

## 实验指南填写说明

项目名称：高端钢铁材料转炉冶炼虚拟仿真实验			
学校	苏州大学	学院	沙钢钢铁学院
标题：高端钢铁材料转炉冶炼虚拟仿真实验			
<b>简介：</b> <p>本项目依据冶金工程专业核心课程《钢铁冶金学》教学大纲及关键知识点，结合先进高端钢铁材料制造的应用背景，以“平稳冶炼得到成分温度合格的钢水”为实验任务，构建了基于真实炼钢生产的虚拟仿真实验场景。实验旨在培养学生探究式思维方式和解决复杂工程问题的综合能力，具体实验目的包括：（1）通过设备认知环节，让学生身临其境地感知转炉炼钢生产场景，掌握转炉炼钢主体设备的内部构造、装配关系和动作模式；（2）通过工艺参数设计环节，帮助学生熟悉各炼钢工序的冶金功能，具备根据钢种特点设计工艺路线的能力，并掌握转炉吹炼参数和脱氧合金化参数的计算方法，深化对转炉物料平衡和能量平衡理论的理解；（3）通过实训练钢环节，帮助学生探究吹炼工艺制度和冶炼过程平稳性（是否返干、喷溅）、冶炼终点达成率（钢水成分、温度）之间的内在关联，深刻理解供氧、造渣和底吹对转炉炉内反应规律的影响，使学生掌握炼钢工艺制度的设计依据，在工程实际中能够根据原料条件和目标钢种设计出合理的吹炼工艺制度，具备较强的工程实践能力。</p>			
<b>开始实验</b> <p>1. 如图 1 所示，本项目综合采用了观察法、比较法、模型法、控制变量法、观察法、归纳法、评价法等实验方法，实验包含三个阶段，共计 14 个交互性操作步骤。</p>			

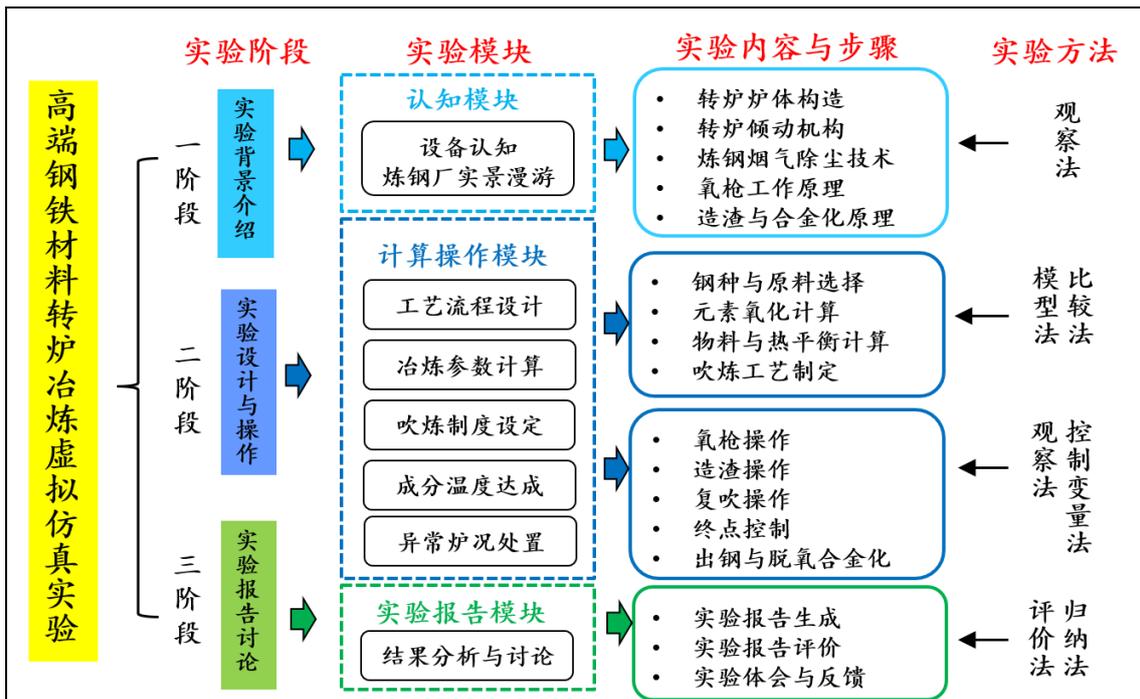


图 1 实验内容及实验方法

2. 在浏览器中输入本实验项目的网址 (<http://steelsim.ssis.suda.edu.cn/exp/1.html>), 即可打开本实验项目, 在线完成所有实验操作, 如图 2 所示。



