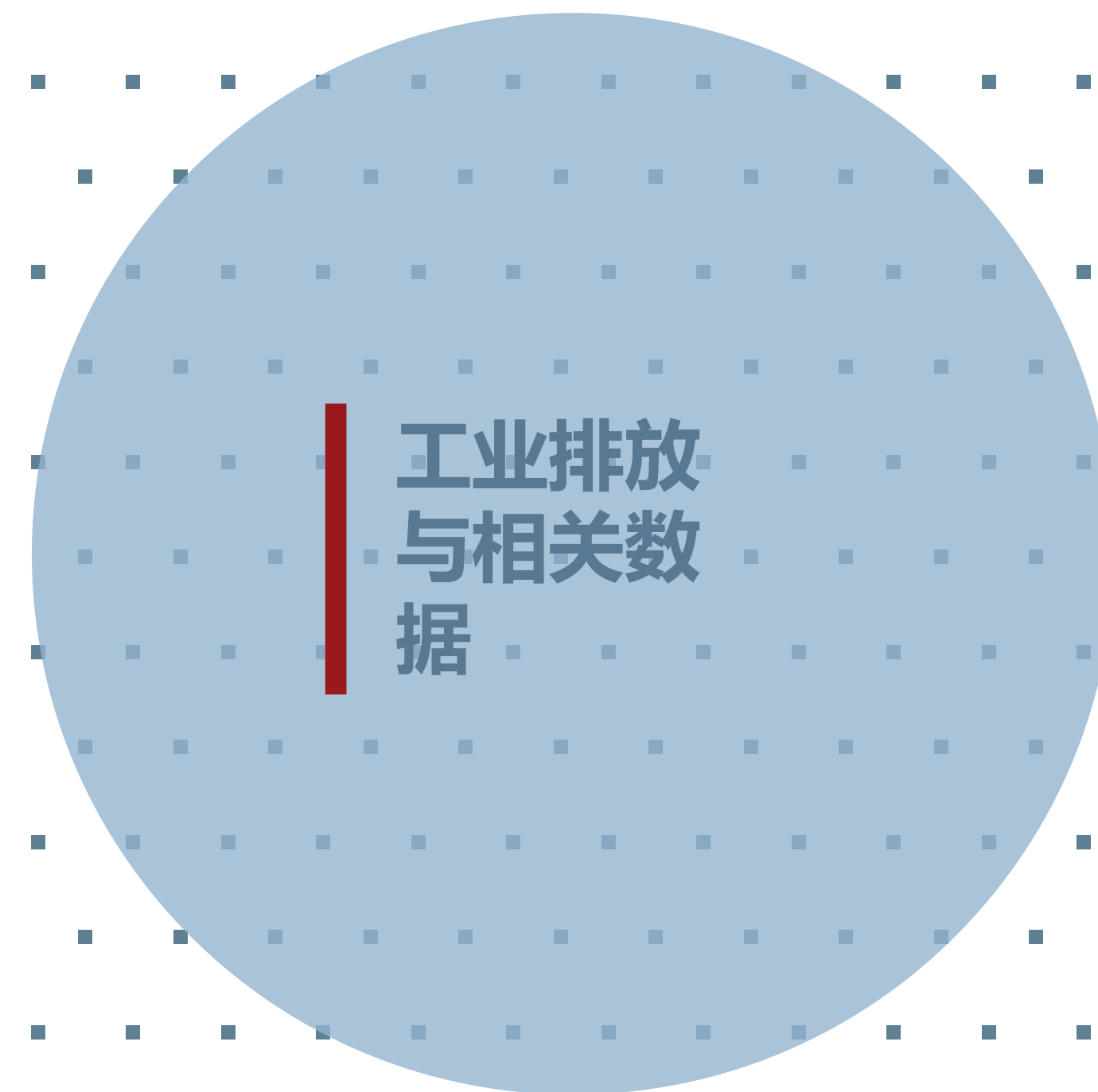


CO₂ 排放报告



目录

工业排放与相关数据

目录

前言

不锈钢基本特征

CO₂排放量

使用过寿命超过110年的结构中合金的

CO₂生产与排放情况

生命周期排放

总结

参考文献及资源

关于世界不锈钢协会

联系方式

免责声明

图片1 1950-2023年全球不锈钢产量

表格1 不锈钢的平均使用寿命

图片2 2019年不锈钢的全生命周期

表格2 CO₂排放强度数据；2022生产年度

图片3 基于废钢生产系统的CO₂实际排放量和NPI生产系统计算的CO₂排放量

图片4 使用寿命超过110年的结构中合金的排放量

图片5 水瓶在20年使用期间的生命周期排放量

前言

2024年9月

与其他主要工业一样，不锈钢工业持续地致力于逐年减少运营中的CO₂排放量。由于固废工业的改进升级，不锈钢工业CO₂直接排放量（称为来源1）和间接排放量（称为来源2）已在过去十年中稳步减少。

