

JM

2021

庄信万丰铂族金属市场报告



本铂族金属市场报告由Alison Cowley撰写。
氢能专题由Margery Ryan撰写。

本报告所涉及的铂族金属市场研究工作，
由Johnson Matthey的下列人员完成：

Lucy Bloxham

Stewart Brown

Laura Cole

Alison Cowley

Mikio Fujita

Nicolas Girardot

Jason Jiang (蒋继承)

Rupen Raithatha

Margery Ryan

Elaine Shao (邵丽英)

Beck Tang (汤畅)

Athena Wang (王子楠)

Fei Xiaoyan (费晓燕)

自2022年起，庄信万丰将在每年五月发布铂族金属报告年刊。

免责声明

庄信万丰致力于确保本报告所包涵信息和资料的准确性，但对于其在任何特定用途下的准确性、完整性或适用性不作任何保证。庄信万丰不承担由于用户对本报告所载信息和资料的依赖所产生的任何责任，且明确表示使用此类信息和资料的风险应由用户自行承担。

本报告由庄信万丰的市场研究部撰写，内含铂族金属市场动向方面的信息、意见、估测，以及预测。此等信息、意见、估测、预测系针对所述期间而言，并非一成不变。本报告所载任何信息不应解作是在推荐买卖任何受监管贵金属相关的产品或任何其他受监管的产品、证券，或投资，也不应解作是此等推荐的一部分。此外，在买卖或处置任何受监管贵金属相关的产品或任何其他受监管的产品、证券、或投资的行为中，本报告也不可理解为推荐或提供相关投资意见和其他相关意见。

投资任何与受监管贵金属相关的产品，或投资任何受监管的其他产品、证券、对象等，皆不应倚赖本报告所载之任何信息或资料而作决定。本报告不应解释为对任何受监管贵金属相关产品或任何其他受监管产品、证券或投资品的赞助、支持或推广。

目录

定义	4
<hr/>	
铂族金属市场回顾 2020年供应与需求	5
<hr/>	
铂金展望 2021年供应与需求	14
<hr/>	
钯金展望 2021年供应与需求	21
<hr/>	
铑金展望 2021年供应与需求	26
<hr/>	
铱和钌 2020年需求和2021年展望	29
<hr/>	
专题：绿氢打造“净零排放”未来 铂族金属的新前景	32
<hr/>	
表格	
<hr/>	
铂金的供应与需求：吨	38
<hr/>	
铂金-各地区总需求：吨	39
<hr/>	
钯金的供应与需求：吨	41
<hr/>	
钯金-各地区总需求：吨	42
<hr/>	
铑金的供应与需求：吨	44
<hr/>	
钌的需求	45
<hr/>	
铱的需求	46
<hr/>	
表格备注	47
<hr/>	
术语表	48
<hr/>	
排放法规	49
<hr/>	
Euro 6 排放法规	50
<hr/>	

定义

欧洲	欧盟+(含土耳其, 但不含俄罗斯)
日本	仅指日本
北美	美国和加拿大(不含墨西哥)
中国	仅指中国
其余各国 (RoW)	其余各国: 上面未囊括在内的其余所有国家
供应	供应量指生产商 铂族金属矿产 的销量, 按照开采地所在地区分类, 而非后续加工地区。
回收	<p>回收量指开放式铂族金属的回收供应量(即原始购买者不再对金属有控制权)。除汽车尾气催化剂、首饰、电子产品行业之外开放式回收的回收量微乎其微。</p> <p>汽车尾气催化剂回收量指从报废汽车以及个别地区后市场的废料中回收的铂族金属量, 不含保修或生产中的报废品。汽车尾气催化剂回收量分配以汽车首次销售地所在的地区为准统计(未必在注册地拆解回收)。</p>
总需求量	<p>某一具体应用领域的总需求量指在该应用领域, 行业对新金属的总需求量, 是除去封闭式回收量的净值。(封闭式回收指行业参与者仍然保留铂族金属所有权, 例如: 回收报废化学催化剂, 将回收的铂族金属添加至新催化剂中, 在一定程度上降低了花费)。</p> <p>总需求量也包括该行业中未炼铂族金属存量的变化。未提炼铂族金属存量增加会致需求上浮, 而存量减少(包括工业领域回流到市场中的铂族金属, 例如化工厂关闭令一些铂族金属回流到市场), 则致需求下降。</p> <p>汽车尾气催化剂铂族金属需求量对应的地区为汽车制造地所在地区, 对应时间为汽车的生产时间, 涵盖汽车、摩托车、三轮车, 以及非道路移动机械的尾气催化剂。(燃料电池车辆是工业需求下的子分类)</p> <p>首饰需求量以首饰成品生产地所在地区为数据统计对应地区, 不以其销售地区为数据统计对应地区。</p>
净需求量	总需求量减去开放式回收量。
库存变动	库存变动显示各年市场供需, 反映各年为稳定市场所需动用的库存。因此, 库存变动是加工商、交易商、银行、保管机构所持存量变化的风向标, 但不包含铂族金属矿产生产者与回收料炼化工厂和终端消费者所持的存量。因此, 库存变动为正数(市场过剩)反映全球市场存量增加。反之, 库存变动为负数(市场短缺)则表示全球市场存量减少。

铂族金属市场回顾

2020年供应与需求

2020年铂族金属的供应量和需求量双双下降，铂金、钯金和铑金仍处于短缺状态。

工业的铂族金属需求得益于中国石化和玻璃制造行业产能扩张的支持。

第一波新冠肺炎疫情导致大部分汽车厂临时停产，汽车尾气催化剂行业对铂族金属需求下降13%。

中国铂金首饰需求下滑至二十年来的最低点，源于新冠肺炎疫情导致国家封锁以及消费需求疲软。

铂金净投资超过100万盎司(31.1吨)，但钯金和铑金投资者持续抛售其持有的交易所交易基金(ETF)。

Anglo American Platinum转炉工厂的停产以及新冠肺炎疫情影响带来的南非采矿业生产中断，导致2020年全球铂族金属矿产供应量缩减了约16%。

钯金和铑金的价格在2020年达到历史最高点，持续的供应短缺导致市场流动性枯竭。

2020年铂族金属的供应量和需求量双双下降。反映出受新冠肺炎疫情疫情影响，汽车、工业和首饰行业受到打击，并且矿产供应和回收供应也受到影响。汽车尾气催化剂行业对铂金、钯金和铑金的总需求下降13%，因为第一波新冠肺炎疫情导致部分汽车厂临时停产，并且消费者推迟新车购买意愿。消费支出意愿下降，极大地打击了铂金首饰制造行业。然而，工业的铂族金属需求更具韧性，这受益于中国石化和玻璃制造行业新产能如期投产带来的大量采购需求。Anglo American Platinum转炉工厂的停产以及新冠肺炎疫情影响带来的生产中断，导致全球铂族金属矿产供应量缩减了约16%。由于汽车报废率的下降，回收供应量减少了约12%。疲软的铂金价格刺激了铂金条和铂金交易所交易基金(ETF)的需求强势增长。但是钯金和铑金的投资者选择抛售获利离场，因为这两种金属的价格在2020年内创造了历史新高。总的来说，供应和需求的降低幅度相近，三种金属的市场平衡延续了之前的短缺趋势。

本章中提到的“铂族金属”是指铂金、钯金和铑金。关于2020-2021年钽和钿需求的讨论见下文第29页。

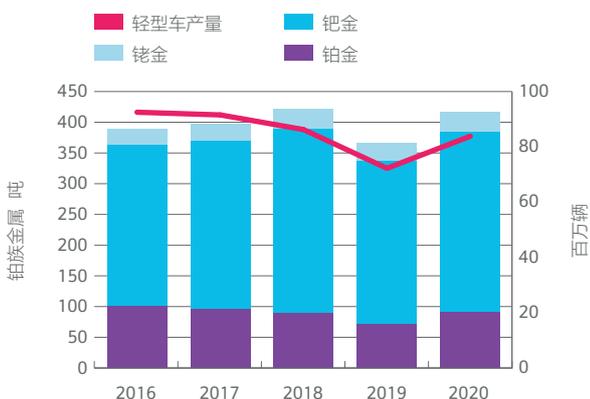


图1: 汽车尾气催化剂对铂族金属的需求和轻型车产量

“与中国“十三五”规划相关的化工、玻璃和石油炼化行业新产能扩张对铂族金属催化剂需求起到了强劲的支撑作用。原定于2020年实施的项目大多如期进行，几乎没有受到新冠肺炎疫情的影响。当铂金价格在2020年3月份跌至多年低点后，一些企业提前对未来数年内项目所需的铂金进行了一定量的采购。”

钯金
铂金

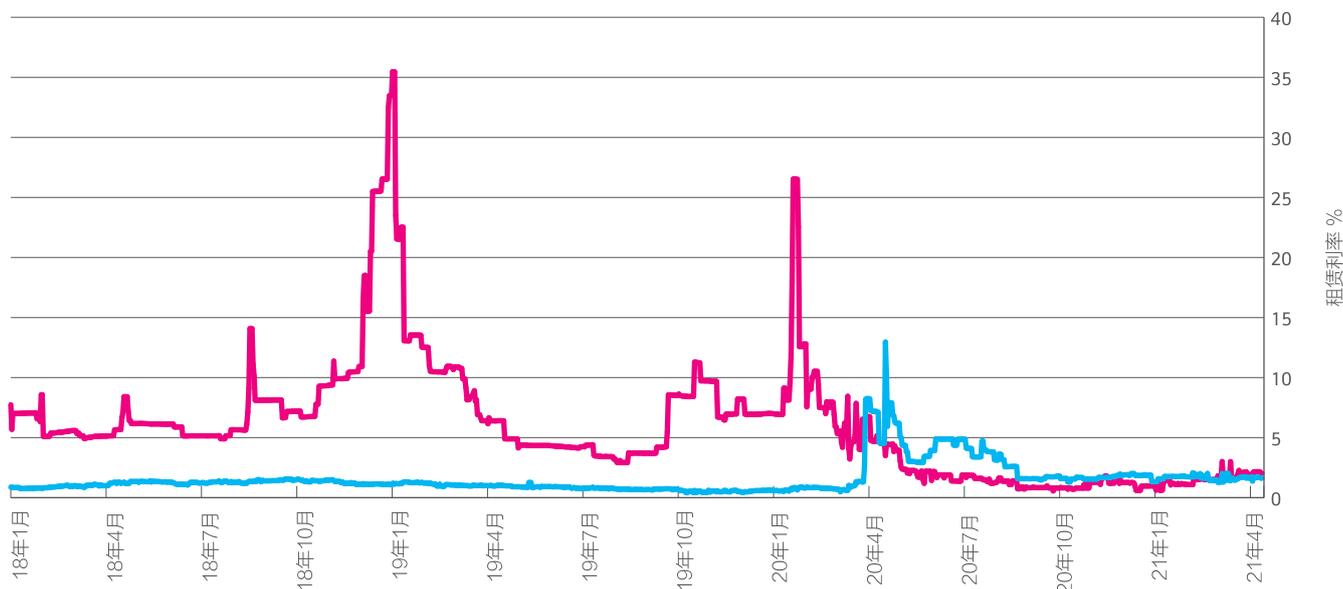


图2: 铂金和钯金的租赁利率(三个月)

市场平衡和流动性

在铂金市场中，投资需求陡增是过去两年市场短缺的主要推手。2019-2020年，铂金交易所交易基金(ETF)持有量增加了150万盎司(约46.7吨)以上。并且，日本散户投资者购买了约40万盎司(约12.4吨)的投资铂金条。随着黄金和钯金的价格达到或接近历史最高水平，并且考虑到铂金未来在汽油车尾气催化剂和氢能经济中的应用前景，对于仍有意投资贵金属的投资者来说，铂金被认为是最优选项。

由于铂金市场在过去十年间经历了数年的过剩，尽管去年投资需求量较大，但是整个铂金市场理论上仍然供应充足。尽管如此，2020年铂金市场仍经历了一段供应紧张的时期。在2020年4月，由于欧洲传统交易中心的铂金锭短缺，一度推高铂金租赁率至12%以上(图2)。2020年3月份，因铂金价格急剧下跌，刺激了上海黄金交易所(SGE)铂金锭和日本投资铂金条交易量创下历史新高。

在2020年第二、第三季度，由于上海黄金交易所(SGE)铂金买入量和日本实物铂金条的销售量维持在高位，在同期的大部分时间内，铂金租赁利率处于异常的高点。2020年全年，上海黄金交易所(SGE)铂金锭出货量超过135万盎司(42.0吨)，是2019年销售量的2倍，也是自2013年来的峰值(2013年是中国铂金首饰的需求高峰，当年首饰铂金的消费量至少是2020年的3倍)(图3)。在新冠肺炎疫情的影响下，上海黄金交易所(SGE)仍拿下异常出色的铂金销售业绩。这主要来自工业需求的强劲支持，尤其是石化和玻璃行业产能扩张的推动(见下文11页)。

强劲的铂金投资需求致使近期铂金市场出现一定的短缺。然而钯金和铑金的市场供应面临严重的结构性短缺。这种严重的短缺是由汽车行业铂族金属需求量连续数年强劲增长所造

“由于日本铂金零售价跌至17年来的低点，日本铂金条购买量激增。”

成的。汽车行业对铂族金属需求量的增长高于矿产和回收供应量的提高。

从2015年到2019年间，汽车尾气催化剂的年均钯金和铑金需求增加了约1/4，但是同期总供应量(矿产和回收供应量)的增幅却低于10%。尽管2020年汽车尾气催化剂的铂族金属需求下降，但是总供应也有所收缩，致使钯金和铑金市场双双维持短缺状态。

在2015-2020年间，即使考虑到钯金交易所交易基金(ETF)的减持，有240万盎司(约74.6吨)金属最终回归市场。我们估计同期累计的钯金短缺总量仍超过300万盎司(约93.3吨)。2020年，英国和瑞士传统交易中心所持有的金属市场存量一度明显枯竭，引发了租赁率的阶段性暴涨(图2)和价格的持续上升(图4)。钯金的价格从2016年初的500美元/盎司左右，在2018年初攀升至1,000美元/盎司，并在2020年初突破2,000美元/盎司，随即二月份价格达到2,800美元/盎司以上的历史新高。在接下来的三月份，由于新冠肺炎疫情导致市场出现抛售，价格短暂跌至1,600美元/盎司左右的低点，但在下半年强势回升至2,000美元/盎司以上。

2020年期间，由于新冠肺炎疫情的影响，导致钯金市场出现了供需地点和产品形态上的供需错配。2020年第二季度，欧洲和美国汽车制造商先后因疫情关闭工厂。海绵钯(大多数西方买家的首选形态)的需求急剧下降，而此时中国的需求(主要是对钯锭的需求)正从早先的关停中开始逐步复苏。因此钯锭对海绵钯出现大幅溢价，这最终刺激西方市场参与者将大量海绵钯转化为钯锭。这些金属中的一部分被亚洲客户购买，但也有一部分被运送到欧洲的传统交易中心。

2013
2018
2019
2020
2021

资料来源：上海黄金交易所；庄信万丰

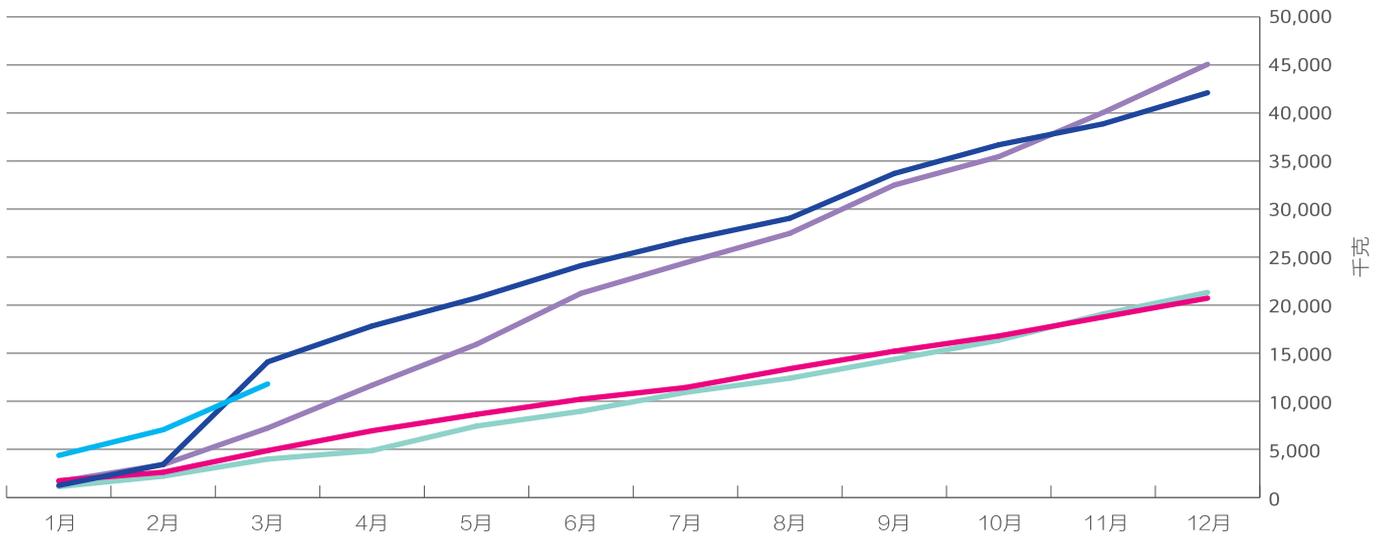


图3：上海黄金交易所累计铂金销量

据贸易统计数据显示，英国和瑞士金库持有的铂金锭库存在2020年增加了约50万盎司(15.6吨)-这是近至少十年来的首次大幅增加(图5)。这种“可见的”市场库存增加主要反映了金属库存形态和位置的变化，而不意味着铂金市场不再短缺。在2020年第二季度，回收商铂族金属废料收集大幅减少，导致回收供应有限，所以增加的部分库存金属大部分来自于西方精炼厂在制品库存的释放。

铑金进入市场短缺则是近两三年的事情：在经历了一段时间的过剩之后，我们估计，2019-2020年市场累计出现了约4吨的缺口(图6)。

然而，我们认为这一数字不足以反映出在这一时期内铑金市

场的流动性枯竭水平。我们对投资的统计(铑金特例，包含在铑金需求的“其他”子栏目下)只考虑了在交易所交易基金(ETF)或零售投资产品中购买的金属，例如金条或金币。

我们没有将来自其他渠道的投机性或投资性铂族金属买入纳入统计。并且还有一些金属会以战略库存的形式被工业企业或整车厂持有。因此，我们的数字可能会低估了个别年份的实际金属采购量。

“随着新冠肺炎疫情在亚洲、欧洲和北美蔓延，许多大型汽车厂暂时关闭。”



图4：铂金、钯金和铑金价格走势

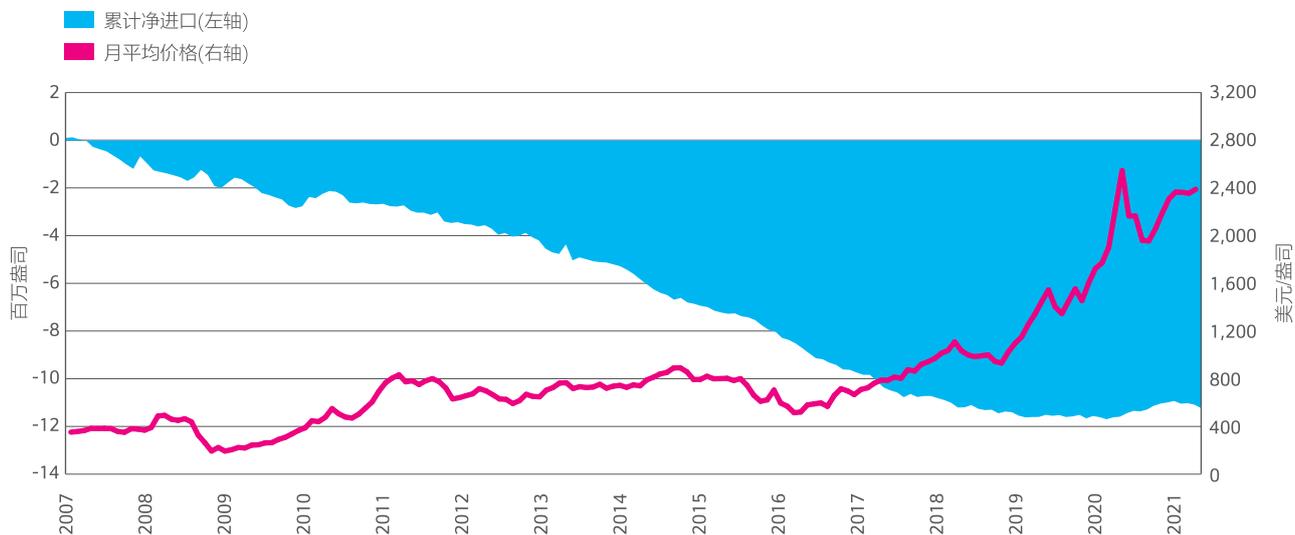


图5: 2007年来英国和瑞士铂金累计净进口量

在2020年，铂金尤其受到生产供应中断的影响。铂金的供应高度集中在南非，占铂金矿产产量的80%以上；大部分的铂金来自富含铂的UG2矿脉-典型的地下作业矿脉。其中许多矿场是劳动密集型作业，因此特别容易受到新冠肺炎疫情有关的影响。

Anglo American Platinum作为全球最大的铂金生产商，其在2020年期间生产转炉发生了一系列技术事故导致生产几度中断，这大大加剧了铂金的供应短缺。这导致其积压了大量的半成品库存，这些库存可能需要长达两年的时间才能全部释放到市场。(更多有关矿产供应的信息，见12页)

这种短期的供应中断加剧了基本面的结构性短缺，导致铂金的价格异常攀升和极端波动。随着汽车行业需求的增加和市场库存的逐步消耗，并在Anglo American Platinum宣布遭遇不可抗力后，铂金价格从2019年1月的3,000美元/盎司以下攀升至2020年3月的13,800美元/盎司(当时的历史高点，图4)。

虽然在三月下旬，新冠肺炎疫情导致铂金大量抛售，铂金价格下降了近三分之二。但随着汽车行业的需求复苏，铂金价格又开始了陡峭的攀升。在Anglo American Platinum宣布又一次转炉生产中中断后，铂金价格在十一月飙升至15,000美元/盎司以上。尽管Anglo American Platinum的转炉在2020年12月份宣布恢复运营，这意味着铂金精炼产量会在2021年初开始恢复到正常水准，但是铂金的价格仍持续推高。2020年12月31日达到17,000美元/盎司，并在2021年3月创下近30,000美元/盎司的历史新高。

投资需求

2020年，铂金和铂金投资者继续在高价位抛售其持有的交易所交易基金(ETF)。然而，由于所剩的总金属持仓量有限，卖盘交易量相对低迷。在2020年底，我们估计铂金交易所交易基金(ETF)总持仓量约为16.4吨(低于2015年初近93.3吨的峰值)，铂金交易所交易基金(ETF)总持仓量约为0.5吨(而2014年的峰值为4.0吨)。

