

瑞典电动汽车产业化及其相关政策进展

段黎萍

(中国科学技术信息研究所, 北京 100038)

摘要:近年来,电动汽车和插电式混合动力车日益受到全球各国的关注。瑞典具有发展电动汽车的良好条件:政府重视气候变化和环境保护;电力充足且基本来自核电和水电,无温室气体排放;汽车工业基础良好,有多家大型汽车集团,并有世界级汽车技术的测试基地。此外,瑞典政府还对电动汽车的购买提供政策补贴,对电动汽车技术的研发提供大力资助。同时,瑞典能源、公路交通、电子设备和通信等政府部门和企业也参与到电动汽车的项目中,为电动汽车提供配套服务和运行方案,既为实现瑞典零排放目标努力,又为瑞典提供新的产业发展机遇。

关键词:瑞典;电动汽车;电动汽车产业化

中图分类号: F435.326.4 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2015.01.005

电动汽车和插电式混合动力车(Plug-in Hybrid Electric Vehicle, PHEV),近年来日益受到瑞典各界的关注。瑞典汽车制造商已公布,将生产和销售电动汽车和插电式混合动力车,同时,瑞典能源、公路交通、电子设备和通信等政府部门和企业也参与到电动汽车的项目中,为电动汽车提供配套服务和运行方案,既为实现瑞典零排放目标努力,又为瑞典提供新的产业发展机遇。

1 电动汽车及电力基础设施现状

1.1 电动汽车政策和目标

2009年,瑞典发布《气候及能源联合法案》,提出,瑞典将在2030年前,使汽车不再使用化石燃料,其主要方式是推广生物燃料汽车和电动汽车(包括插电式混合动力车)^[1]。插电式混合动力车与传统混合动力汽车相比,其电池组可通过电力系统充电。2011年4月,瑞典能源署公布“电动汽车示范项目”,决定在2011—2015年投入2亿克朗用于电动汽车及其公共电网充电基础设施的研究,总目标是通过综合战略的试验,克服电动车辆在

在最初阶段的高额费用。

此外,瑞典政府将电动汽车和混合动力车确定为瑞典工业一个全新的发展机遇,计划在此领域走在世界前列,而面向出口是其重要战略方向。人口众多的中国和印度等国家面临着更大的交通需求和能源短缺问题,将会是瑞典重点出口国家。瑞典在汽车、电力、交通和通信等领域有很强的竞争优势,目前,瑞典的政府部门、企业和大学在这些领域正逐步形成战略联盟,以保证瑞典能尽快完善电动汽车产业所需的知识、原材料和物流供应链。

1.2 电动汽车标准和法规

按照欧盟要求,混合动力车只用内燃机时,测试是按照普通内燃机车来进行,其排放要符合欧4标准(EU directive 70/220/EEG)。欧盟尚未出台电动汽车和混合动力车的指导法令,欧盟标准化委员会(CEN)和欧洲电工标准委员会(CENELEC)负责此事,一直讨论电动汽车的相关标准和安全性,希望制订既符合欧盟各国的需要,又符合国际电工委员会(IEC)和国际标准化组织(ISO)原则的标准与法规^[2]。2009年4月欧洲达成协议,电

作者简介:段黎萍(1972—),女,工学博士,研究员,主要从事国际科技政策研究和国际合作研究。

基金项目:国家科技支撑计划资助项目(2013BAG06B02)

收稿日期:2014-10-31

动汽车快速充电的标准是 400 V 和 63 A。

瑞典电工标准机构 (SEK) 和瑞典标准局 (SIS) 负责充电标准的审批, 已经组织汽车制造商、电力供应商和设备供应商开展了多次对话。Elforsk 是瑞典电力企业的协调机构, 其 2009 年《电动汽车的标准化》进展报告建议, 电动车正常充电是 230 V 和 16 A, 快速充电是 400 V 和 63 A。^[3]

斯德哥尔摩市政府于 2009 年进行过一次插电混合动力车充电设施的调查, 发现, 瑞典现有电力和停车场所的管理条例没有涉及锂电池或镍金属混合电池的条文^[4]。瑞典民事应急署 (MSB) 关注充电过程是否会产生氢气, 要求充电电池的安全性能必须得到验证, 否则不会批准斯德哥尔摩停车场进一步扩张。此外, 从技术而言, 高速路上加油站的充电设施既要能够快速充电, 又要满足各种电池, 但目前还没有标准。

