

# 推动“低碳铝”纳入交割体系： 逻辑与路径\*

国泰君安期货有限公司 唐惠珽  
中信建投期货有限公司 王贤伟

## 一、不同规则“绿电”标准各异，“低碳铝”更利于推广及落地

“绿电”是电力规则，而非电解铝规则。从发电侧看，“绿电”有相对明确的定义，指可再生能源电力，可再生能源又包括水能、风能、太阳能、地热能、海洋能、生物质能以及其他可再生能源。然而，在消费侧，如何判断用户是否采购了“绿电”，不同市场则存在不同的规则要求。例如全国碳市场和欧盟碳边境调节机制的“绿电”标准存在较大差异。如果执意采用“绿电铝”这一表述，在产品定义、标准制定、落地应用等方面都会存在极大的困难，因此改用“低碳铝”更为合适。

全国碳市场“绿电”标准雏形初现，且认可核电的“零碳”属性。碳排放权交易市场是约束生产端的强制减排市场，被纳入碳市场的企业必须按要求缴纳碳排放配额。目前全国碳市场仅纳入电力行业，电解铝行业何时被纳入全国碳市场、电力间接排放是否被纳入全国碳市场均是未知数。在生态环境部的最新文件中，全国碳市场的“绿电”标准初现雏形：

2024年3月15日，生态环境部发布了铝冶炼行业企业温室气体MRV指南征求意见稿（以下简称征求意见稿），规定自发自用非化石能源电量和通过市场化交易购入使用的非化石能源电力消费量的碳排放量均核减为零。

具体规定如下：通过市场化交易购入使用的非化石能源电力消费量，是指以交易方式购买并实际执行、结算电量，应提供发电与用电双方签订的市场化交易合同<sup>1</sup>，以及按合同执行的绿色电力证书交易凭证<sup>2</sup>和由省级及以上电力交易机构出具的交易结算凭证<sup>3</sup>。

简言之，电解铝企业欲证明自身通过市场化交易购入使用了非化石能源电力，“三证”缺一不可；存量常规水电和核电可不提供绿色电力证书交易凭证。值得注意的是，“非化石能源电力”等于“绿电”外加核电，这意味着全国碳市场认可了核电的“零碳”属性。

对于电解铝而言，与贸易消费相关的强制规则，当前主要是欧盟碳边境调节机制（CBAM）。对于钢、铝、氢，CBAM实施初期不考虑间接排放，因为欧盟对上述三类货物

\* 本作品在“加快建成世界一流交易所”征文活动中荣获二等奖。作品完稿时间为2024年5月19日。

<sup>1</sup> 对于无法提供合同的，应同时提供交易承诺书、交易公告和交易结果。

<sup>2</sup> 绿色电力证书交易凭证载明的内容应包括项目名称、项目代码、项目类型、项目所在地、电量生产日期等。

<sup>3</sup> 交易结算凭证应载明在核算与报告周期内的月度结算电量及其项目类型、发电企业名称、用电企业名称等。

适用了金融措施（电价补贴），以补偿电价中转嫁的温室气体排放成本所产生的间接排放成本。欧盟委员会计划在过渡期间收集数据，以评估未来是否将CBAM扩展至上述三类货物的间接排放。考虑到电价补贴难以退出，吴必轩等专家表示2030年前欧盟都不会对钢、铝、氢的间接排放收取CBAM证书。不过，为研究CBAM对于间接排放的计算标准，本文考虑CBAM覆盖间接排放的情景。

CBAM间接排放计算：原则上使用默认值，直连或购电协议可以使用实际值。条例（EU）2023/956规定，电力以外的货物的间接排放应参照默认值确定，按照附件IV第4.3点规定的方法计算，并在根据第7条第（7）款通过的实施方案中进一步规定，除非经授权的CBAM申报人证明符合根据附件IV第6点所列实际排放量确定嵌入式排放量的标准。具体而言：

