

中国
文化
知识
大观
园

科技军事卷

辽海出版社

古代发明与发现

邢春如 刘心莲 李穆南 主编



• 中国文化知识大观园 · 科技军事卷 •

古代 发明与发现 (下)

邢春如 刘心莲 李穆南 主编

辽海出版社

在不断的劳动实践中，古巴蜀人民发明了一系列专用的钻井工具，总结出一整套钻井技术，开凿出一大批很深的天然气井。据有关资料记载，在清乾隆年间，自流井地区（现自贡）有一口天然气井深度为530米，产气量为每日160立方米。到了清朝末年，钻井深度达1200米以上，日产1万立方米天然气的气井有10多口。

中国古代劳动人民在开采天然气过程中发展的深井钻探技术，大约在1828年传到欧洲。当时一位名叫英伯特的法国驻华外交官给法国一个科学协会写了一封信，信中说，他亲眼看到中国人用周长10多米的轮子，转动50次，提取一桶桶盐水。有位名叫约巴德的工程师，据此立即试用了中国人的方法。后来，约在1834年，欧洲人首次成功地用中国的钻探技术开凿了盐井，1841年又用于开凿油井。1859年，德莱克上校在美国宾夕法尼亚州石油湾用中国的竹缆方法钻出了一口油井，而此项技术很可能就是从当时在美洲修筑铁路的中国劳工那里获得的。至此，中国的深井钻探技术迅速传播开来，被世界各国仿效采用。

铜矿的开采

据考古学家考证，中国古代对铜矿的开采最晚到商朝时期就已初具规模。

1989年1月27日《中国文物报》报道，在江西瑞昌铜岭，科学家们发现有一处中国商朝时期的大型铜矿遗址，这是科学家目前发现的中国最早的一处采铜遗址。这个遗址的面积约25万平方米。科学家们在已挖掘出的300平方米范围内，发现有竖井24口，平巷3条，露天采矿坑一处，选矿槽一处。这些发现说明：中国古代劳动人民在商代时期就已会采用竖井、平巷、坑采等联合开采方法来开采矿物。

1979年4月，科学家们在湖南麻阳发现一处春秋战国时的

铜矿遗址，这里有古代的矿井 14 处，其中一处还是露天开采，其余的是地下开采。1974 年，湖北大冶铜绿山曾发掘出了春秋战国时期的另一处铜矿井，这个古矿井保存得非常完整，是一个很有价值的历史实物。考古学家们发掘出了两处井口：“十二线老窿”和“二十四线老窿”，两处相距 300 多米。“十二线老窿”的发掘点距地表面达 40 多米，在这 50 平方米的发掘面积里，发现了 8 个竖井和一个斜井。竖井的井口直径约 80 厘米。“二十四线老窿”的发掘点距地表面 50 多米。在约 120 平方米的发掘面积里，有 5 个竖井，1 条斜巷和 10 条平巷。竖井的井口直径一般是 110 到 130 厘米，比“十二线老窿”大。

像这样的采矿规模和技术，在中国古代的史书中很少有记载。宋朝孔平仲写的《谈苑》中讲到了铜矿开采情况。书中写道：“韶州岑水场，往岁铜发，掘地二十余丈即见铜。今铜益少，掘地益深，至七八十丈。役夫云：地中变怪至多，有冷烟气中人即死。役夫掘地而入，必以长竹筒端置火先试之，如火焰青，即是冷烟气也，急避之，勿前，乃免。”这段话讲的是今广东韶关一带，据说那里原来的铜矿比较丰富，现在铜矿少了。文里所说的“冷烟气”可能指的是含一氧化碳较多的天然气。这里讲到了矿井的深度和防止天然气的办法，但对整个矿井的结构没有记载。在明朝宋应星著的《天工开物》中曾提到：“湖广武昌、江西广信皆饶铜穴”，“凡出铜山，夹土带石，穴凿数丈得之”。到清朝时，中国关于矿井的文献记载才逐渐多起来。譬如王崧的《矿厂采炼篇》、张泓的《滇南新语》等。