1.3 电动汽车使用情况

按照 2001 年瑞典《汽车排放和车用燃油法》, 瑞典将纯电动汽车和混合动力汽车与柴油车、乙醇汽车一起列为绿色汽车, 但并没有明确给出电动汽车的标准^[5]。瑞典 2007 年《绿色汽车优惠政策》(SFS 2007:380) 将百公里耗电量在 37 kW·h 以下的电动汽车界定为绿色汽车^[6]。

1993—2000 年, 瑞典交通与通信研究理事会 (Swedish Transport & Communications Research Board, KFB) 实施了“电动汽车和混合动力车示范项目”, 支持斯德哥尔摩、哥德堡和马尔默 3 个城市的政府和企业用车购买清洁汽车。期间, 3 个城市共计购买雷诺 Clio 电动汽车 120 辆。此外, 斯德哥尔摩市参加了欧盟“城市汽车零排放计划”(ZEUS), 半价购买了 200 辆电动汽车。^[4]2000 年, 丰田普瑞斯油电混合动力车进入瑞典, 取得了市场化成功。据瑞典交通分析局统计, 截至 2010 年, 瑞典共有 19 349 辆油电混合动力车, 而电动汽车仅有 190 辆。然而, 这 190 辆电动汽车中, 绝大多数是 2007 年绿色汽车标准出台前注册的, 因而, 符合瑞典绿色汽车标准的电动车数量仅有 18 辆。2010 年, 瑞典仅有 33 辆新电动车注册。2011 年以后, 瑞典市场上新注册电动汽车和混合动力车与以往相比, 增长极快, 仅 2014 年 1 月和 10 月, 就分别增加 980 辆和 4 833 辆。^[7]目前, 瑞典没有与普通汽车销

售一样的电动车或插电式混合动力车销售渠道, 使用者需要直接从国外厂家购买。2005—2014 年, 瑞典油电混合动力车和电动汽车保有量见表 1 所示。

表 1 2005—2014 年瑞典油电混合动力车和电动汽车保有总量^[7]

年份	汽车总量/辆	
	混合动力车	电动车
2005	3 289	123
2006	6 088	118
2007	9 415	126
2008	13 477	129
2009	16 086	157
2010	19 349	190
2011	21 389	366
2012	23 699	603
2013	28 357	1 010
2014 (至 9 月)	33 190	1 998

1.4 电力系统基础设施

瑞典电力一半来自核电, 一半来自水力, 几乎无 CO₂ 排放。KFB 于在 1993—2000 年对电动汽车进行了连续测试^[8], 该机构发现电动汽车和插电式混合动力车非常节能, 电力消耗将是 0.24 kW·h/km (包括用电量损失)。瑞典能源署按照上面估计, 以 2020 年瑞典电动汽车保有量为 60 万辆计算, 届时, 瑞典电动汽车将用电 15 亿 kW·h/a, 约为瑞典目前每年用电量的 1%, 瑞典电力系统有能力支持这部分用电量。

瑞典天气寒冷, 多数汽车都有引擎加热系统, 现有约 60 万个户外引擎加热电源, 可直接用于电动汽车充电, 这是瑞典推广电动汽车的得天独厚条件。但目前瑞典公共停车场的电流限制值太小, 不能满足众多车辆同时充电的要求, 要经过一些改造, 才能满足充电要求。

2009 年, 斯德哥尔摩市政府与 Fortum 能源公司在斯德哥尔摩市建立了 100 个充电式停车场。此外, 瑞典其他一些城市及电力与能源供应企业, 例如, 哥德堡市、Power Circle 公司、Elforsk 电力公司及大瀑布能源公司 (Vattenfall) 等, 也以不同形式参与了电动汽车和充电基础设施试验。

