

“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

2022 年第 1 期（总第 14 期）

地球系统数值模拟装置工程办公室

2022 年 3 月

一、工程总体建设进展

2022 年第一季度项目的主要进展包括：招标工作、项目建设等。目前系统五新增内容已完成招标和合同签订，硬件调试运行，软件方面开展联调联试，并顺利通过装置工艺验收。具体进展如下：

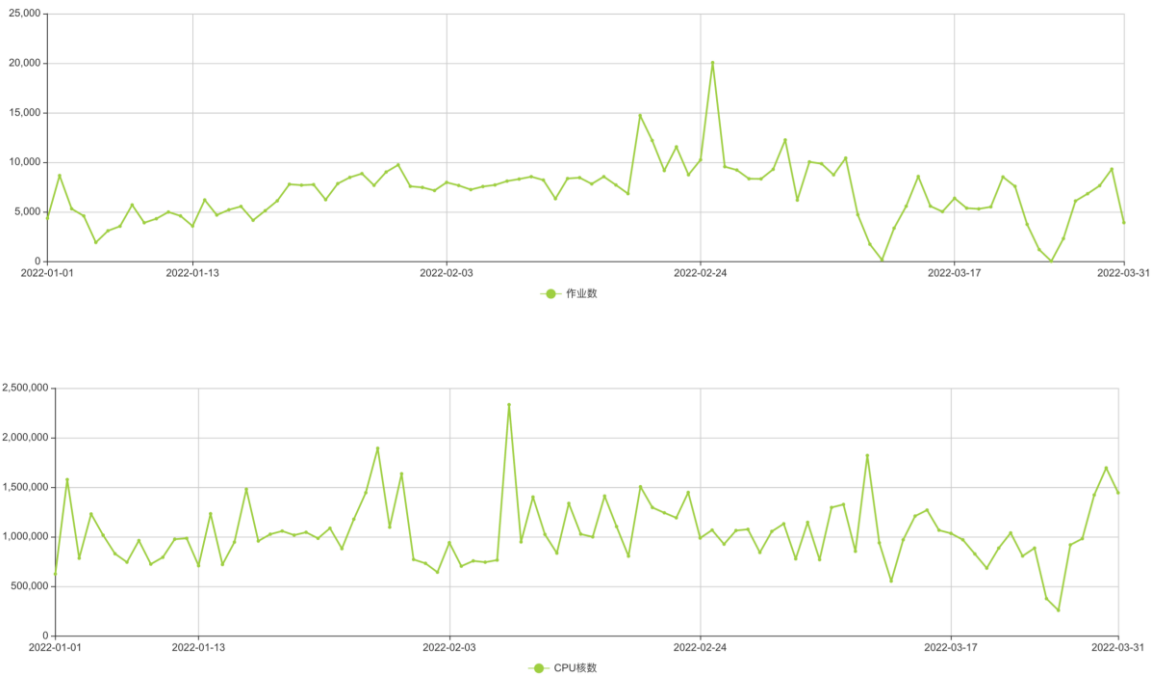
（一）招标工作进展

系统五“高性能存储系统和综合运维管理系统”完成招标和合同签订工作。

（二）装置建设进展

1、硬件建设进展

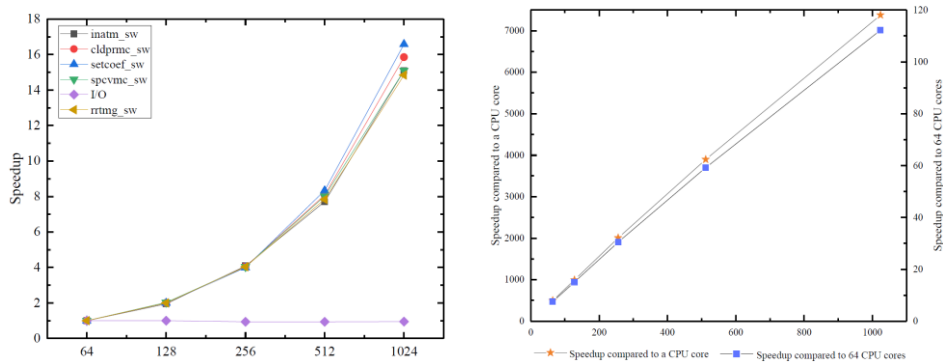
2022 年第一季度，面向地球科学的高性能计算系统继续调试运行阶段。连续正常运行 90 天。系统共运行了 229 个用户的 626,458 个作业，消耗 CPU 机时 224,655,091.4133 核*时，消耗 DCU 卡*时 189,104.4111 卡*时。



