

“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 4 期（总第 13 期）

地球系统数值模拟装置工程办公室

2021 年 12 月

一、工程总体建设进展

2021 年第四季度项目的主要进展包括：招标工作、项目建设等。目前新增招标内容已发标，硬件全面进入调试运行阶段，软件方面继续进行技术攻关，各系统逐步开展联调联试，召开了装置科技委第三次会议。具体进展如下：

（一）招标工作进展

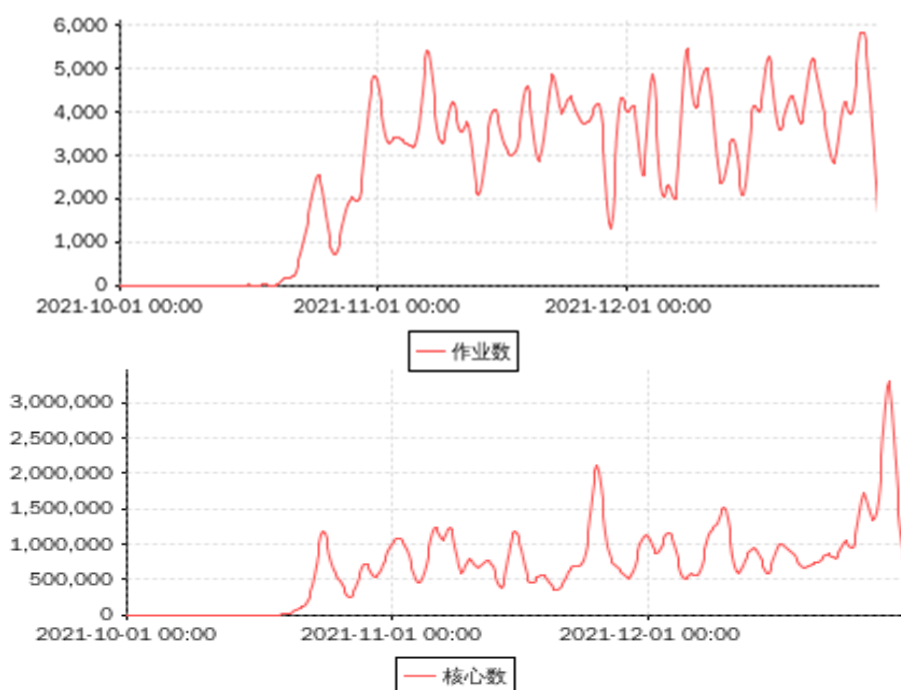
基于联调联试出现的问题，经过专家论证、工程经理部审议，系统 5 新增高性能存储系统和综合运维管理系统建设内容。目前已经编制完成招标文件，已于 12 月底发标。

（二）装置建设进展

1、硬件建设进展

2021 年第四季度，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。其中 10 月 1 日至 10 月 20 日由于基础设施管路改造，高性能计算系统停机，10 月 20 日开机提

供服务以来，系统共运行了 218 个用户的 244506 个作业，消耗 CPU 机时 164, 251, 436. 0090 核*时，消耗 DCU 机时 76, 727. 4542 卡*时。



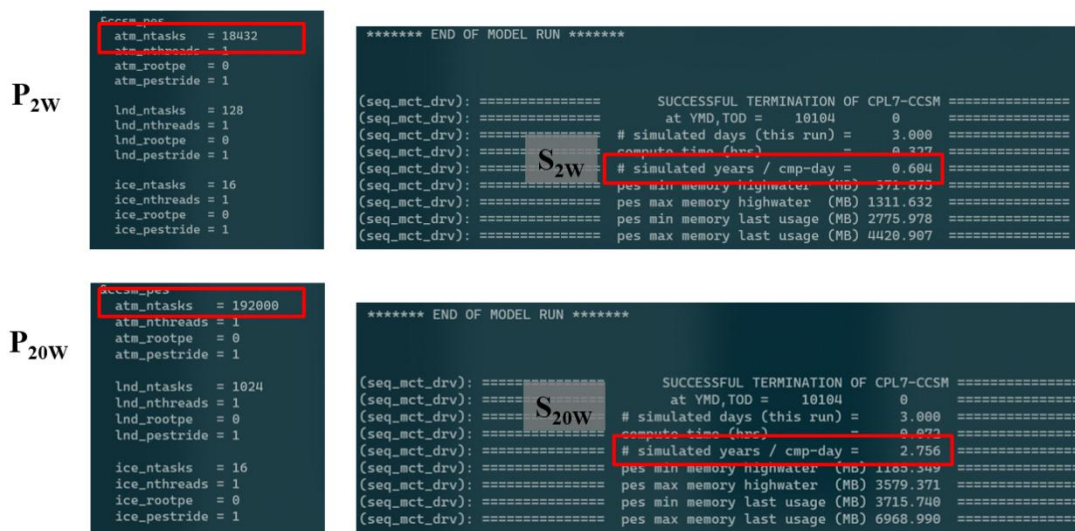
系统四“支撑数据库和可视化分系统”中，可视化分系统硬件完成试运行，试运行期间硬件系统及部署在硬件系统的应用软件运行稳定，支撑了装置内外的宣传和科普工作，并于 11 月 19 日通过了可视化分系统硬件试运行及验收评审会。

