



生物基碳认证研究综述

姚逸^{1,2}, 李震², 张少华¹, 曾祥斌^{1,2}

(1. 珠海金发生物材料有限公司, 广东 珠海 519050; 2. 金发科技股份有限公司企业技术中心, 广州 510520)

摘要: 生物基材料是指以可再生生物质资源为原料,通过物理、化学及生物等方法制造的一类新型材料,其具有绿色、环境友好和原料可再生等特点。生物基产业符合当今社会“碳达峰、碳中和”的战略方针,已逐渐成为引领科技创新与经济发展的战略性新兴产业。近年来,随着生物基产业的迅猛发展,国内外政府与测试认证机构创建了二十余种生物基含量认证计划或标签,旨在为生物基材料的市场流通保驾护航,充分保障化工材料生物基碳含量的真实性、准确性及可追溯性。从创立背景、适用产品范围、认证要求及测试标准等方面,综述了当下行业内认可度较高的生物基认证标签,并指出了生物基产业未来的发展方向。

关键词: 生物基材料;战略性新兴产业;认证计划或标签;生物基碳含量;测试标准;展望

中图分类号: R318.08

文献标志码: A

文章编号: 1673-9981(2023)06-1087-08

引文格式: 姚逸,李震,张少华,等. 生物基碳认证研究综述[J]. 材料研究与应用,2023,17(6):1087-1094.

YAO Yi, LI Zhen, ZHANG Shaohua, et al. Review of Research on Biobased Carbon Certification[J]. Materials Research and Application, 2023, 17(6): 1087-1094.

0 引言

生物基材料^[1]是指以可再生生物质资源为原料制备而来或经生物制造得来的材料,如通过生物合成、生物加工和生物炼制等途径获得的生物基有机酸、生物醇和烃类,以及通过生物基单体通过化学合成、加工获得的生物基聚合物^[2]。生物基材料应用广泛,包括化学品、生活用品及医用材料等领域。相比于由石化资源制备而来的石油基材料,生物基材料^[3]具有绿色低碳、环境友好和资源节约等优势。近些年来,随着生物基材料被纳入“十四五”原材料工业规划^[4]和中国制造 2025^[5],生物基产业的发展可谓是日新月异,已逐渐成为我国新兴的战略性新兴产业。生物基产业核心技术不断突破,产品种类得到不断扩充,在能源、环境、社会发展和医疗健康等方面成为热点,经济效益显著增强,显现出强劲的发展势头,聚焦了多方产业投资。

然而,随着生物基产业的飞速发展^[6-7],生物基材料的品质也得到了广泛地关注。生物基材料在销售和使用的过程中,特别是出口国外时,产品存在以假乱真、偷梁换柱的风险。因此,为了对生物基产品进行严格的质量监管,保障产品生物基碳含量的真实性、准确性及可追溯性,国外政府或测试认证公司推出了多种生物基碳认证标签或计划,并授权第三

方检测机构对样品进行严格的检验,当一种产品的生物基碳含量达到所申请标签规定的质量标准,即可获得此类标签的官方认证。作为强制性措施,生物基碳认证是生物基产品进入市场的通行证,获得认证意味着此类产品通过了官方公正、科学的质量控制,具备销售许可权。

1 生物基碳认证标签

国内外相继推出了符合自身发展需要及通过测试,即可在当地销售的生物基碳认证计划或标签,其中北美洲和欧洲的认证标签认可度较高。例如,美国农业部颁布的生物优先计划(USDA BioPreferred Program)、比利时 TÜV AUSTRIA 公司创立的 OK biobased 认证标签,以及德国 DIN CERTCO 认证组织开创的 DIN-Gepuft 生物基认证标签。据统计,目前已诞生约 20 种生物基认证标签,不同的认证标签适用的产品范围、产品需要,达到生物基碳限值及测试所依据的标准不尽相同。

1.1 北美洲

1.1.1 USDA 生物优先计划

USDA 生物优先计划(U. S. Department of Agriculture's BioPreferred Program)^[8]是由美国农业部(USDA)依据 2002 年农村安全和农村投资法

