

气象灾害信息研究及网络系统设计

气象灾害信息概论

沈建国

(内蒙古气候中心, 呼和浩特 010051)

提 要

依据灾害学、信息论和社会主义市场经济学的观点,对气象灾害信息进行多方面研究分析。指出,气象灾害信息流贯穿于整个气象业务和服务工作。研究它的概念、特征、分类和用途对于收集、管理、认识和利用它 正确指导减灾工作 最大限度地减轻气象灾害造成的影响和损失 具有十分重要的现实意义。气象灾害信息除具有一般信息的可利用性、可处理性、可传递性属性之外 还具有可预报性、地区性、易损坏性、滞后性、连锁性和社会性的特殊属性。气象灾害信息产品的生产属高科技、高智力型。其产品具有商品属性 属知识产权保护范畴。就内蒙古自治区而言 危害最大的是旱灾 是制约自治区农牧业生产的主要气象灾害。白灾和黑灾对牧业生产影响亦较为严重。

在总结分析自治区主要气象灾害指标沿革和服务的内容和形式后提出,现阶段应依据灾害学的观点深入研究我区气象灾害发生发展规律及其危害,在注重信息服务的同时,重视减灾防灾工程性措施,为两高一优农牧业生产提供全方位高技术支持,为自治区经济持续发展提供保障。

关键词:气象灾害 信息 属性 特征 用途

人类在较少制约繁衍和加速开拓经济的过程中,不同程度地忽视了与自然的协调,如今已感受到人口爆炸、资源紧缺、环境恶化和灾害加剧等四大问题的沉重压力,它们构成的恶性循环严重威胁着人类的生存和社会持续、稳定、健康地发展。联合国决定把 20 世纪 90 年代作为“国际减灾十年(IDNDR,1990~2000)”、1992 年召开“联合国环境与发展大会”正是各国政府为抑制和改善这一恶性发展趋势的紧急动员,以求唤起全人类的觉醒和联合行动。随着人口和经济的迅速发展,由自然变异作用于社会而造成的灾害损失已在加速上升,发展中国家尤为突出,人口伤亡惨重,国力遭受重创。我国由于自然灾害所造成的直接经济损失,在 20 世纪 50~60 年代每年平均为 200~400 亿元人民币;70~80 年代为 400~500 亿元人民币;1990 年上升为 616 亿元^[1]。1991 年和 1992 年自然灾害的平均经济损失已高达 1064 亿元人民币,占国家财政收入 的 1/4。

为进一步提高全社会综合减灾的意识和行动,我国从 20 世纪 80 年代初开展一系列减灾工作 并积极参与 IDNDR 的呼吁行动。1989 年成立中国国际减灾十年委员会;国家科委、国家计委、国家经贸委联合组织气象、海洋、地震、水利、地质、农业、林业等 7 个管理和研究自然灾

* 初次发表在《内蒙古气象》,1996 年第 6 期。

害的政府部门的专家，成立了对我国重大自然灾害进行调查和对策研究的综合研究小组；相应的国家级和省市级有关综合减灾的管理部门、社会团体和科研部门也分别地或联合进行类似的工作。

根据联合国世界气象组织统计，气象灾害占自然灾害总数的 60%。我国 1950~1992 年间的资料统计表明，论经济损失，气象灾害居首位，占 57%，气象灾害中，水旱灾害最频繁，其中旱灾造成的粮食损失，最低年在 250 亿公斤以下，最高年约 390 亿公斤^[2]。按国内外的专家测算，间接损失一般是直接损失的几倍，甚至是十几倍。减负等于加正，所以，减灾是涉及到发展的大事。总结分析国内外现行的减灾工作一个共同的认识是减灾工作是涉及自然科学、工程技术和社会科学 3 大领域的系统工程，发挥减灾系统工程的综合作用，才能达到以最小的投入最大限度的取得减轻灾害效益的目的。完整的减灾系统工程应包括以下 10 大子系统：监测、预报、防灾、抗灾、评估、救助、恢复与重建、保险与基金、教育与立法、规划与指挥。

自然灾害是一种复杂的自然—社会现象。它是由自然的或人为的因素引起，是通过自然作用于人类社会，对人类社会造成损害或影响的一种破坏性现象^[3]。灾害学认为灾害发展分为 3 个阶段：

- * 出现灾害性现象；
- * 出现灾险；
- * 形成灾害。

一种自然现象有可能发展成某种灾害，但尚在未成灾之时，称为“灾害性现象”。有灾害性现象，并不一定出现灾害。“灾害性”即表示造成灾害的可能性，并不等于已有实现的必然条件。灾害性现象向实现灾害的发展中，必经过“灾险”阶段。“灾险”指处于可能产生灾情的危险局面或场合，任何灾害的产生必须具备形成灾害的充分而必要的条件。有必要条件但不够充分，就只是能产生“灾险”，不能产生“灾情”。当必要条件发展充分时，“灾险”才转化成灾害，并出现灾情。所以，“灾危临界点”是一个“质变点”，险情距这个点愈近，灾害现实化的危险就愈大，这就是灾害可以“发警报”的依据。有了“灾险”并不一定会出现“灾害”。因为灾险出现在灾危临界点之前，并未达到不可挽回的局面，只要条件逆转、或采取一定措施，就有可能远离灾危临界点而脱离危险境地，这就是灾害可以“预防”的根据^[4]。依据上述原理，灾害的预、警报发布依赖于对灾害性现象的监测和对灾险的认识与把握。欲达到减灾的目的，一要尽早捕获预警信息，二要决策部门快速反应、果断决策。前者要求利用现代化信息技术建立灾害信息服务系统，提供决策支持。

1 气象灾害信息概述

信息是事物的存在方式和运动状态的最新反映。而气象灾害的发生又影响或改变事物存在方式和运动状态。研究气象灾害信息的概念、特征和分类，对于收集、管理、认识、利用它，正确指导减灾工作，最大限度地减轻气象灾害造成的影响和损失，具有十分重要的现实意义。一般认为，气象灾害信息是与气象灾害发生发展规律及其造成的危害有关的那一部分信息。

气象部门的主要任务之一是监测、预测、收集气象灾害信息，供决策和有关部门利用。目前，内蒙古自治区地面气象观测站 118 个，高空站 12 个，农业气象观测站 24 个，太阳辐射观测站 8 个，自动气象观测站 3 个，酸雨观测站 3 个，标准雨量观测站 1 个，不同类型的天气雷达站 9 个，气象卫星遥感接收站 1 个，初步形成门类齐全，布局合理，自动化程度较高的气象综合探测系统，为自治区气象灾害的监测和预报奠定了物质基础。

1.1 气象灾害信息特征

气象灾害信息除具有一般信息的共同特征，即可利用性、可处理性、可传递性以外，还具有它特殊的标志和特征。

1.1.1 可预报性

随着大气科学的发展，尤其是气候系统概念的提出，人类对各种气象灾害发生发展规律的认识不断深入，气象灾害的可预报性不断提高。

1.1.2 地区性

不同的气象灾害在不同地区发生的频率和严重程度不同，决定了各地区间气象灾害信息的重点不同。例如在内蒙古自治区中西部多发生旱灾，而白灾为少；东部地区则反之。

1.1.3 易坏性

气象灾害信息是实时性很强的信息。尤其是预测预报产品，时效一过就无使用价值。这要求提高处理速度和通信保障。

1.1.4 滞后性

天气气候系统从正常向异常转变，到灾害性天气的出现，有一个过程，这就是自滞后性。气象工作人员要掌握灾害发生的规律及其损失的历史和现状，结合本地实际作出推断，提供准确信息，充分利用这种滞后性，作好防灾和减灾工作。

