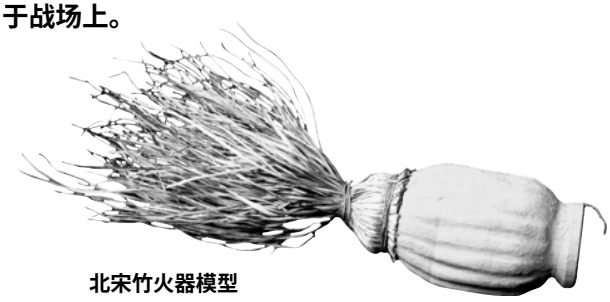
四、宋元时期的科技



火箭模型 ↑
宋代军队已经开始广泛地使用火器。火器的杀伤力比冷兵器大，可远距离攻击，在攻城作战中起到很大的作用。

1. 喷火器用于战争

中国对石油的利用自西汉时就开始了。把石油应用到作战上则是南北朝的事。两种以铁筒喷射火油的“喷火器”在后梁年间被用于战争。到了北宋初年，人们对这种喷火器加以改进，它的主体结构是一个长方体的熟铜制作的油柜，以铜管与下端装有“火楼”的喷筒相连，使用时先把“火楼”中的引火药点燃，然后推拉筒朝油柜打气，使燃烧的石油高速喷出，其威力巨大，可以轻而易举地烧毁敌方的战舰和器械。同时，一种以小铜葫芦代替油柜的便于携带的喷火器也广泛地用于战场上。



北宋竹火器模型



猛火油柜（模型）北宋 喷火兵器

需要全本请访问 www.ertongbook.com

2. 毕昇与印刷术

毕昇生活在北宋庆历年间，尽管他的生平事迹无法考证，但他发明了印刷术。有关他发明印刷术的记载，我们可以从《梦溪笔谈》中看到。毕昇以前的时代，人们采用雕版印刷，花费工时甚多，但效率很低。毕昇则以胶泥为材料，每字刻一印，然后用火把它焙烧坚硬。在排版时，采用两个铁框子，将活字排满框，然后把它放在事先放置松香、蜡和纸灰的铁板上压平，将蜡和松脂加热熔化后，活字就牢固地与铁框结合成一体，便可用于印刷，印刷完毕，拆下铁框后又可以重新排字。这样一来，省去了刻制雕版的过程，大大提高了工作效率。



泥活字版模型 ↑
活字版的发明是印刷史上的伟大创举，它为人类提供了一种更为快速排印书籍的技术。自北宋毕昇发明泥活字版后，又出现木活字、锡活字、铜活字等。



宋代印制商标的雕版 ↑
宋代印刷技术广泛地应用到社会生活的各方面，书籍、纸币发行、商标印制、版画都随着印刷技术的发展兴盛起来。



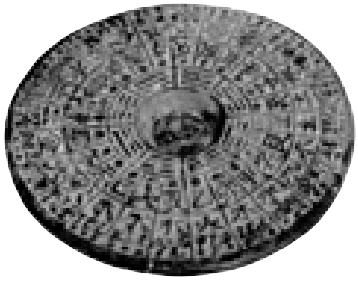
毕昇像 →
中国印刷博物馆内的毕昇像。毕昇，淮南人，刻版工匠。



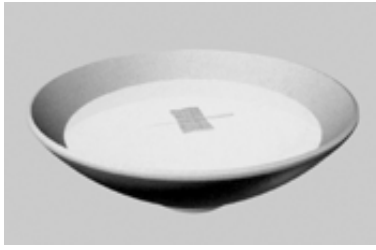
交子 北宋四川印刷的纸币 ↑
北宋，我国出现了世界上最早印刷的“纸币”即交子。

3. 罗盘应用于航海

罗盘是中国人古代的发明，它被广泛地应用于航海。1098年至1100年，一些外国商船就开始用带有指南针的罗盘导航，中国关于指南针的发明与应用的记载在沈括的《梦溪笔谈》上可以找到。有人认为，中国用指南针导航是10世纪的事。在中国，指南针和罗盘还用于“堪舆”。而12～13世纪阿拉伯人所用的罗盘，也是从中国传过去的。自罗盘应用于航海之后，人们可以根据指南针的变化绘出海图。借助罗盘，达伽马远航到达印度。



