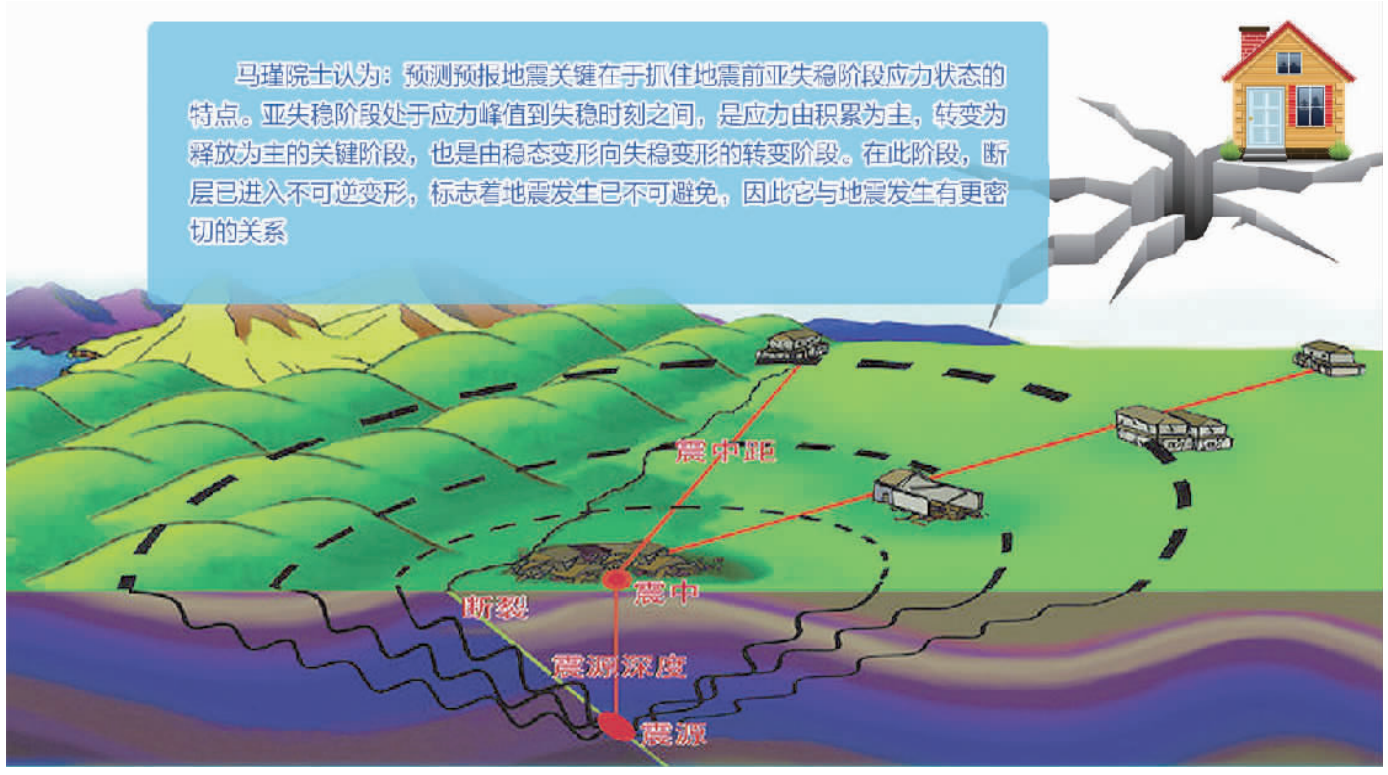
运用“亚失稳理论”寻求地震预报先机——

把准大地震动的脉搏

本报记者 杜 芳 实习生 顾桥孜

热点追踪

地震预报对于全球科学家而言，一直是道未解的难题。时至今日，破坏性地震屡屡发生，但提前预报出来的很少；有些地方屡屡被列入危险区，可地震从未发生。漏报、误报将直接导致损失，但这是当今地震预报中的常态——



如何提高地震预报的准确性呢？其实，地震的孕育和发生过程是一个力学过程。当大地要发力时，探究断层所处的应力状态，就可能及时捕捉到那些“必震信息”。日前，在北京召开的全国地震科技创新大会上，中国科学院院士马瑾及其研究团队展示了这种地震预测研究的新思路——“亚失稳理论”。

