

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

中华学生百科全书

世界工业科技



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来，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。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。手工业的传统摒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。水转动水边的水轮，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，倡议也来自私人。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内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

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桨手都上船了，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，因此把它掺入亚麻，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

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。”只要纺织生产仍以手工进行，英国人就无法与手工艺精巧、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据了统治地位。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炭的过程。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坩埚钢。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，坩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咿咿作响的庞然大物。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·罗巴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

世纪的最后 20 年，对机器的需要量才迅速增加。工业不仅为需要生产，也为本身生产。因此在英国中部地区，由于有煤及铁厂、炼焦及轧钢厂做基础，工厂到处出现，向工业提供标准机器。

第一批纺机厂附属于其他一些工厂，在获得阿克赖特的专利可后，自行独立地制造这种精纺机器，并能进行修理。一些纺织企业不久就完全放弃了本行，光搞铸造和机器制造。这样，先在英国，以后在其他国家，第一批纺织机械厂陆续出现。在机器工业的发展中，棉花主宰一切。机器制造业由于制造蒸汽机并为无数其他行业生产机器和装备，因而可以服务于大规模生产。当机器本身品种增多，可以大规模投产并使用时，它的效益便可成倍地增长。

如前所述，1775 年约翰·威尔金森为第一台蒸汽机制造了第一台汽缸镗床，从而开始了机器制造业的一系列发明和发展。这之后，机器制造业发展得越来越快。这时，一向用木材制作的那些机器零件，现在也用铸铁来替代了。

1787 年，机器和车轴滑动轴承获得了专利。十年以后亨利·莫兹利（1771~1831）以其螺丝车床做出了典范贡献。这种车床装有固定的导轨。切削工具装有机械传动装置，以加工夹紧的工件。这种称为“英国车床”的产品在拿破仑战争后已在不少国家中使用。其基本原理已与今日的车床结构相同。这种新式车床出现后，就有可能生产任何数量、任何形状的完全相同的机器零件。莫兹利是一位机械业的先驱者以及成绩斐然的工厂主，他发展了齿轮的铣削以及攻丝技术。

他的早期合作者约瑟夫·惠特沃思（1803~1887）于 1831 年发明了一种车削螺丝的三板牙架。几年后这种板牙架发展成为螺丝车床。这是工业进一步取得进步的不可缺少的前提。他的工厂也是第一次生产空心铸件。詹姆斯·内史密斯（1808~1890 年）于 1830 年制造出蒸汽锤，这在制造技术上是首创的。他的快速刨床在机械业和木材加工业中迅速得到应用。

所有这些革新的进一步完善及普遍应用都还是几十年后的事。但英国的机械制造业，特别是工具机械制造业因此而日益专业化，并明显地繁荣起来。用机器生产机器的生产工序日益细致、精确。系统研究、科学钻研达到前所未有的精密和积极。与传统的加工方法不同，新的工序可以使生产方法更为合理。合格的工程师的数量还很少，因为当时还缺乏工程师的系统培训，但从英国的一些领先的机械制造工厂的厂校内培训出来的设计人员已能把工艺技能和精确的科学结合起来。这样，机械制造业从青年时代起就逐步做出成熟的贡献，在个别领域直到 20 世纪还起着决定性的作用。

在努力寻找越来越新、越来越好和更为完善、更能提高效率的办法的时候，最重要的是怎样更恰当地组装零件，减少原材料消耗，从而降低生产成本。由于应用机械作功，还引起了能源问题，即煤的供应。

在工厂中，体力劳动分工越来越细，笨重的体力劳动已由机械代替。随着机器应用，新的行业也不断涌现。用机械生产方式进行生产，除了生产生产资料外，还逐步生产消费品，这个过程，一直持续到今天。

伟大的进程——第二次工业革命

现代工业的诞生

经过 18 世纪的产业变革，人类社会焕发出极大的生产力，产品一下子丰富了起来。欧洲的每个角落都响着蒸汽机的吼声，整个社会的生产方式都发生了巨大的变化。但是，人的需求是无止境的。他们不仅要从世代耕耘的土地上直起腰来，而且还要钻入地球的深处，出入海洋的波涛，往返于浩渺的星空。生产的发展一方面创造出日益丰富的产品，另一方面也创造出新的社会需求。即要求有新的产品、新的机器、新的部门、新的生产技术。纺织机能够成吨地生产棉布，但棉织业的发展最终要依靠农业中棉花的丰收。蒸汽机开始了煤铁的时代，但向生产的深度和广度进军还需要新的动力。工业变革需要把根基从农田移到大规模生产的工业原料、工业能源中去。如果说第一次产业变革是从棉织业开始，以蒸汽机的使用为标志，以资本主义工厂制度的确立为完成的话，那只是完成了工业进步的第一次飞跃。接下来的就是第二次工业变革，它是从钢铁及钢铁制造业的变革开始，以电力的应用为标志，以产业的结构巨大变化为告终。在这期间，不仅传统的钢铁工业、机器制造业发生了根本性变化，而且兴起了电气、化工、汽车、石油等一系列生产部门。这又是一次真正的巨大变化，使人类的物质生活得到了巨大的改善，超过了第一次变革的成果。这就是工业化过程中的第二次飞跃。

第一次产业大变革使英、法两国最先从农业社会中脱颖而出。他们凭借着廉价的纺织品横行天下，称霸世界。英国被光荣地誉为“世界工厂”。第二次产业变革则在 20 世纪初最先在美、德两国开始，使他们一跃而起，以新兴的钢铁、石油、电气、化工、航空等工业震撼了世界。后来者居上，美、德两国的工业经过这次变革之后便远远地走在了英、法两国的前面。

然而这一关系到许多国家兴衰、存亡的大革命却给人以渐进的感觉，尽管它所经历的时间比第一次变革还短，释放的能量还大。这主要是由于第一次产业变革开创了大机器工业，从而使工场手工业成为了遥远的过去。人类好像第一次有了工业。并且在第一次产业变革的进程中，资本取得了统治。而第二次产业变革则是在大机器工业内部进行的。这种大工业内部部门间的兴衰对社会结构的冲击是表现为渐进的，它没有使生产方式发生根本性的变化。不过这个渐进的冲击也足以使资本主义社会从自由竞争阶段过渡到垄断为特征的阶段。但是，如果我们不是把产业结构仅仅理解为一种特定的生产关系，而是同时把它看作一种生产力的话，那么第二次产业变革的冲击就不是渐进的，而是带有突变性的革命。

作为突变，第一次产业变革打断了农业社会的进程，建立了传统的工厂制度。第二次产业变革则打断了传统的工厂制度进程，奠定了现代工业生产制度。第二次变革中兴起的许多产业部门是植根于第一次变革的，但它们在第一次变革中不过是刚刚破土而出的萌芽。如钢铁、煤炭、机械加工等行业还没有完全摆脱原始的生产状态，与第二次变革后的大工业生产不可同日而语。在第二次变革中，这些老行业的新发展又导致了石油、电气、化工、汽车、航空等新部门的出现，从而使整个工业的面貌焕然一新。

电气化时代

蒸汽机把农业与工业划开了，而把近代工业与现代工业划开的则是电。电的应用使工业和社会都进入了一个新的时期。

1879年，即发电机发明后的十年，维尔纳·西门子在柏林工商博览会上展出了一条小型电车轨道，附3节车厢，每节可载客6人，由一台3马力的小型电力机车牵引，在4个月内它运送了8万参观者。1880年在巴黎也展出了这种有轨电车，但也只是作为游乐之用。尽管如此，它们却是第一条真正载客的电车轨道。1881年5月1日，柏林第一条电车线路交付使用，从利希特费尔德车站驶往军官总校，时速为15公里。同时巴黎也出现第一条电车轨道，电线架在空中，不久电车就取代了当时使用的马车。从这时起几十年内电车在城市近距离交通中一直起着重要的大众化的运输工具作用，直到第二次世界大战后，在很多大城市中它才由公共汽车取代。

