科技人才、技术扩散与经济转型：留学生对近代中国工业发展的影响

刘 丛 王 薇 谢 斌 薄诗雨*

摘 要：本文构建了首个近代归国科技类留学生履历数据库以实证评估这一群体对近代工业发展的影响。结合 1933 年工业普查以及 1857—1937 年工业企业成立数据，使用清代生员学额作为工具变量，本文利用府级横截面和面板回归模型发现归国工作的科技类留学生显著增加了地区工业产值和新建工业企业。机制分析显示，学习理工科专业、从事实业或投身研究的留学生对工业发展影响最大，并带动了当地的高等教育发展和工业科技创新。

关键词：人才引进；工业化；技术扩散
DOI：10.13821/j.cnki.ceq.2025.01.01

一、引 言

19 世纪的工业革命为英国率先带来了持续的技术革新，并引发了经济转型（Mokyr，2005）。自此开始，学习和掌握现代化的工业生产技术成为推动一国工业化进程和经济转型的关键（Gerschenkron，1962；Squicciarini and Voigtländer，2015）。技术的扩散时常以人为载体（Moser et al.，2014），特别在通信技术不发达的历史时期，人才流动对生产技术的扩散可能更为重要。本文以中国近代工业化进程为背景，通过构建新的留学生数据库，考察 19 世纪末和 20 世纪初留学归国的科技类人才①对近代中国工业发展的影响，以此为人才流动如何促进技术扩散和工业化进程这一议题提供新的实证证据。

自第一次鸦片战争开始，中国被坚船利炮打开国门，被迫参与西方主导的第一次全球化浪潮，以此艰难开启现代化转型。现代化转型需要与之相配的科学技术，但是，列强主导第一次全球化的根本目的在于从发展中国家获取廉价的初级产品而非进行技术转移，中国当时自身的科技教育也尚在萌芽，难以为工业化转型提供充足的人才供给和知识储备。在这一背景下，归国的科技类留学生作为当时极少数有机会直接接受系统现代科技教育的群体，成为传播工业知识和技术的重要力量。案例研究显示，不少留学生对近代中国的科学技术扩散和工业企业建设都发挥了关键作用（周棉，2017）。与此同时，也有学者

* 刘丛、王薇、谢斌、薄诗雨，暨南大学经济与社会研究院。通信作者及地址：薄诗雨，广东省广州市黄埔大道西 601 号暨南大学经济与社会研究院，510632；电话：13581975963；E-mail：boshiyu@outlook.com。本文得到国家自然科学基金资助项目（72273053、72373050、71904063、71803113、71803064）、国家社科基金重大项目（24&ZD277）、用友基金会“商的长城”资助项目（2021-Y05）、中央高校基本科研业务费（23JNQN24、23JNQN27）的资助。

① 本文的“科技类留学生”与现代的广义理科分类相对应，包括理、工、医、农类留学生。

中国知网 https://www.cnki.net

指出留学生作为近代中国的知识精英，本身数量稀少，可能影响微小（舒新城，1927），也未能使中国快速实现振兴（Wang，1966）。我们认为这一不同观察本质上与何种人力资本可以促进工业化的议题相关：有观点认为以普通技术工人为代表的“一般人力资本”和以技术精英为代表的“高级人力资本”可能对工业化有不同影响，前者对后发国家或许更为重要。因此，通过考察近代留学生群体对工业发展的影响，本文还希望回答以下问题：对于工业化初期的后发国家而言，作为“高级人力资本”（upper-tail human capital）的知识精英群体，是否能促进后发国家的工业化转型？具体到近代中国，作为知识精英代表的科技类留学生多大程度上有助于中国的工业发展？如果确有效果，可能通过哪些渠道？

由于缺乏全面系统的近代留学生统计资料，本研究首先基于多种资料构建了近代科技类留学生背景和履历数据库，共收录科技类留学生2 574人，可以追溯其中每个留学生的籍贯、教育背景和归国后职业经历，覆盖范围超过所有已知的汇编资料集。在实证分析中，本研究首先考察近代科技类留学生对归国工作地工业发展的影响。结合1933年工业普查数据，我们使用府级的横截面回归估计科技类归国留学生数目对当地工业产值的影响。回归中控制了地理和气候条件、政治地位、西方影响、人力资本存量等干扰因素。回归结果表明，当归国的科技类留学生数量增加1%时，当地工业产值将提高0.406%。为了消除最小二乘法的内生性偏误，我们使用清代生员学额作为当地留学生数量的工具变量。工具变量估计结果显示，当留学生数量增加1%时，工业产值增加0.631%。安慰剂检验则发现在没有留学生或距离通商口岸较远等不存在一阶段相关性的地区，生员学额对近代工业发展没有直接影响，支持了排他性假设。

我们同时使用近代新建工业企业的府级面板数据，利用双向固定效应模型估计归国留学生对工业企业建立的影响。结果显示，当归国留学生数量增加1%时，该地区每年新建工业企业数量增加0.1%左右。我们利用生员学额和年份交互构建工具变量进行回归，结果同样支持以上结论。

我们进一步探究了留学生对工业发展的具体影响机制。异质性分析结果显示，理工科留学生相对于农科和医科对工业发展的正向影响较大；毕业于美国的留学生相比其他国家的留学生对工业发展影响最为显著。最后，我们将民国大学、科学团体以及专利数据作为因变量，发现留学生显著促进了工作地的大学建立和专利数量增长，表明留学生可能带来了知识外溢和工业科技的创新。综合以上结果，我们认为虽然由于历史进程的局限，留学生并未完全实现全国范围内的经济振兴，但是仍然从多方面推动了当时处于萌芽的中国工业化进程。

本文与研究人力资本、经济增长和工业化的文献紧密相关。经济增长理论认为，人力资本的积累对经济增长和工业化有重要作用（Gennaioli et al.，2013），人力资本可以推动创新并引发技术进步。不过，近年来针对欧洲工业革命的研究进一步区分了以普通技术工人为代表的“一般人力资本”和以技术精英为代表的“高级人力资本”：针对英国和法国的研究认为，技术精英、“有用知识”和工匠社区对工业技术的发明和传播非常重要（Mokyr，2005；Squicciarini and Voigtländer，2015）；而对普鲁士的考察则发现以初等和中等教育为代表的基础人力资本更为重要（Becker et al.，2011）。这表明不同类型人力资

