

# 古代的 四大发明

## 学术引领

中国是最早发明造纸术、印刷术、火药、指南针的国家，这四项科技成就被称为“四大发明”。四大发明不仅对中国的政治、经济、文化的发展产生了巨大推动作用，而且对欧洲乃至世界文明，都产生了深远的影响。

### 一、“四大发明”的基本情况

#### （一）造纸术

安作璋在《秦汉史十讲》（259～260页，北京：中华书局，2014）一书中指出，西汉成帝时就有用以裹药的薄纸，东汉时已用纸抄写书籍了。不过，由于当时的纸是以丝絮为原料造成的絮纸，成本太高、产量很低，因此汉章帝以前的纸只限于皇室或贵族使用。直到汉和帝元兴元年（公元105）蔡伦用植物纤维试制成功以后，纸的应用才逐渐

推广开来。为了适应当时文化发展的需要，蔡伦根据前人所积累的造纸经验，加上自己的创造，用树皮、麻头、破布、旧渔网等植物纤维造纸，从此纸逐渐成为社会上普遍应用的书写材料。人们为纪念蔡伦的功劳，称这种纸为“蔡侯纸”。

樊树志在《国史概要》（第4版，107～108页，上海：复旦大学出版社，2016）一书中指出，根据考古发现，汉武帝至汉宣帝时代，已有植物纤维纸；至迟在西汉宣帝时，中国人已掌握麻纸的制作技术；东汉蔡伦指导工匠用树皮、麻布等为原料，制作出更适合书写的植物纤维纸。在纸出现之前，书写材料是竹简、木牍、缣帛，这些材料或价格昂贵，或储藏携带不便，从而制约了文化教育事业的发展。纸的发明，尤其是“蔡侯纸”的出现，逐渐取代了简帛，开创了书写材料的革命。

郑也夫在《造纸术的起源》（载《北京社会科学》，2015年第7期）一文中指出，造纸术产生于制造树皮布的过程中。在捶打树皮的过程中，留下的一些过于轻薄的纤维积淀物，因不能成衣而作他用。经过人们长时间的探索实践，便发明了造纸术。

白寿彝、廖德清、施丁在《中国通史（第4卷）·中古时代·秦汉时期（下册）》（第2版，1284页，上海：上海人民出版社，2013）一书中指出，主管制造御用器物的蔡伦，总结西汉以来的造纸经验，改进造纸术，用树皮、麻头、破布、旧渔网为原料造纸。这扩大了纸的原料来源，降低了纸的成本，提高了纸的质量，使纸得以推广应用。

## （二）印刷术

陈力在《中国古代雕版印刷术起源新论》（载《中国图书馆学报》，2016年第2期）一文中指出，雕版印刷术的出现与特定的社会环境是密不可分的。殷周时铜范上的反刻文字、秦汉时的石刻碑碣、汉魏时的石经，都与印刷雕版的形制相近；捶拓技术、玺印技术也与印刷术的原理相同。直接催生雕版印刷术用于图书复制的原因有三：一是宗教类图书的大规模社会化需求；二是科举制产生后对教育的推动以及科举考试带来的文献批量复制的需求；三是普通百姓日常生活常用之物如日历、字书等需求增加。因此，雕版印刷技术的应用与普及，与其说是技术发展的结果，不如说是社会需求的结果。

郑士德在《中国图书发行史》（230～232页，北京：高等教育出版社，2010）一书中推测，毕昇很可能是书籍铺主人。从生产经营来看，他有这种发明的需要；从研制所花费的人力、物力来看，他能够承担得起，并可组织刻工、印工来共同从事各项试验。

田建平在《关于毕昇及其活字印刷术》（见姜锡东、李华瑞主编：《宋史研究论丛

(第7辑)》, 402 ~ 416页, 保定: 河北大学出版社, 2006)一文中, 重点分析了毕昇发明活字印刷术的动机、条件。减少成本、提高排版效率是促使毕昇研制泥活字的直接而主要的动因。作为一名书坊主人, 毕昇发明胶泥活字的主要动因有二: 一是其书坊经营之技术改进所需, 即为了提高印刷效率; 二是他认识到雕版印刷具有局限性, 每块版雕就后, 版面上文字一起固定下来, 毕昇试图予以创新。任何一项科技发明均不可能凭空产生, 抑或是绝对超越其所处时代所提供的相应条件。宋代为毕昇发明活字印刷术提供的时代条件, 大致有两方面: 宋朝的文化非常繁荣; 雕版印刷达到黄金时期。精通雕版印刷的毕昇, 对胶泥、铸铁、松脂、粘剂、火候的物质属性以及刻工、木工的技艺、工艺等都有一定的认识与实践经验。

肖东发在《活字印刷术的发明及其在宋元时代的发展与传播》(载《北京大学学报(哲学社会科学版)》, 2000年第6期)一文中指出, 在活字印刷的发展中, 元朝初年王祜的木活字具有独特的贡献。王祜是著名的农学家, 编写了《农书》。但因《农书》字数多, 难于刻印, 他就准备采用木活字来排印。请匠人刻制木活字三万多个, 约两年完工。最为可贵的是, 王祜把这些经验写成《造活字印书法》, 附在《农书》之后。

刘琳琳在《活字印刷术推广应用迟缓原因探析》(载《贵州文史丛刊》, 2004年第1期)一文中指出, 虽然雕版印刷对文化的传播起了重大作用, 但自身也存在无法克服的缺点。第一, 刻版费时、费工、费料, 且必须是每一本书雕一套板, 印刷时只能在部数上增加, 而不能在种数上增新, 如要增新, 只能再刻一套板; 第二, 大量书籍的更新造成大批板片的堆积, 保管存放十分不便; 第三, 如有错字不容易更正, 只能另刻一板。活字印刷相对于雕版印刷来说, 只要有一套活字, 大批书籍都可以印刷, 不仅可以提高印书效率, 而且既经济方便, 又能减轻保管负担, 如果出现错字、漏字, 可以及时补正。

刘琳琳指出, 活字印刷在出版业中所占比例一直很低, 即使到清朝中期, 从事活字印刷的只有为数不多的几十家。在整个书籍出版量中, 用活字印刷而成的书籍只是少数。造成这种特殊现象的原因主要有以下四个方面。

第一, 活字印刷术在技术层面上还不完善。①排字行距不齐, 甚至出现单字横置、倒置的情况。活字印刷是一个字一个字地排起来的, 未经严格校正或者活版不紧, 印刷过程中都会导致众多字印之间出现松动, 并引发单字打横甚至倒置的现象。②字体大小

不一，笔画粗细不均。活字是一字一刻，因而字体大小、粗细不一致。③印纸墨色浓淡不匀。由于活字版是一个个的单字排成的，文字与文字之间常有高低不平的现象，凸出来的地方着墨就重，凹下去的地方着墨就淡。④金属活字不易着墨，影响到印刷效果。金属活字尤其是锡活字的吸水性差，以至难于着墨。

第二，汉字的特殊形态延缓了活字印刷术的推广。汉字方块体系信息量庞大，数量很多，一副活字要满足排版的需要，至少也得有几万个活字，有的甚至要刻制十几万个。如此大的数量，制作工程是相当繁复的。但是，对于欧洲人所使用的拼音文字体系来说，仅需要制作数十种字母、字符的活字，便可以非常方便地完成排版工作。这种差距，使得以汉字为载体的信息传输速度，要比以拼音文字为载体的信息传输速度低许多，这客观上延缓了活字印刷术的推广与普及。

第三，传统文化的习惯势力也影响着活字印刷技术的传播与普及。雕版印刷品不仅是一种阅读对象和传播知识的媒介，也逐渐成为艺术的载体。从艺术审美角度上看，活字很难超过雕版。雕版印刷品中的字与字之间，撇、钩、竖、捺有时交叉，笔画相互照应，结构美观。而活字版书籍用的是一种固定字体，而且还存在一些问题，或排行不齐，或单字大小不一，或个别字倒置、横卧，或着墨不匀。这对于讲究内容与形式的统一，追求字体美观悦目、行文灵秀飘逸的古代文人来说，是不易接受的。

