防汛水文气象知识

水利部水文水资源监测中心 编著

中国科学技术出版社

(京)新登字175号

内 容 提 要

本书比较全面地介绍了我国七大江河的洪水概况、江河洪水预报方法、中小水库洪水预报方法、分洪行洪河段洪水预报方法、国外水文情报预报发展趋势和我国的降雨规律与预报方法等，对应用计算机进行实时雨情、水情信息接收处理和洪水预报系统，应用遥感技术（雷达和气象卫星）进行降水天气监视和预报等方面也作了扼要介绍。本书可供各级防汛部门和水文系统参考。

Z441/24

防汛水文气象知识

主　　编：　许才华　方勤生
责任编辑：　晓　南
封面设计：　王铁麟

*

中医科学技术出版社出版　（北京海淀区白石桥路32号）
新华书店北京发行所发行　　各地新华书店经售
北京市京东印刷厂印刷

*

开本：850×1168 毫米　1/32　印张：8.375字数：214千字
1993年3月第一版　　1993年3月第一次印刷
印数：1－3000册　　定价：9.00元
ISBN 7-5046-0893-9/X·25

序　言

我国是一个暴雨洪水灾害频繁的国家，防汛任务十分艰巨。为了减轻洪水灾害，人们首先要认识水文气象要素的变化规律，并在此基础上通过周密的分析，作出未来变化趋势的预测。只有认识自然，才能适应和战胜自然。长期的实践经验表明，准确、及时的洪水预报是防洪兴利决策的重要科学依据。因此，准确、及时的洪水预报至关重要。要作出准确、及时的洪水预报，必须及时采集水文、气象各要素的实时信息、并进行适合流域特性和江河具体条件的水文分析计算才能得到。只有根据准确、及时的洪水预报，采取工程措施或非工程措施，才能达到减免灾害的目的。

近几年来，我国的水文、气象部门，在信息采集、数据处理和预报技术等方面均有了较大的进步。为了适应防汛工作的需要，宣传水文、气象在防汛工作中的作用，最近水文水利调度中心组织长期从事防汛工作的水文、气象专家，撰写了防汛工作中水文、气象知识方面的文章，并汇集出版，书名为《防汛水文气象知识》。

《防汛水文气象知识》这本书比较全面地介绍了我国水文气象预报的现状；对我国七大江河的洪水概况、江河洪水预报方法、中小水库洪水预报方法、分洪行洪河段洪水预报方法、国外水文情报预报发展趋势和我国的降雨规律与预报方法等都作了比较系统的介绍；对应用计算机进行实时雨情、水情信息接收处理和洪水预报系统，应用遥感技术（雷达和气象卫星）进行降水天

气监视和预报等方面也作了扼要介绍。本书的出版，将对我国防汛系统的水文气象工作起到一定的促进作用，对各级防汛部门也有较高的参考价值。

王守纲

1992年10月

目　　录

洪水预报是防洪决策的科学依据（代前言）……王厥谋（1）
我国七大江河洪水概况……许才华（8）
常用的洪水预报方法……李纪生（44）
中小型水库洪水预报方法……郭　瑛（91）
分洪行洪河段洪水预报……张福义（127）
实时水情信息处理和洪水预报系统……徐贯午（141）
国外水文情报预报发展概况……张瑞芳（160）
我国降水特性及其成因……方勤生（176）
我国降水预报方法……张福元（211）
遥感技术在降水天气监视预报中的应用……杨　扬（226）