相比之下，2020年铂金的投资需求强劲，促使铂金市场保持短缺状态。铂金交易所交易基金(ETF)和其他实物投资(如铂金币和铂金条)的净投资额超过31.1吨。

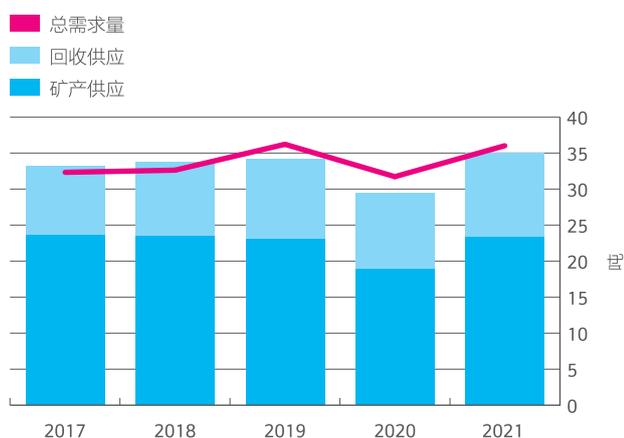


图6: 铂金的供应与需求

2020年3月，日本实物投资铂金条的购买量创下了单月历史纪录。这是由于铂金零售价格跌破了3,000日元/克的投资阈值，并短暂触及略高于2,500日元/克的十七年低点。虽然随后价格回升至3,500日元/克，但投资者在第二和第三季度继续购入金属。因为铂金与黄金的折价幅度不断扩大，强化了投资者认知：铂金价格低迷是买入机会(图7)。2020年底，由于铂金价格升至3,800日元/克以上，部分投资者获利离场，需求有所缓解，甚至在十二月期间净需求转为负值。尽管如此，我们估计2020年日本的铂金投资总量接近40万盎司(12.4吨)，创下四年来的新高。(注：以上引用的价格为日本零售价，即扣除销售税后的价格，目前销售税的征收率为10%)

2020年上半年，全球铂金交易所交易基金(ETF)的持有量相对稳定。南非货币兰特的贬值为当地投资者提供了一些获利抛售的机会，但来自欧洲和北美投资者的持续买入大体上抵消了来自南非的抛售。在第三季度，所有地区的铂金交易所交易基金(ETF)都呈现复苏，出现了大量买盘。持有量累计增加了50万盎司(15.6吨)以上。投资者对铂金的投资热情在十一月有所减弱，当时有一些获利后的卖盘进入市场。但年底重新出现了大量的买盘，将铂金的持有量推至创纪录的397万盎司(123.5吨)。这可能是来自“安全避风港”黄金投资溢出到铂金，推动了铂金投资需求。同时，铂金投资的增加也受益于应用基本面预期的改善，包括短期内铂金在汽油车尾气催化剂中的使用量可能会增加，长期来看，燃料电池领域的铂金使用量大有前景。

汽车尾气催化剂需求

受新冠肺炎疫情的影响，汽车催化剂对钯金和铑金需求长达十年连续增长的趋势被打破，2020年全球汽车行业对铂族金属的需求减少了13% (图1)。全球轻型汽车产量下降了16.5% (至7,200万辆)，但不同的细分市场出现了截然不同的趋势：纯电动汽车的产量实现了两位数的增长，而汽油车和柴油车的产量分别下降了16%和25%。在重型车领域，大多数地区的

“全球汽车产量的低点出现在四月份，除中国以外的所有地区的轻型车产量都跌破了100万辆。”

卡车产量显著下降，但中国市场的强劲增长支持了全球重型车的销量。在轻型车领域，新冠肺炎疫情对全球各地区汽车行业的冲击差异较大。2020年中国轻型汽车产量下降约6%至2,140万辆。虽然中国2020年第一季度的产量与2019年同期相比几乎减少了一半，但随后在中央和地方激励政策的帮助下(如车辆置换补贴、报废车补贴和放宽车牌配额等)，中国汽车行业出现了强劲的反弹。2020年第二、第三和第四季度的产量同比增长7-9%。

虽然新冠肺炎疫情对中国的影响基本上只限于一个季度，但世界其他地区所受影响的时间更长，恢复速度更慢。随着新冠肺炎疫情在亚洲、欧洲和北美蔓延，许多大型汽车厂在三月和四月期间关闭了数周。全球汽车产量的低点出现在四月份，除中国以外的所有地区的轻型车产量都跌破了100万辆。2020年4月欧洲只生产了10万辆左右，北美的汽车产量不到1万辆，印度则完全没有产量。

大多数国家在第二季度的汽车产量与正常的汽车产量相比减少了1/2到2/3。在2020年下半年，没有明显看到许多国家弥补已经损失的产量的情况。2020年日本的轻型车产量下降了16%左右，北美、欧洲和世界其他地区下降了20%以上。

从铂族金属需求的角度来看，由于汽油车催化剂的平均铂族金属含量进一步增加，在一定程度上抵消了汽车产量的异常下降，使得汽车行业对钯金和铑金的总需求下降11%左右。铂金的需求受益于全球柴油车平均铂族金属含量的小幅增长，以及一些非常有限的在汽油车三元催化剂中的应用。尽管如此，汽车行业对铂金的总需求还是下降了20%，主要区域市场的轻型柴油车和重型柴油车的生产受到了疫情的严重影响。

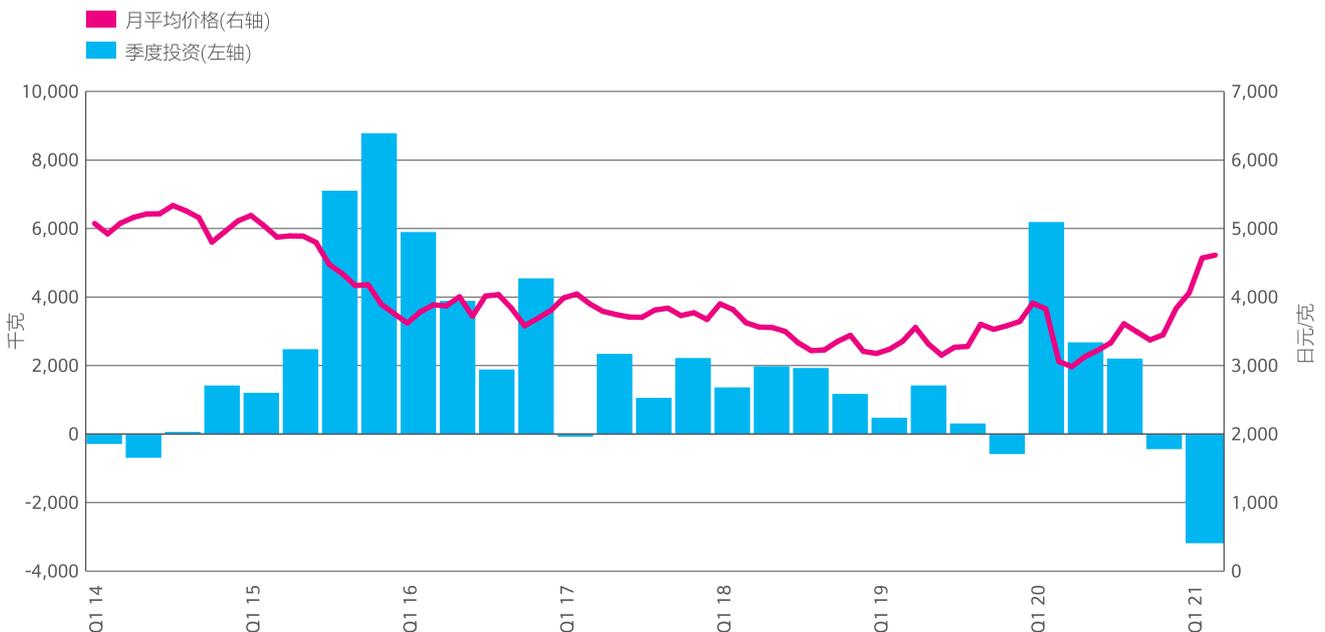


图7: 日本铂金条投资

中国国6排放法规的全面实施，有助于小幅提升2020年中国汽车催化剂中平均铂族金属含量，而上一年度的增幅则更大。尽管汽车生产厂为降低后处理系统的成本做出了巨大努力，但由于钯金和铑金的价格连续创下历史新高，铂族金属的节省使用策略也在持续。汽车催化剂铂族金属的节省使用也得益于政策的支持，特别是2020年3月推出的“助力汽车企业复工复产的服务举措”，使企业能够简化和加速相关备案及公告流程。

在积极追求铂族金属节省使用的同时，中国的一些汽车生产厂也开始实施替代方案，即用铂金替代三元催化剂中的部分钯金。2020年期间，少量汽油车装载了含铂金催化剂，铂金主要应用在铂族金属含量较低的后级催化剂中。但是替代行为对2020年汽车行业铂金和钯金总需求的影响可以忽略不计。

在世界其他地区，节省和替代也开始受到更多的关注，因为汽车生产厂在汽车销售低迷和铂族金属高价的情况下，削减成本成为首要目标。然而，在中国以外地区，后处理系统的技术变更通常需要较长的时间才能实施。事实上，由于许多主要汽车市场的排放法规仍在收紧，使得2020年，全球汽油车催化剂的平均钯金和铑金含量都进一步增加(相比之下，铂金的平均含量大体保持稳定，替代方案的实施尚未对铂金含量变化产生显著影响)。

在欧洲，去年销售的所有轻型汽车都要进行实际道路驾驶测试(RDE)，以评估实际驾驶条件下的氮氧化物(NOx)和颗粒物(PN)的排放。实际道路驾驶测试(RDE)法规持续收紧，2020年推出的乘用车新车型必须全面符合Euro 6d法规，与之前的Euro 6d-TEMP法规相比，Euro 6d法规中氮氧化物(NOx)的符合因子降低了1/3左右。

引入实际道路驾驶测试(RDE)以及随后加严的符合因子，也大大增加了实现排放标准的技术难度，从而提高了汽车尾气催化剂中的铂族金属含量。这对汽车尾气催化剂铂族金属的使用都产生了积极影响，但对铑金的影响最大，因为实际道路

驾驶测试(RDE)法规特别关注氮氧化物(NOx)的排放。

2020年4月，印度实施了BSVI排放法规，使得2020年印度汽油车的平均铂族金属含量上升了约6%。印度市场已经从Euro 4法规直接切换到了相当于Euro 6标准的排放法规，不过暂时没有实施实际道路驾驶测试(RDE)。北美地区的排放法规也在逐步加严，Tier 3法规要求在2017年至2025年期间，每年有更高比例的新车达到非常严格的SULEV排放法规。2016年至2020年期间，汽油车的平均铂族金属含量上升了1/4以上，预计汽车平均铂族金属含量持续上升的趋势至少要延续至2025年。

2020年轻型柴油车的平均铂族金属含量也有一定的增长，但是这在很大程度上被柴油车辆产量的下降所抵消。新冠肺炎疫情加剧了欧洲主要柴油车市场原有的低迷，使得欧洲轻型柴油车产量出现进一步下降。除中国外，所有主要市场的重型柴油车生产厂都削减了产量。因此，汽车行业对铂金的需求萎缩了20%，降到71.2吨，这是自全球金融危机以来的最低需求水平。

“所有欧洲车辆都要进行实际道路驾驶测试(RDE)，该测试规定了实际驾驶条件下的氮氧化物(NOx)和颗粒物(PN)的排放限值。”

迄今为止，欧洲是汽车催化剂中铂金需求最大的地区。欧洲汽车行业对铂金的需求下降了22%，降至20年来的最低点，不足31.1吨。与汽油车或纯电动车相比，柴油车受新冠肺炎疫情的影响更大。欧洲柴油车产量锐减1/4以上，降至535万辆，是该地区自2000年以来最低的全年总产量。因此，欧洲轻型柴油车的市场份额仅占35%；而五年前的上述市场份额是50%。

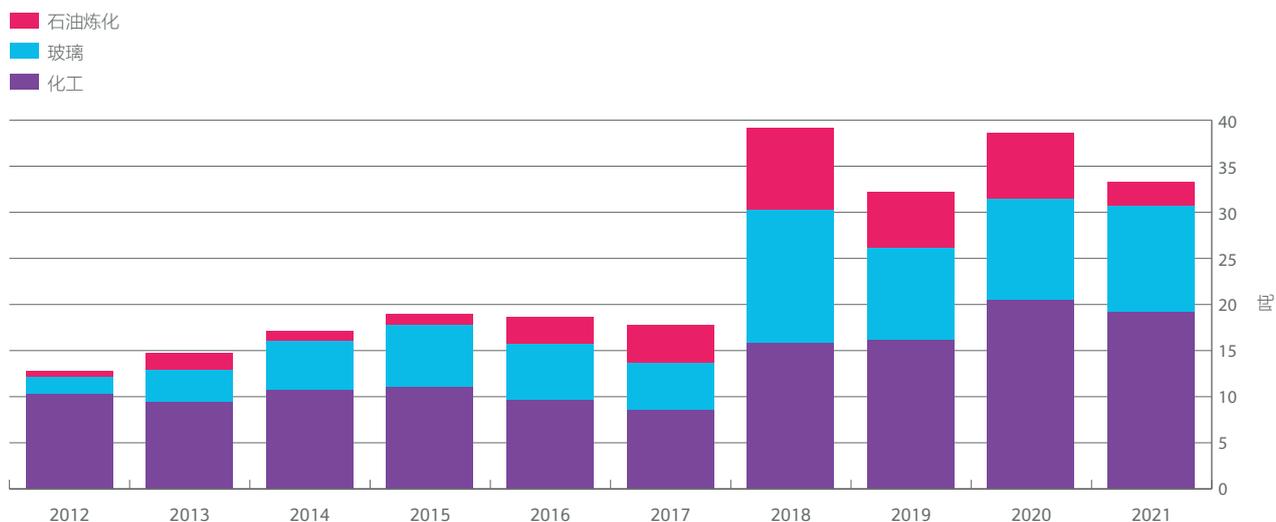


图8: 中国化工、玻璃及石油炼化行业对铂族金属的需求

2020年印度(之前是世界第二大轻型柴油车市场)的轻型柴油车产量下降了约50%。除了新冠肺炎疫情的影响,导致柴油车产量下滑以外,柴油车的市场表现远不如轻型汽车是另一个主要原因。在2020年4月实施BSVI法规之前,汽车制造商的汽车生产策略发生了变化,柴油车销量受到冲击。新排放法规要求在柴油车后处理系统中增加复杂而昂贵的氮氧化物(NOx)控制技术,这使得较小型的柴油车失去了经济性优势。

重型柴油车的铂金需求也急剧下降。除中国以外的世界大多数地区的卡车产量都大幅减少,特别是使用很高铂族金属含量催化剂的重型柴油卡车产量也出现陡降。例如,车辆总重超过15吨的重型柴油卡车的产量在欧洲下降了近30%,在北美下降了40%。

中国市场逆势而上,重型车销量强劲增长22%:除客车外,所有重型车均实现两位数的显著增长。因为部分用户在国内VI排放法规全国实施之前(2021年7月1日)进行了提前采购,重型柴油车产量猛增37%(新增40多万辆)。在国内VI排放法规实施之前,中国销售的大部分重型柴油车都没有装载含铂族金属的后处理系统,因此去年的重型柴油车产量显著增长对铂金需求的影响有限。

工业需求

尽管许多地区的国内生产总值(GDP)急剧下降,但2020年工业领域的铂族金属需求仍超过了预期。由于中国“十三五”规划(2016-2020年)相关的投资照常进行,中国化工、玻璃和石油炼化行业的铂族金属采购量仍高于历史平均水平(图8)。而全球电子领域的铂族金属需求则受益于新冠肺炎疫情导致的社会和文化变革。部分应用更直接地受到了新冠肺炎疫情的影响,需求减弱更加明显。特别是首饰行业需求,以及与航空和公路运输有关的需求,例如航空发动机涡轮叶片上的铂金涂层和汽车火花塞。

“ 铑金过高的价格导致一些玻璃制造商降低了生产设备中铂铑合金的铑金含量。 ”

中国“十三五计划”的一个重要指标是提高石化产品的自给率。在过去的三四年里,这支持了石油炼化企业和对二甲苯、丙烯、双氧水等大宗化学品生产企业产能的扩张,从而对涉及到的铂族金属催化剂需求起到了强劲的支撑。由于这些项目的资本投资是由国家政策驱动的。因此,计划在2020年实施的项目大多如期进行,几乎没有受到新冠肺炎疫情的影响。

大型炼化一体化装置的催化剂原料铂金采购通常仅在装置投产前几个月进行。但在2020年期间,当铂金价格在三月份跌至多年低点后,一些企业对未来数年内项目所需的铂金,进行了一定量的提前采购。

除化工行业之外,其他行业也有提前采购的现象。中国玻璃纤维行业除了为2020年期间投产的新工厂购入所需的金属外,也出现了一些为未来项目预购铂金的情况。然而,由于玻璃制造商降低了生产设备中铂铑合金的铑金含量,使铑金的需求急剧下降。在铑金价格处于高位的时期,这种合金成分改变的行为常见于玻璃纤维行业。在过去18个月,铑金极端的价格趋势导致一些玻纤制造商降低其合金中的铑金含量,并且突破了以往认知的经济和技术上的限值。

新冠肺炎疫情的发生促使工作和社会行为发生了广泛变化,总体来说对电子行业是积极的。远程工作的普及和家庭娱乐消费的增加,促进了对笔记本电脑和游戏机等设备的需求。这一趋势对电子领域的电镀应用,以及硬盘和芯片电阻等部件的铂族金属需求产生了积极的影响。

然而,分类为“其他”的子应用领域受到新冠肺炎疫情的影响更大,尤其是与运输有关的子应用。火花塞、氧气传感器和氮氧化物传感器等部件中的铂金需求量出现了两位数的下降,大体上与汽车生产的趋势一致。而航空发动机涡轮叶片中的铂金消耗量则下降了约50%,因为空客(Airbus)和波音(Boeing)公司削减了飞机产量,并且发动机叶片翻新量急剧下降。航空领域对铂金的需求主要来自于发动机的定期维护。在维护过程中,涡轮叶片可能会被拆除,并被更换或重新喷涂涂层。据估计,2020年航空客运公里数下降约三分之二,需要维护的飞机数量减少。同时退役的飞机数量增多,导致从退役飞机涡轮叶片中回收的铂金增多。

牙科领域的铂族金属消耗量也受到严重影响。由于新冠病毒有可能通过手术中的飞沫和气溶胶传播,牙科手术对于相关从业人员来说是比较危险的。许多手术在新冠肺炎疫情的高峰期中被推迟,一些损失的需求将永久无法弥补。

首饰需求

2020年首饰行业铂金的总需求下降了17%,这主要是由于中国市场的铂金首饰需求跌破31.1吨,为2005年来最低位(图9)。由于消费者在国家封锁解除后初期对奢侈品的消费意愿降低,并且商店关闭时间延长和二、三月份商场人流量低迷,中国2020年上半年首饰需求异常疲软。然而,第三季度铂金首饰的生产量激增,主要是由于黄金价格创下新高,使得K金首饰更难销售,库存成本更高。这反过来又鼓励中国零售商转换库存,并将更多的柜台空间用于展示铂金首饰。

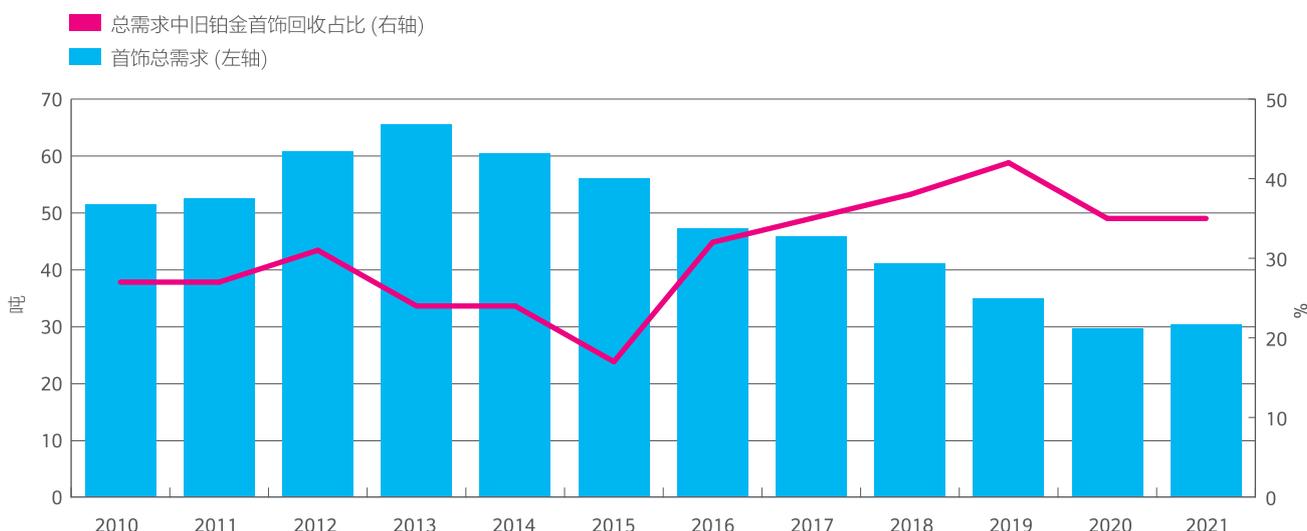


图9: 中国铂金首饰总需求与回收

铂金首饰产量增长的趋势在第四季度被终止，因为铂金首饰柜台的增加并没有转化为销售额的增长。随着黄金价格的下滑，铂金价格升高到1,000美元/盎司以上，首饰制造商受财务成本驱动来增加铂金首饰库存的意愿减弱。

其他地区的首饰市场对价格的敏感度要低得多，需求变化趋势主要是受到与新冠肺炎疫情相关的消费支出和行为变化所驱动。在新冠肺炎疫情的早期阶段，受到国家封锁和消费者信心崩溃的严重影响，美国的铂金首饰需求骤减。然而，从2020年中开始，耐用消费品的消费支出出现了显著的复苏：这不仅反映了政府的经济刺激政策卓有成效(例如美国的支票刺激)，同时也反映了消费者消费行为的变化，即将个人消费支出从旅游和其他服务支出转向消费品购买。铂金首饰是这一趋势的受益者，2020年美国的铂金首饰加工量仅下降了2%。相比之下，日本的需求萎缩了近20%，原因如下：1. 时尚首饰的销售受到零售店关闭和限制营业时间的的影响；2. 因新冠肺炎疫情而推迟婚礼，导致婚庆铂金首饰的需求下降。

矿产供应

2020年全球矿产铂族金属总供应量下降约16%，主要是南非采矿业受到新冠肺炎疫情影响而发生了生产中断，以及Anglo American Platinum的转炉工厂(ACP)长期停产。铂金和铑金的产量在下降中首当其冲，因为它们的生产高度集中在南非，铂金和铑金的矿产供应量下降了18%。相比之下，钌金的矿产供应量只下降了13%，反映出钌金开采的地理分布较广，而且俄罗斯和北美的矿场受新冠肺炎疫情影响的程度较小。

2020年3月26日至4月16日期间，南非的地下矿井因新冠肺炎疫情下的国家封锁规定而被关闭，随后部分矿场获准以正常开工水平的50%来复工。从六月起，批准全面恢复生产，但实际上，大多数矿井需要数月才能恢复到正常的作业条件。实行人员社交距离规定和防疫措施造成了一些开采能力上的

限制，而外地工人返回矿场的延迟又造成了劳动力的短缺。

对于采用传统劳动密集型方法开采铂金矿的深井来说，重新开矿的过程尤为复杂，因为在这种环境下，执行人员社交距离的规定极具挑战性。然而，到第三季度末，许多较浅的矿井已接近正常运行，大多数较深的矿井也已恢复到至少90%的正常生产水平。

“第三季度黄金价格创下新高，促使中国首饰零售商将更多的柜台用于展示铂金首饰。”

疫情防疫措施对各个矿山铂族金属年产量的影响差异很大，主要取决于其开采深度和开采方式。与2019年相比，Anglo American Platinum的露天矿Mogalakwena的铂族金属产量下降了3%，Bushveld东部的机械化矿山的年产量损失少于10%。然而，Bushveld西部的一些老矿山经历了更长时间的中断，当年铂族金属产量下降了20%以上。总的来说，我们估计实际铂族金属产量（定义为南非采矿和尾矿再处理作业的精矿中的铂族金属产量）减少了约11%。

由于新冠肺炎疫情而带来的生产中断的影响因精炼厂的停产而加剧，精炼铂族金属产量受到更大的冲击，跌幅超过20%。2020年3月，因为两套转炉装置的技术问题导致其短期停止生产运营，Anglo American Platinum向客户和第三方精矿供应商宣布不可抗力。主要的A转炉装置停工10个月进行全面重建，同时对备用的B转炉进行临时维修，使其在停工两个月后恢复运行。然而，由于B转炉在恢复运营后仍不时需要检修，致使该厂受到间歇性生产中断，11月初，该厂出于安全原因再次关闭。

