
水文预报指南

РУКОВОДСТВО
ПО ГИДРОЛОГИЧЕСКИМ
ПРОГНОЗАМ

苏联水文气象委员会水文气象科学研究中心 编
张瑞芳等 译



中国科学院出版社

水文预报指南

苏联水文气象委员会水文气象科学研究中心 编

张瑞芳 钱学伟 郭大本 译
唐海行 王金銮 荆兆禄

王厥谋 张瑞芳 校

中国水利水电出版社

内 容 提 要

本书由原苏联水文气象委员会水文气象科学研究中心编写。具有水文预报工作者“手册”的性质，侧重于方法的实际应用。全书共分三卷，包括河川、湖泊、水库水文要素长中短期预报及冰情预报。内容丰富、详实，在每种预报方法叙述后均举例说明方法的应用和适用范围，是一本有较高价值的参考书。在每卷后附有各章的详细参考文献目录供查阅。

本书可供从事防汛、水文情报预报工作的技术人员使用，亦可供从事水文专业的大专院校教师及科研工作者参阅。

图书在版编目(CIP)数据

水文预报指南/苏联水文气象委员会水文气象科学研究中心编；张瑞芳等译。
—北京：中国水利水电出版社，1997

ISBN 7-80124-420-6

I. 水… I. ①苏… ②张… III. 水文预报-指南 IV. P338-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 08092 号

书 名	水文预报指南
作 者	苏联水文气象委员会水文气象科学研究中心编 张瑞芳等译
出版、发行 经 售	中国水利水电出版社(北京市三里河路 6 号 100044) 全国各地新华书店
排 版	北京金剑照排厂
印 刷	北京市朝阳区小红门印刷厂
规 格	787×1092 毫米 16 开本 33.75 印张 794 千字
版 次	1998 年 6 月第一版 1998 年 6 月北京第一次印刷
印 数	0001—1300 册
定 价	60.00 元

编 译 说 明

《水文预报指南》由原苏联水文气象委员会水文气象科学研究中心(列宁勋章获得者)于1989年编写出版。该书共分三卷,第一卷写的是春季洪水及雨洪的中长期预报;第二卷是山区及平原河流及湖泊、水库的短期预报;第三卷是冰情预报。书中较全面地总结了半个多世纪以来在原苏联国土上行之有效的预报方法,在这些方法中有简单的经验相关法,也有计算较复杂的数学模型。在介绍了每种方法之后,都举例说明方法的应用,有些方法和数学模型都编有计算机程序,汇集在原苏联水文气象出版社出版的程序库(ОСРАИД)中,并在附件中简要说明程序的编写要点。本《指南》对我国广大的水文工作者,特别是工作在防汛抗旱、水文情报预报第一线的水文预报技术人员将是一本有价值的参考书。书中有些方法也是我国水文预报工作者所熟悉的。

本《指南》主要侧重于应用,对于各种方法的理论基础只作简单的阐述,未作展开,但在每卷后均附有各章的详细参考文献,供读者进一步了解和研究时查阅。

本书的译校工作由7位同志完成:第一卷第一、二章由郭大本译,第三、四章由钱学伟、荆兆禄译,第五~十五章由钱学伟译,全卷由张瑞芳校;第二卷由张瑞芳译,王厥谋校;第三卷第一~四章由唐海行译,第五~八章由王金奎译,全卷由张瑞芳校。俄汉名词、人名、地名对照表由各卷译者摘选,张瑞芳编纂。全书由张瑞芳复校并定稿。

我们自1992年开始作翻译本《指南》的准备工作,并由原水利电力出版社发出征订,经过3年的工作,由于种种原因,迟至今日才完成全书的译校工作,特此向广大读者表示歉意。虽然全体译校者作了努力,但限于水平,难免仍有错误和不妥之处,欢迎批评指正。

译校者

1995年9月

总 目 录

编译说明

第一卷	河川与水库水文要素长期预报	1
第二卷	河川流量及水位短期预报	217
第三卷	河川与水库的冰情预报	381
附 录	495

第一卷

河川与水库水文要素长期预报

钱学伟 郭大本 荆兆禄 译

张瑞芳 校

前 言

自《水文预报指南》第一版出版以来已经过去了 25 年。在此期间，在水文预报的科学研究和实践领域中又获得了进一步的发展。扩大了向国民经济各部门水文预报服务和对危险的水文现象提出预警的范围，在水文过程的数学模型和计算机处理水情信息方面也得到了更快地发展。

