



“十五”国家出版规划重点图书

中国科学院高技术研究与发展

“九五”重大项目

《中国古代工程技术史大系》

主编 / 路甬祥

何堂坤 / 著

山西出版传媒集团

山西教育出版社

中国古代 手工业 工程技术史 (上)

ZHONGGUO GUDAI

SHOUGONG YE

GONGCHENG JISHU SHI

中国古代
手工业^(上)
工程技术史

何堂坤 / 著

山西出版传媒集团

山西教育出版社



图书在版编目 (C I P) 数据

中国古代手工业工程技术史/何堂坤著. —太原: 山西教育出版社, 2012. 8
(中国古代工程技术史大系/路甬祥主编)
ISBN 978 - 7 - 5440 - 5600 - 7

I. ①中… II. ①何… III. ①手工业史 - 中国 - 古代 IV. ①N092

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 194860 号

中国古代手工业工程技术史

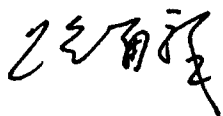
ZHONGGUO GUDAI SHOUGONGYE GONGCHENG JISHUSHI

选题策划 王佩琼
责任编辑 康 健
特约编辑 左执中
复 审 张沛泓
终 审 刘立平
整体设计 王耀斌
印装监制 郭 勋
贾永胜

出版发行 山西出版传媒集团·山西教育出版社
(太原市水西门街馒头巷7号 电话: 0351 - 4035711 邮编: 030002)
印 装 山西新华印业有限公司
开 本 787 × 1092 1/16
印 张 68.25
字 数 1459 千字
版 次 2012 年 8 月第 1 版 2012 年 8 月山西第 1 次印刷
印 数 1—5000 册
书 号 ISBN 978 - 7 - 5440 - 5600 - 7
定 价 230.00 元 (上、下)

如发现印装质量问题, 影响阅读, 请与印刷厂联系调换。电话: 0351 - 4120948

序言



“工程技术”活动是人类最为基本的社会实践之一。现代工程技术主要表现为以科学发现来引导技术创新，并应用于生产；又围绕生产过程对技术实行集成，并以理论的形态，形成诸多独立的学科，起到联结科学与生产的桥梁作用。工程技术是在人类利用和改造自然的实践过程中逐渐产生，并发展起来的，在古代，人们只有有限，且不太系统的科学知识；科学与生产的联系也不像今天这样直接和紧密。古代工程技术，主要表现为累积了世代经验的生产手段和方法，这些手段和方法，有的经过了一定的总结和概括，有的就蕴含于生产过程之中。当然，由于目的及所采用的手段和方法的不同，古代工程技术也形成了许多门类。就中国古代工程技术而言，最为主要的有以下内容：采矿技术、冶铸技术、机械技术、建筑技术、水利技术、纺织和印染技术、造纸和印刷技术、陶瓷技术、军事技术、日用化工技术等。这些门类，也就是《中国古代工程技术史大系》所要包括的内容。

在科学技术突飞猛进的现代，来研究中国古代工程技术史，我觉得不能不思考三个问题，一是中国古代工程技术发展的特点或规律，二是中国古代工程技术实践的历史意义，三是中国古代工程技术实践的现实价值。我是学现代工程技术的，近些年因工作关系，与科学史界有较多接触，这次《中国古代工程技术史大系》编委会要我担任主编，也促使我有意识地对这些问题进行了思考，借此机会，谨将一些初步的认识梳理罗列于下，以与海内外科学史界的朋友交流、讨论。

（1）中国古代工程技术发展的主要特点

根植于中华农业文明，发展进程具有连续性、渐进性和相对独立性。

国家因素起着重大作用，具有强大组织功能的中央集权制国家机器推动产生了一系列规模宏大的工程技术实践。

独特的环境、独特的资源和独特的历史，孕育了诸多独特的发明创造。

辽阔与各具特点的地域，既孕育了丰富多样的技术成果，也导致了技术发展的地区差异

（2）中国古代工程技术实践的历史意义

与中国古代农业技术相结合，共同构成了中华农业文明体系的技术基础。

以富有特色的大量发明创造，形成了世界古代工程技术的独特体系。

以一系列独具匠心的发明，对人类文明进步和近代世界发展作出了贡献。

凝聚了中国古人对于自然以及人与自然关系的丰富而独到的认识。

(3) 中国古代工程技术实践的现实价值

当前我们正面临一个全球化的时代，现代化和全球化不能以失落传统为代价，未来世界应当是一个高度发达，同时又保有多样文化传统的多彩世界，中国古代工程技术实践的成果结晶既是中华民族文化传统的有机组成部分，也是人类科学技术传统的重要组成部分。

