

百川公司的单丝生产车间



陈庆华(左)与其他专家正在查看由废旧纤维生产出的拉链基布。

泉州是纺织服装、制革制鞋和石材加工等特色产业集聚区,每年产生近千万吨边角废料。在科技创新的驱动下,固体废弃物被梯次耦合高质高值利用——

跨界耦合技术链 串起绿色价值链

□本报记者 陈旻 张颖 文/图

废布料、碎牛皮、废石块……这些本需要付费处理的工业固废,可以成为颇具经济价值的生产原料。1月14日,“十三五”国家重点研发计划“固废资源化”重点专项——“东南轻工建材特色产业集聚区固废综合利用集成示范”项目,在泉州顺利通过示范线现场核查与指标论证。与会专家一致表示,项目打造出多源固废绿色梯次高质利用和耦合高值利用的“泉州模式”,并实现了纺织服装固废利用率>70%、制革制鞋固废利用率>80%、石材加工固废利用率>90%的目标;带动年消纳固废总量提高100万吨以上。该固废综合利用集成示范项目缘何落地泉州?某一产业的固体废物是如何经过循环再利用,成为另一个产业的原料,实现跨行业的“产业共生”?不同行业的固废综合利用,如何构建可持续的商业模式?为此,记者深入了解。

学思想 强党性 重实践 建新功 ——党报记者八闽调研行

场景:固废闭环“重生”

2024年元旦刚过,泉州石狮市海风猎猎,兴业皮革科技股份有限公司的示范生产线也是一片风生水“起”。示范线上水汽蒸腾,废旧牛皮打碎形成的牛皮纤维浆料被送入高压水刺机组,在200~350公斤的压力下,被水牢牢“刺”在基布上,经过轧干、烘干、冷却、切边、打磨等一系列流程,成为一卷卷牛皮纤维再生革。这些再生革应用于汽车内饰、鞋面、服装等领域,单条生产线可月产20万~30万米。由于再生革尺码不受限制、颜色丰富,产品供不应求,已进入阿迪达斯、耐克、ZARA等国际知名企业的供应名录。目前第二条新生产线已完成安装,即将上马。生产线负责人曹经理告诉记者,兴业科技作为皮革生产大厂,每年处置牛皮边角废料的费用高达数百万,两条再生革生产线全部达产后,不仅节省了处理费,还将带来每年近2亿元新产值。除了牛皮,羊毛也是兴业科技产生的一大固废。在另一条生产线上,皮革鞣制前脱下的羊毛,经过清洗、干燥、预处理、水解、浓缩等工序,成为两种产品。“其一是改性角蛋白复鞣剂,用于皮革鞣制工序,节省了鞣制剂;另一产品是角蛋白粉,可作为饲料的原料。”项目课题三负责人、四川大学林炜教授介绍说,从废料中提取出有价值的成分,让羊毛变废为宝。兴业科技研发部负责人刘博文说,“目前生产线已完成小试、中试,申请了3件国家发明专利。”

本,且生产出的人造大理石在抗压、抗折、线性热膨胀系数等性能上,均有良好表现。另一产品是再生无人造石,它由天然石材加工废料经筛分后加入废纤维碎屑或再生聚酯单丝进行增强,掺入水泥粘胶剂,经真空振荡成型、室温养护、切割、表面研磨抛光制成。在鹏翔的产品展厅中,加入了玛瑙、拉长石、云母片甚至玻璃珠等不同骨料的再生石色彩斑斓,被制作成各类摆件、装饰画,成了家居装饰的新宠,畅销国内外。项目课题四负责人、广东省科学院戴子林教授说,原本增强无机石,加的是玻璃纤维,现在加的是纤维废料。“经测试,水磨石产品的抗折性能比以往更加优秀。”“人造有机石和无机石,本就是本地石材行业产生的碎石废料进行再利用。”王少芳说,没想到石材行业的固废与纺织行业的固废结合后,不仅生产出优质再生石,实现降本增效,还为消纳固废、循环经济作出了贡献。这条“再生之路”还未抵达终点。在位于泉州安溪县的福建中科三净环保股份有限公司,难以再生的固废熔于一炉,发挥余热。

在中科三净的示范生产线上,来自百川的纤维碎屑,来自兴业科技的皮革鞋材废料、来自废旧纺织品的纤维聚酯前驱体……被聚合起来,经过破碎、研磨,在反应釜中变成“橡塑复合建材”,用于建设橡胶跑道。福建中科三净环保股份有限公司总经理潘碧峰自豪地说,目前,这条生产线的产品已用于漳州金峰实验小学、泉州步新小学、安溪沼海中学等8所学校的跑道建设;此外,无人造石加工中产生的磨切粉料与生物基纤维结合,还能制作成高强度水泥砂浆。至此,纺织服装、制革制鞋、石材加工三大行业的固废被一轮“吃干榨净”,互为原料、闭环流动,形成了“产业共生”链条。这正是“东南轻工建材特色产业集聚区固废综合利用集成示范”项目(以下简称“固废综合利用集成示范项目”)要实现的目标。