Anglo American Platinum随后在12月初提前重新投产重建的A转炉装置，但集团在2020年年底仍有过剩的渠道库存，其中包含超过31.1吨的铂族金属。该积压库存预计将在2021年和2022年进行处理加工。

在其他地方，采矿作业受到新冠肺炎疫情的影响较小，部分原因是政府实施的封锁举措不是十分严厉，另外原因是采矿作业的劳动密集程度较低。津巴布韦的铂金矿都是机械化作业，在国家封锁期间得到了政府的开工许可，因此铂族金属的年供应量基本稳定。俄罗斯Norilsk Nickel报告称，其采矿业务没有出现与新冠肺炎疫情相关的生产中断，全年精炼铂族金属产量超过计划产量，但较2019年相比略有下降。需要注意的是，在“庄信万丰2021年2月铂族金属市场报告”中，我们对俄罗斯钯金供应量的预测包含了Norilsk Nickel精炼库存的小幅增加，涉及到2020年约5.8吨精炼但未出售的钯金。在本报告中，我们已将上述5.8吨钯金计入2021年俄罗斯钯金供应预测。

新冠肺炎疫情导致的生产中断对北美的铂族金属供应影响有限。尽管Lac des Iles (Impala Canada) 钯矿和Raglan (Glencore) 镍矿在第一波疫情期间关闭了几个星期，但大多数矿场仍在继续运营。Sibanye-Stillwater在美国Montana的矿场仍然运营，但推迟了部分产能扩张计划，并报告了产量损失。Vale和Glencore在Sudbury地区的镍矿受疫情影响有限，铂金为该地区镍矿生产的副产品。然而，Glencore报告，由于Sudbury矿石的品位下降，导致铂族金属产量下降，而Vale Sudbury的矿山及地面工厂的维修计划延长，导致下半年矿石和铂族金属产量下降。

回收供应

尽管钯金和铑金的价格创下了历史新高，但2020年从废料(主要是废旧汽车尾气催化剂)中回收的铂族金属量急剧下降(图10)。新车注册量是决定废旧汽车尾气催化剂供应的一个重要因素，因此全球轻型车销量14%的降幅对废旧汽车尾气催化剂

回收量产生了负面影响。国家封锁和旅行限制影响了车辆行驶，减少了车辆的磨损和意外损坏，导致2020年需要更换的车辆减少，特别是在车队运营和汽车租赁行业。此外，经济的不确定性和新车交付时间的延迟，促使个人和公司延长现有车辆的租约，或购买二手车。这反过来又减少了二手车的库存，使一些地区的二手车价格大幅上涨，并鼓励车主推迟正常情况下可能已经报废的车辆登记。

除了报废车数量下降外，废旧汽车尾气催化剂的收集工作也受到很大中断。在新冠肺炎疫情防控的封锁期间，一些废料收集场被关闭，而收集者在运输废料方面遇到了困难，特别是在涉及国际运输的情况下(废旧汽车尾气催化剂往往被运往不同国家甚至各大洲的精炼厂)。在第一波疫情期间，欧洲跨境收集废料受阻的问题特别严重。

然而，从废旧汽车尾气催化剂中回收的钯金和铑金只出现了个位数的降幅。在2019年和2020年初，由于废旧汽车尾气催化剂回收量大，加上精炼产能限制，导致含铂族金属废料和半加工材料的库存增加。新冠肺炎疫情引发了废旧汽车尾气催化剂接收量的突然下降，这反过来又释放了精炼能力，使积压的废料得以处理。极高的金属价格也促使市场参与者尽可能迅速地通过回收网络转移废料。

相比之下，铂金回收量下降了17%，其一，由于新冠肺炎疫情对废料收集网络影响的地区差异；其二，在处理某些类型的废旧柴油催化剂时，遭遇到了特定技术挑战。欧洲市场是最大的富铂柴油催化剂废料来源地，与另一个主要废料市场美国相比，欧洲市场经历了更长的国家封锁和更严的旅行限制。并且一些较底层的收集者或会优先考虑回收价值较高、较易处理的钯铑催化剂。与废旧汽油催化剂相比，废柴油催化剂对收集者和精炼厂的吸引力较小，因为它的铂族金属价值相对较低，而且柴油颗粒捕集器中的碳化硅提升了材料处理难度。大多数精炼厂对含有碳化硅的废料的处理能力有限，必须将碳化硅与其他材料少量混合，以将碳含量降低到可接受的水平。

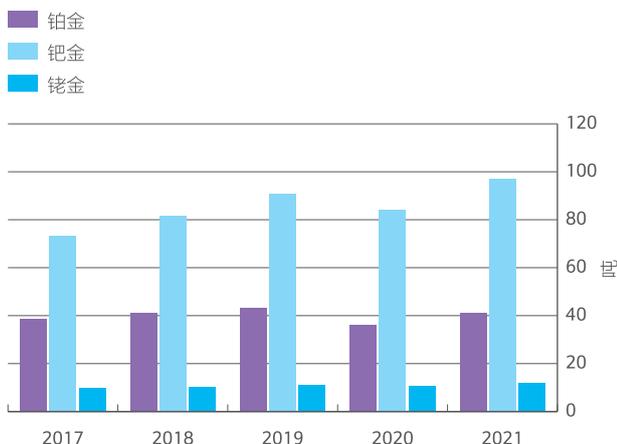


图10: 汽车尾气催化剂铂族金属回收量

铂金展望

2021年供应与需求

2020年铂族金属的供应量和需求量双双下降，铂金、钯金和铑金仍处于短缺状态。

对2020年停工积压的半成品库存的精炼，有助于南非铂金矿产供应量的增加。

废旧汽车尾气催化剂中铂金回收量的增长将受制于废旧柴油车尾气催化剂处理能力的不足。

得益于中国对重型柴油车排放法规的加严，以及汽油车尾气催化剂中铂用量的增加，汽车尾气催化剂行业的铂金需求将有所上升。

中国工业新增产能将继续支持铂金在此领域的需求，尤其是玻璃制造行业，其铂金需求量将达到创纪录水平。

走高的铂金价格阻碍了中国铂金首饰市场的复苏，预计铂金首饰的加工量仅将小幅上升。

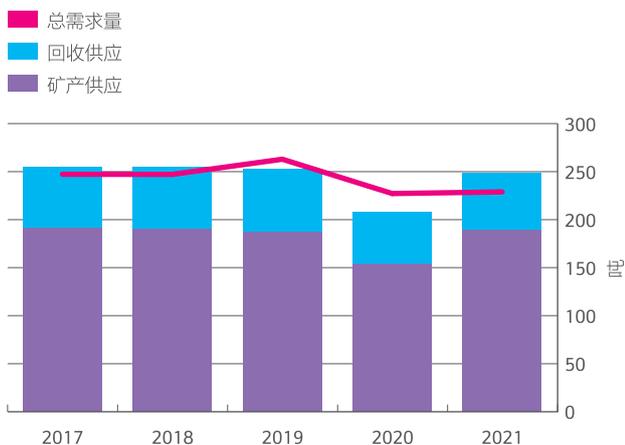


图11: 铂金的供应与需求

我们认为，创纪录的铂金投资需求将不会在2021年重现。基于这种假设，尽管汽车和工业需求将恢复到接近新冠肺炎疫情之前的水平，但是铂金市场将重新进入过剩状态。得益于中国对重型卡车排放法规的收紧，以及汽油车尾气催化剂中铂用量的增加，汽车尾气催化剂行业的铂金需求将有所上升。除此之外，中国在基础设施建设上的投资将继续支持铂金在工业领域的需求，尤其是玻璃制造行业，其铂金需求量将达到历史最高水平。预计铂金的投资性购买行为将急剧减少，一些投资者会在价格相对高位时抛售获利。但是，不断提高的铂金价格和黄金对铂溢价幅度的收窄，可能会阻碍中国铂金首饰市场的复苏。铂金的供应预计将恢复到2019年的水平：因为Anglo American Platinum将精炼大量的半成品库存，有助于南非矿产铂金供应量的增加。虽然俄罗斯的Norilsk Nickel公司因矿场浸水损失了一定的矿产铂产量，但是南非的铂金矿产供应增加量要大于此损失量。虽然铂金的回收供应预计将强劲增长，但铂金的回收总量仍受制于柴油催化剂废料处理能力的不足。

市场平衡和投资

自2015年以来，中国首饰制造行业和柴油车尾气催化剂行业的铂金消费下降，使得铂金市场的供需平衡与实物铂金投资需求的表现愈发相关。在投资需求强劲的年份，市场便出现短缺(例如：2016年和2019-2020年间)；然而，在投资需求较弱的2017-2018年间，市场又摇身一变转为供应过剩(图11)。

“当铂金零售价在2021年第一季度飙升到5,000日元/克的高位时，日本投资者抛售获利。”

在2019-2020年期间，投资者购买的实物铂金投资超过210万盎司(65.3吨)，以交易所交易基金(ETF)和日本投资者在柜台零售购买的铂金条为主。这种持续的投资需求增长是多种因素驱动的。首先，受2019年中美贸易战和2020年新冠肺炎疫情的影响，投资者避险情绪上升，“安全避风港”黄金投资买盘溢出，带动铂金投资增长。除此之外，铂金潜在的供应风险也起到了一定的推动作用。因为在2019年，南非的铂族金属供应受到了劳资纠纷和电力供应短缺等重大事件的影响。而后在2020年，新冠肺炎疫情导致的生产中断和转炉工厂的停产造成了铂产量的大量损失。

供应 吨	2019	2020	2021
南非	135.1	100.2	139.2
俄罗斯	22.4	21.8	19.0
其他	29.8	31.8	31.5
供应总量	187.3	153.8	189.7
需求 吨	2019	2020	2021
汽车尾气催化剂	89.0	71.2	90.5
首饰	64.2	53.1	55.9
工业	75.5	71.9	73.8
投资	35.1	31.8	9.6
需求总量	263.8	228.0	229.8
回收	-65.1	-53.4	-59.2
合计净需求总量	198.7	174.6	170.6
库存变化量	-11.4	-20.8	19.1

表1: 铂金的供应与需求

与此同时，与黄金和钯金的价格相比，处于低位的铂金价格让投资者认为投资铂是有利可图的。并且考虑到铂金近期在汽油车尾气催化剂和远期氢能经济中的应用前景，人们的投资热情越发高涨。

到2021年初，铂金交易所交易基金(ETF)的持有量已达到近400万盎司(124.4吨)的创纪录水平，而日本买家自2015年以来也已净累计投资了190万盎司(59.1吨)的铂金条。铂金价格在2021年2月中旬升至略高于1,300美元/盎司的六年高点。随后市场上买盘和卖盘的挂价稳定在1,200美元/盎司上下，上

“由于汽车制造商通过铂金替代部分钯金降低后处理成本，汽车尾气催化剂中的铂金含量将上升。”

次这个价位已经要追溯到2015年初了，所以投资者抓住此机会，在2021年第一季度抛售获利。在对价格高度敏感的日本市场尤其如此，那里的铂金零售价飙升到了每克近5,000日元的高位，这意味着在不到一年的时间里价格翻了一倍。2021年第一季度，南非交易所交易基金(ETF)的投资者也有一定的获利回吐。在欧洲和北美，尽管交易所交易基金(ETF)的投资热度已经不能与去年下半年同日而语，但净投资需求仍呈买入趋势(图12)。

在2021年，我们预测积极的市場投資情緒會繼續支撐铂金交易所交易基金(ETF)的总持仓量增长，但是增长的幅度会显著低于2019年和2020年。日本投资者的买卖行为则更难预测，因为它特别依赖于以日元计价铂金价格的短期波动。事实上在日本，总体卖出(或买入)量受价格变动幅度的影响往往比受绝对价格水平的影响更大。举例来说，一月到二月间，铂金的价格每克增长超过500日元，从4,000日元/克一路突破4,500日元/克的重要心理价位(图7)，此时铂金条被大量抛售。尽管随后三月的平均铂金价格超过每克4,600日元，但是抛售的体量要小得多。

首饰需求

2020年下半年，中国铂金首饰市场出现了一些好转的迹象，因为高企的金价鼓励零售商用更多的柜台空间来展示铂金首饰。受新冠肺炎疫情影响，2020年初的首饰销售疲软，到了2021年第一季度，中国的铂金首饰制造量同比有所增加，但这并不意味着首饰需求的基本面转好。

■ 铂金交易所交易基金(ETF)净投资量

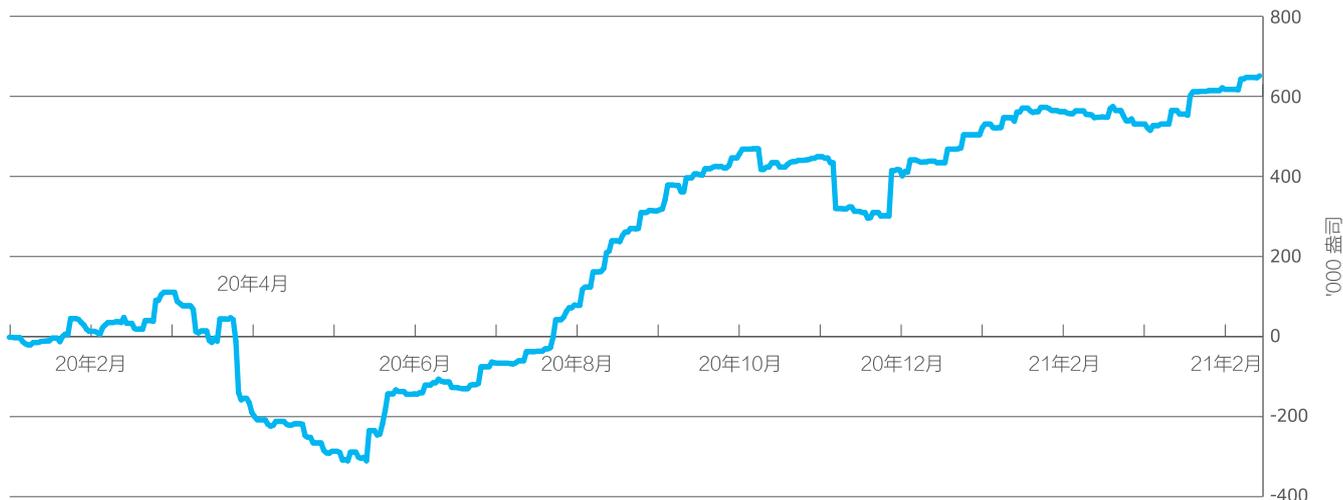


图12: 2020年1月至2021年4月铂金交易所交易基金(ETF)的净投资量

需求 吨	总需求			回收			净需求		
	2019	2020	2021	2019	2020	2021	2019	2020	2021
欧洲	5.9	4.7	5.3	-0.2	-0.2	-0.2	5.7	4.5	5.1
日本	9.1	7.4	8.2	-5.4	-4.4	-4.7	3.7	3.0	3.5
北美	6.6	6.4	6.6	-0.4	-0.3	-0.2	6.2	6.1	6.4
中国	34.8	29.4	30.2	-14.5	-11.3	-11.6	20.3	18.1	18.6
世界其他地区	7.8	5.2	5.6	-0.2	-0.1	-0.1	7.6	5.1	5.5
合计	64.2	53.1	55.9	-20.7	-16.3	-16.8	43.5	36.8	39.1

表2: 铂金需求 首饰

事实上，消费者对铂金首饰零售展位增加的反应似乎有些令人失望。与K金首饰相比，铂金首饰的销售继续受到设计样式单一的制约。在中国，普通铂金首饰是按重量定价的，最近铂金价格的上涨，似乎也降低了一些消费者的购买意愿。同时，近期黄金价格的下跌使黄金首饰更具竞争力，“5G黄金首饰”（一种特别工艺硬化的24K黄金产品）最近特别受欢迎。

从零售商的角度来看，在黄金对铂金的溢价幅度缩小后，销售K金首饰的吸引力已经恢复。2020年期间，黄金价格的急剧上涨大大增加了持有黄金首饰库存的成本，同时也导致了成交量的下降。这促使零售商将更多的柜台空间用于铂金首饰展示。然而，在2021年的金属价格下（即使考虑到不同的贵金属含量和金属密度），K金首饰的金属成本则要明显低于同等尺寸的铂金首饰。这可以让K金首饰的零售商在不额外加价的情况下获得较高的利润。

我们的预测中包含了2021年中国铂金首饰市场在后疫情时代适度反弹的假设(图9)。然而目前看来，由于2020年春节后，首饰店闭店长达两个月，市场需求极度疲软，所以2021年同期销售额才出现了增长。

近段时间，铂金首饰的零售库存量要比往年平均水平高。在没有明显看到消费者铂金首饰需求增加的情况下，分销商不会再增加库存。如果零售端需求未见增长，在近期我们可能会看到铂金首饰库存减少，并且2021年中国铂金首饰的制造量会下降。

汽车尾气催化剂需求

预计2021年汽车尾气催化剂对铂金的需求将强劲反弹，与2019年相比将持平或小幅增长，铂金占汽车尾气催化剂对铂族金属总需求的份额将增长(图13)。欧洲轻型柴油车市场持续疲软，2021年轻型柴油车的市场份额预计将从六年前的50%缩减至33%。但年内全球轻型柴油车尾气催化剂对铂金的需求将随着产量的恢复而增加。预计2021年将同比增长约14%，而2020年同比下降了25%，因此该市场对铂金的需求将比新冠肺炎疫情前的需求水平至少下降10% (图14和图15)。

2021年轻型柴油车对铂金的需求仍占汽车行业对铂金总需求最大的份额，其他内燃机(ICE)汽车对铂金的需求呈现快速增长趋势。虽然轻型汽油车对铂金的需求基数较低，但由于汽

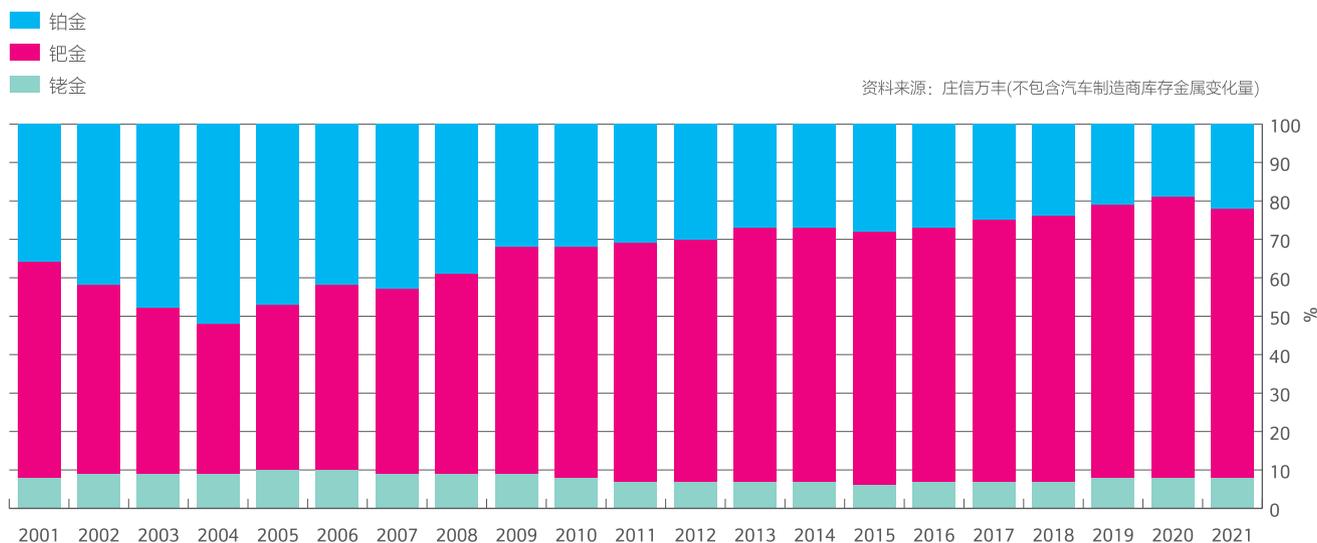


图13: 铂金、钯金和铑金占汽车尾气催化剂铂族金属总需求的份额

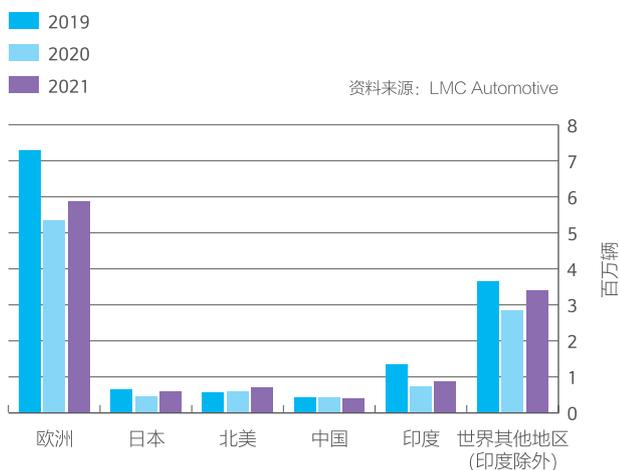


图14: 各地区轻型柴油车产量

车制造商通过铂金替代部分钯金降低后处理成本，因此预计2021年轻型汽油车对铂金的需求将快速上升。2021年之前，汽油车尾气催化剂中铂金替代部分钯金的技术方案，主要应用于少数车型的后级催化剂(后级催化剂中的铂族金属含量相对前级较低)。今年，我们预计铂金替代钯金的情况在后级催化剂中将得到更多的应用，以及推广至铂族金属含量相对较高的少部分前级催化剂中使用。这将有助于提高全球汽油车平均铂含量。

“中国将于2021年7月1日开始，在全国范围实施更严格的国VI重型柴油车排放法规。”

因为中国自主品牌汽车制造商对铂族金属价格的敏感度高，以及积极参与新技术的应用，使得中国自主品牌汽车在铂金替代钯金方面走在技术前沿。特别是2020年3月推出的“助力汽车企业复工复产的服务举措”，使企业能够简化和加速汽车尾气催化剂变更的备案及公告流程。

因此，我们预计2021年中国自主品牌汽车制造商将在后级催化剂中增加使用铂金替代钯金，以及在少数车型的前级催化剂中使用铂金替代部分钯金。

总需求 吨	2019	2020	2021
欧洲	40.0	28.9	32.5
日本	10.7	8.2	9.7
北美	11.2	9.1	12.7
中国	4.4	6.4	12.3
世界其他地区	22.7	18.6	23.3
合计	89.0	71.2	90.5

表3: 铂金需求 汽车尾气催化剂

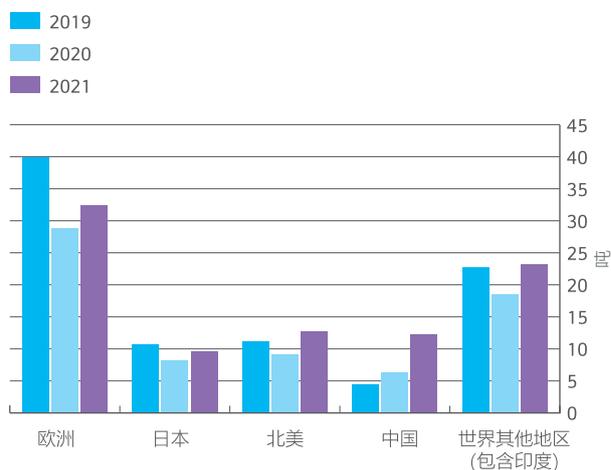


图15: 汽车尾气催化剂对铂金的总需求

合资品牌汽车制造商似乎对汽油催化剂中铂金替代钯金的使用采取了更加保守的态度，目前一些公司优先考虑节省铂族金属使用而不是铂金替代钯金。合资品牌汽车制造商对催化剂技术的实施通常是依据全球战略而考虑，基本由海外汽车制造商制定技术路线。这导致了铂金替代钯金技术的推广速度放缓，预计2021年合资品牌汽车制造商在汽油车尾气催化剂上使用铂金替代钯金的应用有限。

