《特殊钢冶炼用二次铝灰制预熔型铝酸钙》
编制说明

一、工作概况

（一）任务来源

根据国家标准化管理委员会和民政部 2019 年 1 月颁发的《团体标准管理规定》(国标委联[2019]1 号）和中国金属学会标准化工作委员会的安排，中国金属学会发布了《关于审查绿色制造领域团体标准立项的通知》(金字[2023]132 号)。中国金属学会绿色制造领域立项了《特殊钢冶炼用二次铝灰制预熔型铝酸钙产品》(立项编号为：T/CSM-GM97)，由中国金属学会绿色制造标准秘书处（以下简称“绿色制造秘书处”）负责组织团体标准的编制工作。本标准牵头编制单位为广东元禾泰盛材料技术有限公司。

（二）制定本标准的背景、目的和意义

2.1 本标准的制定背景

我国是铝生产和消费大国，2023 年全国原铝产量为 4159.4 万吨（2022 年为 4021.4 万，其中再生铝产量约占 19%)，约占全球原铝产量的 59%。伴随着铝产业的快速发展，原铝电解制备、加工和再生过程中均将产生大量的铝灰渣。其中，1 吨原铝产生 8~15kg 电解铝灰，1 吨铝产品加工过程（包括熔炼、合金配制、铸锭等过程）中产生 20~50kg 铝灰渣，1 吨铝合金再生过程中约产生 80~200kg 铝灰渣。据

此测算，我国各类铝灰渣年排放量在 400 万吨以上。然而，相比之下，铝灰资源化利用技术开发进程略显滞后，亟需开发铝灰的高价值、短流程及清洁资源化处理技术。

通常，铝灰可分为一次铝灰和二次铝灰。其中，一次铝灰含有30%~70%的金属铝，颜色通常为白色，又被称为白灰，可用作生产再生铝的原料；二次铝灰，俗称黑灰，是经对铝灰渣进行一次铝资源提取回收后产生的残渣，其主要由铝、铝氧化物和氮化物、熔融盐等物质组成，含铝 3%~20%。由此可知，二次铝灰具有造成环境危害和资源浪费的双重特性：一方面含有大量的铝的化合物，具有较高的工业回收和再利用价值；另一方面常含有氮化物、Cr、Cd、Pb 等重金属元素和 F^-、Cl^-、CN^-等有害离子，大规模堆积情况下，易于空气中水分形成 NH_3、CH_4 等刺激性和可燃气体。而大规模填埋铝灰渣会在污染土壤的同时，还会随着重金属元素和有害离子迁移导致地下水污染。

基于此，生态环境部、国家发展改革委等部门最新颁布的《国家危险废物名录 (2021 版)》已明确将铝灰 (渣) 列为危险固体废弃物。具体包括：①废物代码：321-024-48，电解铝铝液转移、精炼、合金化、铸造过程熔体表面产生的铝灰渣，以及回收铝过程产生的盐渣和二次铝灰；②废物代码：321-026-48，再生铝和铝材加工过程中，废铝及铝锭重熔、 精炼、合金化、铸造熔体表面产生的铝灰渣， 及其回收铝过程产生的盐渣和二次铝灰；③废物代码：321-034-48，铝灰热回收铝过程烟气处理集（除）尘装置收集的粉尘，铝冶炼和再生过程烟气。

2.2 二次铝灰资源化利用研究现状

工业固体废弃物的增长已成为引发全球性环境问题重要因素之一[1]。其中，铝灰渣是原铝电解制备、铝熔炼或废铝再生过程中产生的一种浮渣，因其具有反应性、易燃性及毒性被《国家危险废物名录》列为 HW48 危险废物。长期以来，由于我国铝灰年排放量大，可达 400 万吨以上，在对铝灰管控过程中仍存在贮存厂超库存、地方缺乏危废处理能力、跨省转移困难、集体处置困难大等难题。近年来，随着资源节约型、环境友好型社会的发展以及环保管控力度的逐步提高，亟需探究与开发危废铝灰渣的高价值、无害化、清洁资源化的利用技术[2-5]。

根据利用铝灰中有价组分特性不同，早在 20 世纪 30 年代，国外科技工作者就开始了铝灰的回收再利用研究，并探索出一些行之有效的工艺路线[1,2,5-9]。例如，美国阿贡国家实验室（Argonne National Laboratory，简称 ANL）和盐博大科技有限公司（Salt Partners Ltd.）通过火法或湿法工艺以获得金属 Al 和 Al_2O_3；前苏联科技人员从上世纪 60 年代对二次铝灰开展了较深的研究应用，并开发了基于回转窑的火法铝灰处置系统，以生产铝酸钙；日本中部钢板株式会社根据铝灰的品位将其应用在不同的炼钢过程中，并于 20 世纪 90 年代后期，日本向中国出售使用铝灰制备的炼钢脱氧造渣添加剂 AD 粉；意大利 ENGITEC 公司开发了针对再生铝加工产生的铝灰湿法处理方法，并在欧洲建立多套再生铝灰的回收系统。总体上来看，二次铝灰的处理工艺主要可分为湿法、火法以及湿法-火法联合法等方法。与此同

时，根据二次铝灰资源化利用的具体产品来看，二次铝灰的处理工艺也大相径庭。利用二次铝灰生产的产品大致可分为：氧化铝类（氢氧化铝、氧化铝、刚玉等）、净水剂材料（氯化铝、硫酸铝等）、陶瓷材料、耐火材料、建筑材料、炼钢用精炼剂等[8]。

2.2.1 湿法处理技术及湿法-火法联合法

由于金属铝和氧化铝是两性的，目前二次铝灰的湿法处理工艺路线主要包括酸浸、碱浸。其中，湿法处理技术的核心在于调控浸出介质和浸出参数实现二次铝灰中 Al_2O_3 的最大化回收，国外代表性的生产企业有：Berzelius Umwelt Service AG 公司和 ENGITEC 公司，其采用水浸加酸/碱浸工艺处理铝灰，实现了 AlN 分解及 Al_2O_3 的回收，已在德国、意大利进行了工业化应用[1]。

（1）对于酸浸工艺，其主要是选用 H_2SO_4, H_2SO_3, HNO_3 和 HCl 等作为酸性浸出介质以浸出二次铝灰中的金属 Al 及其化合物，并通过过滤与不溶物分离，如图 1 所示，可得到聚合硫酸铝、聚合氯化铝等水处理剂产品，也可联合煅烧工艺进一步得到 Al_2O_3 产品[9]。

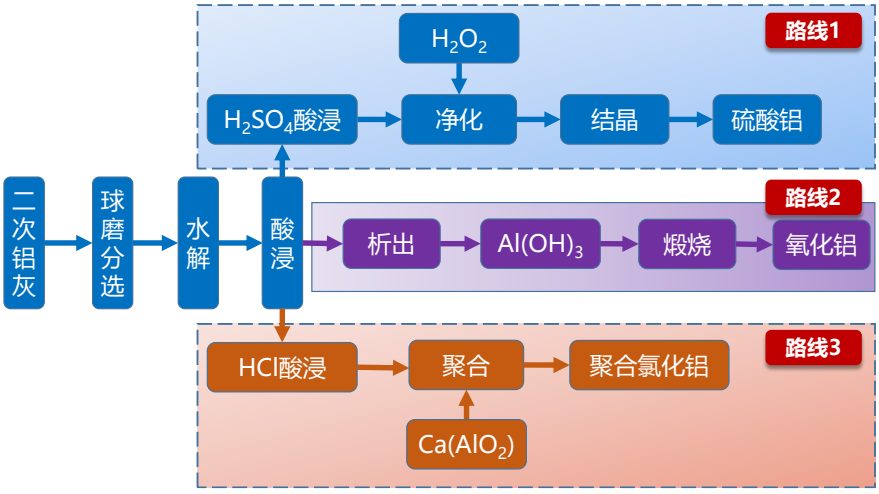


图 1 酸浸工艺流程

然而，酸浸工艺除了可浸出二次铝灰中的金属 Al 及其化合物，还会从二次铝灰中浸出多种金属氧化物，如 MgO，Fe_2O_3，CaO 等，以 HCl 为例的反应式如式 1~6 所示[11]。由此可知，二次铝灰中的金属 Al 及其化合物中的 Al 都以 Al^{3+}的形式进入溶液，但其他金属杂质也会与酸性介质发生反应，导致滤液中 Al^{3+}与其他金属离子混合，纯度较低等问题[7]。

$$2Al+6HCl=2AICl_3+3H_2(g) \quad (1)$$

$$AlN+4HCl=AlCl_3+NH_4Cl \quad (2)$$

$$Al_2O_3+6HCl=2AlCl_3+3H_2O \quad (3)$$

$$Fe_2O_3+6HCl=2FeCl_3+3H_2O \quad (4)$$

$$CaO+2HCl=CaCl_2+H_2O \quad (5)$$

$$MgO+2HCl=MgCl_2+H_2O \quad (6)$$

（2）对于碱浸工艺，相比于酸浸工艺，由于钙、铁和镁氧化物在碱性介质中不溶解，为此由碱浸工艺得到的滤液更纯。目前，工业上常用的碱性浸出剂主要有 NaOH，NH_4OH 和 KOH 等[5, 12]。如图 2 所示，该工艺的主要产品为 $Al(OH)_3$ 和 Al_2O_3 产品。此外还可根据工艺不同，采用 HCl 调节碱浸后得到的铝酸钠溶液的 pH 值，得到聚氯化铝产品。其中，以 NaOH 为例，$Al(OH)_3$ 和 Al_2O_3 产品制备的具体反应式如式 7-10 所示，聚氯化铝产品制备的具体反应式如式 11-12 所示[9, 13]。

$$2Al+2NaOH+2H_2O=2NaAlO_2+3H_2(g) \quad (7)$$

$$Al_2O_3+2NaOH = 2NaAlO_2+H_2O \quad (8)$$

$$AlO_2^-+H^++H_2O = Al(OH)_3 \quad (9)$$

$$Al(OH)_3 = Al_2O_3 +3H_2O \text{ (煅烧)} \quad (10)$$

$$2NaAlO_2+HCl+H_2O = Al(OH)_3+NaCl \quad (11)$$

$$2Al(OH)_3+(6-n)\ HCl = Al_2(OH)_nCl_{(6-n)}+(6-n)\ H_2O \quad (12)$$

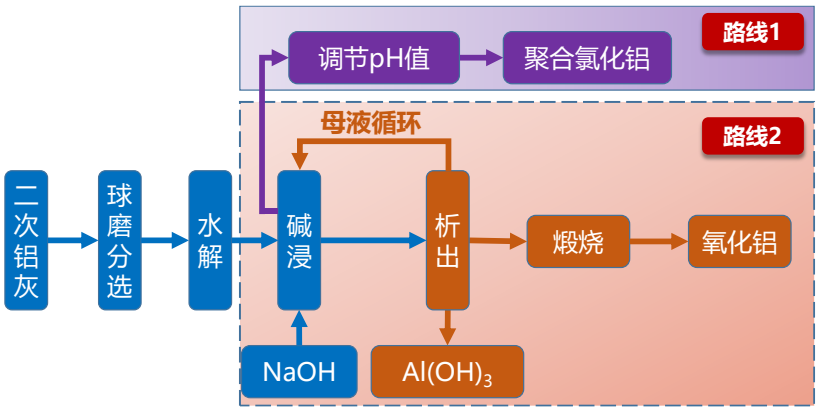


图 2 碱浸工艺流程

综上所述，在湿法处理二次铝灰过程中，水解除盐湿法处理的首要步骤，采用酸法处理二次铝灰提取氧化铝的主要优点是二次铝灰中活性铝的浸出率较高，缺点主要为溶液中杂质较多，需提纯处理，工艺复杂且产生大量的废酸液。而采用碱法处理相比酸法具有更多优点，比如产品纯度相对较高，流程短，浸出碱液可循环使用等。但湿法工艺都存在二次铝灰中总铝提取率低的问题，其主要取决于二次铝灰中 Al_2O_3 的赋存形式。与此同时，二次铝灰中过高的 Si 含量还会影响湿法处理工艺的成本及生产条件。对于碱浸工艺，Si 含量过高的铝灰将会消耗更多的碱液，压力和温度要求也更高；对于酸浸工艺，Si 含量过高则会影响过滤性能，导致过滤困难[8]。还需指出的是，湿法工艺处理过程中还会产生各种废气。表 1 列出了湿法工艺处理产生的相关废气处置处置方法[9]。综上可知，湿法处理工艺在实际生产中需要更

多操作单元以解决各个流程中的问题。

表 1 二次铝灰湿法工艺处理中产生的废气处置路径

气体	来源	无害化处理	资源化处理
H_2	金属 Al	燃烧	分离储存
CH_4	Al_4C_3	燃烧	分离储存
NH_3	AlN	酸液吸收	氨水、碳酸铵肥料、氯化铵产品
PH_3	AlP	硫酸铜溶液吸收	催化氧化生产磷肥
H_2S	Al_2S_3	碱液吸收	电解生产硫单质

