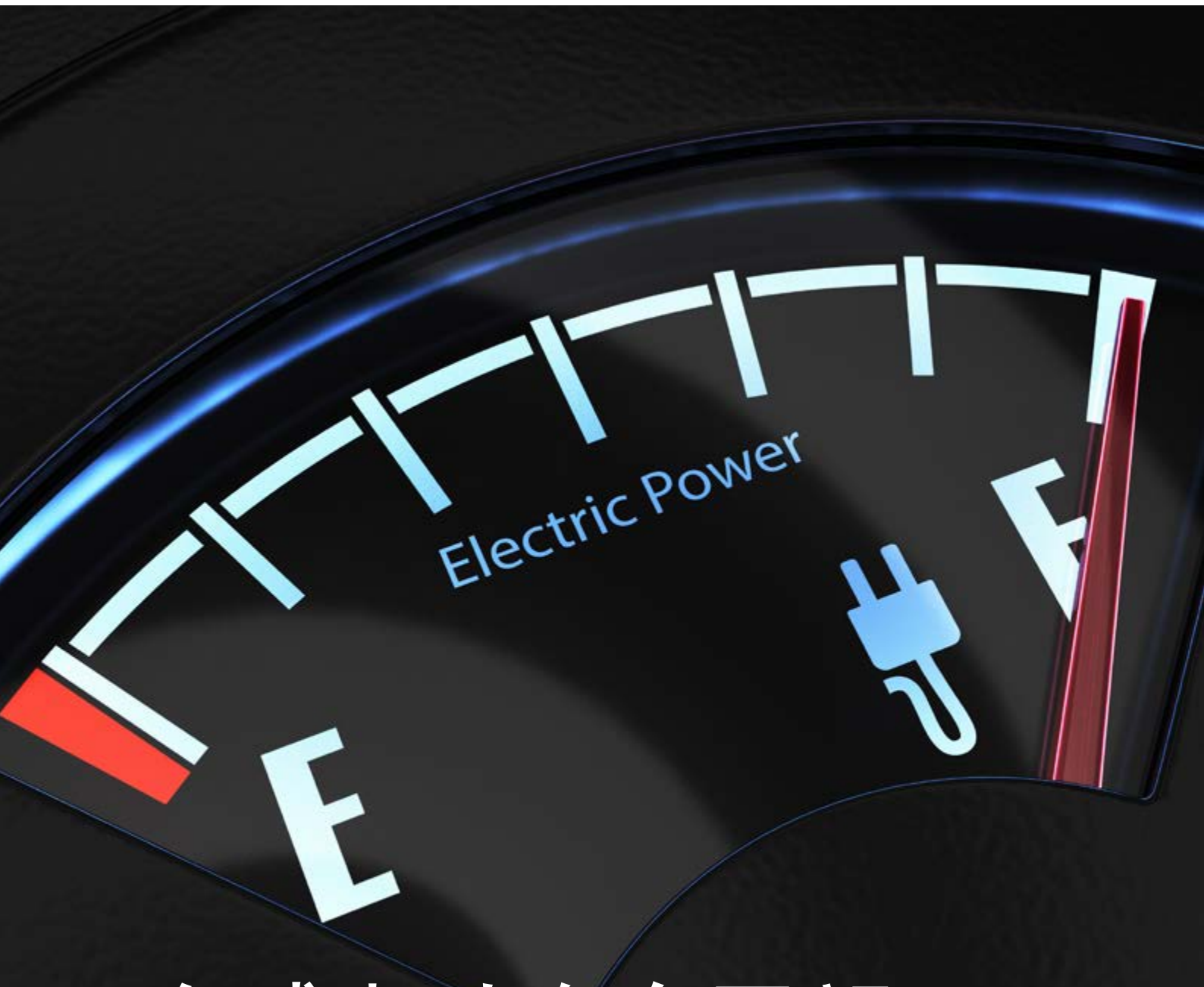




全球电动汽车展望 2018

多交通方式的电气化发展

Chinese Translation

Global **EV** Outlook 2018

Towards cross-modal electrification

国际能源署

国际能源署（IEA）的工作涵盖能源领域的诸多议题，包括石油、天然气以及煤炭的供需、可再生能源技术、电力市场、能效、能源可及性、需求侧管理等。国际能源署通过不懈努力，在30个成员国、8个联盟国及全球其他地区倡导促进能源的可靠性、可负担性、可持续性的政策。

国际能源署的四个工作重点是：

- 能源安全：倡导多样、高效、灵活及可靠的燃料及能源来源；
- 经济发展：支持自由市场促进经济增长，消除能源贫困；
- 环境意识：通过政策决策分析，减少因能源生产与消费造成的环境影响，尤其是应对气候变化与大气污染；
- 全球合作：与联盟国和伙伴国紧密协作，尤其是与主要新兴经济体合作，探索全球能源与环境问题的解决方案。

国际能源署的成员国包括：



© OECD/IEA, 2018

International Energy Agency

Website: www.iea.org

请注意本出版物在使用和分发时有具
体限制。相关条款请参照：
www.iea.org/t&c/

欧盟委员会也参与了国际能源署的工作。

致谢

《全球电动汽车展望 2018》是由国际能源署（IEA）的可持续发展、技术和展望部门（STO）的能源技术处（ETP），在部门代理负责人 Dave Turk 的指导下着手准备和完成的。Pierpaolo Cazzola 为本项目的协调员。

Page | 3

本报告由以下人员集体完成（按姓氏字母顺序）：Till Bunsen、Pierpaolo Cazzola、Marine Gorner、Leonardo Paoli、Sacha Scheffer、Renske Schuitmaker、Jacopo Tattini 和 Jacob Teter，报告得到了 Simon Bennett、Emanuele Bianco、Paul Hugues、George Kamiya、Sarbojit Pal、Kate Palmer、Apostolos Petropoulos 和 Oliver Schmidt 的支持。此外，报告中中国的相关数据、政策及市场发展等得到了中国能源研究院刘健的大力支持。图表的制作由 Bertrand Sadin 完成。

为了就一些具体问题得到更详细的信息，我们进行了一些深入的访谈。Haakoen Gloersen（西门子）、Antti Lajunen（芬兰阿尔托大学）、Zoe Yang（Xcharge）和 Edison Yin（比亚迪）提供了非常有价值的信息。

感谢以下人员代表他们的政府在提供数据和帮助以及审阅本报告方面为 EVI 活动的开展所做的贡献：Carol Burelle（加拿大）、Aaron Hoskin（加拿大）、Paula Vieira（加拿大）、René-Pierre Allard（加拿大）、金勇（中国）、赵立金（中国）、江舒桦（中国）、李成蹊（中国）、刘国芳（中国）、郭晋辰（中国）、郑亚莉（中国）、Pentti Puhakka（芬兰）、Nils-Olof Nylund（芬兰）、Mikko Pihlatie（芬兰）、Cédric Messier（法国）、Maude Premillieu（法国）、Clarisse Durand（法国）、Gereon Meyer（德国）、Birgit Hofmann（德国）、Abhay Bakre（印度）、Pravin Agrawal（印度）、Ishan Jain（印度）、Harish Sikri（印度）、Vishvajit Sahay（印度）、Raj Kumar Singh（印度）、Zuiou Ashihara（日本）、Santiago Creuheras（墨西哥）、Víctor Zúñiga（墨西哥）、Maria Ramos（墨西哥）、Leonardo Beltrán（墨西哥）、Sonja Munnix（荷兰）、Jannis Rippis（挪威）、Asbjørn Johnsen（挪威）、Havard Grothe Lien（挪威）、Martin Palm（瑞典）、Peter Kasche（瑞典）、Tim Ward（英国）、Rob Gould（英国）、Bob Moran（英国）、Russel Conklin（美国）和 David Howell（美国）。

感谢以下评阅人对报告提出了很多重要的反馈意见，他们是：Patrik Akerman（西门子）、Laurent Antoni（法国替代能源和原子能委员会）、Debashish Bhattacharjee（联合国人居署）、Robert Bienenfeld（美国本田）、Tomoko Blech（CHAdEMO）、David Brocas（嘉能可）、Remzi Can Samsun（德国于利希研究中心）、Romain Capaldi（Navigant 公司）、Anri Cohen（BP 公司）、Marcello Contestabile（E4tech 有限公司）、Santiago Creuheras（墨西哥能源部）、Jos Dings（特斯拉（欧洲））、Elizabeth Endler（壳牌）、Miguel Fernandez Astudillo（舍布鲁克大学）、Peter Fitzmaurice（Industrial Minerals 公司）、Diego Garcia Carvajal（欧洲铜业协会）、Bogdan Gagea（BP 公司）、Nancy Garland（美国能源部）、Marjan Gjelij（丹麦技术大学）、Mattias Goldmann（瑞典改革创业和可持续发展论坛）、Ichiro Gonda（日本 NGK Spark Plug 公司）、Andrew Gunn（英国地质调查局）、Hans Christian Haag（博世）、Dale Hall（国际清洁运输理事会）、Maija Halme（富腾工程有限公司）、Colin Hamilton（加拿大蒙特利尔银行）、Gavin Harper（伯明翰大学）、Auke Hoesktra（埃因霍温科技大学）、Cabell Hodge（美国）、Kaoru Horie（本田）、Cornie Huizenga（可持续低碳交通国际组织）、Cyrille Jouin（Glencore Ni Department）、Hiroyuki Kaneko（尼桑）、Monika Kuusela（富腾工程有限公司）、Marcel Meeus（SUSTESCO）、Nguyen Khac-Tiep（联合国工业发展组织[退休]）、Alex Koerner（联合国环境规划署）、Max Kofod（壳牌）、Atsushi Kurosawa（日本应用能源研究所）、Antti Lajunen（芬兰阿尔

托大学)、Francisco Laveron (西班牙伊维尔德罗拉公司)、Magnus Lindgren (瑞典交通管理局)、Jochen Linßen (德国于利希研究中心)、Felix Maire (S&P Platts Analytics)、Nicolas Meilham (Gavin & Harper)、Josh Miller (国际清洁运输理事会)、Christine Mounaim-Rousselle (奥尔良大学)、Benjamin Munzel (Ecofys 公司)、Matteo Muratori (美国)、Todd Onderdonk (ExxonMobil)、Claire Painter (澳大利亚气候工作组织)、Sarbojit Pal (清洁能源部长级会议)、Evi Petavratzi (英国地质调查局)、Julia Poliscanova (Transport & Environment)、Sture Portvik (奥斯陆市)、Michael Rex (EE Energy Engineers)、Sandra Roling (气候组织)、Gen Saito (尼桑)、Jon Salkeld (BP 公司)、Raphael Sauter (欧盟)、Alex Shiao (Toray Industries, Inc. Battery Separator Film Dept.)、Naotaka Shibata (东京电力公司[CHAdEMO 推广])、Somnath Sinha (ExxonMobil)、Fabrice Stassin (EMIRI)、Jon Stenning (剑桥计量经济学会)、Marco Tepper (德国太阳能产业协会 BSW)、Charlie Webb (摩根斯坦利)、Harm Weken (FIER)、Mark Wenzel (加州)、Martina Wikström (瑞典能源署)、Akira Yabe (日本新能源产业技术发展机构)、Kazuhiro Yamada (东丽株式会社)、Xiaowen Yue (中国石油) 和 Victor Zúñiga (墨西哥能源部)。

国际能源署的审阅人有 Dave Turk、Cecilia Tam、Laura Cozzi、Timur Gül、Apostolos Petropoulos、Paul Hugues、Simon Bennett、Sarbojit Pal、Rebecca Gaghen 以及 Laszlo Varro。报告编辑是 Debra Justus。

感谢各国对国际能源署在 EVI 协调工作中的大力支持。

感谢上海国际汽车城(集团)有限公司的涂颖菲、吴明璘、李成蹊、荣月齐、张素、郭晋辰和史宏杰无偿完成本报告的翻译工作。

目录

执行摘要.....	9
第 1 章 引言.....	13
电动汽车倡议	13
EV30@30 挑战.....	14
内容与范围	14
第 2 章 车辆.....	17
轻型乘用车和轻型商用车.....	17
保有量	17
销量和市场份额.....	18
市场驱动力.....	19
关键政策.....	21
两轮车和三轮车	24
低速电动汽车	25
中型和重型电动汽车	25
电动汽车发展目标	29
内燃机车辆禁令和准入限制.....	31
提高电气化在整车厂战略中的意义.....	32
第 3 章 电动汽车充电设施	35
充电标准	35
现状	35
近期进展.....	36
不同充电模式间的标准使用	37
充电设施的发展和可用性.....	37
私人充电桩.....	38
公共充电桩.....	39
关键的政策支持	41
国家级和超国家级措施.....	41
地方政策.....	44
私营机构的倡议	45
第 4 章 能源需求及排放.....	47
电动汽车目前对能源需求的影响.....	47
能源需求和石油需求的变化	47
排放	49
温室气体.....	49
本地空气污染物.....	50
第 5 章 电池.....	51
现状	51
成本和性能的驱动因素.....	51
电池化学材料.....	52
生产能力.....	52
电池容量.....	53
充电速度.....	54
技术发展前景	54

成本估算	55
轻型车	55
其它交通方式.....	56
电池技术发展对电动汽车的影响.....	56
轻型车	57
两轮车	60
公交车	60
卡车	62
第 6 章 展望 2030	65
情景定义	65
电动汽车	65
整体结果.....	65
地区洞见.....	69
电池容量	71
材料需求	72
镍	73
钴和锂	73
电动汽车充电设施发展.....	75
轻型车私人充电设施.....	75
轻型车和公交车公共充电设施.....	75
对能源需求和二氧化碳排放的影响.....	77
油井到车轮温室气体排放的变化	79
二氧化碳的排放评估与减排	80
第 7 章 政策建议	81
概览	81
确保政策环境有利于增加电动汽车市场.....	81
促进公共采购.....	82
缩小价格差距.....	82
支持充电桩建设.....	83
国家排放监管政策.....	84
地方准入政策.....	85
抓住出行即服务（MaaS）机遇	85
采用道路收费补充燃油税	86
实现以需求和商业驱动的电动汽车充电设施发展	86
确保电网可有效满足电动汽车充电需求	86
管理电动汽车电池材料需求的变化	87
制定劳动力和环境条件的最低标准	88
确保环境可持续性的同时最大化电池的经济价值	88
统计附录	91
电动轻型乘用车保有量	91
电动轻型乘用车新车销量.....	93
电动轻型乘用车市场份额.....	94
电动汽车充电设施数量.....	96
参考文献	99
缩略语和计量单位	123

图目录

图 2.1 主要地区及前十名 EVI 成员国的电动轻型乘用车保有量.....	17
图 2.2 2013-2017 年排名前十的 EVI 成员国与欧洲的电动轻型乘用车销量和市场份额.....	19
图 2.3 宣布商业化的重型电动卡车型号（车辆总重量>15 吨）	29
图 3.1 2010-2017 年全球充电桩的增长情况.....	38
图 3.2 2017 年不同国家的电动轻型乘用车保有量和不同类型公共充电桩概况	40
图 3.3 2017 年部分国家的公共充电桩的配建比.....	40
图 3.4 部分地区的高速公路充电站数量和布设间距目标	42
图 3.5 部分国家近期的电动汽车基础设施建设投资情况	42
图 3.6 主要城市近期采取的促进充电基础设施建设的政策	45
图 4.1 2017 年各国电动汽车的电力需求总量.....	47
图 4.2 工作日道路交通状况和电力需求	48
图 4.3 2017 年全球范围内电动汽车减少的二氧化碳排放	50
图 5.1 锂电池存储技术价格进展	51
图 5.2 不同电池材料对成本的影响	52
图 5.3 不同电池容量和电池产量对电池成本的影响	54
图 5.4 预期电池技术商业化时间表	55
图 5.5 不同尺寸的纯电动汽车和内燃机汽车在三种电池价格水平下的总拥有成本比较	58
图 5.6 插电式混合动力汽车和内燃机汽车在三种电池价格水平下的总拥有成本比较	59
图 5.7 电动两轮车和燃油两轮车的总成本比较	60
图 5.8 内燃机（柴油）公交车和电动公交车之间的总拥有成本差距	61
图 5.9 中型和重型卡车在不同电池包成本下的总拥有成本与行驶里程	62
图 6.1 2017-2030 两种情景下全球电动汽车保有量.....	65
图 6.2 2017-2030 轻型车的情景预测和制造商目标对比.....	68
图 6.3 2030 年两种情景下部分区域各类电动汽车市场份额	69
图 6.4 两种情景下至 2030 年电动汽车的电池需求	72
图 6.5 2017 年和 2030 年钴和锂的需求.....	74
图 6.6 三种情形下不同地区的轻型电动车公共充电桩车比（2017 年和 2030 年）	76
图 6.7 2017-2030 两种情景下全球轻型车私人公共充电桩以及公交车充电桩	77
图 6.8 2030 年两种情景下分方式、分地区的电动汽车电力需求分布	78
图 6.9 2017 年和 2030 年各地区的发电结构和碳强度	79
图 6.10 电动汽车温室气体排放	80

表目录

表 2.1 中国新能源汽车积分体系下的每辆电动汽车的最低续航里程要求和积分	21
表 2.2 各国公布的 2020-2030 电动汽车发展目标.....	29
表 2.3 内燃机汽车的销售禁令	31
表 2.4 地方管辖区域的准入限制	32
表 2.5 电动轻型乘用车相关的整车厂公告	33
表 2.6 整车厂关于限制或停止生产柴油内燃机汽车的公告	34
表 3.1 主要地区的电动汽车充电设施特征	36
表 3.2 部分公司和协会的高速公路充电站的建设目标	46
表 5.1 主要锂电池运营企业概况	53
表 6.1 主要电池化学材料中的关键材料密度总览	72

专栏目录

专栏 2.1 燃料电池汽车保有量现状	18
专栏 2.2 轻型商用车的电气化：德国邮政 DHL 采用 StreetScooter 纯电动小卡车	18
专栏 2.3 利用公共采购计划刺激电动汽车的早期推广	20
专栏 2.4 为什么电动两轮车只在中国普及而未在亚洲其他地区普及？	25
专栏 3.1 燃料电池汽车加氢站基础设施现状	35
专栏 3.2 工作场所充电站	46
专栏 4.1 电动汽车对电网的影响	48

执行摘要

电动汽车新车销售

2017 年全球电动轻型乘用车¹新车销售量创纪录地超过 100 万辆，与 2016 年相比增加了 54%。电动轻型乘用车销量份额占比最高的是挪威²，达到 39%，其次是冰岛和瑞典，分别达到 11.7%和 6.3%。³

Page | 9

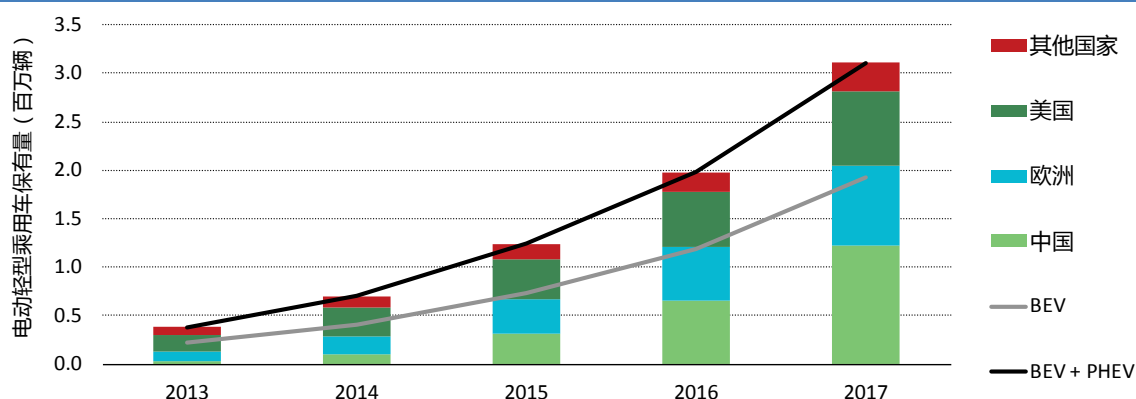
超过一半的电动轻型乘用车销量在中国，占到该国市场份额的 2.2%，比销量第二的美国的两倍还多。

其他交通方式的电气化也在快速发展，尤其是两轮车和公交车。2017 年，电动公交车和两轮车的销量分别约为 10 万辆和 3000 万辆，且大部分都在中国。

车辆保有量

继 2015 年跨过 100 万门槛和 2016 年达到 200 万之后，2017 年全球电动轻型乘用车的保有量超过 300 万辆，与 2016 年相比增长了 56%。中国以 40%的占比仍排在首位。

图 ES 1 2013-2017 全球电动轻型乘用车保有量变化趋势



注：所显示的电动轻型乘用车保有量基于 2005 年起的销量累计。当国家官方的存量统计数据与销量数据相一致时，则采用国家官方的保有量统计数据。

资料来源：各国提供，ACEA（2018）和 EAFO（2018a）补充。

关键点：全球电动轻型乘用车保有量快速增长，2017 年超过 300 万辆。

2017 年，电动公交车和两轮车的保有量分别增加到 37 万辆和 2.5 亿辆。尽管欧洲和印度的注册数也在增加，但带动这两种方式电气化发展的主要还是中国，其保有量占比超过 99%。

¹ 电动汽车包括纯电动汽车、插电式混合动力汽车和燃料电池汽车。本报告涉及的车型包括轻型乘用车、轻型商用车、公交车、卡车和两轮及三轮车。报告主要聚焦于销售和使用比燃料电池汽车更广泛的纯电动汽车和插电式混合动力汽车。电动小汽车指轻型乘用车中的电动汽车。

² 本报告中，市场份额指新注册的轻型乘用车中电动轻型乘用车所占的百分比。

³ 北欧国家所显示出的在这个领域中的领先地位在《2018 北欧电动汽车展望》中有非常详尽的分析。（IEA, 2018a）

充电桩

电动汽车的发展与充电基础设施的增长紧密相关⁴。2017年，住宅和工作场所的私人充电桩全球总量接近300万，是私人或车队的电动轻型乘用车使用最多的充电设施。作为车队私有财产的充电桩有36.6万，几乎全部在中国。

Page | 10

公共充电桩作为私人充电桩的补充，应是电动汽车充电设施中的重要部分。大部分的公共充电桩为慢充桩，2017年全世界有大约32万个。另外还有超过11万个快充桩。快充桩对于用地紧张的城市地区非常重要，如亚洲的一些人口密集的城市。此外，因为快充桩能帮助实现长距离出行，因此对于增加电动汽车的吸引力非常重要。中国、欧盟和美国等主要市场已经非常明显地表现出在增加其快充桩数量和网络密度方面的意图。

政策支持

车辆

到目前为止，电动汽车的发展主要由政策驱动。市场总量和市场份额最大的中国和挪威都是有强有力的政策推动，对轻型车、公交车和两轮车都是如此。目前中国的电动公交车和两轮车最多，且制定了针对多种交通方式电气化的最长期的政策。

展望未来，最强烈的政策信号来自于中国、美国加州的关于电动轻型乘用车的管理，以及欧盟最近关于2030年二氧化碳排放标准的提案。印度政府以及一些其他国家和主要城市所公布的电气化发展目标也提出要增加电动汽车。

充电桩

政策同样也支持私人 and 公共充电桩的发展。随着更多的能源公司、汽车制造商、公用事业公司、电网服务供应商组成联盟促进电动汽车充电设施的发展，公共资金会逐步从公共充电桩的建设中退出，使其转向自我维持和商业化运营。这一转变的关键在于确保有更高的公共充电桩普及率。为了在整个道路网络上都提供公共充电桩，在那些全额回收成本与需要确保充足充电设施之间存在矛盾的地方安装充电桩需要得到政策的定向支持。

电池发展和成本降低

消费类电子产品电池的发展为锂电池生产提供了宝贵的经验，产量的增加和研发经费的大力投入，带来了电池成本的降低和性能的改善，近年来所取得的进展使得锂电池能够应用于汽车，且给未来更大的改善带来了机遇。

未来锂电池改进的主要成本和性能因素包括电池化学材料、能量存储能力、生产规模和充电速度。锂电池在接下来的十年仍将是电动汽车的技术选择。一些后锂电池技术也显示出改善性能减低成本潜力，但当前的技术准备还不足。

电池是现在电动汽车比内燃机汽车前期购买成本高的主要原因。本报告中对电动汽车和内燃机汽车总使用成本的分析表明，电池成本降低很有希望提高电动汽车对消费者决策的吸引力。分析还显示出纯电动汽车在高强度使用的车队中具有最强的竞争力，如公交车、出租车、网约车和共享汽车等。

已公布的大型电池制造设施投资证实：一方面，对未来出行电气化的信心日益增长；另一方面，电池产能的增加会促使未来电池成本降低。

⁴ 电动汽车充电设备指为电动汽车充电的充电基础设施和充电器。

展望

车辆市场

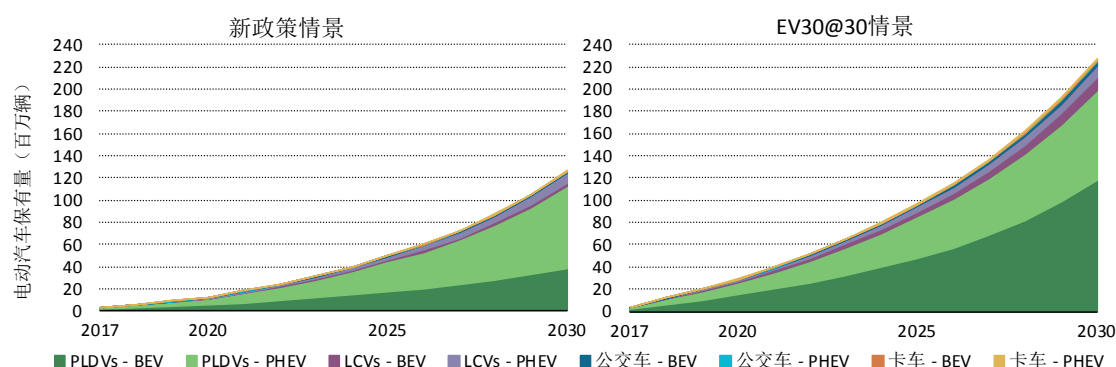
在 2030 年的展望中，政策支持和成本降低能带来电动汽车市场占有率的大幅增长。在新政策情景下，考虑现有和已公布的政策，上路的轻型电动车数量将在 2030 年达到 1.25 亿。在 EV30@30 情景中，为实现气候和其他可持续发展目标的政策支持持续加强，2030 年的预期数量高达 2.2 亿辆（图 ES 2），其中纯电动汽车和插电式混合动力汽车分别为 1.3 亿和 0.9 亿。

Page | 11

针对轻型车的政策带动了电池生产规模的快速发展和电动轻型乘用车销量增加，从而带来了车辆成本的降低，并对其他交通方式也产生了积极的溢出效应：

- 尽管在大多数地区电动两轮车还不是当前的政策焦点，但在新政策情景下仍预测了电动两轮车将大量增长，到 2030 年全球两轮车保有量中 39% 为电动车。这主要来源于世界最大的两轮车市场中国和印度，前者对两轮车电气化有持续承诺并处于引领地位，后者在这方面也表现出十分积极的态度。欧洲的高燃油税可以使得在车辆生命周期内更快的实现成本回收，因此其在两轮车的这种变化趋势中同样也处于前沿地位。在 EV30@30 情景中，为了更好地实现经济和环境效益而采取进一步的监管施压，到 2030 年全球电动两轮车保有量份额可达到 50%。
- 尽管存在高资产成本和在城市中安装充电设施的复杂性等困难，城市公交车也会大量转向电气化，中国和欧洲引领了这种转变。中国各城市的政策支持开启了城市公交车队的电气化。在欧洲，公共政策（如清洁车辆指令）、城市改进空气质量的愿望以及高燃油税是主要的驱动力。

图 ES 2 2017-2030 新政策情景和 EV30@30 情景下的全球电动汽车保有量



注：PLDVs=轻型乘用车；LCVs=轻型商用车；BEVs=纯电动汽车；PHEV=插电式混合动力汽车。

资料来源：IEA 出行模型（IEA, 2018b）。

关键点：EV30@30 情景预测到 2030 年 2.28 亿电动汽车（不包括两轮车和三轮车），其中主要是轻型车，大约比新政策情景多 1 亿辆。

充电桩

随着到 2030 年电动汽车渗透率的增长，安装的充电桩数量也会增加。私人充电桩的数量有望比电动轻型车数量多 10%，在住宅安装充电桩的情况减少（随着市场的扩张，电动轻型乘用车的买家会出现多样化），但在工作场所的充电设施会增加。这同样会导致在中国和日本这样高人口密度的地区每辆电动轻型车的充电桩数量更低。

公共充电设施的规模与欧盟替代燃料基础设施（AFI）指令中 10 辆电动轻型乘用车配 1 个公共充电桩的建议一致。然而，每辆电动轻型乘用车对应的公共充电桩的比例最终可能会比 1:0.1 低得多，正如 2017 年电动轻型乘用车市场份额最高的挪威目前的情况，19 辆电动轻型乘用车有 1 个公共充电桩。未来几年里公共充电设施的发展在很大程度上取决于国家和地区的战略以及在公共区域建设公共充电桩的相关政策。

Page | 12

公交车的充电设施预计将只有最小功率 50kW 的快充桩，每晚可供两辆公交车充电。

材料需求

电动汽车的发展将增加一些材料的需求。对钴和锂需求的快速增长可能带来一些风险。钴的供应尤其关键，因为其开采和提炼集中在少数几个国家。技术的持续发展降低了电池化学材料中钴的含量，能达到更高的能量和功率密度，但热稳定性降低。尽管如此，到 2030 年电动汽车的钴需求在新政策情景下预计比现在高出 10 倍，在 EV30@30 情景下高出超过 25 倍。未来钴需求的不确定性以及相对较低的全球钴需求（与其他金属相比）导致了近年来的价格飙升。

为了能够实现出行电气化的顺利转变，需要确保在一个适中的价格有稳定的钴供应。这方面的监管主要应放在减少电动汽车市场的不确定性上，因为这会促进对开采产能的投资以及长期合同的出现。

政策

向电气化出行及时且可持续转变的政策需要有一系列的措施和支持行动，在具体的市场环境下落实，并与电动汽车的普及所带来的市场变化相适应。

在电动汽车发展的早期阶段，公交车和市政车辆的公共采购计划在向公众展示电动汽车技术和为政府提供以身作则的机会方面产生了非常好的效果。重要的是，也让企业产生了大量的订单并产生规模经济。反映 CO₂ 排放的税收对于确保政策环境有利于推动电动汽车市场非常重要。购车以及提升每天电气化出行的价值主张方面的财政激励（如停车收费优惠、道路收费折扣以及低排放区域）对于吸引电动汽车的消费者和企业非常重要。

更多综合性政策对于构建电气化转型的基础和缓解利益相关者的不确定性也非常重要。CO₂ 尾气排放方面更加严格且技术中立的法规以及对汽车制造商有销售零排放或低排放车辆最低要求的命令正是如此。

政策制定者也需要传递合适的信号给充电设施和电网服务企业，促进可行的商业模式的出现，从而将电动汽车更好地整合到电网运营中；需要采取合适的方法从交通电气化和可变可再生能源增长的供给的协同作用中获得最大的利益，尤其是管理电网运营的法规的变化，比如允许非公用事业的利益相关者进入充电服务市场（目前在一些国家不被允许）会轻易消除创新和投资的关键障碍。针对新建或改建建筑的国家或地方法规也是一个能提升建筑物的电动汽车友好性以及方便消费者使用电动汽车的主要手段。

两种情景展望中都提出在 2020-2030 年，需要替代放弃燃油税收入的税收方法。基于汽车活动的税收（基于距离定价）就非常适合用于回收投资和作为维护交通基础设施的资金、基于对环境与健康的影响给污染物排放定价以及减少交通拥堵三个方面。

电动汽车的广泛普及会对社会、可持续性、及自然资源产生长期的影响。电池供应链需要定义清晰和严格遵守的规范以及具有可追溯性。监管机构在设定劳动力和环境条件相关最低标准以及制定有效措施确保其执行方面可发挥重要作用。监管框架将不仅针对电动汽车电池材料供应链，也包括材料报废及回收处理，目标是能降低电池回收成本以及在其使用寿命终止时剩余价值最大化。

第1章 引言

用于道路运输的电动汽车能提高能源效率，不需要直接的燃料燃烧，仅依赖于最多样化的能源载体——电，有助于实现一系列交通政策目标：加强能源安全、改善空气质量、降低噪音以及通过低碳发电组合减少温室气体排放。此外，作为汽车行业最具创新性的产业集群之一，电动汽车在提高经济和产业竞争力以及吸引对主要可开发市场的投资方面具有巨大潜力。

Page | 13

近年来电动汽车市场不断发展，政策制定者和汽车行业对增加电动汽车部署的持续支持和承诺表明了这一趋势在未来十年内不会减弱。事实上，伴随着新技术研发竞争的加剧，销量的增加或有助于持续降低电动汽车最重要的成本之一——电池制造成本。电动汽车相关技术的成本降低进一步增强了它相较于内燃机汽车的竞争力，从而增加了电动汽车在道路交通中的市场占有率，并有可能在所有交通运输方式的演变中占据主导地位。

本报告旨在详细分析影响电动汽车近期发展的因素、快速发展背后的动力、电气化对未来前景的影响以及对政策发展的影响。

电动汽车倡议

电动汽车倡议（EVI）成立于 2009 年，是一个在清洁能源部长级会议框架下，由多国政府参与的政策平台。该倡议致力于加速世界范围内电动汽车的部署。

EVI 促进了支持电动汽车发展的政府部门的政策制定者和各合作伙伴之间的交流，并每年召开两次会议。EVI 成为一个知识共享平台，用于成员之间交流电动汽车发展的相关政策和项目。

目前加入 EVI 的政府包括加拿大、中华人民共和国（“中国”）、芬兰、法国、德国、印度、日本、墨西哥、荷兰、挪威、瑞典、英国和美国，覆盖了全球最大和增长最快、占 2017 年全球电动汽车销量的绝大部分的电动汽车市场。加拿大和中国是 EVI 的共同领导者，国际能源署（IEA）担任协调员¹。

为了推动 EVI 各项活动，IEA 秘书处与国际能源署先进燃料电池技术合作项目（AFC）以及混合动力和电动汽车技术项目（HEV）共同合作。其他合作伙伴包括：阿贡国家实验室（ANL）、C40 城市集团、澳大利亚气候工作组织、气候工作基金会、电气化联盟、欧洲电力交通协会（AVERE）、瑞典改革创业和可持续发展论坛（FORES）、全球环境基金、马来西亚绿色技术组织、国际清洁交通委员会（国际零排放汽车联盟秘书处）、国际电工委员会（IEC）、国际氢能与燃料电池合作伙伴组织（IPHE）、国际可再生能源机构（IRENA）、休利特基金会、国王科技大学（泰国）、劳伦斯伯克利国家实验室、Mission 2020、自然资源保护委员会（NRDC）、美国国家可再生能源实验室（NREL）、北欧能源研究院、可持续低碳交通国际组织（SloCaT）、ReN21、洛基山研究所（RMI）、瑞典能源机构、气候组织、联合国环境署（UN Environment）、联合国人类住区规划署（UN Habitat）、联合国工业发展组织（UNIDO）、世界资源研究所（WRI）与城市远景联盟。

迄今为止，EVI 已经形成多个分析性成果报告，包括全球电动汽车展望（2013, 2015, 2016 和 2017）（IEA, 2017a; IEA, 2016; IEA, 2013; IEA, 2015）、2018 年北欧电动汽车展望（IEA, 2018a）和两本聚焦地方层面相关措施的电动汽车城市案例集（Urban Foresight, 2014; IEA, 2012）。EVI 还成功地在 2010 年巴黎、2012 年斯图加特、2015 年巴黎第 21 届联合国气候

¹除了这一段中列出的 13 个 EVI 国家之外，智利和新西兰最近宣布了于 2018 年 5 月加入 EVI 的意向。

变化大会和 2016 年马拉喀什第 22 届联合国气候变化大会，与私营部门利益相关者进行了圆桌会议，讨论行业和政府电动汽车发展中的作用以及未来电动汽车的机遇和挑战。

EV30@30 挑战

Page | 14

EV30@30 挑战行动在 2017 年的第八届清洁能源部长级会议上启动，通过一个共同的目标重新定义了 EVI 展望，即所有 EVI 成员国在 2030 年前的电动汽车市场份额达到汽车总市场的 30%（除了两轮车）。

该挑战包括若干实施行动，以帮助每个 EVI 成员国根据优先次序和项目来实现目标。这些行动包括：

- 支持电动汽车充电设施建设并追踪工作进展；
- 鼓励公共和私营部门做出承诺，发展电动汽车车队；
- 推动包含政策效果分析的政策研究、信息和经验分享及能力建设；
- 通过培训和能力建设，帮助需要政策和技术支持的国家；
- 设立“全球电动汽车示范城市项目”，一个旨在促进城市电动汽车推广经验交流和最佳实践复制的全球合作项目。

内容与范围

本报告第 2 章和第 3 章分析了至 2017 年底的电动汽车市场发展，涵盖电动汽车注册（车辆销售）、电动汽车保有量估算（主要基于累计的销量）和所需的充电设施的可用性特点；回顾了主要市场中与电动汽车和电动汽车充电设施部署有关的最近的政策实施。

本报告第 4 章分析了电动汽车带来的电力需求评估、由于内燃机车辆被替代而节省的油量、温室气体减排的定量评估以及空气污染物减排的定性考虑。上一版本的全球电动汽车展望聚焦于乘用车，这一版本超出了这个范围，对轻型车（LDV）²、电动公交车、轻型商用车（LCV）、卡车和两轮车进行了展望。

IEA 和 EVI 于 2018 年 3 月召开了一个电动汽车电池技术的研讨会³，会上关于电池技术的现状和前景的讨论是本报告第 5 章的分析基础，包括电池技术的发展所带来的成本降低以及电动汽车市场的增长如何转化为电动汽车总拥有成本的降低。

报告的第 6 章基于政策评估、技术分析和总拥有成本评估的讨论，描绘了到 2030 年前电动汽车部署的两种情景：

- 第一种情景是对《世界能源展望》新政策情景中电动汽车分析的一个更新，考虑了在报告的第一部分中已经公布和审核的交通和电动汽车的相关政策，以及它们对所有道路交通方式技术发展和相关溢出效应的影响。

² 轻型车包括乘用车和轻型商用车。

³ 研讨会推动了与车用电池开发相关的关键议题的讨论。议题包括：电池化学材料、规模化生产技术、材料需求的演变、汽车蓄电池的二次利用机会和材料的再生利用。

- 第二种情景体现了电动汽车被更为广泛使用的一种政策案例，相当于全球参与 EV30@30 挑战的情况。

这两个情景的分析主要包括电动汽车保有量、相关的电池生产能力和材料需求、电动汽车充电设施部署、电力需求、节油和温室气体减排。

最后，第 7 章主要讨论了与前几章分析结果相关的政策需求。

分析所涉及的国家包括 EVI 成员、欧洲代用燃料观测站成员以及对参与 EVI 活动有兴趣的国家：澳大利亚、巴西、智利⁴、韩国、马来西亚、新西兰⁵、葡萄牙、南部非洲和泰国。

⁴ 见脚注 1。

⁵ 见脚注 1。

第2章 车辆

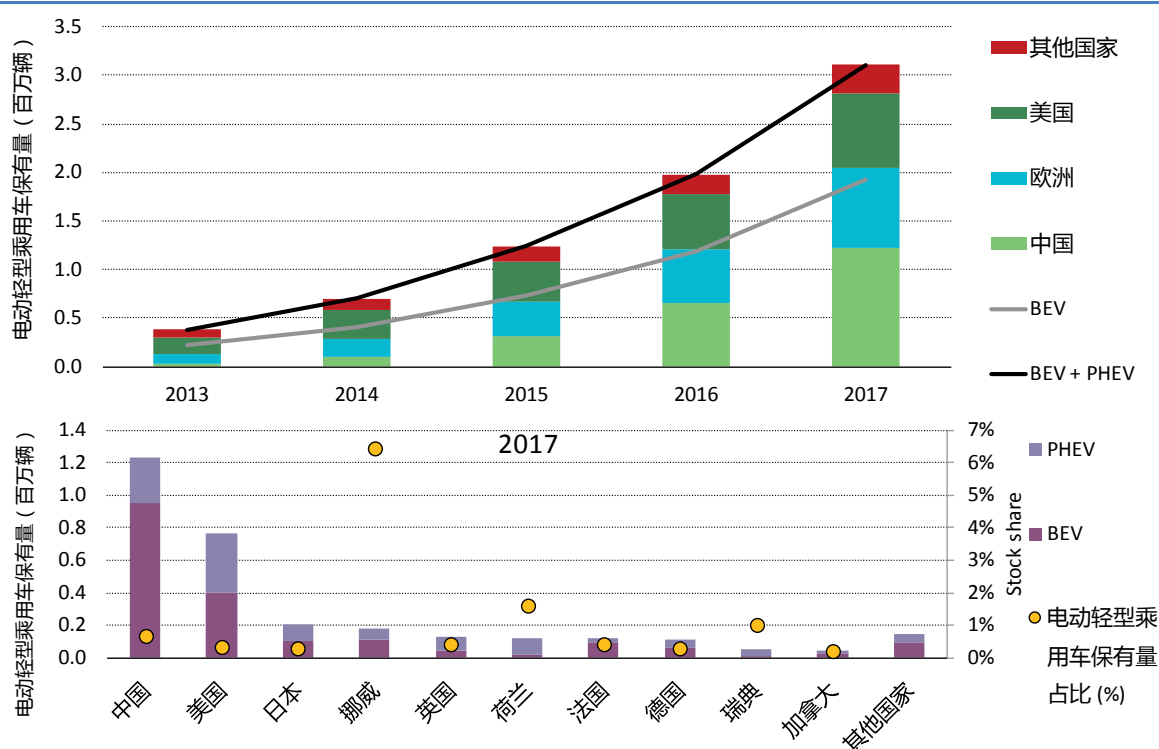
轻型乘用车和轻型商用车

保有量

Page | 17

2017 年全球电动乘用车保有量达 310 万辆（图 2.1），较 2016 年增长了 57%¹，与 2015 和 2016 年度 60% 的增长率相当。其中纯电动汽车约占全世界电动轻型乘用车总量的 2/3（专栏 2.1 提供了燃料电池汽车保有量的最新数据）。

图 2.1 主要地区及前十名 EVI 成员国的电动轻型乘用车保有量



注：BEV=纯电动汽车；PHEV=插电式混合动力车。市场份额是基于各国提供数据及 IEA 出行模型中所用的车辆保有量估计得到的。车辆的保有量估算基于以下数据：新车登记数据、车辆寿命为 13-18 年，以及采用在车辆寿命的最后五年内呈线性下降的生存曲线得到的车辆报废数。收入水平高的国家采用的是车辆寿命的下限（反之亦然）。资料来源：各国提供，ACEA（2018）和 EAFO（2018a）补充。

关键点：2017 年全球上路的电动乘用车数量超过 300 万，其中 40% 在中国。

2017 年中国上路的电动轻型乘用车数量超过了 100 万辆，占全球的 40%，欧盟和美国各占到全球的 1/4。截至目前，电动轻型乘用车市场份额最高的国家是挪威，占到其保有量的 6.4%。电动轻型乘用车数量正在显著增加，但仅有 3 个 EVI 成员国的电动汽车保有量占比超过 1%：挪威 6.4%、荷兰 1.6% 和瑞典 1%。

¹ 本报告涉及的电动汽车是指轻型乘用车中的纯电动汽车和插电式混合动力车，不包括没有充电插头的混合动力汽车。

专栏 2.1 燃料电池汽车保有量现状

燃料电池汽车是另外一类电动汽车，与纯电动汽车和插电式混合动力车的主要区别在于其使用氢代替电作为燃料²。2017 年全球燃料电池汽车保有量超过 7200 辆，远低于纯电动汽车和插电式混合动力汽车（Advanced Fuel Cells TCP, 2018）。

美国拥有超过 3500 辆燃料电池汽车（主要在加利福尼亚州），占全球燃料电池汽车数量的近一半。

日本燃料电池汽车保有量世界第二，为 2300 辆，且在电动轻型乘用车保有量中的占比最高（1.1%）。

至 2017 年底，欧洲约有 1200 辆燃料电池汽车上路，主要分布在德国和法国。

除了 310 万辆电动轻型乘用车之外，2017 年还有近 25 万电动轻型商用车投入使用，排名前三的分别为：中国 17 万辆³、法国 3.3 万辆、德国 1.1 万辆。电动轻型商用车通常为企业或政府用车（专栏 2.2）。截至目前大多数注册的电动轻型商用车为纯电动汽车（99%）。

专栏 2.2 轻型商用车的电气化：德国邮政 DHL 采用 StreetScooter 纯电动小卡车

德国邮政 DHL 集团作为一家大型物流公司，在轻型商用车的电气化方面处于私营企业中的领先地位。该公司目前运营着德国最大的电动汽车车队（1.6 万辆电动小卡车、自行车和三轮车），目标是在 2050 年前将其物流业务的碳排放量减少到零。为实现目标，公司自主研发制造了电动小卡车、三轮车和自行车。自 2011 以来，DPDHL 下属的 StreetScooter 电动汽车公司已经生产并运营着 5500 辆电动小卡车，分 WORK 和 WORK L 两种车型，以及 1300 辆电动自行车和三轮车（Liedtke, 2018）。这个尝试非常成功，该公司现在正将其电动汽车出售给第三方（主要是市政当局和其他企业）（StreetScooter, 2018）。

销量和市场份额

2017 年全球电动轻型乘用车销量突破了 100 万辆，达到 110 万。2016 年的销量增长率相比 2015 年有所放缓，为 38%；但 2017 年销量情况回升，同比增长了 54%。

中国拥有全球最大的电动轻型乘用车市场⁴，占比达到一半。2017 年销售近 58 万辆，比 2016 年增长了 72%（图 2.2）。

挪威的电动汽车市场份额处于绝对领先地位，2017 年新车销售量中 39% 为电动汽车，比排名第三的瑞典（6%）高出六倍，冰岛排第二（12%，未包括在图 2.2 中）（IEA, 2018a）。2017 年销售增长势头最强劲的是德国和日本，销售量比 2016 年增长了一倍多。

尽管近几年 EVI 成员国的电动轻型乘用车销量中插电式混合动力汽车的份额有所增加，但 2017 年电动轻型乘用车销量中仍有 2/3 是纯电动汽车⁵。2017 年，中国、法国和荷兰的销

² 本报告主要分析纯电动汽车和插电式混合动力汽车，不包括燃料电池汽车，除非另有说明。

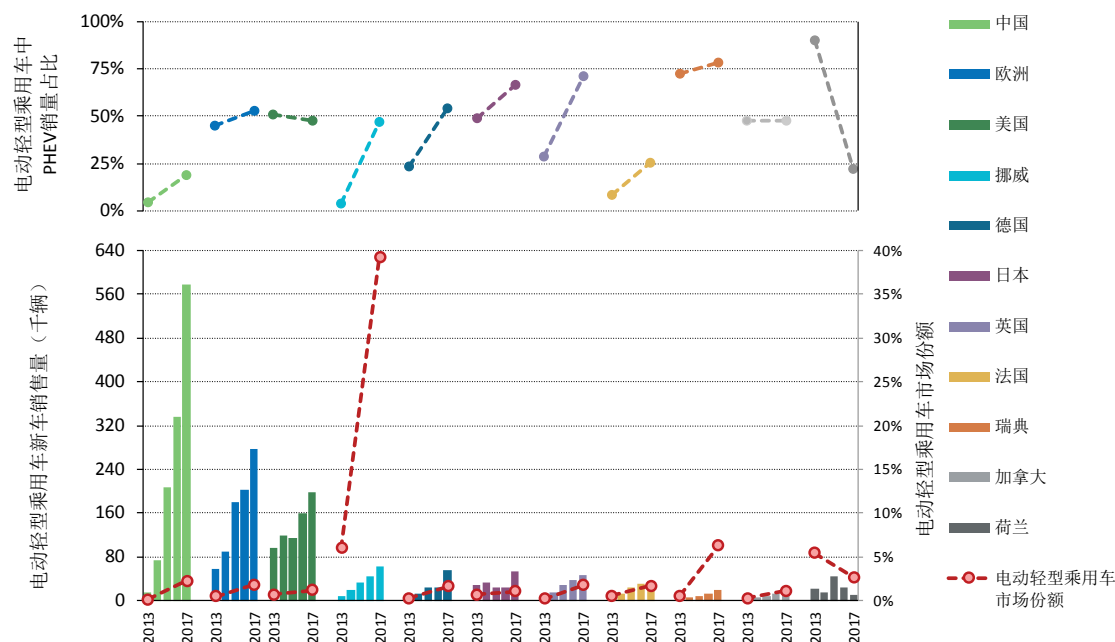
³ 这个数据中包括的中国轻型商用车为“特殊车辆”，包括街道清洁车、垃圾车和其他轻型配送卡车等非客运车辆。

⁴ 在包括内燃机汽车在内的全球汽车市场中，中国约占三分之一市场份额。

⁵ 在《2018 北欧电动汽车展望》中也能看到类似的市场趋势，且认为这种趋势可能与近年来有利于插电式混合动力汽车的激励结构和插电式混合动力汽车的车型更多样化有关。（IEA, 2018a）。

售市场表现出对纯电动汽车最强的倾向性，而插电式混合动力汽车在日本、瑞典和英国所占的市场份额最高。

图 2.2 2013-2017 年排名前十的 EVI 成员国与欧洲的电动轻型乘用车销量和市场份额



注：图 2.2 中的国家为排名前十的 EVI 成员国，全球销量排名前十的国家包含 9 个 EVI 成员国和一个非 EVI 成员国，即韩国（2017 年电动轻型乘用车销量为 14780 辆）。

资料来源：各国提供，ACEA（2018）和 EAFO（2018a）补充。

关键点：中国电动轻型乘用车销量全球最高，美国其次；挪威电动汽车销售市场份额全球最高。

尽管荷兰的电动轻型乘用车销售市场份额位居全球第二，却是唯一一个从 2013 年至 2017 年年销售量和市场份额都下降的 EVI 成员国。这与荷兰公车私用的税收体系变化有关，他们在 2017 年初保留了对纯电动汽车的税收优惠，但取消了对插电式混合动力车的税收激励政策⁶。在 2016 年以前，荷兰电动轻型乘用车销量大部分为插电式混合动力汽车，但在 2017 年插电式混合动力汽车销量几乎停滞，而纯电动汽车销量继续增长。

