

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

气象


e-BOOK
内部资料 非卖品

编 前 语

伴随着时光的流逝，人类历史上一个重要的世纪——20 世纪，在高科技文明的掩映下，正悄然地离我们而去，一个希望与挑战并存的 21 世纪则满怀着强烈的激情向我们走来。

适逢世纪更迭的关键时刻，我们除了重温以往的舒适与优越之外，更应理智地立足现实，总结过去，展望未来。21 世纪将是科技时代的预言已成为人们共知的真理，到那时，现今的中小學生无疑将是驾驭科技的主体。而遍观我国目前的中小学教育，相关的科技内容却十分匮乏，很不利于学生科技意识和能力的培养。基于此，由国家教委普教处和北京市科协组织部分专家学者，从现实出发，选取与我们的关系密切的内容为写作对象，策划编写了《21 世纪科技大趋势》丛书。全书分 14 册，包括气象科学、医疗技术、计算机技术、海洋工程、机器人技术、生物工程、交通科学、军事科技、信息技术、环境科学、航空航天工程、材料科学、能源科学等方面的内容。希望通过这套丛书使同学们从中了解当今科技热点发展的动态及趋势，提高和培养同学们发明创造的素质与能力。

当然，由于时间等多方面原因所致，不足之处在所难免，还望同行与读者批评指正。

编者

1996 年 12 月 28 日于北京

1 大气晴雨表——探测

晴天，风和日丽，碧空如洗；雷雨天，电闪雷鸣，狂风怒吼；阴天，浓云密布，天色阴沉。当你在为这些捉摸不定、扑朔迷离的自然现象而唏嘘感叹时，你可知道，时时刻刻，每分每秒，从地上到半空，从陆地到海洋，从平原到高山，从大湖到荒漠，处处都有一双双警惕的“眼睛”，在密切地关注着大气的变化。其实啊，那些和风细雨的迷人风光，漫天雪飞的壮观场面，还有那雷风电雨的大煞风景，都不过是大气所玩弄的一点点小小把戏而已。说到这儿，大家会弄不明白：什么是大气呢？为什么要探测大气呢？怎么探测呢？一个个疑问接踵而至。好！现在我们就来一一地回答这些问题。

1.1 为何要探测大气

先要澄清一个事实，就是说，我们这儿谈的大气，主要是指地球最底层的大气。具体地说，就是地面以上的约十多公里距离的大气。在赤道地区要厚一些，约有 17~18 公里；到南北两极要薄一些，约 7~9 公里；我国大约为 10~12 公里。这个底层叫对流层。对流层，就是指空气对流运动强烈。大气中的各种物理状态和现象，如风、云、雨、雪、霜、露、虹、晕、雷、电等，都发生在这一层。

那么大气是什么呢？大气是一种无色、无味的混合气体，它在我们周围到处存在。可以说，它就是空气。过去打过一个谜语，叫“看不见、摸不着、离不了”，指的就是它。说大气是混合物，一点也没有错。地球上大气按重量来计算，其中氮占 75.5%，氧占 23.1%，氩占 1.3%，二氧化碳和其他气体占 0.01%。不用说，这是指大气的化学组成。从这个组成我们可以了解到，空气中氧约占四分之一，正是因为它，才使我们人类在这个小小的寰球上得以生存，一直繁衍到今天。大气对于我们的生命是多么重要啊！

是的，大气不仅对于地球现存的五十多亿生灵有着至关重要的作用，在我们生命的演化史上，大气还立下过汗马功劳呢。你看，地球上原始生命起初只在太阳辐射达不到的深水中出现，这些生物体后来发展为吸收金属氧化物来维持生命的低等生物。氧介酶出现后，生物转入到浅水中活动，地球原始大气中的二氧化碳溶入水中，生物借此与太阳光进行光合作用，于是出现了绿色植物，氧气开始增多。当含氧量增到约今天的 1% 时，高空大气的臭氧层出现，它吸收太阳紫外辐射，保护了地球原始生命，于是浮游生物，多细胞生物大量产生。当大气含氧量达到今天的三倍时，恐龙这一爬行动物出现。有人认为，由于恐龙产生的二氧化碳太多，植物来不及放出足够的氧气，最后导致恐龙等爬行动物灭绝。又过了一段时间，适应新气候的哺乳动物出现。约数百万年前，人类产生。看来，没有地球的大气，就不会有人这一高级动物的产生，更不用说今天。看看那荒芜的火星，赤裸的月球，寂静的金星，我们人类是多么幸运啊。

但是，我们今天要探测大气，还不仅仅是由于大气过去和现在给过我们人类某些恩惠，我们还得同形形色色的大气现象打交道呢！进一步说，我们生活在形形色色的大气现象之中，我们能不了解它们吗？你知道，云，有的像重重叠叠的山峰；有的像成片成片的瓦块，我们通过探测知道，它们其实是空气在上升运动时，在有凝结核的条件下形成的小水滴、小冰晶。再如风，

有时轻风拂面，水波荡漾；有时北风凛冽，寒气刺骨；有时阴风怒号，浊浪排空，我们通过探测知道，其实它是空气的水平运动。我们也知道，雨、雪就是变大后从空中掉下来的水滴、冰晶；雷电其实是积雨云中正、负电荷中心之间，或者云中电荷中心与大地之间的放电现象，等等。因而通过对大气的探测，再经过研究，人们知道了某些天气现象的成因。

特别有意思的是，人们对一些怪现象，如虹、晕、华、宝光也有了新认识。虹是阳光经过雨滴的折射和散射后产生的彩色光带，主要出现在与太阳相反的方向上；晕是太阳光线照射到冰晶上发生折射形成的彩色光环；华也是一种在太阳周围云层上呈现的多色光环，它由太阳光线经过小水滴或冰晶衍射而形成；还有宝光，也是一种光环，它包括观察者的幻影和以幻影头部为中心的光圈。可以说，这些奇异的自然景观无非是大气在某一时期、某一地点的艺术杰作而已。懂得了这个道理，我们就不必把它们看成什么神秘的“雀桥”、“假太阳”、“佛光”等。我们完全可以相信，这并非是什么妖魔鬼怪在起作用，它们背后的指使者就是大气。明白了这些神奇现象的成因，对于我们破除封建迷信思想、提高科技意识、树立唯物主义世界观，是多么有意义啊。

不仅如此，探测大气的性质，了解它们的活动规律，对于我们把握各种天气现象，进行各种工农业生产，还起一种防患于未然的作用。暴雨如注，洪水如虎，台风挡不住，没有预先的预测，人民的生命财产只会毁于一旦。然而，暴雨、台风、洪水，还有霜冻、冰雪、大雾等，都只不过是大气在特殊条件下演绎的花样而已。如果我们能及时有效地跟踪和预报各种天气形势，就常常有截然不同的结果。如 1989 年 8909 号和 8923 号台风在浙江省登陆，由于预报准确及时，使各级领导和防汛部门事先做好了充分准备，估计减少经济损失 6~8 亿元。再看别的国家的一个例子，1970 年 11 月 12 日，孟加拉国大风暴潮造成 30 万人死亡，后来装备了气象卫星，建立了大风暴警报系统后，1985 年遭受同样规模的风暴潮，却只死亡了一万人。

到目前为止，人们不仅对于各种灾害性天气可以监测和预报，部分非气象性自然灾害，如地震，现在通过气象卫星的监测，预报水平也有所提高。原来，地震前有各种大气异常现象，比如地光、地气、增温、狂风暴雨等，气象卫星通过对这些现象的探测，就可以捕捉到地震的蛛丝马迹。如 1989、1990 年、1991 年，我国国家地震局利用气象卫星的遥感热红外线数据，成功地进行了大同、阳高、北京地区、台湾等地的地震预报。我国科学家甚至还发现了 1991 年 5 月日本云仙台火山和 6 月菲律宾比纳图博火山的喷发前兆，很了不得。

当然，科学家们不仅利用大气来探索天气的变化，还能预测未来的气候变化。科学家们通过对地球大气气温的研究发现，目前全球平均地面气温有上升的趋势，大气中的二氧化碳、甲烷等温室气体的浓度在不断增加，这就不得不使地球大气增温。大气增温后会使全球的气候条件发生极大变化，到时候南极冰山融化，海平面上升，干旱面积加大，物种灭绝等等，一系列不容乐观的结果等待着我们。而且，科学家们还发现，南极上空的臭氧层趋于衰减，这会使全球大气臭氧保护层变薄，形成一个巨大的空洞，届时大量的太阳紫外线会对地球生物产生伤害。这就使我们不得不保持高度警惕，及时采取防范措施，以免悲剧发生。

总而言之，通过对大气的探测，我们了解了我们生活的大气环境，弄清

了各种天气现象的规律，进而预报各种天气，提高了应付自然灾害的能力。对大气本身的探测，有利于认识未来气候的变化形势，从而有助于我们采取有力措施，改善我们的生存环境。

1.2 观测形态走势

前面说大气探测是如何如何重要，那么到底要探测什么呢？大气现象复杂多变，大气组成多种多样，到底探测什么为好，是头发胡子一把抓吗？不是，这儿有两种观测。

一是常规观测。常规观测主要包括温度、湿度、气压、风力、风向等观测项目。可别看只有这几项基本因素，它们却分别反映了大气的热力状态和运动状态。

气温的高低表明了气体的冷热程度。测量气温的仪器叫温度表。和测量人体体温的体温表一样，它是利用热胀冷缩的原理制成的，如酒精最低温度表和水银最高温度表；也有根据导体、半导体电阻随温度变化原理制成的电阻温度表；或者根据温差不同、电流不同原理制成的温差电偶温度表。另有一些测温元件，如铂电阻、热敏电阻等。

气压是地球大气圈的大气对地球表面和周围大气产生的压强，测量气压的仪器常用水银气压表。

湿度是指大气中所含水汽多少的量，测量湿度的仪器有干湿球湿度表和毛发湿度表。干湿球湿度表实际上由两支温度表组成，其中一支绑有纱布，很显然，是用水分蒸发导致温差变化的原理来反映湿度的。

二是特殊观测。常规观测是每个气象站在每天规定时间，按照一定程序进行对规定内容的观测。特殊观测不同于常规观测，这主要反映在观测内容和观测位置上。一方面，特殊观测要观察目前变化比较大、并可能对未来气候产生很大影响的一些内容，如二氧化碳、甲烷、臭氧、酸雨、气溶胶粒子，这可以称为大气化学观测；另一方面，特殊观测主要把观测范围集中在地面以上一公里内，这叫边界层观测。大家可以猜到，这主要是因为边界层与我们生活生产活动太密切。

特殊观测的历史并不长，我国只有二十多年的经验。由于特殊观测对所涉及的知识、仪器精度、观测条件要求很高，所以难度很大。我国对大气的化学观测有一定的成果，如酸雨曾经在部分省市进行专题观测与研究，一个酸雨观测网已经建成。据悉，我国与美国、澳大利亚等国还展开了一些特殊观测的合作，成果显著。

特殊观测是适应新形势需要而产生的观测，它在未来将变得越来越重要，一些新型的观测项目会增加。因此特殊观测会得到加强，但这并不意味着常规观测就不重要。事实上，我们的天气预报的主要根据仍然来源于常规观测。可以说，将来这两种观测会互为弥补，各分秋色。

1.3 处处有警惕的眼睛

夜阑人静时，伴着甜甜的鼻息声，你进入了梦乡；白天，你兴味盎然地走在行人如织的大街上。你可知道，此时此刻，从地上到半空中乃至太空中都有一双双不知“疲倦”的眼睛，警惕地注视着地球大气的一举一动，时刻

防备它搞一幕幕“恶作剧”，给地球人类造成伤害。

疏而不漏的地面观测网

地面观测网由各地地面气象站、自动气象站、气象观测塔等组成。

(1) 地面气象站：

地面气象站有气象观测员连续不断地对天气进行观测。他们用眼睛观测各种气象要素，如云量、能见度、雨量、风向、风速等。一般地说，这只能得到估算的数据参数，经验很重要。此外，他们还用各种仪器设备来测量大气的温度、湿度、气压、风力等。在这里，温度常用摄氏度（ $^{\circ}\text{C}$ ）表示，湿度常用相对湿度、水汽压或露点湿度来表示。气压计算单位是百帕。风向用方位来表示，风速要在10米高的风杆上测量，其单位是米/秒。地面气象站观测项目很多，雨量、蒸发量、日照量、地温、积雪、太阳辐射等都应包括在里面。要强调的是，地面气象站的观测方法很统一，它们都要参照联合国气象组织和国家气象局制定的《观测规范》。观测的仪器性能、规格和计量单位也要符合国际标准。不用多的解释，大家已经明白，这无非是想保证观测结果的准确性和代表性，以便于比较。

(2) 自动气象站：

自动气象站就是没有人工操作、完全由仪器自己完成测定地面各气象要素的全自动气象站。它们常常被安置在高山、海洋、沙漠、高原上。由于地球表面面积广大，人力物力有限，建设地面气象站的数目不可能很多，自动气象站弥补了地面气象站的不足。

自动气象站发展到现在已有三代。第一代研制于本世纪50年代末，当时它只能测量温度、湿度、气压、风力、风向、降水等少数几个要素。60年代中期，由于半导体元件和脉冲数字电路的普及，第二代自动气象站产生。它的感应元件能观测云高、降水、辐射总量、雷暴等。但是这种气象站不能自动处理观测资料。70年代后，自动气象站已发展到第三代，电子计算机和卫星通信技术的兴起，使自动气象站自动化程度大为提高。

目前，全世界投入运行的自动气象站有几千台。有一些国家还建立了自动气象站网系统，称之为自动气象遥测系统。这种系统由中心站和野外站组成，中心站控制着野外站，野外站的主要任务是观测，它由铁塔、传感器、电子线路等组成。我国在“七五”期间就研制出了自动气象站，它们分别安装在内蒙古、青海等地，定期通过静止卫星向地面接收站发送各种气象信息，效果良好。

但是，自动气象站并非完美无缺。它需要定期检修，它的观测项目有限，而且其准确性和可靠性赶不上目测，所以，它只能是一种地面气象站的辅助物。未来的气象站或许是两种气象站的有机结合，就像计算机不能完全代替人一样，将来的气象站只会模糊两者的界限。

(3) 气象观测塔：

气象观测塔是一种特殊的气象观测装置。前面说过，特殊观测不同于常规观测，而气象观测器恰好是为特殊观测而设的。

气象观测塔常常是用来观测大气边界层的有效工具。其实，用于边界层探测的东西很多，如系留气球、低空探测仪、特殊飞机、声雷达、激光雷达、红外和微波探测器等。但它们的观测效果有很大的局限性，主要是间断不连

续，而且因为不是直接探测，结果需要核对，所以人们对之并不十分满意，而气象观测塔却有这方面的优势。

用气象观测塔对大气边界层的观测，作为特种观测来看，目的很明确，其了解的是对地表几十米至上千米这一范围大气的温湿度，以及高度分布随时间的变化状况。这种观测能为数值天气预报提供不同高度的准确数据。另外，它对高层建筑设计也给出了一些参考资料，因为不同高度的建筑对风力的考虑不容忽视，能否节省建设资金，又提高质量，是建筑设计的重要问题。

气象观测塔，有专一性质的，如我国 1979 年在北京北郊建立的高约 325 米的专用气象塔；也有多用途的，如一些电视塔、广播塔、导航信号发射台，气象观测只是其“业余”任务的一部分。不过，这些塔身都是用钢筋混凝土筑成的，升温快，降温也快，为了避免观测仪器受塔体的影响，一般仪器感应部分都离塔体较远，形成水平伸臂。所以，这些塔从近处看去，像全身长满了长长的刺似的。

数不清的空中观测员

这儿的空中观测员可不是地面气象站的观测人员，它们是在空中进行各种气象探测的工具。从空中对各种大气现象进行探测，改变了过去气象观测的单一形式，呈现出一种立体的效果。

(1) 风筝：

风筝能够飞上天，当然可以用于大气探测。据说，大约在 1749 年时，携有温度表的风筝就到达了云层深处进行过温度测量。大家熟悉的科学家富兰克林也于 1725 年把风筝升到了雷雨云中，从而证明了闪电与摩擦生电是一个道理。所以说，风筝在大气探测史上还有过功勋呢。风筝最大的好处在于它设备简单、造价低廉、上升容易，但是它的上升高度有限，充其量不过三千多米。再者风筝容易断线，在地面建筑物和丛林多的地方还不能施放。这样一来，到 19 世纪之后，风筝就只作为玩具形式而存在了。

(2) 探空气球：

早期的气球充满了热空气，后来为了安全，由乳胶制成的气球出现，灌入适量的氢气，借助空气的浮力就可以上升。现代的载人气球高度已达三十多公里，是在本世纪 60 年代创下的纪录，对于探测大气的风筝高度来说，是个不小的突破。气球用于大气探测大约是在 1893 年，当时法国使用的是橡胶做成的气球，上面携有气象仪器升到了 16 公里的高空。早些时期，气球上面的气象仪器需要气球破裂，然后摔下来后才能获得各种气象数据；而现代常常使用无线电探空仪器，无需回收。

气球探测可以分成以下几种：

一是系留气球，又称风筝气球。它用绳索维系在地面上，其形状有的像船，有的像球。气球上面都带有测量温度、湿度、风向、风速的仪器。这些仪器要么用无线电发送测得的数据信号、要么直接采用有线传输的方式。系留气球的高度可以由绳索控制，不过一般只有几百米，它主要用于低空大气的探测。

