



“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 (下)

---

ZHONGGUO GUDAI

SHOUGONG YE

GONGCHENG JISHU SHI



中国古代  
手工业<sub>(下)</sub>  
工程技术史

何堂坤 / 著

---

山西出版传媒集团  
山西教育出版社

# 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

|                                                                                                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Foreword</b>                                                                                | 1   |
| <b>Chapter 1</b> 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  |
| <b>Bibliography</b>                                                                            | 95  |
| <b>Chapter 2</b> 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 |
| <b>Bibliography</b>                                                                            | 243 |
| <b>Chapter 3</b> 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 |
|      | <b>Bibliography</b>                                                 | 375 |

|                  |                                                                                               |     |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Chapter 4</b> | 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 |
|                  | <b>Bibliography</b>                                                                           | 469 |

|                  |                                                                                                |     |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Chapter 5</b> | 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 |
|      | <b>Bibliography</b>                                | 586 |

|                  |                                                                                                                           |     |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Chapter 6</b> | <b>Flourishing of handicraft technology in the Northern and Southern Song Dynasties</b>                                   | 605 |
| 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 elementary firearms                                                     | 708 |
| IX               | Development of compass technology                                                                                         | 719 |
| X                | Development of lacquering technology                                                                                      | 724 |
| XI               | Chinese ancient glass technology                                                                                          | 734 |
|                  | <b>Bibliography</b>                                                                                                       | 740 |

|                  |                                                                       |     |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Chapter 7</b> | <b>Hard development of handicraft technology in the Yuan Dynasty</b>  | 758 |
| 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 |
| <b>Bibliography</b>                                  | 810 |

|                  |                                                                                                   |     |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Chapter 8</b> | <b>Comprehensive handicraft technology of the Ming Dynasty</b>                                    | 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 |
|                  | <b>Bibliography</b>                                                                               | 950 |

|                  |                                                                      |      |
|------------------|----------------------------------------------------------------------|------|
| <b>Chapter 9</b> | <b>Slow development of handicraft technology in the Qing Dynasty</b> | 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 |
|      | <b>Bibliography</b>                             | 1055 |
|      | <b>Postscript</b>                               | 1065 |



是一种在生丝地上，以强碱剂印浆使熟丝显花的工艺。有关实例有：（1）墓 108 所出“原色地白花纱”，应是先用强碱剂浆料在生丝绸上印花，之后水洗即成。生丝在强碱剂作用下，丝胶膨胀，水洗后花纹部位的丝胶旋即脱去。地部仍为生丝，花纹部便呈现出熟丝的光泽。（2）墓 108 所出“黄地花树对鸟纹纱”，同样是先在生丝绸上用强碱剂印花，后用直接性植物染料“栀子”浸染即成。因生丝（地部）和熟丝（纹部）在染浴中的染色率不同，故形成了深浅不同的色光。（3）同墓所出“绛地白花纱”，是生丝绸在强碱剂印花后不作水洗，待干燥后，入“红花”染液中作弱酸性染浴即成。花纹部位因有弱酸性中和而不得上色，故呈现绛色地白色花<sup>[38]</sup>。

绞缬、蜡缬在唐代亦比较流行，尤其是前者，随着植物性染料的发展，曾风靡一时。

## 第五节 机械技术

此期机械大部分依然沿用南北朝以来的一些技术，但也有一些改进和创新，其中比较值得注意的是：在耕作机械方面，开始了直辕犁向曲辕犁的转变；粮食加工机械方面，使用了一个水轮带动多个水碾的机构；排灌机械方面，发明了架空索道的辘轳汲水法和井式水车，筒车技术亦有了发展；日用手工业工具中出现了拔轴剪。造船技术方面使用了水密分舱，以及船底髹漆技术，沙船船型开始形成；“车船”技术有了一定提高。天文仪器中的浑天仪技术亦有了发展。此外，人们还制作了诸如走马灯、水饰等众多的游艺性机械。所有这些，对于促进唐代社会生产力的提高和经济的发展，丰富人们的生活，都起到了重要的作用。