铜镜

在原始社会时期，世界上是没有镜子的，人们只能以清澈见底的水，来显示自己的容貌。那时，中国古代人想出了一个用陶盆盛水照自己的影子的办法。在甲骨文和金文中，就已有“监”

这个字，形状如人临器皿俯视的样子，即古文中所说的：“人监于水”。在世界上的第一部字典《说文解字》中，有“监，临下也”的解释。

现在的镜子多采用玻璃材料，然而在中国古代，人们却是“以铜为鉴，可正衣冠”。据考古学家考证，中国古代铜镜的铸造时间是非常早的。古籍《黄帝内传》上写道：“帝既与西王母会于王屋，乃铸大镜十二面，随月用之。”《玄中记》中曰：“尹寿作镜，尧臣也。”这说明，中国早在大约 3600 多年前的商朝，就已会做铜镜了。1976 年，考古学家在河南安阳殷墟五号墓里，发现了 5 面商代后期的铜镜。这是世界上目前发现最早的铜镜实物。

铜镜在战国时期开始流行于中国。那时，铜镜的镜面多为圆形，虽然铜镜上大都没有文字，但刻有各种花纹。在现在的故宫博物院里，就收藏有一件花纹是蛙形的战国铜镜，实为罕见。

西汉时期，汉武帝曾在宫殿里设有专门掌管铜镜的“尚方官”。当时的铜镜非常厚重，形状仍为圆形。有的铜镜背面还有吉祥语，如“长命富贵”、“长宜子孙”等。当时有的铜镜还有透光效应，一般称为“透光镜”，这种铜镜只要一遇到日光或灯光照射镜面，与镜面相对的墙上就会出现镜子背面的花纹的形象。这种铜镜被古人称为“魔镜”。

东汉至魏晋南北朝时期，中国古代劳动人民又创造了浮雕纹饰的画像镜。画像镜多以历史或神话故事为题材，如姜子牙、孙悟空、伍子胥等人物造型。

唐朝时期，铜镜仍比较厚重，因为镜子内锡的成分增多，镜面显得洁白光亮。其形状有圆形、八棱形、菱形，以及带把的铜镜。花纹有蝴蝶、葡萄、猛兽、凤鸟、鹦鹉和人物故事及神话传说、打马球等。这说明，那时中国的铜镜的制作工艺有了很大发展。

宋朝时期，菱形的铜镜开始流行起来，而且一般都带把。但到了宋朝后期，中国铜镜的制作水平却开始下降。元、明、清三代，除仿制以前朝代的铜镜外，铜镜的制造业已经开始走下坡路。到了清朝乾隆年间，中国开始流行玻璃镜子，铜镜也就因此退出了历史舞台。

风箱

风箱，是中国古代劳动人民发明的一种世界上最早的鼓风设备。这种古老的设备能够使炉中的火焰熊熊燃烧起来。考古学家从文献记载上看到，中国古代的大哲学家老子曾经说：“天地之间，其犹橐龠乎？虚而不屈，动而愈出。”这句话的意思是说：“天地万物其实就像一个很大的皮革做的鼓风器，里面充满了空气，所以天不会塌下来。它越是活动，放出的空气就越多。”“橐龠”就是古代的一种鼓风器，是“风箱”一词的古称。老子生活的年代是公元前4世纪，因此科学家推断出，中国早在公元前4世纪时，民间就已经普遍开始使用风箱这种鼓风器了。

在中国古代，风箱是一种非常重要的工具。尤其在冶炼金属方面，风箱更是必不可少的设备。宋朝时期，中国古代的劳动人民发明了一种双动式活塞风箱，这种风箱有许多优点，所以刚发明出来，就在中国民间普遍使用，甚至直到今天，北方农村中有些地方仍在使用这种风箱。