二是探空气球。这种气球下面悬挂着探空仪。探空仪带有温度、湿度、气压三个传感器、转换器和发射机。气球升空后，会随时把测得的气压、温度、湿度等数据转换成无线电信号，再发送到地面，地面再经过信号转换得

出探测结果。探空气球有的很低，只能测定 2000 米以下范围的大气物理状态；有的很高，可达到三万米的高空。我国的探空气球可达离地面 2.5 万公里以上的位置。

目前全球约有一千多个高空气象观测站，每天定时施放探空气球，由此获得常规的高空气象资料。这些资料可以加工成气象台预报人员使用的高空天气图。

三是平衡气球。它也叫无外力气球或定高气球。此气球施放后，球体可以保持在某一高度上，随着空气水平飘移。如果使用经纬仪和测风雷达，就可以判断其所在的位置；再根据其时间的变化，就可以求出同一高度层的大气各个气象数据。

平衡气球有的定点于平流层上，顺着西风带，可以围绕地球飘行。平衡气球的探测仪器和无线电发报机常常靠太阳能电池来供电，其信号则通过卫星直接转发到地面接收站。

四是“母球”系统。它包括一个大型气球和在飘飞途中逐次下投的探空仪。探空仪在下落时一边探测大气一边发报，母球接收到它的数据后，再经过卫星中继站传给地面站。

（3）气象火箭：

火箭有上千年的历史，但现代火箭投入运用的时间却不长，致于气象火箭的使用年限更短。目前使用气象火箭进行大气探测的国家有二十多个。一些国家，如美、苏、英、法、日等设置了许多气象火箭探测点，建成了全球气象火箭网，定期发射火箭，互相传递信息。我国的探空火箭已能发射到离地面 120 ~ 140 公里的高度，在海南省还建有探空火箭发射场。

火箭飞行依靠的是它本身携带的固、液体燃料，它的速度快，可以达到上百公里的高度，因而它填补了气球和卫星所在高度之间空白区的大气探测。但是火箭飞行的时间短，仪器因空气摩擦产生的温度也高，而且火箭本身需要制导系统，这些都给火箭的大气探测带来了不便。为了取得更大的收获，一些光学经纬仪、高精度气象雷达、计算机等常常与气象火箭配合，以弥补气象火箭的先天性不足。

运用火箭探测大气的方法有以下几个：一方面，火箭在上升途中运用其所带的仪器直接测量，这种方法常见于早期，现已淘汰；另一方面，火箭在上升时，可以按时将其携有的仪器分开，仪器再依靠降落伞缓慢下降，自动测量；还有一个就是火箭在上升或下降时，陆续释放出不同的仪器。这些仪器有的是探空仪，它们将所测的温度、湿度、气压和风向的数据，通过无线电发射机准确地发回地面；有的是各种跟踪物，如纳云、金属丝、无声榴弹、带反射靶的气球带，用以测量不同高度的风速、风向等。还有的你怎么也想不到，它们竟然是取样瓶，在取得空气样品后，能返回到地面。

气象火箭的类型有大有小。小的只测几种常规要素，大的能探上十种要素。气象火箭美国有洛基、阿卡斯型号；日本有 MT—135 型号；英国有大鸥火箭；俄罗斯有 MP—100 和 MMP—06 型号等。

（4）多面手的飞机：

飞机的诞生到现在还不到 100 年，但由于飞机有其卓越的性能，这使它在高空大气探测上显示出得天独厚的优势。飞机在垂直高度和水平范围的机动灵活性都比较好，因此它比气球、火箭的本领要大得多。飞机在气象上得到运用的有螺旋桨飞机和喷气式飞机；也有少量中低空飞行的各种飞机，如

直升机。

飞机有一个最大的优点，就是能够载上各种遥感仪器。这等于是说在空中设置了一个气象平台，有利于提高天气预报水平。另外，经过特殊改装后的飞机可以在台风眼中飞行，在核爆炸后的蘑菇云中飞行，甚至可以在积雨云的附近探测云中的水量及气流分布的情况。当然，飞机还可以用来人工增雨，这里已是题外话了。

气象飞机是为了填补空中气象情报的不足，或者是为了执行某种特殊任务而用的，它需要安装有特殊的仪器设备。一般地讲，气象飞机除了装有测量大气温度、湿度、气压、风速、风向的仪器和数据处理机外，部分的还有红外线、微波遥感设备，用以测量海水温度、云粒子分布、臭氧等。

飞机的外表也很独特，如有的飞机机身某处有凸出的雷达天线罩，它是为保护雷达而设置的，为的是使雷达天线更方便地获取云、降水、台风、冰雹等数据参数；还有的头部有一个尖尖的鼻子，可别以为它是歼击机的空速管，其实它是特地用来测量温度的设备。

(5) 运筹帷幄的雷达：

雷达运用于气象上，是二战期间的事。由于雷达在搜索敌方飞机、舰艇目标时，云和雨在荧光屏上的意外出现严重干扰了军事搜索，但受其启发却产生了气象雷达。此后，精明的英国人首次用军事雷达对一块降水云体进行了成功的观测，并做出了天气预报。于是，各种气象探测雷达如雨后春笋般地发展起来。

气象雷达是如何测定天气的呢？说到这儿，大家会情不自禁地想起蝙蝠飞行和捕食的原理。没错，蝙蝠靠的是嘴发出的超声波，它的耳朵能接收回声，并由此判断前方障碍物的位置距离。气象雷达的发射机按时通过天线发射高频的电磁波，电磁波遇到云雨等目标后，经过折射、散射、绕射，就产生了回波，雷达天线接收后再交给接受机处理，这样就观察到了云雨的存在。电磁波的传播速度是每秒 30 万公里，根据发射脉冲和接收回波的时间间隔，经过核算，就可以得出云雨和雷达之间的距离。另外，根据雷达天线的仰角与方位角，也可以确定降水的性质和降水强度。

气象雷达测定内容有测云、测雨、测风、测雹等等。测云和测雨雷达使用的波长较短。如有用 8.6 毫米或 1.25 厘米波长的测云雷达，测量不降水的云；用波长 3.5 或 10 厘米的测雨雷达，可探测可能降水的云。10 厘米波长的雷达宜用于探测大粒子降水（如冰雹）或大范围强降水（如暴雨、台风雨）。测风雷达常需要悬挂有一个角反射靶的气象气球的帮助。

雷达按使用效应不同也可分成不同种类，这里举多普勒雷达、声雷达、激光雷达简要谈谈。

多普勒雷达，是用多普勒效应来测定云和降水粒子等运动速度的雷达。

激光雷达，是利用一种特殊的光——激光制造的雷达。激光亮度高，方向性强，发射角小，有人称它为“目光犀利”、“明察秋毫”，一点也不为过。它的亮度比太阳光还高，红宝石激光器产生的亮度比太阳光要亮上上百倍，可以看到大气中的气体分子、烟尘等溶胶粒子。而且它单色性好，一般普通光源有很宽的光谱，而激光只有单一频率。激光雷达中，红宝石激光雷达有几十年的历史，我国在 1966 年就研制出了第一台百兆级的红宝石激光雷达。激光技术发展很快，并出现了分枝，如多普勒激光雷达、拉曼激光雷达、差分吸收激光雷达等，它们在监测大气环境方面起了不少作用。

声波在不均匀的大气中散射本领要比无线电波和光波大，利用这一特点制造出来的雷达叫声雷达。大气温度、湿度、风速变化对声波折射率的影响，一般要比无线电波和光波要大上千倍，所以声波的散射量要比无线电波和光波长。

声雷达最简单的用途就是测定大气中某些目标物的位置。如果要测定大气湿度，则需要通过发射两个不同频率的声波；如果再加一个温度，就要发射四种不同频率的声波。声雷达对低层大气的遥感探测成效显著，它造价低廉，使用方便，深受各国的青睐。我国在 1975 年就研制出了声雷达，据悉，在大气探测方面已经取得了可喜的成果。

雷达技术发展迅速，目前与之相关的一些较完善的探测系统相继问世。如计算机与天气雷达相联的数字化天气雷达探测系统，它已经远远超出了对天气现象的监测，对洪水预报、江河水位的监视都完成得很好。再如多普勒天气雷达系统，它对警戒龙卷风有特殊的本领。还有一些天气雷达系统，如双波长雷达探测系统、圆盘振波雷达系统，也在发展中。

巡天遥看的卫星

自从 1960 年 1 月美国第一颗气象卫星泰罗斯 1 号升空以来，俄罗斯、日本、中国、法国等都拥有了自己的气象卫星。气象卫星的问世，为太空探测大气翻开了新的一页。

气象卫星不同于气球、飞机、火箭等直接运用气象仪器探测，因为它使用的是遥感技术。遥感技术，就是不实际接触被测对象——大气，而是从远处高空感知事物的性质。但它又不同于雷达的遥感，如微波雷达、激光雷达、声雷达都需要人工主动地发射波动信号，通过回收大气相互作用信号来摸清大气的状况；气象卫星只利用天体信号源（如太阳），或直接接收大气本身发射的信号（大气信号源），就可达到探测的目的。按专业术语讲，它属于被动探测系统。

气象卫星利用它的探测器，接收被测目标发射或反射的电磁辐射，就可以测出大气的性质与状况。气象卫星有两个杰出作品，叫可见光云图和红外云图。可见光云图，简言之，就是用照相方式获得的云图，它用辐射仪器直接接收大气反射的太阳光成象。可见光云图很直接，只与反射率有关，如白色部分可能是反射率高的积雪和厚云；黑色的可能是反射率低的陆地或海洋。红外云图也不难理解，因为任何物体都具有温度，温度不同，发射的红外辐射就不一样，根据这种原理就可以得到一张反射不同物体的红外特别图象。当然，我们看到的电视卫星云图是经过计算机加工处理的，并非原图。

气象卫星可以探测大气的温度、湿度以及不同气体的含量。如波长为 6.3 微米左右的水汽对红外辐射吸收能力很强，如果在卫星探测器上装有波长为 6.3 微米的滤光片，就可以发现大气中的水汽含量。气象卫星的探测能力正在逐渐增强，它已由最初的电视摄像方式发展为扫描辐射仪和分光计（可见光、红外和遥感的结合），可以获取昼夜高低分辨率云图和大气要素以及环境参数的定量资料。卫星资料的传输已发展为速率更高、抗干扰力更强的数字制方式；在资料处理方面，人机对话系统已经建立。

气象卫星按运行轨道可以分成两种，一种叫地球静止气象卫星，高度约为 36,000 公里左右，绕地球一周的时间为 24 小时，正好与地球自转速度相

同，因而，从地球上看来，好像卫星是静止不动的。目前，全球上空的静止卫星每 30 分钟可获得一张云图照片，通过连续图片的拼接，可以知道云的移动形势、高度、湿度、海水温度等。地球静止卫星已经发展了几代。在这之中，欧洲气象卫星组织已经和准备从 1988 年到 2006 年，分别发射 3—7、MSG—3，共 10 颗气象卫星；印度将从 1990 年到 1998 年分别发射印度卫星 1d、2a、2b、2e 气象卫星；日本从 1984 年到 1999 年要发射向日葵-3——-5 号，气象卫星-1 号共四颗卫星；美国从 1987 年到 2004 年要发射地球静止环境业务卫星-7、I~M 号六颗卫星；俄罗斯计划从 1994 年到 1997 年发射电子-1，电子-2 气象卫星。

另一种叫极地轨道气象卫星，高度约为 800~1000 公里。它每天围绕地球运行 14 圈，可以对世界各地巡视两遍。由于这种卫星采用的是太阳同步轨道，所以每天几乎在同一时间经过同一地区的上空。显然，每天获得的观测资料由于时间相同，因而具有可比较性。极地轨道卫星探测的内容除了静止卫星的以外，还包括洪涝灾害、森林覆盖、气压、臭氧总量等。极地轨道气象卫星也发展了几代。目前美国有实验研究性气象卫星雨云系列；前苏联从 1969 年开始发展了流星系列，包括 型和 型。我国从 1988 年开始已发射了风云号系列卫星。在最近在十几年中，一些国家和地区还将发射新的极地轨道气象卫星，这包括：欧洲气象组织预计 2000 年发射的极地轨道气象卫星-1——-3；美国国家海洋大气局预计到 2006 年发射的-11、-12、-J——-N^o、NPOESS-1——-3，共 11 颗卫星；中国预计到本世纪末以前发射的风云-1C、-1D 型卫星；俄罗斯预计到 2000 年发射的流星 2—21、3—5~8、3M—1~2 六颗卫星。

1.4 日益密集的天气监测网

随着科学技术的发展，科学家们已经不满足于单纯的依靠气象站、飞机、火箭、雷达、卫星的大气探测，而是把它们统一地规划，系统地结合起来，从而形成了一张奇特的天气监视网。

从 1962 年初开始，世界气象组织就开始着手制定世界天气监视网计划，即 WWW 计划 (World Weather Watch)。第五届气象组织大会批准了 WWW 的第一期计划。WWW 计划是世界上对地球大气监测规模最大的计划。

与此相应，世界气象组织还制定了全球大气研究计划。其中第一次大气试验从 1977 年到 1984 年引人注目。可以说，这次全球大气试验是第一次全球性的系统观测大气的尝试。当时，气象专家们为第一次全球大气试验设计了一个综合观测系统，它包括基本观测系统和特殊观测系统。基本观测系统以世界天气监视网的地面观测系统和气象卫星观测系统为主。特殊观测系统是反映在特殊观测时期所特有的特殊观测手段。

在第一次全球大气试验期间，世界气象组织 150 个成员国大约有 9200 个地面观测站每天进行定时观测，约有 850 个探空站每天进行 1~2 次释放探空气球活动。在海洋观测方面，约使用了五十多艘专业船、7400 艘商业船、17 架专用气象观测飞机、八十多架航空公司的飞机、三百多个定高气球。我国的实践号、向阳红 9 号探测船参加了这次活动。在气象卫星观测系统方面，有五颗静止气象卫星和五颗极地轨道气象卫星参与了行动。这个规模庞大、组织复杂、经历时间长的国际性大气探测活动为世界监视网的建立打下了良

好的基础。

目前世界天气监视网比较完善，它由三大系统，即全球观测系统、全球资料处理系统、全球电信系统组成。全球观测系统已经形成了立体网络，它有地面观测网、陆地海洋观测网、卫星观测网；全球资料处理系统包括世界气象中心处理系统、区域气象中习资料加工处理系统、国家气象中心资料加工处理系统；全球电信系统有三级通信线路和三级通信中心。前者包括主干线及其支线、区域通信网和国家通信网；通信中心包括世界气象中心、区域通信枢纽和国家气象中心。世界气象中心有三个，区域气象中心有 30 个。

世界天气监视网的建立，为大气探测提供了良好的条件，它必将提高天气预报水平。随着科技的发展，新型探测仪器会不断增加，探测的规模、广度也会扩大；那时，气象观测仪器密切协作、互相配合，组成一个密集的“疏而不漏”的天网，任何大气现象也休想逃出它的眼睛。

2 未雨先绸缪——预报

前面已经说过，在我们的周围，从地面到半空中，从海洋到半空中，都有我们辛勤劳动的气象侦察兵，它们手拉手，一起组成了一张“天网恢恢，疏而不漏”的天气监视网。可是投入这么多的人力、物力、财力，到底想干什么呢？换句话说，探测大气是为了什么目的呢？探测大气是为了了解大气的各种状况，为人们提供各种服务，而这些服务中，最重要的要数天气预报。

2.1 漫话天气预报

每天我们收听中央人民广播电台的节目，就会知道全国的天气情况和海洋情况；我们收看中央电视台的天气预报节目，也能了解全国的天气形势，以及部分城市的气温……你或许以为天气预报不过如此，但是天气预报并不仅仅这些，单就天气预报的内容就纷繁复杂，品种繁多、有的也许你还闻所未闻呢。

天气预报按预测时间的长短，一般可分为短期、中期和长期三种。

短期天气预报，一般只预测未来三天以内的天气情况，它要求比较具体、详细，比如明天有没有大雨、有多大；后天有没有风、是几级；今天气温最高是多少度，等等。这就是我们一般从收音机中听到的天气预报，特别是当地气象站播发的天气预报。

中期天气预报，一般预测一个星期到一个月以内的天气情况。可以猜到，它主要预报了一些特别重要的天气，比如像台风这种灾害性天气。

长期天气预报，一般指预测一个月以上到一年以内的天气情况。但是我们知道，气候是长时期的天气情况，它反映的是某地一年或一段时期气象状况的多年特点。所以一年以上的长期天气预报，可以看作是气候预测。它主要预报某些气象要素在月、季、年相对于其气候平均状态的偏差。如这个月的气温是偏高还是偏低，今年是干旱还是雨涝，这个季节降雨量是偏多还是偏少，等等。

天气预报根据预测的内容不同，可以分为一般性天气预报和灾害性天气预报。前者就是我们每天可以听到的有关阴、晴、雨、雪、风向、风力、最高最低温度等气象内容的预报。后者又叫警报，只关注台风、寒潮、霜冻等等。

天气预报中还有农业气象预报。农业气象预报是以农业生产为服务对象的预报。这种预报的目的是帮助农民预防和战胜各种不利天气条件，使农作物获得好收成。农业气象预报有物候预报、农作物发育期预报、收获期预报、产量预报、灾害性天气预报等。

