

# NOAA试图引领更深层的模拟合作

■ 贾朋群 薛建军

进入2021年，与NOAA在数值模拟方面相关的两个动作引起气象界的关注：一是3月CCPP最新的5.0版本的推出；二是第二届全链条模拟展示会在4月举办。两个活动具有内在的联系，似乎在提示气象界：我们应该像当初先辈们建站网一样，打牢数值模拟的基础设施，同时借助大数据和AI技术，加快全链条协作模拟能力的提升。

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2021.02.001

2018年，当全球对NOAA（美国海洋和大气管理局）关注的焦点，是其下一代天气预报模式FV3升级的进程时，另外2项学术活动，即最早在NOAA提出，后来NOAA与NCAR联合研发的CCPP（通用物理包）的酝酿和推出，以及NOAA首创的“全链条模拟和展示会<sup>①</sup>”首次在2018年召开。

## 1 CCPP：让NOAA和美国其他机构的模拟系统互通

最早在1950年由查尼等人开展的数值天气模拟试验在美国最先获得成功，之后的70多年在美国的不同机构里开展了天气和气候模拟活动。这些分布在NOAA和其他机构（如，美国高校）持续开展、体量也不断增大的模拟活动，因机构间差异也造成彼此的模式及组件并不兼容，不同机构模拟研究者仅能在学术层面上交流，而将不同机构领先的模拟技术打造成为一个最好的模式，或者说利用各家之长组建模拟的“国家队”模拟平台，大有“且行且远”之态。

为了促进NOAA内外创新型研究快速业务化，在NOAA实施美国天气预报创新法案，研发下一代全球模式的同时，NOAA最早在其国家实验室通过与NCAR等的合作，整合了针对业务预报系统的物理参数和软件框架，即通用物理包（Common Community Physics Package, CCPP）。正是因为CCPP的推出，让美国下一代模式很多细节的开发活动，可以有大量NOAA以外学者通过竞标参与：他们用CCPP兼容的语言、平台和规范，可以与NOAA的下一代模式直接进

行对话，各家数值模式的互通，就此在NOAA的主导下，在美国拉开序幕。

2019年，NOAA和NCAR达成协议备忘录，将合作开发CCPP框架，促进模式和物理参数的互通性，作为两家统一预报系统（UFS）和大气集成模式系统（SIMA）的一部分。这一举动，朝着将各家模拟活动用统一的规范和标准“统一”起来的方向发展。

所谓的“统一”并不是建立适用于所有应用场景的庞大模式系统，而是着力构建允许在不同模式之间交换组件的软件基础结构。这是一项艰巨的任务，涉及模式系统的大多数甚至全部组件，其核心内容之一就是实现跨不同模型的物理参数化的互操作。在NOAA下一代全球预报系统（NGGPS）计划资助下，作为全球模式试验平台（GMTB）工作的一部分，CCPP应运而生。

CCPP项目的概念雏形可追溯自地球系统预测能力（ESPC）物理互操作性研究组<sup>②</sup>的工作设想，随后由NOAA环境模拟中心（EMC）和地球物理流体动力学实验室（GFDL）的研究团队分别对这样的设想进行了完善和发展，结合NOAA模拟活动的要求，CCPP成为实现这一设想，促进天气气候模拟中的“物理创新”的借助平台，该平台用统一的语言，发展物理参数化方案，实现加速模式创新和研究业务化。

从V1.0（2018年4月）到V5.0（2021年3月），CCPP始终提供开源代码并通过GitHub自由分发。其架构主要由包括一个符合特定标准的物理参数库（CCPP-Physics）和一个借助元数据信息和标准化接

资助信息：中国气象局气象软科学项目（2021ZZXM29）

① 活动的原文为General Modeling Meeting and Fair，从活动内容上分析，general一词更多是指NOAA所有直属机构（line office）参与其中。

