

制定《高纯磷酸锆》国家标准 编制说明

(征求意见稿)

《高纯磷酸锆》国家标准起草小组

2025 年 6 月

制定《高纯磷酸锆》国家标准编制说明

（征求意见稿）

一、工作简况

（一）任务来源

根据国标委发[2024]60号《国家标准化管理委员会关于下达2024年第十批推荐性国家标准计划及相关标准外文版计划的通知》，由四川省化工质量安全检测研究院牵头完成《高纯磷酸锆》国家标准制定工作，计划号：20243718-T-606，完成时间：2026年。

该标准由四川省化工质量安全检测研究院、绵竹耀隆化工有限公司、中海油天津化工研究设计院有限公司、四川亩心新材料有限公司等单位共同起草。由全国化学标准化技术委员会（SAC/TC63）归口、全国化学标准化技术委员会无机化工分会技术委员会（SAC/TC 63/SC 1）负责执行。

（二）标准制定背景

磷酸锆（又称磷酸氢锆）是近年逐步发展起来的一种新型多功能介孔材料，具有层状化合物的共性，化学稳定性高。该材料既具有像离子交换树脂一样的离子交换性能，又具有像沸石一样的择形吸附和催化性能，具有较高的热稳定性、耐酸碱性和机械强度。磷酸锆作为多功能材料在材料学、化学、光学、电子学、环境学、医学（血液透析）等诸多领域具有巨大的应用价值。随着磷酸锆生产工艺水平的持续提高，国内技术的突破，加速了磷酸锆生产规模化产业化的步伐。与此同时，在环保、新材料等领域需求的不断深化与拓展，使得国内外市场对磷酸锆的需求与日俱增。目前国内外尚无统一的高纯磷酸锆标准，产品的性能评价方法及质量评价存在较大差异，给生产和使用带来不便，制约了磷酸锆产品的持续发展和在各领域应用。本次高纯磷酸锆标准的制定，依据厂家磷酸锆生产工艺和用户的需求，设置关键性指标，对规范产品质量、满足国内外用户使用、优化产业结构、提高我国产品在国际市场竞争力具有十分重要的作用。本标准的实施可以进一步提升我国磷酸锆产品质量和产量，促进磷酸锆产品在新能源、催化剂和新材料等诸多高端制造领域的应用，可逐步实现替代国外产品，依靠进口卡脖子的局面将会得到有效扭转，进而补充完善我国高端制造业关键技术产业链的完整性。

（三）产品情况

1) 产品概况

产品性质 磷酸锆也称为磷酸氢锆，化学式为 $\text{Zr}(\text{HPO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ，有 α 、 γ 2种结构。磷酸锆外观为白色粉末状，白色粉末，不溶于水和有机溶剂，能耐较强的酸和一定的碱。具有较大的比表面积和表面电荷，是一种较强的固体酸，具备良好的离子交换特性。同时耐酸碱性好，具有较高的热稳定性和力学强度。磷酸锆分子结构见图1。

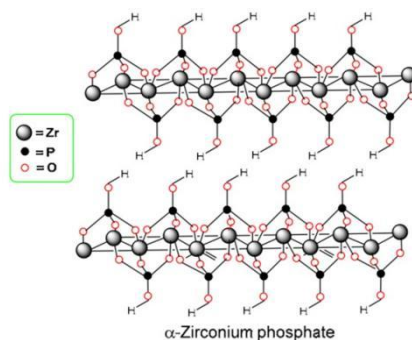


图1 磷酸锆分子结构

用途 高纯磷酸锆是近年逐步发展起来的一种新型多功能介孔材料，该材料具有耐酸碱性、热稳定性好、比表面积大、离子交换性能好的特点，可作为催化剂、吸附剂等在许多行业和领域得到了广泛的应用。主要应用领域为：