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

洪水预报是防洪决策的科学依据

（代 前 言）

一

国内外的实践经验表明，正确及时的洪水预报是防洪决策的重要科学依据。根据洪水预报可以事先控制水利工程（水库、闸坝）的泄洪、拦洪、削减洪峰、与下游洪水错峰等等，我国已建水库8万多座，总蓄水库容4500亿立方米，合理调度运用这些水库有巨大的防洪兴利效益；根据洪水预报可以事先运用分蓄洪区拦蓄超额洪水，以牺牲局部来保护全局，我国已建主要分蓄洪区86处、分蓄洪量1038亿立方米，是我国目前大江大河防洪的主要措施；根据洪水预报可以事先组织群众逃洪避险，转移财物以保障人民生命财产的安全；根据洪水预报可以事先组织群众防洪抢险，加高加固堤防，防止堤防的溃决和漫溢，我国的江河湖海主要堤防有20万公里，保护着全国二分之一的人口和三分之二的工农业总产值，是我国防洪的主要屏障，保障堤防的安全，事关防洪大局。

国内外的实践经验告诉我们，减免洪水灾害有两类措施，一类称工程措施，是按照人们的要求以修建工程（如水库、闸坝、分蓄洪区和堤防等等）的手段，也可称改造自然的措施；另一种是非工程措施，其中洪水预报是一项非常主要的手段，以力求改变灾害的影响，达到减少灾害损失的目的，也可称之为适应自然的措施。在今后相当长的一段时间内，由于科学技术水平以及财力物力的限制，我们不可能完全驾驭自然，也不可能在所有地方都建造工程，所以在与自然（包括洪水）的斗争中，不仅要研

究改造自然的措施，更应当高度注意研究加强洪水预报等适应自然的措施，这是一项以较小的代价达到减免灾害的主要措施。

在一九九一年，我国江淮、太湖、滁河和松花江发生的大洪水中，从国家防总办公室，流域机构和各地的水情部门，都及时作出了洪水预报，在各级的防洪决策中发挥了很大的作用。如根据洪水预报利用水库工程合理拦蓄了洪水，淮河流域拦蓄洪水38亿立方米，削减洪峰60～90%；滁河流域拦蓄洪水3亿立方米，削峰50～90%；太湖流域拦蓄洪水3亿立方米；松花江上的白山和丰满水库拦蓄了洪水16亿和38亿立方米，削峰81%和73%；这都大大地减轻了下游的防洪压力，并确保水库的安全。在淮河洪水期间，两次运用蒙洼蓄洪区，运用城西湖、城东湖和14个行洪区，都是根据提前1至2天预报的洪水位将要超过分蓄洪水位来决策的，并在分蓄洪前事先转移了群众，没有造成人员伤亡。对松花江洪水，根据上游已出现的雨情和水情，提前10天预报哈尔滨的最大流量为1万～1.1万立方米每秒（实际出现最大流量为10700立方米每秒），黑龙江省立即组织了63万人，在洪水到来前抢做了1500万立方米的土方，加固了堤防，抢护了多处险工险段和清除了河滩内阻水障碍物，为洪水的安全下泄创造了条件。又如7月30日夜，贵州三岔河发生大洪水，向阳水文站职工预报下游的水城电厂和汪家寨煤矿将要受淹，并立即通知了他们，使电厂151户、井下500多名工人及时转移（半小时后洪水淹没了矿井，电厂职工宿舍淹至三楼），避免了一千多人死亡。

二

作为防洪决策依据的洪水预报必须做到两条，一是正确，二是及时（即要有一定预见期）。就拿淮河为例，如果对淮河王家坝站、润河集和正阳关站的水位，流量预报偏小，据此进行决策，错过了在上中游分蓄洪的时机，那么，向下游推进的洪水是拉不回来

