

铂金精粹

报废汽车催化剂是回收供应的关键来源，但仅在铂族金属价格处于经济可行水平时才能实现

本期《铂金精粹》评估汽车行业铂族金属（PGM）回收价值链。近年来，汽车行业铂族金属回收供应量的价格弹性远超传统认知，这解释了2022至2024年间回收供应预测为何持续大幅低于实际值。2025年铂族金属价格上涨将支撑供应增长，但汽车行业的铂金回收量仍无法恢复至2021年峰值水平，我们预计该因素将持续加剧铂金市场短缺至2029年。

铂族金属本质上具备无限可回收性，这使其成为可持续循环经济的关键材料。自20世纪70年代汽车首次安装催化转换器以来，大量“在用”铂族金属已形成累积储量，理论上可支撑未来供应需求。全球立法确实有效促进了回收产业发展，而铂族金属行业已建立起成熟的回收供应体系。但实践中，我们认为1）报废催化剂的可回收量和2）回收汽车催化剂的经济激励将成为支撑铂族金属回收量的基础。值得注意的是，铂族金属回收供应的经济表现常被忽视，部分源于价值链不透明。市场参与者可能认为回收供应完全不受价格影响，因为废料精炼商能在价格周期中保持稳定利润。这种简化评估忽略了废车场和聚合商面临的不同价格传导机制——这些环节最终影响回收供应量。这种影响应与矿山供应风险共同考量。我们的分析表明回收供应具有价格弹性。2022至2024年，铂族金属一篮子价格下跌导致回收供应显著减少，造成预测值持续下调；反之，2019至2021年的铂族金属一篮子价格升高则推动汽车回收预测上调。

因此，在我们截至2029年的五年展望中，我们已将年度汽车行业的铂金回收供应预测下调2.05吨（-5%），钯金下调7.03吨（-7%）。但我们仍预计，从2024年到2029年，汽车行业的铂金和钯金回收供应量将分别实现3.3%和6.2%的年复合增长率（CAGR）。这一预测基于报废催化剂可回收量的增加以及今年以来一篮子金属价格的上涨。然而，由于汽车行业铂族金属回收供应具有价格弹性，钯金市场（回收经济中的主导金属）从2026年起将转为过剩，这可能会限制铂金回收供应的增长。因此，我们预计汽车行业的铂金回收供应量仅能恢复到报废车辆（ELV）曲线所隐含的可用供应量的90%（相比较2022至2024年为80%，2019至2021年为110%）。

Edward Sterck

研究总监

+44 203 696 8786

esterck@platinuminvestment.com

Wade Napier

分析师

+44 203 696 8774

wnapier@platinuminvestment.com

Kaitlin Fitzpatrick-Spacey

助理分析师

+44 203 696 8771

kfitzpatrick@platinuminvestment.com

Brendan Clifford

机构销售主管

+44 203 696 8778

bclifford@platinuminvestment.com

世界铂金投资协会

www.platinuminvestment.com

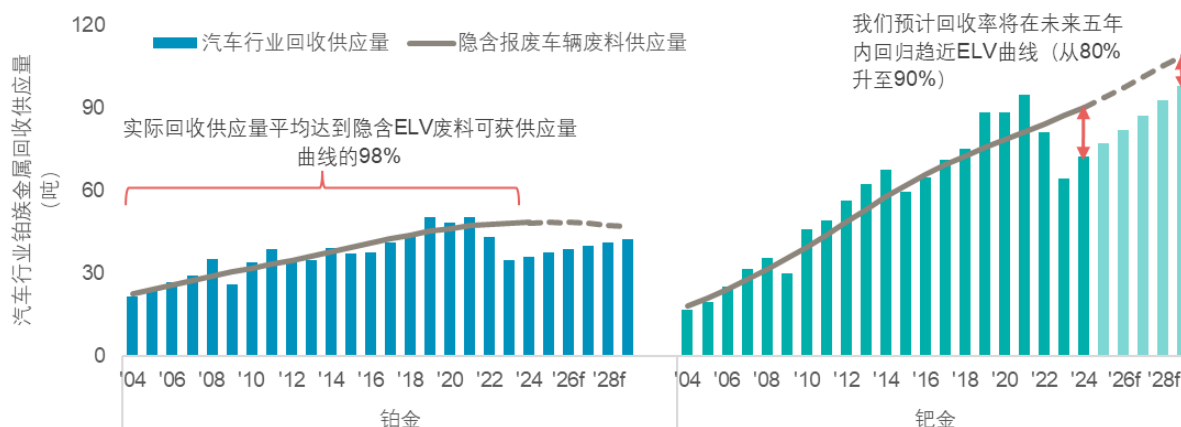
Foxglove House, 166 Piccadilly

London W1J 9EF

2025年8月20日

汽车行业的铂族金属回收供应具有价格弹性，从2022至2024年，铂族金属的低价抑制了回收供应。近期，铂族金属价格上涨改善了回收的经济性，但钯金预计将转向供应过剩，或对整体回收供应增长形成制约。

图1 铂族金属汽车回收供应量预计将呈上升趋势



来源：庄信万丰（2004-2012）、SFA（牛津）（2013-2018）、金属聚焦（2019-2025预测）、WPIC研究

目录

简介 2

废旧汽车催化剂的回收 2

废旧汽车催化剂的回收 4

与报废曲线的偏差 6

回收的驱动因素是什么？ 8

汽车行业铂族金属供应的未来 15

简介

回收是铂族金属（PGM）供应的核心组成部分，在截至 2024 年的五年期间，其占铂金总供应量的平均比例达 24%。铂金及其姐妹铂族金属的物理化学可回收性极高，而废料收集系统的效率是回收率的主要限制因素。值得注意的是，铂族金属在回收后仍能保持其功能特性，这意味着回收金属在终端应用中可与开采金属互换。这使得铂族金属能够在循环经济和可持续设计实践中发挥重要作用。此外，由于自 2015 年以来，初级 3E（铂、钯、铑）金属的供应量以-0.7%的年复合增长率下降，随着已开发经济矿山储量的枯竭，铂族金属的可回收性对整体铂金供应日益关键。

汽车行业铂族金属回收供应具有价格弹性，而且 2023 年和 2024 年的价格低迷拖累了回收量。

回收供应总量包括汽车领域回收供应（来自报废车辆催化转换器的铂族金属回收）、首饰领域回收和工业领域回收（来自开环应用，主要是电子产品）。汽车领域的回收占铂族金属回收供应总量的四分之三至 84%，具体取决于金属种类。

本研究将深入分析铂、钯、铑三种金属在汽车行业铂族金属回收中的关键环节。我们的分析表明，健康发展的回收行业需具备两大关键要素：

- 1) 报废催化剂的可回收量，以及
- 2) 催化剂回收的经济激励

有一种普遍存的误解，认为汽车行业的铂族金属回收与价格无关。我们发现，回收盈利能力以及回收供应量实际上与价格高度挂钩。然而，这种关联性发生在回收价值链的上游（即废车场），由于大多数公开财务报告都来自下游（即加工和精炼环节），因此更难追踪。我们认为，汽车行业的铂族金属回收供应具有合理的价格弹性，而 2022 年至 2024 年较低的铂族金属价格很可能抑制了回收量。

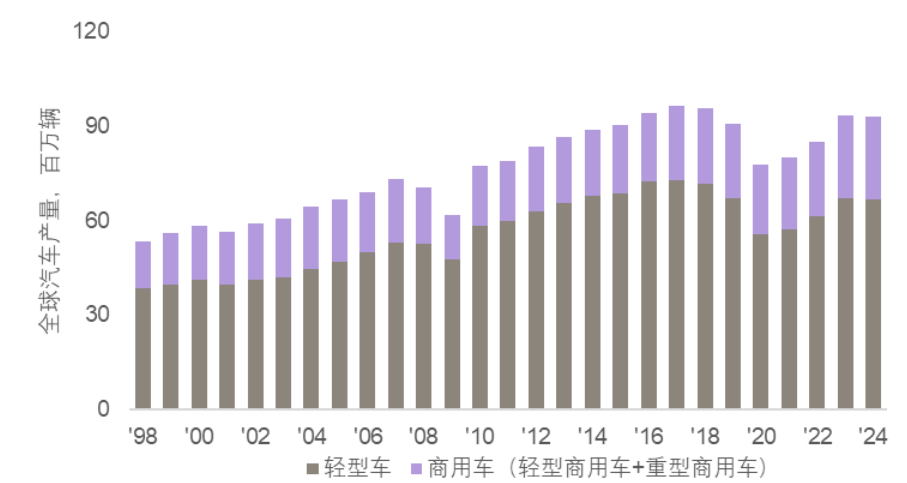
展望未来，随着报废催化剂供应状况的改善，汽车行业的铂金与钯金可回收量有望提升。但若 2025 年第二季度以来的铂族金属价格上涨态势无法持续，这一复苏进程或将面临下行风险。

