

**2018 年全国职业技能大赛**  
**风光互补发电系统安装与调试赛项**  
**竞赛任务书 A**

**2018 年 5 月**

### 选手须知：

(1) 任务书正卷部分共 21 页，如出现任务书缺页、字迹不清等问题，请及时向裁判示意，进行任务书的更换。

(2) 竞赛时间共 4 小时，包括系统安装时间、接线时间、程序设计及系统调试时间、测试时间、分析时间、答题时间和提交成果时间等，参赛团队应在 4 个小时内完成任务书规定内容。参赛选手在竞赛过程中根据任务书要求，将各系统的运行记录或程序文件存储到指定的计算机的盘目录下，未存储到指定位置的运行记录或程序文件不予给分。

(3) 参赛选手提交的试卷不得写上姓名或与身份有关的信息，否则成绩无效。

(4) 参赛选手认定竞赛设备的器件有故障可提出更换，器件经现场裁判测定完好属参赛选手误判时，每次扣该参赛队 2 分。

(5) 竞赛过程中，参赛选手要遵守操作规程，确保人身及设备安全，并接受裁判员的监督和警示。竞赛过程中由于参赛选手人为原因造成的器件损坏，不予更换。竞赛过程中由于参赛选手人为原因造成贵重器件损坏，停止该队比赛，竞赛成绩作为零分。

(6) 在竞赛过程中，参赛选手如有舞弊、不服从裁判判决、扰乱赛场秩序等行为，裁判长按照规定扣减相应分数。情节严重的取消竞赛资格，竞赛成绩记为零分。

(7) 选手应爱惜设备，节约耗材。选手在竞赛过程中，不得踩踏连接导线、走线槽盖板等材料或工具。

## 一、竞赛设备描述

竞赛设备以“KNT-WP01 型风光互补发电实训系统”为载体，该设备由光伏供电装置、光伏供电系统、风力供电装置、风力供电系统、逆变与负载系统和监控系统组成，如图 1 所示。



图 1 KNT-WP01 型风光互补发电实训系统外形图

(a) 光伏供电装置 (b) 风力供电装置 (c) 光伏供电系统

(d) 风力供电系统 (e) 逆变与负载系统 (f) 监控系统

### 1. 光伏供电装置

光伏供电装置主要由光伏电池组件、投射灯、光线传感器、光线传感器控制盒、水平方向和俯仰方向运动机构、摆杆、摆杆减速箱、摆杆支架、单相交流电动机、电容器、直流电动机、接近开关、微动开关、底座支架等设备与器件组成。

光伏供电装置的电站移动方向的定义和摆杆移动方向等的定义如图 2 所示。

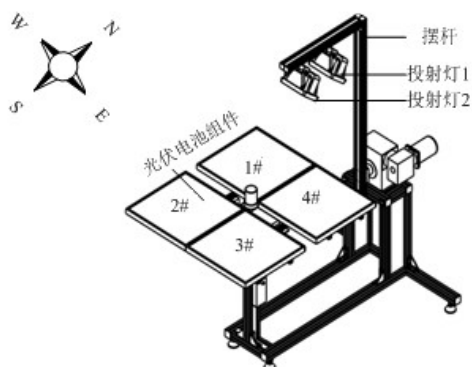


图 2 光伏供电装置外形图及方向定义

光伏供电装置所有部件和设备已安装完成。仅将并联的光伏电池的连接线拆

开，分为 4 组独立的连接线。

## 2. 光伏供电系统

光伏供电系统主要由光伏电源控制单元、光伏输出显示单元、触摸屏、光伏供电控制单元、DSP 核心单元、信号处理单元、接口单元、西门子 S7-200 CPU226PLC、继电器组、蓄电池组、可调电阻、开关电源、网孔架等组成。

光伏供电系统的光伏供电控制单元连接线已拆除、西门子 S7-200 CPU226PLC 除了 AC220V 电源线和接地线外，其它接线已拆除；继电器组接线已拆除。触摸屏通信线已拆除。

将光伏电池组件 4#组成 1 号光伏电站，1#、2#、3#组成 2 号光伏电站。

## 3. 风力供电装置

风力供电装置主要由水平轴永磁同步风力发电机、塔架和基础、测速仪、测速仪支架、轴流风机、轴流风机支架、轴流风机框罩、单相交流电动机、电容器、风场运动机构箱、护栏、连杆、滚轮、万向轮、微动开关和接近开关等设备与器件组成。如图 3 所示是风力供电装置示意图，风场运动机构箱运动方向的定义已在图 3 中标明。