中国知网 https://www.cnki.net

本如何影响工业化这一问题在其他国家特别是后发国家仍需要进一步研究。我们的研究发现身为知识精英代表的留学生有益于近代中国的工业化进程，实证证实了高级人力资本在后发国家工业化中的重要性；我们同时发现，在近代中国基础教育体系尚未健全、科学教育仍处在启蒙阶段的时代背景下，留学生可能通过推动教育体系建设和技术创新等方式促进新技术的扩散。这一发现表明，人力资本在后发国家工业化中的作用可能与一国原有的社会和制度环境密切相关。

本文发现留学生促进了技术的扩散，这与移民如何促进技术扩散和经济增长的文献相关。针对移民的历史研究已发现，政治环境变化引起的知识精英被迫迁移可能对接收国的科学研究、创新和生产率产生影响(Moser et al., 2014)。本文的研究结论亦显示，留学生可能通过吸纳和转化外国工业技术等方式促进先进技术在本国的扩散。

本文探索了人力资本和科技知识对近代中国经济转型的推动作用。现代化转型是近代中国经济史研究最重要的议题之一，而工业化是现代化转型的核心。诸多学者针对近代中国的工业化进程进行了统计与核算(王玉茹，2005；关权，2018)。已有的量化历史研究则考察了对外开放(Jia, 2014)、政府政策(Bo et al., 2023)、贸易冲击(Liu, 2020)等因素的影响。而现代工业诞生于西方，也是西方启蒙运动与科学革命的直接产物，技术和知识的传播是其基础；但数据所限，目前尚无研究系统性考察科学技术与知识精英对中国近代工业化的影响，仅有 Ma(2024)研究了儒家思想对近代工业的抑制作用。因此，通过研究直接接触西方科技知识并带回国的近代留学生群体，本文也为现代化转型中科学技术的作用提供了实证证据。

二、背　　景

(一) 近代的留学生派遣

19 世纪中叶以前，中西方没有系统的知识交流渠道，科学知识传播相对隔绝。[①] 较为系统的中西方交流始于 19 世纪中叶，第二次鸦片战争的失败迫使清政府正视技术的落后。为学习西方的军事、造船和制造等学科，从 19 世纪 60 年代起，清政府开始兴建现代兵工厂并翻译西方的科学著作(即“洋务运动”)，同时在容闳的建议下向美国和欧洲派遣官费留学生，如 1872—1875 年派遣的 120 名留美幼童。这一时期的留学生规模较小，留学也并非传统中理想的入仕渠道，导致普通民众对远赴欧美学习持怀疑态度，如留美幼童曾一度招募困难，最终多来自容闳的家乡广东省。[②]

1895 年甲午战争宣告了“洋务运动”的失败，也传出效法日本的呼声。1898 年 4 月，张之洞撰写《劝学篇》，认为“唯有赴外国游学一法”“出洋一年胜于读西书五年”，号召向日本派遣留学生。1901 年，为应对《辛丑条约》后的政治危机，清政府主动要求变法，颁布了一系列政治和社会改革措施。1903 年，张之洞奉命拟定《奖励游学毕业生章程》，将日本留学文凭等同科举出身，同时规定归国留学生可凭借考试获得官职，成为奖励回国留学生的

① 耶稣会士曾是 18 世纪前中欧间唯一的知识中介，但雍正时期驱逐传教士中止了这一传播途径(Ma, 2021)。

② 120 个幼童中超过 70%来自广东，超过 1/3 的人来自容闳的故乡广东香山县。

中国知网　https://www.cnki.net

官方依据。随着1905年科举废除，留学成为新的制度性入仕渠道，留日学生急剧增加，在高峰时的1906年达到7 000多人（周棉，1999，第591页），形成了“可能是到此时为止的世界上最大规模的学生出洋活动”（詹森，1985，第342页）。不过，留日生水平参差不齐，大量学生进入速成班；进入高校者大多学习师范、法政等科目，毕业人数不到出国人数的十分之一（实藤惠秀，1983）。考虑到实业人才缺乏，而“英、美、德、法于武备、制造、农工商诸学、各有专门，一时推重，比利时路矿工艺，素所擅长”①，清政府开始鼓励留学生赴欧美学习武备、制造、农、工、商等专业。1905年9月1日，光绪皇帝上谕鼓励派学生赴欧美留学，并号召人们自费前往。从此，各省各部开始派遣欧美留学生。清末时，公派留欧学生至少在800人以上。

民国时期，政府对留学教育进行整顿，停止归国留学生考试，并于1916年公布了《选派留学外国学生规程》，规范留学生资格和资助经费；当年，即有1 084名官费生前往日本，182人前往欧洲，131人前往美国。同时，留学生作为“镀金”的渠道也吸引了大量自费学生。不过，与相对稳定的官费留学生不同，自费留学生常受政治经济影响而导致学业中断，难以完整进行系统性教育学习并获得学位。如20世纪10年代的“勤工俭学”运动吸引了大量留学生自费前往法国，但大多数未获取文凭；又如第一次世界大战后欧洲物价飞涨，迫使大量学生中断学业回国。

与此同时，赴美留学的人数在庚款留美计划的助推下稳步增长。1909年，美国将庚子赔款用以支持留美学生，并于1911年成立预备学校清华学堂，从制度上保证了留美生的质量与数量。据统计，庚款留美计划从1909—1929年间输送了大约1 300名学生赴美留学（苏云峰，1996），1905—1929年间至少有110名中国学生获得博士学位。

在学科选择上，留日学生大量学习政治经济类社会科学，而留欧美的学生以学习工程机械为主。据华美协进社调查，进入美国正规大学就读的中国学生中有六成取得学位，其中过半为理工医农类学位；在取得博士学位的学生中，这一比例达到了68%（China Institute in America，1954）。

图1利用我们构建的2 574位科技类留学生履历数据库绘制了1857—1937年间美日欧留学生的每年归国人数，其中包含留美生1 383人，留日生458人，留欧生733人。如图所示，留美学生人数在留学潮后期比例逐渐攀升，且毕业归国工作的数量占到留学生群体的半数以上。从籍贯看，归国留学生主要出自湖广、江浙、福建地区，这与这些地区首先倡导留学生出国、通商口岸较多有关；而留学生归国后的工作地则主要集中在上海、南京、北京、天津、广州等地，与民国时期的工业和经济中心高度重合。探究留学生的归国动因，固然因为政府政策要求官费留学生毕业后需回到该省工作规定的年限（舒新城，1927）；但更为重要的是，近代的留学生群体大都有着强烈的使命感和鲜明的报国意识，无论官费还是自费，往往能在学业完成后即刻回国参与经济建设和社会改造（周棉，2017，第707页）。如《清国留学生会馆第五次调查报告》记录了辛亥革命前留日学生的心理：“望中国之日新，必不能不望留学生之日众……他日立中国之强固之根基，建中国伟大之事业，以光辉于廿世纪之历史者，必我留学生也。”

