

铝产品碳足迹核算及报告 方法学——基于国际实践

公开征求意见稿

作者

刘雯娟、Sravan Chalasani、Iris Wu

*除非另有说明，所有作者均来自落基山研究所。
作者姓名按姓氏首字母顺序排列。

请在8月10日前将反馈意见发至：
刘雯娟 (WLIU@RMI.ORG)



RMI是一家独立的非营利组织，成立于1982年，致力于通过市场驱动的解决方案来改变全球能源系统，使其与1.5摄氏度温控的未来保持一致，并为所有人实现一个清洁、繁荣且零碳的未来。我们在全球最关键的地理区域开展工作，并与企业、政策制定者、社区和非政府组织合作，确定和推广能源系统干预措施，到2030年将至少减少50%的温室气体排放。RMI在科罗拉多州的巴萨尔特和博尔德、纽约市、加利福尼亚州的奥克兰、华盛顿特区和中国北京均设有办事处。

rmi.org



中汽碳（北京）数字技术中心有限公司（以下简称“中汽碳数字”）隶属于中国汽车技术研究中心有限公司（国务院国资委直属中央企业），是从事推动绿色金融和碳数字技术等新型经济要素与产业高质量发展有效融合的专业机构。中汽碳数字依托中国汽车技术研究中心有限公司在汽车全价值链技术服务的专业能力及广泛影响力，以汽车生命周期的碳排放数据作为关键生产要素，依托区块链、物联网等数字技术，以“碳管理咨询”明确发展方向，以“碳数字技术开发”为手段，以“环境金融平台”为动力，立足于“产融新视角，碳索新路

径，释放新动能”的创新理念，将碳足迹数字技术有机融合于价值链、信息链、产业链、创新链、供应链及管理链。中汽碳数字致力于促进绿色金融经济要素高效、科学匹配汽车产

业“双碳”关键环节和关键领域，探索数字经济技术在碳排放领域的应用场景与运营模式，释放汽车产业低碳高质量的发展新动能。

目录

- 前言 5
- 1 背景 7
 - 1.1 简介 7
 - 1.2 目的 7
 - 1.3 原则 8
 - 1.4 范围 8
 - 1.5 术语 9
- 2 碳排放报告要求 10
 - 2.1 产品碳足迹 11
 - 2.2 固定核算边界 11
 - 2.3 供应链碳排放的透明度 13
 - 2.4 原始数据来源 13
- 3 碳排放核算方法 14
 - 3.1 核算步骤 14
 - 3.2 废铝成分含量的报告 16
 - 3.2.1 废铝的定义 16
 - 3.2.2 废铝比例的计算 16
 - 3.2.3 消费后废铝比例的计算 16
 - 3.2.4 依据质量平衡法进行产品间废铝比例的分配 17
 - 3.3 产品碳足迹的核算和报告 17
 - 3.3.1 一般性核算原则 17
 - 3.3.2 原铝生产的碳排放透明度 18

3.3.3 产品碳绩效核算方法	18
3.3.4 合金排放	20
3.4 能源排放的核算	21
3.4.1 外购电力/热力	21
3.4.2 自备电力/热力	22
3.4.3 产品间可再生能源信用的质量分配	23
3.5 输出产品	23
3.5.1 中间产品	23
3.5.2 副产品	24
3.5.3 能源输出	24
3.6 数据来源	25
3.6.1 数据质量	25
3.6.2 直接排放因子	25
3.6.3 电力排放因子	27
3.6.4 间接排放因子	28
3.6.5 原始数据比例	31
 附录A- 第3.3.3节的核算示例	 33
 索引备注	 37

前言

电解铝行业是我国工业领域碳排放的重点行业，其碳排放约占整个有色金属行业的64%，约占全国碳排放的4.5%，是纳入全国碳市场的重点行业。未来，随着我国工业化和城市化的快速发展，铝的应用领域也将不断拓展，其消费量仍然呈上升趋势。例如，建筑、交通、耐用消费品等对铝的需求仍将持续攀升，汽车轻量化、新能源的发展等也将成为铝的新增需求点。我国是全球第一大铝生产国、消费国和出口国，铝行业的低碳转型及其对下游产品隐含碳排放的影响必将成为全球供应链运转和贸易往来中的重点关注和考量因素。在产品层面进行的碳足迹核算及报告，将帮助铝及其下游企业掌握产品的碳排放水平，并通过采取措施减少供应链中的碳排放，加强上下游协同降碳；而相关方法学的科学性和一致性，也将为实现碳排放水平的透明和可比，以及为铝及下游企业积极参与国际绿色贸易提供有力支撑。

