

大丝束碳纤维材料的成功研发,突破了风电叶片长度的极限,打破了国外的技术钳制

一束丝何以具备“超强刚性”

本报记者 裴龙翔 本报通讯员 胡拥军

吉林通榆风场,一座叶轮直径270米、高度达90层楼的风电机组巍然耸立,直径达131米的全球最长陆上风电叶片正在进行挂机试验。其扫风面积相当于8个标准足球场,年发电量可满足16万个家庭全年用电需求。

按照行业传统观念,叶片由玻璃纤维材质制作,长度受刚性限制,超过120米就会有变形、断裂风险。可此次单根叶片的长度达到了131米,下线之时就刷新了陆上风电叶片尺寸的世界纪录,突破的关键在哪里?原来,该风电叶片采用中国石化上海石化碳纤维基地生产的48K大丝束碳纤维风电专用料,以其超强刚性打破了叶片长度的极限,不仅不会变形,并且同等体积叶片要比传统材质轻10吨。

缓缓转动的叶轮宛若衣袂飘飘,轻盈灵动。谁曾想,仅在10多年前,我国在此领域还是空白。也正是在这10多年的时间里,中国石化从零起步,从一根根碳纤维做起,逐步攻克小丝束、大丝束工艺,沿着产业链不断向高端攀登,不仅打破了国外的钳制,还在相关领域破解了多项世界难题。

持续突破

走进上海石化碳纤维展示馆,首先映入眼帘的是墙上张贴着的数百张专利证书,震撼感扑面而来。

“经过十几年如一日苦练内功,截至2024年底,中国石化已累计拥有碳纤维相关专利265项、碳纤维复合材料专利140项,专利申请数排名全国第一、全球第三。”上海石化科技部副总经理王丽丽对公司专利情况如数家珍,“仅2024年,我们就申请了碳纤维专利24件、碳纤维复合材料专利41件。”

一项项专利清晰地勾画出碳纤维产业迭

阅 读 提 示

在10多年的时间里,中国石化从零起步,从一根根碳纤维做起,逐步攻克小丝束、大丝束工艺,沿着产业链不断向高端攀登,不仅打破了国外的钳制,还在相关领域破解了多项世界难题。

代升级的发展轨迹。

“大家还记得北京2022年冬奥会、冬残奥会的火炬吗,以其‘轻、固、美’的独特魅力赢得世界瞩目。”王丽丽介绍说,“这就是用中石化生产的小丝束碳纤维制造的,并且我们通过碳纤维火炬制造,破解了碳纤维复合材料火炬外壳在1000℃高温制备过程中起泡、开裂等世界难题。”

小丝束研发成功后,由碳纤维和树脂融合的复合材料进入更多新材料应用领域。以往油田企业的抽油杆,是用几十米长的金属杆一根根连接起来,形成数千米长的抽油杆,不仅耗时耗力,而且金属材料容易腐蚀,影响生产。“企业如今采用拉挤工艺制造的碳纤维抽油杆,油田有多深,杆就可以生产多长,无缝推进到油田最深处,一举达到世界领先水平。”王丽丽说。

随着国家“双碳”目标的提出,后续攻克的大丝束碳纤维,打开了更广阔的应用场景。上海石化通过攻关形成大丝束拉挤技术,有效解决大丝束树脂浸润难度大的关键问题,制备出不同直径、不同形状的大丝束碳纤维型材系列产品。

“采用大丝束碳纤维筋开发的碳纤维吊杆,成功应用于377米长的青岛海口路跨风河大桥,成为我国首个应用大丝束碳纤维索锚体系的桥梁工程。”上海石化创新研究院总经理沈伟不无骄傲地介绍。

打通关卡

攻关并非一蹴而就。

攻关项目技术负责人、上海石化副总经

理黄翔宇介绍,业内将碳纤维分为小丝束和大丝束。48K(一束丝由4.8万根单丝组成)以内的叫小丝束,48K及以上的称之为大丝束。从最基础的碳纤维做起,已是不易,想要发挥出新材料的功效,形成丝束的路上每个关卡都是考验。

2007年,中国石化作为“国家队”站了出来,决策部署PAN(聚丙烯腈)基碳纤维的研发和产业化攻关工作,建设项目落到了上海石化。上海石化以“为解决全国人民穿衣难问题”起家,其腈纶产业曾经占据全国半壁江山,有着独特的腈纶生产工艺和技术。

