

蔡尔诚 著

波状低云的天气学研究

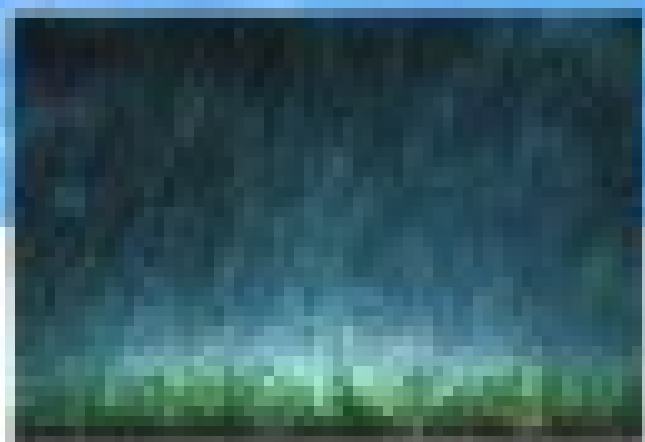
——暴雨落区预报



气象出版社

波状低云的天气学研究

—— 昆明地区观测



气象出版社

波状低云的天气学研究

——暴雨落区预报

蔡尔诚 著

气象出版社

内容简介

天气学的一个基本概念是:暴雨与强风暴天气是由积雨云团制造的。本书将此概念发展为:积雨云团只是暴雨和强风暴的直接制造者,而积雨云团的最早“胚胎”则是由波状低云“制造”的。在此新概念基础上,建立了暴雨落区从几小时到60天的短、中、长期预报新技术。全书由七个相互衔接的概念构成,每一个概念提出和回答一个问题。这些问题对从事天气预报业务与研究的工作者,可能是有兴趣的。

图书在版编目(CIP)数据

波状低云的天气学研究:暴雨落区预报/蔡尔诚著. —北京:气象出版社,1998.7

ISBN 7-5029-2505-8

I. 波… II. 蔡… III. 暴雨, 落区—天气预报—技术 IV. P457.6

中国版本图书馆CIP数据核字(98)第10949号

责任编辑:苏振生 终审:周诗健

气象出版社出版

(北京西郊白石桥路46号 邮编:100081)

*

北京市宏远兴旺印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所发行 全国各地新华书店经售

开本:787×1092 1/32 印张:5.25 字数:112千字

1998年8月第一版 1998年8月第一次印刷

印数1—1000

ISBN 7-5029-2505-8/P·0896

定价:9.00元

前 言

现代大气科学根据不同时间尺度的天气过程所需要的基本条件——例如：短期天气过程主要决定于初始场；长期天气过程则与外力强迫（非绝热加热和摩擦耗散）密切相关，分别建立了短、中、长期天气预报不同的概念与方法。

但是，表征长期天气特征的大气运动的气候状况（如平均气温、总降水量等），它是由许多可视作随机涨落的短期天气过程平均而成。可见在短期天气的随机涨落中蕴藏着长期天气的某种平衡态，例如某年夏季的多雨带实质上是该夏短期大降水过程高频率出现的地区。这样，能否设想短期强降水过程与长期旱涝配置之间存在着某种联系？

作者在 35 年预报员生涯中（1959～1993），观测到一个十分有趣的事实（详见《后记》）：自 1887 年十类云分类法问世以来，长期被气象学界认为与强天气变化无关的波状低云（层积云、层云和雾），竟然在下垫面和大气层相互作用之间扮演了一个重要的角色，以波状低云生消为代表的行星边界层物理过程“记忆”了天气与气候演变的许多信息。以波状低云为纽带可以把短、中、长期降水预报统一为一种概念：不论何种时间尺度的降水过程都是在降水“准备场”与“启动场”配合下进行的，“准备场”决定强降水落区（点）位置和相对强度，“启动场”决定降水的绝对强度。

短期降水过程是短波脊槽先后影响的结果。在短波脊内下沉增温使边界层大气趋于稳定，波状低云形成。形成波状低

云的物理过程又将诱发地面中(小)尺度上升运动系统(详见第五章),于是强降水的“种子”最早在短波脊内被“孕育”和“准备”。当短波槽前的大尺度上升运动与水汽供应区覆盖“种子区”时,“种子”被“启动”向中、高空发展形成强对流和暴雨。这就是短期强降水过程中“准备场”(波状低云区)与“启动场”(大尺度上升运动区)的相互配合。

对于中期强降水过程,只要把短波脊换为长波脊,短波槽换为长波槽、其结构仍如短期强降水过程一样(详见第六章)。

对于以“年”为时间尺度的气候过程,夏季风期间为多雨期,冬季风期间为少雨期,因此只要用冬季风期内的平均气压场——蒙古高压替代长波脊,用夏季风期的平均气压场——印度低压替代长波槽,同样可以分析出冬季风“平均准备场”与夏季风“平均启动场”相互配合以决定夏季旱涝分布的事实。