废旧汽车催化剂的回收

排放法规最初于 1966 年在美国加利福尼亚州实施，旨在应对大都市地区日益严重的雾霾问题。催化转换器（或称汽车催化剂）是一项关键技术突破，使车辆得以符合排放法规要求。绝大多数汽车排放控制技术基于铂族金属——主要是铂、钯和铑——因其催化特性能够有效减少一氧化碳（CO）、氮氧化物（NOx）和未燃碳氢化合物（HC）等有害污染物。

汽车行业对铂族金属的需求根本上取决年度汽车产量以及催化剂载量（即每辆车催化剂中铂族金属的质量）。过去 25 年间，全球汽车产量，包括轻型商用车和重型商用车，以约 2%的年复合增长率增长至 9300 万辆（图 2）。

图 2 全球汽车产量增长助推汽车行业铂族金属需求上升

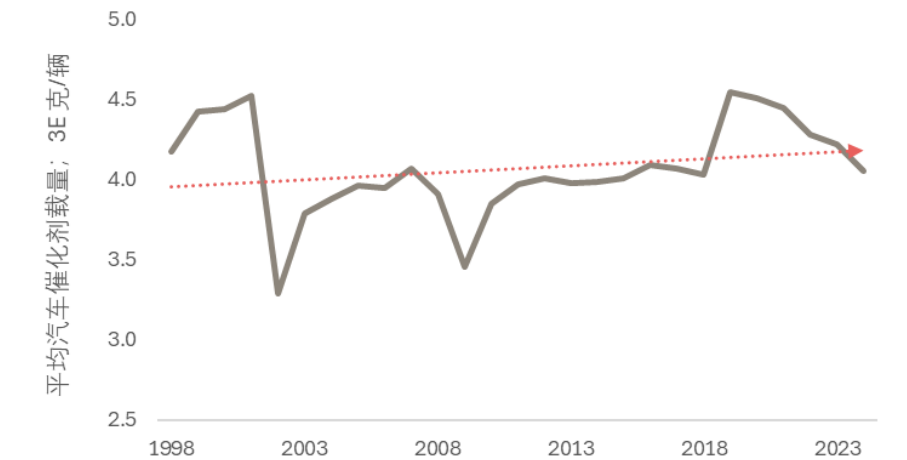


汽车领域的铂族金属需求从根本上受到年度汽车产量和催化剂载量的支撑。

来源：国际汽车制造商组织（OICA）、WPIC 研究

伴随全球汽车产量增长，日益严格的排放法规已推动单车铂族金属载量整体上升（图 3）。然而，车辆的金属载量呈现周期性特征：新法规实施初期载量上升，随后因减量化措施（即通过优化冶金设计降低金属用量，同时满足排放参数）而下降。

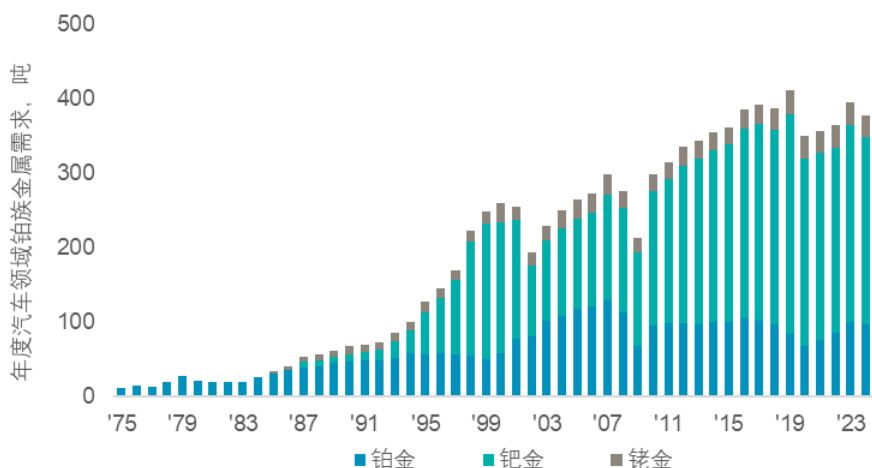
图 3 尽管排放法规收紧周期通常先提振催化剂载量，随后出现技术驱动的减量化，但整体而言催化剂载量的上升持续支撑汽车行业铂族金属需求增长



来源：WPIC 研究

汽车产量增长与催化剂载量提升的共同作用，使汽车行业铂族金属需求从 2000 年的约 186.62 吨增至 2024 年的约 373.24 吨（3E），实现需求翻倍（图 4）。平均而言，汽车行业约占铂金年需求的 35%，占钯金和铑金年需求的 80% 以上。

图4 汽车催化剂于1970年代开始安装到车辆，源于空气质量恶化及排放法规的出台



来源：庄信万丰（1975-2012）、SFA（牛津）（2013-2018）、金属聚焦（2019-2024）、WPIC 研究

废旧汽车催化剂的回收

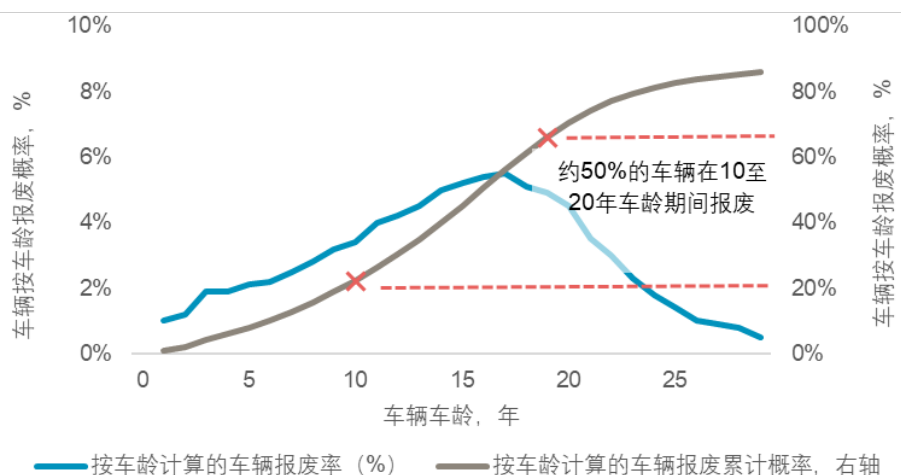
回收时间线

铂族金属具有高度可回收性，通过从报废车辆中回收废旧催化剂实现。若采用火法和/或湿法冶金等正确工艺，回收率远超 95%。然而，在回收商能够处理废旧催化剂之前，车辆需要先被送入废车场。

当维护或恢复车辆适驾性的经济成本高于直接置换时，车辆即达到报废状态。通常，随着车辆使用和老化，磨损积累会导致维护需求增加，进而提高报废概率。车龄在 10 年至 20 年之间的车辆报废概率最高，约半数车辆在此阶段被报废。若发生严重事故，即使新车型也可能被判定报废。

凭借数十年的历史数据，市场参与者开发了报废曲线，用于预测车辆在其使用寿命中每一年的报废概率。随着车龄增长，车辆报废的累计概率逐渐上升（图 5）。通过将报废曲线中的适用概率与各年份的历史汽车销量相结合，可大致估算出每年的车辆报废数量。这一信息极具价值，因为它能让新车制造商明确替代用途的车辆生产数量，并为售后市场提供关于零部件储备量和储备周期的关键参考。。

图5 美国乘用车累计生存概率分布（2003 年、2011 年与 2019 年）



来源：《美国轻型车辆报废与生存趋势统计估算》（DL. Greene, B Leard 著）、WPIC 研究

在汽车催化剂领域使用铂族金属超过五十年的历史，使得汽车催化剂回收，或称“城市采矿”，成为未来金属供应的重要支撑。

乘用车最有可能在使用 10 至 20 年后进入报废阶段。

由于报废曲线可估算不同车型年份车辆的报废概率分布，因此能够对应报废车辆所遵循的排放法规，进而推断这些车辆催化剂中可能的铂族金属载量。由此可见，报废曲线在功能上也有助于计算汽车行业铂族金属回收供应的理论可回收量。

为简化理论回收汽车行业铂族金属供应量的计算，可采用报废曲线与适用的历史汽车铂族金属需求数据进行匹配测算。如图 6 所示，我们通过将过去 25 年每年汽车需求量的累计总量乘以对应的报废概率，估算出理论可回收 3E（铂、钯、铑）铂族金属供应量为 251.94 吨。

