

“极低频探地(WEM)工程”,已经通过了国家验收和科技成果鉴定,具备运行条件。该成果可用于地层结构、地下资源和海底资源探测,地震预测等领域研究和应用,具有重大战略意义。

# 极低频探地工程 既能地下寻宝也能地下“捉妖”

汪涛 本报记者 付毅飞

最近,我国重大科技工程捷报频传。天问一号火星探测器已飞到6000万公里之外,将实施我国首次火星探测任务;嫦娥五号月球探测器成功发射,将取回第一份属于中国人的月球样品;奋斗者号全海深载人潜水器再创中国载人深潜纪录,并完成世界首次载人潜水器与着陆器在万米海底的联合作业……

在巡天、探海任务不断取得进展时,许多人可能会忽视,我们对脚下的地球深处,所知还很有限——不仅对地下10公里内蕴藏的矿产和石油探测困难,对地震灾害也很难预知。

习近平总书记在全国科技创新大会上指出:“从理论上讲,地球内部可利用的成矿空间分布

## 一次试验带来的启发

电磁波是人类探测地质的的重要手段。

早在20世纪50年代,国外就发明了用空中雷电探测地质的方法。雷电有大量极低的频率,可以穿透较深地层,但随机性强,探测误差大。

20世纪70年代后,人们又发明了可控人工源电磁法,沿用至今。这种方法探测精度大大提高,但探测距离只有10至20公里,探测深度仅在1.5公里之内。

长期从事舰船通信技术研究的中国工程院院士陆建勋,1999年跟地电局地质研究所研究员赵国泽一起与俄罗斯科学院合作,利用俄方发射的大功率超低频信号,在距离发射台6500公里之外的河北怀来,记录了一次4.2级地震的前兆信息。



极低频大功率发射台调谐室  
图片由中国船舶集团公司所属中国舰船研究院提供

在从地表到地下1万米,目前世界先进水平勘探开采深度已达2500米至4000米,而我国大多小于500米,向地球深处进军是我们必须解决的战略科技问题。”

总书记的话,让一群默默无闻从事探地研究的科技工作者备受鼓舞。记者从中国船舶集团公司所属中国舰船研究院获悉,由该院联合中国船舶集团722所、中国地震局地质研究所、中国科学院地质与地球物理研究所,攻关多年共同完成的“十一五”国家重大科学技术基础设施项目“极低频探地(WEM)工程”,已经通过了国家验收和科技成果鉴定,具备运行条件。

据悉,该成果可用于地层结构、地下资源和海底资源探测,地震预测等领域研究和应用,具有重大战略意义。

陆建勋由此受到了启发。

他推断,如果把军用地—电离层波导传输技术从超低频(30Hz—300Hz)向下发展到极低频(3Hz—30Hz)以及至低频(0.03Hz—3Hz),进而用于民用深层地质探测,将会实现一种全新的地质探测新技术。他将这种技术称为“无线电磁法”(WEM法)。

当时,美国只将这项技术用于军事通信。俄罗斯虽然把该技术作为民用,但最低只试验到1.3Hz。要解决1Hz以下至低频的超远距离传播,难度极大。

2000年开始,陆建勋和中国地震局马宗晋院士

合作,带领团队开展了《利用极低频/超低频无线电波进行地震预报及地下资源探测系统的方案研究》。

极低频(0.1Hz—300Hz)的波长为300万公里至1000公里。由于波长极长,可以在周围衍射,因而不会被山脉等阻挡,还可绕地球传播。同时,波长越长对介质穿透越强,因此极低频可以远在数千

## 做别人没有做过的东西

WEM工程是一项创新性项目,国外没有同类项目可以借鉴。作为工程首席科学家,陆建勋认为,搞创新就要做别人没有做过的东西。

他深入一线亲力亲为。工程的可行性研究、初步设计、主要技术指标、关键技术,测试结果等,他都亲自审查和把关。

目前,该工程完成了系统总体、发射系统、资源探测、地震预测、场强指标、地质灾害监测、大陆架探测等各项科学试验,验证了其在资源探测、地震预测方面发挥的作用。

2015年12月,世界上首座民用极低频大功率发射台建成。为验证极低频理论计算,科研团队西到新疆奎屯,北到黑龙江漠河,跑遍全国开展各种频率场强的测试;从大连到东沙,他们又进行了从数十米到数百米水深的极低频水下电磁场数据测试。随

