

KEJIBOLAN

科技博览大视野丛书

DASHIYE

# 中华科技

孙广来/主编



内蒙古人民出版社

· 科技博览大视野丛书 ·

# 中华科技

孙广来/主编

内蒙古人民出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

中华科技/孙广来主编,一呼和浩特:内蒙古人民出版社,  
2007.5

(科技博览大视野丛书)

ISBN 978-7-204-09085-3

I. 中... II. 孙... III. 科学技术—中国—青少年读物  
IV. N49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 071073 号

## 科技博览大视野丛书

孙广来 主编

---

|      |                                 |
|------|---------------------------------|
| 责任编辑 | 王继雄                             |
| 封面设计 | 山羽设计                            |
| 出版发行 | 内蒙古人民出版社                        |
| 地 址  | 呼和浩特市新城区新华东街祥泰大厦                |
| 印 刷  | 三河市德辉印务有限公司                     |
| 经 销  | 新华书店                            |
| 开 本  | 787 × 1092 1/32                 |
| 印 张  | 120                             |
| 字 数  | 1900 千字                         |
| 版 次  | 2007 年 6 月第一版                   |
| 印 次  | 2007 年 6 月第一次印刷                 |
| 印 数  | 1-5000(套)                       |
| 书 号  | ISBN 978-7-204-09085-3/G · 2550 |
| 定 价  | 458.00 元 (全 32 册)               |

---

如出现印装质量问题,请与我社联系。

联系电话:(0471)4971562 4971659

## 目 录

|                         |      |
|-------------------------|------|
| 璀璨夺目的青铜文化 .....         | (1)  |
| 中国古代手工业的伟大创举——陶瓷 .....  | (6)  |
| 墨子与《墨经》 .....           | (8)  |
| 四大发明之一——造纸术 .....       | (10) |
| 《九章算术》——我国最早的数学著作 ..... | (14) |
| 古典数学的明珠——圆周率的推算 .....   | (17) |
| 华佗和麻沸散 .....            | (21) |
| 石窟艺术与建筑 .....           | (25) |
| 四大发明之二——“文明之母”印刷术 ..... | (28) |
| 孙思邈和《千金方》 .....         | (33) |
| 四大发明之三——火药 .....        | (38) |
| 四大发明之四——指南针 .....       | (43) |
| 李时珍与《本草纲目》 .....        | (46) |
| 天坛建筑 .....              | (53) |
| 徐光启与《农政全书》 .....        | (57) |
| 明代的万里长城 .....           | (62) |
| 宋应星与《天工开物》 .....        | (65) |

|                        |      |
|------------------------|------|
| 近代的“张衡”——李善邦 .....     | (69) |
| 气象学界的一代宗师——竺可桢 .....   | (74) |
| 设计修建钱塘江大桥的人——茅以升 ..... | (78) |
| 轰动法国的中国人——严济慈 .....    | (83) |
| 新中国地质科学的奠基人——李四光 ..... | (87) |
| 中国导弹之父——钱学森 .....      | (91) |
| 探索生命奥秘的人——童第周 .....    | (96) |



## 璀璨夺目的青铜文化

奴隶社会的灿烂文化主要是青铜文化,因而又把这个时期称为青铜时代。

由纵的方向上看,中国青铜冶铸技术的发展大体可分为三个时期:商代中期以前是产生期,这时期,具有我国独特色彩的陶范熔铸术已基本形成;自商代中期以后,到西周初,是鼎盛期,出土的大量精美、复杂的青铜器多是这一时期的产物,陶范熔铸术更加成熟,出现了浑铸、分铸、分范、填范等多种手法;西周中期以后是延展期。这时又出现了失蜡法、焊接、嵌错等多种工艺技术,而且冶铸规模和分布地也扩大了,直至到春秋战国之交,铁器的使用逐渐增多,青铜生产才慢慢居于次要地位。

所谓青铜,主要是铜、锡、铅等元素的合金,是相对于铜锌合金的“黄铜”、铜镍合金的“白铜”而言的,它与纯铜相比,主要具有熔点较低、硬度较高的特点,因而具有良好的铸造性能和机械性能。青铜与人类的发展关系极为密切,素有“文化金属”之美誉。

人类是如何由使用石器进化到使用青铜的呢?

