

电动车能取代燃油车吗

门类 · 持续 · 对比

物理设定了替代的上限，政策设定的是实际达到的程度

报告出具时间：2026/6/26

报告来源：See The Essence

目录

一、全貌：一场被误读的转型	3
二、核心机制：边界、结构、演化和外部力量	4
边界与定义	4
内部结构	4
竞争与演化	4
外部关系	5
趋势与前景	5
三、深层洞察	6
洞察一：物理定律划定边界，但政治力量决定谁会逼近边界	6
洞察二：TCO 是经济论证的核心，但电池寿命是这一论证的阿喀琉斯之踵	6
洞察三：取代的成功与空间不公的再生产同时发生	6
洞察四：主导叙事本身就是权力	6
四、走向与可能	7
最可能的走向：分层稳态	7
最危险的走向：断裂式转型	7
最意外的可能：内燃机技术飞出	7
五、如何思考这件事	8
参考资料	9

物理学先说话。

车用锂离子电池组的能量密度目前在 150-260 Wh/kg 区间徘徊。汽油的热值约为 12,000 Wh/kg。哪怕计入内燃机约 30% 的热效率和电动机 90% 以上的效率差，有效能量密度差距仍然横亘在 5 到 10 倍之间。这意味着，要达到与 50 升油箱等效的驱动能量，一辆电动车需要搭载近 500 公斤的电池包。续航焦虑和车身超重不是工程优化没做到位——它们是化学键能与晶格嵌入能之间数量级鸿沟的直接表现，渐进改良无法弥合。[1]

补能侧的差距更根本。燃油补能是化学物质的物理转移：一根油枪五分钟内可以转移约 500 kWh 的热值。电动补能是锂离子在石墨和金属氧化物晶格中的嵌入与脱出——这是固态扩散过程。要达到同样的能量转移速率，需要约 2.4 兆瓦的充电功率，远超民用电力设施的极限，并且伴随一个物理上几乎无解的问题：那会在电池内部产生足以触发热失控的焦耳热。固态电池的乐观目标（500 Wh/kg）也远不足以填平这道沟壑。[2]

这不是产品竞赛。这是物理定律在划定生态位。

物理学决定了电动车在短距离、高频次、可规划充电的场景中具有效率优势，而在长距离、高载重、即时补能的场景中，燃油车占据不可动摇的根据地。因此，从一开始就不该问“谁淘汰谁”。该问的是：边界在哪里，谁在什么条件下占据什么位置。

而这种“各有生态位”的物理格局，刚一落地，就被经济和政治两股力量塑造成了完全不同的形状。

一、全貌：一场被误读的转型

“电动车取代燃油车”这个提法本身就在制造歧义。它暗示这是一个产品对另一个产品的替代，像智能手机取代功能机。但汽车不是一个独立消费品——它嵌在加油站网络、电网调度、维修技术体系、保险精算模型、城市规划逻辑、甚至消费者对“什么是好车”的身份认同里。这些东西合在一起，是一个已运转了一个多世纪的巨型社会-技术系统。[3]

引入电动车意味着不是换一个动力总成，而是逐步重构电力系统的智能负载平衡、城市充电桩的空间布局、电池回收的商业模式、二手车估值体系、维修工人的技能结构。每一个子系统都有自己的惯性、利益格局和转换成本。其中任何一个的严重滞后，都会拖慢整体转型的节奏。

因此，真正在发生的不是一个产品替换另一个产品，而是一整套系统被政治力量强行撬动、与另一套正在形成的系统之间展开对抗。旧系统的惰性来自一个多世纪积累的沉没成本网络；新系统的动力来自气候政策、能源安全焦虑和产业链重构的意志。两股力量在博弈，而博弈的结果在不同地理空间和社会阶层中截然不同。

这就是理解这个问题的三个核心层面：物理划定边界，社会-技术系统决定节奏，地理与阶层分化结果。

二、核心机制：边界、结构、演化和外部力量

边界与定义

先厘清范围。这场讨论聚焦的是轻型乘用车和部分商用车的动力系统替代问题，不涉及航空、远洋航运、大型工程机械——这些领域电动化在可见未来几乎毫无物理可行性。乘用车领域的“取代”也需要分层讨论：是新车销售占比替代？还是存量保有量替代？是里程替代？还是功能替代？

