

核试验监测的技术和物理*

吴忠良^{1 2 †}

(1 中国科学院研究生院地球科学学院 北京 100049)

(2 中国地震局地球物理研究所 北京 100081)

摘要 国际核试验监测系统包括地震探测系统、水声探测系统、次声探测系统、放射性核素探测系统、国际数据中心、现场核查系统等组成部分,是一个国际性的“大科学”工程。文章概要介绍了核试验监测中的主要技术问题和物理问题,国际核试验监测系统的现状和发展趋势,以及国际监测系统在科学研究和可持续发展中的可能的应用领域。

关键词 核试验监测,国际监测系统

The technology and physics for monitoring of the comprehensive test ban treaty

WU Zhong-Liang^{1 2 †}

(1 College of Earth Science, Graduate University of Chinese Academy of Sciences, 100049, Beijing)

(2 Institute of Geophysics, China Earthquake Administration, Beijing 100081, China)

Abstract The International Monitoring System (IMS) for the compliance of the Comprehensive Test Ban Treaty is composed of seismic, hydroacoustic, infrasound and radionuclide detection, an international data center, and on-site inspection. It is an international big science operation and relies heavily on physics and physics-based technology. A brief introduction is presented of the main techniques and physical problems related to IMS, its recent developments, and its potential for application to science and sustainability.

Keywords comprehensive test ban treaty monitoring, international monitoring system

朝鲜核试验一声巨响,核试验和核监测问题再次引起世人的关注。2006年岁末,《自然》(Nature)杂志将朝鲜核试验选为“年度十大科学事件”的第九个“事件”。媒体没有注意到的一件事情是,2006年同时是联合国通过《全面禁止核试验条约》(CTBT)的十周年纪念。朝鲜核试验是2006年10月9日进行的,第50届联合国大会通过CTBT的日子,恰好“对称地”是1996年的9月10日。因此,这次核试验的时间选择,似乎也在不动声色地挑战CTBT乃至CTBT所代表的国际秩序。

然而,从长时间和大范围的核裁军的历史和现状来说,朝核问题只不过是历史长河中的“小事””。即使被现代信息技术和新闻媒体无节制地

“放大”和“聚焦”,与上世纪“冷战”时期剑拔弩张、波谲云诡的情况相比^[1],今天的情势也实属“平常”。甚至可以说,今天的核问题和核危机的“精彩”程度,还不及1998年印度、巴基斯坦“真真假假”地进行的一系列“对抗性”的“核”试验。而从核裁军的大形势来说,印巴的这次“对抗”或者更确切地说“对练”,也不过是一场“恶作剧”而已。

但无论如何,核裁军毕竟是关乎全人类的前途命运的大事。因此,尽管对CTBT的理解不同,到2006年12月,CTBT已有177个国家签约,137个国

* 2006-12-30 收到初稿 2007-03-04 收到修改稿

† Email: wuzhl@gucas.ac.cn

家批准条约。条约的履行总要有严格的监控手段,否则条约就成了一纸空文。如果说条约的谈判和签订主要是外交问题和政治问题,那么条约的监测主要是技术问题和物理问题^[2]。

1 核试验监测中的一些重要历史事件

核爆炸试验可以在大气层中进行,也可以在水中进行,但更为安全有效也更为隐密的方式是在地下进行。很多人都知道1945年7月16日第一颗原子弹爆炸,但对今天的核监测来说,1957年9月19日同样很重要,这一天第一次进行了地下核试验^[1]。现在,几乎所有的核试验都是以地下核试验的方式进行的。对于核试验探测来说,有效地探测地下核试验,也是所有类型核试验的探测中最具挑战性的工作。

