

塑料 聚乙烯(PE)和聚丙烯(PP)树脂中金属含量的测定
电感耦合等离子体发射光谱法

国家标准制定

编制说明

(征求意见稿)

中国石油天然气股份有限公司石油化工研究院

国家标准制定工作组

二〇二五年七月

塑料 聚乙烯(PE)和聚丙烯(PP)树脂中金属含量的测定

电感耦合等离子体发射光谱法 国家标准制定

编制说明（征求意见稿）

一、工作简介

1. 目的和意义

聚乙烯、聚丙烯树脂中残留的金属元素主要来自烯烃聚合过程中使用的催化剂、助剂，以及树脂成形过程加入的添加剂如抗氧剂、爽滑剂、热稳定剂、脱模剂和其他补强材料等。残留元素特别是金属元素偏高，会导致树脂灰分含量增加、拉伸强度、抗冲击强度降低，同时导致制品色泽不均匀、强度降低、易老化、产生鱼眼和金点等瑕疵。此外，树脂中重金属如铬、镉、铅、锡等元素残留过高，会给人体和环境带来危害。通过测定树脂中的金属元素残留，不仅可以确定灰分的主要来源，查找出灰分含量偏高的原因，有效控制灰分含量；还可以通过调整催化剂、助剂配比，改善树脂产品质量。此标准制定后，完善了现有的聚乙烯、聚丙烯中金属元素含量的检测方法，保证产品质量，使我国聚乙烯和聚丙烯生产企业能够与国际接轨促进国内聚烯烃产品发展。

2. 任务来源

根据国标委发函〔2024〕32号文《国家标准化管理委员会关于下达2024年第五批推荐性国家标准计划及相关外文版计划的通知》，于2024年7月25日下达《塑料 聚乙烯（PE）和聚丙烯（PP）树脂中金属含量的测定 电感耦合等离子体发射光谱法》国家标准制订项目，计划号20242219-T-606，项目周期16个月，报批日期2025年11月25日。

本标准主要起草单位为：中国石油天然气股份有限公司石油化工研究院。

本标准技术归口单位为全国塑料标准化技术委员会（SAC/TC15），执行单位为全国塑料标准化技术委员会石化塑料树脂产品分会（SAC/TC15/SC1）。

3. 国内外情况调研

3.1 国内外有关标准情况调研

为了解国内外有关标准情况，为制定本标准提供依据，对国内外有关树脂中金属含量的标准情况进行了调研。目前，查阅到有关树脂中金属含量的国内外标准情况，见表1。

国际上有关国内外有关树脂的金属含量的检测标准主要是ISO和ASTM标准。ISO

24047:2021 《Plastics — Polyethylene (PE) and polypropylene (PP) thermoplastics — Determination of metal content by ICP-OES》该标准发布后被英国采标，采标后的标准号为BS ISO 24047:2021。标准ASTM D6247 《波长色散X射线荧光光谱法测定聚烯烃中元素含量的方法》、ASTM F2617 《能量色散X射线光谱法测定聚合物材料中的铬、溴、镉、汞和铅的含量》，均为X射线荧光法，适用于聚烯烃树脂中高含量元素的测定，而实际生产的聚烯烃树脂中的元素含量大多低于该类方法的检出限。

现有国内标准：SH/T 1829-2020《塑料 聚乙烯和聚丙烯树脂中微量元素含量的测定 电感耦合等离子体发射光谱法》、GB/T 38291-2019 《塑料材料中铅的测定》、GB/T 38290-2019 《塑料材料中镉的测定》、GB/T 38287-2019 《塑料材料中六价铬含量的测定》、GB/T 38292-2019 《塑料材料中汞的测定》采用电感耦合等离子体质谱(ICP-MS)法，测定针对塑料中的有害金属元素 铅、镉、铬和汞，同时GB/T 38295-2019《塑料材料中铅、镉、六价铬、汞限量》列出了塑料中重金属的限值，以上标准主要是针对塑料中对人体有毒有害的重金属残留进行检测，未对聚烯烃生产过程中的催化剂和助剂残留的金属进行检测。HG/T 3944-2007《聚氯乙烯树脂 金属离子含量的测定ICP法》，采用湿法消解样品，然后用电感耦合等离子体发射光谱（ICP-OES）法测定元素铅、镉、铬、汞、砷，该标准适用于聚氯乙烯树脂，针对人体有害的重金属元素。SN/T 1504.5-2017 《食品容器、包装用塑料原料 第5部分:聚烯烃中杂质元素含量的测定 X射线荧光光谱法》，通过压塑的方法 用X射线荧光光谱测定食品包装材料中磷、硅和锌的含量。HG/T 3944、SN/T 1504.5 的适用对象和测定元素均不同与本标准。SH/T 1829-2020《塑料 聚乙烯和聚丙烯树脂中微量元素含量的测定 电感耦合等离子体发射光谱法》和ISO 24047 的样品前处理、标准曲线范围和检测程序基本一致，均是针对聚乙烯、聚丙烯树脂中影响灰分含量和产品质量的微量金属元素，但具体到标准的技术内容上略有差异，两个标准的对比内容见表2。

表 1 数值中金属含量检测相关国内外标准情况

序号	标准号	标准名称
1	ISO 24047:2021	塑料 — 聚乙烯 (PE) 和聚丙烯(PP) 树脂 — 金属含量的测定 电感耦合等离子体发射光谱法
2	BS ISO 24047:2021	塑料 — 聚乙烯 (PE) 和聚丙烯(PP) 树脂 — 金属含量的测定 电感耦合等离子体发射光谱法
3	ASTM D6247	波长色散X射线荧光光谱法测定聚烯烃中元素含量的方法
4	ASTM F2617	能量色散X射线光谱法测定聚合物材料中的铬、溴、镉、汞和铅的含量
5	GB/T 38291-2019	塑料材料中铅的测定
6	GB/T 38290-2019	塑料材料中镉的测定
7	GB/T 38287-2019	塑料材料中六价铬含量的测定
8	GB/T 38292-2019	塑料材料中汞的测定
9	GB/T 38295-2019	塑料材料中铅、镉、六价铬、汞限量
10	HG/T 3944-2007	聚氯乙烯树脂 金属离子含量的测定ICP法
11	SN/T 1504.5-2017	食品容器、包装用塑料原料 第 5 部分:聚烯烃中杂质元素含量的测定 X射线荧光光谱法
12	SH/T 1829-2020	塑料 聚乙烯和聚丙烯树脂中微量元素含量的测定 电感耦合等离子体发射光谱法

SH/T 1829-2020《塑料 聚乙烯和聚丙烯树脂中微量元素含量的测定 电感耦合等离子体发射光谱法》和ISO 24047:2021 两个标准的对比内容见表 2。

表 2 SH/T 1829-2020 与ISO 24047:2021 主要差异

章节		SH/T 1829-2020	ISO 24047
引言		无	有
1 范围		适用于 6 种金属Mg、Al、Ca、Zn、Cr、Ti	适用于 11 种金属Mg、Al、Ca、Zn、Cr、Ti、Fe、Sb、Cu、Pb、Cd。不适用于 Hg的测定。
2 规范性引用文件		7 个	3 个
3 术语和定义		无	无
4 方法概要		一致	一致
5 试剂与材料		硝酸、盐酸、氩气、标准溶液	硝酸、标准溶液
6 仪器		一致	一致
7 准备工作	烧杯清洗	步骤一致，用稀盐酸溶液	清洗烧杯 用稀硝酸溶液，但给出具体清洗步骤
	标准曲线	0、1、5、10、20mg/L	0、0.5、1、5、10、20mg/L
	试样溶液制备	一致	一致
8 测试步骤	标准曲线绘制	一致	一致
	试样溶液测定	一致	一致
	待测元素波长	6 种待测元素波长	11 种待测元素波长
	推荐测试参数	功率 1.4kW,其余参数均一致	功率 1.5kW, 其余参数均一致
9 结果计算		使用了稀释因子	使用总体积
10 结果表示		一致	一致
11 精密度		8 家实验室对 13 种样品计算结果, 列出 6 种元素精密度结果	10 家实验对 13 种样品室计算结果, 列出 5 种元素精密度结果

3.2 国内外仪器情况调研

电感耦合等离子体发射光谱仪具有可同时测定多种元素含量、线性范围宽、干扰少等优点，广泛应用于炼厂、研究院以及质量检测部门。在国内，ICP-OES仪器市场拥有率高，有利于该标准方法的推广。科研单位、炼厂以及质检部门使用的电感耦合等离子体发射光谱仪常见的仪器型号见表3，该仪器在使用过程中主要调试等离子体功率、辅助气流量、雾化器流量、进样速度等关键技术参数。