明代罗盘 ↑
宋元明时期，罗盘已十分完备，图中所示的罗盘为郑和下西洋时所采用。



漂浮式指南针 北宋 ↑
将磁针贯穿灯芯草，放入盛水的瓷碗内，借助浮力，使磁针浮于水面，指示南北。这种指南针实用性强，最先应用于航海导航。



宋代指南针模型

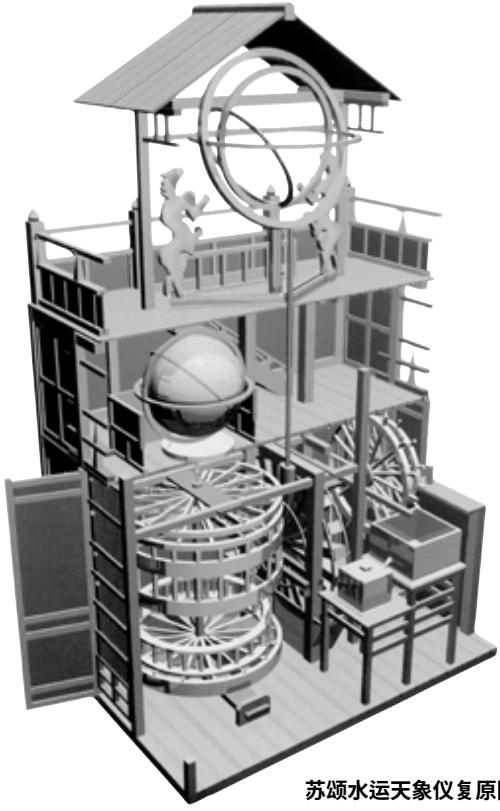
4. 苏颂与水运天象仪

苏颂是水运天象仪的发明者，他生活在宋代，是历史上著名的一位天文学家，水运天象仪是他在元祐七年发明的。水运天象仪以水力作动力，推动浑仪、报时浑象等机件，既能准确又无蟮馗。

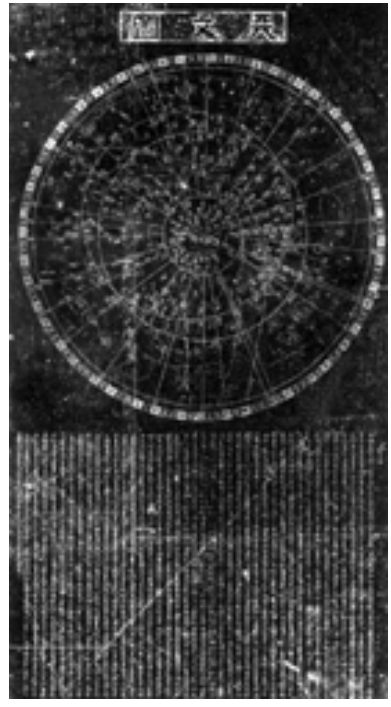
苏颂发明的水运天象仪与现代天文台有异曲同工之妙。放浑仪的小屋可以开启或关闭屋顶，浑仪上安放了一根望筒，可以起到望远镜的作用，为观察天象时提供方便。苏颂还设计了一种“假天仪”，其样式像个竹制的笼子，上面糊纸并按星图开孔透露光线。人们可以坐在黑暗的“笼子”里，操纵控制杆使“笼子”转动，能达到观察星体运行的效果。



