

人类文明史上伟大的创造

《人类文明史上伟大的创造》编写组编写

广东世界图书出版公司



前 言

创造是大自然赋予人类特有的专利。从猿人石器到蒸汽机，从甲骨文到互联网，从刀耕火种到探索太空，人类成长的每一个细节，都离不开创造。所以，创造催生了文明的进化，加速了历史的飞跃，丰富了我们的精神境界。但创造并非一帆风顺，古往今来，许多伟大的科学家在创造的过程中，经历了许多坎坷和磨难——诺贝尔发明炸药，险些丢掉生命；阿基米德为了追求真理，面对屠刀，毫无惧色；爱迪生发明电灯，做了上千次的实验。

这些伟大的创造改变了我们人类的生活，让我们的物质文明和精神文明得到升华，使我们的生活一天比一天美好起来。翻开人类所走过的历史，不难发现，人类的文明史实质上就是创造的结果。而创造源于求异，求变，求发展。求异、求变务必与传统的思想和问题的解决发生冲突，冲突带来的就是矛盾和问题。要使创造的目标得以继续和完成，就需要运用智慧和花费精力去解决。解决的过程有时需要反复，解决的面有浅层次的，也有深层次的，没有足够的勇气和毅力，面对创造带来的问题就会退却，而要解决它就需要付出我们的智慧和精力，因而，它是一个艰辛的过程。另外，创造也是一个智慧的过程。牛顿发现熟了的苹果自然掉到地上，他从中发现“万有引律”。没有新的思维和独特的“生产”，那是生产的重复，那是守旧，那是故步自封，那是墨守成规。带来的思想和能力的锁态，要么被别人锁住，要么被自己锁住，而敢于砸锁的人就是一个有智慧的人。

少年智则国智，少年富则国富，少年强则国强，少年独立则国独立，少年自由则国自由，少年进步则国进步。青少年正是学习知识，树立人生观的黄金阶段。只有端正了思想，才知道学习的真谛是什么。

本书选编这些人类文明史伟大科学家们的创造故事，宗旨是让青少年从中吸取科学家们精神，从而提升我们的精神境界，让我们更清醒的认识，做一位对社会有用的人，努力学习知识，用学到的知识，为更多的人造福。只有这样，我们的地球家园才会变得越来越美好，我们的生活才会更加绚丽多彩。



科技的力量

发明创造是指运用现有的科学知识和科学技术，首创出先进、新颖、独特的具有社会意义的事物及方法，来有效地解决某一实际需要。因此科学上的发现，技术上的创新，以及文学和艺术创作，在广义上都属于发明创造活动。人类的每一次发明创造，都在改变着我们的生活，改变着我们对地球的认识。

把地球举起来

西西里岛的叙拉古是世界著名的文化古城，至今还保存着公元2世纪罗马时代的半圆形大歌剧院的遗迹。公元前270年，一位后来与“尤里卡”联在一起的古希腊著名的科学家就出生在这个城市，他就是阿基米德。

阿基米德从小受过良好的教育，在他11岁时，家里就把他送到当时的世界学术中心亚历山大里亚学习。阿基米德最先是以一个聪明



阿基米德撬动地球的雕像

的发明家而闻名天下的。他运用所掌握的数学和力学方面的知识，结合丰富的想象力，解决了实际生活中的许多问题。

阿基米德有句名言：“给我一个支点，我可以把地球举起来。”这话传到了国王的耳朵里，他不相信阿基米德的话，于是他召见阿基米德并对他说：“你太能吹牛了！你来替我搬动一样重东西，看看你的话是不是真的！”原来，当时国王为埃及造了一条大船，船造好了以后却没有人能将它推到水里去。阿基米德对国王说：“让我来试试吧。”于是，他设计了一套复杂的杠杆和滑轮机构，只要用很小的力，就可以使很重的物体运动起来。他把一切都做好以后，就将一条绳子的末端交给国王，请国王用手拉一下。国王将信将疑地拉了一下绳子，发现船体真的动了，他高兴极了。就这样，这条沉重的大船由国王亲自送下了水。全城的人像着魔般地观看这一奇迹，国王随即发布告示：“从此以后，无论阿基米德说些什么，都要相信他。”