表3 ICP-OES仪器厂家列表

序号	仪器厂家
1	铂金埃尔默
2	安捷伦
3	耶拿
4	赛默飞
5	斯派克
6	岛津
7	天瑞
8	钢研纳克
9	其他

4. 标准的制定过程

4.1 起草阶段

4.1.1 2024年7月~9月，2024年7月底，国家标准化管理委员会下达2024年第五批推荐性国家标准计划（制定），起草单位初步成立了标准起草工作组，进行国内外标准查新以及国内外仪器情况调研。

4.1.2 2024年10月~11月，起草单位对采用标准ISO 24047:2021进行了翻译和校对。

4.1.3 2024年12月在前期调研、方法确认的基础上，标准起草工作组完成《塑料 聚乙烯（PE）和聚丙烯（PP）树脂中金属含量的测定 电感耦合等离子体发射光谱法》国标制定的工作方案（草案），并完成了国家标准草案稿。

4.1.4 2025年1月~2月，2025年1月22日召开了项目工作组会，讨论标准文本和工作方案。参加会议的有SAC/TC15/SC1秘书处、中国石油天然气股份有限公司辽阳石化分公司、中石化（北京）化工研究院有限公司燕山分公司、中国石油天然气股份有限公

司独山子石化分公司研究院、国家能源集团宁夏煤业有限责任公司、中石化（北京）化工研究院有限公司、中国石化中原石油化工有限公司、宁波华泰盛富聚合材料有限公司等 25 家单位的 48 位代表。

会议由SAC/TC15/SC1 秘书处王雅玲主持，与会代表对标准文本（草案）和工作方案的内容进行了讨论，提出了修改建议，明确了下一步的工作方向。经讨论，最终达成以下一致意见：

（1）会上成立标准工作小组

本标准由中国石油天然气股份有限公司石油化工研究院牵头制定，会上征集，其他起草单位有中国石化北京燕山高科公司、中国石油天然气股份有限公司辽阳石化分公司、中石化（北京）化工研究院有限公司燕山分公司、中国石油天然气股份有限公司独山子石化分公司研究院、国家能源集团宁夏煤业有限责任公司、中石化（北京）化工研究院有限公司、中国石化中原石油化工有限公司、宁波华泰盛富聚合材料有限公司等。

（2）确定验证试验方案

会上确定了针对ISO 24047:2021 列出的技术参数进行验证试验，同时组织国内精密度试验方案。会上征集了 10 家验证实验室，对 13 个不同种类和牌号的聚乙烯、聚丙烯样品进行验证试验。13 个精密度样品由中国石油、中国石化北京燕山高科公司、中国石化中原石油化工有限公司、中煤榆林能源化工股份有限公司提供，13 个精密度样品涵盖了石化来源和煤化工来源的聚乙烯、聚丙烯以及共聚样品。具体验证试验样品信息见表 4。

4.1.5 2025 年 2 月~3 月，收集不同型号的聚乙烯和聚丙烯样品，收集了不同牌号的PE、PP样品各约 16 个，16 种样品涵盖齐格勒纳塔催化剂、茂金属聚烯烃催化剂、铬系催化剂等三种不同催化剂体系生产的样品，用于样品前处理关键技术参数和仪器检测参数的验证。考察该实验方法的样品前处理步骤，检测步骤等相关内容是否适合国内样品和实验室，经过实验表明该方法适用于大部分聚乙烯和聚丙烯中金属含量的测定。编写国内精密度试验方案，搜集 13 种不同种类的样品开展精密度试验，召集 10 家实验室：中国石化北京燕山高科公司、中国石油天然气股份有限公司辽阳石化分公司、中石化（北京）化工研究院有限公司燕山分公司、中国石油天然气股份有限公司独山子石化分公司研究院、国家能源集团宁夏煤业有限责任公司、中石化（北京）化工研究院有限公司、中国石化中原石油化工有限公司、宁波华泰盛富聚合材料有限公司等单位参加国内精密

度试验。将 13 个样品邮寄到各个精密度实验室开展国内精密度试验。

4.1.6 2025 年 4 月~5 月，搜集 20 余种不同类型的样品开展该方法的适用性验证。考察方法的重复性和稳定性。

4.1.7 2025 年 6~7 月，起草工作组根据收集试验数据情况，对照国际标准 ISO 24047:2021，并按照 GB/T 1.1-2020“标准化工作导则”的有关标准编写基本规定，编写了《塑料 聚乙烯（PE）和聚丙烯（PP）树脂中金属含量的测定 电感耦合等离子体发射光谱法》的征求意见稿、编制说明、试验报告等材料。

4.2 征求意见阶段

4.2.1 2025 年 8 月~9 月，对标准进行了征求意见，SAC/TC15/SC1 在全国标准信息公共服务平台发布标准征求意见材料，同时向委员和观察员单位及其他相关单位等发送标准征求意见材料，向社会各方面广泛征求意见。

4.2.2 2025 年 9 月，发送“征求意见稿”的单位数**个，收到“征求意见稿”后回函的单位数**个，收到“征求意见稿”后回函并有意见的单位数**个，没有回函的单位数**个。收到意见**条，其中采纳意见**条，部分采纳**条，未采纳意见**条。起草工作组根据征求意见回函的意见，修改标准文本和编制说明，形成送审稿，提交秘书处。

4.3 送审阶段

2025 年**月**~**日，SAC/TC15/SC1 分会召开**审查会，对标准送审材料进行了通报和审查。SAC/TC15/SC1 分会注册委员**人，参会参与投票的委员及委员代表共**人，赞成**人，标准投票赞成率为**%，符合通过审查的规定。审查通过，具体情况及修改意见详见审查会会议纪要。

4.4 报批阶段

4.4.1 起草单位根据年会审查意见，对标准文本、编制说明等材料进行了修改，形成报批材料，提交归口单位。

4.4.2 2025 年**月，TC15/SC1 秘书处上报该标准的报批材料。

4.5 主要起草单位和起草人及主要工作

起草单位：中国石油天然气股份有限公司石油化工研究院、、、、.....。

主要起草人：杨晓彦、、、、.....。

主要起草人按工作分工，互相配合，完成了标准修订各阶段工作，主要工作情况：

二、标准编制原则和工作方案

1. 标准编制原则

本标准本着积极采用国际标准；符合用户要求，保护消费者利益，促进对外贸易的原则；科学性、先进性、统一性的原则；标准科学合理，技术先进，具有可操作性的原则。充分考虑我国国情，与国际先进水平接轨。在编写方面符合GB/T 1.1—2020《标准化工作导则第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的有关标准编写基本规定，符合GB/T 1.2—2020《标准化工作导则第2部分：以ISO/IEC标准化文件为基础的标准化文件起草规则》及其他相关标准的要求，并与我国有关的法律、法规和相关标准保持协调一致。

本文件修改采用ISO 24047:2021，以ISO 24047:2021为基础提出制定的方案。ISO标准采标可尽快提高我国标准与ISO标准技术一致性程度，以适应国际贸易、国内贸易及期货市场发展需求。

2. 标准技术内容确认

2.1 适用范围

本文件描述了采用电感耦合等离子体发射光谱（ICP-OES）法测定聚乙烯（PE）、聚丙烯（PP）树脂中金属含量的方法。

本文件适用于聚乙烯（PE）、聚丙烯（PP）树脂及其共聚物和共混物中的金属元素的检测。项目组广泛搜集聚乙烯和聚丙烯样品确定了该方法适合不同催化剂体系生产的聚乙烯和聚丙烯树脂，同时适合乙烯丙烯共聚物和共混物中金属元素的检测。

本文件检测的金属元素种类有镁、铝、钙、锌、铬、钛、铁、镉、铜、铅、镉等11个金属元素，本文件与SH/T 1829-2020相比，增加了铁、镉、铜、铅、镉五种金属含量的检测，使得标准的检测范围更加广泛。

本文件同时列出了不适用于易挥发性汞元素含量的检测。因为本方法的样品前处理温度较高，汞元素在高温下会挥发导致结果偏低，无法准确测定。

2.2 规范性引用文件

将引用的国际标准转化为相应的国家标准，用规范性引用的GB/T 9345.1代替了ISO 3451-1；用规范性引用的GB/T 12806代替了ISO 1042；用规范性引用的GB/T 12808代替了ISO 648，以适应我国的技术条件，增加可操作性。

