

团 体 标 准

T/CMES XXX—202X

复合电镀金属-陶瓷/不溶颗粒悬浮液制 备工艺规范

Electrodeposition technical specification for preparation of suspensions
containing insoluble particles for composite

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国机械工程学会 发布

中国机械工程学会（英文简称 CMES）是具备开展国内、国际标准化活动资质的全国性社会团体。制定中国机械工程学会团体标准，以满足企业需要和市场需求，推动机械工业创新发展，是中国机械工程学会团体标准的工作内容之一。中国境内的团体和个人，均可提出制、修订中国机械工程学会团体标准的建议并参与有关工作。

中国机械工程学会团体标准按《中国机械工程学会标准化管理办法》进行制定和管理。

中国机械工程学会团体标准草案经向社会公开征求意见，并得到参加审定会议的 3/4 以上的专家、成员的投票赞同，方可作为中国机械工程学会团体标准予以发布。

在本标准实施过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和有关资料寄给中国机械工程学会，以便修订时参考。

本标准版权为中国机械工程学会所有。除了用于国家法律或事先得到中国机械工程学会正式许可外，不许以任何形式复制、传播该标准或用于其他商业目的。

中国机械工程学会地址：北京市海淀区首体南路 9 号主语国际 4 座 11 层

邮政编码：100048 电话：010-68799027 传真：010-68799050

网址：www.cmes.org 联系人：袁俊瑞 电子信箱：yuanjr@cmes.org

目次

前言 IV

1 范围 5

2 规范性引用文件 5

3 术语和定义 错误！未定义书签。

4 材料与设备 7

 4.1 颗粒材料 7

 4.2 基础电镀液 7

 4.3 化学添加剂 8

 4.4 设备 8

5 制备工艺 8

 5.1 工艺流程 8

 5.2 颗粒预处理 8

 5.3 基础镀液准备 9

 5.4 预分散浆料配制 9

 5.5 悬浮液混合与熟化 9

 5.6 关键工艺参数控制 9

6 质量检验与控制 9

 6.1 检验项目与方法 9

 6.2 生产过程中的维护 10

 6.3 颗粒质量浓度 10

 6.4 分散均匀性 10

 6.5 试镀性能 11

7 安全与环保要求 11

 7.1 安全要求 11

 7.2 环保要求 11

8 储存与运输 12

 8.1 储存 12

 8.2 运输 12

9 工艺文件与记录 12

10 变更管理 13

参考文献 14

中国机械工程学会标准征求意见稿

前 言

本文件按照 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》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国机械工程学会提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件首次制定。

中国机械工程学会标准征求意见稿

复合电镀金属-陶瓷/不溶颗粒悬浮液制备工艺规范

1 范围

本文件规定了复合电沉积用不溶性固体颗粒悬浮液制备的材料与设备、制备工艺、质量检验与控制、储存与运输、工艺文件与记录及变更管理。

本文件适用于实验室研发、中试及工业化生产条件下，以金属盐为基质、添加碳化硅、氧化铝等陶瓷或其他不溶颗粒制备的悬浮液。不适用于化学镀用工作液，也不适用于不能直接用于电沉积的独立商品浓缩浆料。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 6682 分析实验室用水规格和试验方法
- GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定
- GB/T 23769 无机化工产品 水溶液中 pH 值测定通用方法
- GB/T 19077-2024 粒度分析 激光衍射法
- GB/Z 42353-2023 Zeta 电位测定操作指南
- GB/T 30454.3-2013 纳米材料 分散体系稳定性评价 第 3 部分：离心沉降法
- GB/T 45001-2020 职业健康安全管理体系 要求及使用指南

