

# 核心素养视域下《天工开物》的教学价值探寻

彭文坤

北京师范大学未来教育学院, 广东 珠海

收稿日期: 2023年4月18日; 录用日期: 2023年5月17日; 发布日期: 2023年5月25日

## 摘要

中华优秀传统文化进入课堂为新课改理念所倡导,也是落实化学核心素养的一种有效形式。《天工开物》是我国十七世纪生产技术的百科全书,是传统文化的优秀载体。在核心素养视域下将《天工开物》内容融入课堂教学,让中华优秀传统文化助力教学内容、方法技能、精神激励等教学诸多方面,对更好落实高中化学核心素养有重要意义。

## 关键词

天工开物, 化学核心素养, 高中化学

# An Exploration of the Teaching Value of *The Exploitation of the Works of Nature* in the Perspective of Core Literacy

Wenkun Peng

School of Future Education, Beijing Normal University, Zhuhai Guangdong

Received: Apr. 18<sup>th</sup>, 2023; accepted: May 17<sup>th</sup>, 2023; published: May 25<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

The introduction of China's excellent traditional culture into the classroom is advocated by the new curriculum reform concept and is an effective form of implementing the core literacy of chemistry. *The Exploitation of the Works of Nature* is also an encyclopedia of production technology in the 17th century in China and an excellent carrier of traditional culture. In the perspective of core literacy, integrating the content into *The Exploitation of the Works of Nature* into classroom teaching can contribute to many aspects of teaching, such as teaching contents, methods and skills, and

spiritual motivation, which is of great significance for better implementing the core literacy of chemistry in high school.

## Keywords

*The Exploitation of the Works of Nature, Core Literacy of Chemistry, High School Chemistry*

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

## 1. 引言

高中化学课程改革基本理念强调“新课改要结合人类探索物质及其变化的历史，要结合学生年龄特点和学科特征融入中华优秀传统文化”[1]。《天工开物》是世界上第一部关于农业和手工业生产的综合性著作，由明代宋应星所著，是我国古人探索并改造世界，发挥主观能动性的传统文化类经典书籍。发掘并继承其优秀成果，对学生增强民族自豪感，坚定文化自信有重要意义。本篇文章中的核心素养特指高中化学核心素养，文章将主要从《天工开物》中包含的化学相关内容，《天工开物》与高中化学核心素养匹配情况，教学中如何利用好《天工开物》这几个方面展开。

## 2. 《天工开物》中的化学相关内容

《天工开物》全书分上、中、下三部分，共十八卷。收录了农业、手工业等诸多生产技术，很多一直沿用到近代，有很多生产技术甚至在现代还在使用[2]。该著作强调人与自然和谐共存、人力要与自然力相配合。研读该书，我们发现以下卷目部分内容与高中化学较为相关。

