

目 录

前 言

序

1. 技术 技术革命 产业革命.....	(1)
1.1 什么是技术.....	(1)
1.2 技术进步的动力及其发展的阶段性.....	(3)
1.3 技术革命与产业革命.....	(5)
2. 近代第一次技术革命.....	(9)
2.1 十八世纪的英国社会.....	(9)
2.2 纺织业的机械化.....	(12)
2.3 蒸汽机的发明与改进.....	(16)
2.4 机器制造业的出现.....	(19)
2.5 蒸汽动力技术群的形成和发展.....	(21)
2.6 第一次技术革命后的世界.....	(27)
3. 近代第二次技术革命.....	(31)
3.1 电磁学的进步.....	(31)
3.2 电力技术的早期发展.....	(34)
3.3 交流、直流供电之争.....	(38)
3.4 电力技术群的形成.....	(42)
3.5 其它新技术的出现.....	(44)
3.6 互换式生产方式和管理的科学化.....	(52)
4. 近代第三次技术革命.....	(57)
4.1 第三次技术革命的主导技术和 电子技术的早期发展.....	(57)
4.2 第三次技术革命中的科学和技术.....	(60)

4.3	第二次世界大战中新技术的兴起.....	(63)
4.4	战后技术的发展.....	(66)
4.5	新的技术群在形成.....	(74)
4.6	自动化的进展.....	(76)
5.	技术发展的未来.....	(81)
5.1	后工业社会 信息社会 第三次浪潮.....	(81)
5.2	新技术革命的趋势和特点.....	(84)
5.3	技术革命与人类未来.....	(89)

1. 技术 技术革命 产业革命

1.1 什么是技术

技术一词来源于希腊语τεχνη(技艺、技能)，它的涵义随着生产的发展和社会的进步而不断丰富发展。在古代，技术指的是个人的技艺和技能；在手工业生产条件下，技术还指手艺人世代相传的制作方法、手段、配方等；近代以来，技术开始被赋予科学成分，它主要指人类长期在改造自然过程中积累起来的知识、经验、技巧和手段。广义的技术包括生产技术和非生产技术，狭义的技术仅指生产技术，即人类在社会生产系统中不断发展着的劳动手段和方法的总和。本书所讨论的是生产技术。

技术既有其硬成分，例如各种工具、机器、仪表等；又有其软成分，例如设计方法、操作方法、维护方法、各种技艺等。人类在生产活动中，掌握自然力，并利用自然力来提高劳动生产率；利用不断发明和改革的机器和工具来减轻自己的劳动负担；利用不断发现的物质新性质，创造新的材料和产品以丰富和满足人类的生活需要。

技术总是要以一定的技术原理为基础的，而技术原理又离不开自然科学规律。我们使用的许多机械利用了力学原理；各种材料技术是以化学规律为基础的；电子技术以及现代通讯技术则是建之于电磁学、固体物理、量子力学等物理学规律基础之上的。因此，在历史上，科学的重大突破性发展往往会相应地引起技术的飞跃进步。当然，技术的进步又会反过来为科学指出新的研究方向和提供新的研究手段，从

而又促进科学的发展。

古代的技术，是对科学规律的不自觉应用。例如，摩擦取火实际上就是对能量转化定律的不自觉的应用。在摩擦取火的过程中，机械能转化为热能而点燃木材。进入近代以后，随着人类认识自然和改造自然的深入，许多技术工作者开始自觉地运用自然科学的规律从事技术的发明和改进。二十世纪以来，科学和技术的关系更为密切，虽然还达不到同步发展的程度，但是一般说来，科学上的发现转化为技术上应用的时间大为缩短，而且许多新技术的实现主要得益于科学的指导。

自然科学规律仅仅指出解决技术问题的可能性，技术具体的发展方向、规律和速度主要取决于社会因素，即政治、经济、军事上的需要以及资金、政策、人的素质等方面。技术是生产力中最活跃的因素，它体现在劳动者、劳动工具、劳动对象三方面，是科学转化为生产力的中介。