可视化分系统硬件稳定运行，支撑装置内外宣传与科普工作。

2、软件研发部分进展

(1) 系统一“地球系统模式数值模拟系统”于3月31日通过合同初步验收专家评审会。完成了大气环流模式短波辐射模块 DCU 版本大规模并行可扩展性测试实验，模拟时长为 5 模式年/天，并跟在 GPU 上的计算性能进行了比较与分析。



短波辐射模块 DCU 异构加速效果（左）和大气模式整体加速效果（右）

陆面过程模式分系统完成基于防洪和需水调度目的的水库调度方案，完成针对 0.25 度分辨率的耦合水库调度方案的河道径流模式 CaMa-Flood 对全球站点径流模拟的评估工作，全球大部分站点的径流模拟效果显著提升。

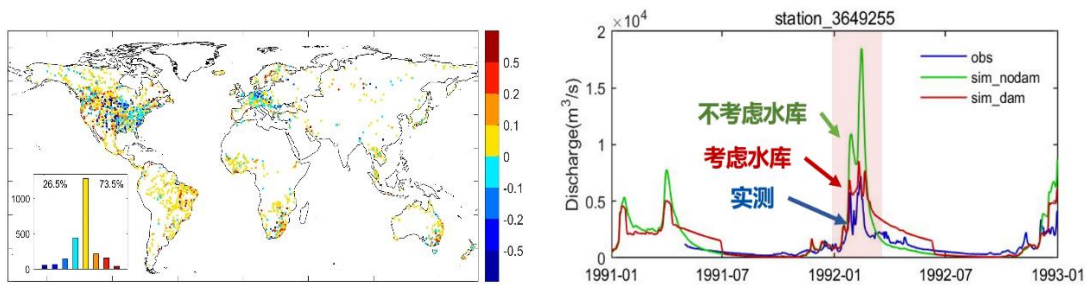
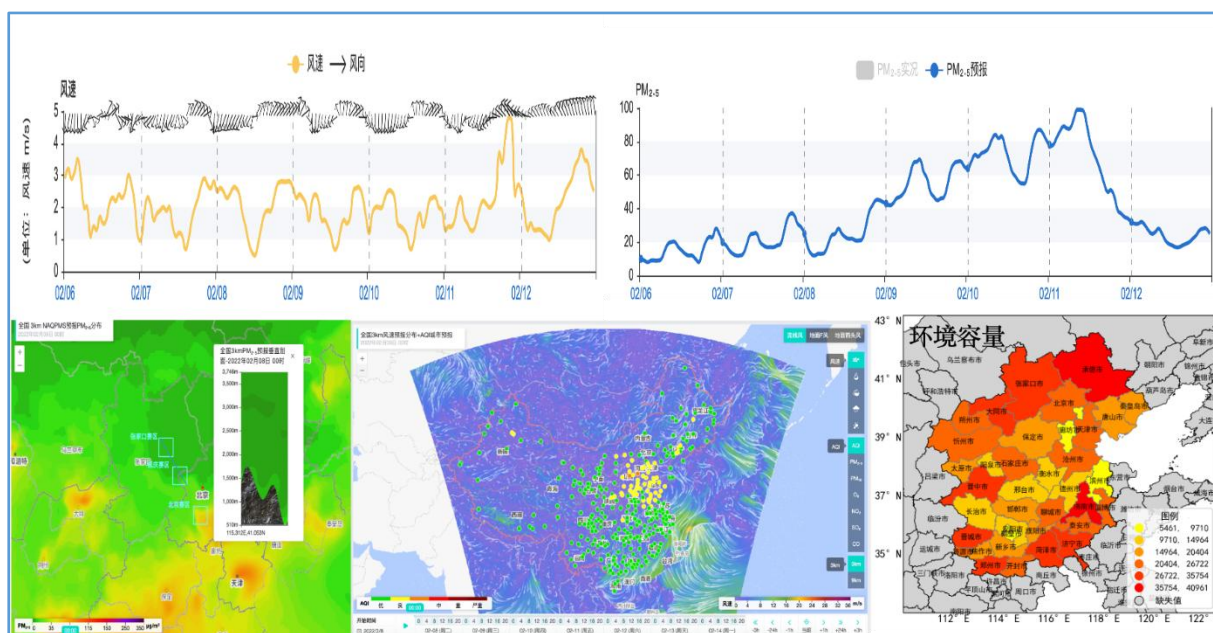