② 该小组由来自NCAR，美国海军和NOAA等多个研究团体组成，多年以来致力于推动模式中物理参数的互操作性以及在各种宿主模式中运行给定物理套件。

口将物理参数与宿主模式相连的基础框架<sup>①</sup> (CCPP-Framework) 两个部分组成。按照计划, CCPP-Physics由NOAA主导, 它将囊括NOAA当家模式系统——UFS的大气模块中已业务应用和正在开发的物理参数和套件以及NCAR和其他组织(如美国海军)的物理参数。CCPP-Framework则由NOAA和UCAR合作开发。此外, CCPP还提供一单列模式(CCSP SCM)作为诊断物理参数(套件)的性能的重要工具<sup>②</sup> (图1)。

CCPP的跨部门模拟能力的“打通”和融合能力, 将为数值模式系统的物理参数的发展和创新型研究业务化提供敏捷环境。在期望的CCPP生态系统中, CCPP在解决模式组件“兼容性”的基础上不仅提供更加可灵活的跨模式建模方案, 还将搭建创新从研究到业务的转化(R2O)业务到研究的反馈(O2R)的通道, 弥合研究与业务的“脱节”, 推动研究机构创新成果向业务应用转化并在应用中不断改进研究成果。可以预见, 随着CCPP-Physics和CCPP-Framework代码的集合向全世界的用户和研究开发者的提供, 将会提高从业者专注领域的工作效率, 降低参与者的技术门槛, 打开广泛参与的大门, 这些改变将加速模式之间知识的增加, 技术的改进和转移。这也被认为是NOAA下一代全球预测系统成功的关键因素。

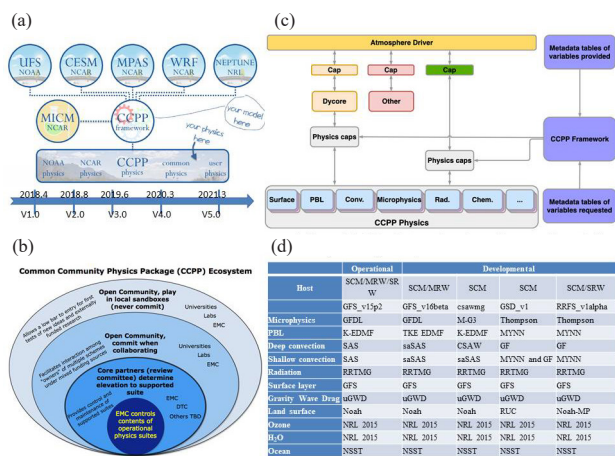


图1 CCPP概念图及已发历史版本(a)、CCPP生态系统示意(b)、CCPP框架与宿主模式示意(c)和CCPP 5.0物理参数套件(d)

## 2 NOAA的全链条模拟活动

与CCPP的“打通”思路一致, 2018年NOAA创

办了首届“全链条模拟和展示会”。如果说CCPP意在联通NOAA以外的模拟技术与资源, 为NOAA打造世界上最先进的模式发力, 那么全链条模拟的提出, 则瞄准了模拟内容上的广度。在全球地球系统模拟的理念逐步在建立的背景下, NOAA携旗下有世界上最宽泛的地球系统机构(包括大气、海洋、生态、渔业等)及相关的模拟团队之优势, 提出全链条模拟的理念, 尽管其中的“general”与实际地球系统中的要素尚有不小的差距, 但对于NOAA而言, 这绝对是其“耦合”更多的与天气气候相关系统的最大范围, 这样的思想, 一方面能让数值预报系统面向更多的延伸应用; 另一方面, 无疑是让大气科学实现“机制+应用”的“双循环”发展的重要方向。

实际上, 我国气象界对NOAA相对知晓较少的领域, 模拟活动也一直在不断发展中。如果说NOAA旗下的国家海洋局(NOS)的模拟平台和基于模式产品提供的服务(图2)很多人相对熟悉的话, 美国渔业局因为与美国就业岗位和经济产值密切相关, 模拟活动开始的时间更早些(图3)。可以试想, 所谓全链