收稿日期:2023-08-01

作者简介:姚逸,硕士研究生,研究方向为完全生物降解塑料产品研发,E-mail:yaoyi@kingfa.com.cn。

案(Farm Security and Rural Investment Act of 2002)而创立的,该计划针对生物基产品,并分别于2008年、2014年和2018年在农业法案中不断扩大。USDA生物优先计划的目标是提高消费者识别生物基产品的能力,为农产品提供新市场、刺激经济增长、创造更多的就业机会,进而提升生物基产品的市场购买力和使用潜力。USDA生物优先计划为美国联邦机构提供生物优先产品目录,目前该目录内共有139种产品类别,包括清洁剂、地毯、润滑剂和油漆,涉及原料、中间体及全部或大部分由生物产品组成的材料,每个产品类别都有特定的生物基含量最低限制。若产品种类不属于其中任何一类,那么当该产品的生物基含量高于25%可视为合格。

联邦采购条例中对生物基产品的采购有详细规定,包括采购计划、采购卡强制采购、来源选择、强制性合同条款及一般政策和规定,各机构及其承包商都有采购要求,每个强制采购类别都规定了该类别内产品的最低生物基含量。

USDA生物优先计划的测试依据标准ASTM D6866,该标准采用放射性碳-14对产品进行测试(见图1)。成功的申请人可在其商品和营销材料贴上USDA Certified Biobased Product的标签,并附有产品实际的生物基含量百分比,消费者可以相信标签的含义,因为制造商关于生物基成分的声明是第三方认证的,并受到美国农业部的严格监控,这将为消费者提供识别商业化生物基产品做出巨大贡献。

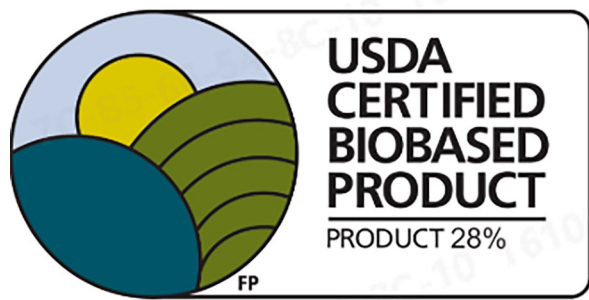


图1 USDA生物基产品认证标签

Figure 1 USDA biobased product certification labelling

1.1.2 UL 9798标签

UL 9798生物基含量认证是由专业从事安全科学事业的UL美华公司创立的认证计划,其宗旨在于促进全球化可持续发展、环境保护和健康安全。UL 9798认证的适用产品范围包括原材料、半成品和成品,涉及建筑材料、化学品、塑料和电子产品等多个领域。UL 9798的官方测试标准同样是遵循标准ASTM D6866,通过该验证的产品将有权使用UL环境声明验证(ECV)标志,该标志会明确展示

产品的生物基含量百分比。同时,获得UL 9798生物基含量认证的产品将入驻UL SPOT绿色数据库,消费者可根据公司名称、产品类别和产品名称等信息快速搜索到相关产品。

1.1.3 安全选择标签

安全选择标签(Safer Choice Label)^[9]由美国环保署(U. S. EPA)制定,旨在帮助消费者和购买方识别产品信息。安全选择标签供申请者自愿参与,应用范围包括清洁剂、洗涤剂、船和汽车护理剂、个人护理、地板护理及其他工业产品。安全选择标签将ASTM D6866作为指导标准,评估时除了产品的成分,还会关注产品的性能、PH及包装形式,一旦产品符合要求,EPA会进行年度审查。截至2015年1月,超过2 000种产品通过审核获得了安全选择标签。

1.1.4 Greencircle标签

Greencircle认证标签^[10]成立于2009年,适用于所有的生物基产品,其目的是使用适当的标准对公司的环保声明进行独立第三方验证,为公司建立品牌诚信、为环境提供可持续发展服务。对于生物基产品的认证,Greencircle将评估产品的原材料和生产运营,以检验和认证生物基成分含量。

1.1.5 可持续生物材料圆桌会议

可持续生物材料圆桌会议(RSB)由瑞士洛桑联邦理工学院能源中心于2011年发起,是一项国际认证标准,描述了先进产品供应链中涉及的运营商的可持续性要求,以及与产销监管链、生物基含量和温室气体排放评估相关的要求。RSB为运营商可能向替代市场部门提供的先进产品提供了明确的声明,为可持续生物材料、生物燃料和生物质生产提供了经同行评审的全球认证标准。

