

点源冰雹云研究

王昂生 施文全 杨传明

(中国科学院大气物理研究所) (新疆气象局科研所)

提 要

本文阐述了一类新型冰雹云——点源冰雹云。

文章介绍了点源冰雹云的实例、特征、演变规律、单体性质及单体之间关系等。

此文还介绍了它的模式及它与传播雹云的异同。

近几年来,冰雹云的物理分类研究已受到重视^[1-4],意见渐趋一致。它的研究既深入揭示了冰雹云发展的物理规律和机制,亦为人工防雹提出了有针对性的研究方向^[5,6]。强单体、弱单体、多单体和传播冰雹云四种类型^[6,7]基本上概括了目前国内外已揭示的冰雹云类型。

但是,人们对冰雹云的研究仍在深入,一种独立于上述四类冰雹云的点源冰雹云已经提出,本文将全面阐述。

一、点源冰雹云

王昂生等人对山西昔阳地区冰雹云类型研究中^[5,6],已经注意到一种点源冰雹云,它具有特殊演变规律。由于当时仅有1977年6月29日一例,所以暂作为多单体雹云的一个亚类——“点源多单体”雹云处理^[9]。我们在研究新疆昭苏地区冰雹云中,发现1977年8月23日、1979年9月9日和1980年7月26日三个点源冰雹云的发展演变实况,它们具有鲜明的点源特征和内在规律,有必要作为单独的一类。

首先,我们从实例入手,介绍这一类冰雹云。图1是两个点源冰雹云强盛时的回波, A图是1980年7月26日22时59分资料,此时尚可同时看到五个回波单体, B图为1977年8月23日18时20分资料,此时可见5个单体,它们也按类似的规律排列并生消。虽然它们都有多个单体,但又与各个单体各自生消的多单体雹云不同;它们生消有一定规律,但又与前生后消的传播雹云不同^[9]。它们的特点是后生前消,云体产生于同一区域(即“点源”),而向下游运动发展,降雹并消亡。C图是A图的素描,同时可见3,4,5,6和7号单体并存。此时3号单体已降过冰雹并逐渐消亡;4号单体正值最强时刻,地面出现降雹;5号尚在发展;6号和7号单体则刚刚新生不久。云是向东移动的,源区在西边30—50公里的偏南地区里。