同时增加了规范性引用文件GB/T 6682，以适应我国的技术条件，使操作更准确。对试验所使用的水进行描述，同时对试验室所用的水的级别进行要求，目的是为了降低

试验用水中金属元素对检测的干扰。

2.3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

2.4 原理

PE和PP样品经过灰化和消解后，样品中的金属元素溶解在水溶液中。水溶液经过雾化器雾化后以气溶胶的形式进入到 ICP-OES中。在高温下，等离子体将溶液中的金属元素原子化，并发射出特征光谱。发射强度与元素浓度成正比。通过比较样品和标准曲线中金属元素的发射强度，计算样品中金属元素的含量。

该部分简述了样品前处理和检测的流程，同时从仪器检测原理上说明对ICP-OES对试样溶液中的金属元素进行定性、定量检测的原因。

2.5 试剂与材料

增加了水的规格要求，ISO 24047:2021 中规定了使用蒸馏水或者同等纯度的水，并未对试验用水提出具体的规格，项目组对多个实验室进行调研，发现符合GB/T 6682 规定的二级及以上级别的水符合ICP-OES检测用水，且不会对样品中金属元素的检测产生干扰，因此本文件增加了试验用水的规格要求。

与ISO 24047:2021 相比，本文件增加了氩气的纯度要求，用于满足ICP-OES对点火和检测过程中的氩气环境的要求，若氩气过低时，仪器无法正常点火和检测。

本文件与SH/T 1829-2020 相比，删除了盐酸的使用。盐酸和硝酸的用途是清洗烧杯和溶解灰分残渣，两者用途一致，但硝酸在国内属于易制爆管控试剂，盐酸在国内属于易制毒管制试剂，SH/T 1829-2020 要求使用这两种试剂进行试验，给标准的使用推广带来一定难度。ISO 24047:2021 使用硝酸进行清洗烧杯和溶解灰分残渣，经过综合考虑，本文件参考ISO 24047，保留硝酸的使用，删除盐酸的使用。本文件对硝酸的要求密度为 1.42 g/mL，且为分析纯及以上纯度的试剂，与SH/T 1829-2020 要求一致。

2.6 仪器

本文件对试验过程中使用到的电感耦合等离子体发射光谱仪的要求进行了描述，确定了仪器的波长范围，基本覆盖市场上大部分的ICP-OES仪器。

本文件对分析天平的精度进行了确定，分析天平精度不够时会影响样品质量的测定，从而影响样品中金属元素含量的计算。

本文件对烧杯的材质和体积进行了描述，由于样品前处理需要在高温下进行，故烧杯需要使用耐高温的石英材质。

本文件对电热板和马弗炉的使用温度进行了描述，同时也给出了温控的偏差范围，增加用户的可操作性。

本文件描述了移液管和容量瓶的材质、体积和质量进行了要求，减少因移液管和容量瓶的精度带来的标准溶液配置过程中的误差。

2.7 准备工作

将ISO 24047:2021 中的第七章题目从样品准备更改为准备工作，因为该部分内容不仅包含样品的准备，还包含试验过程用到的烧杯的清洗工作。

增加了烧杯的清洗的具体步骤：将 10 mL清洗剂倒入烧杯中，将烧杯置于电热板上煮沸 10 min，取下烧杯，待其冷却至室温后倒出清洗液，用水将烧杯冲洗干净，烘干后，放入干燥器中备用。避免因用户烧杯清洗不干净导致检测结果出现偏差。

本文件与SH/T 1829-2020 相比，制备标准工作溶液时增加了浓度为 0.50 mg/L 的标准工作溶液的制备，使得使用该标准曲线检测低浓度的金属元素含量时更加准确。

2.8 实验步骤

本文件在表 1 中增加了一个镁元素推荐使用的谱线波长 285.213nm，增加用户选择性，其余内容与ISO 24047:2021 保持一致。针对ISO 24047:2021 推荐的待测元素的波长是否适用我国用户，项目组调研了炼厂、研究机构等多家使用ICP-OES的企业，用户表示ISO 24047:2021 推荐的待测元素谱线波长大部分为实验室常用波长，同时部分用户提出可以增加镁元素的另一个波长 285.213nm进行检测，部分实验室使用镁元素的 285.213nm检测镁元素的含量。项目组开展了相关试验验证不同波长下镁元素含量的检测，两个波长下检测的镁元素的含量一致。

2.9 结果表示

更改了试样中的微量元素含量的计算公式，ISO 24047:2021 的公式 1 中V代表稀释后的总体积，并未列出总体积的计算步骤，项目组在采标过程中在公式中增加了稀释倍数，使涉及到样品稀释条件时的计算更明确。

2.10 精密度

本文件列出了镁、铝、钙、锌、铬、钛六种元素的精密度数据，剩余的Fe、Sb、Cu、Pb、Cd元素由于在样品中含量很低，无法获得足够的计算元素的精密度。

ISO 24047:2021 的精密度是 10 家实验室对 13 种不同种类的聚乙烯和聚丙烯样品检测得到。SH/T 1829-2020 的精密度是 9 家实验室对 13 种不同种类的聚乙烯和聚丙烯样品检测得到。

2.11 试验报告

增加了有关试样的全部信息的具体要求，在试验报告中需描述试样名称、批号、采样地点、采样日期、采样时间等相关内容，使试验报告的信息更加完整。

试验报告包含了分析结果的一次测试值及其平均值，便于用户跟踪原始数据。同时列出在实验过程中出现的偏差现象和异常现象均需要写入试验报告，使得用户可以查找检测过程中的异常信息。

2.12 附录 A

本文件的附录列出了镁、铝、钙、锌、铬、钛六种元素的精密度数据，包含样品的代号、元素的平均值、实验室数、重复性标准偏差、再现性标准偏差、重复性限、再现性限等信息。Fe、Sb、Cu、Pb、Cd元素由于在样品中含量很低，无法获得足够的数据计算元素的精密度。

2.13 参考文献

根据GB/T 1.1—2020 的要求，起草有一致性对应关系的国家标准化文件的“参考文献”时，不应直接纳入ISO标准化文件中“参考文献”的文件清单，而是需要根据国家标准化文件中资料引用的文件进行重新编写。因此，需要将ISO 5725-2 对应的国标GB/T 6379.2 列入参考文献清单中。

3. 关于标准文本的说明

本文件修改采用国际标准ISO 24047:2021《塑料 热塑性聚乙烯和聚丙烯树脂 金属含量的测定电感耦合等离子体发射光谱法》。

本文件与ISO 24047:2021 相比主要的技术差异及其原因如下：

- a) 增加了试验用水的要求及 GB/T 6682 的规范性引用（见征求意见稿第 5 章），降低水中金属元素干扰；
- b) 增加了氩气（见征求意见稿 5.4），明确氩气纯度要求；
- c) 用规范性引用的 GB/T 12808 替换了 ISO 648（见征求意见稿 6.7），以适应我国的技术条件，增加可操作性；
- d) 用规范性引用的 GB/T 12806 替换了 ISO 1042（见征求意见稿 6.9），以适应我国的技术条件，增加可操作性；
- e) 增加了使用清洗剂清洗烧杯的操作（见征求意见稿 7.1），使操作更准确；
- f) 用规范性引用的 GB/T 9345.1 替换了 ISO 3451-1（见征求意见稿 7.3.3），以适应我国的技术条件，增加可操作性；
- g) 增加了镁元素推荐使用的谱线波长（见征求意见稿表 1），增加用户选择性；
- h) 更改了元素含量计算公式（见征求意见稿第 9 章），使涉及到样品稀释条件时的计算更明确；
- i) 增加了试验报告内容的要求（见征求意见稿第 11 章），使报告信息更完整。

三、主要验证试验的分析

1. 清洗烧杯试验验证

ISO 24047:2021 中用体积分数为 10%的硝酸水溶液作为清洗剂清洗烧杯，但未给出具体的操作步骤，本项目在进行采标时补充了烧杯的清洗步骤：将 10 mL清洗剂倒入烧杯中，将烧杯置于电热板上煮沸 10 min，取下烧杯，待其冷却至室温后倒出清洗液，用水将烧杯冲洗干净，烘干后，放入干燥器中备用。

用电热板将清洗剂煮沸的原因是加热后清洗剂蒸发，遇到烧杯顶部时由于温度降低，挥发的清洗剂在烧杯壁进行冷凝，可以更好的清洗整个烧杯，避免烧杯中金属元素的残留，影响后续检测。待烧杯中清洗剂煮沸约 10min后取下烧杯，用符合GB/T 6682 的二级水或更高级别的水将烧杯清洗干净，避免金属元素残留影响后续测试。烧杯经过该流程清洗后，烧杯内残留的金属元素含量对后续的检测不产生干扰。