1882年奥斯卡·冯·米勒（1833~1934）架设了一条从米斯巴赫到慕尼黑的2000伏电线（57公里），并在水晶宫的一次电力展览会上让这条电线连接的一台水泵转动，将水灌到一个小型水库中去。这样提出了一个远距离输电问题，但问题并未最后得到解决。由于当时普遍使用的是直流电，而直流电在较远距离的输送中损耗不小，所以直流电只适合在有限的供电范围内使用。使用交流电，损耗可大大减低。因此，人们想到在发电的地点安装一台变压器，用高压将电力输送到任何远距离地点，在用电地区重新把电压降低到当地电网的使用电压。变压器首先是在1882—1885年间由布达佩斯的匈牙利工程师代里·布洛赫伊和齐派尔诺弗斯基研制成功的。法国人马塞尔·迪普雷也独创了变压器这一设备。

1890年，在美国科罗拉多建立了第一座水力发电站。利用从中获得的经验，不久在尼亚加拉瀑布所在地建立了大得多的发电站，其第一期工程于1895年4月1日投产发电。而用水路或铁路供应煤炭的热电站主要是供应较大城市市政建设用电。

水电站和热电站由于架设了高压线，很快就连在一起。由水电站供电的区域在枯水季节也能获得电能。这样就出现了把所有电站都连接在一起的电力网。一个电厂偶然停电时，也能保证继续向用户供电。跨越区域供电今日已能在很大程度上得到保证。连接的电网已跨越国境。国际间的电力补偿使各个电厂能最大限度地使用设备。

在第一次世界大战期间，德国中部大型戈尔帕——乔尔纳维茨电厂投产供电。它用负载可达十万伏的电缆向柏林供电。1929年，第一条20万伏的电线交付使用。1957年，40万伏的连接科隆和斯图加特的电线架设成功。从这些数字中可以清楚地看出能源经济的扩展，同时也可窥见在国家整个经济中工业化日益增长的程度。

当发电技术在技术上解决了能源生产问题，电力供应问题通过电力网又得到解决之后，电力工业开始着手处理大范围内日益增长的能源使用问题。蒸汽机通过传动把能量传给连接的工作母机的机轮，因而只有较大的工厂设备才能经济地使用蒸汽机。蒸汽机的数目开始逐渐减少，而由电动机所取代。工作母机可单独得到供电，机器使用时，才会消耗能源。因而电动机要比蒸汽机经济得多。由于电能较易输送，因此很多加工工业可在大工业集中的同时远离煤源水源的地方建立，因为通过电厂的电力网实际上到处都可得到电力供应。

小企业也有可能使用上电动机。电力工业不仅有利于工业，也有利于商业及手工业。使用电动工具和电动机械，可在小单位和极小的单位中使工作简化，并便于机械化。这场于 19 世纪末开始的发展为几乎所有车间、直到很小的个体企业带来了一场深刻转变，使得它们在其专业领域内重新获得竞争能力。一个新的工业化浪潮方兴未艾。

电动机不仅是工业部门的一个动力机械，而且也给运输事业以新的激励。除了已提到的电车外（1879~1881 年起），1880 年出现了第一架电动吊车，1887 年首次出现电动矿用机车。1899 年，伦敦的第一条电动地下铁道交付使用。1900 年 7 月 19 日，巴黎地下铁道开始载客。1902 年，柏林建成第一条高架和地下铁道。1908 年，在矿井中使用第一台电动运输机。1912 年，瑞士第一列电力牵引火车开始行驶。其间在一些西欧铁路的电气化工程已经把蒸汽机车几乎完全排挤掉了。在纺织工业部门，早在第一次世界大战前，电力纺织机已全部取代了蒸汽机。

维尔纳·西门子以及格奥尔格·哈尔斯克于 1847 年创办了“电报机制作所”，它因为发展了电工技术而成为电气工业的领先工业。另外，通用电气公司成为一个较年轻的竞争者，在世界上也享有声誉，在德国电气工业的企业中今日仍居第二位。埃米尔·拉特瑙（1838~1915）在国外旅行的时候，已看到正在发展的电工技术，他敏锐地洞察到其未来的意义。拉特瑙于 1881 年从爱迪生处获得在各国使用其专利的许可。他 1883 年创立了专注于实用电力学的德国爱迪生公司，这家公司在柏林建造了第一座电厂，在弗里德利希大街的分厂于 1884 年投产。德国爱迪生公司于 1887 年改名为德国通用电器公司。

从多方面来看，对电的需要的日益增加是和经济发展紧密联系在一起。生活水平高的国家也有较高的电气化水平。因此电气工业改变和丰富着我们时代的生活方式，这是任何一个别的经济部门所不及的。电的利用不仅发展了新的工业，而且几乎对所有其他工业部门都起着改造作用。

新兴的大工业之命脉——石油工业

19 世纪中叶以来，铁路修建以及各行各业生产的日益机械化，引起了对机器和车辆润滑油脂的需要的日益增长。除此之外，由于工作时间普遍延长，工厂和车间对照明的方式也有了更加强烈的要求。当时灯用燃料是动物油和植物油，主要是菜油和鲸油。在美国、俄国和罗马尼亚，也在小范围内使用石油产品。石油注入油池，以原始的方式提炼。就需要而论，产量非常有限。

19 世纪 50 年代，在北美掀起了一个勘探较大石油油田的热潮，特别是在那些有油从地下冒出来的地方。美国宾夕法尼亚州的西部对勘探者特别具有吸引力。正如很多投机商那样，纽约的一个律师为这一地区的一伙投资者在泰特斯维尔弄到一块未加耕种的土地。如果发现地下有较大的石油油田，那将是一项赚钱的生意。他委托当时一位铁道建筑者，那个出名的上校埃德温·L·德雷克进行钻探。德雷克用一项新的技术，先用蒸汽锤把管子打入地下，直到岩层。然后安装木质钻架，并把钻具装入管内，再开始钻探。进行了 10 个多月的顽强工作后，终于在 1859 年 8 月 28 日于 21 米深处，钻到了油层。开始一台抽油泵每天可获油 40 桶，在当时情况下这个产量是很高的。德雷克坚持不懈的工作获得了报酬。他取得成功的信息迅速传开来，吸引了

无数人涌向油田，就和十年前加利福尼亚的金矿热促使成千上万的人参加淘金一样。钻探技术很快得到改进，发明了新的工具。很多国家进行了系统的采油工作。俄国、罗马尼亚、加利曾以及 1900 年以后不久荷属印度尼西亚都开始了卓有成效的开采工作。

石油开采以及时常钻不到石油的浪费需要耗费巨额资金，这就只能由公司来提供资本了。个别油田不久就会枯竭，这并非少见，因此炼油厂多半并不建在油田附近。这样运输石油也需巨大的投资。基于这些理由，石油工业从早期起就以大企业的形式发展起来。

开始，石油装在橡木桶里用马车装运。当 1863 年在油田建设了第一条铁路线后，石油就装在货车上。直到 1871 年才使用油槽车皮。费城的一个化学家介绍一种方法，能比过去更好地蒸馏原油。产品刚开始只作润滑油脂使用，偶尔用作灯油。这样就产生了一个新的工业，其最重要的产品——石油很快有了销路。动物油灯绝迹了，煤油灯取而代之。石油贸易成为一项赚钱的买卖。

在美国发现较大的油田，还是 1859 年之后，比一些欧洲国家晚，但炼油首先在美国成为一种大工业。在这方面，约翰·D.洛克菲勒（1839~1937 年）做出了重要贡献。他 19 岁时已独自谋生，很早就挣钱了。他和发明了一种新的炼油方法的工人塞缪尔·安德鲁斯一起于 1862 年在俄亥俄州的克利夫兰建了一座炼油厂。这种工厂那时已在很多地方出现。在连续赢利 5 年之后，他把其企业和另外四个炼油厂合并。1870 年，合并后的企业称为俄亥俄标准石油公司，拥有资本 100 万美元。这家公司的目的是把美国的石油提炼和石油产品的经营置于自己的控制之下。早在 1872 年，这家公司就和它的竞争对手签定了一项企业联合合同，以后几年又有更多的炼油厂参加，最后到 1882 年组成了一个巨大的托拉斯，所有受害于洛克菲勒价格政策的竞争企业，都被他一一收购。