基于“敬天悯人”的意识，中国先贤一直以“顺天而动”、“因时制宜”、“乘势利导”、“节约民力”为工程技术活动的重要原则，由于多种因素的交互作用，既有成功，也有失败，这部“悲欣交集”的历史长卷，对于今天的工程技术实践乃至整个人类的活动，仍有丰富的启迪意义。历史的经验和教训从来都是一笔宝贵的财富，后来者要善于以史为鉴、服务当今、创造未来。

以上诸点，只是粗线条的概括性认识。我相信，本书各卷的撰著者，必然都从各自的领域和角度对这些问题进行了深入的思考，并以大量的资料进行论证，从而得出自己独立的见解，为读者展现出丰富而生动的学术成果。

中国科技史研究以往存在重数理而轻技术的现象，我希望这次通过编纂《中国古代工程技术史大系》，能够集中全国各方面专家学者的力量，对中国古代工程技术实践进行系统的整理和研究，力求科学地理解中国古代工程技术发展的历史，并对以往有关中国古代工程技术史的研究进行一次总结。

目录

前 言	1
第一章 原始社会的生产活动和手工业技术的萌芽	17
第一节 旧石器时代的几项主要手工性技术	18
第二节 新石器时代石器加工技术的发展	26
第三节 原始的制陶技术	33
第四节 原始的机械技术	61
第五节 原始的纺织技术	71
第六节 冶金技术的发明	83
第七节 采矿技术的发明	91
第八节 髹漆技术的萌芽	92
参考文献	95
第二章 夏商周手工业技术的发展	111
第一节 采矿技术的初步发展	112
第二节 青铜技术的伟大成就和钢铁技术的兴起	131
第三节 制陶术的发展和原始瓷的兴起	158
第四节 机械技术的初步发展	178
第五节 古代机械纺织技术的初步形成	198
第六节 髹漆技术的发展	216
第七节 玻璃技术的发明和初步发展	225
参考文献	243
第三章 秦汉手工业技术的蓬勃发展	271
第一节 采矿技术之发展	271
第二节 冶金技术的蓬勃发展	277
第三节 制陶技术的发展和瓷器的出现	299
第四节 古代机械技术体系之初步形成	312
第五节 纺织技术的发展	327
第六节 造纸技术的发明	343

第七节	髹漆技术的发展	353
第八节	玻璃技术的发展	365
参考文献		375
第四章	魏晋南北朝手工业技术的缓慢发展	397
第一节	采矿技术	398
第二节	冶金技术	402
第三节	南方青瓷的发展和北方瓷器的出现	415
第四节	纺织技术之继续发展	423
第五节	机械技术的发展	433
第六节	造纸技术之推广	446
第七节	雕版印刷的发明	455
第八节	髹漆技术	461
第九节	玻璃技术	464
参考文献		469
第五章	隋唐五代手工业技术的发展	480
第一节	采矿技术的繁荣	481
第二节	冶金技术的持续发展	488
第三节	南青北白的制瓷技术	502
第四节	纺织技术的发展	520
第五节	机械技术	529
第六节	造纸技术之初步繁荣	542
第七节	雕版印刷的兴起	553
第八节	火药的发明	563
第九节	指南针的发明	569
第十节	髹漆技术的发展	572
第十一节	玻璃技术的发展	580
参考文献		586
第六章	两宋手工业技术的繁荣	605
第一节	采矿技术	605
第二节	金属冶炼和加工技术	615
第三节	南北制瓷技术的普遍提高和六大窑系的出现	631
第四节	丝织重心的南移	653