图 6 美国乘用车累计生存概率分布（2003、2011 与 2019 年）



来源：POLK、WPIC 研究

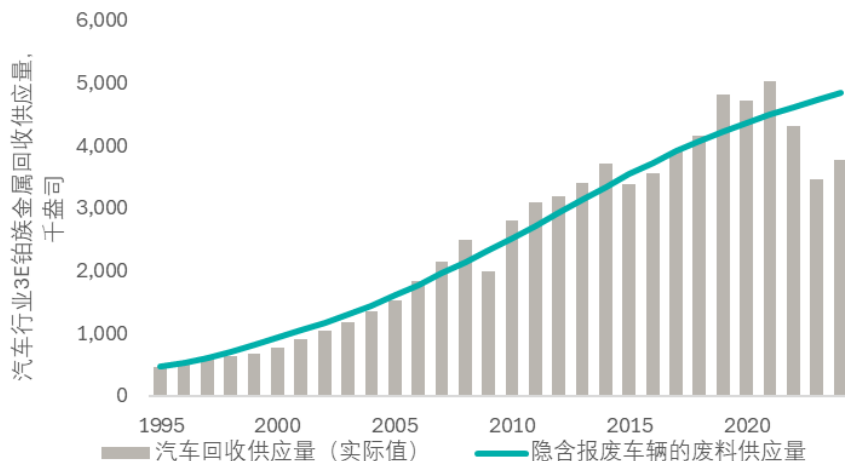
需要注意的是，并非所有理论可用的铂族金属（通过报废曲线确定）都会进入回收价值链。预测回收汽车行业铂族金属供应量需调整以下因素：

- **在用损耗（LIU）：**在汽车催化器的使用寿命内，物理磨损可能导致含铂族金属基底材料的微量损失（这些损失随着催化剂设计的改进而持续减少），我们估计这会使回收率降低 5%。
- **出口：**汽车行业以全球贸易为基础。贸易主要涉及新零部件和车辆，但也存在显著的二手车贸易——通常从发达市场流向新兴市场，因为后者往往难以负担得起新车。非洲或南美等进口二手车的地区通常缺乏必要的大规模回收铂族金属的基础设施。我们估计约有 25% 的车辆被出口至缺乏正规回收体系的地区。
- **催化剂附着率：**部分报废车辆未安装汽车催化剂，或催化剂被无意中送往垃圾填埋场。世界铂金投资协会（WPIC）估算，有 75% 的报废车辆安装了催化剂。
- **回收损耗：**在对废旧汽车催化剂进行脱罐、熔炼和精炼过程中，会产生低个位数的铂族金属损耗（约 3-5%）。
- **其他废料来源包含：**车辆使用寿命期内因维护修理（以及替换被盗催化转换器）产生的售后零件，会额外增加催化剂处理量和总回收量（约 15%）。

除上述因素外，还需考虑回收领域存在显著的区域差异——例如，日本相对于北美等市场而言，其二手车出口规模更为庞大。因此，可在上述因素基础上引入地域修正系数，以精确计算报废车辆的实际废料总量。鉴于本报告旨在提供行业教育参考，我们选择以全球汇总层面呈现相关概念。综合来看，根据报废曲线（回收系数）得出的理论汽车行业铂族金属回收供应量需进行约 40% 至 45% 的下调。通过 1995 年以来实际汽车行业铂族金属回收供应量与预测值的回溯校验表明，实际供应量达到预测隐含报废车（ELV）供应量的 98%（图 7），这证实了我们的回收系数的有效性。

尽管铂族金属具有高度可回收性，但理论回收率需根据实际情况进行调整（-40%至 45%），因为并非所有金属都能通过回收价值链实现回收。

图 7 历史上汽车行业铂族金属的回收供应量（实际统计值）约为经损耗因素调整的报废车辆（ELV）报废曲线估算值的 98%



自 1995 年以来，报废车辆（ELV）废料隐含回收率平均达到已统计汽车行业铂族金属回收供应量的 98%。

来源：POLK、庄信万丰（1995-2012 年）、SFA（牛津）（2013-2018 年）、金属聚焦（2019-2024 年）、WPIC 研究

与报废曲线的偏差

过去三十年间，汽车行业铂族金属回收供应量总体上与报废车辆（ELV）曲线隐含的废料供应量高度吻合。然而，2019 年至 2024 年期间，实际供应量与隐含供应量之间的偏差明显扩大。虽然我们已经用报废曲线解释了回收理论，但在实践中，如果存在以下冲击：1) 废旧汽车催化剂的实物供应和 2) 回收的经济激励，汽车行业铂族金属的回收可能会偏离预期。

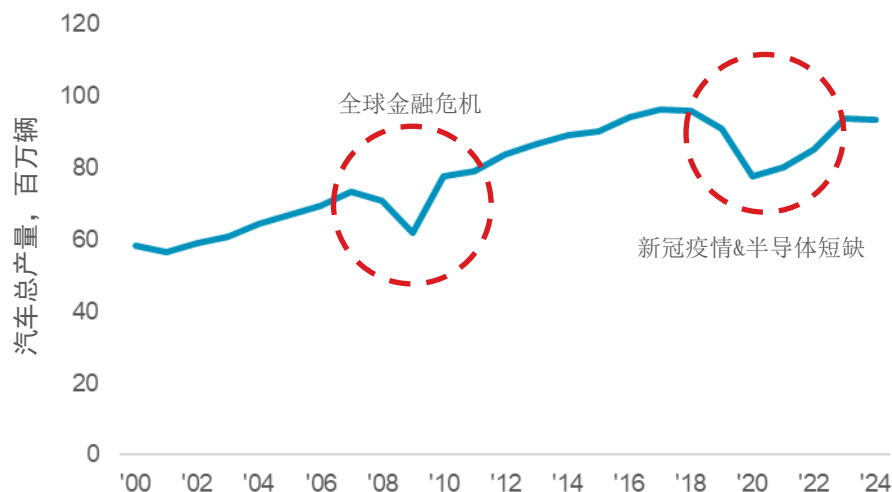
实物供应冲击：

我们已阐释报废曲线如何预测车辆达到报废状态的概率。报废曲线基于历史数据，因此会低估新车市场的趋势变化。然而，车辆报废、二手车市场与新车市场并非严格独立，近期历史上两次市场间相互作用影响铂族金属回收的案例分别是全球金融危机（GFC）和新冠疫情期间。

在全球金融危机和新冠疫情期间，新车需求暴跌（图 8），经济不确定性导致消费者对新车等大额支出持谨慎态度。此外，疫情期间的封锁及随后兴起的居家办公趋势降低了年均行驶里程，延缓了车辆折旧。经济谨慎情绪与出行减少的共同结果是：消费者延长现有车辆使用时间，进而减少了可用于回收的二手车供应。另一方面，汽车制造商高估了疫情导致的新车需求下滑程度，削减了半导体订单，这些产能随后转向其他领域（主要是消费电子）。当制造商试图响应高于预期的需求时，却发现无法获得足够半导体，这进一步限制了新车产量，并加剧了消费者推迟报废决策的趋势。受新车短缺影响，二手车价格涨幅高达 50%。

新车供应减少对二手车市场及报废经济体系产生连锁影响。

图8 新车市场冲击可能影响二手车回收供应链



来源：国际汽车制造商组织（OICA）、WPIC 研究

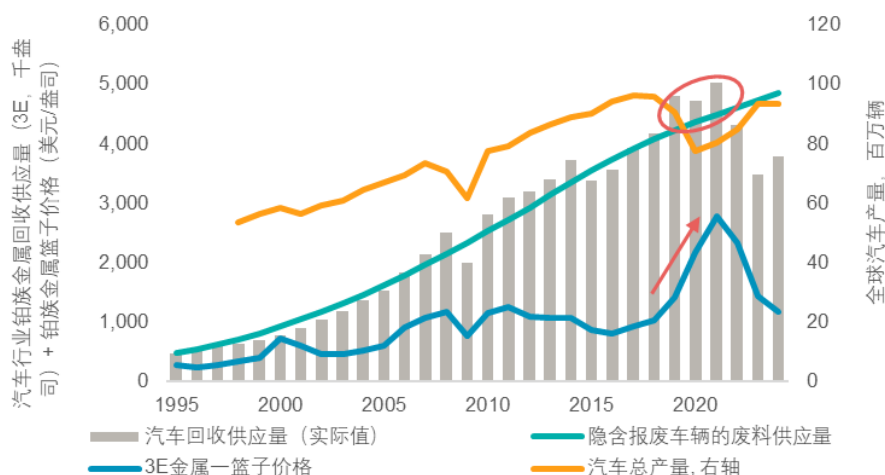
回收的经济激励：

报废曲线有助于预测特定年份中将进入废车场的废旧催化剂数量，但无法揭示实际回收这些催化剂是否具有经济吸引力。根据现行市场规律，汽车行业铂族金属回收量可能随铂族金属价格上涨而增加，或随价格下跌而减少。

