



深圳市电动物流车使用率影响因素及优化分析系列报告

技术篇：电动物流车技术性能分析评估

背景篇

政策篇

充电篇

技术篇

市场篇

总结篇





关于落基山研究所 (ROCKY MOUNTAIN INSTITUTE)

落基山研究所 (Rocky Mountain Institute, RMI) 是一家于1982年创立的专业、独立、以市场为导向的智库，与政府部门、企业、科研机构及创业者协作，推动全球能源变革，以创造清洁、安全、繁荣的低碳未来。落基山研究所着重借助经济可行的市场化手段，加速能效提升，推动可再生能源取代化石燃料的能源结构转变。落基山研究所在北京、美国科罗拉多州巴索尔特和博尔德、纽约市及华盛顿特区设有办事处。

作者及致谢

作者

王喆, 刘琦宇, Dave MULLANEY, Ross McLANE, 张钰 (电动车辆国家工程实验室)

*如无特别注明, 作者均来自落基山研究所。

联系方式

王喆, zwang@rmi.org

刘琦宇, qliu@rmi.org

Dave Mullaney, dmullaney@rmi.org

Ross McLane, rmclane.contractor@rmi.org

建议引用格式

王喆, 刘琦宇, 张钰, Dave MULLANEY, Ross McLANE

深圳市电动物流车使用率影响因素及优化分析系列报告.落基山研究所, 2020.

主要合作单位

EVOA

深圳市新能源汽车运营企业协会

深圳市新能源汽车运营企业协会, 在公交、出租、物流、租赁、充电和技术服务六个领域, 搭建政府、企业交流平台, 组织行业调研和热点研讨、制定行业标准规范、参与政策制定等, 加强新能源汽车产业链上下游融合协作, 推动深圳市新能源汽车运营行业健康有序发展。



电动车辆国家工程实验室

电动车辆国家工程实验室由国家发改委于2008年授权, 在北京理工大学电动车辆工程技术中心的基础上成立, 其建设的“新能源汽车国家检测与管理平台”为新能源汽车技术的研究、行业政策的制定等提供了数据支撑。

致谢

感谢下列个人和单位对本报告的支持。

马冬, 生态环境部机动车排污监控中心

李成, 交通运输部科学研究院

姚占辉, 中国汽车技术研究中心

纪雪洪, 北方工业大学

沈梦青, 交通运输部公路科学研究院

谢海明, 深圳市协力新能源与智能网联汽车创新中心

地上铁租车(深圳)有限公司

深圳市鑫能物流有限公司

深圳特来电新能源有限公司

普天新能源(深圳)有限公司

深圳水木华程电动交通有限公司

深圳市中电绿源纯电动汽车运营有限公司

深圳市车电网络有限公司

深圳市鹏电跃能源技术有限公司

顺丰速运

京东物流

特别感谢能源基金会(中国)对本系列研究报告提供的资金支持

目录

摘要	05
背景介绍	
1. 政策背景	07
2. 影响深圳市电动物流车使用效率的主要技术特性	08
(1) 车辆成本	08
(2) 对配送场景和货物类型的适用性	08
(3) 配送效率	09
数据分析方法及数据简介	
1. 分析方法	10
2. 数据及调研访谈资源	10
(1) 数据资源基本情况及分析工具	10
(2) 主要调研访谈对象	11
主要分析结果	
1. 电池实际续航里程	12
2. 电池衰减程度	15
3. 车辆使用寿命及残值	18
4. 车辆故障类型及故障率	20
5. 动力性能	26
6. 载货能力	28
主要结论及建议	30
总结	33
参考文献	35

I. 摘要

随着技术和市场的不断成熟稳定，新能源汽车产业已经开始逐步从以往的政策依赖型转变为市场和服务驱动型发展模式，加之近年来中国对生态和物流业发展的高度重视，国家和地方已经开展了推进运输结构调整、支持物流业降本增效、绿色货运配送示范工程等积极行动。以此为契机继续大力推进新能源城市配送车辆的推动和应用不仅是城市解决空气污染问题，实现节能减排的有力抓手，也是应对疫情冲击，实现提质增效绿色发展的有效手段。

深圳市作为全国最先开始大力推广电动物流车应用的城市，在政府的大力支持，以及开放包容的市场环境下，在发展规模、基础设施建设和市场运作模式上都取得了较为显著的成果。为了更好地帮助深圳市进一步提升电动物流车使用效率并实现物流车全面电动化的目标，同时将深圳模式的宝贵经验总结并推广到全国乃至全球的其他城市中，落基山研究所在 2019 年发布的《深圳市电动物流车充电桩优化位置布点》研究报告的基础上继续进行了细分领域的深入研究，从电动物流车与燃油车经济性的对比出发，定位车辆使用率为核心要素，并逐一分析了影响使用率的主要政策、基础设施、技术、市场等因素模块的现状、作用效果及优化方式。

本研究以深圳市2018年和2019年电动物流车的运行数据为基础，通过大数据分析结合对深圳市地方企业和专家的调研访谈，进行了现状分析、趋势总结并提出相关建议。最终的研究成果将以系列报告的形式发布，共包括6个篇章，分别为：

- **背景篇：深圳市电动物流车发展背景及现状**
- **政策篇：深圳市电动物流车运营补贴政策分析**
- **充电篇：深圳市电动物流车充电桩优化位置布点**
- **技术篇：深圳市电动物流车技术质量**
- **市场篇：深圳市电动物流车市场模式对比（自有/租赁）**
- **总结篇：深圳市电动物流车推广应用经验汇总**

本篇为技术篇，简要介绍深圳市电动物流车推广应用发展历程中车辆技术发展的基本状况、主要存在的技术问题，从电动物流车的经济性分析和使用率入手，定位影响电动物流车使用率的主要技术特性因素（如电池衰减、各类型故障率、对配送场景的适用性等），并通过数据分析结合调研访谈对各类技术因素存在的问题、发展趋势等进行系统化梳理，并提出相应的优化发展建议。

在对电动物流车技术质量现状进行分析的基础上，研究团队总结得出了以下主要结论，并提出了下列建议：

1. 目前深圳市电动物流车在基本性能和配送能力上已经可以覆盖大多燃油货车的配送场景；
2. 现阶段电动物流车续航里程已经可以基本满足城市货运的货运需求，但要实现未来持续对燃油货车的替代仍然需要电池技术的发展和充电基础设施的不断完善；
3. 电池衰减程度仍然较高，不利于用户选择并长期使用电动物流车；
4. 统一的车辆及电池残值评估标准建立对保障电动物流车的价值并增加车队购买意愿至关重要；
5. 电动物流车整体故障率水平比燃油货车略低，但在维修保养体系尚未健全的情况下，几类重点及安全风险较高的故障仍然值得关注。

II. 背景介绍

1. 政策背景

作为使用电能替代传统化石能源提供驱动力的车辆类型，电动汽车从车辆技术和零部件构成的角度以电驱、电池和电控的“三电”系统作为核心组件替代了传统燃油汽车的变速箱、底盘和发动机。由此带来的改变在提升车辆的能源使用效率、降低排放的同时，也为电动汽车本身技术的研发和进步提出了更高的要求。

我国电动汽车的技术研发可以追溯到1996年的“九五”计划时期，在国家电动汽车重大科技产业工程的支持和推动下，东风汽车开发出了国内第一台纯电动概念轿车。之后的10多年间，在国家“十五”、“十一五”计划汽车产业相关发展政策以及“863计划”等重大工程项目的推进下，电动汽车的车辆技术一直处于稳步发展的阶段。

2009年，国家正式出台的“十城千辆”示范推广工程标志着电动汽车正式步入了发展的快车道。为了更有效地从供给和需求端双向推动电动汽车的发展，国家不仅出台了新能源汽车购置补贴政策、扩大了试点示范项目的规模，也分别在“十二五”和“十三五”计划中设立了电动汽车科技专项、技术创新工程以及新能源汽车相关研发计划，力求通过不断提高技术标准和创新能力尽早突破电动汽车发展的核心壁垒，实现大规模推广应用的目标。

