

1. [个人简介](#)
2. [教育经历](#)
3. [工作经历](#)
4. [技能](#)
5. [文章](#)
6. [书籍](#)
7. [研究背景](#)
8. [研究计划](#)
9. [参考文献](#)
  - 9.1 [深圳大学](#)
  - 9.2 [南方科技大学](#)
    - 9.2.1 [地球与空间科学学院](#)

# 个人情况介绍

## 1. 个人简介

---

- 姓名：陈俊杰
- 手机：18800193607
- 邮箱：[2716705056@qq.com](mailto:2716705056@qq.com)
- 出生年月：1994-10-13
- 政治面貌：中共党员
- 籍贯：江西景德镇 已婚
- github: <https://github.com/junjiecj>
- 性格：主观能动、自我驱动力极高、能够承受工作学习压力，吃苦耐劳，较高的执行力，较强的自学能力、求知欲强。



## 2. 教育经历

---

- 本科(2013.09~2017.07) 北京理工大学 化学专业 + 辅修经济学专业
  - 荣誉/奖项：2014学年国家励志奖学金；“2015年第三十一届全国部分地区大学生物理竞赛非物理组类A组一等奖”。
  - 英语四六级；
  - 大学物理(93)、微积分(92)、线性代数(88)、概率论与数理统计(98)
  - 西方经济学、政治经济学、新制度经济学、国际金融、货币银行学、发展经济学、证券投资学、产业经济学、公共经济学、国际经济学、财政学、计量经济学、财务管理、保险学
  - GPA: 3.5
- 硕士(2017.09~2020.07) 中国科学技术大学 核科学与技术

- 相关课程：统计学习、模式识别、离散数学、CPU并程序程序设计、GPU加速、计算机网络、操作系统、数据结构与算法、编码、linux、嵌入式系统设计；
- GPA: 3.33

### 3. 工作经历

---

- 2020.08~至今：中国电子科技集团第三十八研究所 天地信息网络研究院
  - 项目一：根据《天地一体化信息网络重大项目》总体方案以及任务书，完成网络的设计，掌握整个一体化网络的工作流程、地面、星上以及空口通信协议；掌握星上各个子系统的功能并负责某个子系统的设计过程。
  - 项目二：XX测控通信设备-目标跟踪 - 参与者 2021.03 - 至今
    1. 目标跟踪程序的阅读和优化。
    2. 掌握实际项目中linux/C语言的编程技巧。
    3. 波控软件与其他模块的接口(UDP、光纤、串口通信)及交互过程
    4. 波控的时序；
    5. 和差测角原理；
    6.  $\alpha$ - $\beta$ - $\gamma$ 滤波；
    7. 不同坐标系的转换(大地测量)；
    8. 上位机软件的开发；

### 4. 技能

---

- Linux：系统命令、Shellscript、软件安装和配置、窗口管理器FVWM、vim、st/Xterm、gcc、Anaconda、Spyder、Markdown、WPS、Latex、google-chrome...；
- C：数据结构与算法、算法开发、数值计算；
- 计算机基础：计算机网络、数据结构与算法、操作系统、组成原理；
- 通信基础：信号与系统、通信原理、无线通信、雷达原理；
- Python、numpy、Scipy、matplotlib、sklearn/keras/tensorflow(熟练)；
- 并行程序设计(Pthread、OpenMP、MPI)；
- C/C++、Python、MatLab, CUDA(了解), C++/java(了解), HTML(了解)；

### 5. 文章

---

- 陈俊杰,胡文慧,肖建元,郭笔豪,肖炳甲.基于神经网络的 EAST 密度极限破裂预测.计算机系统应用,2020,29(11):21-28. <http://www.c-sa.org.cn/1003-3254/7668.html>
- Kai ZHANG (张凯), Dalong CHEN (陈大龙), Bihao GUO (郭笔豪), et al.. Density limit disruption prediction using a long short-term memory network on EAST [J]. Plasma Sci. Technol., 2020, 22 (11): 115602.
- Hu W H, Rea C, Yuan Q P, et al. Real-time prediction of high-density EAST disruptions using random forest[J]. Nuclear Fusion, 2021, 61(6): 066034.