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 通用基础术语

a) 复合电沉积 composite electrodeposition

在电沉积过程中，使金属或合金连续相与不溶性固体颗粒分散相实现共沉积，形成复合镀层的电化学工艺方法。注：又称复合电镀。

b) 金属 - 陶瓷复合电沉积 metal-ceramic composite electrodeposition

以金属或合金为连续相，陶瓷类不溶性固体颗粒为分散增强相的复合电沉积过程。

c) 不溶性固体颗粒 insoluble solid particles

在复合电沉积体系的温度、pH 值、电化学环境下，不与镀液组分发生化学反应、不发生溶解，可通过共沉积进入金属镀层的固体颗粒。

d) 纳米级不溶性固体颗粒 nano-scale insoluble solid particles

等效粒径尺寸处于 1 nm~100 nm 区间的不溶性固体颗粒。

e) 微米级不溶性固体颗粒 micron-scale insoluble solid particles

等效粒径尺寸大于 100 nm 且不大于 100 μm 的不溶性固体颗粒。

f) 复合电沉积悬浮液 composite electrodeposition suspension

在复合电沉积基础镀液中，均匀分散不溶性固体颗粒，形成的具有稳定分散性、可满足复合电沉积工艺要求的固-液两相分散体系。注：本文件中简称为悬浮液，行业内又称复合镀液、复合电沉积工作液。

3.2 原料相关术语

a) 基础镀液 base plating solution

能够实现目标金属或合金正常电沉积，不含不溶性固体颗粒的均相镀液体系，为复合电沉积提供金属离子源、导电盐、缓冲剂、光亮剂等核心基础组分。

b) 表面改性剂 surface modifier

通过物理吸附或化学键合作用，对不溶性固体颗粒表面进行修饰，改善颗粒与镀液体系相容性、抑制颗粒团聚、提升界面润湿性的化学试剂。注：包括硅烷偶联剂、钛酸酯偶联剂、高分子改性剂、功能性表面活性剂等。

c) 分散剂 dispersant

能够定向吸附于不溶性固体颗粒表面，通过空间位阻效应或静电斥力效应，破除颗粒团聚、提升颗粒在镀液中分散稳定性的化学助剂，属于表面改性剂的细分品类。

d) 润湿剂 wetting agent

能够降低固-液界面张力，提升镀液液相对不溶性固体颗粒表面的润湿能力，减少颗粒表面气泡吸附、促进颗粒均匀分散的表面活性剂。

e) 预分散浆料 pre-dispersion slurry

不溶性固体颗粒经预处理、预分散工艺制备的高固含量、高分散性浓浆体系，可直接稀释配制符合工艺要求的复合电沉积悬浮液。

3.3 制备工艺相关术语

a) 颗粒预处理 particle pretreatment

为改善不溶性固体颗粒的分散性、润湿性与纯度，在加入基础镀液前，对颗粒进行的除杂、纯化、干燥、活化、表面改性等一系列前置处理工序的总称。

b) 预分散 pre-dispersion

将经过预处理的不溶性固体颗粒，与溶剂、分散剂等组分按比例混合，通过机械、超声等方式使颗粒初步解聚、充分润湿，形成预分散浆料的工艺过程。

c) 超声分散 ultrasonic dispersion

利用超声波在液相中产生的空化效应、剪切效应与冲击效应，破除颗粒间的软团聚结构，使颗粒均匀分散于液相体系中的工艺方法。

d) 机械搅拌分散 mechanical stirring dispersion

通过搅拌装置产生的剪切力与对流循环作用，破除颗粒团聚、抑制颗粒沉降，使颗粒在液相体系中保持均匀悬浮状态的分散工艺方法。

e) 循环分散 circulation dispersion

通过循环泵送装置，使悬浮液在镀槽与循环管路间持续闭环流动，配合管路内的剪切、均质结构，实现全体系颗粒均匀分散、无沉降死角的工艺方法。

f) 原位分散 in-situ dispersion

在复合电沉积生产过程中，同步采用超声、搅拌、循环等分散方式，使悬浮液中的颗粒持续保持均匀分散状态，保障共沉积过程稳定的工艺过程。

g) 颗粒团聚 particle agglomeration

悬浮液中的不溶性固体颗粒，在范德华力、静电力、氢键等分子间作用力下，相互聚集成二次颗粒的现象。注：分为软团聚和硬团聚；软团聚可通过机械、超声等常规分散方式解聚，硬团聚难以通过常规分散方式破除。