“亚失稳态”才是“必震信息”

在处于“亚失稳态”时，地壳断层上越来越多部位出现间隙。虽然此刻地震还没有发生，但将来的地震发生已不可避免。这意味着，只要能探测识别出“亚失稳态”的出现，就能显著提高预报的准确率

有过掰筷子经验的人会发现，双手握住筷子开始发力，一开始看不出外在变化，可是如果持续发力，筷子内部的一些纤维开始承受不住，最后筷子被“咔嚓”一声折断。

科学家表示，地震过程和掰筷子很像。当地球内部能量开始对地壳断层发力，就进入了“稳态”阶段——这时，人们感受不到其中变化。如果后续能量不足，就无法形成地震；而如果能量足够，那么地壳断层就会像筷子内部纤维一样产生间隙，当间隙足够多到支撑不住时，就进入“失稳态”——区域内的地壳断层像筷子一样折断，地震就发生了。

地震科学刚刚兴起之时，科学家们还没认识到这种复杂的变化过程。他们想走捷径，从历史经验中寻找规律，提出地震的发生具有周期性。然而，这种预测方法实在不靠谱。1966年帕克菲尔德地震后，美国地质调查局预计此处将在1985年至1993年间再度发生地震，概率为90%。事实的结果是，地震直到2004年才姗姗来迟。现实无情“打脸”，告诉人们对于地震这种大事，不能把希望寄托在经验性的总结上。

也有另外一些科学家在预测地震时，主要关心“筷子”开始受力前的状态，即地质的应力变化。他们认为，地震前的“蓄力”是一个漫长的过程，所以要对地壳断层的受力情况进行持续测量，如果有变化，说明存在发生地震的可能。经过研究，他们设定了一系列数值，用这些数值的变化趋势来预测地震。1966年邢台发生地震后，这一方法在中国逐渐成为主流。

对于这种方法，马瑾认为，地壳内部的变化是十分复杂的，每次地震的应力变化也很不一样。在没有搞清其中因果关系的情况下，测量那么多数据，无异于大海捞针。用这种方法来预报地震，不仅难度大，准确性也不高。

为找到真正有效的“必震信息”，马瑾将注意力投向了“筷子”折断前的那一阶段。筷子内部纤维不断产生间隙，这种破坏是不可逆的，只要一出现，筷子基本上就要断了。

“亚失稳态”就是这么一个阶段，它介于“稳态”和“失稳态”中间，是压死骆驼的最后一根稻草。

在处于“亚失稳态”时，地壳断层上越来越多部位出现间隙。虽然，此刻地震还没有发生，但将来的地震发生已不可避免。这意味着，只要能探测识别出“亚失稳态”的出现，就能显著提高预报的准确率。

从许许多多的应力变化过程中，发现了一个明确指向地震发生的阶段，这就是“亚失稳理论”的独到之处。而“亚失稳态”中变化不可逆的特点，意味着发现了地震预测的决定性证据。

研究地震断层“崩溃”过程

通过建立高级的加载装置以及配套的观测系统，层层攻关之下，研究团队发现了“亚失稳态”中的核心变化过程：加速协同化，并在“震例分析”中得到证实

尽管“亚失稳理论”听上去逻辑非常严密，但地壳断层是如何从“稳”演化为“不稳”的呢？还需要“大胆假设”之后的“小心求证”。

为再现地震过程，研究团队建立了“双轴伺服动态加载装置”。这套装置的厉害之处在于，它将实验数据的采样速率全面提升到了每秒数百万次。有了足够多的数据，科学家们才能够更细致地描绘地壳断层逐渐“坚持不住”的过程。

有了高级的加载装置，还要有配套的观测系统，把实验结果忠实记录下来。“高频多物理场同步观测系统”应运而生。正是这套系统，让科学家们得以用点面结合的方式来观测，从而更全面地把握地震发生过程。

在地震发生时，重要数据的变化往往在刹那之间，数据测量难免存在时间差，影响到实验结果的准确性，如何解决这个问题？经过研究团队的努力，目前加载装置和观测系统间的时钟同步精度已达到微秒量级，可以最大程度减少误差。

