

T/HBFPIA029-2024《植物纤维基食品接触材料可生物降解性评价 红外光谱法》 编制说明

一 任务背景和意义

对天然植物纤维基食品接触材料进行可生物降解性评价，目前尚无专属的国家标准。根据产品类型（如餐饮具、包装膜、模塑制品）和检测内容（可生物降解、可生物分解），与之相关的国家标准主要包括以下几类：

标准号	标准名称	限值性要求：
GB/T 20197-2006	降解塑料的定义、分类、标志和降解性能要求	<ul style="list-style-type: none">• 单一聚合物制成的材料：生物降解率应≥60%；• 混合物制成的材料：有机质含量≥51%，生物分解率应≥60%，且所有“含量≥1%（质量）”的有机组分的生物分解率应≥60%；
GB/T 18006.3-2020	一次性可降解餐饮具通用技术要求	<ul style="list-style-type: none">• 单一聚合物制品的相对生物分解率≥90%，且材料中组分≥1%的有机成分的生物降解率应≥60%；• 由多种材料混合制成的餐具，组分<1%的有机成分，也应可生物分解；或组分小于 1%的有机成分总含量低于 5%；
GB/T 28206-2011	可堆肥塑料技术要求	<ul style="list-style-type: none">• 应当测定整个材料，以及所有含量≥1%的有机成分的最终需氧生物分解能力；• 组分<1%的有机成分不需要证明其分解能力；但是这些成分的总含量必须低于 5%。

上述为限制性产品标准。

在这三个产品标准中，仅 GB/T 18006.3 同时涵盖了“有氧发酵(堆肥、土壤)”、“水培发酵”和“厌氧发酵”三类方法；而 GB/T 28206 和 GB/T 20197 则仅针对有氧发酵，并且是堆肥法。GB/T 20197 仅将 GB/T 19277（包括 19277.1、19277.2 两部分）指定为检测方法；此外，GB/T 18006.3-2020《一次性可降解餐饮具通用技术要求》中也明确规定，以 GB/T 19277.1-2025 作为“可生物分解”检测的仲

裁方法。

与"可生物分解"或"可降解塑料"对应的相关检测标准主要有：

标准号	标准名称
GB/T 19277.1-2025	受控堆肥条件下材料最终需氧生物分解能力的测定 采用测定释放的二氧化碳的方法 第 1 部分：通用方法
GB/T 19277.2-2013	受控堆肥条件下材料最终需氧生物分解能力的测定 采用测定释放的二氧化碳的方法 第 2 部分：用重量分析法测定实验室条件下二氧化碳的释放量
GB/T 28206-2011	可堆肥塑料技术要求
GB/T 19276.1-2003	水性培养液中材料最终需氧生物分解能力的测定 采用测定密闭呼吸计中需氧量的方法
GB/T 19276.2-2003	水性培养液中材料最终需氧生物分解能力的测定 采用测定释放的二氧化碳的方法
GB/T 32106-2015	塑料 在水性培养液中最终厌氧生物分解能力的测定 通过测量生物气体产物的方法
GB/T 33797-2017	塑料 在高固体份堆肥条件下最终厌氧生物分解能力的测定 采用分析测定释放生物气体的方法
T/HBFPIA-2025	《植物纤维基相关食品接触材料符合性声明要求》
T/HBFPA015-2023	可生物降解塑料中 PBAT、PLA 含量测定-中红外光谱法

我们已知，在通常意义下，某些塑料（如 PLA、PBAT、PBS）属于可生物降解塑料，而另一些塑料（如 PE、PP、PS、PET）则属于非可降解塑料。

鉴于堆肥降解法的检测周期较长（90~180 天），且检测结果的重复性不高，我们可以考虑采用基于红外光谱的定量方法，作为堆肥降解法的前置快速筛选方法。通常情况下，如果在待检材料中发现超过限值（单个含量≥1%，总含量≥5%）的非可降解塑料成分，我们有理由怀疑该材料并非"可生物分解塑料"，可将其标记为"可疑"，并建议下一步采用堆肥检测法进行验证。

另外，检测标准中已经规定：使用红外光谱法进行过程监控。应用场景譬如说：使用红外光谱法对堆肥后剩余的不可生物分解残余物进行定性和定量分析，从而筛选出非可降解塑料含量超标的漏

检样品。

项目组所在单位（河北省产品质量监督检验研究院）已针对"可生物降解塑料中的主成分定性、定量分析"开展过部分前期研究工作：

2021 年 9 月至 2023 年 12 月期间，项目组所在单位参与了河北省科技计划项目《基于红外光谱法的可降解塑料快速鉴别检测技术和装备研发》（项目编号 21374901D），对以 PBAT、PLA、PBS 为主成分的可生物降解塑料（注：可生物降解塑料与可生物分解塑料语义相同）的定量分析进行了深入研究，并建立了"先定量分析，再定性分析，再痕量分析"的检测方法。该方法基于红外光谱法，通过计算机枚举待检材料中可能存在的组分红外光谱比例，生成模拟光谱并与待检材料的红外光谱进行比对，从而实现主成分定量分析；待检材料的红外光谱扣减模拟光谱后，非可生物降解成分的红外吸收信息得以显现，进而识别出非可生物降解塑料的微量添加。

基于这一方法，河北省产品质量监督检验研究院等单位起草并发布了团体标准：T/HBFPA015-2023《可生物降解塑料中 PBAT、PLA 含量测定-中红外光谱法》。

本项目是对省质检院项目（21374901D）及团体标准（T/HBFPA015-2023）的拓展与延伸。一方面，本项目的一部分数据直接来源于原项目（21374901D）；另一方面，本项目是原项目的必要拓展与延伸：

（1）、本项目研究的是新领域：

原项目针对的是以 PBAT、PLA、PBS 为主成分的可生物降解塑料；本项目针对的是以天然植物纤维为主成分的食品接触材料。

（2）、本项目纳入了原项目的新情况：

原项目纳入计算的可生物降解塑料填充物主要包括"碳酸钙"、"滑石粉"、"淀粉类"等；如今，许多可生物降解塑料会填充秸秆、稻壳、甘蔗渣、竹木粉等天然植物纤维。不仅填充物的种类发生了变化，而且天然植物纤维在塑料制品中分布不均匀。原项目直接采集待测材料红外光谱的方法已经不再适用，必须对样本进行破碎、混匀后，才能采集红外光谱。

（3）、本项目解决了天然植物纤维基材料定量分析的新问题：

天然植物纤维材料来源广泛，在加工过程中添加有大量助剂和填料，许多成分在非可降解塑料的特征吸收区有红外吸收，可能被误判为非可降解塑料，从而给非可降解塑料的定性和定量分析带来困扰。本标准既适用于"天然植物纤维基食品接触材料"，也可用于检测"填充有天然植物纤维的可生物降解塑料"。在样品前处理环节，系统化添加了洗脱和分离步骤，使精准定量分析和微量可疑成分识别成为可能。

（4）、本项目设定了新目标：

依据限制性国家标准规定，当非可降解塑料成分的含量 $\geq 1\%$ （或总含量 $\geq 5\%$ ）时，待检测材料极有可能属于非生物可降解塑料。通过查阅国家标准，我们总结出：有机成分的质量分数是否大于 1%，是一个重要的分界线。

因此，需将检出限显著降低至 1% 以下，例如设定为 0.5%，方可有效评估待检测材料的生物可降解性，并使其成为合格堆肥检测法的前置与后置快速检测标准。

当检出限达到 0.5% 时，鉴于常见非生物可降解塑料的种类有限，可满足“总含量不超过 5%”的条件，因此这一检出限目标是可行的。

综上所述，本项目所制定的团体标准在检测范围和检出限方面相较于原项目具有更广泛的适用性，同时与团体标准（T/HBFPA015 - 2023）形成互补。前者聚焦于主成分定量分析，后者则着重于非可降解塑料成分的识别，彰显出显著的创新价值与必要性。

最后，关于使用团体标准做出判定的限定性说明：

鉴于采用组分含量进行生物可降解性评价，是建立在“假定 PE、PP、PET、PS 属于非可降解成分”这一基础之上。然而，该假定可能仅在常见情形下成立。所以，当检测到这些物质的含量超出限时，仅表明被检测样品“疑似非可降解塑料”，最终结果仍需依据国家标准进行进一步的堆肥检测。

二 样品前处理流程步骤说明

在团标中，样品前处理是关键步骤，原因有二：

（1）、检测目标 PE、PP 是乙烯、丙烯的高聚物，官能团十分简单；任何含长碳链的有机物，在 PE、PP 的特征吸收区域都会出峰，并严重干扰 PE、PP 的识别和定量。如聚乙烯醇、聚乙二醇酯、硬脂酸镁、石蜡油等组分含有 PE、PP 的全部特征峰；海藻酸

钠、明胶在 2800 cm^{-1} —— 2900 cm^{-1} 处，与 PE、PP 的吸收区域有重叠。

(2)、为了配合国家标准的检出需要，团体标准对检出限的要求很高，要求检出 0.5 % 的 PE、PP；PE、PP 在任何试剂中，不具备低温溶解性。给洗脱其它组分，富集 PE、PP 以提升含量带来可能。样品前处理步骤，主要对应团体标准条款“6.2”和“6.4”，我们进行分析：

2.1 海藻酸钠的洗脱（对应团标步骤“6.2.2”）

海藻酸钠作为一种成本低廉且来源广泛的生物原料，常被用作植物纤维基塑料的黏合剂。海藻酸钠与 PE、PP 的红外特征峰峰位存在差异，但三者均在 2920 cm^{-1} 处有宽泛吸收，这可能会对 PE、PP 的定量计算产生影响。

为避免海藻酸钠与材料中的钙离子发生反应，形成凝胶网络包裹其他成分，在洗脱试剂中添加 EDTA 二钠、柠檬酸钠等络合剂，以降低游离钙离子的浓度。同时，为防止海藻酸钠遇酸沉淀，采用碱性试剂进行洗脱。在强碱条件下，海藻酸钠易分解，此情况不影响洗脱条件。

在该步骤中，待检材料中的许多其他成分会在热水中发生溶解、降解或部分溶解、降解，进而被洗脱。这些成分包括：淀粉、多糖、糊精、聚乙二醇、聚乙烯醇、甘油、明胶、木质素（极少量）。

2.2 丙酮洗脱环节（对应团标步骤“6.2.3”）

在索氏提取器中，部分极性组分，如脂肪酸镁、聚酯树脂、黏

合剂、胶质、色素等，会被洗脱。

2.3 纤维素和木质素的洗脱（对应团标步骤“6.2.4”）

天然植物纤维基材料的主要成分植物纤维中，纤维素和木质素的含量为 50% - 90%。使用 37%浓盐酸（盐酸 - 水共沸），在加热（110℃）条件下回流洗脱 3h，可使全部低聚糖、半纤维素溶解（或降解），并能使 90%以上的纤维素和大部分木质素溶解（或降解）。

采用浓盐酸而非浓硫酸，是为了避免形成硫酸盐沉淀。浓盐酸可洗脱几乎全部无机盐，仅不溶于任何溶剂的含硅无机盐（如滑石粉）除外。

木质素在强碱、加热条件下反应较长时间，残渣更少。由于木质素总量较少，经过强酸洗脱，检测目标（PE、PP）的含量已经足够检出，所以一般情况下，无需专门用强碱洗脱木质素。

万一真有必要时，可在 15%氢氧化钠和高温（140—180℃）条件下，进一步洗脱木质素。届时，需要采集不同来源的，经相同步骤处理的天然纤维木质素残渣的红外光谱，并计算相对 K 值，才能建立条款“6.3”中描述的组分含量计算方法。

