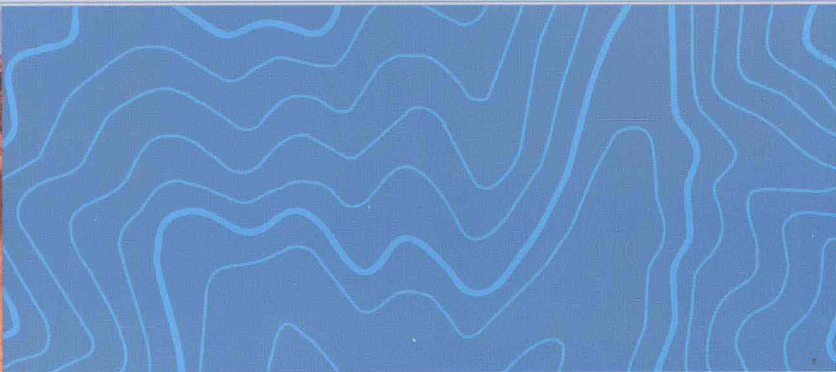
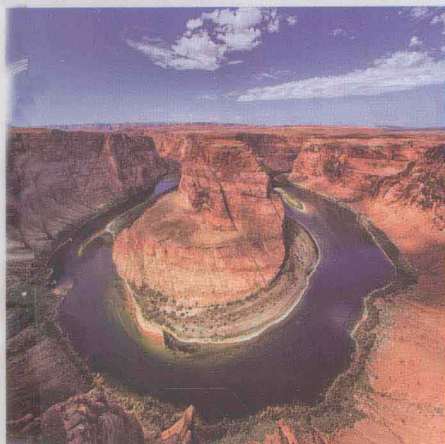


边界河流

BIANJIE HELIU

SHUIHUANJING JIANCE ZHIBIAO TIXI YU

DUANMIAN BUSHE YOUHUA



水环境监测指标体系与 断面布设优化

李基明 陈求稳 / 著

边界河流水环境监测指标体系与 断面布设优化

李基明 陈求稳 著

中国环境出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

边界河流水环境监测指标体系与断面布设优化/李基明,
陈求稳著. —北京: 中国环境出版社, 2013.10

ISBN 978-7-5111-1405-1

I. ①边… II. ①李… ②陈… III. ①水质监测—自
动化监测系统—研究—黑龙江省 IV. ①X832

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 058651 号

出版人 王新程
策划编辑 丁莞歆
责任编辑 黄颖
文字编辑 赵楠婕
责任校对 尹芳
封面设计 刘丹妮



出版发行 中国环境出版社
(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)
010-67175507 (科技标准图书出版中心)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京市联华印刷厂
经 销 各地新华书店
版 次 2013 年 10 月第 1 版
印 次 2013 年 10 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 7.25
字 数 146 千字
定 价 21.00 元

【版权所有。未经许可, 请勿翻印、转载, 违者必究】
如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

序 言

中国拥有大、小国际河流（湖泊）40 多条，其中界河（指形成共同边界的河流）3 条，跨国河流（跨越而不是分隔两国或两个以上国家的河流）12 条。这些国际河流的公平合理利用和协调管理，直接影响着中国近 1/3 国土的可持续发展，也影响着中国与 15 个毗邻国关系的稳定与睦邻友好以及 30 个跨境民族、2.2 万多千米陆地边界的维护与管理，其综合影响几乎涉及亚洲大陆的所有国家和世界近一半人口。

本书以边界河流黑龙江为对象，深入介绍了中俄水环境管理的异同性，阐明中俄界河的水环境现状与时空变化规律，提出面向界河的水环境管理指标体系，建立界河水环境监测断面优化布设方法，并对中俄界河进行了监测方案优化。本书对提升我国界河水环境管理能力、解决跨境河流环境污染争端有重要参考意义。

本书的研究得到了环境保护部公益性行业专项“跨国界（俄罗斯）流域水环境监测指标体系与断面优化布置研究”（200709010）、973 课题“变化环境下长江口生态系统的响应过程和机理”（2010CB429004）、中国科学院“百人计划”（No. A1049）等的资助。

本书倾注了多人的心血，包括吴文强、李艳芳、张晓梅、曲茉莉、李博、周爱申等，在此表示衷心的感谢。

由于作者水平所限，书中难免存在失当之处，敬请读者提出宝贵意见和建议。

作 者

2012 年 11 月

前 言

中国拥有大、小国际河流（湖泊）40 多条，数量居于世界前列，重要的国际河流有 15 条，主要分布在我国东北、西南、西北。其中有 3 条界河（指形成共同边界的河流，如黑龙江、鸭绿江、图们江）和 12 条跨国河流（跨越而不是分隔两国或两个以上国家的河流，如怒江-萨尔温江、元江-红河、额尔齐斯-鄂毕河等）。这些国际河流的公平合理利用和协调管理，直接影响着中国近 1/3 国土的可持续发展，也影响着中国与 15 个毗邻国关系的稳定与睦邻友好以及 30 个跨境民族、2.2 万多千米陆地边界的维护与管理，其综合影响几乎涉及亚洲大陆的所有国家和世界近一半人口。

