

3-1 名称

清洁燃煤电站运行虚拟仿真实训系统

3-2 有效链接网址

<https://dlxfz.zepc.edu.cn/stxfz/sxjxxm/sx106.htm>

3-3 实训目的

本实训项目按照发电集控运维“1+X”证书标准设置，通过学习，使学生掌握循环水系统的作用、组成、工质流程及循环水系统投运的操作步骤，熟悉发电厂的操作票制度，能在仿真机组上完成循环水系统的投运操作，提高学生技能水平，达到“1+X”证书中级要求。

3-4 实训原理（或对应的知识点）

知识点数量： 5 （个）

- （1）循环水系统的作用、组成；
- （2）循环水系统的工质流程；
- （3）发电厂的操作票制度；
- （4）循环系统投运操作票的编制；
- （5）循环水系统投运操作的关键点及注意事项。

3-5 实训仪器设备（装置或软件等）

660MW/330MW 发电机组仿真操作系统，系统应包含以下软件：

- （1）仿真模型软件
- （2）操作票系统软件
- （3）巡检软件
- （4）考评软件

3-6 实训材料（或预设参数等）

本实训系统基于学校建设的 660MW/330MW 机组仿真系统，每套系统包括仿真服务器一台，学生机若干台。两种仿真机组仿真对象的参数分别为：

1. 660MW 仿真机组

锅炉为东方锅炉（集团）股份有限公司生产的 DG2060/28.25-II2 型锅炉，超超临界参数、变压直流炉、单炉膛、一次再热、平衡通风、露天岛式布置、固态排渣、全钢构架、全悬吊结构、对冲燃烧方式，II 型锅炉。

汽轮机为东方汽轮机厂生产的超超临界、一次中间再热、单轴、四缸四排汽、双背压、抽汽凝汽式汽轮机。汽轮机型号为 C660/578-27/0.4/600/600 型，额定出力 660MW，最大连续出力 733MW，额定转速 3000rpm。

发电机为东方电机股份有限公司生产的型号为 QFSN-660-2-22B 三相同步汽轮发电机。额定功率 660MW，发电机额定容量 733.33MVA（扣除静态励磁功率），额定电压 22kV，额定功率因数 0.9，最大连续输出容量 776MVA。该发电机采用自并励静态励磁，励磁调节装置采用东电 OEM 组装的 UNITROL6800 励磁系统。

2. 330MW 仿真机组

锅炉为亚临界参数、汽包自然循环、四角切圆燃烧、直吹式制粉系统、一次中间再热、摆动燃烧器调温、平衡通风、单炉膛“π”型布置、全钢架全悬吊结构、紧身封闭、固态排渣煤粉炉。制造厂为东方锅炉厂，锅炉型号为 DG1080/17.4-II6 型。

汽轮机为东方汽轮机厂 CZK330-16.7/0.4/538/538 型亚临界、中间再热、单轴、两缸两排汽、空冷凝汽式汽轮机。

发电机为东方电机股份有限公司设计、制造的 QFSN-330-2-20B 型三相、二极、隐极式转子同步交流发电机，由汽轮机直接驱动，其旋转方向从汽轮机头向发电机看

为顺时针。发电机中性点经接地变接地。主变压器为西安变压器有限公司生产的 SFP10-400000/220 型三相油循环风冷变压器。

3-7 实训教学方法(举例说明采用的教学方法的使用目的、实施过程与实施效果)

1. 任务驱动式教学方法

(1) 使用目的

老师将教学内容分解成若干教学任务,将所要学习的新知识和技能隐含在任务之中,学生通过对所提的任务进行分析、讨论,明确它大体涉及哪些知识,需要掌握哪些技能,在老师的指导、帮助下找出解决问题的方法,最后通过任务的完成而实现知识学习和技能训练。迅速提高学生的技能水平。

(2) 实施过程

老师具体、详细的向学生讲清任务,学生分组讨论完成任务的所需的知识、完成任务的方法,团队协作,根据仿真机组的操作步骤制定自己完成仿真操作的操作票,进入仿真机组进行自己任务的操作,在这个过程中老师指导学生想办法、找出路,特别是对有困难的学生要给予必要的指导,使每个学生都能顺利完成任务。

