



燃料电池重卡高速工况运营 经济性分析

文/银铭强 赵晓颖
山东国创燃料电池技术创新中心有限公司

对氢燃料电池重卡的运营经济性进行深入分析，通过对比氢燃料电池重卡、纯电重卡、燃油重卡及LNG重卡在购置成本、燃料成本、运营成本及运输距离适配性等方面的经济性表现，分析其不同应用场景下的优势与劣势。以揭示各类型重卡在不同应用场景下的经济性表现，为物流企业和相关行业提供决策参考。

随着全球对环境保护的重视和能源结构的调整，新能源重卡逐渐成为物流行业的发展趋势。氢燃料电池重卡作为新能源重卡的重要组成部分，以其零排放、高能量密度和长续航能力受到关注。然而，其经济性如何，与其他类型的重卡相比是否具有优势，是决定其能否大规模推广应用的关键因素之一。

研究背景

1. 政策与市场双轮驱动

在全球“双碳”目标的推动下，氢燃料电池重

卡作为清洁能源运输的核心载体，受到国家及地方政策的高度重视。2020年以来，国家能源局等五部委发布了《关于开展燃料电池汽车示范应用的通知》，明确了以奖代补政策，鼓励氢能重卡在港口、矿山及物流等场景的示范应用。2022年《氢能产业发展中长期规划（2021—2035年）》进一步提出，重点推进氢燃料电池中重型车辆应用，并建立与锂电池纯电动汽车的互补发展模式。地方层面，北京、上海和广东等十多个省市已出台氢燃料电池汽车产业规划，涉及加氢站建设，车辆推广及产业链布局，为氢能重卡的商业化奠定了基础。

基金项目：国家重点研发计划（2021YFB4001800）；山东省泰山产业领军人才项目

2. 技术突破与市场增长

近年来，氢燃料电池重卡技术取得显著进展。2024年，国内首批200 kW大功率氢燃料电池重卡实现批量上装，标志着我国大功率氢燃料电池重卡商业化应用迈入新阶段。同时，氢能重卡销量持续增长，2023年全国销量达3 653辆，同比增长近50%；2024年全国半年销量3 375辆，在氢能车辆中占比高达47.3%。随着续航里程从350 km提升至500~600 km，甚至700~800 km车型的问世，氢能重卡在长途运输中的可行性显著增强。

3. 经济性挑战与机遇

尽管氢燃料电池重卡在环保和续航方面具有优势，但其经济性仍面临挑战。目前，氢气价格约为60~70元/kg（无补贴），氢能重卡百公里氢耗约10 kg，运营成本远高于柴油重卡。然而，随着技术进步和规模化应用，氢气成本有望下降。例如，彭博财经估算，2030年风电制氢成本可降至0.875~1.812 5元/m³，与煤制氢成本接近；到2050年可达0.5~0.625元/m³，具有明显经济优势。此外，政策补贴、高速公路免费通行等措施进一步提升了氢能重卡的经济性。如在氢气价格为25元/kg，有国地补贴且高速免费的情况下，氢能重卡的运营成本可优于柴油或纯电重卡。

国内外研究现状

1. 国内研究现状

国内氢燃料电池重卡技术快速发展，燃料电池系统功率密度达541 W/kg，实验室寿命突破1.5万h，续航里程普遍超过400 km，部分车型实现千公里级续航。燃料电池系统价格已降至2 500元/kW，推动整车价格进入80万元区间。广州海珀特科技发布的H49车型续航里程超过1 000 km，百公里氢耗降至8 kg，全生命周期成本（TCO）较柴油重卡降低35%。2025年燃料电池重卡百公里成本降至3.5元，较柴油重卡（4.2元）形成经济性优势。

国家和地方政府出台多项政策支持氢燃料电池重卡发展，包括购车补贴、税收优惠和基础设施建设等。多地政府对购买氢燃料电池重卡的消费者给予补贴，对加氢站等基础设施建设给予资金支持。2024年，中国氢燃料重卡销量达4 460辆，同比增长22.1%，但市场份额从10.6%降至5.4%，主要因