双动式活塞风箱整体为一个矩型的木箱，箱内用一个隔板又分为两层，上层内装有活塞，活塞与拉杆相连而且又和风箱外的拉手相接，在活塞与隔板相接的地方，有一些羽毛，这样可以防止空气溢出。下面一层是风道，隔板的两端有两个风口，箱两端各有一个进风孔，口上装有一个活瓣，活瓣可使空气只朝一个方向流动。使用这种风箱的时候，只要把风箱上的拉杆一拉一推，即可使空气往复运动。这样炉中的焰火在风的吹动下就会越烧越

旺。风箱在中国的发展经历了漫长的岁月，从战国时期的皮革橐龠到东汉时期的木扇式水排，直到宋朝时期的双动式活塞风箱。风箱这种世界上最古老的鼓风机，使中国古代在这方面的研究一直处在世界先进行列。

公元16世纪时，中国的风箱传入欧洲。1916年，欧洲人在中国发明的风箱上做了一些小的动力改进，因而发明出双动式水泵，但他们所运用的动力原理却是中国人首先发现的。19世纪时，一位西方的科学家认为世界上最完美的鼓风机就是根据中国风箱改进的水泵。可见中国古代发明的风箱在世界上占有重要地位。

炒钢技术

钢分为许多种，其中有一种叫做“炒钢”。为什么要取这么个怪名字呢？因为这种钢在冶炼过程中，要不断地搅拌，像炒菜一样，所以叫炒钢。

这种炒钢的原料是生铁，制造的要点是要先把生铁加热到液态或是半液态，然后利用鼓风或撒入精矿粉的办法，使硅、锰、碳这些元素氧化，最后把含碳量降低到钢和熟铁的成分范围，就制造出炒钢来了。炒钢的产品多是低碳钢和熟铁，但是如果控制得当，就会得到中碳钢和高碳钢。

据考古学家考证，中国早在西汉的时候，就已经掌握炒钢技术，是世界上最早会制造炒钢的国家。近年来，科学家们在河南巩义市发现了大量的中国汉朝时期的炒钢炉。此外，还发现了一些当年的炒钢产品。科学家用精密的仪器分析，那些炒钢中的含碳量为1.28%，有的只有0.048%。

世界上最早有关炒钢的记载，见于中国古代东汉时期的《太平经》第七十二卷，书中写道：“使工师击冶石，求其铁，烧冶之，使成水，乃后使良工万锻之，乃成莫邪耶。”这里的

“水”就是指生铁水。

炒钢的优点是它的成分可以适当控制，所以生产率比较高，质量也比较好。18 世纪中叶，英国也发明出了炒钢法，在当时的产业革命中起了很大的作用。著名的政治家、思想家马克思，曾怀着极大的热情对当时英国炒钢的发明给予了很高的评价。他认为不管怎样赞许这种炒钢法的优越性，也不会夸大了对这一革新的重要意义。

在现代社会，人们常把由矿石直接制造成钢的工艺叫“一步冶炼”或“直接冶炼”；如果是把矿石先炼成生铁，然后再由生铁炼成钢，则叫“两步冶炼”或者是“间接冶炼”。炒钢的生产过程也和“间接冶炼”一样分两步：先炼生铁，后炼钢。因此，中国古代对炒钢的发明也可以说是世界上“两步冶炼”的开始。这是中国具有划时代意义的一项重大发明。

矿产文献

《五藏山经》，是中国古籍《山海经》中的一篇，写于公元前 5 世纪。它较详细地记载了当时的中国矿物。比国外最早的矿产文献——希腊学者乔菲·司蒂斯记有 16 种矿物的《石头志》文献约早 200 年。

青铜冶炼据考古发掘和古书《史记·封禅书》等记载，中国在夏代已经冶炼青铜，进入青铜时代。许多考古表明，中国在冶铜技术和规模上，殷商已很发达，西周进入鼎盛时期。距今已约 4000 年，表明中国是世界最早冶炼青铜和进入青铜时代的国家。