RSB认证标准规定了每个产品类别的要求,并定义了允许运营商使用的特定类别的产品声明,以避免市场上的混淆。RSB认证标准涵盖以下产品类别:第一类,来自农业、林业、海洋或水生原料的生物基产品,这些产品来源于生物质,并且产品中生物基含量的份额不低于25%;第二类,由生物基报废产品、副产品或残留物制成的生物基产品;第三类,在生产系统中生产的产品,该生产系统将生物基原料、非生物基报废产品或生产残留物与原始化石原料结合处理,并且确保生产认证产品批次所需的原始化石原料中至少有25%被替代原料(生物基原料或非生物基报废产品、副产品或残留物)所取代。RSB认证的测试标准包括ASTM D6866、EN 16640、CEN/TS 16137:2011或ISO 16620-1:2015的测试。

1.1.6 可持续生物材料合作

可持续生物材料合作组织(SBC)的历史可以追溯到2006年4月,作为促进生物基产品引进和使用的组织联盟发布了一系列称为BioSpecs的采购规范,该组织提倡可持续性标准、实用工具和有效政策,以及材料、产品和包装避免使用不能回收或堆肥的一次性产品,而选择来自可再生原料的材料和产品,希望通过这些举措推动和塑造这些产品的新兴市场。

SBC将可持续生物材料,定义为来自可持续种植和收获的农田或森林、生产时无危险输入和影响、在使用过程中对环境健康和安全的材料。如果食品服务制造商的商品能满足生物基有机碳含量要求,就可以得到铜、银或黄金评级,根据ASTM D6866测试的食品服务制品中含有95%的生物基碳就可获得青铜评级。

1.2 南美洲

I'm Green标签^[11]由利用可再生资源为原料制造热塑性树脂的先驱巴西石化公司Braskem所自创,标签仅供Braskem公司的客户使用,产品中必须包含Braskem公司的绿色塑料成分方可进行认证申请。I'm Green标签适用于多种应用场景,包括农业、汽车、服装、家具和化妆品,旨在促进自然资源得到更好地利用。I'm Green可以根据ASTM D6866标准验证材料或产品的可再生碳含量,可再生成分的百分比是通过测试产品的碳-14同位素来验证的,这与考古学中用于验证化石年龄的过程相同。

1.3 欧洲

1.3.1 OK Biobased 计划

OK Biobased认证计划^[12]是由比利时的测试认证机构TÜV AUSTRIA集团在2009年启动的生物基低碳产品环保标签,是欧盟最权威的生物基材料认证标签,旨在对生物基产品的可再生性进行独立评估。OK Biobased认证计划适用于有机碳含量高于30%且生物碳含量高于20%的基础原材料、中间产品和成品,如薄膜、粘合剂、包装材料、园林及农产品。OK Biobased认证的测试标准为EN 16640-2017和TS-OK20,其中TS-OK20是TÜV AUSTRIA的内部测试标准,通过测试生物碳含量(碳-14)与总碳含量的百分比,获得产品的生物基含量信息。

OK Biobased认证计划的获取时间约4周,其流程为收集产品信息及按照认证测试标准分析产品的生物基碳含量和有机碳含量,测试大约持续4—6

周。产品通过认证后,生物基百分含量和总碳含量会在报告中声明,但是不会体现在标志上,而是采用星号来区分环保等级(见图2)。其中,生物基含量20%—40%的产品可获得一星级标志,生物基含量在40%—60%、60%—80%、80%—100%的产品可分别获得二星、三星和四星标志,作为凭证,制造商可在产品外包装上张贴星级标签,以区别于石油基产品。当已经通过OK Biobased认证的单体或原材料进一步制成最终产品时,该最终产品不被视为已通过认证。

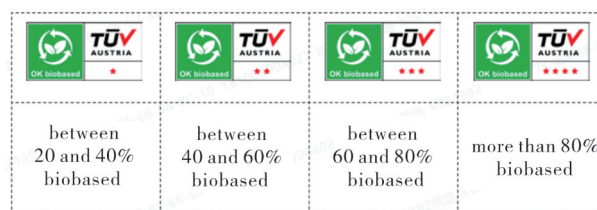


图2 OK Biobased认证标签

Figure 2 OK Biobased Certification Labelling

1.3.2 DIN-Geprüft 标签

DIN-Geprüft生物基标签^[13]是由德国莱茵集团旗下的认证组织DIN-CERTCO发起的生物基产品认证计划,该标签适用于全部或者部分由生物基原材料制成的产品,但不适用于医疗产品、化石燃料,以及有毒性、酸性、致癌、致突变或者对环境有害的产品。

