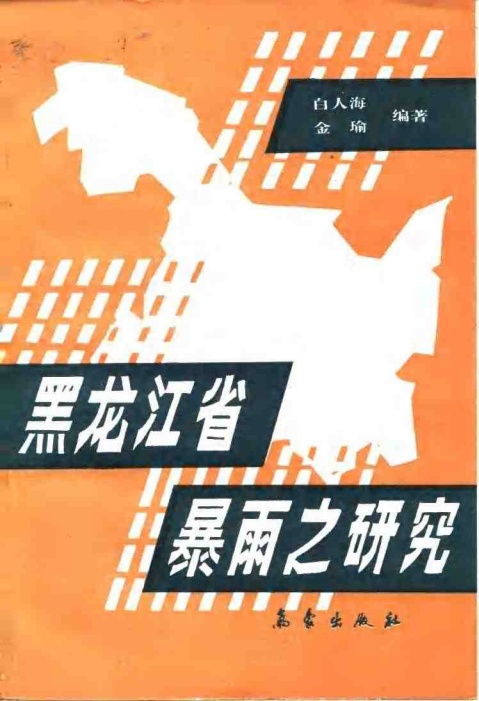




白人海 编著
金 瑜

黑龙江省

暴雨之研究

气象出版社

黑龙江省暴雨之研究

白人海 金 瑜 编著

气象出版社

(京)新登字046号

内 容 简 介

本书全面地介绍了黑龙江省暴雨分析和预报的研究成果。全书观点鲜明、内容丰富,理论与实践密切结合,突出反映了我国东北地区最北省份暴雨的天气、气候和动力特征以及各种预报方法的应用。丰富了对我国暴雨的全面认识。

本书可供气象、水文专业的科研人员、业务工作者和大专院校有关专业师生学习参考。

黑龙江省暴雨之研究

白人海 金 瑜 编著

责任编辑 李如彬

高 等 出 版 社 出 版

(北京西郊白石桥路46号)

新华书店总店科技发行所发行

全国各地新华书店经销

北京顺义燕华印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/32 印张: 7.125 字数: 157千字

1992年4月第一版 1992年4月第一次印刷

印数: 1—500 定价: 5.50元

ISBN 7-5029-0772-6/P·0406

序

暴雨是我国灾害性天气中的重要问题，在我国绝大部分地区均可出现。过去在一些人的心目中，暴雨似乎只有在南方会造成较大的影响，对北方暴雨的认识显然不足。“75.8”暴雨以后，北方暴雨的严重性引起了党和国家的关注，激发了气象工作者的积极性。黑龙江省地处我国东北部最高纬度地区，那里的暴雨对很多人来说比较陌生。黑龙江省夏季降水量虽远不如南方大，但由于暴雨的年际变化大，突发性强，加上河网和水利条件差等缘故，暴雨一旦出现，所造成的灾害也是相当严重的。如1932和1957年暴雨频频，松花江河水猛涨，灾情严重。

正因为如此，黑龙江省科学技术委员会将暴雨的研究列为省重点科研项目。在北方暴雨科研和预报的基础上，黑龙江省的气象工作者结合本省的经验进行了大量的研究工作。本书就是他们工作的总结。

这是第一本有关黑龙江省暴雨比较全面和系统的研究成果。内容包括了暴雨气候特征和天气系统、产生暴雨的宏观物理条件及其诊断分析方法、中期过程分析和预报以及短期预报方法等。本书的观点比较鲜明，北方暴雨分析和预报的基本观点都有涉及；内容比较全面，目前我国省级气象部门常用的分析和预报方法都有所介绍。更重要的是本书突出了地方特色，反映了我国最北省份暴雨的天气、气候和动力特征，丰富了对我国暴雨的认识。

这本书是地方科研和业务的结晶，在理论联系实际方面

做了大量的工作，这也是对暴雨理论的一种深化。希望有更多的同志能够总结这方面的成果，以推动我国暴雨分析和预报的进展。

暴雨是一种极为复杂的天气过程，其形成的原因至今仍有不少问题尚待深入研究，预报手段也需进一步完善。希望在黑龙江省工作的同志再接再厉，取得更大的成绩。

谢之明
(1991.3.22)

前 言

暴雨是指短时间内出现大量降水的天气现象，它是黑龙江省夏季常见的一种灾害性天气。根据黑龙江省的天气状况和实际需要，24小时的累计降水量达到或超过50并小于100毫米为暴雨、达到或超过100毫米为大暴雨的标准是适宜的。

