

智能网联汽车产业 人才需求预测报告

中国汽车工程学会 主编

*Talent Demand Forecast Report
on the Intelligent Connected
Vehicle Industry*



北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

《智能网联汽车产业人才需求预测报告》是工业和信息化七大重点领域人才需求系列报告之一，是一部较全面论述中国智能网联汽车产业现状、人才现状、高校人才供给现状及人才需求预测的权威报告。本报告以梳理业务新变化、技术新内涵、岗位新需求和人才新特征为基础，摸清智能网联汽车产业的产业现状和人才现状，预测智能网联汽车人才需求，指出高校供给端和产业需求端在人才质量和数量上的供需差异，提出高校学科建设和课程设置方面的建议，同时提出行业人才培养和人才保障制度建设方面的建议，为加快提升我国智能网联汽车人才的能力与水平，满足我国智能网联汽车发展需求提供支撑。

本报告为企业使用人才、高校培养人才提供参考依据，也为智能网联汽车现有人才和有意向进入智能网联汽车工作的人才的成长和发展提供指引作用。

版 权 专 有 侵 权 必 究

图书在版编目(CIP)数据

智能网联汽车产业人才需求预测报告 / 中国汽车工程学会主编. --北京 : 北京理工大学出版社, 2021.5

ISBN 978 - 7 - 5682 - 9881 - 0

I. ①智… II. ①中… III. ①汽车 - 智能通信网 - 人才需求 - 研究报告 - 中国 IV. ①F426. 471

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2021) 第 095655 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司
社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号
邮 编 / 100081
电 话 / (010)68914775(总编室)
 (010)82562903(教材售后服务热线)
 (010)68944723(其他图书服务热线)
网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>
经 销 / 全国各地新华书店
印 刷 / 三河市华骏印务包装有限公司
开 本 / 710 毫米×1000 毫米 1/16
印 张 / 14.5
字 数 / 225 千字
版 次 / 2021 年 5 月第 1 版 2021 年 5 月第 1 次印刷
定 价 / 78.00 元

责任编辑 / 徐艳君
文案编辑 / 徐艳君
责任校对 / 周瑞红
责任印制 / 李志强

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

顾问委员会

- 付于武 中国汽车工程学会
李 骏 中国汽车工程学会/清华大学
赵 继 东北大学
李志义 沈阳化工大学
张进华 中国汽车工程学会
韦智敏 人力资源和社会保障部
中国人才研究会
高和生 中国汽车技术研究中心有限公司
吴志新 中国汽车技术研究中心有限公司
赵福全 清华大学汽车产业与技术战略研究院
管 欣 吉林大学汽车研究院
李克强 清华大学汽车安全与节能国家重点实验室
朱明荣 中国人才研究会汽车人才专业委员会
严 刚 国汽（北京）智能网联汽车研究院有限公司
尤 峰 东风汽车集团有限公司
祖似杰 上海汽车集团股份有限公司
蔡速平 北京汽车集团有限公司
陈小沫 广州汽车集团股份有限公司
廉玉波 比亚迪汽车工业有限公司

编写委员会

主编

赵莲芳 中国汽车工程学会

副主编

张 宁 中国汽车工程学会

主要参与人

产业现状组

公维洁 中国智能网联汽车产业创新联盟

张泽忠 中国智能网联汽车产业创新联盟

林 熙 中国智能网联汽车产业创新联盟

李 乔 中国智能网联汽车产业创新联盟

人才现状组

陶志军 北京上尚汽车研究院

高博麟 清华大学车辆与运载学院

石剑飞 北京上尚汽车研究院

刘扬扬 北京上尚汽车研究院

李 娜 国汽（北京）智能网联汽车研究院有限公司

高 琦 北京市智腾伟业管理顾问有限公司

姚晓蓉 宝马集团

周晓云 丰田汽车（中国）投资有限公司

院校供给组

王军年 吉林大学汽车工程学院

赵 健 吉林大学汽车工程学院

徐念峰 中国汽车工程学会

卞合善 柯柏文（深圳）科技有限公司

张小飞 荆州职业技术学院新能源汽车学院

人才需求预测组

刘宗巍 清华大学汽车产业与技术战略研究院

宋昊坤 清华大学汽车产业与技术战略研究院

政策建议组

薄 颖 中国汽车工程学会

王永环 中国汽车工程学会

佟 蕊 中国汽车工程学会

大数据分析组

刘 芳 北京长安汽车工程技术研究有限责任公司

吴 旭 国家汽车质量监督检验中心（襄阳）

马 丽 同道猎聘集团

潘 钊 同道猎聘集团

姜海峰 北京纳人网络科技有限公司

李 瑛 北京纳人网络科技有限公司

参与单位

中国汽车工程学会
中国智能网联汽车产业创新联盟
吉林大学汽车工程学院
清华大学汽车产业技术与战略研究院
清华大学车辆与运载学院
北京上尚汽车研究院
中国汽车工程学会技术教育分会
中国汽车工程学会汽车应用与服务分会

第四章 智能网联 汽车产业人才需求预测

智能网联汽车产业人才需求预测报告
智能网联汽车产业人才需求预测报告
智能网联汽车产业人才需求预测报告
智能网联汽车产业人才需求预测报告

一、人才需求预测研究基本思路

(一) 面临的挑战与对策

智能网联汽车是汽车产业转型升级的产物，正处于快速发展的前期，未来发展具有高度的复杂性和不确定性，因此要对智能网联汽车人才需求进行准确预测挑战极大。

1. 智能网联汽车的定义和边界尚处于探索之中

汽车产业本身就是复杂的集大成产业，而智能网联汽车比传统汽车更为复杂，呈现出在传统汽车产业基础上向多个维度生态化拓展的态势。目前，智能网联汽车尚在演进中，并无准确定义，同时其边界正在不断扩大且渐趋模糊。显然本研究必须先对智能网联汽车进行清晰描述，给出基本范围界定，才能有效预测智能网联汽车的人才需求。

