

质量平衡法的是与非

钢铁应用经验对铝行业的借鉴意义

2026年4月

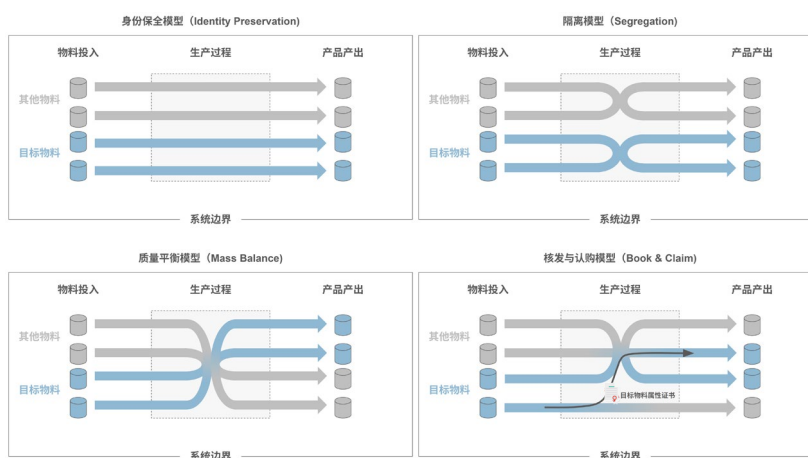
何为真正的低碳钢、铝？经由质量平衡法定义的低碳产品，其低碳「含金量」是否能被下游买单？在钢铁行业，围绕这一方法的辩论由来已久。日本采用的一种质量平衡监管链模型试图将不同时间、不同产线、甚至不同厂区的产品减排量统筹归集于特定批次产品。这种跨场地分配的方法(Inter-site allocation approach)引发了世界范围内对于质量平衡法的应用以及环境声明透明度的讨论。¹

近日，Lead the Charge在其最新发布的《2026年Lead the Charge排行榜报告》中，再次将质量平衡法置于聚光灯下。该报告在今年的排行榜评价方法论中更新了对「无化石燃料钢/铝」及「低排放钢/铝」的定义，并因日产汽车在「绿色钢铁」承购协议中因采用质量平衡法而下调了对日产汽车的评分。同时，报告还通过案例研究，直指钢铁行业使用该方法定义低碳排放钢的潜在问题。^{2 3}

这不禁引发我们深思：为何质量平衡法在钢铁行业争议不断？它在铝行业的应用如何，是否存在同样的洗绿风险？如果这一方法备受质疑，那么，真正的「低碳排放铝」又应该具备哪些核心要素？

账面游戏还是真实溯源？

如需厘清上述问题，需从质量平衡法的定义及其在钢、铝中的应用入手。质量平衡法是监管链（Chain of Custody, CoC）模型之一，与其他模型类似，它通过一系列程序、技术和文件记录来实现物料从源头到最终产品的全程追踪。各模型的核心区别在于对物料的追踪方式，包括是否允许物料混合、是否允许物料属性与其物理实体分离等。四种主要监管链模型的原理如下：⁴



图表来源：气候转型亚洲根据Circularise资料整理作图

- 1 日本钢铁联盟指南将「产品减排量(Reduced Emissions of Product, REP)」定义为企业行为所产生的产品层面减排量。这些减排量会根据既定方法进行汇总，并按任意比例分配给各个产品。REP反映的是分配的减排量，而非实际的产品层面排放量。 https://www.jisf.or.jp/business/ondanka/kouken/greensteel/documents/GXSteelGuideline_v4.1.pdf
- 2 https://leadthecharge.org/wp-content/uploads/2026/03/LTC-2026-Leaderboard_compressed.pdf
- 3 <https://leadthecharge.org/wp-content/uploads/2026/02/Lead-the-Charge-Auto-supply-chain-Leaderboard-methodology-2026-Edition.docx.pdf>
- 4 <https://www.circularise.com/blogs/four-chain-of-custody-models-explained>

