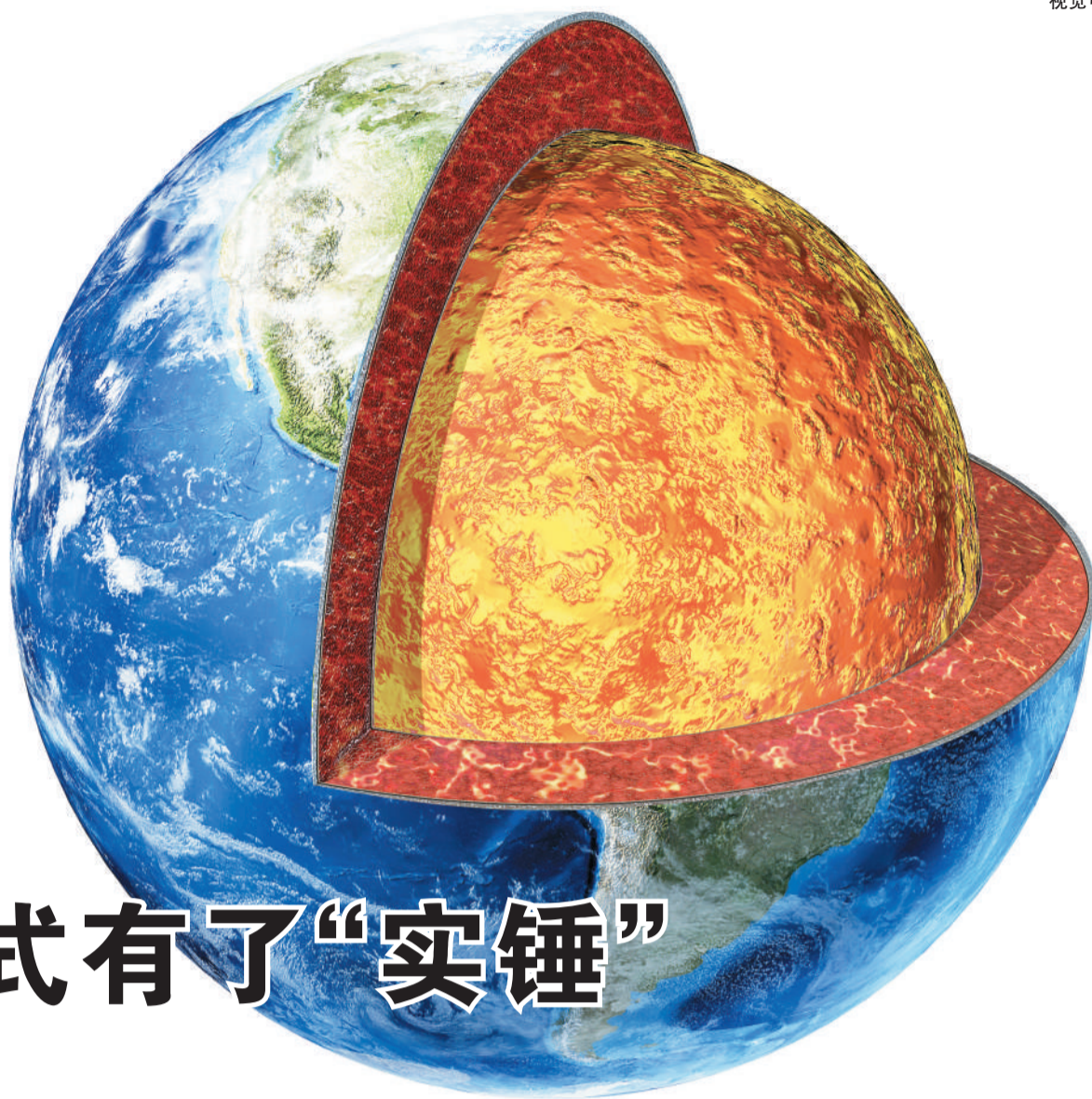


视觉中国



# 这下,地幔混合对流模式有了“实锤”

本报记者 陆成宽

## 不断“进化”的地幔对流模式

上地幔下沉并到达地幔深处,下地幔热注上涌到达地表

基于地震波在地球内部传播速度的变化,地球固体表面以下划分为地壳、地幔和地核三个圈层。如果把它们比作煮熟的鸡蛋,那么地幔就是固体的蛋白部分。地幔的厚度达2800多千米,其质量约占地球总质量的67%。根据地幔波速的变化,又可把地幔分为上地幔和下地幔两层,地幔在大约410千米、660千米的深度有两个界面,410千米以浅的部分是上地幔,660千米以深的部分为下地幔,410千米与660千米之间的部分称为地幔过渡带。