(3) 实施效果

任务驱动式教学,可以让学生做中学,学中做,充分调动学生学习的积极性,还可针对学生的个人需要选择不同的操作票练习,切实提高学员的技术水平和操作能力。

2. 自主探究式教学方法

(1) 使用目的

培养学生自主学习的习惯,锻炼学生通过自主学习解决工程实际问题的能力。

(2) 实施过程

教师下发本节课程的工作任务,学生进入 660MW/330MW 机组仿真机组,利用仿真机组中的操作票功能、演示功能,自主学习工作任务中的操作内容,与工作任务相对应的相关知识和技能。利用仿真机组的考评功能检测自己学习的结果,发现问题并解决,然后在教师的引导下总结该项工作的工作流程、方法、注意事项等知识和技能。

(3) 实施效果

改变了传统课堂老师先讲学生再练、老师讲授为主学生学习为次的教学模式,激发了学生学习的兴趣,改善了课堂学习气氛,提高的学习成效。

3. 虚实现实教学方法

(1) 使用目的

使学生掌握垃圾火力发电运行与维护的基本知识和操作流程,具备初步的火力发电机组的操作能力,具有进行机组的运行分析和典型事故处理的基本技能,达到发电运行维护“1+X”证书的初级和中级要求。

(2) 实施过程

学生在火力发电机组仿真培训系统和虚拟漫游系统练习,熟练掌握火力发电机组的运维技能,并进行机组运行分析和典型事故的处理练习。

(3) 实施效果

采用垃圾焚烧发电仿真系统和虚拟漫游系统,生动逼真地模拟了火力发电机组生产过程。解决了学生无法到实际机组进行实训操作的问题。可以使学生反复操作和训练。利用仿真培训系统和虚拟漫游系统,虚拟操作和生产实际相结合,加深对复杂流程和工艺的理解。

4. 角色扮演式教学方法

(1) 使用目的

角色扮演的教学方法使学生按照现场岗位值长、主值、副值、巡检分工进行实训，得到真实的职业体会，将学习和工作融合一体，是一种浸润式学习体验。

(2) 实施过程

学生分好组后，由选举产生值长，值长指定主值、副值和巡检人员，分配好工作任务。各成员按照自己的角色分工，严格按照生产操作流程完成操作任务。之后再行角色轮换，保证每一位成员都能全面掌握火力发电机组集控运维各岗位的操作技能，且能熟练操作。

(3) 实施效果

角色扮演的分组形式具有学习、工作融合一体的特点，增强了学生的职业认同感和责任感，在仿真系统中营造工作场景，浸润式学习体验对提高教学效果有很大的促进作用。还可以培养学生团队协作的精神。

3-8 实训方法与步骤要求（学生操作步骤应不少于 10 步）

(1) 实训方法描述

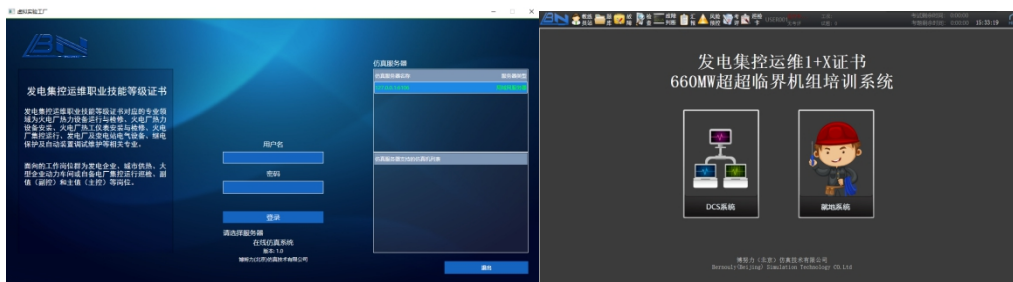
采用任务驱动、探究式学习、目标导向的培训模式。用户输入账号和密码后登录实训平台。选择实训项目（任务），加载相应的工况，进行实训任务的学习、操作。在操作票的教学演示系统中，学生选定学习任务后，可以进行操作票的学习，也进入演示模式，系统会自动该项任务的操作过程：自动重置仿真机工况，系统自动调入规定任务所需要的初始工况；自动打开所需要操作的界面，包括 DCS 操作画面和就地操作画面；自动演示操作过程，自动语音播报，介绍任务的操作过程和相关内容。