阿基米德是个科学上的“痴人”。他如醉如痴的追求，使他天才地找到了一条一直写到今天的每本物理教科书中的原理。这个原理就是“阿基米德定律”，即浮力定律。

这个定律的发现还得从阿基米德弄出的一次大笑话说起。有一次国王把黄金交给工匠制造王冠。王冠制成后，国王疑心里面掺了白银，但又无法证实。于是他把阿基米德叫来，要他去检验。这一次可真把阿基米德难住了，他冥思苦想也找不到什么办法。于是他决定洗个澡以后再去禀告国王。他去了浴池，当他坐进澡盆时盆里的水升起来，同时他觉得自己也轻了，入水越深，这种感觉越明显。他猛然跳出澡盆，一边往街上跑，一边大声喊着：“尤里卡！”（希腊语，意为我找到了。）街上的人看着他光着身子高喊着跑出来，都以为他疯了，不知如何是好。

阿基米德找到了什么？他找到了检验王冠纯度的办法。他想到，称量和王冠一样重的纯金，把它和王冠同时分别放入两个充满水的同样大小的容器里，水就会被挤出容器一些。如果它们挤出去的水一样多，那么王冠就一定是纯金的，否则就掺了白银。阿基米德就是在洗澡时的一瞬间发现了流体静力学的最基础的原理——浮力定律。而“尤里卡——我找到啦！”这样一句普通得不能再普通的希腊语竟然被现代高科技用作代词，成为人



类在自然科学领域里有所发现、有所发明、有所前进的代名词。今天，世界最著名的发明博览会就冠以“尤里卡”的名称。

阿基米德不仅在物理学上取得了很大成就，而且他还是一位受人敬重的数学家，他在数学方面也相当有造诣，发现了不少原理。例如，他发现了圆柱体体积和其内接球体的体积之比为 $3:2$ ，他还掌握了用“无穷逼近”的方法来测量圆周。阿基米德是个谦虚的人，他从不为自己的成就而骄傲自满，他认为他能做到的事别人也能做到。

公元前212年，罗马攻陷了叙拉古。当一名罗马士兵走进阿基米德的房间时，他正在研究问题，似乎对外面发生的事一无所知。直到士兵的脚踏乱了他地上的画图，阿基米德才抬起头向他喊着：“喂，你弄坏了我的图，赶快走开！”结果，他的喊声惹恼了那个无知的士兵，阿基米德就这样被杀害了。

炼金术是化学之母

中国古典名著《西游记》里说，孙悟空大闹天宫，被投入太上老君的炼丹炉里。玉皇大帝本想把他烧成灰烬，谁知却炼出了他的一双火眼金睛，这当然是一个美丽的神话。

不过，古代的帝王们，为了长生不老，延年益寿，或是为了炼石成金，也执迷炼丹炉。结果，炼来炼去，虽没有炼出长生不老的仙丹，但却炼出了古老的化学基础知识。因此，后人把炼金术称为“化学之母”。而那些从事炼金术的术士们，居然无意中成了化学之祖。

炼金术在西方最早出现在希腊，大约公元前1世纪时。古希腊炼金术的指导思想是唯心主义哲学家柏拉图（公元前428～前347年）的哲学思想。根据柏拉图学派“万物皆有生命，有灵魂”、“灵魂可以改变”的理论，炼金术士们相信，金属也都是有生命的有机体。金属的灵魂表现为灵气，由颜色体现出来。而黄金体现了金属的理想灵魂，是最尊贵的金属。在铜、锡、铅、铁等贱金属上镀上一层金，黄金的灵魂就会移植到贱金属中，使



