

汽车产业电动化转型对就业的影响

鹿文亮 朱永彬 王晓明

摘要 当前，全球汽车产业正经历电动化、网联化、智能化和共享化的产业变革，其中尤以电动化进程和趋势最为显著。新能源汽车产业链中动力电池、电机、电控取代了传统燃油车的变速箱、发动机等环节，产业环节的变化必将带来人才需求结构的变化，我国汽车产业所带动的相关从业人员规模高达千万量级，深入研究电动化对于我国汽车产业就业的影响意义深远。本文通过构建人才需求预测模型，基于对未来汽车产业电动化趋势的预判，预测了汽车产业各个环节的人才需求情况，并提出应对汽车产业电动化趋势变化的就业应对建议。研究表明，汽车产业的变革将直接和间接催生大量新兴就业，但同时电动化过程也会对传统的汽车就业岗位带来冲击。其中，生产制造环节减少的就业岗位最多，整车及零部件的研发环节的就业岗位影响则不太明显。汽车电动化趋势下的岗位专业技能要求也发生了较大的变化，从机械设计制造、内燃机、变速器等专业转向了化学、材料、电子电气、软件工程等专业。令人鼓舞的是，电动化推进了汽车产业智能化和网联化的发展，也带动了智能网联汽车相关的大量就业岗位需求。在汽车产业规模逐步增加的总体发展趋势下，生产制造岗位总数减少以及研发岗位占比提升，推动汽车产业就业岗位向高端化发展，岗位要求和岗位收入均有所提升。为了应对岗位需求变化对汽车产业电动化转型带来的影响，以及对社会就业的冲击，国家层面应该提前做好相关研究，制定产业发展和就业政策预案，确保产业顺利转型与社会平稳过渡。

关键词 汽车电动化 就业影响 产业环节 人员需求

【中图分类号】F062.9 【文献标识码】A 【文章编号】2097-454X(2024)03-0042-16

一、引言

劳动力就业是经济和社会领域的一项重要研究内容。一方面，劳动力供给为产业发展和经济增长提供关键性生产要素，得到经济增长理论的长期高度关注，成为经济增长领域的重要议题；另一方面，产业发展提供的众多就业岗位，也是吸纳人口就业、维持居民收入来源、促进社会稳定的重要基础，成为社会学研究的焦点。从人类社会发展历程来看，历次工业革命都由技术革命引发，进而带动产业变革兴起，新产业、新业态、新模式的诞生在增加新就业岗位的

【基金项目】能源基金会项目“汽车产业电动化转型对中国就业影响研究”。

【作者简介】鹿文亮，中国科学院科技战略咨询研究院高级工程师，邮政编码：100190；朱永彬，通讯作者，中国科学院科技战略咨询研究院副研究员，中国科学院大学公共政策与管理学院岗位教授，邮政编码：100190；王晓明，中国科学院科技战略咨询研究院研究员，邮政编码：100190。

同时，也会对传统就业产生替代效应，从而给就业带来颠覆性影响。此外，科技革命与产业变革不仅影响劳动力需求的规模和结构，也对劳动力技能的适应性转变提出新的要求。劳动力技能素养必须与产业需求保持同步，才能在促进产业发展的同时减少就业冲击，从而维持经济社会的稳定运行。

近年来，以数字化、绿色化为特征的新一轮科技革命和产业变革深入推进，数字技术与实体经济深度融合，数字经济蓬勃发展也对劳动就业和人才结构产生了重大影响，包括就业数量、就业素养、就业结构、就业生态、就业政策等（牛禄青，2017），由此引发的就业问题受到社会广泛关注。很多学者从理论和实证角度对数字经济时代的就业问题展开深入分析，夏炎等（2018）从宏观视角分析了数字经济发展通过提升生产率和经济规模对就业的影响效应，其采用非竞争型就业投入占用产出模型，估计了数字经济规模增长对非农就业总量和结构的影响；王芳（2023）利用省际面板数据分析了数字经济对我国就业规模的影响，实证结果表明数字经济主要通过提高地区生产总值与优化产业结构等路径发挥对我国就业规模的显著正向作用；Qu 和 Fan（2024）针对“机器换人”现象趋势，研究了新兴市场经济国家数字经济重塑就业结构的模式；Wu 和 Yang（2022）重点针对数字经济对我国就业结构的影响展开了实证检验；马兆良、许梦婷（2024）基于我国省际面板数据研究了数字经济对制造业就业结构的影响，发现数字产业化可显著带动技术密集型行业就业规模的提升，并通过产业结构升级、企业技术创新两种途径促进制造业就业结构升级；邢春冰、邱康权（2024）针对数字经济时代出现的零工经济等新就业模式，利用劳动密集型企业员工调查数据，考察了企业非正规就业对工资水平和工资差距的影响，研究认为，非正规就业在降低中低收入人群工资的同时，增加了高收入人群的工资。

此外，很多学者还分析了技术进步对特定行业劳动力就业的影响，如姜金秋和杜育红（2015）、刘滨（2018）与敬熠珂（2023）分别针对 34 个工业行业、能源行业、物流行业等开展了技术进步就业影响研究，Qiu 等（2024）以中国为例，研究了数字赋能对制造业企业劳动力就业的影响；同时还有大量研究关注特定技术应用对就业的影响，如陈建伟、苏丽锋（2021）聚焦通用型技术对就业结构的影响，并以宽带中国示范城市为例进行实证研究；王冬、吕延方（2021）分析了数字技术对实体经济就业影响的非线性效应；Zhang（2023），黄浩权等（2024）针对人工智能对低技能劳动力替代的社会隐忧，研究了人工智能技术对就业规模结构、技能溢价以及不同技能劳动力收入差距的影响。然而，尽管技术进步对就业的影响得到学界广泛关注，但现有研究更多是从实证角度对就业影响进行检验，而缺乏对未来产业转型发展趋势下就业规模和结构的定量化预测研究，使得现有研究对政策制定缺乏有效的数据支撑。

经过数十年发展，我国汽车产业规模已经走在世界前列，培育了一大批整车和零部件企业，同时也吸纳了大量就业。当前，在全球数字化和绿色化转型背景下，汽车产业正在经历向电动化和智能化发展的变革进程，我国在新能源汽车领域先发优势明显，国际竞争力日益强大，已成为我国迈向汽车强国的重要机遇，这一深刻变革势必将对我国汽车全产业链就业带来重大冲击。本文基于汽车电动化趋势，将全面分析我国汽车电动化转型对汽车产业链重构以及对不同产业链环节就业的影响，弥补现有研究缺乏产业层面就业定量化预测研究的不足，为做好就业转移和人才储备等相关应对措施提供科学依据。

二、汽车产业电动化转型概述

（一）国内汽车产业电动化发展现状

我国汽车产业正加速电动化、智能化、网联化发展，发展新能源汽车是我国从汽车大国迈向汽车强国的必由之路，是应对气候变化、推动绿色发展的战略举措。2020 年 11 月 2 日，国务院正式

发布的《新能源汽车产业发展规划（2021—2035年）》提出，到2025年，新能源汽车新车销售量达到汽车新车销售总量的20%左右的目标。在相关部门、地方政府、行业企业的共同努力下，中国新能源汽车产业发展取得显著成效，突破了一批电池、电机、电控、专用平台等关键技术，产销量连续9年位居世界第一，成为引领全球汽车产业电动化转型的重要力量。

2023年，我国新能源汽车产销分别完成958.7万辆和949.5万辆，同比分别增长35.8%和37.9%，市场占有率达31.6%，预计2025年新能源汽车新车渗透率超过50%。截至2023年底，新能源汽车保有量超2000万辆，累计建设各类充电桩859.6万台。我国成为全球最大的新能源汽车生产国和销售国。