为了解与不锈钢生产相关的CO₂排放情况，应注意在不锈钢工业中，主要有两个常用的生产系统，即：

- 基于废钢的生产系统：即使用的原料大部分是不锈钢废钢或类似的合金材料，这些材料被回收用以生产新的不

锈钢。该生产系统适用于报废物以及废钢丰富的地区。

- 基于镍生铁（NPI）的生产系统：即不锈钢生产所需的镍主要来自从镍矿中提取生产的镍生铁，而不是不锈钢废钢。该生产系统主要（但不限于）适用于目前不锈钢废钢资源贫乏的地区。镍生铁通常也被称为镍-铁。

目前，世界上不存在某个地区有足够的“优质”不锈钢废钢允许基于废钢的生产系统单独存在，并且这种情况很可能在未来几十年内不会发生改观。

本文件目的是理清不锈钢生产中存在哪些排放以及它们的来源。因此，我们量化了下列三种来源的CO₂排放量。

- 来源1：此类排放是指企业所有或企业控制的排放源产生的直接排放（如上所述）。
- 来源2：此类排放是指企业购买的电力、蒸汽、供暖和制冷产生的间接排放（如上所述）。
- 来源3：此类排放是指与矿石的提取、制备和运输以及铁合金的后续生产、运输相关的排放，包括这些过程中所需的电力。

特别说明；不锈钢生产商当前没有与镍矿开采和后续镍生铁生产相关的排放数据。这种情况是当前某些国家法律规定的披露限制所导致。因此，基于一些产业研究机构的可用数据，本文将在随后的报告中仅提供一些“指示性的参考数据”。

上述三个来源使我们能够从摇篮（原料）到大门（成品）了解不锈钢工业的CO₂排放情况。

不锈钢基本特征

不锈钢作为专用术语，是指一系列含铬量至少为10.5%且用途极其广泛的金属家族。铬对于实现金属的“不锈”（或耐腐蚀）特性至关重要，其他合金元素（如镍、钼和铜）则可以为不锈钢提供优良的机械和物理性能。

不锈钢应用广泛，从家用餐具到化工行业的反应槽罐不一而足。不锈钢不仅具有耐腐蚀性和耐锈蚀性，还具有低维护和100%可再循环利用的特点，因此对很多应用领域来说是一种理想的基础材料。不锈钢的机械性能使其能够在铁路、地铁、隧道以及桥梁等建筑和关键设施上广泛应用。由于不锈钢清洁方便，而且具有优秀的卫生属性，食品贮藏罐和运输车辆往往也使用不锈钢制成。

不锈钢不仅可以通过蒸汽清洁、消毒，而且不需要额外的处理，因此也促进了不锈钢在商用厨房和食品加工厂的使用。

对于不锈钢行业而言，废钢本身具有高的价值。唯一的限制性因素是废钢的供应能力，尤其是在新兴国家。不锈钢的耐久性限制了废钢的供应能力。例如，当不锈钢被用于建筑物时，它会在建筑物里存在多年，直至建筑物被拆除，它才能被重复利用。

