

近代农业生产技术 全球扩散与中国的协同应对

——以轧花机为视角

李佳佳

摘要: 轧花机是棉花加工领域最重要的生产机器。1793年锯齿轧花机的发明标志着现代轧花机的诞生。二战前,轧花机的发展历史分为三个历史阶段。18世纪开始,现代轧花机不断向全球产棉区扩散。中国棉业于19世纪晚期被迫卷入国际棉业市场格局中,此后,中国面临西方棉业生产技术优势冲击。在棉花加工领域,中国民间匠人、铁厂、机器厂等对引进的轧花机不断进行改良与创新,丰富轧花机的类型并提高效能,使之更加适应中国棉农的生产方式;棉业专家对不同类型轧花机的效率和轧棉品质进行试验与对比研究,为棉农和轧花厂提供科学依据,政府也给予一定的政策支持。总体来说,在对西方先进农业生产机器的引进、改良与创新方面,中国棉商、机器厂、民间匠人、政府等呈现出了较强的“干中学”和“协同应对”的能力。20世纪30年代,基本形成了适合中国国情的轧棉技术应用及布局。其整体发展过程体现了中国农业近代化转型中技术要素的发展特点。

关键词: 轧花机; 轧棉技术; 轧棉业; 棉农; 棉花

基金项目: 国家社会科学基金一般项目“基于上海、武汉、天津三大棉花市场考察的中国棉花市场转型研究”(18BZS088)

作者简介: 李佳佳,江苏科技大学科学技术史研究所(镇江 212003)

DOI:10.13613/j.cnki.qhdz.003202

引言

轧花机是分离棉籽与花衣的工具,在棉花加工领域,轧花机是最重要的加工机器。以轧花机为生产设备、以不同管理形式出现的轧花厂或其他轧花部门,代表了一个国家轧棉业的发展水平,所使用的轧花机是否先进决定了轧棉效率和出产皮棉的品质,进而又影响了纱线及棉纺织品的等级和价格。轧花机的使用及发展历史悠久,以轧棉效率和应用动力为依据,人类使用轧棉机的历史分为四个时代,分别是手工时代;人力木质轧花时代;人力、畜力、蒸汽、电力和各种轧花机被混合使用的近代转型时代;最后是二战后高效率、高质量、标准化生产的现代化时代。

考察轧花机的发展历史,其诞生可以追溯到公元前300年左右的印度。^①此后,由印度发明的辊轴木质轧花机(The Churka)在印度本地被广泛使用。伴随其他地区植棉和棉纺织业的发展,印度的辊轴木质轧花机逐渐扩散至其他产棉区,如南美洲、美国南部、中国南部等,并在当地得到不同程度的改良。直到1793年,美国人伊莱·惠特尼(Eli Whitney)发明了铁质锯齿轧花机,标志着现代轧花机的诞生。此轧花机的发明与使用具有重大意义,它解决了棉花难于脱籽的难题,提高了棉花加工效

^① D. A. Tompkins, *Cotton and Cotton Oil*, Charlotte N. C.: The Author, 1901, p. 10.

率,使快速获得大量且干净的皮棉成为现实,进而促进了棉花大规模种植和棉纺织业的快速发展,使棉花在 19 世纪超越了丝、麻、毛,成为全球最重要的纺织业原材料。自 19 世纪,美国成为轧棉技术最先进的国家。但辊轴轧花机并未被遗弃,而是经过一系列升级改良,采用铁质或钢制,改用畜力、蒸汽动力或电力等,凭借其构造简单、易修理等优点,依旧在广大产棉区受到欢迎并被广泛使用。

从中国角度看,中国于 19 世纪晚期被迫卷入国际棉业市场。^① 此时西方的棉花加工技术已经发展较为成熟,中国面对西方的技术优势,不得不引进西方先进的轧花机,并尽快完成吸收及应用,促进中国轧棉业的发展,为中国棉纺织业的现代化转型做好上游产业支撑,从而增强中国棉纺织业与国外的竞争能力。从晚清至抗战前,中国的民间匠人、绅士、小型铁厂、机器厂、政府等均参与进来,探索对西方先进轧花机的引进、改良、创新及应用。

中国是产棉大国,轧花机的引进与应用是中国近代棉业现代化转型的重要内容之一。目前学术界关于中国近代对西方轧花机的引进及应用研究较少。^② 此外,近代西方农业生产技术的创新与外溢一直是国内外学界关注的重点,在讨论近代西方发达国家和欠发达地区农业经济增长时,国内外学者也非常重视考察不同国家对先进农业生产机器的引进及应用的不同效果。^③ 以轧花机为研究对象,对揭示以上问题具有重要的价值。本文依据外文资料、中文档案、民国时期报纸期刊等资料,梳理轧花机的发展及扩散和中国对西方先进轧花机的引进、改良与应用等问题,以期揭示在近代农业生产技术扩散的背景下,中国在农业生产技术方面与国际的接轨路径及应对特点。

一、源流: 人力木质轧花时代的技术扩散

轧花机是加工棉花的重要机器,其发展过程体现在全球植棉史和轧花机制造史中。从植棉史和产棉量角度考察,印度的植棉史最为悠久,是古代植棉及棉纺织业发展最繁盛的国家,其次是中国。发展到 18 世纪末,美国加入植棉大国序列,埃及于 19 世纪上半期,逐渐成为产棉大国,尤其是在出产品质上乘的长绒棉方面,占有重要地位。而英国、日本、美国是 19 世纪至 20 世纪上半叶生产轧花机并出口的国家,故应用轧花机的产棉大国和制造轧花机的几个国家共同呈现了轧花机的发明、创新及应用的发展历程。虽然美国、埃及、中国、印度这几个产棉大国在发展本国棉花加工业的时间维度上相差较大,但几乎都经历了三个发展阶段。

第一阶段是手工阶段,在轧花工具被发明之前,棉农采取手工方式剥离棉绒和棉籽,工作效率为每天大约生产 1 磅干净皮棉。^④ 印度、中国、美国均经历了这一阶段,只不过持续的时间尚有待精确考证。

第二阶段是人力木质轧花阶段,这一阶段持续时间长,轧花技术发展缓慢。最原始的人力木质轧花工具诞生在公元前 300 年左右的印度。^⑤ 这种轧花工具由一个辊子组成,使用方法是将少量籽棉

① 在二战之前,全球棉业发展经历了两个阶段。见李佳佳《全球视野中近代中国棉花检验制度的建立与演进》,《湖北大学学报》2021 年第 4 期。

② 国内学者仅有赵文榜在论述中国近代轧棉业发展时,简要叙述了晚清及民国时期轧花机的引进情况;谢振生分析了宁波通久源轧花厂的发展情况。贾丝婷、张莉探析了民国时期新疆地区轧花机的引进情况。见赵文榜《中国轧棉业的发展》,《中国纺织大学学报》1994 年第 3 期;谢振生《宁波工业化的起点: 通久源轧花厂》,《宁波职业技术学院学报》2009 年第 1 期;贾丝婷、张莉《吐鲁番“洋车”的传入及其社会经济影响——基于民国档案的分析》,《中国农史》2020 年第 3 期。此外,在国内关于棉业著作中,部分著作对轧花机的使用情况有所提及,但未系统阐述。

③ 在农业发展理论方面,对土壤肥力保持模式、城市工业影响模式、扩散模式的分析中,都提到了西方和亚洲的不同发展模式。见速水佑次郎、弗农·拉坦《农业发展: 国际前景》,吴伟东、翟正惠译,北京: 商务印书馆,2014 年,第 40—49 页。

④ James L. Watkins, *King Cotton: A Historical and Statistical Review 1790 to 1908*, New York: James L. Watkins & Sons, 1908, p. 11.

⑤ D. A. Tompkins, *Cotton and Cotton Oil*, p. 10.

放在一块平整的板上,然后用双手前后转动辘子以达到去籽目的。^① 中国最早的轧花工具是辘轴,在13世纪末期之前,中国一直使用此种工具。^② 从轧棉原理看,印度和中国相同。据外国学者研究,这种轧棉方法在20世纪非洲的部分地区仍被使用。后来,印度又发明了一种叫 Carkhi(或 The Churka)的轧花机(见图1),在印度被广泛使用,并在工业化前的美国被南部棉花种植园仿制。^③ 这种轧花机的工作原理是用紧密相连的辘轴把棉绒拉出,把种子留在原处。^④ 其工作效率是手工的5倍。^⑤ 据斯文·贝克特(Sven Beckert)研究,此种轧花机在印度的使用至少持续到19世纪中期。^⑥ 还有一种加入转轮装置的叫 The Roller Gin(见图2),两者不同之处在于 The Roller Gin 需要两个人配合使用。^⑦

