

<p>3-1 名称 风力发电机组安装与调试职业技能竞赛虚拟仿真实训系统</p>
<p>3-2 有效链接网址 https://dlxfz.zepc.edu.cn/stxfz/sxjxxm/sx102.htm</p>
<p>3-3 实训目的 本实训项目按照“华纳杯”全国风力发电系统安装与调试技能竞赛标准设置。系统完全以竞赛设备为虚拟操作对象，可进行机械装配、电气装配、机械吊装、调试运行等全方位虚拟仿真。系统包含引导教学模式和仿真实训模式，可使方便用户了解和掌握竞赛设备的操作方法及操作标准，迅速提高对竞赛设备熟练度。解决无竞赛设备情况下实训项目开展受限的问题。</p>
<p>3-4 实训原理（或对应的知识点） 知识点数量：<u> 14 </u>（个） (1) 配置模块 (2) 风轮组装模块 (3) 变桨系统电气组装模块 (4) 变桨系统调试与运行模块 (5) 机舱组装模块 (6) 偏航系统电气组装模块 (7) 偏航系统调试与运行模块 (8) 塔筒吊装模块 (9) 机舱吊装模块 (10) 发电机吊装模块 (11) 风轮吊装模块 (12) 叶片吊装模块 (13) 整机电气组装模块 (14) 整机调试与运行模块</p>
<p>3-5 实训仪器设备（装置或软件等） 风力发电系统安装与调试技能训练基地； 配网风力发电系统安装与调试仿真培训系统。</p>
<p>3-6 实训材料（或预设参数等） 风力发电系统安装与调试、安装螺丝、带电作业工器具等。</p>
<p>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. 以虚代实法 (1) 使用目的 在缺乏风力发电系统安装与调试设备的实训条件下，使学生通过完全与实际作业流程一致的虚拟仿真训练，系统完全以竞赛设备为虚拟操作对象，可进行机械装配、电气装配、机械吊装、调试运行等全方位虚拟仿真。系统包含引导教学模式和仿真实训模式，可使方便用户了解和掌握竞赛设备的操作方法及操作标准，迅速提高对竞赛设备熟练度 (2) 实施过程 学生使用本实训室配置的“风力发电机组安装与调试职业技能竞赛虚拟仿真实训系统”进行仿真培训学习、练习，熟练风力发电机组安装与调试系统的流程，掌握该项目的操作要领及技能，并深刻领会相关作业的危险点、注意事项和安全措施。最后通过系统的考评模块参加考评，合格后本项目通过，否则再次练习。</p>

(3) 实施效果

采用本仿真系统解决了现场实训因缺乏贵重设备（如竞赛设备）而难以进行的问题，既节约了设备投资又节省了训练时间，还可以使学生反复练习直至掌握。仿真系统生成的虚拟设备和环境栩栩如生，具有很强的沉浸感，提高了学生的学习兴趣和学习自主性。

2. 交互式教学方法

(1) 使用目的

在配置模块、风轮组装模块、变桨系统电气组装模块、变桨系统调试与运行模块、机舱组装模块、偏航系统电气组装模块、偏航系统调试与运行模块、塔筒吊装模块、机舱吊装模块、发电机吊装模块、风轮吊装模块、叶片吊装模块、整机电气组装模块、整机调试与运行模块等重要环节和节点，系统都设置有交互环节。学生必须回应正确才能继续后边的流程。通过这种互动式教学，可以让学生熟悉与掌握设备安装调试全流程，强化学生的标准化作业水平和意识，培养学生的工匠精神和热爱劳动的意识。

(2) 实施过程

学生登录风力发电机组安装与调试职业技能竞赛虚拟仿真实训系统，选择培训任务，进入学习模式。按照标准风轮组装模块、变桨系统电气组装模块、变桨系统调试与运行模块、机舱组装模块、偏航系统电气组装模块、偏航系统调试与运行模块、塔筒吊装模块、机舱吊装模块、发电机吊装模块、风轮吊装模块、叶片吊装模块、整机电气组装模块、整机调试与运行模块进行操作，若选择错误则无法进入下一操作环节……。依次类推，在操作过程中，需要严格按照标准化作业流程进行，顺序错误则无法操作。每一步操作都要到位，选中正确的操作部位和操作方法才能完成。在操作过程中还会将每一步重要操作对应的知识点显示在操作界面，并需完成测试题目，达到理论联系实际的目的。