第四，活字印刷术在工艺技术的应用实践上也遇到阻碍。雕版印刷术发明后，印刷行业得到快速发展，并在宋代开始形成三大刻书主体，即官刻、家刻、坊刻。官刻直到清代的康熙时期，才正式采用活字版。私家刻书除翻印经文外，则以文集较多。私家运用活字版印刷开始很早，但一直处于实验阶段，并未大规模应用。而在以坊刻行业，就出版书籍的绝对数量来说，雕版远远多于活字版，因为书坊完全以营利为目的。雕版印刷已有悠久的历史和成熟的工艺，拥有大量专门从事雕版印刷的工匠，且分工较细，并形成专业化的格局。而活字版工艺是一种新工艺、新技术，它比雕版要复杂得多，仅活字排印的前期工作——制作活字模就相当麻烦，需刻制几万甚至几十万个字模。如果印书篇幅过大，排印过程中同时需要几套字模，一书印成，另一书还需重新排版。“若止印三二本，未为简易；若印数十百千本，则极为神速”<sup>①</sup>，印量大才能降低成本。而古

① 张富祥译注：《梦溪笔谈》，198页，北京：中华书局，2009。

代图书的市场需求量较小，大多数书籍印刷的数量不会很多。这样，书坊为降低成本、追得利润，就不愿丢掉原有的传统雕版工艺，而去采用活字印刷这种新技术。于是在应用实践上，活字印刷遭到来自印刷主体——经营者主观上的阻碍。

### (三) 火药

张岂之在《中国历史十五讲》(第2版, 311 ~ 312页, 北京: 北京大学出版社, 2015)一书中指出, 火药是道教对科技的贡献之一。炼丹的过程实际上是一个化学反应过程, 其反应主要有两种: 一种是火法反应, 主要靠加热; 一种是水法反应, 主要靠溶解。其初衷是一种宗教信仰, 但这正是从事科学研究所必需的态度。通过认真的摸索、总结, 道教徒们掌握了许多化学知识, 并取得了许多化学方面的成就。火药的广泛应用始于宋代, 但火药配方至少在唐代就已由道士在炼丹过程中发现。

卜宪群在《中国通史(第3卷): 隋唐五代两宋》(580 ~ 584页, 北京: 华夏出版社; 合肥: 安徽教育出版社, 2016)一书中指出, 火药最晚在9世纪的唐朝就已出现。火药源于炼丹术, 炼丹家的目的是寻找长生不老之药, 他们所用的一些方法显示了化学的原始形态。在不断的实践中, 炼丹家知道了硫磺、硝石与炭混合点火会发生激烈的反应, 并采取措施控制反应速度, 但是因药物起火而引起丹房失火的故事时有发生。加上它不能解决长生不老的问题, 炼丹家对它并不感兴趣。可是, 这个配方一旦转到军事家手里, 就成了四大发明之一的火药。

卜宪群指出, 火药发明之后, 利用抛石机抛掷火药包以代替石头和油脂火球, 可以明显增强杀伤力和破坏力。据宋人路振的《九国志》载, 唐哀帝天佑元年(904), 杨行密的军队围攻豫章(今江西南昌), 部将郑璠命所部“发机飞火”, 就是将火药捆在箭簇上点燃后射入城中。这可能是火药应用于战争的最早记载。

卜宪群还指出, 到了宋代, 持续不断的战争使火药武器得到迅速发展。目前流传下来的最早记载武器制作过程的书籍是宋仁宗时期曾公亮和丁度编撰的《武经总要》, 书中描绘了炸药从弹弩发射的机械原理, 记载了中国最早的一批军火器, 分成火球类和火箭类, 还记录了引火球、蒺藜火球、毒药烟球三种武器的火药配方。

### (四) 指南针

关增建在《指南针理论在中国历史上的演变》(载《自然科学史研究》, 2005年第2期)一文中指出, 中国虽然发明了指南针, 中国的指南针理论在不断发展, 但始终没有

突破古代科学的范围，有很大的局限性。中国现存最早对指南针原理进行解说的是北宋时期的《管氏地理指蒙》。中国最初的指南针理论是建立在阴阳五行学说基础之上的感应说，即认为指南针之所以指南，是由于受到正南方位阳气感召的缘故。南宋人对指南针原理解释，大都围绕着磁偏角展开，立论依据更多地转向了地理方位的坐标系统。这些解释的共同出发点仍然是传统的感应说，指南针所指的地方就是阳气所在，只是相对于不同的方位坐标系统而言，阳气在哪个方位，各家有不同理解。到了明代，人们认定磁偏角是由天体方位划分系统决定的，指南针之所以指南的决定性因素在天不在地。

白寿彝在《中国通史纲要（上）》（195页，北京：中国友谊出版公司，2012）一书指出，宋元时期在科技上有显著的成就。指南针是一种更简便、更有实用价值的指向仪器。用磁石磨针，使之指南。至于把指南针用于航海从什么时候开始，现在还不十分清楚。北宋末年的朱彧记载，“舟师识地理，夜则观星，昼则观日，阴晦观指南针”<sup>①</sup>，这是世界航海史上使用指南针最早的记载。当时船上使用的指南针叫作“浮针”，是在磁针上横贯几根灯芯草，使针浮在碗中，指示方向。

## 二、关于“四大发明”的争议

江晓原在《关于四大发明的争议和思考》（载《科技导报》，2012年第30期）一文中指出，企图动摇中国人在火药发明权的路径有两条：一条是试图从西方古代文献中找到一些比北宋更早的火药记录；另一条是纠缠黑火药和黄色炸药的区别。古代中国发明的火药，是用硫磺、硝石和碳按照一定配比混合成的黑火药，这从唐代一些炼丹文献里可以看到，而且1044年北宋编纂的《武经总要》中有三个黑火药的配方。争夺黑火药发明权的有四个候选者：“希腊火”“海之火”、印度和罗杰尔·培根<sup>②</sup>。排除他们需要先区别燃烧剂和火药。燃烧剂在燃烧时需要外界供给氧气，而火药本身能够提供氧。黑火药中，硝石就是用来提供氧的。“希腊火”“海之火”确实很早就有记载，但它们只是燃烧剂。权威观点认为，印度直到13世纪还没有火药，最早在印度出现的火药实际上是元朝军队遗落在那里的。一些西方人认为，罗杰尔·培根于13世纪发明了黑火药，其依据是

<sup>①</sup>（北宋）朱彧：《萍洲可谈》卷二，见《宋元笔记小说大观》（第2册），2309页，上海：上海古籍出版社，2007。

<sup>②</sup> 罗杰尔·培根（Roger Bacon，约1214—约1292），又译罗吉尔·培根、罗杰·培根。英国具有唯物主义倾向的哲学家和自然科学家，实验科学的先驱。

在培根的著作里有一个用隐语写成的黑火药配方。其实，这个配方是通过调整字母顺序，甚至添加字母的方式，“释读”出的一个黑火药配方。但是这种“释读”方法本身就站不住脚，即便培根真有这样一个黑火药配方，也在《武经总要》之后两百多年。黄色炸药来源于1771年发明的苦味酸，1885年法国第一次将它用于军事。而马克思在之前已指出过“火药把骑士的城堡炸得粉碎”。这里的火药显然指的是中国黑火药。

容志毅在《东晋道士发明火药新说》(载《化学通报》，2009年第2期)一文中指出，后世人们普遍认为火药源于唐代，依据是最早记载火药爆炸现象的书籍《真元妙道要略》出现在唐朝。然而通过对炼丹文献《八景丹方》的研究发现，火药应发明于东晋甚至更早。首先，从《八景丹方》出现的时间来分析：其一，《八景丹方》是道教《上清经》中专讲炼丹法的内容。据南朝人陶弘景考证，《上清经》大致成书于东晋哀帝时。而《八景丹方》作为《上清经》的一部分，它的问世时间应与《上清经》大略一致。其二，《八景丹方》记载的一些香料如薰陆香，在晋代以前的文献中，均未见载。在现有史料中，除《八景丹方》外，最早的记载是东晋嵇含<sup>①</sup>的《南方草木状》。因此，《八景丹方》应出现在东晋时期。其次，《八景丹方》所载配方中也已包含了火药的成分硝石、三黄和木炭。最后，通过对所用药物安放次序和数量的研究，可以分析出当时道士们已经认识到三黄、硝石及香料粉末合炼会爆炸，并采取了相关防范措施。

樊树志在《国史概要》(第4版，222～224页，上海：复旦大学出版社，2010)一书中指出，布罗代尔<sup>②</sup>以历史学家特有的严谨、客观态度写道，民族主义正怂恿科技史专家们否认欧洲对中国的借鉴，或者缩小这种借鉴的重要性。不论一些科技史专家如何强词夺理，中国人发明火药毕竟不是一种“神话”。古代炼丹家发现硫磺、焰硝和木炭的混合物有爆炸能力。唐末开始把火药用于战争。北宋初火药广泛使用于战争，灭南唐时用过火炮、火箭，以后又有火球、火蒺藜。宋代的军事部门生产火药已达到相当规模，当时还出现了类似近代炮弹的铁火炮，仍用抛石机投掷。以后又发明了突火枪，这是世界上最早的管形火器，为元、明时代出现的金属管形火器奠定了基础。