① 外务部、学务大臣，奏准《游学西洋简明章程》，载于陈学恂、田正平编《中国近代教育史资料汇编 留学教育》。上海：上海教育出版社，2007年，第27—28页。

中国知网 https://www.cnki.net

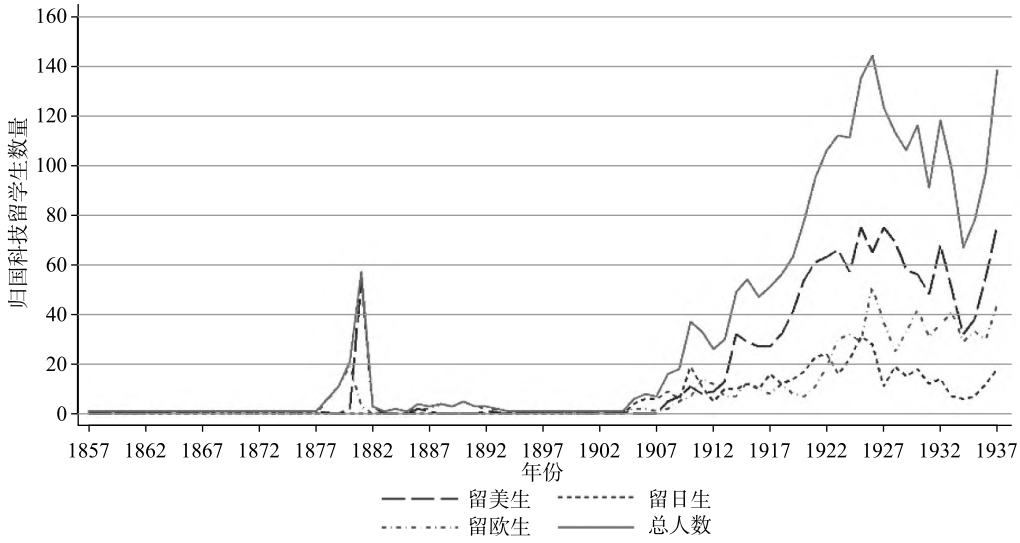


图 1　1857—1937 年历年留美、日、欧归国科技留学生人数

注：基于本文构建的留学生数据库。

（二）归国的科技类留学生与近代工业化

多种记录显示，归国的科技类留学生构成了近代中国知识精英的主体：在 19 世纪二三十年代中国顶尖的 252 位科学家中，223 名为归国留学生，占总数的 88%（段治文，2001）。当然，并非全部归国留学生都从事科学研究：我们的数据中共有工作记录 3 812 条，其中有37.3%在教育界工作，24.6%在公司工作，24.5%为政府官员，2.38%在各类职业团体，这与其他历史统计等较为一致（如舒新城，1927）。因此，我们认为留学生可能通过多种渠道影响近代工业化，包括引进先进的机器和科学技术知识、促进自主创新、创办企业、传播科学知识以及推动政策变革等。附录Ⅰ提供了每种渠道的代表性案例。①

三、数据与描述性统计

我们建立了 1857—1937 年的府级面板数据来衡量作为知识精英的科技类留学生对工业增长的影响。研究时段的选取基于以下历史事实：近代中国第一位归国科技类留学生于 1857 年回国参加工作，最早的近代工业企业则是在 1858 年建立（杜恂诚，1991）；1937 年日本的全面侵华彻底改变了此前的工业建设环境。

（一）解释变量

我们使用 1857—1937 年间的科技类归国留学生人数作为解释变量。这一数据集的构建基础是国民政府资源委员会在 1934—1940 年间对高校、研究机构及工矿企业内的理工科及企业管理的技术人员和管理人员进行的全面调查。我们从中整理出 1 318 名具有

① 限于篇幅，附录未在正文列示，感兴趣的读者可在《经济学》（季刊）官网（https://ceq.ccer.pku.edu.cn）下载。

中国知网　https://www.cnki.net

详细履历的留学生。

由于资源委员会调查中只包含了工程类人才，我们使用马祖圣(2007)编纂的《历年出国/回国科技人员总览(1840—1949)》补充收录了 1 228 名其他科技类留学生的信息。由于该书对留美生的收集较为全面但对留日欧学生有所遗漏，我们又从周棉(1999)编纂的《中国留学生大辞典》中收录补充了留日欧学生的名单和履历信息。

通过汇总以上三套资料中的科技类留学生信息，并使用《民国人物大辞典》(徐友春，2007)等近代人物传记补全工作经历后，我们得到了覆盖 2 574 名近代科技类留学生履历的数据库，包括其姓名、生卒年份、籍贯地、出国前受教育程度、出国时间、留学国家及学校专业、获得的学位资格①、回国时间、历次工作职业与内容以及起止时间。数据库中包含理学 348 人，工程学 1 928 人、农学 155 人，医学 143 人；其中学习机械、化工、电机、土木、矿冶的留学生为最多，占总样本的 49%。由于部分留学生的籍贯和工作地县级信息缺失，我们将数据汇总至府级。

（二）被解释变量

我们使用目前应用最为广泛的、覆盖范围最大的两套数据集来衡量近代工业的发展情况。

首先，我们使用 1933 年县级工业普查数据衡量地区的工业发展和生产率。这是新中国建立前唯一的工业普查，最终调查包含了 2 435 家现代工厂(刘大钧，1937)。我们将数据汇总至府级，与留学生数据相一致。

其次，我们根据杜恂诚(1991、2019)构建了 1858—1937 年工业企业建立的面板数据。杜恂诚(1991、2019)报告了每家公司的成立年份、名称、地点、经营性质、注册资本等，是关于近代中国工业增长动态最全面的记录(Bo et al.，2023)。我们将原始数据按成立年份汇总到府级，计算了每年每个府的企业建立数量。表 1 报告了主要解释与被解释变量的描述性统计。

