
电子图书
信息技术的结晶
人类文明的载体
网络的基本资源

漫长的跋涉——18 世纪前的工业

工业萌芽

地球大约有 50 亿年的历史，30 亿年前就有了生命活动，数百万年前出现了人类。人类在数万年的劳动中不断演化，其速度相当缓慢。只是到了近代二三百年，才发生了突飞猛进的飞跃，大大地加快了人类文明的进程。不过这二三百年的飞跃发展，却是以几百万年的文明累积为基础。

公元 1750 年左右，全球总人口约有 9 亿，其中欧洲有 1.4 亿，英国有 770 万。那时候，英国各民族主要生活在农村，以农为生。这种情况持续了很长时间。在欧洲很多地区一直持续到 20 世纪，在其他不发达国家，现在仍然如此。那时，100 人中有 90 几个人靠农业生产或加工为生。

那时的世界，空气清新，森林密布，河湖纵横，水清天明。原野上，分布着或孤立或连片的农庄，农人日出而作，日落而归，牧群在草原上时隐时现，间或点缀着一两座热闹的城市，国王与达官们在那里控制着整个国家。那时没有污染，也没有令人头疼的环境问题，整个世界一幅田园风光。但生活在其间的劳动人民几乎没有兴致欣赏美妙不过的风景。他们被沉重的体力劳动所折磨；为粮食欠收、饥肠辘辘而痛苦；被瘟疫和各种病痛折磨；被许许多多意想不到的痛苦所折磨。他们的筋骨，总是承受着没完没了的劳困，直到生命的安息。

那时，农村生产方式十分落后。农民们按照祖祖辈辈几世纪传下来的习惯，用古老的木制工具精耕细作。铁器比现在贵重得多，使用得很少。在欧洲，人们还不知道种植马铃薯。用犁耕种的土地远比今日少。那时还有大批的荒地、大沼泽、草原及森林。公共牧场还未被分为单块的田地，铁丝围栏也还未发明。

广大的农村人口几乎都是文盲。他们并不觉得这是落后。高等教育还只是个别阶层的特权。传统力量以及对上尊敬的习惯还未打破。社会的等级制度以及从属关系被认为是天定的。每一个人满足于自己狭小的生活圈子，承袭着父辈的衣钵。大多数人一生都没有离开家乡。社会地位很少由个人的成就而大多由他的出生决定。

乡间只有几条修造得很简陋的道路，所以步行、骑马或乘马车旅行都十分困难。商人、士兵、船夫、车夫、走街串巷的工艺匠人和学生，只是人口中的极少的一部分，他们偶尔才有机会到远方去，而广大农民以及城市的人口长期停滞，局限于他们祖先的传统生活方式。

所有城市的房屋都还有乡村的烙印。小城镇不少，但中等以上城市只有几座。在欧洲，真正称得上是大城市的只有伦敦和巴黎，柏林和维也纳比较逊色。中国的北京、南京、杭州已是当时世界闻名的大城市。那时，没有街灯，虽然已有店铺招牌，但没有广告牌的招贴柱，也没有店铺的大橱窗。

如同农民一样，手工业者和商人的个人家计和营生是不分的，两者是合二为一的。只有一小部分拥有土地的上层贵族和一些大商贾是富庶的。

家庭作坊及传统手工业

在那时的城镇中有很多农业市民，他们在畜牧及蔬菜园艺上起着重要作

用，而在世界各地的农村中，农业和手工业的结合早已成了传统。在山谷里，特别是在土地贫瘠的地区，农业收入只能勉强糊口，农民必须搞一些副业以谋生计。这样就出现了一些家庭工业，如毛、麻、棉、丝的纺织，还有榨油、制豆腐和竹编柳编等。在有些地区家庭工业获得了飞快的发展，特别在欧洲，形成了一些分散的小企业，但不是现代意义的机械化生产企业。家舍就是作坊。有的大家庭就经营着这种企业，妇女纺纱，男子织布。织出的布除满足自己的需要外，还供销售。这种纺织的所有生产工序，包括漂白、手织布都是由手工完成的。这样生产出来的货物通过一个兜售客商与较大的购销行业相联系。这些客商多是当地邻近城市的逐步改做商人或订货商的亲戚或熟人。这些订货商有的已经能够提供原料，取走成品，自负盈亏，在欧洲甚至出境销售，后来不少订货商成了欧洲纺织厂的厂主，成为第一代的企业家。

除了纺织业生产外，还有其他分散的传统家庭工业。这些家庭工业直到今天还通过一个订货人或商人按照十分苛刻的条件为广大销售网服务，例如各国的黑森林地区以及瑞士的钟表、木器、玻璃器皿、玩具、装饰器以及其他物品的制作业。某种产品各个加工阶段的工作在这里也是分配给不同的辅助人员以及能工巧匠来完成的，但整体制作过程始终是在小型家庭企业的范围内进行的。

但是，家庭工业与原来的手工业相比，其作用大大逊色。手工业在西方的几乎所有国家的绝大部分城市中，从好几个世纪以来就组成了行会或同业公会。在欧洲的一些国家，主要在北欧、东欧和东南欧，手工业者从来没有失去其农民特征。

严格对外实行闭关的行会大多享有古老的特权，拒不接纳外来人。它只接纳向父亲学会行会手艺的儿子，至多接纳年老或已故师傅的女婿加入行会。帮工和学徒的数目也有严格限制。这样，行会就能阻挡不愿见到的竞争的发生，并且嫉妒地监视另一行会的行东是否把不属于他的生意抢走。手工业的传统摈弃任何一切不属现有行会的活动；一个不享有特权的行会以外的“佣工”，被认为是不光彩的。只有加入行会的行东才有权在城市内进行行业活动。

这种古老的特权随着时间的推移变成限制条文，最后使整个行会体系僵化，妨碍新企业的创建。年富力强的手工业者就这样被堵死了任何发展的可能。行会严格规定的古老习惯一度给手工业以威望和力量，但后来僵化成为空洞的礼法。技术上的进一步发展已不能指望于行会了。

最初的动力

天然的能源除了人力以外，只有畜力，用来牵引车辆或用作拉驮、负重、骑驰，此外还有风力和水力。水力是一项最重要的能源。水转动河边的水轮，作为粮坊、鞣革坊、锻坊、磨坊、锯坊以及纸坊的动力。所有这些企业不论行业如何，都是以手工业为基础的简陋的小企业。在那能源贫乏的时代，还谈不上有连续工序的企业，因为不时没有风，河流在冬季时常冰冻，干旱季节又会枯涸。这些情况当时还无法控制，水轮会因此而停转，工业化生产无法进行，生产力水平很低。

燃料只有森林里的木材，而且日渐稀少。在大沼泽周围，有时会找到泥煤，用来生火。只有地下不深的地方的煤炭，才偶尔被掘出来做燃料。远距

离的车辆运输是用人力或牲畜进行的，由于运输成本高，本身就无法维持。

因此在边远地区的那些冶炼作坊和锻铁炉都是些最小型的冶炼企业，木炭主要靠林区的烧炭工人提供。

不断进步的制造业

在工业化前的时代，家庭加工业以及手工业都是加工劳动的组织形式。人们从用自己的工具在自己的房屋里劳动过渡到以后的工厂体制的一个重要阶段是制造业。虽然数量很少，不能过高估计其意义，但当时它却是新生事物。这是因为在制造业中许多分散的小企业第一次组成了一个大的企业，并被置于统一领导之下。