2.2.2 火法处理技术

（1）制备建筑材料

因二次铝灰中含有大量的 Al_2O_3 及一定量的 MgO，SiO_2，CaO 物质，可采用火法脱毒脱活法（如基于水泥窑的焙烧法，以将二次铝灰中的 AlN 转化为 N_2，金属铝也会变成 Al_2O_3）将二次铝灰大规模地制备成建筑材料[14,15]。表 2 列出了来二次铝灰制备建筑材料的研究现状。研究与生产实践表明，二次铝灰量的掺入量过大时（如 > 15%），水泥产品的物理性能随掺入量增加而变差，且未脱盐的二次铝灰对相关产品的使用寿命也有一定影响。此外，还需指出的是，水泥原料附加值很低，一般价值在 200 元 / t 左右。

表 2 二次铝灰制备建筑材料的研究现状

产品	方法	产品特点	参考文献
混凝土砖	直接将二次铝灰、水泥、沙子按 2:1:4 的比例混合后制备	符合巴西标准	[16]
水泥熟料	二次铝灰水洗除盐，在高压釜中与 260 g/L 氢氧化钠溶液进行溶出后得	符合欧洲 EN 196 标	[17]

	到溶出残渣。添加 2~4%的溶出残渣以适当比例混合石灰石、粘土、铝土矿和沙子在 1450°C 烧结	准，抗压强度比一般产品高 12%	
砂浆复合材料	二次铝灰水洗除盐后，最多添加 10%与硅酸盐水泥进行混合制备	与纯水泥相比，弯曲强度提高了 40%， 抗压强度提高了 15%	[18]
混凝土	未脱盐二次铝灰直接与硅酸盐水泥混合	添加 10%二次铝灰 的混凝土的抗压和弯曲强度与对照混凝土相当	[19]
清水砖	以> 60%的二次铝灰为主要原料，添加一定量的粘土、石英和降低烧成温度的添加剂采用压制成型法制备	具有可呼吸性和透气性，高保温和隔热性能	[20]

（2）制备耐火材料

因二次铝灰的化学成分与耐火材料的主要生产原料铝土矿的相近，且耐火材料的类型以及化学成分众多，可容纳较多的各种原材料，为此，二次铝灰可用于制备铝酸钙、镁铝尖晶石或高硅料等耐火材料，具有较高的工业附加值[21, 22]。然而，由于二次铝灰中含有不少盐分以及杂质元素，在没有预先脱除的情况下，对耐火材料的性能具有负面影响，且掺入量也少[22, 23]。此外，高温处理工艺复杂，成本较高。由于二次铝灰原料成分波动，物相复杂，且高温处理工艺成本较高，难以得到经济性好且质量稳定的耐火材料产品[9]。

（3）制备炼钢用铝酸钙

因二次铝灰中存有大量的 Al_2O_3、AlN 等铝金属化合物，是替代铝土矿以制备低成本炼钢用铝酸钙的重要原料，得到了研究者及企业科技人员的重视。目前在河南、广东及东北等地区均已有比较成熟的生产线投产[2]。图 3 给出了二次铝灰制备铝酸钙的主要工艺流程。基于此，表 3 列出了二次铝灰制备铝酸钙的主要工艺参数。其中，目前高温熔融工艺过程中采用工业炉窑主要有：回转窑和电炉。

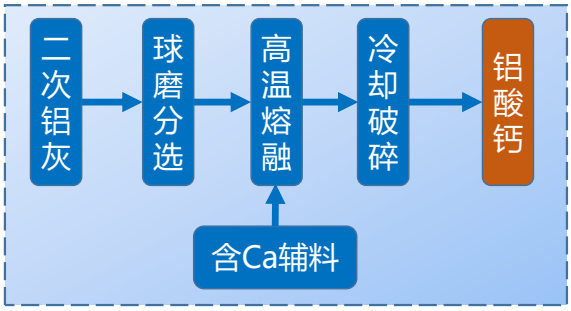


图 3 二次铝灰制备铝酸钙的主要工艺流程

表 3 二次铝灰制备铝酸钙的主要工艺参数

原料	质量比	焙烧温度 / ℃	预处理	反应时间/ h	文献
铝灰和 CaO	1: 0.6	1450	无	2	[24]
	1: 0.9~1.2	1300	水洗/烘干	1	[25]
	Ca 与 Al 物质的量比为 1.7:1.0	1400	无	2	[26]

（4）碱性焙烧法

碱性焙烧法是指将铝灰与碱性物质混合焙烧熔融，再通过浸出、沉淀等一系列工艺回收铝灰中的铝资源，这种方法得到的产品纯度高，物相单一。例如 Tripathy 等人[27]改进了碳酸钠焙烧二次铝灰后用碱浸法回收铝的试验，将质量分数为 10%的碳酸钠与二次铝灰混合烧结，并在碱浸过程中加入 2%的 NaOH，铝的回收率可达 90%。Lv 等人[28]

研究了 Na_2CO_3 和 CaO 掺杂量对二次铝灰的焙烧产物物相和浸出性能的影响规律，并指出，当 Na_2CO_3 和二次铝灰质量分数为 80%时，Al 和 Na 的回收率可分别达到 95.12%和 97.33%。

综上所述，湿法工艺流程长，且会产生大量废液，投资大，经济性较差。火法工艺主要是通过高温手段去除铝灰中有害杂质，以达到铝灰的综合利用，具有工艺高效稳定，且流程相对比较简单，且无需后续的废液、废渣处理工艺等优点。常规制品包括：水处理剂、耐火材料及建筑和路用材料等。其中相比于上述二次铝灰制品，利用二次铝灰制备特殊钢冶炼用预熔型铝酸钙精炼剂具有较好的经济价值和应用前景[2, 29]。

2.2.3 二次铝灰制备炼钢用铝酸钙产品研究现状

从制备工艺来分类，炼钢用铝酸钙精炼剂产品主要有混合型、烧结型和预熔型。其中，混合型铝酸钙产品一般直接将原料按一定比例混合压球或者直接按比例投放至炼钢工序中；烧结型铝酸钙产品是将原料按一定比例和粒度混合后，在低于原料熔点的温度下进行焙烧，以促使原料烧结成块，后经冷却破碎得到的产品。预熔型铝酸钙产品是将按一定比例和粒度混合好的原料在高于其熔点的温度条件进行高温熔融，并冷却破碎得到的产品。由此可知，混合型铝酸钙产品具有制作方法简单，成本低及操作灵活等优点，但存在熔化速度慢、杂质含量高、成分不均匀、易吸潮等缺点，不适于特殊钢冶炼用。与混合型相比，烧结型铝酸钙产品成分相对均匀，且化渣速度较快，但烧结型铝酸钙产品密度小、气孔多，易造成精炼过程吸气，且易于吸潮

导致产品粉化，贮存条件要求。与上述混合型及烧结型铝酸钙产品相比，预熔型铝酸钙产品的化学成分均匀、熔点低、成渣速度快的特点，利于缩短精炼时间，且其杂质元素（包括 F 元素）含量低，利于钢液洁净度提高及对炉内侵蚀的降低。此外，预熔型铝酸钙产品结构致密，不吸水、不粉化、不挥发，可显著减少钢厂粉尘污染。

对于铝酸钙产品的制备，早期原料多为高铝矾土，其成本高且不可再生[30]。为降低生产成本，并实现二次铝灰无害化、资源化处理，近年来国内外冶金科技工作者重点研究了采用二次铝灰作为铝酸钙产品的制备原料，代表性研究成果下所述。

2008 年，上海交通大学陈海龚等人[31]提出了一种利用废铝灰生产铝酸钙精炼剂的方法，以铝渣和氧化钙为原料，再添加还原剂和沉淀剂。原料中的质量分数铝灰为 60%~80%,氧化钙为 20%~40%,两者之和为 100%。除此之外,再加入质量分数为 2%~5%的还原剂(焦炭粉)和 5%~10%的沉淀剂(铁屑),在电弧炉中高温熔炼 60~90 min,得到铝酸钙产品。

瑞典皇家理工学院 Beheshti 等[32]人于 2012 年详细研究了处理过的黑渣和二次铝灰的成分，并研究了铝灰渣与石灰石原料配比、烧结温度、烧结时间和冷却介质对铝酸钙产品的影响规律。结果表明，以水作为冷却介质，$w(CaO)/w(Al_2O_3)$为 0.94，温度为 1200℃，烧结时间为 15min 时，可得到成分为 $12CaO·7Al_2O_3$ 的炼钢用铝酸钙精炼剂产品。

2012 年，张延大等[33]人提出合理利用二次资源生产铝酸钙精炼

渣,以铝灰和石灰为原料,配比 1:1 混合研磨,加入池窑中,升温至1300~1600 ℃使物料完全熔化,得到铝酸钙产品。检测以铝灰和石灰为原料的产品在炼钢中的脱硫率达 80.2%，相比用矾土作原料，用铝灰作原料使金属钛夹杂问题得到有效控制，代替萤石造渣，无氟污染。

2018 年，中国铝业股份有限公司刘万超等[34]人研究了一种二次铝灰无害化综合利用的方法。该方法首先将铝灰水洗脱氮脱盐，氮、氯元素可以回收；再以处理后的铝灰代替高铝矾土制备铝酸钙，二次铝灰与含有钙元素的物质按照一定的质量比混合，在高温下熔融，得到的以 $12CaO·7Al_2O_3$ 为主要物相的铝酸钙炼钢用精炼剂。

2020 年，中国科学院过程工程研究所李占兵等[35]人发明了一种利用铝灰制备铝酸钙的方法，此方法的原料预处理过程包括火法和湿法。首先在惰性气氛中、温度为 600-1000℃下将铝灰煅烧 1~4h，得到焙烧熟料；再将熟料与水混合，加入有机酸或无机酸，搅拌处理 1~7h；将料浆固液分离和干燥，将滤渣与碳酸钙混合进行二次焙烧，烧结温度为 1300~1600℃，烧结时间为 1~5h，从而得到了高品质铝酸钙产品。

2021~2023 年，兰溪市博远金属有限公司徐浩杰等[36]、中南大学张元波等[37]人研究了一种利用二次铝灰制备铝酸钙产品的方法。首先将二次铝灰与钙源及粘结剂混合后，通过干法压制成球团，之后对所得的球团进行氧化烧结，以得到铝酸钙产品。其中粘结剂包含废机油和沥青，烧结温度为 1300～1450℃，烧结时间为 25～50min，烧结负压为 4～6 kPa。

综上可知，目前的预熔型铝酸钙产品多是采用烧结或电弧熔炼等方式来制备，仍还面临产业能耗高、尾气排放处理效果差、重金属及部分杂质元素脱出率低（铝酸钙产品质量偏低）等生产问题。

2.3 本标准制定的目的和意义

考虑到特殊钢产品对其冶炼辅料杂质元素含量要求较高（如 N、S、P、B 等元素含量），同时考虑到二次铝灰具有杂质元素多（如 B_2O_3、Fe_2O_3 及 MgO）、特性复杂等特征，规范和提高二次铝灰制备特殊钢冶炼用预熔型铝酸钙产品品质将会在我国特殊钢产品品质提升方面发挥积极性作用。而早期的炼钢用预熔型铝酸钙标准（YB/T4265）是针对采用铝土矿作为原料生产的铝酸钙产品。

近年来，广东元禾泰盛材料技术有限公司（以下简称：元禾泰盛）经与清华大学佛山华南新材料研究院、佛山大学等相关科研团队合作，成功开发了一种基于气-液-固三相分离技术的连续高温铝灰渣处理工艺，产品为预熔型铝酸钙。该技术成熟、先进、可靠，目前已有多年工业应用实践，考虑到行业内尚无采用二次铝灰制备炼钢用预熔型铝酸钙产品标准，不利于技术产品推广使用及产业规范发展。本标准的制定将利于推广先进资源综合利用技术产品、规范资源综合利用产业发展及相关行业规范化高效处理，符合“国家标准化体系建设发展规划”中“加强生态文明标准化，服务绿色发展”标准化重点领域，意义十分重大。

（三）元禾泰盛公司简介

元禾泰盛公司是一家为大型铝加工企业提供铝灰资源化再利用、

危（固）废零排放、全方位解决方案的科技型公司，成立于 2022 年 10 月，公司设立于佛山（华南）新材料研究院。

目前，元禾泰盛公司的年处置铝灰渣危废能力为 1.5 万吨，主要产品为远高于 YB/T4265 标准的炼钢用铝酸钙，目前具备年产铝酸钙产品 3 万吨生产能力。

（四）二次铝灰渣清洁资源化高效利用技术开发情况

4.1 基本概况

元禾泰盛公司与佛山（华南）新材料研究院、佛山大学等组成了技术攻关小组（表 4 列出了主要研发成员），历时 6 年，合作成功开发了一种基于气-液-固三相分离技术的连续高温铝灰渣处理工艺，实现了二次铝灰渣的完全化、无害化、安全化、清洁资源化、连续化的处理，建立了一条具有自主知识产权的二次铝灰渣处理工业化示范线，生产过程烟气排放达到相关环保标准，项目产品为具有高附加值的炼钢用预熔型铝酸钙精炼渣（远高于冶金行业标准 YB/T4265-2011），经第三方权威机构检测，项目产品无任何浸出毒性，相关检测结果分析见章节 4.8 和图 9。