假天仪 北宋



苏颂水运天象仪复原图 北宋



苏州石刻天文图碑 宋

5. 南宋时期的突火枪

火药是中国古代的四大发明之一。在南宋，采用火药的武器有突火枪。它的原理与现代枪炮是一样的。

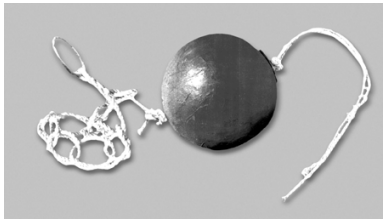
突火枪是在1259年发明的，它用坚实的竹管做枪筒，能发射一种弹丸。而在一个世纪之前的12世纪，就有人制作了可以喷射火焰的枪械；1232年，飞火枪也出现了，它是用十几层纸卷成枪筒，把铁渣、碎磁和火药装进去，然后绑在长矛前端，作战时先引发，杀伤对方，然后再举矛刺戳。南宋突火枪的出现，大大提高了兵士的战斗力。



突火枪 南宋 ←
突火枪是后世枪枝的雏型。开庆元年(公元1259年)，南宋寿春府（治今安徽寿县）的军民发明了突火枪。这种武器利用巨竹造枪筒，内装火药和子弹，燃烧火药后，子弹便会高速推出，射程达230米。



铜火铳 元 ↑
火器发展到元代，火铳成为火器的主流，它不仅是元军常用兵器，还是现代枪炮的雏形。



毒药烟球模型 南宋 ↑
这是一种能产生毒气的“手榴弹”，在火药的基本成分上，加入芭豆、砒霜等十多种成分的混合物，装填于球内，吸入毒气的人会鼻口流血而死。

6. 赵友钦的光学研究

13世纪中叶，中国宋末元初的科学家赵友钦设计和进行了小孔成像实验。这是中国历史上规模最大、记载最详的物理实验，在世界上也是绝无仅有的。

赵友钦自号缘督，饶州鄱阳(今江西省波阳县)人。他做光学实验的情景在其著作《革象新书》上有记载。在实验中，赵友钦总结指出：物距、像距、光源和孔窍对像的大小和浓淡都有所影响。另外，他还注意到两个参数同时变化时的相长相消现象。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

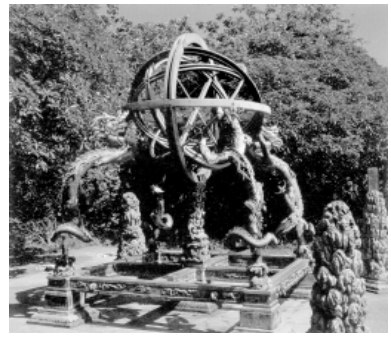
7. 郭守敬与天文学

郭守敬(1231～1316年)，元代著名的天文学家、仪器制造家、水利专家和数学家。至元十六年(公元1279年)，他被元朝委任主持大都天文台工作。至元十三年(公元1276年)，元朝令他和王恂率南北日官数人负责新历的测验和推算工作。为了完成这项工作，郭守敬研制了许多新的天文仪器。

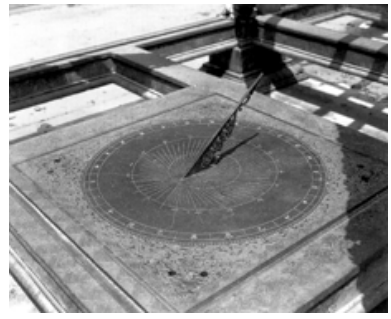
至元十六年(公元1279年)春，朝廷在大都东城墙建起了当时世界上最完善的大都司天台，司天台拥有当时世界上极为先进的观测仪器。较为著名的是郭守敬发明的简仪，它是世界上第一台用一高一低两个支架支撑起极轴的赤道仪，也是世界上第一台集测赤道坐标和地平坐标于一体的多功能综合测量仪。此外，还有仰仪、玲珑仪等。据《元史》记载，郭守敬为该台设计制作的仪器有13件之多。



