原始科技的萌芽
文明史的开端

从远古时候起，我国各民族的先民就劳动、生息、繁衍在华夏这块广大的土地上。他们手持简陋的工具与大自然进行着艰苦的斗争，在从事采集渔猎和原始农牧业等生产劳动过程中，不断地提高自己的劳动技能，改进生产工具，并逐步积累了关于自然界的种种知识。

人类的历史是从制造工具开始的。根据古人类学研究的最近资料，世界上制造工具的人的出现，最早大约在距今 300 多万年前。我国也是古人类化石很多的国家之一。到目前为止，已发现的古人类化石，最早的有距今 170 万年的云南元谋人，此后有约 80 万年前的陕西蓝田人和约四五十万年前的北京人。

人和动物都面对着与自然界进行斗争以求得生存的问题。动物只能靠自己机体和器官的缓慢改变来适应自然界的变化，当这种改变不能适应自然界的较大变化的时候，动物就会大批灭绝。人则不然，人能制造和使用工具，而工具正是人手和牙齿等器官的延长与增强。制造和使用工具是人所特有的活动。它意味着人对自然的改造，意味着生产。简言之，人类的文明史，首先就是制造和使用工具的历史。

火的使用

自然界发生火的原因很多，如长期干旱和雷电都可以使森林、草原起火，火山爆发可以烧着周围的草木，石油及天然气等外露的矿苗，因温度升高也可以起火。但只有人类社会发展到一定阶段，火才能被人们利用和控制。元谋人和蓝田人已留下了用火的遗迹。如果说他们的用火遗迹还嫌不够明确的话，那末，北京人使用火的遗迹，却是证据确凿、无可怀疑的了，它是现有人类明确用火最早的遗迹之一。在北京人居住过的洞穴里，发现几层灰烬，其中一层，最厚的地方达 6 米，说明篝火在这里连续燃烧的时间很长。灰烬中有许多被火烧过的兽骨、石块和朴树子。最上一层的灰烬还分成两大堆。灰烬分成堆，说明北京人不但懂得用火，而且已有保存火种和管理火的能力了。从民族学的资料来看，原始民族最古老的保存火种方法，主要是用篝火方式，即不断地往燃着的火堆中投放木柴，使火不会熄灭，不用时用灰土盖上，使其阴燃，再用时扒开灰土，添草木引燃。

火的使用，是人类技术史上的一项伟大发明。有了火，人们开始从“茹毛饮血”的生食变为熟食，使食物范围扩大，这对人的大脑和体质的发展有着重要的意义；火给人以光亮和温暖，可以用来防止野兽的侵袭，也能用来围攻猎取野兽；火可以用来烧烤木料、烧裂石块以制作工具和武器；火还可以用来开垦土地，烧制陶器，冶炼金属……古代世界各民族都有关于火的神话和传说。“燧人氏”无疑是我们祖先心目中的英雄。在希腊神话中则有普罗米修斯背着天神宙斯，把火从天上偷来带给人间的故事。普罗米修斯因而成了牺牲自己给人类带来幸福和解放的英雄形象而被人们所传颂。确实，没有火，就不可能有文明世界。恩格斯说：“就世界性的解放作用而言，摩擦生火还是超过了蒸汽机。”

石器的制造

据推测，人类在形成过程中，在长期使用天然木棒和石块做“工具”时，偶然发现，用石块摔破后产生的锐利边缘来切割砍砸东西较省力，从而受到启示，人类便开始打击石头，使之破碎，以制出合用的工具。旧石器时代，石器制得非常粗糙简单，到新石器时代，磨制石器大量出现了，而且类型分明，用途专一。

元谋人使用的石器，其原料与打制方法和蓝田人、北京人的很相似，他们已经知道选择质地坚硬的石料制造工具。

在人类早期的生产工具中，弓箭的发明具有重大意义。在我国山西朔县峙峪两万八千多年前的旧石器晚期遗址中，就已发现有石镞。镞的一端具有锋利的尖头，与尖端相对的底端两侧经过加工，稍窄一些，形成镞座，以便与箭杆捆在一起。只有当人们具有制造工具的丰富经验和较高技能时才可能发明弓箭。

农业和畜牧业的起源

农业和畜牧业是人类社会发展到一定阶段的产物，它只有在人们的生产技术和生产经验发展到一定的水平时才可能产生。

植物的种植是采集发展的结果。人们在长期的采集活动中，掌握了一些野生植物的生长规律，进行了人工栽培的尝试；与此同时，还创造出适于农业耕作的工具，使砍伐树木、开荒种地成为可能。据我国古书记载，传说远古的时候，有“神农氏作，斫木为耜，揉木为耒，耒耜之利，以教天下”；又有“神农尝百草水土甘苦”之说。这几句话的意思是说，最早的农业和医药是“神农氏”发明的。其实农业的真正发明者，应是原始社会中主要从事采集活动的妇女们。

动物的驯养，则是狩猎活动发展的结果。由于弓箭在狩猎中的使用，人们能够捕捉到活的动物。随着捕获量增加与食用稍有赢余的情况出现，“拘兽以为畜”的驯养方法就逐渐产生了。

考古发掘资料证明，远在七八千年前，我国黄河、长江流域已有了一定水平的原始农业和畜牧业。一些属于新石器时代早期和中期的遗址中，除发现有大量的原始农业工具外，还有农作物种子和家畜骨骼。这说明我国农业和畜牧业可能差不多是同时开始的。到距今约四五千年前，我国原始农业和畜牧业已因各地自然条件和资源不同而开始分化。黄河、长江以至珠江流域等地区的氏族部落变成了以农业为主，兼营畜牧和采集渔猎；草原地区的氏族部落则以畜牧业为主，兼营农业和渔猎采集；有的靠近湖海或河流的民族部落虽已有原始农业和畜牧业，但仍经营着以采集、渔猎为主的经济生活。

天文知识的萌芽

在以采集和渔猎为生的旧石器时代，我们祖先已经对寒来暑往的变化、月亮的圆缺、动物活动的规律、植物生长和成熟的时间，逐渐有了一定的认识。新石器时代，社会经济逐渐进入以农、牧生产为主的阶段，人们更加需要掌握季节的变化规律，以便安排农事。我国古代的天文历法知识就是在生产实践的迫切需要中产生出来的。根据考古学和古文献资料确切可知，新石器时代中期，我们祖先已开始观测天象，并用以定方位、定时间、定季节了。

当时，人们已经有了一定的确定方位的方法。最早大概是很简单地以日出处为东，日没处为西。进一步的观测使人们发现，一年内日出与日没因时间而异，且有较大的变化，但每天日影最短时太阳的方位则是不变的，于是就把这时太阳的方位作为定南北方向的依据；其后就有了观测一天内太阳的出没方向，先定出东西，再定出南北的定位方法。

在农牧业发生的初期，人们是根据物候现象来掌握农牧的时节的。我们的祖先最早大约很重视对红色亮星“大火”（心宿二）的观测。传说早在颛顼时代就有了“火正”的官，他专门负责观测“大火”，根据其出没来指导农业生产。后来曾有一段时间，由于氏族混战，观测中止，结果造成了很大的混乱。到帝尧时设立羲和之官，恢复了火正的职责。据推算，约在公元前2，400年左右，黄昏在东方地平线见到“大火”时，正是春分前后，即正是春播的时节，所以关于“火正”的传说当是可信的。像这样以观测天象来确定四时季节的方法叫“观象授时”。

古史还相传黄帝时代已有了历法。不过，近年有人认为，获得考古资料印证的，还是关于帝尧时已有历法的传说。《尚书·尧典》中说，帝尧曾组织了一批天文官到东、南、西、北四个地方去观测天象，以编制历法，向人们预报时节。

数学知识的萌芽

远古时代，我们的先民和世界其他地区人类一样，从文明发展的最初阶段起，就不断积累着关于事物的数量和形状等萌芽时期的数学知识。人们认识“数”是从“有”开始的，起初略知一、二，以后在社会生产和社会实践中不断积累，知道的数目才逐渐增多。调查资料表明，解放前，我国有的文化发展比较缓慢的兄弟民族最多只能数到“3”或“10”，3 或 10 以上的数就数不清，而统称为“多”了。这大致反映了各民族文明发展初期大都必需经历的一般情况。仰韶文化及年代稍晚的马家窑文化等遗址中出土的彩陶上，有各种各样的刻划符号五十来种，可能为代表不同意义的记事符号。我国古代也有“结绳记事”和“契木为文”传说。因此，这些刻划符号既可能是我国古代文字的起源，也可能是数字的起源。

人们对形的认识也很早。当我们祖先能制造出背厚刃薄的石斧、尖的骨针、圆的石球、弯的弓等形状各不相同的工具时，他们对各种几何图形已经有了一定的认识。新石器时代开始出现的竹篾编织和丝麻织品，可能使人们对形和数之间的关系有了进一步的认识，因为织出的花纹和所包含的经纬线数目之间存在着一定的关系。

原始社会晚期，人们不仅识别了各种不同的形，而且为了使制作的器物达到方、圆、平、直的要求，可能还创造了划方、圆和直线的简单的工具与方法。如半坡遗址的圆形屋、环形装饰品和陶器上圆半径非常匀称的同心圆纹饰等，必须有一定的方法，并借助于简单的工具——可能就是最早的圆规，才能做得那样规整。

原始的医和药

我国医药知识起源很早：火的使用在人类保健业上具有重要意义。蓝田人和北京人已知道熟食，改善了摄食条件，使身体能得到较好的发育。火还可以防寒、防湿，为身体的健康提供了必要的条件。通过烤火取暖，人们又知道把烧热的石头或砂土用植物茎、叶，或动物的毛皮等包裹后放在身体某些部位，能消除或减轻某些因受风寒冷湿而造成的疼痛，这就是最早的“热熨法”。经过反复实践和改进，人们懂得将干草点燃，进行局部固定位置的温热刺激，能医治更多的疾病，这就是灸法的开始。此后，人们又逐渐掌握了运用一些简单工具治病的经验。最早的医疗器具有砭石，还有荆棘、骨针、竹针等，它们均可以挑破脓疡和刺激人体的某些部位以疗病，这种治疗方法，是针灸术的发端。古代有“庖牺制九针”以治病的传说。所以，至今仍在使用的针炙疗法，追其渊源是很早的。

我们祖先在采集野果、植物种子和根、茎的过程中，逐渐发现某些植物对人体有益，吃了能治病，某些则对人体有害，吃了会引起吐泻、昏迷，甚至死亡。古代传说的所谓神农尝百草，“一日而遇七十毒”，虽把人们经过长期积累的知识归于神农一人，是不符合实际的；但其中包含着合理的因素，即反映了在长期采集过程中积累了一些关于植物药的知识这一事实。通过渔猎、畜牧和制造工具等生产实践，人们还积累了不少动物药和矿物药的知识。

原始社会时期，医和巫是不分的。当时医药水平很低下，许多疾病不能医治，也无法解释其病因。进行原始宗教活动的“巫”兼给人们治病，他们治病除用祈祷、祭祀等办法外，也兼用药物。这就给原始朴素的医疗活动披上了神秘的外衣。

科技知识的积累——夏、商、周、春秋战国时期
青铜器时代的到来

人类古代历史上，生产工具的发展一般分为三个阶段：石器时代、青铜器时代和铁器时代。我国和古代东方一些国家在青铜器时代就出现了奴隶制国家，而希腊等国家的奴隶制是同铁器时代相并行的。

所谓青铜，主要是铜、锡、铅等元素的合金。它与纯铜相比，熔点较低，硬度增强，因而具有较好的铸造性能和机械性能。

青铜器的使用与发展，是社会生产力发展到一个新阶段的标志。青铜器的使用是从制作工具开始的。原始社会末期和夏代出现的少量青铜器中，主要是生产工具。郑州商代中期铸铜遗址中出土了大量镞范，占此遗址中可辨认的铸范的大多数。这些范没有花纹，是实用的农具，而不是祭祀用的礼器。在殷墟等地还发现了有使用痕迹的铜铲。西周时，青铜农具种类和数量都增加了，从翻土、中耕除草到收割的农具都有用金属制造的，但木、石农具仍在农业生产中继续使用。青铜制的手工业工具使用更为广泛，种类有斧、斤、凿、钻、刀、削、锯、锥等。商、周时候的奴隶主已控制着一支用青铜武器武装起来的军队，所以青铜武器出土数量很大，主要有戈、矛、钺、镞、剑等。出土的青铜礼器和生活用器种类繁多，此外还有乐器、车马器，它们铸造精美，有的小巧精致，有的大而富有气势，如商代晚期的司母戊鼎，重达875 公斤，称得上是重器。所以，商、周时期的青铜器典型地代表了奴隶制时代高度发展的文化艺术和科学技术水平，成为这一时代鲜明的标志。到战国时期，青铜冶铸工艺还继续有新的成就。