原则上使用默认值。默认值来源：（1）联盟电网的平均排放因子；（2）原产国电网的平均排放因子；（3）原产国定价机组的平均排放因子。CBAM过渡期报告规则规定，具体默认值应以国际能源署（IEA）的数据为基础，并由欧盟委员会在CBAM过渡登记处提供。可以提供比默认值更低的全国层面的国家统计数据。

例外情况下可以使用实际值：（1）生产装置与发电源直连；（2）装置运营商与位于原产国的电力生产商签订了购电协议（PPA），申报电量与合同电量一致。

“绿电交易”是否符合CBAM规则所定义的PPA？目前欧盟尚未出台实施方案对电力间接排放的计算细则加以明确。然而，近期欧盟

委员会公布了动力电池碳足迹计算规则草案，其中电力消费碳足迹核算只认国家平均电力消费组合和直连。未来，这种严苛的规则是否会进一步延续至CBAM，仍是未知数。对此，我们的看法与吴必轩老师的看法保持一致，“绿电绿证无法减轻CBAM负担”。

通过分析两个强制规则中的电力间接排放计算要求，容易发现不同规则下“绿电”标准存在较大差异；如果执意采用“绿电铝”这一表述，在产品定义、标准制定、落地应用等方面都会存在极大的困难，因此改用“低碳铝”更为合适。

## 二、推动“低碳铝”纳入交割体系的逻辑与路径

### （一）不宜参考全国碳市场温室气体核算规则设置“低碳铝”交割标准

理由一：电解铝若纳入全国碳市场，企业履约成本将内化为生产成本，贸易端或消费侧难以感知，更不用说从产品售价中将碳成本剥离。

理由二：全国碳市场温室气体核算规则是约束生产端的强制规则，无法体现需求侧的碳排放披露要求，比如CBAM。

理由三：在全国碳市场温室气体核算规则（征求意见稿）下，铝电解工序的直接排放强度均采用缺省值，不利于鼓励企业技术升级、减少阳极效应和阳极消耗。

基于征求意见稿，铝电解工序碳排放强度差异仅体现在间接排放环节，包括：（1）铝电解工序消耗电量；（2）是否通过自发自用或市场化交易消费非化石能源电力。而使用“零碳电力”的电解铝在碳市场中的优势大小取决于配额分配方案，附录展示了我们提出的

四种配额分配方案猜想，其中，对于电解铝纳入全国碳市场后的第一个履约周期，为了平稳过渡，猜想四（为使得电解铝整体配额盈亏平衡，合理定向奖励“零碳电力”）或许将更加受到主管部门青睐。

基于上述分析，我们可以得出理由四：在全国碳市场温室气体核算规则（征求意见稿）下，碳排放强度差异仅体现在间接排放环节，而使用“零碳电力”的电解铝企业大概率会获得配额定向奖励，如果继续在交割体系中为使用“零碳电力”的电解铝设置升水，容易造成重复补贴。

## （二）可以参考CBAM设置“低碳铝”交割标准

CBAM是全球首个将贸易往来和气候目标相结合的国际规则，我们认为参考CBAM设置“低碳铝”的交割标准具有一定现实意义。理由如下：

1.需要申报货物隐含排放量和提交CBAM证书的主体是欧盟进口商，而非电解铝生产商，因此贸易端/消费侧可以清晰感知电解铝的碳成本。

2.CBAM体现了欧盟市场（消费侧）的碳排放披露要求，作为全球首个碳边境调节机制，该规则已经形成巨大的示范效应，不排除未来会被国际其他市场学习和模仿，适用的消费市场有望扩展。

3.在CBAM规则下，由于贸易端/消费侧已经可以清晰感知电解铝的碳成本，那么依据CBAM对“低碳铝”设置升水，可以一定程度上帮助贸易端/消费侧选择贸易成本最低的货物，从而吸引更多国际铝贸易商在上海期货交易所参与交易。