2. 影响预测准确性的因素复杂

与传统汽车相比，由于智能化、网联化技术的融入，智能网联汽车所涉及的技术领域和产业面更宽，对人才知识结构和能力提出全新要求，必须全面系统地梳理影响各类人才需求预测的因素。

3. 缺少历史数据支撑

从我国第一辆智能驾驶汽车出现到现在已经超过 30 年，但最近 30 年的研发主要集中在高校，企业以大规模投入开展智能网联汽车研发并为此展开人才争夺战发生在近 5 年。截至目前，政府和行业尚未建立针对智能网联汽车发展状况的专项统计体系。

针对智能网联汽车人才需求预测的上述难点和瓶颈，课题组决定，在充分考虑智能网联汽车的特殊性，适当兼顾传统汽车已有相关数据继承性的原则下，采取定性与定量分析相结合的方式，对未来智能网联汽车人才需求做出判断，以确保智能网联汽车人才需求预测结果的科学性和可靠性。

在定性分析方面，充分融入行业专家对智能网联汽车发展前景的专业判断，对其加以系统剖析，厘清由智能网联汽车业务新变化、技术新内涵带来的岗位新需求、人才新特征。

在定量分析方面，构建符合智能网联汽车特色的多指标量化评价模型，预测2025年智能网联汽车人才需求总量，并提出智能网联汽车缓慢、稳步、快速三种发展前景下的预期结果。

（二）研究工作基本思路

按照研究目标的不同，人才需求预测通常可以分为三个维度，分别是人才结构预测、人才特征预测和人才数量预测，三种预测有着各自不同的应用价值和研究方法。

人才结构预测适用于新兴产业，新兴产业将产生新的人才需求类型，预测重点是分析相关产业人才结构的变化，一般采用定性分析方法。

人才特征预测适用于新兴产业或发生了较大变化的既有产业，预测重点是识别人才胜任相关新工作所需的理念、能力和知识等，同样宜采用定性分析方法。

人才数量预测广泛适用于不同类型的产业，预测重点是构建量化预测模型，得到人才需求的具体数量，从而为行业和企业决策者提供参考依据，必须采用定量分析方法。

鉴于智能网联汽车人才的特点，课题组决定同时采用上述三个维度的预测，且三者存在关联，在课题研究中，必须先对人才结构和人才特征进行系统分析，以保障人才需求数量预测的准确性。

具体工作思路如下：

（1）定义智能网联汽车的测算边界，确定人才需求类别和类型，明确人才结构；

（2）采集并分析企业问卷调查结果、权威研究报告和行业专家/学者观点，基于频次分析等方法进行人才特征识别，并采用加权计算方式筛选、提取、整合人才特征，构建智能网联汽车人才的特征框架及画像；

（3）以智能网联汽车人才结构和特征分析结果为支撑，构建三维多指标人才需求数量模型，应用该模型对智能网联汽车人才需求数量进行定量预测。

研究工作涉及的数据包括各类智能网联汽车研发人员的历史数据、业

务模块发展影响因素的表征数据以及指标权重矩阵数据等。其中，研发人员的历史数据通过课题组将企业调查问卷进行信息分析处理后获得；业务模块发展影响因素的表征数据主要依据行业政策文件、法规标准、学术论文和权威报告中的信息，并融入对不同影响因素所处发展阶段的专业判断，经分析和校验后确定；业务模块发展影响因素的指标权重矩阵数据则是在参考相关文献资料的基础上，通过德尔菲法，根据专家意见得到。

如前所述，智能网联汽车具有传统汽车的基本结构，其不同点主要体现在新技术的融入。因此，本次研究决定聚焦在“增量”，即基于产业链视角，挖掘智能网联汽车与传统汽车的区别，深度分析智能网联汽车相较于传统汽车新增的业务、功能和技术，厘清智能网联汽车的“增量”内容和所需人才来源，以此为基础确定可以有效承载“增量”内容的人才结构和特征，进而预测人才需求数量。基本工作思路如图 4.1 所示。

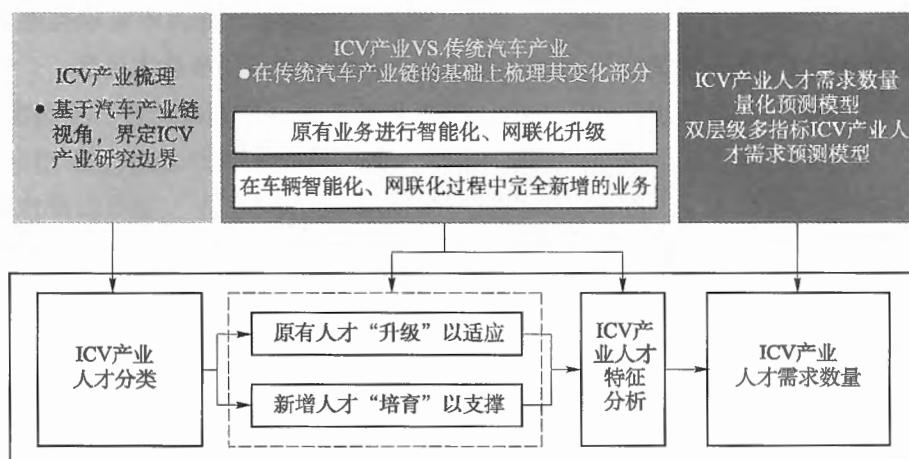


图 4.1 智能网联汽车产业人才需求预测研究工作基本思路

二、人才特征识别和分析

(一) 人才特征识别

根据本课题确定的研究思路，对作为课题研究对象的研发人员构建量

化模型进行定量分析，对领军人才、工程技术人员、生产制造人员和销售服务人员仅进行定性分析，其他专业人才则不予考虑。但无论方法如何，首先必须确定的是各类人才的主要特征，表 4.1 反映了其分析结果。