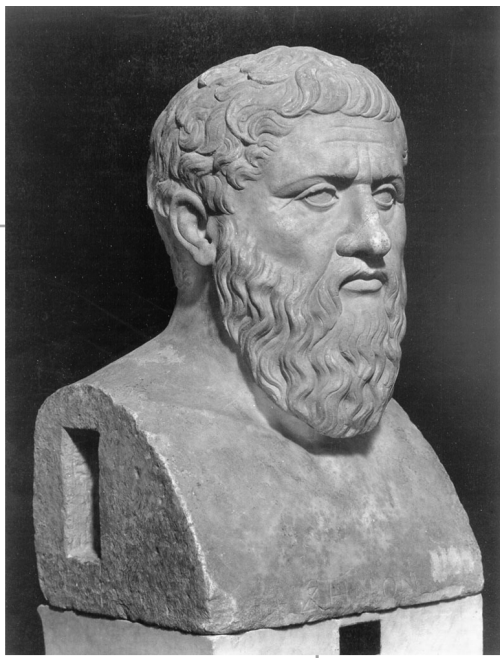
贱金属逐渐转化成黄金。希腊炼金术士们有一种“点石成金”的妙招，据说把铜、铁、锡、铅这4种贱金属熔合成一种黑色合金，它们就失去了自己贱金属的个性和灵魂。然后将这种合金用水银蒸气熏成白色，合金就有了银的灵气。再加上一点黄金作“发酵剂”（或称“种子”），黑色合金就变成金光灿灿的诱人的黄金了。

希腊炼金术还有一个特点，就是它与占星术有关。炼金术士认为，黄金最尊贵，所以是润育万物的太阳的化身。白银是月亮的化身。铜、水银、铁、锡分别是金星、水星、火星、木星的化身。5颗行星（那时的人除了地球外，只认识肉眼看得见的5颗行星）中，土星最远最冷，所以最阴暗的铅是它的化身。

到了公元8世纪，中国的炼金术随着经济文化交流的通道——丝绸之路和海上航道——也传到了阿拉伯。阿拉伯的炼金术将中国炼金术与希腊炼金术溶于一身。

在阿拉伯人的炼金术中，关于金属的学说、金属的制取与提纯、金属的合成与金属的转变占有主要地位。他们把自然万物归为“精灵”和“形体”两大类。凡属易挥发之物为“精灵”，凡不挥发之物为“形体”，如水银、硫磺都易挥发，所以是“精灵”。硫磺本质主动，属火，为雄性，是火的化身，恰与中国炼丹家所谓“阳”相似；而水银本质被动，属水，为雌性，如同中国炼丹家所谓的“阴”。汞硫结合（即雌雄交配），便可生成各种金属。所以，硫化汞就成了炼金时的主要原料。

贾比尔（721~815年）是阿拉伯炼金术的早期代表人物，他提出了金



柏拉图雕像



属可以互相转变以及4元素（火、空气、水、土）相克的理论。把水银奉为童女，说它有起死回生的神力，还能将铜、铁、铅等贱金属变成黄金。由于贾比尔是个医生，在炼金时格外注意化学反应。他还是化学史上第一个制出硝酸、硫酸和能使黄金溶解的“王水”以及有机酸——酒石酸的人。

阿拉伯炼金术的中期代表人物叫拉译（856~925年），他是化学史上第一个将当时已知各种物质分为“矿物、植物、动物”的人，首创了自然界物质分类系统。阿维森纳（980~1037年）是阿拉伯炼金术后期时代人物，他是集阿拉伯炼金术、医学和哲学等知识之大成者。在他的代表作《医典》中，把无机矿物分为“石、可溶物、硫和盐”4大类；金属是由硫、汞以及决定各金属本性的杂质组成，汞是金属的精灵，硫能使金属有了可变性。与希腊炼金术不同的是，他否定了金属是可以互相转化的。