表 4 二次铝灰渣清洁资源化高效利用技术主要研发成员

序号	姓名	职称	现从事专业	学历
1	孙海波	教授	铝灰资源化利用、钢铁冶金	博士
2	刘勇	高级工程师	铝灰资源化利用、钢铁冶金	博士
3	王敬慧	讲师	冶金工程	博士
4	王鸿泽	工程师	热能工程	本科
5	杨广培	工程师	铝灰资源化利用	本科
6	王玉璞	工程师	机械工程	本科

4.2 二次铝灰渣清洁资源化高效利用技术研究情况

4.2.1 工艺路线选择

基于章节 2.2 中对二次铝灰资源化利用技术研究现状的总结，表 5 列出了目前常用的二次铝灰（渣）资源化利用技术及其特点。由表可知，与上述铝灰渣资源化处理方法相比，生产特钢用预熔型铝酸钙产品具有附加值高，二次污染少等优势，但目前主流生产的设备为回转窑、平炉或电炉，具有能耗高、污染性大及产品杂质元素多等缺陷。

表 5 当前常用的二次铝灰（渣）资源化利用技术及其特点

铝灰渣资源化技术	技术描述	技术特点
水泥	通过用铝灰渣代替少量黏土配料生产水泥	处理量大，价格低廉，但部分有害元素未得到有效固化，存在一定环境风险
耐火材料	利用二次铝灰代替铝土矿生产耐火材料	成本高、物相复杂，且难以制备质量稳定的耐火材料产品
AD 粉及混合型铝酸钙	铝灰渣经过简单的去氮、活化工艺可制得，获与石灰石机械混合，用作炼钢用造渣剂。	生产工艺简单，但 AD 粉成分较复杂，但产品熔化速度慢、杂质含量高
炼钢用烧结型铝酸钙	在 1200℃下与石灰石反应制备铝酸钙	能耗高，产品密度小，易造成精炼过程吸气、易粉化
特钢用预熔型铝酸钙	高温条件下与氧化钙或石灰石发生共融获得	产品附加值高，二次污染少，但现有设备能耗较高
水处理剂用铝酸钙或聚合氯化铝	经过湿法浸出、提纯等步骤制备聚合氯化铝，主要用于净水剂	工艺较复杂，生产成本高，附加值低，且容易产生二次污染
回收氧化铝	通过酸或碱浸湿法-火法联合处理技术从铝灰渣中得到 $Al(OH)_3$，并煅烧获得氧化铝	工艺相对成熟，但处理工序复杂，还需考虑废气、废液处置，难以解决二次污染问题，此外，碱浸工艺仅适用于低硅铝灰

4.2.2 主要原、辅料及特性

表 6 和表 7 分别列出了广东及国内代表性铝加工企业的二次铝灰渣和环保烟囱灰主要成分的调研情况。由表可知，二次铝灰（渣）是一种含金属铝单质（Al）、氮化铝（AlN）、氧化铝（Al_2O_3）、可溶性氟盐、盐熔剂（NaCl、KCl 等）、重金属以及其他金属氧化物等的混合物。其中，各物质含量从高到低依次是氧化铝、氮化铝、二氧化硅、铝、氧化镁、三氧化二铁、氧化钙、氟化铝以及微量的铜、锌等金属化合物，以铝单质及其化合物为主，总质量分数可达到

74.8%~80.4%。

表 6 广东代表性铝加工企业二次铝灰和环保烟囱灰主要元素含量（单位：mg/kg）

序号	元素	南都公司				东银公司		万泰隆公司		统计值 mg/kg		
		环保灰 1	环保灰 2	环保灰 3	二次铝灰	环保灰	二次铝灰	环保灰	二次铝灰	最小值	最大值	平均值
1	Ca	8730	10200	11400	8200					8200	11400	9633
2	Cl	15800	20600	33100	14100	17100	16400	21600	10000	10000	33100	18588
3	F	5400	7200	13000	5400		14700	4900	2800	2800	14700	7629
4	Mg	2000	3600	1600	3000	8000				1600	8000	3640
5	Mo	400	150	110	140	70	140	80	80	70	400	146
6	Tl	＜10	＜10	＜10	＜10	＜10	＜10	＜10	＜10	＜10	＜10	＜10
7	Ni	430	220	340	420	240	280	250	250	220	430	304
8	Fe	48900	18000	59000	43300					18000	59000	42300
9	Si	35600	22200	38200	33300					22200	38200	32325
10	Cu	9700	5900	8900	9500	3400	3000	3500	3600	3000	9700	5938
11	Mn	6200	2000	3400	6400	1700	2900	2000	2500	1700	6400	3388
12	Ti	3600	2600	4200	4100					2600	4200	3625
13	Zn	4400	5200	14700	4600	2400	1800	4900	3700	1800	14700	5213
14	Cr	2600	690	1300	2600	640	1200	470	580	470	2600	1260
15	V	260	100	130	220	120	180	100	110	100	260	153
16	Sn	460	330	740	390	240	240	190	340	190	740	366
17	Cd	20	80	280	30	20	10	40	20	10	280	63
18	Pb	1000	1400	2600	940	280	260	360	440	260	2600	910
19	Be	＜10	＜10	＜10	＜10	＜10	＜10	＜10	＜10	＜10	＜10	＜10
20	Sb	80	100	320	80	310	300	320	360	80	360	234
21	P	440	590	770	480					440	770	570
22	As	30	40	40	30	90	90	100	120	30	120	68
23	S	1400	1900	3600	1300	1400	940	2200	1400	940	3600	1768
24	Al	458000	427000	331000	456000					331000	458000	418000
25	Co	70	40	80	60	40	60	40	50	40	80	55
26	Ag	20	10	10	30	＜10	＜10	10	10	10	30	15
27	N	37700	32400	26600	42500	56000	53600	43800	34700	26600	56000	40913

说明：环保灰样品为再生铝加工上炉、下炉、保温炉工序收集的除尘灰（321-034-48），二次铝灰样品为炒灰后形成的二次铝灰（321-026-48）。

表 7 国内 6 家代表性铝加工企业二次铝灰主要元素含量（单位：mg/kg）

样品		w(Al_2O_3)	w(AlN)	w(单质 Al)	w(AlF_3)	w(Fe_2O_3)	w(SiO_2)	w(MgO)	w(CaO)	w（其他）	合计
国内 6 家大型再生铝加工企业	Al	53.3	14.0	6.8	1.0	3.6	13.0	4.5	2.9	0.9	100
	A2	52.5	14.5	7.8	1.5	3.2	12.5	3.7	3.1	1.2	100
	A3	52.4	15.0	6.9	1.5	3.2	12.9	4.1	3.0	1.0	100
	A4	52.5	14.8	6.2	1.8	3.0	14.0	4.0	3.0	0.7	100
	A5	53	14.3	7.7	1.3	3.2	12.3	4.0	3.1	1.1	100
	Bl	51.2	17.8	5.2	1.8	3.6	12.1	4.5	2.9	0.9	100
	B2	51.5	18.1	6.2	1.1	3.0	12.1	3.6	3.2	1.2	100
	B3	51.0	17.0	6.4	1.0	3.2	12.9	3.7	3.8	1.0	100
	B4	50.5	17.5	6.2	1.5	3.0	14.0	3.7	2.9	0.7	100
	B5	52.0	17.3	6.0	1.3	3.2	12.3	3.7	3.1	1.1	100
	Cl	51.2	18.5	4.5	1.5	3.6	12.2	4.6	3.0	0.9	100
	C2	52.0	19.0	4.3	1.9	2.9	12.0	3.6	3.1	1.2	100
	C3	51.0	17.6	4.6	1.6	3.8	12.9	3.7	3.8	1.0	100
	C4	51.0	18.0	5.9	0.8	3.0	14.0	3.7	2.9	0.7	100
	C5	54.0	17.2	4.7	1.2	3.2	12.3	3.2	3.1	1.1	100
	D1	50.5	16.4	8.2	1.4	3.0	14.0	3.0	2.8	0.7	100
	D2	49.0	16.7	9.9	1.7	3.2	12.3	3.0	3.1	1.1	100
	D3	49.0	17.9	8.2	1.9	3.6	12.1	3.5	2.9	0.9	100
	D4	48.0	16.1	12.3	1.1	3.0	12.1	3.0	3.2	1.2	100
	D5	49.0	16.0	11.3	1.0	3.2	12.9	3.1	3.0	0.5	100
	El	58.0	13.8	4.6	1.8	3.2	10.9	3.4	3.2	1.1	100
	E2	57.0	14.1	5.5	1.1	3.0	12.0	3.7	2.9	0.7	100
	E3	56.0	14.3	5.0	1.3	3.2	12.3	3.7	3.1	1.1	100
	E4	55.5	14.2	5.8	1.2	3.6	11.2	4.6	3.0	0.9	100
	E5	58.5	14.4	4.8	1.4	2.9	11.0	3.2	3.1	0.7	100
	Fl	59.0	12.8	6.2	1.8	2.5	10.4	3.0	3.1	1.2	100
	F2	59.0	13.0	6.2	1.4	2.4	10.0	4.0	3.0	1.0	100
	F3	58.0	16.1	4.4	1.9	2.2	10.0	3.2	3.1	1.1	100
	F4	59.0	14.0	5.5	1.0	3.0	11.0	3.0	2.8	0.7	100
	F5	57.0	12.8	6.7	1.2	3.8	10.0	3.7	3.8	1.0	100
统计值	最小值	48.0	12.8	4.3	0.8	2.2	10.0	3.0	2.8	0.5	/
	最大值	59.0	19.0	12.3	1.9	3.8	14.0	4.6	3.8	1.2	/
	平均值	53.4	15.8	6.5	1.4	3.2	12.1	3.6	3.1	1.0	/

4.3 二次铝灰渣清洁资源化高效利用技术简介

在助燃系统作用下，在连续高温熔融炉中形成 1450℃以上的高温环境，促使经全密封螺旋加料系统喂入的铝灰与石灰混合料形成液态的预熔型铝酸钙产品(其熔点约为 1300℃)，并在达到一定液位时，熔融状态的铝酸钙从炉尾出料口溢流出料到链板机进行冷却，实现连续生产。其中，铝灰中 N、S、Cl、F 易挥发元素及 Hg、Cd、Pb 低熔点重金属元素随高温烟气经环保处理后排出；Cr、Ni、Cu 等重金属氧化物在重力作用下下沉富集。基于此，图 4 给出了铝灰渣处理工艺流程图及产污环节处理方法。

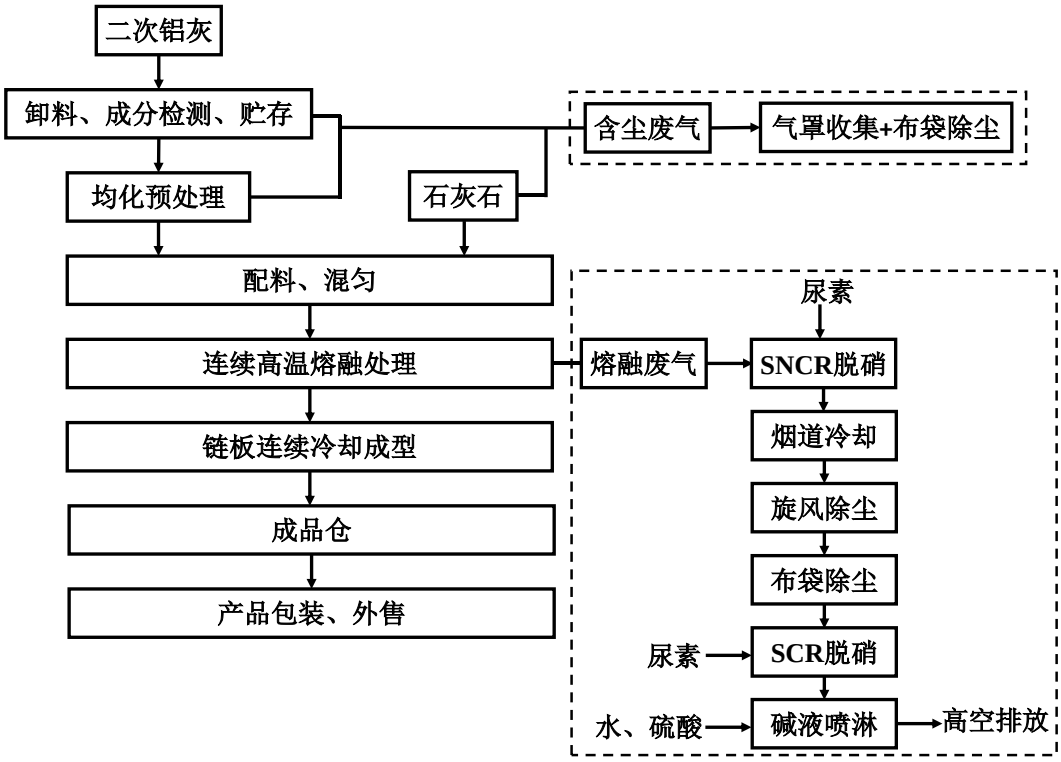


图 4 二次铝灰渣处理工艺流程图及产污环节处理方法

4.4 项目技术的物料、热量及元素平衡分析

4.5 项目能耗指标情况

根据企业实践的基于气-液-固三相分离技术的连续高温铝灰渣处理工艺的实际生产数据（时间跨度：2022 年 3~2022 年 12 月），并委托深圳市建星项目管理顾问有限公司对该项目的能耗指标进行评估，具体结果如图 5 所示。由图可知，目前本项目技术的综合能效指标为 168.55 kg ce/万元，远低于属地上一年指标。综合折合工序能耗为 380.04 kgce/t，而国内生产预熔型铝酸钙的先进企业，综合折合工序能耗均大于 500 kgce/t。