表 4.1 不同类别智能网联汽车人才的特征分析及研究方法

人才类别	主要特征	研究方法
领军人才	1. 思维更加开放、创新、系统； 2. 对汽车以及数据、信息等产业的发展方向、技术进展、商业模式等的理解和把握能力要求更高； 3. 领军人才重要度最高，但数量少，对人才数量预测结果影响小	定性分析
研发人员	1. 总体能力需求显著提高，知识构成极大扩展，远超传统汽车产业； 2. 对从事不同工作内容的工程师则需求不同； 3. 技术开发人才的变化最大，需补充更多新增力量	定量分析 (模型预测)
工程技术人员	1. 需要对 ICV 产品和技术有一定了解，面向 ICV 需求进行质量、制造工艺等一致性管控； 2. 需要掌握 ICV 零部件的技术要求、生产工艺等知识； 3. 工程技术人员主要由现有人才培训和经验积累后胜任	定性分析
生产制造人员	1. 需要对 ICV 产品和技术有一定了解，面向 ICV 需求进行生产制造匹配优化； 2. 需重点掌握先进制造知识； 3. 生产制造人员主要由现有人才培训和历练后胜任	定性分析
销售服务人员	1. 需要对 ICV 产品和技术有一定了解，面向 ICV 需求进行销售服务匹配优化； 2. 需重点掌握 ICV 功能、性能及使用中的延展知识； 3. 销售服务人员主要由现有人才培训和历练后胜任	定性分析
其他专业人才	1. 应针对 ICV 产业和产品特点进行相应的匹配提升，但总体工作内容与传统汽车产业类似； 2. 其他专业人才主要由现有人才担任	不予考虑

为了得到更具指导价值的预测结果，课题组回归汽车产业的本质进行思考，同时兼顾本次预测的近期性要求。在对研发人员的定量预测分析中，对研究对象做了进一步的限定，即聚焦于整车企业、零部件企业与 ICT 企业、科技公司形成交集的车端新增业务和功能所涉及的人员，具体

如下：

(1) 包括但不限于智能网联汽车搭载的新软硬件，支撑智能驾驶、车联网和智能座舱功能实现的新技术，以及定位于车端的各种新应用等。这些新增内容所需的人才都应经过全新培养而成。然而由于智能网联汽车尚不具备条件，目前这部分人才大多直接来自原有相关产业，不得不勉为其难地开展工作，这也是智能网联汽车最重要的人才缺口所在。

(2) 不包括整车企业、零部件企业原有能力升级（如传统动力系统的智能控制升级）所涉及的人员，他们在经过相应培训、实现自身能力升级后即可胜任所要承担的工作。

(3) 不包括 ICT 企业、科技公司原有能力升级（如开发与车端需求相结合的应用服务软件）所涉及的人员，他们在接受相关汽车知识、标准、需求等培训，实现自身能力升级后即可胜任所要承担的工作。

这里需要说明的是，展望未来，智能网联汽车将与智能交通、智慧城市和智慧能源协同发展，进而提升城市效率和现代化治理能力，到那个时候智能网联汽车或许将有全新的定义，但这并不意味着汽车产业未来将包含智能交通、智慧城市和智慧能源等产业。从这个意义上讲，本研究将预测范围聚焦于车辆本身是合理的。

综上所述，整车企业、零部件企业和 ICT 企业、科技公司各自的原有能力升级部分对应的人才属于既有人才的存量“更新”，不属于本研究预测的范畴，而两类企业形成交集的车端新增能力部分，对应的人才属于未来需要的人才增量，是本课题定量预测分析的核心。接下来需要确定的，是他们所涉及的技术领域和与之相关的工作职责、岗位/内涵和任职要求。

就车辆的基本结构而言，与传统汽车比较，智能网联汽车的新增业务包括智能驾驶、车联网和智能座舱三大模块。其中，智能驾驶业务模块主要包含高性能传感器、高精度地图、计算芯片、智能驾驶操作系统等功能；车联网业务模块主要包含通信模组、通信终端、T-Box 等功能；智能座舱业务模块则主要包含车机、座舱操作系统等功能。

这些模块的研发需要新增技术提供支撑，如果从车端角度切入，包括环境感知技术、智能决策技术、智能控制技术、系统设计技术、专用通信技术、大数据及云平台技术、AI 技术、综合安全技术、高精度地图及定位技术、测试评价技术等。从事上述技术领域研发工作的人员可划分为五大岗位族，分别是系统工程师、软件工程师、硬件工程师、算法工程师和测

