

我科学家破解沙子流动成因 颗粒物：游走于固液边缘

刘 禹 本报记者 王 春



沙子既像固体,在没有外界干扰的时候能保持静态,形成沙丘之类的景观;也像液体,在外力作用下能够流动,可以用沙漏计时。糖果、沙子、谷堆,这些身边常见的颗粒物到底是一种怎样的存在?算是固体还是液体?这不仅是一个孩子玩沙子时的灵光一现,也是能在《自然》杂志发表的严肃且重要的科学问题。

近日,《自然》杂志在线发表了上海交通大学物理与天文学院王宇杰教授团队“玩沙子”的深刻见解:“颗粒材料流变为类同于复杂流体。”

万物皆流,无物常驻。王宇杰团队首次利用CT成像,“看”清楚了颗粒物质的微观动力学过程。实验发现颗粒体系具有和普通液体完全不同的微动力学,认为传统意义上理解的颗粒“固体”是一种正好处在液固相边界的临界固体。

给颗粒做CT

沙子、大米、巧克力豆……生活中这些颗粒物无处不在,但是,人们对其动态行为所知始终非常有限。在理论上,由于是非平衡态的多体耗散系统,颗粒物质在不同条件下会表现出气、液、固态的特性,迄今还没有一个完备的统计力学理论框架;在实验上,颗粒物质一般不透明,由于传统实验技术限制,很难观测到其内部运动状态。《科学》杂志2005年曾将沙子这类颗粒物质的非平衡态动力学理论列为亟待解决的125个重大科学问题之一。

像固体但更像液体

由于组成颗粒物质的单个颗粒与组成气液固体的原子分子很相似,因此过去几十年里,物理学家认为可以用固体、液体力学的理论来研究颗粒物质,也就是传统的硬球模型。“我们最开始一直将实验结果局限在颗粒尺度来理解,但遇到了很

大的困境。”王宇杰说。恒河之沙,数不胜数。每一次的实验观测,都会产生海量数据,必须统计分析以发现规律。但分析发现,这些实验现象是当时常用的硬球模型所无法解释的。也就是说,颗粒物质和传统意义

想探究颗粒物质运动的奥秘,首先就得看清楚颗粒物质内部运动状态。王宇杰近年主要从事同步辐射X射线成像和软物质物理研究。于是,王宇杰“脑洞大开”,将颗粒物质送进了医院,通过CT成像进行了近千次扫描,记录颗粒的运动。

王宇杰团队对棒状的颗粒物质施加循环的准静态剪切应变,输入能量使其运动,然后运用CT测量其位置与取向。这样他们就能够监控每一个颗粒在空间的三维轨迹,从而确定它们的位移与旋转随时间的变化规律。

王宇杰团队首次利用CT成像,“看”清楚了颗粒物质的微观动力学过程。实验发现颗粒体系具有和普通液体完全不同的微动力学,认为传统意义上理解的颗粒“固体”是一种正好处在液固相边界的临界固体。

上理想的液体和固体并不一样。“这种类比方式丢掉了一些重要的东西,尤其是颗粒表面粗糙度等微观尺度对体系微动力学的影响。”王宇杰团队发现,颗粒物质具有多尺度现象,即除了粒径等尺度外,表面也是不可忽略的一个方面,而颗粒物质的表面并不是绝对光滑的。正是这些微小尺度决定着颗粒物质独特的运动特性。“我们发现原来一般意义上认为的颗粒固体

小颗粒大应用

沙子的运动状态研究,看起来只是兴之所至的纯物理理论研究,但事实并非如此。从粮仓贮存的米粮到堆积如山等待冶炼的矿石,从海边堤坝的巨石到探月登陆关注的月壤……正因为颗粒物质无所不在,才决定了其广阔的应用背景。

颗粒物质是很多应用学科的载体,同时也是地球上除水以外第二多被处理的工业原材料,颗粒输送是化学、食品、医药、冶金、建筑、农业、制造业自动化的基础。但现有的工程理论主要是基于经验的宏观本构理论,对于微观机制和

其实是一种处在液固边界的临界相,在非常小的外部微扰下就会流化,在很多时候表现得其实更像液体。”王宇杰说,这也很好解释了沙子静止时是沙丘;受到微小外部微扰就会“流动”,像沙漏。但是颗粒体系又有固体的性质,因为颗粒体系是耗散系统,外部微扰的能量会快速转移到原子层面,所以体系在微扰消失后会停止流动,恢复“固体”的形态。

机理并不十分清楚,在很多实际应用中遇到困难。王宇杰认为,“基于统计力学,从微观结构和动力学开始建立颗粒物质体系的宏观连续介质力学理论框架是必然途径。这不仅是在追求科学真理的过程,也对实际应用带来意义。”

