

# 行业标准《拟薄水铝石》

编制说明

（送审稿）

《拟薄水铝石》标准编制组

2025年11月

## 目录

一、工作简况 .....	3
(一) 任务来源 .....	3
(二) 主要参加单位情况 .....	3
(三) 主要工作过程 .....	4
1 预研阶段 .....	4
2 立项阶段 .....	5
3 标准起草阶段 .....	5
4 征求意见阶段 .....	5
5 审查阶段 .....	6
6 报批阶段 .....	7
二、标准编制原则 .....	7
1.先进性原则 .....	7
2.可操作性原则 .....	7
3.实用性原则 .....	7
4.规范性原则 .....	7
三、标准主要内容的确定依据及主要试验和验证情况分析 .....	8
1、范围 .....	8
2、规范性引用文件 .....	9
3、术语和定义 .....	9
4、产品进行分类 .....	10
5、产品技术要求的确定 .....	12
6、检验方法 .....	35
7、检验规则 .....	36
8、对标志、包装、运输、贮存及随行文件的规定 .....	38
9、对订货单（或合同）内容进行了规定 .....	39
四、标准中涉及专利的情况 .....	39
五、预期达到的社会效益等情况 .....	39
(一) 项目的必要性简述 .....	39
(二) 项目的可行性简述 .....	39
(三) 标准的先进性、创新性、标准实施后预期产生的经济效益和社会效益 .....	40
六、采用国际标准和国外先进标准的情况 .....	40
七、与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性国家标准的协调配套情况 ..	41
八、重大分歧意见的处理经过和依据 .....	42
九、标准性质的建议说明 .....	42
十、贯彻标准的要求和措施建议 .....	42
十一、废止现行有关标准的建议 .....	42
十二、其他应予说明的事项 .....	42
附件 1：部分生产企业技术指标 .....	43
附件 2：拟薄水铝石样品结果数据表 .....	45

## 一、工作简况

### （一）任务来源

《拟薄水铝石》制定项目由全国有色金属标准化技术委员会归口，计划编号：2024-1923T-YS，项目周期为 24 个月，完成时间为 2027 年 1 月。技术归口单位为全国有色金属标准化技术委员会。行业标准项目《拟薄水铝石》主要起草单位由：中铝山东有限公司、中铝山东新材料有限公司、扬州中天利新材料股份有限公司、有色金属技术经济研究院有限责任公司、中铝新材料有限公司、中铝中州铝业有限公司等单位组成。

### （二）主要参加单位情况

中铝山东有限公司是国家高新技术企业、山东省企业技术中心，具有山东省铝基新型催化剂载体材料工程实验室、淄博市精细氧化铝粉体重点实验室等多个省市级研发平台。制定国家标准、行业标准、中国铝业标准等 60 余项。在本标准的编制工作中，对标准编写进行工作指导，协调所需资源，负责提供拟薄水铝石相关检测方法及验证报告，为标准编制的检测技术环节提供核心支撑。

作为主编单位，中铝山东新材料有限公司是中铝精细氧化铝生产基地，是全球规模最大、品种最全的精细氧化铝供应商，拟薄水铝石年产能 5 万吨，拟薄水铝石生产规模在国内居于首位。在标准编制工作中积极收集整理生产企业工艺参数和企业产品标准数据，对国内外产品的实际性能结果和标准数据进行充分的对比分析，开展现场试验验证及数据积累工作；结合科研项目研究成果、生产实际及用户需求，制定了本文件的讨论稿，起草标准文本和编制说明；广泛征求了高校、科研院所和相关企业的意见，与各编制单位通力合作，反复修改完善标准。

扬州中天利新材料股份有限公司作为参编单位，是一家专业从事高纯及纳米材料研发、生产、销售的高新技术企业、专精特新企业。公司注重科技创新，制定了核心产品的团体标准和企业标准，建立了江苏省工程技术中心、院士工作站示范站、多个高校研究生工作站等研发平台。核心能力包括材料的提纯技术、纳米技术和结构定制技术。是国内高纯拟薄水铝石最大的生产企业。

作为主要参编单位，在标准编制过程中，承担了“高纯拟薄水铝石的化学成分和物理性能”的编制工作，完成了各类分析检测及对比试验，收集整理了实验数据，提供了高纯拟薄水铝石的物化性能指标、检测方法及生产工艺参数。积极

参与标准的修订讨论，提出重要的标准修改意见。

有色金属技术经济研究院有限责任公司负责标准的工作指导，并在标准编制过程中有序推进项目进度，积极组织标准技术内容研讨，提出重要的标准修改意见。

中铝新材料有限公司，作为国内最大拟薄水铝石经销商，在本次标准编制中积极向拟薄水铝石下游客户发放标准意见征求函；在日常工作中持续收集下游客户意见、对拟薄水铝石的产品需求；收集各生产企业拟薄水铝石产品在下游的实际使用情况。

中铝中州铝业有限公司是中国铝业股份有限公司下属氧化铝生产企业，位于河南省焦作市修武县境内，占地 10000 余亩，是国家首批循环经济试点企业。在本次标准编制工作中积极参与实验验证，提供产品检验数据。

在发展过程中，中州铝业坚持科技兴企战略，大量采用国际、国内先进生产工艺，先后取得科技成果 200 多项，科技创新贡献率超过 45%。其中，拥有自主知识产权的“强化烧结法”、“选矿拜耳法”生产氧化铝新工艺属国际首创或世界领先。强化烧结法生产氧化铝新工艺可以使烧结法系统产能提高 35%，该工艺曾获唯一由中国政府组织评选的专利最高奖——中国专利金奖；选矿拜耳法生产氧化铝新工艺是国家“九五”重点科技攻关成果，选矿拜耳法生产线荣获“国家高技术产业化示范工程”荣誉称号；中州铝业主要产品为冶金级氧化铝和非冶金级（精细）氧化铝。精细氧化铝经过十余年的发展，先后开发了实体面材填料、阻燃填料、铝盐、净水剂等五大系列、二十多个品种，产品远销美国、日本、韩国等 10 多个国家和地区。烧结法采用纯碱烧结法工艺，产品中铁、有机物和重金属含量极低，产品白度高(>94%)，在世界上享有“中国白”的美誉。产品在国际国内市场均享有较高的声誉和举足轻重的地位。从单一的干白精细氧化铝产品发展到现在的人造石、阻燃填料、铝盐、净水剂、煅烧  $\alpha$  氧化铝、勃姆石六大系列三十余种产品，具备生产从标准粒度到细粒等各种型号产品的能力，能够满足高端人造石、高端阻燃产品、高端低烟无卤电缆母粒、高端净水剂等生产技术需求。

### （三）主要工作过程

#### 1 预研阶段

2023 年中铝山东新材料有限公司针对《拟薄水铝石》开展了系统的调研，

赴中铝中州新材料科技有限公司、中铝山西新材料有限公司、扬州中天利新材料股份有限公司、在平裕田催化材料有限公司、山西森泽能源科技集团有限公司等拟薄水铝石生产企业进行调研，收集整理相关拟薄水铝石产品的标准要求，经整理后形成了标准草案稿。针对现阶段拟薄水铝石的性能数据进行统计、验证。并组织相关单位进行了标准制定内容的讨论，确定了标准立项的依据。

## **2 立项阶段**

根据任务要求，中铝山东新材料有限公司于2023年9月向全体委员会议提交了《拟薄水铝石》行业标准项目建议书、立项论证报告、标准草案及标准编制说明等材料。2023年11月在云南省昆明市举行的全国有色金属行业质量和标准大会上，全体委员会议论证结论为同意行业标准立项。由秘书处组织委员网上投票，投票通过后转报中国有色金属工业协会，并挂网向社会公开征求意见。2024年12月工业和信息化部下达了项目编号为工信厅科函【2024】503号2024-1923T-YS的工作任务。

## **3 标准起草阶段**

中铝山东新材料有限公司经过技术调研、咨询，收集、消化有关资料，并结合拟薄水铝石的研制技术、生产经验和应用现状及技术发展趋势，以拟薄水铝石的生产及应用为主要参考依据，于2023年10月完成了行业标准《拟薄水铝石》的草案稿，向全国有色金属标准化技术委员会提交了该行业标准的项目建议书、标准草案。

2024年3月，全国有色金属标准化技术委员会在温州组织讨论会，编制组成员和与会专家对《拟薄水铝石》标准草案进行了研讨。

2024年7月，全国有色金属标准化技术委员会在山西大同召开会议，与会专家及企业代表对生产企业情况，客户要求，后期的任务落实进行了研讨。

2025年3月，全国有色金属标准化技术委员会在安徽合肥进行，会上与会专家对拟薄水铝石标准文稿及编制说明进行了讨论并提出了修改建议，会后主编单位形成了《拟薄水铝石》送审稿初稿，广泛征求意见。

## **4 征求意见阶段**

全国有色金属标准化技术委员会轻金属分技术委员会对该标准进行挂网征求意见，同时，主编单位通过中铝新材料有限公司向拟薄水铝石用户、研究院所及高校发送了征求意见函，积极征求社会各方面的意见和建议。

征求意见阶段征集意见的单位数：11 个，其中科研院所单位 1 个，所占比例 9%；生产单位 4 个，所占比例 36%；用户单位 6 个，所占比例 55%。回函单位 5 个，回函并有意见单位 4 个。根据征求意见稿的回函情况，针对各家反馈的意见情况，经编制组讨论研究，提出具体修改意见及采纳情况，编写了《标准征求意见稿的征求意见汇总表》。形成标准送审稿、送审稿编制说明。

## 5 审查阶段

2025 年 6 月 18 日，全国有色金属标准化技术委员会在石河子举行会议，与会专家对拟薄水铝石标准文稿和编制说明进行预审，建议按照规范的格式修改编制说明，对主要技术内容部分提出了修改建议，会议还对生产组批、取样方式进行了讨论。

2025 年 9 月 23 日，全国有色金属标准化技术委员会轻金属分技术委员在西安组织会议，对拟薄水铝石标准文本和编制说明进行审定。

会上中铝山东新材料有限公司编制组成员详细介绍了标准文本和编制说明送审稿，中铝山东有限公司、扬州中天利新材料股份有限公司、有色金属技术经济研究院有限责任公司、中铝新材料有限公司、中铝中州铝业有限公司等单位的专家和参会人员就高纯拟薄水铝石指标及检测情况、拟薄水铝石编制说明第三部分、第六部分和标准文本第四部分编制内容及格式、附录的编写格式展开了讨论，纪要如下：

（1）明确本次标准编制的参编单位需覆盖生产企业、检测企业、用户三类主体，以确保标准编制兼顾产业链各环节需求，具备全面性与实用性。

（2）因高纯拟薄水铝石四个牌号产品 P-HP-06-9999、P-HP-10-9999、P-HP-06-99999、P-HP-10-99999 产量和市场还处于规模较小、受众较窄时期，且超出所引用的 YS/T630 检测方法，现阶段不列入标准。

（3）在标准编制说明中补充各指标测试的原始数据和测试了多少样本以及测试参与单位；增强编制说明中生产数据和测试数据对于标准技术要求的支撑性。指标测试的原始数据放在附件中。

（4）补充普通拟薄水铝石的三水含量指标数据分析、补充孔容比表面的说明。

（5）高纯拟薄水铝石的 2 个牌号，扬州中天利再补充各技术指标的说明，完成时间 2025 年 10 月 20 日前。

(6) 编制说明第六部分需要将本标准所列技术要求的项目、数据和国内其他标准进行列表对比，体现出本标准所达到的技术水平。

(7) 标准文本中第 4 部分“分类”改为：“产品分类”；增加“4.1 产品分类及说明”、“4.2 标记及示例”。

(8) 规范附录部分文件格式。

2025 年 11 月 10 日，

## **6 报批阶段**

### **二、标准编制原则**

#### **1.先进性原则**

目前国内外没有关于拟薄水铝石产品的标准，本标准的制定充分借鉴现有国内先进标准的经验，参考 GB/T4294《氢氧化铝》和 GB/T24487《氧化铝》等国家标准，以 YS/T619《精细氧化铝分类及牌号命名》为基础，深入调研分析国内外拟薄水铝石用户的要求，分析验证国内外拟薄水铝石产品达到的水平，充分吸收国家先进标准的编制经验。标准的制定基于行业先进技术和实践经验，为企业提供了技术参考，利于企业间技术交流，推动整个行业技术水平提升，促使产品性能不断优化。

#### **2.可操作性原则**

本标准纳入的生产、测试方法和结论经过实践验证，对于一些特殊的检测方法进行了调研和试验，制备拟薄水铝石的方法和检测技术都已经成熟可靠。

#### **3.实用性原则**

在石油化工、催化剂、分子筛、硅酸盐耐火纤维制品成型粘结剂等领域，拟薄水铝石的孔容、比表面、胶溶指数及杂质含量等对产品最终性能影响较大。本标准规定了拟薄水铝石的相关技术指标要求，保证产品在各领域能发挥应有的作用，实用性强。对生产工艺、原材料等作出规定，引导企业采用先进、合理、环保的生产方式，避免因生产过程不规范导致产品质量不稳定，确保市场供应的产品质量可靠。

#### **4.规范性原则**

本文件按照 GB/T1.1—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》的规定进行编写。

### 三、标准主要内容的确定依据及主要试验和验证情况分析

标准名称是《拟薄水铝石》，拟薄水铝石作为精细氧化铝的细分产品，其分类依据源自《YS/T619 精细氧化铝分类及牌号命名》。在该分类体系中，精细氧化铝按化学成分划分为五大系列：氢氧化铝系列、特种氧化铝系列、拟薄水铝石系列、沸石系列、铝盐系列。

拟薄水铝石又称假一水软铝石，其分子式为 $Al_2O_3 \cdot nH_2O$ （ $n$ 取值范围0.08~0.62）。其结晶水介于氢氧化铝和氧化铝之间，是结晶度较低的氢氧化铝，经高温焙烧完全脱水后转变为氧化铝。该产品为无毒、无味、无臭的白色粉末。

拟薄水铝石系列产品应用广泛，既可用作活性氧化铝（催化剂载体）的原料，也可作为分子筛、硅酸盐耐火纤维制品的成型粘结剂。该物质由具有褶皱的薄片晶构成，晶粒小于薄水铝石，呈现网状空间结构。凭借粒径小、孔容高、比表面积大的特性，拟薄水铝石成为催化裂化、加氢、脱氢等多种化工工艺中不可或缺的催化剂载体。

在生产工艺方面，主要分为三类：

（1）铝酸钠溶液碳酸化法：因能与成熟的氧化铝生产流程嫁接，成为中低端拟薄水铝石产品的主流生产方式，产量大，成本低；

（2）铝盐中和法：以硫酸铝、氯化铝等铝盐为原料，与氢氧化钠、氨水等碱性物质发生中和反应。通过精准调控反应体系的pH值、温度及时间，使得铝离子与氢氧根离子反应速率可控，制得大孔产品；

（3）醇铝水解法：采用高级醇和高纯铝屑为原料，通过一系列循环流程，可生产出优质的高纯拟薄水铝石。

虽然各生产企业在实践中会基于实际需求对生产工艺进行优化调整，但这些调整本质上均属于三种基础生产工艺的衍生变体。因此，本标准聚焦这三类核心工艺，详细阐述其对应产品及其质量标准。

#### 1、范围

本文件规定了拟薄水铝石的分类、技术要求、试验方法、检验规则、标志、

包装、运输、贮存及随行文件和订货单内容。

本文件适用于工业铝酸钠溶液碳酸化法、铝盐中和法、醇铝水解法制得的拟薄水铝石。

**说明：**目前拟薄水铝石全球生产能力大约 36 万吨/年，2025 年国内产能达 18 万吨，生产工艺包括铝酸钠溶液碳酸化法、铝盐中和法、醇铝水解法等方法，生产技术与工艺非常成熟。为规范行业秩序，促进拟薄水铝石生产及下游催化剂等行业的稳健发展，本标准对工业铝酸钠溶液碳酸化法、铝盐中和法、醇铝水解法制得的拟薄水铝石的分类、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输、贮存及随行文件和订货单内容做出规定和要求。

## 2、规范性引用文件

引用“YS/T534.4 氢氧化铝化学分析方法第 4 部分邻二氮杂菲光度法测定三氧化二铁含量”该方法是氢氧化铝中三氧化二铁含量的测定方法，拟薄水铝石是结晶度较低的氢氧化铝，因此依据该行业标准进行拟薄水铝石的三氧化二铁的检测。

引用“YS/T619 精细氧化铝分类及牌号命名”，该标准介绍了精细氧化铝按化学成分分为：氢氧化铝系列、特种氧化铝系列、拟薄水铝石系列、沸石系列、铝盐系列五类，对每一系列的牌号进行了详细的说明，因此拟薄水铝石产品的分类依据该方法进行。

