



视觉中国供图

## 展示台

万吨塔桥成功转体90°  
国内高铁斜拉桥施工技术再创新

科技日报讯(记者矫阳)我国首条跨海高铁——新建福厦高铁迎来重大节点。近日,高85.5米、重逾万吨的新建福厦高铁木兰溪特大桥主塔,随着塔基1.2万吨的球铰逆时针缓缓旋转,历时1小时23分钟,顺利完成90°转体,安全顺利到达指定位置。

转体法施工技术,是指将桥梁结构在非设计轴线位置浇注或拼接成形后,通过转体就位的一种施工方法。转体法施工将在障碍上空的作业转化为岸上或近地面作业,可使桥梁施工克服地形、交通、环境等条件制约,节省工程造价、缩短建设工期,同时保证施工过程的安全可靠。

木兰溪特大桥全长18745米,主桥设计为预应力混凝土主梁独塔双索面斜拉桥,双线无砟轨道、两个连续145米单跨。主塔状似“花瓶”。

中铁第四勘察设计院集团有限公司(以下简称铁四院)项目设计负责人杨恒说,木兰溪特大桥主塔左侧紧邻杭深铁路线,转体前相距13.5米,完成90°转体后相距仅6米,而塔高则仅比杭深铁路线桁架桥高40米。一边是施工面积十分逼仄,一边是大桥主塔体量庞大。为确保现场施工作业和铁路邻近营业线安全,木兰溪特大桥主塔无法采用已有的带梁转体施工方法,只能大胆尝试裸塔转体施工技术。

中铁十六局集团有限公司项目负责人樊国良介绍说,“花瓶型”主塔施工被分解成三个部分:下塔柱及下横梁采用支架现浇施工;中塔柱和一部分上塔柱采用液压爬模法现浇施工;上塔柱施工到一定高度时,将塔桥转体约90°。

专家表示,木兰溪特大桥主塔采用的裸塔转体施工技术,丰富了高铁桥梁施工技术,也为后续类似项目设计及建设积累了宝贵经验。

新建福厦高铁北起福州站,南至漳州站,全长277.42公里,设计时速350公里,是八纵八横东南沿海铁路重要通道,也是福建省内第一条真正意义上的高铁,全线计划于2022年底通车。

## 成果转化成绩突出

## 湖南株洲科技对经济贡献率达65%

科技日报讯(记者俞慧友 通讯员李小兵)近日,记者从湖南省科技厅获悉,长株潭国家自主创新区所在地之一的株洲市,近年来通过科技成果转化,研发投入(R&D)年均增长29.5%,2019年R&D占GDP比重突破3%,科技对经济发展贡献率达到了65%。

这样亮眼的数据,得益于“株洲经验”。如,对无世界先例、无参考模式、无现成标准、也无明文规定的颠覆性创新产品,株洲给予特殊政策支持;中国中车株洲所研发出全球首列智能轨道快运列车,迅速获得该市特事特办开出的“准生证”和“身份证”,全球第一条示范线仅45天便建成运营。目前,项目已在四川宜宾、江西永修等地建成商业化应用线,在卡塔尔、马来西亚等国外项目中也已取得实质性进展。

同时,对能填补国内空白、替代国外进口的新品,株洲实施了新品推广应用保险补贴政策,并明确在政府采购中优先采购本地的首批次新品,还成立了由政府科技专项支持的科研项目组,用于开展新产品应用推广。湖南世鑫新材料公司转化自中南大学碳陶新材料刹车盘高科技项目,即是利好政策的受益者。该项目今年销售收入预计可达1亿元。此外,项目还顺利获得了2亿元风险投资,并有望形成10亿元以上的年生产规模。

“株洲经验”还包括积极开展成果转化平台建设,大力推行“创新中心+创新联盟”模式,特别针对需重点突破、制约产业链发展的关键技术和核心零部件,由创新中心联合上下游企业、科研院所组成产业链创新联盟,共同研发、加速转化,形成关键技术预研一批、突破一批、转化一批的良性循环。株洲还积极打通线上线下,推动科技服务平台全链条覆盖,探索多种成果转化新路径。