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”完成了大气环流模式在地球模拟装置上的全机测试。在基于海光芯片的超级计算机上，耦合的高分辨率（25KM）大气环流模式模式可实现

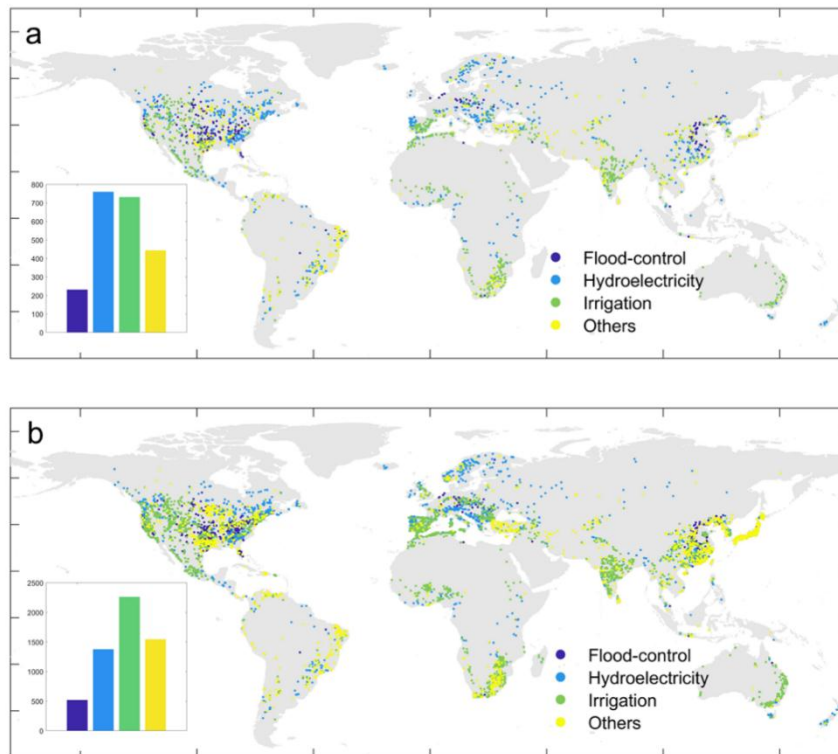
全机（3200 节点，单节点 64 CPU 核）稳定运行，并行效率达到 45.6%。中等分辨率（140 km）模式离线运行速度 10 模式年/天，高分辨率（25 km）模式离线运行速度 4 模式年/天。



