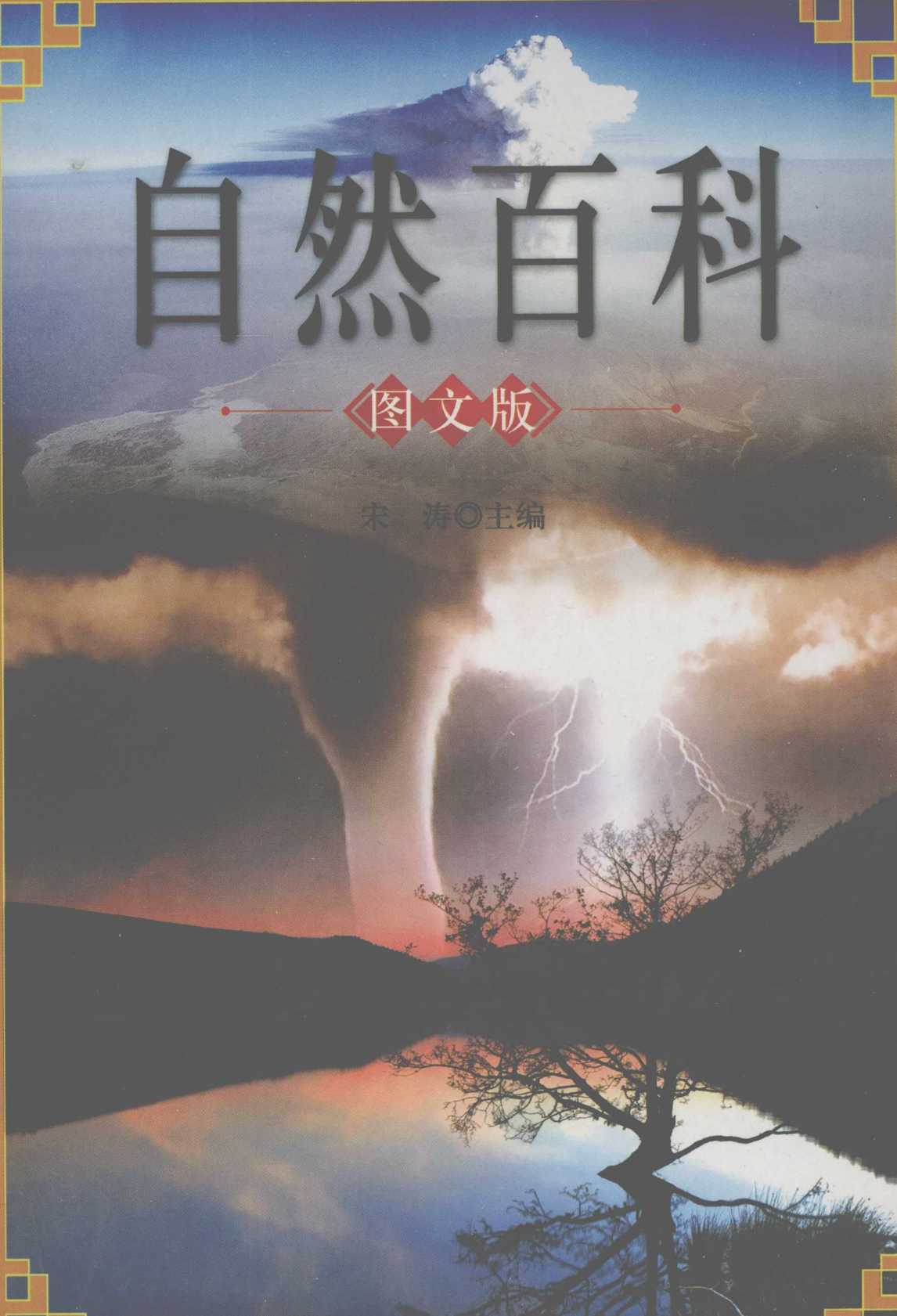




自然百科

《图文版》

宋 涛◎主编

辽海出版社

图
文
版

自然百科

宋 涛◎主编

下



常州大学图书馆
藏书章

辽海出版社

工业技术

一、工业常识

世界工业的摇篮——纺织业

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。

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，把它掺入些亚麻，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。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。