2. 样品前处理条件试验验证

项目组针对ISO 24047:2021 列出的样品前处理条件（见表 4）进行验证。

项目组选取 16 种不同种类的聚乙烯和聚丙烯样品用于样品前处理条件试验验证。16 种样品涵盖三种不同催化剂体系：齐格勒纳塔催化剂、茂金属聚烯烃催化剂和铬系催化剂体系生产的聚乙烯和聚丙烯样品。

项目组针对表 4 给出的样品前处理技术参数对以上 16 种样品进行处理，确定取样量为 25g，定容体积为 25mL时符合大部分样品中镁、铝、钙、锌、铬、钛元素的浓度检测要求，但由于树脂中铁、锡、铜、铅、镉的残留浓度非常小，实际使用该样品量和定容体积检测的以上浓度含量均低于 0.5 mg/kg。

项目组考察了灰化温度 750℃，灰化时间为不超过 3h，在这个灰化温度下大部分样品在 3h内均会灰化完全，表明ISO24047 列出的灰化温度和时间满足大部分样品的样品前处理需求。三种催化剂生产的聚乙烯和聚丙烯树脂中微量元素含量测定结果见表 5-表 7。

表 4 样品前处理技术参数

样品量	25g
灰化温度	750℃
灰化时间	≤3h
消解液	5mL硝酸和 5mL水
定容体积	25mL

经过验证，ISO 24047:2021 列出的样品前处理条件适用于大部分的聚乙烯和聚丙烯树脂中微量金属元素含量的检测，经处理后检测的数据重复性好，表明该处理条件适合大部分的聚乙烯和聚丙烯样品。

3. 试样溶液制备过程验证

项目组同时考察了试样溶液的制备过程。样品经过灰化后的残渣，用表4推荐的5mL硝酸溶液和5mL的水组成的消解液对残渣进行消解。将消解液加入到装有残渣的烧杯中，放置电热板上加热，调节电热板温度，使溶液保持微沸，蒸发溶液至1mL，取下石英杯，冷却至室温（待溶液蒸发至1mL的目的是为了保持试样溶液中酸的含量跟标准溶液中3%-5%硝酸含量保持一致）。将试液转移至25mL容量瓶中，用水冲洗烧杯至少三次，冲洗液均倒入容量瓶中，用水将试液稀释至刻度，摇匀待测。

用以上16种不同种类的样品验证以上样品溶液的制备过程，经观察用5mL硝酸和5mL水组成的消解液进行消解时效果最佳，可以消解大部分的样品灰化后的残渣，从实验现象总结出该消解过程适合大部分样品残渣的消解。若树脂样品中含有硅元素，则会出现试样残渣不能完全消解的现象，可将浑浊的试样溶液能放置过夜使其沉淀，或离心分离获得上层清液，文本中也增加了“注”进行说明。三种催化剂生产的聚乙烯和聚丙烯树脂中微量元素含量测定结果见表5-表7。

经过验证，ISO 24047:2021 列出试样溶液的制备过程适用于大部分的聚乙烯和聚丙烯树脂样品。

表5 齐格勒纳塔催化剂体系生产的聚乙烯和聚丙烯树脂中金属含量测试结果

单位：mg/kg

树脂标号	Mg	Al	Ca	Zn	Ti	Cr、Fe、Sb、Cu、 Pb、Cd
S1	5.14	6.82	93.82	<0.5	1.40	<0.5
	5.19	6.87	94.43	<0.5	1.40	
S2	4.37	24.95	23.25	42.05	2.26	
	4.13	23.56	22.96	40.29	2.09	
S3	3.62	30.99	61.39	<0.5	0.81	
	3.66	31.36	60.53	<0.5	0.77	
S4	35.61	44.30	5.64	<0.5	0.90	

	33.94	44.98	5.40	<0.5	0.87	
S5	4.46	60.04	28.93	<0.5	0.59	
	4.46	60.73	28.56	<0.5	0.59	
S6	13.16	25.33	39.17	65.50	4.51	
	13.07	25.32	38.69	64.44	4.47	

表 6 茂金属聚烯烃催化剂体系生产的聚乙烯和聚丙烯树脂中金属含量测试结果

单位: mg/kg

树脂型号	Mg	Al	Ca	Zn	Cr、Ti、Fe、Sb、 Cu、Pb、Cd
S7	55.43	1.54	5.76	8.62	<0.5
	57.37	1.60	4.92	8.34	
S8	<0.5	1.02	6.78	<0.5	
	<0.5	1.05	6.80	<0.5	
S9	<0.5	46.47	0.70	<0.5	
	<0.5	45.23	0.65	<0.5	
S10	<0.5	1.31	16.43	0.58	
	<0.5	1.35	18.21	0.59	
S11	<0.5	111.4	3.90	<0.5	
	<0.5	110.3	3.89	<0.5	
S12	<0.5	0.84	20.84	<0.5	
	<0.5	0.91	18.64	<0.5	
S13	0.68	8.62	44.27	134.5	
	0.72	8.77	44.59	129.4	

表 7 铬系催化剂体系生产的聚乙烯中金属含量测试结果

单位: mg/kg

树脂型号	Mg	Al	Ca	Zn	Cr	Ti	Fe、Sb、Cu、 Pb、Cd
S14	0.67	1.54	103.7	78.65	0.82	<0.5	<0.5
	0.68	1.60	104.0	79.48	0.82	<0.5	
S15	4.38	2.67	9.75	42.05	<0.5	0.52	
	4.11	2.73	9.35	40.29	<0.5	0.56	
S16	4.79	3.12	13.04	<0.5	<0.5	1.02	
	4.57	3.01	13.23	<0.5	<0.5	1.10	

4. 仪器推荐检测参数验证

项目组选取镁浓度为 10mg/kg 的试样溶液用于考察 ISO 24047:2021 列出的电感耦合等离子体发射光谱仪推荐测试参数仪器见表 8，评估仪器的设定值是否可靠。

表 8 电感耦合等离子体发射光谱仪推荐测试参数

工作参数	设定值
功率, kW	1.50 ± 0.01
等离子气流量, L/min	16.0 ± 0.5
辅助气流量, L/min	0.5 ± 0.1
雾化气流量, L/min	0.80 ± 0.05
泵速, mL/min	1.5
注: 用户能根据仪器制造商的建议选择其它合适的参数进行测定。	

4.1 仪器功率验证

变换不同的功率, 检测镁元素在不同功率下的信号强度, 具体测试结果见表 9。

表 9 仪器功率与测试元素信号强度

仪器功率	信号强度
1.3kW	94726.2
1.4kW	100494.2
1.5kW	106326.9
1.6kW	107189.3

仪器功率越高测试越准确，但仪器功率过高会降低仪器使用寿命，ISO 24047:2021 给出的 1.5kW 的功率是合理的。

4.2 仪器等离子气流量的选择

在验证仪器功率后，项目组一步验证了仪器等离子气流量的参数，具体数据见表 10。

表 10 仪器等离子气流量与测试元素信号强度

等离子气流量/ L/min	强度
10	103507
11	103902
12	104450
13	104985
14	104958
15	103466
16	106582
17	103651

通过数据对比，ISO 24047:2021 给出的等离子气流量为 16 L/min 是合理的。

4.3 仪器辅助气流量的选择

在确定仪器功率和等离子气的参数后，进一步确定了仪器辅助气流量的参数，具体数据见表 11。

表 11 仪器等离子气流量与测试元素信号强度

辅助气流量/ L/min	强度
0.2	103681
0.3	108564
0.4	113346
0.5	122097
0.6	121013
0.7	120068
0.8	120457
0.9	120181
1.0	120110

通过数据对比，ISO 24047:2021 给出辅助气流量为 0.5 L/min是合理的。

4.4 仪器雾化器流量的选择

在验证仪器功率、等离子气流量、辅助气流量后，项目组进一步验证仪器雾化器气流量的参数，具体数据见表 12。

表 12 仪器等雾化气流量与测试元素信号强度

雾化气流量/ L/min	强度
0.7	102060
0.8	121598
0.9	114632
1.0	108928
1.1	102872
1.2	104024
1.3	105009

通过数据对比，ISO 24047:2021 给出雾化器流量为 0.8 L/min是合理的。

4.5 仪器泵速流量的选择

在确定仪器功率、等离子气流量、辅助气流量、雾化器流量后，进一步验证泵速的参数，具体数据见表 13。

表 13 仪器泵速与测试元素信号强度

泵速/ mL/min	强度
1.3	98143
1.4	102155
1.5	117950
1.6	123418
1.7	126758
1.8	131935
1.9	140996
2.0	143179
2.1	151169