3.4 性能与检测相关术语

a) 分散稳定性 dispersion stability

在规定的储存、工艺条件与时间内，悬浮液中的不溶性固体颗粒保持均匀分散状态，不发生明显团聚、沉降、分层的能力，是悬浮液的核心性能指标。

b) 沉降率 sedimentation rate

在规定的静置条件与测试时间内，悬浮液中出现沉降的不溶性固体颗粒质量占体系中颗粒总质量的百分比，用于量化表征悬浮液的静置沉降稳定性。

c) 固含量 solid content

悬浮液中不溶性固体颗粒的质量占悬浮液总质量的百分比，又称颗粒含量。

d) 分散均匀性 dispersion uniformity

悬浮液体系内，不同空间位置的不溶性固体颗粒浓度、粒径分布的一致程度，用于量化表征颗粒在液相中的分散均匀效果。

e) 粒径分布 particle size distribution; PSD

悬浮液中不溶性固体颗粒的不同粒径区间对应的颗粒数量或质量占比，用于表征颗粒的团聚与解聚程度。

f) Zeta 电位 Zeta potential

悬浮液中颗粒滑动面与均匀液相之间的电势差，用于表征颗粒表面带电特性与体系的胶体稳定性；Zeta 电位绝对值越高，体系抗团聚能力越强。

4 材料与设备

4.1 颗粒材料

4.1.1 颗粒应具有可追溯的批次信息，其化学成分、纯度、晶型、粒径分布和形貌应满足经确认的工艺技术文件要求。

4.1.2 颗粒粒径应明确测试方法、分布基准以及报告参数；需要时，应区分原始颗粒与分散后团聚体的粒径。

4.1.3 颗粒中影响镀液或镀层性能的杂质应受到控制，相关杂质项目及限值应在工艺技术文件中规定。

4.1.4 颗粒不应含有采用规定分散方法仍无法消除、且影响正常使用的硬团聚体。

4.1.5 采用湿态颗粒或含水浆料时，应测定或确认其颗粒质量分数，并据此计算投料量。

4.2 基础电镀液

4.2.1 基础镀液的主盐、导电盐、缓冲组分、添加剂、pH 值及杂质含量应符合对应电沉积工艺要求。

4.2.2 基础镀液应在加入颗粒前完成规定的成分检测和必要的净化处理。

4.2.3 采用活性炭处理或小电流电解等净化方法时，应验证其对有效组分的影响，必要时重新分析和调整。

4.2.4 基础镀液应具有配制或检验记录。

4.3 化学添加剂

4.3.1 分散剂、润湿剂和表面改性剂应根据颗粒表面性质、镀液组成及目标镀层要求选择。同一试剂兼具多种功能时，应避免重复计算和重复添加。

4.3.2 分散剂用量应以有效成分质量与颗粒质量之比表示。采用其他计量方式时，应明确其基准和换算关系。

4.3.3 添加剂种类及用量应通过分散性能和电沉积相容性验证确定，不应直接采用未经验证的通用添加量。

4.3.4 pH 调节剂不应引入影响工艺的杂质离子；添加方法应避免局部 pH 突变和金属氢氧化物析出。

4.3.5 缓冲剂、光亮剂和整平剂等应与基础镀液配方相适应。新增或更换添加剂时，应进行相容性验证。

4.3.6 试剂的等级、有效成分含量、关键杂质和批次信息应满足工艺要求，并留存质量证明资料。

4.4 设备

4.4.1 配液槽、容器、管路和接液部件应与镀液、颗粒及添加剂相容，并满足耐腐蚀、防泄漏和清洁要求。

4.4.2 搅拌与循环系统应能够使悬浮液在规定工况下达到分散均匀性要求。

4.4.3 采用超声设备时，应能够记录频率、功率设定、处理时间、工作方式及样品温度。

4.4.4 过滤或分离装置应根据使用目的选择滤材和截留能力，不应造成未经控制的有效颗粒损失。

4.4.5 检测仪器应满足相应方法的量程和准确度要求，并按规定进行校准、检定或功能核查。

4.4.6 设备放大时，不应仅根据实验室搅拌转速或超声时间直接确定工业生产参数，应进行放大验证。

制备工艺

4.5 工艺流程