层层攻关之下，室内地震试验场终于打造完成。经过实验，研究团队发现了“亚失稳态”中的核心变化过程：加速协同化。

地壳断层的“协同化”，就是断层内部产生间隙的过程，而“加速协同化”，说的是间隙产生的速率越来越快。这就好比军队作战，一开始损失很少，对余部的战力减损也较小，可当部队出现大面积阵亡时，军队的战力便直线下降，愈发不堪一击。这样的军队往往一溃千里，失败已成定局，地震的发生也是如此。

在实验室取得成果后，为获得更多一手资料，更直观地把握地震活动的规律，研究团队开始了更复杂、观测难度更大的野外研究。

野外研究的主要方法被称为“震例分析”，即将实验室数据与实际发生的地震中的测量数据进行比对。研究团队对2000年6月6日发生在老虎山、毛毛山的6.2级地震进行了观测，发现震前的小震活动中，存在与实验结果类似的加速协同化过程。而在典型的强震高发地区——川渝地区的观测中，研究团队也发现了大地震前后板块边界断层的协同化作用。

观测证实了加速协同化的存在，意味着“亚失稳态”是可以被探测到的，给理论的研究开了一个好头，这意味着抽象的理论研究逐步接近实际。

“重头戏”引领地震科技创新

未来10年，我国将把创新工程作为国家地震科技重点行动计划，实施“透明地壳”“解剖地震”“韧性城乡”和“智慧服务”4大计划，推动全方位科技创新

中国是地震多发国，准确的预报能够在最大程度上减少损失。因此，“亚失稳理论”的提出，对预防地震灾害的发生，保障人民生命和财产安全至关重要。

中国地震局地球物理研究所所长吴忠良总结道：“地震学可能不是所有时候都需要，但现在一定需要；可能不是所有国家都需要，但中国一定需要。”

作为中国科学家独立自主提出的理论，“亚失稳理论”对中国地震科技的发展具有深远的象征意义。中国地震局党组书记、局长郑国光强调，用科技创新作为防震减灾事业发展的核心驱动力，是新时期地震科技的发展方向。“亚失稳理论”探讨了地震的前兆机理，是中国地震科技发展的重大成果。

“亚失稳理论”的提出与实证，让科学家们在预测地震时不必再“大海捞针”，只要把目光放在“加速协同化”的探测上即可。因此，该理论有利于提高地震预报的准确性。

从更高一层角度看，地震科学可谓“点燃地球内部的明灯”。“亚失稳理论”从设想到求证、从理论到实际的研究成果，进一步提升了人们对地球规律的认识。

马瑾表示，“亚失稳理论”的研究还没有结束，研究团队将通过进一步野外研究，来扩充自身理论体系。

为更好地研究地震科学，郑国光透露，未来10年，我国将把创新工程作为国家地震科技重点行动计划，实施“透明地壳”“解剖地震”“韧性城乡”和“智慧服务”4大计划，并将向社会完全开放地震科学数据，推动全方位的科技创新。

郑国光提到的这4大计划将是未来地震科技发展的“重头戏”。其中，“透明地壳”计划是以“地下清楚”为目标，全面开展地下结构和构造的探查，发展新一代观测技术，开展地壳深部探测，使“看不见”的地壳逐渐变得“透明”起来。“解剖地震”计划则是以探索地震孕育机理为目标，解剖典型震例。该计划将对汶川、唐山、海城、玉树等典型大地震，以外科手术式的精准度详细解剖，利用大数据、超算等新技术进行数值模拟，逐步认识大地震孕育发生规律。

郑国光表示，争取到2020年建成开放合作、充满活力的国家地震科技创新体系，形成具有我国地域特色的若干地震科技优势领域；到2025年，这些计划取得阶段性的成果。

中国正向着世界地震科技强国迈进，任重而道远。

人工智能成为医生好助手

本报记者 吴佳佳

随着物联网、大数据、云计算等技术的发展，影像云平台为各级医院尤其是基层医院带来了革命性变化，顶级医生的服务通过云平台得到延伸。近日，阿里健康携手万里云正式对外发布医疗人工智能系统“Doctor You”。据介绍，“Doctor You”人工智能系统包括临床医学科研诊断平台、医疗辅助检测引擎、医师能力培训系统等，将大幅提高医生的诊断效率。

