

制定《工业无水氯化铜》化工行业标准编制说明

(征求意见稿)

一、工作简况

(一) 任务来源

1、基本信息

根据“工信厅科〔2024〕18号”《工业和信息化部办公厅关于印发2024年第一批行业标准制修订计划的通知》的要求，于2025年完成《工业无水氯化铜》化工行业标准的制定工作，计划编号：2024-0179T-HG。本标准由全国化学标准化技术委员会无机化工分技术委员会负责技术归口。本标准由广东光华科技股份有限公司、东江环保股份有限公司、嘉兴德达资源循环利用有限公司、杭州富阳鸿源再生资源利用有限公司、中海油天津化工研究设计院有限公司等单位共同起草。

2、简要情况

1) 产品概况

产品名称：无水氯化铜 分子式： CuCl_2

相对分子质量：134.45（按2022年国际相对原子质量）

产品性质：棕黄色固体粉末，吸收水分后变为蓝绿色的二水合物。在浓盐酸中生成黄绿色 $[\text{CuCl}_4]$ 配离子，加热时能被氢气还原为金属铜，还能被氨气还原为氯化亚铜。无水氯化铜为变形碘化镉结构，其结构中含有扁平四氯化铜（ CuCl_4 ）的多聚长链。

产品用途：可用作有机化学反应催化剂。电镀工业用作电镀槽增加铜离子添加剂。用作玻璃、陶瓷着色剂。石油工业脱臭、脱硫和纯化剂。印染的媒染剂和染料着色剂。用于金属冶炼，照相制版作腐蚀剂，木材防腐。用作杀虫剂、净水消毒剂。

2) 生产方法

方法一：由含铜蚀刻废液生产结晶碱式氯化铜 $[\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}]$ ，碱式氯化铜与盐酸中和浓缩结晶后制得二水合氯化铜。经高温脱水制备成无水氯化铜。目前了解到的国内生产企业大多用此法生产。

方法二：氢氧化铜和盐酸反应后，再浓缩结晶制得工业二水合氯化铜，再经高温脱水制备成无水氯化铜。

方法三：氧化铜和盐酸反应后，再浓缩结晶而得工业二水合氯化铜，再经高温脱水制备成无水氯化铜。

(二) 制定标准的意义

作为化学反应的催化剂，工业无水氯化铜品质好坏是影响化学反应收率的重要因素，起到了至关重要的作用。随着多晶硅企业现有产能的释放以及新增产能的扩张，预计今后无水氯化铜需求量会出现快速增长。由于国内生产工艺水平的差异造成市场上的产品质量良莠不齐，由于没有统一标准衡量产品质量，低端产品通过价格竞争扰乱正常市场秩序，阻碍了行业的健康发展。中国多晶硅

产业的冷氢化技术居于世界领先水平，因此对催化剂工业无水氯化铜产品质量提出了具体要求，本标准以下游行业特别是多晶硅行业的需要为依据，通过关键性指标如氯化铜含量、硫酸盐、铁、镍、锌、砷、水不溶物等指标的设置，实现对产品质量有效控制。标准实施后对规范产品质量、指导企业提高生产水平、优化产业结构、满足国内外用户的使用具有十分重要的意义，同时对无机化工标准体系还可以起到进一步补充完善的作用。

（三）主要工作过程

1、起草阶段（2024.7~2025.6）

①起草工作组

由广东光华科技股份有限公司、东江环保股份有限公司、嘉兴德达资源循环利用有限公司、中海油天津化工研究设计院有限公司等单位组成起草标准工作组。

②分工情况

天津院主要负责资料收集、编写文献小结、召开标准工作方案会、数据统计、编写标准各阶段草案、编制说明及相关附件等工作。其他单位主要负责试验方法验证及数据累积工作。

③调查研究过程

天津院接到上级部门下达的制定标准计划，于2024年7月~2024年8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，广泛征求对标准修订工作的意见，在此基础上提出了文献小结。2024年10月在武汉市召开了标准工作方案会，参加会议的有包括天津院在内的3家企业，会上生产单位就各自的产能、生产工艺、产品质量和用户使用情况进行了介绍。与会代表就此标准的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的安排。

④验证过程

起草工作组成员针对天津院提出的试验验证方案，进行了试验验证。

对比验证数据分析及验证评价（或结论）见本编制说明第四章。

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，其后提出标准草案征求意见稿及编制说明。于2025年6月开始向无机化工分技术委员会的委员、生产、使用及检验机构等单位发送了电子文件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、制定标准的原则和依据

1 制标原则

- 1) 积极采用国际标准和国外先进标准的原则；
- 2) 有利于促进技术进步，提高产品质量的原则；
- 3) 有利于合理利用资源，提高经济效益的原则；
- 4) 符合用户要求，保护消费者利益、促进对外贸易的原则；

5) 遵循科学性、先进性、统一性的原则。

2 编制依据

- 1) 国内企业标准或技术指标（见附表 1）；
- 2) 国内生产厂质量月报（见附表 4）；
- 3) 编制过程中的验证数据。

三、国内外标准概况

目前未收集到国内外标准，只收集到国内的企业标准 Q/320584QAQ 015-2024《工业无水氯化铜》、Q/JXWSTXCL 013-2024《工业无水氯化铜》、Q/DFHY02-2019《无水氯化铜》及广东光华科技股份有限公司、嘉兴德达资源循环利用有限公司的产品质量规格。对比国内企业标准和产品质量规格，可以看出国内产品质量水平较为接近。国内标准指标和试验方对比情况见附表 1 和附表 2。

