

广东科技出版社

华南 前汛期 暴雨

《华南前汛期暴雨》编写组

56.425521

HUANAN QIANXUNQI BAOYU

华南前汛期暴雨

《华南前汛期暴雨》编写组

主 编 黄士松

副主编 李真光 包澄澜 余志豪

广东科技出版社

华南前汛期暴雨
HUANAN QIANXUNQI BAOYU

《华南前汛期暴雨》编写组

•

广东科技出版社出版发行

广东新华印刷厂印刷

787×1092毫米 16开本 15.75印张 380,000字

1986年11月第1版 1986年11月第1次印刷

印数1—2,000册

统一书号13182·129

定价：平装本3.80元 精装本7.00元

内 容 简 介

本书系统地总结了华南前汛期暴雨实验的研究成果。全书共分十章：第一至五章介绍了华南前汛期暴雨的气候特征、环流特征、暴雨的天气系统和华南眼区暴雨、华南前汛期暴雨过程中的急流系统以及行星边界层状况对华南地区暴雨的影响；第六章和第七章分别论述了暴雨的中尺度系统和暴雨的雷达回波及卫星云图特征；第八至十章对暴雨作了动力学分析，提出了若干有一定效果的预报方法，还绘制了华南前汛期暴雨的物理图象。

华南前汛期暴雨实验是我国对暴雨问题第一次进行较大规模加密观测的研究实验。书中根据实验获得的宝贵资料和数据，提出了一些新的观点和理论，发展了一些预报思路和方法。这些研究实验的成果，对今后的学术探讨和实践都有一定的参考价值。

本书可供从事天气预报、水文、水利、航空、地理、盐业、农业、林业等部门的气象工作者，有关的科研人员和高等院校师生阅读参考。

编 写 者

李真光（引言） 陈汉耀（第一章） 喻世华、李建辉、
陈汉耀（第二章） 李真光、彭本贤（第三章） 孙淑清
（第四章） 朱乾根（第五章） 梁必骥（第六章）
庄荫模、方宗义（第七章） 余志豪（第八章） 王两铭、
李真光（第九章） 王两铭、包澄澜（第十章） 黄土松
（编后记）

目 录

引 言	(1)
第一章 华南前汛期暴雨的气候特征	(7)
第一节 基本事实	(8)
第二节 前汛期暴雨气候形成的地理因子	(20)
第三节 华南前汛期暴雨气候的若干统计特征	(22)
第二章 华南前汛期暴雨的环流特征	(28)
第一节 大气环流的季节变化	(28)
第二节 水平环流与垂直环流	(34)
第三节 南亚季风与前汛期暴雨	(41)
第四节 中高纬环流特征及冷空气的活动	(48)
第五节 前汛期暴雨结束后的环流特征	(51)
第三章 暴雨天气系统及华南暖区暴雨	(55)
第一节 暴雨过程与暴雨区	(55)
第二节 华南暖区暴雨	(58)
第三节 暴雨天气系统及其分布特征	(63)
第四节 暴雨区物理量场特征	(78)
第四章 华南前汛期暴雨过程中的急流系统	(77)
第一节 低空急流的一般概况	(77)
第二节 低空急流的结构、特性及对暴雨的作用	(83)
第三节 华南急流系统的多重性及边界层急流	(91)
第四节 低空急流在暴雨预报中的应用	(99)
第五章 行星边界层状况对华南地区暴雨的影响	(101)
第一节 边界层状况及其对暴雨的一般作用	(101)
第二节 地形对暴雨的作用	(108)
第三节 海陆分布对暴雨的作用	(120)
第六章 暴雨的中尺度系统	(132)
第一节 暴雨的中尺度特征	(132)
第二节 暴雨中尺度系统的一般特征	(135)
第三节 暴雨中系统的源地及其发生发展条件	(146)
第七章 暴雨的雷达回波及卫星云图特征	(151)
第一节 降水回波系统	(151)
第二节 暴雨过程的综合回波模式和回波特征	(163)