2.4 可生物降解塑料的洗脱（对应团标步骤“6.2.6”）

常用的可生物降解塑料通常为 PBAT、PLA、PBS 中的一种或两种，且可生物降解塑料中可能填充秸秆等天然植物纤维。天然植物纤维基材料中也可能添加可生物降解塑料（经市场调查，主要是 PLA）作为黏结剂。

若待检材料中含有较多可生物降解塑料，PE、PP 的含量会显著降低，给定量分析带来困难。鉴于追求的检出限为 $\leq 0.5\%$ ，且这些塑料可溶于极性溶液三氯甲烷（温度不高于 70℃），而 PE、PP 不溶解，可使用三氯甲烷进一步提高 PE、PP 的含量。

常见添加剂的溶解、降解特性详见表 1：

材料类型	溶解或降解特点
PE	常温不溶于任何溶剂，高温可溶于非极性溶剂；高结晶度 PE 不溶。
PP	常温不溶于任何溶剂，高温可溶于非极性溶剂；高结晶度的 PP 或 EPDM 不溶。
淀粉、糊精、低聚糖等	可被稀酸加热溶解、或水解成葡萄糖；
甘油	可溶于极性溶剂比如水、乙醇、丙酮；
聚乙烯醇（PVA）	常见添加剂，可溶于 80℃ 以上热水；溶剂中含乙醇等会阻碍 PVA 溶解；
聚乙二醇（PEG）	常见添加剂，可溶于 60℃ 以上热水；
聚乙二醇酯	部分 PEG 类与 PE、PP 特征峰严重重合；可溶于极性溶剂比如乙醇、丙酮洗脱；
海藻酸钠	可在加入络合剂的热水中溶解，强碱容易分解成低分子量水溶物质；酸性环境生成海藻酸沉淀；
明胶	在热水中溶解度 $\geq 2\%$ ，在碱性条件下容易分解成低分子量水溶物质；
PLA（聚乳酸）	常温或加热后（低于 60℃），易溶于三氯甲烷；
PBAT	加热后（低于 60℃），易溶于三氯甲烷；
PBS	加热后（70℃），易溶于三氯甲烷；低于 30℃ 溶解度降至很低。
天然植物纤维中纤维素	在强酸中（37% 浓盐酸，沸腾，3 h），能溶解 90% 以上；
天然植物纤维中木质素	与强碱（15% 氢氧化钠，140—180℃）反应，几乎全部溶解；在强酸中（37% 浓盐酸，沸腾，3 h），能溶解 50—70%；
复杂硅酸盐、滑石粉	不溶于任何试剂；有时候滑石粉会被 PE、PP 包裹在内，无法分离。
PS（聚苯乙烯）	易溶于石油醚、三氯甲烷、二甲苯等；溶解后难与其它组分分离。
PET（聚对苯二甲酸乙二醇酯）	不溶常见试剂；
EVA（乙烯 - 醋酸乙烯酯共聚物）	醋酸乙烯含量高的 EVA，常温可溶于甲苯、二甲苯、环己酮等有机溶剂；
PVC（聚氯乙烯）	不溶于常见试剂；其增塑剂可溶于常见试剂；

表 1 待检材料中常见添加剂的洗脱性质（对应团标中的“表 3”，位于“附录 3”）

2.5 加热脱模法（对应团标步骤“6.4”）

覆膜复合材料的塑料膜种类可能包含聚丙烯（PP）、聚乙烯（PE）、聚对苯二甲酸乙二酯（PET）、聚苯乙烯（PS）等成分。

其中，聚丙烯（PP）或聚乙烯（PE）覆膜复合材料，可按照团标步骤“6.2”规定的方法进行检测，也可使用加热脱模法。

加热脱模法适宜的温度与加热时长，见表 2（对应团标中的“表 2”，位于步骤“6.4”）。

材料	温度（℃）	保温时间（min）
PE	80 - 120	1~10
PP	80 - 120	1~10
PS	120~140	5~10
PET	180~200	3~5

表 2 不同材料的脱模温度（对应团标中附录 3，“表 3”）

2. 6 溶液密度浮选法

在团体标准“附录 4”中，提供了溶液密度浮选法的参考数据。假如样品经粉碎后，塑料成分与天然植物纤维材质发生了物理分离，比如已经逸出“浸笼”，甚至已经漂浮在水面上。或者肉眼可见成分之间发生了分离。

此时，使用溶液密度浮选法成为了供选择的，简单快捷的方法。

但是浮选得到的非可降解塑料含量不够干物质质量的 1%时，浮选法的结果不可轻信。

有时候，非可生物降解塑料在加工时，可能会包裹一些填料（比如滑石粉），且难以分离。这些填料不仅影响塑料组分的真实密度，还需要使用团标步骤“6.3”建立的定量分析方法，进行待检组分的定量分析。

待分离的材料真实密度参考信息，见表 3（对应团标中“表 5”，位于“附录 4”）：

溶剂密度信息，见表 4（对应团标中“表 6”，位于“附录 4”）：

材料类型	真实密度 (g/cm ³)
PE (聚乙烯)	LDPE 0.91~0.925; HDPE 0.941~0.965
PP (聚丙烯)	均聚 PP 0.90~0.91; 共聚 PP 0.905~0.915
PS (聚苯乙烯)	1.04~1.06
PET (聚对苯二甲酸乙二醇酯)	1.37~1.39
EVA (乙烯 - 醋酸乙烯酯共聚物)	0.92~0.98 (醋酸乙烯含量越高, 密度越大)
PVC (聚氯乙烯)	1.30~1.45
PLA (聚乳酸)	1.24~1.27
PBAT	1.18~1.26
PBS	1.10~1.20
天然植物纤维塑料	1.50~1.56 g/cm ³
纤维素	1.50~1.56 (结晶区 1.56; 无定形区 1.33)
木质素	1.28~1.35
备注:	塑料中包裹滑石粉时, 密度会增大

表 3 非可降解塑料真实密度 (对应团标中“表 5”, 位于“附录 4”)

材料类型	饱和密度 (g/cm ³)
乙醇——水混合液	0.78~1; 随水量增加;
饱和食盐水	1.1-1.2
饱和氯化锌	1.04-1.64
饱和氯化钙:	1.43
饱和溴化钠	1.52
饱和氯化锌	1.64

表 4 浮选液的密度 (对应团标中“表 6”, 位于“附录 4”)

三 建立定量分析方法 (红外光谱法) (对应团标步骤“6.3”)

2.1 采集单一组分的标准红外光谱

收集不同来源、不同厂家、不同批次的单一组分样品, 按团标步骤“6.3”的方法, 采集并制作各单一组分的标准红外光谱。标准红外光谱包括平均红外光谱和标准偏差谱, 定量分析软件用到的各单一组分的标准红外光谱见附录 A;

2.2 采集预设比例混合物的红外光谱

将二元或多元组分按预设比例, 制成一系列混合物, 并采集红外光谱; 二元组分混合而成的混合物, 更加容易计算;

一系列混合物的单一组分预设比例, 见附录 B;

2.3 计算单一组分的 a 值

使用计算机辅助枚举单一组分的红外光谱，从而得到一系列混合物对应的单一组分的 a 值；各单一组分的 a 值，见附录 B；

2.4 计算单一组分的相对 K 值

通过枚举法，求各单一组分的相对 K 值；按最小二乘法判断，当一系列混合物的测得含量与真实含量的均误差平方根最小时，得到单一组分的相对 K 值；各单一组分的相对 K 值，见附录 B。

四 实验过程中的两个创新性要点

4.1 创新点（一）：液氮混匀法

采用 ATR 法的红外光谱仪，其光谱采集区域较小（光斑直径为 1.5 - 1.8mm），且仅能对样品表面进行测量（穿透深度仅为几微米）。因此，要求样品具备足够的均匀性与细度，例如粉末状样品需能够通过 100 目筛。无论天然植物纤维作为塑料的主要成分，还是作为其他塑料的填料，在实验室条件下实现均匀混合具有一定难度，并且由于称量与加工等因素，存在混合比例偏差的情况。

通过注塑、开炼等方式，难以确保各组分具有足够的均匀性。本研究选择粉碎料，具体策略为“先对单一组分料进行研磨，再进行混合”。然而，不同组分的微粉因密度和流动性存在差异，在混合过程中易出现分层分布现象。为此，将物料微粉混合后注入液氮，液氮浸润后的微粉流动性变差，采用“四分法”可轻易实现均匀混合。此操作在液氮挥发后，微粉粒径保持不变。

实际上，注入液氮时会产生暴沸现象，导致组分微粉大量飘散，进而引发混合比例偏差。针对该问题，有两种解决方案：一是采用收集方式，将附着在器壁上的微粉清扫回收，以恢复原混合比例；二是在混合后，通过其他手段确定物料的真实混合比例。

由于可运用“灰分法”确定物料比例，故采用了第二种方法。但第一种方法的思路具备申请知识产权的潜力。

4.2 创新点（二）：提洗用“浸笼”

在样品前处理阶段，多次涉及溶剂洗脱与溶剂提取操作。鉴于需将样品剪碎，且样品中组分细度可能较低，需使用 0.2 - 45 微米的滤膜对样品的不溶部分进行约束。

利用惰性金属制作六面体的八个柱体，用于夹紧六面 45 微米银滤膜（其中一面为填料口）。如此制成的“浸笼”能够包裹 5g 样品，可在各种溶剂中进行洗脱与提取操作。“浸笼”的形状需设计为瘦高状，否则无法放入 500ml 索氏提取器中。