(3) 实施效果

这种交互式教学方法使学生深刻掌握风力发电机组安装与调试职业技能竞赛设备的要点及标准化作业流程，有效提升学生专业综合技能。通过这种交互，使学生标准化作业水平和意识得以强化、提高。

3. 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角色分工进行实训，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，由选举产生工作负责人，工作负责人指定主操作员和副操作员，分配好工作任务。各成员按照自己的角色分工，严格按照标准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作业流程和方法，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。

3-8 实训方法与步骤要求（学生交互性操作步骤应不少于10步）

(1) 实训方法描述

采用虚拟仿真系统代替实物实训的方法。首先学生登录仿真系统后，按照需求选择实训项目。每个实训项目提供实训模式和考核模式。在实训模式下，学生可自主学习装配调试过程，在此模式下操作错误系统会给予提示。在考试模式下，系统将对学生

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员对装配调试的掌握程度,并对操作和考题答卷自动评分,给出考试结果。

(2) 学生交互性操作步骤说明

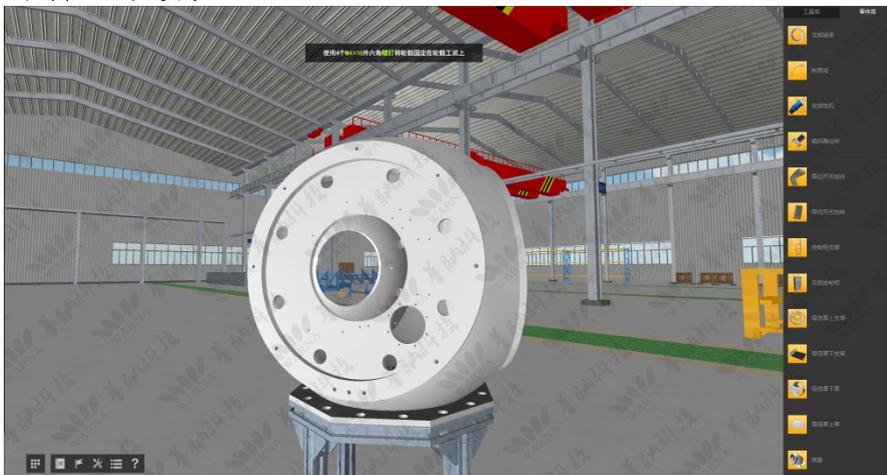
设备配置模块

设备配置完全按照竞赛设备配置标准,包含:

- 风轮组装工具清单、零部件清单
- 变桨系统电气组装工具清单
- 变桨系统编程工具清单
- 变桨系统调试与运行工具清单
- 机舱组装工具清单、零部件清单
- 偏航系统电气组装工具清单
- 偏航系统编程工具清单
- 偏航系统调试与运行工具清单
- 塔筒吊装工具清单、零部件清单
- 机舱吊装工具清单、零部件清单
- 发电机吊装工具清单、零部件清单
- 风轮吊装工具清单、零部件清单
- 叶片吊装工具清单、零部件清单
- 整机调试与运行工具清单
- 风电机组控制系统编程工具清单
- 整机调试与运行工具清单

清单中每个工器具或零部件按照竞赛设备提供,包含正确的型号规格、单位数量,便于了解和认知竞赛设备的每个工器具、零部件。

步骤一: 风轮组装模块



(1) 以竞赛设备的风电机组为虚拟操作对象,采用360度虚拟现实仿真技术。

(2) 完全按照竞赛设备的变桨轴承、刻度线、变桨电机、编码器组件、限位开关组件、限位开关挡块、控制柜支架、变桨控制柜、导流罩上支架、导流罩下支架、导流罩上罩、导流罩下罩的虚拟操作对象进行装配。

