

引子

6月4日,嫦娥六号着陆器携带的五星红旗在月球背面成功展开。这是中国首次在月球背面独立动态展示国旗。这面国旗只有11.3克,重量不及两枚1元硬币,却是用一种石头——玄武岩制成。

这条来自38万公里外的消息,让两个玄武岩纤维行业的参与者兴奋不已:

“制造国旗用的玄武岩出自河北蔚县,就是咱公司生产的石头。”蔚县新源玄武岩矿业有限公司负责人朱兆春难掩自豪;

“玄武岩制品研发生产多年,但一直鲜为人知,这次应用是最出名的一次。”吉林通鑫玄武岩科技股份有限公司副总经理秦广玲倍感振奋。

嫦娥六号月面国旗所用丝线是一种新型高性能材料,名叫玄武岩纤维。它是天然玄武岩石块粉碎后,经高温熔融再拉丝形成的纤维,直径仅为头发丝的1/3。

“玄武岩纤维具有重量轻、强度高、耐腐蚀、绿色低碳等特性,还能耐受零下269

摄氏度至零上700摄氏度的温度,更显示出它的独特价值。”中国科学院院士、中国科学院地质研究所所长刘嘉麒说。

新材料产业是战略性、基础性产业,也是高技术竞争的关键领域。2013年2月,国家发展改革委发布《战略性新兴产业重点产品和服务指导目录》,将连续玄武岩纤维列入重点发展的高性能纤维材料。2023年12月,工业和信息化部发布《重点新材料首批次应用示范指导目录(2024年

版)》,玄武岩纤维布被列为关键战略材料。党的二十届三中全会《决定》提出,完善推动新一代信息技术、人工智能、航空航天、新能源、新材料、高端装备、生物医药、量子科技等战略性新兴产业发展政策和治理体系。

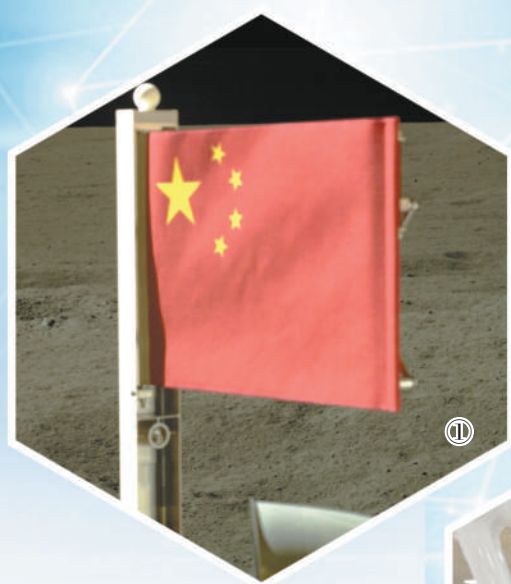
石头如何拉成丝?作为新材料的玄武岩纤维,怎样拓展应用场景,开辟发展新赛道?近日,记者在河北、湖北、四川等地探访。

人民眼·战略性新兴产业

新材料“织”成嫦娥六号月面国旗,记者探访“中国红”背后的新产业

玄武岩,变身新纤维开辟新赛道

本报记者 原楠雄 张腾扬 范昊天 游仪



点石成“丝”
粉碎、熔融、拉丝……玄武岩变身最细5微米、轻盈强韧的高性能纤维

驱车行至河北蔚县陈家洼乡大岳家山,举目望去,约一人高的柱状岩块层层叠叠,被日光烫上金边,好似大山披了身鳞甲。

“这便是玄武岩的本来面目,在我国储量丰富。”刘嘉麒说。

循着机器声,走进蔚县新源玄武岩矿业有限公司厂房。在这里,原矿经过3道破碎工序后,进入三层楼高的碎石分选机,采用磁选、比重选等方式,选出合格石料,装袋封箱。

指着碎石分选机,朱兆春颇有几分得意:这是我们自主研发的特种装备,通过技术改造,已获得4个实用新型专利。

玄武岩矿床差异性大,要制成纤维,原料均质化是个难题。“即便在同一矿区,相隔几十米,矿石所含化学元素的量也可能不同。”刘嘉麒说,只有化学成分合适的玄武岩原料才能制出纤维。