第五节	机械技术的发展	665
第六节	造纸技术趋于成熟	684
第七节	雕版印刷的发展和活字印刷的发明	693
第八节	火药技术的进步和初级火器的出现	708
第九节	指南针技术的发展	719
第十节	髹漆技术的发展	724
第十一节	玻璃技术	734
参考文献		740

第七章	元代手工业技术的艰难发展	758
第一节	煤炭使用和石油开采技术的发展	758
第二节	冶金技术发展的艰难历程	759
第三节	元代制瓷技术的发展	764
第四节	棉纺技术的兴起和丝织业的发展	774
第五节	机械技术	784
第六节	造纸技术	790
第七节	印刷技术的发展	793
第八节	火药火器技术的发展	798
第九节	指南针技术的推广	802
第十节	髹漆技术	804
参考文献		810

第八章	集大成的明代手工业技术	818
第一节	采矿技术的大发展	818
第二节	金属技术的重大成就	830
第三节	以景德镇为中心的明代制瓷技术	855
第四节	棉织技术的全面推广和丝织技术之继续发展	873
第五节	机械技术的全面发展	886
第六节	造纸技术的发展	896
第七节	印刷技术的发展	906
第八节	火药火器技术的空前发展	918
第九节	髹漆技术的大发展	934
第十节	玻璃技术的发展	941
参考文献		950

第九章	清代早中期手工业技术的缓慢发展	962
第一节	采矿技术	963
第二节	金属冶炼和加工技术	973
第三节	制瓷术的黄金时代	988
第四节	机械技术的发展	1003
第五节	纺织技术的发展	1005
第六节	造纸技术	1014
第七节	印刷技术的发展	1024
第八节	火药火器技术的发展	1034
第九节	髹漆技术的发展	1038
第十节	玻璃技术的发展	1042
参考文献		1055
后 记		1065

CONTENTS

Foreword	1
Chapter 1 Production activities in primitive society and seeds of handicraft technology	17
I Several main handwork technologies of the Old Stone Age	18
II Development of working technology of stone implements in the New Stone Age	26
III Primitive pottery making technology	33
IV Primitive mechanical technology	61
V Primitive textile technology	71
VI Invention of metallurgical technology	83
VII Invention of mining technology	91
VIII Seeds of lacquering technology	92
Bibliography	95
Chapter 2 Development of handicraft technology in the Xia, Shang and Zhou Dynasties	111
I Preliminary development of mining technology	112
II Great achievements of bronze technology and rise of iron and steel technology	131
III Development of pottery making technology and rise of proto-porcelain	158
IV Preliminary development of mechanical technology	178
V Preliminary formation of ancient mechanical textile technology	198
VI Development of lacquering technology	216
VII Invention and preliminary development of Chinese ancient glass technology	225
Bibliography	243
Chapter 3 Vigorous development of handicraft technology	

	in the Qin and Han Dynasties	271
I	Development of mining technology	271
II	Flourishing of metallurgical technology	277
III	Development of pottery making technology and emergence of porcelain	299
IV	Preliminary formation of ancient mechanical technological system	312
V	Development of textile technology	327
VI	Invention of paper making technology	343
VII	Development of lacquering technology	353
VIII	Development of Chinese ancient glass technology	365
	Bibliography	375

Chapter 4	Slow development of handicraft technology in the Wei, Jin and Southern and Northern Dynasties	397
I	Mining technology	398
II	Metallurgical technology	402
III	Development of celadon in the south and emergence of porcelain in the north	415
IV	Continuous development of textile technology	423
V	Development of mechanical technology	433
VI	Spread of paper making technology	446
VII	Invention of block printing technology	455
VIII	Lacquering technology	461
IX	Chinese ancient glass technology	464
	Bibliography	469

Chapter 5	Development of handicraft technology in the Sui, Tang and Five Dynasties	480
I	Flourishing of mining technology	481
II	Continuous development of metallurgical technology	488
III	Porcelain making technology of celadon in Southern China and white porcelain in Northern China	502
IV	Development of textile technology	520
V	Mechanical technology	529

