

以竹代塑

——新机遇，新前景

Replace plastics with bamboo

■文 / 曹悠

2023年10月23日，国家发展改革委等部门印发了《加快“以竹代塑”发展三年行动计划》（以下简称《行动计划》），行动目标是到2025年，“以竹代塑”产业体系初步建立，产品质量、产品种类、产业规模、综合效益进一步提升，重点产品市场占有率显著提高。与2022年相比，“以竹代塑”主要产品综合附加值提高20%以上，竹材综合利用率提高20个百分点。

自1907年美国化学家贝克兰在实验室中利用苯酚和甲醛合成了酚醛塑料开始，塑料这种在历史上从未有过的新材料正式进入人类的生活。一百多年的时间里，塑料在为人类带来各种便利的同时，也造成了不小的麻烦。塑料难以降解的特性，让它可以在自然界中存在千万年，并因此影响自然环境。除了形成白色垃圾，还有可能变成塑料微粒，或以一些特殊的形态，形成更加难以消除的危害。2023年4月，清华大学侯德义教授的团队在国际学术期刊《环境科学与技术》（*Environmental Science & Technology*）在线发表了一篇题为《塑料-岩石复合体与微塑料的释放》（*Plastic-Rock Complexes as Hotspots for Microplastic Generation*）的论文，证实塑料能与岩石形成化学键，从而变成沉积岩层的一部分。

相比之下，竹子作为一种广泛生长的天然植物，已经被人类利用了数千年，在古人的文学作品中也时刻能见到竹子的身影。中国最

古老的诗歌《弹歌》中说“断竹，续竹；飞土，逐肉”，这表明先民们早就知道可以利用竹子的弹性制作弹弓来打猎。纸张发明之前，古人用竹简记事撰文。苏东坡的诗中说“宁可食无肉，不可居无竹”，说明古人喜欢栽种竹子来装饰居住环境。古代有一种用以纳凉的竹器，被称为“竹夫人”。明代的抗倭英雄戚继光发明鸳鸯阵抵抗倭寇，其中最重要的武器之一就是毛竹制成的狼筅。云南的傣族利用竹子建楼，供一家老幼居住。至于竹制桌椅、竹筷、竹筒、竹篓、竹席、竹梯、竹管毛笔，乃至竹制麻将牌等等更是数不胜数，竹子可能是中国人使用最多的天然材料之一了。

竹子之所以有广泛的应用，主要还是因为它具有优良的力学性能。它的平均拉伸强度约为200MPa，抗压强度接近50MPa，竹片的弯曲强度可达到140-150MPa（田黎敏等，2019），而塑料中最常用的聚丙烯拉伸强度一般约为21-39MPa，压缩强度为39-56MPa，弯曲强度为42-56MPa。可见竹材料的力学性能远超普通塑料材质，完全可以实现替代。竹材料的主要成分是纤维素、木质素等，在自然界中借助微生物、阳光、氧气的力量可以自然降解。作为一种绿色植物，它可以吸收二氧化碳，净化空气，同时又不需要使用石油等不可再生矿物作为原材料。使用竹材替代塑料，不仅可行，还对环境大有裨益。

竹子的成分较为复杂，除了主要成分，还

有水分、糖分、蛋白质等植物生长所需的营养物质,这些营养物质会影响竹材的性能和寿命。古人在使用竹筒书写之前,要先将竹筒烤出水分,或刮去表面的竹青,以方便书写,防止虫蛀,这就是所谓的“汗青”和“杀青”。此外,由于竹子是天然生长,形状尺寸各异,要想以竹子为原材料进行批量生产,就必须对竹材进行规格化加工。因此,要实现“以竹代塑”,就必须对竹材进行有针对性的处理。目前,国内外的研究者在这些方面都做了深入探索,获得了可喜成果。美国马里兰大学的胡良兵教授提出了一种简单、快速和可规模化生产的方法:将天然竹子首先在氢氧化钠和亚硫酸钠溶液中进行化学处理,以部分去除细胞壁上的木质素和半纤维素,然后使用微波加热使竹材结构排出水分,并使之发生剧烈而均匀的收缩,从而形成一种紧密而完整的材料。国家林业和草原局国际竹藤中心、龙泉市大展竹科技有限责任公司、石家庄灿高高频机械有限公司、济南全劲试验机有限公司共同研发了一种适应大规模生产的规格竹材的制备方法。通过对圆竹分级获得性能均一稳定的原材料,利用无刻痕竹展平技术提高了竹材的密度和强度以及原材料利用率,该技术还提高了自动化水平,降低了劳动力成本。有的企业开发出了竹制的地板、厨具、家具、文具、包装材料、竹制复合管和土工格栅,乃至鼠标、键盘等电子产品。有的产品远销海外,广受全世界消费者的欢迎。如果把竹子中的糖、水、蛋白质等易氧化腐化成分去掉,只留下竹纤维和树脂,然后把竹子在高温高压下

进行处理,获得的材料强度堪比玻璃钢,拉伸强度是同等重量钢材的3倍,寿命可长达50年,这种材料被称为竹钢。竹钢目前已经在一些建筑中使用,像成都金牛公园中的两座建筑就使用了竹钢材料。

目前“以竹代塑”所面临的主要问题还是竹材处理成本高,性能受自然条件影响波动较大。要实现“以竹代塑”,需要因地制宜、因时制宜,针对不同品种和产地的竹子进行有针对性的开发,并瞄准高附加值产品。《行动计划》指出,“以竹代塑的基本原则”是坚持市场主导,政府引导;坚持科技引领,创新发展;坚持以点带面,有序推进。此外,未来三年的重点行动包括七个方面:科技创新提升行动、产业生态培育行动、产销对接促进行动、重点场景替代行动、特色地区引领行动、社会宣传引导行动、国际交流合作行动。基本考虑到了“以竹代塑”推动过程中所可能面临的问题和可以采取的对策。

我国拥有的竹资源,在全球位居第一,其中福建、浙江、江西和湖南的竹林面积占全国的60%,资源集中,便于开发。如此丰富的竹资源,如果善加利用,逐步替代塑料制品,既能因地制宜,带动当地和周边产业发展,又能节省我国储量并不丰富的石油资源,可谓两全其美。同时,在目前塑料污染问题日益突出,森林资源紧张的背景下,提前布局“以竹代塑”,也能在一定程度上缓解日益严峻的环境和资源问题。

作者介绍:中国环境科学研究院环境技术工程有限公司高级工程师,理学博士