### 一、几种农业和手工业机械之发展

#### （一）曲辕犁的发明和推广

我国早期耕犁一般都是直辕的，唐代之后才逐渐开始了由直辕向曲辕的转变<sup>[1][2]</sup>。直辕犁的缺点是：（1）犁架大而笨重，往往需二牛、多人同时工作，汉代“二牛三人耦耕”便是典型的例证。（2）转弯时较为麻烦，操作起来很不方便。《齐民要术》“耕田”篇云：“今自济州已西，犹用长辕犁，两脚耒。长辕，耕平地尚可，于山涧之间则不任用，且回转至难，费力。”故直辕犁对于牛耕的推广和精耕细作，都是不利的。

有关曲辕的资料始见于唐，张鷟《朝野僉载》卷一说，贞观年间，河北定州鼓城县有个叫魏全的人，其母忽然失明。一天来了位做犁的“青衣者”，此人“持斧绕舍求犁辕，见桑曲枝临井上，遂斫下。其母两眼焕然见物”。此故事原是个传说，但它至少说明，时人使用曲木为犁辕已非稀罕之事。另外，敦煌 445 号窟壁画上也有一架曲辕犁，农夫用曲辕犁耕种，有人持镰收获，以及打场、挑运等；画面描写了整个庄园的农作场面；断代晚唐<sup>[3]</sup>。关于曲辕犁的具体结构，唐代陆龟蒙在《耒耜经》中作了精辟描述，说：“耒耜，民之习，通谓之犁。冶金而为之者曰犁铤，曰犁壁，斫木而为之者曰犁底，曰压镵，曰策额，曰犁箭，曰犁辕，曰犁梢，曰犁秤，曰犁建，曰犁槃。木与金凡十有一事”。又云：“前如耜而耒者曰

辕。”可见唐犁已有 11 个部件，结构与今世曲辕犁相近。程，盖杠<sup>[4]</sup>。穆，《玉篇》云：“木下曲曰穆”。可见依陆氏原意，唐犁之辕是如盖杠一样向下弯曲之木，说得再清楚不过的。

曲辕的出现是耕犁史上具有划时代意义的事件<sup>[5][6]</sup>。其主要优点是：（1）节省了人力畜力。在直辕犁中，畜力  $F_n$  的作用点与犁铧间存在一个较大的距离  $d$ ，从而形成较大的转动力矩  $M$ ；在耕作过程中，犁的重量  $Mg$  和耕者向下施加之力  $F_r$  所形成的力矩必须与转动力矩  $M$  平衡，否则，犁铧便可能越陷越深而难以正常工作。在曲辕犁中，畜力  $F_n$  的作用点与犁铧间的距离很小，耕者稍稍向下施力，即可保持犁的平衡，从而减少了耕者的体力消耗。另外，在直辕犁中，为平衡转动力矩，耕者向下所施之力也会加大犁对地面的正压力，从而增加了畜力消耗（图 5-5-1）。（2）犁体回转较为灵活。便于在狭小土地上耕作，使牛耕更为有效地推广开来。（3）调节深度的结构较为完善。（4）犁头形式改善<sup>[7]</sup>。

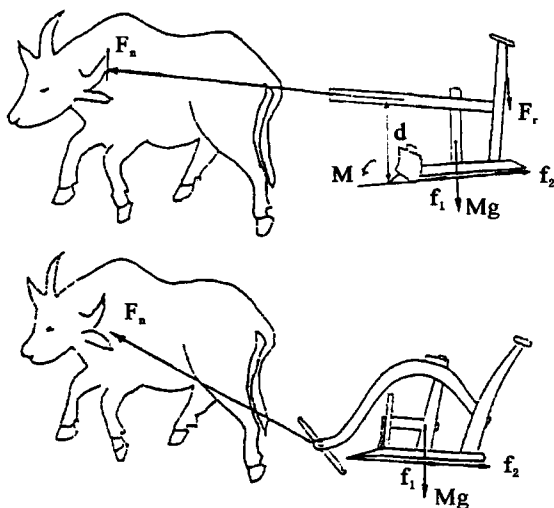


图 5-5-1 直辕犁和曲辕犁受力分析

采自文献[7]，并稍作调整

在谈到唐代耕作具时，需要一提的是王方翼的代耕具。《旧唐书》卷一八五上“王方翼传”载：永隆（680~681 年）中，车簿反叛，王方翼“以功迁夏州都督，属牛疫，无力营农，方翼造人耕之法，施关键，使人推之，百姓赖焉”。可见这是一种“施关键，使人推之”的人耕之法。具体结构虽已难得了解，但它曾经使用于生产却是肯定的。

