

“十二五”国家重大科技基础设施 地球系统数值模拟装置 工程季报

2021 年第 3 期（总第 12 期）

地球系统数值模拟装置工程办公室

2021 年 9 月

一、工程总体建设进展

2021 年第三季度项目的主要进展包括：合同签订、项目建设、测试进展等。目前硬件全部完成安装和调试，软件方面继续进行技术攻关，核心软硬件系统完成工艺测试工作。具体进展如下：

（一）招标和合同签订工作进展

系统四“全球大气资料同化子系统”完成合同签订工作。

（二）装置建设进展

1、硬件建设进展

2021 年第三季度，面向地球科学的高性能计算系统安装部署完毕全面进入调试运行阶段。调试运行阶段主要包含：硬件资源在各系统间的申请分配、装置系统集群内的管理监控服务的调试、作业调度队列的划分、基于域名的高可用登录服务和网络安全防护系统整体调试等内容。集群自 7 月份以来，超算

主机及配套整体运行稳定，支持了 190+个用户的 17W+个作业的提交运行，保证了验收测试中其他各分系统软件稳定运行。

系统四“支撑数据库和可视化分系统”可视化分系统硬件完成安装调试工作，并完成了硬件指标的测试，全部硬件进入试运行阶段。可视化集群接入核心网，实现了 VPN 远程访问；LED 大屏和球屏显示设备正常运行，支撑装置对外展示接待；虚拟现实设备完成初步安装和调试工作。

2、软件研发部分进展

(1) 各软件系统在关键技术攻关方面取得如下进展：

1) 系统一“地球系统模式数值模拟系统”大气环流模式分系统和海洋环流模式分系统分别通过 20 万核和整机 DCU 测试，相对于 2 万核测试结果，大气环流模式 20 万核取得 45.6%的并行效率。

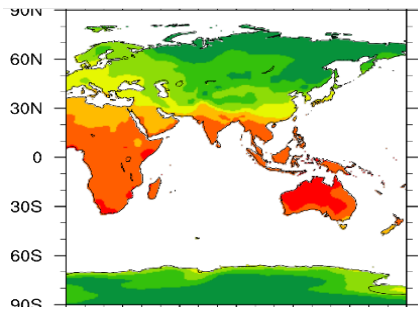
```
***** END OF MODEL RUN *****
(seq_mct_drv): ===== SUCCESSFUL TERMINATION OF CPL7-CCSM =====
(seq_mct_drv): ===== at YMD,TOD = 10104 0 =====
(seq_mct_drv): ===== # simulated days (this run) = 3.000 =====
(seq_mct_drv): ===== compute time (hrs) = 0.327 =====
(seq_mct_drv): ===== # simulated years / cnp-day = 0.660 =====
(seq_mct_drv): ===== pes min memory highwater (MB) 371.875 =====
(seq_mct_drv): ===== pes max memory highwater (MB) 1311.632 =====
(seq_mct_drv): ===== pes min memory last usage (MB) 2775.978 =====
(seq_mct_drv): ===== pes max memory last usage (MB) 4420.907 =====
```

大气模式 2 万核运行速度

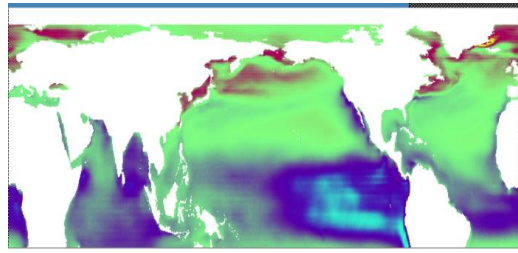
```
***** END OF MODEL RUN *****
(seq_mct_drv): ===== SUCCESSFUL TERMINATION OF CPL7-CCSM =====
(seq_mct_drv): ===== at YMD,TOD = 10104 0 =====
(seq_mct_drv): ===== # simulated days (this run) = 3.000 =====
(seq_mct_drv): ===== compute time (hrs) = 0.072 =====
(seq_mct_drv): ===== # simulated years / cnp-day = 2.358 =====
(seq_mct_drv): ===== pes min memory highwater (MB) 1185.349 =====
(seq_mct_drv): ===== pes max memory highwater (MB) 3579.371 =====
(seq_mct_drv): ===== pes min memory last usage (MB) 3715.740 =====
(seq_mct_drv): ===== pes max memory last usage (MB) 6968.990 =====
```