五、方法验证

3.1 相对 K 值的外部验证

见附录 B。

3.2 回收率和精确度的验证

见附录 C。

附录 A：参与计算的单一组分的标准红外光谱

A1：纤维素

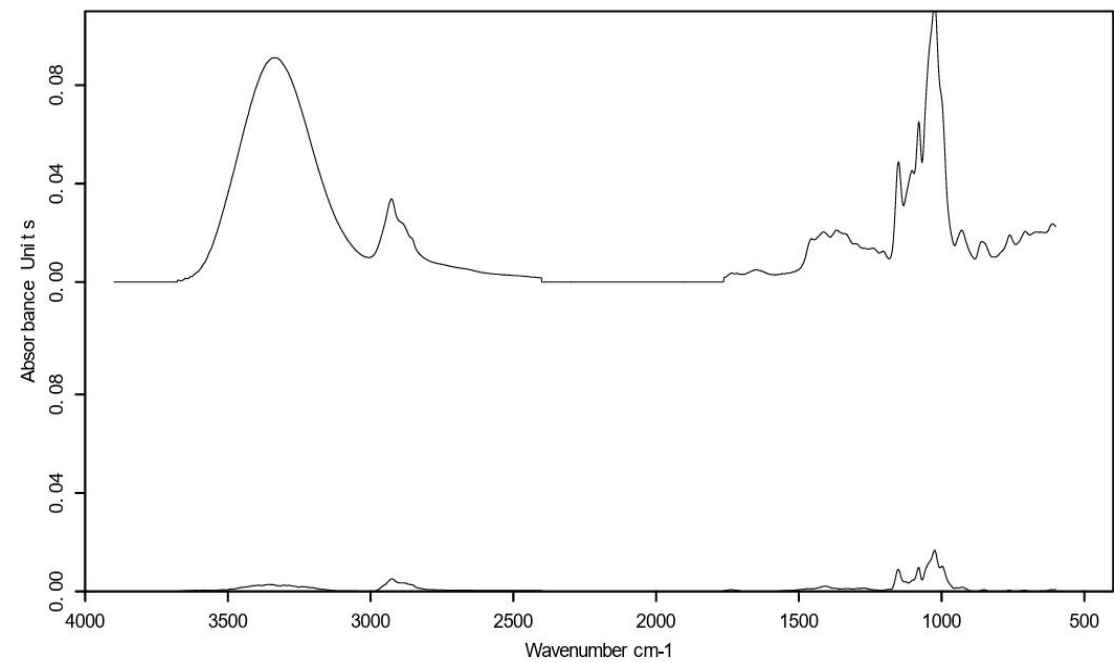


图 1 上为纤维素平均光谱；下为纤维素标准偏差谱

A2：木质素（酸性洗涤）

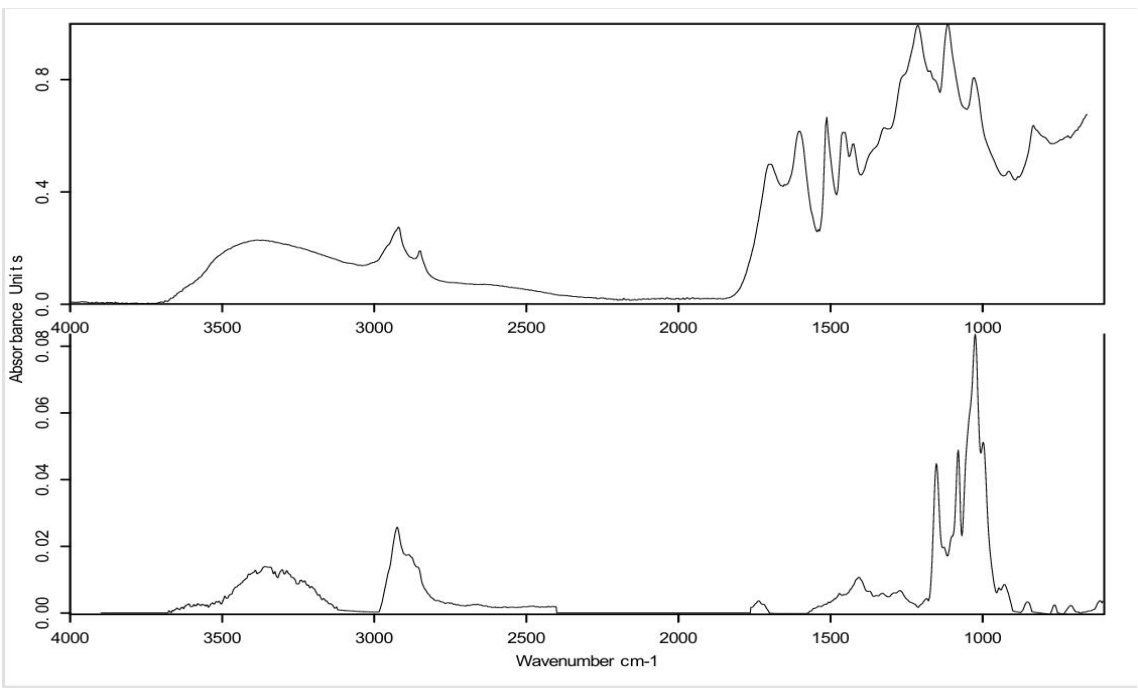


图 2 上为木质素平均光谱；下为木质素标准偏差谱

A3: P B A T 标准红外光谱

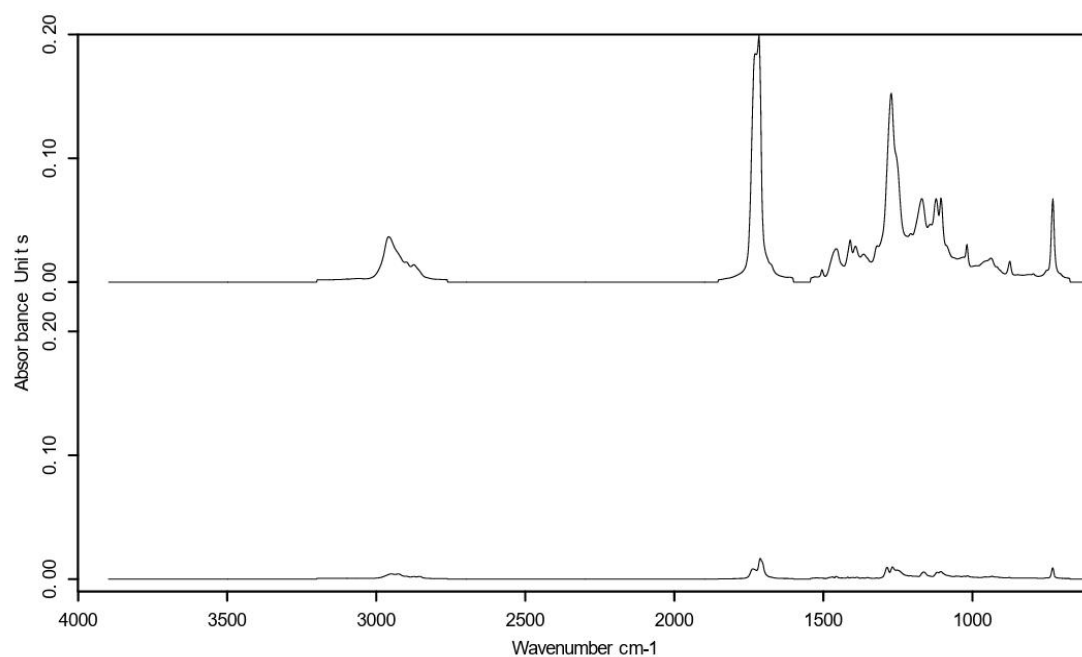


图 3 上为P B A T 平均光谱；下为P B A T 标准偏差谱

A4: P L A 标准红外光

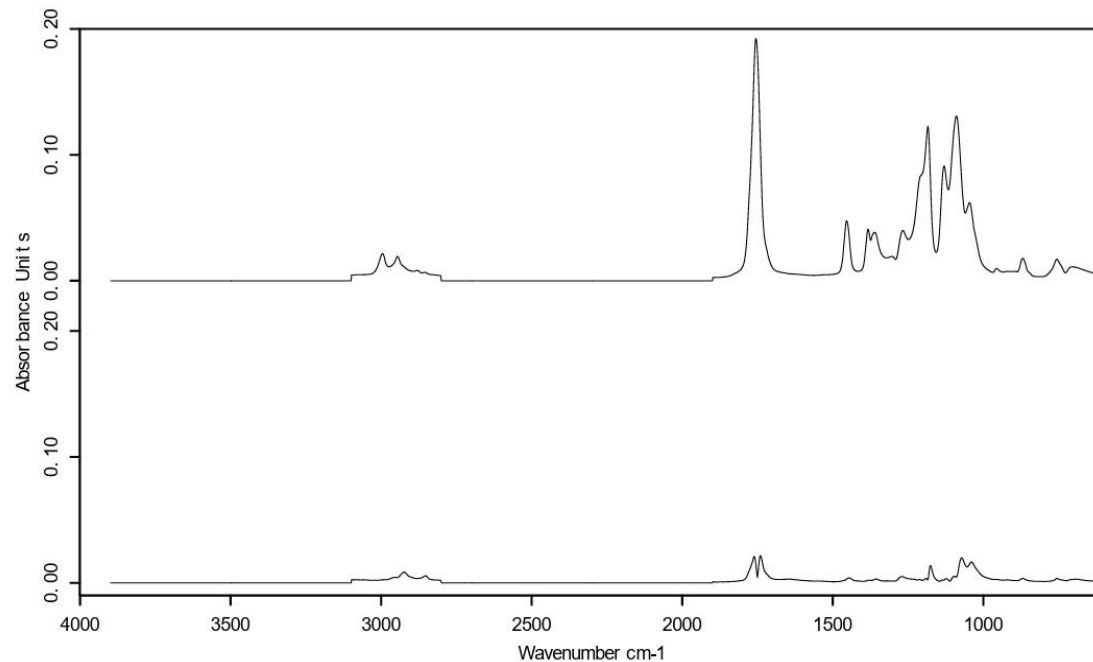


图 4 上为P L A 平均光谱；下为P L A 标准偏差谱

A5: P BS 标准红外光

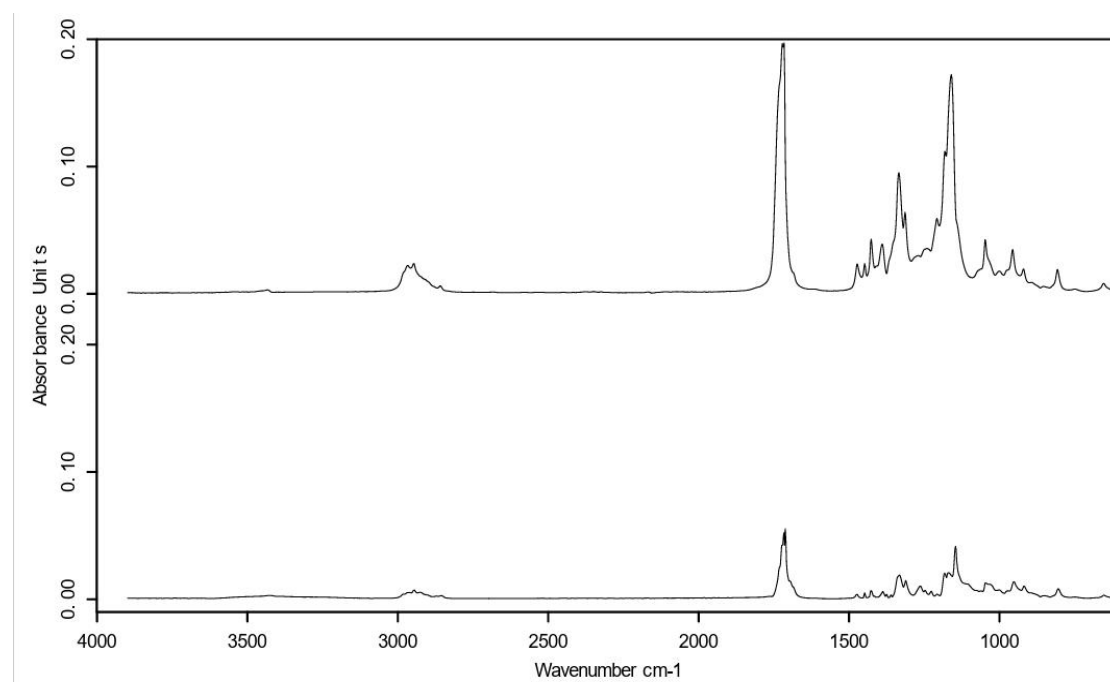


图 5 上为P BS 平均光谱；下为P BS 标准偏差谱

A6:滑石粉标准红外光谱

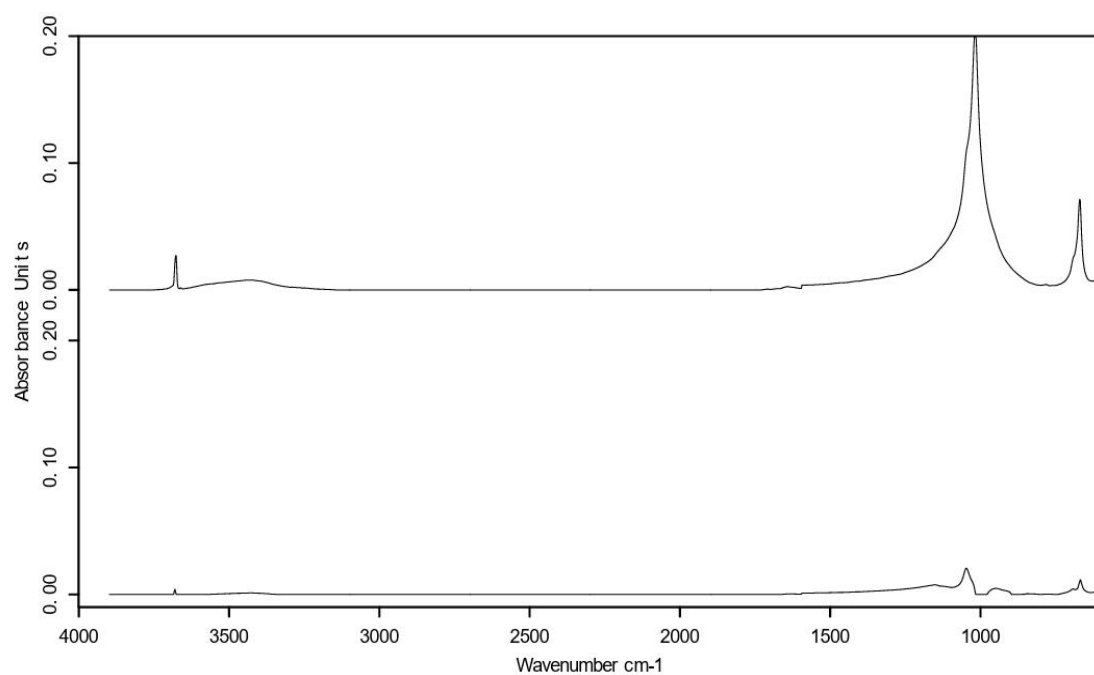


图 6 上为滑石粉平均光谱；下为滑石粉标准偏差谱

A 7 :PE 标准红外光谱

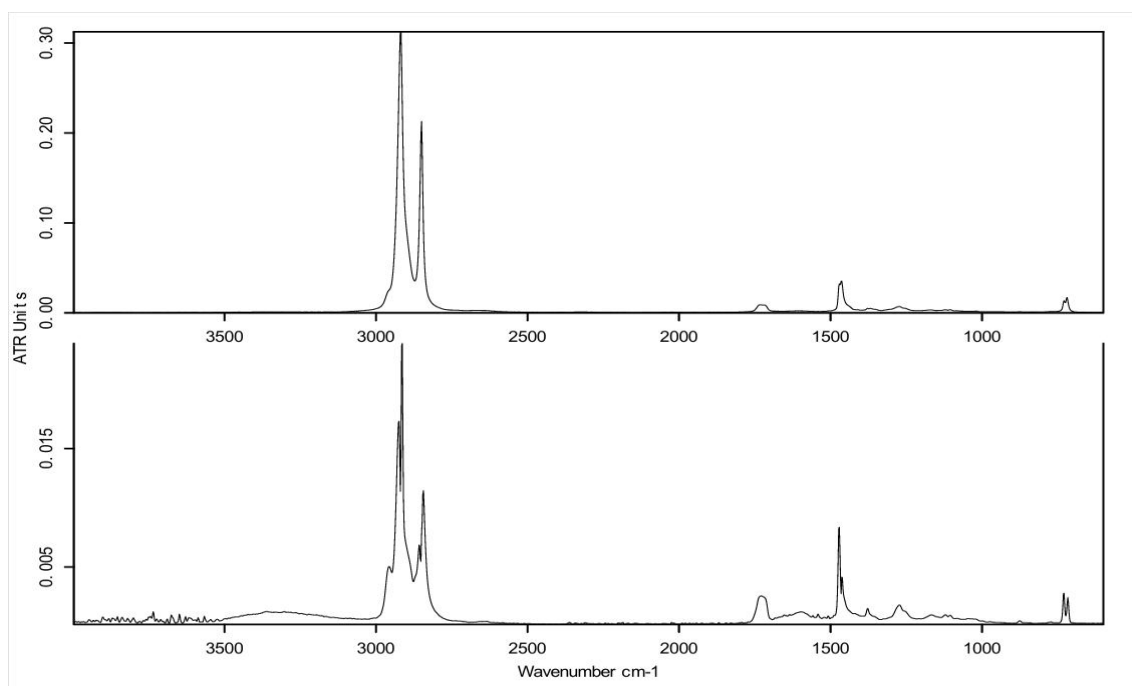


图 7 上为 PE 平均光谱；下为 PE 标准偏差谱

A8:PP 粉标准红外光谱

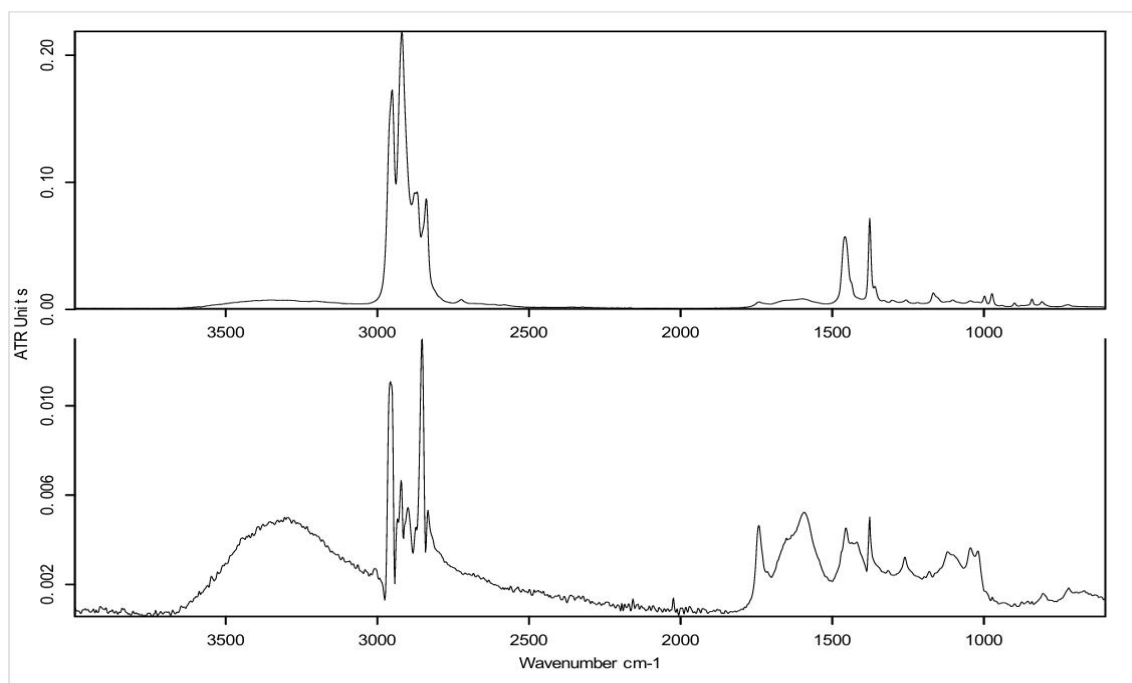


图 8 上为 PP 平均光谱；下为 PP 标准偏差谱

附录 B 单一组分相对 K 值计算与验证过程

B 1：单一组分相对 K 值表

序号	组分名称	相对 k 值	备注
1	PBAT	1	以 PBAT 为基准组分
2	PLA	1.10	
3	PBS	1.19	
4	滑石粉	3.50	
5	纤维素	0.90	
6	木质素（酸洗）	0.96	
7	PE	3.28	
8	PP	4.48	

表 B1-1 单一组分相对 K 值表

求取相对 K 值的步骤，先求：

$$\min \sum \left(\frac{a_{\text{组分}}}{k_{\text{组分}}} - \frac{C_{\text{组分}}}{C_{\text{PBAT}}} \right)^2$$

得到组分的相对 K 值初始数值后，宜在初始数值附近尝试，当组分的计算含量与真实含量的均误差平方根差,即内部验证均误差平方根差（RMSE）最小时，得到最合适的相对 K 值，RMSE 计算公式如下：

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum \left(\frac{1}{\frac{a_{\text{组分}}}{1 + k_{\text{组分}}} - C_{\text{组分}}} \right)^2}{n}}$$

外部验证，指按照预设比例预混的自混样品，或已知含量的外部样品，或通过其它办法取得可信含量的样本。当外部验证的均误差平方根（SEP）略大于 RMSE 时，说明相对 K 值被验证可靠。

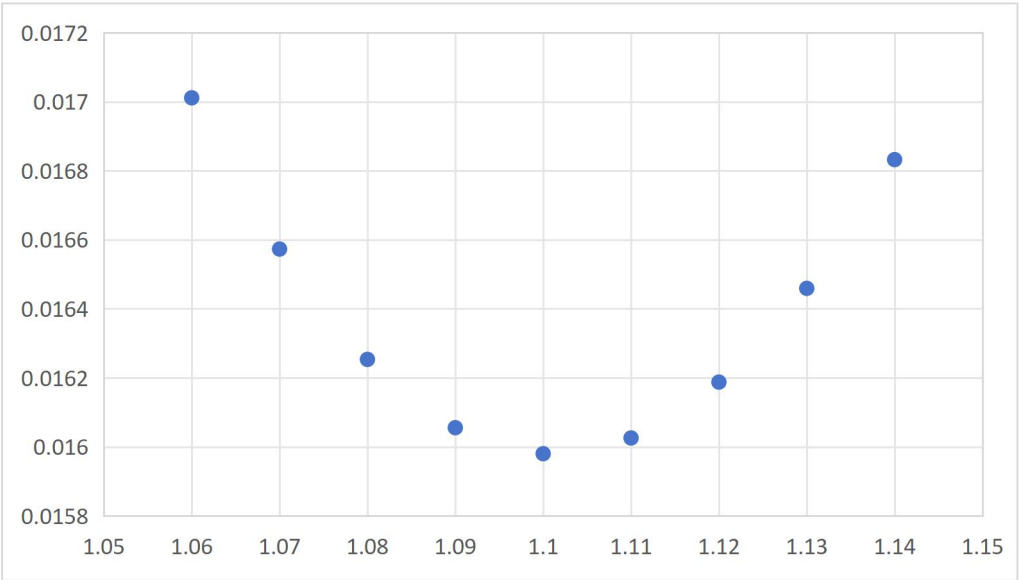