背景:开展联合攻关

固废综合利用集成示范项目落地泉州,并非偶然。作为纺织服装、制革制鞋和石材加工集聚区,每年产生近千万吨的固废,长期以来,主要靠焚烧、填埋来解决。“当前,固废处理存在产量大、利用效率低、处理不妥当等问题,造成了环境问题和资源浪费,制约了我省特色产业的绿色可持续发展。”教授级高工、福建师范大学副校长陈庆华告诉记者,行业、研究机构、地方都在积极寻求固废处置的更优解。“多种行业来源的固废成分复杂、品质不一,难以处置,是产业集聚区亟需解决的共性难题,建立固废资源化的成套技术体系,是解决轻工产业集聚区固废问题的优选途径。”他认为。2019年,由福建师范大学与国内知名高校院所携手开展核心技术攻关,在泉州建设示范工程,探索集聚区跨产业固废梯次利用之道,并获批国家重点研发计划“固废资源化”重点专项立项项目。项目遵循“产业耦合共生”理念,即各产业系统之间形成资源配置合理、能量高效使用、废弃物综合利用的生态网络。某个产业产生的副产品或废弃物资源能够作为另外一个

产业生产所需的能量或原辅材料,使多个产业之间构成集成共生的生态网络。陈庆华将这样的网络构建过程形容为“破壁”。首先要摸清底数,形成技术路线图。“根据泉州市纺织服装、制革制鞋和石材加工三大产业的行业类型、规模、结构等特征,我们对各企业的原料、设备、工艺体系和产品结构等进行模拟分析。”项目课题一负责人、中国石油大学的王雅君教授介绍说,课题组对三行业的聚酯织物、混纺织物、鞋前牛皮、皮革类固废、鞋材下脚料、石材磨切粉料等12类典型废弃物的产业共生技术链条进行梳理,构建出泉州地区的多源固废数据库和物质代谢模拟分析模型。在数据库及物质代谢模拟分析模型的基础上,科研团队“各个击破”,研发了纺织服装产业固废梯次高质利用、制革制鞋产业固废的有价成分提取与循环利用、石材加工与轻纺产业固废耦合高值利用及“近零”排放等关键技术,形成了多源固废耦合再生梯次高值利用的“泉州模式”,获得了50余件专利,并依托行业龙头企业建设示范工程。

“在关键技术介入后,基于示范线稳定运行数据,经第三方测算,纺织服装固废利用率为92.3%,制革制鞋固废利用率为91.5%,石材加工固废利用率为90.8%,在创新技术研发基础上提出绿色技术集成方案,使难再生高分子固废被“吃干榨净”,三大产业形成闭环流动,进一步提高固废利用率,技术集成方案固废利用率达93.2%。”项目课题五负责人、福建师大罗永晋教授说,这套技术实现了纺织服装固废利用率>70%、制革制鞋固废利用率>80%、石材加工固废利用率>90%的目标,推动集成示范基地固废综合利用率>80%。“基于固废特征及固废综合利用的绿色技术集成方案,提出了商业化运行模式。技术推广有效带动了泉州地区每年消纳固废总量超过100万吨。”罗永晋表示,若进行商业模式推广与政策、标准推动,理论上,2022年集成示范基地可利用废弃物达219.6万吨,对“无废城市”建设大有裨益。

新工艺、新产品的诞生,是否会带来新的污染问题?如何加以控制?这同样是项目的研究重点。在中科三净,新研发的一体化移动式废气治理装备、废水一体化智能净化系统正在解题。“固废综合利用过程中,产生的难再生高分子固废已被制作成橡胶跑道。”罗永晋介绍说,此外还有挥发性有机物、粉尘、油烟、悬浮物等废气废水污染物,针对其成分复杂性和特殊性,科研团队与中科三净合作,研发出高效经济的化学-物理-生物法耦合净化技术和成套设备,可以实现固废再利用的“近零”排放。

愿景:奔向更绿未来

经过4年探索,一个基于产业耦合高值利用的绿色价值链在泉州初见雏形。校地、校企合力突围,开展绿色创新技术研发,建立绿色技术集成方案,推动政策和标准制定,构建可持续商业模式,为传统产业的新一轮减排降碳、构建经济效益良好的循环产业链贡献智慧,共同奔向更绿的未来。“目前,在新版《固废法》里,一般工业固废已经列入了法律监管,在无害化、资源化、资源化末端处置之外,模式创新和管理创新方面的要求同样不可忽视。”罗永晋说,不止于技术创新,也不是简单地将实验室成果运用示范,更要探索构建稳定的商业模式,让新技术获得更多的认可,从而被更广泛地运用。“产业化水平持续提升,可促进国家生态