河南登封观星台和石圭 元



浑仪 元 ↑
原由郭守敬设计制造，明代仿制，现在南京紫金山天文台。



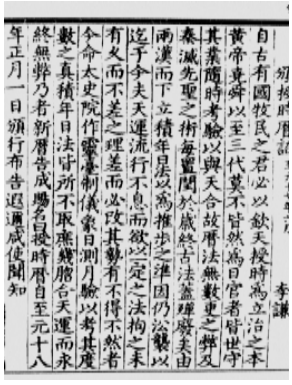
铜方日晷 元 ↑
郭守敬设计、制造的天文仪器，现存南京紫金山天文台。



简仪 元 ↑
郭守敬设计制造的天文仪器，现存南京紫金山天文台。



郭守敬像



颁《授时历》诏 元

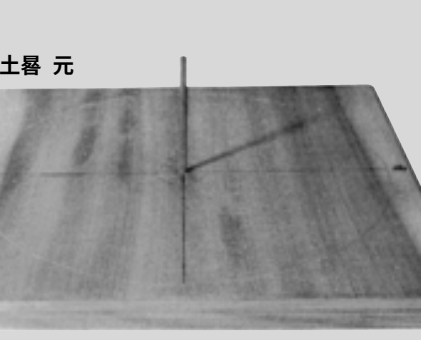


《钦定授时通考》书影

8.《授时历》

郭守敬、许衡和王恂等人于元代至元十七年(公元1280年)编成的《授时历》在当时的世界历法中是最精确的。次年，忽必烈颁发了诏令，让《授时历》通行全国。

忽必烈诏令编修《授时历》，是他深受汉族文化影响的结果。郭守敬等人综合了自汉代以来的历法成果，并利用高表、简仪等仪器的测量结果来论证，甚至用日晷进行了27个地方的测算，确定了冬至日的准确时间。他推算出365.2425日是一回归年的周期，并确定了黄道和赤道的位置，为《授时历》的编定打下了坚实的基础。《授时历》的编定用了4年时间，它的计算结果具有很高的精密度。



土晷 元

9. 黄道婆革新纺织技术

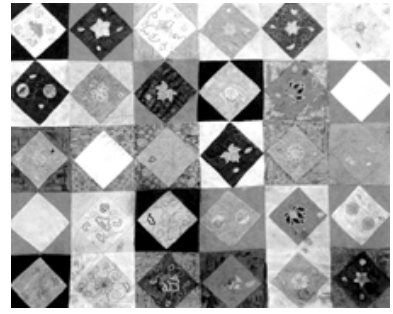
黄道婆是松江府乌泥泾(今上海旧城西南孔里)人，她曾在崖州(海南岛最南的崖县)学到一些先进的纺织技术和棉花加工方法，返乡后她将技艺传授给家乡人民，这些技术开始在长江流域流行，促进了这一地区棉纺织业的发展。

长江下游地区开始并没有椎弓、踏车之类的纺织工具，全靠用手将棉籽除去，效率非常低。黄道婆就将捏、弹、纺、织等一整套制作工具的方法和织布的技艺悉心传授给当地人民。用她的方法织成的棉被，远近闻名，被誉为乌泥泾被。

文献上并没有详细记载黄道婆所传授的纺织工具，但根据王桢在《农书》中记载的一些资料来推测，可能是木棉弹弓、木棉揽车和木棉卷筵3种。



纺织图 元 王祯


精美的元代织物

10. 火药传入欧洲

13世纪中期，中国古代四大发明之一的火药随着蒙古西征而传入波斯、阿拉伯等地。13世纪末，制造火药和火药武器的方法由阿拉伯传入欧洲。

早在公元8世纪至9世纪，阿拉伯帝国就掌握了中国的炼丹术，同时，制造火药的药料硝石也进入阿拉伯帝国，阿拉伯人称之为“中国雷”，波斯人则叫“中国盐”。12世纪初，火药的制造方法由南宋通过海路传入阿拉伯。13世纪中叶，铁火罐内储火药的新式武器通过蒙古人传入俄罗斯，又从陆地传至波斯、阿拉伯，乃至整个欧洲。