图 2 0.25 分辨率下，考虑水库调度方案后的径流模拟效果

（2）系统二“区域高精度环境模拟系统”顺利完成与其他系统的集成协同作业。针对 2022 年 2 月和 3 月北京冬奥会和冬残奥会，区域云可分辨率天气预报模式分系统针对河北张家口崇礼赛区赛道保障，建立了包括 10 个扰动成员的 450m 分辨率集合预报系统和 90 米分辨率局地大涡模拟预报模块，每日预报两次，为保障部门提供崇礼赛区 11 个赛道站点 0-96 小时的温度和风速预报产品。区域高精度大气污染模式分系统建立了面向冬奥会保障的空气质量模拟预测系统，具备 0-14 天天气尺度和 3 个月以上气候尺度的空气质量模拟预测能力，定制了全国 3 公里分辨率的空气质量实时预报和环境容载量分析、日分辨率污染源动态反演等服务空气质量预报与调控的数值产品，为中国

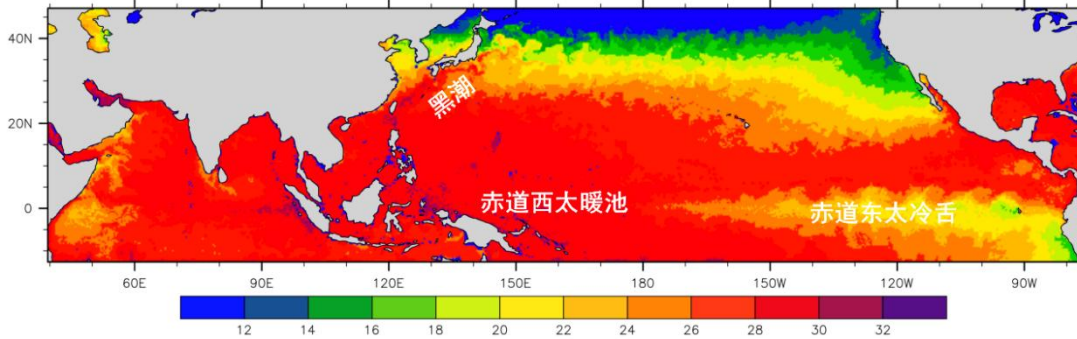
环境监测总站、北京市生态环境监测中心、张家口市生态环境局、内蒙古自治区环境监测总站等业务保障单位提供了丰富的高精度产品。系统负责人和骨干参与了生态环境部冬奥会空气质量保障专家组工作，开展了空气质量预报、重污染过程成因分析与跟踪、污染源变化反演、减排措施执行效果分析等工作。



系统为冬奥会气象和空气质量保障提供的部分预报产品示例

(3) 系统三“超级模拟支撑与管理”参与配合完成“地球系统数值模拟装置”工艺验收工作。其中算子库子系统用于构建了自主海洋模式 GOMO，通过理想实验和区域模式真实场景检验广义方程形式及算子库的正确性和性能，满足未来高分辨率模式的发展需求，并以珠三角作为重点示范区域，建立了一套从网格生成、地形处理、初始场、强迫场生成，添加潮汐

作用，到模式运行的一整套处理系统。



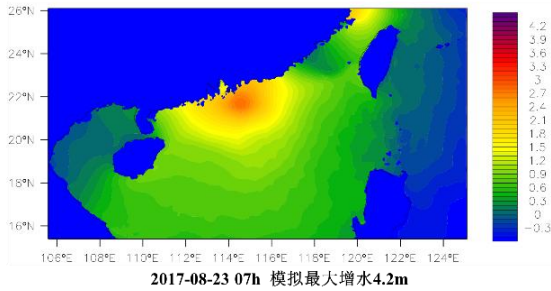
“两洋一海”区域 30 年模拟的 7 月平均海表温度

基于本项目的研究成果，结合实际的业务需求，围绕 GOMO 模式发展了一套南海北部区域风暴潮模拟系统，目前以珠三角作为重点示范区域，围绕该模式，建立了一套从网格生成、地形处理、初始场强迫场生成，添加潮汐作用，到模式运行的一整套处理系统。以“天鸽”台风风暴潮为例，模式能够很好地再现“天鸽”台风风暴潮的过程。