(3) 模块中包含竞赛设备风轮组装部分的操作手册,装配流程及装配方法完全依照操作手册进行操作。

(4) 包含装配任务清单。

(5) 包含引导教学模式和仿真实训模式。

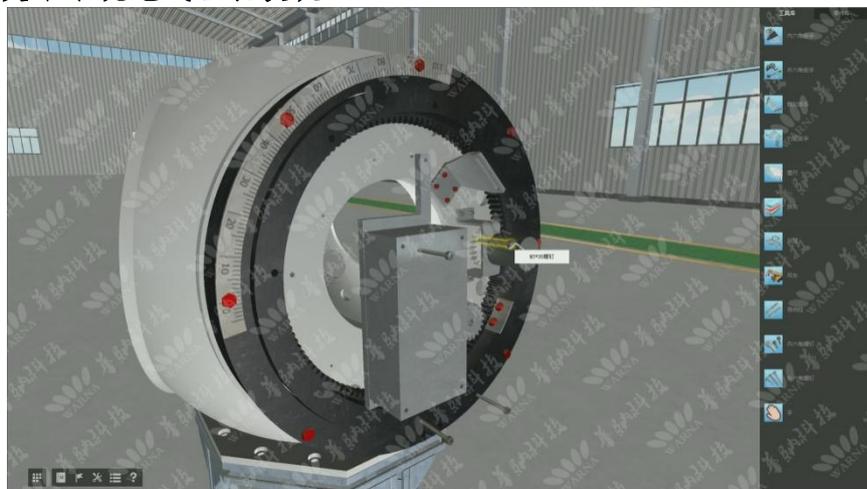
(6) 在引导教学模式下,系统可根据竞赛设备的装配过程进行提示,并按提示完成

装配。

(7) 在仿真实训模式下，可根据操作手册完成装配过程。

(8) 包含实训目的、实训内容。

步骤二：变桨系统电气组装模块



(1) 包含引导教学模式和仿真实训模式。

(2) 依照竞赛设备的接线方法进行接线，包含电缆选择、凤凰端子选择。

(3) 在引导教学模式下，系统可根据竞赛设备的接线方法进行提示，并按提示完成接线。

步骤三：变桨系统调试与运行模块



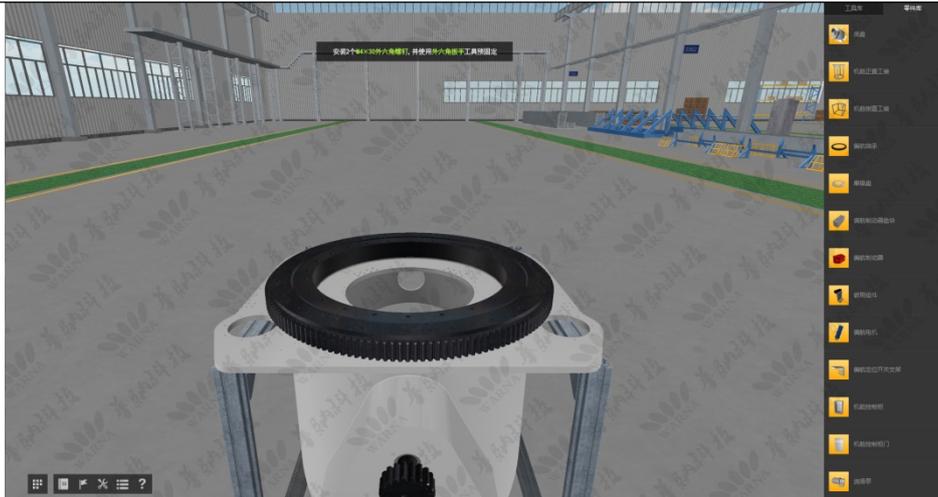
(1) 依照竞赛设备的调试方法进行调试。

(2) 包含手动调试和自动调试。

(3) 可输入目标风速值、实际风向值；可对装配好的变桨系统进行调试设置。

(4) 可查看桨叶1、桨叶2、桨叶3的变桨速度、变桨角度、机组电压、机组电流、总有功功率、总无功功率、总视在功率、频率、功率因数、直流母线电压、变桨电机状态、实际温度、安全链状态信息。

步骤四：机舱组装模块



(1) 以竞赛设备的风电机组为虚拟操作对象，采用 360 度虚拟现实仿真技术。

(2) 完全按照竞赛设备的底盘、正置工装、倒置工装、偏航轴承、摩擦盘、偏航制动器垫块、偏航制动器、碳刷组件、偏航电机、偏航定位开关支架、机舱控制柜、机舱控制柜门、润滑泵、液压站、机舱罩支架、机舱罩左罩、机舱罩右罩、机舱罩上罩的虚拟操作对象进行装配。

