



扬州史话

主编 袁秋年 卢桂平

YANGZHOU
KEJI
SHIHUA

扬州科技史话

曹永森
著



广陵书社



扬州史话

主编 袁秋年 卢桂平

扬州科技史话

曹永森 著

 广陵书社

图书在版编目(CIP)数据

扬州科技史话 / 曹永森著. — 扬州 : 广陵书社,
2013. 12

(扬州史话 / 袁秋年, 卢桂平主编)

ISBN 978-7-5554-0057-8

I. ①扬… II. ①曹… III. ①科学技术—技术史—扬
州市 IV. ①N092

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第300306号



书 名 扬州科技史话

著 者 曹永森

责任编辑 严 岚 李 洁

出版发行 广陵书社

扬州市维扬路 349 号 邮编 225009

<http://www.yzglpub.com> E-mail: yzglss@163.com

印 刷 江苏凤凰扬州鑫华印刷有限公司

开 本 730 毫米 × 1030 毫米 1/16

印 张 16.75

字 数 235 千字

版 次 2014 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号 ISBN 978-7-5554-0057-8

定 价 48.00 元

城市的情感和记忆

——《扬州史话》丛书总序

城市是有情感和记忆的。

特别是扬州这座历史文化名城，只要一提及“扬州”二字，无论是朝夕相守的市民，还是远离家乡的游子，或是来来往往的商旅，几乎都会流露出由衷的感叹和无尽的思念，即如朱自清先生在《我是扬州人》中所说：“我家跟扬州的关系，大概够得上古人说的‘生于斯，死于斯，歌哭于斯’了。”朱先生的寥寥几笔，看似平淡，满腔的情感却在字里行间奔涌，攫人心田。可见，扬州这座城市之所以素享盛名，不仅仅在于她的历史有多么悠久，地域有多么富饶，也不仅仅在于她从前有过怎样的辉煌，现在有着怎样的荣耀，更在于人们对她有着一往情深的眷念，以及由这种眷念牵连出的耿心记忆。

情感和记忆，是这座城市另一种意义上的财富，同时也是这座城市另一种意义上的标识。

2014年，扬州将迎来建城2500周年的盛大庆典。其实，更严格地说，2500年是有文字记载的建城史，扬州人类活动的文明史远远不止于此。早在距今5500~7000年前，高邮龙虬庄新石器时期的先民就开始了制作陶器和选育稻种。仪征胥浦的甘草山、陈集的神墩和邗江七里甸的葫芦山也都发现3000~4000前的商周文化遗址。我们之所以把2014年定为扬州建城2500年，是因为《左传》中有明确的记载：周敬王三十四年（前486）：“吴城邗，沟通江淮。”这七个字明确地说明了吴国在邗地建造城池，也就是我们今人时常提及的古邗城，于是，公元前的486年，对扬州人来说，就成为一个永久的记忆。这句话还说明了另一件永远值得记忆的历史事件，就是这一年，京杭大运河最早的一段河道——邗沟在扬州开凿了。邗沟的开凿，不仅改变了扬州社会

发展的走向,也改变了古代中国的交通格局,这一点,也是人们的永久记忆。正是由于有了邗沟,有了后来的大运河,才使得扬州进入了社会发展的快速通道,成为中国古代交通的枢纽,成为世界文明发展史上一座十分重要的城市。

扬州这座城市,承载着太多的情感与记忆。于是,一批地方文史学者一直以扬州史料的搜集、整理、研究为己任,数十年坚持不懈。他们一直在探求扬州这座历史文化名城从远古走到了今天,在中国文化史上留下了哪些令人难忘脚印?在中国发展史上有哪些为人称颂的作为?在当代社会生活中又有哪些发人深省的影响?我们今人应该怎样认识扬州文化在中国文化版图上的定位?怎样认识扬州文化的特色和本质?以及扬州文化对扬州城、扬州人的影响又该怎样评说?等等,这些都是极富学术含量的科研课题,也是民众极感兴趣的文史话题。日积月累,他们的工作取得了令人瞩目的成果,大量的文稿发表在各种报刊杂志上。这些成果如同颗颗珍珠,十分珍贵,却又零散,亟需编串成光彩夺目的项链。适逢 2500 年的建城庆典即将来临,把这些成果编撰成丛书,让世人更全面、更系统地了解扬州的历史与文化,无疑是建城庆典的最好献礼。