## 以创新手段向地球深部进军

WEM工程项目为我国地下深层矿产、石油、天然气的开发以及地震预测预报研究提供了全新的探测方法,也为我国海洋和大陆架资源的探测提供了高效的技术手段。

在地下资源探测方面,项目团队建立了电离层—大气层—地壳电磁耦合模型,解决了超大范围组网式三维极低频电磁波深部资源探测难题。利用WEM法进行300至1000公里已知矿藏断面深达10公里的对比探测,测得的数据与原有数据完全相符,首次实现了人工源大面积、远距离、大深度的油气矿产资源探测新技术。

通过多年建设,项目团队在我国地震重点灾害预防区建成了30余个电磁观测站,初步形成首都圈和南北地震带南段的极低频地震电磁观测台网,使得人工源和天然源电磁场可以同时观测电磁场和地下结构变化。这些台站和电磁观测站既可以监测地震引起的空间电磁场异常、震源

区附近的大地电阻率异常,也可以监测电磁场和电阻率在时间上的变化规律,实现真正的四维观测,极大提高了对地震前兆异常的识别和捕捉能力,例如利用邻近观测点曾记录了九寨沟7级地震和多次余震的地震前兆数据,有助于地震预测的前兆研究。

目前极低频台网已并入中国地震前兆管理系统。2018年4月11日山东平邑发生3.1级地震之前,该系统基于2个台站观测的震前视电阻率异常现象,正式提出的地震预测意见得到证实。

经过20年奋斗,WEM工程建设已取得丰硕成果。记者了解到,项目团队即将进入第二阶段工作,争取用更先进的信息技术,实现更广范围、更大规模、更高技术指标的“极低频深地、深海探测(WEM-II)工程”,为我国的深地、深海资源探测、地震预测及其他前沿科学研究及应用,提供新的技术手段和开放性的公共服务平台。

后项目团队又与国外合作,成功在6000公里以外距离,有效接收到国内发射的极低频电磁波信号。

2020年1月,WEM工程国家验收意见写道:“该项目是我国军事无线电通信技术与地球物理跨学科交叉的创新产物,突破了0.1Hz—30Hz的极低频发射难题,工程技术性能指标全面达到批复要求,成果原创性强,整体技术达到国际领先水平。”

在2020年9月举行的WEM工程科技成果鉴定会上专家指出,极低频探地工程是我国自主创新工程之一,工程建设没有国外同类工程或项目可借鉴,同时涉及无线电、地球物理等多门学科,技术广度宽、难度大,提出的WEM法和相关研究成果取得多项突破性进展,拥有多项自主知识产权,总体性能达到国际领先水平,具有重大经济效益、社会价值和广阔的推广应用前景。

## 展示台

### 聚焦十字花科蔬菜 菜篮子里装满新尝试

本报记者 王延斌

11月初,一批农科专家来到山东济南的一个农耕示范园,之前,这些以研究十字花科蔬菜见长的专家们将自己的380余份新品种栽种到了这个示范园中。如今,到了结果的时候了。

这些专家来到济南,不光是看看自己栽种的新品种,也是参加由中国园艺学会十字花科蔬菜分会、国家大宗蔬菜产业技术体系主办的全国十字花科蔬菜学术研讨会暨新品种展示会。这场十字花科蔬菜界的盛会保持着两年一届的频率。

十字花科蔬菜的种植面积约占全国蔬菜面积的30%,而我国蔬菜总产量约占世界的50%以上。在现实生活中,我们餐桌上的多数蔬菜均为十字花科,比如大白菜、甘蓝、芥菜、萝卜等。

当下,国内蔬菜已经从过去的“缺品种”进入到“品种多”的繁荣时代,从注重“量”转变为关注“质”的时代。科技日报记者了解到,节水、节药、节肥、省工的绿色蔬菜生产模式成为主流,这是十字花科蔬菜的优势。

“生产规模大,栽培管理水平高,育种水平整体处于第一梯队。”在山东省农科院蔬菜花卉研究所研究员赵智中心目中,这是中国十字花科蔬菜研发群体的现状。

我国是白菜的原产地,也是萝卜的故乡,无论在育种上,还是生产上,我们在这两个领域都处于第一方阵。但相比较而言,春白菜的育种水平,韩国、日本更胜一筹。但我国的此类研究也在加速。

两年前,山东省农科院蔬菜花卉研究所研究员高建伟“十年磨一剑”的3个春白菜新品种——高春黄、胜夏01、桔红62,是中国春白菜品种实现突破的例证。而最近,他的大白菜品种桔红65经营权更是卖出了195万元的高价。