公元12世纪，阿拉伯的炼金术传到了西欧，很快被欧洲各国的王公贵族们当作了“延寿敛财”的法宝，在宫廷、教堂升起炉火，让炼金术士们为他们炼制“黄金”。仅英国皇帝亨利六世雇佣的炼金术士就达3000人之多。在欧洲黑暗的中世纪，一切科学都遭到了扼杀，唯有炼金术风风火火地发展起来。

欧洲炼金术士的观点与阿拉伯的基本相同，从其代表人物之一的罗哲·培根（1214~1294年）的主张中便可窥其一斑。他说：“汞硫为原始物，汞是金属之父，硫为金属之母。二者结合便得各种金属。贵贱金属的区别在于所含汞硫的比例和纯度不同；金属含有最纯粹的汞和硫。而贱金属只有借助一种灵药，即‘哲人石’的点化，才能清除自身的下贱成分，改变性质，转化为金银。炼金术就是为了制备‘哲人石’。”

欧洲人的炼金术非但没有超出阿拉伯人的水平，还更多一层浓厚的宗教色彩。深受中世纪神学思想统治的炼金术士们鼓吹，只有借助祈祷、咒语、巫术、招魂、卜卦，求得鬼神相助，才能实现“点石成金”的奇迹。然而，这种炼金术硬是统治欧洲早期化学领域达500年之久。

炼金术的初衷虽荒唐，又违背科学，无论东方还是西方的炼金术士们又无一人从炼丹炉里炼出什么“点石成金”的“哲人石”或长生不老之药，但是，历代炼金术士们在炼金过程中，亲自采集矿物、药物，做了许多实

验，自觉不自觉地积累了许多有关物质性质和相互作用的宝贵知识；发明了一些化学器皿和仪器；对自然界的物质有了最初的分类；发现了许多新物质如酒精、无机酸及金属盐类；制成了一些新的化合物；创造了一些新的化学方法，如合金、化合物制法等；搞清了一些化学元素，尤其是汞、铅、硫三者的化学性质。所以，炼金术又被称之为“原始化学”、“近代化学之母”。

在东西方风行了近 2000 年的炼金术，最终由于没有科学基础，而走向失败。随之而来的是近代化学——冶金化学和医药化学的兴起。

指南针

指南针是中国史上的伟大发明之一，也是中国对世界文明发展的一项重大贡献。指南针是利用磁铁在地球磁场中的南北指极性而制成的一种指向仪器。磁石的这种特性，被古人利用来制成指南工具。最早出现的指南工叫司南，战国时已普遍使用。它是利用天然磁石琢磨而成，样子像一只勺，重心位于底部正中，底盘光滑，四周刻 24 向，使用时把长勺放在底盘上，用手轻拨，使它转动，停下后长柄就指向南方。东汉王充《论衡》记载了它的形状和用法。《鬼谷子·谋篇》里还谈到郑国人到远处去采玉，就带了司南，以免迷失方向。另外，指南车的发明亦进一步把这种仪器提升至更高的境界。

但是，用天然磁石琢磨而成的司南，成品较低，磁性较弱。



古老司南的复制模型



到了宋代，人们发明了人工磁化方法，制造了指南鱼和指南针。而指南针更为简便，更具实用价值。它是以天然磁石摩擦钢针制成，在地磁作用下保持指南性能；以后把它装置在方位盘上，就称为罗盘。这是指南针发展史上的一大飞跃。

沈括对指南针放置方法也作过详细研究，总结出4种不同的方法，并作了比较：①水浮法。把指南针浮在水面以指示方向，至于具体方法，沈括没有说明。到北宋晚期，药物学家寇宗奭的《本草衍义·磁石条》才有介绍，原来是在指南针上穿上灯心草，就可以把针浮起。水浮法的缺点是磁针会随水摇荡不定。②指甲旋定法。把磁针放在指甲上，可以灵活运转，但缺点是容易滑落。③碗唇旋定法。把磁针放在碗口边缘上，也可以旋转自如，但同样易掉落。④悬丝法。取一根新棉丝，用一点蜡黏在磁针中央，悬挂在没有风的地方磁针即可指示方向。比较之下，沈括认为这个方法最为理想。