在“十城千辆”示范工程所覆盖的主要试点城市中，深圳市无疑是对新能源汽车推广应用力度最大的一个。特别是在公交、出租和物流车等商用运输车队的领域，深圳市很快便取得了在全国乃至全球领先的电动化车辆比例和绝对数量。在这当中，物流车的电动化由于受到更多市场和应用场景等条件的影响，车辆技术的水平以及对配送场景的适用性对于其经济性的影响更为明显，也因此对电动物流车的全面推广应用起到了决定性作用。

2.影响深圳市电动物流车使用效率的主要技术特性

与私家车有所不同，主要用作生产工具的物流车需要更加稳定和高效的表现才能尽可能实现配送效率和收益的最大化，而由于电动物流车相比燃油货车在车辆购置成本、车辆和电池寿命、电池续航能力、配送货物的适用性以及故障和维修等方面都有着较大的区别，因此决定电动物流车经济性和效率的关键技术特性主要集中表现为车辆的成本、对配送场景的适用性以及配送效率等方面。

(1) 车辆成本

成本是决定电动物流车在经济性上是否能够超过燃油货车的关键因素，主要包括购置成本、运营成本和维护成本三个部分，其中影响购置成本的技术因素主要包括车辆的生产时间和使用寿命及残值，影响运营成本的技术因素主要包括电池的衰减程度，而影响维护成本的技术因素主要包括车辆的故障率和维修成本等。

(2) 对配送场景和货物类型的适用性

由于核心零部件与燃油货车差别较大，电池的质量和体积通常比燃油货车的油箱更大，且货箱和底盘也与燃油货车有所不同，电动物流车在某些情况下并不能完全替代同类型燃油货车对的货物配送能力，因此对配送场景和货物类型的适用性决定了电动物流车对燃油货车的替代性及其使用效率。该适用性可以通过电动物流车的动力水平、载货能力以及适用的配送货物类型等指标进行分析。

- **动力水平**

动力水平主要衡量电动物流车在行驶过程中的动力和车辆运行状况是否能够满足配送的需要，主要指标包括车辆的最大输出功率和最大行驶速度。

- **载货能力**

载货能力指电动物流车单次能够配送货物的最大体积和质量能力，主要技术指标包括货箱尺寸和最大载重质量。

- **适用的配送货物类型**

适用的配送货物类型指电动物流车由于货箱和底盘等车辆设计和规格因素导致的配送货物类型的限制，主要指标包括电动物流车能够适用配送的货物类型以及不能配送的货物类型。

(3) 配送效率

配送效率是物流车实现收益的最核心指标，单位时间或单位里程内车辆配送货物的单数越多，可以认为该物流车的配送效率越高。在假设每辆车每单配送货物质量和体积与燃油货车大致相同的情况下，影响电动物流车配送效率的主要因素来自充电过程耗费的时间以及寻找充电设施所浪费的时间和行驶里程。因此反映电动物流车配送效率的主要技术指标包括电池的实际续航里程以及百公里耗电水平。

III. 数据分析方法及数据简介

1. 分析方法

为了对深圳市电动物流车整体技术、性能与故障维修等情况有更全面的了解，研究团队采用了数据统计画像、线性拟合以及与燃油货车充分对标等方法进行了分析。其中数据统计画像主要用于对目前电动物流车各技术特性及故障等指标进行描述和分类，通过对车辆静态和动态特性的统计分析定位电动物流车续航里程、车辆寿命以及故障率等；线性拟合主要用于分析评估电池衰减程度随使用时长变化的趋势，通过计算电动物流车在不同时间点续航里程与全生命周期最大续航里程的比值，观察其电池衰减的趋势，并按该趋势线性外推得到未来衰减程度的情况；与燃油货车充分对标主要用于对比电动物流车和燃油货车的载货配送能力以及成本经济性，并从中分析各技术指标对电动物流车实用性的影响。

2. 数据及调研访谈资源

在对车辆性能和故障等要素进行分析的过程中，由于数据统计往往较难全面直观地反映出车辆在实际运行中的特点，因此本研究同样采用了数据分析结合调研访谈的方法，在数据画像和分析电动物流车基本技术性能的基础上，结合对车队、租赁企业以及车辆生产厂商的调研访谈深入了解电动物流车的技术性能。

(1) 数据资源基本情况及分析工具

本研究所使用的两个主要数据资源为国家新能源汽车大数据平台深圳市电动物流车2018和2019年度的全部车辆运行数据，以及中国汽车网公布的汽车车型信息。其中国家新能源汽车大数据平台上的车辆运行数据变量主要包括车辆系统是否开启、车辆的GPS位置信息（30秒一次）、车辆电池容量、剩余电量百分比、里程、速度、充电功率以及各类故障报警信息等，中国汽车网公布的数据包括车型的载重、功率、自重以及车辆类型等等。研究中所使用的主要分析工具为excel、python及ArcGIS等。

(2) 主要调研访谈对象

在数据分析的基础上，研究团队通过对深圳市当地的运输企业和物流车运营商等的调研访谈对分析结果进行验证，并对电动物流车日常使用中常见的故障、技术、性能问题有了深入了解。在深圳市新能源汽车运营企业协会的合作和支持下，研究团队主要对地上铁租车、顺丰速运、北汽新能源等企业进行了调研。

IV. 主要分析结果

根据对电动物流车运行状况、配送场景以及主要技术和关键零部件情况的初步了解，研究团队主要从6个方面对电动物流车的技术质量和性能进行了分析，分别包括：车辆续航能力、电池衰减程度、车辆使用寿命及残值、故障率及故障类型、动力性能以及载货能力。

结合数据分析以及对深圳市运输车队的调研访谈结果，能够发现从总体上看，电动物流车在以上6类指标中的表现呈现了较为明显的随时间变化不断优化提升的状态，且已经能够达到满足深圳市城市配送基本需求的水平，但更进一步在与市场上燃油货车进行对比的过程中，还是能够看出现阶段电动物流车在各项指标特别是经济性上与燃油货车仍然存在一定的差距。

1. 电池实际续航里程

电动汽车的续航里程一直是购买电动车时需要参考的最重要的性能指标，对电动物流车而言尤其如此。由于受到技术和电池本身能量密度限制的影响，电动物流车在续航里程方面短时间内很难达到燃油货车的水平。而续航里程的短缺往往会导致车辆在每天的配送过程中需要更加频繁地充电来满足货物运输的需求，从而直接影响车辆的有效配送时间和使用率，增加了额外的时间成本，使其从经济性的角度上难以与燃油货车相比较。

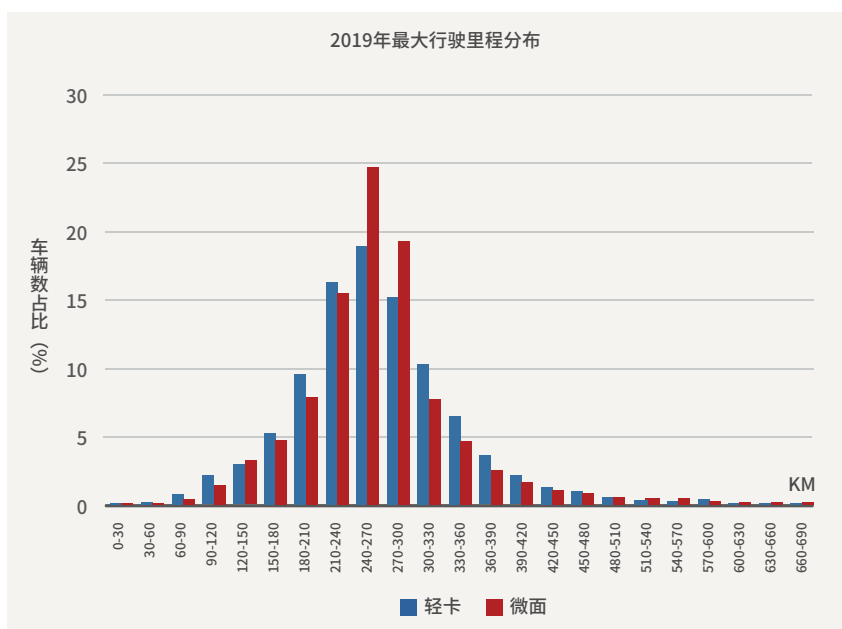
电动物流车的续航里程通常有两种展示形式，一种是根据车辆出厂前实验室和道路测试结果在车辆技术参数上直接标注的标称续航里程，另一种是实际道路行驶过程中车辆真实体现出的实际续航里程。实际续航里程往往与标称续航里程有一定差距。造成这种差异的原因在于上市车型标称里程一般采用NEDC计算标准测定，这种测定方式反映了理想状态下车辆的最高行驶里程。然而考虑到目前国内所使用的NEDC计算标准是以欧洲的机动车行驶工况作为基准，且在实际行驶状态下，城市的路况、温度湿度、行驶的速度、驾驶习惯等因素都会影响车辆的续航里程，电动物流车的实际续航里程往往会与标称里程有一定的差距。¹

