

Design and Application of Comprehensive Heat Treatment Virtual Experiment

Du Keke

Shaoxing University, Shaoxing

Abstract: Based on the comprehensive design experiment course “comprehensive heat treatment of composition, process, structure and performance of structural steel”, the virtual experiment of composition, process, structure and performance of structural steel is designed and built. The design and implementation of comprehensive and design virtual experiment of heat treatment are introduced. Virtual experiment is not limited by experimental time, space and hardware resources, and has many advantages that real experiment does not have. Compared with the experimental teaching effect, the application of virtual experiment in auxiliary experimental teaching can make up for the deficiency of real experimental teaching and improve the quality of experimental teaching obviously.

Key words: Experimental teaching; Heat treatment; Virtual experiment; Material science

Received: 2020-09-11; Accepted: 2020-09-22 ; Published: 2020-09-23

综合热处理虚拟实验的设计与应用

杜可可

绍兴学院, 绍兴

邮箱: 2389801231@qq.com

摘 要: 以综合性设计性实验课“结构钢的成分、工艺、组织与性能综合热处理”为基础, 设计并建成了结构钢的成分、工艺、组织与性能综合热处理虚拟实验; 介绍了热处理综合性、设计性虚拟实验的设计和实现方式。虚拟实验不受实验时间、空间和硬件资源限制, 在很多方面具有真实实验不具备的优点。对比实验教学效果表明, 虚拟实验应用于辅助实验教学可弥补真实实验教学的不足, 明显提高实验教学质量。

关键词: 实验教学; 热处理; 虚拟实验; 材料科学

投稿日期: 2020-09-11; 录用日期: 2020-09-22; 发表日期: 2020-09-23

Copyright © 2020 by author(s) and SciScan Publishing Limited

This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



虚拟现实技术近年获得快速发展,在此基础上出现了基于网络的高校实验教学的数字化虚拟实验室。它通过计算机仿真技术营造出逼真的实验室三维视觉、听觉氛围,可在不同时间和空间对大量学生进行一对一的教学引导,完成实验教学任务叫,在课堂下,还可让学生可以反复进行实验,进行实验观察和思考。虚拟实验的这些特点,弥补了传统实验教学课堂的不足,缓解了学校扩招带来的传统实验室对设备、场地、课时、教师等诸多需求压力,从而成为传统实验教学的有益补充。目前,许多国内外高校建立了虚拟实验室,虚拟实验教学已经成为现代实验教学发展的方向之一。

1 热处理虚拟实验的设计

金属学是高校材料专业重要的专业基础课程。在该课程中,热处理与铁碳相图是重要的教学内容,结构钢的成分、工艺、组织与性能综合热处理实验更是研究结构钢的成分、工艺与组织结构、性能的关系的实验,直接触及材料科学的核心内容。笔者在该门实验课程的基础上设计了虚拟实验—结构钢的成分、工艺、组织与性能综合热处理虚拟实验(以下简称热处理虚拟实验)。它可与“金属学”或“金属材料与热处理”理论课程结合,辅助相关真实实验教学。热处理虚拟实验包括实验原理、仪器设备展示、实验流程、相关资料4部分内容。

1.1 实验原理

实验原理主要讲述相关理论,如铁碳相图、过冷奥氏体等温转变曲线、保温时间公式的应用、淬透性、淬硬性、淬火稳定性等,以及碳元素、合金元素的含量变化对工艺、性能和组织的影响等专业知识。

1.2 设备展示

对实验中使用的主要设备箱式炉、硬度计、金相显微镜进行三维展示。教学使用时,教师可配合讲解设备的原理、性能、构造等,拓宽学生知识面。

1.3 实验流程

实验流程是虚拟实验主体。根据真实实验,实验流程可分为试样选择等9

个场景（见图 1），并组织为 5 个步骤。在每个场景中，展现实验使用的实验设备和工具、材料，包括：箱式炉、淬火钳、硬度计、金相预磨机、金相显微镜、砂纸、游标卡尺等。

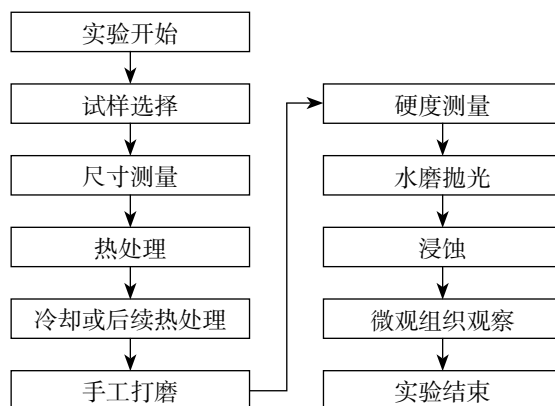


图 1 结构钢综合热处理虚拟实验流程图

Figure 1 Flow chart of virtual experiment for comprehensive heat treatment of structural steel