指南针在公元11世纪时已是常用的定向仪器。指南针的最大贡献，是大大地促进了航海事业的发展。据考证，公元11世纪末，指南针就开始用于航海了。大约在12世纪末到13世纪初，指南针由海路传入阿拉伯，然后由阿拉伯传入欧洲。

埃拉托色尼测定地球大小

希腊人是最早相信地球是一个球体的民族。自毕达哥拉斯以来，天球—地球的两球宇宙模型一直是希腊宇宙理论的基础，地球的概念为解释不少近地天文现象如月食提供了可信的依据，而天球的概念则很好地满足了柏拉图学派“拯救现象”的要求。亚历山大里亚有2位著名的学者立足于经验观测和理性判断，确立了这2个概念。他们中一位是埃拉托色尼，科学地确立了地球的概念，并定量确定了地球的大小。另一位是希帕克斯，创立了球面几何，为定量描述天球的运动提供了数学工具。

埃拉托色尼大约于公元前276年生于北非城市塞里尼（今利比亚的沙哈



特)，青年时代在柏拉图的学院学习过。他兴趣广泛、博学多闻，是古代世界仅次于亚里士多德的百科全书式的学者。只是因为他的著作全部失传，今人才对他不太了解。这样一位百科全书式的人物，当然为爱惜人才的托勒密王朝所青睐。他们邀请他到亚历山大里亚出任亚历山大图书馆馆长。这个职位很适合于他，于是他就来到了亚历山大里亚，在这里一直待到去世，享年 80 岁。

据史书记载，埃拉托色尼的科学工作包括数学、天文学、地理学和科学史。数学上，确定素数的埃拉托色尼筛法是他发明的；在天文学上，他测定了黄道与赤道的交角；在地理学上，他绘制了当时世界最完整的地图，东到锡兰，西到英伦三岛，北到里海，南到埃塞俄比亚；也许是利用图书馆馆长之便，他还编写了一部希腊科学的编年史，可惜已经失传。

埃拉托色尼最著名的成就是测定地球的大小，其方法完全是几何学的。假定地球真的是一个球体，那么，同一个时间在地球上不同的地方，太阳光线与地平面的夹角是不一样的。只要测出这个夹角的差以及两地之间的距离，地球周长就可以算出来了。他听人说，在埃及的塞恩即今日的阿斯旺，夏至这天中午的阳光可以直射入井底，表明这时太阳正好垂直于塞恩的地面。他测出了塞恩到亚历山大城的距离，又测出了夏至正中午时亚历山大城垂直杆的杆长和影长，这样就可以算出地球的周长了。埃拉托色尼算出的数值是 25 万希腊里，约合 4 万千米，与实际半径只差 100 多千米。在古代世界许多人还相信天圆地方的时候，埃拉托色尼已经能够如此准确地测算出地球的周长，真是了不起。这是希腊理性科学的伟大胜利。

蔡伦造纸

造纸术的发明，是我们中华民族对人类的一个重大贡献。公元 89 年，汉和帝即位，他提升一个小宦官蔡伦担任中常侍，让他参与国家大事。后来，蔡伦兼任尚方令，监督工匠为皇宫制造宝剑和其他用品。

蔡伦忠于职守，一上任就到各个作坊去视察。这一天，蔡伦来到制造



麻纸的作坊里，看到许多大缸里泡着青麻的茎皮。蔡伦很是好奇，就问这些是干什么用的，一个工匠告诉他，“青麻加上石灰，在水缸里泡上十天半个月就泡烂了，然后捶打成浆，就可以造麻纸了”。蔡伦觉得这太神奇了，连忙惊叹说：“好，好啊！”可是工匠接着说：“用这种方法造出的麻纸虽然比丝棉纸或绸缎花费的成本低，但麻纸太粗糙，吸墨性不强，写起字也很不方便。”

