

有色金属专题报告

氧化铝、电解铝价格关系分析

主要观点：

氧化铝作为生产电解铝的重要原料，理论上两者价格间存在较强正相关关系，两者价格的绝对价差、价格比例应该处于相对合理的区间内，当两者价格关系偏离合理区间时，根据均值回归理论，价格关系有往区间回归的驱动，此时，投资者可以尝试对氧化铝、电解铝期货合约根据一定配比进行相反方向操作，获取相对低风险的套利收益机会。本文尝试从数学角度进行氧化铝、电解铝价格相关关系分析。

两者价格相关的基础逻辑为：氧化铝作为生产电解铝的重要原料，氧化铝价格上涨/下跌将通过电解铝成本影响电解铝价格上涨/下跌。两者价格走势表现：2010 年来氧化铝与电解铝价格变动方向基本一致，且价格的阶段性高位、低位基本同时出现。运用 Excel 数据分析模块对两者价格进行相关系数分析，得到相关系数为 0.683854，表明两者价格有较为明显的正向相关关系。用 Stata 及 Excel 数据分析模块对两者价格数据作图，所得趋势线的线性方程表达式为 $y=4.9108x+2240.3$ ， $R^2=0.4677$ ，表明该方程相较于实际情况具有一定的参考性， $P>|t|$ 为 0，表明线性回归结果显著。

确定相关关系后，通过差值和商值两个维度进行定量分析。根据 2010 年至今的日频数据，当前电解铝价格对氧化铝价格、吨铝氧化铝成本差值均高于对应差值的平均值及中位数，且位于主要分布区间的上方，当前氧化铝价格、吨铝氧化铝成本对电解铝价格的商值均低于对应商值的平均值及中位数，且位于主要分布区间的下方，因此从数学角度来讲，氧化铝价格相对低估，电解铝价格相对高估。

交易咨询业务资格号：

新证监许可【2020】3 号

有色金属研究团队

研究员：

衡焱

hengyan@cloudfutures.cn

从业资格号：F03104819

投资咨询号：Z0018179



正文目录

一、氧化铝、电解铝价格关系定性分析.....	3
(一) 基础逻辑	3
(二) 价格走势观测	3
(三) 相关系数、线性回归分析	3
二、氧化铝、电解铝价格关系定量分析.....	5
(一) 氧化铝价格、电解铝价格差值	5
(二) 吨铝氧化铝成本、电解铝价格差值	6
(三) 氧化铝价格、电解铝价格商值	7
(四) 吨铝氧化铝成本、电解铝价格商值	9

图表目录

图表 1: 氧化铝、电解铝价格走势对比	4
图表 2: 氧化铝（横轴）、电解铝（纵轴）价格分布.....	4
图表 3: 氧化铝、电解铝价格 STATA 线性回归分析结果	4
图表 4: 氧化铝价格、电解铝价格差值	6
图表 5: 价差核密度图与正态密度函数图对比	6
图表 6: 氧化铝价格、电解铝价格差值描述统计结果.....	6
图表 7: 吨铝氧化铝成本、电解铝价格差值	7
图表 8: 价差核密度图与正态密度函数图对比	7
图表 9: 吨铝氧化铝成本、电解铝价格差值描述统计结果	7
图表 10: 氧化铝价格、电解铝价格商值	8
图表 11: 商值核密度图与正态密度函数图对比.....	8
图表 12: 氧化铝价格、电解铝价格商值描述统计结果.....	8
图表 13: 吨铝氧化铝成本、电解铝价格商值	9
图表 14: 商值核密度图与正态密度函数图对比	9
图表 15: 吨铝氧化铝成本、电解铝价格商值描述统计结果	10

一、氧化铝、电解铝价格关系定性分析

（一）基础逻辑

氧化铝作为生产电解铝的重要原料，氧化铝成本是电解铝总成本的重要组成部分，按照正常逻辑，氧化铝价格上涨/下跌将通过电解铝成本影响电解铝价格上涨/下跌，因此预计氧化铝价格和电解铝价格有正相关关系。

（二）价格走势观测

我们对价格走势进行初步观测，按照时间序列提取 2010 年以来氧化铝、电解铝现货价格，两者价格走势如图 1 所示，氧化铝与电解铝价格变动方向基本一致，且价格的阶段性高位、低位基本同时出现，两个价格走势具有较强的一致性。