DIN-Geprüft标签认证通过需满足双重条件:一是,根据测试标准DIN 18128或EN 13039,产品中的有机碳含量需不低于50%;二是,根据测试标准ASTM D6866、CEN/TS 16137或ISO 16620,产品中的生物基碳含量需高于20%。生物基测试通过后,产品被分为3个质量级别,分别是20%—50%、50%—85%和85%—100%,产品证书上将同步标注出DIN-Geprüft生物基标志、产品的生物基含量以及证书申请人的注册号码(见图3)。若申请产品没有达到所规定的最低生物基含量,仍可获得生物基含量证书,但不允许使用DIN-Geprüft生物基证书标志。DIN-Geprüft生物基证书的有效期为6年,

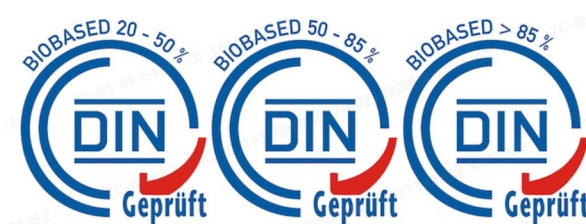


图3 DIN-Geprüft生物基标签

Figure 3 DIN-Geprüft Biobased Labelling

但需要在有效期内的第2年和第4年进行验证测试,以确保产品质量符合标准。

1.3.3 生物基含量认证计划

2016年,荷兰标准化协会(NEN)推出了生物基含量认证计划,旨在提高生物基产品的透明化和可信度。生物基含量认证计划适用于各种含碳产品,包括生物基原料、化学品、中间体、半成品和成品,其依据EN 16785:1-2015标准使用碳-14测试和元素分析来测试产品中的生物基含量,这不仅涉及生物基碳含量,还涉及氮、氢和氧等元素,产品中碳-14含量测试依据标准EN 16640进行。

采购人员可以采用生物基含量认证计划及生物基产品领域的其他标准来对产品的特性进行规定,而供应商则可以出示第三方检测报告与认证证书或标签证明自身符合这些要求。

1.3.4 欧盟生态标签

欧盟生态标签^[14]是由欧盟委员会于1992年发起的一项自愿标签计划,旨在促进循环经济及鼓励生产商在生产过程中减少废物和二氧化碳的排放,许多公司把欧盟生态标签当做最佳的环保实践指南。欧盟生态标签适用于整个欧盟、挪威、冰岛和列支敦士登,主要针对于润滑油的生物基碳含量检测。根据欧盟润滑油的生态标签标准,如果使用“生物基”或“生物润滑剂”等词语,最终产品的生物基碳含量至少应达到25%。通过提交申请,参照ASTM D6866、EN 16807、DIN CEN/TS 16137、EN 16640和EN 16785-1等测试标准进行测试,根据这些标准的测试报告来证明其合格性。

1.4 澳洲

澳大利亚良好环境选择认证标签(GECA)^[15]是与澳大利亚非营利性标准制定组织同名的生物基认证标签,创立于2001年。该标签的目标在于为产品的环保性建立基准,主要应用于文具和办公用品^[16],特别是OHP薄膜、介质盒、OA过滤器(带框架)、透明文件夹(文件)及在透明窗口部分使用植物基塑料的纸信封。GECA标签的测试标准为ASTM D6866或ISO 16620-2,若产品中的生物基聚合物含量高于25%,则可获得认证,表明产品环境友好、对身体健康没有影响、符合道德标准。

1.5 亚洲

1.5.1 Biomass Pla标签

Biomass Pla标签^[17]由日本生物塑料协会(JBPA)于2006年7月创立,产品的认证申请和

Biomass Pla标志的使用批准仅限于已加入JBPA的成员。Biomass Pla标签旨在帮助消费者识别被定义为高分子材料的生物质塑料,这类生物质塑料以生物基为基础,平均分子量高于1 000,可通过生物或化学合成手段从含有可再生有机资源的原料中获得,但不包括化学上未改性的非热塑性天然有机高分子材料。

JBPA将“生物质塑料比”定义为原料和产品中来源于的生物质塑料的成分或热固塑料原料中来源于生物质的成分占总重量的比例(重量百分比)。Biomass Pla标签最新版测试标准ASTM D6866-18,要求产品的“生物质塑料比”至少为25%。