的，势必对淮北、洪泽湖、运东等大堤及其保护区内近3000万亩农田与淮南、蚌埠等重要城市、津浦铁路及煤矿、电厂等企业造成严重威胁，难保其安全；相反，假如水位流量预报偏大，不该分蓄洪的而错误地决策进行了分洪，就会造成沿淮200多万亩耕地、100多万人口受淹的不必要损失。黄河、长江保护的范围和分蓄洪区的面积比淮河更大，那么洪水预报的正确性所影响的程度就更大。对于水库的正确合理调度运用和组织对堤防的加固防守等等同样也取决于洪水预报的正确性，不正确的预报将会造成很大的损失，甚至是灾难。洪水预报要充分发挥作用，除了正确以外还要做到及时，即要有足够的预见期，以便有可能事先组织分蓄洪区和可能被淹地区居民和财产的转移，减少损失，有可能提前泄流，有可能事先组织抢险队伍对堤防的加固防守，防止溃决。我国在这方面的经验教训是很深刻的，如有些水库根据不正确的预报事先将水库蓄水泄空，而后期没有来水，严重影响了发电、灌溉；又如1975年8月淮河上游发生大水，造成板桥、石漫滩两座大型水库失事，损失惨重，当时没有能作出正确及时的洪水预报也是造成失事的原因之一，相反就在附近的薄山水库（大型），当时薄山水库水文站提前8小时预报出水库水位将要超过坝顶，根据这个预报，水库防汛指挥部立即组织当地驻军在洪水位超过坝顶前，将大坝加高一米多的子埝，避免了薄山水库的失事，要不然将大大加剧“758”大水的灾害。

目前国内外的洪水预报方法，主要是依据上游已经出现的水文情况和已降落在地面的雨量，采用流域和河道内的流体力学和水量平衡原理，借助土壤、地貌、河网的特征进行产流和汇流演算，计算出下游断面的水位、流量过程（包括洪峰、总量）。因此，在一个流域内只要有一个比较完整的雨量，水文信息收集站网和利用经历史资料验证过的方法（或模型），其计算结果的精度是能够保证的，也比较有把握，因为主要采用了已经降落到地面雨量的时空分布信息，使不确定因素大为减少。按我国“水文预报规

范”规定，一般情况下预报变量的误差在20%以内，其保证率在80%以上的方法才能正式发布预报。洪水预报的预见期是以上游洪水向下游传播时间或由降雨形成洪水过程的滞后时间为依据的。对于大中河流预见期还是比较长的，一般都在1～2天以上，预报松花江哈尔滨站最高水位可在10天以上，长江上游洪水流达中下游一般要2～5天时间。对于小流域或区间的洪水预见期相对小一些，但至少也有5～6小时。在防洪斗争中时间就是生命、能争取多1～2小时，就可以少死人或不死人，大大减轻灾害。

目前洪水预报已成为一门独立的应用学科，在与洪水斗争中，国内外都发展了很多实用的洪水预报方法和模型。1955年在总结我国洪水预报实践经验的基础上出版了第一本《洪水预报方法》专著。随后，结合我国的气候特征和自然地理条件，已研制了很多中国的洪水预报方法和模型，也引进并发展了国外的一些洪水预报模型。全国防汛报汛的雨量，水文站已有8600多处，已建成了一个比较完整的网络，基本上能适应江、河、湖、库开展洪水预报的要求，从中央，流域机构到各省（市、区）、地区，以及重要的水利工程都有水文情报预报的机构和人员，为各级领导指挥防汛斗争作参谋。在历年的防洪斗争中发挥了很大的作用。

我国洪水预报虽然有了很大发展，但在不断提高预报精度和增长预见期方面还有待不断的改进，以适应我国严峻的防洪形势。目前我国水文信息的收集、处理、作业预报的手段还比较落后，费时较多，因而损失了较长的有效预见期。至于如何利用降水的预报来增长洪水预报的预见期问题，国内外都进行了很多尝试，但由于除了要求预报降雨总量正确外，降雨在流域面上的分布和随时间上的分配状况对所形成的洪水过程影响很大，若降雨的位置稍有移动，可能形成在另外一个流域上的洪水；若降雨强度先大后小或先小后大，形成的洪峰就有成倍的差别。目前国内外的短期降水预报技术很难达到这个要求，中长期降雨预报就更

不用说了，尽管如此，短期降水预报还是可以提供洪水未来定性变化发展的趋势，可作为洪水预报和防洪决策的参考，随着短期降水预报精度（包括定量和时空变化）的提高，在增长洪水预报预见期方面将逐渐发挥更大的作用。