10多年来,朱兆春专注于这项技术攻关,努力提升原料的均质化水平。碎石分选机便是成果之一。

既研发设备,也严格检测。新源公司对出厂矿石的氧化钙、氧化镁含量等20多项指标进行全面检测。“有一项指标不合格要求,都可能导致矿石无法拉丝。”朱兆春说。

嫦娥六号月面国旗所使用的玄武岩石料,就产自新源公司。新源公司年加工约10万吨玄武岩石料,能用于制造玄武岩纤维的仅占1/10。这些石料的平均价格为每吨600元,是铺路石料价格的3倍。

刘嘉麒坦言,受均质化要求等影响,目前能为下游玄武岩纤维制造企业稳定供应石料的厂家并不多。一些科研院所正对玄武岩纤维成纤机理及原料配方持续攻关,未来有望根据下游企业对产品耐腐蚀性、耐高低温等不同性能需求,让更多品类的玄武岩石料得到应用。

石头如何变成丝?
从蔚县南下1000多公里,记者来到位于湖北襄阳的汇尔杰新材料科技股份有限公司,嫦娥六号月面国旗所用的玄武岩纤维,就诞生于此。

步入厂房,热气袭人。熔窑里,在1450摄氏度至1500摄氏度的高温下,玄武岩石料化为熔岩。随后,熔岩通过铂铑合金漏板,在拉丝机的高速牵引下,形成数百条金褐色的丝线,倾泻而下,缠绕成股。

温度控制是玄武岩拉丝工艺的一项技术难题。中国化学纤维工业协会玄武岩纤维分会会长张道林说,就像做“拔丝红薯”,熬糖浆要掌握好温度,煮得过稀或过稠都无法“拔丝”,玄武岩纤维的拉丝过程亦是如此。

经过长期的技术积累,汇尔杰公司生产的玄武岩纤维直径仅5微米,每根纤维长度则可达万米。



5微米,是航天事业对汇尔杰公司的一次“特训”。

嫦娥六号月面国旗由武汉纺织大学联合汇尔杰公司等企业和单位共同研制。此前,嫦娥五号月面国旗采用芳纶为主的新型复合材料,相关技术已较为成熟,为何嫦娥六号还要另辟蹊径?

“嫦娥六号在奔月、绕月及落月过程中,要经历高低温反复交替等考验,玄武岩纤维的使用,是提升国旗材质性能的关键。同时,使用与月壤化学成分相近的玄武岩,也是月球资源原位利用的一种探索。”嫦娥六号月面国旗研制团队成员、武汉纺织大学教授曹根阳说,月面国旗既要薄而软,又要强而韧,这需要更细的玄武岩纤维。

2020年,武汉纺织大学的月面国旗研制团队与汇尔杰公司展开合作。彼时,业内能稳定拉出玄武岩纤维的直径普遍在10微米以上。

“拉出更细的丝,漏板孔径和孔数、窑体大小、控制温度等都要重新设计。”汇尔杰公司技术总监郭清介绍。

研发关键时期,团队科研人员将实验室搬进了厂房,吃住都在企业,常常为一个技术细节讨论到深夜……这样的日子持续了一年多。

漏板内腔结构是企业的核心技术,月面国旗研制团队提出改进设计的意向,一时让企业工作人员犯了难。

上报公司管理层,管理层立即拍板:“所有技术细节向团队公开,只要能织出上月球的五星红旗!”

“展开了!展开了!”电视屏幕上,当嫦娥六号月面国旗展开画面出现的一刻,见证了科研人员多少个辛劳日夜的会议室里,响起了热烈掌声。

科技创新塑造发展优势。汇尔杰公司有了更高端的产品——普通玄武岩纤维每吨1.5万元,而5微米玄武岩纤维新产品,每吨售价达到六七万元。

“更细、更轻的丝,不仅能卖出高价,更将撬动新产品、新应用不断涌现。”郭清说。

产业向“新”
管道强度提升50倍、汽车部件重量减轻20%……玄武岩纤维应用场景不断拓展

摸起来,质感像纯棉牛仔;点火烧,火舌“舔”了一下便快速熄灭。这款阻燃抗高温玄武岩纤维面料,是武汉裕大华纺织服装集团有限公司研发的新产品。

面料问世,源自校企联合攻关。玄武岩纤维具有优异的隔热抗辐射性能,能够抵御月表恶劣环境。但它属于无机纤维,表面光滑、脆性易碎,难以纺制超细丝、纺纱、织造,以及构筑高

韧度的颜色。

裕大华公司与武汉纺织大学合作,研究玄武岩纤维如何与粘胶纤维等相融合,突破了玄武岩细纱生产的多项关键技术。

2023年10月,嫦娥六号月面国旗的样品交付后,科研团队开始为项目寻找产业落地的“土壤”,希望引导高性能纤维产业进一步发展。

过去,玄武岩碎石被广泛用作铺路石。近年来,玄武岩纤维已在路面增强、建筑结构加固等方面大展身手。但作为一种高性能纤维,它在产业应用上的潜力尚未完全发挥出来。

坚硬的玄武岩石头能变成柔软的纺织原料,不少服装企业从中嗅出商机。

今年3月,裕大华公司生产的一方1.5平方米样布,摆在了武汉子和诚服饰有限公司会议室里。子和诚公司董事长李玉莲拿起样布,对10余名设计师发问:“这块布,能做什么?”