2023年11月，国家发展改革委、工业和信息化部、国家市场监管总局、住房和城乡建设部、交通运输部等部门联合印发《关于加快建立产品碳足迹管理体系的意见》，强调了产品碳足迹管理体系对绿色低碳转型的促进作用，以及对碳达峰碳中和的有力支撑，并将推动碳足迹国际衔接与互认作为重点任务之一。2024年5月，生态环境部等十五部门联合印发《关于建立碳足迹管理体系的实施方案》，要求完善国内规则、促进国际衔接，建立统一规范的碳足迹管理体系，推动规则体系兼具中国特色和国际影响，被视为我国产品碳足迹管理体系建设的“任务书”和“施工图”。

发布重点产品碳足迹核算规则标准是提及的主要任务之一，而铝是优先聚焦的重点产品之一。目前，国际上关于铝产品层面碳足迹的核算方法已经存在一定的共识，世界铝业协会（IAI）、铝管理倡议认证（ASI）、国际标准化组织（ISO）等机构都已经积极开展相关工作。中国的铝产量占到世界一半以上，要编写具有现实意义的核算方法，就必须深入理解中国的生产实践和行业现状，一方面立足国情做好国际通用方法的本地化工作，同时积极推动相关规则的国际互信，并在相关规则的制修订的过程中积极提升中国的贡献度。

为此，落基山研究所深入对比并研究国际上较为主流的铝产品层面碳足迹核算及报告方法，在这些方法间寻求最大共识，并在此基础上结合我国实际情况编写了《铝产品碳足迹核算及报告方法学——基于国际实践（征求意见稿）》（以下简称《方法学》）。在《方法学》的编写过程中，落基山研究所与中汽碳（北京）数字技术中心有限公司先后与中铝材料应用研究院有限公司、魏桥创业集团、中信戴卡股份有限公司、山东宏顺循环科技有限公司等五家铝行业企业进行了一对一意见咨询，并召开“铝及铝合金产品碳足迹核算方法学研讨会”，与铝-汽车产业链专家探讨《方法学》中核算方法的适用性，以及对关键指标选取和应用的意见建议。

具体而言，落基山研究所的《方法学》提出以下五个关键原则：

1、固定的比较边界

《方法学》提供了固定的核算边界，确保不同业务范围和产品结构的铝企之间的产品碳足迹具有可比性。固定核算边界涵盖包括上游在内的整个供应链的排放密集的关键工序，覆盖了铝产品碳足迹中的大部分排放。

2、废铝的信息披露

《方法学》综合主流观点，统一废料的定义，明确废料含量的计算方法，以提高废料和再生铝相关的信息透明度，从而促进生产效率和消费后废料的回收利用率的提高。

3、排放的透明度

《方法学》提出应单独报告原铝部分的排放强度，帮助下游采购方更精确地评估铝产品中原铝部分的排放水平，从而激励电解铝的减排行动。《方法学》还提出应使用双重报告方法披露废料中的隐含碳排放。这可以帮助采购方全面了解消费后废料的使用情况，从而鼓励消费后废料的回收。

4、电力相关排放

《方法学》对绿电的使用提出额外性、区域支持和长期承诺等参考原则，并推荐了绿电采购的决策优先级，以激励电解铝生产企业在电力脱碳中发挥推动性作用。

5、数据质量

《方法学》提出应明确披露现场数据比例，确保与国际上的探路者框架（Pathfinder）框架相一致。

在下述方面，落基山研究所的《方法学》在国际现有共识的基础上结合国内现实进行了调整与改进。根据我国铝生产的现实情况，《方法学》在核算边界示意图中加入铝水直接合金化的情况，并对铝水直接合金化的固定比较边界作出界定。在外购电力章节，结合我国电力市场的实际情况，为使用非捆绑型能源属性证书采购绿电提供参考原则。此外，与《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）》保持一致，《方法学》推荐企业在使用基于市场的方法计算外购电力排放时，使用不包括市场化交易的非化石能源电量的电力排放因子计算外购电网电的排放量。