在封建社会里，由于自给自足的田园经济缺乏对技术进步的要求，因此无论是欧洲的中世纪，还是我国漫长的封建社会，技术进步是十分缓慢的。举世闻名的四大发明——指南针、造纸、活字印刷术、火药对中国社会影响并不大，但是，这些发明流传到欧洲后，由于当时的欧洲正处于资本主义萌芽时期，因此竟成为新兴的市民阶级（资产阶级）打垮封建贵族的重要武器。正如马克思所分析的那样：“火药、指南针、印刷术——这是预告资产阶级社会到来的三大发明。火药把骑士阶层炸得粉碎，指南针打开了世界市场并建立了殖民地，而印刷术则变成新教的工具，总的来说变成了科学复兴的手段，变成对精神发展创造必要前提的最强大的杠杆。”

（马克思《机器、自然力和科学的应用》）

1.2 技术进步的动力及其发展的阶段性

技术的历史和人类的历史一样久远。在漫长的原始社会里，人类为了生存而制造简单工具，后来又发明了弓箭、精石器，还学会了取火、用火。随着劳动资料的积累，工具在不断改进，金属冶炼技术的发明，生产力的提高，使原始社会解体而进入阶级社会。以机器生产为特征，使用强力动力机的近代技术，是伴随资本主义的发展而形成的，自英国产业革命以来的二百余年中，技术进步之迅速是史无前例的，因此有人提出了所谓的技术加速发展规律或是按指数发展规律。

促使技术手段不断改进、新技术代替旧技术的动力是什么？这是首先要加以研究的。

人类为了生存，必须通过生产活动以解决衣食住行的问题，这是社会最基本的需求。人类从事生产活动，需要有劳动工具和劳动对象。当用工具作用于劳动对象时，同时还要运用一定的知识、劳动技巧和经验，根据生产的需要和目的，控制自然力和改造自然客体。也就是说，生产过程必须以创立和实际运用技术手段为前提。因此，生产技术是技术发展的核心。随着社会生产的进步、人类基本生存条件的满足以及精神生活的开展，又会产生社会对文化等其它方面的需求。

古代劳动人民遗留下来的大型水利工程、长城、宫殿、庙堂、桥梁……既是优秀的文化遗产，也是古代技术的光辉结晶。

在阶级社会里，统治阶级的个人欲望和阶级利益，对技术的发展有着直接的制约作用。近代以来，资产阶级为了获

取利润、垄断市场，不得不如饥似渴地促使技术的进步。

社会总是在不断发展进步的，由于社会需求的内容、数量都是在发展变化的，因此社会生产的课题也总是在发展变化的，当已有的技术手段不能解决社会生产的新课题时，人们就必须对原有技术进行改革或发明全新的技术。尽管在不同的历史阶段，推动技术发展的动力从表现形式上看是不同的，但是归根到底是为了满足社会对物质财富和文化财富的需求。

任何技术都有其优点和不足的地方，人们对于世代流传下来的技术进行了各种改革，使技术不断地丰富和发展，以满足社会发展中不断出现的对技术的新的需求。同时，还会利用新的技术原理不断发明全新的技术手段，设计全新的工艺程序，使技术的发展过程呈现出渐进的发展阶段和革命的发展阶段。

在技术发展中，人类对技术进行的不断改革过程，是一个长期缓慢的渐进过程，这个过程对社会生产有着极为重要的作用。经济的发展，主要取决于对已有技术手段的经常性的改革、对技术的最佳利用以取得较高的经济效益。

一项技术发展到一定阶段后，会呈现出即使再进行改革也不可能满足新的社会需求的地步。这时人们只好运用新的技术原理研究新的技术手段，用新的技术手段取代旧的技术手段，使技术进入革命性发展阶段。例如，在照明技术中就出现过从煤气灯向电弧灯、白炽灯的变革过程。