在世界其他地区，汽车制造商采取了不同的技术策略。尽管在世界其他地区，新的含铂催化剂的认证和推广速度慢于中国，一部分汽车制造商仍积极追求铂金替代钯金；而另一部分汽车制造商却对铂金替代钯金的使用更加谨慎，更专注于节省使用催化剂中钯金和铑金的总含量。美国汽车的发动机平均排量要大于欧洲，也许是铂金替代钯金使得美国汽车有效地降低了生产成本，所以北美汽车尾气催化剂中铂金替代钯金的应用似乎比欧洲进展得更快。

技术的提升也在决定铂金替代钯金应用的速度及替代的比例。在催化剂的开发和试验过程中，老化试验被用来模拟含铂催化剂在车辆全生命周期中的表现。中国和美国的测试方案对催化剂的耐久性和稳定性要求较为宽松，较低的测试速度限制了催化剂经受的峰值测试温度，进而有益于铂金替代钯金的应用。

相比之下，为契合欧洲更高的实际驾驶速度，欧洲汽车制造商使用的老化测试条件更为严苛。由于催化剂在高温下暴露的时间较长，因此欧洲汽车催化剂中的铂金替代钯金更具挑战性。此外，鉴于需要同时满足相对复杂的“在用车符合性”和实际道路驾驶排放测试(RDE)要求，欧洲汽车制造商对大幅改变催化剂配方仍持谨慎态度。虽然在2021年期间，欧洲会出现有限的含铂三元尾气催化剂的新应用，但这还没有对欧洲的铂族金属需求产生显著影响。

我们从两个角度来分析全球汽车行业对铂金需求的增长：首先从车型角度来分析，虽然2021年全球汽油车对铂金的需求同比大幅增长，但全球汽车行业对铂金需求的增长量主要是来自重型车对铂金需求的快速上升；第二从区域角度来分析，上述铂金需求的增长将主要来自中国的贡献。中国将于2021年7月1日开始，在全国范围实施国VI重型柴油车排放法规。(中国重型天然气车国VI排放法规于2019年7月1日全国实施，重型天然气车产量占中国重型车总产量的份额较小)。

为了符合国VI排放法规，重型柴油车须对后处理系统全面升级：满足低于国VI排放法规的绝大部分车辆仅需要使用选择性催化还原(SCR)(不需要任何铂族金属催化剂)后处理技术，而为满足国VI排放法规，则须加装柴油氧化催化剂(DOC)和柴油颗粒捕集器(DPF)。因此，2021年中国重型柴油车的平均铂族金属含量将同比增长三倍以上，其中铂金贡献了大部分增长。

工业需求

2021年，铂金的工业需求保持强劲。来自主要下游领域的需求将持续大幅增长，例如化工、玻璃和电子行业(图16)。事实上，在中国新一波产能扩张的背景下，玻璃行业的铂金需求可能会创下新的历史记录。

在2020年初期，遭受新冠肺炎疫情的冲击，中国玻璃纤维行业受到短暂影响。在汽车轻量化的要求之下，车身塑料部件加大了对玻璃纤维的使用量，因此中国汽车行业的迅速恢复大力支持了玻纤行业的复苏。同时风电、通讯和建筑行业对玻璃纤维强化材料的需求也在上升，在这样的市场背景下，中国玻璃纤维行业出现强劲反弹。玻纤生产中使用铂铑合金漏板。当前，一些玻璃纤维制造商正在降低合金中的铑含量。假设玻纤生产使用的漏板设计保持不变，每节省1盎司的铑金，就会有大约1.7盎司的铂金替代。实际上，漏板合金组成的变化也可能导致漏板的重新设计。

预计，中国对大型炼化一体化设施将保持持续投资，新投建的对二甲苯装置刺激了化工行业对铂金催化剂的采购。

需求 吨	2019	2020	2021
化工	20.8	19.9	19.7
电子	7.2	7.5	8.7
玻璃	13.7	14.1	16.0
医疗和生物医学	7.5	6.7	7.2
石油炼化	8.0	9.4	5.4
其他	18.3	14.3	16.8
合计	75.5	71.9	73.8

表4: 铂金需求 工业

然而，预计石油精炼催化剂对铂金需求将会下降，因为今年扩张所需的大部分金属已经在2020年铂金低价期间提前采购完毕。在中国以外其他地区，疫情期间交通领域低迷的燃料需求极大的影响了炼化装置的产能利用率，最终可能导致炼油厂未来的进一步关闭。

“在中国新一波产能扩张的背景下，玻璃行业的铂金需求可能会创下新的历史记录。”

预计2021年电子行业的铂金需求将出现两位数的增长。硬盘行业发展保持迅猛，我们可以看到数据存储行业的持续产能扩张(见第11页)带动了铂金在磁盘涂层中的使用量。我们对电子行业的统计还包括燃料电池行业的铂金需求；预计2021年这一需求将增加40%以上，超过2.8吨。

道路车辆板块将是今年燃料电池需求增长的最大贡献者(图17)，预计丰田公司(Toyota)将生产约3万辆燃料电池汽车(FCEV)。展望未来，重型车辆对燃料电池需求增长的贡献将会不断加大。不同地区和国家市场，例如加利福尼亚州和欧盟，都已对二氧化碳排放目标和清洁车辆标准立法，大幅加快重型车辆电气化才能够满足上述立法中的要求。燃料电池可能在长途货运和长途巴士运输领域成为首选应用，因为它不会受到电池重量的影响和续航能力的限制。

“中国发布的燃料电车汽车“以奖代补”政策，有助于激励国内燃料电池汽车产业发展。”

中国市场将是近期燃料电池需求提升的主要驱动力。中国政府在2020年9月宣布了一项新的奖励计划，用于激励国内燃料电池汽车产业发展。相比之下，由于受不同二氧化碳排放目标或零排放汽车要求的推动，电池电动汽车会在其他市场优先得到发展。中国新的“以奖代补”计划的执行将延续到2025年，旨在鼓励燃料电池部件的国产化，如电极和燃料电池电堆，以建立国内供应链。该计划将会对那些在燃料电池汽车部署和性能方面达成目标的城市群做出奖励；同时，使用较大燃料电池组的重型车辆将会得到更多的支持。

虽然燃料电池乘用车被纳入新计划中，但奖励政策更鼓励燃料电池客车和商用车的发展，为重型车辆的投放提供的奖励最高达54.6万元人民币/辆(约8万美元)。

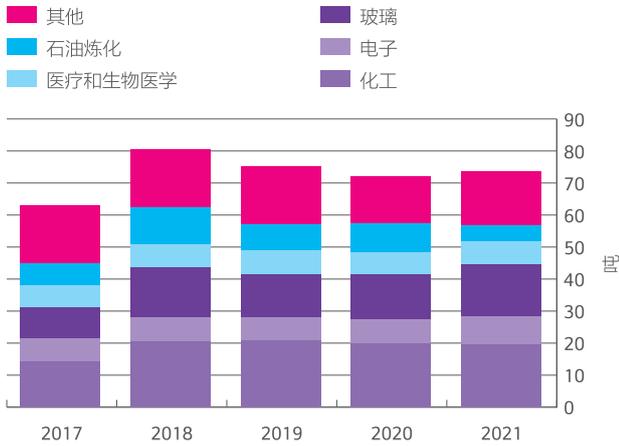


图16: 铂金工业需求

同时，加氢站的建设目标是到2025年和2035年分别达到1,000个和5,000个(之前目标分别为500个和1,000个)。地方政府已经对国家的新政策做出响应，宣布在一些特定地区和城市执行新的激励政策，如广东省，山东省和上海市。我们预计这将支持中国燃料电池行业在未来几年进一步强劲增长。

了解更多氢气市场的未来发展和铂族金属相关技术，请参阅第32页，氢能发展专题。

供应

2021年铂金的矿产供应将出现强劲反弹：因新冠肺炎疫情影响而停产，南非采矿业恢复生产；2020年Anglo American Platinum转炉工厂(ACP)停工积压的半成品库存也将得以释放。

2021年，南非矿石的实际产量预计同比增加10%以上，大多数矿场目前的运营状况接近新冠肺炎疫情前的水平。

尽管在过去的18个月里，有一些矿井关闭，但目前有几个项目正处于产量爬升阶段，包括Northam的Booysendal综合矿场、Royal Bafokeng Platinum的Styldrift矿区，以及Impala Platinum的16和20号矿井。这些矿场产量的提升将大致抵消最近矿井关闭的影响，届时矿产供应量将接近2019年的水平。

Anglo American Platinum在ACP转炉停产期间积压了大量的半成品库存，我们对2021年南非铂金供应的预测涵盖了从上述半成品库存中提炼出的15吨以上的铂族金属(见第12-13页)。ACP的A转炉重建后，于2020年12月初投入使用。Anglo American Platinum开始处理大量的半成品库存，预计这一过程将延续到2022年。

“Anglo American Platinum积压的半成品库存将会释放，同时南非矿场的运营恢复到接近新冠肺炎疫情前的水平，预测2021年铂金的矿产供应将出现强劲反弹。”

在矿场没有遇到任何重大的加工或地质事故，并且电力和劳动力短缺对开采没有造成重大影响的前提下，同时结合Anglo American Platinum渠道库存的精炼和销售情况，我们预计2021年南非的铂金供应量将增加1/3以上。在第一季度，南非国家电力公司Eskom间歇性地降低电力供应，但这并没有对采矿活动产生重大影响。即便如此，电力供应仍然是影响未来矿产供应的一个风险因素。

因为近期铂族金属异常高昂的一篮子价格，生产商现金流充裕，并且认为未来的铂金需求前景光明。在2021年第一季度，南非生产商宣布了一系列替代和扩张计划。

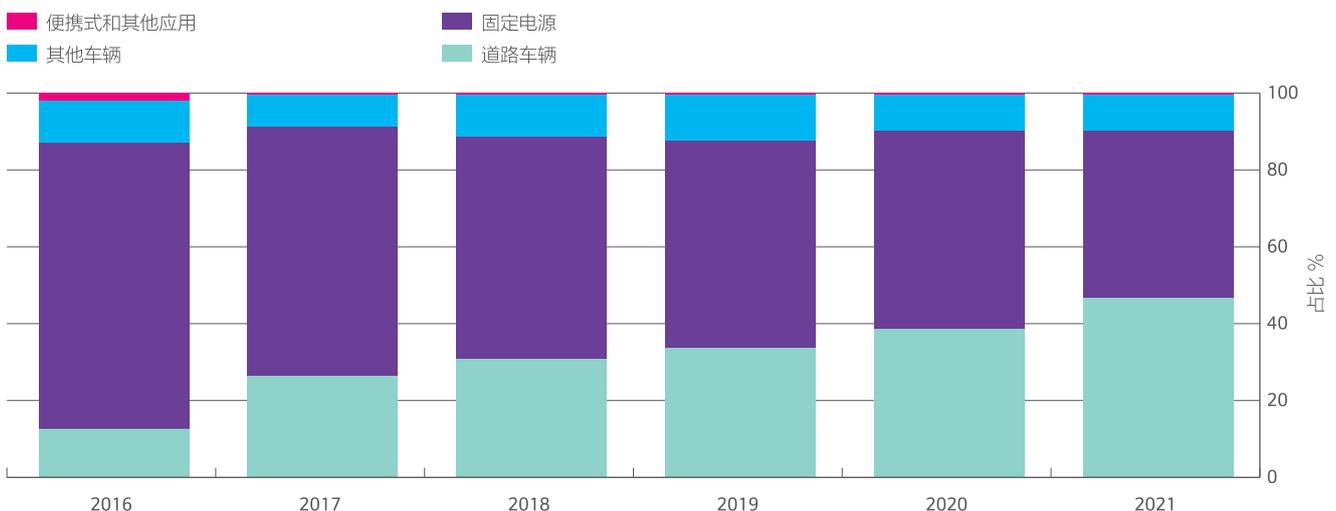


图17: 燃料电池铂金需求 不同应用比例

今年2月，Sibanye Stillwater宣布将重新开发Marikana矿场的K4矿井。该矿前任持有者(Lonmin)曾对K4矿井进行过部分开发，后来因当时铂族金属价格较低而终止。Sibanye Stillwater预计K4矿井可以保证每年大约7.8吨的铂族金属产量，抵消掉部分Marikana矿场内其他矿井产量的下降。

Impala Platinum还宣布了两项重大的扩张计划。其在津巴韦的Zimplats公司将加速推进Mupani和Bimha矿的开发和产能提升计划，并且在选矿富集能力提升后，铂金产量将超过每年9.3吨(30万盎司)。另外，与African Rainbow Minerals 合资的Two Rivers公司将扩大在UG2矿脉和Merensky 矿脉的开采。

Anglo American Platinum将开通一个新的升降通道到达邻近的Der Brochen矿体以延长Mototolo矿的开采寿命，同时将解决选矿厂当前遇到的瓶颈。预计在2022年初，Anglo American Platinum还将对Mogalakwena矿的扩建计划作出决策。

然而Norilsk Nickel的Talnakh矿区中两个矿场因渗水而暂时关闭，且Norilsk地区选矿厂部分厂房的倒塌，导致俄罗斯铂族金属出货量减少，这将部分抵消非洲南部2021年铂族矿产供应量的增加。我们估计，这些事件将使2021年的铂族矿产供应量减少约15.6吨(详见第21页)。Norilsk Nickel出货量下降

的同时，俄罗斯的冲积矿开采量也寥寥可数，本报告预测俄罗斯的铂族矿产供应量将降至二十年来的最低水平。

2021年，预计废旧汽车尾气催化剂的铂金回收量会上升(图10)，但可能无法达到2019年的水平。去年，新车销售疲软，二手车需求旺盛，导致旧车注销登记量急剧下降，催化剂报废量相应减少。同时，废料的收集和处理也因新冠肺炎疫情的封锁而中断，尤其是在欧洲。现在，这些影响在很大程度上得到了扭转，前所未有的废料量涌入回收网络。

然而，由于处理报废的柴油颗粒捕集器的产能有限，铂金的回收量仍旧不高。这类废料中碳化硅含量很高，在冶炼前必须与其他废料混合，以便将碳含量降低到可接受的水平。随着冶炼厂对废料中的碳含量限制越发严格，收集者越来越难以找到处理废旧富铂柴油催化剂的出路。

这一情况因铂族金属回收精炼能力的短缺而日益严峻，部分冶炼厂因为下游精炼厂满负荷而不得不限制处理量。由于钯金和铑金的价格仍然处于异常高位，我们预计回收网络中的参与者会优先考虑价值更高、更易处理的汽油尾气催化剂废料。

钯金展望

2020年供应与需求

预计2021年钯金总需求将出现强劲复苏，反映了后疫情时代汽车产量的反弹以及化工行业创纪录的钯金使用情况。

即便存在铂金替代钯金的情况，汽油车尾气催化剂对钯金的总需求仍将呈现两位数增长。

中国双氧水等行业产能的强劲扩张将带动工业钯金需求增长8%。

南非的钯金矿产供应量将大幅增加，但Norilsk Nickel两座镍矿地下开采区的渗水导致俄罗斯钯金矿产供应减少，这将部分抵消前述的钯金产量增加。

由于钯金需求涨幅将超过供应增幅，预计全球钯金市场短缺将扩大到24.9吨以上。

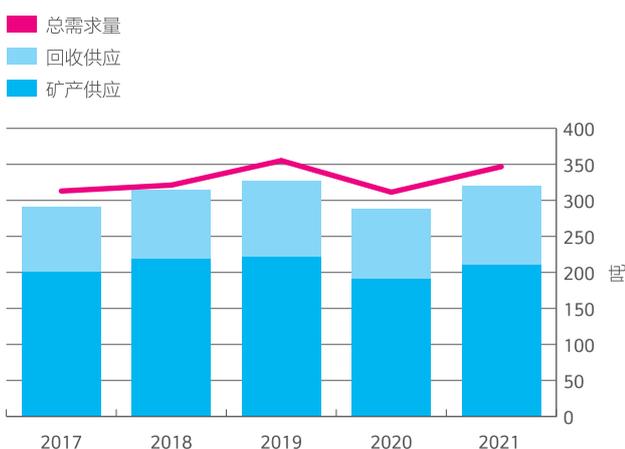


图18: 钯金的供应与需求

预计2021年钯金总需求将出现强劲复苏，反映了后疫情时代汽车产量的反弹、欧洲和美国汽油车中平均钯金含量的提高以及化工行业创纪录的钯金消费情况。矿产和回收供应总量也将上升，但预计低于新冠肺炎疫情前的水平。尽管废旧汽车尾气催化剂中的钯金回收量将达到创纪录的水平，南非的矿产供应量也将大幅增加，但Norilsk Nickel的两座镍矿地下开采区渗水导致俄罗斯供应的减少，这将部分抵消前述的钯金产量增加。由于钯金需求增长将超过供应增幅，预计市场短缺情况将扩大到24.9吨以上。2021年第一季度，钯金价格徘徊在历史高位，工业和汽车用户正加紧努力节省钯金用量。

价格与市场平衡

2021年钯金市场仍将处于结构性市场短缺状态，工业和汽车尾气催化剂的需求量将大大超过矿产和回收供应的总和(图18)。虽然在过去一年中钯金的市场供应有所改善，但在2020年初钯金市场出现严重的流动性紧缩，将其租赁利率推高至25%以上(图2)，随后市场存量继续下降。在2021年的前四个月，市场对海绵钯的需求再次超过钯金锭，表明了通常西方工业和汽车用户需求的海绵钯出现短缺情况。为了满足用户的需求，市场参与者纷纷将库存的钯金锭转化为海绵钯。

强劲的需求以及对供应端的持续担忧继续支撑着钯金价格在2021年初接近其过去达到的历史高点。在2021年1月和2月大部分时间里，钯金的交易价格在2,300-2,400美元/盎司区间波动。在三月份，有消息称，由于Norilsk Nickel旗下一家加工厂发生事故和两座大型矿山临时关停，预计当年该矿业公司的钯金产量将大幅降低，随后钯金价格飙升至2,600美元/盎司以上(图4)。

矿产供应

在2021年2月和3月期间，Norilsk Nickel公司的Oktyabrsky矿发生地下水渗入，导致该矿及邻近的Taimyrsky矿深层地下开采区被淹。三月下旬，渗水情况得到遏制，Oktyabrsky矿在四月底恢复正常开采量。然而，在本报告撰写之时，Taimyrsky矿场的深层作业仍处于暂停状态。在评估地下基础设施的状况和重新开始采矿之前，需要将大量的积水从工作区抽出，目前预计六月恢复全面生产。

供应 吨	2019	2020	2021
南非	80.5	61.5	82.6
俄罗斯	92.9	82.0	79.6
其他	47.6	48.1	47.7
供应总量	221.0	191.6	209.9

需求 吨	2019	2020	2021
汽车尾气催化剂	300.7	266.0	293.7
首饰	4.0	2.7	3.3
工业	53.3	48.5	52.6
投资	-2.7	-5.9	-2.9
需求总量	355.3	311.3	346.7
回收	-106.1	-97.0	-111.0
合计净需求总量	249.2	214.3	235.7
库存变化量	-28.2	-22.7	-25.8

表5: 钯金的供应与需求

Norilsk极地矿区的一个选矿厂发生事故，也将对今年的铂族金属供应产生影响。一幢建筑物倒塌导致浸染矿石区生产中断，至今尚未恢复；然而，处理富铜矿石(铂族金属成分较高)的加工过程只是被短暂中断，已被优先恢复生产。

我们估计，这些事件将使2021年的铂族金属矿产供应量共计减少约15吨。我们预计Norilsk Nickel将通过出售一些库存钯金(2020年已精炼但并未出售的金属)来减轻对出货量的影响。因此，本报告预测俄罗斯的钯金矿产供应量同比下降仅3%至79.6吨。

“地下水渗入导致Norilsk Nickel的两座大型矿山临时关停。”

同时，我们预计Norilsk Nickel将出售Global Palladium Fund所持有的金属。该基金成立于2016年，目的是保证客户金属供应安全，降低市场波动。Global Palladium Fund的钯金采购渠道较多，包括Norilsk Nickel自主供应，或从俄罗斯中央银行等其他市场参与者处采购。俄罗斯中央银行持有的钯金

“废旧汽车尾气催化剂的回收业务已从新冠肺炎疫情影响中强劲复苏，但回收精炼商几乎都接近满负荷运转。”

库存最初由Gokhran (俄罗斯的国家贵金属存储库)供应，这部分已经计入我们的供应数据中。因此，Global Palladium Fund的任何此类销售将代表市场库存的减少，而不是新增矿产供应。今年南非的钯金供应预计将同比增加34%。一方面是因为采矿业已经从新冠肺炎疫情导致的生产中断中恢复，同时Anglo American Platinum精炼了2020年转炉停产期间积压的铂族金属半成品库存。大多数矿场的开采量将恢复到两年前的水平，及少数矿场的扩张计划会提升矿产供应量(例如Northam的Booysendal和Royal Bafokeng Platinum的Styldrift)。然而，在这期间少量的矿井和矿山的关闭，导致实际铂族金属供应量(即渠道库存和精炼库存变动未纳入统计)可能仍低于2019年供应量。上述矿井和矿山的关闭包括计划在今年停止运营的Nkomati Nickel矿场。近年来，该露天镍矿每年副产超过3.1吨的钯金。

回收供应

2021年，从废旧汽车尾气催化剂，以及电子废料中回收的钯金预计将增加14%，达到创纪录的111.0吨。2020年上半年新冠肺炎疫情导致废旧汽车尾气催化剂的收集、运输和加工活动受阻，目前该行业已强劲复苏。此后，新车注册量的反弹使得更多的报废车辆进入汽车拆解集散地，同时废旧汽车尾气催化剂中的平均钯金含量不断增加。

高昂的钯金价格持续激励着市场参与者通过回收和加工网络迅速转移铂族金属废料。然而，精炼产能不足正成为废料回收处理的瓶颈。欧洲、北美和亚洲的大多数回收精炼商都接近满负荷运转，处理额外体量的废料能力十分有限。这转而导致一些废料收集商停止收集活动。在目前的铂族金属价格下，除非市场参与者能确定废料中的铂族金属可以被立即精炼并出售，否则他们拒绝收集。

当下，加工处理难度大且价值低的废料(特别是报废的柴油颗粒捕集器)收集情况受紧张的精炼产能影响严重。在未来，精炼产能不足可能阻碍钯金回收供应的增加。本报告中预测，2021年废旧汽车尾气催化剂的钯金回收量会达到创纪录的96.4吨。但如果精炼厂出现任何停产情况，废旧汽车尾气催化剂的钯金回收量可能会走低。

总需求 吨	2019	2020	2021
欧洲	64.0	55.0	64.5
日本	28.2	24.2	25.9
北美	64.7	53.2	65.6
中国	84.2	83.5	74.1
世界其他地区	59.6	50.1	63.6
合计	300.7	266.0	293.7

表6: 钯金需求 汽车尾气催化剂

汽车尾气催化剂需求

尽管一些汽车制造商实施了节省和替代计划，但预计2021年汽车尾气催化剂对钯金的需求将强劲复苏(图19)。轻型汽油车的钯金用量占全球汽车行业对钯金需求份额的85%以上，在过去的二十年间，使用钯铑三元汽车尾气催化剂一直是排放控制技术的主流。

在过去的五年间，中国、欧洲和北美的排放法规逐步加严，使得全球汽车尾气催化剂中钯金平均含量增加了1/4以上，使得在全球汽油车产量下降的情况下，依然推动了全球汽车行业对钯金需求的强劲增长。2017年全球轻型汽油车的产量达到了7,500万辆的历史最高水平；2021年全球轻型汽油车的产量将比这一峰值低10%左右(图 20)，但预计全球轻型汽油车对钯金的需求将比五年前至少增长10%。