2 电动汽车产业化、补贴及社会效益

2.1 产业化前景

目前,瑞典尚无国产的电动汽车上市,只有少数挪威 Think 公司和法国雷诺公司出产的电动汽车在瑞典少数地方运行。瑞典电动汽车及电池的制造商若想在国际市场上获取竞争优势,只有先在本国获得应用成功,才能吸引国际买家。2001年,瑞典创新署(VINNOVA)发布《通向电动汽车之路》^[9]报告,提出了推动电动汽车市场化的2种方式:一种是通过基于互联网的多媒体3D动画平台——

“M-EV99”多媒体展示平台,充分展示电动汽车的优点;另一种是通过展示厅参观和免费试驾等,促使人们加强对电动汽车的感性认知。这种互联网思维的营销策略,放在现在来看也是非常超前的。

2009年5月,瑞典能源署应政府要求提供了一份关于电动汽车和混合动力车市场前景的综合报告^[10]。该报告建议,增加示范投入以刺激瑞典电动汽车的产业化和市场化,还预测了在不同情况下今后20年瑞典电动汽车的市场前景(见表2所示)。最乐观(高速)与最保守(低速)的估计相比,电动车数量相差10倍以上。

表2 瑞典电动汽车(含插电式混合动力车)的市场前景预测^[10]

发展速度	不同的刺激措施	电动车总量/万辆	
		2020年	2030年
低速	按照目前的刺激措施	4.2	48
中速	刺激措施保持稳步增长,到2015年时,电动汽车的生命周期成本与传统汽车相同	12.5	65
快速	充电设施可到达城市与郊区,到2015年时,电动汽车的生命周期成本与传统汽车相同	24.0	178
高速	对电动汽车的需求极高增长,只是受限于汽车总量	48.0	327

电动汽车为瑞典制造业和其他部门提供了重要的发展机遇。瑞典在汽车制造业、电力技术、通信方面的优势,为其开展电动汽车研发与测试提供了基础平台。此外,电动汽车的发展将给瑞典财政、保险、风险投资、建筑以及电池回收等部门带来机遇。

2.2 补贴政策

瑞典对新能源汽车的补贴政策,主要是减征绿色汽车的购置税和碳排放税。在绿色汽车的定义下,根据排量不同,使用沼气和乙醇车可得到20~50克朗/100 km的税收减免。一些地方政府,如,斯德哥尔摩市,对绿色汽车的停车费和绿色出租车的运行费进行减免。

瑞典在《绿色汽车优惠政策》中规定,在2007年4月1日至2009年12月31日期间,购置符合绿色汽车标准的电动汽车,可享受1万克朗的购置

补贴和免交车辆CO₂排放税。除此之外,目前,瑞典没有其他相应的支持政策。为促进电动汽车和插电式混合动力车走向市场,提高对其的资助是未来瑞典电动汽车发展的趋势。最可能的方案是对购车者提供补贴。目前,瑞典一辆电动车或插电式混合动力车的额外成本估计是在5万~15万克朗。瑞典能源署预测,在未来几年,随着技术的成熟,额外成本将会降低。

2.3 社会效益

2009年,瑞典能源署对电动汽车和插电式混合动力车的耗电量和减排量进行了估计。以每车耗电为0.24 kW·h/km、每年行驶1万 km来估计,在不同保有量的情况下,到2020年,全瑞典电动汽车用电量为2亿~15亿 kW·h,可减少约10万至76万 t CO₂排放,详见表3。^[11]

表3 2020年瑞典电动汽车用电量预测^[11]

分类	汽车保有量/辆	用电量/ TW·h	占2010年瑞典全国 电量的比例/%	可节约柴油/ kL*	可减少CO ₂ 排放量/t*
保守估计	85 000	0.2	0.14	34 000	108 324
乐观估计	600 000	1.5	1	240 000	764 640

注*:以柴油汽车耗油为4 L/100 km、1 L柴油产生3.186 kg CO₂为标准计算。

3 电动汽车相关的研究进展

瑞典最长的电动汽车和混合动力车项目已经有 15 年，瑞典查尔莫斯大学是瑞典最早研究绿色汽车的大学，主要是研究混合动力车。2009 年瑞典出台的战略研究领域，共设有 24 个领域，其中一个领域为能源，下设 3 个子领域，包括电动汽车和混合动力车。

3.1 混合动力车中心 (SHC)