江晓原在《关于四大发明的争议和思考》(载《科技导报》，2012年第30期)一文指

<sup>①</sup> 嵇含(263—306)，字君道，号毫丘子。西晋文学家、植物学家。三国时期曹魏思想家、音乐家、文学家嵇康(224—263，一作223—262)的侄孙。

<sup>②</sup> 费尔南·布罗代尔(Fernand Braudel, 1902—1985)，法国年鉴学派第二代著名的史学家。其代表作品为《费利浦二世时代的地中海和地中海世界》。

出，中国关于指南针的历史文献记载是相当晚的，但许多人在《韩非子》中找到证据，认为战国时期已有司南。一个天然磁石做的汤匙，作为司南的标准图案，在小学课本里就有。这是不是就意味着证据确凿了呢？要证实先秦时代已有司南，只有两条路径：一是发现实物，而且这个实物是天然磁石的，并能指南；二是用天然磁石复制出一个真正能够指南的司南。既然目前还没有这样的实物和复制品，那么司南迄今仍然只是一个神话。为什么有很多人愿意维持司南这个神话呢？因为司南这个神话和指南针的发明权有很大关系。其实已有人指出，中国人只不过发现了地磁现象，这和发明指南针还有一定的差距。

江晓原指出，东汉蔡伦发明的造纸方法，其法简单经济，这一直是被作为定论的。许多西方学者也赞成这一定论。在这个定论里，包含了对纸的传统定义。但提出“灞桥纸”后，就是自寻烦恼了。因为将这些近似烂棉絮的、不过巴掌大小而且没有书写证据的东西称为“纸”，实际上就降低了纸的技术标准，放宽了对纸的定义。此举带来的后果，则是中国在造纸上的发明优先权反而有可能丧失。古埃及的莎草纸出现于在公元前3000年左右，而且今天在世界各大博物馆里藏了很多莎草纸的作品，上面有颜色鲜艳的图画和文字。如果执意要把灞桥发现的絮状物说成“纸”，那古埃及那些有大量图画文字在上面的、用植物纤维做成的莎草纸，能说不是纸吗？而承认埃及的莎草纸也是纸，中国的造纸发明优先权就丧失了，因为埃及莎草纸比“蔡侯纸”早3000年。

刘亦丰、刘亦未、刘秉正在《司南指南文献新考》（载《自然辩证法通讯》，2010年第5期）一文中指出，传统的观点认为我国古文献中的“司南”是最早磁性指南工具的雏形，但这种观点自20世纪80年代以来，在实验、制作和文献分析方面都缺乏足够的支持，目前司南是磁性指南工具的论据还远不充分。在全面查询了唐以前有关司南、指南的文献时发现，有几处文献中司（指）南无法用磁勺、指南车来解释，而其文中意思与“北斗”的各种释义非常一致。“司南”与“北斗”都被用于官职，都代指权力，都可释为纲维、法律，都用于指德高望重或有卓越成就而为人们所尊重敬仰的人，“司南”解释成“北斗”用于定时之意等都与“北斗”有关，故“司南”可能是“北斗”的别称。由此可得出，中国最早的磁性指南工具仍应是指南针，而中国的指南针很可能出现在8世纪。

关增建在《指南针理论在中国历史上的演变》（载《自然科学史研究》，2005年第

2期)一文中指出,中国虽然发明了指南针,指南针理论也在不断发展,但始终没有突破古代科学的范围,还存在很大的局限性。而最早对指南针的指南原理作出正确解释的却是英国科学家吉尔伯特<sup>①</sup>。吉尔伯特从地球磁极和磁针相互作用的角度出发,建立起指南针的磁学理论,成为近代磁学的先驱,有力地推动了近代磁学的发展。

### 三、“四大发明”的对外传播

#### (一) 造纸术

安作璋在《秦汉史十讲》(260页,北京:中华书局,2014)一书中指出,中国是造纸术的发源地,世界各地的造纸术都是从中国传过去的。在东方,迟于公元3世纪就传到朝鲜,公元610年经朝鲜传到日本。在南方,大约于公元7世纪末传到印度。在西方,大约在蔡伦用新法造纸不过半个世纪后,中国的纸就经由西域传到中亚,652年传到伊朗,751年传到阿拉伯,793年传到巴格达及大马士革,900年左右传到埃及,1100年左右传到摩洛哥,1150年传到西班牙,1189年传到法国,1194年传到英国,1276年传到意大利,1300年传到德国。

葛剑雄在《造纸术如何传入西方?》(载《月读》,2015年第11期)一文中指出,唐玄宗天宝年间,安西节度使率领由汉人和西域人组成的三万大军迎击大食军队。唐军深入350千米,在怛逻斯与大食军队遭遇,唐军大败。被俘的万余唐军士兵中有造纸工匠,他们将造纸术带到大食,并由那里逐渐西传波斯、埃及和欧洲各国。可以说,怛逻斯之战改变了世界文化的历史。

#### (二) 印刷术

肖东发在《活字印刷术的发明及其在宋元时代的发展与传播》(载《北京大学学报(哲学社会科学版)》,2000年第6期)一文中指出,在活字印刷术的传播中,沈括起了非常重要的作用。沈括担任延州(今延安)知州时,将其传至西夏。后又经西夏传至回鹘,再经中亚西传至欧洲。

袁行霈、邓小南在《中华文明史(第3卷)》(297页,北京:北京大学出版社,2006)一书中指出,印刷术发明之后,逐渐向海外传播。在汉字文化圈内的朝鲜、日

<sup>①</sup> 吉尔伯特(Gilbert, 1544—1603),英国著名的医生、物理学家。

本、越南等东方邻国，很早就接受了中国的雕版印刷术，并且在书籍版式、字体、装订等方面，都仿照中国的习惯。15世纪初，朝鲜在学习中国活字印刷的基础上，首先用浇铸法研制铜活字，朝鲜铜活字的应用比中国还早。印刷术的西传是通过陆、海丝绸之路逐步推进的，先传到中亚、西亚和北非，再传到欧洲。马可·波罗从蒙元帝国回欧洲后，在游记中介绍了中国的雕版印刷，特别是印制纸币的技术，这在欧洲引起很大反响。天主教会首先利用雕版印刷来印制宗教宣传品，民间也用以印制纸牌等。15世纪中叶，德国人约翰·古腾堡<sup>①</sup>用铅、锡、锑合金制造西方字母活字，开创了欧洲文明史的新纪元。

### （三）火药

冷东在《中国火药和火器在亚洲的传播和演进》（载《历史教学》，2005年第9期）一文中指出，按西亚、东亚、南亚和东南亚的顺序概括出了中国火药火器在亚洲的传播情况。第一，火药与火器在阿拉伯国家的传播。13世纪时，火药传入西亚阿拉伯地区和埃及。13世纪中后期，伴随着蒙古西征，阿拉伯国家接触到火箭、突火枪、火炮等火药武器，并逐渐掌握了制造和使用的方法。后来阿拉伯人对火器进行改进，并应用到对欧洲国家的军事中。第二，火药和火器在东亚和南亚的传播。1231年，蒙古征服高丽后，以火器装备高丽军队，从此高丽士兵掌握了火器技术。15世纪，伴随着中日贸易的发展，更为重要的是中国海盗与日本倭寇勾结，火药技术传入日本并得到迅速发展。在南亚传播方面，13世纪，伴随蒙古西征，印度地区开始接触到火药。16世纪，印度出现军用火箭，此后火器得到进一步发展。第三，火药和火器在东南亚地区的传播。元朝建立后曾三征越南，火药技术也随之传到当地。至15世纪，越南已经掌握了铳炮、火筒等火器制造技术。伴随着中国古代的海外移民，中国火药技术相继传入泰国、柬埔寨、老挝、菲律宾、印度尼西亚等国家或地区。

樊树志在《国史概要》（第4版，222～224页，上海：复旦大学出版社，2010）一书中指出，火药自中国发明后，不断地向外传播，制造火药的技术是在1230年由波斯传入阿拉伯的，阿拉伯人称火药为“中国盐”“中国雪”“巴鲁德”。以后火药又从阿拉伯人统治下的西班牙传到欧洲。