试工程师，其中系统工程师又可分为整车架构工程师和系统/模块架构工程师两部分（如图 4.2 所示）。



图 4.2 智能网联汽车研发人员类型的确定

通过问卷调查和访谈，课题组对六类工程师的工作职责、岗位/内涵变化以及任职要求进行了定义和诠释，如表 4.2 所示。

表 4.2 不同类型智能网联汽车研发人员的定义

研发人员类型		工作职责	新岗位/新内涵	任职要求
系统工程师	整车架构工程师	定义整车层级的逻辑与技术架构，逻辑架构包含各大功能模块的需求与交互定义，技术架构包含软硬件模块、调用接口和通信协议定义	新内涵 硬件为主 → 软硬一体化	对硬件、软件及用户需求都要有充分理解，并需考虑多维要素实现产品整体最优表现
	系统/模块架构工程师	定义系统/模块层级的功能需求以及分层、边界和接口	新内涵 硬件为主 → 软件、硬件、软硬一体化	需对相关系统/模块有整体性的充分理解，同时需考虑资源利用和冗余设计等问题
软件工程师		根据智能网联汽车功能需求完成具体的软件开发	新岗位 软件开发技能与智能网联汽车功能需求相结合	掌握多类程序设计语言

续表

研发人员类型	工作职责	新岗位/新内涵	任职要求
硬件工程师	根据智能网联汽车功能需求完成具体的硬件开发	新岗位 + 新内涵 传统硬件 → 智能控制硬件 新增硬件：各种传感器、计算芯片等	需要掌握机械设计、电子电气等知识
算法工程师	负责大数据采集、处理、存储与运用，以及各种应用场景下的人工智能算法	新岗位 大数据、人工智能算法等与智能网联汽车功能需求相结合	需要掌握数据库、数据处理、AI、信息安全等关键技术，同时了解智能网联汽车产品应用场景及使用需求
测试工程师	在整车及系统不同层级进行产品功能和性能的标定匹配、测验证，并确定优化空间和方向	新内涵 信息安全与功能安全、物理安全相结合	需要探索并掌握ICV 标定匹配和测试验证的标准及流程，对相关软硬件的工作原理有足够的了解

例如，对于整车架构工程师，其工作职责是定义整车层级的逻辑与技术架构，其中逻辑架构包含各大功能模块的需求与交互定义，技术架构包含软硬件模块、调用接口和通信协议定义。在本质上，此类工作主要是在传统汽车相关工作的基础上产生了新内涵，即由硬件为主的整车集成向软硬件一体化的整车集成拓展。相应地，从事此类工作的人才对汽车新旧硬件和软件以及用户需求都要有充分的理解，同时还要考虑多维要素，以实现汽车产品整体的最优表现，其胜任难度和要求均远超从前。

再如，对于软件工程师，其工作职责是根据智能网联汽车功能需求完成具体的软件开发，这属于软件开发技能与智能网联汽车功能需求相结合的新岗位，主要需要相关人才掌握多类程序设计语言。

(二) 人才特征分析

本次研究综合运用文献调研、专家研讨等方法，参考大量相关纲领性政策文件、法规标准及产业研究报告，结合业内专家观点，构建“思维方式—知识结构—工具方法”三个维度的智能网联汽车研发人员需求分析框架，并按此对相应各类人才的特征进行了全面评价。

1. 人才思维方式分析

思维方式主要体现人才的“软实力”。本研究利用频次分析法，结合学术文献、研究报告及专家观点，提炼多种相关思维方式，再根据智能网联汽车特点，结合专家意见，从中确定了最具表征性的四项思维方式，即创新思维、跨界思维、统筹思维和系统思维。采取三星级模式评价不同类型研发人员对不同思维方式的需求度，其中，星级越多代表需求度越高，无星级则代表对相应的思维方式基本无需求，评价结果如表 4.3 所示。

表 4.3 智能网联汽车研发人员的思维方式评价

研发人员类型		创新思维	跨界思维	统筹思维	系统思维
系统工程师	整车架构工程师	★★★	★★★	★★★	★★★
	系统/模块架构工程师	★★	★★	★★★	★★★
软件工程师	★	—	—	★	★
硬件工程师	★	★	★	★	★
算法工程师	★★★	★★	—	★★	★★
测试工程师	★	★★	★★	★★	★★

可以看出，整车架构工程师由于需要全面综合考虑整车各类软硬件及各个模块，因此对四类思维方式都有较高要求。而在本研究的定义下，软件工程师主要负责按照已定的功能需求完成相关编程工作，所以并不需要具备跨界思维和统筹思维，仅需具备一定程度的创新思维和系统思维即可。

2. 人才知识结构分析

知识结构主要体现人才的“硬实力”，知识结构分析用于评价各类人才所需的知识体系。本研究结合《路线图 2.0》、相关文献和研究报告等，梳理了智能网联汽车发展所需的主要技术，并以此构建智能网联汽车研发人员所需的知识体系架构。在此基础上，评价不同类型研发人员对不同知识结构的需求度，仍采用三星级模式，所得结果如表 4.4 所示。

可以看到，整车架构工程师由于负责整车层级的集成工作，几乎需要对各项知识有所涉猎，尤其要重点掌握控制及系统工程、操作系统等知识；而软件工程师主要完成相关编程工作，主要需要牢固掌握相关程序设计语言即可。

表 4.4 智能网联汽车研发人员知识结构评价

研发人员类型		动力系统及底盘	车身及座舱设计	电子电气架构	高性能传感器	车规级芯片	控制及系统工程	新材料	新工艺	信息通信	大数据	云计算	云平台	人工智能	操作系统	程序语言
整车架构工程师	★★	★★	★★	★★	★★	★★	★★★	★★	★★	★★	★★	★★	★★	★★★	★★★	—
系统/模块架构工程师	—	—	★★	★★	★★	★★★	—	—	★★★	★★★	★★★	★★★	★★★	★★★	★★★	—
软件工程师	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	★★★
硬件工程师	★★★	★★★	★★★	★★★	★★★	★★★	★★★	★★★	★★★	★★★	—	—	—	—	—	—
算法工程师	—	—	—	—	—	—	★★★	—	—	—	★★★	★★★	★★★	★★★	★★★	—
测试工程师	★	★	★	★	★	★	★★★	—	—	★	★	★	★	★	★	—