2007 年，瑞典国家能源署启动了一个长期项目——混合动力车中心 (The Swedish Hybrid Vehicle Center, SHC)。SHC 设在查尔莫斯大学，隆德大学、瑞典皇家理工学院及乌普萨拉大学参与。在 2007—2010 年的研究框架下，SHC 开始研究插电式混合动力车，其主要研究领域有 3 个：

(1) 系统研究和工具，主要是建立基础数据和信息、测试模型等；

(2) 电机及其控制系统，该部分是电动汽车的核心技术，包括传感器、电能转化系统、充电系统集成、电动汽车用逆变器的电磁兼容性和安全性能等；

(3) 能量存储，主要研发效能高、寿命长和价格低的锂电池，以提高混合动力车的可靠性和能源效率。

3.2 战略汽车研究与创新项目 (FFI)

2009 年 1 月，瑞典能源署启动了“战略汽车研究与创新项目”(Strategic Vehicle Research and Innovation, FFI)，由瑞典政府与汽车企业共同提供资金，促使更多的研究资源用于电动汽车的研究。该项目在 2009—2012 年实施期间，每年有 1 亿克朗研究经费 (50% 来自政府，50% 来自企业)，用于发展公路交通和瑞典汽车业，主要研究方向是减少环境对交通的影响，减少道路伤亡率，加强国际竞争力。FFI 项目参加企业有斯堪尼亚重型汽车公司、沃尔沃集团、萨博汽车公司、沃尔沃汽车公司及 FKG (斯堪的亚汽车工业供应商协会)，参加的政府部门有瑞典能源署、创新署和交通署。

在 FFI 下，2009 年，沃尔沃公司投入 530 万克朗与瑞典专门从事汽车通信和电子系统开发的 Mecel 公司、以及全球领先的防御与安全系统开发公司 BAE System 公司合作，一起开发适合未来混合动力车的电动汽车结构；沃尔沃汽车公司测试了不用的电池和电动机的模型，并将这些技术用在

C30 车上，进行了安全测试，效果良好，2011 年 10 月，C30 电动车已经在瑞典展示，预计 2012 年上市；瑞典能源署 2011 年 5 月资助 657 万克朗，与沃尔沃公司和 SKF 一起资助开发飞轮技术用于刹车时的动力回收，预计能够节油 15%~20%，比现在的混合动力车动力回收系统便宜，若研究成功，将会用于沃尔沃下一代插电式混合动力车上，提高油电转化效益。

3.3 测试站 (TSS)

瑞典在汽车研发领域有全球知名汽车性能测试中心——瑞典测试站 (Test Site Sweden, TSS)，这为瑞典研发和测试电动汽车提供了优良的平台和技术，同时，也吸引全球汽车企业到瑞典进行合作与测试。

TSS 成员包括瑞典沃尔沃汽车公司、萨博汽车公司、公路局、创新署、能源署、西约塔兰省及几所知名大学，主要测试领域是汽车的冬季动态安全性能、电动和混合动力汽车的性能以及智能交通系统，已开展和正在开展的项目包括：

(1) 电动汽车交通信息服务系统项目 (ELVIRE)——时间为 2010 年 4 月—2013 年 12 月，欧盟资助 520 万欧元；

(2) 快速充电项目——测试由瑞典 ABB 公司提供的快速充电设备；

(3) TSS-ANL 合作项目——2008 年 7 月—2009 年 12 月，TSS 与美国能源部 Argonne 国家实验室 (ANL) 联合，以 5 辆丰田普瑞斯混合动力为原型，加装了插电系统，选择了台湾必翔电能高科技股份有限公司 (PHET) 和美国 A123 Systems 公司的两种磷酸铁锂电池组为动力来源，希望解决电池技术障碍，联合发展一种最佳的解决方案。

3.4 其他研发项目

大瀑布电力公司 (Vattenfall) 作为瑞典最大的能源公司，是瑞典电动汽车的主要研发参与方。大瀑布公司与沃尔沃汽车公司合作，在能源署的资助下进行插电式混合动力车的研究项目，曾在 2009 年计划于 2012 年将此种汽车推动到市场上。^[12]此外，大瀑布公司从 2009 年开始资助两辆沃尔沃插电式混合动力汽车的实际使用试验，驾驶者使用普通的家庭墙上插座和公共场所插座，对这两辆汽车进行充电。大瀑布公司还在德国柏林资助 50 辆宝