当然，如果按区域来划分，天气预报有世界性的、全国性的、各省市的、各地县市的。按预报的形式也有文字、图片、讲解或综合性等的划分。

天气预报一般愈短愈准，中期、长期天气预报目前并不完善，这方面的研究工作仍在开展。一般性天气预报现在发挥的作用不小，灾害性天气预报的水平当前已经大为提高。以后的天气预报水平会更高，特别是中长期天气预报相对水平会有提高。农业气象预报对农业的指导作用会更明显有效。

2.2 你也能预报

天气预报看起来神乎其神，说下雨就下雨，说刮风就刮风，其实你也能预报。多少年来，世界各国劳动人民总结了丰富的预报经验，像一些谚语就反映了这点。

这些谚语有的是关于测短时天气的，如“朝霞不出门，晚霞行千里”，是大家再熟不过的例子。有意思的是，美国还有一个与此类似的谚语，叫“傍晚天空红，水手乐无穷。”归纳起来，古代谚语可以分四类，一是看云识天气的，如“天上钩钩云，地上雨淋淋”；一是看风识天气的，如“南风吹到底，北风来还礼”；一是看光识天气的，如“东虹日头西虹雨”；最后是看物象识天气的，如“燕子高飞晴无云，燕子低飞雨来到”等。

也有些谚语是预测长期天气的，如“黄梅寒，井底干”、“雨打梅头，无水饮牛”。这些谚语生动形象，读来朗朗上口，较为准确地把握了未来天气的变化形势。

所以说，根据这些言简意赅的谚语，你也能进行天气预报。不过，话说回来，今天的天气预报其精确度要高得多，这除了与无数探测仪器的功劳分不开之外，也离不开无数气象工作者的辛勤劳动与心血。

那么，天气预报究竟是怎样做出来的呢？它也像我们看到的气象节目那样轻松而简单吗？当然不是。有趣的是，当你懂得它的整个制作过程后，你甚至也可以加入到他们的活动中去。

首先，在全球大气监测网上，成千上万个地面和高空观测站、气象卫星接收站、天气雷达站等，夜以继日地观测着大气的变化，它们迅速地将观测结果传送到各个国家的气象中心，各个国家的气象中心及时将这些数据通过通信设备传送给世界气象中心。世界气象中心将这些资料汇集整编后，再转发给各个国家和地区的气象台，气象台则把这些资料加工成各种天气图，条件好的则直接显示在计算机上。气象预报员再结合其他辅助性资料，根据大气动力学和热力学理论，运用各种预报方法，做出天气预报。

有时候可能有根据不同的方法得出不同的预报，乃至相反结论的情况；抑或碰到非常时期，如举办大型运动会，或者可能会涉及到灾害性天气时，气象台会招集各个气象专家进行集体讨论，最后得出比较一致的意见。为了保证天气预报的准确性，一些气象站还会与附近气象台进行气象信息的交流活动。

由此可以看出制作天气预报的程序并不难。不过，在一些具体制作方法上却不容易。下面分别对几处预报方法扼要谈谈。

先说天气图预报方法。天气图分地面和高空两种。前者填有在各地用同一时间观测到的海平面气压、气温、风向、风速以及天气现象等；等温线、等压线也标明出来，这样从图上就可以分析出高压、低压、冷锋（冷空气向暖空气方向移动的锋）、暖锋（暖空气向冷空气方向移动的锋）等各种天气系统，根据天气系统在一段时间后的移动情况和强弱变化，就可以确定它未来的位置和天气状况。但天气形势也会有变化的时候，它与天气现象并非是一一对应的关系，这就要依靠各地气象预报员的经验了。

再说数值预报方法。数值预报的产生与高等数学的关系很密切。当气象学家们把大气运动规律用微分方程表示出来时，实际上就是建立了一种数学模型。数值预报是由气象要素场在某一时刻的状态，通过数学计算得出气象

要素在这一时刻的变率。数值预报模式，就是大气情况的数学模型，这种模型数目很大，准确率大小不一。

接下来说统计预报方法。统计方法就是根据过去已经掌握的资料，来研究天气本身的规律，进而预报未来可能出现的天气变化。统计预报由于撇开了背后形成天气现象的原因，可以说是“就事论事”，所以有其致命的弱点，但气象学家们引进了天气学进行分析，即把因果机制运用上来，也就形成了天气统计方法。

但是数值预报报出的等压面高度、风、温度、湿度等值涉及面大，其解决的是大尺度环流形势场的预报，而局部地区数值预报却很难有所作为。科学家们经过一番努力，开始把天气资料用统计方法罗列，再将数值预报报出的值代入方程进行运算，竟然得出局部地区的天气预报，这样，完全预报方法产生。

到本世纪 60 年代末期，美国气象学家们提出了一种 MOS (Model Output Statistics 模式输出量) 方法。此方法利用模式中输出的各种动力统计量，建立了与局部地面气象要素存在的统计关系，并用概率统计方法建立一种关系模式进行预报。它也被称为动力统计方法。MOS 的预报准确率比较稳定，美国、日本分别在 1972、1976 年开始使用 MOS 方法。

另外，美国还有一种 AFOS 系统 (Automation of Field Operation and Service)，用在短期预报服务上。此系统全部实现了自动化，可以对未来两天的降水量类型、概率、风、云量、最高最低温度等天气现象作出预报。

关于长期天气预报方法，特别是进行气候预报方法，目前并不理想，但长期天气预报并非不可能。本世纪二、三十年代，英国气象学家瓦克根据大气活动中心与世界天气的关系进行过长期天气预报。几乎在同一时期，前苏联气象学家莫尔坦诺夫斯基也以北极极地气团 (气团指一些基本属性与性质比较均匀的大范围空气) 的动向为根据，做过区域性长期预报和一般性季节预报。三、四十年代，还有不少气象学家，如德国的保尔，还用过周期性方法进行了长期预报。

长期天气预报也离不开统计方法，它建立于过去天气变化的基础上。不难理解，这无非是想通过过去天气变化的规律来推知未来天气演化的形势。自然，数值预报也适合于长期预报。目前，长期天气预报方法基本上是这样的：通过对一些主要的大气环流系统 (如副热带高压) 和下垫面状况 (如海水湿度、地面温度) 的分析来确定它同旱涝、冷暖等长期天气变化规律之间的关系，从而建立一种模式。这种模式有的是定性的，有的是定量的，有的是定性与定量的结合，不一而足。

天气统计方法对长期预报也有一定的启发作用。例如，厄尔尼诺现象、秘鲁和厄瓜多尔沿岸的海水升温现象，与世界气候异常很有关系。在每隔 2~7 年后，从冬末春初开始的一年中，秘鲁附近的海水开始增温，增温时产生很大的热量使海面上空气温剧增，引起大气环流和世界天气异常。此时，一些地区发生很大的洪涝灾害，而另一些地区则出现特大的干旱；有的地方出现奇热的现象，有的地方，甚至夏季会出奇地冷。据此，我国科学家发现，我国东北地区在厄尔尼诺年冬季往往出现异常低温，如 1969、1972 年以来东北地区出现的几次大范围严重低温，有六年是厄尔尼诺年。

另外，还有用天文 (如太阳黑子活动) 和地质变化 (如地震) 等进行长期预报的，此种方法还在探索之中。

中期天气预报介于短期和长期天气预报之间，它的方法与前两种并没有严格的界限。这里主要介绍一下中期数值天气预报。

中期数值天气预报是随着大气探测、计算机和通信技术及气象科学发展起来的。由于一些灾害性天气均为中期天气过程，所以从 70 年代以来，世界上一些发达国家都加强了对时效为 10 天左右的数值天气预报的研究和试验工作。

我国是世界上自然灾害最多的国家之一。暴雨、台风、寒潮、暴风雪等灾害都给国家和人民带来了巨大的损失。因此我国的中期数值天气预报系统的研制极为迫切。经过科技工作者的努力，1991 年我国第一代具有中等分辨率的中期数值天气预报 T42L9 业务系统投入使用，并开始向全国各级气象台（站）发布中期天气形势分析报告。几年后，我国第二代中期数值天气预报 T63L16 业务系统研制成功。该系统预报水平可与当代中期数值预报的最高水平 ECMWF（欧洲中期天气预报中心）预报模式媲美。它以我国自行研制的银河- 巨型计算机（四台计算机，每秒可运算 10 亿次）为主，配接有各种不同的计算机。此系统包括要素库、预处理、客观分析、初值化、预报模式、图形系统、业务监测系统部分。中期数值预报产品通过工作站，以各种形式输给中央气象台预报员使用，各大区域中心和省、地气象台也可以收到其传的资料。不用说，中期数值预报的产品通过加工处理后，可以在各级新闻媒介播出。总而言之，我国的中期数值天气预报水平已经接近于国际先进水平。

2.3 专家系统向我们走来

天气预报的制作过程离不开气象专家。他们或者在某一领域有特殊的专长，或者在不同领域方面有特别的宏观把握能力，但是你可能没有听说过一个叫天气预报“专家系统”的东西，它不是真正活生生的专家，而其实际能力却又类似于专家，甚至超过了专家。

气象专家系统的出现不到 20 年，它实际上是一个具有大量专家知识的计算机程序系统。这种专家知识不仅有专用的气象知识，还有丰富的实践经验。就像当前的智能计算机已经模糊了人与机器的界限一样，这种计算机系统可以进行模拟和扩展，并进行思维推理，完成接近于专家水平的工作。专家系统一般由六个部分组成：

一 是知识库。它是用来贮存专家知识的，并且是专家系统的核心。知识库中存放的知识数量越多，权威性越大，其性能就越好。

二 是数据库。它贮存有各种必需的资料，以及系统推理的一些数据。

三 是推理系统。在数据库的帮助下，知识库的知识得以调用，然后进行逻辑推理，得出结论。

四 是知识获取系统。它是得出结论的系统。

五 是输出解释系统。它实现了人机对话，对推理的结论作出解释。

六 是预报信息采息系统。此系统可以补充新知识，修改旧知识，归纳总结出新知识。

气象专家系统有许多特长。它可以综合许多专家的知识，因而有博采众长、集思广益的特色。而且，一些有很高水平的预报员的经验经过量化后可以纳入计算机程序，通过分析再得出预报结论。气象专家系统能不时地吸

收和应用新的科研成果，具有不断更新的功能；它操作方便、使用迅捷、效果明显，在天气预报方面实现了一种新的突破。

气象专家系统是现代计算机应用科学与气象学相结合的新兴产物。它的出现显示了现代天气预报科学的新水平。目前，气象专家系统在我国已经得到了广泛的运用。一些省气象站、军队气象单位也建立了各自的气象专家系统。但是，专家系统毕竟不是人，不是专家；该系统的使用离不开人，进行逻辑推理、模拟预报员的思维，毕竟有一定的局限性。所以说，专家系统，也只是提高天气预报水平的一种方法，而不是最终的预报方式。但是，既然计算机在大气探测和天气预报的应用方面开了大门，日后，深入的研究与发展则是挡不住的趋势。我们相信，将来天气预报的自动化、现代化水平会更高，气象专家系统扮演的角色会越来越重要。

2.4 未来能准确预知天气吗

天气预报就是预报，它只是对未来天气现象的一种预测性描述，并不等于将来的真实情况。我们所得出的天气形势分析，与天气的发展变化也并非是一一对应的关系。这一切都表明了预报的性质特点：它本身就具有不定性。我们所做的一切，只能是尽可能地提高预报水平，尽可能地接近将来天气的真实状况；人们永远办不到，也不可能完完全全、一蹴而就地实现没有任何疏漏，没有任何错误的 100% 的预报。

明白了这一点，就知道了天气预报有时不准是很正常的现象。但天气预报从当前来看，失误仍然比较多，其原因在哪些方面呢？这儿有几点供大家参考：

首先是因为人类目前的认识水平仍然很有限。人们还没有完全了解和掌握天气现象的各种规律，对大气现象产生的背后原因、演变过程的认识仍很肤浅。我们还没有完全弄清地球大气运动和太阳、月亮及其他天体运动的关系；海洋、地球表面与人类活动的关系也并不是十分明了。说到底，气象科学作为一门综合性的实用科学来看，它涉及的学科面很广，它的完善还需要别的学科来促进；而且一些实用的技术学科，如计算机也需要发展，这一切都在一定程度上限制了气象科学的发展，影响了天气预报的水平。

其次是因为天气现象本身的原因。天气现象发生的面广，局部地区有的持续时间又短；而且地球表面不同地区、不同高度的差异性大，反映在天气现象上，就出现了更复杂的情况。天气现象变幻莫测，令人捉摸不定，我们只能大体地、有代表性地把握不同天气形势，根据获得的很有限的气象资料进行预报。

再次就是预报工具有局限性。我们的各种气象仪器并不是完美无瑕的。它们所获取的值也只是近似的，不能说没有误差。我们的一些预报方法，如数值预报模式，其使用的微分方程本身只是一种形式，在解方程时需要简化，又免不了带上一定的误差。这些误差或大或小、或多或少地影响了天气预报的准确性。而且，我们的气象资料在传送过程中，有时可能会出现错误。1976年7月31日，美国丹佛发生洪水灾害时，丹佛气象预报台的雷达信息通过电话传送时出了故障，导致了139人在这场洪水中丧生，一直到洪水结束时，气象台才发布洪暴警报。

还有一点，与预报的具体情况有关。天气预报，特别是短期天气预报，

它所使用的工具无非是天气图、卫星云图、数值预报指导产品等。而对于这些工具的正确使用，常常与预报人员的理论水平、业务专业水平、工作经验有很密切的联系。对于同一次预报，不同的人可能会得出不同、甚至完全相反的结论。而这些结论，并不能以倾向性的大小来衡量预报的正确与否。特别是在天气会商的过程中，有时候少数人的意见、大家不太重视的预报结论，恐怕还真与实际天气情况吻合。因而，在天气会商的过程中，切莫过分轻视那些“孤掌难鸣”的意见。

但是天气预报毕竟不是迷信，而是科学，对于科学就应该有科学的态度。天气预报的失误在所难免，但是气象工作者不能由此而裹足不前，灰心丧气。从天气预报的发展史来看，人类天气预报的水平愈来愈高，愈来愈准，这是不可置辩的事实。现在人类虽然还没有能力驯服天气这只脾气难以捉摸的怪兽，但是能够预报，这是大家必须首肯的事实。

应该树立这种观点：天气预报不仅可以做，而且可以做得很准。当前我们天气预报所以有一些失误，除上述原因之外，还有一点，就是我们的人力、物力有限。例如对高空的探测，平均每隔 200 公里左右才有一个站，它们获取的资料毫无疑问不具体、不全面，特别是对局部地区的大风、暴雨、冰雹等天气经常无能为力。海洋、荒漠、高山上的探测局限性更大，而海洋观测，仅凭几只船舶则显得太“势单力孤”了；在太平洋和南半球还存在有大量的空白区，这样条件下的天气预报不准当然是无法避免的。但是，如果在空中的气象仪器再密集些，气象仪器的精度再高一些，探测的内容再多一些，不用说，那些小天气状况，就不会逃过我们的眼睛了。我们把天气预报做得更准确一些，是完全可能的事。

天气变化不管多么变幻无穷，它终究只是一种大气现象。而这些现象总有其发生、发展、变化的规律，而这些规律当然可以为人们所认识。我们有理由相信，随着现代科技的发展、人类认识手段的提高，大气演变的规律一定会被人们了解得更清楚。到那时，天气预报的水平一定能让人满意。

还要附加一点的是，不同的天气系统寿命本身有长有短，相应的天气预报也有不同的期限。有些小范围内的天气现象，如大风、雷阵雨，其有效预报期限有短于两小时的。有人说发布 2~4 小时天气预报准确率高，称之为“甚短期预报”，是很有道理的。当然，预报本身也存在着辩证的性质，长期天气预报看似难度大，准确性不高；但如果把它视为气候预报，则完全又是一码事了。

天气预报技术还在不断地发展中，一些国家正在研制和开发新的预报服务项目。据称，美国的“局地气象观测和预报服务”计划（PROFS）便是其中之一。

为了提高探测的精度，气象学家把大气层分得更细，约有 16 层，是以前的两倍多，每层网络间距为 84.45 公里。在实验中，气象中心从气象卫星那儿收到可见光图象和红外图象，每过五分钟可以得到一次信息。另外新式多普勒雷达站、各层地面观测网都将测得的各高度气象数据输给中心。每隔 20 分钟，一个叫辐射廓线仪的装置还会传来不同高度的温度、湿度数据。大量的计算机气象模式得以建立，不同的气象信息被输入进去进行模拟。

据说，计算机模拟技术可以预报两周以内的天气。有意思的是，有人以为，要想提高局部天气观测水平，必须发动家庭计算机，并且有几家私人信息网已被列入了国家天气局的天气方案中。未来的预报真正如何，我们满怀

美好的希望。

3 天若无情人有情——减灾

人们常常用“洪水猛兽”来形容恐怖可怕的骇人事件。但是猛兽同洪水相比，只能算是小巫见大巫。把那些频繁的自然灾害罗列起来，洪水就显得太不起眼了。我们来看看 1995 年的世界气象灾害。