第三节	华南前汛期暴雨的卫星云图分析.....	(166)
第八章	暴雨动力学	(183)
第一节	湿空气动力学和暴雨落区预报.....	(184)
第二节	垂直速度和降水量的计算.....	(187)
第三节	暴雨的中尺度触发机制—惯性重力波.....	(189)
第四节	华南暴雨流场的非地转性.....	(193)
第五节	暴雨数值试验的理论模式.....	(196)
第六节	暴雨数值试验的结果分析.....	(200)
第九章	暴雨预报方法	(204)
第一节	用物理量法作暴雨落区预报.....	(204)
第二节	用假相当位温风关系作暴雨落区预报.....	(210)
第三节	考虑环流、系统结合物理量场的暴雨预报方法.....	(218)
第四节	其他预报方法的试验.....	(222)
第十章	华南前汛期暴雨的物理图象	(226)
第一节	观测与分析中的主要特征.....	(226)
第二节	华南前汛期暴雨的物理图象.....	(230)
编后记		(234)
参考文献		(237)

引 言

从天气过程和降水分布的自然区域而言,从地理与气候的特点来看,华南地区应包括广西、广东、福建和台湾四个省区。但是,由于众所周知的原因,目前还难以获得台湾省的详尽而必要的气象资料。因此,在本书中,华南地区仅指广西、广东、福建三个省区。

华南是我国雨量最充沛的一个区域。平均年雨量最大,暴雨次数最多,而且雨季汛期也最长,从4月开始直到9月甚至10月才结束。每年4—6月华南经历第一个多雨的时期,这时期华南的降水与冷空气南下至长江以南的适当位置有密切关系,从性质上来看属于副热带高压北侧的西风带降水。当然,也并不排斥热带天气系统和热带气旋可能产生的影响。每年7—9月华南经历另一个多雨的时期,这时期华南主要受台风和热带辐合带等热带天气系统的直接影响而产生降水。这两个时期降水的性质是有区别的,人们往往把4—6月称为华南前汛期,而把7—9月称为华南台风汛期。这正是华南区别于其它区域的一个重要的气候特征。到目前为止,对华南前汛期的定义还比较初步,还没有公认的确切的前汛期开始和结束的标准。这主要是因为5—6月份,偶尔会有热带天气系统直接影响华南而造成降水。而在7—9月,尤其是7月份,西风带性质的降水仍时有出现。两个汛期的降水过程往往是相互交叉的,很难加以截然分开。但按照一般定义,华南前汛期暴雨是不包括单纯的热带天气系统暴雨的。

对整个华南来说,各地的全年平均雨量分配有两种类型。少数是单峰型,即5—6月份为雨量高峰,以后逐渐减少。绝大多数为双峰型,即除了5—6月份的高峰外,8月份还有一个高峰,但最高峰仍以5—6月份为多。所以,前汛期暴雨是一种重要的灾害性天气。事实上,华南地区的水灾也是多发生于前汛期,程度也较严重,故历来受到重视,并进行了许多研究,也取得一定的成果。但大多数工作集中于冷空气的活动方面,对暴雨的成因及其特点,特别是暖区暴雨,则研究得不多,一些问题未得到澄清,甚至一些最一般也是最基本的问题,还未开展系统的研究。这就有碍于暴雨预报技术的稳定提高,从而影响了服务质量。

华南前汛期降水在全年降水中约占40—50%或更多,说明降水是集中的。对我国来说,华南前汛期实际上是每年雨带开始出现和北移的第一个阶段。在这个意义上,研究华南前汛期暴雨不单是了解其自身的规律性,而且也能提供我国暴雨的一些规律性,对全国汛期的长期预报和暴雨的研究及预报有重要的意义。

鉴于以上的情况和1975年8月河南省特大暴雨造成严重灾害的教训,1976年3月热带天气科研协作第三次会议在广州召开时,决定将华南前汛期暴雨成因及预报实验研究作为1976—1980年热带天气科研规划的第一项重点课题。要求集中力量,开展协作,经过集体的努力,逐步弄清华南前汛期暴雨的成因,提高对区域性暴雨尤其是特大暴雨的预报能力,最大限度的减少暴雨灾害所造成的损失。