大气模式 20 万核运行速度

发展了全球分辨率 5 km 的植被动力学模式分系统，进行了初步积分试验，模拟结果合理。发展了 50 km 水平分辨率海洋生物地球化学模式，水平分辨率海洋生化模式达到 32 模式年。

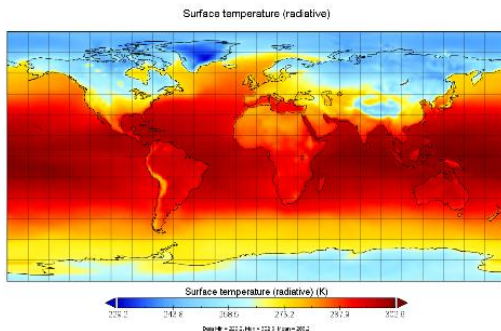


植被动力学模式模拟结果

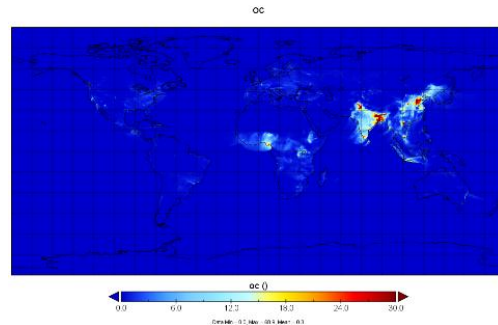


海洋生化模式模拟结果

实现了 25 km 高分辨率气溶胶和大气化学模式与大气环流模式的耦合，能准确模拟大气各类气溶胶组分的浓度。



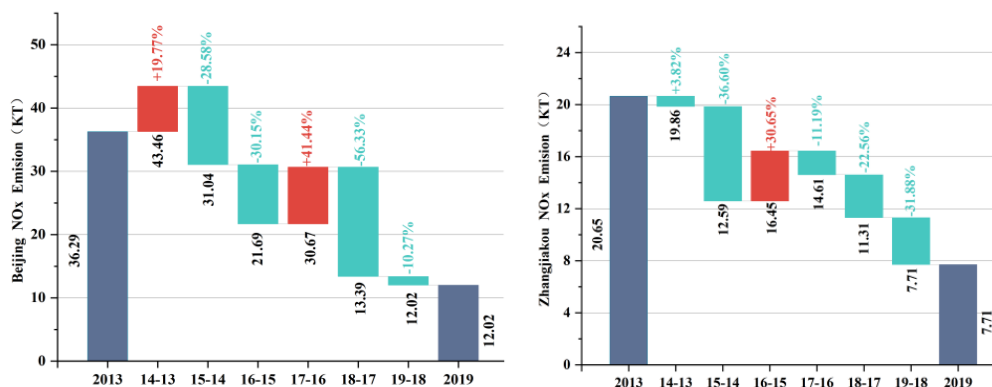
地表气温模拟结果



有机碳 OC 模拟结果

2) 系统二“区域高精度环境模拟系统”的区域云可分辨天气预报模式分系统完成了预报时效为 8 天、覆盖中国及周边区域的变网格全球和区域非静力高分辨率数值模式预报系统的构建和业务化。对云分辨尺度集合预报系统进行优化，进一步提高了运行效率，改进了多物理参数化方案配置。针对集合预报的确定性预报成员，利用常规地面、探空和自动站观测数据进行客观分析，为模式四维同化 Nudging 提供观测数据。区域高精度大气污染模式分系统对 miniODE(基于向前欧拉公式法的