蔡伦听了这一番话，脑中若有所思。青麻纸现在还不尽如人意，但比从前用竹简写字方便得多，也比在绢帛上写字便宜得多。如果能把青麻纸改进一下，让它变得平滑光洁，又能吸墨，那就可以广泛使用了。

此后半个月，蔡伦天天到造纸作坊去，观察工匠们的造纸过程，有时还帮忙挑水或者用榔头捶打青麻，很受工匠们的欢迎和尊重。

蔡伦时刻都在思考改进造纸的方法，但苦于无从入手。为此他饭也吃不香、觉也睡不



蔡伦肖像

安。一天中午，他趴在桌上小憩，恍惚之中，他来到作坊旁的晒纸场。明亮的阳光下，灰蒙蒙的青麻纸一会儿变成黄色，一会儿又变成白色了。他伸手去抚摸纸面，感到十分平滑。忽然，天空中传来一阵雷声，紧接着哗哗地下起大雨来。“快收纸！”他大声喊着，随后就一下子惊醒了，原来是一场梦！他再也睡不着了，心想：能否改变造纸原料的配方呢？

他从家里找出一小捆破布头，立即赶到作坊。他找来最有经验的工匠王腊，叫他把破布头洗净，加入泡料的缸里。七八天以后，纸晒出来了。这一次造出的纸平滑得多，和梦里见到的那种灰白的纸差不多。蔡伦的心

中充满了无限的喜悦和希望。

随后，他和工匠王腊又经过多次试验，分别用柯皮、麻头、破布、旧渔网等做原料，再加入不同的填料和染料，制成了不同规格、不同质量、不同用途的纸。他造出的纸价廉物美，适合书写，很快得到了推广，并进入了寻常百姓家庭。

蔡伦的造纸术，后来被传到世界各地，经过各地技术人员和工匠一两千年的不断改进，造出了各种各样的书写纸、包装纸、建筑板纸等，为人类文明的传播做出了不可磨灭的贡献。

火 药

火药的发明应归功于炼丹家，它的问世经历了一个较长时间的孕育过程。在古代炼丹家的炼丹活动中，硫磺和硝是常用的药品。硫磺被视为“能化金银铜铁奇物”，硝石被认为可“久服轻身”，它们的易燃性亦在炼制活动中被炼丹家所认识。到了9世纪的唐代中叶时，炼丹家更发现了把硫磺、硝和炭混合在一起加热，会发生爆燃，引起火灾，烧伤人的手面，烧毁房屋。由此，人们便把以硫磺、硝和炭为主要成分配制而成的药物称为火药。在经过一段探索后，火药开始被实际应用。火药被引入医学，成为药物，用于治疗疮癣，以及杀虫、辟湿气瘟疫。

火药被引入军事，成为具有巨大威力的新型武器，并引起了战略、战术、军事科技的重大变革。大约在10世纪初的唐代末年，火药开始在战争中使用。初期的火药武器，爆炸性能不佳，主要是用来纵火。随着工艺的改进，火药的爆炸性能加强，新型的火器亦不断出现。《武经总要》中，记载有个火药配方，其中硝、硫、炭三者的比例分别为60% :30% :10%；61.54% :30.77% :7.69%；74% :26%（硝 :硫），已接近于现代黑色标准火药的配比。该书中还记载了一种叫做“霹雷火球”的火器，点燃后声如霹雳，为爆炸性火器之肇始。13世纪上半叶，制造出具有巨大爆炸力的火器。1232年，元兵攻打金人的南京（今河南开封）时，金兵曾使用一种叫