四、标准主要内容及确定依据

1 警告

根据现行标准 GB 12268—2012（2025 年版本于 2025 年 10 月 1 日实施）中规定无水氯化铜（UN 号 2802）为第 8 类腐蚀性物质，包装类别为 III 类。根据产品特性，本标准在正文标准名称下面写明产品所具有的危险性警告。具体内容如下：

警告：按 GB 12268—2012 第 6 章的规定，本产品属第 8 类腐蚀性物质，操作时应小心谨慎。使用本文件的人员应有正规实验室的实践经验。本文件并未指出所有可能的安全问题，使用者有责任采取适当的安全和健康措施，并保证符合国家有关法规规定的条件。

2 范围

本标准范围确定为：

本文件规定了工业无水氯化铜的要求、试验方法、检验规则、标志、标签和随行文件、包装、运输、贮存。

本文件适用于工业无水氯化铜。

注：该产品主要用于多晶硅制备过程中冷氢化的催化剂，也可用作制药行业的催化剂、织物印染中的媒染剂，还可用作木材防腐剂、消毒剂、玻璃和陶瓷颜料等。

3 产品等级的确定

通过分等分级的方式对产品品质进行划分，即可以满足下游不同级别用户的需求，又可以节约资源，避免质量过剩造成浪费。目前无水氯化铜主要作为催化剂，根据其应用领域的需求，参考国内各企业标准指标设置的情况，本标准设置一等品和合格品 2 个等级。

4 指标项目的设置

本标准指标项目的设置主要从以下几个方面进行考虑：

- 1) 由原料带入的影响纯度的杂质；

- 2) 对下游行业产生不利影响的杂质;
- 3) 生产过程中使用的设备、器具等带来的杂质。

综合分析各方面的需求,本标准确定设置外观、氯化铜、水不溶物、硝酸盐、磷、砷、铁、镍、锌、硼、金属离子总量($\text{Fe}+\text{Ni}+\text{Zn}+\text{Al}+\text{Ca}+\text{Cd}+\text{Cr}+\text{Mg}+\text{Mn}+\text{Pb}$)、干燥减量和 pH 共 13 项指标。

设置金属离子总量主要是考虑目前铜盐原料基本都是来源于资源回收行业,上游各行业存在差别造成金属杂质种类和含量有些许不同,较难用统一指标进行要求,因此在主要杂质铁、砷、镍和锌等指标进行单设的基础上,又设置了金属离子总量对其他杂质总量进行控制。

5 指标要求的确定

5.1 外观

根据无水氯化铜物理性质,确定本产品的外观为棕黄色固体粉末。

5.2 氯化铜含量的确定

对比国内企业标准,氯化铜含量设置在 96.0%~99.0%,且大多数企业控制在不小于 98.0%。根据国内情况,本标准氯化铜含量 2 个等级均设置为不小于 98.0%。

5.3 水不溶物的确定

国内企业标准水不溶物指标控制在 0.01%~0.04%,且大多集中在不大于 0.02%。本标准根据国内情况,一等品水不溶物含量设置为不大于 0.02%,合格品不控制。

5.4 硝酸盐含量的确定

只有 1 家国内企业标准控制硝酸盐含量,本标准根据国内情况,一等品硝酸盐含量设置为不大于 0.5%,合格品不控制。

5.5 磷(P)含量的确定

只有 1 家国内企业标准控制了磷含量,本标准根据国内情况,一等品磷含量设置为不大于 0.01%,合格品不控制。

5.6 砷含量的确定

国内企业标准砷含量指标控制在 0.0005%~0.005%,且大多集中在不大于 0.001%~0.002%。本标准根据国内情况,一等品砷含量设置为不大于 0.001%,合格品设置为不大于 0.002%。

5.7 硼含量的确定

只有 1 家国内企业标准控制了硼含量,本标准根据国内情况,一等品硼含量设置为不大于 0.03%,合格品不控制。

5.8 铁含量的确定

国内企业标准铁含量指标控制在 0.01%~0.04%,且大多集中在不大于 0.01%~0.02%。本标准根据国内情况,一等品和合格品铁含量均设置为不大于 0.01%。

5.9 镍含量的确定

国内企业标准镍含量指标控制在 0.0005%~0.01%,且大多集中在不大于 0.01%。企业实测结果显示个别企业镍含量实测值较高,但仍可满足客户需求。本标准根据国内实际生产情况,一等品镍含量设置为不大于 0.02%,合格品设置为不大于 0.03%。

5.10 锌含量的确定

国内企业标准锌含量指标控制在 0.01%,本标准根据国内实际生产情况,一等品锌含量设置为不大于 0.005%,合格品设置为不大于 0.01%。

5.11 金属离子总量的确定

只有 1 家国内企业标准控制了金属离子总量，本标准根据国内实际生产情况，一等品金属离子总量设置为不大于 0.1%，合格品不控制。

5.12 干燥减量的确定

国内企业标准干燥减量指标控制为不大于 0.75%，本标准根据国内实际生产情况，一等品和合格品干燥减量均设置为不大于 0.75%。

5.13 pH 的确定

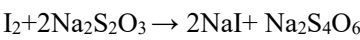
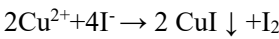
只有 1 家国内企业标准控制了 pH，本标准根据产品实际情况，一等品和合格品 pH 均设置为 2.4～4.0。