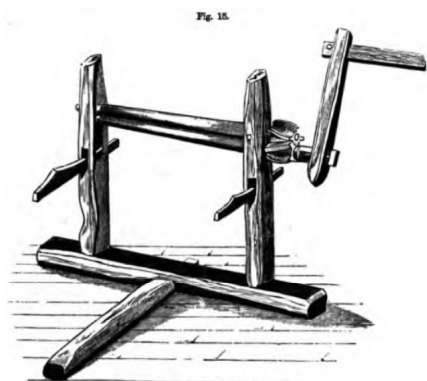


图1 The Churka



图2 The Roller Gin

在另一重要产棉国——中国,^⑧继铁轴之后,中国也发明了更高效的木质轧花机——搅车(见图3,名木绵搅车),《农书》中描述“搅车四木作框,上立二小柱,高约五尺,上以方木管之,立柱各通一轴,轴端俱作掉拐,轴末柱窍不透,二人掉轴,一人喂上绵英,二轴相轧,则子落于内,绵出于外。”^⑨

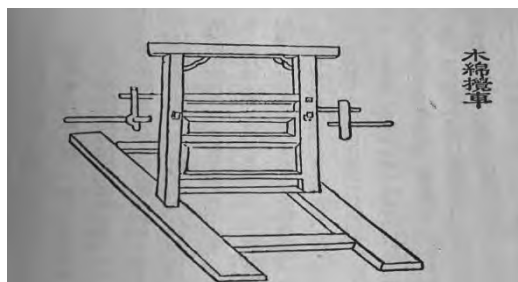


图3 木绵搅车

- ① D. Schlingloff, Cotton-Manufacture in Ancient India, *Journal of the Economic and Social History of the Orient*, Vol. 17, No. 1, (Mar 1974), p. 83.
- ② 王祯《农书》,杭州:浙江人民美术出版社,2015年,第718页;赵冈、陈钟毅《中国棉业史》,台北:联经出版事业公司,1977年,第100页。
- ③ D. Schlingloff, Cotton-Manufacture in Ancient India, *Journal of the Economic and Social History of the Orient*, Vol. 17, No. 1, (Mar 1974), p. 83.
- ④ D. A. Tompkins, *Cotton and Cotton Oil*, p. 10.
- ⑤ D. A. Tompkins, *Cotton and Cotton Oil*, p. 11.
- ⑥ 斯文·贝克特《棉花帝国——一部资本主义全球史》,徐轶杰、杨燕译,北京:民主与建设出版社,2019年,第116—119页。
- ⑦ Evan Leigh, *The Science of Modern Cotton Spinning*, London: Simpkin, Marshall & Co., 1882, p. 14.
- ⑧ 中国的棉花种植晚于印度。在宋代以前,中国棉花种植局限于新疆等少数地区,没有在长江及黄河流域广泛种植。见赵冈、陈钟毅《中国棉业史》,第1页。
- ⑨ 王祯《农书》,第718页。

搅车被发明的具体时间尚无确切记载,但1313年左右已经被中国广泛使用。^①这是一种利用曲柄转动的手摇轧花机,其效率比辊轴“工利数倍”,^②效果是“凡木棉虽多,今用此法,即去子得绵,不致积滞”。^③但最大的缺点是需三人协同操作。因为较高的人力成本并不适合中国传统家庭手工业生产方式,所以搅车的使用未超过50年,很快被一种单人操作的“踏车”取代。这种踏车又演变成句容式和太仓式,后来,太仓式轧花机经过进一步改良,装了飞轮,提高了效率,使用范围扩至山东一带。这种踏车比搅车的产量低。但其节省人力的优点更适合中国小农经济生产方式。其效率是一个轧棉熟手工作10小时可以轧棉10斤,出净花(皮棉)2斤;或工人工作12或13小时,轧棉10斤,出净花(皮棉)3斤。^④从踏车的生产效率看,略微低于印度的木质辊轴轧花机。

由上可知,中国发明的搅车比印度发明的辊轴轧花机(The Churka)更为高效,只不过由于需三人协作,不适应中国小农经济生产组织,故在晚清中国引进西方先进的轧花机之前,单人踏车一直是最主要的轧棉工具。从14世纪开始,中国棉农大都自备木质脚踏轧车,并一直沿用至清朝。晚清时期,中国传统木质轧车几尽淘汰,但偏僻之处,仍继续使用。可以看出,在效率更高、使用动力更先进的轧花机被发明之前,中、印作为两大产棉国均采用木质轧花机,以人力为动力,采取手拉脚踏的工作方式进行轧棉,轧棉效率低下。

相较于印度和中国,由于美国、埃及、日本等国家的植棉起步较晚,故使用人力木质轧花机的历史则相对短得多。其中美国植棉史可追溯至1666年卡罗莱纳州的第一批殖民地,当时在此定居的殖民者开始种植棉花,后棉花种植逐渐扩散至美国南部其他地区,如密西西比、路易斯安那州、乔治亚州、佛罗里达州等。到了1748年,南卡罗莱纳开始出口少量棉花。印度发明的辊轴轧花机(The Churka)经西印度群岛及南美洲,于18世纪早期传入美国。^⑤对美国南部的棉花种植产生了重要影响。

在美国输入印度辊轴轧花机之前,美国南部种植园里的轧棉方法也是用手工将棉籽和棉絮剥离。当印度发明的辊轴轧花机传到美国后,随着美国南部棉花种植的快速发展,对轧花机的需求大增,随后,美国南部棉花种植区掀起了一股创造和改良轧花机的高潮。1742年,杜布里尔(M. Dubrueill)发明的轧花机非常有效地分离棉纤维和棉籽,极大地促进了路易斯安那殖民地的棉花种植;1772年,克雷布斯(Mr. Krebs)在密西西比河的帕斯卡古拉(Pascagoula)河岸种植棉花,在印度轧花机的基础上制造了一种后来被广泛使用的辊轴机。1777年,南卡罗来纳的金赛伯德(Kinsey Burden)用固定在滚筒上的旧枪管制成了一种轧花机。大约在1790年,佐治亚州奥古斯塔的约瑟夫·伊夫(Dr. Joseph Eve)博士引进了脚踏式轧花机,并对它进行改进,将其改造为以马或水力发动。乔治亚州的波特尔(Mr. Pottle)也做了其他改进,并推出了一种广受欢迎的轧花机,这样,原始的轧棉机每天的生产能力就从20磅或30磅增加到60磅或70磅。踏板和辊轴轧花机在18世纪后期,甚至19世纪初还在使用。^⑥但这种轧花机的效率及产能仍无法满足当时英国棉纺织市场对美国干净皮棉的需求。此外,此种轧花机在轧花过程中,会使部分棉籽在轧花机里裂开,与棉绒混在一起,因棉籽含有大量水分和含氮物质,因此被压碎的棉籽很容易腐烂,从而给干净的皮棉带来难闻气味。^⑦所以美国南部种植园主们非常渴求一种效率更高且出品皮棉品质更加优良的轧花机。

据西方学者研究,印度的辊轴轧花机不仅影响美国,在更早期还影响了日本。公元9世纪,棉花

① 赵冈、陈钟毅《中国棉业史》,第100页。

② 王祯《农书》,第718页。

③ 徐光启《农政全书》(中),上海:上海古籍出版社,2020年,第755页。

④ 赵冈、陈钟毅《中国棉业史》,第100—102页。

⑤ James L. Watkins, *King Cotton: A Historical and Statistical Review 1790 to 1908*, p. 11.

⑥ James L. Watkins, *King Cotton: A Historical and Statistical Review 1790 to 1908*, pp. 11-12.

⑦ D. A. Tompkins, *Cotton and Cotton Oil*, pp. 10-11.

从印度引进日本,其加工棉花所使用的工具也是与印度的 The Churka 类似。^① 但日本学者的调查研究表明,日本早期使用的轧花机是从中国传入。^② 日本从 17 世纪早期开始,棉花种植开始扩张,棉花的经济价值逐渐显著。^③ 到了明治维新期间,日本的棉花加工业向现代化方向发展。埃及的植棉史更短,在 1820 年,埃及的棉花种植还局限于尼罗河流域山谷中,且种植的数量很少,只用于本国消费。埃及使用的轧棉机也是木质脚踏辊轴轧花机。^④ 埃及棉花种植的快速增长始于美国内战爆发后,美国内战的爆发使欧洲纺织厂的棉花供应停顿,棉花价格大幅提高,这给埃及的棉花种植带来了时机。此后,埃及的棉花种植面积在几年内就从 20 万英亩增加到 50 万英亩。^⑤ 此后随着埃及棉花种植的不断扩张和长绒棉的广泛种植,埃及的轧棉机器也逐步升级。

综上所述,植棉历史悠久的印度和中国都经历了漫长的人力木质轧花阶段,轧花机虽有少许改进,但速度极其缓慢,这种生产工具的使用不仅受到当时科技因素的制约,也受到生产组织形式及人力资源的限制。美国、日本、埃及的大规模植棉史较短,故其经历的人力木质轧花阶段相对短得多。其中,印度对美国轧花机的发明与改进产生了重要影响。在现代轧花机被发明和现代动力被使用之前,全球棉花加工效率都处于较为低下的水平。但随着 18 世纪末英国现代棉纺织业的兴起,对原棉的需求急剧增加,此时美国南部棉花种植园也迫切需要创造出一款效率超高的轧花机,以保证南部棉花种植者的利益。这种利益的驱动为现代轧花机的诞生提供了最为现实的温床。