如图所示，四种模型均针对一个相对封闭系统内的目标物料，实现从投入到产出的追溯。前两种模型（身份保全与隔离）要求较为严格，不允许目标物料与其他物料发生物理混合。而对于物料难以在物理层面实现追溯或分离等的情况，则通常采用后两种模型。质量平衡法允许各种物料的混合，但须确保目标物料的投入量经过认证，并在供应链中被精确记录与追踪，最终核算其在产品中的占比。⁵相比之下，核发与认购模型的要求更为宽松。该模型允许目标物料的特定属性与其物理实体分离，属性以证书形式在系统内流动甚至交易，只需保证核发与认购的信用额度与系统内特定属性的总量相符。该模型目前广泛应用于可再生能源（如绿证）及碳交易领域，因不依赖物理追溯和地理绑定而在操作上更为灵活，但也面临较高的重复计算风险。

无论采用哪种模型，维持系统边界清晰、确保投入与产出之间的总量平衡，是遵循监管链原则的关键。

质量平衡法在铝行业的应用情景主要包括对原料、能源投入的分配。比如，铝业管理倡议(ASI)在其 CoC 标准中采用质量平衡法，允许经其认证的机构在设定的声明期内，将符合CoC标准材料与未经标准认定的材料进行混合，并根据各材料的投入百分比确定CoC材料（和任何合格再生金属原材料）的产出量。⁶在此体系下，ASI认证机构须在其物料核算系统中严格追踪CoC材料的投入与产出，避免过度或重复核算。⁷

目前在中国，质量平衡法在铝生产上的应用主要基于对绿电和再生铝原料投入属性的追溯与分配。中国有色金属工业协会绿色产品评价中心(China Green-Metal Certification Center, CGMC)牵头研制了针对铝和铝合金产品的绿色评价与追溯体系。其中，「绿电铝」是针对原铝（直接从电解生产的纯铝，包括液态铝和铝锭）绿色属性的认定。以电解铝生产为评价边界，在评价过程中严格审查电解铝生产过程中的真实绿电、绿证的使用，并根据其使用量和铝锭/铝液的单位产品电耗标准来计算并发放绿电铝额度。⁸「绿色低碳铝」则是根据原料构成来评定。以铝产业链中的熔铸环节为边界，要求绿电铝、非绿电铝与再生铝的投入比例中，非绿电铝的比例不超过30%。⁹

基于此，再来看日本采用的跨场地分配法，其原理及潜在问题便不难理解。该方法允许钢企将整个企业视为整体，并拉长了时间维度，在原则上允许企业将过去10年内所有减碳措施取得的减排量分配至其钢铁产品中。¹⁰尽管该方法被日本冠以「质量平衡法」之名，但将减排量跨场地分配本质上并不是质量平衡法中的物理混合与追溯，而更接近于对特定属性的账目分配，因而更可能被归为不同于质量平衡法的其他模式。这种做法同时扩大了物理边界和时间边界，不仅模糊了监管链模型中本该清晰的系统边界，还极易产生误导：下游用户采购的「低碳钢」可能只是被分配了产品减排量的高碳排产品。在如此宽泛的边界下，产品减排量难以被精确溯源、计算与分配，易引发重复计算和「洗绿」风险，加剧公众对该方法的不信任。更重要的是，用户的购买行为没有办法真正意义上促进钢铁企业投资、部署和扩大低碳的钢铁生产工艺，对行业转型的帮助不够有效。

5 https://scholarship.law.columbia.edu/cgi/viewcontent.cgi?params=/context/sustainable_investment/article/1024/&path_info=ccsi_GHG_accounting_steel_aluminum___Reet_Chatterjee.pdf

6 <https://aluminium-stewardship.org/wp-content/uploads/2022/07/ASI-CoC-and-claims.pdf>

7 <https://aluminium-stewardship.org/wp-content/uploads/2024/06/Chain-of-Custody-Standard-Key-Metrics-Calculation-Guide.pdf>

8 <https://mp.weixin.qq.com/s/exaXP-gjRVirqrRPY4Wcxg>

9 http://www.cnmtc.cn/uploads/20250616_080734_4203.pdf

10 https://www.jisf.or.jp/business/ondanka/kouken/greensteel/documents/GXSteelGuideline_v4.1.pdf

