

中国零排放客车和货车市场： 2021年进展

作者：毛世越、张翌晨、Georg Bieker、Felipe Rodriguez

前言

重型车是全球温室气体排放和空气污染的重要来源 (European Environment Agency, 2020)。尽管柴油重型车的排放有所下降，零排放重型车仍是未来几十年交通脱碳的必要解决方案。对于中国来说，要实现其双碳目标，全面过渡到零排放重型车是必经之路。

尽管零排放重型车全球市场刚刚起步，中国已在纯电动和燃料电池电动客车和货车的生产和应用方面展现出领先地位，其2021年零排放重型车销量高达全球总量的91.6%。过去十年间，中国零排放重型车市场快速发展，国内市场渗透率在2021年达到了4%(Tencent News, 2022)。中国车企也在向北美洲、欧洲和拉丁美洲等国际市场推广电动车型(Koop et al., 2020; Sustainable Bus, 2022a; Xinhua News, 2022)。到2021年，中国已经为全世界提供了90%以上的电动客车，在市场上占据了压倒性的优势(Mao & Rodríguez, 2021)。

上一份“驶向零排放 (Race to Zero)”报告总结了2017-2019年中国零排放重型车行业的市场信息(Mao & Rodríguez, 2021)。随着新冠疫情在2019年底爆发，汽车行业进入寒冬。零排放重型车市场也不例外，呈现出自2014年以来的最差表现。然而，2021年市场表现出复苏的迹象。因此，本研究将关注2021年中国零排放重型车市场的表现情况。

2021年零排放重型车市场概述

概况

过去十年间，中国的零排放重型车市场迅速崛起，从几乎零销量到2016年超过20万辆 (图1)。然而，在此之后，由于国家对电动货车和客车的补贴逐渐减少，总销量不断下滑。同时，过去五年里，零排放客车——其中大

www.theicct.org

communications@theicct.org

[twitter @theicct](https://twitter.com/theicct)

部分是纯电动客车——在零排放重型车市场的份额从60%增长到80%。在2021年，尽管这一年补贴力度只相当于2018年的四成，市场仍然恢复到与2018年销量差不多的水平（图1）。

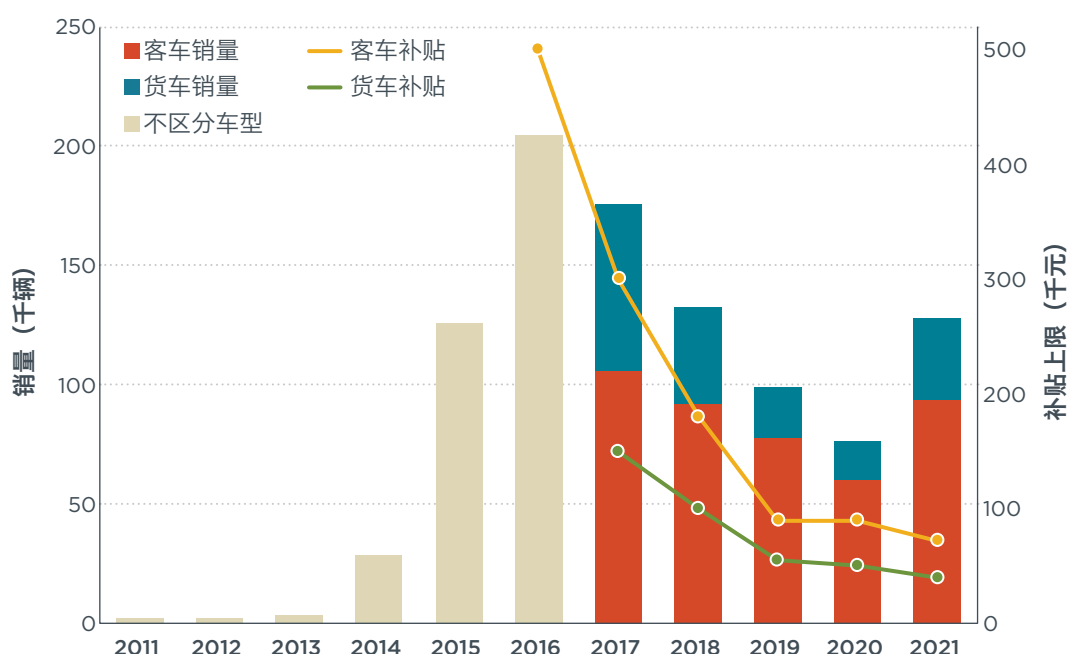


图1 2011-2021年零排放重型车总销量

从各制造商市场份额来看，近年来变化显著。图2表示了2021年零排放重型车和柴油重型车制造商销量的变化情况。可以发现，前10名零排放货车和客车制造商分别占据了约70%和85%的市场份额，与柴油重型车市场类似。这表明，中国的零排放重型车市场正在进行整合，头部车企凭借规模经济获得优势，变得更加具有主导地位。

这种零排放重型车市场的整合对现有的柴油重型车制造商形成了挑战。值得注意的是，一汽作为中国最大的柴油货车制造商在向零排放重型车转型方面进展缓慢，目前没有占据很大的市场份额。一汽已宣布在2025年前投资300多亿元，目标是在2030年前成为零排放重型车的市场领导者(China Daily, 2021)。然而，东风汽车在2021年售出约5500辆零排放货车，超过了一汽。东风汽车早在2018年就制定了雄心勃勃的电动化战略，宣布到2022年要推出20款电动车型，覆盖从轻型货运车到长途牵引车的各种车型(Dongfeng Motor, 2022; Electric Vehicle Research, 2018)。

2021年，前10名零排放重型车制造商中有7家主要提供零排放客车。与5年前相比，金龙客车、吉利汽车和安凯客车等新制造商在2021年跻身前10名制造商。金龙客车成立于1988年，至今仍是传统客车市场的领先制造商，主营各种城市公交车、长途客车和专用车(King Long, 2022a)。对于金龙客车来说，电动车转型是一个水到渠成的结果，因为他们已经开发了几十年的新能源动力系统，早在2001年就发布了第一辆使用铅酸电池的混合动力

力客车(King Long, 2022b)。吉利汽车一直以来是中国著名的电动乘用车制造商，其在2016年首次进入电动重型车市场。当时成立了子公司吉利新能源商用车集团，并推出了新品牌Farizon。从那时起，吉利汽车生产了一系列的新能源商用车。除了电动货车和客车，吉利汽车还在甲烷长途牵引车领域倾注了很多心血(Geely New Energy Commercial Vehicle Group, 2021)。

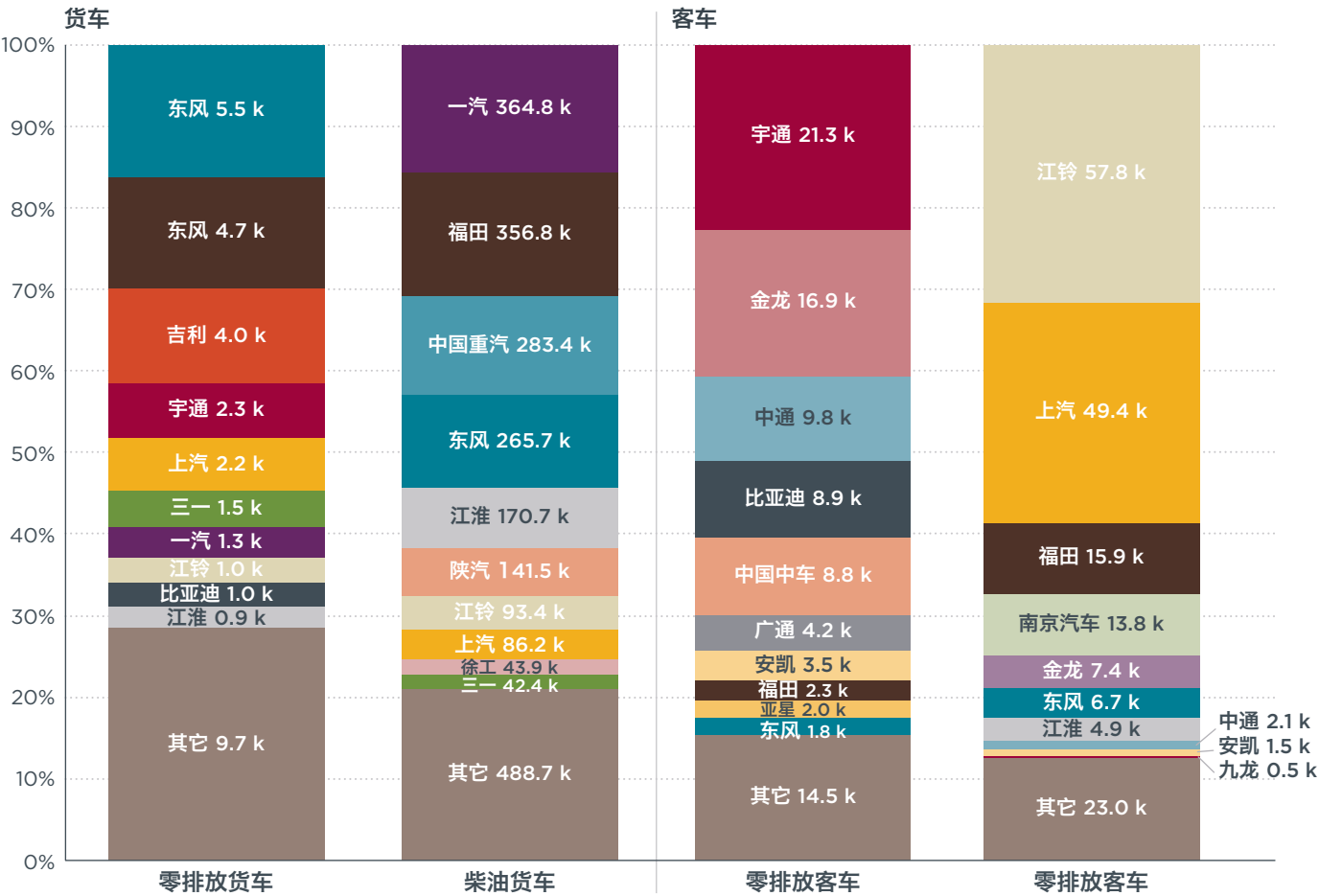


图2 2021年零排放重型车和柴油重型车制造商销量及占比情况（数字代表销量）

分类销量

2021年，零排放客车仍然是零排放重型车市场的主要组成部分，其销量占到了零排放重型车总销量的73%。其中，车长10至12米的客车占总销量的37%。

另一方面，零排放货车占零排放重型车总销量的27%，其中厢式货车最受欢迎。与早年相比，不同的货车类别呈现出不同的发展趋势。就零排放货车市场份额而言，半挂牵引车从0.4%（2017年）增加到16.2%（2021年）；其次是环卫车，从3.9%（2017年）增加到11.1%（2021年）。