VI	Preliminary flourishing of paper making technology	542
VII	Rise of block printing	553
VIII	Invention of gunpowder	563
IX	Invention of compass	569
X	Development of lacquering technology	572
XI	Development of Chinese ancient glass technology	580
	Bibliography	586

Chapter 6 Flourishing of handicraft technology in the Northern and Southern Song Dynasties

I	Mining technology	605
II	Metal smelting and processing technology	615
III	Universal improvement of porcelain making technology in Northern and Southern China and appearance of six main kiln types	631
IV	Southward shifting of center of silk fabrics	653
V	Development of mechanical technology	665
VI	Maturing of paper making technology	684
VII	Development of block printing and invention of movable-type printing	693
VIII	Progress of gunpowder technology and emergence of elementa- ry firearms	708
IX	Development of compass technology	719
X	Development of lacquering technology	724
XI	Chinese ancient glass technology	734
	Bibliography	740

Chapter 7 Hard development of handicraft technology in the Yuan Dynasty

I	Employment of coal and development of petroleum extraction technology	758
II	Hard course of development of metallurgical technology	759
III	Development of porcelain making technology in the Yuan Dynasty	764
IV	Rise of cotton spinning technology and development of silk	

fabrics industry	774
V Mechanical technology	784
VI Paper making technology	790
VII Development of printing technology	793
VIII Development of gunpowder and firearm technology	798
IX Spread of compass technology	802
X Lacquering technology	804
Bibliography	810

Chapter 8 Comprehensive handicraft technology of the Ming Dynasty 818

I Great development of mining technology	818
II Significant achievements of metal technology	830
III Porcelain making technology of Ming Dynasty with Jingdezhen as the center	855
IV Overall spread of cotton fabrics technology and continuous development of silk fabrics technology	873
V Overall development of mechanical technology	886
VI Development of paper making technology	896
VII Development of printing technology	906
VIII Unprecedented development of gunpowder and firearm technology	918
IX Great development of lacquering technology	934
X Development of Chinese ancient glass technology	941
Bibliography	950

Chapter 9 Slow development of handicraft technology in the Qing Dynasty 962

I Mining technology	963
II Metal smelting and processing technology	973
III Golden age of porcelain making technology	988
IV Development of mechanical technology	1003
V Development of textile technology	1005
VI Paper making technology	1014
VII Development of printing technology	1024

VIII	Development of gunpowder and firearm technology	1034
IX	Development of lacquering technology	1038
X	Development of Chinese ancient glass technology	1042
	Bibliography	1055
	Postscript	1065



前言

我国是个伟大的文明古国，几千年来，有过许多重大的发明创造，尤其在生产技术和手工业技术方面，对人类文明作出了重大的贡献。英国著名科技史家李约瑟博士在《中国科学技术史》一书中说，从公元1世纪到18世纪，由中国先后传到欧洲等地的科技发明至少有26项之多^[1]。细观此26项的实际内容，绝大多数都是属于手工业技术方面的。对这些发明创造进行全面、系统的总结，了解其发展过程和主要成就，了解其中的管理制度和思想方法，不但可增进人们对科技史的了解，而且对现代社会之发展，也是很有帮助的。