制造业起初还只是分散的现象。工人们主要还是手工操作或只用最简单的辅助工具操作。然而在这里很多同行业作坊被合并成一个大企业，这样做可能是为了更好的监督工作，节省运输费用，同时也可能是为了加强分工，使部分工作分为不同的简单单项操作，以获得较高的产量。在手工业企业中，行东和师傅所制作的产品从原料到成品的每一道工序都是由个人单独完成的。在制造业中，每一个工人只完成生产过程中的一道工序。制造业工人，其中包括妇女和小孩，不像家庭加工业的劳力那样在自己的住房内劳动，而是在严格的劳动纪律下，在大车间内劳动。在很多地方常迫使劳改所、养老院以及监狱的人员也作为廉价的劳动力投入到制造业中去。织袜，特别是纺纱是他们干活的最常见形式。

在那个时代的人，对统一规格的货物的需求量增加很快。一方面是由于日益活跃的商业交往有利于生产，出口能给国家带来钱财；另一方面，是因为 17 世纪和 18 世纪初，军队正过渡到统一的武装和服装。因此不仅为了满足宫廷和上层贵族对奢侈品的特殊生产要求，而且为了军队摆脱对外国的依赖，满足军队对军服以及武器装备的增长需要，君侯对新的大企业都要给予鼓励和优惠。

对这种制造业的新的经营形式起决定作用的是在组织和经商方面出现的一批人员，他们通过经商积累了较大的资本，在事先获得特权和垄断后，开始了追求最大利润的生产。

在君主专制及重商主义政策的时代，国家对每一个行业的活动都制定规章，进行干预。除了宫廷及军队供应的需要，还有财政上的收益，使君侯及其顾问鼓励或支持这些新企业。方法是通过国家订货、减轻税款、或通过奖励、贷款及保护关税的手段来实施。

国家这种奖励企业以推动制造业发展的精神，以法国路易十四及其大臣科贝尔执行最力。在法国，诞生了维系国家财产的一些经济企业，如巴黎的地毯和壁毯针织厂，布雷斯特、地伦和罗什福尔的军舰厂。其他一些由国家创建的制造业只是获得国家的鼓励，作为“皇家工厂”有权在其产品上标明陛下纹章。但这些企业的财产属企业家所有。最后还有第三种优惠的制造企业，它们并不具有“皇家工厂”的称号。

在英国和荷兰，制造业大部分都溯源于市民。在德意志国家中，倡仪也来自私人。在很多场合，企业创办时能获得国家帮助。最后还须提及介于农村家庭加工业和制造业之间的一种混合形式，它们从事的是农村很多分散的家庭加工业中的最后工序，如漂白、浆洗和染色，进行最后的整理加工。

工业革命前的准备

在 16 世纪和 17 世纪上半叶，几乎所有的学科都发生了重大变革，特别是天文学和力学的伟大成就为新的自然科学打下了牢固的基础。所有这一切科学上的突破，很快就和技术发明融合在一起，成为第一次工业革命的序曲。

16 世纪、17 世纪科学上的重大进步，其意义还远不止于此。它对神学的冲击所造成的后果，对产业的兴起更是不可缺少的一步。包括经济结构在内的新社会结构的产生，必然引起旧社会的阵痛。中世纪末期，在社会大变革的前夜，宗教与科学展开了激烈斗争。只有科学胜利了，才会解放人们的思想，才会有大量的发明、大量的技术应用、大量的新事物，才会产生一个新时代。对此，“ 慈善 ”的教会比市民们更清楚。布鲁诺被烧死了，哥白尼的著作被禁止，年迈的伽利略受到教会的审判。然而，“ 科学家 ”们所发现的科学思想还是不径而走，并最终冲破了神学对人们的长期束缚。

现代社会的发展已经把科学与技术紧密地联系在一起了，以至于除了少数领域外，纯粹的科学与纯粹的技术反而使人感到陌生。其实，这种情况的出现仅有几十年的历史。在漫长的人类历史中，科学与技术之间一直存在一条鸿沟。当希腊文化风靡世界时，学者们常把技术才能看作是神的赐予而放弃了，他们所研究的是纯粹的科学。古罗马人注重现实，他们用精湛的技术构造巨型建筑，来表现他们的力量，但并没有给后人留下值得称道的科学。这种分裂是伴随着体力劳动与脑力劳动的分工而形成的，没有这次分工，这两种劳动就不可能造成有形的分裂。当体力劳动受到鄙视时，技术发明、应用科学通向理论科学的道路便堵塞了，并被贬为“ 雕虫小技 ”而不能入流。当脑力劳动受到鄙视时，科学也就衰落了。尽管如此，人类的勤劳还是艰难地弥合着这种社会造成的分裂。真正动员起人类的智慧来填平这道鸿沟的是培根。

培根认为，当时的学术传统由于和实践失去接触，所以是很贫乏的。同时，工匠的传统也因为许多东西没有被记载下来而减弱了科学上的力量。

1620 年，他发表了《新工具论》，从认识论的角度阐明了实验科学的意义。他认为感觉是靠得住的，是一切知识的源泉。科学应该是实验的科学，是用理性方法去整理感性材料。他第一个完备地制定了认识的归纳法。他指出，在认识过程中必须从因果关系、从分析个别事物和观察出发，任何可靠的理论都必须用大量的事实作根据。培根曾举过这样一个例子来说明科学的方法问题：他说，我们不应像蚂蚁，只会收集；也不可像蜘蛛，只从自己肚子抽丝；而应像蜜蜂，既采集又整理，从而酿出甜美的蜂蜜。

培根的学说对当时的英国产生了深远的影响。这也是英国在此后很长时间里技术方面领先于欧洲的一个原因。培根的《新工具论》成为当时的经典著作。

在培根思想的影响下，17 世纪上半叶，工匠传统与学者传统在英国逐渐结合起来。这种结合在 1660 年达到了高潮。

这个时期，英国科学家研究的范围扩大了。他们把欧洲大陆上发展起来的科学理论广泛应用于工艺过程，无数的技术发明相继出现，科学已经日益进入生产领域，英国就要起飞了。

科学的发展在很大程度上使人们摆脱了神学的束缚，人类的创造性强烈

需要全本请访问 www.ertongbook.com

地焕发出来。同时，由于培根哲学的兴起，科学与技术开始对话，人类从农业社会中走出来的技术条件日趋成熟。但仅有这些还不够。一种新型的社会生产结构的出现还必须伴随着社会制度的变革。资本主义制度的确立便是工业兴起的首要的社会条件。

资本主义生产方式是随着其原始积累而发展起来的。资本主义的原始积累不仅为资本主义发展提供充足的劳动力，广阔的国内、国外市场，而且直接提供了雄厚的资金，从而也加速了大工业在欧洲的出现。