此外,颗粒物质也是一些地质过程包括地震、泥石流等的实际载体。对颗粒物质微观结构和动力学的研究,有助于未来对包括地震、泥石流等自然灾害的预防和控制,甚至“一带一路”建设中遇到的海床、地基加固、沙漠治理等领域有更深刻和精准的理解。

钻一口全世界最深的井,到底有多难

本报记者 刘园园



“松辽盆地大陆科学钻探2号井”是全球第一口钻穿白垩纪陆相地层的大陆科学钻探井,设计井深为6400米。

地球平均半径6371千米,而当今世界最深的钻孔也就12262米。也就是说,人类花了大约300年,仅向地心钻进了大约0.2%。用中国科学院院士高锐的话说,“如果把地球比作一个鸡蛋的话,现在连鸡蛋皮都没钻破!”

这个12262米深的钻孔还是前苏联的科拉超深井创造的记录,迄今20多年无人打破。不过,11月15日召开的香山科学会议上传出人振奋的消息,我国科学家们提出大胆设想,将在中国钻若干口超过万米,甚至打破前苏联科拉超深井纪录的特深钻孔。这将使我国的地球科学研究水平提升至国际先进水平。

寻找藏在地下的答案和资源

正如人最不了解的是自己一样,人类虽然世世代代生活在地球上,却对它所知甚少。很多看似很简单的地球科学问题,至今仍没有确切答案。比如,地震的原因是什么?地壳中有什么样的流体?是什么力引发了造山运动?地壳中曾经和正在进行什么样的物理化学过程?

“如果能够打造若干条通往地球深部的通道,并在地层深处处理长期观测的仪器,建立起对地球内部进行长期观测的网络,那么上述问题或许可以在一定程度上得到回答。”中国地质调查局原副局长王达说。

另一个原因,与地底下丰富的自然资源相关。目前世界先进水平的矿产勘探开采深度已达2500米至4000米,而我国大多在500米以内。科学家估计,如果我国的矿产勘查深度能从平均500米增至2000米,我国的金属资源量可以翻一番。

事实证明,地球更深处埋藏着众多“惊喜”,这也是为什么特深层油气资源已经成为全球勘探开发的热点。中国石化石油工程技术研究院高级工程师曾义金介绍,截至2014年底,全世界6000米以上的超深层油气藏104个,8000米以上的有28个,其中包括我国的塔里木油田。除了油气,还有大量的地热资源等待我们去开发利用。

地球“三高”堪称世界级难题

要钻这么深的井,需要利用强大的机器,钻透一层又一层坚硬的岩石。“在这个过程中,会遇到很多世界级难题。”吉林大学副校长孙友宏介绍,其中就包括地球的“三高”问题。

第一“高”是高温。科学家预计,钻到地球深处超万米处,温度将达到300摄氏度以上。这意味着,钻探机器上所使用的孔底马达、震击器、轴承密封等材料得耐得住这样的高温才行。可惜现阶段很多材料的耐高温性能还没这么厉害。

第二“高”是高压。如果钻孔深度达到一万多米,预计井内泥浆压力将达到175MPa以上,地层压力将达到400MPa。而现有很多测量仪器所能承受的压力为140MPa到170MPa之间。更要命的是,在高温、高压之下,岩石的物理力学性质会发生改变,容易破碎。一旦井壁岩石出现破碎,又会严重阻碍钻井施工的顺利进行。

第三“高”是高地应力。所谓地应力,是地壳内岩石在受到外力而变形时,各部分之间产生相互作用的内力。高地应力非常容易造成井壁垮塌、卡钻等井下事故。前苏联的科拉超深井和德国的KTB井,在6000米至7000米以下并段施工

时,就因为高地应力频频发生事故,从而浪费了大量的时间和经费。

考验科技实力的时刻到了

据测算,钻一口这样的井需要花10年甚至20年时间,大约需要20亿人民币。要想把这笔巨资花得响,必须有十足的把握才能动工。为此,科学家们提出了不少施工策略。

就拿对付地球的高温来说吧。对于地球万米深处300摄氏度高温,首先挑战的是钻具上的橡胶、尼龙等有机材料,比如钻具的密封件。此外还有钻具上使用的电子元器件,目前大多数元器件能耐的最高温度在200摄氏度以内。

“最简单直接的办法就是研究出更耐高温的橡胶、聚氨酯和电子元器件。”王达说,如果这些材料仍然达不到要求,可以试试用耐高温的金属材来替代它们。

还有一个办法是给钻具降温。比如泥浆可以提取到地面进行冷却,通过泥浆的循环来带走钻具的热量。还有一个设想是采用专门的制冷设备,像空调一样给钻具降温。遗憾的是,可以在高温高压环境下使用的制冷机目前还没有诞生。

为了防止井壁坍塌,科学家提出,可以加大泥浆的密度,尽量减小最大地应力与最小地应力之间的差距。还可以采用多层套管或者膨胀套管来阻隔地层的崩塌。

所以,表面上看是打一口井,实际上却是在考验一个国家的经济实力、基础工业实力和整个科技的发展水平。正如王达所言,要想完成世界第一的特深钻孔,必须拿出世界第一的钻探技术才行!

