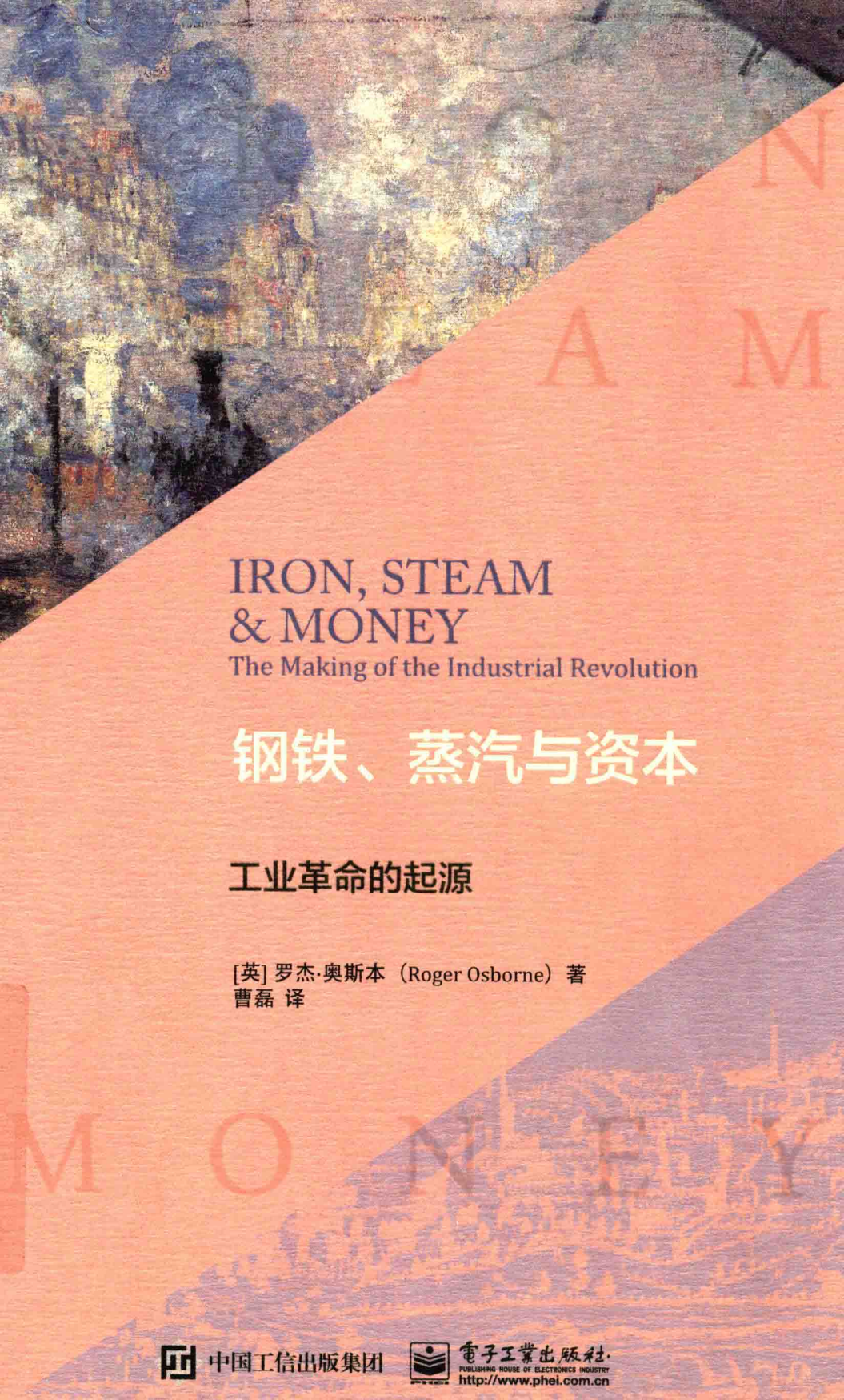




IRON, STEAM & MONEY

The Making of the Industrial Revolution

钢铁、蒸汽与资本

工业革命的起源

[英] 罗杰·奥斯本 (Roger Osborne) 著
曹磊 译



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

IRON, STEAM & MONEY

The Making of the Industrial Revolution

钢铁、蒸汽与资本



[英] 罗杰·奥斯本 (Roger Osborne) 著
曹磊 译

电子工业出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京·BEIJING

Copyright©Roger Osborne, 2013

First published as Iron, Steam and Money by Bodley Head.