发生于 2005 年松花江的“11·13”硝基苯泄漏事故引起国际强烈反响，导致中俄环境争端，对于中国本来就因环境问题面临的国际压力而言更是雪上加霜。早在 2002 年 2 月，中俄就签署了《中俄联合监测界江备忘录》，决定对黑龙江和乌苏里江进行密切监测。跨国界流域的水环境监测与管理问题已经成为影响国际关系和国民经济发展的重大问题，深入研究跨国界流域水环境管理已迫在眉睫。

跨国界流域水环境监测是跨国界河流水环境管理的基础，其数据的准确性、代表性和一致性涉及各方对水环境资源的分配与利用，直接关系到各方的利益争端，这不仅是学术问题，也是环境外交问题，因此跨国界河流水环境监测的指标体系、断面布置、监测分析方法是水环境监测管理的前沿和热点。其研究成果可以提升跨国界流域水环境监控能力，支撑国际间环境履约。

本书以边界河流黑龙江为对象，通过不同水文情势下的高密度监测和构建水环境数值模型，掌握黑龙江主要水系水环境现状以及时空变化规律，对比分析中俄水环境管理特征，优化流域水环境监测断面布设及监测指标体系。本书的核心内容包括：

(1) 中俄两国水环境管理特征。中俄两国在水环境管理、地表水监测技术规范、水质标准等方面存在着一定的差异。管理手段方面，在经济手段、技术手段和行政手

段方面中国比俄罗斯完善,而在法律手段、宣传教育手段以及基于自愿协商的非管制手段方面俄罗斯比中国完善。在地表水监测技术规范中,中国侧重的是污染控制指标,俄罗斯侧重的是生物要素和主要离子浓度。水质标准方面,金属和有机污染物等指标俄罗斯明显严于中国。

(2) 中俄界河水环境现状及变化规律。通过丰、平、枯水期翔实的河流水环境调查,介绍黑龙江、乌苏里江干流及主要一级支流的水环境现状。结合现状水质调查结果以及已有的历史长序列水质监测资料,分析水质变化趋势。整体来说,黑龙江和乌苏里江干流水质整体较好,局部城市河段相对较差,高锰酸盐指数和氨氮浓度偏高;支流松花江水质污染严重,以有机污染为主。流域水环境从长期来看,有恶化趋势,年内由于径流情势的影响,水质波动较大。

(3) 水环境监测断面布设优化。利用流域水文、水环境监测数据,通过建立水质数值模型,掌握黑龙江干流典型水文条件下水环境因子时空分布规律;结合物元分析、模糊聚类等方法优化黑龙江干流水环境监测断面布设,识别现有监测断面存在的冗余和盲区,提出断面增减方案。本书提出的水环境模型和物元分析相结合的方法可以有效地解决资料匮乏问题,为其他河流监测断面优化布设提供支持。

(4) 界河监测指标体系。中俄水环境管理手段、地表水监测技术规范和水质标准的差异导致监测指标体系存在较大不同。本书重点介绍面向中俄水环境管理特点的界河水环境监测指标体系,指标的选定同时兼顾界河双方在关键指标方面的差异性,监测断面布设、监测时间选择、监测频率设置以及水质评价方法也进行了相应的调整。

总之,本书深入介绍了中俄水环境管理的异同性,阐明了中俄界河的水环境现状与时空变化规律,提出了面向界河的水环境管理指标体系,建立了界河水环境监测断面优化布设方法,并对中俄界河进行了方案优化。书中内容对提升我国界河水环境管理能力,解决跨境河流环境污染争端有重要参考意义。

目 录

第 1 章 黑龙江流域概况	1
1.1 背景资料	1
1.2 流域特征	2
1.2.1 黑龙江流域特征	2
1.2.2 乌苏里江流域特征	6
1.3 次级流域特征	8
1.3.1 次级流域划分	8
1.3.2 次级流域自然环境和社会经济特征	15
1.4 污染负荷及环境管理特征	26
1.4.1 各次级流域污染负荷	26
1.4.2 各次级流域化肥农药施用量	28
1.4.3 地表水环境功能区划	30
第 2 章 水环境水质监测	31
2.1 监测概况	31
2.1.1 监测断面布设	31
2.1.2 监测项目及分析方法	33
2.1.3 样品采集	35
2.2 黑龙江水质现状评价	35
2.2.1 各次级流域水环境现状	35
2.2.2 各水域水质评价	36
2.2.3 水质现状评价结论	36
2.3 水污染成因识别	36
2.3.1 主要问题	36
2.3.2 原因识别	37