与核武器的发展历史相比,核试验监测领域中科学与社会之间的“相互作用”一点都不逊色^[1,2]。1957年9月,在多伦多国际大地测量和地球物理学联合会(IUGG)大会上,地球物理学家布伦(K. E. Bullen)做了题为《我们原子时代的地震学》的报告,引起科学界内外的广泛关注。1958年8月,经过一个多月的讨论,在日内瓦举行的专家会议(Conference of Experts)得出乐观的结论:靠当时的地震观测技术可以很好地检测和识别地下核试验。然而1959年1月美国公布的一份技术文件表明,日内瓦专家组关于检测问题的结论1/3是错的,关于识别问题的结论2/3是错的。1959年6月,发表了于1958年12月成立的“地震监测工作改进委员会”(Panel of Seismic Improvement)起草的报告,对日内瓦专家会议的结论提出强烈批评。委员会在报告中对当时的地震监测能力做出客观、清醒的估计,并提出了颇具战略眼光的技术建议。这份报告引起强烈反响,其中最重要的成果是直接导致了1959年开始的“维拉计划”(Project Vela)。一直持续到1971年的“维拉计划”分为三部分:Vela Uniform探测地下核试验,Vela Sierra进行大气层核试验的地面探测,Vela Hotel进行大气层核试验的空间探测。

核试验探测这一巨大的社会需求给地震学和地球内部物理学的观测和研究带来极大的推动。1961年8月,世界范围标准地震台网(WWSSN)开始建设,到1967年,WWSSN基本完成建设任务。对地震监测和相关基础研究的强力支持涉及很多方面,资助的范围从政府机构到大学,从队伍建设到技术

进步。在地球物理学发展史上,也许唯一一次可与之相比的,是路易十四对法国皇家科学院的大地测量工作的强力支持。这一地球物理学发展的“黄金时代”究竟与同时代的全球板块构造学说这一“20世纪地球科学的革命”有着怎样的“相互作用”,则是科学史研究需要探讨的问题。

2 核试验监测的主要物理问题和主要技术手段

想象一下一次地下核试验之后都发生了什么,就可以对怎样进行地下核试验的监测建立一个基本概念^[1,2]。地下核试验一般在地下的人工洞穴中进行。这里只考虑“竖井”中一个不太大的爆炸试验的情况。起爆装置和核“燃料”放在一个 10^3m 深、 10^0m 直径的“井”中;“井”被填实,电缆引到地面上。现在进入试验,五、四、三、二、一、起爆。核反应开始后的 10^{-5}s ,爆心温度升高到 10^6K ,压力升高到 10^4 个大气压。 10^{-1}s 内,爆心周围的岩石汽化,大小为 10^1m 的“爆炸球腔”形成,并快速扩张,产生冲击波,放射性气体随之冲向四周。 10^0s 内,距爆心约 10^2m 的岩层在冲击波作用下产生地震波,地震波以每秒 10^0km 的速度向四周辐射。地震波到达地面时,地表迅即隆起,数秒后,隆起的岩土塌下,形成“弹坑”。放射性气体泄露到地表,随大气扩散,同时自身发生衰变。地震波到达地表时,激发声波和次声波,以 10^2m/s 的速度在空气中传播。数分钟后,或者长一点的时间,“井”最终坍塌。几乎与爆炸同时,试验场区的天然断层受到冲击波或地震波的影响开始活动,核试验“触发”了“余震”。

建立和运行有效监测履约情况的技术系统,是《全面禁止核实验条约》组织(CTBTO)筹委会(PrepCom)的一个主要任务^[3-6]。核试验的监测是通过国际监测系统(IMS)实现的。国际监测系统(IMS)目前主要包括如下几个部分:地震探测系统、次声探测系统、水声探测系统、放射性核素探测系统、国际数据中心(IDC)、现场核查(OSI)系统。目前IMS有分布在世界各地的320多个观测台站,其中地震台站约170个,水声台站11个,次声台站约60个,放射性核素探测台站约80个,国际数据中心(IDC)设在维也纳。