三

当前，要提高洪水预报的精度和增长有效预见期的切实可靠的途径，要改进水文信息收集、处理和洪水预报作业的手段，加速发展我国洪水预报自动化系统。这个系统大致可分三个部分组成，一是水文实时信息的采集传输系统；二是水文实时信息的接收处理系统；三是洪水预报和调度计算系统。近十年来，这些系统的建设有了很大的发展，为配合这个系统的发展，水文部门已从美国DEC公司引进了三十九台VAX—11系列计算机，分别安装在水利部、各流域机构和各省（自治区、直辖市）的水文业务部门；还引进不少水文遥测和通讯等设备，研制完成了大量计算机的软件工作。

1．水文实时信息的采集、传输系统：过去我们主要利用邮电系统有线通讯网，不仅时效差，而且大部分农村线路在大风大雨中缺乏保证。目前全国已有30个省(自治区、直辖市)的水利部门和一些流域机构相继建立了防汛报汛的无线电通信网。据初步统计，已建立无线通讯报汛台站5800多个，购置无线电台12000多部。在50多个中小流域已建成和正在建设利用超短波的水文遥测系统（其中有6个流域的设备是从美国、意大利等国引进），并开始了在长江的大宁河、四川的渔子溪建立用GMS卫星和ARGOS卫星以及在汉江上用流星余迹通讯传输水文信息的自动测报试验。还利用全国电力微波通讯网沟通了国家防汛指挥部办公室与主要流域机构和省（自治区、直辖市）防汛部门的水文信息的交换和计算机的联网等。这个系统目前还没有形成完整的网

络，还需要因地制宜地继续发展完善。

2．水文实时信息的接收和处理系统：这个系统由信息接收、处理、储存、检索和信息应用五个子系统组成。这个系统可以使终端用户随时检索到任何流域测站已收到的雨情水情信息及告警信息；可以检索出各流域雨量分布图，水情分布图和各站水位、流量过程线等；可以检索出各种加工后统计分析信息；可以连接大屏幕显示；可以打印出各类需要发送的水情公报和雨量图等等。这个系统于1984年在水利部水文水利调度中心的PDP（VAX)—11系列计算机上正式投产。目前已移植到20多个省（自治区、直辖市）和流域机构的VAX—11系统计算机上应用，这个系统的应用更多地满足了各使用部门的要求。

3．洪水预报和调度计算系统：目前我国已初步建立起一套适合VAX—11系列计算机上使用的洪水预报和调度计算系统，这个系统的特点是：功能齐全，既能进行模型率定，又能进行实时预报，还可以进行实时校正；适应性强，系统中包括了很多预报模型，适合于任何流域、任何地区；自动化程度高，信息（历史或实时）的处理、插补、纠错等，以及预报模型的联接、率定参数与实时预报模型的拼装和联接等，都可以自动完成，不需要人工干预；通用性强，各种模型的输入输出文件格式，资料输入形式以及统计参数等都比较统一，便于模型的比较和改进；运算速度快，它能与实时信息接收和处理系统及调度计算系统联接，在很短的时间内（几分钟或十几分钟）作出预报和调度计算的结果，该系统也已转移到全国20多个单位推广使用。

这个系统将会增加信息的可靠性，在近年的防洪斗争中，往往在大风大雨时有线通讯线路中断的情况下，只有靠无线通讯系统来取得信息，指挥调度，减轻损失。

这个系统将大大增长有效预见期。用过去的人工方法，从信息报出到做出洪水预报往往需要5至6小时，有时甚至要10多个小时，对一些洪水来得快的中小河流根本来不及防范。用这个系

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

统无论是信息的传输还是预报计算，可以大大节省时间。

这个系统还能提高洪水预报的精度。这个系统中包括有多种预报方法，可以快速计算出多种预报结果，加以比较选择。对预报方法中的各种因素可以考虑得更仔细一点，不必作过多的简化，因而可以明显地提高预报的精度，可以大大减少由于预报不够准确而造成的损失。