众所周知,地球存在板块运动。“板块运动是地幔运动在地表的表现形式。因地幔对流是板块运动的主要驱动机制,科学家们一般又称板块运动为地幔对流。”中国科学技术大学地球和空间科学学院地球动力学专家冷伟教授告诉记者,地幔对流的下边界是核幔边界,深度在2900千米左右,由于地核比地幔热得多,这相当于下地幔坐落于火炉之上,因此不断会有热柱上涌。

地幔对流有两种表现形式:一种是上地幔的冷板块下沉插入地幔,并到达地幔深处;另一种是下地幔的热柱上涌到达地表。“但是,一直以来,地

## 地幔间断面存在小尺度起伏

有些区域地幔分层对流、有些区域上下地幔整体对流

倪四道等人的研究为地幔混合对流模式提供了新证据。他们首次发现了非对称路径660千米间断面散射波震相,揭示了地幔660千米间断面

幔对流模式都存在争议。”冷伟说。最初,地球化学家认为地幔对流只发生在上地幔。他们发现地表的观测结果显示下地幔中保留有几十亿年前原始地幔的残留物质,这就说明至少部分下地幔并没有参与全地幔对流,即使参与地幔对流,也只是在下地幔内部进行。

上世纪90年代末,更多的证据表明,地幔对流不只存在于上地幔。科学家基本确认,俯冲的板块肯定能进入下地幔,相应的,地幔热柱也可以穿过地幔过渡带到达地表。“全地幔对流肯定存在,也被科学家广泛接受。”冷伟说。

然而,这就很难解释地球化学家的疑问,为什么下地幔中会保留有原始地幔的残留物质?

为了解决这个问题,地幔对流模式又进一步往前,演化出了地幔混合对流模式。新的模式认为,虽然俯冲板块可以穿过地幔过渡带进入下地幔,地幔热柱也可以从下地幔穿过地幔过渡带进入上地幔,但是这种穿过只在局部发生,也就是说有的地方是全地幔对流,有的地方上下地幔之间可能还有比较强的阻隔,并没有发生对流。

的小尺度起伏特征。这一发现难以用全地幔对流或上下地幔分层对流模式解释,而支持地幔混合对流模式,即有些区域地幔分层对流,有些区域上

下地幔整体对流。

“当地震波遇到比较光滑的界面时,会发生反射现象,且反射后的地震波沿着与入射波对称的方向传播,这就像一束光照到镜面上会往特定方向反射一样。”倪四道告诉记者,但是当界面比较粗糙时,地震波就可能沿着各个不同的方向反射,这被称为漫反射或者散射,此时入射波和散射波不再保持对称的关系。

“非对称路径660千米间断面散射波震相”是一种地震波在660千米界面上的散射波,它表明660千米界面存在一定粗糙度。“在我们的研究中,没有观测到410千米界面的散射波,而是观测到了660千米界面的散射波,因此我们认为410千米界面比较光滑,660千

## “杀手”地震是个千里眼

地幔内部的元素分布、化学异常体结构等仍存争议

地幔对流到底是怎样运动起来的?运动的原因是什么?运动的结果是什么?科学家在回答这些问题时,会用到哪些方法呢?

对此,冷伟表示,研究这些问题,我们需要用到数值模拟的方法。通过数值模型使用高性能计算机来模拟地球内部的运动是什么样子。但是,这些模拟最终都需要通过各种观测来证实,也就是检验模型是否能解释地球内部运动的实际状况。

地震学也是研究地幔对流常用的方法。通过地震波我们既可以看到俯冲板块向下运动所到达的位置,如何穿过界面,到达核幔边界堆积的形态是什么样,也可以看到地幔热柱起源于哪儿、上升的形态是什么样等等。地震学是一种直接观测形态的方法。

此外,还有一种方法是化学地球动力学,也就是通过追踪地表元素迁移,来推测地球内部的运动。“这三种方法中,数值模拟方法是目前运用最

多方法。”冷伟说。

倪四道也表示,研究地幔对流的方法有多种,包括地球动力学数值模拟、实验室物理模拟、高温高压实验测量矿物岩石的流变性质、地震波成像、地球化学分析、大地测量学的大地水准面与重力场分析等。其中,地震学在研究地幔中发挥着极为重要的作用,地震波具有穿透全球的优势,可以对地幔进行成像,探测地幔的纵向和横向的不均匀性。