风力供电装置已安装完成。

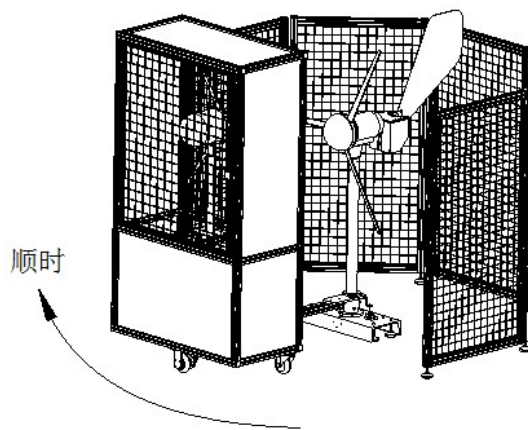


图 3 风力供电装置示意图

## 4. 风力供电系统

风力供电系统主要由风电电源控制单元、风电输出显示单元、触摸屏、风力供电控制单元、DSP 控制单元、接口单元、西门子 S7-200 CPU224PLC、变频器、继电器组、可调电阻、断路器、应用软件、开关电源、接线排、网孔架等组成。

风力供电系统的风力供电控制单元没有接线、西门子 S7-200 CPU224PLC 除

了 AC220V 电源线、接地线外，其它接线已拆除，继电器组上所有接线已拆除。

5. 逆变与负载系统

逆变与负载系统主要由逆变电源控制单元、逆变输出显示单元、DSP 核心单元、DC-DC 升压单元、单相桥逆变单元、变频器、三相交流电机、发光管舞台灯光模块、警示灯、接线排、断路器、继电器、网孔架等组成。逆变与负载系统上，负载的连接线已拆除。

6. 监控系统

监控系统主要由计算机、组态软件、接线排、网孔架等组成。计算机上的 COM 端口已拆除。

二、连接导线及压接端子的基本工艺要求

(1) 号码管在套入时，所有接线方向垂直于地面的套管，号码及字母组合读序从远离接线端至接线口，所有接线方向平行于地面的套管，号码及字母组合读序从左至右，如图 4 所示。

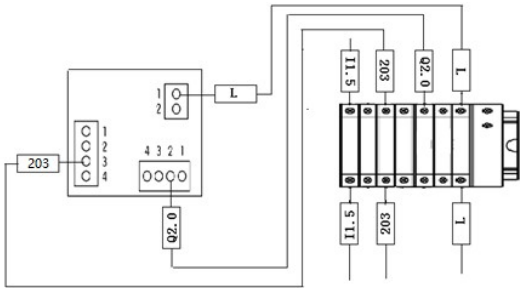


图 4 接线套管方向示意图

(2) 在压接接线端子时，剥开的线芯插入接线端子套时，将所有的线芯全部插入端子中；采用压线钳压接接线端子时，应使压痕在接线端子套的底部(反面)，压接后，压接部位不允许有导线外露。如图 5 所示。