黄铜冶炼

三国时期魏人钟会在《刍荒论》中有关于冶炼铜锌合金——黄铜的记载。此距今已约 1700 多年，表明中国是世界最早

冶炼黄铜的国家。

白铜冶炼

晋代常璩著《华阳国志》已有铜镍合金——白铜的记载。元明时按铜四镍一的比例，大量用来制币。此距今已约 1600 年左右，比外国（英国、德国于 1823 年始制成功）约早 1500 年，表明中国是世界最早冶炼白铜的国家。

胆水炼铜

西汉《淮南万毕术》记载：“曾青（即胆矾、胆水）得铁，则化为铜。”东汉《神农本草经》中也有关于胆水炼铜的记载。此距今已约 2000 年，比国外（欧洲 1947 年正式开始采用）约早 1500 年，表明中国是世界最早用胆水炼铜的国家。

合金比例

古书《周礼·考工记》有铜锡合金的详细比例记载。此距今已约 2500 年，表明中国是世界最早发现合金比例的国家。

铝合金

1953 年南京博物院考古工作者在江苏宜兴周处将军墓发掘出的铝饰片，经考证鉴定含铝 85%。它比国外最早制得的时间（德国孚勒于 1827 年始制得）早 1530 年，是世界最早的铝合金。

失蜡铸造法

是铸造器形和雕镂复杂器物的一种精度较高的铸造方法。中国是世界上最早发明失蜡铸造法的国家。湖北随州战国时代曾侯乙墓出土的尊与盘上玲珑剔透的透空附饰，是确认用失蜡法铸造的铜器，其时代为公元前 5 世纪。浙川县出土的用失蜡法铸造的

春秋时代的几件铜器，在时间上比前者又提早 120 多年，是中国已发现的最早的用失蜡法铸造的实物。北宋王溥（922 ~ 982）著的《唐会要》中记载，唐开元年间（713 ~ 742）使用蜡模铸造开元通宝，这是中国关于失蜡法的最早记载。

铜鼓铸造

中国最早的古代铜鼓，是 1975 年底到 1976 年初云南省博物馆考古工作者在楚雄万家坝发掘古墓时发现的 4 件古代铜鼓。这 4 件古代铜鼓是在挖掘的 79 座古墓中的第 23 号古墓中发现的。从鼓的纹饰等来看，属于早期雏形鼓，是用铜、锡合金的青铜，采用合范法铸造的。鼓都比较小，最大的一面口径只有 47 厘米，高 40 厘米，胸径 65 厘米，足径 70 厘米。装饰花纹简单，鼓面均有太阳纹。鼓内壁有稚拙的云纹、四足爬虫纹或菱形网格纹。鼓内有烟熏的痕迹，说明当时的铜鼓是从釜演变而来，尚处于乐器、炊器分工不甚严格的初级阶段。经测定，这 4 件铜鼓的制作年代距今 2640 年，相当于春秋中期，是中国也是世界上最早的古代铜鼓。

铸币

发掘于河南安阳大司空村商代（前 14 世纪 ~ 前 11 世纪）晚期墓葬中，共 3 枚，形似贝币中的齿贝，青铜铸成，距今已 3000 多年。国外最早的铸币（前 7 世纪小亚细亚吕底亚人曾制铸币）早 400 余年，是世界最早的铸币。