项目年综合能源消费量	主要能源种类	计量单位	年需要实物量	计算用折标系数		折标煤量（tce）
	电力	万 kW·h	2829.12	1.229tce/万 kW·h		当量 3476.99
				2.8744tce/万 kW·h		等价 8132.02
	天然气	万 m³	643.20	12.143tce/万 m³		7810.38
	柴油	t	78.12	1.4571tce/t		113.83
	耗能工质					
	水	万 m³	2.28	-		-
	项目年综合能源消费总量（tce）					当量 11401.20
						等价 16056.23
项目能效指标比较	项目指标名称	项目指标值	2021 年四会市水平	2021 年肇庆市水平		符合性（是否优于属地上年指标值）
	单位产值能耗	168.55kgce/万元	384kgce/万元	426kgce/万元		优于属地上年指标值
	单边物加值能耗	561.84kgce/万元	776kgce/万元	812kgce/万元		优于属地上年指标值
单位产品能耗	项目指标名称	项目指标值	新建准入值	国内先进水平	国际先进水平	对比结果（国内落后、一般、国内领先、国际先进）
	铝灰渣处理	380.04kgce/t	-	-	-	-
对所在地能耗	对所在地能源消费增量的影响	预计项目新增能源消费量占广东省“十四五”能源消费增量控制数为 0.05%，m≤1，影响较小；项目新增能源消费量占肇庆市“十四五”能源消费增量控制数为				

工程咨询单位资信证书

单位名称： 深圳市建星项目管理顾问有限公司
住　　所： 深圳市福田区振兴路3号建艺大厦14楼东
统一社会信用代码： 91440300279543773S
法定代表人： 赵阳
技术负责人： 何莉
资信等级： 甲级
资信类别： 专业资信
业　　务： 建筑，　市政公用工程
证书编号： 甲242021011115
有 效 期： 2022年01月21日至2025年01月20日

发证单位：中国工程咨询协会

图 5 项目能耗指标评估结果（评估单位：深圳市建星项目管理顾问有限公司）

4.6 项目技术制备的炼钢用铝酸钙产品理化指标情况

考虑到特殊钢产品对其冶炼辅料杂质元素含量要较高（如 B 元素小于 300ppm，N、S 和 P 元素≤500ppm），本项目基于自主研发的针对二次铝灰渣危废处理的气-液-固三相分离连续高温熔铸技术，结合物料平衡分析，在控制原辅料品质基础上，开发了规格尺寸为 5-40mm 的低 B 低 N 低 P 低 Fe_2O_3 低 SiO_2 高致密预熔型铝酸钙产品。表 8 列出了元禾泰盛公司铝酸钙产品与《炼钢用预熔型铝酸钙》（YB/T4265）中低杂质元素预熔型铝酸钙产品成分含量及其密度对比情况（相关数

据均由第三方权威机构测定)。由表可知，元禾泰盛公司铝酸钙产品的 SiO_2 含量约为 3.1wt%，低于 YB/T4265-2011 指标的 23%；Fe_2O_3 含量约为 1.25wt%，低于 YB/T4265-2011 指标的 17%；S、P 含量为 0.01 wt%,均低于 YB/T4265-2011 指标的 80%;体积密度为 2.89 g/cm^3，高于 YB/T4265-2011 指标的 7.6%；且其 N 和 B 元素分别为 0.03 wt% 和 0.01 wt%，可满足下游特殊钢厂家品种钢质量提升需求，得到了下游特钢企业的批量应用及高度认可。

表 8 铝酸钙产品与 YB/T4265 中低杂质元素含量及密度对比情况

序号	项目	单位	《炼钢用预熔型铝酸钙》（YB/T4265-2011）低杂质元素含量要求	检测结果	结论
1	SiO_2 含量	wt%	4.0	3.1	低于指标 23%
2	Fe_2O_3 含量	wt%	1.5	1.25	低于指标 17%
3	P 含量	wt%	0.05	0.01	低于指标 80%
4	S 含量	wt%	0.05	0.01	低于指标 80%
5	N 含量	wt%	/	0.02	/
6	B 含量	wt%	/	0.01	/
7	体积密度	g/cm^3	≥2.6	2.89	高于指标 11%
8	粉化率	%		不吸水	不粉化

此外，如图 6 所示，项目技术制备的炼钢用铝酸钙产品不具有重金属及无机化合物浸出毒性、不具有 pH 值腐蚀性。

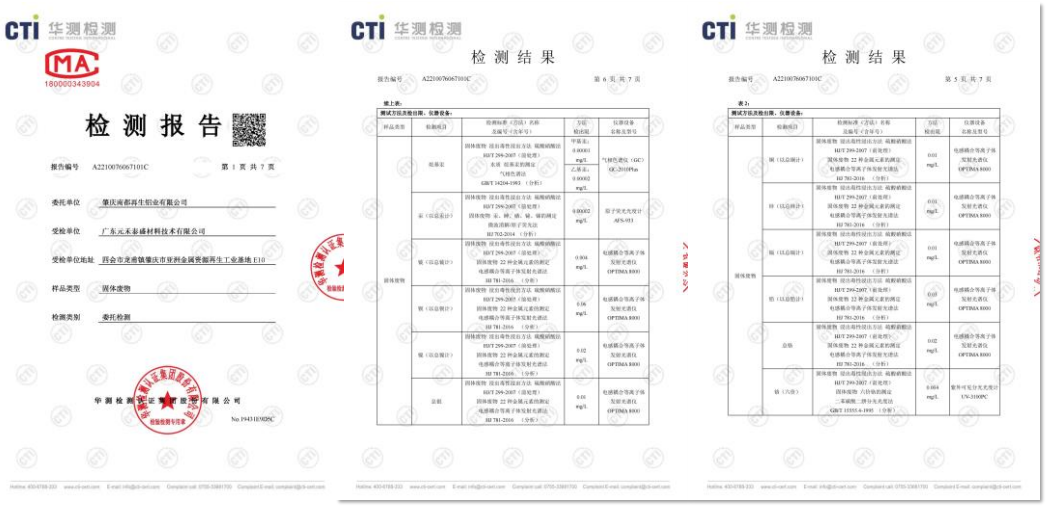


图 6 项目技术制备的炼钢用铝酸钙产品浸出毒性检测报告

4.7 项目技术的经济效益分析

4.7.1 直接经济效益

本项目技术已在乾胜铝业及肇庆市亚洲金属资源再生工业园内的再生铝加工企业进行产业化运营，利用铝灰渣生产炼钢用预熔型铝酸钙。以肇庆市亚洲金属资源再生工业园内的再生铝加工企业为例，本项目主要经济指标见表 9。

表 9 项目主要技术经济指标

项目	经济指标
总投资	10000 万元
生产规模	主要服务肇庆市亚洲金属资源再生工业园内的再生铝加工企业，年处理二次铝灰 27300t/a、除尘灰(环保灰)2700 t/a，铝灰渣与氧化钙通过高温熔铸制得 5.36 万 t/a 铝酸钙。
年营业收入	共 14400 万元，其中：铝酸钙粉市场价 1300 元/吨，年营收 9648 万元；铝灰渣处理成本 1000 元/吨，年营收 2000 万元；铝珠外售营收 5432 万元。
年总成本费用	12320 万元
税前利润	4760 万元
纳税额	952 万元
预计税后收入	2680 万元

根据上表估算，预计本项目税后利润 3808 万元/年，纳税额 952

万元/年。所以，本项目从经济效益上来说是可行的。

4.7.2 间接经济效益

本项目技术产业化运营在取得直接经济效益的同时，带来了一系列的间接经济效益：

（1）本项目新增员工人数为 50 人，为当地带来 50 个就业岗位和就业机会；

（2）项目生产所需的水、电、物料等的消耗为当地带来间接经济效益；

（3）建设项目的利润和税收收入等对当地经济的发展有一定的贡献。

4.8 项目技术的应用证明

如图 7 所示，本项目技术制备的特殊钢冶炼用预熔型铝酸钙产品目前已在宝武集团中南钢铁、南京钢铁、重庆钢铁及台湾中钢集团进行了广泛应用，并得到了一致好评。此外，南京钢铁还对本项目技术产品进行详细的技术评估，给予了建议扩大使用的建议，如图 8 所示。

图 7 项目技术制备的炼钢用铝酸钙产品销售证明

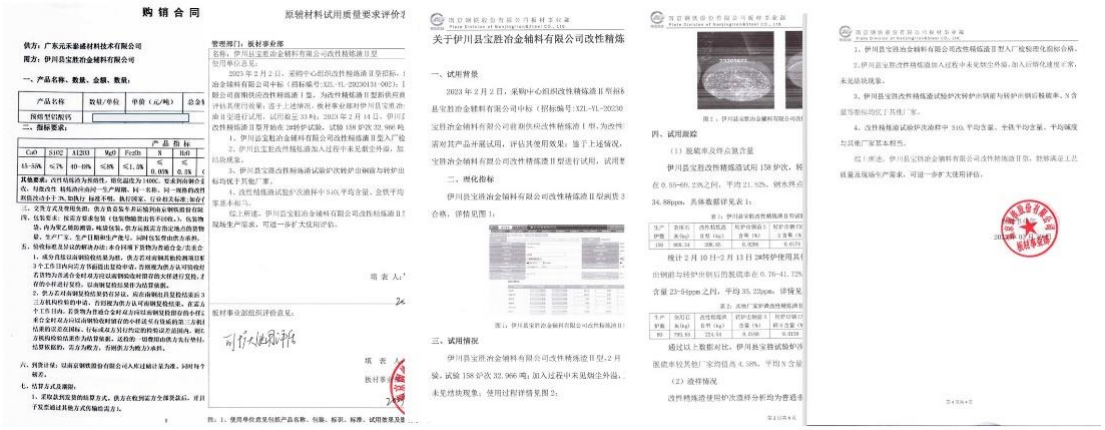
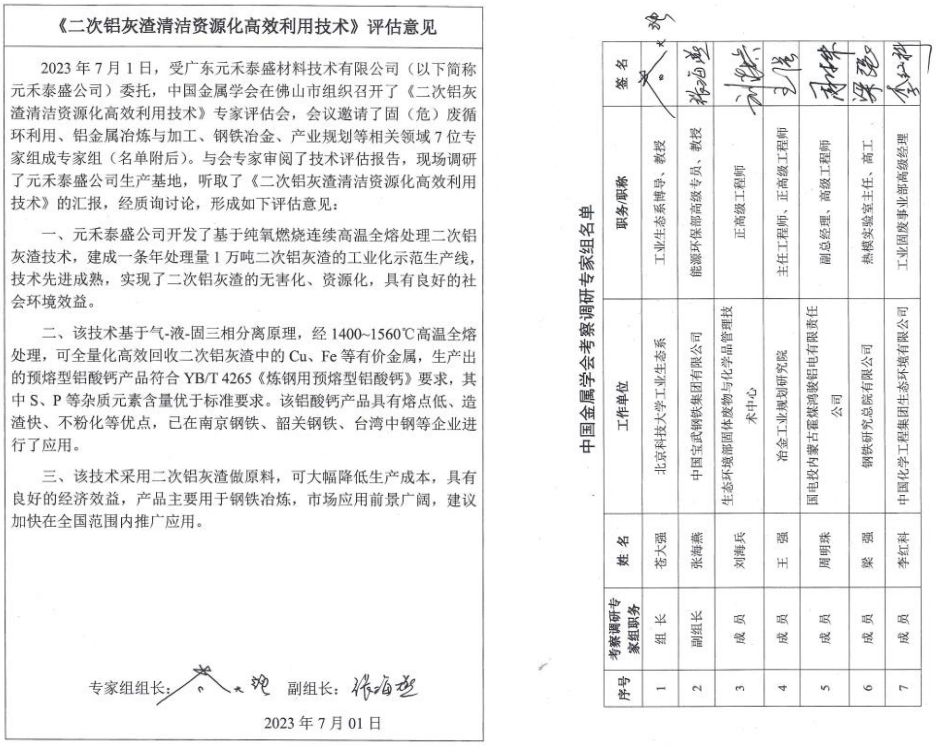