15 世纪末与 16 世纪的地理大发现打开了西方的眼界，扩大了它的市场，从此也开始了近代史上的殖民征服。这伙殖民主义者从殖民地掠夺了大量的金银财富。葡萄牙在 1493～1600 年间从非洲抢掠了 27600 公斤黄金。西班牙殖民主义者则用印第安人的尸骨换取巨大的财富。从 1521 年到 1544 年，西班牙平均每年从南美洲运回黄金 2900 公斤，白银 30700 公斤。1545～1560 年，平均每年运回黄金 5500 公斤，白银 24600 公斤。从 16 世纪到 19 世纪，西班牙从中美洲、南美洲掠走的黄金达 250 万公斤、白银达 1 亿公斤。

16 世纪的英国，更是一个典型的海盗国家。他们在英吉利海峡和大西洋广阔的海域里，肆无忌惮地劫掠葡萄牙人的商船和西班牙的“ 白银舰队 ”。在 1578～1580 年的几年时间内，这些海盗就获得了价值 40 万英镑的白银和 5 箱黄金（每箱一英尺半长），以及大量的珠宝。伊丽莎白女王也从中获利。在她统治的时代，英国海盗带回国的脏物就达 1200 万英镑。

通过掠夺式的海外贸易，商业资本获得了惊人的利润。英国的东印度公司在 1600 年成立时的股金为 6873 英镑，1617 年增加到 1620040 英镑，到了 1708 年就达到了 316.3 万英镑，并且同时还从印度勒索了 600 多亿贡物。在 1757～1812 年间，东印度公司仅从印度榨取的利润收入就高达 1 亿英镑以上。在整个 18 世纪，英国的对外贸易额增长了 6 倍，成为当时世界上头号贸易大国。

殖民主义者通过各种方式的海外掠夺，使大量财富源源不断地流入欧洲。在 16 世纪的近百年内，欧洲的黄金量由 550 吨猛增到 1192 吨，白银从 7000 吨增加到 21400 吨。如此巨大的财富为资本主义生产方式的确立和大工业的兴起提供了雄厚的资金。

资本主义的工业生产不仅需要大量的货币积累，而且需要充足的劳动力资源，并且这些劳动力还必须是脱离了封建关系的羁绊，有人身自由但同时又没有任何生产资料的无产者。资本原始积累的过程也是这样一批劳动者出现的过程。它是用血与火的文字载入人类编年史的。其中最有代表性的是英国的圈地运动。

圈地运动在英国持续了几个世纪。1700～1760 年间，国会通过了 208 项圈地法令，圈占土地 31 万英亩。1761～1801 年又通过了 2000 个法令，圈占土地达 138 万英亩。17 世纪末，英国全部耕地的 1/2 还掌握在农民自己手里，1685 年还有自耕农 16～18 万户。到 18 世纪末，自耕农几乎不存在了。1750 年后农村中完全破产和半破产的农民已达 300 万人。

这些被一下抛出正常生活轨道的人无法立即适应新的环境，社会上充满了乞丐和流浪者。英国资产阶级利用立法将这批无家可归的劳动者赶到现代工场中去，迫使他们习惯于工场生产所需的纪律。于是，近代工人阶级诞生了。

圈地运动不仅为工业资本创造出一大批雇佣劳动者，同时还开发了资本

的国内市场。从前，封建社会的小农的生活消费品是在自己家庭范围内生产出来的，现在，由于丧失了一切生产资料，这些生活消费品只能通过市场去购买。过去劳动者在家庭中生产纱、麻布、粗毛织品等，现在这些东西都成了工场手工业的产品，成为商品。国内市场逐渐扩大了。但仅有这一点还不够，资本的发展还需要更广阔的海外市场。

地理大发现最直接的后果是大西洋航线的开辟。这条航线引起了一次重大的商业变革，使商业具有了新的规模、新的产品、新的习惯，并带来了巨额的商业利润和带动了金融业的发展。过去的东西方贸易主要是欧洲人到东方搜集奇珍异宝，现在则是欧洲资本以其等价交换的方式开始取代超经济的强制。工业兴起的条件更加成熟。

工业发展需要资金，技术，需要各种政治条件和广大的市场，同时还需要完善的生产组织。工业生产的组织形式是随着生产力的发展而发展的，且已在数百年的发展中几易其貌了。生产组织的这种带有变革性的发展是机器大工业兴起前在组织上的准备。

工场手工业出现是这一准备过程中最重要的阶段。它把许多从事不同工作的工匠集中到一个工场中来，扩大了生产规模。这些工人听命于一个资本家的指挥，产品的整个生产过程被分解成一系列的工序。过去，一个工人要从事多种多样的操作工序，现在这些工序被不同的人分担了。每个工人只从事生产过程中一种特定的简单的工作。这样，工人们就不需要象过去那样掌握整个产品生产的全部技能了。这种分工有助于工人提高技艺，同时也使工人成为附属于手工工场的零件。但劳动生产率大大地提高了。

由于细致的分工，每个工人只操作一两件工具，这就使工人有更多的精力来改进工具，从而发明了大量的专门工具、凿具和锤具等。例如单在旧伯明翰就生产出 500 多种不同的锤，每种锤只适合于一个特殊的生产过程。

工场手工业使生产规模扩大了，那么，怎样才能使生产过程的每一个环节都紧紧地连在一起呢，怎样才能使不同岗位的工人配合得恰到好处呢？这就需要严密的组织和有效的管理。一位西班牙旅行家皮罗·秦弗尔曾描述过当时威尼斯兵工厂的生产状况。在他的笔下，这个兵工厂的生产是被组织得井然有序的。“一进大门，在海道的两侧各有一条大路，军工厂就把厂房设在两侧的大路上。厂房的窗户都开着。一艘武装舰船由驳船拖着沿海道进来。人们从窗口向它递送物品，……当舰船到达陆地尽头时，所需要的人员连同补充的浆手都上船了，该船也被完全装备起来了。他们用这种方法在 3 点到 9 点之间 6 小时内装备了十艘全副武装的舰船。”这是一幅非常生动的工场手工业时代的生产图景，工人们分门别类，每个人都有自己的工作，每个人都是整个生产过程中的一个组成部分。这是一条用工人的双手组成的流水作业线只要轰鸣的机器生产替手工操作，大工业生产便可以进行了。

力量的飞跃——第一次工业革命

转变前的准备

英国于 1688～1689 年“ 光荣革命 ” 后成为一个君主立宪国。由于行会的条文束缚了手工业的发展，革命以后，17 世纪末这种限制大部分已被废除。同时，由于国家方面对经济上的首创行为几乎不加监督，私人财产也得到了保障，到了 18 世纪上半叶，在英国一种全新的生活气息已经出现。

在法国，许多垄断的行业条文在大革命后才被废除，比英国整整迟了一个世纪，而在德国直到拿破仑时代才自行消失。英国最先发展成为一个现代国家。毫无疑问，这意味着为出现工业企业以及后来的工业化发展提供了一个最重要的前提。