1.5.2 生态标志计划

生态标志计划(Eco Mark Program)^[18]是由日本环境协会(JEA)发起的环境标签程序,旨在提高消费者的环保意识,鼓励企业努力改善环境。该计划将不同产品类别建立了认证标准,如按用途和特性进行归类,分为文具、建筑材料和发动机油。在某些产品类别中,使用植物来源的材料是一项认证要求。生态标志计划指定ASTM D6866和ISO 16620作为测试标准,适用产品范围是含有植物成分的产品,如纺织品、家具、服装、办公用品、家具、可循环使用的鞋类和容器。对于植物基塑料,如果用ISO 16620-3中规定的测试方法计算生物基合成聚合物的含量,则必须通过ISO 16620-2或ASTM D6866中规定的碳-14方法计算生物基碳含量和元素组成,以此作为认证程序附件提交。

1.5.3 BP标签

BP标签是由韩国生物材料包装协会(KBMP)于2011年推出的一项生物基标签认证计划,旨在为消费者提供减碳产品以及如何合理使用的有效信息,从而促进生物基产品的消费力。BP标签适用于生物基树脂及其衍生物,可分为材料、产品和包装,测试标准为ASTM D6866或KBMP-0107:2011,产品的生物碳含量需达到25%以上。

1.5.4 Green Mark标签

Green Mark环保标签^[19]是由中国台湾环保署于1992年8月颁布的自愿性环境标签计划,旨在减少污染、保护自然环境和加强资源的循环利用。Green Mark环保标签适用于生物基塑料制品,依据ASTM D6866测试产品中生物碳与非生物碳的含量百分比,要求产品的生物基含量不得低于25%。部分生物基碳认证标签对比结果列于表1。

表 1 部分生物基碳认证标签对比
Table 1 Comparison of some biobased carbon certification labels

序号	标签名称	创立者	创立时间	适用产品范围	认证要求	测试标准
1	USDA 生物优先计划	美国农业部	2002	产品目录包括 139 产品类别	每个产品类别均有最低限制	ASTM D6866
2	可持续生物材料圆桌会议(RSB)	瑞士洛桑联邦理工学院能源中心	2011	全生物基或部分生物基产品	生物基含量 $\geq 25\%$	ASTM D6866
3	OK Biobased	TÜV AUSTRIA 集团	2009	基础原材料、中间产品和成品	生物碳含量 $\geq 20\%$, 有机碳含量 $\geq 30\%$	EN 16640-2017 和 TS-OK20 (内部标准)
4	DIN-Geprüft	DIN-CERTCO	2010	全部或者部分由生物基原材料制成的产品	生物碳含量 $\geq 20\%$, 有机碳含量 $\geq 50\%$	DIN 18128 或 EN 13039、ASTM D6866、CEN/TS 16137 或 ISO 16620
5	欧盟生态标签	欧盟委员会	1992	润滑油	生物碳含量 $\geq 25\%$	ASTM D6866、EN 16807、DIN CEN/TS 16137、EN 16640 和 EN 16785-1
6	澳大利亚良好环境选择认证标签 (GECA)	GECA	2001	文具和办公用品	生物基聚合物含量 $\geq 25\%$	ASTM D6866 或 ISO 16620-2
7	BiomassPla	日本生物塑料协会(JBPA)	2006	生物质塑料	生物质塑料含量 $\geq 25\%$	ASTM D6866
8	BP 标签	韩国生物材料包装协会(KBMP)	2011	生物基树脂及其衍生物	生物碳含量 $\geq 25\%$	ASTM D6866 或 KBMP-0107: 2011
9	Green Mark	中国台湾环保署	1992	生物基塑料制品	生物碳含量 $\geq 25\%$	ASTM D6866

2 测试标准

碳-14是碳元素的一种放射性同位素,自然界的生物体在进行新陈代谢的过程中碳-14会在生物体内积累,当生物体死亡后新陈代谢也随之停止,碳-14循环进入生物体内的过程就停止了。随着碳-14的放射性衰变,生物体内碳-14含量将不断降低,通常超过5万年的物质中不含有碳-14。简而言之,全生物基产品含有100%的放射性碳含量,而石油基产品的放射性碳含量为0%,部分成分为生物基产品的放射性碳含量则介于0%—100%之间。因此,碳-14可作为检测产品生物基含量的示踪剂,通过检测产品中碳-14的含量比,即可计算出产品的生物基含量。