值得注意的是，在 2019、2020 及 2021 年期间，汽车行业铂族金属回收供应量超出报废车辆曲线预测值平均达 10%。尽管新冠疫情抑制了报废车辆的实物供应，但钯金和铑金价格急剧上涨（图 9）显然提供了更强的经济激励来提升回收率。具有争议的是，废旧催化转化器的收购价格攀升，变相助长了在用催化转化器盗窃案的频发。

随着钯金和铑金价格从 2022 年开始回落，2022 年至 2024 年间汽车行业铂族金属回收供应量较报废车辆曲线预测值平均低于 18%。

图9 2019-2021 年，钯金与铑金价格高企支撑 3E 金属一篮子价格创纪录，为提升汽车回收率提供经济激励



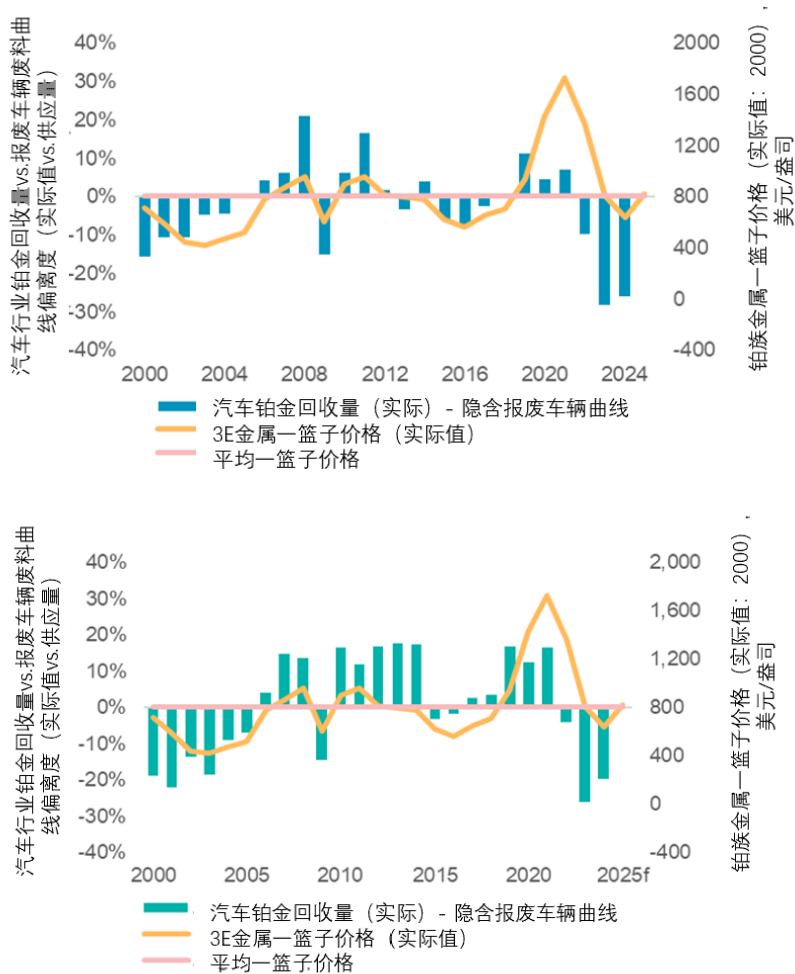
来源：国际汽车制造商组织（OICA）、彭博社、庄信万丰（1995-2012 年）、SFA（牛津）（2013-2018 年）、金属聚焦（2019-2024 年）、WPIC 研究

将实际汽车行业的铂金与钯金的回收供应量与其各自的报废车辆废料可回收量曲线（隐含值）进行对比，进一步印证了废料供应对价格的高度弹性（图 10）。总体而言，当实际篮子价格低于历史平均价格时，汽车行业铂族金属的回收供应量往往低于 ELV 报废曲线隐含的预期值。

钯金是汽车行业铂族金属回收的最大经济驱动因素。

汽车回收量对价格作出反应，且在铂族金属价格高企时期通常超过 ELV 曲线。

图 10 汽车行业回收量超出/低于（相对于隐含 ELV 曲线）的情况分别出现在铂族金属价格高于/低于平均水平的时期



来源：彭博社、WPIC 研究

回收的驱动因素是什么？

法规要求车辆进入正规报废体系可有效提升回收率。其他增加铂族金属回收供应的激励措施包括降低采购风险。车企可推动铂族金属供应链从初级矿开采向多元化转型，避免过度集中于南非、津巴布韦和俄罗斯等地缘政治风险较高的地区。此外，与采矿相比，铂族金属回收供应的碳足迹更低，且操作环境更安全。

尽管存在推动铂族金属回收的外部因素，但铂族金属价格显然是影响汽车和行业铂族金属回收供应的关键驱动力量。要理解为何铂族金属价格成为核心驱动因素，需深入分析汽车行业铂族金属回收价值链的运行机制。

实体价值链

回收价值链的结构总体上可通过以下关键环节概括：

1. **车辆报废**：报废车辆被送至废车场，拆解商将车辆分解为各个组件，包括废旧催化剂。
2. **收集与分拣**：聚合商从废车场收集催化剂，并按金属或陶瓷蜂窝载体（涂覆铂族金属催化剂的基底）进行分类。通过化验测定催化剂中铂族金属含量，为其在废车场的定价提供依据。
3. **脱罐**：去除汽车催化剂的外部金属壳体，获取含铂族金属的蜂窝载体。
4. **粉碎与取样**：将载体粉碎并研磨成细粉，确保进料一致性，随后取样化验测定铂族金属含量，为聚合商核定价值。

由于参与者众多，回收行业上游环节呈现高度分散格局，而熔炼与精炼环节则集中于少数企业。

5. **金属回收：**
 - a. **火法冶金：**将粉碎后的原料在通常超过 1200 摄氏度的炉中进行熔炼，以分离金属与非金属材料。
 - b. **湿法冶金：**常与熔炼工艺结合使用，用于浓缩金属原料并提高铂族金属回收率。该工艺利用化学浸出技术将各种底层铂族金属提取到溶液中。
6. **精炼：**指通过化学分离过程去除最终杂质，并将输入的铂族金属转化为最终产品形态（海绵体或盐类）。精炼过程包含一系列溶剂萃取、蒸发、沉淀和过滤工序。从回收原料中提炼出的精炼铂族金属与开采的铂族金属具有相同的物理化学特性，可在终端市场中互换使用。

交易价值链

在明确从报废车辆到回收铂族金属的实体价值链后，为理解为何汽车行业铂族金属回收供应具有价格弹性，我们需进一步分析回收价值链中的交易环节。最佳切入点是追踪最终产出目标，即从精炼商视角确定废旧催化剂中铂族金属的价值。

精炼商视角分析

我们的报废曲线表明，进入废车场的车辆平均车龄约为 12 至 16 年。根据当时的排放法规，这些车辆的铂族金属载量平均介于 2 至 6 克之间。在下表（图 11）中，我们指出：由于排放标准及相应载量的地区差异，单个汽车催化剂所含铂族金属的价值范围从中国的 85 美元到北美的 250 美元不等（暂不考虑催化剂内铂族金属金属组合差异），计算基于以下假设：

- 采用 2024 年铂族金属平均价格，以及
- 车辆生产年份为 2010 年（即车龄 14 年的车辆）

回收经济模式存在显著的地域性差异。

图 11 地域性排放法规与车辆偏好决定铂族金属载量，进而支撑废旧汽车催化剂的价值

		北美	欧洲	中国
平均载量（2010年车型）	克/车	5.8	5.4	2.2
铂金		1.3	2.7	0.2
钯金		4.0	2.3	1.9
铑金		0.6	0.4	0.1
所含金属价值（按2024年价格计算）	美元/催化剂	250	211	84
铂金	(957 美元/盎司)	39	84	5
钯金	(982 美元/盎司)	126	73	61
铑金	(4,640 美元/盎司)	85	54	18