为了更深入地探究电动物流车实际续航里程的情况以及对配送需要的影响，研究团队借助北理工数据平台的信息统计了深圳市电动物流车的最大实际续航里程分布情况。在计算车辆最大实际续航里程时，由于在车辆实际运行过程中电池完全充满并行驶至电池电量降至0的情况几乎不存在，因此本研究采用外推的方法，考虑到车辆在电量50%-80%范围内行驶的数据样本量最大，采用首先计算该部分电池电量下的实际续航里程，再以此线性外推得到整个电池的实际续航里程数据。

如下图（图1）所示，通过选取深圳市每辆电动物流车在整个生命周期中的最大行驶里程，可以看出深圳市电动物流车最大实际续航里程主要集中在210-300公里的范围²，尽管该最大里程可能存在部分偶然高估实际里程的情况，但仍然可以看出电动物流车目前的实际续航里程与标称里程存在一定的差距，通常只能达到标称里程的70%-80%。

图 1

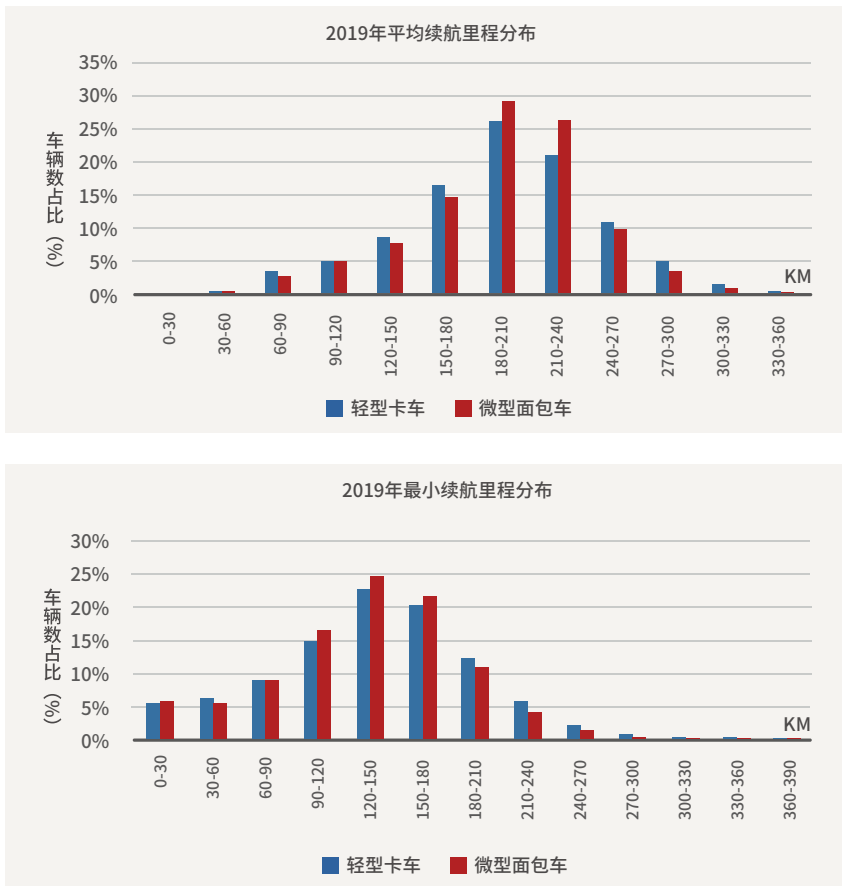
2019年深圳市电动物流车最大续航里程统计分布



而从满电量平均续航里程上看，目前深圳市电动物流车充满电情况下的续航里程主要集中在180-240公里，约60%-70%的车辆实际续航里程都在180公里以上，即便是路况和技术稳定性最差的情况下，续航里程也能达到至少120公里，远远超过了《背景篇：深圳市电动物流车发展背景及现状》报告中所提到的70-80公里的日均行驶里程，也已经超过了燃油货车日均120-160公里的里程水平，表明电动物流车在续航里程方面已经具备了满足大多数城市配送场景需要的能力。

图 2

2019年深圳市电动物流车满电量平均及最小续航里程分布



尽管如此，考虑到电动物流车的续航里程受到温度、驾驶环境等影响较大，续航里程的稳定性相对较低，使用电动物流车的企业和驾驶员仍然具有一定程度的里程焦虑。深圳市2019年数据显示，尽管车辆续航里程足够，电动物流车多数情况下会仍然会选择集中在剩余电量在40%-60%的情况下进行充电。

在里程焦虑的影响下，车队在使用电动物流车完成配送工作的过程中仍然会尽可能保证续航里程能够覆盖当日的货物运输需求，因此大多数情况下，车队现阶段仍主要将电动物流车用于城市内中近距离的配送场景当中，并作为燃油货车的补充手段。考虑到燃油货车的续航里程通常能够达到1000公里以上，且加油更为便捷，电动物流车如果想要实现对燃油货车的全面替代，仍然需要进一步提升实际续航里程，并完善充电基础设施的建设和优化布局。

2. 电池衰减程度

由于锂电池自身原理的限制，其有效容量会随着充放次数增加和时间的推移缓慢降低，因此电动物流车的实际续航里程往往随时间的增长逐渐降低。通常情况下，这个实际续航里程降低的程度和速率需要通过电池衰减程度这一指标进行定义。考虑到电动物流车目前的续航里程在正常情况下也只能满足短途配送场景，衰减程度的大小和快慢将决定电动物流车的配送效率、实际使用寿命和残值，过快的电池衰减会大大增加电动物流车的总拥有成本。

影响电池衰减速度的因素有很多，除了电池种类（例如磷酸铁锂电池一般情况下比三元锂电池寿命长），制造工艺、技术和质量等内在因素外，环境温度、充电功率、充电时剩余电量、以及驾驶习惯等等都会影响锂电池的寿命，其中工艺和充电功率的影响最为显著。通常对电池寿命而言最理想的使用条件为：环境温度为25摄氏度左右，充电时选用小电压慢充且避免电池充满放，使用时避免长时间停放不用等等。从目前深圳市电动物流车的使用状况来看，由于目前车辆尚未达到满负荷使用率，且车辆在剩余电量不足20%时会对速度等运行状况造成影响，满充满放的现象几乎并不存在。但随着车队对车辆使用效率和充电便利性等的要求逐渐提高，快充已经成为了电动物流车充电的主流模式，加之早期电动物流车的电池技术质量相对较差，目前深圳市电动物流车电池衰减程度仍然处于相对较高的水平。