大

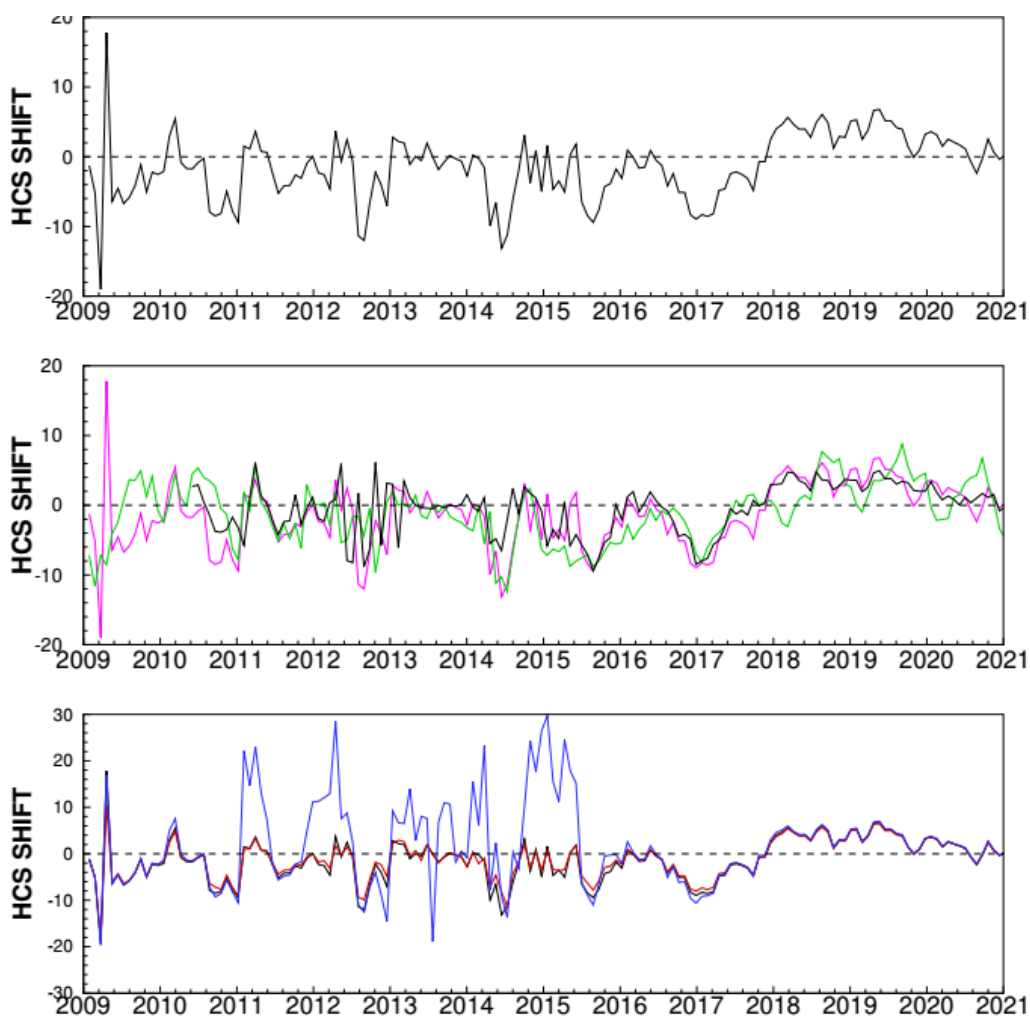
大气环流模式的全机性能测试结果

完成了全球水库和大坝数据库 GRand 与陆面过程模式分系统河道径流模块 CaMa-Flood 的河网数据的匹配工作。通过判断水库格点是否位于河网中，以及水库在河网中的集水面积是否接近实际集水面积，识别了水库在不同分辨率河网数据中的位置。基于全球水库水面面积数据 GRSAD、全球水库形状数据集 ReGeom 以及 Cama-Flood 河道自然流量模拟值，识别了每个水库的特征库容和特征流量等重要水库参数。不同分辨率下（15min 和 3min）所识别的水库分布如下图所示，其中所识别的水库数分别为 2167 个和 5715 个。



15min (a) 和 3min (b) 河网分辨率下的水库全球分布及用途

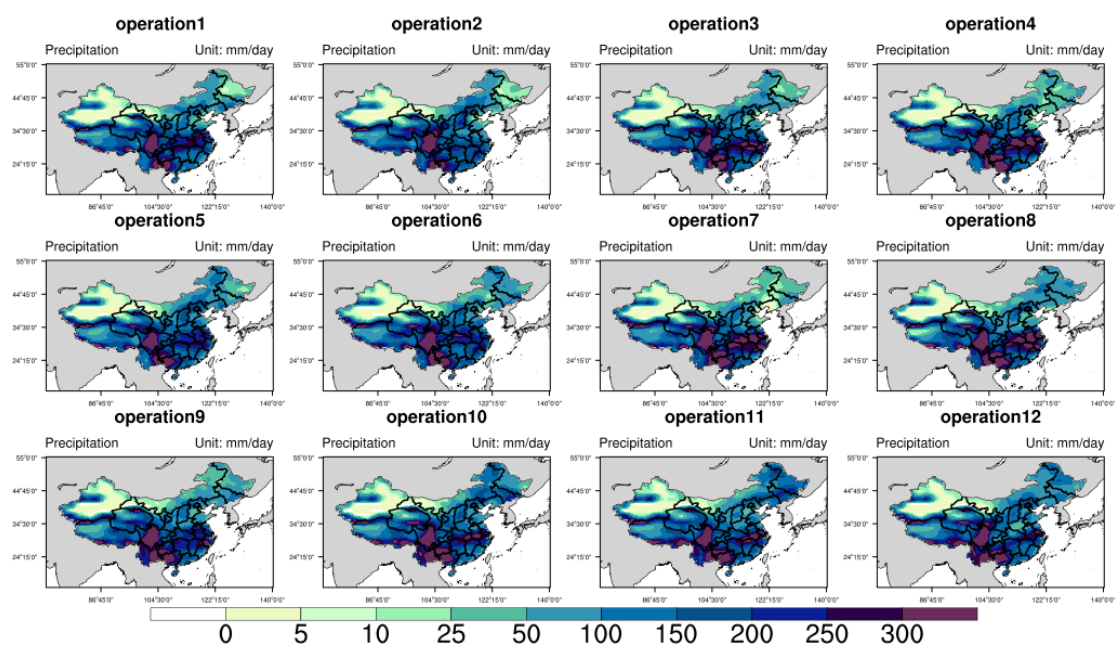
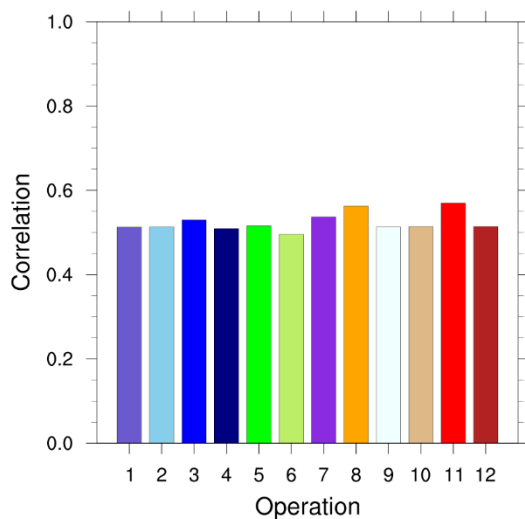
利用日地空间环境模式，对 2018-2020 年日球电流片移动的情况进行了分析，发现日球电流片近百年来首次出现了北移的现象。结合行星际卫星探测数据，对电流片北移发生的时间和程度做了系统研究。