需要一个麦克风或电话,手机就可以通过网络实现远程登录。”王晓鹏说。

不过,声纹识别的缺点也十分明显,对环境的要求非常高,在嘈杂的环境、混合说话声下不易获取;人的声音也会随着年龄、身体状况、情绪等的影响而变化;不同的麦克风和信道对识别性能也会有影响。

此外,去年“五一”神农架景区指静脉检票机使用,验票只需3秒,有效缓解了高峰期景区门口拥堵现象。据介绍,指静脉检票系统利用近红外线穿透手指后所得的静脉纹络影像来进行个人识别。

通过指静脉识别取得个人手指静脉分布图,将特征值存储。对比时,实时采取静脉图,提取特征值进行匹配,从而对个人进行身份鉴定。然而,目前指静脉识别在市场的运用并不高,它同样有着难以规避的缺点。由于采集方式受自身特点的限制,产品难以小型化,目前无法高度集成到手机等移动终端里。

王晓鹏说,今后的生物识别技术将会取长补短融合发展,而生物识别技术的市场前景仍值得期待。

解开身体“密码”,只为一把你“认”出来

本报记者 刘志伟

据英国《每日邮报》11月15日报道,由于汗液中的分子是独一无二的,汗液可以像指纹或面部识别一样,实现解锁智能手机。研究人员声称,在未来5到10年里,这种技术可能会成为现实。

从指纹、虹膜到人脸识别,生物识别伴随着智能手机走进了千家万户。人们也从模糊和好奇,渐渐变成了最时尚的体验。人体到底藏了多少“密码”?这些“密码”都很安全吗?

人脸识别快但还不安全

生物识别与智能手机结合,如今成了最炫酷的一项技术。在今年发布的智能手机中,三星Note 8、iPhoneX等一大批机型都搭载了人脸识别系统。

国家千人计划专家、北京释码大CEO王晓鹏博士说,人脸识别的优点是快,但由于特征点数量少,PS一张高清图像就能攻克二维识别系统。今年央视3·15晚会,主持人在现场技术人员支持下,仅凭一张观众自拍照,就成功攻克了“刷脸登

录”的人脸认证系统。刚刚发布的苹果iPhoneX采用了先进的三维人脸识别系统。最近,网上曝出越南一家安全公司用3D打印出的人脸面具,居然骗过了它的人脸识别系统,成功解锁。这也证明人脸识别系统并不安全。

未来“看一眼”手机就能支付

虹膜和DNA识别,在生物识别中的唯一性和安全性等级最高。

“但DNA识别成本高,技术复杂,决定了它目前无法应用于消费电子产品中。”王晓鹏说,相对于其他生物识别技术而言,虹膜识别属于活体非接触式的识别,有四大特点:一是通用性,人人都有,不受年龄、肤色和环境的影响;二是独特性,每个人都不同,260多个特征点,保证万亿级的重复率;三是一致性,特征不会改变,人出生18个月后就定型了,终身不变;四是难以造假,真正的活体识别,极难仿制和伪造。

早期的虹膜识别相比其他的识别技术成本偏高,但目前有了很大的突破。今年,王晓鹏带领的

释码研发团队参与了公安部“十三五”国家重点研发计划,是国内虹膜识别技术行业标准的起草者和推动者。他们已经成功研发出高度集成人脸识别和虹膜识别为一体的二合一手机智能芯片。王晓鹏风趣地对科技日报记者说,也许你的下一部手机就带有新的二合一系统,只要你深情的“看一眼”就能支付。

生物识别技术融合或成趋势

国外最新消息,来自纽约州立大学阿尔巴尼分校的助理教授Jan Halamek找到了一种解锁手机的新方法——通过汗液。

对此,王晓鹏认为,研究人员的这个想法理解起来也简单,每个人分泌的汗水印渍也是独一无二的,而智能手机或其他可穿戴设备可以通过不断学习这些皮肤分泌物中的特定生物信息,以此来建立起对使用者汗液的识别能力,从而帮助用户解锁。近年来,生物识别技术不断推陈出新,像声纹、指静脉识别也进入人们的视线。