1.1.5 连锁性

许多气象灾害常常诱发其它次生灾害。如厄尔尼诺在一些地方诱发干旱，在另外一些地区诱发暴雨。暴雨造成洪涝，同时还可能引发滑坡、泥石流等灾害。所以气象工作者应注意各类气象灾害的连发性，使信息服务连贯有序。

1.1.6 社会性

气象灾害危害有区域性，而防灾和减灾涉及到灾区的各行各业和千家万户。这要求气象工作人员要具备本地自然和人文等多方面的知识，既要了解本地气象灾害发生变迁的历史，又要了解工农业生产部门的现状，使气象信息服务通过各种媒体面向全社会。

2 气象灾害信息的分类

2.1 按探测性质分类

2.1.1 接触感应采集观测信息、常规观测信息

使用常规气象仪器采集压、温、湿、土壤含水量等信息；

2.1.2 物候观测信息

主要是通过观察和简单测量提取信息；

2.1.3 遥感信息

通过陆基和空间遥感器采集信息；

2.1.4 遥测信息传感器

在测量区域放置感应器采集信息。

2.2 按服务性质分类

《中华人民共和国气象条例》第五条规定，气象服务属于气象公益服务范围的，应当无偿提供；属于专业气象服务范围的，可以有偿提供。

2.2.1 公益服务信息

由气象部门提供，面向政府和社会的无偿服务信息。

2.2.2 有偿服务信息

由气象部门提供给生产部门和企业、个人的专有服务信息。

2.3 按决策支持用途分类

2.3.1 战略决策信息

气候区划和气候预报为防灾减灾提供战略决策支持信息；

2.3.2 战术决策信息

中期天气预报为防灾减灾提供战术决策支持信息；

2.3.3 应急决策信息

短期和短时天气预报为防灾减灾提供应急决策支持信息。

3 气象灾害信息产品的使用价值和交换价值

在地球表层及其它环境中系统的组元间关系的失衡将可能引发某种灾害。如水循环的异常可能引起旱灾、洪涝灾害、雪害和雹害等，由热平衡的异常可能引发热浪灾害、霜冻、热带作物寒害、低温冷害以及牧区冷雨灾害；动能平衡的异常引起风害；由气象因子综合作用引起的有干热风、冷风和沙尘暴灾害等。气象灾害对社会的影响日益严重，使得信息社会对气象灾害信息的需求更为迫切。近年来，随着市场经济的发展，改革开放带来的活力使气象信息服务进入综合性系列化的新阶段。由基础气象服务、农业气象专业服务和其它各行业的专题服务组成一个多层次、多时效的气象减灾增产服务体系。服务效果愈来愈显著。

3.1 气象灾害服务信息产品的生产属高科技、高智力型

气象服务产品的效用是社会效益、经济效益和生态效益产生的基础，提高产品的效用才能提高它们的效益。而气象产品的效用决定于产品的科技含量，进而决定劳动者掌握科技的程度及其在生产中的使用程度，决定于劳动者掌握科技和运用科技的能力。而且，从生产的一般意义上说，劳动是生产的首要之基础因素，劳动是有目的有意义的活动，因而也是一种智力活动^[5]。这里的智力是人的认识能力和活动能力的总和，它主要由观察力、记忆力、思维力、想象力和实践能力构成。气象劳动者的劳动活动是一种运用劳动手段，以大气现象为劳动对象，进行分析、概括、综合从而找出大气活动规律因而它是一种复杂的智力活动。

任何生产过程都是劳动力和生产资料相结合的过程。不同质的生产过程的区别就在于劳动的复杂程度和技术装备的先进程度。就此而言，同别的生产相比较，气象服务信息产品的生产是一种高科技、高智力型生产。

首先，气象信息服务产品生产所需要的劳动手段，即物质技术装备程度，一般可以反映一定经济时期劳动生产力的最高水平。当代生产力的标志表现在遥感技术、电子计算机技术、空间技术、信息技术、数字化技术等先进的劳动手段上。而这些代表当代生产力的先进装备均率先应用在气象服务信息产品的生产过程之中。例如：1988年和1990年，我国成功发射两颗风云一号极轨气象试验卫星；1994年6月1日开始我国国家气象中心T63L16中期数值预报业务系统正式投入运行，每日做一次7天滚动预报，使我国跻身于世界上少数几个能制作中期数值预报产品的国家。到1994年底，我国气象部门拥有大中型计算机12台，小型计算机132台，微型计算机6600台。

其次，气象服务信息产品生产必需的科学技术一般可代表同期的先进水平。人类实践证

明，对自然资源的合理开发和利用从来就是科学技术的结晶。当代大气科学研究是非线性动力学研究的重要分支。大气科学一方面从数学、物理学等基础科学吸取最新成果，促进自身发展；另一方面以自身的成果和要求推动数学、物理学研究的发展。例如，大气科学中提出的“确定的非周期流”^[6]，大大促进湍流一类复杂现象的基础研究。气象服务的高科技决定着气象劳动生产的高智力性。气象服务生产的高智力性质集中体现在生产中，以及劳动者文化素质要求、文化素质构成两方面。1991年在我国气象部门职工中，研究生占 0.8% 大学本科生占 13% 大专生占 15% 中专生占 45%，受过专业训练的占职工总数 73.8%。截至 1994 年底 我区气象部门 3750 名职工的基本结构为：专业技术人员 2409 人 占职工总数的 64.2% 各类管理人员 752 人 占 20.1% 后勤人员 342 人 占 9.1%；专职从事科技服务和综合经营人员 247 人 占 1.6% 学历结构为 研究生 13 人 占职工总数的 0.3% 大学本科生 221 人 占 5.9% 大专生 563 人 占 12.3% 中专生 1401 人 占 41.4%；受过专业训练的职工占总数的 59.9% 职称结构为：高级工程师 70 人 占职工总数的 1.9% 工程师 878 人 占 23.4% 助理工程师 1788 人，占 47.7% 技术人员 391 人 占 10.4% 年龄结构为：40 岁以下员工 2562 人 占职工总数的 68.3%；41 至 54 岁员工 894 人 占 23.8%；55 岁以上员工 94 人 占 7.8%。这种文化要求及文化结构远远高于其它产业和行业。

3.2 气象灾害服务信息产品具有商品属性

气象工作者利用劳动工具(气象设备、仪器、计算机、资料等)通过智力和体力支付而获得关于气象灾害服务信息产品。所以，气象灾害服务信息是劳动产品。根据马克思的商品理论，商品是用来交换的劳动产品，商品必须具有使用价值和交换价值。每一件商品的使用价值，具有各不相同的性质，用来满足人们各种不同的需要，即物的有用性就是物的使用价值。以前仅强调气象灾害服务信息产品的社会使用价值，而忽视气象部门为自身发展和劳动者消费而生产的内涵，这与社会主义市场经济的运行机制是相左的。故应认识到气象灾害服务信息产品具有交换价值的属性。按照马克思的劳动价值理论，交换价值是价值的表现形式，而价值则是生产商品所花费的社会必要劳动量。劳动创造商品的价值，价值是决定交换价值的因素。价值不是商品的自然属性，而是它的社会属性，体现着商品生产者互相交换劳动的社会关系。先进的气象灾害信息产品是高科技、高智力生产的成果，因而它是高价值产品。但目前脑体倒挂的不合理现象，严重地存在于气象灾害服务信息产品的交换中。即未能按照商品的价值量来确定气象灾害服务信息商品的交换价值。这是值得深入研究的问题。

