

近年来气象科学的发展

叶 篤 正

第一次世界大战期间,挪威建立了稠密的地面气象观测网,发现了气旋波,创立了极锋学说,这个学说标志了二十年代气象科学的发展。三十年代各国建立了比较稠密的汽球测风网和少数高度不过五、六公里的无线电探空站,使气象科学由二十年代的间接高空学进入了直接高空学时代。高空的直接探测使人们发现了行星波(或长波),创立了长波动力学,从而使气象学走进了以无线电探空这样的气象观测工具和对流层长波动力学这样的基本理论为标志的四十年代。在这个年代里出现的人工降水也是气象科学中一件大事,它表示人类认真地积极地开始了控制自然的研究。在四十年代期间出现了雷达和电子计算机,这又使气象学进入了以雷达气象和数值预报——预报自动化为发展标志的五十年代。近年来的火箭和卫星则又把气象科学带到了六十年代的气象卫星和高层(二、三十公里以上)大气环流时期。可以预期,最近新出现的受激光不久即将在气象中得到广泛的应用(光雷达),同时观测和预报将更进一步地走向自动化。

无论气象科学发展如何,而仅是由大台(绘制天气图的台)作天气预报和发布预报的这种办法一直没有改变。近年来我国的大、

中、小相结合的单站补充预报打破了这个框框,从此观测站也可以进行预报,使天气预报真正能下了乡,农民直接使用了天气预报。

由以上的叙述,可以清楚地看出,气象学的进展是有阶段性的,除我国的补充预报外,每次的进展都是从观测的改革开始的。发展的推动力则都是实际的需要,例如补充预告就是我国农村公社化以后对天气预报的迫切需要而产生的,近年来的探测技术和平流层气象等是因为高空高速喷汽飞机等的保证而发展的。下面我们将从探测技术开始对近年来气象学的发展及其前瞻进行讨论。

一 大气探测技术的跃进

——间接探测和观测自动化

无线电探空技术是直接把仪器送到所要探测的空间进行观测。这种直接探空技术近年来有了很大的发展,就是探空高度大大提高了。现在汽球探空已可达30公里以上,火箭又把探空高度伸到了100公里以上。空间的延伸有着重大意义,它引起了下面将要谈到的平流层和高层大气环流。

大气探测一个更重要的发展就是向间接探空迈进。在间接探空中占首要地位的是气象卫星。从来气象观测只是点的观测、线的

观测,而气象卫星能作地球整个大面积的观测。从此人迹难到的大洋、沙漠、两极和高原等处也有比较丰富的气象资料。卫星可以观测的项目很多,已经成功的有云的分布、积雪分布、大气辐射等。现在人们正在进行研究的是,通过各种辐射波带的观测,计算出各层大气的平均温度以及地面气压,由此就可以算出各层大气的气压,这样就可以绘制天气图了。预计这项研究不久即可以实际应用。如果在一万公里的高空放三个固定(相对于地球)的卫星,则可以同时进行全球的气象观测,估计七十年代初期这种固定的卫星可以出现。有些人认为,卫星将能代替现有的天气预报需要的观测系统,如可能,这不但可以增加现有观测密度,在经济上这也将是很合算的。但现在的卫星探测方法还不能透过云层观测下层大气情况,而全球的平均云量约为5左右,也就是说平均有50%左右的低空大气不能用卫星探测。这是卫星探测代替现有的观测网之前尚待解决的一个问题。

大气间接探测的另一发展是各种雷达的使用。第二次世界大战后,雷达就逐渐用于气象观测,现在许多国家都已建成了气象雷达网。雷达最大的优点就是同时可以观测到几百公里以内的云雨分布,这对短期预报,尤其是雷暴预报有很大的帮助。多谱勒雷达更可以测出云雨中的水滴运动状态,并由此可以间接估算云中风速及湍流强度。因此它成了研究云的微结构的不可缺少的工具。

莱塞问世后,很快就出现了光雷达。现有的无线电厘米波或毫米波雷达只能观测到雨滴或云滴,而光雷达可以观测到晴空中的大颗粒,利用这点和多谱勒效应就可以探测大颗粒的相对运动,也就是对航空和导弹发

射都非常重要的湍流。这是现有的其他探测技术都作不到的事。如能解决空中大颗粒绝对速度的探测,则平均风速也可间接测出来了。此外,光雷达还可以观测大气中的水汽含量,这又是一个重要的气象要素。当然光雷达实际用于大气探测还需要解决这样的问题:用气体发光,频带狭,宜于探测,但它的功率低,不能进行较远距离的观测;用固体发光,功率大,但频带宽,不宜于作多谱勒效应观测。现在人们正在这方面进行研究,估计不久即可解决。

