

全球物理界传来爆炸性新闻—— 室温超导时代,是否真的来临

本报记者 郑亚丽 林 婧

最近,全球物理界最爆炸的新闻,非室温超导莫属。

在国际物理学界的盛会美国物理学会三月会议上,罗彻斯特大学的Ranga Dias教授宣布在约1GPa(一万个大气压)的压强、21°C的温度下观察到了超导现象,相关论文也正式发表在《自然》杂志上。

一时间,不光物理界“炸了锅”,投资人着了急,寻常百姓也来凑热闹。虽然结果真假尚需时日验证,真正牵动人心的是:室温超导是什么,缘何激动了众人的心?超导时代,离我们还有多远?

近期,记者采访了中国科学院物理研究所研究员罗会仟、浙江大学物理学院凝聚态物理研究所所长许祝安,带大家一起走进超导这一熟悉又陌生的奇妙世界。

112岁的超导,还是个年轻“boy”

短短两天内,百度搜索指数从0飙升升至25497,室温超导的热度可谓盛极一时,然而绝大多数人都对这一概念十分陌生。如何理解室温超导?我们要从超导(superconductivity)开始说起——

从字面上看,超就是超级(super),导指的是导电性(conductivity),超导就是超级导电的意思。

众所周知,我们可以根据物体导电的能力,将其分为导体、半导体和绝缘体。在导体中,自由电荷的定向移动形成的是电流,阻碍其运动的物理量叫做电阻。超导就是一种极致状态——物体在低于一定温度时,电阻变为0。

1911年,荷兰物理学家卡末林·昂尼斯在研究低温下金属电阻变化规律时意外发现,当汞的温度降到4.2K(-270°C)左右时,它的电阻突然消失了。他将这种现象称为“超导”,并使物质进入超导态的温度称为超导临界温度,而能够发生这一现象的物质被称为超导体。

经过研究发现,超导体不仅具有零电阻的特性,另一个重要特征是完全抗磁性。换句话说,超导材料一旦进入超导状态,就像拥有了“金钟罩、铁布衫”一样,可以完全抵御外磁场的入侵,做到全身而退。

金属汞是第一个被发现的超导体。此后100余年里,科学家们陆续发现了多种超导体材料,但都需要在极低的温度下才能实现超导。因此,科学家们将临界温度高于40K(-233.15°C)的超导体称为“高温超导体”。

许祝安强调,这里所说的“高温”,并非体感意义上的高温,而是相对于极低温度而言,40K可以算得上高温了。

那么,超导体的临界温度能够更高吗?答案是肯定的。2015年,德国科学家发现硫化氢在约150万个大气压的极高压环境下,可在203K(约-70°C)温度下出现超导现象。

三年后,这一纪录又被十氢化镧提高至250K(约-23°C),前提是在170万个大气压下。如果室温达到-70°C,尚且还需要去往南极或北极环境,那么-23°C,则在我国东北地区就能实现。

尽管从被发现到现在,超导体已经“112岁”,跟人类比已经是个“长寿老人”了,但在物理史上,还是个年轻“boy”。

长远来看,更高温的超导材料一直是科学家们追逐的方向。据早前媒体



悬浮超导体。视觉中国供图



《超导“小时代”:超导的前世、今生和未来》。清华大学出版社出版。受访者供图

报道,Ranga Dias团队的这场演讲在开场前15分钟就已人满为患,安保人员不得不出面控制观众人数。

为何科学界对这场报告如此关注?罗会仟分析,这场报告本身有两个兴奋点:首先是温度。在常压情况下,绝大多数材料的超导临界温度都很低,基本在-138°C以下。而根据Ranga Dias所言,这种由氢、氮和稀土金属镱制成的材料,能在接近常温21°C的温度下观察到超导现象。

其次是压力。室温超导在以前需要百万级压强这一比较苛刻的条件,因此需要两个金刚石对压来产生巨大的压强。现在降到一万个大气压,就实现角度来说,难度已经降下来不少。相关研究人员表示,这已经是一个商用设备可以达到的压强了。

也就是说,能否从实验室走向现实生活,是室温超导必须要过的“一关”。

爆火的室温超导,无数科学家的梦想

在物理学界,超导是“诺奖”级工作。到目前为止,200余位诺贝尔物理学奖获得者中,有10位科学家是直接因为超导研究获此殊荣的。

其中包括发现超导现象的卡末林·昂尼斯,他于1913年获得诺奖。在解释超导的理论探索上,1972年,巴丁、库珀和施里弗因三人提出超导电性的BCS理论被授予诺奖;隔年,约瑟夫森因预言隧道超导电流,提出约瑟夫森效应获奖。在超导材料的发掘上,1986年,柏诺兹和穆勒发现了一种氧化物材料La-Ba-Cu-O的高温超导性,并于次年获奖……