由此,《扬州史话》丛书便应运而生了。这套丛书的跨度长达 2500 年,内容涵盖了沿革、学术、艺术、科技、宗教、交通、盐业、戏曲、园林、饮食等诸多方面,应该说,扬州文史的主要方面都有涉及,是一部相对完整地讲述扬州 2500 年的历史文化丛书。这套丛书 2009 年开始组稿,逾三年而粗成,各位作者都付出了辛勤的劳动。编撰过程中,为了做到资料翔实,论述精当,图文并茂,每一位作者都查阅了大量的文献资料,吸纳了前人和今人众多的研究成果,因而,每一本书的著述虽说是作者个人为之,却是融汇了历代民众的集体记忆和群体情感,也可以说是扬州的集体记忆和群体情感完成了这部丛书的写作。作者的功劳,是将这种集体记忆和群体情感用文字的形式固定下来,将易于消逝的记忆和情感,化作永恒的记述。

《扬州史话》丛书是市委市政府向扬州建城 2500 周年的献礼之作,扬州的几任领导对丛书的编纂出版都十分重视,时任扬州市委副书记的洪锦华同

志亲自主持策划并具体指导了编纂工作。这套丛书,也可以看作是扬州的索引和注释,阅读它,就如同阅读扬州这座城市。扬州城的大街小巷、湖光山色,扬州人的衣食住行、喜怒哀乐,历史上的人文遗迹、市井掌故,当代人的奋斗历程、丰功伟绩,都可以在这套丛书里找到脉络和评说。丛书将历史的碎片整理成时空衍变的轨迹,将人文的印迹组合成城市发展的画卷,在沧桑演化中,存储正在消亡或即将消亡的历史踪影,于今昔变迁时,集聚已经形成和正在形成的文化符号。

岁月可以流逝,历史不会走远。城市的记忆和情感都融汇到这套丛书里,它使得扬州人更加热爱扬州,外地人更加了解扬州,从而存史资政,熔古铸今,凝心聚力,共创未来。未来的扬州,一定是江泽民同志题词所期望的——“古代文化与现代文明交相辉映的名城”。

是为序。

袁秋年

2012年12月

目 录

概述 一盏灯和一把尺的启示

第一章 农学与生物学

新石器时期高邮龙虬庄的水稻栽培	26
世界上存世最早的养蚕缫丝专著《蚕书》	35
我国古代四大农书之一的《陈旉农书》	43
古典生物学专著《芍药谱》	52
植物学专著《野菜谱》	59