（三）相关系数、线性回归分析

我们尝试使用数据分析工具对氧化铝、电解铝价格数据进行分析，获得相关系数及线性方程表达式从数学角度观察其相关关系。相关系数是用以反映变量之间相关关系密切程度的统计指标，按积差方法计算，以两变量与各自平均值的离差为基础，通过两个离差相乘来反映两变量之间相关程度，相关系数的绝对值恒小于 1，数值越大，说明相关程度越大，正负号则用来表示正反相关关系。运用 Excel 数据分析模块对 2010 年以来氧化铝和电解铝价格进行相关系数分析，得到氧化铝与电解铝价格相关系数为 0.683854，表明两者价格有较为明显的正向相关关系。

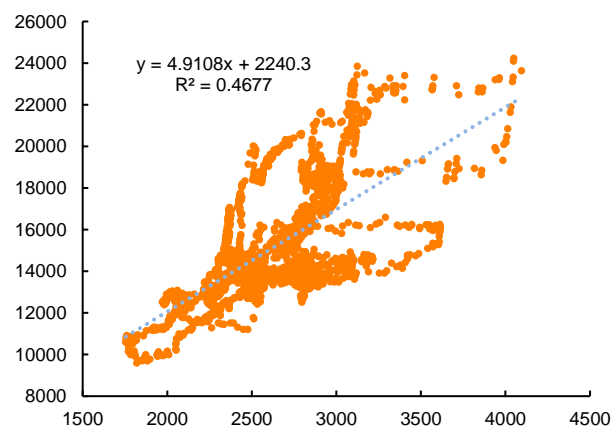
按照时间序列对 2010 年以来氧化铝、电解铝现货价格进行散点图绘制，如图 2 所示，价格对应数据点分布在从左下角到右上角的一条直线附近，也表明两者价格呈现正相关关系，但相关性在价格的不同位置有所差别，当氧化铝价格偏低时，价格对应数据点靠近趋势线，随着氧化铝价格逐步走高，价格对应数据点距离趋势线的距离也在扩大，说明相关性有所走弱。用 Excel 数据分析模块对散点图进行趋势线作图，所得趋势线的线性方程表达式为 $y=4.9108x+2240.3$ （y 为电解铝价格，x 为氧化铝价格）。 R^2 是线性回归的拟合度，用来衡量线性回归预测的数据与真实数据的拟合程度， R^2 越接近于 1，表示拟合程度越好，即线性回归模型也越好，前述趋势线的线性方程表达式的 $R^2=0.4677$ ，表明该方程相较于实际情况确实具有一定的参考性。

图表 1：氧化铝、电解铝价格走势对比



资料来源：Wind SMM 云财富期货交易咨询部

图表 2：氧化铝（横轴）、电解铝（纵轴）价格分布



资料来源：Wind SMM 云财富期货交易咨询部

将按照时间序列排列的氧化铝、电解铝价格数据导入数据分析软件 Stata，对数据做线性回归分析，所得的两者价格线性方程表达式与 Excel 数据分析工具一致，且 Stata 分析中用于衡量回归结果是否显著的 $P > |t|$ 为 0，表明线性回归结果极其显著。

图表 3：氧化铝、电解铝价格 Stata 线性回归分析结果

. reg C B

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	3,268
Model	9.5417e+09	1	9.5417e+09	F(1, 3266)	=	2869.13
Residual	1.0862e+10	3,266	3325641.44	Prob > F	=	0.0000
				R-squared	=	0.4677
				Adj R-squared	=	0.4675
Total	2.0403e+10	3,267	6245254.86	Root MSE	=	1823.6

C	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
B	4.910809	.0916807	53.56	0.000	4.731052	5.090567
_cons	2240.3	244.7081	9.15	0.000	1760.503	2720.097

资料来源：云财富期货交易咨询部

通过以上的价格传导逻辑、价格走势观测以及数学相关性分析，我们认为，氧化铝和电解铝价格之间具有较为明显的正向相关性，且表示价格关系的线性方程对数据的拟合程度也较高。