不同观点的背后：对低碳转型的真实渴望

通过以上实例的对比可以发现，质量平衡法在低碳钢与低碳铝的评价中，所设定的系统边界与投入项目存在显著差异。而这种差异，也影响了该方法在国际层面上的接受程度。

在钢铁领域，尽管多家国际领先钢铁制造商已借助跨场地分配法或类似框架，推出了「低碳钢」乃至「零碳钢」产品，但这种方法通过扩大核算边界、模糊产品减排量的溯源并将其分摊至传统产品的方式，正引发国际社会的广泛质疑。¹¹包括工业深度脱碳倡议（IDDI）、温室气体核算体系（GHG Protocol）、科学碳目标倡议（SBTi）以及世界钢铁协会在内的多家组织，均对此展开激烈辩论。¹²其中，SBTi在其《零碳标准2.0》草案中已明确表示，环境属性不应像「碳银行」模型那样通过交叉产品平均法得出。¹³这一表态无疑是对建立可追溯、可验证的监管链模型的强力背书。

与钢铁不同，在铝业领域，ASI供应链监管模式的接纳程度正在提升。从2019年到2023年，全球通过CoC认证并提交相关物料流动数据的实体已从最初的13家增至79家。¹⁴在这五年间，符合ASI标准的原铝与再生铝投入量分别实现了5倍和23倍的增长。¹⁵目光转向中国，支撑绿电铝评价和绿色低碳铝认证的中国铝工业高质量LCA碳足迹数据库不仅得到了国际铝协（IAI）、铝业管理倡议组织（ASI）、伦敦金属交易所（LME）等国际权威机构的认可，更成功地被纳入联合国环境署（UNEP）全球生命周期数据库平台（GLAD）展示。¹⁶数据库的建立与完善，既是保障质量平衡法精准溯源的前提，更是推动未来低碳铝产品标准升级、实现绿电与铝产品真实物理绑定的坚实根基。

除了监管链模型的定义，国际标准层面的要求也值得借鉴。国际标准化组织（ISO）在其环境管理生命周期评价（LCA）的通用标准ISO 14044中强调，在生命周期清单分析阶段，应尽可能避免分配。若无法避免，则应优先采用物理关系作为分配依据，最后才考虑基于经济价值进行分配。¹⁷ISO 22095也明确区分了「质量平衡」（ISO 22095-2）与「核发与认购」（ISO 22095-3）这两种模式，并规定了各自适用的标准与标签要求。¹⁸

这一区分并非仅仅是术语上的严谨，而是直指低碳转型的核心：无论钢、铝产品遵循何种标准或核算方法，关键在于确保低碳属性在复杂的生产链中始终与产品保持精准的关联。标准的意义，不在于为产品贴上绿色低碳的标签，而在于为减排声明背后的可信度提供可追溯、可验证的信任基础。在通往零碳的漫长道路上，只有真正能够经受全球政策与市场双重检验的标准，才是低碳产品的试金石。

铝行业的反思

综上所述，质量平衡法的基本运作机制是「分配」。不可否认的是，该分配机制在减碳应用中存在一定局限性，因为它允许了低碳物料与非低碳物料的混合，而非严格的物理追溯。低碳属性通过分配或记账的方式归入了特定产品，从而实现了减碳效果的虚拟流转。

¹¹ https://www.jisf.or.jp/en/activity/climate/documents/202502JISFs_Carbon_Neutrality_Action_Plan_final.pdf

¹² <https://www.renewable-ei.org/en/activities/column/REupdate/20251023.php>

¹³ <https://files.sciencebasedtargets.org/production/files/CNZS-V2-Second-Consultation-Draft.pdf>

¹⁴ <https://aluminium-stewardship.org/drive-change/chain-of-custody-material-flows#what-it-means>

¹⁵ <https://aluminium-stewardship.org/tracking-asi-certified-material-2023-data-highlights-and-reporting-insights>

¹⁶ <http://cnmte.cn/?cn-n-d-3595.html>

¹⁷ <https://www.iso.org/standard/38498.html>

¹⁸ <https://www.iso.org/contents/news/2026/03/new-iso-standards-bring-clarity.html#:~:text=To%20address%20this%20challenge%2C%20ISO.entering%20and%20leaving%20the%20system>

然而，在当前铝冶炼行业尚处于低碳转型初期、绿电及再生铝原料受制于供应与成本等因素而尚未实现全产线覆盖的背景下，质量平衡法在一定程度上起到了激励与验证绿电及再生铝实际使用的作用，不失为过渡阶段的低碳评价方法之一。但该方法的运用必须遵循以下基本原则：

