地球物理勘探技术首获国家技术发明奖一等奖

三维探测透视地下复杂场景

经济日报·中国经济网记者　郭静原

创事记

历时22年，中国工程院院士、著名地球物理学家何继善和他的团队研究的“大深度高精度广域电磁勘探技术与装备”项目取得丰硕成果，推动了电磁法理论、技术与仪器装备的变革，解决了传统人工源电磁法只能近似计算视电阻率的世纪难题，为增加我国能源与矿产资源储量带来巨大效益

图①　第三代广域电磁仪接收机。　郭静原摄

图②　何继善团队在秘鲁矿区勘探。（资料图片）

图③　何继善在实验室指导学生。（资料图片）

“一些人认为我们能达到国外水平的99%，或者优于1%到10%就很不错了，怎么可能超过5倍多呢？科学研究应是对前人成果的尊重和学习，但绝不能盲从。”中国工程院院士、著名地球物理学家何继善感慨，科研成果来之不易，不能只停留在引进和推广国外的仪器与技术，而是要进一步在理论上钻研突破，指导应用创新。

1月8日，在国家科学技术奖励大会上，由何继善院士领衔的中南大学团队凭借“大深度高精度广域电磁勘探技术与装备”项目摘取国家技术发明奖一等奖，这也是地球物理勘探技术领域首获殊荣。

摒弃旧路

我国经济持续快速发展，对矿产资源的需求不断增加，但埋藏浅、规模大、找矿条件简单的矿产资源越来越少。“地下岩石坚硬复杂，深地探测异常艰难。30万公里外的月球探测和海洋最深的马里亚纳海沟探测均已实现，但1.3万米的地下深井全世界至今也没有。”何继善告诉经济日报记者。

加强深部矿产资源勘查，对于经济社会发展具有重要现实意义。何继善介绍，深地物理探测必须依赖地面装置透视地球，一是用声波，类似给地球做B超；二是用电磁波，类似给地球做CT。这两种方法用于测量不同的物理量，二者缺一不可。

不过，由于地球是非均匀、强耗散介质组成，地下电磁波的传播方程求解困难重重。1971年，加拿大学者Goldstein将这种复杂的曲面波方程简化为平面波方程，近似获得用于反映岩石和矿石等导电性变化的视电阻率参数，从而建立人工信号源电磁勘探法测定地下电阻率理论，形成“可控源音频大地电磁法”，简称CSAMT。

近半个世纪以来，该方法几乎垄断了所有人工源频率域电磁法勘探市场，我国的CSAMT勘探投入也超过百亿元。何继善认为，深地探测要求探得深、探得精、探得准，在方法理论、探测技术和仪器装备3个方面均存在巨大挑战，而国际领先的CSAMT无法满足目前我国深地探测战略的需求。“唯一的出路是抛弃平面波思维，建立全新的曲面波电磁勘探理论，推动电磁勘探技术与装备的变革。”

历时22年，这场推动电磁法理论、技术与仪器装备走向变革的创新终于“开花结果”：团队严格求解电磁波在地下的传播方程，创立了全新的广域电磁法理论，发明了有源周期电磁信号有效信息高效提取技术，搭建起高精度电磁勘探技术装备及工程化系统，解决了传统人工源电磁法只能近似计算视电阻率的世纪难题，实现强干扰环境下电磁信号的高信噪比测量，探测深度、分辨率和信号强度分别是CSAMT的5倍、8倍和125倍，最大探测深度超过8公里。

“地下场景千变万化，广域电磁法能够做到三维探测，在野外获取大量数据后，再把数据反演成地下的实际构造，从而实现精准找矿。”何继善解释道。

坚守初心

美国著名地球物理学家弗兰克·莫里森说，在地球物理学界，既懂方法原理，又懂研制仪器的，世界上只有两个人，何继善就是其中一个。

何继善对记者说，科研过程中最大的困难是没有知音。他回忆起有一次带着广域电磁法科研成果去国外讲学，有人对他说：“CSAMT确实存在不足，但是我们从没想过推翻它，只想做一些改进。”

“在国内，我们也都是先学习了国外已有的电磁法体系后直接拿来使用。”何继善说。

即便大多数的“不敢言”和“不敢为”充斥耳旁，何继善与他的团队却从未想过放弃。从理论上获得突破后，团队又不断改进仪器装备，对探测数据进行检验。何继善说，只有坚持不懈地应用与试验，才能在业内推广。