二、氧化铝、电解铝价格关系定量分析

确定了氧化铝和电解铝价格具有相关关系后，我们尝试对两者价格的相关关系进行定量分析，主要通过两个维度展开，一个维度是差值，另一个维度是商值，尝试确定历史氧化铝和电解铝价格的差值及商值平均值、中位数以及主要分布区间，再将某一时点（比如当前）两者价格的差值或商值与历史均值区间进行对比，从而判断该时点氧化铝和电解铝价格是否存在高估或者低估，进而结合基本面因素获取投资机会。

（一）氧化铝价格、电解铝价格差值

氧化铝、电解铝价格差值，是在时间序列上用电解铝价格减去氧化铝价格获得差值，对数据进行作图以及统计学描述统计分析。

从图4我们可以看到在2010-2020年氧化铝、电解铝价格差值基本能稳定在10000-15000元/吨区间内运行，但从2021年起，随着电解铝价格持续上行，氧化铝由于价格绝对值水平偏低跟涨幅度不足，导致两者价差持续上行，2022年两者价差最高上行至20000元/吨上方。

描述统计分析的结果显示，2010至今年氧化铝、电解铝价格差值的平均值为12589.7元/吨，中位数为12004.13元/吨，期间最小值和最大值分别为7780.1元/吨和20736.459元/吨，95%置信度的置信区间为[12511.66,12667.74]元/吨。根据价差核密度图与正态密度函数图对比，两者价差不服从正态分布，因此对置信区间数据不予采用，主要对比均值及中位数水平。此外核密度图显示，2010年来两者价差主要分布区间为[10500,14000]元/吨。

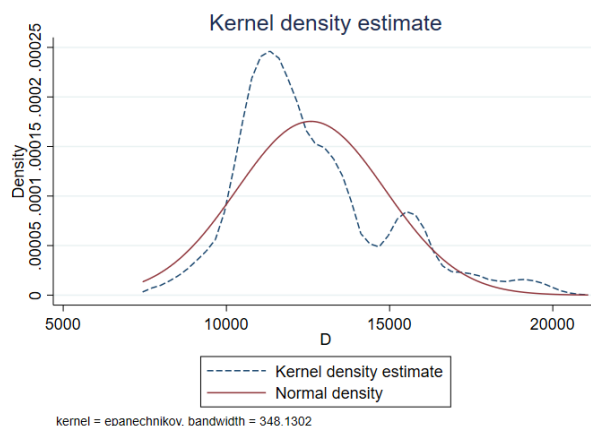
当前氧化铝、电解铝价格绝对价差为15434.62元/吨，位于主要分布区间的上方，明显高于均值及中位数水平，从数学角度来看，氧化铝价格相对低估，电解铝价格相对高估。

图表 4：氧化铝价格、电解铝价格差值



资料来源：Wind SMM 云财富期货交易咨询部

图表 5：价差核密度图与正态密度函数图对比



资料来源：Wind SMM 云财富期货交易咨询部

图表 6：氧化铝价格、电解铝价格差值描述统计结果

平均	标准误差	中位数	众数	标准差	方差	峰度
12589.69924	39.80095736	12004.125	15395.54	2275.278393	5176891.763	0.656321667
偏度	区域	最小值	最大值	求和	观测数	置信度(95.0%)
0.909790208	12956.49	7780.1	20736.59	41143137.12	3268	78.03735423

资料来源：Wind SMM 云财富期货交易咨询部

（二）吨铝氧化铝成本、电解铝价格差值

吨铝氧化铝成本、电解铝价格差值，是在时间序列上用电解铝价格减去吨铝所用氧化铝总成本获得差值，对数据进行作图以及统计学描述统计分析。

从图 7 我们可以看到在 2010 年至今电解铝与氧化铝价格差值基本能稳定在 7000-11000 元/吨区间内运行，从 2021 年起，随着电解铝价格持续上行，两者价差持续拉大，2022 年两者价差最高上行至 17800 元/吨上方。