颗粒验收与必要的预处理、基础镀液配制与确认分别完成后，按下列流程制备：预分散浆料配制 → 混合与定容 → 分散与必要的熟化 → 质量检验 → 使用或储存。

4.6 颗粒预处理

4.6.1 应根据颗粒洁净程度、表面状态和分散要求确定是否进行预处理。

4.6.2 采用清洗、酸碱处理或表面改性时，应规定处理剂种类、浓度、固液比、温度、时间及清洗终点。

4.6.3 清洗终点应根据残留物控制要求确定，可采用电导率、pH 值或特定残留物检测，不应仅以“洗至中性”作为通用判据。

4.6.4 使用有机溶剂时，应验证残留溶剂对后续镀液和镀层的影响。

4.6.5 需要干燥时，应规定干燥温度、时间或终点，避免造成不可逆团聚。经验证适用的湿态颗粒

可直接用于制浆。

4.6.6 预处理后的颗粒应防止二次污染，并记录处理前后的质量或含水状态。

4.7 基础镀液准备

4.7.1 按工艺技术文件配制基础镀液，使规定的可溶性组分充分溶解。

4.7.2 根据需要进行净化，并确认净化后的镀液满足 4.2 的要求。

4.7.3 加入浆料前，应将镀液温度和 pH 值调整至规定范围。

4.8 预分散浆料配制

4.8.1 按颗粒实际质量和规定固液比计量投料。

4.8.2 预分散介质宜采用与目标镀液相容的介质。采用去离子水或其他介质时，应计入最终物料衡算，并验证混合后是否发生团聚或镀液性能变化。

4.8.3 按规定顺序加入颗粒、介质及添加剂，采取措施减少粉尘、飞溅和气泡引入。

4.8.4 可采用机械、超声或其他经验证的分散方法。应记录设备类型、处理量、关键运行参数、温度及处理时间。

4.8.5 分散终点应由经验证的粒径分布、团聚状态或其他适用指标确定，不应仅以固定处理时间判定。

4.9 悬浮液混合与熟化

4.9.1 在规定搅拌条件下，将预分散浆料按规定加料速率加入基础镀液，避免局部浓度过高。

4.9.2 采用相容介质冲洗转移容器，冲洗液应计入最终体积和组分计算。

4.9.3 依据物料衡算补充所需组分并定容，确认基础镀液组分、颗粒浓度及 pH 值符合要求。

4.9.4 需要熟化时，应按验证确定的温度、时间和搅拌条件进行。

4.9.5 存在影响检测或试镀的气泡时，应采用经验证的脱泡方式处理。

4.10 关键工艺参数控制

工艺技术文件应规定下列适用参数的控制范围：

- 颗粒质量浓度及添加剂用量；
- 基础镀液关键组分浓度；
- pH 值与温度；
- 搅拌器类型、转速及必要的设备几何参数；
- 超声频率、功率设定、工作方式和处理时间；
- 循环流量、循环方式及过滤条件；
- 加料顺序、加料速率、分散与熟化终点。

5 质量检验与控制

5.1 检验项目与方法

5.1.1 外观检验：悬浮液应均匀，无明显分层、结块或大颗粒团聚物。

5.1.2 颗粒分散性检查：根据 GB/T 19077-2024，采用粒度分析仪，按照仪器操作规程测量，记录粒径分布曲线。

5.1.3 稳定性测试（沉降试验）：将均匀的悬浮液倒入具塞量筒，在规定条件下静置一定时间，记录沉降物体积比或上清液高度，评价静置稳定性。必要时，可按 GB/T 30454.3-2013 进行离心沉降辅

助评价。

5.1.4 Zeta 电位：按 GB/Z 42353-2023 规定的方法测定。

5.1.5 pH 值：按 GB/T 23769 规定的方法测定。

5.1.6 颗粒浓度验证：取一定体积悬浮液，过滤、清洗、烘干、称重，计算实际颗粒浓度，与目标值偏差应在±5%以内。

表 1 悬浮液检验项目

检验项目	出厂检验	型式检验	储存稳定性检验
外观	√	√	√
pH 值	√	√	√
颗粒质量浓度	√	√	√
粒径分布	△	√	√
分散均匀性	△	√	△
静置稳定性	△	√	√
再分散性	√	√	√
基础镀液相容性	—	√	△
试镀性能	—	√	△