## （二）田地整理机械的发展

此期值得注意的田地整理机械主要有：耙、碌碡、碾磑。

陆龟蒙《耒耜经》载：“耕而后有爬，渠疏之义也。散拨去芟者也。”可见耙是用作破碎翻起来的土块和清除杂草残茬的。元王桢《农书》卷一二“农器图谱”云：“今日只知犁深为功，不知耙细为全功，耙功不到，则土粗不实，后虽见苗立根，根土不相著，不耐旱，有悬死、虫咬、干死等病。耙功到则土细又实，立根在细实土中，又碾过，根土相著，自然耐旱，不生诸病，盖耙遍数惟多为熟。”此



耙的力学结构虽较简单，但在农业之精耕细作中，却占有十分重要的地位。

《耒耜经》又云：“爬而后有斫碛焉，有礮碛焉。自爬至斫碛皆有齿。礮碛，觚稜而已，咸以木为之，坚而重者良。”

礮碛，《齐民要术》名之为“陆轴”。其约有石制、木制两种，又有旱作、水作两种，元王桢《农书》卷一二“农器图谱二·礮碛”条作了进一步说明：“然北方多以石，南人用木。盖水陆异用，各从其宜也。其制可长三尺，大小不等，或木或石，刊木刮之。中受箕轴，以利旋转，又有不觚稜混而圆者，谓混轴，俱用畜力挽行，以人牵之，碾打田畴上，块垡易为破烂”。

斫碛，王桢《农书》卷一二“农器图谱二”说其“与礮碛之制同，但外有列齿，独用于水田，破块滓，溷泥涂也”。

此礮碛、斫碛大体都是一种轮轴结构，把直线运动变成圆周运动（或说把移动变成转动），利用周边的凸棱和列齿，将土块打碎，并平整地面。

### （三）排灌机械之发展

此期较值得注意的排灌机械主要有下面几种，其中有唐代发明的，也有汉代发明的。

#### 1. 架空索道的辘轳吸水装置

《刘梦得文集》卷二七载《机汲》说：“比竹以为畚，置于流中，中植数尺之梟，鞏石以壮其趾，如建标焉。索纆以为绳，縻于标垂，上属数仞之端；亘空以峻其势，如张弦焉。锻铁为器，外廉如鼎耳，内键如乐鼓，牝牡相函，转于两端，走于索上，且受汲具。及泉而循纆下缒，盈器而圆轴上引；其往有建瓴之驶，其来有推毂之易。瓶罍不羸，如博而升；技长澜出，高岸拂林杪，踰峻防；剝蟠木以承澍，贯脩筠已达脉。”<sup>[8]</sup>刘禹锡（772～842年），字梦得，此说起承载作用的架空索道，由辘轳处一直延伸到了水中竖立的木桩上，木桩以窠石为基座。索道上挂一个“外廉如鼎耳，内键如乐鼓”的宽槽滑轮，水桶系于其下。另设长绳牵引水桶。水桶由于自身的重力而沿索道下滑，并没入水中汲水，之后摇动辘轳的摇柄，便可将水桶提上。此技术约始见于唐，主要使用于江南沿江地区的大斜坡上。这是唐代排灌机械的一大发明。它不但扩大了汲水的空间跨度，而且具备了索道运输之雏形<sup>[9]</sup>。