(3) 模块中包含竞赛设备机舱组装部分的操作手册，装配流程及装配方法完全依照操作手册进行操作。

(4) 包含装配任务清单

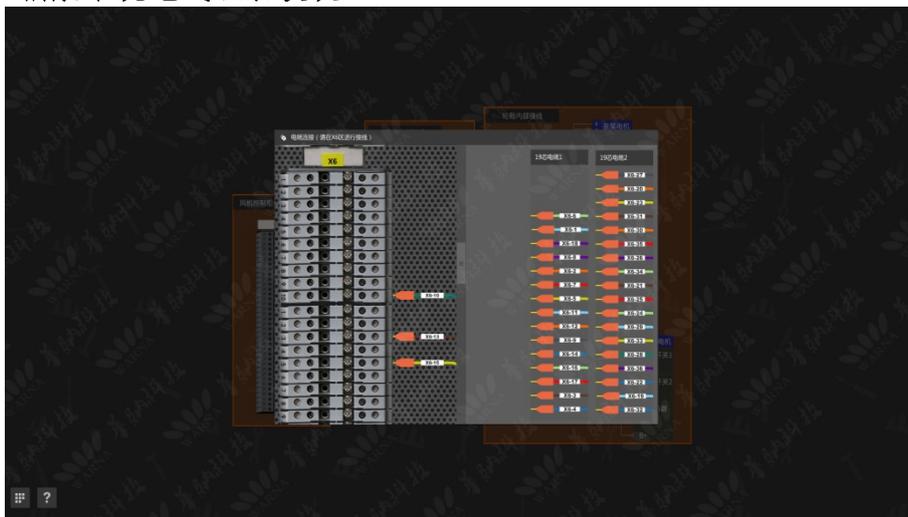
(5) 包含引导教学模式和仿真实训模式。

(6) 在引导教学模式下，系统可根据竞赛设备的装配过程进行提示，并按提示完成装配。

(7) 在仿真实训模式下，可根据操作手册完成装配过程。

(8) 包含实训目的、实训内容。

步骤五：偏航系统电气组装模块



(1) 包含引导教学模式和仿真实训模式。

(2) 依照竞赛设备的接线方法进行接线，包含电缆选择、凤凰端子选择。

(3) 在引导教学模式下，系统可根据竞赛设备的接线方法进行提示，并按提示完成接线。

步骤六：偏航系统调试与运行模块



- (1) 依照竞赛设备的调试方法进行调试。
- (2) 包含手动调试和自动调试。
- (3) 可输入目标风速值、实际风向值；可对装配好的偏航系统进行调试设置。
- (4) 在手动调试中，可进行偏航扭缆角度设置、偏航速度设置、液压站启动压力设置、液压站停止压力设置；可查看实际偏航速度、实际偏航角度、实际温度、安全链状态、偏航电机启动状态、每度行程；可控制正向偏航及反向偏航；可控制偏航角度清零。
- (5) 在自动调试中，可进行液压站启动压力设置、液压站停止压力设置；可查看偏航状态、偏航方向、解缆状态、机组电压、机组电流、总有功率、总无功功率、总视在功率、频率、功率因数、直流母线电压、液压站运行状态、刹车状态、液压站压力值；可控制偏航启动、停止。