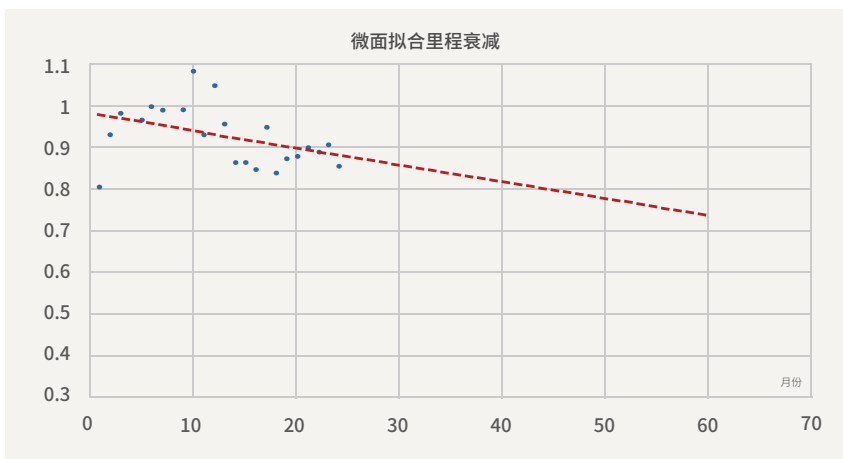
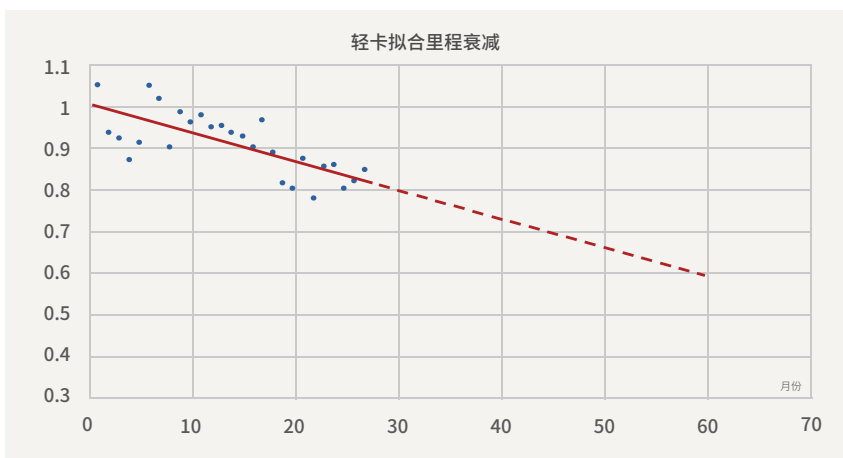
目前国家和地方尚未制定电池衰减程度的测量和评估标准，因此研究团队以国家新能源汽车大数据平台的车辆行驶数据为基础，以上述车辆实际续航里程的计算方法为基础，按月为时间单位计算轻卡和微面每辆车实际最大续航里程随时间变化的情况，并以车辆全生命周期最大续航里程（该数字可以近似理解为最大续航里程）为基准对其进行标准化处理，得到随时间变化的电池衰减比率。由于平台上的微面只有3年的运行数据，轻卡只有2年的运行数据，因此研究团队根据已有数据所显示的车辆电池衰减率，进行趋势外推，拓展得到了对未来5年内的电池衰减情况的预测。

从拟合结果来看，深圳市轻卡的衰减速率处在每年8%的水平，在5年的使用周期下总衰减程度约为40%，而微面电池衰减速率则稍低，在每年5%左右，5年总衰减程度大约为25%。据研究团队推测，轻卡衰减速度更快的原因与其更倾向于使用快充有关。这些数据结果与访谈调研中企业所表示的实际使用场景下衰减程度大致相同。尽管随着技术的进步，电池衰减程度会随着车辆生产年份的不断更新而逐渐降低，但考虑到电动物流车本身的续航里程目前只能支持其完成短途配送的主要工况，当前的电池衰减程度仍然会对电动物流车的使用率造成较大的影响，特别是在快充逐渐成为主要充电模式的情况下，电动物流车在达到3年左右的使用时长后最大续航里程只有150-180公里，难以满足日常的城市配送需求。

同时研究团队在调研访谈中也了解到，目前部分电动物流车生产厂商会在销售车辆时为车辆用户提供质量保证，如果车辆在5年使用周期或10万公里行驶里程之内电池衰减程度达到20%以上，可以向生产厂商免费申请更换电池。⁴但由于目前国家没有统一的电池衰减程度检测评估标准，导致很多情况下车队和主机厂相互扯皮，增大了更换电池的时间成本。因此，建立一套完善的电池衰减程度评估体系对于提升电池技术水平、减少衰减程度至关重要。

图3

深圳市电动微面及轻卡电池衰减情况拟合



3.车辆使用寿命及残值

除了使用效率之外，影响电动物流车总拥有成本的另外两个重要因素就是车辆的使用寿命和残值。由于电动物流车的成本优势主要体现在使用成本方面，因此其使用寿命越长，在成本和经济性方面的优势越为明显。而残值则是影响电动物流车实际购置成本的主要因素，车辆的技术质量越高，其残值越高，进入二手车市场能够回收的成本也相应更大。

电动物流车的设计使用寿命通常在8~10年，但多数情况下其寿命是由电动车最核心的部件动力电池的寿命决定的，而目前电池的有效寿命一般在4~8年⁵。当动力电池的容量衰减下降到一定程度（通常未到达使用寿命的尽头）时，物流企业和车队就会选择更换电池或者将整车放在二手市场上出售，以回收一部分成本。除电池之外，影响电动物流车使用寿命的其他因素主要包括各零部件的耐久度、故障率和驾驶习惯等，在目前情况下，电动物流车的使用寿命受电池的影响程度最为明显且相对稳定。

在残值回收方面，目前电动物流车所采取的主要方式包括整车销售进入二手车市场以及动力电池的拆解及回收。目前电动物流车的残值回收存在两大难点，一是尚未形成统一的电池及车辆残值定值标准，二是动力电池的回收和梯次利用规模相对有限。

由于电动物流车车辆的其他零部件在二手市场上的残值相对固定且占比不高，残值评估的重点主要体现在动力电池的残值定值上。动力电池的残值与其剩余容量、单体电池一致性、剩余充放次数等指标密切相关，其测定过程需要专业的人员和设备，对于车辆用户和二手市场中间商而言相对繁杂，因此目前较为常用的方式主要为车队或租赁企业和中间商或买家通过简单的评估方式商定一个价格进行交易。这样的方式尽管更为简单直接，但缺乏一定的透明度和可信度，非常容易⁶出现定值偏差，从而导致市场价格无法反映车辆真实残值水平，影响二手车市场的建立。

动力电池的梯次利用虽然一直是新能源企业、电池企业与电网关心的重点问题，但目前为止依然没有可行的方案。较为成熟的应用场景是使用二手电池为信号塔搭建备用电源，但这种应用需求并不大，因此市场上对二手动力电池的需求并不高，多数情况下车主只能以废旧电池的低价处理废旧动力电池。在未来今年内，报废电动车的数量将会大幅增加，届时二手电池价格会进一步降低。

因此，统一的残值测定标准则可以起到约束市场，提高透明度的作用，方便车主预测车辆残值，起到稳定地增加车队在做出购买电动物流车决策过程中车辆经济性价值的估计，增强企业购车用车的信心，从而提升电动物流车的购买和推广使用率。不仅如此，统一的测定标准还会提高二手电池性能的可信度，免去了买方二次测定的流程，降低了动力电池梯次利用的难度。

4. 车辆故障类型及故障率

尽管主要零部件和运转原理与燃油货车有一定的区别，以电池、电机、电控为核心系统的电动物流车由于处在车辆技术发展的初级阶段，仍然存在着多种类型的技术故障风险。其中大多数的故障会随着物流车使用寿命的增加而出现得更加频繁，例如电池耐久度降低、电机老化、电控系统短路等。故障的出现不仅会产生额外的维修费用，增加使用电动物流车的总成本，还会因此损失配送货物的时间，降低电动物流车的使用率，从而影响其配送效率。

在对深圳市电动物流车的故障情况数据进行分析的过程中，研究团队了解到，目前数据平台上的车辆故障相关数据是根据国标GBT 32960.3-2016中，电动车的常见电气故障来进行分类统计的，分别涵盖了与电控、电池、电机三大核心系统相关的19类具体故障类别（其余机动车相关机械故障并未体现在数据统计当中）。ⁱ同时为了更清晰地表示电动物流车发生故障的严重程度，国标还将每种类型的故障按严重程度分成了3个等级：其中1级最为轻微，3级最为严重，而当车辆出现3级报警时，车辆系统会提示驾驶员立刻停止驾驶并进行车辆检查维修。