日球电流片移动情况的分析

利用大气、海洋、海冰、陆面耦合模式，开展参数优化及敏感性数值模拟试验，通过相关系数的分析，比较了不同的低云阈值参数对我国将降水模拟的影响。

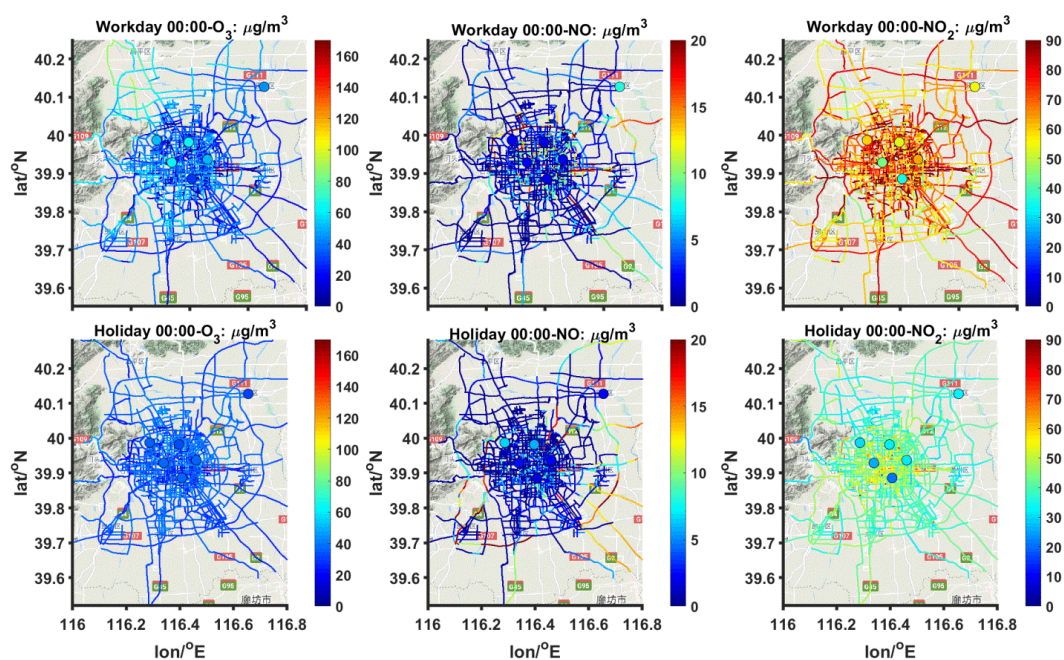
Correlation of precipitation for zmh_cloud_u00l in China



耦合模式低云阈值参数的敏感性试验

2) 系统二“区域高精度环境模拟系统”的区域高精度大气污染模式分系统完成了对流层臭氧模拟方案的编写，获得对流层臭氧模拟方案在我国的模拟能力，发展了全球-区域-城市群-

街区多尺度臭氧数值模拟系统，完善了气溶胶混合状态及其光学属性模拟方案，优化了点源和机动车排放污染物在大气中演变的数值能力，计算效率提升显著。模拟合理再现了全球区域臭氧和气溶胶的分布特征，特别是提升了城市\街区臭氧及其前体物演变规律的模拟效果。