暴雨具有年际变化大、突发性强、强度高和落区多变的特点。因此，它所造成的灾害往往要比其它某些灾害性天气更突然、更严重。黑龙江省暴雨的出现轻则形成内涝，重则江河决口，洪水泛滥，淹没农田、城镇和村庄，冲毁公路、铁路和桥樑。一旦有暴雨发生，便会给工农业生产和人民生命财产安全带来严重威胁和巨大损失。

历史上，黑龙江省曾出现过多次暴雨成灾、洪水泛滥的重大事件。1932年松花江由于暴雨成灾而泛滥，旧中国的哈尔滨一片汪洋，街上能够行船。1957年松花江的洪水再次泛滥，直接威胁哈尔滨市，经几十万军民昼夜连续奋战，终于保住了这座美丽的城市。1985年8月上、中旬先后有4个台风相继影响黑龙江省，造成连续的大面积大雨或暴雨，使松花江、呼兰河、拉林河、汤旺河等主要江河河水猛涨，发生大范围的险情。

正因为如此，暴雨的预测和预防是黑龙江省各级人民政府和各部门最关心的一种自然灾害，暴雨的预报和监测也一直是全省气象工作者最关心的问题。

近年，黑龙江省科学技术委员会将暴雨的分析和预报方法的研究列为省级重点科学研究项目，并拨款予以资助。目

的是希望通过这项研究能够弄清暴雨发生的天气气候规律，对暴雨形成的物理机制能有清晰的认识，提出确实可能的预报方法，以增强对暴雨灾害的预测和抵抗能力。

经过几年的努力，我们对黑龙江省的暴雨，从气候特点、大尺度环流背景和影响天气系统、宏观物理条件及其诊断、能量分析、中低纬系统相互作用、中期过程、雷达和卫星资料的应用、预报方法等多方面进行了分析和研制。做了大量的工作，取得了一大批可喜的成果，并在实际预报和服务中取得了较好的社会效益和经济效益。基本上达到了预期的要求，也使暴雨的研究和预报业务出现了新的局面。但是，暴雨必竟是一个很复杂的问题，涉及的内容相当广泛，不少难点都尚未完满解决。这只有靠气象战线上工作的同志进行不懈的努力和探索，以求有新的突破。

1990年7月，黑龙江省气象局组织了“暴雨分析和预报方法的研究”课题的鉴定。由中国科学院学部委员、北京大学教授谢义炳先生，北京大学教授张镔，中央气象台高级工程师（正研级）李小泉，国家气象局气象科学院研究员丁一汇，中国北方暴雨科研协作组组长、河北省气象局高级工程师（正研级）游景炎，黑龙江省气象局高级工程师王锦贵、副研究员许致远，黑龙江省气象台高级工程师朱惠斌、王铭如等9位专家审查了本课题的研究成果，并作出了鉴定。认为本课题的研究已经达到计划方案所要求的指标；课题研究比较全面、系统地揭示了中国东部最高纬度地区的暴雨天气气候特征，具有地方特色；采用的方法具有先进性，工作量较大，技术难度较高；不仅基本弄清楚了黑龙江省暴雨发生发展的规律，为暴雨预报业务提供了重要的观点和方法，具有实用意义，而且填补了我国东亚最高纬度地区暴雨研究的

空白，具有重要的学术价值。研究的水平已经达到国内先进水平，部分工作可达到国内同级领先水平。专家们还对课题研究的缺陷和今后努力的方向提出了宝贵的意见。

为了能够反映近年来黑龙江省在暴雨科研和业务工作方面的进展，以便推广科研成果和广泛的交流，我们编写了本书，希望它能够成为暴雨科研和业务工作的进步起点作用。本书的内容包括两方面，一是近年暴雨课题的成果，二是全省有关暴雨科研和业务技术经验。为更全面地反映全省的情况，书末附录选编了黑龙江省的暴雨论文和技术总结的文摘。本书的第一、四、五、六、七、八、九部分是由白人海负责编写的，第二、三、十部分是由金瑜负责编写的，李黄参加了第九部分的编写，张晰莹参加了第七部分的编写。附录是胡传弟负责编选的。

在课题研究和本书编写的过程中，始终得到省气象局各级领导，特别是王锦贵局长的热情关怀与帮助，也得到了省气象科学研究所和省气象台领导的大力支持与帮助。在课题进展过程中还得到张镔、蒋尚城、林本达、陶祖钰老师的帮助。谢安和陶祖钰老师进行了详细的审阅，逐一提出了修改意见。特别使我们感动的是谢义炳先生在百忙之中对本书进行了审阅。对于这些我们表示衷心的感谢！同时，我们还得到省内外许多同行的大力支持和帮助，虽不能一一列出，也在此向他们一并表示衷心的感谢！

编 者 1990. 10.