1981年7月29日收到初稿,1982年1月9日收到修改稿。

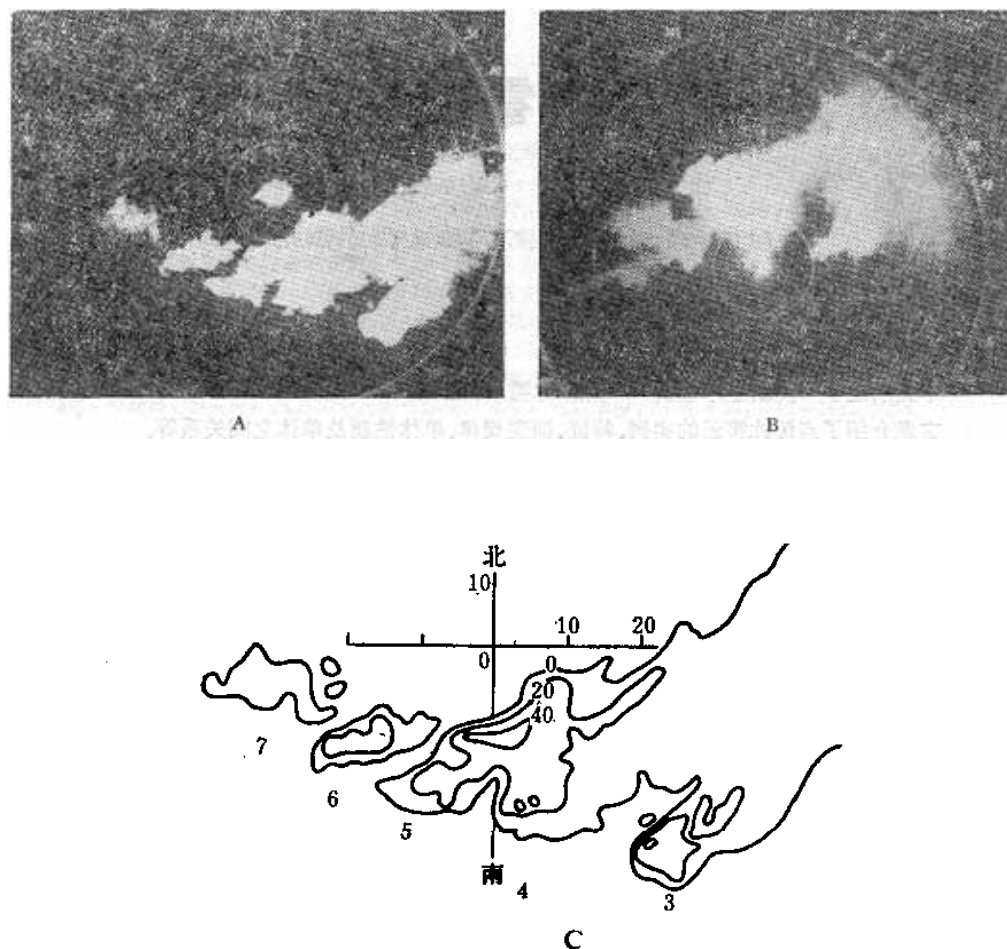


图1 点源冰雹云的雷达回波照片及素描图(新疆昭苏)

A图: 1980年7月26日22时59分。

B图: 1977年8月23日18时20分。

C图: 图A的雷达素描图。仰角: 8° 。衰减: 照片为零分贝。距圈: 10公里间隔。

分析一次全过程概况将有助于对点源冰雹云的认识。我们把1980年7月26日云体六个时刻的回波素描图绘在图2里, 下边附出了单体的编号。这一过程发生于21点20分前后, 1号单体在测站西南方位发生、形成, 其后逐渐形成2, 3和4号单体; 东移过程中1号单体于22时32分消亡, 2号单体减弱, 此时3号单体最强盛并产生降雹, 4号单体发展增强; 同时5号单体在西端40—50公里处初生。继之跟踪各个单体, 可以看到在3号单体降雹减弱之后(参见22时54分至23时08分), 4号云体增强, 并于22时58分降了小冰雹。其后的5, 6和7号单体也有所增强, 但是再也达不到降雹的条件了。从图2可以看到: 这类冰雹云是以云群西端区为产生单体的源地, 当一个单体增长之后即向东移动, 随之源区又产生另一单体; 依此类推, 这个点源冰雹云前后经历了二个多小时, 共出现的单体达七个之多。每个单体东移时都经历了发展、成熟和消亡的阶段, 其中有的强盛单体降了冰雹。

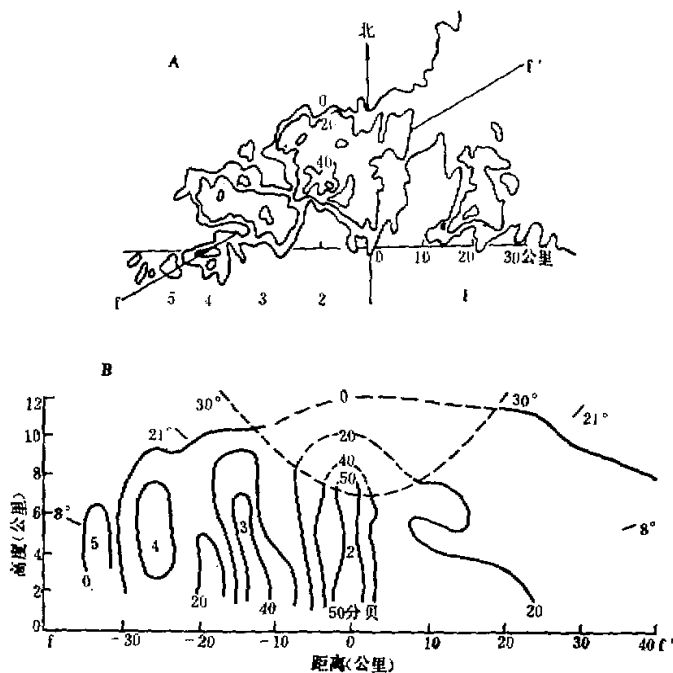


图3 1977年8月23日新疆昭苏点源冰雹云

A图: 18时20分回波素描图(仰角: 8°)。

B图: 沿A图 $f-f'$ 线所作的二维回波廓线图。

以图3和图4A比较清晰地表达了单体5—1的生命阶段。

就点源冰雹云单体属类而言,从图1B, 2, 3B和4A可见,多数单体是弱单体,云体直立对称,强度较弱。但是,我们的资料表明,有时也有强单体出现在点源雹云之中,如1977年8月23日的第1个单体就是如此,图4B是这个强单体的早期剖示图(沿风暴运动方向),时间是17时43分。这个单体20分贝回波区前悬伸出13公里,悬区下端具有有界弱回波区,故为强单体结构^[7]。这块雹云自17点34分至18时05分降了成灾冰雹,最大直径达4厘米。此外,点源冰雹云的单体中心也有个别尺度大的云块曾在短时期里出现过几个强中心的多单体现象,如1979年9月9日就是如此。