<sup>①</sup> 约翰内斯·古腾堡（Johannes Gutenberg，1404—1468），又译“谷腾堡”“古登堡”“古腾贝格”，德国发明家，西方活字印刷术的发明人。他的发明导致了一场媒体革命，并迅速推动了西方科学和社会的发展。

#### (四) 指南针

严家辉在《关于中国指南针西传相关问题的思考》(载《绥化学院学报》,2014年第5期)一文中指出,宋朝积极发展与阿拉伯等国家的海上贸易往来,在频繁的经济交往中,中国的指南针技术传到阿拉伯。欧洲十字军第三次东征(1096—1291)时,向阿拉伯人学习了指南针技术。

何芳川、万明在《古代中西文化交流史话》(增订版,85页,北京:商务印书馆,1998)一书中指出,公元九世纪以后,中国商船经常出没于波斯湾和阿拉伯海上。最早在航海中使用指南针的中国海员,在与自己的波斯、阿拉伯同行的交往中,将这一先进技术传播出去。有的中国海船上甚至雇佣了阿拉伯等地的船长和水手,他们学习指南针技术就更直接、更便利。因而阿拉伯海员很快就掌握了航海罗盘导航的技术。波斯语和阿拉伯语中表示罗针方位的词——“Khann”,就是闽南话中罗针所示方向的“针”字。

### 四、“四大发明”的重要价值

#### (一) 造纸术

孙锦泉在《中国造纸术对8—11世纪阿拉伯帝国的影响》(载《四川大学学报(哲学社会科学版)》,1994年第1期)一文中指出,造纸术极大地推动了阿拉伯帝国文化事业的发展。沙漠草原地带资源匮乏的自然环境,古代阿拉伯人只是利用骨片、布块、枣椰树枝叶、石片、兽皮、木板等作为书写材料存言记事。但这很不方便。通常,阿拉伯人通过诵读把需要记录的内容强记在心里,因此他们富于口头表达且记忆力惊人。阿拉伯人早期“口耳式”文化的形成,正是长期匮乏便利的书写材料所致。中国造纸术传入后,阿拉伯很快就建立起了造纸工场。

造纸业的发展和社会生活中廉价纸张的应用,为阿拉伯帝国文化的繁荣奠定了物质基础。人们已完全具备了从事文字工作的优越条件。在阿拉伯人统治的区域内,各地区先后掀起了亘古未有的翻译、考证、勘误、誊录、诊释、增补古典遗产的运动。阿拉伯帝国各地区都有规模不等的翻译团体和翻译机构、职业翻译家,在一些城市还建立了正规的翻译学校。阿拉伯人通过翻译活动对各种外来文化兼收并蓄,充实了知识,开阔了视野,民族的文化素质有了很大提高。继翻译运动兴起之后,阿拉伯学者广泛地参阅、援引译著从事创作活动。在自然科学和社会科学的许多领域内,著作等身的大家、造诣

精深的巨擘，不计其数，层出不穷。随着阿拉伯造纸技艺的改进、效率的提高、成本的下降，货源充裕而又廉价的纸张使誊录、制作书籍成为一项有利可图的事业，帝国境内出现了一大批销售书籍的商人。最初，书商的经营规模小、流动性强，翻译运动兴起以后规模剧增。坐店经销逐渐成为主要的销售方式，一般大城市都有固定的书籍贸易中心。大规模的翻译、著述活动，大量书籍的生产和流通，为阿拉伯帝国各类图书馆的兴建和扩大创造了条件。

孙锦泉指出，由于纸张便宜，纸源充足，书籍的生产量大，书市交易购销兴旺，阿拉伯帝国的图书馆书籍递增速度是惊人的。几十年内书籍的递增数量和速度与西欧数百年内徘徊在几百册的藏书规模恰成鲜明对照，究其主要原因是，阿拉伯人掌握了中国的造纸术。造纸术在阿拉伯帝国的普遍推行，国家用于文化教育事业的投入因纸张和书籍的低廉不再是一笔很难承受的支出。帝国一般公立或某些私立图书馆的大门均对所有的学者敞开。不但如此，有的图书馆还向贫穷的学者免费供给纸张。而西欧修道院能为前来求学的贫寒之士免费提供膳食、居所，供给笔墨，没有发现任何免费提供纸的记载。纸张的大量出现，使阿拉伯帝国的中、下层居民基本上能够承受对社会文化教育的经济投资。一般平民完全有通过书籍和纸张在学校或者社会不同程度地接受文化教育的条件。11世纪社会教育已十分普及，巴格达、大马士革、开罗、科尔多瓦等大城市有各类初等到高等学校20~40所不等。妇女有入校受教育的权利，甚至有些奴隶也有较高的文化素养，能吟诗作文，参加学术演讲、讨论哲学问题。

孙锦泉进一步指出，大量藏书及文化基础的优势在学校的教学内容上也充分反映出来。阿拉伯普通中、高等学校除了开设宗教类课程外，还开设语法、语言学、修辞学、文学、逻辑学、历史、法律、哲学和数学、天文学以及其他自然科学等。当蒙昧主义在基督教世界肆虐之际，阿拉伯世界业已形成一种尊重学者、推崇学术、探求知识的社会风尚，并以此来阐释现实、解释历史、衡量圣哲、权衡人生。

阿拉伯人掌握了中国造纸术后对人类文化遗产的保存、充实、发扬、传播作出了巨大贡献。首先，利用廉价的书写材料，通过史无前例的翻译运动和大量书籍的收藏，兼容并蓄了希腊、波斯、印度、埃及等国传统文化的丰富内容，对近东、北非、巴尔干半岛等地区得以延续的古代文化不仅有填遗补缺的作用，更重要的还在于当某些区域文化遭受无妄之灾而横决灭裂时，又经阿拉伯人之手辗转恢复和发展起来，构成文艺复兴中

主要“复兴”的文化内容。其次，利用书、纸之便创造出一种既包容了若干民族的智慧，又蕴含着阿拉伯人聪明才智的新文化，并将这种文化传向西欧。阿拉伯文化吸收和总结了大量东方人民的文化成果，是站在众多民族文化的“肩上”创造出来的，因此集了古代、中世纪东方文化之大成，是当时的西方文化无法比拟的。随着各种阿拉伯著作源源不断地传入西方，在数学、天文学、医学、地理学等许多学科中，一些著作被西欧奉为基础教育的范本或指导研究的经典，有的著作还奠定了诸如化学、光学等西方近代学科的理论基础。这些运载和传播阿拉伯文化的数以万计的著作，缩短了西欧近代化的历程，近代科学的成就也因之而添色增辉。

孙锦泉总结指出，如果说阿拉伯利用翻译、著述等卓有成效的文化活动形成的丰富藏书为人类竖就了一座历史的文化丰碑，那么，以中国的造纸技术和方法生产出来的植物纤维纸，正是竖就这座丰碑不可替代的坯石。

## (二) 印刷术

李昕揆在《雕版印刷术与宋代文化转型》(载《兰台世界》，2013年第13期)一文中指出，雕版印刷术从文化普及、学术形态、思维方式等方面推动了宋代文化的整体转型。雕版印刷术成熟于唐代后期，自五代起始大规模应用，宋时达到鼎盛。自五代时期直到近代，雕版印刷术在知识的生产、传播与普及方面发挥了关键作用。它通过与科举取士的互动，推动了古代的政治文明建设和士人阶层的更替；它随着坊市制度的废除和纸币的印行，促进了宋代商品经济的发展和繁荣；同时，它还引发了宋代知识形态的根本变革，促进了“宋学”的崛起，推动了通俗文学的勃兴和知识产权保护意识的萌芽。

李昕揆认为，雕版印刷术还推动了宋代文化知识的普及。印刷术发明之前，由于无法提供副本相同、数量足够的教材，书本自然属稀缺资源，相应的教育必然是等级教育。只有在印刷术发明后，出版大量相同副本的书才成为可能，书籍的成本大大下降，书籍的获取才容易实现。这不仅为官方学校提供了足够的教科书，也推动了民间书院的大量出现，从而使文化知识普及变为可能。

路宪民在《印刷术与民族国家》(载《兰州学刊》，2005年第4期)一文中指出，印刷术推动了欧洲民族国家的形成。宗教改革宣传“因信称义”，即人人都可以不经教会，直接与上帝沟通，从而得到救赎。在与上帝沟通中，《圣经》是唯一的权威。随着