3.3 气象灾害服务信息产品属知识产权保护范畴

气象部门为减灾防灾服务提供的信息属知识产品，具有商品属性应进入信息市场流通。

信息市场是指专门进行信息交换的场所。人类进入信息时代，社会各项活动越来越离不开信息，信息的生产、储存、分配和交换日益成为一个专门的部门和行业。信息市场提供的商品是信息。信息的使用价值是抽象的，它不能像其他生产资料那样以感知的形式加工转化成最终产品；信息的使用价值最终表现为通过信息的使用，可以提高企业的经济效益，而且所提高的经济效益要大于信息本身的价值。以信息商品来讲，它不是固定的物质形态商品，同一个信息可以同时为多种部门、多个企业服务。信息产业是一种知识密集型产业，它的生产需要大量知识、技术，要消耗人们大量的劳动。所以，信息市场是同商品市场联系在一起的^[7]。

我国信息市场的发育大体经过如下阶段：

* 萌芽阶段(1978~1981)。在 1978 年全国科学大会上，邓小平同志简述科学技术是第一生产力、科技现代化是实现四个现代化的关键的观点，在理论上为技术成果和信息商品化奠定

基础，使技术、信息交易活动逐步开展起来。

* 初步形成阶段（1982~1984年）。1985年12月31日五届人大第四次会议通过并于1982年7月实施的《中华人民共和国合同法》，使技术和信息作为商品在法律上得到承认，我国技术、信息市场初步形成。

* 发展阶段（1985年以来）中共中央《关于科学技术体制改革的决定》、《中华人民共和国专利法》和《中华人民共和国合同法》等一系列政策、法律、法规的颁布实施，明确了技术、信息交易双方的权利和义务，规范了技术、信息市场的行为，使我国的技术、信息交易活动纳入法制轨道，技术、信息市场获得持续稳定的发展。

知识产权法是调整著作权、专利权、商标权、发现权、发明权和其他科学技术成果权关系的法律规范总称。我国知识产权法主要由三部法律构成，即著作权法、专利法和商标法^[7]。知识产权是人们对对自己脑力劳动创造的精神财富所享有的权利。知识产权的重大作用在于，运用法律手段确认和保护人们对对自己脑力劳动创造的财富的合法权益。发展社会主义市场经济，要依靠科学技术这个“第一生产力”。知识产权不仅保护广大知识分子的科技成果，而且促进科技成果尽快转化为生产力，转化为物质财富，促进社会主义市场经济的发展。

《中华人民共和国气象条例》第六条规定：国家鼓励公民、法人和其它组织依照本条例的规定从事气象探测和气象预报技术的研究活动，其合法权益受国家保护。第十四条规定：国家对气象预报和灾害性天气警报实行统一发布的制度。近些年来，有些部门和个人利用天气预报、气象信息开展广告和经营，擅自编发天气预报和警报，这不仅会给领导决策、经济建设造成干扰和影响，而且损害气象部门的合法权益。

气象部门和气象工作者应学会用法律武器来保护自身的合法权益。

4 气象灾害服务信息产品的内容和形式

4.1 内蒙古自治区主要气象灾害气候特征

气象灾害种类多、频率高、分布广，危害也很严重。自治区幅员辽阔、地形复杂，位于季风气候区和干旱气候区交界处，是多发自然灾害地区。文献指出^[8]内蒙古自治区主要气象灾害的气候特征为：干旱出现几率多，影响范围大，持续时间长，危害程度重。在1947~1987年间，自治区农区、牧区轻旱以上的干旱频率分别为89.1%和91.4%，可以说“十年九旱”。中旱以上的干旱频率分别为70.3%和77.4%，即“三年二中旱”和“四年三中旱”。大旱出现的频率分别为32.4%和31.4%，即“三年一大旱”。自治区农区春季连旱最长达4年，如1971~1974年。夏秋季连旱最长达3年，如1970~1972年。牧区春季连旱最长可达6年，如1971~1976年。夏季连旱最长达6年之久，如1968~1973年。大到中旱以上程度的春夏连旱在农区出现10年，牧区出现11年，几乎三年一遇。气象灾害的发生具有区域性特点。雨涝灾害主要发生在大兴安岭以东，阴山山脉以南的地区，自治区其余地区，特别是大兴安岭以西，阴山山脉以北的广大地区雨涝灾害很少发生，只是在个别年份不同地点发生轻涝灾害，危害不大。自治区冷空气活动频繁，尤其在冬春季节常有寒潮侵入，伴随寒潮的是暴风雪和强烈降温，使自治区经常遭受风灾、白灾（雪灾）、冻灾、霜冻等自然灾害，但自治区各地遭受上述灾害的程度是不同的，有区域性差异。白灾是伴随寒潮或强冷空气活动发生的一种牧业气象灾害，呼盟牧区出现白灾的几率为24%~32%，锡盟西部牧区、乌盟北部牧区、巴盟北部牧区为32%~36%。牧区发生黑灾也具有区域性分布特点，黑灾发生的几率东少西多，呼盟西部牧区发生黑灾的几率为24%以下，锡盟

中东部牧区发生黑灾的几率 24%~36%。锡盟西部牧区、乌盟北部牧区、巴盟北部牧区发生黑灾的几率为 36%~42%；气象灾害的发生具有季节性特点，如白灾在一年中发生时期主要在初冬（10月末~11月）和春季（3~5月）。气象灾害的发生还具有群发性特点，交替性特点。自治区全区性的先发生春季干旱，后出现夏秋季雨涝的年份有 6 年，遇到这种年份，农业生产遭受的损失更为严重。在牧区也会出现冬春发生白灾，夏季又出现干旱的交替现象。牧区在 1947~1987 年的 41 年中冬春季发生白灾，到夏季又出现干旱的年份共有 8 年。

4.2 自治区主要气象灾害指标沿革

干旱是我区农牧业生产中最严重的一种气象灾害。自治区干旱区的范围广，若按伊凡诺夫的年湿润度小于 0.3 的地区为干旱区、小于 0.6 的地区为半干旱区的话，则自治区干旱区和半干旱区的面积占自治区总面积的 70%。自治区历史上粮食总产大的减产年份大多与干旱有关。干旱，包括牧区黑灾，对自治区牧业生产的危害同样也很严重。一般旱年东部草原减产 20%~25%，西部草原减产 33%以上，重灾年荒漠草原寸草不生^[9]。

干旱一词在气象学上有两种含义：一是干旱气候，一是干旱灾害。前者是指最大可能蒸发量比降水量大得多的一种气候，内蒙古西部属干旱气候区；干旱灾害是指某一具体的年、季或月的降水量比多年平均降水量显著偏少而发生的危害。干旱气候和干旱灾害这二者之间也存在某种联系。在干旱、半干旱气候区，由于降水量的年际变化比较大，降水显著偏少的年份比较多，干旱灾害的发生频率往往比较高，而湿润气候区则相反，干旱灾害的发生几率是比较小的^[10]。

根据干旱发生的原因，通常分为土壤干旱、大气干旱和生理干旱。

* 土壤干旱：由于土壤含水量少，土壤颗粒对水分的吸力大，植物的根系难以从土壤中吸收到足够的水分去补偿蒸腾的消耗，植株体内的水分收支失去平衡，导致灾害。

* 大气干旱：大气的蒸发力造成的水分消耗大于根系吸收的水分而导致的危害。

* 生理干旱：由于土壤环境不良，使根系的生理活动遇到障碍，导致作物体内水分失去平衡而发生的危害。

按干旱发生的季节，可区分为春旱、夏旱、秋旱和冬旱。由于长期降水偏少，可能发生两个季节甚至三个季节的连续干旱，这种情况一般称为季节连旱，如春夏连旱，春夏秋连旱。因为它持续的时间长，对农牧业生产的危害更为严重。

以大气环流的观点看，干旱是季风反常的结果。我国主要雨带的季节性位移是与季风进退密切相联系的。在 105~110°E 以东，雨季的开始与东南季风来临有直接关系，在以西，则与西南季风的进退和青藏高原季风有关。

