
上海市集成电路产业科技人才发展研究

邝颖颖¹

(上海市公共信用信息服务中心 200050)

【摘要】: 集成电路产业作为国之重器，是大国科技博弈的焦点，其产业竞争归根结底为科技人才竞争。上海正在加快建设具有全球影响力的集成电路产业创新高地，科技人才不足已成为制约上海集成电路产业发展的重要瓶颈。本文在研究分析上海集成电路科技人才发展情况基础上，对“十四五”期间科技人才供需情况进行测算，并借鉴国内外相关经验，提出促进本市集成电路科技人才发展的相关建议。

【关键词】: 集成电路 科技人才 供需测算 人才战略

一、上海集成电路产业人才发展现状和问题

(一) 人才发展现状

上海是我国集成电路产业最集聚、产业链最完整、综合技术水平最高的地区，也是国内集成电路产业人才高地。根据上海市集成电路行业协会统计，¹²上海集聚了全国近40%的集成电路产业人才。近年来，上海加快建设具有全球影响力的集成电路产业创新高地，高层次人才吸引力和发展环境持续提升，进一步夯实了产业发展之基。

一是上海集成电路科技人才增长迅速。2020年，上海从事集成电路产业研究开发、制造生产、推广应用及配套服务的相关从业人员总数达23.5万人。其中，科技人才增长迅速，“十三五”期间科技人才增长约3.3万人，总量达到9万人，年均增长约为10%左右。

二是产业链上下游人员结构不断完善。上海集成电路科技人才配置得到优化，高端产业环节科技人员占比持续升高。2020年，芯片设计业从业人员中科技人才占比高达64.5%，其次是设备材料业和制造业，分别占比37.8%和33.8%，远高于封装测试业的23.1%。

三是高层次人才培养能力大幅跃升。随着国家示范性微电子学院建设和集成电路一级学科试点，集成电路高层次人才培养能力显著提升，如复旦大学近三年微电子硕士招生规模已由91人增长到200人，实现翻番。2021年全市微电子、电子工程、通信工程、计算机等集成电路强相关专业年招生人数3.2万人，其中，硕士及以上占比约53.7%。²

四是顶尖海归科技人才加速聚集。上海是顶尖海归科技人才首选地和集聚地，据统计，2021年上海海归创业企业约13%为集成电路企业，³中微、盛美、博通科技、澜起、安集科技、格科、安路、芯翼等均为海归为主的创新创业公司，上海也集聚了中芯梁孟松、中微尹志尧等一批全球顶尖集成电路科技人才。

¹作者简介：邝颖颖，上海市公共信用信息服务中心信用信息资源部主任。

²¹ 本文集成电路从业人员及各产业链技术人员数据来自上海市集成电路行业协会各年度《上海市集成电路产业发展研究报告》。

五是人才政策环境持续优化。上海市先后出台了四轮集成电路综合性产业支持政策，临港、张江科学城也出台了集成电路人才政策，涉及人才引进、人才奖励、人才个税、户籍等政策条款，代表性的包括设计人员奖励、核心团队奖励，根据技术人员和核心团队贡献，由市政府给予每人最高 50 万元的奖励。

(二) 瓶颈问题

上海坚持人才引进的需求导向，在集成电路领域形成了一支高水平的科技人才队伍，人才创新成果持续涌现。但对标国际领先水平、产业创新发展需求，仍存在以下瓶颈问题。

一是增量人才无法满足产业需要。从本土人才供应看，尽管近年来本市高校已大幅增加微电子专业招生规模，但远远无法满足产业需求。“十四五”期间，仅张江、临港数条 12 英寸新生产线建设即需新增高素质人才超万人，技术人才缺口较大。从其他国家和地区的人才供应看，集成电路人才竞争更加激烈，为应对芯片荒，全球半导体企业均在积极扩产，2021 年我国台湾地区半导体技术人员月均缺口超 2.7 万人，⁴美国 2025 年对半导体技术人才需求较 2020 年增加 7-9 万人。⁵³此外，受欧美对我国集成电路产业制裁影响，海外领军人才来华顾虑较多，海外集成电路人才引进更为困难。