中国汽车市场在2008-2017年间强劲增长，之后中国市场疲软引发了全球轻型汽油车产量(在新冠肺炎疫情流行之前)的下降。展望未来，目前尚不清楚何时全球轻型汽油车产量可以恢复或超越2017年的历史高点。2021年全球汽车生产受到了半导体供应短缺的影响，这导致大多数地区的许多汽车制造商出现了短期的生产中断。与此同时，纯电动车(BEV)吞噬了一部分内燃机(ICE)汽车的市场份额，2020年全球纯电动车产量同比增长了25%以上，预计今年产量将同比增长至少2/3。2021年，纯电动车(BEV)在欧洲轻型车市场的份额可能达到6%，在中国可能超过8%。

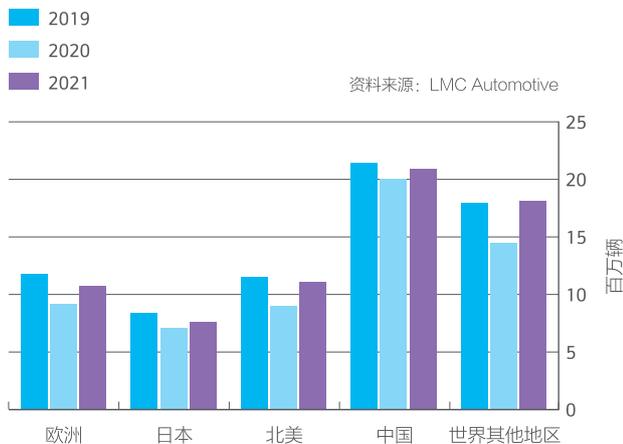


图19: 各地区轻型汽油车产量

大多数汽车市场参与者预计，在未来几年内，纯电动车(BEV)产量将进入加速增长时期，有可能导致一些地区，特别是欧洲和北美的内燃机(ICE)汽车产量出现持平，甚至下降的情况。这意味着未来铂族金属整体需求的增长将主要取决于各国家和地区对排放法规加严的计划，以及加严法规的实施对铂族金属含量的影响，而不是内燃机(ICE)汽车产量的增长。

在大多数地区，汽油车尾气催化剂中钯金的含量仍在上升，这与排放法规实施期间许多主要汽车市场逐步施行更严格标准的情况是一致的。在北美地区，含铂金的汽油车尾气催化剂已经被应用，虽然铂替代了部分钯金，但是由于排放法规加严导致平均单车铂族金属含量上升，因此北美地区2021年的平均钯金含量与2020年相比几乎没有减少。在欧洲，所有在2021年注册的新乘用车须满足Euro 6d排放法规。据该法规要求，实际道路驾驶测试(RDE)中的“符合因子”(CF)将从2.1 (Euro 6d-temp法规中的符合因子要求)降至1.43。(见27页表9)这将导致欧洲汽油车中的平均铂族金属含量进一步增长。

“全球汽车产量受到了半导体供应短缺的影响，与此同时，纯电动车(BEV)吞噬了一部分内燃机(ICE)汽车的市场份额。”

因为钯金和铑金的高价，几乎全球所有的汽车制造商都积极开展铂族金属节省计划(无论他们是否在寻求铂替代)，这些计划已开始取得成效。尽管在几个主要汽车市场(特别是美国、墨西哥和印度)的单车平均铂族金属含量在短期内仍有一定的增长空间，但随着铂金在全球汽油车尾气催化剂中的应用被更广泛地接受，钯金占单车铂族金属含量的份额预计将下降。有迹象表明，2022年欧洲汽油车平均铂族金属含量可能会开始下降，但这种节省计划可能会在未来符合因子(CF)趋于1时发生逆转，特别是在欧盟下一阶段排放法规实施时(目前预计Euro 7 将在2025-2027年期间实施)。

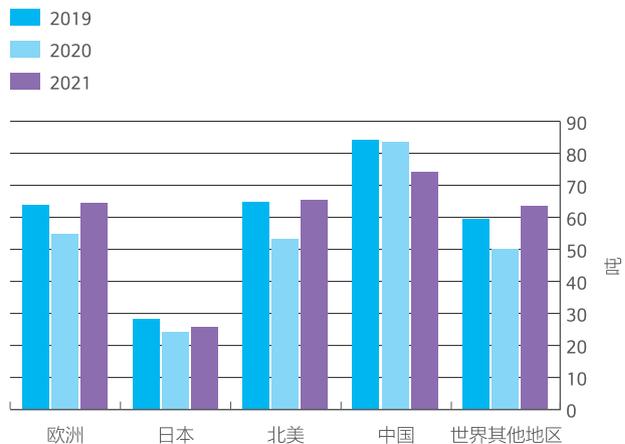


图20: 汽车尾气催化剂对钯金的总需求

“因为钯金和铑金的高价，几乎全球所有的汽车制造商都积极开展铂族金属节省计划。”

中国国6a排放法规已于2020年7月1日开始全面实施；随着目前汽车行业对铂族金属用量节省的重视，我们认为在当前的排放法规实施期间内，汽油车尾气催化剂的平均铂族金属含量已经达到顶峰。两年前，当符合国6标准的汽车首次广泛推出时，几乎所有的汽车制造商都选择为他们的汽车装配能够满足国6b排放法规的催化剂，而不是国6a催化剂。由于国6a(2020年7月1日)与国6b(2023年7月1日)排放法规的全国实施时间相差仅为三年，而且一些省份和城市提前实施国6b，所以大多数汽车制造商为了突出技术进步及节省开发成本，直接开发生产符合国6b标准的汽车。当时，铂族金属含量是一个次要的考虑因素。

但是随着钯金和铑金的价格急剧上升，促使人们不断努力节省中国汽油车尾气催化剂中的铂族金属用量，特别是自主品牌汽车制造商。这些自主品牌汽车制造商专注于提高发动机的性能，以减少发动机尾气的原始排放，从而实现节省铂族金属的使用量，某些车型上的铂族金属节省幅度相当大。与此同时，自主品牌汽车制造商已经开始在后级催化剂中广泛使用铂金替代钯金。我们预计这些节省和替代行为将导致2021年中国汽油车尾气催化剂中的平均钯金含量至少下降10%。应该注意的是，尽管中国汽车市场有着非常积极的铂族金属节省行为，但是2021年中国汽油车尾气催化剂中的钯金平均含量仍将高于2019年之前的水平。

中国将在2023年7月实施更加严格的国6b排放法规。如前所述，目前中国销售的绝大多数汽油车都装配了符合国6b排放法规的尾气催化剂。然而，在中国实施国6b排放法规阶段，还计划引入实际驾驶排放测试(RDE)，这可能会导致单车铂族金属含量上升。虽然官方尚未发布最终的符合因子数值，但汽车制造商似乎正在努力使氮氧化物(NOx)和颗粒物(PN)的符合因子均达到1.5，类似于Euro 6d法规中执行的颗粒物(PN)的符合因子1.5和氮氧化物(NOx)的符合因子1.43。

工业需求

在过去的十年里，中国化工行业的投资异常强劲，这源于中国工业基础设施的现代化变革和下游化工行业发展所需求的“基础”化学品生产实现国产化相关。在过去五年中，这一发展趋势进一步加强，这与“十三五”规划(2016-2020年)中强调的“自给自足”政策相一致。也相应推动了中国化工行业对技术的选择性，提高中国国内自然资源(主要是煤炭)的利用率，从而减少对石油和天然气进口的依赖。

因为中国化工行业生产商采用的特定工艺路线涉及铂族金属催化剂使用，通常对提升铂族金属的市场需求有利，但这类

需求 吨	2019	2020	2021
化工	15.7	18.0	20.1
牙科	9.8	7.0	7.6
电子	22.3	19.5	20.4
其他	5.5	4.0	4.5
合计	53.3	48.5	52.6

表7: 钯金需求 工业

工艺路线一般其他地区没有广泛使用。例如，钯金催化剂在中国被广泛用于煤制乙二醇(MEG)(在其他地区，乙二醇的生产通常采用环氧乙烷生产路线，利用原油和天然气，不涉及钯金催化剂的使用)。

2021年，预计化工行业对钯金的需求保持强劲，化学品制造商的钯金采购量有可能创下历史新高。预计煤制乙二醇(MEG)和精对苯二甲酸(PTA)等大型化工装置对钯金催化剂将保持旺盛需求，且今年双氧水行业的产能扩张强劲。其中大部分新增产能将用于双氧水直接氧化法制环氧丙烷(HPPO)工艺的生产装置，这些生产环氧丙烷的新装置需要大量的双氧水作为生产原料。

“中国双氧水行业的产能扩张将需要大量钯金催化剂。”

环氧丙烷市场迅速增长的原因来自下游聚氨酯生产的需求上升，近年来这种化工品被广泛用于冷链行业中的隔热保温材料。新冠肺炎疫情刺激了“生鲜配送到家”模式的爆发，而且冷链物流能力对疫苗存储运输也至关重要。因为对温度有着极其严格的控制要求，疫苗等医药制品的保存运输进一步带动了对隔热保温材料的需求。

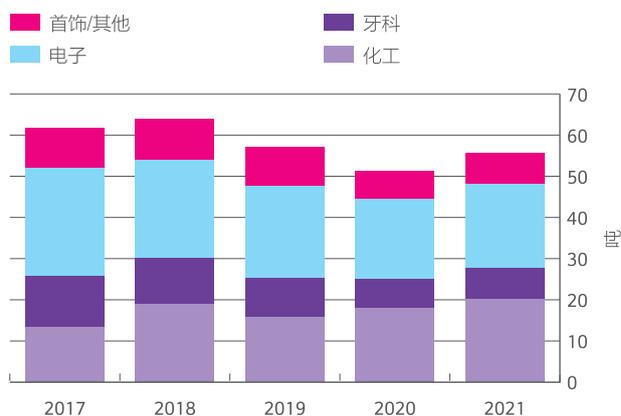


图21: 钯金工业需求

■ 钯金交易所交易基金(ETF)净投资量

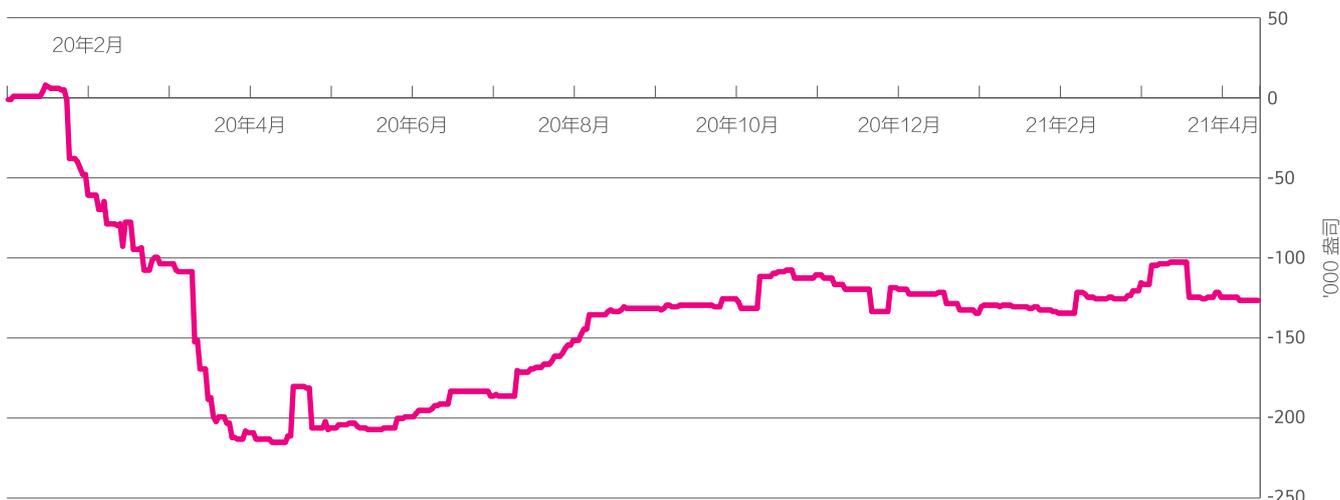


图22: 2020年1月至2021年4月钯金交易所交易基金(ETF)的净投资量

今年，钯金的其他工业应用也将有所增长，但不会恢复到新冠肺炎疫情之前的水平(图21)。在过去的二十年里，其中许多行业都呈现出逐步降低钯金使用量的趋势，而最近创纪录的钯金价格进一步加剧了对钯金用量的节省和替代。例如，在电子行业，原来在电容器中使用的钯金电子浆料已经被含镍材料广泛替代，当前钯金在电子行业中的应用仅限于一些传统应用和对可靠性要求高的医疗行业等。在2019-2020年，电子行业首先受到中美贸易争端的影响，然后又遭受新冠肺炎疫情的冲击，预计今年电子产品市场情况有所改善，但电子行业对钯金的需求与2019年相比降低了8%左右。

“2021年第一季度，钯金交易所交易基金(ETF)的总持仓量增加，但持续的高价为投资者提供了后续获利抛售的机会。”

投资市场平衡

在2015-2020年期间，投资者持续抛售钯金，累计超过240万盎司(74.6吨)的钯金回归市场，缓和了这一时期的钯金市场供应短缺。到2021年初，交易所交易基金(ETF)钯金持仓量仅略高于50万盎司(15.6吨)。未抛售钯金的大多数持仓者都有一定的浮盈。但迄今为止，无论是在2020年的价格飙升期间，还是在2021年3-4月接近历史高位的价格期间，这部分投资者都未选择抛售获利。事实上，2021年第一季度钯金交易所交易基金(ETF)的持有量小幅增加(图22)，这或许是市场对Norilsk Nickel两个矿场渗水事件的反应。

尽管如此，预测钯金交易所交易基金(ETF)持仓量的变化会延续前几年的减持趋势。因为持续的高价为投资者提供了获利抛售的机会。2021年，我们预计钯金交易所交易基金(ETF)的减持相对有限。不过即使投资者平仓所有的钯金交易所交易基金(ETF)，释放的钯金量也不足以弥补预测的市场短缺量。

铂金展望

2021年供应与需求

汽车产量的增加及排放法规的加严将导致2021年全球汽车行业对铂金的需求同比上涨11%。

基于2020年全球工业对铂金需求降至25年来的历史低点，2021年工业需求将呈现复苏，但仍将低于历史平均水平。

玻纤行业将继续节省漏板合金中的铂金使用。

预计2021年铂金矿产和回收供总量将增长19%，这反映出南非铂金矿产供应从2020年的生产中中断中恢复，以及废旧汽车尾气催化剂回收行业的蓬勃发展。

2021年初，南非供应紧缩将铂金价格推向历史高位。随着矿产供应恢复正常，铂金供应市场的流动性应得以改善。

“ 绝大多数的铂金应用在轻型汽油车三元尾气催化剂上：铂金在汽车制造商满足严格的氮氧化物(NOx)排放限值方面发挥着重要作用。 ”

在2021年初，由于严重的供应紧缩造成了铂金价格的极度波动，每周的价格波动超过3,000美元/盎司，一度飙升至30,000美元/盎司左右的高点。造成价格攀升的原因包括：2020年矿产铂金供应量受到新冠肺炎疫情的干扰；随后Anglo American Platinum转炉工厂(ACP)停工；与此同时，全球汽车生产也从新冠肺炎疫情造成的短期停产中逐步恢复，汽车行业对铂金的需求出现反弹。2020年12月，上述转炉工厂(ACP)恢复生产，并将在未来十八个月内处理积压的铂族金属半成品库存，从而增加铂金的矿产供应量。这可能有助于改善未来几个月铂金供应市场的流动性，我们预计2021年铂金的整体供应仍处于短缺状态。

虽然铂金近期的价格波动因供应问题而加剧，但是铂金价格从2016年8月的低点625美元/盎司急剧攀升，主要是由汽车尾气催化剂对铂金需求的强劲增长推动，导致铂金供应呈现连续三年短缺状态。绝大多数的铂金应用在轻型汽油车三元尾气催化剂上：到目前为止，催化剂中的铂金是降低氮氧化物(NOx)排放的最好金属，因此铂金在汽车制造商满足氮氧化物(NOx)排放限值方面发挥着重要作用。

铂金市场规模小，流动性差，价格极端波动的历史情况可以追溯到汽车尾气排放法规实施的早期阶段(图23)。铂金价格上涨通常与排放法规加严及汽车行业对铂金需求急剧增加有关。但是铂金价格的历史高位是受到当年南非的铂金矿产供应中断影响(全球绝大部分的铂金矿产供应来自南非)。

■ 铂金(庄信万丰)



图23: 1990-2021年铂金价格走势

供应 吨	2019	2020	2021
南非	18.9	14.9	19.4
俄罗斯	2.1	1.8	1.7
其他	2.1	2.2	2.2
供应总量	23.1	18.9	23.3
需求 吨	2019	2020	2021
汽车尾气催化剂	32.0	29.4	32.7
其他	4.2	2.3	3.4
需求总量	36.2	31.7	36.1
回收	-11.1	-10.5	-11.8
合计净需求总量	25.1	21.2	24.3
库存变化量	-2.0	-2.3	-1.0

表8: 铑金的供应与需求

例如, 2008年南非的电力中断造成矿场生产短时停产, 继而导致当年铑金价格飙升。而近期的历史最高点发生在转炉工厂(ACP)停工和受新冠肺炎疫情影响造成的生产中断后。

大多数铑金应用的行业(玻璃行业除外, 见下文)几乎没有在短期内能够调整铑金使用量的弹性空间, 但在1990年、2008年和2020-2021年间铑金的价格达到高位, 都导致了以节省铑金用量为目标的技术快速发展。在汽车行业, 汽车尾气催化剂中铑金的含量随着排放法规的加严而不断增加, 随后为应对高价格而积极地节省使用。

2017-2021年期间, 几个主要汽车市场均实施了更严格的排放法规, 包括中国国6a排放法规, 逐步实施的美国联邦Tier 3排放法规, 以及欧洲出台并加严的实际道路驾驶排放测试

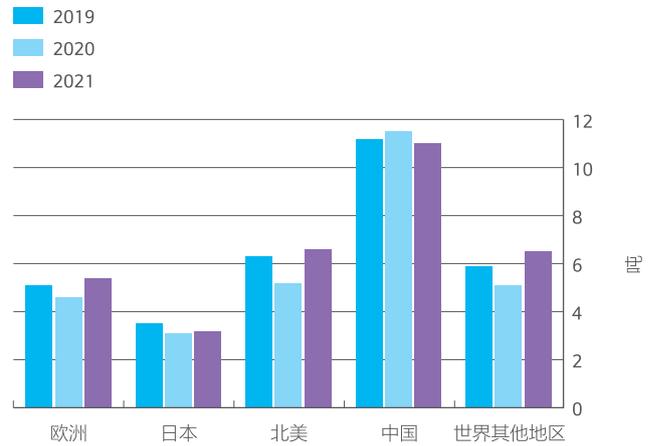


图24: 汽车尾气催化剂对铑金的总需求

“大多数铑金应用行业(玻璃行业除外)几乎没有在短期内能够调整铑金使用量的弹性空间。”

(RDE) (在Euro 6d-TEMP与Euro 6d的基础上)。2020年全球汽车平均铑金含量比2016年增长45%以上。

在欧洲, 引入实际道路驾驶排放测试(RDE)和随后符合因子的加严, 大大提高了符合排放标准的技术难度。这对欧洲汽车尾气催化剂中铂族金属的使用量都有积极的影响, 但对铑金含量的影响最大, 因为实际道路驾驶排放测试(RDE)特别关注氮氧化物(NOx)的排放。到2020年9月, 所有欧洲新车都要满足实际道路驾驶排放测试(RDE), 但在2021年, Euro 6d排放法规全面实施下, 符合因子(CF)加严(从2020年1月起适用于新车型, 并从2021年1月起对所有新乘用车强制执行-表9), 导致铂族金属含量进一步增加。

法规	车型	执行日期	NOx 符合因子	PN 符合因子
Euro 6d-TEMP	乘用车新车型	2017年9月1日	2.1	1.5
	乘用车所有新车	2018年9月1日		1.5
		2019年9月1日	2.1	
		2020年9月1日	2.1	
	轻型商用车新车型	2018年9月1日	2.1	1.5
		轻型商用车所有新车	2019年9月1日	
2020年9月1日			2.1	
Euro 6d	乘用车新车型	2020年1月1日	1.43	1.5
	乘用车所有新车	2021年1月1日	1.43	1.5
	轻型商用车新车型	2021年1月1日	1.43	1.5
	轻型商用车所有新车	2022年1月1日	1.43	1.5

表9: Euro 6d 法规日期

欧洲汽车制造商目前正通过节省铑金的使用来应对高价，但预计这不会对2021年欧洲汽车行业对铑金的需求产生任何重大影响。近期符合因子预计会进一步加严，给铑金含量的节省带来压力。尽管本轮节省铑金使用的窗口期有限，但在短期内，我们仍预期会看到一些铑金含量的下降。符合因子允许在实际道路驾驶排放测试(RDE)中出现潜在的测量误差，随着便携式尾气排放监测设备性能的提高，这种测量误差正在缩小。欧盟委员会表示，2023年之前，氮氧化物(NOx)的符合因子会从当前的1.43降至1。

“在欧洲，引入实际道路驾驶排放测试(RDE)大大提高了符合排放标准的技术难度。”

相比之下，我们预计中国在引入实际道路驾驶排放测试(RDE)之前(2023年7月1日)，中国汽车制造商将在今明两年实现铑金的实质性节省。尤其是中国自主品牌汽车制造商，对铑金的节省使用可能特别明显。自2019年首次推出国6标准汽车以来，中国自主品牌汽车制造商因持续提高发动机的性能，降低了原排。和首次推出的国6标准汽车相比，目前自主品牌国6标准汽车中的平均铑金含量大幅下降。

由于中国轻型汽油车产量占全球轻型汽油产量的份额超过30%，因此中国轻型汽油车平均铑金含量的下降对全球轻型汽油车平均铑金含量产生了明显的负面影响。全球轻型汽油车平均铑金含量的下降抵消了部分全球汽油车产量增长14%所带来的贡献，我们预计2021年全球汽车行业对铑金的需求同比上涨11%(图24)。本报告中，我们预测2021年全球汽车行业对铑金需求低于2019年。不同的是，预计2021年全球汽车行业对铑金的需求将创下历史新高。

与汽车行业不同的是，预计2020年全球工业和“其他”领域对铑金的需求将降至25年来的最低点2.3吨，铑金的高价使得玻璃行业对铑金的需求出现下降，并引发了交易所交易基金(ETF)进一步获利抛售(铑金交易所交易基金(ETF)的统计数据包含在本报告铑金的其他子目录下)。

“预计废旧汽车尾气催化剂回收的铑金将增长近12%，但回收精炼厂已接近满负荷运转。”

需求 吨	2019	2020	2021
化工	1.9	1.7	2.3
电子	0.2	0.2	0.2
玻璃	1.5	0.2	0.6
其他	0.6	0.2	0.3
合计	4.2	2.3	3.4

表10: 铑金需求 工业

基于2020年的历史低点，随着中国化工和玻璃行业的产能持续扩张，我们预计2021年工业对铑金的需求将出现一定的复苏。但由于玻璃纤维行业对铑金的节省使用和铑金交易所交易基金(ETF)的进一步减持，预计2021年全球铑金的需求仍将远远低于过去十年的水平。在撰写本报告时，交易所交易基金(ETF)的铑金持仓量约为14,000盎司(0.4吨)。

玻纤行业是唯一能够在相对较短的时间内对铑金价格作出迅速反应的铑金应用领域，实现的方法是降低漏板合金中铑金的含量(见第18页)。我们预计2021年中国玻纤行业大幅投资带来的金属需求有限，同时漏板中节省铑金使用的行为会持续，因此会抑制2021年铑金的整体需求(图25)。

未来中国丁辛醇(OXO)产能仍将扩张，预计化工行业对铑金催化剂的需求将保持强劲。然而在铑金持续高位的情况下，很难预测扩张所需铑金催化剂的采购时间。铑金催化剂的采购通常是在投产前几个月，但是在目前铑金高位的情形下，也许化工厂会尽可能推迟采购铑金催化剂。也有一些早期迹象表明，该行业未来可能会出现节省铑金使用的情况，化工厂正在寻求减少工艺中铑金使用量的技术方案。