第二章 舟船、航运与水利

古代舟船的制造与使用	64
大运河的开挖与航道工程	83
补水济运与河道整治工程	94
防洪工程与抢险技术	102
“扬州五塘”与塘堰水利	110

第三章 医学、数学、建筑学与地理学

汉代医学家吴普	116
元代针灸学大师滑寿	121
我国第一部园林建筑学专著《园冶》	127
清代地理学家孙兰	132

清代扬州学者的数学研究	136
我国第一部科学家传记《畴人传》	144
我国第一部世界地理著作《海国图志》	149

第四章 矿冶、铸造与机械、光学

春秋时期的干国与干将铸剑	156
汉初的铜铁冶铸与“即山铸钱”	162
唐代铜镜铸造工艺	167
清代机械与光学发明家黄履庄	178

第五章 雕版印刷与手工技艺

历代刻书与雕版印刷	184
扬州漆器技艺	194
扬州玉器技艺	206
“扬州三把刀”	216

第六章 当代主要科技成就

江都水利枢纽工程及南水北调东线工程	224
植物学家吴征镒	229
核技术应用与农业科技研究	235
润扬长江公路大桥	242
当代扬州的 67 位院士	247

主要参考书目	255
--------------	-----

后 记	261
-----------	-----

概述 一盏灯和一把尺的启示

扬州博物馆里收藏着一盏“铜缸灯”和一把“铜卡尺”。一个偶然的机
会,我们在一盏灯、一把尺的启示下,发现了一个极为宝贵的矿藏,看到了一个
古代科技生机勃勃的百花园。尽管我们对扬州古代科技的研究是初步的,
但掌握的资料已经为我们勾勒出了扬州古代科技的大致轮廓,使我们清晰地
看到,扬州作为中国古代的重要都市和中心城市,科技方面的成就如同一棵
棵参天的大树,其累累硕果既造福于当时,为当时的社会创造了物质文化,又
恩泽于后人,甚至延绵至今日,使我们今人也受享到大树的庇荫。

走进扬州博物馆,数以万计的文物,为观众展示了一部物化了的扬州通史。国宝级的文物很多,件件精美绝伦。展橱的一角,有两件展品颇为特别,形体不大,也不华美,甚至可以用色泽暗淡、锈迹斑斑来形容。两件展品都是汉代的,一件是一盏灯,叫“铜釭灯”,另一件是一把尺,叫“铜卡尺”。就是这一盏“灯”,一把“尺”,吸引了笔者久久地驻留,端详良久。

铜釭灯的形体的确特别。古人用的灯通常都是油灯,普通油灯的结构十分简单,下有灯座,上有灯盘就行。眼前的这盏灯却是复杂多了,它的下部是一只三足釜形器,同时具有油灯底座和贮水容器的双重功能。灯的中部是灯



汉代铜釭灯

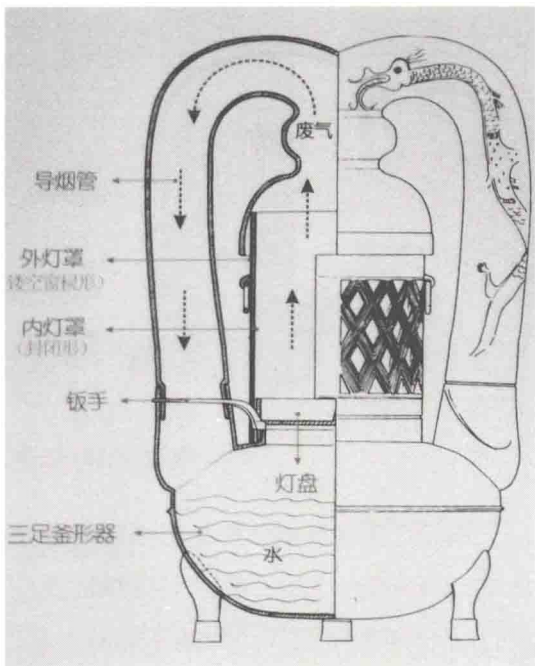
盘和灯罩,灯罩是双层的,外灯罩固定,内灯罩能够转动。灯的上部是顶盖,顶盖又与一对导烟管相连,两根导烟管从顶盖伸出后,对称地往下弯,一直弯至下部的釜形器中。叫它“釭灯”,是因为一对下弯的导烟管类似于古代大车上的“车釭”(车毂处用以穿车轴的铁圈),故而得名。

形体的特别,源于它功能的特别。古代的灯油都是动植物的油脂,油脂燃烧不完全、不充分,就会产生浓浓的油烟。油灯在给人们带来照明便利的同时也带来了油烟的危害。如何既照明,又能没有污染呢?铜釭灯就巧妙地解

