

Mechanical Design Methods and Innovative Thinking in Ancient Chinese Classics

Renjie Song¹, Jin Zhou², Ziyue Wei¹, Qinwei Wang³

¹School of Mechanical Engineering and Automation, Wuhan Textile University, Wuhan Hubei

²School of Mathematics and Computer Science, Wuhan Textile University, Wuhan Hubei

³School of Mechanical Engineering, Hubei University of Automotive Technology, Shiyan Hubei

Email: 594946871@qq.com

Received: Aug. 13th, 2018; accepted: Aug. 27th, 2018; published: Sep. 3rd, 2018

Abstract

Innovation is the driving force for the progress of human civilization, as well as the driving force for the development of science and technology and economy. Nowadays, all countries in the world have competition in political, economic, military and scientific and technological aspects. The essence of competition is talent competition. The core of talent competition is the competition of creativity. This paper combined the classic cases of ancient Chinese books. From the basic theory of creative thinking and design methods, this paper studied and discussed the innovative thinking and creative methods. In view of various types of design, this paper circled the design of mechanical principle and mechanism design and other aspects to explore the law of innovative design from various angles. This paper is useful to the innovative design by referring to ancient Chinese machinery or using existing machinery.

Keywords

Mechanical Design, Ancient Classic, Innovative Thinking

中国古代典籍中的机械设计方法与创新思维

宋仁杰¹, 周进², 魏子晔¹, 王秦伟³

¹武汉纺织大学, 机械工程与自动化学院, 湖北 武汉

²武汉纺织大学, 数学与计算机学院, 湖北 武汉

³湖北汽车工业学院, 机械工程学院, 湖北 十堰

Email: 594946871@qq.com

收稿日期: 2018年8月13日; 录用日期: 2018年8月27日; 发布日期: 2018年9月3日

摘要

创新是文明进步的原动力，也是科技和经济发展的动力。当今世界各国在政治、经济、军事和科技方面的竞争，实质上是人才的竞争，而人才的竞争的核心是创造力的竞争。本文结合了中国古代典籍中的经典案例，从创新思维和设计方法的基本理论出发，研究讨论了创新思维和创造方法，针对各种类型的设计，围绕设计中的机械原理方案设计、机构设计等环节，从各个角度广泛探讨创新设计的规律，对借鉴中国古代机械或者利用现有机械进行创新设计具有一定的指导意义。

关键词

机械设计，古代典籍，创新思维

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

中国的机械史在世界文明史中有着举足轻重的地位，是世界科学技术发展史上一朵璀璨的奇葩。中华民族在五千年的历史长河中创造了无数令人举世瞩目的机械奇迹。例如春秋战国时期的《考工记》记述了齐国关于手工业各个工种的设计规范和制造工艺，书中保留有先秦大量的手工业生产技术；宋代的《梦溪笔谈》详细阐述了自然科学、机械制造工艺、技术等方面的知识，被英国科学史家李约瑟评价为“中国科学史上的里程碑”；元代的《王祯农书》中展示了“钱、镩、耩、耨、耙、耨”各种农具的图形，让老百姓仿造试制使用，同时，作者王祯还“以身率先于下”、“亲执耒耜，躬务农桑”，亲自展示机械制造技术的革新所带来的便利；明代的《天工开物》、《农政全书》等书籍详细的记录了水利机械、农业机械、手工业机械等机械的制造过程和制造技术，淋漓尽致的展现了中国古代科学家高超的机械设计方法和设计思想。其叙述大多通俗易懂、内容丰富，反映了中国古代科学技术达到的辉煌成就[1]。中国古代文献对中国乃至世界的机械发展产生了深远的影响，具有相当的指导意义。古代文献中有关机械设计的方法和创新思维，对今天中国机械设计学的发展，无疑提供了宝贵的文化底蕴和历史机遇，值得我们每一位机械设计人员学习和借鉴。