本版的《水文预报指南》和第一版一样，由苏联水文气象科学研究中心负责编写。在本《指南》中，编入了近些年来的经验积累和水文预报服务部门在作业预报中获得的最新成就。本《指南》可作为工作在水文预报领域中的水文工作者的实用工具，同时也可作为工作在水文学其他方面的专家，以及水文预报专业的教师和学生的参考书。

本版《指南》由三卷组成：两卷为河流水情要素的预报，另一卷为河流和水库的冰情预报。本《指南》是在主编 E. Г. 波波夫的领导下完成的。

第一卷的内容是平原和山区河流的径流长期预报、水库入流及枯季流量和水位的长期预报。与本《指南》所规定的目标相一致，书中对预报的理论问题和方法依据(基础)的阐述是压缩型的，但是，可以满足实际对方法的理解和进一步对方法的完善所必需的理论知识。在本卷中，对原始观测资料的加工和客观的分析给予了很大的重视，对确定原始特征值误差的评估也给予了注意。

第一~六章及第十四、十五章由 E. Г. 波波夫编写；第二章的 2.5 节由 E. П. 切梅连克编写；第七、八章和第十章由 A. И. 阿法纳西也夫编写；第九、十一章和第十三章由 B. M. 木欣编写；第十二章由 A. И. 阿法纳西也夫和 B. M. 木欣编写。在第一卷的编写过程中 E. С. 兹米也娃对资料的准备作了大量工作。参加资料、实例和图表准备工作的还有：Ю. В. 戈布尔诺夫，B. B. 伊夫多基莫娃，B. И. 莫伊谢也娃和 H. K. 舍米亚基娜。

E. Г. 波波夫为第一卷的总编审。

序 言

水文预报的一般概念为：在一定的预见期内，计算(或预测)水文各要素的值，对各要素值的计算是根据具体自然地理条件下，自然过程的发展规律的物理概念进行的。编制水文预报方法，以及利用这些方法为国民经济各部门提供服务是国家水文服务机构的主要任务之一。

对水文预报需求的主要决定因素是河流水情要素年际之间的巨大变化和国民经济计划工作的要求。由于这些要求的提出，使得原苏联在革命胜利后的很短时间内建立了国家一级的水文预报服务机构，这比最发达的资本主义国家早了几十年。

随着水电站的建设、水利经济和航运、灌溉和供水事业的发展，建立水资源自动化管理等对各种类型水文预报的需求日益增长。由于河流水情规律的特点、水利经济系统的特性，以及预报的目的各不相同，因此决定了水文预报的种类是多样的。具有多年和季径流调节的综合水利经济系统，为了计划经济的需要，要求提供水文规律的长期(洪枯水期、季和月)数值预报。灌溉和水运也需要这样的预报。对于危险的水文现象提前发布警告和建议，以便采取必要的措施，对保护人民生命财产、将损失减小到最低限度同样具有重要的意义。

水文规律的特点及其要素的变化规律与流域范围内的气候和天气条件有着直接的关系。因此，与以实验室实验为基础的物理、化学等学科不同，水文学的主要依据是野外的水文气象直接观测资料。由于自然现象的复杂性、分布的不均匀性以及自然地理条件的多样性，使得这种观测资料带有很大的局限性，因此，虽然就整体来说，具有正确的、关于水文过程的物理概念，但目前对水文学来说还给出完整的数学描述，从而得不到很高的计算精度。

在一定时间范围内的主要气象要素(降水、气温)的变化带有随机性，因此，与其有紧密关系的水文要素，也不可避免地带有随机性。这种特性也反映在水文预报的方法和可能性方面。因此，预报要素的概率性具有重要的作用。

所有决定河川径流变量的因素，在时间上的分布及其他河流及湖泊的水文要素，从预报的可能性方面讲可以分为两大类：

(1) 在发布预报时已经确定了的已知要素(初始条件)及流域条件，根据水文气象观测资料，以一定的精度对上述的要素和条件进行计算和估算；

(2) 在预见期内可能产生巨大影响的未知(未来)的气象要素，这些要素会给预报要素带来一些不确定性。

由此可知，河川径流和其他水文要素长期预报的现实(实际)可能性在不同的气候条件下有很大的区别，而最终决定于预见期内气象条件对径流的影响程度。在发布预报时刻未知因素影响愈小，其不确定性愈小，水文预报的可能性愈大，或者反之。