同年6月由中国科学院大气物理研究所、南京大学、中山大学、福建省气象局、广西壮族自治区气象局和广东省气象局派员组成调查组到江西、湖南、福建、广西、广东进行暴雨

调查和暴雨实验条件的调查，并在此基础上制订了实验方案初稿。

1977年2月正式成立了热带天气科研协作领导小组办公室和华南暴雨实验技术组，拟订了方案上报中央气象局。同年3月中央气象局批准了实验方案和经费预算，并据此制订了1977年实施计划。各单位分头开展了工作，福建、广东、广西省（区）气象局分别召开了实验会议，落实了布点。各重点实验区的县站分别组织了气象哨人员训练班，学习有关实验观测技术；三省（区）组织了雷达人员训练班，学习实验观测技术规定和分析技术。华南前汛期暴雨实验除了观测实验外，还同时进行预报实验，一些协作单位和台站在每年前汛期实地验证多种预报方法。为了提高台站暴雨分析预报水平，由中山大学和南京大学合办了一期华南暴雨短训班，对华南各省（区）100多位分析预报人员进行培训。三省（区）也对重点实验区台站预报人员举办讲习班，推动了各台站的预报实验。在中央气象局的大力支持和指导下，和湖南、江西、贵州、云南等省气象部门及广州空军、福州空军气象部门和广东、福建的水文部门的协助下，如顺利地开始了实验工作。

1977—1982年，华南前汛期暴雨实验共进行了一次预演实验（1977年5—6月）、两次正式实验（分别在1978和1979年的5—6月）、一次边界层实验（1980年5—6月在福建省龙岩地区）。通过这些观测实验，取得了大量的较为完整的主要暴雨过程的资料。其中按大台的工作范围，由各省（区）台收集常规的大尺度天气资料外，还收集了有关东亚的日本同步卫星及美国极轨卫星云图，温度垂直廓线，卫星推导风、雷达、飞机及海洋气象资料。按照实验的需要，各类观测的布点如下。

一、地面观测

分一般实验区和重点实验区。一般实验区包括广西、广东、福建省（区）的全部国家站和贵州、湖南、江西三省南部的国家站共约310个，进行每天24小时观测或从自记记录整理24小时逐时资料。其装备为县站常规地面观测仪器和自记仪器。重点实验区共三片，即桂东北17个县、粤中14个县和闽西南9个县（见图0.1），共安排852个气象哨（含高山哨）进行24小时观测和126个水文雨量点提供逐时雨量资料。重点实验区的气象哨密度达到平均15—20公里一个点。装备有300套标准仪器，其中小部分有水银气压表、雨量、温度、湿度和风的自记仪器。重点实验区的站点和装备逐年有些变动，这里列举的是1979年的情况。

设置重点实验区的目的是在三省（区）暴雨次数较多的地区获得中尺度分析所需的时空均密的资料，这方面的收获是很丰富的。

二、高空观测

高空观测是暴雨实验的重要项目。但限于条件，只选定一定范围内的高空测站收集详细的观测资料，其中靠近重点实验区的测站共15站，每天增加观测1—2次，即每天3—4次。（见图0.2）在粤中重点实验区佛冈临时设置一个三次测风站。另外还使用了其他不参加日常广播的测站。尽管高空测站的密度不能满足暴雨分析的需要，但已比日常分析条件有了改善。

为了弥补高空站的不足，特设置了若干高山气象哨。一般实验期共有7处，1980年边界层实验时，龙岩地区增设400—800米的11处，1000—1500米的5处。这些资料是很可贵的。