这个系统能够促进科学地提高防洪决策水平。提供更多的信息（包括实时和与历史洪水比较的信息），较正确的预报成果和多种调度计算方案供防洪指挥部门作为部署防洪的参考，使其更科学地作出正确的决策，以最大程度地减免灾害，减少损失。

这个系统还需要在实践中不断地改进完善，还要不断引进和发展新的技术，要加速发展各级具有不同水平的洪水预报自动化系统的建设。相信这个系统的建成，将在今后防洪减灾中发挥越来越大的作用。

王厥谋

1992年10月

我国七大江河洪水概况

许才华

我国是一个多暴雨的国家，洪涝灾害十分频繁。20世纪以来，我国发生较大的洪水有：1915年珠江特大洪水，1931年长江、淮河特大洪水，1932年松花江特大洪水，1933年黄河大水，1935年长江中游特大洪水，1939年海河大水，1954年长江、淮河特大洪水，1958年黄河大水，1963年海河特大洪水，1975年淮河上游洪汝河、沙颍河特大洪水，1981年长江、黄河上游大水，1991年淮河和太湖大水，等等。这些洪水给我国人民带来极大的灾难。

洪水按其成因又可分为暴雨洪水、融雪洪水、冰川洪水、冰凌洪水等。而危害比较严重的是暴雨洪水，因为暴雨洪水发生的机会多，而且影响的面比较广。

由于我国南北、东西自然地理条件差异很大，各河流的洪水特点也不尽相同，为此，本文按流域来进行介绍。我国较大的河流从北至南有松花江、辽河、海河、黄河、淮河、长江、珠江等七大流域。因松花江和辽河地理条件比较相近，本文将其合在一起进行介绍。另外，因受篇幅的限制，本文主要介绍各流域洪水的一般特性，在此基础上，每个流域又挑选了两场洪水，以进一步阐明洪水的成因，以及其变化的规律。有些河流如海河、珠江等，其河系比较复杂，为了说明洪水的特点，将流域内干支流的组成情况又作了介绍。至于洪涝引起的灾害，本文没有作过多的说明。

一、松花江、辽河洪水概况

东北地区的河流主要有两大流域，即黑龙江流域和辽河流域。黑龙江为边境河流，松花江是它的主要支流。辽河流域的主要河流有西辽河、东辽河、浑河和太子河。在东北地区还有鸭绿江、图们江等边境河流。

松花江干流上游有嫩江和第二松花江，它们在吉林省的三岔河汇合以后称松花江。嫩江源于大兴安岭伊勒呼里山，其右岸的主要支流有甘河、诺敏河、阿伦河、绰尔河、洮儿河等，左岸主要支流有讷漠尔河、乌裕尔河等。第二松花江源于长白山，上游有两支，即头道江与二道江。丰满水库以上大部分为山区河流。第二松花江较大支流有辉发河和饮马河。松花江干流其右岸主要支流有拉林河、蚂蚁河、牡丹江、倭肯河等，左岸主要支流有呼兰河、汤旺河等。松花江干流长939公里。松花江流域面积为54.6万平方公里。松花江流域水系详见图1。

松花江流域洪水多发生在7～8月份，其干流有时可延长到9月份。洪水一般为多峰形，但经河槽调节后，洪水传播至哈尔滨站时，多数洪水演变为近似单峰形。较大支流洪水历时一般为20～30天左右，干流历时在50天左右。如1932年哈尔滨站自7月10日开始起涨，8月12日出现最高水位，直至11月29日才回落到起涨水位，洪水过程历时长达110天。

嫩江干流洪水多由其右岸支流来水形成，因为这些支流位于大兴安岭山脉的东坡，汛期当有降水天气系统到来时，常形成暴雨洪水。1949年以来，嫩江较大的洪水年份有：1953、1956、1957、1969、1988、1989和1991年，其中1969年洪水为实测最大洪水。

第二松花江较大洪水年份有：1951、1953、1957、1960、1964、1982、1986和1991。其中丰满水库以上入库洪峰超过10000立方米每秒的年份有：1951（16000立方米每秒）、1953（19600立方米每