“震天雷”的武器，“火药发作，声如雷震，热力达半亩之上，人与牛皮皆碎迸无迹，甲铁皆透”，可见爆炸威力之强。

新式的管形火器也在13世纪的南宋时期出现。管形火器的出现，表明人类已在更高的层次了解火药的性能，能够更加有效地控制和操纵烈性火药。最先出现的管形火器是火枪，发明于1233年。它用巨竹制成，用以喷射火焰。1259年又发明了突火枪，也是用巨竹制成，内安子窠，点燃后“子窠发出，如炮声，远闻百五十余步”。宋时1步为5尺，约相当于1.58米。到了宋末或元初，管形火器已先后用铜或铁铸制，大型的叫火铳，小型的叫手铳，已经具备了近现代枪炮的雏形。

火药在古代还用来制作娱乐用的焰火。逢年过节时，不管达贵人还是平民百姓，都喜欢放爆竹、燃焰火，增添节日的喜庆。此外，火药被利用于开山、破土、采矿等。

火药的发明是我国人民对世界科学所做的巨大贡献之一，为人类的文明史写下了不朽的篇章。12世纪时，火药还未传入欧洲，士兵们只得像唐·吉福德那样，骑在马上用盾牌、长矛、刀剑进行冲杀。人民根本无法用这些原始的武器，冲开贵族领主们所盘踞的坚固城堡。一直到元代初期，蒙古人西征中亚、波斯等地时，阿拉伯人才通过交战知悉了包括火箭、毒火球、火炮、震天雷在内的火药武器，进而掌握了火药的制造和使用。欧洲人又是在和阿拉伯的战争中，接触和学会了制造火药和火药武器的。火药、火器传到欧洲，不仅对作战方法本身，而且对资产阶级战胜封建贵族起了一定作用。恩格斯曾这样评价过：“火药和火器的采用绝不是一种暴力行为，而是一种工业的，也就是经济的进步。”

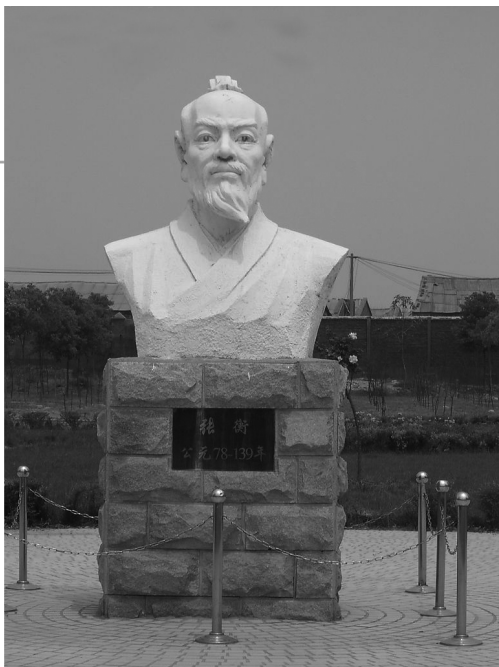
候风地动仪

候风地动仪是汉代科学家张衡的又一传世杰作。在张衡所处的东汉时代，地震比较频繁。据《后汉书·五行志》记载，自和帝永元四年（公元92年）到安帝延光四年（公元125年）的30多年间，共发生了26次大的



地震。地震区有时大到几十个郡，引起地裂山崩、江河泛滥、房屋倒塌，造成了巨大的损失。张衡对地震有不少亲身体会。为了掌握全国地震动态，他经过长年研究，终于在阳嘉元年（公元132年）发明了候风地动仪——世界上第一架地震仪。

据《后汉书·张衡传》记载，候风地动仪“以精铜铸成，圆径八尺”，“形似酒樽”，上有隆起的圆盖，仪器的外表刻有篆文以及山、龟、鸟、兽等图形。仪器的内部中央有1根铜质“都柱”，柱旁有8条通道，称为“八道”，还有巧妙的机、关。



张衡雕像



候风地动仪复制模型

樽体外部周围有8个龙头，按东、南、西、北、东南、东北、西南、西北8个方向布列。龙头和内部通道中的发动机关相连，每个龙头嘴里都衔有1个铜球。对着龙头，8个蟾蜍蹲在地上，个个昂头张嘴，准备承接铜球。当某个地方发生地震时，樽体随之运动，触动机关，使发生地震方向的龙头张开嘴，吐出铜球，落到铜蟾蜍的嘴里，发生很大的声响。于是人们就可以知道地震发生的方向。