目 录

序

前言

一、暴雨的气候特征	(1)
(一) 暴雨的极值	(2)
(二) 暴雨的年际变化	(3)
(三) 暴雨的季节变化及原因	(4)
(四) 暴雨的地理分布	(7)
二、暴雨发生的大尺度环流形势	(9)
(一) 大尺度环流背景	(9)
(二) 暴雨的基本流型	(16)
三、暴雨的天气和次天气尺度系统	(20)
(一) 区域性暴雨与影响系统的统计	(20)
(二) 区域性暴雨的环流形势特征	(21)
(三) 区域性暴雨的地面影响系统	(27)
四、宏观物理条件及其诊断	(37)
(一) 物理诊断	(37)
(二) 水汽条件	(41)
(三) 上升运动	(48)
(四) 温湿和稳定度条件	(58)
五、暴雨的能量分析	(61)
(一) 暴雨的静力能量分析	(61)
(二) 盛夏暴雨过程的湿有效能量分析	(69)
(三) 熵原理的应用	(73)
六、中低纬相互作用与台风	(82)
(一) 中低纬相互作用	(83)
(二) 相互作用的纽带——低空急流	(93)

(三) 台风及其对暴雨的作用	(97)
七、卫星云图与雷达资料的应用	(105)
(一) 卫星云图在暴雨分析和预报中的应用	(105)
(二) 雷达资料在强对流天气分析和暴雨临 近预报中的应用	(117)
八、地形作用的中尺度分析	(121)
(一) 一层中尺度地形模式	(121)
(二) 定常地形辐合带	(124)
(三) 地形辐合作用的实例	(127)
(四) 坡向与坡度对降水的增减作用	(133)
九、暴雨的中期分析与预报	(136)
(一) 暴雨中期预报的基本思路	(136)
(二) 暴雨中期过程的天气学分型	(137)
(三) 暴雨中期过程的环流背景与超长波、长波活动	(142)
(四) 暴雨中期过程的物理量谱分析	(148)
(五) 台风暴雨的中期谐波分析和预报	(154)
十、暴雨预报方法	(159)
(一) 天气图预报方法	(159)
(二) 数值预报产品在暴雨预报中的应用	(162)
(三) 暴雨预报的专家系统	(167)
参考文献	(174)
附录、黑龙江省暴雨文摘	(176)

一、暴雨的气候特征

黑龙江省位于东亚的中高纬度地区，是我国纬度最高的省份。年降水量在400到650毫米之间，65%集中在夏季三个月（6—8月）里。夏季降水的地理分布有明显的东西向差异，中部多于东西两侧，最大值出现在128°E附近（图1.1）。

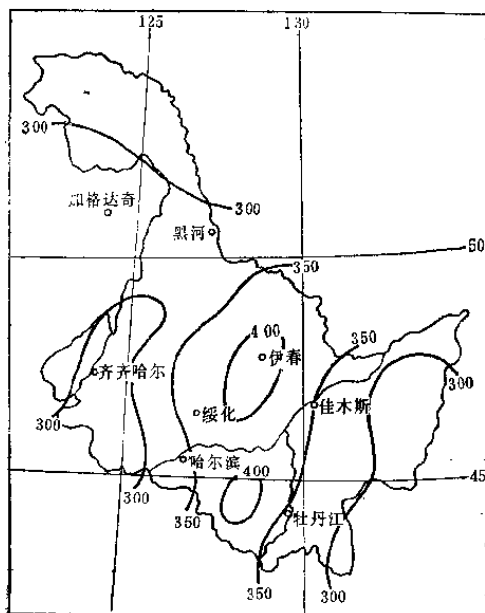


图1.1 黑龙江省夏季降水的分布（单位：毫米）

盛夏时节由于副热带高压活动的加强，冷暖空气在黑龙江省境内交绥可造成暴雨的发生。

这一部分利用黑龙江省81个气象站的降水资料（年限一般是从50年代初开始到1985年止），对黑龙江省的暴雨气候特征进行了分析。

（一）暴雨的极值

表1.1中列出了东北三省和内蒙古东三盟的1日、1小时、10分钟三个时段的降水极值。可以看出黑龙江省的1日降水极值与吉林省几乎相同，与辽宁省相差较大。与中国的日降水极值（1672毫米，1967年10月17日出现在台湾省新寮）相比，相差甚远。黑龙江省1小时降水极值居东北地区之首，与中国1小时降水极值（198.5毫米，1975年8月7日出现在河南省林庄）相差并不多。10分钟降水极值在东北地区居中，与辽宁省比较接近。