二是人才培养产教融合“融而不深”。高校集成电路人才培养与产业界结合仍不够紧密，集成电路产业技术迭代快、产业实践要求高，目前，高校集成电路部分教材老化，甚至是上世纪 90 年代编制的教材。高校也无法为学生提供充分的产业实践机会，毕业生难以快速适应企业需要。此外，高校和企业集成电路人才双向流动的机制和通道仍不顺畅，受编制、职称、薪酬、年龄等限制，经验丰富的集成电路企业人才难以到高校任教，不利于培养紧贴产业实际需求的毕业生。

三是科技人才流失已成普遍现象。近年来，行业人才无序争夺现象突出，上海集成电路基础人才及领军人才流失普遍。此外，受到近年来互联网、金融等行业发展和高薪吸引，高校集成电路相关应届毕业生大量到其他行业就业，本行业就业意愿仍不够强，根据《中国集成电路产业人才白皮书（2019-2020 年版）》，仅 12% 的集成电路相关专业毕业生进入本行业就业，使原本不足的集成电路人才更为短缺。

四是人才薪酬增长与企业盈利能力矛盾凸显。我国是集成电路产业后发国家，处于技术追赶期和资本高投入期，在英特尔、三星、台积电等全球巨头不断竞争打压下，盈利能力难与之相比。根据企业财报数据，2021 年，上海装备龙头中微半导体净利 10.11 亿元人民币，仅为美国应用材料公司净利 73.2 亿美元的 2.17%。⁶

近年来，随着集成电路产业热度提升和资本涌入，科技人才短缺，薪酬水平大幅提升，根据科锐国际《人才市场洞察及薪酬指南（2021）》及招聘数据，5 年以上经验芯片设计工程师年薪多在百万以上。985 重点高校应届硕士起薪 35 万元以上。Hudson 发布的《2022 人才趋势报告》显示，2022 年智能汽车芯片和先进半导体芯片研发岗位薪酬涨幅位居首位，涨幅超 50%，本土集成电路企业盈利能力难以支上海市集成电路产业科技人才发展研究撑人才薪酬大幅增长。

二、“十四五”上海集成电路产业科技人才供需测算

(一) 人才需求侧测算

根据上海市集成电路行业协会研究报告，梳理出 2011-2020 年上海市集成电路产业产出、从业人员人数、科技人才数。通过集成电路产出与从业人员的相关性，以及人均产出自身的时间序列特征，对照上海集成电路产业规划，采用三种方法对上海“十

32 见本文 2021 年上海本科高校集成电路相关专业招生人数测算表。

3 根据上海市人社局发布的《上海海归 300 指数(2021)——城市软实力与海归创业生态》。

4 中国台湾地区发布的 2021 年《半导体产业及人才白皮书》。

5 人才管理公司 Eightfold.ai 的报告。

四五”期间集成电路人才需求进行预测。

方法一：基于集成电路人均产出增长率估算。按照 2011-2020 年上海集成电路从业人员人均产出平均增长率 4.9%，⁷ 预计 2025 年上海集成电路产业从业人员人均产出将达到 112 万元。根据《上海市战略性新兴产业和先导产业发展“十四五”规划》等，“十四五”上海集成电路产业规模将从 2020 年的 2071 亿元增加到 2025 年的 5200 亿元左右，据此可以测算出，2025 年上海集成电路产业从业人员需求约为 46.4 万人。

方法二：基于集成电路人均产出自回归和指数平滑法估算。集成电路人均产出增长规律性具有显著时间序列特征，拟采用自回归和指数平滑法进行回归分析。根据自回归分析，⁸ 预测到 2025 年集成电路人均产出约为 105.1 万元/年。根据发展规划，测算出 2025 年上海集成电路产业从业人员需求量约为 49.5 万人。根据指数平滑法分析，⁹ 预测到 2025 年集成电路人均产出约为 103.3 万元/年，则 2025 年上海集成电路产业从业人员需求量约为 50.4 万人。

方法三：基于集成电路产出与从业人员的相关性进行估算。根据集成电路产出与从业人员关系建立相应的数学模型，进行回归分析。根据回归结果，¹⁰ 预测“十四五”期间，上海集成电路产业从业人员需求量约为 49.3 万人。

表 1 “十四五”期间上海集成电路产业从业人员需求预测汇总表（单位：万人）

年份	方法一	方法二		方法三
	基于从业人员人均产出增长率预测	基于从业人员人均产出自回归预测	基于从业人员人均产出指数平滑预测	基于产出与从业人员相关性拟合预测
2021	26.9	27.3	29.1	27.6
2022	30.9	31.6	33.5	32.2
2023	35.4	36.6	38.8	37.7
2024	40.5	42.6	45.1	44.2
2025	46.4	49.5	50.4	49.3

