

《生物基聚丁内酰胺》行业标准编制说明

（征求意见稿）

一、工作简况

（一）任务来源

本项目根据《工业和信息化部办公厅印发的 2024 年第一批行业标准制修订计划和外文版项目计划的通知》（工信厅科[2024]18 号），计划编号 2024-0432T-QB，项目名称“生物基聚丁内酰胺”进行制定，主要起草单位：中国生物发酵产业协会、华东理工大学等，计划应完成时间 2026 年 3 月。

（二）主要工作过程

1、起草（草案、论证）阶段：

（1）标准计划下达后，受中国轻工业联合会委托，中国生物发酵产业协会对该行业标准的具体工作进行了认真研究，确定了总体工作方案，通过公开发文征集起草单位，组建了标准起草工作组。

（2）召开第一次线上标准讨论会议，与会领导、专家及起草单位就标准草稿开展讨论交流，就术语定义、指标要求及检验规则等方面提出了建议。

（3）会后起草组针对第一次会议的情况，对标准进行了补充和完善。包括更新了生物基聚丁内酰胺的定义，明确了指标要求要分为三类：感官资料、理化指标和性能指标，色泽、气味、形态属于感官指标，特性粘数、密度、熔点、熔程、低分子残留物属于理化指标，拉伸强度和断裂伸长率属于性能指标，在理化指标中增加生物碳含量，并在对应的检测方法中增加相应的国家标准等内容，基本形成了《生物基聚丁内酰胺》行业标准草案。

（4）组织第二次线上讨论会。主要对标准草案中术语定义、引用文件、技术要求、检验方法，以及产品的包装、运输和贮存等方面进行了讨论，提出了修改建议，同时讨论了样品检测的方案。

（5）开展方法验证和样品检测的工作。

（6）组织第三次线上会议，结合实验室验证和样品检测的结果，进一步修改完善标准文本和编制说明，形成征求意见稿。

二、标准编制原则和主要内容

（一）编制原则

1、政策相符原则

本标准的编制依据国家相关法律法规、标准、技术规范等政策性文件。所确定的生物基聚丁内酰胺定义、试验和检测方法等和报告要求需满足行业绿色低碳发展及相关管理的要求。

2、体现行业特色

针对生物基聚丁内酰胺生产保存等过程中的特点开展研究。关注生物基聚丁内酰胺的检验规则、标志、包装、运输和贮存等

3、必要性和可行性相结合

一方面充分考虑了国家对生物基材料产业的发展战略，一方面兼顾了发酵行业的实际情况，在确保标准科学、合理的基础上，特别强调了原料质量的控制和产品品质的保障。

(二)本标准主要内容

尼龙（Nylon），学名聚酰胺（PA），作为五大工程塑料之首，具有良好的机械性能、耐磨和耐腐蚀等优点，应用范围广泛。聚丁内酰胺（PA4）是由 γ -氨基丁酸或丁内酰胺（2-吡咯烷酮）经聚合得到的高分子化合物，在诸多生物基尼龙中，亲水性最高，和棉花相当，且是目前唯一可以生物降解的尼龙，可在自然环境中通过微生物降解或在体内经代谢生物降解，不仅可再生碳含量达100%，而且可以实现真正的碳循环，在缓解环境压力方面具有其它生物基尼龙无法比拟的优势。PA4作为一种新型高端尼龙产品，应用范围广，可用作丝、棉、皮革的替代品，在医药领域用于医疗器械的加工制造，在纺织领域用于替代皮革、丝绸。

目前，中国已属于世界生物基材料产业大国，多种生物基材料产品位列全球前列，部分企业使用了世界先进的工艺、装备、流程和技术，节能环保水平进入世界先进行列，一批能效“领跑者”企业已达到世界先进水平，一批企业已成为绿色工厂、低碳工厂。行业发展已进入高质量创新及绿色发展的重要阶段，国家出台了《生物基材料的定义、术语和标识》（GB/T 39514-2020）以及《生物基降解塑料与制品降解性能及标识要求》（GB/T 41010-2021）两项标准，分别针对生物基材料及其降解塑料制品的术语、定义、分类、要求和标识进行了规范。GB/T 39514-2020明确了生物基材料的相关术语和定义，为生物基材料的生产、应用和标识提供了标准化的指导。而GB/T 41010-2021则专注于生物基降解塑料及其制

品的降解性能，规定了降解性能的评价方法和相应的标识要求，以促进环保型材料的发展和应用。全国还没有针对生物基聚丁内酰胺产品的术语和定义、要求、试验方法、检验规则及标志、包装、运输和贮存等有明确的标准，行业缺少标准进行规范生产。