引用“YS/T630 氧化铝化学分析方法杂质元素含量的测定电感耦合等离子体原子发射光谱法”该方法规定了氧化铝中的三氧化二铁、氧化钠等杂质元素含量的测定方法，高纯拟薄水铝石主要成分为氧化铝的水合物，且铁、钠含量极低，因此依据该行业标准进行高纯拟薄水铝石的三氧化二铁、氧化钠含量的检测。

引用“YS/T1161.2 拟薄水铝石分析方法第 2 部分烧失量的测定重量法”该方法规定了拟薄水铝石灼烧失量的测定方法。

引用“YS/T1161.3 拟薄水铝石分析方法第 3 部分孔容和比表面积的测定氮吸附法”该方法规定了拟薄水铝石孔容和比表面积的测定方法。

引用“YS/T1161.4 拟薄水铝石分析方法第 4 部分氧化钠含量的测定”该方法规定了拟薄水铝石中氧化钠含量的测定方法。

## 3、术语和定义

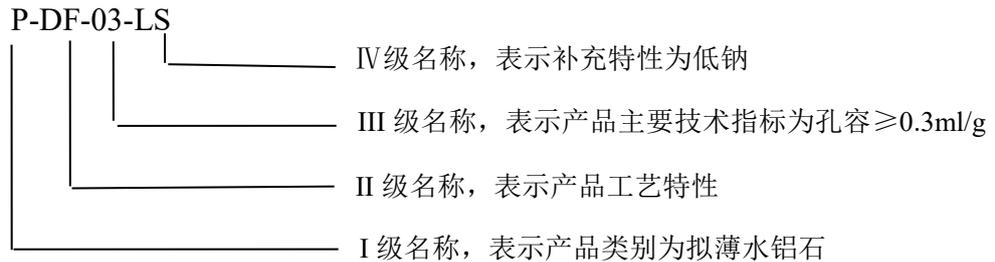
胶溶指数 (peptization index)

**说明：**是拟薄水铝石的主要产品特性，即为在一定量酸的作用下，拟薄水铝石中  $Al_2O_3$  变成溶胶的质量与原样品中  $Al_2O_3$  质量之比，是用来衡量拟薄水铝石胶溶性能或晶相纯度的重要质量参数，单位：%。

#### 4、产品进行分类

拟薄水铝石的分类依据主要基于行业标准规定、生产企业实际情况以及产品自身的性能特性等三个方面的因素，具体说明如下：

(1) 从行业标准规定来看，拟薄水铝石作为精细氧化铝类产品，遵循 YS/T619-2021《精细氧化铝分类及牌号命名》的规定，按照四级名称进行命名，这为分类提供了统一的框架。四级名称分别是产品类别（I 级名称）、产品工艺特性（II 级名称）、主要技术指标（III 级名称）及补充特性（IV 级名称，可缺省），通过这样的命名规则，能够从不同维度对产品进行界定，是分类的基础规则。示例如下：



(2) 生产企业现状也是分类的重要参考。起草单位调研了山西、山东、江苏、江西等地的生产企业技术指标（见附件 1），将各企业现行牌号与本标准规定的牌号进行对照。从对照表中可以看出，本标准规定的牌号能够涵盖市面上的拟薄水铝石产品，各企业的相应牌号与标准牌号存在对应关系，这说明在实际生产中，存在着与标准分类相契合的产品类型，为分类提供了实际依据。

拟薄水铝石分类牌号对照表

本标准规定的牌号	生产企业相应的牌号
P-D-03	YPHY 公司的 HY-01-1
	WFZK 公司的 ZKHP01
	JJHC 公司的 P-D-03
	ZLGF 公司的 P-D-03

P-DF-03	JJHC 公司的 P-DF-03
	ZLGF 公司的 P-DF-03
P-D-03-LS	JJHC 公司的 P-D-03-LS
	ZLGF 公司的 P-D-03-LS
P-DF-03-LS	ZLGF 公司的 P-DF-03-LS
P-SN-09	YPHY 公司的 HY-01-2
	WFZK 公司的 ZKP01
	ZLGF 公司的 P-HS-09
P-SN-10	YPHY 公司的 HY-01-3
	WFZK 公司的 ZKP01
	ZLGF 公司的 P-HS-10
P-HP-06-999	S 公司的 PURALSB
	ZTL 公司的 P-HP-06
P-HP-10-999	WFZK 企业的 ZKP02
	ZTL 公司的 P-HP-10

(3) 产品的性能特性是分类的核心依据，主要体现在化学成分和物理性能上。

在普通拟薄水铝石中，不同牌号的产品在化学成分（如 $\text{Na}_2\text{O}$ 、灼烧失量的质量分数）和物理性能（如孔容、比表面）上有明确且不同的规定。例如，P-D-03的 $\text{Na}_2\text{O}$ 质量分数 $\leq 0.30\%$ ，而P-D-03-LS的 $\text{Na}_2\text{O}$ 质量分数 $\leq 0.10\%$ ，体现了补充特性“低钠”的特点。

对于高纯拟薄水铝石，与普通拟薄水铝石相比，各牌号在化学成分（Fe、Na的质量分数）和物理性能（胶溶指数、三水氧化铝含量、孔容、比表面）上也有区分。如 P-HP-06-999的 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 质量分数 $\leq 0.01\%$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 质量分数 $\leq 0.002\%$ ，纯度差异明显，且孔容、比表面等物理性能也有对应要求。

综上所述，拟薄水铝石的分类是综合行业标准命名规则、生产企业实际产品情况以及产品自身化学成分和物理性能、工艺特性等多方面因素确定的。本标准按照杂质含量和产品特性分普通拟薄水铝石与高纯拟薄水铝石两大类，普通拟薄水铝石涵盖了铝酸钠溶液碳酸化法和铝盐中和法两种生产工艺，高纯拟薄水铝石是以醇铝水解法制得，纯度高、晶型好、孔结构易控制。具体牌号见表1和表2，其中：铝酸钠溶液碳酸化法包括P-D-03、P-DF-03、P-D-03-LS、P-DF-03-LS；铝盐中和法包括P-SN-09、P-SN-10；醇铝水解法包括P-HP-06-999、P-HP-10-999。

后续生产厂家可依据上述命名规则，结合实际生产需求推出新牌号产品。

表 1 普通拟薄水铝石的化学成分和物理性能

牌号	化学成分（质量分数）/%			物理性能			
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ≤	Na <sub>2</sub> O ≤	灼烧失量≤	胶溶指数% ≥	三水氧化铝% ≤	孔容 ml/g≥	比表面 m <sup>2</sup> /g ≥
P-D-03	0.02	0.30	40	95	3	0.3	250
P-DF-03	0.02	0.30	35	95	3	0.3	250
P-D-03-LS	0.02	0.10	40	95	3	0.3	250
P-DF-03-LS	0.02	0.10	35	95	3	0.3	250
P-SN-09	0.02	0.10	35	-	-	0.9	280
P-SN-10	0.02	0.10	35	-	-	1.0	300

表 2 高纯拟薄水铝石的化学成分和物理性能

牌号	化学成分%			物理性能			
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ≤	Na <sub>2</sub> O ≤	灼烧失量≤	胶溶指数% ≥	三水氧化铝% ≤	孔容 ml/g ≥	比表面 m <sup>2</sup> /g ≥
P-HP-06-999	0.01	0.002	30	97	-	0.6	230
P-HP-10-999	0.01	0.002	30	97	-	1.0	280

牌号字母代表含义：P（Pseudoboehmite）—拟薄水铝石；D（dry）—干品；DF（dry、fine）—烘干粉碎品；LS（lowsodium）—低钠；SN（Saltneutralization）—铝盐中和；HP（Highpurity）—高纯。

## 5、产品技术要求的确定

### 5.1 化学成分和物理性能

#### 5.1.1 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量

##### 5.1.1.1 指标检测的意义

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>作为杂质会破坏拟薄水铝石的晶体结构、降低表面活性与纯度，对拟薄水铝石在催化剂载体、高纯度陶瓷等领域的应用产生负面影响。当Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量超过0.03%时，铁作为过渡金属，会与活性组分相互作用形成合金或化合物，导致活性组分分散度下降、催化活性降低；同时，铁可能作为“催化剂毒物”引发副反应（如加氢过程中的裂解副反应），降低目标产物选择性；在吸附材料中多余的铁离子会占据拟薄水铝石表面的羟基活性位点，降低其对目标分子（如重金属离子、有机污染物）的吸附容量和选择性，吸附效率会下降20%~50%；在陶瓷烧结

中，铁会与其他添加剂（如SiO<sub>2</sub>、MgO）形成低熔点相，导致材料变形。因此，实际生产中需严格控制铁含量，以保证拟薄水铝石的优质性能。

#### 5.1.1.2 国内外标准的现状

拟薄水铝石目前尚无统一的国家标准，部分企业根据自身产品需求制定了企业标准，主编单位收集到国内部分生产企业普通拟薄水铝石三氧化二铁含量的指标要求列于以下对照表。

生产企业	YPHY	WFZK	JJHC	ZZGF
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 含量%	≤0.03	<0.02	≤0.03	≤0.03

由于普通拟薄水铝石的生产以工业铝酸钠溶液或硫酸铝、氯化铝等铝盐为原料，通过碳酸化分解或酸碱中和反应析出，其化学反应原理与氢氧化铝制备完全一致，且属于结晶水介于氢氧化铝和氧化铝之间的氧化铝水合物。基于这一工艺特性，其Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量限值参考相关国家标准：GB/T4294《氢氧化铝》和GB/T24487《氧化铝》，两标准中均明确规定Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量≤0.02%，为拟薄水铝石的铁含量控制提供了直接的工艺对标依据。

行业标准YS/T 534.4《氢氧化铝化学分析方法 第4部分 邻二氮杂菲光度法测定三氧化二铁含量》规定了氢氧化铝中三氧化二铁含量的测定方法，适用测试范围为0.003%~0.065%。

高纯拟薄水铝石的生产以高纯金属铝、高级醇为原料，合成铝醇盐，然后水解生成高纯拟薄水铝石。国内高纯拟薄水铝石最大生产企业（ZTL）三氧化二铁含量的指标要求为：≤0.01%。

行业标准YS/T 630-2015《氧化铝化学分析方法 杂质元素含量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法》规定了氧化铝杂质元素含量的测定方法，三氧化二铁的测试范围为0.003%~0.30%。

#### 5.1.1.3 国内生产企业数据收集

编制组对收集到普通拟薄水铝石样品进行Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量检测并统计分析（见图5.1-1），样品来自ZLZZ公司、SXJH公司、SXXC公司、ZLGF公司。结果显示：669个样品三氧化二铁含量数据均值为0.00999017%，最大值是0.035%。小于0.01%的数据占比为58.59%，小于0.02%的数据占比为98.05%，小于0.03%的数据占比为99.85%。整体波动范围处于较低水平，进一步验证了将限值设定在0.02%及以下

的可行性。

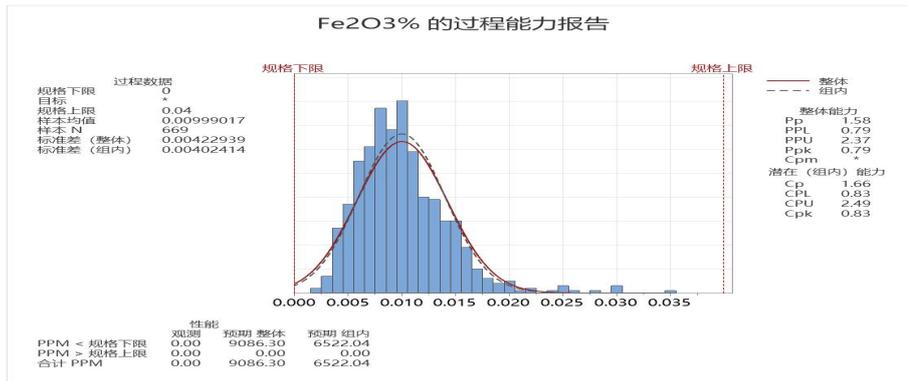


图5.1-1 普通拟薄水铝石样品Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量过程能力图

中天利收集了54个高纯拟薄水铝石样品的检测数据，并对Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量进行统计分析（见图5.1-2）。结果显示：Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量数据均值为0.005194444%，标准差为0.00122018%，小于0.005%的数据占比为51.85%，小于0.007%的数据占比为94.44%，小于0.01%的数据占比为98.15%，最大值是0.011%。

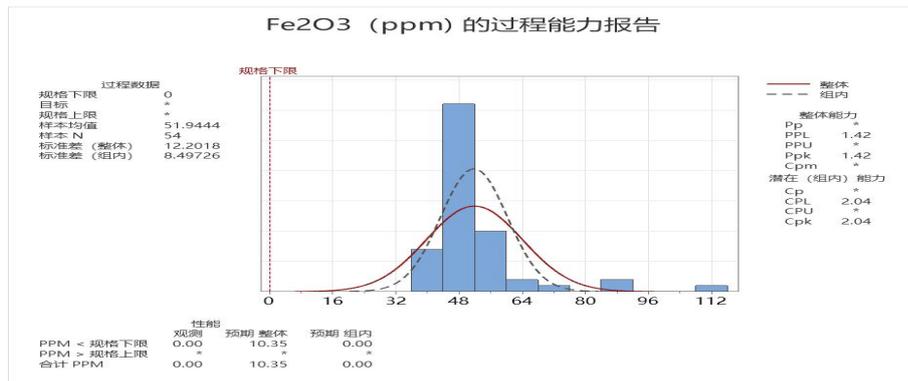


图5.1-2 高纯拟薄水铝石样品Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量过程能力图

#### 5.1.1.4 分析讨论

检测拟薄水铝石中三氧化二铁 (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 指标，核心是保障下游产品性能稳定与控制生产工艺风险，避免杂质对其应用价值产生破坏性影响。编制组调研到较大数据量的普通拟薄水铝石三氧化二铁含量平均值0.009%，其中0.02%以下的占比为98.05%，优于多数企业标准中的指标要求。高纯拟薄水铝石三氧化二铁含量平均值0.005%，其中0.01%以下的数据占比为98.15%。综合生产工艺对标、市场应用风险及实测数据验证，优选普通拟薄水铝石Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量≤0.02%，高纯拟薄水铝石Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量为≤0.01%。

#### 5.1.2 Na<sub>2</sub>O含量

##### 5.1.2.1 指标检测的意义

拟薄水铝石中氧化钠含量对催化剂的性能有着多方面且显著的影响。一是影响催化活性。过量的钠会占据催化剂活性中心的位置，或与活性组分（如金属、分子筛等）发生相互作用，从而降低催化活性。比如在加氢催化剂中，钠可能抑制金属活性组分的分散，导致反应效率下降。二是破坏结构稳定性。钠会对拟薄水铝石的孔结构和热稳定性产生负面影响。在高温焙烧时，钠可能促使载体发生烧结，使得比表面积减小、孔容降低，进而缩短催化剂的使用寿命。三是增加失活风险。钠的存在可能增强催化剂对毒物（如硫、氮化合物）的吸附，加快催化剂失活；同时，在反应条件下钠可能发生迁移，进一步破坏催化剂的微观结构。四是影响选择性。对于某些特定反应，钠的存在可能改变反应路径，导致目标产物的选择性下降，副产物增多。

根据不同的应用场景和催化剂性能需求，拟薄水铝石中氧化钠含量通常分为以下几个等级：

①超低钠级（高纯）：氧化钠含量一般 $\leq 0.05\%$ （500ppm 以下）。该等级适用于对杂质非常敏感的高端催化剂，如某些加氢精制催化剂、分子筛催化剂的载体等。这些高端催化剂对催化活性和稳定性要求极高，必须严格控制钠含量，以避免其对催化性能产生不利影响。高纯拟薄水铝石中钠含量一般 $\leq 0.002\%$ ，其应用于锂电池隔膜涂层、电子陶瓷等对杂质含量有极限要求的领域。

②低钠级：氧化钠含量通常在 $0.05\% \sim 0.1\%$ 之间。此等级适用于多数催化反应场景，如催化裂化、重整等催化剂的载体，能够满足常规的催化性能要求。

③中钠级：氧化钠含量一般在 $0.1\% \sim 0.3\%$ 之间。该等级适用于对钠含量要求不高的催化剂或一些辅助催化过程，其成本相对较低。

不同催化剂生产企业会根据自身工艺和产品标准微调具体数值，但大致遵循以上分级逻辑，核心是通过控制氧化钠含量来保证拟薄水铝石的孔结构、比表面积等关键性能，从而满足不同催化剂在各类反应中的使用需求。

#### 5.1.2.2 国内外标准的现状

目前国外尚无针对拟薄水铝石氧化钠含量的统一国际标准或区域标准。国内外生产企业通常根据自身生产工艺和产品应用领域，制定企业内部标准。国内已制定的行业标准，对氧化钠含量的测定方法和指标范围有明确规定。