技术的变革有三方面的涵义。其一指某一具体技术手段的变革，例如有人将第二次世界大战前夕，当活塞式螺旋桨飞机的航速达到极限时，人们发明喷气飞机使航速很快超

过了音速（340米/秒）一事，称作航空发动机的伟大变革。这类技术变革对整个社会的技术体系影响较小，因此称作具体技术手段的变革是恰当的，毛泽东曾建议将这种技术变革称作“技术革新”；其二是指在某一历史时期，引起整个技术体系发生变革的、在新的技术体系中起主导作用的技术发明、改革和推广应用过程；其三则指在社会生产中，决定某一时期生产力发展水平的社会生产的技术基础的变革，实际上这是第二种涵义上的技术变革在社会生产中推广应用的结果。后两种涵义的技术变革是联系密切互为因果的，是一般意义上所说的“技术革命”。

“技术革命”这一术语，革命导师马克思、恩格斯、列宁、毛泽东都曾使用过，毛泽东还对其定义作了规定。许多技术史家、科学史家以及社会学家也都使用过，但是对于近代以来技术革命的次数、内容、过程说法并不统一。不过大多数研究者都认为近代以来发生了三次技术革命，第一次是与英国产业革命同时发生的，大约开始于十八世纪中叶，是以蒸汽动力的改革和广泛应用为特征的，其社会后果是社会生产的机械化；第二次发生在十九世纪后半叶，以电力的广泛应用为特征，由此开始了电气化；第三次发生在第二次世界大战前后，一直延续到今天，即西方所谓的“新技术革命”或“新产业革命”。这次技术革命引起了生产过程的自动化和管理过程的自动化。

1.3 技术革命与产业革命

近代技术的发展历史表明，每次技术革命中出现的新技术成果向生产领域的渗透，都将极大地提高社会生产力，引起社会生产结构、组织形式的变革。苏联有人认为这是发生

了“生产革命”，西方则有人认为是“产业革命”或“工业革命”。

技术革命指人类改造世界的技术手段的巨大变革，实质上是不同历史时期起主导作用的技术以及以主导技术为核心的技术群的更迭过程。近代的三次技术革命就是蒸汽动力技术、电力技术和电子计算机技术作为主导技术的产生以及引起相应的在各历史时期的技术体系中，起主导作用的技术群的更迭过程。

产业革命是一个经济学术语，本来意义上的产业革命，是特指资本主义工场手工业向大机器生产过渡中，确立资本主义经济结构的过程，是革命导师恩格斯于1844年在《英国工人阶级的状况》一书中最早使用的。由于这次产业革命是以制造业为代表的工业，取代了以种植、畜牧业为代表的农业而在产业结构中居于主导地位，使人类社会从农业社会转向工业社会，因此这次产业革命也称作“工业革命”。

产业革命的基本内容之一是技术革命，没有技术革命作为基础，产业革命是发生不了的。那么，是不是每次技术革命都一定会引起产业革命呢？国内外理论界对此争论不一，主要焦点在于对技术革命和产业革命涵义的理解上。

二十世纪四十年代，人们对产业结构有了新的认识，并提出了产业划分的具体方案：

第一产业：以农业为主，包括林业、畜牧业、渔业；

第二产业：以制造加工业（工业）为主，包括矿业、建筑业；

第三产业：以服务业（实质是信息产业）为主，包括交通、通信、教育、商业、金融、科研、公用事业、医疗、个人服务等。

英国经济学家C·克拉克对产业结构的演变作了概括，他指出：“在这一领域里，有一个简单的，但范围和影响深远的趋势，即随着时间的发展，作为朝更为经济的方向进步的结果是，在农业中就业人数相对于制造业中的就业人数趋于下降，接着制造业中相对于服务业的就业人数也趋于下降。”这就是经济学中有名的克拉克定律，这个定律说明了三次产业在产业结构中主导地位的逐次更迭的趋势，实质上，这种更迭过程就是产业革命。