综上，预测出 2025 年上海集成电路产业从业人员约为 48 万人，则“十四五”期间上海集成电路产业从业人员新增需求约为 25 万人。¹¹ 根据科技人才占从业人员的比重及变化趋势，预测出 2025 年上海集成电路科技人才约为 16 万人，则“十四五”期间上海集成电路科技人才新增需求约 6.9 万人。

⁶ 按照 2021 年 12 月 31 日人民币汇率中间价进行汇率换算，即 1 美元对人民币 6.3757 元。

⁷ 人均产出按照当年的行业销售规模与全部从业人员之比计算，经计算，2011-2020 年本市集成电路人均产出从 56.9 万元/年增长到 87.9 万元/年，年均增长率约 4.96%。

⁸ 根据自回归分析，自回归的拟合度为 0.98，实际值与自回归拟合曲线误差小，且“十四五”期间集成电路人均产出的平均增长率约为 4.7%，与目前产业发展实际情况基本相符。

（二）人才供给侧测算

集成电路产业链主要包括设计、制造、封装测试和设备材料四个环节，经梳理本市集成电路重点企业招聘信息，¹³⁵其科技人才专业主要包括如下几类：一是微电子专业，是集成电路完全对口专业。二是集成电路强相关专业，包括电子信息、通信工程、光电信息、电气工程、计算机、软件、电磁场与微波、机械自动化、测控等专业。三是集成电路弱相关专业，包括物理、化学、材料、数学等专业。集成电路产业链科技人才主要专业类型如下。



图1 集成电路产业链科技人才专业类型

目前，上海40所本科院校¹⁴中，7所院校开设了微电子专业，24所院校开设电子信息、通信工程等集成电路强相关专业。复旦大学、上海交通大学、同济大学等3所大学获评建设国家示范性微电子学院，并建设国家集成电路人才培养基地。

复旦大学获批建设国家集成电路产教融合创新平台，2019年在全国率先试点“集成电路科学与工程”一级学科。据统计测算，2021年，上海共招生微电子本科学士生604人、硕士746人、博士510人左右；电子工程、通信工程、计算机等强相关专业本科学士生15162人、硕士13723人、博士3328人左右；物理、化学、材料等弱相关专业本科学士生10085人、硕士10268人、博士4053左右（见表2）。¹⁵

根据4所代表性高校2021年就业质量报告，本科毕业生深造率按45%、研究生深造率按8%，¹⁶⁶假定“十四五”期间各高校集

⁹根据指数平滑法分析，指数平滑系数为0.3时，标准误差最小为0.0005。则“十四五”期间集成电路人均产出的平均增长率约为4.5%，与目前产业发展实际情况也基本相符。

¹⁰根据集成电路产出与从业人员回归分析，多方案比选，选取最优模型对集成电路产出（y）和从业人员（x）进行拟合。预测模型结果为： $y = -539.63 + 0.011x$ 。其中， $R^2 = 0.98$ ，各统计量均大于2，通过统计检验，模拟效果较好。“十四五”期间集成电路人均产出的平均增长率约为4.2%，与目前产业发展实际情况也基本相符。

¹¹根据三种方式预测的2025年全口径从业人员进行平均，预测出2025年集成电路全口径从业人员约为48万人。则“十四五”期间上海集成电路产业全口径从业人才新增需求量为2025年集成电路全口径从业人员减去2020年从业人员。

¹²根据科技人才占全口径从业人员的占比及变化趋势，估算2025年科技人才占比为32.8%。

”设计业专业参考上海海思、展讯招聘需求，制造业参考中芯国际、华虹集团招聘需求，封装测试业参考长电科技、上海华岭招聘需求，设备材料业参考上海微电子、北方华创、安集微电子招聘需求。

¹⁴“上海本科院校名单来自教育部网站。

¹⁵根据本市40所本科高校官方网站的招生数据和在校生数据整理测算。

¹⁶根据4所代表性高校2021年就业质量报告，复旦大学2021年本科深造率64.34%，研究生深造率6.3%。上海交通大学本科深

成电路相关专业招生规模与 2021 年相同，则进入就业市场的微电子专业毕业生总额预计 7500 人左右，强相关专业预计 12 万人左右，弱相关专业预计 9.4 万人左右（见图 2）。