预计2021年铑金矿产和回收供总量将增长19%，超过铑金需求的涨幅。2021年南非的铑金矿产供应将从2020年新冠肺炎疫情导致的生产干扰中恢复。与此同时，2020年转炉工厂(ACP)停工期间所积压的渠道库存会逐步释放。来自南非的铑金矿产供应的增长，将足以抵消Norilsk Nickel的两个矿场因被淹而导致的俄罗斯铑金矿产供应量的小幅下降。预计废旧汽车尾气催化剂回收的铑金将增长近12%，这反映出废料收集行业的蓬勃发展及回收精炼厂的加工量接近其产能上限(图10)。随着铑金供应的正常化，我们可以看到铑金的市场流动性将有所改善，但我们仍然预计2021年铑金供应持续短缺。

“我们预计中国汽车制造商将在今年实现铑金的实质性节省。”

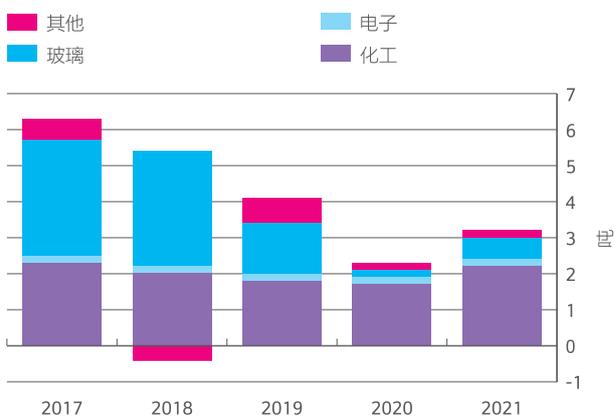


图25: 铑金工业需求

钉和铱

2020年需求和2021年展望

2020年工业对铱的消费量下降了8%，化工行业的需求保持坚挺，但不能完全抵消火花塞行业中铱使用量的减少。

去年钉的需求降低了9%，这和己内酰胺等行业产能增幅放缓的情况有关。

2021年，铱的需求将增长13%。

今年钉的需求将温和复苏，化工行业对钉的需求量低于近年来的高点。

南非加工中断对矿产供应造成影响，铱在2021年4月飙升至6,300美元/盎司的历史高位。

钉的价格也大幅上涨，创下了13年来440美元/盎司的新高。

受新冠肺炎疫情的影响，2020年钉和铱的需求量小幅降低，源于新工厂建设的延迟导致钉的催化剂需求下降，以及汽油车产量走低导致火花塞行业铱的使用急剧减少。由于2021年电化学和电子行业强劲反弹，预计铱钉的需求将得以恢复。随着工业采购量的增加，且投资者持续看好铂族金属在氢能应用中的潜力，以及南非加工厂停工导致的供应中断，综导致铱钉的价格在2021年初急剧攀升。

铱的供应与需求

因为铱在“绿氢”生产中的潜在应用，一直备受投资者的特别关注（请参见第32页氢能特别专题）。投机性购买可能是促成最近几个月价格大幅上涨的因素，在这期间铱的价格上涨了两倍多。

铱的市场非常小众并且流动性不足，但与铑金和钉的情况不同，它没有经历过短期内价格如此大幅波动的情况。2014-2017年期间，铱的价格低于1,000美元/盎司，反映了生产商周期性的库存销售，使市场供应充足。此后，连续市场短缺情况的出现逐渐消耗了铱的库存，导致价格承受上涨的压力。

在2017-2019年期间，价格缓慢上涨，但因Anglo American Platinum转炉工厂(ACP)的停工，并且在后疫情时代市场出现需求复苏，铱的价格在2020年末出现快速上涨。

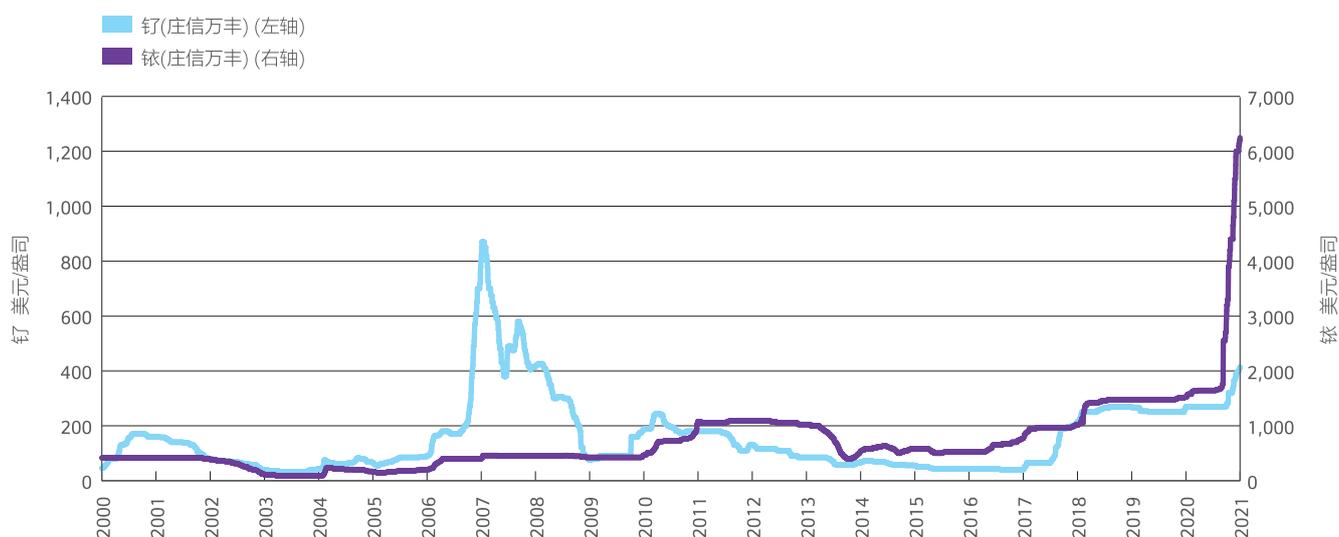


图26: 2000-2021年钉和铱的价格走势

仅在2020年12月，铱的价格就上涨了近1,000美元/盎司，年底达到了2,600美元/盎司；2021年初，价格继续上扬，铱在1月份达到4,000美元/盎司，在2月份价格变动短暂停歇，然后在3月份飙升至6,000美元/盎司。在撰写本文时，价格已经稳定在6,300美元/盎司左右，创历史新高（图26）。

我们认为，这些不寻常的价格波动主要反映了在Anglo American Platinum转炉工厂(ACP)停产，铱的市场面临短期流动性不足的情况。小众的铂族金属加工过程冗长：从金属矿石的开采到最终精炼往往耗时几个月时间。随着Anglo American Platinum处理大量积压的铂族金属半成品，今年和明年的供应情况应该会有所改善。

尽管我们的数据并未体现出今年需求将出现大幅增长的情况，但是工业采购模式也有可能在此期间对价格的上涨推波助澜。我们预计2021年铱的消费量将增长13%，达到8.3吨，这仍将在铱过去的需求范围内；我们假设供应量如我们所预期那样出现反弹，那么今年市场将不会出现大幅短缺。然而，显然供应和需求在短期内出现了严重的错位情况。为确保未来的金属供应，市场出现提前采购行为，这种情况与价格上涨相互作用。此外，我们的数据不一定能体现用户在加工和置换过程中金属占用量的短期波动情况。例如，电子行业需要定期更换单晶制造所使用的铱坩埚(见下文)；购买替换坩埚的金属和从废坩埚中回收金属两种操作之间可能存在时间差异。在使用铂族金属的行业中，这些金属制品用量上的暂时性变化比较常见，但因为铱的市场规模和交易量都很小，这会对铱的市场供应情况影响极大。

尽管受到新冠肺炎疫情的影响，2020年化工行业对铱的需求保持强劲，预计今年的市场情况将会平稳。这反映了市场上稳定的“补充”需求，来填补现有工厂生产过程中催化剂的损失。此外，还有为醋酸产能扩张购买的催化剂，醋酸生产通常涉及铱钨催化剂或铑金催化剂；尽管目前铱和铑的价格很高，但使用铱和铑催化剂的金属成本仍然明显低于同等情况下所需的铑金催化剂。

在新冠肺炎疫情最严重时期，电化学行业对铱的需求略有下降，主要是由于压载水处理行业的需求降低。2020年，新船交付量骤降至15年来的新低，因新冠肺炎疫情所采取的相关

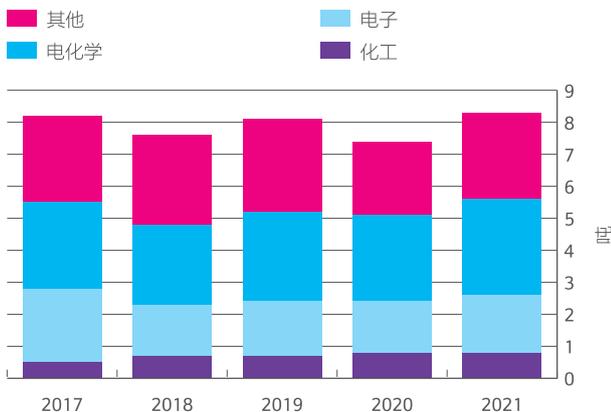


图27: 铱的工业需求

需求 吨	2019	2020	2021
化工	12.5	11.4	11.4
电子	12.5	11.8	12.4
电化学	4.3	4.1	4.3
其他	4.3	3.2	3.9
合计	33.6	30.5	32.0

表11: 铱的需求

措施也导致上半年船舶维修和保养活动减少。为了符合国际《压载水管理公约》中的条款要求，越来越多的船舶加装压载水处理系统，预计2021年该行业对铱的需求将增加。电化学处理技术与其他压载水处理技术(紫外线处理和化学方法等)相互竞争。铱价格的上涨可能导致电化学技术在这一应用领域出现市场份额降低的情况。

“铱在“绿氢”生产中的潜在需求使其备受投资者关注。”

相比之下，2020年氯碱行业中铱(和钌)的使用量保持稳定，反映出市场烧碱需求的(工业中广泛使用的一种基本化工原料)稳定性，以及在新冠肺炎疫情期间，氯气需求情况出现改善。氯气不仅广泛应用于消毒剂生产中，还是生产聚氯乙烯(PVC)产品的重要原料，其下游用途广泛，包括建筑、农业和医疗产品等。其中，医疗产品包含了个人防护装备，如护目镜、面罩、防护服和手套；这些通常只占聚氯乙烯消费量的一小部分，但在新冠肺炎疫情期间，其用量急剧增加，这部分缓和了氯碱行业多年来碱氯需求不平衡的市场情况。

2020年电子行业对铱的需求略有下降，预计2021年该行业需求将强劲复苏。其中主要是使用铱坩埚生产单晶(使用Czochralski工艺进行“拉晶”)。由于铱产量稀少，价格成本高，而且加工难度大，它在坩埚领域的应用比较有限，例如那些必须在1,600°C以上的高温下来控制晶体的生产。比如，用于发光二极管的蓝宝石和用于移动电话和其他无线通讯设备中声表面波(SAW)滤波器的钽酸锂晶体。

在许多使用铱坩埚的行业中，对铱的需求主要来自新产能的扩张，而坩埚在使用和回收中的金属损失较少，因此这方面需求量较小。在过去的三年里，全球钽酸锂晶体的产能基本稳定。但是5G电信技术推广期间声表面波(SAW)滤波器的需求会增加，今年预计晶体制造商将增加对铱的采购。

2020年，全球汽车产量的减少，导致火花塞行业中铱的需求急剧下降，今年随着汽车产量的增长，该行业需求将得以恢复。目前高端汽车多选用带有贵金属电极的高级火花塞作为原厂配件，通常为铂金和/或铱，与传统的贱金属火花塞相比，其寿命更长、可靠性更高、点火表现更好。

钌的供应与需求

与铱一样，钌的价格也在2021年初也大幅增长。去年下半年，价格稳定在270美元/盎司，但从2021年1月下旬开始价格急剧走高，在4月下旬攀升到440美元/盎司的十三年高点。

上一次钌价高于400美元/盎司已经要追溯到2007年了，当时钌的价格受机械硬盘垂直磁记录技术(PMR)的推动，一度达到800美元/盎司的历史高位，随后在2007年下降到400美元/盎司。目前垂直磁记录(PMR)机械硬盘仍是市场的主流，其储存介质表面会用溅射工艺(物理气相沉积工艺的一种)镀上铂金和钌涂层。生产中会占用大量的铂族金属，除了正在使用的铂族金属靶材，还会产生大量废旧靶材库存，这些靶材中的铂族金属必须要重新精炼后才可以再利用。

尽管硬盘领域钌的需求持续增长，但是随着垂直磁记录(PMR)技术的优化，良品率和精炼效率的提高导致该行业的钌占用总量逐渐减少。再加上一些生产者抛售库存的钌，尽管在过去五年中中国化工行业的需求异常强劲，但钌市场在此期间供应充足，价格也相对较低。

钌的工业需求大部分来自于己内酰胺和己二酸行业。在中国，该行业通常使用钌催化的环己烯路线，和其他工艺相比，钌催化工艺有能耗低和污染小的特点。2011年以来，己内酰胺和己二酸大量的新增产能带来了旺盛的钌需求。新产能的投放在2019年达到顶峰，此后产能增加的速度放缓，钌的需求也有所下滑。

去年，用于催化湿式氧化(CWAO)的钌催化剂采购出现了一些延迟，预计需求会被推迟到2021年。该工艺主要被用于处理石油化工和制药等行业排放的含高浓度芳烃和其他有机物的废水。因为其出色的反应性活性和环境友好的特点(与贱金属替代品相比)，钌催化剂被用于这一领域。

2020年初新冠肺炎疫情导致的工厂关停，影响了电子产品中钌的需求，主要体现在芯片电阻和硬盘领域。但是电子产品需求的基本面趋势仍然乐观。受新冠肺炎疫情影响，居家办公、远程学习和虚拟娱乐的需求增长，带动了电子产品消费

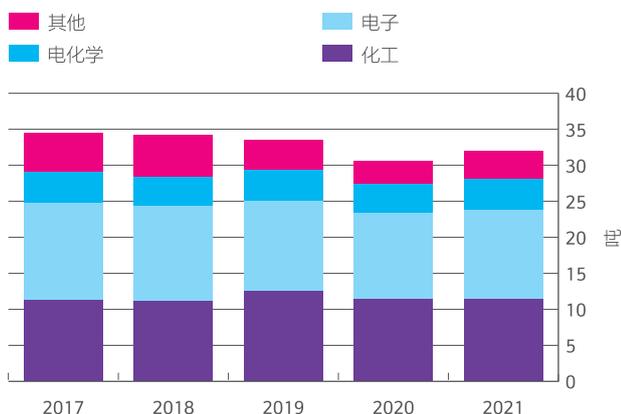


图28: 钌的工业需求

需求 吨	2019	2020	2021
化工	0.7	0.8	0.8
电子	1.7	1.6	1.8
电化学	2.8	2.7	3.0
其他	2.9	2.3	2.7
合计	8.1	7.4	8.3

表12: 铱的需求

的上升。而5G的推出和电池电动汽车销售的增加为电子元器件市场的增长提供了额外的支撑。虽然电子元器件微型化继续对芯片电阻行业中钌的需求产生负面影响，但芯片数量的整体增长抵消了这种影响。

在机械硬盘领域，新一代的磁记录技术逐渐开始商业化，这最终会对钌在此领域的需求产生不利影响，不过预计短期内影响有限。我们预计新一代磁记录技术的市场变化不会与垂直磁记录(PMR)技术的发展轨迹一样。在2006-2007年的不到两年时间里，垂直磁记录(PMR)技术席卷了个人和商业数据储存市场。但目前我们预计下一代技术的市场份额，短期内不会有巨大增加。不管是热辅助磁记录技术(HAMR)，还是微波辅助磁记录技术(MAMR)，其产品比目前的主流硬盘都要昂贵的多。在发展初期，大概只能应用在一些高端领域，比如大数据中心。

专题：

绿氢打造“净零排放”未来 — 铂族金属的新前景

氢能经济(Hydrogen economy)是能源以氢为媒介的一种未来经济结构设想，这一概念在过去一两年中已作为一个切实可行的方案被社会广泛接受，并且尽管氢能经济仍处于发展初期，但它已开始影响人们对铂族金属的看法，特别是铂和铱。那么我们有没有思考过，为什么是氢气作为新的媒介？为什么现在才被广泛接受？这一改变又会给铂族金属的需求带来什么变化？

为什么是氢能？

2015年发布的《巴黎气候协定》是一项根据国际法制定的具有约束力的条约，要求各国迅速采取行动：其目标规定了人类活动所产生的全球温室气体排放量必须在未来几年内达到峰值，并在2050年后不久实现“净零排放¹”。毫无疑问，二十一世纪20年代，公众强烈支持保护气候的态度开始推动政治方向的转变，这些都极大地促进了具体法规的设立与实施。即便如此，考虑到气候协定所涉及的社会和技术的复杂性，许多法规中承诺目标的激进程度也令人惊叹。这一现象的原因除了政治倾向性之外，还因为人们意识到保护气候的行动成本远远小于因气候恶劣所造成的损失，同时国家希望发展和输出清洁能源技术，创造绿色就业岗位。

许多地区和国家都相继宣布了“净零排放”承诺，包括中国、英国、欧盟，以及拜登执政下的美国。这也导致了过渡阶段气候保护行动计划的出台，如欧盟委员会提出的2030年气候目标计划，以及出台的若干内燃机车辆禁令。内燃机车辆禁令的发布引发了媒体热议，并且“净零排放”的要求适用于所有的行业，这将给社会的发展带来难以预料的巨大影响。

与此相关的是，国家的“净零排放”承诺通常伴随着国家氢能战略的制定。根据氢能理事会统计，包括欧盟在内，全球现已制定了30多个氢能战略，此外还有6个尚在起草阶段。

这并非巧合：一旦政策制定者承诺实现“净零排放”，并认真参与，那么支持氢能发展的政策往往接踵而至。一部分原因

是，当前全球经济发展依赖于化石燃料，可替代能源稀少：

- 生物质依旧含碳，但这种碳作为大自然全球碳循环的一部分，并不会破坏气候平衡。
- 由可再生能源或核能产生的电力。
- 氢气，或利用氢气合成的化合物，如氨。

生物质能源的使用受到生物质可持续性供应的严格限制，它只能满足全球能源很小一部分需求。可再生能源发电已经可以让电网显著脱碳，但为什么电力无法满足剩余的脱碳需求？原因有二：

- 首先，目前全球能源消费中只有大约1/5以电力供应，其余主要是由煤炭、石油和天然气直接提供。倘若仅通过电力脱除大部分能源消费的碳组分，即使在能源效率上有显著提高，但是届时电网数量、发电能力、配套设施均需达到我们当前水平的数倍。
- 其次，更现实的情况是一些行业无法完全电气化：特别是重工业和重型运输行业（公路和铁路运输、海运和空运）这些被统称为“减碳困难”领域。

尽管提高能源使用效率会有所帮助，但针对这些“减碳困难”行业必须通过电能、生物质能源和氢能三种替代能源组合，以取代化石燃料，进而完成深度脱碳。对合适的地区实施高度电气化，并最大限度地利用生物质能源（可能仅限于海运和空运），最后剩余需求则利用氢能来满足。

基于生产来源的氢气分类

使用颜色标记氢气的制取来源，而这些颜色的标识与氢气生产中碳含量的排放相关：

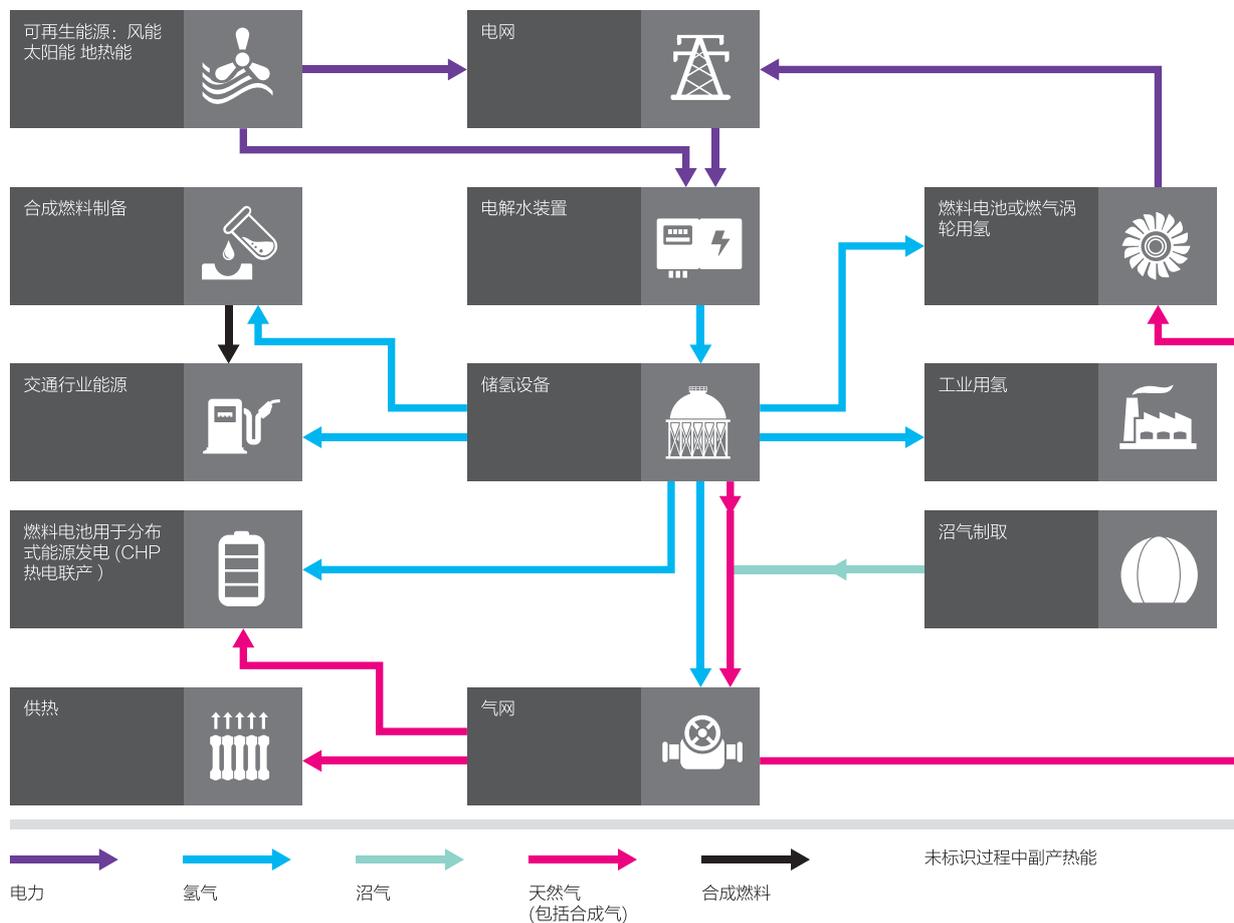


图29: 绿氢应用矩阵

棕氢或黑氢是褐煤或烟煤通过煤气化过程制备的。

灰氢由天然气通过甲烷蒸汽重整产生，也是目前最常见的使用形式。

蓝氢也是由天然气制备而成，但在此过程中产生的大部分二氧化碳都被捕获并储存。自热重整是替代甲烷蒸汽重整的方法，可使二氧化碳的捕获率超过95%²。

蓝绿氢由天然气通过甲烷热裂解制取，过程中生成副产物固体碳而不是二氧化碳。这一制备方法目前仍处于实验阶段。

绿氢通过电解水生成，过程副产物只有氧气。严格地说，只有当电解水过程中的电力是可再生能源供应的，制取的氢气才称为“绿氢”。如果电力是核电供给，则氢气被称为“粉氢”。