YS/T1161.4-2021《拟薄水铝石分析方法第4部分：氧化钠含量的测定》，规定

了拟薄水铝石中氧化钠含量的测定方法，适用范围为氧化钠含量0.04%~0.40%。

参考行业内企业产品标准：其中WFZK公司、JJHC公司和ZLGF公司相应型号产品氧化钠含量要求在 $\leq 0.1\%$ 和 $\leq 0.3\%$ ；YPHY公司相应产品氧化钠含量要求 $\leq 0.1$ 和 $\leq 0.2\%$ 、大孔产品氧化钠含量要求 $\leq 0.08\%$ ；S公司醇铝水解法拟薄水铝石产品氧化钠典型值为0.002%；ZTL公司高纯产品氧化钠含量 $\leq 0.002\%$ 及以下。这些企业标准为指标确定提供了广泛的行业参照。

普通拟薄水铝石的制备工艺中，氧化钠主要来源于原料（如铝酸钠）或反应介质，工业铝酸钠溶液碳酸化法制备的普通拟薄水铝石原料中 $\text{Na}_2\text{O}$ 含量高、产品孔径较小，洗涤成本较高，0.30%的限值既避免了过高杂质对性能的破坏，又兼顾了工业化生产的经济性。中和法制备的普通拟薄水铝石一方面原料中 $\text{Na}_2\text{O}$ 含量较铝酸钠溶液低，另一方面所得产品孔容大，杂质容易去除，所以 $\text{Na}_2\text{O}$ 含量可控制到 $\leq 0.10\%$ 。

高纯拟薄水铝石的制备工艺与普通工艺依赖后期洗涤去除钠离子相反，醇铝法制备的高纯拟薄水铝石在最初的原料端就完全避免了含钠化合物的使用。整个合成体系处于一个封闭的有机环境，所以氧化钠含量极低，通常可稳定控制在 $\leq 0.002\%$ 的水平。

行业标准YS/T 630-2015《氧化铝化学分析方法 杂质元素含量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法》规定了氧化铝杂质元素含量的测定方法，氧化钠的测试范围为0.001%~1.30%。

#### 5.1.2.3 国内生产企业数据收集

样品实测数据：对普通烘干拟薄水铝石和普通低钠拟薄水铝石样品进行化学成分检测，检测结果显示，样品氧化钠数据分布在0.065%~0.445%和0.031%~0.144%两个范围内，平均值分别为：0.0718643%和0.228921%。其中普通烘干拟薄水铝石氧化钠含量小于0.20%的数据占比为64.97%；小于0.30%的数据占比为92.66%；低钠拟薄水铝石小于0.05%的数据占比为29.18%；小于0.10%的数据占比为92.97%。

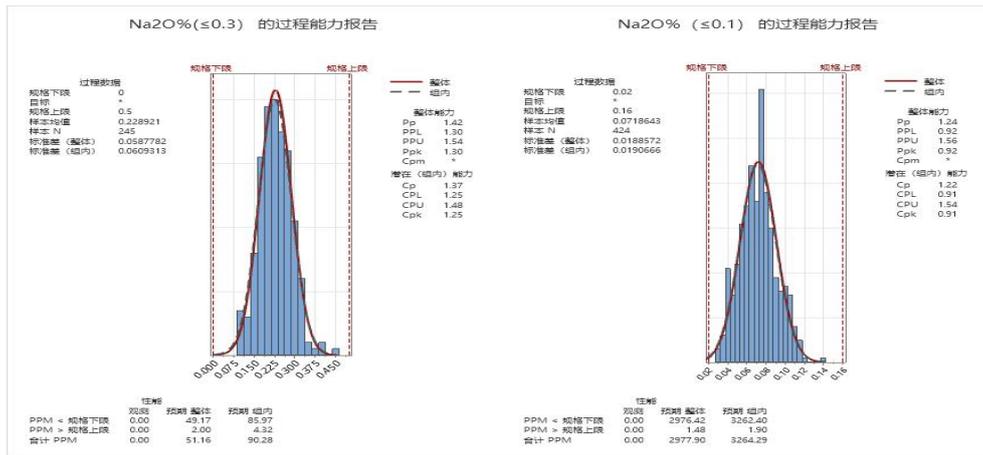


图5.1-3 普通拟薄水铝石样品Na<sub>2</sub>O含量过程能力图

中天利收集了54个高纯拟薄水铝石样品的检测数据，并对氧化钠含量进行统计分析。结果显示：氧化钠含量数据均值为0.0009351852%，标准差为0.0002364497%，氧化钠含量≤0.002%的数据占比为98.15%，最大值是0.0021%。

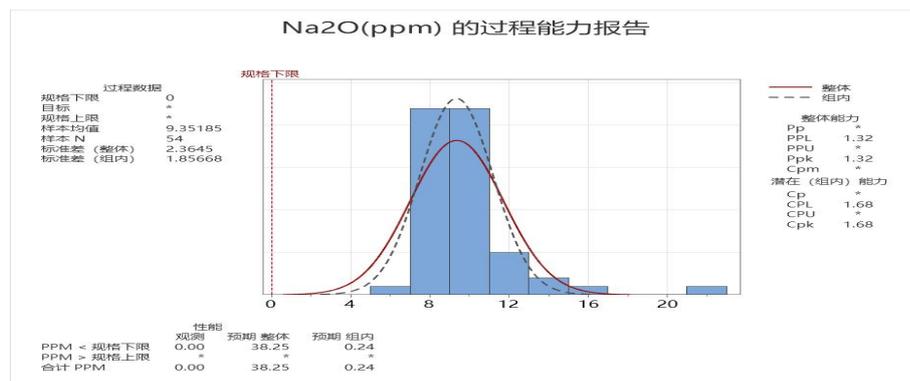


图5.1-4 高纯拟薄水铝石样品Na<sub>2</sub>O含量过程能力图

#### 5.1.2.4 分析讨论

拟薄水铝石中氧化钠含量指标的要求，本质是为了保障其在催化剂载体、高端陶瓷等核心领域的结构稳定性、化学惰性和工艺兼容性。这一指标通过限制碱金属杂质的负面影响，确保拟薄水铝石经加工后仍能保持高比表面积、稳定的相变行为，同时平衡了材料性能与工业化生产的成本需求。而高端催化剂追求优异的功能特性必须严格控制钠含量，以避免其对催化性能产生不利影响。编制组调研到424个低钠和中和法拟薄水铝石氧化钠含量平均值0.072%；245个其他普通拟薄水铝石氧化钠含量平均值0.229%；54个高纯拟薄水铝石氧化钠含量平均值0.000935%。因此本标准氧化钠技术指标要求分三段，低钠拟薄水铝石和中和法拟薄水铝石Na<sub>2</sub>O含量≤0.1%，其他普通拟薄水铝石Na<sub>2</sub>O含量≤0.3%，高纯拟薄水铝石Na<sub>2</sub>O含量≤0.002%。

### 5.1.3 灼烧失量

#### 5.1.3.1 指标检测的意义

部分拟薄水铝石生产单位以氧化铝含量表征拟薄水铝石产品质量与性能，还有的以灼烧失量或干基来表征，三种技术指标之间存在着一定的关联关系。

干基是指将拟薄水铝石样品在一定条件下干燥至恒重后，以不含水分的状态为基准进行各项指标的计算，它是衡量拟薄水铝石其他指标的基础。例如WFZK公司的部分产品：ZKP01、ZKP02等，干基含量标注为 $70 \pm 2\%$ ，这意味着在去除水分后，产品的主要成分占比处于该范围。

氧化铝含量体现了拟薄水铝石中氧化铝的占比情况。以S公司醇铝水解法拟薄水铝石为例，PURALSB产品氧化铝含量为74%等。

灼烧失量是拟薄水铝石在高温下失去结晶水、吸附水及挥发性杂质的质量百分比，是评估其纯度和结构稳定性的重要指标。拟薄水铝石的干基、氧化铝含量、灼烧失量三者之间存在着密切的关系。一般来说，若灼烧失量较高，表明样品中除氧化铝外，还含有较多在高温下易分解或挥发的成分，从而影响干基状态下的成分占比以及氧化铝含量。因此，灼烧失量是拟薄水铝石生产、应用及质量控制中的关键环节，核心原因在于灼烧失量直接反映拟薄水铝石的化学组成纯度、晶体结构稳定性及下游应用适配性。

从应用场景来看，普通拟薄水铝石的灼烧失量通常按以下等级划分：

①低灼烧失量（ $\leq 20\%$ ）的拟薄水铝石结晶度较高，结构致密，含水量低。

用于催化剂载体中有高温稳定性好的特点；在陶瓷材料中，减少烧结过程中的体积收缩，保证制品尺寸精度。

②中灼烧失量（ $25\% \sim 35\%$ ）的拟薄水铝石结晶度中等，含有一定量的结晶水和表面吸附水，结构兼具稳定性和活性。

用于吸附材料，适中的含水量可提供一定的表面活性，适用于废水处理、气体吸附等；用于耐火材料中在高温下缓慢释放水分，避免剧烈膨胀导致开裂；还大量用于对稳定性要求中等的中档催化剂（如煤化工脱硫催化剂）。多数工业级拟薄水铝石在此范围。

③高灼烧失量（ $30 \sim 40\%$ ）结晶度较低（甚至接近无定形），含水量高，表面羟基丰富，活性强。

用于活性氧化铝前驱体：灼烧后易形成高比表面积的 $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ ，用于吸附剂或精细化工催化剂；医药化妆品辅料：需在较低温度下（如 $100\sim 300^\circ\text{C}$ ）快速脱水，避免成分变性；粘结剂：利用其易脱水、可塑性强的特点，用于耐火材料或陶瓷的粘结。

高纯拟薄水铝石的灼烧失量 $\leq 30\%$ ，高纯度产品对杂质和结构的均一性要求极高，通过精确控制合成工艺，使其在保持较高活性的同时，又避免了洁净度太低而导致的结构不稳定性。这种平衡确保了高纯拟薄水铝石在高端催化剂、电子陶瓷、人工晶体衬底等对性能一致性要求极为苛刻的领域，能够提供优异且可重复的热转化行为和最终产品性能。

### 5.1.3.2 国内外标准的现状

拟薄水铝石的灼烧失量是指其在特定条件下经高温灼烧后失去的质量与样品质量的比值。目前国内已发布相关行业标准，对灼烧失量的测定方法和不同类型产品的指标范围都有明确规定，而国外暂无统一标准，主要由企业根据自身情况制定，具体如下：

工业和信息化部发布的YS/T 1161.2-2016《拟薄水铝石分析方法第2部分：烧失量的测定 重量法》，该标准规定了采用重量法测定拟薄水铝石烧失量，通过测量样品在 $550^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ 高温灼烧前后的质量变化来计算，适用于测定范围为 $25\% \sim 40\%$ 的拟薄水铝石。

行业内根据拟薄水铝石生产工艺及产品形态，部分企业对灼烧失量指标的要求形成了初步共识。普通干品拟薄水铝石指标为 $\leq 40\%$ ；普通粉碎拟薄水铝石和普通中和法拟薄水铝石工艺进一步优化，灼烧失量要求为 $\leq 35\%$ ；高纯拟薄水铝石指标为 $\leq 30\%$ 。

### 5.1.3.3 国内生产企业数据收集

样品实测数据：对普通拟薄水铝石样品进行灼烧失量检测，检测结果显示，灼烧失量数据平均值分别为：30.7583%和35.915%。其中普通烘干拟薄水铝石灼烧失量小于40%的数据占比为91.43%，大于35%小于40%的数据占比为55.92%；粉碎拟薄水铝石和中和法拟薄水铝石小于35%的数据占比为90.57%，大于35%小于40%的数据占比为9.43%。

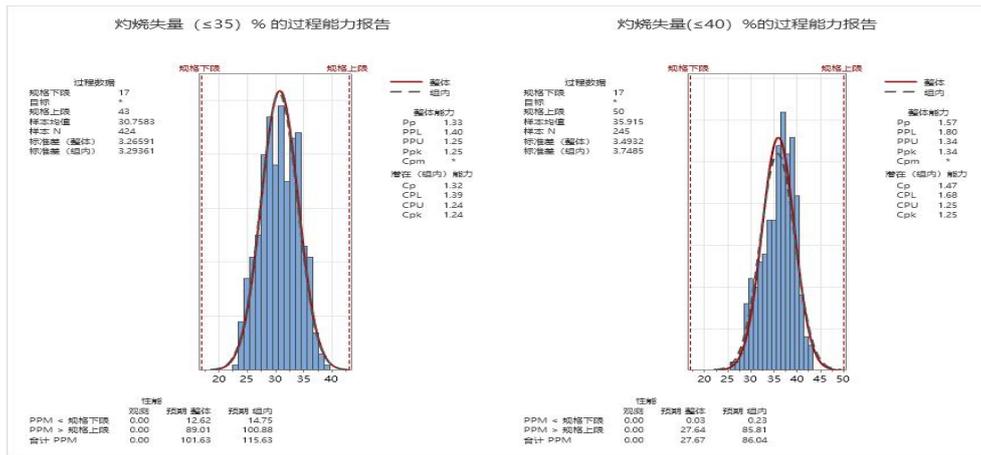


图5.1-5 普通拟薄水铝石样品灼烧失量过程能力图

ZTL收集到54个高纯拟薄水铝石样品的检测数据，并对灼烧失量进行统计分析。结果显示：灼烧失量数据均值为27.54019%，标准差为1.54386%，灼烧失量 $\leq 30\%$ 的数据占比为96.30%，最大值是34.54%。

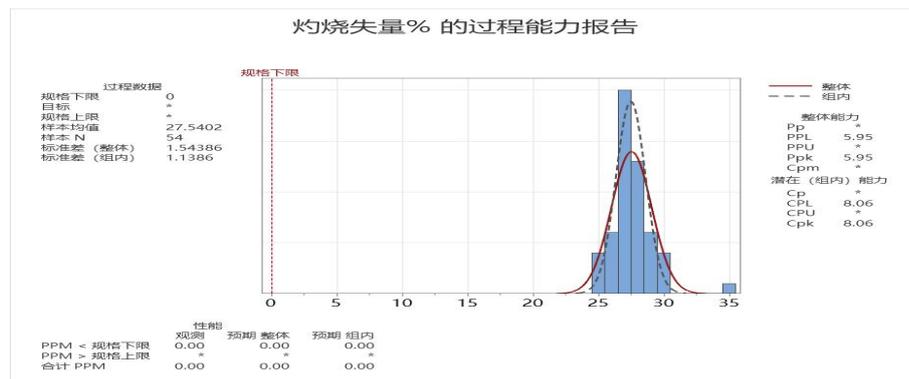


图5.1-6 高纯拟薄水铝石样品灼烧失量过程能力图

#### 5.1.3.4 分析讨论

灼烧失量是验证拟薄水铝石晶体相纯度与结构均一性的关键指标。编制组统计分析了大量普通拟薄水铝石样品的检测结果，数据主要集中于两个区间：其中，普通烘干拟薄水铝石的灼烧失量平均值为35.9%，且该数值小于40%的样品占比达91.43%；其余普通拟薄水铝石产品因生产工艺存在差异，灼烧失量较前者降低约5%，平均值为30.8%，其中灼烧失量小于35%的样品占比为90.57%。

结合市场实际使用需求，优选不同类型产品的灼烧失量指标要求如下（具体要求见标准正文）：

普通拟薄水铝石（型号：P-D-03、P-D-03-LS）：灼烧失量指标 $\leq 40\%$ ；

普通粉碎品与中和法产品（型号：P-DF-03、P-DF-03-LS、P-SN-09、P-SN-10）：

鉴于其生产工艺已进一步优化，对灼烧失量的要求更为严格，设定为 $\leq 35\%$ 。

高纯拟薄水铝石：以高纯度为核心要求，参考行业对高纯产品的共性需求，设定为 $\leq 30\%$ 。

#### 5.1.4 胶溶指数

##### 5.1.4.1 指标检测的意义

胶溶指数是指拟薄水铝石在酸性介质（工业中常用硝酸、盐酸等酸溶液）中，通过搅拌、加热等方式转化为稳定氢氧化铝溶胶的百分比。简单来说，就是“能溶解成胶体的拟薄水铝石质量占总质量的比例”，数值越高，说明其胶溶性能越好，越容易形成均匀、稳定的溶胶。拟薄水铝石下游应用（如催化剂载体、陶瓷涂层）中，很多需要先将其制成溶胶，再通过挤条、涂覆等工艺成型。胶溶指数直接决定了这一过程的可行性和最终产品质量。

