

## 文物与考古

## 齐国青铜器科技应用新探

王 滨

(淄博市博物馆 山东 淄博 255035)

**摘要:**齐国是我国古代较早认识和掌握科学技术的国家之一,且特别重视科技的应用与发展。青铜器作为体现科技应用的重要载体,在生活等领域中有着较为广泛的应用,至春秋战国时期已达到较高水平。文章通过大量文献和出土的齐国青铜器实物资料,阐述了齐国依托丰富的矿产资源、发达的采矿业及成熟的冶铸技术,在青铜器制作中,针对不同使用环境和条件而精心设计,自然巧妙地将物理学、数学等科技元素融入其中,注重和强化其实用功能,从而赋予青铜器崭新的生命力,成为齐国青铜器艺术宝库中独树一帜的奇葩。其中最具有代表性的当属铜鸭形尊、铜汲酒器和铜餐具等经典之作。它们对于后世科技在生活中的应用,提供了宝贵的实践经验,具有较高的科研价值。

**关键词:**齐国;青铜器;科技;应用

中图分类号:K876.41

文献标志码:A

文章编号:1002-3828(2019)01-0114-06

国际数字对象唯一标识符 DOI:10.19321/j.cnki.gzsk.issn1002-3828.2019.01.17

## 引言

科技的进步是推动人类文明进步的强大动力。我国早在石器时代就已经开始了科学技术的萌芽。青铜器的出现,是科技迈向成熟的重要标志,并加快了科技发展的历史进程。“据文献记载和考古证实,齐地远在龙山文化时期就有铜器出现。”<sup>[1]</sup>随着青铜时代的到来,青铜器冶铸技术日渐成熟,开启了科学技术的新纪元,彻底改变了人们的生活方式。科技自古以来与生产、生活息息相关,科技源于生活,生活是一切科技活动的核心,而提高生活的质量和便利性,则需要各种科技的应用来实现,这也正是科技的重要性所在。它渗透于冶铸、纺织、造纸、印刷、陶瓷、建筑等与人类生活有关的各个领域,同时,科技对其发展有着重要的影响。一般来说,科技分为科学与技术两个层面。科学泛指人们对相关自然规律和现象的正确认识以及在此基础上形成的各种知识体系,包括数学、天文学、地理学、物理学、化学、医学等各部门学科。而技术则是指人们在社会实践活动中所积累起来的,在劳动生产中体现出来的认识和经验,也泛指其他操作方面的技能与技巧,可分为建筑、陶瓷、冶金、服饰、造纸、印刷等门类。古代

的“科技”,即是我们通常所说的科学与技术的结合体,它从萌芽到发展再到成熟,伴随着科技水平的每一次提升,不仅改变着生活,让生活更加便利,同时还推动了人类社会的进步。

## 一、齐国青铜科技概述

齐国建立伊始,姜太公因地制宜、因势利导,“修政,因其俗,简其礼,通商工之业,便鱼盐之利”(《史记·齐太公世家》),“由于姜太公制定了一系列发展工商业为主的方针政策,使齐国的手工业得到了迅速发展。”<sup>[1]</sup>齐国在春秋时期已是“九合诸侯,一匡天下”(《史记·货殖列传》)的五霸之首;至战国时期,经济、军事、手工业等综合国力更是列七雄之冠,尤以独具特色的齐文化而著称于世。齐国不仅重视手工业的发展并取得巨大进步,而且不断推陈出新、大胆变革,把科技兴国和对科技人才的奖励政策上升为一项基本国策,这些措施的推行,对齐国科技的振兴与繁荣起到了积极的推动作用。

科技文化作为齐文化的重要组成部分,以其特有的魅力备受世人瞩目,在齐国科技文化中,青铜科技便是一项重要内容。齐人的阔达足智、思想观念的自由开放,使他们易于接受来自各方的

收稿日期:2018-03-20

作者简介:王滨(1969—),男,山东兰陵人,淄博市博物馆研究馆员、文物保管部主任,主要从事文博研究等工作。

文化信息 随着政治的变革、经济的繁荣,极大地促进了科学文化事业的发展<sup>[2]</sup>。由于过去资料匮乏,专家学者对齐国科技这一领域研究甚少。近几十年来,由于在齐国故都临淄及周边地区齐墓中出土了大量青铜器,其中不乏精品,有的堪称惊世之作,为揭示和研究齐国青铜器工艺特色和科技内涵,提供了重要的实物资料和理论依据。