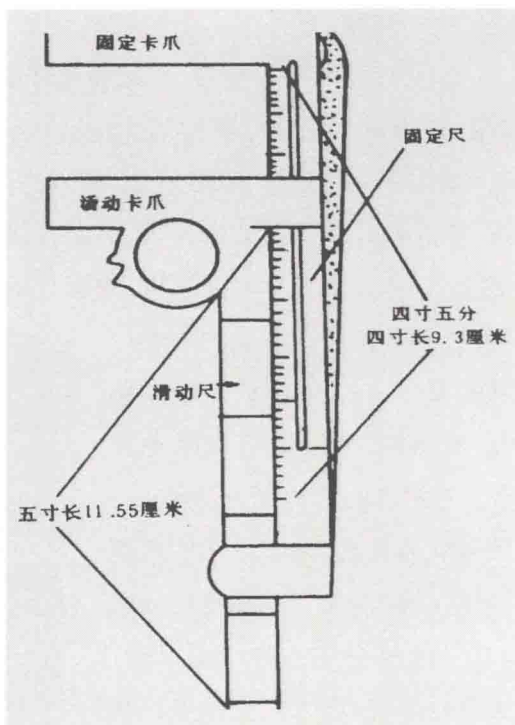
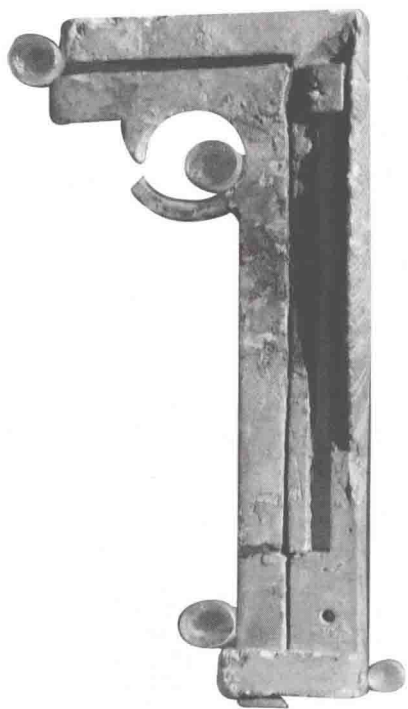
决了这一问题。

铜釭灯的两根导烟管，一端连着灯罩，另一端连着釜形器。灯火点燃时，高温的油烟上升到灯罩的顶部，就被吸入导烟管，再由导烟管到达釜形器。釜形器中贮有清水，油烟经过水的过滤而净化，从而保持了环境的清洁。烟管、灯盘和灯罩是组装的，可以拆卸，以便于清洗烟垢，组装起来也非常简单便捷。另外，从光学方面分析，双层灯罩也有特殊的功能。转动灯盘上的手柄，可使卡扣在灯盘上的内层灯罩的窗口，在 150 度的范围内移位，使得内、外层的灯罩随意开合。这种开合产生两大效能：一是增减通光量，调节灯光的照度与照射的角度；二是根据灯火的大小，调节空气的进气量，让灯油充分燃烧，增大发光强度。我们今天所用的煤气灶，如果火焰发红，冒出黑烟，除了调节煤气的进气量外，还需要调节空气的进气量，就是这个道理。

铜釭灯是 1991 年在邗江甘泉乡姚湾村巴家墩的一座汉墓中出土的。这盏灯在功能方面的先进性，和列为国宝级文物的长信宫灯一样，足以载入世界灯具史。有资料介绍，意大利直到 15 世纪才发明出有铁皮导烟灯罩的油灯。法国人和瑞士人 18 世纪才开始用玻璃灯罩代替铁皮灯罩，完善了油灯和灯罩的设计，初步解决了油烟污染的问题。我们眼前的这盏灯，早在公元前的西汉初期（博物馆资料介绍，墓主人是西汉昭宣时期广陵国内有很高身份的贵族，年代约在公元前 86—49 年）就已使用，这种既照明又环保的功能设计，比西方早出了 1500 年。



铜釭灯工作原理示意图



铜卡尺结构示意图

铜钷灯出土于扬州,说明当时的扬州已经使用这种功能先进的灯具,这是毫无疑问的。那么,我们很自然地要问:这件灯具是哪儿制作的?再进一步,我们还会问:汉代扬州能不能够生产这一类科技含量高的器物?