来源：彭博社、WPIC 预估

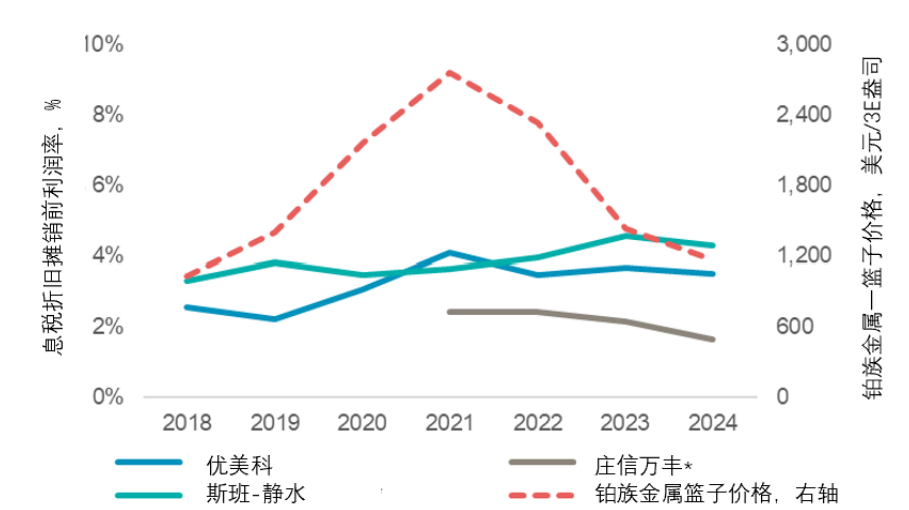
简而言之，汽车催化剂中所含金属的价值即代表铂族金属精炼商从聚合商处购买废料原料后可实现的收入。因此，通过从催化转换器所含金属价值进行逆向推导，可粗略估算出：

- 铂族金属冶炼/精炼商向聚合商支付该催化剂原料的价格，以及
- 聚合商可向废车场提出收购催化剂的盈亏平衡报价（即不亏损的最低报价）。值得注意的是，多家回收商提供移动应用程序，通过催化剂详细信息数据库（含铂族金属载量等参数）为废旧催化剂提供实时定价。

冶炼/精炼商向废料聚合商的报价机制：

二级铂族金属精炼商的商业模式在于赚取废旧催化剂原料采购价与精炼铂族金属销售价（通常按市场价格）之间的价差。此类业务利润率较低，价差需覆盖熔炼和精炼回收原料的大部分可控且已知的成本。精炼商通过对冲操作规避价格风险，从而能在铂族金属价格周期中锁定稳定利润（图 12）。

图 12 通过价格周期，熔炼和精炼回收的铂族金属可带来总体稳定的利润



来源：公司数据、彭博社、WPIC 研究，*庄信万丰报告为息税前利润率，**：斯班-静水仅经营汽车催化剂的熔炼业务

由于我们已知：1）精炼铂族金属按市场价格销售；2）精炼商能实现稳定利润，因此可推算出精炼商向聚合商支付的汽车催化剂原料价格约为所含铂族金属价值的 90%至 95%。

换言之，当铂族金属冶炼和精炼商（如庄信万丰或优美科）将采购的聚合废料记为成本时，实际的废料聚合商则将此交易记为收入（图 13）。

通过对冲操作，铂族金属精炼商能够在价格周期中维持稳定利润。

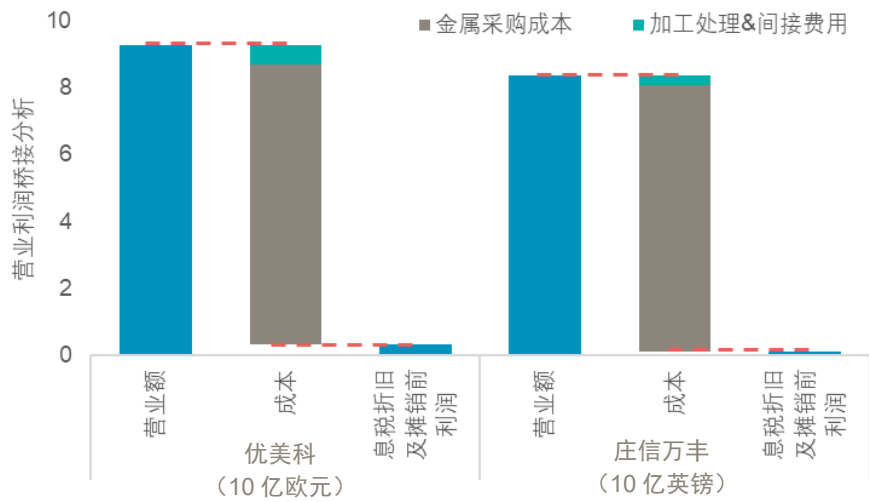
图 13 废料回收商销售的聚合汽车催化剂材料（经脱罐和粉碎处理）价格约为所含铂族金属价值的 90%

		北美	欧洲	中国
所含金属价值（按 2024 年价格计算）	美元/催化剂	250	211	84
加工损耗	%	2.0%	2.0%	2.0%
精炼商报价	%	92.5%	92.5%	92.5%
聚合商收入账款	美元/催化剂	227	191	76

来源：WPIC 研究

铂族金属回收与价格无关这一普遍误解，可以说源于价值链中的这一环节。碎片化的废料聚合行业缺乏公开的财务数据报告。相比之下，回收铂族金属的熔炼和精炼供应来自相对集中的市场参与者，包括庄信万丰、优美科、巴斯夫等企业。这些公司的回收业务部门通常在整个周期中报告稳定利润（图 12）。如前所述，精炼商的利润稳定性源于其约 90%的投入成本用于采购回收原料（图 14），这部分成本与市场价格挂钩，而未来售价则通过对冲锁定。

图 14 采购含铂族金属的回收原料是冶炼和精炼商成本构成中占比最高的部分



来源：公司数据、WPIC 研究

聚合商避免亏损的盈亏平衡价格分析：

与铂族金属精炼商不同，废料聚合商的加工及运营成本并非其总成本的象征性比例。我们估算，聚合商在向铂族金属精炼商销售前，用于收集、脱罐、粉碎及化验单个废旧催化剂的成本介于 90 至 200 美元之间（具体因地区而异）（图 15）。

聚合商为制备铂族金属回收催化剂原料所承担的成本主要为固定成本。这些成本独立于从废车场采购废旧催化剂的可变成本，即原料采购价之外叠加的刚性支出）。

图 15 废料聚合商需承担显著的固定成本，用于将废旧汽车催化剂处理至可最终销售给铂族金属冶炼和精炼商的状态

		北美	欧洲	中国
聚合商成本		193 + ?	167 + ?	89 + ?
加工成本	美元/催化剂	193	167	89
物流/装卸		100	80	50
取样		30	30	20
脱罐/粉碎		10	10	5
仓储		5	5	2
运营间接成本		15	15	5
融资/对冲成本		33	27	7
汽车催化剂采购价格	美元/催化剂	?	?	?

来源：WPIC 预估

由于聚合商从废车场采购催化剂的成本未知，为简化分析，我们将其称为盈亏平衡价格。该价格指聚合商在总成本不超过从铂族金属冶炼和精炼商处获得的原料销售收入时，能向废车场报出的废旧催化剂最高收购价。

综合分析（图 16）显示：2024 年期间，北美和欧洲地区的聚合商向废车场报出的盈亏平衡价格约为每个催化剂 30 美元。中国因历史铂族金属载量较低，同年盈亏平衡价格估计为负值。现实中，聚合商以盈利为目标运营，因此实际报价会低于盈亏平衡价格，这进一步压缩了从废旧催化剂中回收铂族金属的经济激励。

向铂族金属精炼商销售前，单个废旧催化剂的收集、脱罐、粉碎及化验成本估计为 90 至 200 美元。

2023 至 2024 年期间铂族金属价格低迷，导致废旧汽车催化剂中所含铂族金属价值低于回收成本。

图 16 低至负值的隐含盈亏平衡价格凸显汽车行业铂族金属回收价值链上游环节面临的资金限制

		北美	欧洲	中国
平均载量（2010年车型）	克/车	5.8	5.4	2.2
铂金		1.3	2.7	0.2
钯金		4.0	2.3	1.9
铑金		0.6	0.4	0.1
所含金属价值（按2024年价格计算）	美元/催化剂	250	211	84
铂金	(957 美元/盎司)	39	84	5
钯金	(982 美元/盎司)	126	73	61
铑金	(4,640 美元/盎司)	85	54	18
加工损耗	%	2.0%	2.0%	2.0%
精炼商报价	%	92.5%	92.5%	92.5%
聚合商收入账款	美元/催化剂	227	191	76
聚合商加工成本	美元/催化剂	(193)	(167)	(89)
物流		100	80	50
取样		30	30	20
脱罐/粉碎		10	10	5
仓储		5	5	2
运营间接成本		15	15	5
融资/对冲成本		33	27	7
隐含盈亏平衡点	美元/催化剂	34	24	-13

来源：WPIC 预估

若将上表数据调整为反映 2021 年的平均铂族金属价格（即最近一次周期峰值），则可凸显废车场对铂族金属价格的高度敏感性——鉴于聚合商隐含盈亏平衡报价较 2024 年水平高出约十倍（图 17）。