乃粒第一卷：对明代五谷的生产进行总结，其中涉及砒霜拌种、磷肥施放、草木灰储藏绿豆种等。

乃服第二卷：记述了丝、绵等织物的来源，稻草灰水(碱性)煮造棉，煮练生丝等。

彰施第三卷：对我国传统染色技术进行了深刻的总结，如从植物(红花、槐花等)提取染料的方法和技术。

粹精第四卷：其中醋渣粘合与醋酸的化学性质相关。

作碱第五卷：该卷主要讲解制盐(海盐、池盐等6种盐产的制备过程)。

甘嗜第六卷：记述制糖(蔗糖、饴糖、蜜糖)工艺，涉及制糖过程中的脱色、结晶等操作流程。

陶埏第七卷：讲述陶瓷的烧制技术，利用钴土矿作青色颜料、赤铁矿为红色颜料的案例，完成对景德镇陶瓷业的科技考察。

冶铸第八卷：记述了明代的锻造技术，合金的原料配比(青钱)等。

锤锻第十卷：记述了金属的压力加工方法，实现金属机械性能的改善。特别记述了铁器和铜器的铸造工艺，如渗碳、退火、淬火、焊接等技术。

燔石第十一卷：记述石灰、煤炭、矾、硫磺等矿物的开采及加工。

膏液第十二卷：记述食用油和生产用油(照明用油)的提取及应用，涉及蒸榨法的使用。

五金第十四卷：记述金、银、铜、铁、锡、铅等金属的开采和冶炼。

佳兵第十五卷：记述黑火药的制备，祥明枪炮火药硝九而硫一，爆破火药硝七而硫三。

丹青第十六卷：记述朱(硫化汞)墨(炭黑)制备。

曲蘖第十七卷：记述酒曲制作和用途，总结红曲制造经验等。

珠玉第十八卷：记述珠、宝、玉的品种、特征、产地及生产加工工艺。

### 3. 《天工开物》与高中化学核心素养

提升文化自信，就要继承和弘扬中华优秀传统文化，并结合时代发展的特征对其进行创造性转化和创新性发展，激发传统文化的现代活力[3]。从高中化学角度对传统文化进行考察是近年命题的重要方向，在高考题中不时可见《天工开物》的节选内容，如2020海南卷“汲水而上，入于釜中煎炼，顷刻结盐，色成至白”，描述了井盐的生产过程，涉及的物质分离提纯，选自《天工开物》作碱第五卷。又如2021辽宁卷“凡乌金纸由苏、杭造成，其纸用东海巨竹膜为质。用豆油点灯，闭塞周围，只留针孔通气，熏染烟光”选自《天工开物》五金第十四卷。高考试题贯穿了化学核心素养考察要求，我们将化学核心素养与《天工开物》内容进行匹配后得表1。

**Table 1.** Correspondence table between the core literacy of high school chemistry and the volumes and chapters of “*The Exploitation of the Works of Nature*”

**表 1.** 高中化学核心素养与《天工开物》卷目内容对应表

化学核心素养	《天工开物》中的相关内容	主要卷目
宏观辨识与微观探析	很多化学技术和工艺都是建立在对物质细微观察和宏观性质认识基础上，如丝、绵等织物的生产，矿石的烧炼，火药的原理等。	乃服第二卷、作碱第五卷、燔石第十一卷、五金第十四卷、丹青第十六卷
变化观点与平衡思想	化学反应按相关确定系数进行，计算产物的量，质量守恒思想，可逆反应相关探索。	作碱第五卷、甘嗜第六卷、膏液第十二卷、丹青十六卷、曲蘖第十七卷
证据推理与模型认知	利用声音、颜色等感官证据进行相应推理，利用已知模型进行未知模型的感性建构。	彰施第三卷、冶铸第八卷
科学探究与创新意识	在已有技艺的基础上进行创新和改进，作者表现出对未知物质世界的探究精神，质疑已有物质的制备方案，探究计量方法。	乃粒第一卷、粹精第四卷、陶埴第七卷、五金第十四卷、曲蘖第十七卷、珠玉第十八卷
科学态度与社会责任	提倡科学精神，遵循自然规律，关注人民疾苦，提高生产效率，强化安全生产。	彰施第三卷、陶埴第七卷、锤锻第十卷

#### 3.1. 宏观辨识与微观探析

新课标要求能对物质进行分类，认识其多样性，理解“结构决定性质”的观念，分析解决问题时综合宏观和微观视角。《天工开物》一书中对物质进行分卷介绍，这本身就是一种物质分类的方法。燔石第十一卷和五金第十四卷是典型的物质分类方式，燔石主要讲解矿石的烧炼，五金主要讲解金属的冶炼，这是典型的物质分类思想。书中也有对同一类物质再次细化分类，如十一卷中对煤再次细分为明煤、碎煤、末煤。该书也向读者展示了物质的多样性，有化合态的矿石如石灰石、白凡(明矾)，也有游离态金属单质银、铜等。限于古时的认知水平，微观结构不能进入原子、分子层次，但古人依然以自身的思考提出了独到的见解。如在第十一卷中对火药发生的氧化还原反应，宋应星是这样描述的“凡火药，硫为纯阳，硝为纯阴”。“阴”和“阳”可看作是对“氧化剂”和“还原剂”的宏观解释，这对后人理解氧化还原反应有相当启示。