火铳 元 ←
此火铳出土于北京市房山区。铸于元至顺年间，铳身上有明确纪年，是世界上现存有明确纪年的最早管状火器。


缫丝图 元 →
根据王祯《农书》中的《耕织图》所绘而成的。

五、明清时期辉煌的科技



徐光启像

1.《农政全书》

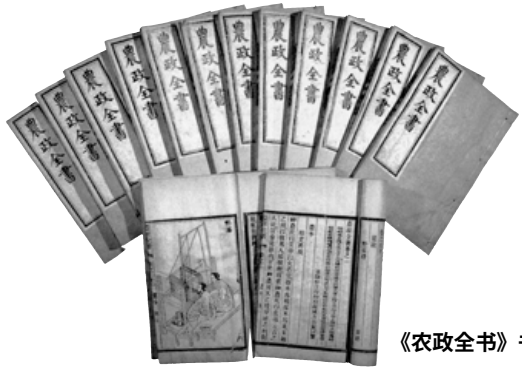
《农政全书》与后魏贾思勰的《齐民要术》、元官修的《农桑辑要》、王祯的《农书》以及清代官修的《授时通考》，并称为我国的‘五大农书”，而它是篇幅最长、内容最丰富的农业书籍。

《农政全书》的作者是明末杰出的科学家、农学家徐光启。他于天启五年（公元1625年）开始撰写，完成刊行的时间是崇祯十二年（公元1639年）。直到徐光启逝世时，这部书才完成，是其心血之作。

《农政全书》共70多万字，60卷，分农本、田制、农事、水利、农器、树艺、蚕桑、蚕桑广类、种植、牧养、制造和荒政12目，系统全面地总结了当时农业生产的经验，较好地概括了我国几千年传统农业的特点，为后世农学的发展作出了贡献。



《天工开物》之炼铜图书影



《农政全书》书影

2.《天工开物》

《天工开物》是一部记录我国古代科技成就的重要著作，在国际科学著作中具有举足轻重的地位。

《天工开物》的作者是是明朝的宋应星。这部书是

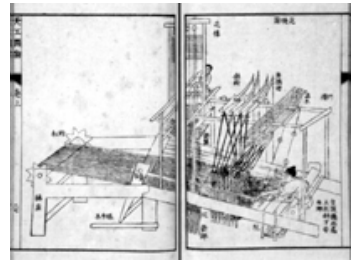
他在任江西汾宜县教谕时编撰完成的。首次刊行时间为崇祯十年(公元1637年)，明朝末年第二次刊印。

《天工开物》分上、中、下三编，各18个类目，每类为1卷，涵盖了染色、粮食加工、谷类、制陶、造纸等中国古代工农业生产诸部门的生产技术，在书中配有120多幅插图，将古代各种器物的结构、形态、原理以及各种工艺的生产过程和工序直观而形象地描绘了出来。

《天工开物》是古代劳动人民的生产实践经验的记录和总结，并真实反映了当时中国的工艺技术水平。



《天工开物》之锤锚图



《天工开物》之花机图

3. 地雷和水雷的使用

地雷是设置于地下或地面的爆炸性火器，杀伤力很大。中国早在明朝初年便开始使用地雷，并将其引入战争中。万历八年(公元1580年)，戚继光应用“钢轮发火”装置地雷，从而提高了地雷发火时机的可靠性和准确性。