#### 2. 井式水车

这是一种链筒式（或链斗式）垂直汲水机械，它用木桶（或戽斗）负水，一个个木桶（或戽斗）串联着，套在井边的立轮上；立轮转动，木桶便连续将水提起。主要使用于华北、西北干旱地区。《太平广记》卷二五〇“邓玄挺”条引《启颜录》云：“唐邓玄挺入寺行香，与诸僧诣园观植蔬，见水车以木桶相连，汲于井中。乃曰：‘法师等自踏此车，当大辛苦。’答曰：‘遣家人挽之。’”可见此井式水车是以一串相连的水桶依次沉入水中提水的；可用脚踏动，亦可用手挽动；很可能使用了齿轮传动<sup>[9][10]</sup>。其中的木质链条，便成了具有传送功能的搬运链。依《旧唐书》卷一九〇上所说，邓玄挺卒于唐武后永昌元年（689年）。可知这种机械至迟唐代早期便已发明。此外，《刘梦得文集》外集卷二《何处春深好》诗说“比栽篱槿，啞啞转井车”。此“井车”也应当是井式水车。有关情况第七章还要

谈到。

### 3. 筒车

原指侧立于河边的轴式大竹（木）轮，其周边绑有许多倾斜放置的竹筒，利用河水的力量推动大竹轮旋转，竹筒把水汲到高处。其约发明于汉，汉代名之为“翻车”，唐代和北宋多谓之“水轮”，南宋和元代之后才多称之为“筒车”<sup>[9]</sup>。

《全唐文》卷九四八载陈廷章《水轮赋》说：“水能利物，轮乃曲成……斫木而为，凭河而引；箭驰可得而滴沥，辐凑必循乎规准，何先何后，互兴而自契心期。”“信劳机于出没，惟与日而推移，殊辘轳以致功，就其深矣。鄙桔槔之烦力，使自趋之。”“磬折而下随毖彼，持盈而上善依于。”显然，此“轮乃曲成”等，描写的正是筒车制作和工作状况。

关于唐代或唐前筒车的结构，今已难得了解。元王桢《农书》卷一八“农器图谱·灌溉门”曾有详细说明，且曾附图，对我们还是很有帮助的。其云：“筒车，流水筒轮。凡制此车，先视岸之高下，可用轮之大小，须要轮高于岸，筒贮于槽，乃为得法。其车之所在，自上流排作石仓，斜辍水势，急湊筒车。其轮就轴作毂，轴之两旁，阁于椿柱山口之内，轮辐之间，除受水板外又作木圈，缚绕轮上，变系竹筒或木筒（原注：谓小轮则用竹筒，大轮则用木筒）。于轮之一周，水激轮转，众筒兜水，次第下倾于岸上，所横木槽，谓之天池，以灌稻田，日夜不息，绝胜人力，智之事也。”（图5-5-2）此“受水板”即挡

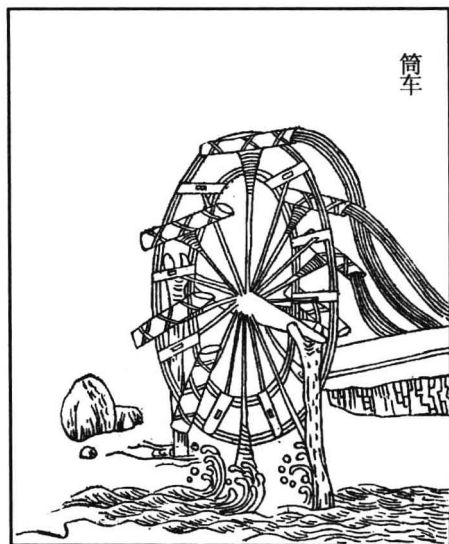


图5-5-2 元王桢《农书》所载筒车图

水板，是水的作用面。水力从切线方作用于受水板，推动水轮转动。斜缚于轮周上的水筒便源源不断地将河水提起，并倾入“天池”（受水槽）内。这是普通形式的筒车，其水轮为立轮。这种机械因制作简便，一旦制作成功，便长年不息，汲水不断。