世界上第一条输油管道是罗伯特·诺贝尔和路德维希·诺贝尔于 1897~1906 年在俄国铺设的。这两人是设立诺贝尔奖金的瑞典工业家阿尔弗莱德·诺贝尔的兄弟。他们参加了巴库石油工业的建设，领导了那里的工作。诺贝尔兄弟俩铺设的 900 公里长的油管今天还联系着里海旁的巴库与黑海旁的海港城市巴统。

尽管油管线路很长，但欧洲国家还是着眼于油轮。今日油轮运输已占世界运输业一个很大的比重。不仅对油轮而言，而且对整个航运以及内河船运而言，石油作为动力能源具有决定性意义。这可举例说明：一艘 8000 吨从德国去日本往返的轮船，煤仓容量为 650 吨，中途须装煤 8 次，费时很久。如同样吨位的船改烧柴油，来回旅程只需 700 吨燃料，中途不需另行加油。从中可以看出，为什么一个时期以来，全世界所有船只全都使用内燃机。现今油轮占世界船只总吨位的比重依然很大。这类船只中很大一部分，包括最新的巨型油轮，都掌握在石油公司的手中。

直到 1910 年左右，石油用途主要是照明，而不是动力能源。1913 年，美国根据威廉·伯顿提出的石油热裂变理论，把每吨石油提炼成汽油的产量翻了一倍多。第一次世界大战后发展起来的汽车和航空事业，向石油提出了新任务。从那时起，石油工业开始飞速发展。

化学工业的崛起

化工厂

在 18 世纪末机械工场发展成大企业 纺织工业作为所有工业之母促使漂白、洗涤以及染色材料的需要量急剧增加。当时建立的首批硫酸工厂使用 1763 年于伯翰发展的铅室法。纺织工业需要稀酸来加工纺织纤维，因此首批化工厂只是纺织工业的辅助行业。此外，硫酸不久在冶金工业用作矿砂的分离剂，之后又为炸药工业以及肥料工业所需要。对纺织工业很有意义的是：当时硫酸还是生产纯碱的初级产物。纯碱与硫酸同是工业化学品中最重要的产品，对织物的漂、染、印都不可缺少。就是在今天，硫酸也是除了煤、石油、岩盐和石灰外整个化学工业最重要的基础原料之一。

纯碱在欧洲几百年来都是从某些植物中提取的。由于生产玻璃和肥皂不可缺少纯碱，它的需要量在不断增长，这促使法国科学院用奖金去激发人们进行实验。化学家尼古拉·勒布朗（1742~1806 年）发明了一种生产方法，用此方法几十年内满足了世界对纯碱及其副产品氯及盐酸的大部分需要。1791 年在奥尔良公爵的财政支援下，第一家制碱工厂投产了，但在法兰西大革命风暴中被没收歇业。但勒布朗法不久又被重新采用。第一帝国时期，在巴黎附近的圣德民以及在圣康坦创立了第一批大型碱厂。但这位陷入极端贫困的发明家，不久却在贫民窟内悲惨地自杀了。

工业上努力前进的英国于 1814 年在其纺织工业中采用了勒布朗法，建造了很多碱厂。这些工厂几乎都向欧洲市场提供产品，从而加强了英国在经济上的领先地位。纯碱，“白色金子”，首先大量用于棉纺织品的漂洗。此外人们还用纯碱来软化蒸汽机的锅炉用水。造纸以及化学工业的各个部门都需要碱。最后在家庭中，碱用作漂白及清洁剂。法国虽然是第一个发展化学工业的国家，除了硫酸和制碱厂以外，还有其他化学分支行业，但它却不能保持其领先地位，在 19 世纪中叶，这领先地位让给了英国。拿破仑一世在 1810 年 10 月的皇帝诏书中，就对 30 种化学方法颁布了行业政策，阻碍了工业的发展。

在德国，也如同在法国、英国那样，1820 年出现了一些硫酸厂，1843 年兴建了第一家制碱厂。但它的发展受到了食盐专卖、关税壁垒、运费高昂以及资金不足的阻碍。而外国的大企业，在一个统一的经济地区内市场不受阻碍，通过相应扩大销售量，得以降低价格。德国生产厂商因此居于劣势。

德国化学工业的先驱者是尤斯图斯·冯·李比希（1803~1873），他是化学教学的组织者，是农业化学之父。李比希是达姆施塔特一个药商的儿子，21 岁已当教授。他指出，植物生长要从地下吸取化学成分。这种成分慢慢会枯竭。除了施厩肥以外，向土地施加适当的矿物肥料，会提高亩产量。他为科学种田做出了贡献。那时，为日益增长的人口解决饮食营养问题的意义还没有得到足够的重视。他的经典著作《有机化学在农业化学上的应用》一书被译成多种语言，1841 年甚至在北美发行。英国从 1842 年起生产化肥。同一时期，在德国也兴建了制造磷酸盐化肥的第一批工厂，在 50 年代又有所增加。

李比希的示范实验室——德国第一个这样的实验室——设在规模较小的吉森大学内。在那里他进行了史无前例的教学与科研工作。这儿成了各国无数青年化学家朝圣的地方。他为这些国家的科学发展奠定了基础。他的很多学生为科学以及化学工业的迅速发展做出了重要贡献。由李比希开展的土壤

研究为肥料工业开辟了前景。从上世纪 60 年代起为农业提供的氮肥、磷肥在世界上都有广泛的意义，这得归功于李比希。当人们有办法利用含磷很高的鲕铁矿时，碱性炉渣作为冶金工业的一种废渣，在炼钢同时被制成矿渣磷肥。由于李比希的促进，提高作物产量的含氮化合物，如硫酸铵、硝酸钾、石灰氮，以及诸如磷酸盐、过磷酸盐的钾盐和炉渣磷肥都能大量生产。它们是自然科学研究中的光辉篇章。

化学工业在日益广阔的特殊领域中，由于有效的结合新的发现与经验而逐步从纺织工业的一种附属辅助工业，发展成为一个新的规模很大的工业部门，从而促进了技术与工业的进步，赢得了巨额利润，给企业提供了进一步深入研究及扩充设备的资金。大学的研究所由于国家预算拨款有限，没有象化学工业的大型企业那样有充足的资金可以利用。

正如电气工业那样，化学工业也是从实验室的科学试验开始发展的。19 世纪化学工程只是由于利用了机械工程的进步，利用了冶金工业、机械、制造业和陶瓷玻璃工业的产品以后才发展起来的。可以说，化学工业是科学研究的结果与整个工业化过程中各种工业技术进步成果互相结合的产物。

染料和药业

在有可能大规模炼钢以后，焦炭的需要量大大增加。有臭味的煤油是炼焦厂和煤气厂的副产品。对它作了化学分析后，发现它是一种有价值的原料。在进行研究之后，很快就出现一个有利可图的生产行业：焦油染料工业。它开始于年轻的英国化学家威廉·亨利·珀金（1837~1907 年）的一项发明。他于 1856 年首次合成生产了一种苯胺染料，紫红色的苯胺紫。而在这之前，染料多半是从植物或动物中提炼生产的。英国的这种新的染料在 1842 年伦敦的世界博览会上获得普遍好评。但英国的纺织印染工业起初对此兴趣不大，因为大不列颠能从它的殖民地获得任何数量而价格又合理的天然植物染料。1884 年以前，德国不占有殖民地。但从海外输入靛蓝以及染色木本植物，每年得耗费数百万英镑。因此德国对生产苯胺染料有较大的兴趣。

