

# 有色金属（铝产业链）专题报告

## 氧化铝基础知识介绍

2023年3月13日 星期一

### 摘要：

上期所持续积极进行氧化铝期货上市筹备工作，氧化铝期货上市可期，因此我们推出氧化铝期货相关专题报告，通过对氧化铝产业链进行梳理和介绍，让投资者更加全面深入地了解氧化铝和电解铝整体产业链。本篇主要介绍氧化铝的基本属性及分类、产业链结构、生产工艺和生产成本构成几个方面。

氧化铝是铝的稳定氧化物，英文名为 Aluminium Oxide 或 Alumina，化学式为  $Al_2O_3$ 。氧化铝的相对密度  $3.5g/cm^3$ ，熔点为  $2054^{\circ}C$ ，沸点为  $2980^{\circ}C$ ，高温状态下可电离。

根据氧化铝的用途不同，可以将氧化铝分为冶金级氧化铝和非冶金级氧化铝。上期所拟上市的期货品种为冶金级氧化铝，冶金级氧化铝约占氧化铝总量的 94.2%，主要用在铝产业链中作为电解铝生产的主要原材料。根据国标规定，将氧化铝按化学成分的不同分为三个牌号，分别为 AO-G、AO-1、AO-2。

目前全球氧化铝主要采用碱法生产，包括拜耳法、烧结法和联合法，其中拜耳法为工业上生产氧化铝的主要方法。氧化铝的主要成本构成包括铝土矿、烧碱、能源、石灰和其他费用等五个部分，其中铝土矿、能源和烧碱成本为其主要生产成本。

投资咨询业务资格：

证监许可[2011]1294 号

投资咨询部 有色金属组

胡畔

有色金属研究员

hupan@htfutures.com

从业资格号：F3021849

投资咨询号：Z0014160

分析师承诺：

本人以勤勉的职业态度，独立、客观地出具本报告。本报告所采用的数据和信息均来自市场公开信息，本人不保证该等信息的准确性或完整性。分析逻辑基于作者的职业理解，清晰准确地反映了作者的研究观点，结论不受任何第三方的授意或影响，特此声明。

## 一、氧化铝的基本属性及分类

### 1、什么是氧化铝

铝金属及其化合物在自然界中广泛分布，地壳中铝的含量约为 8%。铝金属因其具有良好的延展性、耐热性、导热性、导电性和耐核辐射性，被广泛应用于建筑、电力、汽车等各个领域，是当今世界上最常用的工业金属之一。

氧化铝则是铝的稳定氧化物，英文名为 Aluminium Oxide 或 Alumina，化学式为  $Al_2O_3$ ，从矿业、材料科学角度又被称为矾土。氧化铝是一种高硬度的化合物，其相对密度  $3.5g/cm^3$ ，熔点为  $2054^\circ C$ ，沸点为  $2980^\circ C$ ，高温状态下可电离。外观上一般情况下的氧化铝为无毒、无臭、无味的白色无定形粉状或砂状物，质极硬，易吸潮而不潮解，灼烧过的不吸湿。氧化铝为惰性化合物，几乎不溶于水，微溶于酸碱耐腐蚀，能溶于无机酸和碱性溶液，鉴于此市场上常采用密封干燥保存，一般以袋装形式进入市场流通环节，包装方式为 1.43 或 1.58 吨/袋。

图：粉状氧化铝



数据来源：公开资料、海通期货投资咨询部

图：袋装氧化铝



数据来源：调研图片、海通期货投资咨询部

### 2、氧化铝的分类及用途

根据氧化铝的用途不同，我们可以将氧化铝分为冶金级氧化铝和非冶金级氧化铝。非冶金级氧化铝也称为化学品级氧化铝，一般情况下非冶金级氧化铝纯度较冶金级氧化铝更高，其中拟薄水铝石、薄水铝石、超细氢氧化铝、活性氧化铝、煅烧氧化铝和刚玉等都属于化学品级氧化铝，主要应用在电子、石油化工、耐热材料、陶瓷、防火剂、制药和造纸等行业。上期所拟上市的期货品种为冶金级氧化铝，冶金级氧化铝约占氧化铝总量的 94.2%，主要用在铝产业链中作为生产电解铝的一项主要原材料。据国际铝业协会（IAI）统计，2021 年全球冶金级氧化铝产量为 1.3 亿吨，2017-2021 年平均年增长率为 2.94%。