据研究认为,随着石器制作技术的不断改进,人类开始拣取质地较硬的石块制作石器,有时会偶然拣到天然铜,并发现可以把它砸扁、拉长,却不能像其他石块一样



## 科技博览大视野丛书

科技博览大视野丛书

地被打成碎片,当不慎把它失落火中时还会看到它会熔化成像水一样,并且能恢复成原来的样子,或者根据人的需要被加工成各种形状。于是人们在实践中慢慢认识了铜的延展性和可熔铸性,并把它应用到生产和生活中去。

在青铜器出现以前,人类曾有过一个使用铜器的时代。不过由于自然界中纯铜的含量很少,铜器虽然具有延展性,可以重复使用等特性,它的硬度却不及石块。因而人们虽然懂得了熔铜术,却仍然要大量地使用石器,考古学把这个时期称做铜石并用的时期。有人认为公元前 26 世纪至前 21 世纪的龙山文化时期是我国铜石并用的时代。

在熔铸红铜(单质铜)的过程中,人们又发现掺其他杂质时能够改变铸件的性质,比如降低熔点、增加硬度等。古代关于金属这种性质的记载的文献可以见到的最早的是《吕氏春秋》,其中曾这样记述:“金柔锡柔,合两柔则刚。”在这种认识的基础上,人们会适当改变合金各成分的含量,以适应不同用途的需要,青铜器也就产生了。

《左传》有禹制九鼎以传国的故事。其中记载,“桀有昏德,鼎迁于商”,“商纣暴虐,鼎迁于周”等记载,此九鼎直到战国末才亡失,后世史不绝书,如果此载属实的话,我国使用青铜器的历史当在夏代以前,即公元前 3000 年至前 2000 年之间,约与埃及、巴比伦等古国同时。

人们在长期冶铸青铜的实践中,特别是在商、周时期冶铸的基础上,逐渐直观地认识了合金成分、性能和用途



之间的关系,并能人工控制铜、锡、铅之比例,从而得到了性能各异,适于不同用途的合金“六齐”。据成书于春秋战国时期的《考工记》记载:“金有六齐:六分其金而锡居一,谓之钟鼎之齐;五分其金而锡居一,谓之斧斤之齐;四分其金而锡居一,谓之戈戟之齐;三分其金而锡居一,谓之大刀之齐;五分其金而锡居二,谓之削杀矢之齐;金锡半,谓之鉴燧之齐。”这六种配比的青铜的含锡量有两种分析结果:为 16.7%、20%、25%、33.3%、40%、50%;或者 14.3%、16.7%、20%、25%、28.6%、33.3%。我们知道,含锡量为 17% 左右的青铜如钟鼎、斧斤、戈戟等器物要求有较高的硬度,故此含锡量比大刀、削、杀、矢为低。鉴燧之齐含锡较高,是因为铜镜需要磨出光亮的表面和银白色的金属光泽,同时还需要有较好的铸造性能以保证花纹细致。

《考工记》中还有关于观察冶铜时的火焰以判定冶炼进程的记载:“凡铸金之状,金与锡黑浊之气竭,黄白次之;黄白之气竭,青白次之;青白之气竭,青气次之,然后可铸也。”金属加热时,由于蒸发、分解、化合等作用而生成不同颜色的气体,开始加热时,铜料附着的碳氢化合物燃烧而产生黑浊气体。随着温度的升高,氧化物、硫化物和某些金属挥发出来形成不同颜色的烟气,锡焰白,铜焰青,黄焰是温度不够的象征,青白之焰说明铜未全部熔化,直到全部青焰时,亦即铜、锡中所含杂质大部分已跑掉了,就预示着精炼成功,可以浇铸了。直到今天,我们



仍然用“炉火纯青”作为功夫娴熟的形容词。

在青铜器制造工艺中,铸造占着突出的地位。奴隶制社会时期,基本上还都是用泥范制造,而且在没有采用砂型铸造以前,它一直是我国最主要的铸造型范。商代青铜器的铸造技术到小屯时已日臻成熟,技术上的精湛与独具匠心,至今令人赞叹不已。铸造一件器物,大体要经过如下几道工艺流程:

制模,塑出花纹——翻制泥范——范、芯自然干燥和高温焙烧,并经过修整——范、芯的组装和糊泥——浇注铜液——出范,出芯,清理——加工,修整,打磨而后得到成品。

商周时期已出现规模宏大的青铜冶铸作坊。例如河南安阳殷墟苗圃北地的铸铜作坊遗址,面积至少在1万平方米以上。洛阳北郊西周早期铸铜作坊遗址面积,据估计约有9万至12万平方千米。春秋战国时期,器薄形巧、纹饰细腻而又清晰的青铜器大量涌现,这是铸造技术和金属的铸造性能得到提高和改善的结果。