从原则上讲，对于那些河流的主要补给水源为冷季积蓄在流域中的积雪的地带，洪水期(或枯水期)的长期预报条件较好。特别是对于自然地理带的高山流域，那里的积雪融化

可以延续几个月，而在此期间降雨对径流形成的影响相对不大，在这种条件下，径流预报的预见期可长达6~12个月。对于以融雪水补给为主的平原河流，融雪径流的长期预报的预见期视流域面积的大小，可达2~4个月。但是，即使在这种条件下，像径流在时间上的分布，最大流量和最高水位等洪水要素的长期预报的可行性，也受到预见期内气象条件对这些要素影响的制约。

在季风带和亚热带气候区，那里的河流主要由降雨补给，洪水及其他要素的长期预报在目前的气象预报水平下，其可能性是非常有限的。

未来天气条件的影响绝不是决定河川径流和河流、湖泊其他要素长期预报可能性的唯一因素。由于这些预报方法的经验特点及其实现的可能性，最终还决定于水文气象观测资料的拥有、数量、质量和观测系列的长短。

在编制径流预报方法时，流域的自然地理和地貌特点具有重要的意义，这些特点在很大程度上决定了实际预报方法的地区性特点。观测资料的局限性，使得预报任务的完成遇到困难，也增加了其不确定性。因此，在解决水文预报问题时采用两种概念——预报方法和具体预报方案。

所谓预报方法是指解决预报任务的一般方法，它是基于研究对象或者水文要素过程的物理特性。例如，用于洪水(枯水)期预报的水量平衡方法或者统计方法，与预报方法的概念不同，具体预报方案或方式理解为对于具体水体和地区根据某一方法编制的计算作业方法(公式、图表、算法或计算程序)。

苏联大部分河流的特点是存在着径流的年循环周期，即洪水期和枯水(低水)期。洪水期一般是由于冬季积蓄在流域中的积雪融化形成，一般发生在春-夏季。枯水期一般发生在夏秋和冬季，河流的补给来源主要是地下水和少量的雨水。也有以降雨为主要补给水源的河流。例如，远东地区的河流，它们的洪水期主要是由夏季的季风雨形成。

建设水库以调节径流是有效利用水资源和发展水电的最根本的方法。但是，由于径流的年际和年内变化大，因此需要进行水文预报。无调节河流的水文预报也很重要。

当代最主要的长期水文预报项目有：

- 大型水库和电站的洪、枯水期、季、月入库水量预报；
- 灌溉地区山区河流作物生长季(4~9月)及更短期(月、旬)的径流预报；
- 洪水期最大流量和最高水位的预报；
- 通航河流月平均及最低水位的预报；
- 枯季径流预报。

上述预报项目的依据是：

(1) 水量平衡的物理—统计方法，主要是根据流域中融雪—降雨形成规律而编制的方法；

(2) 统计方法，包括最简单的相关和比较复杂的在一定的时间内给出水文要素的概率预报。

水文过程的特点要求在编制和评价具体的实际预报方法时，不仅要论证数学统计和概率理论的正确性，而且要使用这些方法，以及用概率方法表达预报变量本身。在长期水文预报中，偶然现象的作用与预报的预见期有直接的关系。检验预报误差的统计分析表明，偶

然现象的影响对实际预报的可能性起着决定性的作用。预报误差及其概率分布是确定最大可能预见期(超出这一预见期, 预报值就没有什么意义了)的决定性因素。

因此原则上讲, 预报本身不可能是预测变量的单一值, 而是应以概率形式表示, 即应该指出不同误差值的概率, 从而得出水文预报方法和具体工作方法有效性的评价原则。

一般地说, 长期预报方法只有在以下情况下才是有效的, 即预报误差值大大低于预报变量对其平均值或其他定常值的偏差, 否则预报就失去了实际意义。因为用户每次都可预报变量的平均值或其他(更方便的)定常值了。

水文预报的概率表达形式, 或者确定预报误差概率的方法的可靠性, 在国民经济, 特别是经济计划对长期水文预报的应用实际中起着重要的作用。关于预报本身的表达形式, 可以用两种概率形式表示:

(1) 以置信区间表达, 在此区间内, 包含了预测变量期望值的给定概率;

(2) 以高于预测变量不同值概率的累积分布形式表示, 或者是通常讲的变量期望值的保证率。

这样, 预报值的正确表达形式在于在每一个具体情况下, 找出其误差的分布函数。这个任务在许多情况下并不简单。这些问题的详细说明刊在预报服务规范中。

关于水文预报问题的文献出版了很多, 其中包括高等院校和中等专科学校的教科书。《水文预报指南》的目的是系统化, 通俗易懂地叙述各种形式预报方法的经验。本卷主要是讲述河川径流及其他要素的长期预报方法, 可作为水文预报服务机构中的实际工作人员的工具书及参考资料。

目 录

前 言
序 言

第一部分 平原河流春季径流的长期预报

第一章 平原河流春季径流的影响因素及其规律性	13
1.1 春季洪水及其要素	13
1.2 春季径流的一般规律及其影响因素	14
1.3 融雪及雨水的下渗及损失	15
1.3.1 地表层蓄水容量的不均匀性及其在径流形成中的作用	16
1.3.2 冻土层的下渗	17
1.4 蓄水量及径流的积分方程	20
1.4.1 蓄水容量模型	20
1.4.2 下渗—蓄水容量模型	21
1.4.3 流域蓄水能力的间接特性指标	23
1.5 春季洪水形成的规律和主要影响因素	23
1.5.1 春季洪水形成的主要因素	23
1.5.2 春季洪水形成的线性模型	24
第二章 春季洪水预报方法的资料来源及其处理	27
2.1 资料的种类及来源	27
2.2 洪水要素及春季径流分量的确定	27
2.3 水库及湖泊入流的确定	30
2.3.1 根据补给水库的河川径流资料确定入流量	31
2.3.2 用水量平衡法确定入库水量	32
2.4 春季洪水水量的确定方法	35
2.4.1 积雪及薄冰中含水量的确定	35
2.4.2 积雪的分布及其融化开始和消失日期的确定	39
2.5 积雪特征值的合理性分析	42
2.5.1 资料的计算机处理及运用	42
2.5.2 观测资料的合理性分析	43
2.5.3 绘制等值线图时积雪特征值的合理性分析	50
2.5.4 春季洪水长期预报中积雪特征值的合理性分析	53
2.6 春季洪水期降雨量的确定	58

2.7	冻土深及其特征值的确定	59
2.8	土壤湿度及其测量及流域蓄水能力指标的确定	61
2.8.1	土壤湿度的测量及其蓄水容量的确定	61
2.8.2	流域蓄水容量指标的确定	64
第三章	平原河流春季径流长期预报方法的依据	70
3.1	作业预报的一般特点	70
3.1.1	水量平衡计算	71
3.1.2	物理—统计方法	72
3.1.3	统计方法	73
3.2	各种自然地理条件下编制春季径流预报方法的共性和特性	73
3.3	参数的确定及水量平衡关系的建立	78
3.4	大河流域春季径流预报方法编制的特点	84
3.5	春季径流区域性通用水量平衡关系的推求	85
3.6	大河流域第二季度入库水量的预报方法	87
3.7	不同自然地理带春季径流预报方法举例	88
3.7.1	西西伯利亚的过湿润带及永久冻土带的河流	88
3.7.2	北哈萨克斯坦草原及干旱草原带的河流	91
3.7.3	苏联欧洲部分草原及森林草原带的河流	93
3.7.4	苏联欧洲部分森林带的河流	95
3.8	春季径流及入库水量预报的修正	97
3.8.1	根据河网蓄水量修正春季径流预报	98
3.8.2	根据小河径流资料修正春季径流预报	100
第四章	春季洪水最大流量(最高水位)及其特征值的长期预报方法	102
4.1	预报的基本前提及方法基础	102
4.2	根据径流期望值或者其决定因素的资料预报春季洪水的最大流量和最高水位	103
4.2.1	春汛期最大流量(最高水位)与径流量的关系	103
4.2.2	春汛期最大流量(最高水位)与决定径流量的各因素之间的关系	106
4.3	湖泊最高水位的预报	107
4.4	春季洪水开始日期及最大流量(最高水位)的预报	109
第五章	长期预报中春季径流过程的近似计算	111
5.1	单位线及其定义	111
5.2	单位线的转换	114
5.3	估算春季径流过程的近似方法	117
5.3.1	利用统计特征值估算	117
5.3.2	利用典型单位线估算径流分配	118
5.3.3	根据小河流流量资料对径流深预估值及其分配的修正	118
第六章	春汛退水期的流量(水位)预报	120