从表中数据可以看出泵速越高，镁元素信号越大，但泵速过高过快会导致等离子火炬不稳定，影响测试准确性，综合考虑ISO 24047:2021 给出泵速为 1.5mL/min是合理的。

4.6 待测元素推荐波长验证

针对ISO 24047:2021 推荐的待测元素的波长是否适用我国用户,项目组调研了炼厂、研究机构等多家使用ICP-OES的企业,用户表示ISO 24047:2021 推荐的待测元素谱线波长大部分为实验室常用波长,同时部分用户提出可以增加镁元素的另一个波长285.213nm进行检测,部分实验室使用镁元素的285.213nm检测镁元素的含量。项目组开展了相关试验验证不同波长下镁元素含量的检测,具体检测结果见表14。

表 14 不同波长下镁元素含量检测

样品	镁 (279.553nm)	镁 (285.213nm)
S17	18.06	18.76
S18	21.08	21.67
S19	13.72	13.57
S20	6.78	6.85
S21	38.16	37.80

通过对比5个样品中镁元素在不同波长下的检测数据可以看出,两个波长下的镁元素含量基本一致。因此将镁元素的推荐检测波长进行了拓展,增加了285.213nm的镁元素推荐波长,具体待测元素推荐使用的谱线波长见表15。

表 15 待测元素和推荐使用的谱线波长

元素	波长/nm
镁 (Mg)	279.553, 285.213
铝 (Al)	396.153
钙 (Ca)	317.933
锌 (Zn)	206.200
铬 (Cr)	267.716
钛 (Ti)	334.941
铁 (Fe)	238.204
锑 (Sb)	206.836
铜 (Cu)	324.752
铅 (Pb)	220.353
镉 (Cd)	228.802

注: 用户能根据仪器制造商的建议选择其它合适的波长进行测定。

5. 方法适用性验证

为了验证该实验方法是否适合大部分聚丙烯和聚乙烯样品，项目组选取另外 19 种不同牌号的树脂样品进行验证实验，19 种聚丙烯样品涵盖粉料、粒料以及改性的管材料（具体样品信息见表 16），以保证该标准方法适合于绝大多数的聚乙烯和聚丙烯数值中金属元素的测定。19 种样品经过样品前处理实验后金属元素全部转移到无机溶液中，表明该标准的样品前处理试验条件，仪器检测参数的设置适合聚乙烯及聚丙烯粉料、粒料及其改性管材料。具体实验结果见表 17。

表 16 验证实验样品信息

树脂牌号	树脂种类	用途	生产厂家
50100	PE	中空	卡塔尔石化
DFDA7042H	PE	线性膜料	兰州石化
K9928H	PP	抗冲	独山子石化
218W	PE	膜料	沙比克
R200P	PP	无规管材	晓星
5416K	PP	无规管材	巴塞尔
RA7050-绿	PP	管材	北欧化工
34090LSH	PE	管材	北欧化工
AW564	PP	抗冲	新加坡TPC
P6006	PE	管材	沙贝克
EP548R	PP	抗冲	巴塞尔
TF1007	PP	膜料	独山子石化
3518PA	PE	线性	埃克森
ST868	PP	医用料	李长荣化工
SP980	PE	低压耐热	韩国LG
TR571	PE	低压大中空	菲利普
7000F	PE	膜料	泰国
RA7050-灰	PE	管材	北欧化工

表 17 方法适用性测试结果

树脂牌号	Mg	Ca	Zn	Al	Cr	Cr、Ti、Fe、 Sb、Cu、Pb、 Cd
S22	4.33	<0.5	<0.5	1.62	2.83	<0.5
S23	17.74	3.93	39.63	31.41	<0.5	<0.5
S24	6.01	60.41	<0.5	34.60	<0.5	<0.5
S25	4.76	<0.5	61.01	91.15	<0.5	<0.5
S26	5.98	46.72	0.96	42.86	<0.5	<0.5
S27	68.99	92.31	<0.5	60.97	<0.5	<0.5
S28	9.20	49.72	2380	32.00	1.30	<0.5
S29	2.88	98.11	2.77	8.99	<0.5	<0.5
S30	5.35	37.88	2.83	38.45	<0.5	<0.5
S31	4.99	39.22	20.42	29.81	<0.5	<0.5
S32	3.34	32.78	<0.5	59.89	<0.5	<0.5
S33	11.35	43.50	<0.5	65.91	<0.5	<0.5
S34	<0.5	1.97	853.5	10.53	<0.5	<0.5
S35	4.12	47.42	0.53	57.83	<0.5	<0.5
S36	1.35	114.6	89.99	<0.5	<0.5	<0.5
S37	3.78	33.05	42.78	24.49	<0.5	<0.5
S38	25.59	5.29	0.68	44.91	<0.5	<0.5
S39	9.28	<0.5	<0.5	4.18	4.32	<0.5
S40	17.28	97.83	<0.5	20.75	<0.5	<0.5
S41	4.83	47.01	5723	22.36	<0.5	<0.5

6. 国内精密度试验

ISO 24047:2021 列出了六种金属元素的精密度试验，项目组组织了国内实验室对其精密度，依据GB/T 6379.2-2004 测量方法与结果的准确度（正确度与精密度）第2部分：确定标准测量方法重复性与再现性的基本方法标准，组织该标准的国内精密度试验。

项目组征集 10 个实验室（编号为A-J，见表 18），对 13 个聚乙烯和聚丙烯试样进行测定（编号为S42-S54），详细信息见表 19，每个试样重复测定 2 次，参照GB/T 6379.2-2004 确定方法的精密度对数据进行计算。

参加精密度试验的 10 家实验室中实验室I与其它 9 家实验室差距较大，未通过柯克伦和格拉布斯检验，经过项目组研究决定予以剔除。13 个样品中S48 号样品的均匀性较差，导致金属元素在该样品中的残留不均匀，试验数据不一致，经过项目组研究决定予以剔除。

表 18 国内精密度实验室名单

实验室名称	ICP仪器型号
石油化工研究院（本部）	Avio 550
石油化工研究院大庆中心	PE 5300DV
中国石化北京燕山高科公司	Angilent 720
中国石油天然气股份有限公司辽阳石化分公司	PE2100
中国石油独山子石化分公司研究院	Themo , ICP RQ
中石化（北京）化工研究院有限公司燕山分公司	PE8300
中石化（北京）化工研究院有限公司	Angilent 720
国家能源集团宁夏煤业有限责任公司	赛默飞ICPA 7400
中国石化中原石油化工有限责任公司	PE 7000DV
宁波华泰盛富聚合材料有限公司	Avio 200

表 19 精密度样品信息

序号	样品名称	样品性质	生产厂家
S42	燕山三元共聚	共聚	燕山石化
S43	Exxon PE膜料	PE	EXXON
S44	PPL5D98D	PP	广西石化
S45	HDPE 昆仑	PE	大庆石化
S46	PP 昆仑	PP	兰州石化
S47	DFDC-7050 (MTO)	PE	中原石化
S48	PPR-MT35 (MTO)	PP	中原石化
S49	PPH-FL01 (MTO)	PP	中原石化
S50	PPB-TP09001 (弹性体)	PP	中煤榆林能源
S51	HMS 20200	PE	中煤榆林能源
S52	YM 40DC	PP	中煤榆林能源
S53	YC 6100M	PE	中煤榆林能源
S54	DMDB4506	PE	大庆石化

每个试样重复测定 2 次，参照 GB/T 6379.2-2004 确定方法的精密度，精密度原始数据见表 20-表 28，精密度计算结果见表 29-表 34。具体的精密度计算步骤详见实验报告。