图 2 本项目实验网站

3. 进入实验前, 学生可自行查阅网站知识角中的行业资讯、课程课件、教学视频和知识点, 如图 3 所示。

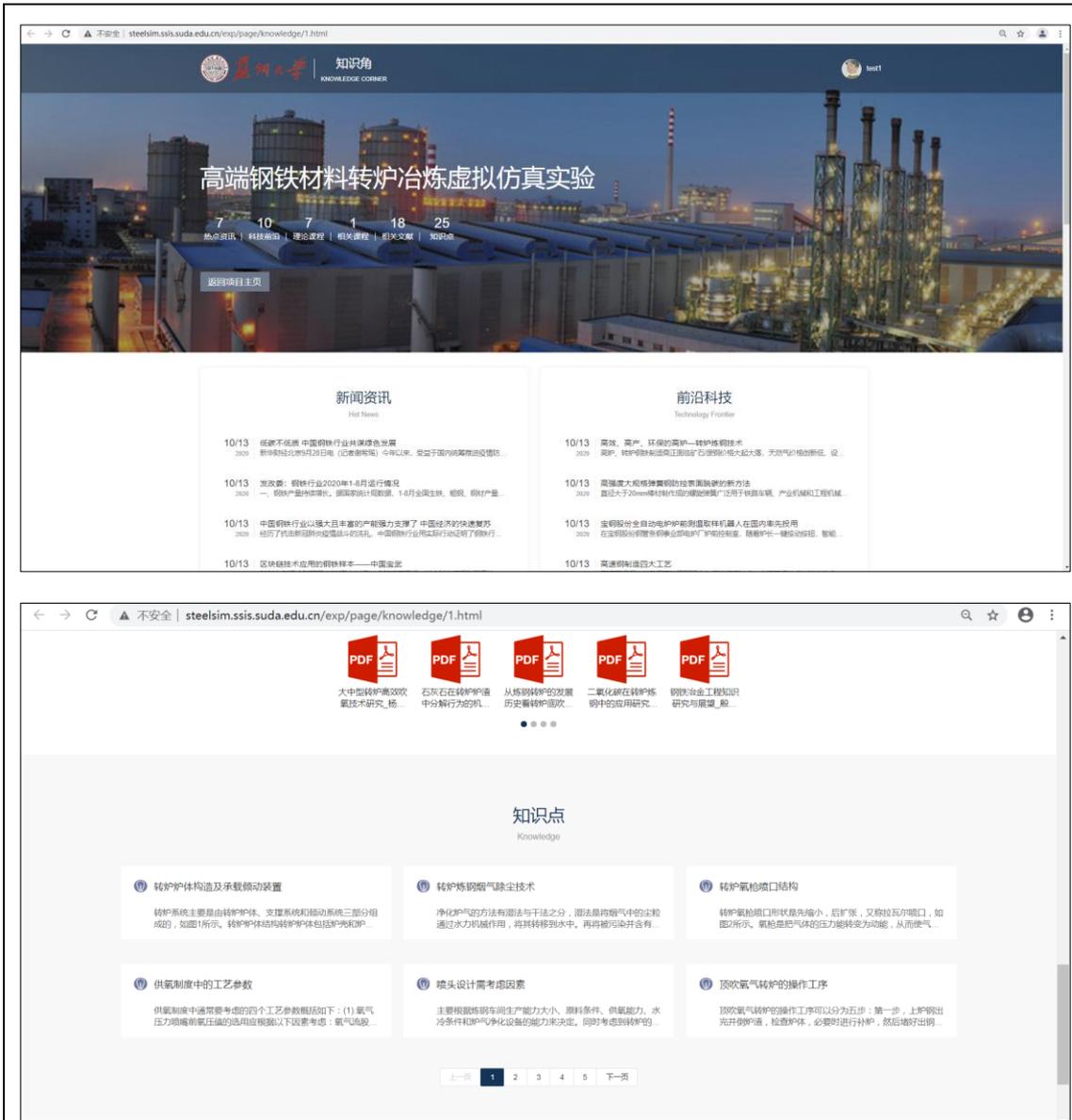


图 3 本项目在线知识角

4. 进入实验后，实验界面如图 4 所示，学生可自行查看实验简介，实验简介中包含实验背景、教学目标和理论指导三部分内容。

**高端钢铁材料转炉冶炼虚拟仿真实验**

王某某

知识角    在线求助

实验简介

设备认知

参数设计

实训炼钢

实验背景
教学目标
理论指导

### 实验背景

转炉炼钢是在转炉内将氧气高速吹入熔融铁水中，氧气与铁水中的杂质元素，如硅、锰、碳、硫、磷发生复杂的物理化学反应，生成氧化产物进入炉渣或炉气脱除，元素氧化放热使铁水升温，完成铁水到钢水的转变。

由于炼钢在密闭反应器内进行，具有高温、不可视的特征，传统教学方法导致学生感知性差。转炉炼钢虚拟仿真实验，将现代信息技术与虚拟现实技术充分结合，实现对复杂炼钢过程的精准描述。

本虚拟仿真实验以学生为中心，通过线上操作与交互式教学，提高学生学习兴趣，培养学生的工程实践能力与创新精神。

**高端钢铁材料转炉冶炼虚拟仿真实验**

王某某

知识角    在线求助

实验简介

设备认知

参数设计

实训炼钢

实验背景
教学目标
理论指导

### 教学目标

- (1) 系统掌握转炉炼钢基础理论，工艺流程和设备工作原理。
- (2) 完成典型原料条件和典型目标钢种的工艺参数设计计算。
- (3) 完成实验操作步骤，掌握转炉炼钢的基本过程。
- (4) 将钢水成分和温度控制在目标钢种的要求范围之内，冶炼得到合格钢水。