昭苏位于天山山脉西部,其南为天山南支,高大山脉遍布,北部是克特绵山及其支脉,西部是个高达3000米以上的山结区,东边有马山山地,使昭苏成为山间盆地,宽约40—50公里,盆地海拔1600米,特克斯河自西向东横穿盆地中央。这种特定的地形条件使云体发生演变具有一定规律,点源冰雹云的各个单体则更具有这一特色。资料表明,单体大多数都同源雷达站西部或略偏南的30—50公里区,那儿正是山、结南区或河流汇集区,在昭苏低层常见的东风人流影响下,这一地区的南坡上升气流抬升时常促成了对流云体产生。加之这儿是河流上游区,水汽供应比较充足,所以成为单体源区。当对流单体形成后,在这一地区中层上空盛行的西风气流影响下,云体逐渐东移发展,最后在盆地东部消

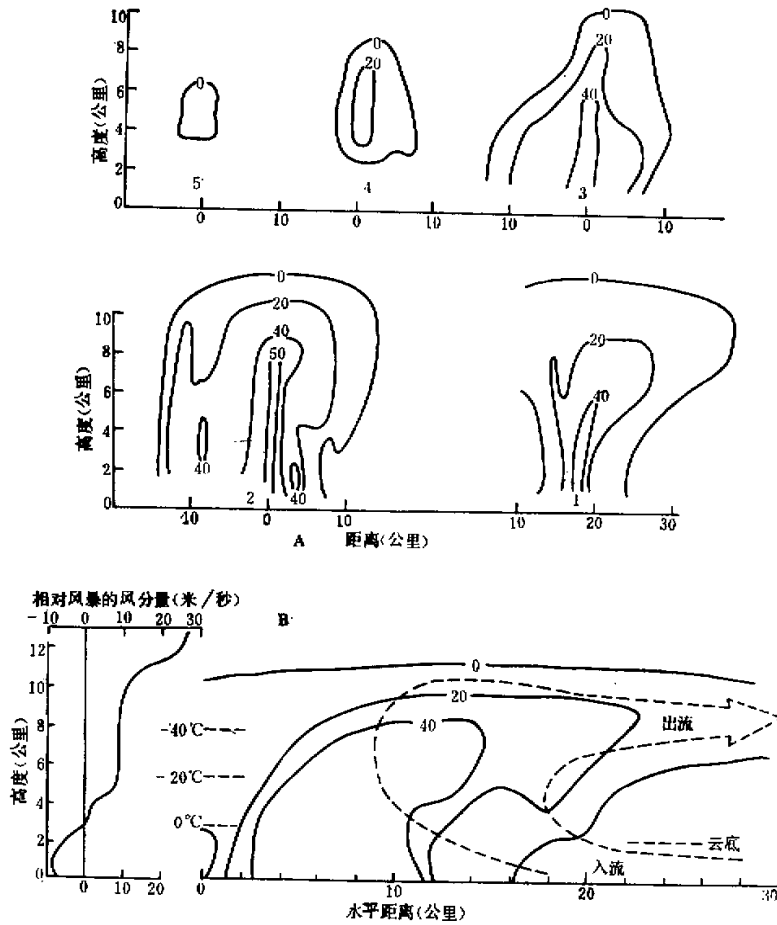


图4 1977年8月23日昭苏冰雹云单体剖面

A图 沿垂直于图3A-f-f'剖面的各单体 c_1-c_5 线所作的五个单体二维回波廓线图。

B图 点源冰雹云中的一个强单体剖面(8月23日17时43分,第一个单体)。

亡。本文图1至图4各图都反映了这一单体演变的特点,这也是这一地区多点源冰雹云的重要原因。统计表明,在此条件下,昭苏点源冰雹云的单体生命史多在1—2小时,它们大都具有上述地理特征。