其市场应用场景要求具体如下：

在催化剂载体领域，拟薄水铝石是制备催化剂载体（如 $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ ）的核心原料，其胶溶性能直接影响载体的孔结构、比表面积和机械强度：胶溶指数大于95%时，表明拟薄水铝石在酸性胶溶过程中能完全分散为纳米级铝溶胶，后续成型（如挤条、喷雾干燥）时，胶体粒子可均匀填充骨架，形成连续且致密的结构，保证载体具有较高的比表面积和合理的孔径分布。若胶溶指数不足，未胶溶的颗粒会导致载体结构不均，出现“死角”或孔隙分布紊乱，降低催化剂的活性位点利用率，甚至缩短使用寿命。

在不定形耐火材料中，拟薄水铝石通过胶溶形成的铝溶胶作为结合剂，将耐火骨料（如刚玉、莫来石）紧密粘结。高胶溶指数可确保结合剂均匀包裹骨料表面，在高温烧结时形成强度优异的陶瓷结合相；若胶溶不完全，会导致结合力下降，材料易开裂或剥落。

胶溶指数也是判断拟薄水铝石生产工艺执行情况的间接指标。拟薄水铝石的胶溶性能与其晶体结构密切相关。若某批次拟薄水铝石胶溶指数突然下降，可能是生产时结晶温度过高，导致部分转化为不易胶溶的其他氧化铝相。通过检测胶溶指数，可反向追溯原料生产问题，及时调整工艺，避免不合格原料批量产出。

##### 5.1.4.2 国内外标准的现状

目前暂无针对拟薄水铝石胶溶指数的国内外通用标准。从查询到的生产企业

实际情况来看，JJHC公司、ZLGF公司普通拟薄水铝石胶溶指数要求 $\geq 95\%$ ，YPHY公司普通拟薄水铝石胶溶指数 $\geq 96\%$ ，ZTL公司高纯胶溶指数要求 $\geq 97\%$ 。

### 5.1.4.3 国内生产企业数据收集

样品实测数据：对普通拟薄水铝石样品进行胶溶指数检测，检测结果显示，431个普通拟薄水铝石的胶溶指数最小值89.64%，最大值98.68%，平均值96.25%，标准差1.40674。小于95%的数据占比为6.26%，大于95%的数据占比为93.74%；小于96%的数据占比为29.3%，大于96%的数据占比为70.6%。

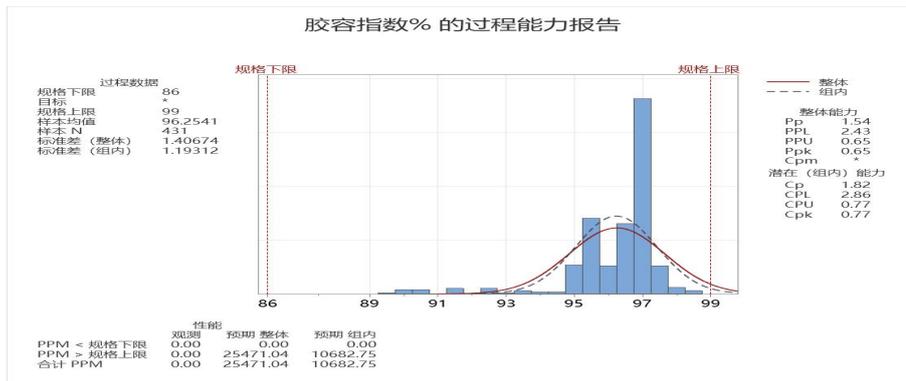


图5.1-7 普通拟薄水铝石样品胶溶指数过程能力图

ZTL提供了54个高纯拟薄水铝石样品的检测数据，并对胶溶指数进行统计分。结果显示：胶溶指数均值为98.00426%，标准差为0.828038%，胶溶指数 $\geq 97\%$ 的数据占比为94.34%，最大值是99.51%，最小值是95.39%。

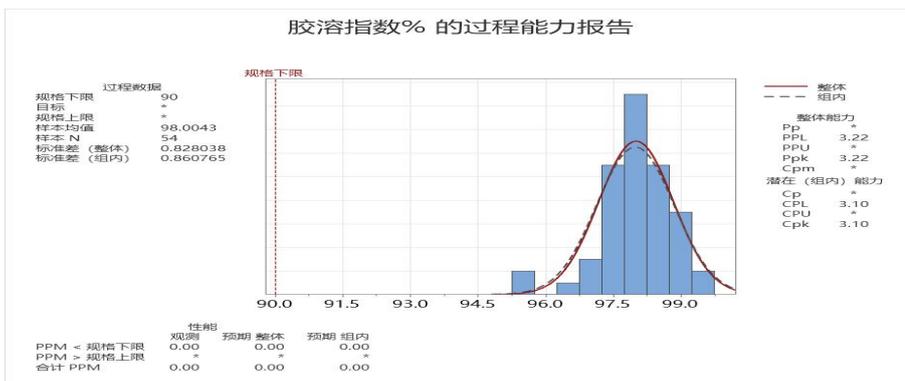


图5.1-8 高纯拟薄水铝石样品胶溶指数过程能力图

### 5.1.4.4 国内检测数据验证

中铝山东新材料有限公司、中铝山东有限公司和中铝中州铝业有限公司对拟薄水铝石胶溶指数的测定进行了验证。

拟薄水铝石作为一种重要的无机材料，在催化剂载体、吸附剂和陶瓷材料等领域具有广泛应用。其胶溶性能是评价产品质量的关键指标之一，直接影响到最

终产品的孔结构特性、机械强度和催化活性。胶溶指数反映了拟薄水铝石在酸作用下转化为胶体状态的能力，是衡量其粘结性能和成型性能的重要参数。在实际应用中，胶溶指数的高低直接影响拟薄水铝石作为催化剂载体的性能表现。高胶溶指数的拟薄水铝石通常具有更好的分散性和成型性，能够形成更为均匀的孔道结构，有利于催化反应的进行。

实验验证采用重量分析法，通过测定拟薄水铝石在特定条件下经过酸处理和离心分离后的溶出率，准确计算其胶溶指数，为产品质量控制和工艺优化提供可靠的数据支持。

### 拟薄水铝石胶溶指数的测定

#### 复 验 报 告



2.2 进行酸溶时的酸溶性影响  
对同一样品，按照 1.3 进行操作。在进行成胶加入酸时，我们进行了硝酸、盐酸、磷酸酸性（酸度一致）试验，其结果如下：

表 2 酸溶时的酸性影响

酸溶性	HCl	HNO <sub>3</sub>	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>
成胶情况	成胶，易取	成胶，易取	不成胶

表 3 酸溶不好样品用盐酸与硝酸进行对比

HCl 加入量 (ml)	2.5	3.0	3.2	3.5
胶溶指数 %	78.24	85.38	88.29	85.38
HNO <sub>3</sub> 加入量 (ml)	2.2	2.5	2.8	3.0
胶溶指数 %	85.17	84.38	84.83	91.46

由表 2、3 可知，盐酸与硝酸都能成胶，但是对于胶溶不好的样品来说，硝酸比盐酸灵敏度要好，所以，我们选择使用硝酸。

2.3 硝酸加入量的选择  
对同一样品，按照 1.3 进行操作。在进行成胶加入硝酸时，我们进行了不同加入量的试验，加酸量按公式 1 计算，其结果如下：

$$V_1 = \frac{M_0}{C_1} \times (0.15 - 0.2) \quad (1)$$

式中：  
M<sub>0</sub>——试样中的 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 质量，单位为克 (g)；  
0.15—0.20——在搅拌下每克 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 量加入硝酸的量，单位为克 (g)；  
C<sub>1</sub>——硝酸浓度，单位为克每立方厘米 (g/cm<sup>3</sup>)；  
C<sub>2</sub>——硝酸浓度，单位为 %。

表 4 硝酸加入量的选择

0.15—0.20 选择	0.12	0.15	0.17	0.18	0.20	0.22	0.24
胶溶指数 %	93.57	97.11	97.31	97.07	成胶太好 不易取	胶性太好 不易取	胶性太好 不易取
胶溶指数 %	91.25	95.35	95.45	95.36	成胶太好 不易取	胶性太好 不易取	胶性太好 不易取

从表 4 看出，加入 0.15—0.20 硝酸刚好成胶，且易获取。

2.4 成胶时搅拌时间的影响  
对同一样品，按照 1.3 进行操作。在进行成胶加入硝酸时，我们进行了不同搅拌时间的试验，其结果如下：

表 5 成胶时搅拌时间的影响

搅拌时间 min	5	8	10	12
胶溶指数 %	93.57	94.10	96.06	96.22

由表 5 可知，搅拌 10 分钟后，胶溶指数测定结果基本稳定，故选择 10 分钟。

#### 3 样品分析

##### 3.1 样品分析：

**拟薄水铝石胶溶指数的测定**  
拟薄水铝石作为一种重要的无机材料，在催化剂载体、吸附剂和陶瓷材料等领域具有广泛应用。其胶溶性能是评价产品质量的关键指标之一，直接影响到最终产品的孔结构特性、机械强度和催化活性。胶溶指数反映了拟薄水铝石在酸作用下转化为胶体状态的能力，是衡量其粘结性能和成型性能的重要参数。在实际应用中，胶溶指数的高低直接影响拟薄水铝石作为催化剂载体的性能表现。高胶溶指数的拟薄水铝石通常具有更好的分散性和成型性，能够形成更为均匀的孔道结构，有利于催化反应的进行。  
本实验采用重量分析法，通过测定拟薄水铝石在特定条件下经过酸处理和离心分离后的溶出率，准确计算其胶溶指数，为产品质量控制和工艺优化提供可靠的数据支持。

#### 1、试验方法

- 1.1 试剂  
1.1.1 硝酸，AR。  
1.1.2 盐酸，AR。  
1.2 仪器  
1.2.1 烧杯，100ml、200ml。  
1.2.2 量筒，100ml。  
1.2.3 磁力搅拌器  
1.2.4 离心机：转速 4000 转/分  
1.2.5 分析天平，万分之一  
1.3 操作步骤

称取 5g 左右的拟薄水铝石（精确至 0.001g），在 550℃ 灼烧 2h。  
按氧化铝 5.00g，求得样品的称样量 X<sub>g</sub>。  
准确称取拟薄水铝石 X<sub>g</sub>（精确至 0.0001g）于 200ml 烧杯中，用测定管准确加入 (50—X<sub>g</sub>) ml 去离子水，配成 10% 的浆液，在磁力搅拌下，加入硝酸（加入量不固定，防止出现凝胶的形成），然后搅拌 10 分钟，倒出一部分浆液加入 10ml 试管内称重后进行离心，然后将试管内的上层清液离心倒出于恒重的瓷坩埚中，蒸发烘干后，于 850℃ 下灼烧 2h，取出冷却至室温称重。  
另取同重量浆液的浆液置于恒重的瓷坩埚中，蒸发烘干后，于 850℃ 下灼烧 2h，取出冷却至室温称重。两者之比即为胶溶指数。

#### 2 结果与讨论

2.1 灼烧时间的影响  
对同一样品准确称取 5.0 左右 g 精确至 0.0001mg，在不同时间段进行灼烧试验，结果如下：

表 1 灼烧时间的影响

时间 (h)	1h	1.5h	2h	2.5h	3h
剩下固体量 (g)	3.4382	3.1519	3.1578	3.1614	3.1628

从表 1 可看出，灼烧 2h 以后，样品中的缺失量基本稳定，本文选择灼烧 2h。

按照 1.3 试验步骤进行操作，对不同胶溶指数的样品进行测定。每个样品平行 11 次试验，所得结果如表 6。

$$\omega = \frac{M_1}{M_2} \times 100\% \quad (2)$$

式中：  
M<sub>1</sub>——试管清液中 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 质量，单位为克 (g)；  
M<sub>2</sub>——试管内浆液质量，单位为克 (g)。

表 6 样品分析

样品名称	1#				2#			
胶溶指数	97.23	96.38	97.32	95.82	98.12	95.78	97.61	96.39
胶溶指数 %	96.61	96.98	97.71	96.39	98.06	97.82	96.22	96.61
%	97.90	96.12	95.85	98.02	96.18	95.78		
平均	96.54				96.98			
标准偏差	0.8736				0.9187			



**拟薄水铝石胶溶指数的测定**

复 验 报 告

一、试剂

- 1.1 硝酸，AR。
- 1.2 盐酸，AR。

二、仪器

- 2.1 烧杯：100mL、200mL。
- 2.2 量筒：100mL。
- 2.3 磁力搅拌器。
- 2.4 离心机：转速 4000 转/分。
- 2.5 分析天平：万分之一。

三、操作步骤

称取 5g 左右的拟薄水铝石（精确至 0.0001g），在 550℃ 灼烧 2h，计算样品灼减。

按氧化铝 5.000g，根据灼减求得样品的称样量  $X_g$ 。

准确称取拟薄水铝石  $X_g$ （精确至 0.0001g）于 200mL 烧杯中，用测定管准确加入（50-X）ml 去离子水，配成 10% 的浆液，在磁力搅拌下，加入硝酸（加入量不易快，防止局部凝胶的形成）。搅拌 10 分钟，取出一部分胶溶液装入 10mL 试管内称重后进行离心，然后将试管内的上层清液细心抽出于恒重的瓷坩埚中，蒸发烘干后，于 550℃ 下灼烧 2h 取出冷却至室温称重为  $W_1$ 。

另取相同重量的胶溶液置于恒重的瓷坩埚中，蒸发烘干后，于 550℃ 下灼烧 2h 取出冷却至室温称重为  $W_2$ ，两者之比即为胶溶指数。

四、样品分析

按照三、操作步骤进行操作，对不同胶溶指数的样品进行测定。

每个样品平行 11 次试验，所得结果如表 1：

结果计算：

$$\omega = \frac{W_1}{W_2} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$W_1$ ——试管清液中  $Al_2O_3$  质量，单位为克（g）；

$W_2$ ——试管内浆液质量，单位为克（g）。

表 1 样品分析

	1# 样品				2# 样品			
	97.14	96.29	96.33	97.35	98.11	95.99	97.14	97.95
胶溶指数 %	95.88	97.08	96.22	97.09	96.87	97.11	97.94	96.87
	96.39	95.34	97.33		97.11	96.04	96.38	
平均值 %	96.47				96.95			
标准偏差	0.7549				0.9187			

检验人：曹春  
 检验日期：2025 年 9 月 25 日

表 5.1-1 中铝山东新材料有限公司实验数据表

样品名称	拟薄水铝石 1# 样品				拟薄水铝石 2# 样品			
胶溶指数 %	97.16	96.54	97.24	96.02	97.90	95.78	97.73	96.57
	96.51	97.15	97.26	95.29	98.12	97.21	96.50	97.36
	98.06	96.98	95.78		98.11	96.95	95.39	
平均值 %	96.73				97.06			
标准偏差	0.7936				0.9212			

表5.1-2中铝山东有限公司实验数据表

**表 6 样品分析**

样品名称	1#				2#			
胶溶指数 %	97.23	96.38	97.32	95.52	98.12	96.78	97.91	96.39
	96.01	96.98	97.71	95.39	98.06	97.52	96.22	96.61
	97.90	96.12	95.85		98.02	96.18	95.78	
平均值%	96.54				96.96			
标准偏差	0.8730				0.9187			

表5.1-3中铝中州铝业有限公司实验数据表

**表 1 样品分析**

	1#样品				2#样品			
胶溶指数 %	97.14	95.29	96.33	97.35	98.11	95.99	97.14	97.95
	95.58	97.08	96.22	97.09	96.67	97.11	97.94	96.57
	96.39	95.34	97.33		97.11	96.04	96.38	
平均值%	96.47				96.96			
标准偏差	0.7549				0.9187			

验证人：贾音  
验证时间：2025年9月25日



分析检测中心

从上述表5.1-1~3的数据看出，三家检测机构给出的胶溶指数数据趋于一致，表明检测方法和结果稳定可靠。

#### 5.1.4.5 分析讨论

拟薄水铝石的胶溶指数是衡量其胶溶性能或晶相纯度的重要质量参数。编制组调研到国内大多数生产单位采用重量分析法评价拟薄水铝石的胶溶性能。通过重量分析法检验的431个普通拟薄水铝石的胶溶指数平均值为96.25%，其中大于95%的数据占比为93.74%，大于96%的数据占比为70.6%。结合行业生产和实际应用需求现状规定普通拟薄水铝石胶溶指数要求 $\geq 95\%$ 。高纯拟薄水铝石胶溶指数要求 $\geq 97\%$ 。