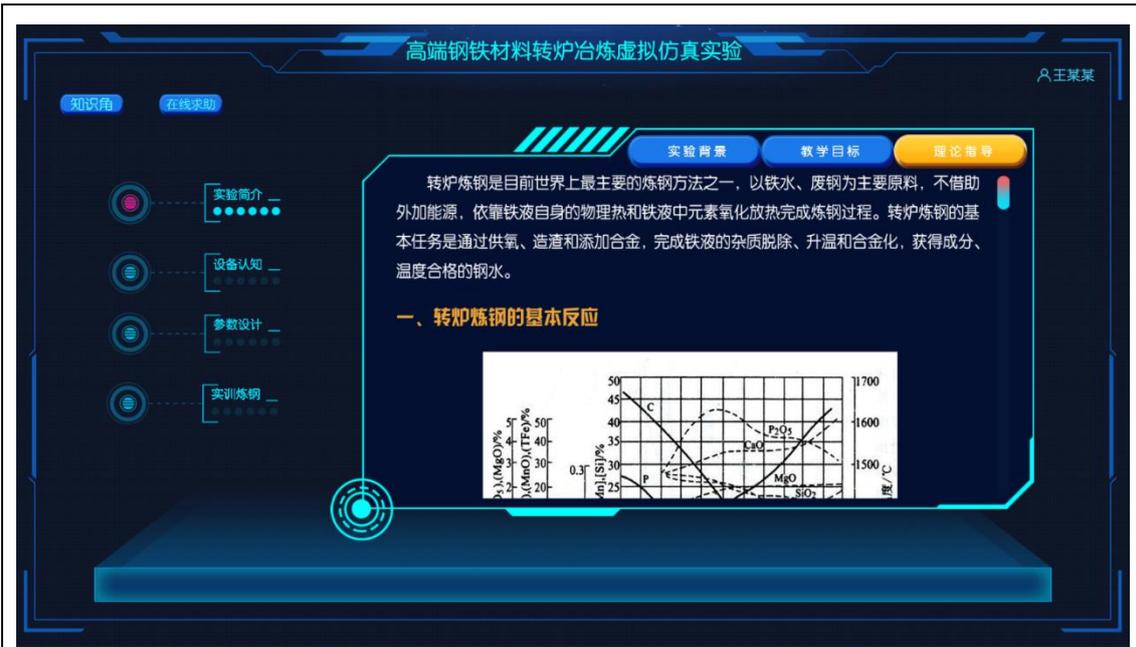


图 4 实验简介界面

5. 实验界面左上角包括“知识角”和“在线求助”，学生点击“知识角”按钮可自动链接到网站知识角，点击“在线求助”按钮将弹出在线教学服务人员联系方式，如图 5 所示。