## 6. 书籍

---

### 计算机+通信

- 《linux/unix系统编程手册》
- 《深入linux内核架构》
- 《C Primer plus》
- 《C程序设计》
- 《C专家编程》
- 《鸟哥的linux私房菜（上下册）》
- 《C++ Primer》
- 《python高性能编程》
- 《python核心编程》
- 《计算机网络（谢希仁）》
- 《数据机构与算法（邓俊辉）》
- 《编码，Charles Petzold》
- 《深入理解计算机系统》
- 《网络是怎样连接的（[日]户根勤）》
- 《计算机组成与体系结构：性能设计》
- 《算法，Robert Sedgewick》
- 《编码：隐匿在计算机软硬件背后的语言》
- 《并行程序设计导论，Peter Pacheco》
- 《并行算法实践，陈国良》
- 《Programming Massively Parallel Processors, David B. Kirk, Wen-mei W. Hwu》
- 《机器学习，周志华》
- 《模式识别（张学工）》
- 《统计学习方法（李航）》
- 《嵌入式系统设计》
- 《信号与系统，奥本海姆》，[Alan V. Oppenheim](#) / [Alan S. Willsky](#)
- 《通信原理，樊昌信》
- 《深入浅出通信原理，陈爱军》
- 《通信之道——从微积分到5G，杨学志》
- 《大话传送网》，[贺春雨](#) / [易宇](#)
- 《大话移动通信》，[丁奇](#) / [阳桢](#)
- 《大话无线通信》，[丁奇](#)
- 《大话通信》
- 《雷达原理，丁鹭飞》
- 《雷达系统，张明友》
- 《雷达数据分析》
- 《无源定位技术》，[田中成](#) / [刘聪锋](#) 编著
- 《数字信号处理的FPGA实现》

### 物理+数学

- 数学物理方法，吴崇试

- 微分几何，陈维恒
- 张量分析，黄克智
- 图论
- 等离子体物理基础
- 等离子体电磁磁流体力学
- 电动力学，[郭硕鸿](#)
- 理论力学，

# 研究计划

## 1. 研究背景

1990 年，推荐系统的概念首次被哥伦比亚大学的 Jusii Karlgren 教授在一份报告 [1] 中提及。

文献 [2] 指出：青藏高原北部可分为两部分:西部有大量的年轻火山岩(< 1700万年)，东部缺乏年轻火山岩。利用以上地幔为主的纵波，模拟了青藏高原东部上地幔的三维波速结构。我们的模型显示，西藏东部150公里以上的一个非常古老而寒冷的地幔层正在崩塌，这些崩塌的物质已经下沉到190公里以下的印度板块上。~93°E以东高原的地幔结构与西部不同，西部的地幔岩石圈可能已经被移走。这种差异与近期火山活动的横向对比是一致的，可能是由于印度板块在东西方之间不同的俯冲方式造成的。

文献 [2] 提出了青藏高原东部第一个全波Pn层析模型。该方法提供了三维地震模型中Pn波传播的精确描述(Z. Zhang et al., 2007)，从而扩展了传统的基于射线理论的二维Pn走时层析成像(例如Hearn, 1996;Lei et al., 2014;梁振堂等, 2004;(Pei et al., 2007)用于三维地幔构造反演。模型揭示了莫霍面下一个异常高速的高速层及其项面向北倾斜，以及连接该高速层和另一个高速层的高速柱。这些特征说明了西藏地幔岩石圈的早期移动及其与下冲的印度岩石圈的相互作用。

准确而可靠地定位地震事件是鉴别地震和爆炸的关键。它们也是广泛地震学研究的基础，包括矩张量反演、产量估计和震源表征，以及速度和衰减模型的发展。在过去的几十年里，已经发展了许多定位源的方法。一些方法是基于射线理论的，如利用地震相到达时间的直接网格搜索法和利用不同台站的地震相差动时间的双差法。文献 [3] 主要采用配置网格有限差分法计算了包含震源的网格搜索体的应变格林张量，利用源-接收机互易法获得了区域距离12个宽带地震台站的三分量合成波形。我们评估解决方案使用最小二乘misfit之间的观测和合成波形。当散射尾波被纳入时，最好的解是在距离震源位置几百米的范围内，与仅使用P波的基于波形的解相比，解的估计不确定性降低了。该方法对频率含量的选择和随机速度非均匀性的加入具有鲁棒性。我们的结论是，全波形震源定位方法对实际地震数据是有效的，但还需要更多的验证试验，以进一步了解其对震源站几何形状、地形粗糙度、信号质量等因素的有效性。