表 2 2021 年上海本科高校集成电路相关专业招生数

学校	专业	本科	研究生	博士	备注
复旦大学	微电子	102	200	143	本科不包括技术科学、工科试验班等无法区分专业的学生。
	强相关专业，包括电子信息、电子科学、光电信息、计算机、通信工程、电气工程、软件	320	837	215	
	弱相关专业，包括材料、物理、化学、数学	344	395	411	
上海交通大学	微电子	63	126	61	本、硕、博均按大类招生，微电子按学校招生总数口径及各学历比例折算。工科、自然试验班按所含专业比例折算。
	强相关专业，包括自动化、信息工程、电子、计算机、测控、电气工程、信息安全、软件、机械等	498	1005	489	
	弱相关专业，包括材料、数学、物理、化学化工	656	904	667	
上海大学	微电子	94	122	0	本科按大类招生（有专业范围），按专业比例折算。
	强相关专业，包括通信与信息工程，计算机、软件、机电自动化	1219	1251	128	
	弱相关专业，包括材料、化学、数学、物理	501	833	130	
上海师范大学	微电子	0	0	0	无微电子专业
	强相关专业，包括电子信息、信息与通信、电气工程、计算机、光学、机械自动化	490	136	0	

造率 66.99%，研究生深造率 16.44%；上海大学本科深造率 38.99%，研究生深造率 4.66%；上海师范大学本科深造率 18.59%，研究生深造率 4.57%。四校取平均，本科毕业生按 55%进入就业市场，研究生（硕士、博士）按 92%进入就业市场。

	弱相关专业，包括数学、物理、化学材料	516	435	26	
其他 36 所 上海本科高 校估算	微电子专业	345	298	306	按开设相关学历专业高校数与代表高校相关学历专业学生平均值测算。
	强相关专业	12635	10494	2496	
	弱相关专业	8068	7701	2819	

数据来源：根据上海市 40 所本科高校官方网站公布的招生数据或在校生数据整理。其中，研究生包括硕士和博士。代表性高校选取充分考虑学校办学层次、文理科和数据可得性。

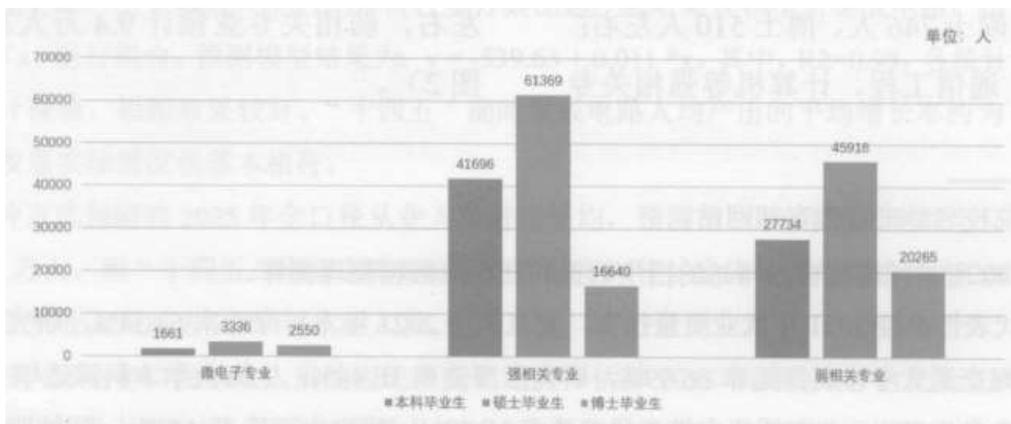


图 2 “十四五”上海集成电路及相关专业进入就业市场总数

（三）供需缺口

考虑到自身意愿、行业发展、薪酬待遇等因素，微电子、强相关专业和弱相关专业毕业生到集成电路行业从业比例分别按 60%、12%、6%。¹⁷⁷“十四五”期间，本市高校微电子专业应届毕业生进入集成电路行业从业人员约 4500 人，其他相关专业进入集成电路行业从业人员约 2 万人，上海高校微电子及相关专业毕业生进入集成电路企业从业人员总数预计约 2.5 万人。根据科技人才供给和需求两侧预测，推算出“十四五”期间上海集成电路产业科技人才缺口约 4.4 万人。可以看出，“十四五”期间，上海市集成电路科技人才供需严重不平衡，远远无法满足产业发展需求，亟需多途径拓展人才供给。