带着疑问,我们再来看看另一件同样特别的展品——铜卡尺,兴许能从中找到某些启示。

铜卡尺是 1992 年出土的,出土地点和铜钷灯一样,也是在邗江甘泉乡姚湾村的一座汉墓里。这把尺由固定尺、活动尺和导销、组合套三部分组成,总长 13.3 厘米,卡爪长 5.2 厘米,厚度 0.5 厘米。固定尺和活动尺都有呈 90 度直角的卡爪,都有计量的刻度。因年代久远,刻度已锈蚀难辨。固定尺一端为卡爪,另一端为组合套,上端有鱼形柄,中间开一导槽,槽内置有能够滑动的导销。移动活动尺,导销可以随之在固定尺的导槽内滑动,当活动卡爪和

固定卡爪相并时,固定尺与活动尺等长。活动尺的一端是直杆,插在组合套中,另一端的卡爪处有一环形拉手,捏住拉手,可以十分方便地滑动活动尺。这把尺可以十分方便地测量工件的外尺寸和内尺寸,以及盲孔、阶梯、凹槽等特殊部位的尺寸。如,利用尺的两个卡爪,可以测量工件的直径、长度、宽度、厚度。利用尺的另一端,将活动尺的直杆插入工件的盲孔、阶梯、凹槽,测量其深度。这些都比直尺等其他测量工具更加精准、更加便利。

现代人广为使用的一种测量工具叫游标卡尺,将铜卡尺与游标卡尺相比较,可以看出二者有惊人的相似。现代游标卡尺主要由主尺、固定卡爪、游标架、活动卡爪、游标尺、千分螺丝、滑块等构件组成,铜卡尺则是由固定尺、固定卡爪、鱼形柄、导槽、导销、组合套、活动尺、活动卡爪、拉手等构件组成。从主要构件看,铜卡尺的固定尺和活动尺,即是游标卡尺的主尺和副尺;铜卡尺的组合套、导槽和导销,即是游标卡尺的游标架。所不同的是,现代游标卡尺更为精确,它应用了微分的原理,通过对齐主尺和副尺的两条刻线,精确地标出数据。而铜卡尺只能借助指示线,靠目测读出数据,精度显然不如前者。尽管如此,不难看出二者在构造原理、性能和用途上,几乎一致,完全可以说:游标卡尺是铜卡尺的进化,铜卡尺是游标卡尺的始祖。

铜卡尺虽然没有游标卡尺精确,但是在两千多年前,我们的祖先就发明了这种具有特殊用途的测量工具,的确令人赞叹。1973年出版的《英国百科全书》第10卷402页,记述了游标卡尺是法国数学家维尼尔·皮尔(1580—1637)在1631年发明的。而我国早在1世纪初的新莽时期就发明了功能、原理完全一样的铜卡尺,并在生产中实际应用,要比西方早1600多年。扬州的铜卡尺,为研究我国古代的科学技术史、数学史、度量衡史和工具史提供了确凿的实例。

铜卡尺是一种测量工具,本身不是日用品,只有专业工匠才会用上它。但它是一种特殊的测量工具,相对于直尺、角尺等其它测量工具,铜卡尺能测量许多特殊的部位,工匠发明和使用铜卡尺,一定是有设计和制造高难度、高精度、高性能的产品的需求。换言之,用这把铜卡尺设计制造的产品,一定是

高要求、高等级、高质量的,这在两千多年前的汉代,在以手工制作为主的年代,这一定是具有很高的技术含量了。虽然我们今人无法确切地知道使用这把铜卡尺的工匠,具体设计制造了什么样的产品,但可以推测,这位工匠一定具有较高的技艺水平。

恰巧,铜卡尺和铜缸灯都出土在邗江甘泉乡姚湾村。尽管墓坑不同,墓葬的具体年月不同,铜缸灯的制作中也并不一定用上铜卡尺,二者之间也没有直接的因果联系,但是,同在一地出土两件同样具有高科技意义的物件,且都在汉代,都在扬州历史上第一个繁盛期内(当时的吴王刘濞已有“即山铸钱,煮海为盐”之举),这使人很自然地把两件能够代表当时高科技水平的物件联系在一起,探寻其背后的内在因素。

