

# 2023 年度“楚怡杯”湖南省职业院校技能竞赛 赛项规程

## 一、赛项名称

1. 赛项名称：光伏电子工程的设计与实施
2. 赛项组别：高职高专组
3. 赛项归属：电子信息大类

## 二、竞赛内容

参赛选手在智慧新能源实训系统上完成工业园区、岛屿等区域能源工程项目规划、设计；在设计后的区域能源工程项目基础上，利用系统提供的供能装置、储能装置、智能控制装置、测量仪表、负载装置等各组成部分上实现设备选型、安装部署、电子控制模块的开发、光伏管控系统开发、能源工程系统调试检测及能源系统运行维护等项目任务；能够在实训系统的辅助下，有效获取能源数据、并控制能源系统的运行，创新性的完成项目任务。本项目共有四部分：1. 工程规划与工程部署；2. 系统开发与系统调试；3. 区域能源分析与排布；4. 光伏电子工程的系统设计；5. 职业规范与安全生产。

表1 比赛任务及考核内容

序号	任务		考核内容
1	工程规划与工程部署	光伏电子工程的部署与安装	考核参赛选手对光伏电子工程系统原理的掌握系统设计能力； 考核参赛选手就光伏电子工程，对于供能设备、储能设备、智能控制装置及负载装置等的安装、配置、连接技能、方法、工艺的掌握。
2	系统开发与系统调试	光伏电子设备的开发与调试	考核光伏电子设备的开发和调试技能： 基于光伏电子设备的智能控制、数据采集、显示及通讯等功能 的开发、检测与调试。
		光伏电子工程的本地控制功能开发与调试	考核光伏发电系统的 PLC 控制及运行技术的运用： 要求基于 PLC 进行功能开发及调试，实现光伏发电系统的本地控制功能、数据采集功能及与上位机、电子设备的通讯功能。
		光伏电子工程的远程监控功能开发与调试	考核光伏发电系统的监控系统和能量管理系统的运行机制及运行方法、传感技术及各类通讯技术的掌握： 要求基于组态软件的光伏电子远程监控系统 的开发及调试、对电子通讯设备的配置及调试，实现对光伏系统的整机运行、维护及能源综合利用等。
		光伏电子工程的系统运行与检测	考核光伏发电系统和设备的检测技能：按照用电操作规范，对光伏系统线路和设备进行检测，并按要求完成记录。
3	区域能源分析与排布	区域能源分析与排布	考核参赛选手对区域能源工程项目整体的项目需求分析、能源供电选址、能源系统分析、产能分析、能源优化等知识的掌握。
4	光伏电子工程的系统设计	光伏电子工程的系统设计	符合项目需求的光伏电站发电方式、发电量、光伏组件的组串设计、经济效益等方面综合评价。
5	职业规范与安全生产	职业规范与安全生产	考核安全操作规程、团队协作、文明比赛、现场整洁有序等方面的职业素养。

### 三、竞赛方式

3人团体赛。

### 四、竞赛时量

竞赛总时长为240分钟。

### 五、名次确定办法

按比赛成绩从高到低排列参赛队的名次，不设并列名次。比赛成绩相同，完成工作任务所用时间少的名次在前；比赛成绩和完成工作任务用时均相同，系统开发与系统调试模块分高者名次列前。

### 六、评分标准与评分细则

#### 1. 评分标准

表 2 评分标准

序号	考核模块	分数占比	评分模块	配分
1	工程规划与工程部署	16%	工程规划与工程部署	16 分
2	系统开发与系统调试	53%	光伏电子设备的开发与调试	15 分
			光伏电子工程的本地控制功能开发与调试	16 分
			光伏电子工程的远程监控功能开发与调试	14 分
			光伏电子工程的系统运行与检测	8 分
3	区域能源分析与排布	20%	区域能源分析与排布	20 分
4	光伏电子工程的系统设计	6%	符合项目需求的光伏电站发电方式、发电量、光伏组件的组串设计、经济效益等方面综合评价。	6 分
5	职业规范与安全生产	5%	职业规范与安全生产	5 分

#### 2、评分细则

表 3 评分细则

序号	考核模块	评分模块	评分指标	配分
1	工程规划与工程部署	工程规划与工程部署	1. 器件与线路设计的正确性评判； 2. 安装部署的工艺评判。	16 分
2	系统开发与系统调试	光伏电子设备的开发与调试	1. 光伏电子设备控制逻辑、数据采集、显示及通讯等功能的实现效果； 2. 光伏电子设备的检测。	15 分
		光伏电子工程的本地控制功能开发与调试	控制按键的功能的实现效果。	16 分
		光伏电子工程的远程监控功能开发与调试	1. 系统结构符合要求，登录界面、数据监控界面、操作界面、数据报表等功能的实现符合要求； 2. 符合通过指定通讯方式的信息呈现； 3. 光伏系统整机运行效果。	14 分
		光伏电子工程的系统运行与检测	指定项目的测量方法、测量点及测量值正确性。	8 分

3	区域能源分析与排布	区域能源分析与排布	1. 光伏发电能源系统选址，能源系统分析，能源产能分析，能源规划等知识的掌握； 2. 风力发电能源系统选址，能源系统分析，能源产能分析，能源规划等知识的掌握； 3. 生物质、浅层地热能源系统选址，能源系统分析，能源产能分析，能源规划等知识的掌握； 4. 区域能源综合规划与优化等知识的掌握。	20 分
4	光伏电子工程的系统设计	光伏电子工程的系统设计	符合项目需求的光伏电站发电方式、发电量、光伏组件的组串设计、经济效益等方面综合评价。	6 分
5	职业规范与安全生产	职业规范与安全生产	考核参赛选手在职业规范、团队协作、组织管理、工作计划、团队风貌等方面的职业素养成绩。	5 分

## 七、赛项相关设施设备技术参数

### 1. 技术平台概述

本次赛项使用竞赛平台为智慧新能源实训系统。

智慧新能源实训系统满足光伏工程项目设计、工程实施与调试、能源管理、新能源电子应用产品开发等新能源产业典型岗位人才的技能考核，具备与“互联网+”设计思路相结合，基于对光伏工程工程的实现原理、性能特性的深刻研究，高度集成、整合光伏工程技术、新能源发电技术、传感技术、电子信息、通信技术、自动控制技术和供配电技术，可实现新能源全景动态模型仿真、光伏电站搭建、多种光伏发电模式设计、光伏工程的能量管控、光伏工程电子产品的创意设计以及多种通讯方式的应用。

系统组成：

#### 1. 工程环境模拟平台

具有光源、光源支架、光源驱动装置、光伏组件、传感模块及控制等装置组成。

通过采用大功率碘钨灯作为光源可有效模拟实际日光的发电效果；通过电子传感控制装置实现光伏逐日，最优化利用太阳光，提高光电转换效率。可满足光伏组件安装、检测、光伏组件固定倾角模式及逐日模式的实训。