氢气也可以直接从太阳能中获得（通过微生物制氢），但这仍处于研究阶段，技术的大幅提升是实现其商业化的前提。这种氢气的制备方式尚未被赋予颜色标识，但由于利用到太阳光，它也许将被称为**黄氢**。

清洁氢气的制取

如果氢气要服务于“净零排放”目标，在氢气的制备过程中也必须尽可能减少二氧化碳的排放。预计到2050年，蓝氢和绿氢将作为主要的氢气制取方式被运用在脱碳行动中，其比例取决于地区的资源结构和激励政策而异。全球清洁能源的需求规模意味着将需要大量的蓝氢和绿氢。

蓝氢的制备需要使用化石燃料和相关的基础设施，否则这些储备和基础设施在未来“净零排放”时代将被搁置。碳捕集与封存(CCS)技术已被证明是可行的，并且正应用于世界各地的主要项目中³。

当前全球能源需求中有4/5来自于非电力供给。蓝氢的主要优势在于：在未来依赖于可再生能源发电的时代中，它可以让部分无法电气化的能源需求找到替代资源。这使得蓝氢的使用变得具有实际效用。同时，蓝氢已经可以实现规模化应用，它将成为能源转型的一个重要支撑。在绿氢被广泛使用之前，蓝氢的使用将有助于建设氢能基础设施并使其脱碳。

绿氢则更具吸引力。因为它从源头上消除了碳排放，不需要再进行碳捕集与封存(CCS)，并提升了化石能源净进口国的能源安全水平。

但绿氢生产制备需要使用可再生电力，这会让“净零排放”世界对可再生电力产生巨大的需求。也就是说，使用绿氢的可再生能源系统在整体上对脱碳更加有效。下文将进一步讨论。

绿氢与可再生电力

可再生电力(特别是来自风能和太阳能)的应用挑战在于，它无法稳定持续地供应，且不能按需调度。只有当电网覆盖足够大的地理区域面积，并具有充足的输电能力时，应该才能够通过输电系统将可再生电力从供应区传输到使用地来促进电力供需的平衡。然而实际情况是，可再生能源电网需要一种能源储存机制，以便在电力供应区将暂时不需要的电力储存起来，并在电力供应不足时按需释放。

绿氢的作用正像是一种储存绿色电能的方式。此外，作为绿色电能的储存方式，它具有以下三个关键优势。

- 绿氢作为一种替代电力的能源形式，可以借助基础设施以气态或液态的形式进行传输，从而消除电网的压力。
- 绿氢适合大规模、长期储存，这意味着它可以解决可再生电力供需的季节性变化难题。
- 绿氢可以作为桥梁，让可再生电力在无法电气化的应用中得到使用，因此绿氢成为在不同能源间相互转换的连接点：将电力、供暖、交通和工业联系起来，使整个系统具有更大的灵活性和效率(图29)。

在电力的供应大于需求时，电能会被分配到与电网连接的电解槽上，这些电解槽将多余的电力用作制取氢气。除此之外，电解槽与风力或太阳能发电场也可以直接连接，制取氢气，在调整供需平衡的同时，也减少电力传输的损耗。绿氢和蓝氢有同样丰富的下游应用(二者的区别在于，蓝氢不能实现与可再生能源间的相互转换)。

例如氢气可以以不同形态储存⁴在专用的地面储库中，或大量储存在地下(比如通过注入盐穴)。氢气可以作为按需发电或热电联产的燃料、汽车动力能源、工业热源以及传统化学品生产原料。除此之外，氢气还可以与氮气结合生成氨，或与二氧化碳反应合成碳氢化合物燃料。当使用的氢气来源于电解水时，上述两者被称为“e-fuels”，指气候中性燃料。如果二氧化碳是直接空气中捕获的，那么合成的碳氢化合物就是碳中性的，这一技术将在Patagonia的Haru Oni项目中应用。另外，氢气还可以帮助沼气中的二氧化碳再利用，从而实现沼气价值最大化。

氢气也可以注入天然气网，直接实现供暖脱碳。这对于解决北半球家庭和商业集中供暖产生的碳排放具有重要意义。多

年来，天然气一直被用于发电和供热，但可再生能源电解水制氢首次推动了电力反哺气网，供应氢气燃料。

上述产业的融合也说明了，通过合成气态或液态的燃料和/或化学品，绿氢可以支持电力多元化转换。

能源使用效率

在我们进行能量的转换时，总会有一定的损失，在氢能和电能的转换过程中亦不可避免。那为什么这种损失不会成为绿氢应用的阻碍呢？

人类长期对化石燃料的依赖塑造了我们对能源使用效率的认知标准。因为在使用一种总量有限，且会带来污染的能源时，单位燃料的高效使用是十分重要的。但是当我们试图讨论可再生能源的能源效率时，考虑到其总量无限和无污染的特性，衡量能源使用效率的重点不再是我们消耗了多少能源，而是我们如何提高对已建成可再生能源电站的利用率(例如：太阳能电场和风电场)。

显然，只要条件允许，将每一度发电量直接使用掉毫无疑问是最好的。然而，由于供需不匹配，很多时候我们无法消耗掉多余的可再生电力。这时，储能技术就是我们实现可再生电力高效利用的关键。绿氢提供了一种可以大量和长期储存风能和太阳能且完全脱碳的方案。除此之外，绿氢模式下，电场还可以分流电网多余的电力用于制氢气，从而将可再生能源引入“减碳困难”领域。综上，绿氢有助于可再生能源电场实现利益最大化。

绿氢模式可以弥合风电调配的困境，展示了这一模式的优越性。风电场所发电量很多时候只有一部分会被电网消纳，实际消纳电力与名义电力产能的比值被称为“消纳系数”。因为风力本身的间歇性和不稳定性，影响了电网对风电的传输，所以“消纳系数”通常都低于1。除此之外，当电网的瞬时电力需求处于低位，亦或是风电传输能力不足时，这一消纳系数会进一步降低。因为电网并不会将这部分电费支付给电厂，对电厂而言等同于这部分电力损失了。所以在风电场配套电解水装置，利用多余的风电生产绿氢，尽管在氢能到电能的双向转换中会有一些的能量损失，但这仍将大大提高风电场风能的利用率。

在比较纯电动汽车(BEVs)和燃料电池电动车(FCEVs)的效率时，也有氢能转换损失的讨论。相比纯电动车(BEVs)直接利用动力电池中的电力，通过电机转化为汽车行驶的动力。而燃料电池电动车(FCEVs)则需要先把储罐中氢气的化学能通过燃料电池转化为电能，这一过程会导致额外的能量损耗。但需要强调的是，只有当这种损失会极大地影响汽车续航里程时，讨论能源转化效率才有意义。事实上，由于氢气的质量能量密度高于动力电池。在车辆携带相同重量的储能模块情况下，以氢气为燃料的车辆可以拥有比电动车更长的续航里程。这种特质尤其对较大重型车辆的脱碳有利，证明了绿氢作为燃料供给未来的一部分“净零排放”车辆使用的可行性⁵。

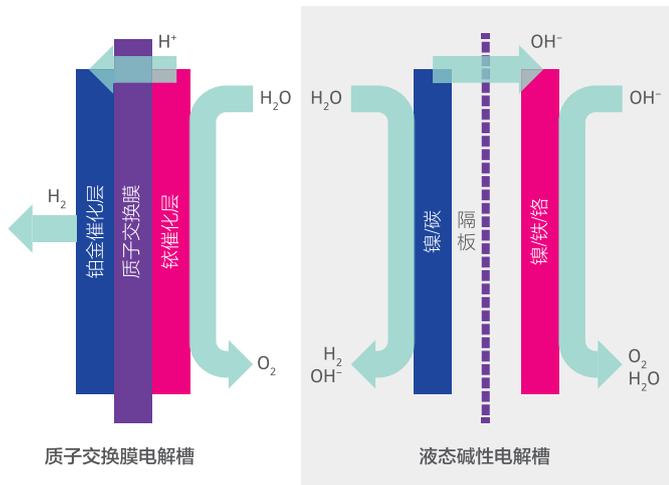


图30: 质子交换膜电解槽及碱性电解槽示意图

电解水技术

电解水制氢并非是一个全新的应用领域。在上世纪20年代末，得益于挪威丰富的水力发电资源，首次将电解水制氢技术商业化，为化肥厂提供氢气原料。但是在大规模商用领域，目前灰氢的制造成本有较大优势，因此电解水制氢的市场份额较少。

现在市场上有三种可商业化的电解水技术：碱性电解技术、质子交换膜电解 (PEM)技术和固体氧化物电解技术。还有一种技术仍在开发中 - 碱性固体阴离子交换膜电解技术(AEM)，但还未能和以上三种成熟技术全面竞争。基于陶瓷材料的固体氧化物电解水技术还处于商业化的较早期阶段，较高的工作温度使其和另外两种技术的应用场景不同，所以在下文中不会对此技术进行深入讨论。碱性电解水技术已经非常成熟，在工业领域已经有几十年的应用历史，尤其在挪威。目前碱性电解水技术正被视作清洁能源应用。过去，质子交换膜电解水(PEM)技术只应用在小规模电解水中。但是随着其在清洁能源项目中的应用增加，质子交换膜电解水(PEM)技术大规模商业化的成熟度不断提高。

在碱性电解槽中，电解液通常为氢氧化钾水溶液，电解反应发生在阴阳极的表面。当在电极两端施加一定电压，水分子会在阴极处得电子生成氢氧根(OH⁻)和氢气。在阳极，氢氧根(OH⁻)会失电子生成氧气和水，过程中氢氧根(OH⁻)会在电解质中不断从阴极移动到阳极。碱性电解反应通常使用贱金属催化剂，一般为镍、钴和/或铁。

在质子交换膜(PEM)电解槽中，电解质是一种固态高分子离子导体薄膜，并且电极催化剂沉积在其表面，形成了类似于质子交换膜燃料电池中催化剂涂层膜(CCM)的结构。

当电解单元被施加电压，水分子会在阳极生成氢离子(质子)和氧气。氢离子会通过聚合物薄膜移动到阴极，并生成氢气。综上，质子交换膜电解水的过程与氢燃料电池中氢气和氧气生成水并产生电流的过程正好相反。质子交换膜(PEM)电解水

与质子交换膜燃料电池(PEMFC)所用的阴极和阳极都采用铂族金属催化剂，后文我们会具体讨论质子交换膜燃料电池(PEMFC)。

催化剂涂层膜(CCM)与气体扩散层(GDLs,反应气体会通过气体扩散层在膜电极和双极板之间流动)的组合被称作膜电极组件(MEA)，其在电堆中被夹在两片双极板之间。双极板(bipolar Plate)的主要作用是传导电流、为冷却液提供通道以及传输气体和水分。质子交换膜(PEM)电解槽和燃料电池都包含由上述若干部件组合而成的电堆作为核心。

推广质子交换膜(PEM)电解技术的原因

由于质子交换膜(PEM)电解水的技术成熟度相对碱性电解水而言较低，导致投资成本相对较高。但是伴随着技术的进步和产业规模的扩大，质子交换膜(PEM)电解水装置的投资成本正在迅速下降。因为质子交换膜(PEM)电解水技术拥有一系列优势，使其在清洁能源领域拥有乐观的应用前景，所以该技术受到了广泛的关注和大量的投资⁶。

首先，质子交换膜(PEM)电解水装置可以承受更大的电流密度(电流密度指标大致等同于单位面积膜电极在一定电流下制备的氢气量)。这意味着，和相同产能的碱性电解水装置相比，质子交换膜(PEM)电解水装置占地面积更小，使其适用于土地面积有限的应用场景，比如停车场微型加氢站等⁷。不过其最大优势还是当电解规模扩大到数兆瓦级时，规模经济效益非常显著。未来，电解水制氢单厂达到兆瓦甚至吉瓦规模时，质子交换膜(PEM)电解水技术有潜力成为单位兆瓦投资成本最低的大宗能源应用。

第二，可再生能源波动性大，因此需要电解水装置最好具有动态响应能力强和低负荷(< 20%)运行高效等特点，这样可以最大限度的利用电能。质子交换膜(PEM)电解水技术在电压多变的运行条件下，表现出更好的灵活性，更快的响应性和0-100%负荷范围内的稳定性，甚至在需要的情况下，电解系统可以短时间高于额定负荷工作。碱性电解水技术也同样具有负荷调节的能力，可满足一些应用场景，但从基础机理层面来说不如质子交换膜(PEM)电解水技术灵活。

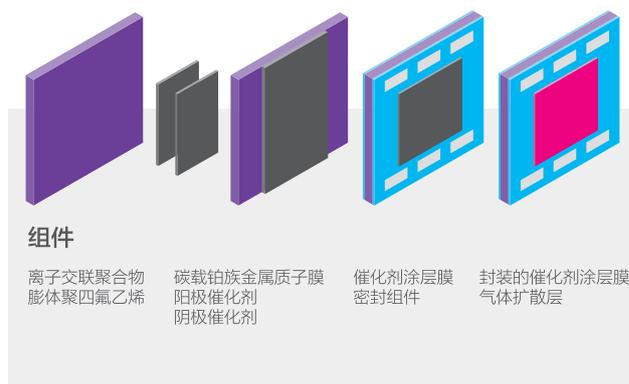


图31: 质子交换膜电解槽组件

第三，质子交换膜(PEM)电解水阳极生成的氧气和阴极的氢气允许压力差存在，二者通过高分子薄膜的物理隔离，保证了装置运行的安全性。目前，质子交换膜(PEM)电解水技术直接制得氢气产品的压力可以达到30 – 50 bar，但有研究已经表明，此技术可以在电化学压缩系统的帮助下达到更高的氢气压力。因为很多下游应用领域对氢气的压力有所要求，所以氢气产品较高的初始压力可以有效地节省后续机械压缩所需要的能源。除此之外，质子交换膜(PEM)电解水技术制得的氢气在使用前不需要进行额外的干燥，但是来自碱性电解水的氢气产品需要干燥后才能使用。

铂族金属在质子交换膜(PEM)电解水技术中的应用

电解水涉及两个反应，在阳极发生的析氧反应(OER)和在阴极发生的析氢反应(HER)。尽管这两个反应在无催化条件下也可进行，但是在实际操作中，鉴于其极慢的反应速率不具备实用价值。所以电极涂层催化剂被用来提高析氧反应(OER)和析氢反应(HER)的反应速率，从而提高了生产效率。

质子交换膜(PEM)电解槽处于高电压的酸性环境下，使其具有极强的氧化性，因此使用的材料所处的环境非常严苛。迄今为止，在这种严苛环境下，具有高效析氧反应(OER)催化能力的阳极催化剂只有贵金属产品，尤其是铱黑、铱氧化物(IrO_x)或钌氧化物(RuO_x)。在上述材料中，铱在高压下的表现最稳定，目前商用的质子交换膜(PEM)电解水设备都采用铱作为阳极。钌的催化活性相对更高，但是也相对不那么稳定。所以必须使用更先进的材料处理技术，才能避免电解槽性能的下降。在阴极发生的析氢反应(HER)是由铂金催化的，由于催化难度较低，所以铂金在阴极上的含量要远远小于阳极上铱(或铱&钌)的含量。

在现有条件下，其他材料很难到达铂族金属在质子交换膜(PEM)电解技术中同样优异的表现。从成本角度分析，如果去除铂族金属的使用，将以降低设备寿命、降低电解效率和提高运营支出为代价，那么对整个项目来说，即便前期的投资资本有一定的减少，长期来看也不具备任何经济意义。

除了成本问题之外，铱和钌的市场供应情况也值得关注。铱和钌的供应几乎都来自铂金矿的副产，他们本身不太可能被单独开采出来。根据现有电解槽的催化剂使用量，铱的供应可能会限制每年新增质子交换膜(PEM)电解槽的总容量，这会影响到各国2030年总电解水容量目标的达成。

不过没人会认为未来大规模商业化后的质子交换膜(PEM)电解技术仍保持今天的催化剂使用量。因为在过去的几年间，电解槽和氢气生产商关注更多的是技术的示范性，而不是铂族金属成本的控制。然而，我们相信电解槽铂族金属的用量会逐渐降低，正如今天出售的燃料电池汽车(FCEV)的铂金用量仅是十年前示范车水平的几分之一。随着质子交换膜(PEM)电解技术产业完成示范，现在研究的重点已经转向针对商业推广的技术优化和降低铂族金属用量。预计在未来10到20年内，和现在的用量相比，每兆瓦质子交换膜(PEM)电解设备的铂族金属用量会大幅减少。

但这种程度的节省必须与铂族金属的有效回收利用相结合，并且必须重视对铱使用的可持续性。尽管回收领域仍有一些困难需要解决，但就目前来看，报废的质子交换膜燃料电池(PEMFC)催化剂涂层膜(CCM)已经被大量回收处理，铂族金属的回收率几近100%，预计质子交换膜(PEM)电解设备的催化剂涂层膜(CCM)回收情况会与之类似。

绿氢展望

迄今为止，已经发布氢能战略的国家大多处于政策执行的早期阶段，除此之外，还有更多国家的氢能战略仍在起草中。所以想要准确预测未来氢能的发展，目前是很难做到的。氢能产业的发展包含了很多种预测情况，但是它们都涵盖了对清洁氢气和质子交换膜(PEM)电解水需求强劲增长的预期。

在国际氢能理事会的预测中(图 32)，2040年之前，清洁能源的应用会快速增加，带动氢气总产量的增长。临近2050年，二氧化碳“净零排放”任务的执行将更加紧迫，氢气的产量则会急剧上升。预测氢气的产量在2050年会达到78艾焦耳⁸(EJ, 1 EJ = 10¹⁸ J)。但是目前，2020年的氢气总产量只约为10艾焦耳。并且几乎所有的氢气都来自于传统的化石燃料，主要被用作工业原料，例如在化肥和石油精炼行业。

预计清洁氢气对灰氢的取代将主要由市场推动。因为市场中的碳税会增加灰氢的成本，从而让绿氢和蓝氢在成本上更富有竞争力(预测见图 33)。目前蓝氢的生产技术已经相当成熟，并且已经实现大规模的商业化生产，所以未来成本显著降低的概率较小。不过，我们相信未来生产效率的提高和二氧化碳捕集和封存(CCS)成本的降低，让蓝氢的生产成本仍有一定的下降空间。在绿氢生产中，电力成本则是最主要的成本组成部分。但是随着可再生电力价格的持续下降(并且如上文所述，可再生能源会产生弃风和弃光，利用这部分能源制氢的实际能源成本是更低的)，同时技术优化和规模化效应进一步降低电解设备资本支出，使电解制氢的总成本大幅减少。

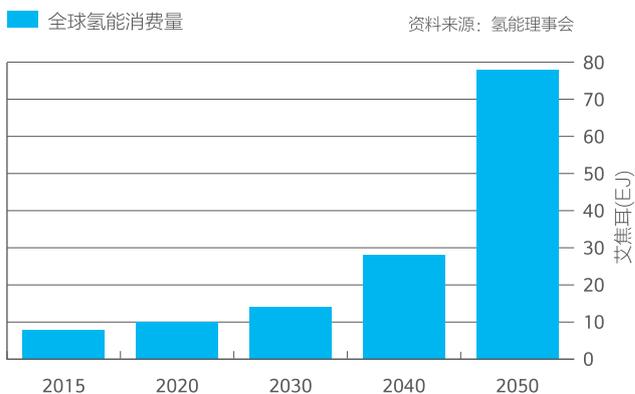


图32: 未来清洁能源社会中氢能需求预测

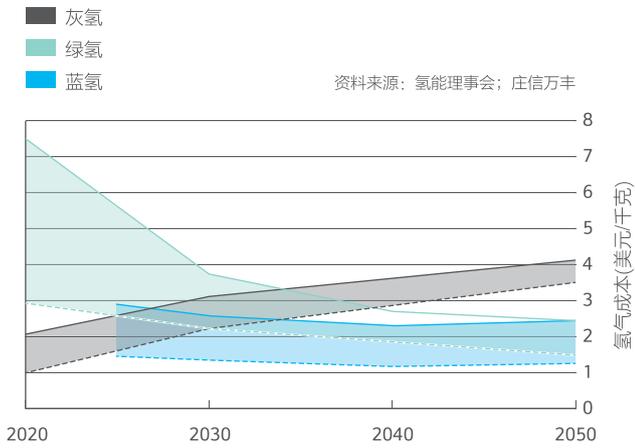


图33: 氢气成本预测

- 1 “净零排放”非“绝对零排放”，即承认在一些极具挑战性的领域将无法完全脱碳，将使用碳汇来抵消这些剩余排放，如增大树木覆盖面积。
- 2 庄信万丰先进的低碳氢（LCH™）工艺使用了气体加热重整技术和自热重整技术。
- 3 参照The Northern Lights项目。
- 4 压缩气，低温液化，金属氢化物固态储氢及有机液态储氢。
- 5 更多有关燃料电池汽车的信息，请参见2018年庄信万丰铂族金属报告中的燃料汽车专题。
- 6 主要的投资者来自于Siemens (西门子)、ITM Power、NEL Hydrogen(通过收购Proton OnSite进入此行业)、Cummins (康明斯，通过收购Hydrogenics进入此行业)和Plug Power (通过收购Giner ELX进入此行业)。
- 7 例如Honda (本田)智能氢气站
- 8 1艾焦耳(EJ)约等于278太瓦时(TWh)。1太瓦时等于十亿千瓦时。2019年全球发电量共计27,000太瓦时(TWh)，略高于97艾焦耳(EJ)。

氢能产业发展对铂族金属行业的影响

为了最大限度利用有限的铂族金属资源，质子交换膜(PEM)电解水设备中铂族金属的平均含量会降低，但是预计铂族金属在质子交换膜(PEM)电解水领域的总需求仍将增加。这是由于在未来较长一段时间里，对绿氢的巨大需求潜力，推动质子交换膜(PEM)电解水产能快速增长，从而带动铂族金属的需求。结合铂金在燃料电池汽车(FCEV)中的应用情况，显然铂族金属处于氢能经济发展的核心板块。毫无疑问，铂族金属将在推动2050能源转型中扮演重要角色。

可持续发展概念衍生出铂族金属需求，在这一背景下，其铂族金属的生产和使用过程也必须符合这一理念。包括矿产开采和精炼在内的流程也需要进行去碳化改造，并且还要保证使用的金属都能得到有效的回收再利用。铂族金属的消费者和供应商都越来越关注可持续发展的概念，在未来几年会对行业产生深远的影响。

目前，关于能源转型的话题更多还是围绕着电池、可再生电力和与之相关的贱金属材料。但是从现在开始，能源转型话题中也将有铂族金属的一席之地。铂族金属将逐渐和锂、钴、铜一起成为未来的“绿色能源金属”。

铂金的供应与需求

吨

供应 ¹	2016	2017	2018	2019	2020	2021
南非	136.6	138.4	138.9	135.1	100.2	139.2
俄罗斯 ²	22.2	22.4	21.4	22.4	21.8	19.0
北美	11.5	11.4	10.8	10.9	10.5	10.8
津巴布韦 ³	15.2	14.5	14.7	14.0	15.0	15.5
其他 ³	5.1	4.9	4.7	4.9	6.3	5.2
供应总量	190.6	191.6	190.5	187.3	153.8	189.7

需求 ⁴	2016	2017	2018	2019	2020	2021
汽车尾气催化剂 ⁴	103.9	99.9	95.0	89.0	71.2	90.5
化工	14.8	14.0	20.4	20.8	19.9	19.7
电子 ⁴	7.2	7.2	7.5	7.2	7.5	8.7
玻璃	7.7	9.8	15.6	13.7	14.1	16.0
投资	19.3	11.2	2.1	35.1	31.8	9.6
首饰	75.1	74.2	70.2	64.2	53.1	55.9
医疗和生物医学 ⁵	6.8	6.8	7.2	7.5	6.7	7.2
石油炼化	5.8	7.1	11.6	8.0	9.4	5.4
其他	16.6	17.9	18.4	18.3	14.3	16.8
需求总量	257.2	248.1	248.0	263.8	228.0	229.8

