



**虚实结合，打造
研究型金相实验教学“金课”**

黄鹏

北京科技大学

2019.4.18 重庆

目录

- 一. 打造金课的需求
- 二. “金课” 线下部分打造
- 三. “金课” 线上部分打造
- 四. 金相虚拟实验主要内容
- 五. 虚实结合打造线上线下复合式 “金课”
- 六. 结语

1. 打造“金课”的需求



北京科技大学
University of Science and Technology Beijing

1.1 金课的提出

nal People's Cong



— 2018年6月新时代全国高等学校本科教育工作会议上教育部**陈宝生**部长**第一次**提出，对大学生要有效“增负”，把“水课”变成“金课”；

— 教育部《关于狠抓新时代全国高等学校本科教育工作会议精神落实的通知》（教高函[2018]8号）提出：“各高校要全面梳理各门课程的教学内容，**淘汰‘水课’**，打造‘**金课**’，合理提升学业挑战度、增加课程难度、拓展课程深度，切实提高课程教学质量”，第一次进入教育部文件；

中华人民共和国教育部
Ministry of Education of the People's Republic of China

当前位置：首页 > 公开

信息名称： 教育部关于狠抓新时代全国高等学校本科教育工作会议精神落实的通知
信息索引： 360A08-07-2018-0016-1 生成日期： 2018-08-27 发文机构： 中华人民共和国教育部
发文字号： 教高函〔2018〕8号 信息类别： 高等教育
内容概述： 教育部发布《关于狠抓新时代全国高等学校本科教育工作会议精神落实的通知》。

教育部关于狠抓新时代全国高等学校本科教育工作会议精神落实的通知

教高函〔2018〕8号

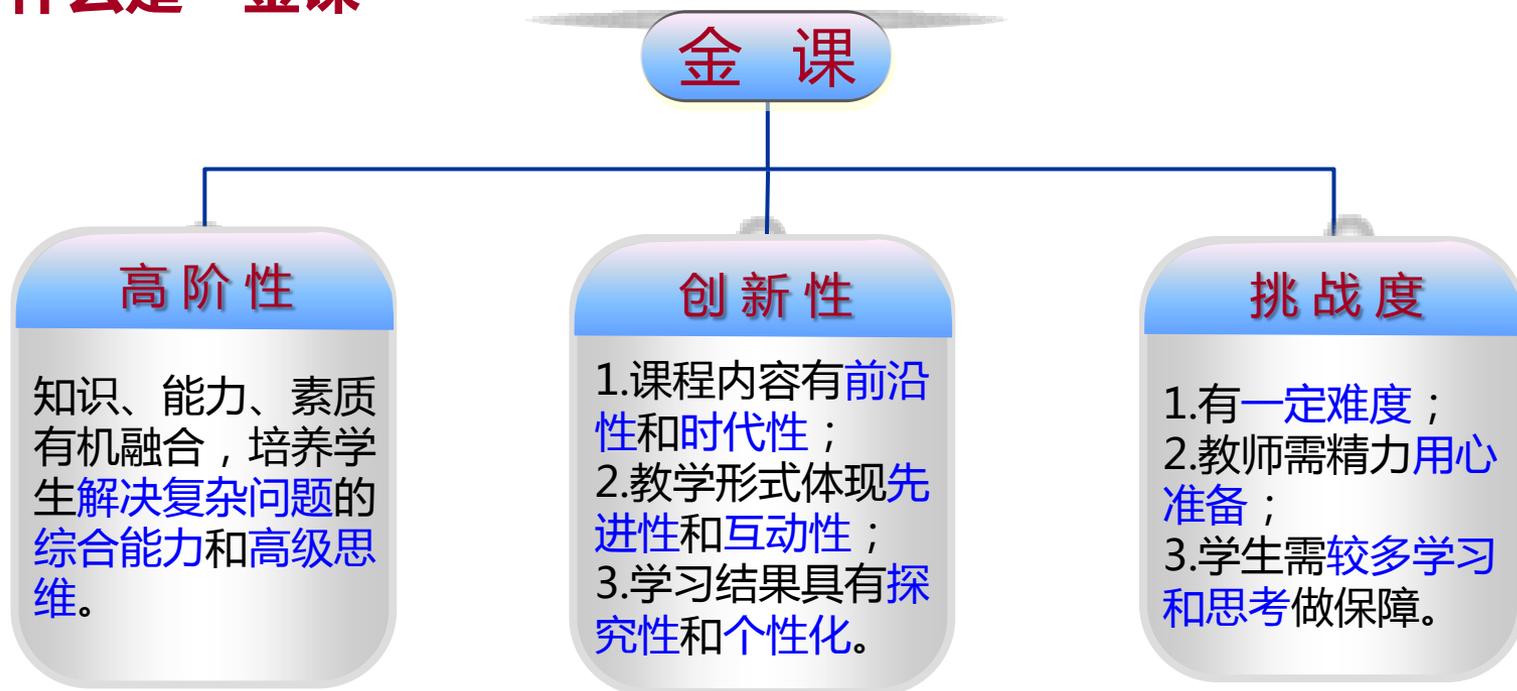
各省、自治区、直辖市教育厅（教委），新疆生产建设兵团教育局，有关部门（单位）教育司（局），部属各高等学校、部省合建各高等学校：