2. 中国古代典籍中的机械设计方法与创新思维

2.1. 注重实用，关注民生

《天工开物》一书在研究一般造物规律的过程中，列举了许多常见的工具，它们都是一些生活用品，而且设计的要求是满足人们的日常生活需要。本书以农用工具的设计为主，农用工具与普通的民众生活有着密切的关系，书中阐述了人类赖以生存不可缺少的水稻、小麦等农作物的种植技术和各种运输工具、水利工具、耕种器具的设计制造及使用方法。在服装的染整、纺织上，介绍了各种服装的设计制造技术。在陶瓷砖瓦的设计中，论述了瓦罐、瓦块等的设计制造方法。这其中的理念都明显地展现了现了《天工开物》是以人们需求的实用性为设计的核心的。

2.2. 天人合一，道法自然

所谓“天人合一”的思想最初来源于八卦。《易传》中早有论述：“古者包牺氏之王天下也，仰则观象于天，俯则观法于地，观鸟兽之文，与地之宜，近取诸身，远取诸物，于是始作八卦，以通神明之德，以类万物之情。”[2]《周易》所体现的思想对人类社会的发展是有指导意义的，它即强调客观的自然规律，又认可了人的主观能动性。《天工开物》一书所承载的设计思想是宋应星对中国传统文化的深刻总结和是在《考工记》的基础上不断发扬光大所得来的。书名四字亦表明只有在自然条件和能工巧匠的思维相互协调，相互统一，相互促进的条件下，才能开发出实用的物品。中国传统制造业是以天然的材料为主要原料，只有适应自然，才符合事物发展的客观规律，才能被人们所接受。

2.3. 留心生活，类比联想

《墨子·鲁问篇》中说，鲁班根据墨翟的理想和设计，用竹子做风筝。鲁班把竹子劈开削光滑，用火烤弯曲，做成了喜鹊的样子，称为“木鹊”，在空中飞翔达三天之久。人们观察自然现象和已有事物两两之间的关系，从中受到启发，并将其进行推广，可以造出新的机器[3]。留心生活不光指留心生活中的自然现象，还要留心已有的机械，并在其基础上不断改进。《晋书·舆服志》中记载：“记里鼓车，驾四。形制如司南。其中有木人执槌向鼓，行一里则打一槌。”其中的记里鼓车就是将人工测距转化为机械测距的新机器。对已有机械进行研究，创造出新机械，能大大减少设计时间，提高设计效率，更好的为人类服务(图1)。

2.4. 利用自然，重己役物

重视利用自然能源是中国古代机械史上重要的一环。由人力、畜力为能源到以风能、水能为能源的转变，是中国古代机械史上重大的技术革新。《太平御览》引桓谭《新论·离车第十一》说：“伏羲之制杵臼之利，万民以济。及后世加巧，延力借身重以践碓，而利十倍；又复设机用驴骡、牛马及投水而舂，其利百倍。”[4]这里讲的“投水而舂”，就是水碓。凡是需要捣碎的物品，如药物、香料、乃至矿石、竹篾纸浆等等，皆可用水碓操作。《荀子·天论》中指出了“天地官而万物役”的思想，人们只要利用聪明才智，使自然能源为人所用，就能解放双手，造出更上乘的机械(图2)。