#### 5.1.5 三水氧化铝含量

#### 5.1.5.1 指标检测的意义

三水氧化铝含量体现了拟薄水铝石的物相纯度，其含量越低，拟薄水铝石的晶相纯度越高。

在拟薄水铝石的生产过程中，三水氧化铝含量增加很大一部分原因是生产过程不稳定导致的，尤其是采用铝酸钠溶液碳酸化法生产时，微观区域内的局部反应不均匀，会生成较多三水氧化铝，影响反应进程和产品质量。控制三水含量小于5%，有助于稳定生产工艺，提高产品合格率。

拟薄水铝石多用于催化剂载体，其孔结构是关键性能指标。三水氧化铝含量过高会使产物的孔容和比表面积降低，影响拟薄水铝石的孔结构，进而影响其作为催化剂载体时对反应物的吸附和催化反应效率。在电子等其他领域应用时，对拟薄水铝石的纯度和性能一致性要求较高。三水氧化铝是一种杂质成分，含量过高会降低拟薄水铝石的纯度，导致不同批次产品性能差异较大，无法满足高端应用领域的要求。

#### 5.1.5.2 国内外标准的现状

国外目前没有公开专门针对拟薄水铝石三水氧化铝含量的国际标准或其他国家及地区标准，各生产企业依据自身生产工艺和产品特点制定相应的企业标准。其中JJHC公司和ZLGF公司普通拟薄水铝石产品三水含量 $\leq 5\%$ ，YPHY公司部分产品三水含量 $\leq 3\%$ ，WFZK公司公开的技术指标中多是大孔拟薄水铝石产品对三水含量没有要求。国内大部分企业通过X射线衍射（XRD）分析方法，对拟薄水铝石中三水氧化铝含量进行检测。

#### 5.1.5.3 国内生产企业数据收集

样品实测数据：对普通拟薄水铝石样品进行三水氧化铝含量检测，检测结果显示，数据平均值为1.0181%。小于3%的数据占比为96.28%，小于4%的数据占比为97.68%；小于5%的数据占比为98.61%。

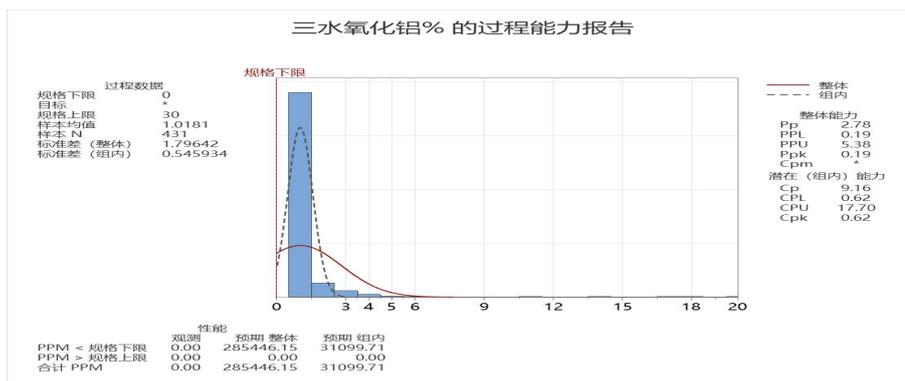


图5.1-9 普通拟薄水铝石样品三水氧化铝含量过程能力图

#### 5.1.5.4 国内检测数据验证

中铝山东新材料有限公司、中铝山东有限公司和中铝中州铝业有限公司对拟薄水铝石三水氧化铝含量的测定进行了验证。

拟薄水铝石是一种无毒、无味、无臭的白色胶状或粉状物质，晶相纯度高，成型性能好，具有触变性凝胶的特点，主要用作催化剂载体活性氧化铝的原料，也可用作分子筛和硅酸盐耐火纤维制品的成型粘结剂。在拟薄水铝石的生产与应用过程中，其晶体结构的纯度和稳定性直接影响最终产品的性能。值得注意的是，拟薄水铝石中常含有三水铝石杂晶相，这些杂晶相的存在会显著影响产品的胶溶性能、热稳定性以及孔结构性质，进而降低其在催化剂载体中的使用效果。

在实际工业生产中，三水铝石杂晶相的存在会导致拟薄水铝石胶溶指数下降，影响氧化铝载体的比表面积和孔结构，从而降低催化剂的活性和选择性。研究表明，影响拟薄水铝石中三水铝石含量的主要因素包括反应温度、二级pH值、酸质量浓度等工艺参数。因此，建立准确、可靠的三水铝石含量测定方法，对于控制产品质量、优化生产工艺以及满足不同应用场景的需求具有重要意义。

本实验旨在通过X射线衍射 (XRD) 分析方法，建立一种准确测定拟薄水铝石中三水铝石杂晶相含量的方法。三水铝石杂晶相含量的方法主要有X射线衍射外标法和Rietveld全谱拟合法。外标法作为国内生产企业使用的传统分析方法，具有操作相对简单、易于实现的优点，适用于常规质量控制。而Rietveld全谱拟合法则是一种更为先进的全谱拟合技术，能够更好地处理重叠衍射峰，提供更为精确的定量结果，尤其适用于复杂多相体系的分析，但该方法对操作人员的专业知识和经验要求较高。综合考虑到国内生产企业的实际情况，本实验采用X射线衍射外标法作为测定方法。该方法基于三水铝石特征衍射峰的强度与其含量之间的

关系，通过测量特定衍射角的积分面积，计算三水铝石杂晶相的相对含量。

## 拟薄水铝石中三水铝石含量的测定

### 复 验 报 告



角匙加入样品板的矩形或圆形孔中，用一小块平板玻璃在上面摊平压实，要求测量面平整光滑，其松散程度使样品板竖起不塌为宜。

将X射线衍射仪（2.3.3）调至最佳工作状态，在相同的X衍射条件下，对参比样品及样品在17°~22°（2θ）连续扫描，得出X射线衍射图谱。从被测试样的衍射图谱中求出17°~22°（2θ）范围内的衍射积分强度 $I_s$ 、 $I_r$ 。

三水铝石相的含量以三水质量分数 $\omega$ 计，按式（1）计算：

$$\omega = \frac{I_s}{I_r} \times W \quad \text{----- (1)}$$

式中：  
 $I_s$  --- 试样衍射峰高强度或积分强度的数值，单位为 cps；  
 $I_r$  --- 外标样衍射峰高强度或积分强度的数值，单位为 cps；  
 $W$  --- 标样中三水铝石含量的数值。

### 2 结果与讨论

2.1 参比样品制备  
 将SB粉和三水铝石置于干燥箱内110℃恒温2h，取出放入干燥器冷至室温待用。称取一定量的SB粉于玛瑙研钵中，再称取一定量的三水铝石于玛瑙研钵中，称取量满足以下关系：

$$\frac{m_{\text{三水铝石}}}{m_{\text{SB粉}} + m_{\text{三水铝石}}} \times 100\% = 5\% \quad \text{----- (2)}$$

根据上式精确计算出三水铝石在标样中的含量，将两种物质充分研磨均匀待用。

2.2 粒度对测定影响  
 对同一个样品（三水含量0.5%），按参比样品制备试验样品（三水含量均在5%），不同粒度条件下，测定结果如下：

粒度 D50 μm	98.76	47.12	20.01	9.85
三水含量	11.8	15.9	5.0	4.9

结果表明：粒度过大、压碎过程导致三水铝石的片状晶体产生重排取向，使其特征峰强度异常增高三水含量就会显著偏高，当样品中存在两种以上对X射线吸收能力不同的物相，且它们的颗粒较粗，X射线在穿透粉末颗粒时会被吸收就会产生吸收效应。通过将样品研磨至足够细（通常<15 μm），使所有物相的颗粒程度都远小于X射线的穿透深度，并均匀混合，可以最大限度地消除这种效应。

### 3 样品分析

3.1 样品分析：  
 按照1.3试验步骤进行操作，对样品进行测试，每个样品平行11次试验，所得结果如表2：

### 拟薄水铝石中三水铝石含量的测定

拟薄水铝石是一种无毒、无味、无臭的白色胶状或粉状物质，晶相纯度高，成酸性良好，具有触变性凝胶的特点。主要用作催化裂化剂活性氧化铝的原料，也可用作分子筛和硫酸盐耐火纤维制品的成型粘结剂。在拟薄水铝石的生产与应用过程中，其晶体结构的纯度和稳定性直接影响最终产品的性能。值得注意的是，拟薄水铝石中常含有三水铝石杂晶相，这些杂晶相的存在会严重影响产品的胶溶性能、热稳定性以及孔结构性能，进而降低其在催化裂化剂载体中的使用效果。

在实际工业生产中，三水铝石杂晶相的存在会导致拟薄水铝石胶溶指数下降，影响氧化铝载体的比表面积和孔结构，从而降低催化剂的活性和选择性。研究表明：影响拟薄水铝石中三水铝石含量的主要因素包括反应温度、二段反应、酸质量浓度等工艺参数。因此，建立准确、可靠的三水铝石含量测定方法，对于控制产品质量、优化生产工艺以及满足不同应用场景的要求具有重要意义。

本实验通过X射线衍射（XRD）分析方法，建立一种准确测定拟薄水铝石中三水铝石杂晶相含量的方法。三水铝石杂晶相含量的测定方法主要有X射线衍射外标法和Rietveld全谱拟合法。外标法作为国内生产企业使用的传统分析方法，具有操作相对简单、易于实现的特点，适用于常规质量检测。而Rietveld全谱拟合法则是一种更为先进的全谱拟合技术，能够更好地处理重叠衍射峰，提供更为精确的定量结果，尤其适用于复杂多相体系的分析，但该方法对操作人员的专业知识和经验要求较高。综合考虑国内生产企业的实际情况，本实验采用X射线衍射外标法作为测定方法。该方法基于三水铝石特征衍射峰的强度与其含量之间的关系，通过测量特定衍射角的积分面积，计算三水铝石杂晶相的相对含量。

### 1. 试验方法

#### 1.1 试剂

- 1.1.1 SB粉（纯相拟薄水铝石）。
- 1.1.2 三水铝石（ $\alpha$ - $\text{Al}(\text{OH})_3$ 和 $\beta$ - $\text{Al}(\text{OH})_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ）。
- 1.1.3 无水乙醇（分析纯）。

#### 1.2 仪器设备

- 1.2.1 玛瑙研钵。
- 1.2.2 恒温干燥箱：最高使用温度 300℃。
- 1.2.3 X射线衍射仪。

#### 1.3 操作步骤

- 1.3.1 推荐的测量条件
- 1.3.1.1 扫描速度：0.25°/min(2θ)；
- 1.3.1.2 步长：0.002°(2θ)；
- 1.3.1.3 狭缝系统：DS：1°、SS：1°、RS：0.3mm
- 1.3.1.4 扫描角度：17°~22°。

#### 1.3.2 测定

用沾有无水乙醇的棉球将玛瑙研钵清洗干净，吹干备用。在玛瑙研钵内分别称取参比样品及样品研磨至15 μm以下。

将铝制样品板的脱光面扣在一个光滑的玻璃板上，将研磨好的粉末样品用小

表2 样品分析

样品名称	1#			2#			3#					
	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.5	2.6	2.5	4.8	5.0	4.6	4.7
三水铝	1.6	1.9	1.5	2.9	3.1	2.6	2.6	4.6	5.1	4.5	5.0	5.0
	1.8	1.5	1.5	2.8	2.7	2.9	4.5	5.0	4.5	5.0	4.5	4.5
	平均											
含量	1.7			2.7			4.8					
偏差	0.1367			0.1971			0.2231					

## 拟薄水铝石中三水铝石含量的测定

### 复 验 报 告



### 拟薄水铝石中三水铝石含量的测定

#### 一、 试剂

- 1.1 SB粉（纯相拟薄水铝石）。
- 1.2 三水铝石（ $\alpha$ - $\text{Al}(\text{OH})_3$ 和 $\beta$ - $\text{Al}(\text{OH})_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ）。
- 1.3 无水乙醇（分析纯）。

#### 二、 仪器设备

- 2.1 玛瑙研钵。
- 2.2 恒温干燥箱：最高使用温度 300℃。
- 2.3 X射线衍射仪。

#### 三、 操作步骤

- 3.1 推荐的测量条件
- 3.1.1 扫描速度：0.25°/min(2θ)；
- 3.1.2 步长：0.002°(2θ)；
- 3.1.3 狭缝系统：DS：1°、SS：1°、RS：0.3mm
- 3.1.4 扫描角度：17°~22°。

#### 3.2 测定

将SB粉和三水铝石置于干燥箱内110℃恒温2h，取出放入干燥器冷至室温待用。称取一定量的SB粉于玛瑙研钵中，再称取一定量的三水铝石于玛瑙研钵中，称取量满足以下关系：

$$\frac{m_{\text{三水铝石}}}{m_{\text{SB粉}} + m_{\text{三水铝石}}} \times 100\% = 5\% \quad \text{----- (1)}$$

根据上式精确计算出三水铝石在标样中的含量，将两种物质充分研磨均匀待用。

用沾有无水乙醇的棉球将玛瑙研钵清洗干净，吹干备用。在玛瑙研钵内分别称取参比样品及样品研磨至15 μm以下。

将铝制样品板的脱光面扣在一个光滑的玻璃板上，将研磨好的粉末样品用小角匙加入样品板的矩形或圆形孔中，用一小块平板玻璃在上面摊平压实，要求测量面平整光滑，其松散程度使样品板竖起不塌为宜。

将X射线衍射仪（2.3）调至最佳工作状态，在相同的X衍射条件下，对参比

样品及样品在17° ~ 22° (2θ)连续扫描, 得出X射线衍射图谱, 从被测试样的  
 衍射图谱中求出17° ~ 22° (2θ)范围内的衍射分净强度 I<sub>1</sub>、I<sub>2</sub>、I<sub>3</sub>。  
 三水铝相的含量以三水质量分数ω计, 按式(2)计算:

$$\omega = \frac{I_1}{I_2} \times W \quad \text{..... (2)}$$

式中:  
 I<sub>1</sub> --- 试样衍射峰高度或积分强度的数值, 单位为 cps;  
 I<sub>2</sub> --- 外标样衍射峰高度或积分强度的数值, 单位为 cps;  
 W --- 标样中三水铝相含量的数值。

四、样品分析

按照 3.2 试验步骤进行操作, 对样品进行测定, 每个样品平行 11 次试验,  
 所得结果如表 1:

**表 1 样品分析**

样品名称	1#				2#				3#			
三水含量%	1.5	1.5	1.9	1.5	2.9	3.1	2.6	2.5	4.4	4.7	4.6	4.4
平均值%	1.6	1.6	1.8	1.8	2.5	2.5	2.8	2.7	5.0	4.6	4.7	4.7
标准偏差	0.1499				0.2061				0.2167			

验证人: 贾音  
 验证日期: 2025年9月24日

试验结果列于表中:

表5. 1-4中铝山东新材料有限公司三水氧化铝含量检测结果

样品名称	1#				2#				3#			
三水%	1.8	1.5	1.9	1.5	2.9	3.1	2.6	2.5	4.4	4.7	4.6	4.4
平均值%	1.6	1.6	1.8	1.8	2.5	2.5	2.8	2.7	5.0	4.6	4.7	4.7
标准偏差	0.1414				0.1872				0.2057			

表5. 1-5中铝山东有限公司三水氧化铝含量检测结果

**表 2 样品分析**

样品名称	1#				2#				3#			
三水%	1.6	1.7	1.6	1.9	3.0	2.5	2.6	2.5	4.8	5.0	4.6	4.7
平均值%	1.6	1.9	1.5	1.5	2.9	3.1	2.6	2.6	4.6	5.1	4.5	5.0
标准偏差	0.1367				0.1971				0.2231			

表5. 1-6中铝中州铝业有限公司三水氧化铝含量检测结果

所得结果如表 1:

表 1 样品分析

样品名称	1#				2#				3#			
三水含量%	1.5	1.5	1.9	1.8	3.1	2.6	2.8	2.5	5.0	4.7	4.5	4.9
	1.9	1.5	1.7	1.6	2.8	3.1	2.5	2.8	4.6	4.5	4.4	4.9
	1.6	1.7	1.5		2.6	2.6	2.9		4.5	5.0	4.5	
平均值%	1.7				2.8				4.7			
标准偏差	0.1499				0.2061				0.2167			

验证人: 贾音  
验证日期: 2025年9月24日

从上述表5. 1-4~6的数据看出, 三家检测机构给出的三水氧化铝含量数据趋于一致, 表明检测方法和结果稳定可靠。

#### 5. 1. 5. 5 分析讨论

参考生产企业JJHC公司和ZLGF公司产品普通拟薄水铝石产品三水含量要求 $\leq 5\%$ 、YPHY公司对低钠产品三水含量的要求为 $\leq 3\%$ 、WFZK公司公开的技术指标未对三水氧化铝含量进行要求, 结合中石化、中石油用户对拟薄水铝石晶相纯度的技术要求, 确定普通拟薄水铝石的三水氧化铝含量 $\leq 3\%$ 。该技术要求既符合多数企业的生产水平, 又能保证产品具有一定的物相纯度, 满足下游用户对产品质量的需求。