为深入贯彻落实新时代全国高等学校本科教育工作会议精神，加快振兴本科教育，构建高水平人才培养体系，全面提高高校人才培养能力，现就有关事项通知如下：

1. 打造“金课”的需求



1.2 什么是“金课”



“金课” 5种类型：

1. 线下“金课”；
2. 线上“金课”；
3. 线上线下混合式“金课”；
4. 虚拟仿真“金课”；
5. 社会实践“金课”。



1. 打造“金课”的需求

1.3 培养人才方向

循规蹈矩，只掌握已有知识的人；甚至“求其上，得其中；求其中，得其下”。



独立思考，有创新精神、研究能力的社会需要的时代新人。



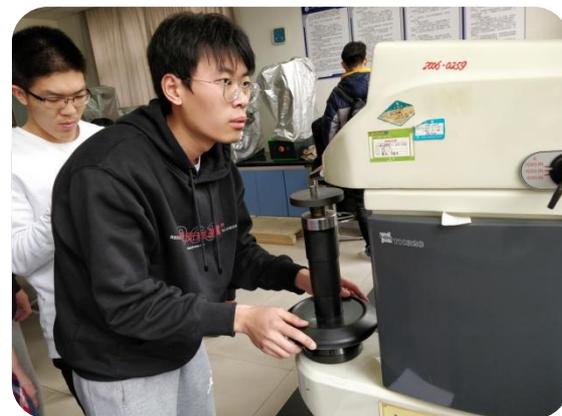
2. “金课” 线下部分打造



2.1 模块化设置

2.2 课程基本内容

序号	名称	含碳量 (%)	热处理状态	组织
1	工业纯铁	< 0.0218	退火	铁素体 (α -固溶体)
2	亚共析钢 (45钢)	0.45	退火	铁素体+珠光体
3	共析钢 (T8钢)	0.77	退火	片层状珠光体
4	过共析钢 (T12钢)	1.2	退火	片层状珠光体+渗碳体网
5	亚共晶白口铁	3	金属模铸造	先共晶枝晶+莱氏体 (变)
6	共晶白口铁	4.3	金属模铸造	莱氏体 (变)
7	过共晶白口铁	5	金属模铸造	先共晶渗碳体+莱氏体 (变)