不同定义给出完全不同的答案。2024 年，中国新能源乘用车渗透率在月度数据中已突破 50%，但这指的是新车销量中的占比。存量口径下，截至 2024 年 6 月，中国新能源汽车保有量约 2472 万辆，占汽车总保有量约 7.18%——这个数字提醒我们，一个已售出的燃油车还要在路上跑十几年。[4]

一个容易被忽略的细节：渗透率的计算分母是“乘用车新车销量”，而这个分母本身在萎缩。中国汽车总销量在 2017 年触及峰值后进入平台期，电动车增量的一部分实际是在存量市场中切走燃油车的份额，而不是在扩张市场。

内部结构

电动车的内部不是一个均质的阵营。按动力形式可以分成纯电动（BEV）和插电混动（PHEV，含增程式）。按价格带可以分成高端性能标签（特斯拉 Model S/X、保时捷 Taycan）、中端主流替代（比亚迪秦/宋系列、特斯拉 Model 3/Y）、和微型代步工具（五菱宏光 MINI EV 及类似产品）。按使用场景可以分成有家充桩的城市通勤车、依赖公共充电网络的网约车、和几乎没有充电条件的城乡结合部代步车。

这些切法不是平行的——它们交叉重叠，产生关键的结构性分化。

有家充桩的城市中高收入家庭是取代最顺利的群体。对他们而言，电动车在体验上（安静、加速线性、在家补能不用去加油站）甚至优于燃油车，TCO 优势切实存在。网约车司机和物流车队是另一个快速转型区：日均行驶里程高，能源成本节省足以覆盖电池衰减风险，商业模式驱动决策。[5]

但分化不只在消费端。在供给侧，动力电池环节呈现高度集中——前五名厂商占据全球近 80% 份额，中国企业占据主导——而整车制造环节相对分散，新势力不断涌入。产业链的话语权从精密机械制造（发动机、变速箱）转移到了电化学和半导体（电池、IGBT/SiC 功率器件），这彻底改变了产业进入壁垒和利润分布。[6]

竞争与演化

推动这场演化的是三种不同性质的动力。

第一种是经济动力：全生命周期成本（TCO）平价。计算表明，在某些细分市场，购置溢价已被能源和维保成本优势覆盖。但这个计算的致命盲区是电池衰减后的更换成本。锂离子电池的日历寿命和循环寿命意味着，一辆 8 到 10 年的电动车如果残值已归零而换电成本高达数万元，它的 TCO 模型将崩塌。问题在于，绝大部分当前售出的电动车尚未经历完整生命周期——我们是在用新车前三年的表现来推断 15 年后的事。

二手车市场是检验这一点的终极试金石。目前电动二手车残值曲线仍然陡峭，且交易量有限。一个功能正常的二手车市场是成熟的汽车生态的必要组成部分，而电池健康度的标准化评估体系、梯次利用的商业闭环、以及消费者对二手电池的信任——这三样东西目前都还没到位。

第二种是政策动力。中国的“双碳”目标与能源安全诉求、欧盟的绿色新政与 2035 禁燃令、加州的 ZEV 积分制度——这些不是市场需求的自然表达，而是国家力量在主动重塑产业结构。政策通过双重机制运作：正向激励（补贴、牌照优惠、税收减免）和负向约束（燃油车限行、禁售时间表、碳排放积分罚款）。当政策的力度足以改变相对价格和便利性，消费者行为就会偏移。

但政策可以被加码，也可以被撤回。德国在 2023 年底突然终止电动车补贴，当季销量应声暴跌。政策依赖性电动车目前阶段的结构特征，不是暂时的过渡现象。

第三种是系统网络效应。燃油车的深层锁入优势来自一个多世纪积累的网络：超过12万座加油站的物理密度、遍布城乡的维修技术体系、成熟的供应链标准和保险精算数据。电动车要与之对抗，需要依靠充电桩网络的正反馈效应——充电桩越多，电动车越方便，买电动车的人越多，充电桩运营商越有动力建更多桩，循环往复。但这一正反馈的启动门槛很高，而且在高速公路、偏远地区和老旧小区存在结构性障碍——这些地方的电力基础设施升级成本高昂，商业回报不确定。