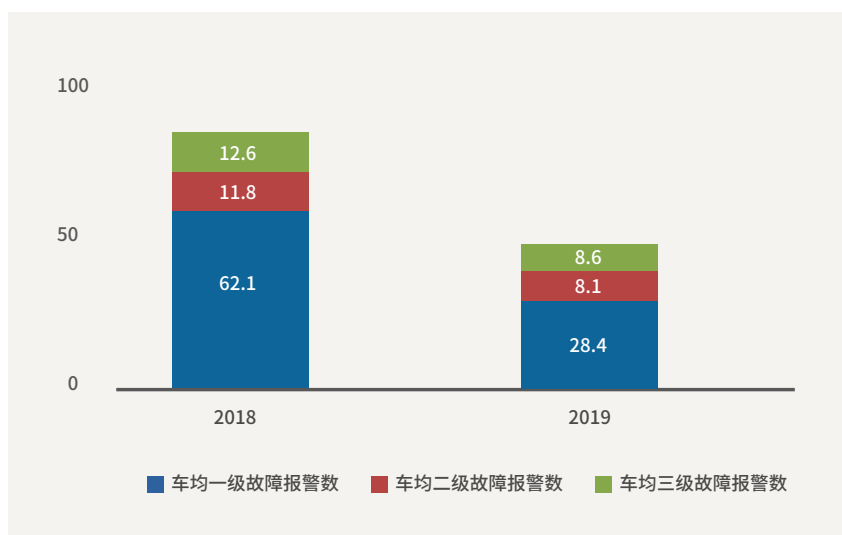
从2018和2019年的数据情况来看，2018年深圳市电动物流车共出现各类故障报警约160万次，车均约87次，其中1级、2级和3级各占71%、14%、15%；2019年的情况相比2018年略有改进，共出现各类故障报警186万次，车均45次，车均故障报警数相比2018年降低了48%，其中各级故障报警数都有较为明显的下降，一级报警下降次数最为显著，车均报警数相比2018年降低了54%。ⁱⁱ从微面和轻卡两种车型的具体情况来看，2019年微面共发生各级故障报警115.7万次，平均每辆车33次，相当于每辆车平均每11天就会发生一次故障报警；

i 注：19类故障类型分别为：DC-DC温度报警、DC-DC状态报警、SOC低报警、SOC过高报警、SOC跳变报警、车载储能装置类型过充报警、车载储能装置类型过压报警、车载储能装置类型欠压报警、单体电池过压报警、单体电池欠压报警、电池单体一致性差报警、电池高温报警、高压互锁状态报警、绝缘报警、可充电储能系统不匹配报警、驱动电机控制器温度报警、驱动电机温度报警、温度差异报警、制动系统报警。

ii 注：此处“故障报警”为数据平台上实际统计的报警数量，由于车辆运行情况下，如果故障报警没有得到处理，每隔一段固定时间会再次报警，而低级别报警在无处置处理的情况下不一定会影响车辆使用，因此此处数据上显示的“故障报警”数远远大于实际故障的数量。

图 4

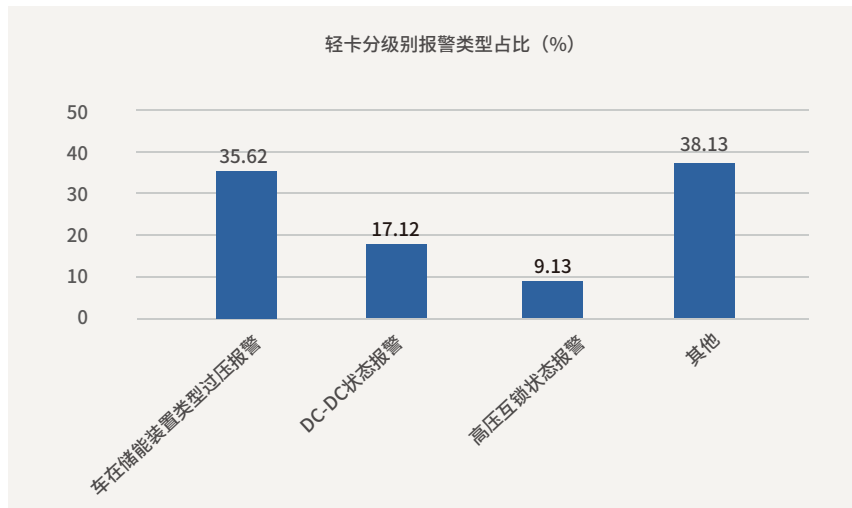
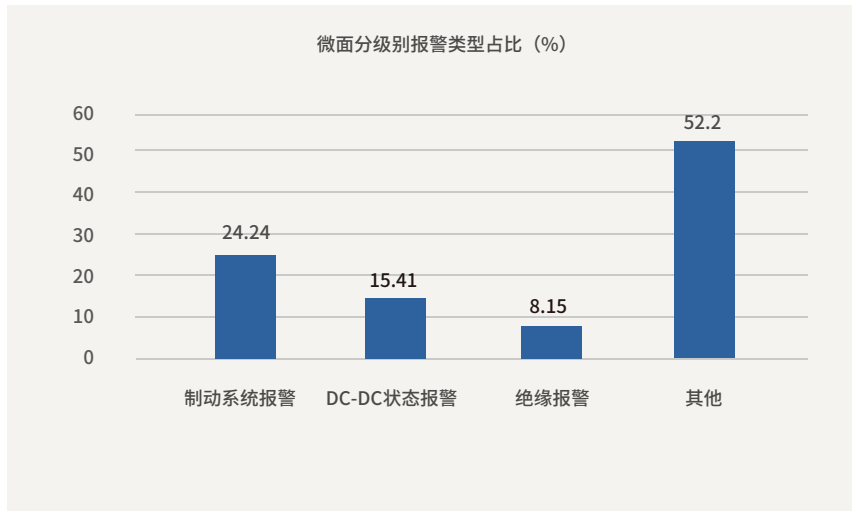
深圳市电动物物流车2018-2019年车均各级故障报警数



在故障类型方面，微面和轻卡的情况存在一定的差异，轻卡车型中最常见的3类故障报警分别为车载储能装置类型过压报警（35.62%）、DC-DC状态报警（17.12%）和高压互锁状态报警（9.13%），占到了故障总数的60%；而微面车型中最常见的3类故障报警分别为制动系统报警（24.24%）、DC-DC状态报警（15.41%）和绝缘报警（8.15%），约占故障总数的47%。