2021年1月13日,具有完全自主知识产权的高温超导高速磁浮工程化样车及试验线在西南交通大学正式启用。图为启用现场。新华社发

罗会仟曾在《超导“小时代”:超导的前世、今生和未来》一书中提到,全世界科学家对超导热情讨论的盛况:

1987年3月初,美国物理学会3月会议设立了“高临界温度超导体讨论会”,当时,来自中国、美国、日本的科学家,作为大会特邀报告人,分别报道了各自在高温超导材料探索的结果,世界各地的3000多名物理学家,挤满了1100人容量的报告厅,狂热的会议讨论一直持续了7小时,直到凌晨2点才结束。

对某一领域投注巨大热情,有时候恰恰证明了,我们对其了解得还不够深。

“高温超导非常神秘,有点像瞎子摸象,直到现在还是有人能摸到一个新东西出来。”许祝安举了个形象的例子,在高温超导这个“庞然大物”面前,科学家们提出的诸多理论尚且只能解释一部分超导现象。关于出现超导现象的底层逻辑,仍是一座值得开发的富矿,亟待科学家们开采。

至于超导材料,更像是宇宙中的小行星,形态表征各不相同:单质金属、合金、过渡金属硫化物/磷化物等等都具有超导电性。它们漂浮在遥远的超导宇宙空间,等待被发现。

前文中,关于超导研究出现的多是外国人的名字,但事实上,中国在这方面的研究并不落后。

“中国在超导的基础领域研究等方向,目前已经做到了世界领先水平。”罗会仟告诉记者,上个世纪六七十年代,中国就开始研究超导。80年代,在瑞士科学家发现铜氧化物高温超导现象后,在中科院物理所赵忠贤老师为代表的团队带领下,中国很快

发现了90K(-183°C)以上铜氧化物高温超导现象,打破了传统超导体的转变温度一般不能超过40K(约-233°C)的上限。

2008年,赵忠贤院士带领团队将铁基超导体的临界温度提高到了55K(-218°C)。当年美国《科学》杂志还以“新超导体将中国物理学家推到最前沿”为题发表述评,肯定了中国物理学家在新型铁基超导体研究中所开展的富有重要影响的领先性工作。

自此,很多新的铁基超导材料,包括超导机理方面的物性研究,均由中国科学家率先开展。直至今日,中国在超导基础研究领域,即材料和机理方面,都处在全球前列。

超导研究如火如荼,那为何超导技术还没有走进人们的生活呢?

“应用条件苛刻。”许祝安一言以蔽之,现在发现的“超导家族”,要么需要超低温,要么需要超高压,应用领域还很窄。

比如在“深圳第一高楼”——平安金融中心地下的超导电缆,就需要借助国产GM制冷机等维持低温环境。

正是因为目前的超导材料限制重重,室温超导这种“理想材料”,才会成为众多科学家的梦想。

迷人的超导世界,应用空间从地球到宇宙

当室温超导照进现实,世界为之一变,也不是不可能。

看过科幻电影《阿凡达》的人会有印象,在潘多拉星球,有许多漂浮在空中的“哈利路亚山”,悬浮的原因是山里含有一种神奇矿石——室温超导矿石。

这一画面,足以打开人们的想象空间。事实上,在能用到电和磁的地方都能用到超导材料,未来在室温超导材料的加持下,超导电力、超导输电、量子计算机、磁悬浮列车等,或将寻常可见。

最直接的受益行业便是电力。现在的输电线是铜或铝导线,通常采用的是远距离输送,结合中国每年15%左右的输电损耗,大约1000亿度,几乎相当于三峡发电站一整年的发电量。想象一下,如果把输电线的材料换成室温超导材料,理论上可以把电力损耗降到零。

在储能方面,室温超导也大有可为。比如,在电动汽车方面,超导材料可以大大增加储能密度,进而延长续航里程,这对节能环保和能源资源的利用都有重要意义。

如此看来,室温超导更像是个魔术师,把消失的损耗“变”回来了。

在能源日渐短缺的今天,核聚变被视作彻底解决能源问题的梦想。而其中,超导又是关键材料。许祝安告诉记者,在大型超导线圈的开发中,超导材料的研制仍然是所有开发项目中最不轻松的技术开发课题,一旦能够展开应用,“无限的能源”也将得以实现。

这些应用只是冰山一角,室温超导还将对世界交通运输、通讯、医疗等领域产生深刻影响。

超导磁悬浮列车,未来或成世界上运行速度最快的列车。想象一下,悬浮在轨道上方,列车竟然可以跑得更快,这里运用的就是超导体完全抗磁性的原理使车体上浮,通过周期性地变换磁场方向来获取推进动力。