在万里云医学影像中心的阅片现场，《经济日报》记者见到了人机合作诊断肺结节的全过程：现场有来自万里云医学影像中心的4名三甲医院资深放射科医生组成的专家团，以及担任医生助手角色的“Doctor You”。从全国各地基层医院实时上传至万里云影像平台的CT影像被分发至系统后，“Doctor You”开足马力，对30名患者产生的近9000张CT影像智能检测和识别，将第一轮筛查出的疑似结节标记出来，作为辅助诊断结果提供给4名医生审查。

30分钟的诊断结束，经现场医生确认并统计，“Doctor You”正确识别肺结节的准确度达90%以上。如果通过传统途径，上述阅片及诊断预计将花费150分钟至180分钟，是“人机会诊”时间的5到6倍。

医生们在万里云医学影像中心的阅片现场远程诊断。本报记者 吴佳佳摄

据了解，肺结节检测是“Doctor You”进入实际应用的首个医疗人工智能系统产品。万里云影像中心放射科医生、空军总医院主任医师李小坵告诉记者，肺结节是早期肺癌的表现形式，早期发现和治疗能够极大提高病人的生活质量和存活率，因此，对肺结节的筛查极其重要。但肺结节在图像上用肉眼观察很容易被遗漏，影像医生平时需要花费大量时间用于人工检测肺结节。“一家三甲医院平均每天接待约200例肺结节筛查患者，每位患者在检查中会产生200张至300张CT影像，放射科医生每天至少需要阅读4万张影像。”李小坵说。

“Doctor You”的CT肺结节智能检测引擎，将医学知识和人工智能技术结合，自动识别并标记可疑结节，提高医生工作效率，降低误诊率和漏诊率。“在高强度的工作环境下，让人工智能去分担工作，能起到给医生‘减负’的作用。”阿里健康高级架构师范绎说。

“‘Doctor You’很快将进入全国多家医疗机构‘服役’，成为医生的好助手。”据阿里健康副总裁柯研透露，“过去一年里，‘Doctor You’基于大数据技术，昼夜不停地完成了对各类病种医疗影像的深度学习分析工作。目前，阿里健康的CT肺结节检测引擎无论是在性能还是云服务能力上，都达到了世界一流水平”。柯研表示，“我们的目标是：在10年内，用医疗人工智能系统帮助医生承担一半的工作量”。

据介绍，万里云医学影像平台目前已为全国20多个省市地区的1600余家基层医院提供远程咨询服务。每天，中心多点执业医生的阅片量已超过4000名患者。下一阶段，万里云医学影像平台将陆续接入“Doctor You”的乳腺超声、心电图、X光等智能检测引擎。

本报记者 陈 颐

在我国，玉米和小麦是最重要的粮食作物。对于粮农们来说，那些危害农田的病害无疑是心头大患，辛劳耕种一年的成果很可能因之付诸东流。

“农作物病害初起之时，难以被察觉，却可能导致严重后果。我致力于农作物病理学方面的研究，正针对一些严重病害寻找快速诊断方法，帮助人们第一时间对病害发起‘反击’。”中国农业科学院植物保护研究所研究员高利向记者讲述了如何运用科技手段，与肉眼“看不见的病害”战斗。

2007年博士毕业工作后，高利开始研究小麦锈病的简单快速诊断。小麦锈病是影响我国小麦生产的第一大病害。一些农业专家甚至认为，“全国每3个馒头就会因为锈病丢掉1个”。

小麦锈病分为条锈病、叶锈病和秆锈病3种，虽然田间症状很相似，治疗方法却有很大差异。此外，麦类锈病变异频繁，并能远距离传播，使其流行范围涵盖广阔区域。历史上，小麦锈病曾经几度大流行，均造成了惨重损失。

值得一提的是，如果仅用肉眼判断，普通农民很容易对麦类锈病误判和误报。比如，小麦矮腥黑穗病在即将收获时才会显示症状，此时救治为时已晚。而且，这种病菌冬孢子即便被加工成面粉，如有合适环境条件，还会继续萌发入侵新的小麦。