自从伟大的哥伦布发现新大陆以后，世界贸易航道的重点从地中海和波罗的海转移到了大西洋，不列颠这个岛国的航海民族在地理上就处于一个相对比较有利的位置。

由于海峡阻挡入侵，以及没有卷入欧洲邻国的战争，英国很早就已拥有殖民地。早在女王伊丽莎白二世执政的时代——那还是 16 世纪——英国人就已定居在北美，并在那里建立了弗吉尼亚（为了向未婚的女王致敬，选用了这个名字）以及新英格兰。而在下一个世纪创立了东印度第一家商业公司，且不久就转为股份公司。

主要由商业公司经营的殖民地贸易带来了巨额的利润。金银、香料、烟草、糖、茶、棉布、硝石（对生产火药十分重要）、中国瓷器以及其他殖民地产品源源不断地流向英国。与之交换的是经过加工的产品，如羊毛织物，铁器以及其他必需品。

英国在其舰队的保护下，对殖民地的商业进行垄断，排斥了其他国家在这些地区的贸易。随着商业的繁荣，商人和从事加工事业的人不断增多，其影响以及日益增加的财富在社会上起着越来越大的作用。

由于医疗事业的进步，较好的卫生情况和死亡率的降低，在人口长期停止增长以后，出生率又在逐步上升。到 1750 年，人口已增加 100 多万——从 550 万增加到 650 万。结果是粮价上涨。因此，国会中那些对农业的较高收成和较好收益感兴趣的大地主开垦了新的可耕地。他们积极主张利用村内的公共牧地，并把这些牧地据为己有。这次圈地运动具有农业革命的作用，因为小农和一部分贫苦的乡村贵族失去了他们的牧业所需的饲料基础，也失去了森林木材，土地却日益集中于大地主手中。

因此，不少小农出售了他们的小块耕地，放弃了务农。如果他们不能幸运地成为佃户或转租户的话，有不少人倒是乐意作为长工在困苦中活下去，也有不少人宁愿背井离乡流入城市。所以说，当制造业飞跃发展，以及首批工业地区逐步扩大时，农村的多余人口始终是常备的劳动后备军。随着十八世纪英国传统的农业社会的解体以及由此而出现的人口大规模的迁移——这一发展数代以后在其他国家也随着工业化的开始而出现，城市化以及社会的现代化进程也就开始了。

1707 年，英格兰与苏格兰的边界线撤除了，两个王国联盟扩展为国家的联合。英格兰与威尔士和苏格兰从此形成一个统一的经济区。这个地区不象欧洲大陆到处设立关卡，阻碍贸易。英国在撤除贸易关卡上也走在了前列，

这为在全国促进自由经济活动，提供了市场。

那些通过布匹贸易致富的羊毛商人，特别是那些从事海外贸易的商人逐渐成为商人贵族。他们的首创精神在十八世纪初期不断给制造业以新的激励。除了他们之外，在全国生活逐步改善时，一批中小资产阶级商人也发展起来。他们在社会上的影响固然还不如政治上占领导地位的贵族集团那样大，但是在经营钱财和追求财富上，却逐步表现出商人讲究实际的理财本领和谋利思想。

那些在自由竞争中不断取胜，成就突出的独立创业人，成为人们思想中的理想人物。他们不依附于国家，不受国家节制，但获得了国家和法制的保护。他们把命运操在自己的手中，充满了活力和企业精神。正是他们在英国发展了生产力。虽然当时英国并不怕其他工业国家的竞争，但他们还是搞了一些发明，在制造业工厂中加以利用，以期获得更大的利润。

在这里，还需提到的是：从 16 世纪起的工场手工业在其发展过程中，培训出相当数量的技术熟练的雇工，如织工、纺工、整梳工、修剪工、染工、漂洗工。另外还有一些特殊因素，如 16 世纪荷兰的政治动乱，法国的胡格诺战争，法对新教的迫害，使这些国家手工业技术工人和富商大量移居英国。这些因素进一步壮大了英国工业革命的劳动力基础。

由于经营方式的改良，农业取得较高的收成。地主和租耕者都积累了资本。18 世纪中叶以后，几乎在所有的城市都建有一所银行。早在这一世纪的上半叶，英国的利息率已在下降，这就为制造业的创建和扩充提供了低息贷款。

这样，英国工业化的前提和条件比任何国家都优越。大工业生产的时机已经成熟。其他欧洲国家虽然也有杰出的能干的手工业者以及具有发明精神的人，但仅仅具有某种风格的才能和技巧还不足以解释正在开始的工业革命。在一个特定的历史环境下，一系列的情况和条件累加在一起，才足以产生新的事物。

纺织业——世界工业的摇篮

18 世纪工业革命前的英国，无论是社会经济条件还是科学技术方面都已做好了工业革命的准备，只要有星星之火便可以燃起工业革命的熊熊烈火。这最初的火花是从纺织业迸发出来的。对于人类，除了必需的饮食以外，穿着是人类最重要的基本经济需要。象英国这样一个国家，从 18 世纪初叶以来对外贸易十分兴旺，为出口提供了很多的机会。如果它能提供廉价的纺织品，那么在世界各地将有一个几乎无限的市场。所以纺织业就成为过渡到大规模生产的第一个经济行业。

几世纪以来，英国一直以其毛织品闻名于世。英伦三岛的气候及其高产的种羊为羊毛生产提供了有利的条件。因此，除了棉麻加工外，羊毛纺织品的生产长期以来一直非常繁荣。加工企业都位于河流两旁。羊毛和毛绒的洗涤以及原料的进一步处理，都依赖水轮的驱动。

当时人们还不能把短棉花纤维纺织成不断的棉条，因此把它搀入亚麻，加工成粗斜纹布。纯棉纺织品那时只有印度人知道如何生产。

印度的纯棉织品由商业公司收购后，运到英国。英国的羊毛制造商把这种海外的竞争看做是对其生存的威胁。并设法于 1700 年禁止印度棉织品输入

需要全本请访问 www.ertongbook.com

英国。次年，一名英国佚名作者在其《东印度贸易观感》一文中写道：“ 当东印度贸易向我们提供比我们更为便宜的货物时，它将迫使我们去发明加工工序和机器，使我们有可能以较少的劳力和成本进行生产，从而把我们制成品的价格降下来。 ” 只要纺织生产还以手工进行，英国人就无法与手艺精巧、工资又低的印度人竞争。因此英国人把发明适当的加工机器作为目标，并为此而坚持奋斗，直到目标达到为止。

纺纱织布几千年来已为人们所熟悉，但近几世纪以来在技术上几乎没什么改进。脚踏纱车以及手织布机，这些中古以来所熟知的形式，仍是生产纺织品的传统工具。

1733 年，当时还不到 30 岁的钟表匠约翰·凯首次发明了提高手工织布生产能力的方法。他发明了所谓“ 飞梭 ”。自此以后，用手抛掷的织梭可以自动来回工作。这一新装置使织布速度提高了一倍，织出的布匹门幅长于织工伸开的手臂。在飞梭发明以前，织工得用一只手投掷织梭，用另一只手把它接住。

发明获得了专利。织工最初并不对此感到欢欣鼓舞，因为担心因此有一半的织工会失业挨饿。不断增长的需要不久就证明，他们的顾虑是没有根据的。几十年后，约翰·凯的儿子罗伯特·凯发明了不同颜色的纬线的自动换线箱，用以生产带颜色的布。