表 1 主要变量的描述性统计

	变量	观测数	平均值	标准差	最小值	最大值
主要解释变量	截至 1932 年留学生数量(工作地)	245	13.92	61.85	0	576
	截至 1932 年留学生数量(籍贯地)	245	8.882	23.48	0	235
	每年留学生数量(工作地)	19 845	1.131	11.13	0	397
被解释变量	1933 年工业产值(万)	245	6.519	50.44	0	766.2
	1933 年机器持有量	245	11 643	83 804	0	1 235 657
	1933 年资本劳动比	86	813.3	1 034	23.41	7 308
	新设工业企业数	19 845	0.270	3.441	0	235

（三）控制变量

经济地理特征方面，我们构建了每个府到海岸线和主要通航河流的距离、地区面积的

① 由于有很多学生前往日本参加速成班(通常是几个月的初高中知识培训)，我们将样本限制在留学时间在一年以上且毕业于大学专科及以上的留学生，以便与工业革命时期的欧洲“知识精英”更可比。

中国知网 https://www.cnki.net

大小、到古代驿路和铁路线的距离，数据来自 CHGIS(2007、2016)、Skinner et al.(2008)和张雨才(1997)。考虑到农业条件可能影响经济增长和人力资本积累，我们根据联合国粮农组织全球农业生态区项目的作物适宜性数据(Food and Agriculture Organization，2012)计算了当时常见作物(棉花、茶叶、大豆、小麦和红薯)在每个府的平均适宜性。我们还根据《中华矿产一览表》(赖继光，1912)构建了各府到矿产资源的最近距离，包括煤、铁、铜矿。

政治地位对传统中国的经济发展和人力资本分布十分重要。我们基于谭其骧(1987)构建了该府是否为省级行政中心的虚拟变量以及每个府到当时首都的距离，并根据清代“冲繁疲难”的县评级构建“最要缺”“要缺”“中缺”和“简缺”的虚拟变量，以“简缺”作为基组。我们也根据《中国历代战争史》(台湾三军大学，2013)和《北洋军阀史》(来新夏等，2001)构建了包括近代起义与战争发生地。

工业基础方面，考虑到洋务运动会派遣留学生并对工业发展产生影响，我们搜集了洋务运动期间各府的军事投资资本量(Bo et al.，2023)。我们从《中国史稿地图集》(郭沫若，1990)中搜集了该府是否为历史纺织业中心作为传统手工业基础的度量。

为衡量西方的影响，我们计算了各府到通商口岸的距离，并控制了该府是否有租界。通商口岸和租界的名单来自严中平(2012)。

人力资本的变量包括新式教育的学生人数、新教徒人数以及明清时期的科学家数量。我们使用 1907 年地区初等和中等新式教育的学生人数作为衡量人力资本存量的主要指标，数据来自学部总务司的《第一次教育统计图表》。新教徒的数量来自 Stauffer(1922)。明清时期(1368—1840)的科学家数量来自李迪和查永平(2002)。附表 A1 报告了控制变量的描述性统计。

四、实证分析

(一)横截面回归分析

本文首先采用府级横截面回归模型考察近代科技类留学生对长期工业发展的影响。回归模型如下：

$$Output_{ip}=\beta OverseasStudents_{ip}+\gamma X_{ip}+\delta_p+\epsilon_{ip}, \tag{1}$$

因变量 $Output_{ip}$ 是位于省份 p 的府 i 在 1933 年工业总产值的自然对数，用以衡量 20 世纪初的工业发展水平。$OverseasStudents_{ip}$ 是截至 1932 年在府 i 工作的留学生数量的自然对数[①]。X_{ip} 为控制变量。δ_p 为省份固定效应，ϵ_{ip} 为随机扰动项。标准误聚类在府级层面。

表 2 报告了府级横截面回归结果。第(1)列仅控制省份固定效应，留学生变量的估计系数为 0.579 并在 1%的水平上统计显著，表明留学生数量与 1933 年的工业产值正相关。第(2)列至第(5)列逐步控制地理农业条件、政治地位、西方影响、工业基础和其他人力资本，第(5)列结果显示，当地区留学生人数增加 1%时，工业产值增加 0.406%。

① 由于府级工业产值和留学生数量存在零值，在实际处理中，我们使用了原变量值+1 再取自然对数进行变换。

中国知网　https://www.cnki.net

表 2 留学生对近代工业发展的影响：横截面基准回归

	被解释变量：工业产值				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
留学生数量（工作地）	0.579***	0.577***	0.557***	0.439***	0.406***
	(0.044)	(0.044)	(0.061)	(0.066)	(0.075)
省会			0.167	−0.173	−0.054
			(0.324)	(0.289)	(0.307)
到省会的距离			0.000	0.000	0.001
			(0.000)	(0.000)	(0.000)
到公路的距离			−0.001	−0.001	−0.001
			(0.001)	(0.001)	(0.001)
到铁路的距离			−0.000	−0.000	−0.001
			(0.000)	(0.000)	(0.001)
“中缺”			−0.020	−0.002	0.019
			(0.105)	(0.108)	(0.122)
“要缺”			−0.155	−0.116	−0.114
			(0.105)	(0.104)	(0.115)
“最要缺”			−0.006	−0.054	−0.062
			(0.174)	(0.161)	(0.162)
发生起义或冲突			0.006	0.010	0.005
			(0.017)	(0.016)	(0.017)
到通商口岸的距离				−0.000	−0.000
				(0.000)	(0.001)
外国租界				0.612**	0.707**
				(0.301)	(0.315)
手工纺织业中心				−0.004	−0.038
				(0.119)	(0.142)
洋务企业投资量				0.058**	0.060**
				(0.023)	(0.024)
初中等教育学生数					0.046**
					(0.023)
明清科学家数量					0.006
					(0.009)
新教徒数量					−0.042
					(0.049)
观测值	245	245	242	242	215
调整后的 R^2	0.739	0.759	0.749	0.782	0.779
省固定效应	是	是	是	是	是
基本控制变量	否	是	是	是	是

注：基本控制变量为附表 A1 中列出的经济地理条件和农作物适宜性。***、**、* 分别表示 1%、5%和 10%的显著性水平，括号内为聚类在府级层面的标准误，下同。