图 8 项目技术制备的炼钢用铝酸钙产品在南京钢铁的应用评估报告

4.9 项目技术评估情况

2023 年 7 月 1 日，广东元禾泰盛材料技术有限公司（以下简称元禾泰盛公司）委托中国金属学会在佛山市组织召开了《二次铝灰渣清洁资源化高效利用技术》专家评估会，会议邀请了固（危）废循环利用、铝金属冶炼与加工、钢铁冶金、产业规划等相关领域 7 位专家组成专家组。与会专家审阅了技术评估报告，现场调研了元禾泰盛公司生产基地，听取了《二次铝灰渣清洁资源化高效利用技术》的汇报，图 9 给出专家的评估意见。由图可知，专家一致认为：元禾泰盛公司开发了基于纯氧燃烧连续高温全熔处理二次铝灰渣技术，建成一条年处理量 1 万吨二次铝灰渣的工业化示范生产线，技术先进成熟，实现了二次铝灰渣的无害化、资源化，相关炼钢用铝酸钙产品具有熔点低、造渣快、不粉化等优点，已在南京钢铁、韶关钢铁、台湾中钢等企业进行了应用，具有良好社会环境效益。



《二次铝灰渣清洁资源化高效利用技术》评估意见

2023 年 7 月 1 日，受广东元禾泰盛材料技术有限公司（以下简称元禾泰盛公司）委托，中国金属学会在佛山市组织召开了《二次铝灰渣清洁资源化高效利用技术》专家评估会，会议邀请了固（危）废循环利用、铝金属冶炼与加工、钢铁冶金、产业规划等相关领域 7 位专家组成专家组（名单附后）。与会专家审阅了技术评估报告，现场调研了元禾泰盛公司生产基地，听取了《二次铝灰渣清洁资源化高效利用技术》的汇报，经质询讨论，形成如下评估意见：

一、元禾泰盛公司开发了基于纯氧燃烧连续高温全熔处理二次铝灰渣技术，建成一条年处理量 1 万吨二次铝灰渣的工业化示范生产线，技术先进成熟，实现了二次铝灰渣的无害化、资源化，具有良好的社会环境效益。

二、该技术基于气-液-固三相分离原理，经 1400~1560℃高温全熔处理，可全量化高效回收二次铝灰渣中的 Cu、Fe 等有价金属，生产出的预熔型铝酸钙产品符合 YB/T 4265《炼钢用预熔型铝酸钙》要求，其中 S、P 等杂质元素含量优于标准要求。该铝酸钙产品具有熔点低、造渣快、不粉化等优点，已在南京钢铁、韶关钢铁、台湾中钢等企业进行了应用。

三、该技术采用二次铝灰渣做原料，可大幅降低生产成本，具有良好的经济效益，产品主要用于钢铁冶炼，市场应用前景广阔，建议加快在全国范围内推广应用。

专家组组长：　　副组长：

2023 年 7 月 01 日

中国金属学会考察调研专家组名单

序号	考察调研专家组职务	姓 名	工作单位	职务/职称	签 名
1	组 长	苍大强	北京科技大学工业生态系	工业生态系博导、教授	
2	副组长	张海燕	中国宝武钢铁集团有限公司	能源环保部高级专员、教授	
3	成 员	刘海兵	生态环境部固体废物与化学品管理技术中心	正高级工程师	
4	成 员	王 强	冶金工业规划研究院	主任工程师、正高级工程师	
5	成 员	周明珠	国电投内蒙古霍煤鸿骏铝电有限责任公司	副总经理、高级工程师	
6	成 员	梁 强	钢铁研究总院有限公司	热模实验室主任、高工	
7	成 员	李红科	中国化学工程集团生态环境有限公司	工业固废事业部高级经理	

图 9 《二次铝灰渣清洁资源化高效利用技术》评估意见及专家名单

主要参考文献

[1] 李帅，康泽双，刘万超，等. 响应面法优化铝灰中氮化铝脱除工艺，化工环保，2021，41(2):184.

[2] 韩金珊，左正平，赵洪亮，等. 二次铝灰处置及利用现状及其在炼钢中的应用，中国冶金，2022，32(5):16.

[3] A. Meshram, K. Singh. Recovery of valuable products from hazardous aluminum dross: A review. Resources Conservation and Recycling, 2018,130: 95.

[4] S.J. Zhang, W.J. Zhu, Q.D. Li, et al. Recycling of secondary aluminum dross to fabricate porous γ-Al_2O_3 assisted bycorn straw as biotemplate. Journal of Materials Scienceand Chemical Engineering, 2019, 7(12): 87.

[5] M. Turk, M. Altiner, S. Top, S. Karaca, et al. Production of alpha-alumina from black aluminum drossusing NaOH leaching followed by calcination. JOM202072(10):3358.

[6] M. Beckmann. Recovery of aluminum and salt slag in Nordrhein-Westphalen. Aluminium, 199167(6):586.

[7] 刘颖，张俊杰，张深根，等. 二次铝灰资源化研究进展.稀有金属，2023，48(2):277.

[8] 唐杰. 拜耳法协同处理二次铝灰的基础理论及关键技术[D]. 中南大学，2023.

[9] 李泽坤，李风亭. 二次铝灰资源化利用研究进展. 净水技术，2023,42(8):38.

[10] 董良民，焦芬，刘维，等. 铝灰回收处理研究进展. 中南大学学报(自然科学版), 2022, 53(10): 3791.

[11] 李风亭，孔涛，李泽坤，等.铝灰行业对传统混凝剂行业的冲击分析. 无机盐工业，2022，54(2):1.

[12] H. Guo, J. Wang, X. Zhang, et al. Study on theextraction of aluminum from aluminum dross using alkaliroasting and subsequent synthesis of mesoporous γ-alumina. Metallurgical and Materials Transactions B. 2018, 49(5):2906.

[13] N.H. Jafari, T.D. Stark, R. Roper. Classification andreactivity of secondary aluminum production waste. Journal of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste, 2013,18(4):04014018.

[14] 钟文，卢忠远，李军，等． 铝灰替代部分高铝矾土制备铝酸盐水泥熟料的研究. 水泥，2018(9):9.

[15] 楼美善，张学彦，楼凯翔，等. 工业铝灰作为铝质校正原料 在熟料煅烧中的应用. 水泥工程，2022(1): 76.

[16] M.Shinzato, R. Hypolito. Solid waste from aluminum recycling process: characterization and reuse of its economically valuable constituents. Waste Management, 2005, 25(1): 37.

[17] P. Tsakiridis, P. Oustadakis, S.A. Leonardou. Black dross leached residue: An alternative raw material for Portland cement clinker. Waste and Biomass Valorization, 2014, 5: 973.

[18] C. Dai, D. Apelian. Fabrication and characterization of aluminum dross containing mortar composites: Upcycling of a waste product. Journal of Sustainable Metallurgy, 2017, 3: 230.

[19] U.A. Elinwa, E. Mbadike. The use of aluminum waste for concrete production. Journal of Asian Architecture and Building Engineering, 2011, 10(1): 217.

[20] 徐晓虹，熊碧玲，吴建锋，等. 废铝灰制备陶瓷清水砖的研究. 武汉理工大学学报，2006, (05): 14.

[21] C.T. Foo, M.A.M. Salleh, K.K. Ying, et al. Mineralogy and thermal expansion study of mullite-based ce-ramics synthesized from coal fly ash and aluminum drossindustrial wastes. Ceramics International, 2019, 45(6): 7488.

[22] M. Li, L. Zhang, C. Zhang, et al. Effeet of Y,0,on the physical prop.erties and biocompatibility of β -SiAlON ceramics. Ceramics International, 2020, 46(15):23427.

[23] W. Zhu, K. Wu, S. Zhang, et al. Zerowaste progress for the synthesis of high-purity β-sialon ceramies from secondary aluminum dross. Advanced Engineering Materials, 2021, 23(4):2001298

[24] S.Y. Hu, D.Y. Wang, D. Hou, et al. Research on the preparation parameters and basic properties of premelted calcium aluminate slag prepared from secondary aluminum dross. Materials, 2021, 14(19):5885.

[25] 何超，贺永东，赵亿坤，等． 二次铝灰合成铝酸钙及其物相变化研究．特种铸造及有色合金，2021，41(11): 1436.

[26] J.Z. SU, K. Lu, K. Lin, et al. A novel route to denitrify, recover chlorines and prepare pre-melted refine slag of 12CaO`7Al2O3 (C12A7) from secondary aluminum dross (SAD). Journal of Materials Research and Technology-JMR&T, 2022,19(5):1203.

[27] A.K. Tripathy, S. Mahalik, C.K. Sarangi, et al. A pyro-hydrometallurgical process for the recovery of alumina from waste aluminum dross. Minerals Engineering, 2019137:181.

[28] H. Lv, M.Z. Xie, L.T. Shi, et al. A novel green process for the synthesis of high-whiteness and ultrafine. CeramicsInternational, 2022, 48(1):953.

[29] 吴龙，胡天麒，郝以党．铝灰综合利用工艺技术进展．有色金属工程，2016，6(6):5.

[30] 杜志宝，冯为民，王辅强．预熔型精炼渣，中国发明专利，CN102115805A．公告日期：2011 年 7 月 6 日.

[31] 陈海龚，李晓娜，王俊，等. 利用废铝灰生产铝酸钙的方法，中国发明专利，CN 101172635. 公告日期：2008 年 5 月 7 日.

[32] R. Beheshti, S. Akhtar, R.E. Aune, Heat treatment of black dross for the production of a value added material-A preliminary study, EPD Congress 2012, TMS 2012 Annual Meeting and Exhibition. Orlando, Florida, USA. 2012:353.

[33] 张延大．合理利用资源生产铝酸钙精炼渣的研究．中国非金属矿工业导刊，2012(5): 19.

[34] 刘万超，刘中凯，和新忠，等．一种二次铝灰无害化综合利用的方法，中国发明专利，CN107555447A．公告日期：2018 年 1 月 9 日.

[35] 李占兵，李会泉，李少鹏，等．一种利用铝灰制备铝酸钙的方法，中国发明专利，CN111977677A，公告日期：2020 年 11 月 23 日.

[36] 徐浩杰，张元波，苏子键，等．一种利用二次铝灰制备铝酸钙产品的方法，中国发明专利，CN 113683108 A，授权公告日期：2021 年 11 月 23 日.

[37] 张元波，苏子键，姜涛，等．一种烧结机处置二次铝灰同步制备铝酸钙的方法，中国发明专利，CN 114853460 B，授权公告日期：2023 年 05 月 26 日.

[38] 李雪倩，申士富，王玲，等．二次铝灰的焙烧特性和有害元素脱除研究，有色金属(冶炼部分),2020(09):74-79.

[39] 李勇，彭莉，王海斌，等.二次铝灰高温焙烧脱氮固氟试验研究.矿产保护与利用, 2020(6): 133-140.

[40] 苏达根,童爱花,林少敏.煅烧水泥熟料过程中重金属逸放的几个问题. 水泥, 2006(12): 19-20.

[41] 邴纯．铝灰在焙烧中的变化及铝灰返电解槽的试验研究[D]．沈阳:东北大学，2012.

[42] 唐铃虹. 铝灰渣中氮化铝在焙烧与水解过程中转化的研究[D]. 东北大学, 2015.

[43] 唐杰. 拜耳法协同处理二次铝灰的基础理论及关键技术[D]. 中南大学, 2023.

[44] 王学涛，金保升，仲兆平，等.气氛对焚烧飞灰熔融过程中重金属行为的影响. 中国电机工程学报, 2006, 26(7): 47-52.

[45] 丁恩振，丁家亮. 等离子体弧熔融裂解一危险废弃物处理前沿技术[M]. 中国环境科学出版社, 2009.