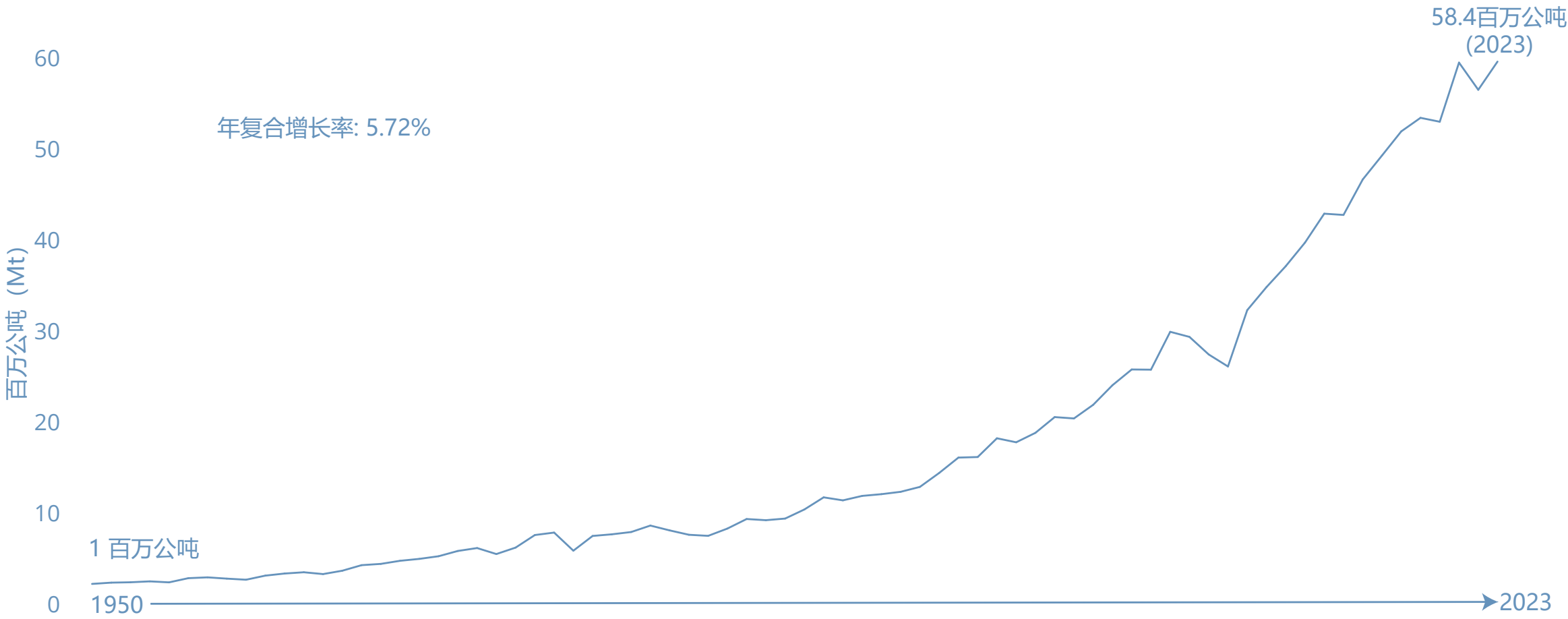
不锈钢可以100%循环利用，是循环利用率最高的材料之一。据估计，至少95%的不锈钢在其寿命结束时可以被回收（见表1）。

根据不锈钢废钢的类型、区位和数量，通过EAF(电炉炼钢)路线生产具有经济优势。同时，不锈钢的回收系统非常高效，不需要任何补贴。

过去20年间，全球共生产了约8亿吨不锈钢（世界不锈钢协会，2024年）。在此期间，全球不锈钢年产量从2500万吨升至5800万吨（如图1所示）。不锈钢已成为全球消费量增长速度最快的成形材料（世界不锈钢协会，2024年）。不锈钢的特性，例如100 %循环利用性、重复利用性、耐久性、耐腐蚀、极低维护性以及产品安全性等，正是导致其消费量出现如此惊人增长的部分原因。



图片 1 1950-2023年全球不锈钢产量
数据来源：世界不锈钢协会, 2024



表格 1 不锈钢的平均使用寿命
数据来源：KIT和不锈钢团体, 2022

应用领域	平均使用寿命 (年)	主要更换原因
建筑&基础设施	50	组合材料的失效
乘用车	14	现代化趋势与营销
其它运输方式	30	组合材料的失效
工业机械	25	组合材料的失效
家用电器	15	时尚与营销
金属制品	15	现代化趋势