（二）中国汽车中长期销量预测

从中长期发展趋势来看，未来中国汽车市场仍具有一定的增长潜力。在商用车市场中，客车市场需求量较为稳定，整体商用车市场增长主要以卡车市场销量增长为主；在乘用车领域，对照先进发达国家来看，虽然我国当前人均保有量、人均GDP等指标仍处于相对低位，但结合人口密度、出行习惯等综合特征，预计未来30年乘用车市场将难以实现大幅度的增长。

综合考虑我国机动车千人保有量、家庭户均保有量以及我国人口增长和城市道路容量等因素，课题组对中国汽车中长期销量进行预测。在理想状态下，假定家庭户均保有量达到峰值时人口规模为14.2亿人，家庭户数为5.1亿户，各饱和状态下家庭户均保有量1.1辆左右（参考韩国），预计中国汽车保有量水平将达到5.6亿辆左右，千人保有量水平将达到390辆左右。实际情况下，未来20—40年，考虑到中国社会的老龄化问题，老年人对于自驾出行的需求低于年轻人，对公共出行、共享出行需求更高。随着自动驾驶的发展，低成本的网约车、自动驾驶车辆提供的出行服务可以实现更佳的出行体验，因此我国汽车保有量将无法达到理想状态下的预测。实际汽车市场保有量水平将无法达到理想状态下测算结果，预计保有量顶峰5亿辆左右，汽车千人保有量水平将达到350辆左右，汽车市场达到峰值时，市场年销量为3500万辆。

（三）中国新能源汽车市场中长期趋势预测

2020年9月22日，国家主席习近平在第七十五届联合国大会一般性辩论上发表重要讲话指出，中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和。“30·60目标”的确立将形成长期的环保需求及倒逼效应。汽车产业作为我国产业的重要组成部分，汽车产业本身的碳中和新能源汽车推广应用带动使用环节的碳中和非常重要。中国将“30·60目标”定为国家战略，新能源汽车产业将进入快速发展通道。

2023年新能源汽车新车销售占比达到31.6%，新能源汽车从政策驱动转向市场驱动，以私家车为主导的新能源汽车销量进入加速发展时期。短期内，以比亚迪DM-i为代表的插电式混合动力车型，凭借较低的购车成本和低于传统燃油车油耗的优势，开始实现对传统燃油车的替换。结合现有的规划、研究对新能源汽车渗透率的预测结果，综合考虑插电式混合动力汽车增速、我国的用车环境和消费者对新能源汽车的接受度，课题组对新能源汽车渗透率给出预测。预计到2025年，即可实现新能源汽车新车销售占比达到50%的目标。随着车型的不断丰富和充电基础设施的进一步完善，从2030年之后，新能源汽车渗透率快速提升，2040年新车渗透率提升到70%，2050年提升到90%，并于2060年达到95%。由于我国幅员辽阔，部分区域的用车环境较为苛刻，部分长途和高载重等特殊情况仍然以传统燃油车为主，其余大部分使用场景均以新能源汽车为主，并且以纯电动新能源汽车为主（见图1）。

在这一电动化趋势下，我国新能源汽车保有量也将不断提升，汽车保有量中的新能源汽车占比将从2025年的9%左右快速提高到2030年的20%以上，预计2040年之前超过50%，即新能源汽车保有量超过燃油车保有量。2050年这一比值将接近80%，到2060年达到90%以上（见图2）。

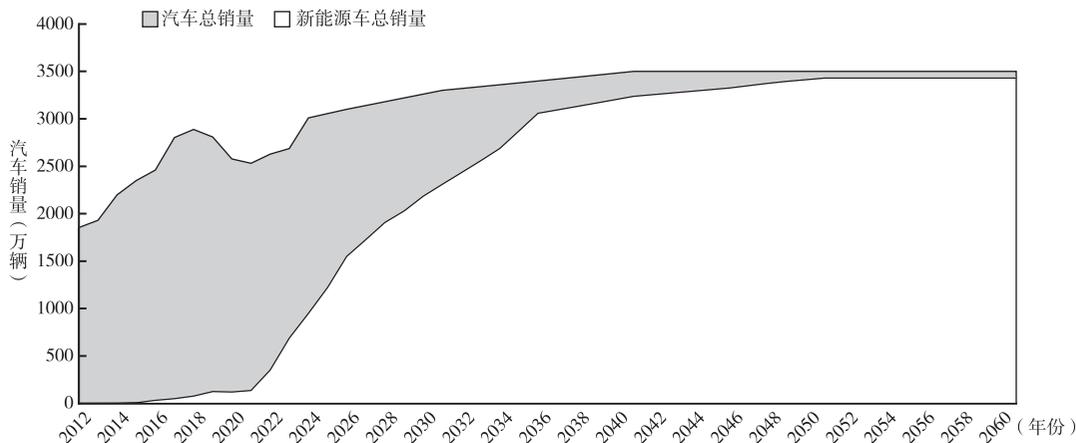


图1 2012—2060年新能源汽车销量及预测

数据来源：课题组研究预测数据

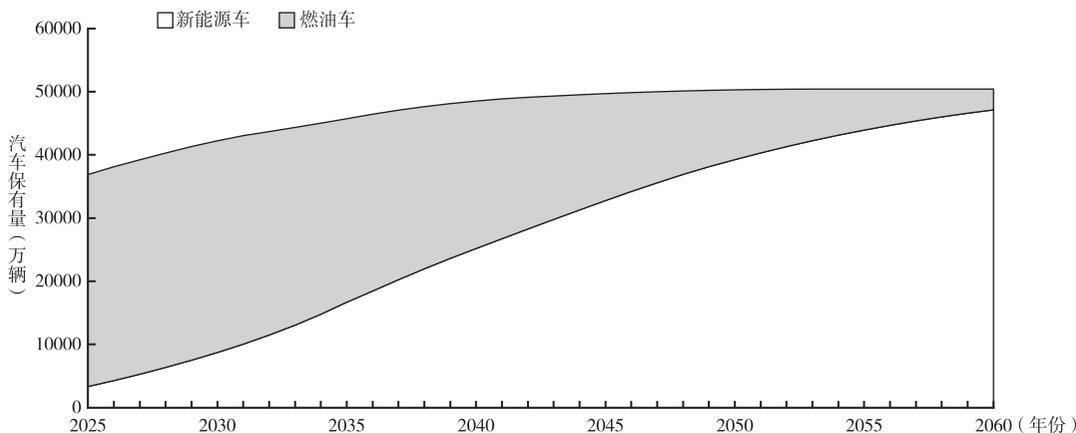


图2 2025—2060年我国新能源汽车与燃油车保有量预测

资料来源：同图1。

三、我国汽车产业就业现状分析

汽车产业所涉及的相关产业链环节较多，由此带动了大量的就业人口。从汽车产业链的核心环节来看，大致可分为整车及关键零部件、汽车销售和售后服务、传统燃油车加油、新能源汽车充换电四个重点环节。因此，本研究仅考虑汽车电动化对汽车研发制造及使用过程中所带来的就业影响，不考虑燃油车减少导致的对油品开采炼化等产业的就业影响。

（一）整车及关键零部件企业制造环节就业人员现状

根据《中国汽车工业年鉴》和中国汽车工程学会统计，2020年，我国汽车产业规模以上生产企业（整车及关键零部件企业）从业人员约为550万人。其中，汽车整车及关键零部件研发设计人员约50万人、生产制造约302.5万人。

对于新能源汽车整车及关键零部件企业，2020年，我国新能源汽车产业规模以上生产企业（整车及关键零部件企业）从业人员约为50.7万人。其中，新能源整车和关键零部件企业研发人员数量约为15.8万人，生产制造人员约为16.4万人。2020年新能源汽车研发人员占比高于汽车产业