制陶技术的进步

商代的制陶业已设有专门作坊，内部并有固定的分工。制陶作坊除生产一般的灰陶、红陶和黑陶器外，还生产少量供奴隶主贵族使用的釉陶和白陶。白陶的制作技术代表了当时制陶工艺的最高水平，它和原始瓷器一样，也是用高岭土作胚胎，烧成温度达 1，000℃以上，陶质较坚硬。青铜铸造对陶器制作技术的发展有一定的推动作用。铸造用的陶范是由砂和粘土构成的，要求较大的强度和较高的透气性、耐热性。为了达到这一要求，人们就得在制范的原料和烧成温度上设法改进。在这两点上，一旦发生了质的飞跃和突破——瓷土的发现与利用，高温窑的创造成功，再加上釉的出现以及还原焰的运用，原始青瓷器就应时脱胎而出。

解放以来，河南的安阳、洛阳、郑州，江西的吴城，江苏的丹徒、吴县，安徽的屯溪，陕西的西安和甘肃灵台等黄河中游及长江下游这一广大地区的商代和西周遗址中，都发现了完整的“青釉器”或其残片。这些出土的“青釉器”胎质一般较陶器细腻坚硬，胎色以灰白居多，也有近似纯白略呈淡黄色的，少数为灰绿色或浅褐色。烧成温度一般高达 1，100℃到 1，200℃以上，胎质基本烧结，吸水性较弱，器表施有一层石灰釉。这些物征基本上都与瓷器所应具备的条件相近。另一方面，它们也不完全与瓷器相同，所用制胎的原料质量还不够精细，烧成温度一般都还略嫌偏低，还有一定的吸水性，胎色白度不高，也没有透光性，器表的釉层较薄，胎和釉结合较差，容易剥落。胎的烧结程度也很不相同，说明对烧结温度的认识和对窑温控制的技术都还不够成熟。总之，商、周时候的“青釉器”可以认为是瓷而不是陶，但也表现出它们的原始性和过渡性，故而学术界一般将其称为“原始瓷”或“原始青瓷”。以后我国驰名世界的瓷器，实肇基于这个时期。瓷器的发明是我们先民对人类文明的又一项重大贡献。

春秋战国时期，瓷器有较大的发展。浙江绍兴战国墓中出土的大批青釉器，胎质坚密，器形规整，大多仿青铜器。在浙江古越州一带出土的大量东汉时器物，已与魏晋时期成熟的青瓷无任何不同之处。原始瓷从商代出现后，经过西周、春秋战国到东汉一千六七百年间的变化，正是我国瓷器由不成熟到成熟的发展过程。

酿酒

农业发生后，人们储存的粮食，因设备简陋受潮发酵，或吃剩的食物因搁置而发酵。淀粉受微生物的作用发酵，引起糖化和产生酒精，这就成了天然的酒。当人们有意识地让粮食发酵来获取酒浆时，酿酒技术便开始出现了。

我国用谷物酿酒可能始于新石器时代晚期。到商、周时期，农业生产逐渐发达起来，谷物酿酒就更普遍了。商代饮酒之风很盛，所遗留下来的酒器非常多。周代设有专管酒的官吏。

用谷物酿酒，谷物里的淀粉质需要经过糖化和酒化两个步骤才能酿成酒。曲能把糖化和酒化结合起来同时进行。利用曲来酿酒，是我国特有的酿酒方法。几千年来，制曲技术得到不断发展，新曲品种续有发现。酿酒技术本身也以原料的不同和比例的差别而有种种方法。到明代《本草纲目》中已记载有 70 种普通酒和药酒的制法了。在欧洲，到 19 世纪 90 年代才从我国的酒曲中得出一种毛霉，在酒精工业上建立起著名的淀粉发酵法。

《夏小正》和物候知识

《夏小正》中所描述的天象，可能反映了夏代的一些天文历法知识。其中有年内各月里的早晨或黄昏时北斗斗柄的指向和若干恒星的见、伏或中天等的记载，而且还把这些天象同相应的物候揉合在一起，构成了物候历与天文历的结合体。后世的《月令》等都是承袭《夏小正》的体例而加以发展的。

物候知识是人们对自然界的动植物与环境条件的周期变化之间所存在的关系的认识，是在对大自然的不断接触和观察的实践过程中产生的。由于农业生产的需要，物候知识很快积累起来。早期进行农业生产，人们主要根据物候的变化来掌握农时。我国现存最早的、具有丰富物候知识的著作《夏小正》中记载有许多物候、天文和与之相对应的农事活动。

远在 3 千年前，我国的物候观测内容已很丰富。在植物方面，对木本和草本植物都有观察记录，如正月记：柳树抽出了茅荑花序，梅、杏、山桃孕蕾开花了；对于鸟、兽、虫、鱼等动物也有所注意，如正月：大地回春，田鼠出来活动了；野鸡鸣叫，雌雄要求配偶了；鱼儿由水底上升到近冰层的地方；农田害虫蝼蛄叫了。关于三四月份时常出现的旱情和七月份常有雨潦，以及各月天象的记载，也都很有意义。《夏小正》采用的是夏历，和我国现在民间常用的农历月份相当，其中的正月即阳历 2 月。书中记载梅、杏和山桃在正月开花，又提到淮、海和　（扬子鳄）等，说明当时观测的物候可能是淮河至长江沿海一带的情况。

初期医学知识与汤液

奴隶社会初期的医药知识，可能仍处于巫和医不分的原始阶段，到了商代中叶，已经有了初步发展。甲骨卜辞中关于疾病记载的资料有近 500 条之多。这些卜辞虽是奴隶主贵族们得了疾病占卜疾病能否治好的迷信活动的产物，不过从中也可以看出当时人们对疾病的认识情况，从一个侧面反映了当时医药卫生的水平。据研究，殷墟甲骨文中涉及的疾病有头、眼、耳、口、牙、喉、腹、鼻、足、趾、产等十多种部位，称作“疾首”、“疾口”、“疾目”、“疾耳”、“疾齿”“疾身”、“疾足”等。至于病名，见于卜辞中的有外感头痛的“风疾”，有传染性的疟疾等。关于起病的原因，从卜辞看，总起来有 4 个方面：一是天帝、祖先所降，次是鬼神祟祸，再次是妖邪之蛊，又次是气候变化的影响。治疗疾病的方法，或是由“巫”进行祭祀祝祷等迷信活动，以祈疾病痊愈，或是用药物进行治疗。“巫”除主持占卜和祭祀仪式，以便和人们幻想中的神灵世界进行某种联系之外，还兼给人们治病。就是说，在商代，医和巫、治疗和迷信活动、科学与反科学经常混合在一起，不能分开。

西周时期的医药知识比商代又有进步，首先表现在医和巫已分开了，还建立了一套医政组织和医疗考核制度：“医师”总管医药行政，并在年终考核医生们的医疗成绩，来定他们的级别和俸禄。

关于商代的医药知识，应提到汤液的使用。汤液是中药中的重要剂型之一。晋代皇甫谧《甲乙经》序文中说：“伊尹……为汤液。”伊尹是辅佐商场建立商朝的著名人物，他出身于家庭奴隶，是司厨有莘氏的养子。把汤药的采用，完全归之于某个人物的创造，这显然是错误的，但在烹调食物的过程中，逐渐认识某些动、植物经煎熬后的汤液在医疗方面的效用，则似应为必经之路。“汤液”的传说，还说明了汤液这个剂型的采用是很早的。

冶铁业的兴起

我国古代用铁的历史可以追溯到商代。1972 年，在河北藁城县出土了一件商代的铁刃铜钺。虽然其铁刃是以陨铁为原料，但它表明当时的先民们已经对铁有所认识，而且已能够进行锻打加工并和青铜铸接成器，对陨铁的加工和铸接，无疑都是在青铜冶铸作坊中进行的。我国人工铸铁技术发明于何时，至今尚难断言，但这项技术至迟始于春秋。在春秋战国之际和战国早期，冶铁术先后出现了三项重大的发展，它们是：

（一）生铁冶铸技术。据《左传·昭公二十九年》记载，周敬王七年（公元前 515 年），晋国铸造了一个铁质刑鼎，把范宣子所作的刑书铸在上面。生铁的冶炼在冶金史上是一个划时代的进步。欧洲一些国家在公元前 1000 年前后已能生产块炼铁，公元初，罗马人已偶能得到生铁，但多废弃不用，直到公元 14 世纪才使用铸铁，其间经历了十分漫长的发展道路。而我国古代只用较短的时间，就实现了这一技术突破。

（二）1976 年在湖南长沙出土了一口春秋末期的钢剑，经取样分析，它所用的钢是含碳量 0.5%～0.6%的中碳钢，剑身断面可以看出反复锻打的层次。这一新技术的出现给人们提供了比铁更为锐利、坚韧的原料。它对于农具、手工工具，尤其是兵器质量的提高，有着深远的影响。

（三）铸铁柔化术的出现。对洛阳水泥厂战国早期灰坑出土的铁锛和铁鎛的考察表明，它们都是生铁铸件经柔化处理而得的产物。铁锛是经过较低温度退火得到的，它是白心韧性铸铁或铸铁脱碳钢件的前身或初级阶段的产品；铁鎛则是经较高的退火温度和较长的退火时间处理的，是迄今为止我们所知道的最早出现的黑心韧性铸铁铸件。欧洲到 1722 使用白心韧性铸铁，黑心韧性铸铁在 19 世纪于美国研制成功,而我国在战国时期已能生产这两种高强度铸铁，比欧美要早两千年以上。

春秋末和战国初年，冶铁业还主要集中在几个地区，而在战国中后期，冶铁业则已在十分广大的地区普遍建立起来，成为手工业最重要的部门之一，其生产规模也大为扩大。如山东临淄的齐国故都冶铁遗址的面积达 40 余万平方米。这时出现了许多著名的冶铁手工业中心，如宛（今河南南阳）、邓（今河南孟县东南）、邯郸等等，出现了魏国的孔氏、赵国的卓氏、齐国的程郑等一批因冶铁致富的大铁商。铁器的使用推广到社会生活的许多方面。

都江堰工程

都江堰在四川灌县，是世界闻名的古老而宏伟的灌溉工程。它是秦昭王（公元前 306—前 251 年）时，蜀守李冰领导人民修筑的。李冰学识渊博，精通天文地理，对岷江的水量变化和附近的地形以及如何开渠引水、灌溉农田都相当了解。都江堰由分水工程、开凿工程和闸坝工程组成一个有机的整体。所谓分水工程，即在灌县西北的江心洲筑分水鱼嘴，把岷江一分为二，东面为内河，供灌溉之用，西面为外江，是岷江本流，沿江筑有堤防，鱼嘴和堤防的修筑均就地取材，用装有卵石的大竹笼垒筑而成。开凿工程则是在前人，即约早于李冰二三百年做过蜀相的孔明所修工程的基础上进行的，它使内江有足够的水通过宝瓶口流入成都平原上密布的农田灌渠。闸坝工程则包括调节入渠水量的溢洪道——飞沙堰和“旱则引水浸润，雨则杜塞水门”的一整套闸坝设施。三者相辅相成，构成了一个完整的工程系统。在内江引水口还“作三石人，立三水中”，这些石人显然起着水尺的作用，由此可以测知内江的进水流量，为整个工程系统的水位调节提供依据，以达到周密合理的灌溉、防洪，分配洪、枯水流量的目的。

都江堰的兴建，使成都平原大约 300 万亩良田得到灌溉，从此“水旱从人”、“沃野千里”，使四川自古成为“天府之国”。即在今天，都江堰仍发挥着巨大的水利作用。

《考工记》与手工业

随着手工业生产的发展，人们积累了丰富的经验。为生产更多更好的手工业产品，手工业内部分工的细密化和手工业技术的规范化与科学化，就成了这一时期手工业发展的突出特点。春秋末年齐国人的著作《考工记》就很好地反映了这一发展趋势。

据《考工记》称，当时“国有六职”——王公、士大夫、百工、商旅、农夫和妇功，表明手工业者在社会上占有较重要的地位。他们担负着各种手工业的生产任务。据《考工记》所载，当时的官府手工业包括有 30 项专门的生产部门，“攻木之工七，攻金之工六，攻皮之工五，设色之工五，刮摩之工五，搏埴之工二”，它涉及运输和生产工具、兵器、乐器、容器、玉器、皮革、染色、建筑等项目，每个项目又有更细的分工，如车辆的制作，除所谓“车人”外，还有专门造轮子的“轮人”，专门制车厢的“舆人”等。这种官府手工业生产专门化，内部分工越来越细的倾向，是手工业生产发展的结果，反过来，它对手工业技术的提高与手工业生产的进一步发展，又有着深远的影响。

《考工记》记述了 30 项手工业生产的设计规范、制造工艺等技术问题，是一部有关手工业技术规范的汇集。这显然是从大量的直接的生产经验中总结出来的，对手工业生产有一定的制约和指导意义，是手工业生产发展到一定阶段上的产物，代表着当时技术发展的水平。更为可贵的是，作者不拘泥于一般经验的叙述，对其中若干技术环节还进行了科学的概括，力图阐明其内在的科学道理，使人们的认识向前推进一步。