$$\text{SEP} = \sqrt{\frac{\sum \left(\frac{1}{\frac{a_{\text{组分}}}{1 + k_{\text{组分}}} - C_{\text{组分}}} \right)^2}{n}}$$

B 2 :PLA 相对 K 值的计算与验证；

序号	C _{PBAT}	C _{PLA}	C _{PLA/PBAT}	a _{PBAT}	a _{PLA}	a _{PLA} / P B A T
1	0.05	0.95	19	0.042022002	1.106579393	26.33333333
2	0.1	0.9	9	0.074211286	0.56895319	7.666666667
3	0.1	0.9	9	0.088452109	1.023517266	11.57142857
4	0.25	0.75	3	0.228036189	0.858489181	3.764705882
5	0.25	0.75	3	0.292256612	0.935221159	3.2
6	0.3	0.7	2.333333333	0.363129318	1.089387954	3
7	0.3	0.7	2.333333333	0.437381188	1.111677186	2.541666667
8	0.4	0.6	1.5	0.539614649	0.85202313	1.578947368
9	0.45	0.55	1.222222222	0.584610874	0.87691631	1.5
10	0.55	0.45	0.818181818	0.889530037	0.71162403	0.8
11	0.6	0.4	0.666666667	0.896114088	0.686385259	0.765957447
12	0.7	0.3	0.428571429	1.08138826	0.531208268	0.49122807
13	0.7	0.3	0.428571429	1.101413896	0.477279355	0.433333333
14	0.8	0.2	0.25	1.281540418	0.306847706	0.23943662
15	0.8	0.2	0.25	1.273115368	0.363747248	0.285714286
16	0.85	0.15	0.176470588	1.303135571	0.222904769	0.171052632
17	0.85	0.15	0.176470588	1.383528096	0.26951846	0.194805195
18	0.85	0.15	0.176470588	1.295536414	0.218726927	0.168831169
19	0.9	0.1	0.111111111	1.462870954	0.156736174	0.107142857
20	0.9	0.1	0.111111111	1.32557532	0.184573779	0.139240506
21	0.9	0.1	0.111111111	1.460449678	0.154635848	0.105882353
22	0.95	0.05	0.052631579	1.470528064	0.122544005	0.083333333
23	0.95	0.05	0.052631579	1.495217308	0.103118435	0.068965517
24	0.95	0.05	0.052631579	1.50280845	0.085386844	0.056818182