表 20 实验室 A 精密度原始数据

单位为 mg/kg

样品	Fe	Cd	Ca	Mg	Al	Zn	Cu	Pb	Ti	Cr	Sb
S42	<0.5	<0.5	2.32	66.38	66.60	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	2.28	65.40	66.40	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
S43	<0.5	<0.5	2.88	<0.5	2.58	891.6	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	2.85	<0.5	2.25	895.8	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
S44	<0.5	<0.5	<0.5	47.48	44.73	<0.5	<0.5	<0.5	0.92	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	<0.5	48.34	44.24	<0.5	<0.5	<0.5	0.91	<0.5	<0.5
S45	<0.5	<0.5	110.50	17.16	18.06	0.56	<0.5	<0.5	4.21	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	118.50	16.92	17.91	0.52	<0.5	<0.5	4.32	<0.5	<0.5
S46	<0.5	<0.5	58.75	7.83	29.30	<0.5	<0.5	<0.5	0.80	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	56.33	7.43	27.57	<0.5	<0.5	<0.5	0.79	<0.5	<0.5
S47	1.94	<0.5	4.08	23.81	22.41	14.69	<0.5	<0.5	0.78	<0.5	<0.5
	1.74	<0.5	4.16	23.73	20.87	13.37	<0.5	<0.5	0.73	<0.5	<0.5
S49	<0.5	<0.5	0.96	1.66	6.14	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	0.94	1.65	6.15	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
S50	<0.5	<0.5	47.77	8.34	87.28	<0.5	<0.5	<0.5	1.70	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	48.46	8.56	89.57	<0.5	<0.5	<0.5	1.74	<0.5	<0.5
S51	<0.5	<0.5	2.61	4.91	22.63	56.53	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	2.64	5.01	22.05	55.65	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
S52	<0.5	<0.5	30.84	3.44	53.90	<0.5	<0.5	<0.5	0.51	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	30.29	3.38	55.09	<0.5	<0.5	<0.5	0.51	<0.5	<0.5
S53	<0.5	<0.5	59.47	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	2.52	1.68	<0.5
	<0.5	<0.5	58.06	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	3.18	1.70	<0.5
S54	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.55	<0.5	<0.5	<0.5	0.67	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.56	<0.5	<0.5	<0.5	0.67	<0.5	<0.5

表 21 实验室 B 精密度原始数据

单位为 mg/kg

样品	Fe	Cd	Ca	Mg	Al	Zn	Cu	Pb	Ti	Cr	Sb
S42	<0.5	<0.5	1.24	58.16	50.07	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	1.42	57.45	46.10	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
S43	<0.5	<0.5	3.72	0.72	1.47	920.00	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	3.39	0.79	1.40	950.00	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
S44	<0.5	<0.5	<0.5	49.06	43.24	<0.5	<0.5	<0.5	0.64	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	<0.5	49.62	47.12	<0.5	<0.5	<0.5	0.69	<0.5	<0.5
S45	<0.5	<0.5	85.61	13.24	16.07	0.66	<0.5	<0.5	3.70	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	88.95	13.72	17.09	0.94	<0.5	<0.5	3.63	<0.5	<0.5
S46	<0.5	<0.5	47.28	6.76	27.47	<0.5	<0.5	<0.5	0.63	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	45.15	6.65	27.99	<0.5	<0.5	<0.5	0.65	<0.5	<0.5
S47	1.38	<0.5	3.91	22.57	19.63	15.23	<0.5	<0.5	0.63	<0.5	<0.5
	1.17	<0.5	3.42	20.51	18.24	16.05	<0.5	<0.5	0.50	<0.5	<0.5
S49	<0.5	<0.5	1.17	1.68	5.57	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	1.15	1.72	5.03	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
S50	<0.5	<0.5	47.12	6.26	80.85	<0.5	<0.5	<0.5	1.46	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	48.84	5.65	74.29	<0.5	<0.5	<0.5	1.40	<0.5	<0.5
S51	<0.5	<0.5	2.72	4.96	23.21	56.75	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	2.84	4.55	22.95	54.43	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
S52	<0.5	<0.5	22.05	3.04	56.73	<0.5	<0.5	<0.5	0.62	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	20.12	2.82	58.70	<0.5	<0.5	<0.5	0.57	<0.5	<0.5
S53	<0.5	<0.5	42.74	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	2.75	1.22	<0.5
	<0.5	<0.5	43.36	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	2.32	1.10	<0.5
S54	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	1.08	<0.5	<0.5	<0.5	0.75	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	1.14	<0.5	<0.5	<0.5	0.74	<0.5	<0.5

表 22 实验室 C 精密度原始数据

单位为 mg/kg

样品	Fe	Cd	Ca	Mg	Al	Zn	Cu	Pb	Ti	Cr	Sb
S42	<0.5	<0.5	1.83	54.22	63.23	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	1.83	53.77	63.01	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
S43	<0.5	<0.5	2.24	<0.5	3.42	801.7	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	2.08	<0.5	3.43	806.9	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
S44	<0.5	<0.5	<0.5	45.44	47.02	<0.5	<0.5	<0.5	0.93	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	<0.5	45.67	47.28	<0.5	<0.5	<0.5	0.94	<0.5	<0.5
S45	<0.5	<0.5	106.0	16.40	18.41	0.86	<0.5	<0.5	4.56	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	108.3	16.79	18.86	0.87	<0.5	<0.5	4.61	<0.5	<0.5
S46	<0.5	<0.5	56.70	8.05	32.72	<0.5	<0.5	<0.5	0.86	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	56.31	8.10	32.82	<0.5	<0.5	<0.5	0.86	<0.5	<0.5
S47	1.38	<0.5	3.81	19.79	18.95	13.72	<0.5	<0.5	0.54	<0.5	<0.5
	1.17	<0.5	3.86	20.49	19.22	15.07	<0.5	<0.5	0.58	<0.5	<0.5
S49	<0.5	<0.5	0.96	1.71	6.73	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	1.04	1.70	6.66	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
S50	<0.5	<0.5	46.27	8.16	91.78	<0.5	<0.5	<0.5	1.73	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	45.75	8.41	89.91	<0.5	<0.5	<0.5	1.76	<0.5	<0.5
S51	<0.5	<0.5	2.70	5.12	20.16	42.48	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	2.69	5.06	20.78	45.01	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
S52	<0.5	<0.5	28.29	3.52	54.06	<0.5	<0.5	<0.5	0.56	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	28.38	3.60	54.65	<0.5	<0.5	<0.5	0.56	<0.5	<0.5
S53	<0.5	<0.5	53.60	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	2.88	1.70	<0.5
	<0.5	<0.5	52.95	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	2.86	1.71	<0.5
S54	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.80	<0.5	<0.5	<0.5	0.51	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.85	<0.5	<0.5	<0.5	0.52	<0.5	<0.5

表 23 实验室 D 精密度原始数据

单位为 mg/kg

样品	Fe	Cd	Ca	Mg	Al	Zn	Cu	Pb	Ti	Cr	Sb
S42	<0.5	<0.5	1.63	57.18	57.06	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	1.72	55.07	60.11	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
S43	<0.5	<0.5	2.04	<0.5	3.10	790.00	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	1.87	<0.5	2.67	830.00	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
S44	<0.5	<0.5	<0.5	45.67	41.77	<0.5	<0.5	<0.5	0.89	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	<0.5	48.15	42.39	<0.5	<0.5	<0.5	0.89	<0.5	<0.5
S45	<0.5	<0.5	98.36	13.58	16.67	0.98	<0.5	<0.5	3.94	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	102.3	13.49	16.70	0.56	<0.5	<0.5	3.53	<0.5	<0.5
S46	<0.5	<0.5	59.47	5.72	28.65	<0.5	<0.5	<0.5	0.74	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	58.46	6.74	28.46	<0.5	<0.5	<0.5	0.81	<0.5	<0.5
S47	1.38	<0.5	2.28	18.98	21.64	14.75	<0.5	<0.5	0.51	<0.5	<0.5
	1.17	<0.5	2.08	19.44	23.17	16.61	<0.5	<0.5	0.57	<0.5	<0.5
S49	<0.5	<0.5	0.54	2.20	5.32	6.98	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	0.52	1.25	5.77	12.80	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
S50	<0.5	<0.5	42.21	7.24	90.63	2.89	<0.5	<0.5	1.75	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	43.37	7.06	91.72	2.99	<0.5	<0.5	1.73	<0.5	<0.5
S51	<0.5	<0.5	1.25	4.23	20.20	52.77	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	1.26	3.98	19.91	49.14	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
S52	<0.5	<0.5	25.22	2.48	48.12	<0.5	<0.5	<0.5	0.59	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	26.27	2.75	48.92	<0.5	<0.5	<0.5	0.55	<0.5	<0.5
S53	<0.5	<0.5	50.85	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	3.28	1.61	<0.5
	<0.5	<0.5	46.17	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	2.93	1.49	<0.5
S54	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.95	<0.5	<0.5	<0.5	0.56	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.81	<0.5	<0.5	<0.5	0.52	<0.5	<0.5