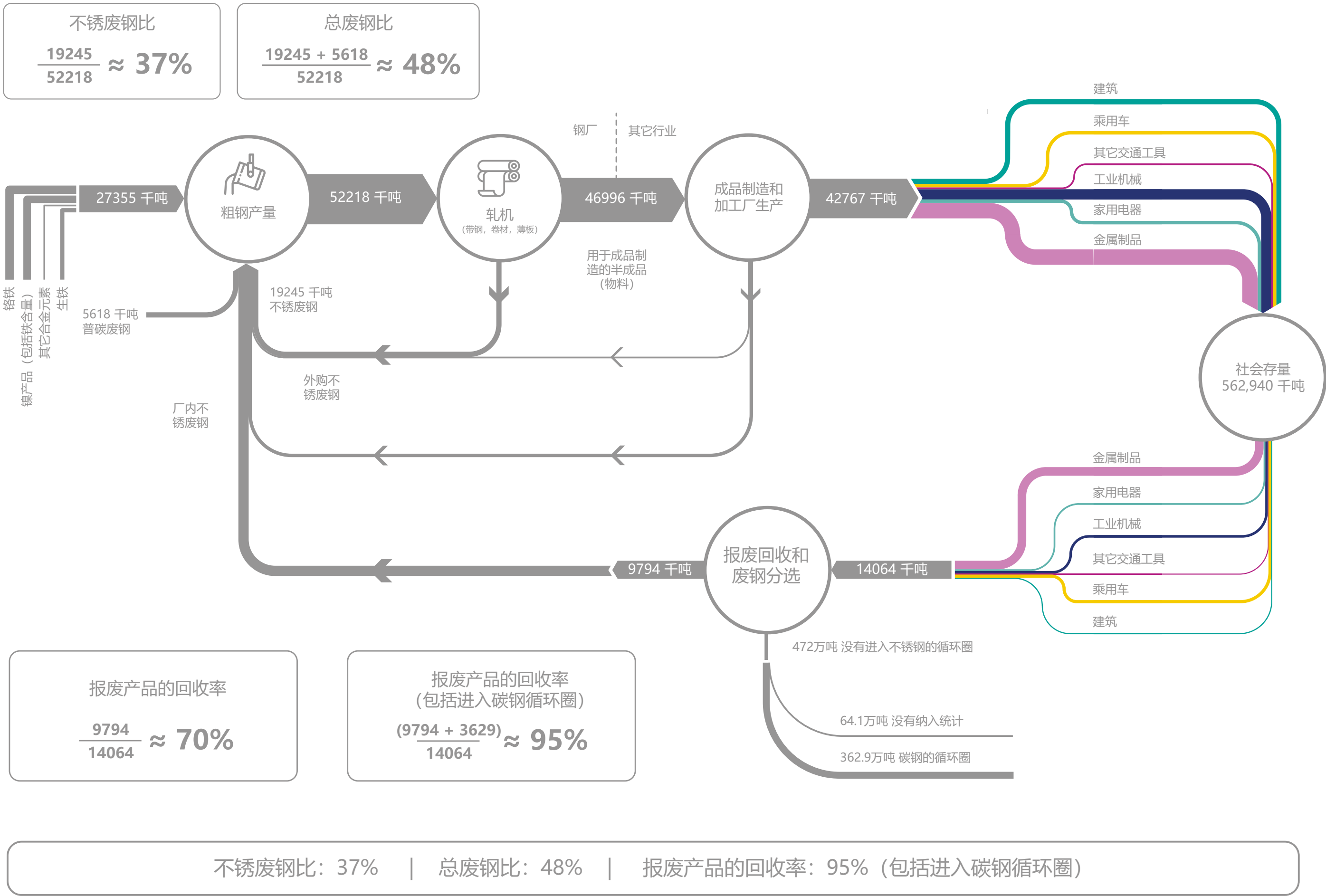
图2展示了与废钢产生和使用相关的不锈钢生产流程。根据最近完成的KIT库存和流向研究，95%的不锈钢废钢被收集并回收。在每年收集的不锈钢废钢中，74%被直接再利用来制造新的不锈钢，21%被再利用来生产新的碳钢和低合金钢。

全球范围内，几乎50%的不锈钢原料是废钢（不锈钢和碳钢废料），其他原材料约占不锈钢生产原料的50%。KIT（2022）进行的研究还在六个主要应用领域提供了不锈钢产品全生命周期的关键估算（见表1）。

图片 2 2019年不锈钢的全生命周期。
该图显示了不锈钢的全生命周期，从原材料的输入、到炼钢、再到各种终端行业的产品制造。它还演示了用来制造新不锈钢或碳钢的不锈钢废钢流向。

数据基于COVID扰乱全球制造业之前的2019年。

来源：KIT和不锈钢团队, 2022



CO₂排放量

在过去的几十年里，二氧化碳的排放已经成为我们社会关注的焦点。这直接促进了新环境政策的制定，用以管控和测量CO₂排放情况。不锈钢行业和其他行业一样，需量化并报道其CO₂生产排放性能。

世界不锈钢协会最近主导的可持续研究项目（2007年-2024年）表明，不锈钢生产和使用的排放量普遍较低。然而，为了明确量化不锈钢生产过程中的CO₂排放情况，我们将从先前定义的来源1、来源2和来源3三个方面来确定CO₂的排放量。

需要提醒读者注意的是，对于以废钢（废钢比）为基础的生产企业而言，这里提供的排放数据具有高度代表性。对

于使用镍生铁的生产企业，这里计算的数据仅具参考性。

排放来源1

目前基于废钢的生产商平均每生产1吨不锈钢产生0.41吨的CO₂。85%的生产商吨钢CO₂排放量（正态分布）位于0.20至0.50吨的范围内。2012年，平均每生产1吨不锈钢的二氧化碳排放量为0.43吨。

排放来源2

目前基于废钢的生产商平均每生产1吨不锈钢产生0.39吨CO₂。与2023年报告的平均值0.45相比，这一数据有所下降。区域能源网组合的变化对排放来源2产生了积极影响，因此该数字已开始低

