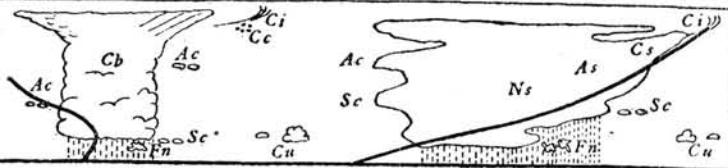


云的基础知识 讲座



云与天气

郭恩铭 童乐天*

一般所说的天气，无非是指晴雨、冷暖、干湿、风雪等天气现象。这些天气现象，大都与云的变化有联系。而晴雨与云的关系最密切。

对云的观察，在一定程度上可以起到高空气象探测的作用，使地面气象观测增加了立体的成分，并使观测范围由测点扩大到视野所及。云所反映的大气物理变化，对于分析未来天气演变具有重要意义。

一、根据云况判断大气的物理状态

云本身既是大气物理变化的产物，又在一定程度上体现出某些大气物理参量演变的特征。当空中有一定量水汽时，大气中的不少物理变化，可由云况反映出来。

1.看水汽的多少

水汽是成云致雨的第一个必备条件。这不仅因为它是云雨的水份的直接来源，而且还是空气作上升运动所需能量的重要来源。我们知道，在 0°C 时一克水汽凝结就能放出潜热597卡，在没有发生凝结的空气中，要有大于 $1^{\circ}\text{C}/100\text{米}$ 的垂直递减率才能有利于垂直运动的发展，而在已有凝结发生的空气中，只要有 $0.6^{\circ}\text{C}/100\text{米}$ 的垂直递减率气层就不稳定了。在发生冻结时只要有大于 $0.4^{\circ}\text{C}/100\text{米}$ 的垂直递减率就变得不稳定了。我们在作当地天气预报时不单要看地面气层的湿度，更要从对云的观察分析中来判断空中湿度的大小和水汽的含量。

云量、云厚和云高在一定程度上可判别天空中水汽的多寡。一般说来云量少、云层薄和高度高说明空中水汽少，反之则多。

从云形来看，瘦高的积状云表示空中对流虽较强，但水汽含量少，一般不会下雨。反之，若积状云庞大臃肿，则表示空中水汽含量多，一般易于产生降水。

光滑明亮的云层，表明云中含水量小；而阴暗零乱的云层则表示含水量丰沛。

积云顶部附近的云幕，反映出在中空有一湿度较大的层次。

山顶被云遮住的所谓“山戴帽”，常表明空中湿度

较大，利于云雨的形成。

2.看气层稳定程度

我们知道，云雨都是由空中的水汽凝结或凝华而成，湿空气要凝结又主要依赖于空气的冷却。空气冷却有许多方式，其中以空气的上升绝热冷却为最重要。因此，空气的上升运动是成云致雨的第二个必备条件。局地的对流运动常出现孤立的积状云，并出现局地阵性降水；大范围的锋面滑升或辐合上升运动，则往往造成大范围的云雨。相反，若在近地层存在着阻碍上升运动发展的逆温层或稳定层，则上升运动往往难以发展，不易构成云雨。

一般说来，云块中部隆起，或纷乱不均匀常反映空中有对流或辐合上升运动。云平行成均匀条状，边缘光滑则反映气层稳定。浓积云在早上或上午出现，表明气层不稳定，加上午后的热对流很易出现阵雨。上午空中出现堡状高积云（堡状层积云）或絮状高积云，则表示气层存在条件性不稳定，有辐合上升运动，午后常有雷阵雨。

积云性层积云和积云性高积云一般反映在该高度上有一稳定层阻碍对流继续发展。

荚状高积云（或荚状层积云）一般表示在该高度以上有一稳定的气层或有较强的下沉气流和较弱的上升气流。这种云出现在阴雨天后一般表示将转晴。若出现在积雨云前，往往将有大雷阵雨。若出现在山顶附近，则要根据迎风面气流的性质强弱及近地面受热情况才能判定未来的晴雨。

稳定的波状高积云、波状层积云和层云都反映空中有较强的逆温层，一般表示未来少云或晴天。如果层积云或层云维持到夜间，云层上有强烈的辐射冷却，也可出现夜雨。

辐辏状高积云实际上是成排排列、在逆温层上缓慢抬升的云，它常是锋面云系的一部分，预示着未来天气可能有降水。

3.看云的组成

*本文参考易仕明、蔡尔诚等同志提供的材料编写而成。

从降水形成的原理可知，单纯由水滴组成的云除沿海一带和夏季外很难下雨，即使下雨也无大雨，单纯由冰晶组成的云一般也只能在冬季降小雪。只有冰水混合云才能下较大的雨雪。因为在混合云中，贝吉龙过程可使云中的小水滴迅速增长成为大水滴而形成降水。因此，如果上层有冰晶组成的中、高云，下层有浓厚的低云发展，则可有较大降水。