“因信称义”观点的传播，人们对于《圣经》的需求量空前扩大。印刷术传入欧洲，适应了这一需求，用各种本民族文字印刷的《圣经》几乎成为民众的精神生活必需品。德文版、法文版、意大利文版、英文版《圣经》不仅成为人们获得救赎的工具，而且也使各民族有了自己的规范性语言文字，从而促进了民族国家的建立。

### （三）火药

张扬在《中世纪晚期欧洲火药武器发展初探》（载《首都师范大学学报（社会科学版）》，2009年第S1期）一文中指出，从13世纪欧洲人知道火药，到16世纪各种重炮和火枪的使用，欧洲人取得了相对于世界其他地区的军事技术优势，也因此促进了欧洲的发展。从中世纪晚期到近代早期，正是欧洲民族国家形成的时期，各君主国的民族意识与民族认同不断增强。正是借助火药的帮助，西班牙、葡萄牙、英国、法国、荷兰等国逐渐形成成为独立的民族国家。

### （四）指南针

孔佳在《“徽盘”的源流及文化价值》（载《文史杂志》，2014年第6期）一文指出，出现于今安徽省休宁县境内的万安罗盘，是由磁针和方位盘构成的指示方位的仪器，它是中国古代堪舆活动中常用的基本工具，也是中国现存唯一以传统手工技艺制作的罗盘，被奉为罗盘正宗。“徽盘”选料讲究，制作工艺精细，流程复杂，至今保留着用虎骨木手工制作的方式。最核心的指针还保留着用带有磁性的天然陨石磁化的技法，不仅灵敏度高，而且永不退磁。它蕴涵着丰富的文化、技术基因，属于典型的非物质文化遗产，具有重要的科技价值和历史文化价值。“徽盘”本身是“徽学”的重要组成部分。古徽州是宋明理学的发祥地，社会文化颇受程朱理学的影响，厚生重葬，人们遂对阳基、阴宅、风水选址等非常讲究。万安罗盘内先天八卦、二十四山（指墓地四面的二十四个方位）、360经纬度等中华古代天文、地理、阴阳五行诸多内容层层分列，集周易文化、占卜文化、勘测文化等于一身，可谓徽州古文化的一个集合体。总之，“徽盘”制作技艺的传承，为研究中国磁性指南技术发展史、中国古代哲学思想史、中国科技史、中国社会史、中国建筑史、中国民间工艺史以及徽州文化提供了宝贵资料。

严家辉在《关于中国指南针西传相关问题的思考》（载《绥化学院学报》，2014年第5期）一文中指出，欧洲人通过指南针技术，为航海事业打下了必要的基础，为通往美

洲、非洲，乃至世界任何一个角落开辟了新航道，促进了殖民扩张，为资本原始积累以及新兴资产阶级的产生创造了条件，进而推进了历史的进程。

## 微课设计

### 微课设计一：从陀罗尼经看唐武周时期印刷术的发展

#### 设计意图

通过陀罗尼经这一视角，引领学生理解与认识唐武周时期，佛教的盛行、陀罗尼经的风靡于世不仅带来了对经文强烈的社会需求，更在这种社会需求的推动之下，通过佛教僧侣们的探索实践，使中国的雕版印刷术有了更进一步的发展。

#### 设计方案

材料呈现：



1966年韩国庆州佛国寺释迦塔发现的印本佛经《无垢净光大陀罗尼经》(局部)  
——潘吉星：《〈无垢经〉：中、韩学术论争的焦点》，载《出版科学》，2000年第4期

**教师设疑：**1966年，在韩国庆州佛国寺释迦塔内发现了一卷《无垢净光大陀罗尼经》。据学者考证，该经系我国的唐朝雕版印本，印刷年代约为704—751年，是世界上现存最古老的雕版印本书。1944年，在成都市东门外唐墓中也发现一张《陀罗尼经咒》，该经咒被认为是中国现存最古老的雕版印本。为什么上述两件印刷品的内容，均为陀罗尼经？

**教师讲述：**“陀罗尼”为梵文的音译，意译则为“咒”。它是菩萨倡导善行或制止恶行的真言，但以密语的形式表达。由于印度大乘佛教密宗注重经咒，故陀罗尼经常见于密宗经典。武周至玄宗时，伴随大乘佛教密宗传入我国，各种陀罗尼经也随之为最高统治者至僧俗大众的普遍信仰，诵念、书写、供养陀罗尼经成为时尚。关于陀罗尼经，还有一则故事：

**材料呈现：**一婆罗门<sup>①</sup>因病到花园里去谒见一位先知。先知说：“你七天后必死。”他因之又至佛陀处，乞救他的生命，并表示愿为弟子。佛陀对他说：“某城有一座塔，即将倒塌。你应去该处，加以修理，并写经咒文置于其中。诵读咒文，现在可以为你延年益寿，将来可使你超登极乐。”佛弟子又问他经咒的力量何在。佛说：“凡愿由经咒获得力量，必须抄写七十七遍，置于一座塔里。然后必须对塔膜拜致敬。”但亦可将泥制经幢<sup>②</sup>七十七座，每幢藏放经咒一份。制造和崇敬经幢者的生命，可以因而获救，罪恶可获蠲免<sup>③</sup>。

——白化文：《敦煌汉文遗书中雕版印刷资料综述》，

见《敦煌语言文学研究》，293页，兰州：甘肃教育出版社，2002

**教师设问：**据此材料，陀罗尼经有怎样的功效？（参考答案：延年益寿，超登极乐，免除罪恶。）

**教师讲述：**699—700年，老迈多病，常常卧床不起，唯恐不久于人世的武则天，曾先后两度命人翻译《无垢净光大陀罗尼经》。该经最终定稿后，病中的武后甚喜，不仅重赏译者法藏与弥陀山，且在经名中加上了一个“大”字，遂成为《无垢净光大陀罗尼经》。为什么武后如此重视陀罗尼经？最主要的原因是，她想借密宗法术除病延

① 婆罗门，古印度将人分为四个种姓，婆罗门是最高种姓。

② 经幢，佛教石刻的一种，佛教信徒多以建经幢作为功德。

③ 蠲（juān），通“免”，除去，免除。

年。在当时人看来，陀罗尼经的功效还远不止于此。敦煌出土的《大随求陀罗尼》题记写道：

**材料呈现：**若有受持<sup>①</sup>此神咒者，所在得胜；若有能书写带在头者，若在臂者，是人能成一切善事，最胜清净，常为诸天龙王之所拥护，又为诸佛菩萨之所忆念。此神咒能与众生最胜安乐，不为夜叉罗刹诸鬼神等为诸恼害，亦不为寒热等病之所侵损，厌蛊咒诅不能为害，先业之罪受持消灭。持此咒者，常得安乐，无诸疾病，色相炽盛，圆满吉祥，福德增长，一切咒法皆悉成就。

——《大随求陀罗尼》，见肖东发：《佛教传播与雕版印刷术的发明——

中国古代出版印刷史专论之一》，载《编辑之友》，1990年第1期

**教师设问：**据此材料，陀罗尼经具有怎样的功效？（参考答案：成就善事；召神驱鬼；消灾免难；趋吉避凶；增长福德。）

**教师讲述：**正是由于陀罗尼经迎合了唐武周时期自上而下广大佛教信众的生理与心理需求，所以其得到了举国上下的信奉，而这自然也带动了对陀罗尼经的需求。加上佛教密宗鼓励大量复制佛像、佛经，宣称写经越多，功德越大。因此，虔诚的信众动辄便力图写经上百、上千甚至上万卷，以积累善业，这便更加刺激了整个社会对陀罗尼经的需求。

**教师设疑：**但在此时中国，抄写复制技术已十分便利，朝廷和社会不仅存在大量靠专门抄写佛经为生而被称作“经生”的人，其拙朴秀丽的字体甚至还被冠以“写经体”。那么，陀罗尼经的复制为什么没有采取传统抄写复制的方式，而是采取了雕版印刷这种复制方式呢？

**教师引导学生分析：**抄写陀罗尼经，不仅费时费力费钱，而且容易出现错漏，且在短时间内难以传抄出大量复本，因此逐渐不能满足善男信女们广积善德的迫切需求。且从成都出土的《陀罗尼经咒》看，陀罗尼经往往融合了经文、佛像和手印构成等繁复的图文，抄写者不仅需要识字，还需要具备一定的绘画技能，因此用传统的抄写方法很难大量复制。