表 24 实验室 E 精密度原始数据

单位为 mg/kg

样品	Fe	Cd	Ca	Mg	Al	Zn	Cu	Pb	Ti	Cr	Sb
S42	<0.5	<0.5	2.33	58.58	54.28	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	2.42	57.85	54.31	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
S43	<0.5	<0.5	2.38	1.39	2.90	715.0	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	2.47	1.37	2.25	733.6	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
S44	<0.5	<0.5	<0.5	47.56	37.23	<0.5	<0.5	<0.5	0.80	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	<0.5	48.93	38.97	<0.5	<0.5	<0.5	0.82	<0.5	<0.5
S45	<0.5	<0.5	104.5	15.09	16.32	0.50	<0.5	<0.5	4.38	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	105.9	15.00	16.32	0.52	<0.5	<0.5	4.26	<0.5	<0.5
S46	<0.5	<0.5	51.91	7.09	28.62	<0.5	<0.5	<0.5	0.80	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	53.09	7.59	28.84	<0.5	<0.5	<0.5	0.78	<0.5	<0.5
S47	1.38	<0.5	3.73	20.28	22.31	16.41	<0.5	<0.5	0.55	<0.5	<0.5
	1.17	<0.5	3.49	19.79	21.98	17.24	<0.5	<0.5	0.55	<0.5	<0.5
S49	<0.5	<0.5	1.46	1.45	5.70	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	1.50	1.48	5.50	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
S50	<0.5	<0.5	42.12	7.74	89.90	<0.5	<0.5	<0.5	1.70	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	42.19	7.72	91.95	<0.5	<0.5	<0.5	1.71	<0.5	<0.5
S51	<0.5	<0.5	2.18	4.25	23.27	41.52	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	2.97	4.25	23.91	43.62	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
S52	<0.5	<0.5	27.39	3.21	45.99	<0.5	<0.5	<0.5	0.54	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	28.58	3.25	45.20	<0.5	<0.5	<0.5	0.53	<0.5	<0.5
S53	<0.5	<0.5	48.77	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	3.06	1.50	<0.5
	<0.5	<0.5	51.27	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	3.22	1.60	<0.5
S54	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.78	<0.5	<0.5	<0.5	0.60	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.76	<0.5	<0.5	<0.5	0.63	<0.5	<0.5

表 25 实验室 F 精密度原始数据

单位为 mg/kg

样品	Fe	Cd	Ca	Mg	Al	Zn	Cu	Pb	Ti	Cr	Sb
S42	<0.5	<0.5	0.67	58.47	60.62	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	1.01	59.55	55.72	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
S43	<0.5	<0.5	2.65	<0.5	1.81	826.6	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	2.10	<0.5	1.22	814.2	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
S44	<0.5	<0.5	<0.5	48.51	43.12	<0.5	<0.5	<0.5	0.98	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	<0.5	46.23	43.47	<0.5	<0.5	<0.5	0.94	<0.5	<0.5
S45	<0.5	<0.5	106.7	15.86	16.48	0.75	<0.5	<0.5	4.72	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	102.5	15.59	16.89	0.83	<0.5	<0.5	4.57	<0.5	<0.5
S46	<0.5	<0.5	54.48	7.69	29.32	<0.5	<0.5	<0.5	0.90	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	52.16	7.78	29.62	<0.5	<0.5	<0.5	0.87	<0.5	<0.5
S47	1.38	<0.5	3.65	20.65	16.83	18.26	<0.5	<0.5	1.00	<0.5	<0.5
	1.17	<0.5	3.09	20.61	14.79	15.01	<0.5	<0.5	0.74	<0.5	<0.5
S49	<0.5	<0.5	0.91	1.86	6.12	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	0.88	1.78	6.15	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
S50	<0.5	<0.5	42.22	7.54	87.30	<0.5	<0.5	<0.5	1.76	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	42.88	7.85	85.94	<0.5	<0.5	<0.5	1.78	<0.5	<0.5
S51	<0.5	<0.5	2.88	4.70	17.97	39.99	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	2.53	4.79	17.02	41.75	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
S52	<0.5	<0.5	27.03	3.50	54.77	<0.5	<0.5	<0.5	0.58	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	28.38	3.87	56.88	<0.5	<0.5	<0.5	0.61	<0.5	<0.5
S53	<0.5	<0.5	53.01	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	3.52	1.72	<0.5
	<0.5	<0.5	50.46	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	3.43	1.83	<0.5
S54	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	1.04	<0.5	<0.5	<0.5	0.72	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	1.00	<0.5	<0.5	<0.5	0.79	<0.5	<0.5

表 26 实验室 G 精密度原始数据

单位为 mg/kg

样品	Fe	Cd	Ca	Mg	Al	Zn	Cu	Pb	Ti	Cr	Sb
S42	<0.5	<0.5	1.60	70.17	75.85	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	1.55	70.12	75.72	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
S43	<0.5	<0.5	2.45	0.76	2.61	722.8	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	2.43	0.72	2.57	722.4	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
S44	<0.5	<0.5	<0.5	56.38	44.70	<0.5	<0.5	<0.5	0.93	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	<0.5	56.34	44.52	<0.5	<0.5	<0.5	0.87	<0.5	<0.5
S45	<0.5	<0.5	118.05	18.88	20.50	0.82	<0.5	<0.5	5.07	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	118.11	18.72	20.32	0.76	<0.5	<0.5	5.12	<0.5	<0.5
S46	<0.5	<0.5	59.84	8.04	30.70	<0.5	<0.5	<0.5	1.03	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	59.78	8.12	31.14	<0.5	<0.5	<0.5	1.05	<0.5	<0.5
S47	1.38	<0.5	2.98	26.10	18.12	15.68	<0.5	<0.5	0.72	<0.5	<0.5
	1.17	<0.5	2.86	26.34	19.22	15.54	<0.5	<0.5	0.64	<0.5	<0.5
S49	<0.5	<0.5	0.52	2.25	7.05	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	0.55	2.19	7.14	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
S50	<0.5	<0.5	47.61	9.36	85.05	<0.5	<0.5	<0.5	1.87	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	47.57	9.32	88.26	<0.5	<0.5	<0.5	1.82	<0.5	<0.5
S51	<0.5	<0.5	1.50	4.67	16.28	63.31	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	1.46	4.61	16.16	62.14	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
S52	<0.5	<0.5	24.96	5.33	58.04	<0.5	<0.5	<0.5	0.65	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	24.88	5.27	57.82	<0.5	<0.5	<0.5	0.61	<0.5	<0.5
S53	<0.5	<0.5	49.90	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	3.93	1.22	<0.5
	<0.5	<0.5	49.78	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	3.86	1.20	<0.5
S54	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	1.19	<0.5	<0.5	<0.5	0.50	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	1.15	<0.5	<0.5	<0.5	0.54	<0.5	<0.5

表 27 实验室 H 精密度原始数据

单位为 mg/kg

样品	Fe	Cd	Ca	Mg	Al	Zn	Cu	Pb	Ti	Cr	Sb
S42	<0.5	<0.5	1.94	60.60	62.60	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	1.99	59.50	67.10	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
S43	<0.5	<0.5	1.86	<0.5	2.30	860.40	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	1.79	<0.5	2.80	850.90	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
S44	<0.5	<0.5	<0.5	50.90	52.60	<0.5	<0.5	<0.5	0.78	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	<0.5	48.50	50.00	<0.5	<0.5	<0.5	0.75	<0.5	<0.5
S45	<0.5	<0.5	104.90	17.90	20.20	1.00	<0.5	<0.5	4.30	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	108.90	16.40	19.00	1.10	<0.5	<0.5	3.80	<0.5	<0.5
S46	<0.5	<0.5	52.60	8.50	34.60	<0.5	<0.5	<0.5	0.88	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	52.50	7.20	33.30	<0.5	<0.5	<0.5	0.77	<0.5	<0.5
S47	1.38	<0.5	3.89	17.10	23.10	14.10	<0.5	<0.5	0.74	<0.5	<0.5
	1.17	<0.5	3.96	16.00	22.00	17.00	<0.5	<0.5	0.70	<0.5	<0.5
S49	<0.5	<0.5	0.86	1.10	6.80	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	0.81	1.70	7.00	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
S50	<0.5	<0.5	42.00	8.60	97.20	<0.5	<0.5	<0.5	1.10	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	41.90	8.00	96.90	<0.5	<0.5	<0.5	1.40	<0.5	<0.5
S51	<0.5	<0.5	1.48	4.50	23.70	57.50	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	1.49	4.10	23.60	50.90	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
S52	<0.5	<0.5	21.40	3.80	52.00	<0.5	<0.5	<0.5	0.55	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	21.10	3.20	51.80	<0.5	<0.5	<0.5	0.58	<0.5	<0.5
S53	<0.5	<0.5	42.50	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	2.70	1.50	<0.5
	<0.5	<0.5	42.60	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	2.30	1.60	<0.5
S54	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.88	<0.5	<0.5	<0.5	0.52	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.82	<0.5	<0.5	<0.5	0.52	<0.5	<0.5