这样,短期强降水落区预报可以在短波脊控制时做出,中期预报可以在长波脊控制时做出,夏季旱涝分布预报可以在冬季风建立——蒙古高压控制时做出。

这本小书,分别就上述问题总结了作者的试验结果。遗憾的是,书稿完成时(1997年8月),作者对冬季风“平均准备场”的认识还很肤浅,因此第七章只总结了30~60天的气候预报,年度预报只好等待2~3年后写入另一书中了。

作者

1998年3月31日

致谢

本书在中共鸡西市委书记孙永纯同志的关怀下,由鸡西市政府资助出版。

本书所用北美气象资料,由美国国家天气局 Bradley R. Colman 博士无偿提供。

在此谨向他们致以真诚的谢意。感谢他们对科学事业的支持,对人类减灾事业的支持!

作者

1998. 4. 5



蔡尔诚

1935年生于四川宜宾。1950年参军，1958年转业到北大荒。现任黑龙江八一农垦大学气象研究室主任、高级工程师。1974—1991年出版了《看天测云雨》、《看云识天气》、《雨前云兆》、《暴雨预报的云天气学方法》等4本气象著作。先后荣获“全国五一劳动奖章”、“省特等劳动模范”、“解放军英模奖章”等奖励。

目 录

前言

- 一、概念一：现代天气分析环节上的“缺口”——边界层分析 (1)
- 二、概念二：边界层上下大气运动的“示踪物”——波状低云 (7)
 - 2.1 波状低云：影响边界层大气中(小)尺度不匀 ... (7)
 - 2.2 波状低云：稳定层下的水汽聚结过程 (13)
 - 2.3 波状低云：大气能量贮聚阶段的代表性云 (17)
 - 2.4 波状低云：不同时、空尺度大气运动的“结合部” (19)
- 三、概念三：波状低云是暴雨及强风暴的“孕育区” (22)
 - 3.1 暴雨及强风暴在无雨的波状低云区内发生发展 (22)
 - 3.2 前方没有波状低云的“造(降)雨云”，其雨区不会明显扩大 (30)
 - 3.3 雨区的扩展范围大体限制在前方的波状低云区内 (33)
 - 3.4 700(850)hPa 偏南(东)气流在“波状低云——造雨云”系统内辐合：暴雨将形成 (35)
 - 3.5 从波状低云形成到强对流发展的演变过程 (37)
 - 3.6 从波状低云形成到大范围暴雨发展的演变过程 (40)

3.7 与数值模式计算的比较.....	(42)
四、概念四:波状低云与降(造)雨云的互补功能	(46)
4.1 暴雨云系模型.....	(46)
4.2 Bergeron-Hobbs 垂直互补模型	(47)
4.3 两级互补.....	(48)
4.4 互补云系的物理图像.....	(51)
4.5 用云的“互补性”做短期暴雨预报.....	(63)
五、概念五:波状低云诱发地面中(小)尺度天气系统的 功能	(71)
5.1 地面流场落后于云场现象.....	(71)
5.2 一种可能的解释:潜热释放	(72)
5.3 边界层大气三维中尺度分析方法.....	(77)
5.4 波状低云形成时边界层大气中的五类物理过程	(83)
5.5 波状低云诱发中(小)尺度上升运动系统的概念 模型.....	(88)
5.6 地面中(小)尺度系统向中、高空发展的环境条件	(92)
5.7 多次潜热释放的“接力”过程.....	(94)
5.8 预报分析流程.....	(96)
5.9 对表 3—5 的一种解释	(96)
六、概念六:波状低云的暴雨(强风暴)“预备场”功能 ...	(99)
6.1 关于“预备场”功能.....	(99)
6.2 作为“预备场”的波状低云区的若干天气学属性	(101)
6.3 中期暴雨预报工作流程	(109)

七、概念七：相似降水过程的相似“准备场”	(111)
7.1 天气预报的时、空匹配	(111)
7.2 暴雨长期变化规律的一个统计数学模型	(112)
7.3 大(暴)雨落区集中性的天气学解释	(114)
7.4 长期暴雨预报工作流程与预报效果	(115)
结束语：波状低云对大尺度天气系统的反馈作用	(132)
主要参考文献	(140)
后记	(143)

一、概念一：现代天气分析环节上的“缺口”——边界层分析

作为本书第一章，我们提出头一个认识：现代天气分析（如不同层次的天气图分析、各种剖面图、高空风图、温度—对数压力图、卫星云图及雷达回波图以及各种物理量计算的诊断分析等等）对于揭示尺度较大的天气系统的结构与演变规律是有力的工具，但对于发生于行星边界层内的中、小尺度系统则显得力不从心了。