英国和德国染料工业的先驱者是李比希的一个学生廉·霍夫曼（1812~1892 年）。他在 1862 年举行世界博览会时，已在伦敦化学学院当了 17 年教授。珀金是他在那里一个学生。霍夫曼对英国年轻的焦油染料工业的成就印象很深，看到了这一前途无量的工业部门的发展可能性。1864 年他返回德国。最初在波恩，后来在柏林大学他进行了富有成效的教学和科研工作，并成为德国染料工业的伟大先驱者和泰斗。

19 世纪中叶以后不久，德国的焦油染料工业有一些企业，开始时规模很小，现在则居于领导地位。这些工厂度过开始成长阶段中的困难，在德意志帝国建立以后发展成为有影响的企业，今日已成为德国最大的企业之一。

它们之中最古老的，要数过去的弗里德里希——拜耳公司染料厂。该厂于 1850 年在埃尔伯菲尔德建立。1891 年它已发展为一家举世闻名的厂家。后来，它在勒弗库森建立了一座新厂。勒弗库森今日是一座拥有十万人的工业城市。城市的中心是拜耳工厂。由于工厂不断发展，这一城市直到 1930 年才算真正建成。它是 4 个乡合并成立的。企业的首脑在 20 世纪初期是化学家、工业家兼教授卡尔·杜伊斯贝格（1861~1935 年），他曾八次获得荣誉博士称号。从 1899 年起他一直是公司的董事会的成员之一，为发展染料工业做出了巨大的贡献。1925 年他担任全德工业协会的主席。

从 1861 年起在曼海姆创建的焦油染料厂，于 1865 年发展成为巴登苯胺

和苏打工厂。创办人弗里德里希·恩格尔霍恩于 1848 年在曼海姆创办了一座煤气厂，之后转归曼海姆市所有。他的兴趣从照明煤气转向煤气副产品煤焦油的利用。当时在专业界已谈到煤焦油多方面利用的可能性，因此一开始就非常重视了对煤焦油的研究，从而促进了竞争。李比希在慕尼黑的继任者阿道夫·冯·欠耶尔于 1880 年对最重要的一种天然染料靛蓝的化学成分进行了分析，这为人工生产靛蓝打下了基础。在 20 世纪末前后，巴登苯胺和苏打工厂首先生产出合成靛蓝。当时该厂已有 6000 名职工。该厂生产的多种染料中最著名的是茜素、曙红和阴丹士林。

在 19 世纪最后 1/4 时间内，以及直到第一次世界大战爆发前，德国的焦油染料工业空前繁荣。已无必要进口昂贵的植物染料，天然染料工业在国民经济中远远失去了意义。此外，德国的焦油染料成为一项重要的出口项目。1877 年，世界合成染料的产量中德国占一半。在世界普遍的工业化过程中，对德国染料工业产品的需求与日俱增。

居领先地位的厂家，开始时厂房都很小，只是些简陋的木屋，不到几十年，换成了巨大的厂房，大楼林立，管道纵横，宽广的工厂大道和运输轨道，辅以巨大的供电装置与专用码头。有机产品的日产量已不是以公斤计，而是以吨计，可装满数节车皮。除了专用生产设备外，巨大的研究实验室具有举足轻重的地位。它是不断适应市场变化需要以及在大型染料厂之间开展激烈竞争的中心。

为了使新的发明能得到利用，需要有巨大的资金作长期投资。发明日新月异，因而在 20 世纪初，就有企业集中的趋势。早在 1904 年就已有一个染料工业的利益集团建立起来，到 1916 年参加集团的有上述 3 个厂以及另外 3 个厂。

比利时人欧内斯特·索尔韦（1832~1922 年）发明的一种新的氨苏打法一度使制碱业受到震动。勒布朗法代价昂贵，逐渐受到排挤。在法国，勒布朗方法直到 1910 年才最终放弃不用。在萨勒河畔贝恩堡巨大盐矿，德国第一座苏打厂兴建起来，根据索尔韦专利从事生产。

第一次世界大战给当时居于领先地位的德国染料工业带来了严重后果。1913 年，德国的产量占世界产量的 80%。战争使德国不能再向很多国家提供产品，并促使这些国家建立它们自己的工业，没收德国厂商在敌对国的子公司的财产以及德国专利。由于炸药与焦油染料的生产设备和原料是同样的，美国在战争期间建立了一个大规模的炸药工业，在战后，这些工厂转而生产染料。1914 年以前，美国的染料是由德国供给的。美国化学染料公司就是这样发展起来的，以后又与世界最大的企业杜邦化学康采恩合并。

在英国，一战后也创立了帝国化学工业公司，它把最大的英国化工厂组合在一起，形成了一个庞大的康采恩。康采恩避免了国内企业的相互竞争，促进了通力合作，查清了生产规模，形成了名牌产品。这样大大降低了成本，形成国际竞争能力。染料的使用范围当然不只是纺织品，皮革、油漆、皮毛、造纸、印刷、粉刷以及贴面装饰都使用染料。

早在焦油染料工厂建厂之初，工厂生产就不片面地集中于染料一项。除了硫酸和苏打之外，还经常生产无数其他品种的化学产品。除了大量生产的染料和肥料外，还生产中间化学产品和制剂。除了大企业外，各国还有为数众多的中小企业，它们主要是对中间产品继续进行化学加工。

由于很多化学工厂是从药铺或从大的药房发展起来的，不难看出，制药

业这一特殊行业主要是从这些药厂或药房发展而成的。它在德国 20 世纪的下半叶获得繁荣昌盛，在有名的医生和药物学家的紧密合作下，生产药物和疫苗。赫希斯特染料厂从 1833 年起也从事药物研究，大量生产合成药剂。药物引进市场并被介绍后，其产品品种日益扩大，例如匹拉米董、结核菌素、奴佛卡因、胰岛素等。特别是病理学家保罗·埃尔利希（1854~1915 年）的发现被证明成绩特别巨大。埃尔利希是化学疗法的创始人以及“六六六”的发明者。在埃尔伯费尔德及勒弗库森的拜耳染料厂也创建了制药部门。阿司匹灵与佛罗那在工业上的意义并不逊于赫希斯特的药制品。制成这一种或那一种药品，经常事先需有长年累月、耗资很大的准备工作以及临床试验，才能进行大规模生产，并带来利润。今天德国制药工业共有大、中、小企业 600 多家。

第三次技术革命

新一代技术革命

继现代物理学革命之后，20世纪中期以来，由于原子能、电子计算机和空间技术的出现，开始了现代科学技术史上的第三次技术革命，其内容之丰富，影响之深远，都远远超过了第一次和第二次技术革命。新的技术手段也深刻地改变着现代科学研究的技术和方法，促进了自然科学的新的发展。在物理学、化学的影响下，现代生物学有了决定性的突破；分子生物学的兴起，标志着生物学进入了一个崭新的阶段。科学技术的一系列划时代的进展，揭示了物质世界不同层次的运动规律和相互联系，出现了许多分支学科、边缘学科，还产生了象控制论、信息论、系统论这样的综合性、基础性理论。现代科学革命和技术革命的丰硕成果，不仅带来了社会生产力的巨大飞跃，而且对社会生活的各个方面都已经或正在继续产生极深刻的影响。许多现代的新兴工业和行业在不断地涌现，为人类创造出更加丰富的物质文明。

科学技术的发展归根到底是由物质生产的状况所决定的。正是由于工业化以来，冶金工业的巨大发展，强大动力基地的建立，机械加工能力、工艺水平的提高，为新的科学思想出现和新的技术的实现，提供了现实的可能性。生产的发展又以空前强大的精密仪器和设备武装科学技术，为新的科学技术探索提供了必要的物质手段。生产的增长是和消费紧密联系的，它要求人们随着生产的不断发展，研究更经济合理的利用能源的方式，开发新的更强大的能源；生产的发展也扩大了对特殊材料的需求，它要求研制和提供能适合各种工艺技术要求，更坚韧、耐高温、抗腐蚀，电气性能和机械加工性能优异、价格低廉的新材料；生产的发展中出现了高速度、高温、高压、剧毒等许多人们无法操作和直接参与的工艺过程，进一步突出了人的生理条件与工艺技术要求不相适应的矛盾，这就要求研究不需要人直接干预就能自动控制的生产技术。这充分表明，正是生产的发展和需要促进现代技术革命。