《山海经》与地理学

《山海经》由山经、海经和大荒经组成。其中山经写成时间大约在春秋之末，海经和大荒经是后来陆续增补而成的。山经从取材、内容到结构都比较朴素，它是首次对超出黄河和长江流域之外的广大地区进行自然环境方面的综合概括的文字。它按方位把这一地区分为东西南北中 5 部分，各部分以山为纲，展开叙述，其中以河南西部作为主要部分的“ 中山经 ”叙述最详。

山经又详略不一地论述了各山有关位置、水文（包括河流的发源、流向、湖泊、沼泽等）、动植物（包括其形态性能和医疗功效）、矿物特产（包括产地、色泽等特点）以至神话传说等的情况。

海经和大荒经的内容因传闻和神话较多，在地理学上的地位不如山经重要。

《黄帝内经》

正是在无数医学家的临床实践和不断进行总结的基础上，在战国晚期出现了一部内容丰富的医学理论著作《黄帝内经》（以下简称《内经》），它既非记述一时之言，又非出自一人之手，而是一个时代医学进展的总结性巨著。《内经》包括《素闷》和《灵枢》两部分，共 18 卷，162 篇。它以人体解剖、生理、病理、病因、诊断等基础理论为论述重点，兼顾针灸、经络、卫生保健等多方面的内容，为祖国医学理论体系的形成奠定了广泛的基础。

《内经》认为人体器官各有不同的功能，它们既相区别又相联系，构成一具有机的整体。这种整体观认为，人体某部分发生病变，可以影响到整个身体或其他器官，而全身的状况又可以影响到局部的病理变化。《内经》又把人体放在一定的外界环境中进行考察与研究，在论及医学的几乎所有基本问题时，处处结合四时季节、地理水土、社会生活、思想情绪等方面的变化，形成人体与外界环境相互感应的观点。这些整体观念是《内经》，也是中国传统医学指导临床实践的重要思想方法之一。

在祖国医学史上，《内经》占据有重要的地位，它初步建立了祖国医学的理论体系，一直指导着中医的临床实践。历代出现的许多著名的医学著作和有创见的医学流派，为祖国医学增添了新内容，但就其学术思想的继承性来讲，主要是在《内经》的基础上发展起来的。直到今天，研究和学习《内经》，对于继承发扬祖国医学宝贵遗产，仍有着重要的意义。《内经》作为一部科学名著，早已引起了国外医学科学家的重视，它的部分内容，已相继译成日、英、德、法等国文字。

《墨经》中的科学知识

墨家是战国前期兴起的一个学派，是手工业小生产者在政治上的代言人。它的创始人墨翟（约公元前 478—前 392 年），鲁国人，在科学上也有很深的造诣。《墨经》记录了当时墨家对自然科学的研究成果，是墨家的主要著作。

墨家在自然科学方面的成就，突出地表现在光学、力学、数学等方面。

光学知识：墨家从光的直线传播原理这一基本事实出发，对针孔成像，影子的生成等光学现象进行实验、观察和分析，做出了科学的说明。

力学知识：《墨经》从科学角度分析了杠杆平衡的有关问题，得出了有关力和力矩概念的定性总结，还对浮力原理做了朴素直观的描述。

几何学知识：《墨经》对一系列几何概念也加以抽象概括，做出了科学的定义。如用“同高”定义“平”，用三点共线定义“直”，对点、线、面、体都有说明。

古代科技体系的形成——秦汉时期
农业与《氾胜之书》

据《汉书·艺文志》记载，当时的农书共有 9 家 114 卷之多。其中 2 家为战国时的作品，其余 7 家都为西汉时期的新作，这说明农业科学技术的总结工作受到了重视。汉代农书基本上都散失了，现存的《氾胜之书》也只是辑佚本。《氾胜之书》主要记载和总结了陕西关中地区劳动农民提高单面积产量的经验和发明创造，反映了农业科学技术的新进展。

《氾胜之书》总结了农业生产 6 个基本环节的理论和技术问题。它把整个农作物栽培过程当做一个有机整体加以研究，指出“趣时（及时耕作）和土（土地的利用和改良）、务粪（施肥）泽（保墒灌溉）、早锄（及时中耕除草）早获（及时收获）”这六个不可分割的、达到丰产丰收的基本环节，并对之作了具体的阐述。

该书还总结了禾（谷子）、黍、麦、稻、豆、麻（大麻）和桑等十多种农作物的栽培方法。在研究各种农作物生长的特殊规律和一定的生长条件的基础上，对自整地、播种、田间管理直至收获的方法，均做了各不相同的论述，从而奠定了我国古代农书传统的作物栽培各论的基础。

生产工具和兵器铁器化的完成

秦汉时期，铁器和冶铁术在包括边远山区的广大地区得到了使用和传播。考古发现表明，西汉初年铁制农具和工具已经普遍取代了铜、骨、石、木器，在西汉中期以后，随着炒钢技术的发明，锻铁工具增多，铁制兵器也逐步占了主要地位，到东汉时期，主要兵器已全部为钢铁所制，从而完成了生产工具和兵器的铁器化进程。西汉中期以前出土的铁器种类较战国时期有所增加，其突出的特点还在于形制进一步成熟，并有加宽加大的趋势。这同西汉前期整个社会生产处于恢复与提高的总趋势是相一致的。

西汉中期以后，情况发生了根本的变化，铁器种类急剧地增加，如灯、釜、炉、锁、剪、镊、火钳以及齿轮、车轴等机械零件都涌现出来。东汉时期更是如此。这说明在西汉中期以后，钢铁生产在质和量两个方面都有了重大的发展。这同当时社会生产的发展、国防的需要以及冶铁术的进步有密切的关系。汉武帝于公元前 119 年采取的由国家统一经营冶铁业的政策，使人力、物力和财力比较集中，生产技术还可以较快地在较大范围内得到推广和交流，对钢铁生产的发展起了积极的作用。当然，由于官营有时也造成为追求数量而粗制滥造等弊病。

其时所设 49 处铁官，分布在今陕西、河南、山西、山东、江苏、湖南、四川、河北、辽宁、甘肃等省，它们成为钢铁生产的基地。到汉元帝时，“ 诸铁官皆置吏卒徒，攻山取铜铁，一岁功十万人以上 ”，这是冶铁采矿业规模之大的一个说明。再从已发掘的冶铁遗址看，每一铁官下属的作坊，或以铸铁为主，或冶铸兼备，作坊面积达数万平方米，甚至数十万平方米，有的拥有炼炉十余座，表明了冶铁业的空前发展。

天文学成就和张衡

张衡（78—139 年），字平子，河南南阳人。他的《浑天仪图注》便是浑天说代表作。浑天说是一种以地球为中心的宇宙理论，因在当时历史条件下，它能比较近似的说明天体的运行，所以对后世产生了很大的影响。

张衡不但倡导浑天说，而且还在前人的基础上，着手制造了用于演示浑天思想的的仪器——水运浑象，这对浑天说得到社会的广泛承认起了重要的作用。张衡所制浑象仪是以一个直径约 5 尺的空心铜球表示天球，上画二十八宿，中外星官及互成 24 度交角的黄、赤道等。紧附在球外的有地平圈和子午圈，天球半露于地平圈之下，天轴则支架在子午圈上，天球可绕天轴转动。水运浑象形象地表达了浑天思想，并解释了若干天文现象。张衡利用当时已得到发展的机械方面的技术，巧妙地把计量时间用的漏壶与浑象联系起来，即以漏水为原动力，利用漏壶的等时性，通过齿轮系的传动，使浑象每日均匀地绕轴旋转一周，这样浑象也就自动地、近似正确地把天象演示出来。张衡的这项创造是唐宋时代得以进一步改进水运浑象的先声，在天文仪器史上占有重要的地位。

张衡于公元 132 年首创了世界上第一架地震仪——地动仪。“ 地动仪以精铜制成，圆径八尺，合盖隆起，形似酒尊 ”，里面有精巧结构，主要是中间的“ 都柱 ”（相当于一种倒立型的震摆）和它周围的“ 八道 ”（装置在摆的周围的八组机械装置）。尊外相应地设置 8 条口含小铜珠的龙，每个龙头下面都有一只蟾蜍张口向上。一旦发生较强的地震，“ 都柱 ”因震动失去平衡而触动“ 八道 ”中的一道，使相应的龙口张开，小铜珠即落入蟾蜍口中，观测者便可知道地震发生的方向。据史载，地动仪成功地记录了公元 138 年在甘肃发生的一次强震，证明了张衡所制仪器的准确性和可靠性。

张衡的成就还不限于这些方面。他研究过地理学，曾绘制了一幅地形图，流传了好几百年；在数学方面，对圆周率作过研究，取用过$\pi = \sqrt{10} = 3.162$值；他是当时有名的文学家，有不少文学著作，其中以《二京赋》最为出名，在东汉文学史上有一定的地位；他还是个画家，曾被人列为东汉 6 大名画家之一。

《九章算术》与数学

在春秋战国数学发展的基础上，秦汉时期出现了我国古代最早的一批数学专著，如《许商算术》（26 卷）、《杜忠算术》（16 卷）和《九章算术》等。前 2 部书早已失传，《九章算术》一直流传至今，是我国现有传本的古算书中最古老的数学著作。《九章算术》对后世历代数学的发展，影响很大。它的出现，标志着我国古代以算筹为计算工具、具有自己独特风格的数学体系的形成。

经过春秋战国到西汉中期数百年间政治、经济和文化的发展，《九章算术》比较系统地总结和概括了这段时期人们在社会实践中积累的数学成果。这一时期的社会变革和生产发展，给数学提出了不少急需解决的测量和计算的问题：实行按田亩多寡“履亩而税”的政策，就需要测量和计算各种形状的土地面积；合理地摊派税收就需要进行各种按比例分配和摊派的计算；大规模的水利工程、土木工程需要计算各种形状的体积以及如何合理地使用人力、物力；商业、贸易的发展，需要解决各种按比例核算的问题；愈加准确的天文历法工作，就愈是需要提高计算的精确程度等等。《九章算术》正是从各类问题中选出了 246 个例题，纂集而成的，并按解题的方法和应用的范围分为 9 大类，每一大类作为一章。它所提供的数学解法，为生产和科学技术的进一步发展，以及为封建政府计算赋税、摊派徭役等，提供了方便。

《九章算术》不是一时一人之作，而是经由很多人的修改和补充，才逐渐发展完备起来的。三国时代的刘徽曾为《九章算术》做过有名的注释工作。

《神农本草经》与《伤寒杂病论》

到西汉时，药物学的研究不但在官府有专门的机构，在民间也有十分广泛的基础，而且药物学的专著已出现不少。《神农本草经》成书于汉代，是我国现存最早的药物学专著。它是战国、秦汉以来药物知识的总结，而不是出于一时一人之手的著作，对后世药物学的发展有很大的影响。

《神农本草经》共收载药物 365 种，其中以植物药最多，计 252 种，动物药 67 种，矿物药 46 种。根据其性能和使用目的的不同，这些药物分为上、中、下 3 品。上品 120 种，一般是毒性小或无毒的，大都是“主养命以应天”的补养药物；中品 120 种，有的有毒，有的无毒，多是既攻治疾病又能滋补虚弱的药物；下品 125 种，多是有毒而专用于攻治疾病的药物。这是我国药物学最早的分类法，它明显地受到方士服食的影响，如书中所载上品药物，屡言“长生不老”“不老神仙”等就是最好的证明。该书对每味药的记述较详细，其中包括有药物的主治、性味、产地、采集时间、入药部分、异名等。书中提到主治疾病的名称达 170 余种，包括内科、外科、妇科以及眼、喉、耳、齿等方面的疾病。根据长期临床实践和现代科学研究证明，书中所载药效，绝大部分是正确的。如利用水银治疥疮、麻黄治喘、常山截疟、黄连止痢、大黄泻下、莨菪治癫、海藻疗瘿瘤（甲状腺肥大）等，已为现代科学研究所证实，至今仍具有一定的实用价值。

《神农本草经》在其序录中，概括地记述了当时药物学的基本理论。如关于医方中的主药与辅助药之间的“君、臣、佐、使”的理论，阐明了药物配伍的原则；关于“药物有酸、威、甘、苦、辛五味，又有寒、热、温、凉四气”的“四气五味”说；根据药物的性能不同而采用不同的剂型等等。这些理论反映了当时的药物学已经达到一定的水平。

张仲景（约 150—219 年）于 3 世纪初写成了《伤寒杂病论》一书，确立了理、法、方药（即有关辨证的理论、治疗法则、处方和用药）具备的辨证论治的医疗原则，使祖国医学的基础理论更加切合临床应用，从而奠定了中医治疗学的基础。

《伤寒杂病论》被后人整理成《伤寒论》和《金匮要略》二书。《伤寒论》专门论述伤寒类急性传染病，《金匮要略》则以论述内科、外科、妇科等杂病为主要内容。

造纸术与蔡伦

在造纸术没有发明以前，我国古代曾先后使用龟甲、兽骨、金石、竹简本牍、缣帛等材料记事。直到两汉时期，简牍、缣帛依然是十分重要的书写材料。但随着社会经济、文化的发展，简牍笨重、缣帛昂贵的缺点日益突出。于是，寻求廉价、方便易得的新型书写材料，逐渐成了社会的迫切要求。经过长期的实践和探索，人们终于发明了用麻绳头、破布、旧鱼网等废旧麻料制成植物纤维纸的方法，引起了书写材料的一场革命。正是在造纸术发展的历史进程中，于 2 世纪初年，出现了蔡伦这一著名的纸的改革家。