#### 5. 1. 6 孔容和比表面

##### 5. 1. 6. 1 指标检测的意义

孔容: 单位质量拟薄水铝石内部所有孔隙的总体积, 单位为mL/g, 反映其容纳活性组分或吸附质的空间大小。

比表面: 单位质量拟薄水铝石的总表面积(含颗粒外表面和内部孔隙内表面), 单位为  $\text{m}^2/\text{g}$ , 反映其可接触的反应/吸附位点数量。

拟薄水铝石的核心价值是作为功能性载体/前趋体, 孔容和比表面直接影响下游产品的性能和工艺稳定性, 具体可分为以下几个方面:

①直接决定催化剂载体的核心性能。拟薄水铝石最主要用途是制备催化剂载体（如炼油、化工领域），这两个指标直接影响催化剂的活性和寿命：

孔容：决定活性组分负载量和物质扩散效率。孔容越大，能容纳的活性组分越多；同时，足够的孔隙空间可避免反应物/产物在载体内部堵塞，保证反应持续高效进行（尤其对大分子反应物，如重油加氢）。比表面：决定活性位点数量。催化剂的活性组分（如金属铂、镍）需负载在载体表面，比表面积越大，可负载的活性位点越多，催化剂反应效率越高；若比表面过小，活性组分易团聚，导致催化剂快速失活。

②直接影响吸附剂的吸附效率与容量。拟薄水铝石焙烧后可制成活性氧化铝吸附剂，孔容和比表面是吸附性能的核心评价标准：

孔容：决定总吸附容量上限。孔隙是吸附质的储存空间，孔容越大，单位质量吸附剂能容纳的吸附质越多，饱和吸附量越高，无需频繁再生。比表面：决定吸附位点数量。吸附过程发生在材料表面，比表面积越大，与吸附质（如水分子、甲醛）的接触位点越多，吸附速率越快、选择性越强。

③保障下游工艺稳定，避免产品报废。孔容和比表面的异常波动会直接导致生产失控，引发质量问题：

若孔容过大且结构不均，会导致催化剂载体强度不足，在反应装置中易破碎堵塞设备；或吸附剂选择性变差，同时吸附大量杂质。若比表面突然降低（如生产时晶粒团聚），会导致催化剂活性不足、吸附剂吸附能力下降，终端产品性能不达标。

检测孔容和比表面，本质是通过结构指标判断其功能价值。无论是承载催化剂、吸附杂质，还是适配特定工业工艺，这两个指标都是原料合格性与场景适配性的核心依据，直接决定终端产品的性能和生产稳定性。

#### 5.1.6.2 国内外标准的现状

国内有相关的行业标准对拟薄水铝石的孔容、比表面进行规定。行业标准YS/T 1161.3-2016《拟薄水铝石分析方法 第3部分：孔容和比表面积的测定 氮吸附法》，规定了拟薄水铝石孔容和比表面积的测定方法，测定范围为孔容0.10mL/g~1.20mL/g，比表面积200.0m<sup>2</sup>/g~400.0m<sup>2</sup>/g。此外，不同企业产品在孔容和比表面指标上存在差异，如WFZK公司部分产品孔容大于0.9mL/g，比表

面在280~450m<sup>2</sup>/g不等；ZLGF公司产品涵盖了孔容指标大于0.3mL/g和0.9mL/g、1.0mL/g左右的多种产品类型，比表面指标值范围在≥250m<sup>2</sup>/g~300m<sup>2</sup>/g；ZTL公司高纯拟薄水铝石孔容指标≥0.60mL/g和1.0mL/g，比表面指标≥230m<sup>2</sup>/g和280m<sup>2</sup>/g。

### 5.1.6.3 国内生产企业数据收集

样品实测数据：对普通拟薄水铝石样品进行孔容、比表面积检测，检测结果显示，拟薄水铝石样品孔容数据平均值分别为：0.3778、0.9484和1.0526mL/g。其中普通碳化法拟薄水铝石孔容小于0.30mL/g的数据占比为3.25%，大于0.30mL/g的数据占比为96.75%；中和法拟薄水铝石孔容小于0.90mL/g的数据占比为1.78%，大于0.90mL/g的数据占比为98.22%；孔容小于1.0mL/g的数据占比为4.76%，大于1.0mL/g的数据占比为95.24%。见图5.1-10。

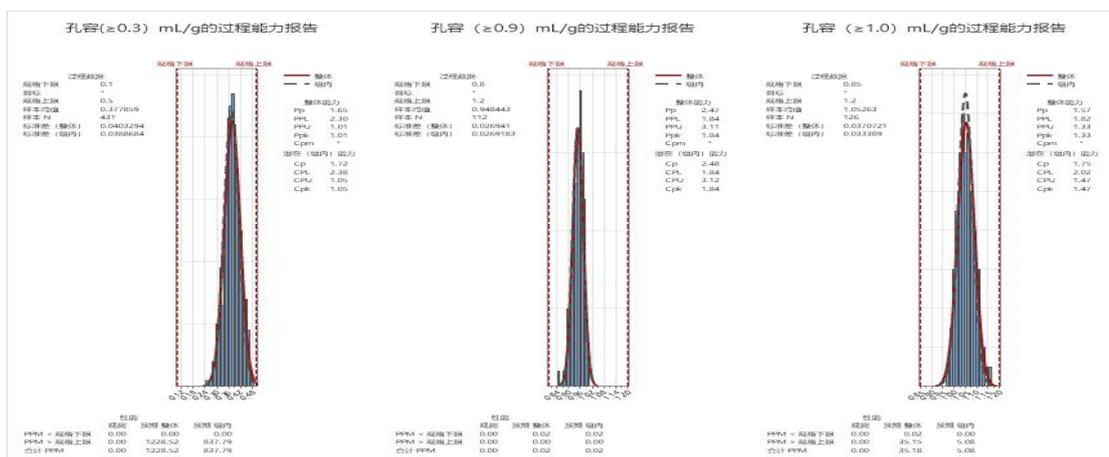


图5.1-10 普通拟薄水铝石样品孔容过程能力图

普通拟薄水铝石样品比表面数据平均值分别为：265.6、293.6和317.8m<sup>2</sup>/g。其中普通碳化法拟薄水铝石比表面小于250m<sup>2</sup>/g的数据占比为6.26%，大于250m<sup>2</sup>/g的数据占比为93.73%；中和法拟薄水铝石比表面小于280m<sup>2</sup>/g的数据占比为7.14%，大于280m<sup>2</sup>/g的数据占比为92.86%；比表面小于300m<sup>2</sup>/g的数据占比为7.94%，大于300m<sup>2</sup>/g的数据占比为92.06%。见图5.1-11。

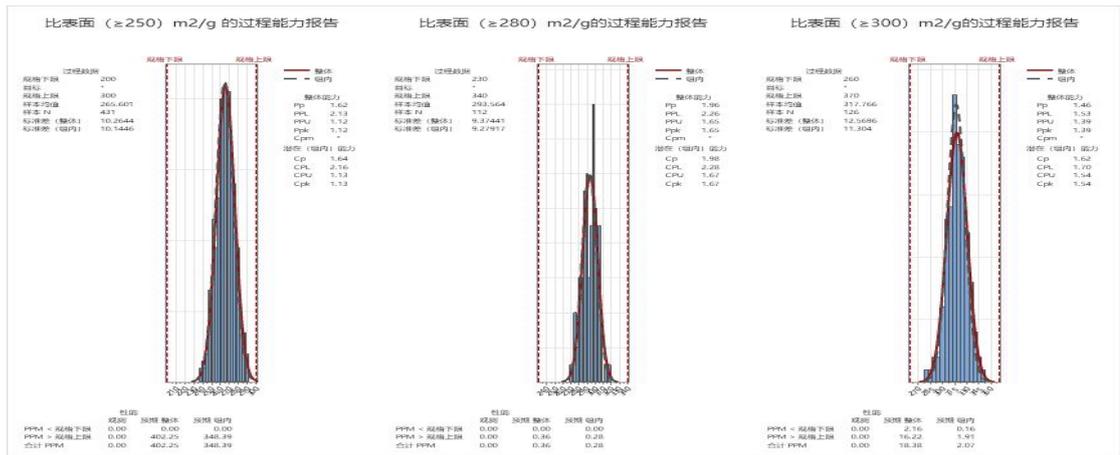


图5. 1-11 普通拟薄水铝石样品比表面过程能力图

ZTL提供了54个高纯拟薄水铝石样品的检测数据，并对孔容和比表面积进行统计分析。结果显示：孔容均值分别为0.7971mL/g和1.0409，孔容指标 $\geq 0.60$ mL/g的数据占比为97.14%，最小值是0.595mL/g；孔容指标 $\geq 1.00$ mL/g的数据占比为89.47%，最小值为0.967mL/g。比表面均值为268.7m<sup>2</sup>/g和314.5m<sup>2</sup>/g，比表面指标 $\geq 230$ m<sup>2</sup>/g的数据占比为94.29%，最小值是220.4m<sup>2</sup>/g；比表面指标 $\geq 280$ m<sup>2</sup>/g的数据占比为89.47%，最小值是276.4m<sup>2</sup>/g。

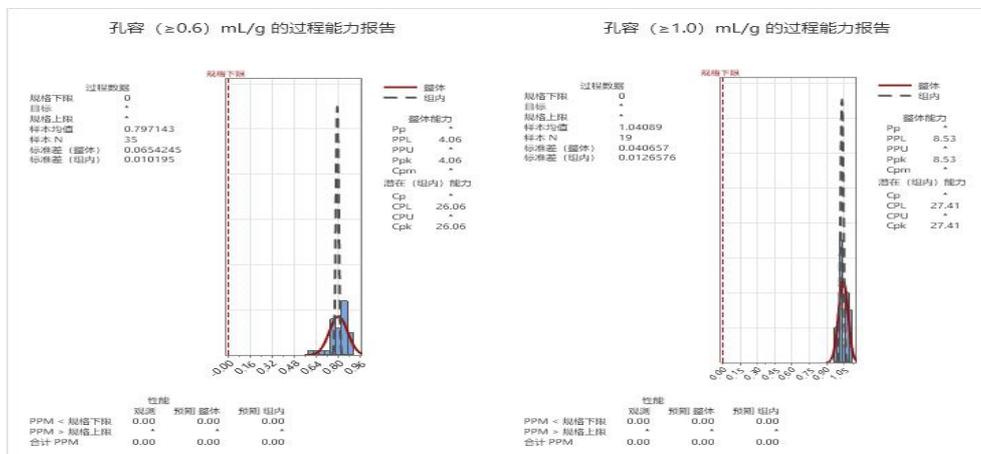


图5. 1-12 高纯拟薄水铝石样品孔容过程能力图

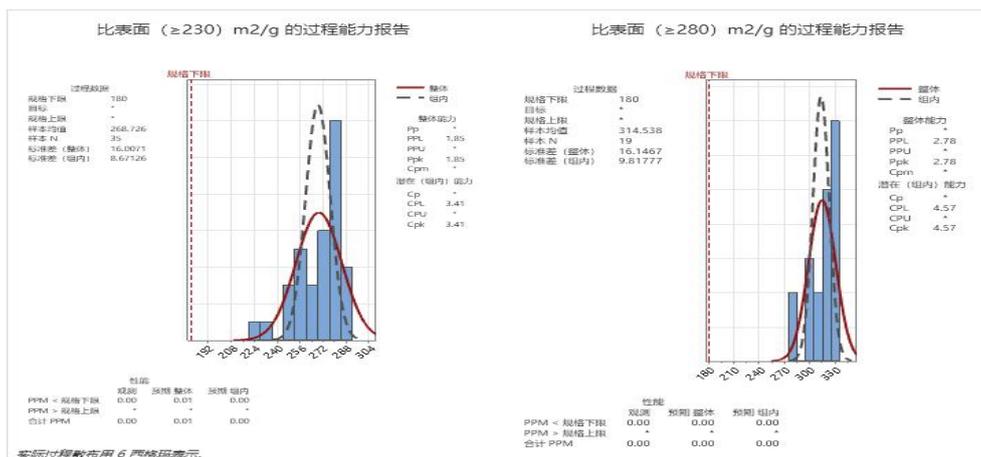


图5.1-13 高纯拟薄水铝石样品比表面过程能力图

#### 5.1.6.4 分析讨论

孔容和比表面指标用于表征拟薄水铝石的孔结构特征，为催化反应提供场所和扩散传质通道。

普通碳化法拟薄水铝石产品结构致密、孔容较小，使用于需要高稳定性的场景；普通中和法拟薄水铝石产品结构疏松，孔容和比表面巨大，适用于需要高活性和高吸附能力的场景。

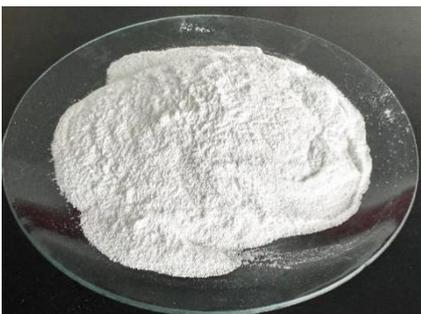
高纯拟薄水铝石的核心竞争力在于卓越的综合性能和批次稳定性，在活性与稳定性之间取得最佳平衡，适用于高端和需求一致性的场景。

本标准根据不同孔容和比表面指标范围划分相应的牌号，是基于行业内产品的多样性和用户对不同孔结构产品的需求。通过划分牌号，能够更清晰地指导用户根据具体的催化反应需求，选择合适孔结构特征的拟薄水铝石产品，提高产品的适用性和使用效率。

#### 5.2 外观质量

拟薄水铝石外观为白色，无目视可见杂物。不同牌号产品的典型照片可参考图5.2-1~图5.2-8。



图 5.2-1 P-D-03	图 5.2-2 P-DF-03	图 5.2-3 P-D-03-LS
		
图 5.2-4 P-DF-03-LS	图 5.2-5 P-SN-09	图 5.2-6 P-SN-10
		
图 5.2-7 P-HP-06-999	图 5.2-8 P-HP-10-999	

### 5.3 其他要求

在拟薄水铝石的实际应用过程中，部分用户为实现催化剂或载体性能的优化，会采用硅、硼等元素对产品进行改性处理，因此对产品中硅、硼等元素的含量较为关注。然而，由于不同供需双方在这类定制化要求上存在明显差异，不具备普遍适用性，所以本标准未对硅、硼等元素的含量作出统一规定。若需方对产品中硅、硼等元素的含量有特殊要求，需由供需双方共同协商确定，并在订货单（或合同）中予以明确注明。

关于松装密度，部分催化剂用户因受其设备器形的限制，可能会对产品的松装密度提出要求。但经市场调研显示，有此类要求的市场占比仅为2%，属于小众需求，不具有广泛代表性，故本标准未对松装密度作出规定。若需方对产品的松装密度有其他特殊要求，由供需双方协商确定，并在订货单（或合同）中注明相关内容。

## 6、检验方法

### 6.1 化学成分和物理性能

(1) 普通拟薄水铝石 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 含量的测定按YS/T 534.4规定的方法进行。

**说明：**由于拟薄水铝石属于结晶度较低的氢氧化铝，其化学性质与氢氧化铝

存在一定关联性，因此按照氢氧化铝中三氧化二铁含量的测定标准“YS/T 534.4”进行检测。

(2) 普通拟薄水铝石氧化钠的测定按YS/T1161.4规定的方法进行。

**说明：**因普通拟薄水铝石 $\text{Na}_2\text{O}$ 含量采用化学分析法进行分析，因此相应引入拟薄水铝石分析方法第4部分氧化钠含量的测定，按照“YS/T1161.4规定的方法进行”。

(3) 高纯拟薄水铝石产品的三氧化二铁含量测定按YS/T630规定的方法进行。

**说明：**由于高纯拟薄水铝石的三氧化二铁含量极低，ICP的检测能准确捕捉痕量铁元素，因此按照YS/T630规定的方法进行。

(4) 高纯拟薄水铝石产品的氧化钠含量测定按YS/T630规定的方法进行。

**说明：**由于YS/T630规定的方法可同时测定铁、钠等多种杂质元素，适合高纯材料的全面质量检验，因此按照YS/T630规定的方法检验高纯拟薄水铝石的钠含量。

(5) 拟薄水铝石灼烧失量的测定按YS/T1161.2规定的方法进行。

**说明：**为表征拟薄水铝石粒子表面羟基的热稳定性，本标准明确检测灼烧失量。行业标准 YS/T1161.2 所规定的重量法，正是拟薄水铝石灼烧失量的测定方法，因此相应引入此标准执行。

(6) 胶溶指数的测定按附录A规定的方法进行。

(7) 三水氧化铝含量的测定按附录B规定的方法进行。

(8) 拟薄水铝石孔容和比表面的测定按YS/T1161.3规定的方法进行。

**说明：**孔容和比表面表征拟薄水铝石的孔结构特征，标准中涉及孔容和比表面检测，因此相应引入拟薄水铝石分析方法第3部分孔容和比表面积测定氮吸附法，按照“YS/T1161.3规定的方法进行”。

6.2 外观质量，目测检查。

6.3 其他要求的检验方法由供需双方协商确定。

## 7、检验规则

### 7.1 检查和验收

拟薄水铝石产品应由供方技术监督部门或第三方进行检验，保证产品质量符

合本标准及订货单（或合同）的规定，并填写质量证明书。

需方应对收到的产品按本标准的规定进行检验。如检验结果与本标准及订货单的规定不符时，应在收到产品之日起 30 日内以书面形式向供方提出，由供需双方协商解决。如需仲裁，应由供需双方在需方共同取样或协商确定。

