

科技史学术论丛



古中国 书籍插图之 机构

萧国鸿 颜鸿森 著
萧国鸿 张柏春 译

中原出版传媒集团
大地传媒

大象出版社

科技史
学术
论丛

古中国 书籍插图之机构

萧国鸿 颜鸿森 著

萧国鸿 张柏春 译

中原出版传媒集团

大地传媒



· 大象出版社 ·

· 郑州 ·

图书在版编目(CIP)数据

古中国书籍插图之机构 / 萧国鸿, 颜鸿森著. 萧国鸿, 张柏春译. — 郑州: 大象出版社, 2016. 12
ISBN 978-7-5347-7914-5

I. ①古… II. ①萧… ②颜… ③张… III. ①机械设计—中国—古代 IV. ①TH122-092

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 055330 号

备案号: 豫著许可备字-2015-A-00000230

Translation from English language edition:

Mechanisms in Ancient Chinese Books with Illustrations

by Kuo-Hung Hsiao and Hong-Sen Yan

Copyright© 2014 Springer International Publishing

Springer International Publishing is a part of Springer Science+Business Media

All Rights Reserved

本书的中文简体字版由 Springer Science+Business Media 授权大象出版社有限公司出版, 未经大象出版社有限公司书面许可, 任何人不得以任何方式复制或抄袭本书的任何内容。

古中国书籍插图之机构

萧国鸿 颜鸿森 著

萧国鸿 张柏春 译

出版人 王刘纯

责任编辑 郑新梅

责任校对 李婧慧 牛志远

封面设计 付铤铤

出版发行 **大象出版社** (郑州市开元路 16 号 邮政编码 450044)

发行科 0371-63863551 总编室 0371-65597936

网 址 www.daxiang.cn

印 刷 洛阳和众印刷有限公司

经 销 各地新华书店经销

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 17.75

字 数 323 千字

版 次 2016 年 12 月第 1 版 2016 年 12 月第 1 次印刷

定 价 48.00 元

若发现印、装质量问题, 影响阅读, 请与承印厂联系调换。

印厂地址 洛阳市高新区丰华路三号

邮政编码 471003

电话 0379-64606268

“科技史学术论丛”编委会

主 任

张柏春 王刘纯

编 委

(按姓氏笔画排序)

王刘纯 方在庆 田 淼

冯立昇 刘益东 苏荣誉

张九辰 张大庆 张柏春

张前进 罗桂环 董中山

韩 琦 曾雄生

总 序

科学技术史是随着近现代科学技术发展而兴起的一门横跨自然科学、工程技术与人文社会科学的基础性交叉学科。作为一门学科，它兴起于欧洲和美国，经历了百年左右的发展壮大过程。近三四十年来，国际科技史研究者不断拓展研究视野，除了考释科技知识本身的演进，还研究科学与技术的本质和发展模式，追溯知识的创造与传播，探索科学技术的发展与社会、政治、经济、文化等的复杂关系及相关的科技发展战略问题，从而对学术与社会产生更大影响。

中国的科技史研究兴起于五四运动前后，自 20 世纪 50 年代起开始建制化和职业化，并逐步形成自己的学术传统。20 世纪 70 年代末以来，以中国科学院自然科学史研究所为代表的中国科技史界面向学术前沿与社会需求，着力进行“从传统到现代、从中国到世界”的领域拓展，开辟近现代科技史、传统工艺与科技考古、科技发展战略、科学文化、中外科技发展比较等应用和交叉领域，更加注重探讨新的学术问题，并积极借鉴其他学科的理论与方法，由此形成了越来越多的新论著。

半个多世纪以来，中国科技史学者取得了十分丰硕的研究成果，仅中国科学院自然科学史研究所就出版了数百部学术专著。然而，国内科技史著述的出版仍然比较分散，迄今未能汇聚成一个长期累

续的书系。

大象出版社长期支持科技史学术著作的出版，与自然科学史研究所进行了非常富有成效的合作，曾设立专门的出版基金，出版了52卷本《中国科学技术典籍通汇》、14卷本《中国传统工艺全集》和其他学术力作，有力促进了科学技术史研究及相关学术领域的发展与繁荣。如今，面对学科发展的新态势，自然科学史研究所与大象出版社决定持续编选和出版“科技史学术论丛”，打造汇集、展示优秀科技史学术成果的平台。