表 1.1 东北地区各省和内蒙古东三盟的暴雨极值

（单位：毫米）

省（自 治区）名	1 日			1 小 时			10分钟		
	降水量	地 点	日 期	降水量	地 点	日 期	降水量	地 点	日 期
黑 龙 江	177.9	克 山	57.7.15	150.0	克山	57.7.15	41.6	杜尔伯特	73.8.10
吉 林	176.2	三岔河	66.7.29	86.3	四平	57.8.16	32.8	镇 来	62.7.25
辽 宁	331.7	熊 岳	75.7.31	109.4	大洼	57.8.4	47.6	沈 阳	56.8.23
内 蒙 古	212.0	蘑菇气	61.7.28	87.7	通辽	78.8.15	35.0	巴彦胡硕	64.7.26

由此可见，黑龙江省的暴雨极值与东北其它地区相比是

差不多的。虽然日降水量极值与全国的极值相比是小巫见大巫，但短时间（1小时）的降水极值并不比全国的差多少。因此，对黑龙江省暴雨的突发性特点要引起足够的重视。

（二）暴雨的年际变化

黑龙江省的暴雨由于各年的环流背景变化较大而有较大的年际变化。

用哈尔滨、齐齐哈尔、牡丹江、佳木斯和嫩江等5个站的历年暴雨日数合计代表全省历年的暴雨日数（表1.2），由此计算出黑龙江省暴雨日数的均方差为1.9。最多的1981年出现8个暴雨日，1952、1960、1985年各出现6个暴雨日，最少的1955、1970、1973年没有出现暴雨日。从表中还可以看出历年暴雨日数的变化有明显的阶段性。在50年代和60年代暴雨出现的机会较多，进入70年代明显减少，到80年代又开始剧增，到1985年止的6年中已有22个暴雨日。这6年的平均值（3.7）已大大超过1951—1980年这30年的平均值（2.6）。

表 1.2 黑龙江省历年的暴雨日数

年份	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964
日数	3	6	2	4	0	4	5	1	2	6	5	1	2	2
年份	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978
日数	5	2	3	3	4	0	2	1	0	4	1	1	1	3
年份	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	平均						
日数	2	2	8	3	1	2	6	2.8						

(三) 暴雨的季节变化及原因

黑龙江省的暴雨有明显的季节变化。最早出现在4月下旬(52.2毫米, 1966年4月22日, 巴彦), 最晚出现在10月下旬(55.5毫米, 1980年10月26日, 鸡东)。除冬季外, 春、夏、秋三季都可能有暴雨出现。但是暴雨有明显的季节变化, 这种季节特征是东亚大气环流的季节变化引起的。

在黑龙江省的东部选取抚远、佳木斯和鸡西站, 中部选取嘉荫、铁力和哈尔滨站, 西部选取漠河、呼玛、嫩江和齐齐哈尔站共10个站点, 利用这10个站的降水资料来分析暴雨的季节变化。这10个站各旬出现的暴雨日数(1958—1980年)列在表1.3中, 共有暴雨日139个。暴雨日出现的时间比较集中, 主要集中在7—8月, 这段时间共有116个暴雨日, 占总数的83.5%。进入7月时暴雨日有突增的变化, 一过8月又有突减的变化。暴雨发生最多是在7月下旬和8月上旬, 这两旬中出现的暴雨日几乎比相邻的旬大一倍。这个结果与北方暴雨集中在“七下八上”的普遍规律相一致。

表 1.3 夏半年各旬暴雨日出现次数

月	5			6			7			8			9			10		
旬	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
暴雨日数	0	0	1	0	4	4	17	17	33	21	14	14	5	7	1	1	0	0

黑龙江省暴雨的季节变化是由于东亚大气环流的季节变化造成的。众所周知, 在我国东部地区, 从晚春到盛夏, 主要雨带位置是随季节向北移动的。根据我国东部地区1951—1970年5—8月的月 and 旬平均降水资料, 从南到北计算广州、

赣州、南昌、蚌埠、济南、北京、大连、沈阳、长春、哈尔滨、伊春、呼玛、漠河等13个站的逐旬平均雨量与5—7月平均雨量之比（旬平均雨量/5—7月平均雨量），将计算结果绘成时间剖面图（图1.2）。图中百分比值较大的地区即为降水最集中的雨带。从图可以看出，雨带从5月开始逐渐向北移动，当主要雨带进入华北区时，东北区几乎是和华北区同时出现降水集中期，并不是再依南北位置而有先后之别。因此7月中旬以后，最多降水地带移至黄河以北是包括东北区在内的，这时黑龙江省的降水增加，暴雨频频出现。8月中旬以后降水逐渐减少，暴雨也减少了。