表 B2-1 PLA 相对 K 值的计算

由图表 B2 可见， k_{PLA} 的最优值为 1.10：



图表 B2 RMSE—PLA 的相对 K 值曲线

序号	C _{PBAT}	C _{PLA}	a _{PBAT}	a _{PLA}	C _{PLA, 计算}	差值平方	k _{PLA/PBAT}
JY-1	0.1	0.9	0.1021899	1.06569524	0.0954	-0.0046	1.1
JY-2	0.1	0.9	0.109882	1.28718999	0.0858	-0.0142	1.1
JY-3	0.15	0.85	0.2340601	1.28733072	0.1667	0.0167	1.1
JY-4	0.2	0.8	0.25621	1.26396936	0.1823	-0.0177	1.1
JY-5	0.2	0.8	0.2144717	0.92937753	0.2025	0.0025	1.1
JY-6	0.25	0.75	0.1752379	0.54416003	0.2616	0.0116	1.1
JY-7	0.3	0.7	0.1718695	0.50701507	0.2716	-0.0284	1.1
JY-8	0.3	0.7	0.4089095	1.00654649	0.3089	0.0089	1.1
JY-9	0.35	0.65	0.3867188	0.89774016	0.3215	-0.0285	1.1
JY-10	0.55	0.45	0.6422689	0.65832566	0.5176	-0.0324	1.1
JY-11	0.55	0.45	0.6718952	0.67189526	0.5238	-0.0262	1.1
JY-12	0.6	0.4	0.896114	0.68638525	0.5895	-0.0105	1.1
JY-13	0.65	0.35	0.9130976	0.64677752	0.6083	-0.0417	1.1
				SEP	0.0219		

表 B2-2 PLA 相对 K 值的外部验证

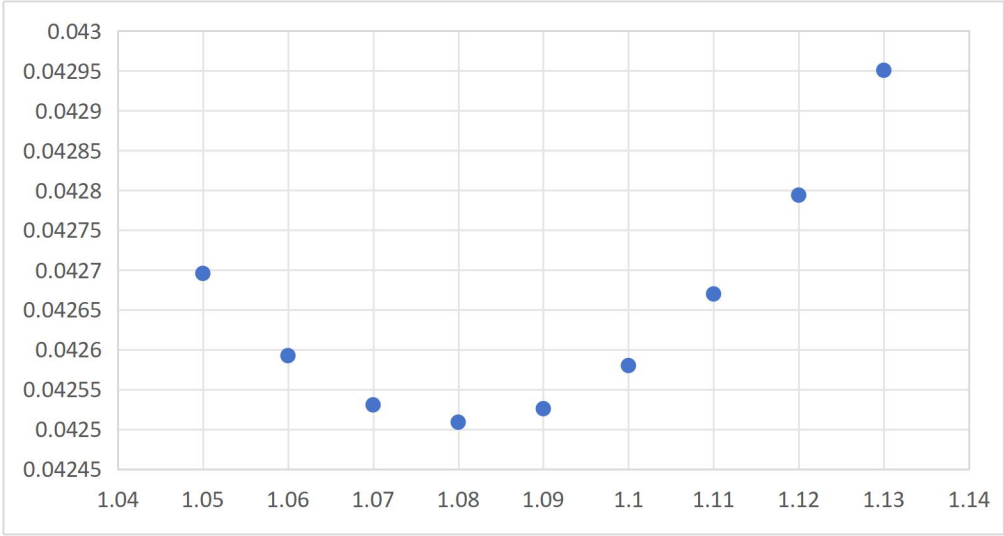
外部验证结论：SEP=0.02189，略大于 RMSE=0.01598；计算值与预混比例差异小，精度满足方法要求。

B3:PBS 相对 K 值的计算与验证

序号	CPLA	CPBS	CPBS/PLA	aPLA	aPBS	aPBS/PLA
1	0.05	0.95	19	0.056897002	0.986992294	17.347
2	0.05	0.95	19	0.074258286	1.302267562	17.537
3	0.1	0.9	9	0.068523109	0.57415513	8.379
4	0.1	0.9	9	0.548976189	4.505996559	8.208
5	0.3	0.05	0.166666667	0.652486612	0.097655496	0.149666667
6	0.3	0.05	0.166666667	0.302569318	0.045687967	0.151
7	0.4	0.1	0.25	0.156891188	0.036202642	0.23075
8	0.4	0.1	0.25	0.428914649	0.1010094	0.2355
9	0.6	0.4	0.666666667	0.256930037	0.157926329	0.614666667
10	0.6	0.4	0.666666667	0.348914088	0.214698469	0.615333333
11	0.7	0.3	0.428571429	1.54138826	0.602462611	0.390857143
12	0.7	0.3	0.428571429	1.201413896	0.459283369	0.382285714
13	0.9	0.1	0.111111111	1.12557532	0.116184386	0.103222222
14	0.9	0.1	0.111111111	1.360449678	0.139521673	0.102555556
15	0.95	0.05	0.052631579	1.170528064	0.057109448	0.048789474
16	0.95	0.05	0.052631579	1.195217308	0.058062399	0.048578947

表 B3-1 PBS/PLA 相对 K 值的计算

由图表 B3 可见， $k_{\text{PBS/PLA}}$ 的最优值为 1.08:



图表 B3 : RMSE—PBS/PLA 的相对 K 值曲线

序号	CPLA	CPBS	aPLA	aPBS	CPBS, 计算	差值平方	$k_{\text{PBS/PLA}}$
JY-1	0.05	0.95	0.05146	0.92199	0.94314	4.69373E-05	1.08
JY-2	0.05	0.95	0.09486	1.72297	0.94388	3.74714E-05	1.08
JY-3	0.1	0.9	0.095746	0.84360	0.89080	8.44593E-05	1.08
JY-4	0.1	0.9	0.26456	2.34294	0.89130	7.56144E-05	1.08
JY-5	0.3	0.05	0.46259	0.06923	0.12171	0.005142783	1.08
JY-6	0.3	0.05	0.29865	0.04501	0.12266	0.00528013	1.08
JY-7	0.4	0.1	0.3646	0.08595	0.17918	0.00626874	1.08
JY-8	0.4	0.1	0.546816	0.12878	0.17902	0.006244063	1.08
JY-9	0.6	0.4	0.146386	0.08998	0.36271	0.001390803	1.08
JY-10	0.6	0.4	0.48375	0.23478	0.31005	0.008090803	1.08
JY-11	0.7	0.3	0.78935	0.24087	0.2203	0.006352563	1.08
JY-12	0.7	0.3	1.45838	0.57252	0.26659	0.001116291	1.08

序号	CPLA	CPBS	aPLA	aPBS	CPBS, 计算	差值平方	kPBS/PLA
JY-13	0.9	0.1	1.81380	0.18722	0.08724	0.000162863	1.08
JY-14	0.9	0.1	1.13850	0.10031	0.07543	0.000603664	1.08
JY-15	0.95	0.05	1.65783	0.06719	0.03617	0.000191346	1.08
JY-16	0.95	0.05	1.41385	0.06176	0.03888	0.000123746	1.08
					SEP	0.050752018	

表 B3-2 PBS/PLA 相对 K 值的外部验证

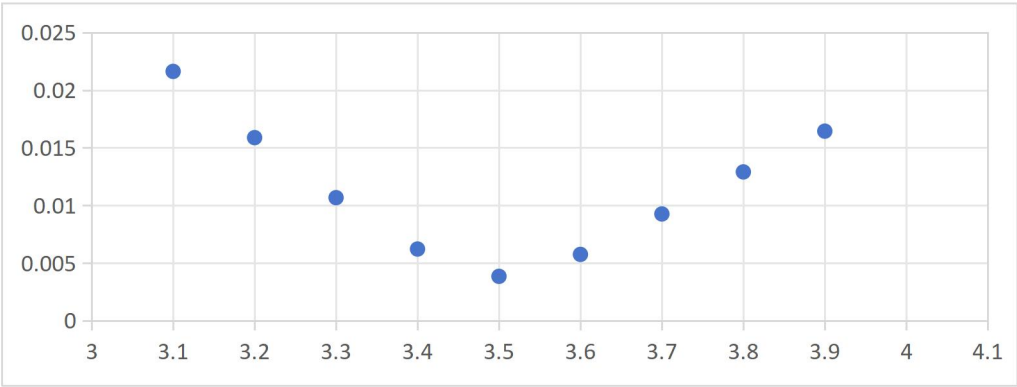
外部验证结论：SEP=0.05075，略大于 RMSE=0.0425；计算值与预混比例差异小，精度满足方法要求。经换算，PBS 相对 PBAT 的相对 K 值为： $1.08 \times 1.10 = 1.19$ 。

B4:滑石粉相对 K 值的计算与验证

序号	CPBAT	C 滑石粉	C 滑石粉/PBAT	aPBAT	a 滑石粉	a 滑石粉/PBAT
1	0.95	0.05	0.052631579	0.4786653	0.062778571	0.131153379
2	0.95	0.05	0.052631579	0.6307808	0.084042857	0.133236232
3	0.9	0.1	0.111111111	0.7217584	0.196714286	0.272548661
4	0.9	0.1	0.111111111	0.8678988	0.245535714	0.282908231
5	0.85	0.15	0.176470588	1.1532	0.486428571	0.421807641
6	0.85	0.15	0.176470588	0.5373105	0.251035714	0.467207907
7	0.8	0.2	0.25	0.7602636	0.463125	0.609163716
8	0.8	0.2	0.25	0.4748832	0.3021	0.636246675

表 B4-1 滑石粉相对 K 值的计算

由图表 B4 可见， $k_{\text{滑石粉}}$ 的最优值为 3.50：



图表 B4 RMSE—PLA 的相对 K 值曲线

序号	CPBAT	C 滑石粉	aPBAT	a 滑石粉	C 滑石粉, 计算	差值平方	k 滑石粉/PBAT
JY-1	0.95	0.05	0.56954	0.07373	0.049174575	6.81327E-07	3.5
JY-2	0.95	0.05	0.65941	0.08821	0.050730777	5.34035E-07	3.5
JY-3	0.9	0.1	0.50463	0.14884	0.105411877	2.92884E-05	3.5
JY-4	0.9	0.1	1.00776	0.27354	0.097829975	4.70901E-06	3.5
JY-5	0.85	0.15	1.02131	0.44028	0.14692001	9.48634E-06	3.5
JY-6	0.85	0.15	0.75232	0.33794	0.152151153	4.62746E-06	3.5
JY-7	0.8	0.2	0.99441	0.59322	0.19245774	5.68857E-05	3.5

序号	CPBAT	C 滑石粉	aPBAT	a 滑石粉	C 滑石粉，计算	差值平方	k 滑石粉/PBAT
JY-8	0.8	0.2	0.88688	0.5088	0.186458357	0.000183376	3.5
					RMSE:	0.006016523	