一、关于我国古代手工业技术发展的基本历程

我国古代手工业技术的发展，归结起来，大体上可分成六个不同的阶段：

（一）原始社会——手工业技术的孕育期

技术的发展，也经历了由低级到高级，由简单到复杂的过程。在旧石器时代，人们的生产活动主要是狩猎，主要生产工具是石、木、骨器。石器的基本制品是尖状器、刀斧状器、锯状器、球形器等。这些工具，人们又称之为“万能工具”，虽然十分粗陋、简单，但却是后世一切工具、一切生产技术的鼻祖。人类在旧石器时代获得了六项技术成就，即掌握了原始的石器打制技术、发明了飞石索技术、石镞和弓箭制作技术、工具装柄、石器骨器的磨光和穿孔技术，以及摩擦取火技术^[2]。新石器时代与旧石器时代的主要区别是：由完全依赖自然的赐予，发展到了创造性的生产。新石器时代出现了农业，发明了制陶技术、纺织技术、冶金技术、原始机械技术、建筑技术等。我国今见最早的陶器，是广西桂林庙岩陶器等，距今15000年以上；今见最早的冶炼铜，是陕西临潼姜寨出土的半圆形铜片和铜质管状物，距今约6600多年；今见最早的纺织品，是郑州荥阳青台仰韶文化中期遗址出土的丝织物和麻织物，距今约5500年；今见最早的船桨和织机具，皆属河姆渡文化时期，距今约7000年；今见最早的制陶快轮，约属仰韶文化晚期、大汶口文化中期偏晚，距今约5500年；今见最早的漆器，是河姆渡遗址第四层的缠藤篾红漆木筒和第三层的红漆木碗，距今约7000年。这些生产技术的出现，说明我国进入了一个新的历史阶段。

自然，原始社会尚无私有制，亦无国家，是无所谓手工业的，但有手工生产和手工技术。在旧石器时代，农业尚未出现；在新石器时代，手工业依然包含在农业之中，故我们将整个原始社会称之为手工业技术的孕育期。

（二）夏商周——手工业技术的初步形成期

大约在夏或稍前的准国家时期，手工业便开始从农业中分离出来，而成了独

立的生产部门。

由夏、商、西周，到春秋、战国，前后约 1700 多年，这是我国古代手工业技术初步形成、初步发展的阶段，并在春秋战国时迎来了第一个发展高潮。其中较值得注意的是以下几个事件：

1. 出现了一些规模较大的手工业作坊（或工场）。

今存规模稍大，且年代较早的要算二里头手工业作坊，其中有冶铸、制陶、制骨等工种，属夏代中晚期。商代中、晚期之后，手工业作坊的数量和规模都有了较大扩展，今存较大的作坊主要有：瑞昌铜岭采矿场，开采时间为商代中期至春秋战国；大冶铜绿山采冶场，采冶时间主要为商代晚期到西汉；皖南采冶场，采冶时间主要为西周至唐宋；内蒙林西大井采冶场，采冶时间主要为西周晚期至春秋早期；洛阳西周铸铜作坊，属西周早期。在春秋战国时期，各诸侯国都建立了自己规模较大的手工业作坊，且许多地方都有发现。

2. 金属工具得到了较为广泛的使用，使我国社会生产具备了最为重要的物质基础。

先是青铜器，青铜技术在商代晚期便发展到了较高的水平，社会生产和社会生活的各个领域都大量而广泛地使用了青铜；紧接着是铁器，战国时期，农具、手工业工具、生活用器都已广泛用铁。我国古代的青铜文明、铁器文明，都达到了世界先进的水平。

在青铜技术中，较为重要的是合金技术。它约萌芽于二里头时期，商代晚期时，以锡为主要合金元素的 Cu—Sn 二元和 Cu—Sn—Pb 三元合金系便确立起来，在殷墟大墓中每有发现；春秋战国时期，便总结出了世界上最早的青铜合金规律——六齐规律。

在先秦青铜器物中，最具权威性的是鼎和钺，那是权力和地位的象征；在兵器和日用器中最具代表性的分别是青铜剑和青铜镜；在生产工具中较具代表性的当是斧、锯、铲、镢、锛；它们的形态，都带有几分神秘的色彩。

在先秦铁器技术中，最为重要的是生铁冶炼及可锻化退火处理技术。我国虽不是世界上最早使用铁器的国家，但却后来居上，很早就发明了生铁及其可锻化退火处理技术，未见独立而漫长的块炼铁阶段，使我国铁器文明很快就走到了世界前列。

3. 各学科、各行业都获得了多项重要技术成就。

如采矿技术。此时人们已总结出了一整套行之有效的找矿法，使用了竖井、斜井、平巷相结合的联合开采和群井开采，初步解决了开采过程中的井巷防护、排水、通风、提运等问题。开采了多处大型矿藏。