研发人员占比,表明新能源汽车研发人员更为聚集,也正是成长期产业的特征;而在生产制造和销售端,新能源整车及关键零部件企业大多会沿用传统汽车的从业人员和渠道,所以新能源汽车整车及关键零部件企业的生产制造人员占比相对较低。

通过《中国汽车工业年鉴(2021)》数据计算,2020年汽车行业乘用车整车企业平均劳动生产率为35.6台/人·年,通过企业调查问卷数据计算,代表性新能源乘用车整车企业平均劳动生产率为12.7台/人·年,较行业平均仍有差距。理论上讲,从零部件数量和总装线所用时长分析,新能源汽车较燃油车劳动生产率应更高,但目前的现状新能源汽车劳动生产率远远低于行业平均,仍有很大提升空间,说明我国新能源汽车产业正处于高速成长期。

(二) 汽车后市场就业人员现状

汽车后市场就业人员包括整车及关键零部件企业自有的销售和售后服务人员,以及市场化的后市场销售及售后服务人员。根据《中国汽车工业年鉴》和中国汽车流通协会数据统计,由中国汽车工程学会分析测算,2020年,我国汽车产业规模以上整车及关键零部件企业销售人员约为47万人,售后服务人员为32.1万人;后市场销售人员约为49.1万人,售后服务人员约为197.57万人;总计,销售人员约96万人,售后服务人员约为229.6万人。其中,我国新能源汽车产业规模以上整车及关键零部件销售人员约为1.9万人,售后服务约为7.9万人;后市场销售人员约为2.76万人,售后服务人员约为5.94万人;总计,销售人员约为4.7万人,销售服务人员约13.8万人。

(三) 燃油汽车能源加注行业就业现状分析

2018年6月国家发改委、商务部发布的《外商投资准入特别管理措施(负面清单)(2018年版)》,明确从当年7月28日起取消外资连锁加油站超过30家需中方控股的限制要求。石油下游环节完全开放,BP、壳牌、道达尔等国际石油巨头加快在中国加油站的投资和运营。2019—2020年,国务院加快了成品油市场流通政策的放宽速度,加速对我国石油成品油流通实行“放管服”改革。随着政策的刺激以及低油价带来的盈利的改善,民营及外资对加油站领域的投资加大,使得近两年加油站数量增长较快,2020年达到了11.20万座(见图3)。

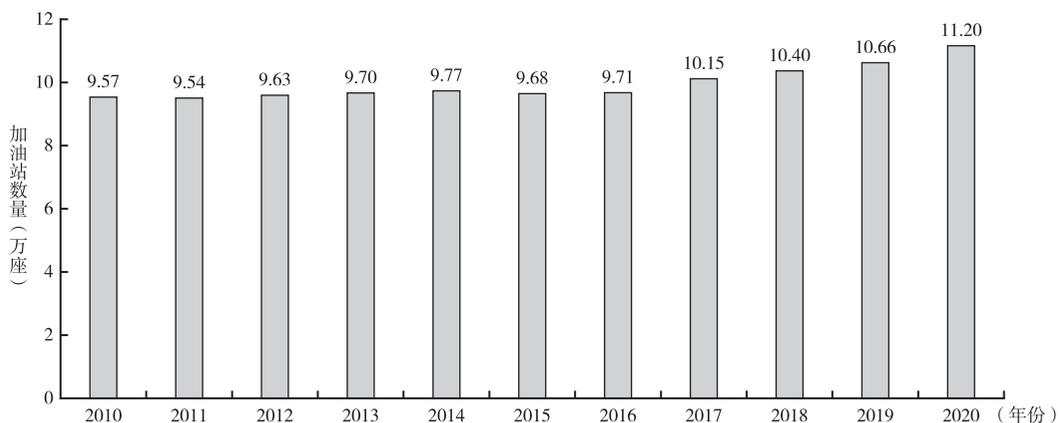


图3 2010—2020年全国加油站数量

数据来源:隆众资讯、中国能源网整理

从2010年开始,平均单座加油站服务汽车数量呈现快速增长的趋势,但是自2017年起,随着加油站数量增速加快及新车销售增速放缓,单座加油站服务汽车数量逐渐趋于平稳。

柴油表观消费量在2015年前后进入平台期。汽油消费量随着国内乘用车保有量的连年增长呈现联动态势,但是近两年受新车销售疲软影响,增速放缓,2020年新冠疫情造成出行量减少,汽油消费量出现明显下滑,但未来预期仍将增长,有望在2025年前后达到峰值(见图4、图5)。

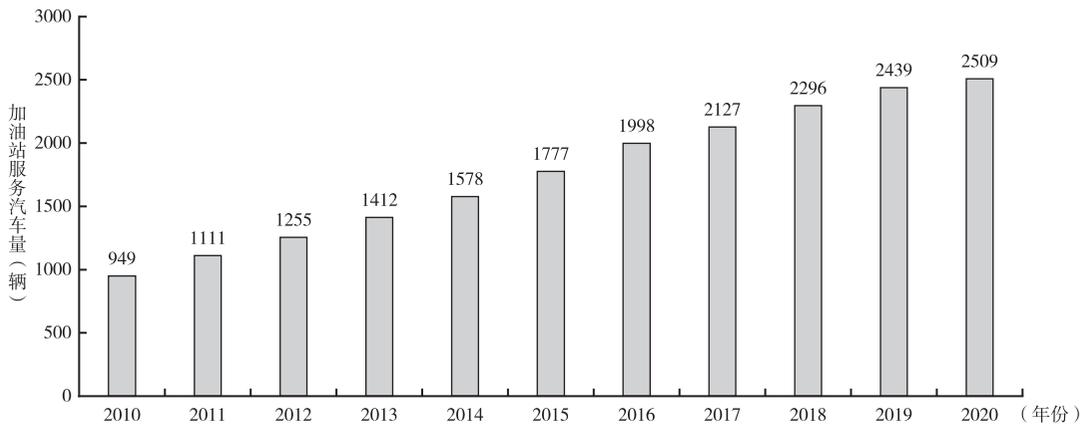


图4 2010—2020年单座加油站服务汽车数量变化情况

数据来源：中国能源网整理

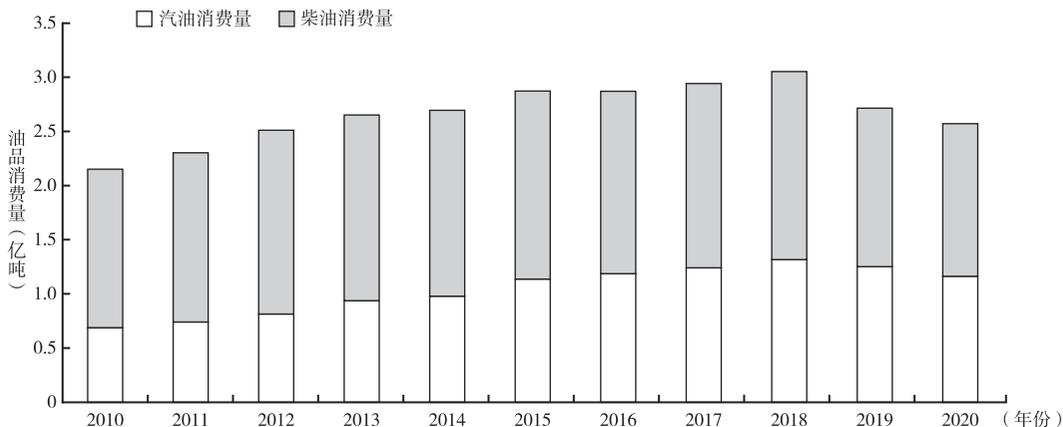


图5 2010—2020年全国汽油和柴油零售量（通过加油站统计）

数据来源：国家统计局、隆众资讯、中国能源网研究中心整理

经过对两大油加油站调研了解到，加油站规模主要按照日平均加油量进行划分，可以分为四类，每个类型加油站配置从业人员数量如表1所示：

表1 加油站规模及人员配置表

规模	日加油量(吨)	从业人员(人)	管理人员(人)	运维人员(人)
微型站	≤2	2	1	1
小型站	5—6	4	2	2
中型站	10—15	8	2	6
大型站	≥20	16	4	12

