

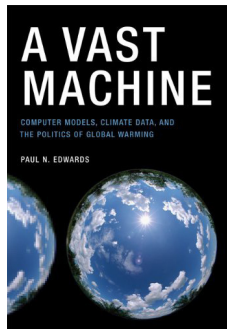
计算气候

——两本计算与模拟专著介绍

《巨型计算机》 MIT出版社2010年出版, 546页 《计算机模拟时代的科学》 芝加哥大学出版社2010年出版, 164页

■ 王亚伟 编译

让我们想象一下, 如果没有发明电子计算机, 我们的世界会是一个什么样子? 我们对21世纪气候变化科学的认知水平能达到什么程度? 从第二次世界大战之前的前计算机时代开始到现在, 化石燃料一



直在人类社会能源结构中占据着统治地位。人类活动引起的气候变化已经从一种假设变成了毋庸置疑的事实, 人类不断燃烧煤、石油、天然气, 向大气中释放大量二氧化碳, 通过温室效应使得全球气候变暖。然而, 如果没有发明计算机, 气候变化科学很可能还会停留在一个很初级的阶段, 相关研究和预测工作也就会处在一个既没有充分观测资料, 也没有科学计算工具的尴尬境地。当然这只是一种假设, 当前气候变化科学研究中的观测资料分析和未来气候预估主要依靠计算机模式。

密西根大学科学技术史学家保罗·爱德华兹 (Paul N. Edwards) 撰写一本名为《巨型计算机》的著作, 对计算机在气候变化科学中发挥着主导作用这种主流观点提出了一些质疑。这本书既是一本现代气候科学史, 也分析了科学认识和全球变暖之间的关系。气候变化怀疑论者坚持认为气候模式模拟不可信, 其不确定性非常大, 气候变化科学应该以研究现有的真实的观测资料为主要方向。他们最初是要抗议可能出现的一些应对气候变化的政策, 他们的研究经常是对目前气候变化主流科学思想的质疑。气候变化怀疑论者坚持认为, 气候变化

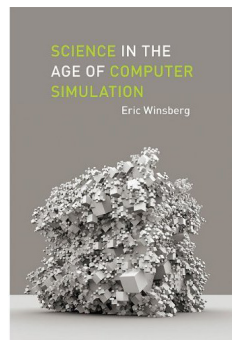
科学研究不能依靠气候模式模拟, 这些结果毕竟并不是真实的气候状况, 仅仅只是计算机程序运算的一种结果, 其存在非常大的不确定性。然而, 爱德华兹也同时让读者认识到计算机模式在形成目前可用的气候观测中扮演着非常重要的角色。比如, 卫星测量的大气辐射转换成温度观测数据就是一个包括多模式的复杂计算。可以用六个字的短语概括本书的中心思想, “无模式, 无数据”。

爱德华兹追踪着整个现代气候系统模式的发展进程, 该进程始于20世纪50年代开始的数值天气预报。数值天气预报主要依赖于电子计算机的计算和模拟, 开始这种方法也只是对一些气象要素的观测和大气状态的计算, 包括温度、气压、风速 (向) 和湿度等, 最长预报的周期为2周。随后, 以此为基础的天气预报信息也就不断出现在电视、广播、网络和报纸上。然而, 今天我们所说的气候模式要比当初的数值天气模式更为复杂, 它不仅包括了大气圈, 还包括了海洋、冰冻圈、陆地地表过程、生物地球化学循环, 以及它们之间的相互作用。比起数值天气预报模式, 气候模式的预估周期也要长得多, 可以从几个月到几年、甚至达到百年的尺度。

爱德华兹拜访了很多计算机模拟领域的知名专家, 并阅读了大量相关文献。《巨型计算机》一书并没有用特别专业的术语以及任何的数学运算, 而是在描述计算机模式历史演变上做了很好的工作。当然, 书中所涉及的领域和范围也有一定的不足, 作者自己也承认他首先关注的都是美国科学家的贡献, 重点关注气候系统中的大气圈研究。

《计算机模拟时代的科学》则是一本与众不同的书, 书的作者, 南佛罗里达大学科学哲学家艾利克·维森博格 (Eric Winsberg) 认为, 计算机模拟的重要性不仅在气候研究上, 也贯穿整个科学当中。在书中, 作者不仅关注哲学家在这样的计算机模拟年代应该要学习些什么, 同时也关注哲学怎样能帮助我们理解计算机如何改变科学。他对真实的实验和计算机模拟之间关系非常感兴趣。比如, 他会问在什么情况下我们应该相信计算机模拟的结果?