#### 2. 光伏电子中心管控平台

具有光伏并网工程实训模块、光伏离网电子实训模块、负载模块、数据采集模块、通讯模块、集中控制模块，可实现离网及并网多种光伏发电模式的教学展示，以及光伏电子控制、电气自动控制、数据采集、LoRa/以太网/RS485等多元化通讯装置的安装、开发、调试等实训内容。为可实现集光伏能源发电技术、传感技术、信息通信技术、自动控制技术为一体的综合实训平台。

#### 3. 智慧新能源仿真规划软件

可以通过对区域能耗的情况、地域特征及新能源产能的分析，对风能、光能、生物质能、浅层地热能及储能多能协同优化设计，以满足对特定区域能源供给的需求，达到区域电力产耗能平衡的效果。

软件能够从光伏电站的安装倾角、太阳能选址、太阳能偏差、太阳能容量偏差等方面对光伏电站设计合理性进行评价。从风力发电方案的风机选型、风能选址偏差、风能容量偏差等方面评价风力发电部分设计的合理性。从浅层地热方案的地热选址、地热利用率方面评价浅层地热部分的合理性。从生物质方案的选址、生物质电站容量偏差安方面评价生物质发电部分设计的合理性。从供电不足天数、弃电天数综合评价整体区域能源平衡方案设计的合理性；从储能的波动率方面评价对储能电站的利用率；从风力电站与光伏电站的总容量比值来评价新能源电站建设的合理性；从占地数量来评价系新能源电站对土地的合理利用。

### 2. 设备清单

表4 设备清单

序号	系统平台	平台模块	子平台简介
1	工程环境模拟平台	/	本平台主要由光源、光源支架、光源驱动装置、光伏组件、电机、传感模块及控制等装置组成；通过采用大功率碘钨灯作为光源，可有效模拟实际日光的发电效果；光伏组件倾斜角度可调，能够最优化使用太阳光，提高光电转换效率。
2	光伏电子中心管控平台（含智能微逆变系统软件 V1.3）	光伏并网工程实训模块	光伏发电模块由并网逆变器、隔离变压器、并网功能单元组成；发电方式多样，可进行全额并网模式、自发自用余电上网模式等多种发电模式的实训。
		光伏离网电子实训模块	光伏离网电子实训模块包含智能离网微逆变系统、光伏控制器、储能模块等模块组成，可以使用嵌入式系统进行光伏电子设备的控制、数据采集、通讯等功能开发实训，实现对光伏离网发电系统设备进行管理和控制。
		负载模块	负载模块主要通过实际用能侧的展示来体现光伏发电系统的实际应用性及广泛性，包含报警灯、投射灯、风扇等直流负载及交流负载。
		数据采集模块	数据采集模块通过直流电压电流表、交流电压电流表，单相电能表、双向电能表以及环境数据采集如温湿度传感器、光照度传感器组成实现光伏系统的电气数据与环境数据的显示和采集。
		通讯模块	通讯模块包括 LoRa 模块、交换机等电子设备。
		集中控制模块	集控模块由 PLC、触摸屏、断路保护系统等组件组成。集控模块是整个光伏工程控制的核心，通过连接工程环境模拟平台、光伏并网工程实训模块、负载模块及光伏离网电子实训模块，实现其控制功能和能源管理功能。
3	智慧新能源仿真规划软件 V1.0	/	智慧新能源仿真规划软件作为新能源系统工程规划部署平台，可以通过对区域能耗的情况、地域特征及新能源产能的分析，对风能、光能、生物质能、浅层地热能及储能多能协同优化设计，以满足对特定区域能源供给的需求，达到区域电力产耗能平衡的效果。

## (三) 工具、耗材清单

表5 工具、耗材清单

序号	名称	数量	单位
1	安装螺丝包	1	包
2	RV-0.5 平方电线电缆/黑色	1	卷
3	RV-0.5 平方电线电缆/红色	1	卷
4	RV-0.5 平方电线电缆/白色	1	卷
5	BVR-2.5 平方电线电缆/黑色	1	卷
6	BVR-2.5 平方电线电缆/红色	1	卷
7	RVVP2*0.2 电线电缆/485 通讯线	1	卷
8	BVR-1.5 平方电线电缆/双色接地线	1	根
9	SNB1.25-3U 型裸端子	1	包
10	H2.5 管型冷压端子	1	包
11	H0.5 管型冷压端子	1	包
12	H1.0 双拼管型冷压端子	1	包
13	压线帽	1	包
14	φ 1m <sup>2</sup> 号码管	1	套
15	φ 2.5m <sup>2</sup> 号码管	1	套
16	MC4 公头	10	个

17	MC4 母头	10	个
18	MC4 公头铁心	10	个
19	MC4 母头铁心	10	个
20	2.5mm <sup>2</sup> 光伏线缆（红）	15	米
21	2.5mm <sup>2</sup> 光伏线缆（黑）	15	米
22	波纹管	1	米
23	3M 双面胶	1	卷
24	OT-2.5-6 接线铜鼻子	20	个
25	C45-2.5 鸭舌冷压端子	20	个
26	绝缘护套	20	个
27	缠绕管	1	包
28	尼龙扎带	1	包
29	梅花起	1	把
30	一字起	2	把
31	一字迷你螺丝刀	1	把
32	一字两用测电笔	1	把
33	活动扳手	1	把
34	斜口钳	1	把
35	剥线钳(含剥、剪线)	1	把
36	U 型冷压端子压接钳	1	把
37	四边型冷压端子压线钳	1	把
38	电工胶布	1	个
39	工具刀	1	个
40	钳形表	1	个
41	焊接套件（含电烙铁、焊锡丝、镊子、松香）	1	套
42	MC4 专用工具套包	1	套
43	工具箱	1	个

备注：具体设备由赛点提供。

## 八、选手须知

### 1. 选手自带工（量）具及材料清单

赛场统一提供竞赛所需耗材，选手须根据耗材的配置合理使用，无需自带。

### 2. 主要技术规范及要求

#### 1. 职业素养

- (1) 敬业爱岗，忠于职守，严于律己，刻苦钻研；
- (2) 勤于学习，善于思考，勇于探索，敏于创新；
- (3) 认真负责，吃苦耐劳，团结协作，精益求精；
- (4) 遵守操作规程，安全、文明生产；
- (5) 着装规范整洁，爱护设备，保持工作环境清洁有序。

#### 2. 技术标准

本赛项遵循以下国际相关标准，国家相关标准和行业相关标准：

1. IEC 61730-2 ed2.0 Photovoltaic (PV) module safety qualification - Part 2: Requirements for testing（光伏（PV）组件安全鉴定-测试要求）。
2. GB/T 36568-2018 光伏方阵检修规程。
3. GB/T 36567-2018 光伏组件检修规程。
4. GB 50797-2012 光伏发电站设计规范。
5. GB/T 35694-2017 光伏发电站安全规程。
6. GB/T50054-2011 低压配电设计规范。
7. GB/T50052-2009 供配电系统设计规范。
8. GB50055-2011 通用用电设备配电设计规范。