3. 人才工具方法分析

工具方法主要体现人才的“硬实力”，工具方法分析用于评价人才所需的工具方法技能。本研究参考相关文献、研究报告，结合业内专家观点，综合考虑智能网联汽车技术开发所需使用的各类软硬件工具，共提炼选取了四项最具表征性的开发工具作为评价指标，即新软件工具、新试验测试平台、数字化工具和数据管控平台。在此基础上，同样采用三星级模式，评价不同类型研发人员对不同工具方法的需求度，结果如表 4.5 所示。

表 4.5 智能网联汽车研发人员所需工具方法

研发人员类型		新软件工具	新试验测试平台	数字化工具	数据管控平台
系统工程师	整车架构工程师	★★★	★★★	★★★	★★★
	系统/模块架构工程师	★★★	★★★	★★★	★★★
	软件工程师	★★★	★	★★	★
	硬件工程师	★★★	★★★	★★	★
	算法工程师	★★★	★	★★★	★★★
	测试工程师	★★★	★★★	★★★	★★★

可以看到，整车架构工程师、系统/模块架构工程师和测试工程师对四类工具的需求都较高；相比之下，软件工程师主要负责软件编程工作，因此对与软硬件开发紧密相关的新试验测试平台及数据管控平台的需求度较低；硬件工程师主要负责各零部件的软硬件性能、软硬件接口、功能实现方法等，因此对数据管控平台的需求度较低；算法工程师由于主要负责数据的收集、存储、处理和相关算法的实现，因此对与硬软件开发紧密相关的新试验测试平台的需求度较低。

三、人才需求及缺口预测

(一) 预测模型构建

本研究预测模型的构建思路是：基于智能网联汽车各个核心业务模块

的发展水平来推导人才需求的具体数量。具体来说，将以智能驾驶、智能座舱和车联网三大业务模块的发展水平来表征智能网联汽车的发展水平，同时分析影响这三大业务模块发展的主要因素，形成预测其未来发展水平的多级评价指标体系；基于现有相关人才需求的调研结果，建立智能网联汽车发展与人才需求之间的关联，最终完成对智能网联汽车人才需求数量的预测。

显然，选择评价智能网联汽车业务模块发展水平的适宜指标，是本课题构建量化预测模型的关键。遵循代表性、全面性、独立性和可量化性原则，兼顾预测研究的系统科学性和操作可行性，本课题选取了市场成熟度、技术驱动力和政策法规影响力作为一级评价指标，同时确定了各一级指标下的多项二级指标，以全面评价智能网联汽车三大业务模块的发展水平。

基于前述基本思路和原则，课题组构建了三维立体的智能网联汽车研发人员需求数量预测模型（如图 4.3 所示），通过预测不同业务模块在不同发展水平下对不同类型研发人员的需求数量，求和获得智能网联汽车研发人员需求的总量。

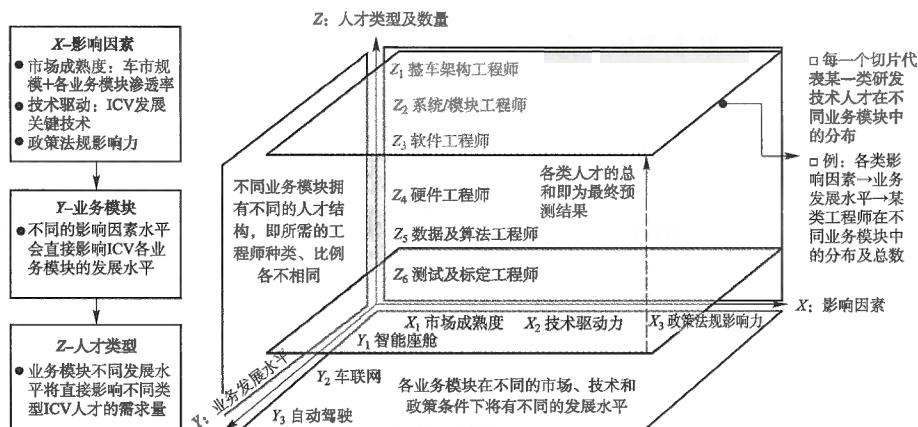


图 4.3 智能网联汽车产业人才需求数量预测模型的结构

图 4.3 中，三维预测模型中的 X 轴代表业务发展水平的各个影响因素，即市场成熟度、技术驱动力和政策法规影响力；Y 轴代表三大核心业务模块的发展水平，即智能座舱、车联网和智能驾驶；Z 轴代表六类智能网联汽车研发人员及其需求数量。

由此，XY 平面就构成了预测研究的基础，也就是基于各项影响因素

即评价指标的不同得分预测未来三大业务模块的发展水平。而在 Z 轴上的每类研发人员，均可与 XY 平面形成一个彼此平行的切面，每个切面分别代表在不同发展水平下，三个业务模块所需的该类研发人员的数量。显然，将六个切面的人才数量汇总，就可以得到智能网联汽车人才的需求总量。此外，还可对 YZ 平面进行延展分析，得到不同类型研发人员在不同业务模块中所占的比例，这对智能网联汽车发展也颇具参考价值。