落基山研究所希望通过《铝产品碳足迹核算及报告方法学——基于国际实践（征求意见稿）》为我国的碳足迹核算规则标准制定工作提供参考，助力我国的产品碳足迹管理体系建设。同时，我们也希望《方法学》能提供足够的信息，帮助广大需求侧企业更好地理解铝产品的碳足迹。通过明晰的数据和指导，企业可以在采购决策中更有针对性地推动铝行业的脱碳转型，为我国“双碳”目标的实现作出贡献。

1. 背景

1.1 引言

铝作为重要的有色金属和工业基础原料之一，是国民经济发展的第二大的金属，仅次于钢铁。铝合金产品在交通运输、建筑、电子电力、航空航天和消费品等各个领域已有广泛应用。鉴于其在输电、太阳能光伏、电动汽车等清洁能源和节能减排技术方面发挥的关键作用，铝也是加快向脱碳经济过渡和转型的重要原料。

与此同时，铝冶炼产生的温室气体（GHG）是全球的重要排放源之一。2018年，全球铝工业的二氧化碳当量排放量超过了11亿吨，约占全球总人为排放量的2%。目前，原铝（电解铝）的冶炼过程严重依赖以化石燃料、火电为主的能源和以石油焦、沥青焦为主的阳极材料。因此，实现全球的能源转型和脱碳目标，离不开铝工业向可再生能源和低碳技术的全面转型。

在全球范围内，环境、社会和治理（ESG）因素已经越来越多的融入公司的核心战略。铝及铝合金产品的下游用户行业，如电动汽车、电子设备和铝罐制造等，已经开始寻求供应链减碳的方案，从而将推动对低碳排放铝产品的需求，助力铝行业脱碳。为确保下游用户能够放心购买低碳排放铝产品，铝产品生产加工企业需要根据一致、透明的方法计算并披露产品的碳足迹等信息，以确保相关碳绩效信息的准确性和可比性。

本《方法学》详细介绍了产品碳足迹和碳绩效相关的核算和报告方法，旨在帮助铝产品生产加工企业通过一致、透明的方式提供铝产品的碳排放信息，从而更好的满足下游用户企业对供应链减碳和低碳排放铝的需求。

1.2 目的

本《方法学》主要通过为铝产品生产加工企业提供核算和报告产品碳排放信息的方法和工具，加快低碳排放铝差异化市场的发展，从而推动全行业的减碳、脱碳行动。

其他广泛的目标的包括：

1. 促进全球产品碳足迹核算方法的一致性，提高铝产品碳排放的透明度。
2. 识别低碳排放或具备市场领先减排技术的铝生产加工企业。
3. 以碳足迹数据为纽带，推动需求与供给的有效联结，从而加快开发净零排放铝材的关键低碳技术。
4. 提高铝产品碳绩效的可比性，为下游用户行业提供更全面的信息支持更明智的低碳采购决策。
5. 帮助铝采购企业获得可信、透明的产品碳绩效数据，展示企业的供应链减排成果。

ⁱ 碳排放、排放等在本文中指所有温室气体。

ⁱⁱ 目前铝行业对于“低碳排放铝”的定义尚不明确。通常，低碳排放铝指碳排放强度为4t CO₂e/t原铝的产品，其中包含范围一和范围二的碳排放。

ⁱⁱⁱ “碳绩效”是指《方法学》中建议的衡量铝产品碳排放情况的量化指标，包括铝锭的排放强度，半加工铝合金制品的排放强度（如相关），从“矿山到冶炼”的原铝排放强度，废铝比例，消费后废铝比例，和碳核算中的原始数据的比例。

1.3 原则

为促进供应链上下游企业联动合力开展脱碳，本《方法学》的总体原则的制定致力于为低碳采购决策提供透明、一致、可比的信息。由于下游企业的采购决策和供应商选择通常是在产品层面做出的，因此《方法学》要求铝生产加工企业需要根据具体生产厂房或车间的活动数据（生产过程、能源活动、电力输入输出、排放因子等），计算相关产品的碳排放量，从而确保数据的准确性和可信性。

具体报告的内容有以下三个原则：

1. **鼓励使用原始数据**：碳核算中应该尽可能使用供应商最新提供的一手信息。
2. **确保核算边界的一致性**：生产企业应根据固定的核算边界（即一套一致的工艺流程）报告排放量，以实现披露数据之间的可比性。
3. **满足市场需求的碳排放衡量指标**：确保衡量产品排放情况的量化指标充分结合市场需求，促进低碳排放铝差异化市场的发展。