从科学普遍意义上讲, 这样的问题也与气候模式紧密相关, 可能会对构建一些历史架构起到积极作用。在科学上定义, 计算机模拟技术开始于第二次世界大战之后, 起初仅限于气象和核武器研究。20世纪著名的数学和数学物理学家约翰·冯·诺伊曼 (John von Neumann) 很快就意识到这两个看起来好像不相干的领域其实在科学上关系非常接近, 它们都与非线性流体力学高度相关, 都在其中运行一些控制实验。电子数字积分计算机 (ENIAC) 完成于1945年, 它是美国当时最重要的一种计算机, 最初是用于氢弹的研制计算。按照现在的标准, 它只有很小的内存和每秒不超过400次的计算能力。而一个早期数值天气预报的计算不仅是地球表面气象要素, 还要计算5500米高度的大气环流活动。在1950年, ENIAC运行这样的一种天气预报数值模式需要24小时才能计算出未来



24小时的气象预报，这样的计算速度对天气预报来说显然是不够的。

然而，这种原始但富有发展潜力的早期计算机模拟技术已经令气象学家感到十分惊喜，这一技术最早在瑞典和美国的应用引领了数值天气预报在20世纪50年代快速发展。约翰·冯·诺伊曼明确表示计算机模拟可以代替一部分的数学物理实验过程。实际上，研究人员通常把在一些科学领域上运行的一些固定

模拟称为“数值试验”。

维森伯格在书中提出计算机模拟现在已经在很多科学领域占据着重要角色。同时他也指出，这种计算机模拟方法是被现有的基础理论所束缚，而并不是要改变或者是颠覆这些理论。维森伯格建议计算机模拟应该是利用现有的理论来模拟一些复杂的现象或者是进行一些实验，而并不是要求它们来创新科学理论。在书中，维森伯格利用现有

的哲学和科学参考文献深刻地分析了这个问题，他认为，模拟实验与真实实验之间的关系相当复杂，模拟真的能完全反映真实情况吗？作者对这种说法表示质疑，但同时也坚持认为模拟与真实实验之间的差异比一些批评家所说的更加微小。

维森伯格这种挑战性结论，将吸引科学家和科学哲学家以及许多一般读者的兴趣。

(作者单位：中国气象局)

(上接52页)

2.2 来自于目标及外部环境的误差

在目标零距离反射亮度与漫反射系数、目标表面法线与日光、拍摄方向夹角等因素间理论关系的基础上，本文也对目标、拍摄点提出了可减小测量误差的约束条件：在拍摄中应选择漫反射系数均匀的平面目标物；在不同拍摄点目标仰角不应过大；拍摄点间移动应尽量迅速；目标、拍摄点间下垫面材料分布尽量均匀；可以增大 $R_{1.0}$ ，尽量减小 $R_{2.0}$ ， $R_{3.0}$ 也应尽量增大，但不宜过分大于 $R_{1.0}$ 。

3 数据

在以上所有理论的基础上，作者在上海市浦东新区张扬北路巨峰路附近、金科路龙东大道附近使用相机Canon350D和Canon50D拍摄了若干组数据。与浦东气象局能见度测量仪器前向散射仪同时间段的数据比较，相关系数为99%，偏差为17%（如图2所示）。误差来源除以上分析的因素外，主要可能来自于天空背景光在不同时间段、不同地点的散射角及散射量不同。

以本项技术为基础，可以制作一款加快数据处理速度的软件，真正达到灵活测量能见度的目的。在此基础

上，再将此方法初步应用于大范围地区的能见度测量，可进一步验证应用数码相机测量能见度的可行性及其优点。

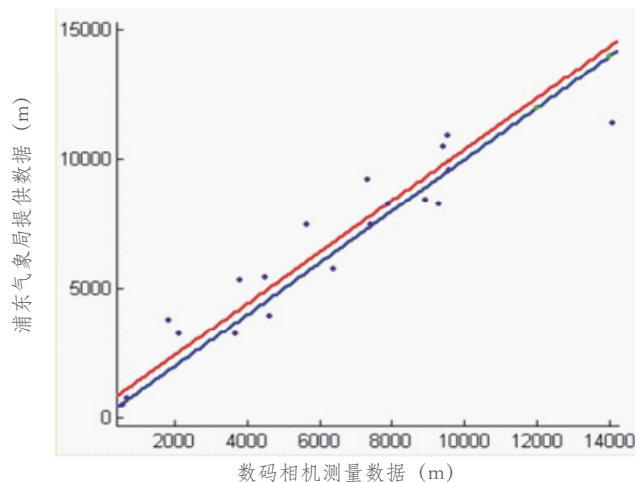


图2 数码相机测量能见度数据与浦东气象局提供数据的相关性

The Application of Common Digital Camera in Meteorological Visibility Measurement

Su Zimu

(Tsinghua University, Beijing 100084)

Abstract: A new model is established to measure visibility by using digital cameras and improves the agility and the measuring range of Digital Photography Camera System for measuring visibility. The following work is done: 1) An object-observation point model, which is appropriate for using cameras to measure visibility, is built based on Koschmieder Formula and Lambert-Beer Law and it eliminates the physical quantities that cannot be measured by cameras accurately, such as the background diffused light, the sky background light in the direction of an object and the object reflex. 2) The following Error analyses are done: The error caused by inadequate resolution of the camera lens, dark current, deviation of camera parameter's (exposure time, aperture) actual value and show value and nonlinear photoelectric response is diminished by finding the relationship between grayscale per pixel and luminance and some factors such as the properties of the object surface, the intervals of object and observation point are restricted. 3) A certain number of visibility records are obtained by utilizing the model established above. Correlation coefficient is 99% the accuracy's 17%. The result proves the feasibility of using camera to measure visibility preliminary.