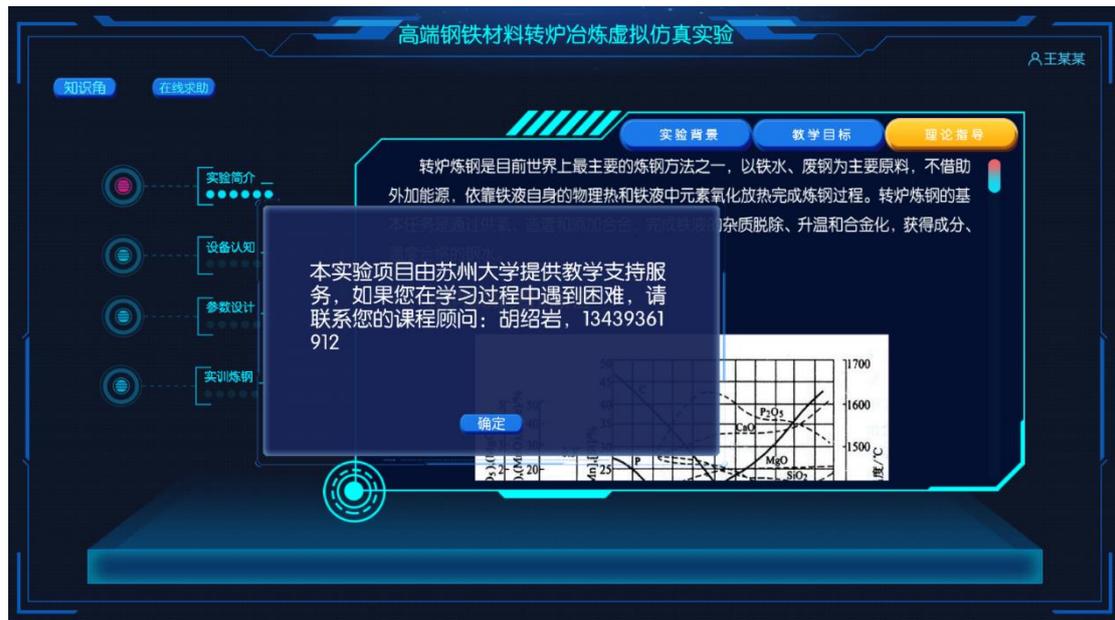


图 5 在线求助

6. 学生点击“设备认知”按钮，包括“三维展示”和“实景漫游”两个模块，如图 6 所示。



图 6 设备认知

7. 点击“三维展示”按钮，学生可以查看转炉炼钢的设备组成，了解主体设备的结构、功能以及各设备之间的装配关系，如图 7 所示。

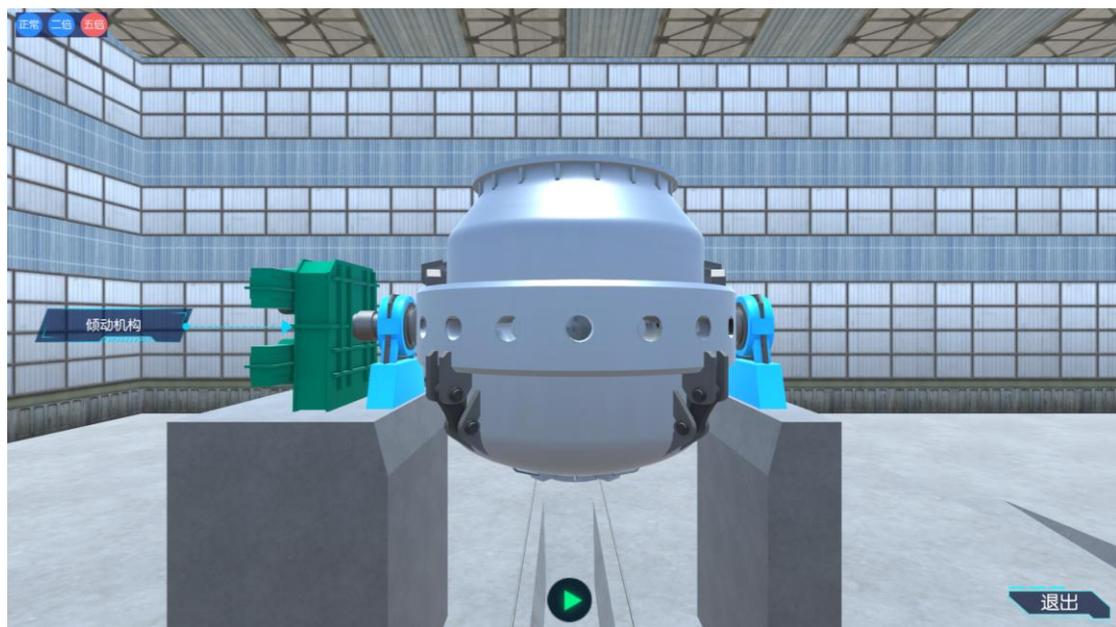


图 7 炼钢设备的三维展示

8. 在“实景漫游”中学生可以通过键盘的 W（前进）、A（向左）、S（后退）、D（向右）按键和鼠标切换观察位置和观察角度，自主查看转炉炼钢的所有设备，如图 8 所示。在此步骤中，学生需要根据系统提示操作炼钢设备，完成“打开挡火门，向前倾动转炉，转炉回正，下降烟罩，将氧枪插入转炉炉内”等动作，掌握转炉炼钢主体设备的动作模式。



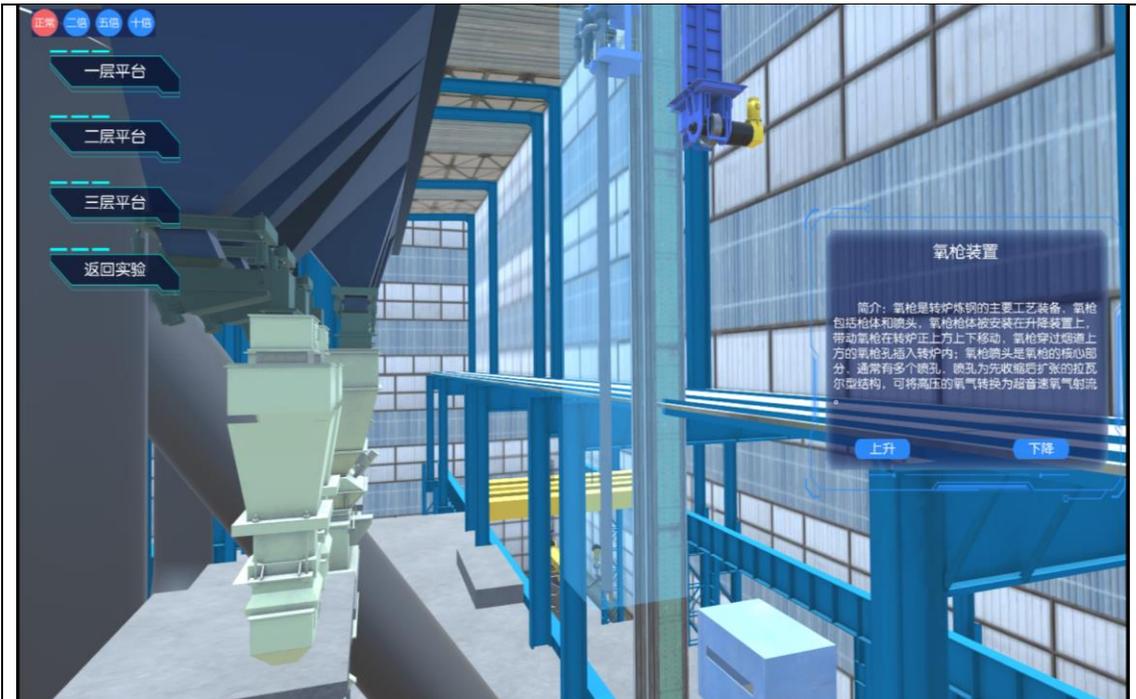


图 8 实景漫游和设备动作检验

9. 在熟悉炼钢设备的基础上，学生点击“参数设计”按钮，开始选择拟冶炼的高端钢铁材料，并按步骤完成冶炼相关的设计计算。本项目提供了高铁轴承钢、高强度汽车板钢、石油管线钢和高级别船板钢四种典型高品质特殊钢，并给出了钢种的用途、性能和成分要求，学生可自主选择某一个钢种作为冶炼目标，如图 9 所示。



图 9 选择拟冶炼的高端钢铁材料

10. 完成钢种选择后，点击“下一步”，学生需要根据所选钢种的成分和性能要求设计其生产

工艺路线，系统给出了待选工序及其功能简介，学生需从中选择并正确排序，如图 10 所示。



图 10 目标钢种的生产工艺路线设计

11. 点击“下一步”，学生可自主选择和搭配转炉炼钢的主原料，不同原料条件对应不同的操作要点，如图 11 所示。





图 11 炼钢主原料选择

12. 点击“下一步”，进行转炉炼钢操作流程的设计，系统随机提供转炉炼钢的操作步骤，学生需要对操作步骤进行筛选和排序，直至完成正确的转炉操作流程，如图 12 所示。