在车辆铂族金属载量较高地区回收更具吸引力。

图 17 聚合商可向废车场支付的隐含盈亏平衡价格与铂族金属价格高度关联

		北美	欧洲	中国
平均载量（2010年车型）	克/车	5.8	5.4	2.2
铂金		1.3	2.7	0.2
钯金		4.0	2.3	1.9
铑金		0.6	0.4	0.1
所含金属价值（按2024年价格计算）		719	509	231
铂金	(1,089 美元/盎司)	45	95	6
钯金	(2,392 美元/盎司)	307	178	148
铑金	(20,080 美元/盎司)	367	235	77
加工损耗	%	2%	2%	2%
精炼商报价	%	92.5%	92.5%	92.5%
聚合商收入账款	美元/催化剂	652	461	210
聚合商加工成本	美元/催化剂	(250)	(204)	(94)
物流		100	80	50
取样		30	30	20
脱罐/粉碎		10	10	5
仓储		5	5	2
运营间接成本		15	15	5
融资/对冲成本		90	64	12
隐含盈亏平衡点	美元/催化剂	402	257	116

来源：WPIC 预估

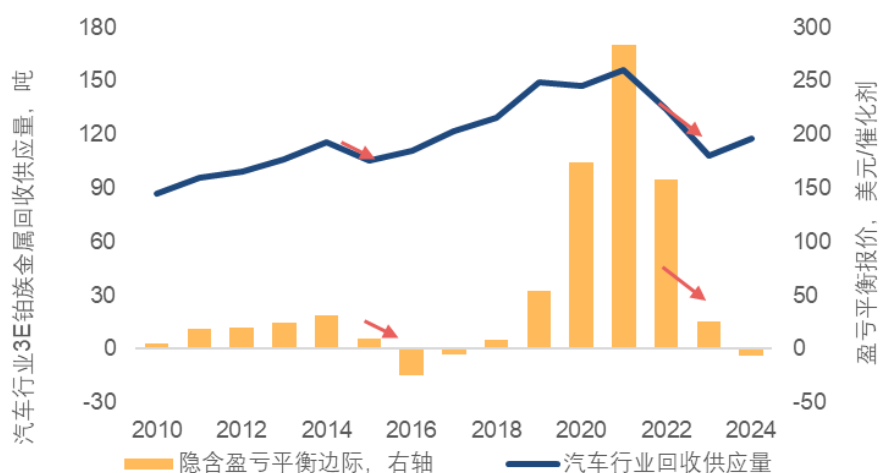
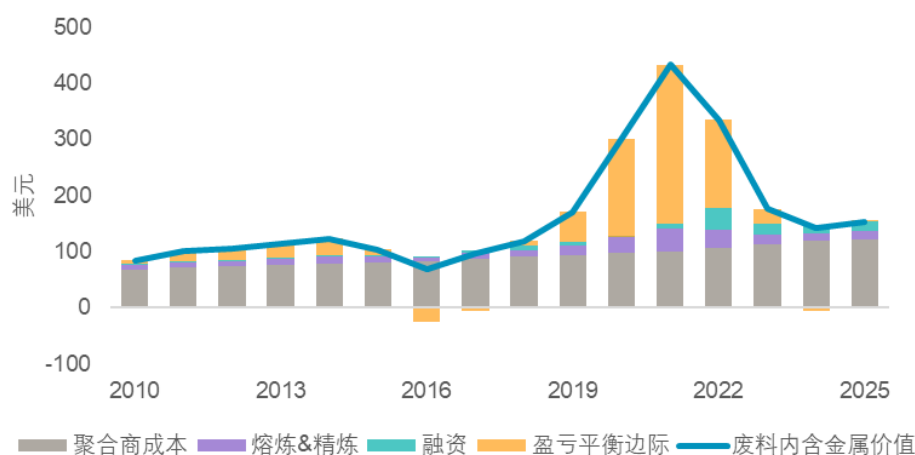
供应确实响应价格变化：

2012 年至 2024 年间，聚合商向废车场报价的大幅下跌可解释为何有报告称废车场正囤积废旧催化剂以期未来价格上涨。值得注意的是，废车场能够囤积催化剂是因为其收益来源多元化——车辆回收时从钢材、织物到废机油等所有材料均可产生收益。

我们估算，自 2010 年以来，汽车回收的盈亏平衡边际在 2010 年代中期以及 2023 年末至 2024 年期间曾多次转为负值（图 18-1）。将汽车行业 3E 铂族金属回收供应量（图 18-2）与隐含盈亏平衡边际对照可见，供应呈现一定价格弹性：铂族金属的回收供应量随盈亏平衡价格上升而增加，随其下降而减少。

废料场可能正在囤积废旧汽车催化剂（从而制约供应），期望铂族金属价格能重返 2020 至 2022 年水平。

图 18 采购含铂族金属的回收原料是冶炼和精炼商成本基础中占比最高的部分



随着聚合商盈亏平衡利润下降，汽车行业的铂族金属回收供应量已然减少。

来源：彭博社、WPIC 预估

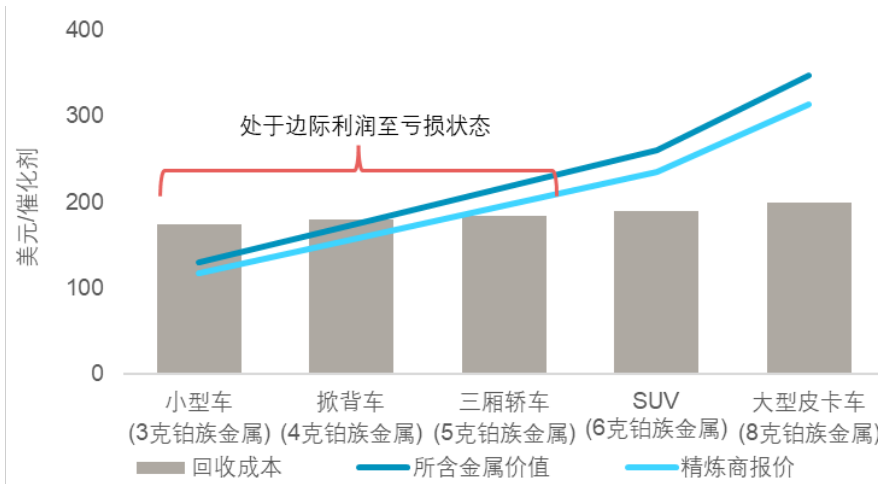
我们对回收价值链利润的估算采用平均车辆载量，但这种方法可能掩盖回收不同车型或动力系统催化剂的经济激励差异，这些差异或许能进一步解释 2022 至 2024 年回收汽车铂族金属供应量低迷的原因。

车辆细分市场的重要性：

除排放法规外，发动机排量是决定铂族金属载量的最大单一因素。因此，不同车辆细分市场的铂族金属载量差异显著。例如 B 级车（如掀背车）可能配备 1.0 升排量发动机，而 J 级车（如 SUV）可能采用 2.5 升排量发动机。车辆间铂族金属载量的差异意味着某些催化剂的回收价值更高（图 19）。然而在大多数情况下，回收含 3.0 克铂族金属的催化剂与回收含 7.0 克铂族金属的成本相同。我们注意到，碳化硅等特殊催化剂基底会增加处理复杂性和成本，但这些成本与载量无关。

在车辆细分讨论中还需注意：部分大型车辆并非采用单个大型催化剂，而是配置两个串联工作的催化剂（即前、后双催化剂）。双催化剂配置会降低回收的经济激励，因为现在回收两种催化剂的运营成本更高。

图 19 小型车辆的汽车催化剂更可能被囤积，因为较低的铂族金属载量导致其回收利润较低



来源：WPIC 预估，*载量与成本估算基于北美地区，**所含金属价值及精炼商报价计算采用 2024 年铂族金属平均价格

我们认为，以当前价格水平，废车场不太可能收到大量针对小型车辆催化剂的采购报价，因为这类催化剂的回收处理无利可图（图 19）。在我们看来，这将间接减少汽车行业铂族金属的回收供应量，并导致低价值废旧汽车催化剂出现囤积现象。

动力系统决定铂族金属需求：

根据车辆采用汽油内燃机还是柴油内燃机的不同，各类铂族金属在满足排放标准方面各具优势。通常，柴油车催化剂主要使用铂金，而汽油车优先采用钯金（尽管近年汽油车中以 1:1 比例用铂金替代钯金）。催化剂中铂族金属配比的不同会导致某些废旧催化剂的回收价值更高。例如，在当前现货价格下，含有 5.0 克铂族金属（铂:钯=90%:10%）的柴油催化剂比载有 5.0 克铂族金属（钯:钯=90%:10%）的汽油催化剂价值高 13%（相当于 33 美元）。这种价值差异将决定回收特定催化剂是否盈利，进而可能导致当前无利可图的低价值废旧催化剂被囤积。