本书简体字版权授予电子工业出版社独家出版发行。未经书面许可，不得以任何方式抄袭、复制或节录本书中的任何内容。

版权所有，违者必究。

版权贸易合同登记号 图字：01-2014-7310

图书在版编目 (CIP) 数据

钢铁、蒸汽与资本：工业革命的起源 / (英) 奥斯本 (Osborne,R.) 著；曹磊译. —北京：电子工业出版社，2016.4

书名原文：Iron, Steam & Money:The Making of the Industrial Revolution

ISBN 978-7-121-28121-1

I . ①钢… II . ①奥…②曹… III . ①产业革命—通俗读物 IV . ① F419-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 024296 号

书 名：钢铁、蒸汽与资本：工业革命的起源

作 者：[英] 罗杰·奥斯本 (Roger Osborne)

译 者：曹 磊

策划编辑：李 欣

责任编辑：刘声峰 文字编辑：李 欣 特约编辑：宋 甜 韩奇桅

印 刷：三河市鑫金马印装有限公司

装 订：北京捷迅佳彩印刷有限公司

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编：100036

开 本：720×1000 1/16 印张：23.25 字数：300 千字

版 次：2016 年 4 月第 1 版

印 次：2016 年 4 月第 1 次印刷

定 价：69.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：(010) 88258888。

导言

— Introduction —

工业革命的意义，无论怎么描述都不过分。在人类历史上，只有金属的使用和农业的普及才能与之相提并论。工业革命之前的人类，竭尽全力与自然界保持一种脆弱的平衡状态。^[1]绝大部分人都在饥饿、疾病和衰老的威胁下，勉强地苟活在世界上。所有的劳动都是由人力和畜力完成的，生活对于大多数人来说，都是与赤贫和死神不懈的斗争。当然古代也有伟大的文明，但是没有一个文明能够使自己的人民摆脱饥饿和疾病的威胁。^[2]

相对而言，工业革命为新世界打下了基础，在这个新世界里，人们摆脱了饥饿和物资短缺的困扰，机器取代了人力，技术可以被用来为人类服务。而且，工业化改变了整个人类社会，产生了经济和社会组织的新方式，

[1] 恢复与自然的平衡现在被看作是人类未来的必要元素，但我们应该清楚在过去这种平衡是以极高的婴儿死亡率，频繁的疾病和灾荒实现的。参见 Wrigley(2004) Chapter 12, "Population"。亦可参见 Diamond(1997)P. 197 et seq。

[2] Zinsser (1934), P10: "文明会退回到疟疾横行的时代，军队在霍乱、伤害、痢疾的打击下会变成乌合之众。大片地区被舌蝇翅膀上的锥虫彻底破坏，几代人被梅毒所困扰。战争和征服不断爆发，成为所谓文明的伴生物，只是给那些强大的悲剧制造者提供了舞台。" Zinsser 认为，要实现与自然的脆弱平衡，人类"必须成为素食者"。

以及新的政治力量和社会阶级。工业革命对人类的心理状态也产生了颠覆性的影响，极大地改变了人类与自然的关系，并且使“变化，而非停滞，才是人类社会存在的主流”^[1]这样的观念深入人心。与此同时，我们也会看到工业革命带来的负面影响——破坏自然、污染环境、气候恶化和不平等加剧。另外，对过去脆弱平衡的打破也产生了新的问题。但无论如何，工业革命的影响都无处不在。对我们来说，如果不接受所有的一切都永久地改变了这个事实，就不可能理解人类的历史。

那么什么是工业革命呢？这看起来像一个奇怪的问题。毕竟上过学的孩子就算不太清楚机器的工作原理，也都知道珍妮纺纱机、克隆普顿的骡机和詹姆斯·瓦特的蒸汽机；而且我们对纺织厂、工业城市、蒸汽机车这些名词都非常熟悉。所有这些，以及其他伟大的发明，都出现在19世纪后期的英国——这能够证明人类的生活领域的确发生了一场革命性的变革吗？