**教师设疑：**那么，此时的中国是否已经具备实行雕版印刷的条件？

<sup>①</sup> 受持，佛教用语，指思想上接受相关的戒律，并坚持身体力行。

**材料呈现：**玄奘以回锋纸印普贤象，施于四众，每岁五驮无余。

——（后唐）冯贽编、张力伟点校：《云仙散录》，62页，  
北京：中华书局，1986

**教师引导学生分析：**这是已知关于雕版印刷的最早记录。史学家又结合玄奘的生平，推断出玄奘雕印普贤像的时间在645—664年。可见，中国在唐初已具备雕印佛像的技术，这为唐武周时期印制陀罗尼经提供了足够的技术手段。武则天宠信的高僧法藏，不仅精通佛法，而且博闻多识，对印刷术十分熟悉，曾在自己的著作中以印刷术为比喻讲解佛法：“如世间印法，读文则句义前后，印之则同时显现。”<sup>①</sup>武则天认为，经文像印刷品上的文字那样，是前后连贯的。由此可见，武周时期雕版印刷术在中国社会上已相当普及。

**教师引导学生小结：**可见，陀罗尼经在武周时期风靡中国，这不仅带来了对经文的强烈需求，而且还推动了雕版印刷的发展。

### 设计点评

本微课以陀罗尼经为视角，借助史料分析与教师讲述，有助于学生认识到，雕版印刷的出现与发展，与当时的信佛之风有着密切的联系，进而领悟技术的进步是社会需求推动的结果。

## 微课设计二：从红夷大炮看明清之际中国火药的军事应用

### 设计意图

通过红夷大炮这一视角，引领学生理解与认识到，明清之际既是中国火药在军事应用上的一个重要时期，也为中国火器的改进提供了契机。同时，中国的火药也开始落后于西方。

<sup>①</sup>（唐）法藏：《华严—乘教义分齐章（约700）》卷一，见《大正新修大藏经》（第42册），482页。

## 设计方案

**教师讲述：**1619年的萨尔浒一战，明军几乎全军覆没。对此，以知兵闻名的明廷重臣徐光启<sup>①</sup>认为，后金<sup>②</sup>军队在野战时以铠甲铁骑冲锋，其势自然锐不可当，而明军所使用的传统火器不仅缺乏准确度，且材质不佳，装填费时，交战时往来不及给大炮重新填装弹药，便已溃败。如何才能有效抵御金军的强攻？1621年，徐光启在奏疏中指出：

**材料呈现：**盖火攻之法无他，以大胜小，以多胜寡，以精胜粗，以有捍卫<sup>③</sup>胜无捍卫而已。连次丧失中外大小火铳<sup>④</sup>，悉为奴有，我之长技，与贼共之，而多寡之数且不若彼远矣。今欲以大、以精胜之，莫如光禄少卿李之藻所陈，与臣去年所取西洋大炮。欲以多胜之，莫如即令之藻与工部主事沈桀<sup>⑤</sup>等鸠集<sup>⑥</sup>工匠，多备材料，星速鼓铸。

——（明）徐光启：《谨申一得以保万全疏》，见王重民辑校：

《徐光启集卷四·练兵疏稿二》（上册），175页，北京：中华书局，1963

**教师设问：**徐光启认为，如何才能有效抵御后金军队的强攻？（参考答案：使用西洋大炮，以大胜小，以多胜寡，以精胜粗，以有防卫胜无防卫。）

**教师补充：**这里所谓“西洋大炮”，即红夷大炮，1620年最早由徐光启派人购自澳门。“红夷”，是明时对荷兰人的称呼。明人误以为这种大炮的发明者是荷兰人，故将其引进与仿造的这类大炮统称为“红夷大炮”。

**教师讲述：**自1621年起，在徐光启等人的推动下，共有42门红夷大炮被分批解运至北京，其中一部分被发送至宁远等关外重镇。1626年，在明军与后金军队的宁远之战中，明军统帅袁崇焕正是靠着这批架在城墙上的红夷大炮，打退了努尔哈赤，取得了宁远大捷。宁远大战使明金交战双方都深刻地领教了红夷大炮的威力。袁崇焕在总结其成功经验时认为：

① 徐光启（1562—1633），明末政治家、思想家、科学家。曾编纂《崇祯历书》，翻译《几何原本》，撰写《农政全书》。

② 后金，1616年建州女真的首领努尔哈赤统一女真各部，即汗位，国号金，史称后金。1626年皇太极即汗位，1636年皇太极即皇帝位，改国号清。

③ 捍卫，防卫。

④ 火铳，中国古代一种管型射击火器。

⑤ 桀（qǐ），古代用木头做的一种通行证（桀传）或一种仪仗（桀戟）。

⑥ 鸠集，聚集。

**材料呈现：**虜利野战，惟有凭坚城以用大炮一着。

——黄彰健校勘：《明熹宗实录》（影印卷七十九），  
19页，京都：中文出版社，1984

**教师引导学生分析：**对后金而言，这一教训或许来得更为惨痛，因为此战既是后金发动侵明战争以来遭受的第一次重大挫折，也是努尔哈赤戎马一生中遭遇的最大挫败。不久，努尔哈赤含恨而终。皇太极即位之后，攻宁远、围锦州、守滦州等战役也因红夷大炮迭遭挫折，从而促使他最终痛下决心利用汉人工匠自行铸造红夷大炮。崇祯四年（1631）正月八日，皇太极殷切盼望的红夷大炮终于首度铸成。据沈阳故宫珍藏的《清实录》记载，炮身上刻有以下文字：

**材料呈现：**天祐助威大将军，天聪五年孟春吉旦造。督造官：总兵官额駙佟养性，  
监造官：游击丁启明、备御祝世廕<sup>①</sup>，铸匠：王天相、窦守位，铁匠：刘计平。

——黄一农：《红夷大炮与皇太极创立的八旗汉军》，  
载《历史研究》，2004年第4期

**教师讲述：**伴随红夷大炮的成功铸成，皇太极开始大量起用降顺汉人担任炮手。甚至，在指挥围打松锦防线各城时，他还曾亲自指示用炮攻城的策略：

**材料呈现：**若城可击，用红衣炮<sup>②</sup>击之。倘一举炮，彼即归顺，不得加害。举炮时，不可击城上女墙<sup>③</sup>，当击城之中间。俟<sup>④</sup>十分颓坏，方令我兵登进，其小有破坏处，毋妄令登进。

——关孝廉等译编：《清初内国史院满文档案译编》（下册），  
468～469页，北京：光明日报出版社，1989

**教师讲述：**由此可见，凭借明清之际绵延二十多年的大规模军事对抗缔造的发展契机，红夷大炮的传入确实在中国带动了一场重大的战术变革。同时，随着战事的发展，悄然改变着的还有明清之间在红夷大炮数量上的对比。例如，1640—1643年发生的松锦之役和广宁之役，被攻占的明军各城堡所配置的红夷大炮总数不过18门，远少于清军。且明军将大炮分设于各个据点，而清军则可以集中攻城，双方在火力上的强弱立见。对

① 廕（yin），同“荫”，古代由于父祖有功而给予子孙入学或任官的权利。

② 红衣炮，清初，因避讳“胡”“虏”“夷”“狄”等字，故红夷炮常被改作“红衣炮”。

③ 女墙，城墙上呈凹凸形的矮墙。

④ 俟，等待。

此，当时负责为明廷制造红夷大炮的耶稣会传教士汤若望<sup>①</sup>不禁慨叹道：

**材料呈现：**……彼<sup>②</sup>之人壮马泼，箭利弓强，既已胜我<sup>③</sup>多矣，且近来火器又足与我相当。……目前火器，所贵西洋大銃<sup>④</sup>，则敌不但有，而今且广有矣！我虽先得是銃，奈素未多备，且如许要地，竟无备焉。

——[德]汤若望口授，(明)焦勛撰述：《火攻挈要》(卷上)，

2~3页，北京：中华书局，1985

**教师设问：**明军不敌清军的最主要因素是什么？(参考答案：明军在火器上较之于清军的优势已逐渐消失。)

**教师引导学生小结：**欧洲火药的运用与火器的改进，与各国间的战争有着非常密切的联系。明清两个政权之间的冲突，也为中国火器的改进提供了机会。然而，两个政权引入欧洲的红夷大炮并在战场上取得了胜利，却对研制、改进这种新式武器的重要性、必要性缺乏应有的认识，以至于失去了中国在火药运用方面的领先地位。