图 5

2019年深圳市电动微面及轻卡各类故障报警发生次数占比



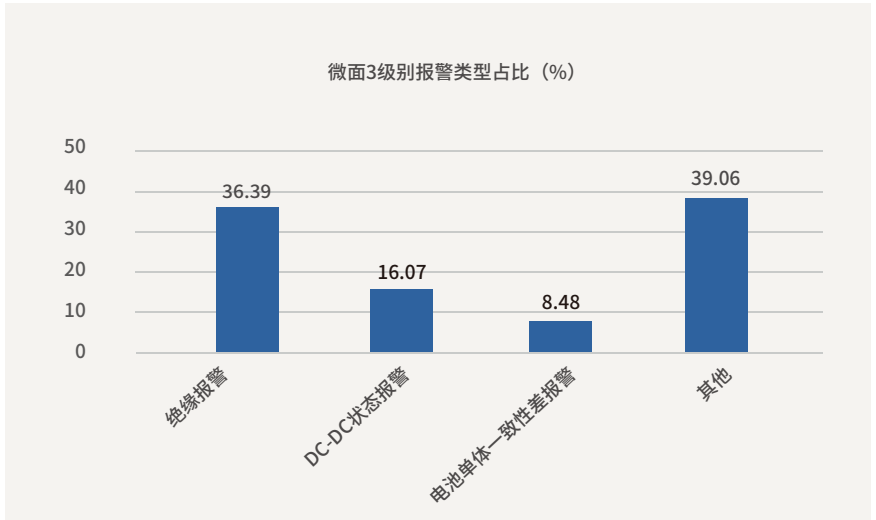
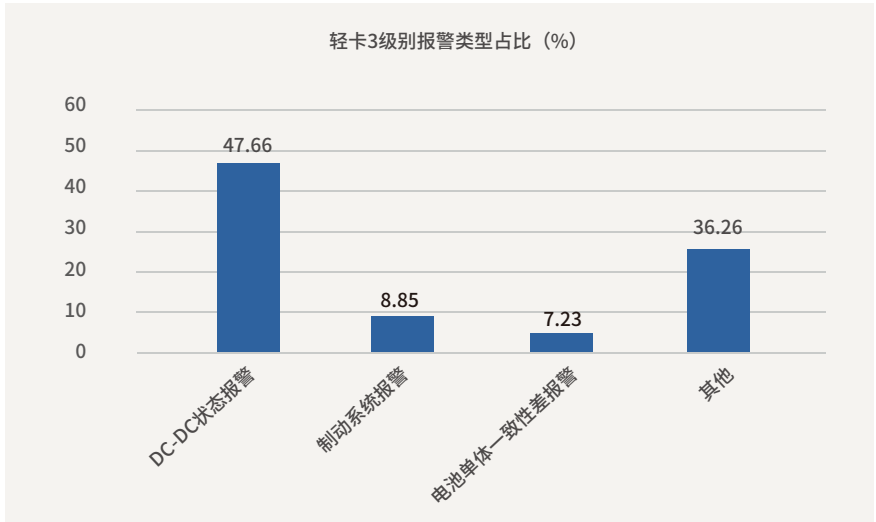
通过对车队和车辆生产企业的调研访谈，研究团队进一步了解到，目前电控系统的故障问题（DC-DC状态报警）普遍存在于电动物流车的各类车型之中，除此之外，轻卡的故障多发生在由快充导致的电池或储能等元件当中，例如储能装置过压报警和高压互锁报警，都是由短时间内的充电电压超过了保护阈值引起的，与车辆使用快充的充电方式相关，长期处于该状态下会加快锂结晶的速度，加速电池的衰减。而微面的故障报警则多与车辆零部件老化相关，例如制动系统和绝缘报警，都属于车辆的“老年病”，是由真空泵、电线外皮等耗材在使用中逐渐老化引起的，可能会导致短路等风险。

根据企业的反馈，除了一般性的故障报警次数之外，3级故障报警由于严重性较高且往往需要企业直接对车辆进行维修，需要重点进行分析。如下图数据显示，在3级故障报警中，大部分占比较高的报警类型都和一般性整体故障报警类型中出现频次较高的故障相同，但同时也能够看出电池单体一致性报警的数量较为突出。电池一致性指的是不同的电池单体的容量、电压之间的一致程度。在电动物流车使用过程中，由于充放电等因素的影响，单体电池之间的电压和容量会产生差异，这个差异越大，电池组整体的电量就会越少。

一致性的问题与电池本身使用的原材料和质量、使用过程和定期的维护以及电池管理等辅助功能有着密切的关系。随着电池生产技术的不断更迭，电芯和电池内部分容配组等新工艺能够确保各单体电池之间的电流误差尽可能降低，从而缓解一致性的问题。而定期的维护、避免电池疲劳过载，以及电池管理系统的自动调整则可以尽可能保证单体电池之间的电压相对一致，从而延长电池的使用寿命。

图 6

2019年深圳市电动微面及轻卡3级故障次数占比



最后，电动汽车在实际应用中不时会出现的车辆燃烧爆炸等情况同样是用户关注的焦点，这一状况的出现与故障类型数据中的电池高温报警密切相关。尽管数据显示这一类型的故障报警出现的频次相对不高，但调研中车队企业表示，3级的电池高温报警通常意味着电池在使用过程中在内部已经形成锂结晶，很容易刺破隔膜并形成短路，最终起火或爆炸的风险极高，如果此时不采取停车降温等方式进行处理的话，很容易发生危险。因此此类故障虽然发生率较低，但如果发生会造成非常大的危害成本，必须采取进行全面严格的防控措施。

车辆维修保养作为应对故障问题的主要方式，对故障导致的额外成本增加有着重要的决定作用。调研访谈中，车队企业表示电动物流车一般类型的故障通常只需要1-3天的维修时间，而较为严重的故障，例如电池一致性、电控系统等问题则需要至少1个月的维修时间，会对车辆的有效使用率造成较为严重的影响。而维修成本则与具体的故障类型和严重程度相关，除了电池等重要零部件的更换成本较高之外，其他维修的成本基本都在几千元不等的范围。

同时，由于整体产业链发展程度较新，电动物流车目前的维修和保养体系并不完善，因此在出现故障后的维修和售后服务方面，往往存在难以找到合适的4S店、没有相对应的零部件以及维修等待时间长等问题，从另一个侧面导致了使用成本高，用户使用意愿低的问题。

5.动力性能

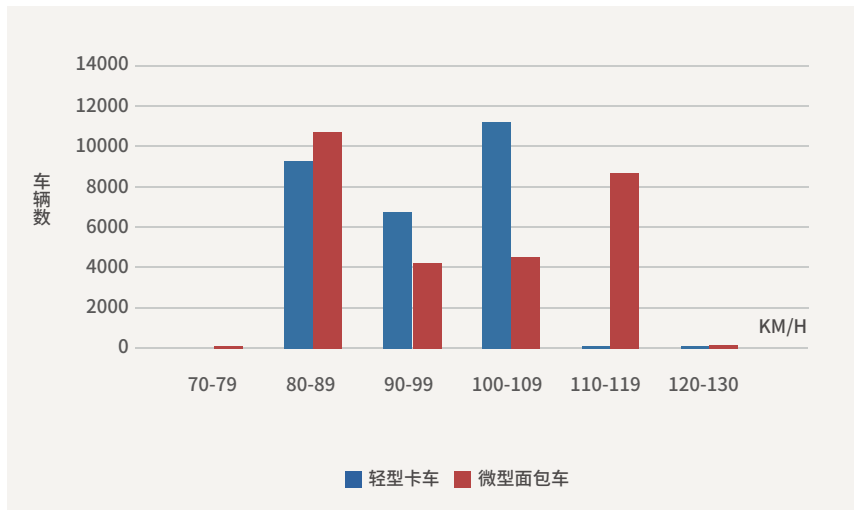
动力性能主要影响电动物流车对各类配送场景的适用性，是保证车辆运送效率的前提。过低的动力性能会导致车辆达不到既定的配送效率，甚至无法完成特定路况下的配送工作。由于城市配送工况下道路和车辆行驶环境相对简单，本研究只选取了电动物流车的最大行驶速度和输出功率这两个主要动力指标对其进行评价。

为了了解市面上主流电动物流车型的动力性能表现，项目团队根据大数据平台的车辆数据分析了深圳目前在运营的电动物流车最高车速和输出功率的参数。2019年的数据中包括390个轻卡车型和238个微型车型。

从最大行驶速度来看，绝大部分电动物流车的车速都能够达到每小时80-120公里的水平（轻卡由于高速上限速更低，通常不会超过每小时100公里），在限速标准的范围内完全能够达到燃油货车的最高车速水平。另一方面，项目团队也通过调研和访谈了解到，由于城市配送工况下车辆本身行驶速度有限，运营企业一般对物流车的最大速度要求并不高，目前主流燃油货车时速主要集中在80公里至100公里之间，因此电动物流车完全能够满足这一需求。