实际上，“在英国发生过一场工业革命的观点”一直受到很多方面的反对。^[2]技术史学家曾经指出，在人类历史过程中，重要的发明从未间断，并且常常是在一段时间内集中产生，所以1769年到1804年之间的英国并不是历史的特例。而且，与工业革命相关的很多重大发明，比如达比（Darby）的高炉炼铁技术，纽科门（Newcomen）的蒸汽机和凯伊（Kay）的飞梭，在这段时间之前的几十年就已经出现。此外，英国从1650年起就逐渐拥有了强大的工业生产能力和繁荣的商品经济，大量的人口从事着各种工业生产，包括纺织品、钢铁、锡、红铜、黄铜、各种金属制品、盐、玻璃、造船、煤炭、

[1] 参见 Thomas (1971)。

[2] Matthias (1983) pp.1-3, Ashton (1948), Wrigley (1988), Allen (2009), Mokyr (1990), 这个时期大部分的学者从不同角度讨论了这个问题。

砖和建筑等。

18世纪早期，英国已经出现了大量的城市人口，表现在伦敦市的急速膨胀。城市化成为工业化进程的重要因素，但是伦敦在18世纪初就已经有大约50万人从事贸易、商业和手工制造。历史学家曾经指出工业革命古典年代的发明主要是与棉纺工业相关的，但直到19世纪前期，棉纺工业仍然只是英国经济的一小部分，直到工业革命的第一个伟大阶段已经过去的时候，工厂体系仍然没有取得重大的进展。

经济史学家也如此认为，他们指出英国经济在整个18世纪都发展得异常缓慢。经济生产能力发生重大改变的标志——经济的持续增长——直到19世纪中期才开始出现，而这个时候，理查德·阿克莱特（Richard Arkwright）、詹姆斯·瓦特（James Watt）、亨利·科特（Henry Cort）和马修·博尔顿（Matthew Boulton）的发明都已经走进了坟墓。

所有这些都在证明英国经历了漫长的、渐进的发展，这种发展的成果只是在19世纪30年代之后才显现出来。如果工业革命确实带来了人类社会的改变，那么这个改变过程开始的时间远远早于人们感觉到它的时间，结束的时间远远晚于人们过去通常认为的时间。人们越来越认为这个过分夸大的变革不像是一场革命，更像是一个渐进的、跨越整个世纪的过程。

况且，人们对工业革命开始的过程进行了大量的研究分析，并且从很多方面给予了严格清晰的界定。历史学家不得不为这些重要的问题寻找答案。首先，如果这是一场革命——即一次迅速、重大的改变——那么这场革命的内容究竟是什么？其次，对我们来说，“工业”这个词的含义究竟是什么？第一个问题的答案是，在大约35年的一段时间里，一系列发明创造引领了一种全新的经济生产方式。这些发明包括珍妮纺纱机、阿克莱特的

水力纺纱机、瓦特的压缩式蒸汽机、克隆普顿的骡机，科特的新式炼铁法、旋转式蒸汽机、自动织布机和特雷维西克(Richard Trevithick)的蒸汽机车，这些发明的直接影响有三重：第一重，这些发明为工业生产的机械化奠定了基础，例如，水力纺纱机和骡机，使用驱动力而不是人力或畜力；第二重，为这些新机器带来了新的动力——蒸汽引擎；第三重，把蒸汽动力应用到了火车机车上，使大规模的快速运输成为可能。所有这些的产生，从1769年阿克莱特的纺纱机和瓦特的蒸汽机注册专利开始，到1804年特雷维西克在威尔士潘尼达伦(Penydarren)实验蒸汽机车成功为止。无论如何，这都是一次技术革命，这些发明的直接影响被当时的人们发现并推崇。瓦特和阿克莱特在他们的有生之年声名显赫，每个人都发现蒸汽动力的机械化大生产为人类打开了一个新的世界。^[1]

其次，“工业”和“工业化”这样的词对我们来说究竟是什么意思？由于长期以来这些词所包含的丰富意义很容易使人混淆，所以对我们来说，追溯这些词的原初意义就很重要。工业革命开始后，在工业产品、机器工厂、技术奇迹和社会重构等条件的影响下，产生了两个重要的驱动力量使英国成为工业化的诞生之地。

第一个驱动力量是以煤炭为动力的经济形态的出现。众所周知，英国拥有几乎无限量的廉价煤炭资源，在整个18世纪，这些资源可以满足不断增长的国民取暖需求和工业制造需求。煤炭的热能使英国变得更加富有，具有更高的生产力；但是工业经济关键的突破来自于将煤炭用于机械的动力。蒸汽动力用于工业生产使英国摆脱了所谓“自然经济”(Organic

[1] Colquhoun (1815) p.68.