二、主要工作过程

（一）预研阶段。元禾泰盛公司和中国金属学会在特钢冶炼用预熔型铝酸钙产品标准立项前便已开展了国内外危废资源化综合利用等文献梳理，并针对性的与相关下游钢铁企业进行走访调研，制定了标准编制的工作计划。

（二）2023 年 5 月~6 月，中国金属学会标准化工作委员会给绿色制造标准领域的委员发出团体标准立项函审单，截止 2023 年 6 月 30 日，没有收到委员不赞成的表决态度。中国金属学会标准化工作委员会同意该团体标准立项。

（三）2023 年 7 月 20，中国金属学会向发布《关于<特殊钢冶炼用二次铝灰制预熔型铝酸钙产品>、<二次铝灰制备预熔型铝酸钙产品技术规范>征集参与单位的通知》（金字[2023]134 号），广泛征集下属分会、会员单位及相关企业参与标准工作。

（四）启动阶段。2024 年 2 月 6 日，召开标准启动会，成立标准起草工作组，正式启动《特殊钢冶炼用二次铝灰制预熔型铝酸钙产品》

的编制工作。会议明确了标准的适用范围、标准主要框架内容，以及标准编制的时间节点、任务分工及工作方案等。会后，牵头编制单位根据启动会意见，修改完成《特殊钢冶炼用二次铝灰制预熔型铝酸钙产品》编制大纲。

（五）讨论阶段。2024 年 7 月 13 日，标准编制组组织召开内部研讨会，对标准草案进行充分讨论，并根据生产和下游用户要求，对特殊钢冶炼用二次铝灰制预熔型铝酸钙相关的技术指标和要求进行了修改和完善。

拟于 2024 年 7 月下旬，由中国金属学会将《特殊钢冶炼用二次铝灰制预熔型铝酸钙》征求意见稿发到相关单位，并在“中国金属学会 团体标准信息管理系统”线上进行征集意见，待意见处理完毕后，预计 9 月形成标准送审稿。

三、标准的制定原则

（一）本标准在起草过程中主要按 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》的要求编写。

（二）标准主要技术指标选定，综合考虑了企业生产实际和使用情况，注重标准制定与技术创新、试验验证、产业推进、应用推广相结合，体现了技术标准的科学性、先进性、合理性和可操作性。

（三）本标准在制定过程中，遵循“面向市场、服务产业、自主制定、适时推出”的原则，以及统一、协调、适用性和规范性的原则。

四、标准范围及主要技术内容编制说明

本标准主要规定了特殊钢冶炼用二次铝灰制预熔型铝酸钙产品

的术语和定义、分类及牌号表示方法、化学成分和理化性能要求以及相应产品的检测方法和检验规则等。本标准共分为 8 章内容。

4.1 关于适用范围

本标准规定了特殊钢冶炼用二次铝灰制预熔型铝酸钙的术语与定义、牌号表示及分类方法、技术要求、试验方法、验收规则、包装、储运、标志和质量证明书。

本标准适用于利用二次铝灰生产的供特殊钢冶炼用预熔型铝酸钙产品。

4.2 关于术语和定义

二次铝灰制预熔型铝酸钙（英文名：Premelted calcium aluminate prepared from secondary aluminum dross）是由二次铝灰、富含氧化钙原料和少量熔剂经配料、混匀后，在高温条件下进行熔融，经冷却后形成富含铝酸钙产品。

4.3 关于牌号表示及分类方法

本部分主要对二次铝灰制备的预熔型铝酸钙产品的分类及牌号表示方法进行定义。

1、牌号表示方法。本标准牌号由字母和阿拉伯数字组成，SAD 取自二次铝灰英文（Secondary Aluminum Dross）的首字母，CA 取自英文单词 Calcium 和 Aluminate 的首字母，阿拉伯数字表示氧化铝最高含量。

2、分类。本标准基于二次铝灰制备的预熔型铝酸钙产品按氧化铝含量分为 5 个牌号，分别为 SAD-CA50、SAD-CA45、SAD-CA40、

SAD-CA35 和 SAD-CA30，其中相应牌号产品内 Al_2O_3 质量含量依次为 45~50 wt%、40~45 wt%、35~40 wt%、30~35 wt%和 25~30 wt%。

4.4 关于技术要求

本标准技术要求主要规定了牌号对应的二次铝灰制备的特殊钢冶炼用预熔型铝酸钙产品理化指标情况。重点涉及 Al_2O_3、CaO、SiO_2、MgO 及 Fe_2O_3 等主要氧化物质量含量，以及 P、S、N、B、F 等有害组分或杂质元素含量。上述产品理化指标的制定是结合 YB/T 4265 对炼钢用预熔型铝酸钙产品理化指标的规定、代表性特殊钢企业对预熔型铝酸钙产品理化指标要求以及标准起草单位产品第三方检测结果（如图 10 所示及附件 1）制定的。表 10 列出了代表性特殊钢企业对预熔型铝酸钙产品理化指标要求。

图 10 标准编制起草单位生产的特殊钢冶炼用预熔型铝酸钙产品理化指标检测结果

表 10 代表性特殊钢企业对预熔型铝酸钙产品理化指标要求（单位：wt%）

项目	ZN	NG	CG	DY1	DY2	DY3	LFTG
Al_2O_3	40.0±3.0	44.0±4.0	43.0±5.0	41.0±3.0	35~40	28.0±3.0	≥37.0
CaO	50.0±3.0	50.0±5.0	49.5±5.5	45~50	45~50	48~58	≥45.0
SiO_2	≤6.0	≤7.0	≤7.0	≤4.0	≤7.0	≤6.0	≤5.0
MgO	4.0±2.0	≤8.0	≤8.0	≤4.0	≤5.0	/	≤6.0
Fe_2O_3	/	≤1.5	≤1.5	≤1.5	≤1.5	/	≤2.0
P	≤0.15	≤0.15	/	≤0.05	/	≤0.3	≤0.05
S	≤0.05	≤0.05	/	≤0.1	/	≤0.3	≤0.15

N	/	＜0.05	≤0.05	/	/	/	
B	/	＜0.03	/	/	/	/	
F	/	/	/	≤1.0	/	/	
TiO_2	≤0.40	/	/	≤0.50	/	/	≤1.50
粒度	5-30mm	5-40mm	5-50mm	5-40mm	/	/	1-10mm

此外，本标准不对产品粒度做明确要求，因此产品粒度范围根据用户要求确定等。

4.5 关于试验方法

1、基于二次铝灰制备的预熔型铝酸钙产品的取样、制样按 GB/T 2007.1 和 GB/T 2007.2 执行。

2、产品理化指标检测方法如下：

氧化铝含量的测定按 GB/T 6900 的规定进行。

氧化钙含量的测定按 YB/T190.3 和 GB/T 21114 的规定进行。

二氧化硅含量的测定按 GB/T 5195.8 的规定进行。

氧化镁含量的测定按 YB/T 190.4 的规定进行。

氧化铁含量的测定按 YB/T 190.8 的规定进行

磷含量的测定按 GB/T 3286.6 的规定进行。

硫含量的测定按 GB/T 6730.61 的规定进行。

氮含量的测定按 GB/T 609 的规定进行。

硼含量的测定按 GB/T 12684 的规定进行。

氟含量的测定按 YB/T 190.10 的规定进行。

二氧化钛含量的测定按 GB/T 21114 的规定进行。

体积密度的测定按 GB/T 2997 的规定进行。

粒度测定按 GB/T 2007.7 的规定进行。

4.6 验收规则

1、出厂检验项目为：氧化钙、氧化铝、二氧化硅。

2、型式检验项目：本标准中第 5 章的技术要求，有下列情况之一时，应进行型式检验：

a) 原料或生产工艺发生变化时；

b) 停产一个月或更长时间，恢复生产时；

c) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时；

d) 正常生产，每半年进行一次。

3、组批规则

1）组批：同一牌号组为一批，每批重量不超过 60t。

2）取样：每批为一个取样单位，产品的取样、制样按 GB/T 2007.1、GB/T 2007.2 的规定进行。

3）试样量：试样总量不小于 10kg。缩分至理化指标测定用的试样和备用试样，密封保存。

4、验收与判定

1）检验结果按 4.4 中的技术要求进行判定。

2）检验结果如有一项不符合技术要求时，可重新取双倍试样对不合格项进行复验，仍不符合要求则整批判为不合格品。

3）需方对产品质量有异议时，应在收货之日起 15 天内提出，并会同供方重新取样复验，按复验结果判定产品质量。

4.7 包装、储运、标志和质量证明书

1） 产品的包装、标志、运输、贮存和质量证明书按 YB/T 5142

的规定进行。

2）产品在运输和储存过程中，应有防潮设施。

五、涉及专利情况

本标准不涉及专利问题。

六、与现行相关法律、法规、规章及标准，特别是强制性标准的协调性

本标准的制定符合现行的国家法律、法规和满足现行强制性国家标准的要求。制定本标准时依据并引用了国内有关现行有效的标准，也不违背国内其它行业标准、法律、法规及强制性标准的有关规定。

七、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

八、贯彻标准的要求和措施建议

根据我国标准性质的划分，建议将本标准作为推荐性标准，并建议本标准批准发布即实施。

九、废止现行相关标准的建议

无。

十、其它应予说明的事项。

无。

《特殊钢冶炼用二次铝灰制预熔型铝酸钙》

团体标准起草工作组

2024年8月10日

附件 1：标准起草单位生产的预熔型铝酸钙理化指标第三方检测结果

佛山市陶瓷研究所检测有限公司

Foshan Ceramics Research Institute Testing Co.,Ltd.

检测报告

Test Report

报告编号(Report No.)：C9663/H221208-191　　　　第 1 页/共 1 页

样品名称 Name of Sample	12 月 7 日铝酸钙	样品描述 Shape of Sample	粒状
委托单位 Applicant	广东元禾泰盛材料技术有限公司	收样日期 Received Date	2022/12/02
检测周期 Test Period	2022/12/02-2022/12/09	报告日期 Reported Date	2022/12/09
检测项目 Testing Category	化学成分分析（见下表）		
检测标准 Test Standard	GB/T 4734-1996,GB/T 1347-2008,GB/T 1549-2008		
客户信息 Client Information	地址：佛山市南海区狮山科技工业园 B 区博爱东路 7 号		

检测结果（Results of Inspection）

序号	成分名称	含量(%)	序号	成分名称	含量(%)
1	灼烧减量 LOSS(1025℃)	−0.96	11	一氧化铅 PbO	<0.01
2	三氧化二铝 Al_2O_3	40.26	12	氧化锌 ZnO	<0.01
3	二氧化硅 SiO_2	4.79	13	氧化锶 SrO	0.03
4	三氧化二铁 Fe_2O_3	1.07	14	一氧化锰 MnO	0.14
5	氧化钙 CaO	50.34	15	氧化镉 CdO	<0.01
6	氧化镁 MgO	3.32	16	五氧化二磷 P_2O_5	0.04
7	氧化钾 K_2O	0.02	17	三氧化二铬 Cr_2O_3	0.04
8	氧化钠 Na_2O	0.26	18	一氧化镍 NiO	<0.01
9	二氧化钛 TiO_2	0.31	19	一氧化钴 CoO	<0.01
10	三氧化二硼 B_2O_3	<0.05	20	--------------	-----

序号	成分名称	含量(mg/kg)
1	铜 Cu	4.18×10^2

以下空白。

本报告不出具 CMA 资质，仅（可）作为科研、教学或内部质量控制之用。

声明：1.检测结果仅对来样负责，样品保留至报出结果后 15 天。The results in this report apply to the samples only.
2.检测报告盖章有效，报告部分复印无效。The Report is valid with the inspection organization stamp.
3.若对检测结果有异议，请于收到结果之日起 15 天内向本公司提出。Telling us in 15 days since you receive the report when you has any question with the test results.

单位盖章：Stamp:　　授权签字人：黄明护 Authorized Organization:　　审核：Approval:

佛山市陶瓷研究所检测有限公司 检验检测专用章

表格号：[illegible]

佛山市陶瓷研究所检测有限公司

Foshan Ceramics Research Institute Testing Co.,Ltd.