2015年,据日本NHK电视台报道,在日本山梨县的实验线路上进行试运行的磁悬浮列车,4月份创出了最高时速603千米记录,被吉尼斯世界纪录评为世界上最快的铁路。

众所周知,我国高铁速度最快可达每小时380公里,如果未来能实现超导磁悬浮列车,出行效率会大大提升。

“目前影响超导磁悬浮列车推广的不仅仅有技术问题,更主要的是成本因素。”许祝安解释,就目前来看,超导磁悬浮列车需要大量液氮来保持温度,这些费用和维护成本较高。而一旦室温超导技术成熟,超导磁悬浮列车将可以大范围推广。

可以预见的是,未来室温超导成寻常材料,家里或许就能坐上“悬浮云沙发”,出门可以乘坐超导磁悬浮高速列车,计算可以使用超导量子计算机,超导体可控聚变发动机的成功研制,或许可以为人类在太空行走的宇宙飞船提供源源不断的动力……

从生活到生产,从地球到宇宙,都能找到室温超导的应用空间。

“一个重要的科学突破,极可能引领其他包括技术在内的领域的突破,这才是科学突破本身的价值和意义。”许祝安举例,相对论出世时,没人会想到这一原理会为人类利用核能奠定坚实基础。从这个角度看,室温超导研究的突破,更重要的意义在于,可能会对其他领域带来革命性影响。

超导世界令人着迷,不过新材料从发现到应用,还有很长的路要走。

罗会仟解释,从物理层面看,室温超导并非常温就能用,三个参数很关键:临界温度、临界电流密度和临界磁场。一旦其中一个参数超过临界值,材料就会瞬间不超导。

从工程层面看,多股电缆要进行较为紧密地绕转,使用过程受力分布不均匀,室温超导材料的效力就会降级。

因此尽管现在新的超导材料不断,但全球绝大部分应用的,还是几十年前发现的铌钛合金超导体。室温超导材料的性能,是决定其能否广泛应用的关键。

如此充满想象空间的超导时代,你期待吗?

3D打印房子能靠谱吗?

潮声 | 执笔 李 灿 李娇俨

20万元打印一套3D房子? 一盘“大棋”已经开始。

眼前这栋房屋,106平方米无公摊,软装齐全拎包入住,数天即可平地起,造价仅需20万元。

近期,清华大学建筑系徐卫国教授团队2021年的作品——自媒体再度聚焦河北张家口下花园区武家庄村的一套农宅,相关话题的网络热度持续发酵。

一座村里的小屋之所以吸引无数目光,在于其建造方式:3D打印。

巧克力、小饰品、零部件,甚至器官,对3D打印来说都不稀奇了。但3D打印房子,能靠谱吗?

走进武家庄村这个常住人口不到100人的小村落,在巷口交错的核心地段,一间“窑洞”形灰色小屋赫然出现在一众红砖瓦房间。完全不含钢筋的预制混凝土,搭配3D打印特有的层层纹理,让它充满了现代气息。

屋主娟子热情地招呼我们走进屋里:两室一厅一厨一卫,坐北朝南光线充足,装修风格现代简约,软装搭配清新活力。

“以前的老房子,冬不抗冻夏不保冷,但现在,冬暖夏凉是最基本的,很少要开空调或者开暖气扇的。”娟子告诉我们,她本来还有一套城里的商品房,但自从3D打印屋建起来,她更喜欢回到这里来住,住着舒服。

这是有原因的。我们看到,在靠东的房间,娟子将一张双人床放在了紧挨窗户的位置。这样,温和的阳光很快就能铺满床铺。另外,房间进深很足。就算夏天阳光厉害,屋子里也依然会有大片的阴凉地。

除了目之所及的优势,还有隐形的技术支持。

徐卫国团队的核心成员之一高远告诉记者,3D混凝土打印可以实现材质和结构两方面的精密控制,保证小屋的门窗与墙体间无缝合缝;此外他们还在墙体上覆盖了一层保温材料,能达到很好的节能效果。

那么,网传这间房160小时完工、造价20万元是真的吗?