在清楚了操作步骤后自己进行实训操作：设置实训所需的工况，然后学员根据操作票说明，逐一进行操作，如按操作步骤打开操作界面，包括 DCS 操作界面和就地操作界面。通过多次反复练习，可达到选择任务后，不看操作步骤说明，也可以完成任务规定的操作。

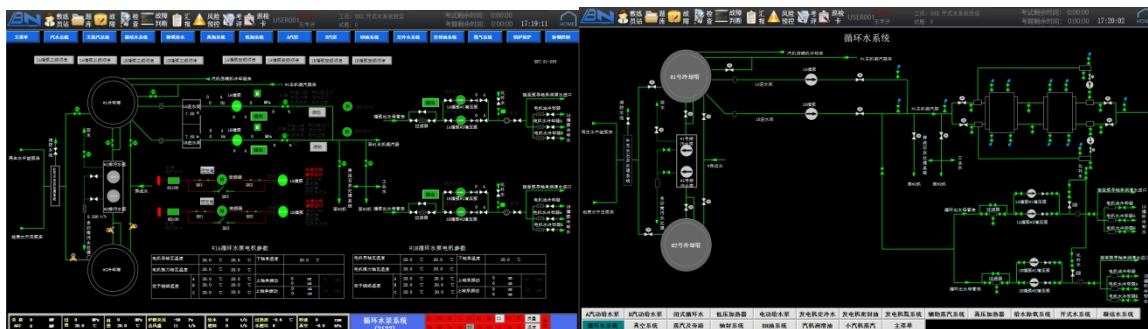
学员可以仿真机自带的考评系统对自己操作完成情况进行考核，并根据考核结果查找自己的不足之处，再次进行操作练习、再次进行考核。

(2) 学生交互性操作步骤说明

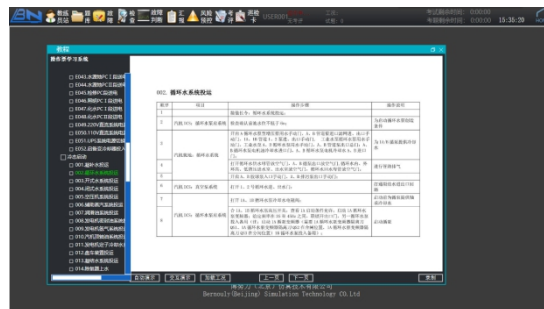
步骤一：登录仿真培训系统，进入实训对应的仿真机组。



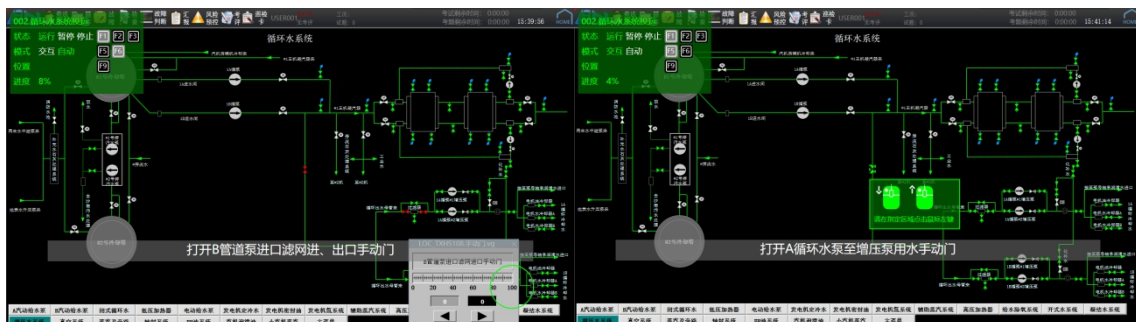
步骤二：读识实训任务对应的热力系统。分别进入 DCS—循环水泵房系统和就地循环水系统，读识系统图，熟悉系统工质的流程、设置的阀门，可能的切换方式等。