6.1 概述	120
6.2 根据典型单位线预报春洪退水	120
6.3 根据最大流量及河网蓄水量资料预报春洪退水	122
6.4 春洪期月平均流量的预报	123

第二部分 山区河流径流预报

第七章 不同气候条件下山区河流的水情特点	125
7.1 山区河流水情概述	125
7.2 雪的积蓄与消失的高程分带	126
7.3 地下水补给的特性	126
第八章 山区河流春—夏季径流形成的基本因素及其组成	128
8.1 不变因素	128
8.1.1 流域面积	128
8.1.2 山区地带的一般结构和山脉的位置	128
8.1.3 流域面积沿高程带的分布	129
8.1.4 不同坡向的坡度分布	129
8.1.5 植被	129
8.1.6 岩层和土壤	130
8.2 春—夏季径流的可变因素	131
8.3 河流春—夏季径流的组成	131
8.3.1 融水径流	131
8.3.2 冰川径流	132
8.3.3 降雨径流	133
8.3.4 地下径流	133
8.4 多年冻土带的冰椎径流	135
第九章 山区河流长期径流预报的种类及方法基础	139
9.1 预报种类	139
9.2 预报的方法基础	140
第十章 山区河流预报方法研制中自然地理特性的确定	145
10.1 高程曲线	145
10.2 河网密度	146
10.3 地形切割	146
10.4 气温	146
10.4.1 山区气温的特性	146
10.4.2 气温垂直梯度的确定	147
10.4.3 零等温线高程的确定	149
10.5 降水与积雪	149
10.5.1 降水量观测	149

10.5.2	降雪测量	149
10.5.3	山区观测站网的密度	150
10.6	山区流域积雪量的计算	151
10.6.1	积雪量观测站点的选择	151
10.6.2	有高程带资料时流域积雪量的估算	152
10.6.3	短缺资料地区流域积雪量指标的估算	152
10.7	雪线高程的确定	158
10.7.1	基本前提	158
10.7.2	根据积雪大量消融期的气温值确定雪线高程	159
10.7.3	根据融雪径流和气温资料确定雪线高程	160
第十一章	畅流期径流及其过程预报	161
11.1	利用多元相关预报春—夏季径流时自变量的选择	161
11.2	根据积雪蓄水量预报畅流期径流	164
11.3	根据降水量预报畅流期径流	165
11.4	解冻及春季降雨对畅流期径流预报的影响	167
11.5	无降水和积雪观测资料情况下畅流期的径流预报	168
11.6	大面积冰川覆盖流域的径流预报	168
11.7	畅流期径流过程的预报	169
第十二章	山区河流月、季径流预报	171
12.1	一般前提	171
12.2	引水对编制山区河流径流预报方案的影响	172
12.3	4月份径流预报	173
12.4	5月份径流预报	174
12.5	6月份径流预报	176
12.6	7、8月份径流预报	178
12.7	9月份径流预报	179
12.8	季径流预报	180
12.9	山区河川径流预报中卫星资料的应用	182
第十三章	山区河流融解径流数学模型及其在径流长期预报中的应用	184
13.1	概述	184
13.2	以卡拉达里亚河为例编制径流连续预报方案	185

第三部分 枯季河流径流和水库来水量的长期预报

第十四章	平原和山区河流枯季径流规律及要素	191
14.1	枯季径流的补给来源及组成	191
14.2	不同自然地理区枯季径流情势的特性	192
14.3	枯季流域蓄水量的消退	193
14.3.1	枯季径流组成的确定	193

14.3.2 退水方程及其参数的确定	195
14.4 河槽蓄水量——后续径流的特征值	196
第十五章 枯季径流及水位长期预报的类型及方法	198
15.1 有效可利用来水量及其确定	198
15.2 预报的基本原理及其可能性	199
15.3 枯季径流预报及其分配	200
15.4 根据前期流量资料预报月径流	202
15.5 根据河网蓄水量和降水量预报径流	203
15.6 月平均和月最低水位的预报	206
参考文献	208