本标准的制定发布，一是解决了生物基材料行业生物基聚丁内酰胺产品缺少统一术语、定义和相关试验检验规则的问题，可以使企业的生物基丁内酰胺产品获得良好的生产与应用的技术和标准保障，规范市场竞争；二是标准的制定发布有利于指导生物基材料企业控制碳排放底数，对确定生物基材料行业碳达峰目标，探索碳中和实施路径，推动形成生物基聚丁内酰胺产业链、供应链，指导行业企业参与绿色转型具有重要意义；三是可以为其他生物基材料的大规模研发和应用建立良好示范，构建生物基材料产品技术体系，为我国生物基材料产业的快速发展提供助力。

1、标准名称

本文件的名称为《生物基聚丁内酰胺》，英文名称《Bio-based Polybutyrolactam》，根据产品的真实属性命名，采用国际通用的翻译。

2、范围

本文件规定了生物基聚丁内酰胺的术语和定义、要求、试验方法、检验规则及标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于以生物质为原料制得的 γ -氨基丁酸或丁内酰胺（2-吡咯烷酮）经聚合得到的聚丁内酰胺，或以生物质为原料经生物转化制得的聚丁内酰胺的生产、检验和销售。

3、规范性引用文件

凡本标准文本、附录所引用和涉及到的文件，均在此处列出，包括以下文件。

GB/T 191 包装储运图示标志

GB/T 1033.1 塑料 非泡沫塑料密度的测定 第1部分：浸渍法、液体比重瓶法和滴定法

GB/T 2547 取样方法

GB/T 6509 聚己内酰胺切片和纤维中低分子物含量的测定方法

GB/T 12006.1 塑料 聚酰胺 第1部分：黏数测定

GB/T 19466.3 塑料 差示扫描量热法 (DSC) 第 3 部分: 熔融和结晶温度及热焓的测定

GB/T 39715.2 塑料 生物基含量 第 2 部分: 生物基碳含量的测定

4、技术要求

(1) 感官要求

根据生物基聚丁内酰胺产品的实际感官特性, 确定了本产品的感官指标描述, 包括色泽、气味、形状和杂质等四项指标。本标准规定的产品感官为白色至乳白色无异味的颗粒状或片状, 无正常视力可见外来物。

(2) 特性黏数

特性黏数的测定直接关系到生物基聚丁内酰胺的分子量和流变行为, 影响其在加工过程中的熔融流动性和成型质量。特性黏数按 GB/T 12006.1 规定的方法测定, 按照国内外从事生物基聚丁内酰胺研究团队的报导及考虑实验室安全, 溶剂体系选择标准中的甲酸体系, 指标范围根据实验室测定结果确定。

根据实际样品检测情况, 所有样品特性黏数测定误差均 $\leq\pm 0.025$ dL/g, 因此, 本标准规定特性黏数测定误差要求为 $\leq 0.4\%$ 。

(3) 密度

密度作为材料的基本物理参数, 反映了生物基聚丁内酰胺的质量和体积比, 对材料的重量计算和包装运输有重要作用。密度的测定按 GB/T 1033.1 中液体比重瓶法规定进行。

根据实际样品检测情况, 所有样品密度均在 1.35 ± 0.10 g/cm³ 范围内, 因此, 本标准规定密度要求为 1.35 ± 0.10 g/cm³。

(4) 熔点

熔点的确定是评估生物基聚丁内酰胺热性能的关键指标, 高熔点意味着材料具有较好的热稳定性, 适用于高温环境下的应用。熔点按 GB/T 19466.3 规定的方法测定, 升温速度 10°C/min, 采用第一次热循环时熔融峰温 T_{pm} 为熔点。

根据实际样品检测情况, 所有样品熔点均在 $265\pm 5^\circ\text{C}$ 范围内, 因此, 本标准规定熔点要求为 $265\pm 5^\circ\text{C}$ 。

(5) 熔程

熔程反映了生物基聚丁内酰胺从开始熔化到完全熔融的温度范围, 这一指标

影响材料加工时的温度控制和产品成型的均匀性。熔程按 GB/T 19466.3 规定的方法测定，升温速度 10°C/min，第一次热循环时外推熔融终止温度 T_{efm} 减去外推熔融起始温度 T_{eim} 为熔程。

根据实际样品检测情况，所有样品熔程均 $\leq 20^\circ\text{C}$ ，因此，本标准规定熔程要求为 $\leq 20^\circ\text{C}$ 。

(6) 低分子残留物

低分子物残留量的控制对生物基聚丁内酰胺的纯净度和最终产品的性能至关重要，多的低分子物可能导致产品性能下降，如力学性能和耐化学品性。低分子物残留量按 GB/T 6509 规定的指标及方法执行。