中国知网 https://www.cnki.net

我们在表 3 中进行了一系列稳健性检验。首先，由于因变量存在零值，基准回归使用了加 1 后取自然对数的处理方法。为考察结果对这一处理方式的敏感性，表 3 第(1)列和第(2)列中采用反双曲正弦变换和泊松回归模型，估计系数依旧稳健。第(3)列和第(4)列考察结果是否受到留学生分布中极大值和零值的影响。考虑到民国时期江苏省(包括今上海市)是人才集聚和工业发展的中心，我们在第(3)列中去除了江苏进行重新估计，回归系数变动不大。第(4)列使用留学生数量不为 0 的样本府，得到的估计结果类似。我们进一步检验自变量形式对结果的影响。第(5)列使用“是否有留学生”的虚拟变量代替具体数量，结果显示有留学生的地区，工业产值平均高 0.36%。第(6)列根据留学生数量的四分位数引入四个虚拟变量(分别为 1－2、2－3、3－14、14－576 人)，数量为零的地区作为基组，来探究自变量的非线性影响。结果显示留学生的影响随着分位数的增加而增加，取值在最高的 75 分位时留学生对工业的影响最大，表明留学生集聚存在规模效应。

表 3　留学生对近代工业发展的影响：横截面稳健性回归

	被解释变量：工业产值								
	反正弦变换	泊松回归	去掉江苏	留学生>0	是否有留学生	留学生分位数	籍贯地	机器持有量	资本劳动比
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
留学生数量(工作地)	0.491***	0.931***	0.377***	0.475***				1.464***	338.788*
	(0.089)	(0.122)	(0.080)	(0.119)				(0.246)	(200.331)
D 留学生数量(0，Q1)						0.153			
						(0.093)			
D 留学生数量(Q1，Q2)						0.301**			
						(0.142)			
D 留学生数量(Q2，Q3)						0.483***			
						(0.164)			
D 留学生数量(>Q3)						1.557***			
						(0.327)			
D 留学生数量(>0)					0.360***				
					(0.097)				
留学生数量(籍贯)							0.209**		
							(0.082)		
观测值	215	215	203	111	215	215	215	215	79
R^2	0.772	0.9547	0.707	0.796	0.716	0.775	0.713	0.661	0.115
省固定效应	是	是	是	是	是	是	是	是	是
控制变量	是	是	是	是	是	是	是	是	是

注：第(1)—(7)列因变量为 1933 年的工业产值(取对数＋1)。第(8)、(9)列因变量为机器数量(取对数＋1)和资本劳动比。第(1)列对因变量进行了反正弦变换，第(2)列采用泊松回归，汇报了 Pseudo R^2。第(3)列去掉了江苏地区样本。第(4)列限制样本为留学生数量不为零的地区。第(5)、(6)列将留学生数量换成区分规模差异的虚拟变量，分别是数量大于零以及介于各四分位数之间。第(7)列使用按籍贯地分布的留学生数量。每列均控制了附表 A1 中列出的所有控制变量。

中国知网　https://www.cnki.net

在第(7)列中，考虑到当地的工业发展程度也有可能吸引留学生，我们将留学生数量的统计口径从工作地变更为籍贯地[①]，回归的系数依然为正且显著。第(8)列和第(9)列分别使用地区工业机器设备数量的自然对数和资本劳动比作为因变量进行回归，结果显示留学生显著增加了地区的工业资本存量，1%的留学生数量增长使得机器数量增加 1.464%和资本劳动比增加 3.39。结合资本劳动比的统计量，此估计系数表明当某地的留学生数量翻倍时，工业的资本劳动比率约增加 2/3 个标准差。

（二）工具变量估计

以上的横截面回归分析可能面临反向因果和遗漏变量问题：第一，地区的经济增长和工业集聚发展也可能吸引更多的留学生流入该地，这种反向因果会导致估计偏大。第二，可能存在无法观测的地区特征变量同时影响到留学生数量和工业发展，例如文化和社会资本等，对估计的影响难以确定。为了解决上述内生性问题，我们使用清代各府生员学额作为留学生数量的工具变量，并使用两阶段最小二乘法(2SLS)进行估计。

生员学额即科举考试中每次可获得生员功名的学子数量，决定了该地“学而优则仕”的学子数目。在清朝大部分时期，生员大多致力科举以追逐仕途；但清末科举竞争日益激烈，清政府鼓励新式教育，对留学生赏予进士、举人各项出身[②]，不少生员开始选择留学作为新的上升通道。1905 年科举废除后，归国留学生考试成为唯一通过教育获得政府官职的体制性途径。这些情况都使得原本预备科举出仕的人才转而出洋留学(Bai，2019)，从而满足工具变量与内生变量的相关性。工具变量的排他性要求生员学额不得通过其他途径影响工业发展。我们的回归中已经控制自然资源、政治因素、西方影响等可观察的因素。在下文中，我们通过安慰剂检验进一步论证工具变量的排他性。

表 4 报告了工具变量的估计结果。第(1)列展示了第二阶段回归中留学生变量的估计结果。估计系数为 0.671 且在 1%的水平上统计显著，表明 OLS 估计存在向下偏误，即在排除内生性影响后，留学生对工业发展的实际因果效应更大。由于一阶段 F 统计量为 4.33，我们使用有效信息最大似然估计法(LIML)进行稳健性检验，结果依然为正且显著，说明弱工具变量问题的影响较小。第(2)列展示了一阶段回归的估计结果，生员学额的系数为 0.004 且在 5%的水平上显著，说明生员学额满足工具变量的相关性假设。第(3)列进行约简形式(reduced-form)回归，估计结果同样为正且显著，表明工具变量的变化确实会引起因变量变化，进一步排除弱工具变量的影响。

表 4 横截面工具变量回归与排他性检验

	工业产值	留学生数量	工业产值		
	二阶段	一阶段	约简形式	留学生=0	到通商口岸距离(>Q3)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
留学生数量(工作地)	0.671***				
	(0.253)				

① 1932 年前回国的留学生共 1 855 人，其中有 959 人回到省级籍贯地工作，399 人回到府级籍贯地工作。

② 见 1901 年《广派游学谕》。政府特别制定了针对归国学生的考试，以便为留学生授予官职。

中国知网 https://www.cnki.net

（续表）

	工业产值	留学生数量	工业产值		
	二阶段	一阶段	约简形式	留学生＝0	到通商口岸距离(＞Q3)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
生员学额		0.004**	0.003*	−0.001	0.002
		(0.002)	(0.001)	(0.001)	(0.004)
观测值	183	183	183	79	43
调整后的 R^2	0.735	0.696	0.740	0.430	0.547
省固定效应	是	是	是	是	是
控制变量	是	是	是	是	是
一阶段 F 值		4.33			

注：第(1)列和第(2)列分别为使用工具变量后的第二阶段和第一阶段的估计结果。第(3)列为约简形式(reduced form)回归。第(4)列和第(5)列分别将样本限制为没有留学生的府或在距离通商口岸较远(前 25 分位数)的府进行约简形式回归。