表 B4-2 PLA 相对 K 值的外部验证

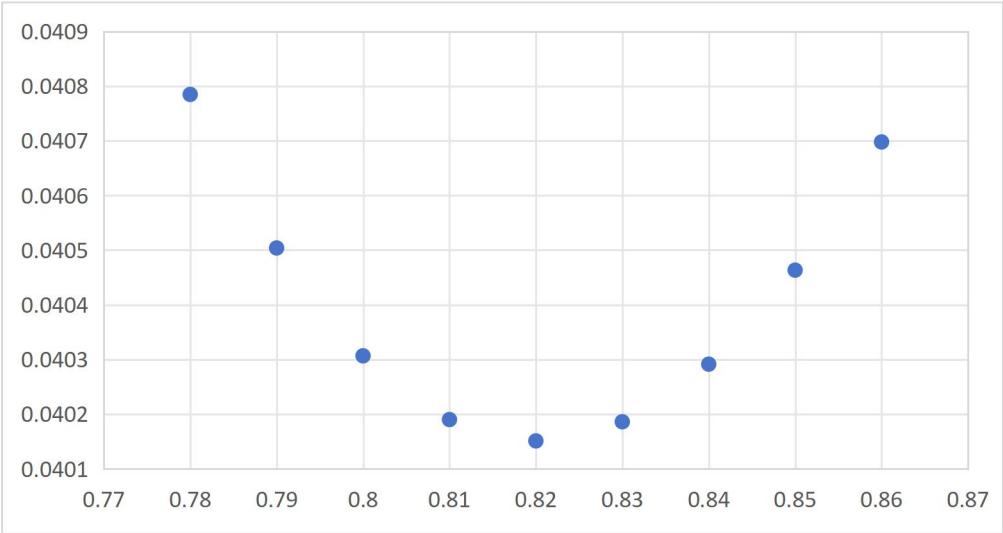
外部验证结论：SEP=0.0060，略大于 RMSE=0.0030；计算值与预混比例差异小，精度满足方法要求。

B5:纤维素相对 K 值的计算与验证

序号	CPLA	C 纤维素	C 纤维素/PLA	aPLA	a 纤维素	a 纤维素/PLA
1	0.05	0.95	19	0.22346	2.54741	11.4
2	0.05	0.95	19	0.10123	1.19254	11.78
3	0.1	0.9	9	0.46789	2.65294	5.67
4	0.1	0.9	9	0.34568	2.02222	5.85
5	0.3	0.05	0.16667	0.58901	0.06479	0.11
6	0.3	0.05	0.16667	0.79123	0.08835	0.111666667
7	0.4	0.1	0.25	0.69012	0.11732	0.17
8	0.4	0.1	0.25	0.89235	0.15393	0.1725
9	0.6	0.4	0.66667	0.99346	0.46361	0.466666667
10	0.6	0.4	0.66667	1.19568	0.56595	0.473333333
11	0.7	0.3	0.42857	1.09456	0.33775	0.308571429
12	0.7	0.3	0.42857	1.29679	0.40571	0.312857143
13	0.9	0.1	0.11111	1.35789	0.11316	0.083333333
14	0.9	0.1	0.11111	1.41890	0.12139	0.085555556
15	0.95	0.05	0.05263	1.4590	0.05990	0.041052632
16	0.95	0.05	0.05263	1.49012	0.06274	0.042105263

表 B5-1 纤维素/PLA 相对 K 值的计算

由图表 B5 可见，k_{纤维素/PLA}的最优值为 0.82:



图表 B5 RMSE—纤维素/PLA 的相对 K 值曲线

序号	CPLA	C 纤维素	aPLA	a 纤维素	C 纤维素, 计算	差值平方	k 纤维素/PLA
JY-1	0.05	0.95	0.061235	1.07387	0.955330	2.84131E-05	0.82
JY-2	0.05	0.95	0.13235	2.32095	0.955330	2.84131E-05	0.82
JY-3	0.1	0.9	0.20346	1.70476	0.910859	0.000117937	0.82
JY-4	0.1	0.9	0.27457	2.33768	0.912149	0.000147601	0.82
JY-5	0.3	0.05	0.34568	0.051737	0.154348	0.010888625	0.82
JY-6	0.3	0.05	0.41679	0.062935	0.1555097	0.011132314	0.82
JY-7	0.4	0.1	0.48789	0.11502	0.223301	0.015203129	0.82
JY-8	0.4	0.1	0.55890	0.13162	0.223117	0.015157797	0.82
JY-9	0.6	0.4	0.63001	0.38725	0.428438	0.000808757	0.82
JY-10	0.6	0.4	0.70112	0.43376	0.430028	0.000901669	0.82
JY-11	0.7	0.3	0.79223	0.30965	0.322794	0.000519556	0.82
JY-12	0.7	0.3	0.88335	0.358134	0.330846	0.000951497	0.82
JY-13	0.9	0.1	0.97446	0.100586	0.111806	0.000139393	0.82
JY-14	0.9	0.1	1.08557	0.111331	0.1111646	0.000124649	0.82
JY-15	0.95	0.05	1.20668	0.058873	0.056158	3.79209E-05	0.82
JY-16	0.95	0.05	1.38779	0.067417	0.055929	3.5155E-05	0.82
					SEP	0.059278384	

表 B5-2 纤维素/PLA 相对 K 值的外部验证

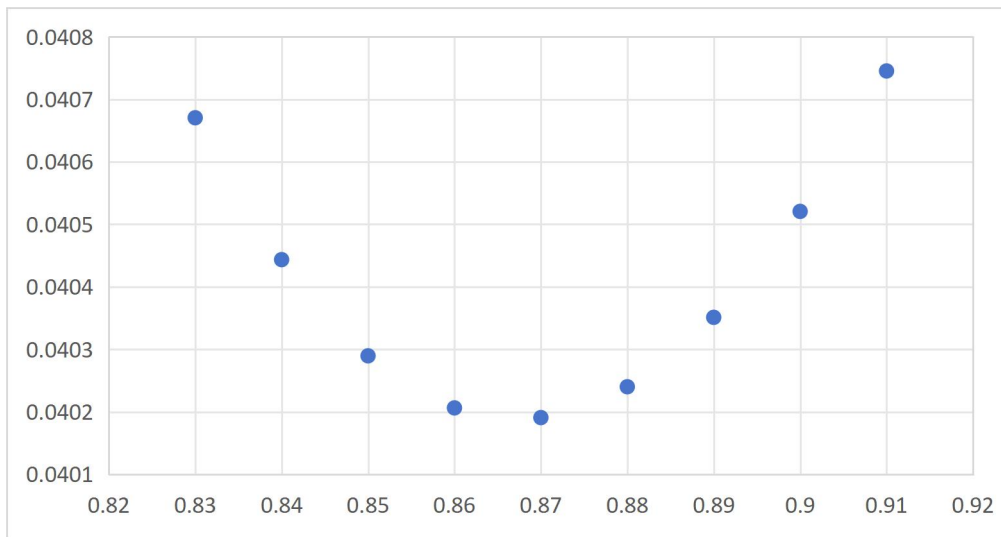
外部验证结论：SEP=0.0593，略大于 RMSE=0.0402；计算值与预混比例差异小，精度满足方法要求。以 PBAT 为基准组分，纤维素的相对 K 值得校正为：0.9

B6:木质素相对 K 值的计算与验证

序号	CPLA	C 木质素	C 木质素/PLA	aPLA	a 木质素	a 木质素/PLA
1	0.05	0.95	19	0.23456789	2.896913442	12.35
2	0.05	0.95	19	0.112345678	1.408814802	12.54
3	0.1	0.9	9	0.478901234	2.930875552	6.12
4	0.1	0.9	9	0.356789012	2.215659765	6.21
5	0.3	0.05	0.166666667	0.590123456	0.068847737	0.116666667
6	0.3	0.05	0.166666667	0.867890123	0.102700331	0.118333333
7	0.4	0.1	0.25	0.689012345	0.124022222	0.18
8	0.4	0.1	0.25	0.778901234	0.142149475	0.1825
9	0.6	0.4	0.666666667	0.956789012	0.472015913	0.493333333
10	0.6	0.4	0.666666667	1.045678901	0.522839451	0.5
11	0.7	0.3	0.428571429	1.13456789	0.36954497	0.325714286
12	0.7	0.3	0.428571429	1.223456789	0.40374074	0.33
13	0.9	0.1	0.111111111	1.381234567	0.119706996	0.086666667
14	0.9	0.1	0.111111111	1.312345678	0.115194787	0.087777778
15	0.95	0.05	0.052631579	1.440123456	0.061394737	0.042631579
16	0.95	0.05	0.052631579	1.489012345	0.065046329	0.043684211

表 B6-1 木质素/ PLA 相对 K 值的计算

由图表 B6 可见，k_{木质素/PLA}的最优值为 0.87：



图表 B6 RMSE—木质素/PLA 的相对 K 值曲线

序号	CPLA	C 木质素	aPLA	a 木质素	C 木质素, 计算	差值平方	k 木质素/PLA
JY-1	0.05	0.95	0.04568	0.801071	0.952735372	7.48226E-06	0.87
JY-2	0.05	0.95	0.06789	1.190589	0.952735372	7.48226E-06	0.87
JY-3	0.1	0.9	0.18901	1.583734	0.905935777	3.52334E-05	0.87
JY-4	0.1	0.9	0.12354	1.051792	0.907289003	5.31296E-05	0.87
JY-5	0.3	0.05	0.57890	0.086642	0.146779993	0.009366367	0.87
JY-6	0.3	0.05	0.66789	0.100851	0.147894221	0.009583279	0.87
JY-7	0.4	0.1	0.75679	0.178413	0.213203708	0.012815079	0.87
JY-8	0.4	0.1	0.84568	0.199157	0.21302578	0.012774827	0.87
JY-9	0.6	0.4	1.02346	0.629085	0.414009879	0.000196277	0.87
JY-10	0.6	0.4	1.11235	0.688171	0.415584416	0.000242874	0.87
JY-11	0.7	0.3	1.20123	0.469511	0.309993202	9.98641E-05	0.87
JY-12	0.7	0.3	0.93457	0.378901	0.317876344	0.000319564	0.87
JY-13	0.9	0.1	1.39123	0.143606	0.106062336	3.67519E-05	0.87
JY-14	0.9	0.1	1.49123	0.152934	0.10544956	2.96977E-05	0.87
JY-15	0.95	0.05	1.45123	0.070805	0.053101908	9.62183E-06	0.87
JY-16	0.95	0.05	1.32123	0.064184	0.052884891	8.3226E-06	0.87
					SEP	0.053377109	

表 B6-2 木质素/PLA 相对 K 值的外部验证

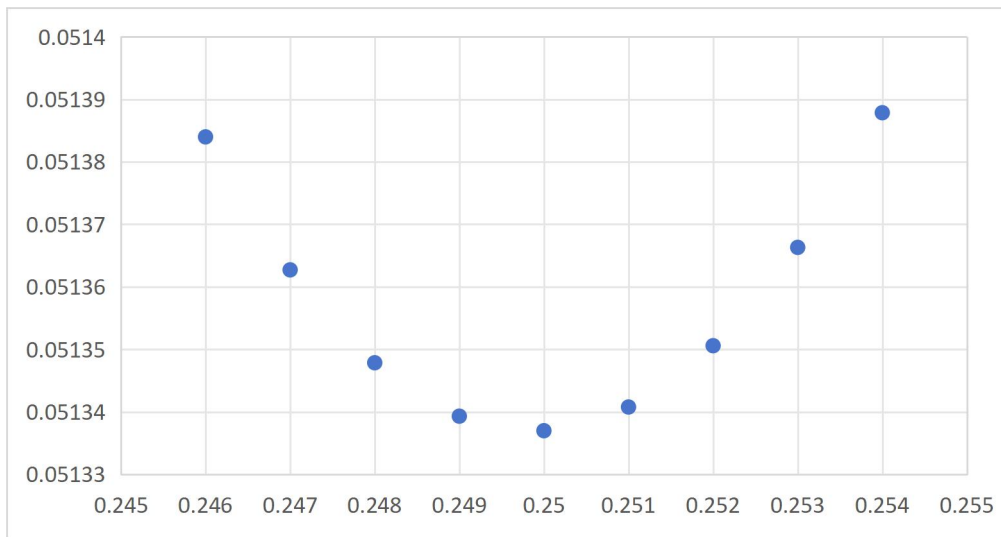
外部验证结论：SEP=0.0534，略大于 RMSE=0.0401；计算值与预混比例差异小，精度满足方法要求。以 PBAT 为基准组分，纤维素的相对 K 值得校正为：0.96