目前,地震学研究表明,上地幔高度复杂,下地幔相对简单,但下地幔的底部也非常复杂。地幔在各个尺度上均具有复杂性。俯冲板块可以穿过地幔过渡带进入下地幔,地幔热柱也可以从下地幔穿过地幔过渡带进入上地幔,地震学者们基本取得了一致意见。但是,在具体的元素分布、内部化学异常体的结构与形成等问题上还存在争议,需要进一步研究。

## 走近自然

### 又是三春好时节 共植一片新绿有讲究

本报记者 赵汉斌

3月11日,全国绿化委员会办公室发布了《2018年中国国土绿化状况公报》。公报显示,2018年我国共完成造林707.4万公顷,森林抚育851.9万公顷,治理退化草原666万公顷以上,新增公路绿化里程7.9万公里,新增“国家森林城市”29个。各地开展全民义务植树,形成了全社会参与国土绿化的浓厚氛围。

又是三春植树时,春季造林须注意哪些问题?又有哪些树种适宜这个季节栽种呢?

#### 荒山造林,乡土树种是首选

根据荒山不同的立地条件,各种树的生物学特性及在不同立地类型的生长表现,须考虑树种抗性及来源、劳力、资金条件等因素,本着适地适树和优先选用优良乡土树种的原则,科学选择造林绿化树种,尽量避免“南树北植”或“北树南植”。

一般而言,宜林荒地大多干旱瘠薄,因此树种应选择耐瘠薄,抗干旱的苗木。苗木一般选择1至2年生,如侧柏最好使用容器苗,高度25厘米以上;刺槐地径1厘米以上;核桃地径1.5厘米以上。一般来说,阴坡育苗阴坡栽,阳坡育苗阳坡栽,这样做不仅可以减少运输损耗,而且能够保证苗木适应当地气候环境,具有耐干旱、耐瘠薄的抗性,树苗成活率就高。

#### 讲技术, 植苗后浇一碗“保命水”

植树节前后,许多单位会组织人员上山植树。浩浩荡荡的队伍,大大增强了绿化荒山的力量。殊不知,在植树前,须有相应的培训,也就是说植树是个技术活,不能草率地下树根了事。尤其是在土地贫瘠、海拔高、降水少的地方,更要有讲究。

植树的成活率,在很大程度上取决于起苗和栽植,起苗要求不伤根,离土移栽的苗木根沾泥浆,保证苗木栽植前根不干、不伤,栽植时坑内要使根舒展,坑内土填好后踏实。每坑植苗后浇一碗“保命水”,水渗后撒一层虚土,并用草或石块覆盖坑面,减少水分蒸发。根据山区土层浅薄、含水量低的特点,造林季节选择以春季、冬季、雨季为主,严格遵循“三不栽”,即“雨不透不栽,天不阴不栽,雨过天晴不栽”。冬春季节栽培苗木,最好在根部蘸上泥浆。

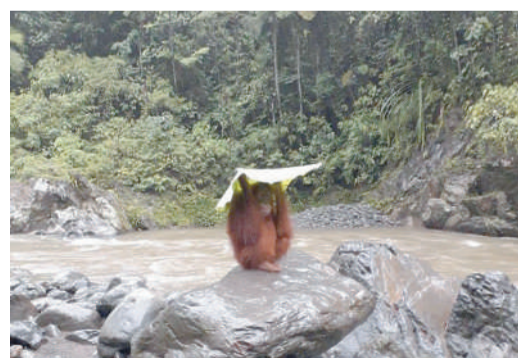
#### 大江南北, 适宜栽种树种各异

松树是南北各地荒山造林的首选。如分布于华北、西北的油松、樟子松、黑松、白皮松和赤松,分布于华中、西南的马尾松、黄山松、高山松,分布于秦巴山区的巴山松、台湾松和北美短叶松,分布于川滇地区的云南松、思茅松以及华中、华南引种的湿地松、火炬松等,都是我国荒山造林的主要树种。松树耐寒耐旱,树木坚固,具有极高的经济价值。由于其树姿雄伟、苍劲,树木高大、长寿,还具有重要的观赏价值,是我国诸多景区不可或缺的树种。