#### 3.2. 变化观念与平衡思想

新课标要求：“能认识到化学变化有条件和规律，化学反应本质特征是新物质生成及能量转化，化

学反应有限度和速率且可以调控，能用对立统一、联系发展和动态平衡的观点考察、分析化学反应”丹青十六卷“每升水银，得朱十四两、次朱三两五钱。出数藉硫质而生”这便是典型的质量守恒的思想。又如倭铅的制备，“其质用炉甘石熬炼而成”熬炼表明需要对碳酸锌进行加热，这表明化学反应需要一定的条件。再如对倭铅的描述，“以其似铅而性猛，故名之倭”意思是该物质像铅而又性猛，所以叫它倭铅，这便是联系的观点。此外平衡思想亦在书中有体现，具体为丹青十六卷中涉及硫化汞的可逆反应，“若水银已升朱，则不可复还为汞”，这使我们联想到高中化学中的可逆反应。

### 3.3. 证据推理与模型认知

“具备证据意识，用分析和推理解物质，建立逻辑关系。利用认知模型解释化学现象，揭示规律”，是新课标的要求之一。《天工开物》注重证据推理，也有模型认知的雏形。具体而言，在冶铸第八卷“凡釜既成后，试法以轻杖敲之，响声如木者佳，声有差响则铁质未熟之故，他日易为损坏”利用了敲击声推断铁质差(灰口铁少)。在彰施第三卷中“君子曰：甘受和，白受采”意思是说甜味可以调和各种味道，白色可以染成各种色彩。创造性地将“味觉模型”与“视觉模型”进行联系，用以解释多种色素可以混合成新颜色，这已有模型认知并简单应用的雏形。尽管与现在的化学模型有很大的差异，但受历史条件的限制，能有这样的认识也足以令人惊叹。

### 3.4. 科学探究与创新意识

新课标呼唤科学探究意识，鼓励提出探究问题和假设，强调设计方案进行实验探究，注重合作式学习，提倡质疑和创新。《天工开物》有云“乃枣梨之花未赏，而臆度楚萍”，意思是没有亲自尝试不能臆断，这强调见闻试验的重要性，这是化学学科要求重视实验的历史佐证。又如五金第十四卷，“出锡唯此道。方书云马齿菟取草锡者，妄言也。谓砒为锡苗者，亦妄言也。”告诉我们通过作者的实验，对医药书中关于从马齿菟中提取草锡的方案进行证伪。再如乃粒第一卷稻灾，有对“鬼火”的解释，“凡木母火子，子藏母腹”意思是“木”与“火”如同“母”与“子”，火藏在木头之中，木头不坏的时候，火也就永远藏在木头里面，这是对“鬼火”进行唯物主义的尝试性解释。关于黍尺，乃粒第一卷黍稷梁粟中对“黍尺”提出质疑，宋应星认为黍粒大小受多方面因素的影响，将一百粒黍排列起来作长度标准不正确，这反应出古人对标准化计量的认知。

### 3.5. 科学精神与社会责任

新课标要求终身学习意识和严谨求实的科学态度，崇尚真理，深刻理解化学、技术、社会和环境之间的相互关系，赞赏化学对社会发展的重大贡献。《天工开物》中作者秉持科学精神，重视见闻整理并亲自试验(如制锡)，主张按规律开展工作(如彰施第三卷蓝淀，通过搅拌使靛白充分与空气接触而氧化为靛蓝)。而社会责任方面，我们可以看到作者对提高生产效率及科普安全生产的良苦用心，诸如在锤锻第十卷“凡铁铤，纯钢为之。为健之时，钢性亦软。以已健钢槌划成纵斜文理”讲述金属的压力加工方法，改善机械性能提高生产力，促进社会进步。安全生产方面，在燔石第十一卷煤炭中就有详细讲述，“初见煤端时，毒气灼人。有将巨竹凿去中节，尖锐其末，插入炭中”提出防止瓦斯事故的方法。