第 3 章 流域监测断面优化	39
3.1 流域水环境监测断面优化原则和方法	39
3.1.1 基本原则	39
3.1.2 优化方法	40
3.2 黑龙江水环境监测断面优化	41
3.2.1 物元分析法原理	42
3.2.2 模糊聚类分析法原理	43
3.2.3 河道水环境数值模型	43
3.2.4 数理统计和水质模型相结合的断面优化	46
3.3 黑龙江水环境监测断面优化	46
3.3.1 基于物元分析的断面优化	46
3.3.2 基于模糊聚类的断面优化	50
3.3.3 水环境模型和物源分析相结合的断面优化	52
3.4 黑龙江水环境监测断面优化布置方案	62
3.4.1 黑龙江干流水环境监测断面优化合并结果	62
3.4.2 黑龙江干流水环境监测断面优化增加结果	64
3.4.3 黑龙江水环境监测断面优化布设方案	64
3.4.4 乌苏里江干流水环境监测断面优化布设方案	66
3.4.5 优化断面的基本监测功能	69
第 4 章 中俄环境管理特征分析	71
4.1 中俄环境管理手段评估	71
4.1.1 评估方法介绍	71
4.1.2 中俄环境管理手段影响因素的选择	75
4.1.3 分析结果	77
4.1.4 中俄环境管理手段评估结论	80
4.2 中俄地表水监测技术规范对比分析	81
4.2.1 实施时间对比	81
4.2.2 阐述内容对比	81
4.2.3 地表水监测的布点与采样对比	81
4.2.4 监测项目对比	81
4.3 中俄水质标准对比分析	82
4.3.1 中俄生活饮用水水源水质标准对比分析	82
4.3.2 中俄边界水体水质监测 40 项指标对比分析	84
4.4 中俄环境管理评估结论	85

第 5 章 监测指标体系优化	87
5.1 边界河流指标优化的基本方法和基本原则.....	87
5.1.1 基本方法	87
5.1.2 基本原则	88
5.2 黑龙江和乌苏里江监测指标体系确定方法.....	88
5.2.1 监测指标范围选定方法	88
5.2.2 监测指标分类方法	89
5.2.3 指标类型确定原则	89
5.3 黑龙江和乌苏里江监测指标体系确定	89
5.3.1 监测指标选定	89
5.3.2 三类指标类型的确定	91
5.3.3 监测指标体系优化结论	95
附录 中俄地表水监测技术规范对比	96
参考文献	103

第 1 章 黑龙江流域概况

1.1 背景资料

中国拥有大、小国际河流（湖泊）40 多条，数量居于世界前列，重要的国际河流有 15 条，主要分布在我国东北、西南、西北。其中有 3 条界河（指形成共同边界的河流，如黑龙江、鸭绿江、图们江）和 12 条跨国河流（跨越而不是分隔两国或两个以上国家的河流，如怒江—萨尔温江、元江—红河、额尔齐斯—鄂毕河等）。这些国际河流的公平合理利用和协调管理，直接影响着中国近 1/3 国土的可持续发展，也影响着中国与 15 个毗邻国关系的稳定与睦邻友好以及 30 个跨境民族、2.2 万多千米陆地边界的维护与管理，其综合影响几乎涉及亚洲大陆的所有国家和世界近一半人口。

发生于 2005 年松花江的“11·13”硝基苯泄漏事故引起国际强烈反响，导致中俄环境争端，对于中国本来就因环境问题面临的国际压力而言更是雪上加霜。早在 2002 年 2 月，中俄就签署了《中俄联合监测界江备忘录》，决定对黑龙江和乌苏里江进行密切监测。2003 年，中国政府计划在未来 15 年内投资 215 亿元治理松花江跨国界污染。由于上述环境事故的发生，中俄双方紧急制定了《松花江水污染事件中俄应急联合监测后续计划》。国务院总理温家宝 2006 年 3 月 29 日主持召开国务院常务会议，审议并原则通过《松花江流域水污染防治规划（2006—2010 年）》。“十一五”期间，国家确定松花江流域水污染防治重点项目规划总投资 134 亿元，2007 年 1 月 5 日，国务院副总理回良玉亲自参加水利部召开的流域综合规划修编准备和修编工作会议，会上再次强调了跨国流域环境管理、治理与综合规划的重要性。2007 年 3 月，胡锦涛总书记作出重要批示，指出松花江流域污染治理任务十分繁重，关系本地区可持续发展，也会影响中俄关系。可见，跨国界流域的水环境监测与管理问题已经引起了党和国家的高度重视，成为影响国际关系和国民经济发展的重大问题，深入研究跨国界流域水环境管理已迫在眉睫。