地下核爆炸也可以看成是一种特殊的地震,因此地震观测就成为探测地下核试验的主要方法^[7]。

为了提高对地下核爆炸的探测能力,地震学家应用与无线电通信中的天线阵列一样的道理,用地震台站组成“地震台阵”,来探测那些距离台阵比较远的地震事件。第一个地震台阵是1965年6月在美国Montana开始运行的LASA台阵。目前世界上正在运行的几十个台阵中,挪威的NORSAR台阵、加拿大的Yellow Knife台阵等,均为业内的著名台阵。中国的兰州台阵、海拉尔台阵则属于刚刚加入核查台阵“俱乐部”不久的新成员。

从物理的角度看,地震波是在地球内部传播的“声波”,次声波是在大气层中传播的“声波”,而水声则是在水中(例如海洋中)传播的“声波”,所以,地震探测也好、次声探测也好、水声探测也好,在原理上都是相似的。不过,地下的震源主要是天然地震和人工爆炸,而在大气层中的次声“震源”就复杂得多,雷雨、火山、极光、陨石冲击等,都可以成为次声的“震源”,因此次声探测信号的分析就比地震分析复杂一些。此外,水中“声波”的衰减要比固体中“声波”的衰减慢得多,因而可以传到很远的距离,这样,水声的探测也就不需要地震探测那么多的台站。

核素的探测在物理上不是特别复杂的技术,但与禁核试条约相关的核素探测包括两方面的物理内容。第一是,所选择的“目标核素”,即核试验产生的核素,其半衰期必须长到足以在核试验之后的一定时间内还能探测到,同时还必须短到不足以因为“积累效应”而干扰大气层中的“背景”信息。于是惰性气体中的氦同位素成为候选者之一。第二是,核素在离开试验场区后在大气层中扩散。所以要有效地探测核素,还必须很好地知道大气层的运动和核素在大气层中的扩散规律。

IMS中比较复杂和敏感的部分应该是现场核查(OSI)^[8]。现场核查的时间要求和操作技术要求都比较高,并且在实际实施时面临着很多敏感的外交和政治问题。但从另一方面看,现场核查又是确认核试验的最后手段。目前在现场核查技术中,最为重要的是放射性核素的取样和分析,试验现场的勘察和记录,以及核爆炸引起的“余震”活动的监测。

IMS系统中的这些探测手段的发展,经过了长期的研究和试验。以地震为例,早在1976年7月,联合国裁军谈判会议(UNCDD)就决定成立“审议关于检测和识别地震事件的国际合作措施特设科学专家组”(ad hoc GSE)。专家组从1984年开始组织进行了三期全球地震核查技术试验(GSETT)。我国于

1991年参加了GSETT-II试验,并于1995年参加了GSETT-III试验。

与核试验监测有关的科学问题包括三个方面^[2,5]:第一是如何有效地探测核试验的“蛛丝马迹”;第二是如何将核试验与其他的“干扰”事件(例如天然地震)有效地区分开来;第三是如何根据监测系统的记录,推测核试验的一些重要性质,比如核试验的当量。而从技术上看,监测数据的实时传输和在线分析,监测系统的安全认证,海量监测数据的处理和数据挖掘等,都是关键性的问题。

核试验监测中一个重要的问题是试验当量的估计,这是一个复杂的交叉学科问题,主要是物理问题^[1]。核试验当量的直接测定是通过爆炸产物的放射性化学分析进行的,由此得到所谓“放化当量”(radiochemical yield);如果测量爆炸火球周围岩体中的冲击波能量,则可得到“冲击波当量”或者“流体动力当量”(hydro-dynamical yield);如果测量地震波辐射的能量,则可得到“地震当量”(seismic yield)。对于远程探测来说,“地震当量”是唯一可以得到的当量。冲击波能量仅是核反应能量的一部分,而地震波能量又仅仅是冲击波能量的一小部分。对于花岗岩层中的“填塞”核试验来说,一般只有百分之一左右的核反应能量最后转化成地震波辐射的能量。如果在一个相当大的洞穴中进行“解耦”试验^[9],那么转化为地震波能量的比例就更小。所以,用“地震当量”来“换算”实际的爆炸当量,问题还是很复杂的。对2006年的朝鲜核试验,一些美国专家提出,作为一次核试验,其震级似乎“太低”。可是,究竟是哪个环节的问题,是试验没有成功还是爆炸与岩层耦合较差,或者是地震波转换效率很低,只靠地震资料是无法澄清的。这个问题,恐怕只有日后请朝鲜物理学家来回答了。