2. 线下部分打造

2.3 课程定位

— 支撑《材料科学基础》、《金属学》、《金属材料学》等专业基础或专业理论课的实验课程；

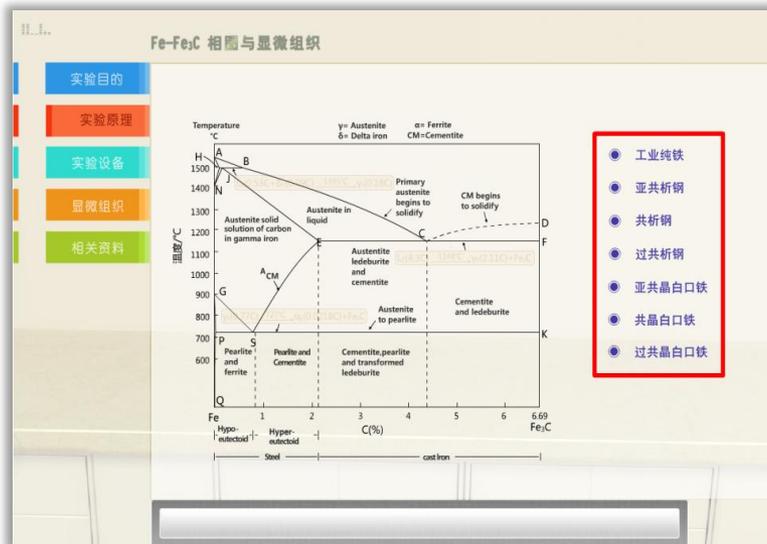
2.4 研究型教学模式构建与实施

- 引入科研案例教学；
- 实验讨论同步使用虚拟实验验证实验方案，虚实结合。

3. 线上部分打造

3.1 实验内容扩展

虚拟实验的一大优势在于可打破时间、空间和耗材、设备等实验条件的限制。应尽量利用这一优势对实验内容和实验数据进行拓展。



Fe-Fe₃C相图与显微组织 (对应课程模块2)

—7种不同成分铁碳合金从液态到室温固态，组织形貌的动态转变及真实组织形貌；

—理论课程和实验课程中多节内容从原理到实验观察集中于同一虚拟实验中。

综合热处理虚拟实验 (对应课程模块3)

—一名学生藉由虚拟实验可完成真实实验中全班实验设计和数据统计内容；

结构钢的成分、工艺、组织与性能综合热处理实验

晶粒粗大马氏体	晶粒粗大马氏体	晶粒粗大马氏体
晶粒细小马氏体	晶粒细小马氏体	晶粒细小马氏体
铁素体+马氏体	铁素体+马氏体	屈氏体网+马氏体
铁素体+珠光体	铁素体+珠光体	先共析渗碳体+珠光体
回火马氏体	屈氏体网+马氏体	回火马氏体
回火屈氏体	回火马氏体	回火屈氏体
回火索氏体	回火屈氏体	回火索氏体
	回火索氏体	