根据中石油、中石化的年报数据，以2019年为例，中石油和中石化平均单座加油站加油量分别为10.08吨/日和10.94吨/日，按等级规模划分，为中型加油站水平，从业人员为8人。

2020年全国平均单座加油站加油量约为6吨/日，匹配从业人员6人，其中管理人员2人，分为站长和副站长（代班站长），普通员工4人（加油员、收银员及其他岗位）。

2020年,全国加油站共计11.2万座,根据平均单座加油站加油量数据可以推算出全国所有加油站从业人员数据:总就业人员合计约为74.67万人,其中管理人员包括(站长和代班站长)约为22.4万人,加油员及维护人员约为44.8万人,成品油运输人员约为7.47万人。

根据公安部数据,2020年全国汽车保有量达到28100万辆(新能源车占比较低、不影响数据计算),基于调研的加油站就业数据,可以得到以下数据:每万辆汽车对应加油站从业人员26.57人,其中管理人员7.97人、运维人员15.94人、运输人员2.66人。

(四) 新能源汽车充/换电站就业人员现状

通过中国电动汽车充电基础设施促进联盟发布数据以及行业头部企业从业人员调研了解到,跟传统加油站运营模式不同,目前充电桩从业人员主要为后期维护和维修硬件人员,并不需要现场运营人员。以行业龙头企业数据为参考,平均300—400个充电桩需要至少1名运维工程师。至2020年底,国内充电桩总数为168.1万个,配备的维护人员约560人(人桩比1:300),平均每万辆新能源汽车配备充电桩维护人员11.39人。

至2021年底,国内充电桩总数增长为261.7万个,以此推算充电桩运维人员约为872人(人桩比1:300),平均每万辆新能源汽车配备充电桩维护人员11.13人,较2020年小幅降低。

换电模式虽然出现较早,但是并未成为电动汽车补能主要形势,处于试水和摸索阶段,随着工信部启动新能源汽车换电模式应用试点以及换电汽车不受补贴限价限制等利好因素,换电站建设逐步进入快速发展期,除充电桩模式外,产生了新的人才需求。

换电站实际运行过程中,已经可以实现了车辆自动换电模式,但现场仍需至少1名运营人员进行换电操作或排除简单故障。按照两班倒原则,平均一个站每日至少需要2名运维人员,而每100座车站需要5名硬件维修人员。根据以上数据测算,2020年底换电站就业人员达到约1138人,按照新能源汽车保有量,则每万辆新能源汽车对应换电站从业人员约2.31人。

2021年底换电站就业人员达到2665人,受换电站增速高于新能源汽车保有量增速影响,造成每万辆新能源汽车对应换电站从业人员约3.4人,高于2020年水平。

四、汽车产业电动化对就业的影响

汽车产业电动化转型最核心的变化是动力电池、电机、电控系统取代了燃油车的发动机和变速箱,进而带来后市场服务和补能环节的变化。这些产业环节的变化会导致传统汽车部门环节用人减少,而新能源汽车相关的岗位新增。另外,在生产制造环节,自动化技术和智能制造技术的广泛应用,也会提升劳动生产率,进而降低对于人工的需求。

(一) 汽车电动化对整车及关键零部件企业人才需求的影响

为了更好应对汽车电动化的发展,各整车企业都会设立各个零部件模块的研发部门,整车和关键零部件企业研发人员的研究领域和特征基本类似,所以在分析人才需求上,我们将整车和关键零部件企业放在一起分析。

对于研发人员的需求聚焦在整车与核心零部件企业形成交集的、具有车端新增核心技术能力,涵盖了动力电池技术、燃料电池技术、电驱动技术、使用/服务(车载电源)四大技术领域。在这四大技术领域内,可以将研发人员的岗位分为材料/工艺工程师、结构/硬件开发工程师、软件/算法开发工程师(性能开发工程师)、系统集成工程师、仿真和测试工程师、运维工程师(车端)六大岗位族。

汽车电动化对于零部件研发生产环节的就业影响主要体现在动力电池、电机、电控等零部件环节就业岗位显著增加,需要材料、结构、软件算法、系统集成等研发与工程技术人员。而发动机、变速箱等关键零部件的研发与生产创造的就业岗位因为燃油车被新能源汽车替代而快速下降。在整

车生产制造环节，从传统燃油车转变为新能源汽车，传统四大工艺并没有颠覆性改变，随着一体化压铸等新的生产工艺改进，劳动生产率提升，用人总需求会略有减少。

（二）汽车电动化对后市场销售及售后服务人才需求的影响

销售服务人员指在一线从事新能源汽车销售及相关服务的人员，包括整车及关键零部件企业的销售人员，经销商销售人员（含二级网点、不含平行进口车）和直营店的销售人员。新能源汽车企业通常采用“线下体验、线上下单、门店交付”的模式，将销售门店开在客流量大的商场等，将售后维修门店放在成本较低的区域。因此新能源汽车的销售模式具有更高的销售效率，通常会减少总的用人需求。

售后服务人员指在一线从事新能源汽车售后维修、保养、美容等相关服务的人员，包括整车及关键零部件企业的售后维修技术人员，一类、二类、三类维修企业，直营店的售后服务人员，不包括独立的金融、保险、租赁和充换电服务企业人员。新能源汽车结构简单，相比于发动机、变速箱，动力电池、电机等核心零部件可以做到终身免维护，同时电池、电机等零部件也以更换为主，很少进行维修。因此从事新能源维修保养的工作岗位数量要远低于传统燃油车的维修保养人数。

（三）汽车电动化对汽车补能行业就业的影响

能源为汽车正常行驶提供动力，目前汽车补能根据所需能源的不同分为传统的加油和新兴的充（换）电，以上两种补能方式分别在加油站和充电桩（换电站）完成，因此随着汽车电动化进程的加快，加油站、充电桩（换电站）以及其中从业者的发展都将发生改变。

维持加油站的正常运行，需要有管理人员、加油员、维护人员和成品油运输人员，人员需求与加油站总数成正比，而加油站总数又与成品油的消耗成正比。随着汽车保有量中新能源汽车逐步替代传统燃油车，成品油消耗量下降，直接带来加油站相关的工作人员减少。而新能源汽车的充换电站通常采用无人值守的方式，仅需要充换电站的建设和运维人员即可，所提供的就业岗位会大幅度减少。但充换电站的建设运营人员对岗位技能要求更高，需要具备国家高压电工特种作业操作证才能上岗。

五、汽车产业转型人才需求预测

汽车产业人才需求既受到未来汽车产业规模的影响，也与未来劳动生产率的变化密切相关。本研究针对整车和零部件研发设计人员、生产制造人员、销售服务人员和售后服务人员，以及汽车补能服务人员等不同环节和岗位未来用人需求，构建相应的预测分析模型。