ODE 求解器)和 Rosenbrock 求解器做了技术改进，开发了 DCU 版本的 Rosenbrock 求解器。对大气污染模式读取部分代码进行优化，将模式数据输出方式改为异步的 nc 格式数据输出，数据读写瓶颈消除，提高了程序的运行效率。完成了冬奥会同期的常规污染物的源解析代码的测试优化工作，采用自主同化反演技术反演了冬奥会同期常规污染物的排放量。区域高精度环境模拟系统参与了 2021 年 7 月 1 日重要活动、先导专项预科学试验的气象预报保障和第十四届全国运动会的空气质量保障，取得了良好的效果。

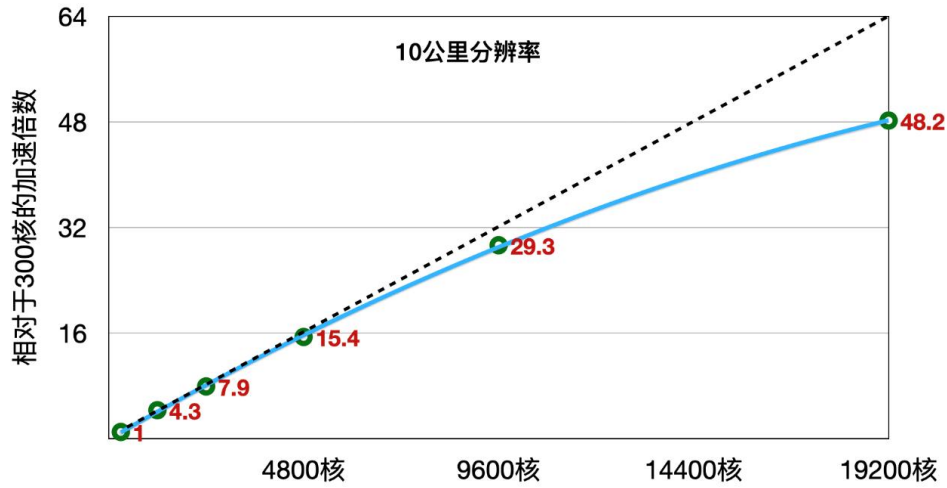


利用区域高精度大气污染模拟分系统反演了北京市和张家口市 2013-2019 年冬奥时段（2 月）的氮氧化物排放量

3) 系统三“超级模拟支撑与管理”试运行期间系统运行状态稳定，各功能模块运行稳定，系统响应速度良好，计算结果正确，满足试运行要求，具备进一步开展业务运行的能力。

使用算子库构建的全球海洋模式 Licom3，19200 核相比于

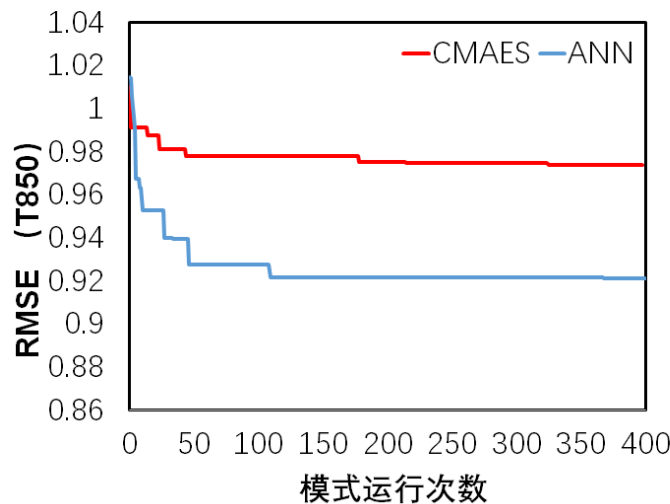
300 核加速 48.2 倍，并行效率 75%，墙钟时间 1 天积分 4 年，远超过 30%并行效率、1 天积分 2 年的设计指标。