1995 年全球范围内不少地区洪水滔天，暴雨猛降，对不少国家和地区造成了严重的经济损失。如朝鲜 8 月份受洪水袭击，使 520 万人受困，68 人死亡，经济损失达 150 亿美元；菲律宾洪水台风造成 2500 人死亡和失踪，无家可归者达一百多万。另一方面，某些地区却是热浪滚滚，连续高温。在南亚、欧洲的一些国家，如印度、巴基斯坦、美国中西部某些地区温度只上不下，竟达 50℃；南亚约有 700 人在酷热中死亡，美国芝加哥死亡的人数也是同一数字。还有，在北美东海岸地区，热带风暴到处逞强施威，最高风速达 83 米/秒，8 月份，美国加勒比海地区死亡 137 人，损失 77 亿美元；10 月上旬，美国又损失了 30 亿美元，丧生 59 人，数万人受灾；而墨西哥则造成了 30 万人无家可归，42 人失踪，16 人死亡的悲惨场面……极端的天气变化，使人们防不胜防，无所适从。一年一度的自然灾害令人谈之色变，忌讳甚深。而那些饱受灾害之苦的幸存者，其感触又是多么复杂啊！自然灾害时间长短不一，数量众多，但对人类的危害却是大同小异。

3.1 可怕的“天”灾

气象灾害是自然灾害中影响范围最广、出现频率次数最多、造成损失最大的灾害。气象灾害种类很多，说法不一，有人根据气象灾害形成的原因、性质以及对人类生命财产的危害程度，把它分成七大类 17 种，比较细致。这里挑几种比较常见的天气灾害略加叙述：

(1) 暴雨洪涝：

发生暴雨时，降雨量集中，降水强度大，特别是有时候在短短的几天时间里，可能会降下达到或超过一年的平均降雨量，于是洪涝灾害就发生了。

我国属于季风气候，雨带由南向北移，季节性比较强，从春季开始，南北气流遭遇后，开始向北移动，一旦双方势均力敌时，形成的雨带就会徘徊在某一地区，因而形成大面积降水。如我国河南省泌阳县林庄某年 8 月份，三天内降下 1605 毫米的降水总量，是当地年平均降水量的两倍。

我国的洪涝灾害比较多，有人进行过不完全统计，从公元 206 年到 1949 年的二千多年间，我国就发生了大水灾一千多次。解放后，水灾仍很频繁，从 1951 年到 1988 年，我国平均每年发生洪涝 5.8 次。巨大的洪涝灾害，给人民的生命财产造成了无法估量的损失，例如：

1887 年，长江流域发生洪水，死亡 150 人；

1915 年，珠江流域发生洪水，死亡 10 万人；

1931 年，长江中下游地区发生洪水，使受灾人口扩展到两千八百多万人，14.5 万人死亡。沿江的湖北、湖南、江西、安徽、江苏等五省有 205 个县共 5000 万亩耕地被淹。

1954 年，长江流域发生持续性暴雨，引起洪水，1800 万人受灾，1.3 万人死亡，近 5000 万亩农田被淹没。

1963 年，河北地区降下特大暴雨，造成农田 6600 万亩被洪水吞没，直

接经济损失达六十多亿元。

有人还进行过统计，从建国到 90 年代初，我国每年平均仍有 1.2 亿亩农田被洪水淹没，其中 6000 万亩农田减产，200 万间房屋倒塌，数千人死亡。

(2) 干旱：

干旱和洪涝相反，它表现为久晴少雨，连续高温。由于干旱时土壤水分蒸发后得不到及时补充，农作物因缺水、枯萎而减产；严重时，当地的工农业用水、生活用水也会受到威胁。另外，干旱时气温高、空气湿度小，很容易引起火灾。

干旱的成因很容易理解，以我国为例，当北方吹来的干冷空气与从南方吹来的暖湿空气交合时，自然会引起降雨。但是如果这个雨季由南向北或由北向南跳跃过快，雨季的持续时间短，而受单一气流的影响时间长，这样就会引起高温少雨的天气，时间一长就酿成了干旱。干旱有春旱、夏旱、秋旱，夏旱又分初夏旱和伏旱，也有冬春连旱、春夏连旱或夏秋连旱的现象。

干旱带来的损失并不亚于洪涝。有人进行过统计发现，从 1950 年到 1980 年，我国平均每年旱灾面积就达 30,321 万亩，约占全国各种气象灾害总面积的 60%，如比较严重的 1959、1960、1961、1978 年，我国受旱面积分别达 50,710、57,187、56,770 和 50,860 万亩，每年损失的粮食均在一千万吨以上，其中 1959 年因干旱损失了约两千万吨粮食。干旱还会引起人畜死亡。如 1920 年，陕西、河南、山西、山东、河北等五省大旱，死亡人数达 50 万。

(3) 热带气旋：

它是一种强大的对流空气涡旋。一般发生在西北太平洋和南海热带海洋区。它的风力比较大，中心附近风力最高可达 12 级以上，影响范围也比较广，可达几万平方公里。热带气旋的产生需要很大的能量，有些科学家认为这些能量是通过水汽凝结后释放出来的。也正因为如此，热带气旋发生时，常常伴有暴雨。

热带气旋并不是台风，但台风是热带气旋，中心风力要达 12 级（约每秒 32.7 米）以上。热带气旋还有另外三类，即热带低压、热带风暴、强热带风暴，其中心风力分别分为七级（17.2 米/秒）以下、8~9 级（17.2~24.4 米/秒）、10~11 级（24.5~32.6 米/秒）。我国是世界上热带气旋出现最多的国家，每年约有 30 个，其中台风登陆的约有七个。而平均起来，根据四十多年的统计，菲律宾每年只有 4.6 个，日本有 3.4 个，美国有 3.2 个。形势对比并不乐观。

热带气旋产生时夹有狂风、暴雨和巨浪。它严重威胁着海上航运与作业，以及沿海地区的工农业生产和人民生命财产安全。有人经过比较作出结论，在一次灾害中造成的损失，热带气旋已经超过了地震和洪水。全球每年因热带气旋平均死亡两万人，经济损失约 70 亿美元。而我国，仅以 1992 年为例，登陆的热带气旋就有八个，其中 9216 号台风影响最大，浙江、广东、福建、江苏、山东等省受到很大的破坏，经济损失达 70 亿元以上。

热带气旋产生于三大洋，即太平洋、印度洋、大西洋，太平洋上的最多，约占 63%。在我国登陆的热带气旋主要在西太平洋我国南海海面生成，它们在全世界热带气旋中占比例最大。如 1951 年~1992 年的 40 年中，此处就产生过 1178 个热带气旋，每年 28 个，居全球八个热带气旋发生区之首。热带气旋产生的季节性比较强，主要集中于 7~10 月。我国从 5 月到 10 月都有热

带气旋登陆，其中7、8、9三个月最多。热带气旋登陆的个数每年不定。如1971年全世界有40个，而1951年只有20个；再如我国1971年登陆的热带气旋有12个，而1951年却只有三个，两者分别相差一倍、三倍。

热带气旋中台风势力最猛，份量最大。在中低纬地区的海面上，海水温度高达30℃时，表层水份要大量蒸发，使空气变得暖湿，如果存在一个低压中心，就会产生辐合上升，形成涡旋。如果涡旋释放的能量能保存得好时，台风就开始渐趋成形，当风力、降水达到一定程度时，就发展成了台风。一个成熟的台风在一天内可降下几百亿吨的水，据称由水汽凝结放出的潜热能，相当于几十万颗1945年在日本广岛投下的原子弹能量。

(4) 雷电风雹：

雷电风雹包括大风、雷雨、冰雹等。雷电风雹灾害影响的范围小，但是破坏性大，常使人猝不及防。

在雷雨天气中，常常伴有耀眼的闪电和震天动地的雷声滚过，这是一种放电现象。在大块的积雨云形成后，云的内部因为粒子碰撞等，会形成很大的电荷。当云体带有大量的负电荷时，地面物体会带上正的感应电荷，同样近地面空气中也会带上正电荷。云上的负电荷向下延伸，一旦到达地面很强的正电荷处，就会产生放电现象。放电时空气增温并膨胀，造成雷声。

雷雨天气时，你常常看到树枝分杈状的闪电，但闪电绝非一种。一些人就见过一种球状闪电，它像一只飞舞的火球，到处乱窜，甚至会发生爆炸。这种球状闪电常常呈红色或桔黄色，飞行时带有劈里啪啦的声音。科学家们推测，它可能是一种带有高温和巨大能量的等离子体，即气体分子电离后的混合态。球状闪电的破坏性不容忽视。1994年4月11日，在河南省省城县黄柏山小学发生了球状闪电伤害事件，当场造成13名儿童休克，附近的工人昏倒，全校125名师生受到不同程度的伤害。

此外还有一种黑色闪电，它常常在雷雨期间出现在树上、屋顶上、金属表面上，很容易爆炸。1974年6月23日，前苏联天文学家B·契尔诺夫就亲眼见过一个飞快滚动的黑色闪电。科学家们说，黑色闪电是由粒子会聚形成的气溶胶聚物放出来的，它的危险性也不容忽视。

雷电并不是说劈不死人。1993年南斯拉夫的一个足球场上，雷电当场就劈死一名叫巴尼奇的运动员；而且动物也常常未能幸免于难。在1992年，美国一个农场中曾有12头牛同时在一棵树下因雷击而倒毙。

冰雹，大多在雷雨天气中出现。它的形成过程很复杂。在对流强烈的云中，云中的气流上升很快，每秒钟可达15~20米。由于上升时温度变低，大量的水汽凝结成云滴，此时云滴还没有冻结。接着，云滴随气流继续上升，其中一些比较大的水滴上升较慢，并同其他水滴相遇，经过合并后不断长大，形成雹胚。雹胚不只一种，霰就是这样。当云中的冰晶与水滴相撞后，水滴会在冰晶上冻结，并形成一种冰球。遇到温度低的水滴时，雹胚会逐渐长大；有时候它也会因为重量变大而下降，但较强的上升气流又可能会使之上升。这样上上下下，三番五次后最终造成了透明、半透明的交替结构，并降到地面。

冰雹一般出现在春季和春夏之交。有时候，冰雹在形成过程中可能会遇到昆虫，一不小心，这些昆虫会被卷入冰雹之中，充当了冰雹核，于是一层一层的冰壳就把小虫子包裹起来。1979年4月25日，在湖北江陵县普济、滩桥的一些地方就发现了包有小虫子的冰雹。千万别以为是神在作怪，它不

过是大自然现象而已。

冰雹在雪天里也有可能出现。1983年3月3日，河南省林县南部沿淇河一带，就发生过雪天里打雷降雪的现象。暖湿空气在上升时产生了积雨云，所以发生了雷雨现象，后来北部冷空气加入进来，造成气温急剧下降，雪与冰雹于是就有了同时产生的机会。1982年2月6日，我国贵阳也出现过这种现象。冰雹小的如豆子，大的如鸡蛋，从高空打下来，经过加速，其落地速度与炮弹的威力差不多，它会破坏庄稼水果，给人畜带来伤亡。

龙卷风是大气中最强烈的一种涡旋现象。它的外形看起来像一个猛烈旋转的圆形空气柱，上大下小，从浓积云或积雨云中伸向地面或水中，其空气猛烈地旋转着，颜色有乳白、灰色、黑色等。远远看去，它好似一个巨大的大象鼻子在空中舞动。龙卷风发生在陆地时，人们叫它陆龙卷；当它在江、湖、海的上空出现时，人们称之为水龙卷。当水龙卷出现时，只见一条水柱升向天空，还真像是一条青龙在吸水呢！

龙卷风形成条件比较复杂，一般认为需要强烈的对流上升运动，并只有大气极不稳定时才有可能产生。龙卷风出现以春末、夏季为多，低纬地区的岛屿每年都可以见到。我国几乎每年都有龙卷风发生。但水龙卷在华南、东南沿海比较多见；陆龙卷以华中、华北较多。

龙卷风的风速很大，根据计算，龙卷风的风速可达每秒100米，甚至200米、300米。龙卷风中心气压只有400百帕左右；最低的只有200百帕，而一个标准大气压是1013百帕；所以龙卷风中心气压极低，再者龙卷风从中心到边界距离只有几百米，所以四周空气向中心流动极其强烈。

龙卷风以螺旋形上升的空气速度每秒达到上百米后，它就可以轻而易举的吸取各种东西，并卷到空中，到处演一幕幕恶作剧。如果龙卷吸起鱼塘里的水，水里的鱼呀，虾啊，螃蟹啊，泥鳅啊，就都被卷到空中了，掉下来之后，就形成了什么“虾雨”、“螃蟹雨”、“泥鳅雨”、“鱼雨”等。1834年5月16日，印度出现了一场怪雨，一个村庄中满地是鱼。1862年3月1日，法国南部地中海沿岸的土伦地区，天空下起了“青蛙”雨。龙卷风甚至还吸人。据称，上海一位农妇被龙卷风吸到空中后，又把她摔在离原地三百米以外的地方，竟然幸免于难。

当然，龙卷风在搞那些令人捉摸不定的把戏时，对人们也造成了很大的危害。1956年9月24日，一个巨大的龙卷风把上海浦东江边的一个11万公斤重、比三层楼还高的大储油罐卷到了高空，再把它摔到120米以外的地方，造成油罐里面正在作业的工人伤亡。而更大的灾害则是龙卷风对全国地区的肆虐。如1972年4月16日~24日，全国17个省、自治区、直辖市的300多个县、市发生了冰雹大风，部分地区出现了龙卷风，它们使200万亩农田受害，房屋50万间倒塌，121人死亡，1800人受伤。

不过，说龙卷风、台风对人类如何如何危险云云，并不表明一种观点，即一般的大风就没有危害。当风力过大过猛时，起码它对人们的间接伤害不可低估。1968年4月22日，渤海海面出现8~10级的偏北大风，使山东莱州湾海水上涨，冲破海堤上百华里，海水倒灌十多华里，造成三百多人失踪。又如1982年3月1日，红星312号客轮在广东三水县河口乡遇到了强雷雨大风而翻沉，死亡二百多人。还有，令人意想不到的，当气温很低时，刮不刮风的结果是绝对不一样的。1965年7月，在挪威地区刮来的冷风，竟然割破了人的皮肤。

(5) 冷冻：

冷冻灾害发生时，常常伴有寒潮、霜冻、雨凇、大雪、冻雨等天气变化。但冷冻害的发生具有相对性，并非表明只有绝对的低温才能带来灾害。造成冷冻灾害的形式有下面几种：

寒潮，是进入秋季后从北方侵袭而来的强冷空气。一般它会使当地气温骤降 10 以上，最低气温低于 5 。寒潮发生时，所到之处刮起六级以上的大风，造成沙暴、雪暴，严重威胁着畜牧业和种植业生产。同时，由于气温低，严寒和霜冻也会发生，于是农作物受冻，江河湖海结冰，交通受阻；我国长江中下游地区的早稻、春播也受影响较大。

寒潮入侵我国有西、中、东三条路线，它们都从北冰洋出发，有的从新疆过来，有的路过蒙古人民共和国，有的扫过我国东北地区，最后都经东南沿海到达南海和太平洋。

霜，是空气中水汽在 0 以下时，在地面物体表面形成的白色晶体。它要水汽达到饱和并凝华时才能产生。霜冻只指打霜时温度过低，使土壤或作物表面降温太快，造成损伤的现象。霜有时候不显现，因为空气中水汽未达到饱和状态，这叫暗霜或黑霜。

形成霜冻的原因有三个。一是发生大寒潮时，冷空气席卷的地区会剧烈降温，这叫平流霜冻；第二种是辐射霜冻。在晴朗无风的夜晚，由于地表或作物强烈地向外辐射散热冷却时，霜冻随之而生；第三种叫平流辐射霜冻，它要在既有冷空气，又有地表散热作用时才发生。这三种霜冻，第一种持续时间达三、四天，在南方地区危害很大。

雨凇是冻雨的一种形式。它是一种白色透明或半透明的冰壳，牢牢地粘附在地面的物体上。有时候看起来，树枝上、电线上似包裹上了一层晶莹的薄冰，把世界装点得美丽缤纷。

雨凇的形成过程很怪，当高空的空气按垂直分布在冷、暖、冷三层时，高层的冷空若穿过暖层，冰晶马上会融化，但融化后的水滴在下降时又遭遇到了冷空气，马上变冷，再继续下落，最后粘附到贴地的各种物体上，形成冰壳。可别以为好看，那电线上的冰壳破坏作用很大，弄不好就会让电线折断，到时电信中断可就麻烦大了。

对于雪天，人们似乎总是抱有盼望的态度。那纷纷扬扬的鹅毛大雪是多么令人心旷神怡、爽心悦目啊！

可是事情过了头，就成了祸害。一旦降下的雪太大时，造成的损失就不小了。这一点好多人不相信，这里举个例子看看。1984 年 1 月 17 日 ~ 19 日，长江中下游地区出现特大降雪。许多地区积雪深厚，最严重的可达半米深，结果电线结冰，通信、输电线路中断。仅江苏省就有六百二十多万伏以上的输电线路被切断；两万多根电线杆倒伏，南京机场关闭了近一个星期，京沪铁路停运一天多。

冷冻灾害的最大受害者是农作物，它造成大面积农作物减产，甚至冻死。为此，人们还把低温的冷冻形象地分为“倒春寒”、“寒露风”。1976 年 3 月下旬至 4 月上旬，江南广大地区出现了明显的“倒春寒”，湖南、广西、广东、江西、福建五省因为烂种而损失 3.5 亿公斤种子，占播种量的 1/3。