目前，对中（小）尺度系统的分析，基本上沿用大尺度系统分析的原则与手段，而在资料上予以时空加密。这种“加密”分析的结果，可以揭示出中（小）尺度系统的存在与某些特征，若要想从分析事实中预测中（小）尺度系统未来的发生发展，则相当困难，常常只能用“外推”处理。原因在于：用大尺度分析方法处理加密资料、不是从中（小）尺度系统形成的物理机制入手，因此分析出的中（小）尺度系统只是静态的、而且是已经形成了的某些系统，对于潜在的、将发生的系统则很难予以揭示了。

此外，除了作为试验研究外，在日常天气预报业务工作中、没有稠密的探空网、没有 850hPa 至地面之间各个层次的记录资料、因此“加密分析”实际上只是对地面站观测的分析、于是把三维的中（小）尺度系统压缩为二维的地面系统分析、漏掉了许多有价值的天气信息。

在当前观测资料条件下、对中（小）尺度天气系统，如何把地面资料从二维分析变为三维分析？如何把系统的静态分析

变为中(小)尺度系统形成的物理机制分析?我们的回答是:用波状低云资料做边界层的三维分析。

为说明上述认识,用一次降水实例予以分析。

1991年8月5日08时(北京时,下同)至6日08时,横贯川、陕、鄂、豫、皖、浙六省形成了一条东西向大尺度雨带,其中镶嵌中、小尺度的大雨区和大暴雨中心。(图1-1)。已经知

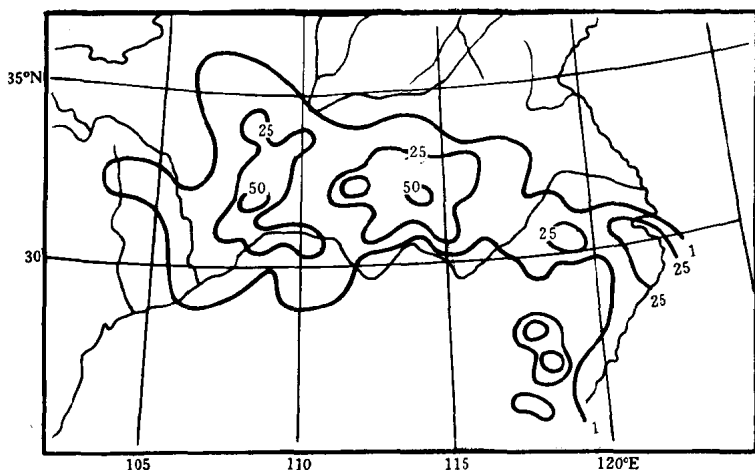


图1-1 1991年8月5日08时至6日08时降水量分布图

道:上升运动与水汽供应是形成降水的基本物理条件,在天气图上流场的辐合与上升运动相关联,偏南(东)气流与水汽输送相关联。那么,起始时刻(5日08时)不同层次不同尺度的天气系统与未来0~24小时降水量分布是怎样相联系的?

先分析500hPa、700hPa、850hPa和地面流场,其结果如下:

1. 500hPa(图 1-2), 偏南气流与偏西北气流的辐合区大体对应于未来 0~24 时的 $\geq 1\text{mm}$ 降水区。对于 700hPa(图 1-3)和 850hPa(图 1-4),由于所能分析出的辐合系统尺度与 500hPa 相近,因此其预报功能也相似于 500hPa 图。

2. 地面流场图上(图 1~5),由于观测密度加大,共分析出五个中 α 尺度辐合系统,其中三个分别与未来 $\geq 25\text{mm}/24\text{h}$ 区相对应。如果外推预报的话,两个将要“空报”(四川南部、江西西部)。

3. 河南省南部位于大(暴)雨区、北部位于小雨区。对 5 日 08 时河南省加密(68 个站)地面流场图分析(图 1-6)后看出:河南中北部有一条中 β 尺度辐合线、南部没有辐合系统。然而未来 0~24 小时,中尺度辐合线位置上只有小到中雨,南端却下了暴雨。为什么加密的地面中尺度分析预报效果反而不如不加密的分析?