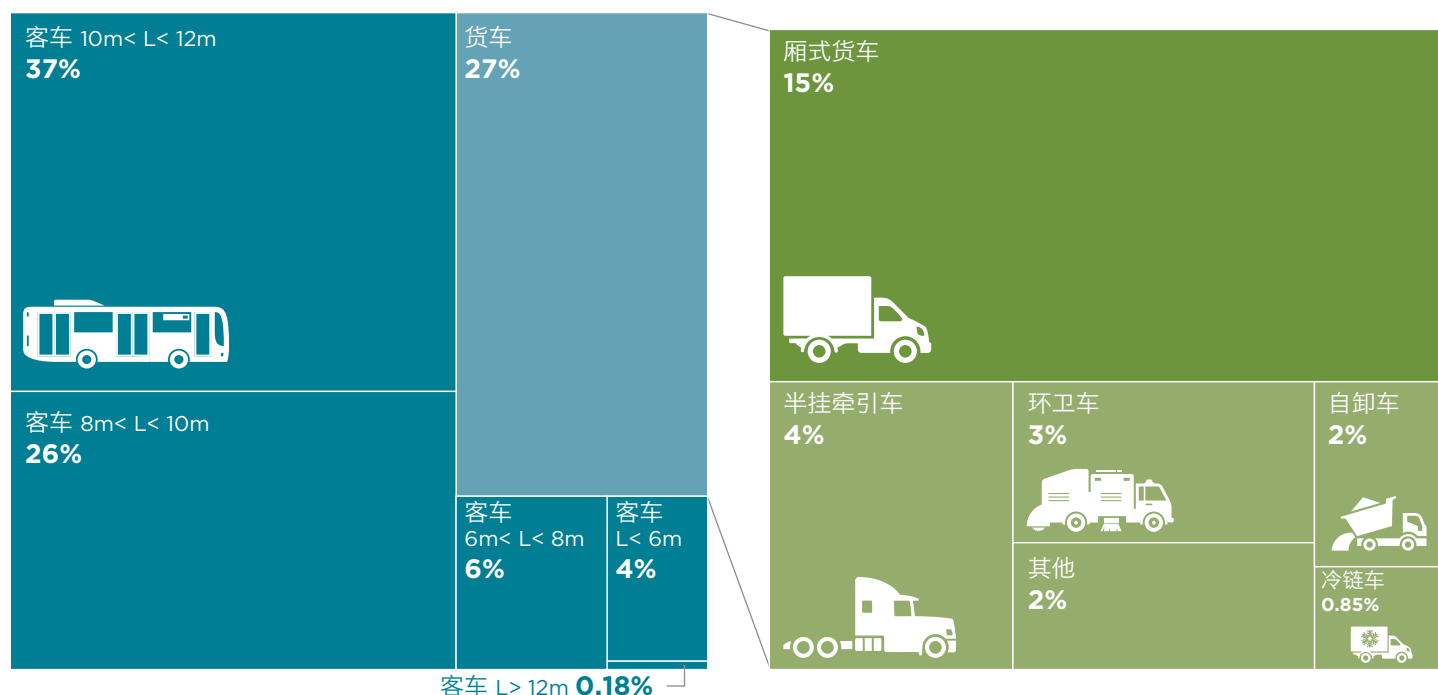


图3 零排放重型车分类销量占比（百分比表示该类车型在零排放重型车总销量当中的占比）

零排放技术路线

图4展现了过去5年零排放客车和货车的燃料技术的具体变化。对于零排放客车来说，虽然纯电动客车仍然最受欢迎，但燃料电池电动客车正在兴起，2021年占零排放客车总销量的2%。对于零排放货车来说，换电货车正迅速发展，2021年占零排放货车总销量的25%。虽然图中仅罗列了2021年的数据，但据报道一些换电车型早在几年前就已出现(Lin-Gang Special Area, 2020)。

右边的柱状图表示2021年领先城市的该类车型销量及占比。研究发现，唐山、邯郸和沧州等钢铁业发达的城市偏好用换电货车运输。在所有城市中，唐山占2021年换电重卡总销量的37%。得益于中国工业和信息化部宣布的试点项目的资助，唐山得以迅速推广这项创新技术。该试点项目旨在建立1000多个换电站，引进超过10万辆换电车(MIIT, 2021; Randall, 2021)。

另一方面，燃料电池货车和客车近年来不断被一些城市采用。例如，由于2022冬季奥运会的举办，北京成为2021年燃料电池客车的最大买家，占燃料电池客车总销量的41%。据报道，北京购入800多辆燃料电池客车以服务这次活动(Sustainable Bus, 2022b)。对于燃料电池货车，根据官方公告，为打造世界上第一个氢动力和智能港口，青岛在2021年引进了最多的燃料电池货车(FuelCellsWorks, 2022)。

纯电动客车在各城市的销量差别不大，这说明纯电动技术在中国已经是一种成熟广泛的技术。武汉是2021年纯电动客车市场份额最高的城市，不过仅占全国纯电动客车总销量的4%。

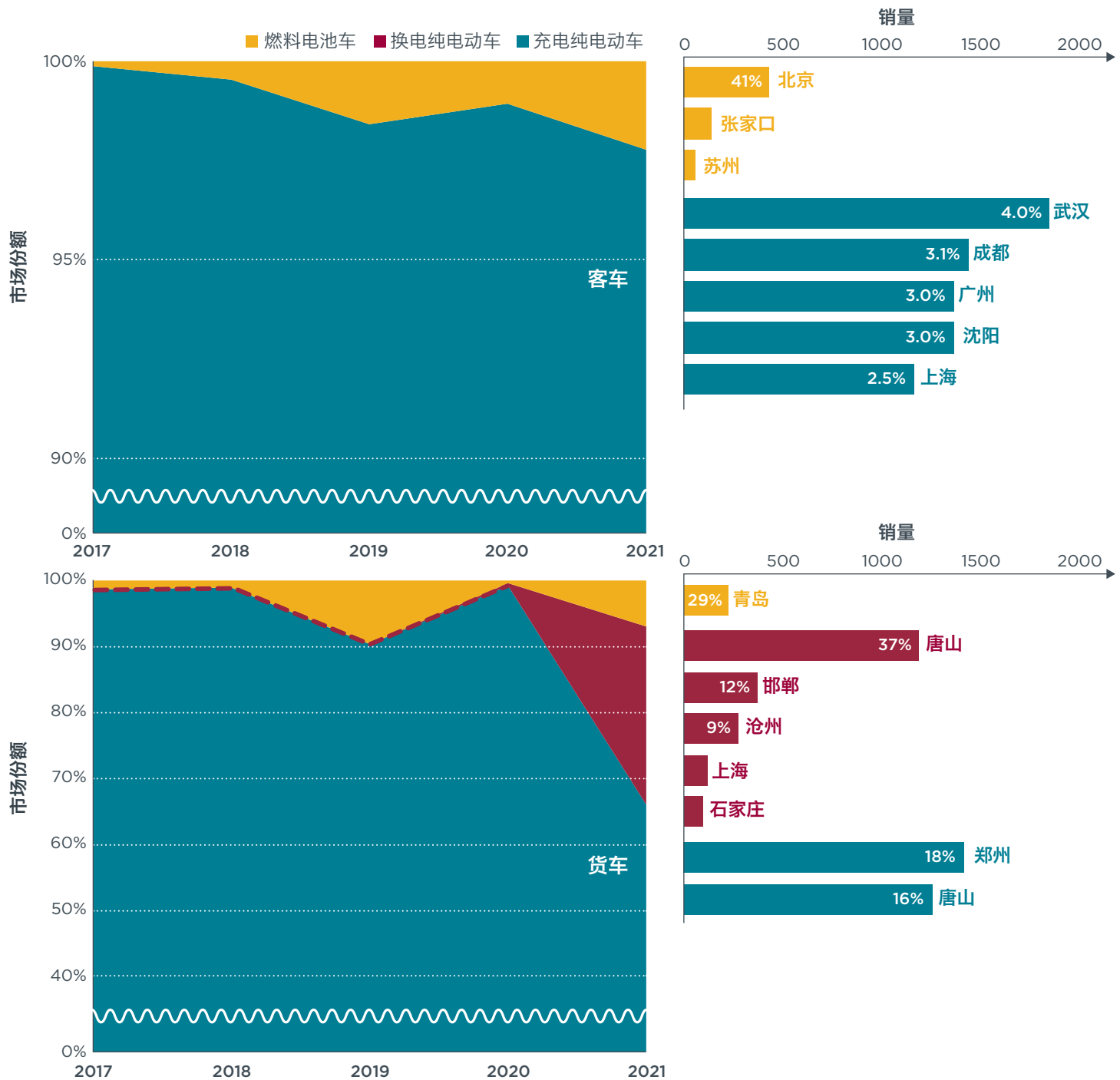


图4 2017年至2021年各燃料技术市场份额及2021年领先城市销量(右侧柱状图)，图中虚线表示2021年之前相关数据缺失。

地理分布

图5显示了客车、厢式货车和半挂牵引车这三个主要重型车类别在各城市的销售情况。受政策激励，零排放厢式货车和半挂牵引车在深圳、成都、郑州和唐山等城市中占比较高。如前文所述，唐山在中央政府的资助下，将电动厢式货车和半挂牵引车广泛用于钢铁行业；成都则在2021年设立零排放区，禁止柴油重卡在白天进入市区，这刺激了作为替补品的电动重卡的销量。然而，在其他城市，受当地政府支持，电动客车仍然是最受欢迎的车辆类别。