具体的影响因素评价指标体系如图 4.4 所示。通过智能网联汽车发展影响因素各项指标的得分，预测未来智能驾驶、智能座舱和车联网三大业务的发展水平，再通过回归分析，建立各类研发人员与业务发展水平之间的关联，进而预测所需的人才数量。课题组采用德尔菲法，根据行业专家意见确定二级评价指标体系的权重矩阵。

人才需求	产业发展水平	影响因素指标	
		一级指标	二级指标
整车架构工程师	自动驾驶业务模块	市场成熟度	车市规模
系统/模块架构工程师			自动驾驶渗透率
软件工程师			智能座舱渗透率
硬件工程师		技术驱动力	车联网渗透率
算法工程师			感知决策与控制发展
测试工程师			人机交互技术发展
			电子电气架构与操作系统发展
	车联网业务模块	政策法规影响力	大数据与云计算发展
			人工智能发展
			信息通信技术发展
			汽车类
			信息通信类
			交通及城市建设类
			测试规范类

回归分析推算智能网联汽车研发技术人才需求

预测智能网联汽车三大业务模块发展水平

图 4.4 智能网联汽车人才需求数量预测模型的指标体系

人才需求预测的具体过程是：以整车架构工程师为例，首先基于客观参考数据，确定市场成熟度、技术驱动力、政策法规影响力之下各项二级评价指标的分值，并通过耦合相应业务模块的权重矩阵，分别计算出智能驾驶、智能座舱和车联网业务模块的发展水平得分。同时，基于

实际调研数据，通过回归拟合法确定各业务模块发展水平得分与整车架构工程师需求数量之间的函数关系，依此分别预测各业务模块所需的整车架构工程师数量。最终将三大业务模块所需的整车架构工程师数量求和，即可得到整个智能网联汽车产业对整车架构工程师的需求数量。如图 4.5 所示。将六类人才需求数量求和，就获得了智能网联汽车人才需求的总量。

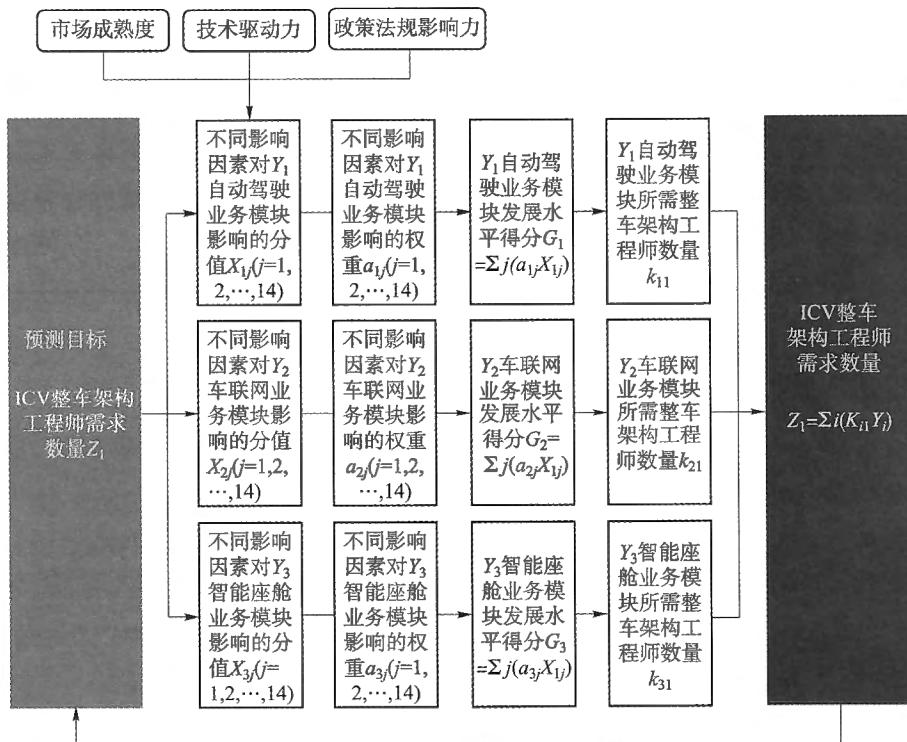


图 4.5 整车架构工程师需求预测计算方法

(二) 三大业务模块发展度分析

对智能网联汽车三大业务模块发展度进行分析，旨在获得未来各个业务板块的人才需求量，图 4.6 显示了其分析结果。从图中可以看到，智能网联汽车三大业务模块的发展度均呈逐年快速增长趋势，特别是在 2020 年之后，三大业务模块的发展速度都有所加快。究其原因主要有两点：一方面，未来五年预计智能网联汽车技术将进入密集应用期，业务渗透率会不

不断提升；另一方面，发展度在一定程度上与行业整体发展态势密切相关，而本课题以 2020 年之后中国汽车市场销量触底反弹、开始稳步回升为基准情景。此外，在智能网联汽车三大业务模块中，智能驾驶模块的发展度曲线较为滞缓，这与智能驾驶的难度相对较高有关。

