

跨世纪知识城

主编：刘以林

中国科技



新世界出版社

跨世纪知识城
中国科技

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。

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。

《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。它按方位分东西南北中 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《素问》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

天文学成就和张衡

张衡（公元 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，它能比较近似地说明天体的运行，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——张衡地动仪。“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 8 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。前两部书早已失传，《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

《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理学专著。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，对后世药理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。这是我国药理学最早的分类法，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、莨菪治癩、海藻疗瘰疬（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理学的基本理论。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、咸、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理学已经达到一定的水平。

张仲景（约公元 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（即有关辩证的理论、治疗法则、处方和用药）具备的辩证论治的医疗原则，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《金匱要略》二书。《伤寒论》专门论述伤寒类急性传染病，《金匱要略》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、竹简木牍、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。他应用刘徽的割圆术，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》和法国数学家维叶待于公元 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 $\frac{335}{113}$ ，称为密率；一个是 $\frac{22}{7}$ ，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。

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，求师问教。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。

《千金方》与《外台秘要》

《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、疮痍等记述最为突出。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。曾公亮等在公元1040—1044年编著的《武经总要》中，记录了3个火药方子。

宋元时期的许多史籍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》前集卷十五中，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》的朱或所著《萍洲可谈》（1119年）卷二中，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。与此相应，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干部书，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》卷十八记载，宋仁宗庆历年间（公元 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（公元 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》所录就有二十二种一百五十五卷。现在有传刻本的仅《梦溪笔谈》二十六卷，《补笔谈》三卷，《续笔谈》一卷，《长兴集》十九卷，以及《苏沈良方》十五卷等。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 1/3 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(公元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。全书共十八卷，分大衍、天时、田域、测望、赋役、钱谷、营造、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(公元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》共十二卷，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旁切圆的直径等问题。

杨辉(约13世纪中叶时人)，字谦光，杭州人，著有《详解九章算法》十二卷(1261年写成，现存残缺)、《日用算法》二卷(1262年写成，现存残缺)和《杨辉算法》七卷(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》(三卷，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》(三卷，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(公元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 200 公里，汉延渠长 125 公里，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（公元 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（公元 1156—1228 年）字子和，金代河南考城人，主要著作《儒门事亲》十五卷。他继承和发展了刘完素的医学思想，主张用汗、吐、下三法，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。他对此三法的临床应用确有精到之处，遂有“攻下派”之称。

李杲（公元 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（公元 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”。

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（公元 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、满刺加、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、满刺加、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、满刺加、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、满刺加、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、满刺加、苏门答腊、锡兰、古里、忽鲁谟斯等地，分（即一部分船）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 4 米，一炉可容矿砂 1000 多公斤，正德四年（1509

年)投入生产的炼铁炉 10 座,年产生铁 245 吨,炼钢炉 20 座,年产熟铁 105 吨,钢铁 30 吨。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 6500 吨,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术的主要特点之一。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 10 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《颖州志》(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。

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“退法诀”，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年改为今名。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”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，它与围墙最近的地方只有2.5米。回音壁只有一个门，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° 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王音石。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。

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术，特别是手工业生产技术的宝贵文献。

近代科学技术 ——清末民初时期

西方科技的传人

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门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夫如徐光启、李之藻等人有来往,也颇得自万历至乾隆时一些皇帝的赏识。在他们实现传教目的的过程中,传入的科技知识主要有天文、数学、地理、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。该图以后在南京、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《坤輿万国全图》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、焦勳笔录的《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了一定的影响。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。

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訢和曾国藩、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。