市场驱动力

当下，电动汽车的发展仍主要受政策环境的驱动。电动汽车规模前十的国家均通过一系列政策来推动电动轻型乘用车的普及。事实证明，有效的政策措施有助于提高电动汽车对顾客（包括个人和企业）的吸引力、降低投资者的风险以及鼓励制造商扩大生产规模（IEA, 2017a; IEA, 2018a）。国家和地方政府为支持电动汽车发展而采取的主要措施包括：公共采购计划（见专栏 2.3）、促进购买电动汽车并降低使用成本的财政激励措施（例如提供免费停车），以及不同层面的行政监管措施，例如燃油经济性标准和基于尾气排放性能的车辆流通限制。

⁶ 这一政策变化符合荷兰逐步减少插电式混合动力汽车销售并持续鼓励电池电动汽车销售以实现交通零排放的战略转型，这样才能达到国家温室气体减排目标及兑现其在巴黎协议中所做的气候承诺（Munnix, 2018）。早期较高的插电式混合动力汽车市场份额带动了荷兰向轻型乘用车电气化转变，并推动了充电设施网络的发展。

在挪威，调查结果显示，免除增值税和车辆登记税、免费使用收费道路和返还流通税等财政激励措施，依次被电动轻型乘用车车主列为他们购车决策最重要的影响因素（IEA, 2018a）。在荷兰，对插电式混合动力汽车利好财政政策的改变导致其市场份额显著下降。在丹麦，2016 年纯电动汽车车辆登记税的变化带来了许多电动轻型乘用车成本竞争力的逆转，导致当年的电动轻型乘用车销量大幅下降（IEA, 2018a）。这些案例表明，财政激励措施，尤其是降低前期购买价格的措施，是推动当今电动轻型乘用车市场发展的主要政策机制。

专栏 2.3 利用公共采购计划刺激电动汽车的早期推广

公共采购在提高电动汽车在公共场所的曝光度、促进扩大汽车生产规模和建设充电基础设施、降低成本和刺激相关专业知识和业务的创新等方面能发挥重要作用。基于对公共采购在引领出行电气化转型及改善空气质量和实现气候目标方面具有潜在贡献的共识，8 个主要国家在 2016 年马拉喀什第 22 届联合国气候变化大会上签署并启动了政府车队宣言（CEM-EVI, 2016）⁷。

法国在宣言中的主要承诺包括，2015 年国家和地方政府车队新购车辆中低排放车辆占比分别达到了 50% 和 20% 的最低标准以及 2025 年的目标为新购公交车全部电气化。加拿大近期宣布自 2019 年起新购轻型公车中 75% 将为混合动力汽车、插电式混合动力汽车和纯电动汽车，到 2030 年实现政府车队采购的 80% 为零排放车辆。美国联邦政府在 2015 年提出电动乘用车销售份额在 2020 年达到 20%、2025 年达到 50% 的目标。印度能效服务有限公司（电力部下成立的合资企业）打算建立大批量采购和需求整合以采购和部署电动汽车，从而实现将约 50 万辆国家政府用车转变为电动汽车。

插电式混合动力汽车和纯电动汽车的市场份额是由技术特点、成本等方面决定的，并在很大程度上受政策环境的影响。国际能源署近期的分析表明，纯电动汽车车型更多为中小型车，插电式混合动力汽车车型主要为中大型车⁸，此外，前期购买价格最低的电动汽车车型（受公共政策的影响）往往能获得最高的销售份额（IEA, 2018a）。

一方面，从国家预算的角度需要确保财政激励措施是可控的，另一方面，电动轻型乘用车关键零部件（即电池）成本未来将降低，因此主要的政策杠杆设计是自主维持的财政机制（例如一些欧洲国家在奖惩或综合税制中的差异化税收机制）或逐步转向标准、法规和命令。基于车辆性能的标准和法规使政府能指导汽车市场发展方向并保持技术中立。命令和激励措施能作为补充，刺激零排放技术的发展。所有这些政策工具帮助公共当局根据其政策导向设定目标来推动运输能源结构的多样化、减少二氧化碳排放和空气污染。

从去年公布的中国和欧盟的一些主要政策可以看到这种从财政支持向标准、法规和命令的转变（见下一节）。

⁷ 加拿大、中国、法国、日本、挪威、瑞典、英国和美国。

⁸ 纯电动汽车集中在小车型反映了它们多用于短距离和通勤出行，而用于长途旅行的较大型电动轻型乘用车需要大电池容量而产生额外成本。小型车中没有插电式混合动力汽车的原因可能在于开发小型车双动力系统更为复杂且相关成本更高。小型车相对较低的燃油经济性和一般的行驶里程决定了其合理的电池容量，这样它们只需要一个电力动力系统（IEA, 2017a）。

关键政策

中国、欧盟、印度和美国的主要发展

2017 年，占到了全球轻型车市场约 60% 的中国、欧盟和印度提出或实施了重大政策调整，加速推动电动轻型乘用车的发展，并部署到全球范围。另一方面，美国最近公布的关于降低小汽车燃油经济性的联邦法规预计会对电动轻型乘用车的发展产生负面影响。

Page | 21

中国

2017 年 9 月，中国政府发布了《乘用车企业平均燃料消耗量与新能源汽车积分并行管理办法》（简称“双积分政策”），于 2018 年开始实施（MIIT, 2017）。双积分政策规定了乘用车制造商对新能源汽车（插电式混合动力汽车、纯电动汽车和燃料电池汽车）生产的最低要求，并通过积分交易机制给予一些灵活性。政策给汽车制造商设定了必须获得的新能源汽车积分的年度最低要求。企业可以通过生产或进口新能源汽车获得积分，也可以向其他拥有超额积分的企业购买积分。⁹

政策规定只有当车辆满足最低续航里程要求且能耗水平（或燃料电池汽车的额定功率）达标才能获得新能源汽车积分，同时也设置了每种车型可获取的积分上限（表 2.1）。

双积分政策的目标是 2019 年度、2020 年度新能源汽车积分比例要求分别达到 10%、12%。但这个比例并不等同于实际销售份额，因为每辆电动轻型乘用车可以获得超过一个积分。¹⁰因此，按照双积分政策要求，生产和进口的电动轻型乘用车总数受到电力动力系统结构和车辆相关性能的综合影响（这会影响到分配给生产或进口的新能源汽车的平均积分）。比如，若 2020 年生产或进口的新能源汽车的单车平均积分为 2，按照政策，则需约 170 万辆的电动轻型乘用车，或 6% 的电动轻型乘用车市场份额；若单车平均积分为 4，则产量只需 90 万辆，以及 3% 的市场份额。¹¹

表 2.1 中国新能源汽车积分体系下的每辆电动汽车的最低续航里程要求和积分

车辆类型	纯电动汽车	插电式混合动力汽车	燃料电池汽车
最小电续航里程 (km)	100	50	300
单车积分范围	1-6	1-2	2-5

注：每辆纯电动汽车的积分 = $(0.012 \times \text{续航里程} + 0.8) \times \text{调整系数}$ ，插电式混合动力汽车的积分 = $2 \times \text{调整系数}$ ，燃料电池汽车的积分 = $0.16 \times \text{燃料电池系统额定功率} \times \text{调整系数}$ 。纯电动汽车的调整系数按照整备质量 (kg) 和车辆工况条件下百公里耗电量 (kWh/100km) 确定取值 0.5、1 或 1.2。插电式混合动力汽车的调整系数由纯电驱动模式续航里程和燃料消耗量确定取值 0.5 或 1。燃料电池乘用车的调整系数根据续航里程、燃料电池系统额定功率确定取值 0.5 或 1。每种车型可获得的最大积分为本表中所列的最大值。

资料来源：ICCT (2018)。

关键点：零排放和高续航里程的新能源汽车的积分更高。

此外，国家电动汽车补贴项目给予电动轻型乘用车购车补贴，补贴水平取决于三个因素：车辆的续航里程 (km)、能源效率 (kWh/100km) 和电池包能量密度 (Wh/kg)。2018 年

⁹ 该政策仅适用于年产量或进口量达到 3 万辆的企业。

¹⁰ 因此，如果具有积分大于 1 的电动车辆进入市场，则市场上电动车辆数量的百分比可能低于新能源汽车积分所占的百分比。

¹¹ 这一估计是针对 2020 年中国的乘用车销售量为 2600 万辆的情况。

2 月，项目被修订，降低了对插电式混合动力汽车和低续航里程（<300km）纯电动汽车的补贴，并提高了高续航里程（>300km）纯电动汽车的补贴。这意味着相比采用内燃机技术成本增加最多的那些电动汽车车型将获得更高的补贴（MIIT, 2018）。此外，车辆获得的补贴还取决于电池包能量密度和能源效率，电池能量密度越高、车辆的能效越高则相应的补贴越高。¹²这些变化旨在促使整车厂投资制造续航里程更接近内燃机汽车的电动轻型乘用车（2017 年最畅销的纯电动汽车是低续航里程的车型），且对电池性能的关注促使制造商采用高能量密度的电池化学材料。对中国电动汽车补贴项目的修订将于 2018 年 6 月生效，在这之前的过渡期，电动轻型乘用车补贴额度降为之前的 70%。

2017 年 9 月，有报道指出中国已在考虑禁止生产和销售汽柴油内燃机汽车，但公告未给出详细的时间表（Reuters, 2017a; Zhenhua, 2017）。

欧盟

2017 年 11 月，欧盟委员会提案对 2030 之前新的乘用车和轻型商务车的二氧化碳排放标准进行更新，作为其清洁出行计划中的一部分（EC, 2018a）¹³。提出的目标是，到 2025 年新车的每公里二氧化碳排放减少 15%，到 2030 年减少 30%（EC, 2018b）。为了更好的过渡，提案也包括了对已有的车辆较为宽松的目标，到 2020/2021 年小汽车为 95gCO₂/km，轻型商务车为 147gCO₂/km。¹⁴这两个目标均基于新欧洲行驶工况（NEDC）设定，但从 2021 年起，将根据 2017 年 9 月颁布的全球统一轻型车排放测试规程（WLTP）来设定。¹⁵提案中还包括了为每个制造商分配具体排放目标的方案以及当制造商高于排放目标时对每辆新注册的超标车辆处以每 gCO₂/km 罚款 95 欧元的规定（EC, 2018b）。

鉴于当前具有与欧洲小汽车平均性能相当的混合动力汽车的排放接近 80gCO₂/km（基于 NEDC），这个提案提出在 2030 年的目标框架中需要包含低排放和零排放汽车才能达到整体目标。¹⁶提案所描绘的愿景包括低排放和零排放汽车的生产份额在 2025 年达到 15%、2030 年达到或超过 30%。¹⁷这也在一项促进低排放和零排放车辆发展的激励计划中有所体现。若汽车制造商生产的低排放和零排放车辆的份额高于建议的标准值，会得到二氧化碳排放总体目标放宽的奖励（最高上浮 5%）。这将促使制造商生产销售更多售价高昂的大排量车型，如 SUV。即便所提出的法规对二氧化碳的全面减排具有约束力（和处罚），但如果未达到低排放或零排放目标份额不会被处罚，则其激励效果还是远不如命令。

欧盟委员会表示，在低碳经济发展路线图中，其目标是与 1990 年的水平相比，在 2050 年将其温室气体排放量减少 80%。为实现这一目标，到 2050 年，交通的排放应比 1990 年减少 60%以上（EC, 2018c）。实现这一长远任务需要增加低排放和零排放车辆的比例¹⁸，因此在 2030 年之后将逐步实施更严格的二氧化碳排放标准。

¹² 电动乘用车的电池能量密度越高，获取的补贴越高：能量密度为 105-120Wh/kg 的车型按 0.6 倍补贴，能量密度为 120-140Wh/kg 的车型按 1 倍补贴，能量密度为 140-160Wh/kg 的车型按 1.1 倍补贴，能量密度为 160Wh/kg 及以上的车辆按 1.2 倍补贴。换言之，只有电池能量密度高于 120Wh/kg 的车型才能够拿到全额补贴。同样，根据百公里耗电量（kWh/100km）水平也制定了不同的补贴。

¹³ 排放限制根据车辆整备重量设定。

¹⁴ 如果每公里二氧化碳排放量以 NEDC 术语表达，则意味着汽车和小货车需要在 2025 年分别达到 81 和 125gCO₂/km，在 2030 年分别达到 67 和 103gCO₂/km。

¹⁵ 尽管名字叫做新欧洲行驶工况，然而它最近的更新还是在 1997 年。它已被用于测量汽车发动机的排放水平与乘用车和部分轻型商用车的燃油经济性。它现在正被 WLTC 和测试程序所取代，旨在更好反映真实工况下的燃油经济性的估计值。

¹⁶ 低排放车辆定义为每公里尾气排放量低于 50gCO₂ 的车辆，主要是插电式混合动力汽车。零排放车辆的尾气排放量为零，通常包括纯电动汽车和燃料电池汽车。

¹⁷ 仅针对零排放车辆，则这些阈值是准确的。鉴于加权因子的不同，若也包含一部分低排放轻型乘用车或轻型商用车，阈值则会更高。

¹⁸ 零排放汽车指没有尾气排放的车辆，包括纯电动汽车和燃料电池汽车。低排放车辆是指能够零排放，但在特定运行模式或工况条件下可能产生尾气排放，但排放量远低于内燃机汽车或类似性能的混合动力汽车的车辆，这类车辆主要为插电式混合动力汽车。

印度

去年，印度政府和其他利益相关者制定了一系列电动汽车相关的公告。他们表达出了坚定的承诺、给出了具体的行动并表现出很大的野心将其汽车市场转型为电动汽车。

- 2017 年 4 月，印度政府描绘了一个愿景：到 2030 年实现全电动汽车车队（Government of India, 2017a）。这是基于早在 2012 年印度政府为推广混合动力汽车和电动汽车所制定的《国家电动汽车行动计划 2020》（NEMMP 2020）（Government of India, 2012）。同样在此框架下，还有为刺激混合动力和电动汽车的早期应用和市场开发（Government of India, 2015）¹⁹以及 2015 年启动的降低混合动力汽车和电动汽车前期购买价格的“加速应用和制造（混合动力汽车和）电动汽车激励计划”（FAME）（Gazette of India, 2015）。
- 2017 年 5 月，印度转型国家研究院（NITI Aayog）描绘了国家出行转型的愿景，提出一系列提升印度在先进出行方面领先地位的可行且具体的方案（NITI Aayog and Rocky Mountain Institute, 2017）。
- 2017 年 9 月，塔塔汽车中标了能效服务有限公司（EESL）在印度的首次电动汽车公开采购（Government of India, 2017b）。²⁰
- 2017 年 12 月，印度汽车行业发布了一份白皮书，提出到 2030 年实现市内公共交通全部电气化以及到 2047 年所有新售汽车全部为电动汽车的路径（SIAM, 2017）。
- 2018 年 2 月，重工业和公共事业部表示没有制定任何关于 2030 年电动轻型乘用车的目标，认为 FAME 能促进实现电动汽车更广泛的应用（Government of India, 2018a）。
- 紧接着，电力部启动了由能效服务有限公司实施的国家电动出行计划（Government of India, 2018b），希望该公司持续关注公共采购以促进印度电动汽车的需求创造。2018 年 3 月，公司启动了一项电动汽车采购招标（EESL, 2018）。电力部在启动国家电动出行计划的同时，还宣布将重点放在建设充电基础设施和政策框架上，以实现 2030 年印度 30% 的电动汽车份额。

尽管印度在不断实施新的措施，但不同时期和不同机构之间传达的愿景和措施之间缺乏一致性，表明印度在制定电动汽车政策时需要保证更好的协作。

美国

2018 年 4 月，美国国家环保局宣布更改 2022 年至 2025 年间在美国销售的新的轻型车的温室气体排放标准（US Government Public Office, 2018）。美国的 2012 法规包含 2017-2025 年温室气体排放标准，按照该法规要求进行中期评估后，美国国家环保局做出了该项新决议。在中期评估中，美国国家环保局审查了一系列因素，例如燃油效率技术的采用、燃料价格的发展、车辆电气化和消费者对高效技术的接受程度等，所得到的结论是：在前任政府期间制定的标准太过严格，必须酌情进行修订（US Government Public Office, 2018）。目前，基于这个决定的新标准的细节尚未确定。

¹⁹ 然而 2016 和 2017 只有五分之一的财政预算分配给了电动汽车。印度在 2016 年仅销售了 22000 辆纯电动汽车，且 NEMMP 2020 中所规定的 2020 年 600-700 万辆混合动力汽车和电动汽车销售目标所需要的销售量增长也未达到（NITI Aayog and Rocky Mountain Institute, 2017）。

²⁰ 2017 年 12 月，印度政府推出了一项补贴计划，在 11 个主要城市推出电动公共交通服务（公交车、出租车和三轮车）（Government of India, 2017c）。采购当地生产的电动公交车的补贴可达到购车成本的 60%，上限为 1000 万卢比（15 万美元）（Government of India, 2017d）。

根据 2012 法规，美国国家环保局曾预估 2025 年国内轻型车的新车销售中插电式混合动力汽车需占 5%才能达到标准（EPA, 2016; ICCT, 2017a）。而这项新决定可能会降低全国电动轻型乘用车的份额。

加州曾在 2009 年获得美国国家环保局的豁免，得以采用自己的温室气体排放标准（Federal register, 2009）。加州表示即使现在联邦标准有所降低，他们也会坚持更严格的排放标准（Davenport and Tabuchi, 2018）。这可能会导致形成两类市场：对在加州及追随加州的州²¹销售的车形成一套严格的规则，而对其他州则规则较为宽松，这样会给利益相关者带来风险。

加州制定了自己的零排放电动汽车计划²²，将持续支持美国电动汽车的推广。该计划为每个整车厂分配了“零排放汽车积分”，类似于中国的新能源汽车积分。整车厂需要通过销售零排放电动汽车或购买可交易积分来完成所设定的电动汽车销售份额。2016 年，加州州长发布行政命令，要求到 2025 年有 150 万辆零排放车辆投入使用（State of California, 2016a）。2018 年 1 月，加州发布新的行政命令，将目标升级为到 2030 年实现 500 万零排放电动汽车投入使用，并提出新的倡议来继续保留加州的清洁汽车退税制度，并刺激更多的基础设施投资（State of California, 2018）。

两轮车 and 三轮车

目前，东盟（东南亚国家联盟）、中国和印度在流通的两轮车约有 9 亿辆，其规模相当于全球在流通的轻型乘用车的总量。这三个地区的两轮车合计占私人乘用车的 80%。

传统两轮车以汽油为燃料并由内燃机提供动力，但近年来电动两轮车的数量在急剧增加。而几乎所有的电动两轮车都在中国（见专栏 2.4），远超其他国家。2017 年，中国上路的电动两轮车数量约为 2.5 亿辆（China News, 2017; IEA, 2018b），年销售量约为 3000 万辆。²³该数量比当今世界电动轻型车的数量几乎大 100 倍。中国另外还有大约 5000 万辆电动三轮车（China News, 2017）。

²¹ 十个州已采用加州的零排放汽车命令：加利福尼亚州、康涅狄格州、缅因州、马里兰州、马萨诸塞州、新泽西州、纽约州、俄勒冈州、罗德岛州和佛蒙特州。在 2011-2016 期间，有更多的州对标了“加州清洁汽车标准”（Maryland.gov, 2014）。

²² 要注意的是加州的零排放电动汽车计划中，零排放电动汽车是指在任何可能的运行模式或工况条件下产生的废气排放为零的车辆。尽管如此，标准还允许过渡性零排放车辆产生零排放汽车积分——包括符合严格的蒸发和尾气排放标准和对排放控制组件提供延长保修期的插电式混合动力汽车（CARB, 2018）。

²³ 这个估值考虑了随着时间变化的销量以及 8 到 10 年的报废年限。

专栏 2.4 为什么电动两轮车只在中国普及而未在亚洲其他地区普及？

中国两轮车的电气化受到中央政府颁布的两项主要政策的带动。首先，在 1999 年，发布了《电动自行车通用技术条件》，将某些电动两轮车划定为自行车，使其能在非机动车道上行驶，且不需要登记上牌和驾驶执照。²⁴其次，许多城市严格限制城市核心区的汽油摩托车的拥有及使用（Cherry, 2010）。

由于相对简单的制造工艺和有限的电池要求，中国电动两轮车的成本远低于内燃机两轮车。由于电动两轮车最高速度通常低于 20 公里/小时且其额定功率有所限制，以及电池容量仅需满足通常小于 40km 的通勤距离（续航里程），因此对电池的要求不高。

到目前为止，在亚洲的其他地区，许多因素阻碍了电动两轮车和三轮车的商业成功，包括：

- 缺乏限制内燃机两轮车和三轮车的法规。
- 缺乏专用基础设施，例如在中国常见的专用自行车道。
- 对功率的要求，因为亚洲其他地区两轮车最高速度和承载能力平均水平高于中国。²⁵
- 其他亚洲国家的电动两轮车日均行驶距离更高，需要更大容量的电池。

Page | 25

低速电动汽车

在中国，出现了低速电动汽车²⁶，成为电动两轮车、电动三轮车和电动轻型乘用车的竞争者。由于速度较低，这类车辆需要遵守的法规和受到的监管较为宽松（IEA, 2017a）。但由于只有少量低速电动汽车进行了官方注册，因此很难准确统计中国投入使用的低速电动汽车的数量，估计大约为 400 万辆。

许多年来低速电动汽车一直处于监管的灰色地带，但最近中国的很多地区开始加强管制，限制其只能在低速道路上行驶或禁止其上路。低速电动汽车起步最早、销量占全国 60% 的山东省，则实行非定期的路边检查（First Electric Vehicle Network, 2018a）。在与山东省相邻的河南省，随着这类车辆的快速发展（Gao et al., 2017），也颁布和实施了类似的法规（Sohu, 2018a）。地区管制的加强和新的低速电动汽车国家标准的制定（Xinhua, 2017）共同作用使得 2017 年低速电动汽车的产量受挫，山东省 2017 年的产量与 2016 年持平（First Electric Vehicle Network, 2018a; First Electric Vehicle Network, 2018b）。

中型和重型电动汽车

轻型电动车快速发展的溢出效应惠及中型和重型汽车，使其也有机会向电气化发展。公交车队及具有常规行驶线路和时刻表的市政服务车辆（例如垃圾车和街道清洁车）成为早期的发展目标。到目前为止，在城市中运行的电动卡车更多用于大型商用和服务车队。执行区域性和长途运输等重复性货运任务的中型和重型卡车曾经不太被视为电气化的发展对象，但目前这些电动卡车正处于试点或示范运营期。以下部分将特别介绍和对比城市公交车和卡车的最新发展情况。

²⁴ 在中国能进入拥堵较少的专用自行车道使得电动自行车用户获益，但越来越多的人使用电动两轮车引发了安全问题。近年来随着越来越多的电动两轮车使用自行车道，一些城市开始禁止使用电动自行车。未来的电动自行车监管制度需要考虑如何帮助电动两轮车的进一步发展，包括许可证、培训、保险和安全性能等方面。

²⁵ 在印度，大部分出售的两轮车（84%）的发动机容量在 100 到 125 立方厘米之间（SIAM, 2017）。这些车辆的最大速度通常高于 50km/h，最大功率为 6-7 千瓦。另一方面，印度目前上路的绝大多数（98%）电动两轮车（约 21 万辆）的最高时速可达 25km/h，额定功率不超过 250 瓦（SIAM, 2017）。

²⁶ 低速电动汽车是最大速度约为 40-70km/h 的小型四轮车辆，其电动续航里程相对较短。

对城市公交车市场的快速渗透

EVI 成员国提供的数据和公开的信息显示，中国纯电动公交车和小型巴士占据了全球销量的绝大部分。尽管 2017 年电动公交车销量略有下降，估计略超过 10 万辆（其中 85% 为纯电动汽车）（Sun, 2018），仍证实了去年《全球电动汽车展望》（IEA, 2017a）中所预测的电动公交车的高销量。

Page | 26

截至 2017 年底，中国的纯电动和插电式混合动力的公交车总数达到近 37 万辆（Sun, 2018）。如果加上其他商用电动汽车，总数预计将超过 50 万辆（CAAM, 2018）。其他国家的累计销售量显示，欧洲、日本和美国目前流通的电动公交车有约 2100 辆（EVI country submissions; EAFO, 2018a; EB Start, 2018）。2017 年，全球在运营的燃料电池公交车共有 250 辆（Advanced Fuel Cells TCP, 2018）。

中国电动公交车发展的驱动因素

中国的电动公交车销售主要受到 2009 年开始实施的适用于纯电动公交车、插电式混合动力公交车和燃料电池公交车²⁷的补贴政策的推动，但随着时间的推移销量在逐渐减少。国家的支持政策针对选定的试点城市来实施。2015 年，中央政府为购买商用电动汽车提供的补贴总额高达 460 亿元人民币，约 84 亿美元（Wang et al., 2017）。该补贴由中央政府直接拨款给制造商，并辅以配套的地区和市政补贴（Wang et al., 2017）²⁸。自 2013 年以来，中国政府持续向试点城市提供额外补贴，推动其充电基础设施的发展。在 2017 年，为了防止骗补而修订了补贴政策，购车补贴总额减少，转为运营补贴，支持电动公交车经营者的运营。同时，还降低了使用传统燃料（柴油）车的公交运营者的补贴（Sun, 2018）。²⁹

在深圳、北京和天津等城市，补贴使纯电动公交车的购买价格在传统柴油公交车的价格范围内，从而大大降低了推广电动公交车的主要障碍。截至 2017 年底，深圳市的 16359 辆公交车全部更换为电动车，现正在实施出租车队的电气化（Dixon, 2018）³⁰。包括上述城市在内的许多中国城市都制定了公共和物流车队、邮政车辆和清洁卡车的电气化目标（Zhang and Bai, 2017）。

自 2013 年起，除了深圳公交车队的完全电气化，北京和天津的地方补贴和销售目标以及河北的省级目标和京津冀地区的区域目标，均推动了电动公交车的销售。补贴政策的细则常根据当地发展目标的变化进行调整。以北京为例，纯电动公交车的补贴水平最初取决于公交车的长度，但 2016 年更改为根据单位荷载的能耗（Wh/km·kg）计算确定。

中国许多城市获益于其处于新建阶段，城市规划者能够将充电基础设施和电动公交车队的路径规划在设计阶段就整合起来。

²⁷ 2013 年之前，补贴也适用于混合动力汽车。

²⁸ 这些补贴旨在改善空气质量和促进本地工业发展。

²⁹ 国家政府已采取措施，更直接地监管整车厂，以防止今后再出现骗补行为（Ministry of Finance, 2016）。

³⁰ 深圳将其纯电动公交车名义上的竞争性招标授予了其本地制造企业比亚迪，并且直到不久前还要求在该市销售其产品的所有其他电动车制造商需投入注册资金 5000 万元（800 万美元）成立销售子公司（Wang et al., 2017）。这是区域保护的一个例子，在中国的某些工业区域很常见，用于保护特定的一些商业电动汽车制造商。虽然这种保护主义有利于促进区域和地方产业，但 2018 年 2 月批准的改革电动汽车补贴的国家政策包括禁止地方当局歧视非本地汽车制造商（MIIT, 2018），优先考虑符合国家产业政策目标的政策协调需求（例如，通过对采用特定电池化学材料或有特定性能属性（如续航里程）的车辆发放补贴）。

其他城市电动公交车

其他国家城市的电动公交车销量还尚未达到深圳、北京和天津等城市的水平。尽管如此，北美和欧洲的一些城市以及全球联盟（如 C40 城市集团）近期也已开始部署电动公交车和/或承诺近期更新公共车队时只购买电动车。

奥斯陆、特隆赫姆和哥德堡等北欧城市已经在运营电动公交车，其中哥德堡于 2015 年 6 月推出三辆沃尔沃电动公交车，是北欧地区的先行者（Kane, 2016），奥斯陆计划在 2025 年至 2030 年期间过渡到完全采用可再生能源运营的车队（Ruter, 2018）。在 2015 年 C40 清洁巴士宣言（C40, 2015）的基础上，2017 年，来自五大洲的 12 个市长代表城市承诺，自 2025 年起其市政车队中只新增电动公交车（C40, 2017）³¹。市长们进一步承诺将在他们各自的城市内建立一个“主要区域”作为低排放区，并监测其进展情况，每两年公布一次监测报告。其他项目，例如气候和清洁空气联盟的无烟巴士项目，目标是在世界上 20 个主要城市采用无烟、零排放（主要是电动）公交车（CCAC, 2018）。

Page | 27

在欧盟范围内，越来越多的城市正在建设试点项目，其中大部分都是在过去五年里开始的。零排放城市公交系统（ZeEUS）项目协调了 40 个合作伙伴（包括公共交通管理部门和运营商、车辆制造商、能源供应商、学术研究中心、工程公司和协会），在 10 个欧洲城市设立了示范点，以监测和改进城市电动公交车的技术、经济性和运营性能（ZeEUS, 2018）。2017 年 1 月启动的 JIVE 和 JIVE 2 示范项目最初在 9 个欧洲城市或地区部署氢燃料电池公交车队，随后扩展到另外 14 个城市（JIVE, 2017）。

极少数欧洲城市已经将示范运营扩展到了商业化阶段，并开始运营大规模电动公交车队，目标已扩展到国家层面：荷兰的目标是到 2025 年实现只销售零排放公交车，到 2030 年实现公交车队全电气化（Living Lab, 2018; IPO, 2017）。瑞典自 2016 年以来，在政策上一直保持着对电动公交车的支持（HEV TCP, 2018）。

电动公交车的技术

决定电动公交车设计的两个主要参数为：车身材料和充电策略。

一般的传统公交车车身使用钢架结构，以较低的成本确保了良好的结构性能。一些电动公交车制造商正在研发以铝合金或碳纤维为基础的新型结构设计。这些更轻的材料使得车辆整备质量减小，从而降低车辆本身带来的能耗。例如，Linkker 和 Ebusco 电动公交车均采用铝结构，其整备质量在 10.5 至 12 吨之间，百公里能耗约为 90kWh（VTT, 2015）。而基于钢结构的电动公交车的整备质量约为 14 吨，百公里能耗约为 110-130kWh。

电动公交车可以采取夜间充电策略，即在夜间电价较低时在场站进行充电，且单次充电满足一整个白天的运营（Lajunen, 2018）。这种设计需要容量高于 250kWh 的电池以满足运营（续航里程）需求，而充电可以在场站中通过慢充完成。另一种充电策略，被称为间隙充电，依赖于公交路线起终点或沿线站点的快充桩。快充桩通常通过受电弓接入³²，受电弓可以从公交车上方或从接触网下方伸出，充电时间一般为 5 到 10 分钟，具体取决于调度需求。这种策略的优势在于车辆只需要一个容量小得多的电池（大约 80kWh），从而可降低车价。同时，车辆重量轻使其能耗更低，且其车内乘客空间也较大。快充桩需要更高的功率（200-400 千瓦），且与场站慢充桩相比，其设备、安装和维护成本更高（有关充电基础设施成本和考虑因素的详细信息见第 3 章）。此外，适应非常大的充电负载的电池设计需

³¹ 签约人包括奥克兰、巴塞罗那、开普敦、哥本哈根、伦敦、洛杉矶、墨西哥城、米兰、巴黎、基多、西雅图和温哥华的市长（C40, 2017）。

³² 其他的快速充电技术包括电感设计和配备有加在电池之外或直接代替电池的超级电容。

要使用更昂贵的钛酸锂正极材料，支持间隙充电策略的 Solaris 和 Proterra 公交车使用了这些化学材料。

与其他动力系统相比，电动公交车的一个挑战是供热通风与空调负载对能耗的影响，尤其是在寒冷气候条件下。辅助负载范围 6-14kwh/100km 对应能耗 20-40kwh/100km (Lajunen and Tammi, 2016)。在极端寒冷的气候下，电动公交车有时需要配备柴油动力加热器 (ELIPTIC, 2017)。

电动公交车制造商

到目前为止，大部分销售的电动公交车都是由中国制造商针对国内市场制造的。尽管国际市场上还有许多其他生产电动公交车的整车厂，这两家主要的中国制造商（比亚迪和宇通客车）也还是积极加入到国际市场。两家公司都生产了多种尺寸的城市电动公交车，并都分别生产了一款城际电动公交车。最畅销的 12 米的标准比亚迪城市公交车的电池容量约为 330kWh，可以行驶超过 250km (BYD, 2018) 并拥有多种配置。

在欧洲，有各种制造电动公交车的企业，其中包括现有的公交车制造商（如沃尔沃、Solaris 和 VDL）和许多专注于电动公交车的新制造商。制造商的多样化使得欧洲市场上的电动公交车车型各异 (ZeEUS, 2016)。一些欧洲整车厂（如 Ebusco 和 Linkker）使用铝制车身组件来减轻车辆重量，扩大续航里程或降低电池要求 (ZeEUS, 2016; Linkker, 2018)。

美国主要的电动公交车制造商是 Proterra，一家由前特斯拉员工创立的致力于电动公交车的整车厂。Proterra 生产的电动公交车，车身使用碳纤维，电池容量高达 440kWh，相应续航里程达到 480km (Proterra, 2018)。

卡车——从示范到商业化应用

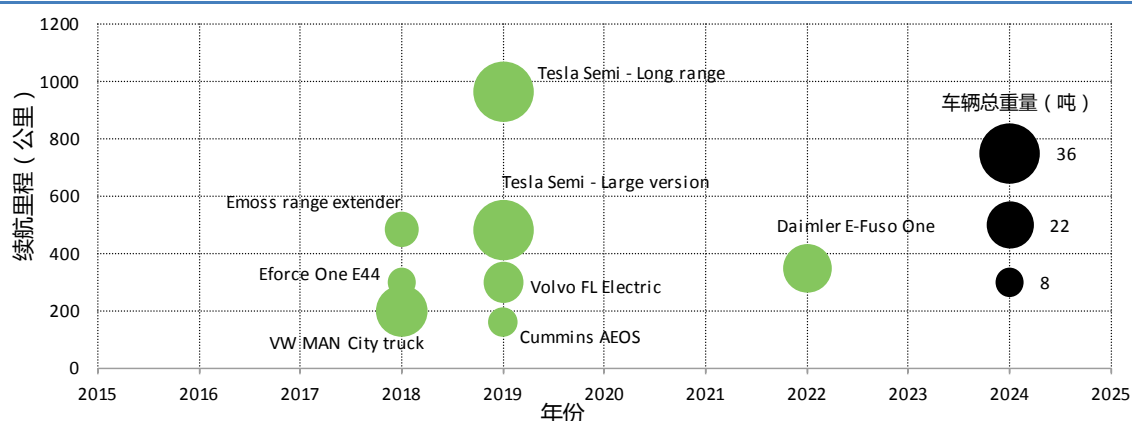
电动卡车的使用目前仅限于小型的示范车队和企业在社会活动中所开展的项目。早期推出的电动卡车基本上都是物流公司主导的项目中研发出来的，基于对传统内燃机卡车进行特定的调整和改造，因此在 2017 年之前，大多数流通的电动卡车都是改造的 (Ayre, 2018)。一个标志性的例子是喜力在荷兰正在开展的饮料配送的测试 (FRevue, 2018)。

迄今为止推出的大多数插电式和纯电动卡车都是中型车辆（总重量在 3.5 吨到 15 吨之间），主要在城市和/或郊区运行（例如公共或私人的市政服务和送卡车队等）。一些试点项目已在研发更多的总重量超过 15 吨的重型电动卡车车型。图 2.3 显示了已经或正在为商业市场开发的纯电动、带燃料电池增程器的混合动力以及全燃料电池的重型电动卡车车型的续航里程、载重与（预期）上市时间，尽管其中大部分车型的数量都比较少。

从 2017 年开始，一些主要的整车厂宣布推出电动卡车车型，例如特斯拉的 Semi (Tesla, 2018a)，戴姆勒宣布 2021 年起批量生产电动卡车 (Daimler, 2018a)。此外，还有越来越多的纯电动、混合动力和全燃料电池的中型和重型电动卡车的设计概念和原型正在制造和测试中 (ICCT, 2017b)。这表明制造商大规模生产电动卡车的兴趣日益高涨。

插电式和纯电动卡车的运营示范和试验项目以及动态充电或电动道路系统概念目前也在继续推动，目前这些车辆和示范成果的性能和经济性在稳步提升。大多数项目在美国加州、瑞典、德国和荷兰开展，得到了当地或国家政府、行业合作伙伴（包括公用事业公司、整车厂和车队运营商）以及研究和拥护团体的支持。

图 2.3 宣布商业化的重型电动卡车型号（车辆总重量>15 吨）



注：该图给出了最近已经进入市场或短期内即将推向市场的电动卡车概览。图中主要列出了长续航里程的卡车，不包括用于街道清洁和垃圾收集的车辆。图中有一个带有氢燃料电池增程器（EMOSS 增程器）的电动卡车。图中分别显示了最大续航里程和可能的最大车型，当缺乏信息时车辆总重量采用了估计值。

资料来源：E Force One (2018)；Rathmann (2018)；EMOSS (2018)；Allison Transmission (2018)；Baumann (2018)；Daimler (2018b)；MAN Truck Germany (2018)；Volvo Group (2018)；Tesla (2018a)；Ayre (2018)；Daimler (2018a)。

关键点：更多尺寸更大、续航里程更长的电动重型卡车即将上市。

电动汽车发展目标

越来越多的国家政府正在制定电动汽车的发展目标，向制造商和行业其他利益相关者传递了日益明确的信号，建立其对未来政策框架的信心并促进投资。表 2.2 总结了已有的 2020-2030 年期间发展目标。

表 2.2 各国公布的 2020-2030 电动汽车发展目标

国家或地区	EV30@30 ¹	2020-2030 电动汽车发展目标	资料来源
加拿大	✓	-	
中国	✓	到 2020 年 500 万辆电动汽车，包括 460 万辆轻型乘用车、20 万辆公交车以及 20 万辆卡车。 新能源汽车 ² 积分政策：到 2020 年新能源汽车积分销售占乘用车的 12% ³ 。 新能源汽车销售份额：到 2020 年 7-10%，到 2025 年 15-20%，到 2030 年 40-50%。	State Council (2012); EVI (2016b); MIIT (2017); Marklines (2017b)
欧盟		2020 年后的轻型乘用车和小卡车的 CO ₂ 排放目标的基准：电动汽车销量到 2025 年达到 15%，到 2030 年达到 30%（超过这个基准则允许放宽整车厂的排放目标）。	EC (2018b)
芬兰	✓	到 2030 年 25 万辆电动汽车。	MEAEF (2017)
法国	✓	目标还在修订中。	EVI (2018)
印度	✓	到 2030 年电动轻型乘用车销量份额为 30%。 到 2030 年城市公交车为 100%纯电动。	Government of India (2018c) SIAM (2017)

国家或地区	EV30@30 ¹	2020-2030 电动汽车发展目标	资料来源
爱尔兰		到 2030 年 50 万辆电动汽车和 100%销售电动汽车。	DPER (2018)
日本	✓	到 2030 年电动轻型乘用车销售份额 20-30%。	METI (2014)
墨西哥	✓	-	
荷兰	✓	到 2020 年电动轻型乘用车市场份额 10%。 到 2030 年轻型乘用车销售 100%为电动汽车。 到 2025 年公交车销售 100%为电动车以及到 2030 年公交车全部为电动车。	EVI (2016b); Rijksoverheid (2017); IPO (2016)
新西兰		到 2021 年 64000 辆电动汽车。	Ministry of Transport (2018)
挪威	✓	到 2025 年轻型乘用车、轻型商用车和城市公交车销售 100%为电动汽车。 到 2030 年长距离公交车销售的 75%和卡车销售的 50%为电动汽车。	National Transport Plan (2016)
韩国		到 2020 年 20 万辆电动轻型乘用车。	MOTIE (2015)
斯洛文尼亚		到 2030 年电动轻型乘用车销售份额达到 100%。	Novak (2017)
瑞典	✓	-	
英国		到 2020 年电动轻型乘用车达到 39.6 万-43.1 万辆。	EC (2017a)
美国（部分州）		到 2025 年 8 个州合计 330 万辆电动汽车。 ⁴ 10 个州 ⁶ 的零排放汽车 ⁵ 命令：到 2025 年乘用车和小汽车和轻型卡车的积分销售达到 22%。 ⁷ 加州：到 2025 年 150 万辆零排放汽车和 15%的有效销售份额，到 2030 年 500 万辆零排放汽车。	ZEV PITF (2014) CARB (2016) State of California (2018; 2016a)
其他欧盟国家 ⁸		到 2020 年 45 万辆-76 万辆电动轻型乘用车。 到 2030 年 542 万辆-627 万辆电动轻型乘用车。	EC (2017b)

注：

¹ 加入 EV30@30 挑战的国家设定了一个集体目标，即到 2030 年电动汽车的销售份额达到 30%，其中包括轻型乘用车、轻型商用车、公交车和卡车（CEM-EVI, 2017）。

² 新能源汽车包括纯电动车、插电式混合动力汽车和燃料电池汽车。

³ 12%的销售目标中包括取决于车辆技术和续航里程的系数。目前大多数车型的系数为 2-4。

⁴ 加利福尼亚州、康涅狄格州、马里兰州、马萨诸塞州、纽约州、俄勒冈州、罗德岛州、佛蒙特州。

⁵ ZEV=零排放汽车。就加利福尼亚州的计划而言，零排放汽车是指在任何可能的运行模式或条件下废气排放为零的车辆。但该标准也允许过渡性的零排放车辆产生零排放汽车积分，其中包括严格控制尾气排放的插电式混合动力汽车。

⁶ 上述八个州加上 2016 年加入的缅因州和新泽西州。

⁷ 22%的销售目标中包括取决于车辆技术和续航里程的系数，目前大多数车型的转换系数为 0.5-3。

⁸ 本行仅汇总了向 2017AFI 指令提交了目标但表中其他地方没出现的欧盟国家的目标。这些国家包括：奥地利、比利时、保加利亚、捷克共和国、匈牙利、意大利、拉脱维亚、立陶宛、卢森堡、波兰、葡萄牙、斯洛伐克共和国和西班牙。这些欧盟国家不是 EVI 国家，自向 AFI 指令提交以后，未发布过修改的目标。德国在 AFI 指令中提交的是到 2020 年实现 100 万辆电动轻型乘用车的目标，但财政大臣宣布无法实现这一目标（Reuters, 2017b），因此表中未出现该目标。

关键点：2018 年上半年，主要的电动汽车市场和其他国家已制定了 2020-2030 电动汽车发展目标以及行业目标。

此外，合计占全球电动轻型乘用车保有量超过 60% 的 10 个国家在 2017 年加入了 EV30@30 挑战，承诺到 2030 年积极实现电动汽车销量占 30% 的目标（指所有电动汽车，不包括两轮车和三轮车）（CEM-EVI, 2017）。

内燃机车辆禁令和准入限制

Page | 31

除了国家和超国家的电动汽车发展目标，一些国家政府还发表声明承诺到一个确定的年份将终止新的内燃机车辆的销售或注册。此外，一些地方政府已承诺愿意实施禁止内燃机汽车进入某些区域的政策（有些仅限柴油内燃机汽车）³³。表 2.3 和表 2.4 汇总了这些政策。

表 2.3 内燃机汽车的销售禁令

Country	2025	2030	2032	2040	2045
France				●	
Ireland		●			
Netherlands		●			
Norway	●				
Slovenia		●			
Sri Lanka				●	
Sweden					●
Scotland			●		
United Kingdom				●	

● ICE sales ban or 100% ZEV sales target ● Fleet without ICEs

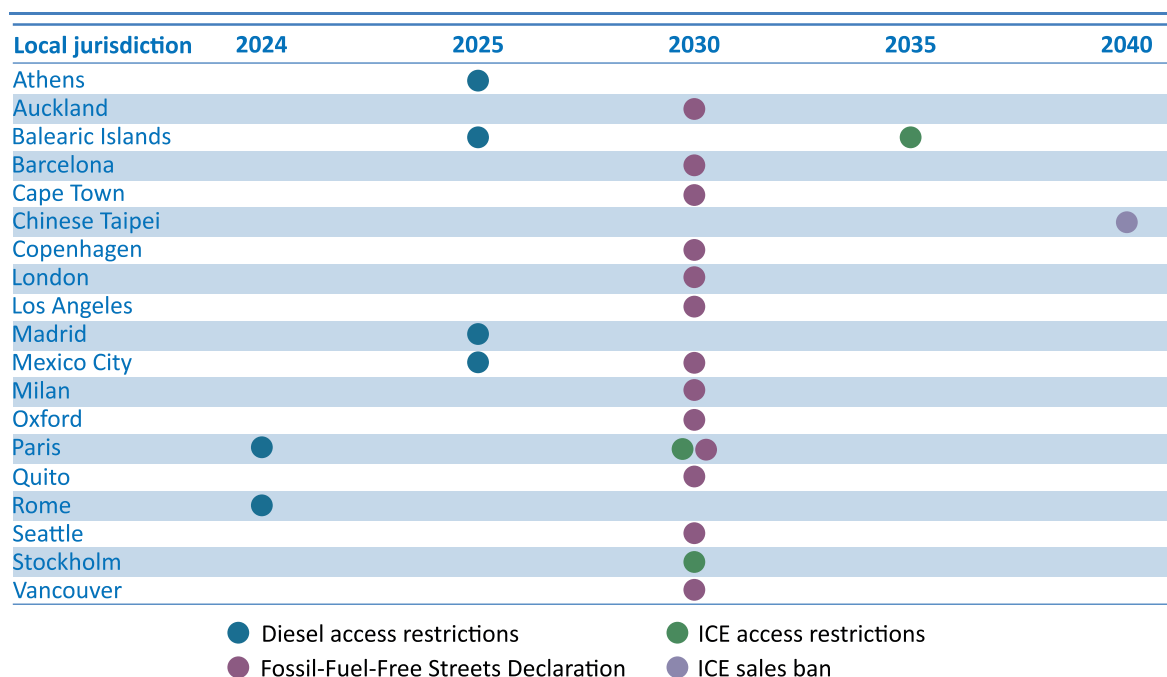
注：所有这些国家内燃机汽车禁令指的是宣布终止销售或注册新的柴油和汽油车（不包括插电式混合动力汽车）。就斯里兰卡而言，政府的目标是到 2040 年用电动或混合动力车型取代所有车辆（Phys.org, 2017）。除了表中列出的禁令外，据报道中国正在考虑在全国禁止生产和销售内燃机汽车（Reuters, 2017a; Zhenhua, 2017）。

资料来源：法国-Ministère de la transition écologique et solidaire (2017)；荷兰-Rijksoverheid (2017)；挪威-National Transport Plan (2016)；斯洛文尼亚-Novak (2017)；斯里兰卡-Phys.org (2017)；瑞典-Government of Sweden (2017)；苏格兰-ChargePlace Scotland (2017)；英国-Government of the United Kingdom (2017a)；爱尔兰-DPER (2018)，并由 SLoCaT (2018) 收集的信息进行补充。

关键点：一些国家政府承诺愿意终止新的内燃机车辆的销售或注册。

³³ 每个案例的准入限制不同，且或适用于地方行政管辖范围内某个区域内的不同部分（例如城市中心特定区域和/或整个大都市区域）。

表 2.4 地方管辖区域的准入限制



注：大多数城市仅在特定区域和针对某些车型（比如小汽车）实施内燃机和柴油车的准入限制。哥本哈根是唯一一个仅对新的柴油车辆实施禁令的城市。C40 无化石燃料街道宣言中签署了关于 2025 年之后使用零排放公交车、到 2030 年在城市主要地区实现零排放的承诺（C40, 2017），该宣言大大推动了 2017 年巴黎和墨西哥城在 2016 年所做承诺的实施，这两座城市最先宣布到 2025 年完成对柴油内燃机汽车的限制。

资料来源：雅典和马德里-Harvey (2016)；巴利阿里群岛-Electrify (2018)；中国台北-Executive Yuan (2017)；巴黎-Mairie de Paris (2017)；罗马-Sicilia (2018)；斯德哥尔摩-Sunnerstedt (2018)；其他-C40 (2017)。

关键点：一些地方政府已承诺实施禁止内燃机汽车进入某些区域。

在内燃机汽车禁令方面，值得强调的是，德国联邦行政法院授权城市根据具体排放水平（NO₂）制定准入限制（Bundesverwaltungsgericht, 2018）³⁴。德国政府驳回了全国柴油禁令的提议（Reuters, 2018a），但据报道德国正在考虑制定基于车辆排放性能的全全国性标签计划，这与法国在 2017 年 7 月实施的政策类似（CRIT’Air, 2017; Chambers, 2018），城市便能根据车辆的环保性能制定车辆发展目标。

提高电气化在整车厂战略中的意义

上述公共政策的动态发展伴随着汽车行业主要利益相关者的积极活动。在过去的一年中，由整车厂发布的与电动出行相关的公告数量非常多，并且紧随早前的一些迹象之后出现（IEA, 2017a）。

到目前为止，几乎所有主要的整车厂都表达了积极发展电动轻型乘用车的雄心或计划（表 2.5）。从这些公告的数量和所呈现出的积极态度能看出该行业将在未来几年加大电动汽车技术发展力度的强烈意愿。第 6 章（图 6.2）分析了这种现象对未来电动轻型乘用车发展的意义。

随着“柴油门”丑闻后柴油小汽车受欢迎程度的下降，尤其是在欧洲，一些汽车制造商也表达了他们减少或停止生产柴油车型的意愿。欧洲许多汽车制造商的战略是通过生产柴油小汽车和轻型商用车达到二氧化碳平均排放要求（与汽油相比，柴油的二氧化碳排放量较