飞梭发明以后，一个织工所需的纱，需有十几个纺工全力工作才能供应得上。这样就引起了纺纱工的生产能力与织工对纱日益增长的需要之间的矛盾。这只有通过改进纺纱工序才能解决。于是进行了很多种试验以提高纺纱工生产能力。

1751 年，伦敦皇家学会悬赏 50 英镑给予“ 发明一部最好的，能同时纺六根棉线、亚麻线或黄麻线，只需一人照管的机器 ”。直到 13 年以后，即 1764 年，才有了第一个应征者：詹姆斯·哈格里沃斯出示一种机器，它甚至有八个锭子。哈格里沃斯是一个文盲，夏天当木工、冬天当织工。他为其发明起了个名字，称为“ 詹尼纺纱机 ”。詹尼是他女儿的名字（也有说是他妻子的名字）。这样他设计了第一台可用的纺纱机。机器固然还得用手工操作，只能纺纱，生产一种易绕的纬线。尽管如此，毕竟意味着这一问题的解决又迈进了一大步。

不久理查德·阿克赖特于 1769 年制造了一种新的纺纱机“ 机架 ”，用水轮驱动，经过初步试验阶段后于 1771 年投产，并成批制造。阿克赖特和哈格里沃斯一样，出生于一个普通家庭。他以前是个理发师，挨家兜售一种染发剂，是一位具有扎实的经商本领和企业家素质的“ 好动脑筋的人 ”。这种机器通过一根纱轴和滚筒，把纱精纺，从而大大改进了绕线工作。由于纱线有较强的拉力，故适合织成线带。英国从此也能生产纯棉织物了。1774 年撤销了在这之前一直实施的生产纯棉织物的禁令。

阿克赖特的企业是用贷款在诺丁汉附近的克罗姆福特创业的，它当时已被认为是一家工厂了。纺纱由手工操作转向机纺就随着这家企业的创建而开始了。其粗细均匀的纱线以“ 水线 ”之名而闻名遐迩。1771 年，阿克赖特制成第一台机器。之后就即刻从事机器的批量制造，1775 年继续有所改进。后来，他把专利使用权转让给别的企业家，成为棉纺织业工业化的先驱者。

三年后，技术员塞缪尔·克伦普敦又有新的革新，改进了哈格里沃斯和阿克赖特的纺机。他把 20 到 50 枚纺锤安排在一部进出移动的车上，把两种

结构成功地结合在一起。他把它称为“骡子”，形象地指出它是混种交配的产物。

这样，到 18 世纪 80 年代初，纺机的结构已达到成熟的阶段。其基本原理成为好几代人的准则。改进的只是驱动的形式。不久，在一些企业中蒸汽机替代了水轮机。对此我们将另加阐述。在这方面，阿克赖特也是创始人。1785 年和 1790 年在他的纺纱厂内安装了两台蒸汽机。同年有八家纺织企业跟着做了。1800 年，在棉纺厂已有 84 台蒸汽机，那是半个世纪以后的事。每次都有万只锭子改装转动。阿克赖特是第一个大工厂主。他的工厂发展成为纺纱厂中的领导企业。他本人也被封为贵族，成为富翁，死于 1792 年。

一台精纺机当时就比一台脚踏纺车的产量高出 30 倍以上。手纺女工当时即使竭尽最大努力，也不可能与这些占优势的新纺机进行竞争。没有几年功夫，手工作坊也都使用了这些新机器，变成了工厂。不管是诸如捣毁机器的这种恐怖行动，还是火烧厂房，对发明者进行威胁，都无法挽救家庭纺纱业的命运。机纺棉纱的产量不断上升。棉纱不是交给家庭织工，就是出口。在国内市场，在居民的各个阶层中，棉纺织品迅速与毛麻织品并驾齐驱。但国外市场对厂主则具有更大的意义。1792 年在欧洲大陆的展览会上价廉的英国机织棉纱首次占有重要的地位。英国控制了许多海外国家的棉织品市场，而且没有竞争敌手，这些国家构成了英国棉织品出口的市场。

过去是棉纱太少，不能满足由于发明飞梭而增长的对棉花的需要。现在正好相反。由于棉纱的供应量增大，织工的步子常常跟不上来。1783 年又有了棉花印花机。印花棉布、薄的印花布、斜纹细布、白坯棉布都成为重要的出口商品。这样，1790 年以后，手工织布在几十年内还经历了一个前所未有的繁荣兴旺时期。

1785 年虽然已发明了机械织机，但在其构成对手工织机的严重威胁之前，也还经历了一段时期。值得注意的是：获得机械织机专利权的是一个乡村神甫埃德蒙·卡特烈特。他脱去黑袍成为一名工厂主。但他缺乏经商本领。他的织布厂有 20 几台织机，但如其他新事物一样，还不够成熟。他的企业在几年以后歇业了。直到 1804 年，卡特烈特才改进了织机，提高了功效，从而能在与手工织机的对抗中生存下来。

纺织机排挤了纺车，这只是把妇女的家庭副业搞垮了。但动力织布机把分散在小作坊中的手工织工排挤掉，其意义却深远得多。因为这样，在整个英国就为男工创造了广泛的就业机会。

1806 年，曼彻斯特建立了第一家大型织布厂，机械织布机是蒸汽机驱动的。1818 年已经有了 15 家机织布厂，1833 年英国纺织厂有 8.5 万台机械织布机。同时在农村及小城镇还有几十万手工织布工人为了糊口，靠劳动工资谋生。不久机械织布机占领毛织业。由夏普和罗伯茨（1822 年和 1825 年）对卡特烈特织布机的改进，引起了新的投资浪潮。以很多人贫用为代价所获得的机器，在与落后的生产形式之间的不断斗争中取胜，到 19 世纪中叶以后在英国彻底占居了统治地位。1850 年有 22.4 万台机械织布机。但 5 年后还有 5 万名手织工人。他们在一个垂死的行业中同他们的家属一起艰苦挣扎，直到最后死去。

在 18 世纪 90 年代，有 34 万人在新的机械纺纱厂工作。其中男工 15 万人，女工 9 万人，童工 10 万人。棉纱生产集中在迅速涌现出的一些工厂里，首先是在兰开夏郡、诺丁汉郡，特别是在海港利物浦的后方地带以及在曼彻

斯特附近、苏格兰的西部地区和港口格拉斯哥附近发展起来。这些地区从而成为世界上最古老的工业地区，棉纺业也成了最早的工厂产业。

英国对原棉的需要飞速增长。在纺织机普遍采用后没有几年，原棉的供应就很紧张。纺织品的重要原料棉花，加工起来很费功夫。那些白色的棉桃得去掉脱籽。在东印度群岛和美洲的种植场，缺乏足够的黑人奴隶劳动力。一个女工脱籽一磅棉花得花上整整一天。美国人伊莱·惠特尼制造成功一种用手工操作的脱籽机，每天可清理 50 磅棉花。这种棉籽机，被称为轧棉机。在惠特尼为他的发明申请专利权以前，在短时期内轧棉机就已经成为种植场主普遍拥有的财物。美国南方各州的棉花产量，已经从 1791 年的 19 万包达到 1803 年的 4100 万包。这是一次真正巨大的飞跃！