蔡伦，字敬仲，桂阳（今湖南省耒阳县）人，是汉和帝时的太监，曾负责监制御用器物。他总结了西汉以来造纸的经验，进行了大胆的试验和革新。在原料上，除采用破布、旧鱼网等废旧麻类材料外，同时还采用了树皮，从而开拓了一个崭新的原料领域。在技术工艺上，也较前完备和精细。除淘洗、碎切、泡沤原料之外，还可能已经开始用石灰进行碱液烹煮。这是一项重要的工艺革新，它既加快了纤维的离解速度，又使植物纤维分解得更细更散，从而大大提高了生产效率和纸张的质量，为纸的推广和普及开辟了广阔的道路。公元 105 年，蔡伦把他用树皮、麻头和破布、旧鱼网制成的纸献给汉和帝，很受欢迎，“天下咸称‘蔡氏侯纸’”。蔡侯纸的出现，在造纸术的发展史上是一件大事，它标志着纸张开始取代竹帛的关键性的转变。

建筑与秦汉长城

万里长城是世界建筑奇迹之一，它以雄伟壮观、工程浩大闻名于世。长城的修筑是从战国时期开始的，秦始皇统一中国后，为了防范匈奴的突然袭击，用 35 万人力把燕、赵、魏等诸侯国修建的长城连接起来，筑成了西起甘肃临洮（今岷县），沿黄河到内蒙临河，北达阴山，南到山西雁门关、河北蔚县，经张家口东达燕山、玉田、辽宁锦州并延至辽东的万里长城。

汉代除了修建了秦长城外，又修筑朔方长城（内蒙河套南）和凉州西段长城。后者包括北起内蒙额济纳旗居延海到甘肃金塔县北的北长城；从金塔县经破城子等地直达玉门关，进入新疆的南长城。它们是汉武帝时期开始修筑的。据居延出土的汉简记载，长城的修筑“五里一隧，十里一墩，卅里一堡，百里一城”，这同实地考察的结果大体相符。

秦汉长城的遗迹至今仍历历可寻。据考察，秦长城多就地取材，用夯土筑成。从敦煌西南玉门关一带的汉长城看，墙身残高 4 米，下部宽 3.5 米，上部宽 1.1 米，也是用土夯成，距地面 50 厘米开始铺纵横交错的一层芦苇，厚 6 厘米，作为防碱夹层，可使墙身坚固，不易倒塌。在金塔县和额济纳旗，还存留烽火台 200 多座，台平面呈正方形，每边 17 米，高 25 米左右。蔚为壮观。它也是由夯土或土坯筑成，施工中亦采用芦苇。至今仍有许多烽火台，除四角销蚀外，其余部分都还完好。

秦汉长城雄踞于我国北部，绵延万余里，构成了一套比较完整的防御体系，无论对抵御匈奴等游牧民族的侵扰，还是为保证丝绸之路的畅通，都起了重要的历史作用。在如此辽阔的地域，在崇山峻岭、流沙溪谷之间，构筑如此庞大、艰巨的工程，充分表现了中华民族的磅礴气概和聪明才智，也反映了当时测量、规划设计、建筑和工程管理等的高超水平。

古代科技的充实提高——三国两晋南北朝隋唐五代时期
农业、贾思勰和《齐民要术》

贾思勰撰写的农学名著《齐民要术》，成书于北魏末年（约公元 533—534 年），是我国现存最早的一部完整的农书，也是世界科学文化宝库中的珍贵典籍。它系统地总结了公元 6 世纪前我国北方的农业生产和农业科学技术，对后世农学的影响很大。它在国外也备受赞誉，特别在日本更是受到重视。

《齐民要术》全书约十一二万字，除“序”和卷首的“杂说”外，共分 10 卷、92 篇。书中内容十分丰富，“起自耕农，终于醯醢（制酱醋），资生之业，靡不毕书”，涉及到作物栽培，耕作技术和农具、畜牧兽医、食物加工等各方面。元代司农司编的《农桑辑要》，王祯的《农书》，明代徐光启的《农政全书》和清代的《授时通考》，这 4 部综合性的农书从体例到取材，基本上是采自《齐民要术》。许多范围较窄的农书也与之有渊源关系。所以，它的功绩在于总结了以前农学的成就，也为后来的农学奠定了基础。

数学与祖冲之

祖冲之（公元 429—500 年），字文远，是我国古代数学家、天文学家和机械制造家。他出身的家庭，几代成员对天文、历法都有深入的研究。他治学态度严谨，搜集自古以来的大量文献资料和观测记录，系统深入地进行分析研究，从前人的科学思想和成就中吸收了丰富的营养。但是祖冲之可贵之处更在于他“不虚推古人”，没有被束缚在已有的成就中。他在掌握大量资料的同时，坚持实际考核验证，亲身进行精密的测量和细致的推算，既发扬了前人的成就，又纠正了前人的错误，把我国的数学和天文学推进到一个新的高度。

人们一提到祖冲之，往往就想到圆周率。确实，祖冲之的名字与圆周率的计算是不可分开的。他应用刘徽的割圆木，在刘徽的计算基础上继续推算，求出了精确到第七位有效数字的圆周率：$3.1415926<\pi<3.1415927$。这一结果，相当于对 9 位数字的大数目进行各种运算（包括开方在内）130 次以上，这在今天用笔算也是一个十分繁复的工作。从这里，可以看到祖冲之付出的多么巨大的劳动。

祖冲之所求得的圆周率数值，远远地走在当时世界的前列。直至约 1000 年后，阿拉伯数学家阿尔卡西，于公元 1427 年著《算术之钥》和法国数学家维叶特于公元 1540—1603 年才求出更精确的数值。为了计算的方便，祖冲之还求出用分数表示的两个圆周数值。一个是 335/113，称为密率；一个是 22/7，称为约率。密率是分子、分母在 1000 以内表示圆周率的最佳渐近分数。在欧洲，16 世纪的鄂图和安托尼兹才得到这数值。

化学先驱——炼丹术

炼丹的本意是荒谬的，它指望借金石的精气，使人长生不老，得道成仙。这种违反自然规律的幻想当然是不可能实现的。因此，炼丹术实质上是一门伪科学。虽然炼丹家有种种迷信的思想，但由于他们在炼丹活动中，吸取了劳动人民在生产和生活实践中的丰富经验，同时孜孜不倦地从事采药、制药的实际活动，在炼丹实践中，他们认识到物质变化是自然界的普遍规律，不自觉地产生了朴素唯物论和辩证法思想，积累了大量关于物质变化的经验知识。东汉末年的魏伯阳就说过，炼丹术是顺从“自然之所为”，葛洪也认为“变化者，乃天地之自然”他们引用自然界的变化现象和生产中的物质变化来论证炼丹的可能性和合理性。因此，尽管他们所追求的本来目的是不可能达到的，但他们在炼丹实践中发现物质变化的种种现象的基础上，对其中的某些规律性东西进行了有益的探讨。古代炼丹家一般都兼搞医疗活动，一些大炼丹家本身就是著名的医学家，如葛洪、陶弘景。他们把炼丹的药物引入医疗实践中，从而也丰富了我国传统药物学内容。这些，也就为化学初步发展做出了一定的贡献。

玄奘和《大唐西域记》

唐高宗曾遣使分往西域各地“ 访其风俗物产，及古今废置，画图以进 ”。许敬宗于公元 658 年撰写成《西域图志》60 卷。继东晋名僧法显所著的《佛国记》之后，唐初名僧玄奘口述的《大唐西域记》是一部关于我国西北部边疆地区和中亚、南亚的重要地理著作。

玄奘（公元 596—664 年）俗名陈祎，洛州缑氏（河南偃师缑氏镇）人，是一位著名的佛教学者和旅行家。他于唐太宗贞观元年或三年（公元 627 或 629 年）秋离开都城长安，西行取经，历经了无数艰难险阻，以顽强的意志，孤身长途跋涉 5 万多里，足迹遍及当时中亚和南亚的 110 个国家和地区，“ 见不见迹，闻未闻经，穷宇宙之灵奇，尽阴阳之化育 ”，于贞观十九年（公元 645 年）正月回到长安，完成了世界史上一次伟大的旅行壮举。回到长安后，第二年玄奘完成了《大唐西域记》这部著名的著作。书中以文雅生功的笔法，记述了他亲身经历的 110 个地区和国家，以及传闻中的 28 个国家的地理位置、历史沿革、风土人情、山川、物产、气候及宗教等情况，对地理知识的发展和传播，对促进当时的中外交流，都做出了重大贡献。该书至今仍是研究中亚、印度和巴基斯坦等地历史地理的重要文献。

京杭大运河的开凿

为了加强对南方的政治、军事控制，并漕运南方的粟米丝帛，以满足中央政权机构的需要，隋唐统治者发起了运河的大规模开凿活动。开皇四年（公元 584 年），隋文帝为解决交通运输的困难，令宇文恺率水工开凿广通渠，把渭水由大兴城引至潼关，长 300 余里。隋炀帝当政后，在兴建东都洛阳的同时，又发起开凿以洛阳为中心的大运河工程。大运河工程浩大，动用数百万民工，全长四五千里，沟通了海河、黄河、淮河、长江和钱塘江 5 大水系，是世界水利史上的伟大工程之一。从现代的眼光看，这样巨大的工程，又穿越复杂的地理环境，从设计、施工到管理，要涉及到测量、计算、机械、流体力学等多方面的科学技术知识，要解决一系列科学技术上的难题。这一工程的完成，反映了我国古代劳动人民的聪明才智和创造精神。

大运河成为我国南北交通大动脉，对于加强南北的联系和经济交流，对促进祖国的统一和发展祖国的经济文化，都发挥了积极的作用。自从大运河凿通以后，运河中“商旅往返，船乘不绝”。唐朝前期还利用大运河和南方河流、湖泊构成一个水道网。运河两岸，商业都市日益繁荣。

天文学与一行和尚的贡献

僧一行（公元 683—727 年），魏州昌乐（今河南南乐县）人，俗名张遂。他从小刻苦好学，“ 博览经史，尤精历象、阴阳、五行之学 ”，因不愿与武三思交往而出家为僧，隐居于河南嵩山。出家之后，一行仍然勤奋攻读，为了精研数学，他曾长途跋涉，求师闻教。开元五年（公元 717 年），唐玄宗强行征一行入京。

当时的麟德历行用已久，差误较大，玄宗便令一行“ 考前代诸家历法，改撰新历 ”。一行的工作态度非常严肃认真，他对前人的历法不是采取一些简单的增损修改，而是在前人的基础上，大胆创新。为了使历法与实际天象相符，他进行了一系列的实测工作，取得了很多实际资料，从而纠正了不少前人的差错，把中国古代历法的制订工作提高到一个新水平。

一行利用黄道游仪组织了一批天文学工作者进行观测，取得了一系列关于日、月、星辰运动的第一手资料，发现了恒星的位置与汉代相比较，已有相当大的变化。这个发现导致在他的历法里废弃了沿用达 800 多年的二十八宿距度数据，采用了新的数据，从而有助于新历法精确性的提高。

第一部国家药典——唐《新修本草》

由于《神农本草经集注》的作者陶弘景生活在南北对峙的时代，虽然尽了个人最大的努力，难免存在着片面性和错误。显庆二年（公元 657 年）苏敬提议修订新本草，唐政权组织了长孙无忌、许孝崇、李淳风、孔志约等 22 人与苏敬一起集体编修新本草。同时，唐政府“普颁天下，营求药物”，征集全国各地所产的药物，并令绘出实物图谱，以供编书之用。修订时，他们采取实事求是的态度，不为过去的医药经典所局限，于公元 659 年撰成《新修本草》颁行。这是我国，也是世界上由国家颁行的最早的一部药典。

《新修本草》内容包括本草并经图目录，共 54 卷，分药图、药经、本草 3 部分，收载药物 844 种，其中考正过去本草经籍所载有差错的药物 400 余种，增补新药百余种，并详细记述了药物的性味、产地、功效及主治的疾病。该书颁行后，很快流行全国，在统一用药方面起了很大作用。现存仅有残卷的影刻、影印本，但在后世本草和方书中保存了该书部分内容。由于书中收录有各地动植物的标本图录，全书图文并茂，有图经 25 卷，因此不仅是一部药物学著作，而且是一部动植物形态学著作，在生物学史上也有着一定的意义。

孙思邈与《千金方》

《千金方》是《千金要方》和《千金翼方》的简称，作者是唐代杰出的医学家孙思邈（公元 581—682 年）。孙思邈，京兆华原（今陕西耀县）人，他一生从事医学实践和医学研究，治学态度非常严谨。他认为一个好医生，必须努力学习前人留下的大量的医学典籍，博通医学源流，吸取前人经验，具备坚实的医学基础知识。