于历史水平。

排放来源3

排放来源3不能以相同的方式定义。众所周知，废钢比（不锈钢废钢和低合金废钢）与来源3的排放量之间存在线性关系。废钢比越高，来源3的排放量越低。

此外，该数据仅涵盖废钢比（也称为废钢占比）为40%至97%之间的范围，该范围内来源3的排放情况如下：



- 50%废钢比：生产每吨不锈钢排放2.90吨CO₂
- 75%废钢比：生产每吨不锈钢排放1.65吨CO₂
- 85%废钢比：生产每吨不锈钢排放1.15吨CO₂

以75%的废钢比作为合理的基于废钢

的生产系统参考值，很明显来源3的排放量占不锈钢从摇篮到大门生产总排放量的66%。

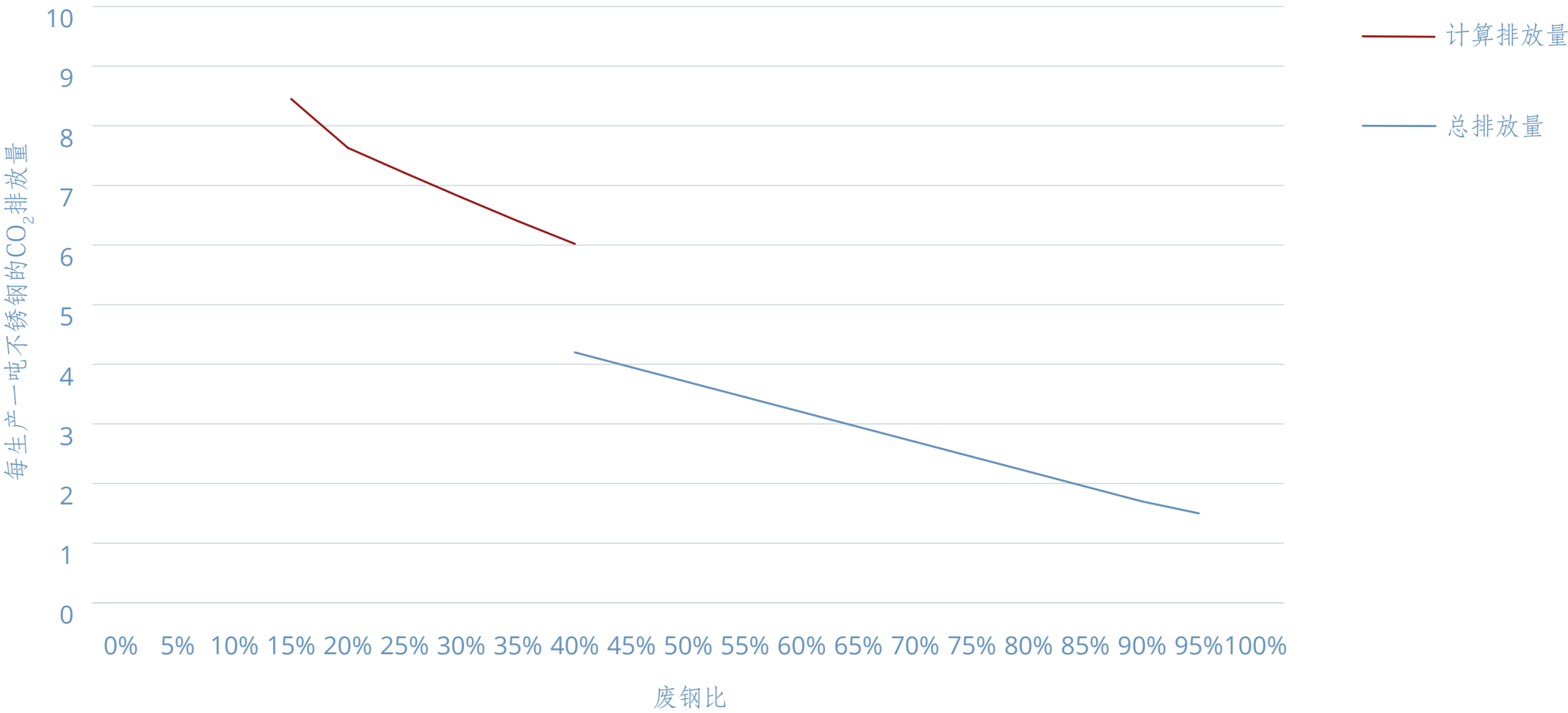
CO₂排放量与小于40%的废钢比之间不再存在线性关系。因为该值处于普遍采用NPI生产系统的范围内。NPI生产目前产生的平均排放量（按地理来源指定）为每吨镍60至85吨CO₂。这意味