2.1 ASTM D6866

ASTM D6866 使用放射性碳分析测定固体、液体和气体样品的生物基含量的标准试验方法^[20]是生物基含量检测最权威的标准,适用于任何含有碳基成分的产品,包括固体、液体和气体^[21]。ASTM D6866的测试方法包括液体闪烁计数法(LSC)、加速器质谱法(AMS)和同位素比值质谱(IRMS)技术。值得注意的是,ASTM D6866 仅测量样品的总

有机碳,排除了无机碳和碳酸盐的干扰。

2.2 EN 16640-2017

EN 16640-2017 生物基产品-生物基碳含量-用放射性碳法测定生物基碳含量^[22]使用碳-14法测定生物基产品中生物基碳含量,适用于任何含碳产品,其分析方法与ASTM D6866中描述的方法兼容^[23],包括液体闪烁计数法(LSC)、 β -离子化(BI)和加速器质谱法(AMS)。

2.3 EN 16785

EN 16785 包括 EN 16785-1:2015 用放射性碳分析和元素分析测定生物基含量^[24]和 EN 16785-2:2018 用物料平衡法测定生物基含量^[25]两部分,其同样适用于任何含碳的固体、液体和气体,因此可应用与各类产品。EN 16785-1:2015 中元素分配规则指出:若反应物完全来自生物质,则产品生物基含量为100%;若反应物均非生物质,则产品的生物基含量为0%;若反应物来自生物质和非生物质,则适用于氧(O)和/或氢(H)和/或氮(N)元素与来源于生物质的碳(C)结合,则他们被视为生物基含量的一部分。

2.4 EN 17228-2019

EN 17228-2019 生物基聚合物和塑料的术语、特征和交流等规定^[26]制定了生物基聚合物和塑料(包括半成品和复合材料)的术语、表征方法和报告模板,作为取代 CEN/TR 15932: 2010、CEN/TS 16137: 2011、CEN/TS 16295: 2012 和 CEN/TS 16398: 2012 的测试标准,借鉴参考了 EN16640、EN 16785-1 和 ISO 16620-2 使用碳-14 分析的测试标准。EN 17228-2019 适用于生物基聚合物和塑料,但不适用于生物相容性聚合物和物料。除了生物基含

量,EN 17228 还包含了生命周期评价和可持续性方面的内容。

2.5 ISO 16620

ISO 16620^[27]分为 5 个部分,分别规定了塑料的生物基含量、生物基碳含量、生物基合成聚合物含量、生物基质量含量以及生物基碳含量,适用于由生物基原料或化石基原料制成的塑料、聚合物树脂、单体或添加剂,测试方法包括液体闪烁计数法(LSC)、 β -离子化(BI)和加速器质谱法(AMS)。生物基含量测试标准对比结果列于表 2。

表 2 生物基含量测试标准对比

Table 2 Comparison of biobased content testing standards

序号	标准名称	适用范围	测试方法	备注
1	ASTM D6866《使用放射性碳分析测定固体、液体和气体样品的生物基含量的标准试验方法》	任何含碳产品	液体闪烁计数法(LSC)、加速器质谱法(AMS)和同位素比值质谱(IRMS)技术	仅测量样品的总有机碳,排除了无机碳和碳酸盐的干扰
2	EN 16640-2017《生物基产品—生物基碳含量—用放射性碳法测定生物基碳含量》	任何含碳产品	液体闪烁计数法(LSC)、 β -离子化(BI)和加速器质谱法(AMS)	—
3	EN 16785—1:2015《用放射性碳分析和元素分析测定生物基含量》、EN 16785—2:2018《用物料平衡法测定生物基含量》	任何含碳产品	液体闪烁计数法(LSC)、 β -离子化(BI)和加速器质谱法(AMS)	如果氧(O)和/或氢(H)和/或氮(N)元素与来源于生物质的碳(C)结合,则他们被视为生物基含量的一部分
4	EN 17228-2019《生物基聚合物和塑料的术语、特征和交流等规定》	生物基聚合物和塑料,但不适用于生物相容性聚合物和物料。	液体闪烁计数法(LSC)、 β -离子化(BI)和加速器质谱法(AMS)	除了生物基含量,EN 17228 还包含了生命周期评价和可持续性这两方面的内容。
5	ISO 16620-2《塑料—生物基含量—第 2 部分:生物基碳含量的测定》	塑料、聚合物树脂、单体或添加剂	液体闪烁计数法(LSC)、 β -离子化(BI)和加速器质谱法(AMS)	—