我国东北地区主要界河有额尔古纳河、黑龙江干流、乌苏里江、绥芬河、图们江和鸭绿江等，东北地区中，尤以黑龙江省的跨国界流域面积所占份额最大，且境内的松花江流域水污染问题最为严重。

本书选取黑龙江省境内的与俄罗斯为界的黑龙江干流和乌苏里江干流跨国界流域为对象，重点介绍中俄界河水环境监测和管理的异同，提出面向界河的水环境管理指标体系，

建立界河水环境监测断面优化布设方法，并在中俄界河进行应用。

1.2 流域特征

黑龙江干流中上游段中方主要支流有额尔古纳河、额木尔河、呼玛河、逊河、松花江，俄方主要支流有石勒喀河、结雅河、布列亚河、比占河和比腊河等。

乌苏里江干流上中方主要支流有松阿察河、穆稜河、挠力河，俄方主要支流有乌拉河、伊曼河、比金河和和罗河等。

1.2.1 黑龙江流域特征

1.2.1.1 流域概况

黑龙江是世界最大的界河之一，位于我国北部，流域在纬度 $42^{\circ}\sim 56^{\circ}$ 、东经 $108^{\circ}\sim 141^{\circ}$ ，地跨中国、俄罗斯和蒙古三国。从发源地到鄂霍次克海，全长 4 344 km（包括额尔古纳河）。黑龙江流域包括我国东北地区、俄罗斯远东地区的大部和蒙古的东部，流域面积 187 万 km^2 。

黑龙江水系支流众多，流域面积在 5 万 km^2 以上的有额尔古纳河、石勒喀河、结雅河、布列亚河、松花江、乌苏里江、阿穆贡河等。黑龙江上游由额尔古纳河和石勒喀河汇合而成，石勒喀河在北，流经俄罗斯境内，额尔古纳河在南，为中俄界河，两河在恩和哈达汇流后始称黑龙江。

黑龙江干流航道里程长 2 865 km，由两河汇流处向东北作套状弯曲，经黑河至伯力又向南作套状弯曲，以后又转向东北，由尼古拉耶夫斯克入海。根据河道特征，一般将黑龙江分为三段：两河汇流处（恩和哈达）至黑河，航道里程 894 km，称黑龙江上游；黑河至伯力，航道里程 996 km，称黑龙江中游；伯力至鄂霍次克海的入海口，航道里程 975 km，称黑龙江下游（俄罗斯境内）。

黑龙江流域大部分地区都是山区或多山地区，流域内有许多山脉，如大、小兴安岭、张广才岭、完达山脉及外兴安岭等山脉分隔着它的干支流，流域内的平原和低地所占面积很少，多分布在黑龙江中、下游，支流两岸及汇流三角洲地带，如三江平原、松嫩平原及黑龙江下游沿岸低地等。

1.2.1.2 河道特点

（1）黑龙江上游

黑龙江上游河道穿行于花岗岩、砂岩及玄武岩山地中。因地壳上升与河流下切的作用，河道多形成峡谷，沿程有串珠状的盆地，河道蜿蜒于山峡河谷之间。两岸遍布森林，并且多有险峻悬崖逼近河岸。在支流汇入处又多形成网状水道，构成诸多的灌木丛生的岛屿，连崮以上，向大兴安岭逼近，江面狭窄，水流较急；连崮以下，河道折向东南，河面逐渐开阔，水流渐缓。黑龙江上游江面宽在 400~1 000 m。

黑龙江上游属山区河道,但河流纵向比降较一般山区河流要小,流态与流量相对也较平稳,河床底质一般为卵石和粗砂,局部地段为石质与礁石。整个河段水流基本在狭窄的山谷中流动,峡谷段一般流速较大,在河底礁石众多的河段,有很明显的涡流现象。

(2) 黑龙江中游

黑龙江中游西起黑河,东至伯力,全长 996 km。中游除嘉荫、萝北、同江县境内有一部分山区外,其余均为平原。黑河以下有结雅河汇入,常家屯对岸有布列亚河汇入,同江有松花江汇入,流量显著增加。嘉荫以上河宽 1 500 m 左右,江中多岛屿沙洲,左岸有广大的结雅-布列亚低地;嘉荫以下,大江切入小兴安岭山脉,使嘉荫至兴东 100 余千米的河段河谷狭窄,河宽 700 m 左右,河水在陡峭的山谷中奔流,流速在 2.5 m/s 左右,湍流、涡流较多,河床多礁石。出山谷后进入三江平原,河面展宽,在 2 000 m 左右,水流变缓,网状河道现象显著,多岛屿沙洲。

1.2.1.3 水文

(1) 黑龙江上游

河道穿行于大兴安岭与外兴安岭之山崖河谷间,全长 894 km,为山区河流。河宽 400~1 000 m,落差 181 m,河床底质为石质及卵石,较为稳定,平均坡降 0.2‰,流速较大,流态平稳。平均流速枯水期 1.5~2.0 m/s,洪水期可达 1.8~2.5 m/s。