³⁴ 此后，许多德国城市面临着消费者协会和环保组织要求采取政策行动的法律挑战（Deutsche Umwelthilfe, 2018）。

低），那么动力系统电气化作为能达到监管要求的替代方案就变得更有意义。表 2.6 给出了相关公告的总览。

表 2.5 电动轻型乘用车相关的整车厂公告

OEM	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2030
BMW	0.14							15-25%	25
BAIC			0.8						
BYD			0.6						
Dongfeng Motor Co					30%				
Ford					40				
Geely			1						
GM		2				20			
Honda									15%
Hyundai-Kia			12						
Mahindra & Mahindra			0.036						
Maruti Suzuki			1						
Mazda			1						
Mercedes-Benz								15-25%	10
Other Chinese OEMs			7						
PSA					0.9	27			
Renault-Nissan				1	12	20%			
Tesla	100%	0.5	1	1					
Toyota			10						1
Volkswagen			0.4				25%	2.5	80
Volvo		1		5					

■ Number of sales millions ■ % of electric sales
■ Number of new EV models ■ Share of models with an electric version

注：此表基于 IEA 对公司公告的理解，未必完整。本表只为了呈现与电动轻型乘用车（插电式混合动力车和纯电动车）相关的公告，因此，整车厂所做的同时包括混合动力汽车的公告以及没有对插电式混合动力汽车和纯电动汽车份额作具体说明的公告都不包含在此表中，但列在此注释中。大众汽车集团子公司奥迪宣布将在 2020 年推出三款新的电动轻型乘用车车型（Audi, 2017）。丰田宣布在 2030 年混合动力汽车和插电式混合动力汽车的销售目标为 450 万辆（Toyota, 2017）。捷豹路虎宣布，从 2020 年开始所有新车型都将有电动车版本（纯电动汽车、插电式混合动力汽车或混合动力汽车）（Jaguar Land Rover, 2017）。雷诺日产宣布 2022 年零排放车辆销售量达 20%，插电式混合动力汽车或混合动力汽车的销售量为 30%（Groupe Renault, 2017a）。沃尔沃的目标是到 2025 年销售混合动力汽车、插电式混合动力汽车和纯电动汽车合计 100 万辆。本田到 2030 年争取将燃料电池汽车、混合动力汽车或电动轻型乘用车的销售份额达到 2/3（Honda, 2017）。表中所列的中国汽车制造商（如北汽、比亚迪、吉利等）的销售数量代表了产能目标而非销售目标。其他中国汽车制造商包括：戴姆勒-北汽、江淮汽车、上汽、长城汽车、奇瑞新能源、长安汽车、广汽集团、江铃汽车、力帆汽车、闽安汽车、万向集团、云度汽车、重庆索康实业集团、中兴通讯、国家电动汽车、乐视超级汽车、蔚来汽车、车和家、奇点汽车、爱驰亿维、威马汽车、知行汽车、零跑汽车、国机集团、游侠、汉腾汽车、永源、小鹏肇庆、御捷和正道汕头。

资料来源：宝马-Electric Cars Report (2018)、BMW Group (2017)、Mitchell (2017)；东风汽车公司-Tabeta (2018)；通用-General Motors (2017)；福特-Carey and White (2018)；本田-Healey (2016)；现代起亚-Jin (2017)；马恒达-The Economic Times (2018)；马自达-Charged Electric Vehicles Magazine (2017)；其他中国制造商-Liu (2018)；梅赛德斯奔驰-Daimler (2018c)、Reuters (2016)；特斯拉-Welch (2018)、Nussbaum (2017)、Cobb (2015)、Voelcker (2017)、Marklines (2018)、Sheehan (2017)；大众-Reuters (2017c)、Volkswagen (2016)；沃尔沃-Volkswagen (2017)、Autoca (2018)、Tesla (2018b)、Maruti Suzuki (2018)、Korosec (2017)、Volvo Car Group, (2017)；大众-China Economic Net (2018)；吉利-Xinhua (2018)、NBD (2018)；北汽-The Beijing News (2017)；雷诺日产-Groupe Renault (2017a)、Groupe Renault (2017a 2017b)；丰田-Toyota (2017)；比亚迪-China Economic Net (2018)；标志雪铁龙-Reuters (2017d)、InsideEVs (2017)；东风汽车公司-Tabeta (2018)。

关键点：多家整车厂宣布增加电动汽车的产量和研发电动汽车新车型。

表 2.6 整车厂关于限制或停止生产柴油内燃机汽车的公告

制造商	行动
菲亚特克莱斯勒	到 2022 年，在其车型系列中逐步淘汰柴油车型。
本田	停止在欧洲生产和销售旗舰柴油动力汽车。
保时捷	该品牌的主要车型无柴油机组，聚焦于优化内燃机汽车、插电式混合动力汽车和纯电动汽车。
斯巴鲁	到 2020 财年退出柴油车的生产和销售。
丰田	到 2018 年底停止在欧洲销售柴油小汽车。
沃尔沃	停止研发柴油发动机。

资料来源：菲亚特克莱斯勒-Campbell (2018)；本田-Nikkei (2017a)；保时捷-Porsche (2018)；斯巴鲁-Nikkei (2017b)；丰田-Toyota Europe (2018)；沃尔沃-Reuters (2017e)。

关键点：多家整车厂宣布将停止生产或研发柴油动力系统。

第3章 电动汽车充电设施

充电标准

Page | 35

现状

本节介绍电动汽车的充电设施以及各种设备选型，例如私人 and 公共充电桩，还有适用于轻型车和公交车的一系列可能的额定功率。尽管快充桩被认为是私人充电设施的补充而不是替代品，尤其是对于长距离出行来说，但过去一年政策的发展给予了快充桩很大的关注。

不同充电桩之间的差异主要在于三方面特性：

- 充电等级：充电口的输出功率范围。
- 充电类型：用于充电的插座和连接器。
- 充电模式：车辆和充电桩之间的通信协议。

基于《全球电动汽车展望 2017》（IEA, 2017a）的分析，表 3.1 给出了最新的全球各个区域最普遍采用的充电标准（包括等级、电流、额定功率和类型（如插座和连接器）的详细信息）¹。专栏 3.1 概述了燃料电池汽车加氢站的最新动态。

除了表 3.1 中提供的信息以外，不同充电协议的通信方式也有所不同。协议取决于不同的物理连接，并且这些方式几乎不可能兼容。对于 2 级和 3 级交流充电桩，每种类型都有一个协议，特斯拉连接器用的是同一种协议。对于直流快充桩，组合充电系统（CCS）连接器用的是电力线通信（PLC）协议（通常用于智能电网通信），而 CHAdeMO、特斯拉和 GB/T 使用控制器局域网通信（最初用于汽车内部）（CHAdeMO, 2018a）。

专栏 3.1 燃料电池汽车加氢站基础设施现状

对于燃料电池车辆，氢气储存在 35-70 兆帕（MPa）的专用罐中，用于 35 和 70MPa 加氢的连接器已经标准化（ISO, 2012）。

加氢基础设施的安装迄今为止一直被限制。2017 年，全球有 330 个加氢站正在运行，大部分在日本。从全球平均水平来看，每一百辆燃料电池汽车有大约四座加氢站，在燃料电池汽车普及率较高的国家（日本和美国）覆盖率更低。然而，在加氢基础设施和车辆部署方面，许多市场已经展现出令人鼓舞的迹象，包括美国的加州、中国、德国、日本和韩国。

¹ 除表 3.1 所列区域外，澳大利亚、南非、南美和几个东盟国家采用 CHAdeMO 充电桩（CHAdeMO, 2018a）；阿根廷、澳大利亚、巴西、智利、印度尼西亚、新西兰、阿曼、菲律宾、沙特阿拉伯、南非、泰国和阿拉伯联合酋长国，正在建立组合充电系统 combo 2（Mahindra, 2018; CharIN, 2017c）。

表 3.1 主要地区的电动汽车充电设施特征

		普通插头	慢充电桩		快充桩	
等级		Level 1	Level 2		Level 3	
电流		AC	AC		AC, 三相	DC
功率		≤3.7kW	> 3.7kW 且 ≤22kW	≤22kW	>22kW 且 ≤43.5kW	目前<200kW
国家	中国	Type I	GB/T 20234 AC			GB/T 20234 DC
	日本	Type B	SAE J1772 Type 1	特斯拉		接受所有 IEC 62196-3 标准
	欧洲	Type C/F/G	IEC 62196-2 Type 2		IEC 62196-2 Type 2	CCS Combo 2 (IEC 62196-3)
	北美	Type B; SAE J1772 Type 1	SAE J1772 Type 1	特斯拉	(开发中) SAE J3068	CCS Combo 1 (SAE J1772 & IEC 62196-3)
	澳大利亚	Type 1	IEC 62196-2 Type 2			接受所有 IEC 62196-3 标准
	韩国	Type A/C	IEC 62196-2 Type 2			CCS Combo 1 (IEC 62196-3)
	印度	Type C/D/M	(草案) IEC 60309 工业插座 (两轮车) 以及 IEC 62196-2 Type 2 (其他车辆)		(草案) IEC 62196-2 Type 2	(草案) GB/T 20234 DC (< 20 kW) 以及 CCS Combo 2 (IEC 62196-3) (≤20 kW)

特斯拉和 CHAdeMO (IEC 62196-3 Type 4)

注: kW=千瓦; AC=交流电; DC=直流电; CCS=组合充电系统; CHAdeMO = charge de move。Type 2 IEC 62196-2 和 62196-3 (CCS Combo 2)是根据欧盟 2014/94 指令制定的。普通插头是指私人家庭中的设备,其主要用途不是为电动汽车充电。自 2013 年以来,特斯拉制造了连接特斯拉插头和 CHAdeMO 的适配器。表中灰色阴影区域表示正在开发或尚未确定的标准。

资料来源: AFDC (2017); Bohn (2011); CHAdeMO (2012); CharIN (2017a); CharIN (2017b); EC (2014); EV Institute (2017); HK EMSD (2015); State Grid Corporation of China (2013); Mallick (2017); Government of India (2018d); Gordon-Bloomfield (2013); CHAdeMO Association (2018b)。

关键点: 在主要地区,电动汽车充电使用了各种插座和连接器。

近期进展

2017 年的主要进展包括:

- 韩国采用了 CCS Combo1 作为电动汽车的主要标准 (CharIN, 2018a)。

- 印度发布了一份通知草案，对电动汽车充电基础设施的发展作出指示，确定了用于电动汽车充电桩的插座或车辆连接器，如表 3.1 所示（Government of India, 2018d）。

功率大于等于 200kW 的充电标准

2017 年全球充电标准的主要进展是几家快速充电标准化组织发布了关于最高充电功率达到 200kW 的新的说明或官方协议（China Electricity Council and Nari Group Corporation, 2016; CHAdeMO, 2018a; CharIN, 2018b; CharIN, 2018c）。尽管目前还没有可以达到这个功率级别的电动汽车上路，但少量的高功率充电桩已经完成了部署。CHAdeMO 已正式发布了关于 200kW 功率的协议，2018 年将发布关于 400kW 的协议草案（CHAdeMO, 2018a）。CCS 在 2017 年的系统说明文件中公布了 CCS 2.0 的预期功能，但尚未正式发布 CCS 2.0 作为协议（CharIN e.V., 2018b）。2015 年以来，中国 GB/T 20234.1 充电标准规定的最大功率为 200kW（SAC, 2015）。特斯拉一直在开发超级充电站能够使其车型充电功率达到 120kW，虽然低于 200kW，但已经比目前任何其他技术都快（O’Kane, 2017）。

Page | 37

不同充电模式间的标准使用

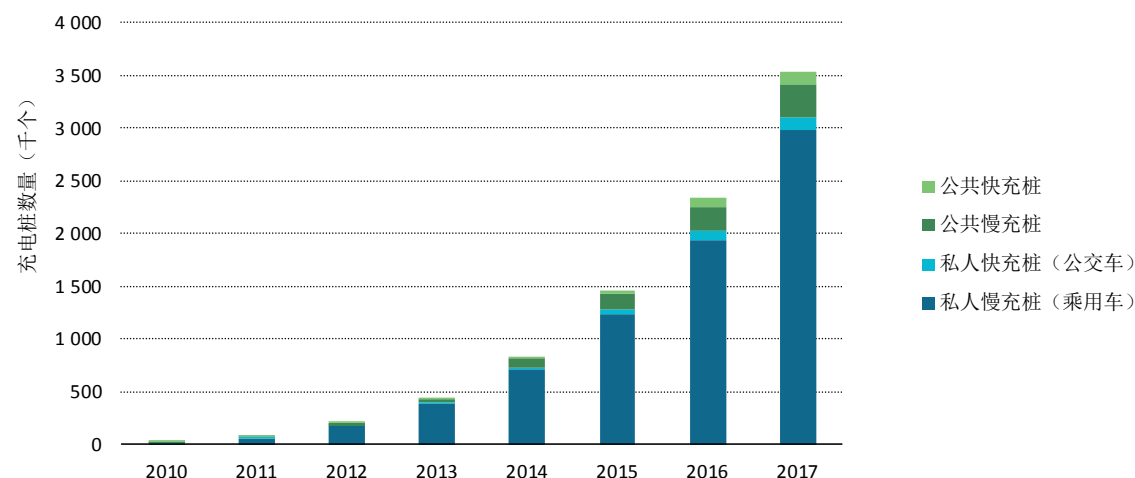
上述的充电标准和通信协议尽管主要是为小汽车和轻型商用车开发的，但也被用于其他类型的车辆。

- 电动两轮车大多使用 1 级充电，而电动三轮车也可能适合 2 级充电。
- 电动公交车有两种主要充电方案：在拥有各种充电连接器和充电等级的公交场站进行夜间充电，或者在特定的公交车站进行大功率充电（有关电动公交车的详细信息参阅第 2 章）。
- 由于大容量电池需求，公交车在场站进行夜间常规充电需要 22kW 以上的快充。在大多数情况下，50kW 以上用直流快充。较新的车型允许进行 150kW 传导充电。
- 鉴于中国上路的电动公交车数量以及多数采用场站充电，目前大多数上路的中型和重型电动车辆都在使用 GB/T 标准进行直流快充。
- CHAdeMO 和 CCS 都支持公交车和卡车使用受电弓充电（CharIN, 2018c; Shibata, 2017）。另一个为受电弓充电而制定的标准是 OppCharge 标准，该标准描述了 150-450kW（600kW 正在研发中）的充电等级，并符合 IEC 61851-23（直流连接）和 ISO 15118 标准（OppCharge, 2018）。
- 随着越来越多交通工具的电气化转型，现有标准需要与之相适应。从最近关于特斯拉及其 Semi 车型（Campbell and Thomas, 2017）中应用的长距离重型车辆技术的发展公告中所作的大功率评估可以看出，这一点对卡车尤为重要。

充电设施的发展和可用性

图 3.1 显示了截至目前充电桩数量的情况，可以看到从 2010 年到 2017 年所有类型的充电桩数量呈现持续上涨的趋势。

图 3.1 2010-2017 年全球充电桩的增长情况



注：

- 私人充电桩的数量是按照除中国和日本以外的其他国家的电动轻型乘用车与私人充电桩（1 级或 2 级）配比 1:1.1 估算的。中国电动汽车充电基础设施促进联盟的调查报告（样本量约为 1/3 的中国电动轻型乘用车车主）显示，私人电动车车主的随车配建充电桩率接近 80%，（Sohu, 2018b; EVCIPA, 2018）。因此，中国和日本的车桩比取值为 1:0.8。
- 电动两轮车主要采用 1 级充电，并不在此统计范围内。
- 基于中国深圳的数据扩展到全国，私人快充桩的数量基于每 3 辆电动公交车配一个充电口的比例计算（Lu, Lulu and Zhou, 2018）²。
- 充电桩可以带有不同类型的连接器（比如 DC CCS 和 CHAdeMO）；如果充电桩同时配备有一个直流连接器和一个交流连接器，则可能同时为两辆车充电。但如果是有两个不同的直流连接器就不能如此³。这里是考虑最大功率下能同时充电的车辆数量来估算的充电口数量。

资料来源：EVI 成员国提供，Zheng（2018）和 EAFO（2018b）补充。

关键点：私人充电桩数量多于公共充电桩。

私人充电桩

轻型车——乘用车和两轮车⁴

由于 1 级充电口的信息很难收集（因为它们不是电动轻型乘用车专用）以及缺少安装在私人住所的 2 级充电桩的信息，所以私人充电桩的统计数据有限，并且数据准确性没有保证，因此需要提高跟踪这类信息的能力。

图 3.1 的数据是假设除了中国以外的其他国家，无论是在住所还是工作场所，每辆电动轻型乘用车配备一个私人充电桩（1 级或 2 级）。这个粗略的取值主要是为了体现私人充电桩和公共充电桩总体规模的差别。这个假设的依据如下：

- 北欧地区的调查显示了一个明显的倾向性：在挪威和瑞典，超过 90% 的私家车车主选择每天（或每周）在家为车辆充电，20%-40% 的车主会在工作场所为车辆充电（IEA, 2018a）。⁵

² 在中国，电动公交车通常在公交场站充电。深圳 16000 多辆电动公交车配有约 8000 个充电桩（Lu, Lulu and Zhou, 2018）。欧洲每辆公交车大约配一个充电站。

³ 在最大额定功率下，不能在同一个充电桩上同时为两辆车充电（即使配备了两个不同的直流连接器）。然而，同时配备一个交流连接器和一个直流连接器的充电桩是可以同时为两辆车充电的（有功率容量限制的除外）。采用 CHAdeMO 1.2 标准的充电桩是例外，该标准规定了多个车辆同时充电和动态电流变化，允许两辆（或更多）车辆同时进行直流充电（CHAdeMO, 2018c）。

⁴ 由于目前缺乏足够的支撑数据，因此本节不包括轻型商用车。

- 在美国，每辆电动轻型乘用车对应住所 0.9 个充电桩以及工作场所 0.325 个充电桩（Melaina, 2016; Jadun, 2017）。
- 除中国和日本之外其他国家所采用的车桩比 1:1.1 与工作场所充电桩是作为住所处充电桩的补充的假设相符。

2017 年中国私人充电桩数量为 23.2 万（Zheng, 2018）。然而，中国电动汽车充电基础设施促进联盟的一项调查报告（样本量约为 1/3 的中国电动轻型乘用车车主）显示私人电动轻型乘用车的充电桩随车配建率约为 80%（Sohu, 2018b）。中国的目标是到 2020 年新增 480 万个充电桩，满足 500 万辆新能源汽车充电需求，其中，私人充电桩 430 万个（NDRC, 2015）。由于数据有限，图 3.1 中显示的关于中国的数据是假设上路的 120 万辆电动轻型乘用车的车桩比为 1:0.8。

- 类似的情况也适用于日本人口密集的城市。例如，东京 60%以上的人口居住在多户住宅中，这促使政府制定针对多户住宅配建充电桩支持政策（The Nation, 2018）。考虑到现有信息有限以及快充桩配建比例较高，因此日本的私人充电桩的配建比例采用了中国的比例。
- 假设电动两轮车采用 1 级充电桩，电动三轮车采用 1 级或 2 级充电桩。图 3.1 中不包括这两类车的数据。

中型和重型车辆

由于信息有限，也比较难估计中型和重型车辆的专用充电桩数量。到目前为止，中国一直在积极推动除了乘用车以外的电动汽车的部署，尤其深圳，是中国推动除了轻型车和两轮车以外其他交通工具电气化的重要城市之一。

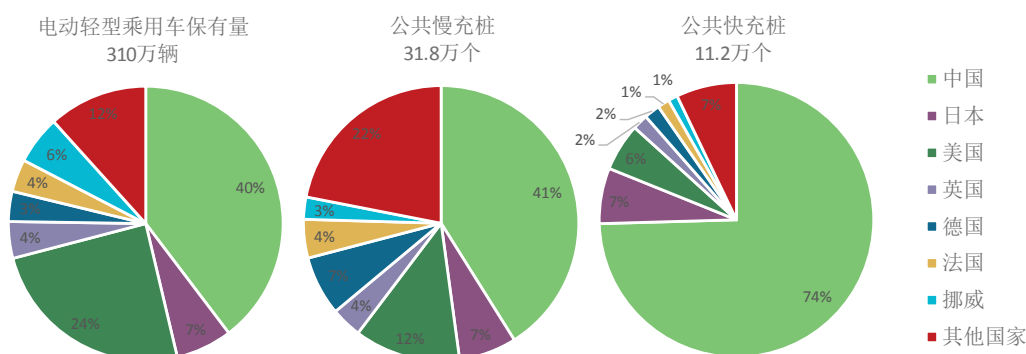
鉴于中国在发展城市公交车和充电桩方面的领导地位，根据深圳 3:1 的车桩比（Lu, Lulu and Zhou, 2018），图 3.1 中私人快速充电桩的数值基本反映了中国公交车队的情况。

公共充电桩

对比 2017 年公共充电设施与电动轻型乘用车保有量数据，能看到地区之间的显著差异（图 3.2）。

⁵ 数据每年都在发生变化（2014 年以来呈下降趋势），且每个北欧国家也有所不同。

图 3.2 2017 年不同国家的电动轻型乘用车保有量和不同类型公共充电桩概况



资料来源：EVI 成员国提供，EAFO（2018b）补充。

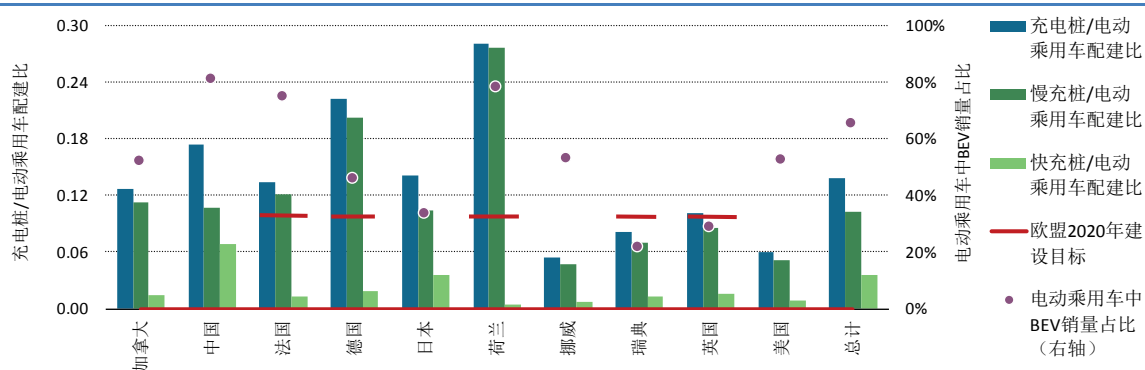
关键点：中国的公共快充桩数量约占全球的近 3/4，公共慢充电桩也占主要部分。

许多国家的电动汽车市场正处于发展初期，因此很难解释当前各国车桩比之间存在的差异。

图 3.2 以及图 3.3 中所示的公共充电桩的配比数据说明了以下几个方面的情況：

- 中国和日本对快充桩的依赖程度高于其他国家，原因主要在于人口密集城市部署私人充电桩的条件有限以及中国私人充电桩的配比较低。⁶
- 中国公共快充桩的高配建比体现了政府用车和出租车等非私人车辆更多采用快充来满足日常行驶（Ou, 2017），另一方面的原因是相较于其他国家，中国的纯电动汽车比例较低。
- 2017 年全球电动轻型乘用车销量份额最高的挪威，尽管其公共充电设施的比例非常低，但不影响其领导地位。这与该国电动轻型乘用车消费者更倾向使用家庭充电桩的调查结果一致（IEA, 2018a）。

图 3.3 2017 年部分国家的公共充电桩的配建比



注：数据是基于与图 3.1 和图 3.2 相同的假设。2020 年车桩比的目标来源于欧盟 AFI 指令中所规定的成员国应确保公共充电桩覆盖足够的区域，且达到至少 10 辆电动轻型乘用车配有一个充电桩。

资料来源：EVI 成员国提供，EAFO（2018b）补充。

⁶中国现建成了几个大型充电站服务于各种电动汽车。比如，深圳前海充电站，由北京智充科技有限公司负责设备和技术方案，由深圳致联新能源产业有限公司投资运营，可同时为 60 辆汽车充电，最大充电功率达 3200kW（平均每车 53kW）（Xcharge, 2018a; Xcharge, 2018b）。该充电站能服务于多类型的充电需求，配有 50%出租车车位、30%轻型乘用车车位、10%乘用车车位、10%公交车车位。

关键的政策支持

国家级和超国家级措施

充电基础设施取决于当地环境、国际以及超国家政策框架，包括：清晰的建设目标、法规以及用于直接投资的资金筹集和财政支持。有效的政策框架能创造良好的建设条件、保证充足的资金，从而促进充电设施的发展。

Page | 41

充电基础设施建设发展目标

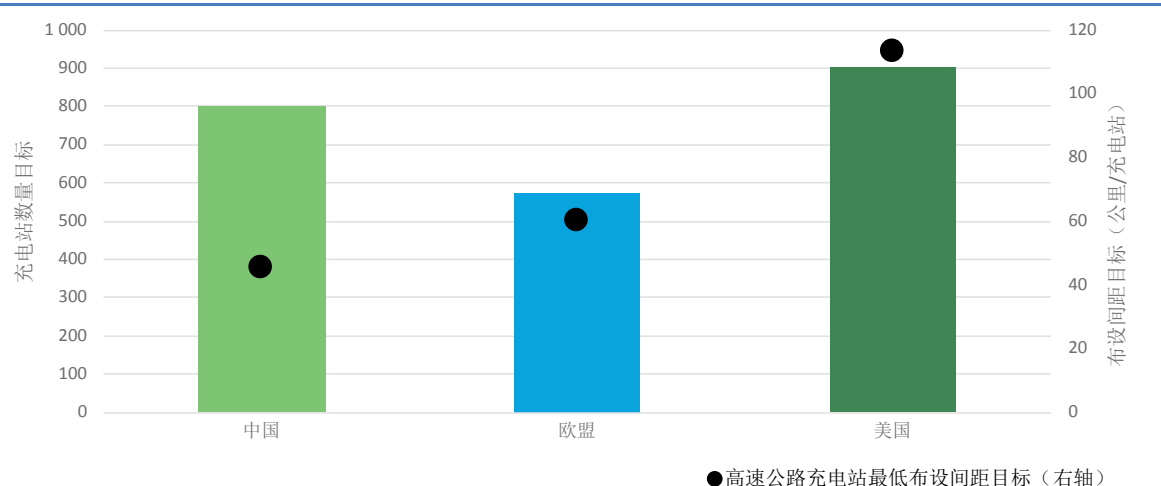
制定充电基础设施建设目标有助于帮助基础设施的发展与电动汽车发展目标相匹配。只有部分有电动汽车发展目标的国家制定了充电设施的建设目标，且大多数只是强调了公共充电桩而没有考虑私人充电桩。比如：

- 中国计划在 2020 年新增 1.2 万座集中式充换电站、430 万个私人充电桩、50 万个公共充电桩（Xiaowen, 2018; Ou, 2017; China Daily, 2017）。针对西部（积极促进地区）、中部（示范推广地区）、东部（加快发展地区）制定了差异化目标来解决各自在电动轻型乘用车市场上的不对称发展问题。新能源汽车推广应用城市的目标是公共充电桩与电动汽车比例不低于 1:7，而对于示范推广地区的城市，这一比例力争达到 1:15（ICCT, 2017c）。
- 欧盟委员会要求其成员国政府制定与 AFI 指令（EC, 2014）所提出的基础设施建设目标相匹配的 2020 年、2025 年和 2030 年的建设目标。2017 年，只有 80% 的欧盟国家提交了目标，结果显示目前仅完成了 2020 年公共充电桩建设目标的 35%（Platform for Electromobility, 2018; EC, 2017d）。然而，由于电动轻型乘用车发展相对的滞后以及部分国家设定的充电设施的建设目标过高，2020 年是有可能达到每 10 辆车一个充电桩的水平（Platform for Electromobility, 2018）。
- 美国加州修订了 2025 年充电基础设施建设目标以及 2030 年 500 万辆电动汽车发展目标。行政命令 B-48-18 更新了 2016 年零排放电动汽车行动计划，并计划投资 9 亿美元，至 2025 年建成 25 万个充电桩，其中约 1 万个直流快充桩（Electrify America, 2018a; State of California, 2018）。

高速公路充电站

为满足纯电动汽车的长距离出行需求，需要在主要道路网沿线布设充电装置，中国、欧盟和美国等主要市场已经开始大力发展高速公路沿线的快速充电设施（图 3.4）。

图 3.4 部分地区的高速公路充电站数量和布局间距目标



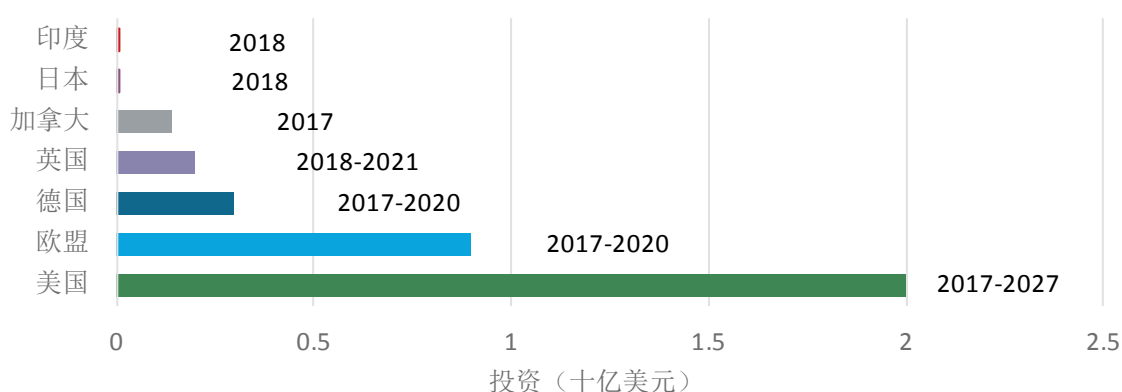
注：数据来源分别为：中国—政府目标（2020）、欧盟—AFI 指令（2020）、美国—Electrify America project（2030）。
资料来源：Ou (2017)；China Daily (2017)；European Commission (2017c)；Electrify America (2018b)。

关键点：高速公路充电设施的布局间距目标为 45-115km。

财政政策

支持充电设施发展的财政政策形式包括财政激励、税收减免和直接投资。过去几年中，各国在公共充电桩方面的直接投资有所下降，而采取财政/金融激励措施的国家有所增加。总体而言，政府在充电基础设施建设方面的支出在大幅增加。图 3.5 列举了部分国家和地区的投资情况。

图 3.5 部分国家近期的电动汽车基础设施建设投资情况



注：此图是基于有限的数字给出的一个总体情况。欧盟的资金主要用于全欧交通网络 TEN-T 和各国城市区域的充电设施建设（EC, 2014）。日本政府与东京合作提供资金建设充电设施（The Nation, 2018）。美国的经费是 Electrify America 计划在 2017-2027 年的投资（Electrify America, 2018a）。2016 年德国宣布了国家政策将投资 3 亿欧元（3.38 亿美元）到 2020 年建成 15000 个充电站（BMVI, 2017）。

资料来源：Government of Canada (2017)；EC (2017b)；IEA (2018b)；The Nation (2018)；Electrify America (2018b)；The Economic Times (2017)；Government of the United Kingdom (2017b)。

关键点：美国投入电动汽车充电基础设施发展的资金最多。

尽管用于充电基础设施建设的资金有所增加，但并非所有的政策都能按计划落实。英国设置了 450 万英镑（580 万美元）的基金用于建设路侧住宅充电桩，但这笔资金并未被大部分有资格申请此经费的地方政府使用（Brown, 2018）。许多委员会都在努力设立合适的项目来申请使用该基金。由此看来，在分配充电桩建设预算的同时，也需要考虑为申请基金提供辅助，以确保预算的执行。

监管政策

建设规范和许可

大多数国家还是以私人充电为主，因此需要让电动轻型乘用车车主能在停车点安装私人充电桩。目前，欧美的大多数电动轻型乘用车车主都有自己的车库或私家车道（IEA, 2018a）。但住在公寓楼、市中心住宅的车主也需要充电桩，才能实现更高的市场覆盖率。许多建筑法规禁止设置停车设施，只有很有限的几个允许或者要求安装电动汽车充电桩。建筑法规的主要障碍是：如何对现有建筑的停车位进行改建（安装充电桩）和确保新建筑充电停车位的预留以及费用支付问题（IEA, 2018a）。确保电动轻型乘用车能更广泛地进入家庭的关键监管政策之一就是相关建筑法规中纳入电动汽车友好的停车配建需求。⁷

2017 年在这方面最重要的一项进展是关于更新欧盟建筑能源性能指令所达成的政治协议。协议规定，新建或改建的非住宅建筑（>10 个停车位）必须至少建有一个充电桩，且每 5 个停车位须有一个停车位预留电线管道；新建或改建的住宅建筑（>10 个停车位），每个停车位都必须预留电线管道。此外，要求成员国对拥有超过 25 个停车位的所有建筑设定充电桩的最小数量，包括新建、改建建筑和公共停车场（Council of the European Union, 2017）。挪威规定新建建筑和停车场至少 6% 的车位必须分配给电动轻型乘用车（IEA, 2018a）。图 3.6 还列举了其他相关城市政策法规。

配电监管政策

电动汽车充电站接入电力系统中，因此受电力部门监管。⁸监管架构对充电基础设施的所有权架构和组织安排具有重大影响。

- 中国电力系统是纵向整合的国有垄断企业，推动着充电基础设施扩建（ICCT, 2017d）。私营企业也已开展充电业务，特别是在城市地区，由国家发展和改革委员会（NDRC）颁发经营许可证，地方行政部门进行价格监管。
- 德国和英国不允许配电公司运营充电基础设施（ICCT, 2017d）。
- 印度法规将充电基础设施建设视为需要获得许可的配电活动。这种许可要求则阻止了小规模企业进入这个市场（Sasi, 2018）。2018 年初，印度实行了一个临时规定，允许充电站无需许可即可运营，这可能会改善充电桩运营环境（First Post, 2018）。
- 美国售电公司不可以运营充电桩（ICCT, 2017d），但许多州都在修改此规定。加州正在积极采取措施，将电动汽车充电站属性改为非公共设施，从而允许公用事业公司开发和执行充电设施相关项目（Bloomberg, 2018a）。同时加州还主动寻求简化充电设施的许可流程。自 2017 年 9 月 30 日起，所有城市或县都需采用新的许可办

⁷ 通过纳入必要的要素，如新建停车位提供充电所需的电缆及接入电网的导管等。

⁸ 许多国家目前的电力部门监管体现了市场自由化的成果。部分国家的市场已经解除管制允许竞争：电力企业由原国家垄断企业沿产业链（发电、输电、配电和售电）拆分成了不同的独立公司。这样的模式下，发电和售电企业面临市场竞争。输电网络由一个传输系统运营商控制，在某些国家，可能仅此一个参与者。配电网络通常可以由特定区域的多家实体公司拥有和控制。法规通常禁止发电和售电的网络运营商阻碍竞争市场细分的交叉补贴，并要求他们提供网络接入以保障竞争（Batlle and Ocaca, 2013）。这种竞争与纵向整体垄断电力系统区别很大，后者是一家企业控制了整个产业链上的所有环节。

法（State of California, 2016b）。伊利诺伊州、科罗拉多州和安大略省等十多个州也有对电动汽车充电设施的相关立法豁免（Chavez-Langdon and Howell, 2013; Stevens, 2016）。

国家具体监管措施和是否立法将电动汽车充电站纳入售电或配电环节等监管环境会影响电力部门和私营企业的投资。国际清洁技术理事会（ICCT, 2017d）描述了监管改革如何促进充电设施投资：

许多国家的监管政策限制了公用事业公司投资或拥有充电设施。这是因为公用事业公司从电网运营中获得收入，这使得他们在充电基础设施市场中与没有此项收入的公司竞争时具有优势。加州的监管改革表明，放宽部分限制并允许公用事业公司投资充电设施可以促进其发展。ICCT（2017d）中描述了一个更先进的基于费率的方法，公用事业公司向电网所有用户征收费用以收回充电基础设施的投资成本。将充电基础设施整合到需求侧管理（DSM）中，可以减少整体系统成本、降低网络费用并使所有网络用户受益（无论是否是电动汽车车主）。

一般而言，因为在利润监管下无法保留盈余的利润，公用事业公司的收入天花板限制了其对能降低系统成本的基础设施的投资。ICCT（2017d）建议改革监管环境，奖励那些能够降低系统成本的投资方，比如，可以让公用事业公司和电动汽车所有者分担投资成本和分享利润的 V2G 应用。ICCT 还建议，市场监管必须使电动汽车车主个人或群体能够将车辆负载接入市场，促进未来需求侧管理产品组合中的 V2G 集成。

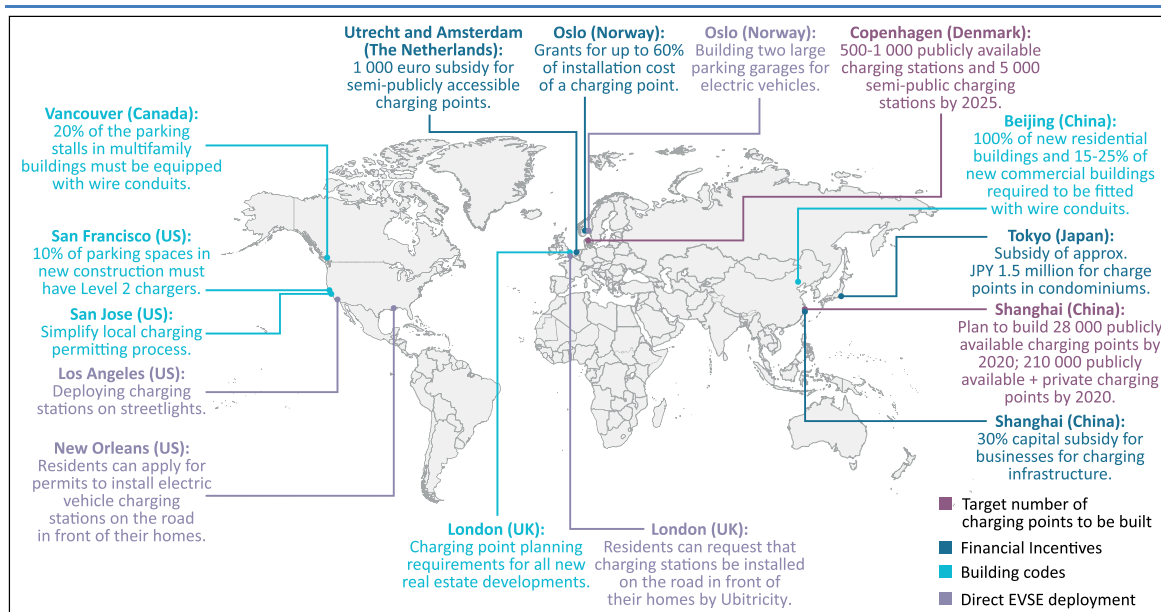
公用事业公司近期的投资主要集中在公共充电桩项目上。但提升公用事业公司在家用充电桩方面的投资或拥有才能最大化其在需求侧管理中的作用。这是因为配电系统运营商（DSO）从系统的角度考虑，希望通过智能充电或延迟充电的方式整合充电桩，并且能够通过提高系统性能来抵消投资成本。而电动汽车用户不会主动调整充电模式来达到系统最优，因此在投资充电桩时不会优先考虑系统成本。

地方政策

鉴于在土地使用和交通法规（包括停车条例和分区措施）方面的权限，地方政府通常最有能力确保充电设施的发展是符合当地城市出行方式和地理特征的。在中国和英国等国家，城市也可以自行分配国家给予的相关财政支持（ICCT, 2017c）。

《全球电动汽车展望 2017》（IEA, 2017a）和《电动汽车城市案例集》（Urban Foresight, 2014）等 EVI 报告中讨论了对城市充电设施网络建设产生明显影响的地方政策案例。ICCT 的两份报告也特别关注了推动全球电动汽车投资所采取的重大举措（ICCT, 2017e; ICCT, 2017f）。图 3.6 采用了这些报告信息并重点介绍了主要城市近期在推动充电设施建设方面所采取的主要措施。

图 3.6 主要城市近期采取的促进充电基础设施建设的政策



This map is without prejudice to the status of or sovereignty over any territory, to the delimitation of international frontiers and boundaries, and to the name of any territory, city or area.

注：这不是详尽的政策列表，而是列举了部分城市充电设施政策实施的案例。

资料来源：ICCT（2017e）；ICCT（2017f）；Japan News/ANN（2018）；Lambert（2017）；Miller（2018）；PluginBC（2018）；Urban Foresight（2014）；Xiaowen（2018）。

关键点：不同城市采用不同的措施推进充电桩设施发展。

图 3.6 表明已采取多项政策措施激励大城市充电基础设施的发展。这些政策可以分为四类：明确充电桩的数量目标；充电设施的财政激励；为使得安装更便利，修编建筑规范（本节前文已有论述）；直接建设充电桩。显然修编建筑规范的政策被广泛使用，城市的所有重要区域都强制要求新住宅单元配建电动汽车充电桩。

车辆准入限制、流通禁令和其他监管政策（例如限制新的内燃机汽车登记）等措施已在城市中越来越多的应用，这些内容已在第 2 章做了分析。这些监管政策不仅促进了电动汽车的发展，也间接带动了充电设施的发展。

私营机构的倡议

除了政府目标和发展计划之外，整车厂和相关协会也主动参与推动高速公路快充桩的发展（表 3.2）。⁹这表明越来越多样化的玩家正在进入充电基础设施市场。除了公用事业公司，许多汽车制造商最近创建了联盟来发展高速公路充电桩。显然，他们的目标是弥补对于长距离行驶或高强度使用者所提供的公共充电设施的不足。为了解决这个问题，他们正沿着高速公路走廊进行充电站的战略部署。

⁹ 这里提到的众多欧洲项目，诸如 FastNed、Mega-E 和 Ultra-E 都由欧盟委员会提供补贴（EC，2018d；EC，2018e）。

表 3.2 部分公司和协会的高速公路充电站的建设目标

Company	2018	2019	2020
Enel			180
E.ON/CLEVER			180
FAST-E			256
Ionity (EU)		400	2 400
Ionity (USA)			290
Mega-E			27
NEXT-E			252
Porsche		500	
Shell / Ionity		80	
Ultra-E	25		

■ No. of target stations

■ Total no. of target charge points

注：此表基于已获取的不完整的数据。所列的公司声称所建的高速公路充电桩具有快充能力。表中所列目标仅针对高速公路充电桩，许多其他的公告中包括了城市充电桩和高速公路充电桩的目标，但未拆分到细类，因此不包含在此表中。Ionity 是一个由宝马、奔驰、福特和大众组成的联合充电网络，现壳牌也刚加入，承诺建设上述指定的充电站。Ultra-E 充电网络由 Allego、Audi、BMW、Magna、Renault 和 Hubject 组成。Mega-E 网络是 Allego 和 Fortnum 之间的合作伙伴。NEXT-E 充电网络由 MOL、E.ON、Hrvatska elektroprivreda (HEP)、Nissan 和 BMW 组成。在英国，国家电网承诺建设 100 个高速公路充电站 (Hanley, 2018)，但没有给出具体时间表。SMATRICS (奥地利) 的目标是在 eva + 项目 (enel and SMATRICS, 2017) 基础上新增 20 个充电站，但同样没有具体时间表。

资料来源：Enel-Enel and SMATRICS (2017); E.ON/CLEVER-E.ON (2017); FAST-EA-Allego (2018); Ionity EU/USA 和 Mega-E - Lambert (2018); NEXT-E-Balkan Green Energy News (2017); Porsche-Kanc (2018); Shell/Ionity-Bouso (2017); Ultra-E-EC (2016)。

关键点：汽车制造商、石油公司和公用事业公司等私营机构正规划建设高速公路快充桩。

表 3.2 中所列的目标的时间窗口都比较短，表明即将实现。每个充电站配有多类充电桩，那么这些充电站将可以满足未来日益丰富的电动车辆类型。所列的公告主要来源于在欧盟推广部署充电设施的欧洲公司。其他市场也有重要的玩家，如美国的特斯拉和中国的公用事业公司。其他的进展还包括在工作场所安装充电设施（专栏 3.2）。

专栏 3.2 工作场所充电站

当前全球都在推广工作场所充电桩的建设，越来越多的公司签署了气候组织的 EV100 倡议，包括：HP Inc.和 Unilever 在其众多办公地点建设充电站；宜家集团已在其半数以上的门店安装了充电桩；中国互联网巨头百度不仅在其工作场所安装了充电站，还采购了电动巴士用于园区内的员工出行 (The Climate Group, 2018)。

美国的一些私人和公共倡议正在考虑工作场所充电桩的建设，在加州，许多科技公司是重要推手 (ICCT, 2017f)。比如，特斯拉为公司和商业业主的特斯拉用户在其办公场所提供免费的充电桩 (Bloomberg, 2018b)。San Diego Gas & Electric 制定了 Power Your Drive 计划，在 multi 住宅楼和办公场所建立 3500 个充电桩 (SDG&E, 2018)。

第4章 能源需求及排放

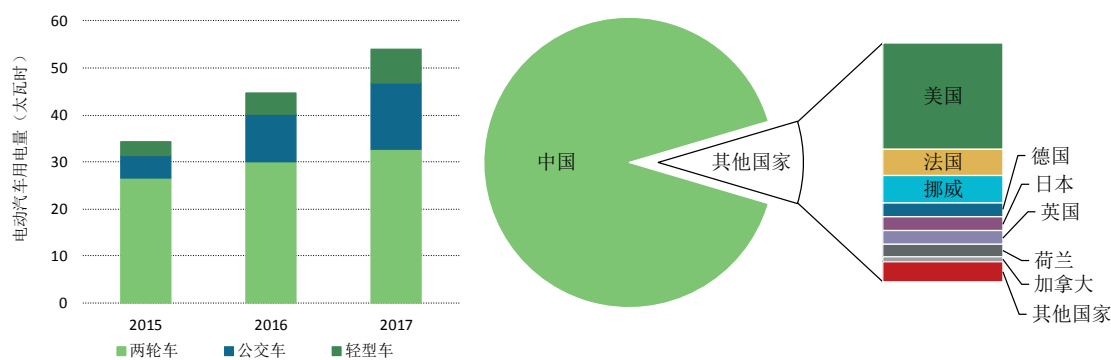
电动汽车目前对能源需求的影响

能源需求和石油需求的变化

Page | 47

2017 年，全球所有电动汽车的电力需求估计为 54 太瓦时（TWh）（图 4.1），这个值比希腊的总电力需求量还略高。91% 的需求来自中国，主要用于两轮车和公交车。这两类交通工具合计占全球电动汽车总电力需求的 87%。然而，轻型车的电力需求增长速度达到了 2015 年以来的最快（143%），其次是公交车（110%）和两轮车（13%）¹。

图 4.1 2017 年各国电动汽车的电力需求总量



注：饼图中采用的是 2017 年的数据。假设乘用车能耗 20-27kWh/100km，年行驶里程 8500-18800km；两轮车能耗 3-5kWh/100km，年行驶里程 5900-7500km；电动公交车能耗 135-170 kWh/100km，年行驶里程 28000-47000km，（数据的范围表示各国之间的差异）。假设纯电模式占插电式混合动力汽车年行驶里程的 36%，充电效率为 90%。

资料来源：各国提供；IEA（2018b）。

关键点： 中国在全球电动汽车的电力需求量中占比最高。轻型车的电力需求同比增长最大。

2017 年电动汽车的电力需求估计比 2016 年增长了 21%，相当于全球电力消费总量的 0.2%（IEA, 2018c）。在电动汽车数量和电动汽车市场份额最大的中国和挪威，电动汽车的电力需求分别为总需求量的 0.45% 和 0.78%。

到目前为止，电动汽车数量的增加对电力需求的影响有限，这对于汽车电气化的进一步发展是一个利好信息。随着电动汽车的日益普及，电力需求将增加，且会影响输电和配电网。专栏 4.1 阐述了将电动汽车的电力需求整合到电网中的潜在问题和解决方案。

¹ 在本节中，仅计算了两轮车的电力需求和二氧化碳排放量。三轮车的年行驶里程和车辆数信息因可靠性不足而未被纳入分析。

专栏 4.1 电动汽车对电网的影响

电动汽车充电的影响

交通需求在工作日的早晚会呈现明显的峰值，各种方式间的差异不大。在大部分地区电力需求也在早晚出现高峰，而夜间和下午需求较低。由于制冷设备和取暖设备的高电力需求，在夏季和冬季，日间的电力需求低谷则不太明显。

图 4.2 显示了三个城市（中国香港、美国加州长滩和英国曼彻斯特）的交通流量变化与电力负荷曲线。

图 4.2 工作日道路交通状况和电力需求



注：这两条曲线使用 0 到 1 的指数描述工作日的道路交通状况和的电力需求的变化，指数表示占最大交通量和电力需求的比例。本图使用的数据来自三项关于道路交通指标的研究，长滩和曼彻斯特的电力需求曲线使用的是 4 月份数据，香港用的是年平均值。

来源：Smith, Lindley and Levermore (2009)；Chinkin et al. (2003)；Xia and Shao (2005)；CAISO (2018)；ENTSOE (2018)。

关键点：电力需求和道路交通需求都呈现出早晚高峰的特点，在夜间需求较低。

在上述三个城市，在夜间的低电力需求之后出现交通出行的早高峰。电力需求和交通活动的这些特征表明在早晨用车之前，给电动汽车进行夜间充电非常合适。这样做的另一个好处是可以使得增加发电能力和升级配电基础设施所需的投资最小。

傍晚，交通晚高峰之后紧接着的是电力需求的高峰，此时电动汽车接入电网充电可能会加剧用电高峰。这就使得配电网络过载的风险更大，因而需要进行电网升级，例如更换配电变压器和电缆。²如果管理不当，在高峰时段增加的电力消耗也可能需要额外的发电能力。为了避免傍晚增加的高峰负载需求对经济和环境产生影响，将负载转移到夜间是最理想的方案。

管控电动汽车对电力系统的影响

需求侧管理（DSM）也被称为需求侧响应，是能显著减少因道路交通电气化而产生的电网升级和额外发电能力需求并促进可再生能源整合的一种重要工具（IEA, 2018d）。

监管机构、公用事业公司、输电系统运营商、配电系统运营商和售电商正在采取需求侧管理的措施并设计政策机制，以确保电动汽车的使用不会使电网过载。对于电动汽车，需求侧管理主要是优化车辆的充电时间、调整负载以确保电力供需之间的良好匹配，目的是将大部分电动汽车充电相关的电力需求从晚高峰转移至夜间。除了减轻配电网络的负荷及减少电网升级的投资