在英国，进口原棉要收进口关税，因为国家要保护本国的羊毛生产和加工业。但棉纺织厂厂主们的影响使得在 1789 年终于废除了对棉花的进口关税。

棉纺工业的飞速发展对毛麻制造业以及纺织业中的其他行业和漂染业不会不触动。这些行业也进行了技术革新：梳理机，梳毛机，切布机，织袜机等所有发明和发展大部分在 18 世纪的最后 30 年中迅速次第出现，大大促进了当时最重要的一个工业部门，即纺织业的生产发展。

第一批机械纺织工场用水轮驱动，厂房简陋，设备粗糙。其中有些厂房过去是仓库和堆栈。建厂初期投资额都比较低。但情况迅速改变。惹人喜爱的水纱畅销，这给厂主带来了巨大利润。水纱由英国运至海外销售，所得利润大部分投资于扩充企业和新建厂房。棉纺工业的建立因此并不那么依赖于资本市场，主要通过企业利润自行提供资金。

出口的繁荣昌盛以及随着每次技术改进提高生产力，使棉纺业的规模飞速扩大。每个厂都有好几百人在工作。在一代人的时间内兰开夏郡的纺织业中心出现了 6 至 8 层高的厂房，以及红砖砌的辅助用房。这些都是一个新时代开始兴旺发达的最初见证。

对英国在 1790 年前的发展，当然也不能估计得过高。但那时的基本的技术基础业已奠定。尽管存在着欧洲大陆随后爆发的拿破仑战争及对英国的封锁，但英国的棉花加工业到 1810 年耗棉已上升到 6000 万公斤，远远超过了毛织业。在以后的 20 年中棉花的加工量又翻了一翻，于 1831 年达到了值得骄傲的数字 1.25 亿公斤。1850 年英国有 1932 家纺织厂，其中 834 家纯系纺纱厂，其余兼搞织布。

英国的兴趣在于输出棉纱和棉织品，而不是输出纺机，以免带来新的竞争。虽然禁止输出纺机，但却无济于事。英国无法保持垄断。尽管以处罚相威胁，但工业间谍事件、走私机器零件以及外国的有关人员设法把英国的专业人才弄出国，仍有增无减。因此从 19 世纪 30 年代起，美国、法国以及瑞士等国的竞争开始在市场出现，并迫使英国在价格上做出让步。1842 年纺织机械的出口禁令终于被废除。

成本被迫降低，需要企业不断改进技术。联系到这一点，必须提到 18 世纪 30 年代初引进的理查德·罗伯茨的自动走锭精纺机。在一台纺机上可自动卷线，装上 400 至 600 锭子，以后甚至增加到 1000 锭子。这是纺织技术上的一项最有意义的发明。但由于劳动力过剩和厂主利润的下降，妨碍了在纺纱业中普遍使用这一昂贵的革新措施。纺纱业仍愿用它们古老的设备从事生产。

到 1851 年，英国以其 1800 万锭子占了世界棉纺织业产量的一半，顽强地保持其领先地位，直到第一次世界大战的爆发，所有世界贸易渠道都告中断，新的棉纺织业在一些欧洲大国建立起来为止。

矿业和冶金业的变革

英国传统的小型炼铁业，以原始的方法用简陋的“ 高炉 ”冶炼矿砂。但 18 世纪初，这已不能满足对生铁日益增长的需要。炼铁需要焦炭，而焦炭日益稀缺，而且昂贵。居民需要燃料，造船业和其他行业需用木材，森林被砍光。这导致伦敦——1700 年左右人口已有 50 多万——以及其他一些需依靠水路供应木材的城市，长久以来被迫改为烧煤。首都对煤的需要量不少，特别是那些很不经济的、敞开燃烧的壁炉需煤量很大。这发生在欧洲大陆上由于据称有害于健康而到处拒绝在屋中烧煤的时期。在这一点上，英国无疑又走在了前头。

由于木材供应日益困难，在伯明翰附近科尔布鲁克多尔教友派教徒亚伯拉罕·达比的冶炼厂尝试用烟煤替代木炭。然而试验却失败了。因为煤中所含的硫会与铁化合，使铁无法利用。达比的儿子及其继任者，像他一样都是实干家。他们设法把木炭和烟煤混合起来，用来熔铁。这一尝试也未能取得令人满意的结果。

1753 年，最后动了这样的脑筋：在一座抽去空气的炭窑或圆炉中把烟煤加热、烘烤，最后使之可用于高炉，如先前木材烧成木炭那样。这样就发明了烧制焦碳的过程。木材，确切地说是木，在冶炼厂被焦煤所代替。焦煤在高炉中所产生的热度比木高。这样，由于煤的供应充足，就为大大增加生铁的产量创造了前提。向新的焦煤生产方法过渡，并不是一下子完成的，它是一个长期的转化过程。1789 年炼铁厂的四分之一的产量还是用老式的木炭高炉完成的。只是拿破仑战争中期，巨大的军火需要才导致最后转用焦煤生产方法。

放弃木炭方法后，长期设在一度是林木茂盛的地区的炼铁厂被迁移到矿区去。矿区就逐步发展为工业区了。

煤和铁的结合构成开创工业化道路的支柱之一。它是新时代的曙光。但当时的人们并未意识到钢铁生产将会带来一个什么样的发展。

煤的开采在传统的矿业企业中也还常受到技术缺陷之苦。虽然挖掘的坑道并不深，但当人们不断往下采掘时，矿井的排水始终是一个难题。当时提斗抽水以及简单的木制水泵还不足以使采掘不受干扰。由于被地下水淹没，造成矿坑时时停产。

尽管有这些逆境，但在 1700 年左右，在大不列颠，每年已能开采 200 万吨烟煤。这一数字与以后年代的开采量相比，显得很小，但却表明，18 世纪初英格兰和苏格兰已有一万名以上的工人在矿上日夜工作，而这发生在工业革命开始前的几十年里。应当说明，长期以来煤还是用手工挖掘、手工运送的，因此每个人的平均产量不可能很高。但矿业毕竟是第一批较大的企业部门之一。

对煤日益增长的需要，促使那些有钱的大商人，投资购买新的矿山设备。因为由于煤炭消费的进一步增长，他们估计会从这些投资中获得相应的利润。

那些勘察出其领地有煤矿的大地主，对这种就在眼前的利益也感兴趣。在欧洲大陆开矿受领主的矿权限制，而英国则不同，地主可以对其地产自由处理。由于个人无法筹足开矿所需的资金，因此资本公司逐步建立。英国东印度商业公司就是一个先例。这些股份公司把新的矿山企业的领导权交给一个由股东选出的委员会，由他们来监督矿山的开采和经营。

由于进水，矿坑开采不时中断，不仅引起矿工，而且引起投资者以及矿主的忧虑。因此从 18 世纪初起，不断提出为矿山制造新的水泵系统。这个问题直到瓦特的蒸汽机诞生后，才得以很好的解决。

蒸汽机在矿山及炼钢厂的首次使用是钢铁工业的一个发展。但对钢铁工业的发展起决定性作用，在任何情况下，都是煤和矿砂产量能够持续上升。在所有的国家，上一个世纪的传统矿业——金银铜的开采量居领先地位。但现在是煤的意义日见重要。早在 17 世纪，它在英国已经获得无可争辩的重要地位。