大部分淡积云和浓积云，都是由水滴组成的，不易产生降水。而发展较旺盛的浓积云和积雨云，在顶部出现了冰晶，有利于降水的形成。云层愈厚，愈利于出现大的降水。

4. 看气流情况

云的移动方向基本能反映出该层的风向。如果有几层云，则更可从分析不同云向中来推知各该层的风向，以预测未来天气。

一般说来，低云往西大多会有雨。如果上层云往东北、下层云往西，就更易加强上升运动而降雨。

波状云的云向与云排相垂直。但用波状云的速度判断风速是不准确的，尤其象山顶波、背风坡一类的云，看上去云形及位置不变，其实风可以是相当大的。

钩卷云表示在该高度上下有较强的风切变。卷云内的冰晶下降到对冰面仍是过饱和的气层时，不但不蒸发，反而会继续增长，这就是我们见到的丝状；当冰云下垂时，如果存在较强的风切变，下垂的冰云就会被拉成钩状。一般情况下上层风大，下层风小，钩头所指的方向即是风的去向。个别时候也会出现上层风小，下层风大的情况，这时钩头指的是风的来向。

当有较大的风的垂直切变时，向上伸展的对流云体会发生向下风方倾斜或扭曲：若云体逐渐向某方向倾斜，表明自下而上风向不变、风速逐渐增大；若云体自某一高度后突然倾斜于一方，表示该高度上有强风；若在某一高度上下风向相反，则积状云先向中层的下风方倾斜，再往上又转向上层的下风方倾斜。因此可以根据对流云顶倾斜的高度和程度，来判断上空盛行风向的方向、高度和强度。

二、几种典型的天气系统云系

1. 锋面云系。锋面云系依锋的性质不同而有很大的差别。比较典型的暖锋云系，由于是暖湿空气沿冷空气约以 $1/150$ 的坡度滑升，其伸展范围很广，首尾往往可宽达1000公里左右。云系最前面的是毛卷云（或钩卷云），偶尔也有卷积云，然后依次为卷层云、高层云和雨层云，在云系的尾部又出现高层云、高积云或层积云，在高层云和雨层云等降水云层的下面，常常有云量较多的碎雨云。在云系的两侧，见到的多是高积云和层积云。暖锋云系一般都是非阵性降水。但是如果暖湿空气不稳定也可在广大的层状云系中出现对流性云和阵性降水。这时由于全天被低层云遮盖，一

般只能从降水的性质和声光电现象来加以判断。

冷锋云系由于冷空气移动速度和性质的差别而有所不同，一般可归纳为三种类型。第一型叫缓行冷锋，它的移速较慢，坡度约为 $1/100$ 。云系的前缘由于暖湿空气的迅速抬升而出现较强的对流云，其后由于坡度平缓而依次出现雨层云、高层云、卷层云和卷云。这种云系大致与暖锋云系的次序相反。在降水云层的下面，也有大量的碎雨云滋生，这种碎雨云以后又可变成层积云。

第二型叫急行冷锋，由于它的移速较快，坡度更大（约 $1/70$ ），其云系主要为积状云。冷锋前面的中、高空往往由于有下沉气流而形成卷积云和高积云，紧随锋面而来的则是较强的积雨云，然后就是高积云和层积云，云系的范围很小（约1—2百公里）。

冬半年从我国西北方南下的所谓寒潮冷锋，虽然它的强度也较大，但由于冬半年上升空气较干燥稳定，难以产生对流云，其余与第一型冷锋云系相类似；在黄河以北时锋前多是卷层云，锋后多是密卷云，云系宽度达300公里左右，云量较少；当冷锋进入江淮一带时，锋面附近开始有高积云、高层云和层积云生成，云系宽度增加到500公里左右；当冷锋进入江南和南岭一带时，往往锋前为宽约800公里的大面积层积云和淡积云等，锋面前后100公里附近则是雨层云及碎雨云，并有降水，锋后则是前进缓慢的宽约300公里的高层云、高积云和卷层云、卷云。这种锋面云系形成后往往能维持几天，然后中、高云消散，而低云则能残留到下次寒潮冷锋下来，又并入新的冷锋云系中。

静止锋往往由冷锋演变而成，云系与第一型冷锋云系相近，一般无强对流云而有雨层云。但其云区由于锋面坡度小（ $1/200$ ）而相当宽广，这点又类似于暖锋云系。

2. 切变线常由锋面演变而来，多为高空切变线。在切变线附近多半有辐合上升气流，虽一般不强，但在江淮一带却可维持大面积的云雨区。云系与静止锋云系相近，有时也可夹有对流云。其他地区一般只有高、中云，有时也能出现低云并有较大降水。