二、转型:现代轧花机的诞生及类型多元的时代

事实上,在 18 世纪末,对现代轧花机的迫切需求不仅体现在美国南部种植园主们的生产需要上,更体现在棉纺织业的整体发展环节中。在 1765 年到 1785 年的 20 年时间里,棉纺织业的制造技术取得了巨大飞跃。第一个改进是哈格里夫斯在 1767 年发明的詹妮纺纱机,它使操作员可以同时纺 120 根纱线,虽然这种纱线比较柔软,但这项任务在以前需要 120 人;两年后的 1769 年,阿克赖特发明了一种更好的纺纱机,用来制造更结实的纱线,用作经纱;5 年后,康普顿把这两种操作结合在一台机器上;瓦特在 1782 年发明了蒸汽机后,卡特莱特博士将蒸汽动力运用到纺纱机上,发明了动力织布机,蒸汽机的功率使纺纱的效率增加了 1 000 倍。以棉纺织业为引擎的近代英国工业革命就这样开始了。一系列先进纺纱、织布机器的创新发明与新动力的联合使用使服装价格下降 90%,^⑥ 为英国的棉纺织品以低廉成本向全球扩张赢得了价格上无可比拟的优势。但当时只有一件事限制了英国棉纺织品的生产规模,那就是缺乏廉价而充足的棉花原料供应。

这个问题于 1793 年被美国人伊莱·惠特尼解决,他发明了锯齿轧花机。这种轧花机不同于以往任何种类的轧棉机,是一种新的极具创意的发明,并成功地使轧棉效率提高了近 50 倍,一举解决了困扰美国南部棉花种植者的主要难题,使轧棉效率提高到每天可生产约 600 磅至 900 磅皮棉的产量。此轧花机的发明与应用为英国棉纺织产业链的整体发展突破了最后一个技术瓶颈,使获得充足廉价的棉花原材料供应成为现实,为棉纺织工业的腾飞按下了技术链条上最后一个启动按钮。当时南卡

① John E. Orchard, *Japan's Economic Position: The Process of Industrialization*, New York: McGraw-Hill Book Company, 1930, pp. 58-59.

② 角山幸洋「綿繰具の調査研究」、関西大学東西学術研究所編『関西大学東西学術研究所紀要』、1987年3月第20卷、9頁。

③ Thomas C. Smith, *The Agrarian Origins of Modern Japan*, California: Stanford University Press, 1959, p. 98.

④ George R. Gliddon, *A Memoir on the Cotton of Egypt*, London: James Madden & Co., 1841, p. 19.

⑤ Read P. Dunn, *Cotton in Egypt*, Memphis: National Cotton Council of America, 1949, p. 22.

⑥ Edward Craig Bates, *The Story of the Cotton Gin*, Westborough: The Westborough History Society, 1899, pp. 3-4.

罗来纳州的法官约翰逊评价到“锯齿轧花机的发明给世界带来了数不清的福祉。”^①

锯齿轧花机被发明之后,率先在美国得到广泛使用,此后,美国的棉花种植及产量便开始以惊人的速度增长。据统计,在1790年,也就是惠特尼发明锯齿轧花机的3年前,美国出产棉花150万磅;到了1800年,迅速增长到3650万磅;1820年增长到16750万磅。1791年至1800年间,美国向英国出口的棉花增长了93倍,仅仅在1820年一年出口数字就增长了6倍。美国成为英国棉纺织业的最主要的原料来源地。美国棉花销售的剧增导致了两个结果,一是使种植棉花的人均年收入增长了一倍,使种植棉花的土地价格增长了两倍;^②二是进一步使纺织品成本降低,增强了西方棉纺织品在国际市场上的竞争优势。

此外,锯齿轧花机还起到了保留棉种的作用,在锯齿轧花机发明之前,最好的棉花品种是“海岛棉”,因生长在海域附近得名,此种棉花具有天然物理属性优势,其棉纤维不仅长而多,且棉纤维与棉籽易被分离,是制造高品质棉纱和棉布的优质原材料。^③1786年,美国南部种植园引进此种棉花,大力发展种植,但很快达到了种植极限,因为一旦离开海岸,海岛棉的优势便逐渐减弱。棉农不得不考虑种植环境适应性强且广泛存在的陆地棉(Upland Cotton)。但陆地棉与海岛棉相比,纤维长度稍短,且纤维与棉籽包裹紧密,由印度发明、美国改进的辊轴轧花机很难将棉纤维和棉籽快速分离。^④惠特尼发明的锯齿轧花机能够有效加工陆地棉,进而保留了适应性更强、可以被广泛种植的陆地棉。也正是因为锯齿轧花机的发明保留了美国陆地棉棉种,此后,美国的陆地棉(Upland Cotton)棉种才得以在晚清时期传入中国并被广泛种植。^⑤

但最初发明的锯齿轧花机也并非十全十美,在接下来的使用中,其切棉、结棉及形成丝状或尾状棉的缺点逐渐显露,尤其是切棉的缺点对棉纤维损害最大,^⑥并导致了由锯齿轧花机轧出的皮棉价格下降。问题出现后,锯齿轧花机经过了一系列改进,发展到19世纪后半期,其功能、效率及样式都比1793年惠特尼发明的锯齿轧花机优越得多。来自19世纪后半期英国博尔顿的一家大型机械制造公司的图纸足以证明当时锯齿轧花机的改进程度。^⑦

19世纪上半期,美国试图将本国的农业生产技术向其他产棉国输出。早在1832年,美国产的锯齿轧花机就曾在埃及的帕夏博物馆展出,尽管受到赞赏,却无人购买。根据当时在埃及调查棉业的美国财政部官员分析,埃及不引进这种轧花机有几个方面的原因,一个是在利物浦市场上,当时用锯齿轧花机轧出的棉花价格比用普通辊轴轧花机轧出的棉花价格每磅低约1便士;第二是如使用锯齿轧花机,将提高埃及轧棉的教育成本和维修成本,因此埃及政府认为引进美国锯齿轧花机无利可图。^⑧

伴随着英国在19世纪上半期对原棉需求的急剧增加和美国棉花价格的不断上涨,英国东印度公司于19世纪40年代,支持在美国出生的棉花种植者到印度经营试验农场种植棉花,然后以印度出产的棉花代替美国棉花。随后几个美国人带着美国棉种、轧花机和其他工具来到孟买,但并未获得当地棉农接受,印度人依旧使用传统的辊轴轧花机加工棉花。据斯文贝克特研究,锯齿轧花机的应用在印度的失败主要是由于印度的气候和基础设施的局限以及印度当时并不适合资本较为密集的生产方式

① James L. Watkins, *King Cotton: A Historical and Statistical Review 1790 to 1908*, p. 12.

② 斯文·贝克特《棉花帝国——一部资本主义全球史》,第96—98页。

③ Evan Leigh, *The Science of Modern Cotton Spinning*, p. 1.

④ D. A. Tompkins, *Cotton and Cotton Oil*, p. 11.

⑤ 美国的陆地棉和海岛棉两种棉种在晚清时期才传入中国。在此之前,引进中国的棉花是非洲棉和亚洲棉。陆地棉和海岛棉较优。见赵冈、陈钟毅《中国棉业史》,第2页。

⑥ Christopher P. Brooks, *Cotton Its Uses, Varieties, Fibre Structure, Cultivation*, Lowell: Butterfield Printing and Binding Co., 1898, p. 228.

⑦ Evan Leigh, *The Science of Modern Cotton Spinning*, p. 15.

⑧ George R. Gliddon, *A Memoir on the Cotton of Egypt*, London: James Madden & Co., 1841, pp. 20-21.

等原因。^①可见,在19世纪上半期,这种先进的锯齿轧花机在全球扩散并不成功,无论是在印度还是在埃及,锯齿轧花机均未被当地接受。此后英国为了获得价格低廉的棉花,于1857年在曼彻斯特成立棉花供应协会,此协会成员前往世界各地分发轧花机、提供建议、向农民分发种子和农具、同时收集不同棉花品种的信息以及种植方法,^②促进当地植棉发展,以保证英国获得广泛且稳定的棉花原材料供应。

在锯齿轧花被发明后,传统的辊轴轧花机并未退出历史舞台,而是经过后续系列改良,包括由木质改成铁制或钢制,在动力上逐渐使用畜力、蒸汽动力或电力。辊轴轧花机凭借其构造简单,易修理等优点,在广大产棉地依旧受到欢迎和广泛使用,只不过其生产效率远不及锯齿轧花机。其中麦卡瑟(Macarthy)轧花机(一种改良后的辊轴轧花机)就是在19世纪晚期至20世纪初期时,在埃及备受欢迎的一款辊轴轧花机。麦卡瑟轧花机特别适合轧长绒棉,同时也适合轧短绒棉,它结构简单,虽然轧棉效率不及锯齿轧花机,但其轧出的皮棉质量非常优越。^③除埃及外,印度的棉农及小型轧花厂也使用这种辊轴机,主要是因为这种轧花机价格便宜、维修成本低。在印度和埃及这些产棉区,劳动力资源不仅丰富,且劳动力成本低较低。^④故埃及和印度使用最多的就是这种辊轴轧花机。