齐国是较早认识多种科学原理并将其运用到青铜器铸造中的国家,青铜器冶铸本身就是一项科技应用,就当时的齐国青铜器的制作而言,已经达到相当高的水平,特别是由于科技元素的注入,造就了一批独具匠心、方便灵巧、具有科技含量的不朽之作。齐国青铜器高超精湛的制作水平,是建立在齐地丰富的矿产资源和依托发达的冶铸技术基础之上的,优越的自然资源和冶铸技术作为先决条件,成就了齐国青铜器的辉煌。

### (一) 丰富的矿产资源

青铜器的冶铸离不开矿产资源和采矿业。齐国疆域地处海岱地区,作为重要资源的铜矿分布较广。通过考古发现,较为成规模的有福山王家庄、栖霞牙山、昌乐青上、莱芜铁铜沟、章丘文祖和邹平大临池等铜矿。另据调查,济南、新泰等地也有铜矿分布,有的矿区还发现过古人开采过的老窟。相对丰富的铜矿资源为齐国早期冶铜业的产生和发展,提供了必要的物质基础<sup>[3]</sup><sup>42</sup>。这些铜矿资源对齐国的强盛产生了重要影响,这对于齐桓公称“霸”和为战国时代齐国称雄于“世”,甚或一度称“帝”,奠定了雄厚的物质基础<sup>[4]</sup>。

齐国地域不仅有着丰富的矿产资源,史料文献中也记载了先民们在寻矿中的丰富经验。在《管子·地数》中记载,当时齐国境内“出铜之山,四百六十七山,出铁之山,三千六百九十山”。“上有丹砂者,下有黄金;上有慈石者,下有铜金;上有陵石者,下有铅、锡、赤铜;上有赭者,下有铁。”可见当时齐国的矿产资源,不仅品类多,藏量大,而且已被智慧的齐人所认识、掌握,并被开发利用。齐国还实行“官山海”(《国语·齐语》)的政策,加强了国家对矿山的管控,采取官督民办的方式采矿冶炼,并制定相关的矿山保护法令,使采矿业得到较大发展,促成了国力的强盛<sup>[5]</sup><sup>27</sup>。正是有了这些丰富的矿产资源作为基础和保障,才成就了发达的冶铸业,从而使齐国冶铸业尤其是冶铜业远远走在了时代的前列<sup>[6]</sup><sup>67</sup>。

### (二) 发达的冶铸技术

自西周初年至春秋战国时期,齐国的青铜器冶铸技术一脉相承,虽然由于受政治制度等因素的影响,各时期形成的造型及装饰等风格各异<sup>[1]</sup>,但青铜冶铸技术却得到了空前的发展,在冶铸实践中积累了丰富的经验,能综合运用浑铸、分铸、焊接等铸造技术,不仅掌握了科学的合金配比,而且还可以根据火焰的颜色来判定是否精纯的技巧,即为后世的“火焰鉴别法”,为青铜器冶铸技术的不断进步和创新,打下了坚实的基础。

春秋时期,齐国的制铜业有了长足进步。主要表现在冶铜规模的扩大和技术水平的提高。据考古勘探调查显示,在齐故城临淄小城及大城东北分布有春秋时期的规模大小不等的两处冶铜遗址,发现有大量铜渣、炉渣、烧土等遗迹、遗物。另外,齐国还制定让犯人用铜兵器、铠甲赎罪来减轻刑罚的制度,据《国语·齐语》载“制重罪赎以犀甲一戟,轻罪赎以鞶盾一戟,小罪谪以金分,宥间罪。索讼者三禁而不可上下,坐成以束矢。美金以铸剑戟,试诸狗马;恶金以铸锄夷斤斨,试诸壤土。”可见齐国为加强其武器力量,用甲兵赎罪来减轻处罚。然而无论是赎重罪用的甲兵,还是轻罪用的罚金,它们大部分都是铜器,由此可知春秋前期齐国的冶铜业已相当发达<sup>[6]</sup><sup>256</sup>。随着冶铸技术水平的提高,齐国关于手工业生产技术的总结性文献典籍《考工记》诞生了。闻名中外的科技名著《考工记》,是我国第一部手工业技术汇编,也是齐人编撰的关于手工业技术规范,也是齐国官府制订的一套指导、监督和评价官府手工业生产制作技术的规范,几经修订,最终成书于春秋末至战国初期<sup>[8]</sup><sup>242</sup>。战国时期,齐国的制铜业较之春秋时期又有了较大发展。