（一）人才需求预测模型及参数设定

首先，本研究建立人才需求与汽车产业规模（如产量、销量、保有量等）的关系，进而确定不同岗位劳动生产率参数，最后基于对传统燃油车和新能源电动车中长期趋势预测，计算得到燃油车与电动车不同岗位人才需求情况，据此评估汽车产业电动化对我国就业的综合影响，为存量岗位人才转型与新型人才培养提供决策依据。

1. 研发设计与生产制造人员

整车及零部件研发设计和生产制造人员与汽车生产规模具有较强的相关关系，因此其未来人员需求可由我国汽车产业的未来产量与两类岗位的劳动生产率相乘得到：

$$L_{i,t} = P_t \cdot l_{i,t} \quad (1)$$

式中， L 表示人员需求量，单位为人； P 表示汽车生产量，单位为万辆； l 表示劳动生产率，单位为每万辆汽车产量所需人员数；下标 i 和 t 分别代表岗位和时间，此处 i 具体指代研发设计岗位和生产制造岗位。

对于传统燃油汽车而言，其产业经历了长时间发展已经趋于成熟，两类岗位的劳动生产率也较为稳定，未来可能会存在小幅提升，其未来从业人员需求主要受传统燃油汽车未来产量规模的影响。2020年，每万辆传统燃油汽车对应的实际研发设计岗位人员为143人（实际需要130人），对应的实际生产制造人员为1052人（实际需要725人）。

而新能源汽车产业仍处于快速发展和深度调整阶段，随着造车新势力和传统汽车纷纷向新能源领域转型，目前在新能源汽车领域存在较多的过剩人员，产能远没有得到充分释放，为此劳动生产率参数以实际需求为准，且考虑智能制造等因素影响，预计生产制造环节的劳动生产率还将持续提升。2020年，每万辆新能源汽车对应的实际研发设计岗位人员为1156人、生产制造人员为3709人。进入成熟阶段，技术更新迭代速度下降，每万辆新能源汽车产量对应的研发设计人员约为105人，生产制造人员约为450人，考虑智能制造技术应用，预计将以1%的年变动率递减。

2. 销售服务人员

整车及零部件销售服务人员与汽车销量具有较强相关关系，其未来人员需求可由我国汽车产业的未来销量与该岗位的劳动生产率相乘得到：

$$L_{i,t} = S_t \cdot l_{i,t} \tag{2}$$

式中， L 表示人员需求量，单位为人； S 表示汽车销售量，单位为万辆； l 表示劳动生产率，单位为每万辆汽车销量所需人员数；下标 i 和 t 分别代表岗位和时间，此处 i 具体指代销售服务岗位。

传统燃油汽车目前仍以4S店模式作为主要的销售渠道，而新能源汽车的销售模式正在对传统模式进行颠覆，发展出诸如商场展示+网上直销等新型销售模式，同时新能源汽车也主推代表性车型，相较传统燃油汽车的车型更加标准化。综合各种因素，新能源汽车销售服务人员需求通常低于传统燃油汽车销售服务人员需求。2020年，每万辆传统燃油汽车销量对应的销售服务人员为382人（实际需求约为303人），而新能源汽车2020年每万辆对应的实际销售人员为343人，进入成熟阶段后的对应人员需求约为107人。

3. 售后服务人员

售后服务人员主要针对汽车使用阶段提供维修保养服务，因此售后服务面对的是全部保有使用中的汽车总量。其未来人员需求可由我国未来汽车保有量与该岗位的劳动生产率相乘得到：

$$L_{i,t} = Z_t \cdot l_{i,t} \tag{3}$$

式中， L 表示人员需求量，单位为人； Z 表示汽车保有量，单位为万辆； l 表示劳动生产率，单位为每万辆汽车保有量所需人员数；下标 i 和 t 分别代表岗位和时间，此处 i 具体指代售后服务岗位。

传统燃油车采用发动机+变速箱的动力系统，需要定期更换机油、滤芯等易耗品，而新能源车采用三电系统，省去了上述定期保养项目，并且可以远程监测和维护，故障率大大降低，因此对售后服务人员的需求大幅减少。2020年，每万辆传统燃油汽车保有量对应的实际售后服务人员约为79人（实际需求约为69人），而新能源汽车每万辆保有量对应的实际售后服务人员约为281人，进入成熟阶段后约需40.5人。

4. 补能服务人员

传统燃油汽车和新能源汽车的能源补给方式完全不同。前者主要通过加油站进行补能，后者则通过充电站/桩或换电站实现补能。

传统燃油汽车补能服务人员由加油站数量和加油站规模决定，而加油站的数量与规模又与未来汽车燃油需求密切相关，汽车燃油需求又与汽车保有量、单车油耗、汽车使用强度等因素相关。为简化起见，本研究假设汽车使用强度未来不发生改变，未来燃油需求仅由传统燃油汽车未来保有量及单车综合油耗决定。

$$\overline{eff}_{j,t} = \sum_{t'=0}^{t-1} \left(eff_{j,t-t'} \cdot \frac{S_{j,t-t'}}{Z_{j,t}} \right) \quad (4)$$

式中， \overline{eff} 表示燃油车综合能耗下降率，即当期全部保有汽车的综合能耗相对于基期2020年的下降率，既反映了单车油耗随时间不断下降的技术进步趋势，也反映了汽车保有量中不同使用年限的汽车占比。下标 j 分别代表乘用车和商用车，二者在燃料上存在差别，假设前者主要使用汽油，后者主要使用柴油； t 表示各期，指代汽车寿命，表示汽车平均最长使用年限。 $eff_{j,t-t'}$ 表示不同年份汽车的单车油耗相比基期2020年的下降率， $S_{j,t-t'}$ 表示不同年份对应的汽车销售量， $Z_{j,t}$ 仍表示各期的汽车保有量。

由此，反映汽车保有量和综合能效变化后的燃油消耗量为：

$$Fuel_{j,t} = Fuel_{j,0} \cdot \frac{Z_{j,t}}{Z_{j,0}} \cdot (1 - \overline{eff}_{j,t}) \quad (5)$$

式中， $Fuel_{j,t}$ 和 $Fuel_{j,0}$ 分别表示当期与基期2020年的燃油消耗量，包括汽油和柴油。

单站日加油量 F_s^d 为年燃油消耗量 $Fuel_t$ 与加油站数量 n_s 之比，并折算为日平均消耗量：

$$F_s^d = \frac{Fuel_t}{n_s \cdot 365} \quad (6)$$

因此，加油站从业人员计算公式为：

$$L_{i,t} = f(F_s^d) \cdot n_s \quad (7)$$

其中， $L_{i,t}$ 表示人员需求量， $f(F_s^d)$ 是关于日加油量的函数，对应表1的映射关系，即每个加油站对应的人员需求量。

同时，加油站还需配备油品运输人员，配备标准为每个油罐车2人，按照标准油罐车可运输10—22吨油品计算，可以得到每个油罐车可服务的加油站数量，进而计算出油罐车总需求量，进而计算总的人员需求量。

对于电动车而言，目前主要以充电补能方式为主，其中又可分为直流快充和交流慢充两种充电模式。预计未来非营运新能源汽车仍将以慢充桩为主，基本不需要专门的社会服务人员提供服务。而商用车、营运车辆及部分非营运车辆主要使用快充桩，通常需要专门的机构负责运营。因此，直流快充桩的数量直接影响到新能源汽车补能环节人才需求量。

同时，鉴于公共场地有限，未来快充桩数量也会受到限制。结合企业调研和专家意见，本研究假设我国直流快充桩峰值约为1300万个，且未来我国营运车辆（网约车和出租车）总量上限为2000万辆。