根据实际样品检测情况，所有样品低分子残留物质量分数均 $\leq 0.6\%$ ，因此，本标准规定低分子残留物质量分数要求为 $\leq 0.6\%$ 。

(7) 生物基碳含量

生物基碳含量的测定是衡量生物基聚丁内酰胺可再生碳源比例的重要指标，高生物基碳含量意味着材料具有更好的环境友好性和可持续性。生物基碳含量按 GB/T 39715.2 规定的方法测定。

根据实际样品检测情况，所有样品生物基碳的质量百分含量均 $\geq 90\%$ ，因此，本标准规定生物基碳质量百分含量要求为 $\geq 90\%$ 。

5、检验规则

规定了批次的确定、取样规则和样本量、出厂检验、型式检验、判定规则相关要求。

(1) 组批

按同一生产线上、同一原料、同一配方、同一工艺生产的产品为一批次。

(2) 抽样

产品的取样应按 GB/T 2547 规定进行。

(3) 出厂检验

根据要求中感官要求和理化指标，确定出厂检验项目包括：感官、特性黏数、密度、熔点和熔程。

(4) 型式检验

型式检验为本标准中全部项目，一般情况下一年进行一次型式检验。若有以下情况之一，应进行型式检验：新产品试制和生产定型时；原料及生产工艺有较大变动可能影响产品性能时；停产半年以上恢复生产时；出厂检验和上次型式检验有较大差异时；国家市场监督管理总局有要求时。

(5) 判定规则

抽取样品经检验，检验项目全部符合要求，判定该批产品合格。检验项目有1项检验项目不符合要求，应重新自同批产品中抽取两倍量的样本复验。复检结果有1项及1项以上不合格，则判定该批产品为不合格。检验项目有2项或2项以上检验项目不合格，则判该批产品不合格。

6、标志、包装、运输、贮存

根据产品和应用的实际情况，规定了该产品标志、包装、运输和贮存的要求。产品外包装标志符合GB/T191的要求。应密封包装，宜充氮保护，包装应能防潮，例如采用内包装为铝塑复合袋或塑料袋，外包装为纸袋或编织袋等包装方式。运输时产品环境温度不宜超过40℃。在运输和装卸过程中不应使用铁钩等锐利工具，切忌抛掷以免损坏包装袋。运输时不应在阳光下曝晒或雨淋，不应与沙土、碎金属、煤炭等混合装运，不应与有毒物品、腐蚀性物品以及易燃物混装。贮存时产品环境温度不宜超过40℃。应存放在通风、干燥的仓库内，应远离火源，防止阳光直接照射，不应露天堆放，开封后应尽快使用。

三、主要试验（或验证）情况

本标准规定的技术要求采用的试验方法均采用了现行国家标准中规定的方法。

项目	试验方法
特性黏数/(dL/g)	GB/T 12006.1
密度/(g/cm ³)	GB/T 1033.1
熔点/(°C)	GB/T 19466.3
熔程/(°C)	GB/T 19466.3
低分子物残留量/(g/100g)	GB/T 6509
生物基碳含量/(g/100g)	GB/T 39715.2

起草组在制定过程中收集了2家企业16个样品进行检测，结果见附表。

四、标准中涉及专利的情况

标准中无涉及专利。

五、预期达到的社会效益、对产业发展的作用等情况

目前，中国在生物基聚丁内酰胺（PA4）这一新兴材料领域，尚未形成一套全面的国家标准体系，这包括产品的术语和定义、质量要求、试验方法、检验规则，以及产品的标志、包装、运输和贮存等方面。这种标准的缺失导致了行业内产品生产缺乏统一规范，市场竞争无序，同时也影响了消费者对产品质量的判断和信任。目前全球仅有恒天生物基材料工程技术（宁波）有限公司实现了生物基 PA4 规模化生产，产能为 50 吨/年，产品目前主要用于市场拓展，未来恒天海龙（潍坊）新材料有限责任公司将分阶段建设千吨级、万吨级和十万吨级生产线。此外中科院微生物研究所温廷益教授团队在科技部国家重点研发计划资助下也正在开展耐高温生物基 PA4 的研究。预期未来 3-5 年内需求将达到 5 万吨，10 年内达到 10-20 万吨，产值将超过 100 亿，带动上下游相关产品产值 1000 亿，是具有巨大潜力和应用前景的战略性新材料。生物基聚丁内酰胺标准的制订，将规范产品品质，促进市场的有序竞争，有效推动产业的持续健康发展。