马纯电动 MINI 跑车的实际使用试验。这些试验结果，将为瑞典电动汽车的普及提供电力系统支持。

2011 年 4 月 29 日，瑞典能源署公布“电动汽车示范项目”，希望在电动汽车的投入与汽车产业规模的比例上不低于周边其他国家，决定在 2011—2015 年投入 2 亿克朗，用于电动汽车及其公共电网充电基础设施的研究（见表 4 所示）。瑞典很多企业积极向能源署申请资助，希望能够成为合作伙伴，企业的投资相当可观，这些经费将远远大于目前正有进行的研发项目的总额，研究项目已于 2012 年 10 月公布招标。

表 4 2011—2015 年瑞典能源署
“电动汽车示范项目”预算

年份	预算额/百万克朗
2011	25
2012	50
2013	50
2014	50
2015	25
合计	200

4 电动汽车市场化进展

2007 年，沃尔沃汽车和大瀑布公司合作成立了合资公司“V2 插电式混合动力车伙伴公司”，由双方提供经费开发 V60 插电式混合动力车。2011 年初，V60 插电式混合动力车开发成功，这是市场上第一款柴油型插电式混合动力车，安全性和舒适性都好。该车前轮由五缸 2.4 L 柴油涡轮增压发动机驱动，能产生 215 马力，最大扭矩是 440 Nm；后轴由 70 马力电动机产生 200 Nm 的扭矩。该车一次充电，在纯电动模式下可行驶 50 km，在加满柴油的情况下，可一次行驶 1 200 km；柴油消耗仅为 1.9 L/100 km，每公里 CO₂ 排放量低于 50 g，低于现在市场上同类车辆的一半；驾驶模式有纯电动、混合或全动力等 3 种，可由驾驶者自选或由控制系统设置。大部分欧洲国家的私家车主每天行驶不到 50 km，因而，使用纯电动模式驾驶 V60 插电式混合动力车，便宜且环保。

V60 插电式混合动力车的电动机能量由 12 kW·h 锂离子电池组提供，电池组由 10 个模块组

成，每个模块有 20 个电池，整车成本远高于普通 V60 汽车，但是燃油成本仅为传统汽车的 1/3。据测算，该类车在瑞典以电力行驶的成本为 25 克朗/100 km（该成本根据各国的情况会有不同）。该类车可以在家用或停车场所的 230 V 电源上充电，电流为 6 A 时，充电时间是 7.5 h；电流为 16 A 时，充电时间是 3.5 h。

沃尔沃公司在开发 V60 插电式混合动力车的同时，还研发了 C30 纯电动汽车，这两款车代表着未来电动汽车的两个方向，优势互补。C30 电动车与普通 C30 汽车一样舒适，配置齐全、运动性强。引擎盖下的紧凑型 111 马力电动机代替了传统内燃机发动机，可产生 220 Nm 扭矩。C30 电动车有一个 24 kW·h 的电池组，其中，22.7 kW·h 电力用于动力系统，电池组共重 280 kg，分为 2 个单元放在普通车辆油箱的位置，不占用后备箱的空间。锂离子电池是通过 230 V 电源充电，电流为 10 A 时，充电大约 10 h；在 16 A 时，充电大约 6~8 h。据 NEDC（New European Driving Cycle）认证，该类车在一次充电后可行驶 163 km（沃尔沃公司对外宣称 150 km），能满足全球 90% 用户在一日之内的行驶要求。若电力是由水力和太阳能等可再生能源产生的，该类车就是零排放。C30 电动车在取暖系统有一个创新，添加了一个生物乙醇取暖系统，乙醇罐体积为 14.5 L，驾驶者可以选择使用电池或生物乙醇取暖。2013 年 10 月，沃尔沃汽车携第二代 C30 电动车在北京亮相。第二代车型的充电系统采用了全球领先的快充技术，在启动快速充电模式后 1.5 h 即能将蓄电池电量充满，比第一代 6~8 h 的充电时间有了极大的飞跃。据悉，该类车已经在欧洲市场推广，而在瑞典国内方面，沃尔沃计划将在第一代 C30 继续示范推广一段时间后，再将二代车型带到中国，因此，我国还需时日才能见到这款车型。