① 水位和流量

上游径流主要靠降水补给(暖季降水及春季融雪)。年平均流量 $840 \text{ m}^3/\text{s}$ 左右,水流为东南走向。水位年变幅 6.8 m,水位日最大变幅 1.35 m。春汛、夏汛水位涨落较快为其明显特征。水位受季节影响显著:春汛枯水期,自 4 月末至 7 月上旬受冰雪融化和降水逐渐增加的影响,水位较封冻期回升 1.5 m,一般在设计水位左右,其中 6 月下旬至 7 月初水位最枯,在设计水位以下,水深 1.3 m 左右(如漠河站 1979 年 7 月 16 日水位 89.79 m,低于设计水位 1.61 m);夏季洪水期,自 7 月上旬至 8 月下旬,因降水集中,雨量充沛,水位迅速上升形成几次洪峰,洪峰持续 6 天左右后回落(如漠河站夏季最高水位为 1958 年 7 月 13 日 102.55 m,高于设计水位 11.15 m);秋季枯水期,自 8 月末至 10 月 22 日左右及秋季流凌期,随降雨的逐渐减少,水位亦持稳定的回落趋势,最低水位在 10 月中旬至流凌末期,一般低于设计水位。

影响河段水位变化最大的支流为呼玛河,年平均流量 $80 \text{ m}^3/\text{s}$ 。较大的支流有阿寿扎尔河、欧里道依河、额木尔河等。此外,黑河对岸结雅河是黑龙江第三大支流,河口平均流量为 $1 800 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

影响黑龙江上游水位和流量变化的水库主要是北源俄境内的石勒喀河上的一大型水库,其出水量极不稳定,对河段水位和流量变化有较大影响,但资料不详。

② 冰期

大气与水热交换作用,形成了黑龙江亚寒带气候明显的流凌、封冻、解冻三个冰期。

秋季流凌期:自 10 月 23 日至 11 月 14 日,流凌自西向东依次开始,历时 12~17 天。

冬季封冻期：自 11 月 4 日至 11 月 15 日自西向东依次全部封冻，之后封冻期延续到第二年 4 月 27 日，其各站观测断面最大冰厚为 1.46~1.88 m。

春季解冻流凌期：自 4 月 28 日至 5 月 9 日自东向西依次解冻流凌，历时 5~8 天，一般春季流凌较秋季流凌略有一定的危害，如 1985 年春季漠河至呼玛河一带流凌形成的冰坝使漠河站 4 月 16—20 日 5 天水位壅高 6.91 m，呼玛站 4 月 21—25 日 5 天水位壅高 5.65 m，造成较大危害。

③ 畅流期

黑龙江为季节性通航河流，上游自西向东各站平均畅流期 169~176 天。另外还应考虑适当排除大风大雾日数。

(2) 黑龙江中游

黑龙江自中游起，流域面积开始变大，中游降水充沛，年际变化悬殊，年内分配极不均衡。黑龙江中游呈半山区河流和平原河流特征，在年际变化上，具有不同时距的周期规律，丰、枯水年流量相差较为悬殊。在年内变化上，具有明显的封冻期和畅流期，封冻期（11—3 月）径流量不足年径流的 10%，4—10 月份有明显的凌春汛和夏秋汛。4—5 月份由于解冻，开江期河槽蓄水（冰）量消泄及融雪径流汇入，有一次春凌汛过程。5 月下旬至 6 月下旬，属于干旱少雨季节，6 月末 7 月初，降水量逐增，径流量增加，水位上升，河流进入汛期。7、8 月份为降水和径流的丰值期。8 月份以后，降水和径流量逐渐减少，进入枯水期。

黑龙江中游的卡伦山站多年平均流量为 $3\,420\text{ m}^3/\text{s}$ ，伯力站多年平均流量为 $7\,530\text{ m}^3/\text{s}$ 。平均坡降 0.09‰，平均流速 1.0~1.3 m/s，通航期流量平均在 $6\,000\sim8\,000\text{ m}^3/\text{s}$ ，洪水时量增加到 $20\,000\sim30\,000\text{ m}^3/\text{s}$ ，含沙量极小，河床底质为中、粗砂和卵石、砾石，河床相对稳定。

黑龙江中游水位的日变化和季节变化很大，大致可分为：

① 4—5 月份，春季凌汛。黑龙江中游春季凌汛较明显，春汛壅高水位虽历时仅 2~3 日，水量集中，壅高值某些年份可接近水量较大的夏汛水位。

② 5 月下旬至 6 月下旬或 7 月初，因少雨使得平均水位相对春、夏汛间水位偏低。

③ 6 月末期 7 月初，随着降水量增加，水位上升。因黑龙江中游基本属于半山区性河流，河床相对稳定，致使水位随降水陡涨陡落，涨落形势由中游向下逐渐变缓，洪水基本上是陡涨陡落的多峰形式，有的年份近下游时演变成涨落缓慢的单峰形式（如抚远站），一般 9 月下旬 10 月初水位开始下降，到 11 月中旬水位降至最低。