图 12 转炉炼钢操作流程设计

13. 完成目标钢种和原料条件的选择之后，学生需根据系统提供的理论公式进行转炉炼钢的吹炼参数设计计算，主要包括供氧量、石灰加入量、白云石加入量等，学生将计算结果填入相应表格，后台模型自动校验计算结果的准确性，为模拟炼钢提供数据参考，如图 13 所示。



图 13 转炉炼钢吹炼参数计算

14. 除了吹炼参数的计算之外，学生还需根据系统提供的理论公式进行脱氧及合金化参数设计计算，包括增碳剂、硅铁、锰铁等合金的加入量，学生将计算结果填入相应表格，后台模型自动校验计算结果的准确性，为模拟炼钢提供数据参考，如图 14 所示。

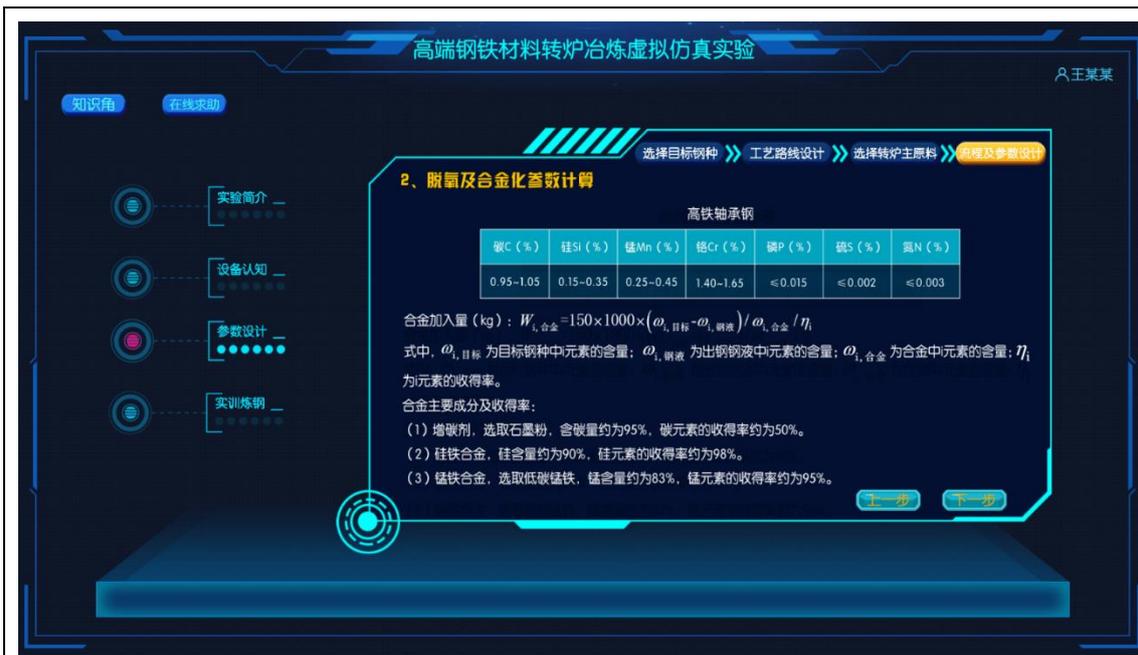


图 14 脱氧及合金化参数计算

- 完成上述步骤后, 学生点击“实训炼钢”, 系统进入转炉炼钢仿真实训。
- 学生首先需要设计供氧制度, 在表格中填写不同吹炼时刻所对应的氧枪枪位、氧气流量或二氧化碳流量, 如图 15 所示。学生可根据理论知识自主探究式地进行供氧制度设计, 填写行数由学生自行决定; 如有疑问, 学生可点击右上角的“?”按钮, 系统将弹出与供氧制度设计相关的帮助文档。



图 15 转炉炼钢的的供氧制度设计

17. 点击“下一步”，学生需要设计造渣制度，在表格中填写不同吹炼时刻向炉内加入的造渣料的重量，如图 16 所示。填写方式与供氧制度相似，如有疑问，可点击右上角的“？”按钮，系统将弹出与造渣制度设计相关的帮助文档。



图 16 转炉炼钢的造渣制度设计

18. 点击“下一步”，学生需要设计底吹制度，在表格中填写不同吹炼时刻所对应的底吹氮气流量、底吹氩气流量或底吹二氧化碳流量，如图 17 所示。填写方式与供氧制度相似，如有疑问，可点击右上角的“？”按钮，系统将弹出与底吹制度设计相关的帮助文档。



图 17 转炉炼钢的底吹制度设计

19. 完成供氧制度和造渣制度和底吹制度设计之后，学生可以进入炼钢演示界面，在点击“完成吹炼制度设计，开始炼钢”按钮之前，学生需认真查看提示内容，如图 18 所示。