与印度和埃及相比,由于中国棉业于19世纪70年代才被迫卷入国际棉花市场,故中国接触外国先进轧花机的时间晚于印度、埃及、日本等国。事实上,从14世纪直到19世纪70年代,中国的轧棉技术几乎没有任何重大改进,直到外国先进轧花机的引进才逐渐改变了这种状况。在19世纪70年代以后引进轧花机的历程中,中国呈现出了与印度和埃及不同的特点。首先是中国在被迫加入全球棉花市场后,在棉花加工领域,以浙江通久源轧花厂为代表的民间棉商于1880年左右率先主动引进日本铁质轧花机,后来该厂还陆续引进英国的蒸汽机等设备,进一步提高轧棉效率。中国棉商发现铁质轧花机效率较高,且又比较适合中国棉农后,遂大批量购进,并将这种轧花机分售给当地棉农。^⑤此举不仅提高了当地棉农的轧棉效率,也促进了棉农对先进轧花技术的吸收与应用。当时英国领事十分注意此事,并根据观察认为晚清民间商人如果感到需要,便肯于放弃他们旧日的制造方法,采用新机器。这是晚清民间商人给英国人留下的印象。^⑥此后,伴随中国现代棉纺织业的发展,中国陆续引进不同国家生产的轧花机和蒸汽机、柴油机等。到了20世纪初,中国引进的锯齿轧花机和辊轴轧花机,其效率和出产皮棉的品质受到了中国政府及棉商较高的评价。^⑦

日本产棉量虽不大,但在轧花机生产和输出方面,对东亚影响巨大。19世纪中期以后,日本加入了生产制造轧花机的行列,于1859年开始,大力发展本国的现代纺纱工业,建立现代纺纱厂。日本当时从英国引进各种先进的纺纱工具,并聘请英国人为董事帮助管理纺纱厂,在机器的选择和工人培训方面都采取极为谨慎的态度,工厂生产的棉纱质量获得了很高的声誉。^⑧此期间,日本也开始引进美

① 斯文·贝克特《棉花帝国——一部资本主义全球史》,第117—118页。

② 斯文·贝克特《棉花帝国——一部资本主义全球史》,第114—115页。

③ Evan Leigh, *The Science of Modern Cotton Spinning*, p. 15.

④ Evan Leigh, *The Science of Modern Cotton Spinning*, pp. 17, 22.

⑤ “Ningpo Trade Report for the Year 1893” in *China Imperial Maritime Customs, Returns of Trade and Trade Reports for the Year 1893*, Shanghai: Order of the Inspector General of Customs, 1894, pp. 280—281.

⑥ Consular Reports, *The North-China Herald and Supreme Court & Consular Gazette*, Shanghai, Vol. 37, 1886, 9, 18, p. 305.

⑦ 张延祥、陈志恒《湖北建设厅试验锯齿式轧花机报告》,《汉口商业月刊》1935年第2卷第2期《湖北省政府关于湖北省棉产改进处请就建设费下拨款开办老河口新式轧花厂的训令、指令及相关本材料》,1935年11月16日,档案号LS031-006-0207-0002,湖北省档案馆藏。

⑧ John E. Orchard, *Japan's Economic Position: The Process of Industrialization*, p. 92.

国轧花机。^① 明治维新时期,日本注重培养本国技术人才,大阪、名古屋等地陆续成为重要的机器生产基地。^② 从 1872 年开始,日本实现轧花机国产化,产量逐渐增加,大阪产的轧花机开始出口到朝鲜和中国。^③ 在 19 世纪后半期的国际市场上,除了英美继续向全球产棉区推广各种先进的轧花机及配套设备以外,此时的日本也成为了生产、制造、输出轧花机的重要国家。日本特别注重向中国推广自己的产品。自 19 世纪下半期开始,因两国地理位置临近,中国逐渐成为日本最重要的棉花原料供应地,故日本积极地向中国输出轧花机并寻求在中国建立轧花厂。^④ 此后,在中国轧花机引进市场中,日本占据了不小的份额。

日本因为快速掌握了西方先进的机器制造技术,遂逐步分享了国际棉业市场上原本属于英国的部分利润。^⑤ 英国为了保护自己的技术优势,于 1887 年通过了新的商标条例,此条例规定所有外国货必须标明原产国。然而这一规定,恰恰使其他国家认识到除了“英国制”以外,“德国制”的各种机器也非常多样和精良。虽然英国经济史家克拉潘用幽默的语言评价了这个法案对英国所起的作用。^⑥ 但可以肯定的是,在接下来的国际市场上,来自德国、美国、日本的机器零部件,甚至是完整机器的品质陆续被认可。这进一步促进了机器生产及使用的全球化。

综上所述,在锯齿轧花机发明之前,棉花虽然是印度和中国纺织业的重要原料,但其全球性的商品价值并不显著。^⑦ 缺乏使棉花快速脱籽,高效出产干净皮棉的生产工具是主要问题。锯齿轧花机的发明解决了这一难题,并使棉花超越丝、麻、毛,成为最重要的纺织业原材料。锯齿轧花机被发明以后,英美等国于 19 世纪上半期试图将其推广至埃及和印度,但均告失败。19 世纪后半期,随着锯齿轧花机和辊轴轧花机的不断改良,其性能更加优越,并逐渐向全球扩散。此时期的日本也成为了生产、制造、输出轧花机的重要国家。中国于 19 世纪晚期进入全球棉花市场,面对西方农业生产技术优势,中国民间商人、棉业专家和政府在接下来的时间里开启了关于引进、改良、应用各种类型轧花机的进程。

三、应对: 中国民间与政府的双重努力

19 世纪晚期,外国对中国的原棉需求不断增长,尤其是日本。据当时的外交文献记载,1886 年以后,日本从中国进口的货物中,棉花占比最大,1889 年的进口总量比 1887 年增加了 3 倍多,进口商有横滨庄、神户庄和长崎庄,三家同时从上海进口棉花。^⑧ 此时的英、德等国也需要进口大量原棉(皮棉),加之美国和日本的轧棉技术在 19 世纪末期已经发展成熟,尤其是美国率先完善现代轧棉产业,其使用的锯齿轧花机经过不断改进,生产效率处于全球领先水平。^⑨

这些国家为了进一步节约成本,开始在中国开设轧花厂,且呈现出多国合伙经营趋势。如 1888

① 角山幸洋「綿繰具の調査研究」、関西大学東西学術研究所編『関西大学東西学術研究所紀要』、1987 年 3 月第 20 卷、9 頁。

② 全国经济委员会棉业统制委员会编《日本新设纱厂之实绩》,出版社不详,1935 年,第 11—12 页。

③ 角山幸洋「綿繰具の調査研究」、関西大学東西学術研究所編『関西大学東西学術研究所紀要』、1987 年 3 月第 20 卷、9—10 頁。

④ 实业部国际贸易局编《中国实业志》(江苏省),实业部国际贸易局,1933 年,第 1161 页。

⑤ 阿立达·阿托列《世界市场上英日之对立》,何伟译,东京:亚东图书馆,1937 年,第 62—65 页。

⑥ 克拉潘《现代英国经济史》(下卷),姚曾廌译,北京:商务印书馆,2014 年,第 18 页。

⑦ 印度是棉花制造业的发源地,在现代锯齿轧花机发明以前,印度在全球棉纺织品贸易中占主导地位,欧洲由于缺乏棉花原材料,其棉制造业发展受到制约。见 Edward Baines, *History of the Cotton Manufacture in Great Britain*, Cambridge: Cambridge University Press, 2015, (The First Edition Published in 1835), pp. 47, 52.

⑧ 李少军编《晚清日本驻华领事报告编译》,李少军等译,北京:社会科学文献出版社,2016 年,第 8—9 页。

⑨ Christopher P. Brooks, *Cotton Its Uses, Varieties, Fibre Structure, Cultivation*, pp. 214—232.

年,日、英、美、德四国商人共同出资,在上海建立上海棉花公司(The Shanghai Cotton Cleaning and Working Company),又名上海机器轧花局,厂址设在上海浦东,由三井物产会社代理经营,于1889年正式开工。^①虽然清政府表示反对,但外商依旧继续开工轧花。有轧花机32架,每日产量达90担,出口之花不仅供给日本本国,还运往利物浦万担有余。^②1888年5月,英国人格兰特(T. V. Grant)在浦东建立祥生轧花厂,设轧花机16具,收买中国棉花,轧成皮棉,贩运外洋。^③此后外商建立的轧花厂越来越多。

面对国外经济势力对中国棉花市场的入侵,中国棉商为了发展本国棉业,也开始建立轧花厂。1886年,浙江宁波的通久源轧花厂成立,该厂是最早的由民间资本建立的机器轧花厂,此厂开启了中国近代轧棉业的序幕,标志中国近代农产品加工业的现代化起点。通久源轧花厂资本5万元,股东是当地棉商,初期只开展买棉、轧棉等业务。通久源轧花厂最先引进的是日本铁质轧花机,包括使用人力的足踏轧花机和人力、畜力、引擎力皆可使用的辊轴轧花机,根据动力不同,轧花机大小不同。小型由单人操作,占地面积小;用蒸汽发动的铁质皮辊轧花机则大得多,直径近4寸。据当时在通久源轧花厂参观的美国领事估计,日本制造的铁质轧花机生产效率远不及锯齿轧花机。一台锯齿轧花机一天的工作效率,比12台铁质皮辊轧花机一天同时工作还要高。后来通久源轧花厂引进了蒸汽所需的锅炉与发动机后,轧花效率进一步提高。^④