地雷有十几种，制作的原料有铁、石、陶或瓷等。布设方式有单发地雷，也有“子母雷”等。

水雷和地雷的原理相同，惟一不同的是水雷是布设在水中的爆炸武器。在明代，水雷主要有水底龙王炮、混江龙、水底雷和济雷4种，其中最早出现的是水底雷。



明代钢轮发火模型



明代水底龙王炮模型 ←
定时悬浮式水雷。将装有火药的铁雷密封在牛尿泡中，绑缚在竹木排上，下坠石块使其悬浮在水中，水面有雁翎做的浮，浮与雷之间有羊肠相连通气。雷用信香引火起爆。

4. 火箭载人飞行的实验

在以前用弓弩发射火箭的基础上，明代有人发明了以火药为动力的火箭，即利用火箭燃烧向后喷射气体的反作用力进行发射。明代发明的火箭有单级和多级火箭，种类繁多，单级火箭有飞刀箭、飞枪箭等单发箭和百虎齐奔箭、一窝蜂等多发箭。

在火箭被广泛运用的基础上，明人万虎进行了火箭载人飞行实验。他把自己捆在椅子前面，在坐椅后装了40多个当时最大的火箭，两手又分别持一个风筝，希望能加强上升的力量。这次试验以失败告终，但万虎成了世界上第一个试图利用火箭来飞行的人。



《崇祯历书》书影



群豹横奔箭模型 ↑
这种火箭一次可以发射40多支，射程达400多步，如野战遇敌，可用多匣列于阵前，以杀伤敌人。

5.《崇祯历书》

万历年以后，明皇帝批准了礼部的改历方案，任命徐光启督修历法，设立历局。《崇祯历书》就是徐光启等人编撰完成的一部新的历法书籍。

《崇祯历书》的编撰工作历时5年，完成于明崇祯七年（公元1634年）。它采用西方天文学的方法和成就，以欧洲天文学的体系为基础，将中国沿用多年的历制进行了改造。此后，西历在中国开始实行。

《崇祯历书》共137卷，分节次6目和基本5目。其中后5目为关于天文用表的法数、天文学计算中必备的数学知识法算、测量仪器和计算工具法器，以及中西度量单位换算法等有关天文学理论的知识。这一部分在全书中的篇幅最大，共40卷。此外，书中对世界著名的天文学家哥白尼、托勒密、开普勒的天文学著作进行了介绍。



明神火飞鸦 ↑
长56厘米，以扎制风筝的形式，结合火箭推动的原理发明的燃烧弹。用竹篾扎成乌鸦形状，内装火药，由4支火箭推动，可飞行300多米，多用于火战。

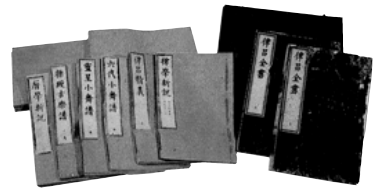
需要全本请访问 www.ertongbook.com

6. 朱载堉的十二平均律和异径管律

明代末年，朱载堉创立了十二平均律和异径管律，使中国的律学有了很大发展，彻底解决了自先秦以来探索十二旋宫问题的所有矛盾。

朱载堉是明代的乐律学家和历算家。他的十二平均律（又称新法密率）解决了古代乐律研究中“黄钟不能还原”的问题，也使任何调音上的音阶各级之间达到了音程关系的完全一致。他的异径管律认为不仅不同律管管径无法一致，即使是同一律管，其左右两部分管径也难以一致，据此，他还提出了管口校正的新途径。