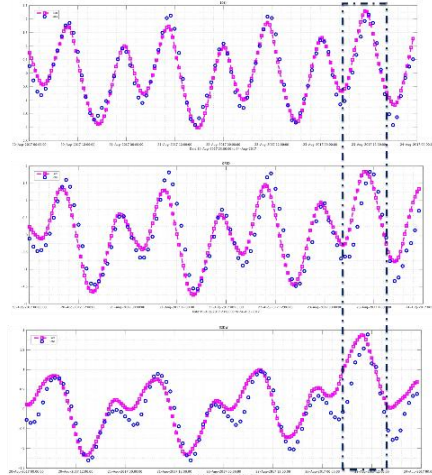


南海北部区域风暴潮模拟系统

1954年来最强台风，风暴增水和天文潮叠加

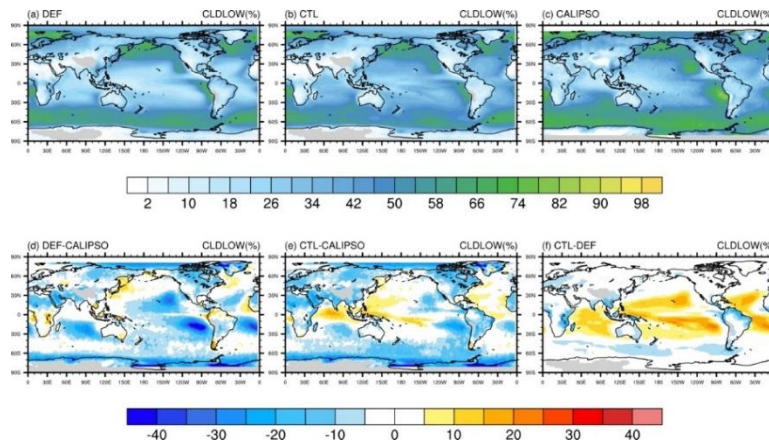


GOMO模式能准确模拟风暴增水过程



“天鸽”台风风暴潮个例模拟实验

方案库子系统的 double-plume 方案对云的模拟有显著的改善。全球平均的高云云量和低云云量都更接近观测值，均方根误差也有所降低。观测表明，在亚热带海洋的东部，往往容易出现近岸低云到离岸层积云，再到大洋深处浅对流云的过度。与观测结果相比，原方案的模拟结果严重低估了亚热带海洋上空的低云云量。新方案在很大程度上缓解了这种偏差。



全球低云云量分布图（上列：原方案、新方案、观测；下列：原方案减

观测、新方案减观测、新方案减原方案)

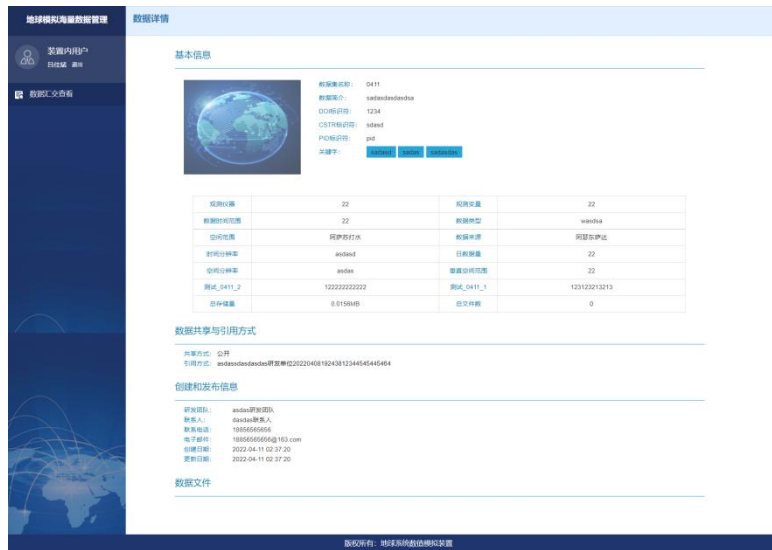
(4) 系统四“支撑数据库和资料同化及可视化系统”于2月22日顺利通过了中国科学院条件保障与财务局和教育部科技司联合组织的系统工艺测试。