描述统计分析的结果显示，2010 至今吨铝氧化铝成本、电解铝价格差值的平均值为 10092.37 元/吨，中位数为 9624.69 元/吨，期间最小值和最大值分别为 6034.3 元/吨和 17800.58 元/吨，95%置信度的置信区间为[10020.2,10164.5]元/吨。根据价差核密度图与正态密度函数图对比，两者价差不服从正态分布，因此对置信区间数据不予采用，主要对比均值及中位数水平。此外核密度图显示，2010 年来两者价差主要分布区间为 [8000,10500]元/吨。

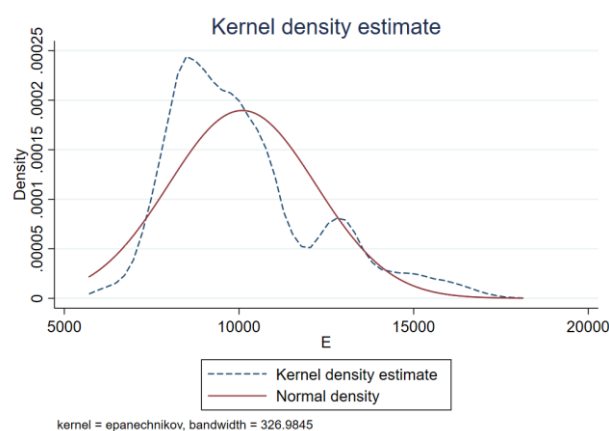
2010 年至今，生产电解铝的氧化铝吨耗虽然维持下降趋势，但整体变化幅度较小，从 2010 年初的吨耗 1.95 吨氧化铝降至当前吨耗 1.925 吨，因此氧化铝成本变化趋势基本与氧化铝价格变化趋势一致，氧化铝成本和电解铝价格差值的整体表现与上一部分氧化铝价格和电解铝价格差值基本一致。当前氧化铝成本、电解铝价格差值为 12802.65 元/吨，位于主要分布区间的上方，高于均值及中位数水平，从数学角度来看，氧化铝价格相对低估，电解铝价格相对高估。

图表 7：吨铝氧化铝成本、电解铝价格差值



资料来源：Wind SMM 云财富期货交易咨询部

图表 8：价差核密度图与正态密度函数图对比



资料来源：Wind SMM 云财富期货交易咨询部

图表 9：吨铝氧化铝成本、电解铝价格差值描述统计结果

平均	标准误差	中位数	众数	标准差	方差	峰度
10092.36851	36.8083192	9624.69	12690.41	2104.199971	4427657.519	0.578325998
偏度	区域	最小值	最大值	求和	观测数	置信度(95.0%)
0.963195241	11766.28	6034.3	17800.58	32981860.29	3268	72.16971737

资料来源：Wind SMM 云财富期货交易咨询部

（三）氧化铝价格、电解铝价格商值

氧化铝价格、电解铝价格商值，是在时间序列上用氧化铝价格除以电解铝价格获得商值，对数据进行作图以及统计学描述统计分析。

从图 10 我们可以看到，在 2015 前氧化铝价格与电解铝价格商值运行区间十分稳定，基本在 16%-18%区间内运行，主因当时氧化铝定价方式中固定比例定价占比较高，氧化铝价格原本就是以交货月上月上海期货交易所公布的三月期 99.7AL 加权平均价为

基数，乘以固定百分比得到，当时固定比例一般在 15%-19%之间。之后随着氧化铝和电解铝各自产业格局变化，固定比例定价已经不能较好的反映基本面状况，现货定价方式占比逐步走高并成为市场主流，氧化铝价格与电解铝价格的比值波动范围明显扩大，2015 年后主要波动范围分布在 14%至 22%之间。

描述统计分析的结果显示，2010 至今年氧化铝价格与电解铝价格商值为 0.1755，中位数为 0.1723，期间最小值和最大值分别为 0.1142 和 0.2394，95%置信度的置信区间为[0.1748,0.1762]。根据商值的核密度图与正态密度函数图对比，两者价差不服从正态分布，因此对置信区间数据不予采用，主要对比均值及中位数水平。此外核密度图显示，2010 年来两者商值主要分布区间为[0.16,0.18]。