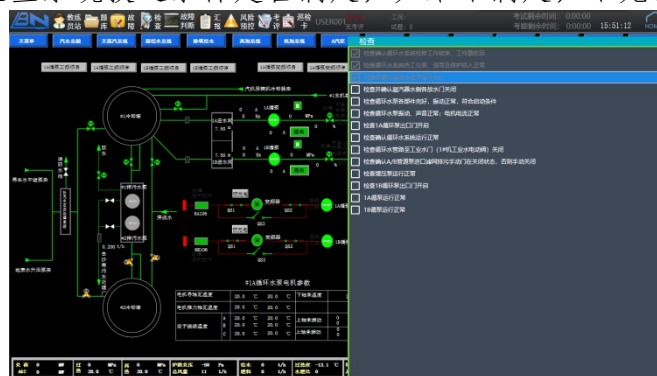
步骤三：操作票的学习和编制。点击导航栏里面的题库，进入操作票学习系统，选择实训任务，可进行操作票的学习，熟悉操作步骤、操作所需要进入画面。编制循环水系统投运的操作。



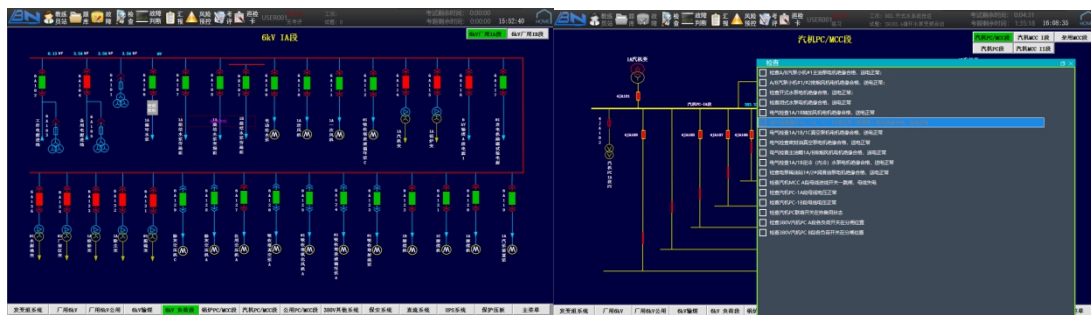
步骤四：学习仿真操作的步骤。在学习操作票和读识热力系统图的基础上，可利用操作票系统的“自动演示”或“交互演示”功能进行操作步骤的学习。在熟悉了实训任务对应的系统和操作步骤后，即可自己进行仿真操作。



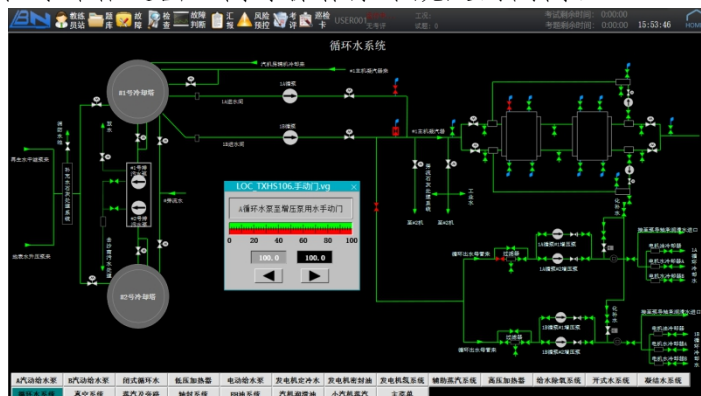
步骤五：系统投运前的检查。在操作票学习系统中点击“加载工况”，加载任务所需的工况后，首先检查系统投运条件是否满足，如果不满足，不允许启动。



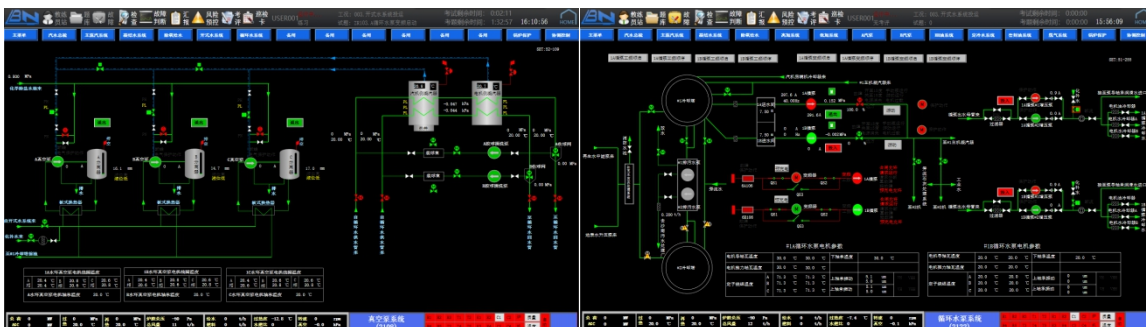
步骤六：检查转动设备的送电情况。分别进入电气就地 6KV 负荷段和汽机 PC/MCC 系统，检查循环水泵、循环水增压泵送电是否正常，如不正常则需完成送电。否则泵将无法启动。