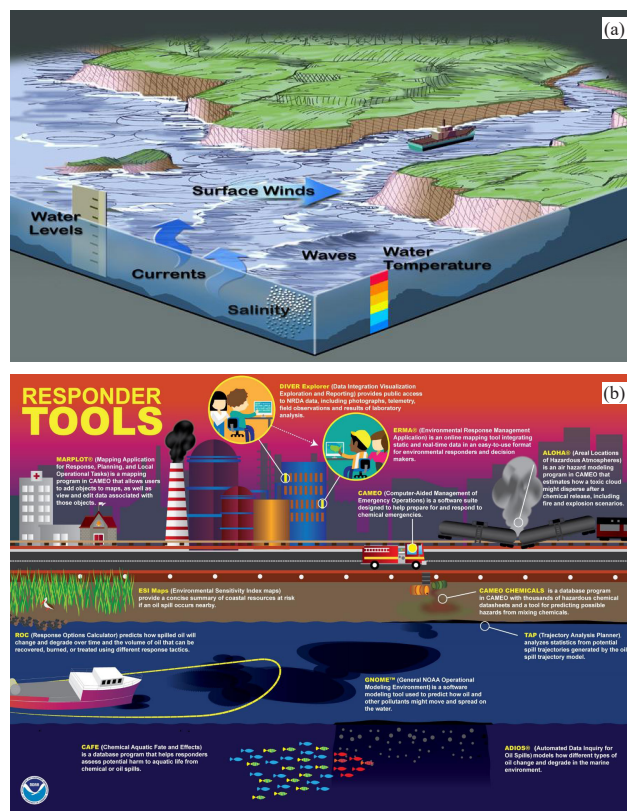


图2 NOS(国家海洋局)业务预报模式框架(a)和提供的服务(b)

① 在运行时, CCPP-Framework用于宿主模式和物理参数之间信息传递, 通过物理参数请求的变量与宿主模式提供的变量的对比和确认来揭示模式在物理和动力过程间信息的传递并阐明物理参数的信息交换。  
② SCM是可以与CCPP Physics 和Framework一起使用的简单宿主模型, 它支持分层测试策略, 利用特定的观测试验数据作强迫, 设定试验环境(controlled setting)针对物理参数(套件)的性能进行诊断或检验新的方案是否正确集成。