- a) **催化剂领域：**用于制备磷酸锆及其衍生物催化剂，在多数有机反应中比常规催化剂均体现出优异性能。
- b) **新能源领域：**高纯磷酸锆是理想的锂电池负极材料。同时在氢能燃料电池、锂离子质子交换复合膜、超级电容器、氢能技术上应用都在开发推广。
- c) **环保领域：**高纯磷酸锆具备优异的结构稳定性和耐辐照性、良好的离子交换性、离子识别性和选择分离性及快速动力学过程，非常适合核废料的净化处理。
- d) **三废处理领域：**高纯磷酸锆比表面积大，吸附能力强，且具有离子交换功能，在废水废气净化方面效果显著，逐渐得到环保领域认可，应用规模有望持续扩大。
- e) **材料学领域：**高纯磷酸锆具有良好的机械强度、高比表面积，表面活性中心多，在与聚合物复合时能产生强界面作用，具有良好的阻燃性能和力学性能，是优质的阻燃材料。
- f) **其他领域：**高纯磷酸锆还广泛应于染料敏化太阳电池、抗菌领域、润滑油，润滑脂、陶瓷、甚至医学领域用作肾透析材料等诸多领域。

2) 生产方法

a) **溶胶-凝胶法：**将 $\text{ZrOCl}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 溶于一定浓度的盐酸中，并缓慢滴加至盐酸和磷酸的混合液中，制得磷酸锆凝胶，再将溶胶分散于磷酸中，回流制得磷酸锆。此法的缺点是使用盐酸会产生有毒气体。

b) **水热法：**由 ZrO_2 和一定浓度的 H_3PO_4 在高压釜中反应，控制 P_2O_5 : ZrO_2 的摩尔比为 1: 2，水热反应温度为 $175^\circ\text{C} \sim 200^\circ\text{C}$ ，水蒸气压大于 1 MPa，制得磷酸锆。其缺点是生产工艺不易控制。

c) **直接沉淀法：**用氢氟酸先与氧氯化锆反应形成锆的配合物 ($[\text{ZrF}_6]^{2-}$)，其在一定条件下会发生分解，然后锆离子与磷酸反应生成磷酸锆沉淀，通过控制配合物的分解速度，控制磷酸锆的沉淀过程。其缺点是使用氢氟酸为有毒物质，很易挥发。

d) **以硫酸锆和磷酸为原料生产方法：**硫酸锆和磷酸在反应釜中发生反应，再经过冷却结晶析出磷酸锆。生产工艺包括原料预处理、中和反应、冷却结晶、离心分离、烘干、计量包装和母液处

理七个工序。该工艺在常压低温下生产，没有安全隐患；工艺简单，原辅料不涉及有毒有害物质；且解决了磷酸锆不能规模化产业化生产的难题。绵竹耀隆化工有限公司采用此生产工艺。

（四）主要工作过程

1、起草阶段（2024.12~2025.6）

1) 组建起草工作组

由四川省化工质量安全检测研究院、绵竹耀隆化工有限公司、中海油天津化工研究设计院有限公司、四川亩心新材料有限公司等单位组成起草标准工作组，制定工作计划，工作步骤及工作进度。

2) 工作组分工情况

天津院主要负责资料收集、编写文献小结、组织召开标准工作方案会、数据统计分析、编写标准各阶段草案、编制说明及相关附件等工作。其他单位负责提供试验方案、开展试验方法验证和数据统计、参加工作会讨论、对标准过程稿件提出修改意见、工作进度控制等工作。

本标准工作组根据实际情况，安排相关起草单位的起草人承担具体制定工作。

3) 开展调查研究

接到上级部门下达的制定国家标准计划后，于2024年12月~2025年1月进行了调研及资料准备工作。首先查阅了国内外标准及有关技术资料，并向生产、使用单位发函进行调查，广泛征求对标准制定工作的意见，在此基础上提出了文献小结。

2025年4月10日，无机化工分会技术委员会召集了四川省化工质量安全检测研究院、绵竹耀隆化工有限公司、中海油天津化工研究设计院有限公司、四川亩心新材料有限公司等单位，在四川省绵竹市召开制定标准工作方案会议。该会议对《高纯磷酸锆》国家标准的分类、用途、指标项目和指标参数、分析方法及检验规则、包装、贮存、运输等内容进行了深入、细致地讨论，提出了工作方案，并对各项工作任务及工作进度做了详细地安排。