## 4. 教学中如何利用好《天工开物》

### 4.1. 甄选《天工开物》内容，融入核心素养培养

教学内容方面：《天工开物》是教学内容的有益补充，化学史料的发掘不仅是开发课程资源的有效途径，更是提高化学教学质量的有力载体[4]。《天工开物》中真实可信化学史料、传承至今的技艺方法、

精准详实的文言语料都可以成为化学教学内容上的补充和教学形式上的创新点。如第八卷冶铸，讲述了金属加工相关工艺及历史，第五卷作碱涉及食盐的提纯，这些都与高中化学教学内容息息相关。《天工开物》行文考究，可以成为文言文学习的素材，设计出跨化学学科和语文学科的教学场景。《天工开物》还记述了诸多当时居于世界先进水平的科技成就，其不乏与生物、物理等学科相关内容，可以成为设计STEM课程的素材来源。

方法技能方面：化学教学中涉及物质制备、实验操作等技能和方法，《天工开物》可以有选择性的提供借鉴。《天工开物》中详细记录了大量的手工业生产工艺包括生产原料、生产设备、操作程序等[5]。如第三卷彰施蓝淀中有“凡靛入缸，必用稻灰水先和，每日手执竹棍搅动，不可计数”。这表明靛蓝制作中需要充分氧化，不断搅拌以加大靛白与空气的接触。对高中化学而言类似的制备技能(搅拌)和方法(充分氧化)值得借鉴，同时也为我们提供了分析现实问题的素材，助力学生思考，学以致用。当然也可以以古法为引，对古法进行现代化改进，如探究靛蓝制备需通入的空气量、最佳体系温度，实现技术的升级。

精神激励方面：从《天工开物》中可以挖掘出作者秉持的科学精神，助力文化自信。如第一卷乃粒中的计量标准的探寻，十六卷丹青中的守恒思想，及全书中体现的工匠精神。当下这些科学精神值得我们深度挖掘，通过对《天工开物》的研读，让学生了解我国辉煌的古代科技，重振文化自信，为科技强国注入精神动力。同时《天工开物》中体现的按规律办事，解决实际问题，提倡安全生产等理念同样适用于今天。我们需要开启更为广域的视角，以古论今，培养学生的学科素养和社会责任，这对学生职业生涯规划 and 价值观的培养可产生积极正向的影响。

#### 4.2. 利用《天工开物》创新课堂教学(以铁及其化合物教学为例)

《天工开物》的相关内容论述可以合理地挖掘、利用于化学课堂教学中，从而将传统的科技文明潜移默化地渗透，实现传统文与化学课程的融合[6]。人教版高中化学教材必修1第三章第一节《铁及其化合物》，该章节课堂设计可结合《天工开物》中的文言文语料，融合其中的化学史、方法技术，实现跨学科的探究式教学，教学构思如图1。教学构思相关重点内容如下文所述：