B7:PE 相对 K 值的计算与验证

C _{PE}	C _{纤维素}	C _{纤维素/PE}	a _{PE}	a _{纤维素}	a _{纤维素/PE}	C _{PE}
0.05	0.95	19	0.134568	0.562494	4.18	0.05
0.05	0.95	19	0.378901	1.72779	4.56	0.05
0.1	0.9	9	0.490123	0.749889	1.53	0.1
0.1	0.9	9	0.256789	0.531553	2.07	0.1
0.3	0.05	0.166666667	0.654321	0.02072	0.031666667	0.3
0.3	0.05	0.166666667	0.743211	0.038399	0.051666667	0.3
0.4	0.1	0.25	0.83211	0.035365	0.0425	0.4
0.4	0.1	0.25	0.56789	0.032654	0.0575	0.4
0.6	0.4	0.666666667	1.109877	0.170181	0.153333333	0.6
0.6	0.4	0.666666667	0.921099	0.104391	0.113333333	0.6
0.7	0.3	0.428571429	1.010988	0.099654	0.098571429	0.7
0.7	0.3	0.428571429	1.219877	0.099333	0.081428571	0.7
0.9	0.1	0.111111111	1.459877	0.050285	0.034444444	0.9
0.9	0.1	0.111111111	1.399877	0.034219	0.024444444	0.9
0.95	0.05	0.052631579	1.329877	0.016798	0.012631579	0.95
0.95	0.05	0.052631579	1.499877	0.01342	0.008947368	0.95

表 B7-1 纤维素/PLA 相对 K 值的计算

由图表 B7 可见，k_{纤维素/PE}的最优值为 0.25:



图表 B7 RMSE—纤维素/PE 的相对 K 值曲线

序号	C _{PE}	C _{纤维素}	a _{pE}	a _{纤维素}	C _{纤维素, 计算}	差值平方	K _{纤维素/pE}
JY-1	0.05	0.95	0.234568	1.337037	0.957983	6.37314E-05	0.25
JY-2	0.05	0.95	0.112346	0.64037	0.957983	6.37314E-05	0.25
JY-3	0.1	0.9	0.478901	1.293033	0.915254	0.000232692	0.25
JY-4	0.1	0.9	0.356789	0.96333	0.915254	0.000232692	0.25
JY-5	0.3	0.05	0.590123	0.029506	0.166667	0.013611111	0.25
JY-6	0.3	0.05	0.86789	0.043395	0.166667	0.013611111	0.25
JY-7	0.4	0.1	0.689012	0.051676	0.230769	0.017100592	0.25
JY-8	0.4	0.1	0.778901	0.058418	0.230769	0.017100592	0.25
JY-9	0.6	0.4	0.956789	0.191358	0.444444	0.001975309	0.25
JY-10	0.6	0.4	1.045679	0.209136	0.444444	0.001975309	0.25
JY-11	0.7	0.3	1.134568	0.145873	0.339623	0.001569954	0.25
JY-12	0.7	0.3	1.223457	0.157302	0.339623	0.001569954	0.25
JY-13	0.9	0.1	1.381235	0.046041	0.117647	0.000311419	0.25
JY-14	0.9	0.1	1.312346	0.043745	0.117647	0.000311419	0.25
JY-15	0.95	0.05	1.440123	0.022739	0.059406	8.84717E-05	0.25
JY-16	0.95	0.05	1.489012	0.023511	0.059406	8.84717E-05	0.25
					SEP	0.066099621	

表 B7-2 PE/PLA 相对 K 值的外部验证

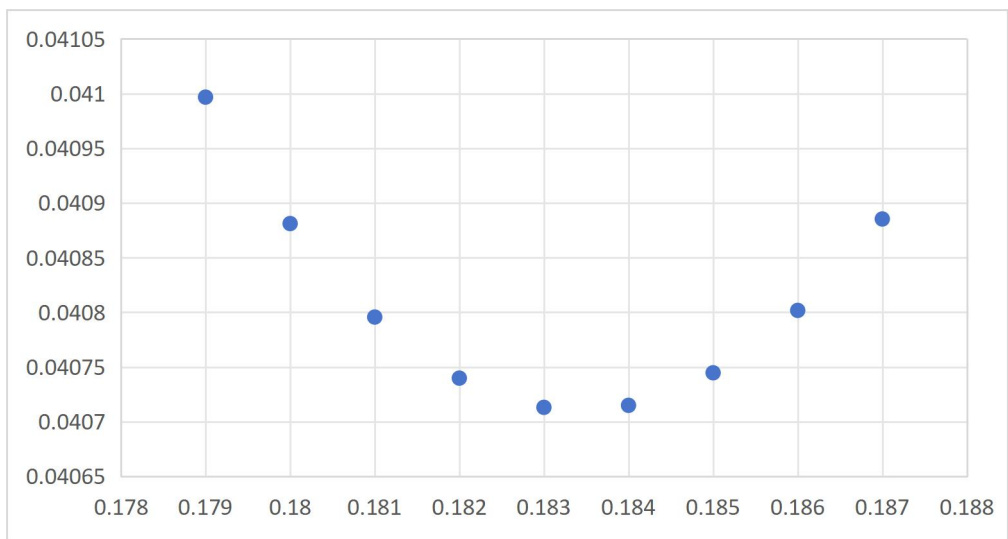
外部验证结论：**SEP=0.0661**，略大于 **RMSE=0.0513**；计算值与预混比例差异小，精度满足方法要求，以 **PBAT** 为基准组分，纤维素的相对 K 值得校正为：**3.28**。

B8:PP 相对 K 值的计算与验证

序号	C _{PP}	C _{纤维素}	C _{纤维素/pp}	a _{pp}	a _{纤维素}	a _{纤维素/PP}
1	0.877192982	0.122807018	0.14	8.651659	8.651659	0.126507
2	0.877192982	0.122807018	0.14	8.505045	8.505045	0.352631
3	0.877192982	0.122807018	0.14	8.492615	8.492615	0.147962
4	0.833333333	0.166666667	0.2	8.44453	8.44453	0.313615
5	0.833333333	0.166666667	0.2	8.445884	8.445884	0.38844
6	0.833333333	0.166666667	0.2	8.414375	8.414375	0.402221
7	0.714285714	0.285714286	0.4	8.477376	8.477376	0.581832
8	0.714285714	0.285714286	0.4	8.483813	8.483813	0.799889
9	0.714285714	0.285714286	0.4	8.398236	8.398236	0.777039
10	0.625	0.375	0.6	8.433451	8.433451	0.808579
11	0.625	0.375	0.6	8.349165	8.349165	0.877748
12	0.625	0.375	0.6	8.372515	8.372515	0.895978
13	0.555555556	0.444444444	0.8	8.408129	8.408129	0.909701
14	0.555555556	0.444444444	0.8	8.167132	8.167132	1.278784
15	0.555555556	0.444444444	0.8	8.218076	8.218076	0.991408

表 B8-1 纤维素/PP 相对 K 值的计算

由图表 **B8** 可见，**k_{PP/PLA}**的最优值为 **0.183**：



图表 B8 RMSE—纤维素/PP 的相对 K 值曲线

序号	C _{PP}	C _{纤维素}	a _{PP}	a _{纤维素}	C _{纤维素, 计算}	差值平方	K _{纤维素/PP}
JY-1	0.05	0.95	0.051459	0.902438	0.931481	0.000342939	0.183
JY-2	0.05	0.95	0.094856	1.663494	0.931481	0.000342939	0.183
JY-3	0.1	0.9	0.095745	0.802243	0.866584	0.001116634	0.183
JY-4	0.1	0.9	0.264559	2.252457	0.868421	0.00099723	0.183
JY-5	0.3	0.05	0.462586	0.069234	0.103959	0.002911601	0.183
JY-6	0.3	0.05	0.298645	0.045095	0.104788	0.003001762	0.183
JY-7	0.4	0.1	0.364598	0.085954	0.154514	0.002971795	0.183
JY-8	0.4	0.1	0.546814	0.128775	0.154376	0.002956707	0.183
JY-9	0.6	0.4	0.146385	0.089978	0.322716	0.005972796	0.183
JY-10	0.6	0.4	0.483746	0.299278	0.324136	0.005755419	0.183
JY-11	0.7	0.3	0.789355	0.308525	0.232534	0.004551604	0.183
JY-12	0.7	0.3	1.458384	0.591271	0.23913	0.003705104	0.183
JY-13	0.9	0.1	1.813805	0.187225	0.074089	0.000671388	0.183
JY-14	0.9	0.1	1.138504	0.11676	0.073646	0.000694556	0.183
JY-15	0.95	0.05	1.657826	0.080884	0.036443	0.000183793	0.183
JY-16	0.95	0.05	1.413844	0.068683	0.036291	0.000187925	0.183
					SEP	0.047673494	

表 2 表 B2-2 纤维素/PP 相对 K 值的外部验证

外部验证结论：**SEP=0.0477**，略大于 **RMSE=0.0407**；计算值与预混比例差异小，精度满足方法要求。以 **PBAT** 为基准组分，纤维素的相对 **K** 值得校正为：**4.48**。

附录 C：回收率和精密度的验证

C1：PE 的回收率和精密度——自混料

分别使用竹粉、甘蔗渣以及粘合剂在双螺杆上热压，形成颗粒；
分别加入 5%的 PE，共 4 个自混料。使用团体标准提供的方法，检测 PE 含量，计算相对偏差以及回收率。同一样本，两次检测，相对偏差不超过 0.5%；回收率>95%，回收率和精密度满足团标要求。

	竹粉/甘蔗渣	PE	其它助剂	干物质质量 m_0	残渣质量 m_1	PEa 值	木质素 a 值	纤维素 a 值	硅酸盐 a 值	残渣含量	干物质含量	平均值	相对偏差	回收率
y p 1 - 1	80%	5%	0.15	4.9678	2.013	0.416905	0.510316	0.122921	0.948684	0.119200317	4.83%	4.82%	0.21%	96.40%
y p 1 - 2	80%	5%	0.15	5.0679	2.0484	0.415179	0.500211	0.125763	0.967105	0.119000481	4.81%			
y p 2 - 1	70%	5%	0.25	4.8976	1.2391	0.413453	0.260211	0.154184	0.340789	0.189328165	4.79%	4.80%	0.10%	96.00%
y p 2 - 2	70%	5%	0.25	5.0987	1.2808	0.414316	0.255158	0.156789	0.331579	0.191082997	4.80%			