Economy)——即所有的产品都依赖于本地的资源——的限制。过去,生产力的扩张受限于木材、粮食、饲草的种植,和作为动力的牲畜、水车的数量。新的矿业和工业经济不受这些限制——煤炭是无尽的资源——经济可以尽情地发展而不受当地资源的限制。正是这种化石能源转化来的机械动力成为了工业革命的驱动力。

第二个驱动力是发明创造本身。在工业革命之前,人类历史上就产生过很多重要的技术革新,但是这些革新并没有产生出持久的创造、发展和改进的动力。而18世纪的革命开启了一段持续的技术革新时期,这个时期一直延续到现在——计算机芯片是提花织布机的后代,而现代能源循环系统源于瓦特的离心调节器。在某个时段,这场革新可能会暂时结束,但现代的物质条件都可以在18世纪的英国工业革命中找到起源。因此我们可以把工业化描述为一种不断创新发展的、由外部能源支持的自我循环的生产;这就是工业革命的结果。^[1]

这个概念最让人激动的几个方面之一就是技术革新引发了工业革命。有一些观点认为,技术革新的重要性远不如在那段时间之前出现的经济大繁荣,因为正是这种经济繁荣导致了工业革命的发生。显然,人们对18世纪英国的表述存在两种相互交织的观点。第一种观点认为,传统的羊毛业繁荣,大量的手工工场出现,大西洋和通往印度的新航线所导致的国际贸易的崛起,所有这些有利条件使英国在此时期迅速富强。英国把她的“自然经济”变得完整。第二种观点认为煤炭经济使手工工场迅速发展,但煤炭仍然没有完成从简单的热能到机械动力的转变。

[1] 这种主要的观点,即煤作为取暖燃料的自然经济与煤作为机械能源的工业经济的分离,首先是由Wrigley(1988)提出来的,研究工业革命的现代学者的观点源自Wrigley。

煤炭成为机械生产能源的这种转变最深刻的历史动因是：如果不是这些发明和发明家，这种向工业经济的转化可能永远不会发生，英国可能仍然在利用本地资源，而永远不会成为工业经济体。历史洪流中这短短的几十年，这些伟大的发明家——瓦特、纽科门、哈格里夫斯、阿克莱特、特雷维西克——再一次站在历史舞台的中央，成为伟大时代的推动者。正是这一代的工匠使英国完成了向工业化的转变，并且改变了人类的前景。

在下面的几百页书中，我将告诉读者这一伟大的进程是如何发生的，我将讲述那些伟大的人、伟大的发明、伟大的工业和决定了工业革命发生的时间及地点的伟大事件。我们将明白为什么在那样一段短暂的时间里会有那么多重要的发明产生，将探索推动革命的重要发展阶段，并研究这场革命对工作、生活以及全人类直接和持久的影响。

工业革命包含了大量相互影响的事件和人物；因此任何一个研究这一阶段的历史学家要么专注于这个时期的编年史，要么进行某一个主题的研究。编年史的研究容易忽略一些有趣的事件而成为一种简单的事件罗列，使读者无法理解每一次工业发展的背景。因此，这本书是由一些相对独立的章节组成，每一个章节涵盖了工业化的某一方面或者某种独立的工业。每一章节都在讲述自己的故事——通常开始于中世纪晚期，跨越整个工业革命时期直到 19 世纪——而同时与其他章节发生联系。例如有关能源的章节，研究了纽科门、瓦特和特雷维西克几种不同的蒸汽机的发展，为何这几个人都来自于同样的社会阶层——工匠技师阶层；有关棉布的章节透露了理查德·阿克莱特的特殊职业生涯；有关工作的章节则展示了阿克莱特的工厂体系持久的影响力。本书的序言描述了工业化前夕英国的状况，而本书的后记描述了英国在 80 年后的状况。这样的结构让读者在沉醉于一个