基于本课题对新能源汽车市场中长期销量预测结果（乘用车和商用车），课题组结合对营运车辆上限的判断，以及快充桩峰值的假设，结合上述使用快充桩的三类新能源汽车的车辆利用率、充电频次可以计算出该类车辆的充电次数需求，再除以快充桩利用率即可得出该类车辆对快充桩的总需求量。在此基础上，考虑到快充桩维护的人桩比情况，推算出新能源汽车补能环节从业人员总需求量为：

$$L_{i,t} = \lambda \sum_k \frac{Z_{k,t} \cdot \eta_k \cdot \kappa_k}{\gamma} \quad (8)$$

其中， $Z_{k,t}$ 为不同类型（商用车、营运车辆及部分非营运车辆）新能源汽车保有量， η_k 和 κ_k 为相应新能源汽车的利用率和充电频次， γ 为充电桩利用率参数， λ 为人桩比参数。

（二）模型预测结果分析

随着汽车电动化的快速发展，汽车产业人才需求和结构特征也将发生变化。本研究以人才结构

与需求预测为支撑，以各类产业人才需求数量预测为核心，获得汽车产业人才需求数量。

1. 研发设计人员需求

根据我国“30·60”目标，2060年交通行业实现碳中和，预计到2050年，新能源汽车渗透率提升到90%，并于2060年达到95%。由于我国幅员辽阔，部分区域的用车环境较为苛刻，部分长途和高载重等特殊情况仍然以传统燃油车为主，其余大部分使用场景均以新能源汽车为主，并且以纯电动新能源汽车为主。在此情况下，汽车整车及零部件企业研发设计人员总规模也较为稳定，约为40万人左右。随着新能源汽车渗透率的不断提升，燃油车研发设计人数逐年递减，预计2060年燃油车研发人员达到最低，约为2.9万人；新能源汽车研发人数呈上升趋势，预计2060年达到峰值约35.4万人（见图6）。

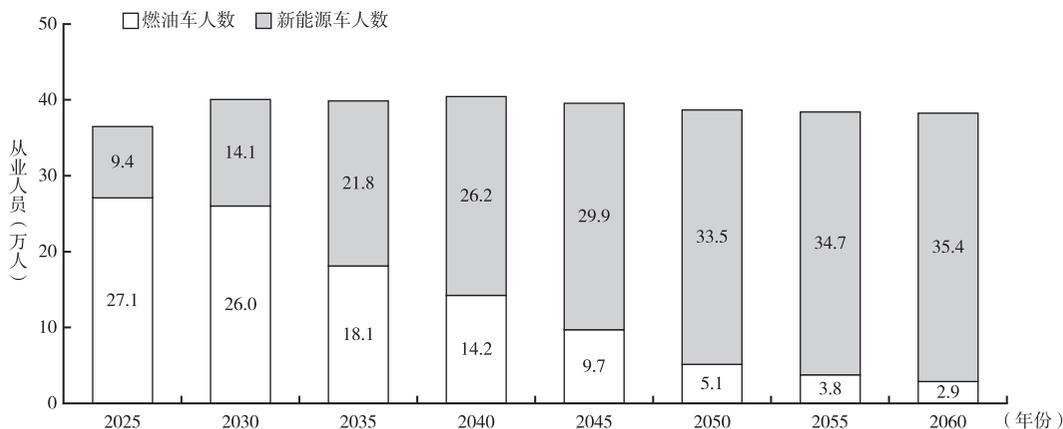


图6 汽车行业研发设计人员需求预测

2. 生产制造人员需求

汽车整车及零部件生产制造人员总规模呈下降趋势，预计2060年全国汽车整车及关键零部件生产制造人员总数约为117.4万人。随着新能源汽车渗透率和新能源汽车生产制造社会劳动生产率的提升，燃油车生产制造人数逐年递减，预计2060年燃油车生产制造人员最低达到约为16.0万人；新能源汽车生产制造人员需求量呈上升趋势，预计2050年达到峰值106.4万人，随后开始下降（见图7）。

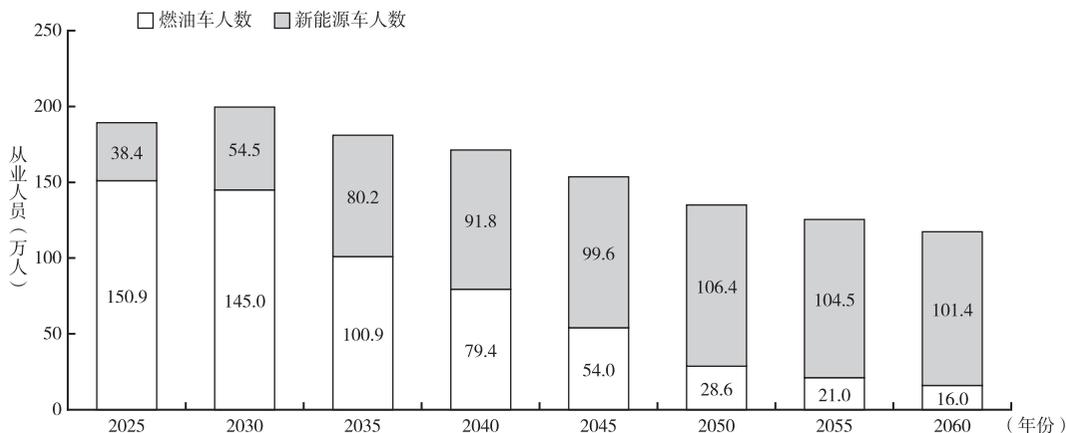


图7 汽车行业生产制造人员需求预测

3. 销售人员需求

预计汽车销售人员总规模在2020—2030年同样呈减少趋势，到2035年较为稳定，总人数维持

在约 38 万人。随着新能源汽车渗透率的不断提升，燃油车销售人员从业数量逐年递减，预计 2060 年燃油车销售人员数量达到最低，约为 2.4 万人；新能源汽车销售人员数量呈上升趋势，预计 2060 年达到峰值约 36.1 万人（见图 8）。

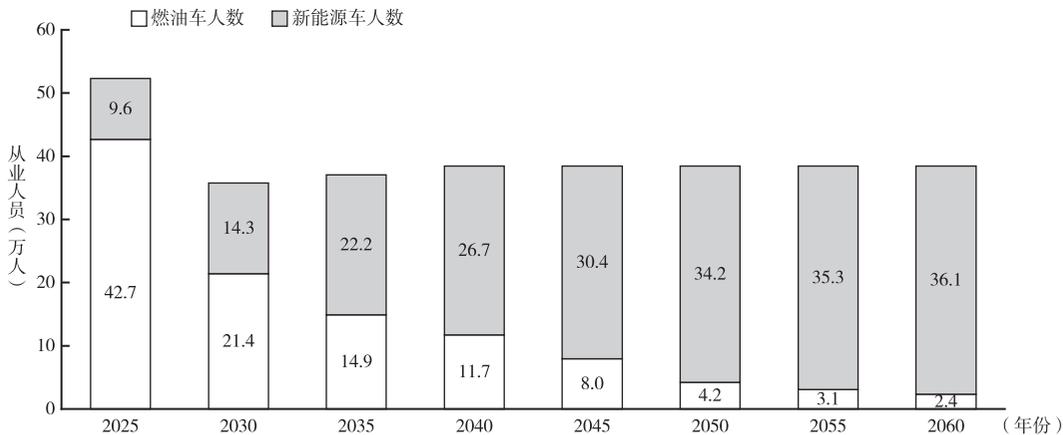


图 8 汽车行业销售人员需求预测

4. 汽车补能人才需求

结合传统燃油车与新能源汽车在补能行业的人员需求预测，汽车补能行业人员需求峰值均出现在 2025 年前后，总量接近 76 万人。2025—2040 年，汽车补能行业从业人员数量需求呈现快速下滑趋势，2045 年之后稳定在 14 万人规模，相较于峰值，减少了 62 万人，减少的主要是加油服务人员，包括加油员和成品油运输司机（见图 9）。