三、单体结构和演变

现在我们深入研究1980年7月26日新疆点源冰雹云的单体结构特征。这天雹云单体的平均向东运动速度为8.6米/秒。19时伊宁探空资料表明,这一地区中高层均为西风控制;除了大约1公里厚的地面浅层之外,整个环境均为西风,在1—3公里高度上有明显

切变,其值达 $6.5 \text{ 米/秒} \cdot \text{公里}$ 。由于新生单体不断在点源区生成,并为中层气流带动东移,所以一单体增长之后就阻碍了环境风场直接从单体西侧入流,于是气流就绕过后来单体从两侧进入前生单体,成为侧向入流。从图 1C 和图 2 里,我们容易由单体 3 和 4 两侧凹部明显地看出来,又由于它们的尺度较大,比较强烈,所以尤为明显。在图 2 第 3 个单体降雹(22 时 32 分)前的三个图面里,清晰可见其西北部有一个明显的弧形凹区,而紧挨这一区域的则是密集的回波廓线,它反映了这里有一股上升气流从云后北侧入云。通过这一弧形凹区及强回波区,按图 2B 的 $b_3-b'_3$ 作剖面,得到了图 5A。由图可见,在 b_3 一侧的单体 3 左后侧区有一股上升气流入云,形成这儿的密实强回波区和云砧,入流是向图里上部流出。用类似的办法,我们沿图 2E (23 时正) $c_4-c'_4$ 线和 $b_4-b'_4$ 线作出两个二维垂直剖面图(参见图 5B 和 C),可以得到非常类似的结果,此时单体 4 正在降雹。由图 5B 可以看到单体 4 的左后侧有强的入流,并形成了倒悬回波。在这一侧,回波反射梯度很大,是上升气流支撑冰雹增长的主要区域。

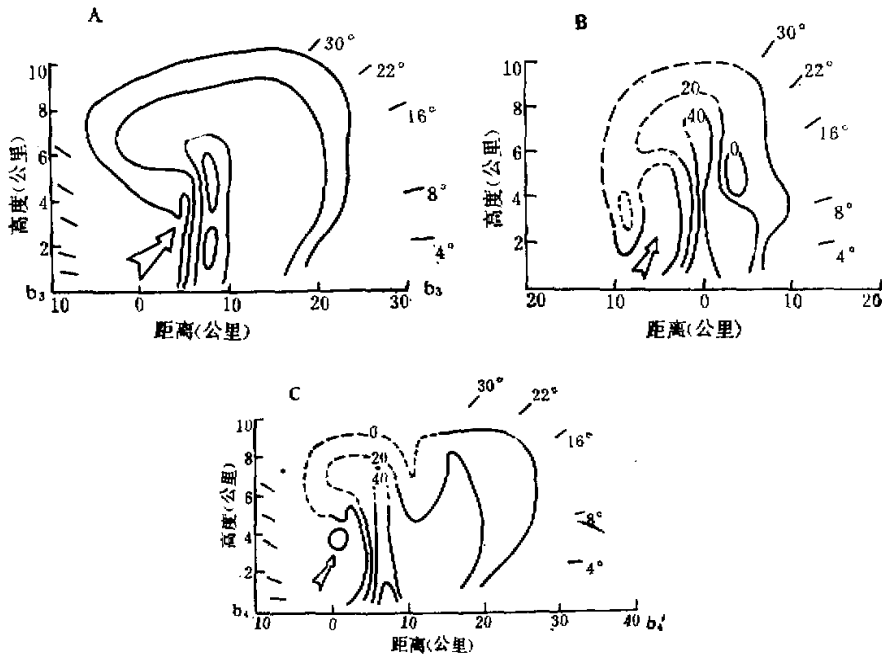


图 5 按图 2B 的 $b_3-b'_3$ 线所作的单体 3 二维垂直剖面图(A),以及按图 2E 的 $c_4-c'_4$ 线(见 B)及 $b_4-b'_4$ 线所作之单体 4 的二维垂直剖面图(C)

除此之外,我们还在云体移向的右侧也发现相似的弧形区,有上升气流进入。但是,从回波强度分布来看,绕流主要由左侧进入。如图 5B 所示,图的右侧也有一个小的零分贝悬空空洞,它正好与右侧入流对应,但是它比较小而弱,所以对云体生消影响小一些。在图 2 的其它部位还可以看到类似结构,说明后侧入流对点源雹云影响甚大。