1978年,湖北随县曾侯乙墓出土的青铜器群反映了春秋战国时期青铜冶铸业的生产能力和技术水平。据有关部门初步统计,此墓青铜器总重量达10吨以上,再加上铸制过程中的损耗,铸成这些铸件需要铜、锡、铅等金属原料约12吨,是历来出土青铜器群中总重量最多的。一个不大的诸侯国能够制造出如此大量的青铜器铸件,说明春秋时期青铜冶制技术推广、提高的程度已经远远





超过了人们原来的估计。曾侯乙墓青铜器群的造型、纹饰、加工工艺达到了一种叹为观止的程度。如编钟,无论形制如何,均采用浑铸法,不同的是更娴熟地使用了分范合铸,镶嵌花纹等技术。最大的甬钟,整个铸型使用的范和芯多达七八十块。整套编钟铸制精美,花纹细腻清晰,富于立体感。钟体内很少出现铸造缺陷,形制的精确,保证了音律的准确。铜鼓座上的龙群有 22 件铸件和 14 件接头,通过铸接和焊接相互连接,并和座体结合到一起。这是商周以来惯用的分铸法的一个发展。就焊接技术来说,既使用了强度较高,操作较困难的铜焊,又使用了强度较低,操作简便,经济实用的蜡焊。出土的用于焊接的低熔点铅合金,经分析:含铅约 58.4%,锡约 36.8%,铜 0.23%,锌 0.19%。出土的尊和盘,在所有传世和出土的青铜器中均属于极品,它们的制作反映了铸造技术的重大革新。特别是透空附饰比其他铸件更高出一筹,关键是使用了失蜡法。从纹饰的纤细清晰、铸件的齐整精致来看,失蜡技术已经较为成熟,它的最初出现时间可能还要早得多。

春秋战国时期,青铜兵器的制造也十分发达,特别是青铜剑的铸造技术达到了十分完美的地步,考古出土的越王勾践和吴王夫差的宝剑,历经 2500 多年,依然花纹清晰,光彩照人,锋利无比。这一时期,在青铜器表面嵌入金银丝的“金银错”以及在青铜器表面涂金泥和刻画花纹的“鎏金、刻纹”等工艺也开始流行。金属工艺技术呈



现出五彩缤纷的新面貌,使青铜器愈加华丽精美。著名的司母戊大方鼎,是现今发现的世界上最大的古青铜器,全重约 875 公斤,有人考证母戊可能是殷王的配偶,又可能是文丁的母亲,或者是帝乙的正妻。整个铸件使用熔铜、制范、运输、管理等人员不下二三百人。其规模之大,工艺之精,水准之高,即使在今天仿制,也决非易事。

中国古代的劳动人民以其高超的智慧和创造力,开创了光辉灿烂的青铜时代。

### 中国古代手工业的伟大创举——陶瓷

陶瓷从严格意义上讲,应区分为陶器与瓷器。陶器在我国新石器时代就已经出现,仰韶文化的彩陶、龙山文化的黑陶是这一时期的典型代表。有人认为陶器的出现是人类文化史上的一大转机,是人类由野蛮进入半开化时代的标志。陶器出现的直接意义在于它使人类食物和水的贮存有了可能,这既是生产发展的标志,也是生产力继续发展、社会取得进步的必不可少的条件。

陶器究竟怎样产生的,目前学术界尚无定论,但有一点可以肯定:陶器是在人们进行生活资料生产的过程中逐渐产生的,而决非像有些人认为的那样,是一两次偶然的机遇碰巧发现的。

原始的陶器一般总是经过和泥、制坯、烧造等几个阶



zhong hua ke ji

段。制坯有手制、模制和轮制,烧造分有窑烧造和无窑烧造两种。河南省渑池县仰韶村的陶器,陶质细薄均匀,多为轮制,极其精美;龙山文化最早发现于山东济南附近的龙山镇城子崖,比仰韶文化稍晚,陶器特征是表面乌黑发亮,有些精致的黑陶壁薄如蛋壳,被誉为“蛋壳陶”。这些陶器大多是采用轮制,形态虽然各有差异,但细分起来都有四大部分:盘口、杯部、柄与底座。盘口最薄,多在 0.5 毫米左右,有的仅有 0.2 毫米,柄与底座较厚,但也不超过 1~2 毫米。器型都较小,轮廓尺寸一般不超过 25 厘米,重量约有 50~70 克。这样精巧绝伦的陶器制作要求之高,难度之大是可想而知的。“蛋壳陶”的烧制代表了原始制陶业技术的最高成就。