消防服、飞行服、电力工装……点子一个接一个。

深耕职业装行业20年,意识到玄武岩复合纱将撬动行业大市场,李玉莲迫不及待。“要快!”这几乎成了她的口头禅。

经过一系列创新设计,以玄武岩纤维为主要材料,子和诚公司生产的近十款箱包和服装产品已经定型,准备推向市场。

超细玄武岩纤维拉丝、纺织和着色等技术的突破,为玄武岩纤维产业发展带来更多想象空间。

“不只纺织,服装企业,汽车、航空、医疗等行业也在跟进关注。”曹根阳说。

无垠太空,航天器增强部件适应辐射、高低温等环境;蔚蓝色海面,生态养殖助推农民增收,海洋网箱可抗12级台风;大漠戈壁,风力发电机电叶片、光伏支架使用时间更长、更耐用;城市乡村,建筑复合筋、电缆保护层步入日常生活……玄武岩纤维的应用场景不断拓展。

尽管玄武岩纤维产品种类繁多,但多而不强,不少企业仍扎堆在建筑和交通运输领域竞争,导致应用场景同质化,附加值不高。有些企业则力争突围,用新产品塑造新优势。

一款玄武岩纤维复合材料管道,重量比塑料管道轻一半,强度提升了50倍,使用期限超过50年,成本还能压缩30%以上。这是源单新材料科技(广安)有限责任公司研发的新产品。公司总经理张雪峰介绍,依靠玄武岩纤维材料的韧性特点,连接管最高还能承受15度位移,大大降低了后期维修成本。产品从今年5月试生产,预计到年底产值将突破5000万元。

将玄武岩纤维应用于汽车产业,则是吉林通鑫玄武岩科技有限公司一直关注的赛道。通过校企合作等方式,用玄武岩纤维复合材料,通鑫公司成功研制出汽车板簧等产品。

研发不容易。“仅研发汽车板簧,前年就投入近亿元。”秦广玲说。

值吗?“值!”秦广玲回答干脆:国内超大规模市场消费需求旺盛、层次多样,虽然前期投资巨大,但能为广阔市场供给优质产品,带动企业发展提质。

最近,不少企业奔着通鑫公司的研发产品而来,提出合作意向。

今年4月,中国第一汽车集团有限公司发布一款新车型,在国内率先将玄武岩纤维规模化引入汽车产业。这款车的部分内饰部件采用了玄武岩纤维复合材料,正是由通鑫公司等企业与一汽联合攻关实现的。新材料的应用,让部件在保持原有性能基础上减重20%以上,还有低气味的优点。

“据业内专家估算,预计到2030年,汽车行业玄武岩纤维用量可达32万吨,

产值达84亿元,能支撑下游零部件市场容量470亿元以上。”秦广玲说。

技术攀“高”
科技创新和产业创新深度融合,我国玄武岩纤维专利申请量、产量在全球占比均超六成

玄武岩纤维产业发展,在我国起步不算早:本世纪初,我国建成第一座单体炉拉丝装置,之后开始走向产业化,比国外晚了约20年。

如今,我国已成为玄武岩纤维产量最大的国家。张道林介绍,2023年,我国玄武岩纤维产量约3万吨,占世界产量的75%左右,出口量达9000吨,自2016年起,出口量连年居世界前列。

这背后,是各地推动科技创新和产业创新深度融合的积极实践。

做大做强玄武岩纤维产业,四川率先出台产业发展规划,印发支持产业发展的系列指导性文件。目前,四川已初步形成从原丝、复合材料到应用产品的玄武岩纤维全产业链。

达州市和广安华蓥市,两个地处山区的资源型城市,都把发展玄武岩纤维产业作为向“新”求变、蓄力未来的重要赛道。

走进位于华蓥市的四川谦宜复合材料有限公司,智能化池窑拉丝生产线有条不紊地运转,可年产3500吨玄武岩纤维。相较于传统的坩埚法拉丝或组合炉拉丝,池窑拉丝的质量更加稳定。