表 C1 添加有 5%PE 的自混料求得的相对偏差和回收率

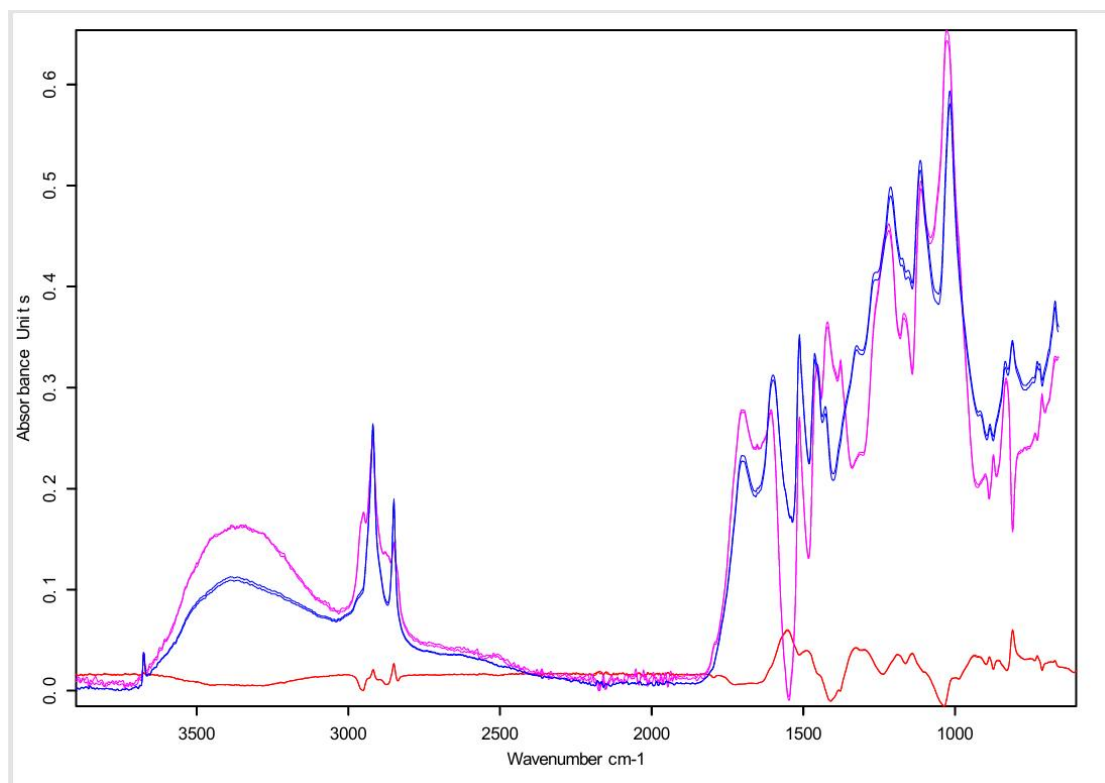


图 C1 YP-1 的红外光谱（蓝色）、模拟光谱（粉色）和残谱（红色）

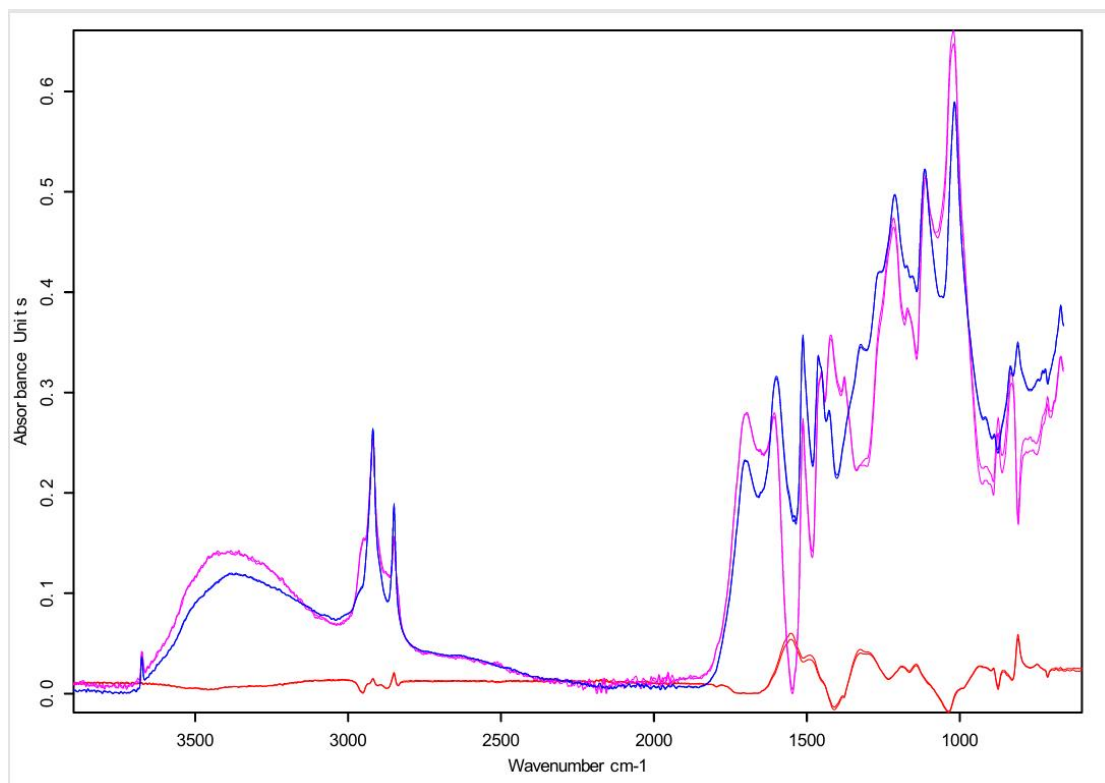


图 C2 YP-2 的红外光谱（蓝色）、模拟光谱（粉色）和残谱（红色）

C2: PP 的回收率和精密度——自混料

分别使用竹粉、甘蔗渣以及粘合剂在双螺杆上热压，形成颗粒；

分别加入 5%的 PP，共 4 个自混料。使用团体标准提供的方法，检测 PP 含量，计算相对偏差以及回收率。

同一样本，两次检测，相对偏差不超过 0.5%；回收率>95%，回收率和精密度满足团标要求。

	竹粉/蔗渣	PP	其它助剂	干物质质量 m ₀	残渣质量 m ₁	PPa 值	木质素 a 值	纤维素 a 值	硅酸盐 a 值	残渣含量	干物质含量	平均值	相对偏差	回收率
y p 3 - 1	80%	5%	0.15	4.9876	2.0604	0.577684	0.517895	0.121026	0.994737	0.118615313	4.90%	4.88%	0.31%	97.60%
y p 3 - 2	80%	5%	0.15	5.1796	2.1485	0.574147	0.525474	0.116289	1.003947	0.117405945	4.87%			
y p 4 - 1	70%	5%	0.25	4.8796	1.255	0.567074	0.272842	0.161289	0.303947	0.187014286	4.81%	4.82%	0.21%	96.40%
y p 4 - 2	70%	5%	0.25	5.1679	1.3199	0.569432	0.270316	0.158921	0.303947	0.189115211	4.83%			

表 C2 添加有 5%PP 的自混料求得的相对偏差和回收率

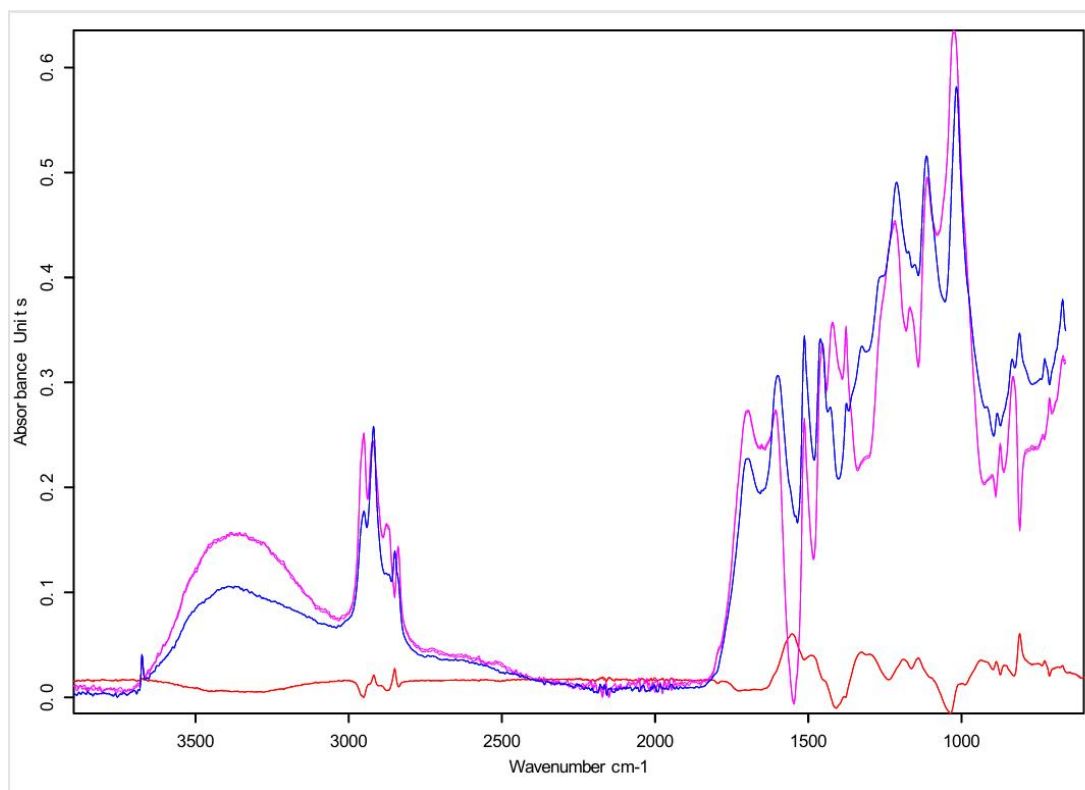


图 C3 YP-3 的红外光谱（蓝色）、模拟光谱（粉色）和残谱（红色）

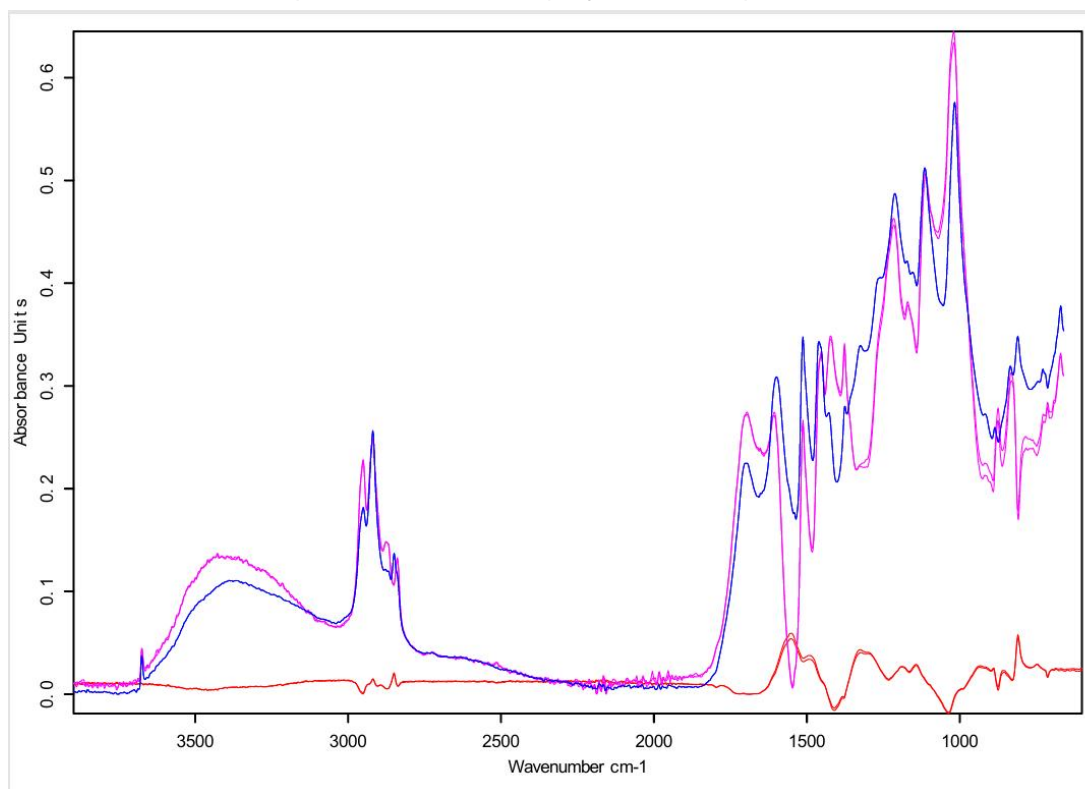


图 C4 YP-4 的红外光谱（蓝色）、模拟光谱（粉色）和残谱（红色）