² 例如，美国公用事业公司 Xcel Energy 认为，如果电动汽车占到了 5%，那么若在高峰时段充电，约有 4% 的住宅客户专用的配电变压器中可能会过载（Xcel Energy, 2015）。由于大量电动汽车的集中充电而导致的电力需求的集中增加（Muratori, 2018）也需要引起重视。考虑到与配电网络上的其他负载相比，电动汽车的充电需求是不固定的，因此电动汽车所引起的局部供电区域的问题也可能随时间而变化（IEA, 2017a）。

需求之外，需求侧管理还可能产生一系列效益，包括：

- 通过将充电负荷转移到需求较低的时段，减少对额外发电能力的需求。（由于可以使用边际价格较低的发电厂所生产的电，所以有可能会降低电价）
- 优化白天的电网资产利用率，最大限度地提高盈利能力，从而降低每千瓦时的成本。
- 通过将电动汽车充电与可再生能源的高产量时段进行匹配来减少可再生能源发电的浪费，例如在风力发电量最高的夜间或者光伏发电高峰的中午进行充电。（IEA, 2018d）。

通过动态价格，如分时定价（TOU）或实时定价（RTP）³能促进产生这些效益。分时定价刺激消费者在电价较低时尽可能的使用，并在电价较高时尽量减少使用。动态定价旨在引导电动汽车车主不在高峰时段充电，同样可以用于将充电需求转移到可再生能源产量较高的时段，或同时获得所有这些效益。

充电过程可以通过智能充电应用程序来辅助完成。宝马等制造商已经开发出能够自动优化家庭充电（在电价低时充电）的产品（BMW, 2018）。需求侧管理产品还可用于优化其他家用电器（例如加热和制冷）的用电模式，从而帮助缓解用电高峰的负荷。集成系统可以使消费者选择设备优先级，例如在对电动汽车充电时暂时减少电加热设备的使用以补偿所产生的额外负载。

需求侧管理还可以为电网提供有价值的辅助服务，包括频率调节、电压支持和功率因数校正以及平衡配电网络负载。通过 V2G 技术可以进一步提高需求侧管理措施的有效性。V2G 是电动汽车和电网之间的双向连接，可以使得电力从电网流向车辆，反之亦然。⁴不断增长的电动汽车市场和需求侧管理的影响力和潜力将在即将问世的《2018 世界能源展望》中进行分析。

电动汽车的能源效率（以最终能源计算）比内燃机动力系统高出二到四倍。这是由于其动力传动系统效率更高且能在制动时回收动能。据估计，2017 年在全球范围内运行的电动汽车替代了 0.74 艾焦（EJ）的柴油和汽油需求量（1750 万吨油当量[Mtoe]，每天 38 万桶[mb/d]）⁵，其中大部分来自于两轮和三轮车（73%），其余的来自公交车（15%）和轻型车（12%）。

排放

温室气体

各国的电力生产结构和汽车制造的碳强度决定了纯电动汽车的二氧化碳强度，电动机的高能效和低碳电力相结合能使电动汽车大幅削减二氧化碳排放量。IEA（2017a）观察到，基于汽车燃料周期的测算，2015 年欧洲的电动轻型乘用车排放的二氧化碳比汽油车少 50%，比柴油车少 40%。当把与车辆制造相关的排放量也包括在内时，减少的二氧化碳排放量有所降低。然而，Ellingsen 等人（Ellingsen et al., 2016）明确指出，若考虑车辆的全生命周期（制造、使用和报废），目前的欧洲电力生产结构下，纯电动汽车与汽油内燃机车辆相比可以减少大约 30% 的温室气体排放，这个数值高于美国和日本，因为这两国发电的碳强度高于欧洲。基于汽车燃料周期的测算，电动汽车在二氧化碳排放方面相对于内燃机汽车的优势有限，对于碳密集型电力生产结构的国家（例如印度和中国），考虑全生命周期时，测算结果甚至可能净增加。为了确保在这些国家电动汽车对气候变化的影响低于内燃机汽车，最重要的是降低发电产生的二氧化碳强度以及减少电池生产和汽车制造阶段的碳排放（Ellingsen and Hammer Strømman, 2017）。

³ 欧盟委员会电力指令将“动态电价合同”定义为供应商与最终客户之间的电力供应合同，以至少等于市场结算频率的间隔反映现货市场或日前市场的价格（电力指令，条款 2(11)）（Eurelectric, 2017）。

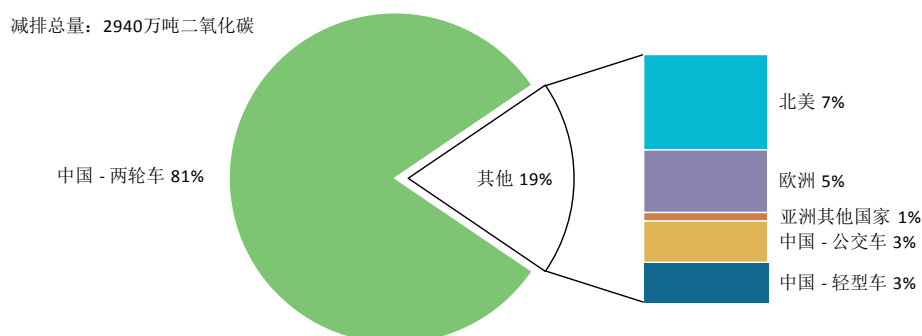
⁴ 因为需要从电池的直流电转换到配电网中的交流电，V2G 还存在一定的技术障碍。

⁵ 通过计算将所有上路的电动汽车都由具有区域车辆平均燃油经济性的内燃机提供动力时所消耗的燃料，得到所替代的石油需求量。

2017 年，全球在用的电动汽车产生约 3570 万吨二氧化碳，减少二氧化碳排放 2940 万吨⁶。中国在减排的贡献中脱颖而出，占比最大（图 4.3），但这是来源于两轮电动车的高保有量，而不是电动汽车与内燃机汽车相比汽车燃料周期的二氧化碳排放量的优势。事实上尽管中国轻型电动车占全球总量的 42%，但在二氧化碳减排中所占比例仅为 3%。

世界上几乎所有国家在签署的《巴黎气候协议》中都承诺减少温室气体的排放（UNFCCC, 2018）。相应的措施有望随着时间的推移降低发电的二氧化碳强度，从而降低电气化出行的二氧化碳排放量。为确保电动汽车的脱碳在短期内开始，各国可以引入一种“硬耦合”政策框架，使电动汽车保有量与可再生能源生产目标相一致（IEA-RETD, 2015）。IRENA/IEA/REN21（2018）综述了此类政策实施的案例。

图 4.3 2017 年全球范围内电动汽车减少的二氧化碳排放



注：如无特殊说明，减排主体为所有电动汽车。里程和燃油经济性的假设与图 4.1 中的相同。二氧化碳强度取值于《2017 世界能源展望》（IEA, 2017b）。

资料来源：各国提交；IEA（2017b）。

关键点：尽管中国的电力生产结构是碳密集型的，但由于电动汽车数量大，与电动汽车相关的二氧化碳减排主要还是集中在中国。

本地空气污染物

电动汽车没有尾气排放，因此与传统柴油车相比， NO_x 的排放量显著降低。由于有再生制动，电动汽车还可以减少道路的非废气排放。⁷

本地空气污染物排放量的下降是印度和中国等快速发展中国家推行电动汽车的主要驱动力之一，这些国家的大城市对空气质量的关注度日益增加。⁸

本地空气污染也是欧洲出行电气化变革的驱动因素。柴油化以及车辆测试程序存在漏洞且汽车制造商对这些漏洞的利用已成为城市空气污染最主要的原因之一（Cames and Helmers, 2013）。⁹

⁶ 排放量的计算方法是将电力消耗量乘以每个国家的平均二氧化碳排放，通过计算将电动车由具有国家平均燃油经济性的内燃机提供动力时所排放的二氧化碳量，得到减少的排放量。

⁷ 尽管再生制动具有优势，需要注意的是电动汽车通常比同等的内燃机汽车重，且车的重量与颗粒物等非废气排放的增加相关（Achten, 2017a; Achten, 2017b）。增加的重量可能抵消动能回收系统带来的好处，减弱了电动汽车在减少 PM 排放方面的优势。道路交通中的颗粒物也来源于车辆引起的道路灰尘再悬浮。在这方面，电动汽车并不比内燃机汽车具有优势。

⁸ 充分解决这些问题还需要减少发电中的污染物排放，特别是在中国和印度等煤炭密集型发电的地区。

⁹ 研究表明，欧 5 和欧 6 的柴油内燃机汽车上路时的排放为规定的测试周期限值的 4 到 12 倍（ICCT, 2017g; Chen and Borken-Kleefeld, 2014）。

第5章 电池

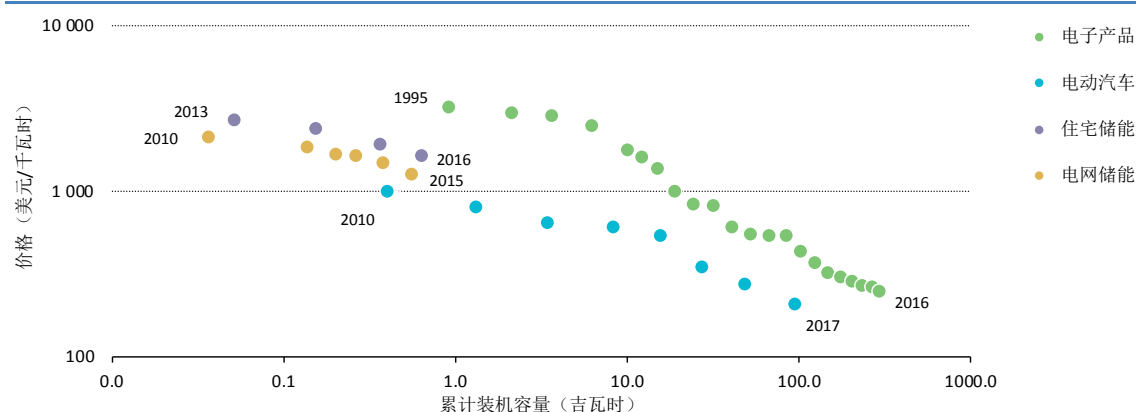
现状

Page | 51

图 5.1 显示了各种锂离子储能技术的累计制造能力增加带来的电池成本的降低。这表明，自锂电池在上世纪 90 年代进入市场以来其成本已大幅下降。

消费类电子产品的早期发展为锂离子电池的生产提供了宝贵的经验，使得在 2010 年已实现 100GWh 的累计生产能力（Schmidt et al., 2017），且在过去的十年中实现了成本的显著降低及性能的大幅度提升。这就使得电动汽车中的锂电池的发展变得日益可行。在过去的五年中，电动汽车电池包成本和性能的改进补充了消费类电子产品电池技术的持续发展，成为锂离子储能系统在固定装置应用领域提升竞争力的主要驱动力。

图 5.1 锂电池存储技术价格进展



注：坐标轴为对数刻度。电子产品对应的是电子电池（只有电池单元）；电动汽车对应的是电动汽车的电池包；电网和住宅储能对应锂离子电池组加上动力转换系统，包括工程、采购和建设成本。

资料来源：（Schmidt et al., 2017）中相关数据。

关键点：随着产量的增加，锂离子存储技术的价格已经下降。消费类电子产品电池的制造经验带来了成本的降低，从而有益于电动车电池包和储能的发展。

当前，电动汽车通常使用的电池是基于发展到一定水平的锂电池技术，使得电动汽车的设计开始达到内燃机汽车的性能水平。目前应用于轻型车的电池包的重量能量密度为 200Wh/kg（Meeus, 2018），体积能量密度为 200-300Wh/L（ANL, 2018）。电池寿命是另一个重要的参数，评价动力电池的好坏在于与电池寿命相关的期望里程以及保持初始容量的能力（通常 80%）。现有文献表明，动力电池的循环寿命可达到 1000 次（Warner, 2015）。假设电池容量为 35kWh，每公里平均消耗量为 0.2kWh，那么车辆在行驶 17.5 万 km 之前，电池不会达到其寿命，表明电池寿命与汽车的预期寿命是一致的。

成本和性能的驱动因素

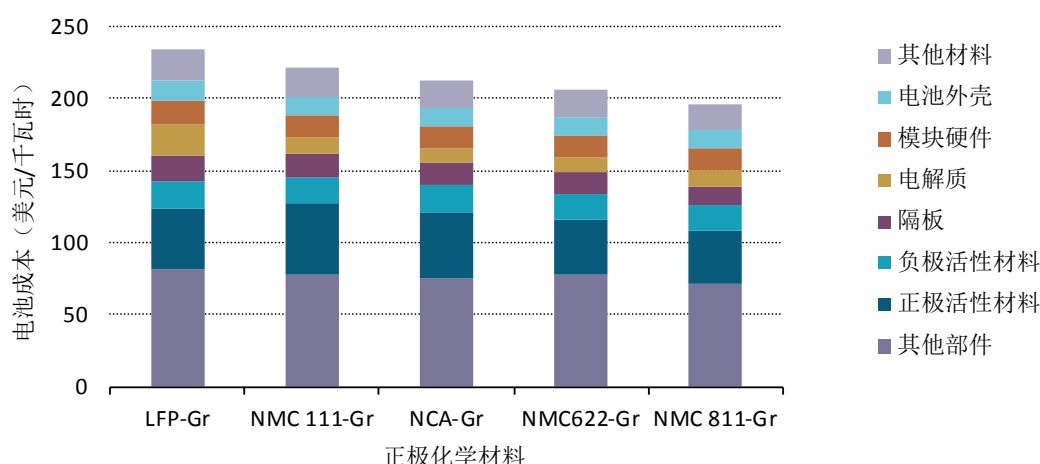
尽管电池设计和制造很复杂，但影响锂电池成本和性能的关键因素主要有四个：电池化学材料、生产能力、电池容量和充电速度。

电池化学材料

电池单元由正极和负极组成，电池的性能受所选化学材料的影响。对于正极，主要包括镍锰钴（NMC）、镍钴铝（NCA）、锰酸锂（LMO）和磷酸铁锂（LFP）四种材料。在当前的设计中，负极材料主要是石墨以及钛酸锂（LTO），LTO 因其可以延长电池的循环寿命而被更多应用于重型车（Warner, 2015）。

与其它电池相比，NMC 和 NCA 的主要优势在于具有更高的能量密度，这对于轻型车至关重要，因此占领了轻型车电池市场。LFP 是重型电动汽车（即公交车）所主要采用的正极材料，虽然其能量密度比 NMC 和 NCA 低，但是它具有更高的循环寿命和安全性能。

图 5.2 不同电池材料对成本的影响



注：Gr=石墨。电池成本是用 BatPaC v3.1 软件按照每年生产 10 万个电池包（35kWh 的车载电池）计算得到的，成本份额和正极成本（20 美元/kg）取默认值。正极成本金属价格约为：镍 9 美元/kg，锰 2 美元/kg，钴 30 美元/kg， Li_2CO_3 8 美元/kg。NMC 811 技术参数基于专家判断以及 S. Ahmed 的个人咨询选取（阿贡国家实验室）。资料来源：ANL（2018）。

关键点：目前电池每千瓦时的成本是随着能量密度和材料不同而变化。

NMC 正极材料的能量密度与镍的含量成正比（HJ Noh, 2013）。能量密度高则在一定量活性材料中存储的能量多，在其它条件相同的情况下，这就降低了每单位能量的生产成本。例如，从 NMC111 到 NMC622，镍含量占比从 1/3 增加到 60%，其成本可降低 7%（图 5.2）。但是镍含量的增加又使得电池单元热稳定性降低，所以在采用这些新材料获得成本效益之前，必须克服这一挑战。

镍含量决定了活性材料中所有材料配比，因此对电池成本也造成了影响。例如，采用较少依赖于像钴这样昂贵的元素的电池化学材料，能够节约成本，且降低对钴价的敏感性（图 5.2）。钴的价格从每公斤 80 美元涨到 120 美元，使得 NMC111 的电池包成本增加了 9%，而 NMC811 只增加了 2.5%（ANL, 2018a）。

生产能力

电池生产的工业设备规模的扩大使得投资成本可以分摊到更大的电池产量上，产生规模经济效应，从而对成本产生了有益的影响。分析表明，目前一般工厂的产能为 0.5GWh/年到 8GWh/年，但大多数大型的工厂的电池产量在 3GWh 左右（表 5.1）。考虑到一般电池容量为 20-75kWh，这些工厂的电池包年产量则为 6000 到 40 万套。

表 5.1 主要锂电池运营企业概况

国家	制造商	生产能力 (GWh/年)	年份	来源
当前的				
中国	比亚迪	8	2016	TL Ogan (2016)
美国	LG 化学	2.6	2013	BNEF (2018)
日本	松下	3.5	2017	BNEF (2018)
中国	宁德时代	7	2016	BNEF (2018)
公告的				
德国	TerraE	34	2028	TerraE (2017)
美国	特斯拉	35	2018	Tesla (2018b)
印度	Reliance	25	2022	Factor Daily (2017)
中国	宁德时代	24	2020	Reuters (2017f)
瑞典	Northvolt	32	2023	Northvolt (2017)
匈牙利	SK innovation	7.5	2020	SK innovation (2018)

Page | 53

关键点：现阶段电池厂的产能可达 8GWh/年，到 2030 年，产能将达到每年 35GWh/年。

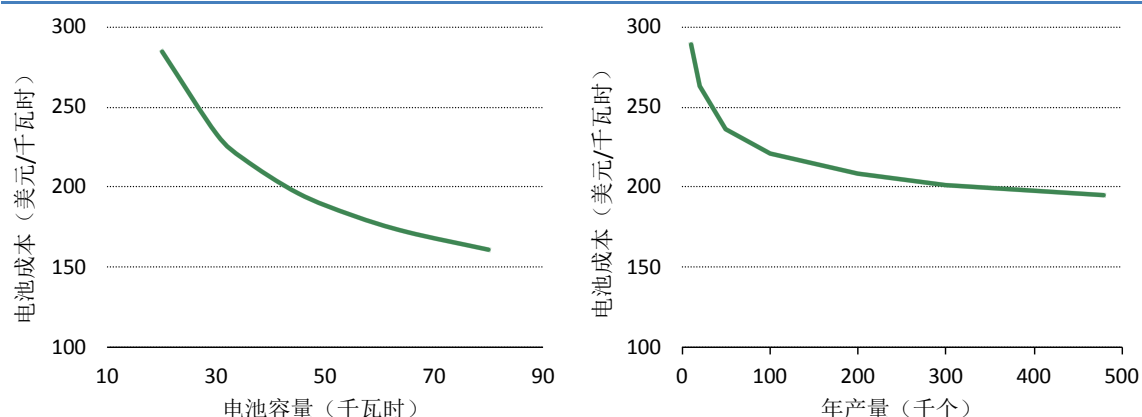
使用 Bat PaC 模型，假设年产量从 1 万个电池包增长至 5 万个电池包，预测电池成本降低 9%（图 5.3），假设从 10 万个电池包增加到 50 万，成本则降低 12%。

电池容量

目前电动汽车的电池容量差别很大。对于纯电动轻型车来说，容量约在 20-100kWh。中国三款最畅销电动汽车的电池容量介于 18.3kWh 和 23kWh 之间，设计主要考虑的是小型车的承受能力。欧洲和北美的中型轿车的电池容量在 23-60kWh，大型轿车和 SUV 的电池容量在 75-100kWh。

大容量电池往往具有较低的成本。在其它条件都相同的情况下，70kWh 的电池每单位能量的成本要比 30kWh 的电池低 25%（图 5.3）。这是因为大容量电池有更高的成组率（单体能量/系统能量密度），电池管理和冷却系统的成本也分摊到更大的容量上，从而显著降低每单位容量的成本。然而，如果使用了成本较高的特定的电池单元，则这种成本降低的效果将不明显。图 5.3（左）给出了用 BatPaC 模型得到的电池容量变化对每千瓦时电池成本的影响。

图 5.3 不同电池容量和电池产量对电池成本的影响



注：电池成本采用的是基于 ANL 中的 BatPaC 模型（版本 3.1）计算的中型轿车的电池成本，当不受敏感性影响，电池的技术规格为：功率 100KW，容量 35kWh，年产量 10 万个电池包，正负极材料为 NMC111-石墨。阴影区域表示 BatPaC 成本估算值加上 15% 的不确定性。

资料来源：ANL（2018a）。

关键点：电池容量和生产能力对每千瓦时的电池成本有很大影响。

充电速度

目前的快充速度可达到 40-60 分钟内充满 80% 的电量，目前的电池设计可以满足。世界各地的充电情况有所不同，超快充（300-400kW）最大充电速度的增加有望降低电动汽车与内燃机汽车之间的差距。

超快充电的设计更为复杂，电池寿命也将会缩短，且需要一些特定的设计来适应超快速充电，如降低电极的厚度。这些额外的设计要求往往会增加电池的成本，并降低其能量密度。

有了合适的设计和热管理系统，快充速度的增加可以不影响电池寿命。但美国能源部进行的一项分析表明，为适应 400kW 的快速充电而改变电池设计使电池成本几乎翻倍（US DOE, 2017）。

技术发展前景

最近电池技术的评估表明，锂离子电池在未来 10 年仍将是首选技术（图 5.4）。

在未来几年内电池技术的主要发展包括：

- 正极方面，现有正极化学成分中钴含量将减少，目的是降低成本并提高能量密度，即从现在的 NMC111 到 2020 年的 NMC622，或者从目前 NCA 电池 80% 的镍和 15% 的钴发展为更高的镍含量（Meeus, 2018; Nitta et al., 2015; Chung and Lee, 2017）。
- 负极方面，进一步改进石墨结构，能达到更快的充电速度（Meeus, 2018）。
- 电解质方面，凝胶状电解质材料将得以发展（Meeus, 2018）。

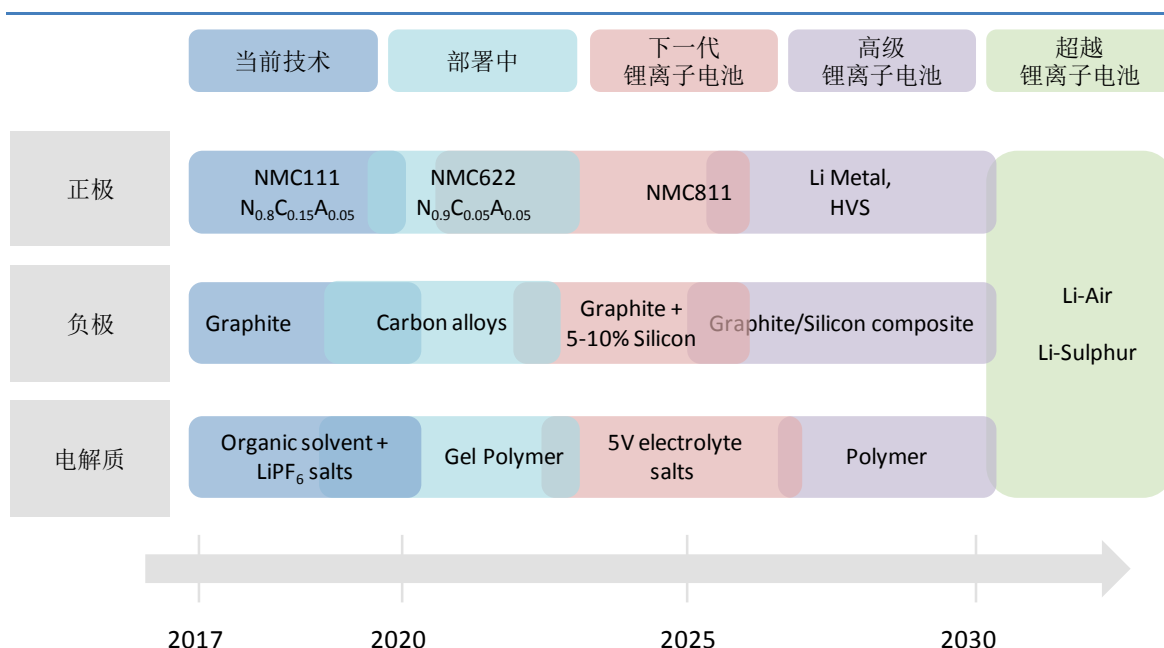
预计到 2025 年左右进入量产市场的下一代锂离子电池的钴含量低、能量密度高且正极材料为 NMC811。在石墨负极中添加少量的硅，可增加高达 50% 的能量密度（Meeus, 2018）且能够承受更高电压的电解质盐，也将有助于提高性能。

在 2025 年至 2030 年期间，实现更高能量密度的技术可能会开始进入市场，并将突破锂离子电池（高级锂离子电池）的极限。例如，锂金属正极材料能改进锂电池性能而不必依赖于钴，并且由硅复合物制成的负极材料可能投入应用。同时，固态电解质也可能被应用，从而进一步提高电池的能量密度和安全性。

锂离子技术可能被其他一些号称有更高的理论能量密度以及更低的理论成本的电池技术所取代，例如锂空（Li-air）和锂硫（Li-S）电池。但是这些技术不成熟，实际性能还有待测试，并且相比锂电池所具有的性能优势尚未得到证实。

即使在 2030 年市场上出现有各种各样的电池，但由于需要时间提高产能，这些先进技术的市场广泛应用会有所滞后。这就是为什么其中大多数被归于 2030 年的“下一代”技术。

图 5.4 预期电池技术商业化时间表



注：HVS=高电压尖晶石。该图显示了相关技术的商业化开始时间。

来源：Meeus (2018)；Nationale Plattform Elektromobilität (2016)；NEDO (2018)；Howell (2016)；Pillot (2017)。

关键点：锂离子电池在未来 10 年仍将是首选技术，届时将会有一系列技术改进实现电池性能的提升。其它技术预计将在 2030 年之后得以应用。

成本估算

轻型车

鉴于目前的技术和市场状况，使用 BatPaC 模型可以估算 2017 年生产的电池的成本范围。取电池容量 20-75kWh 和产能 0.5-8GWh/年，该模型计算出的成本范围为：大批量生产的大容量电池 155 美元/kWh 至小批量生产的小容量电池 360 美元/kWh。

通过比较内燃机汽车和电动汽车的车型（例如大众 e-Golf）可以得到这个范围内的中档对应的是价格为 274 美元/kWh 的电池包。通用汽车公司的电池价格为 145 美元/kWh（Reuters, 2017g），其成本与以上提到范围的下限一致。

当电池成本根据产量做平均，其结果将倾向于 155-360 美元/kWh 的下限，这是因为低成本的电池包的产量更大。

虽然在电池方面，插电式混合动力汽车可以和纯电动汽车一样获益于规模经济，但由于它们的电池包与电池单元比例高，其电池包的单位能量成本更高。因此，一般插电式混合动力汽车的电池成本比纯电动汽车高 20%。

Page | 56

到 2030 年之前，电池的成本降低可能来源于三方面主要因素：

- 电池容量将增加，以满足全电动驾驶的长续航里程。
- 将出现具有大规模生产能力的电池制造企业，产生规模经济效益。
- 将可选择具有更高能量密度和更低钴含量的电池材料。

假设使用 NCM811/石墨电池材料、生产能力范围为 7.5-35GWh/年、电池容量为 70-80kWh，使用 BatPaC 模型得到的成本结果为 100 -122 美元/kWh。这与 2030 年欧盟 93 美元/kWh（Omar, 2010）、中国 116 美元/kWh（Hao et al., 2017）和日本 92 美元/kWh（NEDO, 2018）的电动汽车电池成本降低的目标一致。

其它交通方式

两轮车

能够保证足够行驶距离的两轮车的电池容量在 1.5kWh 到 4kWh 之间。如果结合图 5.3，两轮车电池的每公里成本非常高。但是，图 5.3 聚焦的是汽车的电池包，不能直接用于两轮车。这是因为用于汽车的电池包有诸如冷却系统的部件，两轮车的电池并不需要。两轮车的功率要求相对较低，并且因为即使用慢充它们的充电时间也相对较短，所以不需要快速充电。

与汽车电池包相比，两轮车的电池包结构更为简单。因此，假设电池单元的生产成本相似，即使电动两轮车的电池容量明显较低，其电池成本（240-550 美元/kWh）也能比电动轻型乘用车估计的范围下降多 50-60%¹⁰。这意味着由轻型车电气化驱动的规模经济可能对电动自行车产生积极的溢出效应，为锂离子电池在两轮车的使用提供了重大机遇。

重型车辆

与轻型车的电池相比，对于重型车辆，大容量电池包能增加电池单元与电池包的比例，更有可能实现成本的降低。但重型车辆的电池必须具有更长的寿命周期，通常使用比一般 NMC 材料成本更高的 LFP 正极材料。此外，重型车辆电池必须可维持高充电负荷以保证合理的充电时间，这就导致了由采用的电池材料（LTO 经常被用来代替石墨）和对更复杂的热管理系统的需求产生的更高的单位成本。因此，有充分的理由认为两方面因素（大容量电池带来更低的每千瓦时单位成本，但对电池的耐久性和充电功率要求更为严格）导致重型车辆单位能量的电池包成本可能不会与小汽车的成本范围相差太多。

电池技术发展对电动汽车的影响

本节主要讨论三种主要交通工具：轻型车、两轮车和城市公交车，其主要目的是得到向电气化出行过渡的有利条件。

¹⁰ 这是取的 10%和 110%的平均值，10%是假设两轮车电池每 kWh 成本等于一个轻型乘用车电池包的单个模块的成本（下限）得到的，110%是用针对轻型乘用车开发的 BatPaC 模型计算电池容量为 3kWh、14 个电池单元和 2 个模块所得到的。

在上述关于电池成本讨论的基础上，用 100-350 美元/kWh 的成本范围评估电池价格对纯电动小汽车和公交车电池的购买价格及总拥有成本产生的影响。虽然这个评估主要针对当前市场条件下电动汽车的成本竞争力，但采用了低至 100 美元/kWh 的成本估计能帮助理解 2030 框架下可能发生的情况。¹¹

在此评估中，插电式混合动力汽车的电池成本假设比同等的纯电动汽车高 20%。电动轻型乘用车和重型汽车的电池假设处于上一节讨论的成本范围内，而两轮车的电池成本假设每千瓦时高 50%。将生产成本和销售价格之间的差价考虑在内，所有成本估算值上增加 10-15%。图 5.5 和图 5.6 比较了在三种不同电池价格水平下轻型电动汽车与内燃机汽车的总拥有成本。尽管电池的技术特性（主要是电池尺寸和存储容量）不同会产生价格差异，但可以对不同交通方式和车辆类型之间进行电池技术的同一基准对比。

轻型车

电动轻型乘用车的总拥有成本高于传统内燃机汽车，这是目前阻碍消费者接纳电动轻型乘用车的最重要因素。当下电动轻型乘用车的购买价格明显高于内燃机汽车，并且在大多数情况下，这种价格差异超过了燃料和车辆维护成本的降低。但是，电池价格的下降将对这些参数的变化产生重大影响。因此，需要更好地了解电动汽车和内燃机汽车是否以及在何种情况下可以达到成本持平。

电动轻型乘用车相对于内燃机汽车总拥有成本的差异（即纯电动轻型乘用车成本减去内燃机汽车成本）如图 5.5 所示。该图突出了四个关键参数变化的影响：电池价格、汽车尺寸（影响燃油经济性和电池的容量）、燃油价格和年里程。为了体现电动汽车优化的另一个维度，考虑两种情况下的电池价格：当前电池和大型电池。该分析使用一手车参数。¹²

总拥有成本分析中选取的是基于所做的假设，在近期（当前电池，更高的每 kWh 单价）或 2030 框架下（大型电池，更低的每 kWh 单价）都合理的规格参数（例如电池尺寸和车辆功率）来描述车辆特性。

从图 5.5 中可以得出一些结论¹³，包括：

- 对于年行驶里程高的车辆，纯电动汽车和内燃机汽车之间的总拥有成本差距较小。
- 电池和汽油价格对总拥有成本差距的影响大于汽车的尺寸。
- 电池价格为 120 美元/kWh 以及汽油价格较高时（与欧洲今天的价格水平相当），无论年行驶里程如何，纯电动汽车都是较为经济的选择。
- 电池价格为 260 美元/kWh 时，电动汽车在年行驶里程和汽油价格都较高的情况下具有竞争力。
- 尽管小型纯电动轻型乘用车更具竞争力，但大型电动轻型乘用车未来也有可能在与同类型的内燃机汽车的竞争中具有实力，特别是在年行驶里程和汽油价格都较高的情况下。
- 当电池价格更高（例如在产量提升阶段），限制电池容量（从而限制了续航里程）能对降低纯电动汽车与内燃机汽车总拥有成本持平的阈值产生重大影响。

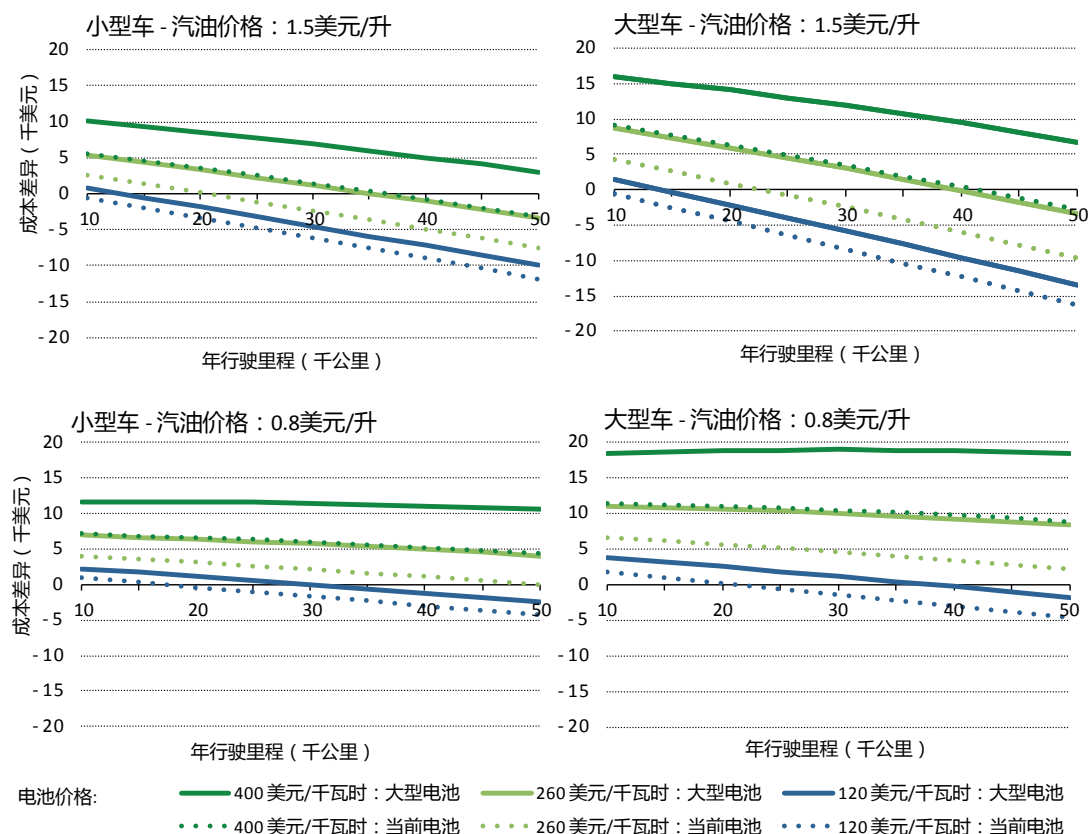
¹¹ 这些值是没有考虑内燃机汽车和电动汽车每公里能耗的改进所得到的。如果考虑这些变化，电动汽车将因电池成本的降低而有显著的车辆成本降低，而内燃机汽车则可以看到运行成本的显著下降。电动汽车每公里能量使用上的改进使得图 5.5-5.9 中总拥有成本曲线向下移动（纯电动汽车的曲线下移更明显，因为它们所需的电池更大），而内燃机汽车的改进带来的是随着里程的增加成本差距的减少变小。

¹² 假设拥有时间 3.5 年且考虑基于历史年折旧率计算的折旧后的残值，另外保守地假设电池组件更快的折旧。

¹³ 即使将内燃机汽车每公里能耗减少 30%和纯电动汽车能耗降低 20%考虑在内，这些结论也不会变。

- 这个分析还证实，燃油税和购买价格激励措施可能对内燃机汽车和电动轻型乘用车之间的总拥有成本差产生很大影响，能降低两种技术间的成本差距。

图 5.5 不同尺寸的纯电动汽车和内燃机汽车在三种电池价格水平下的总拥有成本比较



注：高油价水平：每升汽油当量 1.5 美元，低油价水平：0.8 美元/L。用于小型车的假设：功率 85kW，大型电池容量 60kWh，当前电池容量 40kWh，电动汽车经济性为 0.2kWh/km，上路的内燃机汽车的燃油经济性为 6.6L/100km。用于大型汽车的假设为：功率 172kW，大型电池容量 93kWh，当前电池容量为 62kWh，电动汽车经济性为 0.31kWh/km，内燃机汽车的燃油经济性为 10.3L/100km。这些假设与两种尺寸的车的续航里程均为约 300km 一致。计算采用的电价为 0.12 美元/kWh，额外充电费用为 0.04 美元/kWh。根据动力成本不同，纯电动汽车和内燃机汽车的购买成本不同。这些成本受年度折旧率的影响，折旧率根据年行驶里程水平而变化（年行驶里程高的年度折旧率较高）。假设平均拥有时间为 3.5 年，纯电动汽车的年度维护成本约为内燃机汽车成本的 20%。与内燃机汽车相比，纯电动汽车的每公里轮胎成本几乎翻倍。大型电池的情况代表的是对 2030 年左右的电池容量的预期，当前电池的情况代表的是 2020 年左右的电池容量。图中显示的结果基于内燃机汽车和纯电动汽车的每公里能耗恒定的假设。

关键点：如果电池成本低、燃料价格高且日行驶里程高，那么对于小型车辆，选择纯电动汽车比内燃机汽车更具吸引力。

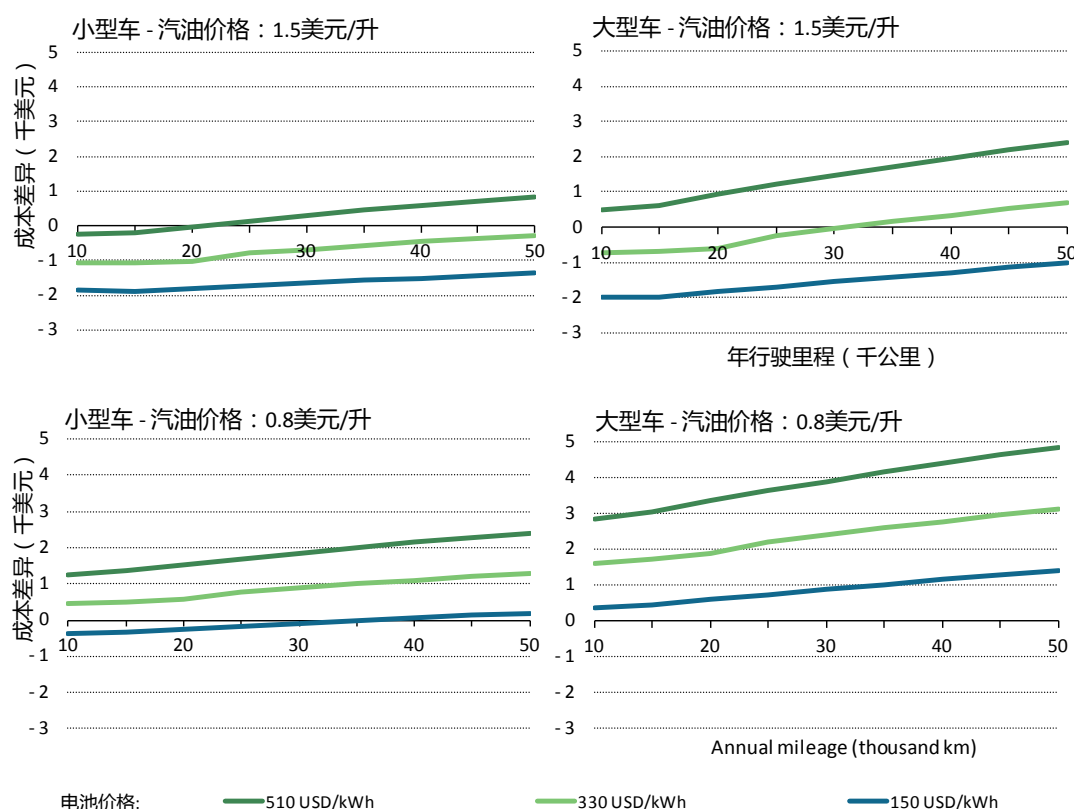
图 5.6 显示了插电式混合动力汽车与内燃机汽车在总拥有成本上的差距，关键结论包括¹⁴：

- 体现总拥有成本差距的曲线的斜率是与图 5.5 中相反的。在尽可能的使用纯电模式驾驶的情况下，对于较低的年行驶里程，插电式混合动力汽车与内燃机汽车相比具有竞争力。而在较高的年行驶里程情况下，插电式混合动力汽车竞争力较弱。这是因为在高行驶里程中，可用电池容量的限制使得纯电模式驾驶的部分可能较少。这

¹⁴ 即使将内燃机汽车每公里能耗减少 30%和插电式混合动力汽车能耗降低 20%考虑在内，这些结论也不会变。

- 种限制表明，在低油价环境下，除非纯电模式的续航里程增加，否则大型汽车只有在购车成本上进行竞争。
- 总拥有成本持平的阈值还取决于燃油税制度，在石油燃料税较高的情况下，这个阈值要低得多。
 - 即使考虑由于电池包与电池单元的比例高而产生的 20% 的成本增量，插电式混合动力汽车实现成本持平时的电池单位成本也比纯电动汽车要高。
 - 此外，需要注意的是，如果内燃机汽车的燃油经济性比电机每公里的能量消耗改善得更快，则插电式混合动力汽车的成本竞争力将显著降低。

图 5.6 插电式混合动力汽车和内燃机汽车在三种电池价格水平下的总拥有成本比较



注：此图中使用的大多数假设与图 5.5 中的相同。然而，电池容量的假设值较低：大型车为 12kWh，小型车为 8kWh。另外的假设包括：插电式混合动力汽车的纯电行驶能力被充分利用、插电式混合动力汽车的年度维护成本约为内燃机汽车的 40% 以及插电式混合动力汽车和内燃机汽车的每公里轮胎成本相同。且结果基于内燃机汽车和纯电动汽车的每公里能耗恒定的假设。

关键点：如果电池价格低且燃料价格高，那么对于小型车来说选择插电式混合动力汽车比内燃机车辆更具吸引力。插电式混合动力汽车的纯电模式行驶比例也极大地影响了成本差距。

影响电动汽车和内燃机汽车之间总拥有成本差距的几个变量是具有区域性的，使得这些区域平均总拥有成本水平不同（IEA, 2017a）。图 5.5 和图 5.6 所示的高汽油价格水平与当前欧洲的汽油价格水平相当，而低油价水平与当前美国的水平相当。在北美，汽车平均尺寸大于欧洲和亚洲且年行驶里程更高。车辆尺寸和功率在其它地区也有所不同。巴西、中国和南非等国家的轻型车尺寸和功率范围与欧洲、日本和韩国的相近。而印度的车辆平均尺寸和额定功率较小（GFEI, 2017）。气候条件也会对电动轻型乘用车产生影响。例如，在北

欧国家进行的冬季测试表明，由于需要使用能量进行内部加热，在非常寒冷的日子里纯电动汽车的续航里程平均要低 27%（Haakana et al., 2013）。同样，在气候炎热的国家，空调的高需求使得需要更大的电池才能满足同样的行驶距离。

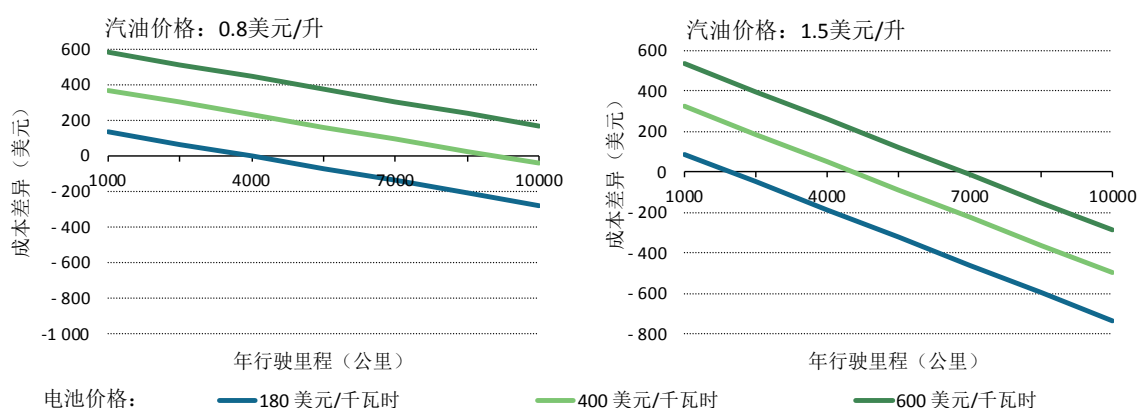
本报告第 6 章讨论了这种成本评估的含义、区域间差异以及各区域不同的政策框架。

Page | 60

两轮车

图 5.7 显示当考虑车辆拥有时间为 3.5 年时，内燃机两轮车和电动两轮车之间的总成本差距很小。即使电池价格为 600 美元/kWh，对于行驶超过 7000km/年（即 27km/工作日）的新车以及汽油税较高（类似于欧洲当前水平）的国家，续航里程为 70km、额定功率为 6.5kW（与现有大多数内燃机两轮车一致）的电动两轮车是一个更为经济的选择。如果电池包成本为 400 美元/kWh，则上述里程的平衡点将降至约 5000km/年（19km/工作日）。在汽油税较低的地方，若行驶里程超过 9000km/年（35km/工作日），相同的电池价格也会使得电动两轮车在与内燃机车型的比较中具有竞争力。电池包价格为 180 美元/kWh 的情况下，在汽油税与欧洲类似的地方，若行驶里程低于 2000km/年（8km/工作日），或在其它地区，若行驶里程约为 4000km/年（15km/工作日），则电动两轮车更为经济。由于即使在人口稠密的城市地区，两轮车的平均里程也通常超过 6000km/年，上述结果表明电动两轮车的经济性很强，尤其是当电池产量规模效应的实现能带来成本下降时对于汽油税高的地区而言。

图 5.7 电动两轮车和燃油两轮车的总成本比较



注：高燃料价格水平：每升汽油当量为 1.5 美元，低燃料价格水平：0.8 美元。对于发动机成本的计算，假设两种车型的额定功率均为 6.5kW，内燃机两轮车油耗为 2L/100km，电动两轮车能耗为 0.04kWh/km。对于电动两轮车，电池的容量为 2.5kWh，可以达到 70km 续航里程。其他假设包括：电价为 0.12 美元/kWh，无额外费用；动力系统和燃料存储成本是纯电动和内燃机两轮车之间购买成本差异的唯一决定因素；购车成本受折旧率影响。所有计算都取车辆平均拥有时间为 3.5 年。

关键点：电动两轮车的经济性很强，在燃油税高的国家，电动两轮车已经具备了与燃油车型的成本竞争力。

公交车

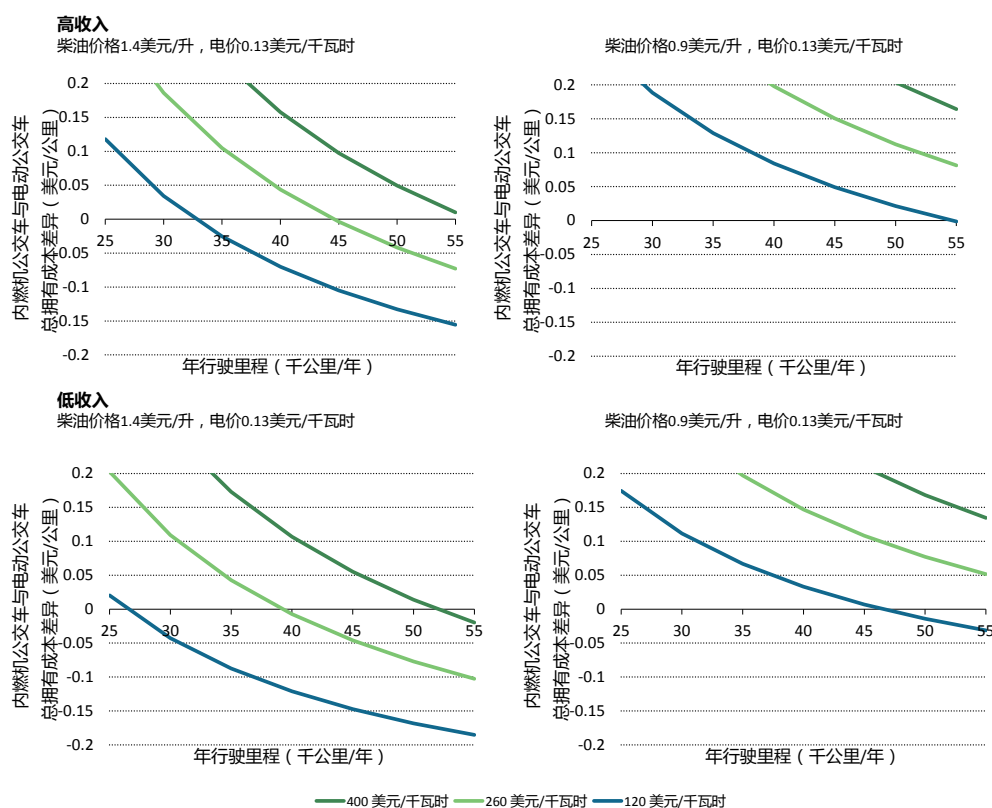
电动公交车与传统巴士的总拥有成本比较如图 5.8 所示¹⁵。

¹⁵ 对电动公交车的评估只考虑当前最普遍的夜间充电，不包括间隙充电。间隙充电的总拥有成本估计低于夜间充电（因为公交车电池需求较低并能与其他车辆共享充电设施）。（Lajunen, 2018）