3 核试验监测系统的“和平利用”

与20世纪70年代之前的情况不同,国际监测系统(IMS)走向专业化之后,开始出现了一个也许是不可避免的问题而为科学界和公众所诟病:过于封闭,局限性很大。其中一个缺点是数据共享方面的局限性。WWSSN的数据是全球公开的,可是比WWSSN好得多的IMS数据,却至今没有公开。另一个缺点是应用方面的局限,这个系统除了条约监测之外似乎不能也不想再做别的事情。也许这种局限性在一定程度上确是由监测系统本身的性质所决

定的,但这两方面的局限性也在相当程度上影响了 IMS 自身的发展和它的科学价值。

这种封闭的“文化”甚至反映在 IMS 的工作语言中。早期的核监测不过是把地震学和物理学的通用语言用在相关工作上,可是现在,在 IMS 的技术文件中,人们经常能看到大量自造的“缩写”和“专用名词”,这些“神秘的”“专用名词”在相应的基础学科里却只是很平常的事情。比如,地震仪器的维护和管理本来就是地震观测系统运行的题中应有之意,可是不知为什么,IMS 的专家们非要从军队装备的术语中“借来”一个所谓“全寿命管理”的概念,弄得地震专家一头雾水。显然,这么干下去,迟早 IMS 本身也会成为 I'm Stupid 的缩写的!

因此,近年来 IMS 开始试图在这两个方面有所改善。这种改善在技术上是可能的。原因很简单:核试验监测系统所用的仪器无非是物理探测仪器,所以这一现代化的监测系统自然也可以应用于军控之外的很多方面。2002 年 5 月,CTBTO 筹委会专门组织专家在伦敦召开会议,提出 IMS 可以为社会服务的若干内容^[10]。

地震探测由于装备了全球范围的地震台网和实时的地震数据传输系统,因而能够在破坏性地震的快速报告、地震海啸的预警等方面发挥重要作用。这些台站的数据和已有的其他台站、台网的数据结合起来,可以给出更好的地震定位结果和更好的地震参数测定结果,这些结果反过来对地震危险性评估具有重要的基础意义。此外,核试验地震监测系统这一面向地球内部的“望远镜”,也提供了研究地球内部的物理过程的一个非常好的工具。

水声探测的信息可以为海洋过程的研究(例如洋流和温度变化的研究)提供重要的基础资料,这些基础资料可以为提高天气预报的能力和气候变化的预测能力提供重要的参考。水声探测还可以在很远的距离上探测暴雨的位置和强度。水声记录仪器能探测到海洋生物的动态,例如鲸群的动态,从而在海洋生物和生态研究中具有重要意义。海啸的传播在水声记录上留下清晰的印记,因而水声观测可以帮助进行海啸的预警。通过监测海底火山的喷发,水声系统还可以为海上船只安全提供有价值的预警信息。冰盖的断裂和冰山的形成,也在水声探测的“视野”之内。

次声在火山喷发探测方面的作用早已众所周知。次声还能探测大气层中的很多物理过程,例如陨石冲击、极光、暴雨等等。事实上,如同地震的观

测是地震监测台网的一个主要任务,暴雨系统的监测和跟踪一直是次声观测的一个重要任务。次声探测的意义还在于我们的大气层里迄今还有很多现象尚待进一步研究。例如,近年来次声领域的一个重要发现是,人类研究了几百年的雷电,迄今仍有一些原来没有注意到的“新的”类型。