为纯电动重卡凭借更成熟的产业链和基础设施快速抢占了市场。

中国加氢站建设规模全球领先，截至2024年年底累计建成542座，覆盖31个省份。但运营效率低下，广东地区1/3的加氢站日加注量不足设计能力的30%，氢气运输成本占终端售价的20%~50%，导致多数站点亏损。国内90%的加氢站采用35 MPa压力标准，而欧洲70 MPa站点占比已达58%，高压压缩机等核心设备国产化滞后制约产业升级。

在工业副产氢丰富的钢铁、化工园区，氢能重卡展现出经济性潜力。北京某49 t氢能重卡在政府补贴下，全生命周期成本已低于柴油车；郑州地区通过绿氢补贴将终端氢价压至20~25元/kg，实现运营盈利。高频短途运输场景成为突破口，如唐山港氢能重卡日均运营里程300 km，加氢时间仅10 min，较电动重卡效率提升显著。但干线物流仍受制于氢气储运成本，全国平均氢价50元/kg的水平，使得长途运输的经济性尚未突破。

2. 国外研究现状

欧洲是氢能源重卡市场的领跑者，欧盟通过一系列政策支持和资金投入，大力推动氢能技术的发展。北美市场也在迅速崛起，美国政府和加拿大政府通过税收优惠和补贴政策，鼓励企业投资氢能技术。全球氢能重卡市场销售额在逐年攀升，预计2030年将达到38 904.17百万美元，2024—2030年复合增长率为56.79%。

国外在氢燃料电池技术领域具有较强的研发实力和市场竞争力，如美国、日本、德国等国家在材料科学、催化剂、膜电极和系统集成等方面取得了显著进展。

一些国际企业已开始研发和制造氢燃料电池系统，并在全球范围内开展合作，推动氢燃料电池技术产业化进程。例如，奔驰Actros GenH2氢燃料电池卡车，采用液态氢储能方案，储氢总容量80 kg，单次加注续航1 047 km。

国外在加氢站建设方面相对领先，部分国家已形成较为完善的加氢站网络。例如，欧洲部分国家的加氢站密度较高，为氢燃料电池重卡的推广提供了便利。且国外在氢燃料电池重卡的运营模式上也有所创新，如采用“氢电分离”租赁、碳积分交易等机制，降低初期投入成本，提高运营

经济性。

车型购置成本对比

1. 车型列举

本文选取圣通华(潍坊)氢动力有限公司运营的49 t氢燃料电池重卡，及青岛圣通华汽车销售服务有限公司运营的49 t柴油、LNG及纯电动重卡为研究对象，相关车辆信息及数据由青岛圣通华汽车销售服务有限公司提供。

(1) 氢燃料电池重卡

氢燃料电池重卡通过将氢气与氧气在燃料电池中发生化学反应，直接转化为电能驱动电动机，从而为车辆提供动力。其典型结构包括储氢罐、燃料电池堆、动力电池、电控系统等。

目前，氢燃料电池重卡的购置成本相对较高。这主要是因为燃料电池系统、储氢罐等核心部件的技术复杂且生产成本高昂。例如，国内部分氢能重卡的售价约为传统燃油车型的2~3倍。不过，随着技术的不断进步和规模化生产，其成本有逐渐下降的趋势。此外，一些地方政府为了推动氢燃料电池汽车的发展，会提供相应的购置补贴，这也在一定程度上缓解了用户的购置压力。

(2) 纯电重卡

纯电重卡是一种以电池储存的电能作为动力源，通过电动机驱动车辆行驶的重型卡车。纯电重卡的购置成本主要受动力电池价格的影响。近年来，虽然动力电池的价格有所下降，但高能量密度的电池仍然价格不菲，使得纯电重卡的购置成本约为燃油车的1.5~2倍。而且，随着技术的不断发展，未来电池成本可能会进一步降低。