步骤七：塔筒吊装模块

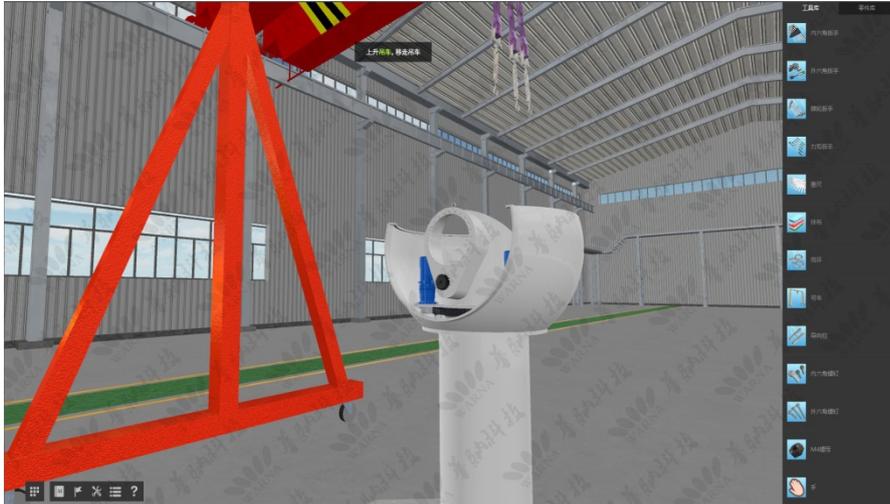


- (1) 以竞赛设备的风电机组为虚拟操作对象，采用 360 度虚拟现实仿真技术。
- (2) 完全按照竞赛设备的风机基础、下塔筒、中塔筒、上塔筒为虚拟操作对象进行吊装。
- (3) 模块中须包含竞赛设备塔筒吊装部分的操作手册，吊装流程及吊装方法完全依照操作手册进行操作。
- (4) 包含吊装任务清单。
- (5) 包含引导教学模式和仿真实训模式。
- (6) 在引导教学模式下，系统可根据竞赛设备的吊装过程进行提示，并按提示完成吊装。

