

## 天 气 学

天气学是研究大气中各种天气现象发生和变化的规律，以及如何运用这些规律来进行天气预报的一门学科。“天气学”一词来源于西方国家，原义是综观的或鸟瞰的意思，即指将大范围各地区气象台站在同一时刻观测所得的气象资料，填绘在一张空白地图上，进行综观的分析。20 世纪 60 年代以后，同时还配合气象卫星探测资料的分析，然后由此作出天气预报。

天气学的研究已有一百多年的历史，它的发展同气象观测手段和技术的革新，以及同动力气象学的发展密切相关。

在 20 世纪 20 年代以前，主要是使用地面天气图等来分析各种气压系统及其天气分布。20 年代以后，由于探空仪的研制成功而获得了高空气象资料，从而对天气系统的研究由地面扩展到了三维空间。在此期间，挪威气象学家皮耶克尼斯提出了极锋学说，瑞典气象学家伯杰龙提出了气团学说。

极锋学说概括了典型的极锋气旋模型，指出在温带的移动性气旋内，有来自极地的冷空气和来自热带的暖空气形成的分界面，这种分界面称作板锋。气团学说认为：中纬度的天气变化，是由于来自不同源地的气团相互作用的结果。当某地为某种气团控制时，往往出现某种典型的天气。而在两种气团交绥的地方，则天气变化往往非常激烈。

1939 年，瑞典气象学家罗斯比通过对大量高空天气图的分析，提出了长波(行星波)理论，并发现极锋气旋是在长波的特定位置上发展起来的，气旋的运动和发展，都和长波有密切的联系。这期间，天气学开始和动力气象学结合，除了广泛应用罗斯比的长波公式外，英国气象学家萨特克利夫和挪威气象学家佩特森在简化涡度方程的基础上，分别提出了判断地面天气系统发生、发展的条件。此外，芬兰气象学家帕尔门对西风带大尺度天气系统的特性；美国气象学家牛顿对强对流风暴等做了大量的研究。美国气象学家里尔在热带天气分析、热带大气环流和东风波的研究方面，都作出了贡献。

20 世纪 60 年代以后，由于高速电子计算机的使用，天气学和动力气象学的结合更加紧密。具体表现在对天气系统的数值模拟试验和诊断分析两方面，由此，对天气系统发生发展的物理机制，有了进一步的了解。同时由于气象卫星提供了人烟稀少地区的大量气象资料，热带气象学和极地气象学得到了迅速的发展，许多新的大气运动现象也不断发现。再由于气象雷达等探测手段的不断改进，对中小尺度天气系统、强对流天气的研究也更加深入了。

天气学是一门理论与实践紧密结合的应用学科。天气学的发展始于农业、航海等对天气预报的需要，准确的天气预报一直是天气学研究的主要目标。由于控制大气运动因子的复杂性和大气运动本身的随机性，天气预报还不能像日月星辰位置的预报那样准确，但基本上已能实用，并在经济建设中起着重要的作用。特别是 20 世纪 50 年代以来，由于电子计算机和气象卫星的运用，天气预报的精度已有很大提高。

中公网总站：[www.offcn.com](http://www.offcn.com) 邮箱：[offcn.com@163.com](mailto:offcn.com@163.com)

电 话：010—62698755，82387776

地 址：北京海淀区学清路 38 号金码大厦 B 座 9 层

天气学是根据实际观测资料概括出天气学的规律或模式，并以动力气象学为理论基础进行研究的学科。天气学和物理学不同，大部分天气现象不能在实验室内进行观察，而需把整个大气圈作为“实验室”，在收集世界各地大量观测资料的基础上，运用天气图表及其他工具进行研究。

天气学是一门地方性很强的学科。由于大气的流动性，各地天气变化有着十分密切的关联。即使有许多普遍性的规律，由于地理因素不同，各地的天气也各有自己的特色，故在天气学的研究中，既要考虑大气整体的运动规律，又要考虑地理、地形和海陆分布等地方性因素的重大影响。

天气学主要研究大气环流、天气系统、天气过程等大气运动现象，综合归纳大气运动规律；研究大气中各种不同尺度的天气系统的结构、发生、发展和移动等特征，建立各种天气系统发生发展的物理图象；研究各种天气系统之间的相互作用以及大气环流和天气过程的演变等的物理机制；研究天气预报方法，即研究怎样根据天气图及其他有关工具的分析，对各地未来的天气作出预报。