### 设计点评

借助相关史料以及教师的讲述，引导学生对明军、清军竞相制造使用红夷大炮这一现象的分析，有助于学生认识军事机械与军事技术的发展与应用，对于提升综合国力的重要意义，从而领悟到明清之际的中国，科技已落后于欧洲。

### 教学资源

**资源1：**遗憾的是，沈括对于毕昇的生平事迹，没有交代清楚，只说他是“布衣”，

① 汤若望，本名约翰·亚当·沙尔·冯·白尔(Johann Adam Schall von Bell, 1591—1666)，德意志传教士，明清时期在华长达40余年。

② 彼，指清军。

③ 我，指明军。

④ 西洋大銃，指红夷大炮。

没有做过官。在之后的记载中，凡是讲到毕昇的，只不过重复或节录沈括原文，至今还未发现任何新的文献。不少外国学者说他是一个铁匠，也是根据《梦溪笔谈》，因沈括说有一位老锻工毕升，曾在皇宫中用铁锻炼黄金，不过这位老铁匠，或冶金匠，是否就是发明活字板的毕昇，还成问题。第一，毕昇与毕升，音同字不同，到底是一个人，还是两个人？第二，铁匠毕升在宋真宗时（1008—1016）已经年老，而毕昇的发明则在仁宗庆历年间，一个老人再活上几十年，不是近一百岁了吗？<sup>①</sup>这样高寿的老人，是否能发明活字板，是值得怀疑的。

至于毕昇的籍贯，也不可考。有人说他是四川人，但没有提出任何证据。当他发明活字板时，沈括只是十几岁的小孩。毕昇死后，他发明的泥活字印，为沈括的侄子辈所获得，作为古董般保藏起来。所以毕昇与沈家或有亲戚关系，沈括是杭州人，毕昇可能也是杭州一带人。

——白寿彝总主编、陈振主编：《中国通史（第7卷）：中古时代·五代辽宋夏金时期（下册）》，第2版，1333～1334页，上海：上海人民出版社，2013

**资源2：**辽宋夏金时期，随着纸的产量的增加和质量提高，纸的用途也更加广泛。纸张除大量用于官私文书和印制书籍外，还用来制作纸衣、纸帐、纸被、纸冠、纸枕、纸鸢、纸瓦、纸牌等丰富多彩的纸制品。在这一时期，还出现了纸的一些新的重要用途，如印制纸币和制作霹雳炮等，这两者对后世都产生了深远的影响。

从金属货币到纸币的转变，可说是货币史上的一次革命。我国则是世界上最早发行和使用纸币的国家。据考证，早在汉武帝时，我国就创制过“皮币”，唐代又有了类似后世汇票的“飞钱”，说明人们很早就已开始了用其他币种替代金属钱币的尝试。但真正使用纸币，则始于宋代。最早出现的纸币是北宋真宗时四川商民自行印发的“交子”，此后官府又设置“交子务”，专门负责印制和发行“交子”，并禁民私造。……在两宋时，还曾发行“钱引”“关子”“会子”等，均为纸币。但后来由于财政危机，滥发纸币的现象非常严重，如南宋理宗绍定六年（1233）纸币发行量高达3.2亿多缗（每缗为1000文），通货膨胀，纸币贬值，以致“弃掷燔烧，不复重惜”。此外，金朝也发行过纸币“交钞”，后来元朝也发行了交钞和宝钞等，意大利旅行家马可·波罗还将当时中

<sup>①</sup> 张秀民：《中国印刷史》，667页，上海：上海人民出版社，1989。

国通行纸币的情况介绍给欧洲。

——白寿彝总主编、陈振主编：《中国通史（第7卷）：中古时代·五代辽宋夏金时期（上册）》，第2版，490～491页，上海：上海人民出版社，2013

**资源3：**早在商周时期，中国就已经在冶金中广泛使用木炭，春秋战国时期又认识了硝石和硫磺的性能。经过炼丹术的长期实践，至迟在唐代便开始发现了火药。唐初著名医学家孙思邈和唐中期炼丹家清虚子，曾分别采用“伏硫磺法”和“伏火矾法”，有意识地对硝、硫、炭混合物的剧烈燃烧实施控制。唐中期的丹书《真元妙道要略》中载，以硫磺、硝石、木炭混合燃烧，会爆发烈焰，烧坏人的面部，乃至使房舍化为灰烬。

火药发明以后，首先被用在军事上。11世纪初，唐福、石普先后制成火箭、火球、火蒺藜献给宋朝廷。火药武器的出现直接推动了火药的研究和大规模生产。1044年，由曾公亮、丁度编成的《武经总要》中，第一次载录了毒药烟球、蒺藜火球和火炮等三种火器的火药配方。宋代宏大的军器监下共设11作，而以火药作居首，每天生产弩火药箭7000枝，弓火药箭1000枝，蒺藜炮3000枝，皮火炮20000枝，足见生产规模之大。

——教育部高教司组编，张岱年、方克立主编：《中国文化概论》（修订版），132页，北京：北京师范大学出版社，2004

**资源4：**至晚在公元前3世纪，中国已发现了磁石的吸铁功能。公元1世纪初，王充在《论衡》中指出了磁石的指极特性，发明了“司南”。宋代沈括在《梦溪笔谈》的记载中，已记述了四种试验，在各种不同的情况下应用指南针。其中的水浮法，用磁针横贯灯芯草浮在水上，最早使用在航运业中。沈括的亲戚朱彧，在《萍洲可谈》中追记了其父十一、十二世纪之交时在广州见到的中国海船：“舟师识地理，夜则观星，昼则观日，阴晦观指南针。”这是指南针应用在航海上的首次记录。公元1123年，徐兢奉使高丽，也见到使用指南针，“惟视星斗前迈，若晦冥则用指南浮针以揆南北”<sup>①</sup>。《诸蕃志》记载出入泉州的海舶，已有这样的评述：“船舶来往，惟以指南针为则，昼夜守视惟谨，毫厘之差，生死系矣！”<sup>②</sup>

——何芳川、万明：《古代中西文化交流史话》（增订版），84～85页，北京：商务印书馆，1998

① 原文为：“惟视星斗前迈，若晦冥则用指南浮针，以揆南北。”见（北宋）徐兢、朴庆辉标注：《宣和奉使高丽图经卷三十四·海道一·半洋礁》，73页，长春：吉林文史出版社，1991。

② 原文为：“船舶来往，惟以指南针为则，昼夜守视唯谨，毫厘之差，生死系焉。”见（南宋）赵汝适原著、杨博文校释：《诸蕃志校释》，216页，北京：中华书局，1996。

**资源5：**航海罗盘的导航技术，在12世纪传入地中海，被意大利商船所采用。不久，英、法等水手也利用罗盘导航。英法等西欧民族，习于航海，对罗盘导航的兴趣极为浓厚。就现在所知，除中国以外，有关罗盘的记载，最早并非见于波斯和阿拉伯文献，而是英、法文献。1195年，英国的亚历山大·内卡姆在《论物质的本性》这部著作中，在欧洲首次论述了浮针导航技术。他提到的航海指南针最初也是用在阴沉的白天或黑暗的夜间，分辨航向。办法是用磁化的铁针或钢针，穿进麦管，浮在水面，用来指明北方。可见，最初传到欧洲的指南针，正是沈括所记述的水浮法的磁针。1205年左右，法国人乔奥·普罗旺斯提到罗盘。1219年，另一个法国人詹姆士·特维里，也提到东方的这种颇具实用价值的新发明。康丁普里的汤姆斯百科全书中也有一条浮针罗盘的记载。波斯人穆罕默德·奥菲编写的《故事大全》，讲述磁性的指南鱼，已是1230年左右的事。13世纪下半叶的一位阿拉伯作家记述说，当他乘船前往亚历山大港时，看见海员们借助磁针辨别方向，磁针一般是用木片或锡箔托浮在水面上。他还听海员们介绍说：航行在印度洋上的船长们不用这种木片托浮的指南针，而是用中空的磁铁制作一种磁鱼。磁鱼被投入水中之后浮在水面，头尾分别指示北方和南方。显然，这也是中国指南针西传的早期记载之一。指南针的传入欧洲，为欧洲日后的地理大发现和新航路的开辟，提供了必要的技术前提。

——何芳川、万明：《古代中西文化交流史话》（增订版），  
85～87页，北京：商务印书馆，1998

**资源6：**……大约在隋唐之际，我国发明了雕版印刷术。公元7世纪40年代，玄奘大师印制普贤像，每年印数在万张以上。从9世纪开始，我国民间印书的风气渐开。著名诗人白居易等人的诗集，都在扬州、越州刊印。现在最早的印本书籍，就是868年王玠刻印的《金刚经》。

