



学科漫谈

度量温室效应

——气候变化研究中的生态环境考虑

■ 张明华 毕训强



张明华 毕训强

中国科学院大气物理研究所研究员

影片《后天》(英文名 The Day After Tomorrow)描绘的是以美国为代表的地球一天之内突然急剧降温,进入冰期的科幻故事。该科幻故事中的科学理论基础是温室效应带来的全球变暖将会引发地球空前灾难。现实中,政府间气候变化专门委员会(IPCC)自1990年以来的总共5次评估报告及相关国际气候与环境谈判,使得对以气候变暖为主要特征的全球气候变化成为影响世界各国政治、经济政策的最重要科学问题之一。

过去的半个世纪,人口和经济规模的增长消耗了大量的能源,这些能源主要来自存储在地球表层内的化石燃料,包括煤、石油和天然气。它们通过燃烧释放热能,为我们发电,供我们取暖,让我们开车,同时也释放二氧化碳进入大气。由于燃料中有很多杂质,或者燃烧不充分,这个过程也会伴随大量颗粒物的排放。

燃烧是光合作用的逆过程。在光合作用过程中,大气中的二氧化碳和水分子在太阳光的催化下,合成为植物体中的糖,这些糖是植物体的主要成分。本来燃烧和光合作用是一个可持续的循环过程,就如在30多年前的中国农村,人们种树种谷物,又用柴草烧饭和取暖,烧柴草向大气释放二氧化碳,但在植物的生长过程中,光合作用又把大气中的二氧化碳取走了。然而,从19世纪中叶起,人们开始使用化石燃料,这些燃料是历经数千万年至数亿年才形成的,用它们燃烧所排放的二氧化碳,远远大于光合作用和海洋生态系统能吸收的二氧化碳。因此,大气中的二氧化碳含量逐年增加。二氧化碳是温室气体,它的增加可导致全球变暖。

虽然温室效应的理论清楚简单,但是若要定量度量地球系统中大气、海洋、陆地、生态等圈层的相当贡献,就需要在气候变化研究中引入对生态和环境过程的细致考虑。2010年至今,由中国科学院大气物理研究所为第一承担单位、研究员张明华担任

首席科学家的国家重点基础研究计划(“973”计划)项目“生态和环境过程模式的研制和改进”(2010CB951800)开展了一系列研究工作,在全球植被动力学、全球气溶胶和大气化学、多气候分系统模式的耦合集成等方面有了不少研究进展。

全球植被动力学模型

对地球气候中一些子系统的模式研制一般是从最简单的基础模型开始的。对陆地表面的处理,例如土壤类型、土地利用等属性,早期的处理办法是用几组不随时间变化的属性数据。最新的工作是植被动力学模式,就是在气候变暖的条件下,怎样计算出某些地区的植被类型分布的改变,由此来研究气候与植被的相互影响。

项目组科研人员通过对国际上植被动力学模式的调研、分析和消化,引进了占全球植被的百分之十以上的灌木物种,并建立了这类植物的植被动力学方程,同时也改进了原来模式中其他多类植物的萌生方案、物候方案和火灾扰动方案。示意图(右下)的上半部给出了改进后的大气所植被动力学模式模拟得到的当今气候条件下主导植被类型的全球分布,下半部给出了用卫星遥感探测到的分布。在这个模拟试验中,每个网格中植被的初始条件是裸土,没有生物量,但有各个物种的种子。这些种子在给定的太阳辐射、大气温度、湿度、降水和土壤条件下,通过物种萌生、光合作用、竞争、腐烂和死亡等过程,演化一千年后形成的主导植被类型。计算得到的荒漠、热带阔叶常绿树林、灌木林等物种的分布格局,与观测资料吻合得很好。