图 7

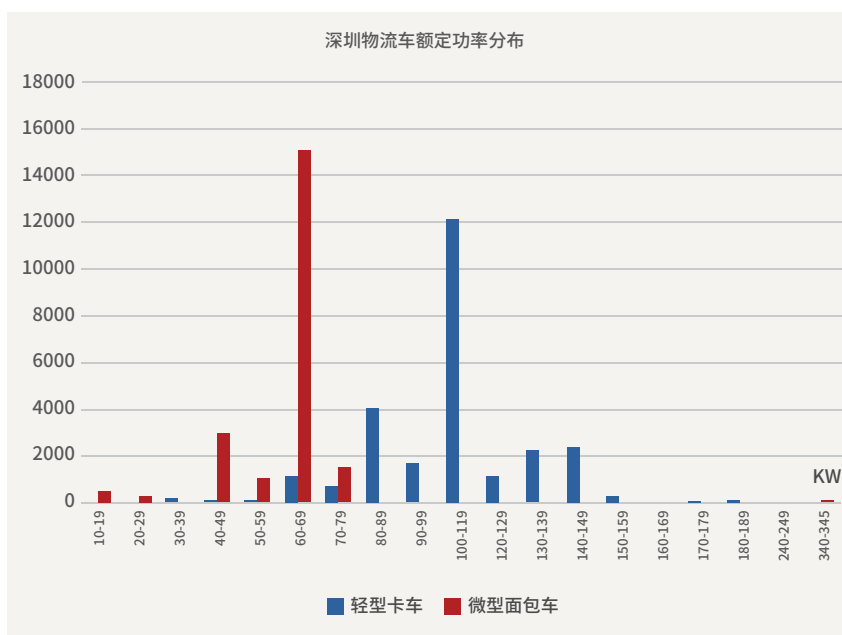
2019年深圳市电动物流车实际最高车速分布



在输出功率方面，深圳市电动微面额定功率集中在60kW至69kW的区间，而轻卡额定功率则集中在100kW至109kW的区间。尽管电动物流车的功率和燃油货车相对应的数据难以直接进行对比，但车队在调研访谈中表示，电动物流车由于使用电动机，能量转化速率更高，因此在车辆启动阶段输出功率相比燃油货车具备一定的优势，同时在行驶过程中的功率输出能力与燃油货车基本相当。

图 8

深圳市电动物流车额定功率分布



6.载货能力

载货能力是物流车的核心功能，主要包括载货的质量、体积和货物种类这三个层面。在最大载重标准范围内，电动物流车所能搭载货物的重量体积越大，种类越全面，其整体配送的实用性越强，越有可能更好地替代和完成燃油货车的配送任务，并提升配送效率和使用率。

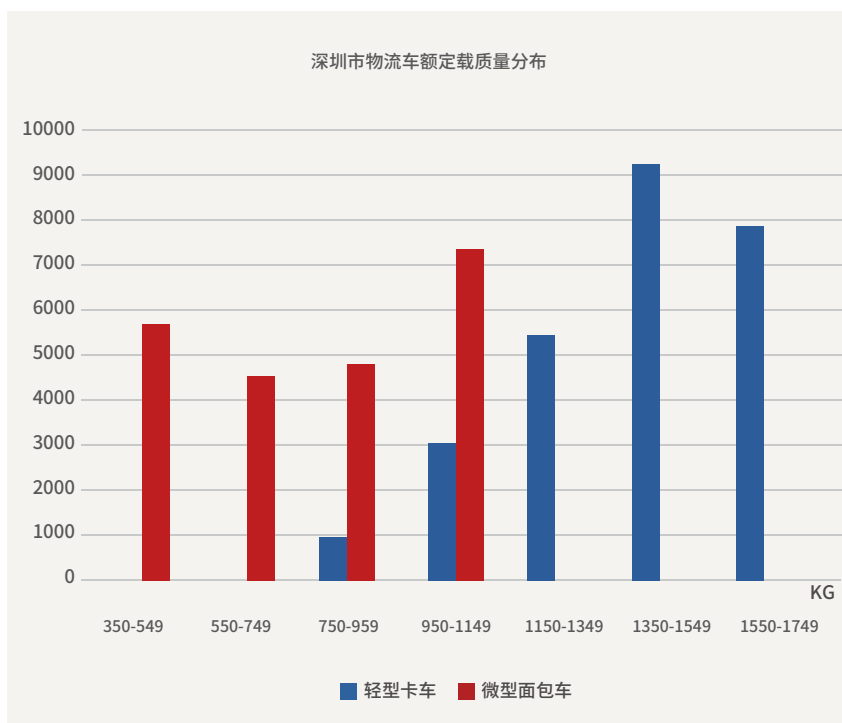
在载货质量方面，由于电动物流车除了货物载重，还需要承担动力电池的重量，因此同样自重的情况下电动物流车的载质量普遍要低于燃油货车。且负载能力越大，所需的电池容量越大，车辆自重中电池所占的比重也就越大。根据国家新能源汽车大数据平台和中国汽车网汽车公告查询的统计数据可以得知，电动微面的载质量全部集中在350公斤至1150公斤的范围内，而轻卡的载质量则在750公斤到1750公斤的范围区间内。与之相比，燃油微面载质量最高可达1300公斤，燃油轻卡最高可至2000公斤，也就是说尽管电池本身占据一定的质量空间，电动物流车与燃油货车相比载货质量存在一定的差距，但整体上差别并不明显。

同样地，在载货体积方面，无论是微面还是轻卡，电动物流车的货箱尺寸与燃油货车都是按照同样的标准设计制作的，因此理论上并不存在明显的差别。但在调研访谈中，虽然一部分车队企业同样表示电动物流车的载货体积与燃油货车相当，也有另一部分企业表示由于车辆具体的零部件组成设计不同，电动物流车的最大载货体积只能达到燃油货车的70%左右，可以看出目前市场上不同品牌和种类的车辆在载货质量和体积能力方面水平仍然相对参差不齐。

最后，在配送货物种类的适用性方面，一些运输车队表示目前电动物流车在配送密度较大质量较大的货物（例如瓶装水、建材等）时由于货箱和底盘的稳定性不如燃油货车，导致转弯时可能出现困难。而大多数企业则认为电动物流车目前主要的配送瓶颈存在于冷链生鲜货物之上。冷藏车不仅需要特制的车厢，还需要高耗能的控温系统，一方面对电动车辆的电池容量提出了更高的要求，另一方面又加重了车辆的载重负担，使得电动物流车的有效配送里程明显缩短，难以满足货主企业的配送需求。

图 9

深圳市电动物流车额定载质量统计分布



从车辆使用率的数据中也能看出，目前在深圳市总共有1044辆电动冷藏车，其中轻卡790辆，微型面包车51辆，其余车型203辆。但这些车辆多处在闲置状态，以冷藏轻卡为例，其2019年全年出勤车次39484次，出勤率不足15%，远远达不到燃油货车的水平。

V. 主要结论及建议

通过上述分析，可以看出从各车辆技术、性能以及车辆对配送场景适用性等整体的角度，深圳市电动物流车已经具备了基本的满足短途城市配送需求的条件，并且在车辆的动力性能、故障率和维修成本等方面相比燃油货车已经展现出了一定的优势。但续航里程以及电池的衰减等方面仍然是电动物流车最核心的短板所在，如果能够在技术研发的方面实现进一步的突破，并配合以更加完善的充电基础设施布局，电动物流车将在深圳市以及更多城市的城市配送节能减排领域发挥更为重要的作用。

结合上文从6个技术和性能指标对深圳市电动物流车技术质量的评估分析，研究团队主要得出了以下结论：

1.目前深圳市电动物流车在基本性能和配送能力上已经可以覆盖大多燃油货车的配送场景。

从动力性能、载重能力、载货体积和配送货物的适用性这几个基本层面来看，电动物流车只是在载重质量（电池占据一定质量）和配送货物类型方面（无法配送冷链）与燃油货车略有差距，但整体上看不存在由于车辆基本性能而影响城市配送能力的情况。而随着未来电池能量密度的提高，以上两方面的短板将被抹平，电动物流车甚至能够达到比燃油货车更加实用的程度。

2.现阶段电动物流车续航里程已经可以基本满足城市货运的运输需求，但要实现未来持续对燃油货车的替代仍然需要电池技术的发展和充电基础设施的不断完善。

对比电动物流车的实际续航能力和目前深圳市城市配送的日均里程，可以看出当前车辆的续航里程是能够充分满足大部分城市配送的运输需求的。但考虑到电池电量受温度、驾驶行为等影响较大，驾驶员容易产生里程焦虑，电动物流车实际能发挥的续航里程上限（150-200公里）已经逼近每天的配送里程需求，与燃油货车每次加油的续航里程（1000公里左右）差距显著。