1.4 范围

本《方法学》适用于拥有和运营与原铝和再生铝相关的铝生产设施的任何企业。

在方法学中，“铝生产商”是指供应链上中游生产、加工铝产品的企业，包括铝液、以原铝及再生铝为原料的熔铸产品（如压铸锭、轧制锭、挤压锭等），各种形式的半加工铝合金制品（如箔、板带、型材等铝材）。铝生产商应根据图表1所示的固定核算边界计算与报告相关的直接和间接排放量。其中，铝土矿开采、氧化铝精炼、预焙阳极材料生产等其它可能没有与铝冶炼厂垂直整合的工艺过程，也应包含在核算范围内。供应链下游可以基于本方法学收集相关产品的排放数据，以更好地了解供应链的上游排放情况。

根据图表1中的固定核算边界，单独的铝矿开采商、单独的氧化铝精炼厂、单独的阳极制造商、单独的半成品加工商无需按照固定边界进行核算，但应该向下游企业提供其生产过程相关的排放数据。

本方法学中对温室气体的讨论基于时间跨度为100年的全球变暖潜能值（GWP），其中二氧化碳（ CO_2 ）、甲烷（ CH_4 ）、一氧化二氮（ N_2O ）和全氟化碳（ CF_4 和 C_2F_6 ）是与铝工业碳排放相关的主要温室气体。

1.5 术语

本方法学采用不同的术语来区分符合Pathfinder框架的要求、建议和允许的选项。

术语	定义
“应当”	表示采用RMI铝排放报告方法学的公司应遵守的规则
“应该”	表示建议遵守的规则
“可以”	表示允许的选项

2. 碳排放报告要求

《方法学》中报告的主要要求如下：

1. **产品碳足迹**：生产商需要根据单个生产场所^{iv}核算和报告产品^v的碳排放信息。
2. **固定核算边界**：生产商需要根据固定边界内的所有生产工序的排放源进行核算，无论生产商是否拥有或控制这些工序。
3. **供应链透明度**：生产商需要根据报告产品内原铝和再生铝的使用情况补充报告相关的排放量，为产品总碳足迹提供背景信息。额外报告生产中废铝使用情况可以提供更多与废铝成分相关的背景信息。
4. **原始数据^{vi}**：生产商需要报告总碳足迹核算中基于原始数据计算的排放量的比例。

基于以上主要要求，生产商应每年根据单个生产场所的活动排放源进行产品级别的核算。每个产品需要报告的具体碳绩效如下：

- **基准碳足迹**：根据固定的比较边界计算的铝产品碳足迹，单位为吨二氧化碳当量/吨铝熔铸产品（包括各类铝及铝合金锭、压铸锭、轧制锭、挤压锭）（见第3.1节和第3.3节）。
- **总碳足迹**（如相关）：根据完整系统边界计算的铝产品总碳足迹，单位为吨二氧化碳当量/吨半加工铝合金制品（见第3.1节和第3.3节）。
- **“矿山到冶炼”的排放强度**（如相关）：原铝的总排放强度，单位为吨二氧化碳当量/吨原铝（见第3.3.2节）。
- **废铝比例**：在固定的比较边界内再生料的投入比例，并单独报告的消费后废铝的比例（见第3.2节）。
- **原始数据比例**：用于核算完整系统边界内总碳足迹的原始数据的比例（见第3.6.5节）。

拥有或控制熔铸设施（包括原铝和再生铝熔铸）的生产商为报告主体，承担主要的报告责任。相关的常见产品按用途分类包括：轧制铝锭、挤压铝锭、压铸铝锭、铝线、铝棒等增值产品，用于轧制、挤压和压铸等半加工铝合金制品（铝材）生产。报告主体企业通常需要从供应商、金属贸易商、或其它供应链合作伙伴收集必要的排放信息。

在一些情况下，如果熔铸厂和半加工企业不是一个一体化实体，则熔铸厂需要向半加工（铝材）企业提供上游排放数据，再由半加工企业核算场内的排放数据，从而向下游买家报告完整的总碳绩效信息。对于一体化整合的