使用时，应让学生根据所设计的工艺，通过鼠标操作虚拟实验器材。首先进行“试样选择”，选择一定材质和目标组织的样品，随后用游标卡尺对样品进行“尺寸测量”，再用淬火钳将样品放入热处理炉并设定温度、时间和冷却方式，进行“热处理”。在玻璃板和砂纸上进行“手工打磨”，在预磨机上上进行“水磨、和抛光”，通过金相显微镜“观察”实验样品金相形貌等。整个实验过程配有文字和语音讲述。对于实验细节，配有局部放大形貌，操作动画场景与真实实验一致（如图 2）。

1.4 相关资料

包含设备介绍、硬度知识介绍和实验思考题等内容，教师根据需要可随时作出调整。在相关资料中，可包括课堂外的拓展性教学内容和生产实践的内容，以拓展学生知识面。

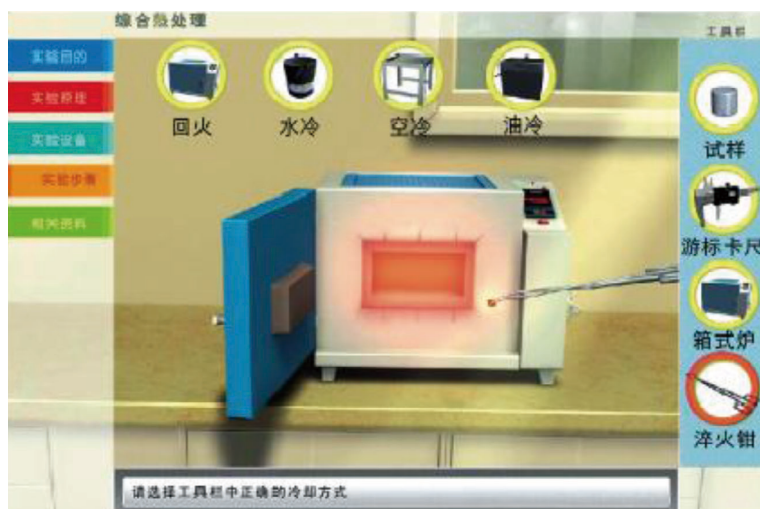


图 2 与真实实验一致、具多种操作选择的虚拟实验场景

Figure 2 Virtual experiment scene of multiple operation selection

2 热处理虚拟实验的应用

热处理虚拟实验不受时间、空间限制，可通过网络进行实验，有助于学生的自主学习，提高教学质量。热处理虚拟实验在综合性实验的基础上，有针对性地进行扩大化、细节化和专门化的设计。在实际应用中发挥热处理虚拟实验的这些优点，可以补充和完善真实实验教学。与真实实验相比，虚拟实验具有扩大个体学生实验量、交互式教学、真实实验场景和抽象理论紧密结合、实验细节展现等应用效果。

2.1 多组实验数据综合设定和输入扩大实验量

综合性实验数据多、样品多。结构钢的成分、工艺、组织与性能综合热处理实验的数据多、样品多，每组数据最少包括 22 块样品，22 种组织，每块样品从热处理经手工打磨、水磨抛光至浸蚀观察，需要大量时间和实验资源。在实物实验中往往造成只能一人对一块样品进行工艺设计和实验操作的限制，只有在实验课程结束时，方可对全班的实验数据进行汇总，总结化学成分、工艺对

结构钢材料的组织、性能的多种影响规律。

实物实验教学使学生对自己制做的实验样品的成分、工艺设计和组织、性能可以理解和清晰把握，而在综合运用所学知识设计其他 21 种组织样品热处理工艺方面则有所欠缺。为此，在热处理虚拟实验中扩大了个体学生的实验量，综合设定和输入多组实验数据，将全班学生不同的工艺设计、实验数据和金相组织形貌统一设定于综合热处理虚拟实验中，一个学生可在短时间内完成原整个班级的设计和操作（见图 3）。虚拟实验包含 45 钢、40CrNi 和 T8 钢 3 组材质 22 种不同组织样品的工艺设计、性能数据和组织形态。学生使用该虚拟实验，可由单个个体对真实实验课堂中整个班级的实验样品进行设计、实验、采集性能数据、比较组织形貌。多种不同样品的设计和实验操作，可以让学生更好地理解课程理论，掌握设计思路，熟悉多种热处理工艺和金相形貌。综合热处理虚拟实验的应用，具有扩大个体学生实验量的效果。



图 3 3 种成分 22 种组织样品选择界面

Figure 3 Selection interface of 22 tissue samples with 3 components

2.2 实现一对一交互式实验教学

真实实验教学中，一名教师指导一个班学生来完成热处理实验，使教师

疲于应付学生的问题而指导实验不到位。热处理虚拟实验扩大了学生个体实验量的设计后,学生的实验内容比真实实验扩大了很多倍,产生的问题可能更多。为此,利用虚拟实验具有高度交互性和实时信息反馈的特点,在虚拟实验中每一步骤都设有详细语音讲解,避免学生实验学习中的盲目性,并通过汇总真实实验中大量的问题,在虚拟实验中进行预设,使用者出现错误时虚拟实验场景将及时给出提示,对学生的实验设计方案进行检验和引导,从而使实验教学效果更好。热处理虚拟实验中设计有大量语音讲解和文字描述,并依据学生可能的操作提供多个选择。如图2所示,由学生依照自己制订的工艺方案进行虚拟实验。当学生操作或数据设定出现错误时,将立刻有图像、声音和文字等提示。比如设计热处理工艺时,需要根据材料成分、相图和试样尺寸设定不同的热处理温度、保温时间、冷却方式和后续热处理。在每个样品的实验过程中,学生都可输入不同的温度、时间数据,选择不同冷却方式。当设计方案有误时,将出现提示纠正错误。虚拟实验的使用可以达到一对一交互式教学的效果。