6 试验方法的确定

本标准试验方法参考同类产品标准 HG/T 6240—2023《电镀用二水合氯化铜》。试验方法对比见附表 2。

6.1 氯化铜含量的测定

HG/T 6240—2023标准采用碘量法测定二水合氯化铜含量，且现行铜盐产品行业标准中均使用碘量法测定主含量。碘量法原理为在试样用水溶解，在微酸性条件下，加入适量的碘化钾与二价铜作用，析出等摩尔碘，以淀粉为指示剂，用硫代硫酸钠标准滴定溶液滴定析出的碘，从消耗硫代硫酸钠标准滴定溶液的体积计算出氯化铜含量。反应方程式如下：



使用碘量法测定氯化铜含量的八平行测定数据列于表 1。

表 1 碘量法八平行测定数据（%）

测定次数	1	2	3	4	5	6	7	8	平均值	标准偏差
1#样品	99.38	99.41	99.44	99.36	99.37	99.38	99.39	99.36	99.39	0.027
2#样品	99.22	99.21	99.26	99.24	99.34	99.26	99.28	99.13	99.24	0.061

从八平行试验数据看，方法标准偏差在 0.027～0.061 之间，可以满足主含量测定要求，按八平行数据确定的方法允许差为两次平行测定结果的绝对差值不大于 0.2 %。

6.2 水不溶物含量的测定

目前现行行业标准和企业标准中水不溶物均采用重量法测定，试样溶于水后，经玻璃砂坩埚过滤、洗涤、干燥后，烘干至质量恒定，根据烘干后残留物的量，确定水不溶物的含量。水不溶物含量八平行测定结果列于表 2。

表 2 水不溶物含量 8 平行测定数据（%）

测定次数	1	2	3	4	5	6	7	8	平均值	标准偏差
1#样品	0.0010	0.0014	0.0012	0.0016	0.0014	0.0010	0.0012	0.0020	0.0014	0.00033

从八平行试验数据看，水不溶物含量较低时相对标准偏差较大，按八平行数据确定的方法允许差为两次平行测定结果的绝对差值不大于 0.004 %。

6.3 硝酸盐含量的测定

目前常用硝酸盐含量测定方法有紫外分光光度法和靛蓝二磺酸钠限量比色法。

方法一紫外分光光度法原理为将试样溶解于水，用氢氧化钠溶液沉淀试样中的金属离子，溶液中的硝酸盐离子在220 nm波长处有吸收，在一定的浓度范围内，吸光度与硝酸盐含量成正比。溶液中溶解的有机物在220 nm和275 nm处均有吸收，可以通过测量275 nm波长处吸光度，校正有机物在220 nm处的吸收。该方法标准曲线线性数据列于表3，八平行测定数据和加标回收数据列于表4。

表 3 标准曲线线性数据

标准曲线编号	1	2	3	4	5	6	标准线性方程 $Y=0.0022x+0.003016$ $r^2=0.9999$
硝酸盐浓度/(mg/L)	0	10	20	60	100	200	
A (220nm)	0.0033	0.0269	0.0469	0.1373	0.2272	0.4468	
A (275nm)	0.0005	0.007	0.0008	0.0004	0.0003	0.0017	
吸光度	0.0023	0.0256	0.0453	0.1365	0.2267	0.4435	

表 4 紫外分光光度法测定硝酸盐含量八平行和加标回收率数据

测定次数	1	2	3	4	5	6	7	8	平均值	标准偏差	回收率/%
1#样品/%	0.0012	0.0006	0.0002	0.0016	0.0010	0.0018	0.0010	0.0004	0.0010	0.0006	99.3~101.0
2#样品/%	0.0023	0.00004	0	0.0009	0.0004	0.0011	0.0009	0.0009	0.0008	0.0007	105.7~106.8

所选样品硝酸盐含量较低，因此标准偏差较大，加标回收率在 99.3%~106.8%，可以满足杂质含量测定要求，测定结果准确可靠。本方法允许差确定为两次平行测定结果的绝对差不大于 0.01 %。

方法二靛蓝二磺酸钠限量比色法原理为在硫酸介质中，靛蓝二磺酸钠被试样中的硝酸盐氧化成黄色的靛紫，使蓝色消褪，用目视比色法测定。该方法八平行测定数据列于表 5。

表 5 靛蓝二磺酸钠限量比色法八平行测定数据

测定次数	1	2	3	4	5	6	7	8	平均值
1#样品/%	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
2#样品/%	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5

靛蓝二磺酸钠限量比色法测定步骤简单，在分析要求不高时可使用该方法进行测定。

6.4 磷含量的测定

磷含量常用的测定方法为磷钼蓝分光光度法，该方法是在硝酸介质中，以氯化亚锡-抗坏血酸为还原剂，将生成的磷钼杂多酸还原为磷钼蓝，使用分光光度法进行测定。因产品本身带有颜色，所以本产品使用有机相比色。该方法八平行试验数据列于表 6，加标回收率数据列于表 7。