9. DB34/T 2450-2015 户用并网光伏系统设计与施工规范。
10. GB/T 33342-2016 户用分布式光伏发电并网接口技术规范。
11. DL/T 5429-2009 电力系统设计技术规程。
12. IEC 60364-7-712:2002 Requirements for special installations or locations - Solar photovoltaic (PV) power supply systems (特殊装置或场所的要求 - 太阳能光伏 (PV) 供电系统)。
13. GB/T 32512-2016 光伏电站防雷技术要求。
14. GB/T 31999-2015 光伏发电系统接入配电网特性评价技术规范。
15. GB/T 29319-2012 光伏发电系统接入配电网技术规定。
16. GB/T 30152-2013 光伏发电系统接入配电网检测规程。
17. GB 50794-2012 光伏电站施工规范。
18. GB50865-2013 光伏发电接入配电网设计规范。
19. GB/T 19939-2005 光伏系统并网技术要求。
20. Q/GDW617-2011 光伏电站接入电网技术规定。
21. GB/T 20046-2006 光伏系统电网接口特性。
22. IEC 61727 ed2.0 Photovoltaic (PV) systems - Characteristics of the utility interface (光伏 (PV) 系统电网接口的特性。)
23. IEC 61427-1 ed1.0 太阳光伏能系统用蓄电池和蓄电池组一般要求和试验方法。第1部分：光伏离网应用。
24. GB/T34129-2017 微电网配电网测试规范。
25. NB/T 32010-2013 光伏电站逆变器防孤岛效应检测技术规程。
26. DL/T 448-2016 电能计量装置技术管理规程。
27. DL/T5137-2001 电测量及电能计量装置设计技术规程。
28. DL/T 448 电能计量装置技术管理规程。
29. DL/T 614-2007 多功能电能表。
30. DL/T 645-2007 多功能电能表通信协议。
31. GB/T 14048.7-2016 低压开关设备和控制设备 第7-1部分：辅助器件 铜导体的接线端子排。
32. GB 50217-2018 电力工程电缆设计规范。
33. GB/T 50062-2008 电力装置的继电器保护和自动装置设计规范。
34. GB/T 32900-2016 光伏电站继电保护技术规范。
35. GB/T 14598.1-2002 电气继电器 第23部分：触点性能。
36. JY/T 0465-2015 高等职业学校光伏发电技术与应用专业仪器设备装备规范。
37. GB/T 6988.1-2008 《电气技术用文件的编制》。
38. IPC-A-610E-2010 中文版电子组件的可接受性。
39. SJ/T 10533-1994 电子设备制造防静电技术要求。
40. GB/T 12326-2008 电能质量电压波动和闪变。
41. GB 50054-2011 低压配电设计规范。
42. GB/T 34932-2017 分布式光伏发电系统远程监控技术规范。
43. GB 50796-2012 光伏电站建设与运维验收规范。

### 3. 选手注意事项

1. 比赛期间不准携带任何通讯工具、移动存储器、照相器材等与竞赛无关的用品，否则取消该队参赛资格。

2. 任务书如出现缺页、字迹不清等问题，请及时向裁判示意，并进行更换；比赛结束后，所提供的所有纸质材料均须留在赛场，不得带离赛场，一经发现视为作弊处理。

3. 设备的安装配置请严格按照任务书的要求及工艺规范进行操作。

4. 参赛团队应在规定时间内完成任务书要求的内容，任务实现过程中形成的文件资料必须存储到任务书的指定位置，未存储到指定位置造成裁判组无法检查结果，相应部分不得分。

5. 比赛过程中，选手认定设备或器件有故障可向裁判员提出更换；如器件或设备经测定完好属误判时，器件或设备的认定时间计入比赛时间；如果器件或设备经测定确有故障，则当场更换设备，此过程中（设备测定开始到更换完成）造成的时间损失，在比赛时间结束后，酌情对该小组进行等量的时间延迟补偿。

6. 比赛过程中由于人为原因造成器件损坏，不得更换，若选手提出申请，则总成绩扣10分。

7. 在裁判组宣布竞赛结束后，请选手立即停止对竞赛设备与计算机的任何操作。

8. 在完成大赛过程中，因操作不当导致设备破坏性损坏或造成事故，视情节扣5~10分，情况严重者取消比赛资格。

9. 衣着不整、污染赛场环境、扰乱赛场秩序、干扰裁判工作等违反职业规范的行为，视情节扣5~10分，情节严重者取消参赛资格。

#### **4. 竞赛直播**

1. 赛点提供全程无盲点录像。

2. 可在赛点指定区域通过网络监控观摩比赛。

### **九、样题**

2023 年度“楚怡杯”湖南省职业院校技能竞赛  
高职高专组电子信息类光伏电子工程的设计与实施赛项

[时量：240 分钟，试卷号： ]

(样卷)

---

# 竞 赛 任 务 书

场次号：\_\_\_\_\_ 机位号（工位号、顺序号）：\_\_\_\_\_。

2022 年 12 月 日



# 第一部分 竞赛须知

## 一、竞赛纪律要求

- (一) 正确使用设备与工具，严格遵守操作安全规范。
- (二) 竞赛过程中遇到任何问题，必须向现场裁判举手示意，不得扰乱赛场秩序。
- (三) 遵守赛场纪律，尊重监考或裁判人员，服从安排。

## 二、职业素养与安全意识

- (一) 完成竞赛任务，根据操作规范完成所有竞赛任务，注意用电安全。
- (二) 保持竞赛工位、工作台表面整洁，工具摆放、零碎导线等处理符合职业岗位规范要求。
- (三) 遵守赛场纪律，尊重赛场工作人员，爱护赛场设备及器材。

## 三、扣分项

- (一) 在竞赛过程中，因参赛选手个人操作不当导致设备破坏性损坏或造成事故，扣 5 分，损坏两次及以上者将被取消竞赛资格。
- (二) 禁止带电操作（用表笔检测和操作开关按钮盘除外），违反一次扣 5 分。
- (三) 污染赛场环境、扰乱赛场秩序、干扰裁判工作等违反职业规范的行为，扣 5 分，情节严重者将被取消竞赛资格。
- (四) 比赛过程中，选手需全程佩戴安全帽。若在生产过程中不佩戴安全帽，扣 5 分。
- (五) 设备第一次上电，举手示意裁判请求通电，现场完成上电检测，确认检测无误后，裁判许可后方可通电；通电后若有器件损坏，扣 5 分。
- (六) 竞赛结束时，务必保存设备配置，不得拆除硬件的连接，严禁对设备设置密码；须断开实训设备上的所有空气开关。违反者扣 5 分。