天气学的研究是以气象观测资料为依据的，所以气象观测是其发展的基础。天气学发现的大气运动现象，为动力气象学提供了研究课题。动力气象学的研究成果，又为天气学的研究提供了理论依据，并直接应用于天气预报中。

天气学与气候学有所不同，天气学主要研究瞬时的大气物理现象及其短期变化过程，而气候学则主要研究长期的平均的大气物理现象，及其长期变化规律。但二者又相互联系，如天气气候学即是其结合的产物。天气预报为各专业的服务推动了应用气象学的发展。而应用气象学中各种不同的要求，又推动了天气学的研究和发展。

随着遥感技术的发展，探测资料的日益增多和高速电子计算机的广泛应用，天气学将向更加深入、综合和理论化的方向发展。

## 热带气象学

热带气象学是研究南北纬度  $20^{\circ}$  之间地区的大气环流、天气系统和天气预报的学科。

热带地区约占全球面积的一半，该区的辐射收入大于支出，其盈余的热量，可通过大气和海洋输送到中、高纬度地区，因此，热带地区是全球大气运动的主要能源区。热带大气还从地表得到角动量，所以热带地区又是大气角动量的源区之一。

热量的输送，不但年际变化很大，而且在一年之中又有明显的变化。这些变化对中、高纬度地区的天气影响很大。所以，在制作中、高纬度地区较长时期的天气预报时，必须考虑热带的大气环流和大洋环流的变化。

热带地区的大气环流除哈得来环流和信风环流外，还有许多大型的环流系统，如热带辐合带、副热带高压和季风环流等。它们的强弱和变化不但影响着热量和角动量的输送，而且影响着天气系统的产生

中公网总站：[www.offcn.com](http://www.offcn.com) 邮箱：[offcn.com@163.com](mailto:offcn.com@163.com)

电 话：010—62698755，82387776

地 址：北京海淀区学清路 38 号金码大厦 B 座 9 层

和活动，这对中、高纬度地区和热带地区都有直接的影响。所以，热带气象学的研究有重大的经济意义和理论意义。

热带地、气系统净得到热量，几乎全部被地表吸收，其上空的大气却依然在损失热量。地表所得到的热量，只有一小部分通过端流的方式直接传输给大气，大部分通过地表(洋面)的水分蒸发变为潜热，再通过大气中水汽的凝结过程以释放潜热的方式将热量输入大气。

由于热带低层大气的温度很高且很潮湿，所以热带地区中下层的大气经常处于不稳定状态，极有利于对流的发展。热带的对流云系很旺盛，成千成百个巨大的积雨云经常聚集在一起，组成了热带特有的云团。强烈的热带天气系统如台风等的发生和发展，都和这种云团的活动有密切的关系。

热带地处低纬度地区，科里奥利参数很小，这种动力学特点使热带大气在没有大范围强烈对流上升时，水平的气压梯度力很小，即气压场的水平梯度比在中、高纬度地区要小，但是，流场的水平差异却十分明显。一个天气系统的发生，往往先出现流场的涡旋，辐合和辐散，以及风的水平切变和铅直切变，气压场则只有当产生强烈的对流运动后，特征才逐渐明显。同中、高纬地区相比，热带流场的变化显得更为重要。

热带大气环流的形成和变化，是热带大气本身的动力和热力特性、海陆热力差异、青藏高原等大地的动力和热力作用，以及南北半球环流相互作用等因子共同作用的结果。北半球的夏季，热带大气环流的主要成员有：低空的东北信风和西南季风以及由这些气流组成的热带辐合带和季风槽和两个大洋中部槽。高空的东风环流和低空的季风环流中都存在急流，并常有比较固定的越赤道通道，可进行南北两半球的质量、水汽和能量的交换。在北半球的冬季，高空为副热带西风急流，而低空则为东北信风和偏北的冬季季风。

热带天气分析除用天气图进行流线分析外，还有卫星云图分析，此外风的铅直和水平切变分析、速度位势场分析和层结稳定度分析等，也均已用于日常业务工作中。热带天气预报方法，已广泛应用统计预报方法和数值预报方法。前者如台风路径的相似预报，后者如正压模式数值预报。