然而，由于电动汽车在市场推进过程中存在诸多困难，沃尔沃的电动汽车销售至今还没有确切的统计数据。

5 结语

从瑞典国家的政策来看，瑞典政府很早就关注电动汽车的技术研发和市场开展，并出台了一系列相关鼓励措施。瑞典具有良好的汽车研发和生产、

测试等基础设施，加之瑞典能源、公路交通、电子设备和通信等政府部门和企业也参与到电动汽车的项目中，为电动汽车提供配套服务和运行方案，既为实现瑞典零排放目标努力，又为瑞典提供新的产业发展机遇，瑞典市场电动汽车的拥有率在迅速提高。■

参考文献：

- [1] Swedish Ministry of the Environment and Ministry of Enterprise, Energy and Communications. An Integrated Climate and Energy Policy[R].(2009-03-30)[2014-09-03]. <http://www.regeringen.se/sb/d/2023/a/123466>.
- [2] European Committee for Standardization (CEN). European Standardisation for Electric Vehicles: Informal Meeting with European Stakeholder Organizations Held on 2011-01-12[S]. Brussels: CEN, 2011.
- [3] Elforsk. Standardisation of Electric Vehicles-Progress Report, Elforsk Report 09:46. Environmental Department, Reg no.: 2009-004321-211 [R]. Stockholm: Elforsk, 2009.
- [4] Swedish BioEthanol for Sustainable Transport. Promoting Clean Cars[R]. Stockholm's, Sweden: BEST, 2009.
- [5] Swedish Miljödepartementet. Lag om Motorfordons Avgasrening och Motorbränslen(SFS 2001:1080)[S]. (2001-12-14)[2014-09-03]. <http://rkrattsdb.gov.se/SFSdoc/01/011080.PDF>.
- [6] Swedish Miljödepartementet. Förordning om Miljöbilspremie (SFS 2007:380)[S].(2007-06-13)[2014-09-03]. <http://rkrattsdb.gov.se/SFSdoc/07/070380.PDF>.
- [7] Transport Analysis. Vehicle Statistics[EB/OL]. [2014-09-10]. <http://www.trafa.se/en/Statistics/Road-traffic/Vehicle-statistics/>.
- [8] KFB. Clean Vehicles with Electric Power, the Swedish Transport and Communications Research Board's Final Report on Electric Vehicles and Hybrids[R]. Stockholm: KFB, 2000.
- [9] Gärling A. Paving the Way for the Electric Vehicle[R]. Sweden: VINNOVA, 2001-01.
- [10] Swedish Energy Agency. Knowledge Base for the Market in Electric Vehicles and Plug-in Hybrids[R]. Stockholm: Swedish Energy Agency, 2009.
- [11] Swedish Energy Agency. Long-Term Forecast 2008[R]. Stockholm: Swedish Energy Agency, 2009.
- [12] R&D Programme E-Mobility: Changing Our Way of Life[J/OL]. R&D Magazine, 2010 (1): 12-13 [2014-09-10]. http://www.vattenfall.com/en/file/R_D_magazine_april2010_16475143.pdf.

The Industry Development of Electric Vehicles and Relevant Policies in Sweden

DUAN Li-ping

(Institute of Scientific and Technical Information of China, Beijing 100038)

Abstract: In recent years, electric vehicles and plug-in hybrids have been paid more and more attention all around the world. The Swedish has the excellent infrastructure to develop the electric vehicle industry. Sweden government focuses on the climate change and environment protection, and its adequate electricity is mainly produced from nuclear power and hydroelectric power with zero emission of carbon dioxide. Sweden also has good vehicle industries, having several large vehicle manufactories and world-level testing ground for vehicle technologies. Swedish government provides compensation for E-vehicle consumers and financial support to E-vehicle R&D. Meanwhile, government departments and commercial institutions in the fields of energy, transport, electronic equipment and communication have also involved in the electric vehicle programme. They provide integrated service and running programs, through such efforts they would help achieve Zero Emission and broaden opportunity for several industries.

Key words: Sweden; electric vehicles; industrialization of electric vehicles