“科技史学术论丛”以科学史、技术史、医学史与农学史等著作为主，兼收科技考古、科技哲学与科学社会学等相邻学科的论著。自然科学史研究所与大象出版社邀请部分专家，联合组成丛书编委会，以推荐和评议入选丛书的论著。丛书分为两个系列：一是首次出版的学术专著或文集；二是值得推荐给国内读者的学术译著。丛书突出学术价值，强调内容需有新意，丛书的作者和译者应当来自五湖四海，而不局限于自然科学史研究所的专家学者。我们欢迎专家学者们为丛书贡献学术佳作。

中国科学院自然科学史研究所 张柏春

2013年11月15日

序

古中国有许多具有机械插图的专书，记载了各种巧妙的发明及生产的技术。这些古书的丰富资料对后人了解古代的工艺技术水平具有重要的研究与参考价值。然而，古书上的机构图画，常常会有不完整的文字叙述及模糊不清的图画等状况，有些图画只能约略反映机构的构造，而机构的运动传递过程却不明确，这使得读者很难借由古籍图画了解古代工艺技术的发展。

本书提供一套独特的方法，用于解决古中国专书的插图机构与机器绘制不明确的问题。首先探讨古机构的历史背景与构造特性，并应用现代机构概念设计法与失传古机械复原设计法，系统化地合成出所有符合当代工艺技术水平之可行设计，其次以古中国弩（标准弩与连发弩）、纺织机构（纰车、纺车和织布机）及许多手工业机构为例说明所提供方法的应用。此方法提供一个合理工具，进行不确定构造的古机构复原设计的研究。此方法也提供给古机械领域的学者一个创新方向，进一步地帮助学者从古文献中判定插图机构的原始构造。

本书所规划与编排的内容，可用于教学，也可用于自学。第一章为本书的绪言。第二章介绍 5 本具插图机构之代表性专书的内容与背景。第三章说明机器与机构的定义、机械元件与接头的特性、古代接头的表示法、一般化运动链的定义及拘束运动的概念。第四

章介绍古中国机械的历史发展与常见的机构类型。第五章提出古籍插图机构的分类与系统化复原方法，以获得古机构所有可行的设计，并以 3 个不同类型的插图机构为例说明这套方法。这套方法利用颜氏机构概念设计法，将研究零散史料所得到的发散构想，收敛转化至特定领域，并应用机械演化与变异理论，来产生所有符合史料记载及当代科技与工艺水平的复原设计。第六章至第十一章则根据所提方法，说明 5 本代表性专书中各个装置的机构构造及复原设计的结果。

本书适用于机械系大学高年级学生与研究生，也可作为古（中国）机械史与创意机构设计相关课程的教科书或补充教材。

Marco Cecceralli 教授、陆敬严教授、张柏春教授、冯立升教授、林聪益教授、关晓武教授、孙烈博士、张治中先生及陈羽熏小姐与著者在过去多年的交往中，对促成本书帮助甚多，在此表达谢意。著者还要感谢“国立科学工艺博物馆”（高雄，台湾）的同事，尤其是陈训祥馆长、施胜中先生及胡庭荣先生的协助与投入。此外，本研究承蒙科技部（台北，台湾）专题研究计划 NSC 97-2221-E-006-070-MY3 于经费上的补助与支持，得以顺利完成，特此致谢。

著者相信本书可以满足学术研究教学中对于古机械复原设计与现代机构创意设计的需求。最后，尚祈各界读者赐予指教，俾得于再版时补正，以臻完善。

Kuo-Hung Hsiao

Kuo-Hung Hsiao 萧国鸿

Collections and Research Division

National Science and Technology Museum

Kaohsiung 80765, Taiwan

Hong-Sen Yan

Hong-Sen Yan 颜鸿森

Department of Mechanical Engineering

National Cheng Kung University

Tainan 70101, Taiwan

目 录

第一章 绪言 1

第二章 具插图机构古书 7

第一节 王祯《农书》 11

一、书籍内容 11

二、历史背景 12

第二节 茅元仪《武备志》 13

一、书籍内容 13

二、历史背景 14

第三节 宋应星《天工开物》 15

一、书籍内容 16

二、历史背景 16

第四节 徐光启《农政全书》 18

一、书籍内容 18

二、历史背景 19

第五节 鄂尔泰等人《钦定授时通考》 19

一、书籍内容 20

二、历史背景 21

第三章 机构与机器 23

第一节 基本定义 23

第二节 机件 26

一、连杆 26

二、滑件 27

三、滚子 27

四、凸轮 27

五、齿轮 27

六、螺杆 28

七、皮带、绳线和绳索 28

八、链条 28

九、弹簧 29

第三节 接头 30

一、自由度 30

二、运动方式 30

三、接触方式 30

四、接头类型 30

第四节 接头表示法 33

第五节 机构简图 35

第六节 机构与一般化运动链 37

第七节 拘束运动 43

一、平面机构 43

二、空间机构 45

第八节 小结 47

第四章 古中国机械 49

第一节 历史发展 49

一、旧石器时代到新石器时代 49

二、新石器时期到东周	50
三、东周到明朝	50
第二节 连杆机构	51
一、桔槔	51
二、界尺	52
三、钻孔机	53
四、苏颂水运仪象台定时秤漏装置	55
第三节 凸轮机构	57
第四节 齿轮机构	60
一、水磨	61
二、水碓与畜力碓	62
三、牛转翻车	63
第五节 绳索传动	65
纺织机构	66
第六节 链条传动	66
一、翻车	68
二、井车	70
三、天梯	71
第七节 小结	73