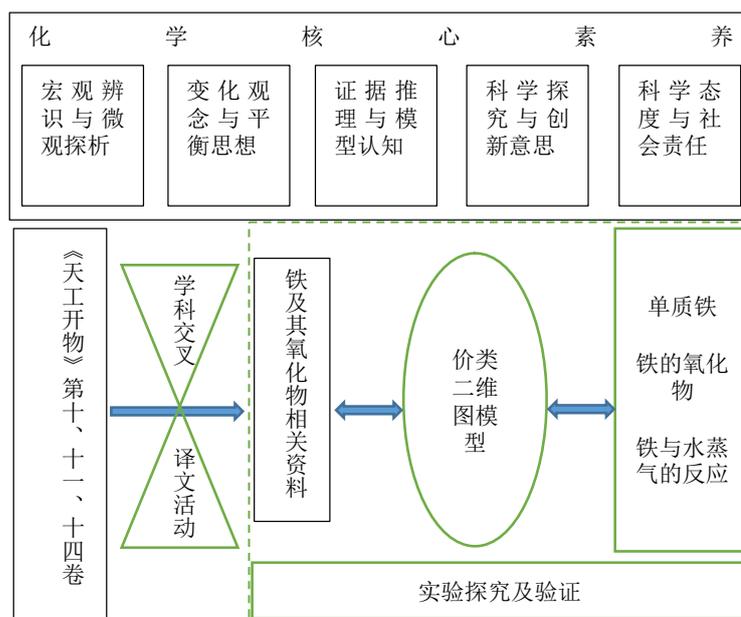


Figure 1. Teaching plan for iron and its compounds

图 1. 铁及其化合物教学构思

普通高中化学课程标准(2017年版2020年修订)对该部分的要求为:能从物质类别、元素价态的角度依据氧化还原反应原理,预测铁及其化合物的化学性质及相互转化。设计实验进行初步验证,并能分析、解释有关实验现象,能根据铁及其化合物的相互转化解决真实情境中的问题,体现化学学科的价值[7]。

教材和学情分析:该章节主要内容包括铁的氢氧化物、铁盐和亚铁盐、铁及其化合物的相互转化。之前的学习内容已涉及了物质分类、离子反应、氧化还原反应、钠及其化合物。教材内容呈现包括运用氧化还原反应原理分析了氢氧化亚铁、三价铁和二价铁对应盐的转化、氢氧化亚铁和氢氧化铁的制取、铁离子的检验,还补充了印刷电路板的制作。学生方面,物质分类、氧化还原反应、离子反应等化学思维方法和理论已完成学习,金属钠及化合物、氯及其化合物等知识已完成构建。

《天工开物》中相关内容提炼:选择《天工开物》中与本节内容相关卷目,具体为锤锻第十卷冶铁,燔石第十一卷青矾、红矾、黄矾相关内容,五金第十四卷铁。从中发现《天工开物》中相应卷目内容涉及铁的冶炼、铁的氧化物的分类、氧化物的形成、铁矿石的产地等内容。这些内容可以整合到本节教学内容中来。

教学形式设计:采用跨学科学习形式,以《天工开物》节选内容为引入线,引导学生利用文言文知识进行翻译,由翻译引出问题,通过举例、推理、实验探究完成铁及其化合物性质的学习,具体设计如图2。