扬州是历史文化名城,有明确文字记载的建城史就有 2500 年,两汉、隋唐和明清时期的扬州,文化上的辉煌和经济上的繁盛一直受世人瞩目。事实上,科技的发明应用必然与文化的辉煌和经济的繁盛相生相伴,以此推论,历史上的扬州必定对中国古代科技做出过重要的贡献。而我们对古代扬州科技的了解又能有多少呢?时至今日,我们对古代扬州的研究还是多限于园林、饮食、戏曲等琴棋书画类的话题,并且热衷于此,喋喋不休,给人的印象,好像扬州仅是一个风花雪月的地方,留下的仅是吃喝玩乐。这显然是偏见,也是我们从事地方文化研究的愧疚。看到铜缸灯,我们方才惊叹扬州人早在两千多年前就有先进的环保意识,就有机械、光学、热力学上的巧妙构思和应用。看到铜卡尺,我们方才知道这就是现代卡尺的始祖,这种现代度量衡的基本工具、现代科学的标志物件,扬州的工匠早在汉代就已经使用。

铜缸灯是古代先进科技知识实际运用的范例,它在扬州出土,但我们对它的了解和研究显然不到位,正如俗语所说,这是一种“灯下黑”。历史上,扬州被誉为“扬一益二”,是一座经济、文化地位十分特殊的重要城市,在中国古代科技史上也必定有过较大贡献,但我们对此的了解和研究也不充分,这又是一种“灯下黑”。铜卡尺在中国科技史上也有很大的影响(有资料显示,这种卡尺国内一共有两件。一件是新莽时期的,但是那是一件传世品,它

的真正的史料身份,考古界有不同的看法。但扬州的这件卡尺,是考古发掘出来的,史料真实可靠,填补了我国测量工具发明史上的空白),我们能否重新使用这把铜卡尺,再一次测量扬州历史的方方面面,把扬州科技史研究的残缺一页补写起来呢?这是历史的需求,也是社会的责任,我们应该有这样的理性思考和文化自觉。

在一盏灯和一把尺的启示下,为着这样的思考和自觉,2001年起,笔者走进了一个从未涉猎过的领域,从零起步,探寻扬州科技史的方方面面。

二

扬州古代科技发展史,笔者以为可以分为四个阶段。

(一)扬州古代科技的萌芽阶段

1993年,高邮龙虬庄的农田里发现了一处距今7000~5500年的新石器时期的人类活动遗址。遗址中出土了四千多粒炭化了的稻米,经专家鉴定,这些稻米均为人工栽培的粳稻,可能是作为稻种而贮藏的。这些炭化稻米出土于四个文化层。上文化层和下文化层的稻米,其粒长、粒宽都有显著的变化,下层的小而杂碎,上层的大而齐整。专家分析,下层的水稻可能处于人工种植的初级阶段,上层的水稻则有了较高的栽培水平。稻粒形态的明显变化,说明稻种已经有了人工选育,并在稻种培育上有了质的改善和提高。龙虬庄遗址的炭化稻粒,是我国第一次发现的人工优化水稻品种的实物资料,将我国水稻栽培史上人工有意识地选育优化品种,提前到了距今5500年前。

除炭化稻米外,龙虬庄遗址还有众多的陶器、石器、玉器和骨角器的发现,表明龙虬庄人已经初步掌握了原始的生活用品和生产工具的制造技术。其中,引人注目的是为数众多的陶器。

陶器与石器、玉器、骨角器不一样。石器、玉器、骨角器都是自然界已有的物质,经过人为的加工,使之成为可用的器具。而陶器则是把黏土这种自然生成的物质,经过加热烧制,改变其化学成分和分子结构,制造出自然界没有的物质——陶,并使之成为一种器具。陶器的发明,是人类第一次通过自

己的劳动改变了自然,生成了新的物质形态,因此,科技史界一直把陶器的发明看作是人类发明史上具有划时代意义的一项技术成就。当时的龙虬庄先民无疑是熟练地掌握了这项技术,单从出土陶器的种类来看,就可以证明这一点。龙虬庄出土的陶器各式各样,有陶壶、陶罐、陶釜、陶豆、陶鼎等。有的陶器还具有高邮水网地区的地方特色,这就是各种有“流”的水器。出土的陶器中有一件无口的三流壶,虽然无口,却在壶的肩部捏制了三个管状的冲天流。这件陶器的造型奇特自不必说,把陶土捏制成这样的造型,难度很大,干燥后烧结成器的难度更大,即使今人捏制,也殊为不易。由此可以看出龙虬庄人的制陶技术相当高超,可以被誉为是新石器时期中国东部地区相当优秀的一支部族。