在漫长的农业社会里，在产业结构中起主导作用的是农业，其它的产业无不以农业为中心而存在，也无不随着农业的发展而发展。十八世纪的英国产业革命，实质上是农业在产业结构中的主导地位让位给以制造业为主的工业的过程。近代第一次技术革命，则是这次产业革命的技术基础。第二次技术革命使人类社会开始了电气化，电力技术渗透到人类生产和生活的各个方面。有人把这次技术革命称作第二次产业革命或第二次工业革命。但是，电力革命只是改变了能量转换、分配和传递方式，并没有改变机器代替人的体力劳动的本质，更没有引起产业结构中起主导作用的产业的更迭。它只是使工业化发展到一个更高的阶段，使工业的技术基础更臻完善，因此，它还是第一次产业革命（工业革命）的继续和深化。

二十世纪四十年代以来，涌现出一系列新的技术，电子计算机、原子能、半导体和集成电路、生物工程、激光、新的材料的问世，使现代技术出现了质的飞跃。微电子技术、电子计算机技术、通信技术的综合发展，使信息技术成为现代技术革命中最活跃的、影响最广泛的领域。这些新技术的广泛应用，引起了生产力的飞跃发展和生产结构的改变，传

统技术在这次技术革命中获得改造,信息技术将形成为产业,并最终取代人的部分脑力劳动而完成社会生产、管理等方面的最优化和自动化,从而导致生产方式的变化。因此,就世界范围而言,新的技术革命正在引起一场新的产业革命,这次产业革命最终将使信息产业取代以制造业为代表的工业,在产业结构中居于主导地位。

技术革命是产业革命的前提和基础,但是技术革命并不等于产业革命。第一,这是两个不同范围的概念,技术革命指的是技术发展中的巨大变革,属于生产力范畴;产业革命在狭义上特指英国十八世纪从工场手工业向大机器工厂制的转变过程,在广义上指在产业结构中起主导作用的产业的更迭,属于经济学范畴。即产业革命要比技术革命的范围大得多。第二,技术革命具有“世界性”,它指的是代表人类最先进的技术手段的变革,例如在第二次技术革命中从事技术发明和改革工作的科学家和工程师,既有美国的,也有德国、英国、俄国、比利时的,因此不好讲“英国的”技术革命或“德国的”技术革命。但是狭义的产业革命却有国别性,例如英国产业革命完成后,比利时、德国、法国、美国在十九世纪都先后完成了本国的产业革命。

当前发达国家的技术革命已经引起社会生产力、社会结构、劳动方式、就业结构、经济结构的巨大变化,以信息产业为中心的新产业群正在形成,因此,我们在研究技术革命时,必须注意它的社会后果,研究它对经济及社会生活所带来的巨大影响。

2. 近代第一次技术革命

2.1 十八世纪的英国社会

近代的第一次技术革命，是以蒸汽动力的广泛应用和机器作业代替手工劳动为标志的。这次革命起源于十八世纪中叶的英国，是在手工业生产基础上发生的。它大体经历了三个阶段，第一阶段是纺织业中机器的发明和引入；在第二个阶段中，瓦特（James Watt, 1736~1819）为了满足当时社会生产（主要是纺织及采矿）对动力的需要，将原来只供抽水用的直线往复式蒸汽抽水机，改革成可以供工厂、矿山广泛作为动力使用的万能动力机；在第三个阶段中，由于工厂制的普及，以及为满足大量制造各种机器的需要而对工作母机进行的发明和改革，奠定了近代机械化大生产的基础，使资本主义生产体制得以确立。

近代第一次技术革命为什么发生在英国？导致第一次技术革命产生的社会、经济、技术、科学条件又是什么？这是本节要分析的问题。

近代第一次技术革命发生在英国，决不是偶然的，这是英国当时社会经济发展的必然结果。从世界历史看，封建主义解体和资本主义生产关系最早是在西欧产生的。从五世纪到十一世纪是封建主义形成时期，十一到十五世纪是封建主义鼎盛时期，十六到十八世纪是封建主义瓦解、资本主义形成时期。欧洲大陆虽然很早即出现了资本主义萌芽，但是由于连续几个世纪的战祸，因此缺乏一个和平稳定的发展环境。而远离欧洲大陆的英国，几乎没有受到欧洲战乱的影响。