(7) 在仿真实训模式下，可根据操作手册完成吊装过程。

(8) 包含实训目的、实训内容。

步骤八：机舱吊装模块



(1) 以竞赛设备的风电机组为虚拟操作对象，采用 360 度虚拟现实仿真技术。

(2) 以虚拟装配完成的机舱做为虚拟操作对象进行操作。

(3) 模块中须包含竞赛设备机舱吊装部分的操作手册，吊装流程及吊装方法完全依照操作手册进行操作。

(4) 包含吊装任务清单。

(5) 包含引导教学模式和仿真实训模式。

(6) 在引导教学模式下，系统可根据竞赛设备的吊装过程进行提示，并按提示完成吊装。

(7) 在仿真实训模式下，可根据操作手册完成吊装过程。

(8) 包含实训目的、实训内容。

步骤九：发电机吊装模块



(1) 以竞赛设备的风电机组为虚拟操作对象，采用 360 度虚拟现实仿真技术。

(2) 完全按照竞赛设备的发电机做为虚拟操作对象进行操作。

(3) 模块中须包含竞赛设备发电机吊装部分的操作手册，吊装流程及吊装方法完全依照操作手册进行操作。

(4) 包含吊装任务清单。

(5) 包含引导教学模式和仿真实训模式。

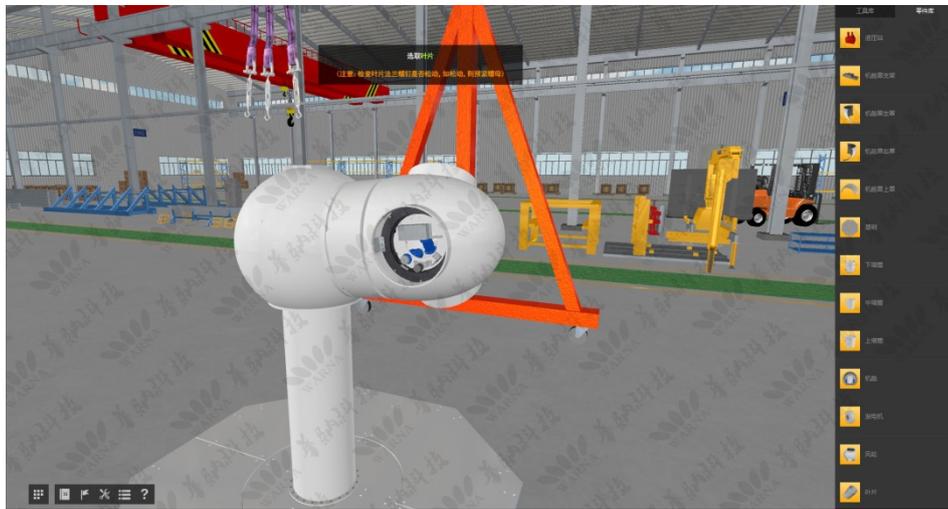
(6) 在引导教学模式下，系统可根据竞赛设备的吊装过程进行提示，并按提示完

成吊装。

(7) 系统在仿真实训模式下，可根据操作手册完成吊装过程。

(8) 包含实训目的、实训内容。

步骤十：风轮吊装模块



(1) 以竞赛设备的风电机组为虚拟操作对象，采用 360 度虚拟现实仿真技术。

(2) 以已经虚拟装配完成的风轮做为操作对象进行操作。

(3) 模块中须包含竞赛设备风轮吊装部分的操作手册，吊装流程及吊装方法完全依照操作手册进行操作。

(4) 包含吊装任务清单。

(5) 包含引导教学模式和仿真实训模式。

(6) 在引导教学模式下，系统可根据竞赛设备的吊装过程进行提示，并按提示完成吊装。

(7) 在仿真实训模式下，可根据操作手册完成吊装过程。

(8) 包含实训目的、实训内容。

步骤十一：叶片吊装模块

(1) 以竞赛设备的风电机组为虚拟操作对象，采用 360 度虚拟现实仿真技术。

(2) 完全按照竞赛设备叶片安装要求进行虚拟操作。

(3) 模块中须包含竞赛设备叶片吊装部分的操作手册，吊装流程及吊装方法完全依照操作手册进行操作。

(4) 包含吊装任务清单。

(5) 包含引导教学模式和仿真实训模式。

(6) 在引导教学模式下，系统可根据竞赛设备的吊装过程进行提示，并按提示完成吊装。

(7) 在仿真实训模式下，可根据操作手册完成吊装过程。

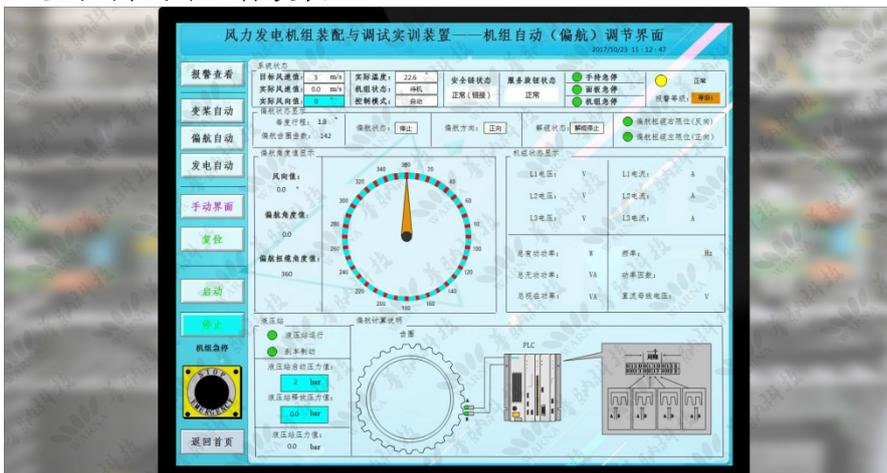
(8) 包含实训目的、实训内容。

步骤十二：整机电气组装模块



- (1) 包含引导教学模式和仿真实训模式。
- (2) 依照竞赛设备的接线方法进行接线，包含电缆选择、凤凰端子选择。
- (3) 在引导教学模式下，系统可根据竞赛设备的接线方法进行提示，并按提示完成接线。
- (4) 包含变桨系统电气组装、偏航系统电气组装。

步骤十三：整机调试与运行模块



- (1) 依照竞赛设备的调试方法进行调试。
- (2) 包含手动调试和自动调试。
- (3) 包含变桨手动调试、变桨自动调试；偏航手动调试、偏航自动调试；发电手动调试、发电自动调试。
- (4) 在发电手动调试中，可查看风轮直径、风轮转速、叶尖速比、风能利用系数、风轮吸收功率、频率、电压、电流、安全链状态；可设置目标风速值、实际风向值。

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

学生完成本项目仿真训练后，要进入仿真培训系统的考试模式进行考试，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，并对操作过程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（75%）+实现报告成绩（25%）

3-11 面向学生要求

(1) 专业与年级要求

本实训项目适用于新能源发电类相关专业的二、三年级学生，包括风力发电工程技术专业、新能源装备技术专业、分布式发电及智能微电网专业、光伏工程技术专业、工业过程自动化技术专业等。

(2) 基本知识和能力要求等

要求学生已经学习过《电工基础》、《电力电子技术》、《新能源发电技术》、《电力职业安全》等前续课程，已经掌握电力安全基本知识，了解带电作业分类及工作特点，熟悉仿真操作工作流程。

已完成《电工技能综合实训》、《专业识图实训》、《PLC 应用实训》等相关实训环节，会使用安全工器具，掌握仿真操作流程等。能适应使用 VR 头盔和交互手柄进行操作。

3-12 实训项目应用情况

(1) 上线时间： 半年

(2) 开放时间： 工作日全天

(3) 已服务过的学生人数：150 人

(4) 是否面向社会提供服务：是 否