早在 15 世纪末，阿拉伯水手们已在印度洋的贸易航线上注意到了季风的变化规律，中国宋代著名文学家苏轼也曾记述了季风现象。近代热带气象学的研究起始于第二次世界大战期间，美国气象学家里尔首先在热带天气分析、热带大气环流和东风波的研究等方面作出了贡献，写出了第一本近代的《热带气象学》专著。

随后，查尼和郭晓岚对热带大气动力学、皮耶克尼斯对热带海-气相互作用、柳井迪雄对热带波动的分析研究、联邦德国气象学家弗洛恩对热带大气环流、印度气象学家克里希纳穆蒂对热带季风的研究，均作出了贡献。

自从 20 世纪 60 年代以来，曾有过多次国际综合观测试验：60 年代的国际印度洋考察，考察了西南季风及其上的天气系统；1967 年的莱恩岛试验，侧重研究热带辐合带内对流尺度和中尺度天气系统；1974

中公网总站：[www.offcn.com](http://www.offcn.com) 邮箱：[offcn.com@163.com](mailto:offcn.com@163.com)

电 话：010-62698755，82387776

地 址：北京海淀区学清路 38 号金码大厦 B 座 9 层

年开始进行的全球大气研究计划大西洋热带试验，研究对流云系和大尺度环流相互作用及对流云系加热的参数化，热带边界层结构，海-气相互作用和大气辐射过程，改进了热带天气的数值预报；1979年进行的国际季风试验，则研究阿拉伯海到南海地区的冬夏季风活动。通过这些试验，为热带对流云系的加热及其参数化提出了不少较为合理的模型，对热带边界层及其参数化也提出了合理的模型，对西南季风活动规律和季风低压的结构有了进一步了解。

这些成果，大大改进了天气预报，特别是数值预报的方法。此外，对台风结构的探测，台风的发生和发展所作的数值模拟及其路径的预报方法，以及人工影响台风的方法的研究，使台风路径的短期数值预报已达到实用的水平。



## 极地气象学

极地气象学是研究南北极地区的各种气象问题的学科，主要包括大气物理过程(如大气辐射)、大气环流特征和天气预报等。

早在17世纪，北极地区已有气象考察。自18世纪发现南极大陆以来，各国的小规模探险活动，获得了南极地区一些片断的气温和风速的记录。从1957~1958年国际地球物理年对南极进行大规模的考察之后，对南极大陆开始了比较系统的气象观测资料。中国于1985年在南极建立了中国南极长城站气象站。

北极地区大部分为欧亚、北美大陆包围的海洋，面积约1310万平方公里；南极地区大部分为由海洋包围的大陆，面积约1400万平方公里。南极大陆平均高度约2350米，其中超过3000米的，约占南极大陆面积的25%，最高约4000米。大陆中心和边缘有很大的温度差，平均约差30℃，4月份可差55℃。北极地区温差不大，一般不超过10℃。两极地区均为冰区，北极平均冰界约在北纬72°，南极约在南纬63°。北极地区的冰雪，夏季可以大量融化，而南极大陆有97%终年被冰覆盖，平均厚度可达1700米。

南极大陆周围的海冰区域却有很大的变化：3月海冰区最小，约为500万平方公里，冰界约达南纬70°；9月冰区范围最大约为2000万平方公里，冰界约达南纬57°附近。这些特点影响了南北极的辐射、近地面风系和温度的分布。

两极地区接受的太阳辐射少，就地、气系统而言，极区有大量的热量丧失。极区近地面冷空气组成的冷高压向中纬度地区运动，中纬度高空暖性高压向极区运动，通过这种方式进行热量交换，使极区得到来自中纬度的热量。高空大气自中纬度流向极地之后下沉，从低空流出极区。一般认为中纬度向极区的热量输送绝大部分是靠感热输送来完成的。

此外，由于冰雪的反射率大，地面的长波有效辐射也因晴天多而增加，所以近地面气层强烈冷却，从而在极区的近地面层形成了一个强逆温层，其厚度可达1公里。这种现象在南极大陆尤其显著，每上升30米，温度可增加15~20℃。