此次学术研讨会暨新品种展示会选在山东召开,是因为山东是十字花科蔬菜的主战场,很多新品种都选择在齐鲁大地上首次试种。从事大白菜育种多年的赵智中研究员,研发了不少好品种。对北方大白菜的主产区来说,病毒病、软腐病、霜霉病是白菜的“三大痛”,而赵智中团队研发的“鲁秋白3号”,对三大病都具有独特免疫力,受到市场欢迎。在山东省农科院举办的首届科技成果秋季拍卖会上,这一品种拍出50万元的高价,溢价率达到了125%。

## 秀成果

### “一张图”整合诸多要素

#### 管理者“看动画”掌握矿山动态

科技日报讯(记者陈瑜)借助“智慧矿山”大数据云服务平台,安全、生产、通风、排水等管理要素被整合,煤矿管理从原先的二三十个系统变为一个系统,管理效率和安全水平大幅提高,半年内已产生安全经济效益2000万元。记者11月25日获悉,在中国煤炭工业协会最近评审并发布的“煤炭科技成果转化与先进技术”推广项目目录中,“智慧矿山大数据云服务平台”是53项成果与先进技术之一。

“智慧矿山大数据云服务平台”由中煤地地总局航测遥感集团智慧矿山分公司建设,公司总经理王晚鹏介绍,该平台可实现“一张图”管理,将矿山地表、煤层、采掘工作面、生产安全设备等要素进行三维仿真,管理者如同观看动画一样掌握矿山实时动态,方便快捷。

“平台不仅可以通过设备振动、电流等异常信息及早发现隐患,还可通过防爆手机,将隐患具体位置和情况直接传达到人,不必像以前那样层层安排人员进行排查。”公司副总经理安鱼说,平台同时将安全生产关键数据实时上传给上级部门,构建了省、市(集团)、县、矿四级煤矿生产安全监管体系。

基于安全生产大数据分析,平台可实现安全生产数据预警,及时预警安全隐患,防患于未然,还可动态监测采空区地表沉降速率和范围、动态监测矿区环境变化情况。管理者通过三维矿山管控系统进行三维生产调度指挥,指导企业及时采取应急决策措施,辅助企业快速组织抢险救援工作。

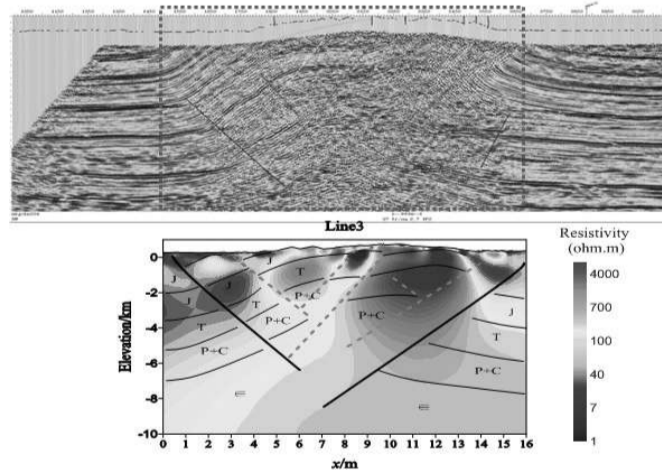
### 创新信息快速识别处理技术 解决业务办理痛点

科技日报讯(刘星 记者盛利)针对群众办理业务时排队时间长、携带资料多、办理过程繁琐等长期存在的痛点,一套具有自主知识产权的信息快速识别处理技术集成应用成果——“同新信息化集成管控平台”,11月已在四川成都正式投入使用。

据该技术团队介绍,团队通过技术接口实现了集成平台业务软件系统与读取设备、外设硬件之间的指令应答同步通讯和数据传输,并以主数据标准架构平台为载体,依托数据中心,成功进行了基于数据共享的二代身份证RFID信息快速识别处理技术集成创新应用。

该应用自动调取相关数据中心相关年份的前期数据、自动流程推送、自动计算,实现了手续自动办理、快速查验客户身份的真实性等,办理人员只需进行人工核验审批与客户答疑说明工作。据了解,该应用彻底解决了此前客户群众反映强烈的各类问题,在成都、西安、昆明、遂宁等地区服务了数以万计的客户群众并被相关单位借鉴和授权使用,取得了较好的经济和社会效益。

该系统研发团队中中铁八局同新公司相关负责人表示,在原有平台基础上,该系统已获得知识产权12项,相关创新成果连续两年被中国施工企业协会评选为全国工程建设行业互联网发展优秀实践案例和最佳实践案例。