煤的需要以不停的势头增长。开采出来的煤大部分用于家庭，家庭用煤的需要量在不断增加。

还在 1842 年，壁炉消耗了大不列颠煤开采量的 2/3，当时年产约 3000 万吨。另外一部分煤则作为新的瓦特式蒸汽机锅炉的燃料。剩下的部分是炼铁厂高炉消耗掉的。随着时间的推移，煤的出口意义日益重大。出口从 1828 年的 25 万吨上升到 1845 年的 2100 万吨。随着汽轮航运的开始，有越来越多的煤运往英国在世界各地的港口。

在矿山，蒸汽机原来只作抽水用，不久也用于抗道的抽风（“通风”）。早在 1783 年，一改过去一直用提斗从矿坑运煤的办法，第一次借助蒸汽机来运行。到了 18 世纪 90 年代，运煤条件有了进一步改善。从此运输塔就成为矿区的一项显示其特征的标志。人们看到高高耸立的矿山运输塔就知道脚下是一片矿区。

在以后的数十年中，虽然矿业领域未有引起轰动的发明，但煤炭工业作为工业原料以及不可缺少的新兴能源，日显重要，而传统的水轮及人口的增长，早在汽轮和铁路交通发展带来新的工业化阶段以前，就使得矿工的人数以及煤的采用量年年上升。到 19 世纪中叶，英国的煤产量已上升到年产 5000 万吨。当时在矿上约有 20 万工人在劳动。工业化在大大向前推进，但高潮还未到来。

与煤的开采相适应，铁厂的产量也在增长。蒸汽机制造厂、纺织机械厂、炼铁厂以及很多其他生产部门如雨后春笋般的出现的车间与工厂，都要用铁。冶金厂因此成为一个较大的行业单位。

由于把煤转为焦炭的方法数十年以后才为大多数冶金厂所采用，所以最初还不能说到那时为止很有限的生产能力有什么增长。第一批高炉生铁的日产量没有超过 4 吨。几年以后，即 1740 年在谢菲尔德由本杰明·亨茨曼首次生产出了苷埚钢。这是一种由于加入其他物质而较为纯质的钢材，其质量在英国从未达到过。为了满足较高的要求，英国在此以前一直输入瑞典或德国的钢材，这些钢材是用高质量的矿砂冶炼的。在 18 世纪的上半叶，瑞典是欧洲最重要的产矿砂国家，因为在那儿不仅有高质量的矿砂，而且木炭可以无限量地使用。

即使在亨茨曼扩充了他的设备，其他冶炼厂也援用了他的生产方法后，苷埚钢的产量仍只是缓慢地上升，远远不能满足需要。

直到 1766 年，炼钢才有新的方法。亨利·科特发明了一种新的方法——搅炼法。通过“鼓风”在搅炼炉或火焰炉中炼一种可锻的钢。这一方法，直到 19 世纪中叶以后，才由更为合理的炼钢方法所替代。这种方法是：在高炉中把矿砂用焦炭熔炼成很脆的生铁，这种生铁在搅炼炉中变成一种粘稠的材料，用一长钢钩不断搅拌，并吹入很热的空气，加入硅、锰、碳，最后把形成的矿渣清除掉，这样就获得一种可锻的焊接钢。

蒸汽机从 1776 年起首次给冶金厂以刺激，促使其发展。由于煤碳可任意使用，高炉的容量也随之增大，生铁的产量也随之提高。在炉内用蒸汽机鼓风可比过去用水轮驱动获得更高的温度，可以更快更好地炼出铁来。几年以后，英国已能出口钢材制品。

蒸汽机在冶金厂首先用于高炉鼓风之后，没过几年（1782 年起）在炽热的铁块造型过程中，就被用作轧制的动力。轧钢技术就此开始，它在几十年内对生产钢板，型钢以及钢轨（后者自 1820 年起）有着前所未有的意义。锻制钢板就不需要太古时代（青铜器、铁器时代）以来的那种费力的手工操作了。现在替代那古老的手工操作的是轧钢机、锻压面以及拉丝机。它在 18 世纪进入 19 世纪时，经历了发展的早期阶段。

在 18 世纪末的最后十年，直到 1803 年，很多高炉平地而起。1803 年这一年之所以具有意义是因为从这一年起，矿山首次将蒸汽机用于运输，就是说，出现了第一批机车。随后，在拿破仑战争时代，战争的需要带来了生产的进一步增长。1810 年英国已生产了 25 万吨生铁。威尔士的一座铁厂这一年雇用了 2000 人，生产了一万吨钢。

那时最重要的军火工厂是位于爱丁堡与斯特林的卡伦铁厂。该厂创建于 1760 年，以其生产的短型军舰用炮而闻名。这种炮被用来装备英国海军。制铁业从这里开始在苏格兰西部发展起来。谢菲尔德，这是英国几世纪以来刀具锻制业的基地。诞生之初还只是一座简陋的铸钢工厂，但已初步繁荣。1786 年，这里的刀具刃具厂安装了第一台蒸汽机。小型制铁工厂制造家用器皿及工具固然还只在较小的车间进行，但钢铁加工业的重点已转到较大的企业。

在拿破仑时代以后的和平岁月中，铁的意义日益重要。即使在以后的几十年内，其他国家已开始了工业化，但英国对钢铁的需要却增长得更快。最重要的销路是美国市场。比利时、德国和瑞士在其工业的早期以及建设初期都是用英国钢铁制品装备起来的。在英国，钢铁也开辟了新的使用范围。除了制造机器，生产军火和工具、耕犁以及其他农业器械、制造锅炉和盛器以外，建筑业中的铁桥和其他钢铁结构也日益具有重要意义。

1755 年，约翰·威尔金森（第一位汽缸钻制厂厂主）会同另一个工业家约翰·威尔金森建制了第一座铁制拱桥。与老一辈的海员“木材上浮，铁则下沉”的说法相反，就是这位约翰·威尔金森于 1787 年建造了第一艘铁船。这是一艘由铁板铆建的轻艇，长 22 米。这艘在伦敦泰晤士河上航行的铁船，象征着造船业新时代即将来临。但请注意，上述的一些例子还只是个别现象，是为同时代人所惊叹的信号，是发展的前驱。它们到很晚，到 19 世纪下半叶才起到划时代的意义。农业还是国家最重要的经济部门。工业还只是在幼年时期。

19 世纪 20 年代，发明了热风鼓风，这是高炉煤气的经济利用，促使高炉提高了功效。但在 19 世纪中叶以前，还谈不上钢铁大量廉价的生产。

工业化的新动力——蒸汽机

法国人德尼·帕潘 1680 年后曾在伦敦随物理学家罗伯特·义耳从事科学工作。在其研究蒸汽压力时，首次设计制造了一台简单的蒸汽机。他的想法由其他实践家进一步探讨。十年后，终于制成了矿坑排水用的蒸汽机水泵。萨弗里 1698 年搞的一种吸入压力水泵“矿工之友”以及托马斯·纽科门 1712 年搞的火力机械都是蒸汽机时代最重要的先驱机械。