全球气溶胶和大气化学模式

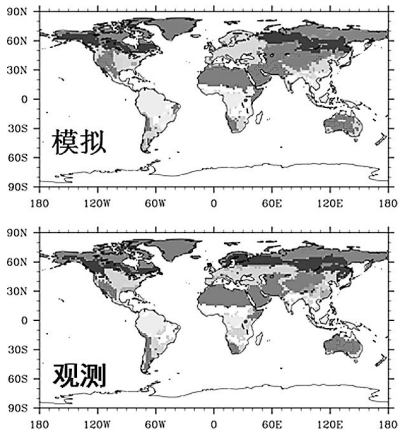
温室气体的浓度和大气中的颗粒物(气溶胶)不仅影响空气质量,也影响大气辐射传输和云的微物理过程,在最新的大气模式中,科研人员不再把他们看成是混合均匀的零维量,而是要考虑其三维分布及其变化。项目组在原有的大气化学和大气气溶胶模式的基础上,引进了一系列物理化学过程,它们包括气溶胶表面的非均相化学反应、气溶胶粒子的核化凝结核等微物理过程、阵风起沙和扬尘,以及海上大风期产生的海盐气溶胶通量等。改进后的模式能够计算出每个空间网格上多种气体和气溶胶的浓度,例如PM2.5的浓度。该模式对一次沙尘个例的模拟,结果发现,在东亚地区大气所植被动力学和大气化学模式能成功模拟这次沙尘天气过程。

全球生态、环境、气候系统模式的耦合集成

项目组把植被动力学模式、大气所植被动力学和大气化学模式耦合到了我国自主发展的全球气候系统模式中,从而形成了一个我国自主研制的地球系统模式的初步版本。科研人员对这个模式的各个分系统模式作了初步的模拟和验证,并对耦合后的模式进行了初步模拟,得到了比较合理的结果。此外,也建立了全球生态和环境模式所需要的一些重要数据库。

对模式中的过程、分系统模式和耦合系统模式作进一步的验证、分析和认识,是下一步急需做的工作。验证结果必然会揭示模式的不足。最终衡量模式的标准是它的应用价值,看它是否能真正模拟过去和预测未来在不同时间和空间尺度上的生态、环境和气候的变化。项目组离这个目标还很远,但是,这个耦合模式提供了一个研究科学假设的数学工具,也为其他有关全球变化的研究建立了一个平台。

电影《后天》中出现的由全球增温所导致的突然急剧降温,虽然只是科幻想象,但有一点是可以肯定的,这就是全球范围的大气、海洋、陆地、生态和环境可以通过相互影响而呈现人们意想不到的变化。为了预测这些系统在温室气体不断增长的情况下将会发生什么样的变化,数值模拟是唯一可用的科学手段。地球系统模式是一个复杂的巨系统工程,在项目的执行过程中,多种形式的合作对项目的执行起了重要作用,如果物理、化学、生物、生态、计算数学和高性能计算机科研人员对此也怀有兴趣,不妨一起加入吧。



图为大气所植被动力学模式模拟的当今主导植被类型全球分布(上)与观测资料(下)的比较

干细胞早知道④



图片来源:百度图片

由于心机的再生能力有限,心肌梗死及其导致的心力衰竭等心血管疾病是危害人类健康的头号杀手。流行病学资料显示,在美国过去10年中,因急性心衰而急诊就医者达1000万例次。在我国,35~74岁人群中,心力衰竭患病率为0.9%,约为400万人,按每位患者住院1次花费1万元计,每年医疗花费400亿元,为家庭和社会带来巨大的经济负担。

细胞治疗,即将干细胞移植至心肌梗死区,增加或保持心肌细胞数量,促进局部血管新生、改善心肌缺血、提高缺血心肌的收缩功能,或许能成为治疗末期缺血性心脏病的新方法。

围产期干细胞治疗心肌梗死

以脐带干细胞和脐带血干细胞为代表的围产期干细胞具有与骨髓干细胞相似的特性,且较骨髓干细胞更为原始、分化增殖能力更强、可以冻存等优势,因而得到更多的关注。

我们采用5μmol/L的5-氮胞苷诱导脐带干细胞,研究发现,诱导后细胞的形态不断发生变化,PT-PCR检测显示分化后的细胞表达心肌特异性基因钙蛋白T,免疫组化发现诱导后的细胞表达心肌特异性肌球蛋白和α-肌动蛋白,电镜下观察,诱导4周后有明显的肌丝样结构形成。Ma等将脐带血干细胞移植到动物心肌梗死模型中,发现移植后,脐带血干细胞能够在局部梗死心肌内迁移、存活,促进局部血管生成,改善局部心肌血流灌注,从而改善心脏功能。

我们将脐带干细胞移植到大鼠心肌梗死模型中,发现移植的细胞在梗死心肌内存活、分化为心肌细胞、血管平滑肌细胞和内皮细胞,分泌血管生长因子,促进血管新生和局部微血管的增生,减少心肌细胞凋亡,改善心肌重构,从而促进心脏功能的恢复。