19世纪末以来自然科学的飞跃发展，特别是物理学的革命，为第三次技术革命开辟了道路。相对论和量子力学的创立是物理学革命的伟大成果，它不仅使人们对物质世界的认识扩展到了高速和微观的领域，而且有力地促进了其他基础科学和技术科学的进一步发展，为新的技术领域的开辟提供了理论基础。通过核物理的研究，实现了核爆炸，建成了核反应堆，使原子能的开发和应用成为现实；通过对分子、原子和固体中电子的运动规律的探索，以及对不同波段的电磁辐射的特殊矛盾的研究，推动了电子技术的巨大发展；在机械的、电磁的电算工具的技术基础上，吸取了数理逻辑和电子学的成果，诞生了电子计算机；而空间技术则差不多集中和物化了现代科学技术的一切重要成就。

现代科学技术的一个突出特点是从个体劳动转变为有组织的社会化集体劳动，其研究规模的巨大、探索领域的深广，都远远超过以往。因而现代科学研究和技术开发所耗费的物资、人力和社会财富，也是过去无法比拟的。据统计，1896年全世界科研人员只有5万人，而到1953年，即第三次技术革命兴起初期，已发展到至少40万人；1896年全世界科研经费还不到50万英镑，而1953年则达到20亿英镑以上，增加约400倍。过去价值几千美元的实验装备已不可多得，而现在一个大型研究项目投资往往数以亿计。美国研究

原子弹花 20 多亿美元，研制和生产混合集成电路的 IBM—360 电子计算机系列花了 15 亿美元，而“阿波罗”登月计划投资高达 300 亿美元。科技队伍的壮大、科研经费和先进实验装备的提供，为现代自然科学的巨大进展和第三次技术革命准备了重要的物质条件。

第二次世界大战一定程度上也加速了第三次技术革命的进程。战争给亿万人民带来了深重的灾难，造成 4 万亿美元物质财富的损失，也使一些重要的科学研究延缓和推迟；但是，一些与军事有关的项目和领域则得到加速的发展，许多新技术首先是由于军事的目的而受到重视和得到优先开发。在敌对双方激烈竞争中，往往不惜工本不计代价地投入到某些关系到军事实力的技术研究。为了抢在纳粹德国之前研制出原子弹，美国在英国、加拿大的合作下，调集了 15 万科技人员，动员了 50 余万人，前后花费约 22 亿美元，以这样巨大的人力、物力、财力投入原子能发展计划，如果没有战争形势的推动，是根本不可想象的。希特勒德国没有能制造出原子弹，但是他的一些科学家却研制出了 V—2 火箭。战争结束时，美国和苏联瓜分了德国研制 V—2 火箭的人员和设备，这对两国火箭技术的发展无疑是笔宝贵的财富。在考察战后空间技术的巨大进展时，不能忽略它在二战中已有的技术准备。电子计算机也是在二战中为适应弹道计算的需要而加速研制的。正是由于军事上的紧迫压力，促使美国军方不顾当时对电子计算机的技术可能性的种种怀疑，在成败未卜的情况下，为研制世界第一台电子计算机 ENIAC 提供了巨额经费，有力地支持了研制计划的顺利进行。

战后，在各资本主义国家垄断资本的竞争加剧，特别是超级大国间的争夺日益激化的情况下，科学技术成果の利用，成为提高劳动生产率，节约能源、原材料消耗，降低生产成本，提高产品竞争力，以维持高额利润的重要手段。超级大国为争夺霸权，更竞相发展军事科学技术，其投入军事的研制经费，已远远超过了二次世界大战期间的开支。这一切，已成为现代技术革命的重要刺激因素。

第三次技术革命以原子能、电子计算机、空间技术为主要标志，包涵着丰富的内容，广泛地反映在能源、材料、控制、信息、工艺等各个方面。其对工业的促进作用之巨大，是我们今天很容易看得到的。原子能为工业提供着越来越大的电力供应；而电子计算机已广泛地应用于工业的各个领域，如自动化、工厂企业的管理、产品销售、数据处理、机器人等等；而空间技术的发展，带来通讯工业的革命和材料工业的大量兴起，而这些技术本身就带有产业的性质，它们一开始就是以新的工业形式出现的。如今的原子能工业、计算机工业和航天及通讯卫星工业就是十分红火和十分重要的工业。

美、苏、日的工业化

美国于 1776 ~ 1783 年独立时，人口不满 300 万，只有 13 个州，其面积只占北美大陆的一小部分：从东部大西洋沿岸到西部阿巴拉契亚山脉之间的一条狭长地带。后来领土渐渐越过山脉向西部扩张。19 世纪后半叶，向西部扩张到了太平洋海岸。所有先驱者以及紧随在他们后面的开垦土地的农民和冒险者们长达数代地向这里移民，他们开发了这一面积巨大的几乎是荒无人迹的地区。结果，这一地区的人口剧增。在这个移民种族繁多的“熔炉”里，一个具有自我意识的年轻的美国应运而生。1800 年人口约为 530 万，30 年后

约为 1300 万，1860 年，南北战争爆发前一年，已达 3100 百万。

美国是一个资源和各种矿藏十分丰富的国家，比欧洲要丰富得多。移民大多来自欧洲，他们带来了旧大陆的手艺和技术。在这块处女地上，勇敢地建设新生活的人们带来了取得成绩的信心，带来了无比巨大的坚韧不拔的力量和冒险精神，准备不带任何偏见来检验一切新鲜事物，也准备凭借实际能力千方百计设计节省劳动力的装置，因为美国还到处缺乏劳动力。

美国在独立以前一直是英国殖民地。独立后，也紧紧地受着英国经济的束缚。1785 年，英国内阁宣布禁止钢铁工业的机械工和专业人员移居外国，禁止机器、机器零件和设计图纸出口，目的是让年轻的英国工业保持其先进地位，同时防止出现新的竞争对手。这一措施恰似兴奋剂，它刺激美国人自力更生地制造机器。不久，就取得了成绩。

1793 年，惠特尼发明了轧花机，促进了美国和英国纺织工业的发展。罗伯特·富尔敦设计了第一条轮船，1807 年下水。这些都是早期的美国发明家智慧的证明。继这些发明之后，美国对现代技术又作过无数贡献。

1789~1860 年这一时期美国制造业的发展总的来说主要是技术进步带来的，当然政府制定的保护新生工业的关税法案对工业发展也是功不可没的。这一时期，美国制造业已初具资本主义工业之雏形。

1865~1914 年，这一时期是美国工业跃居世界首位的时期，也是美国工业产值超过农业的时期。美国 1865 年以后就已经是一个工业国了，从 1869 年到 1899 年，制造业产值又增长了三倍多，年均增长了 46.5%；1900~1914 年，产值增加了 71%。这段时间里，制造业是工业增长的主要部门。到 1914 年，工业设备投资额累计为 208 亿美元。

这段时间工业发展特点是新兴部门日益增多；现代化技术日益扩散；市场竞争激烈；生产日益集中；垄断大企业在国民经济中具有支配性影响。对经济力量增长具有决定性意义的是钢铁工业。美国的钢铁产量在 1860 年还不足 100 万吨，但到 1915 年超过了 3000 万吨。美国钢铁产量从 19 世纪 80 年代起超过英国居世界之首，1899 年占世界产量的三分之一。钢铁工业的急剧发展，产生了“向前连锁”和“向后连锁”的影响，促成了以钢铁为原料的其他工业的发展，如建筑、交通运输、机器制造等等。