Figure 1. Li-drum-hodometer

图1. 记里鼓车

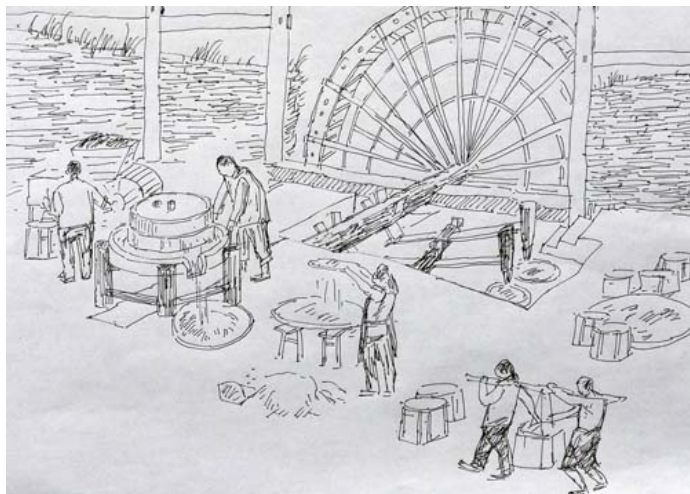


Figure 2. The era of the water power trip-hammer for husking rice
图 2. 水碓时代

2.5. 注重效率，省工省力

《韩非子》卷十五《难》二中有相应的论述：“审于地形、舟车、机械之利，用力少，致功大，则入多。”[5]说明制造机械的目的就是提高效率，省工省力。《礼记·檀弓》中记述了鲁班设计出“机封”，用机械的方法代替人力下葬季康子之母，其技巧令人信服。但当时盛行厚葬，这种方法未被采纳。另据东汉崔寔《政论》的记载，赵过改进的耨车有3只耨脚，一次并联3个便使得效率提高3倍，简单但是实用。牛转连磨，由牛转动中心齿轮，齿轮驱动与之啮合的8个小齿轮从而驱动8个石磨同时工作，耨脚在平整好的土地上开沟播种，同时进行覆盖和镇压，一举数得，省时省力，其效率可达“日种一顷”，这也是对这一思想的正确运用(图3)。

2.6. 尊重生态，合理利用

《天工开物·杀青第十三》中记载了有关造纸树木的保护，“树已老者，就根伐去，以土盖之。来年再长新条，其皮更美。”《清实录》中记载了雍正皇帝禁用象牙制品的事情：雍正在雍正十二年(1734年)四月谕旨大学士等：“朕与一切器具，但取朴素实用，不尚华丽工巧，屡降谕旨甚明。”这表明我们在采集机械制造的原材料时，要以适时，适量为前提，不破坏生态环境。对于会对生态环境造成严重破坏的原材料，要禁止使用或找到合适的替代品，没有替代品也要减少其使用量，合理的利用自然资源，实现和谐的生态保护[6]。

2.7. 扬长避短，寻找优解

机械都是由一个个单独的零件制造出来的整体。我们需要针对每一部分的功能，选择合适的加工材料，设计方法和制造工艺，以达到机械整体状况的优解。如《天工开物》中记载的扬郡“以风帆数扇”驱动翻车，“去泽水以便栽种”，说的就是立式风车，其所用木材质地坚硬刚度较大，绳子与帆面则刚度较小，每一部分零件都采用了合适的材料和设计。运转过程中，顺风的帆面与风向垂直，直面冲击，逆风的帆面随风而转，顺势而为，充分发挥了风车的功能，且运行平稳(图4)。

2.8. 参数明确，标准通用

中国古代的参数设计一般是选择器物的一个基本几何尺寸作为参数尺寸的基准，再按不同的比例常



Figure 3. An animal-drawn seed plough
图 3. 耩车



Figure 4. Vertical windmills in the Song Dynasty
图 4. 宋代立式风车

数确定相应的尺寸。《墨子·天志上》说：“轮匠执其规矩，以度天下之方圆。”规矩，即圆规及曲尺。曲尺由尺柄及尺翼组成，相互垂直成直角，尺柄较短为一尺，主要为量度之用；尺翼长短不定，最长为尺柄一倍，主要为量直角、平衡线之用。木工以曲尺量度直角，平面，长短甚至平衡线。这是一段有关古代机械制造参数的精彩论述，可见古代机械设计制造已达到相当高的水平。又如《秦律十八种》中《工律》记载：“为器同物者，其小大、短长、广夹(狭)必等。”其意为制作同一器物，其大小、长短和宽度必须相同。这保证了产品几何参数精度的一致，体现了零件的互换性。