着，如果NPI用于生产含镍8%的不锈钢，则每生产1吨不锈钢，与该系统相关的来源3的排放量（与40%的废钢比相比）通常将高至4.0-6.0吨CO₂。

注意；为便于比较，基于40%的废钢比且不使用NPI的生产系统，每生产1吨不锈钢的来源3排放量为2.80吨CO₂。

CO₂排放情况汇总如表2所示。

图片 3 基于废钢生产系统的CO₂实际排放量和NPI生产系统计算的CO₂排放量
数据来源：世界不锈钢协会，2024



表格 2 CO₂排放强度数据；2022生产年度
资料来源：世界不锈钢协会, 2024. 世界钢铁协会

图例：
来源1=直接排放，如：天然气、重油和轻质油
来源2=电力和蒸汽排放
来源3=原材料生产的上游排放，如：FeCr、FeNi和FeMo

	废钢比	CO ₂ 吨/每吨不锈钢	来源3排放占比
排放来源1		0.41	
排放来源2		0.39	
排放来源3	85 % 废钢	1.15	59 %
	75 % 废钢	1.65	67 %
	50 % 废钢	2.90	78 %
	30 % 废钢	6.00	88 %
CO ₂ 总排放量 CO ₂ 吨/每吨不锈钢	85 % 废钢	1.95	
	75 % 废钢	2.45	
	50 % 废钢	3.70	
	30 % 废钢	6.80	
碳钢的CO ₂ 排放量		1.91	