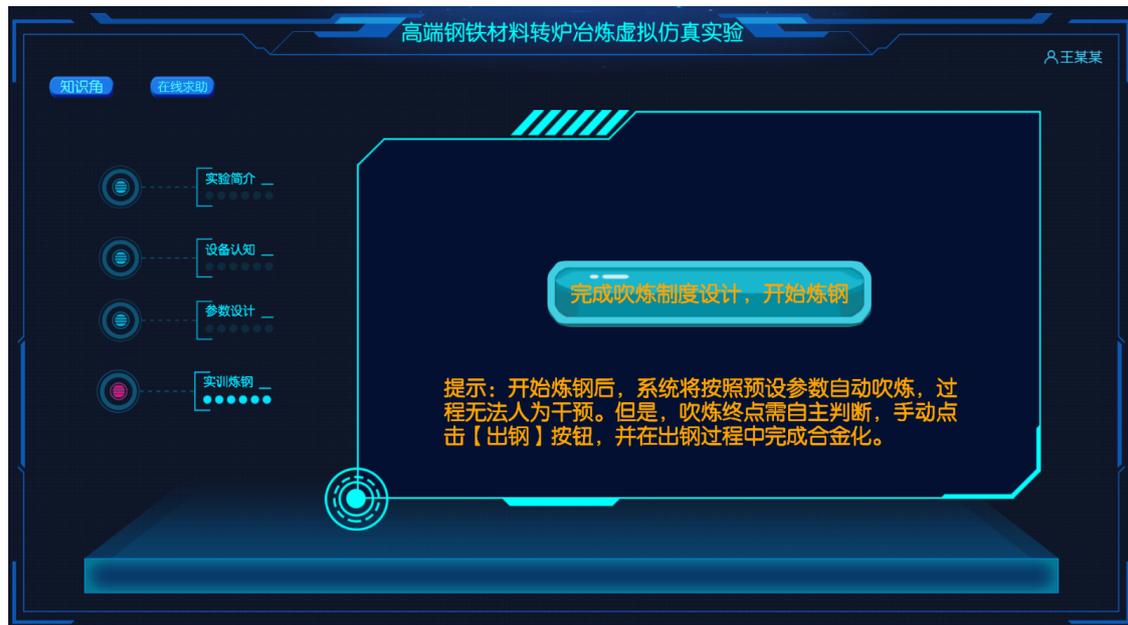


图 18 准备进入炼钢演示界面

20. 进入炼钢演示界面后，系统按照预设参数自动吹氧炼钢，过程无法人为干预，学生需要密切关注吹炼过程中的钢水成分、钢水温度、炉渣泡沫化程度等指标变化，观察是否出现返干、喷溅等异常炉况，如图 19 所示。

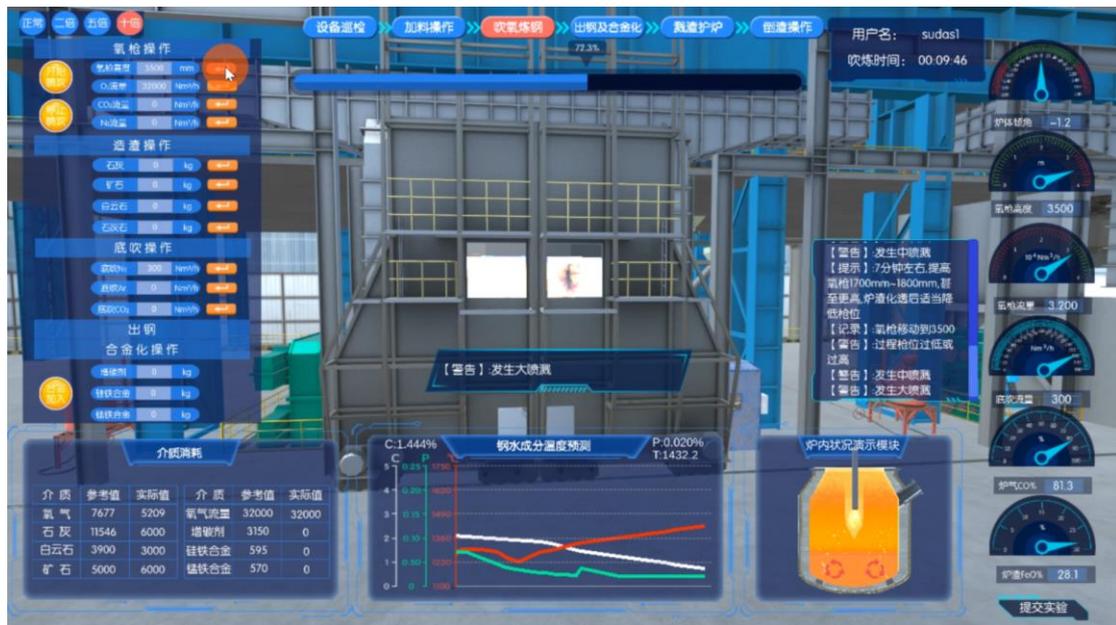
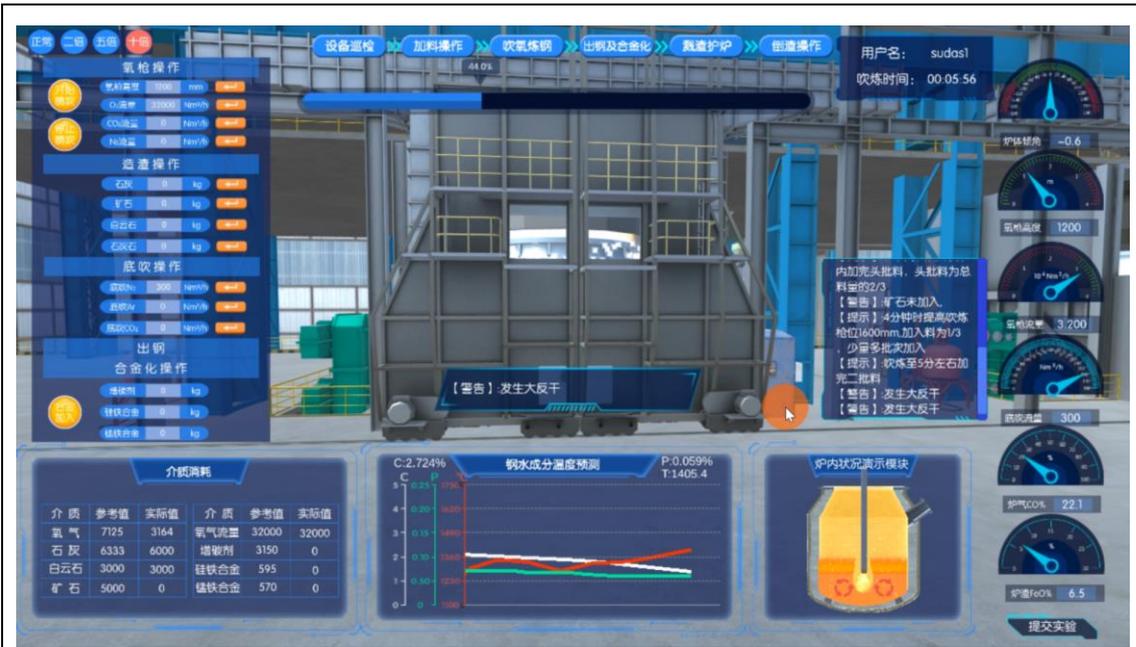