他的上述两项成就是16世纪声学的重大成就之一，对世界律学史和声学史的发展作出了重大贡献。



朱载堉《乐律全书》书影 ↑
朱载堉在《乐律全书》中详论了“十二平均律”理论。该书中还记录了当时的民间歌曲和舞蹈，并提出了关于歌唱和乐器演奏艺术的见解。



麟堂秋宴图 明 ↓
图中胡琴为龙卷颈龙首，两弦。在琴杆上置有“千斤”，在古代图象中系首次出现。其形制与今日的二胡相同。

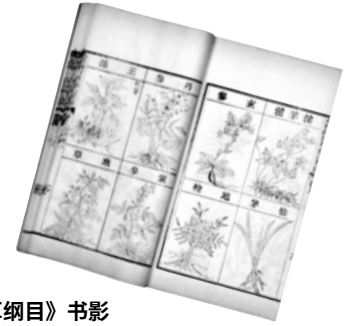
7. 李时珍编撰《本草纲目》



李时珍像

李时珍（1518～1593年），字东壁，号濒湖，晚号濒湖山人，湖北蕲州（今湖北蕲春）人，出生于医学世家。李时珍34岁时候开始着手编撰《本草纲目》，历时27年，终将这部集本草学之大成的巨著完成。

《本草纲目》共52卷，内容极为丰富，包含了动物、植物、矿物等各方面的内容，可谓是关于自然知识的博物学著作。这本书还有1109幅附图、11096首方剂歌诀，对16世纪之前的中药研究成果作了全面的总结，同时还详细地介绍了各种中药的制法和栽培方法，并一一写明其药用价值。《本草纲目》共介绍了1094种植物药材和444种动物药材。



《本草纲目》书影



明代医生的装束



御药房金煎药罐 明



传统制药工具——金铲、银锅

8.《几何原本》中译本的出现

《几何原本》是古希腊数学家欧几里德的著作，书中运用严格的推理组成了一个庞大而严密的数学逻辑演绎体系，是最早用公理法建立数学演绎体系的典范。

徐光启根据利玛窦的口译，用一套既切合科学涵义、又易为中国读者接受的名词术语译出了《几何原本》的前六卷。这是第一部被译为中文的西方科学著作，对中国近代数学的发展产生了重大的影响。从此，几何学知识在中国流传开来。



徐光启像



度量仪器——铜镀金半圆仪

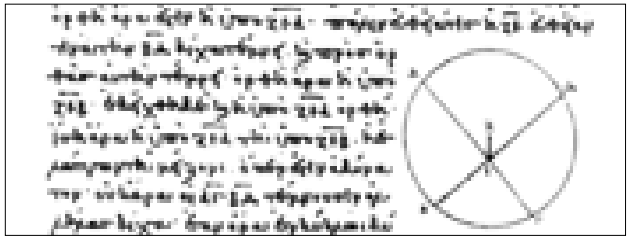


计算工具——伽利略比例规 →
伽利略在 1597 年发明的测量工具比例规，是由意大利籍传教士罗雅谷于崇祯年间写成的《比例规解》中介绍到中国的。比例规利用相似三角形的对应边比例原理制成，可以用来进行乘、除、求比例中项、开平方、开立方等各种计算。



利玛窦与徐光启 ↑
传教士感到向士大夫传教并不容易，故先以西洋的科技知识吸引他们的注意力。其中徐光启和利玛窦发展为亦师亦友的关系，合译出欧几里得的《几何原本》，是传教士来中国翻译的第一本著作。

《几何原本》希腊文字抄本



9. 天文学家和数学家梅文鼎



《御制数理精义》书影 清 ↑
康熙皇帝为倡导数学而编制的书籍，成书后曾专门派人送梅文鼎校阅。

梅文鼎生于1633年，卒于1721年，字定九，号勿庵，安徽宣城人，是我国清代康熙年间著名的天文学家和数学家。

梅文鼎一生四处游学，著书立说，其成就被誉为“国朝算学第一”。他生平共著书80多种，主要为天文学和数学方面的著作。流传于世的有《梅氏丛书辑要》23种60卷和《勿庵历算全书》29种76卷。