(6) 酸雨、大雾、阴雨等：

酸雨是一种严重的环境问题。由于地面上的二氧化硫 (SO₂) 和氧化氮 (NO) 被大量地排放在空中，经过水汽凝结后，形成带有硫酸 (H₂SO₄) 和硝

酸(HNO_3)的雨,再降落到地面上,严重地威胁着人类。

酸雨导致了湖泊中的鱼类成批地死亡,浮游生物、藻类减少。日本石弘之指出,欧洲从60年代起,湖面在一公顷以上的85,000个湖泊中,有21,500个受到酸雨的影响。其中11,000种鱼类及水生昆虫骤减,2000种完全灭绝。酸雨还使一些农作物、树木的根茎受到侵蚀,不少森林死亡,农作物减产。联邦德国的一份调查表明:由于酸雨的影响,该国森林受害面积曾经在一年中上升了9.7个百分点。一些建筑物也未能脱离苦海,像印度的大理石建筑泰姬陵、雅典城亚克罗波利、我国的乐山大佛,都因为酸雨的影响,已经面目全非了。

大雾,是贴近地面大气层中的水汽凝结或凝华而形成的微小水滴或冰晶。雾分平流雾和辐射雾两种。辐射雾,由白天蒸发的水汽在晚上降温时产生,它一般在晴天出现;而平流雾,是由暖湿空气在推移过程中,遇冷而形成,它在一天的任何时候都可以形成。

大雾的危害不仅仅限于使交通受阻,如我国华北地区曾出现的一次罕见大雾,破坏了高压输电线路的瓷瓶绝缘,造成大面积断电事故。而酸雾的出现,更叫人触目惊心,1952年12月5日,伦敦地区发生了硫酸雾,雾中二氧化硫浓度积聚越来越高,这种状况一直持续了三天,直到12月8日才结束。这次大雾使近4000人死亡。

3.2 气象为我们减灾

频繁的气象灾害,给世界人民带来了巨大的痛楚;面对洪水、暴雨、台风、冰雹的横行霸道,肆意破坏,人类并没有坐以待毙。科学家们却急急地行动起来,一直在寻找着对策。现在对于各种不同类型的气象灾害,人类还没有完全能够驯服它们的能力。但我们已经和正在用高新科技手段,提高着预报水平,争取把灾害减少到最低程度。在这之中,对天气现象的监测、预报,以及各种防范措施,立下了卓越的功勋。

如对付突发性的强对流天气,暴雨、冰雹、龙卷风,气象雷达就可大显身手。一般六小时一次的气象监测和三小时一次的卫星探测,很难捕捉到这种突发性强对流天气;而雷达通过连续的跟踪观测,根据回波中心的强度、云顶高度、面积、移向移速的变化,就可以推断出即将出现的天气内容,对是否冰雹天气、暴雨天气、阵性降水都分辨得清清楚楚。多普勒雷达还能探测大气中风与温度的分布情况。近些年来,由于电子数字处理系统的应用,雷达更是如虎添翼,这使短时天气预报水平大为提高。

1990年5月28日,云南省云溪地区对上午8时和10时观测的两次雷达回波资料进行分析,成功地预报了“华宁县的一次强雷暴雨天气”。当地水利部门积极采取行动,将一些水利施工的现场进行有效防范,而使数百万元的财产免遭“毒手”。据说,从短时天气预报中获得的收益数字惊人。美国农业每年可得7400万美元,英国可得650万英镑;在能源上,美国每年收益3930万美元,英国可获40万英镑;在社会公益与安全上,美国每年竟获3.1亿美元,英国也有380万英镑。

气象卫星的监测水平就更高了。三十多年来,由于卫星遥感技术的运用,对热带气旋、暴雨洪水、寒潮、干旱,甚至森林火灾、病虫害的监测都获得了相当大的成功。

气象卫星的云图可以清楚地显示台风发展过程的全貌，及其移动的趋势、路径、速度、强度等。1981年，卫星云图准确地显示出8107号台风将向西北方面移动，纠正了其他资料预报的西行错误结论。据此，预报员作出了台风将在福建、浙江南部登陆的正确预报。再如1986年的8607号台风，由于提前72小时作出登陆广东的准确预报，使损失减少了十多亿元。气象卫星对台风的准确监测，也避免了一些机毁人亡的空运事故。如1981年8月31日，卫星云图显示出中日航线受台风的影响可能性很大，值班人员立即向有关部门建议取消次日的航班，确保了旅客的飞行安全。

气象卫星也能监测暴雨。在卫星云图上，一个个密集的白色云区就是暴雨。1983年7月下旬，汉江上游水位猛涨，气象工作者根据云图反映，多次作出正确预报，有关领导在暴雨滂沱的7月31日做出了撤离陕西安康城居民的果断决定，大大地减少了人员伤亡。

对寒潮等冻害的监测，卫星也表现得得心应手。气象卫星通过红外云图资料，能获得寒潮移动的方向和进程。美国就据此为南部佛罗里达州柑桔园的种植提供了大量有实用价值的信息。据估计，该州光柑桔种植一年就可以节省4500万美元。

对干旱的监测，卫星也可以做到。目前，全世界沙漠化问题严重。我国荒漠化面积已经接近国土的1/5。卫星可以提供沙漠动态的数据，为防沙治沙作重要参考。

卫星的监测还涉及到一些特殊灾害，如森林火灾、地震预报等。我国在1987年5月6日~6月2日的大兴安岭林区的大火扑灭过程中，卫星监测就发挥了重要作用。在整个灭火战斗中，国家气象局向森林防火总指挥部提供了七十余幅反映林火发展情况的云图。1992年5月，国家卫星气象中心又观测到大兴安岭有高温区，实况是确实在扑灭火灾。

卫星的监测，仅从减灾方面来说，也可以把对海水的监测，对植物病虫害的监测、对旱涝面积的估算包括进去。气象卫星利用冰、水的不同反射率及温度的不同特性，可以测出海冰的分布和移动情况。我国从80年代初开始，就对渤海、黄海北部的海冰分布、漂移速度、外浮位置进行了卫星跟踪，指出了海冰位置，帮助渤海石油公司的两艘钻井船脱离了险情。

卫星遥感技术发展到了监测植物病虫害，的确是件了不起的事。农作物的群体绿叶面积指数、生物量及叶绿素含量，能反映作物的长势，对病虫害和冻害也有不同程度的反映。据说，瑞典的科学家们曾经根据卫星图片资料，提前14天准确地预报了森林病虫害。在其没有蔓延开来时，就施加了控制。再如加纳，卫星图片还曾被作为灭蝗的依据。说穿了这其实不难理解：蝗虫一般在地下排卵，而虫卵又对土壤水分有特定的要求，因而只要根据土壤温度分布的分析，就可以找出蝗虫的滋生之地。

我国从80年代中期就开始利用卫星对各种作物病情、长势、病虫害作了研究。如1987年春，气象卫星云图揭示出河南省红蜘蛛、吸浆虫、白粉病等少数病虫害。1991年2月，江苏省气象局根据18号的气象卫星的遥感资料，指出受灾最严重的区域是灌南县，这为当地及时自救提供了宝贵的信息。

在估计旱涝面积方面，气象卫星根据的是光谱特征的改变、陆地绿色植物的反射特性差别，通过接收辐射测值来进行工作的。早在1986年，吉林省东辽河流域发生大暴雨时，四平市气象局根据8月4日的气象卫星遥感资料，计算了受涝区的面积。1988年河南省遭受罕见的大旱，卫星云图也及时

提供了其地理分布情况。

但是减灾是一项十分复杂的社会系统工程。它涉及到灾情所致的方方面面。减灾,从整个过程来看,它包括监测、预报、信息传输、防御和治理、抗灾、救灾等等环节;按阶段来分有灾前防、灾中抗和灾后救。气象灾害是自然灾害中重要的一部分,利用气象技术减灾,如前面所述的监测、预报等,在这之中担负着首当其冲的重要责任。在我国,各种气象监测站网星罗棋布,监测和预警系统初具规模,但是我国作为世界自然灾害最严重的国家之一,任重道远,比起一些发达国家来,由于人力、物力、科学水平等原因,我国仍存在着一定的差距。

比如说美国国家灾害报警系统就很完善。美国政府在五十多个州设立了350个电台,每个广播范围为70公里,这种报警系统已经覆盖了全国人口的百分之九十五。为了提高灾害预报水平,每个预报台都能接收覆盖美国及邻近区域的同步气象卫星云图图片,处理各地气象中心电传的天气资料,再用电子计算机进行数据预报。

不过,我国近几年来,气象事业的发展与成绩不容忽视。国家每年用于气象事业的投入与取得减灾增收经济效益比为1:20。同时,因为减灾科技的发展,灾害所造成的人员伤亡大为减少。如1991年特大洪涝死亡730人,比历史上同样灾害造成的死亡人数少3~4倍。

现在,气象部门积极贯彻“以防为主”的指导思想,做好监测、预报、信息传递和处理工作,为保护人民的生命财产安全服务。全国各地现有2600个气象台站业务体系,配有二百多部气象雷达,77个卫星图接收点,900个警报发射台,三千多部甚高频电话,大大地提高了对付灾害的能力。

3.3 未来的趋势：国际合作

许多人都听说过“国际减灾十年”这个名词。它的全称是“国际减轻自然灾害十年”,最初由美国地震学家、国家自然科学学院院长法兰克·普功斯,在1984年的第八届世界地震工程会议上提出来的。他指出:要保障世界人民生命财产安全,可以通过政治和科学技术两条途径来实现;而科学技术这条路径就是指用最新科技成就来减轻各种自然灾害造成的损失。1982年12月,在美、日等国家联合倡议下,联合国第42届大会通过3169号决议方案,决定把1990年到2000年定名为“国际减轻自然灾害十年”。

“国际减灾十年”活动的宗旨是:通过一致的国际行动,来减轻诸如地震、风暴、洪水、火山喷发、蝗虫等病虫害的自然灾害造成的各种损失。“国际减灾十年”这一活动同世界人民的愿望一致。因为虽然人类对自然灾害的认识在不断深化,对付自然灾害的能力在不断增强,但是毕竟各国的方法、技术、手段各不相同。因此加强国际合作,进行技术转让,提供各种援助,有助于世界各国、特别是第三世界的抗灾救灾。

“国际减灾十年”能够调动各种积极因素,推进世界减灾活动的开展。我们知道,国家是有国界的,但自然灾害是没有国界的,气象灾害更是如此。据有关资料表明,全球每年发生10万个风暴,一万多次洪水,数千次飓风等;如果将全球的力量有效地集中起来,那么全世界对气象灾害的活动规律的认识将会深化,对灾害的监测预报能力也会增强。

1987年,“世界气象日”的主题是“气象——国际合作的一个典范”,

它表达了世界人民对付气象灾害的共同心声。我国在这方面也做出了自己的贡献。从 1978 年开始，我国参加了亚太经济理事会和世界气象组织的台风委员会，这些组织的有关职位还由我国气象学家担任过。我国还与世界多个国家进行了合作和交往，并引进了一些高新技术，它们都加快了我国的气象现代化建设。同时，我国和第三世界国家还进行了一些合作，使我国同第三世界国家在气象领域的友谊与联系得到加强，提高了我国的国际声望和影响。

但是在气象方面的合作还不能只局限于气象灾害。不管是从眼前来说，还是从未来的角度着眼；不管是从目前世界环境问题的角度来看，还是从日后的世界气候变化去讲，人类都应该认识到其形势的严峻性。

世界环境问题中有一项是关于全球气候变暖、大气污染加重的。从上个世纪末起，全球的平均地面气温就有上升的趋势，本世纪 80 年代全球平均地面气温比过去任何一个 10 年的平均值都高。可是世界人口仍在不断膨胀，石化燃料仍在急剧增加，这使大气层中的二氧化碳和其他微量气体越积越多，产生了严重的“温室效应”，导致全球气温上升 1~2℃。可别看这小小的 1℃、2℃，它会使南北两极冰原融化、海平面上升，到时候世界上恒河、尼罗河、密西西比河几个大三角洲会被海水淹没；太平洋和印度洋上的一些岛国如马尔代夫会不复存在，甚至美国的纽约曼哈顿摩天大厦也将浸泡在水中。另外，地球上的一些动、植物会因无法适应气温变化而归于灭绝。世界性干旱会加重，特别是沙尘暴会更加凶猛，强烈的飓风也会因温室效应而变得更加猖狂，森林火灾也将并发得更加严重。而且最令世界恐慌的恐怕是医学家的断言：随着全球气温上升，气候变化异常，啮齿动物、昆虫、细菌、原生动物、病毒繁衍迅速，大批的有益天敌死亡，人的抵抗能力和免疫能力下降，一些瘟疫将对人类造成严重的威胁。这绝对不是耸人听闻的妄言，你看，在最近几年中：

1991 年，拉丁美洲霍乱流行，50 万人受感染，5000 人死亡；

1993 年，美国西南部汗塔病毒暴发，近百人感染，45 人死亡；

1994 年，印度北部鼠疫流行，63 人死亡，物质损失 20 亿美元；

1995 年，登革热在拉美蔓延，14 万人受染，4000 人死亡。

再看看酸雨。联合国环境计划署（UNEP）等许多国际性机构和研究机关发出警告：酸雨已成为本世纪内最大的环境问题之一。从本世纪 60 年代北欧开始出现酸雨以来，现在已经扩展到欧洲、北美洲，以及日本、中国、印度、巴西等发展中国家。

另外还有因为气候变化、人类人为因素影响导致的一些新环境问题，如臭氧耗竭、森林资源减少、生物物种灭绝、土地沙漠化、淡水资源不足、水污染加重、海洋环境恶化、有毒化学品危险废物剧增等，而这些也反过来影响了天气和气候的变化。

为此一些国家的有识之士忧心忡忡，并提出了一些有效对策。如美国面对温室效应问题，1989 年环境保护部制定了一系列计划，这些计划包括：

（1）用燃烧更为干净的燃料如甲烷等代替汽油，降低汽车的二氧化碳排放量；广泛采用公共交通运输，限定所有新车最低燃料利用率为每加仑 80 公里，最终用电动车辆代替。

（2）对所有矿物燃料消费者征收二氧化碳排放税。

（3）回收旧废纸张、玻璃、金属，利用秸秆和垃圾作燃料，以节省能源。

（4）发展大型“能源种植园”，栽种速生树种。这些树种燃烧时不会使

大气中二氧化碳含量增加，因为它们燃烧时释放出来的能量，与生长时取得的二氧化碳量相等。

(5) 大力推广利用太阳能。

(6) 停止对热带雨林的滥伐。

据推测，综合采用这些对策，可使全球增温率下降 60%，大约可以达到每一百年上升 1 的水平。但是这些措施光靠一个国家是难以奏效的，因为只有全世界一起努力，温室效应才有可能得到控制，而不致于使二氧化碳等温室气体能在大气中从一个国家传到另一个国家。这些问题终于引起了世界各国政治家和政府决策人员的关注，最后在 1992 年导致了气候变化框架公约在巴西里约热内卢的签署。

这个气候变化框架公约的签署不是轻而易举的，因为在 1990 年 11 月，第二次世界气候大会的“部长宣言”，就已经对此公约的谈判作了准备要求；1990 年 12 月，联合国第 45 届大会作出了“为了人类的现代化和未来保护气候”的 212 号决议。整个谈判过程历经了 15 个月，我国代表团在谈判中起了很重要的作用。

该公约认为，最终目标是将大气温室气体的浓度稳定在防止气候系统受到危险的人为干扰的水平上。它的第三条原则认为，过去和现在所增加的温室气体主要源自发达国家，因此它们对全球气候变化负有主要责任，所以应该率先采取行动。

该公约第四条第一款要求，所有缔约国应向缔约方会议提供关于二氧化碳等所有温室气体人为排放和清除的国家清单；第二款要求缔约国要制定国家政策，确保温室气体人为排放量降到 1990 年水平；第三款要求发达国家缔约方提供资金，等等。

这个公约的谈判过程充满了妥协与斗争。西欧国家由于核能和水能使用比例很大，建议“到 2000 年发达国家应把温室气体总排放量降到 1990 的水平，而且到 2005 年再降低 20%”。但美国却极力反对。因为美国对此要付出数万亿美元的巨额资金用于改造能源结构。

关于气候变化框架公约签署了，但能否得到实施还要看各国现实的努力。据说欧洲共同体已经决定，增加对汽油的附加税每桶三美元用以治理气候。但是不管如何，不要说面对温室效应，就是对付气象灾害等一般性自然灾害，国际合作已是一种挡不住的趋势。

4 路漫漫其修远——技术

频繁的自然灾害叫人们谈“灾”色变，心有余悸。但面对各种天气所造成的自然灾害，人类除了监测、预防、防灾，就没有别的办法了吗？当然是有的。尽管人类到目前为止，还没有找到降服各种天气现象的有效办法，但是人类在征服大自然的路途上，一直在迈着坚实的步伐，并且取得了一些成功。人是伟大的，在自然灾害面前畏缩，是不可取的选择；当然蛮干、冲动也是要不得的。关键是要采取理性的态度，运用现代科学技术，继续探索大气各种现象的演变规律，对症下药，在一定程度上降服各种气象灾害。

4.1 现代实验方法的应用

有一种现象不知道大家注意到没有：当我们面对一块玻璃或镜子呵热气时，玻璃、镜子表面会变得模糊不清；当我们打开冰箱时，有时会发现冰冻的食物上带有冰屑。这是怎么回事？好多人会迫不及待地解释：这是空气中的水汽凝成了水滴，或者水滴结成了冰。没错，看来，只要有条件，我们自己也可以模拟地制造雨水和冰雪。科学家们也正在沿着这条路日夜兼程。云室，一种对云进行实验模拟研究的主要设备，就是证明。