步骤七：完成就地各项操作。进入就地循环水系统，打开循环水系统各放空气门、增压泵进出口门、各冷却器进出口门等操作票中规定的阀门。

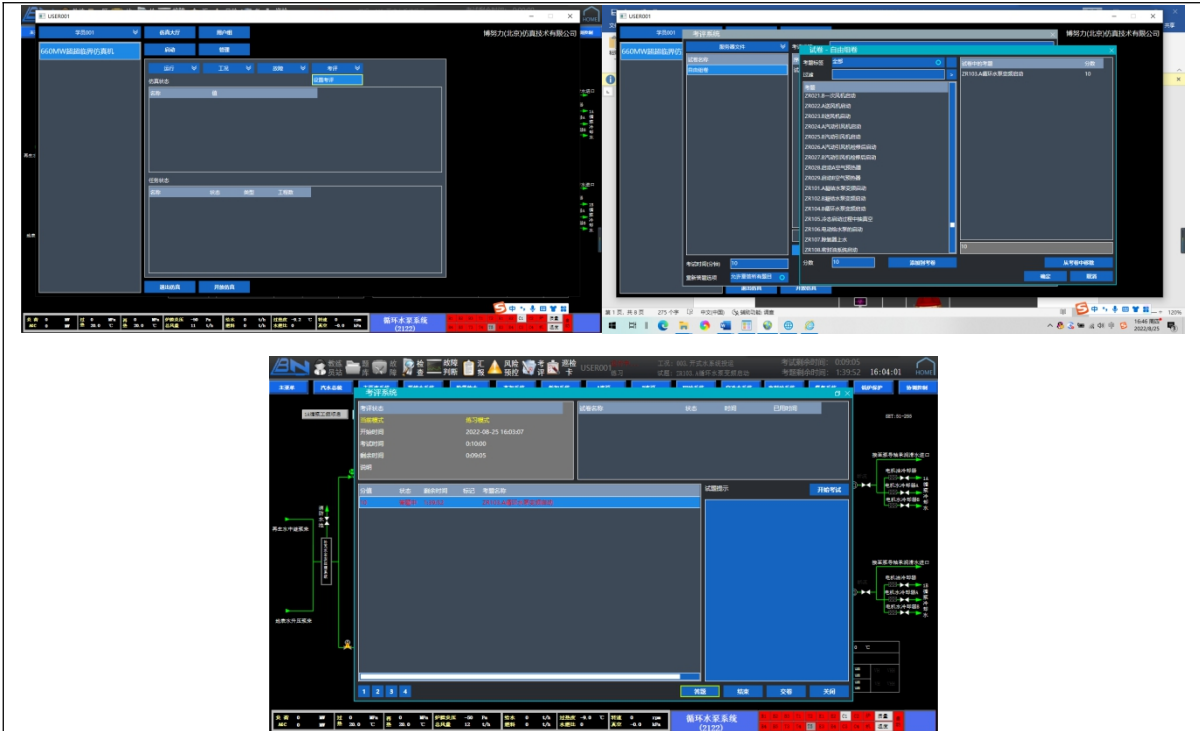


步骤八：完成DCS界面中的操作。进入DCS真空泵系统，打开1、2号循环水进、出水门，打通循环水通道，然后进入循环水泵房系统，打开循环水泵冷却水电磁阀，合1A、1B循环水泵高压开关，查看1A启动条件允许，启动1A循环水泵变频器；给定频率在35至45Hz之间，联锁开出口门，另一循环水泵投入备用；启动#1A和#1B循环水泵#1增压泵，另一增压泵作为备用；启动1A、1B循环水泵电机冷却风机；关闭1A、1B循环水泵冷却水电磁阀。