^{iv} 单个生产场所 (individual site) : 指特定地址的单个生产厂房或车间。在特定情况下, 当多个生产设施中有同一原材料流转或共享中间产品时, 单个生产厂房也可以指代临近的多个生产设施。

^v 产品 (product) : 本《方法学》中产品的定义根据基准比较边界和系统边界有所不同。具体定义请参照第2.2节。

^{vi} 原始数据(Primary data) : 通过直接调查或实验获得的原始数据 (生产商自己调查或供应商提供), 这是统计数据的直接来源, 一般称之为原始数据或一手数据(first-hand data)。

熔铸车间和半加工车间，报告主体需要向下游买家报告所有要求的碳绩效信息。作为最佳实践，所有供应链合作伙伴都有责任（应该）向下游企业提供相关的碳排放信息（见第1.4节）。

2.1 产品碳足迹

本《方法学》中要求报告的碳排放数据，应随相应产品在供应链上的流转（和转化）而累计，从而供应链中的每个参与方都能了解所购买和销售产品的碳排放情况，更好地制定“净零”目标，实施减碳、脱碳方案。

为提高报告数据的准确性，报告主体企业应基于每个生产场所的生产活动进行产品层面的碳足迹核算。本报告主要以两种铝及铝合金产品的形式展示碳足迹信息：（1）铝熔铸产品（铝锭），（2）半加工铝合金制品（铝材），分别对应计算方法中的固定比较边界和完整系统边界的最终产品。具体核算方法请参照第3节和本节中概述的其它报告要求。

2.2 固定核算边界

核算边界通常用于界定碳排放核算过程中应包含的生产活动和排放源。《方法学》中规定了固定的核算边界，包括一系列指定的铝产品生产加工过程的排放，独立于报告主体的所有权结构。《方法学》中的固定核算边界等产品碳排放核算方法主要解决组织碳在可比性方面的两个关键问题：

1. **组织碳（企业碳）通常因为组织（企业）纵向整合程度不同而无法直接进行比较。**在铝工业中，生产加工企业的垂直整合可以扩展到一些排放密集型工序，如石灰煅烧、焙烧石油焦、预焙阳极生产等。如果这些工序在报告企业的所有权范围内，相关排放量将包括在组织碳的报告范围内（如《温室气体协议》的范围一排放）。对于非整合企业，相同的排放将归为范围3，因此可以不计入组织碳的报告内。因此，企业组织碳排放的可比性存在诸多挑战。
2. **能源转型带来的变化可能使企业的组织碳从范围一向范围二转移。**例如，随着对电力脱碳需求的增加，运营/拥有自备电厂的铝冶炼厂可能会考虑使用电网或搬迁到可再生能源丰富的地区并连接电网。在这些情况下，企业组织碳排放可能从范围1（自备电）转移到范围2（外购电网）。