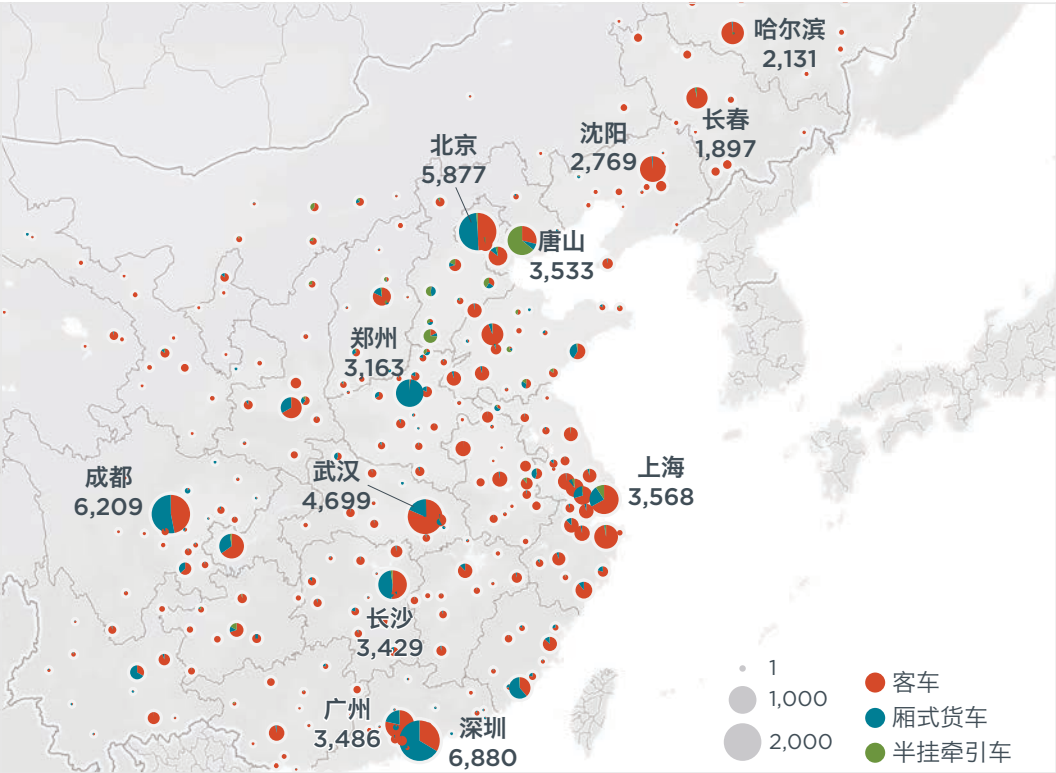


图5 2021年零排放重型车销量分布

地方政府通常会对非本地制造商设置一定的障碍，这也被称为地方保护主义。在2021年零排放重型车的推广中，这种对本地制造商的偏爱仍然存在，如图6所示。各地政府倾向于从将总部或工厂设立在当地的车辆制造商采购零排放车辆。这在电动公交车市场中尤为明显，因为电动公交车是大多数城市最热衷采购的车辆类别。

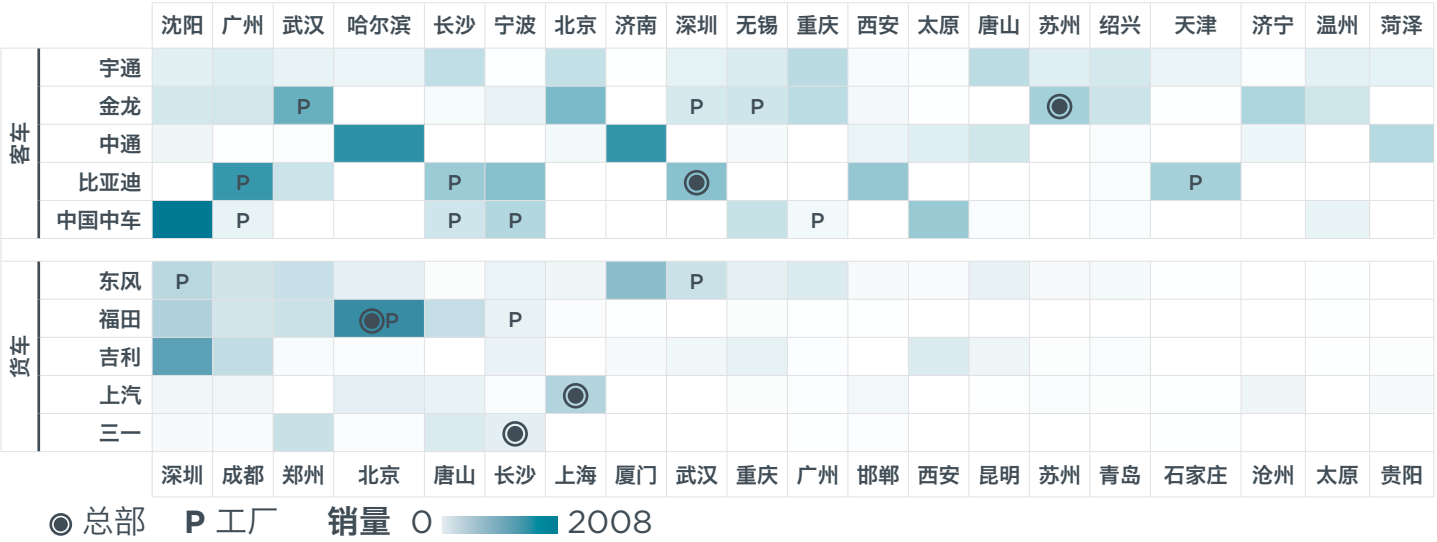


图6 2021年主要汽车制造商和零排放商用车销量领先城市

国家激励和补贴

自2015年来，中国向零排放重型车制造商提供国家层面的激励。图7显示了近几年来对制造商的补贴情况。在2016年和2017年，凭借巨大的国内销量，制造商从中央政府获得了高额补贴（图7）。2016年和2017年，中央政府分别提供了约100亿和约190亿元的补贴，这反映了中国对发展新能源车的坚定决心。由于大部分生产和补贴的车型都是电动客车，比亚迪等客车制造商成为最大赢家，获得了超过百亿元的补贴激励。从2015年到2021年，中国总共为零排放重型车制造商补贴了约480亿元。

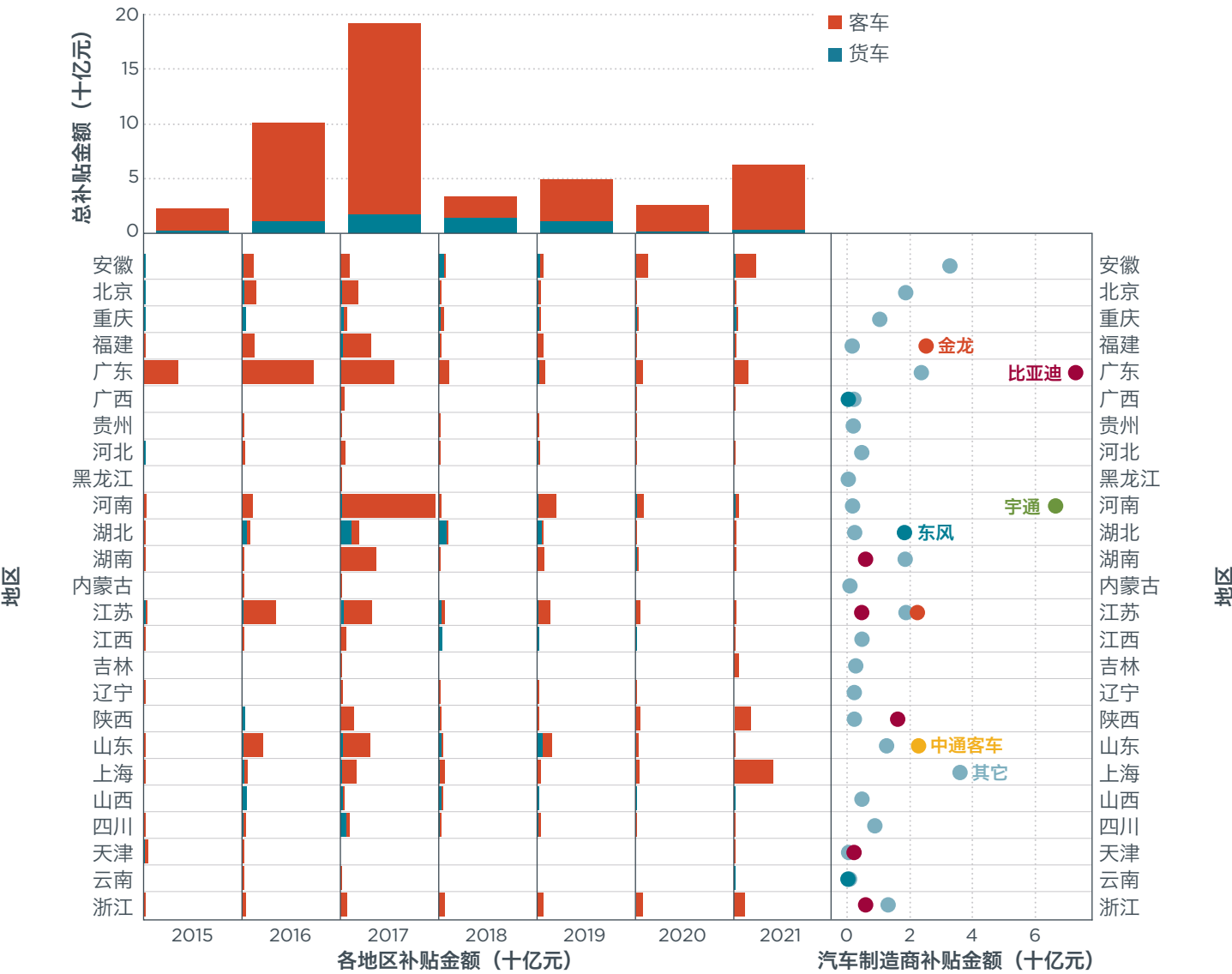


图7 2015-2021年各地区和汽车制造商获得的补贴金额一览

2021年主要制造商及关键指标进展

纯电动技术

供应链

与零排放重型车制造商更加多样化的格局相比，电池市场更为集中。宁德时代（CATL）是全球最大的电池供应商，占据一半的市场份额。中国零排放重型车市场最大的电池供应商是宁德时代，接下来依次是国轩高科（10.4%）、深澜动力（5.5%）、力神电池（5.4%）、亿纬锂能（4.9%）和比亚迪（4.7%）。其中，比亚迪是目前为止唯一一家同时涵盖汽车制造和电池供应的公司。比亚迪的电池主要供自身汽车制造使用，超过86%的电池容量被装备在比亚迪的电动客车和货车上，来自宁德时代的电池只占总装备量的一小部分（9.9%）。

市场集中也是零排放重型车供应链的一个典型特征。截至2021年底，宁德时代以170.4GWh的总产能位居第一(Reuters, 2022)。金龙、中车时代、中通客车、陕汽和江铃汽车等制造商从宁德时代采购了大部分电池。而对于另一些电池供应商来说，也存在另一种反向依赖，比如宇通是深澜动力唯一的客户，而格力钛新能源99%的产品都流向了广通汽车。这两种情况都是由于电池供应商和整车制造商之间存在着股权关系，即深澜动力是宇通的子公司，格力钛则完全控股广通汽车。

如图8所示，客车配备的电池容量比货车更大。客车平均电池容量为208kWh，比货车143kWh高45%。这主要是因为约65%的货车属于轻型货车，重约3.5-4.5吨，而客车则重约14吨，因此配备了更大尺寸和容量的电池。由于电池容量的限制，货车每趟平均比客车少跑100公里（图10），而且还需要更频繁地充电。