孙思邈提倡人人都应懂得医术，藉之“上以疗君亲之疾，下以救贫贱之厄，中以保身长全”。他看到当时的方书“部帙浩博”，如遇到急病，求检非常困难，等到寻得医方，“疾已不救”的状况，立意重编医书，著成 2 部简易实用的方书，各 30 卷，并取“人命至重，有贵千金”之义，起名为《备急千金要方》（简称《千金要方》）和《千金翼方》。这两部方书是孙思邈一生心血的结晶，在中国医药史上有着重要的地位。

《千金要方》是孙思邈积 50 多年的临症经验，结合历代医学典籍而著成的，书中内容包括中医基础理论和临症各科的诊断、治疗、针灸、食治、预防、卫生等，并把妇科病和小儿护理放在重要地位。《千金要方》是他集晚年近 30 年的经验而写成的，作为对《千金要方》的补充，内容以本草、伤寒、中风、杂病、疮痈等记述最为突出。书中共收载当时所用药物 800 多种。

《外台秘要》成书于公元 752 年，全书共 40 卷，分 1，104 门，是一部综合性的医学著作，其内容包括各科疾病和医方。作者王焘虽不是一个专业医师，但他因“幼多疾病，长好医术”，加上他在唐廷做官数十年，研读了大量的医书，因而完成了这部著作。由于唐以前方书已大部佚亡，因此《外台秘要》为后世保存了很多已佚方书内容，在医药史上具有相当的价值。

雕版印刷术的发明

与隋唐时期经济文化发达的形势相适应，作为人类文明史上划时代发明的雕版印刷术在这时问世了。雕版印刷术发明的确切年代现尚无法确知，但认为它出现在 6 世纪初的隋、唐之际却是比较一致的看法。

印刷术的发明，必须先具备纸张、笔、墨等物质条件，具备刻印的工艺技术，掌握反文印刷原理。这些物质技术条件在我国早已具备。

自汉代发明造纸以后，纸作为一种方便的书写材料，逐渐得到发展和普及。到三国两晋南北朝时期，纸已普遍被采用，产量和质量都有相当高的水平。东汉时发明的人造松烟墨到魏晋时已相当精妙。现存晋代、六朝墨迹，虽经一千四五百年，仍然墨光漆黑，字迹如新。松烟墨既是优良的书写原料，也是印刷的上好着色原料，用它印成的字字迹清晰整齐，不会模糊漫漶。由于我国主要使用烟墨，没有油墨，这是直至清代还是木刻印刷盛行的一个原因。至于刻字技术，历史更是悠久。此外，用在丝织品上精巧的镂版印花技术以至石刻上的摹塌技巧，也为人们提供了关于印刷的启示与经验。

正是在这充分而坚实的物质技术基础上，被誉为“ 文明之母 ”的印刷术应时而生了。雕版印刷一般选用纹质细密坚实的木材为原料，虽然刻字费工，但由于木刻工艺简单，费用低廉，印刷便捷，较手写传抄优越百倍，因而深受人们欢迎，而不断被推广和传播。

古代科技的高峰——宋辽夏金元时期
火药和火药武器

宋元时期，火药的配方已经脱离了初始阶段，各种药物成分有了比较合理的定量配比，并且在军事上得到实际应用，火药和火器制造开始成为军事手工业的一个重要部门。

古代火攻，起初多用油脂草艾之类，到两宋时期，火攻器械有了巨大的发展。火药武器的大量使用，推动了火药的研究和配方的改进。除炼丹家外，更有许多军事方面的专门人士加入了研究者的行列。曾公亮等在 1040—1044 年编著的《武经总要》中，记录了 3 个火药方子。

宋元时期的许多史笈都有关于火炮的记载，其形制各不相同。北宋末年，在抗金战争中发明了“霹雳炮”“震天雷”等杀伤力较大的火炮。这些火炮，不管是中小型或巨型，不管是纸制、陶制或铁制，看来都还不是用火药放射的火炮，估计多半还是用埋藏、放置，或用抛石机投射引爆的地雷、炸药包、炸弹一类火器。

特别值得一提的是管形火器的出现。1132 年，陈规守德安时用“长竹竿火枪二十余条”；李曾伯也提到火枪——“如火箭则九十五只，火枪则止有一百五筒”。

1259 年，寿春府“造突火枪，以巨竹为筒，内安子窠，如烧放，焰绝，然后子窠发出，如炮声，远闻百五十余步”。到元代已经出现铜铸火铳，称“铜将军”。中国历史博物馆珍藏的元至顺三年（1332 年）铜火铳是已发现的世界上最古老的铜炮。这些都是以火药为推动力的新式火器，枪筒已由竹制发展到铜制，更为坚固耐用。

用抛石机发射的火炮，由于木杆摇晃，准确度较差。而管形火器由于枪管子对子弹的约束力，造就了一个较为稳定的管内弹道，这也大大增加了管外弹道的稳定性，从而使射击的准确性大为提高。所以管形火器的出现在兵器发展史上是一个重大的突破。它为近代枪炮的不断发展奠定了初步基础。

指南针

航海事业的发展，需要有较好的指向仪器。经过长期的实践与反复的试验，到宋代，人们在人工磁化方法和使用磁针的方法两个方面的探索取得了重大的进展，这导致了指南针的发明和广泛的应用。

在《武经总要》前集卷 15 中，载有制指南针的方法，从现代的知识看，这是一种利用强大地磁场的作用使铁片磁化的方法。人工磁化方法的发明，在磁学和地磁学的发展史上是一件大事。

指南针一经发明，很快就被应用于航海。成书年代略晚于《梦溪笔谈》的朱彧所著《萍洲可谈》（1119 年）卷 2 中，对此已有明确记载。到元代，不论昼夜阴晴，船上都用指南针导航了。与相此应，还出现了某些以罗盘（指南浮针）指示海路航线的著作。这表明了指南针在航海中的重要性更加显著了，同时，又是指南针的制作技术和使用技巧臻于成熟的反映。

指南针的应用，使人们获得了全天候航行的能力，人类才第一次得到了在茫茫大海上航行的自由。指南针的发明和应用是我国人民对人类的重大贡献之一。

活字印刷术

雕版印刷虽然一版能印制几百部甚至几千部书，但很费工时，大部头书往往要花费几年时间，存放版片又要占用很大地方。印量少又不重印的书，版片使用后成了废物，人力、物力和时间都造成了浪费。

就在雕版印刷发展趋于鼎盛的时期，我国古代印刷技术出现了重大的突破。据《梦溪笔谈》卷 18 记载，宋仁宗庆历年间（1041—1048 年），平民毕升创造了活字印刷术。它既能节省费用，又能缩短时间，非常经济和方便，不仅在我国，就是在世界印刷技术史上，也是一项伟大的创举。它的影响是十分深远的。

毕升活字印刷术的基本原理，与近现代盛行的铅字排印方法完全相同。用胶泥制成泥活字，一粒胶泥刻一字，用火烧使之变硬。事先准备好一块铁板，将松香、蜡以及纸灰等混合在一起放在铁板上。铁板上再放一铁框，在铁框里排满泥活字，排满一框后即放在火上加热，松香、蜡、纸灰遇热融化，冷却后便将一板泥活字都粘在一起。再用一块平板将泥字压平。一版印完，将铁板放在火上加热，松香和蜡融化后，即可取下泥活字，以备再用。为了提高效率，将两块铁板交替使用，一板印刷，另一板排字。第一板印完，第二板又已排好，印刷速度相当快。同时准备好几套泥活字，可以重复使用。最常用的如“之”“也”等字往往各有二十几个，可以保证一板当中不至于缺字。至于偏僻字和生冷字，则可临时刻写，烧成后马上就能使用。毕升并曾试用木材制成活字，发现木材的纹理疏密不匀，沾水以后，高低不平，又易于和药物粘结，不便清理，因而仍用胶泥为原料制成活字。

沈括和《梦溪笔谈》

沈括（1031—1095 年），字存中，钱塘（今浙江杭州）人，是我国古代以博学著称的科学家。《宋史·沈括传》说他“博学善文，于天文、方志、律历、音乐、医药、卜算无所不通，皆有所论著”，这是对沈括在科学领域中所取得成就的公允评价。沈括还是个有作为的政治家。在王安石的新法运动中，沈括曾担任“权三司使”（主管财政经济）、“判军器监”等重要职务，他时常出京师往各地区察记新政实施的情况，积极参加了变法运动。

沈括一生的论著甚多，仅据《宋史·艺文志》所录就有 22 种 155 卷。现在有传刻本的仅《梦溪笔谈》26 卷，《补笔谈》3 卷，《续笔谈》1 卷，《长兴集》19 卷，以及《苏沈良方》15 卷等。其中《梦溪笔谈》是沈括晚年定居镇江，在梦溪园中将他一生所见所闻和研究心得以笔记文学体裁写下的著作。书中关于科学技术的条目占三分之一以上，内容涉及数学、天文历法、地理、地质、气象、物理、化学、冶金、兵器、水利、建筑、动植物及医药等广阔的领域。其中有对当时科学技术成就的十分珍贵的忠实记录。

秦九韶、李冶、杨辉、朱世杰——宋元数学四大家

13 世纪中叶到 14 世纪初叶，陆续出现的秦、李、杨、朱四大数学家，是宋元数学的杰出代表，他们的数学著作大都流传至今。

关于四大家的生平事迹，简要介绍如下：

秦九韶（1202—1261 年）字道古，生于四川，他对天文、数学、音律、营造等项无不精究，性机巧且治学十分严谨。他的数学名著《数书九章》，是在对数学的不断研究和积累之后，于 1247 年写成的。全书共 18 卷，分大衍、天时、田域、测望、赋役、钱谷、营建、军旅、市易等 9 大类，每类用 9 个例题来阐明各种算法。书中突出的成就是高次方程的数值解法——“大衍求一术”（一次联立同余式解法）。

李冶（1192—1279 年）原名李治，号敬斋，河北真定人，是我国北方金元之际的有名学者。元世祖忽必烈多次召见他，他都辞官不受，长期过着隐居讲学的生活。他的数学著作有《测圆海镜》（1248 年写成）和《益古演段》（1259 年写成）。《测圆海镜》共 12 卷，收有 170 个问题，都是已知直角三角形中各线段进而求内切圆和傍切圆的直径等问题。

杨辉（约 13 世纪中叶时人），字谦光，杭州人，著有《详解九章算法》12 卷（1261 年写成，现存残缺）、《日用算法》2 卷（1262 年写成，现存残缺）和《杨辉算法》7 卷（1274—1275 年写成）。在他的著作中，收录了不少现已失传的各种数学著作中的算题和算法，如早期的“增乘开方法”和，“开方作法本源”，都是通过杨辉的著作才得以流传下来的。

朱世杰（约 13 世纪末 14 世纪初时人），字汉卿，号松庭，河北人。他的数学著作《算学启蒙》（3 卷，20 门，259 问，写成于 1299 年）是一部较好的启蒙算书，内容从乘除法运算直到开方、天元术，体系完整，深入浅出。另一部著作《四元玉鉴》（3 卷，24 门，288 问，写成于 1303 年），主要是讲述多元高次方程组解法和高阶等差级数等方面的问题。

郭守敬与天文成就

郭守敬（1231—1316 年），字若思，河北邢台人，是个博学多才的科学家，在天文和水利两方面尤为精通。元统一中国后，忽必烈任命张文谦为改订历法的负责人，由王恂负责组织天文机构，进行历法计算，而郭守敬则负责仪器制造和进行天文观测。经王恂、郭守敬等人的集体努力，1280 年，新历告成，被定名为授时历，并于次年正式颁行。

授时历颁行不久，王恂即病逝。其时，有关新历的许多计算程序、数据等都还是一堆草稿，继王恂任太史令的郭守敬挑起了定稿工作的全部担子，经 2 年多的努力，出色地完成了任务。

郭守敬是一位著名的天文仪器制造家。除了圭表、简仪的创制外，还设计制造了用于观测太阳位置的仰仪、可以自动报时的七宝灯漏、观测恒星位置以定时刻的星晷定时仪以及水运浑象、日月食仪、玲珑仪等十余种天文仪器，其中有不少创新。郭守敬还是一位著名的天文观测家，除上面讲到的恒星的位置的观测工作外，郭守敬等人还组织进行了一次空前规模的测地工作，在今北京、太原、成都、雷州等 27 处设立观测所，测量当地纬度，从西沙群岛至北极圈附近，每隔 10 度设一观测台，测量夏至日日影长度和昼夜长短，观测站数比唐代多一倍，他们得到了丰硕的成果。

仪器的制造和天文观测的进行，都为历法的制定创造了条件，郭守敬和王恂等人又在研究前代历法的基础上，运用宋代以来数学发展的新成就，加上自己的创新，编制了我国古代最优秀的历法——授时历，把古代历法体系推向高峰。授时历采用的天文常数值都是比较准确的。其对日月五星运动的研究也达到了新的水平，如它继承了南宋杨忠辅统天历（1199 年）的成果，定回归年长度为 365.2425 日（与理论值之差为 23 秒），这与现今世界通用的格里历的所用值是一样的。