## 秀成果

## 无需能源消耗

## 负氧离子实现人工制造

科技日报讯(记者陈曦)日前,清华大学天津高端装备研究院先进制造研发中心主任张晓昊博士团队成功研制出医疗保健级高浓度负氧离子生成剂,只需喷洒在房间墙壁上,就能在墙壁上形成一个均匀致密的纳米颗粒层,从而使室内墙壁稳定长效的释放高浓度小粒径负氧离子,目前该成果已获得国家专利。将纳米级电气石粉均匀致密地附着在物体表面,使它的效果最大化,是这项技术的一个关键点,相关成果的7篇论文被《物理学报》《微流体与纳米流体学》等SCI期刊收录。

“空气中的分子被电离,产生自由电子。自由电子的大部分被氧获取,形成负氧离子。”张晓昊介绍,负氧离子具有极佳的净化除尘作用,在医学界享有“维他氧”“长寿素”等美誉。

“城市中负氧离子含量很低,室内更低。要想有效地增加室内负氧离子浓度,只能‘人工制造’。”张晓昊介绍,“我们采用天然极性材料——纳米级电气石粉为核心原料,研制成高浓度负氧离子生成剂,通过电气石粉电离空气这样一个纯物理过程产生自由电子,从而获得负氧离子。”

“我们还采用了特殊的添加剂,利用分子自组装的原理,使电气石粉在绝大多数墙壁面上都可以形成较为均匀致密的分布,有效地提高了电气石粉与空气的接触面,从而大幅度提高了电气石粉电离空气的效果。这种负氧离子生成剂可广泛适用于墙面、油漆、织物、木材、塑料、皮革等常见表面。”张晓昊说。

据悉,这一技术属于国内首创,填补了无色透明的高效负氧离子生成材料这一空白。相比于目前广泛采用的高压电离技术,该技术产生负氧离子的过程无需能源消耗,小粒径负氧离子占比高,并且有效避免了高压电力技术伴生臭氧的问题。

当核聚变反应堆遇上3D打印  
“人造太阳”有望更快“发光”

本报记者 张晔

近年来,人类对能源的依赖日益加深。但是,煤炭、石油和天然气等不可再生资源,并非取之不尽、用之不竭。

有没有可能一劳永逸地破解人类能源短缺的困局?

随着核技术日渐成熟,被誉为“人造太阳”和“人类终极能源”的可控核聚变反应堆,或有可能为人类源源不断地提供清洁能源、造福后代子孙。这

项技术的主要原理是氘和氚在高温高压条件下产生核聚变反应,并生成大量热能用于发电。

近日,深圳大学增材制造研究所陈张伟和劳长石教授团队,与中核集团核工业西南物理研究院(以下简称西南物理研究院)合作,首次提出并实现了基于3D打印一体化自由设计和成形复杂多孔结构正硅酸锂陶瓷件,有望替代传统的微球床结构,成为新一代产氦器件,展现出重要应用前景。该成果已发表在《增材制造》杂志上。

## 产氦单元就像核聚变反应堆的心脏

自从核反应被发现以来,人们就在不停地探索核能的有效利用。

目前,越来越多的科学家和能源专家开始将目光投向核聚变。核聚变的原料主要是氢的同位素——氘和氚。氘可以在海水中得到,每升水约含30毫克氘。一座1000兆瓦的核聚变电站,每年耗氘量只需304公斤,按此计算,全球海水中的氘足够人类使用上百亿年。

但是,氚几乎不存在于自然界,需要靠氦与锂陶瓷不断催化反应生成。作为磁约束聚变的一个关键组件,固态产氦包层是聚变商业化应用前需要解决的核心问题之一。

目前,各国科学家首选的氦增殖剂材料是正硅

酸锂(Li<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>),通行的方法是将正硅酸锂陶瓷与氦气发生反应产生氦。科学家将实现这一功能的陶瓷部件称为产氦单元。