这个时期还发展起来了汽车制造业、电力、电器工业等新兴的工业，为一战后的大发展奠定了基础。

1914 年欧战开始时，美国经济经受了一次相当严重的金融危机，美元外汇牌价暴跌，外资纷纷抽走，造成了 1914 年的经济活动水平竟然低于 1913 年的现象。但是，欧洲大陆的战争不久就发展成为一场旷日持久的消耗战。大量的消耗，使得交战协约国不得不向美国寻求补给。这一契机使美国经济衰退在短短几个月内便转为繁荣。1917 年，美国对欧洲的出口额由 1915 年的 10 亿美元猛增到 30 亿美元。1917 年 4 月 6 日美国对德国宣战。战争最后以协约国的胜利而告终。

第一次世界大战对美国经济最重大的影响之一，就是使美国工业生产力提高了将近 30%。工业增长，不仅为协约国提供了强大的物质支持，也为美国国内人民提供了大量日常生活必需品。从世界范围来看，第一次世界大战产生的最大影响就是国际经济力量的对比发生了重大变化。美国作为世界最富裕的经济大国和工业大国的潜力在战争中得到充分体现。

20 世纪 20 年代，美国经济继续增长，其突出特点是大公司的作用越来越

越重要。著名的大公司有：卡内基钢铁工业公司，它是一个拥有矿山、煤山、炼焦厂、矿砂货船、铁路、钢厂、轧钢厂的巨型托拉斯；福特汽车工业公司，生产著名的福特汽车，使美国成为一个汽车王国，号称轮子上的国家；还有著名的石油大王洛克菲勒石油公司，它控制了美国整个石油工业。还有许多诸如铁路托拉斯、钢铁托拉斯、牛肉托拉斯等等。这时的美国已成为世界工业的领导国家。

在 20 世纪 30 年代，美国经历了历史上最严重的经济危机，实施了历史上第一次由政府大规模干预经济的“新政”。到 1937 年，美国经济初步得到了恢复。这一年，美国的工业产值占西方世界工业总产值 42%，出口贸易占 14%，黄金储备占 50%。1940 年美国的经济才基本恢复到 1929 年的历史最高水平。

第二次世界大战的爆发，无疑给美国经济注射了一剂兴奋剂。由于受扩军备战的刺激，这时美国的国民生产总值开始出现较大幅度的增长。在 1940—1944 年间，国民生产总值增长了 56%。在此期间，美国制造业、采掘业、电力工业、煤气供应业有了突飞猛进的发展，1944 年达到 1939 年生产指数的一倍以上。战后 40 多年，美国工业发展周期基本上是与整个经济周期相一致的。二次大战后美国经济发生过 8 次衰退，工业生产衰退也是八次。但整个战后工业产值还是得到了巨大的增长，其中有 6 个年份增长率超过 10%，在许多方面，其工业仍然居世界领先地位。特别是石油化工、汽车制造、机械制造、电子产品、航空工业、航天工业都是世界一流水平。

纵观 200 多年的美国工业发展历程，美国之所以取得如此高的成就，一是美国人民勤奋智慧，善于吸收和应用新的科技；另一方面，也是他们抓住了历史的各种发展机遇。当然，作为一个老牌的帝国主义国家，它通过经济的和军事的手段，从落后国家和人民那里掠夺的财富也为它的发展做出了贡献。

苏联在短短的几十年内就使其钢铁工业和加工工业等几个工业部门的生产成绩已远远超过欧洲其他工业国家。1961 年苏联成功地发射了第一颗人造地球卫星和载人宇宙飞船，这个惊人的成就轰动了整个世界，它说明除了资本主义的西方国家工业化形式外，还有另外一种形式也可以取得工业建设的巨大成绩。虽然苏联在以后的发展中出现了严重问题，导致了它实行了 70 多年的社会制度的崩溃和苏联国家的解体，但它早期的发展及其工业化的前提应引起我们的注意。

苏联的西部疆界从中欧东部，经过乌拉尔、整个北亚，一直达到东方的白令海峡，像美国一样从东部的大西洋一直延伸到西部的太平洋。这两个国家在过去几十年是权力的敌对中心，在占半个洲的辽阔的国土上蕴藏着丰富的地下矿藏，技术水平也都很高。前苏联人口约为 2.5 亿左右，美国为 2.1 亿左右，对工业发展来说是天然的前提，而欧洲古老的工业国家在这方面就比较欠缺。

沙皇俄国在欧洲属于工业化较迟发展的国家。到十月革命前，虽然已有一定的工业和技术基础，但仍然属于技术落后的农业国。十月革命以后，紧接着就是国内战争。前苏联在新的政治制度下以计划经济的方法开始了沙皇时代就已开始进行的工业化建设。其他所有发展落后的国家，在最近几十年才开始工业化，这些国家具备一定的优势；能够把已在工业高度发达国家试验过的新的技术和方法在节省开支的情况下，以最现代化的形式加以应用。

在这个过程中，还不会受到现存的经济关系和规章制度的阻碍。前苏联像当时的沙俄一样，毫不犹豫地利用了西方的经验，特别是在 1945 年战胜德日以后，前苏联与美国一起瓜分了德国的技术装备和科技人员，还从远东运回了在中国东北的大量的日本技术设备来保证了工业建设对技术的要求。

1917 年的十月革命不是马克思预言的从一个成熟的资本主义工业国家向共产主义的过渡，而是一个刚开始工业化的落后的农业国强行用中央管理经济和国家资本主义的方法实行工业化的过程。

十月革命后的几个星期内，就宣告废除一切财产关系。国家接收了钢铁工业的大型矿山、工厂、金属加工厂、纺织厂、糖厂、粮食库、石油工业、商船、银行、交通企业和其他较大的工厂，废除了私人继承权。工厂作为公共财产被接受下来，由工人们推选出来的工人委员会管理，曾经一度出现混乱。后来新政权任命国家的特派员为企业的领导人，由个人负责，才又重新恢复秩序。

1920 年 12 月 22 日，列宁在全俄苏维埃第八次代表大会上作报告宣布“共产主义就是苏维埃政权加电气化”，提出了要巩固苏维埃人民政权，必须实现电气化和工业、农业的现代化。1921 年开始实行“新经济政策”，在一定范围内重新允许私人企业存在，并重新刺激了工商业发展。俄国开始组织大型联合企业。为了装备当时俄国还没有的新型工业设备，列宁提出了“向资本主义学习”的口号，给予外国企业以特许，这些企业要负责提供它们全部技术专业知识，并根据相应典型企业的经验来培养俄国人员。以此方式与外国企业签定了约 20 个特许契约。例如前苏联航空工业创始人是德国飞机制造者胡戈·容克斯，他从德国向前苏联供应了 50 架他设计的 F13 型飞机，以后又在莫斯科附近的菲利建造了第一座飞机制造厂，这个工厂后来成为俄国航空工业中心。

经过 1921~1925 年的“新经济政策”的推动后，1927 年工业生产达到战前水平，为以后的工业跃进创造了条件。1927 年开始制定“发展国民经济第一个五年计划”，1928 年开始贯彻。五年计划像以后所有的计划一样，没有看到生产各个部门要平衡发展，而坚定不移地偏重发展重工业和军火工业，而消费品工业和住宅建设则限制在最低限度内。为了创造扩建基础工业的条件，从一开始就在乌拉尔地区和西伯利亚开辟了新的煤矿区和铁矿区。

通过 3 个五年计划（第 3 个五年计划因 1943 年的战争爆发而没有完成），前苏联已基本上实现了工业化和电气化。工人人数也由 1000 万左右发展到 3000 万左右。几百万农村青年被培养成拖拉机手。五年计划及其工业化纲领的完成速度是无可比拟的，因为至今的增长速度都赶不上斯大林时代的工业增长速度。

第二次世界大战把俄国的工业发展向后拖了 10 年。

二战后，由德国运来的设备和德国科技人员为前苏联的发展做出了贡献。特别是前苏联的精密机械和光学工业以及电力工业都要感谢被没收的德国工厂设备。除此之外，机床制造、飞机工业和火箭技术也是如此。