四川帕沃可矿物纤维制品集团有限公司是谦宜公司的母公司,集团董事长刘毅烽用一个“熬”字,来总结8年的池窑拉丝技术探索经历。

2016年,帕沃可集团生产的玄武岩棉产品销量大涨,营收可观。一直看好玄武岩纤维产业发展前景,刘毅烽投入大笔费用研发攻关玄武岩纤维池窑拉丝技术。

初次点火试验,一上午就烧掉4块铂铑合金漏板,直接损失50多万元。技术人员问:“还上新板吗?”刘毅烽苦笑:“这就像钻火洞,咱们脑袋都进去了,就别珍惜俩耳朵了!”

行业共性技术攻关,靠企业单打独斗难度大。探索的路上,刘毅烽并不孤单。

2020年2月,广安市成立四川玄武岩纤维新材料研究院(创新中心),由广安职业技术学院、广安市科技局和帕沃可集团组成理事会,负责确定行业发展主攻方向、决策科研立项等。

强化企业科技创新主体地位,推动企业主导的产学研融合创新。

配合池窑拉丝生产,怎样配比原料,实现纤维高模量?这是帕沃可集团提出的一个行业共性难题。历时1年多研发,一款原料配方目前正进行中试。据此配方制作的玄武岩纤维,1平方厘米可承受1万公斤以上的重量。

“我们正对共性关键技术和装备系统等48个科研项目进行攻关。”四川玄武岩纤维新材料研究院(创新中心)副院长杨中甲说,研究院与北京大学、清华大学、北京理工大学、北京航空航天大学、中国地质大学、中国科学院结成

了科研战略联盟,并支持重点企业16所高校建立战略合作关系。

2021年7月,厦门富堡复合材料股份有限公司跨越近1700公里,来到达州,成立了四川富堡复合材料科技有限公司——从了解到玄武岩纤维这一新材料,到决定在达州建厂,中间只隔了半年。

达州吸引他们的,不仅有当地丰富的玄武岩资源、完善的上游配套,更有坚实的智力支持。

仓库内,一排排自行车车架整齐码放。在厦门,富堡公司的主打产品是碳纤维自行车车架,而达州的这款新产品,加入了玄武岩纤维预浸料,一经推出便受到海内外市场欢迎。

“我们帮助企业研发预浸料,不仅让车架有了更高性能,成本还节约了20%。现在,研究院和企业正对预浸料进行迭代升级。”达州市玄武岩纤维产业研究院高级工程师康苏芳说。

企业出题,科研团队破题。“研究院的14名科研人员我都见过,他们常来企业问需求,帮助解决技术难题。”富堡公司技术负责人李君志说。

2023年,达州与四川省科学技术厅共建玄武岩纤维及复合材料四川省重点实验室,进一步强化科研服务能力。

有智力支持,也有真金白银。达州推出一系列政策,支持玄武岩纤维产业发展:每年投入200万元,支持实施基础研究和应用基础研究重大项目;对重大科技基础设施项目,按投资额的20%予以支持;首次获得高新技术企业认定的企业,给予50万元一次性奖励……截至目前,达州市23家玄武岩纤维生产企业,共获得各项支持资金3825万元。

做强玄武岩纤维产业,根本在创新。

据统计,截至2023年9月,全球玄武岩纤维专利数(含申请)1.3万余件,我国8600余件,占比66%;全球玄武岩纤维授权专利数逾1万件,我国3800余件,占比37%。

创新攻关,没有止境。位于上海的东华大学地外纤维实验室里,嫦娥五号带回的月壤样本,正在模拟月球无氧气、微重力、低气压的环境中,进行纤维拉丝实验。

“月壤与玄武岩的化学成分相似,借鉴玄武岩纤维的制备技术,利用月壤拉制的纤维,有望成为未来月球基地的建设材料,满足原位取材需求。”中国科学院院士、东华大学材料科学与工程学院院长朱美芳说。

那将是关于玄武岩纤维的又一个瑰丽梦想。

图①:6月4日,五星红旗在落在月背的嫦娥六号探测器上展开(资料图片)。

图②:一家企业用玄武岩纤维复合材料生产的自行车车架。

图③:四川谦宜复合材料有限公司员工在拉丝车间工作。

图④:河北蔚县玄武岩矿山。

本版责编:杨彦 孙振 戴林峰 版式设计:沈亦伶