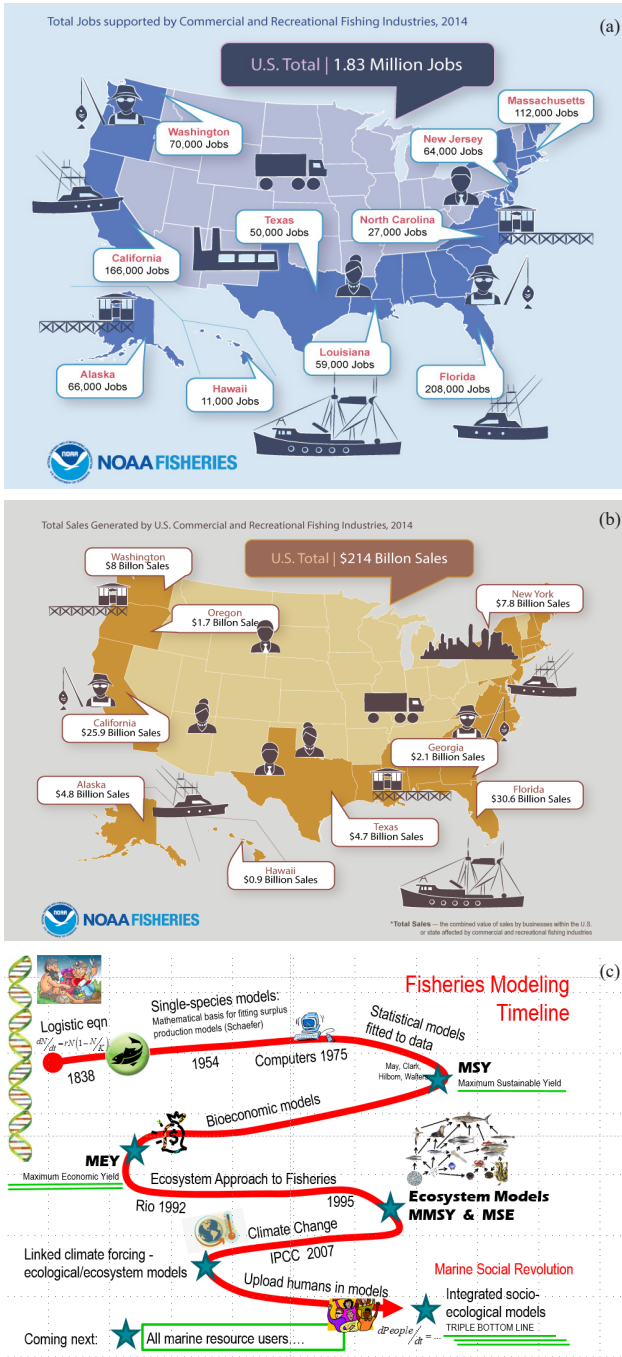


图3 美国渔业局涉及的美国就业岗位 (a) 和产值 (b) 和开展模拟活动的时间表 (c)

条模拟,在NOAA的语境下,或者可以用天气气候串联起更多的要素:沿海航线、沿海生态、有害藻类、海面高度。

实际上,这些模拟活动除了需要在理论上创新和取得突破,用观测基础设施确保模拟活动也是重要一环。三面临海的美国尤其注意沿海和河道的监测

(图4),这里既是模拟的关键区,更是商业活动和基于模拟提供服务的主战场<sup>①</sup>。隶属于美国商务部的NOAA,在这样的优先领域里,肯定要全力促进能力的提升。

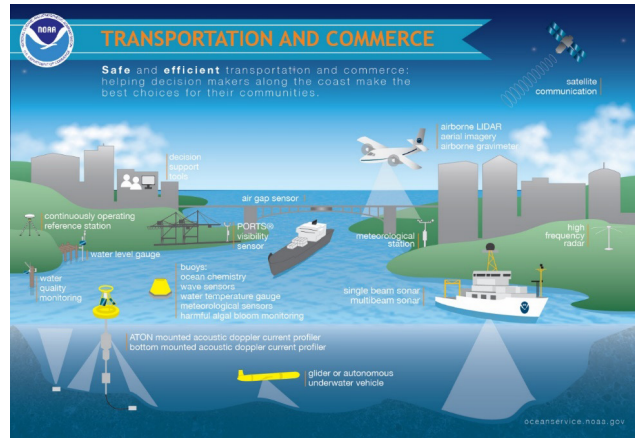


图4 NOAA在沿海、河道部署了多平台监测系统

### 3 小结: 数值模拟需要更高标准的基础设施

如果说主要限于NOAA内部参与的,主要包括海洋、渔业等模拟活动与天气、气候模拟相互融合,提升跨学科模拟与应用能力的全链条模拟和展示会,让NOAA内各机构的模拟活动相互借鉴;那么,CCPP的推出则是在更大的范围里,引领NOAA与学界NWP模式的互通。两个活动含有的common和general,都指向内外“共享”,显然是在强调为了让业务吸纳更多的创新,搭建公用的基础设施。这样做的一个可期结果是,NOAA的预报系统的未来某个升级版,将会是NOAA内部机构、NCAR、高校等众多模式最优秀部分的合成版本,模拟国家队产品就此有了。这一迹象实际上早在FV3引领的业务模式系统升级时就已显现,而CCPP让这个统一模式互操作接口的思想落地。

业内专家普遍认为,人工智能一旦在某个领域击败人类,这种击败就是不可逆转的。这个结论的证据,不仅存在于棋类博弈的实战中,在气象领域也是一样。在很重要的科学内涵上,NWP即是人工智能的天气预报,它在1950年取得成功后,发展了短短10年左右就在整体上超过了预报员的主观预报,并且越来越多地拉大了与预报员预报技巧的差距。本文介绍的CCPP和全链条模拟理念,或许能进一步强化以物理动力为依据的NWP能力并加快走向地球系统模拟。

(作者单位:中国气象局气象干部培训学院)

<sup>①</sup> 美国每年进出港船只所载商品价值1.4万亿美元。目前所有船只都仅依据NOS提供的导航图和水位信息实现安全进出。NOS作为唯一的责任机构,这项服务每年创造价值达24亿美元。