战后，前苏联十分重视科学技术的发展，特别是与军事有关的航空、航天、核技术、军火及兵器工业的技术，在这些方面一直是世界一流水平而与美国抗衡。前苏联还十分重视教育事业，使国民文化素质得到极大提高，这为工业和科技发展奠定了坚实基础，因此前苏联不仅发展成为工业大国，而且，也是一个科技大国。

但前苏联在发展过程中，一直未能重视与人民生活水平相关的轻工业，农业也出现严重问题。虽然前苏联工业水平日见提高，但人民生活水平却不见进步，或进步很少。庞大的军备竞赛，耗尽了国家财力，最后终于导致严重的危机，再加上长期以来，高度集权的中央计划经济，使得经济缺乏活力，政治上的高压也使得各种社会矛盾在兹生，最后酿成总爆发。

1991年8月19日，发生政变，前苏联在一片混乱中被分解成15个国家。一具庞大的貌似强大的有着70年历史的社会主义大国，终因内部危机而分崩离析了，这不能不令世人深思。

日本国由北海道、本州、四国、九州四个大岛和大约3000个小岛组成，总面积37748平方公里，人口1.2亿。日本位于亚洲东部，太平洋西侧，境内四分之三为山地，平原、低地都在沿海一带。矿产资源贫乏，仅有煤、铜、锌少数几种，而且煤质差，不宜炼焦。唯有地热资源和水产资源丰富。日本约有1200处温泉，北海道以东水域是世界著名的三大渔场之一，鱼类约有2000多种。

日本人多地少，资源缺乏，而且作为第二次世界大战的战败国之一，战后几乎成了一片废墟。但是，经过战后调整政策，艰苦奋斗，在短短几十年的恢复和发展中，日本“流星似的上升”，已成为世界上数一数二的经济大国，其人均国民生产总值已超过美国。日本“奇迹”引起了世界各国的关注，许多专家学者写了大量的论文和专著，分析日本的条件，介绍日本的经验，展望日本的未来。然而众说纷纭，莫衷一是。在此，我们对日本的发展过程只做简要的描述和评价。

明治维新以前，日本是一个封建农业经济小国。1603~1867年为德川幕府封建统治时期。封建统治者对内实行残酷统治，对外于1836年实行“锁国”政策，除允许荷兰商人在山崎进行有限贸易外，英国、葡萄牙、西班牙等国的商人和传教士被逐出国境。对农民实行五户连坐制度，禁止日本人出国。

随着生产力的发展，封建制度必然瓦解，这是不以人的意志为转移的客观规律。幕府统治后期，统治者生活日益奢靡，对农民压榨日益残酷，农民不断反抗，日本封建制度濒临崩溃。这时西方列强又乘机闯了进来。第一个用武力打开日本“国门”的是美国，强迫日本与之缔结“神奈川条约”，开放下田、函馆二港。接着又迫使日本签订“安政条约”，规定美国人在日本的种种特权，美国货从此自由流往日本，关税低于5%，外币可在日本流通。在美国的“首创”下，英国、俄国、法国接踵而至，与日本签定类似的条约，严重破坏了日本经济基础，加剧了国内阶级矛盾。日本这段历史与中国当时的历史情况何其相似，简直如出一辙。

1868年1月3日，日本下级武士西乡隆盛、伊藤博文等，利用人民的革命要求，发动政变，推翻幕府统治，推15岁的睦仁天皇为国家元首，定国号为“大日本”，年号为明治，这就是日本历史上著名的明治维新的开始。

明治政权建立以后就提出了“富国强兵”、“生产兴业”的口号，并进行了广泛的政治经济改革。主要内容为：一、废藩置县，统一全国政权，对政权实行改良，新政权的各级政府中仍然由原来的武士、公卿担任要职，这为以后对内实行专制统治，对外实行军国主义，发动侵略战争种下了祸根。二、废除等级制度，实现有限的平等自由。宣布“四民平等”，取消工业行会和商业同业公会，允许人民有居住、迁移和选择职业的自由。调整经济政策，增加上层阶级的收入，使其成为银行、铁路和其他企业的投资者。这些

改革，都有利于资本主义的发展。三、对外开放，引进西方文化技术。国家一方面举借外债引进外国先进装备，修建铁路，兴办官营“模范工厂”；另一方面派遣官吏、技师和职工到西方国家学习新的知识和技术，聘请外国专家，开办技工学校，发放各种补助和奖金，引导私人企业发展。但是明治维新运动在全盘学习欧美文化的同时，崇拜“天皇”、“武士道”和军国主义思想也被宣染和扶植起来。四、实行了土地和租税改革，承认实际占有土地的人是土地所有者，取消旧土地所有制，取消贡赋，缴纳全国统一地税。总之，日本明治维新，一方面扫除了部分封建障碍，为此后发展成为资本主义强国创造了有利条件；另一方面又在政治中保留了一些封建和军国主义势力，为其后来发展成为军事帝国主义奠定了基础。

19世纪80年代，明治维新的各项重要改革都已完成，政局趋于稳定，为发展资本主义铺平了道路。从工业生产年平均增长速度来看，明治维新以后的日本速度最快。1891~1899年其工业年平均增长速度高达14.3%，远远高于同期英国1.6%、法国2.6%、美国3.5%、德国4.8%的水平。在第一次世界大战中，日本又乘西方国家忙于战争的机会，大规模向亚非广大地区进行经济扩张，同时还不断接到英俄等国的大量军事订货，对外贸易空前活跃，从长期入超国一跃成为大量出超国。

第二次世界大战前夕，日本国民经济发展水平，在资本主义世界大体居第五位。从较高年份看，日本多项经济指标已达到钢782万吨，汽车4.6万辆，造船44.9万吨，棉纱71.9万吨，粮食1370万吨，外贸进出口额41.7亿美元。从技术水平看，日本已拥有大量的工程技术人员和熟练工人，能生产飞机、汽车、轮船，具有吸收外国先进技术加以创新的能力。

但是从日本工业生产在资本主义世界所占比重来说，日本仍然是微不足道的。

日本民族也是一个勤劳自强的民族，在明治维新前后一段时间里，也是一个受外国列强欺压的国家。但是，从1894年向中国发动大规模侵华战争开始，就从被压迫国家向着压迫国家转变。甲午战争、对俄战争、第一次世界大战以及后来对中国东北和朝鲜的侵略，都使日本军国主义分子尝到了甜头，公然把“人多地少”，“人口过剩”作为必须向外扩张的理论依据，对外侵略的野心急剧膨胀。1937~1941年日本军工迅速发展，载重汽车产量由19555辆增加到42096辆，飞机产量由3365架增加到5088架，军用船只由5.5万吨增加到22.5万吨，坦克和装甲车的产量1941年达到6000辆，整个国民经济都为战争服务，虽然不断从中国和朝鲜掠夺来财富和资源，但整个国民经济却越来越恶化。由于直接军费开支占国家总支出70%以上，出现巨额赤字，不得不大量发行纸币，造成恶性通胀，国家财政面临崩溃。

日本军国主义对外发动的侵略战争遭到亚洲各国人民的奋力抵抗，美国、苏联、英国也给予了有力的反击，使日本损失惨重，仅美国在日本广岛和长崎投下的两颗原子弹，就使20多万居民伤亡。一贯以侵略战争发财致富的日本军国主义，在第二次世界大战中以彻底惨败而告终。据统计，日本侵略者在杀害了亚洲各国几千万人，掠走和摧毁了大量财富的同时，也把日本国家和民族推向了灾难的深渊。伤亡人数达646万人，2200万人失去了家园，国家财富的15%以上被毁。至此，日本军国主义经济完全崩溃。

二战后，日本对整个社会进行了重大改革和调整。政治上，解散了日本军队，建立民主政治，实行法制；经济上，解散财阀，有效地控制垄断，分

散股份，分割大企业；实行土地改革，基本上实现了耕者有其田。在经济生活中，政府进行了行有效的干预。可以说，二次世界大战后，日本之所以能够创造经济“奇迹”，有其客观因素，但政府的经济行为在主观因素中也起了重要作用。政府经济行为的一个重要方面就是制定经济计划和产业政策。政府的经济计划主要是预测未来、通报情况、协调关系，引导企业更好发展，而不是具体操作和发号施令。