40CrNi 45钢 T8钢

请选择样品组织

第一步 第二步 第三步 第四步 第五步

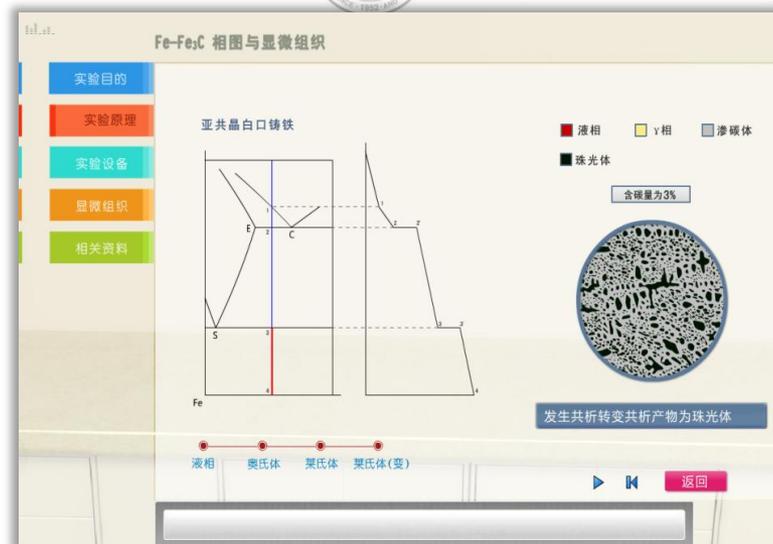
3.线上部分打造

3.2 抽象原理与直观形象相结合

- 传统实验课堂中，理论教学和实验操作在时间空间上分开进行；
- 虚拟实验同时显示抽象原理和直观实验现象的对应同步变化。

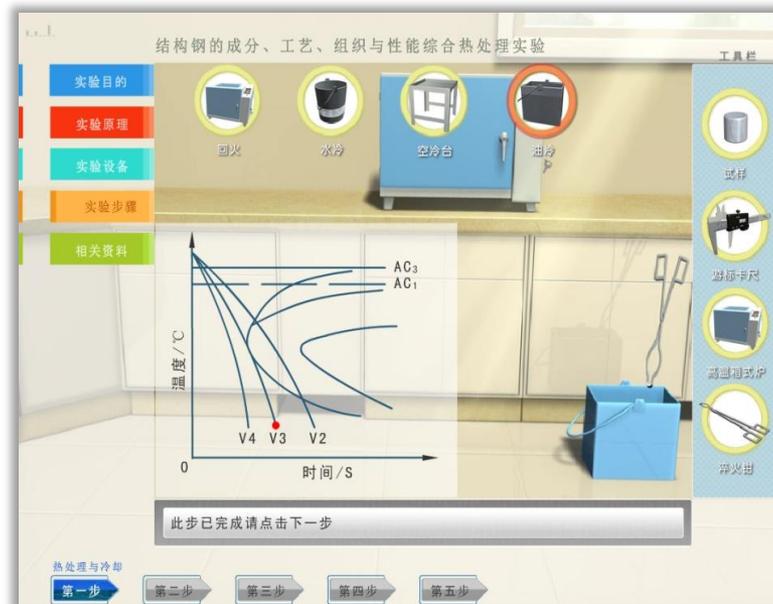
Fe-Fe₃C相图与显微组织

- 动态同步对应显示Fe-Fe₃C相图与金相组织随温度发生的变化。



综合热处理虚拟实验

- 同时展现过冷奥氏体等温转变动力学曲线和冷却场景；
- 加深对**临界冷速**、**淬透性**、**合金元素对淬透性影响**等多个知识点的理解。



3.线上部分打造



3.3 注重交互性，加强引导和纠正

虚拟实验作为真实实验的有益补充，应在实验教学中发挥对学生的引导作用。

- 避免制作类似记录视频的单纯演示性虚拟实验；
- 加强人机交互作用，以达到近于一对一实验教学的目的。

综合热处理虚拟实验

真实实验教学中，一名教师引导一个班学生完成热处理实验，从整体流程到具体操作指导，工作量很大。

虚拟实验中：

- 每一步骤设置语音讲解和文字描述；
- 根据真实实验提供多个操作选择；
- 详细说明实验原理和操作注意事项；
- 操作错误时将出现图像、语音等提示，对实验设计进行检验和引导。

3.线上部分打造

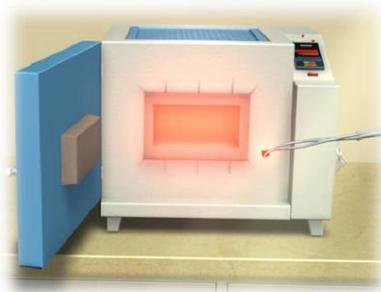
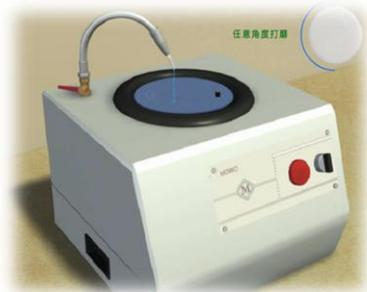