因此，要实现电动物流车对燃油货车更全面稳定的替代，首先依然需要在电池能量密度和技术方面实现进一步的突破（例如Cell To Pack等技术，有望将电池能量密度在现有基础上提高50%）。另一方面，建设完善的充电基础设施，特别是针对电动物流车配送需求的快速充电桩，也能够更好地缓解续航里程有限带来的压力（有关电动物流车充电桩的布局优化可以参考本系列报告的“充电篇”）。

3. 电池衰减程度仍然较高，不利于用户选择并长期使用电动物流车。

由于电动物流车市场刚刚起步，很多物流运营企业在购车之初对于电池衰减程度和速度都没有充分的了解和准备，甚至部分电池厂商最初都低估了电动物流车电池的衰减水平。结合对车辆电池衰减程度的数据模型拟合以及对企业的调研访谈，可以发现电动物流车在实际使用中的电池衰减程度是之前预测的2倍，很多物流车的电池容量在使用4年后甚至不到最初容量的70%，已经对运送效率和车辆的实际使用寿命产生了实质性的影响。

同时，尽管电动物流车的生产厂商提供了相应的电池衰减质保方案，但缺乏一致的衰减程度评估标准使得该保险往往难以兑现。综合考虑这些因素，会在一定程度上增加对电动物流车总拥有成本的评估核算，导致企业购车意愿的下降，不利于电动物流车的推广和应用。

4. 统一的车辆及电池残值评估标准建立对保障电动物流车的价值并增加车队购买意愿至关重要。

与上文提到的电池衰减程度评估标准相类似，尽管国内电动汽车行业的发展已经度过了将近10个年头，但行业内仍然没有建立起统一和完善的车辆和电池残值评估标准体系，导致车辆在进入二手车市场的时候对残值没有明确的把握，同时影响了购车时对车辆整体成本的评估，某些极端的情况下有些金融公司会把车辆的残值直接定为0元，使得这些电动物流车用户在贷款购车时需要额外的担保，并需要额外的保险，加大了市场接纳推广电动物流车的难度。

另一方面，电物流车的动力电池梯次利用虽然已经进入了市场萌芽阶段，但整体的回收和梯次利用体系还不完善。2020年是深圳市电物流车开始加速推广的第5个年头，如果按照车辆4-5年的寿命计算，近几年刚好会有大量的动力电池进入回收报废时期，如果能够建立起一套规范统一的电池梯次利用定值和回收标准，将不仅有助于企业有效回收成本，更能减少资源的浪费和污染物的增加。

因此，研究团队建议国家相关部门，借助电动汽车车辆运行大数据分析和对车辆电池及其他零部件的运行机理的深入了解，制定出一套车辆残值定值标准和电池梯次利用回收标准体系，并通过试点示范项目逐步在全国推广，解决残值无法确定对车辆购置和使用造成的影响。

5.电物流车整体故障率水平比燃油货车略低，但在维修保养体系尚未健全的情况下，几类重点及安全风险较高的故障仍然值得关注。

电物流车的故障大多集中在“三电”中的电池和电控两方面上。电池故障以单体电池一致性差及其产生的相关问题为主，而电控故障则以DC-DC状态异常最为突出。除此以外，随着车辆使用寿命的增加，一些耗材的故障率也会升高，例如真空泵、轴承等，造成诸如制动系统异常一类的故障报警。另一方面，自燃的问题已经成为了用户最为关心和关注的风险因素，虽然在目前电物流车的故障因素中电池温度过高并不是非常突出的故障类型，但其巨大的风险和损失仍然需要行业的密切关注。

而在维护保养方面，由于行业发展时间较短，整体体系尚未完全建立。虽然运营企业表示电物流车的故障率与燃油车相比尚可接受，但维修过程的时间耗费是电物流车的一大劣势。由于市场规模小，电物流车维修企业、零件生产厂商等的数量都相对不足，仅仅是替换零件、更换电芯就要耗费超过两周，大量的时间都被花在零件的调配合运送上，大大增加了使用电物流车的成本。且由于电动车维修过程复杂，企业内部缺乏了解相关知识的维修人员，即使是简单故障也往往需要交由修理厂修理。

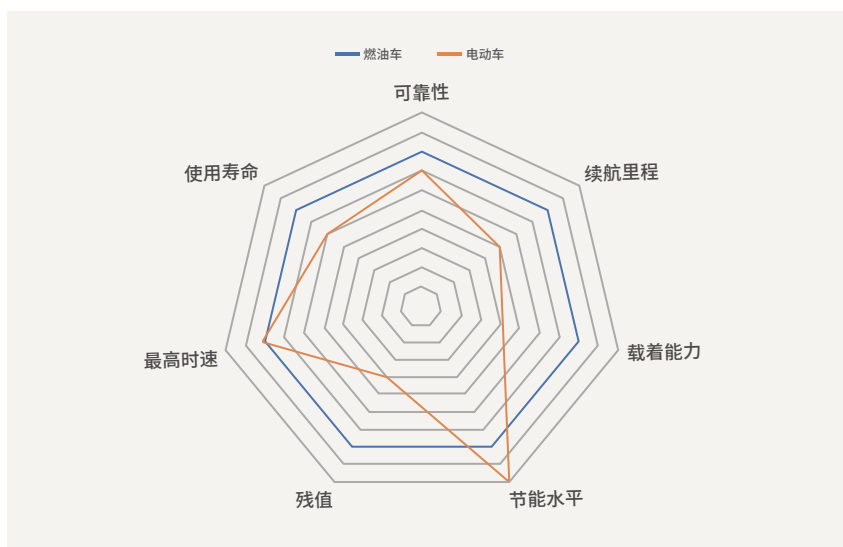
因此，在下一阶段电物流车技术领域的发展方面，首先仍然需要着重车辆安全性特别是电池安全性的技术研发，在增大能量密度的同时严格控制安全性和风险系数；同时，重点提升电控系统和车辆其他零部件的稳定性和耐久性；最后，完善电物流车的维保体系和零部件供应链系统，借助车辆运行大数据打造运营维护保险等配套服务，起到预防风险，并技术处理故障问题的作用。

VI. 总结

综合各项指标来看，电动物流车虽然在过去几年的推广应用过程中得到了较大的优化提升，且在某些指标（动力性能、节能潜力）方面已经达到甚至超过了燃油货车的水平，但在若干核心指标上（使用寿命、续航里程、载重能力、残值等）仍然与燃油货车的潜力水平存在较为明显的差距。

图 10

深圳市电动物流车及燃油货车综合对比评价表



在下一阶段推广应用，一方面应进一步扩大电动物流车的可应用场景范围，着力通过充电基础设施建设、电池技术发展等手段增加电动物流车续航里程并降低衰减速度，加快追赶并达到与燃油货车相当的水平。另一方面不断补充完善残值评估、动力电池梯次利用以及维保等体系建设，建立完整的电动物流车价值链，以充分发挥电动物流车在节能减排等领域的优势。

在政策、充电基础设施和车辆技术之外，最后一项影响电动物流车推广应用的重要因素就是其市场运行的商业模式。从推广应用的初期到现在，深圳市以其政策优势和市场运行结构为基础建立了一套独特的以租赁运营为主的电动物流车推广模式，取得了良好的效果。而随着车辆实用性的提高和价格的逐步降低，市场上开始不断出现自行购买电动物流车并管理运营的现象。本系列报告的下一篇将深入剖析深圳市电动物流车市场租赁和自购运营模式的异同，以及对使用率的影响，从而更好地帮助深圳市和其他城市分析判断市场未来的发展模式走向。

参考文献

1. 电动汽车续航标准NEDC、EPA、WLTP傻傻分不清？ 电池中国网，2019，<http://m.cbea.com/xnyqc/201904/837124.html>
2. 数据来自新能源汽车国家大数据平台
3. What can 6,000 electric vehicles tell us about EV battery health? GEOTAB, 2020
4. 深圳地上铁访谈调研
5. 动力电池报废潮将至 回收利用须追本溯源，科技日报，<http://auto.people.com.cn/n1/2019/1021/c1005-31410553.html>
6. A circular economy for electric vehicle batteries: driving the change, Jyoti Ahuja et al, 2020.
7. 深圳地上铁调研访谈



© 2020年7月 RMI版权所有。Rocky Mountain Institute® 和 RMI® 均为注册商标。