(3) 燃油重卡

燃油重卡是以传统燃油（如柴油或汽油）为动力源，通过内燃机燃烧燃油产生动力驱动车辆行驶的重型卡车。燃油重卡技术成熟，市场竞争激烈，因此其购置成本相对较低。对于一些预算有限的用户来说，燃油重卡是一个较为经济的选择。

(4) LNG重卡

LNG重卡以液化天然气（LNG）为燃料，因其需配置低温储气罐，其购置成本略高于燃油车，但低于氢能与纯电车型。不过，随着天然气价格的波动和技术的进步，其购置成本也可能会有所变化。

2. 购置成本对比

本研究对49 t牵引车四种技术路线的购置成本进行了量化分析，见表1。结果表明：初始购置成本存在显著梯度差异。整车购置价格占总成本的95%以上。尽管新能源车型（纯电动/燃料电池）在车辆购置税和上牌费上具有显著优势（仅需0.5万元，较传统能源节省约2.4~2.6万元），但其高昂的整车价格（纯电动和燃料电池分别较柴油基准高出85%和300%）完全抵消了税收优惠。此外，燃料电池车型当前过高的购置成本（是柴油车的3.7倍）严重制约其经济可行性，亟待技术突破或强政策干预。因此，需结合全生命周期成本模型，纳入能源价格、维护费用及潜在补贴政策进行综合评估。

表1 49 t牵引车各种类间购置成本对比

49 t牵引车	柴油	LNG	纯电动 600 kW·h	燃料 电池	燃料 电池
整车价格/万元	32.52	40.00	60.00	130.00	130.00
购置税+上牌费/万元	2.90	3.10	0.50	0.50	0.50
购置费用合计/万元	35.42	43.10	60.50	130.50	130.50

燃料与运营成本分析

1. 燃料成本

(1) 氢燃料电池重卡

氢燃料电池重卡的燃料主要是氢气。目前，氢气的制取、储存和运输成本较高，导致加氢成本也相对较高。补贴后加氢成本约为4.2元/km，但氢气价格受制于制氢、储运技术，短期内波动较大。不过，随着技术的不断进步和规模化生产，氢气的成本有望逐渐降低。

(2) 纯电重卡

纯电重卡的能源主要是电能。电费成本相对较低，约1.5元/km。而且，随着可再生能源发电技术的不断发展，电力成本还有进一步下降的空间。然而，充电时间较长，可能会影响出勤效率，从而间接增加运营成本。

(3) 燃油与LNG重卡

燃油重卡的燃料主要是柴油，柴油价格波动敏感，燃油成本约为1.5~2.2元/km（柴油价格波动敏感）。LNG重卡的燃料是液化天然气，其燃料成本低于燃油约1.42元/km但受天然气价格影响显著。LNG加注设施的覆盖率相对较低，也可能限制其在一些地区的使用。

(4) 燃料与运营成本对比

本研究基于圣通华近一年的运营场景及运营数据（年里程18万km，单程300 km/每日1趟），对比了柴油、LNG、纯电动（600 kW·h）及两种燃料电池牵引车的核心经济指标，见表2。

单公里能耗成本：LNG车型以1.42元/km成本最低，柴油（1.50元）与纯电动（1.50元）持平，燃料电池因氢气单价高昂导致成本显著攀升（0.12 kg/km机型2.40元，0.12 kg/km机型达4.20元）。载重能力差异：柴油/LNG车型单趟载重31 t，而电动化车型（纯电动/燃料电池）受电池/储氢系统重量限制，载重降至28 t，年运输量减少9.7%（从18 600 t到16 800 t）。

年度燃料总成本：LNG凭借低能耗成本实现最优经济性（21.36万元/车年），较柴油（22.50万元）节约5.1%。纯电动虽燃料单价最低（1元/kW·h），但因载重下降和较高单位能耗（1.50 kW·h/km），总成本与柴油持平（22.50万元）。燃料电池成本劣势突出，尤其是高价氢机型（35元/kg）年费用高达75.60万元，为LNG的3.5倍。