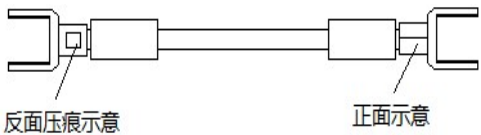


图 5 冷压头压痕位置示意图

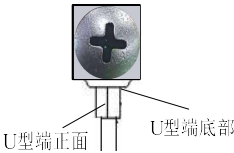


图 6 U 型冷压头与端子排连接示意图

(3) U 型冷压端子在插入端子排时，U 型部分应充分插入，并保证正面朝外，如图 6 所示。

在本任务书范围内涉及的号码套入、冷压头均压痕及 U 型冷压端子在插入端子排时的工艺均参照图 4、图 5、图 6 所示。

竞赛任务

任务一：光伏电站的搭建（27%）

一、搭建光伏电站及电站与系统连接（3分）

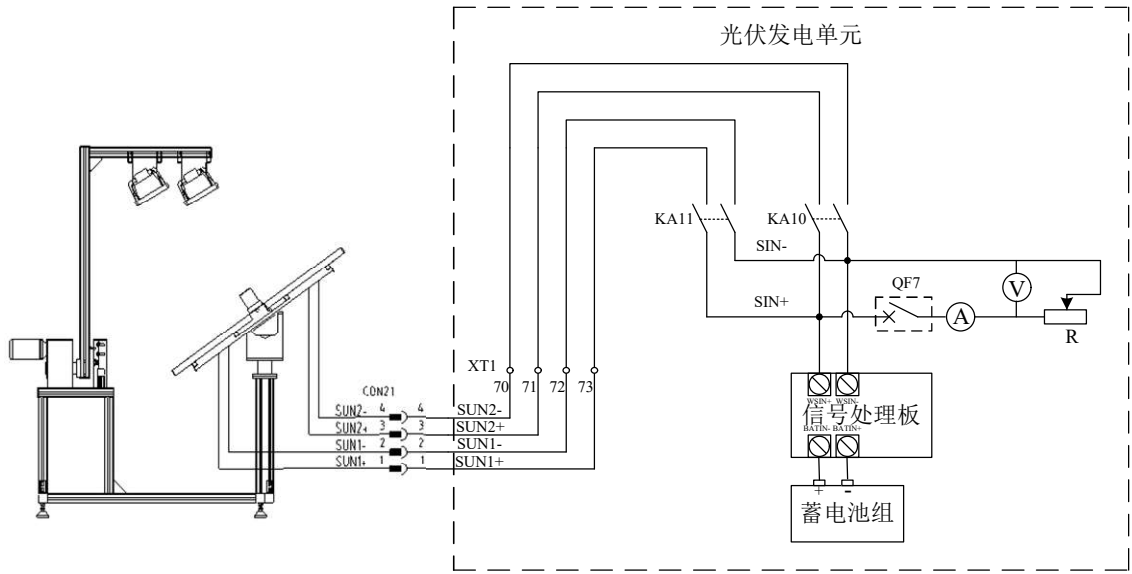


图 7 光伏供电装置与供电系统的安装接线图

光伏供电装置与供电系统的安装接线图如图 7 所示。按照图 7 所示电路，完成接线。从光伏电站到系统的连接线须采用 0.5mm<sup>2</sup> 的四芯电缆线。

连接导线在进入系统时，必须经过接线端子排；连接导线在经过不同系统之间时，连接导线必须经过电气连接件，裸露在外的导线必须经过缠绕管缠绕（风力电站、逆变与负载系统的连接线按此要求）。接线要有合理的线标套管。线标套管号码除了同 1 根导线两端一致外，不得与其它导线的线标套管号码重复命名（电源线除外，在本任务书中所有线标套管号码均按此要求）。

二、光伏供电系统的安装与接线（8分）

1. 控制单元的布线与接线

在不改变光伏供电控制单元的按钮、旋钮、急停按钮的功能，按照表 1 配置表及表 2 要求，完成光伏供电控制单元的布线与接线。

2. CPU226PLC 布线与接线

根据表 1 的 PLC 配置表及表 2 线径和颜色要求表，完成西门子 S7-200 CPU226PLC 的布线与接线。

表 1 西门子 S7-200 CPU226PLC 的配置表

序号	输入输出	配置	序号	输入输出	配置
1	I0.0	旋转开关自动挡	23	Q0.0	停止指示灯
2	I0.1	光线传感器向东信号	24	Q0.1	启动指示灯
3	I0.2	光线传感器向南信号	25	Q0.2	继电器 KA1 线圈
4	I0.3	光线传感器向北信号	26	Q0.3	继电器 KA2 线圈

5	I0.4	光线传感器向西信号	27	Q0.4	继电器 KA3 线圈
6	I0.5	光伏组件向东、向西限位开关	28	Q0.5	继电器 KA4 线圈
7	I1.0	摆杆接近开关垂直限位	29	Q0.6	继电器 KA5 线圈
8	I1.1	摆杆东西向限位开关	30	Q0.7	继电器 KA6 线圈
9	I1.2	摆杆西东向限位开关	31	Q1.0	继电器 KA7 线圈
10	I1.3	光伏组件向北限位开关	32	Q1.1	继电器 KA8 线圈
11	I1.4	光伏组件向南限位开关	33	Q1.2	继电器 KA9 线圈
12	I1.5	灯 1 按钮	34	Q1.3	继电器 KA10 线圈
13	I1.6	灯 2 按钮	35	Q1.4	继电器 KA11 线圈
14	I1.7	向东按钮	36	Q1.5	继电器 KA12 线圈
15	I2.0	向南按钮	37	Q1.6	继电器 KA13 线圈
16	I2.1	向西按钮	38	Q1.7	继电器 KA14 线圈
17	I2.2	向北按钮	39	1M	0V
18	I2.3	西东按钮	40	2M	0V
19	I2.4	东西按钮	41	1L	DC24V
20	I2.5	启动按钮	42	2L	DC24V
21	I2.6	停止按钮	43		
22	I2.7	急停按钮	44		