平心而论,IMS 的专家们目前提出的核素探测系统和现场核查(OSI)技术的“和平利用”,例如核素探测和 OSI 技术对于核泄露事故的监测的作用,无论从哪个角度看都颇为牵强。比如,IMS 中的现场核查(OSI),严格地说是可能对进行了核试验的地区所进行的专业勘察。很难设想这样的专门机构、专业队伍和专用设备在核泄露事故出现的情况下除了添乱之外还能发挥什么实质性的作用。至于 IMS 专家所说的 OSI 队伍也可以像地震应急队伍那样在地震灾害的评估中发挥作用,就更有“离谱”。因此,强调核素探测和 OSI 技术的“和平利用”,与其说是科学研究的结论,不如说是一种政治姿态的宣示。但无论如何,IMS 毕竟开始把核监测之外的问题,例如核泄露事故,作为自己关注的问题,这在任何意义上说都还是应该鼓励的。

同时,必须看到的是,军控系统的“和平利用”毕竟是一把“双刃剑”。不能设想,如果什么人都能自由登陆 IMS 系统,IMS 还能不能正常地发挥它本来应该发挥的作用。它的“副业”和“主业”之间应该有一种怎样的“平衡”,这并不是一个很简单的问题。所以,关于 IMS 如何开放的问题,即使在 IMS 的专家内部,争议也还是比较大的。

4 国际核试验监测的近期动态

2006 年 8 月 31 日至 9 月 1 日《全面禁止核实验条约》组织筹委会在维也纳举行纪念 CTBT 十周年科学大会(CTBT: Synergies with Science, 1996—2006 and beyond)^[3]。会上的科学报告集中体现了 CTBT 监测的物理问题和技术问题的研究进展(表 1)。从这些报告可以看出,核试验监测也面临着信息时代特有的海量数据问题,因而现代数据处理技术的应用在 IMS 的发展中发挥着重要作用。反过来,IMS 的发展也可为其他领域相关技术的发展积累经验。此外,IMS 作为一个国际性的“大科学”装备,除了满足军控核查的需要之外,还能在哪些方面进行“和平利用”,也是科学界和公众比较关注的问题。

表1 纪念 CTBT 十周年科学大会专题报告
(<http://www.ctbto.org/>)

报告人	报告题目
主题报告	
1. 美国哥伦比亚大学 Paul G. Richards	探测地球的内部
2. 维也纳自然资源和应用科学学院(University of Natural Resources and Applied Sciences , Vienna) Helga Kromp-Kolb	探测大气层
3. Yahoo ! 公司 Usama Fayyad	现代数据分析技术
4. Google Earth 公司 Michael T. Jones	把地球连接起来
主题 1 : 探测地球的内部	
1. 瑞士地震服务机构(Swiss Seismological Service) Domenico Giardini	从大陆到地震断层
2. 日本海洋研究开发机构 JAMSTEC(Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology) Seiji Tsuboi	通过地震波形模拟研究地球内部
3. 美国哥伦比亚大学 Paul G. Richards	地球深内部的结构
4. 中国科学院、中国地震局 吴忠良	现代地震学时代的 地震目录
主题 2 : 探测大气层	
5. 欧洲中尺度气象预测中心(European Centre for Medium Range Weather Forecast) Dominique Marbouty	气象预报中 的数据同化
6. 荷兰皇家气象研究所(Royal Netherlands Meteorological Institute) Hein Haak	用次声研究大气层
7. 加拿大核辐射防护局(Verification and Incident Monitoring Radiation Protection Bureau) Kurt Ungar	放射性核素的监测
主题 3 : 数据挖掘	
8. 法国原子能委员会(French Atomic Energy Commission) Pierre Olivier Lagage	天文学中的数据共享和虚拟天文台
9. 荷兰 Utrecht 大学 Arno Siebes	稀有事件的数据挖掘

随着形势的发展,核监测系统不断面临着新的问题和新的挑战,IMS 本身也需要与时俱进。比如在 20 世纪 60 年代,核监测系统的一个重要任务是有效地应对“逃避核查”的情况。那时,一个重要的逃避核查的技术建议是“解耦”^[9],就是如果把新的试验放在原来试验形成的洞穴中进行,那么,由于爆炸与中空的洞穴的壁之间的“耦合”不如与埋藏着炸弹的固体介质的“耦合”那样强,由地震监测系统“看”到的新的试验,其“地震当量”就会显得很小。应对这种“逃避”的措施是地震的精确定位加上卫星遥感信息的“标定”,以确定新的试验是否“恰好”位于原来的试验的位置。还有一种逃避技术是把核爆炸伪装成大当量的化学爆炸。应对的措施是核素的探测。对付“逃避核查”,一直是核试验监测系统