发生干旱的原因是多方面的，影响干旱严重程度的因子很多，所以确定干旱的指标是一个复杂的问题。简单的指标大多只能用于描述气候，用于研究植物对水分的反应则需更复杂的指标。干旱指标的研究大体有三个阶段：

* 简单指标阶段：如降雨量、连续无雨日数、降水距平百分率等；

* 以土壤—植物—大气系统的观点研究指标阶段：如土壤水分、土壤湿度、土壤有效水分贮存量、水分供求差、相对蒸散量、作物层温度与气温差、帕默尔干旱指数等。

* 以灾害学观点研究成灾指标阶段：灾害学认为^[4]灾害的形成与三个因素有关，即成灾施与因子或称致灾因子、环境中介作用或称孕灾环境、客体群承受能力或称承灾体。这方面的工作尚处在起步阶段，我区气象台宫德吉已取得若干有价值的成果^[11,12]。

黑灾和白灾属畜牧业气象灾害。牧区冬半年依靠积雪解决牲畜饮水的牧场，当积雪过少或

无积雪使牲畜缺乏饮水而遭受损失时，称为黑灾。黑灾的发生不仅与冬季积雪状况有关，也与封冻迟早及供水条件、家畜体能等有关。目前多用连续无积雪日数、降雪量等指标评估黑灾。白灾是草原放牧业的一种冬春季雪害。主要是指依靠天然草场放牧的畜牧业地区、冬半年由于降雪量过多和积雪过厚，雪层维持时间长，积雪掩埋牧场，影响家畜放牧采食或不能采食，造成饿冻或因而染病，甚至发生大量死亡。白灾的形成主要取决于两个条件：一是冬春降雪量多寡，二是积雪掩埋草场的程度。各类牲畜的生理特性不同以及抗灾能力的差异，其受白灾危害的程度也不同。草场被雪掩盖后，牲畜采食的难易程度不仅取决于雪的深度和密度，而且也与各种牲畜的破雪采食能力的差异有关。马的采食能力强，骆驼次之，绵羊再次之，牛最差。白灾的指标目前多为积雪深度，积雪掩埋牧草平均高度的百分率，冬春降雪量相当于历年同期降雪量的百分率等数值。

4.3 自治区主要气象灾害信息的内容和形式

气象服务于政府和社会从内容和层次上看，大体分为三个阶段：

* 利用资料积累和天气预报，提供基本气象服务，资料积累分析服务属应用气候范畴。应用气候是由于实际的需要而形成的，其成果为有关部门提供科学的规划或设计依据，促进生产力的发展。忽略这一点会带来非常严重的后果。例如，中国西昌卫星发射中心规划于70年代中后期受‘山、散、洞’影响较大，部分点、号在建设时考虑水文气象条件和地理环境不足，常受洪水、滑坡、泥石流侵害。现代化的航天器发射场是一个人才密集、技术密集，高精尖设备密集、通讯网络复杂的地方，任何自然灾害，都可能造成重大损失。发射中心组建以来经受了几次大的自然灾害，累计经济损失3327万元^[13]。又如，由于水资源调配不合理等因素导致阿拉善生态环境严重恶化是不按气候规律办事带来严重危害的又一例证。

* 60年代后期，气象服务工作在基本气象服务基础上，开展针对性较强的农业气象专业服务。主要包括关键生长期和主要气象灾害的情报服务和种类繁多的农业气象预报服务。例如，我区开展的小麦干热风、接羔保育等专门服务。

* 改革开放以来，随着商品经济的发展，气象服务进入综合性系列化的新阶段。新开辟建筑、能源、交通运输、大气环境、电力、水文、医疗、旅游、商业等方面的服务。中国气象局提出气象部门分三大块：即基本气象业务、科技服务和综合经营，各块以不同机制运行，相互支持、协调发展的政策，促进气象服务向多层次、多方面、多时效的方面发展。

气象服务产品的种类按内容分为气象灾害预报预警、情报、专题分析、咨询服务和人工影响天气等五种基本类型^[14]。

* 气象情报服务：情报常常作为预报服务有效补充和延伸。它分析气象灾害的历史，联系当前灾害与承灾体受害状况，提出各种可能的技术措施减轻灾害。定期服务主要有雨情、墒情和农情情报，大多按旬、月制作发布。以中国气象科学研究院农业气象研究中心发布的全国农业气象旬（月）报1994年12月上旬旬（VOL. 12. NO. 34）为例，其内容为本旬天气、农作物生长发育及农业气象条件，主要农业气象灾害，下一旬农业气候，12月上旬平均气温图、平均气温距平图、降水量图、降水量距平百分率图、日照时数图，冬小麦生育期图，油菜生育期图，20cm土壤相对湿度图，土壤相对湿度表，主要农业气象灾害图，主要农业气象灾害表，今年旬平均气温及降水量与常年平均比较图。近年来航空、卫星遥感技术的应用，由于其具有宏观、快速、客观等特点，能及时监测和客观、详细地反映各地农情、灾情的空间分布状况，使不定期气象情报服务内容涉及面更宽。

* 气象灾害专题分析服务产品：针对某种气象灾害而进行的既含有情报又兼有预报的专

门综合分析。不仅分析这一灾害的历史背景和成灾机制，灾害的危害情景和严重程度，灾害演变和发展趋势，还提出进行挽救和补救的可行措施。

* 防灾、减灾咨询服务 具有时效性强 用户命题的特点。通过座谈、电话、广播或通讯方式回答用户关心的气象灾害问题。

* 人工增雨、消雹作业：为减轻干旱和雹灾采取的工程化措施。

气象灾害信息服务产品形式多种多样。重大灾害的预报、警报服务，通常由网络终端报告上级领导部门，根据决策意见迅速而有序地服务社会。灾害性天气预报还可以通过专用电话和电台、电视台等新闻媒介进行服务。灾情情报多以书面形式报告政府和有关部门。灾害专题分析服务多以书面快递和电话服务有关用户。咨询服务视产品内容的专门化程度和时效，进行公益或有偿服务。随着计算机和通信技术的不断发展，高质量、高速度的数据通信网的快速普及，电子信箱、分布式数据检索、可视图文、智能用户电报等业务的开办，气象灾害信息服务的形式已大大丰富。

4.4 不同时效灾害性天气预报的用途

减灾对策大致可分为两类^[15]，一类属于基本建设范畴，即工程性措施，如三北防护林营造，河套灌区水利工程，引黄入晋等，用以改变承灾体的承受能力。这些建设往往需要数年甚至数十年才能完成。另一类属于包括应急措施在内的防灾减灾救灾计划和措施，即规划性措施。这两类减灾对策只有在气候区划和气象预报的基础上才能科学有效地实施。气候区划以解决适宜性问题为防灾的重点，从而解决了经济实用地设计工程以及相应的战略储备等一系列准静态问题。气象预报主要解决动态问题。

4.4.1 气候预报是减灾战略决策的基础

气候预报过去经常称为长期天气预报 这是不确切的。天气可预报性的理论研究和预报实践都表明 逐日预报的理论上限大约是 2~3 周。月、季尺度以上的预报对象应该是气候、而不是天气。即预报气候特征 如月平均气温 月总降水量等。所以应该称为气候预报或气候预测。

近 20 年的科学发展，人们用气候系统的概念取代了把气候视为天气平均的经典气候概念。因为，人们认识到要解释气候的形成，探讨气候变化的原因，尝试进行气候预测，就决不能仅限于研究地面气候三大要素（月平均温度、月总降水量及月平均气压），也不能仅限于研究大气本身 而是要研究包括大气、海洋、冰雪、陆面及生物圈的整个系统。因此 就形成全球气候系统的概念^[16]。