1890年后,伴随中国纱厂逐步设立,中国棉商也创办越来越多的轧花厂,引进的轧花机种类也逐渐增多。20世纪初期开始,中国使用的轧花机更加多元。英国和美国十分注重向中国推广自己制造的轧花机,也因其效率高,样式多,受到中国棉商关注。例如,在1916年,英商祥兴洋行向天津商会推荐单动式辊轴轧花机,可以人力手摇,也可由蒸汽带动,可轧各种品种棉花。^⑤

到了20世纪20至30年代,更先进的锯齿轧花机进一步受到大型纱厂及大型轧花厂的欢迎。南通大生纱厂购进新式锯齿式轧花机二具,每具每小时可轧籽花600公斤(1300磅),出品的皮棉干净,^⑥使高效及优良的轧棉品质均得到实现。1930年12月1日,部分上海棉商集资15000元,成立民生轧花厂股份有限公司,向外国订购最新式轧花机十余部,采取最先进的管理方式,开办现代轧花公司。同时还颁布了《民生轧花厂股份有限公司章程》。^⑦申新纺织总公司之申新一、二、九厂向美商慎昌洋行订购锯齿轧花机。^⑧在内地,湖北棉产改进处在老河口设立新式轧花打包厂,拟购进美国制造的最先进的气流式锯齿轧花机。^⑨

与此同时,一些小型轧花机仍被棉花原产地的棉农和轧花厂广泛应用,这些小型轧花机以人力为动力,具有廉价、易维修、易改造等特点。民间匠人、绅士、小型铁厂或机器厂也不断地对其加以改造

① China Imperial Maritime Customs, *Decennial Reports, 1882-91*, Shanghai: Order of the Inspector General of Customs, 1898, p. 340.

② "Shanghai Trade Report for the year 1889", in China Imperial Maritime Customs, *Returns of Trade and Trade Reports for the Year 1889*, Shanghai: Order of the Inspector General of Customs, 1890, pp. 185-186.

③ 《上海机器织布总局九月廿八日奉》,《申报》1889年10月15日。

④ Consular Reports, *The North-China Herald and Supreme Court & Consular Gazette*, Shanghai, Vol. 37, 1888, 7, 13, p. 45.

⑤ 《为送单动式轧花机说明致天津商务总会函》,1916年8月28日,档案号401206800-J0128-3-004382-025,天津市档案馆藏。

⑥ 张延祥、陈志恒《试验锯齿式轧花机报告》,《工程周刊》1935年第4卷第7期,第100页。

⑦ 《立信会计师事务所关于民生轧花厂股份有限公司账目审查、代办企业注册、商标注册等文件》,1932年12月—1933年4月,档案号Q90-1-834,上海市档案馆藏。

⑧ 《申新纺织总公司关于申新一、二、九厂向美商慎昌洋行订购试验仪器、棉保筒及轧花机等有关文件》,1933年—1948年,档案号Q139-1-2848,上海市档案馆藏。

⑨ 《湖北省政府关于湖北省棉产改进处请缓设立老河口新式轧花厂并请将设立费列入1936年预算及开办小轧花厂经费的指令及相关材料》,1936年4月8日,档案号LS031-006-0207-0008,湖北省档案馆藏。

和改进,使其更适应中国地方棉农的生产组织形式。1921年左右是中国引进西方先进机器的高峰期。^①同时也是我国民间匠人、小型铁厂和机器厂仿制和创新的高峰期。经过仿制并改进后的新式轧花机种类颇多。

山西翼城县绅士杨士英,仿照水磨机械,制成水力轧花机,每日可轧棉五百余斤,农民皆称便利。^②国内的民间铁厂大量生产轧花机,如天津郭天祥机器厂生产的人力轧花机和马力轧花机,前者每架21.5元,每日可轧籽花三百余斤;后者每架30元,每日可轧籽花二百余斤。马力轧花机虽价格较高,但一匹马可引4具轧花机,实际上每日可轧籽花八百余斤。其他如上海的春发泰机器厂制造的普通轧花机,每架定价21.5元,每日可轧籽花三百斤,亦极适用。^③同时,各种“改制新式,种类繁多,引以汽机,益形便利,以轧兼弹。每汽机一座可以运用轧机十五架”。^④

20世纪初期,内地的小型民营铁厂和机器厂也开始生产或改进轧花机。1903年,汉阳洪顺机器厂制造的轧花机销往十余省,购者皆赞许。^⑤山西省垣协同工厂所制造的轧花机和滤籽机,大受农家欢迎,多被外县购去,该厂厂长督工赶造,以应农家之需。^⑥陕西省华阴农工机器制造厂制造的轧花机,能力大,使用方便,备受各县人民欢迎。后该厂再求改进,将轧花机制成甲、乙、丙三种。甲种带滚珠,每部定价44元;乙种不带滚珠,每部定价38元;丙种定价34元,高陵、临潼各县合作社均大批订购。^⑦

此外,大学的农学系及部分棉业试验场也加入了改进轧花机的行列。金陵大学农学院创制铁质小型手摇轧花机,使用便利。湖北省棉业试验场创制大型足踏轧花机,与普通简易轧花机不同之处在于其功用更加完善,因“下挂一活动之方形盛器,漏斗之口与盛器之口,互相衔接,轧花时机面筛中之棉籽经漏斗而落入盛器,故无隐藏棉籽和损失棉花纤维之弊,同时飞轮之轴加弹珠四对,使足踏轻便,一人之力足矣。且此机中、美棉种均适用,极具推广价值”。^⑧中国民间匠人、小型铁厂、民营机器厂等对轧花机的仿制和改良不仅丰富了中国轧花机的使用类型,同时也反映了先进农业生产工具在中国逐步被吸收和消化的路径及特点。

南京国民政府成立之后,棉业专家对轧棉效率高度重视。为了比较各种轧花机的效率与适用性,棉业专家总结我国业已引进和使用的轧花机种类,并对各种轧花机的效率进行比较。许震宙在江苏一农校农场所设立的轧花厂里进行试验后指出,从类型上看,中国常用的轧花机有足踏轧花机、辊轴轧花机和锯齿轧花机三种。动力是使用人力、畜力、机器动力皆可,机器动力包括蒸汽、柴油等发动机,效率各有不同。足踏轧花机最为普及,一般是棉农自用或在棉花原产地的小型轧花厂使用。使用此机时,若使用人力,需人工二名,一人喂花,同时足踏使轧花机转动;一人在后助力。就效率而言,在三种轧花机中效率最低。辊轴轧花机(在中国也被称为皮辊轧花机)与足踏辊轴轧花机的价格相差无几。若使用畜力,需要添购一个托盘,价值大约二三十元。“若以引擎为动力转动轧花机,效率提高,但购买引擎等设备费至少需数百元,机器之修理费动辄数元。若无修理仪器之学识,维修成本会较高”。^⑨

① 延伸《我国之机械入口贸易》,《国际贸易导报》1932年第4卷第6期,第99页。

② 《政教述闻:本省政教:各地政教现况摘要:新发明之水力轧花机》,《来复》1923年第271期,第12页。

③ 《通告:那儿去买轧花机》,《华北合作》1935年第21期,第11页。

④ 《调查棉业各项条款》,1920年11月11日,档案号401206800-J0128-2-000772-013,天津市档案馆藏。

⑤ 《汉阳洪顺机器厂关于请求代购钻刨等工具以维工业而利生产的呈及英文附件》,1947年2月13日,档案号LS030-006-0355-0002,湖北省档案馆藏。

⑥ 《各地政教现况摘要:轧花机之畅销》,《来复》1924年第317期,第3页。

⑦ 《省内消息:农工机器厂改良轧花机》,《陕西棉讯》1935年第38期,第7页。

⑧ 《本省棉业消息:本场创制大型脚踏考种轧花机》,《鄂棉》1937年第2卷第3—4期,第114页。

⑨ 许震宙《各种轧花机之速率比较》,《农学杂志》1928年第1期,第117、122页。

从型号上讲,辊轴轧花机有16寸足踏式,因效率太低,不适用轧花厂;28、32、36寸轧花机可使用畜力和机器动力牵动,其中用机器动力牵动者多为32寸和36寸,因36寸价值较贵,出花量并不多,故实际上使用较少。效率高的辊轴轧花机多为英国制造,分为单轴式和复轴式两种。单轴式需动力1H.P,复轴式需要动力1.25H.P。单式每小时出皮棉30磅至90磅,复式每小时可出皮棉40磅至70磅。在我国棉花原产地的小型轧花厂所用的32寸辊轴轧花机,每小时出皮棉24磅至28磅左右。^①