文献 [4] 中，我们研究了2019年Mw 7.1 Ridgecrest地震的动态破裂过程，考虑了断层平面上不规则几何形状的非均匀应力分布。通过地表破裂观测和运动学反演工作确定了断层的几何形状。我们将动态模拟与现场观测进行了比较，包括GPS静态位移和强运动速度波形。我们优选的动态破裂模型显示了观测数据和合成数据之间的良好一致性。此外，我们还讨论了应力取向对动态破裂的作用。这项工作中的动态破裂模拟有助于我们更好地理解Mw 7.1 Ridgecrest地震。此篇文献是用计算机模拟的方法做的，但是具体的离散模拟算法文章中没具体阐述。

文献[5]中通过对干涉合成孔径雷达(InSAR)测量、区域1hz全球导航卫星系统(GNSS)、强运动和远震波形的联合反演,我们确定了2020年土耳其Elazig 6.7 Mw地震的破裂运动。我们还使用动态建模来评估断层性质,以解释观测到的运动学。我们的工作表明,该事件主要破裂单方面向西南沿东安纳托利亚断层带速度一样慢2.0公里/秒~ 20年代,和三个主要表面微凸体形成深度从20公里到表面,但表面破裂似乎可以忽略不计。此外,动力学模型显示了一个初始的非均匀应力分布,其变化可达30 MPa,这可能是在震间期建立的。虽然这一事件似乎没有促进Pazarcık地震间隙的失效,但仍难以评估Elazig和Bingol地区之间的干扰地震潜力。我们也执行动态破裂模拟基于从运动学模型推断的应力降,以确保一个物理上合理的破裂过程。此外,我们还讨论和分析了我们的结果对锁定深度估计、历史破裂识别和沿EAFZ的地震潜在高程的影响。

文献[4]和文献[5]中具体的数值计算方程与方法都没有以数学形式阐述,也许用的是行业内约定俗成的算法以至于不必写出,也可能是因为算法是核心,所以没有列出。

文献[6],对地震物理的深入理解需要对地震波传播和动态破裂进行大量的数值模拟。然而,传统CPU平台上的仿真计算量非常大,使得相关研究非常耗时。有许多成熟的图形处理单元(GPU)程序可以极大地加速地震波传播的计算。不幸的是,关于断裂动力学的GPU实现的讨论很少。在这项工作中,我们使用CUDA(计算统一设备架构)编程语言将断裂动力学的三维曲线网格有限差分法(CG-FDM)扩展到GPU平台。通过利用NVIDIA Volta架构的新特性,我们实现了基于gpu的破裂动力学程序,不仅高效,而且易于维护。基于gpu的CG-FDM程序比我们之前的串行cpu程序快了两个数量级,与并程序相比仍有相当大的优势。通过比较南加州地震中心(Southern California Earthquake Center/U.S.)提供的基准数据,该程序的可靠性和正确性得到了仔细的检验地质调查(SCEC/USGS)动态地震破裂代码验证演习。基于gpu的CG-FDM的性能改进可以节省大量的计算时间,允许研究人员执行更多的破裂动力学数值模拟,以揭示地震物理的更多细节。

文献[7]指出,发生在旅游旺季的2017年九寨沟6.5 Mw地震造成了毁灭性的破坏。此次地震的发震断层仅推测为呼雅断层的北延,野外调查未发现明显的地表断裂。前人的研究和释放的矩张量解表明,九寨沟地震以左旋走滑为主,部分正滑成分。令人费解的是,由于震中位于汇聚地块的边界附近,正常的滑动发生在这次事件中。因此,有必要建立一个合理而详尽的震源破裂模型来研究这一盲断层及其在该地区复杂断层系统中的作用。结合天基大地测量、远震或区域地震观测可以提供关于地震破裂的详细信息。我们首先尝试使用合成孔径雷达干涉图(InSAR)的贝叶斯方法来确定断层的几何形状。然后根据重新定位的余震分布对断层几何形状进行了优化,建立了两段断层模型。基于两段模型,通过强震、远震体波和InSAR数据的联合反演,解析了2017年九寨沟地震震源破裂过程。反演结果表明,除走滑成分外,还存在正滑和逆冲滑动的混合震源机制。我们认为,巴彦淖尔地块东北缘下地壳流的挤压导致了这种断裂行为。同震库仑应力变化表明,塔藏断裂西段存在明显的应力载荷,增加了地震危险性。由于发震断层东南部余震较少,胡雅断层北段地震活动可能增强,也值得进一步关注。