中国的雕版印刷品，自然引起了来华的波斯、阿拉伯等地人士的注意。这种先进的技术遂迅速西传。1880年在埃及法雍地区出土的大量纸张等文物中，发现了50件不同时期的阿拉伯文印刷品。经鉴定，这些印刷品的时间分属10世纪至14世纪。最早的一件，约在900年左右印制，内容是《古兰经》三十四章第一至第六节。所有上述印刷品都是伊斯兰教祈祷文或《古兰经》经文等。从外观上就可看出，这些印刷品同中国内地与新疆吐鲁番出土的印刷品极为类似。本世纪50年代，在法雍又发现了30块镌

刻阿拉伯文的木板。这些出土的木板，同中国的雕版完全相仿，连印刷的方法也同中国一样，在铺平的纸上使用刷帚蘸上油墨轻轻刷印，印成白底黑字或黑底白字，个别的甚至用红墨印刷。

——何芳川、万明：《古代中西文化交流史话》（增订版），  
87～88页，北京：商务印书馆，1998

**资源7：**纸张的大量使用也促进了汉字书写艺术的进步和汉字字体的变迁。汉字字体一改汉代流行的隶书和小篆，在魏晋南北朝时期形成了兼有隶书和楷书特征的楷隶体，并逐渐向楷书过渡。同时，汉末开始出现的草隶体（章草）至魏晋之际仍沿用，且草意更浓。……此后，草体楷隶逐渐发展成行草，并向草书过渡。如果没有纸，这一切是难以想象的。

另一方面，社会文化的发展，官府公文、学校课本，佛教、道教经典等方面的大量用纸，对纸张供应不断提出新的要求，大大促进了造纸业的繁荣和造纸术的发展。佛教传入中国以后，为了满足传播佛法的需要，在当时雕版印刷术尚未发明的情况下，僧侣们想出一种快速复制经书的方法，即鼓励信徒大量抄写佛经，或花钱从寺院购买由以抄写佛经为职业的“经生”抄写的经书，说这样就能得到神佛的保佑，或可以按信徒的意愿为死者超度。敦煌石窟里发现的大量写本经卷有许多就是由信徒花钱买来供奉于寺院石窟之中而留传下来的。

——路甬祥主编：《走进殿堂的中国古代科技史》（中），  
119页，上海：上海交通大学出版社，2009

**资源8：**印刷术起源于中国是毫不奇怪的。至少从公元后的第二个世纪以来，中国人就使用纸张了，这使得早期的中国工匠拥有了印刷字符和图形的廉价且有韧性的材料了。很久以来，中国人也利用木头、石块、金属和泥块来刻制印章，以便在绘画、书信和文件上留下名字和字句。从用印章将单个字符印于纸上，到利用雕刻的木版印刷整页纸张、文件和书籍，只有一步之遥。

——[美]杰里·本特利、赫伯特·齐格勒：

《新全球史：文明的传承与交流》（上），第3版，

魏凤莲、张颖、白玉广译，410页，北京：北京大学出版社，2007

**资源9：**印刷术发明的确切日期在历史的迷雾中已经模糊不清。尽管某种印刷技术

可以追溯到隋朝以前，但是只有在唐朝，印刷术才变得流行起来。最早的印刷工匠采用木制雕版印刷技术：他们将整页文字或图形反向雕刻在木块上，在上面涂上油墨，然后将纸张压在上面。到11世纪中叶，印刷工人已经开始试用一种可重复使用且可移动的印刷技术（即活字印刷术）：同把文字或图形雕刻在木版上不同，他们按照字符刻制模具，并依次排列在字架上，涂上油墨，再把字架压在纸张上。由于正式的中文写作常用到四万个不同的汉字，印刷工匠经常感到这种可移动的印刷技术很笨拙、使用不便，于是他们在可移动的印刷术发明之后很久，还继续使用雕版进行印刷。

印刷术使快速、便宜且大量地生产文本成为可能。到9世纪末，印刷的佛经和儒学经典、日历、农书及大众书籍大量出现，尤其是在中国西南部（现在的四川省）。宋朝官员在巡视乡村时会携带大量介绍农业技术的书籍，广为散发。

——[美]杰里·本特利、赫伯特·齐格勒：

《新全球史：文明的传承与交流》（上），第3版，

魏凤莲、张颖、白玉广译，409～411页，北京：北京大学出版社，2007

**资源10：**中国人的发明还包括航海技术。唐朝以前，中国海员还没有到远离陆地的海域去航行。他们向东航行到朝鲜、日本和琉球群岛，而依赖波斯、阿拉伯、印度和马来半岛的海员来进行远距离海上贸易。而到了唐朝，中国的消费者对来自东南亚岛屿的香料和异国产品逐渐产生兴趣，于是中国海员更多地驾驶自己的船只前往这些岛屿。

到宋朝时，中国海员驾驶的船只由铁钉钉制，涂抹着防水油料，配备有水密舱壁，用帆布和竹子制成的风帆来制动，用舵导航，靠带磁罗盘的“指南针”辨别方向。大型船只甚至会配备由火药推动的小火箭。中国的船只主要往返于日本和马来半岛，但是其中也有一些船只冒险进入印度洋并造访印度、锡兰、波斯和东非沿岸的港口城市。这些长途旅行有助于传播中国的航海技术，尤其是使指南针很快成为整个印度洋沿岸海员的共同财富。

——[美]杰里·本特利、赫伯特·齐格勒：

《新全球史：文明的传承与交流》（上），第3版，

魏凤莲、张颖、白玉广译，411页，北京：北京大学出版社，2007

**资源11：**1966年在韩国一个庙里面发现了一卷《陀罗尼经咒》，这是一份汉字的雕版印刷品。它的年代比刚才我们说的王玠印造《金刚经》的公元868年要早。这个《陀

《陀罗尼经咒》印刷的年代，可以肯定是在公元704—751年之间。因为公元704年这个《陀罗尼经咒》才被译成汉文，而公元751年是韩国这个庙落成的年份，这个东西是在庙落成之前埋下的，所以可以确信是公元751年之前。于是韩国人在世界上造舆论，说他们发现的《陀罗尼经咒》比大英博物馆藏《金刚经》要早。

但是韩国人完全回避了一个非常致命的问题——这卷《陀罗尼经咒》是从哪里来的？在当时，日本和朝鲜半岛诸国都非常流行从中国进口佛经、书籍之类的东西，这些东西被当作珍贵的文化礼物。因此很多西方研究雕版印刷的专家都认为，这个《陀罗尼经咒》是在中国印刷了以后，送到朝鲜去的。……这个《陀罗尼经咒》上面有几个汉字，是武则天时代所用的特殊汉字。……所以它的发现仍然不能动摇中国的雕版印刷发明权，相反还提早了中国雕版印刷术的实物年代。

——江晓原：《关于四大发明的争议和思考》，载《科技导报》，2012年第2期

**资源12：**为什么毕昇所发明的泥活字，以及后来的木活字和铜活字都不能推广呢？直到现代西方的印刷术传入之后，中国的雕版印刷才废弃呢？在欧洲，古登堡在15世纪发明金属活字，很快被商业化推广了。而中国的活字印刷为什么这么难推广？这是因为中文和西文之间确实有着一些根本的差别，我这里只说两点：第一点是前期投入。以英文为例，26个字母，加上数字、标点符号，等等，做一套只需要几十个不同字符（当然需要大量复本）。但汉字不是这样，在古代有几万个汉字，就是今天在简体字普及之后，常用汉字也有几千个。也就是说，造一套西文字成本很小，但要造几万个不同汉字（同样需要大量复本），造一套字就非常昂贵。古代的活字都是官方或者是皇家来制造（朝鲜的金属活字也是如此），就是因为它需要很大的投入。其次是对员工素质的要求。古代中文的活字印刷，排字工人必须是一个认识几万个汉字的人，但是西文的排版工人甚至可以是一个不识字的人，因为它一共只有几十个符号。所以在现代印刷术发明之前，汉字没有优势；现代印刷术发明之后很久，汉字仍然没有优势。只有到了电脑时代，汉字的春天才真正开始了。如今中文和西文相比，在排版、印刷方面的劣势已经完全消失。今天中文打字可以比西文打字更快。

——江晓原：《关于四大发明的争议和思考》，载《科技导报》，2012年第2期