锯齿轧花机分为老式和新式,老式的锯齿轧花机动力多为人力、畜力或水力转动。新式锯齿轧花机多用电力转动。用电力的新式锯齿轧花机分为两类,一种是刷式锯齿轧花机,工作原理是利用刷轴排出花衣;一种是气流式锯齿轧花机,工作原理是利用空气排出花衣。其中气流式锯齿轧花机更为先进,轧棉品质更高。锯齿轧花机需用的动力比较大,因为锯齿轧花机是整个轧花程序中的重要机件部分,除此以外,还配有其他部件一起使用,如喂花箱、清花机、籽棉分散器、皮棉存集箱、籽棉输送管等。^②为了增加轧花机的使用率,可以用电力或柴油机引擎等带一具锯齿轧花机和二具辊轴轧花机同时工作,使轧花效率大增。^③在抗战前,使用此种新式锯齿轧花机的多是沿海地区的大型轧花厂和大型纱厂。

鉴于我国使用的轧花机种类较多,型号多样,棉业专家进一步展开了对常用轧花机速率及费用的比较研究。1928年,许震宙将小型轧花厂和棉农大都采用的普通16寸足踏辊轴轧花机和32寸由引擎拖动的辊轴轧花机进行比较,结果是前者每小时轧出皮棉5.18斤,后者21.12斤;在费用方面,前者轧出皮棉1担需1.5元,后者需1.028元。1933年和1934年,胡景良将16寸辊轴轧花机、牛力28寸辊轴轧花机与引擎拖动的有11齿盘的锯齿轧花机进行比较,三种轧花机每小时轧棉效率分别是15.180斤、24.225斤、36.888斤,轧花费用依次是1.75元、1.33元、1.23元。^④

1936年,许震宙又进一步将足踏轧花机、牛力辊轴轧花机、引擎拖动之单具锯齿轧花机、引擎拖动之锯齿轧花机与辊轴轧花机组合进行对比,结果是“足踏轧花机最慢,牛拉次之,引擎拖最快。仅以轧花工作时间论,引擎所拖轧花机,轧花费用最省,牛拉轧花机之轧花费用次之,足踏轧花机之轧花工价最贵。就一切设备与工作经济合计之,则以牛拉轧花机最为合算”。^⑤这些对比结果,为棉农提供了科学和直观的参考数据。

此外,河南棉产改进所安阳轧花厂也对32寸皮辊轧花机进行了试验,与胡景良和许震宙两位棉业专家的试验结果相近。由此可以看出,中国民国时期轧花机的生产效率,其中人力轧花机效率仅是机力轧花机的五分之一,每百斤费用则多0.5元至0.8元。如果以每年产棉一千万斤计算,则全国每年轧花费用需多耗费500万至800万元,损失甚大。故当时的棉业专家建议建设新式轧花厂是发展现代棉业的关键一环。^⑥

除了关注轧花机效率以外,轧花机的轧棉品质在30年代也受到极大重视,以湖北省为例,湖北省为了提高棉花品质,增强市场竞争力,努力引进效率更高且出品皮棉品质更加优良的气流式锯齿轧花机,为此,湖北建设厅先是考察了南通大生纱厂使用的锯齿轧花机,看到其出花迅速,出棉匀净,尘沙除净。于是在1934年,湖北省建设厅也购进锯齿轧花机进行试验,^⑦并总结锯齿轧花机的其他优点,

① 胡景良《轧花运销》,《棉业月刊》1936年第1卷第5—6期,第846页。

② 胡景良《轧花运销》,《棉业月刊》1936年第1卷第5—6期,第848页。

③ 许震宙《各种轧花机之速率比较》,《农学杂志》1928年第1期,第121页。

④ 胡景良《轧花运销》,《棉业月刊》1936年第1卷第5—6期,第847页。

⑤ 许震宙《各种轧花机之速率比较》,《农学杂志》1928年第1期,第117—121页。

⑥ 胡景良《轧花运销》,《棉业月刊》1936年第1卷第5—6期,第847页。

⑦ 张延祥、陈志恒《试验锯齿式轧花机报告》,《工程周刊》1935年第4卷第7期,第100页。

包括节约人力、节约管理费、节约厂屋、不使籽花堆积仓库等。^①

最后,棉业专家依据对各种轧花机效率及轧棉品质的研究结果,指出辊轴轧花机的优点是成本低、使用方便、构造简单、修理便利,适宜棉花原产地的小农家庭工业和微小型轧花厂;辊轴轧花机的缺点是效率低、平均轧棉费用高,构造粗放、常须修理,故不宜大规模轧花厂使用。锯齿轧花机的优点是效率高、构造精确、无须常修理、费用低(若当地有引擎或电力);缺点是锯齿轧花机价格贵(若当地无电力需另购引擎价值太高)、构造复杂,难以修理,且修理费用昂贵,适宜用于大规模轧花厂或纱厂使用。在轧棉品质方面,棉业专家为棉农及轧花厂提供科学建议,认为中国棉花种植的实际情况是棉花品种较多,棉纤维长短不齐,生产不集中。故以家庭生产方式为主的棉产区,农家可自备足踏轧花机或辊轴轧花机。锯齿轧花机可以在大规模棉产区使用,这样不仅可以提高轧花的效率及品质,也可进一步改良中国棉花品种。棉业专家还提出了一种构想,若农户生产面积增加,当地棉农可合买锯齿轧花机及引擎,或由合作社代办,因产量多时,用锯齿轧花机较为经济。

综上所述,19世纪晚期,上海及宁波的轧花厂率先引进外国先进的轧花机。此后,伴随着西方轧花机的不断引进,民间匠人、绅士、小型铁厂和机器厂不断地对轧花机加以改造和改进,使其更适应中国棉农及地方棉商的经营方式。南京国民政府成立后,为了给棉农及轧花厂提供科学的建议,棉业专家展开了对各种类型轧花机效率及轧棉品质的比较研究。为面对20世纪30年代竞争更加激烈的国际棉花市场,提升中国轧棉产业技术及效率水平、增强中国竞争能力打下了基础。

四、布局: 轧花机在中国区域分布及特点

随着中国在晚清及民国时期对西方轧花机的引进、改良与应用,中国棉商建立了不同规模的轧花厂,并逐渐覆盖到各产棉区。棉商根据棉产区特点选择不同类型的轧花机。直到抗战前,形成了长江三角洲经济区、华中经济区、华北经济区各有特色的轧棉产业。从棉田及产棉规模看,从1918年至1923年,江苏、湖北、河北、山东位居前四强。^②从1923年到1937年,湖北、山东、河北逐渐缩小与江苏的差距。^③这四个省份的轧棉产业规模基本可以代表抗战前,中国对轧花机的引进、吸收、应用与分布情况。

江苏是中国近代引进轧花机规模较大时间最早的省份。在1875年之前,中国棉农皆自备木质轧车,“手拉脚踏,转动木杆以成之”。^④随着引进现代轧花机与轧花厂的建立。截止到抗战前,据不完全统计,江苏拥有现代机器动力轧花厂共35家,其中上海16家,南通县境内6家,川沙县境内5家,奉贤、宝山、太仓县境内各2家,金山、常州两县境内各1家,均为国人开设。这些轧花厂的轧花机以32寸及36寸皮辊轧花机最为普遍,共有1050部。程恒昌、恒源兴记、礼和等轧花厂规模最大,各拥有百部以上;其次鼎和泰有90部,德丰兴记有70部,亦属规模较大者;其余皆在50部以下。在动力方面,礼合轧花厂和顾天成轧花厂用马达,其余皆用柴油引擎。^⑤

湖北省不仅是华中地区最大的产棉省份,也是内地最先引进并仿制现代轧花机的省份。1903年,设立于汉阳的洪顺机器厂以制造轧花机闻名,其生产的轧花机品质优良,“行销十余省之多,购买

① 《湖北省政府关于湖北省棉产改进处请就建设费下拨款开办老河口新式轧花厂的训令、指令及相关本材料》,1935年11月16日,档案号LS031-006-0207-0002,湖北省档案馆藏。

② 华商纱厂联合会棉产统计部编《中国棉产统计》,华商纱厂联合会,1923年,第1—3页。

③ 中华棉业统计会编《中国棉产统计》,中华棉业统计会,1937年,第6—8页。

④ 实业部国际贸易局编《中国实业志》(江苏省),实业部国际贸易局,1933年,第1160—1161页。

⑤ 实业部国际贸易局编《中国实业志》(江苏省),实业部国际贸易局,1933年,第1163—1168页。

者莫不赞许,供不应求。附带出品的柴油机、煤气机等也备受欢迎”。^①湖北省棉商建立的轧花厂和打包厂提高了华中地区的棉花品质与声誉。^②其中轧花机的引进与应用是皮棉产量及品质提高的关键。

1934年,棉业统制委员会派调查团赴华中地区调查棉业产销状况,通过统计报告情况可以看出,^③在1934年以前,湖北省轧花厂多由棉商设立,轧花厂规模不大,动力多样,人力、电力、机器动力均有,轧花数量可观。表1是1934年以前湖北省轧花厂设立的情况。

表1 湖北省轧花厂调查表(1934年6月之前)