3.4 以真实教学为基础建立数据库

以实为基，设计综合热处理虚拟实验后台数据。

— 与真实实验一致的样品、耗材、设备等；

序号	材质	高度mm	直径mm
1	45	15	15
2	40CrNi	16	14
3	T8	14	16



— 以45钢工艺、组织、性能后台设计为例，不同组织对应不同工艺参数、性能数据和组织形貌。

所有回火组织热处理工艺为两步：

第一步：热处理工艺与初步热处理组织中获得晶粒细小马氏体组织的工艺相同；

第二步：确定适宜回火温度进行回火。

4.金相虚拟实验主要内容

4.1 Fe-Fe₃C相图与显微组织

- 该虚拟实验包括实验目的、实验原理、实验设备、显微组织等部分；
- 动态展示7种铁碳合金从液态缓慢冷却过程中发生相变和同步金相组织变化；
- 学生可使用该虚拟实验，动态掌握Fe-Fe₃C相图；
- 观察掌握室温下不同热处理状态7种铁碳合金的各相组织构成以及它们的金相形貌特征（铁素体、珠光体、渗碳体、莱氏体等）。

序号	材料	理论碳含量%	取样成分(%)	热处理状态	显微组织
1	工业纯铁	< 0.0218	0.01	退火	铁素体 (α-Fe固溶体)
2	亚共析钢	0.0218-0.77	0.35	退火	铁素体+珠光体
3	共析钢	0.77	0.77	退火	珠光体
4	过共析钢	0.77-2.11	1.2	退火	珠光体+渗碳体网
5	亚共晶白口铸铁	2.11-4.30	3	金属模铸造	先共晶枝晶+莱氏体(变)
6	共晶白口铸铁	4.30	4.3	金属模铸造	莱氏体(变)
7	过共晶白口铸铁	4.30-6.69	5	金属模铸造	先共晶渗碳体+莱氏体(变)

4. 金相虚拟实验主要内容



4.1 Fe-Fe₃C相图与显微组织

— 使用示例，以过共析钢（1.2%C）为例。

1. 选择过共析钢



2. 动态展示：液态中析出奥氏体结晶



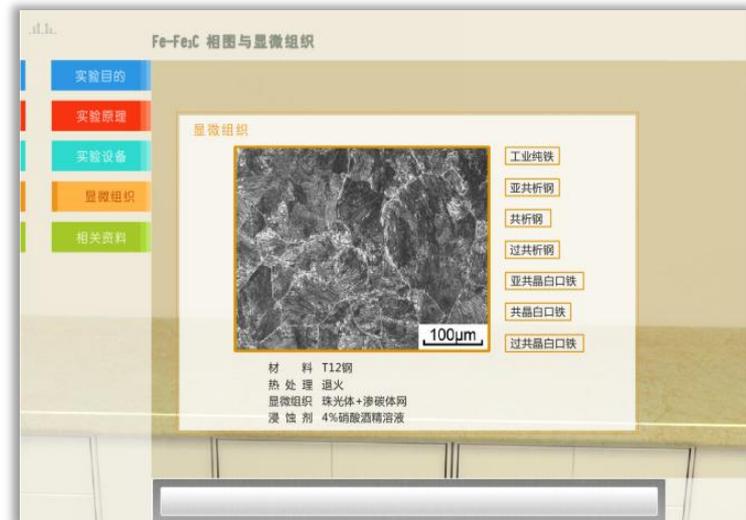
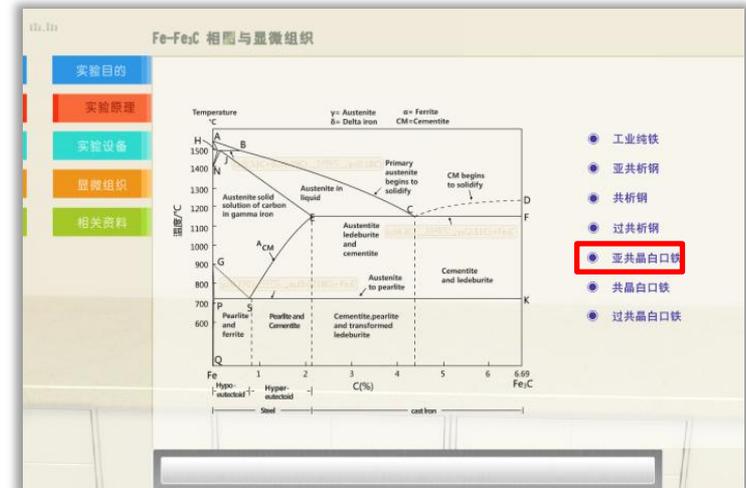
3. 共析转变发生