为了论证工具变量满足排他性假设，我们对生员学额作为工具变量的排他性进行间接检验，考察生员学额在一阶段回归失效(即科举储备人才很难转化为留学生)的地区是否会对工业发展产生影响。假如生员学额满足排他性假设，那么在一阶段相关性低的地方(例如远离口岸、信息闭塞导致留学相对困难的地区)，生员学额对工业产值的影响也应当较弱或消失；假如在这些地区生员学额和工业产值依然高度相关，那么说明生员学额很有可能通过其他渠道影响工业发展。在第(4)列和第(5)列中，我们将样本限制为没有留学生或在距离通商口岸较远(前 25 分位数)的府进行约简形式回归，估计系数非常小且均不显著，说明生员学额不太可能通过留学生以外的渠道影响工业发展，支持了排他性假设。

（三）面板回归分析

为了进一步探索科技知识精英对近代工业发展的动态影响，我们利用新成立工业企业和留学生数量的府级面板数据，使用固定效应模型控制府级不随时间变化但无法观测的特征，进一步增强因果推断可信度。回归模型如下：

$$Entry_{ipt}=\beta Students_{ip(t-1)}+\gamma\, Decade_t\times X_{ip}+\delta_i+\eta_t+\lambda_{pt}+\epsilon_{ipt}, \tag{2}$$

其中，$Entry_{ipt}$ 是省份 p 府 i 在 t 年成立的企业数量的自然对数。考虑到留学生对当地工业发展影响可能存在滞后效应，我们使用前一期的留学生数目对当期的企业成立数量做回归。与企业的存量变化对应，$Students_{ip(t-1)}$ 是府 i 留学生在 $t-1$ 年的存量变化，即 $t-1$ 年留学生数量减去 $t-2$ 年留学生数量。X_{ip} 为横截面回归中的控制变量，与十年期虚拟变量 $Decade_t$ 交乘后进入回归，即控制地区特征在不同年代对因变量产生的不同影响。δ_i 代表府级固定效应，η_t 为年份固定效应，λ_{pt} 为省份与年份交互固定效应，ϵ_{ipt} 为随机扰动项。

表 5 报告了固定效应模型回归结果。第(1)列的 OLS 估计结果显示，科技类留学生增加 1%，新企业的数量相应增加 0.099%，说明留学生对工业企业建立有显著的正向促进作用。第(2)列和第(3)列中使用生员学额构建的工具变量进行两阶段回归估计。由于生员

中国知网　https://www.cnki.net

学额不随时间变化，第(2)列中采用生员学额乘以年份的三次多项式，第(3)列中采用生员学额乘以年份固定效应作为工具变量。两阶段回归估计系数相比 OLS 估计值更大且正向显著。系数显示，留学生增加 1%能使得新建的企业数量增加 0.199%至 0.358%。一阶段 F 统计量高于 50，不存在弱工具变量问题。出于作用效果的时效性考虑，我们在第(4)列中将年度面板数据以五年为一期合并后重新进行固定效应模型的 OLS 估计，结果与第(1)列使用年度面板数据的估计没有明显差异。

表 5 留学生对工业发展的影响：面板回归

	被解释变量：新建工业企业数			
	OLS	2SLS		五年期
		生员学额×年份的多项式	生员学额×年份固定效应	
	(1)	(2)	(3)	(4)
留学生数量(滞后一年)	0.099***	0.358**	0.199**	
	(0.031)	(0.176)	(0.080)	
留学生数量(五年期面板)				0.063**
				(0.026)
观测值	17 200	14 640	14 640	3 440
府级固定效应	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是
省×年固定效应	是	是	是	是
控制变量×十年期虚拟变量	是	是	是	是
一阶段 F 值		56.86		

注：第(1)列使用 OLS 估计，在第(2)列和第(3)列使用工具变量进行两阶段回归估计，工具变量分别为生员学额乘以年份的三次多项式和生员学额乘以年份的固定效应。在第(4)列中将年度面板数据以五年为一期取平均合并后重新进行固定效应模型 OLS 估计。

五、影 响 机 制

（一）留学生专业、来源、职业对工业发展的异质性影响

我们通过异质性分析探究留学生促进工业发展的具体影响机制。首先，我们预期留学生的专业选择可能对工业化产生不同影响：早期工业发展可能更需要理工科专业知识，农学和医学的留学生影响应该相对较小。我们将留学生按专业分为理工科(2 276 人)和农学医学(298 人)两大类，分别构建变量后加入回归估计。表 6 的第(1)列和第(4)列分别报告了横截面和面板固定效应模型下不同学科留学生的异质性分析结果，显示理工科留学生相比农医科留学生对工业发展的正向影响更大。

其次，我们考察留学国家的异质性影响。例如，美国在历史上较为重视实业教育，其高等教育在发展伊始即强调与产业发展的结合与实践；留美学生有庚款计划等制度保障，

中国知网 https://www.cnki.net

相比其他留学生学习经历更稳定，因此我们预期留美生的影响更大。表 6 第(2)列和第(5)列也显示，留美学生对工业发展的正向影响较大，而留欧学生的影响较小且不显著。

最后，我们根据留学生归国后的职业进行异质性分析。我们将留学生归纳为创业者、管理者、技术人员、知识分子、政府官员、军事人员以及其他职业 7 个类型。表 6 第(3)列显示，作为技术人员和知识分子的留学生对工业产值的提升最大。第(6)列则显示，身为创业者的留学生对工业企业进入作用最大。该结果较为符合我们对工业发展的认知，即创业者促成了新兴企业的草创，对工业发展的广延边际(即企业进入)最为重要；在企业经营阶段，技术人员和知识分子对制造过程则更为重要，促进集约边际(即工业产值)的发展。

表 6　留学生的专业、来源、职业对工业发展的异质性影响

	被解释变量：工业产值			被解释变量：工业企业进入		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
留学生数量(农医)	0.292**			0.065		
	(0.133)			(0.069)		
留学生数量(理工)	0.327***			0.098***		
	(0.089)			(0.029)		
留学生数量(美国)		0.460***			0.094**	
		(0.138)			(0.041)	
留学生数量(日本)		0.177			0.097**	
		(0.162)			(0.038)	
留学生数量(欧洲)		0.188			0.050	
		(0.170)			(0.042)	
留学生数量(创业者)			0.143			0.221***
			(0.193)			(0.065)
留学生数量(管理者)			0.027			0.030
			(0.158)			(0.041)
留学生数量(技术人员)			0.395**			0.097*
			(0.159)			(0.050)
留学生数量(知识分子)			0.294**			0.031
			(0.128)			(0.030)
留学生数量(政府官员)			0.068			0.078***
			(0.113)			(0.029)
留学生数量(军事人员)			−0.006			0.025
			(0.148)			(0.052)
留学生数量(其他职业)			0.004			0.081
			(0.223)			(0.100)
观测值	215	215	215	17 200	17 200	17 200
调整后的 R^2	0.785	0.783	0.799	0.628	0.631	0.640
控制变量	是	是	是			