2025年6月23日，四川省化工质量安全检测研究院与绵竹耀隆化工有限公司、四川亩心新材料有限公司等单位，在成都开展标准草案讨论会，结合企业实际生产情况对标准指标进行了充分讨论。

4) 试验验证过程

起草工作组成员针对试验验证方案开展了试验验证工作。

对比验证数据分析及验证评价（或结论）见本编制说明第三章。

2、标准征求意见阶段（2025.7~2025.8）

1) 广泛征求意见

在起草阶段工作基础上，由负责起草单位对工作组讨论稿进行了进一步的讨论和修改，于2025年6月提出标准草案征求意见稿及编制说明，其后向无机化工分技术委员会的委员、生产企业、使用单位及检验机构等单位发送了征求意见稿及编制说明，并在天津院官网上（www.trici.com.cn）公开征求意见。

二、国家标准编制原则、主要内容及其确定依据

（一）国家标准编制原则

- 1) 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》；
- 2) 贯彻国家的有关方针、政策、法律、法规；
- 3) 有利于合理开发和利用国家资源，推广科学技术成果；
- 4) 积极采用国际标准和国外先进标准，促进对外经济技术合作与对外贸易的发展；
- 5) 保障安全和人民的身体健康，保护环境；
- 6) 充分考虑使用要求，维护消费者的利益；
- 7) 技术先进、经济合理、安全可靠、协调配套。

（二）标准体系

《高纯磷酸锆》国家标准在无机化工标准体系中的位置：

体系类目标称：专项化学品制造-无机高纯工业品

体系类目标号：01-063-01-02-03-06

体系编号：01-063-01-02-03-06-0XX

（三）制定国家标准主要内容及其确定的依据

3.1 国内标准对比情况

目前未收集到高纯磷酸锆相关的国外标准，国内可以查询到有部分企业标准，国内标准指标对比情况见附表1。

对比国内企业标准，对产品指标要求均不高，不符合高纯磷酸锆产品的性能要求。本标准制定主要参考国内企业标准，结合我国目前高纯磷酸锆实际生产、用户实际使用情况及此次制定过程中验证数据情况进行技术内容的确定。

3.2 范围

磷酸锆也可以称为磷酸氢锆，2个名称在行业内都较为常见，本次制定标准为了便于行业交流，在高纯磷酸锆后增加了生产行业另外1个常用名称“高纯磷酸氢锆”。

本标准范围确定为：

本文件规定了高纯磷酸锆的要求、试验方法、检验规则、标志和随行文件、包装、运输、贮存。

本文件适用于高纯磷酸锆（又称高纯磷酸氢锆）。

注：该产品主要用作离子交换材料、阻燃剂、耐磨材料、催化剂和催化剂载体、抗菌剂载体、吸附剂等。

3.3 产品分类

下游客户主要根据自身需求按粒径选择磷酸锆产品，目前Ⅰ类产品和Ⅱ类产品在用途上没有明显差别，下游行业对粒径的需求主要集中在两个方向，一个是中位粒径（ D_{50} ）小于10 μm ，另一是

中位粒径（ D_{50} ）在 $11\ \mu\text{m} \sim 70\ \mu\text{m}$ 的产品。本标准为了适应用户的需求，根据高纯磷酸锆产品的中位粒径分为 2 类：

- a) HP-I类为中位粒径（ D_{50} ）不大于 $10\ \mu\text{m}$ 的产品；
- b) HP-II类为中位粒径（ D_{50} ）在 $11\ \mu\text{m} \sim 70\ \mu\text{m}$ 的产品。

3.4 指标项目的确定

本次标准制定主要根据生产厂家的实际生产及用户的需要设定指标项目，HP-I类与 HP-II类设置磷酸锆含量、水溶物、灼烧减量、中位粒径、比表面积、pH、硫酸盐、氯化物、白度、砷、氟、铝、镉、铜、铬、铁、镁、铅、硅、钛、钙的检测项目，共计 21 项。