4. 室温相变结束



5. 观察真实金相组织：珠光体+渗碳体网



4. 金相虚拟实验主要内容

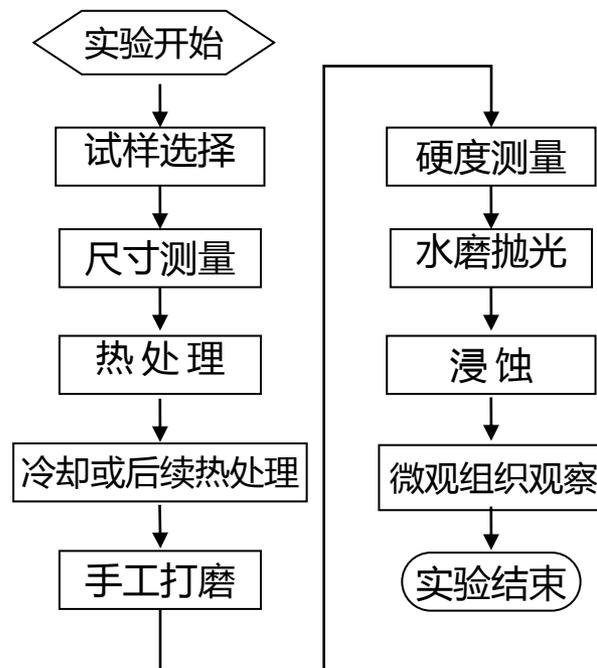
4.2 综合热处理虚拟实验

实验原理：主要讲述相关理论，如Fe-Fe₃C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。

设备展示：箱式炉、硬度计、金相显微镜等进行三维展示，教师配合讲解。

实验流程：分为5步，以下以45钢细晶马氏体样品为例讲解虚拟实验流程。

1. 试样、组织选择：45钢细晶马氏体



4.金相虚拟实验主要内容



4.2 综合热处理虚拟实验

2.尺寸测量



3.热处理设定



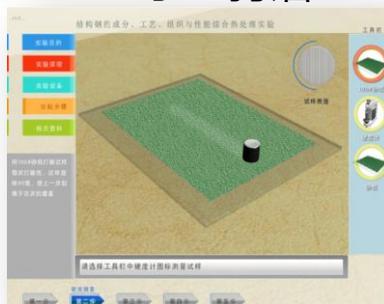
4.冷却或后续热处理



5.水冷



6.手工打磨



7.硬度测量



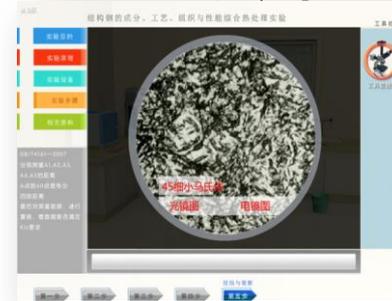
8.水磨抛光



9.浸蚀



10.组织观察



5. “虚实结合” 打造线上线下混合式“金课”