## （三）推动“低碳铝”纳入交割体系的逻辑与路径

“低碳铝”交割标准设置逻辑如下：各个交割品牌按照CBAM计算规则，每年上报每吨电解铝的隐含碳排放。为鼓励电解铝行业降低碳排放，可以考虑将“所有交割品牌中隐含碳排放最少的10%的交割品牌”定义为“低碳铝”（具体比例视实际情况调整），并为“低碳铝”设置升水。

某交割品牌升水额度 = （所有交割品牌隐含碳排放加权平均值 - 该品牌隐含碳排放）× 碳价。考虑到目前国内铝锭的供需格局为净进口格局，也就是说铝锭的主要交易市场在国内，因此碳价可以参考交割月前一个月的全国碳市场综合价格加权平均值。

欲实现上述“低碳铝”交割标准的设置，首要步骤是先获得可靠的数据。建议所有铝交割品牌的生产商将经过第三方验证的符合CBAM要求的排放数据（包括其直接和间接排放）提交给交易所，交易所通过测算确定“低碳铝”交割品牌目录，并将适合公开的排放信息附加到交割凭证上。

## 三、使用“零碳电力”的电解铝在碳市场中的优势猜想

铝电解工序温室气体排放强度差异仅体现在间接排放环节。根据《企业温室气体排放核算与报告指南 铝冶炼行业（征求意见稿）》

（以下简称《征求意见稿》），铝电解工序温室气体排放核算范围包括阳极消耗、阳极效应以及交流电耗，核算涉及的关键参数仅有2个（即铝液产量和电力消耗量），其他参数均采用缺省值，具体计算公式和缺省值见图1、2、3。换句话说，电解铝企业铝电解工序的温室

气体排放强度差异，仅仅体现在交流电耗部分：（1）铝电解工序消耗电量：与电解槽的电流强度有关。根据调研，全国吨铝电解工序交流电耗约为13000~13200 kWh/tAl。（2）是否通过自发自用或市场化交易消费非化石能

源电力：自发自用非化石能源电量和通过市场化交易购入使用的非化石能源电力消费量的碳排放量均核减为零。为方便说明，下文将满足此条件的情况统一简称为“零碳电力”。

能源作为原材料用途的二氧化碳排放采用公式（1）计算。

$$E_{\text{原材料}} = P \times NC_{\text{阳极}} \times (1 - S_{\text{阳极}} - A_{\text{阳极}}) \times 44/12 \quad (1)$$

式中： $E_{\text{原材料}}$  — 阳极消耗产生的排放量，单位为吨二氧化碳（tCO<sub>2</sub>）；  
 $P$  — 铝液产量，单位为吨铝（tAl）；  
 $NC_{\text{阳极}}$  — 吨铝阳极净耗量，单位为吨阳极/吨铝，采用缺省值 0.398 tC<sub>阳极</sub>/tAl；  
 $S_{\text{阳极}}$  — 阳极平均含硫量，采用缺省值 2%；  
 $A_{\text{阳极}}$  — 阳极平均灰分含量，采用缺省值 0.4%。

资料来源：生态环境部

图 1：铝电解工序核算要求及排放量计算：阳极消耗

铝冶炼企业在发生阳极效应时，会排放四氟化碳（CF<sub>4</sub>）和六氟化二碳（C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>）两种全氟化碳（PFCs）。阳极效应温室气体排放量采用公式（2）计算。

$$E_{\text{阳极效应}} = EF_{\text{CF}_4} \times P \times GWP_{\text{CF}_4} \times 10^{-3} + EF_{\text{C}_2\text{F}_6} \times P \times GWP_{\text{C}_2\text{F}_6} \times 10^{-3} \quad (2)$$