英国于1688~1689年经历了“光荣革命”之后，成为一个

君主立宪国，封建制度迅速解体，资产阶级在政治上获得了权力。革命后不久，依靠新贵族和资产阶级支持而建立的中央制政权即废除了束缚手工业发展的各项行会条文，采取了保护私人财产、鼓励工商业发展、鼓励技术发明的一系列政策，大大加速了英国资本主义的发展。特别是文艺复兴以来思想解放运动和以牛顿（Isaac Newton, 1642~1727）为代表的近代科学思想的传播，使十八世纪上半叶的英国社会，成为孕育新技术萌芽的最好土壤。

十五世纪末到十六世纪初的地理大发现，为新兴的资产阶级开辟了新的活动场所，欧洲经济中心从地中海和波罗的海沿岸移到了大西洋沿岸各港口。英国海军舰队很快即压倒曾经称霸海上的西班牙、葡萄牙和法国舰队，在世界范围内夺取了大量的殖民地，极大地扩展了市场和原材料基地。英帝国为了加强对殖民地的贸易和掠夺，在十六世纪建立了东印度公司、非洲公司等对外贸易特许公司，同时积极发展商船队，从1545到1629年间，排水一百吨以上的商船增长了十倍。后来虽然因为美国的独立，使英国在北美丧失了十三个殖民地，但是东印度公司及非洲公司对印度和非洲的残酷的殖民贸易和殖民掠夺，成为英国资本原始积累的重要来源，为资本主义的机器大工业生产方式的确立奠定了经济基础。

早在十五世纪，新兴的资产阶级为了发展羊毛贸易，勾结封建主强行占领农民土地，扩大牧场，爆发了所谓的“圈地运动”。失去土地的贫苦农民大量涌入城镇、不但为英国工业的发展提供了大批廉价劳动力，而且由于他们脱离了自给自足的小农经济，需要社会为他们提供大量粮食和衣物，因此扩大了国内市场，促进了农牧业和手工业的发展。

英国社会的上述变化为工场手工业的发展创造了有利条件。十六世纪中叶以后，首批资本主义工场手工业是在纺织业、采矿业、冶金业中建立起来的。在工场手工业中，劳动分工更为精细，工具开始专门化，在这里集中了当时最优秀的技术人员和技术手段。构成第一次技术革命的许多重大技术发明和技术改革，就是在这些地方，由这些独具专门手艺的工匠们完成的。

需要提出的是，近代以来的技术发明和改革，已经逐渐摆脱了经验的因素，科学性在不断加强。

十七世纪的科学革命，在伽里略(Galileo Galilei, 1564~1642)、牛顿、惠更斯(Christian Huygens, 1629~1695)、虎克(Robert Hooke, 1635~1703)等人的努力下，与机械技术直接有关的数学和力学首先得以完成，进入十八世纪后，热力学的基本知识开始得到了阐明，人们区分了温度与热量，认识到比热与潜热。科学上的这一系列重大发现，直接为第一次技术革命中的许多技术发明，提供了科学根据。

十六世纪末，英国新兴的资产阶级非常重视科学技术，到1650年，伦敦就成为欧洲科学技术的活动中心，1662年成立了英国皇家学会。特别是培根(Francis Bacon, 1561~1626)提倡科学实验的思想传统，对瓦特等人的发明活动有着直接的影响。十七、十八世纪钟表和磨房技术的发展，为近代机械技术的进步奠定了技术基础。在钟表与磨房中所使用的许多机构原理，在第一次技术革命中得到了广泛应用。此外，欧洲大陆的大批手艺人为了逃避政治迫害迁居英国，极大地提高了英国的技术能力。十六世纪，欧洲大陆不断发生宗教战争，许多新教徒逃亡英国寻求避难。英国女王伊丽莎白对移居英国的移民提出准许定居的条件是，每户外来工

匠必须为英国培养一名学徒。这一时期大约有数万名尼德兰人、法兰西人移居英国，其中许多人是具有熟练技术的工匠（主要是纺织工）。英国纺织业的发展是与这一因素直接有关的。