围产期干细胞治疗心血管病的潜力

Davies等在羊的右心锻炼模型中,发现脐带血干细胞移植后能够与宿主心肌发生整合,提高心肌能量储备,增加心肌做功,改善心脏功能。Ghodsizad等在心机梗死模型中,发现了移植脐带血干细胞能够增加局部心肌储备,移植心肌凋亡,从而改善心脏功能。这些研究为围产期干细胞在心血管疾病的治疗研究提供了很有价值的参考。

围产期干细胞构建组织工程心肌

对于大面积心肌梗死和先天性心脏病患者,如果通过组织工程方法构建具有活性的组织工程肌,移植后能与自体心肌发生电机械和功能整合,进而改善心脏的收缩和舒张功能,无疑会对心脏外科的发展起到重要的作用。目前已经有采用胎儿或新生儿心肌细胞构建组织工程心肌的报道。脐带等围产期来源的干细胞具有旺盛的增殖能力,在体外条件下可以分化心肌细胞,是非常有前途的细胞来源。

问题与展望

心血管疾病,尤其是管状动脉硬化性心脏病,发病率高,严重威胁着人类的健康,细胞治疗可能会为这类心血管病的治疗带来新的治疗选择。

围产期干细胞具有自体来源、可以冻存、更强的增殖分化潜能特点使其成为细胞移植领域非常有竞争力的细胞来源。除直接移植外,细胞移植合并基因治疗以及动员自体干细胞修复受损的心肌也是非常具有前途的治疗选择,但我们仍然需要进一步的研究来评估心肌再生对心功能的影响及相关的机制。

栏目主持:赵广立

巡天观日测风雨 敢与天公比高低

——访中国气象局广州热带海洋气象研究所

■ 薛坤

古语说“天地之变,寒暑风雨,水旱螟蝗,率皆有法。”作为万物之灵的人类,流露出了对自身的期许。洞悉了风箱雷电的全部奥秘,我们就将是自然的主人。然而,古往今来,世界各地的气象灾害连续不断,至今,日益强大的人类,仍旧未能完全打破“天有不测风云”的咒语。那么,我们是否真的能够解码气象、驾驭自然?这个命题,在中国气象局广州热带海洋气象研究所数值预报、大气成分、海洋气象的三大研究领域,终于得到了完美的解答。

数值预报研究:乘风破浪赤子心

一直以来,气象预报水平不仅受制于气象数据的匮乏和观测精度的误差,而且受制于科学研究水平和数值天气预报技术发展。中国气象局广州热带海洋气象研究所(以下简称热带所)的热带区域数值预报研究室,得益多年来的坚持不懈,不断提高模式技术研发能力,同时借助超级计算机的强大计算能力,突破高分辨率数值预报技术瓶颈,建立预报质量一流的南海台风模式和区域高分辨率预报模式,为广东汛期更快地进行气象灾害预报预警立下汗马功劳。

钢铁并非一日炼成的。上世纪90年代,数值预报进入快速发展时期,各国你追我赶,发展神速。但遗憾的是,当时我国数值预报明显落后于国外,为了提高数值天气业务的水平,1998年,热带所引进了德国模式进行业务运行。这种模式虽然缓解部分业务压力,但不能进行台风预报,模式的设计不够灵活,要进行技术改进和模块更新都相当困难,预报初值也要依靠德国传输过来,常常因为网络的问题,不能稳定保障业务预报。此时,热带所率先意识到发展中国自己模式的紧迫性。新世纪伊始,中国气象局决定成立数值预报创新基地,热带所积极加入我国开始我国新一代模式(GRAPES)的研发工作。

热带区域数值预报模式是热带所主要研究方向之一,也可以说是标志性课题,但早期也面临着诸多瓶颈:虽然科研人员对原有TL模式(热带所自主发展的区域模式)进行几次改进,但是提高有限;借助GRAPES模式框架,难度很大,刚完成第一版,问题很多。为了早日攻克难关,研究人员起早贪黑深