干旱气候系统是全球总气候系统的子系统之一，它是由一定位置的下垫面（包括地形、植被、土壤和水文等要素）和大气环境构成的结构集合，具有一定的能量和物质输入、输出和存储条件。干旱气候是干旱气候系统各要素之间通过相互作用达到的相对平衡状态^[17]。

近年来，气候变化及气候异常由于其对经济、人类生活及社会发展的巨大影响，愈来愈引起人们及各国政府的关切和重视。气候预测已成为气象界十分重要而迫切的研究课题。从时间尺度来看，气候变化可以分为三类，即地质时期气候变化，历史时期气候变化，近代气候变化。地质时期气候变化时间跨度最大，从几万年到几亿年，所以又可以分为 3 种不同时间尺度（大冰期和大间冰期，大冰期中又可分为若干冰期和间冰期、小冰期）历史时期气候变化（又称冰后期气候变化或全新世气候变化），通常指 5000~7000 年来一段时期，近代气候变化则指近 100~150 年这段时期，其中有气候振动和气候异常这两种尺度的气候变化。气候振动指时间尺度在几年到几十年间的气候变化，由于这些变化大都是循环振动性的，冷暖、旱涝阶段交替出现，所以人们称其为气候振动。振动的原因可以分为两类。一类是气候系统以外的因子有

振动，强迫气候系统产生振动响应。另一类是气候系统，在定常外界强迫下由于系统内部各成员之间的相互作用而产生的振动。气候异常指月、季尺度气候状况与平均值的巨大偏差。干旱、久雨、夏季低温、冬季严寒都是气候异常。气候异常往往有一定持续性，常可维持数月之久，也可能持续一年或数年之久，这要视异常的诱因而定。近 500~600 年的气候变化主要有两个特点：一是小冰期，一是 20 世纪的变暖。人类活动产生的温室气体排放，将引起明显的气候变暖，进而对整个社会的经济发展（特别是农业生产的持续发展），和生态环境产生严重的影响和后果。虽然，其对农业生产的影响有有利的一面，也有不利的一面，但对一些气候影响敏感而脆弱的地区，诸如旱涝等自然灾害频发地区和水资源短缺地区，其不利影响是十分明显的。这些地区的现有生态环境、农业布局和耕作系统有可能因来不及适应这种快速的气候变暖而受到严重的干扰和破坏，其后果颇令人不安^[18]。

气候变化的尺度特征，决定气候预测的时效特征。当前世界气候研究主要有三个分支：

- * 月、季尺度长期天气预报，亦称短期气候预测；
- * 年际气候变率，对应年景预报；
- * 长期气候变化。

对长期天气预报的研究从 19 世纪末开始，已有一百多年的历史。但对月、季预报研究的明显增多是 20 世纪 80~90 年代初，即最近几年的事。在这 10 年中，大量的业务和科研工作表明，在许多情况下月和季的平均温度和平均降水的预报是可行的。长期天气预报业务和研究的发展是与社会经济活动的迫切要求相联系的。在许多有重要经济意义的地区和事例中，长期天气预报已显示相当好的技巧，为经济进一步发展提供有利条件^[19]。

内蒙古自治区的长期天气预报始于 1958 年，主要的预报对象是旱涝和黑白灾。

小冰期的预报决定是否需要选择和培育生长期短、早熟高产品种。旱涝、冷暖等气候振动以及气候变暖的预报，为合理安排工农业生产布局提供依据，以趋利避害，保持生态环境平衡。气候异常以及年景等预报，为下年或近几年工农业生产安排提供依据，如调整物种结构等。月、季的短期气候预测为月、季减灾计划的主要依据。如保留多少牲畜越冬，贮备多少饲料为合适。所以，气候预测是减灾战略决策的基础。

4.4.2 中期天气预报是减灾战术决策的基础

根据联合国世界气象组织的定义，中期预报的时效是 3~10 天，自治区气象台已发布中期滚动预报。预报内容包括 10 天内降雨量多少的总趋势和主要降雨过程出现的时间、强度和影响范围。大风、降温也在预报之列。

中期预报基本上可以提供：灾害什么时间发生？在什么地方发生？以及灾害还能持续多久？这类问题较准确的回答对减灾决策者组织救灾人员和物资调集是非常重要的。如内蒙古久旱转雨的预报，政府和生产部门非常重视，是继续旱下去还是将要下场透雨？所采取的措施是完全不同的。所以，中期预报是减灾战术决策的基础。

4.4.3 短期、短时预报是减灾紧急决策的基础

短期预报是指 12~72 小时的预报，其技术方法主要是参考数值预报及其释用产品、卫星资料、雷达资料结合预报员的经验作出预报。

短时预报指 0~12 小时预报。临近预报是短时预报的一种特定内容，专指实况监测和 0~2 小时的简单外推预报。这个定义在 1983 年 1 月召开的世界气象组织第八届基本系统委员会上得到确认。短时预报的内容，既有中小尺度强烈灾害性天气（主要指局地洪水、冰雹、龙卷和雷雨大风等）的时空分布预报，也包括详细地提供降水、温度、湿度、风、云和能见度等的具体预

报,以便尽可能满足各类经济部门的特殊气象服务要求,并为公众活动提供高质量的气象保障^[20]。

在呼和浩特市地区的短时预报服务中,砖瓦厂仅需在降水前一小时通知他们,即可通过苫盖减免损失。所以,短期、短时预报是减灾紧急决策的基础。

5 结语

(1) 依据灾害学的观点,深入研究自治区气象灾害发生发展规律及其造成的危害,提出减灾防灾工程性措施。

(2) 气象部门为减灾防灾服务提供的信息属于高科技知识产品。它具有商品性应进入信息市场流通,属知识产权保护范畴。气象部门和气象工作者应学会应用法律武器来保护自身的合法权益。

(3) 丰富气象服务内容,改进服务手段,充分利用气象部门在遥感技术、计算机技术、数字化技术等方面的人才和设备优势提供优质高效的减灾防灾信息服务。

(4) 随着社会主义市场经济的建立,我国信息市场发展方兴未艾。气象部门要解放思想,抓住机遇,主动下大力气开发、培育、丰富、规范气象信息市场。

参考文献

- [1] 高庆华.谈减灾工作社会化与产业化.中国减灾,1993,3(2)
- [2] 关于全国减灾科技工作的建议书.中国减灾,1993,vol. No. 1
- [3] 钟耳顺等.地理信息系统技术及其在减灾中的作用.中国减灾,1992,2(4);
- [4] 王鹏飞.灾害学研究杂论.空军气象学院学报,1991,12(2);
- [5] 野乐等.论气象服务的智力效益.成都气象学院学报,1995,104(2);
- [6] E. N. Lorenz. Deterministic Nonperiodic Flow. *J. Atmos. Sci.* 1963,vol. 20,130k 140
- [7] 马洪等.什么是社会主义市场经济.北京:中国发展出版社,1993.
- [8] 吴鸿宾等.内蒙古自治区主要灾害分析.北京:气象出版社,1990. 2
- [9] 孙金铸等.内蒙古生态环境预警与整治对策.呼和浩特:内蒙古人民出版社,1994. 22
- [10] 张养才等.中国农业气象灾害概论.北京:气象出版社,1994,6
- [11] 宫德吉等.内蒙古干旱等级判定方法探讨.内蒙古气象,1994,6
- [12] 宫德吉.旱灾成灾综合指数的研究.气象,1996,10
- [13] 吴传竹.中国西昌卫星发射中心的自然灾害及减灾对策.中国减灾,1992,2(3);
- [14] 韩慧君.试论气象服务是减灾与农业减灾.中国减灾,1992,2(2);
- [15] 李晓东等.气象预报是减灾决策的重要依据.中国减灾,1993,3(2);
- [16] 王绍武.气候系统引论.北京:气象出版社,1994.
- [17] 陈仲全等.干旱气候.兰州:甘肃教育出版社,1991
- [18] 王馥棠.我国气候变暖对农业影响研究的最新进展.气象科技,1994,4
- [19] 胡增臻等.长期天气预报业务和方法研究的最新进展.气象科技,1993,1
- [20] 吴正华等.甚短期天气预报.北京:气象出版社,1992.