云室，它是用来模拟自然云的各种现象的。譬如，云滴是如何增长的、冰晶是如何产生和发展的、云中的雷电是怎么回事，等等。云室有大有小，小的只有几十毫升，大的可达上千立方米。它的研究对象很多，涉及到水汽的，有扩散云室和对流云室；涉及到温度的，有冷云室（低于 0℃）、暖云室（高于 0℃）、等温云室（温度分布均匀）、梯度云室（温度在垂直方向不同）；涉及到雾的，有混合云室和膨胀云室。

云室并不能代替真正的云，它只是一种模拟，这种模拟是有限的，但是它可以近似地反映云的各种实际现象，有利于人们弄清它的活动规律。我国在 1985 年就建有亚洲最大的综合性中性云室，约有 96 立方米。这个云室的温度、湿度、气压可以进行调节，云室顶部还装有风洞。另外，我国还有一些等温云室和小云室。等温云室可以对人工降雨的催化剂进行研究。

利用云室，科学家们取得了一些科学研究成果。日本科学家曾在一个同心圆柱形的对流云室的实验中发现：雪晶的形状与它们形成时的温度、湿度条件有关。如果温度在 -5°C ，雪晶会长成针状；在 -15°C 时，雪晶会长成枝状。因而，科学家们认为，改变云室的温度、湿度，就可以制造出不同图案的雪晶；反过来，通过雪晶的形状，就可以判断云层的温湿度。

再比如，美国科学家们通过混合云室发现，干冰可以使云冷却冰晶化、碘化银具有很好的成冰性能。正是从此处得到启发，气象工作者的人工降雨催化剂首选就是干冰和碘化银。

当然，建造云室只是人工模拟的一个方面。其实，不要说短期的天气现象可以模拟，信不信由你，气候变化也可以人工模拟呢！

气候模拟与现代大型电子计算机的出现分不开。本世纪第二次世界大战后，由于各个国家工业飞速发展，造成“三废”（废水、废气、废渣）对环境的严重污染，人为因素也在一定程度上造成全球的大气温度升高、气象灾害频繁等气候变化。为了探测未来气候变化的结果，提高人们的防范意识，一些国家的气象学家纷纷求助于大型电子计算机，他们把一些人为的因

子引入气候模式，然后进行人工模拟。

这种气候模拟应该说比较可信。因为一些因子的反馈作用也被考虑进去了，这就使该模拟处于一种动态的系统中。比方说，由于温室效应作用，全球大气温度上升；大气温度上升，海面蒸发加剧，这样云量增多，削弱了太阳辐射，地面温度也因此相应降低，而大气主要吸取的是地面热量，所以大气温度的剧增也受到牵制。

目前，美国国家研究理事会的平衡气候模式模拟结果引人注目。他们认为未来气候会有以下变化：

- (1) 平流层温度降低（平流层指对流层以上的一个层次）。
- (2) 全球地面平均气温增高。
- (3) 全球平均降雨量增多。
- (4) 海冰减少。
- (5) 极地气候变暖，特别是在冬季。
- (6) 大陆气候变干燥，尤其夏季最为明显。
- (7) 高纬度地区降雨量增多。
- (8) 全球海平面上升。

这些模拟结果，与近些年来全球某些气候变化的趋势相吻合。但是一些气象学家却抱着审慎的态度。他们认为，未来气候变化是否真正如此，还需要实际来检验。

4.2 天公可以作美

天公不作美。雷声轰轰，叫人心惊胆颤；漫天的大雾，令飞机、火车望而却步，成了“睁眼盲人”；还存在那久晴无雨的日子，干旱把人畜急得到处乱窜……忽然，几声炮响，久旱后的天空下起了小雨；一阵飞机马达声响起，机场上的大雾消散……这是咋回事呢？原来这是在进行人工降雨、人工消雾活动。人工影响天气，驱灾避灾的办法很多，比较成熟的有人工降雨、人工消雾、人工消雹、人工避雷等方面。

(1) 人工降雨：

人工降雨，就是指根据云和降水形成的机制，通过播撒一定数量的催化剂，从而达到激发和增加降水的目的。人工降雨的原理很容易理解。我们知道，云是由大量的小水滴构成的；但这些小水滴并不一定凝结成冰晶，即使温度在 0 以下也可能只是枉然。但如果云中一旦存在冰晶，它就会吸收水滴蒸发的水分而迅速增长，进而形成雪降落下来。雪下降时可能融化，导致降雨。

但是云有暖冷之分，因而对冷云和暖云实施催化降雨的方法是有区别的。例如，在我国北方和冬季的云大多是冷云，它们由过冷却水滴(0 以下)和冰晶共同组成。此时要使云中产生更多的冰晶，由无雨转向有雨，或使雨量增大，必须使云中冰晶增多。可以向云中撒干冰，使局部温度下降，或者引入碘化银，使水汽分子在此冰核上凝结形成冰晶。至于暖云，则要设法使云中水滴重力变大，破坏云的稳定状态。有三种方法，一是撒吸湿性物质(如食盐，使水滴凝结增大，或者干脆从飞机上直接将水泼入云中，加速降雨的产生；也有利用樟脑等表面活性物质，抑制蒸发作用产生降水的，等等。

根据统计表明，人工催化适宜增雨的云，可以使降水量增大 10% ~ 30

%。有人因此估算，在一个平均降水量为 300 毫米的一万平方公里的面积上，可以增加六亿立方米的水，这可是个不小的量。

人工降雨引入催化剂有几种方式，或用飞机在云顶或云中选好合适的位置，直接播撒干冰、盐粉或碘化银焰弹；或者用气球把碘化银与火药红磷混合物带入云中；或者干脆用高射炮和火箭把催化剂射入云中。此外，据说用地面燃烧的办法，也可以把碘化银烟粒送到云中，但条件是这种云必须很低。

当然，人工降雨的问题也不少，关键是要判定是什么云和在云的什么部位引入催化剂的效率最高。

(2) 人工消雹：

人工消雹在两百多年前就有人开始尝试。消雹其实只起对雹“以大化小，以小化了”的作用。具体地说，就是向云中施放碘化银或碘化铅等催化剂，它们会使云中冰晶数目增多，冰晶形成雹胚时会消耗大量的过冷云滴，结果使所有的雹胚都无法长得太大。雹块下降时有的会融化，这就形成了水滴，或者缩小成小冰雹，于是消雹的目的就达到了。和人工降雨一样，也有使用吸湿性物质消雹的，如食盐，它们会吸收云中的水分，使雹胚不致于膨胀得太大，及时降落到地面。

消雹可以利用飞机、高射炮、火箭等。在雷达的监测下，利用高射炮、火箭发射人工成冰剂，在我国与前苏联（现在以俄罗斯为主）比较常见。俄罗斯有专用消雹火箭和专用雷达。此雷达能在 300 公里以内确定是否有冰雹，并能确定雹区面积、移动速度、降雹强度，甚至可以算出冰雹的平均直径来。我国也在 1980 年研制成了 JFJ— 型降雨防雹火箭。

需要澄清的一点是，人工消雹也可以采用空中爆炸作业的方法。爆炸发生后，由于冲击波的作用，大冰雹会粉碎，过冷却云却会直接冻结下降，于是消雹的目的也就达到了。

(3) 人工消雾：

雾给交通带来的损失是巨大的。飞机怕雾，有雾飞机无法起飞和降落；在飞行中，无法看清目标，会发生撞山等可怕的事故。1948 年圣诞节，从武汉到上海的飞机，因大面积降雾一天就出现了三次事故。轮船怕雾，海上浓雾会使船只触礁失事；汽车怕雾，高速公路上汽车追尾事件的罪魁祸首常常就是雾。机场上一有雾，飞机无法起飞，其直接损失是以每分钟多少万元来计算的。1993 年 11 月中旬有两天，北京首都机场因雾取消航班 183 个，直接损失 300 万元。有雾就要消雾，所以今天有了人工消雾的新鲜事。

和云一样，雾也有冷暖之分。在 0 以下的冷雾，目前科学家已经有较为成功的办法进行消除；而对于 0 以上的暖雾，对付它的有效办法还没有找到。

消冷雾的原理是瑞典气象学家 1933 年提出来的。他认为，在云雾中必须有冰核存在，水汽才能以它为中心，结成冰晶降落下来。但是如果雾中没有冰晶，可否用人工方法将冰晶引入雾中使之消散呢？当然可以办到，这就是人工消冷雾。

实际上，第一次人工降雪的道理正好与此类似。那是 1946 年 11 月，美国科学家谢弗乘一架小飞机，在层云上沿一条 4.8 公里的航线撒下了 1.36 公斤的干冰，使整个云层变成了白雪。干冰是二氧化碳在 - 78.5 时凝结成的固体，把它洒在云雾中，可使云雾的水汽温度降低到 - 40 以下，并凝结成小冰晶，最后形成雪花掉下来。雪花掉下来，等于说消雾工作获得了成功。

消雾的关键问题是要产生冰晶，但产生冰晶必须使温度达到 - 40 以下。一克干冰大约可以产生一万亿个小冰晶，另外如丙烷、液氮可以使云雾气温下降到 - 70 、 - 196 ，所以它们的消雾效果也不错。俄罗斯、我国消雾工作就曾用过液氮。与此同时，让空气对流速度达到 1.5 ~ 2.0 马赫（声音传播速度）时，据说温度也可以降到形成冰晶的程度。

人工消雾也有直接采用降雨方法的，如使用碘化银为代表的冰核就是这样。碘化银的晶体和冰晶相似，这可以使水汽凝结在其上面。有一种方法是燃烧，即用高温把碘化银烧成小的烟粒，使它在饱和的低空雾中长成小冰晶，最后形成雨。我国气象科学研究院研制出高效的碘化银烟剂，每克碘化银可以产生 10^{15} 个冰核，是干冰的 14 倍。

实际上消雾时常常要在地面设置多个催化剂撒播点，在地面上数米高度上施放催化剂，但这关系到风向和风速问题。国外的一些国家常布置多个撒播点，根据具体情况自动调整位置。

致于消暖雾，科学家们还在努力探索。国外曾有机场采用加热焚烧的办法驱雾，如巴黎奥利机场有一大群燃烧炉，在消雾时能自动点火，可耗油量很大，而且效果不明显，所以并不十分可取。法国戴高乐机场还把喷气式飞机派上了用场，在有大雾时，工作值班人员开动喷气发动机，利用高温喷气来驱赶浓雾。另外，还有利用声磁波消雾的方法，也没有达到实用的程度。

（4）人工防雷：

防雷这种提法是否准确，有待于探讨。但人工防雷已有几百上千年的历史了。

有人曾经指出，在我国古代建筑的各种楼阁上存在着避雷装置，这并非不可信。可是避雷并不等于消雷；严格地说，它还没有达到满足人们真正防雷的要求。

1749 年，美国科学家富兰克林用风筝作实验，揭示出了雷电的秘密。后来，他把一个尖铁棒架在高物上，铁棒下面还接有一根接地的铁丝，从而形成了世界上第一个“避雷针”。

“避雷针”实际上是在引雷和招雷，因为它在雷雨放电时，会使周围的物体带电产生破坏作用。为此有人认为，1926 年美国彼卡订尼军火库的火灾、1967 年埃尔赛贡多储油库的火灾，就是避雷针“引火烧身”产生的破坏结果。

后来，人们发现了“避雷针”的症结所在，即单根避雷针不能容纳巨大电荷的通过，要想有效地避雷，必须设置更多的通道。为此 20 世纪中期，美国的“消雷公司”研究出了新型“消雷器”。此消雷器把避雷针的针尖数量增多，并进行了合理排列，下面再用导线接上触地装置。在雷雨发生时，地面电荷和雷雨云的电荷因异性相吸，开始相互流动。在此过程中，雷电中的电场强度会受到削弱，雷击事件因此减少。

我国在 70 年代开始消雷技术研究，并且在云南、贵州、湖南、浙江、福建、河北等地进行了一些试验，并取得了很大的成功。例如，昆明气象站在太华山已建有一座 25 米高的“避雷针”建筑物，由于此地雷雨经常发生，且能量很大，几乎每年都有雷击伤人的事件，1967 年到 1979 年就发生了五起事故。1979 年后，自从该地安装了一座 6.5 米高的消雷器后，就再也没有发生过雷击事故。我国在 80 年代末已研制出新型消雷器。

（5）人工防暴雨：

前面说过，人工能降雨、消雹，能否在多雨季节人工减少降雨呢！这的确是个有意义的话题。应该说，这并非不可能。其实，不要说人工减少降雨，连人工削弱台风、人工改变台风路线都可能实现呢！现在一些科学家们正在努力进行各种尝试，争取把这些美好的愿望变成现实。

但是，人工消除暴雨还只是一个梦想，还没有哪个国家在这方面真正做过成功的试验。可另一方面，人工却可以减少暴雨的直接冲刷力，进行人工蓄水，变暴雨为资源，这却是的确能够做到的事。

对付暴雨，主要在于就地蓄水。据推算，一万平方公里的暴雨约有 10 亿立方米的雨水汇集到河流中，以洪水日行 100 公里进行估计，必须存在容纳每秒超过一立方米的流量才不致洪水泛滥。但实际情况是，我们根本达不到这样的条件。如 1977 年 7 月 5 日~6 日，黄河中游经历的一次大暴雨，在延水甘谷驿以上 5981 平方公里的流域上，最大洪峰达每秒 905 万立方米，一天洪水量达 1.38 亿立方米，而且每立方米含泥量达 800 公斤。如此大的洪水冲刷，造成飞机场被毁，纪念馆文物被冲走，人员失踪，就不足为怪了。

我们进行人工蓄水是有科学根据的。一般地，每一米厚的土层可以蓄积 100 毫米的水量；我国黄土高原的蓄水量更大。鱼鳞坑、水平沟、水平梯田是蓄水的小型工程，采用植被结合，效果会更好。10 平方米的汇流面积内有一个或多个容量近一立方米的鱼鳞坑，能够拦住 100 毫米的大暴雨。鱼鳞坑挖掘简单，规模很小，它也有利于各种植物的成活。

挡住暴雨是一回事，还要建立各种山间水库和塘坎，以便于贮水。有人统计，每 10 平方公里汇流区修一个山间水库，使总库容量达 100 万立方米，便可以蓄住 100 毫米的雨水。如果有条件，还可以建立更大的流域性水库，贮积更多的雨水。这些雨水干旱时可以抽取利用，平时也可以开库放水，甚至发电，一举两得，何乐而不为呢。

4.3 新技术带来的希冀

练拳击的人都知道，要想打倒对方，就要避其锋芒，善于抓住对方的空虚，找出其致命的弱点，反戈一击。对气象灾害也是这样。有些灾害，如酸雨，要是能找到一种克星就好办了，现代生物技术就是对付酸雨的一剂良药。再如对于台风、海雾等灾害，人们斗不过它们，却可以躲过它们，于是有了导航技术。还有一些灾害，比如农业方面的，可以用现代气象技术进行各种估算，做到心中有数，争取把减灾工作落实得更有效。

生物技术

酸雨的危害一直引起世界各国的普遍关注，目前世界上已形成三大酸雨区，它们是：以德、法、英等国家为中心，涉及大半个欧洲的北欧酸雨区；以美国、加拿大为中心的北美酸雨区；这 20 年来发展的覆盖我国四川、贵州、广东、广西、湖南、湖北、江苏、浙江、青岛等省市的酸雨区。

导致酸雨的最主要物质是二氧化硫。一些国家已经认识到酸雨危害的严重性。曾有欧洲 26 个国家和加拿大等，在联合国欧洲经济委员会提出的新协议上签字，保证把本国的二氧化硫排放量减少 80%。美国也承诺在 2010 年将二氧化硫排放量减少同一百分点。从这些可以看出来，减少二氧化硫的排

放量是控制酸雨的最好办法。为此，全世界四十多个国家通过了有关法律，开始限制汽车排污。欧洲共同体甚至要求成员国在 1996 年前，全部使用无铅低硫石油。但是经济需要发展，自然资源的利用不应该减少，关键是要另找出路——有没有一种两全其美的办法，既可以利用资源，又可以保护环境不受破坏呢？当然有，生物技术就是由此脱颖而出的一种新方法，它给我们的困境带来了新思路。

1993 年，在印度召开了“无害环境生物技术应用国际合作”会议。专家们认为，用生物技术治理环境有巨大的潜力。煤是一种重要能源，它燃烧时会放出二氧化硫等有害气体。在煤中，硫分有机硫和无机硫两种；无机硫大部分以硫物质形式存在，其中主要有黄铁矿（ FeS_2 ）。生物学家们认为，利用微生物脱硫，可以使单体硫变成硫酸。在这个领域有些国家已经取得了很大进展：

日本中央电力研究所人员从土壤中分离出一种硫杆菌，该菌能有效地去除煤中的无机硫；

美国煤气研究所筛选出一种新的微生物菌株，它能从煤中分离有机硫，但不降低煤的质量；

捷克还筛选出一种酸热硫化杆菌，可以除去黄铁矿中 75% 的硫。1991 年进行统计时，利用生物技术可以脱去煤中无机硫的 78.5%，有机硫的 23.4%。

利用生物技术脱硫原理简单，投资较少，特别适宜于一些发展中国家使用。我国煤储量和年产量均处世界前列，煤在能源的结构中占有首要位置。生物技术脱硫，在我国前景美好，需要大力研究和开发。