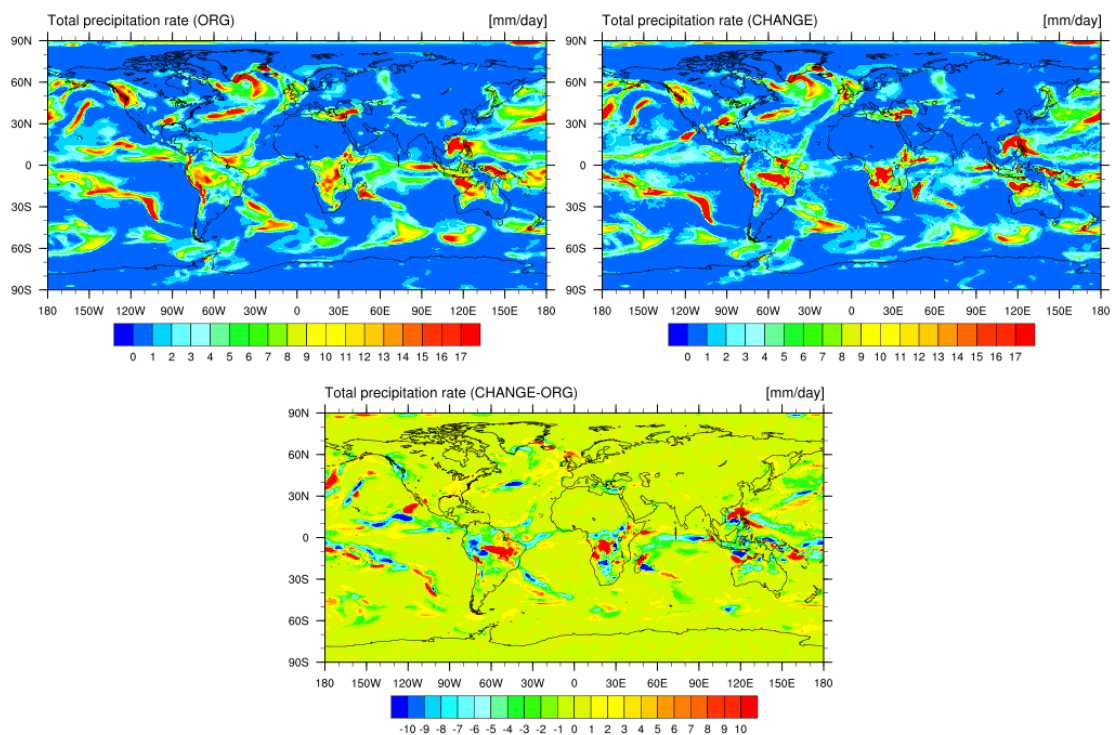
区域高精度大气污染模式分系统对北京市臭氧及其前体物街区尺度的模拟结果

区域云可分辨率天气预报模式分系统对微物理参数化方案、行星边界层参数化方案和陆面模式进行了优化配置，测试了随机动能后向散射(SKEB)和物理倾向随机扰动(SPPT)的随机扰动方案，有效提高了暴雨中低层风速、温度的离散度以及强降水中心的模拟。

区域高精度长期气候风险模拟分系统针对东亚区域的气温和降水长期气候变化，建立了统计降尺度预估模型，实现了在不同背景下东亚区域站点气温和降水的气候变化预估结果分析能力，将低分辨率的气候系统模式模拟和预估数据降尺度到 25 公里以下，并采用分位数映射方法进一步将 25 公里气候系统模式模拟和预估数据提高到 3 公里。

3) 系统三“超级模拟支撑与管理系统”与其他系统进行联调测试，主要是应用参数调优工具对地球系统模式 CAS-ESM 中的参数进行调优；将算子库、并行输入/输出、耦合器 C-Coupler、物理参数化方案库应用到地球系统模式 CAS-ESM 中，并行输入/输出亦可应用于区域模式；同时用评估诊断分析工具对地球系统模式 CAS-ESM 进行诊断评估。

物理参数化方案库可应用于地球系统模式 CAS-ESM 中。将物理参数化方案库的对流参数化方案、云微物理参数方案接入地球系统模式 CAS-ESM 并进行相关的数值积分试验，CAS-ESM 接入物理参数化方案库的参数化方案后，模式积分运行正常。



CAS-ESM 接入方案库后积分运行第 6 天全球日降水量及差异（左上）原始参数化方案日降水（右上）接入物理方案库参数化方案后的日降水（下）引入物理方案库与原始方案之差