文献[8]分析了Burridge-Andrews (BAM)和自由地表诱导(FSI)机制中超剪切破裂的地面运动。BAM超剪切断裂比FSI超剪切断裂需要更高的初始剪应力,断+裂速度更快。在均匀模型中,FSI的超剪切滑动脉冲始于断层自由表面或上边界,BAM的超剪切滑动脉冲始于平面内方向的震源深度。BAM和FSI超剪切断裂均能产生马赫波和瑞利波场。BAM和更快的FSI超剪切断裂可以产生更强的剪切马赫波。剪切马赫波的负分量振幅越大,断裂速度越快。BAM超剪切断裂在距离断层较远时,FSI超剪切断裂在断层附近产生最强的膨胀波。超剪切破裂前缘的形状、触发位置和破裂速度的不同是造成这种差异的主要原因。我们发现,BAM和FSI超剪切断裂速度越快,由于剪切马赫波越尖锐、越强,可以触发更多的高频辐射。模拟地震记录与PS10记录的对比表明,2002年Denali地震可能是一次具有FSI机制的超剪切地震,其破裂速度较慢。



文献[9]，微地震技术是监测水力压裂状态和后果的重要手段。由于地表记录的微地震数据信噪比低，基于偏移的算法被广泛用于确定微地震事件的位置。然而，由于震源机制的原因，不同接收器的波形可能会发生极性变化，这将导致叠加图像在事件位置没有达到最大值。极性校正的一种方法是同时进行震源机制和震源位置反演，但计算成本高，不利于实时监测。在基于偏移定位的数据领域，我们发展了一种有效的极性校正方法，称为基于极性校正的偏移(PCM)方法。该方法采用幅值趋势最小二乘拟合方法，沿接收线确定极性，附加计算成本低。然后，利用拟合的波形极性对振幅值的符号进行转换，使其一致叠加。由于曲线拟合，该方法更适用于规则阵微地震数据，而不是分散阵微地震数据。合成和真实数据集的数值实验表明，所提出的PCM方法能够提高微地震事件的检测和定位精度。

文献[10]，板块倾角是俯冲带最明显的特征之一，但控制它们的因素尚不清楚。在这里，板块倾角和俯冲参数，包括俯冲持续时间、上覆板块的性质、板块年龄和辐合速率，对现今沿俯冲带的153个样带进行了测定。根据弧起弧同位素年龄和俯冲起弧的地层、构造、板块构造和地震标志，对俯冲持续时间进行了综合统计。我们提出了俯冲带的两个年龄：长期年龄和重新起始年龄。通过相互关和多元回归分析发现：(1)俯冲持续时间是控制板倾角的主要参数，俯冲存在时间越长，板倾角越浅；(2)俯冲时间的长期年龄比再形成年龄更能解释浅层倾角的变化；(3)上冲板块性质会影响浅层倾角，大陆以下的板块倾向于浅层倾角；(4)板龄对板倾角有一定的影响，板龄越小，板倾角越陡；(5)板块倾角与俯冲参数之间的关系与深度有关，俯冲持续时间和上覆板块性质对观测变化的解释能力随深度减小。分析强调了俯冲历史和俯冲带的长期区域状态对确定板块倾角的重要性，并与俯冲的力学模型相一致。

文献[11]，在过去的几十年里，方位地震各向异性测量被广泛地用于研究岩石圈过去和现在的变形和地幔对流特征。在大陆区域之下，由于测量的深度限制不足和缺乏区域尺度的地球动力学建模，区分浅层和深层各向异性源仍然很困难。在这里，我们限制了马达加斯加海底地震各向异性的来源，在那里，一个复杂的模式不能用一个单一的过程来解释，如绝对的板块运动、全球地幔流动或地质。我们验证了以下假设，即边驱动对流(EDC)或地幔风与岩石圈地形相互作用的地幔流是马达加斯加下面各向异性的主要来源。因此，我们采用区域尺度的三维计算模型模拟了两套地幔对流模型。然后计算沿地幔流模型路径发展的晶格优先取向，并利用它们计算合成分裂参数。将预测的地震各向异性与观测的地震各向异性进行比较，发现EDC模型在马达加斯加北部和南部的拟合较好，而地幔风情况仅在马达加斯加北部拟合较好。这一结果表明，测量的各向异性的主要控制可能来自EDC，但不能排除马达加斯加南部狭窄剪切带的局部化石各向异性的作用。我们的研究表明，马达加斯加北部和南部的软流圈以位错蠕变为主。位错蠕变流变学在大陆岩石圈其他区域之下的软流圈上部可能占主导地位。