三、国内外集成电路产业人才发展经验

国际集成电路产业发展史，实质上是一部激烈的科技人才竞争史。国内外重点地区均高度重视集成电路人才发展，把人才作为推动集成电路产业发展的战略资源，通过人才引进、高校培养、股权激励、人才税收等措施，营造一流的人才环境，形成具备

¹⁷⁷ 根据中国科学院大学国家示范性微电子学院周玉梅副院长数据，学院毕业生进入本行业就业比例为 55%，根据《中国集成电路产业人才白皮书（2019-2020 年版）》，仅 12% 的集成电路相关专业毕业生进入本行业就业，结合上述数据，微电子、强相关和弱相关专业集成电路行业从业比例按 60%、12%、6% 测算。

国际竞争力的人才优势。

一是加大集成电路人才引进。尤其是高端人才引进，如美国建立半导体人才加速移民途径，韩国、我国台湾等通过人才引进网络和机构引进半导体高端人才，其中，台积电创始人张忠谋即为原美国通用器材总裁。

二是推动人才培养和实训。重点是加强校企合作和产教融合，强化毕业生实践实训，如台积电、三星与本地大学合作将最新技术、工艺和理念引入教学。

三是实施人才激励措施。配套个人税收等支持，如合肥对集成电路高层次人才个税地方留成部分，通过补贴方式给予“三免两减半”的类似政策。

四是做好人才生活保障。包括安居、医疗、子女教育等。近年来，随着集成电路人才竞争日益白热化，本市集成电路人才政策环境相对兄弟省市仍有较大提升空间，如合肥的人才个税补贴，以及深圳境外高端人才个税超过 15% 的部分由财政补贴等政策均超出本市力度。此外，本市在集成电路领域产教融合、海外人才引进等方面也亟需形成可操作、有竞争力的相关政策，以保障“十四五”期间上海集成电路产业发展。

表 3 国内外集成电路人才发展经验

序号	国家或城市	人才发展经验及相关政策
1	美国	(1) 国家科学基金会 (NSF) 资助高校进行基础研究和人才培养，大型半导体企业与高校和社区学院合作推进半导体专业教育和实践项目。(2) 为集成电路人才建立加速移民途径，加大引进电气电子工程、计算机科学、材料、化学、物理、机械等集成电路相关专业人才。(3) 风险投资促进科技人才向创业人才转变。
2	韩国	(1) 制定“走出去、请进来”的人才战略，从美国、日本大量引进人才，尤其是尖端人才。(2) 制定“电子-21”计划，政府与企业、高校共同设立半导体设计中心，培养 ASIC 设计人才。(3) 三星、SK 海力士与延世大学、高丽大学等 7 所大学共同开设课程，培养韩国逻辑芯片专家。
3	中国台湾	(1) 依托工研院及海外办公室，从海外大量引进集成电路人才，并提供有竞争力的薪酬和聘用制度，为高校本硕博高年级学生提供工程师实务训练。(2) 校企联合培养人才，如台积电帮助大学老师使用先进工艺技术教学，培养先进设计理念和工艺技术人才。(3) 采用国际薪酬标准吸引人才，通过股权激励、分红激励人才。
4	北京	(1) 支持在京高校加大集成电路专业学科建设与人才培养力度，重点培养复合型领军人才。(2) 制订人才引进支持政策，吸引国内外集成电路领域优秀杰出人才来京发展。(3) 加快集成电路企业人才激励机制建设。
5	深圳	(1) 建立集成电路领军人才库，引进国际顶尖人才，给予住房、医疗、子女就学、创新创业等支持。(2) 支持微电子学科和国家示范性微电子学院建设，推动校企共建、联合培养学生。(3) 鼓励职业技术学校设立微电子学科和开设实训课程，鼓励各类机构开展集成电

		路专业培训。
6	合肥	印发集成电路人才发展政策。(1)制定集成电路产业高层次人才分类目录,分别按照10-50万元标准给予企业引才奖补。(2)为高层次人才发放岗位补贴,三年内按实缴个税地方留成部分等额补贴,之后两年减半补贴。(3)给予高层次人才生活补贴、安居补贴,享受人才公寓、就医和子女教育保障政策。(4)对人才项目评审、职称评审开通绿色通道。