入学习模式技术,同时也借鉴国外先进的区域模式,进行多方比较,不断改进模式技术方案。此外,数值预报是根据历史以及实况的观测数据、地形等资料,再结合流体力学、热力学等规律形成的方程组得出来的。由于数据庞大而且实时更新,对计算机处理能力要求很高。为了配合高性能计算机的计算环境和编译软件,在多次更换机型时,研究人员更是废寝忘食地反复修改大量程序……

得益于多年的坚持,在吸纳了更多专业人才之后,热带区域数值预报模式取得了丰硕的研究成果,其中大部分直接转化为业务能力,业务预报水平逐年提高,特别近几年业务进步尤为显著,2011年热带区域业务模式正式获得国家业务准入,2013年,13km和10km,小时内路径误差分别为73km和130km,在国内名列前茅,分别达到国际上70-80km和120-150km的先进水平,对台风预报预警工作起到了重要的支撑作用。

目前业务上每天两次发布五天热带天气预报和台风预报,提供五天大范围形势预报、热带天气预报、降水预报、台风路径预报、台风强度预报等。模式预报预报总体稳定,雨带预报正确、合理。模式对台风生成预报,特别是对南海台风的预报有较好的指导意义。

业务模式产品在广东省业务网实时发布,同时建立了面向东南亚地区的中国南海台风模式及全英文网站,实时显示其模式产品。实现了多种观测资料,特别是卫星和雷达资料的实时响应和处理。

在科研过程中,热带所建立了资料筛选和质量控制系统,保证了同化系统资料的质量。在雷达风场资料同化方面创新性地提出了利用“多普勒雷达径向风速和回波时空变化所包含的风场信息”作为两项独立的观测量共同加入三维变分同化系统,完成了普勒雷达的风场探测信息直接变分同化方法的研发。针对模式地形和实际地形的差别,以及误差传播规律,改进了地面资料的同化方案,更有效地同化地面观测资料。

开发了卫星云导风和雷达资料等同化业务模块,根据热带地区的特点,开发了台风重定位和BOGUS同化技术,并且修改了同化系统的平衡方程,使之更适合低纬度地区。

近年来,热带所对华南区域14部雷达资

料进行云水雨水的反演,并通过 nudging 技术订正模式大气中的云水雨水信息,改善模式的临近降水预报效果;构建适合热带地区中尺度预报模式,完善模式预报方程,以及模式非线性项及其时间积分方案;开展热带积云对流参数化技术研究,开展对流与层状云的耦合技术方案;开展陆面与海洋边界层技术研究,开发适合区域特点的边界层技术方案;开展动力框架与物理过程耦合技术研究,开发适合热带地区的水物处理方案和物理反馈技术处理方案。多年技术研究和业务实践,热带区域数值预报研究室也形成了一支具有极强科研竞争力的铮铮团队。

大气成分研究:观云测天惠民生

近年来,雾霾天气的频繁出现,引发了全社会对空气质量问题的高度关注。而事实上,急剧的工业化和城市化导致能源迅猛消耗,人口高度聚集,生态环境破坏,早就为雾霾天气的形成埋下伏笔。

早在2003年,为了预防和抵抗能见度恶化、霾、重污染天气问题的侵袭,热带所在国内较早地开始珠三角大气成分观测,开展了环境气象领域的相关研究,并于2008年逐步建成了珠三角城市群大气成分观测站网。其中,广州番禺大气成分观测站被列入中国气象局的30个基本大气成分观测站之一。

我国现代大气物理学创始人之一、著名大气科学家周秀骥院士曾经说“环境气象领军人才必须是能够同时通晓大气物理、大气化学、大气动力三方面的综合性人才”,多年以来,热带所的大气成分研究团队,就是以这种学科理念作为合格工作者的判别标准,坚定信念进行科研攻坚的。

2008年后,珠三角城市群大气成分观测站网逐步投入业务运行以来,进一步推动区域大气成分观测站的规划与建设,观测要素从气溶胶、反应性气体逐步拓展到能见度、温室气体等的观测,站网建设呈现蓬勃发展的势头。为了有效推进相关科研的发展与引领作用,热带所开始建设大气物理与大气化学实验室。

2010年“亚运会”与2011年“大运会”等环境气象服务的需求推动,热带所逐渐建立完善了“珠三角大气成分观测站网数据平台”,并成

功研发了“广州区域的大气成分集成预报系统”,该系统平台集合了珠三角大气成分站网观测数据库、空气质量数值模式产品与大气扩散数值预报产品,具有实时监控、历史回顾、案例统计分析等图表展示等功能,系统于2009年投入业务使用,2011年获得了省局的业务准入。