应用诊断分析工具对 CAS-ESM 2.0 模式数据进行诊断评估，计算多种大气海洋指标，并与再分析资料和其他 CMIP6 模式进行对比。诊断分析工具集采用命令行式运行方法，用户在配置文件中简单选择需要诊断的模式和诊断指标，即可一键式运行诊断分析工具，得到丰富的诊断分析结果，提升了诊断评估工具的可用性和易用性。

```
#####
#                               User's configuration file                               #
#####
...

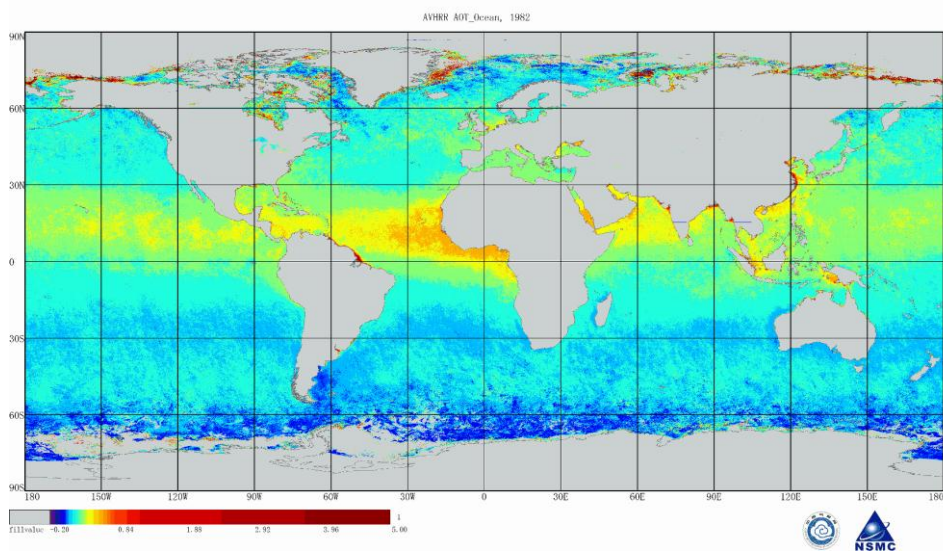
[diag_task]
all_diag           = 0
preprocess_tas     = 0
eof_model          = 0
pc_model           = 0
eof_obs            = 0
pc_obs             = 0
base_plot          = 1
rmp                = 0
time_series        = 1
diagnose_spatial  = 1
temperature_index  = 1
precipitation_index = 1
gph_200            = 1
gph_500            = 1
gph_850            = 1
amo                = 0
tnasst             = 0
monsoon_index      = 1
```

```
(tsuESMtool) [dairufeng@...14 tsuESMtool]$ python main.py config/config_
for_test/userconfig_amo.conf
2021-12-29 23:24:39,817 UTC [5434] INFO
=====
                    TSU-ESM-TOOL
                    地球系统模式诊断工具v1.0
                    ESM Diagnose Tool v1.0
=====
2021-12-29 23:24:39,817 UTC [5434] INFO Using config file config/config_
for_test/userconfig_amo.conf
2021-12-29 23:24:39,818 UTC [5434] INFO Writing program log files to:
/mnt/datal/DATA/ESM_DATA/workdir/task_20211229_232439/work/main.log
/mnt/datal/DATA/ESM_DATA/workdir/task_20211229_232439/work/main_...
2021-12-29 23:24:39,818 UTC [5434] INFO
-----
2021-12-29 23:24:39,818 UTC [5434] INFO WORKDIR = /mnt/datal/DATA/ES
M_DATA/workdir/task_20211229_232439/work
2021-12-29 23:24:39,818 UTC [5434] INFO DATADIR = /mnt/datal/DATA/ES
M_DATA/workdir/task_20211229_232439/data
2021-12-29 23:24:39,818 UTC [5434] INFO PLOTDIR = /mnt/datal/DATA/ES
```

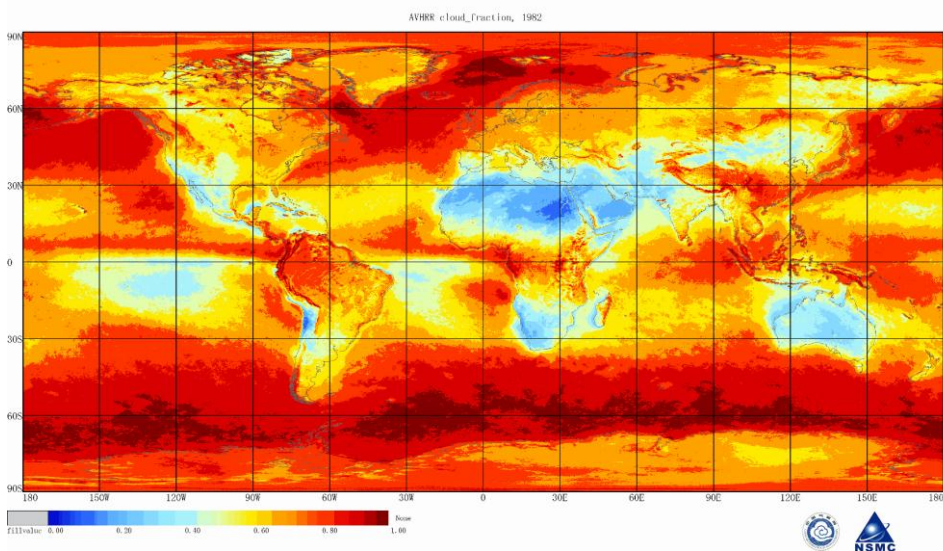
诊断分析工具配置文件（左）和一键式运行界面（右）

不确定性分析子系统对 CAS-ESM 地球系统模式指定参数进行 MORRIS 参数筛选。调用 CAS-ESM 地球系统模式，对用户所输入的所有的不确定性参数进行 MORRIS 全局敏感性分析，进行静态筛选，筛选出敏感参数作为优化功能的待优化参数，同时对 CAS-ESM 地球系统模式指定参数进行单纯形下山法进行参数优化。