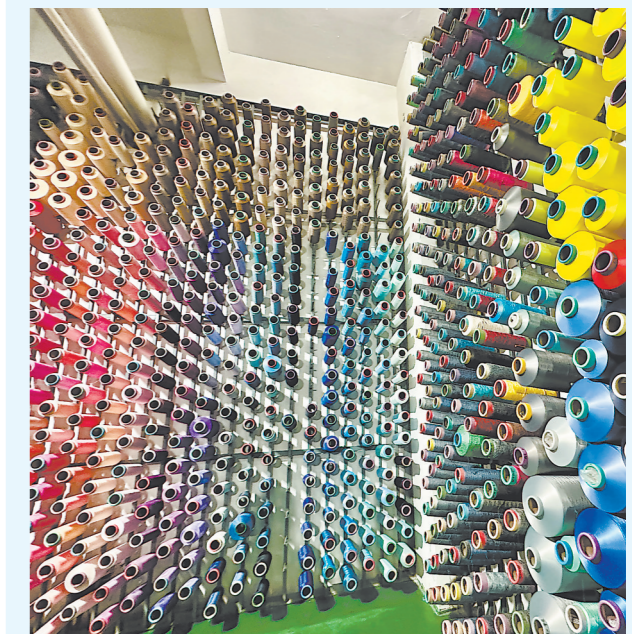
文明试验区建设,加快‘无废城市’建设步伐,为当地带来更好的就业和税收机会。”他说,不同行业的固废,因价值不同,有不同的商业模式。

例如,梯次高质利用的纺织服装生态产品,由于环境效益和经济效益兼备,因此可以采用以鼓励社会资本投资、市场竞争为主,金融财税支持为辅的梯次高质再生产品盈利商业模式,实现最大的价值。对于鞋前牛皮、皮革废料等制革制鞋产品,在创新技术推动下,2021年生态环境部将含铬皮革废料纳入《危废豁免管理清单》。而该产品具有较好的环境效益,但是经济效益不佳,应采用产废企业投资、降低危废处置费用的闭环循环回用商业模式,尽量实现无害化处置。而石材废料利用相对低值,在原有协会统一回收处置、政府配套阶梯补助政策的基础上,通过打破技术壁垒,石材加工产业固废与轻纺产品实现了耦合高值利用,具有良好的环境效益。“中国工业门类齐全,工业固废问题的复杂性和普遍性是世界罕见的。泉州的轻工建材产业集群极具特色,为固废资源化利用行业高质量发展蹚出新路,正是我们课题组的意义所在。”作为项目首席专家,陈庆华表示,“在补齐科研短板之外,我们同步推动制定相关的标准和政策,从而真正形成一个规范的运行模式,有力支撑我省‘国家生态文明试验区’建设。”

根据固废循环利用经济链条,泉州研究出台相关政策,涵盖教育、产业指导、经济责任、行政处罚、群众监督、黑榜、红榜、津贴、减税或免税等方面。泉州市科技局有关负责人表示:“如何用好用足政策激励工具,为轻工建材行业企业共生提供强大的外部驱动力,这是循环经济发展的长远命题。”

此外,福建师大还牵头制定相关地方标准——《工业园区废旧高分子材料回收和资源利用技术准则》,参与了《再生资源加工基地管理规范》《废旧高分子材料加工基地管理规范》等一系列行业标准制定工作,并抓紧《福建省低零碳循环化工业园区创建及评价指南》这一地方标准的起草工作。在此基础上,陈庆华将目光瞄准了泉州特色产业的全链条管控。他认为,“十四五”时期,在国家“双碳”目标和绿色高质量发展的大背景下,泉州的轻工等特色产业应该从“末端治理”拓展到“源头减量”,从关注“单一环节”转变为“聚焦全产业链”,以实现全产业链条的提质增效。

2023年12月,陈庆华主持的“十四五”国家重点研发计划“循环经济关键技术与装备”专项——“东南特色橡塑产业提质增效循环经济集成技术及示范”项目获科技部正式批准立项。福建师大联合清华大学、北京工业大学、中国皮革和制鞋工业研究院(晋江)有限公司、匹克(中国)等高校科研院所、行业协会、龙头企业,组成政产学研联合攻关团队,开展技术攻关。“该项目从生态设计开始,将突破鞋服产品的‘一体化设计-绿色拆解-高质再生-闭环回用’全产业链核心技术,解决其全生命周期碳排放量大的难题。”陈庆华说。



百川的彩纱展示墙



百川再生布生产车间



鹏翔再生石生产车间



中科三净橡塑复合建材生产线