由于英国当时具备了上述优越条件，为产业革命奠定技术基础的第一次技术革命也就应运而生了。

2.2 纺织业的机械化

第一次技术革命具有代表性的技术变革是机械技术特别是蒸汽动力技术。但是任何技术的变化总是有其导因的，而且任何技术的变革也都将引起与之相关连的其它技术的变革。英国十八世纪上半叶，纺织机械的发明和广泛应用导致了以机器生产为特征的近代大工厂的出现，而这些工厂的出现又直接推动了蒸汽动力技术的形成和进步。

十六世纪以来，英国是欧洲重要的毛织业中心，圈地运动后畜牧业的发展以及欧洲纺织工匠大量流入英国，使英国毛织技术有了空前的进步。毛织品占英国出口总额的三分之一，畅销整个欧洲和各殖民地。随着东西方的贸易发展，印度棉布大量输入英国，成为英国当时风行一时的畅销货。英国毛织业者为了抵制进口的棉织品的竞争，逼迫国会通过议案严禁棉织品进口。但是，英国国内的劳动者喜欢物美价廉的棉织品，禁止进口后，英国国内棉织品产量又极少，因此由于国内对棉织品的需求增加而引起了棉织品价格飞涨。

英国的棉织技术是大约在1685年间由尼德兰的安特卫普移民传入的新兴工业部门，无论是在技术力量上还是在竞争能力上都比毛织业落后得多，棉布业者为了提高生产效率，开始了一系列的技术改革。棉纺织业是由纺纱和织布两个主

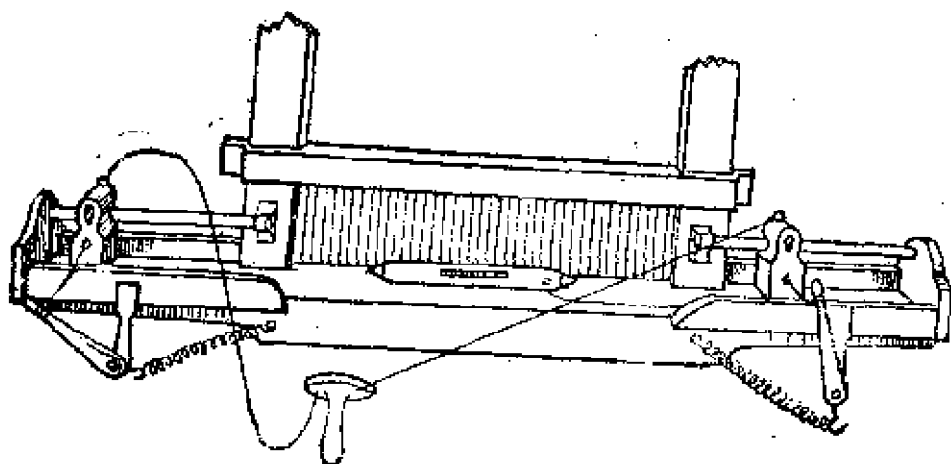


图1 凯伊发明的飞梭

要工序组成的，十八世纪英国产业革命之前，无论是纺纱还是织布都是做为家庭副业由农妇用手工完成的。1733年，兰开夏的技工兼织布工约翰·凯伊（John Kay, 1704~1764）发明了飞梭。织布工只要拉动系在梭子上的绳子，就可以使梭子自动地在经线间穿插往返。在这之前，梭子是由织布工用手传递的，不但效率很低而且纺织品的面幅也受到了织布工手臂长度的限制。飞梭的发明使织布效率提高了一倍多，而且布面的宽度也不再受限制了。这样一来，纺织业中纺纱与织布的比例出现了严重的不平衡，由于织布速度加快，使棉纱供不应求，棉纱价格不断上涨，造成了长期的“纱荒”。为此，英国政府大力奖励纺纱，甚至在监狱、孤儿院中动员纺纱。

1735年，发明家约翰·怀亚特（John Wyatt, 1700~1766）和法国逃亡者的儿子刘易斯·鲍尔（Lewis Paul, ?~1759）发明了利用快速旋转的纱筒与纺锤相配合进行纺纱的纺纱机。1741年由鲍尔出资在伯明翰建了一个小工厂，雇了十个女工照看着一台用两头驴子拉动的纺纱机，当时的纺纱机是用木材制造的，强度有限，因此由于机件脆弱常发生