式中：

$E_{\text{阳极效应}}$  — 阳极效应产生的排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO<sub>2</sub>e）；  
 $EF_{\text{CF}_4}$  — 阳极效应的 CF<sub>4</sub> 排放因子，采用缺省值 0.02 kgCF<sub>4</sub>/tAl；  
 $P$  — 阳极效应的活动数据，即铝液产量，单位为吨铝（tAl）；  
 $GWP_{\text{CF}_4}$  — 四氟化碳的全球变暖潜势取值 6630；  
 $EF_{\text{C}_2\text{F}_6}$  — 阳极效应的 C<sub>2</sub>F<sub>6</sub> 排放因子，采用缺省值 0.0011 kgC<sub>2</sub>F<sub>6</sub>/tAl；  
 $GWP_{\text{C}_2\text{F}_6}$  — 六氟化二碳的全球变暖潜势取值 11100。

资料来源：生态环境部

图 2：铝电解工序核算要求及排放量计算：阳极效应



铝电解工序消耗交流电产生的二氧化碳排放，按照铝电解工序消耗的电量乘以电力排放因子得出，采用公式（3）计算。

$$E_{\text{电},j} = AD_{\text{消耗},j} \times EF_{\text{电力}} \quad (3)$$

式中： $E_{\text{电},j}$  — 铝电解工序  $j$  消耗电量产生的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳（ $\text{tCO}_2$ ）；

$AD_{\text{消耗},j}$  — 铝电解工序  $j$  消耗电量，单位为兆瓦时（ $\text{MW}\cdot\text{h}$ ）；

$EF_{\text{电力}}$  — 电力排放因子，电力排放因子采用  $0.5942 \text{ tCO}_2/\text{MW}\cdot\text{h}$ 。

其中，铝电解工序消耗电量采用公式（4）计算。

$$AD_{\text{消耗},j} = AD_{\text{铝电解工序交流电耗},j} - AD_{\text{自发自用非化石电},j} - AD_{\text{购入电网非化石电},j} \quad (4)$$

式中： $AD_{\text{消耗},j}$  — 铝电解工序  $j$  消耗电量，单位为兆瓦时（ $\text{MW}\cdot\text{h}$ ）；

$AD_{\text{铝电解工序交流电耗},j}$  — 铝电解工序  $j$  消耗的交流电总量（即输入整流器的交流电总量），单位为兆瓦时（ $\text{MW}\cdot\text{h}$ ）；

$AD_{\text{自发自用非化石电},j}$  — 铝电解工序  $j$  分摊的自发自用非化石能源电量，单位为兆瓦时（ $\text{MW}\cdot\text{h}$ ）；

$AD_{\text{购入电网非化石电},j}$  — 铝电解工序  $j$  分摊的通过市场化交易购入使用的非化石能源电力消费量，单位为兆瓦时（ $\text{MW}\cdot\text{h}$ ）。

资料来源：生态环境部

图 3：铝电解工序核算要求及排放量计算：交流电耗

全部使用“零碳电力”工厂的吨铝核算温室气体排放将减少  $7.784 \text{ tCO}_2/\text{t}$ 。为方便计算，本文假设未来纳入全国碳市场的电解铝产能，其吨铝电解工序交流电耗约为  $13000\sim 13200 \text{ kWh/t}$ ，取均值  $13100 \text{ kWh/t}$ 。全国电力剩余排放因子采用最新公布的2021年数据，根据征求意见稿，分别计算“零碳电力”消耗比例  $0\%\sim 100\%$  的吨铝电力间接排放，具体计算结果见表1。计算表明，相较于完全不使用“零碳电力”的工厂，全部使用“零碳电力”工厂的吨铝核算温室气体排放将减少  $7.784 \text{ tCO}_2/\text{t}$ 。

使用“零碳电力”的电解铝在碳市场中的优势大小取决于配额分配方案。目前主管部门尚未公布配额分配方案，本文大胆提出四种猜想。

### （一）猜想一

统一采用一个基准值。假设基准值采用全国电力平均二氧化碳排放因子（本文计算采用2021年  $0.5568 \text{ kgCO}_2/\text{kWh}$ ），则“零碳电力”消耗比例  $0\%\sim 100\%$  的吨铝配额盈余计算结果如表2。