检 测 报 告

Test Report

报告编号(Report No.)：E3791/H230325-296　　第 1 页/共 1 页

样品名称 Name of Sample	354250-5 铝酸钙 24/3	样品描述 Shape of Sample	粒状
委托单位 Applicant	广东元禾泰盛材料技术有限公司	收样日期 Received Date	2023/03/25
检测周期 Test Period	2023/03/25-2023/03/30	报告日期 Reported Date	2023/03/30
检测项目 Testing Category	化学成分分析（见下表）		
检测标准 Test Standard	GB/T 4734-1996,GB/T 1347-2008,GB/T 1549-2008		
客户信息 Client Information	地址：佛山市南海区狮山科技工业园 B 区博爱东路 7 号		

检 测 结 果（Results of Inspection）

序号	成分名称	含量(%)	序号	成分名称	含量(%)
1	灼烧减量 LOSS(1025℃)	-1.01	13	氧化锂 Li_2O	<0.01
2	三氧化二铝 Al_2O_3	40.47	14	一氧化铅 PbO	<0.01
3	二氧化硅 SiO_2	3.46	15	氧化锌 ZnO	<0.01
4	三氧化二铁 Fe_2O_3	1.75	16	氧化锶 SrO	0.04
5	氧化钙 CaO	49.30	17	一氧化锰 MnO	0.07
6	氧化镁 MgO	4.14	18	氧化镉 CdO	<0.01
7	氧化钾 K_2O	0.02	19	五氧化二磷 P_2O_5	0.03
8	氧化钠 Na_2O	0.61	20	三氧化硫 SO_3	0.08
9	二氧化钛 TiO_2	0.35	21	三氧化二铬 Cr_2O_3	0.04
10	氧化钡 BaO	0.09	22	一氧化镍 NiO	<0.01
11	三氧化二硼 B_2O_3	<0.05	23	一氧化钴 CoO	<0.01
12	氟 F	0.66	24	氧化铜 CuO	0.10

以下空白。

本报告不出具 CMA 资质，仅（可）作为科研、教学或内部质量控制之用。

声　明：
1.检测结果仅对来样负责，样品保留至报出结果后 15 天。The results in this report apply to the samples only.
2.检测报告盖章有效，报告部分复印无效。The Report is valid with the inspection organization stamp.
3.若对检测结果有异议，请于收到结果之日起 15 天内向本公司提出。Telling us in 15 days since you receive the report when you has any question with the test results.

单位盖章：
Stamp:

授权签字人：　黄明护
Authorized Organization:

审　核：
Approval:

表格号：JLR/01

佛山市陶瓷研究所检测有限公司

Foshan Ceramics Research Institute Testing Co.,Ltd.

检 测 报 告

Test Report

报告编号(Report No.)：N3560/H240626-174　　第 1 页/共 1 页

样品名称 Name of Sample	铝灰 20240624-A01	样品描述 Shape of Sample	粉状
委托单位 Applicant	广东元禾泰盛材料技术有限公司	收样日期 Received Date	2023/06/26
检测周期 Test Period	2023/06/26-2023/07/02	报告日期 Reported Date	2023/07/02
检测项目 Testing Category	化学全分析		
检测标准 Test Standard	GB/T 4734-2022,GB/T 1347-2008,GB/T 1549-2008,GB/T 176-2017		
客户信息 Client Information	略		

检 测 结 果（Results of Inspection）

序号	成分名称	含量(%)	序号	成分名称	含量(%)
1	灼烧减量 LOSS(1025℃)	−18.75	14	一氧化铅 PbO	0.02
2	三氧化二铝 Al_2O_3	99.23	15	氧化锌 ZnO	0.19
3	金属铝 mAl	19.57	16	氧化锶 SrO	0.02
4	二氧化硅 SiO_2	4.38	17	一氧化锰 MnO	0.68
5	三氧化二铁 Fe_2O_3	6.38	18	氧化镉 CdO	<0.01
6	氧化钙 CaO	0.65	19	五氧化二磷 P_2O_5	0.25
7	氧化镁 MgO	3.31	20	氟 F	0.15
8	氧化钾 K_2O	0.31	21	三氧化硫 SO_3	0.09
9	氧化钠 Na_2O	1.02	22	三氧化二铬 Cr_2O_3	0.53
10	二氧化钛 TiO_2	0.43	23	一氧化镍 NiO	0.09
11	三氧化二硼 B_2O_3	0.08	24	一氧化钴 CoO	0.01
12	氧化钡 BaO	0.10	25	氧化铜 CuO	0.94
13	氧化锂 Li_2O	<0.01	26	----------	-----

以下空白。

本报告不出具 CMA 资质，仅（可）作为科研、教学或内部质量控制之用。

声　明：

1.检测报告仅对来样负责，样品保留至报出结果后 15 天。The results in this report apply to the samples only.
2.检测报告盖章有效，报告部分复印无效。The Report is valid with the inspection organization stamp.
3.若对检测报告有异议，请于收到结果之日起 15 天内向本公司提出。Telling us in 15 days since you receive the report when you have any question with the test report.

单位盖章：
Stamp:
资格号：JL/R/01

授权签字人：彭威
Authorized Organization:

审　核：
Approval:

佛山市陶瓷研究所检测有限公司

Foshan Ceramics Research Institute Testing Co.,Ltd.

检 测 报 告

Test Report

报告编号(Report No.)：J3785/H231201-160　　第 1 页/共 1 页

样品名称 Name of Sample	铝酸钙 20231130-A01	样品描述 Shape of Sample	粒状
委托单位 Applicant	广东元禾泰盛材料技术有限公司	收样日期 Received Date	2023/12/01
检测周期 Test Period	2023/12/01-2023/12/06	报告日期 Reported Date	2023/12/06
检测项目 Testing Category	化学成分分析（见下表）		
检测标准 Test Standard	GB/T 1347-2008,GB/T 4734-2022,GB/T 1549-2008		
客户信息 Client Information	地址：佛山市南海区狮山科技工业园 B 区博爱东路 7 号		

检 测 结 果（Results of Inspection）

序号	成分名称	含量(%)	序号	成分名称	含量(%)
1	灼烧减量 LOSS(1025℃)	-0.99	13	氧化锂 Li_2O	<0.01
2	三氧化二铝 Al_2O_3	41.64	14	一氧化铅 PbO	<0.01
3	二氧化硅 SiO_2	3.52	15	氧化锌 ZnO	<0.01
4	三氧化二铁 Fe_2O_3	1.15	16	氧化锶 SrO	0.02
5	氧化钙 CaO	49.19	17	一氧化锰 MnO	0.09
6	氧化镁 MgO	3.79	18	氧化镉 CdO	<0.01
7	氧化钾 K_2O	0.03	19	五氧化二磷 P_2O_5	0.05
8	氧化钠 Na_2O	0.46	20	三氧化硫 SO_3	0.08
9	二氧化钛 TiO_2	0.37	21	三氧化二铬 Cr_2O_3	0.07
10	氧化钡 BaO	0.09	22	一氧化镍 NiO	<0.01
11	三氧化二硼 B_2O_3	<0.05	23	一氧化钴 CoO	<0.01
12	氟 F	0.18	24	氧化铜 CuO	0.07

以下空白。

本报告不出具 CMA 资质，仅（可）作为科研、教学或内部质量控制之用。

声　明：

1.检测报告仅对来样负责，样品保留至报出结果后 15 天。The results in this report apply to the samples only.
2.检测报告盖章有效，报告部分复印无效。The Report is valid with the inspection organization stamp.
3.若对检测报告有异议，请于收到结果之日起 15 天内向本公司提出。Telling us in 15 days since you receive the report when you have any question with the test report.

单位盖章：
Stamp:

授权签字人：梁庆润
Authorized Organization:

审　核：
Approval:

表格号：JL/R/01

佛山市陶瓷研究所检测有限公司

Foshan Ceramics Research Institute Testing Co.,Ltd.

检 测 报 告

Test Report

报告编号(Report No.)：N3560/H240626-176　　第 1 页/共 1 页

样品名称 Name of Sample	铝酸钙 20240620-A01	样品描述 Shape of Sample	块状
委托单位 Applicant	广东元禾泰盛材料技术有限公司	收样日期 Received Date	2024/06/26
检测周期 Test Period	2024/06/26-2024/07/02	报告日期 Reported Date	2024/07/02
检测项目 Testing Category	化学全分析		
检测标准 Test Standard	GB/T 4734-2022,GB/T 1347-2008,GB/T 1549-2008,GB/T 23772-2009		
客户信息 Client Information	略		

检 测 结 果（Results of Inspection）

序号	成分名称	含量(%)	序号	成分名称	含量(%)
1	灼烧减量 LOSS(1025℃)	−0.73	13	一氧化铅 PbO	<0.01
2	三氧化二铝 Al_2O_3	41.21	14	氧化锌 ZnO	<0.01
3	二氧化硅 SiO_2	1.25	15	氧化锶 SrO	0.04
4	三氧化二铁 Fe_2O_3	0.88	16	一氧化锰 MnO	0.09
5	氧化钙 CaO	51.84	17	氧化镉 CdO	<0.01
6	氧化镁 MgO	4.21	18	五氧化二磷 P_2O_5	0.06
7	氧化钾 K_2O	0.01	19	氟 F	0.07
8	氧化钠 Na_2O	0.39	20	三氧化硫 SO_3	0.09
9	二氧化钛 TiO_2	0.25	21	三氧化二铬 Cr_2O_3	0.11
10	三氧化二硼 B_2O_3	<0.05	22	一氧化镍 NiO	<0.01
11	氧化钡 BaO	0.08	23	一氧化钴 CoO	<0.01
12	氧化锂 Li_2O	<0.01	24	氧化铜 CuO	0.02

序号	成分名称	含量(mg/kg)
25	氮 N	55.0

以下空白。

本报告不出具 CMA 资质，仅（可）作为科研、教学或内部质量控制之用。

声　明：
1.检测报告仅对来样负责，样品保留至报出结果后 15 天。The results in this report apply to the samples only.
2.检测报告盖章有效，报告部分复印无效。The Report is valid with the inspection organization stamp.
3.若对检测报告有异议，请于收到结果之日起 15 天内向本公司提出。Telling us in 15 days since you receive the report when you have any question with the test report.

单位盖章：
Stamp:
表格号：JL/R/01

授权签字人：彭威
Authorized Organization:

审　核：
Approval:

附件 2：部分产品销售合同

购 销 合 同

供方：广东元禾泰盛材料技术有限公司　　合同号：YH20230206001

需方：伊川县宝胜冶金辅料有限公司　　签订方式：佛山市南海区

签订时间：2023 年 2 月 6 日

一、产品名称、数量、金额、数量：

产品名称	数量/单位	单价（元/吨）	总金额（元）含 13%税	完成交货时间
预熔型铝酸钙	[illegible]			

二、指标要求：

产品指标								
CaO	SiO2	Al2O3	MgO	Fe2O3	N	H2O	B	粒度范围 mm
45-55%	≤7%	40-48%	≤8%	≤1.5%	≤ 0.05%	≤ 0.5%	≤ 0.03%	0-5mm＜5%, 5-40≥ 90%, 40-50mm＜5%
其他要求：改性精炼渣为预熔性，熔化温度为 1400C，要求到南钢合金仓库一个刀内不粉化，改性精炼渣应成批验收，每批改性 精炼渣应由同一生产周期、同一名称、同一规格的改性精炼渣组成同批次关键指标 CaO、Al2O3 检测值波动小于 3%,如执行 标准不明，执行国家、行业相关标准;如存在多重标准，以对供方最严格标准为准。								

三、交货方式及费用负担：供方负责装车并运输到南京钢铁股份有限公司合金仓库，运费供方承担。

四、包装要求：按需方要求包装（包装物随货出售不回收。），包装物规格为:采用双层防潮吨袋包装，外为编织袋，内为聚乙烯防潮袋，吨袋包装。供方运抵需方指定地点的货物在包装袋上必须标识:产品名称、编号、重量、生产厂家、生产日期和生产批号，同时包装费由供方承担，货物须加盖蓬布防水防潮。

五、验收标准及异议的解决办法:本合同项下货物为普通合金/贵重合金。

1、成分直接以南钢验收结果为准，供方若对南钢其他检测项目验收结果有异议，应在南钢出具验收结果后 3 个工作日内向需方书面提出复检申请，否则视为供方认可验收结果。在需方同意复检申请后 2 个工作日内，若货物为普通合金时双方应以南钢验收时留存的大样进行复检，若货物为贵重合金时双方应以需方验收时留存的小样进行复检，以南钢复检结果作为结算依据。

2、供方若对南钢复检结果仍有异议，应在南钢出具复检结果后 3 个工作日内向需方书面提出送交有资质第三方机构检验的申请，否则视为供方认可南钢复检结果。在需方同意供方提起的第三方机构检验申请后 3 个工作日内，若货物为普通合金时双方应以南钢复检留存的小样送至有资质的第三方机构检验，若货物为贵重合金时双方应以南钢验收时留存的小样送至有资质的第三方机构检验。若第三方机构检验结果与需方复检结果的误差在国标、行标或双方另行约定的检验误差范围内，则以南钢复检结果作为结算依据，否则以第三方机构检验结果作为结算依据。送检的一切费用由供方先行垫付，最终由败方(以第三方机构检验结果作为结算依据的，需方为败方，否则供方为败方)承担。

六、到货计量：以南京钢铁股份有限公司入库过磅计量为准。同时每个包装物按 3KG 扣除结算，需方不承担途耗磅差。

七、结算方式及期限：

1、采取款到发货的结算方式，供方在收到需方全部货款后，开具 13%增值税发票，并邮寄到需方公司（电子发票通过其他方式传输给需方）。

1

产 品 购 销 合 同

供方： 广东元禾泰盛材料技术有限公司　　合同编号：GDYHTS-ZCJM-20240607

需方： 浙川县金茂合金有限公司　　签订地点：佛山市南海区

签订时间：2024年6月10日

双方本着平等自愿、公平互利的原则，根据《中华人民共和国民法典》及相关法律、法规的规定，订立本合同，合同期限自2024年6月10日起至2024年9月30日止，双方在此确认：