算子库并行效率

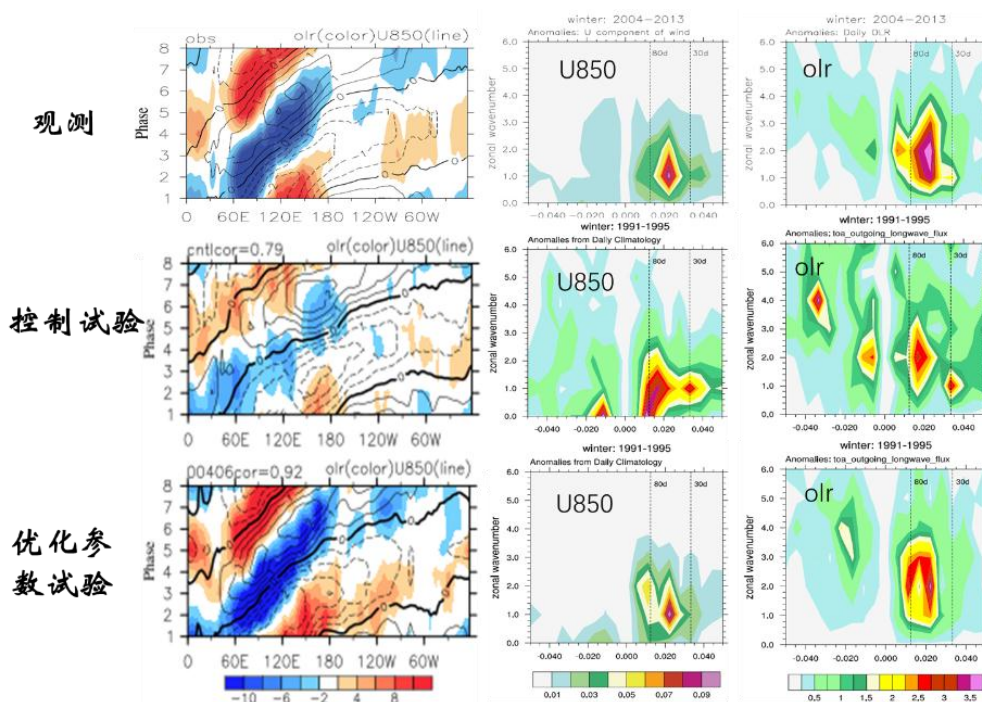
针对多维的不确定性参数，实现了高效自动化的参数优化流程，显著提升模式模拟能力。例如，利用系统改进的 ANN 代理模式对地球系统模式进行参数寻优，提升模式参数调优性能。

模式参数调优性能结果



ANN 代理模式提升对地球系统模式进行参数寻优的性能

通过采样、敏感性分析、参数优化等技术对参数进行不确定性估计，提升了模式模拟能力。



22

参数估计提升 MJO 模拟能力

4) 系统四“支撑数据库和资料同化及可视化系统”中“支撑数据库分系统”开展关键功能模块研发与技术方案实现，并搭建测试环境、上传测试数据、开展分系统软件测试。支撑门户子系统完成了数据服务 API、个性化服务功能的实现及单元测试；海量数据管理子系统进行管理服务功能、运行管理功能的研发与测试迭代，包括访问日志管理、接口监控统计、存储监控统计等功能点；高分辨率遥感数据处理子系统开展深度学习遥感大数据信息提取功能、遥感大数据业务流程管理与数据处理服务