燃料电池商业化应用亟待突破氢气制储运降本瓶颈，燃料电池整车单位能耗需持续优化，当整车氢耗降至0.07 kg/km时，氢气价格为22元/kg时，燃料电池整车运营成本可与燃油车相当。

表2 49 t牵引车各种燃料与运营成本对比

49 t牵引车	柴油	LNG	纯电动 600 kW·h	燃料 电池	燃料 电池
单位能耗量	0.25 L	0.29 kg	1.50 kW·h	0.12 kg/km	0.12 kg/km
燃料单价 (元/L、 kg)	6.00	4.90	1.00	20.00	35.00
单公里能耗成本/元	1.50	1.42	1.50	2.40	4.20
单趟运输 距离/km	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00
单趟运输 重量/t	31.00	31.00	28.00	28.00	28.00
日运输次 数(趟)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
月运营里 程/km	15 000.00	15 000.00	15 000.00	15 000.00	15 000.00
年运行里 程/km	180 000.00	180 000.00	180 000.00	180 000.00	180 000.00
年运输量/ t	18 600.00	18 600.00	16 800.00	16 800.00	16 800.00
单车年运 营燃料费 用/万元	22.50	21.36	22.50	43.20	75.60

2. 运营维护成本

(1) 氢燃料电池重卡

氢燃料电池系统在生命周期内需定期更换冷却液及去离子罐，维护成本较高，但其动力系统结构简单，机械磨损低于燃油车。同时，由于其零排放的特点，在一些环保要求较高的地区可能会享受到一定的政策优惠。

(2) 纯电重卡

纯电动重卡电池衰减问题突出，后期更换电池成本占比大。而且，电池的回收处理也是一个需要解决的问题。此外，充电桩的建设和维护也需要一定的成本。

(3) 燃油与LNG重卡

燃油车的发动机维护成本相对较高，需要定期更换机油、滤清器等零部件。LNG重卡的发动机维护成本与燃油车接近，但由于其使用的是清洁能源，在一些地区可能会受到政策的支持。

(4) 运营维护成本对比

见表3，各能源车型在成本结构上存在显著差异：柴油车因需尿素处理（2.10万元/年）导致额外支出；LNG车型虽无尿素成本，但保养费用（2.00万元）与柴油年持平；纯电动车型凭借低维护需求，保养费用最低（0.50万元），但保险费用较高（3.00万元）；轮胎更换成本（均为1.32万元）和人工成本（均为12.00万元）无能源类型差异。燃料电池车型目前尚处于产业化初期，需要补贴和高速通行费用减免等政策的支持。

表3 49 t牵引车各种类运营维护成本对比

49 t牵引车	柴油	LNG	纯电动 600 kW·h	燃料 电池	燃料 电池
单车年保养费用/万元	2.00	2.00	0.50	3.60	3.60
高速费用/万元	31.68	31.68	31.68		
运营补贴/万元				3.00	3.00
单车尿素费用/万元	2.10				
单车轮胎更换/万元	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32
单车年保险费用/万元	2.00	2.00	3.00	4.00	4.00
年人工成本/万元	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
单车年运营维护成本/ 万元	51.10	49.00	48.50	23.92	23.92

运输距离适配性与经济性

(1) 氢燃料电池重卡

氢燃料电池重卡续航里程优势显著，例如丰田

第二代氢燃料重卡续航达480 km，部分国产车型月均里程超1.5万km，适合中长途干线物流。在长距离运输中，氢燃料电池重卡可以充分发挥其续航优势，减少中途加氢或充电的时间成本。