“支撑数据库分系统”重点对数据集变更申请功能、FTP 客户端权限功能、系统性能、NC 文件抽取功能、文件夹获取路径接口等进行了优化设计和升级研发；开展分系统优化改进工作：重点对文件监控多线程读取模块、文件上传与权限控制模块、数据汇交文件抽取配置模块、门户检索时间性能等进行了优化设计和升级研发。



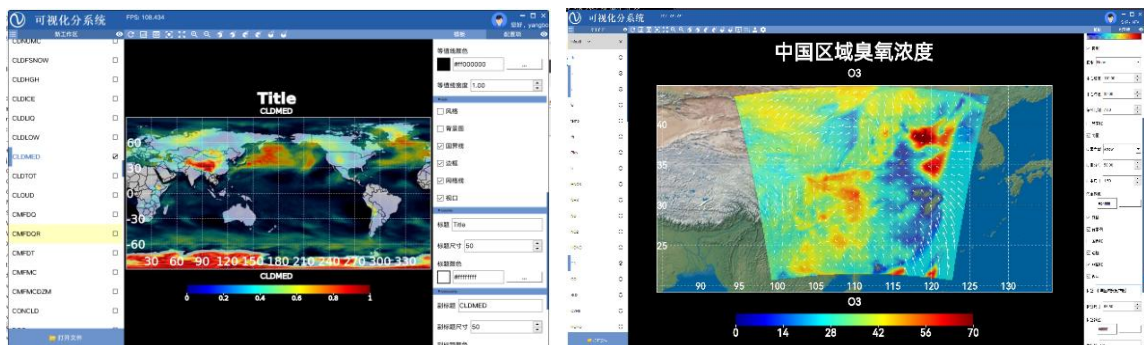
序号	数据集名称	数据类型	接收时间	文件路径	操作
1	测试数据集A0001	数据二次	2022-01-05	/home/ftpuser/data/exchange/data/A0001...	查看
2	测试数据集A0002	数据二次	2021-11-12	/home/ftpuser/data/exchange/data/A0002...	查看
3	测试数据集A0003	数据二次	2021-10-25	/home/ftpuser/data/exchange/data/A0003...	查看
4	重CAS-ESM2.0-中高层大气环流输出	数据二次	2021-09-28	/home/ftpuser/data/exchange/data/A0004...	查看
5	重CAS-ESM2.0-MPI6.0-GP1	数据二次	2021-09-28	/home/ftpuser/data/exchange/data/A0005...	查看
6	测试数据集A0006	数据二次	2021-09-28	/home/ftpuser/data/exchange/data/A0006...	查看
7	测试数据集A0007	数据二次	2021-09-23	/home/ftpuser/data/exchange/data/A0007...	查看
8	测试数据集A0008	数据二次	2021-09-23	/home/ftpuser/data/exchange/data/A0008...	查看
9	基于多源遥感数据融合的全球CO2浓度	数据二次	2021-07-09	/home/ftpuser/data/exchange/data/A0009...	查看
10	测试数据集A0010	数据二次	2021-07-09	/home/ftpuser/data/exchange/data/A0010...	查看

装置内用户访问数据集列表



装置内用户访问数据集详情页

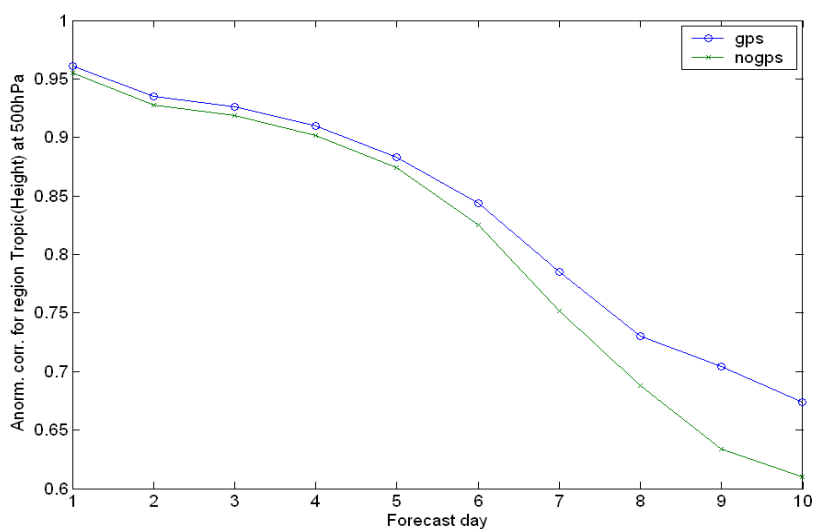
“可视化分系统”根据各阶段测试活动及用户反馈意见进行分系统优化。重点开展了可视化软件前端界面的优化设计、强化颜色表编辑功能、优化交互设计，并优化了用户登录流程，新增了对多变量输入的支持，并在前端提供了时序数据实时播放控制功能，强化了可视化结果题注信息的编辑功能。