县名称	轧户厂号牌	数量(部)	轧花机样式、轧花门面宽度	制造	购买时间(年)	动力
武昌县	华丰	20	新式一尺二寸宽	汉阳洪顺	1925	人力
	周升昌	10	新式两尺宽	汉阳洪顺	1930	电力
	黄同泰	13	新式一尺二寸宽	汉阳洪顺	1926	人力
	积昌仁	14	新式一尺二寸宽	汉阳洪顺	1931	人力
	钜兴	8	新式一尺二寸宽	汉阳洪顺	1932	人力
	周祥泰	5	新式一尺二寸宽	汉阳洪顺	1926	人力
	周顺昌	4	新式一尺二寸宽	汉阳洪顺	1926	人力
	周森泰	3	新式一尺二寸宽	汉阳洪顺	1926	人力
安陆县	萧红发	2	旧式宽约一尺三寸	日本产、英国产	1924	人力
	梅开泰	2	旧式宽约一尺三寸	日本产、英国产	1923	人力
	耿正记大房	2	旧式宽约一尺三寸	英国产	1922	人力
	耿实源札记	2	旧式宽约一尺三寸	日本产	1923	人力
	胡万顺	2	旧式宽约一尺三寸	英国产	1921	人力
	周鸿兴	2	旧式宽约一尺三寸	日本产、英国产	1921	人力
	耿实源	1	旧式宽约一尺三寸	日本产	1919	人力
	刘庆记	1	旧式宽约一尺三寸	英国产	1920	人力
大冶县	余润记	6	足踏车	由汉镇购买	1912	人力
	义兴恒	13	足踏车	由汉镇购买	1912	人力
	刘同兴	8	足踏车	由汉镇购买	1912	人力
鄂城县	益丰	8	足踏车,二十四英寸	国产	1932	机器
	何大道生	8	足踏车,二十四英寸七部,十八英寸一部	日本产	1928	机器
潜江县	均系农村花户	800	人力高式牛力轧花机宽约一尺二寸半	国产	年月难查	人力或牛力
应山县广水镇	黄太兴、黄祥兴、梅茂盛	3	长方式,三尺多宽	国产	1928	人力1部,畜力2部
天门县	无号	不详	有大小二种,大为折半,小则平部,宽二尺二寸	日本产、国产	不详	人力或畜力
黄安县第一区	无号	21	一尺三寸宽	日本产、国产	1918	人力

① 《汉阳洪顺机器厂关于请求代购钻刨等工具以维工业而利生产的呈及英文附件》,1947年2月13日,档案号LS030-006-0355-0002,湖北省档案馆藏。

② 李佳佳《民国时期华商棉花打包业探究》,《中国社会经济史研究》2019年第4期。

③ 《湖北省建设厅关于棉业统制委员会华中区调查团派赴华中区调查棉业产销的训令及柳菊生的函》,1934年2月22日,档案号LS31-3-0000608-002,湖北省档案馆藏。

(续表 1)

县名称	轧户厂号牌	数量 (部)	轧花机样式、 轧花门面宽度	制造	购买时间 (年)	动力
石首县藕池口	行商附带无轧花厂	200	人力脚踏	中国产、日本产	不详	人力
宜城县第一区	棉农自购轧花机	20	铁质轧花机	国产	农人自备不能考	人力、畜力,用机器者无
宜城县第二区	棉农自购轧花机	8	铁质轧花机	国产	不详	人力、畜力,用机器者无
宜城县第三区	棉农自购轧花机	6	铁质轧花机	国产	不详	人力、畜力,用机器者无
宜城县第五区	棉农自购轧花机	4	铁质轧花机	国产	不详	人力、畜力,用机器者无

资料来源 《湖北省建设厅关于请依限填报轧花厂及打包厂调查表的训令》,1934年6月5日,档案号 LS031-006-0064-0001;《安陆县政府关于呈报轧花厂、打包厂调查表的呈》,1934年6月19日,档案号 LS031-006-0064-0004;《大冶县政府关于呈报轧花厂、打包厂调查表的呈》,1934年6月23日,档案号 LS031-006-0064-0005;《鄂城县政府关于填报轧花厂调查表的呈》,1934年6月26日,档案号 LS031-006-0064-0009;《潜江县政府关于报送潜江县轧花厂调查表的呈》,1934年6月24日,档案号 LS031-006-0064-0010;《应山县政府关于检送轧花厂及打包厂调查表的呈》,1934年6月26日,档案号 LS031-006-0413-0001;《天门县政府关于填送轧花厂调查表的呈》,1934年6月30日,档案号 LS031-006-0413-0002;《黄安县政府关于填送轧花厂调查表的呈》,1934年7月10日,档案号 LS031-006-0413-0004;《石首县政府关于检送轧花厂及打包厂调查表的呈》,1934年7月18日,档案号 LS031-006-0413-0005;《宜城县政府关于检送轧花厂及打包厂调查表的呈》,1934年8月13日,档案号 LS031-006-0413-0006;《黄陂县政府关于黄陂县并无轧花厂及打包厂的呈》,1934年8月16日,档案号 LS031-006-0413-0007。以上均为湖北省档案馆藏。

由表 1 可知,湖北省在 1934 年以前建立的轧花厂多为小规模,使用的轧花机品牌与型号既有国产也有外国产。从 1930 年开始,只有少数几家较大轧花厂采用电力和机器作为动力。1936 年,湖北省棉产改进处在老河口开办现代机器轧花厂。^① 拟从美国 Lummuc Cotton Gin Co. 采购最先进的气流式锯齿轧花机 4 部、20 匹马力柴油引擎 1 部,发电机 1 部,后因外汇高涨导致原预算不敷,未能如期购买。后以济急需,在老河口、襄阳设立小规模轧花厂各一所,购买辊轴轧花机 30 部,20 匹马力柴油引擎 2 部,发电机 1 部。其中辊轴轧花机向上海周茂兴采购,柴油引擎向上海江西路新中公司采购,发电机向汉口西门子洋行采购。^② 1937 年,湖北省又计划在鄂北双沟、太平店、小河口、鄂中、天门各设轧花厂一所,继续拟购买锯齿轧花机。^③

此外,同属于华中产棉区的湖南省津市,也于 1932 年成立轧花厂。轧花厂原有 20 匹马力柴油引擎 2 具,12 匹马力柴油引擎 1 具,发电机 1 具,32 寸轧花机 62 部。1934 年向上海、汉口、长沙各处购买 45 匹马力煤气引擎 1 具,20 匹马力柴油引擎 1 具,发电机 1 具,30 寸辊轴轧花机 90 部,以及传动机械零件等。^④ 可见,以湖北为核心的华中产棉区自 1930 年后整体开启了现代动力轧花之路。

与长江三角洲和华中产棉区相比,华北地区对轧花机的引进与布局自成特点。首先表现为华北轧棉业有较强的外国势力。因为民国伊始,一些外国洋行就在华北棉产地建立轧花厂。例如,天津大

① 《湖北省政府关于湖北省棉产改进处请就建设费下拨款开办老河口新式轧花厂的训令、指令及相关本材料》,1935年11月16日,档案号 LS031-006-0207-0002,湖北省档案馆藏。

② 《湖北省政府关于湖北省棉产改进处请缓设立老河口新式轧花厂并将设立费列入 1936 年预算及开办小轧花厂经费的指令及相关材料》,1936年4月8日,档案号 LS031-006-0207-0008,湖北省档案馆藏。

③ 《湖北省政府关于湖北省棉产改进处请拨 1937 年轧花厂设备费的指令及湖北省建设厅的签呈》,1937年3月11日,档案号 LS031-006-0207-0012,湖北省档案馆藏。

④ 湖南棉业试验场编《津市轧花厂第二次报告书》,内部资料,1934年,第 1—2 页。

仓洋行于1913年在冀州李家庄开办轧花厂,定名为“天津广业棉花公司李镇轧花厂,随收随轧”;^①天津祥兴洋行也于1916年向天津商务总会推荐英国产单动式轧花机,大力推销英国产的轧花机。^②日本商人在华北的经济势力更是强大,日本在华北的政策是垄断中国华北纺纱工业,并为此制定了“百万纱锭计划”。华北地区是日本最重要的棉花原料供应地,天津、青岛的棉花多出口到日本,又因青岛的纱厂多为日商所有,^③故日本在华北的轧花工作主要在由日本设立的纱厂内完成,并使用日本本国所产的轧花机。

华北产棉区的棉商、机器厂及纱厂面对较强的外国经济势力,也努力发展本地区的轧棉业。在生产轧花机方面,华北地区拥有中国商人自己创办的生产轧花机的铁厂或机器厂,能够为华北地区的棉农提供各种类型的轧花机,并带动西北地区的轧花机生产。如天津郭天祥机器厂可生产人力轧花机、马力轧花机和以汽机为动力的轧花机;^④山西省垣协同工厂^⑤和陕西省华阴农工机器制造场也能制造不同类型的轧花机。^⑥

民国以前的华北产棉区所用的轧花工具多为脚踏木车,轧出的棉花仅供本地居民之需。民国以后,纱厂事业逐渐发达。^⑦山东自1926年以后,棉业发展旺盛,鲁北之棉花集中于滨县;鲁西之棉花荟萃于临清,此二县轧棉业较发达,轧花厂共有9家,滨县3家,临清6家,轧花机器多为铁质轧花机。^⑧1934年山东美棉产销合作社设立动力轧花厂,共设有动力轧花机25部,又设123部人力轧花机,加上原有的50部,共有173部。^⑨河南自1934年开始,轧花厂用机器动力的有6家,3家用煤气,3家用柴油,6家共购置辊轴轧花机179部。^⑩