个独立故事的同时，能够了解整个变迁的历史背景。

技术革新位于整个工业革命的核心位置。因此，当大多数人对这段历史的描述都忽略蒸汽机或珍妮纺纱机的具体细节的时候，本书反其道而行之。没有对纺纱过程的基本了解，我们就不可能理解哈格里夫斯的珍妮纺纱机或者克隆普顿的骡机所具有的伟大意义；没有对手摇织布机的了解，我们就很难理解飞梭这个发明所具有的独创性和影响；除非你大致了解蒸汽机的工作原理，否则你很难明白瓦特的发明在何种程度上改变了世界。了解这些过程的基本概况能使我们对英国历史有更丰富的理解，使我们能够分享发明创造所带来的愉悦感。历史学家的责任不是忽略技术革命的细节，而是揭示这些作为人类努力和成就核心的细节。

工业革命是现代人类历史的入口。当今世界人类担心气候变化、环境恶化，而工业化被看作是这一切问题的渊藪。但是每一个本书读者所过的优越生活是1770年之前的人根本不敢想象的，历史洪流滚滚向前不可能回头。我们会慢慢明白，世界和人类的未来需要通过自己的智慧和创造力，重拾我们作为行动者、创造者、实际问题解决者的本能。此刻，工业革命与我们更加密切相关。

序 言
— Prologue: Britain on the Verge —

工业革命边缘的英国

从 1769 年到 1804 年的一系列惊世发明，如冶铁、蒸汽动力、纺织机器等彻底改变了人类的前景。发明家和企业紧紧抓住历史赋予的机遇，制造出了各种新式机器，这些机器使人类进入了一种完全不同的生活状态。这就是技术革新大潮的开始，这股潮流一直持续到现在。这些发明是如何发生的？为什么这些发明出现在 18 世纪后期的英国？回答这些问题，我们需要看看英国这个位于欧洲边缘的迅速发展的国家的状况，这个国家正站在工业革命的门槛上。

我们常常把工业革命之前的英国看成是农业经济占主体的，自中世纪以来几乎没有发展的国家。事实完全相反，在工业革命爆发的前夜，英国已经经历了 200 年的发展，由一个相对贫穷的商业社会发展成为一个世界商业体系的发动机。在 1500 年，只有 7% 的英国人是城市居民；而在 1760 年左右，英国与荷兰一样，是欧洲城市化程度最高的国家，接近 30% 的人口居住在城市（同时期法国和德国的城市化率分别为 13% 和 9%）；英国工人的收入超过欧洲其他任何国家的同行，通过全球贸易国内财富迅速增长。^[1] 世

[1] 数据来源：Allen (2000) pp.8-9；引自：Allen (2009) Table 1.1。

界贸易中心由地中海向大西洋的转移使英国成为获益最多的国家。英国政府不断扩张海军建设，并且开始控制与北美殖民地和印度的贸易。七年战争（1756-1763 年）中的收益——部分取自法国——表明英国已经有效控制了海洋，荷兰不得不让出过去取得的霸权。英国每年对北美地区的出口从 1740 年的 87.2 万英镑增加到 1760 年的 200 万英镑，再到 1771 年的 450 万英镑。一系列的航海条例严格限制了外国船只在英国港口从事贸易，并增加了英国商船队的规模和实力。^[1]在利物浦、布里斯托尔、格拉斯哥、纽卡斯尔、惠特比、赫尔、邓迪、伊普斯维奇等地方对港口和基础设施的投资使烟草、糖、茶叶和奴隶的贸易变得十分有利可图，棉花的重要性也不断增强。在 18 世纪中期，英国有大约 6000 艘商船，有大约 10 万人在船上工作，是法国的两倍（法国的人口比英国多得多）。^[2]