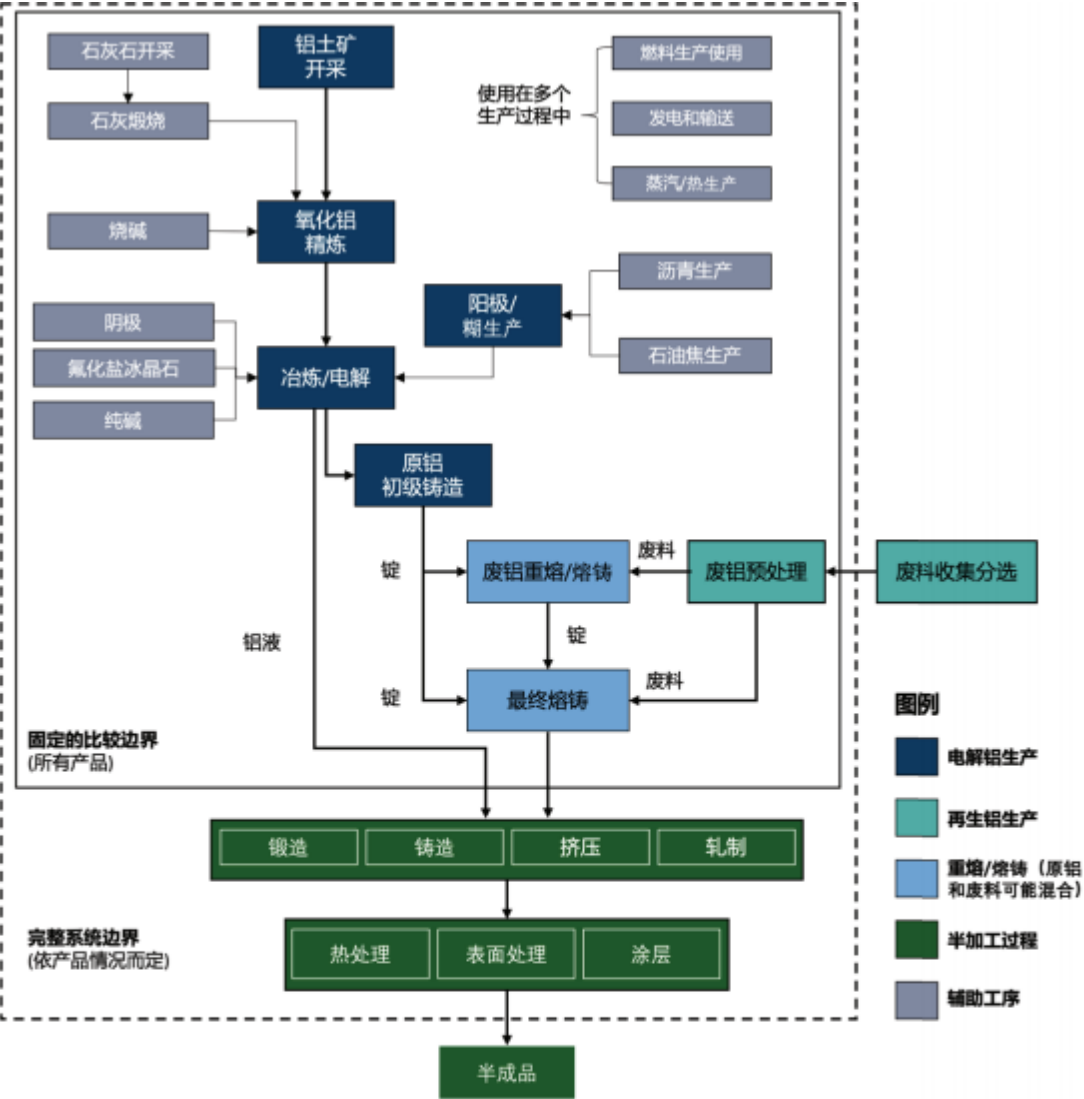
《方法学》中边界的划分主要参考了世界铝协发布的全球铝行业1.5°C脱碳路径，以帮助跟踪行业脱碳进展。图表1展示了具体的核算边界，其中包括：

- **固定比较边界：**包括从采矿到最终熔铸的所有生产活动，不包含最终半加工过程和所有其他后续加工过程。该边界的划分以提高产品碳绩效的可比性为主要目的，因此选择最终熔铸产品（如纯铝或铝合金锭、轧制锭、挤压锭、压铸锭等）为基准产品，以便比较后续加工的各类铝制品的碳排放情况。对于铝水直接合金化的企业，固定比较边界的核算应当包含从采矿到合金锭浇铸的所有工序排放。
- **完整系统边界：**包括固定比较边界内的所有生产活动，以及进一步加工（如轧制、挤压、铸造等）和后续加工过程的生产活动，即从摇篮到大门的核算边界。“大门”的划定取决于报告主体所核算产品的最终生产工序。此边界既反应了后续加工工序的排放，也体现了材料利用率提升带来的减碳效果。

合金材料相关的排放（即铝水合金化过程的活动排放和合金金属的隐含碳），如果相关，也应当加入核算边界。

运输相关排放暂不计入核算边界，主要考虑《方法学》侧重于计算铝行业内生产活动相关的排放量。但鼓励铝生产商参考运输部门相关的指导意见，如全球物流排放委员会（GLEC）框架，以核算和单独报告运输排放。

图表1：钢铁产品碳足迹的系统边界与比较边界



注释：

- 燃料包括生产中使用的所有固体、气体和液体燃料。
- 输入产品（如碳酸盐生产）是指输入产品从摇篮到大门的排放。
- 最终熔铸车间：包括半加工厂熔铸车间，指生产铝锭的车间，包括轧制锭、挤压锭、压铸锭等纯铝或铝合金锭产品的最后一道工序，其产品应可直接用于半成品（铝材）加工。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/345342123323012111>