如冶铸技术。至迟在春秋时期，便建筑了一批规模较大的冶炼炉，炉底设置了风沟，使用了能力较强的鼓风机，使用了多管多孔送风；南方北方都使用了硫化矿；大井等地使用了石灰石造渣熔剂；产品的品位较高。早在商代中期，泥型铸造便发展到了相当高的水平；春秋时期发明了层叠铸造、出蜡铸造和金型铸造；至迟在春秋战国，便总结出了一套判定火候的熔炼技术规范。春秋战国时期，钢铁和青铜的淬火技术都已使用较多；发明了可锻铸铁技术，若无这一技术的发明和推广，先秦铁工具决不能得到如此广泛的使用。



如陶瓷技术。人们选择了含硅量较高的瓷土为制胎原料，发明了原始瓷；泥条盘筑法和拉拔造型等更为娴熟；商代早期发明了半倒焰式馒头窑和平焰式龙窑，商代中期南方印纹硬陶发展到了相当繁盛的阶段。

如机械技术。至迟在商代晚期便发明了滑车；大约西周又发明了辘轳；至迟在东周便发明了绞车。大约在夏或稍前，便发明了规、矩、准、绳这四大测量工具。战国时期，发明了蹶张弩、连弩、床弩；约春秋晚期，便发明了抛石机。我国古代车船技术的发明期大约都可上推到原始社会，夏商周皆发展到了更高水平。

如纺织技术。采用了热水煮麻（葛）脱胶，热水缂丝技术有发展；发明并使用了手摇纺车；织机具有了传动机构，形成了简单的机械体系，发明了多综多蹶提花机；草染已形成一整套技术体系，发明了多次浸染和媒染；发明了印花技术；出现了斜纹、经二重、纬二重和大提花等复杂组织，织出了绮、锦等文彩绚丽的织品。

（三）秦汉至魏晋南北朝——手工业技术的全面发展期

这也是我国古代手工业技术发展的第二个高涨期。其中较值得注意的事项是：

1. 各行各业都逐渐推广了钢铁工具，这对于统一多民族国家的形成是具有重要意义的。

在钢铁工具推广过程中，最为重要的便是“以锻代铸”的过程，即以锻造的钢铁器物取代铸造的青铜器和铁器。锻件不但强度高、硬度大，且较为轻便。在兵器中，以锻代铸的典型例子便是“以刀代剑”，即以钢铁刀代替青铜剑，其在西汉便已基本完成；往日有学者认为“以刀代剑”的出现是由于作战方式中，以骑兵代替了车战之故，这有一定道理；但可能还有一个较为重要的原因，那就是钢铁材料取代了青铜。在生产工具中，以锻代铸的过程大体上是东汉之后，随着炒钢和灌钢工艺的发展而逐渐完成的，其时间稍长一些。

2. 各项手工业技术，都取得了较大的发展。

如金属技术。在冶炼技术方面，建造了较为高大的冶铁高炉，使用了水力鼓风，可能还使用了预热送风。在炼钢技术方面，发明了炒炼法和灌炼法这两种半液态炼钢工艺，这是人类古代社会炼钢技术的最高成就。至迟在后赵（319～351年），便有了人工点化铜砷合金的记载；东晋时期，又炼出了镍白铜。在金属热处理方面，铸铁可锻化退火处理技术发展到了较为成熟的阶段；南北朝时发明了油淬和尿淬。

如陶瓷技术。西汉时发明了低温釉陶，为后世各种低温釉的使用奠定了坚实的基础。东汉之后，在浙江、江西、湖南、四川等地，都烧出了真瓷，它的各项技术指标都已达较高水平。

如机械技术。在汉代，拉杆传动、绳索传动都巧妙地用到了纺织和鼓风机机械中；齿轮传动用到了记道车、指南车和天文仪器上。发明了独轮车。造船技术有了较大提高，风帆已广泛使用于船舶航行。耕犁的结构更加趋向于完善；作为粮食加工工具的旋转磨有了较大发展，发明了碄和扇车；发明了游标卡尺、常平机械，以及某些自动机械。魏晋南北朝时期，发明了翻车等排灌机械，以及水磨、水碾、八转连磨、舂车、磨车等粮食加工机械，发明了木牛流马、帆车、水车等交通和运输机械。此外，还发明了一种利用螺旋桨飞行的“飞车”。