此外,柏树在我国分布也极广,北起内蒙古、吉林,南至广东及广西北部,人工栽培范围遍及全国,是优良的荒山和园林绿化树种。杨树是长江流域平原湖区绿化的主要树种之一,因耐湿、适应性强,适宜在堤岸、滩涂种植。银杏树是树中的老寿星,具有观赏、经济、药用等价值,一次栽植长期受益。银杏喜光,应选择坡度不大的阳坡为造林地,对土壤条件要求不严,但以上层厚、土壤湿润肥沃、排水良好的中性或微酸性土为佳。

## 趣图

### 路遇瓢泼大雨 红毛猩猩用树叶当“伞”



别小瞧动物,小动物们动起脑筋来可不比人差哦!据外媒报道,在印尼勒塞尔山国家公园,红毛猩猩们路遇瓢泼大雨,灵机一动,用树叶当起了“伞”来遮雨,画面十分有趣。

(本版图片除标注外来源于网络)

# 有了这张图,任意一公里内土壤含水量一目了然

## 第二看台

本报记者 孙玉松 通讯员 焦德芳

全球首张精确到“公里级”的“土壤水力物理背景超级世界地图”在天津大学横空出世。这张超级地图由天津大学表层地球系统科学研究院副教授张永根绘制,有望成为土壤水力参数研究的革命性工具。

### “理查德森梦想” 一个网格化数值天气预报理论

1922年,英国气象学家理查德森曾留下著名的“理查德森梦想”,这是一个以人力计算天气的设想:在一个大厅里,将欧洲区域分成网格,将气象站观测数值插到网格点上,人们手持纸笔忙着计算描述天气的数学方程,并就计算方向发出指令……理论上,只要有足够多的计算机不停工作,便可以形成一个“指尖上的欧洲气候数据地图”,算出未来的天气。当年,实现这种“数值预测”最大的障碍是人力的巨大消耗:想要及时计算出欧洲天气情况,大

约需要6.4万人!理查德森失败了,但他的“网格化数值天气预报”理论却随着计算机技术的出现和发展最终获得成功。

而在土壤水力参数研究领域,科学家也在呼唤网格化精确预测“做大做强”。土壤水力参数对农作物生长、农业生态系统、天气预报、空气质量等领域具有重大意义。一张能够精准预测全球土壤水力数据的“超级地图”是全世界科学家的梦想。

### 基于大数据预测 超级地图亦能超级精确

长久以来,科学家获取土壤水力参数主要靠“实测”和“预测”。“实测”需要在土壤深处采样并送交专业机构检测,成本高、周期长,目前,想通过实

测得到某地的土壤水力数据,常常需要数星期甚至几个月时间,极不方便。

通过转换函数“预测”是一种高效获得土壤水力参数的方法,然而目前的转换函数大多基于经验公式建立,准确性很差。一张基于物理背景土壤水分特征建立的、涵盖世界各地土壤水分不同特性状况的转换函数“地图”,是学界亟待填补的空白。

“我们这项研究成果不是用地图去预测,而是说数据呈现形式是地图。”张永根表示,“其实这也不完全是预测,而是基于已有大数据进行的科学判断。”

张永根的超级地图自有其独到之处:他利用机器学习方法建立了全新的土壤转换函数模型,并利用从世界各地采集点获得的5万个土壤样品,提取出近12万个数据对模型进行验证,从而构建了全球第一张基于物理背景的土壤水力超级世界地图。“全球有数以万计的土壤普查数据,我们在这些数据的基础上,开发出一个有物理背景模型,把这些数据物理化。”张永根介绍说,“超级地图得出的数据基于土壤质地分布曲线与土壤水分特征曲线,这些参数有具体物理意义,有均值有方差,最终预测出的数据也就更加精确。”

### 无偿向全世界公布 下一步将实现数据可视化

超级地图系统问世以来,张永根把网站和使用方法无偿向全世界公布。现在每天都有来自各个国家的科研机构和个人利用这一成果获得土壤水力数据。这些数据正在被全球科研工作者用来预测和防治水土流失、快速治理地下水污染,计算干旱地区精准农业节约用水、为数值天气预报提供陆面过程的参数等。

下一步,超级地图将实现数据可视化,研究者可以直接截取需要的国家或地区的数据。张永根还会继续提升超级地图的精度,并对数据进行尺度提升。在做全球气候模型或陆面模型时,通常需要的数据是10公里或者25公里,如何实现从1公里到25公里的转变,是超级地图未来的主攻方向之一。

“希望通过我们的研究,对我国地下水资源保护,土壤污染治理,发展精准农业,提高天气预报和气候变化预测的精度等方面提供有力的科学支撑。”张永根说。

扫一扫 欢迎关注 共享科学之美 微信公众号