上海石化与数十家科研院所、高校、企业等一起协同攻关,走出一条以企业为主体的“产、学、研、用”相结合的创新之路。

“为少走弯路,我们制定了‘三不’原则,即不摸黑前行、不无谓模仿、不盲目试错。”黄翔宇说,正是靠着一步一个脚印,攻关团队逐步取得技术的积累,2009年3月成功研制出12K原丝。2012年9月,上海石化采用自行开发的国内独有的工艺,以及具有自主知识产权的成套技术,实现了500吨/年小丝束碳纤维装置投产。

万里长征跨出了第一步。如果说小丝束碳纤维技术难,那么大丝束碳纤维技术更是难上加难。丝束数量成倍增加,不仅原丝质量难以保障,而且氧化、碳化过程质量难以把控。

2018年3月8日,大线束碳纤维试生产迎来激动人心的时刻。原料经过聚合、纺丝、牵伸,形成洁白的原丝,再先后进入氧化炉、碳化炉经受800℃、1000℃等连续高温“考验”,然后化身为黑亮的碳纤维——12K小丝束碳纤维装置上诞生了国内真正意义上的48K大丝

束碳纤维,并且技术达到国际先进水平,创造了我国碳纤维制造史上的新纪录。

关键一跃

走进大丝束碳纤维生产基地,只见原丝工厂生产线上一股股原丝如小白龙似地飞快游走,到终点后自动装箱,然后自动输送到碳纤维生产线,自动上位,经过氧化炉、碳化炉氧化碳化,再经表面处理、上浆、烘干、卷绕,自动分样,打包输送。

一切宛如行云流水,令人目不暇接。上海石化碳纤维事业部总经理李鹏自豪地说:“整个过程,全部采用自主开发的DCS控制技术和智能化输送、存储、包装系统。”

时光回到2018年3月,工艺技术突破了,生产装备怎么办?如果全套引进,关键核心技术始终会被卡着脖子!攻关团队下定决心,并提出奋斗目标:不仅大丝束碳纤维关键装备要实施国产化,而且生产过程要实现智能化。

国内制造企业纷纷请缨,协同攻坚。黄翔宇介绍,当时,围绕造什么样的装备,各企业献计献策、深入研讨,最终形成“正向设计”思维,即根据上海石化大丝束的特点设计氧化炉、碳化炉,把温度差控制好,这是一道非常关键的工艺。此外,在设计炉子的时候充分考虑能源综合利用,这在国内引进装备中是没有的。

万事俱备。2021年1月4日,作为上海市重大工程项目的上海石化48K大丝束碳纤维项目开工建设。2022年10月,我国首条万吨级48K大丝束碳纤维全国产化生产线投产。上海石化一跃成为国内第一家、全球第四家掌握大丝束碳纤维生产技术的企业。目前,大丝束碳纤维生产能力达6000吨/年。

“围绕新兴产业和未来产业发展方向,我们已经超前做好了5年到10年的碳纤维产业布局,正加快推进‘大丝束+小丝束’‘高性能+通用级’碳纤维产品系全覆盖。”黄翔宇说。

企事录

工信部今年将制定行业标准1800项以上

事件:近日,工业和信息化部印发2025年工业和信息化标准工作要点,提出今年将围绕健全构建现代化产业体系,实施《新产业标准化领航工程实施方案(2023—2035年)》,持续完善新兴产业标准体系建设,前瞻布局未来产业标准研究,制定行业标准1800项以上,组建5个以上新兴产业和未来产业标准化技术组织。

工作要点对新兴产业标准建设工作进行了部署,明确优化完善云计算、大数据、区块链、北斗导航等新一代信息技术标准;加快构建新型信息基础设施标准体系,推进5G-A、低空信息基础设施、6G、量子保密通信等标准研究。

点评:近年来,新技术、新应用不断涌现,新兴产业蓬勃发展,但相关行业标准的制定速度往往会滞后于行业前进速度。明确的标准能为行业提供准入门槛和技术准则,对企业而言,一是有了创新和升级的方向,有助于行业进步和产业升级;二是可以避免恶性竞争和无效内卷,防止整个行业受到伤害。

对市场来说,行业标准可以保证产品安全、质量底线,防止相关事故发生;监管、执法部门可以按照行业标准开展监督、管理工作;同时,消费者也能根据相关标准选择产品、维护自身利益。

今年前两月全球动力电池装车量同比增四成

事件:日前,韩国研究机构SNE Research发布全球动力电池最新统计报告,今年前两个月,全球动力电池装车总量为129.9 GWh,同比增长40.3%,该增速较去年同期提高13.3个百分点。