传统的锂陶瓷产氦单元一般是把正硅酸锂做成直径1毫米左右的微球,并将它们堆积起来,做成球床结构,微球之间的空隙可以注入氦气。

但是,这种产氦单元的填充率有限,而且无法自由调控。此外,微球堆积产生的应力集中,容易造成产氦单元结构形变开裂等破坏,成为球床结构和性能均无稳定性的掣肘。

一旦产氦单元发生故障,将直接导致聚变反应堆无法平稳运行。因此,科学家一直在尝试优化产氦单元的结构。

粉末浆料的配制、打印工艺的实现到热处理等过程中,均针对环境变量进行了严苛的约束与把控。例如配制粉末浆料过程就需要在充满惰性气体的手套箱中进行,并且各类添加剂均为不含水且不能与正硅酸锂产生反应的有机溶剂材料。在这样的环境中进行浆料的配制和3D打印,能够确保正硅酸锂的物相稳定。”陈张伟教授告诉科技日报记者。

为了让正硅酸锂粉末浆料经过3D打印出来后,

能够迅速固化,就必须选择合适的固化成形方式。

“陶瓷3D打印有两种主要固化成形方式,一种光固化,另一种是粉末烧结或熔化。”陈张伟说,粉末烧结是用高能量激光直接对陶瓷粉末进行高温烧结,烧成所需的形状,但是因为温度比较高,容易产生开裂,而且精度可控性较差。而光固化不仅开裂缺陷较少,打印精度较高,同时对多孔结构细节具有很强的把控能力。

因此,科研团队选择了光固化的方式,并研发出一种光固化3D打印专用高相纯度正硅酸锂粉末浆料。

陈张伟介绍说:“我们在正硅酸锂粉末浆料中混合了经优选过的有机化学添加剂组分,以及小剂量的光敏添加剂,它对特定波长的光敏感,利用405纳米紫外光对浆料进行照射,可以实现浆料的光聚合固化。”

3D打印出来的结构件,再进行高温烧结,在1050摄氏度的环境中烧制8—10小时实现瓷化,就

## 已完成核聚变反应堆关键部件试制

虽然人类距离可控核聚变还有很长的路要走,不过这并不妨碍我们向着目标不断努力。

3D打印作为一种新兴的先进制造方式,颠覆了传统制造模式。3D打印技术可实现复杂结构一体化成形,具有制造周期短、材料利用率高等特点,是复杂构件制造的重要创新方法。在核聚变反应堆中,也逐渐展现出独特的优势。

据陈张伟教授介绍,此前,深圳大学增材制造研究所已与西南物理研究院合作,围绕核聚变堆第一壁CLF-1钢构件的选择性激光熔化工艺(SLM,金属材料增材制造中的一种主要技术途径)及其组织性能调控开展了系统研究工作,首次将非均质双/多模组织设计思路引入到SLM成形高强度低活化马氏体钢(RAFM,为未来核聚变堆研发的钢种)的开发,基于SLM工艺参数和扫描策略的优化,SLM成形CLF-1钢兼具高强度与高塑性,其综合强韧性显著优于目前文献报道的RAFM钢。这项研究为3D打印高强度钢的结构

能去除固化结构中的各种添加剂,且不再跟环境中的水和二氧化碳发生反应,“这些化学添加剂是以物理方式添加进去的,不会对正硅酸锂造成破坏。”陈张伟解释道。

采用这种方法打印出来的产氦单元是一体化无缺陷结构,经过测试,克服了球床填充率有限和应力集中引发的可靠性问题,其稳定性、力学性能比传统微球结构提升2倍。

3D打印出来的这种产氦单元的产氦效率也有望获得大大提升。传统的微球结构占空比最高为65%,而3D打印可以根据需要在60%到90%之间灵活调整,正硅酸锂的比表面积也较微球结构得到大幅增加。

国际同行给予高度评价,认为提出的3D打印技术在核聚变核心陶瓷部件的制造与应用极具创新性。该研究在核聚变堆应用方面极具前景,将为替代传统球床陶瓷产氦结构和推动托卡马克核聚变反应技术商业化提供更多可能。