使用过寿命超过110年的结构中合金的CO₂生产与排放情况

图片 4 使用寿命超过110年的结构中合金的排放量
该数据根据世界不锈钢协会、世界钢铁协会和经济合作与发展组织（OECD）提供的材料和加工排放数据计算得出。

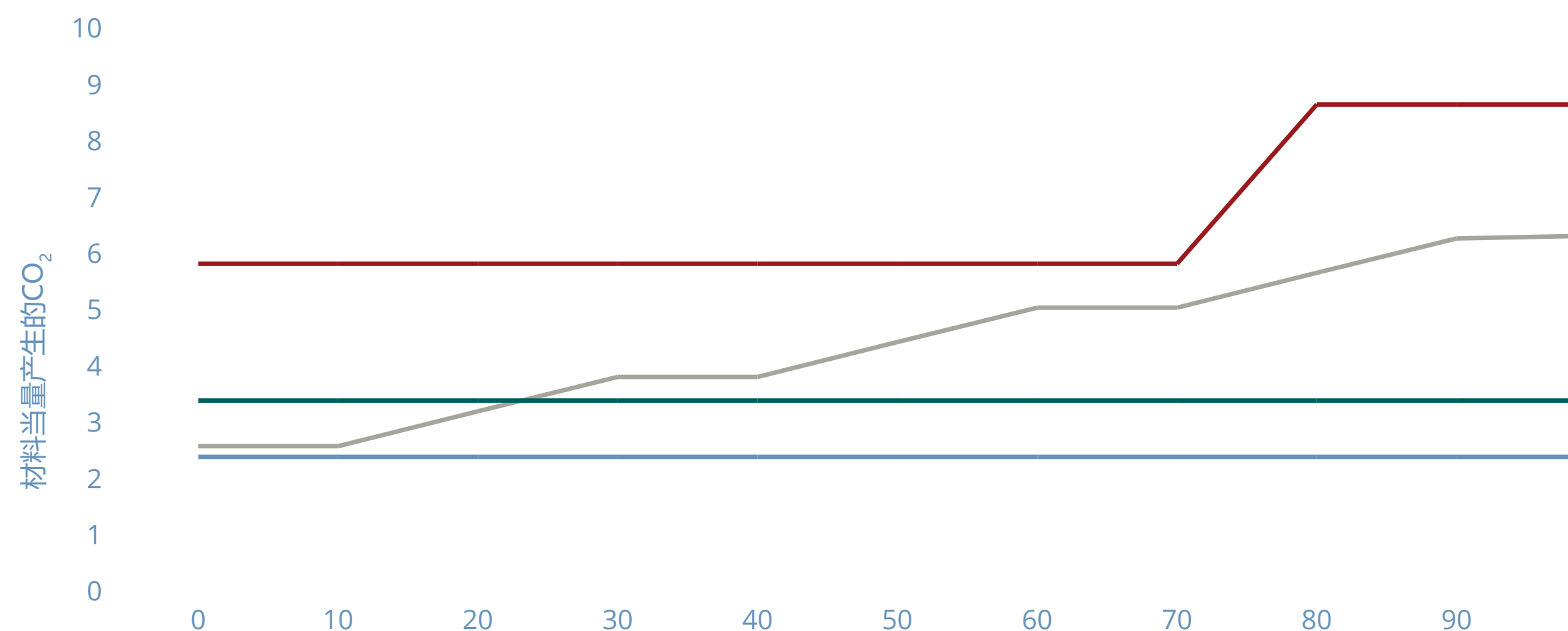


图4为不锈钢、碳钢和铝生产与维护的CO₂排放量。包括了两种不同类型的不锈钢，即废钢比为80%时生产的不锈钢1和废钢比为60%时生产的不锈钢2。

该数据包括每生产1吨材料排放的CO₂吨数（来源1+来源2+来源3）加上与定期维护需求相关的CO₂排放量。由于需要定期维护以抑制腐蚀，碳钢的CO₂排放量每10年增加一次。因为表面钝化膜的存在不需要定期维护，不锈钢和铝的CO₂排放不会增加。使用寿命超过110年的不锈钢情况尚不清楚，因为不锈钢行业目前刚刚有111年的历史。

CO₂排放数据和相关的回收率由行业提供。

铝的数据已调低，以反映铝的密度约为碳钢和不锈钢的三分之一。

生命周期排放

有些人认为，钢铁制品（包括不锈钢）是CO₂放量较高的材料。然而，我们必须质疑事实是否真的如此。

如前所述，不锈钢的生产过程中确实会排放一定量的CO₂。但是，不锈钢是一种可重复使用、耐用且耐腐蚀的材料，具有低维护需求和较长的使用寿命。

生命周期排放考虑了产品生命周期不同阶段的所有碳排放当量。此外，还需要确定在生命周期中每个阶段发生的频率。生命周期涵盖了不同的阶段，如材料生产、材料运输、加工、成品运输、安装、维护、更换和回收。