机械损坏事故，工厂于第二年即告破产。

棉纺织业中的矛盾一直延续到十八世纪六十年代，1761年“奖励工艺协会”悬赏发明一种能同时纺六根纱的并由一个人操纵和看管的机器。

十八世纪六十年代，在英国出现了几项重大的发明。木匠兼织布工哈格里夫斯（James Hargreaves, 1745~1778）于1765年发明了“珍妮”机——多轴纺纱机，理发师阿克莱特（Sir Richard Arkwright, 1732~1792）1768年在一位钟表匠的帮助下发明了机械纺纱机或叫做水力纺纱机，瓦特于1765年对蒸汽机进行了重大改革，发明了单设冷凝器的蒸汽机，1766年斯米顿（John Smeaton, 1724~1792）开始了高炉鼓风。这些发明使纺织业、动力工业、冶金业发生了重大变革，这也是一般认为英国产业革命开始于十八世纪六十年代的原因。

手摇纺纱车只有一个纱锭，是横装的，哈格里夫斯发明的珍妮机开始时有八个纱锭，是竖装的，并用棍条代替人工牵引纱线，后来增加到十六个纱锭。这样一来，不但解决了长期的“纱荒”，而且降低了布匹价格，引起了社会对布匹的需求量进一步加大。但是，至此为止的纺纱机和织布机还都是以人力为动力的，这些发明只不过是提高了家庭作坊的工作效率而已。

阿克莱特制成水力纺纱机后，即于1771年利用德温特河的湍急水流为动力，在曼彻斯特的克罗姆福德开办了以水力为动力的纺纱厂。1779年，这个工厂拥有几千个纱锭并雇拥了三百名工人。在历史上虽然一般认为阿克莱特是一个狡猾的善于剽取他人发明成果的商人，但是他所创办的工厂却是近代大工厂生产制的起点，十八世纪末和十九世纪初兰开夏

和德比郡的所有工厂都是按照他的工厂模式建立起来的。

阿克莱特的水力纺纱机纺出的纱很结实但较粗，多轴纺纱机（珍妮机）纺出的纱虽然很细，但是强度不足。1785年，兰开夏的一名工匠克隆普顿（Samuel Crompton, 1753 ~ 1827）综合了上面两种纺纱机的优点，发明了一种称作骡机（mule，走锭精纺机）的纺纱机，这种纺纱机可以同时转动三百到四百个纱锭，能够纺出既纤细结实又均匀的纱来，这种机器无论是在纺纱速度上还是在纺纱质量上都是极为完善的。十八世纪九十年代初，已经有三十四万人在新的机械纺纱厂中劳动，由此使织布业可以织出远比当时名噪世界的印度棉布更好的布来。1785年，英国的棉布产量已达到五万匹之多。

纺纱机的进步和织布业的相对落后又引起了纺纱业的新的不平衡。这种状况一直到1785年由牛顿大学文学博士，一个一直在乡间研究医学和农学的牧师卡特赖特（Edmund Cartwright, 1743 ~ 1823）发明了用水车带动的自动织布机，并经过多年改革后才算解决。这种织布机在1804年经拉德克利夫和赫拉克斯二人作了进一步的改革，并用钢铁结构取代了原来的木结构之后，纺织业的改革才基本完成。

纺织业的机械化，引起了技术的一系列连锁反应，净棉机、梳棉机、漂白机、染整机先后被发明出来，而且棉纺织业的机械化很快即影响到毛纺、化工、染料、冶金、采煤、机械制造等各部门。但是由于这些机器最初是由水车带动的，工厂只能建在远离城市的水源丰富、水流湍急的河流旁边。交通不便、运输困难、水轮机装置费用极高、地主借机哄抬地租、水流因季节而又有变化、甚至有枯水期等都极大地影响到工厂的进一步发展。因此寻求一种新的不受上述条件制