1733 年，当时还不到 30 岁的钟表匠约翰·凯首先发明了提高手工织布生产能力的“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，织出的布匹面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。

飞梭发明以后，一个织工所需的纱，需要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 6 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。他出示了一种机器，它有 8 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）。这台机器还得用手工操作，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向前迈进了一大步。

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建立的，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。

3年后，技术员塞缪尔·克伦普敦又有新的革新，他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8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。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。

一台精纺机当时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，织工的步伐常常跟不上来。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，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。以很多人贫困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。

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 and 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引起触动。这些行业也进行了技术革新：梳理机、梳毛机、切布机、织袜机等所有的发明和发展，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，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。

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上出现，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 多万的城市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。

1753 年，英国冶铁厂做了这样的尝试：在一座抽去空气的炭窖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 1/4 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。

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，显得很小时，但却表明，18 世纪初英格兰和苏格兰已有 1 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土地主，对这种就在眼前的利益也很感兴趣。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的，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。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，不久也用于坑道的抽风（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，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。由于煤炭可任意使用，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。锻制钢板不再需要太古时代（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、锻压机以及拉丝机。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 10 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。1801 年英国已生产了 25 万吨生铁。威尔士的一座铁厂这一年雇佣了 2000 人，生产了 1 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。谢菲尔德是英国几世纪以来刀具锻制业的基地，诞生之初它只是一座简陋的铸钢工厂，但现今已初步繁荣。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、耕犁以及其他农业机械、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（第一位气缸钻制厂厂主）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。但是，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。它们直到 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，10 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。

而瓦特的蒸汽机和阿克赖特的纺纱机的同时问世，共同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，它只限于局部地区，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，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 年他接受了把纽科门的“火机”模型转化为实物任务。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。于是在 1765 年建成的样机中，装入了一个冷凝器，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·罗巴克博士签订了一项使用机器的契约。罗巴克看到了这一发明的价值，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有声望，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、砂轮以及磨光机都配上蒸汽驱动。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。这期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 1 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。

瓦特的专利于 1800 年失效以后，无数生产的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 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。在这里，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。

由于需要还很少，人们被迫从事辛苦的手工劳动，生产单件产品。之后很久，也还只是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。

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。10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年）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的厂家。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。

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。

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，人的追求与需要远未得到满足，工业革命的步伐也没有能够停止下来。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以垄断为特征的阶段。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，而是同时把它看做一种生产力的话，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10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年）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接连的一台水泵转动，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夫斯基研制成功的。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。

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 10 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的车间、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 年）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。

新兴工业的命脉——石油

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。



1859 年，美国人爱德温·L·德雷克在宾夕法尼亚竖起了世界上第一座石油钻井木塔

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。

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了一种方法，这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 4 个炼油厂合并。1870 年，合并后的企业称为俄亥俄州标准石油公司，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订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，石油作为动力能源都

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

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，之后又被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，碱也被用做漂白及清洁剂。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。

化学工业在日益广阔的特殊领域中，由于有效地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，没有像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世纪化学工业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。

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。对它做了化学分析后，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。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。珀金是他在那里的一名学生。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了一些企业，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10万人的工业城市，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，它是由4个乡合并成立的。企业的首脑在20世纪初期大多是化学家。

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。当时在工业界已谈到煤焦油多方面利用的可能性，因此一开始就很重视对煤焦油的研究，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。已没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。

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影响。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起它们自己的工业，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。阿司匹林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，需要进行长年累月、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。

重工业

我们常见的机器、建筑材料、煤炭、石油、汽车、飞机等都属于重工业产品。这样看来，重工业就是指为人们生产生产资料的各工业部门或产品用于提供生产消费需要的工业。重工业产品有的为工业生产本身服务（煤炭、石油、电力、重型机械、机床等）；也有的为农业生产和交通运输业服务（拖拉机、化肥、汽车、船舶、飞机等）；还有的为军事国防服务（枪支、弹药等）。重工业包括采掘工业、基础原料工业和制造工业，由于重