## 7.2 组批

拟薄水铝石产品按批交付及抽样验收，每批应由同一牌号的产品组成。普通拟薄水铝石每批次重量不大于 35 吨，高纯拟薄水铝石每批次重量不大于 28 吨。

**说明：**普通拟薄水铝石组批设定为不大于 35 吨，主要基于两方面的重要考量：一是从生产工艺与产品质量角度来看，按照普通拟薄水铝石生产企业的生产能力情况，在 8 小时工作制下，每班的生产工艺执行保持一致。将组批重量控制在不大于 35 吨，能够保障每批产品在生产过程中工艺稳定。稳定的生产工艺是确保所得产品指标均一的关键，这样每一批次的产品都能具备稳定的性能，满足后续使用的基本要求。二是从运输与用户需求角度而言，汽运货车的载重通常在 25~36 吨/车。组批不大于 35 吨，能够与汽运货车的载重范围相适配，保障每发货车次减少混批情况的发生。这一设定便于为用户提供指标稳定的产品，减少因混批可能导致的产品性能波动，更好地满足用户对产品质量稳定性的需求。

高纯拟薄水铝石按 28 吨/批进行组批，以产能 7 吨/天计算，每天抽检，满足指标要求组为一批，目前产品合格率>99%，每 4 天产量组为一批。

## 7.3 生产取样

生产单位可参照定量包装商品净含量计量检验规则制定生产过程的取样方案，并作为出厂检验依据。

表 3 取样个数要求

每批包数，包	1~10	11~50	51~99	100~500	501~3200	>3200
取样数量，个	全部	10	13	50	80	125

## 7.4 检验项目

出厂检验项目：每批应对化学成分、物理性能及外观质量进行检验。

## 7.5 检验结果的判定

检验结果的数值按 GB/T8170 的规定进行修约，并采用修约值比较法判定。

检验结果有任何一项不符合本标准规定时，判该批产品不合格。

#### 7.6 型式检验项目

正常生产时应定期进行型式检验，检验项目包括第5条规定的全部项目。在下列情况下应进行型式检验：

- (1) 正常生产后，如结构、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时；
- (2) 长期停产后恢复生产时；
- (3) 出厂检验结果与上次型式检验结果有较大差异时；
- (4) 国家质量监督机构提出进行型式检验要求时；
- (5) 用户提出进行型式检验的要求时。

#### 7.7 仲裁

每批随机选择不少于20袋，用直径15mm~20mm的铜管沿包装袋对角线插入深度不小于袋长2/3处，取同等数量的试样。

将所取得的全部试样充分混匀，按二分法或网格法缩分至重量不小于1kg，分成3份，分装于3个洁净的磨口瓶中，1份作仲裁分析，其余由供需双方各保存1份。

仲裁产品按仲裁结果重新判定。

### 8、对标志、包装、运输、贮存及随行文件的规定

#### (1) 标志

包装袋上应标明：产品名称、商标、本文件编号、产品牌号、批号、净含量、生产厂名称及产地。

#### (2) 包装、运输、贮存

包装应为二层，内层用塑料薄膜袋，外层用塑料编织袋或其他耐磨包装袋。需方如对包装有特殊要求时，可由供需双方协商确定。

运输过程中应防止日晒、雨淋、受潮，轻装轻卸，避免包装袋破损。不同牌号的产品不得混装。

产品应贮存在干燥、洁净的库房内。露天存放时，堆垛要垫高离地面 100mm 以上，并苫盖完好。

#### (3) 随行文件

每批产品应附有随行文件，其上标明：供方名称、产品名称和牌号、批号、

净重、各项分析检验结果和质量分析部门检验印记、本标准编号、包装日期（或出厂日期）。

需方有要求时提供电子文件或纸质文件的质量证明书。

#### **9、对订货单（或合同）内容进行了规定**

需方可根据自身的需要，在订购产品的订货单（或合同）内，列出如下内容：产品名称、牌号、净含量、本标准编号、本标准中规定的需要在订货单中注明的内容。

### **四、标准中涉及专利的情况**

本文件在主编检索能力范围内及征求意见反馈意见中没有检索和反馈相关已授权专利，本文件不涉及专利问题。

### **五、预期达到的社会效益等情况**

#### **（一）项目的必要性简述**

拟薄水铝石生产企业生产方式、产品指标已经较为稳定，但是尚无行业统一的产品标准，不利于行业规范与良性发展。拟薄水铝石行业标准的制定符合产品生产技术升级、应用市场不断拓展、参与国际化市场竞争等方面的发展要求。对于拟薄水铝石的下游客户来说，制定拟薄水铝石行业标准，使标准在整个行业得到有效贯彻执行，对于规范拟薄水铝石的生产，保证拟薄水铝石产品质量，便于下游客户使用，促进拟薄水铝石行业整体良性发展具有积极意义。

#### **（二）项目的可行性简述**

国内科研机构和企业对拟薄水铝石的研究不断深入，在生产工艺、性能优化等方面取得了一系列成果。在生产工艺、产品性能研究方面，对拟薄水铝石的比表面积、孔容、胶溶指数等关键性能指标有了更深入的理解和掌握，为标准制定提供了技术支撑。

中铝山东新材料有限公司与扬州中天利新材料股份有限公司均为生产拟薄水铝石的高新技术企业，具备一定拟薄水铝石生产规模，其中中铝山东新材料有限公司拟薄水铝石生产规模在国内居于首位，是中铝企标的起草单位。

目前，已经存在一些与拟薄水铝石相关的行业标准，如 YS/T1161《拟薄水

铝石分析方法》系列试验方法标准，规定了拟薄水铝石烧失量、孔容和比表面积、氧化钠含量等的检验方法。这些标准为行业标准的制定提供了重要的参考依据，可以在此基础上进一步完善和扩展，形成涵盖产品要求、试验方法、检验规则等全面的行业标准。

随着市场竞争的加剧，企业越来越意识到产品质量和标准化的重要性。众多拟薄水铝石生产企业积极参与行业标准的制定工作，愿意提供技术数据、生产经验和市场反馈等信息，为标准制定提供了丰富的实践基础和企业支持。

### **（三）标准的先进性、创新性、标准实施后预期产生的经济效益和社会效益**

拟薄水铝石行业标准的制定统筹考虑了各种生产方法生产的拟薄水铝石的产品指标，覆盖范围广。同时为产品质量检测提供统一依据，使检测方法、指标等标准化，产品指标数据更准确可靠，避免因检测差异导致质量问题。反映了拟薄水铝石行业的整体技术水平。

标准的制定基于行业先进技术和实践经验，为企业提供了技术参考，利于企业间技术交流，推动整个行业技术水平提升，促使产品性能不断优化。先进的行业标准可引导企业加大技术研发投入，淘汰落后产能和技术，推动产业向高端化、智能化、绿色化方向升级，提高产业整体竞争力。

企业在标准框架内公平竞争，避免单纯依靠价格竞争，而是通过提升产品质量、技术水平和服务质量获取市场份额，营造健康的市场竞争环境。在国际贸易中，统一的行业标准可使我国拟薄水铝石产品符合国际市场要求，减少因标准差异导致的贸易摩擦和技术壁垒，促进产品出口。能将我国在拟薄水铝石领域的技术优势和产业特点融入国际标准，提升我国在国际市场的话语权和影响力。

## **六、采用国际标准和国外先进标准的情况**

通过文献检索和网上查询，未见拟薄水铝石的国际标准及国家标准。本标准依据我国市场情况首次制定，借鉴了国际及国内行业的先进标准体系，填补了拟薄水铝石产品标准领域的空白，达到国内领先水平。

本标准起草过程中主要参考了国内外客户的技术要求，同时结合国内企业生产技术水平。下表为本标准主要技术指标与国内几家用户对拟薄水铝石产品技术要求的对比。

拟薄水铝石技术指标对比

技术要求	本标准	用户 A	用户 B	标准水平对比
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	≤0.02%	≤0.03%	<0.03%	优于企业 A、B
Na <sub>2</sub> O	≤0.30%	≤0.30%	<0.30%	与企业 A、B 相当
灼烧失量	≤40%	干基 ≥60%	-	与企业 A 相当
胶溶指数	≥95%	-	≥95%	与企业 B 相当
三水氧化铝	≤3%	≤4%	≤3%	优于企业 A 与企业 B 相当
孔容	≥0.3mL/g	≥0.3mL/g	≥0.35mL/g	与企业 A 当较企业 B 范围宽
比表面	≥250m <sup>2</sup> /g	≥220m <sup>2</sup> /g	-	优于企业 A

由上表可知，本文件针对拟薄水铝石产品的核心技术指标建立明确规范，具体涵盖三氧化二铁含量、氧化钠含量、灼烧失量、胶溶指数、三水氧化铝含量、孔容及比表面积，通过全方位的指标约束，为用户后续使用过程中的产品稳定性与应用效果提供坚实保障。

值得注意的是，相较于常规标准或基础要求，本文件在三氧化二铁含量、三水氧化铝含量、孔容及比表面积这四项关键指标上进一步提高了管控阈值，更精准地匹配高端应用场景对产品纯度、结构性能的严苛需求，助力提升终端产品的核心竞争力。

## 七、与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性国家标准的协调配套情况

本标准为新制定标准。在规范性引用文件上按我国标准体系编辑并引用了行业标准的最新有效版本，在标准的技术要求、试验方法、检验规则标志包装、运输和贮存等方面与国内相关标准协调一致。本标准从技术上保证了产品的使用安全和可靠性，条文精炼表达清楚，技术要求全面、准确、科学、合理。标准的格式和表达方式等方面完全执行了现行的国家标准和有关法规，符合 GB/T1.1 的有关要求。与相关法律、法规、规章及相关标准协调一致，没有冲突。

## 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

本文件规定的产品是拟薄水铝石标准，规定的技术要求属于行业通用技术规范，不涉及国家安全、人身健康等强制性底线要求，建议本标准的性质为推荐性标准，可更好地引导企业自主提升技术水平，同时避免强制实施可能带来的创新抑制。

## 十、贯彻标准的要求和措施建议

1、首先应在实施前保证标准文本的充足供应，使每个企业以及检测机构等都能及时获得本标准文本，这是保证新标准贯彻实施的基础。

2、本次制定的《拟薄水铝石》，不仅与生产企业有关，而且与使用单位、检测机构、科研院所等相关。对于标准使用过程中容易出现的疑问，起草单位有义务进行必要的解释。

3、可以针对标准使用的不同对象，如生产单位、质量监管等相关部门，有侧重点地进行标准的培训和宣贯，以保证标准的贯彻实施。

4、建议本标准批准发布6个月后实施。望采取多种形式加强宣贯工作，保证标准的顺利贯彻实施。

## 十一、废止现行有关标准的建议

本标准为全新制定，不需要废止任何现行标准。

## 十二、其他应予说明的事项

无。

《拟薄水铝石》标准编制工作组

2025年11月

## 附件 1：部分生产企业技术指标

表 1 SASOL 公司醇铝水解法拟薄水铝石

典型化学物理指标	CATAPALB	PURALSB	PURALSB1	CATAPALC1	CATAPALD	PURALSCF	PURALSCC	PURALNG	PURALNF
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	72	74	74	72	76	74	74	77	77
Na <sub>2</sub> O, %	0.008	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
Loose bulk density, g/l	670-750	650-850	600-750	670-750	700-800	500-700	700-850	400-600	350-500
Packed bulk density, g/l	800-1100	800-1100	800-1100	800-1100	800-1100	800-1100	850-950	700-900	600-800
Particle size d50, μm	60	45	45	60	40	25	60-150	35	15
Surface area (BET), m <sup>2</sup> /g	250	250	250	250	250	250	250	170	170
Pore volume (ml/g)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.55	0.5	0.5	0.45	0.45
Crystallite size (nm)	4.5	5	5	5.5	7	5	5	10	10

表 2 中国铝业股份有限公司企业标准 Q/CHINALCO/ZLGF A015-2024 拟薄水铝石

2024-10-01 实施

牌号	化学成分（质量分数）			物理性能			
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /% ≤	Na <sub>2</sub> O /% ≤	烧失量 / % ≤	胶溶指数 /% ≥	三水氧化铝 /% ≤	孔容 / (ml/g)	比表面 / (m <sup>2</sup> /g) ≥
P-G-03	0.03	0.30	70	95	5	-	-
P-D-03	0.03	0.30	40	95	5	-	-
P-DF-03	0.03	0.30	35	95	5	-	-
P-D-03-LS	0.03	0.10	40	95	5	-	-
P-DF-03-LS	0.03	0.10	35	95	5	≥0.3	250
P-HS-09	0.03	0.1	35	-	-	0.9~1.1	280
P-HS-10	0.03	0.1	35	-	-	1.0~1.2	300

表 3 九江惠城环保科技有限公司企业标准 Q/THCHB 004-2020 HCNBS 拟薄水铝石

2020 年 3 月 1 日发布实施

产品牌号	化学成分					理化性能			
	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	水分	灼减	胶溶指数	三水	孔容	比表面
	% ≤	% ≤	% ≤	% ≤	% ≤	% ≥	% ≤	ml/g ≥	m <sup>2</sup> /g ≥
P-G-03	0.30	0.03	0.3	-	70	95	5	0.3	250
P-D-03	0.30	0.03	0.3	25	40	95	5	0.3	250
P-DF-03	0.30	0.03	0.3	20	35	95	5	0.3	250
P-D-03-LS	0.30	0.03	0.1	20	40	95	5	0.3	250

表 4 潍坊中凯新材料有限公司企业标准 Q/ZKP001-2019 拟薄水铝石

2019 年 3 月 12 日发布实施

项目		产品指标						
产品型号		ZKP01	ZKP02	ZKP2	ZKP4	ZKP30	ZKHP01	ZKHP02
孔容ml/g		>0.9	>0.9	>0.9	>0.9	>0.9	0.37-0.45	0.5-0.7
比表面积m <sup>2</sup> /g		280-320	280-320	280-360	300-450	280-360	>260	>260
干基%		70±2	70±2	70±2	70±2	70±2	>60	>60
胶溶指数%							>96	>96
杂质	SiO <sub>2</sub>	<0.06	<0.01	2	2-5	26-30	<0.15	<0.15
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<0.02	<0.01	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
	Na <sub>2</sub> O	<0.1	<0.01	<0.1	<0.1	<0.15	<0.3	<0.15
备注			纯度高				粘结性较强	粘结性较强

表 5 原平市恒亿铝业有限公司企业标准 Q/140981 HYL001-2014 拟薄水铝石

2014 年 1 月 14 日发布实施

产品 牌号	化学成分				理化性能				
	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	氧化铝	胶溶指数	三水	孔容	比表面	干基
	%	%	%	%	%	%	mL/g	m <sup>2</sup> /g	%
	≤	≤	≤	≥	≥	≤	≥	≥	≥
HY-01-1	0.20	0.03	0.08	63	96	3	0.3	250	65
HY-01-2	0.20	0.03	0.08	66	-	3	0.7-0.9	260-300	68
HY-01-3	0.20	0.03	0.08	66	-	3	0.9-1.1	280-320	68
HY-02-1	1-2	0.03	0.08	63	-	3	0.85-0.95	280-350	68
HY-02-2	2-4	0.03	0.08	62	-	3	0.9-1.0	330-390	68
HY-02-3	4-6	0.03	0.1	60	-	3	0.95-1.2	350-430	68
HY-02-4	≥20	0.08	0.2	46	-	3	0.6-0.8	250-360	68