如将光雷达装于卫星上,则卫星可以观测的气象要素就更多了。可以想象,将来这种装置的气象卫星会出现。

现有的气球探空完成二、三十公里以下的大气探测要两个小时左右,对于战时空军的活动来说,这太慢了,远不能满足要求。而且气球容易被邻近的敌人发现。上述间接探测技术成功后,能在十分钟左右把周围几百公里的气象要素观测清楚。这将能满足空军活动的需要。

近年来大气探测技术的另一动向就是观测自动化。现有的气象观测系统基本上是人观测,如一个测站需要三、四个观测员,则拥有几千个测站的国家在这方面所花的技术力量就可观了。自动观测是在这方面节省人力的唯一出路。观测自动化不仅是为了在观测方面解放技术力量,它还是不宜人类长久居住的地区(如供应困难的山区和沙漠等地)的观测的解决方法,在这类地区人们只是在一定时期里去看管一下仪器就行了。为此许多国家的气象系统正向这方面努力,并已取得了不少进展。有许多机场已使用了这种观测方法,气象观测系统的自动化正在前进中,它的实现是可以预期的。

二 新发展的科学分支

气象学的基础在于观测,新的观测技术往往会带出新的学科分支。汽球探空向平流层的迈进和火箭的发展就带动了平流层和高层大气气象学。现在已出现了1毫巴(约45公里高)的天气图。平流层和高层大气的探测结果使人们对100公里以下的高空大气结构有了比较详细的了解。在冬季,极地高空为一强大的气旋性涡旋,组成这个涡旋的强西风有一急流,称黑夜急流,高度在60公里左右。其上有非常大的扰动,可名之为超长波,目前对其性质和变化已有较多的了解。夏季平流层和高层大气则被东风组成的反气旋涡旋所控制,东风层中扰动较小。冬夏环流的季节转变有着一定过程。每年冬末平流层总有着一次突然的增温,四、五天內可增加40—50℃,极夜急流立刻被减弱甚至破坏。在南半球,太阳回到极地时才发生这种现象,而在北半球增温可以在一、二月里出现,这就不能用太阳一般的辐射来解释。根据已观测到的事实,平流层和高层与对流层环流有着它们的相互特殊性质。但大气是一个统一体,上下之间必有一定的联系和相互的影响。这是一个基本理论问题,它的解决可以影响平流层和对流层的中长期预报问题。

卫星观测带出了近年来的另一个新的气象分支——卫星气象学。这方面一个显著的成就是云的观测。已发现广大地区的云系有三种基本的分布状态:螺旋状、带状和堆状。云的不同分布状态显示着大气结构的差异,所以由此可以进行大气运动状态的研究。云图已用于短期预报,它对于海上热带气旋的发现是非常有帮助的。如何由云的分布辨认天气系统将是一个待研究的问题。这一点清

楚了,它就能帮助人们分析人迹所不能到的地区的天气系统。

卫星气象学的第二方面的问题就是大气辐射。现在已积累了大量的地球和大气的辐射平衡和反照率的资料。由这些资料已可以绘制每天的辐射平衡图。这对控制天气运动的能量配置的了解是有帮助的,对于大气环流的演变的机制和中长期预报的研究将是有益的。

过去气象学主要研究对象为气温、气压、湿度和风。可是大气本身不仅发出这几种物理的讯息,其中还有其他物理讯息。如大气闪电就形成很强的电磁波辐射的讯息。事实上,人们已利用这个讯息确定雷电活动的方位。如果我们设法接收这些讯息并进行仔细研究,估计可以发现它们和不同天气现象的关系。由此就可以发展所谓大气讯息学。这是国外尚未充分注意的事。

三 天气预报的进展——预报自动化 和大、中、小结合的单站补充预报

总的来说,近年来天气预报的进展表现在两方面:一个是向自动化迈进,另一个是我国的大、中、小相结合的单站补充预报方法的出现。五十年代末期,在不少的国家里对流层中部环流形势的预报已由数值预报代替了预报员的预报。这标志着天气预报开始自动化了。不过当时数值预报所依据的实况图还是人工分析的。自从客观分析成功以后,一般天气图的分析也就可以由电子计算机代劳了。现在不少的国家已直接把各地由无线电或电传机发出的气象纪录输入到电子计算机去,由计算机判别(初步地)纪录的错误,然后自动进行天气图的分析,分析后自动预报,最后计算机输出当时的实况图以及

一天以至四、五天后的预报图。这套工作可以仅在中央机构进行,电子计算机预报完毕,中央机构将当时的实况以及预报图再向外地传真。这就节省了大量劳动力。

现在预报自动化方面还差观测自动化一个环节。绝大部分现有的观测还是由人来进行的,完全的自动观测站的设计正在进行。估计不久即可达到实用阶段。七十年代可出现全部的自动化,即观测站自动观测,自动向中央机构发观测纪录,电子计算机接收到各地纪录后,即自动进行天气分析和预报。

除自动观测外,全部自动化还有一个问题,就是现在的数值预报仅能预报天气形势,具体天气还得预报员根据形势预报图进行估计。具体天气的数值预报方法的研究,有人在进进行,但研究得还不够多,有待发展。