设计提供重要理论依据和技术指导,促进核聚变堆关键部件组织性能可控的一体化成型。

另据媒体报道,2018年,中科院合肥物质科学研究院已经利用3D打印技术实现核聚变堆关键部件——包层第一壁样件的试制。

研究人员以中国低活化马氏体钢(CLAM)为原材料,打印出来的部件样品尺寸精度符合设计要求,材料的致密度达到99.7%,与传统方法制备的CLAM钢强度相当。同时,研究还发现3D打印的逐层熔化和定向凝固特性导致了不同方向上CLAM钢组织和性能的差异,这种差异未来可以通过扫描方案优化和熔池形核优化等方式有效降低甚至消除。该研究表明,3D打印技术在核聚变堆等先进核能系统复杂构件制造上具有良好的应用前景。

基础科学的日新月异和3D打印技术的不断革新与创新,使人类在工程技术领域的探索充满想象空间,未来核聚变堆的各个零部件全是由3D打印制造出来的并不是没有可能。

## 成果转化让传统产业迸发活力,新兴产业加速崛起

## 山东科技大学与地方经济同频共振

本报记者 王健高 通讯员 韩洪烁

不久前,山东科技大学(以下简称山科大)20余名专家教授奔赴山东莱州洽谈校地合作事宜,专家们与多家企业进行了科技成果和科技需求对接,带回了一批需要山科大解决的技术难题。

通过举办产学研对接活动,山科大去年完成高水平科技成果转化59项,技术交易额达6879万元。今年该校还将举办12场校企技术交易活动。据统计,近5年,山科大承担国家级科研课题400余项,省部级项目900余项,在煤矿安全开采、高端装备制造、海洋测绘、新材料研发等方面获国家科技奖6项。

山科大党委书记罗公利说,该校依托高水平科研平台,围绕国家、区域和行业需求,一方面,推

动新兴产业加速崛起,让新兴产业“鲜花盛开”;另一方面,推动传统产业脱胎换骨、迸发活力,让传统产业“老树发新芽”。

## 激发优势领域的内生动力

山科大“智慧矿山”研发团队把信息技术运用到煤矿开采上,团队领军人才卢新明教授告诉记者,“智慧矿山”解决了采矿生产模拟与控制等众多国际难题,首次使“智慧矿山”在国内成为了现实,科研成果已经在400多个矿山企业进行了应用,直接经济效益超过20亿元,间接经济效益超过100亿元。这项技术经二次开发,可在能源、交通、市政等领域广泛应用。

矿业研究是山科大的传统优势研究领域,合

作的企业涵盖国内各大煤矿企业。近年来,山科大不断以创新转型激发优势领域的内生研究动力,并用研究成果让传统产业“老树发新芽”。

山科大很多优势学科都和采矿有千丝万缕的联系。机械学科研究采矿高端装备、测绘学科测量采矿区域、地质学科考察煤矿结构……如今,这些学科平台都发生了翻天覆地的变化,各个科研平台在巩固传统行业服务基础上,分别拓展了发展新路。智能装备应用到了港口、桥梁、海洋测绘、海洋科考展现出繁荣景象,材料研究成果运用到了高铁轨道、船舶发动机,传统学科在促成传统行业“老树发新芽”的基础上,也焕发了全新的生命力。

## 新技术成为发展的新路径

近日,一辆满载疫苗的运输车行驶在高速公路上,而疾控中心的工作人员身在数百里之外,便可以实时观察它的动态。“我们在疫苗运输车上安装了微纳传感器,传感器每隔3秒就会传回一个数据,可实时监控车辆是否按照指定路线行驶、冷藏是否达标等。”山科大智能传感器网络工程实验室工作人员宋戈介绍,这枚米粒大小的芯片,可以用于医疗诊断,有望应用于癌症等重大疾病的早期筛查;可以用于健康监测,实时检测人体疲劳程度,目前已广泛用于生产现场作业工人的安全监测。

山科大王吉岱教授研发的GZ系列高压输电线路巡检机器人同样“高精尖”。王吉岱介绍,此款机器人能够“替代脚”解决抵达难题,进行全线路覆盖巡检;能够“替代眼”解决诊断难题,自动快速甄别故障或故障隐患;能够“替代手”解决修复



山科大王吉岱教授研发的GZ系列高压输电线路巡检机器人正在巡查高压线路。

受访者供图