《考工记》的问世,无疑对当时手工业的发展,产生了积极的推动作用,其中对青铜科技的影响尤为巨大,意义深远。例如,其记载的“六齐”的成分配比规定,是已知世界上最早的青铜合金配比法则<sup>[9]</sup>,它揭示了青铜机械性能随锡含量变化的规律,是齐国古代青铜技术高度发展的集中体现。经鉴定,其成分配比规定与现代科学的基本原理完全相吻合。又如《考工记·栗氏》中记载的“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”,则准确地记述了熔炼青铜合金过程中不同阶段火焰颜色随炉温变化的规律。青

铜冶炼刚开始加热时,由于炼铜原料含碳氧化合物,燃烧时会冒烟,后来随着炉温的升高,氧化物、硫化物和某些金属挥发,就形成了不同颜色的烟气,当非金属杂质跑掉,火炉变成纯洁时,表明铜已炼好<sup>[5]</sup><sup>116</sup>。这种用肉眼来观测高温的技术,只有在青铜冶炼技术达到相当成熟的情况下,才有可能做到。这实际上就是物理学中的热学原理,是在冶炼中用实践经验总结出来的操作技术。

《考工记》的内容诚然以手工业工艺、技术为主,但同时又蕴含着丰富的科技知识,举凡物理学、化学、数学、天文学等诸学科都有涉猎。如物理学方面就涉及到力学、声学、磁学等。其中有关力学方面的惯性原理、声学方面的震动学规律的记载都是最早的。过硬的技术是产生精工产品的关键,齐国在桓管时期能“工盖天下”“器盖天下”,与先进的技术密切相关<sup>[10]</sup>。正是由于在掌握了精湛的青铜器铸造技术的同时,不断进行经验总结,最终成就了齐国发达的青铜器冶铸技术,这对于齐国青铜器形成鲜明的地域特色并能独树一帜,起着关键作用,对后世金属冶炼工艺的传承与发展,有着极高的借鉴价值。

## 二、科技在齐国青铜器中的应用

齐国科技历史悠久,是我国古代较早认识和掌握科学技术的国家之一,且十分重视科技的发展与应用。科技的应用在《考工记》中也有着专门著述。如弓箭是古代战场上广泛使用的常规冷兵器,箭的制造和使用量较为庞大,箭制作的水平好坏与否,直接影响到战争的胜负面。《考工记》中特别分析了箭的制造技术,便是运用了“空气力学”原理。在《考工记·矢人》中“水之以辩其阴阳,以设其比,夹其比以设其羽,参分其羽,以设其刃,则虽有疾风,亦弗之能惮矣。”即要使箭保持飞行中的稳定,就要把箭上的羽毛按比例对称地排列,然后再套上箭头,就不怕风带来的影响了,这就考虑到了风阻系数。“前弱则俛(俯),后弱则翔(仰),中弱则纡(纡回旋转之意),中强则扬。”“羽丰则迟,羽杀则遽。”意思是箭杆如果前轻后重,或前重后轻,都会影响飞行的高度;中间轻重配置不当,会影响飞行的稳定性;羽毛太多,则飞行速度慢。而羽毛太少,箭就容易落到一旁,不能命中目标,所以,箭各部分的综合平衡性是箭制作的基本标准。以上这些论述,以其独特的风格首开流体力学的先河。其中的空气动力学知

识,比亚里士多德认为抛射体沿直线前进的理论来,更有过之而无不及<sup>[11]</sup>。这些论述不仅充分说明齐国科技的运用是非常广泛的,而且能够指导如何按照统一标准,为批量生产出质量稳定合格的青铜器(如箭镞、箭杆的批量加工制造),提供了强有力的技术保证。