四、推动上海集成电路科技人才发展建议

当前,上海应以建设具有全球影响力的集成电路产业创新高地为契机,大力推进人才引进、培养、激励、研发、服务保障等综合性人才配套政策优化整合,并以重大项目和重大科研任务为抓手,有力推动集成电路领军人才、关键骨干人才和基础人才发展,铸造一批站在时代前沿、具有国际视野、实践经验丰富、创新能力卓越的集成电路科技人才队伍,夯牢人才基石,为集成电路供应链、产业链、创新链的自主可控,以及参与国际竞争,提供强有力的人才支撑。

1. 构建集成电路人才引进网络,灵活引进国际一流领军人才。组织重点企业制定国际集成电路领军人才目录,设立集成电路人才基金,建立政府、产业园区、重点企业和高校、行业协会、人才中介等海外人才引进网络,大力度引进国际集成电路领军人才,探索高校和企业合作引进聘用人才的新机制。整合本市各类产业资金、各类人才专项、国有投资基金等做好国际集成电路人才创新创业项目资金保障。探索设立集成电路人才服务卡,强化人才医疗、子女教育和安居衔接保障,通过一流人才引进再造一批集成电路领军企业。

2. 将企业先进理念和技术引入高校教学,通过产教融合培育一批基础人才。支持本市更多高校加快建设微电子学院,设立集成电路和工程一级学科,加大集成电路相关专业招生规模,鼓励物理、化学、材料、计算机、软件等集成电路相关专业学生辅修微电子专业或选修微电子课程。制订集成电路企业和高校人才流动、职称转化、社保衔接操作办法,支持集成电路产业高端技术人员到高校任职任教,将企业一流的集成电路技术和工程理念引入高校教学。实施高校微电子教材更新工程,探索由高校教师和企业资深人员共同研究编制教材。实施高校本科、硕士、博士高年级学生全面到集成电路重点企业实训工程,大力支持行业协会等培训机构加强集成电路职业人才教育。

3. 依托重大项目和攻关任务,加快铸造一批集成电路企业关键核心技术骨干。本市各类人才专项优先支持本市集成电路领域业绩突出、具有成长潜力的青年技术人才,依托领军人才的传帮带和重大项目攻关任务,推动尽快成长为集成电路领域关键核心技术骨干。本市集成电路重大项目和重大攻关工程申报需明确本土关键技术骨干培养计划和考核目标,推动青年科技人才担当更多重大任务,在实践中尽快上海市集成电路产业科技人才发展研究成长。启动骨干人才实训工程,组织重点企业、高校专家担任实训教师,强化工程技术、企业运营等培训,培养复合型骨干人才。

4. 制订专门的集成电路人才政策,构建系统有力的集成电路人才激励服务体系。对集成电路领军人才、骨干人才及其家属按需给予落户、永久居留、出入境政策支持,开通办理绿色通道。纳入本市人才公寓支持范围,给予专门的住房和车牌购买资格。吸引更多国内外人才到上海集成电路产业创新创业,国内外重点高校3年以内的微电子及强相关专业毕业生,符合基本条件即可落户,并给予安居支持。大幅提高集成电路人才税后薪酬等激励水平,争取国家支持,实施集成电路人才税收激励政策,对于集成电路领军人才和骨干人才,个税超过15%的部分,由政府、产业园区给予补贴或免税。对于海外引进的亟需紧缺人才,探索一定年限内个人所得税全额补贴政策。对于集成电路基础技术人才,全额纳入本市设计人才奖励范围。对集成电路企业员工股权激励,探索激励对象在取得实际现金性收益时缴纳个税,并给予优惠税率。

参考文献:

- [1]上海市集成电路行业协会. 2021 年上海集成电路产业发展研究报告[R]. 2021.
- [2]上海市人民政府办公厅. 上海市战略性新兴产业和先导产业发展“十四五”规划[R], 2021-6-23.
- [3]中国电子信息产业发展研究院. 中国集成电路产业人才白皮书（2019-2020 年版）[N], 2020.
- [4]百年诞辰之际, 忆中国“半导体破冰者”、首位大学女校长谢希德[N], 新华社, 2021-3-18.
- [5]半导体行业观察. 全球现芯片人才荒[N]. 华尔街日报, 2022-1-4.