“所谓声纹,是用电声学仪器显示的携带语音信息的声波频谱。它非常适合远程身份确认,只

科眼看历史

古代引水“神器”哪家强

本报记者 唐 婷

新疆坎儿井、陕西郑国渠、四川都江堰……一些有着千年历史的古代灌溉工程至今还在发挥作用。日前,国际灌排委员会发布了2017年度的世界灌溉工程遗产名单。中国申报的宁夏引黄古灌区、陕西汉中三堰和福建黄鞠灌溉工程3个项目全部入选。

“几乎所有入选的灌溉遗产工程,都在其引水工程设计和建造上有独到之处。”中国科学院院士、国际灌排委员会原首席高占义11月22日在接受科技日报记者采访时表示。

宁夏引黄古灌区:无坝引水 激河之法

自古以来,流传“天下黄河富宁夏”的说法。宁夏引黄古灌区于汉武帝时期已初步形成,在长达两千多年的历史中,无坝引水一直是宁夏引黄灌渠的主要的渠首型式,汉代称之为“激河之法”。

高占义解释,无坝引水是自渠首下游侧起在河床上向中游抛石修一道引水长堤(古称“引水湃”),将河水导入渠首。“如果说有坝引水是将河道横截成两段,无坝引水中的引水堤相当于是竖着把河劈成两部分”。

引水堤向上游延伸,堤顶略高于渠道进水所需水位,从而水小时,河水能进入渠道;水大时,超过渠道进水所需的水量通过导流堤回到河道中,可有效避免洪水对渠首和渠道的破坏。

在高占义看来,相比较拦坝取水,无坝引水对河道生态的影响更小。宁夏引黄古灌区因地制宜、低影响开发的工程理念,在当代仍值得借鉴。



宁夏引黄古灌区渠首砾石渠首引水湃

陕西汉中三堰:低坝引水 因势利导

汉中三堰位于陕西省汉中市,包括五门堰、杨填堰、山河堰,是汉中盆地灌溉农业发展史上的代表性工程。

汉中三堰始建于汉代,低坝引水是其工程结构特点之一。汉中三堰利用汉江支流丰富的水资源,在河道上建拦河低坝将河流水位抬高,经引水口把水输入干渠,再通过分水闸及下级渠道送至农田。汛期进入渠道的洪水以及灌溉尾水,则通过渠道上退水闸回归江河。

“这种低坝引水的灌溉工程,也是充分利用了区域地形特点,合理选择渠首位置和规划灌溉渠系。根据经验确定的渠首拦河堰的高程,一方面使引水量足够多,能够满足灌区用水量需求;另一方面汛期又能够使大量洪水通过溢流下泄至下游河道,使进入灌溉渠系的水量不致太多而威胁到渠系安全。以最少的工程设施和管理,满足了引水灌溉和防洪安全水量的多重目标。”中国水利院水史研究所所长助理王云鹏说。在他看来,汉中三堰的科技价值主要体现在工程规划、传统堰坝工程结构和灌溉管理制度。



山河堰堰坝上的闸前分水设施

福建黄鞠灌溉工程:凿山引水 火烧水激

黄鞠灌溉工程位于福建省宁德市蕉城区霍童镇,是中国东南地区代表性的乡村灌溉工程。该工程在12世纪已相对完备的引水灌溉工程体系。黄鞠灌溉工程包括霍童溪南岸的龙腰渠系和左岸的琵琶洞渠系,干渠总长约10公里,目前灌溉面积两万余亩。

李云鹏认为,龙腰渠和琵琶洞灌溉工程体系的布局比较合理,能够充分把握江河和两岸地形特点,将村庄聚落规划和灌溉工程系统结合,通过有坝引水、渠系科学布置和湖塘调节,兼顾了灌溉用水、农村生活用水和水利加工的多重效益。

现在如果想开凿一条穿山引水隧道,有很多大型工程机械可以利用。可是在工业革命之前的工程技术条件下,在山体中开凿引水的隧洞无疑是个艰巨的工程。为了穿山引水,在12世纪时仍不得不使用原始的施工技术“火烧水激凿石工法”,在坚硬的花岗岩山体上开凿了总长百余米的引水隧道。

所谓“火烧水激”,就是先用火烧热岩石,再将凉水浇到岩石上,利用“热胀冷缩”原理,让岩石开裂。“由于地震破坏,部分引水隧洞已坍塌,但仍保留琵琶洞部分渠段的完整型态,洞宽约1米、高约2.5米,洞顶为卵圆形,结构稳固,穿山隧洞与出山后的明渠共同引水,灌溉万亩良田。”李云鹏说道。(本文图片由李云鹏提供)



琵琶洞