郭守敬还是个水利工程专家。他曾主持了若干重要的水利工程，如修唐来、汉延等渠，增辟大都水源。其中唐来渠、汉延渠等都在黄河上游，唐来渠长 400 里，汉延渠长 250 里，加上其他大小渠道，共溉田 9 万多顷，对西北地区的农业生产发挥了重大作用。他在渠口设滚水坝，又设若干退水闸。这是一套比较完善的闸坝设计方式。郭守敬还在大都西北设计修筑了长 30 公里的白浮堰以解决通惠运河的水源问题。在这些水利工程活动中还充分表现出郭守敬也是一位杰出的地理学家。他的水利工程设计都是以他自己的实际地理勘测资料为基础的，他曾对今河南、山东一带黄河的区域进行过细致的地形测量，并制成多幅地图。他还发明了以海平面标准来比较大都和汴梁地形高下之差的方法。这是地理学中一个重要概念——“海拔”的始创。他在通惠河上游河道路线选择中所表现出来的对于地形测量的精确性至今还引起学者们的赞赏。

中医四大流派的形成

宋、元时期，中医分科增加一倍甚至二倍以上，由唐代的 4 科（医科、针灸科、按摩科、咒禁科）发展到宋代的 9 科，到元代增至 13 科（大方脉科、风科、针灸科、小方脉科、眼科、产科、口齿科、咽喉科、正骨科、金疮肿科、杂医科、祝由科、禁科）。这时医书的编纂、临床经验的总结都有了新的进步，在此基础上，医学理论有较大的发展，并产生了金、元时期的四大医学学派，即所谓的“金元四大家”。

金元四大家以刘完素、张从正、李杲和朱震亨为代表，他们的总出发点都是我国传统的《内经》的医学体系，但又各从不同的侧面继承并发展了《内经》的医学理论，使我国医药学的体系发展到新的高度。

刘完素（1110—1200 年），字守真，金代河北河间人。他精研医学，拒绝做官，在民间行医，很受欢迎。当时传染病流行，他在医疗实践的基础上，重视致病原因中的火、热因素，主张从表里两法以降心火、益肾水为主，提出了一整套治疗热性病的方法，对寒凉药物的应用有独到的研究，被称为“寒凉派”。

张从正（1156—1228 年）字子和，金代河南考城人，主要著作《儒门事亲》15 卷。他继承和发展了刘完素的医学思想，主张用汗、吐、下 3 法，指出凡风寒初感邪在皮表者应用“汗”法，继而风痰宿食在于胸膈上脘的用“吐”法，寒湿痼冷或热在下焦的用“下”法。他对此 3 法的临床应用确有精到之处，遂有“攻下派’”之称。

李杲（1180—1251 年）字明之，金代河北真定人，师承刘完素。完素重视脏腑虚实，能根据气候、体质而灵活用药，对药物的性质又有新的阐明。这对李杲很有启发。李杲以《内经》理论为基础，结合实践，形成独创的见解，强调脾胃的作用，并认为“元气”是人生之本，元气充足与否决定了人体健康与病变。后人称之为“补土派”或“温补派”。

朱震亨（1281—1358 年）字彦修，号丹溪，元代浙江义乌人，是刘完素的三传弟子，又旁通张从正、李杲之学，著有《格致余论》、《局方发挥》等医药著作。他结合三家学说，倡泻火养阴之法，进一步发展了刘完素火热学说。后人称之为“养阴派”或“滋阴派”。

法医学著作《洗冤录》

到宋代，法医方面的知识有了比较迅速的进步，有无名氏的《内恕录》，1200 年郑克的《折狱龟鉴》，1213 年桂万荣的《棠阴比事》以及赵逸斋的《平冤录》、郑兴裔的《检验格目》等有关法医检验的著作接连问世。在这样的基础之上，出现了我国历史上第一部有系统的法医学著作——《洗冤录》，它也是世界上比较早的法医专著。过了 300 多年以后，意大利人菲德里于 1602 年写成了西方最早的法医学著作。

宋慈（1186—1249 年）字惠文，曾四任提刑。他综合了《内恕录》等数种专书，再参以当时执法检验的现场经验，于 1247 年写成《洗冤录》一书。全书共 5 卷，卷 1 载条令和总说，卷 2 验尸，卷 3 至卷 5 备载各种伤、死情况。《洗冤录》记述了人体解剖、检验尸体、检查现场、鉴定死伤原因、自杀或谋杀的各种现象、各种毒物和急救、解毒的方法等十分广泛的内容。书中对于自杀、他杀或病死的区别十分明确，案例详明。如溺死与非溺死、自缢与假自缢、自刑与杀伤、火死与假火死等都详加区分，并列述各种猝死情状。这部书中所记载的如洗尸、人工呼吸法、夹板固定伤断部位，以及银针验毒、明矾蛋白解砒毒等都是合乎科学道理的。13 至 19 世纪，《洗冤录》不仅在我国沿用 6 百多年之久，成为后世各种法医著作的主要参考书，并且广泛外传，被译成荷兰文、法文、德文以及朝、日、英、俄等各种文本。

名闻中外的瓷器

宋、元瓷器在工艺技术上达到了新的更高水平。这时瓷器的重大发展还是在青瓷和白瓷上。它们体现了当时制瓷技术的纯熟程度。宋代青瓷十分精致。南方青瓷以龙泉窑为代表，而北方青瓷则以汝窑（河南汝州，今临汝县）为代表。开封的官窑模仿汝窑又有进一步发展，均窑在均州（今河南禹县），更是后起之秀。青瓷到宋代已达到炉火纯青的地步，成为青瓷发展的高峰。白姿也进一步发展，并由北向南，分布更加广泛。白瓷以定窑最为有名。定州窑（今河北曲阳县）称为“北定”，色白而滋润；南渡以后，则以景德镇为主，称“南定”，南定以其白度和透光度之高而被推为宋瓷的代表作品之一。白瓷比青瓷进步，景德镇“影青”白瓷更是一种特殊的发展。元代有名的青花瓷就是在白瓷上画青花。宋代白瓷已高度发展，元代在宋代白瓷基础上，更逐步向彩瓷过渡。

到目前为止，全国 16 省和一个自治区、134 个县市发现了大量宋代瓷窑遗址。当时形成了有影响的八大窑系，即：北方的定窑、磁州窑、均窑、耀窑；南方的景德镇窑、越窑、龙泉窑和建窑。宋元时期也还有另一些著名的瓷器生产基地。它们各具特色，彼此辉映，构成了瓷器工艺技术繁花争艳的绚丽图景。

《营造法式》与建筑

李诫字明仲，管城县人（河南郑州），生年不详，卒于 1110 年。他在任将作监期间，用了 6 年时间于 1100 年编成《营造法式》一书，1103 年刊行，全书共有 36 卷，357 篇，3，555 条。该书对历代工匠传留的经验以及当时的建筑技术成就做了全面的系统的总结，是当时中原地区官式建筑的规范。李诫任职将作监期间主持过十几项巨大的建筑工程，又能亲自和工匠们一起逐项地进行比较研究。所以，《营造法式》一书的编写，对当时和后世建筑技术的进步，都有相当大的贡献。

图文并茂是该书的一大特点。它用 6 卷的篇幅绘出详图，共有房屋仰视平面图、横剖面图、局部构件构造图、彩画、雕饰图、施工仪器图等多种，让使用者一目了然，便于施工的顺利进行。

该书是宋代建筑技术向标准和定型方向发展的标志，表明这时的建筑工程更加严密、完善化了。

古代科技的缓慢发展——明清时期
郑和下西洋与造船技术

郑和率领舰队自明永乐三年至宣德八年（1405—1433 年）将近 30 年的时间里，先后 7 次抵达了亚洲和非洲的 30 多个国家，在促进我国和亚、非人民友好往来，通商贸易和文化交流方面都做出贡献。从航海史的角度来看，郑和下西洋的重大意义在于他和他率领的舰队首创了我国横渡印度洋的记录。

郑和 7 次远航的时间所到达的地区如下：

远航次别 时间（公元） 所到地方

第一次 1405—1407 年 占城、爪哇、苏门答腊、南巫里、古里等地

第二次 1407—1409 年 占城、爪哇、暹罗、苏门答腊、南巫里、古里、柯枝、锡兰等地

第三次 1409—1411 年 占城、爪哇、满剌加、苏门答腊、锡兰、柯枝、古里、甘巴里等地

第四次 1413—1415 年 占城、爪哇、旧港、满剌加、苏门答腊、锡兰、柯枝、古里、溜山忽鲁谟斯等地

第五次 1417—1419 年 占城、爪哇、满剌加、苏门答腊、南巫里、古里、彭亨、锡兰、溜山、忽鲁谟斯、阿丹等地

第六次 1421—1422 年 占城、暹罗、满剌加、苏门答腊、榜葛腊、古里、祖法儿、阿丹、木骨都束、卜腊哇等地

第七次 1431—1433 年 占城、爪哇、旧港、满剌加、苏门答腊、锡兰、古里、忽鲁谟斯等地，分■（即分一部分部船）从古里到默加

从上表可以看到郑和在第五次和第六次远航时都到达了非洲东海岸赤道附近的地区。我国与非洲东海岸国家虽然早在唐宋时期已经有了来往，但在郑和以前的来往，都是沿阿拉伯海的航路航行的。

空前的冶金生产规模

直到明末以前，我国的冶金技术，在采矿、冶铁、制钢、铸造、锻造和锌的冶炼等方面一直处于世界先进地位。

明代冶金生产，主要是是铁、铜、锡、银、金、铅、锌等，产量和规模大都较宋元时期有所增长。洪武末年，朱元璋取消了限制民间开采铁矿的禁令，促进了民间炼铁业的发展。这时期炼铁的规模也是空前的，如遵化铁场的大鉴炉高 1 丈 2 尺，一炉可容矿砂两千多斤；正德四年（1509 年）投入生产的炼铁炉 10 座，年产生铁 49 万斤，炒钢炉 20 座，年产熟铁 21 万斤，钢铁 6 万斤。铁场多设在矿山、林区附近。有些铁场包括开山采矿、伐木烧炭、矿石冶炼、器具制造以及相互间的运输等，有科学合理的安排与布局，已经初具联合企业的雏形。生产的铁制器具有铁锅和农具等。广东佛山是明代的重要产铁地之一，这里的铁矿品位高，质量好，致有“铁莫良于广铁”之说。佛山铁锅，驰名中外，远销南洋各地，是当时广州出口货物中的重要商品之一。

江西德兴、铅山的铜场和云南的铜场又有很大发展，据记载“大场丁六七万，次亦万余”。最大的汤丹铜场，产量最高年产 1，300 万斤，可见其规模之大。

明代铸造的万钧钟（永乐年间，即 1403—1424 年间铸的大钟，现存北京西郊大钟寺内，钟身高 5.9 米，外径 3.3 米，内径 2.9 米，重约 42 吨）和锻造的千钧锚，不论从铸、锻技术和生产规模看，在当时世界上都是比较先进的。

“一岁数收”农业技术和新作物的引进

“一岁数收”耕作技术的进一步发展是这一阶段农业技木的主要特点之一。它是人们在对农作物之间的相互关系的认识基础上，综合运用各项生产要素，通过间作、套作、混作、轮作等技术措施，合理安排种植，充分利用天时、地利，使一年内的收获次数由一次增加到二次、三次乃至更多次。清代，关中地区一般是二年三收，运用了套种技术后，有的地方一年可达到“三收”。轮作倒茬，合理安排前后农作物也能提高产量，《甘薯疏》说：“若高仰之地，平时种蓝，种豆者，易种薯，有数倍之获。”为实现“一岁数收”，除了要重视农作物品种的选择和加强田间管理外，特别要求土地肥熟，那就是要深耕、多耕和多施肥料。

“一岁数收”需要多施肥，这也就促进了肥料的蓄积和施肥技术的发展。肥料的蓄积，这时除就地取材以扩充肥源外，还强调肥料的“酿造”。肥料种类已扩大为人粪、牲畜粪、草粪、火粪、泥粪、骨蛤粪、苗粪、渣粪、黑豆粪、皮毛粪十大类。同时，讲究提高肥效，重视因时、因地、因物制宜地使用。由于“一岁数收”带来了较多的病虫害，这也给人们提出了除虫灭病的新课题。

玉米、甘薯和烟草等都是起源于美洲的农作物。15 世纪末，哥伦布开辟了欧洲和美洲之间的航路之后，这些作物很快传播到了欧洲，并逐渐遍及全世界。我国引进这些新作物是从 16 世纪初、明代中叶开始的。

最先引进的美洲农作物是玉米。玉米在我国明代的许多地方志中已有记载。最早见于安徽《颍州志》（正德六年，1511 年），玉米很可能是在 16

世纪初经由海路传入我国沿海和各省的。

甘薯是万历年间引进的。福建人陈振龙从事海外贸易，在吕宋学会甘薯栽培技术，万历二十一年（1593 年）回国时设法带回薯藤，并且试种成功。甘薯是高产作物，一般沙质土壤都宜种植，成为当时救荒的主要粮食，很受欢迎；不久传到浙江、山东、河南等省，逐渐提高栽培技术，在华北较为寒冷的冬季也能留种了。明、清之际，为推广甘薯而编写的著作有徐光启的《甘薯疏》、陈世元的《甘薯传习录》和陆耀的《甘薯录》等。