功能研发，实现了图像融合和图像嵌套功能、多光谱图像的 RESIZE 算法、全色与多光谱图像拟合算法。



遥感数据收集与预处理

用户评价 [API](#) 服务记录

API	URL	格式	HTTP
获取总门户统计信息 getTotalPortalInf	http://10.0.90.225:8080/api/TotalPortalStatisticsInf	JSON	GET
获取子门户统计信息 getPortalInf	http://10.0.90.225:8080/api/PortalStatisticsInf?projectId=projectId	JSON	GET
获取元数据 sdoMetadata	http://10.0.90.225:8080/api/sdoMetadata/resourceId	JSON	GET
获取文件元数据 fileMetadata	http://10.0.90.225:8080/api/fileMetadata/fileId	JSON	GET
通过resourceId获取文件列表 getFileListByResourceId	http://10.0.90.225:8080/api/getFileListByResourceId?resourceId=resourceId&pageNum=10¤tPage=1	JSON	GET
文件单个下载 downloadOneFile	http://10.0.90.225:8080/api/downloadOneFile?id=fileId&resourceId=resourceId	文件	GET
文件批量下载 downloadFiles	http://10.0.90.225:8080/api/downloadFiles?listId=fileId1,fileId2,fileId3&resourceId=resourceId	文件	GET

门户子系统 API 检索功能

“可视化分系统”完成了可视化分系统软件功能模块的开发，在可视化集群上进行软件基础环境的安装和可视化分系统软件

的部署，并开始开展测试工作。同时，完成了虚拟现实应用的设计与研发。本季度重点开展了地图映射组件库、渲染组件库、可视化引擎、交互式大屏可视化工具、交互式球屏可视化工具、虚拟现实可视化工具的研发，实现了包围盒及凸包、特征数据检索、投影图像映射变换、动画输出、种子点智能生成等功能。

（三）测试进展

自7月份以来，核心软硬件系统一“地球系统模式数值模拟系统”、系统二“区域高精度环境模拟系统”、系统三“超级模拟支撑与管理系统”、系统四“支撑数据库和资料同化及可视化系统”以及系统五“面向地球科学的高性能计算系统”进入边调试边运行阶段。经过一个多月的自测试，2021年8月底前上述各系统完成了分系统、子系统工程自测试，并分别于9月13日、9月10日、9月18日、9月15日、9月9日组织了分系统、子系统工程测试专家评审会，来自各相关领域的专家通过现场审阅资料、现场测试，一致同意上述系统的分系统、子系统完成了初步设计要求的建设内容，通过了测试大纲的全部测试项目，技术指标满足验收指标，通过工艺测试。



(四) 档案进展

先后组织对建安工程的施工总包、分包、监理、管理公司资料员进行培训，检查基建施工、监理、管理公司档案。7月25-26日，邀请中科院内档案专家对大装置建安工程档案进行检查，形成专家意见，各单位根据专家意见进行全面整改，为后期装置正式验收奠定基础。



二、依托“地球系统数值模拟装置”，大气所作为首批数据合作单位参加全球数字经济大会—数据价值与服务论坛

8月3日，2021全球数字经济大会—数据价值与服务论坛在国家会议中心（北京）举办。此次论坛以“激活数据价值、服务数字经济”为主题，论坛围绕数据价值与服务发展新道路、新理论、新规则等内容展开，将科技数据纳入大数据交易市场。大气所作为科技数据的代表，加入北京国际大数据交易平台，是推动行业数据标准化的新探索，更是积极推动北京打造全球数字经济标杆城市的重要抓手。

作为科技数据代表的中国科学院大气物理研究所，成为北京国际大数据交易所首批数据合作单位参加入场发布签约仪式。未来，大气所将以地球系统数值模拟装置为依托，以数据推动产、学、研、用融合，促进形成气象大数据应用标准，构建“大装置+大数据”、“AI+研发”的新生态。

（责编：张木兰，核签：曹军骥、朱江）

报送：国家发改委高技术司，教育部科学技术司，北京市怀柔科学城专项办，北京市发改委，怀柔科学城管委会，密云区政府，中科院条财局，中科院北京科创中心专项办，北京综合研究中心，地球系统数值模拟装置科学技术委员会。

中科院大气物理研究所怀柔科学城办公室

2021年9月