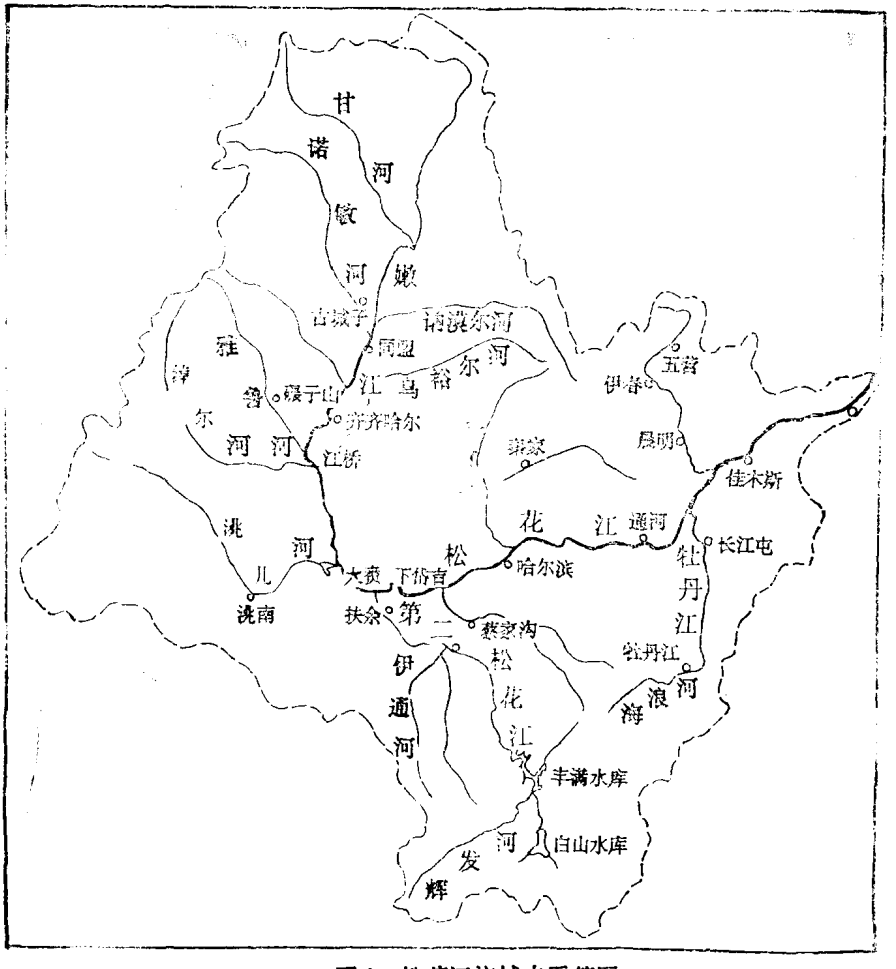

图1　松花江流域水系简图

秒)、1957(18000立方米每秒)、1960(16800立方米每秒)。其中1953年洪水接近百年一遇洪水。

松花江干流哈尔滨站大洪水，多数以嫩江来水为主。如1969年大洪水完全由嫩江大洪水形成；1956、1957、1960年等大洪水，其中嫩江来水一般占一半以上。此外，哈尔滨大洪水多由嫩江、第二松花江和支流拉林河三者的洪峰遭遇而形成的，如1953、1956和

1957年等大洪水。产生这一情况的原因，主要是嫩江流域面积大，河道汇流时间长，致使嫩江下游洪水一般多出现在8月下旬至9月上旬，此外，第二松花江也常于8月中下旬出现台风或南来气旋雨，使丰满水库出现洪水，其加大泄流而产生的洪峰多与嫩江洪峰相遇。支流拉林河上游与丰满水库上游相邻，降水天气系统一般都同时影响到拉林河，因此，二者常同时产生洪水。哈尔滨站自1898年以来，洪峰流量超过10000立方米每秒的洪水有5次，其中最大的一次为1932年，洪峰流量为16200立方米每秒．其次为1957、1956、1934和1991年，洪峰流量分别为12000、11700、10400和10700立方米每秒。