日本产业政策的形成、发展和成功的关键是日本存在一个“官民协调体制”，或称之为“政府与产业协调”的经济体制。战后日本在不同历史时期，都制定了相应的产业政策。大致分为四个阶段：

第一阶段是 50 年代。产业政策的目标是建立自主产业体系。为实现这个目标，一方面统制进口和限制对内直接投资，实行产业保护政策；另一方面在财政金融和产业组织政策等方面，采取必要手段，对产业进行培育和扶植。这些政策在 50 年代后期获得显著成效，实现了产业自主，国民经济开始高速增长。

第二阶段是 60 年代。产业政策的目标是，在现有产业结构重新工业化的同时，逐步实施外贸自由化和投资自由化，建立与国际相适应的产业体制。在这期间，日本实现了完全就业和产业结构的重组和工业化，增强了出口竞争力。与此同时，扶植产业的政策已经过时。另外，随着企业大型化，还出现了环境污染和垄断企业支配市场等弊端。因此产业政策必须有一个大的调整。

第三阶段是 70 年代。产业政策的目标是，加强竞争，反对垄断，保护环境。伴随着石油危机而来的国际间产业调整，日本又进行了新的产业调整。70 年代初对四大公害的批判，使自然环境服从产业发展的政策转向以保护自然环境为主的产业政策。1977 年《禁止垄断法》的修改，加强了对垄断企业的限制，并使其成为产业政策的中心。

第四阶段是 80 年代，产业政策的目标是，转变经营轨道，扩大内需，大力发展高技术产业。随着贸易摩擦加剧，日元大幅度升值，日本产业政策进入了一个新阶段。为了实现以国际协调为目标的产业调整，日本政府正力求几十年来的经济运行轨道的转变，从出口主导型产业体系转变为扩大内需型产业体系。同时提出“技术立国”的口号，大力发展高新技术产业。

战后日本经济从 1956 年开始起飞，经济增长率持续多年达到 10% 左右，而工业增长率高居 15% 左右。1956 年，经济恢复到战前最好水平，当时国民经济生产总值大约有 240 亿美元，是美国的 1/15，德国的 1/2，人均国民生产总值 270 美元，在资本主义世界名列第 35 位。

在日本国民经济高速增长过程中，按美元计算的国民生产总值看，大致是在 1966 年超过英国，1968 年超过法国和西德，仅次于美国和苏联，到 80 年代后期，已与美国并驾齐驱，成为世界数一数二的经济强国。当今世界，到处是日本产品的入侵，日本产品以其质量过硬，款式新、技术高、价格便宜赢得了广泛的国际市场。其汽车、机电产品、高性能电子计算机等领导着国际新潮流。

日本是一个资源贫乏的国家，它的能源工业、钢铁工业的原料和其他许多工业的原材料，大部分都要依靠进口。如其石油化工企业有着巨大的加工能力，但其原油的 80% 以上来源于进口；日本的现代化钢铁企业，生产的优质钢材占世界的第二位，主要的原料都是从印度、巴西等国进口。日本就是

这样一个由资源贫穷国家发展起来的世界工业大国。其立国之本是它的领先于世界的工业生产技术。

中国的现状和未来

中国是世界四大文明古国之一，有着悠久的历史 and 灿烂的文化，曾经为世界古代文明的发展，做出了巨大的贡献。英国学者汤姆·肯普认为，古代“中国有着她自己的能使其社会组织和文化领先于欧洲的政治制度。中国的传统生产方式比中世纪的欧洲要先进，即使在 18 世纪也比世界上许多地区要先进。”但是，16 世纪以后，中国就逐步落后了，当 18 世纪前后西欧各国已完成工业革命，向资本主义社会发展时，中国仍停留在封建社会中。

1840 年到 1949 年，是中国旧政权腐败，技术、经济、社会发展缓慢，与世界先进国家的距离迅速扩大的一个时期。因此中国的工业在这样的环境中，也很难有所作为。

从 19 世纪 60 年代到 20 世纪 30 年代末，在整个工业经济中，分散的、个体的手工业仍占约 90%，近代工业只有 10% 左右，且都属于官办军工企业；产业工人约 300 万人，只占全国人口的 0.6%。主要工业品解放前的最高年产量，钢只有 92.3 万吨，原煤 6,188 万吨，电不到 60 亿度，而且大部分是由日本侵占下的东北所生产。当时规模比较大的纺织业，产量也很低，棉布最高产量为 27.9 亿米，加上进口的棉布及农民自纺自织的土布，全国平均每人每年才 5 米多一点。到 1949 年时，全国工业产值比战前最高年份降低了一半，其中重工业生产降低了 70%，轻工业生产降低 30%。原煤产量降到 3.243 万吨，减少了 2945 万吨，降低了 47.6%；钢产量降到 15 万吨，减少了 77 万吨，降低了 83.4%；棉纱由 245 万件减少到 180 万件，减少 65 万件，降低了 26.5%。全国运输的货物周转量只有 229.6 亿吨公里，仅及以前最高水平的 42.7%。解放后，到 1952 年才恢复到战前工农业生产水平。不仅工业生产落后，工业技术也十分落后，在使用机器方面，比西方晚 100 年左右。

中国的社会主义经济制度建立以后，对工业生产和技术进步起到了极大的促进和推动作用。建国后，通过没收官僚资本主义工业和对民族资本主义工业、个体手工业的改造，中国工业走上了一条全新的道路。经过近四十年的建设发展和改革，已具有相当的规模，形成了门类齐全的工业体系。全国现有工业企业 50 万个（不包括村办个体工业）。截至 1987 年，中国工业投资累计达 16000 亿元，工业新增固定资产累计达到 8000 亿元，比 1952 年全部工业固定资产增长 50 倍还多。

工业的发展，使国民经济结构发生了显著的变化，工业产值占社会总产值的比重，由 1952 年的 34.4% 增长到 1987 年的 59.8%，工业净产值占国民收入中的比重由 1952 年的 19.5% 提高到 45.7%。在发展更新传统工业行业的同时，许多新兴工业，如石油化学工业、电子工业、原子能工业、宇航工业、汽车工业、造船工业、飞机制造工业等等，也已建立并得到迅速发展；电子、原子能、自动控制、激光、射流等尖端科学技术已在工业中使用。主要工业品的品种与产量与建国初期相比，从无到有，从少到多，均得到大幅度的发展。例如煤炭产量已跨越 10 亿吨，水泥超过 1 亿吨，居世界第一位，钢铁接近 8000 万吨，居世界第 5 位，石油居世界第 6 位。改革开放以来，中国轻工业发展最快。目前中国已经成为世界最大的服装、玩具的供应国，大

量出口到西方发达国家和世界各地。电子产品和家用电器发展也十分迅速。目前中国是世界上最大的彩电生产国，电视和洗衣机、电风扇、冰箱已是中国的普通老百姓的消费品。计算机工业的发展也十分迅速，已研制生产了10亿次的银河——巨型机，同时微电脑也在逐步得到普及，已开始进入家庭。

中国近几年的经济发展速度是令世人瞩目的，预料还将持续发展下去。目前中国在国际上的政治地位和经济地位越来越重要。许多专家预言，中国在下一个世纪用不了多少年就将赶上西方国家水平，这种估计显然夸大了中国的实际发展水平，然而也表明中国已展现出巨大的发展前景。

中国应当清醒认识到现有的发展机遇，紧紧抓住经济不放，把经济搞上去。既要认识到自己的有利条件，充分加以利用，并不断地向发达国家学习，向周边国家学习，来发展工业和经济，又要看到存在的问题，加以解决，促进经济的健康稳定发展。

总之，中国的发展是极有前途的，是光明的，但道路也是漫长而艰苦的、青年人应该有雄心和志气为中国的现代化建设做出贡献。只要我们一起努力，中国必将重新屹立于世界强国之林。