从我国国家标准和行业标准看，目前现行氧化铝标准有两个，一个是《氧化铝》（GB/T 24487-2022），该标准适用于熔盐电解法生产电解铝用氧化铝和其他化学制品用料氧化铝。另一个是《冶金级氧化铝》（YS/T 803-2012），该标准仅适用于熔盐电解法生产电解铝所用的氧化铝，即冶金级氧化铝。根据国标规定，将氧化铝按化学成分的不同分为三个牌号，分别为 A0-G、A0-1、A0-2。目前市场上主要流通的是 A0-1 和 A0-2 两个牌号，若后期氧化铝期货上市，预计 A0-1 与 A0-2 大概率为交割品。另外根据有色金属行业标准 YS/T 803-2012，冶金级氧化铝按照化学成分和物理性能可分为 YAO-1、YAO-2 以及 YAO-3 三个牌号。

图：《氧化铝》国标（GB/T 24487-2022）

牌号	主要化学成分						主要物理性能	
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	NaO <sub>2</sub>	CaO	灼减	比表面积	粒径小于45μm含量
	%不小于			%不大于			m <sup>2</sup> /g	%不大于
A0-G	98.6	0.018	0.015	0.35	0.03	1.0	60	20
A0-1	98.6	0.020	0.020	0.45	0.03	1.0	60	20
A0-2	98.5	0.040	0.020	0.55	0.04	1.0	60	25

数据来源：《氧化铝》国标（GB/T 24487-2022）、海通期货投资咨询部

图：《冶金级氧化铝》（YS/T 803-2012）

牌号	化学成分%				
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	NaO <sub>2</sub>	灼减
	≥	≤	≤	≤	≤
YAO-1	98.6	0.02	0.02	0.45	1.0
YAO-2	98.5	0.04	0.02	0.55	1.0
YAO-3	98.4	0.06	0.03	0.65	1.0

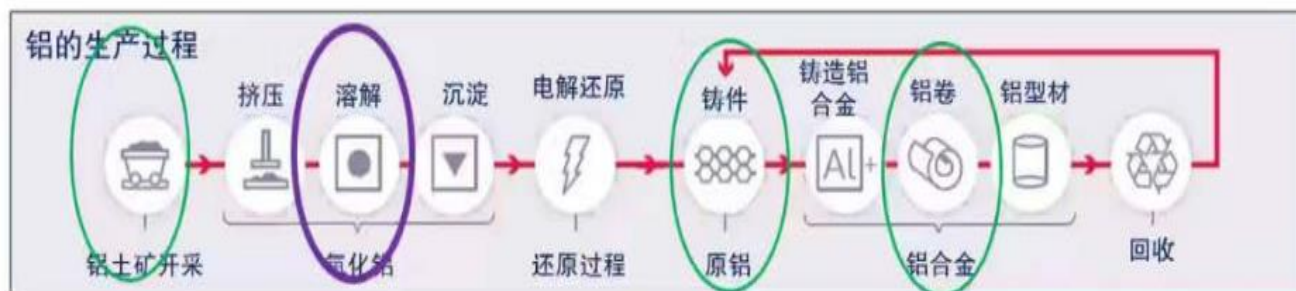
数据来源：《冶金级氧化铝》行业标准（YS/T 803-2012）、海通期货投资咨询部

## 二、氧化铝产业链介绍

铝产业链生产流程主要由铝土矿开采、氧化铝生产、电解铝生产冶炼、铝材铸造及加工和终端消费五个环节组成。首先是铝土矿的开采，其次通过对铝土矿溶解、过滤、酸化和焙烧等工序提炼出氧化铝，然后通过电解熔融生产电解铝。电解铝生产完成后，通过添加铜、硅、镁等元素和经过重熔提纯后，采用挤压、轧制、压铸、拉伸等加工方式进一步加工成各种规格形态的铝材、铝合金以及铝粉等，最终流通到地产建筑、交通运输、电力设备、包装等终端消费领域，而使用后废弃的铝可以再次回收进行二次加工使用。铝工业生产中氧化铝是中间产品，一般 2.3-2.7 吨铝土