2013年，安徽冬瓜山矿区上演了一场令地球物理界震撼的“物探擂台赛”——全国14家单位在冬瓜山开展《危机矿山电磁方法有效性比对》项目，试验了5大类电磁法，通过10种国内外仪器在现场1公里深的地下进行勘探，形成47个采集方案。最终，所有欧美先进仪器的测量精度均达不到规范要求。

“唯有我们的方法是成功的。”何继善自豪地说，这是自己最为难忘的一次勘探，“广域电磁法所用电流仅为西方先进仪器的五分之一，却在冬瓜山轻松测得有效数据，平均测量误差0.96%，是CSAMT的六十四分之一，与已知的地质资料吻合，并在已知矿体旁边发现了新的异常，一举打破西方仪器的神话”。

该发明于2015年起被列入中国地质调查局招标体系，在中石油、中石化、地调局等50多家单位成功应用，潜在经济价值超过1.5万亿元。

长庆油田彭阳地区一直以来油气储层描述不清，钻井成功率不高，该发明优选出9个新的勘探目标区，提交地质储量1000万吨；朱溪钨铜矿储量世界第一，但第二找矿空间的关键地质问题未能得到有效解决，该发明首次揭示了矿区控岩控矿构造，为深部找矿提供了关键依据……

探索不止

“尽管广域电磁法比起西方电磁方法和仪器都提升了很大一步，但是科学技术的创新与发展没有止境，我们永远在路上。”在何继善看来，广域电磁法在国家能源探测利用方面具有战略意义，大有前景。

如今，装备推广应用探明了一批常规石油天然气、页岩气以及矿产资源储藏区域，查清了一批煤矿水害分布，解放了一大片煤炭资源，为进一步增加我国能源与矿产资源储量带来巨大的社会效益，也为地质灾害的防治提供了科学依据。

当谈到广域电磁法在页岩气勘探方面的重大进展时，何继善以他的家乡湖南举例道：“湖南省页岩气的地质资源可采量有2.5万亿方，而湖南每年消耗的天然气只有十几亿方，我们国家常规天然气一年的总产量也就1000亿方多一点，想想看这是什么概念。”他告诉记者，页岩气的开发与利用对国家建设尤为重要，“一旦我们自己能开采出来，能改变长期以来北煤南运、西气东输的格局，这将是我国能源史上的一次革命”。

新发现

450小时完成，未用模板和钢筋

世界最大规模3D打印混凝土步行桥落成

本报记者　李治国

在上海落成的世界最大规模3D打印混凝土步行桥，运用了自主开发的混凝土3D打印系统技术，具有工作稳定性好、打印效率快、成型精度高、可连续工作等特点，强度可满足站满行人的荷载要求

1月12日，目前世界最大规模3D打印混凝土步行桥在上海智慧湾科创园落成。该工程由清华大学（建筑学院）—中南置地数字建筑研究中心徐卫国教授团队设计研发，并与上海智慧湾投资管理有限公司共同建造。

该步行桥全长26.3米，宽3.6米，桥梁结构借取了中国古代赵州桥的结构方式，采用单拱结构承受荷载，拱脚间距14.4米。据介绍，在该桥梁进入实际打印施工之前，进行了1:4缩尺实材桥梁破坏试验，其强度可满足站满行人的荷载要求。

步行桥的打印运用了徐卫国教授团队自主开发的混凝土3D打印系统技术，该系统由数字建筑设计、打印路径生成、操作控制系统、混凝土材料等创新技术集成，具有工作稳定性好、打印效率快、成型精度高、可连续工作等特点。该系统主要在3个方面具有独特的创新性，第一为机器臂前端打印头，具有不堵头且打印出的材料在层叠过程中不塌落的特点；第二为打印路径生成及操作系统，将形体设计、打印路径生成、材料泵送、前端运动、机器臂移动等各系统连接为一体协同工作；第三为独有的打印材料配方，具有合理的材性及稳定的流变性。

据了解，整体桥梁工程的打印用了两台机器臂3D打印系统，共用450小时打印完成全部混凝土构件；与同等规模的桥梁相比，它的造价只有普通桥梁造价的三分之二；该桥梁主体的打印及施工未用模板，未用钢筋，大大节省了工程花费。

经济日报记者看到，步行桥的设计采用了三维实体建模，桥栏板采用了形似飘带的造型与桥拱一起构筑出轻盈优雅的体态横卧于上海智慧湾池塘之上。桥面板采用了脑纹珊瑚的形态，珊瑚纹之间的空隙填充细石子。