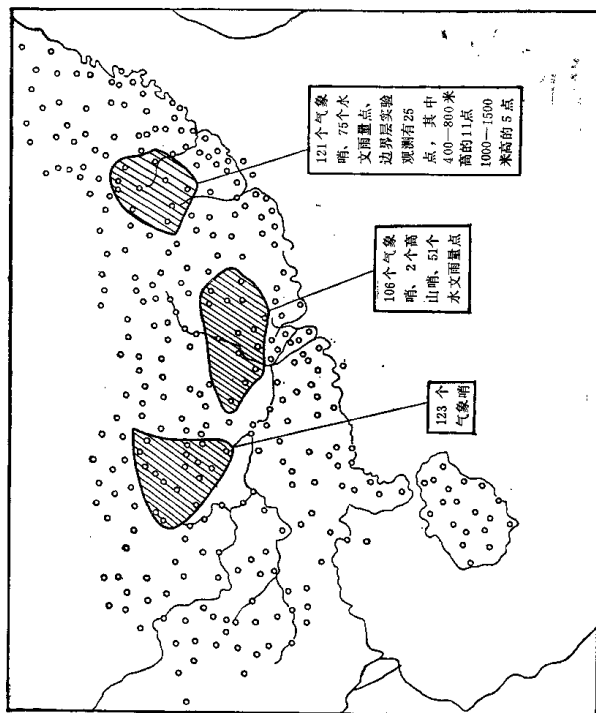


图0.1 华南热带风暴暴雨实验地面站网
斜线区为重点实验区，其站数字见方框内。

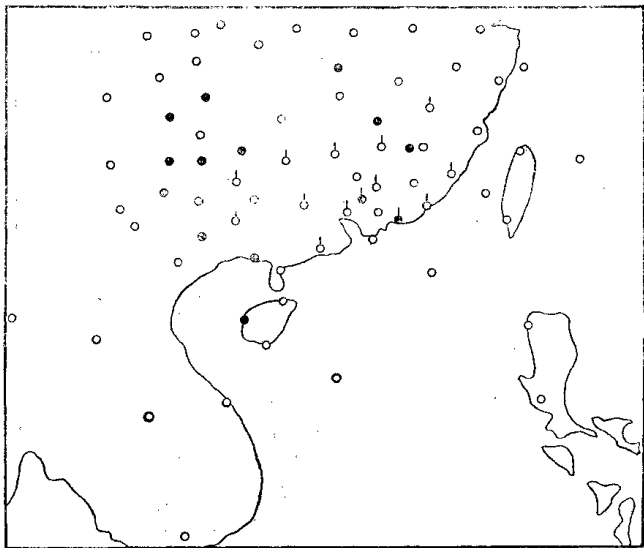


图0.2 华南前汛期暴雨实验高空站网

○为探空站，●为测风站，○●为3次或4次观测站，其余为正常的2次观测站。

三、雷达观测

华南前汛期暴雨实验的观测手段值得注目的是组成了相当完善的气象雷达网，共有24部气象雷达参加了实验观测，其中10厘米波长的3部，5厘米波长的4部，3厘米波长的17部。（见图3）根据各类型雷达的有效扫描范围推算，整个华南暴雨实验地区除江西南部外均为雷达观测区。按雷达站的位置安排，有2部雷达每天定时观测4次；22部雷达每天定时观测8次，即与气象站绘图天气报告同步的观测，其中12部在必要时进行每小时的观测，有4部在必要时进行10—15分钟一次的跟踪观测。由于有了大面积的气象雷达的同步观测，就有可能进行大面积拼图进行天气尺度雷达回波分析。同时还可结合短时距的加密观测进行对中小尺度的回波分析。这是特别难得的资料。

由以上各种观测所得的资料可分为三类：一类为六省（区）的气象站加密地面观测资

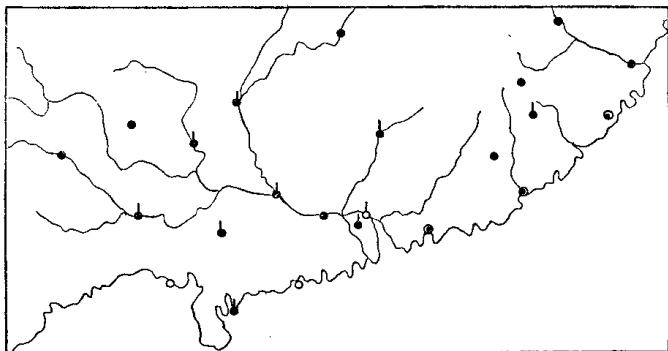


图0.3 华南前汛期暴雨实验气象雷达站网

●为3厘米雷达, ○为5厘米雷达, ⊙为10厘米雷达, ⊕为加密至1小时1次或10—15分钟1次观测的站点。

料, 填成六省天气图(每天20张)印刷出版, 提供每个协作单位使用; 另一类气象哨资料、高空站网资料、卫星云图、雷达回波照片等复印和复制分存于北京、南京、福州、南宁、广州的资料中心, 使各地协作单位就近使用; 其余资料均存于广州中心, 作存档备查。