齐国青铜器在进一步促进和加强其实用性和功能化的同时,积极寻求新的突破,将创新思想和科技理念融入其中,使之更加方便快捷、更趋生活化、功能性更强。如果说青铜器铸造是技术与艺术的结合,那么,融入了科技元素的青铜器所得到的二次升华,使传统意义上的青铜器有了质的飞跃。在出土的大量造型各异的齐国青铜器中,具有代表性的当属铜鸭形尊、铜汲酒器和铜餐具等经典之作。齐国工匠们充满智慧的创新思维,在青铜器制作与科技应用中得到集中展现。《老子·第十一章》中的“埏埴以为器,当其无,有器之用”,虽指陶器而言,但强调的却是如何造器实用的辩证关系。《庄子》曰“夫造物者为人”,阐述的就是“造物”的主体是人的本身,而人的行为必定反映着人的思想意识并服务于人,这同时也是青铜器制造的最终目的。

器物的功能性、科学性和艺术性,三者互为补充,是青铜器再创造的最高境界。科技的进步不仅推动了青铜器艺术的发展,同时又是齐国国力强盛的重要体现。

下面就出土的齐国青铜器科技应用的实例进行探索分析。

### (一)“力学平衡”的应用

“力学平衡”也是我国较早掌握的科技知识之一,广泛用于青铜器的制作。如青铜器中出现较早的器形爵、斝、鼎等三足器中,其重心落于三足点形成的三角区域,从物理力学角度分析,通过物体的重心和平面垂直的线要维持在这一物体的支撑面里,保持其相对稳定性,即重心与平衡的关系。齐国工匠在一些青铜器制作中,经过科学配置,即便是一个重心点且接触面积较小,也会相对平衡。“力学平衡”运用于青铜器制作的实例见1996年出土于临淄相家庄战国墓的鸭形尊<sup>[12]</sup><sup>294-295</sup>。该尊为盛水器,整体造型为鸭形,头、颈前伸,口衔鱼,鱼腹向前,腹部有两排锥形管,每排六管并上下交错排列。鱼腹中空,与鸭颈腹相通。鸭背有凸字形长方注水口,孔有盖,凸出部分贯有横轴,两端插入注水孔圆槽中,使盖能沿

轴开合。盖顶钮为一立鸟,下有关键与钮相连,旋钮转动带动关键,主盖之启闭,当鸟头向前向下时,盖能开启,反之可闭锁。当向鸭腹腔注水并前倾时,水便从鱼腹管中喷洒而出,为了能使鸭形尊能平稳站立,采用重心平衡的力学原理,使鸭身的着力点集中在两只脚上。

该鸭形尊设计新颖别致,具有较强的实用功能,它是将力学重力平衡等科技原理运用其中,集艺术性、实用性、科学性于一体的青铜器佳作。其后的1968年河北满城西汉中山靖王刘胜墓出土的朱雀铜灯<sup>[13]</sup>、1969年甘肃武威雷台汉墓出土的东汉铜奔马<sup>[14]</sup>,均使“力学平衡”得到很好的运用,展现出精湛的铸造技术。

## (二)“转轴”的应用

铜壶作为盛器,是齐国较为常见、用途广泛、使用周期较长的生活用器,有的经过作器者的改良和创新,将科技因素注入其中,增强了生活中的实用性和便利性。1970年诸城臧家庄出土的战国鹰首提梁壶,即为此类壶的代表作<sup>[15]</sup>。该壶壶盖与器口为鹰首形和鹰喙形。当提着横梁倾斜倒酒时,鹰嘴的上唇会自然打开;如果将壶直立,鹰嘴又可自动闭合。整个壶盖用铜环与提梁相联,既能自由开启,又可避免脱落<sup>[1]</sup>。该器物采用力学运动原理,巧妙地将实用性、艺术性与功能性完美结合。1996年在临淄相家庄战国墓出土的一件鹰首提梁壶,形制和功能上与臧家庄出土的极为相似<sup>[12]293</sup>,足以说明壶以该种方式进行制作,具有相当的普遍性。

在壶的设计上,齐国工匠不断寻求功能上的方便实用,临淄商王墓地出土的高柄壶与上述两件铜壶有着异曲同工之妙。该壶的口沿一侧伸出一个直角曲尺形的合页并与盖相连,连体的设计,既能及时盖盖,还能防止盖的丢失,是比较少见的设计。盖为平顶呈覆斗形,与合页相对的一侧有一转轴,可在180°范围内自由开合<sup>[16]20</sup>。这些铜壶在设计中对转轴的应用,无不将力学等科技元素巧妙融入其中,再通过严谨精密的铸造,使科技与实用和谐统一。