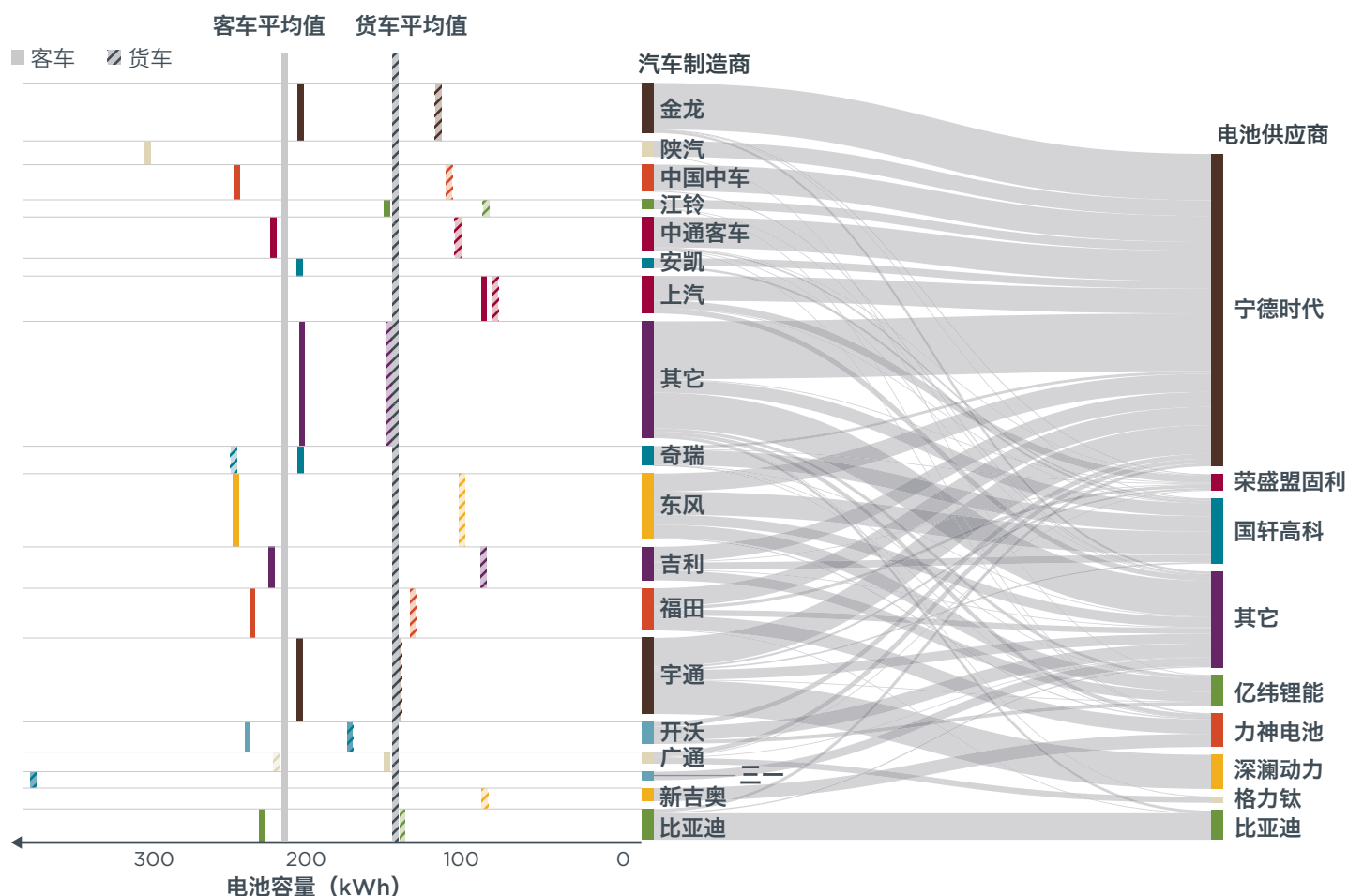


图8 电池供应商和汽车制造商之间的供应关系

电池能量密度

电动客车和货车的电池能量密度分别为155和108Wh/kg（图9）。在国家补贴的激励下，整车制造商安装了具有更高能量密度的电池。2021年，中国政府进一步提高了获得补贴的门槛，要求客车电池能量密度至少为135Wh/kg，货车至少为125Wh/kg，方可获得该年度的补贴(MOF, MIIT, MOT, NDRC, 2021)。

货车的电池能量密度分布差异更大。如图9所示，一些货车配备了最先进的电池，其能量密度超过200Wh/kg；但是对客车而言，电池能量密度仅介于140到160Wh/kg之间。这反映出电动货车在尺寸、重量和使用情况方面更为多样，因此需要各种不同能量密度的电池。

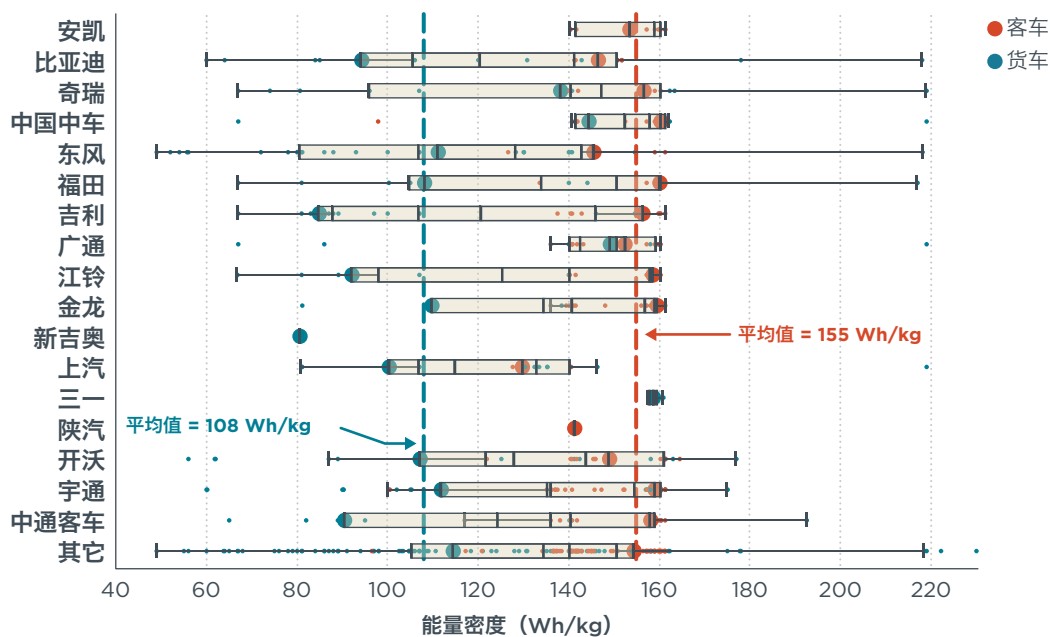


图9 2021年各汽车制造商电池包能量密度。圆点和气泡表示各汽车制造商的电池能量密度以及平均值。红色和蓝色虚线分别表示客车和货车汽车制造商的电池能量密度平均值。

续航里程

2021年，纯电动客车的平均续航里程增长到约440公里，而货车仅约320公里（图10）。根据2019年的一项调查显示，纯电动客车因续航里程过短无法完成城际客运任务。公交公司出于谨慎的考虑，普遍要求深圳的纯电动客车每天运行不超过170公里，在北京和天津则不超过100公里(Xue et al., 2019)。然而，到2021年，情况已经大为改观。即使气温下降，纯电动客车也可以支持更长的距离(Basma, 2020; L. Yang et al., 2022)。一般而言，超过200公里的续航里程可以覆盖大多数城内交通需求。陕汽、比亚迪、开沃、中国中车和东风汽车等制造商的标称续航里程都超过500公里。

由于更重的载荷和更严峻的工作条件，厢式货车（和半挂牵引车）则表现相对落后。电动货车的一个常见使用场景是短倒运输和夜间充电。例如，唐山是中国著名的有色金属和钢铁冶炼城市，它采购了1000辆电动货车和牵引车来运送矿石和其他原材料(Chinatrusts, 2021)。ICCT的一项早期研究发现，在中国，电动自卸车将是第一个达到总拥有成本（TCO）与柴油车平价的车型，时间不迟于2025年(Mao et al., 2021)。因此，续航能力超过300公里的电动车型非常接近于支持现实中的使用，而且成本也可以承受。

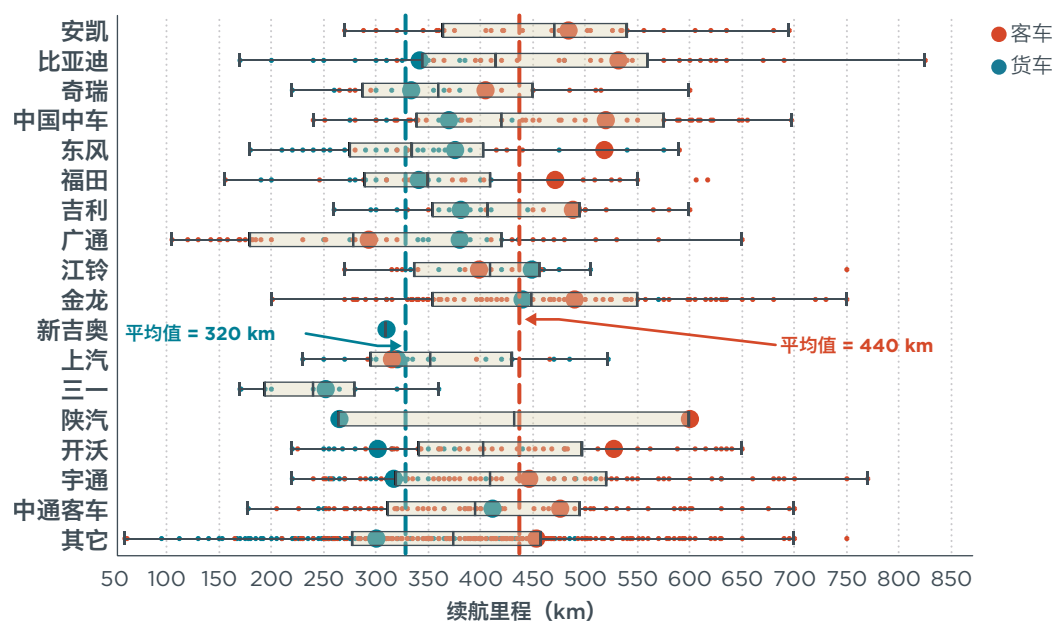


图10 2021年各汽车制造商所产零排放重型车的续航里程。圆点和气泡表示各汽车制造商的续航里程以及平均值。红色和蓝色虚线分别表示客车和货车汽车制造商的续航里程平均值。