的一项重要的研究内容。但是,到了 20 世纪末,出现了另一种截然相反的情况。1998 年,印、巴核试验“对练”时,双方都声称自己成功地进行了几次“核”试验,可是监测系统却不能确认这些试验究竟是成功的核试验,还是不成功的核试验,甚而完全是在用化学爆炸或别的什么来“胡弄”国际社会。在这种新的情况下,长于应对“核查逃避”的国际监测系统,反倒出现了“失语”的情况。

核监测系统也在不断地受到新技术进步的挑战。现场核查(OSI)由于其实际操作中的敏感性(比如,如何平衡正确地行使现场核查的权利和对国家领土主权的必要的尊重),到目前为止仍是一个争议很大的问题。可是,新的信息技术的发展,却在相当程度上使“虚拟现场核查”(VOSI)成为可能。如果说 20 世纪末 VOSI 还和“数字地球”一样属于一种“超前”的技术构想^[11],那么到了 Google Earth 时代, VOSI 几乎已经成为现实。这样,新的 IMS 也不得不认真考虑这种新的技术和新的核查方式的意义。

5 结语和讨论

本文简要介绍了国际核试验监测的情况。核试验监测的工作不全是物理,但没有物理,核试验的监测是不可能实现的。制造核武器需要物理,监测禁核条约的履约情况,同样需要物理。因此说到核监测的时候,不讲物理是不落实的。说到物理对社会的作用的时候,只讲核武器不讲禁核试验监测也是不完整的。

参 考 文 献

- [1] Bolt B A. Nuclear Explosions and Earthquakes. San Francisco : W. H. Freeman and Company ,1976
- [2] Husebye E S , Mykkeltveit S eds. Identification of Seismic Sources - Earthquake or Underground Explosion. Dordrecht : D. Reidel Publishing Company ,1981
- [3] <http://www.ctbto.org/> , last accessed : May 1 , 2007
- [4] Vignard K eds. Disarmament Forum , Two - CTBT : Passing the Test. Geneva : United Nations Institute for Disarmament Research (UNIDIR) , 2006 ; http://www.unidir.ch/bdd/fiche-periodique.php?ref_periodique=1020-7287-2006-2-en , last accessed : May 1 , 2007
- [5] National Academy of Sciences. Technical Issues Related to the Comprehensive Nuclear Test Ban Treaty. Washington , D. C. : National Academies Press , 2002 ; <http://fremat.nap.edu/catalog/10471.html> , last accessed : May 1 , 2007.
- [6] <http://www.ctbto.org/reference/outreach/booklet3.pdf> , last accessed : May 1 , 2007

- [7] 吴忠良,陈运泰,牟其铎.核爆炸地震学概要.北京:地震出版社,1994 [Wu Z L, Chen Y T, Mu Q D. Nuclear Explosion Seismology: An Outline. Beijing: Seismological Press, 1994 (in Chinese)]
- [8] <http://www.ctbto.org/reference/outreach/booklet5.pdf>, last accessed: May 1, 2007
- [9] Richards P G, Zavales J. Ann. Rev. Earth Planet. Sci., 1990, 18: 257
- [10] http://www.ctbto.org/reference/outreach/uk_experts_discussion.pdf, last accessed: May 1, 2007
- [11] Wu Z L, Chen Y T. Seism. Res. Lett., 2000, 71: 548