## (三)“榫卯结构”的应用

“榫卯结构”是我国最早掌握用于木质的一种连接方式,设计科学,有较强的承载性和平衡稳定性,且拆卸、组合方便,具有极高的实用价值,在世界上也占有极高的地位。榫是构件的凸起部分,卯是构件的凹进部分。现已发现最早的实物

资料为距今约7000年的浙江河姆渡文化遗址出土的大量榫卯结构的木质构件,有多种榫卯形式,主要用于该地区“干栏式”房屋的建造<sup>[17]</sup>。齐国工匠在科技应用上,别出心裁地将这种主要用于木材的连接(承接)结构方式,移植到青铜器的制作中,且运用纯熟,在战国时期也是极为罕见的。在齐墓中出土较多的“榫卯结构”实例,见临淄商王墓地战国墓中出土的8件编钟、编磬架木横梁连接的铜构件<sup>[16]42-44</sup>,其中Ⅲ型铜构件用的是被称为万榫之母的“燕尾榫”的榫卯结构,当它们相扣合二为一时,为了防止受拉力脱开,有意将榫头加工成“梯形”形似燕尾,故名曰:燕尾榫。它们扣合后,贴合非常严密,且能经受住上下(垂直)和左右(两侧)反方向的压力和拉力,最重要的是扣合后再拆卸时方便自如,既有很好的连接性又有较高的装饰性。榫和卯对铸造工艺要求极高,显示了齐国青铜器精湛高超的铸造技术。

作为照明用具,目前发现最早的为战国时期的青铜灯,至秦汉时期青铜灯广为流行,最具代表性的是人物俑灯。1957年山东诸城葛埠村出土的人形铜灯就是其中的精品<sup>[18]99</sup>。该灯整体为一身着短衣男子作双手擎举灯盏状,双手各擎一弯曲带叶竹节形盘柄,盏盘下的榫卯结构与盘柄插合,采用的即是榫卯结构形式中的“管脚榫”,特点是根据需要随意插拔组合,构造精巧且又不失稳定性。该灯在设计上巧妙地运用子母榫口分体结构,在搬运收纳时,拆卸安装极为方便。

把常用于木制的榫卯结构应用于青铜器的制作中,这充分说明了齐国工匠在加强钻研新技能的同时,还善于运用新科技,并虚心学习和借鉴其他领域的先进科技加以融会贯通、合理使用,打破了不同手工业之间的界限,进一步加强了青铜器的功能性,充分体现了齐国开放包容、兼容并蓄的文化特色。

## (四)“大气压力”的应用

中国是最早发现、研究和利用大气压力的国家之一,其成果曾处于世界领先地位<sup>[19]</sup>。我国古代没有明确提出大气压力这一概念,但在1973年湖南长沙马王堆汉墓出土的先秦时期医学方术帛书——《五十二病方》中却有着关于利用大气压力的文献记载。书中提到“牡屠居窍旁,大者如枣,小者如枣窍(核)者方,以小角角之,如孰(熟)二斗米顷,而张角,挈以小绳,剖以刀。”<sup>[20]87</sup>其中的“角之”“张角”等,专家学者考证,就是后世利

用内外负压的“拔罐”法。除此之外,对于“虹吸”现象的认识,也是古代较早认识大气压力的例证。出现于东汉末年灌溉用的由虹吸原理制造的虹吸管“渴乌”,是较早有文献记载的应用实例。再如有少数民族用一根去节弯曲的长竹管饮酒,也是利用了这一原理。