表 28 实验室 J 精密度原始数据

单位为 mg/kg

样品	Fe	Cd	Ca	Mg	Al	Zn	Cu	Pb	Ti	Cr	Sb
S42	<0.5	<0.5	2.08	53.22	52.38	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	1.97	51.14	57.90	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
S43	<0.5	<0.5	1.98	<0.5	2.30	683.2	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	1.59	<0.5	2.33	695.3	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
S44	<0.5	<0.5	<0.5	36.88	47.33	<0.5	<0.5	<0.5	0.83	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	<0.5	32.84	41.61	<0.5	<0.5	<0.5	0.79	<0.5	<0.5
S45	<0.5	<0.5	108.9	15.62	16.58	0.78	<0.5	<0.5	4.05	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	103.2	16.93	17.62	0.83	<0.5	<0.5	4.40	<0.5	<0.5
S46	<0.5	<0.5	48.36	5.06	28.48	<0.5	<0.5	<0.5	0.79	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	49.33	6.11	28.04	<0.5	<0.5	<0.5	0.60	<0.5	<0.5
S47	1.38	<0.5	2.08	18.42	19.12	14.06	<0.5	<0.5	0.65	<0.5	<0.5
	1.17	<0.5	2.16	18.78	18.39	14.86	<0.5	<0.5	0.61	<0.5	<0.5
S49	<0.5	<0.5	1.05	1.29	8.34	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	1.07	1.30	8.37	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
S50	<0.5	<0.5	49.39	5.42	64.16	<0.5	<0.5	<0.5	1.70	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	49.01	5.47	66.35	<0.5	<0.5	<0.5	1.68	<0.5	<0.5
S51	<0.5	<0.5	1.30	3.95	19.67	39.13	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	1.66	4.18	19.73	46.90	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
S52	<0.5	<0.5	28.41	2.89	49.04	<0.5	<0.5	<0.5	0.51	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	28.01	2.90	48.95	<0.5	<0.5	<0.5	0.54	<0.5	<0.5
S53	<0.5	<0.5	41.76	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	2.41	1.25	<0.5
	<0.5	<0.5	44.56	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	2.57	1.27	<0.5
S54	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	1.51	<0.5	<0.5	<0.5	0.53	<0.5	<0.5
	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	1.42	<0.5	<0.5	<0.5	0.50	<0.5	<0.5

表 29 镁元素 m 、 S_r 、 S_R 、 r 、 R 值

样品号	实验室数	m	S_r	S_R	r	R
S49	9	1.67	0.266	0.330	0.75	0.93
S52	9	3.46	0.188	0.787	0.53	2.23
S51	9	4.55	0.161	0.393	0.46	1.11
S46	9	7.24	0.487	0.947	1.38	2.68
S50	9	7.59	0.233	1.250	0.66	3.54
S45	9	15.96	0.501	1.771	1.42	5.01
S47	9	20.74	0.605	2.887	1.71	8.17
S44	9	47.36	1.422	5.693	4.02	16.11
S42	9	59.27	0.861	5.668	2.44	16.04

表 30 铝元素 m 、 S_r 、 S_R 、 r 、 R 值

样品号	实验室数	m	S_r	S_R	r	R
S54	9	0.96	0.048	0.267	0.14	0.76
S43	9	2.41	0.271	0.651	0.77	1.84
S49	9	6.42	0.181	0.967	0.51	2.74
S45	9	17.78	0.471	1.513	1.33	4.28
S47	9	20.00	0.880	2.385	2.49	6.75
S51	9	21.23	0.810	3.607	2.29	10.21
S46	9	29.81	0.712	2.143	2.01	6.07
S44	9	44.52	1.801	3.791	5.10	10.73
S52	9	53.93	0.798	3.491	2.26	9.88
S42	9	61.06	2.587	4.959	7.32	14.03
S50	9	88.28	2.030	5.530	5.75	15.65

表 31 钙元素 m 、 S_r 、 S_R 、 r 、 R 值

样品号	实验室数	m	S_r	S_R	r	R
S49	9	0.94	0.028	0.297	0.08	0.84
S42	9	1.77	0.101	0.487	0.29	1.38
S51	9	2.12	0.223	0.684	0.63	1.94
S43	9	2.38	0.187	0.576	0.53	1.63
S47	9	3.30	0.195	0.752	0.55	2.13
S52	9	26.20	0.693	3.308	1.96	9.36
S50	9	45.37	0.560	3.005	1.58	8.50
S46	9	54.03	1.035	4.657	2.93	13.18
S45	9	105.57	3.018	8.945	8.54	25.31

表 32 锌元素 m 、 S_r 、 S_R 、 r 、 R 值

样品号	实验室数	m	S_r	S_R	r	R
S45	9	0.77	0.125	0.185	0.35	0.52
S47	9	15.43	1.248	1.311	3.53	3.71
S51	9	49.97	2.774	7.954	7.85	22.51
S43	9	806.13	13.500	82.928	38.20	234.69

表 33 铬元素 m 、 S_r 、 S_R 、 r 、 R 值

样品号	实验室数	m	S_r	S_R	r	R
S53	9	1.49	0.059	0.232	0.17	0.66

表 34 钛元素 m 、 S_r 、 S_R 、 r 、 R 值

样品号	实验室数	m	S_r	S_R	r	R
S52	9	0.56	0.021	0.042	0.06	0.12
S54	9	0.60	0.023	0.096	0.07	0.27
S47	9	0.64	0.071	0.127	0.20	0.36
S46	9	0.79	0.054	0.140	0.15	0.40
S44	9	0.86	0.023	0.096	0.07	0.27
S50	9	1.60	0.079	0.250	0.22	0.71
S53	9	2.95	0.222	0.492	0.63	1.39
S45	9	4.23	0.174	0.479	0.49	1.36

对比国内得到的精密度数据和 ISO 24047:2021 的精密度数据, 由于样品中各待测元素浓度不同, 检测的实验室数不同, 无法对国内外两组精密度数据进行精确的比较。例如当镁元素的平均值为 4mg/kg 左右时, 国内的 m 为 4.55mg/kg, r 为 0.46mg/kg, R 为 1.11mg/kg, ISO 24047:2021 中镁元素 m 为 4.86 mg/kg, r 为 0.37mg/kg, R 为 1.86 mg/kg, 国内实验室得到的镁精密度的重复性限比 ISO 24047:2021 对应的值大, 再现性限比 ISO 24047:2021 对应的值小。国内得到的各待测元素的精密度数据可以作为 ISO 24047:2021 精密度的补充供用户参考。

四、标准涉及专利的情况

本标准相关内容不涉及国内外专利及知识产权问题。

五、预期达到的社会效益等情况

该标准的修订不仅可保证聚乙烯和聚丙烯树脂产品质量提升, 为产品的流通和用户使用以及第三方检测机构提供统一的贸易依据及技术指导, 合理保护用户和企业的合法权益, 并且引领和规范该产品市场的发展, 促进技术进步, 具有显著的社会效益。

六、采用国际标准和国外先进标准情况

修改采用国际标准 ISO 24047:2021, Plastics — Polyethylene (PE) and polypropylene (PP) thermoplastics — Determination of metal content by ICP-OES。

七、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

本文件属于基础标准, 不涉及生产安全、环境保护、节约能源等方面的法律法规要求, 也不属于食品卫生安全、人身安全等强制性国家标准, 所以本标准与国家现行法律

法规和强制性国家标准规定没有相违背的地方。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

在本标准的制修订过程中，无重大分歧意见。

九、标准性质的建议说明

建议本标准性质为推荐性国家标准。

十、贯彻标准的要求和措施建议

1. 建议标准实施日期为：自发布起 6 个月。

2. 应在实施前保证标准文本的充足供应，使产品上下游企业、科研院所及检测机构等相关方都能及时获得本标准文本。

3. 本标准不仅与生产企业有关，而且与用户、检测机构等相关。

4. 针对标准使用的不同对象，有侧重点地进行标准的培训和宣贯。建议在相关行业会议上介绍该标准的内容，使业内各企业熟悉该标准。

十一、修订或废止其他有关标准的建议及说明

标准发布后可废止SH/T 1829-2020《塑料 聚乙烯和聚丙烯树脂中微量元素含量的测定 电感耦合等离子体发射光谱法》，本文件已涵盖SH/T 1829-2020 规定的内容。

十二、其他应予说明的事项

无

十三、公平竞争审查条例

本标准符合公平竞争审查条例，无违反公平竞争条例的内容。