- 在减碳量核算方面，须建立清晰的系统边界，并确保原料投入的精准溯源。这是质量平衡法保持合理性的基础，唯有如此，才能避免减碳量被任意分配或重复计算。
- 在减碳评价方面，首先应标明使用的评价方法，若使用质量平衡法，则须进一步说明具体的计算方式（如系统边界的界定、投入原料的类别与占比、减碳量的分配逻辑等），以确保评价过程的透明性与可追溯性。同时，应尽可能完整记录并披露核心减碳信息，包括但不限于绿电及再生铝的来源、使用量或占比、产品碳排放量与排放强度、评价流程及参照标准等。信息越详尽，越能有效防范「洗绿」风险，并增强生产方与绿铝采购方之间的信任。

最后，我们希望向铝冶炼领域的利益相关方发出如下呼吁：

- 对政策制定者：我们期待一个更具全球适用性的绿铝标准能够尽快出台，以广泛覆盖各类低碳生产场景，并促进绿铝产品的公平交易。长远来看，此举将推动铝产品低碳属性的透明化，进而构建更为合理的绿铝溢价分摊机制，活化绿铝市场。
- 对电解铝及铝制品生产企业：建议尽早布局低碳生产体系建设与低碳管理能力提升，密切关注国内外绿铝相关政策动态。在积极开发绿电与再生铝供应链的同时，建立覆盖原料与能源投入、产品产出的完整记录系统，以灵活应对多种低碳核算与披露要求。
- 对铝制品下游采购方：我们希望下游企业能够深入理解质量平衡法的底层逻辑，结合自身气候目标，准确研判并核实所购产品的真实低碳属性及其在国内外市场的认可度。这不仅是保障自身权益的需要，更是维护绿铝市场秩序、推动公平真实的绿铝交易长期稳健运行的关键。

在这场全球工业深度脱碳的马拉松中，质量平衡法在一定程度上成为了铝行业低碳转型初期溯源绿电与再生铝使用的过渡方案，但它并非终极答案。它的价值，不在于为高碳铝洗绿，而在于为每一度绿电、每一吨再生铝的低碳价值提供一条可信的传递通道，从而在这个时期率先打通一个由需求驱动的绿铝市场。

守住清晰的边界，确保溯源的透明，优先坚持低碳属性和产品的深度绑定是铝行业应用质量平衡法必须恪守的准则。唯有如此，这本「账」才能经得起市场与时间的检验。

对于政策制定者、生产商与下游用户而言，真正的挑战不在于是否采用质量平衡法，而在于如何协同构建一个让每一份真实的低碳努力都能被看见、被认可、被回报的正向循环。当绿电从稀缺走向普及，当再生铝成为主流，今天我们围绕这个「账本」的所有争论与探索，都将成为构建一个在国际上公正透明、有序繁荣的绿铝市场最坚实的基础。

数据和免责声明

本分析仅供参考，不构成投资建议，且不应作为作出任何投资决定的依据。此文代表了作者对受评估公司自行报告的公开资讯的看法和解读。本文提供了公司报告的参考资料，但作者并未试图验证这些公司提供的公开自我报告资讯。因此，作者无法保证本文提供的所有资讯的事实准确性。作者和气候转型亚洲（Transition Asia）明确对第三方使用或发布参考本文的资讯不承担任何责任。

我们的团队

中国事务主任
左凌玥

bonnie@transitionasia.org

中国总干事
王立

isadora.wang@transitionasia.org

关于气候转型亚洲 (TRANSITION ASIA)

气候转型亚洲是一家成立于2021年的非营利智库，致力于加速亚洲大宗商品及重工业的降碳进程，以实现1.5°C的气候目标。我们的跨学科团队融合了多元背景、经验与专业能力，具备深厚的亚洲研究基础，并对本地区拥有深入的理解。

通过分析模型与深入评估，我们分析和监测企业的降碳进展与行动。我们与包括企业、投资者、政策制定者及民间社会组织在内的各类利益相关方互动交流，推动循证、有影响力的对话，助力实现可持续、低碳且符合1.5°C目标的转型路径。

欢迎访问我们的网站 www.transitionasia.org（中文网页：<https://transitionasia.org/?lang=zh-hant>）或关注我们的 [LinkedIn](#) 页面了解更多信息。