瓷器是我国古代劳动人民的又一伟大发明,曾经对世界文明的进步做出过重大贡献。西方把中国叫做“china”,它的原意就是“瓷”。瓷器与陶器不同,首先,陶器的原料陶土含有较多的氧化铁,而瓷器的原料是瓷土或称高岭土,氧化铁含量低,而含有较多的氧化铝;其次,陶器的烧制温度低,约为 900℃,硬质陶也不过在 1000℃ 左右,继续提高温度,陶坯就会因熔化而变形;由于瓷土熔点较高,瓷器的烧制温度在 1200℃ 以上。再其次,瓷器表层有高温釉,陶器无釉,或只有低温釉。总之,原料、温度、釉是区别陶器与瓷器的三要素。

新中国成立以来,在河南的安阳、洛阳、郑州,江西的吴城,江苏的丹徒、吴县,安徽的屯溪,陕西的西安和甘肃





的灵台等黄河中下游及长江下游这一广大地区的商代、西周遗址中,都发现了完整的“青釉器”或其残片。这些商、周时期的“青釉器”或称原始青瓷,是陶器向瓷器过渡时期的产物,兼具陶、瓷两种器皿的特征,而又不完全归入哪一类。春秋战国到东汉一千六七百年间的变化,正是我国瓷器由不成熟向成熟过渡、发展的时期。

### 墨子与《墨经》

墨子,名墨翟。墨子是后人对他的尊称,鲁国人,春秋战国时期墨家学派的创始人。墨家是战国前期兴起的一个学派,主张“尚贤”、“兼爱”、“节用”等,参加这一学派的主要是手工业小生产者,这些来自社会下层的能工巧匠,在墨子的带领下,以刻苦耐劳、勤俭力行、勇敢善战而闻名。由于他们大多数亲自参加手工业生产,广泛地接触到生产实践中遇到的各种问题,并且善于总结,勇于创造,从而在实践中提炼出了不少科技知识。

墨家对自然科学的研究成果,突出地表现在光学、力学、数学等方面,而这些成就大多记录在《墨经》之中,《墨经》分为《经》(《经上》和《经下》)和《经说》(《经说上》和《经说下》)两部分,是墨子的主要著作。书中不仅涉及到认识论、逻辑学、经济学等社会科学范畴的广阔内容,而且包括有时间、空间、物质结构、力学、光学和几何学等自





然科学方面的多种知识,其中有些问题阐述严密,具有十分重要的科学价值。《墨经》在古典哲学和古代自然科学著作中是一部不可多得的珍品。

墨子和他的学生做了世界上最早的针孔成像的实验。他们在一间黑暗的小屋朝阳的墙上开了一个小孔,人对着小孔站在屋外,在阳光的照耀下,屋内相对的墙上就出现了一个倒立的人影。对此,墨子解释说,“光之照人若射。下者之人也高,高者之人也下”,即光穿过小孔如射箭一样,走的是直线,人的头部遮住上面来的光,成影在下边,人的足部遮住下面来的光,成影在上边,这样就形成了倒立的人影。墨家第一次正确地解释了光的直线传播原理。

我国在 3000 年前就出现了青铜镜,至战国时期,无论在制造或使用方面,都积累了丰富的经验。墨子和他的弟子对镜子成像的原理进行了深入的研究,提出了平面镜、凹面镜、凸面镜的成家理论。如关于平面镜,《墨经》指出:“临鉴而立,景倒,正鉴,景寡……”意思是说如果人站在平面镜上,其像是倒立着的,平面镜所成之像只有一种,当人走向镜子的时候,像随之,离开镜子,像亦随之。这些几何光学的结论都是通过具体的实验得到的,虽然还停留在经验描述阶段,但墨家所开创的应用实验手段,从中得出合乎科学的结论的方法,对后世影响很大。