从技术史的观点来看，工业发展的一个伟大转折点的先驱者是令人敬佩的。但在工业史上具有意义的是带来系列生产，广泛发挥工业潜力，从而引起社会变化的成绩。这样的成绩是由詹姆斯·瓦特取得的。同时代的人以及后来的人给了他最高荣誉。他设计了第一台真正可用的蒸汽机，因此被认为是伟大的工程师和实业家。

瓦特的蒸汽机和阿克赖特的纺纱机于 1769 年两者同时获得专利。它们开拓了工业化发展的道路，工业化从此不停地向前推进，到拿破仑时代的末期，还只限于局部地区，从此以后，即以波涛汹涌的规模，在 19 世纪席卷欧洲和北美，到 20 世纪则在经济、社会，即生活的各个方面和领域内改变了整个世界。

苏格兰人詹姆斯·瓦特的父亲是从事建筑业的。詹姆斯由于身体孱弱，当了一名精密机工。他禀赋高超，孜孜好学，熟悉他那个时代的科学问题。他以独特的锲而不舍的精神，努力干好他的工作。后来瓦特成了格拉斯哥大学的机械师，年轻时代就开始研究当时科学家和实践家都在探索的问题：怎样恰到好处地用水蒸汽做功。1763 年他接受任务把纽科门的“火机”模型转化为实物。从 1712 年起，英国大多数煤矿已装上蒸汽驱动的水泵。这种水泵的吸水功效很差，却消耗大量燃料，工作起来很不经济。直到 1769 年才约有 100 多台多半照纽科门的系统制造的咝咝作响的庞然大物。从这一数字中可轻易地看出问题的紧迫性以及煤矿经常遇到水患的困扰。但实际上这种笨重的机器真正可以使用的还不到半数以上。

瓦特深入地研究机器的样机后，认清了功率很低的原因。这是因为在汽缸中喷入冷水，使得在锅炉中产生的蒸汽冷凝。由于失热过多，无法提供足够的低压来提高蒸汽水泵的吸入效能。新进入的大部分蒸汽，在每次冲程把汽缸重新加热时就消耗掉了。瓦特在其 1765 年建成的样机中，装入一个冷凝器，那是一个与汽缸隔开的空室。蒸汽在此冷凝。用这个方法可以在燃料较少的消耗下，获得大得多的功率。由于加装了冷凝设备，最终发明了一种可付诸实用的蒸汽机。此后，瓦特与矿主兼冶炼厂厂主约翰·罗马克博士签定了一项使用机器的契约。罗巴克看到这一发明的价值，但由于不断建立新厂，资金周转有困难。罗巴克的债权人主要是伯明翰的一个厂主马修·博尔登。伯明翰是一个冶金加工业传统悠久的城市。博尔登在机器行业颇孚声望，受过高等教育，精明能干。1774 年他把企业从城市迁往邻近的地区索霍，他在那儿的企业拥有水轮机。他在罗致瓦特之前，已雇佣了好几百人。

博尔登有兴趣将其冶炼厂中的锻压设备、砂轮以及磨光机部配上蒸汽驱动。他从破产的罗巴克财团中获得了瓦特的冷凝器专利。瓦特本人的技术才能，博尔登是了解的。瓦特随即成了企业的合伙股东。此后，瓦特开始了数年如一日顽强地对其发明进行改进。这中间时常伴随着失望与沮丧。

为了钻空能够承受蒸汽压力的铁质汽缸，博尔登和瓦特罗致了享有盛誉

的铸造专家约翰·威尔金森。他了解炮筒的浇铸。为了完成这个浇铸任务，他于 1775 年制作了第一台镗床。他的条件是：第一台瓦特式蒸汽机必须交给他，装好后将用来驱动高炉风箱。1776 年工程结束。这台机器比过去的机器耗煤少得多，有关人员对此十分满意。成功消息迅速传开，订货单随之纷纷飘来。

那时所有的机器都是单件生产的，费工不少，正如定制服装那样，是拼制而成的。除了简单的锻工、钳工工具外，很少有加工机器。现在订货多了，已可安排系列生产，车间的设备也需得到补充。

第一批机器主要交给康沃尔的矿山使用。在瓦特式蒸汽机投产使用后，矿井开采的深度马上就增加了 36 米。这样就有更多可以开采的矿层。煤炭和矿石的开采深度不断提高。瓦特获得了推崇，并得到其他新的设计专利。到 1780 年共制造了 40 台蒸汽机。

到那时为止，博尔登与瓦特合伙的工厂的产品是往复直线运动的低压蒸汽机。博尔登头脑敏捷，他看到，如果能成功地将机器的运动改为旋转运动，就有机会谋取巨大利润。瓦特又完成了这项设计任务。从此以后，纺纱业（当时英国的最大工业部门）也可装备上效率高的蒸汽机了。1785 年第一批新设计的机器交付使用，从此一万只纱锭通过传动能同时运转。这无疑是给纺织业插上了翅膀。伦敦的一家酿酒厂以及博尔登在伦敦创建的一家大型蒸汽磨面厂是第一批蒸汽机的订户。西印度群岛的一家糖厂和美国的一家锯木厂订了货。一个没有边际的市场几乎在一夜之间开辟出来。工厂又得到大扩充。

瓦特经过一生的努力取得丰硕的成绩，成了富翁和有名的企业家。当他在 1801 年从他的企业退休的时候，博尔登——瓦特工厂已有从业人员 600 名，成为英国最大的机械厂。瓦特于 1819 年去世，就在这一年他还乘坐过第一艘横渡海洋的蒸汽轮船。英国民族更把他尊为本国的伟大人物之一。在伦敦的威斯敏斯教堂中为他修建了陵墓。这是一个伟大的发明家应享受的待遇。

瓦特的专利于 1800 年失效以后,无数生产蒸汽机的机器制造厂纷纷建立起来。新的行业不断涌现，这为蒸汽机的制造提供了销售机会，因为蒸汽机为工作机提供动力。新兴工业的发展更是风起云涌。乃至人们称英国开始了一个“机械狂”的时代。1821 年，英国已经有了 1500 台蒸汽机在投入使用。

工厂由于不再用水力驱动，已经可以在任何地点修建了。在厂商的信笺上加盖“蒸汽企业”字样，甚至还印上烟囱在滚滚冒烟的厂房图形，这已成为那时一种享有盛誉的标志。工业时代已经开始了。

机械制造业

在工业革命前几百年以来为人熟知的机器，如织机、碾机、耕田用的农具绝大部分都是木制的。只是在生产武器及军需品时，人们才在工场内，积累了金属加工的经验。这里，加工工作超出了手工钳工的范围。在这些还是分散的工场内，人们根据生产的要求，发展了改进的工具和简单的工作母机，已能够加工铸件、锻棒和手柄。金属加工的最古老和最重要的机器是一种长型的简单车床。这种车床仿照木工车床，是 17 世纪英国制造的。

由于需要还少，人们被迫从事辛苦的手工劳动，生产单件产品。之后很久，也还只生产小批的系列产品。由于机械纺机以及蒸汽机的发明，在 18

需要全本请访问 www.ertongbook.com