## 四、选手须知

- (一) 任务书如出现缺页、字迹不清等问题，请及时向现场裁判举手示意，申请更换；比赛结束后，现场下发的所有纸质材料不得带离赛场，否则视为作弊。
- (二) 设备的安装配置请严格按照现场下发的任务书的要求及工艺规范进行操作。
- (三) 参赛团队应在规定时间内完成任务书要求的竞赛任务，任务实现过程中形成的文件资料必须存储到任务书要求的指定位置，未存储到指定位置造成裁判组无法检查结果及评判的相应竞赛任务以 0 分计入总成绩。
- (四) 比赛过程中，选手判定设备或器件有故障（**赛题里预先设置的故障除外**）可举手向裁判示意提出更换；如果设备或器件经检测有故障，则当场更换设备，此过程中（从选手举手示意开始到更换完成）造成的时间损失，经裁判长与现场裁判讨论在比赛时间结束后，对该小组进行相应的时间延迟补偿。如设备或器件经检测完好，属选手误判时，设备或器件的认定时间计入比赛时间。
- (五) 在裁判长宣布竞赛结束后，选手根据裁判长的命令立即停止任何与比赛相关的操作，否则视为作弊，总成绩以 0 分计算。
- (六) 相关答题内容，须按要求填入答题纸指定位置的请根据要求完成，若选手未按照要求完成，该部分成绩以 0 分计入总成绩。

## 五、注意事项

- (一) 在比赛开始 30 分钟内，完成竞赛平台硬件、软件及竞赛材料的检查确认是否正常，并填写现场下发的竞赛设备确认表；比赛开始 30 分钟后收取竞赛设备确认表。

(二) 竞赛任务中所使用的各类软件工具都已安装至工作站，各类说明文件等都已拷贝至工作站的“桌面\竞赛资料”路径目录，请各参赛队根据竞赛任务合理调配使用。

(三) 设备第一次上电，参赛队须举手示意裁判请求通电，裁判与技术服务人员共同在工位前监督；学生现场完成上电检测，确认设备检测无误后，经裁判和技术服务人员许可，参赛队填写上电检测确认单并签字确认后方可上电；参赛队对上电结果负责。

(四) 竞赛过程中，选手应及时保存竞赛成果；竞赛结束前，务必按要求完成离场确认单的填写。

(五) 竞赛结束时，不得拆除硬件的连接，严禁对设备设置密码；须断开实训设备上的所有空开。

(六) 竞赛结束时，工作站严禁关机，退出组态软件；务必保存设备配置，严禁对设备设置密码。

## 第二部分 工程项目背景与任务概述

### 一、工程项目背景

某区域要建设光伏电站，当地光照条件优良，具有丰富的光照资源，项目要求合理设计光伏组件串并联，根据施工图纸完成光伏汇流箱安装、光伏发电系统的系统搭建，实现光伏发电，并能够对光伏发电系统进行数据采集、监控及能量管理。

### 二、任务概述及作品呈现要求

光伏电子工程的设计与实施与任务概述及作品呈现要求表 2.2.1 所述。

表 2.2.1 任务概述及作品呈现要求


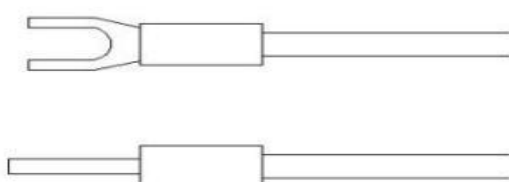
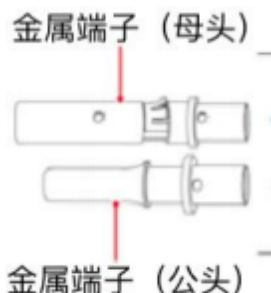
序号	任务概述	作品呈现要求
1	工程规划与工程部署 根据电气图要求、功能要求及工艺要求，对光伏电子工程进行部署规划，完成设备的安装与线路连接。	满足功能及工艺要求的光伏电站及控制系统。
2	系统开发调试与运维 考核基于光伏电子设备的智能控制、数据采集、通讯等功能的开发与检测调试。	光伏电子设备功能展示及检测报告。
	考核基于 PLC 管控系统的配置、开发调试及运行。	满足 PLC 控制要求的本地按钮功能展示。
	考核基于组态软件的光伏电子远程监控系统的配置、开发及调试、光伏系统的整机运行、分析、维护及能源综合利用等。	满足光伏电子工程远程监控系统的界面及功能展示。
	考核光伏发电系统和设备的检测技能： 按照用电操作规范，对光伏系统线路和设备进行检测，并按要求完成记录。	符合要求系统检测报告。
3	区域能源分析与排布 考核参赛选手对区域能源工程项目整体的项目需求分析、能源供电选址、能源系统分析、产能分析、能源优化等知识的掌握。	仿真规划软件中保存建立的方案信息。
4	光伏电子工程设计 考核参赛选手对光伏电站发电方式、发电量、光伏组件的组串设计、经济效益等方面知识的掌握。	符合要求的纸质计算结果。

## 第三部分 竞赛任务

### 一、工程规划与工程部署 (16 分)

此阶段选手作为施工人员，要求建设离网光伏系统、并网光伏系统两个光伏工程。请按照竞赛提供的施工图纸（见“桌面\竞赛资料\施工图纸”文件夹）以及施工工艺要求，进行规范施工。施工工艺要求如表 3. 1. 3~3. 1. 5 所示：

表 3. 1. 3 接线端子及线标要求

线缆	线径	端子要求	线标要求
RV 0.5mm <sup>2</sup> 软线 BVR 2.5mm <sup>2</sup> 软线	0.5mm <sup>2</sup> 2.5mm <sup>2</sup>	管型 冷压端子	<p>1. 使用号码管；</p> <p>2. 按照提供的标识数码有序连接，号码管标识读序合理、正面朝外易于查看，如下图：</p> 
RV 0.5mm <sup>2</sup> 软线 BVR 2.5mm <sup>2</sup> 软线	0.5mm <sup>2</sup> 2.5mm <sup>2</sup>	U 型冷压端子	<p>3. 要求号码管能遮住 U 型冷压端子的压线钳压痕或遮住管型冷压端子的塑料套管，如下图：</p> 
PV1-F2.5mm <sup>2</sup> 光伏系统电缆	2.5mm <sup>2</sup>	MC4 光伏连接 器内芯： 金属母头 金属公头	<p>4. 光伏系统电缆的 MC4 插头区别：</p> 