#### （四）水碾、水磨的发展

此两种水力机械约发明于南北朝，隋唐之后有了进一步发展。

《唐会要》卷八九载：“开元九年正月，京兆少尹李元纁奏，疏三辅诸渠，王公之家，缘渠立碓，以害水功，一切毁之，百姓大获其利。至广德二年三月……奏请拆京城北白渠上王公寺观碓碾七十余所，以广水田之利。”此说因某些关系处理不当，故发生农田与碓碾争水之事。全文虽说的是毁碾，但也说明了碾之发展。同书同卷还说：“大历十三年正月四日奏，三白渠下，碾有妨，合废拆，总四十四所。”

关于唐代水碾的结构，文献上未曾细说。陆羽《茶经》卷中谈到过一种茶碾，



对我们或有一定帮助；其云：“碾以桔木为之，次以梨、桑、桐、拓为之，内圆而外方。内圆备于运行也，外方制其倾危也。内容堕而外无余木堕，形如车轮，不辐而轴焉。长九寸，阔一寸七分，堕径三寸八分，中厚一寸，边厚半寸，轴中方而执圆。其拂末以鸟羽制之”。

唐代水碾技术上的主要成就，是出现了一个水轮带动多个碾轮的机械。《旧唐书》卷一八四“高力士传”载，“力士资产殷厚，非王侯能拟……于京城西北截泮水作碾，并转五轮，日破麦三百斛”。此“并转五轮”之说，是不见于前的，可能还使用了齿轮传动。此外，《太平广记》卷二二七“伎巧·张芬”条引《酉阳杂俎》载：“张芬曾为韦皋行军，曲艺过人，力举七尺碑，定双轮水碾。”说明唐代曾有双轮、五轮水碾。

唐代水力利用技术上还有一件值得注意的事，即出现了船磨。据《鸣沙石室佚书》“唐水部式”载：唐咸通八年（867年）曾下令“洛水内及城外在侧，不得造浮碓”。此碓，即磨，“浮碓”当即后世之所谓船磨。唐代船磨的具体结构已难了解，元王桢《农书》、明唐顺之《武编前集》等都有记述，对我们还是很有帮助的。王桢《农书》卷一九“农器图谱·利用门·水磨”载：“复有两船相傍，上立四楹，以茆竹为屋，各置一磨，用索缆于急水中流，船头仍斜插板木凑水，抛以铁爪，使不横斜，水激立轮，其轮轴通长，旁拨二磨，或遇泛涨，则迁之近岸，可许移借，施之他所，又为活法磨也。”

#### （五）挟轴剪

由于钢铁技术的发展，唐宋时期，一些手工工具从材质到形制都发生了一些变化，剪刀便是其中一个代表。

剪刀在唐代的发展有3件值得注意的事项：

一是出现了一些名牌产品，有的还成了贡品。杜甫《戏题王宰画山水图歌》云：“焉得并州快剪刀，剪得吴淞半江水。”<sup>[11]</sup>此说并州剪较为锋利，且已负盛名。《新唐书》卷三七“地理志”谈到邠州时，说其“土贡剪刀”等物。自然，此邠州剪也是名牌产品。

二是唐代出现了一种“两片式”铁剪。如前所云，汉代铁剪皆由一根铁条弯曲而成，外形呈开口“8”字状，依靠弹力来张合两刃，俗谓交股剪；直到唐代，多数唐剪依然如此，使用起来很不方便。1991年，湖南益阳轴承厂出土一把铁剪，由两片铁制成，长18厘米、刃宽2.2厘米，断代唐代晚期。伴出物有鸳鸯衔绶镜，以及具有唐代风格的青瓷双系罐<sup>[12]</sup>。因锈蚀较甚，此剪的材质、加工方法皆难了解。但既为“两片”铁，便须得有轴，否则这两片铁是难得支承和张合的。如若报道无误的话，此便是我国最早的挟轴剪。它的出现，便改善了剪的使用状况，提高了生产效率。宋代之后，挟轴剪迅速推广，河南<sup>[13]</sup>、北京等地都有出土<sup>[14]</sup>。