从以上三大产棉区的轧花机使用情况可以看出,中国机器动力轧棉业最早诞生在江浙地区,且实力雄厚。华中与华北的机器动力轧棉业均发展于20世纪30年代。虽然华北地区棉业受外国经济势力尤其是日本经济势力的影响较大,但华北的机器厂也努力改良并生产适合当地棉农使用的轧花机,同当地棉商一同发展当地的现代轧棉业。

结 论

纵观第二次世界大战之前(或中国抗战前)轧花机的发明、应用及在全球扩散的过程,可以说轧花机主要经历了两个重要发展阶段。一为传统木质轧花时代,这一时代的主要贡献者为印度和中国。这两个国家都为轧花机的发明做出了原创性的贡献,其中,印度发明的辊轴轧花机影响更为巨大,印度的辊轴轧花机扩散至美国南部棉花种植园后,对美国现代轧花机的诞生产生了重要影响,为美国开

① 《为在冀州开轧花厂请求保护与天津商务总会往来函》,1913年1月20日,档案号401206800-J0128-3-002909-001,天津市档案馆藏。

② 《为寄送单动式轧花机说明单致天津商务会函》,1916年8月28日,档案号J0128-3-004382-025,天津市档案馆藏。

③ 《棉业要闻:在华日厂最近发展之趋势》,《棉业月刊》1937年第1卷第4期,第625页。

④ 《调查棉业各项条款》,1920年11月11日,档案号401206800-J0128-2-000772-013,天津市档案馆藏。

⑤ 《各地政教现况摘要:轧花机之畅销》,《来复》1924年第317期,第3页。

⑥ 《省内消息:农工机器厂改良轧花机》,《陕西棉讯》1935年第38期,第7页。

⑦ 济南鲁丰纱厂于1919年成立,青岛华新纱厂于1920年成立。见金城银行总经理处天津调查分部编《山东棉业调查报告》,金城银行,1935年,第112页。

⑧ 实业部国际贸易局编《中国实业志》(山东省),实业部国际贸易局,1933年,第788页。

⑨ 金城银行总经理处天津调查分部编《山东棉业调查报告》,金城银行,1935年,第202页。

⑩ 河南棉产改进所编《河南棉业》,棉业统制委员会,1936年,第99—102页。七家分别是中棉公司灵宝轧花厂、中棉公司安阳轧花厂、河南省棉产改进所太康轧花厂、河南省棉产改进所杞县轧花厂、河南省棉产改进所杞县轧花厂,这五家均成立于1934年,另外的河南省棉产改进所安阳轧花厂、河南省棉产改进所郑州棉场轧花厂成立于1935年。

启现代轧棉业的大门提供了原始技术上的积累。

以 1793 年美国伊莱·惠特尼发明锯齿轧花机为起点,一直到二战前的这一时期可以被看做是轧花机发展的第二个历史阶段。在这个阶段中,锯齿轧花机的发明不仅开启了现代轧棉业的大门,同时也为整个棉纺织业的发展破除了最后一道技术瓶颈。使快速获得干净、大量的皮棉成为现实,保证了棉花原材料的足量供应,从而促进了近代英国棉纺织业的腾飞和全球工业文明的开启。而古老的辊轴轧花机也并没有因为锯齿轧花机的出现而退出历史舞台,而是经过机械师们不断地改进,同锯齿轧花机一起,和现代动力相结合,共同服务于不同国家的产棉区。现代锯齿轧花机的发明以及后续对锯齿轧花机和辊轴轧花机的不断改进,促进了美国、中国、埃及、印度等产棉大国的棉花生产与棉花市场的近代化转型。

考察中国近代对外国先进农业生产技术的吸收与应用,轧花机视角是非常恰当的观察媒介,因为轧花机既是农产品加工机器,同时也是工业生产的重要内容,涉及上下游产业的配合,轧花机也是考察近代生产技术外溢及不同国家吸收外来生产技术的有力例证。中国自 19 世纪晚期直到抗战前,自浙江和上海的民间棉商率先引进日本的铁质轧花机后,英、美制造的更为先进的轧花机也陆续被引进中国并得到应用。期间,中国的民间匠人、铁厂、机器厂等对引进的轧花机不断进行改良,不仅丰富了我国轧花机的使用类型,同时也扩大了棉花种植和棉花品种的优化。中国的棉业专家也展开了对轧花机速率及轧棉品质的研究,使各种类型轧花机的效率及费用成本清晰可见,为棉农和轧花厂提供了科学依据。中国政府为了发展本国棉业机械制造业,对农业机器的改进与生产也给予了政策上的支持,在税收上对国产轧花机和民营轧花厂给予一定的保护。例如,1919 年 11 月,政府规定凡是仿造西方先进机器制成的货品经过第一税关纳正税后,沿途所经关卡,不再征收任何厘税。^① 在运输费用上,1936 年 7 月,铁道部规定 21 种机器,照原定章减轻一等。^② 总体来说,在对外来先进农业生产工具的引进、学习与创新的方面,中国棉商、机器厂、民间匠人、政府等呈现出了较强的协同应对的能力。

发展至抗战前,长江三角洲产棉区、华中产棉区、华北产棉区基本形成了符合各产棉区特点的轧花机应用情况。其中,江浙沪地区基本反映了中国现代机器动力轧棉业的发展趋势,且实力雄厚。华中机器动力轧棉业的发展晚于江浙沪地区,在 20 世纪 30 年代之前,有众多小型轧花厂或棉农使用的以人力或畜力为动力的轧花机。1934 年以后,湖北省政府力图改变轧花厂多而小且分散的特点,欲引进当时价格最贵、最先进的气流式锯齿轧花机,但随着抗日战争的爆发,引进最先进的锯齿轧花机被迫中断。华北地区的轧棉业发展较晚,并受外国经济势力影响较大,但华北的机器厂努力改良并生产适合当地棉农使用的轧花机,体现了民国时期民营企业在“干中学”的能力,总体来说,中国在这一时期使用的轧花机具有区域多样性和多元性特点。

(责任编辑:王正华)

① 《命令:财政部训令:训令各省区财政厅长、各常关税务监督、津浦商货统捐局:准税务处咨上海陈全记轧花机皮辊厂运销机器征税办法仰即遵照办理文》,《财政月刊》1919 年第 6 卷第 72 期,第 20—21 页。

② 《为运往西安轧花机出具证明致市商会函》,1936 年 8 月 8 日,档案号 401206800-J0028-3-007304-008,天津市档案馆藏。

Global Diffusion of Modern Agricultural Production Technology and China's Coordinated Response——From the Perspective of Cotton Gin

Li Jiajia

Cotton gin is the most important production machine in cotton processing. The invention of the Sawtooth Gin in 1793 marked the birth of the modern gin. Before the Second World War, the history of cotton gin was divided into three stages. Since the 18th century, the modern cotton gin has spread to cotton cropping areas all over the world. In the late 19th century, China's cotton industry was forced to be involved in the international cotton market. After that, China was deeply influenced by the technological superiority of Western cotton industry. In the field of cotton processing, Chinese iron mills, machine factories and some Chinese folk craftsmen tried to improve the cotton ginning machines in the field of cotton processing, which enriched the types of cotton ginning machines and improved their efficiency, so that these machines could adapt to the production mode of China's cotton farmers. Cotton industry experts conducted experiments and studied the efficiency and quality of different types of cotton ginning machines. It has provided scientific basis for cotton farmers and cotton ginning factories, and the government has also provided certain policy support. In general, China's cotton merchants, machine factories, folk craftsmen and the government showed a strong ability of "learning through work" and "coping with cooperatively" in the process of introduction and improvement of Cotton gin. In the 1930s, the application and layout of cotton ginning technology suitable for China's national conditions was basically formed. Its overall development process reflected the characteristics of technical factors in the transformation of agricultural modernization in China.

On the Significance of Sentence Schema

Wang Lu

The sentence schema is an analytical model based on logic theory. It gives three levels of analysis, namely, the language level, the sense level and the reference level. The first level and the third level correspond to the syntactic and semantic knowledge provided by logical theory; and the first level and the second level correspond to sentences and what sentences express. The application of sentence schema not only helps to explore the problems in analytical philosophy, but also helps to explore and explain the problems in traditional philosophy, such as the explanation of category, the difference between form and content, the difference between intension and extension, and the correspondence between being and truth, and so on.

The Dialectics of Enlightenment and Kant's Antinomy Dialectics

Zhang Yan

There are two lines in the pedigree of Kant's antinomy dialectics and the dialectics of enlightenment. The "bright" line is the Enlightenment itself, that is, the *Dialectics of Enlightenment* is mainly aimed at the Enlightenment originally defined and affirmed by Kant; the "dark" line is the paradox shown by the dialectics. The *Dialectics of Enlightenment* shows many paradoxes of the Enlightenment. In these paradoxes, we can see the shadow of antinomy dialectics proposed in Kant's *Critique of Pure Reason*. It is these paradoxes that show the results of the Enlightenment in shocking ways. In addition, Horkheimer and Adorno also revealed the possibility of the paradox of reversing good and evil in Kant's own moral theory through the comparison of Kant and Sade.