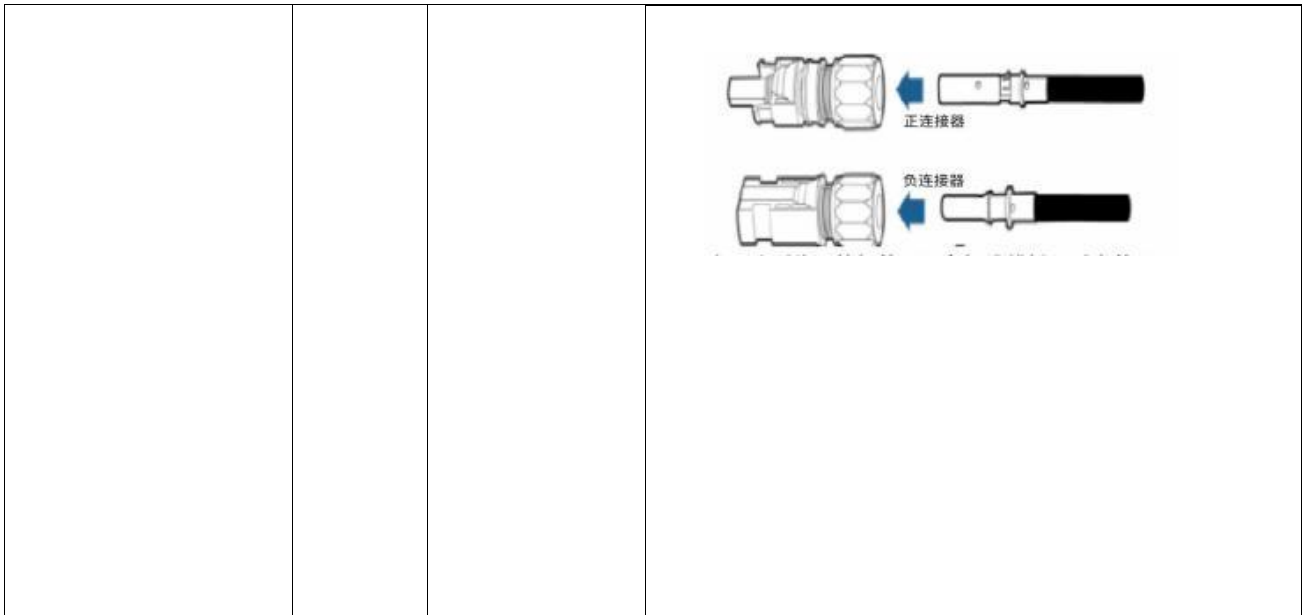


表 3.1.4 走线要求

线缆类别	走线要求
RV 0.5mm <sup>2</sup> 软线 BVR 2.5mm <sup>2</sup> 软线	软线走线要求线缆平直，就近线槽内走线，无法满足线槽走线的情况下（长度大于 15cm），用缠绕管缠绕或扎带捆紧。
PV1-F2.5mm <sup>2</sup> 光伏专用电缆	光伏组件输出电缆的 MC4 插头及线缆使用扎带或缠绕管固定在支架上，走线后将插头预留在台体外侧，方便进行组件组串；汇流箱输出至电气柜接线端子的线缆，使用波纹管进行固定。

表 3.1.5 冷压端子制作及剥线要求

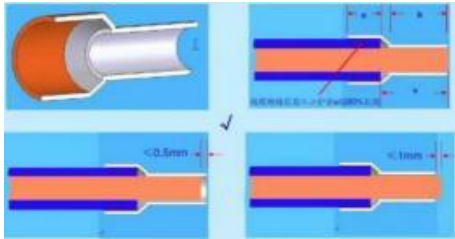

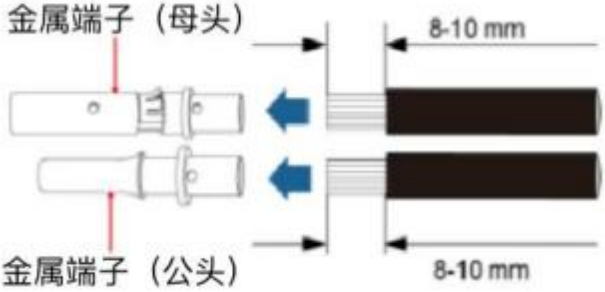
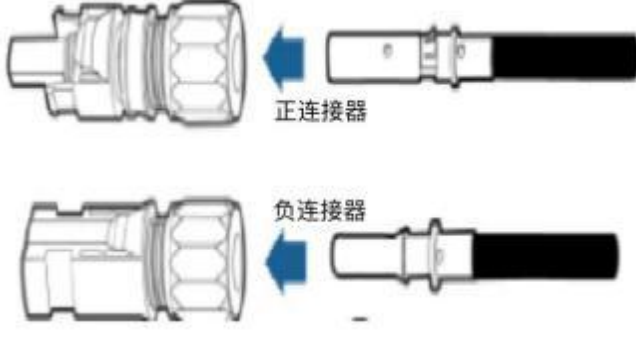
接线端子	工艺要求	其他要求
管型冷压端子		<ol style="list-style-type: none"> <li>每根导线须使用冷压端子接入器件端口；</li> <li>当一个器件端口需要接入多根导线时，须使用专用的并线端子；不允许 2 根及以上导线并入一个非并线端子。</li> </ol>
U 型/OT 型冷压端子		

表 3.1.5 冷压端子制作及剥线要求

<p>MC4 光伏插头</p>	<p>1. 剥线钳剥去光伏电缆绝缘皮，保留线芯压线长度 8-10mm。</p>  <p>2. 金属端子公头和母头压线钳压紧后插入连接器，线芯和 MC4 连接器适当力度试拔不分离。</p>  <p>3. 线芯拨开的绝缘层长度适中，锁紧螺母锁紧后不外露，适当力度无法旋开。</p>	
---------------------	---	--

注意：

- 1、设备安装检测完成后，所有线材都须盖线槽盖。
- 2、接线耗材的使用要求：在竞赛现场提供的耗材范围内对耗材进行合理分配及使用，竞赛时不额外提供耗材

## 二、系统开发与系统调试（53分）

### （一）光伏电子设备的开发与调试（15 分）

此阶段，选手作为光伏电子设备开发工程师，根据项目要求进行光伏电子设备开发调试，基于智能离网微逆变系统，需要对相关模块进行开发及调试；智能离网微逆变实训系统如图 3.2.1 所示：

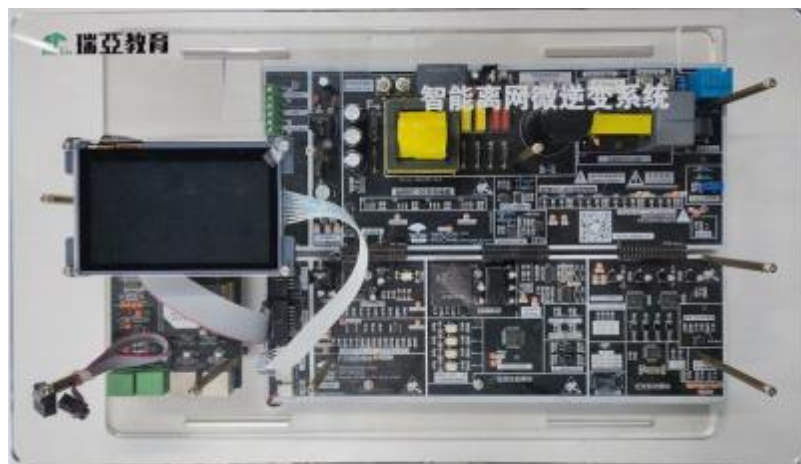


图 3.2.1 智能离网微逆变系统

#### 1. 智能离网微逆变系统显示界面设计

基于现场提供的触摸屏，制作四个界面，一个主界面和四个子界面。要求在主界面中制作四个按钮控件用于切换到四个子界面；三个子界面分别命名为“设置界面”、“监控界面”、“修改界面”和“记录界面”，并在每个子界面中制作一个按钮控件置于左下角，控件命名“返回”，此按键功能为返回到主界面。