1.2.1.4 气象

(1) 黑龙江上游

黑龙江上游，西起恩和哈达东至黑河，途经开库康、呼玛，全长 894 km。黑龙江上游年平均气温在 $-6\sim-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，从东南向西北方向随纬度增高而降低，纬向分布特征明显。全年月平均气温 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下有 5~6 个月，北部长达 7 个月。漠河无霜期只有 80~90 天。气候寒

冷是黑龙江的特点,一年中最冷的是1月份,月平均气温在 $-30\sim-28^{\circ}\text{C}$ 。极端最低气温可达 -40°C ,最北部漠河曾达 -52.3°C (1969年2月13日),为全国有记录以来的最低值。7月份气温最高,月平均气温在 $18\sim 20^{\circ}\text{C}$,极端最高气温一般在 37°C 左右,呼玛曾出现过 38°C 的极高值(1968年7月21日)。春季气温逐渐回升,4月份月平均气温除漠河在 0°C 以下外,其他各地均在 0°C 以上。日平均气温稳定通过 0°C 日期一般在4月11日后,漠河最晚在4月21日以后,日平均气温稳定通过 0°C 终日在10月11日左右,漠河在10月11日以前。秋季气温一般高于春季,9月中旬就可能出现初霜冻,10月下旬就出现霜冻及流凌。

黑龙江省年降水量分布是从东向西逐渐减少,等雨量线呈经向分布,以500 mm等雨量线为界分为湿润区和干旱区,此界线大体在 127°E 左右。黑龙江上游流域年雨量在500 mm以下,属于干旱区,漠河年雨量只有420余毫米,60%降水集中在夏季,秋季次之占23%,春季次少占13%,冬季最少占4%。春季黑龙江水位也是通航期水位最低时期,易出现枯水,影响航运生产。

黑龙江上游流域在大小兴安岭山脉北端,受其影响全年多盛行北风或西北风。年平均风速 $1.9\sim 3.2\text{ m/s}$,秋季风速 $2.0\sim 3.0\text{ m/s}$,冬季风速最小 $1.0\sim 2.0\text{ m/s}$ 。最大风速出现在20世纪70年代到80年代,70年代最大,90年代以来明显减小。如黑河最大风速出现在1975年5月11日;呼玛最大风速出现在1977年10月25日。就大于8级大风日数来说,黑河、呼玛在15.8~18.1天,比漠河多7~9天。春季大风日数多于其他季节,占全年56%,秋季次之。

(2) 黑龙江中游

黑龙江中游年平均气温在 $-2\sim-1^{\circ}\text{C}$,温度分布呈纬向分布,随纬度增高而降低,全年大约有5个月,月平均气温在 0°C 以下。一年中1月气温最低,月平均气温在 $-28\sim-21^{\circ}\text{C}$,极端气温最低,一般在 $-41.0\sim-36.0^{\circ}\text{C}$,其中嘉荫极端最低为 -47.7°C (1970年1月1日)。7月份气温最高,月平均气温在 $20\sim 22^{\circ}\text{C}$,极端气温最高,在 $36\sim 38^{\circ}\text{C}$,4月日平均气温已全部在 0°C 以上,日平均气温稳定通过 0°C 初日平均值在4月11日;日平均气温稳定通过 0°C 终日在10月21日左右,由于地温的滞后性,秋季气温略高于春季气温,但秋季气温变化幅度较大。10月份平均气温多在 $2\sim 4^{\circ}\text{C}$,自10月下旬到11月上旬往往出现寒潮、大风、降温天气,有时伴有降雪,日最低气温可突然连续降到 -10°C 以下,随之水温明显下降。

黑龙江中游地处黑龙江省降雨中心北部,年降水量平均在500~600 mm,降水量的特点为:多集中在夏季,占全年降水量的70%左右,秋季次之,约占17%,春季降水约占12%,冬季最少。由于受大小兴安岭山脉影响,流域内风向差异较大。逊克、抚远年最多风向多为偏南风,嘉荫为东风或东南风。风速无明显变化,年平均风速为 $2.9\sim 3.9\text{ m/s}$,比上游偏大。其中春季平均风速最大,为 $3.1\sim 5.5\text{ m/s}$,秋季次之,为 $2.9\sim 4.1\text{ m/s}$ 。大于8级大风日数比上游流域明显偏少,大约少11.7天。抚远大风日数最多为13.5天,集中在