4) 系统四“支撑数据库和资料同化及可视化系统”中“资料同化（区域、陆面和大气化学）、观测系统模拟实验、卫星关键数反演及数据融合分系统”基于 AVHRR，对三十年的卫星长时间序列资料进行再定标，获得一致性可靠的一级数据，并利用其反演得到云、气溶胶、大气可降水量等对天气和气候有重要影响的大气关键参数产品。目前已经完成了 1982-2015 年超过 30 年的陆地气溶胶、海洋气溶胶产品以及全球云量产品。



1982 年海洋气溶胶



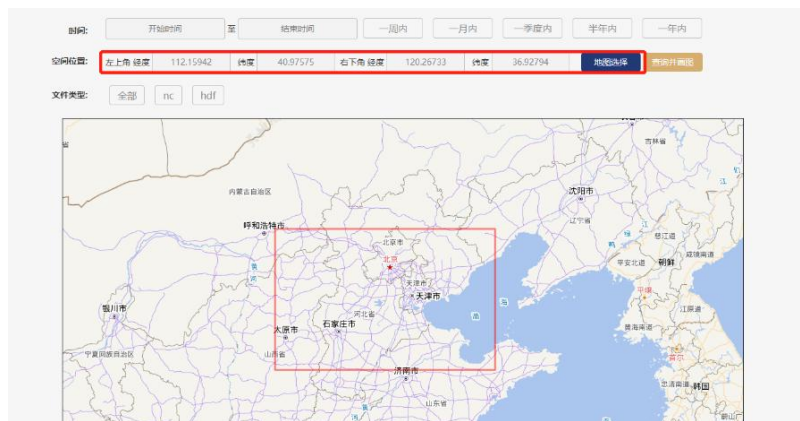
1982 年全球云量分布

系统四“支撑数据库分系统”和“可视化分系统”开展测试工作，于 11 月 29 日通过了工艺测试专家评审。“支撑数据库分系统”对网盘管理的重命名功能、新建目录或新建文件夹时对特殊字符的支持功能、FTP 客户端连接功能、文件夹获取路径接口

等进行了优化设计和升级研发。支撑门户子系统完成了数据服务 API、个性化服务功能的优化；海量数据管理子系统完成管理服务功能、运行管理功能的优化；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研发，增加了深度学习训练样本，优化了深度学习模型；全球基础数据系统增加了部分数据产品。

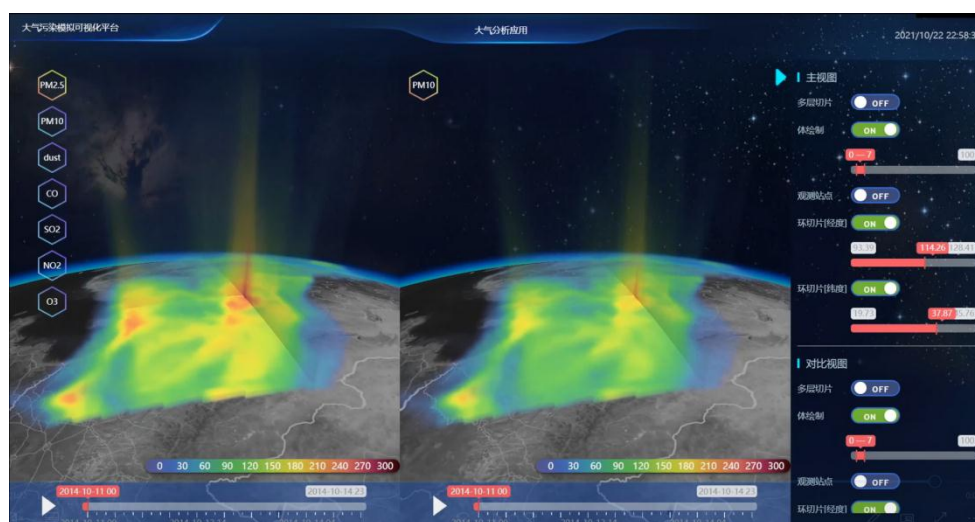


网盘管理



地图检索管理

“可视化分系统”扩展和优化了软件的并行可视化相关模块，支持异构计算环境下亿级网格和亿级粒子的实时交互式可视化。对区域污染模式数据的时空可视分析应用进行了升级，包括新增根据数据维度信息自动生成对比视图的功能，采用数据预加载方式提升绘制效率，通过动态计算分辨率和长宽比加强对不同分辨率下的自适应显示支持。