具体来看,今年1—2月,共有六家中国企业的动力电池装车量挤进全球前十,按照排名先后顺序依次为宁德时代、比亚迪、中创新航、国轩高科、蜂巢能源和亿纬锂能。六家企业的装车量增速分别为39.7%、81%、42.9%、76.9%、105.9%、63.2%。

点评:国内相关企业动力电池装车量高位运行,一方面得益于我国新能源汽车市场的稳步增长。根据中国汽车工业协会数据显示,今年1—2月,我国新能源汽车产销分别完成190.3万辆和183.5万辆,同比均增长52%。中国动力电池产业创新联盟数据显示,同期国内动力电池装车量为73.6 GWh,同比增长46.5%。

另一方面,持续开拓的海外市场也是我国动力电池企业业务量增长的重要原因。当前,由于磷酸铁锂电池在价格竞争力和热安全性方面的优势,全球越来越多的汽车厂商开始从三元技术路线转而采用磷酸铁锂电池。在这方面,中国企业优势明显。同时也要看到,日韩动力电池企业已陆续准备生产磷酸铁锂电池。因此中国企业要持续降低电池成本、提升电池质量,为此后的挑战做好准备。

国泰海通证券完成重组更名上市

事件:4月11日,早盘开市前,国泰海通证券股份有限公司重组更名上市仪式在上交所举行。至上午开市时,原国泰君安沪市简称正式变更为“国泰海通”。这意味着国泰君安证券、海通证券合并完成最后程序。

国泰君安与海通证券的合并是新“国九条”实施以来头部券商合并重组的第一个案例,是我国资本市场史上规模最大的A股+H股双边市场吸收合并,也是近十多年来全球证券行业最大的合并交易。

点评:A+H上市券商换股吸收合并有一系列的技术难题,如监管审批沟通、换股比例确定、业务整合规划等。国泰海通合并顺利完成,将为未来相关案例提供参考路径。

作为中国资本市场应对全球化竞争的一次创新实验,国泰海通的整合不只是一次物理意义上的“券商合并”。根据模拟的合并数据,截至2024年末,国泰海通证券总资产规模达1.73万亿元,净资产3429亿元,两项指标均刷新行业纪录,或将成为中国金融强国战略的旗舰券商。此外,新机构覆盖44家境内外分公司、641家营业网点及10余个境外国家和地区机构,是进一步深化全球化布局的坚实基础。此外,上海是国际重要金融中心之一,国泰海通合并重组将促进全球高端要素资源在上海加速集聚、高效配置。(本报记者 罗筱晚)

挺进地球深部10910米背后的“黑科技”

本报记者 李玉波 本报通讯员 刘佳慧

日前,我国首口超万米科探井——深地塔科1井在新疆塔里木盆地完钻,该项目所用的钻具产品均选用内蒙古一机集团风雷钻具公司产品,钻探深度10910米,成为亚洲第一、世界第二垂深井,刷新了超深层油气勘探领域的“中国深度”。

挺进万米深地,面临多项世界级难题和极限挑战。

据介绍,为保障深地塔科1井钻得成、钻得好,一机集团风雷钻具公司联合多家高等院校集智攻关,针对塔科1井在钻至万米深度后将面对复杂多变的地质环境和极端的使用条件,研发出了一种迭代升级的4330V钻铤材料,其强度高韧的特性能承受极高的钻探压力和复杂的地质应力,确保了钻具在长时间、高强度的使用环境下依然保持稳定的性能,让万米地层“钻得开”。

为破除非金属材料对材料高周疲劳性能的禁锢,风雷钻具公司采用先进的“渣精炼控制夹杂物技术”,有效控制了钢中的硫和总氧含量,同时引入了夹杂物变性处理技术,使钢中夹杂的氧化铝得到了充分的变性,以硫化物包围氧化物,极大地提升钢材的各向同性,让万米地层“够得着”。

同时,风雷钻具公司通过正向设计研究,突破了双圆柱状喷淋技术,并引入了22米长贯通式天然气炉,结合自主研发的独特淬火技术对管料进行热处理,实现了性能与效率的双重突破,让万米勘探“用得好好”。

挺进地球深部,每一米都是对未知的挑战,每一寸都是向极限的突破。

据该公司相关负责人介绍,深地塔科1井钻探,从地表到1万米,用时279天;最后910米,却耗时300多天。

记者在深地塔科1井钻探项目现场示意图中看到,地上,红白相间、20多层楼高的钻机矗立;地下,1130多根钻杆连接而成的“珠峰”,钻穿12套地层,开辟出一条通往地球深部的万米通道。

