




# 气象科学



## 21世纪科技大趋势

主编 张金方 张三同



京 华 出 版 社

## 《21 世纪科技大趋势》丛书编委会

主 编 张金方 张三同

副主编 欧阳青 张哲生 李自然 白 洁

编 委 张金方 张三同 张哲生  
于笑然 白 洁 李自然  
何云峰 陈少发 安全贵  
吕卫东 霍书梅 宋 全

策 划 宋 全 高洪凡

## 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，现今的中小学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

# 目 录

编前语 .....	
<b>1. 大气晴雨表——探测 .....</b>	<b>(1)</b>
1.1 为何要探测大气 .....	(1)
1.2 观测形态走势 .....	(5)
1.3 处处有警惕的眼睛 .....	(7)
1.4 日益密集的天气监测网 .....	(19)
<b>2. 未雨先绸缪——预报 .....</b>	<b>(21)</b>
2.1 漫话天气预报 .....	(21)
2.2 你也能预报 .....	(23)
2.3 专家系统向我们走来 .....	(28)
2.4 未来能准确预知天气吗 .....	(30)
<b>3. 天若无情人有情——减灾 .....</b>	<b>(35)</b>
3.1 可怕的“天”灾 .....	(36)
3.2 气象为我们减灾 .....	(46)
3.3 未来的趋势：国际合作 .....	(51)
<b>4. 路漫漫其修远——技术 .....</b>	<b>(57)</b>
4.1 现代实验方法的应用 .....	(57)

4.2	天公可以作美 .....	(60)
4.3	新技术带来的希冀 .....	(67)
4.4	跨世纪的造福子孙工程 .....	(71)
<b>5.</b>	<b>气象是个宝——造福 .....</b>	<b>(73)</b>
5.1	用不尽的气象资源 .....	(73)
5.2	现代神话：拿气候作文章 .....	(80)
5.3	气象信息高速公路 .....	(82)

# 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，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(°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2.5万米以上的位置。

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