3.5 指标要求的确定

本标准根据下游客户实际需求设置了 2 类产品的指标要求，具体指标要求见表 1。

表 1

项 目	指 标			
	HP-I		HP-II	
	一等品	合格品	一等品	合格品
磷酸锆 $[\text{Zr}(\text{HPO}_4)_2]$ 以灼烧干基计 $w/\%$	≥ 99.5	≥ 99.0	≥ 99.5	≥ 99.0
水溶物 $w/\%$	≤ 0.2	≤ 0.3	≤ 0.2	≤ 0.3
灼烧减量 $w/\%$	≤ 12.0	≤ 12.0	≤ 12.0	≤ 12.0
中位粒径（ D_{50} ）/ μm	≤ 10	≤ 10	$11 \sim 70$	$11 \sim 70$
比表面积/ (m^2/g)	≥ 2	≥ 2	≥ 1	≥ 1
pH（10 g/L 溶液）	$4.0 \sim 4.5$		$4.0 \sim 4.5$	
硫酸盐（以 SO_4 计） $w/\%$	≤ 0.005	≤ 0.005	≤ 0.005	≤ 0.005
氯化物（以 Cl 计） $w/\%$	≤ 0.003	≤ 0.005	≤ 0.003	≤ 0.005
氟（F） $w/\%$	\leq —	\leq —	≤ 0.01	≤ 0.02
铝（Al） $w/\%$	≤ 0.4	≤ 0.5	≤ 0.4	≤ 0.5
砷（As） $w/\%$	\leq —	\leq —	≤ 0.002	≤ 0.004
钙（Ca） $w/\%$	≤ 0.015	≤ 0.020	≤ 0.015	≤ 0.020
镉（Cd） $w/\%$	≤ 0.0005	≤ 0.001	≤ 0.0005	≤ 0.001
铬（Cr） $w/\%$	≤ 0.003	≤ 0.005	≤ 0.003	≤ 0.005
铜（Cu） $w/\%$	≤ 0.001	≤ 0.003	≤ 0.001	≤ 0.003
铁（Fe） $w/\%$	≤ 0.01	≤ 0.02	≤ 0.01	≤ 0.02
镁（Mg） $w/\%$	≤ 0.005	≤ 0.01	≤ 0.005	≤ 0.01
铅（Pb） $w/\%$	≤ 0.0005	≤ 0.001	≤ 0.0005	≤ 0.001
硅（Si） $w/\%$	≤ 0.001	≤ 0.003	≤ 0.001	≤ 0.003
钛（Ti） $w/\%$	≤ 0.005	≤ 0.01	≤ 0.005	≤ 0.01
白度	≥ 93.0	≥ 93.0	≥ 93.0	≥ 93.0

3.6 试验方法的确定

3.6.1 一般规定

除另有规定外，试验中所用标准滴定溶液、杂质标准溶液、制剂及制品，均按 HG/T 3696.1、HG/T 3696.2、HG/T 3696.3 的规定制备。

所用试剂和水，在没有注明其他要求时，均指优级纯试剂和 GB/T 6682—2008 表 1 中规定的二级水。

3.6.2 磷酸锆含量的测定

用适量氢氟酸溶解试样，再加入氢氧化钠溶液后析出氢氧化锆沉淀，经过滤洗涤沉淀，与氟离子分离。用盐酸溶液溶解沉淀，生成锆氧离子（ ZrO^{2+} ）。在酸性介质中，锆氧离子能与指示剂二甲酚橙生成红色络合物。用乙二胺四乙酸二钠标准滴定溶液滴定，锆与二甲酚橙的络合物被破坏，溶液呈黄色指示终点。该方法已在锆盐产品中得到成功应用，适合于磷酸锆含量的测定。

3.6.3 水溶物含量的测定

磷酸锆产品不溶于水，可使用 GB/T 5211.2《颜料水溶物测定 热萃取法》规定的方法测定水溶物。按本产品水溶物含量确定称样量为 5 g，将试样分散于水中，经加热煮沸提取水溶物，使用 0.22 μm 的醋酸纤维素微孔滤膜过滤。

3.6.4 灼烧减量含量的测定

磷酸锆分子内含 2 个结晶水，在 500℃时可完全失去结晶水分解成无水物，根据磷酸锆物理性质确定灼烧温度为 500℃ \pm 10℃，在此温度下灼烧至质量恒定进行测定。