中公网总站：[www.offcn.com](http://www.offcn.com) 邮箱：[offcn.com@163.com](mailto:offcn.com@163.com)

电话：010-62698755, 82387776

地址：北京海淀区学清路38号金码大厦B座9层

由于辐射损失的热量远大于吸收的热量，两极地区的气温都特别低。北极地区近地面的气温比南极温和，分布也比较均匀，1月极区约 $-32^{\circ}\text{C}$ ，7月约 $-2^{\circ}\text{C}$ ；南极地区气温则随地势高低而变化，其东半球部分的地势高，气温低，年平均气温可低至 $-57.5^{\circ}\text{C}$ 。南极地区曾记录到全球地面的绝对最低气温达 $-88.3^{\circ}\text{C}$ 。

北极夏半年常有层状云覆盖，北纬 $85^{\circ}\text{C}$ 处6~8月总云量为8~9，这是一种云底高度低于1公里、厚度350~500米的低云，它虽减弱了来自太阳的短波折射，但却大大减少了地面的有效辐射，使地面增暖，所以北极地区近地面气层夏季的温度较高，冬季则不然，天空大都晴朗，地面的有效辐射增加，使地面降温。南极地区的天气终年大都少云或晴朗，但在南纬 $50^{\circ}\sim 65^{\circ}$ 之间，存在一个气旋带，所以围绕南极大陆有一条气旋性云系。

两极地区的大气中，水汽含量都很少，降水量也都比较少，北极地区年降水量约200毫米；南极中部高原地区年降水量约为50毫米，全大陆年降水量自沿海向内陆剧减。北极地区的地面附近，冬季为稳定的高压区，盛行东风；夏季常有低气压侵袭，风向不定。南极地区外围(南纬 $60^{\circ}\sim 65^{\circ}$ )为一气旋带，所以南纬 $65^{\circ}$ 以北多为偏西风，以南多为偏东风。

但是由于南极地区中东部为高原并且存在强烈的逆温层，在南极中部下沉的近地层空气沿高原下滑流向南极大陆沿海，形成南极有名的“下吹风”。在它的影响下，南极地区大气流场十分奇特，冬季风速平均达9.0~12.5米/秒，夏季平均为4.9~9.0米/秒，越接近大陆边缘，风速越小，但当气旋侵入南极大陆时，风速可达20米/秒，冬季的风速可达40米/秒，引起大规模吹雪，能见度在1公里以下。

南北极对流层，冬夏均为气旋式环流，称为极涡。在北半球，由于大陆分布不均匀，极涡经常不在北极中心，而偏于北美大陆或欧亚大陆，引起这些地区偏冷。南极则由于中心是大陆，周围是海洋，海陆分布比较均匀，所以极涡几乎无偏心现象，中心位置比较稳定。

南北极的平流层内，冬季为极涡，但夏季则为一巨大的反气旋所控制。冬季在极涡外围的极夜线附近，干流层内存在一支强大的急流，称为“极夜急流”。两极自冬到夏的环流变化比较剧烈。每年冬末，极区干流层有数次突然增温，随之极涡和极夜急流崩溃，在一个较短时间内，反气旋环流控制极区，并逐渐向中、低纬度地区扩展，到5月已控制整个半球，相对而言，北极的“爆发性增温”比南极地区要剧烈得多。

北极地区冰雪覆盖面积的变化同北半球许多地区的气压和降水有密切的关系，北极冰盖对气候变化的影响已引起人们的注意。关于北极冰盖对气候影响的机制，有两种不同的看法。一种看法认为，极冰的存在可以加剧气候的异常。在气候变暖时期，极冰融化后暴露出来的水面会吸收更多的太阳辐射，传输给大气，使大气变得更暖，气候变冷时期其过程适相反。

另一种看法认为，极冰的存在缓和了气候异常状态。在气候变暖时期，极冰融化，极地向大西洋的冷流加强，使大西洋变冷而蒸发量减少，输入北极的水汽也减少，北极地区的云量也随之减少，有利于北

中公网总站：[www.offcn.com](http://www.offcn.com) 邮箱：[offcn.com@163.com](mailto:offcn.com@163.com)