以上所述，都是一些比较典型的云系，实际云系还随着地区、季节、温湿、稳定度和天气系统强弱等差异而有相当大的差别。其他天气系统的云天，可根据上述典型云系的形成条件加以推断。具体各地影响系统所对应的云系，还需根据测站记录对照历史天气图来进行普查。

三、根据云天变化预测未来天气

根据云天的变化来预测未来天气，在我国已有悠久的历史，许多地方都有丰富的群众经验，不少经验已经提炼成谚语广为流传。它在气象站哨的天气预报中起到了重要的作用。即使将来气象中心运用电子

计算机能够做出比较准确的天气形势和各种物理量、天气要素场的大尺度预报，仍然难以做出各地点比较具体精确的局地天气预报。而各气象站若以当地云天变化结合其它气象要素变化的分析为基础，来监视天气系统及其雨区的变化与对本地的可能影响程度，则是可以提高当地短期天气预报精确度的。这是因为单站云系的发生发展情况，不但能够监视天气图上发现的天气系统，还能分辨出天气图上难以发现的中小尺度系统。现以哈尔滨站1979年9月2—9日的四种工具分辨天气系统的能力为例。三层天气图（500、700毫巴图和地面图）结合起来，反映有5个系统影响哈尔滨；单站高空风分析中，有三条槽线过境；单站P（气压）、t（温度）、e（水汽压）曲线中，4日和6日两次气压谷和湿度峰分别与冷锋相对应，4—7日连续降温与长波槽相对应；从单站云系中，则反映出有7个天气系统影响测站，即4日的 $Ci \rightarrow Ac \rightarrow Cu$ 、 $Cb \rightarrow 0$ 是弱冷锋影响，5日的 $Ci \rightarrow Cs \rightarrow Ac \rightarrow Cs$ 、 $Sc \rightarrow As$ 是暖锋影响，6日的 $As op \rightarrow Ci$ 、 $Sc \rightarrow Cb$ 是强冷锋侵入的反映，7日的 $Ci \rightarrow Cs$ 、 $Cu \rightarrow As \rightarrow Cb$ 是中低压的影响，8日 $St \rightarrow Cu \rightarrow Cb$ 是脊前小尺度对流单体的反映，9日的 $0 \rightarrow Cu$ 是变弱的对流单体的反映，连续几天出现对流云，又反映了一个稳定的长波冷槽系统。

云对天气系统反映的方式一般是：对尺度很小的对流单体，直接从 $Cu-Cb$ 的生消中表现出来；对中尺度天气系统，从一次生消时间较短的降水云系中反映出来；对大尺度系统，则通过若干次性质相似的降水云系重复出现而反映出来。

单站云系的变化也能反映出测站四周天气系统力量对比的变化。例如台风北上，高压加强，测站处于北高南低的区域，若未来南方雨区不影响测站，则测站可观测到南来 $Cs-As$ 长时不消北天边现象。

单站云系的变化还能反映出影响测站的不同时间长度的天气过程间的量变和质变。仍以1979年9月3—9日哈尔滨天气为例，4—9日内云系间的相似点为都有对流云，反映出测站受冷性长波槽的稳定控制；4日有日变化的弱 Cb 到6日出现系统性侵入的强 Cb ，表明冷槽的移近和加强，到8日又出现有明显日变化的弱 Cb ，反映出冷槽在变弱或移走，可以预测未来将回暖，实况是从10日起连续三天晴天。这就是说，在一个大尺度（或长时间）的较稳定的天气系统中，总是包含着几个不断变化着的较小尺度（较短时间）的天气系统，观测到了反映这些较小尺度系统变化的云系特征，就有可能预报更大尺度系统未来的转折变化。气象站哨用短期云系的阶段变化来做中期久晴久雨转折预报的具体方法之一，可参见《看云识天气》一书。

单站云系对卫星云图而言，能起一定的“放大”作用。例如1979年6月9日测站位于低压中心前方，

在卫星云图和天气图上都是大片云区。该日测站的云型演变是 $Ac \rightarrow Ac$ 、 $Sc \rightarrow Cs$ 、 $Sc \rightarrow As$ 、 Sc ，双层云整日不密合，而距测站30公里远的气象哨的云型演变是 As 、 $Sc \rightarrow As$ ， op 下小雨，双层云趋于密合加厚。在傍晚作次日预报时，测站和气象哨根据各自的云型特点分别预报小雨和中到大雨。实况是测站6.1毫米，气象哨26.1毫米。事后收集附近几十个站哨地面风资料作流场分析，发现雨区内有一条中尺度风向辐合线，气象哨靠近辐合线，雨量大，而测站离辐合线较远，雨量偏小，这个中尺度降水差异只是当降水中心已形成后，才在10日3时的卫星云图上看出一小块白亮云团。