2025 年以后随着汽车燃油消费的减少，加油站数量及所需人才数量将持续降低，时间跨度 20 年间，将有超过 60 万规模的人员将面临转岗或者自主择业，平均每年约 3 万人离开加油服务行业。

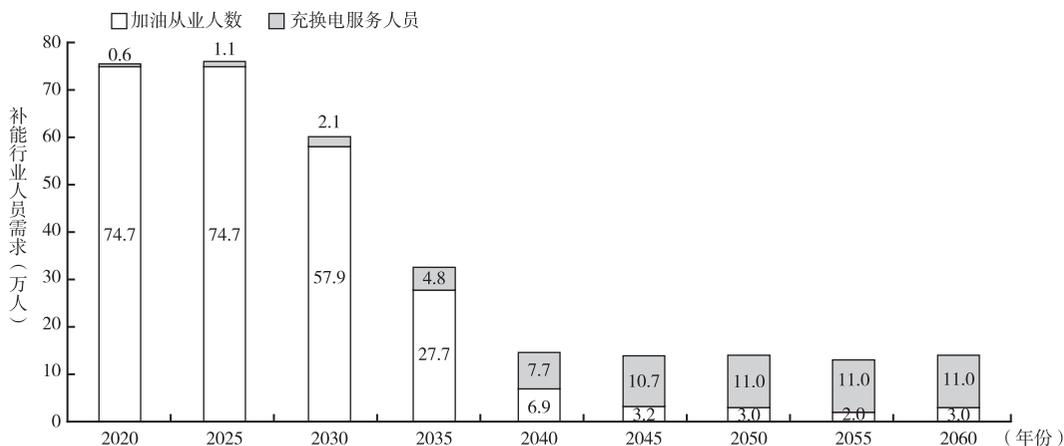


图 9 汽车补能行业人员需求总量变化

(三) 汽车产业人才供需分析

根据模型定量测算和调研分析，我国汽车产业电动化转型对于行业就业的影响可以归结为三个差距。

1. 就业岗位数量与现有就业人员规模的差距

无论是研发生产、销售售后还是汽车补能环节，相应就业岗位都将出现大幅度减少。在生产环

节,由于新能源汽车结构简单、生产流程简化、模块化升级等原因,整车及零部件用人数量大幅度减少,预计到2040年,生产制造环节就业岗位预计将减少近150万个,现有的岗位设置将会依据新能源汽车的生产特点进行优化,同时岗位人数也会进一步精减。在销售环节,随着传统4S店模式向销售与售后服务分离模式的转变,“线下体验——线上销售——线下交付”的销售模式将逐步成为主流,各车企对于新能源汽车车型品类的精简也降低了对销售人员的需求。预计到2040年,汽车销售用人需求将下降50万人。在补能环节,随着新能源汽车渗透率的提升,燃油消耗逐步下降,加油站数量对应减少,所需要的加油服务人员和成品油运输人员也会随之较少。预计到2040年,加油站的加油服务人员将从2020年的74万人下降到10万人以下,意味着加油服务行业将减少超过60万个岗位。而快速增长的充换电行业,由于自动化程度高,大部分充电站属于无人值守,仅需要提供设备维护而不需要大规模的服务人员,人员需求有限。预计到2040年,充换电站行业的就业人员为7.7万人,即使到2045年之后人员需求达到峰值,总人数也不过10万人。从现有的人员培养机制来看,当前培养的人员能够保证原有职位数量的需求,但随着岗位数量的大幅度下降,未来汽车生产制造及补能行业将减少超过250万个就业岗位。解决未来需求的就业岗位与现有就业人员规模的差距是汽车产业电动化转型给汽车产业人才就业带来的第一个差距。

2. 岗位专业技能与现有人员技能不匹配的差距

从传统燃油车到新能源汽车转型,部分岗位虽然就业人员需求数量变化不大,但岗位对就业者的技能需求发生了较大的变化。在研发设计环节,传统燃油车设计中发动机、变速箱的研发设计逐步转向对于动力电池、BMS、电控系统、驱动电机的设计,研发设计人员的专业需求发生了较大变化。当传统车企电动化转型后,原有的研发人员无法胜任新的研发需求,只能通过淘汰原有人员,招聘全新的人员来进行业务转变。在人才供给端,高校专业中的车辆工程专业,通常以机械设计制造为主要内容,讲授内燃机、变速器相关知识,对应的学科设置、课程设计、教师匹配,也以传统的内燃机专业为主。而新能源汽车需要的专业通常来自化学、材料、电子电气等专业。相关专业有对应的稳定的就业领域,对于新的人才需求,也无法做到快速响应,无法实现高质量的人才供给。

由于本研究仅限于电动化对于人才就业的影响,尽管研发设计人员在总量上变化不大,但实际调研发现,目前车企大力推动智能网联汽车研发,对于软件、计算机、通信领域的人才需求量较大。如果算上智能化对于研发人员的需求,汽车行业在研发端的人才需求数量将会远高于现有的研发人员总量,所需的职业技能需求更是无法通过现有的汽车人才培养获得。岗位专业技能与现有人员技能不匹配是汽车产业人才发展面临的第二个差距。

3. 转岗人员年龄与转岗技能培训时间的差距

在电动化转型过程中,企业会尽量保障就业岗位数量稳定,在岗位需求变动的情况下,通过在岗人员技能培训等方式实现现有就业人员的平稳转岗,但要具体考虑转岗人员年龄、学习成本以及新岗位的专业难度。以燃油车整车及零部件企业研发设计人员为例,其45岁以上从业人员约占21%,这些人年龄相对较大,学习和转型新能源的动力和能力相对较低,同时由于研发岗位专业基础的差异较大,转岗培训时间长、难度大,考虑到这部分人员的剩余工作年限,转岗到非技术岗位或者其他技术性不强的岗位的成本更低。而对于销售和售后服务环节来说,人员年龄总体较低,且新岗位职业技能与原有岗位差异不大,可以通过较短时间的岗位技能培训实现岗位转换。对于补能行业来说,加油服务人员普遍年龄较大且专业技能要求不高,如果进行转岗培训可能难以达到预期效果,且导致生产效率降低等问题,因此应该考虑行业外职业技能相似的岗位进行转岗替代,但同时又要考虑对于其他行业的就业冲击问题。转岗人员的年龄直接影响了转岗后的岗位服务时间与转岗成本,因此,转岗人员年龄与转岗技能培训时间的差距成为汽车产业人才就业面临的第三个差距。

六、应对建议

基于以上研究，课题组发现汽车产业电动化趋势在催生大量新兴就业的同时，对传统就业也产生较大影响。由于汽车电动化是一个较长的演进过程，这为采取应对措施提供了一定的缓冲期。为此，一方面我们应积极应对转型对就业存量的冲击，统筹产业发展与就业保障，稳妥处理产业转型中的就业矛盾，保障劳动者合法权益；另一方面要大力改革职业技术教育和人才培养体系，提高人才培养质量，确保新增的岗位需求得到有效供给，最终实现产业和人才的同步平稳发展。具体应对建议如下：

一是出台促进汽车产业发展的产业政策和外贸政策，扩大产业就业容量。通过促进汽车消费和鼓励出口，以增加产业体量减缓用人需求下降带来的就业冲击。实施更加积极的产业政策，促进电动企业的普及和单位人口的汽车拥有量，增加全社会的汽车保有量。促进汽车产业上下游及相关产业发展，积极支持动力电池零部件、充电桩、智能网联汽车等新业态发展，创造新的就业机会。进一步提升汽车行业的开放度，增加整车及零部件出口，充分利用国际市场提高国内汽车行业产能，进而带动相应就业。