气象灾害信息采集*

沈建国

(内蒙古气候中心, 呼和浩特 010051)

提 要

信息采集是各类气象业务的基础。近年来自动气象站、雷达、卫星、廓线仪系统等一批遥测、遥感设备正在气象业务中普及,而且通过电子计算机和现代通信技术的配套,逐步实现信息采集的自动化。文章介绍了自动气象站、常规天气雷达、多普勒天气雷达、廓线仪系统、极轨卫星探测器 TOVS 和 AVHRR、静止卫星探测器 VISSR 和 VAS、合成孔径雷达等探测设备的基本工作原理和探测能力。分析总结了应用卫星的监测能力及在减灾中的作用。特别强调星载合成孔径雷达作为全天候对地观测设备,在灾害监测和预警中的重要作用。

关键词: 气象灾害 信息 采集 遥感

信息采集是各类气象业务的基础。气象观测和探测于 20 世纪 60 年代开始进入遥测、遥感和自动化阶段。90 年代,自动气象站、雷达、卫星、廓线仪系统等一批遥测、遥感设备正在气象业务中普及,而且通过与计算机和现代通信技术的配套,逐渐实现信息采集的自动化。

1 遥测

遥测是指测量区域与观测点相距较远,测量仪器的感应器置于测量区域,与被测量对象相接触,其测量信息通过有线或无线通信传送到工作站,从而获得所需信息的一种测量方法。

遥测通常可分为有线遥测和无线遥测两种,有线遥测是指感应器所测量的信息通过传输电缆送到工作站如电传风向风速仪、温湿遥测仪、遥测水银气压表等。无线遥测是指感应器将获得信息经过处理后通过无线通信传输到工作站,这时感应器所获得的气象信息必须通过整理编码并调制在发送频率(载频)上由无线电发信机发送到工作站如无线电探空仪、飞机探测等;无人自动气象站,也大多是这种类型^[1]。

自动气象站。自动气象站是由若干个传感器组成的。这些传感器都与读取、存储、记录器连接,自动编码,再通过通信线路(电话、高频无线电、微波或卫星通信等)传送到资料收集中心。这些记录器还可以与微机连接,对原始资料进行平均、求极值和变量,计算方差等预处理,并存储、显示、打印所需的资料。自动气象站一般能自动测量气压、温度、湿度、风向风速、累计降水量、日照、辐射等要素,有的还可观测云高、能见度、雷电、地表温度、不同深度土壤温度等。一些有人值守的自动气象站还要用键盘输入人工观测的云状、云量、天气现象等。

* 初次发表在《内蒙古气象》,1996 年第 6 期。

2 遥感

遥感是指探测仪器不与被探测对象直接接触，在一定距离以外测量客体。大气、水体、地表、太阳和地球等天体以及人工发射装置，都可以在大气中形成各种频率的电磁波和声波信号。这些波信号在大气中传播是与大气相互作用，产生不同的物理效应，使波信号带有大气成分和客体要素变化的信息。遥感的原理就是利用不同的仪器装备接收这些波信号，确定它们的物理特性（如频谱、相位、偏振度等）然后计算其空间分布状况。

遥感按探测器搭载平台分为陆基遥感和空间遥感，按工作方式可分为主动式和被动式两类。主动式遥感是人工向大气发射某种频率的高功率波信号然后接收、分析并显示被大气散射或反射回来的波信号，从中提取有关大气信息，如激光测云仪、气象雷达等。被动式遥感是直接接收大气、水体、地表或天体发射的波信号，利用它们在传输过程中与大气相互作用的物理效应，提取信息。气象卫星、大气辐射仪、电探测仪就是这种类型。

2.1 天气雷达

天气雷达也叫测雨雷达。通过它们跟踪强对流天气有助于某些灾害性天气的分析预报。雷达气象学已从回波形态研究发展到回波结构研究，若干天气概念模式日趋成熟。多普勒雷达的问世，又使雷达测量降水和流场结构走向深入，促进降水物理学和强风暴动力学的发展。雷达回波在气象业务中的应用达到一个新的高度。

2.1.1 常规天气雷达

常规天气雷达在我国为 711~716 系列雷达。其中 713 以上的雷达均为数字化雷达，它们由发射机、接收机、天线、显示器和图像处理器等部件组成。图像处理器把回波信号进行数字化处理，成为数字或彩色回波图，进行各种定量分析和显示。

天气雷达的作用主要是监测对流性天气、特别是中小尺度灾害性天气的演变，同时也从雷达回波的特征量（强度、顶高、强中心高度等）和范围、移动等几方面为短时预报提供独立的或一些方面的天气概念模式。也可用于指挥人工影响天气作业。

单部雷达的探测范围受雷达波长、发射功率以及架设地点（高度和周围地形、地物）的影响。一般波长 10cm 的天气雷达，其有效探测半径约为 300~400km 波长 5cm 的雷达其有效探测半径约为 200~300km 范围而 3cm 波长雷达的探测半径只有 150~200km。实际可探测距离还受到风暴的强度和雷达本站是否处于雨区这两个因子的强烈影响，因此并不能给出确定值。定量降水测量一般有效半径为 100km 左右。因此要定量地了解区域性云雨发展需要几部雷达组网观测，并作回波复合和相应的分析。为了获得区域性定量化雷达回波图，需要参加组网的各部雷达按标准格式进行观测和预处理，然后实时的将结果传送给中心站。

2.1.2 多普勒天气雷达

多普勒天气雷达的原理是利用运动粒子对雷达发射波束反射的频率与发射频率的差值——多普勒频偏与粒子的径向（沿雷达波束方向）速度成正比的性能，来探测云中气流运动。多普勒天气雷达探测，一般是给出三个基本资料：反射因子、径向速度和速度谱宽。在同时有 2~3 部不同位置的多普勒天气雷达覆盖的公共区域内，可以较精确地测定云中气流的三维图像。

一般来讲，对强对流风暴探测，采用 S 波段（10cm）为好，因为它有较高的降水测量精度，可探测远处风暴，使其不被近处风暴单体所模糊。在不要求较长测量不模糊距离的情况下，可以采用价格较便宜的 C 波段（5cm）多普勒天气雷达。多普勒天气雷达在改进强风暴警报方面

起重要作用。主要表现在：

- * 根据探测的径向速度（方向为朝向雷达和背向雷达，速度大小用等值线表示）分布，识别中尺度气旋区和中尺度辐散区。特别是识别中尺度气旋的位置及其流场随高度的变化，对预报龙卷发生地点十分有用。

- * 通过速度-方位显示技术获得有关风场的一些物理量。诸如：风速、风向、散度、垂直速度和风扰动（湍流）。将多普勒天气雷达求得的垂直速度值，加上用附近探空站最近时刻的温湿廓线分析热力稳定度，就可以制作雷暴等强烈天气的预报。

- * 多普勒天气雷达对一定距离（50~60km）范围内大气边界层晴空风场的连续监测是十分有用的。在强对流天气发生之前，晴空观测可以给出有利于发生深厚湿对流的边界层辐合区。晴空风场的连续观测，可确定混合层顶高度及其演变，并为短期空气质量预报提供信息。