表 6 磷钼蓝分光光度法八平行试验数据

测定次数	1	2	3	4	5	6	7	8	平均值	标准偏差
1#样品/%	0.0016	0.0016	0.0016	0.0015	0.0017	0.0015	0.0015	0.0015	0.0016	0.000056
2#样品/%	0.0099	0.0092	0.0099	0.0094	0.0092	0.0098	0.0098	0.0095	0.0096	0.00029

表 7 磷钼蓝分光光度法加标回收率数据

序号	本底量/ μg	加标量/ μg	实测结果/ μg	回收率/%
1	0.8	2	2.8275	101.6
2	0.8	2	2.7422	97.3
3	4.8	4	9.314	113.0
4	4.8	4	8.8623	101.7

从八平行试验数据看，该方法测定无水氯化铜中磷含量可以获得满意的结果，精密度高，加标回收率在 97.3%~113.0%，测定准确度较高。根据八平行数据确定方法允许差为两次平行测定结果的绝对差不大于 0.002 %。

6.5 砷含量、硼含量、铁含量、镍含量、锌含量和金属离子总量的测定

类似铜盐标准中砷含量、硼含量、铁含量、镍含量、锌含量和金属离子总量的测定使用火焰原子吸收光谱法和电感耦合等离子体发射光谱法（ICP-OES法），本标准确定使用 ICP-OES 法进行测定，该方法可同时分析样品中的多种元素，工作效率高、灵敏度高、操作简便、干扰因素较少。该方法八平行数据和加标回收率数据列于附表 3。

从八平行数据看，除个别含量较低的项目标准偏差较大外，其他项目均具有较高的精密度。从加标回收率数据看，用 ICP-OES 法测定无水氯化铜中的杂质元素含量准确度较高。

6.5 干燥减量的测定

本标准干燥减量指标采用常规的测定方法，即干燥重量法。该方法八平行数据列于表 8。

表 8 干燥减量八平行试验数据

测定次数	1	2	3	4	5	6	7	8	平均值	标准偏差
1#样品/%	0.10	0.11	0.12	0.09	0.10	0.08	0.10	0.10	0.10	0.012
2#样品/%	0.10	0.10	0.12	0.12	0.10	0.10	0.10	0.10	0.11	0.009

从八平行试验数据看，使用干燥重量法测定无水氯化铜的干燥减量可以得到满意的测定结果。

6.5 pH 的测定

本标准 pH 测定使用 pH 计法，该方法八平行数据列于表 9。

表 9 pH 八平行试验数据

测定次数	1	2	3	4	5	6	7	8	平均值	标准偏差
1#样品	3.59	3.56	3.55	3.58	3.55	3.55	3.56	3.57	3.56	0.015
2#样品	3.75	3.77	3.76	3.75	3.77	3.75	3.75	3.74	3.76	0.011

从八平行试验数据看，使用 pH 计法测定无水氯化铜的 pH 可以得到满意的测定结果。

7 检验规则

本标准规定的所有检验项目为出厂检验项目，应逐批检验。

每批产品不超过 20 t。

8 标志、标签和随行文件

根据产品性质，包装上应标识 GB 190 中规定的“腐蚀性物质”标签和 GB/T 191-2008 表 1 中规定

的“怕雨”标志。

随行文件规定了常规内容。

9 包装、运输、贮存

工业无水氯化铜内包装采用聚乙烯塑料薄膜袋，外包装采用塑料编织袋、纸板桶或符合 GB 12463 规定的牛皮纸袋。包装内袋用维尼龙绳或其他质量相当的绳扎口，或用与其相当的其他方式封口；外包装应牢固封口。每件净含量为 25 kg，也可根据用户要求的规格进行包装。

工业无水氯化铜在运输过程中应有遮盖物，保持包装的密封性，防止暴晒、雨淋、受潮。不应与钠、钾等活性金属混运。

工业无水氯化铜应贮存在阴凉、通风、干燥的库房。防止暴晒、雨淋、受潮。不应与钠、钾等活性金属混装混贮。

五、水平分析

本标准参考国内相关产品标准，结合下游用户的要求，设置了指标要求和分析方法。指标要求进行了合理分等分级，指标项目设置齐全，指标要求满足下游客户的使用要求。试验方法均采用常规、经典方法，经验证测定结果准确可靠，适合工厂分析要求。

综上所述本标准达到国内先进水平。

附表 1:

国内标准指标对比表

项目	广东光华科技股份有限公司 质量规格	嘉兴德达资源循环利用有限公司质量规格	江西威斯特 Q/JXWSTXCL 013-2024		吴江市威士达 Q/320584AQA 012-2024		枣庄东方浩源 Q/DFHY02 -2019	本标准	
			优等品	一级品	优等品	一级品		一等品	合格品
外观	棕色结晶粉末		棕黄色晶体或粉末		棕黄色晶体或粉末		棕黄色晶体或粉末	棕黄色固体粉末	
氯化铜 (CuCl ₂) w/%	≥	98.0	98.0	99.0	98.0	96.0	98.0	98.0	98.0
铜含量 (Cu) w/%	≥	46.3	—	—	—	—	—	—	—
水不溶物w/%	≤	0.02	0.02	0.01	0.02	0.04	0.02	0.02	—
硝酸盐 (以NO ₃ 计) w/%	≤	0.5	—	—	—	—	—	0.5	—
硫酸盐w/%	≤	—	0.03	0.01	0.03	0.05	0.03	—	—
磷 (P) w/%	≤	0.01	—	—	—	—	—	0.01	—
砷 (As) w/%	≤	0.002	0.002	0.0005	0.001	0.005	—	0.001	0.002
硼 (B) w/%	≤	0.03	—	—	—	—	—	0.03	—
铁 (Fe) w/%	≤	0.01	0.01	0.01	0.02	0.04	0.02	0.01	0.01
镍 (Ni) w/%	≤	0.01	0.01	0.0005	0.001	—	—	0.02	0.03
锌 (Zn) w/%	≤	0.01	0.01	—	—	—	—	0.005	0.01
金属离子总量 (Fe+Ni+Zn+Al+Ca+Cd+Cr+Mg+Mn+Pb) w/%	≤	0.1	—	—	—	—	—	0.1	—
干燥减量w/%	≤	0.75	0.75	—	—	—	—	0.75	0.75
pH (50g/L, 25℃)	2.4~4.0	—	—	—	—	—	—	2.4~4.0	
钴 (Co) w/%	≤	—	—	0.0005	0.001	—	—	—	
镉 (Cd) w/%	≤	—	—	0.0005	0.001	0.001	0.005	—	—
铅 (Pb) w/%	≤	—	—	0.0005	0.001	0.001	0.005	—	—
汞 (Hg) w/%	≤	—	—	—	—	0.001	0.005	—	—
铬 (Cr) w/%	≤	—	—	—	—	0.001	0.005	—	—

附表 2:

国内标准试验方法对比

项目	广东光华科技股份有限公司	Q/JXWSTXCL 013-2024	Q/320584AQA 012-2024	Q/DFHY02-2019	HG/T 6240-2023《电镀用二水合氯化铜》	本标准
氯化铜的测定	碘量法	EDTA 络合滴定法	EDTA 络合滴定法	EDTA 络合滴定法	碘量法	碘量法
水不溶物的测定	重量法	重量法	重量法	重量法	重量法	重量法
硝酸盐的测定	靛蓝二磺酸钠(靛蓝胭脂红)比色法	—	—	—	—	靛蓝二磺酸钠(靛蓝胭脂红)比色法 并列紫外分光光度法
硫酸盐的测定		硫酸钡目视限量比浊法	硫酸钡目视限量比浊法	硫酸钡目视限量比浊法	—	
磷的测定	磷钼蓝目视限量比色法	—	—	—	—	磷钼蓝目视限量比色法
砷的测定	电感耦合等离子体发射光谱法（仲裁法） 并列砷斑法	砷斑法	氢化物发生原子荧光法 钼蓝分光光度法 苯萃取-钼蓝光度法	—	ICP-OES（仲裁法） 并列砷斑法	ICP-OES
铁的测定	电感耦合等离子体发射光谱法	1,10-二氮杂菲分光光度法	火焰原子吸收光谱法	火焰原子吸收光谱法	火焰原子吸收光谱法（仲裁法） 并列ICP-OES法	
镍的测定		火焰原子吸收光谱法 丁二酮肟分光光度法	—	—		
锌、硼和金属离子总量的测定		—	—	—		
钴（Co）的测定		火焰原子吸收光谱法	—	—		
镉（Cd）的测定	石墨炉原子吸收光谱法 火焰原子吸收光谱法		—	—		
铅（Pb）的测定			—	—		
铬（Cr）的测定	—	冷原子吸收法	—	—		
汞（Hg）的测定	—		—	—		
干燥减量的测定	重量法	—	—	—	—	
pH(50g/L, 25℃)	pH计法	—	—	—	—	pH计法

附表 3：ICP-OES 法测定杂质元素八平行及加标回收试验数据

测定次数	Al 396.152nm	As 188.980 nm	B 249.772 nm	Ca 396.847 nm	Cd 214.439 nm	Cr 267.716nm	Fe 238.204nm	Mg 285.213 nm	Mn 257.610nm	Ni 231.604nm	Pb 220.353 nm	Zn 206.200 nm
样品 1#-1	3.12	0.84	0.01	3.67	0.02	3.18	18.39	0.48	1.26	75.48	0.26	0.25
样品 1#-2	3.57	1.6	0.11	3.56	0.03	3.05	18.64	0.48	1.31	75.68	1.15	0.72
样品 1#-3	3.47	0.71	0	3.52	0.06	3.12	18.36	0.48	1.32	75.92	0.4	0.35
样品 1#-4	3.52	0.85	0.02	3.37	0.02	3.28	18.89	0.49	1.32	77.77	-0.21	0.46
样品 1#-5	3.7	1.79	0.06	3.28	0.03	3.24	18.48	0.47	1.28	75.29	0.21	0.36
样品 1#-6	3.55	1.77	0.01	3.5	0.01	3.11	18.8	0.49	1.28	77.02	-0.13	0.84
样品 1#-7	3.5	1.42	0.01	3.54	0.02	3.09	18.42	0.46	1.31	74.75	0.09	1.8
样品 1#-8	3.7	1.6	-0.02	4.47	-0.03	3.14	18.23	0.49	1.29	74.06	0.85	0.83
平均值 (mg/kg)	3.52	1.32	0.03	3.61	0.02	3.15	18.53	0.48	1.30	75.75	0.33	0.70
标准偏差	0.1817	0.4494	0.0411	0.3659	0.0251	0.0775	0.2292	0.0107	0.0220	1.1873	0.4672	0.4993
加标实测值 (5mg/kg)	8.1	5.26	4.69	8.23	4.66	7.98	23.19	5.24	5.85	80.17	4.77	4.92
回收率	91.68%	78.75%	93.30%	92.33%	92.80%	96.58%	93.28%	95.20%	91.08%	88.48%	88.85%	84.38%
加标实测值 (10mg/kg)	12.73	9.16	9.59	13.07	8.96	12.26	27.15	9.92	10.22	83.71	8.61	9.47
回收率	92.14%	78.38%	95.65%	94.56%	89.40%	91.09%	86.24%	94.40%	89.24%	79.64%	82.83%	87.69%
加标实测值 (50mg/kg)	50.5	45.51	46.67	-	44.44	48.77	62.99	-	45.85	121.04	40.69	45.88
回收率	93.97%	88.38%	93.29%	-	88.84%	91.24%	88.93%	-	89.11%	90.59%	80.73%	90.36%
加标实测值 (100mg/kg)	98.8	91.36	92.71	-	88.72	94.88	108.11	-	90.51	166.63	82.56	90.69
回收率	95.28%	90.04%	92.69%	-	88.7%0	91.73%	89.58%	-	89.21%	90.88%	82.23%	89.99%