总之,可以说,短期形势预报已走上定量的数值预报的道路,中期(3—7天)形势预报将来也会走这条路。至于10天以上的长期预报的物理基础的研究正在大力进行,现在人们已能用电子计算机计算出大气环流平均演变状态的基本特点,这给长期预报打下了一个理论基础。

除自动化外,预报是向多样化和专业化发展了。因为各行各业对预报的要求不同,一种预报难以同时满足各方面的需要。对于航空来说,高空预报的要求愈来愈迫切了。过去只有500毫巴(约五到六公里高)以下的预报,现在20公里以上的高空风预报方法的研究已迫切地等待在日程上了。所以近年预报向高空有了猛进的发展。可以预期,不久的将来预报还将向更高的高空突进。其他方面象超低空风的预报、高云预报,以及污染扩散预报等等,都有了开端,等待着发展。这些预报都给气象工作者们带来了新的研究

课题。

由一个中心台发布广大地区的天气预报有着一个大缺陷。因为自然条件(如地形、湖泊等)的影响,同一天气系统在各地产生的天气不同。中心台的天气形势报得再好,由于预报员无法掌握各地的详细自然条件,他们也很难报出各地具体天气。我国大、中、小相结合的单站补充预报方法解决了这个困难。这个方法是:根据收听的大台天气形势预报,再依靠当地的自然条件、该站各种气象要素变化情况,以及当时的天象(如云状等)和经验等,各县各区的站再作出当地的具体的天气现象预报来。这个方法一方面解决了上述困难,提高了预报准确度,使预报真正下了乡;另方面也发挥了广大观测员的积极性,使他们能从一个新的角度进行预报。

四 一般天气动力学的进展

一般来说,近年天气动力学是处于稳步上升的阶段。这方面一个明显的改进就是数值计算法的普遍使用。过去动力气象中最常使用的方法是所谓的小扰动法,使微分方程线性化,以便于求解。自从电子计算机出现以后,非线性方程数值求解方法几乎代替了小扰动线性方程的求解方法。由于电子计算机的方便,过去不可想象的计算工作现在都能进行了。因此近年来许多天气研究工作中也出现了动力的数值分析,这标志着天气学和动力学的逐渐相互渗透,这种渗透对天气学和动力气象学都有促进作用。可以预期,这种数值分析方法今后还会有更大的发展。

近年来所发现的超长波是地球大气运动中尺度最大的天气系统,它逐渐为人们所注意,成为人们研究的对象。最近我国的中期预报方法之一就是从小扰动预报入手的。超

长波和长波以及长波和短波是可以相互转化的。它们的相互转化是中期天气过程演变的关键之一，要作好中期预报，这种转化是要进行研究的。

低纬度(南北纬 30° 以内)地带占地球面积的一半,它是大气运动的能源。这一地区环流的演变不仅影响本区的天气,它也影响着中高纬度的环流。此外,还由于军事和政治上的原因,低纬度气象学逐渐成为近年来气象学中一个热门。对热带风暴进行的专门探测使人们对于这种破坏力强大的系统的结构和生成发展的原因有了比较深入的了解,这对于它的预报将是有帮助的。大气运动能量的一个很大的部分来自热带的海洋,近年来的研究证明,洋面能量是通过为数有限但发展强烈的对流性的云——所谓热塔带到高空去的,这在热带气象学中是个重要的发现。热带大部地区属于海洋,测站自然稀少,这是热带气象研究中一个大问题。卫星探测将可部分地解决这个困难(现在卫星还不能透过云进行云下的观测)。

海洋占地球的面积约十分之七,它供给大气以水分和能量,所以对大气运动有重要影响。同时大气环流也控制着海洋环流。它们是相互作用和相互影响的。要作好比较长

期的天气预报,海洋作用是必须考虑的。近年来这方面的研究大为增加,联合国的气象组织专门组织了有十几个国家参加的印度洋考察,其中一个重要工作是属于海洋气象的。今后这方面的工作还会发展。

天气动力学另一个进展是对许多天气系统(如热带风暴、局地性的风暴、西风急流等)的专门探测。为了这些系统专门设置了非常稠密的观测网(包括雷达、探空和飞机等)。探测结果不仅使人们对这些系统的生命史有了进一步了解,也发现了许多过去不知道的微结构。有些微结构的发现有着很大实用价值,如急流轴附近的下方常常会出现湍流——晴天湍流。它会给飞机造成很大的颠簸,甚至失事。知道了湍流发生的部位,就可以设法避开它。天气系统的特殊观测已收到了不少的效果,这种探测将来还会应用到其他系统或某一特殊现象中去。

* * *

总之,近年来气象科学是在突飞猛进之中,它的跃进是实践,主要是军事实践的需要带出来的。因为人类的主要活动总不能离开大气,因此可以预期,气象科学还会有更大的跃进。