三是出现了不少炒钢锻的铁剪。汉魏时期，铁剪多是铸制的，之后再行脱碳退火处理。近年有人分析过部分西安隋唐墓、洛阳唐兴元元年墓出土的铁剪，皆由炒钢锻成，其中皆见有较多的硅酸盐夹杂<sup>[15]</sup>。以炒钢为原料，以锻打方式成型，这是剪刀技术的一大进步。宋代之后，铸制的铁剪逐渐减少。

剪刀一般都是钢铁质的，但也有少数青铜质。商承祚《长沙古物闻见记》卷





下载有一把唐代铜质交股剪，长11.8厘米、厚0.2厘米，墓葬出土<sup>[16]</sup>。这大约是为了满足一些特殊需要而制作出来的。

## 二、抛石机和弩机技术之发展

抛石机和弩机，都是古代战争的主要远射兵器，唐宋时期有了较大发展，并成了军队配置的重要武器，在战争中显示出强大的威力。

### （一）抛石机

发明于先秦，此期使用更多，射程更远，人们还较多地用它投射引燃之物。

《新唐书·李密传》载：大业十三年，“护军将军田茂广造云旛三百具，以机发石，为攻城械，号将军礮，进逼东都”。旛，《说文解字》云：“旌旗也”。“一曰建大木，置石其上，发以机，以槌敌”。

《旧唐书·侯君集传》：唐初名将侯君集攻高昌，“抛车飞石，击其城中，其所当者无不靡碎……城上守陴者不复得立，遂拔之”。

《新唐书·高丽传》载，唐征高丽时，“勦列抛车，飞大石过三百步，所当辄溃”。

杜佑《通典》卷一六〇“兵十三·攻城战具附”还对抛车的结构作了较为详细的说明：“以大木为床，下安四独轮，上建双胜，胜间横检，中立独竿，首如桔槔状，其竿高下长短大小以城为准，首以窠盛石，石大小多少随竿力所制，人挽其端而投之，其车推转逐便而用之。亦可埋脚著地，逐便而用其旋风四脚，亦可随事而用。谓之抛车。”可见唐代的抛车（礮车）有固定式和可移动式等种。此“旋风”，即抛杆（雄姿杆）可以旋动者，使用起来较为方便，《武经总要》也曾有说明。

唐代以前，抛石机的投掷物主要是石块之类，唐代之后，便较多地投射了引火之物，这是抛石机发展史上的一次重大变化；但在相当一个时期内，人们依然将这种投石机称之为“礮”或“砲”，而不是从火之“炮”。从现有资料看，投掷“引火物”之事至迟始于唐代中期，《全唐诗》卷三一六载武元衡（758~815年）《出塞作》云：“白慢羽矢飞先火礮，黄金甲耀夺朝暾”。此“火礮”，当是投掷“引火物”的抛石机。宋路振（957~1014年）《九国志》卷二载：唐哀宗天祐元年（904年），郑璠攻豫章（今南昌），“璠以所部发机飞火，烧龙沙门，率壮士突火先登入城，焦灼被体，以功授检校司徒”。此“发机飞火”，当亦以抛石机掷出燃烧物。到了宋代，“发机飞火”便普遍使用起来。宋初许洞于景德元年（1004年）撰《虎铃经》卷六云：“飞火者，谓火炮、火箭之类也。”

### （二）弩机

发明于铜石并用时代及至新石器时代晚期，唐代已正式把它列入军队的必备兵器配置。《唐六典·武库令》载：“弩之制有七，一曰擘张弩、二曰角弓弩、三曰木单弩、四曰大木单弩、五曰竹竿弩、六曰大竹竿弩、七曰伏远弩。”杜佑《通典》卷一六〇还说到过一种车弩：“作轴转车，车上定十二石弩，弓以铁钩绳，连车行轴转引弩弓持满。弦牙上弩为七衢，中衢大箭一簇，刃长七寸，广五寸，箭杆长三尺，围五寸，以铁叶为羽……其牙一发，诸箭齐起，及七百步，所中城垒无不摧陨，楼橹亦颠坠，谓之车弩。”同书卷一四九“兵二·法制附”谈到过一种绞车弩，“今有绞车弩，中七百步，攻城拔垒用之。擘张弩中三百步”。若依西安