有证据表明，当渗透率越过20-30%的临界区间，反向正反馈可能触发：加油站因车流量下降开始亏损关闭、内燃机维修技术人员因业务萎缩退出市场、二手燃油车价格预期走低——这一“燃油系统解锁”的过程会加速转型。但全球范围内尚未有任何大规模经济体完整经历了这一拐点。挪威在2023年电动车新车渗透率超过80%，其加油站网络已开始收缩，但挪威是一个拥有庞大石油财政和独特电力结构（水电占比超过90%）的550万人口国家，其经验难以直接外推。[7]

外部关系

这一场转型不是封闭的技术竞赛。它和三个外部系统的互动决定了走向。

第一个是电网。电动车的充电负载管理如果不与电网协同，局部配变的过载和峰谷矛盾的加剧会触发电力系统的物理和政治约束。V2G（车网双向充电）技术提供了“电动车作为分布式储能”的美好图景，但实现它需要的是充电桩、车辆BMS、电网调度系统和电价机制的全面标准化——这不是技术问题，是制度和利益协调问题。

第二个是原材料供应链。锂、钴、镍的地理分布比石油更集中——刚果（金）供应全球约70%的钴，锂加工产能高度集中于中国。如果“电动化替代”只是将地缘依赖从中东产油国转移到一个不同的资源集中区，那么“能源安全”的叙事就需要重新审视。[8]

第三个是城市的空间政治。充电基础设施的布局逻辑如果完全由市场利润驱动，它会密集覆盖人口稠密、购买力强的大都市核心区，而在人口稀疏、基础设施老旧的地区形成空白——这种“电动化的城市岛屿”和“燃油化的内陆海洋”并存的空间格局，正在多个国家浮现。

趋势与前景

目前最清晰的趋势有三条。

第一，城市通勤型乘用车的电动化在拥有政策支持和充电条件的地区正在快速推进，且这一趋势被产业投资的惯性所锁定——全球主要车企已将数千亿美元押注在电动化转型上，撤回的成本高于推进的成本。

第二，长途货运、高寒/酷热地区、越野和应急场景几乎确定将长期保留燃油或混合动力方案，燃料电池在特定重载场景可能存在补充角色，但这不构成“替代”。

第三，动力形式将走向分层共存而非单一替代：城区短距用电，跨区长途用油/混动，极端环境和工作场景保留内燃机。这不是“过渡阶段”，这是稳态。

三、深层洞察

洞察一：物理定律划定边界，但政治力量决定谁会逼近边界

最容易被忽略的事实是：电动车在物理上不可能完全替代燃油车，但这和政治上是否继续推行“尽可能替代”之间，没有任何矛盾。物理设定了替代的上限，政策设定的是实际达到的程度。

中国的逻辑是清晰的：电动车解决的不只是碳排放，更是石油对外依存度的安全问题。2023年中国石油对外依存度超过70%，而交通运输消耗了约一半的成品油。从这个角度看，哪怕电动车在物理上永远无法替代长途卡车，在城市通勤领域将燃油消耗量压下来，本身就是政策目标。物理真相和政治目标可以同时成立。

洞察二：TCO 是经济论证的核心，但电池寿命是这一论证的阿喀琉斯之踵

目前的TCO计算几乎普遍假设电池寿命等于整车寿命，且衰减后的车辆仍具有合理残值。这两个假设都没有被市场验证过。第一代大批量销售的电动车（如早期特斯拉 Model S、日产聆风）正处于进入十年车龄的阶段，残值数据和换电成本数据正在浮现。初步证据指向一个令人不安的可能性：如果换电成本与二手车残值的比值接近或超过1，那么低端电动车的实际全生命周期成本可能显著高于当前的乐观预测，而低端市场恰恰是政策推动渗透率的主力军。[9]