总拥有成本的对比表明，若电池包的价格能低于 260 美元/kWh，那么在柴油税与欧洲水平相当的高收入和低收入地区，平均每年行驶 4.5 万 km（即每个工作日使用 9 小时，平均时速 19 公里/小时）、使用夜间充电的电动公交车是具有成本竞争力的。

在其它条件都一样的情况下，柴油税较低的地区上述里程阈值则要高得多。图 5.8 也表明，对收入水平不同的国家，这个平衡点是相近的。这种微小的差异与柴油和电动公交车之间的投资成本差距并不显著取决于收入的假设是一致的。

图 5.8 内燃机（柴油）公交车和电动公交车之间的总拥有成本差距



注：模型中的电动公交车采用 330kWh 的电池，续航里程约为 240km。假定电动公交车夜间充电功率 50kW。在 10 年的寿命周期内对总拥有成本的差异进行评估，考虑每年 25% 的车辆折旧率和 35% 的电池折旧率，再加 5% 的折减计算未来的成本。柴油和电动公交车车身和部件成本随收入水平而变化：高收入地区使用的公交车的车身部件价格较高。评估得到的价格差距反映了当地的市场状况。在高收入地区，一辆柴油公交车的车身设为 25 万美元，电动公交车为 29 万美元。而低收入地区分别为 12 万美元和 16 万美元。高燃油税下柴油价格为 1.4 美元/L，低燃油税下为 0.9 美元/L。因为容易磨损的部件少很多，电动公交车的维护费用设为柴油公交车的一半。评估中包括了与充电基础设施相关的费用（每辆电动汽车一个快充桩）。

关键点：如果电池价格低于 260 美元/kWh，在高柴油税的地区，每年行驶 4-5 万 km 时，电动公交车的成本与柴油车相比是具有竞争力的。未来电池价格的下降将使这些地区公交车的电气化成为很好的案例。

鉴于中国所采用的税率为图 5.8 所用范围的下限，这些结果支撑了中国近期电动公交车市场渗透率的快速上升是由补贴和政策而非经济因素推动这一结论。

电池技术的改进和产量的提高能带来成本的降低，使得在燃油税接近欧洲水平的国家，电动公交车每公里总拥有成本低于内燃机公交车。这表明，在欧洲范围内，公交车电气化是有很好的案例。

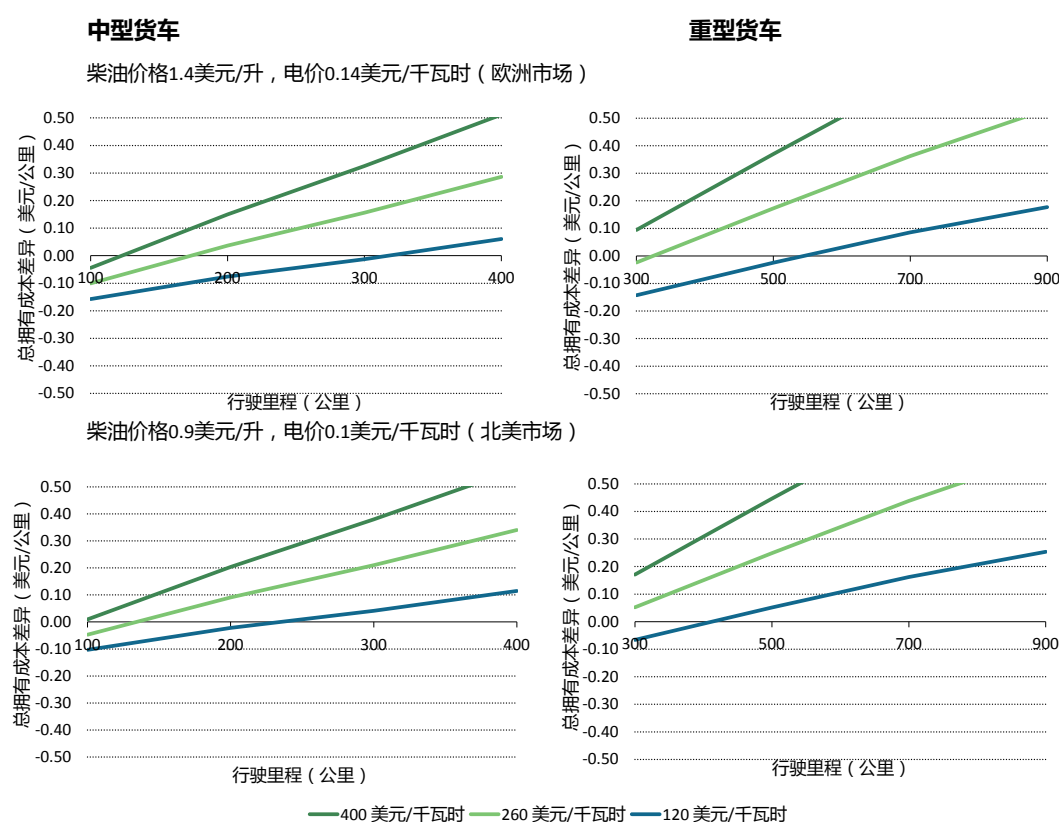
卡车

评估中型卡车和重型卡车成本临界点的关键要素如下：

- 柴油和电力之间的成本差异。
- 年行驶里程，对于城市配送、区域运输和长途任务的卡车有所不同。
- 纯电动卡车的自主性（单次充电续航里程）。

图 5.9 显示了在一定电池包成本范围内，这三个因素对纯电动中型卡车（车辆总重量在 3.5-15 吨）和重型卡车（车辆总重量大于 15 吨）续航里程的影响。

图 5.9 中型和重型卡车在不同电池包成本下的总拥有成本与行驶里程



注：卡车一般的拥有时间为 10 年，这里比较了 10 年的总拥有成本，采用了 10% 的折旧率并考虑这个期间折旧后卡车的残值（假设柴油卡车和纯电动卡车的折旧率相同）。假设重型卡车的年平均里程为 4.5 万 km，重型卡车为 9 万 km，根据卡车常见运营情况，在最初几年内里程高，随着时间推移里程减少。总拥有成本曲线考虑了行驶里程加上每公里的燃料使用量确定的电池容量（以 kWh 为单位）。图中显示了两种价格体系，分别代表欧洲价格（柴油 1.4 美元/L，电力 0.14 美元/kWh）和北美价格（柴油 0.9 美元/L，电力 0.10 美元/kWh），所有其它参数保持不变，充电基础设施费用（假设重型卡车使用 1200kW 的超快充桩和 86 万美元车价，中型卡车使用 180kW 的快充桩和 13 万美元车价）、30% 的日使用率、10 年寿命以及摊销成本 10% 的折旧率都被包括在内。

关键点：纯电动卡车的自主性（单次充电的行驶里程）是其与内燃机卡车相比成本竞争力的关键决定因素。

对于不同的能源价格水平，一旦电池价格低于 260 美元/kWh，电动卡车才开始有竞争力。在这个价格阈值水平¹⁶，最大行驶里程约为 180km 的中型卡车在欧洲开始具有竞争力，而行驶里程小于 150km 的中型卡车在美国开始具有竞争力。同样这个电池价格，如果重型卡车的纯电行驶里程非常有限（接近 300km），在欧洲，拥有 10 年以后它们才有竞争力。而当电池包价格低于 170 美元/kWh 时，每天行驶 300km 的重型卡车才开始在像美国这样的价格体系中具有竞争力。

该分析表明，在柴油价格高的地区，纯电动卡车可用于城市和区域配送。由于运营多年后才能收回投资，因此电动卡车可能首先主要被折旧率低且可以接受长期投资回收期的大型车队购买。事实上，迄今为止几乎所有的样机和上市的纯电动卡车订单都属于大型承运商。但即使在欧洲和美国等发达市场，公路货运也是一个非常松散的行业，大多数卡车由个人或少于五辆卡车的企业拥有和经营（IEA, 2017c）。

¹⁶ 这个评估基于图 5.9 的注释中的假设得到，且对其中的数值具有显著的敏感性。

第6章 展望 2030

情景定义

本节对 2030 年前的两种情景下电动汽车发展情况做了展望。

Page | 65

新政策情景（NPS）是国际能源署《世界能源展望》的主要情景。该情景包含各国政府已经实施的政策和措施，以及通过官方目标或者计划所表达出来的政策可能产生的影响。特别是本报告既包含了正在实施的关键政策，也在第 2 章和第 3 章中介绍了车辆和电动汽车充电设施的最新进展。

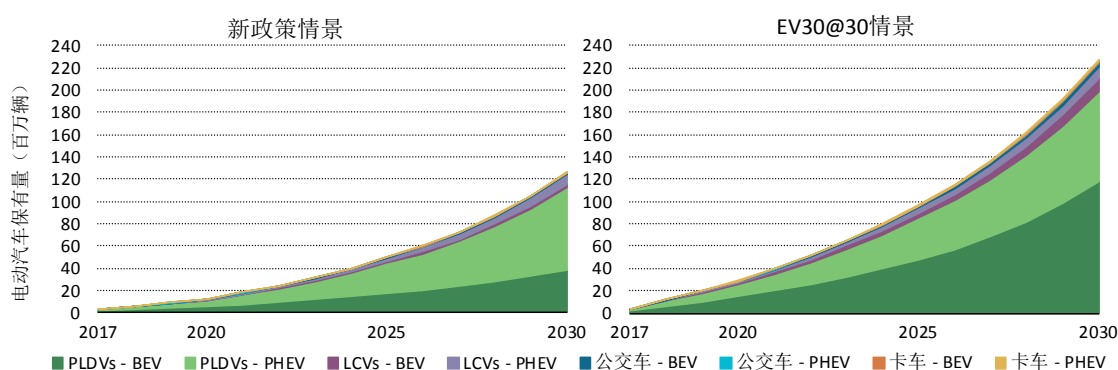
EV30@30 情景与 EVI 成员国在 30@30 挑战行动宣言中所承诺的目标一致。在该情景下，EV30@30 的目标是在全球范围实现电动汽车（包括轻型车、公交车、卡车）市场份额达到总量的 30%。如果至 2030 年电力排放的碳强度降低超过 50%，2030 年后电动汽车市场持续增长，则这个目标与巴黎协定相一致¹。

电动汽车

整体结果

新政策情景预计至 2020 年电动汽车全球保有量达到 1300 万辆（从 2017 年的 370 万辆），到 2030 年达到将近 1.3 亿辆（不包括两轮车和三轮车）（图 6.1）。电动汽车的销售量到 2020 年将达到 400 万辆（从 2017 年的 140 万辆），到 2030 年增长到 2150 万辆。这意味着在预测期内电动汽车销量每年同比增长 24%。

图 6.1 2017-2030 两种情景下全球电动汽车保有量



注：PLDVs = 轻型乘用车；LCVs = 轻型商务车；BEVs = 纯电动汽车；PHEV = 插电式混合动力汽车。

资料来源：基于国际能源署出行模型计算得到（IEA, 2018b）。

关键点：EV30@30 情景预计到 2030 年将有 2.28 亿辆电动汽车（不包括两轮车和三轮车）上路，其中大部分是小型车。这比新政策情景预计的多出大概 1 亿辆车。

¹ 在 EV30@30 情景下，交通领域内的技术发展会帮助实现目标。此外，其他措施也发挥重要作用，如鼓励减少轻型乘用车出行，减少平均出行距离，提高所有交通方式的效率以及鼓励公共交通及慢行交通。

EV30@30 情景预计至 2030 年电动汽车全球保有量将达到 2.28 亿辆（不包括两轮车和三轮车）（图 6.1）。这大概比新政策情景下预测的 2030 年的数值多 1 亿辆。要达到这样的水平，需要尽早开始政策所承诺的快速扩大和地域扩张。

两轮车和三轮车

Page | 66

在新政策情景下上路的两轮和三轮电动车的数量从 2017 年的约 3 亿辆增长到 2030 年的 4.55 亿辆，在 EV30@30 情景下增长到 5.85 亿辆。在这两种情景下，这两种方式的电气化的增长都是显著的。在新政策情景下，到 2030 年将有 39% 的两轮车是电动的，在 EV30@30 情景下这个比例则将达到 50%，并主要进入中国、印度和东盟国家市场。

这些预测反映了一个很好的向两轮电动车过渡的经济案例，预示着电动车电池生产能力未来的增长也将提供更多适合两轮车市场的高性价比电池（图 5.7）。在新政策情景下，较低的两轮车发展水平也反映了对两轮车的政策支持力度低于小型车，如缺乏两轮车燃油经济性标准，以及除了中国之外的其他国家对两轮车的准入门槛和流通的限制。

这些预测不包括任何两轮和三轮车中的混合动力车。因为纯电动车是最适合轻型、短途车的车型，相比混合动力车它们没有复杂的动力系统架构带来的相关费用。

轻型车

在这两种情景下，到 2030 年，轻型电动汽车（包括轻型乘用车和轻型商用车）将成为总量仅次于两轮和三轮车的第二大方式。如果不算两轮和三轮电动车，在 2030 年，上路的新电动汽车总数中，超过 97% 将是轻型电动汽车。这反映了轻型电动汽车的绝对优势，以及比中型和重型长途汽车更高的市场渗透率。

新政策情景

如图 6.1 所示，在新政策情景下，到 2020 年，轻型电动汽车的保有量达到 1200 万辆，占全世界轻型车总量约 1%；到 2030 年，保有量将达到 1.25 亿辆，占轻型车比例近 6%。销量方面，到 2020 年，轻型电动汽车的销量将达到 390 万辆，占全球轻型车市场的 3%；到 2030 年，销量将达到 2100 万辆，占全球市场的 13%。保有量和销量的增长主要来源于轻型乘用车，到 2020 年和 2030 年，都占到了所有轻型电动汽车总量的 90%。

这个增长反映了地方、国家、超国家三个层面已有的和已发布的政策。在政策驱动下电动汽车销售的增长支撑着规模经济，同时促进着技术的进步，包括降低电池成本、提供更多降低轻型电动汽车购买费用的机会，以及提升电动汽车的性能。

由于日均行驶距离适中以及有可用的充电设施，轻型电动汽车在城市地区的使用更多。各地政府为降低空气污染所采取的激励措施促进了电动汽车的普及（表 2.3 和 2.4）。出租车、网约车等在城市地区使用广泛，由于这些车辆日行驶里程高，因此电气化状况良好（如图 5.5 所示，根据总拥有成本，它们具有提高电动模式竞争力的有力条件）。出租车等主要是在交通高峰期间使用（这样可以在非高峰时段免费充电）。自动驾驶的发展也会对电气化产生显著影响²。

在新政策情景下，到 2020 年，插电式混合动力汽车和纯电动汽车几乎各占轻型汽车的保有量和销量的一半；到 2030 年，则向插电式混合动力汽车倾斜。这是地区差异导致的结果，一些市场最初就明显导向纯电动汽车，另外一些更多是关注插电式混合动力汽车（主要反

² 在共享和/或自动驾驶车辆的所有运营和技术要求中是否更适合使用电动汽车而不是传统内燃机汽车，取决于尽可能减少自动驾驶相关设备的电力需求方面的发展水平。

映在政策措施上，特别是财税激励）。这里从以下几个因素来分析概括轻型电动汽车市场的演变发展：

- 低续航里程的插电式混合动力汽车成本竞争力更高，相比纯电动汽车，传统私家车拥有者更青睐选择插电式混合动力汽车，特别是已经拥有一辆私家车的家庭。
- 由于有更多的驾驶模式选择，对于个人而言，购买插电式混合动力汽车更具有灵活性，同时由于在长距离出行中纯电动汽车障碍更多，插电式混合动力汽车更受欢迎。
- 对于很容易进行通宵充电的高续航里程纯电动汽车，其优势增加，因此更适合用于出租车服务。
- 大容量电池成本的降低（尽管面临更高的前期成本）给纯电动汽车在汽车市场的高附加值细分市场中带来了一定的空间，且不仅是对小型车而言（因为电池容量需求较低，前期费用可能更低）。

Page | 67

EV30@30 情景

在 EV30@30 情景下，到 2030 年，上路的轻型电动汽车比新政策情景下的数量多了 1 亿辆，总数达到了 2.2 亿辆。这种情况出现的背景是，由于为了减少交通量而采取了措施将出行转移到其他交通方式，EV30@30 情景下轻型车的总数比新政策情景下低 12%。在 EV30@30 情景下，到 2030 年，轻型电动汽车的销量预计为 3800 万辆。两种情景下纯电动汽车和插电式混合动力汽车的渗透率截然不同：到 2030 年，新政策情景下，纯电动汽车占轻型电动汽车总量的 1/3，而这个比例在 EV30@30 情景下则达到了 60%。这反映了一种背景假设，即有更易使用的充电设施、时间表延长的更严格的燃油经济性标准、有利于零排放汽车的监管激励和对使用燃油车更多的限制。同样地，这些条件也会使得插电式混合动力汽车更多的使用电而不是燃料来完成更多的年行驶里程³。在 EV30@30 情景下，对纯电动汽车的依赖度与内燃机汽车（包括插电式混合动力汽车）的折旧速度以及化石燃料的税率都成正比。

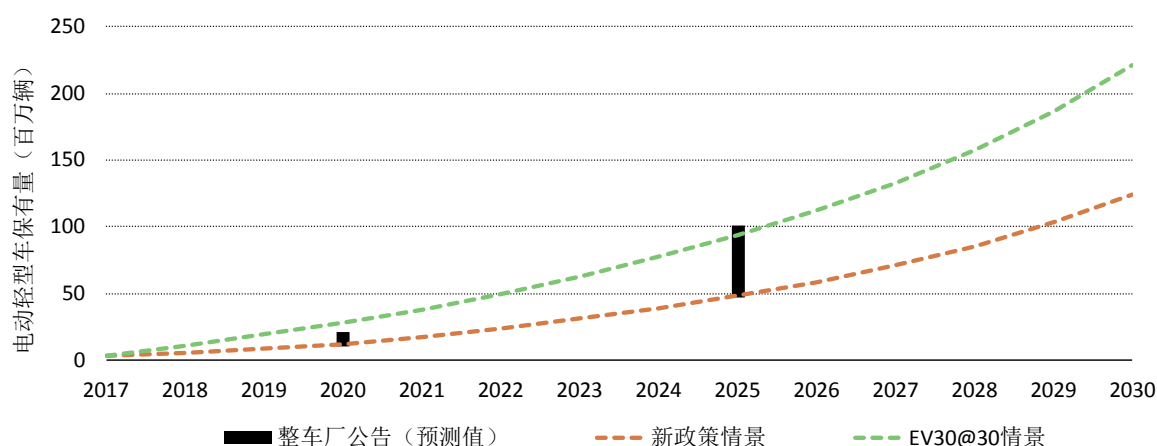
基于轻型车制造商目标的基准情景结果

在预测未来电动汽车中的一个重要参数是车型未来的可用性。很多整车厂仍然在增加产量，因此评估他们向市场供应车辆的程度主要取决于其发布的公告。大多数整车厂通常会公布到 2020 年或者 2025 年的产量。整合他们公布的这些数据（图 6.2），不难看出一些有趣的现象：

- 整车厂的公告与新政策情景对 2020 年的预测值一致，且很有可能会超过 2025 年的预测值。如果所公告的 2025 年的制造能力能按计划实现，那么所预测的 2025 年的市场规模则很容易达到。
- 按照整车厂的公告，通常到 2025 年的计划比到 2020 年的要高很多，表明 2020 年以后已经具备了生产大容量电池的能力。
- EV30@30 情景下预测的 2020 年的电动汽车保有量超过了整车厂公告的水平，对 2025 年的预测则为所公告的区间范围的上限值。
- 在全球范围内达到 EV30@30 的目标（2030 年轻型电动汽车保有量 2.2 亿辆）将不仅仅需要电动汽车成功的市场推广，而且需要在 2025 年后在最新公告的基础上增加新的电动汽车生产能力。

³ 新政策情景下，基于 2017 年所假设的 30% 的比例，到 2030 年，插电式混合动力汽车 65% 的里程是由纯电模式完成的。而在 EV30@30 情景下，这个比例增长更快，到 2030 年达到 80%。

图 6.2 2017-2030 轻型车的情景预测和制造商目标对比



注：整车厂的 2020 和 2025 预测值是基于表 2.5 中所列出的公告得到。2020 和 2025 中国制造商的产量上限都为 520 万辆，这个数值的计算考虑的是 2020 年公告的 770 万辆产能 (Liu, 2018) 和 66% 的产能利用率，这个产能利用率是根据近年来中国的实际产量和生产能力的比值得到 (HIS Markit, 2015)。中国 2020 年产量的下限是 200 万辆，低于所评估的同年的生产能力。对于那些宣布要开发多种车型的企业，分析中的假设考虑了每种车型对应的销量范围在 2020 年为 1 万-3 万，2025 年为 3 万-5 万。

资料来源：基于国际能源署出行模型计算得到 (IEA, 2018b)。

关键点：制造商所预测的轻型电动汽车的规模在新政策情景和 EV30@30 情景之间。

公交车

新政策情景和 EV30@30 情景中都包含了快速发展的电气化公交车车队，主要在于城市里纯电动汽车的部署。在新政策情景下，到 2030 年，电动公交车数量将达到 150 万辆；在 EV30@30 情景下，将达到 450 万辆。而 2017 年上路的电动公交车数仅为 37 万辆。

到 2030 年，电动公交车占总公交车销量的市场份额，在新政策情景下低于 15%，在 EV30@30 情景下低于 35%。这些高份额反映了公交车高行驶里程和能按计划每天进行夜间充电所带来的成本优势 (图 5.8)。城市地区过渡到电动公交车将为如何优化电池、解决服务区的充电设施这些具体问题带来更多机会。

在 EV30@30 情景下，过渡期更快主要是因为强有力的政策驱动和部署电动汽车充电设备的公私利益相关者之间的协调计划。这将有助于在城市地区安装能够有效接入电网 (可能需要加固物) 的大容量充电装置 (大于等于 50kW)。在该情景下向电动公交车过渡还包括了插电式混合动力和纯电动的长途客车。

卡车在新政策情景下，到 2030 年，全世界电动卡车的保有量将从 2017 年几百辆，增长到将近 100 万辆；在 EV30@30 情景下，则达到 250 万辆。这些预测值仍意味着在 2030 年，电动卡车占卡车总量的比例较低：在新政策情景下，占 1%；在 EV30@30 情景下，占 3%。大多的货运业务，特别是需要使用重型卡车的，通常是在公路上的长距离运输，这与在城市环境里发展电动公交车充电设施截然不同。结果是，鉴于所预期的电池价格下降率，从成本效益的角度考虑，长行驶里程的要求以及巨大的车身尺寸和重量将导致到 2030 年卡车大范围电气化的机会很小。同时，考虑到在可接受时间内对卡车电池充电的高功率需求，当前允许卡车在公路上进行快速充电所面临的技术和经济障碍也强化了这种结果的出现。

地区洞见

中国和欧洲

在两种情景下和所有的方式中（图 6.3），中国和欧洲是全球电动汽车发展最快的地区。

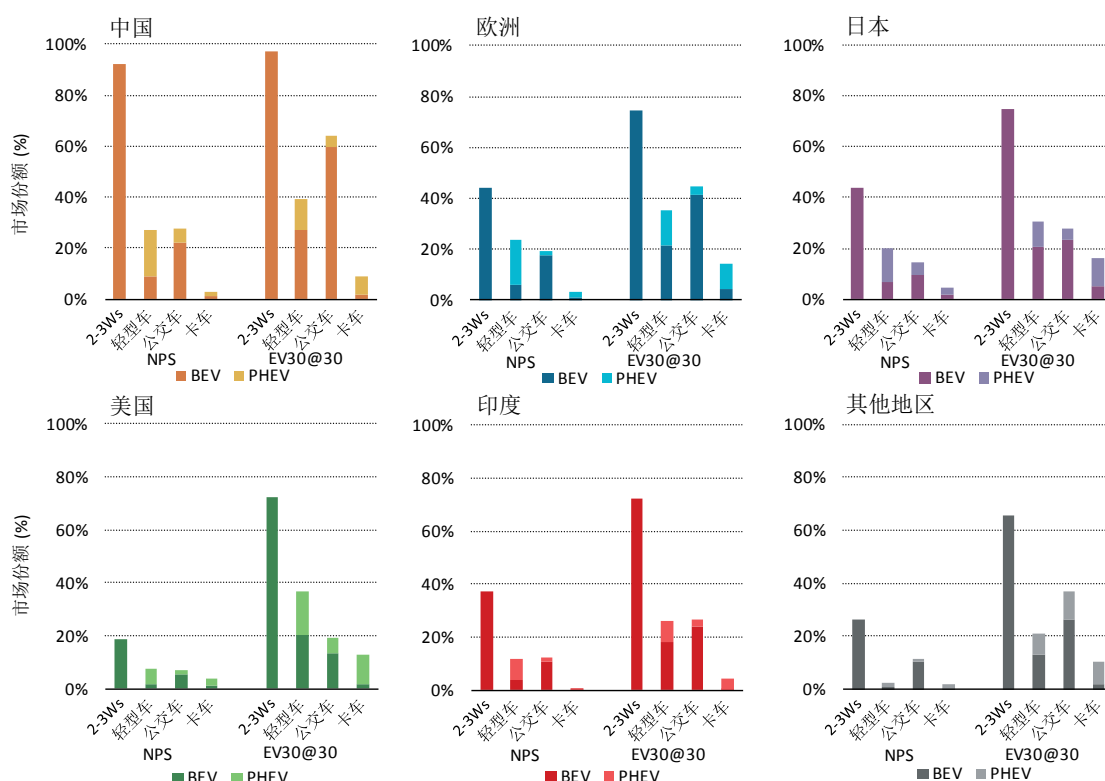
在新政策情景下，将所有方式都统计在内（除了两轮车和三轮车），到 2030 年，中国电动汽车的市场份额（或者销量份额）占 26%，欧洲占 23%。

对于轻型车来说，主要受到这些影响：

- 中国在 2017 年 9 月颁布了双积分政策和电动汽车补贴政策。（MIIT, 2017; MIIT, 2018）
- 欧盟委员会近期修订了关于 2030 年乘用车和轻型商用车二氧化碳排放标准的提案（EC, 2018a）以及针对石油燃料的高税收制度。

在两种情景下，电动公交车市场份额在这两个地区同样高于其他地方。在欧洲，主要是由于柴油的燃料征税高于世界上其他地区，这使得向电动汽车的早期过渡在经济上更加可行。欧洲额外的专项支持进一步增加了这个预测。在中国，主要源于在 2017 年已经开始的地方电动公交车产业和主要城市在转变开始时就提供了强有力的政策支持。城市对他们公交车车队电气化做出了明确的承诺（C40, 2017）以及地方政府致力于实施零排放-低排放区域（表 2.3），都促进了城市电动公交车的推广。

图 6.3 2030 年两种情景下部分区域的各类电动汽车市场份额



注：NPS 指新政策情景，2-3Ws 指两轮和三轮车。

资料来源：国际能源署出行方式（2018b）。

关键点：在新政策情景和 EV30@30 情景下，电动汽车市场都由中国和欧洲主导。

在 EV30@30 情景下，到 2030 年，由轻型电动汽车、电动公交车、电动卡车构成的电动汽车市场份额，在中国达到将近 40%，欧洲 35%。尤其是欧洲的插电式混合动力汽车和纯电动卡车将有一个强有力的市场渗透。

在两种情景下，到 2030 年，中国的电动两轮车和三轮车的市场份额将从 2017 年的 55% 增长到 90%，反映了实施强有力法规所带来的巨大转变。其他地区紧随其后，但由于措施不严格，发展步调较慢。所有的地区，轻型电动汽车在电池成本等方面发展所产生的溢出效应也对两轮车产生有利影响，因此在两种情景下，到 2030 年，两轮车的市场份额都将高于其他方式。

日本

日本是世界上第五大电动汽车市场并且已经开始实施未来的目标（表 2.2）。日本拥有强大的氢燃料电池汽车设计和制造的经验，同时也是在向电气化转变比其他地区要快的整车厂的发源地（例如尼桑，丰田）。很多的日本制造商同样对汽车电池的研发做了大量投资（例如松下）。日本高密度城市化使其比其他地区更容易全面部署充电基础设施网络。然而，在新政策情景下，日本的电动汽车市场份额仍然略低于中国和欧洲，因为日本的政策环境并没有明确包括对纯电动和插电式混合动力轻型车的监管要求，也没有对电动公交车的补贴。同时日本在推广氢燃料电池汽车作为未来交通运输清洁化一部分方面是全球领先者。

在 EV30@30 情景下，在 2030 年，日本电动轻型汽车市场份额更加接近中国和欧洲，巩固了日本作为汽车电气化转变的全球领导者的地位。

美国

美国的电气化出行发展以两种速度发生：

- 一方面，有一些有明确野心的市场领导者，如加州和零排放汽车的州，这些州实现了快速的市场渗透率（表 2.2）。
- 另一方面，石油燃料的税低于中国、欧洲和日本；其车辆特征（功率、尺寸、重量和占用面积）表明美国的车辆比世界上其他地区的要大；最近联邦政府认为当前二氧化碳排放标准太过严苛（EPA, 2018），但对其修订存在不确定性导致了在新政策情景下美国比其他国家电动汽车发展慢。

在 EV30@30 情景下，假定美国迅速采用一种得到广泛支持的政策框架，那么轻型电动汽车市场份额则可达到与中国、欧洲和日本相似的水平，但在燃料税保持比欧洲低的情况下，纯电动公交车成本竞争力低，因此其电动公交车的份额较低。

印度

在新政策情景中，至 2030 年，印度电动汽车市场（除两轮和三轮车外）占有率将达到 11%。这反映了国家发展电动汽车的雄心和行动，包括当地汽车工业的积极投入（Mahindra, 2018; The Economic Times, 2018）以及政府采购电动轻型乘用车的行动（Government of India, 2017b; Government of India, 2018b）。鉴于未来发展需要一个整体的政策框架来支持电动汽车，在新政策情景下预测印度的电动汽车渗透率低于世界其他的主要地区。

在 EV30@30 情景下，印度的电气化出行过渡势头强劲，创造了有利的政策环境，在 2030 年，所有方式（除两轮和三轮车外，这两种车同期销售的超过 70% 是电动车）的电动汽车市场份额达到 25%，这可能来自于共享出行系统的支撑。这意味着在某种程度上，这个国家在机动化出行发展的过程中，直接从较低的私家车拥有水平跳跃到共享出行阶段。

其他地区

图 6.3 显示，在世界上其他地区，大的电动汽车市场包括亚洲（不包括中国和日本）、非洲、澳大利亚、中东、加拿大、拉丁美洲、新西兰、土耳其和俄罗斯联邦。

在新政策情景下，到 2030 年，在这些地区的轻型电动汽车的平均份额比中国、欧洲、日本、印度和美国低。这反映出领导着支持电动汽车政策发展的大部分全球主要经济体都包括在上述详细讨论的地区中。其他地区的电动公交车份额（总和）比美国高，这反映出尽管在某些地方获得资金来购买电动公交车难度更大，但高燃油税仍表现出更强的经济作用。

在 EV30@30 情景下，在这些地区的轻型电动汽车份额与印度类似，这表明迅速的政策行动使充电设备的部署和电动汽车动态发展得到了更多保障。电动公交车在这些地区也像欧洲一样快速发展。这是因为有一系列的案例表明公交车的电气化能降低总拥有成本，并且政府和其他利益相关者都被认为主动消除了增加车辆使用中的障碍（包括获得资本）。

Page | 71

电池容量

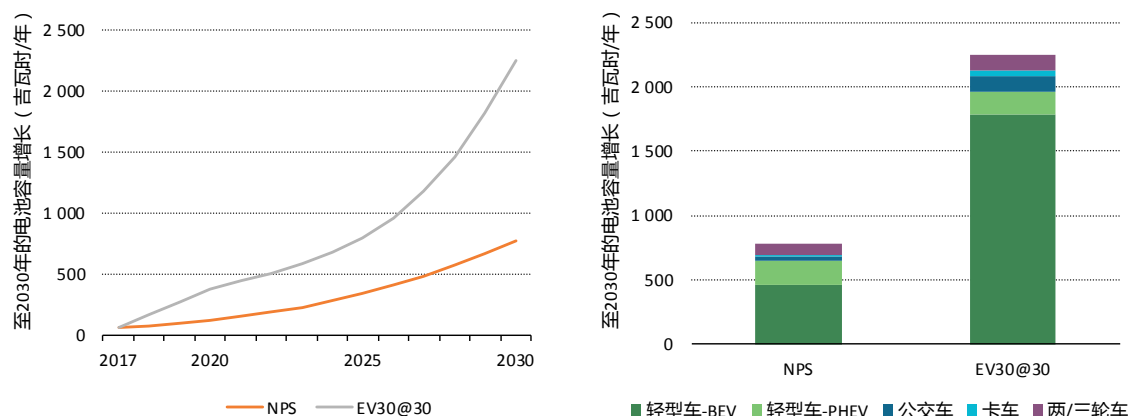
两种情景下，电动汽车的发展都伴随着电池生产能力的同步提升。到 2030 年，电动汽车有望拥有更长的 350km 到 400km 之间的续驶里程。这样的距离相应的电池容量是 70-80kWh。当前，轻型车平均的电池容量在中国是 20kWh，美国是 60kWh，那么每辆车平均的电池容量将得到提升。对于插电式混合动力汽车，纯电续驶里程的均值将达到 60-70km，这将使得纯电驱动的年行驶里程份额有望升高。插电式混合动力汽车的平均电池容量预期达到 15kWh 左右的稳定值。

- 在新政策情景下，电动汽车的年电池容量需求预期增长 15 倍，从 2017 年的约 68GWh 到 2030 年的 775GWh。蓄电池主要应用于轻型电动车（84%），其中有一部分插电式混合动力车，其次是两轮车（10%），以及包括公交车和卡车的重型车（7%）。预计中国的需求量超过全球总量的一半，居首位，其次是欧洲（18%）、印度（12%）、美国（7%）。
- 在 EV30@30 情景下，会提前五年达到“新政策情景”所预期的 2030 年的电池年度需求值，并且在 2030 年时会达到 2.25TWh，轻型车占到总量的 87%（图 6.4）。中国仍然保持着全球最高需求，占总量的 1/3。欧洲和北美合计占 28%，印度的需求达到 12%，日本 3%。

这样的结果意味着，在两种情景下，电动汽车的电池供应市场预期在未来的几年都将经历一个大规模扩张。新政策情景下所预期的 2025 年的需求将需要建设约 10 个具备特斯拉超级工厂生产能力的电池生产基地。有迹象表明主要的电池制造商以及新的市场玩家正在扩大对电池生产的投资。全球所有地区的制造商都计划未来的产能超过每年 30GW（表 5.1）。

电池容量需求的增长对电池成本和过渡金属元素（钴、镍、锂）有重要影响（Olivetti et al., 2017），具体在下一部分进行讨论。（电池容量扩大对成本的影响已在第 5 章作出分析）。

图 6.4 两种情景下至 2030 年电动汽车的电池需求



注：NPS=新政策情景。电池容量的预测基于电动汽车销量预测和各区域的电动汽车电池容量。对于纯电动汽车，2017 年轻型车的电池容量范围为 30-70kWh，2030 年增长到 70-80kWh。对于插电式混合动力汽车，从 2017 年的 8-12kWh 增长到 2030 年的 12-15kWh。北美和中东因为行驶里程和车辆性能（功率、重量和燃油经济性等）高于全球的平均水平而采用较高的值。假设公交车使用 250kWh 的电池，两轮车使用 3-4kWh 的电池，卡车的电池容量为 150-350kWh。

关键点：电动汽车，主要是轻型乘用车到 2030 年的电池容量需求，在 EV30@30 情景下，预计每年增长 2.2TWh，在新政策情景下，每年增长 0.78TWh。

材料需求

电动汽车需求上升将会导致并不与道路运输相关的材料的更高的需求（表 6.1）。三个主要的增长是铜（Copper Alliance, 2017）、电机中稀土元素、电池中贵金属。铜和稀土供应都被认为不会对电动汽车的发展构成威胁，因为电动汽车对于铜的需求将只占整个铜需求的很小一部分，稀土可以通过不同的电机设计被其他材料替代（Kramer, McCallum and Anderson, 2012）。另一方面，电池材料供应的潜在风险已经得到了确认。

表 6.1 主要电池化学材料中的关键材料密度总览

千克/千瓦时	锂	镍	钴	锰
NCA	0.10	0.67	0.13	0.00
NMC111	0.15	0.40	0.40	0.37
NMC433	0.14	0.47	0.35	0.35
NMC532	0.14	0.59	0.23	0.35
NMC622	0.13	0.61	0.19	0.20
NMC811	0.11	0.75	0.09	0.09
LFP	0.10			

注：NCA 指镍钴铝氧化物，NMC 指镍锰氧化物（数字代表每种金属元素的份额）LFP 指氧化铁磷酸锂。

资料来源：ANL (2018b)。

关键点：正极化学材料的改变对于材料需求有直接的影响。例如，镍锰钴 811 中钴含量的显著降低使得电池制造商的利润增加。

新政策情景和 EV30@30 情景的预测清晰表明电动汽车的市场份额将会增加。电动汽车电池 8-10 年的寿命加上电池容量需求的快速增长，意味着至少到 2030 年，几乎所有用于提升电池容量的材料都将会不得不从资源中提取⁴。

鉴于电池化学材料在汽车应用中的重要性，这种发展对锂离子电池中广泛使用的材料需求的增长具有重要意义，关键材料包括镍、钴和锂。

镍

镍有广泛的应用，且已经具备非常发达的供应链。今天，镍供应已经达到每年 2000 千吨的量级，基本上满足高级别钢铁生产的需求。电池是对镍多种需求中的一小部分（Glencore, 2018; Hamilton, 2018）。迄今为止，镍的价格不会受电动汽车相关需求变化的影响，反而会受市场波动的影响，如持续到 2015 年的过度供应和之后的紧缩导致累积库存的下降（Glencore, 2018; Hamilton, 2018）。由于新的需求将在更大环境中发生整合，即使镍会受到电池容量增长所带来的需求结构变化的影响，影响也会有限。尽管对于不同用途在品质上要求不同而可能导致出现双层市场，但同样面临电动汽车电池容量需求增加，镍受到的影响比其他材料会更小。

钴和锂

钴和锂会受到更显著的影响。电动汽车电池容量增加、投机储备和战略采购已经导致了在过去两年里这两种商品现货价格的巨大改变（2018 年 1 月钴和锂的价格比 2015 年 1 月分别增长了 250% 和 400%）（Facada, 2018）。这反映的不是储量不足，而是相较于镍，钴和锂当前较低的需求规模（分别是 110kt 每年和 40kt 每年）以及这两种材料在电动汽车电池所占的较大份额。100 万个电动汽车电池（接近 2017 年的实际销售量）估计占 2017 年所有钴需求的 6%、所有锂需求的 9%。相比之下，同样数量的电动汽车只占了全球镍需求的 0.4%（Hamilton, 2018）。

钴

当前大部分钴是作为镍和铜的副产品进行开采的，因为它们存在于同一类矿石中，也因为其有限的市场规模和价格。这意味着今天的钴供应与其他材料市场关联，且对源自于电动汽车需求增长的快速响应的机会有限。当前全球钴产量接近 60% 集中在过去处于动荡的刚果民主共和国。需求的增长刺激着该国人工开采提取钴，并且还使用童工（Hamilton, 2018）。此外，提炼和处理原钴的能力也高度集中，有 90% 在中国。这些特点使得钴的供应存在风险。

锂

锂产自南非和澳大利亚。自 2015 年末开始的价格增长归因于智利复杂的约束条件以及电动汽车需求爆发而导致的供应滞后（Hamilton, 2018）。尽管如此，由于当前智利产能的提升以及在澳大利亚、巴西和阿根廷对新提取技术的投资，未来还是会有大量锂的供给。

⁴ 只有在车辆库存中有足够的材料且在车辆或电池报废时可以获得这些材料的情况下，才能通过回收得到材料供应。

需求预测

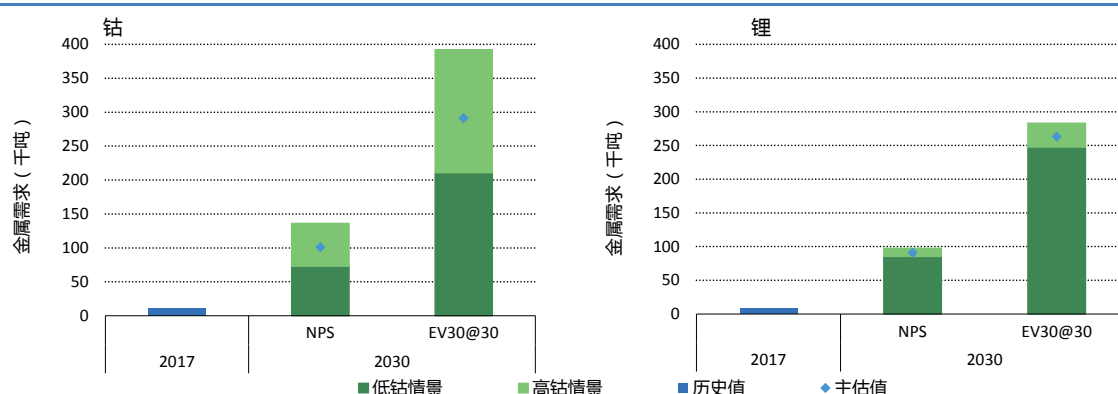
图 6.5 显示了在新政策情景和 EV30@30 情景的电动汽车发展速度下钴和锂的需求预测。将第 5 章中所做的分析考虑在内，这个预测考虑了在下个十年车载电池可能发生的电池化学材料变化所带来的敏感性。

Page | 74

图 6.5 表明在下个十年，钴和锂的需求将会大幅增长。这是一个非常重要的信号，指明有必要进行生产力方面的投资，从而降低出现供应瓶颈的风险。从图 6.5 还可以看出，未来对于钴和锂的需求存在两种不确定性：第一，有多少车辆会被卖出；第二，哪种电池将会被使用。

对 2030 年正极材料市场份额的一种估计是 50% 是 NMC811，40% 是 NMC622，10% 是 NCA。根据该假设，在新政策情景中，2030 年的钴需求是 10.1 万吨/年，锂需求达到了 9.1 万吨/年（图 6.5）；在 EV30@30 情景下，这些值更高，分别是 29.1 万吨/年和 26.3 万吨/年。如果 NMC811 正极电池在 2030 年广泛应用，那么对于锂的需求预期则高于钴。在 EV30@30 情景中锂需求大量增长的一个主要原因是重型车的需求增加，这类车辆主要基于 LFP 正极化学电池，所以不影响钴需求。

图 6.5 2017 年和 2030 年钴和锂的需求



注：NPS=新政策情景。用预测的电池容量和销量数据来估计 2030 年的材料需求。需求数据指的是纯金属含量。在低钴情景中，2030 年 NMC811 电池占总销量的 90%，其余是 NCA。在高钴情景中，NMC 622 占 90%，其余是 NCA。在所有情景中重型车的电池需求都假设为 80% 的 LFP 和 20% 的 NMC622。

关键点：在两种情景下来自于电动汽车的锂和钴需求都会增长。未来电池化学的不确定性增加了 2030 年钴需求的变化。

图 6.5 所示的结果表明，正极化学材料的变化对钴需求的影响比锂要显著。电池制造商的研发推动了正极材料从 NMC111 转换到 NMC622 和 NMC811，从而增加了电池元件能量密度，这对于钴需求有重要的影响。另一方面，对锂而言，只有主要的电池设计变化（如超锂离子技术，但 2030 年前预计很难实现）才可能有相似的影响。

钴和锂需求的急速增长需要对原材料供应的投资。然而，面对极高的需求不确定性，材料供应商又可能谨慎做出必要的投资。鉴于钴需求在未来十年中不太可能减少，可以通过在供应商和制造商之间建立长期协议来解决这个问题。为了促进投资，公共政策在其中的主要角色是通过推动道路电气化愿景的实现来减少未来电动汽车销量的不确定性。

电动汽车充电设施发展

随着电动汽车发展，充电装置数量也随之增加。电动汽车充电装置将会安装在私人处所，用于私家车（在家或者在工作地）和车队（即轻型商用车、出租车和网约车）充电，此外还有部分公共充电装置。充电装置将会首先部署在城市中，随后扩展到包括高速路在内的城市间主要干道上。

Page | 75

这里给出的结果是假设未来充电设施将会受到电动汽车发展规模的约束，并试图解释充电习惯而导致的不同选择，有些情况是对私人充电桩更为依赖，有些情况是公共充电桩作用更大。

轻型车私人充电设施

在全球绝大部分地区，现在每辆电动轻型乘用车可用的私人充电设施（如在家或在工作场所）估计接近 1.1 个。在北欧（IEA, 2018a）和美国（NREL, 2017）这个数据得到了证实，这表明在电气化出行早期过渡阶段，在私人停车位安装充电桩可以方便电动轻型乘用车拥有者，而在工作场所的充电桩为个人充电提供了方便。

可获得的统计数据表明，人口密集的区域情况有所不同。在中国和日本，公共充电设施与电动轻型乘用车的数量比高于其他地区，特别是快充桩（图 6.6）。中国的数据资料显示，2017 年每辆电动汽车私人充电设施的数量比上述讨论的其他国家要低，大约为 0.8（Sina Technology, 2018; Sohu, 2018b）。

基于这些有限的信息，并考虑到中国政府的目标是至 2020 年为每辆电动轻型乘用车提供 0.9 个可用的私人充电桩（NDRC, 2015），这里关于电动汽车充电装置发展的情景是基于以下几个关键的假设：

- 随着电动轻型乘用车的应用变得更加广泛，并影响到所有轻型车消费者的类型，在家充电的电动轻型乘用车用户数量会下降，包括在住所没有私人停车位的消费者。
- 同时，全世界范围内工作场所的充电桩数量继续增加，弥补了家庭充电桩的缺失。
- 在除了中国和日本的全世界其他地区，这将有助于保持每辆电动轻型乘用车 1.1 个私人充电桩的水平。
- 鉴于中国增加私人充电桩的目标，核心的假设考虑的是到 2030 年中国达到每辆电动轻型乘用车 0.9 个私人充电桩的比率。

在新政策情景中，全球私人慢充桩（最大 7kW）的数量最终将会在 2030 年达到 1.25 亿个。按照前面假设的上限和下限，到 2030 年每辆电动轻型乘用车的私人充电桩数量为 1.2 和 1，那么在新政策情景中，私人充电桩的总数将会达到 1.15 亿至 1.35 亿；而在 EV30@30 情景中，这个范围将在 2.1 亿和 2.5 亿之间，中间值为 2.3 亿（图 6.7）。

轻型车和公交车公共充电设施

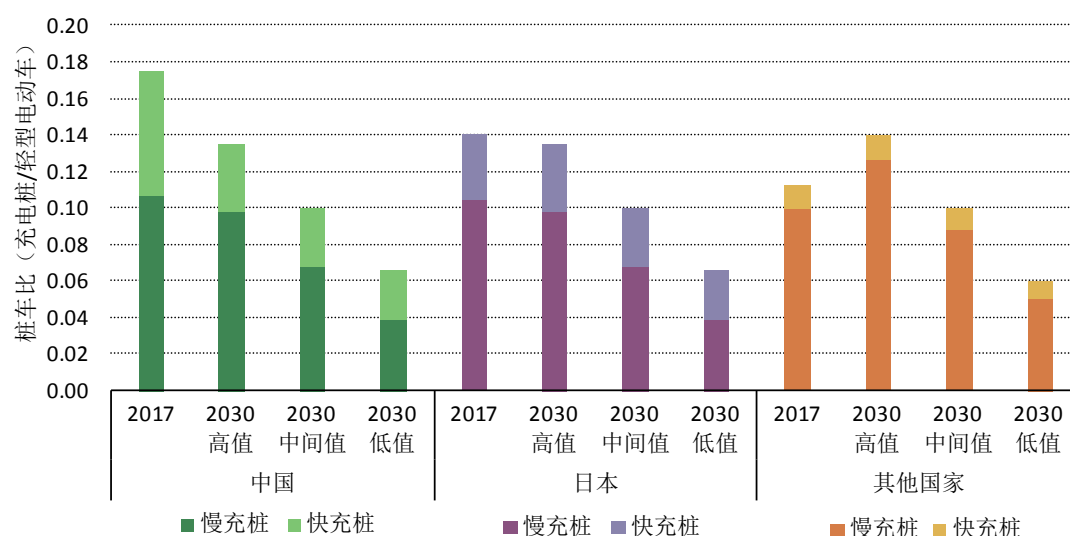
类似于私人充电设施预测，对于公共充电设施的预测也是给出一个区间范围和一个中间值。

- 电动轻型乘用车市场占有率全球第一（39%）的挪威，在 2017 年每 19 辆电动轻型乘用车有 1 个公共充电桩。另一顶级市场，瑞典（2017 年市场占有率 6%），每 12 辆电动轻型乘用车有 1 个充电桩。这些值都明显低于 2017 年统计的每 7 辆电动轻型乘用车 1 个充电桩的平均水平。

- 欧盟的 AFI 指令推荐每 10 辆电动轻型乘用车 1 个公共充电桩。⁵
- 高密度人口国家，如中国和日本，已经比其他国家拥有了更多的公共充电设施，充电桩比分别达到 6:1 和 7:1。
- 这里做了以下三种充电设施渗透率情形下的预测：
 - 中等水平，假设所有国家在 2030 年都在 AFI 指令所推荐的每 10 辆电动轻型乘用车 1 个公共充电桩的水平。那么，高密度人口国家，如中国和日本，快充桩占有公共充电桩的 30%，以此来弥补较低的私人充电桩水平，其他地区快充桩占比仅 10%。
 - 较低水平，假设按照挪威的每 19 辆电动轻型乘用车 1 个充电桩的水平，至 2030 年，日本和中国的快充桩占有公共充电桩的 40%，其他国家的占比为 15%。
 - 较高水平，到 2030 年，公共充电桩部署发展到每 7 辆电动轻型乘用车 1 个的水平（接近 2017 年全球的比值），日本和中国公共快充桩占 30%，其他国家为 10%。