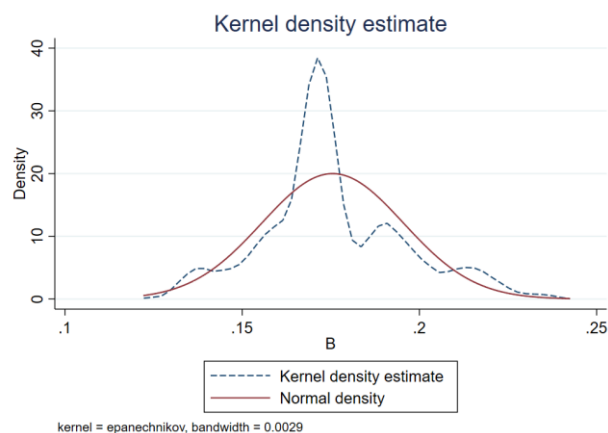
当前氧化铝价格与电解铝价格商值为 15.57%，位于主要分布区间的下方，低于两者商值的平均值及中位数，从数学角度来看，氧化铝价格相对低估，电解铝价格相对高估。

图表 10：氧化铝价格、电解铝价格商值



资料来源：Wind SMM 云财富期货交易咨询部

图表 11：商值核密度图与正态密度函数图对比



资料来源：Wind SMM 云财富期货交易咨询部

图表 12：氧化铝价格、电解铝价格商值描述统计结果

平均	标准误差	中位数	众数	标准差	方差	峰度
0.175529521	0.000349062	0.17235	0.159632	0.019954628	0.000398187	0.310326789
偏度	区域	最小值	最大值	求和	观测数	置信度(95.0%)
0.417583375	0.114204314	0.1252152	0.239419	573.6304754	3268	0.000684403

资料来源：Wind SMM 云财富期货交易咨询部

（四）吨铝氧化铝成本、电解铝价格商值

吨铝氧化铝成本、电解铝价格商值，是在时间序列上用独立氧化铝成本除以电解铝价格获得商值，对数据进行作图以及统计学描述统计分析。

从图 13 我们可以看到，在 2015 前吨铝氧化铝成本与电解铝价格商值运行区间十分稳定，基本在 32%-36% 区间内运行，同样是因为现货市场多为比例定价模式。之后随着现货定价方式占比逐步走高成为市场主流，吨铝氧化铝成本与电解铝价格的比值波动范围明显扩大，2015 年后主要波动范围分布在 30% 至 40% 之间。

描述统计分析的结果显示，2010 至今年吨铝氧化铝成本与电解铝价格商值为 0.3413，中位数为 0.3359，期间最小值和最大值分别为 0.2429 和 0.4644，95% 置信度的置信区间为 [0.3399, 0.3426] 元/吨。根据价差核密度图与正态密度函数图对比，两者价差不服从正态分布，因此对置信区间数据不予采用，主要对比均值及中位数水平。此外核密度图显示，2010 年来两者商值主要分布区间为 [0.32, 0.35]。

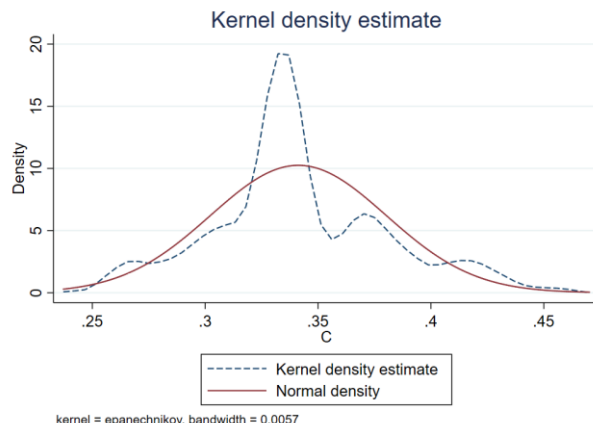
当前氧化铝价格与电解铝价格商值为 29.96%，位于主要分布区间下方，明显低于两者商值的平均值及中位数，其中有吨铝氧化铝消耗量下降的部分因素，但 1.95 到 1.925 的吨耗下降难以对应当前商值偏离程度，从数学角度来看，仍然为氧化铝价格相对低估，电解铝价格相对高估。