近600个日夜,在地下万米的不懈探索之中,风雷钻具公司钻探产品再次刷新“中国深度”,为国家能源安全与地质勘探事业贡献实力量。

企地携手 促进“绿进沙退”

4月10日,位于内蒙古自治区阿拉善盟的巴丹吉林沙漠内,来自中建一局的工作人员正在铺设草方格为补种花棒做准备。

为改善生态环境,近年来,阿拉善盟牢固树立“生态优先、绿色发展”的理念,携手多家央企积极探索沙漠治理新模式,统筹推进山水林田湖草沙一体化保护和系统治理,营造健康稳定的生态系统,使全盟生态环境得到了有效改善,自然植被得以休养生息,实现了由“沙进人退”到“绿进沙退”的转变。

本报记者 王伟伟 摄



世界最大等级超超临界发电机组转子从实验室走向生产线,先进火电机组步入100%国产化时代

跨越“最后一公里”,用最少的煤发出最多的电

本报记者 李娜

1克煤如何被最大限度“吃干榨尽”?火电行业内广泛流传着“十年磨一克”“十克煤耗,一代技术”的说法。

超超临界发电技术是当前世界最先进的火力发电技术,用最少的煤发出最多的电,同时实现污染物超低排放。620℃机组是目前超超临界最高参数机组,过去十余年间,其99%的核心零部件已陆续实现了国产化,唯剩下耐620℃高温转子部分,始终处于受制于人的状态,成为中国“超”能力最难跨越的“最后一公里”。

尖端的耐热金属材料转子是火电机组工作参数从600℃向620℃迭代升级的核心关键。十年磨剑,2022年11月,国机重装所属二重(德阳)重型装备有限公司(简称二重装备)实现了世界最大等级超超临界发电机组转子从实验室走向生产线的突破,标志着我国超超临界机组正式进入国产化时代。“0到1”的重大跨越是怎样实现的?工人日报记者走进德阳进行了深入采访。

锅炉、汽轮机和发电机合称为火力发电的三大主机。转子是汽轮机里面的转动装置,上面装配有叶片,通过高温高压蒸汽推动叶片使转子高速旋转,从而带动发电机发电。

FB2是尖端先进耐热钢材料。“造不出FB2转子,就实现不了先进火电机组的国产化,这是一块难啃的硬骨头。”二重装备副总工程师、大型铸锻件先进制造技术及装备国家工程研究中心副主任沈国劬告诉记者,转子工作环境每提高10℃,发电机组可以节约标煤1.5万吨,减少二氧化碳排放4万吨。

“在国机重装梳理出60余项‘卡脖子’问题清单,FB2转子国产化就是其中之一。”沈国劬介绍,FB2成分复杂,比例要求苛刻,冶炼出合格的材料十分不易。后续制造过程中,组织调控、工艺设计、质量控制等要求非常高。因此,完全掌握FB2转子制造技术的企业在全球范围内屈指可数。此前,我国所需FB2转子均依赖进口,不仅采购周期长,而且采购成本高。

国机重装高级工程师罗玉立对此感触深刻。2010年,二重装备启动FB2转子的研

发项目,由于熟练掌握大型铸锻件行业冶炼设备及技术,对大型铸件典型质量问题预测、分析及处理研究深入,她被任命为冶炼工序负责人,全面开展FB2新材料、新工艺的研发工作,“这是对极限制造的一次全方位挑战”。

“合金含量高,控制范围窄,化学元素反应复杂,冶炼工艺研究需要从零开始。”罗玉立告诉记者,FB2材料仅主成分就有11个元素之多,还要兼顾8个残余元素的超低含量要求,而在1600℃的高温作用下,钢铁炼成液态,即便是非常惰性的金属元素也会异常活跃,交互反应极为敏感,很难把握成分的精确控制,“常常是按下葫芦浮起瓢,不知从何下手”。

“特别是硼元素,含量几乎可以忽略不计,却是材料高温耐热非常关键的‘药引子’。”罗玉立介绍,如果是50吨的FB2材料,只需匹配差不多一水桶硼铁足矣,但必须符合行业限定的0.008%-0.011%的极窄区间,而且还要加在恰到好处的时刻,只能反反复复试验研究,“就像是遥控玩具火车和能够稳定运行的高速铁路,中间隔着‘万里长征