3 结语

减少石化资源依赖是当今时代可持续发展的必然趋势,2020 年 9 月 22 日,我国在第 75 届联合国大会上正式提出 2030 年实现碳达峰、2060 年实现碳中和的“双碳目标”^[28],这无疑成为了推动生物基材料发展的有效助力。生物基材料对环保和健康的意义重大^[29-30],拥有巨大的发展潜力,但目前其成本普遍高于石油基材料。未来,相信随着核心技术的不断突破,生物基材料的成本将趋近甚至低于石油基材料,市场规模将不断拓展,生物基产业将迎来春天^[31-32]。

生物基含量认证作为产品的验证声明,能够确定一种产品是否通过生物质可再生资源转化而来、是否达到了与常规产品同等的性能和质量标准,以及是否符合可持续发展的原则和要求。此外,生物基含量认证能够为生产者、购买者和使用者提供产品精确、真实的生物基含量信息,能够加强对生物基产品质量和安全的管控,进而增强消费者对产品的信任度,提升企业的品牌形象,拓展生物基产品的市场。因此,生物基材料的蓬勃发展离不开生物基碳认证的全方位监管^[33],生物基碳认证的推广和应用也将有助于促进生物基产业的高质量发展。

参考文献:

- [1] 生物基材料定义、术语和标识:GB/T 39514—2020 [S]. 北京:国家市场监督管理总局国家标准化管理委员会, 2020.
- [2] ZHONG Yajie, PATRICK G, JIN Yongcan, et al. Biodegradable polymers and green-based antimicrobial packaging materials: A mini-review [J]. *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research*, 2020, 3 (1):27-35.
- [3] 陈国强. 生物基材料[J]. *中国基础科学·工业生物技术专刊*, 2009(5):90-95.
- [4] 工业和信息化部原材料司.“十四五”原材料工业发展规划解读[J]. *稀土信息*, 2022(1):31-33.
- [5] 周济. 智能制造—中国制造2025的主攻方向解读[J]. *中国机械工程*, 2015, 26(17):2273-2284.
- [6] 谭天伟, 苏海佳, 杨晶. 生物基材料产业化进展[J]. *中国材料进展*, 2012, 31(2):1-6, 15.
- [7] 刁晓倩, 翁云宣, 黄志刚, 等. 国内生物基材料产业发展现状[J]. *生物工程学报*, 2016, 32(6):715-725.
- [8] Pine Chemicals Review Group. About USDA biopreferred [J]. *Pine Chemicals Review*, 2016, 126(6):6.
- [9] Household & Personal Products Industry Group. EPA debuts safer choice label [J]. *Household & Personal Products Industry*, 2015, 52(4):30.
- [10] JENNIE M. Certification spotlight-green circle [J]. *Buildings*, 2016, 110(7):15-16.
- [11] Chemical News Group. Lummus and braskem announce green ethylene technology collaboration [J]. *Chemical News: Official Journal of the Indian Chemical Manufacturers Association*, 2022, 18 (12):75.
- [12] NatureWorks. Ingeo resins certified [J]. *Melliand international: Worldwide textile journal*, 2010, 16(3):46-49.
- [13] MIRIAM L. Certification of biopolymers [C]. <http://8.134.208.142/s/cn/com/wanfangdata/d/G.https/conference/ChZDb25mZXJlbmNlTmV3UzlwMjMwOTAxEGc5MzYwMTAwGgxb2hlM2wzdA%3D%3D>.
- [14] 戴宇欣. 欧盟生态标签制度[J]. *上海标准化*, 2005 (2):16-20.
- [15] Focus on Surfactants Group. GECA announces new environmental standard to address sustainability issues of cosmetics [J]. *Focus on Surfactants*, 2013, 2013(9):6-7.
- [16] Review of Environmental Performance Standard for Furniture and Fitting Products [J]. *Waste Disposal and Water Management in Australia*, 2006, 33(4):17-18.
- [17] Atsuo Takai Jbpa的简介和近期在日本的话题 [C]. <http://8.134.208.142/s/cn/com/wanfangdata/d/G.https/conference/ChZDb25mZXJlbmNlTmV3UzlwMjMwOTAxEGc5ODk3Njg1GghpNzNrdDVkbw%3D%3D>
- [18] Japan Chemical Week Group. Biodegradable plastics on track to become eco mark category [J]. *Japan Chemical Week*, 2007, 48(2410):12.
- [19] Green Mark Jumpstarts Eco-friendly Consumption [J]. *Environmental Policy Monthly*, 2007, 10(10):1-4.
- [20] Standard test methods for determining the biobased content of solid, liquid, and gaseous samples using radiocarbon analysis: ASTM D6866-2018 [S]. <https://www.doc88.com/p-9415015623371.html?r=1>
- [21] MAURICIO L. Measuring the biomass content of waste for greenhouse gas reporting using carbon-14 [C]. <http://8.134.208.142/s/cn/com/wanfangdata/d/G.https/conference/ChZDb25mZXJlbmNlTmV3UzlwMjMwOTAxEGc5MzYwMTAwGgxb2hlM2wzdA%3D%3D>
- [22] Bio-based products-bio-based carbon content-determination of the bio-based carbon content using the radiocarbon method: EN 16640-2017 [S]. <https://www.doc88.com/p-7896465566570.html>
- [23] TAMAS V, ISTVAN M, ROBERT J. High-precision biogenic fraction analyses of liquid fuels by (14) c ams at hekal [J]. *Radiocarbon*, 2018, 60 (5):1317-1325.
- [24] Bio-based products-biobased content—Part 1: Determination of the bio-based content using the radiocarbon analysis and elemental analysis: EN 16785-1: 2015 [S]. <http://www.doc88.com/p-6991377590758.html>
- [25] Bio-based products-bio-based content—Part 2: Determination of the bio-based content using the material balance method: EN 16785-2: 2018 [S]. <http://www.doc88.com/p-2731792277997.html>
- [26] Plastics-bio-based polymers, plastics, and plastics products-terminology, characteristics and communication: EN 17228-2019 [S]. <https://www.doc88.com/p-3807360957301.html>
- [27] Plastics-biobased content—Part 2: Determination of biobased carbon content: ISO 16620-2: 2015 [S]. <http://www.doc88.com/p-6991788729948.html>