第五章 复原设计法 75

第一节 古籍插图机构分类判定	75
第二节 不确定构造之插图机构复原设计法	77
第三节 复原设计实例	82
一、实例 1: 水碓	82
二、实例 2: 铁碾槽	83
三、实例 3: 扬扇	84
第四节 小结	91

第六章 滚轮器械 93

- 第一节 农田整地器械 93
- 第二节 收获与运输器械 94
- 第三节 谷物加工器械 96
 - 一、风车扇 96
 - 二、礱与水磨 97
 - 三、小礱与滚石 98
- 第四节 汲水器械 99
 - 一、刮车 99
 - 二、筒车 100
 - 三、龙尾 101
- 第五节 战争武器 102
 - 一、侦察器械 102
 - 二、攻坚器械 102
 - 三、防御器械 109
- 第六节 其他器械 111
 - 一、活字板韵轮 112
 - 二、木棉搅车 113
 - 三、絞车 113
 - 四、陶车 114
- 第七节 小结 115

第七章 连杆机构 119

- 第一节 杠杆 119
 - 一、踏碓与槽碓 119
 - 二、鋤与桑夹 120
 - 三、连枷 120
 - 四、权衡 123
 - 五、鹤饮 123
 - 六、桔槔 124

第二节 抽水筒 126

一、虹吸 126

二、恒升 128

三、玉衡 129

第三节 谷物加工器械 130

一、石碾 130

二、牛碾 130

三、水碾 130

四、辊碾 130

五、磬 132

六、面罗 133

七、扬扇 134

第四节 其他器械 134

一、风箱 134

二、水排 136

三、水击面罗 140

四、铁碾槽 140

第五节 小结 140

第八章 齿轮与凸轮机构 145

第一节 具齿轮农业器械 145

一、榨蔗机 145

二、连磨 147

三、水磨与连二水磨 148

四、水转连磨与水碓 149

第二节 具齿轮汲水器械 150

一、驴转筒车 150

二、牛转翻车 151

三、水转翻车 152

四、风转翻车 152

第三节 凸轮机构 156

一、水碓 156

二、立轮式水排 157

第四节 小结 159

第九章 挠性传动机构 163

第一节 谷物加工器械 163

一、筛壳装置 163

二、驴砵 164

第二节 汲水器械 165

一、辘轳 165

二、手动翻车 165

三、脚踏翻车 167

四、高转筒车 167

五、水转筒车 169

第三节 手工业器械 170

一、入水(入井)装置 170

二、凿井装置 171

三、磨床装置 172

四、榨油机 172

第四节 纺织器械 174

一、蟠车 175

二、絮车 175

三、赶棉车 176

四、弹棉装置 178

五、手摇纺车与纬车 178

六、经架 180

七、木棉軋床 181

第五节 小结 181

第十章 弩 185

第一节 历史发展 185

第二节 构造分析 189

第三节 标准弩 190

第四节 楚国弩 195

第五节 诸葛弩 201

一、可动式箭匣 201

二、固定式箭匣 205

第六节 小结 208

第十一章 复杂纺织机械 211

第一节 纡车 211

第二节 纺车 223

一、脚踏纺车 223

二、皮带传动纺车 230

第三节 斜织机 234

第四节 提花机 248

第五节 小结 263

附录 符号 265

绪言

第一章

中国文化历史悠久,有许多记录重要发明的专书,这些专书记载了古中国各种产业的生产知识、经验及技术,介绍了各种机构与机器,还说明了各种机构与机器的功能、构造及使用方法。为了清楚说明这些机械装置的运动情形,书中通常以文字搭配插图来表示各种机件的类型、零件尺寸及生产过程。

机件是能够传递运动与力量的阻抗体,借由与适当的接头组合形成机构,可以产生确定的相对运动。机器则包含一个或数个机构,可以有效地输出功或转换能量^{①②}。从古到今,在机构与机器原理的发展历程中,无论是单一零件外形与尺寸的展现,还是整体机器系统的描述,使用点、线、面所组成的图像表达方式,远比文字叙述更能直接表示机构与机器的外观和内部构造。