二是做好汽车电动化就业影响评估和政策预案。将就业影响纳入电动汽车产业投资的社会评价指标体系之中，全面评价项目投资带来的新增就业量、就业减少量、区域人力资源匹配情况以及项目对区域人力资源供求形势的影响等，识别存在的就业风险。根据就业影响评估结果制定就业预案，对生产制造、销售等就业人数多、短期内受影响大的环节要制定应对失业预案，对各个环节的人力资源需求则要分短中长期制定人力资源供给方案。

三是多措并举稳定就业岗位，提供就业服务。鼓励企业稳定岗位，积极运用税收优惠、社会保险补贴、担保贷款和贴息等政策杠杆，鼓励企业雇佣产业转型过程中受到影响的职工；通过缓缴社会保险费、社会保险费返还、岗位补贴、职业培训补贴等措施，鼓励企业稳定职工队伍，不裁员或少裁员。对于在转型过程中失去岗位且就业困难的人员，通过失业保险、公益性岗位、社会救助等渠道分别给予托底保障。将受影响劳动者纳入政府公共就业服务体系，搭建再就业平台，加强职业指导和技能培训，通过大数据、人工智能等新技术为行业劳动者提供精准服务。对于接受再培训、重新就业较为困难且临近退休年龄的人员，考虑给予提前退休政策。

四是加强电动汽车行业人才培养。制订电动汽车行业技术技能提升规划。根据电动汽车行业发展趋势及对人力资源数量、结构、素质的要求，编制行业技术技能纲要和人力资源需求规划，制定适应新技术发展要求的人才规划和培养方案。开展电动汽车行业职业发展情况调查，对汽车电动化、智能化发展中涌现的新职业、新工种，及时纳入国家职业大典，加快制定相应新职业标准、技术技能训练标准等，完善电动汽车行业职业谱表及职业培训标准体系。积极发展“工学一体”“产教融合”的人才培养模式，通过校企合作、合资或者企业办校等多种形式开展各类电动汽车人才培养和培训。加强高校院所与行业企业的联合科研攻关和研发人才培养，尽快实现研发人才的转型换代。

五是出台劳动关系处理指导细则，保障劳动者的合法权益。要加强政府部门与企业的沟通，做到事前指导、全程监督、及时响应，在政策上适度放宽，一事一议、一企一策，鼓励相关政策和安置措施的改革创新。对劳动关系处理、工资标准、社会保险关系接续等重点环节，要制定出台指导细则，明确程序和操作步骤，厘清原单位、接收单位和职工三方各自权利和义务。针对不同类型企业、不同诉求职工，分类制定具体政策措施和应对方案。发挥工会作用，加强对劳动争议的监测和预判预警，制定完善劳动争议应急预案。

此外，本文仅研究了电动化趋势对汽车产业就业带来的影响，而没有考虑智能网联汽车所带来

的就业岗位的增加。因此，从整个汽车产业电动化、智能化、网联化、共享化的“四化”趋势来看，未来汽车产业的就业可能是另外一幅图景，关于智能网联汽车的就业影响也有待进一步深入研究。

参考文献

- 陈建伟、苏丽锋（2021）：《通用型技术对就业结构的影响——基于“宽带中国”示范城市政策的研究》，《中国人口科学》第5期，第32—47、126—127页。
- 黄浩权、戴天仕、沈军（2024）：《人工智能发展、干中学效应与技能溢价——基于内生技术进步模型的分析》，《中国工业经济》第2期，第99—117页。
- 姜金秋、杜育红（2015）：《分行业技术进步对就业的动态影响研究——基于中国34个工业行业1980~2011年的数据》，《工业技术经济》第7期，第113—121页。
- 敬熠珂（2023）：《技术进步对劳动力就业影响的研究——以物流行业为例》，《物流科技》第14期，第49—52页。
- 刘滨（2018）：《技术进步对能源行业劳动力就业的影响效应》，《技术经济与管理研究》第9期，第89—95页。
- 马兆良、许梦婷（2024）：《数字经济对制造业就业结构的影响》，《青海师范大学学报（自然科学版）》优先出版。
- 牛禄青（2017）：《数字经济对就业的影响》，《新经济导刊》第10期，第28—33页。
- 王冬、吕延方（2021）：《数字技术影响实体经济就业的非线性效应研究》，《现代管理科学》第8期，第110—120页。
- 王芳（2023）：《数字经济对我国就业规模的影响研究——基于省际面板数据的实证分析》，《山东财经大学学报》第5期，第49—60页。
- 夏炎、王会娟、张凤等（2018）：《数字经济对中国经济增长和非农就业影响研究——基于投入占用产出模型》，《中国科学院院刊》第7期，第707—716页。
- 邢春冰、邱康权（2024）：《非正规就业与工资差距——来自劳动密集型企业职工调查的证据》，《经济研究》第3期，第74—92页。
- Qiu L., Y. Duan and Y. Zhou, et al. (2024), "Impact of digital empowerment on labor employment in manufacturing enterprises: Evidence from China", *Heliyon*, 10 (8), e29040.
- Qu Y. and S. Fan (2024), "Is there a 'Machine Substitution'? How does the digital economy reshape the employment structure in emerging market countries", *Economic Systems*, 101237.
- Wu B. and W. Yang (2022), "Empirical test of the impact of the digital economy on China's employment structure", *Finance Research Letters*, 49, 103047.
- Zhang Z. (2023), "The impact of the artificial intelligence industry on the number and structure of employments in the digital economy environment", *Technological Forecasting and Social Change*, 197, 122881.

Impact of Electrification Transformation of Automobile Industry on the Employment

LU Wenliang¹, ZHU Yongbin^{1,2}, WANG Xiaoming¹

(1. Institutes of Science and Development, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;

2. School of Public Policy and Management, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: At present, the global automotive industry is undergoing industrial changes characterized by electrification, networking, intelligence, and sharing, with the process and trend of electrification being the most significant. In the new energy vehicle industry chain, power batteries, motors, and electronic controls have replaced traditional fuel vehicle components such as transmissions and engines. Changes in industrial

segments will inevitably bring about changes in the structure of talent demand. China's automotive industry drives a related workforce of up to 10 million people. Studying the impact of electrification on China's automotive industry employment has far-reaching significance. This article predicts the talent demand in various segments of the automotive industry by constructing a talent demand forecasting model based on predictions of future trends in automotive industry electrification. It also proposes employment response suggestions to cope with changes in the trend of automotive industry electrification. Research shows that changes in the automotive industry will directly and indirectly generate a large number of new jobs, but the electrification process will also impact traditional automotive employment positions. Among them, the manufacturing segment will see the largest reduction in jobs, while the impact on jobs in the research and development of vehicles and components is less significant. The professional skill requirements for positions under the automotive electrification trend have also undergone significant changes, shifting from majors such as mechanical design and manufacturing, internal combustion engines, and transmissions to chemistry, materials science, electrical and electronics, software engineering, and other majors. Encouragingly, electrification has promoted the development of intelligent and connected vehicles in the automotive industry, driving significant job demand in intelligent connected vehicle-related fields. As the overall development trend of the automotive industry gradually increases, the total number of manufacturing jobs decreases, and the proportion of research and development positions increases, pushing automotive industry jobs towards high-end development. Both job requirements and job income have increased. To address the impact of changing job demands on the electrification transformation of the automotive industry and the impact on social employment, relevant research should be conducted at the national level to formulate industrial development and employment policy plans to ensure a smooth industrial transformation and social transition.

Key Words: automobile electrification; employment effect; industry segment; personnel demand

责任编辑：朱守先