锻币

现考古发掘出的锻币形状似铲（一种古代农具），锻造而成，其形式有“耸肩”等多种。春秋战国时期流行于韩、赵、魏诸国。距今已约 2500 年，是世界最早的锻币。

纪年币

淳熙元宝钱，南宋孝宗淳熙年间制造。从公元1180年（淳熙七年）开始，所制钱币上即加铸制造年份。比国外（欧洲）最早的纪年币早300多年。

生铁冶炼

于江苏六合县考古发掘出的生铁，经考古学家化验分析，此铁年代属春秋时代晚期，含碳量在2%至6.67%之间，为白口生铁。距今已约2500年，是世界最早的生铁。

可锻铸铁

创制于战国时期，在中原一带多有考古发掘。如属耐冲击的黑心可锻铸铁，属较强硬的白心可锻铸铁。这些都比国外最早的可锻铸铁早约2200多年，中国是世界上最早发明可锻铸铁的国家。在河北藁城发现的商代（约前16世纪～前11世纪）铁刃铜钺，是世界上已发现的最早的陨铁锻造的铁器。江苏六合县程桥镇两座东周（前770～前256）墓中出土的铁块和铁条，是中国已发现的最早的生铁实物，其中的铁条，是经过锻造而成的铁器残部。河南洛阳出土的战国（前475～前221）铁铲，也属可锻铸铁。中国古代的可锻铸铁技术在魏晋南北朝后逐渐失传。1670年，英国的鲁伯特获得可锻铸铁技术专利。1722年，法国炼出白心可锻铸铁。1926年，美国炼出黑心可锻铸铁。

球墨铸铁

1956年在河南省巩县铁生沟考古发掘出的铁器，经专家鉴定，发现有些铁器的截面均分布有典型的球状石墨，是典型的球墨铸铁。此距今已约2000多年，是世界最早的球墨铸铁。

硬模铸锅

创制于春秋战国之交时期，用这种方法浇铸的铁锅，不会有毛疵和砂眼。此距今已约 2500 多年，中国是世界最早的使用硬模铸锅的国家。

水力鼓风机

创制于公元 31 年，由东汉南阳太守杜诗制造，主要用于冶炼铁。比欧洲早 1100 年左右，是世界最早的水力鼓风机。

铸造学专著

是由清代浙江省炮局监制军机龚振麟作于公元 1840 年 ~ 1842 年间的《铁模铸炮图说》，载于《海国图志》书内。此著距今已 150 多年，是世界最早的铸造学专著。

金属外镀术

湖北出土的春秋时期越王勾践的宝剑、吴王夫差的宝剑，陕西出土的秦始皇陪葬陶俑坑出土的 3 把宝剑，埋在地下 2000 多年都还光亮不锈，十分锋利。经现代科学研究，这些青铜兵器都经过很好的外镀处理。表明中国是世界上最早发明金属外镀术的国家。

制造炭黑

在公元 3 世纪的晋代，人们已知用烧制的松木来制炭黑，并配上胶来制胶墨。北魏时贾思勰所著《齐民要术·卷九·合墨法》中，更详细记载了制造炭黑的方法。此距今已约 1600 年，它表明中国是世界最早制造炭黑的国家。

制造焦炭

广东新会县有一南宋末年（1270 年左右）的冶铁遗址，内有供冶金使用的焦炭，它比国外最早的焦炭（英国于 1788 年始制用焦炭）约早 500 多年，是世界最早的焦炭。

海水煮盐

据研究考证，中国夏时已产盐，主要为海水煮盐。主产于福建沿岸等地。殷商时，规模扩大，不仅有海水制盐，且有湖水制盐，不仅有制盐工人，且有管盐的“盐人”。战国时，有池水制盐，也有井卤煮盐。最早距今已约 4000 年，表明中国是世界最早的产盐国。

井盐生产

最早产于四川省临邛（今邛崃县）。据《华阳国志·蜀志》载，此地制井盐，“井有二水（即卤水），取井火（今名天然气）煮之，一封水得五织盐”。后成都出土的汉代“盐场画像砖”，仍有用天然气煮井盐的场面。此距今已 2200 多年，是世界最早制井盐的地方。

制盐工艺

中国上古制盐工艺，起源甚早。据记载和考证，殷商时代已有海水煮盐工艺，周朝时期已有湖水煮盐工艺，春秋战国时已有池水晒盐工艺和井卤制盐工艺。这些工艺中。海水煮盐工艺最早，距今约 4000 年，是世界最早的制盐工艺。