古中国有许多精巧的机械发明,有些装置已具备现代机器的三大基本组成要素,即原动机、传动机构及工作机。连杆、凸轮、齿轮、绳索、链条及其他机件已广泛运用于各种不同的机械中,如农业机械、纺织机械、武器及手工业装置。古中国有五本记载工艺技术的发展与各种机构的代表性专书,它们是出版于1313年元朝王祯的《农书》^③、1621年明朝茅元仪的《武备志》^④、1637年明朝的宋应星的《天工开物》^⑤、1639年明朝徐光启的《农政全书》^⑥以及1742

① 颜鸿森、吴隆庸:《机构学》,第三版,东华书局,台北,2006年。

② Yan, H.S., *Creative Design of Mechanical Devices*, Springer, Singapore, 1998.

③ [元]王祯撰:《农书》,中华书局,第1版,北京,1991年。

④ [明]茅元仪撰:《武备志》,海南出版社,海南,2001年。

⑤ [明]宋应星撰,潘吉星译注:《天工开物译注》,上海古籍出版社,上海,1993年。

⑥ [明]徐光启撰,石声汉校注:《农政全书校注》,明文书局,台北,1981年。

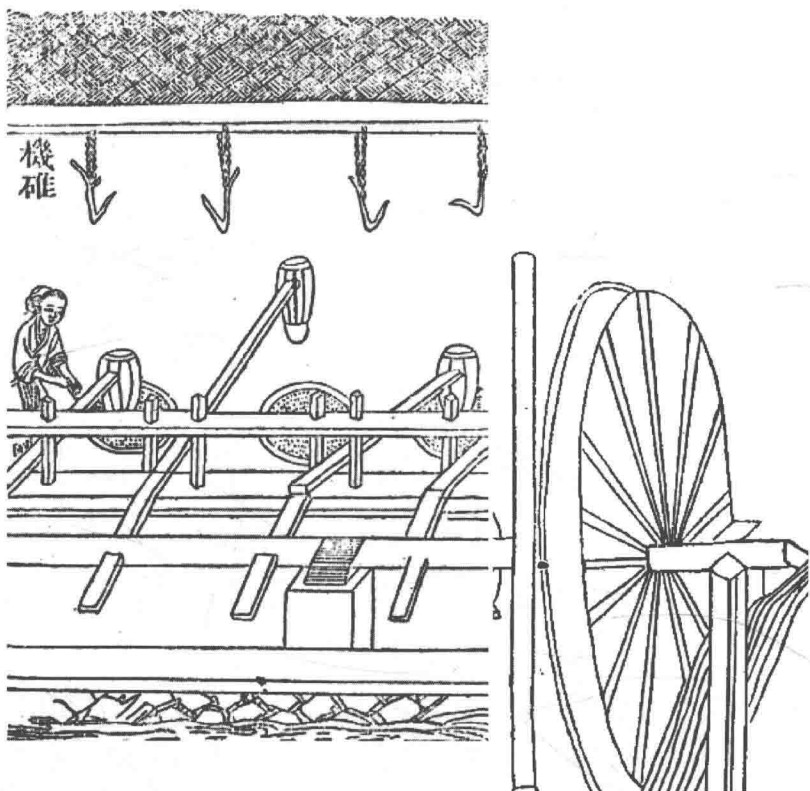


图 1-1 连机碓①

①〔元〕王祯撰：《农书》，中华书局，第1版，北京，1991年。

②〔清〕鄂尔泰等编：《钦定授时通考》，收录于四库全书珍本（王云五主编），据影文渊阁四库全书本，台湾“商务印书馆”，台北，1965年。

年清朝的《钦定授时通考》②。

这五本专书不仅详细记载了古中国机械装置的使用情形，还记载了各种机件的制造及组装方法。书中借由机械插图进行机械装置传动过程的说明，对了解当时工艺与技术的发展，有很高的研究与参考价值。例如，元朝王祯的《农书》中记录了一种能够以水力推动舂捣谷物的器械：“今人造作水轮，轮轴长可数尺，列贯横木相交，如滚枪之制。水激轮转，则轴间横木间打所排碓梢，一起一落舂之，即连机碓也。凡在流水岸傍，俱可设置。”亦有此器械的图画记载，如图 1-1 所示。此段叙述提供给后人许多讯息，包含器械功能、动力来源及许多零件名称，如水轮、长轴、横木、碓梢等，但难以仅根据相关文字了解该器械的组成与构造。不过通过文字与图形