中国知网　https://www.cnki.net

（续表）

	被解释变量：工业产值			被解释变量：工业企业进入		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
控制变量×十年期虚拟变量				是	是	是
省固定效应	是	是	是			
府级固定效应				是	是	是
年份固定效应				是	是	是
省年固定效应				是	是	是

注：第(1)—(3)列的被解释变量为 1933 年的工业产值，第(4)—(6)列的被解释变量为每年每地的工业企业数。留学生数量为截至 1932 年本地的各类留学生数。

（二）留学生对人力资本与科技创新的影响

许多留学生归国后或投身教育事业，或成为各自领域内的知名科学家。这种外溢效应对近代的人力资本积累、科学知识和技术传播均有可能产生正向影响，进而促进工业发展。利用民国时期的学校和科学团体数量的面板数据①，我们检验留学生是否促进了人力资本积累和知识传播。表 7 的第(1)列至第(4)列报告了留学生对高等、中等和初等教育的影响结果。第(1)列的结果显示，留学生数量增加 1%会使得大学数量增加 0.119%，这一效果在限制样本为 1893 年后（第一所专科学校成立时间）仍然存在。但是，留学生对中等和初等教育均没有影响。这一结果可能源于不少大学由私人设立，且留学生大多在大学任教②。第(5)列使用科学团体数量作为因变量，估计结果较小且不显著。

表 7 留学生对学校、科学团体和专利申请的影响

	高等学校	高等学校（1893 年后）	中等学校	初等学校	科学团体	专利
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
留学生数量（滞后一年）	0.119***	0.0951**	0.0494	0.0907	0.012	0.116***
	(0.0197)	(0.0380)	(0.117)	(0.0975)	(0.009)	(0.018)
观测值	1 110	585	192	162	1 110	1 095
调整后的 R^2	0.956	0.960	0.926	0.961	0.319	0.941
省份固定效应	是	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是	是
控制变量	是	是	是	是	是	是

注：回归为省级面板回归，括号内为稳健标准误。第(1)列被解释变量为当地高等学校数量，第(2)列被解释变量为 1893 年后的高等学校数量。第(3)列和第(4)列被解释变量为当地中等和初等学校数量。第(5)列被解释变量为当地科学团体数量。第(6)列被解释变量为专利数量。

① 大学数据来自《第一次中国教育年鉴》（教育部中国教育年鉴编审委员会，1934），使用 1931 年前成立的大学数量；科学团体数据来自何志平等（1990）。

② 舒新城（1927）统计了 1909—1922 年清华留美毕业生的职业，其中 28%在高等学校任职，是在中等学校的 6.3 倍。在整个留美学生群体中比例也大致相同，见 Wang(1966, p.514)。

中国知网 https://www.cnki.net

持续的技术创新是工业革命最重要的标志之一。为了探索留学生是否通过促进本国工业技术创新的方式对中国的工业化做出贡献，我们利用 1913—1930 年民国专利发明省级面板数据（吴涧东，1946），研究留学生数量对专利和褒奖数量的影响。需要说明的是，民国时期的专利注册制度并不完善，专利“依照奖励工业各种章程条例之施行”“力求宽大”，也包含“仿造外货之褒奖”，且褒奖的数目更多[①]，类似当下语境中的技术扩散。在表 7 第（6）列中，估计系数为 0.116 且在 1% 的水平上统计显著，表明留学生数量较多的地区确实存在更多的工业技术专利。表 7 的结果表明，归国科技类留学生显著促进了高级人力资本的积累和吸收先进的工业制造技术，并可能因此促进工业发展。

六、政策含义

高质量人才对于国家吸收先进技术、建立产业竞争优势都十分关键。通过开创性地构建近代归国科技类留学生的履历数据集，并与近代工业数据相结合，本文实证评估了近代归国留学生对中国早期工业发展的影响，为“人力资本如何影响后发国家的工业化”这一重要的理论问题提供了新的实证证据。本文发现知识精英这一高级人力资本在近代中国的工业化中起推动作用，这与已有文献中基础教育对后发国家（如 19 世纪的普鲁士）习得工业技术更为重要的结论有所不同。但考虑到工业化、现代知识和科学教育对近代中国均为舶来品，留学生对西方科学技术知识的直接传递对处于教育与经济双重转型的近代中国而言，有可能发挥更为重要的作用。

本文的发现也表明，高水平的科技人才和知识储备则是实现科技创新、提升新质生产力的重要支撑。在国际竞争日趋激烈、直接技术引进面临诸多壁垒的当下，对知识技术人才的培养、引进和运用可能是我国解决“卡脖子”困境的重要路径。

参考文献

[1] Bai, Y., “Farewell to Confucianism: The Modernizing Effect of Dismantling China's Imperial Examination System”, *Journal of Development Economics*, 2019, 141, 102382.

[2] Becker, S. O., E. Hornung, and L. Woessmann, “Education and Catch-up in the Industrial Revolution”, *American Economic Journal: Macroeconomics*, 2011, 3(3), 92-126.

[3] Bo, S., C. Liu, and Y. Zhou, “Military Investment and the Rise of Industrial Clusters: Evidence from China's Self-Strengthening Movement”, *Journal of Development Economics*, 2023, 161, 103015.

[4] CHGIS, “Version 4”, Harvard Yenching Institute and Fudan Center for Historical Geography, https://chgis.fas.harvard.edu/data/chgis/v4/, 2007.

[5] CHGIS, “Version 6”, Fairbank Center for Chinese Studies of Harvard University and the Center for Historical Geographical Studies at Fudan University, https://chgis.fas.harvard.edu/data/chgis/v6/, 2016.

[6] China Institute in America, *A Survey of Chinese Students in American Universities and Colleges in the Past One Hundred Years*. New York: China Institute in America, 1954.