气象导航

利用气象导航，并不只是像一些人想象的那样，仅仅只替飞机、船舶的位置进行定位。气象导航说到底，可以提供两种航线。一是最经济航线，即整个航行中，从一个港口到另一个港口，哪个航线时间最短，所花费的燃料最少，效益最高；一个是最舒适航线，即航行中哪儿风平浪静，晴空万里，最能避免台风、海浪、飓风的袭击。不用说，第一条航线为货运提供了方便，第二条航线为旅客提供了安全。

可别认为导航只是闹着玩儿。这里摘录两个例子，通过比较你就知道了差别：1980 年底，我国某远洋公司两艘船舶分别从加拿大回国，其中有一艘船采用了气象导航机构推荐的高纬度航线。途经白令海峡，该船速度快，只用了半个月左右就到达了目的地；而另一艘船却采用了中纬度习惯航行，一路顶着狂风巨浪，损失了几十万美元的货物不说，还多用了两个星期才回到港口。

气象导航要利用全球的天气监测网资料，结合船舶的具体航行要求，提出各种建议，它具有很大的实用价值。其实，气象导航本身是在为远洋航行提供综合的气象信息服务。这显示了很大的发展潜力。我国在 1987 年成立了气象导航中心，并在沿海气象台设立了分中心，组织成立了遍布全国沿海各大港口的海洋气象导航服务网，取得了可喜成果。

卫星遥感技术

气象卫星的估算应用比较广泛。前面说过，气象卫星还能够对农作物长势、病虫害及冻害进行监测，但这只是一方面。气象卫星能够对灾害面积进行估计，对农作物收成作出估算，甚至对各种资源，如渔业资源，能进行遥感探测，显示出其独特的本领。

举例说，早在 1991 年，在江淮地区发生特大洪水时，江苏省气象局农业气象中心利用接收到的气象卫星资料，估计出江苏省受淹农田面积为 53.3 万公顷。江苏省民政厅正是参考了这个遥感结果来分发救灾款物的。

利用卫星进行估产不是最近的事，早在二十多年前，美国为了研究国际市场的小麦价格，在麦收前两个月，利用卫星对前苏联小麦进行了测算，认为苏联产量约为 9140 万吨，结果后来进行核对，误差不到 1%，真是神了。

气象卫星是怎么利用遥感信息资料进行估产的呢？原来，植物的绿叶是进行光合作用的基本器官。一般地说，植物叶面积越大，光合作用就越强，经济产量就可能越高。这是一种植物生理机制，这种生理机制反映的信息也就通过其反射光谱的不同波段反映出来。当作物叶子遭受干旱、病虫害时，叶片的含水量会减少，叶绿素减少，光合作用也相应减弱，此时叶绿素吸收蓝光、红光能力降低。同时，作物在不同的生长和发育阶段，由于叶片的叶绿素含量和内部结构不同，它们的光谱反映曲线也会不同。根据这种原理，气象卫星就可以捕捉到作物的生长情况，进而推算未来的收成。

美国的第三代业务极轨气象卫星，在作物估产方面成绩不小。该卫星在运行过程中，每天有四次扫过同一具体地点，在无云的地区，它们可以很快地反映植物叶绿素对光的吸收率和反射率，通过反射率值可以算出绿度值，通过绿度值就可以监测作物生长状况，进而估计作物产量。

我国 1985 年就在气象系统开展了遥感综合测产项目，1990 年正式投入业务运行。实践证明，该技术对农作物的估产具有迅速、宏观、准确的特点，可以弥补传统农业估产时间长、效率低的不足。

利用气象卫星遥感渔业资源的原理与小麦估产有所不同。应用气象卫星可以用红外遥感仪器测出海水表面温度，在绘出海水表层温度分布等值线图后，就可以根据鱼类生活规律与海水温度的关系来确定渔场位置，并绘成渔海况速报图。美国、日本已有渔海况速报系统，它包括卫星海况图和渔海况图，它们可以作为渔民海洋捕捞业的重要参考。

4.4 跨世纪的造福子孙工程

前面叙述了我们面对灾害的种种措施和办法，不管是天气预报也好，监测也好，人工影响局部天气也好，其实都只是一种治标不治本的办法。按医学的一句话，就叫“头痛医头，脚痛医脚”。恩格斯曾有一句话说，人类对大自然的每一次索取，都会受到大自然的报复和惩罚。这一点也不为过。由于人类滥伐森林，过分采取地下水，人口膨胀，大量排放二氧化碳和二氧化硫，使世界气候日益恶化。有科学家就认为，目前的一些异常气候现象，就与人类对气候环境的破坏，特别是与温室效应有关。

那么，有人也许会问，有没有办法恢复原来的气候，或者更恰当地说，能否采取人工措施去改造气候向良性方向发展呢？当然可以。其实，如前面几节所述的，一些国家开始限制二氧化碳、二氧化硫的排放，就是减少酸雨

和温室效应产生的办法，从长远的角度来看，它们是会对未来气候产生影响的。

可是，还有别的影响气候的有效措施吗？有。植树造林，绿化家园，大量种草，兴修各种水利工程就是一种可取的方法。我国在这方面做得很有特色，如兴建三北防护林，设立了一个植树日（3月12日）。经过几十年努力，我国的森林覆盖率上升了几个百分点，这是了不起的成就。实际上，植树造林、绿化祖国，本身是造福子孙的世纪工程。过去有一句话说，“前人栽树，后人乘凉”，不就是说增加了大气湿度，降低了大气温度、使气候好转了吗？

但是改造气候本身是一个系统工程，它需要我们的不懈努力。在大力种草、植树、搞绿化的同时，还应合理砍伐树木，修好各种水利设施，以利于防洪泄涝，减少植被的破坏。而且，如减少大气污染，限制废气排放量，合理用水，利用清洁能源，如风能、电能、核能等，也不是能容易做到的事。此外，由于大气没有国界，海水也无国界，真正要使气候向良性方向发展，还需要全世界各国的携手努力，单就某个国家是不行的。

5 气象是个宝——造福

任何事物都带有两面性。事情过了头，也就走向了反面。气象也是这样，虽然人们对气象灾害深恶痛绝，但是人们又不得不承认：现实生活与气象条件的关系太密切了。不知道你是否相信，气象还可以为人类造福呢！

5.1 用不尽的气象资源

随着大气污染的加重，全球二氧化碳排放量的增加，人们对目前使用最普遍、占有比例最大的煤、石油等不可再生资源，丧失了部分信心。在当前还没有解决完全消除污染的技术前提下，一种可再生的、清洁的新资源重新被人们所注意，这就是气象资源。气象资源已经投入运用的有风能、太阳能等，水能、热能也可以包括在里面。此外，还有如雷电的运用也在研究中。

古老而又新颖的风能

风能说它古老，是因为在很久以前人们就已经认识到了它的价值，并对它进行了开发利用；谈它新颖，是说古老的风能到今天又焕发出新的活力，新的运用方式大幅度地开展起来。

风能，从根本上说，它是太阳能转化后的一种形式。全球风能总量大约有 3.6×10^{15} 瓦，而在大气边界层以下可以利用的风能约有 1.3×10^{15} 瓦。这就表明，风能一年可以提供 1.1×10^{16} 度的电力总量。而这个数字却是世界消耗总能量的三千多倍，这可真是一个惊人的数字。

风能利用的历史比较久。我国古代人民很早就利用它来驱动帆船。据《物原》记载：“燧人以瓠济水，伏羲始乘桴，轩辕作舟楫，……夏禹作舵加以篷帆樯。”可以说，有人把夏禹作为帆的创始人，由此推出风能使用有三千多年的历史，是很有见地的。我国劳动人民还制造了水平风车，如明代宋应星的《天工开物》说：“扬郡以风帆数扇，俟风转车，风息则止。”就是例证。明朝的方以智在《物理小识》中描写了风帆灌田的事实：“有风帆六幅，车水灌田，淮扬海填皆为之。”至于用风力加工粮食，有人据《水车行》的记载内容：“零陵水车风作轮，缘江夜响盘空云，轮盘团团经三丈，水声却在风轮上，……”表明水车使用的时间很长，也不为过。

其实，明朝航海家郑和下西洋，他率领的船队就使用了大风帆，这是有目共睹的事实。另外，公元七世纪时，我国还建有一种“走马灯”式风车，它使用垂直轴风轮。此风车不受风向改变的影响，风轮总是朝一个方向转。有人考证说，在清代中叶周庆著《盐法通志》上就有关于它的笔录。

但这并不表明国外利用风能比我国要逊色。约在几千年前，埃及人就利用风帆来划桨、磨谷、提水；波斯人在公元 700 年前还用过风车碾米。公元 1185 年，英国的约克郡制造出西欧第一台风车。此后到 14 世纪时，荷兰人开始利用风车来排水和灌溉。18 世纪，荷兰使用的风车达到近万座。19 世纪中期，美国用于提水灌溉的风车约有 600 万台。用风力发电是本世纪以来的事。1910 年丹麦人成功地建造了世界上第一座风力发电站。这样一来，人类利用风力又创下了新的纪录。

风能的使用后来一度沉寂，主要是因为使用煤、石油的蒸汽机、发动机

占了很大的优势。但从本世纪 70 年代开始，由于“能源危机”的爆发和污染问题加重，这使人们把目光重新投向了风能。

现代风能的最大利用是发电。起初国外使用的是卧车风力发电机，发电功率不过 100 千瓦。美国在 1945 年 3 月还建有一个输出功率为 1200 瓦的大型风力发电机，但运行时间不长。现在美国风力发电的电量只占总发电量的 0.1%，在加利福尼亚州有五个风力发电基地为近 100 万个家庭提供用电；在这之中的一个电厂竟有 2400 台风力机，总装机容量为 24 万千瓦。欧洲、美国风力机单机容量以 300 千瓦以上为多。世界上最大的风力发电机装机容量为 7.2 兆瓦。

我国的地面风能总量可以利用的约有 1.6×10^{11} 瓦，主要分布在东南沿海、内蒙古以北，以及西北地区。

我国在 50 年代研制过风力提水机和风力发电机。60 年代时，一批风力提水机得以生产。80 年代时，我国在一些地区推广了 500 瓦以下各种型号的小型风力发电机，它能够用于照明、各种家用电器的使用。到 1985 年时，我国从丹麦引进了 55 千瓦的风力发电机，在山东某地进行了安装，风力发电开始转向生产。此后，从荷兰、美国、德国等地，100 千瓦、150 千瓦、200 千瓦等各种机型也被引进我国。

我国从 1992 年开始安装自己研制的 55 千瓦风力发电机。国产最大的 200 千瓦风力发电机也在 1991 年并网发电。这些都表明我国的风力发电发展迅速。1994 年、1995 年我国还承办了几次关于风力发电的国际会议，相信我国风力发电前景是美好的。

需要补充的是，设置风力电厂也属于风力发电的范畴。风力电厂是风力发电的高级形式。在风力资源丰富的原野、荒坡上，安装成片成片的风力发电机，并网运行，由微机统一管理，向电网输送强大的电力，这显然是一种综合风力发电的新举措。

风力电厂的建设只有十多年的经验。美国、西欧从 80 年代初开始建立风力电厂。美国在阿尔塔蒙特山口风力电厂安装有风力发电机五千多台，总装机容量可达 550 兆瓦。这么大的功率完全可与核电、水电媲美了。风力电厂投资收效快、效益高、建设周期短、发电成本低，具有很大的经济价值，引起了我国科学家的浓厚兴趣。

我国从 1986 年就开始风力电厂试验。其中已建成七大风力电厂。其中最大的在新疆达坂城，总装机容量约 300 千瓦。1991 年我国能源部召开风力发电建设规划会议，决定到 2000 年实现风力装机 1000 兆瓦的容量。

意想不到的太阳能

太阳能的运用你一定听说过，如人造卫星、宇宙飞船，以及太空空间站都镶有太阳能电池。太阳能和风能比起来，同样具有取之不尽、用之不竭的优点。太阳向外放出无限的光辉，那源源不断的能量一直在等着我们去开发。

太阳能的直接利用不难理解，比如太阳能热水器、太阳灶有人可能见过。但太阳能用于交通运输上你或许想都没想过，但的确已经取得了成功。1982 年 12 月 19 日，两个澳大利亚人用玻璃纤维和铝制成了一部“静静的完成者”太阳能汽车。该车顶部装有能吸收太阳能的装置，能给两个电池充电，电池再给发动机提供电力。两人驾驶着这辆车，从澳大利亚西海岸的佩斯出发，

横穿澳大利亚大陆，于 1983 年 1 月 7 日到达东海岸的悉尼，实现了一次伟大的创举。而太阳能飞机“太阳挑战者号”在此前一年就已诞生，该飞机成功地飞越了英吉利海峡，给世界航空史增添了新的色彩。

当然，太阳能飞机、汽车还不能很快地普及，但太阳能热水器、太阳灶却已经在人们的生活舞台上扮演了重要的角色。以日本为例，日本安装有太阳能热水器 1700 万台，可以供应 72% 的家庭洗澡，仅此一项，该国就可以每年节约 150 万吨煤，真是不可小瞧。

太阳能能够为电池充电，理所当然也可以用来发电。1982 年 11 月 1 日，美国建成了“太阳一号”电站，它座落在美国加利福尼亚州巴斯托。这个电站装有一个旋转塔，旋转塔使上面的反射镜始终对准太阳光，太阳光被集中后会获得高温，再带动蒸汽机来进行发电。其他国家和地区也建有太阳能电站，法国有“席密斯”、欧洲共同体有“欧雷斯利奥斯”、国际能源署有“阿尔梅里亚”，它们分别座落在法国、意大利、西班牙。

别出心裁的是美国费城富兰克林研究中心的研究人员，他们提出了在轻型气球上建立太阳能电站的设想。他们的具体步骤是：把一个直达 1600 米的气球发放到近三万米的平流层高空；再在气球上装上一个巨大的抛物面反射器，把收集到的太阳辐射能转换成电能并输入微波器件；微波器件再利用天线将微波束聚焦，向地球发送；地面则将这些微波束转换成电能。根据估算，这种装置大约可以把 10 万千瓦的电功率传送给地面。

建立气球太阳能电站原理简单，可行性大，只是投资比较高，但是它回收比较快，综合看来还是合算的。据说，富兰克林研究中心的人员已经研制出了直径达 200 米的高空气球，并正在做模拟实验。

太阳能可以用来发电，而电能综合利用，所以围绕太阳能的各种新开发地出现了。太阳能住宅、太阳能动力工厂、太阳能岛应运而生。

德国弗芝恩霍夫太阳能研究所设计了一种先进的太阳能住宅。这种住宅的外壁安有人工隔热材料，外面黑色的石墙可以吸收阳光，经过加热后再把热传导到墙后面的房间内。夏季时，玻璃罩板与隔热层之间还有自动反射卷帘，它可以切断天然加热。建筑屋顶还有三十多平方米的太阳能电池，可直接把阳光转化成电能。电能除了用于照明外，还可以接通电解器，用于分解水分中的氢和氧，为烧饭等提供燃料。

美国华盛顿还建有一个工厂，它的房顶上有三千多张太阳能电池板，可获取 200 千瓦的电力，足够工厂每天使用。

最出奇的是日本。日本通产省有 14 家公司，准备在 2010 年到赤道附近的太平洋上建一个太阳能岛。这个岛的面积约有七平方公里，它的上面有三千多个六角形浮体，此浮体铺有太阳能电池板，能产生巨大的能量。而在太阳岛附近，还有一个平台，平台上的设备能利用太阳能进行分解水以获取氢气。氢气液化后，就可以充作像石油、天然气那样的能源。

对于风能、太阳能的利用要附加一句，即太阳能、风能的互补发电。因为太阳能、风能都有间断、不稳的特点，但是在时间的分配上却有明显的相位差：冬季风大，太阳辐射弱；夏季风小，太阳辐射强。如果两者互补，就可以获得稳定可靠的电力。我国从 1991 年开始进行太阳能、风能互补发电的研究，并于 1993 年试验成功，一批成套设备在一些地区已开始安装。

等待开发的雷电

雷电是一种放电现象，它能一次放出达 10 亿焦耳的电量，足以消灭地球上任何一个小小的生灵。或许正是因为如此，它才受到人们不公平的谩骂和诽谤。

但是雷电给人类带来的好处却数不胜数。雷电曾使地球上最早的有机化合物产生；它净化了大气，并分解电离出氧化氮、一氧化氮，给地面土壤带来了肥料。雷电是自然产生的，人工可否仿照其条件，产生雷电，并为我所用呢？这很难回答。但是雷电的巨大威力可以利用却是真的。日本人就借助雷电进行过矿山的爆破开采。美国一些工程研究人员认为，雷电产生的巨大冲击力可以应用到土木工程上，雷电的高温可以破碎岩石，达到爆破的目的。可不可以说，日本的爆破试验是一个应用雷电的开头呢？现在还不能下这个结论。但雷电可以利用，这是千真万确的。

5.2 现代神话：拿气候作文章

气候是天气现象的总和。拿气候有什么文章可做呢？关于气候的文章可多啦！其实，地球上任何东西都离不开特定的环境，而对于人类、各种作物等，就更离不开它特有的气候环境了。地球上气候多种多样，差异极大，有没有相似的呢？有没有可以改造的小气候环境呢？能不能营造一个气候环境呢？这些饶有趣味问题，科学家们已经用他们的行动作出了坚实的回答。