附表 3（续）： ICP-OES 法测定杂质元素八平行及加标回收试验数据

测定次数	Al 396.152nm	As 188.980 nm	B 249.772 nm	Ca 396.847 nm	Cd 214.439 nm	Cr 267.716nm	Fe 238.204nm	Mg 285.213 nm	Mn 257.610nm	Ni 231.604nm	Pb 220.353 nm	Zn 206.200 nm
样品 2#-1	18.12	2.24	0.09	14.74	0	12.54	122.23	1.97	4.84	258.79	0.9	3.91
样品 2#-2	16.82	0.47	0.06	14.6	0.05	12.12	119.58	1.92	4.7	251.6	0.91	4.48
样品 2#-3	17.4	1.99	0.05	14.66	0.02	11.95	119.54	1.94	4.71	251.44	0.94	4.13
样品 2#-4	17.32	1.01	0.06	14.41	0.04	12.1	120.87	1.96	4.77	255.31	0.92	4.17
样品 2#-5	17.13	1.6	0.06	15.47	-0.04	11.63	117.39	1.92	4.6	246.22	0.65	4.38
样品 2#-6	17.06	0.18	0.06	14.86	0.01	11.99	117.56	1.91	4.64	247.24	0.31	4.28
样品 2#-7	17.07	1.93	0.14	13.94	-0.02	11.85	117.13	1.9	4.65	248.84	0.56	3.76
样品 2#-8	17.12	1.32	0.03	14.65	0.09	12.09	120.31	1.95	4.75	252.05	0.74	4.04
平均值 (mg/kg)	17.26	1.34	0.07	14.67	0.02	12.03	119.33	1.93	4.71	251.44	0.74	4.14
标准偏差	0.3908	0.7426	0.0331	0.4288	0.0412	0.2610	1.8356	0.0250	0.0781	4.1584	0.2243	0.2393
加标实测值 (5mg/kg)	21.4	6.54	4.84	19.08	4.55	16.53	-	6.65	9.3	-	4.67	8.65
回收率	82.90%	103.95%	95.43%	88.28 %	90.63%	89.93%	-	94.33%	91.85%	-	78.58%	90.13%
加标实测值 (10mg/kg)	26.93	9.22	9.75	23.85	9.11	21.27	128.46	11.35	13.86	260.85	8.66	12.98
回收率	96.75%	78.78%	96.81%	91.84%	90.91%	92.36%	91.34%	94.16%	91.53%	94.14%	79.19%	88.36%
加标实测值 (50mg/kg)	65.68	46.79	46.92	-	45.29	58.45	165.23	-	50.05	299.27	42.31	51.05
回收率	112.66%	92.09%	93.09%	-	89.79%	104.32%	91.81%	-	90.69%	95.67%	83.14%	93.81%
加标实测值 (100mg/kg)	96.85	90.90	93.70	-	90.54	92.83	206.91	-	94.53	337.91	83.37	95.45
回收率	95.41%	90.75%	93.02%	-	89.77%	92.29%	87.58%	-	89.82%	86.47%	82.63%	91.31%