应用单站云型来预报天气也有其局限性，主要由于测站范围有限，当时观测到的云现象所反映的天气系统是局部性的，还是大尺度的，有时难以判别。其次，一般说来，影响系统愈逼近测站，单站云天对系统刻划得愈清楚，但若在短时间内发生了突变，就很难用于预报了。而在影响系统较远的情况下，云系变化虽可早些用于预报，但对系统刻划很粗，预报也难以做细。如在 Ci 阶段，往往无法报出未来的降水量。并且一大片云区总是由降水云和无降水云两部分组成，无降水云一般都是包围在降水云区的外围，往往影响到对中心部分降水云的观察了解。此外，云型难以定量反映与降水有关的各种物理条件，而降水量的大小却直接与各物理量参数的大小有关。这就会出现相似的云型而雨量差异较大的情况。

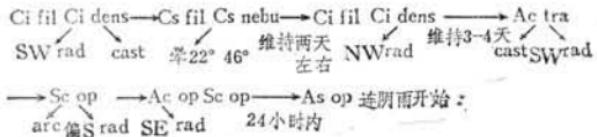
要克服单站云型测天的局限性，就有必要把当地云型与大尺度形势和物理场结合起来进行分析考虑。如果能将某一地区的各站云型变化汇集一处作分析，就会比单纯用单站云型做预报效果好得多。

为了了解当地云型与天气变化之间的关系和利用云型来作天气预报，必须对云天演变进行比较仔细地观测记载，一般每三小时观测一次，若有系统侵入或云型变化较快时，应缩短观测的时间间隔，甚至进行连续的观测记载。记载应尽量仔细具体些。如对云的种类、特征、分布、厚薄、透光情况，云中的光、声、电现象，云的移向、移速和辐辏方向等。除了文字描述，一般还用极坐标圆形图来填写全天云的分布，武汉师范学院地理系还划分成49个观测点，观测分析得就更细了（参见本刊1981年第8期）。

在积累一定资料的基础上，可以对云型与天气的关系进行逐个分析，最好与历史天气图、卫星云图和附近的探空资料配合起来进行分析，找出当地各云型与未来天气的对应关系及相应的其它要素变化条件，最后归纳出一些可应用于日常预报业务的具体模式。在应用中再逐步进行修订充实。

例如上海宝山县气象站，根据8年的云天观测资料，归纳出春季连阴雨的云型有偏北和偏南两类。其

中偏北连阴雨的云系模式如附图所示。呈马尾状的 Ci fil 和 Ci dens 先从西南方上推，常伴有西南辐辏。云体前缘常有 Ci unc 和 Cc，后逐渐变为 Cs fil 或 Cs nebu，维持时间一般在 2 天左右，云向为西到西南。以后从偏北天空有 Ci fil 上推，并伴有偏北辐辏，在云条中常有东西向的短波云条或 Cc，云向偏北。Ci 阶段一般可能持续 3—4 天，后转入 Ac 阶段。先在偏西方出现散片的、不稳定的 Ac，接着 Ac 系统从偏北方上推，开始为西南辐辏，后转为偏东辐辏，在辐辏体中常有南北向长波云条形成，并逐步向 As 过渡，云向偏西。冷锋过境前后，大量的 Sc 从偏北天空上推，有时呈滚轴状，还可能打雷。而后在偏南天空常有 Sc 偏南辐辏。当空中 Ac 变为 As 时，连阴



附图

雨开始。当 Δc 西南辐辏转为偏东辐辏后，则24小时内转连阴雨。

这类云型反映出的天气形势为：3000米上空西南气流活跃，河套以西的槽线在东移过程中逐渐变为东西向的切变线，而后在 30°N 左右摆动。地面图上测站处于入海高压后部，华西倒槽发展东移，北方冷空气主力偏东，在华东中南部静止，形成大片雨区。

测站要素变化为：先吹3—4天的4—5米/秒偏东风，后转东北风，本站气压降后缓升。

根据云型作天气预报的方法还很不成熟，希望各地能将自己的好经验好办法不断总结，及时交流，使其日趋完善。

编后:本讲座自1980年8月开办以来,在有关同志的大力支持下,共刊登了14讲(今年第8、9、10期未登),至本期全部结束。云的基本知识牵涉面较广,本讲座未能全部包括,今后将陆续登载一些专题性的文章作为补充,请读者留意。