华南前汛期暴雨实验的研究工作是采取大集中、小集中及分散按课题研究相结合的方式进行的。大体的情况是前期以集中研究为主, 后期以分散研究为主。前后共有16个协作单位和几十个台站参加了研究工作。每年均组织学术交流和讨论。五年来提出论文160多篇, 一部分收入《一九七七年华南前汛期暴雨实验研究报告选编》、《华南前汛期暴雨实验文集(2)》和《华南前汛期暴雨实验论文集》。前二者由热带天气科研协作领导小组办公室和广东省热带海洋气象研究所编印, 后者由气象出版社出版。另有小部分在国内刊物发表, 其余在各种学术会议交流。

按照实验方案及其实施计划, 华南前汛期暴雨实验已完成预定的规划任务。虽然对所取得的丰富的第一手资料还要经过长时间的消化, 但对几年来的分析研究工作全面的整理和总结, 这已是时候了。根据热带天气科研协作领导小组办公室的安排, 进行了本书的编写工作。

作为华南前汛期暴雨实验的技术性总结, 本书基本上取材于已提出的论文或正在进行的研究报告的部分结果。其任务是系统地整理和反映华南前汛期暴雨实验的全面的研究成果, 只有在很少的地方为了说明问题而引用了别的资料和论点。因此, 可以说, 这是一部有关华南前汛期暴雨最新、最系统的专著。

但是, 由于编写是分头进行的, 尽管事后作了些整理, 但在内容上或文字上还是存在一些不够连贯或某些重复、不够协调的地方。另外, 由于研究工作的深度和广度的不够, 某些

内容可能还不能确切反映华南前汛期暴雨的情况，尚待进一步探讨和研究，特别是在实践中进一步验证。但是，应该肯定的是，通过这次实验研究，华南前汛期暴雨的特点是明确了，取得了许多新认识，这是具有重要的理论与实际意义的。

在完成华南前汛期暴雨实验的总结和本书即将出版的时候，我们对邹竞蒙同志和程纯枢同志在开创华南前汛期暴雨实验及实验过程中给予的支持和指导，表示感谢。同时感谢曾经对华南前汛期暴雨实验作过指导的陶诗言教授、谢义炳教授、章基嘉教授、巢纪平教授、王宪钊同志、汪国媛同志和潘寰同志。应该特别提出的是，广东省热带海洋气象研究所成立了热带天气科研协作领导小组办公室，在李学海同志的主持下，几年来为华南前汛期暴雨实验进行了大量的组织工作和事务性工作，保证了各项实验技术工作按计划进行，为实验工作作出了贡献。所有的协作单位都能顾全大局，在技术上和其他方面都给实验工作作出应有的贡献。

华南前汛期暴雨实验的技术指导是黄士松教授，技术组成员先后参加的有李真光、包澄澍、王两铭、梁必骐、方宗义、章震越、彭本贤、林仙祥、贺忠、吕兆驩、林文浦、丁一汇、周晓平、孙淑清、王荫桐、喻世华、余志豪、庄荫模、朱乾根、斯公望等同志。不论是暴雨实验过程的整个技术工作安排或是完成本书的总结工作，技术组都作过充分的讨论和鉴定，为本书的编写创造了良好条件。