“不是很准确。”高远解释,“这些其实都是‘实验室数据’,把每天机械臂开工的时间加在一起,确实差不多。如果我们前期勘察、画图、模拟建造这些环节都加上,远远不止。”另外她提到,这个造价也只是计算了材料成本和人工成本,并不包括技术人员的差旅费用等。

神奇的房子是怎么造出来的? “有的国外城市已经开始公开发售3D打印住宅,我相信这项技术未来也一定会成为国内最普及的建造手段。”回到清华创业园创业大厦,徐卫国一边复盘武家庄村的建房过程,一边为我们科普一个新概念——数字智能建造。

“用机器人或者智能系统去替代人工进行建造,就是数字智能建造。”徐卫国把建房工作分为两步:第一步是在电脑里把房子建一遍,第二步才是前往工地进行物质性的建造。

“我们在3D打印前,已经在电脑里模拟过可能会遇到的问题并进行规避,这样才能在现场实现准确、快速地建造。”徐卫国打了个比方来说明数字智能建造的优秀表现:“如果我们遇到100个问题,那在第一个环节就能解决掉99个。”

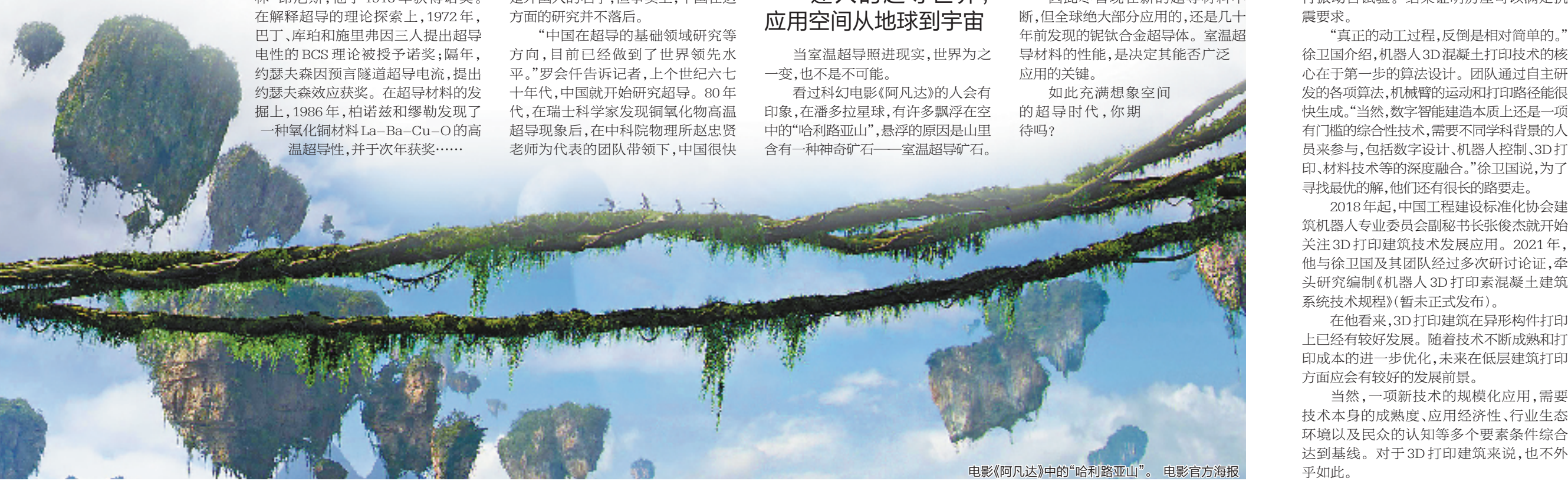
2021年在勘察武家庄时,徐卫国团队就发现了村里路窄的情况。运混凝土的大卡车进不去怎么办?团队马上动手,将轨道等设备拆开后用较小的卡车运进去,便顺利地解决了这个问题。在该项目结束后,团队还吸取经验,研发出可以在工地灵活移动的机械臂智能小车。为确保房屋的结构性能,他们甚至还在正式打印前,制作了一个材质、结构完全相同的1:3缩尺的房屋模型。模型被送到中国地震局的工程力学研究所进行振动台试验。结果证明房屋可以满足抗震要求。

“真正的动工过程,反倒是相对简单的。”徐卫国介绍,机器人3D混凝土打印技术的核心在于第一步的算法设计。团队通过自主研发的各项算法,机械臂的运动和打印路径能很快生成。“当然,数字智能建造本质上还是一项有门槛的综合性技术,需要同学科背景的人员来参与,包括数字设计、机器人控制、3D打印、材料技术等深度融合。”徐卫国说,为了寻找最优的解,他们还有很长的路要走。

2018年起,中国工程建设标准化协会建筑机器人专业委员会副秘书长张俊杰就开始关注3D打印建筑技术发展应用。2021年,他与徐卫国及其团队经过多次研讨论证,牵头研究编制《机器人3D打印素混凝土建筑系统技术规程》(暂未正式发布)。

在他看来,3D打印建筑在异形构件打印上已经有较好发展。随着技术不断成熟和打印成本的进一步优化,未来在低层建筑打印方面应有较好的发展前景。

当然,一项新技术的规模化应用,需要技术本身的成熟度、应用经济性、行业生态环境以及民众的认同等多个条件综合达到基线。对于3D打印建筑来说,也不例外如此。



电影《阿凡达》中的“哈利路亚山”。电影官方海报