松花江干流下游控制站佳木斯站，其洪峰一般由干流及支流牡丹江、汤旺河、倭肯河的洪水四部分组成，其中受牡丹江影响最大。佳木斯站有实测资料以来的最大洪峰流量出现在1960年，流量为18400立方米每秒。该次洪水，牡丹江的长江屯站洪峰流量为8580立方米每秒。

松花江流域干支流主要控制站实测最大洪水见表1。

辽河发源于河北省七老图山脉之光头山，流经河北、内蒙、吉林、辽宁四省(区)。全流域由两个独立水系组成，一个水系是：其上游为老哈河，接纳支流西拉木伦河后称西辽河并在福德店与东辽河汇合，辽河干流于盘山流入渤海，全长1394公里；另一个水系是浑河、太子河，这两条河流于三岔河汇合后经大辽河于营口入海。辽河流域水系详见图2。

辽河流域洪水均由暴雨产生。形成大暴雨的天气系统主要有台风、高空槽、冷涡和华北气旋等。该流域的降雨多集中在7、8两月，由于暴雨集中，各支流来水一般很凶猛，洪峰陡涨陡落。但洪水汇入到辽河干流后，由于河道淤积，坡降平缓，因此洪水汇流速度也比较慢，加上多次暴雨形成的复式洪峰，干流一些主要控制站，洪水历时有时也可长达30～50天，如1985和1986年辽河干流的大洪水就是这样。

松花江流域实测最大洪水资料

表 1

河名	站名	所属省（市、区）县市	集水面积（平方公里）	实测最高水位（米）	最高水位出现日期（年.月.日）	实测最大流量（秒立米）	最大流量出现日期（年.月.日）
嫩江	嫩江	黑 嫩江	40820	222.06	55.7.7	4540	55.7.7
嫩江	同盟	黑 甘南	108029	170.43	88.8.15	9810	69.8.30
嫩江	齐齐哈尔	齐齐哈尔	120014	148.61	69.9.3	7040	55.7.11
嫩江	江桥	黑 泰来	162569	140.76	69.9.6	10600	69.9.5
嫩江	大赉	吉 大安	221715	130.20	91.8.6	8810	69.9.12
松花江	下岱吉	吉 扶余	363923	100.21	57.8.30	14600	57.8.30
松花江	哈尔滨	黑哈尔滨	389769	120.30	57.9.6	12200	57.9.6
松花江	佳木斯	黑佳木斯	528277	80.63	60.8.27	18400	60.8.27
松花江	宫锦	黑 富锦		61.02	60.8.31	16400	60.8.31
诺敏河	古城子	黑 甘南	25292	206.57	52.8.4	4980	52.8.3
雅鲁河	碾子山	齐齐哈尔	13567	216.80	57.8.7	2570	57.8.7
洮儿河	洮南	吉 洮南	27200	150.43	54.7.2	2230	57.9.2
拉林河	蔡家沟	吉 扶余	18339	155.24	56.8.11	4030	56.8.11
呼兰河	兰西	黑 兰西	27736	129.57	62.8.2	5120	62.8.2
牡丹江	长江屯	黑 依兰	35879	101.60	64.8.22	10200	64.8.22
汤旺河	晨明	黑 伊春	19186	100.32	61.8.9	5280	61.8.9
伊春河	伊春	黑 伊春	2466	98.77	60.8.8	1210	60.8.8
二松花江	吉林	吉 吉林	44060	191.64	53.8.22	7720	53.8.22
二松花江	扶余	吉 扶余	77400	99.15	56.8.1	6750	56.8.1
饮马河	四马架	吉 德惠	7588	156.36	56.7.30	1880	56.7.30

备注：本表内年份一栏只写后面两个数，而前面两个数“19”均省去。以下各表均相同，

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com