汽车行业铂族金属供应的未来

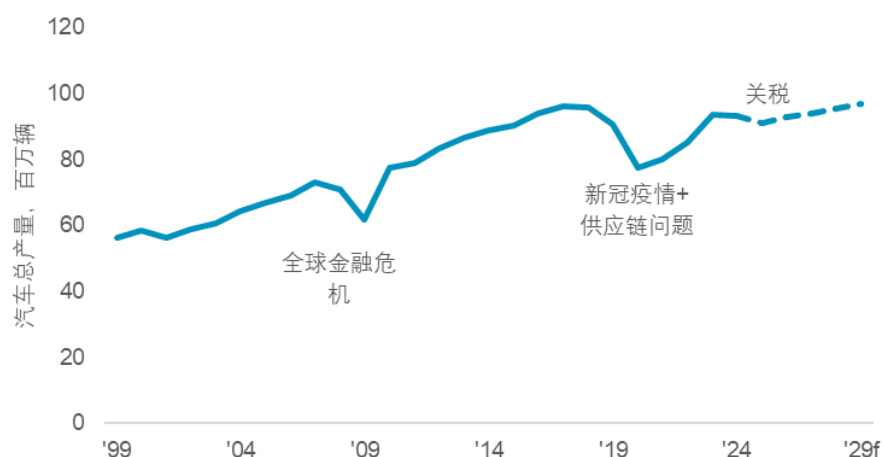
我们的研究揭示了支撑汽车行业铂族金属回收供应的两个基本面：1）废旧汽车催化剂的供应，这取决于新车和二手车市场的动态；2）回收汽车催化剂的经济激励。

供应将持续改善

我们预测，废旧催化剂单独供应将在中期持续提升。我们认为，新冠疫情对回收行业的冲击及后续供应链挑战正随着新车销量回升而逐步正常化。我们注意到，美国的汽车关税及其广泛的保护主义贸易政策可能导致新车价格上涨并抑制需求，但贸易壁垒的负面影响似乎仅限于每年 100-300 万辆的规模，远低于 2020 年至 2021 年间每年 1000-2000 万辆的降幅（图 20）。

考虑到车辆的大小（即发动机容量）和传动系统（即载量组合），回收任何单个汽车催化剂的经济激励可能会有很大差异。

图 20 关税预计将对全球汽车产量构成压力，但影响程度小于全球金融危机或新冠疫情期间



来源：国际汽车制造商组织（OICA）、WPIC 研究

新冠疫情后新车产量已恢复正常，这将推动更多报废车辆流向回收渠道。

铂族金属价格脱离低谷

2025 年初至今铂金价格上涨 43%，这将提升汽车行业铂族金属回收的盈利能力。然而，普通乘用车催化剂中钯金含量约为铂金的三倍，这使得钯金价格（迄今 +38%）成为决定回收经济回报的更关键因素。我们估算，当前普通乘用车催化剂（车型年为 2011 年，即车龄 14 年）的所含金属价值较去年平均水平上涨 35%。催化剂所含金属价值上升意味着聚合商可向废车场报出的平均盈亏平衡价格从 2024 年的每个催化剂 6 美元提升至现货价格下的每个催化剂 19 美元（2025 年 6 月 30 日）。

2025 年期间，铂族金属价格走高将提升汽车催化剂回收的经济动力。

图 21：2025 年铂族金属价格上行将提升回收商利润空间



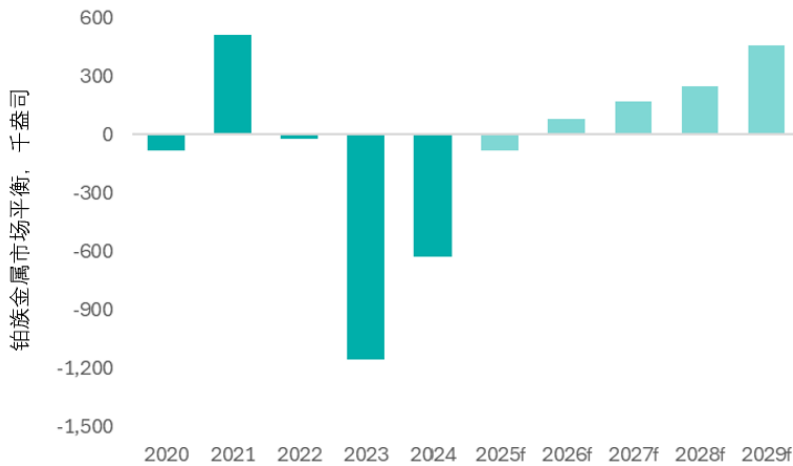
来源：彭博社、WPIC 研究

回收供应展望

我们此前指出，自 1995 年以来，实际汽车行业铂族金属回收供应量平均达到预测隐含报废车辆（ELV）废料供应量的 98%（图 7）。尽管 ELV 报废曲线长期有效，但从 2022 至 2024 年期间，实际汽车行业回收供应量平均比预期低 18%（即显著偏离）。

展望未来，鉴于废料供应增加和回收经济性改善，我们预期汽车行业铂族金属回收供应将逐步回归隐含 ELV 报废曲线。尽管我们预计回收趋势将回到隐含的 ELV 报废曲线，但由于钌金市场预计将从 2026 年起进入过剩状态（图 22），其复苏程度将难以完全达到历史报废车辆曲线水平。若钌金市场供应过剩，价格可能承压，汽车行业回收供应的价格弹性因此将限制产量（包括铂、钌、铑）。

图 22：由于汽车需求下降及汽车回收量增加，钌金市场预计将从 2026 年起进入盈余状态



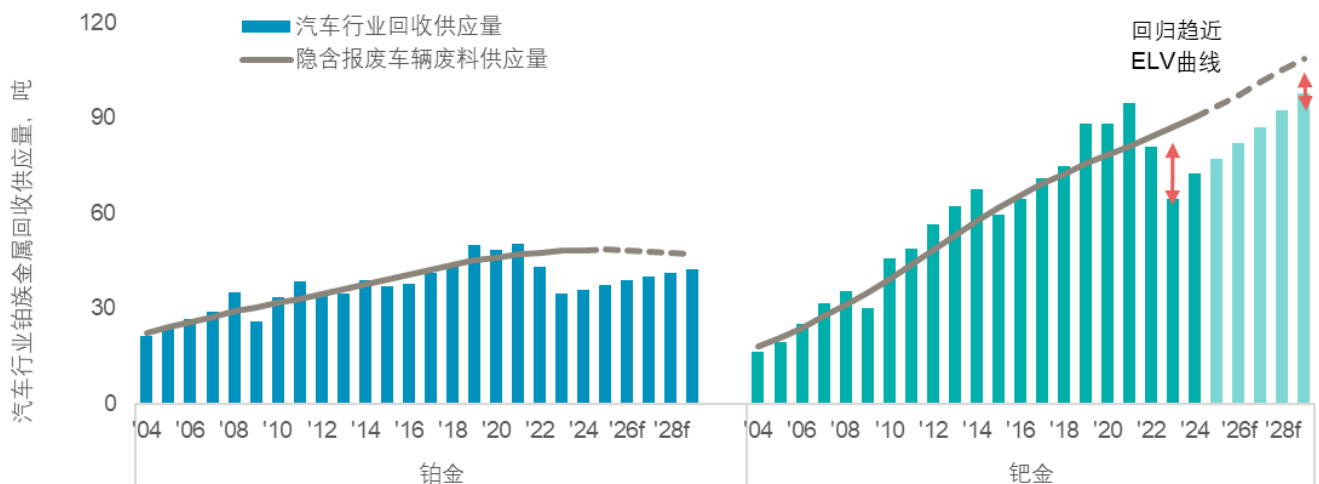
来源：金属聚焦（2020-2024 预测）、WPIC 研究

我们预期到 2029 年，汽车行业回收供应量将仅回调至 ELV 废料曲线的 90%（图 23）。我们认为，这一趋势将引发双重效应：虽然支撑因素持续推动汽车回收量的预期增长，但同期可能会将钌金的市场过剩规模限制在需求总量的 5% 以内。

基于该逻辑，我们指出：

1. 预计 2024 至 2029 年间，回收铂金和钌金供应量将分别实现 3.3% 和 6.2% 的年复合增长率（CAGR）；
2. 修正后的汽车行业回收量预测意味着 2029 年铂金和钌金供应量分别下调 2.05 吨（5%）和 7.03 吨（7%）。