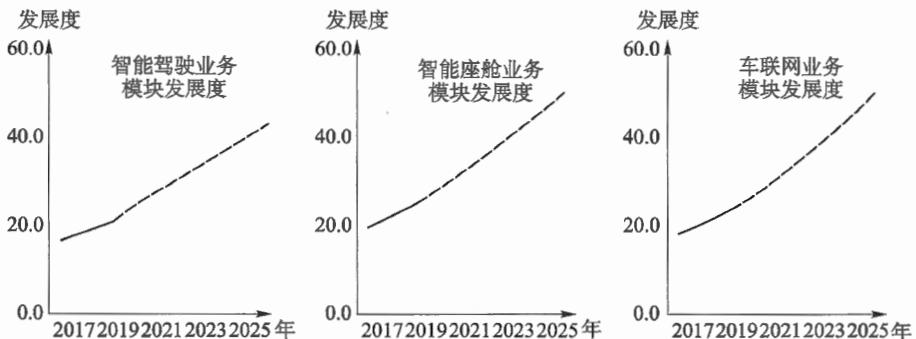


图 4.6 智能网联汽车三大业务模块发展度预测

需要说明的是，在本模型中发展度是一个相对值，其最高分值为 100 分，表示在目前定义的体系下发展到了该领域的最佳状态。

(三) 发展度与人才需求数量的对应关系

课题组通过对调研数据的梳理，并与相应年度的历史发展度进行线性回归拟合，确定智能网联汽车业务发展度与人才需求数量的对应关系，作为预测未来人才需求数量的基础。

具体方法是：依据智能网联汽车人才调研数据，得到 2017—2019 年智能网联汽车三大业务模块研发人员的在岗数量，同时根据调研得到的人才紧缺度信息，得到 2017—2019 年人才需求数量的历史数据。对应相应年份智能网联汽车三大业务发展度的测算结果，通过线性回归拟合，确定智能网联汽车业务发展度与人才需求数量的定量对应关系。以此为基础，预测未来智能网联汽车人才需求数量。同时，在预测中还引入人均劳动生产率提升修正系数，因为随着人才自身的进步和培育体系的优化，未来人均工作产出必然会逐渐提升，这意味着完成相同的工作所需的人才数量会有所减少，所以要对人才需求数量进行修正。该系数依据中国平均劳动生产率环比变化率确定，数据来自世界劳工组织。

(四) 人才需求量预测结果

1. 各类智能网联汽车人才的需求数量

根据三大业务模块发展度及各类人才在三大业务中所占的比重，预测得到智能网联汽车各类人才的需求数量，如图 4.7 所示。需要说明的是，模型预测中的软件工程师主要是指从事编程工作的工程师，而从事软件系统、数据、算法等工作的工程师则分别归属其他类型人才。

可以看到，未来五年硬件和软件工程师、算法工程师、测试工程师的需求量增长较快；整车架构工程师、系统/模块架构工程师的需求增长速度相对稳定，且绝对增量较小，但应注意这两类人才的重要度更高。

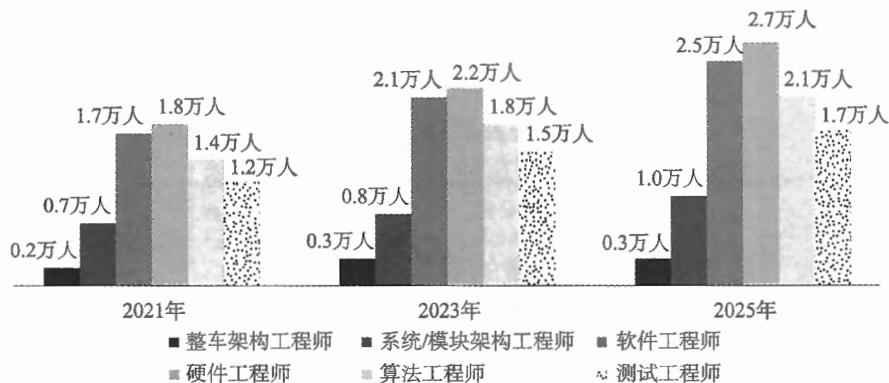


图 4.7 智能网联汽车各类人才需求数量预测

2. 各业务模块发展所需的人才数量

将上述六类工程师划分至智能网联汽车三大核心业务模块，预测得到各模块的人才需求数量，如图 4.8 所示。可以看到，在三大业务模块中，智能驾驶所需人才数量最多，车联网次之，智能座舱最少。未来五年，三大业务的人才需求数量均逐年上升，其中，智能驾驶和车联网模块的人才需求增长较快，智能座舱模块的人才需求增长相对较慢。

3. 智能网联汽车人才需求总量

经过模型量化预测，汇总获得智能网联汽车产业人才需求数量的最终结果：2021 年约为 7.0 万人，2023 年约为 8.7 万人，2025 年约为 10.3 万人。如图 4.9 所示。

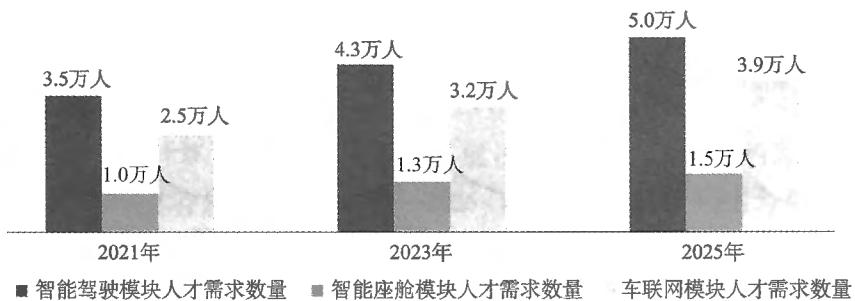


图 4.8 智能网联汽车三大核心业务模块人才需求数量预测

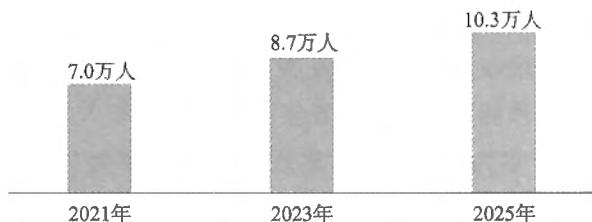


图 4.9 智能网联汽车人才需求总量预测

(五) 不同发展情境分析

上述结果是基于智能网联汽车发展的基准情境预测得到的。但是智能网联汽车正处于成长期，后续发展存在很大的不确定性，相应的人才需求也会有很大的不确定性。为此，本次研究采用情境分析方法，探讨不同市场、技术和政策条件下智能网联汽车人才需求数量的变化。