这引出一个价值判断：当前的政策补贴事实上在多大程度上是在补贴早期使用者，而这些使用者多为已拥有家充条件的中高收入家庭？

洞察三：取代的成功与空间不公的再生产同时发生

电动化在宏观层面确实降低了城市尾气排放——置换到电网层面后，即使电网仍在脱碳过程中，集中治理的效率也远高于分散排放。它也确实削弱了石油对交通系统的单点扼制。但这些宏观收益的分配是不均等的。

在低收入多子女家庭、没有固定停车位的老旧社区居民、或以一辆二手燃油皮卡为全部生产资料的手艺人那里，电动车目前提供的方案——更贵的购车价、更高的保险费用、依赖公共充电的补能不确定性——不是改善而是压力。改善的到来取决于公共充电基础设施是否被当作类似“村村通路”的公共品来建设，而非交由市场按其利润逻辑自然渗透。否则，系统切换的过程将在改善一部分人处境的同时，加重另一部分人的负担。

而从全球尺度看，这一伦理困境延伸到了资源开采端。锂矿开采在智利阿塔卡马盐沼消耗当地水资源，刚果（金）的钴矿开采存在童工问题——气候正义要求我们追问：我们为减缓全球变暖而推动的电池革命，是否让采矿区承担了不成比例的生态和人力代价和。[10]

洞察四：主导叙事本身就是权力

“取代”这个说法的流行本身就是一个政治事实。政策制定者将其定义为“能源革命的必经之路”，传统车企将其重新定义为“百年未有的技术转型”，环保组织将其描述为“拯救地球的赎罪券”，科技媒体将其包装为“比手机更性感的下一代智能终端”——每一种叙事都在争夺合法性，每一种叙事都在服务于特定的利益格局。

当公众讨论的框架从“要不要转”变成了“什么时候转”“买哪款好”，取代就已经不是在交通领域发生的，而是在话语领域已经完成了的。这不是阴谋论。这是福柯式的权力分析——话语框定可能性的边界，而谁定义了问题，谁就控制了答案的范围。

四、走向与可能

最可能的走向：分层稳态

基于已有的物理约束、政策惯性和投资锁定，最可能的图景是在 2040 年前后形成稳定的分层格局：城市乘用车市场在新车销售层面完成高度电动化（70-90%，取决于地区政策），但存量仍包含大量燃油和混合动力车辆。长途货运保留柴油/混动主力地位，部分固定线路切换到换电重卡。乡村和偏远地区长期维持燃油/混动主导。航空、海运基本不变。欧洲和中国率先逼近各自物理和政策天花板，东南亚、非洲和拉美在电力基础设施限制下走一条慢得多的转型之路。

关键能动者：中国政府（拥有产业政策、补贴工具和电网调度权力）和比亚迪、特斯拉（拥有规模产能和成本控制能力）是推动这一走向的主要力量。传统石油企业和中东产油国有动力通过价格战和政策游说延缓进程，但其杠杆在主要推动国（中国、欧盟）内部正在减弱。

最危险的走向：断裂式转型

如果电网智能化改造和充电基础设施的建设速度跟不上电动车保有量的增长速度，而禁燃时间表又被政治表态锁定、无法回调，可能的结果是电力系统局部崩溃、充电排队常态化、居民用电与充电负荷在晚高峰激烈冲突。在这种情况下，公众信任将被透支，政策可能遭遇激进反弹——已有国家在补贴退坡后出现消费者“悔买”潮。

更隐蔽的风险在电池回收端。如果 2020 年代销售的电动车在 2030 年代集中退役，而梯次利用和拆解回收的产业能力尚未规模化，结果是大规模的环境二次污染和原材料浪费——这个时间窗口正在收窄。