步行桥桥体由桥拱结构、桥栏板、桥面板三部分组成，桥体结构由44块混凝土3D打印单元组成，68块桥栏板、64块桥面板也通过打印制成。这些构件的打印材料均为聚乙烯纤维混凝土添加多种外加剂组成的复合材料，经过多次配比试验及打印实验，目前已具有可控的流变性满足打印需求；该新型混凝土材料的抗压强度达到65兆帕，抗折强度达到15兆帕。

据介绍，步行桥预埋有实时监测系统，包括振弦式应力监控和高精度应变监控系统，可以即时收集桥梁受力及变形状态数据，对于跟踪研究新型混凝土材料性能以及打印构件的结构力学性能具有实际作用。

随着我国人口红利的消失，建设工程将面临劳动力缺口，智能建造将是解决这一问题的重要途径，将推动我国建筑工业转型升级。3D打印作为智能建造的一种重要方式，将对工程建设的智能化发展发挥重要作用。

目前，在3D混凝土打印建造领域，技术研发及实际应用的竞争日益激烈，国际国内众多的科研机构及建筑公司一直致力于这方面的技术攻关。步行桥的建成标志着这一技术从研发到实际应用迈出了可喜的一步。

图①　3D打印混凝土步行桥。

图②　步行桥的混凝土3D打印单元，材料均是聚乙烯纤维混凝土添加多种外加剂组成的复合材料。（资料图片）

社区团购能成为“下一个风口”吗

□　祝　伟

视界

最近一段时间，社区团购成为资本竞相布局的“下一个风口”。数据显示，2018年下半年以来，已有20多家社区团购平台获得资本的青睐，融资额近40亿元。同时，传统电商巨头也相继加入这一赛道。比如，苏宁宣布2019年1月正式上线社区拼团服务，并在全国招募10万个团长，京东、永辉等也加大了对这一业务的投入。

传统电商增长乏力之际，社区团购能够异军突起，本质上靠的是渠道创新。去年6月，埃森哲发布的《中国消费者洞察报告》显示，在互联网时代，人们购物的社交化特征越来越明显。近九成消费者有自己的兴趣圈子，多数消费者表示兴趣圈子会影响他们的购买决策，而在社交应用中，受分享刺激而购物、冲动购买增加的消费者占到四成以上，蕴含着巨大的消费流量。

面对消费场景的变化，新的市场机会属于那些能持续激活创新基因的人。过去，无论是对于实体门店还是传统电商来说，先采购商品形成存货，再围绕确定性的库存开拓销售渠道，找到一个个不确定的消费者，经过诸多中间环节，库存才能最终抵达消费者。而社区团购的最大创新是以熟人社交为纽带，通过“社交+拼团”的模式，让商品主动呈现给消费者，社区居民通过线上下单参与团购，平台招募团长进行管理和商品分发，实现了先汇集当下消费者的实际需求，再去生产和匹配更好、更精准的商品。

这种“轻资产”的特征，不仅省去了房租、人力等成本，同时因为采用预售模式，能够以销定采，脱离了中间环节的桎梏，有效降低了平台的仓储、运营成本。更为重要的是，对于消费者而言，在小区内部的熟人社会中，邻里之间信任程度较高，根据信任关系、口碑传播进行的推荐和分享，也在一定程度上帮助消费者降低商品选择的难度。正是这些经营模式上的创新，重塑了电商传统的线下渠道和流量变现方式。

然而，对于任何行业而言，仅有模式的创新，并不足以赢得未来。几年之前，当网络团购兴起之时，也曾呈现短暂的繁荣。但经历市场的大浪淘沙之后，整个行业暴露出商品歧视、服务歧视、霸王条款等问题，如今大部分企业早已退出、破产，胜出的仅有寥寥几个。这也启示今天社区团购赛道上的竞争者，资本比拼的上半场结束，企业创新的下半场才刚刚开始。在规模快速扩张的过程中，必须扎扎实实做好产品和供应链的精细化运营，提高准入标准、提升消费体验、验证盈利模式，持续进行产品和服务创新。让“资本的风口”成为“创新的风口”，整个行业才能走得更稳更远。

同时，作为建立在人际交往之上的消费模式，社区团购平台应吸取网络团购昙花一现的历史教训，不能因为追求短期利益，走入依靠佣金和利益驱动分享的歧途，而要守住基于信任、口碑来进行商品推荐和分享的初心，探索建立一种真正良性的口碑和社交分享机制。在这些方面，成熟的、领跑的企业尤应如此。如果偏离了初心、走错了方向，电商行业创新的活力以及整个互联网产业的发展生态，都将为此埋单。

执行主编　刘　佳
美　　编　高　妍
联系邮箱　jjrbczk@163.com