烟草的原产地大概是美洲墨西哥，后来传至菲律宾。明中叶以后，自菲律宾传入我国时音译为“淡巴菰”。崇祯年间，已有不少人以吸烟为乐，一些种植粮食的农田也改种烟草了。

规模宏大的宫殿建筑群和明代长城

明清两代在北京的皇宫，现在叫做故宫，是一组宏伟壮丽的建筑群，显示着我国具有悠久历史的木构建筑技术的辉煌成就。

这组建筑群是明永乐四至十九（1406—1421）年兴建的，占地面积 72 万平米。内有房屋近 1 万间，外有高达 10 米的长方形紫禁城围绕。紫禁城的外边是一条宽 52 米的护城河。紫禁城位于北京城正中，它的中轴线与北京城的中轴线相合。

我国木构建筑的设计早已有了一定的规范、发展到明清时候就更加规格化、程式化了。殿式建筑以“斗口”为基本模数，只要定了一种斗口的等级，整个建筑的各部分用料尺度就可以确定了。斗栱功能的减弱以及木构件砍割手法的简化等，也是这一时期木结构的明显变化。

拼合梁柱结件技术是明清木结构技术的一项重要成果。由于掌握了木材易于拼合的性能，使小块木料经过并合、斗接、包镶之后仍能发挥大料的作用，达到节省用料的要求。

自秦始皇把战国时期秦、赵、燕各诸侯国修筑的长城连接起来，成为一条长达万里的城防之后，只有明代在原来的的基础上重新修筑长城的规模能与之相比，而且在工程技术上有了很大改进。

明朝统治者非常重视北部城防。从明初开始，用了 100 多年的时间才完成西起嘉峪关，东至山海关的全长 12，700 多里的修筑工程。现我们看到的万里长城就是明代新修扩建的。当时曾经分段设立了 9 个重镇（辽东镇、蓟镇、宣府镇、大同镇、山西镇、延绥镇、宁夏镇、固原镇、甘肃镇）进行防守。

明代修筑的长城，大都非常牢固，特别是东半部（山西以东至山海关称东半部，山西以西称西半部）都是用砖砌（局部地段用石条），石灰浆勾缝。城墙的砌法，在坡度较小时，砖石随地势平行砌筑；坡度较大时，采用水平跌落砌筑，砖墙砌得十分平整坚固，使砖构建筑技术进入一个新的发展阶段。

长城选线的水平也很高。在山西以东，城墙大部蜿蜒在崇山峻岭之间，有的利用山脊修筑，形势极为雄伟险要。东半部城墙外面用砖砌，里面是夯土。一般墙高约 8 米，下部墙基宽约 6 米，墙顶宽 5 米左右。墙顶外部设垛口，约高 2 米，内部砌女墙，高约 1 米。墙身每隔 70 米左右修碉楼一座，墙身内部每隔约 200 米有石阶梯，可登城巡视。山西以西的长城，虽然是夯土版筑的，但也很坚实，墙高约 5 米多，墙身下部宽 4 米左右，上部宽约 2 米。作为传报军情用的烽火台，设在长城内侧或内侧的山顶上，大部用砖石砌成，平面呈方形，每面约 8 米，高 12 米左右。

珠算的广泛应用

我国数学计算方法，随着商业的发展和算法本身由繁到简发展条件的成熟，到了明代，珠算普遍得到推广，逐渐取代了筹算。

珠算术是用珠算盘演算，比筹算术用算筹演算方便得多，因此，在商业发展需要的条件下，珠算盘作为数学计算的一种简便工具，很受人们的重视和欢迎。

珠算术至迟在元末已经产生。1366 年在陶宗仪所著《南村辍耕录》中，有关于珠算盘的明确记载。

珠算发明之后，珠算术的四则方法逐渐代替了筹算的加减乘除运算方法。珠算术的加、减法口诀相当重要。在明代的珠算术中称加法口诀为“上法诀”，称减法口诀为“退法决”，很是简便。

明代的珠算术著作，现在流传下来的已经不多，其中比较重要而影响又较大的是程大位所著《算法统宗》。程大位（1533 年生）字汝思，号宾渠，安徽休宁人，少年时代就很喜爱数学，后来一面经商，一面从事数学研究，1592 年写成《算法统宗》17 卷。这是一部流传极广的数学著作，明清两代不断翻刻、改编，“风行宇内”，凡学习计算的人，“莫不家藏一编”，影响之大，在中国数学史上是少有的。

我国珠算术还曾传到日本、朝鲜等东亚各国，并被延续使用到今日。在我国，直到现在珠算也仍然是被广泛使用的、较为方便的计算工具。

建筑上的声学知识

北京天坛是著名的明代建筑。其中皇穹宇建于明嘉靖九年（1530 年），原名泰神殿，1535 年改名为今。天坛的部分建筑具有较高的声学效果，使这一不寻常的“祭天”的场所，更增添了神秘的色彩。

天坛建筑物中最具声学效应的是：回音壁、三音石和圜丘。

回音壁是环护皇穹宇（安放祭天牌位的所在）的一道圆形围墙，高约 6 米，圆半径约 32.5 米。内有三座建筑，其中之一是圆形的皇穹宇，位于北面正中，它与围墙最接近的地方只有 2.5 米。回音壁只一个门，正对皇穹宇。整个墙壁都砌得十分整齐、光滑，是一个良好的声音反射体。如有甲、乙二人相距较远，甲贴近围墙，面向墙壁小声讲话，乙靠近墙壁可以听得很清楚，声音就像从乙的附近传来的。只要甲发出的声音与甲点的切线所成的角度大于 22°C时，声音就要碰到皇穹宇反射到别处去，乙就听不清或听不到。

在皇穹宇台阶下向南铺有一条白石路直到围墙门口。从台阶下向南数第三块白石正当围墙中心，传说在这块白石上拍一下掌，可以听到三响，所以这块位于中心的白石就叫三音石。事实上，情况不完全是这样。在三音石上拍一下掌，可以听到不止三响，而是五响、六响，而且三音石附近也有同样的效应，只是声音模糊一些。这是因为从三音石发出的声音，等距离地传播到围墙，被围墙同时反射回中心，所以听到了回声。回声又传播出去再反射回来，于是听到第二次回声。如此反复下去，可以听到不止三次回声，直至声能在传播和反射过程中逐渐被墙壁和空气吸收，声强减弱而听不见。如果拍掌的人在三音石附近，从那里发出的声音，传播到围墙，不能都反射到拍掌人的耳朵附近来，因此听到的回音就比较模糊。

圜丘是明、清两代皇帝祭天的地方。它是一座用青石建筑的三层圆形高台。高台每层周围都有石栏杆。在栏杆正对东、西、南、北方位处铺设有石阶梯。最高层离地面约 5 米。半径约 11.4 米。高台面铺的是非常光滑、反射性能良好的青石，而且圆心处略高于四周，成一微有倾斜的台面。人若站在高台中心说话，自己听到的声音就比平时听到的要响亮得多，并且感到声音好像是从地下传来的。这是因为人发出的声音碰到栏杆的下半部时，立即反射至倾斜的青石台面，再反射到人耳附近的缘故。

外科总结性著作《外科正宗》

外科学在明代的成就可以著名医家陈实功的著作《外科正宗》为代表。

陈实功（1555—1636 年）字毓仁，又字若虚，江苏南通人。他从青年时代起就专门研究外科，经过四十多年的不断实践，在外科理论和外科手术方面都有独到之处。晚年的时候，他认为如果把自己多年的经验和体会留传下来，可能“不无小补于人间”，于是把外科大小诸症，分门别类地按病理、症状、治法、典型病例以及药物的炼制等一一记载下来，有些还编成歌诀以便记诵，于万历四十五年（1617 年）写成《外科正宗》4 卷付印。全书论及外科各常见疾病 100 多种，并选入很多自唐至明代以来内服、外敷的有效方剂，内容十分丰富，后人称赞这部著作是列证最详，论治最精。

宋应星和《天工开物》

宋应星搜集、整理、编撰的《天工开物》是世界第一部有关农业和手工业生产的百科全书。

宋应星字长庚，江西奉新县人，生于万历中叶（1587 年），卒于顺治末或康熙初年。他 28 岁时考中举人，名列第三，但由于对八股取士不感兴趣，而把精力放在深入调查研究实用的生产技术的问题上。他 47 岁任江西分宜县教谕时，着手编写《天工开物》，51 岁改任福建长汀府推官，3 年后任安徽亳州知州，明亡时（1644 年）又回到自己家乡，从此离开了官场。

宋应星是一位博学多能的人。他熟悉多种生产技术，对天文、音律以至哲学等都有研究，他的著作除《天工开物》外，还有《谈天》、《论气》、《画音归正》、《野议》、《思怜诗》等多种。

我国有以农为本的优良传统，因此古代的农书很多，但由于一向轻视工商，系统记载手工业生产技术的著作极为罕见。自《考工记》以来，可以说就是《天工开物》了。前者是封建社会初期的著作，后者是资本主义萌芽时期的作品，二者都以先进的生产方式的出现为前提，并非偶然。

《天工开物》刊行后，很快传到日本，并在日本翻刻，广为流传；1869 年有法文摘译本，后又译成德、英多种文字，受到世界各国的重视。它是有关我国古代生产技木，特别是手工业生产技术的宝贵文献。

李时珍与《本草纲目》

李时珍（1518—1593 年），字东璧，晚年号濒湖山人，湖北蕲州（今属蕲春县）人。他的祖父和父亲都是医生，他从小就受到医药方面知识的熏陶。李时珍自幼多病，每次大病都经他父亲精心调治才能转危为安，因此他对病人的痛苦和医药的重要，有深刻的体会。李时珍 14 岁考取秀才后，三次参加乡试都未中举，于是决定放弃科举，专心研究医药学。

嘉靖三十一年（1552 年），李时珍开始着手编写《本草纲目》。为了写好这部书，尽量减少错误，他特别注意深入实际考察，除走遍自己的家乡外，还到过湖北的武当山、江西的庐山、江苏的茅山、南京的牛首山以及安徽、河南、河北等地，采拾标本、收集单方，有时还进行类似药理学的试验。例如，为了证实罗勒子能放入眼内，治疗眼翳，他就把罗勒子置水中观察，见它能胀大变软，才肯定了旧本草的见解；又对鲮鲤（即穿山甲，一种食蚁动物）进行解剖，证实其胃中确有“蚁升许”。他的严谨的治学态度，使《本草纲目》具有较高的科学水平和实用价值。

经过李时珍 20 多年的辛勤劳动和许多人的热情帮助，《本草纲目》于万历六年（1578 年）全部脱稿。

李时珍晚年非常关心《本草纲目》的出版，但这部书于公元 1596 年在南京出版（金陵版）时，他已与世长辞了。之后这部书被辗转翻刻过 30 多次，以清合肥张氏味古斋本最精。随着国际间的文化交流，《本草纲目》早在万历年间就已流传日本，并在日本翻刻过 9 次，以后又传到朝鲜和越南。17、18 世纪传到欧洲，先后有德文、法文、英文、拉丁文、俄文的译本或节译本。

徐光启与《农政全书》

比李时珍晚约半个世纪的徐光启是明末一位优秀的科学家。徐光启（1562—1633 年）字子先，号玄扈，上海人，出身于小商人兼小土地所有者的家庭，早年从事过农业生产，对土地利用问题深有体会。

对科技研究，除天文、历算之外，徐光启用力最勤、收获最广的要算在农业方面的研究了，因此他著作中也以《农政全书》最为重要。它是徐光启几十年心血的结晶，是一部集我国古代农业科学之大成的学术著作。

《农政全书》共 160 卷，50 多万字，分农本、田制农事、水利等 12 项。在徐光启生前，《农政全书》虽已编成，但未定稿。现在的《农政全书》是经陈子龙等在出版时增删过的，因此书中存有一些自相矛盾的错误，很可能是增删时造成的。

《农政全书》转录有很多古代和同时代的农业文献，这部分可以说是前人成就的选编。徐光启自己撰写的有 6 万多字，虽只占全书的 1/8，但都是他亲自实践和观察之后写成的，科学性较强。

徐光启曾与耶酥会传教士利玛窦等人有往来，并与他们一起共同翻译了许多科学著作，如《几何原本》、《泰西水法》等，成为介绍西方科学的先驱。

近代科学技术——清末民初时期
西方科技的传入

耶稣会士来华是从 16 世纪下半叶，即明中叶以后开始的。他们知道，在一个文化悠久、经济力量也还不弱的东方大国，要达到通过宗教以左右中国的目的，不能不用近代的科学技术作为敲门砖。这在耶稣会士写的各种传教记述中就有很明确的自白。当时，在我国传教比较著名并掌握有一科学知识的耶稣会士有利玛窦（意大利人，1582 年来华，任会长）、汤若望（德国人，1622 年来华）等，他们都与在朝做官的士大天如徐光后、李之藻等人有来往，也颇得自万历至乾隆时一定些皇帝的赏识。在他们实现传教目的的过程中，传人的科技知识主要有天文、数学、地学、物理、火器等。