本书的出版工作得到广东省热带海洋气象研究所有关同志的热情支持，特别是该所办公室和情报室的具体协助，南京大学石宗祥同志绘制了全部附图，一并在此致谢。

第一章 华南前汛期暴雨的气候特征

华南地处低纬度，北面以南岭山脉和武夷山脉为界，南面濒临广阔的南海，北回归线横贯着其中。东西跨经度在 104°E — 121°E 。东部为浩瀚的太平洋，西部和云贵高原接壤，西南部则与越南相邻。境内山地占86.6%，丘陵占46.5%，平原占16.9%。华南地区所在的纬度即副热带纬度，正是全球主要的沙漠地带以及干旱半干旱地带出现的纬度。然而，华南却是个湿润的气候区，自然资源十分丰富，农业生态环境非常优越。这里有副热带的自然景观，也有热带雨林，属我国典型的副热带、热带海洋性季风气候区。

我国东半部都属于明显的东亚季风气候区。冬半年受东北季风控制，气候寒冷干燥；夏半年受西南和东南季风控制，气候炎热多雨。从春到夏，随着夏季风的向北推进，多年平均的雨带也分阶段地自南往北推移。4—6月雨带徘徊于华南地区，即华南前汛期雨季；6月中、下旬至7月上、中旬，雨带北跳至江淮流域，即江淮流域梅雨季节；7月下旬至8月中旬，雨带再北跳到华北，即华北盛夏暴雨季节。在这中间，华南地区自然降水的时空分配自有其独特的气候特性，图1.1为华南各站多年平均月降水量的年变程。可以看出华南大部分

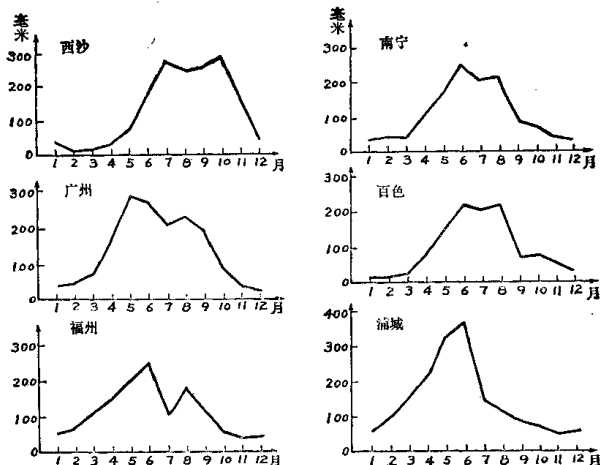


图1.1 华南各站1960—1970年降水量月际分布曲线

地区雨量呈明显的双峰型，二个峰值分别出现在5—6月（前汛期雨季）和8月（台风和热带天气系统造成的台风雨季），而且5—6月的雨量峰值比8月要大一些。远离华南大陆的南沙群岛也具明显的双峰型，但时间上推迟到7月和10月。唯一例外的是在福建最北部武夷山脉北端的浦城站，由于盛夏受台风影响较少而呈现单峰型，以5—6月为最高雨量值。华南地区雨量分布的双峰型，既不同于低纬度的印度、缅甸季风区的单峰型（全年分为干季和雨季二个季节），^②和中纬度的华北单峰型（雨量集中于盛夏一个月左右），也不同于高原西侧的冬夏双峰雨型（图略）。这就显示出华南降水现象远比热带和温带等地区为复杂。

第一节 基本事实

一、华南的自然降水季节和4—6月的降水量

引入自然降水季节的概念，可定性地划分华南地区的降水季节分配，从而能突出华南4—6月降水的特殊性和重要性。尽管华南很大一部分地区各月的月平均气温均在10℃以上，我们仍以习惯的四季划分去判断华南的自然降水季节。为了便于讨论，引进一个指数P作为划分雨季的标准。定义为

$$P = R \left[\frac{1}{86} \sum_{i=1}^{36} R_i \right]^{-1}$$

其中，R为一年86个旬中某一个旬的降水量， R_i 为一年86旬的各旬雨量，P表示该旬降水量在年降水量中的贡献。并令 $1.0 < P < 2.0$ 为春雨期， $P \geq 2.0$ 为雨季， $P \geq 2.5$ 为雨季集中期，在盛夏连续二旬 $1.0 < P < 2.0$ 为雨季中断期。先以福建为例，根据图1.2大致可划分的自然降水季节是12月初到3月中旬为濛雨期；3月下旬至10月上旬为雨季，其中5—6月为春夏雨期，6月下旬至7月中旬为雨季中断期，7月下旬到8月下旬主要为台风雨期；10月中旬到11月下旬为秋雨期。这种划分也基本符合广东沿海情况（图1.8），只是不存在雨季中断期。而到了以西沙为代表的南海就只能划分为干季和雨季了，那里雨季的时间是6月初到11月中旬。