- [28] 徐以祥,刘继琛.论碳达峰碳中和的法律制度构建[J].中国地质大学学报(社会科学版),2022,22(3):20-31.
- [29] 张辛欣.生物基材料正进入我们的生活[J].中国基础科学·工业生物技术专刊,2021(1):2.
- [30] 李正军,陈国强.我国生物基材料发展的现状及方向[J].生物产业技术,2010(6):94-99.
- [31] 魏殉,林长喜.我国生物基材料产业发展对策与建议[J].化学工业,2022,40(2):6-11,23.
- [32] 雷倚云.生物基材料产业化进展[J].中国战略新兴产业,2018(38):153.
- [33] 南璇,张娅,蹇慧.生物基涂料产品与生物基碳含量验证[J].中国涂料,2021,36(5):52-57.

Review of Research on Biobased Carbon Certification

YAO Yi^{1,2}, LI Zhen², ZHANG Shaohua¹, ZENG Xiangbin^{1,2}

(1. Zhuhai Kingfa Biomaterial Co., Ltd., Zhuhai 519050, China; 2. National-Certified Enterprise Technology Center, Kingfa Science and Technology Co., Ltd., Guangzhou 510520, China)

Abstract: Biobased materials refer to a new type of materials made from renewable biomass resources through physical, chemical, and biological methods, which are green, environmentally friendly, and renewable raw materials. The biobased industry is in line with the strategic policy of "carbon peaking and carbon neutrality" in today's society, and has gradually become a strategic emerging industry leading technological innovation and economic development. In recent years, with the rapid development of the biobased industry, more than 20 biobased content certification plans or labels have been created by domestic and foreign governments and testing and certification institutions, aiming to safeguard the market circulation of biobased materials and fully guarantee the authenticity, accuracy, and traceability of the biobased carbon content of chemical materials. This article reviews the highly recognized biobased certification labels in the current industry from the perspectives of establishment background, applicable product range, certification requirements, and testing standards, and makes prospects for the future development direction of the biobased industry.

Keywords: biobased materials; strategic emerging industries; certification plan or labelling; biobased carbon content; testing standards; outlook

(学术编辑:黎小辉)