附表 4：质量月报

广东光华科技股份有限公司质量月报

月份	氯化铜 w/%	水不溶物 w/%	硝酸盐 w/%	磷 w/%	砷 w/%	硼 w/%	铁 w/%	镍 w/%	锌 w/%	金属离子总量 w/%	干燥失量 w/%	pH
202308	98.3~99.7	<0.02	<0.5	<0.01	<0.0005	0.0001 ~0.0003	0.0003 ~0.003	0.0003 ~0.003	0.0001 ~0.0007	0.002~0.045	0.1~0.2	3.2~3.7
202309	98.2~99.5	<0.02	<0.5	<0.01	<0.0005	0.0001 ~0.0003	0.0002 ~0.009	0.0003 ~0.012	0.0001 ~0.004	0.004~0.027	0.1~0.3	3.2~3.8
202310	98.1~99.7	<0.02	<0.5	<0.01	<0.0005	0.0001 ~0.0004	0.0007 ~0.004	0.0006 ~0.005	0.0002 ~0.001	0.002~0.039	0.1~0.3	3.2~4.0
202311	98.1~99.7	<0.02	<0.5	<0.01	<0.0005	0.0001 ~0.0003	0.0002 ~0.003	0.0002 ~0.005	0.0002 ~0.001	0.002~0.047	0.05~0.3	3.3~3.8
202312	98.1~99.7	<0.02	<0.5	<0.01	<0.0005	0.0001 ~0.0003	0.0007 ~0.005	0.0002 ~0.008	0.0002 ~0.002	0.002~0.042	0.05~0.2	3.3~3.9
202401	98.1~99.7	<0.02	<0.5	<0.01	<0.0005	0.0001 ~0.0004	0.0007 ~0.051	0.0007 ~0.007	0.0002 ~0.002	0.002~0.063	0.05~0.2	3.4~4.0
202402	98.1~99.7	<0.02	<0.5	<0.01	<0.0005	0.0001 ~0.0003	0.0007 ~0.018	0.0005 ~0.007	0.0004 ~0.002	0.002~0.054	0.02~0.2	3.3~3.9
202403	98.0~99.8	<0.02	<0.5	<0.01	<0.0005	0.0001 ~0.0003	0.001 ~0.014	0.0008 ~0.012	0.0006 ~0.002	0.002~0.067	0.02~0.2	3.3~3.9
202404	98.2~99.5	<0.02	<0.5	<0.01	<0.0005	0.0001 ~0.0003	0.0007 ~0.010	0.001 ~0.014	0.0002 ~0.002	0.002~0.049	0.02~0.2	3.3~3.9
202405	98.4~99.6	<0.02	<0.5	<0.01	<0.0005	0.0001 ~0.0002	0.0003 ~0.018	0.0006 ~0.028	0.0002 ~0.003	0.002~0.072	0.05~0.3	3.2~3.9
202406	98.4~99.7	<0.02	<0.5	<0.01	<0.0005	0.0001 ~0.0002	0.0009 ~0.012	0.0003 ~0.011	0.0002 ~0.001	0.002~0.054	0.02~0.5	3.3~3.9

月份	氯化铜 w/%	水不溶物 w/%	硝酸盐 w/%	磷 w/%	砷 w/%	硼 w/%	铁 w/%	镍 w/%	锌 w/%	金属离子总量 w/%	干燥失量 w/%	pH
202407	98.2~99.5	<0.02	<0.5	<0.01	<0.0005	0.0001 ~0.0002	0.0007 ~0.023	0.0002 ~0.016	0.0002 ~0.002	0.002~0.050	0.02~0.3	3.2~3.6
202408	98.1~99.8	<0.02	<0.5	<0.01	<0.0005	0.0001 ~0.0002	0.0005 ~0.006	0.002 ~0.022	0.0002 ~0.002	0.002~0.075	0.03~0.3	3.2~3.6
202409	98.4~99.7	<0.02	<0.5	<0.01	<0.0005	0.0001 ~0.0003	0.0008 ~0.005	0.002 ~0.024	0.0002 ~0.002	0.002~0.047	0.02~0.1	3.2~3.5
202410	98.3~99.7	<0.02	<0.5	<0.01	<0.0005	0.0001 ~0.0002	0.0004 ~0.006	0.0004 ~0.013	0.0002 ~0.001	0.002~0.073	0.04~0.2	3.2~3.8
202411	98.4~99.8	<0.02	<0.5	<0.01	<0.0005	0.0001 ~0.0002	0.001 ~0.013	0.002 ~0.033	0.0002 ~0.001	0.002~0.075	0.03~0.2	3.3~3.8
202412	98.2~99.6	<0.02	<0.5	<0.01	<0.0005	0.0001 ~0.0002	0.0006 ~0.005	0.002 ~0.028	0.0002 ~0.001	0.002~0.078	0.04~0.2	2.7~3.9

东江环保股份有限公司/嘉兴德达资源循环利用有限公司 2023 年质量月报

月份	氯化铜 w/%	水分 w/%	砷 w/%	锌 w/%	镉 w/%	铅 w/%	镍 w/%	铁 w/%	铬 w/%	钙 w/%	钠 w/%	钾 w/%
2023 年 8 月	-	-	0 ~0.0001	0.0006	-	-	0.0018	0.0020	0	0.0006	0.0089	0.0002
2023 年 10 月	99.32	0.12	0.0001	0.0003	0.0001	0	0.0007	0.0015	0.0000	-	-	-
2023 年 11 月	99.35	0.13	0 ~0.0009	0.0004	0 ~0.0004	0~ 0.00007	0.0010	0.0014	0 ~0.0005	-	-	-
2023 年 12 月	99.23	0.28	0	0.0010	0~ 0.00004	0.0001	0.0020	0.0033	0.0005	-	-	-