最重要的是，英国的财富被迅速地分配给了全国的人口。过去的文明也曾经积累起巨大的财富，但是人类历史上几乎没有一个社会能够把如此多的财富进行如此广泛的分配。在过去 200 年里，英国由于羊毛业而致富，起先是向意大利和弗兰德斯纺织商出售羊毛原料，进而是织成布在欧洲和全世界销售。土地的用途发生改变，英国的绵羊在最好的牧场上放养以便生产优质的羊毛。英国的每一个角落都在生产羊毛，整个的产业链从农牧民、漂洗工到纺纱工、织布工遍布英国的每一个城镇和市场。商人们从伦敦、阿姆斯特丹、巴黎、莱比锡来到埃克赛特（Exeter）、克雷迪顿（Crediton）、诺维奇（Norwich）和利兹（Leeds）购买羊毛织物。1726 年丹尼尔·迪福（Daniel

[1] 数据来自 Mattias (1983) pp.87-8, Table IV.

[2] 参见 Morris (2001).

Defoe) 描述英国的毛纺业说“这是世界上最赚钱最有价值的产业”。^[1]

毛纺业作为英国繁荣和财富的支柱,使得英国(以及后来的大不列颠)可以成功地进入其他商业领域。在都铎王朝的时代,英国需要从欧洲大陆引进专业技术知识,并从欧洲进口大部分高质量的工业产品,但是到了18世纪,英国在金属冶炼、制铁、造船、化工、采矿、制陶、玻璃、酿酒和建筑领域都领先于世界。历史学家估计在1700年英国工业所占整个经济比例达30%,而农业占40%。^[2]

这种小规模制造业的多样化之所以能够在英国出现,是因为从1600年到1730年在英国发生了一场农业革命。小农场主在土地所有权和地租收益的保护下,把农业生产率提高了一倍。在没有增加劳动力的条件下,每英亩的产量是过去的两倍。在都铎王朝时代,每个农民可以养活1.25个人口,而到了1730年,这一数字提高到了2.5个人口,换句话说,这个时候每个农民可以养活自己和另外的1.5人。^[3]这标志着社会结构整体性的改变。不仅导致了城市人口的增加,而且农村人口开始分化成纯粹靠农业生活的人和从事如纺纱、织布、制钉、冶铁等手工业的人。这一时期,英国经历了总人口的不断增长,而且见证了社会结构的迅速改变——从农业向手工业和城市生活的改变。

城市人口的增长主要表现在伦敦城的迅速扩张,人口从1500年的5.5万人发展到1700年的50万人,而其他城市,如布里斯托尔、诺维奇、伊普斯维奇和牛津等也在迅速发展。尽管英国的人口仍然少于法国、意大利、

[1] Defoe (1726)p.208.

[2] R.Flound & D.N McCloskey (1981) p.64.

[3] Allen (2009)p.18.

德国和西班牙，但人口增长速度要快得多，从 1550 年到 1820 年，英国人口增长了 280%，而同期的欧洲其他国家只增长了 50% ~ 80%。^[1]

农业生产率的提高有很多因素，对农业和手工业的发展而言，一个很重要的共同因素就是煤的使用。英国的煤炭资源非常丰富，而且开采成本很低。人们用大小船只把煤炭运送到英伦三岛的很多地方，制砖、煮盐、制革和酿酒等行业都受益于廉价的煤炭。1710 年之后，煤炭开始运用在鼓风炉当中，取代了过去的木炭。与此同时，煤被用来制造大量的石灰肥料，不仅使农民可以给更多的土地施肥，还可以使人们不再依赖木头取暖，从而使更多的土地被用于农业生产。^[2]

煤也大量被用于取暖。大量的新房子拔地而起，以满足不断增长的城市人口，新房屋配有新式的火炉和烟囱使煤炭可以取代木头作为主要的燃料。人们把诺森伯兰郡（Northumberland）和达拉谟（Durham）出产的大量煤用船运送到东海岸，以满足伦敦家庭和工厂的需要。英国煤产量从 1560 年的 22.7 万吨增长到 1700 年的 300 万吨，此时欧洲煤产量的 80% 出自英国。有历史学家估计，在 1700 年英国生产的煤是世界上其他国家总产量的 5 倍。^[3] 煤使农业生产率提高，因此有更多的人可以居住在城市里，房屋的大量兴建提高了砖的产量，而烧砖也需要煤。煤炭贸易开始改变英国的基础设施，1761 年之后，为了运输煤，新的运河系统迅速发展——英国修建的第一条工业运河布里奇沃特运河（Bridgewater canal），从沃斯利煤矿（Worsley Colliery）到曼彻斯特，便是为了运输布里奇沃特的优质煤给它的顾客们。

[1] Wrigley (1988)p.13.