图 6.6 汇总了这几种情形，试图给出在新政策情景和 EV30@30 情景下所预测的 2030 年轻型电动汽车市场所配套的公共充电设施的合理范围。考虑到所获取的数据的不确定性，采用了一种简化的方法。

图 6.6 三种情形下不同地区的轻型电动车公共充电桩车比（2017 年和 2030 年）



关键点：到 2030 年，高密度人口国家的私人充电桩比其他地区少，而公共充电桩多。

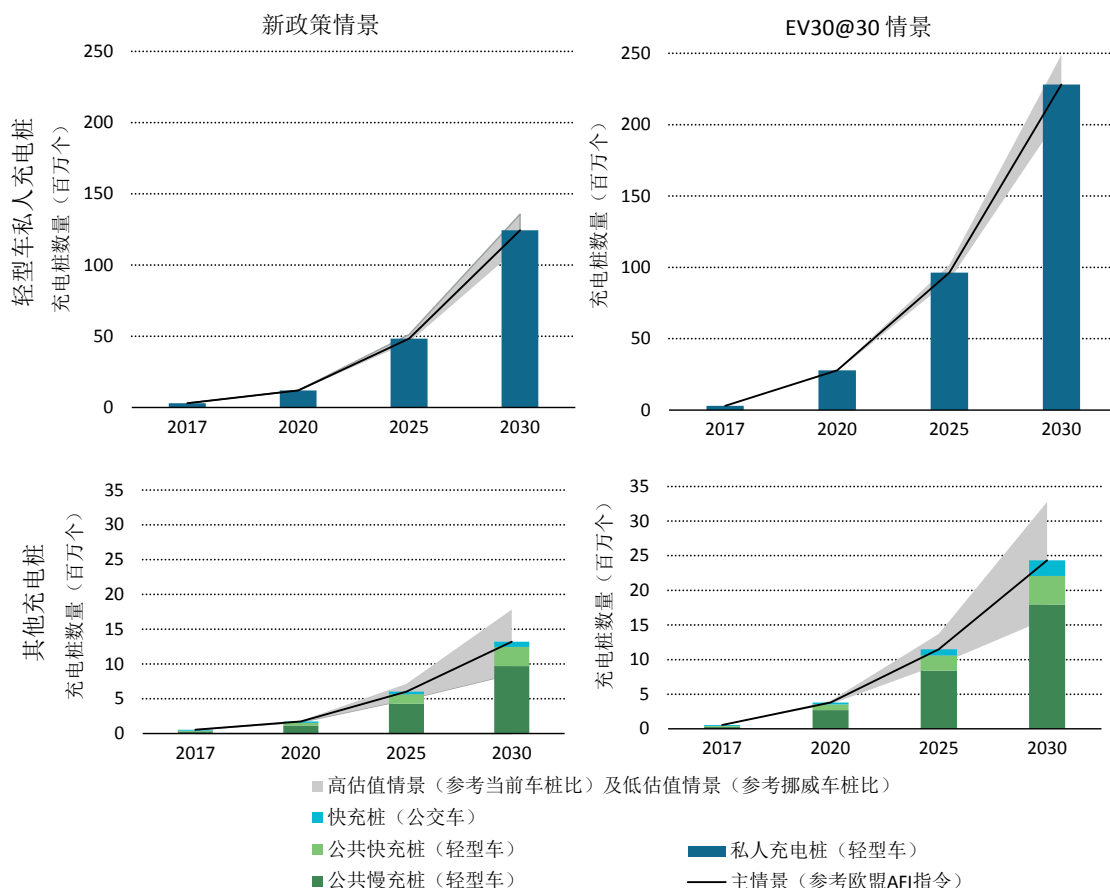
如图 6.7 所示，2030 年公共充电桩数量的范围，在新政策情景下是 800 万到 1700 万，EV30@30 情景下是在 1400 万到 3000 万。在新政策情景中，到 2030 年，上路的轻型电动汽车达到了 1.25 亿辆，公共充电桩的中值为 1300 万，由 1000 万慢充桩和 300 万快充桩组成。在 EV30@30 的情景下，到 2030 年，慢充桩 1800 万，快充桩 400 万，总计 2200 万。

图 6.7 中还显示了对用于公交车的充电设施的预测。至 2030 年，新政策情景下安装 70 万快充桩，EV30@30 情景安装 230 万。假设应用于公交车的充电桩提供至少 50kW 的功率

⁵ AFI 指令说明了充电桩的数量需要考虑轻型乘用车类型、充电技术以及私人充电桩的数量。充电设施的额定功率未做规定。

（快充），且 1 个快充桩对应 3 辆电动公交车。这个数据来源于中国深圳的实际情况，深圳是全世界唯一全部过渡到电动公交车的城市（Lu, Lulu and Zhou, 2018）。到 2020 年至 2030 年，电动公交车充电设施实施的障碍（基于深圳目前的情况）被消除，公交车充电桩数量增加到每 2 辆车 1 个充电桩，在 50kW 的功率下，每晚（每辆车各充电 4 小时）用电 200kWh。⁶

图 6.7 2017-2030 两种情景下全球轻型车私人 and 公共充电桩以及公交车充电桩



关键点：在 EV30@30 的情景下，轻型车和公交车的公共充电桩数量从 2017 年的 55 万个增长至 2030 年的 3300 万个。

对能源需求和二氧化碳排放的影响

在新政策情景和 EV30@30 情景下，电动汽车活动的增加会带来每个地区的电力需求增加。在 2030 年，在新政策情景下，全世界电动汽车的电力消耗将达到 404TWh，在 EV30@30 情景下则达到 928TWh。相比 2017 年，分别增加了 7 倍和 17 倍。

⁶ 这与一辆公交车耗电 1.3kWh/km 且每天行驶 160km（以平均 20km/小时的速度行驶 8 小时）的充电需求（50kW）一致。

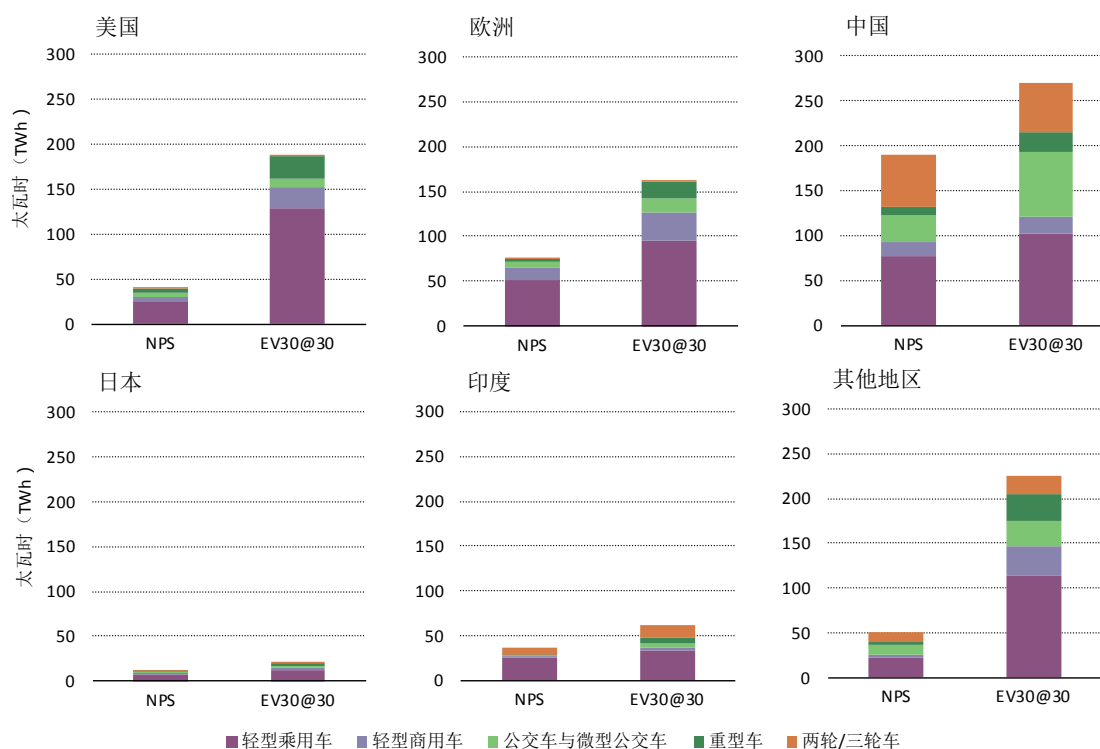
新政策情景下电力需求结构

在新政策情景下，2030 年电动汽车消耗电量预计约 404TWh。轻型车超过两轮车和三轮车，成为 2030 年主要消费主力（届时占电动车需求的 62%），随后是两轮和三轮车（20%）、公交车（13%）和卡车（5%）。电动汽车能耗的地域分布显示，中国保持着最大规模的消费，尽管在全球的占比从 2017 年的 91% 下降到 2030 年的 47%。欧洲和美国紧随其后，分别占 18% 和 10% 的总电量消耗。在这个情景中，电动汽车在 2030 年预期能取代 5EJ（120 Mtoe, 2.57 mbd）的柴油和汽油需求⁷。

EV30@30 情景下电力需求结构

EV30@30 情景下，在 2030 年，轻型车是电力消费最多的交通方式，占比 64%，随后是公交车（14%）、两轮和三轮车（11%）以及卡车（11%）。电动汽车电力消耗的区域和方式分布显示，中国电动汽车继续保持为最主要的消费国，尽管占比较 2017 年有明显的下降（从 91% 到 29%）。美国成为了第二大电力消费主体，占比达到 20%。排名第三的是欧洲，占比约 17%。印度的电力消费将显著增长，到 2030 年约占全球的 7%。

图 6.8 2030 年两种情景下分方式、分地区的电动汽车电力需求分布



注：NPS=新政策情景；PLDV=轻型乘用车；LCV=轻型商用车；欧洲包括欧洲经合组织和 EU6 国家。采用了以下假设，范围表明国家之间的差异：燃料消耗：轻型乘用车 20-27kWh/100km；轻型商用车 31-35kWh/100km；公交车 132-170kWh/100km；微型公交车 37-97kWh/100km；中型和重型卡车 113-138kWh/100km；两轮车和三轮车 4-7kWh/100km。年行驶里程：轻型乘用车 100-18200km；轻型商用车 300-20300km；公交车 14400-49300km；微型公交 27000-45000km；中型和重型卡车 18500-91100km；两轮车和三轮车 3800-7600km。假设充电桩损失 10%，插电式混合动力汽车 80% 的行驶里程由纯电模式完成。

资料来源：各国提供；IEA（2018a）

关键点：在两种情景下，两轮车和电动公交车的电力需求使得中国成为电力消费最多的国家。在 EV30@30 情景下，电动汽车电力需求的地域分布更广。

⁷ 柴油和汽油替代量为假设在当年电动汽车的能耗是内燃机汽车的平均水平下石油产品的消耗量。

中国因电动汽车保有量最高，其相应的电力消费在 2030 年将比当前大 5 倍。美国作为电动汽车保有量第二大的国家，其 2030 年的电力需求约为中国预测值的 70%。在 EV30@30 情景下，2030 年的电动汽车保有量将取代 9.2EJ（220 Mtoe, 4.74 mbd）的柴油和汽油需求，这一数值几乎是新政策情景下的两倍。

图 6.8 中对比了 2030 年新政策情景和 EV30@30 情景下不同地区各种交通方式的电力消费。可以看到，美国、中国、欧洲的电动汽车消费合计占全世界的比例在两种情景下分别是 75% 和 66%，差别主要在于美国，相较于中国和欧洲，美国在两种情景下电动汽车的策略存在较大差异，在新政策情景中，电动汽车渗透率较高。在两种情景中，印度的情况比较接近。因为在新政策情景中，印度一方面在电动汽车领域有很大的雄心，另一方面两轮和三轮车的电气化发展快，需求比例可观。

Page | 79

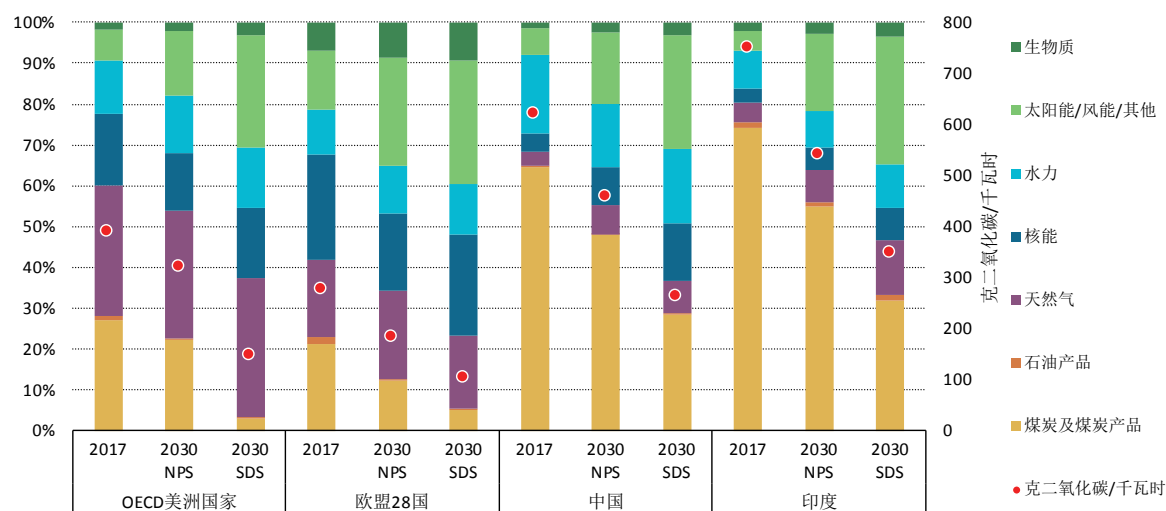
在两种情景中，轻型车是美国、欧洲和日本电动汽车电力消耗的最主要方式。图 6.8 还显示出在 2030 年，有较大部分的电力消费来自于公交车和微型公交车，在两种情景下，这部分在中国市场中的比例分别为 20%（新政策情景）和 35%（EV30@30 情景），欧洲水平较低。

油井到车轮温室气体排放的变化

图 6.9 显示的是电动汽车四个主要地区从 2017 年到 2030 年发电方式和碳强度的变化趋势。根据两种情景的预测，到 2030 年发电所产生的二氧化碳强度都是下降的。假设 EV30@30 情景下的碳强度遵循可持续发展情景路径。

两种情景下所预测的碳强度的降低都将带来全球电动汽车每公里温室气体排放量的减少。这些都将进一步凸显电动汽车所产生的气候效益。两种情景都预测，到 2030 年，所有地区电动汽车使用阶段每公里所排放的二氧化碳都将降低。

图 6.9 2017 年和 2030 年各地区的发电结构和碳强度



注：NPS=新政策情景；SDS=可持续发展情景。

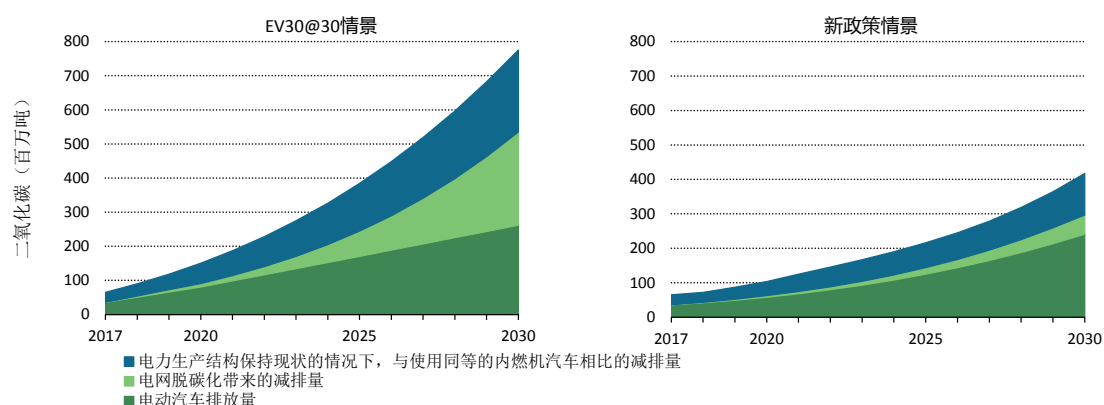
资料来源：IEA（2017b）。

关键点：目前不同地区发电的碳强度各不相同，但是到 2030 年每个地区的碳强度预计都会有所下降。

二氧化碳的排放评估与减排

未来电动汽车的二氧化碳排放受到电动汽车的保有量变化和发电排放的温室气体强度的共同作用。未来几年里，电动汽车有望实现减排主要归功于它的能源效率高以及电力供给的无碳化。在新政策情景下，假如将所有运行的电动汽车都换成燃油车，基于从油井到车轮的测算，到 2030 年，将排放 4.18 亿吨二氧化碳（图 6.10）。假设电动汽车由 2017 年的电力生产结构来供给，那么这些汽车将排放 2.97 亿吨二氧化碳。不考虑任何脱碳处理，这也意味着减排了 1.21 亿吨从油井到车轮的排放（降低 63%）。基于油井到车轮的理论测算，新政策情景的脱碳路径将进一步减少 5600 万吨二氧化碳的排放。因此，在新政策情景下，主要的减排是来源于碳强度较低国家的电动汽车高市场渗透率和电动汽车的高能效。在 EV30@30 情景下，电动汽车在不需要任何电力结构变化的情况下可以减排 2.41 亿吨二氧化碳。若考虑可持续发展情景下脱碳路径的变化，电网脱碳将进一步减排 2.73 亿吨二氧化碳。这就意味着在全球层面，可持续发展情景中电网的脱碳化可产生超过基于油井到车轮理论测算的电气化出行带来的二氧化碳减排量两倍的效果。

图 6.10 电动汽车温室气体排放



注：电动汽车的排放计算是电动汽车的电能消耗（采用图 4.3 中的假设）乘以《世界能源展望》中新政策和可持续发展情景下每个地区每年的 CO₂ 强度。脱碳化带来的减排是在每个情景下预测的电力需求中应用 2017 年的 CO₂ 强度计算得到。不考虑电网脱碳的减排是每年每个地区电动汽车的排放和如果这些电动汽车全部是以具有一般燃油经济性的内燃机作为动力时基于油井到车轮的排放之间的差值。

资料来源：IEA（2017c）；IEA（2018a）。

关键点：至 2030 年，即使电力生产结构保持现状，在全球范围内，使用电动汽车造成的二氧化碳排放量仍将低于使用等量的内燃机汽车造成的排放量。

第7章 政策建议

概览

Page | 81

电动汽车（尤其是纯电动车）具有零尾气排放、能大规模地依赖多元化的能量载体的优势，并且随着电池储能成本的不断优化，电动汽车成为当前最有前景的技术之一。¹

全球主要的电动汽车市场，中国、欧洲、日本、美国和印度等，为了刺激电动汽车的消费需求，出台了一连串的政策，包括政府采购和投资计划、购车和充电设施建设补贴等财政激励、燃料经济性标准体系等，特别是有关零排放汽车的要求。

本章主要讨论在满足经济和环境可持续发展要求的同时如何引导向电动汽车的大众市场过渡，包括：

- 提出解决传统内燃机汽车主要的负外部性的同时推动电动汽车使用的货币和监管政策。
- 强调政策工具需向所有利益相关者释放明确、清晰和强有力的信号，这些利益相关者包括：消费者、车辆和零部件原始设备制造商、电池设计研究者和制造商、电动汽车充电装置供应商、公用事业公司、电网服务运营商以及原材料公司。
- 指出加速电动汽车广泛使用的关键性政策。
- 强调政策措施应适应外部变化，包括电动汽车不断加速普及、电池技术带来的相对于内燃机车辆的电动汽车竞争价值的持续提升。财政激励需能维持自我平衡，否则就会被废除。需要解决因化石燃料税收降低而带来的结构性挑战。

本章所提供的政策建议基于当前对问题的理解，具有一些局限性。比如，随着对消费者偏好更深的理解、电池供应链合作的加强、电池性能和梯次利用的发展等一系列问题的进一步明确，政策需要能适应这些变化。因此，政策不应被视为一个菜单，而应成为一个讨论和参与的契机。

确保政策环境有利于增加电动汽车市场

从经济性角度而言，插电式混合动力和纯电动轻型乘用车在燃料成本上都低于内燃机汽车。汽油、柴油和电的价格在不同国家地区有所不同。对车辆燃料，价格差异通常反映了化石燃料的税收制度。在汽油和柴油税与气候变化和燃料燃烧对当地污染影响挂钩的地区，使用电动汽车所节省的成本则更加明显。

为营造推广电动汽车最佳环境，需分步制定措施。第一步应逐步取消一些国家的化石燃料补贴。接下来应建立反映燃料碳含量的税收，并在已经制定碳排放税收政策的国家增加关于污染物排放等负面影响的税收。其他重要措施包括，通过采用严格的燃料质量标准、征收劣质燃料税和制定实施车辆维修要求等，减少道路运输的空气污染排放。这些监管和财政措施对于出行电气化非常重要，能反映出一部分使用内燃机汽车所带来的负社会成本以及通过处理系统减少废气排放的额外成本。

¹ 电动汽车不能直接解决交通拥堵问题，但可以与其他交通发展策略协同作用，比如结合公共交通和共享出行服务共同为居民提供更优质、更经济、更有效和更公平的出行服务。

促进公共采购

零排放车辆的公共采购项目，比如市政车辆采购，可以有效刺激电动汽车市场的发展和扩张。通过支持初期市场，公共采购为制造商、国际供应商和本地产业提供了保证，并能调动资源形成有效的发展模式。而且有助于增加电动汽车对公众的曝光度，并刺激相关专业知识和业务的出现。

Page | 82

政府电动汽车的公共采购计划，有助于充电基础设施的早期市场发展以及相关标准的制定。

为更新车队的小汽车、小卡车、轻型卡车和公交车等而进行的低排放或零排放车辆的公共采购，通常采用最低门槛并进行集中批量购买。这种方法降低了交易成本并且有助于整车厂扩大规模，同时最大限度地降低了政府车辆采购的单位成本。EVI 政府成员在《2016 政府车队宣言》中列举了公共采购项目经典案例（CEM-EVI, 2016）。印度节能服务公司 EESL 近期也有相似的行动（见专栏 2.3）。

在政府实施采购计划将其城市公交车和其他市政服务车辆更换为电动车时，必须考虑在有限的资金下如何权衡成本。多种融资机制可以解决这个问题，比如基金和补贴、电池租赁、经营性租赁和公用事业费用，都可以将电池和充电基础设施的前期费用从车辆购买者（如交通运输代理机构）转移到电力供应商或电网运营商。通过增加电力存储方案、加速电动汽车的发展从而增加电力销售，以及在电池和基础设施设备的保修期内收回成本，上述收费方案能使前期融资实体（这在很多情况下是一种公益事业）受益。对于公交运营者来说，融资成本转变成按月支付的电力费用，使得拥有和运营电动公交车的总成本低于传统的柴油公交车（案例见 Pay-As-You-Drive initiative (Clean Technica, 2018)）。

缩小价格差距

降低电动汽车购买价格的措施已被证明是刺激电动汽车市场有效的政策手段，比如北欧地区的汽车市场（IEA, 2018a）和中国的公交车市场。（见第 2 章中国电动公交车的驱动因素）

有限的公共资金应优先用于能产生最有效影响的领域，因此，对电动汽车来说，投资高频使用的车辆效果最佳，比如城市公交车和其他市政服务车辆²。这对于希望解决空气污染问题的新兴经济体尤为重要。随着市场的发展和电池成本下降，汽车购买价格降低，使用率高的车辆可能比其他车辆更早实现与传统内燃机汽车价格持平。因此，激励政策需要随着市场的成熟度不断调整。

虽然采购的数量有限，但是竞争性采购公共服务车辆的方法是很有用的。为了支持交通低排放或零排放，需要通过杠杆来增加乘用车市场上可替代传统燃油车的纯电动汽车和插电式混合动力汽车的投放量。乘用车市场的潜在销量足以支持向电气化出行的转变，并伴随着供应链结构的变化以及产生规模经济，同时带来成本的降低。

降低车辆采购成本

迄今为止，北欧地区的经验表明，车辆登记税对于大规模普及电动汽车起到了主要推动作用（IEA, 2018a）。购车补贴或免除车辆购置税降低了用户购车成本，缩小了电动汽车与内燃机汽车的价格差距，成为促进电动汽车销售最有效的杠杆。

随着电动轻型乘用车销量的增加，政府将会逐步取消购车补贴，采用其他方法以经济可持续的方式提供对零排放车辆的财政支持。如实施差别化税收政策，将车辆登记税/流通税与车辆的能耗及污染物和温室气体排放挂钩。这种差别化税收政策惩罚性能较差的车辆，支

² 减少高使用率车队所带来的温室气体排放量和燃料消耗能提高公众和社会的回报。由于在总拥有成本方面的竞争力提高，对补贴的需求下降。

持符合既定门槛的车辆。基于排放量的差别化税收，既可以保证预算的可持续性，也可以根据预期目标调整财政政策，而不是以提升某种技术的市场份额为目标。技术中立的方法避免了锁定特定技术阻碍市场竞争的风险。基于产品性能表现的措施，比如综合税制，可以获得更广泛的支持。

汽车电池规模化生产将使得所有电动车辆受益，首先惠及两轮车、公交车、出租车和轻型商用车，最后是卡车。若乘用车市场的电气化程度不足，整车厂就不能大规模生产电池形成规模经济，电动汽车的成本也就不能降低，上述溢出效应也无法实现。

降低运营成本

流通税是另一项有助于电动汽车运营的财政工具，然而它对消费者的决策影响较小，因为消费者对车辆的前期购车价格关注度要高于后期运营成本。

地方/区域政府采取的停车免费或打折、免费充电和优先使用车道以及降低交通基础设施的使用费用等措施，也可以有效地补充国家监管和财政政策，并提升电动汽车的价值主张。

支持充电桩建设

电动汽车充电设施的支持政策有助于推动电动汽车的普及。充电基础设施因交通方式不同而各不相同。

私人充电桩

个人拥有的电动轻型乘用车最常用的是私人充电桩（在家和工作场所）。在家充电的费用远少于快速充电，且计费更智能，因为私家车通常仅需要在其停放的一小部分时间内充电。

私有车队，例如配送业务用车，也主要用私人充电桩。大规模运营车队使用专用停车位的充电装置进行充电。用于私人车队的电动汽车充电装置，可能会根据车辆使用需求而做出优化，主要是根据日常使用周期进行调整。家庭、工作场所和轻型商用车一般需要 1 级充电设施，2 个充电口，额定功率小于 7kW。公交车充电设施主要安装在专用停车位，当前的额定功率约为 50 kW。两轮车不需要专用充电设施，可以使用传统的电源插座，但在中国台北的一些商业模式和示范项目中采用的是更换电池方案。

私人充电设施可以通过财政激励和管制措施来支持。其安装成本较低，因为可在夜间使用且额定功率比公共快充桩低，从而对电网的影响较小。因此优先安装私人充电设施的要求是合理的。法规可要求新建或改建建筑配建可充电停车位，即配备连接到电网的必要管道线路。物业法规也需做出调整，简化和加快业主安装和使用充电装置的审批程序。

财政激励措施也能促进车队私人充电设施的建设。正如车队购车财政激励措施一样，这些措施需要仔细考虑以确保能适应市场变化。车队的车辆使用率会比私家车高，因此更有可能在早期实现与内燃机汽车的成本持平。

公共充电桩

公共充电桩需要补充私人充电桩可用性的不足。尽管目前公共充电设施的使用频率远低于私人充电设施，但它仍是充电设施的重要组成部分³。公共充电设施需要适应新玩家和新商业模式的出现，因此在法规和市场结构方面受到更多的关注。

为促进公共充电设施的建设有一系列政策，主要包括：

³ 根据欧洲国家和其他 EVI 成员国收集的数据，每辆电动汽车的公共充电桩配置数量分别在 1-6 和 1-20。

- 明确建设目标（应与电动汽车推广目标相结合，同时考虑充电模式）。
- 筹集直接投资的基金（如用于部署足够的电动汽车充电设施，以及配置满足最低服务水平的充电桩）。
- 提供财政支持。可以采取以低利率⁴从公共实体融资、贷款担保⁵、偿债准备金⁶、次级债务⁷、债券融资的信用保险产品⁸以及 PPP 等形式，由公共部门和私人合作伙伴共同承担风险。⁹
- 建立规章制度。（比如将公共充电桩开放给没有私人停车位的个人。）
- 采用车辆充电网点通信和支付的开放标准，使充电网络具有互操作性，增加创新性和竞争性，降低驾驶员的成本。

在促进充电基础设施建设的早期阶段，多方合作是最为成功的方式（ICCT, 2017c）。如整合司机对充电桩配置的反馈意见、智能充电系统的实施、向地方政府分配资金、建立 PPP 模式以及为尽量减小对电网的影响并控制成本向公共事业部门咨询等。ICCT 进一步指出在电动汽车推广的早期阶段，诸如路边充电站和高速公路上的快速充电站这样有难度的细分市场需要得到政府支持。中国、欧盟和美国等主要电动汽车市场在这方面制定了措施（见第 2 章）。

标准化和互操作性

正如前几期的《全球电动汽车展望》中所强调的，硬件和软件的标准化和互操作性（标准和协议），对于确保尽可能快速、平稳地过渡到电动汽车至关重要。尽管历史原因导致国际主要地区之间充电基础设施有所不同，但确保充电站在跨城市、省份及县之间以及主要区域（如欧盟）之间能实现互操作是非常重要的。

国家排放监管政策

在实现改善气候及其他环境目标的承诺之下，国家制定的有关逐步淘汰内燃机汽车和推广电动汽车的目标的重要性不仅仅是象征性的理想，也是向金融市场发出的明确信号。为了传递一个可靠的信号以激励投资，这些目标既要远大又要可实现。

燃油经济性和二氧化碳尾气排放标准已经证明可以有效提升内燃机汽车的效率¹⁰。监管工作必须确保标准能反映真实道路状况下的燃料消耗，这要求对法规和核查制度进行修订。随着中国、欧盟和美国等主要市场的车辆排放标准变得更加严格，汽车制造商需要提供更加多样化的动力系统，在传统混合动力车的基础上，增加插电式和纯电动的车型。

很重要的一点是，燃油经济性和排放标准的制定需要为汽车制造商、零部件供应商及其上游供应商适应新车型和生产线预留时间（比如小汽车需要 5 年）。同时，标准必须足够严格以确保及时投资并帮助提升产量和支持基础设施。一旦立法，这些标准就必须执行，否

⁴ 低利率贷款也可以通过向投资者提供减少贷款市场利率的公共补助金来实现。

⁵ 这是公共机构在发生违约时支付贷款的担保。

⁶ 偿债准备金是借款人未能按时支付用于支付利息和本金的现金存款。

⁷ 次级债务是一个公共机构同意接受比高级债权人低的优先权（在违约情况下，高级债权人在其他债权人之前获得全额偿付）。

⁸ 债券融资的信用保险是指保险公司同意在发行人发生支付违约的情况下支付债券。

⁹ 公私合作采用项目融资形式，委托私营企业进行基础设施投资、建设、运营和维护，以此获取多年的收入（私营企业承担大部分风险）。这也包括制定调节公私双方风险分担的机制，更重视基础设施的可用性和公共服务的可获取性，而不仅是使用频率。政府可以在融资阶段就参与进来，为强调风险就合同条款进行重新谈判；也可以是政府向私营企业支付费用，通过合同担保服务质量和效率。风险分担的解决方案还包括政府将现有资产转让给私营企业，以交换新的基础设施的建设。

¹⁰ 燃油经济性标准和差别化税收也适用于二手车进口占较大比重的国家，帮助其限制燃料消耗和高污染机动车的跨境贸易。这些法规明显能给公共健康带来益处，并可以通过确保进口车辆也符合当地污染物排放的最低要求得到进一步加强。如果在此基础上还对公共交通基础设施和其他出行工具有充分的投资作为补充，则可以降低不公平性。

则会降低立法的公信度和投资者的信心，从而增加风险。当一些汽车制造商还聚焦于那些对这些标准有所犹豫的国家市场时，其他地区的制造商已持续改善并抢占了先机。

能源部门制定的措施，如脱碳发电的政策和激励措施，以及尾气排放限制等交通方面的补充措施，能共同促进向低排放或零排放出行的过渡。这样的政策导向以及有效的沟通可向汽车制造商传递达到规模经济水平的投资所需的信号，并推动从金属开采、加工到电池和电池包生产的整个供应链。这也帮助勾画出电动汽车充电设施建设的时间表。与其他政策相比，零排放汽车政策在量上具有更高程度的确定性。激励措施给技术不确定性的管理提供了更大的灵活空间。一旦主要利益相关方承诺落实零排放电动汽车政策或激励措施，则为市场快速平稳过渡到电动汽车奠定了基础。¹¹

零排放电动汽车命令和激励措施，首先应用于轻型车并取得了成功，现可以复制到其他模式。2016 年，加州将过去的零排放电动汽车政策的经验（教训）扩展到了中型和重型车辆（包括卡车和公交车）。

越来越多的利益相关者提倡采用一种基于对影响更广泛、更系统的考虑而制定的监管制度，其中包括基于油井到车轮（WTW）的排放测算或使用生命周期分析（LCA）对从头到尾外部性的考虑。如果可以解决与其他监管政策相重叠的问题（例如燃料供应链排放的监管制度），且零排放电动汽车政策和激励措施等技术可以被纳入政策框架，则向基于 WTW 测算和 LCA 分析的监管范围的转变将有望实现。

地方准入政策

根据签署 C40 无化石燃料街道宣言（C40, 2017）的 12 个主要城市的例子，城市建立低、超低或零排放区的承诺，可对消费者偏好产生重大影响。这些承诺与区域和城市的内燃机（和柴油）禁令及电动汽车销售目标一起，都希望创造更清洁的生活环境，如同国家目标一样。然而，鉴于选民与地方代表关系更直接，且与地方层面利益关系更一致，这些目标更强有力也更容易实施。

这些地方政策并不如国家层面的政策受到整车厂的欢迎，因为会将市场需求细分成多个群体。这是一个公平的观点。基于车辆排放性能来给车辆贴标签定义其是否能被允许进入低排放或零排放区的这样一个全国甚至跨国的计划，不仅能使司机（尤其是驾驶至不熟悉目的地时）更不容易违规，而且还为产业利益相关者提供更透明、清晰和一致的指导方针和规则，是一个很好的方案。

结合特定区域的准入限制与财政手段相结合的方法已经得以实施。例如，在伦敦和米兰，电动汽车免缴拥堵费和进城费；在中国许多城市，电动汽车与牌照挂钩，免于参加牌照竞拍。十多年前，中国摩托车的准入限制就是带动电动两轮车大规模使用的措施之一（见专栏 2.4）。

抓住出行即服务（MaaS）机遇

当下，对于车辆使用频率高的车队，比如公交车、出租车、网约车和共享汽车等，纯电动汽车的每公里总拥有成本与传统汽车相比具有竞争力。公共政策正推动城市出行向整合的出行服务转变，包括公共交通和网约车，同时也会鼓励交通工具的电气化。自动驾驶技术

¹¹ 零排放电动汽车政策和激励措施的制定多少有利于零排放电动汽车（纯电动车或燃料电池汽车）和低排放电动汽车发展。雄心勃勃的目标有助于充分调动资金降低电池制造成本。目前和拟议的方案通过对于零排放范围更广的汽车给予更多的信贷，倾向于对零排放电动汽车的激励措施优于低排放车辆，意图在于更精准地针对需要更先进技术且推广难度更大的车辆制定零排放电动汽车政策。在低里程使用情景下，相对内燃机汽车，插电式混合动力汽车的总拥有成本越有竞争力，越早能实现成本持平，同时，电池储能的发展带来的技术方面的相关政策或激励措施的实施效果，在这种情况下则会相对不那么显著。此外，插电式混合动力汽车全电动模式的驾驶有限，因为部分活动并非通勤出行。

的发展有助于降低出行成本，加速人们放弃传统的私家车出行方式，向更加便捷、可靠、安全的出行方式的转变。

采用道路收费补充燃油税

Page | 86

分析显示电动汽车市场占有率的增加将减少柴油和汽油的销量，政府的燃油税收也将相应减少。2017 年，由于中国两轮和三轮电动车所占的比例很高，燃油税收减少了近 26 亿美元¹²。在新政策情景下，2030 年，预计所减少的道路交通石油燃料税收达 470 亿美元，而在 EV30@30 情景中是 920 亿美元。2030 年税收降低的预估值的大幅增加表明为了保持有足够税收来投资和维护基础设施以及应对道路交通运输的外部性，政府需要替代的税收制度。

基于车辆行驶距离或拥堵等制定的税收是一个技术中立的方法，并能确保将车辆使用与对基础设施的影响直接挂钩。道路收费机制也非常适合将污染排放对当地环境的影响考虑进去。在 EV30@30 情景下，为了使不同政府保持相同水平的总收入，中国和美国的每公里税收需要在 0.01 美元/km 的范围内，欧盟和日本则在 0.08 美元/km（IEA, 2017d）。

实现以需求和商业驱动的电动汽车充电设施发展

地方、国家和地区的利益相关者必须合作来实现充电基础设施的充分发展。随着越来越多的公司、汽车制造商及能源和电力服务提供商形成联盟共建电动汽车充电设施，对公共资金的需求会减少。在建设初期阶段过后，电动汽车充电设施应主要依赖于最终用户使用，其发展主要是需求驱动和业务导向。

要实现这种转变，确保公众可使用并高频使用充电站是至关重要的。可以制定多种措施增加额外收入以帮助收回全部成本，如收取停车费，或吸引客户至建有充电桩的商业场所来获得收入等。

道路网络中的公共充电设施需要维护，在一些成本回收与提供充足充电设施有冲突的情况下，需要对电动汽车充电设备的安装提供有针对性的支持，相关有效的措施包括强制购买的监管要求、允许从高频使用的充电站获取交叉补贴，和/或为公共服务义务而签订公共服务合同（挪威采用的政策）等。

公私合作（PPP）是一种促进这种转变的灵活的模式。这种模式作为一种确保公共充电桩可用性的手段，它既基于业务驱动的考虑，又作为一种公共服务，从长远来看是可行的。有些地方还未出现商业案例，但基础设施对于推动电气化变革非常重要，将非常需要公共支持。此类区域虽然不是电动汽车价值链的主要部分，但是充电网络发展不充分会影响电动汽车的部署，因此要确保在此类区域建设充电设施的公共资金。加州通过命令电力供应商或其他代理商保证满足电动汽车充电设施最低部署要求解决了这个问题。

确保电网可有效满足电动汽车充电需求

道路电气化的增长对电力需求及电网的影响可能相当大。确保满足需求的低碳电力是一项重要任务，这方面的趋势令人鼓舞。2016 年，太阳能光伏（PV）发电能力的增长超过任何其他形式。自 2010 年以来，新太阳能光伏发电成本下降了 70%，风力发电成本下降了 25%，电池成本下降了 40%（IEA, 2017b）。预计未来五年，风能和太阳能将占全球可再生能源增加量的 80%以上（IEA, 2017b）。不同能源供给的时空变化要求电力系统增强灵活性。

¹² 该值为分方式的车辆数量、其里程数、燃油经济性三者的乘积，假设它们已被具有可比性的内燃机汽车替代。

尽管供给侧解决方案（如峰值发电厂）可应对基于可再生能源发电的变化性，但最大化调节用电需求的方案得到了越来越多的支持。

监管框架通过了对电动汽车制造商的授权，能安装默认将大部分的充电发生在电力需求低谷期（比如凌晨）的软件。电动汽车买家可以根据需要选择退出这种默认充电方案。分时电价（TOU）是另一种或许有效的方法，有可能推迟或预估出电动汽车夜间在住所充电所产生的大量电力负荷，从而能通过在此期间可变可再生能源在电力系统中的整合产生积极的协同效应。白天工作场所充电与太阳能发电高峰也有类似的可能。鼓励电动汽车的充电时段从高峰转向电力需求低谷期的需求侧管理（DSM）措施，也可以显著降低（甚至可能完全抵消）电网升级和额外增加发电量的要求。考虑到这些强大的协同作用，IRENA/IEA/REN21（2018）建议，通过将电动汽车渗透率结合到可再生能源目标和任务中，促进电动汽车与可再生电力供应的整合。

推动电动汽车和可变可再生能源互惠互利的需求侧管理措施，也可以使电动汽车为电网提供有价值的辅助服务，包括频率调节、电压支持、功率因数校正以及配电网络中的负载均衡。电动汽车作为储能显然是一项额外收益，可以通过 V2G 技术实现增强需求响应服务。

监管机构应加快推出智能电表便于实施需求侧管理。鉴于有了充放电代理商后对于价格信号的反应更为强烈，监管机构还应确保代理商可进入短期的系统服务电力市场¹³。在采用 V2G 的情形下，应取消对从网络中用电和供电的双重征税。

有效且高效的电网整合产生的优势表明，交通政策制定者和电力系统监管机构可以通过更紧密的合作获益。安装新的发电设施和升级电网需要大量的经济投资和较长的交付周期，因此，充分考虑出行电气化所做的容量规划和可靠性分析，是确定未来电网基础设施和发电设备合理规模的先决条件。政府应促进交通和能源政策制定者、监管机构、公用事业公司和电网运营商之间的合作和信息交流。

管理电动汽车电池材料需求的变化

在电池生产所需原材料提取方面的投资挑战正成为一个关键问题，特别是钴¹⁴。这可归因于几个因素，包括：

钴市场供应规模较小，但需求增长快。过去两年，钴价几乎翻了三倍。而供应链中不同环节供应商的囤货及市场的投机行为，进一步加剧了这种情况。

钴是作为镍和铜的副产物被提取出来的（镍和铜的市场需求量大很多），这对采矿公司承诺开展绿地项目提出了挑战。

现有钴产量集中在刚果民主共和国，供应比较单一。

缺乏愿签订长期协议的客户加剧了投资的不确定性，部分原因是不断发展的电池正极材料技术相关的风险（明确尽量减少对钴的依赖），部分原因是纯电动车发展前景的不确定性。整车厂/电池生产商和矿业公司之间的长期合同可能解决投资障碍。政策制定者可以在其管辖区域内，通过提供关于承诺实现政策目标及其时间计划表（比如零排放汽车政策和电动汽车销售目标）的明确信号，减少投资的不确定性，促进电动汽车的发展。

¹³ 今天，只有少数国家允许充放电代理商进入市场（IEA, 2017a）。在美国，联邦能源监管委员会最近投票决定消除阻碍电动汽车进入这些市场的障碍（联邦能源监管委员会, 2018；John, 2018）。

¹⁴ 自 2015 年以来，锂价也出现了大幅上涨，但预计锂的供应比较充足，且相较于钴的需求来说，电池正极材料变化给锂带来的不确定性较小。

制定劳动力和环境条件的最低标准

监管机构可以在制定劳动力和环境条件的最低标准以及制定有效措施确保标准得以执行方面发挥重要作用。目前，这对于原材料开采相关活动尤为重要。一些组织强调，刚果民主共和国手工采矿中使用童工是普遍存在的严重问题¹⁵。需要能体现企业社会和环境责任的工具，包括改善电池材料供应链可追溯性的解决方案。

电动汽车制造商的供应链可追溯性存在明显差距（部分原因是电池材料供应链的复杂性和国际性）（Amnesty International, 2017a; Amnesty International, 2017b）。公共政策制定者、国际机构、非政府组织和私营企业的多边参与，对于保证供应链和整个生命周期中电池相关业务的透明度非常重要。越早制定实施这些标准，电池行业就越早确定相应的成本以及安全、可持续并日益多样化的汽车电池原材料供应。

确保环境可持续性的同时最大化电池的经济价值

最大化电池的经济价值可能会为电池生产、使用和报废管理的环境可持续性带来净优势。主要手段包括扩大电池应用范围和在其使用寿命结束后最大化其剩余价值¹⁶。

明确电池报废的处理责任

没有明确规定电池制造商、整车厂、消费者或第三方利益相关者是否有责任处理报废电池，这就存在所有相关者都不负责处理报废电池的风险。明确电池整个生命周期或各个阶段，尤其是处置阶段的责任主体，能提供有效的激励措施确保实现电池剩余价值的最大化。中国最近通过的法规明确了电池回收的技术要求和责任主体，迈出了规范汽车电池回收新兴行业监管的第一步（Reuters, 2018b）。现有二手电子产品交易和回收的国际法规存在明显缺陷，导致大量废弃货物从发达地区运往新兴国家，并在这些国家进行不合规的材料提取、回收及非法填埋，对当地环境和居民造成伤害，因此必须吸取教训。（The Guardian, 2013）。

明确电池生命周期内各利益相关者的责任，有助于有效建立强大且透明的电池原材料开采的全球认证方案及电池二次利用到报废的可追溯机制。涵盖产品制造（包括材料采购）、二次利用和报废处理的可信任标签方案或产品保证机制，可能会影响消费者的选择，并有效地促使利益相关者在电池生命周期内负责任地处理电池，并跟踪和改善电池供应链和处置链。

制定监管框架以降低电池报废处理成本

目前用于电池报废处理的方法包括火法冶金、湿法冶金和物理分离。火法冶金和湿法冶金都可以处理各种类型的电池，但降低了产品的可回收和再循环价值，这是因为火法冶金使用高温、湿法冶金使用了强力化学试剂，这些工艺改变了原有的化学成分。物理分离具有回收活性物质并使其损耗最小的优点，主要缺点是由于缺乏工艺标准，对各类电池需采用定制方法带来高成本。

制定监管框架促进采用物理分离的方法进行电池报废处理是最大化电池剩余价值的好途径。物理分离可以更有效地回收高价值材料，并且能实现标准化的自动化回收来消除成本障碍。另一方面，电池化学材料的变化也会对电池及其组件的设计和制造方式产生重大影响。

¹⁵ 例如，国际特赦组织指出：“未来的能源解决方案不得建立在侵犯人权的基础上”（Amnesty International, 2017b）。

¹⁶ 电池的二次利用可以延长其经济和使用寿命，从而提高剩余价值。此外，它可以降低储能成本，促进可变可再生能源与电网的整合。

鉴于这个问题的复杂性，达到既能回收电池的高价值材料又能保持合理成本的目标，需要通过平台支撑相关利益方就最佳发展方向进行相互对话，明确电池回收成本最小化的目标，同时确保遵守环境和社会标准。

在电动汽车市场发展当前阶段，利益相关者之间建立合作对于确保妥善处理大量废旧电池，从环境和可持续性的角度来看非常重要，且对于确保在结构上是可行的也非常重要，因为从市场的角度看这是有道理的。到 2030 年代初，早期制定回收法规的地区可能会开始获得红利，因为它们将已经开发出原生金属的替代品。

统计附录

这个附录列出了本报告中 44 个国家电动轻型乘用车和电动汽车充电装置的时间序列数据。包括 EVI 成员、欧洲替代燃料观测站活动范围内的国家以及向 EVI 上报了数据的国家。

Page | 91

主要的数据来源源于 EVI 成员提交的数据，非 EVI 成员的欧洲国家数据来源于欧洲替代燃料观测站（EAFO, 2018a; EAFO, 2018b）的统计结果和指标、商业数据库（Marklines, 2018）中提取的数据以及相关单位发布的信息（ACEA, 2018; ACEM, 2018; CAAM, 2018）。

在随后的表格中，“其他”包括奥地利、比利时、保加利亚、克罗地亚、塞浦路斯¹、捷克共和国、丹麦、爱沙尼亚、希腊、匈牙利、冰岛、爱尔兰、意大利、拉脱维亚、立陶宛、卢森堡、马来西亚、马耳他、波兰、罗马尼亚、斯洛伐克、斯洛文尼亚、西班牙。

电动轻型乘用车保有量

表 A.1 2005-2017 各国电动轻型乘用车保有量（纯电动汽车和插电式混合动力汽车）（单位：千辆）

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
澳大利亚							0.05	0.30	0.60	1.92	3.69	5.06	7.34
巴西										0.06	0.15	0.32	0.68
加拿大							0.52	2.54	5.66	10.73	17.69	29.27	45.95
智利							0.01	0.01	0.02	0.03	0.07	0.10	0.25
中国					0.48	1.91	6.98	16.88	32.22	105.39	312.77	648.77	1,227.77
芬兰							0.06	0.24	0.47	0.93	1.59	3.29	6.34
法国	0.01	0.01	0.01	0.01	0.12	0.30	3.03	9.29	18.91	31.54	54.49	84.00	118.77
德国	0.02	0.02	0.02	0.09	0.10	0.25	1.89	5.26	12.19	24.93	48.12	72.73	109.56
印度				0.37	0.53	0.88	1.33	2.76	2.95	3.35	4.35	4.80	6.80
日本					1.08	3.52	16.14	40.58	69.46	101.74	126.40	151.25	205.35
韩国						0.06	0.34	0.85	1.45	2.76	5.95	11.21	25.92
墨西哥								0.09	0.10	0.15	0.25	0.66	0.92
荷兰				0.01	0.15	0.27	1.14	6.26	28.67	43.76	87.53	112.01	119.33
新西兰						0.01	0.03	0.06	0.09	0.41	0.91	2.41	5.88
挪威			0.01	0.26	0.40	0.79	2.63	7.15	15.67	35.44	69.17	114.05	176.31
葡萄牙													1.78
南非									0.03	0.05	0.29	0.67	0.86
瑞典							0.18	1.11	2.66	7.32	15.91	29.33	49.67
泰国		0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.10	0.37	0.38	0.40
英国	0.22	0.55	1.00	1.22	1.40	1.68	2.89	5.59	9.34	24.08	48.51	86.42	133.67
美国	1.12	1.12	1.12	2.58	2.58	3.77	21.50	74.74	171.44	290.22	404.09	563.71	762.06
其他国家	0.53	0.53	0.53	0.61	0.64	0.81	2.60	5.31	9.35	18.73	37.17	61.63	103.44
总计	1.89	2.23	2.69	5.15	7.48	14.26	61.33	179.03	381.30	703.65	1,239.45	1,982.04	3,109.05

¹ 土耳其的注释。

本文中关于“塞浦路斯”的信息指的是其岛屿南部，岛上没有单一的权力机构单标土耳其人和希腊族塞浦路斯人。土耳其承认北塞浦路斯土耳其共和国（TRNC）。在联合国范围内找到持久和公平的解决办法之前，土耳其将保持其对“塞浦路斯问题”的立场。