极低频资源探测成果与地震剖面对比图  
图片由中国船舶集团公司所属中国舰船研究院提供

# 瞄准微米级3D打印 西湖大学“黑科技”获数千万元融资

辛晶晶 张弛 本报记者 江耘

可以实现微米、亚微米级精度的金属、介质、光波导等材料的3D打印;也可完成由金属、介质组成的任意三维结构,1小时内即可制成任意结构的印刷电路板……凭借自主研发的三维精密制造技术,不久前,西湖未来智造公司(以下简称西湖未来智造)完成数千万元的天使轮融资。

“显微镜头下的3D精密制造,乍看之下,好像一支笔在空中直接绘制立体结构。我们团队可以通过3D打印替代现有基于平面模式的光电子封装方案,制造高精度电子器件、柔性可穿戴设备、微型机器人等,提供3D电子打印服务、设备与材料集成的一站式解决方案。”西湖大学工学院特聘研究员、西湖未来智造创始人兼CEO周南嘉表示。

作为西湖大学工学院首个自主科技成果产业化落地项目,成立于今年6月的西湖未来智造,是国际上电子3D打印领域首个专注于微米级精度的三维精密制造技术公司,通过将金属、陶瓷、磁性材料、聚合物等集成处理应用,弥补电子、光学领域精密加工中百纳米至百微米的空白。

## 精度达到微米级,让打印物品“五脏俱全”

从电影《十二生肖》中打印兽首的情节,到如今市面上的模型玩具,人们对3D打印不再陌生。周南嘉团队关注的领域为核心功能电子器件与系统,与仅讲究“形似”的打印产品相比,这个领域的产品更追求“精益求精”。

“市面上的3D打印技术主要用的是激光烧结、光固化等工艺,能打印出物品的结构,却做不到令其‘五脏俱全’。”周南嘉说,团队的三维精密制造技术聚焦显示、微波通讯、光电集成、高精度三维封装、柔性电子等高端应用的先进制造领域。

据周南嘉介绍,在电子3D打印领域,传统微纳加工方法实现精密结构加工的同时,存在成本高、速度慢、材料选择有限、立体结构制造不便等弊端。团队已掌握超过百种墨水的合成方案,包括银、铜等金属及多种合金、陶瓷、磁性材料、柔性导电材料等行业常见及迫切需要的材料,都可以打印或定制开发。

自2018年入职西湖大学,周南嘉携团队以精

密增材制造技术为核心,基于先进功能材料和三维集成技术方面的优势,开发了多材料、多尺度的灵活加工工艺,并实现成果转化。系列研究成果的应用前景,涵盖显示、三维电子互联、射频/微波、光通讯、微小型电子产品、柔性电子、传感器等核心方向。

“通过实现超高精度,我们将3D材料打印技术引入半导体后端工艺中,实现三维高精度光电封装、制造高频无源器件、实现异质异构集成。”周南嘉补充道,这一做法较现有的加工方式,在精度上提升了1—2个数量级。通过打印电子器件,可为未来电子产品,如手机、无人机、汽车、机器人的核心器件的制备提供加工方案,提升产品性能。

## 专业团队全程跟进,项目成果接连落地

今年6月,西湖生物医药科技(杭州)有限公司正式宣布完成近亿元Pre-A轮融资。这是西湖大学成立后第一个自主科技成果产业化落地项目。

时隔数月,西湖未来智造得到英诺天使基金领投,和科创星跟投的数千万元的天使轮融资,成

为西湖大学第二个成果转化落地的项目。

值得一提的是,两个项目的成功落地,都离不开西湖大学打造的专业转化团队——成果转化办公室和发展公司的协作配合。

“西湖未来智造得到了学校的大力支持,由学校成果转化办公室专业团队全程跟进,以技术保护、政策咨询、法务咨询、融资指导等专业服务为企业赋能,加速推进成果的成功转化。”周南嘉说,今年4月,公司还获得了西湖区英才计划的A类项目补助。

据了解,西湖未来智造公司已与国内多家微电子领域企业展开合作,建成多个精密制造平台,已就若干具体产品探索量产方案。拥有完善的打印材料数据库,完全自主研发的技术系统以及可以实现敏捷制造的小型、高性能设备,为该公司快步走向市场提供支撑。

谈及未来的发展方向,周南嘉表示,这将由市场供需和产业发展来定,采用“用户出题,公司解题”的模式,本轮资金也将用于标准化及非标设备开发,材料库的完善及针对产业端的产品合作开发。