3.6.5 中位粒径（ D_{50} ）含量的测定

本标准中位粒径按 GB/T 19077《粒度分析 激光衍射法》的规定进行测定，试样超声分散于水中，当试样不易分散时，可在进样前超声 2 min~4 min。建议折射率范围为 1.90~2.10。

3.6.6 比表面积含量的测定

本标准比表面积按 GB/T 19587《气体吸附 BET 法测定固态物质比表面积》的规定测定。

3.6.7 pH 含量的测定

本标准 pH 按 GB/T 5211.6《颜料和体质颜料通用试验方法 第 6 部分：水悬浮液 pH 值的测定》的规定进行测定。

3.6.8 硫酸盐含量的测定

磷酸锆不溶于水，因此试样中硫酸盐可经水萃取后进行测定。在酸性介质中，水可溶的硫酸根离子与钡离子生成难溶的硫酸钡。当硫酸根离子含量较低时，在一定时间内硫酸钡呈悬浮体，使溶液混浊，采用目视比浊法判定试样溶液与标准比浊溶液的浊度，获得测定结果。

3.6.9 氯化物含量的测定

磷酸锆不溶于水，因此试样中氯化物盐可经水萃取后进行测定。在硝酸介质中，水可溶的氯离子与银离子生成难溶的氯化银生成白色沉淀，与同方法处理的氯化物标准比浊溶液比对。获得测定结果。

3.6.10 氟化物含量的测定

本产品可使用氟离子选择电极法测定氟化物含量，水溶物中的氟化物以氟离子选择电极作指示电极，饱和甘汞电极为参比电极组成化学电池，用离子计测量电位，工作曲线法测量水溶物中的氟化物含量。

3.6.11 铝、砷、钙、镉、铬、铜、铁、镁、铅、硅、钛含量的测定

电感耦合等离子体发射光谱法（ICP-OES 法）可多元素同时分析，具有高灵敏度、低检出限、良好稳定性、分析速度快的优点，因此本标准采用试样经氢氟酸溶解后，采用 ICP-OES 法测定铝、砷、钙、镉、铬、铜、铁、镁、铅、硅、钛 11 种杂质元素的含量。

测定各杂质元素的发射波长分别为 396.152 nm（铝）、188.980 nm（砷）、396.847 nm（钙）、214.439 nm（镉）、267.716 nm（铬）、327.395 nm（铜）、238.204 nm（铁）、279.553 nm（镁）、220.353 nm（铅）、251.611 nm（硅）、336.122 nm（钛），利用标准工作曲线进行定量。

3.6.12 白度

本标准按 GB/T 23774《无机化工产品白度测定的通用方法》进行测定。

三、试验验证的分析、技术经济论证、预期的社会效益

（一）对重要性能指标的试验验证及分析

本次制定标准收集了来自 3 家企业的 6 个样品，分别编号为 1-1、2-1、3-1、3-2、3-3、3-4。按本标准试验方法对收集样品进行测定，试验数据汇总于附表 3。大部分样品实测结果符合本标准的指标要求。

（二）技术经济论证

磷酸锆作为一种新型多功能介孔材料，广泛应用于催化剂、新能源、环保、三废处理、材料学等领域，还广泛应于染料敏化太阳电池、抗菌领域、润滑油，润滑脂、陶瓷、甚至医学领域用作肾透析材料等诸多领域。据统计 2020 年全球磷酸锆市场规模达到了 4.6 亿元，预计 2027 年可以达到 6.7 亿元，年复合增长率约为 5.5%。由于其在下游各领域具有的应用优势，未来随着新型应用产品的不断开发，行业需求具有广阔的市场前景，经济效益可观。制定本标准有利于生产企业按标准的要求组织生产，使生产出的高纯磷酸锆质量达到标准中各个规格的要求。使用企业可按照标准中的规格要求选择合适的符合使用的产品。此标准可以建立起生产企业和使用企业之间的桥梁，在使用有质量保证的产品的同时，也能节约检验成本。