七、建筑工程发明与发现

用火和厨房

1965年，中国科学工作者在云南省元谋发现了一处原始人类的遗址，经测定距今已有170万年的历史。在这一遗址中，除找到人类的牙齿化石和古人制作的石器外，还有很多燃烧过的炭屑灰烬，大的有如黄豆，小的好似芝麻。在灰屑、灰烬中还有烧过的兽骨。这说明元谋人当时已知使用天然火。他们用火取暖、照明，乃至烧烤兽肉，从而大大增强了征服自然、利用自然的能力。这是迄今所知世界上人类最早的用火实证。

用火是人类历史上的一件大事。恩格斯曾说火“第一次使人支配了一种自然力，从而最终把人同动物分开”。英、美几位科学家根据在肯尼亚的发现，估计人类在140万年前已开始用火。而中国的考古发现则把这一估计又提前了30万年。

人类发明用火，使食物结构发生质的变化。由生食到熟食，极大地促进了人类的进化。火的被使用，又迫使人们在经常制作熟食时必须有一个相对固定的地方，也就是需要最原始的厨房。于是，人类历史上最早的厨房又在中国诞生。

中国旧石器时代的重要遗址——北京周口店遗址的鸽子堂西侧第三层，有一块巨大的石灰岩块，长12米，厚5米，横跨于南北两洞壁之间。在这块岩石上，有两大堆灰烬，其中有烧骨和烧石，还有碎骨片。据考古学家研究，这里便是人类最早的自然厨房，也是人类最早的能源革命的发祥地之一，距今大约50万

年~60 万年。这个发现，是研究人类发展史和中国原始社会史的极其珍贵的材料。

木桥

在古代，如果仅从架设桥梁的材料上分，木桥应该是最先造福于人类的。世界上第一座真正的桥梁很可能是木桥，而不会是其他的桥。在古代的江河溪流上，肯定到处都会看到它的踪影。但是，现代的人类却无法知道世界上的第一座木桥究竟诞生于何时。

1989 年，陕西省咸阳市沙河古道，发现两座古代木桥建筑，专家们考证认为，其中一座建于西汉，是国内外迄今发现的时代最久远、规模最宏大的木桥遗址。

两座木桥遗址，是咸阳市台乡王道村农民掏沙时发现的。现已查明，一号桥址 16 排 112 根木桩，每排间距 3 至 6 米，已露出的木桩高 1.6 米左右，直径约 40 厘米，上端残缺不全，有火烧痕迹，桥面已不复存在，桥南端发现面积约 8 平方米大型铁板 6 块。二号桥在一号桥东 300 米处，发现 5 排 41 根木桩，排距 8 米左右，露出的木桩高 2 至 3 米，还发现 9.54 米的方形大梁一根。两座木桥均宽 16 米，皆为榫卯结构。

两座古桥虽掩埋于早已枯竭的泔河溢水道沙河内，但根据对沙层的分析，上面是沙粒较大的泔河沙，下层则是渭河含土量较大的细沙，说明此处为渭河的古河道。据测定，一号桥桩距今已 2100 余年，很可能是史书记载的汉武帝建元三年（前 138）建造的丝绸之路必经的西渭桥遗址。这两座古桥的发现，不仅为研究秦汉时期的政治、经济、文化提供了宝贵的实物资料，而且在中国和世界桥梁史上都有着十分重要的意义。

浮桥

各国考古学家综合各种史料证明：人类有史记载的第一座桥是中国的浮桥。

中国古代劳动人民曾经在江河之上、峡谷之间建造了无数的桥梁。但桥梁究竟起源于什么时代，现无从考证。也许最初的“桥梁”是一棵因自然现象歪倒在小河边伸向对岸的大树，但是人类有目的地建造并有文字记载的桥梁是西周时期。古文中记载最早的有关桥的事，是西周初期周文王为了迎亲，用船在渭水上搭的浮桥，距今已有 3000 余年；又据《史记·秦本纪》记载，公元前 257 年秦昭襄王时，在山西蒲州（今风陵渡）黄河上曾架设了一座大浮桥，这是有史记载的在黄河上架设的最早一座大桥。