经合组织和欧盟所有成员国的注释。

除了土耳其之外的其他联合国成员都承认塞浦路斯共和国。本文中的信息涉及塞浦路斯共和国政府有效控制的地区。

表 A.2 2005-2017 各国纯电动轻型乘用车保有量（单位：千辆）

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
澳大利亚							0.05	0.22	0.41	0.78	1.54	2.21	3.42
巴西										0.06	0.12	0.25	0.32
加拿大							0.22	0.84	2.48	5.31	9.69	14.91	23.62
智利							0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.05	0.16
中国					0.48	1.57	6.32	15.96	30.57	79.48	226.19	483.19	951.19
芬兰							0.06	0.11	0.17	0.36	0.61	0.84	1.35
法国	0.01	0.01	0.01	0.01	0.12	0.30	2.93	8.60	17.38	27.94	45.21	66.97	92.95
德国	0.02	0.02	0.02	0.09	0.10	0.25	1.65	3.86	9.18	17.52	29.60	40.92	59.09
印度				0.37	0.53	0.88	1.33	2.76	2.95	3.35	4.35	4.80	6.80
日本					1.08	3.52	16.13	29.60	44.35	60.46	70.93	86.39	104.49
韩国						0.06	0.34	0.85	1.45	2.76	5.67	10.77	24.07
墨西哥								0.09	0.10	0.15	0.24	0.57	0.78
荷兰				0.01	0.15	0.27	1.12	1.91	4.16	6.83	9.37	13.11	21.12
新西兰				0.00	0.00	0.01	0.03	0.05	0.08	0.19	0.49	1.65	4.58
挪威			0.01	0.26	0.40	0.79	2.63	6.81	15.01	33.10	58.88	83.10	116.13
葡萄牙													1.78
南非									0.03	0.05	0.17	0.27	0.33
瑞典							0.18	0.45	0.88	2.12	5.08	8.03	12.39
泰国		0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.08
英国	0.22	0.55	1.00	1.22	1.40	1.65	2.87	4.57	7.25	14.06	20.95	31.46	45.01
美国	1.12	1.12	1.12	2.58	2.58	3.77	13.52	28.17	75.86	139.28	210.33	297.06	401.55
其他国家	0.53	0.53	0.53	0.61	0.64	0.79	2.56	4.85	8.23	15.23	27.40	38.98	57.14
总计	1.89	2.23	2.69	5.16	7.48	13.87	51.95	109.72	220.58	409.09	726.91	1,185.60	1,928.36

表 A.3 2005-2017 各国插电式混合动力轻型乘用车保有量（单位：千辆）

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
澳大利亚								0.08	0.18	1.13	2.15	2.85	3.92
巴西											0.03	0.08	0.36
加拿大							0.30	1.70	3.18	5.42	8.00	14.36	22.33
智利										0.01	0.04	0.05	0.09
中国						0.34	0.66	0.92	1.65	25.92	86.58	165.58	276.58
芬兰								0.13	0.30	0.57	0.97	2.44	4.99
法国							0.10	0.70	1.53	3.60	9.28	17.03	25.82
德国							0.24	1.40	3.02	7.41	18.52	31.81	50.47
印度													
日本							0.02	10.98	25.11	41.28	55.47	64.86	100.86
韩国											0.27	0.44	1.84
墨西哥											0.01	0.09	0.13
荷兰							0.02	4.35	24.51	36.94	78.16	98.90	98.22
新西兰								0.01	0.01	0.22	0.42	0.76	1.30
挪威								0.34	0.66	2.34	10.28	30.95	60.18
葡萄牙													
南非											0.13	0.40	0.53
瑞典								0.66	1.78	5.21	10.83	21.29	37.28
泰国										0.06	0.32	0.32	0.32
英国						0.02	0.03	1.02	2.09	10.02	27.55	54.96	88.66
美国							7.98	46.57	95.58	150.94	193.77	266.65	360.51
其他国家						0.02	0.04	0.46	1.13	3.50	9.77	22.65	46.29
总计						0.39	9.38	69.31	160.72	294.56	512.54	796.44	1,180.69

电动轻型乘用车新车销量

表 A.4 2005-2017 各国电动轻型乘用车（纯电动车和插电式混合动力轻型乘用车）新车销量（单位：千辆）

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
澳大利亚							0.05	0.25	0.29	1.32	1.77	1.37	2.28
巴西								0.09	0.17	0.06	0.09	0.17	0.36
加拿大							0.52	2.02	3.12	5.07	6.96	11.58	16.68
智利							0.01	0.01	0.01	0.01	0.04	0.03	0.15
中国					0.48	1.43	5.07	9.90	15.34	73.17	207.38	336.00	579.00
芬兰							0.03	0.18	0.22	0.44	0.69	1.43	3.06
法国	0.01	0.01	0.01		0.01	0.19	2.73	6.26	9.62	12.64	22.95	29.51	34.78
德国	0.02			0.07	0.02	0.14	1.65	3.37	6.93	12.74	23.19	24.61	54.56
印度				0.37	0.16	0.35	0.45	1.43	0.19	0.41	1.00	0.45	2.00
日本					1.08	2.44	12.62	24.44	28.88	32.29	24.65	24.85	54.10
韩国						0.06	0.27	0.51	0.60	1.31	3.19	5.26	14.71
墨西哥								0.09	0.01	0.05	0.10	0.27	0.26
荷兰				0.01	0.03	0.12	0.88	5.12	22.42	15.09	43.77	24.48	11.07
新西兰						0.01	0.01	0.03	0.04	0.32	0.49	1.50	3.47
挪威			0.01	0.24	0.15	0.39	1.84	4.51	8.52	19.77	33.73	44.89	62.26
葡萄牙						0.72	0.19	0.05	0.18	0.20	0.64	1.47	1.78
南非									0.03	0.01	0.24	0.38	0.20
瑞典							0.18	0.93	1.55	4.67	8.59	13.42	20.35
泰国							0.01	0.01	0.01	0.07	0.27		0.03
英国	0.22	0.32	0.45	0.22	0.18	0.28	1.22	2.69	3.75	14.74	29.34	37.91	47.25
美国	1.12			1.47		1.19	17.73	53.24	96.70	118.78	113.87	159.62	198.35
其他国家	0.53			0.09	0.03	0.17	1.80	2.71	4.23	9.55	17.79	25.02	42.02
总计	1.89	0.34	0.47	2.46	2.13	7.49	47.24	117.84	202.80	322.70	540.72	744.22	1,148.70

Page | 93

表 A.5 2005-2017 各国纯电动轻型乘用车新车销量（单位：千辆）

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
澳大利亚							0.05	0.17	0.19	0.37	0.76	0.67	1.21
巴西								0.07	0.13	0.06	0.06	0.13	0.07
加拿大							0.22	0.62	1.64	2.83	4.38	5.22	8.71
智利							0.01	0.01	0.01		0.01	0.02	0.10
中国					0.48	1.09	4.75	9.64	14.61	48.91	146.72	257.00	468.00
芬兰							0.03	0.05	0.05	0.18	0.24	0.22	0.50
法国	0.01	0.01	0.01		0.01	0.19	2.63	5.66	8.78	10.57	17.27	21.76	25.98
德国	0.02			0.07	0.02	0.14	1.40	2.21	5.31	8.35	12.08	11.32	25.07
印度				0.37	0.16	0.35	0.45	1.43	0.19	0.41	1.00	0.45	2.00
日本					1.08	2.44	12.61	13.47	14.76	16.11	10.47	15.46	18.10
韩国						0.06	0.27	0.51	0.60	1.31	2.92	5.10	13.30
墨西哥								0.09	0.01	0.05	0.09	0.21	0.21
荷兰				0.01	0.03	0.12	0.86	0.79	2.25	2.66	2.54	3.74	8.63
新西兰						0.01	0.01	0.02	0.03	0.11	0.30	1.16	2.94
挪威			0.01	0.24	0.15	0.39	1.84	4.18	8.20	18.09	25.78	24.22	33.03
葡萄牙						0.72	0.19	0.05	0.14	0.19	0.64	0.79	1.78
南非									0.03	0.01	0.12	0.10	0.07
瑞典							0.18	0.27	0.43	1.24	2.96	2.95	4.36
泰国							0.01	0.01	0.01	0.01	0.01		0.03
英国	0.22	0.32	0.45	0.22	0.18	0.26	1.21	1.71	2.68	6.81	10.10	10.51	13.55
美国	1.12			1.47		1.19	9.75	14.65	47.69	63.42	71.04	86.73	104.49
其他国家	0.53			0.09	0.03	0.15	1.78	2.28	3.57	7.18	11.51	12.15	18.37
总计	1.89	0.34	0.47	2.46	2.13	7.11	38.25	57.89	111.32	188.86	321.00	459.91	750.49

表 A.6 2005-2017 各国插电式混合动力轻型乘用车新车销量（单位：千辆）

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
澳大利亚								0.08	0.10	0.95	1.01	0.70	1.08
巴西								0.02	0.03		0.03	0.05	0.29
加拿大							0.30	1.40	1.48	2.24	2.58	6.36	7.97
智利										0.01	0.02	0.01	0.04
中国						0.34	0.32	0.26	0.73	24.27	60.66	79.00	111.00
芬兰								0.13	0.17	0.26	0.44	1.21	2.55
法国							0.10	0.60	0.83	2.07	5.68	7.75	8.79
德国							0.24	1.16	1.62	4.39	11.11	13.29	29.50
印度													
日本							0.02	10.97	14.12	16.18	14.19	9.39	36.00
韩国											0.27	0.16	1.41
墨西哥											0.01	0.06	0.05
荷兰							0.02	4.33	20.16	12.43	41.23	20.74	2.45
新西兰								0.01	0.01	0.21	0.20	0.34	0.54
挪威								0.33	0.32	1.68	7.95	20.67	29.23
葡萄牙									0.04	0.01		0.69	
南非											0.12	0.28	0.13
瑞典								0.66	1.12	3.43	5.63	10.46	15.99
泰国										0.06	0.26		
英国						0.02	0.01	0.99	1.07	7.93	19.24	27.40	33.70
美国							7.98	38.59	49.01	55.36	42.83	72.89	93.86
其他国家						0.02	0.02	0.43	0.66	2.37	6.28	12.87	23.65
总计						0.38	9.00	59.95	91.48	133.83	219.73	284.31	398.21

电动轻型乘用车市场份额

表 A.7 2005-2017 电动轻型乘用车（纯电动车和插电式混合动力轻型乘用车）市场份额（%）

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
澳大利亚							0.01%	0.02%	0.02%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%
巴西												0.01%	0.02%
加拿大							0.04%	0.1%	0.2%	0.3%	0.5%	0.8%	1.1%
智利										0.01%	0.02%	0.01%	0.1%
中国					0.01%	0.01%	0.04%	0.1%	0.1%	0.4%	1.0%	1.4%	2.2%
芬兰							0.02%	0.2%	0.2%	0.4%	0.6%	1.2%	2.6%
法国							0.01%	0.1%	0.3%	0.5%	0.7%	1.2%	1.7%
德国							0.1%	0.1%	0.2%	0.4%	0.7%	0.7%	1.6%
印度				0.02%	0.01%	0.02%	0.02%	0.05%	0.01%	0.02%	0.04%	0.02%	0.06%
日本					0.03%	0.1%	0.3%	0.5%	0.6%	0.7%	0.6%	0.5%	1.0%
韩国						0.01%	0.02%	0.04%	0.1%	0.1%	0.3%	0.5%	1.3%
墨西哥								0.01%			0.01%	0.02%	0.02%
荷兰					0.01%	0.02%	0.15%	1.02%	5.4%	3.9%	9.7%	6.4%	2.7%
新西兰						0.01%	0.01%	0.01%	0.02%	0.1%	0.1%	0.5%	1.1%
挪威			0.01%	0.2%	0.1%	0.3%	1.3%	3.3%	6.0%	13.7%	22.4%	29.0%	39.2%
葡萄牙						0.3%	0.1%	0.1%	0.2%	0.1%	0.4%	0.7%	0.8%
南非									0.01%		0.1%	0.1%	0.1%
瑞典							0.1%	0.3%	0.5%	1.4%	2.4%	3.4%	6.3%
泰国										0.01%	0.03%		
英国	0.01%	0.01%	0.02%	0.01%	0.01%	0.01%	0.1%	0.1%	0.2%	0.6%	1.1%	1.4%	1.7%
美国	0.01%			0.01%		0.01%	0.2%	0.4%	0.7%	0.8%	0.7%	1.0%	1.2%
其他国家							0.03%	0.05%	0.1%	0.2%	0.3%	0.4%	0.7%

表 A.8 2005-2017 各国纯电动轻型乘用车市场份额 (%)

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
澳大利亚							0.01%	0.02%	0.02%	0.04%	0.1%	0.1%	0.1%
巴西												0.01%	
加拿大							0.02%	0.05%	0.1%	0.2%	0.3%	0.4%	0.6%
智利											0.01%	0.01%	0.05%
中国					0.01%	0.01%	0.04%	0.1%	0.1%	0.2%	0.7%	1.0%	1.8%
芬兰							0.02%	0.05%	0.05%	0.2%	0.2%	0.2%	0.4%
法国						0.01%	0.1%	0.3%	0.5%	0.6%	0.9%	1.1%	1.3%
德国							0.04%	0.1%	0.2%	0.3%	0.4%	0.3%	0.7%
印度				0.02%	0.01%	0.02%	0.02%	0.05%	0.01%	0.02%	0.04%	0.02%	0.06%
日本					0.03%	0.1%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%
韩国						0.0%	0.02%	0.04%	0.1%	0.1%	0.3%	0.4%	1.1%
墨西哥								0.01%			0.01%	0.02%	0.02%
荷兰					0.01%	0.02%	0.2%	0.2%	0.5%	0.7%	0.6%	1.0%	2.1%
新西兰						0.01%	0.01%	0.01%	0.02%	0.05%	0.1%	0.5%	1.1%
挪威			0.01%	0.2%	0.1%	0.3%	1.3%	3.0%	5.8%	12.5%	17.1%	15.7%	20.8%
葡萄牙						0.3%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.4%	0.4%	0.8%
南非									0.01%		0.03%	0.03%	0.02%
瑞典							0.05%	0.09%	0.15%	0.38%	0.82%	0.75%	1.34%
泰国													
英国	0.01%	0.01%	0.02%	0.01%	0.01%	0.01%	0.1%	0.1%	0.1%	0.3%	0.4%	0.4%	0.5%
美国	0.01%			0.01%		0.01%	0.1%	0.1%	0.3%	0.4%	0.4%	0.5%	0.6%
其他国家							0.03%	0.05%	0.1%	0.2%	0.2%	0.2%	0.3%

表 A.9 2005-2017 各国插电式混合动力轻型乘用车市场份额 (%)

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
澳大利亚										0.01%	0.01%	0.01%	0.01%
巴西													0.02%
加拿大							0.02%	0.1%	0.1%	0.2%	0.2%	0.4%	0.5%
智利										0.0%	0.0%		0.02%
中国										0.1%	0.3%	0.3%	0.4%
芬兰								0.1%	0.2%	0.2%	0.4%	1.0%	2.2%
法国								0.03%	0.05%	0.1%	0.3%	0.4%	0.4%
德国							0.01%	0.04%	0.1%	0.1%	0.3%	0.4%	0.9%
印度													
日本								0.2%	0.3%	0.3%	0.3%	0.2%	0.7%
韩国											0.02%	0.01%	0.1%
墨西哥													
荷兰								0.9%	4.8%	3.2%	9.2%	5.4%	0.6%
新西兰										0.01%	0.01%	0.02%	0.02%
挪威								0.2%	0.2%	1.2%	5.3%	13.4%	18.4%
葡萄牙									0.03%	0.01%		0.33%	
南非											0.03%	0.08%	0.04%
瑞典								0.2%	0.4%	1.1%	1.6%	2.7%	4.9%
泰国										0.01%	0.03%		
英国								0.05%	0.05%	0.3%	0.7%	1.0%	1.2%
美国							0.1%	0.3%	0.4%	0.4%	0.3%	0.4%	0.6%
其他国家									0.01%	0.05%	0.1%	0.2%	0.4%

电动汽车充电设施数量

表 A.10 2005-2017 各国公共充电桩（慢充桩和快充桩）数量

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
澳大利亚													476
巴西													
加拿大								724	1179	2321	3508	4215	5841
智利							3	15	17	26	30	32	51
中国										30000	58758	141254	213903
芬兰									267	383	848	858	885
法国								809	1802	1827	10568	15567	15978
德国								1518	2447	2846	5328	17509	24289
印度											25	25	222
日本						312	801	1381	1794	11517	22110	24372	28834
韩国							62	177	292	388	790	1566	5612
墨西哥													1528
荷兰						400	400	2803	5791	11981	18044	26448	33431
新西兰													104
挪威						2800	3123	3746	4651	5385	5703	7758	9530
葡萄牙							1086	1135	1171	1189	1214	1233	1476
南非													124
瑞典								505	1020	1165	1520	2162	4071
泰国													96
英国							1503	2840	5691	7742	9377	11208	13534
美国			374	381	419	542	4392	13160	16867	22633	31674	40473	45868
其他国家							1306	4145	5980	8237	14301	18887	24298
总计			374	381	419	4,054	12,676	32,958	48,969	107,640	183,798	313,567	430,151

表 A.11 2005-2017 各国公共慢充桩数量

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
澳大利亚													436
巴西													
加拿大								722	1172	2266	3361	3900	5168
智利							1	7	9	16	20	20	37
中国										21000	46657	86365	130508
芬兰									250	357	706	706	706
法国								800	1700	1700	9865	14250	14407
德国								1500	2400	2606	4587	16266	22213
印度													222
日本										8640	16120	17260	21507
韩国							29	59	115	151	449	1075	3081
墨西哥													1486
荷兰						400	400	2782	5770	11860	17786	26088	32976
新西兰													
挪威						2800	3105	3688	4511	5185	5185	7040	8292
葡萄牙							1080	1128	1154	1172	1192	1192	1322
南非													87
瑞典								500	1000	1065	1251	1737	3456
泰国													88
英国							1503	2804	5435	7182	8174	9594	11497
美国			333	339	373	482	3903	11695	14990	20115	28150	35089	39601
其他国家							1299	3940	5419	7533	12518	16676	21038
总计			333	339	373	3,682	11,320	29,625	43,925	90,848	156,021	237,258	318,128

表 A.12 2005-2017 各国公共快充桩数量

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
澳大利亚													40
巴西													
加拿大								2	7	55	147	315	673
智利							2	8	8	10	10	12	14
中国										9000	12101	54889	83395
芬兰									17	26	142	152	179
法国								9	102	127	703	1317	1571
德国								18	47	240	741	1243	2076
印度											25	25	
日本						312	801	1381	1794	2877	5990	7112	7327
韩国							33	118	177	237	341	491	2531
墨西哥													42
荷兰								21	21	121	258	360	455
新西兰													104
挪威							18	58	140	200	518	718	1238
葡萄牙							6	7	17	17	22	41	154
南非													37
瑞典								5	20	100	269	425	615
泰国													8
英国								36	256	560	1203	1614	2037
美国			42	42	47	60	489	1464	1877	2518	3524	5384	6267
其他国家							7	205	561	704	1783	2211	3260
总计			42	42	47	372	1,356	3,332	5,044	16,792	27,777	76,309	112,023

参考文献

- ACEA (2018), *Alternative fuel vehicle registrations*. Retrieved March 21, 2018, from ACEA (European Automobile Manufacturers Association):
www.acea.be/statistics/tag/category/electric-and-alternative-vehicle-registrations.
- ACEM (2018, April), *European Association of Motorcycle Manufacturers*. Retrieved from www.acem.eu/market-data.
- Achten, P. (2017a), PM-emissions from EVs. Retrieved from www.concawe.eu/wpcontent/uploads/2017/03/CONCAWE-Achten.pdf.
- Achten, P. (2017b), PM emissions from electric vehicles. 12th Concawe Symposium, (p. 5), Antwerp, Belgium. Retrieved from www.concawe.eu/wpcontent/uploads/2017/05/Concawe-Review-Special-Symposium-Edition-webversion.pdf.
- Achten, P. (2017a), *PM-emissions from EVs*. Retrieved from www.concawe.eu/wp-content/uploads/2017/03/CONCAWE-Achten.pdf.
- Advanced Fuel Cells TCP (2018, March 20), Personal communication. (International Energy Agency, Interviewer).
- AFDC (2017), *Developing Infrastructure to Charge Plug-In Electric Vehicles*. Retrieved from Alternative Fuels Data Center: www.afdc.energy.gov/fuels/electricity_infrastructure.html.
- Allego (2018), *Charging infrastructure Deployment*. Retrieved from Personal Communication.
- Allison Transmission (2018), *Electric vehicle manufacturer EMOSS Mobile Systems chooses Allison 4500 fully automatic transmission*. Retrieved April 27, 2018, from Cision: www.prnewswire.com/news-releases/electric-vehicle-manufacturer-emoss-mobile-systems-chooses-allison-4500-fully-automatic-transmission-300594140.html.
- Amnesty International (2017a), *Democratic Republic of Congo: Government must deliver on pledge to end child mining labour by 2025*. Retrieved May 9, 2018, from Amnesty International: www.amnesty.org/en/latest/news/2017/09/democratic-republic-of-congo-government-must-deliver-on-pledge-to-end-child-mining-labour-by-2025/.
- Amnesty International (2017b), *Industry giants fail to tackle child labour allegations in cobalt battery supply chains*. Retrieved May 9, 2018, from Amnesty International: www.amnesty.org/en/latest/news/2017/11/industry-giants-fail-to-tackle-child-labour-allegations-in-cobalt-battery-supply-chains/.
- ANL (2018a, March), Personal communication with Shabbir Achmed (International Energy Agency, Interviewer).
- ANL (2018b), BatPaC: A Lithium-Ion Battery Performance and Cost Model for Electric-Drive Vehicles. Retrieved from Argonne National Laboratory: www.cse.anl.gov/batpac/index.html.
- ANL (2018, March), Personal communication with Shabbir Achmed.

Audi (2017, March 15), *Audi sets strategic path in challenging year 2016*. Retrieved April 5, 2017, from Audi Media Center: www.audi-mediacenter.com/en/press-releases/audi-sets-strategic-path-in-challenging-year-2016-7430.

Autocar (2018, January 01), *First electric Volvo to be an all-new hatchback due in 2019*. Retrieved April 06, 2018, from Autocar: www.autocar.co.uk/car-news/new-cars/first-electric-volvo-be-all-new-hatchback-due-2019.

Ayre, J. (2018), *Electric Semi Trucks and Heavy-Duty Trucks — Available Models and Planned Models (In-Depth List)*. Retrieved from <https://cleantechnica.com/2017/12/16/electric-semi-trucks-heavy-duty-trucks-available-models-planned-models>.

Balkan Green Energy News (2017, November 15), *NEXT-E project to provide 252 chargers for electric vehicles until 2020*. Retrieved from <https://balkangreenenergynews.com/next-project-provide-252-chargers-for-electric-vehicles-until-2020/>.

Battle, C., and C. Ocaca (2013), *Electricity Regulation: Principles*. In I. J. Pérez-Arriaga, *Regulation* (pp. 125-150), London: Springer-Verlag.

Baumann, U. (2018), *Sattelschlepper mit E-Antrieb*. Retrieved April 27, 2018, from Auto Motor und Sport: www.auto-motor-und-sport.de/news/cummins-acos-sattelschlepper-mit-e-antrieb/.

Bloomberg (2018a, January 11), *California Approves \$41 Million for Electric Vehicle Charging*. Retrieved from www.bloomberg.com/news/articles/2018-01-11/california-approves-41-million-for-electric-vehicle-charging.

Bloomberg (2018b, February 22), *Tesla Wants to Help You Charge Your Electric Car at the Office*. Retrieved from Bloomberg: www.bloomberg.com/news/articles/2018-02-22/tesla-wants-to-help-you-charge-your-electric-car-at-the-office.

BMVI (2017, June 22), *The future of mobility is electric*. Retrieved from www.bmvi.de/SharedDocs/EN/Dossier/Electric-Mobility-Sector/electric-mobility-sector.html.

BMW Group (2017, July 25), *BMW Group announces next step in electrification strategy*. Retrieved from www.press.bmwgroup.com/global/article/detail/T0273122EN/bmw-group-announces-next-step-in-electrification-strategy?language=en.

BMW Group (2018), *BMW Launches First App to Automate the Home Charging Process for BMW i Electric Vehicles*. Retrieved April 26, 2018, from BMW: www.press.bmwgroup.com/usa/article/detail/T0183262EN_US/bmw-launches-first-app-to-automate-the-home-charging-process-for-bmw-i-electric-vehicles?language=en_US.

BNEF (2018), *Manufacturing Plants*. Bloomberg New Energy Finance.

Bohn, T. (2011), *Codes and Standards Support for Vehicle Electrification*. Retrieved from US Department of Energy: https://energy.gov/sites/prod/files/2014/03/f10/vss053_bohn_2011_o.pdf.

Bousso, R. (2017, November 27), *Shell and carmakers aim to go the distance with highway charging*. Retrieved from Reuters: www.reuters.com/article/us-autos-batteries-shell/shell-and-carmakers-aim-to-go-the-distance-with-highway-charging-idUSKBN1DR00G.

- Brown, S. (2018, January 13), *GBP4.5 million to fund electric car charge point unused by U.K. councils*. Retrieved from driveev.net: <http://driveev.net/2018/01/13/4-5million-to-fund-electric-car-charge-point-unused-by-u-k-councils/#.WovZCainG73>.
- Bundesverwaltungsgericht (2018, February 2), *Luftreinhaltepläne Düsseldorf und Stuttgart: Diesel-Verkehrsverbote ausnahmsweise möglich*. Germany. Retrieved from www.bverwg.de/pm/2018/9.
- BYD (2018), *Ebus*. Retrieved from www.byd.com/la/auto/ebus.html.
- C40 (2015, May 20), *C40 Clean Bus Declaration urges cities and manufacturers to adopt innovative clean bus technologies*. Retrieved from C40: www.c40.org/blog_posts/c40-clean-bus-declaration-urges-cities-and-manufacturers-to-adopt-innovative-clean-bus-technologies.
- C40 (2017, October 23), *Our commitment to green and healthy streets - C40 fossil-fuel-free streets declaration*. Retrieved from C40: www.c40.org/other/fossil-fuel-free-streets-declaration.
- CAAM (2018, January 15), *NEV enjoyed strong development*. Retrieved from China Association of Automobile Manufacturers: www.caam.org.cn/AutomotivesStatistics/20180115/1305214916.html.
- CAISO (2018), *Current and forecasted demand*. Retrieved April 26, 2018, from California ISO: www.caiso.com/TodaysOutlook/Pages/default.aspx.
- Cames, M., and E. Helmers (2013), *Critical evaluation of the European diesel car boom - global comparison, environmental effects and various national strategies*. *Environmental Sciences Europe*, 25(15).
- Campbell, P. (2018, February 20), *Fiat Chrysler to kill off diesel in all cars by 2022*. Retrieved from Financial Times: www.ft.com/content/25fa04ac-1a08-11e8-aaca-4574d7dabfb6.
- Campbell, P., and N. Thomas (2017, November 27), *Tesla truck will need power of 4,000 homes to recharge, says study*. Retrieved from Financial Times: www.ft.com/content/f5593480-d29a-11e7-8c9a-d9c0a5c8d5c9.
- CARB (2016), *Zero-emission vehicle standards for 2018 and subsequent model year passenger cars, light-trucks, and medium-duty vehicles*. Retrieved from www.arb.ca.gov/msprog/zevprog/zevregs/1962.2_Clean.pdf.
- CARB (2018), *Zero-emission vehicle standards for 2018 and subsequent model year passenger cars, light-duty trucks and medium-duty vehicles*. Retrieved from California Air Resources Board: www.arb.ca.gov/msprog/zevprog/zevregs/1962.2_Clean.pdf.
- Carey, N., and J. White (2018, January 15), *Ford plans to spend \$11bn on 40 new electric car models by 2022*. Retrieved April 05, 2018, from Independent: www.independent.co.uk/news/business/news/ford-electric-car-models-billions-2022-car-manufacturer-a8159431.html.
- CCAC (2018), *Climate and Clean Air Coalition*. Retrieved from www.ccacoalition.org/en/activity/soot-free-urban-bus-fleets.
- CEM-EVI (2016), *Government Fleet Declaration*. Retrieved from www.ica.org/media/topics/transport/EVI_Government_Fleet_Declaration.pdf.

- CEM-EVI (2017, June 8), *EV30@30 Campaign*. Retrieved from www.ica.org/media/topics/transport/3030CampaignDocumentFinal.pdf.
- CHAdEMO (2012), *About CHAdEMO*. Retrieved from www.chademo.com/wp/pdf/aboutus/Brolong.pdf.
- CHAdEMO (2018a), *CHAdEMO - Worldwide application and the future*.
- CHAdEMO (2018b, February 2), Personal communication on Feb 02 2018. (International Energy Agency, Interviewer).
- CHAdEMO (2018c), *Charging standards*. Retrieved from Personal Communication.
- Chambers, M. (2018, February 28), *Germany weighs options to avoid diesel bans after ruling*. Retrieved from Reuters: www.reuters.com/article/us-germany-emissions/germany-weighs-options-to-avoid-diesel-bans-after-ruling-idUSKCN1GC1IS.
- Charged Electric Vehicles Magazine (2017), Mazda Exec reiterates Lack of Interest in EVs. *CHARGED Electric Vehicles Magazine*(33), 47. Retrieved May 8, 2018, from <https://chargedevs.com/newswire/mazda-exec-reiterates-lack-of-interest-in-evs/>.
- ChargePlace Scotland (2017), *Scotland to Phase Out New Diesel and Petrol Cars by 2032*. Retrieved from <http://chargeplacescotland.org/news/diesel-petrol-2032/>.
- CharIN (2017a), *The path to a global charging standard*. Retrieved from http://charinev.org/fileadmin/Downloads/Presentations/2017_CharIN_Charge_Days_Brocklo.pdf.
- CharIN (2017b), *DC charging power classes*. Retrieved from http://charinev.org/fileadmin/Downloads/Papers_and_Regulations/170412_Nomenklaturvorschlag_fur_AG4_Normungsroadmap_Leistungsklassen_SC.PDF.
- CharIN (2017c), *A harmonized connector approach per geographical region facilitates EV market uptake*. Charging Intervace Initiative e.V.
- CharIN (2018a), *Korea introduces CCS a standard for electric vehicles*. Retrieved from www.charinev.org/news-detail/news/korea-introduces-ccs-a-standard-for-electric-vehicles/?tx_news_pi1%5B%40widget_0%5D%5BcurrentPage%5D=3&cHash=bc2f41dc31aff50cc2b90eb9.
- CharIN (2018b), *What is the Combined Charging System (CCS)?* Retrieved February 26, 2018, from www.charinev.org/ccs-at-a-glance/what-is-the-ccs/.
- CharIN (2018c, March 7), Personal communication. (International Energy Agency, Interviewer).
- CharIN (2018d, March 22), *Frequently Asked Quesitons*. Retrieved from CharIN.org: www.charinev.org/ccs-at-a-glance/frequently-asked-questions/.
- Chavez-Langdon, A., and M. Howell (2013), *Lessons Learned - The EV Project Regulatory Issues and Utility EV rates*. Retrieved from ecotality: <https://avt.inl.gov/sites/default/files/pdf/EVProj/103425-835189.ri-2.pdf>.
- Chen, Y., and J. Borken-Kleefeld (2014), Real-driving emissions from cars and light commercial vehicles – Results from 13 years remote sensing at Zurich/CH. *Atmospheric Environment*, 88, 157-164.

- Cherry, C. (2010), Electric two-wheelers in China: Promise, progress and potential. (A. Magazine, Ed.) 37, 17-24. Retrieved from www.accessmagazine.org/wp-content/uploads/sites/7/2016/01/access37_electric_cycles_China.pdf.
- China Daily (2017, January 26), *State Grid scales up charging*. Retrieved from www.chinadaily.com.cn/business/2017-01/26/content_28058742.htm.
- China Economic Net (2018, January 10), *新能源汽车打响资本竞争战*. Retrieved from Auto People: <http://auto.people.com.cn/n1/2018/0110/c1005-29756047.html>.
- China Electricity Council and Nari Group Corporation (2016), *Electric Vehicle Charging System and Communication Protocol Standard Interpretation*. Retrieved from www.dke.de/resource/blob/941916/45a2bea18c614b1b09a4f5b8cd7960a2/sesec-newsletter-01-2016-data.pdf.
- China News (2017), *白皮书称中国电动自行车社会保有量达 2.5 亿辆 [White paper says China's electric bicycle has 250 million stock]*. Retrieved from China News: www.chinanews.com/sh/2017/03-15/8174691.shtml.
- Chinkin, L. R. et al. (2003), Weekday versus Weekend Activity Patterns for Ozone Precursor Emissions in California's South Coast Air Basin. *Journal of the Air and Waste Management Association*, 53, 829-843.
- Chung, J., and J. Lee (2017, August 3), *Asian battery makers eye nickel top-up as cobalt price bites*. Retrieved from Reuters: www.reuters.com/article/us-southkorea-battery-cobalt/asian-battery-makers-eye-nickel-top-up-as-cobalt-price-bites-idUSKBN1AJ0S8.
- Clean Technica (2018, February 21), *National Grid Planning Fast Charging Network For UK*. Retrieved from Clean Technica: <https://cleantechnica.com/2018/02/21/national-grid-planning-fast-charging-network-uk/>.
- Cobb, J. (2015, June 11), *How Nissan and Renault are Dominating the Electric Car Game*. Retrieved April 05, 2018, from hybridCars: www.hybridcars.com/how-nissan-and-renault-are-dominating-the-electric-car-game/.
- Copper Alliance (2017, June), *The Electric Vehicle Market and Copper Demand*. Retrieved from <http://copperalliance.org/wordpress/wp-content/uploads/2017/06/2017.06-E-Mobility-Factsheet-1.pdf>.
- Council of the European Union (2017, December 19), *Energy efficient buildings – Presidency secures provisional deal with European Parliament*. Retrieved from European Council: www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2017/12/19/energy-efficient-buildings-presidency-secures-provisional-deal-with-european-parliament/.
- CRIT'Air (2017), *France has introduced the Crit'Air Vignette!* Retrieved from CRIT'Air: www.crit-air.fr/en.html.
- Daimler (2018a), *All-electric Mercedes-Benz trucks for the heavy-duty distribution sector: Sustainable, fully electric and quiet: Mercedes-Benz eActros to roll out to customers in 2018*. Retrieved from <http://media.daimler.com/marsMediaSite/en/instance/ko/All-electric-Mercedes-Benz-trucks-for-the-heavy-duty-distribution-sector-Sustainable-fully-electric-and-quiet-Mercedes-Benz-eActros-to-roll-out-to-customers-in-2018.xhtml?oid=33451264>.

- Daimler (2018b), *Elektrische Vision. Der E-FUSO Vision One*. Retrieved April 27, 2018, from Daimler: www.daimler.com/innovation/case/electric/efuso.html.
- Daimler (2018c), *"One electrified alternative in every model series". Ola Källenius on drive train strategy*. Retrieved April 05, 2018, from Daimler Global Website: www.daimler.com/innovation/interview-with-ola-kaellenius-on-drive-train-strategy.html.
- Davenport, C., and H. Tabuchi (2018, March 29), *E.P.A. Prepares to Roll Back Rules Requiring Cars to Be Cleaner and More Efficient*. Retrieved from New York Times: www.nytimes.com/2018/03/29/climate/epa-cafe-auto-pollution-rollback.html.
- Deutsche Umwelthilfe (2018), *Deutsche Umwelthilfe erwirkt Grundsatzurteil für die „Saubere Luft“ in unseren Städten – Dieselkonzerne müssen alle Betrugsdiesel technisch nachrüsten*. Retrieved from www.duh.de/pressemitteilung/deutsche-umwelthilfe-erwirkt-grunds.
- Dixon, T. (2018, January 3), *Clean Technica*. Retrieved from 100% - Chinese City's Record-Smashing 16,359 Electric Bus Fleet: <https://cleantechnica.com/2018/01/03/100-chinese-citys-record-smashing-16359-electric-bus-fleet/>.
- DPER (Department of Public Expenditure and Reform), Government of Ireland (2018), *National Development Plan 2018—2027*. Retrieved from Government of Ireland Department of Public Expenditure and Reform: www.gov.ie/en/pdf-viewer/?file=https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/govicassets/18/5569359-NDP%20strategy%202018-2027_WEB.pdf#page=76.
- E Force One (2018), *EFORCE 18-44t eLkw Specifications*. Retrieved April 27, 2018, from E Force One: https://eforce.ch/uploads/1/1/7/1/117106312/e44_fact_sheet_e.pdf.
- E.ON. (2017, October 11), *E.ON and CLEVER are creating an electric highway from Norway to Italy*. Retrieved from E.ON: www.eon.com/en/about-us/media/press-release/2017/eon-and%20clever-are-creating-an-electric-highway-from-norway-to-italy.html.
- EAFO (2018a, March 22), *Vehicle Statistics*. Retrieved from European Alternative Fuel Observatory: www.eafo.eu/vehicle-statistics.
- EAFO (2018b, March 3), *Electric Vehicles Charging Infrastructure*. Retrieved from www.eafo.eu/electric-vehicle-charging-infrastructure.
- EB Start (2018), *Data and publications - Electric bus market data*. Retrieved from EB Start - Electric Bus Sustainable and Renewable Transportation: www.ebstart.co/data-publications.
- EC (2014, October 22), Directive 2014/94/EU of the European Parliament and the Council of 22 October 2014 on the deployment of alternative fuels infrastructure. Brussels: European Commission.
- EC (2016, October 16), *Ultra-E*. Retrieved from <https://ec.europa.eu/inea/en/connecting-europe-facility/cef-transport/ultra-e>.
- EC (2017a, November), *Detailed Assessment of the National Policy Frameworks Accompanying the document Towards the broadest use of alternative fuels - an Action Plan on Alternative Fuels Infrastructure under Article 10(6) of Directive 2014/94/EU*. Retrieved from http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:d80ea8e8-e559-11e7-9b01-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_1&format=PDF.

- EC (2017b, November), *Detailed Assessment of the National Policy Frameworks Accompanying the document Towards the broadest use of alternative fuels - an Action Plan for Alternative Fuels Infrastructure under Article 10(6) of Directive 201/94/EU*. Retrieved from http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:d80ea8e8-c559-11e7-9b01-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_3&format=PDF.
- EC (2017c, November 21), *EU funding for alternative fuel deployment*. Retrieved from https://ec.europa.eu/transport/themes/sustainable/news/2017-11-21-cu-funding-alternative-fuel-deployment_en.
- EC (2017d), *Towards the broadest use of alternative fuels - an Action Plan on Alternative Fuels Infrastructure under Article 10(6) of Directive 2014/94/EU, {SWD(2017) 365 final}*. Brussels: European Commission.
- EC (2018a), *Setting emission performance standards for new passenger cars and for new light commercial vehicles as part of the Union's integrated approach to reduce CO2 emissions from light-duty vehicles and amending Regulation (EC) No 7*. European Commission. Retrieved from https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/proposal_en#tab-0-1.
- EC (2018b), *Proposal for post-2020 CO2 targets for cars and vans*. Retrieved March 15, 2018, from https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/proposal_en.
- EC (2018c), *2050 Low-carbon economy*. Retrieved March 28, 2018, from European Commission: https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050_en.
- EC (2018d), *Infrastructure - TEN-T - Connecting Europe*. Retrieved from European Commission Connecting Europe Facility: https://ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure/ten-t-guidelines/project-funding/cef_en.
- EC (2018e), *EU Funding for TEN-T*. Retrieved from European Commission: https://ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure/ten-t-guidelines/project-funding_en.
- EESL (2018, March 12), *Procurement of 10,000 Nos. of Electric Car including complete system Warranty under the Faster Adoption and Manufacturing of (Hybrid and) Electric Vehicles in India of MNRE Govt. of India*. Retrieved from Energy Efficiency Services Limited: www.ceslindia.org/DMS/Procurement%20of%2010000of%20Electric%20Car.pdf.
- Electric Cars Report (2018, February 14), *BMW targets 140,000 plug-in vehicle sales in 2018*. Retrieved April 05, 2018, from Electric Cars Report: https://electriccarsreport.com/2018/02/bmw-targets-140000-plug-vehicle-sales-2018/?utm_source=dlvr.it&utm_medium=twitter.
- Electrify America (2018a), *Electrify America Selects Greenlots to Develop Operating Platform to Manage \$ 2 Billion Investment in Coast-to-Coast Network of High Speed Electric Vehicle Charging Stations*.
- Electrify America (2018b), *Our Plan*. Retrieved March 19, 2018, from www.electrifyamerica.com/our-plan.
- Electrify (2018, February 16), *Balearic Islands to become EV oasis*. Retrieved from www.electrify.com/2018/02/16/balearic-islands-go-green/.
- ELIPTIC (2017, December 17), *Are buses with a diesel-powered heater true zero-emission buses?* Retrieved from www.eliptic-project.eu/news/are-buses-diesel-powered-heater-true-zero-emission-buses.

- Ellingsen, L.-W., and A. Hammer Strimman (2017, March 20-21), *Life cycle assessment*. 12th Concawe Symposium. Retrieved from www.concawe.eu/wp-content/uploads/2017/03/Ellingsen-LCA-of-BEVs_edited-for-publication.pdf.
- Ellingsen, L., B. Singhand and A. Hammer Strimman (2016), The size and range effect: lifecycle greenhouse gas emissions of electric vehicles. *Environmental Research Letters*, 11. doi:doi:10.1088/1748-9326/11/5/054010.
- EMOSS (2018), *De Elektrische Vrachtwagen*. Retrieved April 27, 2018, from EMOSS E-Truck: www.emoss.nl/elektrische-voertuigen/elektrische-vrachtwagen/.
- encl, and SMATRICS (2017, January 19), *eva+ launch event*. Retrieved from www.evaplus.eu/images/LaunchEventPPT/EVApplusLaunchEvent.pdf.
- ENTSOE (2018), *Monthly Hourly Load Values*. Retrieved April 26, 2018, from ENTSOE: www.entsoe.eu/data/power-stats/hourly_load/.
- EPA (2016), *Draft Technical Assessment Report: Midterm Evaluation of Light-Duty vehicle greenhouse gas emission standards and corporate average fuel economy standards for model years 2022-2025*. Retrieved from United States Environmental Protection Agency: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P100OXEO.PDF?Dockey=P100OXEO.PDF>.
- EPA (2018, April 2), *EPA Administrator Pruitt: GHG Emissions Standards for Cars and Light Trucks Should Be Revised*. Retrieved from United States Environmental Protection Agency: www.epa.gov/newsreleases/epa-administrator-pruitt-ghg-emissions-standards-cars-and-light-trucks-should-be.
- Eurelectric (2017), *Dynamic pricing in electricity supply - A Eurelectric position paper*. Retrieved from www3.eurelectric.org/media/309103/dynamic_pricing_in_electricity_supply-2017-2520-0003-01-c.pdf.
- EVCIPA (2018), *EV Charging Alliance, Summary of Charging Infrastructure Statistics*.
- EVI (2016a), *Personal submission from China for "Global EV Outlook 2016"*.
- EVI (2016b), Netherlands submission for the EVI "Global EV Outlook 2016" (internal document).
- EVI (2018), *Personal submission from "Ministere de la Transition Ecologique et Solidaire" for the "Global EV Outlook 2018"*.
- EV Institute, (2017), *Plug-in around the EV world*. Retrieved from Electric Vehicle Institute: www.ev-institute.com/images/media/Plug_World_map_v4.pdf.
- Executive Yuan (2017), *行政院第 3581 次院會決議 [Executive Yuan Resolution of the 3581st Academy]*. Retrieved from Executive Yuan, Republic of China (Taiwan): www.ey.gov.tw/news_Content.aspx?n=4F2A6F26A44C68AC&sms=FF87AB3AC4507DE3&s=C7183118CC9B2FCD.
- Facada, M. (2018), *Li-ion batteries and the years ahead*. Retrieved from www.indmin.com/Article/3788440/Li-ion-batteries-and-the-years-ahead.html.
- Factor Daily (2017, September), *India's gigafactories: Reliance, Adani, Suzuki, JSW, Hero in race to set up multi-billion dollar battery plants*. Retrieved from <https://factordaily.com/reliance-adani-lithium-ion-battery-factories-india/>.

- Federal Energy Regulatory Commission (2018, February 15), *FERC Issues Final Rule on Electric Storage Participation in Regional Markets*. Retrieved from FERC: <https://ferc.gov/media/news-releases/2018/2018-1/02-15-18-E-1.asp#.WraTc0xFzgB>.
- Federal register (2009), *Notice of Decision Granting a Waiver of Clean Air Act Preemption for California's 2009 and Subsequent Model Year Greenhouse Gas Emission Standards for New Motor Vehicles*. Retrieved from www.gpo.gov/fdsys/pkg/FR-2009-07-08/pdf/E9-15943.pdf.
- First Electric Vehicle Network (2018a, January 2), 魏学勤: 2017 年洗牌明显, 山东低速电动车厂家仅剩 20 家 [Wei Xueqin: Obviously shuffled in 2017, there are only 20 low-speed electric car manufacturers in Shandong]. Retrieved from <http://auto.eastday.com/a/180102163047032.html>.
- First Electric Vehicle Network (2018b, January 16), 2017 年山东低速电动车生产 75.6 万辆 [In 2017, Shandong produced 756,000 low-speed electric vehicles]. Retrieved from OFweek: <http://nev.ofweek.com/2018-01/ART-71008-8120-30189698.html>.
- First Post (2018, April 16), *Power ministry classifies electric vehicle charging stations under service, allows them to operate without licence*. Retrieved from www.firstpost.com/india/power-ministry-classifies-electric-vehicle-charging-stations-under-service-allows-them-to-operate-without-licence-4433737.html.
- FRevue (2018), *Testing electric trucks in beverage distribution – Amsterdam and Rotterdam*. Retrieved from <https://frevue.eu/demonstrators/testing-electric-trucks-in-beverage-distribution/>.
- Gao, J. et al. (2017, December), *Low-speed Electric Vehicle Market Boom in China*. Retrieved from University of California, Davis: <https://steps.ucdavis.edu/wp-content/uploads/2017/12/JP-LSEV-STEPS-FALL-2017.pdf>.
- Gazette of India (2015, March 25), *Department of Heavy Industry*. Retrieved from Faster Adoption and Manufacturing of (Hybrid and) Electric Vehicles India: http://dhi.nic.in/writereaddata/UploadFile/Gazette_Notification_FAME_India.pdf.
- General Motors (2017), *GM Outlines All-Electric Path to Zero Emissions*. Retrieved from www.gm.com/mol/m-2017-oct-1002-electric.html.
- GFEI (2017), *International comparison of light-duty vehicle fuel economy - Ten years of fuel economy benchmarking*. Retrieved from Global Fuel Economy Initiative: www.globalfueleconomy.org/media/418761/wp15-ldv-comparison.pdf.
- Glencore (2018), *The EV revolution and its impact on Raw Materials*. Retrieved from www.ica.org/media/Workshops/2018/Session3Glencore.pdf.
- Gordon-Bloomfield, N. (2013), *Tesla Makes Model S compatible with CHAdeMO*. Retrieved from www.plugincars.com/tesla-makes-model-s-compatible-chademo-adapter-coming-winter-128491.html.
- Government of Canada (2017, May 26), *Government of Canada to develop a national Zero-Emissions Vehicle Strategy by 2018*. Retrieved from Canada.ca: www.canada.ca/en/transport-canada/news/2017/05/government_of_canadatodevelopanationalzero-emissionsvehiclestrat.html.

- Government of India (2012), *National Electric Mobility Mission Plan 2020*. Retrieved from Government of India, Ministry of Heavy Industries and Public Enterprises, Department of Heavy Industry: <http://dhi.nic.in/writereaddata/Content/NEMMP2020.pdf>.
- Government of India (2015, March 10), *National Electric Mobility Mission Plan*. Retrieved from Press Information Bureau, Government of India, Ministry of Heavy Industries and Public Enterprises: <http://pib.nic.in/newsite/PrintRelease.aspx?relid=116719>.
- Government of India (2017a, March 27), *Shri Piyush Goyal reiterates India's commitments to combat Climate Change at the World Conference on Environment 2017*. Retrieved from Press Information Bureau: <http://pib.nic.in/newsite/PrintRelease.aspx?relid=159961>.
- Government of India (2017b, September 29), *EESL to procure 10,000 Electric Vehicles from TATA Motors*. Retrieved from Press Information Bureau, Ministry of Power: <http://pib.nic.in/newsite/PrintRelease.aspx?relid=171263>.
- Government of India (2017c, December 27), *10 Cities selected for pilot project of Multi-Modal Electric Public Transport under FAME India*. Retrieved from Press Information Bureau, Ministry of Heavy Industries and Public Enterprises: <http://pib.nic.in/newsite/PrintRelease.aspx?relid=174902>.
- Government of India (2017d), *Notification*. Retrieved from http://dhi.nic.in/writereaddata/UploadFile/inclusion%20of%20e%20bus%20in%20fame%20india%20scheme_1.PDF.
- Government of India (2018a, February 6), *Electric Cars*. Retrieved from Department of Heavy Industry: <http://dhi.nic.in/writereaddata/UploadFile/Lok%20Sabha%20Q%20No%20485.pdf>.
- Government of India (2018b, March 7), *Shri RK Singh launches National E-Mobility Programme in India; congratulates EESL for installation of 50 lakh LED street lights*. Retrieved from Press Information Bureau, Government of India, Ministry of Power: <http://pib.nic.in/newsite/PrintRelease.aspx?relid=177134>.
- Government of India (2018c, March), *EESL to issue tender for procurement of 10,000 electric cars Per kilometer cost for an electric car is just 85 paise against Rs 6.5 for normal cars*. Retrieved from Press Information Bureau, Government of India, Ministry of Power: <http://pib.nic.in/newsite/PrintRelease.aspx?relid=177134>.
- Government of India (2018d), *Draft Notification - Deployment of electric vehicle charging infrastructure*. Retrieved from <http://dhi.nic.in/writereaddata/UploadFile/DHI-Revised%20Draft%20EV%20Charging%20Infra%20Notificat.pdf>.
- Government of Sweden (2017), *The Climate Policy Framework*. Retrieved from www.government.se/articles/2017/06/the-climate-policy-framework/.
- Government of the United Kingdom (2017a), *Air quality plan for nitrogen dioxide (NO2) in UK (2017)*. Retrieved from www.gov.uk/government/publications/air-quality-plan-for-nitrogen-dioxide-no2-in-uk-2017.
- Government of the United Kingdom (2017b, November 22), *Autumn Budget 2017*. Retrieved from GOV.UK: www.gov.uk/government/publications/autumn-budget-2017-documents/autumn-budget-2017.