5.1 线上线下课程实验教学应用范围

应用于
 国家级精品课程 《材料科学基础》
 校级精品课程 《金属材料学》
 校级优秀课程 《材料物理基础》
 的实验教学。

1.1 金属学原理

学院名称：冶金与生态工程学院

课程名称	金属学原理 030103		授课教师	李长荣	设课专业	冶金工程专业	班级	111-116	人数	222人
课程学时	45学时	实验学时	9学时	实际实验人时数	1998人时		实验项目数	4项		
序号	实验项目名称	实验学时	开/否	分组情况		实验指导教师	实验地点			
				每组人数	组数					
1	显微镜的构造、原理及使用	2学时	开	37人	6组	韩凌、马惠玲	材料测试楼 209			
2	金相样品的制备	3学时	开	37人	6组	刘文静、邵东郎	材料测试楼 209、213			
3	铝锭的组织观察与分析	2学时	开	37人	6组	马惠玲、韩凌	材料测试楼 209			
4	铁碳合金平衡组织观察与分析	2学时	开	37人	6组	马惠玲、邵东郎	材料测试楼 209			
5										
6										
备注：共有 40 台显微镜、28 台抛光机和 4 台硬度仪，每位学生一个试样，老师协助操作，学生独立进行试验。										

填表人：韩凌

实验室主任：韩凌

填表日期：2014年12月16日

1.7 金属材料及热处理

学院名称：材料科学与工程学院

课程名称	金属材料及热处理 030134		授课教师	郭翠萍	设课专业	材料成型与控制	班级	材益 1101-03	人数	105人
课程学时	45学时	实验学时	10学时	实际实验人时数	1050人时		实验项目数	1项		
序号	实验项目名称	实验学时	开/否	分组情况		实验指导教师	实验地点			
				每组人数	组数					
1	综合热处理实验	10学时	开	35人	3组	黄鹏、刘文静	材料测试楼 209、213、214、216、217			
备注：该课程学生每位学生一块样品，工艺中相同热处理温度的样品分为一组，一组样品使用同一箱式炉进行保温，保温时间不同或保温结束后采用不同冷却方式（空冷、水冷、油冷）或后续热处理，来获得实验目的不同的样品组织。										

填表人：黄鹏

实验室主任：韩凌

填表日期：2014年12月16日

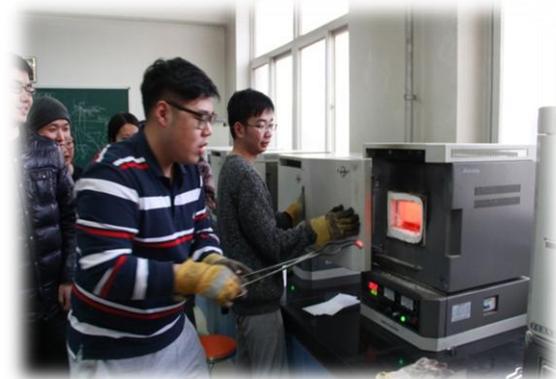
应用于
 材料学院、冶金学院、高等工程师三个学院六个专业本科生实验教学中。

5. “虚实结合” 打造线上线下混合式“金课”



北京科技大学
Beihang University of Science and Technology Beijing

5.2 教学应用模式



- 1) 线上教学与线下教学同步开放，制定方案并验证；
- 2) 使用线下部分讲解个人方案设计思路；
- 3) 按个人设计合作进行真实实验；



- 4) 真实实验中依照虚拟实验讲解操作要点和注意事项进行安全操作；
- 5) 实验后进行实验分析，可使用线上部分回忆实验环节，总结失误，完成实验报告。



5. “虚实结合” 打造线上线下混合式 “金课”

5.3 后续改进

1. 收集师生改进意见；
2. 科研案例的搜集：更前沿、更贴近生活、更有趣，同时兼顾本科生接受能力；
3. 虚拟实验二期计划：增加内容，进一步增强交互性，完善考核体系，更紧密结合线下真实实验教学；
4. 增加实验内容：如定量金相分析、合金钢组织性能等；
5. 手机端应用开发。



北京科技大学
University of Science and Technology Beijing

谢谢!