2.3 直观实验场景与抽象理论教学紧密结合

在传统实验课堂中,实验课程通常是先讲述实验原理,再进行实验,最终进行数据汇总,理论教学和实验操作在时间空间上分开进行的。

虚拟实验可将抽象的实验理论图表与直观实验场景结合呈现。在同一场景中同时展现实验操作与抽象理论图表,并且随着操作的进行,理论图表会有同步变化。这样可以加深对抽象理论的理解和掌握。

在热处理虚拟实验中,多处场景同时呈现实验操作和理论图表。例如图4的样品冷却场景中,以实验操作为大场景,同时展现过冷奥氏体等温转变动力学曲线(C' 曲线)。在学生分别选择油淬、水淬和空冷时, C' 曲线上对应的冷却曲线将出现高亮红色提示点,随所选冷却方式不同,红色提示下降轨迹曲线和速度不同。学生在实验操作的同时,能观察到试样在3种不同冷却条件下 C' 曲线图中不同的冷却曲线,从而加深对过冷奥氏体等温转变曲线、临界冷速、淬透性、合金元素对淬透性影响等多个理论知识点的理解。

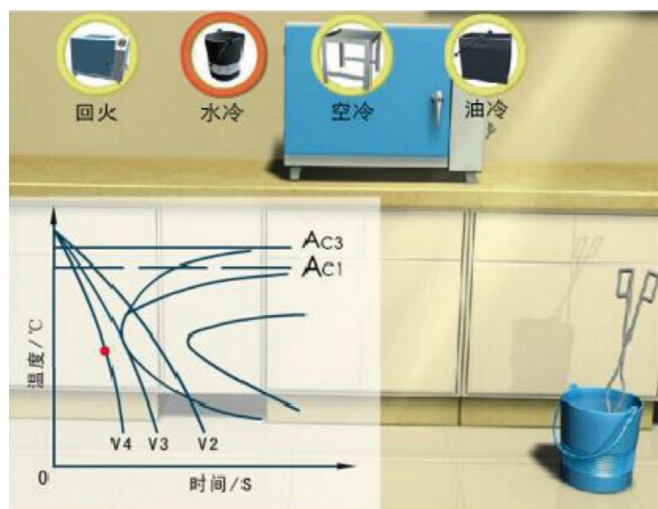


图4 淬火过程与冷奥氏体等温转变曲线在同一场景显现

Figure 4 The isothermal transformation curve of quenching process and cold austenite appears in the same scene

3 热处理虚拟实验应用的教学对比

我校热处理虚拟实验建成后,连续3年应用于12个班级的“结构钢的成分、工艺、组织与性能综合热处理实验”辅助教学,笔者对实验教学效果进行了对比。

每年选择同一教师讲述相同《金属学》课程的4个班。其中2个班为A组,进行单纯的真实实验教学;另2个班为B组,采用虚拟与真实相结合的实验教学方式,即先进行虚拟实验,再进行真实实验,学生还可在课余进行虚拟实验。通过3年的对比考察,B组在多方面优于A组:(1)正确率高4%~10%;(2)在真实实验中,实验操作更快捷、更有序,实验时间平均少8%;(3)操作失误大大低于A组;(4)实验耗材如砂纸、滤纸的人均使用量少5.1%;(5)对于教师在实验课堂提问的回答正确率大幅提高。

4 结束语

在当前我国高校学生数量增多的背景下,虚拟实验室可以突破真实实验室

时间、空间和硬件资源的限制。以真实实验为基础设计的虚拟实验,在很多方面具有真实实验教学不曾有的优点。北京科技大学材料国家级实验教学示范中心以综合性设计性实验课程“结构钢的成分、工艺、组织与性能综合热处理”为基础建成的虚拟实验,连续3年应用于真实实验教学的辅助教学,获得了良好效果。

参考文献

- [1] 张春红, 杨显, 麻彦龙. 基于专业综合实验的大学生创新创业能力培养——以热处理专业为例[J]. 科教导刊(中旬刊), 2017(01): 55-56.
- [2] 袁林江, 骆芳, 郑洁, 等. 仿真技术在热处理综合实验教学中的应用研究[J]. 实验技术与管理, 2016, 33(11): 130-134.
- [3] 黄鹏, 孙建林, 刘国权, 等. 综合热处理虚拟实验的设计与应用[J]. 实验技术与管理, 2015, 32(11): 132-135.