步骤九：再次进入就地，完成操作票规定的操作。进入就地循环水系统，当空气门连续稳定冒水时，关闭循环水系统各放空气门。

步骤十：进入考评系统，自我考评。在登录器依次点击“管理”、“考评”、“设置考评”、自由组卷、添加考题，选择实训任务对应的考评项目，将其添加到考评任务中。即可进入仿真系统界面，进入考评系统，点击开始，系统自动加载工况，加载完工况后即可进行仿真操作，系统根据操作情况，进行自动评价。



步骤十一：考评结果分析。根据考评结果的得失分项查找不足，小组成员讨论或老师辅导解决存在的问题。

考试结果

考试信息

姓名: USER001
得分: 6.8
开始时间: 2022-08-25 16:03:07
结束时间: 2022-08-25 16:12:52

考题: ZR103. A循环水泵变频启动
得分: 6.8 / 10
判定:

时间	仿真时间	考题	判定描述	得分
2022-08-25 16:04:41	36.168	ZR103. A循环水泵变频启动	1. 检查确认循环水系统检修工作结束, 工作票收回	2
2022-08-25 16:04:42	36.61	ZR103. A循环水泵变频启动	2. 检查循环水系统各热工仪表、保护投入正常	2
2022-08-25 16:04:43	37.24	ZR103. A循环水泵变频启动	6. 检查并确认前池水位不低于6m	2
2022-08-25 16:05:16	68.566	ZR103. A循环水泵变频启动	15. 打开凝汽器水侧放气门	1
2022-08-25 16:05:35	85.868	ZR103. A循环水泵变频启动	14. 打开凝汽器水侧放气门	1

评分细则:

考题	判定描述	评分细则	得分	失分
ZR103. A	1. 检查确认循环水系统检修工作结束, 工作票收回	0 + 2 x 1 = 2	0 + 2 x 1 = 2	0
ZR103. A	2. 电气检查1A、1B循环水泵电机绝缘合格, 送电正常	0 + 2 x 1 = 2	0 + 2 x 1 = 2	0
ZR103. A	6. 检查并确认前池水位不低于6m	0 + 2 x 1 = 2	0 + 2 x 1 = 2	0
ZR103. A	4. 检查1A循环水泵变频器投入(需要1A循环水泵变频器隔离刀QS1, 1A循环水泵变频器隔离刀QS2在合闸位置, 1A循环水泵变频器隔离刀QS3在断开位置)	0 + 2 x 1 = 2	0 + 2 x 0 = 0	
ZR103. A	5. 电气检查循环1A、1B、1C、1D增压泵(管涌泵)电气绝缘合格, 送电正常	0 + 2 x 1 = 2	0 + 2 x 1 = 2	0
ZR103. A	47. 循环水泵投入备用	0 + 2 x 1 = 2	0 + 2 x 0 = 0	
ZR103. A	48. 启动1A循环水泵	0 + 2 x 1 = 2	0 + 2 x 0 = 0	

步骤十二：再次练习，考评，直到达到能熟练地进行仿真操作，考评成绩优秀。

3-9 实训结果与结论要求

- (1) 是否记录每步实训结果: 是 否
- (2) 实训结果与结论要求: 实训报告 心得体会 其他_____
- (3) 其他描述: 实操考试结果

3-10 考核要求

学生学会实训项目操作步骤后, 要进入火力发电运行与维护考核系统进行考试, 系统将对学生的操作过程进行全程自动监控, 同时还以考题的方式考察学生对运维知识的掌握程度, 并对运维操作和考题答卷自动评分, 给出考试结果。

本实训项目的最终成绩=考试结果(70%)+实训报告成绩(30%)

3-11 面向学生要求

- (1) 专业与年级要求
本平台主要面向热能动力工程技术、发电运行技术、工业过程自动化技术、发电厂及电力系统等专业2年级学生。
- (2) 基本知识和能力要求等

要求学生已经学习过《锅炉设备与运行》、《汽轮机设备与运行》、《热力发电厂》等前续课程，已经掌握火电机组的组成和故障特点，熟悉了发电设备的结构和工作过程。

3-12 实训项目应用情况

- (1) 上线时间： 4年
- (2) 开放时间： 工作日全天
- (3) 已服务过的学生人数： 3000人
- (4) 是否面向社会提供服务： 是 否