[7] 杜恂诚，《民族资本主义与旧中国政府，1840—1937》。上海：上海社会科学院出版社，1991 年。

① 吴涧东（1946，第 20 页）。

中国知网　https://www.cnki.net

[8] 杜恂诚,《中国的民族资本主义:1927—1937》。上海:上海财经大学出版社,2019 年。

[9] 段治文,《中国现代科学文化的兴起:1919—1936》。上海:上海人民出版社,2001 年。

[10] Food and Agriculture Organization, "Global Agro-Ecological Zones v3", https://www.fao.org/gaez, 2012.

[11] Gennaioli, N., R. La Porta, F. Lopez-de-Silanes, and A. Shleifer, "Human Capital and Regional Development", *The Quarterly Journal of Economics*, 2013, 128(1), 105-164.

[12] Gerschenkron, A., *Economic Backwardness in Historical Perspective: A Book of Essays*. Cambridge, Mass: Belknap Press of Harvard University Press, 1962.

[13] 关权,《近代中国的工业发展:与日本比较》。北京:中国人民大学出版社,2018 年。

[14] 郭沫若,《中国史稿地图集》。北京:地图出版社,1990 年。

[15] 何志平、尹恭成、张小梅,《中国科学技术团体》。上海:上海科学普及出版社,1990 年。

[16] Jia, R., "The Legacies of Forced Freedom: China's Treaty Ports", *Review of Economics and Statistics*, 2014, 96(4), 596-608.

[17] 教育部中国教育年鉴编审委员会,《第一次中国教育年鉴》。上海:开明书店,1934 年。

[18] 赖继光,《中华矿产一览表》。北京:文明书局,1912 年。

[19] 来新夏、焦静宜、莫建来、张树勇、刘本军,《北洋军阀史》。天津:南开大学出版社,2001 年。

[20] 李迪、查永平,《中国历代科技人物生卒年表》。北京:科学出版社,2002 年。

[21] Liu, C., "The Effects of World War I on the Chinese Textile Industry: Was the World's Trouble China's Opportunity?", *The Journal of Economic History*, 2020, 80(1), 246-285.

[22] 刘大钧,《中国工业调查报告》。南京:经济统计研究所,1937 年。

[23]〔美〕马里乌斯·詹森,"日本与中国的辛亥革命",载于费正清、刘广京主编《剑桥中国晚清史(1800—1911 年)下卷》。北京:中国社会科学出版社,1985 年。

[24] Ma, C., "Knowledge Diffusion and Intellectual Change: When Chinese Literati Met European Jesuits", *The Journal of Economic History*, 2021, 81(4), 1052-1097.

[25] Ma, C., "Classicism and Modern Growth: The Shadow of the Sages", *The Journal of Economic History*, 2024, 84(2), 395-431.

[26] 马祖圣,《历年出国/回国科技人员总览:1840—1949》。北京:社会科学文献出版社,2007 年。

[27] Mokyr, J., "The Intellectual Origins of Modern Economic Growth", *The Journal of Economic History*, 2005, 65(02), 285-351.

[28] Moser, P., A. Voena, and F. Waldinger, "German Jewish Émigrés and US Invention", *American Economic Review*, 2014, 104(10), 3222-3255.

[29]〔日〕实藤惠秀,《中国人留学日本史》,谭汝谦、林启彦译。北京:生活·读书·新知三联书店,1983 年。

[30] 舒新城,《近代中国留学史》。上海:中华书局,1927 年。

[31] Skinner, G. W., Z. Yue, and M. Henderson, "ChinaW—Cities, County Seats and Yamen Units (1820-1893)", Harvard Dataverse, https://doi.org/10.7910/DVN/JCT5NE, 2008.

[32] Squicciarini, M. P., and N. Voigtländer, "Human Capital and Industrialization: Evidence from the Age of Enlightenment", *The Quarterly Journal of Economics*, 2015, 130(4), 1825-1883.

[33] Stauffer, M. T., "The Christian Occupation of China: A General Survey of the Numerical Strength and Geographical Distribution of the Christian Forces in China", Shanghai: China Continuation Committee, 1922.

[34] 苏云峰,《从清华学堂到清华大学(1911—1929):近代中国高等教育研究》。台北:"中央"研究院近代史研究所,1996 年。

[35] 台湾三军大学,《中国历代战争史》。北京:中信出版社,2013 年。

[36] 谭其骧,《中国历史地图集 第八册:清时期》。北京:中国地图出版社,1987 年。

[37] Wang, Y. C., *Chinese Intellectuals and the West*, 1872-1949. Chapel Hill: The University of North Carolina Press, 1966.

中国知网 https://www.cnki.net

[38] 王玉茹，“中国近代的经济增长和中长周期波动”，《经济学》(季刊)，2005 年第 2 期，第 461—490 页。
[39] 吴涧东，“三十年来中国之发明专利”，载于中国工程师学会主编《三十年来之中国工程》。南京：中国工程师学会，1946 年。
[40] 徐友春，《民国人物大辞典》。石家庄：河北人民出版社，2007 年。
[41] 学部总务司，《第一次教育统计图表》。学部总务司，1907 年。
[42] 严中平，《中国近代经济史统计资料选辑》。北京：中国社会科学出版社，2012 年。
[43] 张雨才，《中国铁道建设史略：1876—1949》。北京：中国铁道出版社，1997 年。
[44] 周棉，《中国留学生大辞典》。南京：南京大学出版社，1999 年。
[45] 周棉，《留学生群体与民国的社会发展》。北京：中国社会科学出版社，2017 年。

Knowledge Elites, Technology Transfer and Economic Transformation: The Impact of Overseas Students on Industrial Development in Modern China

LIU Cong　WANG Wei　XIE Bin　BO Shiyu*
(Jinan University)

Abstract: We construct a dataset of 2 574 resumes of returned oversea students in science, technology, engineering, and mathematics in modern China to evaluate the impact of this group on the development of modern Chinese industry. By combining the 1933 industrial census with data on the establishment of industrial enterprises from 1857 to 1937 and using student quota in Qing dynasty as the instrumental variable, we find that returned overseas students promoted local industrial growth. Students majoring in science and engineering and those establishing enterprises have the greatest impact on industrial development, and drive the development of local higher education and industrial technological innovation.

Keywords: immigration of knowledge elites; industrialization; technology transfer
JEL Classification: O14, J24, N35

* Corresponding Author: BO Shiyu, Institute for Economic and Social Research, Jinan University, Guangzhou, Guangdong 510632, China; Tel: 86-13581975963; E-mail: boshiyu@outlook.com.

中国知网　https://www.cnki.net