东江环保股份有限公司/嘉兴德达资源循环利用有限公司 2024 年质量月报

月份	氯化铜 w/%	水分 w/%	砷 w/%	锌 w/%	镉 w/%	铅 w/%	镍 w/%	铁 w/%	铬 w/%	铝 w/%
2024 年 1 月	99.43	0.27	0~0.0007	0~0.0002	0~0.00002	0	0.0005	0.0011	0	0.0033
2024 年 2 月	99.48	0.07	0	0~0.00002	0	0	0.0008	0.0042	0~0.00004	-
2024 年 3 月	99.13	0.11	0~0.00024	0~0.0004	0~0.0000 6	0	0.0004	0.0013	0~0.00014	-
2024 年 4 月	99.30	0.10	0~0.00017	0.0002	0~0.00002	0~0.0001	0.0007	0.0027	0~0.0002	0.0024
2024 年 5 月	99.29	0.09	0~0.0005	0.0003	0~0.00005	0~0.0002	0.0008	0.0037	0~0.00024	0.0022
2024 年 6 月	99.18	0.03	0	0.0002	0	0~0.00013	0.0007	0.0032	0~0.00006	-
2024 年 8 月	99.13	0.20	0~0.0006	0.0006	0~0.00005	0~0.00017	0.0011	0.0032	0.0001	0.0024
2024 年 9 月	99.45	0.29	0~0.0009	0.0001	0	0~0.00023	0.0003	0.0015	0.0001	0.0020
2024 年 10 月	99.30	0.12	0~0.0009	0.0007	0~0.00008	0~0.0004	0.0024	0.0022	0.0003	0.0028
2024 年 11 月	99.04	0.13	0~0.0007	0.0013	0~0.00005	0	0.0021	0.0029	0.0004	0.0038
2024 年 12 月	99.31	0.19	0~0.0004	0.0010	0~0.00004	0~0.00005	0.0012	0.0047	0.0004	0.0031

杭州富阳鸿源再生资源利用有限公司 2023 年质量月报

月份	氯化铜 w/%	水不溶物 w /%	硝酸盐 w/%	磷 w /%	砷 w /%	硼 w /%	铁 w /%	镍 w /%	锌 w /%	金属离子总量 w /%	干燥减量 w /%	pH
1 月	99.12	0.008	<0.01	第三方检测过一次：0.003	第三方检测及 SGS 都检测过：小于 0.0005	第三方检测过一次：0.0005	0.0048	0.0023	0.001	<0.05	0.35	3.21
2 月	99.23	0.009	<0.01				0.0052	0.0015	0.0008	<0.05	0.4	3.52
3 月	98.89	0.008	<0.01				0.0047	0.0018	0.0012	<0.05	0.36	3.55
4 月	99.05	0.01	<0.01				0.0062	0.0021	0.001	<0.05	0.45	3.55
5 月	99.15	0.009	<0.01				0.006	0.0011	0.0012	<0.05	0.3	3.46
6 月	99.08	0.008	<0.01				0.0051	0.001	0.0009	<0.05	0.43	3.32
7 月	99.15	0.0085	<0.01				0.004	0.0012	0.0012	<0.05	0.35	3.45
8 月	98.96	0.009	<0.01				0.0055	0.0015	0.0011	<0.05	0.46	3.55

月份	氯化铜 w/%	水不溶物 w /%	硝酸盐 w/%	磷 w /%	砷 w /%	硼 w /%	铁 w /%	镍 w /%	锌 w /%	金属离子 总量 w /%	干燥减量 w /%	pH
9 月	98.86	0.009	<0.01				0.0055	0.0009	0.0008	<0.05	0.42	3.44
10 月	99.12	0.008	<0.01				0.0044	0.0008	0.001	<0.05	0.33	3.55
11 月	99.03	0.0085	<0.01				0.0052	0.0011	0.0012	<0.05	0.36	3.42
12 月	99.07	0.01	<0.01				0.005	0.0021	0.001	<0.05	0.38	3.48

杭州富阳鸿源再生资源利用有限公司 2024 年质量月报

月份	氯化铜 w/%	水不溶物 w /%	硝酸盐 w/%	磷 w /%	砷 w /%	硼 w /%	铁 w /%	镍 w /%	锌 w /%	金属离子 总量 w /%	干燥减量 w /%	pH
1 月	99.25	0.01	<0.01	未检测	SGS 检测 过：小于 0.0003	未检测	0.0041	0.0013	0.0012	<0.05	0.45	3.28
2 月	99.33	0.01	<0.01				0.0042	0.0012	0.0022	<0.05	0.42	3.35
3 月	99.19	0.009	<0.01				0.0045	0.008	0.0016	<0.05	0.46	3.36
4 月	99.09	0.008	<0.01				0.0052	0.0011	0.0015	<0.05	0.4	3.34
5 月	99.26	0.008	<0.01				0.0062	0.0014	0.0015	<0.05	0.38	3.37
6 月	99.01	0.009	<0.01				0.0055	0.0012	0.0009	<0.05	0.39	3.55
7 月	99.19	0.008	<0.01				0.0048	0.003	0.0013	<0.05	0.42	3.46
8 月	99.06	0.008	<0.01				0.0053	0.0012	0.0012	<0.05	0.41	3.58
9 月	99.26	0.009	<0.01				0.005	0.0012	0.0015	<0.05	0.45	3.45
10 月	99.28	0.0085	<0.01				0.0049	0.0014	0.0014	<0.05	0.38	3.54
11 月	99.23	0.009	<0.01				0.0054	0.001	0.0012	<0.05	0.38	3.44
12 月	99.17	0.01	<0.01				0.0051	0.0014	0.0012	<0.05	0.41	3.42