##### （1）“设置界面”界面功能

在“设置界面”界面制作三个控件，为“声音”、“亮度”、“体验触屏”，图形自定义。

##### （2）“监控界面”界面设计

① “监控界面”界面中制作两个文本控件，要求显示逆变器输出电压和输出频率，电压值和频率要求取整，有对应单位；

② “监控界面”界面中制作两个仪表控件分别显示电压和频率，仪表旋转方向顺时针，起始角为  $180^\circ$ ，终止角为  $0^\circ$ ，电压仪表的起始值为 100、终止值为 230，频率仪表的起始值为 45、终止值为 65。

##### （3）“修改界面”界面设计

①在“修改界面”界面制作一个文本控件，命名为“输出电压”，文本控件后面制作一个输入框，要求输入范围在 180~230V；

②在“修改界面”界面制作一个文本控件，命名为“输出频率”，文本控件后面制作一个菜单控件，要求有 50Hz 和 60Hz 选项；

③在“修改界面”界面制作两个按钮控件，命名为“电压确定”和“频率确定”，图形自定义。

#### (4) “记录界面”界面设计

在“记录界面”界面制作一个“数据记录控件”，4行3列，首行显示“序号”、“项目”和“次数”，第一列与第二列显示如下表所示。

表 3.2.1 数据记录控件显示模板

序号	项目	次数
1	体验触屏	X
2	修改电压	X
3	修改频率	X

## 2. 智能离网微逆变系统开发与调试

### (1) 触摸屏设置

在“设置”界面要求“声音”控件按下时触摸屏声音关闭，再次按下时声音打开；“亮度”控件按下时弹出亮度调节滑动条，通过滑动滑动条能够改变触摸屏亮度；“体验触屏”控件按下时打开体验触屏功能。

### (2) 数据采集与显示

采集智能离网微逆变系统的输出电压和输出频率，并将采集值发送到触摸屏的“监控界面”界面显示；电压和频率的仪表控件可指针指示出输出电压和输出频率的位置。

### (3) 输出电压控制

要求在“修改界面”界面中制作的输入框中输入180~230之间的数值，并且按下“电压确定”按钮，此时智能离网微逆变系统的输出电压调整为输入框输入的电压值。当输入电压值超过最大值时，提示“越界，最大值230”，当输入电压低于最小值时，提示“越界，最小值180”；

要求在“修改界面”界面中制作的菜单控件中选择50Hz或60Hz数值，并且按下“频率确定”按钮，此时智能离网微逆变系统的输出频率调整为所选的频率值。

### (4) 系统数据记录

在“记录界面”中的“数据记录控件”上显示智能离网微逆变系统在运行中的数据记录；当每次智能离网微逆变系统体验触屏界面点击一次，将“体验触屏”的“次数”加1；当智能离网微逆变系统修改输出电压时，将“修改电压”的“次数”加1；当智能离网微逆变系统修改输出频率时，将“修改频率”的“次数”加1。

## 3. 串口通讯功能开发

编写串口通讯程序，通信协议自定义，将智能离网微逆变系统的输出电压、电流发送到力控监视界面中显示，使用ASCII码明文实时显示智能离网微逆变系统的输出电压及电流（十进制），刷新周期1秒。

注意事项说明：电脑和电路板用USB转TTL的下载器进行连接，为了避免两个电源同时上电产生的冲突，必须严格遵守以下上电顺序：下载器程序时，首先断开24V电源，程序下载成功后，再断开下载器，接上24V电源，最后再接上下载器。

## 4. 硬件测试要求

选手在调试过程中，按照《光伏电子测量记录表》的要求，对光伏电子设备进行测量及结果记录。



## （二）光伏电子工程的本地控制功能开发与调试（16 分）

微电网站端监控采用可编程控制器为控制核心，通过触摸屏进行本地操作控制及数据监测。

### 1. 微电网系统人机交互功能开发：

基于触摸屏制作微电网相关的 2 个界面，“首页”、“PLC 按键”，上电后处于“首页”，在登录之后才可选择进入微电网站本地控制的“PLC 按键”界面。除首页外“PLC 按键”界面设有返回按键，按下后能够返回到“首页”界面。“首页”界面的右上角设置退出按键，按下后弹窗提醒“是否要退出当前登陆账号”选择是，退出当前登录账号；选择否则关闭弹窗，不退出当前登录账号。

① “首页”界面：在本地控制触摸屏上采取操作等级登录制度，微电网系统操作工账号登录后可进行本地微电网光伏系统相关操作控制，并能查看当前微电网光伏系统运行状态。要求操作工账号为：user，密码为：123456。

② “PLC 按键”界面：含急停按钮、本地/远程切换开关、K1~K10 相关控件，分别对应表 3.2.2 的微电网光伏系统本地控制功能。急停按钮采用图 3.2.2 图标。按下按钮，执行急停功能且按钮显示为红色；再次按下按钮，急停功能取消且按钮显示为黑色；默认状态为急停按钮为未执行状态。



图 3.2.2 触摸屏控件“急停”按钮示意图

本地/远程切换开关采用图 3.2.3 图标。按下按钮，执行本地控制功能且按钮显示为左图；再次按下按钮，执行远程控制功能且按钮显示为右图；默认初始状态为本地控制功能状态。



图 3.2.3 触摸屏控件“本地/远程”切换开关示意图

K1~K10 采用图 3.2.4 图标。按下时显示左图，松开后显示为右图（松开后不改变按钮功能）；控件需标注对应编号。



图 3.2.4 触摸屏 K1~K10 按钮图标示意图

本地管理员账号：管理员为本地系统最高权限，可对微电网本地光伏系统进行查看与控制；管理员账号登录后可进入“PLC 按键”界面；管理员账号登录后，“首页”界面的右上角设置退出按键，按下后弹窗提醒“是否要退出当前登陆账号”选择是，退出当前登录账号；选择否则关闭弹窗，不退出当前登录账号。“退出”按钮旁边，显示“账号管理”按钮，点击账号管理可对光伏操作工账号进行密码修改，再次点击“账号管理”按钮，可关闭账号管理；管理员账号：admin，密码为：abcd1234。

## 2. 微网站端控制功能开发:

微网站端控制功能开本地 PLC 编程要求如表 3.2.2 所示:

表 3.2.2 微网站端控制开发

按钮	功能说明
急停	按下急停按钮，断开 PLC 所有输出； 向左旋转急停按钮，按钮弹起，系统无法恢复到急停前的状态。
本地/远程 切换开关	本地/远程系统运行切换开关，该按钮作用为本地控制和远程控制切换，功能要求如下：切换开关箭头向上，切换到本地控制模式，触摸屏 K1~K10 按钮有效，远程控制无效；切换开关箭头向下，切换到远程控制模式，触摸屏 K1~K10 按钮无效，远程控制有效； (急停按钮不在此开关锁定范围内。)
K1	第一次按下 K1，启动直流负载自检； 需要直流黄灯按照 2Hz 频率的频率闪烁； 第二次按下 K1，停止直流负载自检。 (后续按钮操作，按照上述顺序实现相关功能。)
K2	(K1 直流负载自检结束后，K2 按钮有效，未进行或未结束 K2 无效) 第一次按下 K2，离网光伏发电系统光伏控制器光伏输入投入； 第二次按下 K2，切断光伏控制器输入。 (后续按钮操作，按照上述顺序实现相关功能。)
K3	第一次按下 K3，离网光伏发电系统蓄电池输入投入； 第二次按下 K3，切断蓄电池接入。 (后续按钮操作，按照上述顺序实现相关功能。)
K4	第一次按下 K4，模拟摆杆自东向西运行，运行至东西限位处循环往返运行； 第二次按下 K4，关闭以上所有功能。 (后续按钮操作，按照上述顺序实现相关功能。)
K5	第一次按下 K5，离网逆变器控制电接通； 第二次按下 K5，离网逆变器功率源输出投入交流负载； 第三次按下 K5，关闭以上所有功能。 (后续按钮操作，按照上述顺序实现相关功能。)
K6	第一次按下 K6，运行模拟光源灯 1； 第二次按下 K6，关闭模拟光源灯 1，运行模拟光源灯 2； 第三次按下 K6，运行模拟光源灯 1 及模拟光源灯 2； 第四次按下 K6，关闭模拟光源灯 1 及模拟光源灯 2。 (后续按钮操作，按照上述顺序实现相关功能。)
K7	第一次按下 K7，启动全额并网光伏发电模式，直流绿灯常亮作为全额并网指示灯； 第二次按下 K7，关闭并网光伏发电系统及其指示灯。 (后续按钮操作，按照上述顺序实现相关功能。)
K8	第一次按下 K8，打开并网光伏输入开关； 第二次按下 K8，关闭并网光伏输入开关。 (后续按钮操作，按照上述顺序实现相关功能。)

续表 3.2.2 微电网站端控制开发

按钮	功能说明
K9	第一次按下 K9，判断当前光伏侧出力情况，满足并网条件时，启动光伏并网逆变器。直流绿灯常亮；如果出力情况不满足并网条件，直流红灯常亮； 第二次按下 K9，停止出力情况判断，并关闭已运行的直流负载。 (后续按钮操作，按照上述顺序实现相关功能。)
K10	“孤岛效应”的发生会产生严重的后果，会威胁到电力供电线路的维修，K10 作为防孤岛保护按钮，实现如下功能： 第一次按下 K10，并网系统开始实时监测市电，当检测到此时无市电电压时，自动断开并网逆变器光伏输入开关、并网逆变器输出开关、市电开关，蜂鸣器运行报警。 第二次按下 K10，关闭以上监测功能，且恢复系统监测前的运行状态。 (后续按钮操作，按照上述顺序实现相关功能。)

注：“接入”负载，指仅打开负载的控制开关；“开启”负载，则需要接入能源，负载能够运行。

### (三) 光伏电子工程的远程监控功能开发与调试 (14 分)

通过计算机、组态软件实现工程项目的远程控制，能实现远程工程项目数据采集、显示与过程控制等功能。

#### 1. 登录界面：

远程监控系统运行后，首页为登陆界面。

建立账号名为“微电网电站”，密码为“Wwdz123”，自动判断密码正确，若账号密码正确，则打开“顶部窗口”和“操作界面”；若输入的密码长度大于等于 7 位，且账号密码错误则弹窗提示“密码错误 X 次”，若密码错误 5 次，则退出远程监控系统。

#### 2. 顶部窗口：

顶部窗口能在任意界面中显示（包括登录界面）；

顶部窗口显示当前时间，格式为“XX 日 XX 月 XX 年/（上午或下午）XX 时 XX 分/星期 X”，日期中“年”仅取年份后两位，时间采用上下午 12 小时制，如 2022 年 2 月 25 日 15 时 30 分显示为“25 日 02 月 22 年/下午 03 时 30 分/星期二”；

顶部窗口中使用指定图标制作界面切换控件，在登录后显示，能实现在除登录界面以外所有界面的界面切换，界面切换后将弹窗提示欢迎进入该界面，如“欢迎进入操作界面”，使用图 3.2.5 控件。

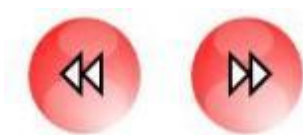


图 3.2.5 光伏电子工程远程监控系统界面切换控件

#### 3. 监控界面：

- (1) 要求能够实时显示环境平台温度及光照度的数据；
- (2) 要求能够实时显示直流电表 P3 的电压及电流数据、交流负载的电压及电流数据；

(3) 监视画面实时显示直流负载功率、交流负载功率，时间范围为 1 分钟，采样周期为 1s，界面中必须标注相应参数的单位，曲线模板采用实时“趋势曲线”。

#### 4. 操作界面：

操作界面有系统图与操作盘两个部分；系统图将显示光伏系统原理图，操作盘将显示对于微电网光伏系统原理图中所有继电器和接触器的控制，具体控制内容见操作盘按钮功能。

##### (1) 操作盘：

操作盘为弹出式窗口，可移动；

使用图 3.2.6 控件图标制作 10 个按钮控件，按钮功能与”手动按钮本地控制”中 K1~K10 功能一致；



图 3.2.6 操作盘按钮控件图

使用图 3.2.7 控件图标制作急停控件，按下 PLC 停止所有输出，松开按钮急停复位。



图 3.2.7 急停按钮图

##### (2) 系统图：

使用图 3.2.8 控件画出系统图，须包含所有微电网光伏系统中涉及的继电器、接触器、直流负载、交流负载、能源、光伏控制器、离网逆变器、并网逆变器、离网指示灯和并网指示灯，器件需标注编号或名称。

要求动态显示光伏发电系统的控制开关动作、能源流向、负载的运行，且与设备运行情况一致，直流负载显示对应颜色条纹作为直流灯开启指示，闪烁作为蜂鸣器开启指示。效果请查看“桌面\竞赛资料”文件夹中《“光伏电子工程的设计与实施”任务书图示》。



图 3.2.8 微电网光伏系统系统图器件

### 5. 曲线界面：

制作一个“趋势曲线控件”显示离网逆变器的输出电压的有效值、光伏控制器的光伏输入电压，并网逆变器输入直流侧电压、直流侧电流、交流测电压、交流测电流。

“趋势曲线控件”时间范围为 1 分钟，采样周期为 1s，多 X 轴显示，多 Y 轴显示界面中必须标注相应参数的单位；

制作曲线属性设置、曲线保存及曲线打印 3 个按钮，并实现其功能。

### （四）光伏电子工程系统的运行与检测（8 分）

在完成电站的搭建及功能开发调试后，对光伏系统进行试运行，并对根据完工验收项目进行检测及验收，并把检测验收结果进行记录，形成交接材料。

## 三、区域能源分析与规划（20 分）

拟在该岛屿建设由光伏发电、风力发电、浅层地热，生物质发电、蓄能为一体的智能微电网系统。通过光伏发电、风力发电的工程技术参数，分析能源单位面积装机功率；通过耗能需求分析，合理设计能源种类和容量；调试系统使其在供电不足天数、太阳能偏差、太阳能电站选址、太阳倾角偏差、风能偏差、风能电站选址、储能容量及波动、弃电天数、生物质偏差、地热利用率、占地格数等相关参数上综合设计方案最优。系统设计方案在能源互联网仿真规划平台中实现。