回收 ⁶	2016	2017	2018	2019	2020	2021
汽车尾气催化剂	-35.2	-38.8	-41.4	-43.2	-35.9	-41.0
电子	-1.0	-1.1	-1.2	-1.3	-1.2	-1.5
首饰	-23.0	-23.2	-21.7	-20.6	-16.3	-16.7
回收总量	-59.2	-63.1	-64.3	-65.1	-53.4	-59.2

净总需求量 ⁷	198.0	185.0	183.7	198.7	174.6	170.6
库存变化量 ⁸	-7.4	6.6	6.8	-11.4	-20.8	19.1

铂金-各地区总需求

吨

总需求		2016	2017	2018	2019	2020	2021
欧洲	汽车尾气催化剂	55.6	53.1	45.2	40.0	28.9	32.5
	化工	3.8	3.6	3.8	3.9	3.7	4.3
	电子	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5
	玻璃	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5
	投资	3.4	1.1	-3.2	17.6	9.6	5.6
	首饰	5.5	5.5	5.9	5.9	4.7	5.3
	医疗和生物学	2.2	2.2	2.0	2.0	1.7	1.8
	石油炼化	0.1	0.2	0.9	0.5	0.3	0.2
	其他	4.8	5.3	5.4	5.6	4.4	5.0
	合计	76.1	71.6	60.7	76.3	54.1	55.7

总需求		2016	2017	2018	2019	2020	2021
日本	汽车尾气催化剂	11.2	11.1	11.4	10.7	8.2	9.7
	化工	1.3	1.1	1.2	1.3	1.2	1.2
	电子	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1
	玻璃	0.1	0.8	0.2	0.8	0.5	0.2
	投资	16.9	5.3	6.8	1.0	12.2	-1.4
	首饰	9.6	9.4	9.1	9.1	7.4	8.2
	医疗和生物学	0.5	0.5	0.4	0.5	0.4	0.4
	石油炼化	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	其他	2.4	2.5	2.5	2.5	2.1	2.4
	合计	43.1	31.8	32.7	27.0	33.1	21.9

总需求		2016	2017	2018	2019	2020	2021
北美	汽车尾气催化剂	11.2	9.8	11.0	11.2	9.1	12.7
	化工	3.2	3.5	3.4	3.4	3.2	3.5
	电子	0.8	1.0	1.1	0.9	0.9	1.2
	玻璃	0.9	1.4	0.6	0.7	0.9	1.1
	投资	3.4	4.0	2.1	4.8	18.7	6.9
	首饰	6.9	7.0	7.0	6.6	6.4	6.6

总需求		2016	2017	2018	2019	2020	2021
北美	医疗和生物医学	2.7	2.7	2.9	3.1	2.8	3.0
	石油炼化	1.1	0.6	0.5	0.5	0.0	0.4
	其他	4.5	4.6	4.8	4.8	3.1	3.7
	合计	34.7	34.6	33.4	36.0	45.1	39.1
总需求		2016	2017	2018	2019	2020	2021
中国	汽车尾气催化剂	4.7	4.9	4.5	4.4	6.4	12.3
	化工	3.8	2.3	6.4	8.2	9.0	7.7
	电子	1.3	1.4	1.6	1.5	1.6	1.9
	玻璃	4.2	3.5	12.1	9.1	10.5	11.1
	投资	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	首饰	47.0	45.7	40.9	34.8	29.4	30.2
	医疗和生物医学	0.6	0.6	0.9	0.9	0.9	1.0
	石油炼化	2.4	3.7	7.9	5.0	6.5	2.0
	其他	2.2	2.6	2.7	2.5	2.2	2.6
	合计	66.2	64.7	77.0	66.4	66.5	68.8
总需求		2016	2017	2018	2019	2020	2021
世界其他地区	汽车尾气催化剂	21.2	21.0	22.9	22.7	18.6	23.3
	化工	2.7	3.5	5.6	4.0	2.8	3.0
	电子	3.7	3.5	3.4	3.4	3.6	4.0
	玻璃	2.2	3.8	2.4	2.7	1.8	3.1
	投资	-4.4	0.8	-3.6	11.7	-8.7	-1.5
	首饰	6.1	6.6	7.3	7.8	5.2	5.6
	医疗和生物医学	0.8	0.8	1.0	1.0	0.9	1.0
	石油炼化	2.1	2.5	2.2	1.9	2.5	2.7
	其他	2.7	2.9	3.0	2.9	2.5	3.1
	合计	37.1	45.4	44.2	58.1	29.2	44.3
总计		257.2	248.1	248.0	263.8	228.0	229.8

钯金的供应与需求

吨

供应 ¹	2016	2017	2018	2019	2020	2021
南非	80.0	79.2	79.1	80.5	61.5	82.6
俄罗斯 ²	86.5	76.3	92.6	92.9	82.0	79.6
北美	28.5	29.7	30.4	31.4	29.7	30.4
津巴布韦 ³	12.3	12.0	12.2	11.8	12.8	12.8
其他 ³	4.0	4.1	4.2	4.4	5.6	4.5
供应总量	211.3	201.3	218.5	221.0	191.6	209.9

需求 ⁴	2016	2017	2018	2019	2020	2021
汽车尾气催化剂 ⁴	250.1	263.3	274.8	300.7	266.0	293.7
化工	13.1	13.4	19.1	15.7	18.0	20.1
牙科	13.3	12.2	11.1	9.8	7.0	7.6
电子 ⁴	27.2	26.3	23.9	22.3	19.5	20.4
投资	-20.1	-12.0	-17.8	-2.7	-5.9	-2.9
首饰 ⁴	5.9	5.2	4.6	4.0	2.7	3.3
其他	4.8	4.5	5.4	5.5	4.0	4.5
需求总量	294.3	312.9	321.1	355.3	311.3	346.7

回收 ⁶	2016	2017	2018	2019	2020	2021
汽车尾气催化剂	-61.7	-73.4	-81.5	-91.0	-83.9	-97.0
电子	-15.0	-14.9	-14.8	-14.7	-12.8	-13.7
首饰	-0.7	-0.6	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3
回收总量	-77.4	-88.9	-96.7	-106.1	-97.0	-111.0

净总需求量 ⁷	216.9	224.0	224.4	249.2	214.3	235.7
库存变化量 ⁸	-5.6	-22.7	-5.9	-28.2	-22.7	-25.8

钯金-各地区总需求

吨

总需求		2016	2017	2018	2019	2020	2021
欧洲	汽车尾气催化剂	50.9	53.0	59.2	64.0	55.0	64.5
	化工	2.3	2.3	2.2	2.1	2.3	3.6
	牙科	2.0	1.9	1.6	1.3	0.9	0.9
	电子	3.1	3.0	2.8	2.7	2.2	2.3
	投资	-8.4	-8.9	-4.4	-1.7	-0.5	-2.1
	首饰	1.8	1.6	1.5	1.3	0.9	1.2
	其他	0.7	0.7	0.9	0.8	0.7	0.7
	合计	52.4	53.6	63.8	70.5	61.5	71.1

总需求		2016	2017	2018	2019	2020	2021
日本	汽车尾气催化剂	24.4	25.7	27.2	28.2	24.2	25.9
	化工	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	牙科	6.2	5.4	4.8	4.4	3.2	3.5
	电子	7.1	6.9	6.2	5.7	5.0	5.0
	投资	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.1	0.0
	首饰	2.0	1.8	1.6	1.4	1.0	1.1
	其他	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2
	合计	40.4	40.5	40.6	40.5	34.2	36.2

总需求		2016	2017	2018	2019	2020	2021
北美	汽车尾气催化剂	62.0	62.9	65.2	64.7	53.2	65.6
	化工	2.3	2.3	2.4	2.6	1.1	2.3
	牙科	4.3	4.1	3.9	3.3	2.3	2.5
	电子	4.0	3.9	3.5	3.2	2.8	2.9
	投资	-2.2	-0.6	-2.7	-0.2	-1.1	-0.6
	首饰	1.1	0.9	0.8	0.7	0.4	0.5
	其他	1.4	1.4	1.4	1.4	1.0	1.2
	合计	72.9	74.9	74.5	75.7	59.7	74.4

总需求		2016	2017	2018	2019	2020	2021
中国	汽车尾气催化剂	63.4	67.8	64.7	84.2	83.5	74.1
	化工	5.0	5.4	8.5	7.2	10.7	10.3
	牙科	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	电子	4.9	4.8	4.4	4.1	3.6	3.9
	投资	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	首饰	0.3	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0
	其他	1.4	1.6	2.2	2.3	1.6	1.8
	合计	75.2	80.1	80.1	98.0	99.6	90.3

总需求		2016	2017	2018	2019	2020	2021
世界其他地区	汽车尾气催化剂	49.4	53.9	58.5	59.6	50.1	63.6
	化工	3.0	2.9	5.5	3.3	3.4	3.4
	牙科	0.6	0.6	0.6	0.6	0.4	0.5
	电子	8.1	7.7	7.0	6.6	5.9	6.3
	投资	-9.4	-2.4	-10.7	-0.8	-4.4	-0.2
	首饰	0.7	0.6	0.6	0.6	0.4	0.5
	其他	1.0	0.5	0.6	0.7	0.5	0.6
	合计	53.4	63.8	62.1	70.6	56.3	74.7

	总计	294.3	312.9	321.1	355.3	311.3	346.7
--	----	-------	-------	-------	-------	-------	-------

铑金的供应与需求

吨

供应 ¹	2016	2017	2018	2019	2020	2021
南非	19.1	19.0	19.2	18.9	14.9	19.4
俄罗斯 ²	2.6	2.4	2.1	2.1	1.8	1.7
北美	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
津巴布韦 ³	1.4	1.3	1.3	1.2	1.3	1.3
其他 ³	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
供应总量	24.0	23.6	23.5	23.1	18.9	23.3

需求 ⁴	2016	2017	2018	2019	2020	2021
汽车尾气催化剂 ⁴	25.1	25.9	27.7	32.0	29.4	32.7
化工	2.0	2.4	2.0	1.9	1.7	2.3
电子	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
玻璃	2.6	3.1	3.2	1.5	0.2	0.6
其他	1.3	0.6	-0.4	0.6	0.2	0.3
需求总量	31.1	32.2	32.7	36.2	31.7	36.1

回收 ⁶	2016	2017	2018	2019	2020	2021
汽车尾气催化剂	-8.6	-9.6	-10.3	-11.1	-10.5	-11.8
回收总量	-8.6	-9.6	-10.3	-11.1	-10.5	-11.8

净总需求量 ⁷	22.5	22.6	22.4	25.1	21.2	24.3
库存变化量 ⁸	1.5	1.0	1.1	-2.0	-2.3	-1.0

钉的需求

吨

需求 ⁴	2016	2017	2018	2019	2020	2021
化工	11.3	11.2	11.1	12.5	11.4	11.4
电子	13.6	13.6	13.2	12.5	11.8	12.4
电化学	4.6	4.3	4.1	4.3	4.1	4.3
其他	4.8	5.4	5.8	4.3	3.2	3.9
需求总量	34.3	34.5	34.2	33.6	30.5	32.0

铱的需求

吨

需求 ⁴	2016	2017	2018	2019	2020	2021
化工	0.7	0.5	0.6	0.7	0.8	0.8
电子	3.1	2.3	1.6	1.7	1.6	1.8
电化学	1.8	2.7	2.4	2.8	2.7	3.0
其他	2.6	2.7	2.8	2.9	2.3	2.7
需求总量	8.2	8.2	7.4	8.1	7.4	8.3

表格备注

¹供应量表示铂族金属矿产销量的预测值，与开采地对应，而非与精炼地对应。

²我们的俄罗斯供应量表示铂族金属在俄罗斯和独联体(CIS)的总开采量。俄罗斯境内的需求计入在其余各国需求内。

³津巴布韦开采的铂族金属当前在南非精炼，我们的供应量表示铂族金属精矿或硫化物的出货量，并根据平常的精炼回收情况有所调整。

⁴某一具体应用领域的总需求量表示在应用领域生产商对新金属的总需求量，以及未精炼金属库存在该领域的变化。未精炼金属库存增加，需求随之增加；未精炼金属库存减少，需求随之减少。

⁵医疗和生物医学类别表示医疗、生物医学、牙科三个领域对金属的总需求量。不过，制药行业的金属用量计在化学品行业需求内。

⁶回收量表示开放式回收(即原采购者全程不再掌控铂族金属)所得金属量的预测值。例如，汽车尾气催化剂回收量表示从报废汽车以及汽车零件后市场的废料中回收的金属量，不含保修或生产中的报废品。在未提供回收数据的领域，开放式回收的量微乎其微，可忽略不计。

⁷净需求量等于某一应用领域的总需求量减去该应用领域开放式回收的金属量，不论回收所得到的金属是在该领域被重新使用，还是被卖向其他应用领域。在未提供回收量的应用领域，总需求与净需求相同。

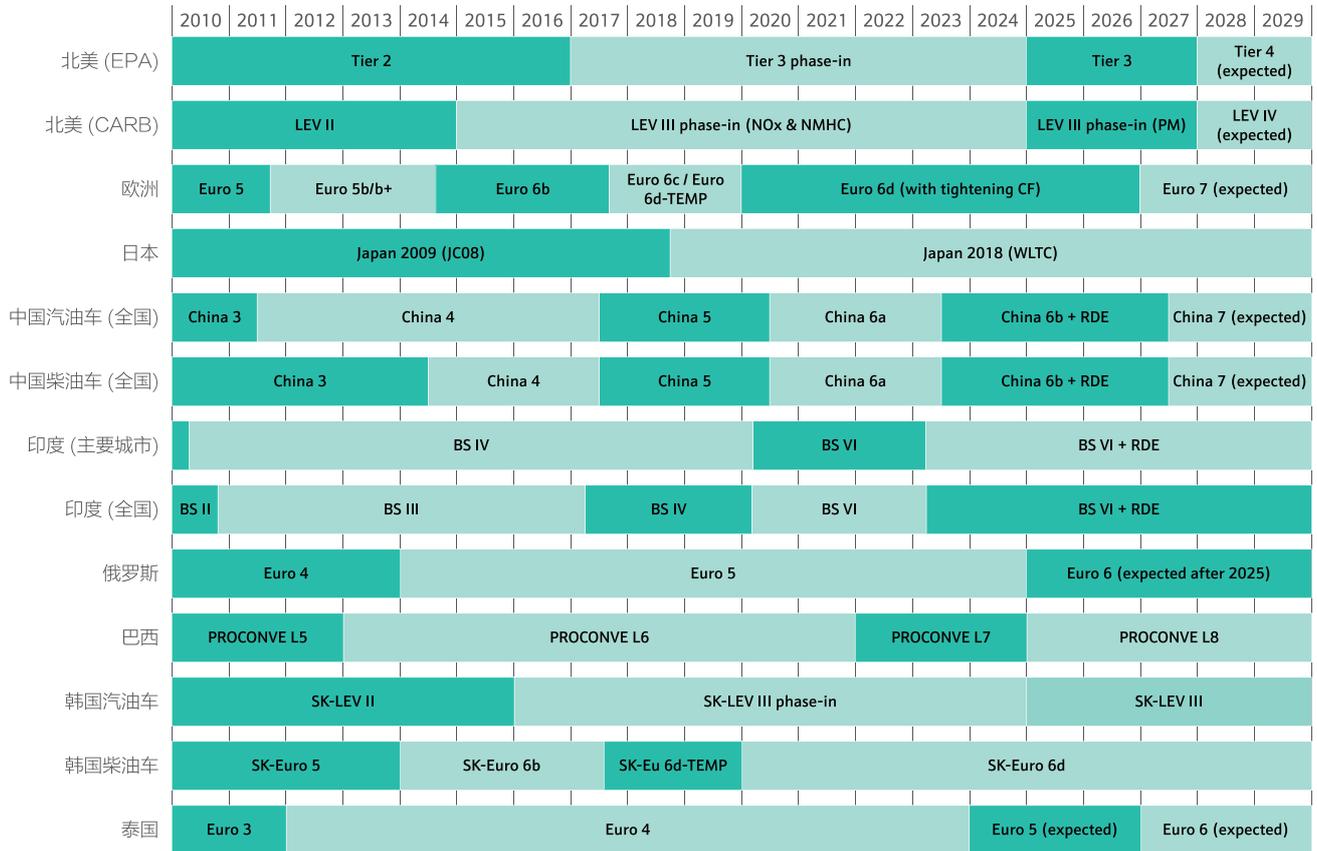
⁸各年库存变动反映加工商、交易商、银行、保管机构所持库存的变化，不含铂族金属矿产精炼厂和终端消费者的库存持有量。库存变动为正数(有时称为“过剩”)反映全球市场存量增加。反之，库存变动为负数(或称“短缺”)则表示市场存量减少。

词汇表

AEM	阴离子交换膜	LEV	低排放汽车
ASC	氨氧化催化剂	MAMR	微波辅助磁记录
BEV	纯电动车	MLCC	多层式陶瓷电容器
CCM	催化剂涂层膜	NEDC	新欧洲标准行驶循环
CCS	碳捕集与封存	NEV	新能源车（纯电动车、插电式混合动力车、燃料电池车）
CF	符合因子	NOx	氮氧化物
CO	一氧化碳	NRMM	非道路移动机械
CO ₂	二氧化碳	NYMEX	纽约商业交易所
CWAO	催化湿式氧化	OER	析氧反应
DOC	柴油车氧化催化剂	PDH	丙烷脱氢
DPF	柴油车颗粒捕集器	PEM	质子交换膜
EC	欧盟执行委员会	PHEV	插电式混合动力车
ELV	报废车辆	PM	颗粒物或烟尘
ETF	交易所交易基金	PMR	垂直磁记录
FCEV	燃料电池车	PN	颗粒数
GDI	汽油缸内直喷	PTA	精对苯二甲酸
GDL	气体扩散层	PVC	聚氯乙烯
GPF	汽油车颗粒捕集器	PX	对二甲苯
HAMR	热辅助磁记录	RDE	实际道路驾驶排放
HC	碳氢化合物	RoW	世界其他地区
HDD	重型柴油车	SAW filter	声表面波滤波器
HER	析氢反应	SCR	选择性催化还原
ISC	在用符合性	SCRF®	选择性催化还原过滤器
LAB	直链烷基苯	SGE	上海黄金交易所
LDG	轻型汽油车	WLTP	全球统一轻型车测试程序
LDD	轻型柴油车	4E grade	铂、钯、铑、金四种元素的组合含量
LOHC	有机液态储氢材料		

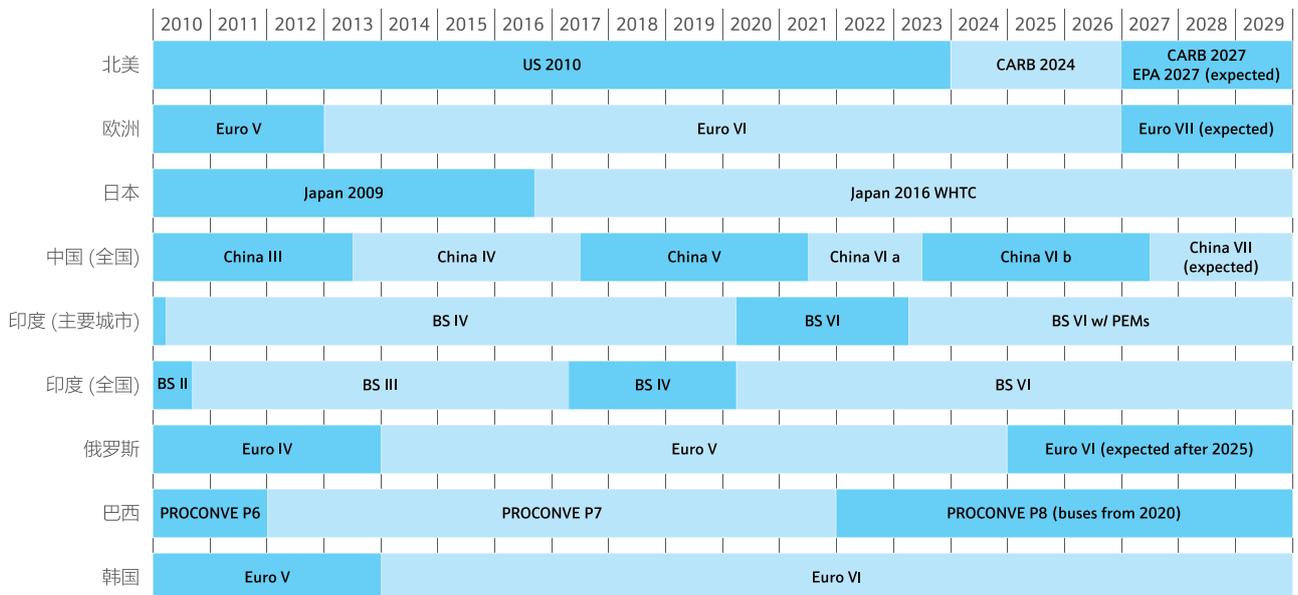
排放法规

轻型车



所列时间为乘用车新车型获批时间

重型车



Euro 6 排放法规

Euro 6是轻型车尾气排放限值的通用标准，以数套测试和程序在不同日期分阶段实施。

Euro 6a为自愿阶段，意在让车辆在标准强制执行前提前获得Euro 6车型的型式认证。Euro 6a对铂族金属需求影响甚微。

Euro 6b从2014年9月开始适用于乘用车新车型的型式认证，从2016年9月开始适用于欧洲市场所售的所有汽车。自此开始，车辆在新欧洲驾驶测试循环(NEDC)进行测试时必须符合Euro 6排放限值。在Euro 6b阶段，汽油车各项排放限值并未改变，惟多了一项颗粒物限值(不过，关于此一要求，汽车制造商可申请一个三年豁免期)。对柴油车而言，测试周期内氮氧化物的排放限值比起Euro 5加严了56%。此一调整对柴油车上铂族金属的含量影响重大。

Euro 6c 2017年9月开始实行，从2019年9月开始适用于所有车辆。就排放限值而言，Euro 6b与Euro 6c对柴油车的要求并无区别，对汽油车的要求也只有一个区别，即与对柴油车的要求一致，Euro 6c将所有汽油车的颗粒物排放限值加严了。此对汽油车的颗粒捕集器(GPF)装载将产生影响。

与此同时，一项新的实验室检测取代了新欧洲驾驶测试循环。全球统一轻型车测试程序(WLTP)从2017年9月起适用于新车型型式认证，从2018年9月起适用于所有车辆。

Euro 6d自2017年9月开始实施，已推行几年。Euro 6d与Euro 6b/6c不同，与后两者相比，Euro 6d引进了实际道路驾驶排放测试(RDE)和实验室测试，改变了氮氧化物排放和颗粒物排放的测试与测量方法。在实际道路驾驶排放测试时，测试人员按照加速减速完全随意的模式，在道路驾驶车辆，尾气排放使用车载便携式排放监测系统(PEMS)测量。

符合因子(CFs)被纳入测试体系，用于规定实际道路驾驶排放测试中，氮氧化物和颗粒物排放量允许超过排放限值的倍数。超出部分意在容纳些许使用便携式排放监测系统产生的测量误差。符合因子分两个阶段实施

在第一阶段(Euro 6d-TEMP)，符合因子于氮氧化物定在2.1，颗粒物定在1.5，从2017年9月开始用于乘用车新车型的型式认证，从2018年9月开始用于轻型商务车(LCVs)的新车型的型式认证。符合因子从2018年9月开始适用于所有乘用车的颗粒物排放，从2019年9月开始适用于所有乘用车的氮氧化物排放，一年之后开始适用于所有新轻型商务车。

在第二阶段(Euro 6d)，氮氧化物的符合因子下调至1.43，从2020年1月开始适用于乘用车的新车型的型式认证，从2022年1月开始适用于所有车。

时日推移，便携式排放监测系统的测量精度必定提高，欧盟执行委员会(EC)打算届时再重评符合因子，意图到2023年将之下调至1.0，不再容许测试中的测量误差。

上述调整，必定对催化剂的设计及其铂族金属含量产生影响。

