

主编：刘以林

中华学生百科全书

素质教育
必备的参考

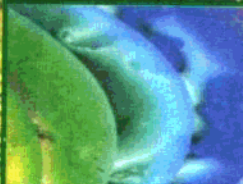


ZHONG

HUA XUE SHENG

BAI KE QUAN SHU

世界工业科技



《中华学生百科全书》编委会

主编 刘以林 北京组稿中心总编辑

编委	张平	解放军总医院医学博士
	冯晓林	北京师范大学教育史学博士
	毕诚	中央教育科学研究所生物化学博士
	于浩	北京师范大学物理化学博士
	陶东风	北京师范大学文学博士
	胡世凯	哈佛大学法学院博士后
	杨易	北京大学数学博士
	袁曙宏	北京大学法学博士
	祁述裕	北京大学文学博士
	章启群	北京大学哲学博士
	张同道	北京师范大学艺术美学博士
	赵力	中央美术学院美术博士
	周泽旺	中国科学院生物化学博士

目 录

漫长的跋涉——18世纪前的工业

工业萌芽.....	(1)
家庭作坊及传统手工业.....	(3)
最初的动力.....	(4)
不断进步的制造业.....	(5)
工业革命前的准备.....	(7)

力量的飞跃——第一次工业革命

转变前的准备	(14)
纺织业——世界工业的摇篮	(17)
矿业和冶金业的变革	(25)
工业化的新动力——蒸汽机	(31)
机械制造业	(35)

伟大的进程——第二次工业革命

现代工业的诞生	(39)
电气化时代	(41)
新兴的大工业之命脉——石油工业	(44)
化学工业的崛起	(47)

第三次技术革命

新一代技术革命	(55)
美、苏、日的工业化	(59)
中国的现状和未来	(72)

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，他们偶而才有机会到远方去，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，但中人以上城市只有几座。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，英国海盗带回国的赃物就达 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。