最近的十年,广东的环境气象以“空前”的规模,以新型城市群复合污染问题为科研突破口,在国家自然科学基金、公益行业专项、国家“973”计划、“863”计划、广东省自然科学基金等近30个国家级与省部级课题的支持下,热带所大气成分研究团队为区域大气污染防治提供了全方位的技术支撑。多项国家级与省部级课题的研究,让团队成员深感任重而道远,周末加班工作学习至深夜已经是家常便饭,汗水与智慧最终结出了丰硕的果实,也引起了国内外同行的广泛关注。

海洋气象研究:筚路蓝缕辟新天

2013年,强台风“尤特”强势登陆广东阳江,带来大风、大雨、大浪。强度堪比2008年“黑格比”,但由于气象预报准确及时,当地提前部署,采取了有力的防御措施,造成的损失比“黑格比”小得多。在这次台风预报中“立头功”的,就是热带所。

2006年以来,在国家科技部、财政部和中国气象局的支持下,热带所不断完善热带海洋气象科学试验基地的基础设施和观测设备,建设了近海边界层垂直观测系统、近海海气通量观测系统、海洋气象和海洋环境要素观测系统。并逐步凝练了以研究不同天气背景下海气界面交换特征,揭示海—陆—气相互作用对台风、海雾等典型海洋气象灾害的影响机制,研发海洋气象预警预测技术为主线的研究目标。

“守得住清贫,耐得住寂寞”,经过海洋气象团队和茂名市气象局7年多不懈努力,试验基地已发展成为华南南海海洋气象综合观测系统的重要组成部分和示范窗口,同时也是气象系统内规模最大、观测项目最齐全的海洋、大气科学研究基地。然而,这个过程可以说得上是千难万险。

在试验基地起步阶段,现场缺水、断电,只能在简易板房内住宿和办公。冬季寒冷、夏日

酷热,工作和生活条件异常艰苦,尤其是海边湿度极大,现场工作人员都不同程度出现了关节痛的症状。由于试验基地位于台风登陆最频繁地区,每当台风季节,试验基地的海军战士都撤到附近渔村避风,但热带所的工作人员依旧坚守岗位,时刻检查设备是否正常运行,时刻向省局报告风速、风向。

海上观测平台建设和维护就更加艰难了。在观测平台上,需要登上平台约1m²的小码头,若是把握不好,可能手还没抓紧栏杆,脚下的船会随着海浪低下去,人往往会掉进海里;稍好一些的,人没掉进海里,划一道伤口或者撞青一块,已经是家常便饭了。

困难没有让勇者低头。研究团队上下一心,集中拿下了国家“973”计划课题“台风登陆过程外场科学试验”,气象行业专项“华南海岸带灾害性天气背景下的海气交换特征与参数化研究”“南海热带云团活动及其强风的监测和预报技术”,国家自然科学基金“近海湍流输送系数和海面空气动力粗糙度参数化方案研究”“海气相互作用对南海热带气旋近海突然加强或减弱的影响”等国家级项目。开展了登陆热带气旋观测试验、登陆热带气旋边界层结构等方面的观测与研究,对改善台风模式边界层参数化方案、海雾预报技术等都有很好的科学价值。目前,海气耦合模式预报产品、海雾预报产品都已准业务化运行,为海洋气象预报提供了较好的科技支撑。

多年来废寝忘食,兢兢业业的热带所科研团队,在数值预报、大气成分、海洋气象的三大研究领域收获颇丰。“我国新一代多尺度气象数值预报系统”获得了2007年度国家科技进步二等奖,广州热带所荣获单位、研究员万齐林为获奖者。“珠三角大气气溶胶辐射特性与灰霾天气的细颗粒物污染本质及输送特征研究”成果获得广东省科学技术奖二等奖。研究员吴克发表的论文《细颗粒物污染形成灰霾天气导致广州地区能见度下降》被评为2011年中国百篇最具影响力国内学术论文。主办的核心期刊《热带气象学报》英文版被列入美国《科学引文索引》的源刊……

而对于广州热带海洋气象研究所的每一个人,那些坚守在祖国一角,守望着热带海洋,满心激情与梦想的科研工作者们,光荣绽放的故事才刚刚开始……