注：“√”表示应检验；“△”表示根据工艺技术文件或产品用途确定；“—”表示通常不作为该类检验的必检项目。

5.2 生产过程中的维护

5.2.1 电镀生产过程中，应保持持续的搅拌，维持悬浮液均匀。

5.2.2 定期检测和调整悬浮液的 pH 值、温度及颗粒浓度（通过沉降补加）。

5.2.3 定期对悬浮液进行循环过滤，去除可能产生的粗大杂质或异常团聚体。

5.2.4 根据生产量和分析结果，定期补加消耗的分散剂。

5.2.5 悬浮液有效期：在常温（5℃~35℃）、避光、密闭、干燥的储存条件下，微米级颗粒（等效粒径不小于 1 μm 且不大于 100 μm）复合电沉积悬浮液的密闭储存有效期应不小于 3 个月，亚微米级（等效粒径不小于 100 nm 且小于 1 μm）不小于 2 个月，纳米级（等效粒径不小于 1 nm 且小于 100 nm）不小于 1 个月。

5.3 颗粒质量浓度

颗粒质量浓度测定应明确取样体积、分离介质、滤膜孔径、清洗介质、干燥温度、恒重条件和空白修正。应验证颗粒回收率，防止颗粒流失或可溶性盐残留造成测定偏差。

$$C = \frac{m_2 - m_1 - m_b}{V} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- C ——颗粒质量浓度，单位为 g/L；
- m₂ ——干燥后分离介质与颗粒的总质量，单位为 g；
- m₁ ——分离介质初始质量，单位为 g；
- m_b ——空白残留质量，单位为 g；
- V ——试样体积，单位为 L。

5.4 分散均匀性

在规定搅拌或循环工况下，从上部、中部和下部等代表性位置取样，测定各位置的颗粒质量浓度。以各测定值的算术平均值作为平均颗粒质量浓度，并计算最大相对偏差。

$$U = \frac{\max|C_i - C_a|}{C_a} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

式中：

U——颗粒质量浓度最大相对偏差；

C_i ——第 i 个取样位置的颗粒质量浓度；

C_a ——各取样位置颗粒质量浓度的平均值。

允许偏差应根据设备规模和工艺验证结果确定。

5.5 试镀性能

5.5.1 采用悬浮液进行试镀时，应在试验前明确基材、前处理方式、基础镀液组成、颗粒浓度、pH 值、温度、电流条件、搅拌或循环条件、沉积时间及评价项目。

5.5.2 试镀评价项目可包括镀层外观、镀层厚度、附着强度、颗粒含量、颗粒分布、硬度、耐磨性和耐蚀性等。具体项目和合格限值应根据产品用途确定。

5.5.3 若规定“镀层颗粒含量”，应明确：

——质量分数；

——体积分数；

——截面面积分数；

——面密度；

——其他指标。

6 安全与环保要求

6.1 安全要求

6.1.1 制备现场应设置明显的安全警示标识，严禁烟火，配备消防器材（如干粉灭火器、消防沙等），防止火灾、爆炸事故发生。

6.1.2 操作人员应穿戴好个人防护用品（如防护服、手套、护目镜、口罩等），避免皮肤接触、吸入原料或悬浮液，防止化学灼伤、中毒等伤害。

6.1.3 原料应分类存放，易燃易爆、腐蚀性原料应单独存放，远离火源、热源，避免与其他物质混存，防止发生化学反应。

6.1.4 制备过程中，避免试剂飞溅，若发生试剂飞溅，应立即用大量清水冲洗受影响部位，必要时就医。

6.1.5 操作人员应经过专业培训，熟悉设备操作规程和安全注意事项，考核合格后方可上岗，严禁违规操作。

6.1.6 现场应配备应急冲洗设备（如洗眼器、紧急喷淋装置），用于突发情况下的应急处理。

6.2 环保要求

6.2.1 制备过程中产生的废水（如清洗废水、过滤废水），应经处理后达标排放，符合国家及地方相关环保标准，严禁直接排放。

6.2.2 制备过程中产生的废渣（如过滤杂质、不合格悬浮液），应分类收集，交由专业机构进行无害化处理，严禁随意丢弃。

6.2.3 挥发性有机溶剂应在通风良好的环境中使用，配备排风装置，减少有机溶剂挥发对环境和人体的影响。

6.2.4 优先选用环保型原料和辅助试剂，减少有毒有害物质的使用，降低对环境的污染。

6.2.5 制备现场应设置防渗、防腐设施，防止悬浮液泄漏污染土壤和地下水。

6.2.6 符合 GB/T 45001-2020 职业健康安全管理体系要求，定期对现场环境进行检测，确保符合环保和职业健康标准，同时参照 ASTM B832-93(2021)相关环保要求。