面向区域污染模式数据的时空可视分析应用

系统四“全球大气资料同化子系统”完成设计实现并优化部分功能模块，另外对国产掩星弯角资料和国产自主卫星风云资料进行了格式分析和处理。目前在装置上框架程序的调试、编译和运行等工作进展顺利，已经完成从2021年6月15日12时次到2021年12月30日12时次的全球大气资料同化分析，试验结果表明基本运算结果正确，框架程序的主要功能和性能满足合同大部分功能和性能指标。

(三) 预算执行

2021 年度到位中央预算 2.3 亿元，北京市预算 0.5 亿元，可用资金 2.8 亿元。2021 年底中央预算执行率 100%，北京市预算执行率 95%。

(四) 管理办法进展

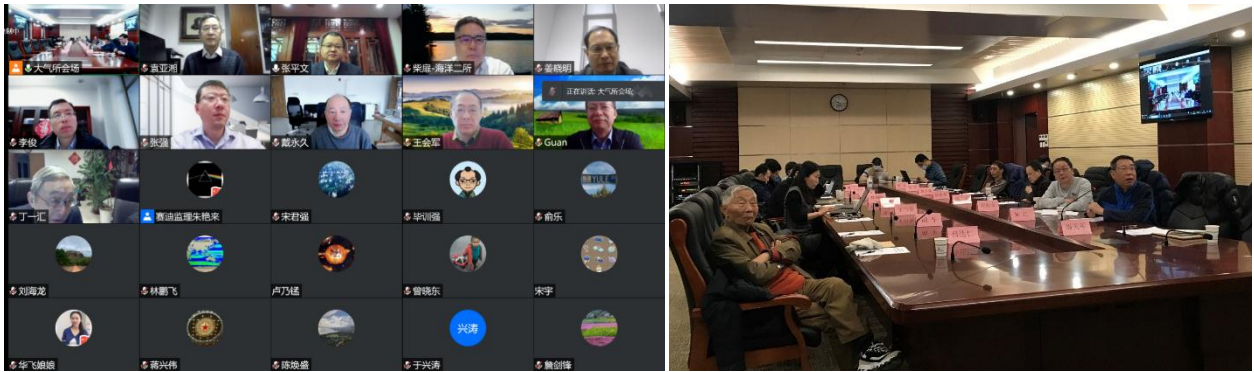
为推动大装置园区尽快集聚“人气”“科研气”，制定《大气所激励职工前往怀柔科学城(密云园区)的工作办法(试行)》(气发[2021]51号)，统计赴密云园区工作人员及需求，分别从交通、办公、住房等多方面着手，做好密云园区保障工作。

(五) 召开装置科学技术委员会第三次会议暨 2021 年度建设研讨会

装置试运行半年有余，为下一步开展装置联调联试、发改委顺利验收及正式运行后用户使用，12月9日，召开装置科学技术委员会第三次会议暨 2021 年度建设研讨会。科学技术委员会委员，大气所和清华大学装置项目组成员等 70 余人通过线上和线下参加了本次会议。

项目组分别从装置总体建设进展、新增综合运维管理系统和存储性能优化建设内容、下一步装置运维及开放共享机制等方面进行了汇报。科技委专家对工程建设进展以及装置管理方

面的工作给予了充分肯定，认为运维管理平台对装置系统在运行期间发挥好服务作用很重要，新增内容预期会对 I/O 等性能会有很大的提升，一致同意运行及性能优化方案，并提出后续需进一步强化并行计算能力，建议邀请国内优势团队对该问题进行重点攻关；提出在装置验收过程中要提炼一般模式无法替代的大功能，做好地球系统模式圈层之间相互作用对气候变率影响的检验；要强化装置在重大基础突破方面的作用，突出我们模式的特点，加强地球系统和空间系统在物理和探测上的联结；加强大设施之间的交流，服务当前国家战略和地方产业需求；成立数据发展部，将我国自主的气象、海洋卫星数据利用好，成为国家重大战略问题的智库，支撑国家相关政策的制定；将我国自主开发的其他模式也引入大装置，充分发挥未来用户委员会的作用，形成研究一体化团队，从而支撑大装置重大成果产出；利用装置成果展示开展科普宣传等。



科学技术委员会第三次会议暨 2021 年度建设研讨会

二、迎接国家审计署审查

12 月 14-15 日，国家审计署科学技术审计局审计专家江显华副局长、唐凤乾副处长到大气所密云园区实地审查，通过现场考察、项目审批文件、前期文件、招投标资料、合同资料、项目相关决策文件/管理文件/工程简报/会议纪要/变更报批等管理资料、财务电子账/凭证资料、监理资料以及验收资料审查后，对地模装置的管理工作给予肯定。



国家审计署科学技术审计局审查现场

(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，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12月
