计关系,进而确定辽河干流不同时间、不同河段、针对不同性质泥沙的输沙水量。

(6) 辽河干流输沙用水综合调控分析

在上述水沙关系研究的基础上,根据辽河干流用水用沙特点,及不同河段水沙需求特点,建立起自然降水径流、人工调水径流的有效调配管理制度,使辽河干流水沙资源发挥最大应用价值,减少水沙灾害。

1.2.2.2 研究区水文站情况

辽河干流中下游进行泥沙测验的主要测站为福德店、通江口、铁岭、巨流河和六间房等站(见下图),六间房以下至河口的114.82km河道目前还没有资料较长的泥沙径流测站。六间房站从1968年7月到1986年6月的18年间停测,测站挪到上游20km处的朱家房。流域面积相差145km²,中间没有较大支流入汇,河道情况单一,故可视为同一测站,将资料系列合并使用。

辽河上游分为东、西辽河,分别有太平和郑家屯2站控制。东侧主要支流清河、柴河及汎河有开原、太平寨及张家楼子3站反映来水来沙情况;西侧主要支流柳河、秀水河及养息牧河,则分别有新民、彭家堡及小荒地3个测站控制。

各站大多从1954年起才有测沙资料,本研究根据研究与数据掌握情况,分别采用不同时间段进行数据分析,最新统计数据一直到2010年。巨流河和六间房站1937—1942年虽也测过含沙量,但因取样方法为水边一点法,没有断面资料对照,精度欠佳,未予采用。

各站测验方法1955年后比较统一,平时测单位水样含沙量,在测流量的同时施测断面输沙率。通过每年的单一断关系来整编年、月平均输沙率及含沙量。由于大多数站的单一断关系基本呈45°。换算系数为0.9~1.15,均方差<10%,故能满足泥沙整编的精度要求。仅开原及太平寨2站因受小支流影响,含沙量断面分布不均,单一断关系欠