（三）预期达到的社会效益

本次制定的内容主要是为了满足目前生产企业和市场的需求，本标准的指标要求和试验方法适用性强，科学地规范了高纯磷酸锆行业的生产行为，引导和促进行业健康发展。本标准的实施对保障市场正常秩序，促进社会经济发展，消除贸易技术壁垒，促进国际贸易开展起到积极地推动作用。

四、与国际、国外同类标准技术内容的对比情况

目前没有收集到高纯磷酸锆国外相关标准，只收集到部分生产单位的企业标准，因此本次标准制定主要结合我国目前实际生产及用户的使用情况及此次制定标准过程中试验数据情况进行制定。

此次标准根据国内实际生产和用户实际使用情况进行制定，等级划分及指标设置合理，分析方法均采用经典、常用的分析方法，可操作性强，从而使结果更加稳定、精确、可靠。综上所述，本标准达到国内先进水平。

五、以国际标准为基础的起草情况，以及是否合规引用或者采用国际国外标准，并说明未采用国际标准的原因

未收集到国际标准。

六、与有关法律、行政法规及相关标准的关系

与有关的法律、行政法规和相关标准没有冲突。

七、重大分歧意见的处理经过和依据

无重大分歧意见。

八、涉及专利的有关说明

本标准未涉及专利。

九、实施国家标准的要求等措施建议

本标准反映了目前高纯磷酸锆国内实际生产技术水平，可积极向国内生产单位、用户、质检机构等相关单位推荐使用本标准。建议尽快发布本标准，发布后实施过渡期为 6 个月。

十、无公平竞争审查说明

标准制定过程没有限制或者变相限制市场准入和退出、没有限制或者变相限制商品要素自由流动，没有影响经营者生产经营成本、没有影响经营者生产经营行为。

十一、其他应予说明的事项

无。

附表 1

国内标准指标对比表

项目	Q/YLHG -001-2018 工业 α -磷酸（氢）锆	Q/YLHG -001-2019 工业 α -纳米磷酸（氢）锆	Q/ZPRS 002-2024 磷酸锆	本标准			
				HP-I		HP-II	
				一等品	合格品	一等品	合格品
锆含量（以 ZrO_2 计） $w/\%$ \geq	40.0	40.0	—	—	—	—	—
磷酸锆 $[\text{Zr}(\text{HPO}_4)_2$, 以灼烧干基计] $w/\%$	—	—	—	99.5	99.0	99.5	99.0
水不溶物 $w/\%$ \geq	99.0	99.0	—	—	—	—	—
水溶物 $w/\%$ \leq	—	—	—	0.2	0.3	0.2	0.3
灼烧减量 $w/\%$ \leq	12.0	12.0	—	12.0	12.0	12.0	12.0
粒度 D_{50} (μm)	≤ 6.00	≤ 1.00	1	≤ 10	≤ 10	11~70	11~70
粒度 D_{90} (μm) \leq	—	—	2	—	—	—	—
比表面积（SSA） m^2/g \geq	2.0	2.0	—	2	2	1	1
pH（10 g/L 溶液）	3.00~5.00	3.00~5.00	—	4.0~4.5		4.0~4.5	
硫酸盐（以 SO_4 计） $w/\%$ \leq	—	—	—	0.005		0.005	
氯化物（以 Cl 计） $w/\%$ \leq	—	—	—	0.003		0.005	
氟（F） $w/\%$ \leq	—	—	—	—		—	
铝（Al） $w/\%$ \leq	—	—	—	0.4		0.5	
砷（As） $w/\%$ \leq	—	—	—	—		—	

项目		Q/YLHG -001-2018 工业 α -磷酸（氢）锆	Q/YLHG -001-2019 工业 α -纳米磷酸（氢）锆	Q/ZPRS 002-2024 磷酸锆	本标准			
					HP-I		HP-II	
					一等品	合格品	一等品	合格品
钙（Ca） $w/\%$	\leq	—	—	—	0.015		0.020	
镉（Cd） $w/\%$	\leq	—	—	—	0.0005		0.001	
铬（Cr） $w/\%$	\leq	—	—	—	0.003		0.005	
铜（Cu） $w/\%$	\leq	—	—	—	0.001		0.003	
铁（Fe） $w/\%$	\leq	—	—	—	0.01		0.02	
镁（Mg） $w/\%$	\leq	—	—	—	0.005		0.01	
铅（Pb） $w/\%$	\leq	—	—	—	0.0005		0.001	
硅（Si） $w/\%$	\leq	—	—	—	0.001		0.003	
钛（Ti） $w/\%$	\leq	—	—	—	0.005		0.01	
白度	\geq	—	—	90	93.0	93.0	93.0	93.0
晶型		—	—	片层状	—	—	—	—