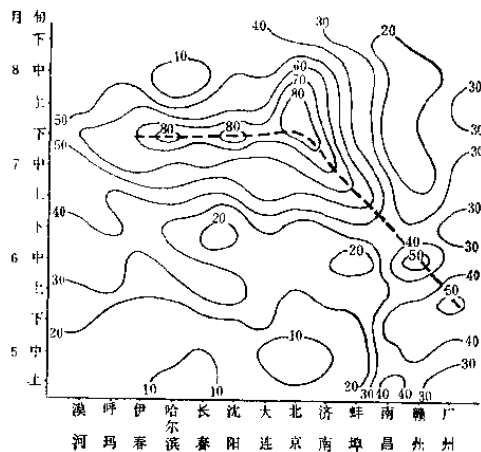


图1.2 我国东部地区主要雨带随季节的南北变化

上述我国东部地区主要雨带的季节变化是与东亚地区的环流季节变化相联系的，主要是与西太平洋副热带高压的位

置和强度的季节变化有关。图1.3是500百帕高度上 120°E 西风分量的经向剖面时间变化图和哈尔滨各旬平均降水的变化曲线。初夏（6月中旬到下旬）时，西太平洋副热带高压第一次北跳，脊线（图1.3中的东西风分界线即风速零线）位于 $20^{\circ}\text{--}25^{\circ}\text{N}$ ，北界可达 33°N 。与此同时，西风轴也相应移到

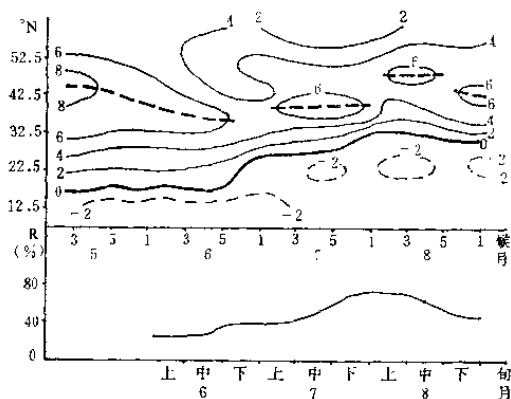


图1.3 哈尔滨降水的季节变化（下）与西太平洋副热带高压脊线（粗实线）及西风轴（粗虚线）的季节变化之间的关系

40°N 附近，影响黑龙江省的暖湿空气增强，雨量增多，进入汛期，暴雨机会开始增加。7月下旬，西太平洋副热带高压再次北跳，脊线位于 $25^{\circ}\text{--}30^{\circ}\text{N}$ 附近，北界可达 35°N 以北，暖湿空气活动达到最强盛时期。西风轴也再次北移到 45°N 附近。黑龙江省的降水出现全年的最高峰，也是暴雨最集中的时期。其后，进入8月下旬由于西太平洋副热带高压开始南撤，西风轴也相应南移。黑龙江省退出汛期，暴雨的出现机会也就较

少了。

也正是由于历年东亚地区的环流状况及其季节变化存在着很大的差异，所以造成黑龙江省的暴雨有较大的年际变化和集中期的变化。

(四) 暴雨的地理分布

图1.4给出了黑龙江省暴雨日的地理分布。根据图上标注

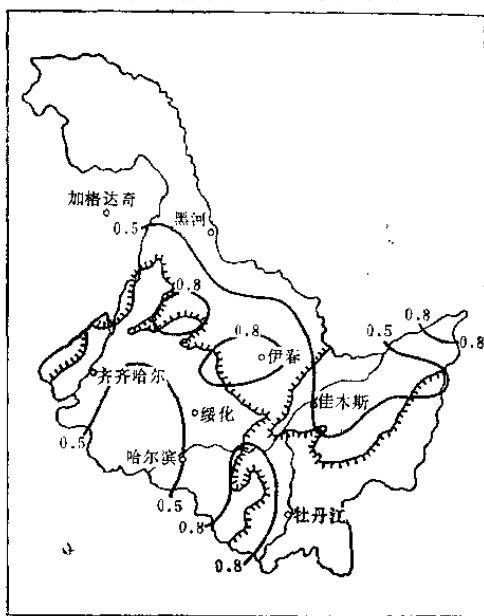


图1.4 黑龙江省年平均暴雨日的地理分布