春秋两季。嘉荫大风日数为 9.9 天,也主要集中在春秋两季。逊克大风日数最少,为 7.4 天,主要集中在春季。大于 5 级风的年日数 180~190 天,多集中在春季,秋季次之。但抚远例外,主要集中在冬季,占全年大于 5 级风日数的 39%,春季次之,占全年 31%。最大风速出现的时间,多出现在 20 世纪 70 年代到 80 年代,90 年代明显减少。如逊克最大风速出现在 1975 年 4 月 24 日,抚远出现在 1973 年 1 月 13 日,嘉荫出现在 1981 年 4 月 23 日。

1.2.2 乌苏里江流域特征

1.2.2.1 流域概况

乌苏里江系黑龙江右岸支流,为中俄界河,是黑龙江右岸第二大支流。乌苏里江发源于俄罗斯的锡霍特岭西麓的刀毕河、乌拉河和中俄界湖兴凯湖。上起松阿察河口,向北偏东流经黑龙江省虎林、饶河、抚远三县,在哈巴罗夫斯克(伯力)注入黑龙江,全长 495 km。流域面积 18.7 万 km^2 ,其中,在左岸中国境内 5.6 万 km^2 ,占流域面积的 30%。乌苏里江右岸山地较多,左岸多为平原、洼地和沼泽地,共有大小支流 174 条。主要支流在左岸(我国境内)的有挠力河、穆棱河、别拉洪河和七虎林河;在右岸(俄罗斯境内)的有伊曼河、比金河和霍尔河。

1.2.2.2 河道特点

乌苏里江松阿察河口至饶河段,长 235 km。虎头以上河道弯曲,基本为单一河道,分汉较少;虎头以下分汉较多,但分汉数量较少,一般分两汉,最多分三汉,河宽 300~400 m。饶河至四合段长 112 km,河道微弯顺直,但其分汉河段较多,河宽 500~700 m;四合至哈巴罗夫斯克(伯力)段,长 148 km,分汉河段较多较长,岛屿边滩、心滩较大,河宽 600~800 m。乌苏里江主要浅滩有瓦盆窑、新兴洞、于文同等二十几处浅滩,枯水期水深在 1.0 m 左右。

1.2.2.3 水文

乌苏里江河流走向自南向北偏东,松阿察河口至虎头河道弯窄,虎头至饶河段河宽 300~400 m,饶河至四合河宽 500~700 m,四合至哈巴罗夫斯克(伯力)段河宽 600~800 m。

乌苏里江为西伯利亚春汛型平原河流。左岸我国境内主要支流有挠力河、穆棱河、别拉洪河和七虎林河,为大面积沼泽地。右岸俄罗斯境内有较密的水道网,主要支流有伊曼河、比金河和霍尔河。发源地锡霍特山脉每年冬季大量积雪,次年春季集中融化后通过支流汇入乌苏里江,形成年最高水位和最大流量多在 4、5 月份及 6 月份,少在 8、9 月份夏秋季的特殊规律。

(1) 水位

乌苏里江沿岸中方现有虎头、饶河、海青三个水位站。乌苏里江水位年变幅 5 m 左右,最大年变幅:虎头站 5.96 m、饶河站 6.62 m、海青站 6.76 m。水位最大日变幅 1.44 m。平均流速为 0.85 m/s,最大平均流速为 1.33 m/s,最小平均流速为 0.34 m/s。

① 春季高水位:一般在春季流凌过后的 4 月 16 日左右起至 5 月末。例如,饶河站历

年5月份平均水位为95.33 m, 比历年8月份平均水位94.88 m高0.45 m。

② 夏季中水位: 一般在6—8月, 受春汛影响6月份水位略高。11%的年份因春汛推迟, 年最高水位在6月份形成, 6月份多年平均水位高于设计水位0.76~1.22 m。7月份春汛已退, 降水刚至, 水位较低, 7月份各水位站多年平均水位比设计水位仅高0.43~0.78 m。8月份近60%年份水位较低, 例如饶河站8月份最低水位为92.47 m, 低于设计水位1.13 m。但17%~19% (仅海青站41%) 的年份年最高水位在8月份出现, 饶河站多年最高水位出现在8月份, 高于设计水位5.75 m, 8月份各站多年平均水位比设计水位高1.01~1.32 m。

③ 秋季枯水位: 9月初至秋季流凌末期 (11月16—20日)。其中9月份水位较高, 并高于7月份。各站有14%~19%的年份年最高水位出现在9月, 各站9月份多年平均水位高于设计水位0.88~1.23 m。10月份至流凌末期水位低枯, 各站10月份多年平均水位比设计水位仅高0.05~0.56 m。饶河站历年10月份最低水位为92.39 m, 低于设计水位1.21 m。