由此可见，从西沙到福州，明显的反映出由干、雨两个自然降水季节变到濛、春、台、秋四个自然降水季节，其中最突出的是自广东海口以东的沿岸到福州都有一个春夏季雨量集中期，这就是5、6月份。我们常因4月份的雨量显著增加且其天气过程与5、6月份极相似，所以把4、5、6三个月通称为前汛期。

从地面季风现象看，华南地区一般是4月到9月为偏南夏季风（实际上4月为过渡季节，地面偏南风较弱，夏季风真正到达并控制华南是在5月中旬），10月到翌年3月为偏北冬季风（表1.1）。根据南海50多年资料，台风频数要到11月下旬才显著下降。这一方面表明西沙为代表的南海部分雨季结束，另一方面也表明冬季风活跃期已经到来，也即是从12月初到2月份是蒙古冷高压最强盛时期。在这期间经常有冷空气侵袭华南到中南半岛，而南支西风槽前的暖湿空气在冷空气垫上滑升，造成长江流域以南的濛雨，也就是在12月到第二年3月可发生低云、毛毛雨、有雾、阴雨迷濛的天气，过去有人称之为“克拉克”天气。这可以从香港和琼州海峡的月平均雾日占年雾日的百分率得到佐证（表1.2）。这种濛雨天气一般

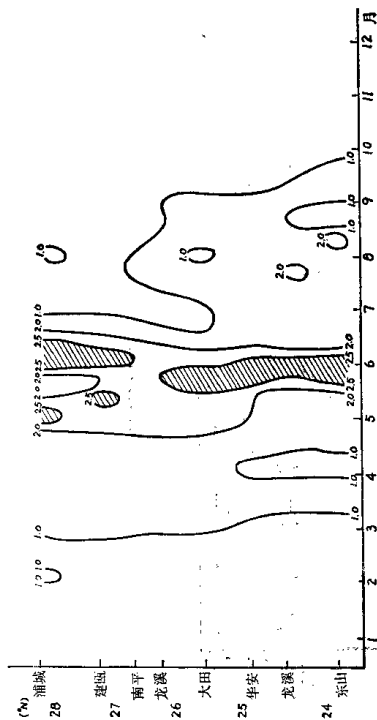


图1.2a 福建省多年平均旬雨量P值分布

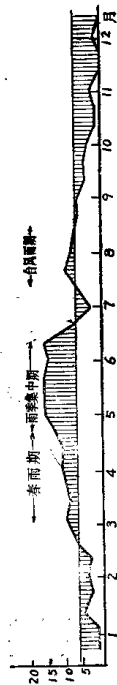


图1.2b 1959—1979年福建省8个站各旬出现 $P \geq 1.0$ 次数

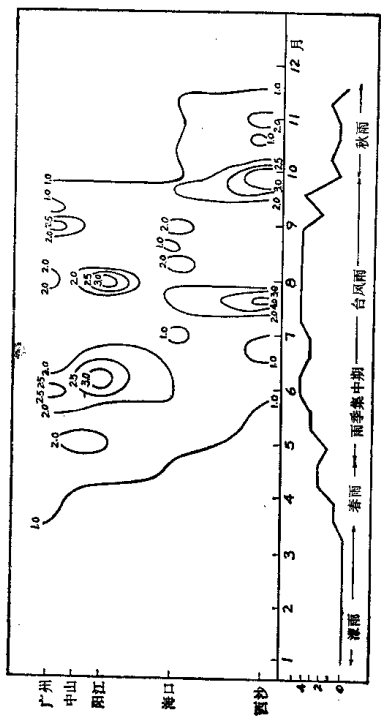


图1.8 西沙——广州各月雨量P值分布
(图的下部为5个站P值的时间变化曲线)