1.全部使用“零碳电力”工厂的吨铝配额盈余为  $7.294 \text{ tCO}_2/\text{t}$ ，完全不使用“零碳电力”工厂的吨铝配额缺口为  $0.490 \text{ tCO}_2/\text{t}$ ；临界比例为  $6.3\%$ ，也就是说当“零碳电力”消耗比例为  $6.3\%$  时，吨铝配额盈余大约为零。

2.使用“零碳电力”比例超过  $6.3\%$  的电解铝工厂均可以获得配额盈余；全部使用“零碳电力”工厂优势过大，按照当前碳价水平（ $100\text{元}/\text{吨}$ ），吨铝碳收益超  $700\text{元}$ ，这将促使电解铝企业抢夺非化石能源电力交易资源；

表 1：“零碳电力”消耗比例 0%~100% 的吨铝电力间接排放

| 2021 年全国电力剩余排放因子 (kgCO <sub>2</sub> /kWh) | 吨铝电解工序交流电耗 (kWh/t)             |
|-------------------------------------------|--------------------------------|
| 0.5942                                    | 13100                          |
| 吨铝“零碳电力”消耗占比 (%)                          | 吨铝电力间接排放 (tCO <sub>2</sub> /t) |
| 0%                                        | 7.784                          |
| 10%                                       | 7.006                          |
| 20%                                       | 6.227                          |
| 30%                                       | 5.449                          |
| 40%                                       | 4.670                          |
| 50%                                       | 3.892                          |
| 60%                                       | 3.114                          |
| 70%                                       | 2.335                          |
| 80%                                       | 1.557                          |
| 90%                                       | 0.778                          |
| 100%                                      | 0.000                          |

数据来源：国泰君安期货测算

备注：1. 本文假设未来纳入全国碳市场的电解铝产能，其吨铝电解工序交流电耗约为 13000~13200 kWh/t，取均值 13100 kWh/t；2. 全国电力剩余排放因子采用最新公布的 2021 年数据。

表 2：电解铝配额分配方案猜想一：统一采用一个基准值

| 基准值 (kgCO <sub>2</sub> /kWh) | 吨铝电解工序交流电耗 (kWh/t)           |
|------------------------------|------------------------------|
| 0.5568                       | 13100                        |
| 吨铝“零碳电力”消耗占比 (%)             | 吨铝配额盈余 (tCO <sub>2</sub> /t) |
| 0%                           | -0.490                       |
| 10%                          | 0.288                        |
| 20%                          | 1.067                        |
| 30%                          | 1.845                        |
| 40%                          | 2.624                        |
| 50%                          | 3.402                        |
| 60%                          | 4.180                        |
| 70%                          | 4.959                        |
| 80%                          | 5.737                        |
| 90%                          | 6.516                        |
| 100%                         | 7.294                        |

数据来源：国泰君安期货测算

备注：1. 本文假设未来纳入全国碳市场的电解铝产能，其吨铝电解工序交流电耗约为 13000~13200 kWh/t，取均值 13100 kWh/t；2. 假设基准值采用全国电力平均二氧化碳排放因子（本文计算采用 2021 年 0.5568 kgCO<sub>2</sub>/kWh）。

若电力行业基准值持续下调，电解铝行业整体配额盈余过多，或不利于行业间公平，也将阻碍碳市场实现减排资源优化配置。

(二) 猜想二

分别对“零碳电力”对应电量、其余电量设置基准值。“零碳电力”对应电量的基准值设置为0，其余电量基准值设置为全国电力平均二氧化碳排放因子（本文计算采用2021年0.5568 kgCO<sub>2</sub>/kWh）。基于上述方案，“零碳