电池技术

锂离子电池通常由石墨负极和含锂的过渡金属氧化物或磷酸盐作为正极组成。2021年有超过95%的零排放重型车使用磷酸铁锂电池（LFP），其余使用镍锰钴锂电池（NMC）或锂锰氧化物电池（LMO）。与NMC电池相比，LFP电池质量能量密度（kWh/kg）和体积能量密度（kWh/L）都更低，但是LFP电池凭借其更便宜、耐用且安全也具备一定的吸引力，特别是在零排放重型车应用中。由于LFP电池既不含钴，也不含镍，其生产对全球供应链的依赖性也较低。2021年，宁德时代为大约1000辆货车生产了NMC电池，其能量密度是LFP电池的2倍以上。根据镍、锰和钴的相对份额，可以区分出NMC111、NMC622、NMC532和NMC811。其中，镍的份额越高，电池能量密度就越高。同时，较低的钴含量降低了总体原材料成本。因此，在NMC系列中，最新的NMC811电池在成本和性能方面都最具竞争力。据报道，宁德时代的高能量NMC811电池已经投入量产(Daly & Sun, 2019)；2020年，这种电池技术因自燃安全问题损害了声誉(Lima, 2020b; Y. Liu & Wang, 2020)。然而，一旦热管理系统得到改进，NMC811仍是一项非常有前途的技术。截至2021年底，NMC811已经首先被宝马和奔驰等主流整车制造商在乘用车上采用(Lima, 2020a; Toma, 2021)。

重型车对LFP电池的偏好与乘用车不同。近年来，中国市场从更便宜的LFP电池转向性能更强的NMC电池。据统计，2021年NMC占装机容量的60%以上(J. L. Liu et al., 2021)。然而，随着镍和钴成本的增加，以及LFP电池组设计的改进，LFP电池可能会重新获得乘用车的市场份额(IEA, 2022)。在重型车中，对LFP电池的偏好反映了对价格的高度敏感，因为超过一半的货车是通过个人抵押贷款和租赁购买的(CFLP, 2021)。此外，重型车需要

比乘用车更耐用的电池，因此LFP电池更有吸引力。相比于乘用车，电动重型车使用寿命更长，年行驶里程较长(Mulholland et al., 2022)且续航里程较短，电动重型车充电频率比乘用车高得多。此外，国家补贴并不对电池化学成分做要求，而是规定车辆和电池的性能指标，如能量密度、行驶里程和单位有效载荷的能耗。因此，当LFP电池通过Cell-To-Pack(CATL, 2022)和刀片电池(BYD, 2021)等技术展现出足够好的性能时，它比NMC电池在中国更受欢迎。

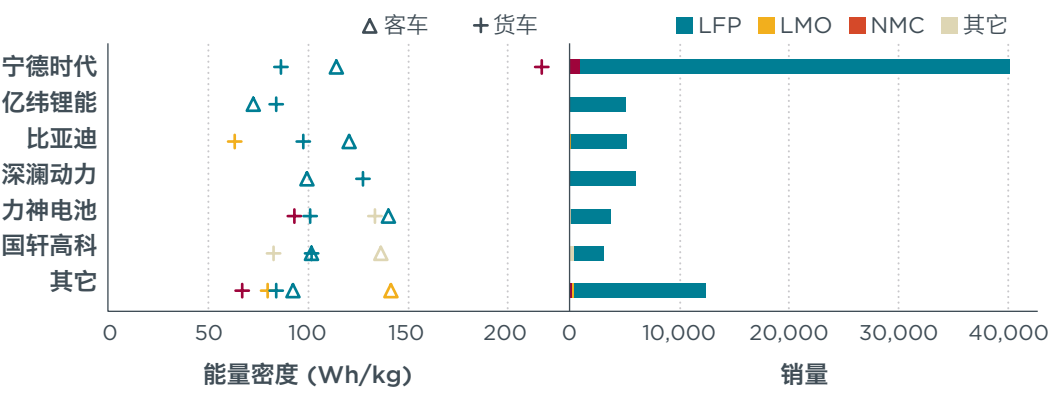


图11 2021年热门电池供应商所产电池种类及能量密度

换电技术

概况

换电是纯电动汽车的一种创新技术和商业模式。与插电式充电不同，换电是用充满电的电池来替换耗尽的电池。图12简单展示了换电技术及其商业模式的运行机制。

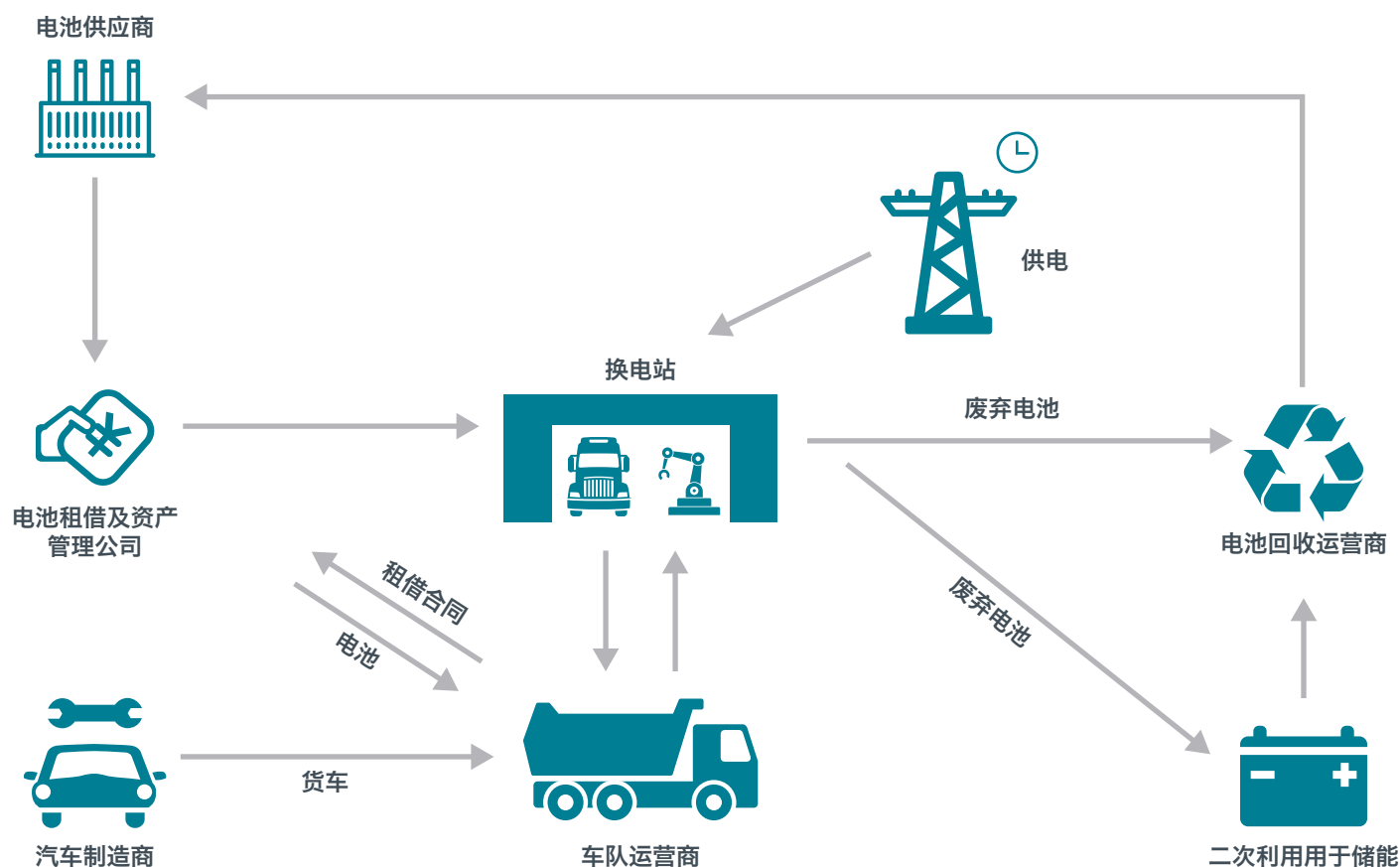


图12 换电商业模式机制

对于重型车而言，换电比充电的优势体现在以下几个方面。首先，根据不同地区现有的真实案例(Rachwani, 2021; SANY, 2022; Wannan, 2022)，与传统的充电技术相比，换电仅需更短的时间使货车重新满电工作，而为电池容量为300kWh的电动货车充满电则通常需要至少1个小时 (Gao et al., 2017; Kane, 2021)。

第二，换电引入了BaaS的新概念，也就是“电池即服务 (Battery-as-a-Service)” 。BaaS允许客户分别支付车身和电池的费用。通过这种方式，客户可以与换电运营商签订低费率或零费率的租赁合同，从而大大降低了初始使用成本。购买电动货车的高初始成本阻碍了许多地方车队运营商对电动重卡的采用(Mao et al., 2021)。据估计，电动货车通过换电服务可以节省高达50%的初始成本(Mao et al., 2021; Z. Yang, 2020)。

第三，从宏观角度看，换电可被视为一种新的储能方式，避免对电网负荷产生巨大影响；换电站甚至可以在高峰期给电网充电以获得额外收入 (Hampel, 2022)。通过更健康的充电方案，电池的寿命将得到延长，并在废弃后进行梯次利用。与可能降低电池容量和性能的快速充电不同 (Bhagavathy et al., 2021)，换电是一种更可行、更实惠的有组织且温和的充电方案。

当然，换电也面临着一些现实的挑战，其中最主要的障碍是高额的投资需求。在中国，一个典型的换电站成本约为23万至63万美元(Z. Yang, 2022)，这无疑需要大量初始资金的投入。此外，换电需要有额外电池库存以满足需求高峰，运营商要为此支付额外费用。长远来看，换电技术最令人担忧的是，电池的尺寸和容量需要实现标准化，而这可能会对专利、市场准入等方面构成挑战。

政策支持

换电车型的快速增长要归功于政府和行业领导者的大力推动。中国国家电网公司最早在2010年首次提出了换电概念(M. Yang, 2022)。在2019年，中国国家发改委、商务部和生态环境部宣布支持推广换电技术，这一概念再次被正式提出(NDRC et al., 2019)。此后出台的几十项政策推动了这一新技术在现实生活中的应用。表1总结了近十年来制定的里程碑式的政策。