[2] Wrigley (1988)p.50 et seq.

[3] Wrigley (1988)p.54 quoting Unger (1984).

这给了我们一个常被忽视却更加广阔的视野。英国的贵族地主通常并不在新兴的工业经济中投资，但他们也不阻碍工业的发展。这一点很关键，因为他们是议会和法院里的统治力量。贵族们默许工业发展的主要原因是煤炭都蕴藏在他们的土地里；到了18世纪中叶，整个英格兰北部和中部的地主们都从煤炭经济中获利颇丰。煤的触角遍布这个迅速发展的社会。^[1]

随着毛纺业的发展、农业生产率的提高、手工业的多元化推动的商业发展，以及城市人口的增长，英国出现了一种高效的、不断发展的经济圈。毛纺业变得更有效率，发展出一套工作系统，在行业内部越来越专业化。实际上工作的标准化和专业化、产业的集中化，是18世纪最重要的发展。起初养羊人在把羊毛送到城镇加工之前要进行一次粗加工，到了18世纪，商人们建立了一套完整的系统——他们付给农民计件工资，让他们把羊毛、亚麻和棉花进行漂洗、梳理、纺线、织布和染色。然后商人们在当地市场销售制成品，或者把产品带到伦敦，再用船运出去。这个体系在约克郡西部、兰开夏郡东部和德比郡都高度发展，导致毛纺业在传统的地区，如德文郡和诺福克都出现了衰退现象。不断改善的运输条件促进了区域专业化，而专业化又进一步提高了效率，提高了合作、竞争、改进和标准化的层次。这种中世纪晚期的地方农业经济逐渐整合成为独特的、商品化的资本主义市场经济。

专业化也扩展到了其他领域。在人类历史的大部分时期，家庭所需基本上是自给自足的，一个家庭会种植并加工生活所需的大部分食物，自己做衣服、盖房子。当然，随着时代和地域的不同而有所区别。总会有一小

[1] 参见 Hatcher (1984-93) Vol. 1.

部分专业的工匠，大部分人需要雇他们来完成一些工作，以满足自己的需要。但即使某个行业的学徒也不会只做自己的专业工作。18 世纪在英国发生的另一个历史性变化就是自给自足的经济逐渐消失，这一点具有重要意义，因为它促进了社会向商品经济的转变。过去一个女人要自己烤面包，自己屠宰家庭需要的肉食，自己做衣服，而现在她只需要做一个纺织工，用自己的收入来购买自己所需要的产品和服务。这种专业化与城市化同步发展，很明显就是工业经济的前兆。^[1]

学徒工这种中世纪的制度仍然非常重要，但是随着管理了制造业几个世纪的行会和同业公会的影响力衰落，学徒工制度也在不断瓦解。由于工业革命既需要学徒工的技术，也需要制度的灵活性，所以这种转变十分重要。

有关工作性质的另一个重要转变是生产的标准化。就像我们看到的，从 17 世纪后期开始，英国出产了大量的手工业产品，在接下来的一个世纪，很多产品不论是生产方法还是产品本身都在寻找标准化的途径，制砖、冶铁、制钉、玻璃、制陶甚至整个房子都开始标准化的制造（想一想 Georgian Terrace 酒店那制式的门、窗、装修标准、火炉和楼梯）。雷文斯科罗夫特（Georgian Ravenscroft）和韦奇伍德（Josiah Wedgewood）等人将玻璃和制陶的工艺标准化。造船者开始采用标准化的制作流程以使船只能够在不同的船坞和码头建造和维修。所有的生产制造领域，从给布匹上色，制作海狸皮帽，到捕鱼和提取鲸鱼油脂，都离不开标准化和一定程度的机械化。

由于水力的使用，所有的手工业生产都变得更有效率；过去水力常被用来磨面，而现在人们用水力来揉皮革，用水力来制作造纸机、铁锤和鼓

[1] DeVries (2008) pp.92-104.