可视化软件截图

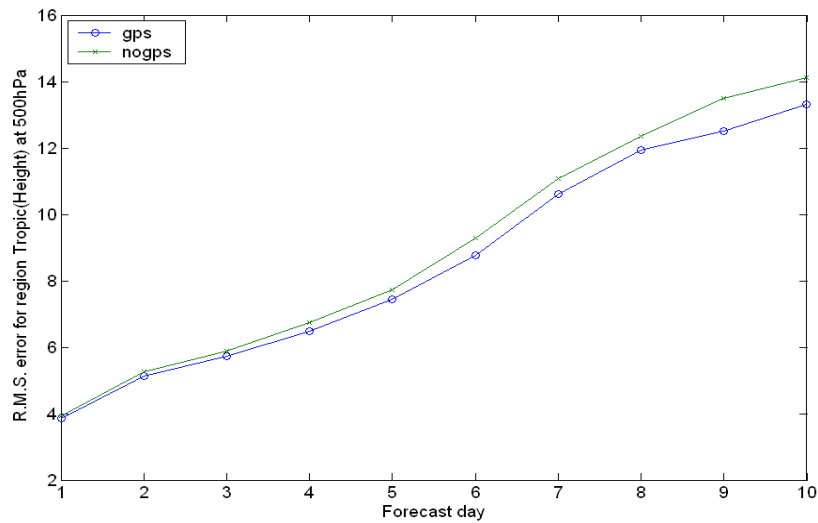
“全球大气资料同化子系统”对同化计算热点程序和流程

进行优化，以减少计算代价和运算墙钟时间；另外实现了国产掩星弯角资料和国产自主卫星风云资料同化功能；完成了子系统测试和系统联调联试；同时对国产风云静止卫星云导风资料进行了格式分析和处理。完成了全球大气资料同化子系统与地球系统模式 CAS-ESM 之间的接口设计和实现：利用全球大气资料同化子系统提供的大气分量初始场数据转换生成了满足 CAS-ESM 需求的大气初始场数据，输入和运行地球系统模式 CAS-ESM 后，能正常积分计算和结束。目前在装置上已经完成从 2022 年 1 月 1 日 00 时次到 2021 年 2 月 15 日 12 时次的全球大气资料同化分析，运算正常、结果正确。



2019 年 9 月热带地区 500hPa 高度场预报对分析距平相关系数值对比：

nogps 和 gps 分别表示不同化和同化掩星观测



2019年9月热带地区500hPa高度场预报对分析均方根值对比：nogps和gps分别表示不同化和同化掩星观测

(三) 装置顺利通过工艺验收

2022年3月11日，地球系统数值模拟装置顺利通过中国科学院条件保障与财务局和教育部科技司联合组织的工艺验收。

项目组从整体概况、建设完成情况、应用及影响和未来发展四个方向进行全面、系统、细致的介绍；同时向专家组介绍了五大系统工艺测试结果以及针对装置各系统间的联调联试测试结果。专家组认真听取了工艺总结报告和各系统工艺测试报告，同时现场考察了高性能计算机房、可视化展示系统，并实地观看工程技术人员对典型模拟流程和模拟结果的演示，之后就工艺验收报告中的有关问题进行质询。

专家组认为：项目单位按期、圆满完成了国家发展改革委批复的各项建设任务，突破了多项关键技术，装置具备了对地球系统全圈层复杂过程在中尺度分辨率的定量描述与模拟能力，推动了我国地球系统数值模拟能力进入世界前列。专家组一致同意“地球系统数值模拟装置”项目通过工艺验收。



工艺验收会

(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

2022年3月