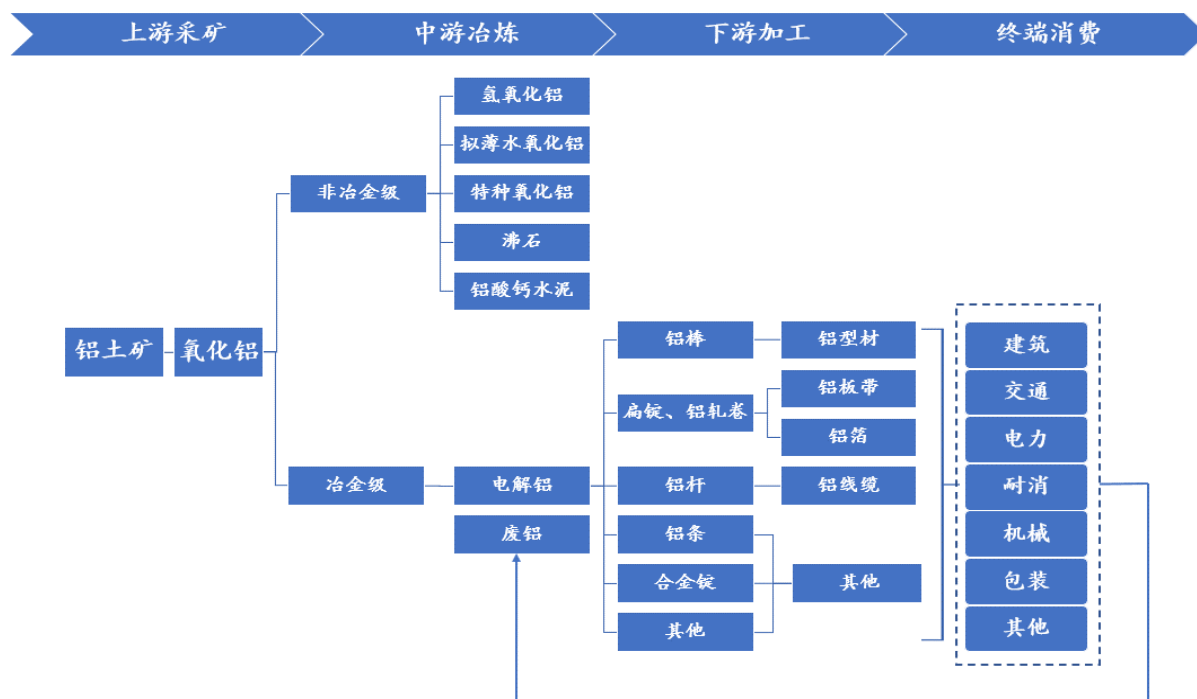
矿生产 1.92 吨氧化铝，氧化铝作为电解铝生产的原料，处于产业链中偏上游的位置，每生产一吨电解铝需要 1.92-1.95 吨氧化铝。

图：铝产业链生产流程



数据来源：公开资料整理、海通期货投资咨询部

图：铝产业链结构



数据来源：海通期货投资咨询部

### 三、氧化铝生产工艺

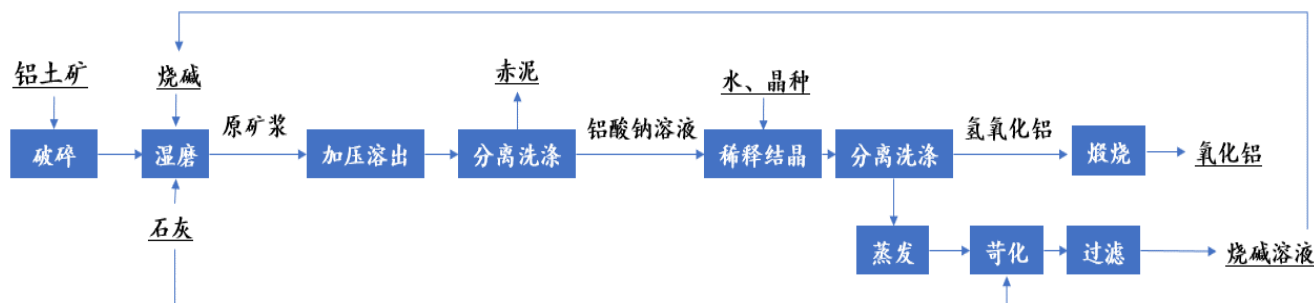
氧化铝是将铝土矿（铝矾土）经过化学处理，除去硅、铁、钛等的氧化物而得出，目前全球氧化铝的生产工艺成熟，主要采用碱法生产，包括拜耳法、烧结法和联合法，其中拜耳法为工业上生产氧化铝的主要方法，全球约 95% 的工业氧化铝生产均是通过拜耳法生产出来。