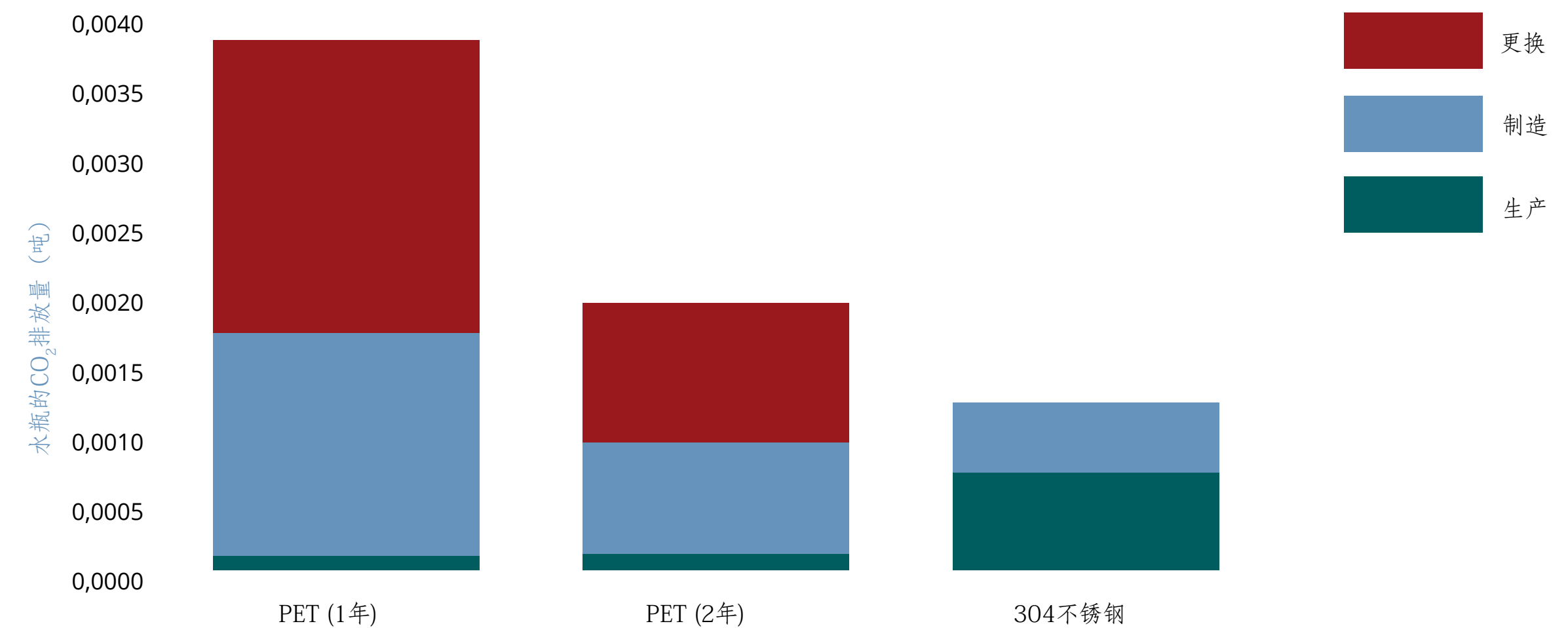
示例：水瓶的生命周期

塑料水瓶的平均使用寿命为1到2年。图5显示了不同材质的水瓶在20年使用期间的生命周期排放情况。材质分别为304不锈钢和PET（使用寿命为1到2年）。

虽然 304 不锈钢水瓶在材料生产过程中的CO₂排放量较高，但在后续过程中CO₂排放相对较低，使得总生命周期排放量最低。另一方面，PET塑料水瓶在材料生产过程中CO₂排放非常低，但在更换、材料处置以及目前有限的回收利用过程中CO₂的排放量却高得多。这是由于其使用寿命短，导致更换频率高产生的结果。

对于主要产品和装置而言，约 70% 的生命周期排放发生在使用或运行阶

图片 5：水瓶在20年使用期间的生命周期排放量
数据来源：世界不锈钢协会，2023



段。这些水瓶只是一个例子。因此，选择合适的材料至关重要。

根据不同材料的比较，不锈钢在生产过程中的排放量确实很高。但从整体来

看，不锈钢在生命周期排放方面是一种出色的材料。此外，随着废钢的利用和可再生能源的使用增加，未来不锈钢生产过程中的排放量有望进一步降低。

总结

公正地说，不锈钢的生产排放量（虽然相对较低）只是提供了部分有用的信息。当前有两个高水平的生产系统在发挥作用，这两个系统是满足全球不锈钢需求所必需的。在未来几年，随着NPI生产中更环保的技术得到更广泛的应用，与镍生铁（NPI）相关的生产排放量将逐步减少。

此外，与不锈钢相关的全生命周期排

放为可持续和适用材料的选用提供了一个不同的、更引人注目的视角。因此选择不会失效且不需大量维护或部分更换的材料，会带来不同且低得多的碳排放情况。

有关专注应用对比的材料可持续性建模信息，请联系info@worldstainless.org。



参考文献及资源

- Hiroyuki Fujii, Toshiyuki Nagaiwa, Haruhiko Kusuno and Staffan Malm, How to quantify the environmental profile of stainless steel. Paper presented by ISSF at the SETAC North America 26th Annual Meeting, November 2005.
- Julia Pflieger and Harald Florin, Life Cycle Inventory on Stainless Steel Production in the EU. PE International, 2009.
- Pascal Payet-Gaspard, Stainless Steel: Sustainability and Growth. Presentation at the CRU Conference, November 2009.
- LCI/LCA Study: The development of the life cycle inventory. PE International, 2008.
- 废钢调查. ISSF, 2008年.
- 世界钢铁研究: 世界钢铁LCI数据在回收率预测中的应用. 世界钢铁协会, 2008年.
- 生命周期评价研究中的钢铁回收率计算. 世界钢铁协会, 2009年.
- 2023年度不锈钢数据统计. 世界不锈钢协会.
- NPI production emissions calculated from data supplied by Skarn Associates / Macquarie 2021
- 经济合作与发展组织(Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD).
- 不锈钢全球生命周期, KIT和不锈钢团体, 2022



关于世界不锈钢协会

世界不锈钢协会是一个非营利性的研究和发展协会，成立于1996年，前身为国际不锈钢论坛。

其主要作用是承担并集中协调不锈钢行业在下列领域的有益工作：

- 促进工业与材料可持续性发展
- 促进节约资源并提倡循环经济
- 提供经济与行业领先统计数据
- 支持行业健康与安全需求发展
- 寻找标记市场发展与扩张机遇
- 维护不锈钢行业品牌声誉定位
- 教育普及不锈钢材料基础知识

联系方式

您可以通过以下电子邮件地址联系世界不锈钢协会团队：

info@worldstainless.org

免责声明

世界不锈钢协会承诺，所提供的信息在技术上是正确的。但是，对于因使用本手册中包含的信息而造成的损失、损害或伤害，世界不锈钢协会及其成员、员工和顾问明确表示不承担任何责任。

world stainless association

Avenue de Tervueren 270
1150 Brussels
Belgium

T: +32 (0) 2 702 89 00
F: +32 (0) 2 702 88 99
E: info@worldstainless.org

C413 Office Building
Beijing Lufthansa Center
50 Liangmaqiao Road
Chaoyang District
Beijing 100125
China

T : +86 10 6464 6733
F : +86 10 6468 0728
E : china@worldsteel.org

worldstainless.org