以往的研究表明，全球地幔流引起的地幔风与岩石圈厚度的高度变化可以解释地震各向异性的小尺度变化。因此，除了EDC模式外，我们还测试了来自两个全球地幔流模式的地幔风与马达加斯加下面岩石圈的相互作用。我们使用有限元程序Advanced Solver for Problems in Earth's对流来计算三维EDC和地幔风与马达加斯加及其周围岩石圈的相互作用，使用横波层析成像得到的岩石圈厚度，该厚度包含了该地区所有可用的地震数据。根据所建立的流动模式，我们使用D-Rex来计算LPO，遵循Ribe和Yu最初提出的塑性变形和动态再结晶的运动学模型，Kaminski和Ribe进一步推广。最后，以计算得到的LPO作为输入，利用FSTRACK方法在地震各向异性观测点计算合成分裂参数(快速分裂方向和延迟时间)，并与观测值进行比较。我们发现，大多数地震各向异性观测可以用EDC和Behn等人的地幔风的相互作用来解释，这表明位错蠕变延伸到马达加斯加下面的软流圈上部。

这项工作对马达加斯加下面的软流圈流动模式有了新的认识。此外，我们的工作为软流圈上部的主要变形机制提供了约束条件。我们的数值实验表明，位错蠕变流变学可以延伸到大陆区域下面的软流圈，对位错蠕变流动规律的解释对于岩石圈下地幔动力学的研究是至关重要的。

文献 [12]，板块俯冲既驱动固体地球的内部对流，也驱动固体地球的表面地质。尽管计算能力迅速提高，但对于地球动力学模型来说，再现类地俯冲和相关地幔流的历史仍然具有挑战性。本文基于自适应序列数据同化方法，提出了中中生代以来的高分辨率全球模型。该模型基于最近的板块重建，结合了构造板块的热结构和表面运动学，以重现观测到的俯冲结构和类地对流。由于引入了温度和成分相关的流变学，使得许多自然的复杂性得以合并，例如俯冲带的起始、俯冲极性的逆转和详细的板块边界动力学。结果表明，现今的平板几何形状与贝尼奥夫带和深度 < 1500 公里的地震层析成像相匹配，从而有可能对历史上的俯冲动力学和地幔流动进行重现。例如，该模型在晚白垩纪到新生代早期的北美地下生成了一个平坦的法拉龙板块，这是一个地质动力学上很难重现的特征。这种高分辨率模型还可以捕捉的 4 维空间的板块和周围地幔的演化细节，例如，随时间和空间变化的地幔流与演化的板块几何和浮力通量相关，以及由于年轻海底的俯冲和由此产生的复杂地幔变形而形成的浅层板撕裂。这样的地球动力学框架有助于进一步约束地质历史中不确定的板块重建，并有助于更好地理解神秘的地幔地震特征的成因。

到目前为止，已出版的全球时间依赖模型主要分为两类。第一类采用自合板运动的自由滑动上表面。这类模型常用于研究控制板行为的物理特性。另一类模型同化了随着时间推移引导俯冲的表面板块运动。这些模型虽然不是完全动态的，但以地理为导向，更适合研究地球过程，如 *llsVP* 的演化、热点的运动和地形演化。然而，这些模式(包括这两种模式)都不能同时产生所有的俯冲特征，包括单侧俯冲、时变的板片倾角、复杂的板片变形和撕裂、强劲的俯冲诱导地幔流动和观测到的现今地幔结构。

本文采用自适应序列数据同化方法，建立了中中生代以来的高分辨率全球地幔对流模型。在这个模型中，我们引入了一个相对真实的流变学，包括温度和深度依赖的黏度和基于成分的弱海洋地壳，确保了类地俯冲的产生。该模型还从最近的板块重建中吸收了海底年龄和板块运动历史 (Müller等, 2016)。相对于已发表的同类研究成果，我们的模型能更好地反映板块的演化和形态，特别是在上地幔深度，使我们能够更详细地研究局部尺度的俯冲动力学、地幔变形的时间演化以及上地幔地震构造的起源和意义。