电力”消耗比例0%~100%的吨铝配额盈余计算结果如表3。全部使用“零碳电力”工厂的吨铝配额盈余为零，完全不使用“零碳电力”工厂的吨铝配额缺口为0.490 tCO<sub>2</sub>/t，这不符合将电力间接排放纳入全国碳市场的初衷——鼓励消费侧消纳非化石能源电力。假设全市场各类“零碳电力”消耗比例对应的电解铝产量均等，那么电解铝整体行业配额缺口率6.3%。

表 3：电解铝配额分配方案猜想二：分别对“零碳电力”对应电量、其余电量设置基准值

|                                        |                              |
|----------------------------------------|------------------------------|
| 吨铝电解工序交流电耗 (kWh/t)                     | 13100                        |
| “零碳电力”对应电量基准值 (kgCO <sub>2</sub> /kWh) | 0                            |
| 其余电量基准值 (kgCO <sub>2</sub> /kWh)       | 0.5568                       |
| 吨铝“零碳电力”消费占比 (%)                       | 吨铝配额盈余 (tCO <sub>2</sub> /t) |
| 0%                                     | -0.490                       |
| 10%                                    | -0.441                       |
| 20%                                    | -0.392                       |
| 30%                                    | -0.343                       |
| 40%                                    | -0.294                       |
| 50%                                    | -0.245                       |
| 60%                                    | -0.196                       |
| 70%                                    | -0.147                       |
| 80%                                    | -0.098                       |
| 90%                                    | -0.049                       |
| 100%                                   | 0.000                        |

数据来源：国泰君安期货测算  
备注：1. 本文假设未来纳入全国碳市场的电解铝产能，其吨铝电解工序交流电耗约为 13000~13200 kWh/t，取均值 13100 kWh/t；2. “零碳电力”对应电量的基准值设置为 0，其余电量基准值设置为全国电力平均二氧化碳排放因子（本文计算采用 2021 年 0.5568 kgCO<sub>2</sub>/kWh）。

(三) 猜想三

为补偿环境溢价，合理定向奖励“零碳电力”。在猜想二的基础上，为了鼓励电解铝

工厂使用“零碳电力”，但又不能造成过度补贴，考虑对“零碳电力”进行合理定向补贴，即按照一定比例给予配额奖励，原则是补偿

非化石能源电力环境溢价。吨铝奖励配额设置如下：

吨铝奖励配额 (tCO<sub>2</sub>) = “零碳电力” 电量 (kWh) × 全国电力剩余排放因子 (kgCO<sub>2</sub>/kWh) × 奖励比例 ÷ 1000

奖励比例 = 年度非化石能源电力环境溢价 (元/tCO<sub>2</sub>) ÷ 年度碳价 (元/tCO<sub>2</sub>)，奖励比例应当不小于0。

举例说明，假设年度碳价为100元/tCO<sub>2</sub>，

年度非化石能源电力环境溢价为0.0178元/kWh（换算后约30元/tCO<sub>2</sub>），则奖励比例为0.3。全国电力剩余排放因子采用2021年数据，那么，全部使用“零碳电力”的工厂可获得的吨铝奖励配额约为2.335 tCO<sub>2</sub>/t，详见表4。按照当前碳价水平，吨铝碳收益约缩减为230元/吨。该方案鼓励了非化石能源电力消纳，但是电解铝整体配额盈余仍然较大。

表 4：电解铝配额分配方案猜想三：为补偿环境溢价，合理定向奖励“零碳电力”

|                                         |                              |
|-----------------------------------------|------------------------------|
| 吨铝电解工序交流电耗 (kWh/t)                      | 13100                        |
| “零碳电力” 对应电量基准值 (kgCO <sub>2</sub> /kWh) | 0                            |
| 其余电量基准值 (kgCO <sub>2</sub> /kWh)        | 0.5568                       |
| “零碳电力” 配额奖励比例 (%)                       | 30%                          |
| 吨铝 “零碳电力” 消费占比 (%)                      | 吨铝配额盈余 (tCO <sub>2</sub> /t) |
| 0%                                      | -0.490                       |
| 10%                                     | -0.207                       |
| 20%                                     | 0.075                        |
| 30%                                     | 0.358                        |
| 40%                                     | 0.640                        |
| 50%                                     | 0.923                        |
| 60%                                     | 1.205                        |
| 70%                                     | 1.488                        |
| 80%                                     | 1.770                        |
| 90%                                     | 2.053                        |
| 100%                                    | 2.335                        |