## 附件 2：拟薄水铝石样品结果数据表

表 1 普通拟薄水铝石样品检测结果数据表

	Fe2O3 %	Na2O %	灼烧失 量%	胶容指 数%	三水氧化 铝%	孔容 mL/g	比表面 m <sup>2</sup> /g
1	0.013	0.28	37.66	96.87	0.9	0.4451	267.2
2	0.003	0.18	39.24	97.15	0.6	0.3198	270.0
3	0.009	0.22	34.46	95.47	0.5	0.3969	250.5
4	0.015	0.40	41.19	95.47	0.6	0.4297	259.6
5	0.011	0.28	34.22	93.26	0.8	0.3846	256.6
6	0.005	0.18	38.53	96.54	1.1	0.4333	248.7
7	0.011	0.19	38.52	97.16	0.5	0.3558	271.0
8	0.011	0.31	32.80	95.93	0.5	0.3218	254.0
9	0.008	0.24	30.72	97.18	0.5	0.4742	265.4
10	0.009	0.21	32.17	97.19	0.5	0.4203	248.4
11	0.009	0.36	41.46	91.73	0.6	0.3312	258.3
12	0.012	0.18	37.77	97.16	0.6	0.2907	287.5
13	0.008	0.24	43.36	96.54	0.7	0.3859	280.3
14	0.009	0.28	39.19	95.47	0.5	0.3628	262.5
15	0.010	0.29	38.57	97.11	0.6	0.3129	262.3
16	0.011	0.18	35.58	97.13	0.5	0.3355	267.9
17	0.015	0.26	37.41	90.45	0.6	0.3950	270.5
18	0.015	0.25	42.25	97.02	0.6	0.3593	263.3
19	0.016	0.33	36.94	97.21	0.5	0.4470	274.4
20	0.006	0.21	37.89	94.23	0.6	0.3750	263.8
21	0.010	0.28	32.48	97.21	0.5	0.4254	260.4
22	0.006	0.27	37.64	97.24	0.6	0.4345	282.8
23	0.011	0.22	34.28	95.47	0.6	0.4193	288.1
24	0.010	0.28	28.75	96.98	0.5	0.3106	269.6
25	0.012	0.29	36.72	95.47	0.7	0.3864	265.9
26	0.009	0.16	37.68	91.31	1	0.3534	260.1
27	0.006	0.29	32.76	95.47	0.7	0.4201	268.0
28	0.011	0.22	31.98	97.18	0.6	0.4299	266.1
29	0.008	0.28	35.72	96.87	0.6	0.3701	270.5
30	0.012	0.23	37.48	96.79	1	0.3694	271.7
31	0.009	0.17	36.04	95.16	0.8	0.3773	269.0
32	0.015	0.44	30.55	96.54	0.7	0.3611	268.1
33	0.005	0.30	37.36	97.23	1.1	0.3804	259.9
34	0.006	0.20	35.23	92.58	0.7	0.3223	277.3
35	0.015	0.28	26.30	97.2	0.9	0.3814	271.7
36	0.007	0.26	35.29	93.46	1.8	0.3631	267.5
37	0.007	0.22	27.80	95.47	1.7	0.3718	260.7

38	0.007	0.18	35.33	97.15	0.9	0.4539	272.1
39	0.008	0.28	37.86	96.63	0.6	0.4114	261.4
40	0.020	0.18	33.01	96.54	0.5	0.3754	277.7
41	0.008	0.19	33.70	96.88	0.6	0.3676	265.1
42	0.007	0.29	38.49	96.69	0.7	0.3468	255.1
43	0.009	0.16	31.08	96.8	0.5	0.3905	260.0
44	0.010	0.27	39.77	95.16	0.6	0.3831	252.8
45	0.008	0.31	37.87	95.47	0.5	0.2847	257.4
46	0.005	0.20	37.91	96.54	0.5	0.4086	280.4
47	0.009	0.14	29.85	92.66	0.5	0.4560	254.0
48	0.007	0.30	39.08	96.51	0.5	0.4275	274.4
49	0.008	0.24	32.45	96.07	0.5	0.3907	250.6
50	0.009	0.25	40.34	96.02	13.6	0.4269	264.0
51	0.010	0.13	33.18	97.18	18.3	0.2673	270.9
52	0.007	0.20	32.95	95.47	0.7	0.3047	252.7
53	0.005	0.24	28.57	97.27	2.9	0.3468	266.3
54	0.005	0.30	38.77	92.51	2.5	0.3443	259.5
55	0.012	0.16	33.21	97.18	1	0.3679	284.8
56	0.006	0.25	30.28	96.65	0.7	0.3846	272.4
57	0.009	0.26	36.26	96.9	1.5	0.3915	266.7
58	0.007	0.25	36.59	97.26	0.5	0.4508	258.4
59	0.005	0.22	41.64	97.24	0.6	0.4128	266.4
60	0.012	0.22	36.62	96.54	19.9	0.3382	264.2
61	0.009	0.18	37.70	95.47	1.5	0.3269	270.6
62	0.008	0.29	34.92	97.01	17	0.3450	269.8
.....							
362	0.010	0.06	29.04	97.22	0.5	0.4277	265.4
363	0.003	0.06	32.06	96.25	0.9	0.4066	263.8
364	0.007	0.07	31.62	95.16	4.3	0.3921	284.9
365	0.008	0.09	33.25	95.33	4.9	0.3973	265.1
366	0.013	0.07	27.22	96.25	1.2	0.3925	264.4
367	0.009	0.04	30.07	97.22	1.5	0.3551	267.7
368	0.011	0.07	26.23	95.16	1.4	0.4420	268.0
369	0.010	0.09	31.48	97.22	1.5	0.3543	258.6
370	0.011	0.10	35.18	97.09	1.5	0.2840	258.9
371	0.008	0.05	29.78	97.13	1.2	0.3513	252.2
372	0.016	0.08	35.25	96.1	0.9	0.3299	259.6
373	0.008	0.07	27.20	97.07	0.7	0.4196	261.6
374	0.024	0.04	31.66	97.16	1.4	0.4015	261.5
375	0.011	0.08	25.70	97.05	1.2	0.4048	266.8
376	0.014	0.05	33.22	97.26	0.5	0.3810	262.6
377	0.013	0.08	32.96	95.47	0.5	0.4093	244.2

378	0.012	0.09	34.05	96.94	0.5	0.4642	259.8
379	0.003	0.08	31.01	97.19	0.5	0.3401	243.7
380	0.010	0.06	28.36	96.1	0.6	0.3333	264.3
381	0.010	0.09	33.32	95.47	0.8	0.3727	262.5
382	0.005	0.10	29.79	97.05	0.7	0.3710	263.7
383	0.006	0.07	30.94	97.02	2.5	0.3324	272.2
384	0.008	0.07	34.90	96.1	1.6	0.3417	288.6
385	0.014	0.07	34.40	97.25	2	0.3762	259.6
386	0.007	0.09	31.82	97.22	0.5	0.3823	278.7
387	0.010	0.07	33.96	97.21	0.5	0.3441	253.1
388	0.012	0.06	24.58	97.22	1	0.3581	269.9
.....							
432	0.010	0.07	33.50	-	-	0.9500	289.9
433	0.010	0.06	34.43	-	-	0.9467	289.6
434	0.009	0.06	25.92	-	-	0.9773	297.3
435	0.017	0.04	27.01	-	-	0.9104	304.8
436	0.007	0.08	36.49	-	-	0.9753	280.8
437	0.011	0.03	31.72	-	-	0.9202	308.4
438	0.007	0.08	29.16	-	-	0.9023	280.9
439	0.009	0.07	27.66	-	-	0.9489	287.2
440	0.012	0.08	33.75	-	-	0.8796	284.4
441	0.011	0.08	33.16	-	-	0.9567	300.6
442	0.007	0.08	29.09	-	-	0.9687	300.3
443	0.016	0.09	31.37	-	-	0.9160	295.3
444	0.011	0.06	29.38	-	-	0.9147	296.6
445	0.005	0.06	28.00	-	-	0.9762	303.7
446	0.005	0.04	28.08	-	-	0.9311	278.0
447	0.012	0.07	34.34	-	-	0.8982	278.8
448	0.011	0.07	31.03	-	-	0.9981	287.2
449	0.005	0.04	32.79	-	-	0.9392	300.4
450	0.008	0.11	28.49	-	-	0.9463	298.5
451	0.005	0.07	36.47	-	-	0.9526	275.0
452	0.011	0.08	30.26	-	-	0.9429	289.5
453	0.011	0.11	34.28	-	-	0.9297	270.1
454	0.004	0.06	34.93	-	-	0.9198	303.9
455	0.007	0.06	30.15	-	-	0.9947	298.1
456	0.016	0.08	29.99	-	-	0.8902	286.8
457	0.018	0.06	25.37	-	-	0.9737	293.1
458	0.010	0.06	33.22	-	-	0.9455	282.2
459	0.014	0.09	29.00	-	-	0.9380	290.0
460	0.006	0.07	32.71	-	-	0.9820	289.8
461	0.010	0.08	36.49	-	-	0.9259	313.8

462	0.009	0.09	27.28	-	-	0.9354	292.7
463	0.014	0.08	30.65	-	-	0.9037	305.9
464	0.011	0.09	25.11	-	-	0.9591	298.8
465	0.005	0.09	33.22	-	-	0.9771	298.3
544	0.008	0.08	30.72	-	-	1.1255	310.5
545	0.016	0.09	30.71	-	-	1.0633	302.7
546	0.005	0.08	35.04	-	-	1.0237	305.1
547	0.019	0.07	28.61	-	-	1.0195	313.3
548	0.011	0.08	34.23	-	-	1.0436	307.4
549	0.014	0.07	34.28	-	-	1.0512	320.6
550	0.006	0.04	34.99	-	-	1.0418	317.4
551	0.017	0.07	29.01	-	-	1.1486	318.5
552	0.006	0.10	33.48	-	-	1.0428	308.1
553	0.022	0.06	30.23	-	-	1.0420	312.0
554	0.002	0.04	33.56	-	-	1.0334	308.9
555	0.003	0.05	36.17	-	-	1.0902	323.9
556	0.004	0.10	26.69	-	-	1.0609	323.2
557	0.011	0.07	33.10	-	-	0.9732	327.5
558	0.010	0.11	33.50	-	-	1.0199	321.2
559	0.013	0.08	24.92	-	-	1.1069	296.2
560	0.007	0.08	34.04	-	-	1.0779	323.4
561	0.004	0.07	34.55	-	-	1.0457	319.6
562	0.007	0.08	34.89	-	-	1.0629	315.7
563	0.008	0.07	27.14	-	-	0.9889	321.9
564	0.007	0.10	27.54	-	-	1.0968	292.8
565	0.013	0.06	31.54	-	-	1.0891	315.3
566	0.015	0.07	31.78	-	-	1.0563	321.3
567	0.010	0.07	31.14	-	-	1.0280	327.4
568	0.013	0.07	24.91	-	-	0.9781	326.9
569	0.014	0.06	26.06	-	-	1.0087	321.1
570	0.014	0.07	33.91	-	-	1.0176	339.0
571	0.011	0.10	32.55	-	-	1.0397	309.0
572	0.015	0.08	34.12	-	-	1.0151	312.9
573	0.005	0.08	34.59	-	-	1.0448	334.2
574	0.019	0.06	30.96	-	-	1.0566	329.3
575	0.004	0.06	33.02	-	-	1.0710	312.4
576	0.011	0.09	31.34	-	-	1.0586	288.1
577	0.015	0.10	30.10	-	-	1.0638	299.8
578	0.014	0.05	34.30	-	-	1.0327	335.9
579	0.003	0.06	28.11	-	-	1.0022	330.6
580	0.007	0.08	32.64	-	-	1.0109	335.3
581	0.007	0.10	25.49	-	-	1.0429	332.9

582	0.007	0.06	33.10	-	-	1.0832	317.1
583	0.010	0.06	29.64	-	-	1.0133	322.6
584	0.011	0.07	31.33	-	-	1.0002	286.1
585	0.014	0.10	31.01	-	-	1.0832	325.9
586	0.012	0.05	33.56	-	-	1.0507	338.7
587	0.011	0.07	31.30	-	-	1.0415	327.7
588	0.009	0.10	35.52	-	-	1.0223	349.6
650	0.007	0.05	32.34	-	-	1.0668	319.1
651	0.006	0.03	37.44	-	-	1.0083	303.3
652	0.011	0.09	33.93	-	-	1.0811	320.0
653	0.008	0.09	28.64	-	-	1.0567	303.0
654	0.014	0.07	31.40	-	-	1.0031	321.3
655	0.007	0.07	28.63	-	-	1.1171	324.1
656	0.009	0.06	32.58	-	-	1.1153	302.6
657	0.008	0.09	33.25	-	-	1.0523	299.1
658	0.028	0.09	31.82	-	-	1.0937	320.4
659	0.012	0.05	33.12	-	-	1.1129	312.9
660	0.016	0.06	28.46	-	-	1.0768	330.1
661	0.013	0.10	30.65	-	-	1.1137	314.1
662	0.004	0.05	28.34	-	-	1.0260	326.2
663	0.011	0.08	29.19	-	-	1.0354	319.4
664	0.007	0.05	29.96	-	-	1.1118	312.3
665	0.012	0.04	33.76	-	-	1.0724	331.5
666	0.010	0.07	24.00	-	-	1.0323	323.5
667	0.008	0.10	35.55	-	-	1.0842	320.6
668	0.014	0.06	28.13	-	-	1.1145	303.4
669	0.005	0.07	30.14	-	-	1.0922	299.7

最大 值	0.035	0.44	43.36	98.68	19.9	1.159	349.6
最小 值	0.002	0.031	22.76	89.64	0.5	0.250	238.3
平均 值	0.010			96.25			

表2 高纯拟薄水铝石样品检测结果数据表

序号	化学成分 (ppm)		烧失量 (%)	胶溶指数 (%)	孔容 (ml/g)	比表面 (m <sup>2</sup> /g)
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O				
1	50	9	27.08	98.73	0.595	220.366
2	48	8	28.68	98.12	0.640	245.632
3	110	10	27.26	97.11	0.699	259.217
4	42	11	27.75	97.99	0.705	257.169
5	45	10	27.20	97.19	0.741	228.455
6	46	9	28.12	99.22	0.758	255.362
7	51	8	26.67	98.21	0.761	256.315
8	47	7	27.79	97.94	0.762	257.186
9	46	8	34.54	95.49	0.762	274.129
10	45	8	27.96	98.87	0.764	280.036
11	48	8	27.89	97.39	0.772	278.663
12	50	8	26.79	97.72	0.774	251.825
13	66	9	25.14	97.84	0.780	262.762
14	59	10	25.04	95.39	0.789	271.024
15	52	11	25.75	97.59	0.789	271.643
16	48	10	26.72	98.58	0.791	278.133
17	42	9	28.18	97.75	0.800	281.825
18	41	8	26.83	99.24	0.809	278.463
19	46	8	27.10	98.73	0.823	251.825
20	45	8	26.80	97.33	0.829	262.762
21	86	15	27.06	99.09	0.834	271.413
22	50	10	26.39	97.81	0.850	288.494
23	50	11	26.38	97.18	0.855	286.563
24	59	10	29.12	98.56	0.856	274.631
25	52	9	28.53	97.59	0.861	279.989
26	48	14	26.97	97.27	0.863	268.991
27	50	9	27.23	98.31	0.876	263.611
28	62	10	30.23	98.46	0.878	276.817
29	59	8	29.85	97.31	0.895	281.995
30	52	21	29.52	98.66	0.829	276.964
31	48	7	27.43	97.95	0.834	281.433
32	42	6	27.63	99.51	0.829	284.508
33	41	9	25.10	96.54	0.834	276.808
34	46	8	29.23	97.82	0.829	281.351
35	45	9	27.54	97.39	0.834	289.036
36	50	8	26.28	97.81	0.967	279.332
37	50	8	26.95	97.69	0.982	276.396
38	59	10	26.62	98.01	1.006	298.312

39	52	8	25.73	98.52	1.006	306.112
40	48	7	25.08	98.81	1.014	328.271
41	42	9	27.18	98.27	1.024	319.006
42	68	11	26.95	99.32	1.026	325.538
43	46	8	26.23	99.18	1.018	311.626
44	45	9	26.81	98.45	1.028	325.573
45	48	7	28.64	97.37	1.078	321.391
46	50	10	27.23	97.78	1.025	304.816
47	50	9	28.36	98.23	1.026	304.447
48	86	14	28.49	98.93	1.046	331.169
49	59	9	29.58	97.81	1.066	320.204
50	52	11	27.72	98.58	1.079	332.298
51	48	10	28.72	97.91	1.087	317.466
52	42	8	27.54	97.55	1.096	325.339
53	47	8	28.27	98.02	1.101	327.178
54	46	8	27.29	98.11	1.102	321.756

平均值	51.9444444	9.35185185	27.5401851	98.0042592
	4	2	9	6
标准差	12.2017887	2.36449689	1.54386001	0.82803837
	1	4	3	7