· 物理新闻和动态 ·

牛顿第二定律的新证明

牛顿第二定律是经典物理学的支柱,日复一日地在地球上证明是正确的。但天文学家们却对此提出了异议,他们认为,在银河系的外边界处,星体的旋转速度要比第二定律所给出的数值快。这个反常现象有两种可能的解释:一是牛顿第二定律可能不适用于加速度很小的系统;二是宇宙中存在着还没有被测量到的暗物质。在太阳系中,先锋 10 号和 11 号飞船在飞离太阳时也出现了由牛顿第二定律无法解释的加速度反常。对这两个在引力作用下出现的加速度反常现象,科学家们提出了一个设想,用一个特征加速度来解决,即只要低于这个特征加速度,则牛顿第二定律就不适用。对应银河系星体旋转加速度反常的特征加速度的数值为 $1 \times 10^{-10} \text{ m/s}^2$, 而对应先锋号飞船加速度反常的特征加速度为 $9 \times 10^{-10} \text{ m/s}^2$ 。

1986 年,物理学家们已经用实验证实,当加速度为 10^{-11} m/s^2 时,牛顿第二定律是正确的。最近华盛顿大学的 Gundlach 教授和他在印度的合作者们,利用扭摆作实验,证实加速度低到 $5 \times 10^{-14} \text{ m/s}^2$ 时,牛顿第二定律是正确的。这进一步说明上述两个天文学上的加速度反常不是由牛顿第二定律所引起的。

Gundlach 研究组的实验扭摆是将一个由 70 g 重的砝码悬挂在一根直径为 20 μm 的钨丝上,金属丝的回弹力使扭摆形成振动,振动周期约为 13 分钟。由于振幅极小(约为 13 mrad 到 9 μrad),所以在长周期下的加速度非常小。利用测定振动频率就能验证第二定律的正确性。这个对第二定律验证的结果也比 1986 年的结果在加速度的数值上降低了 3 个数量级。Gundlach 教授认为,他们的实验结果表明,在机械回弹力作用下,牛顿第二定律完全正确。他们的下一步工作是设计一个由引力作用下的实验来验证牛顿第二定律。

(云中客 摘自 Physical Review Letters, 13 April 2007)

近代科学的诞生 :1210—1685

在当今世界,为了掌控自己的生活,大多数人寄希望于科学。最近,牛津大学出版社出版了 Stephen Gaukroger 的新书《The Emergence of a Scientific Culture: Science and the Shaping of Modernity 1210—1685》。书中作者提出:“当今人们所持有的科学价值观是基于‘对一个世纪以来文化史和政治史的考量’”。Gaukroger 1977 年在剑桥大学获“科学哲学”博士学位,1981 年以来,一直在悉尼大学教授科学史。

在 13 世纪初的欧洲,神学被视为科学的女王。在随后近 5 个世纪,一种新型的自然哲学逐步取代神学,最终成为辨别正确认识的准绳。虽然技术科学的努力和成就,在不同的时间段曾出现于各种世界文化环境(在不同地域),但只有在 17 世纪形成的欧洲文化中,科技进展才成了绵延不断的传统。新型自然哲学将自身与神学切割,至 17 世纪 80 年代,科学已经成了理解自然的主要工具;同时,它驱使宗教把理解自然作为宿命。

早期的自然哲学以亚里士多德的著作为中心,主要是通过冥想获得对自然的说明,明显地忽略实际。伽利略(1564—1642)、开普勒(1571—1630)、牛顿(1642—1727)和笛卡儿(1596—1650)等,倡导数学化的自然哲学,使得在天文学、力学以及光学等领域,人类可能以前所未有的准确性描述自然。F. 培根(1561—1621)等主张突破亚里士多德的枷锁,重新定位自然哲学的使命。他们借助于宗教术语,指出科学的作用是通过认识和驾驭自然造福于人类。这就使自然哲学更接近于道德哲学。玻意耳(1627—1691)和牛顿的实验哲学是专业化探寻的典范。他们主张从物质的深层结构(原子论)解释宏观现象,这一方法后来被其他学科仿效。总之,新自然哲学的代表人物对科学价值观的确立和科学文化的形成起到了重要的推动作用。

(戴闻 编译自 Nature, 2007, 446: 731 和 牛津大学出版社网页)