

21 世纪的大气科学* ——纪念中国气象学会成立 70 周年

周秀骥

(中国气象科学研究院, 北京, 100081)

提 要

根据 21 世纪社会经济及科学技术的发展,分析展望了大气科学在探测、预报、服务以及人工影响的体系与观念上可能产生的飞跃。指出大气科学应该成为全球系统科学中有机的组成部分,并积极发挥主导作用。

关键词: 21 世纪, 大气科学, 中国气象学会, 70 周年。

中国气象学会成立已经 70 年了。这是世界气象科学,也是中国气象科学取得重大进展与突破的 70 年。

70 年来,气象学由半经验的定性的描述性科学全面发展成为以数理化定量理论与实验为基础的大气科学。其主要标志和成就是:

(1)全球大尺度大气探测站网的建成与持续稳定的运行,全面系统地提供了大气大尺度三维空间结构演变过程的资料。

(2)大气科学数值模拟、大尺度天气数值预报与动力气候的建立与成熟。

(3)大气化学的形成以及与大气物理的结合,沟通了气象学与环境科学及生态科学的联系,推动了大气科学。

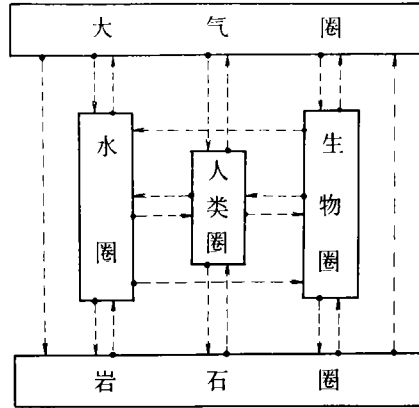
(4)人工催化云与降水试验的成功,开创了人类主动影响天气的新时期。

可以说,在 20 世纪的地球科学中,气象学是处于前沿的学科。

20 世纪行将结束,世界关注着 21 世纪。1992 年世界环境与发展大会通过的“21 世纪议程”就分析指出^[1],21 世纪将是人口、经济、环境与资源之间的矛盾更加尖锐的时代。“中国 21 世纪议程”也充分阐述了我国面临的问题^[2],对于一个人均占有空间狭小,人均占有资源贫困的发展中国家来说,矛盾尤为突出。人类与社会如何协调持续地发展,中国社会主义建设如何稳定、快速与健康地发展,这是 21 世纪人类社会共同面临的挑战。大气科学在迎接这场挑战中负有何种责任,如何把握住时代赋予的发展机遇,必须要从全球系统的整体观念与未来的科技进步来认识并讨论这些问题。

全球系统(Global System)是由大气圈、水圈、生物圈、人类圈与岩石圈五大子系统所组成的巨系统(附图)。人类圈在全球系统中具有特殊的地位,她与一般生物圈的根本差异

* 1994 年 4 月 13 日收到原稿,1994 年 4 月 20 日收到修改稿。



附图 全球系统

在于人类自身进行的现代生产活动以及创造的科学技术,愈来愈显著地主动影响着全球系统的发展与变化,而最终又要使之为人人类社会进步服务。因此,把人类圈从原来的生物圈中提升出来,是完全必要的。全球系统的五大圈之间,存在着力学、物理、化学与生物过程强耦合的非线性相互作用。太阳系等天体与全球系统进行着明显而重要的能量、物质与信息交换。地核、地幔等地球内层与全球系统之间也具有这种交换,只是过程非常缓慢。它们都构成了全球系统的外部环境。因此,全球系统是一个开放的非线性巨系统,她沿着自然规律所确定的轨道不停地向前发展。全球系统的演变称之为全球变化(Global Change),而其演变的轨道是全球系统在状态相空间中运动的轨迹,可称之为“全球轨道”(Global Trajectory)^[3,4]。长期以来,人类主要是被动适应着全球系统的变化而生存的,她对全球轨道的影响十分微弱而缓慢。近百年来发生了重大变化,随着科学技术与生产力的发展,人类对几十年时间尺度的全球轨道的主动作用与影响已经十分显著。遗憾的是,在历史上相当长一个时期内,人类没有意识到这种力量,盲目地把全球系统导向恶化自然环境的轨道,给现代社会发展和进步带来沉重的包袱。进入 21 世纪后,人类对全球轨道的主动影响将更加举足轻重。21 世纪地球科学的重大战略任务就是帮助人类寻求设计一条优化的全球轨道,这是一条减少自然灾害,人口、经济、环境与资源相互协调,社会稳定而持续发展的轨道。无论是对自然的预测,或是对自然的人工影响方面,20 世纪的大气科学都是走在前沿的。21 世纪的大气科学更应如此,并有望取得新的更大的发展。

21 世纪航天航空技术将有新的飞跃。每架飞行在平流层的高速民航机将成为一台移动式的自动气象探空站,组成全球时空高分辨率的高空探测网。激光雷达与微波雷达等主动大气遥感将成熟应用于气象卫星系列。地球环境科学卫星系列将全面应用于全球变化监测。它们与代表不同典型环境特征的高精度稳定可靠的地面及地基探空观测网相结合,将组成 21 世纪全球系统探测体系,并带来以下新的变革:

(1) 现有的大尺度气象观测网将发展为全球(陆地与海洋)中尺度大气探测网。探测的水平空间分辨率将达到 10km 左右,探测时间分辨率将达到 1h 左右。

(2) 建成全球变化综合监测网。获得较系统而全面的全球系统变化的主要资料。

在此基础上,将建立中尺度全球变化动力学数值模式。模式包含大气动力、物理与化学过程、海洋动力、物理与化学过程、水循环动力学过程、社会与经济动态过程、生态动力学过程、地壳表层动力学过程及其相互的非线性耦合作用。利用这样的模式,应用 21 世纪新一代计算机技术,全球和区域性天气数值预报以及气候环境数值预测都将由大尺度统一到中尺度水平,可以给出全球不同地区局地天气气候与环境要素的定量预报预测结果。它无疑地将把防灾抗灾以及天气气候对社会、经济、生态影响的预测与评估能力,提高到一个全新的水平。

但是,中尺度全球变化模式的方程包含了全球范围内任何一块积云的生成与发展,一个城镇的变化,一个水库的建立等过程。相对于全球变化,这些变化都相当于一些微小的扰动。而对于非线性全球系统来说,这些扰动都可以引起全球轨道实质性的显著变化。从初始场出发的确定性数值预报方法不再完全适用于中尺度全球变化模式,必须建立和发展新的以非线性系统动力学为理论基础的数值预报预测方法。这是 21 世纪将要取得突破的科学难题,大气科学理应也完全有条件走在发展的前沿。

21 世纪是高度信息化的时代,高速信息公路网络的建成,多媒体信息技术的普及和应用,每秒亿次高速智能化微机网络联结千家万户,这一切都将为气象服务带来新的变革。快节奏社会的各类用户将要求也不难随时随地获得各种形式的气象信息。应用各种类型特定设计的专业软件,对气象信息综合加工处理、以快速得到适合各种特殊要求的产品。气象服务将是 21 世纪大气科学研究的大课题,也是 21 世纪大气科学联结社会经济以求得迅速发展的关键。

20 年来,人工影响云与降水试验取得了很大进展,在人类主动影响天气工作中取得了一个突破。人工影响云与降水的基本原理是用物理化学方法影响云与降水的微物理不稳定性,这个原理指导了我们半个多世纪,未来还将继续应用下去。但是,21 世纪的人工影响天气工作必将提高到一个新的层次和水平。

事实上,近百年来人类的生产活动已经改变了地球环境以至天气气候的变化,这无疑是人类对自然规律的主动影响,问题在于我们是无意识盲目地去影响,还是科学的有目的去影响。全球系统是一个庞大而复杂的巨系统,同时又是一个脆弱的系统。向大气排放不到空气的亿分之一的氟氯烃就可以严重破坏平流层大气臭氧层,形成可以严重危害生物圈的臭氧洞。根据非线性系统动力学理论,在系统发展的不稳定点上,任何小扰动可以导致系统趋向于新的平衡态。21 世纪人工影响天气工作将由对微物理过程的催化扩展到对中小尺度动力过程的影响,人工影响天气的概念将升华到规划设计人类活动以影响全球轨道。

综上所述,21 世纪大气科学的发展必须要有全球系统的整体观。大气科学家应该走出自己专业领域的天地,广泛而深入地与社会经济学家、海洋学家、水文学家、生态学家、地球物理与化学家、地质学家们密切结合起来。21 世纪大气科学技术体制也应该是有利和促进这种结合。在这个结合中,大气科学在观测试验、数值模拟、数值预报以及人工影响天气等方面都具有优势,应该充分发挥其主导作用,从而将极大提高大气科学的社会经济效益,有力推动大气科学的发展。

准确预测一个世纪内的学科发展是十分困难的,正如 70 年前难以预料今日大气科学

的巨大成就一样。科技学会旨在传播普及先进科学技术知识,鼓励学术思想自由驰骋,弘扬优良学风,以推动科学技术的发展。中国气象学会在这方面有着优良的历史传统。值此70周年纪念之际,我衷心祝愿中国气象学会坚定方向,继往开来,取得更大的成就。

参考文献

- [1] 21世纪议程. 联合国环境与发展会议文件汇编. 国家科委社会发展科技司编. 1992年7月.
- [2] 中国21世纪议程. 国家计划委员会、国家科学技术委员会. 1993年11月.
- [3] Malone T F. Global Change and Human Prospect: Issue in Population. Science. Technology. and Equity. In Proc. of the Sigma XI Forum. 16-18. November 1991. Washington D.C. 1992. pp 294.
- [4] Anthes R A. The Global Trajectory. Bull. AMS. 1993. 74. (6): 1121-1130.

ATMOSPHERIC SCIENCES IN 21TH CENTURY —IN MEMORY OF THE 70TH ANNIVERSARY OF THE FOUNDATION OF CHINESE METEOROLOGICAL SOCIETY

Zhou Xiuji

(Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing, 100081)

Abstract

On the basis of the development of society, economy, sciences and technology in 21th century, a prospective new leap in the atmospheric sounding, prediction, services and modification concepts and systems has been reviewed in the paper. It is indicated that the atmospheric sciences must be a closely integrated component and actively play the leading role in the global system sciences.

Key words: 21th century, Atmospheric sciences, Chinese Meteorological Society, 70th anniversary.