- * 通过多普勒天气雷达彩色显示器上的风切变线——径向速度为零的白色带状弯曲来辨认锋区位置。同样，可以根据径向速度的不连续带（水平尺度仅几公里到百公里）辨认阵风锋和下击暴流产生的强地面风。较低层的径向速度信息还可以用来估计地形对降水的增幅作用。

2.1.3 双线偏振天气雷达

一般天气雷达只发射固定一种线偏振波，其回波反映云雨位置、强度等。双线偏振雷达是交替发射在空间相互直交两种线偏振波，能够区分降水物的类型，如冰雹、大雨滴、冰晶等。可以准确地测定雨滴谱，预报过冷水的出现。这些将有助于改善区域降水预报，使飞机避免结冰，对人工影响天气的云雾物理研究也有很大价值。

2.2 地面无球遥感探测——廓线仪系统

由于水平漂移等原因，常规气球探空不能真正代表同一地点、同一瞬时的大气垂直实况。探空遥感探测系统能满足这种需求。这方面，美国的廓线仪系统较为成熟。它包括三个主要部分。多普勒测风廓线雷达；探测温湿廓线的微波辐射计；地面气压、温度和湿度自动观测。

2.2.1 多普勒测风廓线雷达

这种多普勒雷达，与前述多普勒天气雷达不同。它不是测量降水粒子的后向散射，而是测量大气湍流的后向散射。当大气折射率的变化具有雷达半波长尺度时，就会产生后向散射。雷达所测定的后向散射频率的多普勒偏移是与造成折射变化的湍流变动沿雷达波束视线方向的分量直接相关，而湍流变动又是与湍流尺度的空气温度、湿度和密度的变化相对应，因此，从后向散射频率的多普勒偏移可求出晴空风矢量。

研究表明，甚高频（VHF）波段（米波）多普勒测风雷达测量高度较高，能较好地探测对流层顶和平流层下部的风；但不能探测3.0km以下风场。特高频（UHF）波段（分米波）雷达测量高度较低，且垂直分辨率较细，适合于探测对流层中下层风场。由于湍流回波、特别是晴空的湍流回波比较弱，这两种雷达波长又长，为保证发射的定向性强，波束窄，故采用的天线比较庞大，而且多采用相控天线阵。由于多普勒测风雷达测风精度和垂直分辨率均超过气球探测仪，因而大大改进锋面和高空急流的分析。这对天气分析和预报具有重要意义。

2.2.2 多通道微波辐射计

微波辐射计可以连续测量温度和湿度。美国NOAA研制的微波辐射计有6个通道，分别是测量水汽和气柱液态水含量的22GHz水汽吸收通道和31.7GHz窗口通道（水汽和氧吸收线之间窗区）以及测量气温垂直分布的50~60GHz的氧吸收通道。每个通道的波束是通过一个呈45度倾斜的平反射镜接收来自天顶方向的辐射能量。辐射计处理机根据水汽通道和窗口通道信号推算水汽和液态水含量，并对4个氧气通道信号进行处理和修正，再由主计算机加上

地面气压、温度和湿度自动观测数据，用统计方法推算温度和湿度廓线。

微波辐射计的不足之处在于，当实际大气的温度、湿廓线较复杂，出现若干逆温、逆温层结时，辐射计推算的廓线会将这些特性层结平滑掉，因此需要多普勒测风廓线雷达的资料来帮助判断逆温层高度。辐射计还有待改进温、湿测量精度。尽管如此，微波辐射计仍然是很有潜力的遥感探测设备。它不仅给出时空分辨率较高的温度、湿度廓线和液态水含量数值，还能给出一些局地气象参数的时间序列、时间平均值和局地变化值。例如，等压面高度和等温面高度的时间序列可以预计，用微波辐射计（波长 5~15mm）和多普勒风廓线雷达（波长约 33cm）来遥感探测大气温度、湿度、气压高度和风的大气廓线仪，将愈来愈多地加入业务高空探测网，成为国家级探空基本网的主要设备，为气象业务和科研提供更高时空分辨率的气象资料。

2.3 声雷达

气象声雷达分为测温声雷达和多普勒测风声雷达，它们分别测量边界层温度层结和风向风速。测温声雷达不仅可以给出行星边界层的温度廓线，还能给出逆温层及混合层高度的日变化和空间分布。多普勒测风声雷达是利用散射声波中的多普勒频率漂移来测量大气风场的。美国研制的声雷达测风高度达 1.5km 风速精度为 0.1m/s，声雷达对于研究城市热岛效应和低空大气污染扩散问题有独到之处。

2.4 星载探测器

气象卫星是从外层空间对地气系统进行探测的人造地球卫星。卫星上搭载各类遥感仪器，能够测量地球及其大气层可见光、红外和微波辐射，并将其转换成电信号传送地面。地面接收站将卫星送来的信号处理成模拟云图或数字化云图、气象要素垂直分布等数字资料。

目前在空间运行的气象卫星按轨道特点分为两类：近极地太阳同步轨道卫星（简称极轨卫星）和地球静止轨道卫星（简称静止卫星）。极轨气象卫星每天对全球表面探测两次，间隔时间在 12 小时左右，它们优点是可以获得全球资料。静止气象卫星对地球表面固定的五分之一地区连续探测，一般半小时或一小时产生一次资料。

2.4.1 极轨卫星探测器

美国维持着一个由极地轨道和静止轨道卫星相结合进行气象观测的民用气象卫星计划。该计划由美国商务部的国家海洋大气局（NOAA）管理。NOAA 极轨业务环境卫星（POES）的基本任务是每天提供天气和环境状况全球观测的定量资料、冰雪覆盖、表面温度、垂直温度和湿度廓线以及其它变量。现有的 POES 是先进的 TIROS-N 卫星（ATN）。其主要传感器为 TIROS 业务垂直探测器（TOVS）、改进的甚高分辨辐射仪（AVHRR）、空间环境监测仪（SEM）、太阳后向散射紫外线辐射仪（SBUV）和地球辐射收支试验仪（ERBE）等^[2]。

TOVS 由 3 个仪器组成：

- * 高分辨红外辐射探测器（HIRS/2）。HIRS/2 是一个 20 通道的仪器，可以进行大气探测，主要是红外探测。获得的资料可用于计算从地表到 50hPa 的大气温度、三层大气中水汽的含量和大气层臭氧总量。

- * 平流层探测器（SSU）。SSU 是英国提供的使用选择性吸收技术的三通道仪器。光路中二氧化碳气体吸收单元的压力决定每一个通道的光谱特征性，而每个吸收单元中二氧化碳含量决定每一个通道权重函数峰值所对的大气层高度。其今后的换代产品是无源微波传感器。

- * 微波探测器（MSUV）。此仪器为 4 通道辐射器在 5.5mm 氧吸收带进行无源微波辐射测量。与 TOVS 红外仪器不同，MSUV 几乎不受视场中云的影响。其下一代产品为改进的微波探测器（AMSU）。AMSU 包括两个部分：AMSU-A 有 15 个通道。频率为 20~90 千兆，用

于温度探测; AMSU-B 有 5 个通道 频率为 90~103 千兆 用于探测温度廓线、海冰、土壤湿度、积雪厚度等。AMSU 可减少云层干扰造成的误差, 对全球进行全天候观测, 其精度相当于目前对晴空探测的精度。

AVHRR 的分辨率为 1.1km。它是 5 或 6 通道扫描辐射仪, 它对可见光、近红外和红外“窗区”敏感。AVHRR 资料记录在星载磁带上, 所记录的高分辨率图像 (1.1km) 称为局地覆盖资料 (LAC) 由于数据量太大 星载磁带机只能记录 11 分钟左右的 LAC 资料 所记录的低分辨率图像 (4km) 称为全球区域覆盖资料 (GAC), 其全球资料可由星载磁带机记录。