(2) 冰期

① 秋季洒凌期: 自11月6日—11月20日。流凌形式一般自北向南依次进行, 历时9~13天。

② 冬季封冻期: 自11月17日—11月21日, 从北向南全部封冻, 之后封冻期延续到第二年4月11日止。观测断面最大冰厚为1.04~1.08 m。

③ 春季解冻流凌期: 自4月12—22日。流凌形式自南向北依次进行, 历时4~7天。

(3) 畅流期

乌苏里江为季节性通航河流, 自南向北各站平均畅流期为206~196天。此外还应适当排除大风大雾日数, 其中大风日数 (大于8级大风日数) 流域内一般4—5月为4天左右, 6—9月不足1天, 10月为1~2天。大雾日数: 南部 (虎头站) 6—10月为2~4天, 其他月份1天左右。北部 (饶河站) 7—9月份6~7天, 其他月份1天左右。多年平均径流量为71.2亿 m^3 , 年内分配极不均衡, 夏季占70%以上。径流补给主要来自暖季降水, 春季融雪。

1.2.2.4 气象

乌苏里江流域年平均气温为 2°C , 月平均气温最低值出现在1月份, 为 -21.6°C , 极端最低气温也出现在1月份, 为 -43.1°C (出现日期是1986年1月23日), 月平均气温最高值出现在7月份, 为 21.1°C , 极端最高气温值也出现在7月份, 为 36.6°C (出现日期是1968年7月22日)。秋温略高于春温。降水分布主要受季风活动影响, 而地形又加剧了东西之间降水差异, 流域内平均年降水量为550 mm, 比西部的嫩江流域多100 mm, 夏季东部地区受东南季风影响较大, 气流中携带水汽较多, 所以降水量较大, 60%以上集中在6—8月, 冬季在中高纬度大陆冷干季风控制下, 降水甚少, 11月至翌年2月降水量仅占全年总量的5%左右。

流域内年平均风速为3.5 m/s, 其中4—5月份平均风速在4.0~4.7 m/s, 10—11月份平

均风速在 3.6~3.9 m/s, 其他月份在 2.9~3.4 m/s。由于地理位置不同, 上下游风向差异较大, 上游(虎林一带)全年盛行西北风, 下游(饶河以北)全年盛行西南风。大于 5 级大风日数最多出现在春季(3—5 月), 一般有 15 天左右; 其次出现在秋季(10—11 月), 一般有 11 天左右, 夏季和冬季则较少。大于 8 级大风日数(≥ 17 m/s), 上游 5 月份最多, 平均在 4.3 天, 10 月至翌年 1 月次之, 为 1.9~2.7 天, 下游 4—5 月份最多, 在 3.7~4.3 天, 3 月、10 月次之为 1 天, 其他月份为 0~0.9 天。流域上游的最大风速多出现在 70 年代, 其中 1979 年 10 月最大风速为 23 m/s; 下游多出现在 80 年代, 其中 1983 年 4 月和 1987 年 5 月都出现了最大风速为 21 m/s 的大风。另外, 风除了月季变化外, 近地面层中还有较明显的日变化, 当气压形势变化不大时, 陆地上近地面层最大风速出现在午后, 黄昏后风速减小, 午夜达最小值, 在一天当中大风开始和终止的时间有较明显的日变化, 一般开始增大到 6 级以上多在午后, 特别是地面在冷高压脊北部控制时, 如果上午平原地区风力在 5 级左右, 到午后可加大到 6~7 级。

雾也随季节和地理位置的不同而不同, 一般夏季雾多, 春季次之, 冬季最少, 据 30 多年资料统计结果表明, 流域内上游 6—8 月出现雾日最多, 为 3.0~3.9 天, 9—10 月为 2.3~2.9 天, 其他月份为 0.6~1.5 天, 年合计 22.8 天, 下游是 7—9 月雾日最多为 5.6~7.5 天, 10—11 月为 1.0~1.5 天, 其他月份为 0.2~0.8 天, 年合计 30.4 天。

1.3 次级流域特征

1.3.1 次级流域划分

以黑龙江省 1:25 万水系图和地貌图为基础, 将黑龙江划分为 9 个小流域, 乌苏里江划分为 5 个小流域。流域划分及流域内水质监测断面详见表 1-1, 流域划分及流域内行政区详见表 1-2 至表 1-9。

表 1-1 各流域及流域内水质监测断面

流域名称	小流域名称	流域内断面
黑龙江流域	黑龙江流域 I	额尔古纳河口内、洛古村、兴安镇
	黑龙江流域 II	开库康镇、呼玛县上
	黑龙江流域 III	沿江村、黑河上、黑河下、高滩村、车陆
	黑龙江流域 IV	上道干、嘉荫县上、名山镇、松花江口上
	黑龙江流域 V	同江东港、抚远上、小河子
	额木尔河流域	额木尔河口内
	呼玛河流域	呼玛河口内
	逊河流域	逊河口内
	松花江流域	同江