寻找相似的气候

曾几何时，人们对外来牲畜、农作物优良品种产生了莫大的兴趣，进而来不及细想就开始引进，这种盲动最后造成了极大的损失。我国曾花费巨资从荷兰引进 39 头牛，可是牛刚到拉萨，就死了 37 头；我国从日本引进优质稻种青森 5 号到长江流域，结果是大面积欠收。良种还是良种，那么到底背后有什么怪物在施展魔法，使良种变成“劣种”了呢？

到 70 年代，我国的农业气象学家魏淑秋教授开展了“中国与世界农业气候相似性”的研究，终于揭开了这个秘密。她与一些科研人员提出了生物气候相似和分布气候相似的概念，并为此建立了世界范围内的数千个气象数据库，引进了咨询信息系统。从此，生物引种才显示出新的活力。

1964 年，我国从阿尔巴尼亚引进一万棵油橄榄失败后，魏淑秋教授指出，在我国云南、湖北、四川等地的 11 月~5 月的气候条件与地中海沿岸 5~10 月气候条件相似，这些地方可以种植油橄榄。果然立竿见影，一度被大量砍伐的油橄榄在湖北、四川、云南三省安了家，落了户。

又如，江西吉安地区的几百名气象工作者经过努力发现，该地的生态环境与东北的长白山有很大的相似，决定试种西洋参。还真是门当户对，1990 年 11 月，经过三年多的艰苦试验，第一批西洋参培植成功。根据市场价格进行计算，吉安地区井冈山山区的人均收入可达五万元以上，创造了一个奇迹。

再如，我国海南华南热带作物研究院从印度尼西亚引进爪哇白豆蔻，经过多次试种栽培，最后取得成功，亩产可达三、四十公斤，改变了我国过去完全依靠进口的历史。

营造小气候

今天人们的日子比过去要幸福得多。你看，寒冷的冬天还有西瓜、黄瓜、西红柿，这不会是从南方运过来的吧。可是你一尝，还顶新鲜的。其实它们大都是本地产的，功劳要归于塑料大棚。有人称赞塑料大棚说，它为蔬菜生产创造了一个“冬天里的春天”，真是恰如其分。

塑料大棚取材方便，造价低廉，收效快；而且大棚内的蔬菜不仅可以提前1~3个月上市，也可以延长1~2个月的蔬菜生长期。大棚种菜，丰富了菜市场，方便了人民群众的生活，而这一切都应归功于“人工小气候”。

人造气候，还有一个最大的设想，是关于火星的。科学家们预计，大约在2020年前后，人类可能会登上火星。为了向火星移民，为人类创造更好的生存条件，科学家们决定给火星施加人工影响。到时候，火星会出现大气圈，会出现温室效应、绿色植物，还有水。如果这些预想真能实现，那恐怕将是人类建造的最大的气候工程了。

5.3 气象信息高速公路

“晴带雨伞，饱带干粮。”这是我国古代流传下来的谚语，也是对出门远行人的忠告。今天我们要出远门，未必需要为可能出现的各种天气现象作过分充足的准备。但是你不会不听天气预报，不会对未来出现的天气变化没有任何顾虑——天气与我们的现实生活联得太紧，更确切地说，现代生活离不开气象。气象信息为我们的生活、生产带来了方便，它为我们展示了更广阔、更美好的前景。

气象对农业的重要意义不言而喻，对林业、牧业、副业、渔业的价值也不可低估。但你对气象与战争、工业、体育、商业的关系可能了解得不多，体会不深。这儿我来讲几个故事，让你了解一下气象的无形价值。

战争，有人下定义说，是政治家们为实现政治目的而导演的一幕幕游戏。然而这种游戏的胜败，除了人为的因素以外，外在的气象因素起了相当重要的作用。三国演义中，诸葛亮深谙气象，借一时刮起的极为反常的东风火烧曹军战船，以少胜多，使曹军惨败而归，曹操本人也几乎丧命；诸葛亮利用漫天的浓雾，不费吹灰之力，向疑虑不定的曹操借得十万支急用之箭，也是巧用天气，智胜敌人的好战例。

相反，一个军事领导者不懂气象，不关心气象信息，就只会在打仗中徒劳地损失力量，甚至可能饱尝饮恨沙场的苦果。第二次世界大战中，不可一世的德国法西斯部队被胜利冲昏了头脑，虽然士兵斗志高昂，接连取得胜利，但由于战线拉得太长，特别没有意识到俄国冬天来临的气候的严峻性，结果冬天来了，使只距莫斯科几十公里的德军一筹莫展，大批德军被冻死，大炮、坦克、飞机、各种枪支都结了冰，几乎无法使用。而苏军元帅朱可夫却及时了解了天气形势，趁机指挥适应严寒气候的苏联红军反戈一击，最后取得了伟大的卫国战争的胜利。

气象因素对战争的影响，还反映在现代武器的有效使用上。我们知道，飞机在起飞时如果碰到雷雨、下沉气流、火山灰时，很有可能会发生机毁人亡的事故。即使是现代化武器，若在非常恶劣的气象条件下，其性能也有可能受到很大影响。如在1991年海湾战争中，美军虽然有夜视和红外设备，但

是由于沙漠地区气候炎热，飞沙漫天，扬起的尘土曾使军事雷达、无线电设备受到干扰，而导弹、卫星、飞机都难以正常工作。多国部队一些非战斗死亡人员，其死因多与天气条件导致的武器失灵有关。

气象对工业的影响表面上看起来不大，实际上却不可忽视。拿化工生产为例，化工生产不论是安全问题，还是质量问题，都不可抱对气象条件“等闲视之”的态度。有人就举过一个例子，化工生产有一个“棉花硝化”工序，必须保持一定的温湿度。但这个温湿度必须适当，如棉花水分超过了一定限度就会成为废品。其实这不难理解，你肯定注意过，做熟的米饭在夏天很容易发酸变霉，但在冬季却放得时间长得多。学过初中化学的人都知道，这是化学反应的结果。还有一些特殊的化学工业生产过程也要注意气象问题。如生产烈性炸药，一定要保持好室温。室温太低，制品会变硬，可能会发生爆炸；温度过高，达到着火点，也会引起自然爆炸。对雷雨也要特别注意。江西萍乡有一个土产公司的鞭炮仓库，因为没有安装避雷装置，在某4月份发生一次雷击事故，所幸的是在库房没有鞭炮，但库房却裂开了几个大口子，相当危险。

此外，一些工业生产和设计也要考虑好气象条件，这之中建筑设计显得尤为突出。建筑设计不仅要考虑大风、暴雨、雷电等因素，还要考虑日照、积雪、采光等条件。风压是刮风时单位面积上受到风的压强，它关系着整个工程的安全。在海拔500米高度以下的地面上，当风以每秒30米的速度吹来时，建筑物墙面上要承受56.3千牛顿的风压。风压考虑太小，会造成坍塌事故；风压考虑太大，会增加建筑成本。1965年英国弗尔桥电厂建造了几座高114米的冷却塔，因未考虑好风压问题，造成三座倒塌的事故。相反，我国在建设武钢厂房时，外国专家坚持要考虑60牛顿/米²的风压，我国专家技术人员经过认真核算，认为该地风压低于30牛顿/米²，结果按此标准建造，共节约了3700万元的资金，既保证了工程质量，又赢得了荣誉。

建筑物对雷击、暴雨等气象灾害更应该考虑周全。1981年，陕西的一次暴雨造成泥石流和滑坡，1.6万间房屋倒塌；1991年8月10日，北京市高压建筑受雷击而断路掉闸，造成大面积停电，损失重大。应该说，对付暴雨应有好的漏水、排水设施；对雷电应有避雷消雷设施，因为建筑物高度每增高1.5米，每年要增加一次雷击的机会，增到90米时，每年可遭受两次雷击。

气象对电力工业的重要性就不言自明了。

气象条件对体育的重要性，你可能有所听闻。一般地讲，进行体育活动和比赛，必须有较适宜的天气条件，否则恶劣的气象条件不仅不能带来摘取金牌的快乐，反而会造成悲剧。例如：

1994年3月，台湾登山者拾方方受暴风雪袭击，落入峡谷中遇难；1996年，7名登山运动员在珠穆朗玛峰被暴风雪吞噬。

1993年12月，在阿尔卑斯山滑雪的两名法国青年，因没有听到强雪崩的紧急警报，在滑雪途中被当场埋葬；

1955年7月，英国皇家举行大型赛马运动会时，由于人们对飞临上空的阴雨雷云没有当心，造成了两人被雷击毙，47人受伤。

1990年10月，在摩纳哥举行的世界赛艇锦标赛上，世界冠军卡西拉吉被1.5米高的恶浪吞没。

所以说，遇到恶劣的天气时，最好暂停或取消体育比赛。但人们意想不到的天气情况，也会对体育比赛造成影响，这特别反映在运动员的竞

技状态上。当气温过高时，出汗太多，人体会丧失大量的水分和各种矿物质，如果不及时补充，就会有脱水的危险。在炎热的天气中进行比赛，会使身体体温上升，产生的热量增加，还会发生中暑。有人进行过测试，进行一般中距离赛跑后腋下的温度可以升高到 37.5℃，长跑后可以升到 38.5℃，激烈运动时直肠温度甚至可达 40℃，肌肉温度可达 41℃。这么高的温度，可导致各种紊乱现象。

天气过分寒冷时也不利于比赛。因为天气过分寒冷，人的肌肉会发生收缩，而血液供应不足，会给肌体的一些部位带来损伤。关于这一点也有人进行过统计调查，马拉松运动员疲劳性骨膜炎和筋腱围炎的发病，与寒冷天气很有关系，它们占到调查人数 524 名的 15%。又如 1976 年第 12 届冬季奥运会时，由于气温太低，有 25% 的参赛运动员身患感冒；1978 年初在河南省林县举行马拉松赛时，有 75% 的运动员休克。

所以体育比赛对适宜的气象条件要求很高。据称，对于田径运动，最佳气温在 15~20℃，相对湿度为 50%~60%，风速为 0.5~2 米/秒；对于马拉松比赛，气温在 8~15℃，相对湿度为 30~60%，风速小于 5 米/秒。

其实体育比赛的一些规则，对气象条件也作过一些规定。如国际田径竞赛规则规定，200 米田径赛的顺风速度不得超过 2 米/秒。这个规定曾引起了好多的遗憾。我国短跑新秀王惠珍，在 1990 年 3 月份的台北青年杯田径赛女子 200 米决赛中，创造了 23 秒 26 的好成绩。可是因为当时的风速为 2.86 米/秒，不得不取消此纪录，怪可惜的。

不过，有些运动员为了在正常的气象条件下发挥出更好的水平，不惜到条件比较艰苦的地方去进行训练，以提高韧性和耐力，为将来正常天气条件下的比赛取得好名次作准备。如我国的“马家军”队员王军霞、曲云霞，就在高原上进行过各种训练。“马家军”队员在全国、世界性大赛中频频打破纪录，很能说明问题。

最后提一提气象与商业的关系。气象与商业，在有些人看来，可能是风牛马不相及、驴唇不对马嘴的事，其实根本不是这回事。

如前所述，化工产品的生产需要一定的温湿度条件，而商品的保管也需要一定的气象条件。因为有的商品怕热，有的商品怕冷，还有的商品怕潮怕冻。如肥皂的保管要在 5℃ 以上，甲醛在 15℃ 以上保管；棉布和棉织品在受潮和雨淋时会发霉变质；露天的货垛更要注意大风大雨。有人指出过，全国商业系统的霉变损失已经远远超过了火灾的损失。从这些来看，调节和控制库房的温湿度条件，根据天气预报来指导商品保管工作，显得很有必要。北京市商业储运公司根据天气预报接收机的信息，采取大量防范措施，并取得了明显效益。该公司现在已经形成了一套应用气象信息进行科学管理的制度。

商品的销售从本质上说，就是要在得利的条件下把商品打发到市场上去，保证资金的回笼和流通。显然，对于那些保存时间短，需要及时处理，就地消费的食品，极快地销售出去更显得必要。几年前，曾经有一个时期，我国东北的人参、广西的甘蔗，因为运不出去而最后烂掉了好几个车皮。造成如此大的损失，交通运输是一回事，天气条件不允许长期保存才是症结所在。

有一位澳大利亚果品公司经理，十分重视对气象信息的开发和利用。有两年持续高温，他大批采购西瓜，发了大财；到第三年，当别的一些果品公司群起效仿，大量订购西瓜时，他及时得到某一季节将有连续阴雨天气的信

息，于是果断地削价处理，从而避免了大量西瓜库存，造成更大的损失。这也许只是个粗轮廓的例子，而有一些商家把气象学列入经理必修课，甚至搞出一系列以天气预报为基准的相应销售计划，一方面反映出这些商家具有独特的眼光之外，也在另一个侧面反映了气象信息的潜在价值。

如日本神奈川县蒂崎市皇冠超级市场与气象协会，共同开发出一个“第二天来店购物人数预测体系”的软件。他们每天根据次日的天气预报来预测来店顾客人数的多少，从而确定进货品种的数量，真是把气象信息的价值运用到了极点。

说到这儿，还有一件事，令人不敢相信。有时候气象信息还真能起“救厂如救火”一样的作用呢。1984年，生产不景气的江苏扬州某工厂，与外国某公司签订了一份出口桅灯的合同，合同规定11月15日以前厂方要将货运出，违约就要赔偿损失。事情也凑巧，从11月10日起连续阴雨，货物一直无法运出去。在最后只剩下20个小时的关键时刻，外贸运输公司急忙向气象台求助，气象台经过会商，动用天气雷达监测，预报有晴段阴雨间隙。正是这个宝贵的阴雨间隙，使厂方成功地将两千多箱桅灯安全运出码头。当地新闻单位作了一个《一次气象服务救活一家工厂》的报道，可谓所言极是。

事实上气象条件的变化的确能影响、甚至刺激商业消费。美国气象学家认为，气温每上升1℃，全球经济效益会跟着上升，如果世界平均气温下降，全球棉花歉收损失72亿美元，水稻歉收损失10亿美元，全球海洋资源收入要减少2862亿美元；在日本，气温下降1℃，要多消耗7000万日元的煤气，夏天气温上升1℃，日本啤酒消费量可增加40%。或许正是因为看到了气象与现代经济的微妙关系，一些厂家根据气候变化对未来市场进行预测，大搞长远销售活动。

比如：1993年，长江中下游地区出现了“凉夏”，致使南京、武汉等地的空调、冷饮市场受到冲击。到1994年春天，一些商家仍然不敢进货。而武汉商场、汉阳商场等10家大商场，由于向武汉中心气象台支付了3000元的信息费，得到了“夏季气温偏高”的信息，大量进货，一举赚得高额利润。

又如：某地一家农机公司，从气象台得知第二年将发生干旱的信息后，他们便派人到全县的抗旱农机具进行了调查，又组织了人员到八个省40个厂家联系货源，调进水泵1900台，抗旱水管20万米，结果既满足了当地农民抗旱救灾的要求，又赚得到六十多万元。

最精明的要数国际商人。1988年，北美遇到十年未遇的大旱，一些国际商人进行推算，得出结论：美国黄豆减产，世界市场黄豆一定紧缺。于是他们大批低价买进，在市场黄豆空缺时又大量抛出，发了横财。

总而言之，气象与商业有着剪不断的关系，如果能把握好气象信息，适时调整商业对策，就可以在风云变幻的市场大潮中得心应手、游刃有余，站稳脚跟。

气象应用的新路——扶贫工作

气象也可以扶贫，这可不是天方夜谭的故事。在我国，从1987年起，气象部门在全国建立了540个气象科技扶贫点，并实施了扶贫项目近千项，获得了两亿多元的经济效益，使近10万贫困户脱贫。

气象扶贫，说到底就是科技扶贫。气象工作者对那些贫困落后的地区进行了各种调查研究，为当地的经济发展方向提供咨询，使当地的各种资源得

到最充分的利用，从而达到扶贫的目的。

气象扶贫的具体办法是：

(1) 对当地土壤、气温、光照、降水等气象条件进行综合调查，提出适合当地农业发展的方案。

(2) 建立气象信息网。气象工作者深入实际，对各种灾害性天气、特殊天气进行农事前后的预报，使农民对各项生产做到心中有数，尽量减少损失。

(3) 建立各种示范点，开展各种良种普及工作，使贫困地区在试验基地的模范带动下，建立起各种生态农业的商品基地，并把这些商品基地和加工业结合在一起，最终形成农业、工业、商业一条龙。

实践证明，气象扶贫这条路走的是对的，它对于提高农村科技意识，推广现代农业生产经验，提高农民收入，都起到了积极的作用。

综上所述，气象与我们日常生活、生产关系密切。而气象信息则对我们的社会生活，特别是经济生活起着很重要的参考作用。气象科技，是随着气象信息开发而出现的一个新名词。当前，我国长、中、短天气预报业务和有偿专项服务预报，已经直接为人们的经济活动提供了服务。我国的气象卫星应用业务系统已经初步完成，通过计算机联网，将会产生一种新的形式——气象信息高速公路，从而加快我国的国民经济建设步伐。未来，随着计算机的普及，相信私人计算机并网后，气象信息高速公路会更加完善，那时天气预报水平会更高，对气象信息价值的认识会更深入，我们未来的生活会更好。