SEM 由两个独立的仪器和一个数据处理器组成。总能量探测器 (TED) 测量从 0.3KeV 到 20.0KeV 的 11 个能带的宽带高能粒子。中能量质子和电子探测器 (MEPED) 探测能量从 30KeV 到几十兆电子伏特的质子、电子和离子 SEM 安装在由南向北下午过赤道的 POES 上。

SBUV 是一种不扫描的对卫星天底进行观察的仪器, 可测量谱段从 160 到 140nm 的辐射。SBUV 用于确定大气层臭氧垂直分布和总含量以及太阳光谱辐照度。

ERBE 由两部分组成。第一部分为视场固定的仪器, 有 4 个观测地球的辐射器和 1 个观测太阳的带有遮光罩的辐射器。2 个对地球观测的辐射器监测 0.2~50 μm 的地球宽带辐射输出; 另外 2 个则监测 0.2~5 μm 的短波辐射输出第二部分是一个 3 通道扫描器, 其瞬时视场角约 3°。这 3 个通道是: 0.2~50 μm , 0.2~0.5 μm 和 5~50 μm 。ERBE 资料用于逐个区域地了解总的和季节性的行星反照率和地球辐射收支。这种信息用于认识和解释季节和年度的气候变化 监视、研究和预测长期气候变化。

中国的风云一号气象卫星 (FY-1) 为太阳同步轨道卫星。其基本任务是:

- * 为天气预报提供区域性以至全球的昼夜云图, 并测量海面温度、海洋水色、植被、海冰雪盖等环境资料。

- * 测量卫星运行处的多种空间粒子成分、提供空间环境监测资料。

计划的两颗气象卫星 FY-1A 和 FY-1B 分别于是 1988 年 7 月和 1990 年 9 月 3 日用长征四号火箭发射成功射入预定轨道。主要存在两个问题, 一是未达到卫星的设计寿命, FY-1A 因卫星姿态失控, 导致整星失效。二是红外探测器的水汽污染, 致使红外信号迅速衰减。FY-1B 较 FY-1A 有明显改善, 但在系统可靠性方面仍存在问题^[2]。

2.4.2 静止卫星探测器

NOAA 静止业务环境卫星 (GOES) 的任务是提供近乎连续的, 重复不断的气象观测, 它观测和测量云覆盖、下垫面状况、雪盖和冰盖、下垫面湿度及大气温度和湿度垂直分布。GOES 还装载有测量太阳 X 射线和其它高能粒子的仪器, 收集和中继平台环境资料, 并播发仪器资料和环境信息产品给地面站。GOES 的传感器为:

- * 可见光红外自旋扫描辐射仪 (VISSR) 大气探测仪 (VAS)

VAS 是一个可见光和红外辐射仪, 能提供图像资料 (VISSR 工作模式) 和驻留探测资料 (VAS 工作模式)。在成像工作模式中, 当卫星自旋并通过仪器的扫描镜观察地球时, 产生自西向东的扫描线。而每次地球扫描镜之间扫描的步进形成了自北向南的扫描。在 VAS 工作模式中, 对地球上的同一地带重复扫描可得到大气探测资料。为了得到足够大的信噪比, 以计算大气探测值, 对一条扫描线需进行 1~46 次重复观测。

VAS 仪器内装有一个双焦点平面的光学系统。在主焦面上得到可见光信号, 并由光纤传输到光电信管。红外信号则传输到装在仪器低温焦面上的固态探测器。安装在光路上的滤光

盘可选择任意 12 个红外波段的信号，其中心波长在 $3.9\sim 15.0\mu\text{m}$ 之间。仪器可见光分辨率为 1km 红外分辨率为 7km 或 14km 。

* 空间环境监测器 (SEM)

SEM 有 4 个子系统。太阳 X 射线传感器监测 $0.5\sim 3.0\text{\AA}$ 和 $1\sim 8\text{\AA}$ 波段的太阳活动。高能粒子传感器 (EPS) 测量放电粒子流，检测 7 个量程 $0.8\sim 500\text{MeV}$ 的质子、 $3.2\sim 400\text{MeV}$ 的 6 个量程内的 α 粒子和能量 $\geq 2\text{MeV}$ 的电子。高能质子和 α 粒子探测器探测能量 $\geq 850\text{MeV}$ 的质子和 α 粒子。磁强计测量与卫星自旋轴相平行和相垂直的环境磁场值。

我国目前接收使用日本静止气象卫星 (GMS) 的探测资料。GMS 提供两种直接广播服务：实时数字云图 (S-VISSR) 和模拟云图 WEFAX)。展宽 VISSR 资料是播发给用户的数字图像资料，它与 VISSR 观测同时进行。WEFAX 是利用 VISSR 图像资料由计算机系统通过以下处理生成的：取样、亮度变换、网格和海岸线叠加以及附加注释。

中国将发射一颗名为风云二号 (FY-2) 的静止气象卫星，它位于赤道上空 35800km 面向中国中部，以便获得较好的气象信息为中国和亚洲、大洋洲服务。FY-2 的功能为：

- * 由多通道扫描辐射仪获取白天可见光云图，昼夜红外和水汽云图，经加工处理后提供洋面温度、云分析图、云参数和风矢量；
- * 从广泛分布的气象、海洋、水文数据收集平台获取观测数据；
- * 播发 S-VISSR, WEFAX 和 S-FAX；
- * 接收空间环境监测并发送至地面。

2.5 合成孔径雷达 (SAR)

用许多个静止的排成一直线的小天线，即线性阵列天线，可以等效一个大天线，提高分辨率。合成孔径则是利用一个运动着的小天线来等效许多静止的小天线。所以，合成孔径雷达则是利用天线平台运动（机载雷达，卫星或其它运动体上的雷达）过程中，将每一发射脉冲时的天线位置视为阵列天线单元振子位置，将这些位置上不同时存在的单元振子组合起来，形成一个等效的大孔径天线，从而得到很高的方位线分辨率。因此本质上合成孔径雷达是用来改善雷达方位线分辨率的信号处理技术，它广泛地应用于军事侦察、海状态测量、地质资料开发和遥感技术中^[3]。

合成孔径雷达属主动遥感，它所记录的不是回波的振幅，是一种干扰图像。即发射的波束从开始碰到目标时起到脱离目标止，把所有这些都存贮起来合成目标的图像故称之为全息图像。也就是说，它利用反射回波的时间延迟和多普勒变化，产生高分辨率的地表图。这种图像是在获取大量反射回波信息的基础上形成的，并被记录在图像胶片上直接成像。它是地表散射的一种二维显示 随地表的物理特征（坡度、表面粗糙度和介电常数等）而变化。这就是说，雷达回波强度即图像上各种地物的灰度，受入射波的俯角、频率、极化方式等参数以及地表物理特征的影响。在雷达系统参数不变的情况下（如 SAR, SIR），图像灰度仅依地物的物理参数而定。若介电常数愈大，雷达回波强度愈大，图像上色调愈浅；坡度影响入射角，一般入射角愈大，雷达回波强度愈小；粗糙度对雷达回波有明显反映，平滑表面反射全部入射能量，反射角等于入射角，方向相反，形成镜面反射，雷达天线几乎不接收回波，图像色调暗；粗糙表面产生各方向的散射（漫散射）雷达回波强度增大 图像色调较浅^[4]。美国成像雷达实验如 Seasat 卫星的 SAR 距离分辨率为 25m 方位分辨率亦为 25m 。美国航天飞机成像雷达 (SIR-A) 的距离分辨率是 40m ，方位分辨率也是 40m 。取得这样的高分辨率的代价是极高的数据速率和地面上复杂的数据处理。