7 储存与运输

7.1 储存

7.1.1 悬浮液应储存于耐腐蚀、密封良好的容器中，容器上应做好标识，注明产品名称、批次号、制备日期、保质期、pH 值、使用说明等信息。

7.1.2 储存环境应阴凉、干燥、通风，远离火源、热源和阳光直射，温度控制在 5℃~35℃，相对湿度不超过 80%，避免与酸性、碱性物质混存。

7.1.3 悬浮液储存期间，应每隔 24 h 搅拌一次（搅拌时间为 10 min~15 min），防止颗粒沉降，确保悬浮液均匀性。

7.1.4 悬浮液应密闭保存，避免在储存过程中被污染，储存容器应定期清洗，防止残留杂质影响后续悬浮液制备。

7.2 运输

7.2.1 运输时，应将储存容器固定牢固，避免碰撞、倾倒、泄漏，容器密封良好，防止杂质混入和悬浮液溢出。

7.2.2 运输车辆应具备相应的防腐、防渗设施，运输过程中避免阳光直射、高温、雨淋，温度控制在 5℃~35℃，严禁与易燃易爆、酸性、碱性物质混运。

7.2.3 运输过程中，应做好运输记录，包括运输日期、批次号、目的地、运输人员等，便于追溯。

7.2.4 运输到目的地后，应及时检查容器是否完好、悬浮液是否泄漏、外观是否正常，若有异常，应及时处理。

8 工艺文件与记录

8.1.1 应编制并批准悬浮液制备工艺作业指导书。

8.1.2 工艺作业指导书至少应规定：

- 颗粒种类、批次和质量要求；
- 基础镀液组成及关键控制指标；
- 预处理条件；
- 预分散介质和添加剂种类、用量；
- 加料顺序和加料速率；
- 搅拌、超声、循环和过滤参数；
- pH 值、温度和颗粒质量浓度；
- 分散终点和熟化终点；
- 取样位置、频次和检验方法；
- 放行、储存和再分散要求。

8.1.3 每批悬浮液应记录：

- 颗粒和原料批号；
- 预处理条件；
- 各物料名称、批号和实际用量；
- 实际颗粒质量或含水状态；
- pH 值、温度、时间等工艺参数；
- 搅拌、超声、循环和过滤参数；
- 质量检验原始数据；
- 异常、调整、返工和复验情况；
- 操作人员、检验人员和批准人员；
- 制备日期、放行日期及储存信息。

8.1.4 记录应真实、完整、清晰并具有可追溯性。电子记录应采取备份和防止未经授权修改的措施。

8.1.5 记录保存期限应在文件管理制度中明确。

9 变更管理

9.1.1 发生下列变化时，应进行变更评估：

- a) 颗粒供应商、材质、粒径分布、含水率或表面处理方式发生变化；
- b) 基础镀液主盐、导电盐、缓冲剂或其他关键组分发生变化；
- c) 分散剂、润湿剂或表面改性剂发生新增、替换或用量调整；
- d) 设备、槽体尺寸、搅拌器、循环泵、超声设备或过滤装置发生变化；
- e) 关键工艺参数发生变化；
- f) 包装容器、储存条件或运输条件发生变化。

9.1.2 变更后，应根据影响程度重新进行相容性、分散稳定性、再分散性、储存稳定性和试镀性能验证。

9.1.3 未经评估和批准，变更后的悬浮液不应与原配方或原批次悬浮液直接混合使用。

参考文献[1] GB/T 6682 分析实验室用水规格和试验方法。

[2] GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定。

[3] GB/T 23769 无机化工产品 水溶液中 pH 值测定通用方法。

[4] GB/T 19077-2024 粒度分析 激光衍射法。

[5] GB/Z 42353-2023 Zeta 电位测定操作指南。

[6] GB/T 30454.3-2013 纳米材料 分散体系稳定性评价 第 3 部分：离心沉降法。

[7] GB/T 45001-2020 职业健康安全管理体系 要求及使用指南。

中国机械工程学会标准征求意见稿