附表 2

国内标准试验方法对比表

项目	Q/YLHG -001-2018 工业 α -磷酸（氢） 锆	Q/YLHG -001-2019 工业 α -纳米磷酸 （氢）锆	Q/ZPRS 002-2024 磷酸锆	本标准
Zr 含量的测定	X 射线荧光光谱法	X 射线荧光光谱法	—	EDTA 络合滴定法
水不溶物的测定	过滤-重量法	过滤-重量法	—	—
水溶物的测定	—	—	—	过滤-重量法
灼烧减量的测定	500℃灼烧-重量法	500℃灼烧-重量法	—	500℃灼烧-重量法
粒度的测定	激光粒度测试仪	激光粒度测试仪	激光衍射法	激光粒度测试仪
比表面积的测定	比表面及孔径分布 测试仪	比表面及孔径分布 测试仪	—	比表面及孔径分布 测试仪
pH 的测定	pH 计法	pH 计法	—	pH 计法
硫酸盐的测定	—	—	—	硫酸钡限量比浊法
氯化物的测定	—	—	—	氯化银限量比浊法
氟（F）的测定	—	—	—	氟离子选择电极法
铝（Al）、砷（As）、 钙（Ca）、镉（Cd）、 铬（Cr）、铜（Cu）、 铁（Fe）、镁（Mg）、 铅（Pb）、硅（Si）、 钛（Ti）的测定	—	—	—	ICP-OES 法
白度的测定	—	—	白度计法	白度计法
晶型的测定	—	—	扫描电镜法	—

附表 3 产品质量数据

样品编号	1-1	2-1	3-1	3-2	3-3	3-4
磷酸铝含量 w/%	>99.0	>99.0	>99.0	>99.0	>99.0	>99.0
水溶物 w/%	0.5	0.28	0.14	0.32	0.035	0.068
灼烧减量 w/%	11	9.78	11.3	11.28	11.18	11.58
中位粒径 D ₅₀ (μm)	115	509	/	6.4	5.9	6.5
比表面积 (m ² /g)	6.51	3.195	2.135	2.41	2.515	2.5
pH (10g/L)	3.38	4.29	4.09	4.13	4.11	4.07
硫酸盐 w/%	0.0038	0.0025	0.0038	0.0038	0.005	0.0025
氯化物 w/%	0.0038	0.0019	0.0032	0.0019	0.0031	0.0031
氟化物 w/%	0.0096	0.008	0.014	0.0071	0.0088	0.0069
铝 (Al) /(mg/kg)	3852.96	3906.53	3940.26	3770.74	3783.1	3765.44
砷 (As) /(mg/kg)	18.18	16.07	16.75	15.56	16.44	16.13
钙 (Ca) /(mg/kg)	4.5	16.22	98.26	94.06	94.26	99.06
铬 (Cr) /(mg/kg)	8.01	13.57	6.58	5.95	6.15	6.03
铜 (Cu) /(mg/kg)	1.82	2.81	2.7	1.72	1.62	0.48
铁 (Fe) /(mg/kg)	60.89	70.96	65.24	66.16	64.22	65.84
镁 (Mg) /(mg/kg)	未检出	7.22	20.27	18.44	19.89	19.88
钛 (Ti) /(mg/kg)	32.34	34.55	31.2	30.57	30.79	30.93
镉 (Cd) /(mg/kg)	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出
铅 (Pb) /(mg/kg)	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出
硅 (Si) /(mg/kg)	未检出	2.27	未检出	未检出	未检出	未检出
白度	96.2	93.2	96	96	95.9	96.4