在天文学方面，首先是利玛窦介绍了有关日月蚀的原理，七曜与地球体积的比较、西方所测知的恒星以及天文仪器的制造等，他还著有《浑盖通宪图说》、《经天该》和《乾坤体义》等（多为李之藻笔述）。1605 年，利玛窦在对我国情况有所了解之后，向罗马教会献策，请派天文学者来中国从事历法改革这件大事，以便进一步开展他们的传教工作。此后，来中国的果然有不少是懂天文的耶稣会士。

明代历法，一直使用大统历（实即元代的授时历）和回回历，因时间已久，误差大。万历三十八年十一月（1610 年 12 月）的一次日蚀，钦天监又未测准，于是有人提出组织翻译，介绍西法。当时虽然已有改历要求，但未实现。崇祯二年五月（1629 年 6 月），钦天监所报日蚀再一次失验，而徐光启用西法预测日蚀却相当准确。这样，徐光启才被委任主持修改历法工作。徐光启聘请龙华民（1559—1654 年，意大利人，1597 年来华）等耶稣会士编译天文学书籍，其工作成果体现在《崇祯历书》的完成上。《崇祯历书》完成后，由于守旧派的反对和明室的衰亡，新历法实际上并没有实行。

西方数学的传入主要有欧几里得几何学、算术笔算法、对数和三角学等。利玛窦口译、徐光启笔述的《几何原本》，是传教士来中国翻译的第一部科学著作，底本用的是利玛窦的老师、德国数学家克拉维斯的注解本，全书共 15 卷。利玛窦译完前 6 卷时，认为已达到他们用数学来笼络人心的目的，因此没有答应徐光启希望全部译完的要求。关于耶稣会士讲授科学的用意，这里又一次做了很好的回答。虽然如此，《几何原本》传入后，对我国数学界产生了一定影响。介绍西方笔算的著作《同文算指》，是由利玛窦和李之藻合作编译的，对我国算术的发展有较大影响，清代学者很重视该书内容并加以改进，笔算的应用遂即日渐普遍起来。此外，还有《圆容较义》和《测量法义》等，前者是一部比较图形关系的几何学，后者是关于陆地测量方面的著作。

至于计算工具，传入我国的主要有耐普尔的算筹和伽利略的比例规。

世界地图是利玛窦进入我国传教时传入的。他从澳门到肇庆后，就根据绘有五大洲的西文世界地图制成一幅较原图还大、用汉文注释的世界地图，该图由岭南西按察司副使王泮刊印，赠送要人。该图以后在南昌、南京和北京又重绘和修订过多次，经刻版或上石的至少有 8 种，形状或为一椭圆形图，或分东西两半球图。其中以 1602 年刊行的《坤舆万国全图》最为完善。为了迎合中国人的心理，在这幅椭圆形的世界地图中，特意把南北美洲绘在亚洲的东面，这样中国的位置就在地图中部了。利玛窦精于数理，在我国已注意

各地经纬度的测量。他测得北京、南京、杭州、广州、西安等地的经纬度相当精确，因此能顺利地编制新图。他在改绘世界地图时，把西方的经纬度制图法，有关五大洲（亚细亚、欧罗巴、利未亚——即非洲、南北亚墨利加、墨瓦蜡尼加——指南极的地方）的知识，地球说和五带（热带、南北温带、南北寒带）的划分等传入中国。这在士大夫阶层中引起很大的震动，但完全能接受的人不多。图中译名如亚洲、欧洲、大西洋、地中海、罗马、古巴、加拿大以及地球、南北极、南北极圈和赤道等一直沿用至今。

西方光学知识的传入是从汤若望《远镜说》开始的。书中介绍了望远镜的用法、制法和原理。对于光在水中的折射现象、光经凸透镜以放大物像等都有解释。

关于西方制造火器的技术，当时有一部带有保密性的书叫做《火攻奇器图说》，此书来历已不清楚了。明末清初，由于军事上的需要，汤若望和南怀仁都奉命设计铸造过铳炮。明末铸造有 1，200 斤重和几百斤重的火炮，但数量都不多。崇祯十六年（1643 年）完成的著作有汤若望口授、焦勖笔录的《火攻揭要》，内容包括各式火炮的铸造法、运用法、安置以及子弹和地雷的制造等。清初南怀仁编译的《神武图说》，叙述了铳炮的原理并有附图。此后，我国没有在这方面进行认真地研究和提高。

火器传入后的情况是这样，西方科技知识传入后总的特点也是这样。其中只有天文和数学发展的情况与此不同。究其原因，主要是由于明朝政权很快衰亡，封建统治者对科技作用认识有局限，社会发展缓慢，不具备科学技术大踏步前进所需要的条件。具体到各学科，当然还有自己的问题。例如地学，在当时明清战争的政治环境和闭关自守、抑制工商的政策下，地理视野很难开阔，地学的实践积累极少，地学知识离开了广泛与深入的实地考察与研究，是难以得到发展的。

耶稣会传教士来华，一方面传入了西方的科学与文化，另一方面也把中国的科学介绍到西方。传教士写回去的报告、书信、专著，以及他们带回的许多中国典籍，对西方社会和科学的发展起了一定的推动作用。我国的哲学思想对于 18 世纪法国和德国的资产阶级革命起过作用。在科学技术方面，例如我国的园林建筑技术，于 18 世纪中叶传到欧洲后，对英、法、德、荷兰等国的园林建筑都发生一定的影响。研究中国园林的专著有英国的园艺专家钱伯斯的《东方园林论》和德国人翁则尔的《中国园林论》。又如我国天文学中的宣夜说传入欧洲，促进了西方水晶球说的崩溃。

著名数学家李善兰和近代数学知识

中国古代数学，正如本书以前各章所述，曾经取得过不少杰出成果。到了近代，西方数学由于对数、解析几何学和微积分的产生，中国数学已显得落后许多。但是在中国近代，仍然有一些数学取得了某些成果。这些成果虽然比西方先进的数学水平低得多，时间也晚得多，但这些成果却大都是他们自己独立地取得的。在这些数学家中，较著名的有：项名达（1789—1850 年）、戴煦（1805—1860 年）、李善兰（1811—1882）等人。

这一时期最著名的数学家是李善兰。

李善兰，字壬叔，号秋纫，浙江海宁人，从小喜爱数学，“方年十龄，读书家塾，架上有古九章，窃取阅之，以为可不学而能，从此遂好算”，“三十后，所造渐深”。1852 年到上海参加西方数学、天文学等科学著作的翻译工作，8 年间译书 80 多卷。1860 年以后在徐有壬、曾国藩手下充任幕僚。1868 年到北京任同文馆天文学算馆总教习，直至病故。李善兰的数学研究成果集中地体现在他自己编辑刊刻的《则古昔斋算学》之中，里面包括有他的数学著作 13 种。其中《方圆阐幽》、《弧矢启秘》、《对数深源》3 种，是关于幂级数展开式方面的研究。李善兰创造了一种“尖锥术”，即用尖锥的面积来表示 X^n”，用求诸尖锥之和的方法来解决各种数学问题。虽然他在创造“尖锥术”的时候还没有接触微积分，但已经实际上得出了有关定积分公式。李善兰还曾把“尖锥术”用于对数函数的幂级数展开。

李善兰上述的工作说明，即使没有西方传入的微积分，中国数学也将会通过自己特殊的途径，运用独特的思想方式达到微积分，从而完成由初等数学到高等数学的转变。实际上在西方，牛顿和莱布尼兹也是通过各自不同的途径，几乎同时达到微积分的思想的。

李善兰在数论方面还证明了著名的费尔玛定理。这一结果发表在《考数根法》（数根即指素数，考数根法即判定素数的方法）之中，这是他在北京同文馆时期做出的工作。

鸦片战争之后的中国近代数学的另一个方面，也可以说主要的方面，乃是进一步介绍西方先进的数学知识来中国。

从 50 年代开始，李善兰与伟烈亚力合作所翻译的《几何原本》后 9 卷、《代数学》、《代微积拾级》等书，使明末清初传入我国前 6 卷的古希腊数学名著《几何原本》有了较为完整的中文译文，并且使西方近代的符号代数学以及解析几何和徽积分第一次传入我国。

李善兰还创造了不少的数学名词和术语，例如“代数”、“微分”、“积分”等等都一直被沿用到今天，而且也传到日本被沿用到现在。他还直接引用了西方的不少数学符号，例如=、÷、（）、＞、＜等，但是仍未采用世界通用的阿拉伯数码而是用了一、二、三、四……（），并用传统的天干（甲、乙、丙……）地支（子、丑、寅……）外加“天”“地”“人”“物”4 个字来表示 26 个英文字母，用“微”的偏旁“彳”来表示微分，用“禾”字表示积分。总之，这些译文和今天通用的数学符号还相差较远。

洋务运动与近代科技的发展

从 19 世纪 60 年代到 90 年代的 35 年时间，历史学界经常把它称为“洋务运动”时期。这时，清朝上层统治集团在国内外政策方面有一个较大的变化，掀起了一阵兴办洋务热潮。所谓“洋务”，除了对外交涉的内容之外，主要还包括练新军，购置洋枪洋炮和兵船战舰等武器，兴办工厂和矿山，修铁路，办电报，办学堂等等。洋务派的重要首领是和西太后勾结密切的恭亲王奕䜣和曾国藩、李鸿章等镇压太平天国农民起义运动的湘军和淮军头目。

正是在这种兴办洋务的阵阵热潮当中，西方的科学技术，从新式织布机到作为原动机械的蒸汽机，从各种工作母机到新式的转炉和平炉的炼钢方法，电报、轮船和火车等近代交通通讯工具都相继传入我国；同时还在各处设立了译书馆等机构，翻译出版了不少西方近代科学技术书籍。这一切都使洋务运动时期成为我国近代科学技术史上的一个重要时期。

虽然洋务运动是清朝官吏为维护其封建统治而推行的一种内部改良运动，有其落后的一面。但是，三十余年的洋务运动却使中国社会发生了很大的变化，在历史上首次出现了产业工人和资产阶级（包括买办资产阶级和民族资产阶级）这两个对立的新生阶级，引进了先进的科学技术，兴办了封建的手工业作坊无可与之相比的近代工厂和矿山，形成了前所未有的新的生产力。与此同时，却也养肥了清王朝大大小小的贪官污吏并使洋老板赚足了钱，使中国人民背负起骇人听闻的外债。这样，就进一步把中国社会拖上半封建半殖民地的道路。

五四运动和中国近代科技

1911 年的辛亥革命虽然打倒了清王朝，但政权却落到袁世凯之流的北洋军阀手里，反帝反封建的任务实际上并没有完成，“ 民国 ”不过只是徒具虚名，辛亥革命仅赶走了一个皇帝，而权力都落在封建军阀手里，革命实际上是失败了。

但是，中国的社会却在不断前进。从 19 世纪 90 年代末期开始到五四运动时止，在这 20 多年期间里，不论经济、政治和社会思想等各个方面，我国社会都发生了重大变化。

经济方面，在 20 世纪的最早 10 年里就有了较大的发展。特别是在 1914—1918 年第一次世界大战期间，帝国主义之间忙于相互残杀和争夺，由于战争而引起的经济危机，使得除日本、美国以外的英、德、法、俄等国一时顾不上中国，它们对华商品的输出量下降很多，从而使中国的民族资本获得一个暂时的发展机会。从 1912 年到 1919 年，在中国新建的工矿企业就多达 470 多个，其发展的速度超过了洋务运动以来的任何一个时期。与此同时，日美两国利用欧洲在进行大战的机会，加速在华投资设厂，扩大对中国的侵略和掠夺。

由于新的工厂不断增加，中国工人阶级的队伍也迅速壮大起来。辛亥革命前中国产业工人的人数仅有五六十万人，到五四运动前夕，已猛增到 200 万人，工人运动也日益高涨。

事实证明，在当时的中国，“ 科学救国 ”、“ 实业救国 ”都是行不通的，出路只能是进行社会革命。但是，从戊戌变法、辛亥革命直到伟大的五四运动等一系列革命运动也证明了：科学技术不仅可以创造新的生产力，而且也是变革社会的不可缺少的一个重要方面。

五四运动前后，中国科学已逐渐溶合到世界科学发展的洪流中去，数学（珠算除外）、天文学等学科已不再有中国古代传统的特色，但是很多技术门类，如建筑、纺织等仍保留着传统的某些特点，而中医学和中药学虽然不断遭受否定和非难，但依然保持着生命力。

中国历史上的许多伟大发明和创造，和世界上的其他民族其他国家和地区历史上的各种发明创造一样，永远都是全人类的共同财富。

中国科学技术史在伟大的五四运动前后逐渐地走进了一个新的时期，掀开了中国现代科学技术史的新的一页。