汉顺帝阳嘉三年十一月壬寅（公元134年12月13日），地动仪的一个龙机突然发动，



吐出了铜球，掉进了那个蟾蜍的嘴里。当时在京城（洛阳）的人们却丝毫没有感觉到地震的迹象，于是有人开始议论纷纷，责怪地动仪不灵验。没过几天，陇西（今甘肃省天水地区）有人飞马来报，证实那里前几天确实发生了地震，于是人们开始对张衡的高超技术极为信服。陇西距洛阳有1000多里，地动仪标示无误，说明它的测震灵敏度是比较高的。

据学者们考证，张衡在当时已经利用了力学上的惯性原理，“都柱”实际上起到的正是惯性摆的作用。同时张衡对地震波的传播和方向性也一定有所了解，这些成就在当时来说是十分了不起的，而欧洲直到1880年，才制成与此类似的仪器，比起张衡的发明足足晚了1700多年。

关于地动仪的结构，目前流行的有2个版本：①王振铎模型（1951年），即“都柱”是一个类似倒置酒瓶状的圆柱体，控制龙口的机关在“都柱”周围。这一种模型最近已被基本否定。②另一种模型由地震局冯锐（2005年）提出，即“都柱”是悬垂摆，摆下方有一个小球，球位于“米”字形滑道交汇处（即《后汉书·张衡传》中所说的“关”），地震时，“都柱”拨动小球，小球击发控制龙口的机关，使龙口张开。另外，冯锐模型还把蛤蟆由面向樽体改为背向樽体并充当仪器的脚。该模型经模拟测试，结果与历史记载吻合。

那么，地动仪的内部结构究竟什么样子呢？有不少学者对此作过探讨。早在南北朝时，北齐信都芳撰《器准》、隋初临孝恭作《地动铜仪经》都对之有所记述，并传有它的图式和制作方法。可惜的是唐代以后，二书均失传。今人的研究则以王振铎之说影响最大。王振铎根据前人的猜测，讨论了地动仪内部可能有的各种结构，最后推断都柱的工作原理与近代地震仪中倒立式震摆相仿。具体说来，都柱就是倒立于仪体中央的1根铜柱，8道围绕都柱架设。都柱竖直站立，重心高，一有地动，就失去平衡，倒入8道中的1道。8道中装有杠杆，叫做牙机。杠杆穿过仪体，连接龙头上颌。都柱倾入道中以后，推动杠杆，使龙头上颌抬起，将铜丸吐出，起到报警作用。



毕昇发明活字印刷术

公元 1041~1048 年，平民出身的毕昇用胶泥制字，把胶泥做成四方长柱体，一面刻上单字，再用火烧硬，使之成为陶质，一个字为一个印。排版时先预备一块铁板，铁板上放松香、蜡、纸灰等的混合物，铁板四周围着一个铁框，在铁框内摆满要印的字印，摆满就是一版。然后用火烘烤，将混合物融化，与活字块结为一体，趁热用平板在活字上压一下，使字面平整。便可进行印刷。用这种方法，印二三本谈不上什么效率，如果印数多了，几十本以至上千本，效率就很高了。为了提高效率常用 2 块铁板，一块印刷，一块排字。印完一块，另一块又排好了，这样交替使用，效率很高。常用的字如“之”、“也”等字，每字制成 20 多个印，以备一版内有重复时使用。没有准备的生僻字，则临时刻出，用草木火马上烧成。从印板上拆下来的字，都放入同一字的小木格内，外面贴上按韵分类的标签，以备检索。毕昇起初用木料做活字，实验发现木纹疏密不一，遇水后易膨胀变形，与黏药固结后不易去下，才改用胶泥。



毕昇雕像