关键能动者：电网公司（国家电网/南方电网）的配网投资速度和城市政府的充电桩规划能力是决定是否触发这一风险的守门人。

最意外的可能：内燃机技术飞出

一个低概率但不可忽略的可能是，内燃机技术出现突破性改进——合成燃料、氨燃料动力或某种高效新型燃烧循环——在保持能量密度优势的同时，大幅降低全生命周期碳排放。如果这种技术路线的成本显著下降，它可能在长距离和重载领域巩固燃油的不可替代地位，甚至重新向中端乘用车市场渗透。这意味着，目前被政令和市场惯性锁定的电动化路径，可能面临技术层面的“后发优势”挑战。

关键制度瓶颈：合成燃料的成本下降曲线取决于绿色氢能和碳捕集两端的平行突破，而这两端目前都处于商业化早期。大型石油企业（如 Shell、Saudi Aramco）有动力投入这一方向的研究，但资金规模相对于其传统业务仍属边缘探索。

五、如何思考这件事

以下是理解这场演化的核心问题框架——不是答案，而是思考的工具。

持续追问的关键问题：

电池退役潮的实际数据和换电成本曲线，是验证或推翻当前 TCO 模型的核心证据。这个数据将在 2027-2032 年间规模化涌现。在此之前，所有关于“电动车在经济上已经可以全面替代燃油车”或“电动车全生命周期成本更高”的判断，都应该带着“我们还没看到完整证据链”的审慎。

充电基础设施的空间分布数据——按城市/乡镇/高速公路/偏远地区分层的建设进度——是判断“转型是否在制造空间不公”的最直接指标。如果城市充电桩密度达到每平方公里 XX 个而乡镇仍是个位数，替代就不是在“普及”，而是在“极化”。

趋势变化的信号：

电池供应链从“资源约束”转向“回收闭合”的拐点信号——这表现为退役电池中锂钴镍的回收率突破经济性阈值。

大型石油企业实质性地缩减勘探开发投资、转向电力服务——这比任何政策宣示都更能说明能源系统的权力中心在迁移。

可能错误的普遍假设：

“禁燃令等于取代”——政策可以规定新车不能卖燃油车，但存量燃油车仍将在路上行驶十几年。一个被禁售但不被禁行的产品，其生态系统的消亡速度可能远慢于政策制定者的预期。挪威已是前车之鉴：电动车渗透率全球最高，但加油站和维修体系依然在为人均一台的战略遗留内燃机车提供服务。

“充电像加油一样方便是迟早的事”——这可能是一个根本性的物理误解。加油是流体物理转移，充电是电化学扩散过程。二者的能量转移速率上限不在同一量级。让充电“足够方便”是可能的——通过更密集的目的地充电、在工作和商场停车时顺便补能——但让充电“像加油一样快”在大众市场场景下，物理上可能根本不可行。理解这一点，比计较充电功率的细微信号更重要。

参考资料

[1] [学术论文] 锂离子电池与汽油能量密度对比分析，基于 US DOE 与电池制造商公开技术参数整理，发布日期暂缺。 [2] [学术论文] “锂离子电池快速充电的热限制与安全边界,” Journal of Power Sources 2023 年发表。 [3] [学术论文] Frank W. Geels, “The dynamics of transitions in socio-technical systems: A multi-level analysis of the transition pathway from horse-drawn carriages to automobiles,” Technology Analysis & Strategic Management, 2005. [4] [政府/官方统计] 中国公安部，全国机动车和驾驶人统计数据，截至 2024 年 6 月。 [5] [机构报告] 中国汽车工业协会，2023-2024 年新能源汽车月度产销数据。 [6] [机构报告] SNE Research, 全球动力电池出货量与企业市场份额，2023 年全年。 [7] [新闻报道] “Norway’s EV revolution and its limits,” Financial Times, 2023 年 12 月。 [8] [机构报告] 国际能源署 (IEA), “Global EV Outlook 2024,” 2024 年 4 月发布。 [9] [企业发布/机构报告] 多项二手车交易平台电池衰减数据综合，包括车 300、瓜子二手车等平台公开报告，截至 2024 年。 [10] [机构报告] Amnesty International, “This Is What We Die For: Human Rights Abuses in the Democratic Republic of the Congo Power the Global Trade in Cobalt,” 2016 年 1 月发布。