自从渭河浮桥、黄河浮桥书写在中国史书上后，各种各样的桥梁相继出现在中华大地上。按使用材料分，有木桥、竹桥、藤桥、石桥、铁桥等；依据构造样式又可分为板桥、索桥、拱桥、墩桥等。竹桥，较著名的如四川都江堰上的安澜桥，最初完全用竹索修建，建于秦昭王（前 306 ~ 前 251）时；石拱桥，较著名的如河北赵县的赵州桥，建于距今 1400 多年前的隋朝，还有北京西郊的卢沟桥，建于距今 800 多年前的金代；铁桥，较著名的如四川泸定县的铁索桥，即泸定桥，建成于清康熙年间（1706）。

中国人建造桥梁是世界上的一个重大发明，而其古代桥梁建筑堪称世界第一。从赵州桥、卢沟桥、泸定桥等古代桥梁的建造到今天，勤劳、智慧、勇敢的祖先在中华辽阔的大地上建造起了难以计数的各式各样造型优美、方便实用的桥梁。这些桥梁经历了漫长岁月中的无数次洪水和地震的考验，仍然完好无损地发挥着巨大的作用，这充分显示了中国古代劳动人民的伟大智慧和高超技术。现在，我国的造桥业已经达到世界先进水平，长江、黄河等大江大河上的许多大桥和城市中的大型立交桥就是明证。

弓形石拱桥

在众多式样的中国桥梁中，最负盛名的是石拱桥，中国的石拱桥在世界桥梁史上占有显著的地位。中国人很早就发明了石拱桥，最迟不会晚于汉代，从出土的汉代画像石上可看到石拱桥的图案。又据《水经注》记载，公元 282 年晋代时，河南洛阳东六七里有一座石建的“旅人桥”，这是古书上记载最早的石拱桥。这座半圆形的石拱桥，桥建好后，桥上行人，桥下可行船。

世界著名的石拱桥要数中国河北赵县的安济桥，也称赵州桥，是由隋代工匠李春设计、监造的。唐代有名望的中书令张嘉贞在《安济桥铭》中说：“赵郡汶河石桥，隋匠李春之迹也，制造奇特。”安济桥建于公元 591 年 ~ 599 年，它的奇特之处在于李春改变了拱的形状，把半圆形拱改成弓形拱，这就使桥面坡度减小，便于车马通过和人们行走。安济桥全长 50 多米。桥面宽 9 米，桥下仅有一个大孔，两个桥墩之间的距离达 37 米，几乎占桥长的五分之四，拱高却仅有 7.23 米，跨度大而桥面低。另一奇特之处是在拱两端各设两个小拱，也称“敞肩拱”。以往的石拱桥都是采用“实肩拱”，“敞肩拱”的出现是李春对桥梁建设的一项重大改革，也是一项创举。采用“敞肩拱”有以下 5 个优点：一是大桥载重时，小拱可以承担部分压力，以减少主拱的压力，从而提高了整个大桥的承载能力和抗变形能力。二是减小洪水对桥身的冲击力，洪水泛滥时，可以从小拱中进行分流，避免被猛烈的洪水冲毁。三是减轻大桥自身的重量，自然也减少了桥墩对河岸的垂直压力和水平推力，防止河岸破坏。四是节省建筑材料。五是使大桥在造型上更加优美。

另一个著名的弓形石拱桥是位于北京城西永定河上的卢沟桥。它修建于公元 1187 年 ~ 1192 年间，是中国桥梁建筑史上的又一杰作。永定河实际是一条不安定的河，几乎年年春季有冰