龙虬庄遗址是1993年全国十大考古新发现之一。遗址中还有其它方面的文化发现,如原始刻画符号、干阑式建筑以及前面提到的石器、玉器、骨角器等,这些都与稻种、陶器一道,构成了后代科技的先声,是扬州科技史最初的乐章。

(二)扬州古代科技的形成阶段

我国早在新石器时代的中晚期就开始使用青铜器,商周时期青铜文化已经相当发达。大量的考古发现证明,这一时期中国的青铜器从采矿、冶炼到浇铸,已经有了较大规模的生产。当时扬州这块土地上有一个方国叫“干国”,这儿就有善铸剑的工匠,其中的佼佼者和带头人就是“干将”。近百年来,扬州有多处出土了东周至春秋时期的青铜器,其中发现兵器的就有三处,这就从实物的角度,证明了春秋时期的江淮先民已经掌握了青铜剑的制造技术。干国青铜剑的铸造,其意义不仅仅在于制作兵器,还在于它为后来铁器的开发、利用,为春秋战国时期古邗沟的开挖,为两汉时期广陵的钱币铸造等,做了冶铸技术的前期准备。

春秋时期的邗沟开挖,无疑是扬州科技史乃至中国科技史上的一件大事。春秋末年,吴国夫差在今扬州西北的蜀冈上修筑邗城,同时在城下开凿了最早的运河——邗沟。《左传》云:“鲁哀公九年秋,吴城邗,沟通江、淮。”

就记载了这一段史实。这条全长达 150 多公里的邗沟,使长江、淮河之间的几个湖泊相互通连,沟通了长江、淮河两大水系,形成人工水运通道。这在生产力尚不发达的 2500 年前,无论在中国还是在全世界,都是值得称颂的旷世壮举。

开凿运河,不是简单地把河道挖通就算成功。运河要通过不同的地理环境,工程十分复杂,而开导水源、保持水量则是工程成败的关键。《扬州水道记》云:“运河高江、淮数丈。”今人的研究资料表明,运河的淮扬段有 31 米的落差。这么大的落差,运河里的水极易流失,只有设法使运河保持必要的水位,才能保证航道顺利通航。如何解决这一问题呢?人们想到了筑堤建坝。人们从船夫拉纤可以使舟船逆流而上,舟船能从低到高,也能从高到低的现象上得到启发,设法把拦水坝筑成两侧都是斜坡,在一侧的斜坡上用拉纤的方法把舟船拉上坝顶,再让舟船从另一侧的斜坡滑下去,这种翻坝而过的航道设施叫做“堰埭”。当人们把设想付诸实践时,便产生了邗沟与淮河交汇处的阻水过船坝——北神堰。堰埭经济实用,便于施工建造,一直是运河上蓄水通航的主要设施。这一技术至今仍在延用,现代河道上的阻水坝,实际上就是古代的平水埭。

邗沟的开凿促进了我国古代经济文化的进步与发展。古代的交通运输主要靠水运,而我国的水系主要是东西向的,缺少南北方向的运输通道。运河的开凿,化解了这一矛盾,促进了我国南北经济文化的交流,也为后世两千多年的扬州,打下了赖以生存、发展与繁荣的基础。

汉初的冶炼与制盐,也是一项先进的科学技术。刘濞是汉高祖刘邦的侄子,封为吴王后将都城设在广陵。封地内西有铜山,东有大海,他便充分利用资源,应用当时先进的科学技术,“即山铸钱,煮海为盐”。这一举措,在很短的时间里使吴国“国用饶足”。

“即山铸钱”,即是开采铜矿,铸造铜钱。史书上关于吴王刘濞铸钱的记载有多处,考古发现也有映证。1965 年 1 月,南京博物院在六合县楠木塘发现一处西汉铸钱遗址,出土有未经修整的四铢“半两”钱、铜铤等物。