在传统天文学方面，梅文鼎系统地解释和研究了中国已有的《大统历》、《授时历》和《崇祯历书》等，他结合西洋的天文理论，将之融会贯通，贡献颇大。



康熙皇帝研习近代数学时所用的炕桌



御用数学表 清



手摇计算器 清 ↑
明末清初，这种计算器由欧洲传入中国，通过手摇能进行简单的加减乘除运算。

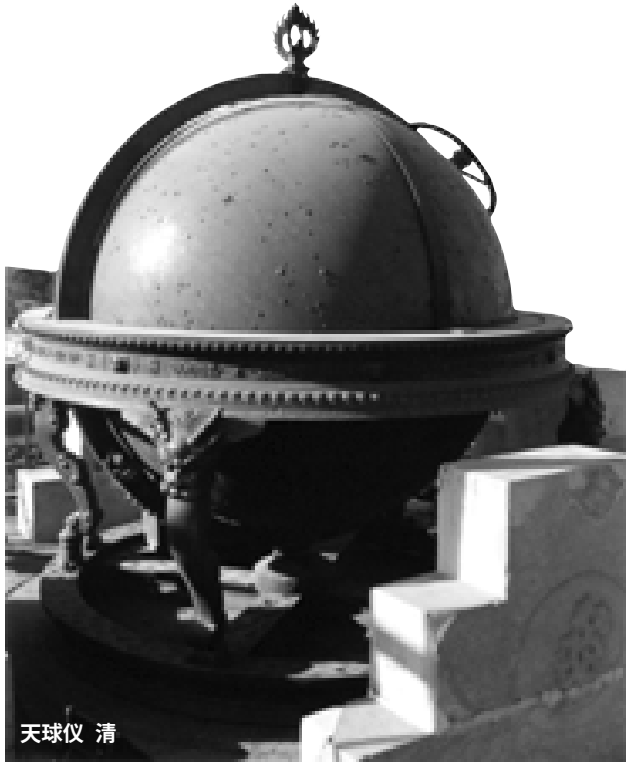
10. 民间天文学家王锡阐

王锡阐，生于1628年，卒于1682年，字寅旭，号晓庵，江苏吴江人。他是中国清代民间天文学家中举足轻重的人物。他真实而客观地指出了中西历法的优点和弊端，并将西洋新法历书中的许多错误找了出来，被人们誉为能“考正古法之误而存其是，择取西说之长而去其短”的异士。

他的有关天文历法方面的著作颇多，其中《六统历法启蒙》、《历策》、《历说》、《日月左右旋问答》、《五星行度解》、《历法表》、《推步交逆序》、《步交会》等被编入《木犀轩丛书》、《晓庵先生文集》，我国著名的《四库全书》中也有其著作《晓庵新法》。



象限仪 清



天球仪 清

地球仪 清



11. 徐寿和蒸汽机轮船



徐寿像

徐寿，生于1818年，卒于1884年，江苏无锡人。他精通自然科学及工程技术。1861年，徐寿等人开始研制火轮船。1862年，中国第一艘木质蒸汽机轮船“黄鹄”号在徐寿等人的努力下研制成功。该船的主机为单缸蒸汽机，汽缸长2尺，直径1尺，船全长为55尺，重25吨，时速为每小时6海里。“黄鹄”号的研制成功在中国的船舶制造史上具有划时代的意义。

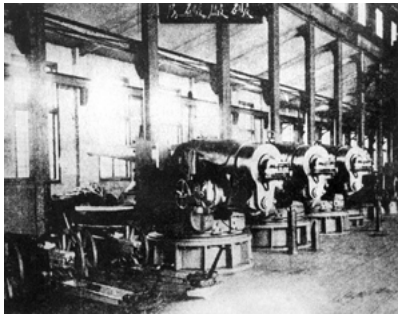
1868年，徐寿在上海江南制造总局翻译馆工作，先后翻译西方科技书籍《汽机发轫》、《营阵提要》、《西艺知新》等共13种。



徐建寅像 ↑
徐建寅，徐寿之子，中国著名科学家。



徐寿、李善兰、华衡芳在江南制造总局翻译处的合影



江南制造总局炮厂内景

需要全本请访问 www.ertongbook.com