方法：利用序列数据同化技术模拟了 150 Ma 以来的全球俯冲过程。与我们之前的工作相比，这个新的模型更加先进，因为它吸收了热化学岩石圈结构，允许更真实的海沟配置和俯冲动力学，包括新的俯冲带的形成和俯冲极性的逆转。采用三维球面有限元程序 *CitcomS* 进行了仿真。

## 2. 研究计划

---

## 3. 参考文献

---

## 3.1 深圳大学

[1] 陈国良, 毛睿, 陆克中. 大数据并行计算框架. 科学通报, 2015, 60: 566–569 Chen G L, Mao R, Lu K Z. Parallel computing framework for big data (in Chinese). Chin Sci Bull, 2015, 60: 566–569, doi: 10.1360/N972014-00834

## 3.2 南方科技大学

### 3.2.1 地球与空间科学学院

☑ 包雪阳

[2] Bao X , Y Shen. Early-Stage Lithospheric Foundering Beneath the Eastern Tibetan Plateau Revealed by Full-Wave Pn Tomography[J]. Geophysical Research Letters, 2020, 47.

☑ 陈克杰

[3] Wang N , Y Shen, Bao X , et al. Locating Shallow Seismic Sources With Waves Scattered by Surface Topography: Validation of the Method at the Nevada Test Site[J]. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 2019, 124.

[4] Zhang, Z.,W. Zhang, D. Xin, K. Chen, and X. Chen (2020). A Dynamic-Rupture Model of the 2019 Mw 7.1 Ridgecrest Earthquake Being Compatible with the Observations, Seismol. Res. Let

[5] Chen, K., Zhang, Z., Liang, C., Xue, C.,& Liu, P. (2020). Kinematics and dynamics of the 24 January 2020 Mw 6.7 Elazig, Turkey earthquake. Earth and Space Science, 7, e2020EA001452.  
<https://doi.org/10.1029/2020EA001452>

☑ 陈晓非

[6] Zhang W , Zhang Z , Li M , et al. GPU implementation of curved-grid finite-difference modelling for non-planar rupture dynamics[J]. Geophysical Journal International, 2020(3):3.

[7] Zheng A , Yu X , Xu W , et al. A hybrid source mechanism of the 2017 Mw 6.5 Jiuzhaigou earthquake revealed by the joint inversion of strong-motion, teleseismic and InSAR data[J]. Tectonophysics, 2020.

[8] Xu J , Chen X , Liu P , et al. Ground motion signatures of supershear ruptures in the Burridge-Andrews and free-surface-induced mechanisms[J]. Tectonophysics, 2020, 791:228570.



[9] Xu J , Zhang W , Chen X , et al. An effective polarity correction method for microseismic migration-based location[J]. Geophysics, 2020, 85(4):KS115-KS125.

☑ 胡佳顺

[10] Hu J , Gurnis M . Subduction Duration and Slab Dip[J]. Geochemistry Geophysics Geosystems, 2020.

[11] Rajaonarison, T. A. , et al. "Numerical Modeling of Mantle Flow Beneath Madagascar to Constrain Upper Mantle Rheology Beneath Continental Regions." Journal of Geophysical Research: Solid Earth 125.2(2020).

[12] Hu J S , Liu L J , Zhou Q , et al. Reproducing past subduction and mantle flow using high-resolution global convection models[J]. 地球与行星物理(英文版), 2018.

☑ 林玉峰

[13] 姚鸿波, 任政勇, 汤井田, 林玉峰, 殷长春, 胡祥云, 黄清华, 张可可. (2021). 高精度感应地磁场正演模拟计算及其潜在应用分析. 中国科学: 地球科学, 51: 1-17. <https://doi.org/10.1360/SSTe-2020-0234>

[14] Yuan, L. H.#, Lin, Y. F.\* and Jones, C. A. (2021). Influence of reference states on Jupiter's dynamo simulations. Earth Planet. Phys., 5(4), 1–9. <http://doi.org/10.26464/epp2021041>

[15] Lin, Y.\* & Jackson A.(2021). Large-scale vortices and zonal flows in spherical rotating convection. Journal of Fluid Mechanics, Volume 912, A46. <https://doi.org/10.1017/jfm.2020.1151>

☒ 陈晓非

☒ 陈晓非

☒ 陈晓非

☒ 陈晓非

☒ 陈晓非

☒ 陈晓非

☒ 陈晓非

☒ 陈晓非

☒ 陈晓非