图表 13：吨铝氧化铝成本、电解铝价格商值



资料来源：Wind SMM 云财富期货交易咨询部

图表 14：商值核密度图与正态密度函数图对比



资料来源：Wind SMM 云财富期货交易咨询部

图表 15：吨铝氧化铝成本、电解铝价格商值描述统计结果

平均	标准误差	中位数	众数	标准差	方差	峰度
0.341266599	0.000681138	0.3358745	0.307292	0.038938215	0.001516185	0.251371887
偏度	区域	最小值	最大值	求和	观测数	置信度(95.0%)
0.360861481	0.221556746	0.2429171	0.464474	1115.259244	3268	0.0013355

资料来源：云财富期货交易咨询部

从以上两个维度四组数据对比结果来看，根据 2010 年至今的日频数据，当前电解铝价格对氧化铝价格、吨铝氧化铝成本差值均高于对应差值的平均值及中位数，且位于主要分布区间的上方，当前氧化铝价格、吨铝氧化铝成本对电解铝价格的商值均低于对应商值的平均值及中位数，且位于主要分布区间的下方，因此从数学角度来看，氧化铝价格相对低估，电解铝价格相对高估。

法律声明

■ 本报告由云财富期货有限公司制作，本报告所载资料的来源及观点的出处皆被云财富期货有限公司认为可靠，但云财富期货有限公司对这些信息的准确性及完整性不作任何保证，云财富期货有限公司不对因使用本报告的材料而引致的损失而负任何责任。并不能依靠本报告以取代行使独立判断。本报告并非针对或意图送发给或为任何就送发、发布、可得到或使用本报告而使云财富期货有限公司违反当地的法律或法规或可致使云财富期货有限公司受制于的法律或法规的任何地区、国家或其它管辖区域的公民或居民。除非另有显示，否则所有本报告中的材料的版权均属云财富期货有限公司。未经云财富期货有限公司事先书面授权下，不得更改或以任何方式发送、复印本报告的材料、内容或其复印本予任何其他人。

■ 本报告中的信息、意见等均仅供投资者参考之用，不构成所述投资标的买卖的出价或征价。投资者应当对本报告中的信息和意见进行独立评估，并应同时考量各自的投资目的、财务状况和特定需求，云财富期货有限公司不向客户提供税务、会计或法律意见。我们建议所有投资者均应就任何潜在投资向其税务、会计或法律顾问咨询。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，云财富期货有限公司及/或其关联人员均不承担任何法律责任。本报告的内容并不构成对任何人的投资建议，而云财富期货有限公司不会因接收人收到本报告而视他们为其客户。

■ 本报告所载的意见、评估及预测仅为本报告出具日的观点和判断，该等意见、评估及预测无需通知即可随时更改。在不同时期，云财富期货有限公司可能会发出与本报告所载意见、评估及预测不一致的研究报告，投资者并不能依靠本报告以取代独立判断。本报告提供给某接收人是基于该接收人被认为有能力独立评估投资风险并就投资决策能行使独立判断。投资的独立判断是指投资决策是投资者自身基于对潜在投资的机会、风险、市场因素及其他投资考虑而独立做出的。

■ 本报告中所指的投资及服务可能不适合阁下，我们建议阁下如有任何疑问应咨询独立投资顾问。本报告并不构成投资、法律、会计或税务建议或担保任何投资或策略适合或切合阁下个别情况。本报告并不构成给予阁下私人咨询建议。

云财富期货有限公司

总部地址：

新疆乌鲁木齐市天山区西河坝后街 137 号瑞达国际大厦 7 楼

上海分公司

地址：上海市浦东新区杨高南路 799 号陆家嘴世纪金融广场 3 号楼 3002 室

伊犁分公司

地址：新疆伊犁州伊宁市新市政府片区南环路以南伊宁机场商务写字楼 2003 号

喀什分公司

地址：新疆喀什地区喀什经济开发区空港产业物流区产业服务中心 A 段三楼 301、302、303、304 室

山东分公司

地址：山东省济南市高新区汉峪金谷 A3-4-907 室

深圳分公司

地址：深圳市福田区福田街道福安社区益田路 4068 号卓越时代广场 3904、3905 室

河南分公司

地址：河南自贸试验区郑州片区（郑东）金水东路 88 号楷林 IFC 1 号楼 8 层 812、813 号

浙江分公司

地址：浙江省杭州市上城区财富金融中心 2 幢 2004 室