表1 近年来换电技术推广政策总结

发布时间	发布机构	政策名称	
2022.03	工信部	2022年汽车标准化工作要点	• 加快构建完善电动汽车充换电标准体系。 • 推进纯电动汽车车载换电系统、换电通用平台、换电电池包等标准制定。
2021.10	工信部	关于启动新能源汽车换电模式应用试点工作的通知	• 启动新能源汽车换电模式应用试点工作。纳入此次试点范围的城市共有11个，其中综合应用类城市8个，重卡特色类3个。 • 预计推广换电车辆10万辆以上，换电站1000座以上。
2021.05	发改委	关于进一步提升电动汽车充电基础设施服务保障能力的实施意见	• 提高公共充换电服务能力。 • 推进乡镇充换电设施建设。
2020.05	国务院	政府工作报告	• 加快推广换电站等新设施。
2020.04	财政部、工信部、科技部、发改委	关于进一步完善新能源汽车推广应用财政补贴政策的通知	• 换电汽车不受国家对新批准型式车车型补贴的硬性上限¹限制。 • 大力发展换电技术。
2019.07	工信部	新能源汽车产业发展规划(2021-2035年)	• 推广换电技术。
2019.06	发改委、生态环境部、商务部	推动重点消费品更新升级，畅通资源循环利用实施方案(2019- 2020年)	• 引导企业创新商业模式，推广新能源汽车电池租赁等车电分离消费方式，降低购车成本。
2010.08	国家电网公司	-	• 提出“换电为主、插电为辅、集中充电、统一配送”的商业概念。

1 车辆制造商受到的国家补贴有上限，并对各指标有逐年的技术要求，获取更多信息请参考(Mao & Rodríguez, 2021)。

换电车型

2021年，换电车需求量逐月增加，销量呈现出季节性周期变化。12月，747辆换电汽车被售出，约为1月销量的20倍；换电车型也从2辆（1月）发展到28辆（12月）（图13）。与充电汽车市场的格局类似，LFP电池也主导了换电汽车市场。正如上节所讨论的，LFP电池比NMC电池更安全、更耐用，因此更受到换电模式的青睐(GGII, 2020)。

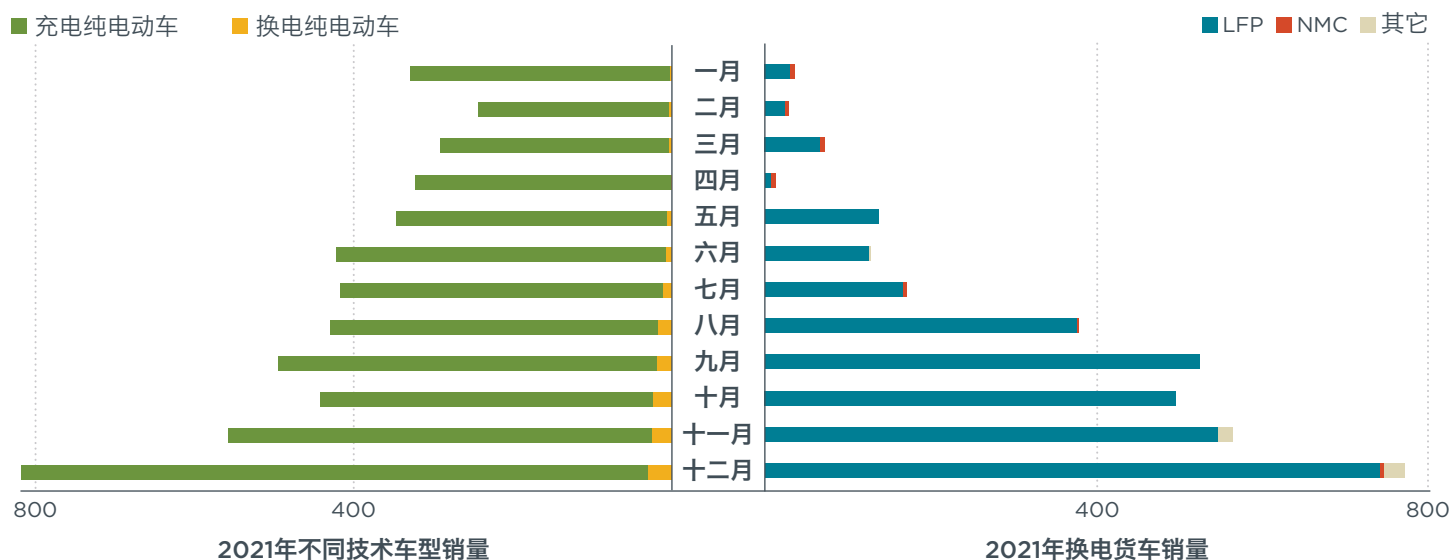


图13 2021年不同技术车型销量以及换电货车销量

2021年，华菱、红岩和一汽售出500多辆换电货车，其中大部分的续航里程在150-250公里之间，比一般的充电车型更短（图14）。图15展示了红岩牌和大运牌的两个换电车型，图16展示了正在换电的货车。

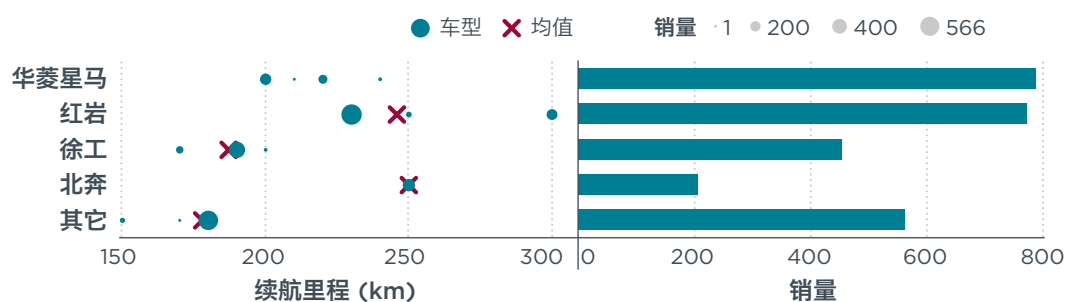


图14 2021年换电货车续航里程



红岩杰狮H6



大运N8V

图15 典型换电车型 (Dayun, 2022; Hongyan, 2022)



图16 车辆换电作业中 (Etrucks, 2020)

换电站

换电站在过去十年快速增长。2021年，新设立的站点中约有一半专门适用于重型车（图17）。北京、广东和浙江等人口众多的地区建立了最多的换电站。除了汽车制造商和电池供应商（如蔚来汽车和宁德时代）自身运营的换电站外，奥动、蓝谷、铁塔等换电站运营商也开始布局换电设施的建设与网络搭建(Ibold & Xia, 2022)。

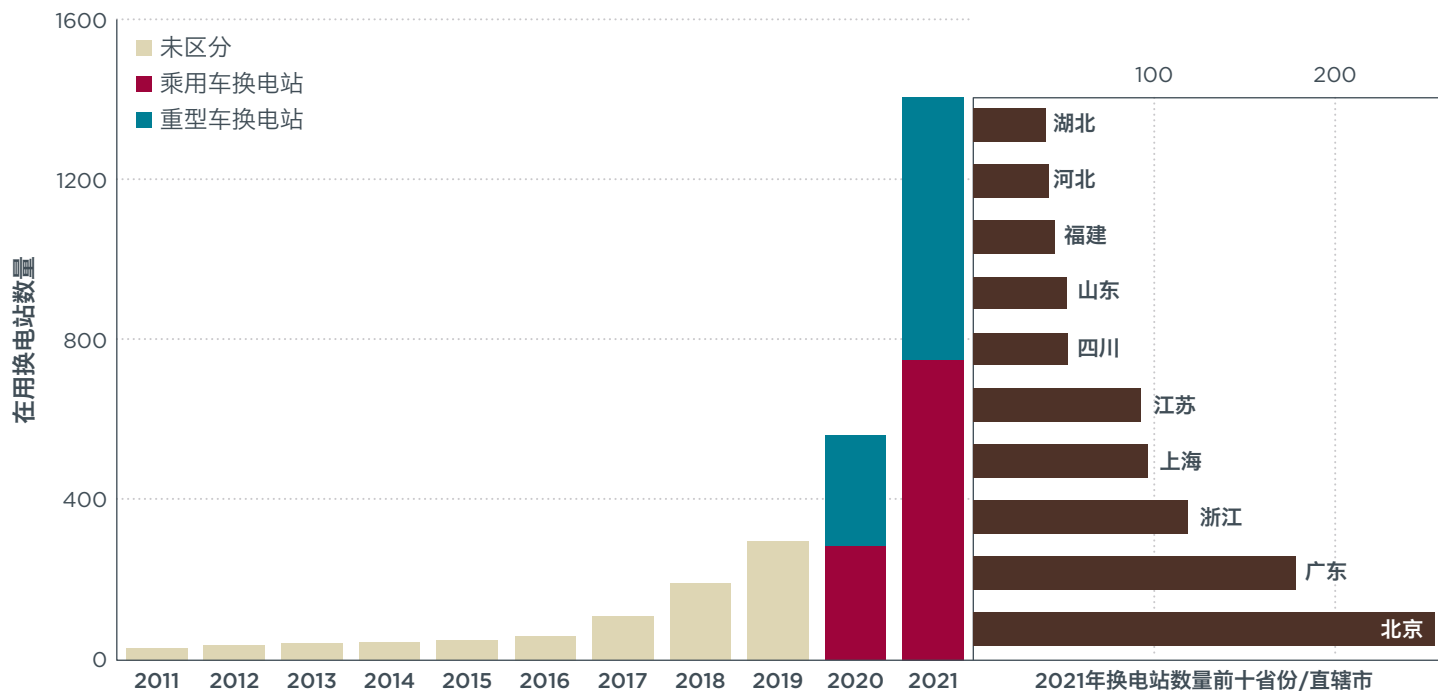


图17 换电站增长趋势 (iResearch Inc., 2022)

燃料电池技术

与2020年相比，2021年燃料电池重型车销量增长了25%。总销量约13万辆的零排放重型车中，1,876辆为燃料电池车（其中375辆为半挂牵引车）(图1, 图18, GGII, 2021)。燃料电池重型车仍然处于初始阶段。根据一项市场调查，在过去5年中，中国仅售出了8,938辆氢燃料汽车(The Orange Group, 2022)。为进一步推动氢燃料电池车型的实际应用，中国国家发改委已经制定了目标，希望到2025年可以实现5万辆氢燃料汽车(NDRC, 2022)，因此未来几年内可能会出台更多的支持政策和促进措施。

燃料电池技术在实际应用中仍面临困难。其中，成本是最大的障碍。根据ICCT先前的研究(Mao et al., 2021)，由于氢气价格昂贵，燃料电池货车可能无法在2030年前实现与柴油货车总成本平衡。