数据来源：国泰君安期货测算

备注：1. 本文假设未来纳入全国碳市场的电解铝产能，其吨铝电解工序交流电耗约为 13000~13200 kWh/t，取均值 13100 kWh/t；2. “零碳电力” 对应电量的基准值设置为 0，其余电量基准值设置为全国电力平均二氧化碳排放因子（本文计算采用 2021 年 0.5568 kgCO<sub>2</sub>/kWh）；3. 假设年度碳价为 100 元 /tCO<sub>2</sub>，年度非化石能源电力环境溢价为 0.0178 元 /kWh（换算后约 30 元 /tCO<sub>2</sub>），则奖励比例为 0.3；4. 全国电力剩余排放因子采用 2021 年数据，即 0.5942 kgCO<sub>2</sub>/kWh。



表 5：电解铝配额分配方案猜想四：为使得电解铝整体配额盈亏平衡，合理定向奖励“零碳电力”

|                                        |                              |
|----------------------------------------|------------------------------|
| 吨铝电解工序交流电耗 (kWh/t)                     | 13100                        |
| “零碳电力”电量对应基准值 (kgCO <sub>2</sub> /kWh) | 0                            |
| 其余电量基准值 (kgCO <sub>2</sub> /kWh)       | 0.5568                       |
| “零碳电力”配额奖励比例 (%)                       | 6.3%                         |
| 吨铝“零碳电力”消费占比 (%)                       | 吨铝配额盈余 (tCO <sub>2</sub> /t) |
| 0%                                     | -0.490                       |
| 10%                                    | -0.392                       |
| 20%                                    | -0.294                       |
| 30%                                    | -0.196                       |
| 40%                                    | -0.098                       |
| 50%                                    | 0.000                        |
| 60%                                    | 0.098                        |
| 70%                                    | 0.196                        |
| 80%                                    | 0.294                        |
| 90%                                    | 0.392                        |
| 100%                                   | 0.490                        |

数据来源：国泰君安期货测算

备注：1. 本文假设未来纳入全国碳市场的电解铝产能，其吨铝电解工序交流电耗约为 13000~13200 kWh/t，取均值 13100 kWh/t；2. “零碳电力”对应电量的基准值设置为 0，其余电量基准值设置为全国电力平均二氧化碳排放因子（本文计算采用 2021 年 0.5568 kgCO<sub>2</sub>/kWh）；3. 全国电力剩余排放因子采用 2021 年数据，即 0.5942 kgCO<sub>2</sub>/kWh；4. 假设全市场各类“零碳电力”消耗比例对应的电解铝产量均等，使得电解铝行业整体配额盈亏平衡的奖励比例倒推为 6.3%。

**（四）猜想四**

为使得电解铝整体配额盈亏平衡，合理定向奖励“零碳电力”。在猜想三的基础上，将奖励比例进行调整，原则是促使电解铝行业整体配额盈亏平衡。假设全市场各类“零碳电力”消耗比例对应的电解铝产量均等，可以倒推出合理的奖励比例为6.3%，具体测算结果如

表5。对于电解铝纳入全国碳市场后的第一个履约周期，为了平稳过渡，猜想四或许更加受到青睐。

（责任编辑：邵婉嫣）

**作者简介：**  
唐惠珽，国泰君安期货高级分析师。  
王贤伟，中信建投期货高级分析师。