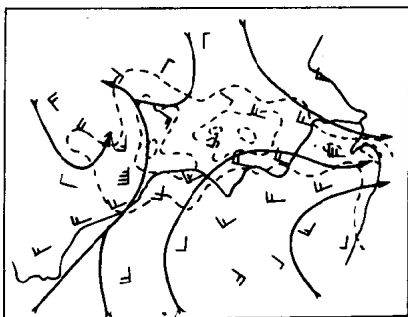


图 1-2 1991 年 8 月 5 日 08 时
500hPa 流场分析图

矢线为流线,虚线为未来 24 小时雨区
图 1-3,1-4,1-5 同此

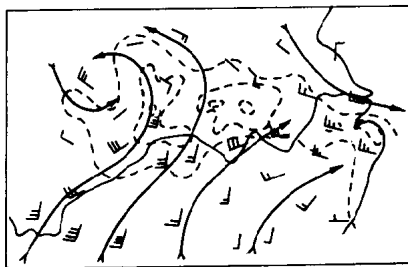


图 1-3 1991 年 8 月 5 日 08 时
700hPa 流场分析

请看图1-7。这是三小时后(5日11时)河南省加密地面流场分析。从中看出,三小时内,河南省中北部的辐合线趋于消失,而南端则有中尺度辐合线发生,暴雨区正是形成于新生的辐合线附近。

天气预报有一基本



图1-4 1991年8月5日08时
850hPa 流场分析

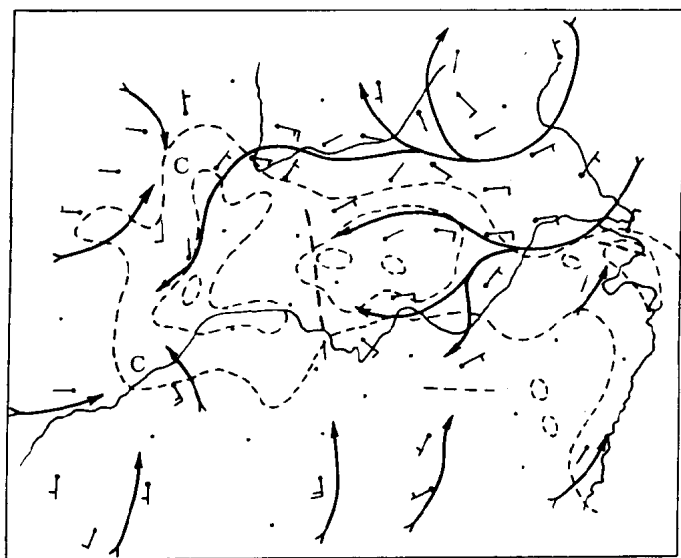


图1-5 1991年8月5日08时地面流场分析

原则:时空匹配。空间尺度愈大的系统,其生命期也愈长,因而对这样的系统的影响进行外推的可能性也愈大。上例中、500hPa、700hPa 和 850hPa 上的大尺度系统可以较好地外推预测 0~24 小时大尺度雨区位置,而地面上的五个中 α 尺度系统只能有三个可以外推 0~24 小时大雨区位置,在河南省加密图上的中 β 系统连三小时的外推均不可能,因此预报失败了。

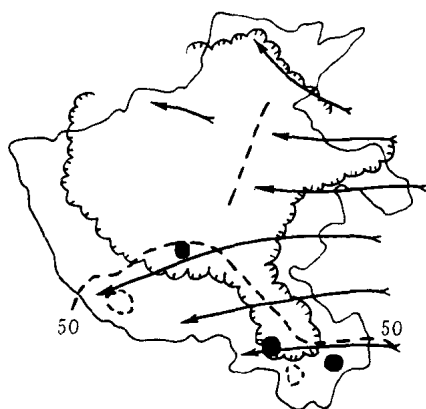


图 1—6 1991 年 8 月 5 日 08 时

河南省地面流场分析

矢线:流线

波纹区:同时刻的波状低云区

黑圆区:潜在的中(小)尺度系统位置

南端虚线:≥50mm 暴雨区(未来 24 小时)

对河南省境内的中 β 系统的发生发展可以用另外的思路进行分析。在图 1—6 上,首先分析出波状低云区,而后按一定的规则分析出潜在的中 β 系统发生区(即黑圆点区),可以看到,三小时后正是在三个黑圆点区附近,中 β 辐合线和暴雨(大暴雨)发生(图 1—7)。

作为绪论,这一章中,我们只提出问题。至于波状低云为什么能预测中(小)尺度系统的发生发展?……将在下面六章中分别论述。

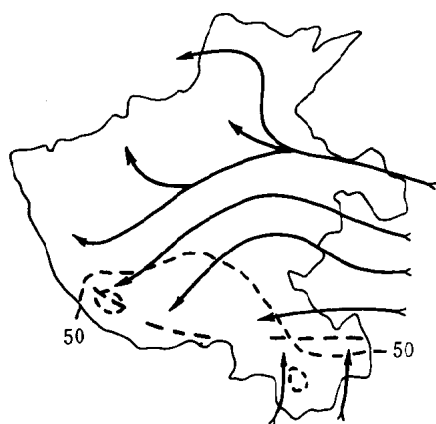


图 1-7 1991 年 8 月 5 日 11 时河南省地面流场分析