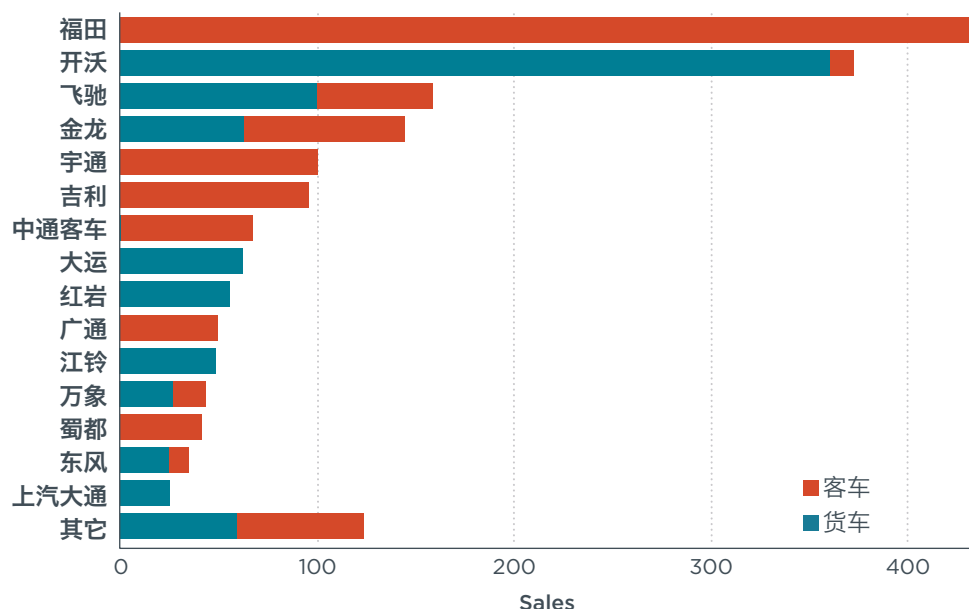


图18 2021年燃料电池重型车销量

主要观点及结论

中国的零排放重型车市场正在快速发展，但与传统燃油车市场规模相比仍然很小，2021年零排放重型车销量仅占总销量的4%。

主要受补贴减少的影响，零排放重型车市场在2016年至2020年急速收缩，不过在2021年市场复苏，达到约13万辆的销量。这与2018年的销量相当，而当时的补贴是现在的2.5倍。这种销量和补贴的脱钩是一个鼓舞人心的迹象，它标志着零排放重型车辆市场更加独立与成熟，其商业逻辑愈发受到市场认可。

虽然政府补贴很重要，但这不是推动市场发展的唯一动力。除补贴外，推动市场发展的因素还有：零排放重型车的供应量不断增加，零排放重型车的成本不断降低，人们不断认识到零排放重型车的好处，越来越多的省市开展试点并采取政策促进零排放重型车实际应用。

根据我们的分析，得出了以下结论：

- » **零排放货车的竞赛正在重塑中国重型商用车市场格局。**目前，一半以上的柴油货车市场被一汽集团、福田汽车、中国重汽和东风汽车这四家货车制造商所垄断。其中不分车辆制造商在电动货车转型方面进展缓慢，这使得东风汽车在这一市场上占据领先地位，且让吉利汽车等货车市场的新进入者获得发展。
- » **虽然客车是零排放重型车市场的主要车型，但电动货车正在快速崛起。**2021年，零排放货车销量仅占所有零排放重型车的四分之一，且多以轻型物流车为主。然而，与2020年相比，牵引车和自卸车等大吨位的重型车正越来越迅速地走向电动化。

- » **国家补贴对企业发展起到重要作用。**中国为零排放重型车制造商提供了大量补贴以促进产业发展。比亚迪、宇通客车、金龙客车、中通客车和东风汽车等顶级中国电动货车和客车制造商从国家政府获得了巨额补贴。其中，比亚迪是最大赢家，过去几年累积共获得了100多亿人民币的补贴。
- » **电池供应商市场高度集中，宁德时代为中国零排放重型车提供了近50%的电池。**虽然宁德时代是最大的电池供应商，但市场上还有其他重要参与者，如国轩高科、深澜动力、力神电池、亿纬锂能和比亚迪。其中，比亚迪也是顶级电动货车和客车制造商之一，在产业垂直整合上表现出色。
- » **电动客车使用了与电动货车相同种类的电池但技术更先进。**电动客车的电池能量密度超过150Wh/kg，比电动货车的平均水平高出近50%。这使得电动巴士的续航里程更长，平均近450公里，而电动货车续航里程仅300公里。95%以上的零排放重型车都配备了磷酸铁锂（LFP）电池。
- » **燃料电池汽车正处于萌芽阶段。**2021年，燃料电池货车和客车在零排放重型车中的比例不到5%，比2020年的市场渗透率增长了25%。福田汽车和开沃汽车分别主导了燃料电池客车和货车市场。2021年，每家公司均售出约400辆燃料电池重型车。
- » **换电技术在政策支持下飞速发展。**换电货车的市场份额超过25%，主要由唐山等地的试点项目推动。2021年的主要制造商是汉马科技（隶属于吉利汽车）和红岩汽车，各向市场投放约800辆换电货车。2021年，货车换电站的数量激增至600个左右，比2020年大约翻了一番。

参考文献

- Amanda. (2018). *China bans local NEV protectionism*. Gasgoo. <https://autonews.gasgoo.com/Detail2020.aspx?ClassId=7&ArticleId=70014002>
- Basma, H. (2020). Energy management strategies for battery electric bus fleet. In <http://www.theses.fr>. Université Paris sciences et lettres. <http://www.theses.fr/2020UPSLM036>
- Bhagavathy, S. M., Budnitz, H., Schwanen, T., & McCulloch, M. (2021). Impact of Charging Rates on Electric Vehicle Battery Life. *Findings*. <https://doi.org/10.32866/001c.21459>
- BYD. (2021). *BYD's New Blade Battery Set to Redefine EV Safety Standards*. <https://En.Byd.Com/>. <https://en.byd.com/news/byds-new-blade-battery-set-to-redefine-ev-safety-standards/>
- CATL. (2022). *Innovative Technology*. <https://www.catl.com/en/research/technology/>
- CFLP. (2021). *2021年货车司机从业状况调查报告*. <https://news.alphalio.cn/PDF/2021%E5%B9%B4%E8%B4%A7%E8%BD%A6%E5%8F%B8%E6%9C%BA%E4%BB%8E%E4%B8%9A%E7%8A%B6%E5%86%B5%E8%B0%83%E6%9F%A5%E6%8A%A5%E5%91%8A%E3%80%8B-%E4%B8%AD%E5%9B%BD%E7%89%A9%E6%B5%81%E4%B8%8E%E9%87%87%E8%B4%AD%E8%81%94%E5%90%88%E4%BC%9A-2021.6-36%E9%A1%B5.pdf>
- China Daily. (2021). *China's leading truck brand speeds up new energy transformation*. <https://global.chinadaily.com.cn/a/202109/30/WS61551c20a310cdd39bc6c8ef.html>
- Chinatronics. (2021). *SAIC Hongyan Delivers 1,000 Units Electric Heavy-duty Trucks to Tangshan—China Truck News* www.chinatronics.com. https://www.chinatronics.com/news/2021/0519/article_9623.html
- Daly, T., & Sun, Y. (2019, April 30). China's CATL starts mass production of high-nickel batteries: Chairman. *Reuters*. <https://www.reuters.com/article/us-china-batteries-catl-idUSKCNIS60YM>
- Dayun. (2022). *N8V 6*4 充换一体版牵引车*. <https://www.dayunmotor.com/product-productdetail-424-264>
- Dongfeng Motor. (2022). *Dongfeng Motor products*. <https://www.dfm-global.com/pr.jsp>
- Electric Vehicle Research. (2018, August 16). *Dongfeng Motor Green Plan includes 20 electrified models by 2022*. Electric Vehicles Research. <https://www.electricvehiclesresearch.com/articles/15108/dongfeng-motor-green-plan-includes-20-electrified-models-by-2022>
- Etrucks. (2020). *Battery swap system in action*. <https://etrucks.co.nz/battery-swap-system-in-action/>
- European Environment Agency. (2020). *Carbon dioxide emissions from Europe's heavy-duty vehicles* [Briefing]. <https://www.eea.europa.eu/themes/transport/heavy-duty-vehicles>
- FuelCellsWorks. (2022). *Qingdao Port Becomes The World's First Hydrogen-Powered And 5G Intelligent Port*. <https://fuelcellsworks.com/news/qingdao-port-becomes-the-worlds-first-hydrogen-powered-and-5g-intelligent-port/>
- Gao, Z., Lin, Z., LaClair, T. J., Liu, C., Li, J.-M., Birky, A. K., & Ward, J. (2017). Battery capacity and recharging needs for electric buses in city transit service. *Energy*, 122, 588-600. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.01.101>
- Geely New Energy Commercial Vehicle Group. (2021). *The Geely Commercial Vehicles You Never Knew Existed*. Media Center - Zhejiang Geely Holding Group. <http://zgh.com/media-center/story/the-geely-commercial-vehicles-you-never-knew-existed/?lang=en>
- GGII. (2020). *GGII: LFP 涌向共享换电 “蓝海”* <https://www.gg-ii.com/art-2682.html>
- GGII. (2021). *2020 氢燃料电池汽车销量 TOP10 城市*. <https://www.china5e.com/news/news-1108645-1.html>
- Hampel, C. (2022, August 23). *Nio's battery swapping stations support China's grid*. Electrive.Com. <https://www.electrive.com/2022/08/23/nios-battery-swapping-stations-support-chinas-grid/>
- Hongyan. (2022). *红岩杰狮—上汽红岩*. <https://www.hongyantruck.com/html/xnyhyjs/20210831/1464.shtml>
- Ibold, S., & Xia, Y. (2022). *Overview on Battery Swapping and Battery-as-a-Service (BaaS) in China*. Giz. https://transition-china.org/wp-content/uploads/2022/08/Battery_Swapping_20220809.pdf
- IEA. (2022). *Global EV Outlook 2022*. IEA. <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2022>
- iResearch Inc. (2022). *2021年中国新能源汽车换电市场研究报告*. https://pdf.dfcfw.com/pdf/H3_AP202205111564927543_1.pdf?1652289946000.pdf
- Kane, M. (2021). *Electric Trucks Take Over Fast Charging Station*. InsideEVs. <https://insideevs.com/news/486675/electric-trucks-takeover-fast-charging-station/>
- King Long. (2022a). *Electric City Bus, New Energy City Bus, Large City Bus, Mini City Bus*. https://www.king-long.com/city-buses_c3
- King Long. (2022b). *New Energy Vehicle, New Energy Buses, Electric City Bus*. https://www.king-long.com/electric-vehicles_c1