拜耳法是由奥地利科学家卡尔·约瑟夫·拜耳发明的，基本原理是用浓氢氧化钠溶液将氢氧化铝转化为铝酸钠，通过稀释和添加氢氧化铝晶种，使氢氧化铝重新析出，然后将其焙烧生产氧化铝，而剩余的氢氧化钠溶液重新用于处理下一批铝土矿。拜耳法工艺流程简单，生产过程主要



包括矿浆制备预脱硅、溶出工序，赤泥洗涤、过滤过程，分解过程和氢氧化铝过滤、焙烧等主要生产工序。在拜耳法生产氧化铝过程中，每生产1吨氧化铝，消耗铝土矿2-2.7吨，烧碱0.12-0.14吨，煤炭0.3-0.5吨，石灰0.2-0.9吨，另外每生产1吨氧化铝将产生0.9-1.7吨赤泥。

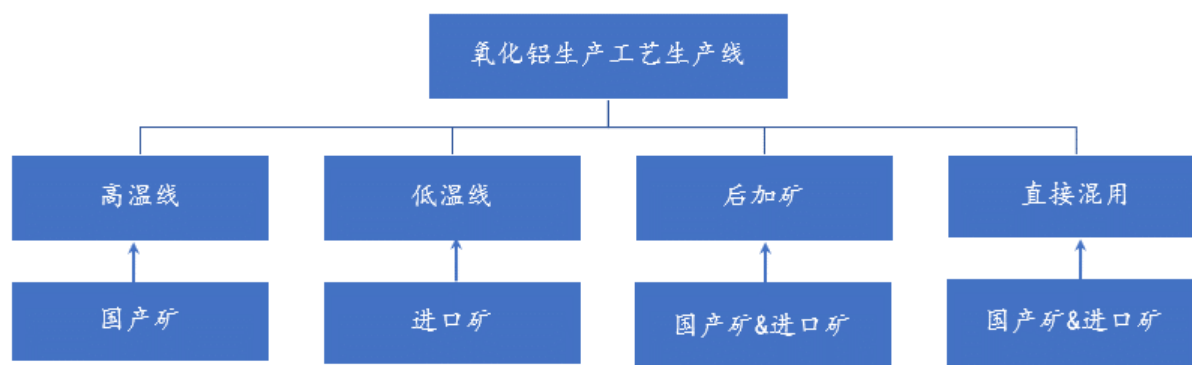
图：氧化铝生产流程



数据来源：公开资料整理、海通期货投资咨询部

而在拜耳法没有出现之前，氧化铝最初的生产方法是烧结法。首先是碳酸钠烧结法，该方法只适合处理低硅优质铝土矿，处理高硅铝土矿则会损失大量氧化铝。后来在此基础上添加石灰石而演变为碱石灰烧结法，有效减少了处理高硅铝土矿时的氧化铝损失。烧结法流程复杂、投资大、能耗高、产品质量偏低，但我国国产铝土矿以一水硬铝石为主，矿石品位偏低，烧结法的生产特点有利于利用我国低品位铝土矿，因此我国进一步充分发挥拜耳法和烧结法的优点，根据铝土矿资源特点采用拜耳法、烧结法和联合法进行生产。不过近几年我国氧化铝的生产工艺也开始逐步出现变化，由于国内环保检查和安全督查影响国产铝土矿供应持续偏紧格局，我国对于进口矿的依存度持续提高。而进口矿与国产矿不同，主要是以三水铝石为主，氧化铝溶出过程需采用低温（145℃）或中温（230℃），因此部分氧化铝企业主动或被动进行进口线技改，主要以低温线技改为主。据SMM统计截至2022年上半年，全国能进口线产能达氧化铝建成产能的61%，而去年同期为55%左右。