电 话：010-62698755，82387776

地 址：北京海淀区学清路38号金码大厦B座9层

极地区的辐射冷却，缓和了气候的变暖的趋向。大西洋变冷，还使大气南北向的温度梯度减小，南北向热量的交换也随着减少，使极区变暖的倾向受到抑制。

## 卫星气象学

卫星气象学是利用卫星探测资料研究大气的一门学科，它是随着人造地球卫星的出现，而发展起来的大气科学分支。

在 1960~1980 年期间，美国、苏联、日本和欧洲空间组织各国先后发射了 130 颗气象卫星，获得大量全球范围的各种大气探测资料。

这些资料包括卫星云图资料、卫星探空资料、卫星测风资料和卫星辐射资料四类。卫星云图资料有可见光云图和红外云图、云顶高度及其温度、地球上冰和雪的覆盖范围、无云区地球表面(陆地和洋面)的辐射温度等；卫星探空资料包括温度、湿度、臭氧的铅直分布，云中含水量和降水强度等；卫星测风资料主要是由云的运动估算风向风速；卫星辐射探测资料包括地-气系统将太阳辐射反射和散射回太空的短波辐射资料，以及地-气系统向太空发射的长波辐射资料。

卫星气象学的主要研究利用卫星这一观测平台，探测地球大气各种气象要素的原理和方法；研究卫星探测资料如何应用于大气科学研究的各个领域。

如根据卫星的辐射探测资料，研究地-气系统的辐射平衡；根据温度铅直分布廓线和测风资料，为数值天气分析和预报提供大量非常规观测资料；根据洋面海水温度资料、陆地上积雪的覆盖范围和高纬度地区洋面积冰范围的资料，研究海-气热量交换作用和气候变化；根据卫星云图资料，识别各种不同的天气系统(如锋面、高空急流、台风、温带气旋、反气旋、雷暴)，判别天气系统的发展阶段及其未来的演变趋势，估计台风中最大风速，以及估计对流云的降水强度等。

由于极轨气象卫星资料并不是同一时刻的观测资料，怎样将这些不同时刻的观测资料用于天气图分析和数值预报中，也是主要研究的问题。

在辽阔的洋面和记录稀少的沙漠及高原地区，卫星云图分析是天气分析和预报的主要依据。许多国家气象部门所发布的天气图，对于海洋地区都是先根据常规资料作出分析，然后再利用卫星云图订正。

卫星气象学是二十世纪 60 年代初开始出现的一门新兴学科。从 1960 年 4 月 1 日发射第一颗专用气象卫星后，经历了两个重要的发展阶段。

大约在 70 年代以前，气象卫星获得的主要资料是云图，并定性地应用于天气分析、天气预报和气象研究；70 年代初期，卫星红外辐射仪投入业务应用，而且地面资料处理能力大为提高，使定量的或半定量的卫星探测资料，开始应用于大气科学的各个分支。

中公网总站：[www.offcn.com](http://www.offcn.com) 邮箱：[offcn.com@163.com](mailto:offcn.com@163.com)

电 话：010—62698755，82387776

地 址：北京海淀区学清路 38 号金码大厦 B 座 9 层

随着气象卫星探测能力和对探测资料的处理能力的不断提高，气象卫星将提供更加广泛的资料，其中包括短时间间隔的多通道普通云图和数值图象资料，使卫星云图的分析工作由纯定性分析向半定量和定量分析发展；由以分析大尺度天气系统为主，向同时分析和监视中小尺度天气系统发展；由以气象分析应用为主，向气象、水文、海洋等多学科分析应用发展。

随着气象卫星对温度、风和湿度等气象要素的探测精度的提高，如何把这些资料更有效地应用于大气模式，以改进数值天气预报的结果，这是未来卫星气象学研究的另一个重要方面。

卫星测得的臭氧和气溶胶的含量、大气上界的射入辐射和射出辐射观测，有助于弄清控制大气运动的辐射过程。利用卫星对大气和海洋的观测资料，有助于研究大气和海洋之间极为复杂的能量交换过程。所有这些气象卫星观测资料，都有助于气候变化和气候数值模拟的研究。

中公网总站：[www.offcn.com](http://www.offcn.com) 邮箱：[offcn.com@163.com](mailto:offcn.com@163.com)

电 话：010—62698755，82387776

地 址：北京海淀区学清路 38 号金码大厦 B 座 9 层