图 19 炼钢过程中的异常炉况提醒和演示

21. 在转炉吹炼末期，学生需要根据钢水成分、温度的变化趋势，自主判定出钢时机，点击“出钢”按钮，争取获得成分温度都合格的目标钢水，如图 20 所示。

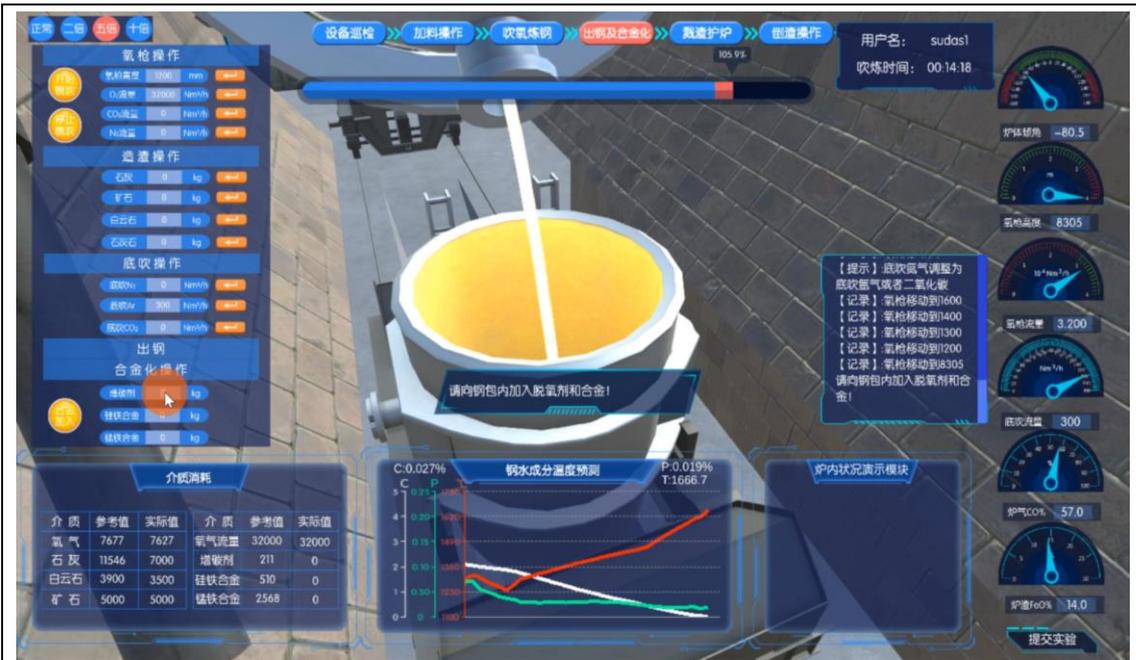


图 20 转炉出钢过程

22. 在转炉出钢过程中，学生需要根据出钢钢水的成分和目标钢种的成分，将适量的增碳剂、硅铁合金、锰铁合金等加入钢包内，如图 21 所示。

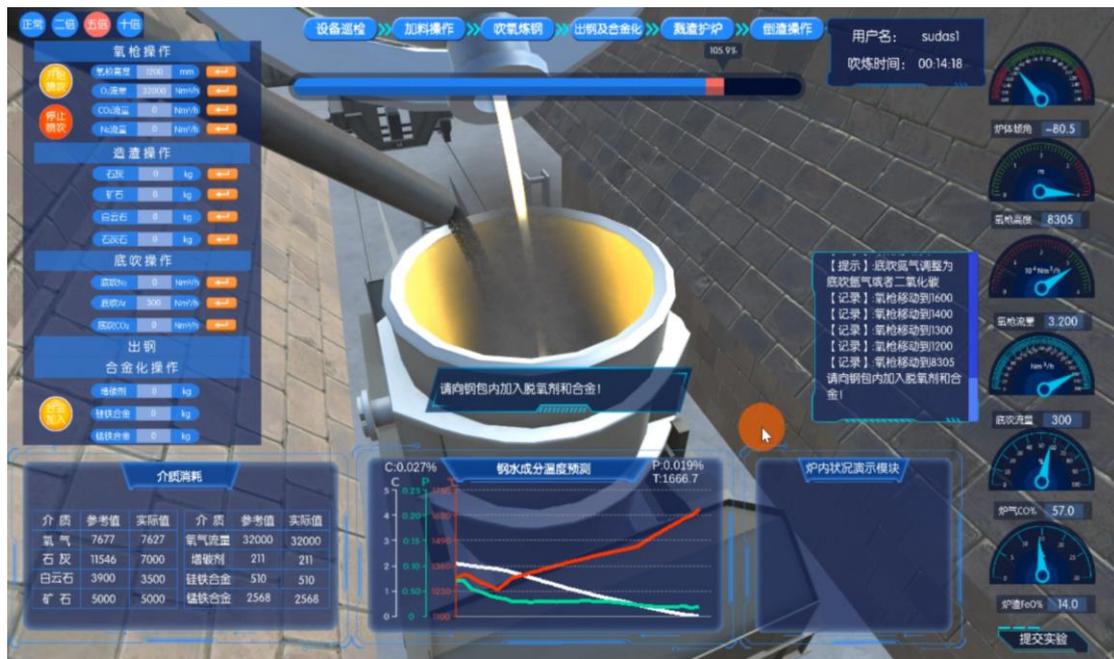


图 21 出钢过程的脱氧及合金化操作

23. 出钢结束后，系统自动进入溅渣护炉步骤，学生需要设定氧枪的 N<sub>2</sub> 流量，并动态调整氧枪枪位，利用高速 N<sub>2</sub> 气流将转炉内的炉渣溅射至炉衬的不同位置，实现对转炉炉衬的保护，如图 22 所示。

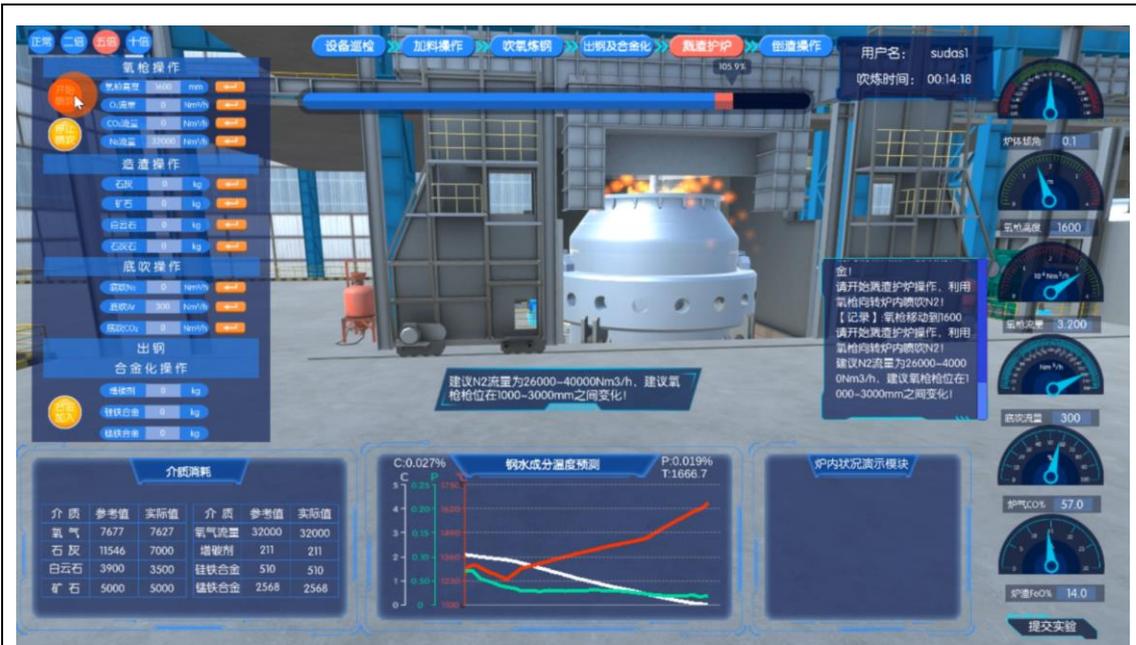


图 22 溅渣护炉操作

24. 溅渣结束后，学生点击“提交实验”，系统自动弹出评分细则表，显示学生的总得分和各项得分情况，如图 23 所示。