图：不同的矿石品位和类型使用不同的冶炼工艺

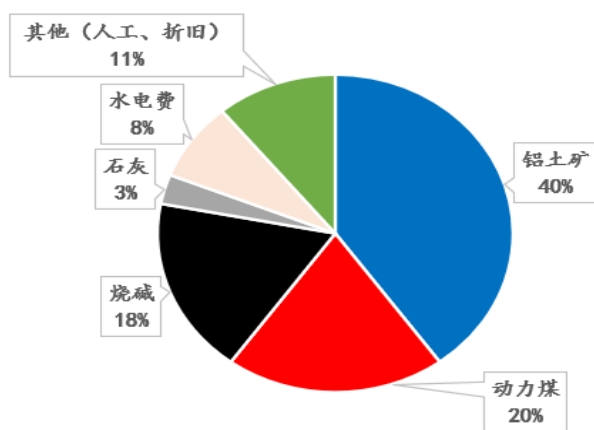


数据来源：海通期货投资咨询部

#### 四、氧化铝的生产成本构成

氧化铝的主要成本构成包括铝土矿、烧碱、能源、石灰和其他费用等 5 个部分，其中铝土矿占比最大，约占总成本的 40%，能源（不含水电）成本占比在 20%左右，烧碱成本占比在 18%左右，这三者约占氧化铝生产总成本的 78%。各地区氧化铝生产成本因铝土矿价格等存在差异而不同，据 Mysteel 数据，截至 2023 年 2 月国内氧化铝生产完全成本在 2598 元/吨，其中广西地区氧化铝生产完全成本在 2436 元/吨，山西地区氧化铝完全成本在 2825 元/吨。整体上 2023 年初氧化铝成本较 2022 年全年小幅回落，主因今年以来虽然铝土矿价格整体居高不下，但烧碱价格呈现回落态势，煤炭价格回调带动电价较去年小幅回落，煤炭（水电之外）成本占比略有下降。

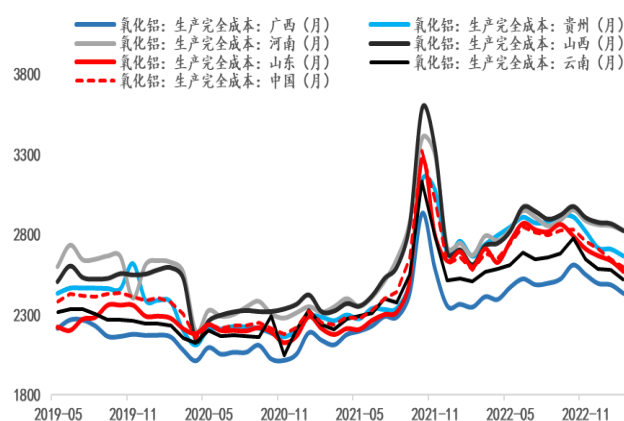
图：氧化铝生产成本构成



数据来源：SMM、海通期货投资咨询部

图：氧化铝生产成本分地区表现

单位：元/吨



数据来源：Mymetal、海通期货投资咨询部

**法律声明：**

本报告仅供海通期货股份有限公司（以下简称“本公司”）客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议。在任何情况下，本公司不对任何人因本报告中的任何内容所引致任何损失负任何责任。

本公司具有中国证监会许可的期货投资咨询业务资格。本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可能会波动。在不同时期，本公司可能发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。

市场有风险，投资须谨慎。本报告所载的信息、材料及结论仅供特定客户作参考，不构成投资建议，也没有考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需要。客户应考虑本报告中的任何意见或建议是否符合其特定状况。请务必注意，据本报告作出的任何投资决策均与本公司、本公司员工无关。

**郑重声明：**

本报告版权归本公司所有。未经本公司书面授权或协议约定，除法律规定的情况外，任何人不得对本报告的任何内容进行发布、复制、编辑、改编、转载、播放、展示或以其他方式非法使用本报告的部分或全部内容，否则均构成对本公司合法权利的侵害，本公司有权依法追究其法律责任。如欲引用或转载本文内容，务必联络海通期货投资咨询部并获得许可，并须注明出处为海通期货投资咨询部，且不得对本文进行有悖原意的引用和删改。