- Koop, F., Andreoni, M., Bermudez Lievano, A., & Cuellar, A. (2020, July 6). Chinese electric buses roll out across Latin America. *Dialogo Chino*. <https://dialogochino.net/en/climate-energy/36128-chinese-electric-buses-rollout-across-latin-america/>
- Li, Y., & Du, J. (2015). 调查新能源汽车地方保护主义一：封闭的多数. <https://www.diandong.com/news/3943.html>
- Lima, P. (2020a, July 15). *BMW iX3 gets a NCM 811 battery from CATL*. <https://pushevs.com/2020/07/15/bmw-ix3-gets-a-ncm-811-battery-from-catl/>
- Lima, P. (2020b, September 28). *CATL's NCM 811 battery cells are problematic*. <https://pushevs.com/2020/09/28/catl-ncm-811-battery-cells-are-problematic/>
- Lin-Gang Special Area. (2020). *Battery-swapping electric trucks to operate in Lin-gang*. https://en.lgxc.gov.cn/2020-08/19/c_530121.htm
- Liu, J. L., Dong, R., & Danilovic, M. (2021). *Exploring Battery Technology For Electrical Vehicles In China 1.0*. (p. 39). <https://www.hh.se/download/18.7eaff88717cab27dfb8c9be2/1635154259390/Sweden-China%20Bridge%20-%20Battery%20Technology%20in%20China%201.0%5B70%5D.pdf>
- Liu, Y., & Wang, F. (2020). *The NCM811 Battery has Become CATL's Largest Crisis*. EqualOcean. <https://equalocean.com/analysis/2020083014673>
- Mao, S., Basma, H., Ragon, P.-L., Zhou, Y., & Rodríguez, F. (2021). *Total cost of ownership for heavy trucks in China: Battery electric, fuel cell, and diesel trucks*. International Council on Clean Transportation. <https://theicct.org/publication/total-cost-of-ownership-for-heavy-trucks-in-china-battery-electric-fuel-cell-and-diesel-trucks/>
- Mao, S., & Rodríguez, F. (2021). *Race to 零排放ro: How manufacturers are positioned for 零排放ro-emission commercial trucks and buses in China*. International Council on Clean Transportation. <https://theicct.org/publication/race-to-零排放ro-how-manufacturers-are-positioned-for-零排放ro-emission-commercial-trucks-and-buses-in-china/>
- MIIT. (2021). 工业和信息化部启动新能源汽车换电模式应用试点工作. https://www.miit.gov.cn/xwdt/gxdt/sjdt/art/2021/art_c73flade7759456fa18586114b555238.html
- MOF, MIIT, MOT, NDRC. (2021). 四部委关于进一步完善新能源汽车推广应用财政补贴政策的通知. https://www.miit.gov.cn/xwdt/gxdt/sjdt/art/2021/art_a42ae2cf64d34e0a9c4bf97a37b71c64.html
- Mulholland, E., Miller, J., Braun, C., Sen, A., Ragon, P.-L., & Rodríguez, F. (2022). *The CO2 standards required for trucks and buses for Europe to meet its climate targets*. International Council on Clean Transportation. <https://theicct.org/publication/hdv-co2standards-recs-mar22/>
- NDRC. (2022). 氢能产业发展中长期规划 (2021-2035) . <https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/ghwb/202203/P020220323314396580505.pdf>
- NDRC, MOC, & MEE. (2019). 推动重点消费品更新升级 畅通资源循环利用实施方案 (2019-2020) . <https://www.mct.gov.cn/preview/whhlyqyzcxfw/yshjxf/202012/P020210119495731498668.pdf>
- Rachwani, M. (2021, April 28). Swap and go: Electric trucks to run between Sydney and Brisbane using exchangeable batteries. *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/australia-news/2021/apr/29/swap-and-go-electric-trucks-to-run-between-sydney-and-brisbane-using-exchangeable-batteries>
- Randall, C. (2021, October 29). *China to introduce battery swapping programme*. Electrive.Com. <https://www.electrive.com/2021/10/29/chinese-government-to-introduce-battery-swapping-programme/>
- Reuters. (2022, August 12). China's CATL to build \$7.6 bln Hungary battery plant to supply Mercedes, BMW. *Reuters*. <https://www.reuters.com/business/autos-transportation/chinas-catl-build-new-756-bln-battery-plant-hungary-2022-08-12/>
- SANY. (2022). *SANY's first intelligent battery swapping station debuts*. https://www.sanyglobal.com/press_releases/729/
- Siddiqi, S. (2022, March 23). *Not So Fast: EV Charging Rates Make a Difference*. IDTechEx. <https://www.idtechex.com/en/research-article/not-so-fast-ev-charging-rates-make-a-difference/26250>
- Sustainable Bus. (2022a). *70,000 e-buses delivered by BYD worldwide (2.5% of them in Europe). 5.5 billion km covered*. <https://www.sustainable-bus.com/electric-bus/byd-70000-electric-buses/>
- Sustainable Bus. (2022b, February 10). *More than 800 hydrogen buses at the Beijing Winter Olympics: A gold medal result*. Sustainable Bus. <https://www.sustainable-bus.com/fuel-cell-bus/more-than-800-hydrogen-buses-at-the-beijing-winter-olympics/>
- Tencent News. (2022). 中汽协：2021新能源商用车年销18.6万辆，渗透率近4% . <https://new.qq.com/omn/20220113/20220113A02BAF00.html>
- The Orange Group. (2022). *2021年全国燃料电池汽车产销777辆/1586辆*. <https://libattery.ofweek.com/2022-01/ART-36008-8420-30545694.html>
- Toma, S. (2021, July 22). *EQS is Just the Beginning—Here's the Future of Mercedes' EV Battery Tech*. Autoevolution. <https://www.autoevolution.com/news/eqs-is-just-the-beginning-here-s-the-future-of-mercedes-ev-battery-tech-165791.html>

- Wannan, O. (2022, September 14). *Electric truck swaps battery faster than it takes to fill a tank*. Stuff. <https://www.stuff.co.nz/environment/climate-news/129812483/electric-truck-swaps-battery-faster-than-it-takes-to-fill-a-tank>
- Xinhua News. (2022). *China's electric automaker BYD witnesses dreams "being built" for China-U.S. cooperation*. <https://english.news.cn/20220303/611c7d0777fa4c6fbf4d9d157a10a4fe/c.html>
- Xue, L., Liu, D., Wei, W., & Liu, P. (2019). *Overcoming The Operational Challenges Of Electric Buses: Lessons Learnt From China*. World Resources Institute. <https://wri.org.cn/en/research/overcoming-operational-challenges-electric-buses>
- Yang, L., He, H., Xie, Y., & Mao, S. (2022). *Measures for Reducing Greenhouse Gas Emissions from Motor Air Conditioning in China (Mobile Air Conditioning System)* [Working Paper]. ICCT. <https://theicct.org/publication/mac-ghg-china-lvs-feb22/>
- Yang, M. (2022). 关于换电重卡的相关研究（上）：概述与发展现状 | 龙志刚专栏. <https://www.dahecube.com/article.html?artid=127387?recid=4>
- Yang, Z. (2020). 换电模式下电动重卡即将“起飞.” China Battery Enterprise Alliance. <https://nev.ofweek.com/2020-12/ART-71011-8120-30477196.html>
- Yang, Z. (2022, March 21). *EV battery swapping was left for dead. Now, it's being revived in China*. Protocol. <https://www.protocol.com/climate/electric-vehicle-battery-swap-china>

附录：主流车辆制造商车辆指标

货车

宇通集团	
公司名称	郑州宇通集团有限公司；宇通重工股份有限公司
公司类型	上市公司
市场份额	22.30%
车辆总重量(kg)	6200-32000
品牌	宇通
零排放技术	纯电动-充电
2021年销量	1424
电池技术	LFP
最大续航里程(km)	480
最大电池容量(kWh)	350
最大电池比能量(Wh/kg)	161

三一集团	
公司名称	三一集团有限公司
公司类型	上市公司
市场份额	15.7%
车辆总重量(kg)	25000-33600
品牌	三一
零排放技术	纯电动-充电
2021年销量	1001
电池技术	LFP
最大续航里程(km)	360
最大电池容量(kWh)	424
最大电池比能量(Wh/kg)	161

南京金龙			
公司名称	南京金龙客车制造有限公司		
公司类型	上市公司		
市场份额	8.0%		
车辆总重量(kg)	3570-32000		
品牌	海格、金龙、金旅、开沃		
零排放技术	纯电动-充电	纯电动-换电	燃料电池
2021年销量	139	63	310
电池技术	LFP	LFP	LFP
最大续航里程(km)	480	255	450
最大电池容量(kWh)	350	350.07	--
最大电池比能量(Wh/kg)	158	158.69	--

客车

宇通客车		
公司名称	郑州宇通客车有限公司	
公司类型	上市公司	
市场份额	23.25%	
车辆总重量(kg)	6200-28000	
品牌	宇通	
零排放技术	纯电动-充电	燃料电池
2021年销量	21094	200
电池技术	LFP, LMO	LFP
最大续航里程(km)	770	755(+)/170(-) ²
最大电池容量(kWh)	564	--
最大电池比能量(Wh/kg)	161	--

苏州金龙		
公司名称	金龙联合汽车工业(苏州)有限公司, 厦门金龙联合汽车工业有限公司	
公司类型	上市公司	
市场份额	17.75%	
车辆总重量(kg)	4500-28000	
品牌	海格、金龙、金旅、开沃	
零排放技术	纯电动-充电	燃料电池
2021年销量	16724	188
电池技术	LFP, LMO, 超级电容器	LFP, LMO
最大续航里程(km)	750	560(+)/180(-)
最大电池容量(kWh)	427	--
最大电池比能量(Wh/kg)	165	--

中通客车		
公司名称	中通客车控股股份有限公司	
公司类型	国企; 上市公司	
市场份额	10.27%	
车辆总重量(kg)	3510-18000	
品牌	中通	
零排放技术	纯电动-充电	燃料电池
2021年销量	9692	134
电池技术	LFP, LMO	LFP, LMO
最大续航里程(km)	700	510(+)/165(-)
最大电池容量(kWh)	350	--
最大电池比能量(Wh/kg)	161	--

2 +代表“氢系统工作”，-代表“氢系统不工作”。

半挂牵引车

福田汽车	
公司名称	北汽福田汽车股份有限公司
公司类型	国企；上市公司
市场份额	13.1%
车辆总重量(kg)	25000
品牌	福田
零排放技术	纯电动-充电
2021年销量	722
电池技术	LFP
最大续航里程(km)	200
最大电池容量(kWh)	282
最大电池比能量(Wh/kg)	160

上汽集团			
公司名称	上汽红岩汽车有限公司		
公司类型	国企；上市公司		
市场份额	12.1%		
车辆总重量(kg)	18000-25000		
品牌	红岩		
零排放技术	纯电动-充电	纯电动-换电	燃料电池
2021年销量	2	611	56
电池技术	LTO	LFP	LFP
最大续航里程(km)	--	250	420(+)/90(-)
最大电池容量(kWh)	--	282	--
最大电池比能量(Wh/kg)	--	156.32	--

北奔集团	
公司名称	包头北奔重型汽车有限公司
公司类型	国企
市场份额	9.67%
车辆总重量(kg)	25000
品牌	北奔
零排放技术	纯电动-充电
2021年销量	533
电池技术	LFP
最大续航里程(km)	210
最大电池容量(kWh)	282
最大电池比能量(Wh/kg)	158