评分细则						
高端钢铁材料转炉冶炼虚拟仿真实验						
考生姓名		sudas1	实验总得分	90		
项目	内容	说明	评分项	扣分	得分	合计得分
工艺参数设计计算 (20分)	钢种生产工艺路线设计 (5分)	三次以内完成正确的工艺路线设计	每增加一次扣分	0	5	20
	转炉炼钢流程设计 (5分)	三次以内完成正确的转炉炼钢流程设计	每增加一次扣分	0	5	
	转炉吹炼参数计算 (5分)	三次以内输入正确结果 (计算结果允许偏差 ± 20%)	每增加一次扣分	0	5	
	脱氧及合金化参数计算 (5分)	三次以内输入正确结果 (计算结果允许偏差 ± 20%)	每增加一次扣分	0	5	
氧枪操作	氧气流量操作合理 (26000-40000)	每超限一次扣分	0	0		
	过程枪位操作合理 (1100-3000)	每超限一次扣分	0	0		

图 23 评分细则表

25. 然后，学生点击“撰写实验报告”，系统自动将学生的操作记录、实验方案和实验结果整理成实验报告，并在线显示，如图 24 所示。学生查阅实验报告后需在“实验体会”一栏中撰写自身感受，随后点击“生成实验报告”，相关数据传输至实验平台并被整理成文档。