1、 双方就本合同的各项条款已充分向对方进行了解释。

2、 双方完全理解本合同各项条款的含义及遵守这些条款可能产生的后果。

3、 双方一致同意严格遵守本合同全部条款。

一、交货品种、数量（吨）、方式：

品名	吨数	交货方式
铝酸钙（预熔型精炼渣）	[illegible]	[illegible]

二、交货价格（含13%专用增值税）金额（人民币）：

品名	含税单价（元/吨）	总金额
铝酸钙（预熔型精炼渣）	[illegible]	[illegible]

该合同金额为需方在本合同项下应向供方支付的价格，最终以实际结算吨数乘以含税单价计算为准，该价格不包含运输费，运输费由需方自行承担。

三、主要技术指标：技术质量要求和验收标准按重庆钢铁CQGTJSN423-2021-01标准执行，具体如下：

含量	Al_2O_3	CaO	MgO	SiO_2	Fe_2O_3	N	水分	粒度	筛下物
数值	38-48%	44-55%	≤8%	≤7%	<1.5%	≤0.05%	≤0.5%	5～50mm	≤5%

△以上是供方出厂标准。需方如有疑问，可现场抽检或提前取样送钢厂化验合格再提货，符合上述标准的，须按合同约定的数量及时间提货。

四、交（提）货地点、方式：

1、交（提）货时间：2024年6月25日后提货，具体提货时间按需方要求。

2、货物由需方自行到供方指定仓库进行提货。

3、供方收到需方货款后给予放行。

五、交货计量：

以供方过磅数量作为结算依据。

六、包装与运输：

1、吨袋包装。

2、每包装货量重1吨。

3、需方自提货物出厂后，即视为接受货物的现状，需方应自行承担运输过程中的所有风险和责任，包括但不限于货物的损毁、丢失、延迟送达等。供方对于货物出厂后产生的任何问题不承担任何责任。

七、结算方式及期限：

需方须在提货前将货款汇划至供方指定账户，本合同交易完成后双方进行结算确认，并由供方向需方

开具13%专用增值税发票。

八、解决合同纠纷的方式：

供、需双方在履约过程中应遵守诚信原则，如果产生争议，应先进行友好协商，如供、需双方不能达成一致意见的，在供需双方主张方所在地法院诉讼解决。

九、其他约定事项：

1、本合同一式两份，供、需双方各持一份，自供、需双方盖章及授权代表签字之日起生效。

2、合同未尽事项、经双方协商后，可签订补充协议。

供　　方	需　　方
单位名称：广东元禾泰微材料技术有限公司	单位名称：浙川县金茂合金有限公司
单位地址：佛山市南海区大沥镇盐步横盐路河西路段92号B栋六楼610室	单位地址：浙川县利关镇北街村
法定代表人：杨广培	法定代表人：梁金娥
经 办 人：杨广培	经 办 人：金建伟
电　　话：13702938383	电　　话：13937701270
开户银行：中国建设银行股份有限公司佛山桂城支行	开户银行：中国工商银行浙川县支行
帐　　号：4405 0166 7249 0000 1289	帐　　号：1714 0260 0920 1024 182
税　　号：9144 0605 MAA4 L6BH 9K	税　　号：9141 1326 6905 5699 6Q
邮政编码：528000	邮政编码：474400

产品购销合同

供方： 广东元禾泰盛材料技术有限公司　　合同编号：YH2023030601

需方：南阳市中道引流装置新材料制造有限公司　签订地点：佛山市南海区　签订日期：2023 年 3 月 6 日

根据《民法典》之规定，双方本着平等自愿诚实信用的原则，签订本协议，供双方共同信守履行。

一、产品名称、商标、型号、厂家、数量、金额、供货时间

产品名称	规格	生产厂家	单位	数量	单价（含 13%税）	总价（元）	完成交货时间
预熔型铝酸钙	5-30mm	供方	吨	2500	[illegible]	[illegible]	电话通知
总金额大写：人民币肆佰叁拾玖万贰仟捌佰柒拾伍元整（含 13%税）							

二、出厂标准及要求

含量	CaO	MgO	SiO2	Al2O3	S	P	TiO2	水分	粒度
数值	47-53%	2-6%	≤6.0%	37-43%	<0.15%	<0.05%	≤0.30%	≤0.50%	5~30mm

△以上是供方出厂标准。需方如有疑问，可现场抽检，符合上述标准的，须按合同约定的数量及时间提货。

三、包装方法、标准：吨袋双层防潮包装，吨袋，包装袋标识应确保字迹清晰、书写规范、易识别、信息齐全。如为悬挂标志，必须确保牢固。包装袋标识信息应确保在同一侧或同一面，确保易识别。吨袋上标明供应商全称、物料名全称、重量、生产日期等。

四、交货方式及费用负担：需方到供方指定仓库自行提货，运费由需方承担。

五、交货计量：以供方过磅计量为准。

六、结算方式及期限：货物在供方仓库装车过磅，需方根据磅单实际重量汇划现款（不收银行承兑），当款项到达供方指定账户后放行。

七、权利与义务：供方应将合格产品供货给需方，需方有权到供方仓库进行验货出厂；需方提货出厂后，视同需方认可供方提供的产品为符合本合同要求的合格产品。

八、违约责任：

1、供需双方须严格执行本合同全部内容：供方未按照合同约定按期、按质、按量提供货物的，或需方未能按合同约定付款的，过错方需按照合同总价款的 5%向对方支付违约金。

2、如遇非可抗力因素影响（包括但不限于天灾，外围经营环境发生重大变化等），供方应及时和需方协商后续供货事宜，此项不属于供方违约 。

九、解决合同纠纷的方式：双方协商；协商不成的，在供需双方合同签订所在地法院诉讼解决。

十、其他约定事项：供方产品合同价格含 13%增值税，供方在收到需方全部货款的三个工作日内开出相应金额发票（如遇到税务结账日顺延）。如需方所在地管税机关在税务检查中发现供方开给需方的发票有虚开、代开假发票的违反税法规定的行为，给需方造成进项税额转出和补交滞纳金，罚款等经济损失的，一律由供方承担责任，赔偿损失。

十一、本合同双方签字盖章后生效，自签订之日开始执行。

十二、本合同一式贰份，供方一份，需方一份。传真件、复印件、扫描件具有同等法律效力。

供方：广东元禾泰盛材料技术有限公司 单位名称（章）： 地址：佛山市南海区大沥镇盐步穗盐路河西路段 92 号 B 栋六楼 607 室 税号：91440605MAA4L6BH9K 开户行：中国建设银行股份有限公司佛山桂城支行 账号：44050166724900001289	需方：南阳市中道引流装置新材料制造有限公司 单位名称：（章） 单位地址：河南省南阳市西峡县五里桥乡鑫宇路与宋石路交叉口 58 号 税号：91411323MA9FCTDG5W 开户行：中国工商银行股份有限公司西峡支行 账号：1714 0265 0920 0094 568

购 销 合 同

供方：广东元禾泰盛材料技术有限公司　　合同号：YH2023040902

需方：沁阳市豫阳矿产品有限公司　　签订方式：佛山市南海区

签订时间：2023 年 4 月 9 日

一、产品名称、数量、金额、数量：

产品名称	数量/单位	单价（元/吨）	总金额（元）含 13%税	完成交货时间
预熔型铝酸钙	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]日前

二、指标要求：

产品指标								
CaO	SiO2	Al2O3	MgO	Fe2O3	N	H2O	B	粒度范围 mm
45-55%	≤7%	40-48%	≤8%	≤1.5%	≤0.05%	≤0.5%	≤0.03%	0-5mm＜5%, 5-40≥90%, 40-50mm＜5%
其他要求：改性精炼渣为预熔性，熔化温度为 1400C，要求到南钢合金仓库一个刀内不粉化，改性精炼渣应成批验收，每批改性 精炼渣应由同一生产周期、同一名称、同一规格的改性精炼渣组成同批次关键指标 CaO、Al2O3 检测值波动小于 3%,如执行 标准不明，执行国家、行业相关标准;如存在多重标准，以对供方最严格标准为准。								

三、交货方式及费用负担：供方负责装车并运输到南京钢铁股份有限公司合金仓库，运费供方承担。

四、包装要求：按需方要求包装（包装物随货出售不回收。），包装物规格为:采用双层防潮吨袋包装，外为编织袋，内为聚乙烯防潮袋，吨袋包装。供方运抵需方指定地点的货物在包装袋上必须标识:产品名称、编号、重量、生产厂家、生产日期和生产批号，同时包装费由供方承担，货物须加盖蓬布防水防潮。

五、验收标准及异议的解决办法:本合同项下货物为普通合金/贵重合金。

1、成分直接以南钢验收结果为准，供方若对南钢其他检测项目验收结果有异议，应在南钢出具验收结果后 3 个工作日内向需方书面提出复检申请，否则视为供方认可验收结果。在需方同意复检申请后 2 个工作日内，若货物为普通合金时双方应以南钢验收时留存的大样进行复检，若货物为贵重合金时双方应以需方验收时留存的小样进行复检，以南钢复检结果作为结算依据。

2、供方若对南钢复检结果仍有异议，应在南钢出具复检结果后 3 个工作日内向需方书面提出送交有资质第三方机构检验的申请，否则视为供方认可南钢复检结果。在需方同意供方提起的第三方机构检验申请后 3 个工作日内，若货物为普通合金时双方应以南钢复检留存的小样送至有资质的第三方机构检验，若货物为贵重合金时双方应以南钢验收时留存的小样送至有资质的第三方机构检验。若第三方机构检验结果与需方复检结果的误差在国标、行标或双方另行约定的检验误差范围内，则以南钢复检结果作为结算依据，否则以第三方机构检验结果作为结算依据。送检的一切费用由供方先行垫付，最终由败方(以第三方机构检验结果作为结算依据的，需方为败方，否则供方为败方)承担。

六、到货计量：以南京钢铁股份有限公司入库过磅计量为准。同时每个包装物按 3KG 扣除结算，需方不承担途耗磅差。

七、结算方式及期限：

1、采取款到发货的结算方式。供方在收到需方全部货款后，开具 13%增值税发票，并邮寄到需方公司（电

子发票通过其他方式传输给需方）。

2、加扣款标准：(1)、42.0%≤CaO<45.0%，每降低 1%，按合同价 3%扣款；37.0≤Al2O3<40.0%，每降低 1%，按合同 价 3%扣款；500ppm<N≤700ppm，每增加 1ppm，按合同价 0.1%扣款；其他指标达不到标准要求的按退货处理。(2) 、为确保取样的公平公正性，对汽运进厂编号不规范的按 10 元/吨包进行扣款。(3)、合格处罚条款：82.0%≤单个合同供货合格率<92.0%，考核 5000 元；72.0%≤单个合同供货合格率<82.0%，考核 8000 元；单个合同供货合格率<72.0%，暂停该品种资质 1 个月，考核 10000 元。

八、违约责任：

1、如产品质量不符合合同约定，需方有权要求根据下述质量分级程度要求作降价让步接收或退换货或解除合同处理：

①同批次产品关键指标检化验初步验收和抽检差异小于 3%，按低值作为检化验结果，符合让步接收的，降价接收；不符合让步接收的退换货处理。

②同批次产品关键指标检化验初步验收和抽检差异 3%以上，退货处理。

2、因供方原因造成延时交货的(已交货但延期情况下)，每逾期一天，供方支付延时交货货物合同金额的 0.1%的违约金。

3、因供方货物质量问题发生退货处理的或因供方逾期未供货，退换货若产生运输费、仓储费、货物损耗损失、检测费、第三方索赔款、诉讼费、律师费等由供方承担。供方经需方多次催促和要求，仍不及时处理产品质量问题的，需方也有权暂停或终止合同。

4、需方须按照合同规定支付货款；如未能按合同付款，供方除有权追索所欠货款本金外，并对按 1%/日收取所欠货款利息。

九、解决合同纠纷的方式：双方协商；协商不成的，在合同签订地法院诉讼解决。

十、本合同双方签字盖章后生效。自签订之日开始执行。本合同一式贰份，供方一份，需方一份。复印件、扫描件与原件具有同等法律效力。

供方：广东元禾泰盛材料技术有限公司 单位名称（章）： 经办人：杨广培 地址：佛山市南海区大沥镇盐步穗盐路河西路段 92 号 B 栋六楼 607 室 税号：91440605MA4L5BH9K 开户行：中国建设银行股份有限公司佛山桂城支行 账号：44050166724900001289	需方：沁阳市豫阳矿产品有限公司 单位名称（章）： 经办人：陈灭军 单位地址：沁阳市常平乡常平村 税号：91410886856735O6J 开户行：中国银行股份有限公司沁阳支行 账号：2598 0558 7511