图 23：我们预期到 2020 年代末，铂金回收供给量将逐步接近隐含报废车辆废料曲线 90% 的水平



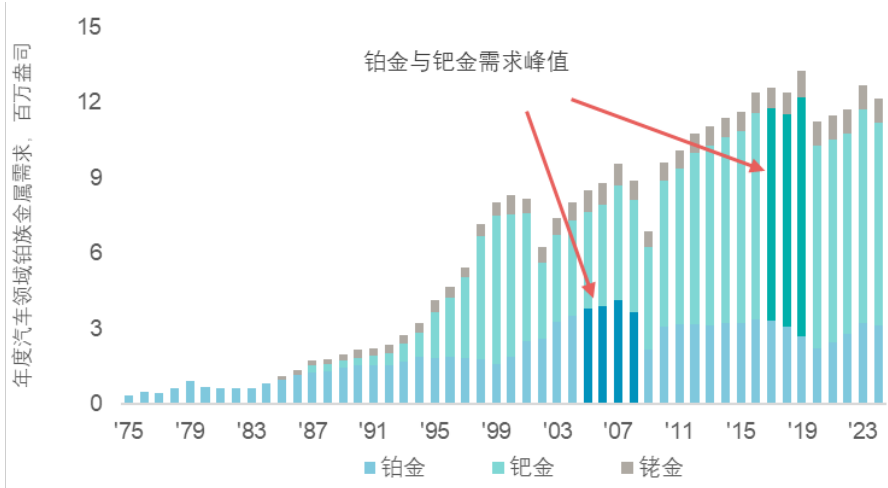
来源：庄信万丰（2004-2012 年），SFA（牛津）（2013-2018 年），金属聚焦（2019-2025 年预测），此后为 WPIC 研究

若钌金转为市场盈余的状态对钌价造成压力，这可能会抑制汽车催化剂回收并缩减铂金回收供应量。

在我们对汽车行业铂族金属回收供应的展望中，值得关注的是铂金与钯金报废车辆回收曲线呈现分化趋势。铂金的隐含报废车辆回收曲线将从 2026 年开始逐步收窄，而钯金曲线在我们整个预测期内保持上升态势。实际上，这两种金属的报废回收曲线差异反映了历史上汽车需求的演变轨迹：汽车行业的铂金需求早在 2007 年就已见顶，达到 127.52 吨（图 24），而汽车行业的钯金需求在整个 2010 年代持续增长，直至 2019 年才达到峰值。

世界铂金投资协会预估，汽车行业铂金回收供应量已于 2019 年达到峰值。

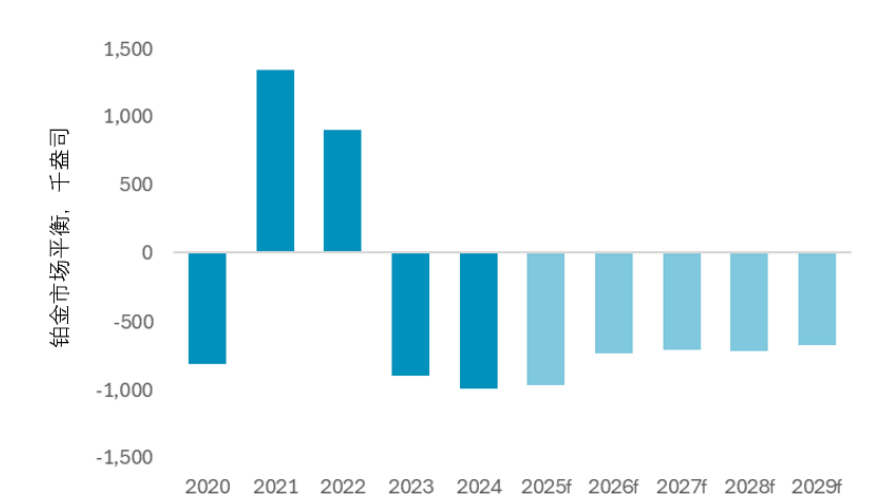
图 24：汽车领域的铂金需求在全球金融危机前已达峰值，且大部分已被回收



来源：庄信万丰（1975-2012 年），SFA（牛津）（2013-2018 年），金属聚焦（2019-2025 年预测），WPIC 研究

随着汽车领域的铂金需求在 2007 年达到峰值，该时期的车辆大多已进入废车场并完成催化剂回收。因此，我们认为汽车行业的铂金回收供应量已于 2021 年见顶。在我们看来，尽管预计回收量到 2029 年将有所复苏，但下滑的 ELV 报废曲线进一步凸显了铂金的供应端风险，佐证了我们关于铂金市场将至少持续短缺至 2029 年的预测（图 25）。

图 25：预计铂金市场将持续出现供应短缺态势直至 2029 年



来源：金属聚焦（2020-2025 预测）、WPIC 研究

预计铂金市场将至少持续短缺至 2029 年（预测），主要由于供应端难现显著增量。

WPIC 旨在提高铂金投资

世界铂金投资协会（WPIC）是由领先的南非铂族金属矿业公司于 2014 年成立的，旨在通过可行性见解和目标性拓展来增加铂金投资。我们通过提供《铂金季刊》、月度《铂金远景》和《铂金精粹》，帮助投资者做出明智决策。我们还通过投资者、产品、渠道和地理位置对铂金投资价值链进行分析，并与机构合作，以提高市场效率并增加高性价比的产品种类，满足各类型投资者的需求。

WPIC 并非是一家可以提供投资建议的受监管机构：请参考提示及免责声明。

重要公告和免责声明：本发行材料仅限于教育目的。发行方(世界铂金投资协会 World Platinum Investment Council)由世界领先的铂金生产商成立，旨在开发铂金投资需求的市场，其使命在于通过具有执行力的行业见解和目标明确的发展规划，激励现货铂金的投资需求，为投资者提供铂金相关的支持知情决策的信息，并携手金融机构和市场参与者共同开发投资者需要的产品和渠道。

本发行材料绝不是、也绝不应该被曲解为关于任何证券的售卖意向书或购买意向的鼓吹性材料。发行方发行本材料，绝不企图传达任何指令，绝不安排、建议或企图促成任何涉及证券或商品的交易，或为其相关事宜充当代理方，不管材料中是否提及。本发行材料绝不企图提供任何税务、法律或投资建议，材料中的任何内容绝不应该被曲解为购买、销售或持有任何投资或证券、或涉及任何投资策略或交易活动的建议。发行方绝不是、也绝不意图成为证券经纪人、或注册投资顾问，或在美利坚合众国或大不列颠联合王国的法律下注册，包括《2000 年金融服务和市场法》(英国) (Financial Services and Markets Act 2000)或《高级管理人员和认证制度》(Senior Managers and Certifications Regime)，或由金融行为监督局(英国) (Financial Conduct Authority)注册。

本发行材料绝不是、也绝不应该被曲解为直接针对于或适合于任何特定投资者的个性化投资建议。任何投资决策的形成仅限于咨询专业投资顾问后。基于您自身的投资目标、财务状况以及风险承受能力，您在决定任何投资、投资策略、证券或相关交易是否适合您方面全权负责。根据您的商业、法律、税务现状或状况，您应该咨询您的商业、法律、税务或会计顾问。

本发行材料所采纳的任何信息都认为是可靠的。但是本材料发行方无法确保这些信息的准确性和完备性。本发行材料包括前瞻性声明，包括关于本行业预期的持续增长声明。本材料发行方声明：本材料所提及的任何前瞻性陈述(即不含历史信息的所有陈述)都带有可能影响未来实际结果的风险性和不确定性。世界铂金投资协会 World Platinum Investment Council 的所有标志、服务标记、商标都属于其独家所有。本发行材料中提及的所有其它商标都属于各商标持有方的财产。本材料发行方并不隶属于、联合于或关联于上述商标持有方，或受其赞助、批准或原创，特别声明除外。本材料发行方所做的所有声明都不是针对任何第三方商标的任何权利。

WPIC 研究的 MiFID II 状态

世界铂金投资协会(WPIC)已经根据 MiFID II (欧洲金融工具市场指令修订版)对其内容和服务进行了内外部审查。因此 WPIC 就其研究服务对其客户以及客户的合规/法律部门强调以下内容：WPIC 的研究内容明显属于次要非货币利益类别，可以继续免费提供给所有资产管理人，可以免费分享给各个投资组织。

1. WPIC 不从事任何金融工具的具体执行业务。WPIC 不从事任何造市、销售交易、贸易或股票交易活动。(也不存在任何可能性刺激诱因)。
2. WPIC 研究内容可以通过多种渠道广泛传播至所有利益相关方，因此根据 MiFID II (ESMA/FCA/AMF)标准，其内容属于“次要非货币利益类别”。WPIC 研究可以通过其官网免费获取，其研究信息聚合平台没有任何权限许可要求
3. WPIC 没有、也不会对其研究服务的使用者收取任何费用，WPIC 清晰告知机构投资者不会对其就免费内容收取任何费用。

更多细节信息请查看 WPIC 网站：

<http://www.platinuminvestment.com/investment-research/mifid-ii>