十分有意思的是,这类点源冰雹云的后生单体对应着另一个单体发展演变,它既有帮

助前单体增长的一面,又有促进其后期消亡的另一面。从图 2 的 A—C 可以看到,单体 4 开始出现时,致使 3 号单体西北部明显形成弧形汇集区,气流绕过 4 号单体,在 3 号单体凹区汇集,流线增密,气流增强,结果使入云的上升气流加强,有助于形成冰雹。这个单体于 22 时 32 分降了冰雹。然而,当 4 号单体增长大后,它却成为阻碍 3 号单体继续增长的屏障,后向入流此时主要进入 4 号单体,迫使尾流绕开单体 3。因此,此时单体 4 得以迅速增长,而单体 3 就逐渐消亡了(参见图 2C—F)。由图 2C 可以看到单体 4 已增长到足以影响单体 3 的后向入流了,于是以后 3 号单体逐渐减弱并消亡。其它单体之间也有类似的现象,只不过其影响程度有所不同罢了。

四、点源冰雹云模式及它与传播冰雹云的异同

根据昔阳和昭苏的四次点源冰雹云实例,我们可以用图 6A 的示意图表示。图中横轴为时间轴,纵轴共七层,每层是一个单体的演变史(从略)。最高层表示单体 1,它最后到达斜线时(即实时图象)已消亡;依次是单体 2, 3, 4……至单体 7,它们到达实时显示斜线(相当照片拍下共存单体)时,分别各为减弱、降雪、强盛……等时期,而单体 7 为新生单体。可以看到,它们具有同一源区,单体相互影响以及依次发展演变等特点。这与传播雹云的云前新生、传播运动等特征^[5,6]大不一样。为此,我们在图 6B 和 C 里列出了点源冰雹

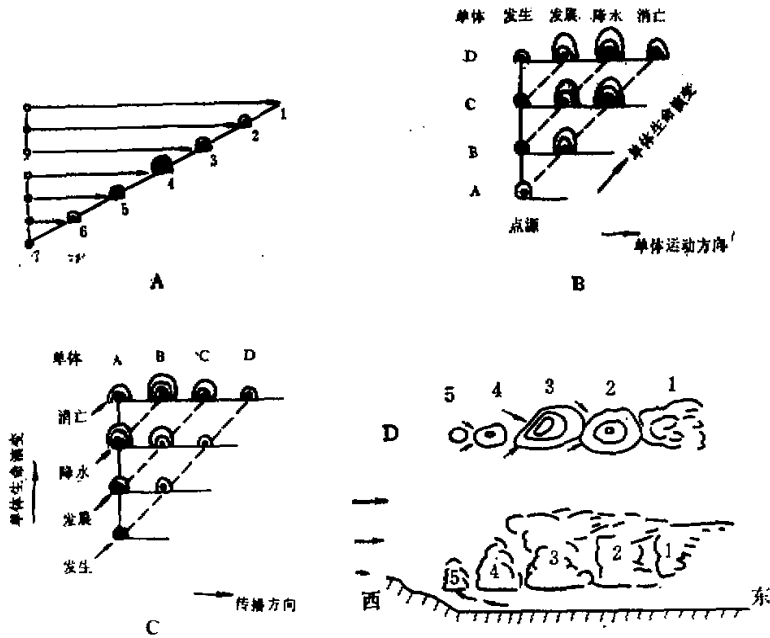


图 6 点源冰雹云模式及它与传播冰雹云的异同

- A. 点源冰雹云示意图。B. 点源冰雹云单体位置和发展阶段关系示意图。
C. 传播冰雹云单体位置和发展阶段关系示意图。D. 点源冰雹云模式图。

云和传播冰雹云的单体位置及发展阶段示意图,以明显区别它们。两图中 A, B, C 和 D 各表示依次序出现的单体;各对流单体的生命阶段为发生、发展、降水(雹)和消亡。由图 6B 可见,点源雹云是从单体 A 发生开始的,第二时刻 B 单体发生后,就将 A 单体推向前方,同时进入发展阶段;依此类推,当 C 单体发生时,则把 A, B 单体又各推向前,各进入降水和发展阶段……由此可见,点源雹云各个具有相同发展阶段的单体,在云系相对位置排列中总处在同一空间位置上(即如图,纵行相同),并且依单体序名(即按 A, B, C 和 D 顺序)顺次递进。而单体本身则不断向成熟阶段递升(见同单体斜线)。也就是说,点源冰雹云的新生单体出现在云体移向的后侧,而消亡单体则在移向前部出现。