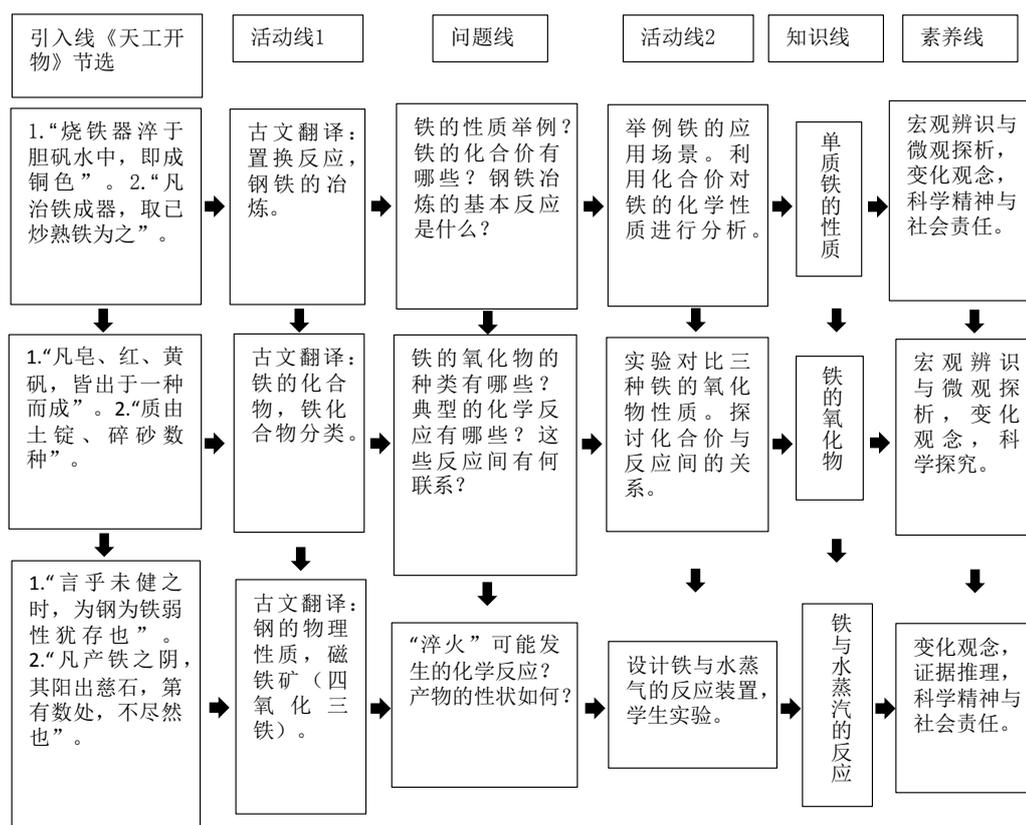


Figure 2. Teaching design for iron and its compounds

图2. 铁及其化合物的教学设计

教学评价方面采用教学评一体化方式展开。首先评价对象多元,对活动线中的文言文译文活动进行班级整体评价,对问题线解决进行小组评价,对知识线测评进行个体评价。其次评价方式多样,探究实验的设计、知识的归纳总结采用过程性评价,文言文语料翻译采用表现性评价,课程结束有终结性评价。

再次评价方法多变,有问答式评论,实验设计及操作评级,纸笔检测评分。通过精心设计评价最终实现评价的多重意义:从化学事实层面的了解,到铁及其化合物内在化学性质层面的理性认知,再到《天工开物》中科学精神层面的领悟,最后实现文化自信及社会责任层面的引导。

创新点:第一,以传统文化类问题情景为化学课堂学习的引入线,对《天工开物》进行古文翻译实现学科间融合,在问题线中探寻我国古代先进的生产技术,在活动场景中分析改进古法炼铁,结合教材内容与《天工开物》相关内容构建价类二维图。第二,教学设计形式新颖,历史技艺与现实知识契合度高,教学评价对象多元、方式多样、方法多变。第三,利用中华优秀传统文化作品《天工开物》参与教学,助力落实高中化学核心素养,教学中展现了对这些技术古法的现代解读,让学生感受科技发展的延续性,增强科技强国的使命感和责任感。

## 5. 总结

研读《天工开物》感知古人与我们跨越时空的对话,探寻化学核心素养的历史渊源,在要求核心素养为本、增强文化自信的今天显得非常重要。正如《天工开物》的书名,它代表了中华民族天人合一的思想在科技领域进行传承与创新,致力于人与自然的和谐共存,是一部时代巨著。中华优秀传统文化作品《天工开物》可以为高中化学教学提供灵感和素材,亦可以在培养学生科学精神、增强学生文化自信上发挥重要作用,值得我们化学教育工作者深入探寻并加以充分利用。

## 项 目

此文为“春城计划”昆一中李蓉名师工作室课题《基于学科核心素养培育的高中化学课堂教学研究》成果。

## 参考文献

- [1] 中华人民共和国教育部. 义务教育化学课程标准(2022年版)[S]. 北京:北京师范大学出版社, 2022: 2.
- [2] 宋应星. 天工开物[M]. 杨维增, 译. 北京: 中华书局, 2021: 4-5.
- [3] 石文卓. 文化自信: 基本内涵、依据来源与提升路径[J]. 思想教育研究, 2017(5): 43-47.
- [4] 刘振中. 发掘利用史料素材 提高化学教学质量[J]. 甘肃教育, 2016(2): 118.
- [5] 陈亦人. “天工开物”中的化学史料[J]. 化学教学, 2003(11): 13-16.
- [6] 戴家琪, 郑柳萍. 《天工开物》在化学课堂中的应用[J]. 化学教育(中英文), 2021, 42(5): 50-53.
- [7] 王星乔, 滕瑛巧, 汪纪苗, 包朝龙. 基于化学核心素养的教学设计——以“铁及其化合物的应用”为例[J]. 化学教学, 2017(5): 51-55.