本标准的制定和发布将带来以下几方面的积极影响：**统一标准，规范生产：**通过提供统一的术语和定义，以及明确的质量要求和试验检验规则，本标准将帮助企业标准化生产流程，确保生物基聚丁内酰胺产品的质量，从而增强市场竞争力和社会认可度；**促进绿色发展，控制碳排放：**标准的制定将指导企业在生产过程中更加注重环境保护和能源节约，通过控制碳排放底数，为实现生物基材料行业的碳达峰和碳中和目标提供技术支撑和路径探索，推动整个行业的绿色转型；**推动产业链和供应链的绿色转型：**本标准的实施将促进生物基聚丁内酰胺的产业链和供应链向更加环保、高效的方向发展，引导行业企业参与到绿色生产和循环经济中，形成可持续的产业生态；**示范作用，带动产业发展：**作为生物基材料领域的一项重要标准，其成功制定和实施将为其他生物基材料的研发和应用提供宝贵经验，推动构建生物基材料产品技术体系，加速我国生物基材料产业的整体发展；**增强国际竞争力：**通过制定与国际接轨的高标准，不仅可以提升国内产品的市场竞争力，还能够增强中国生物基材料产业在国际舞台上的影响力，促进国内外贸易和合作；**保障消费者权益：**标准的建立有助于保护消费者权益，确保消费者能够获得质量可靠、安全环保的产品，提高消费者对生物基材料产品的信心和满意度。

六、与国际、国外对比情况

本标准没有采用国际标准。

本标准制定过程中未查到同类国际、国外标准。

本标准制定过程中未测试国外的样品。

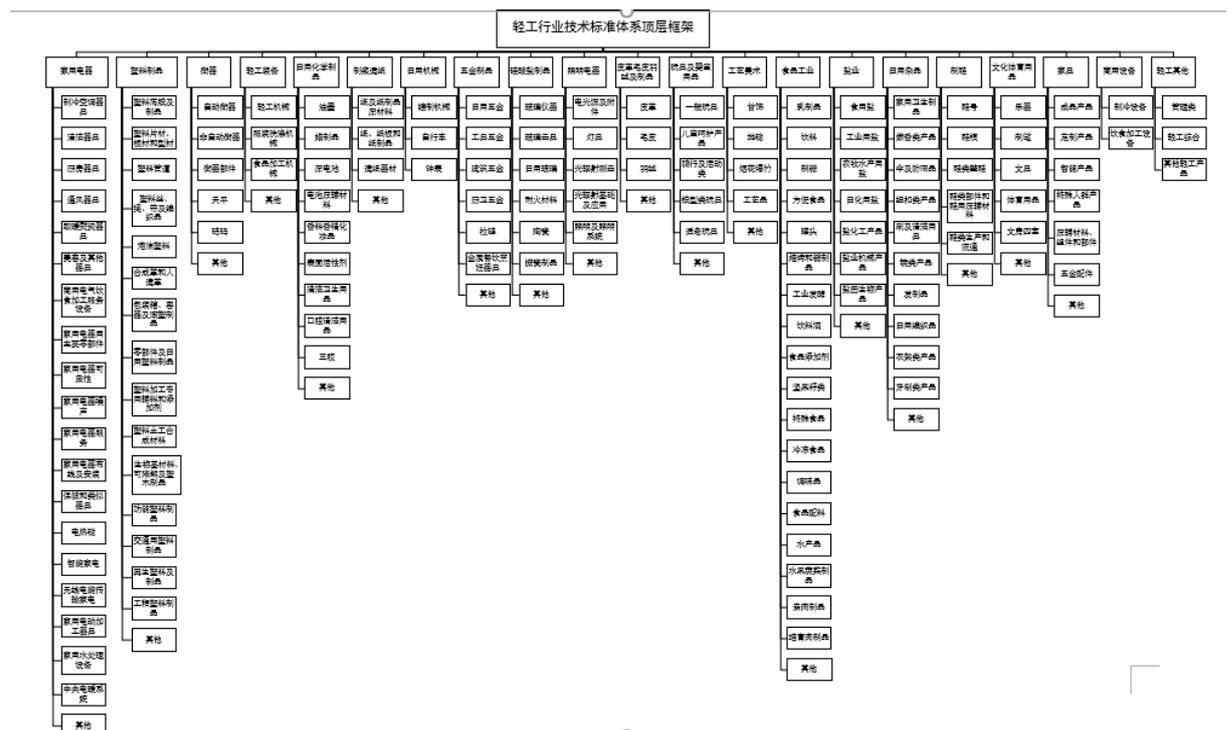
本标准水平达为国际领先水平。

七、在标准体系中的位置，与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性

本专业领域标准体系框架见下图。

本标准属于轻工行业技术标准体系“其它轻工产品”类中“其它”。

本标准与现行相关法律、法规、规章及相关标准、特别是与强制性标准协调一致，无不符、冲突之处。



八、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

九、标准性质的建议说明

建议本标准的性质为推荐性行业标准。

十、贯彻标准的要求和措施建议

建议本标准批准发布 6 个月后实施。

十一、废止现行相关标准的建议

无。

十二、其他应予说明的事项

无。

标准起草工作组

2025年11月