在力学方面,墨子成功的分析解释了杠杆平衡的原



理。他指出杠杆平衡不但取决于加在两端的重量,还与“本”(重臂)“标”(力臂)的长短有关,进而得出了“长、重者下,短、轻者上”的结论,是关于力和力矩的定性总结。

在数学方面,《墨经》提出了一些几何学概念的定义,如“平,同高也。”说的是平的定义,指出相同高低就是平。“直,相参也。”这里参就是叁,也就是三。三点共一线就是直,是直线的定义。“同长,以正相尽也,”说的是两个物体相比较,恰好相尽就说是长度相同等等。此外,《墨经》中还提出了“端”、“尺”、“区”、“穴”等概念,大致相当于我们今天几何学上的点、线、面、体。

墨家在 2000 多年前的古代能取得这样的科学成就,是相当难能可贵的,这与墨家重视实验、勤于观察和科学的思维方法是分不开的。但令人惋惜而又费解的是墨家的科研传统在古代中国没有延续下来,直到清朝后期,才有人重新研究墨子和《墨经》。今天的人们在重新评价墨子和他的著作的同时,更应该从历史的不幸中汲取深刻的教训。

### 四大发明之一——造纸术

今天,如果没有纸,那简直是不可想象的。

可是,你知道吗? 2000 多年前,人们真的生活在一个





没有纸的世界里。人们为了寻找记事材料，真不知想了多少办法，付出了多少劳动呢！

远古，人们用“结绳”、“堆石”等办法记事。有了文字后，我们的祖先靠龟甲、兽骨、金石、竹简、木牍、缣帛之类记事，但是甲骨不易多得，金石笨重，缣帛昂贵，简牍所占空间很大，都不便于使用。

据说，简牍的使用，曾经使读书人欣喜若狂，它代替了甲骨和金石，可以用绳子串起来，而且也方便轻巧许多。但是，用我们现在的目光看来，它仍然笨重得不可思议。据记载，秦始皇每天批阅的竹简公文，就重达120斤（秦制）。西汉时，齐人东方朔曾写了一封信给汉武帝，用了3000根竹简，需要两个身强力壮的武士才能勉强将它举起来。汉武帝读这封信足足花了两个月的时间。

缣帛是一种丝织品，虽然它轻便光滑，是非常好的书写材料，但是它价格昂贵。在汉代，一匹缣帛（宽2.2尺，长40尺）相当于720斤米的价格。这种材料，一般人是用不起的。

寻找廉价易得的书写材料，成为人们的普遍愿望。

经过长期的探索与实践，人们终于发明了用麻绳头、破布、旧鱼网等废旧麻料制成的植物纤维纸。

最早人们是在制作丝棉时发现了纸的。制作丝棉，漂絮时，残留的丝絮粘在篾席片上，等晒干以后，把残絮剥下来就成了一层薄薄的絮片，如果用来书写，倒是很好的材料。这样人们发现了最早的纸张，并从中人们得到



了启发。后来，人们在沤麻的过程中，同样得到了由麻纤维构成的薄片。人们对纸的制造有了一定的认识。

说起造纸，不能不谈及蔡伦。

蔡伦，字敬仲，桂阳（今湖南省耒阳县）人，是东汉和帝时的太监，他才学出众，通晓各业，得到皇帝的重用，任尚方令，专门负责监制皇宫用的器物。相传，纸就是蔡伦发明的。

但是近几年一系列的考古发现，早于蔡伦 200 多年前就已经在使用纸张了。

1933 年在新疆罗布泊汉代烽燧亭故址出土有一张古纸，同时出土的有黄龙元年（公元前 49 年）的木简，表明古纸是西汉遗物；1957 年在西安灞桥发现一叠古纸，年代在公元前 118 年前；1973 年在甘肃居延发现两团古纸，年代约在公元前 73 年至前 49 年；1979 年在甘肃敦煌马圈湾发现古纸 5 件 8 片，为公元 23 年以前的遗物；1986 年在甘肃天水放马滩发现一张古纸，上面绘有天水一带的地形图，是公元前 2 世纪时西汉早期的遗物。

这些古纸，大都是麻纸，表明我国至迟在公元前 3 世纪时，就已经以麻作原料制作纸张了。

虽然纸并非蔡伦发明，但是他对于中国古代的造纸仍然功不可没。蔡伦非常善于创造，勇于思考。那时的皇宫工场中集中一批来自全国各地的能工巧匠。其中就有缣丝、沤麻以及具有造纸技术的能手。在蔡伦的支持下，工匠们敢于创新，于东汉元兴元年（公元 105 年）造出