- Groupe Renault (2017a), *Presentation aux actionnaires Lyon*. Retrieved from <https://group.renault.com/wp-content/uploads/2017/11/presentation-de-lyon-du-28-novembre-2017.pdf>.
- Groupe Renault (2017b, September 15), *Alliance 2022 : le nouveau plan vise des synergies annuelles de 10 milliards d'euros et prévoit des ventes de 14 millions de véhicules avec un chiffre d'affaires consolidé de 240 milliards \$*. Retrieved from <https://media.group.renault.com/global/fr-fr/renault-nissan-mitsubishi/media/pressreleases/21196917/alliance-2022-le-nouveau-plan-vise-des-synergies-annuelles-de-10-milliards-deuros-et-prevoit-des-ven>.
- Haakana, A. et al. (2013), *Assessing range and performance of electric vehicles in Nordic driving conditions –Project Final Report*. Norden Energy and Transport. Retrieved from <http://gnf.fi/wp-content/uploads/2016/05/RekkEVidde.pdf>.
- Hamilton, C. (2018), Battery raw materials – The fundamentals. BMO Capital Markets Limited. Retrieved from www.ica.org/media/Workshops/2018/Session3ColinHamiltonBMO.pdf.
- Hanley, S. (2018, February 21), *National Grid Planning Fast Charging Network For UK*. Retrieved from Clean Technica: <https://cleantechnica.com/2018/02/21/national-grid-planning-fast-charging-network-uk/>.
- Hao, H. et al. (2017), China's traction battery technology roadmap: Targets, impacts and concerns. *Energy Policy*, 108, 355–358.
- Harvey, F. (2016), *Four of world's biggest cities to ban diesel cars from their centres*. Retrieved from The Guardian: www.theguardian.com/environment/2016/dec/02/four-of-worlds-biggest-cities-to-ban-diesel-cars-from-their-centres.
- Healey, T. (2016, February 24), *Honda's Model Line To Be Two-Thirds 'Green' By 2030*. Retrieved April 05, 2018, from hybridCARS: www.hybridcars.com/hondas-model-line-to-be-two-thirds-green-by-2030/.
- HEV TCP (2018), *Sweden - Policies and Legislation*. Retrieved from IEA Hybrid and Electric vehicle Technology Collaboration Programme: www.ieahev.org/by-country/sweden-policy-and-legislation/.
- HJ Noh, S. Y. (2013), Comparison of the structural and electrochemical properties of layered Li [NixCoyMnz] O2 (x= 1/3, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8 and 0.85) cathode material for lithium-ion batteries. *Journal of Power Sources*, 233, 121-130.
- HK EMSD (2015), *Technical Guidelines on Charging Facilities for Electric Vehicles, EMSD*. Retrieved from www.emsd.gov.hk/filemanager/en/content_444/Charging_Facilities_Electric_Vehicles.pdf.
- Honda (2017), *The 45th Tokyo Motor Show 2017 Remarks by CEO Takahiro Hachigo*. Retrieved from <https://global.honda/products/motorshow/Tokyo2017/press-conference.html>.
- Howell (2016) 'Overview of the DOE VTO, Advanced Battery R&D Program' [PowerPoint presentation]. US Department of Energy. Retrieved from: https://www.energy.gov/sites/prod/files/2016/06/f32/es000_howell_2016o_web.pdf.

- ICCT (2017a), *Expanding the electric vehicle market in US cities*. Retrieved from www.theicct.org/sites/default/files/publications/US-Cities-EVs_ICCT-White-Paper_25072017_vF.pdf.
- ICCT (2017b, September), *Transitioning to zero-emission heavy duty freight vehicles* (I. C. Transportation, Ed.) Retrieved from ICCT: www.theicct.org/sites/default/files/publications/Zero-emission-freight-trucks_ICCT-white-paper_26092017_vF.pdf.
- ICCT (2017c), *Emerging best practices for electric vehicle charging infrastructure*. Washington: The International Council on Clean Transportation.
- ICCT (2017d), *Literature Review on Power Utility Best Practices Regarding Electric Vehicles*. Beijing, Berlin, Brussels, San Francisco, Washington: International Council on Clean Transportation.
- ICCT (2017e, March 6), *Electric vehicle capitals of the world: Demonstrating the path to electric drive*. Retrieved from ICCT: www.theicct.org/publications/EV-capitals-of-the-world.
- ICCT (2017f, November 8), *Electric vehicle capitals of the world: What markets are leading the transition to electric?* Retrieved from ICCT: www.theicct.org/publications/EV-capitals-of-the-world-2017.
- ICCT (2017g, September), *Road Tested: Comparative Overview of Real-world versus Type Approval NOx and CO2 Emissions from Diesel Cars in Europe* (C. Baldino, U. Tietge, R. Muncrief, Y. Bernard, P. Mock, Producers, and International Council on Clean Transportation) Retrieved from ICCT: www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_RoadTested_201709.pdf.
- ICCT (2018), *China's New Energy Vehicle Mandate Policy (Final Rule)*. Retrieved from www.theicct.org/publications/china-nev-mandate-final-policy-update-20180111.
- IEA (2012), *EV city casebook*. Retrieved from International Energy Agency: www.iea.org/publications/freepublications/publication/EVCityCasebook.pdf.
- IEA (2013), *Global EV Outlook*. Retrieved from International Energy Agency: www.iea.org/publications/freepublications/publication/GlobalEVOutlook_2013.pdf.
- IEA (2015), *Global EV Outlook 2015*. Retrieved from International Energy Agency: www.iea.org/media/topics/transport/GlobalEV_Outlook2015Update_1page.pdf.
- IEA (2016), *Global EV Outlook 2016 - Beyond one million electric cars*. Paris: OECD/IEA.
- IEA (2017a), *Global EV Outlook 2017: Two million and counting*. Paris: International Energy Agency. Retrieved from www.iea.org/publications/freepublications/publication/GlobalEVOutlook2017.pdf.
- IEA (2017b), *World Energy Outlook 2017*. Paris: International Energy Agency. Retrieved from www.iea.org/bookshop/750-World_Energy_Outlook_2017.
- IEA (2017c), *The future of trucks - Implication for energy and the environment*. Retrieved from www.iea.org/publications/freepublications/publication/TheFutureofTrucksImplicationsforEnergyandtheEnvironment.pdf.
- IEA (2017d), *Energy technology perspectives 2017*. Paris: International Energy Agency. Retrieved from www.iea.org/etp2017/.

- IEA (2018a), *Nordic EV Outlook 2018: Insights from leaders in electric mobility*. Retrieved from www.iea.org/publications/freepublications/publication/nordic-ev-outlook-2018.html.
- IEA (2018b), *Mobility Model*. Retrieved from www.iea.org/topics/transport/mobilitymodelpartnership/. IEA (2018c, March 22), *IEA Mobility Model*. Retrieved from www.iea.org/etp/etpmodel/transport/.
- IEA (2018c, 30 January), Total final consumption of electricity. *IEA Statistics*. Paris.
- IEA (2018d), *Commentary: The clean energy transition requires action on electricity demand*. Retrieved April 26, 2018, from International Energy Agency: www.iea.org/newsroom/news/2018/january/commentary-the-clean-energy-transition-requires-action-on-electricity-demand.html.
- IEA-RETD (2015), *Driving renewable energy for transport – Next generation policy instruments for renewable transport*. The International Energy Agency's Implementing Agreement for Renewable Energy Technology (IEA-RETD), Paris. Retrieved from <http://iea-rettd.org/wp-content/uploads/2015/12/IEA-RETD-RES-T-NEXT-201511.pdf>.
- IHS Markit (2015, October 16), *CAAM estimates Chinese vehicle production at 30 mil. in 2020*. Retrieved from <http://supplierinsight.ihsmarkit.com/news/33016/caam-estimates-chinese-vehicle-production-at-30-mil-in-2020>.
- InsideEVs, (2017), *PSA Group: 27 New BEV or PHEV Models By 2023*. Retrieved from <https://insideevs.com/27-new-bev-phev-2023/>.
- IPO (2016), *Bestuursakkoord Zero Emissie Regionaal Openbaar Vervoer Per Bus*. Retrieved from www.ipo.nl/files/7914/9422/8241/Bestuursakkoord_Zero_OV-Bus_v3.pdf.
- IPO (2017, May 8), *Bestuursakkoord - Zero emissie regionaal openbaar vervoer per bus [Administrative agreement - Zero emission regional public transport by bus]*. Retrieved from Interprovinciaal Overleg, Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Metropoolregio Rotterdam Den Haag, Vervoerregio Amsterdam: www.ipo.nl/files/7914/9422/8241/Bestuursakkoord_Zero_OV-Bus_v3.pdf.
- IRENA/IEA/REN21 (2018), *Renewable energy policy in a time of transition*. .
- ISO (2012), *ISO 17268:2012 - Gaseous hydrogen land vehicle refuelling connection devices*. Retrieved from International Organization for Standardization: www.iso.org/standard/51194.html.
- Jadun, P. M. (2017), *Electrification Futures Study: End-Use Electric Technology Cost and Performance Projections through 2050*. Retrieved from National Renewable Energy Laboratory: www.nrel.gov/docs/fy18osti/70485.pdf.
- Jaguar Land Rover (2017, September 7), *Every jaguar and land rover launched from 2020 will be electrified*. Retrieved from www.jaguarlandrover.com/news/2017/09/every-jaguar-and-land-rover-launched-2020-will-be-electrified.
- Japan News/ANN (2018, January 10), *Tokyo plans subsidies for EV charging spots*. Retrieved from The Nation: www.nationmultimedia.com/detail/Startup_and_IT/30335929.
- Jin, H. (2017, August 2017), *Hyundai plans long-range premium electric car in strategic shift*. Retrieved April 05, 2018, from Reuters: www.reuters.com/article/us-hyundai-motor-

electric-vehicle/hyundai-plans-long-range-premium-electric-car-in-strategic-shift-idUSKCN1AX039.

JIVE (2017) Project description. Joint Initiative for Hydrogen Vehicles across Europe. Retrieved from <http://www.fch.europa.eu/project/joint-initiative-hydrogen-vehicles-across-europe>.

John, J. S. (2018, February 15), *FERC Allows Energy Storage to Play in Nationwide Wholesale Markets*. Retrieved from Greentech Media: www.greentechmedia.com/articles/read/ferc-energy-storage-wholesale-markets#gs.Z=cpP3c.

Kane, M. (2016), *Swedish ElectriCity E-Bus Project Carried 1.2 Million Passengers In First Year*. Retrieved from InsideEVs: <https://insideevs.com/swedish-electricity-e-bus-project-carried-1-2-million-passengers-in-first-year/>.

Kane, M. (2018, April 16), *Porsche To Install 500 DC Fast Chargers In U.S. By End Of 2019*. Retrieved from Inside EVs: <https://insideevs.com/porsche-to-install-500-dc-fast-chargers-in-u-s-by-end-of-2019/>.

Korosec, K. (2017, December 18), *Toyota Plans to Roll Out 10 All-Electric Vehicles*. Retrieved April 05, 2018, from Fortune: <http://fortune.com/2017/12/18/toyota-electric-vehicle-strategy/>.

Kramer, M., R. McCallum and I. Anderson (2012), Prospects for Non-Rare Earth Permanent Magnets for Traction Motors and Generators. *The Journal of The Minerals, Metals and Materials Society*, 64(7), 752-763.

Lajunen, A. (2018), Lifecycle costs and charging requirements of electric buses with different charging methods. *Journal of Cleaner Production*(172), 56-67.

Lajunen, A., and K. Tammi (2016), Energy consumption and carbon dioxide emission analysis for electric city buses. *29th World Electric Vehicle Symposium and Exhibition (EVS29)*. Montréal, Québec, Canada.

Lambert, F. (2017, March 1), *San Francisco plans to require that all new buildings and parking be '100% electric vehicle ready'*. Retrieved from electrek: <https://electrek.co/2017/03/01/san-francisco-electric-vehicle-charging-ready/>.

Lambert, F. (2018, January 24), *Another 'ultra-fast' electric vehicle charging network is coming to Europe*. Retrieved from electrek: <https://electrek.co/2018/01/24/ultra-fast-electric-vehicle-charging-network-europe/>.

Liedtke, T. (2018, March 23), Personal communication with Tanja Liedtke, Deutsche Post DHL Group (International Energy Agency, Interviewer).

Linkker (2018), *Technology*. Retrieved from Linkker: www.linkkerbus.com/technology/.

Liu, J. (2018, January-April), Personal communication with Liu Jian, Energy Research Institute of the National Development and Reform Commission, China. (International Energy Agency, Interviewer).

Living Lab (2018, February 27), *Elektrische bussen breken door [Electric buses break through]*. Retrieved from Living Lab: www.livinglabsmartcharging.nl/nl/Nieuws/elektrische-bussen-ev-smart-charging.

Lu, L., X. Lulu and W. Zhou (2018, April 4), *How Did Shenzhen, China Build World's Largest Electric Bus Fleet?* Retrieved from World Resources Institute:

www.wri.org/blog/2018/04/how-did-shenzhen-china-build-world-s-largest-electric-bus-fleet.

Mahindra (2018, March 14), EV Presentation. Mahindra.

Mairie de Paris (2017), *Fin des véhicules diesel et essence: réaction de la Ville de Paris*. Retrieved from <https://presse.paris.fr/wp-content/uploads/2017/10/Fin-des-v%C3%A9hicules-diesel-et-essence-r%C3%A9action-de-la-Ville-de-Paris.pdf>.

Mallick, K. (2017), *Bharat EV specifications for AC and DC charging - Everything you need to know!* Retrieved from Plug in India: www.pluginindia.com/blogs/bharat-ev-specifications-for-ac-and-dc-charging-everything-you-need-to-know.

MAN Truck Germany (2018), Retrieved April 27, 2018, from TRUCKS OF THE FUTURE – MAN DELIVERS SUSTAINABLE ELECTROMOBILITY CONCEPTS: www.truck.man.eu/de/en/eTruck.html.

Marklines (2017), *China's technology roadmap: Targets for energy-saving and new energy vehicles in 2030*. Retrieved from Marklines: www.marklines.com/en/report_all/rep1558_201612.

Marklines (2018), *Tesla Motors: Accelerating plans for production of 500,000 vehicles to 2018*. Retrieved from www.marklines.com/en/report_all/rep1539_201610.

Maruti Suzuki (2018, January 24), *Maruti Suzuki at Auto Expo 2018*. Retrieved April 06, 2018, from Maruti Suzuki: www.marutisuzuki.com/corporate/media/press-releases/2018/maruti-suzuki-at-auto-expo-2018.

Maryland.gov (2014), *States Adopting California's Clean Cars Standards*. Retrieved from <http://mde.maryland.gov/programs/Air/MobileSources/Pages/states.aspx>.

MEAEF (Ministry of Economic Affairs and Employment of Finland) (2017), *Government report on the National Energy and Climate Strategy for 2030*. Helsinki: Ministry of Economic Affairs and Employment of Finland. Retrieved from <http://tem.fi/documents/1410877/2769658/Government+report+on+the+National+Energy+and+Climate+Strategy+for+2030/0bb2a7be-d3c2-4149-a4c2-78449ceb1976/Government+report+on+the+National+Energy+and+Climate+Strategy+for+2030.pdf>.

Meeus, M. (2018, March 7), *Review of status of the main chemistries for the EV market*. Retrieved from www.ica.org/media/Workshops/2018/Session1MeeusSustesco.pdf.

Melaina, M. B. (2016), *National Economic Value Assessment of Plug-In Electric Vehicles - Volume I*. Denver: National Renewable Energy Laboratory.

METI (2014, November), *Auto Vehicle Industry Strategy 2014*. Retrieved from www.meti.go.jp/press/2014/11/20141117003/20141117003-A.pdf.

MIIT (2017), *Parallel Management regulation for corporate average fuel consumption and new energy vehicle credits for passenger cars*. Retrieved from www.miit.gov.cn/newweb/n1146295/n1146557/n1146624/c5824932/content.html.

MIIT (2018, February 12), *四部委关于调整完善新能源汽车推广应用财政补贴政策的通知 [Notice of Four Ministries and Commissions on Adjusting and Perfecting the Policies of Financial Subsidy for Popularizing and Applying New Energy Vehicles]*. Retrieved from

Ministry of Industry and Information Technology:
www.miit.gov.cn/n1146295/n1652858/n1652930/n3757018/c6064786/content.html.

Miller, A. (2018, April 17), *The smart city's blueprint for EV infrastructure*. Retrieved from GreenBiz: www.greenbiz.com/article/smart-citys-blueprint-ev-infrastructure.

Page | 114

Ministère de la transition écologique et solidaire (2017, July 6), *Plan climat: 1 planète, 1 plan*. Retrieved from www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/2017.07.06%20-%20Plan%20Climat.pdf.

Ministry of Finance (2016, January 20), *关于开展新能源汽车推广应用核查工作的通知* [Circular on the verification of the pilot demonstration program for new energy vehicles]. Retrieved from http://jjs.mof.gov.cn/zhengwuxinxi/tongzhigonggao/201601/t20160120_1652736.html.

Ministry of Transport (2018, April), *Electric vehicles*. Retrieved from www.transport.govt.nz/ourwork/climatechange/electric-vehicles/.

Mitchell, R. (2017), *BMW plans 25 all-electric and hybrid vehicles by 2025; Jaguar shows off electric E-type*. Retrieved from Los Angeles Times: www.latimes.com/business/autos/la-fi-hy-bmw-jaguar-ev-20170907-story.html.

MOTIE (2015, May), *Introduction of Korean policy for EV Supply*. Retrieved from www.ica.org/media/workshops/2015/towardsaglobalevmarket/B.1MOTIE.pdf.

Munnix, S. (2018), Personal communication with Sonja Munnix, Dutch Enterprise Agency (International Energy Agency, Interviewer).

Muratori, M. (2018), Impact of uncoordinated plug-in electric vehicle. *Nature Energy*, 3, 193-201. doi:<https://doi.org/10.1038/s41560-017-0074-z>.

Nationale Plattform Elektromobilität (2016) *Roadmap integrierte Zell- und Batterieproduktion Deutschland*. Retrieved from: http://nationale-plattform-elektromobilitaet.de/fileadmin/user_upload/Redaktion/NPE_AG2_Roadmap_Zellfertigung_final_bf.pdf.

National Transport Plan (2016), *National Transport Plan 2018-2029*. Retrieved from Avinor, Norwegian National Rail Administration (Jernbaneverket), Norwegian Coastal Administration (Kystverket) and the Norwegian Public Roads Administration (Statens Vegvesen): www.ntp.dep.no/English/_attachment/1525049/binary/1132766?_ts=1571e02a3c0.

NBD (2018, March 19), *吉利投资规模超1900亿：到底有多少钱，又能挣多少钱？*. Retrieved from www.nbd.com.cn/articles/2018-03-19/1200405.html.

NDRC (2015), *电动汽车充电基础设施发展指南(2015-2020年)* [Electric vehicle charging infrastructure development guidelines (2015-2020)]. Retrieved from National Development and Reform Commission: www.ndrc.gov.cn/gzdt/201511/t20151117_758764.html.

NEDO (2018), *The Roadmap of Battery Technology Development*. New Energy Industrial Technology Development Organization.

- Nikkei (2017a, September 8), *Honda to retrench in European diesel market*. Retrieved from Nikkei Asian Review: <https://asia.nikkei.com/Business/Companies/Honda-to-retrench-in-European-diesel-market>.
- Nikkei (2017b, September 7), *Subaru to withdraw from diesel cars by fiscal 2020*. Retrieved from Nikkei Asian Review: <https://asia.nikkei.com/Business/Trends/Subaru-to-withdraw-from-diesel-cars-by-fiscal-2020>.
- NITI Aayog and Rocky Mountain Institute (2017), *India leaps ahead: transformative mobility solution for all*. Retrieved from http://niti.gov.in/writereaddata/files/document_publication/RMI_India_Report_web.pdf.
- Nitta, N. et al., Wu, F., Lee, J. T., Yushin, G. (2015, June), Li-ion battery materials: present and future. *Materials today*, 18(5), doi:<https://doi.org/10.1016/j.mattod.2014.10.040>. (International Energy Agency, Interviewer)
- Northvolt (2017, March), *Northvolt presents its plan to build Europe's largest battery factory*. Retrieved from Northvolt: <http://northvolt.com/news#/pressreleases/sgf-energy-rebrands-to-northvolt-and-presents-its-plan-to-build-europes-largest-battery-factory-1878027>.
- Novak, M. (2017), *Slovenia to ban new fossil-fuel cars from 2030, reduce debt*. Reuters. Retrieved from www.reuters.com/article/slovenia-autos/slovenia-to-ban-new-fossil-fuel-cars-from-2030-reduce-debt-idUSL8N1MN54J.
- NREL (2017), *Electrification Futures Study: End-Use Technology Cost and Performance Projections through 2050*. Retrieved from National Renewable Energy Laboratory: www.nrel.gov/docs/fy18osti/70485.pdf.
- Nussbaum, A. (2017, October 06), *Renault Seeks Wider Role in Electric Cars, China in New Strategy*. Retrieved April 05, 2018, from Bloomberg: www.bloomberg.com/news/articles/2017-10-06/renault-raises-2022-profitability-goal-as-electric-models-added.
- O'Kane, S. (2017, September 11), *Tesla reveals smaller Supercharger stations made for cities*. Retrieved from The Verge: www.theverge.com/2017/9/11/16287606/tesla-city-supercharger-stations-charging.
- Olivetti, E., Ceder, G., Gaustad, G., and Fu, X. (2017), Lithium-Ion Battery Supply Chain Considerations: Analysis of Potential Bottlenecks in Critical Metals. *Joule*, 1(2), 229-243. doi:<https://doi.org/10.1016/j.joule.2017.08.019>.
- Omar, N. (2010), *Workshop on Future Battery Technologies*. Publications Office of the European Union.
- OppCharge (2018, April 5), *Common interface for automated charging of electric commercial vehicles - Technical description of the OppCharge common interface for automated charging of electric commercial vehicles*. Gothenburg: Volvo Buses AB. Retrieved from oppcharge.com.
- Ou, S. L. (2017), *A study of China's explosive growth in the plug-in electric vehicle market*. Oakridge: Oakridge National Laboratory.
- Phys.org (2017, November 9), *Sri Lanka plans to scrap state-owned fossil fuel vehicles by 2025*. Retrieved from: <https://phys.org/news/2017-11-sri-lanka-scrap-state-owned-fossil.html>

- Pillot (2017) ‘Lithium ion battery material Supply & demand 2016-2025’ [PowerPoint presentation]. Avienne energy. Retrieved from: http://cii-resource.com/cet/AABE-03-17/Presentations/BRMT/Pillot_Christophe.pdf.
- Platform for Electromobility (2018, February 28), *How EU Member States roll-out electric-mobility: Electric Charging Infrastructure in 2020 and beyond*. Retrieved from Transport and Environment: www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/Emobility%20Platform%20AFID%20analysis.pdf.
- PluginBC (2018, March 14), *Policy*. Retrieved from <https://pluginbc.ca/policy/>.
- Porsche (2018, January 26), *Further software optimizations for diesel vehicles*. Retrieved from Poersche: <https://newsroom.porsche.com/en/company/porsche-diesel-macan-v6-3-statement-14757.html>.
- Proterra (2018), *The Proterra Catalyst 35-foot transit vehicle*. Retrieved from www.proterra.com/products/35-foot-catalyst/.
- Rathmann, M. (2018), *E-Force One stellt schweren E-Lkw vor*. Retrieved April 29, 2018, from Eurotransport: www.eurotransport.de/news/elektro-lkw-mit-44-tonnen-gesamtgewicht-e-force-one-stellt-schweren-e-lkw-vor-9735612.html.
- Reuters (2016, November 16), *Daimler boss tells German Greens he shares vision of zero-emission cars*. Retrieved April 05, 2018, from www.reuters.com/article/us-germany-greens-daimler/daimler-boss-tells-german-greens-he-shares-vision-of-zero-emission-cars-idUSKBN1380LW.
- Reuters (2017a, September 9), *China studying when to ban sales of traditional fuel cars: Xinhua*. Retrieved from Reuters: www.reuters.com/article/us-china-autos/china-studying-when-to-ban-sales-of-traditional-fuel-cars-xinhua-idUSKCN1BL01U.
- Reuters (2017b, May), *Germany likely to miss e-cars target, says Merkel*. Retrieved from www.reuters.com/article/us-autos-electric-germany/germany-likely-to-miss-e-cars-target-says-merkel-idUSKCN18B24Z.
- Reuters (2017c, November 16), *Volkswagen Group earmarking \$11.8 billion to develop, build China electric cars*. Retrieved April 2018, 2018, from Reuters: www.reuters.com/article/us-autoshow-guangzhou-volkswagen/volkswagen-group-earmarking-11-8-billion-to-develop-build-china-electric-cars-idUSKBN1DG0DX.
- Reuters (2017d, December 4), *Peugeot teams up with Nidec to produce electric vehicle motors in France*. Retrieved from www.reuters.com/article/us-psa-nidec/peugeot-teams-up-with-nidec-to-produce-electric-vehicle-motors-in-france-idUSKBN1DY0VG.
- Reuters (2017e, May 17), *Volvo Cars to stop developing new diesel engines -CEO*. Retrieved from Reuters: www.reuters.com/article/volvocars-diesel/volvo-cars-to-stop-developing-new-diesel-engines-ceo-idUSL8N1IJ1AI.
- Reuters (2017f, November), Retrieved from China battery giant CATL plans \$2 billion IPO to fund expansion: www.reuters.com/article/us-china-catl-batteries/china-battery-giant-catl-plans-2-billion-ipo-to-fund-expansion-idUSKBN1DE0I4.

- Reuters (2017g, November), *GM challenges Tesla with promise of profitable electric cars*. Retrieved from www.reuters.com/article/us-gm-ceo/gm-challenges-tesla-with-promise-of-profitable-electric-cars-idUSKBN1DF272.
- Reuters (2018a, March 21), *Germany's Merkel rejects nationwide driving bans for diesel cars*. Retrieved from Reuters: www.reuters.com/article/us-germany-emissions-merkel/germanys-merkel-rejects-nationwide-driving-bans-for-diesel-cars-idUSKBN1GX1PU.
- Reuters (2018b, March 6), *Peugeot boss demands government commitments on electric-car charging networks*. Retrieved from Reuters: www.reuters.com/article/us-autoshow-geneva-peugeot-carbon/peugeot-boss-demands-government-commitments-on-electric-car-charging-networks-idUSKCN1GH11P.
- Rijksoverheid (2017, October 10), *Regeerakkoord 2017: 'Vertrouwen in de toekomst'*. Retrieved from www.rijksoverheid.nl/regering/documenten/publicaties/2017/10/10/regeerakkoord-2017-vertrouwen-in-de-toekomst.
- Ruter (2018, March), *Ruter*. Retrieved from Fossilfree2020: <https://ruter.no/en/about-ruter/reports-projects-plans/fossilfree2020/>.
- SAC (2015), *GB/T 20234.1-2015*. Standardization Administration of China.
- Sasi, A. (2018, January 31), Electric vehicles charging infrastructure: Debate begins with sale vs service argument. *Indian Express*. Retrieved from <http://indianexpress.com/article/india/electric-vehicle-charging-infrastructure-debate-begins-with-sale-vs-service-argument-5045460/>.
- Schmidt, O. et al. (2017), The future cost of electrical energy storage based on experience rates. *Nature Energy*, 2. doi:<https://doi.org/10.1038/nenergy.2017.110>.
- SDG&E (2018, March 29), *Power Your Drive FAQs*. Retrieved from SDG&E: www.sdge.com/residential/electric-vehicles/power-your-drive/power-your-drive-faq.
- Sheehan, S. (2017, November 20), *Tesla Roadster: Elon Musk confirms faster version is due*. Retrieved April 06, 2018, from Autocar: www.autocar.co.uk/car-news/new-cars/tesla-roadster-elon-musk-confirms-faster-version-due.
- Shibata, N. (2017, October 10), *CHAdEMO - Worldwide application and V2X*. Retrieved from ica.org: www.ica.org/media/workshops/2017/electricity/Naotaka_SHIBATA_CHAdEMO_WorldwideApplication.pdf.
- SIAM (2017, December), *White paper on electric vehicles: adopting pure electric vehicles - Key policy enablers*. Retrieved from www.siam.in/uploads/filemanager/114SIAMWhitePaperonElectricVehicles.pdf.
- Sicilia, M. C. (2018, February 27), *Lo stop al diesel di Raggi non salverà Roma*. Retrieved from Il Foglio: www.ilfoglio.it/cronache/2018/02/27/news/virginia-raggi-roma-stop-diesel-2024--181196/.
- Sina Technology (2018), *There are nearly 214,000 charging piles in China, and the charging capacity is mainly concentrated in the Beijing-Tianjin-Hebei/Yangtze River Delta/Pearl River Delta region*. Retrieved from Sina Technology: <http://tech.sina.com.cn/roll/2018-01-12/doc-ifyqqciz5783010.shtml>.

SK innovation (2018, March 9), *SK innovation held a groundbreaking ceremony for the factory to produce EV batteries in Hungary*. Retrieved from News and reports about SK innovation: SK Innovation held a groundbreaking ceremony for the factory to produce EV batteries in Hungary.

SLoCaT (2018, April 3), *E-Mobility Trends and Target*. Retrieved from SLoCaT: http://slocat.net/sites/default/files/e-mobility_overview.pdf.

Smith, C., Lindley, S., and Levermore, G. (2009), Estimating spatial and temporal patterns of urban anthropogenic heat fluxes for UK cities: the case of Manchester. *Theoretical and Applied Climatology*, 98(1-2), 19-35.

Sohu (2018a), *盘点 2017 年低速电动车行业发生的那些“政事儿” [Summary of policy developments regarding the low speed electric vehicle industry in 2017]*. Retrieved from www.sohu.com/a/217945536_744102.

Sohu (2018b), *2017 年我国已是建成投运公共充电桩最多的国家 [In 2017, China is the country with the largest number of public charging stations built and put into operation]*. Retrieved from www.sohu.com/a/222859900_209185.

State Council (2012, July), *Energy-saving and New Energy Vehicle Industry Development Plan (2012-2020)*. Retrieved from www.gov.cn/zwqk/2012-07/09/content_2179032.htm.

State Grid Corporation of China (2013), *“EV Infrastructure and standardization in China, State Grid Corporation of China*. Retrieved from www2.unece.org/wiki/download/attachments/12058681/EVE-07-14e.pdf.

State of California (2016a), *2016 ZEV action plan*. Retrieved from www.gov.ca.gov/wp-content/uploads/2017/09/2016_ZEV_Action_Plan.pdf.

State of California (2016b, January 1), Government Code Section 65850.7. Sacramento, California, United States of America: State of California.

State of California (2018), *Governor Brown Takes Action to Increase Zero-Emission Vehicles, Fund New Climate Investments*. Retrieved from www.gov.ca.gov/2018/01/26/governor-brown-takes-action-to-increase-zero-emission-vehicles-fund-new-climate-investments/.

Stevens, D. (2016, July 11), *OEB Will Not Regulate Electric Vehicle (EV) Charging Stations*. Retrieved from Energy Insider: www.airdberlis.com/insights/blogs/energyinsider/post/ei-item/oeb-will-not-regulate-electric-vehicle-ev-charging-stations.

StreetScooter (2018), *Work 20 kWh - Real power from pure electricity*. Retrieved from StreetScooter: www.streetscooter.eu.

Sun, S. (2018, March 27), *Trends and challenges in electric-bus development in China*. Retrieved from Sustainable transport in China: www.sustainabletransport.org/archives/5770.

Sunnerstedt, E. (2018), Personal communication with Eva Sunnerstedt, Municipality of Stockholm

Tabeta, S. (2018), *Nissan to invest \$9.5bn in China to boost electric vehicles*. Retrieved from Nikkei Asian Review: <https://asia.nikkei.com/Business/Companies/Nissan-to-invest-9.5bn-in-China-to-boost-electric-vehicles>.

TerraE (2017, October), *TerraE Opens Engineering Office for Cell Factories*. Retrieved from www.terrae.com/2017/10/12/terrae-opens-engineering-office-for-cell-factories/.

- Tesla (2018a), *Tesla Semi*. Retrieved from www.tesla.com/semi.
- Tesla (2018b), *Tesla Gigafactory*. Retrieved April 06, 2018, from Tesla: www.tesla.com/en_CA/gigafactory?redirect=no.
- The Beijing News (2017, November 12), *北汽集团 自主品牌新能源 2020 年产销量达 50 万*. Retrieved from Xinhuanet: www.xinhuanet.com/auto/2017-11/13/c_1121944223.htm.
- The Climate Group (2018, February 16), Personal communication (International Energy Agency, Interviewer).
- The Economic Times (2017, December 28), *Government eyes 100% electric public transport through FAME II*. Retrieved from economictimes.indiatimes.com: <https://auto.economictimes.indiatimes.com/news/industry/government-eyes-100-electric-public-transport-through-fame-ii/62276475>.
- The Economic Times (2018, January 31), *Mahindra and Mahindra to invest Rs 600 crore in new EV, eyes 3000 monthly production*. Retrieved April 05, 2018, from The Economic Times: <https://economictimes.indiatimes.com/industry/auto/news/industry/mahindra-mahindra-to-invest-rs-600-crore-in-new-ev-eyes-3000-monthly-production/articleshow/62728606.cms>.
- The Guardian (2013), *Toxic 'e-waste' dumped in poor nations, says United Nations*. Retrieved from www.theguardian.com/global-development/2013/dec/14/toxic-ewaste-illegal-dumping-developing-countries.
- The Nation (2018, January 10), *Tokyo plans subsidies for EV charging spots*. Retrieved from www.nationmultimedia.com/detail/Startup_and_IT/30335929.
- TL Ogan, X. C. (2016), The Rise of Shenzhen and BYD - How a Chinese Corporate Pioneer is Leading Greener and More Sustainable Urban Transportation and Development. *European Financial Review*, 32 - 39.
- Toyota (2017, December 18), *Toyota Aims for Sales of More Than 5.5 Million Electrified Vehicles Including 1 Million Zero-Emission Vehicles per Year by 2030*. Retrieved from <https://newsroom.toyota.co.jp/en/corporate/20353243.html>.
- Toyota Europe (2018, March 21), *Toyota enters the next phase of its European powertrain strategy*. Retrieved from Toyota Europe Newsroom: <https://newsroom.toyota.eu/toyota-enters-the-next-phase-of-its-european-powertrain-strategy/>.
- UNFCCC (2018, March 12), *The Paris Agreement*. Retrieved from United Nations Framework Convention on Climate Change: http://unfccc.int/paris_agreement/items/9485.php.
- Urban Foresight (2014), *EV City Casebook - 50 big ideas shaping the future of electric mobility*. Retrieved from Urban Foresight: http://urbanforesight.org/wp-content/uploads/2015/07/urbanforesight_ev_casebook.pdf.
- U.S. DOE (2017), *Enabling Fast Charging: A Technology Gap Assessment*. Washington, D.C.: U.S Department of Energy. Retrieved from www.energy.gov/sites/prod/files/2017/10/f38/XFC%20Technology%20Gap%20Assessment%20Report_FINAL_10202017.pdf.
- US Government Public Office (2018, April 13), Environmental Protection Agency: Mid-Term evaluations of greenhouse gas emissions standards for model year 2022-2025 light duty

vehicles. *Federal Register*, 83(72), pp. 16077-16087. Retrieved from www.gpo.gov/fdsys/pkg/FR-2018-04-13/pdf/2018-07364.pdf.

Voelcker, J. (2017, September 2017), *Nissan, Mitsubishi, Renault to launch 12 new electric cars by 2022*. Retrieved April 06, 2018, from Green Car Reports: www.greencarreports.com/news/1112706_nissan-mitsubishi-renault-to-launch-12-new-electric-cars-by-2022.

Volkswagen (2016, June 06), *Matthias Müller: We have launched the biggest change process in Volkswagen's history*. Retrieved April 06, 2018, from Volkswagen: www.volkswagenag.com/en/news/2016/6/HV_2016.html.

Volkswagen (2017), *The Volkswagen Group launches the most comprehensive electrification initiative in the automotive industry with "Roadmap E"*. Retrieved April 06, 2018, from Volkswagen: www.volkswagenag.com/en/news/2017/09/Roadmap_E.html.

Volvo Car Group (2017, July 05), *Volvo Cars to Go All Electric*. Retrieved April 06, 2018, from Volvo Car Group: www.media.volvocars.com/global/en-gb/media/pressreleases/210058/volvo-cars-to-go-all-electric.

Volvo Group (2018), *Premiere for Volvo Trucks' first all-electric truck*. Retrieved April 27, 2018, from Volvo Group: www.volvogroup.com/en-en/news/2018/apr/news-2879838.html.

VTT (2015), Comparisons of commercial electric bus performance, first results. *ECV National Seminar*. Teemu Halmeaho.

Wang, Y. et al. (2017, March), China's electric car surge. *Energy Policy*, 102. doi:<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.12.034>.

Warner, J. (2015), *The Handbook of Lithium-Ion Battery Pack Design*. Amsterdam, Oxford, Waltham: Elsevier Science. Retrieved from Elsevier Science.

Welch, D. (2018, January 18), *PSA Group to Electrify Entire Lineup by 2025, Plans U.S. Return*. Retrieved from Bloomberg News.

Xcel Energy (2015), *Electric Vehicle Charging Station - Pilot Evaluation Report*. Retrieved from www.xcelenergy.com/staticfiles/xcel-responsive/Admin/Managed%20Documents%20&%20PDFs/CO-DSM-2014-EV-Pilot-Evaluation.pdf.

Xcharge (2018a, January 30), *Embracing the EV Era*. Xcharge. Retrieved from www.xcharge.com/en/.

Xcharge (2018b, March 27), *Personal communication with Xcharge*. (International Energy Agency, Interviewer).

Xia, L., and Y. Shao (2005), Modelling of traffic flow and air pollution emission with application to Hong Kong Island. *Environmental Modelling and Software*, 20(9), 1175-1188.

Xiaowen, Y. (2018, February 1), *The EV and Charging Infrastructure Development in China*. PetroChina Planning and Engineering Institute.

Xinhua (2017, December 6), *无牌无照老年代步车要乱行到几时? 急需国家标准 [How long does it take for the unlicensed scooter for elderly people to grow uncontrolled? Urgently needed national standards]*. Retrieved from Xinhuanet: www.xinhuanet.com/fortune/2017-12/06/c_1122063830.htm.

- Xinhua (2018, March 9), 李书福代表: 到2020年吉利90%以上都是新能源汽车. Retrieved from Auto People China: <http://auto.people.com.cn/n1/2018/0309/c1005-29859139.html>.
- ZeEUS (2016), *ZeEUS report - An overview of electric buses in Europe*. Retrieved from <http://zebus.eu/uploads/publications/documents/zebus-ebus-report-internet.pdf>.
- ZeEUS (2018), *Zero Emission Urban Bus Systems*. Retrieved from ZeEUS: <http://zebus.eu/>.
- ZEV PITF (2014, May), *Multi-State ZEV Action Plan*. Retrieved from www.ct.gov/deep/lib/deep/air/electric_vehicle/path/multi-state_zcv_action_plan_may2014.pdf.
- Zhang, X., and X. Bai (2017), Incentive policies from 2006 to 2016 and new energy vehicle adoption in 2010–2020 in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70, 24–43. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.211>.
- Zheng, Y. (2018, January 19), *EV charging network to expand*. Retrieved from China Daily: www.chinadaily.com.cn/a/201801/19/WS5a613492a3106c7dcc1352f8.html.
- Zhenhua, M. (2017, September 9), 我国已启动传统能源车停产停售时间表研究 [*China has started the assessment of a ban on the sales of traditional energy vehicles*]. Retrieved from Xinhuanet: www.xinhuanet.com/fortune/2017-09/09/c_1121636484.htm.

缩略语和计量单位

缩略语

AC	Alternating current 交流电
ACEA	European Automobile Manufacturers Association 欧洲汽车制造商协会
BEV	Battery electric vehicle 纯电动车
CHAdeMO	Charge de Move 日本汽车制造商支持的快速充电接口
CO ₂	Carbon dioxide 二氧化碳
CPO	Charge point operator 充电桩运营商
DC	Direct current 直流电
DSM	Demand-side management 需求侧管理
DSO	Distribution system operator 配电系统运营商
EAFO	European Alternative Fuels Observatory 欧洲替代燃料观测站
EC	European Commission 欧盟委员会
EEA	European Environment Agency 欧洲环境局
EESL	Energy Efficiency Services Limited 能效服务有限公司
EMSP	E-mobility service provider 电动汽车服务供应商
EPA	Environmental Protection Agency (US) (美国) 环境保护局
ETP	Energy Technology Perspectives 《能源技术展望》
EU	European Union 欧盟
EUR	Euro 欧元
EV	Electric vehicle, i.e. BEV, PHEV or FCEV 电动汽车，即纯电动汽车、插电式混合动力汽车或燃料电池汽车
EVI	Electric Vehicles Initiative 电动汽车倡议
EVS	Electric vehicle system 电动汽车系统
EVSE	Electric vehicle supply equipment 电动汽车供电设备
FERC	Federal Energy Regulatory Commission 联邦能源管理委员会
FCEV	Fuel-cell electric vehicle 燃料电池汽车
GEVO	Global electric vehicle outlook 《全球电动汽车展望》
GHG	Greenhouse gas 温室气体
GVW	Gross vehicle weight 汽车总重

HEV	Hybrid vehicle 混合动力汽车
HVAC	Heating, ventilation and air conditioning 暖通空调
ICE	Internal combustion engine 内燃机
IEA	International Energy Agency 国际能源署
LCV	Light commercial vehicles 轻型商用车
LDV	Light-duty vehicle 轻型车 ¹
Lge	Litres of gasoline equivalent 每公升汽油当量
LSEV	Low speed electric vehicle 低速电动汽车
MaaS	Mobility as a Service 出行即服务
NEV	New energy vehicle 新能源汽车
NEVO	Nordic electric vehicle outlook 《北欧电动汽车展望》
NPS	New Policy Scenario 新政策情景
NVE	Norway's Water Resources and Energy Directorate 挪威水资源和能源部门
OEM	Original equipment manufacturer 整车厂
PHEV	Plug-in hybrid vehicle 插电式混合动力汽车
PLDV	Passenger light-duty vehicle 轻型乘用车
PNNL	Pacific Northwest National laboratory 西北太平洋国家实验室
SDS	Sustainable Development Scenario 可持续发展情景
TCO	Total cost of ownership 总拥有成本
TCP	Technology Collaboration Programme 能源技术合作平台
TOU	Time-of-use 分时
TSO	Transmission system operator 输电系统运营商
TTW	Tank-to-wheel 油箱到车轮
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change 联合国气候变化框架公约
USD	US Dollar 美元
V	Volt 伏特
V2G	Vehicle-to-grid 车辆到电网

¹ 包括乘用车和轻型商用车。

V2X	Vehicle-to-[another element], e.g. vehicle-to-vehicle or vehicle-to-infrastructure 车与外界的信息交换
VAT	Value-added tax 增值税
WTW	Well-to-wheel 汽车燃料周期
ZEV	Zero-emissions vehicle 零排放汽车

计量单位

gCO ₂	grammes of carbon dioxide 克二氧化碳
gCO ₂ /km	grammes of carbon dioxide per kilometre 克二氧化碳/公里
Gt	gigatonne 千兆吨
GW	gigawatt 千兆瓦
GWh	gigawatt-hour 千兆瓦时
kW	kilowatt 千瓦
kWh	kilowatt-hour 千瓦时
Lgc	litres of gasoline equivalent 汽油每升当量
MtCO ₂	million tonnes of CO ₂ 百万吨二氧化碳
MW	megawatt 兆瓦
tCO ₂	tonnes of CO ₂ 吨二氧化碳
Wh/kg	watt-hour per kilogramme 瓦时/千克

Online bookshop

www.iea.org/books

PDF versions at 20% discount

E-mail: books@iea.org



Global Gas
Security
series

Energy
Technology
Perspectives
series

World
Energy
Outlook
series

Energy
Policies
of IEA
Countries
series

World
Energy
Investment
series

Energy
Statistics
series

Energy
Policies
Beyond IEA
Countries
series

Gas

Oil

Coal

Renewable
Energy

Energy
Efficiency

Market
Report
Series

Chinese Translation of Global EV Outlook 2018 © OECD/IEA, 2018

No reproduction, translation or other use of this publication, or any portion thereof, may be made without prior written permission. Applications should be sent to: rights@iea.org

《全球电动汽车展望2018》官方原版为国际能源署所著的英文版，中文版由英文文本翻译而来。虽然译者尽力确保中文译文忠实于英文原文，但仍可能略有差异，请以英文原版为准。

This publication and any map included herein are without prejudice to the status of or sovereignty over any territory, to the delimitation of international frontiers and boundaries and to the name of any territory, city or area.

IEA/OECD possible corrigenda on: www.oecd.org/about/publishing/corrigenda.htm

IEA Publications

International Energy Agency

Website: www.iea.org

Contact information: www.iea.org/about/contact

Typeset in France by IEA - May 2018

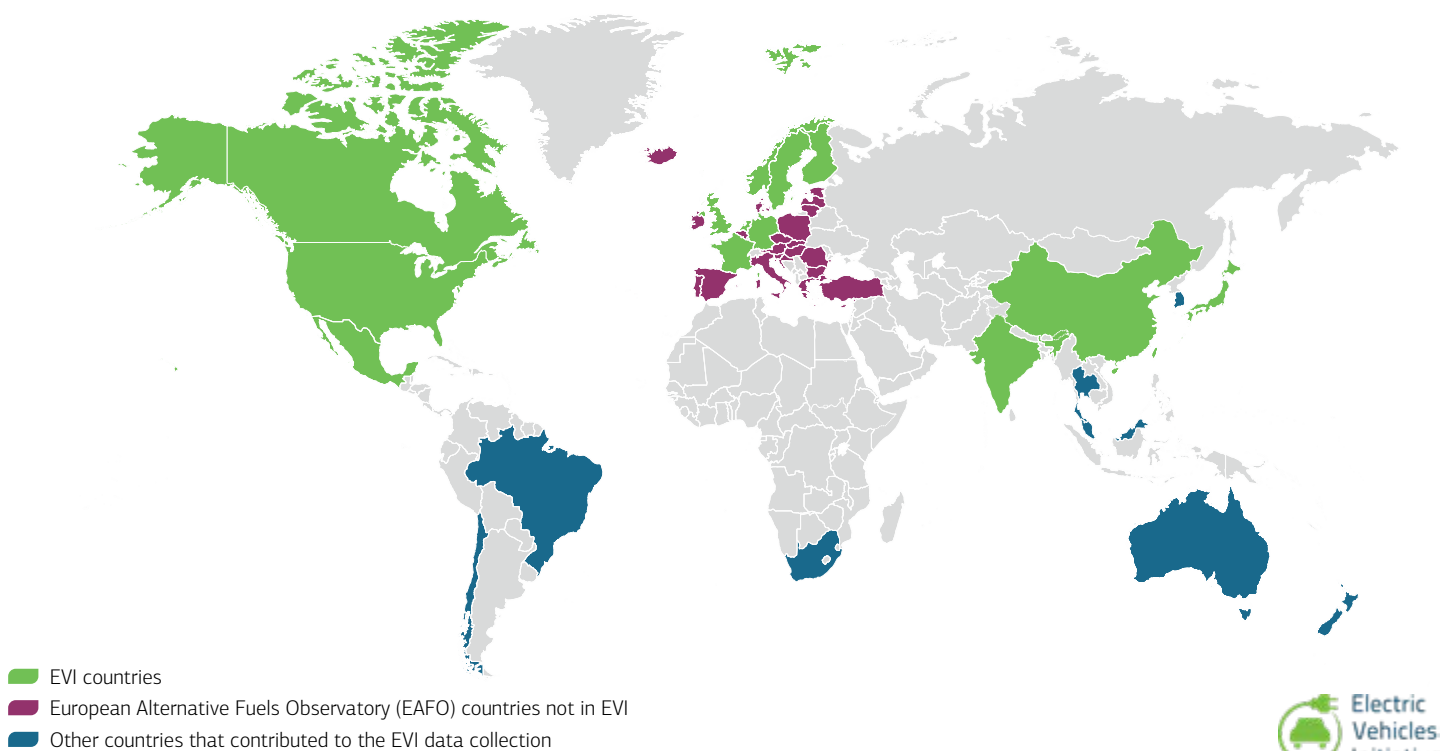
Cover design: IEA; Photo credits: © GraphicObsession

全球电动汽车展望

《全球电动汽车展望》是一份年度出版物，旨在辨明和讨论全球电气化出行的最新发展。该报告将历史数据分析与至2030年的预测相结合，考察包括电动汽车和充电设施部署、拥有成本、能源使用、二氧化碳排放和电池材料需求等关键领域。该报告包括政策建议，通过向前沿市场学习，为决策者和致力于鼓励电动汽车发展的相关人士提供参考。《全球电动汽车展望》年度系列受到电动汽车倡议（EVI）成员的支持。

电动汽车倡议（EVI）

电动汽车倡议（EVI）成立于2009年，是一个在清洁能源部长级会议框架下、由多国政府参与的政策平台。该倡议致力于加速世界范围内电动汽车的部署。目前共有十三国政府加入EVI（加拿大、中国、芬兰、法国、德国、印度、日本、墨西哥、荷兰、挪威、瑞典、英国和美国），覆盖了当前大多数的电动汽车保有量和全球最大、增长最快的电动汽车市场。目前，加拿大和中国共同领导EVI，国际能源署（IEA）担任协调员。



Electric Power