3. 中国古代典籍对当代机械设计制造的启示

将古书中的机械知识古为今用，实现中华民族的伟大复兴是我们追求的目标。随着全球工业化的发展，人们对自然资源的需求越来越多，导致人与自然“天人合一”的关系日渐“冷漠”。大量的消耗自然资源对环境造成了严重的破坏。树立新的环保理念，强调生态设计，绿色制造都反映了人与自然和谐相处的思想。“天人合一”是中国古人的最高精神追求，古代的农业文明依靠自然、敬畏自然，古代中

国人是改造自然与保护自然的典范[7]。中国古代机械以人力、畜力、水力与风力等为能源, 清洁环保, “取之不尽, 用之不竭”。其尊重自然的设计方法和制造理念值得我们学习和研究。这与习近平新时代中国特色社会主义思想之坚持新发展理念中的协调发展, 绿色发展的伟大思想是不谋而合的。许多古书中的机械都是将前人发明的机械进行改进, 最终成为了更有价值的机械。技术中的创新精神依然可以影响到现在的机械设计。我们要充分整合利用已有的设计资源, 发挥创新精神, 创造出与众不同的机械作品, 为全人类谋福利, 共建美好的未来。这种精神与习近平总书记在 2018 年的博鳌亚洲论坛开幕式上以“开放共创繁荣, 创新引领未来”为主题的演讲有着异曲同工之妙。在当代, 可持续发展与人类的生存和进步有着密切的联系。机械设计与制造是影响生态环境的诸多因素中的重要一环。现代的机械要与人, 与环境保持高度的协调一致, 要既能满足人们的生活需要, 又能保持美丽的绿水青山。作为祖国机械事业的践行者, 我们要把这种思想运用到实践中去, 为把我国建成富强民主文明和谐美丽的社会主义现代化强国而努力奋斗。

4. 结论

中国古书中有许多机械方面的杰作, 探究古代典籍中的机械设计思想对当代的设计发展是很有必要的, 许多设计并非单单围绕机械构造, 更展现了人与自然和谐发展的美好景象。纵观中国古代机械设计, 容易看出中国古代机械工程的发展取得了辉煌的成就, 更展现了中国古代机械设计与国学中的哲学、艺术、认识、思维等科学是相互交叉, 不可分割的。中国古代的机械设计者将生产劳动中得出的经验与自然规律相结合, 系统性的整合为经验科学书籍, 为当代科学理论和定理的产生打下了坚实的基础。中国古代伟大的思想家孟子曾说: “尽信书, 则不如无书。” 笔者通过介绍中国古书中的经典案例, 并不是想让读者囿于了解这些机械, 而是希望读者把这些创造性的思维转化为诱导式的思维, 启发式的思维。既然文中引用的是古书中的例子, 就不一定是新鲜的, 但从那些已被实践证明是行之有效的创新方法中, 从机械科学史上浩若繁星的创新事例中, 我们可以看到前人智慧的火花。我不希望用大量的例子来填满文章, 而是希望用这些星星点点的火花来点燃读者头脑中创造的火把。中国是文明古国, 工艺也许会落后, 但是思想不会。从青蒿素的提取到一带一路的提出都证明了古代遗宝在今天的惊人价值。机械领域也同样可以进行研究与发掘, 达到古为今用的目的。

参考文献

- [1] 黄纯颖. 机械创新设计[M]. 北京: 高等教育出版社, 1999.
- [2] 孙守璞. 人为自然之物, 必循自然之规[J]. 周易研究, 1993(3): 42-44.
- [3] 温兆麟, 刘成倡, 常亮. 中国古代机械在现代机械中的类比创新[J]. 农机化研究, 2010(2): 234-237.
- [4] 李昉. 太平御览[M]. 北京: 中华书局, 1998.
- [5] 韩非. 韩非子[M]. 北京: 西苑出版社, 2016.
- [6] 余谋昌. 生态哲学[M]. 广州: 中山大学出版社, 2000.
- [7] 陶妍. 《天工开物》可持续发展意识对当代设计的启示[J]. 文艺生活·文艺理论, 2013(3): 63-65.

知网检索的两种方式：

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2476-1516，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：design@hanspub.org