与上不同,传播雹云则不像点源冰雹云以云体移动为特征,它却是以传播为特征。当单体 A 从本身位置的发生阶段进入发展阶段时,它就触发(或传播)下游单体 B 发生,类似地, A 单体进入降水时,传播下游 B 单体发展,而 C 单体又在更下游发生……这样,单体保持着相对空间位置的不变(纵行为同一单体),而生命阶段则沿斜线向下游传去。因此,可以看到:传播雹云的新生单体总是出现在云体移向的前侧,而消亡单体则出现在移向的后侧。

综合本文有关材料,我们可以描绘出一种后向入流的点源冰雹云模式,如图 6D 所示。图 6D 的上部是模式的顶视图,下部则是侧视图。它们基本概括了本文论述的点源冰雹云特征。

首先,由于低层浅薄东风入流及地形抬升,在山结前区热力和动力作用下,积云形成,这儿成为云体“源区”(参见图 6D 单体 5 位置)。在盛行西风影响下,稍有发展的单体就向东移,受中、低层切变环境影响,一股后向入流支托云体增长(见单体 4)。在单体 5 影响下,后向气流绕流从两侧进入单体 4,使之发展。前一时刻发展的单体 3 已增长起来,由于单体 4 已有增长,但不庞大,所以北侧形成凹弧线入流区。这里上升气流强烈,回波廓线密集,成为冰雹主要增长区。随着单体 3 成熟,它向东移降雹,进入单体 2 阶段,此时它既受降雹的削弱,又居于强大单体 3 的背风区,所以逐渐削弱并消亡。最后单体 1 位置已处于消散阶段了。这样,一个点源发展出的多个单体的点源冰雹云,就排成依次演变的云群,图 6D 上部的顶视图就类似于图 2 的实况。此外,中上层西风气流从后部吹向云体,由于单体阻挡,形成后向的侧向入流,促进了云体发展演变和点源冰雹云系的东移。这就是本文论述的点源冰雹云的一个概括。

参 考 文 献

- [1] Marwitz, J. D., The structure and motion of severe hailstorm, Part II, severely sheared storms, *J. Appl. Met.*, Vol. 11, No. 1, p.189—201, 1972.
- [2] Chisholm, A. J. and English, M., Alberta hailstorms. *Met. Monog.*, Vol. 14, No. 36, p38, 1973.
- [3] Browning, K. A., The structure and mechanisms of hailstorms, *Met. Monogr.* Vol. 16, No. 38, p1—43, 1977.
- [4] 王昂生、黄美元等;冰雹云物理过程的一些研究, *气象学报*, 第 38 卷, 第 1 期, 64—72 页, 1980.
- [5] 黄美元、王昂生等, *人工防雹导论*, 科学出版社, 北京, 204 页, 1980.
- [6] 王昂生、洪延超等, 昔阳地区冰雹云物理研究, 全国人工影响天气科学技术会议(南宁), 中国科学院大气物理研究所集刊, 待出版.
- [7] 王昂生, 四类冰雹云及其模式(尚未发表).

THE RESEARCH ON DOT-SOURCE HAILCLOUD

Wang Angsheng

(*Institute of Atmospheric Physics, Academia Sinica*)

Shi Wenquan Yang Chuanming

(*Meteorological Institute of Xinjiang*)

Abstract

A new-type hailcloud — dot-source hailcloud — has been expounded in this paper. We introduce some cases, characteristics, developing law, property of cell and relation between cells etc. of dot-source hailcloud in here. The model of dot-source hailcloud and the features different from propagational hailcloud have also been explained.

新 书 出 版 消 息

[55—8] 中国气象史(中国农书丛刊气象之部) 农业版

气象学类 洪世年、陈文言编著

大32开 100千字 77页 平装 估价: 0.98元

83年10月出版 书号: 16144·2618

我国有关气象的历史资料,十分丰富。本书以历史唯物主义的观点,评述我国几千年来气象科学发展的情况,从而体现我国气象科学已经取得的成就,达到古为今用的目的。本书内容分春秋以前、战国以后、明清、近代直到新中国气象事业发展等,总结了历史经验,指出今后发展的方向。

读者对象: 有关气象、天文、地理大专院校师生、科研人员和气象工作者等。