能源互联网仿真规划模型为“北海市斜阳岛”“试题 3”。方案设计名称为“工位号”，例如方案名称“01”，表示工位号为 01 的方案设计。

### （一）能源需求分析

某岛屿地形图如图 3.3.1 所示。



图 3.3.1 岛屿地形图

根据某岛屿的发展规划，每天实际用能负荷用电变化幅度为 20%。其中提供空调制冷、制热的耗电量为 25%（制冷制热能耗全部由浅层地热提供）。该岛屿年可提供生物质 30950 吨，每方格占地面积 3650 平方米。

### 1. 光伏发电产能分析

#### （1）单位面积光伏电站功率分析

光伏电站电池组件面的面积约占站区面积的 33%左右，组件转换效率为 18%，工程项目光伏发电系统整机转换率取 80%；根据参数要求，在能源互联网仿真规划软件的“方案设计”中，设置单位面积光伏系统容量（KW），设置方式如图 3.3.2 所示。



图 3.3.2 光伏容量设置

(2) 光伏组件最佳倾角分析

在能源互联网仿真规划软件的“设计详情”中，查询光伏组件最佳日照时长对应的组件倾角，设置方式如图 3.3.3 所示。



图 3.3.3 最佳倾角设置

## 2. 风力发电产能分析

(1) 单位面积风机容量选型

工程项目中，风力发电机组按照矩阵布置，技术参数见表 3.3.1，同行风力发电机组之间距不小于 3D（D 为风轮直径），行与行之间距离不小于 5D，则在能源互联网仿真规划软件中，单位面积最适合安装表 3. 中哪种风力发电机型，并把额定功率值填入“风力容量”中，设置方式如图 3.3.4 所示。



图 3.3.4 风力容量设置

表 3.3.1 技术参数

型号指标	NEFD-5KW	NEFD-10KW	FD10-20KW	FD5-50KW	FD10-100 KW	FD20-200KW
额定功率	5KW	10KW	20KW	50KW	100KW	200KW
启动风速 (m/s)	3	3	3	3	3	3
额定风速 (m/s)	10	10	12	12	13	13
安全风速 (m/s)	40	40	40	50	50	50
风轮直径 (m)	6	7.8	10	12.9	15.6	29

(2) 单位面积风力发电系统输出功率

所选单位面积风力发电系统输出功率，与等效倍率的 1KW 风机功率与风速模型关系如下述表达式：

- ① 当  $0 < X < 3$  时， $P(v) = 0$ ;
- ② 当  $3 < X < 8$  时， $P(v) = (404.24 - 286.77X + 60.51X^2 - 2.31X^3)$ ;
- ③ 当  $8 < X < 12$  时， $P(v) = (13.36 - 450.87X + 115.45X^2 - 5.85X^3)$ ;
- ④ 当  $12 < X < 14$  时， $P(v) = (33.64 + 711.44X - 85.71X^2 + 2.83X^3)$ ;

工程项目风力发电系统整机转换率取 82%。

### 3. 浅层地热产能分析

浅层地热的产能，仅用于供冷制热耗能，不直接产生常规电力。

本项目中浅层地热系统采用水平单沟双地热能电站，每天单位面积地热产生的能量为 3050kwh。根据区域能源需求说明，结合浅层地热系统的产能参数，在设计方案中进行浅层地热选址和容量规划。

### 4. 生物质产能分析

本项目单位面积生物质电站每天消耗生物质约为 6.52 吨；生物质电站每天单位面积产生的能量为 6890kw·h。根据区域能源需求说明，结合生物质系统的产能参数，在设计方案中进行浅层地热选址和容量规划。

### 5. 区域能源综合规划与优化

(1) 在能源规划平台中，储能可采用多种储能方式（如飞轮储能，蓄水储能，电池储能等）相结合，用户设计储能时只需根据项目设置储能的容量大小即可，无需考虑效率转换问题和存储方式。

(2) 储能系统容量设置合适，满足负荷变化要求，储能总容量小于 10 倍的平均每天耗电量；储能设置后，初始值为 50%的能量存储。

(3) 区域能源规划时，光伏发电容量与风力容量（功率）比例范围为 0.2~5 范围之内；

(4) 能源互联网仿真规划平台中土地类型有工业用地、公共事业用地、荒地、农业用地、商业用地、住宅用地、其他等。根据区域土地使用要求，各能源站址选择如 3.3.2 所示。

**表 3.3.2 能源站址选择**

序号	土地类型	用途
1	工业用地	生物质、地热、储能站
2	公共事业用地	事业用地
3	荒地	光伏发电、风能发电、生物质、地热、储能站
4	农业用地	光伏电站、风能发电
5	商业用地	商业用地
6	住宅用地	住宅用地
7	其他	光伏发电、风能发电、生物质、地热、储能站

注：土地类型由选手在能源互联网仿真规划软件中“方案设计”->“设计详情”->“产能说明”中查询。

## 四、光伏电子工程的系统设计（6分）

### （一）项目概况

光伏发电系统光伏发电系统拟采用定制光伏组件 4 块，光伏系统转换效率为 78%，组件首年衰减率 1.9%，组件参数详见表 4.1.1；项目地址拟建在郑州，郑州辐照量参数详见表 4.1.2；根据以下参数，计算出该光伏系统每月月发电量、首年年发电量，并将计算出的发电量以报表的形式在远程监控系统中的趋势曲线界面中显示。

表 4.1.1 光伏组件参数

光伏组件参数		
组件功率	20	Wp
最大系统电压	1000	V
开路电压	22.32	V
短路电流	1.2	A
工作电压	18	V
工作电流	1.1	A
功率公差	±3	%



表 4.1.2 郑州辐照度参数

月份	辐照量(kWh/m <sup>2</sup> )
一月	67
二月	83
三月	106
四月	135
五月	157
六月	155
七月	152
八月	140
九月	115
十月	95
十一月	70
十二月	61
年总辐照量	1335

## 任务五、职业规范与安全生产（5分）

参赛选手在职业规范、安全规范、工作计划及团队合作等方面的职业素养表现。

1. 选手在作业过程中必须佩戴安全帽。
2. 工作完成后保持竞赛工位、工作台表面整洁，工具摆放、零碎导线等处理符合职业岗位规范要求。
3. 团队分工明确，协调作业。
4. 选手在作业过程中，爱护及正确使用设备、工具、仪器仪表需符合职业岗位规范要求。
5. 选手在竞赛过程中安全用电规范。
6. 选手在竞赛过程中遵守纪律及规则，对裁判及工作人员的尊重。