高利决心解决这个问题。她发现，导致条锈病和叶锈病的病原菌，因为体积相近而容易混淆，但它们的生物性质仍然存在差异，只是肉眼难以判断。由此，她研究出一种单克隆抗体的检测剂，通过颜色差异区分病原菌。

这项科研成果对粮农价值巨大。因为锈病的发病周期比较长，如果在作物患病初期快速诊断施救，便可成功挽回损失。“粮农在发现锈病端倪之时，取病原菌孢子粉制作玻片，再滴上检测剂，放到显微镜下观察，由于检测剂的作用，条锈病、叶锈病和秆锈病的病原菌会呈现出不同颜色，很容易就能找到锈病的源头，迅速启动治疗措施。”高利说。

此外，高利还致力于为另一种严重危害小麦的疾病——小麦矮腥黑粉病，寻找快速检测方案。

小麦矮腥黑粉病的源头在捷克，目前已经传播到世界30多个国家。这种病害爆发时，可导致90%以上小麦绝收，对粮食生产危害很大。而且，这种真菌可以通过麦种和带菌土壤传播，“潜伏”10年之后仍有可能发病。它还与另外两种同样会导致小麦黑粉病的寄生真菌极为相似，很难辨别。所有这些都给海关检疫和相关防控工作带来巨大压力。

“事实上，生物学领域存在很方便地分辨出3种黑粉菌的方法。”高利说，小麦矮腥黑粉菌想要萌发，对温度和时间的要求非常苛刻。它必须在5℃或者略低一些的环境里，经过21天方可萌发。另外两种黑粉菌的萌发速度要更快一些，对温度的要求也没有这么低。但这种方法在海关检疫领域不具备可操作性。“因此，我们要有很可靠的检测手段，并且做得足够快，以满足海关的快速检疫需求。”

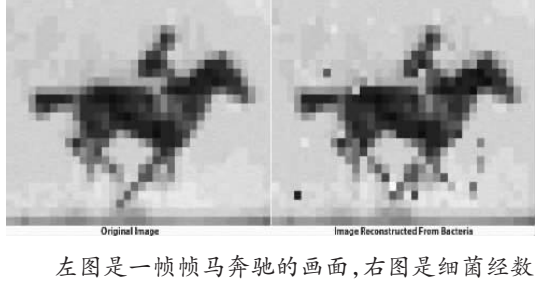
为检测小麦矮腥黑粉菌，高利同样设计出漂亮简洁的方案——运用分子标记和免疫荧光技术探知这种真菌的存在。在这种自动系统的辅助下，普通海关检疫人员能够迅速完成计数，找出需要阻止的小麦样本。目前，这项检测技术已经在我国一些口岸投入试用，待更为成熟之后加以推广。

小电影存进大肠杆菌 DNA变身活体U盘

本报讯 记者余惠敏报道：《自然》期刊近日发布了一项成果，研究人员利用基因编辑技术（CRISPR）系统，将埃德沃德·迈布里奇《人类和动物的运动》中收录的图片和一部短片编码进了细菌DNA中。之前已有研究表明，DNA是将数码数据存储进活细胞的一种可靠媒介，此次研究则是在该基础上的进一步拓展。

最近研究成果显示，CRISPR系统可以使用两种蛋白质将遗传密码插入目标细胞的DNA中，将信息传输至活细胞。为证明这一点，美国哈佛医学院的研究人员使用CRISPR系统将多张图片和一个短GIF编码进了大肠杆菌。该GIF显示了来自《人类和动物的运动》中一匹马奔跑的5帧影像。他们将序列逐帧传至活细菌，并按传输顺序将其插入细菌基因组中。一旦被插入大肠杆菌的基因组中，这些数据可以再通过测序DNA重新提取出来，并可以将图片重构出来，准确度达90%左右。

本研究不仅表明CRISPR系统有望使在活细胞中存储一定数量数据成为可能，并揭示了有关CRISPR系统功能的新认知。



左图是一帧帧马奔驰的画面，右图是细菌经数次生长后，研究者利用测序细菌DNA重构的图像。

本版编辑 郎 冰 周明阳
联系邮箱 jjrbxzh@163.com