齐国是我国古代较早认识大气压力这一物理现象的,并且能够自然巧妙地运用到青铜器的制作中。如1992年临淄商王墓地战国墓出土的铜汲酒器<sup>[16]183-185</sup>,就是利用这一原理制作而成。该器为汲取酒浆之器。使用时先将其竖直放入铜壶等容器中,酒液通过底部圆孔进入酒器中与液面持平,然后再用拇指堵住上部方孔,提离液面,会滴水不漏地转移到其他盛酒器中,拇指一松,酒液会徐徐流下。经过科学的水容实验,铜汲酒器最大容量为240毫升(水位达到方孔下缘时);水位在荷蕾上方箍状处时容量为200毫升。同墓一起出土的银耳杯、银匝和铜耳杯等盛器的容量多在230毫升和500毫升左右,与该汲酒器容量相当或两倍,即一般汲取一次或两次便可。这充分说明该汲酒器是根据实际需要而作器,并且经过严格测算、科学设计和精心铸造。齐国当时普遍使用的贮酒器以铜壶为主,口小腹深,倾倒取用不便,汲酒器的发明无疑解决了这一难题。汲酒器在使用时手指的一按一松,看似简单,却集科学性、艺术性、实用性于一身,具有较高的科技含量,是古代酒器中的佳作。

汲酒器的出土,不仅说明战国时期齐国对大气压强这一物理现象有了充分的认识,而且也是我国古代能够明确运用到器物制造中的最早实例,它比1654年欧洲著名的有关大气压力的“雷根斯堡”实验,还要早近两千年,充分反映了齐人超凡的智慧和卓越的才能,体现了他们对自然科学原理的认识,并能够创造性地在生活中加以利用。

#### (五) 青铜器中科技的综合运用

为了更贴近生活,齐国的青铜器在实用功能的设计上往往不拘一格,并根据实际需要,运用多种科技手段来进行制作,体现了齐国工匠的聪明才智。1995年在临淄张庄发掘的齐国大型战国墓陪葬坑中,出土了一批青铜礼器和生活用具。其中一套62件铜餐具,分为7个种类,由碗、盘、碟、盒、耳杯等组成<sup>[18]120-121</sup>。这些铜餐具均制作精良、保存完好,并且大小相次,套合紧密,丝丝入

扣。如果次序错乱,将无法全部装入壶内。其制作过程极为复杂,从设计到制作完成要经过反复试验和修正。首先,众多成套的模具组合和制作,比一般单体铜器要复杂得多,为了充分利用铜壶内部的空间,在制作前要经过科学缜密设计和测算,这就涉及到了数学范畴。然后再设计好每一组不同类型餐具的尺寸规格,在之后的翻模铸造中,还需要高超的技术来确保各个环节精确到位,最终使之井然有序,否则稍有偏差将无法装入或取出,为了减轻重量,每一件器壁还要做的轻薄,这无疑增加了制作难度,从而使齐国铸造技术水平达到了一个新的高度。

该套组合铜餐具的特点是体积小、携带方便,适合游猎时使用。作为一套总共62件的铜餐具组合,是迄今为止全国出土的唯一一套,弥足珍贵。铜餐具从新颖绝妙的创意设计、制作工艺,再到实际功用,已经达到了相当高的水平,使其科学性和实用性,也得到完美的融合。在这套凝聚着诸多科技因素的铜餐具中,进一步印证了齐国高超的青铜器铸造工艺,是科技综合运用的经典之作。同时也为追溯“十人为宴”的饮食风俗源于齐地,提供了有力证据<sup>[1]</sup>,也为研究我国古代饮食器渊源和青铜器的制作工艺,提供了宝贵的实物资料。

除此以外,齐国度量衡的铸造是科技综合应用的又一完美体现。齐国是我国古代较早施行度量衡制的国家之一,齐国的量制与衡制具有典型的地域特征。据文献记载最晚在春秋时期,齐国就有了较为健全的量制换算标准。战国初期的“田齐三量”又有了新发展。衡制方面的实物资料见春秋时期的“右伯君”铜权,重198.4克,属一斤权,也是目前发现最早的衡器<sup>[16]166</sup>。经济的发达和商业的繁荣,对度量衡的制作标准提出了更加严格的要求,《考工记》中也详细记载了中国最早的度量衡标准器——齐国“栗氏量”<sup>[21]</sup>,并论述了包括其铸造、量制、器型、测量等工艺的规范和技术要求,器物的重量、釜、豆、升三个量器的规格尺寸和容量,使度量衡三个单位量集中在一个标准器上,更凸显其较强的科学性。由于当时还不能精确地计算圆周率,故应用了“勾股定理”和“内方尺而圆其外”作为釜的底面积<sup>[22]5</sup>,充分反映了齐国当时的数学、物理、冶铸诸方面的科学技术都达到了极高的水平,并在青铜器制作上得到广泛的应用。