1. 不同情境下智能网联汽车三大业务模块的发展度

本研究按照快速发展、稳步发展和缓慢发展三种情境展开分析。其中，快速发展情境是指汽车市场及智能网联汽车渗透率超出预期快速发展，相关技术快速发展，车路协同快速推进，政策法规体系促进激励智能网联汽车发展。稳步发展情境即为前述预测采用的基准情境，是指汽车市场及智能网联汽车渗透率稳步发展，相关技术稳步发展，车路协同稳步推进，政策法规体系与智能网联汽车发展相匹配。而缓慢发展情境是指汽车市场低迷，智能网联汽车渗透率增长缓慢，相关技术缓慢发展，单车智能仍占主导地位，政策法规体系滞后于智能网联汽车发展。在三种发展情境下，智能网联汽车核心业务的发展速度有明显不同，具体如图 4.10 所示。

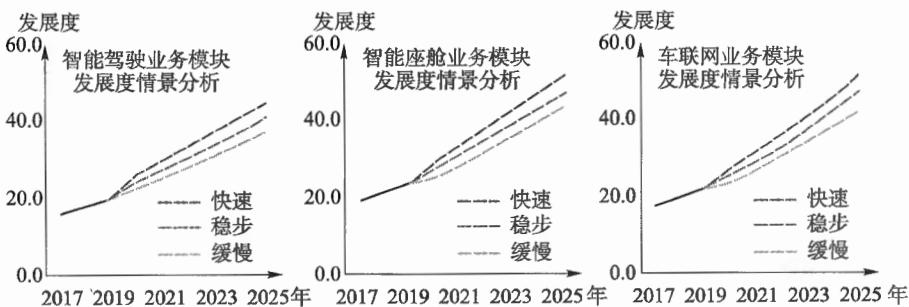


图 4.10 不同情境下智能网联汽车三大业务模块的发展度

2. 不同情境下智能网联汽车的人才需求数量

在快速发展、稳步发展和缓慢发展三种情境下，分别对智能网联汽车人才需求数量进行预测，得到未来五年智能网联汽车人才需求数量的可能区间：其中，2021 年为 6.1 万~7.9 万人，2023 年为 7.7 万~9.9 万人，2025 年为 9.2 万~11.6 万人，如图 4.11 所示。

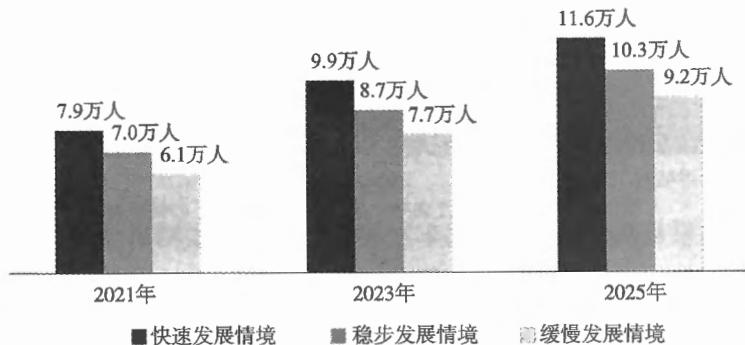


图 4.11 不同情境下智能网联汽车人才需求数量预测

(六) 人才缺口预测

从事智能网联汽车研发技术工作的人才来源包括公司内部转岗、校园招聘、社会招聘等。公司内部转岗和跨行业社会招聘多集中在智能网联汽车研发部门/机构成立初期，随着智能网联汽车各研发部门/机构发展越来越成熟，社会招聘多集中在行业内的成熟人才，而行业内的人才换工作不影响智能网联汽车既有的人才存量，据此推测到 2025 年，智能网联汽车新增人才供给来源主要为校园招聘。

如表 4.6 所示，根据高等教育质量监测国家数据平台的监测数据，预计 2025 年智能网联汽车相关专业培养的本科毕业生约 89.2 万人。根据纳入提供的 1990—2017 届 17 个相关专业毕业生进入智能网联汽车就业的比例（0.82%）计算，进入智能网联汽车就业的本科毕业生人数约为 0.73 万人，2025 年人才存量约为 7.2 万人，2025 年模型测算需求预测为 9.2 万~11.6 万人，据此推测 2025 年智能网联汽车产业研发人员的缺口约为 1.3 万~3.7 万人。

表 4.6 2025 年智能网联汽车研发人员缺口预测

相关本科专业 毕业生数/万人	流入智能网联 汽车就业比例 (1990—2017 届)	相关专业本科 毕业生进入智能 网联汽车人数/ 万人	2025 年智能网 联汽车研发 人员存量/万人	2025 年智能网 联汽车研发 人员需求/万人	2025 年智能网 联汽车研发 人员缺口/万人
89.2	0.82%	0.73	7.2	9.2~11.6	1.3~3.7