(2) 纯电重卡

纯电重卡受限于电池能量密度，续航普遍在150~300 km，适合港口、矿区等短途高频场景。在短途运输中，纯电重卡可以利用其低燃料成本的优势，实现较好的经济效益。

(3) 燃油与LNG重卡

燃油车续航灵活，但碳排放高；LNG重卡续航能力接近燃油车，但加气站覆盖率限制其应用范围。在缺乏碳约束的市场中，燃油与LNG重卡仍占主导地位。但在一些环保要求较高的地区，它们的使用可能会受到限制。

综合经济性评价

(1) 短期视角

从短期来看，燃油与LNG重卡因购置与燃料成本的优势，仍占据主流市场。纯电重卡在短途场景中经济性突出，但需解决充电效率问题。氢燃料电池重卡依赖政策补贴，适用于高附加值、长距离运输领域。

(2) 长期趋势

本研究系统对比了柴油、LNG、纯电动及燃料电池49 t牵引车的购置成本、年度运营维护成本及8年期综合经济性，详见表4。燃料电池车型因技术复杂度最高且处于市场化初期，购置成本、运营成本等偏高，需要整车购置补贴、运营补贴及高速减免等相关政策支持。

表4 49 t牵引车各种类单年与8年费用合计对比

49 t牵引车	柴油	LNG	纯电动 600 kW·h	燃料电池 电池	燃料电池 电池
购置费用合计/万元	35.42	43.10	60.50	130.50	130.50
单车年运营维护成本/万元	51.10	49.00	48.50	23.92	23.92
单车年成本合计/万元	73.60	70.36	71.00	61.12	93.52
单车年运营成本费用合计/万元	109.02	113.46	131.50	191.62	224.02
单车8年运营成本费用合计/万元	624.22	606.00	628.50	619.46	878.66
单车8年总收入/万元	1 107.07	1 107.07	999.94	874.94	874.94
单车8年收益合计/万元	482.85	501.07	371.44	255.48	-3.72

从长期来看，氢燃料电池重卡若实现燃料电池系统降本（如规模化生产）与绿氢价格下降，其全生命周期成本有望与燃油车持平；纯电重卡需突破电池技术瓶颈，提升能量密度与循环寿命。随着技术的不断进步和政策的支持，各类型重卡的经济性都将得到进一步改善。

结束语

氢燃料电池重卡在环保性与长距离运输场景中展现独特优势，但当前经济性仍受制于高购置成本与氢气价格。相较之下，纯电重卡在短途场景中更具成本竞争力，而燃油与LNG重卡在缺乏碳约束的市场中仍占主导地位。未来，随着氢能产业链的成熟与政策支持力度的加大，氢燃料电池重卡有望成为新能源重卡领域的重要补充，尤其在干线物流、冷链运输等场景中实现规模化突破。同时，各类型重卡也将在技术进步和市场竞争的推动下，不断优化自身的经济性能，共同推动物流行业的可持续发展。EA

(收稿日期：2025-06-25)

参考文献

[1] 王可岩, 王作函. 双碳目标下燃料电池汽车发展现状与趋势[J]. 商用汽车, 2021(8): 76-83.

[2] 王紫星. 我国氢燃料电池重卡发展情况浅析[J]. 当代石油石化, 2024, 32(11): 22-24+30.

[3] 胡静. 氢能源汽车与纯电动汽车发展现状研究[J]. 智能城市, 2019, 5(9): 12-13.

[4] 王明华, 王雯, 陈泽宇, 等. 中国氢燃料电池重型卡车的总拥有成本分析[J]. 汽车安全与节能学报, 2023, 14(6): 762-773.

[5] 李雪阳, 涂祎麟, 万新兵, 等. 基于“燃料电池降本”浅析氢燃料电池重卡的市场应用前景[J]. 汽车科技, 2025(3): 61-65.

[6] 李雪阳, 万新兵, 祁虎民, 等. 氢燃料电池重型卡车型成本分析及发展趋势[J]. 装备维修技术, 2025(1): 4-7.

[7] 李亚楠. 商业化提速重型卡车“氢”装快跑[N]. 中国汽车报, 2024-01-29(022).