上述几件齐国青铜器,完美地将科学综合应用于制作中,集中反映了齐国发达的科技文化和手工业水平,对研究我国古代青铜器科技的发展,有着重要的参考价值。

综上所述,科技在齐国生产、生活等活动中尤其是在青铜器铸造中,发挥着重要作用。齐国依托当地丰富的矿产资源、发达的青铜器冶炼技术和青铜器铸造的科学方法和经验,采取严谨规范的手工业管理和标准体系,从而成就了齐国发达的青铜器铸造技术。随着对科技的认识和应用的水平进一步提高、创新意识的逐渐加强,在不断注重其实用中的单一性向多元化发展的同时,针对青铜器不同的使用环境和条件而精心设计,自然巧妙地将科技元素融入其中。在这些旷世精品之作中,有的看似简单的设计,却赋予了青铜器强大的科学与实用性,凝结着齐国先民的智慧和结晶,成为齐国青铜器科技与实用完美结合、独树一帜的一朵奇葩,是齐国经济繁荣、手工业发达的综合体现。这不仅为研究齐国科技在青铜器这一领域中的应用,提供了宝贵的实物资料,而且对后世在制造业中的科技运用,也具有重要的启迪和借鉴意义。

#### 参考文献:

[1]张越. 齐国青铜艺术新探[J]. 东岳论丛, 2012 (10).  
[2]于孔宝. 稷下学宫与中国古代的百家争鸣[J]. 中国人, 2009 (1).  
[3]方辉. 海岱地区青铜文化考古[M]. 济南: 山东大学出版社, 2007.  
[4]王恩田. 曲城齐仲簋与“丁公伐曲城”——兼说铜资源与齐国强弱的因果关系[J]. 管子学刊, 2016 (4).  
[5]刘诗中. 中国青铜时代采冶铸工艺[M]. 南昌: 江西科学技术

出版社, 1997.  
[6]宣兆琦, 李金海. 齐文化通论(上) [M]. 北京: 新华出版社, 2000.  
[7]郭沫若. 古代研究的自我批判(十批判书) [M]. 北京: 科学出版社, 1956.  
[8]于孔宝. 东周齐文化[M]. 济南: 山东人民出版社, 2004.  
[9]王滨, 许志光. 试论临淄商王墓地出土的战国铜镜[J]. 管子学刊, 2003 (3).  
[10]吴蕴昆, 张杰. 我国第一部手工业工艺技术典籍——《考工记》[N]. 光明日报, 1998-12-11(7).  
[11]闻人军. 《考工记》中的流体力学知识[J]. 自然科学史研究, 1984 (1).  
[12]山东省文物考古研究所. 临淄齐墓(第一集) [M]. 北京: 文物出版社, 2007.  
[13]河北省文物管理处. 河北省平山县战国时期中山国墓葬发掘简报[J]. 文物, 1979 (1).  
[14]王元甲. 东汉铜奔马准确命名之浅见[J]. 丝绸之路, 2011 (20).  
[15]山东诸城县博物馆. 山东诸城臧家庄与葛布口村战国墓[J]. 文物, 1987 (12).  
[16]淄博市博物馆, 齐故城博物馆. 临淄商王墓地[M]. 济南: 齐鲁书社, 1997.  
[17]吴汝祚. 河姆渡遗址发现的部分木制建筑构件和木器的初步研究[J]. 浙江学刊, 1997 (2).  
[18]曹玮. 泱泱大国——齐国历史文化展[M]. 西安: 三秦出版社, 2015.  
[19]粟新华, 申莉华. 中国古代对大气压力的探索和利用[J]. 邵阳学院学报(自然科学版第2卷) 2005 (4).  
[20]马王堆汉墓帛书整理小组. 马王堆汉墓帛书《五十二病方》[M]. 北京: 文物出版社, 1979.  
[21]邱隆. 中国最早的度量衡标准器——《考工记》· 栗氏量[J]. 中国计量, 2007 (5).  
[22]国家计量总局, 中国历史博物馆. 中国古代度量衡图集[M]. 北京: 文物出版社, 1984.

(责任编辑: 张越)