表 2 S7-200 CPU226PLC 接线的线径和颜色要求

序号	起始端	结束端	线型	序号	起始端	结束端	线型
1	L1	接线排 L	0.75mm <sup>2</sup> 红色	25	I2.0	略	0.3mm <sup>2</sup> 蓝色
2	N	接线排 N	0.75mm <sup>2</sup> 黑色	26	I2.1	略	0.3mm <sup>2</sup> 蓝色
3	GND	接线排 PE	0.75mm <sup>2</sup> 黄绿色	27	I2.2	略	0.3mm <sup>2</sup> 蓝色
4	1M	略	0.3mm <sup>2</sup> 白色	28	I2.3	略	0.3mm <sup>2</sup> 蓝色
5	2M	略	0.3mm <sup>2</sup> 白色	29	I2.4	略	0.3mm <sup>2</sup> 蓝色
6	1L	略	0.3mm <sup>2</sup> 红色	30	I2.5	略	0.3mm <sup>2</sup> 蓝色
7	2L	略	0.3mm <sup>2</sup> 红色	31	I2.6	略	0.3mm <sup>2</sup> 蓝色
8	3L	略	0.3mm <sup>2</sup> 红色	32	I2.7	略	0.3mm <sup>2</sup> 蓝色
9	I0.0	略	0.3mm <sup>2</sup> 蓝色	33	Q0.0	略	0.3mm <sup>2</sup> 白色
10	I0.1	略	0.3mm <sup>2</sup> 蓝色	34	Q0.1	略	0.3mm <sup>2</sup> 白色
11	I0.2	略	0.3mm <sup>2</sup> 蓝色	35	Q0.2	略	0.3mm <sup>2</sup> 白色
12	I0.3	略	0.3mm <sup>2</sup> 蓝色	36	Q0.3	略	0.3mm <sup>2</sup> 白色
13	I0.4	略	0.3mm <sup>2</sup> 蓝色	37	Q0.4	略	0.3mm <sup>2</sup> 白色
14	I0.5	略	0.3mm <sup>2</sup> 蓝色	38	Q0.5	略	0.3mm <sup>2</sup> 白色
15	I0.6	略	0.3mm <sup>2</sup> 蓝色	39	Q0.6	略	0.3mm <sup>2</sup> 白色
16	I0.7	略	0.3mm <sup>2</sup> 蓝色	40	Q0.7	略	0.3mm <sup>2</sup> 白色
17	I1.0	略	0.3mm <sup>2</sup> 蓝色	41	Q1.0	略	0.3mm <sup>2</sup> 白色
18	I1.1	略	0.3mm <sup>2</sup> 蓝色	42	Q1.1	略	0.3mm <sup>2</sup> 白色
19	I1.2	略	0.3mm <sup>2</sup> 蓝色	43	Q1.2	略	0.3mm <sup>2</sup> 白色
20	I1.3	略	0.3mm <sup>2</sup> 蓝色	44	Q1.3	略	0.3mm <sup>2</sup> 白色
21	I1.4	略	0.3mm <sup>2</sup> 蓝色	45	Q1.4	略	0.3mm <sup>2</sup> 白色
22	I1.5	略	0.3mm <sup>2</sup> 蓝色	46	Q1.5	略	0.3mm <sup>2</sup> 白色
23	I1.6	略	0.3mm <sup>2</sup> 蓝色	47	Q1.6	略	0.3mm <sup>2</sup> 白色





### 三、光伏电站的特性测试测试（5分）

#### （1）光伏电站特性参数测试

将光伏供电控制单元的选择开关拨向左边时，PLC 处在手动控制状态，按照下列要求测试相关光伏电站的输出参数，将下面测试的数据分别填在答题纸表 1～表 3 中，并在表中计算功率。

测试说明：

①下列各测试数据除开路点以外，其余数据均来源于任务四监控与能源管理系统中光伏电站特性曲线界面中实时采集的数据。并要求自行合理选取实时采集的数据测试点（必须包含最大功率点、短路点、开路点），使得答题纸上所画曲线平滑。

②下列各测试数据的选取，每一个表的第一组为开路状态点、最后一组为短路状态点，同时在所测试的最大功率点的左边和右边均要求不少于 6 个测试点。

③下列各测试数据，电压、电流的数据与仪表数据一致，功率数据精确到小数点第 2 位。

测试要求

①调节光伏供电装置的摆杆处于垂直限位位置，同时点亮投射灯 1 和灯 2，调节光伏电池组件处于水平状态（即倾斜角为  $0^\circ$ ），检测 1 号、2 号光伏电站同时发电的输出特性。

调节光伏供电系统的可调变阻器负载，测试时要求该负载从开路逐渐变化到短路。记录对应的电压、电流值并填写在答题纸表 1 中，共记录 16 组。

②调节光伏供电装置的摆杆处于垂直位置，同时点亮投射灯 1 和灯 2，调节光伏电池组件处于水平状态（即倾斜角为  $0^\circ$ ），并保持遮挡 1 号光伏电站，再次检测 1 号、2 号光伏电站同时发电输出特性。

调节光伏供电系统的可调变阻器负载，测试时要求该负载从开路逐渐变化到短路。记录对应的电压、电流值并填写在答题纸表 2 中，共记录 16 组。

③调节光伏供电装置的摆杆处于垂直限位位置，同时点亮投射灯 1 和灯 2，调节光伏电池组件处于水平状态（即倾斜角为  $0^\circ$ ），并保持遮挡 1 号光伏电站，但在 1 号光伏电站电源输出正极线上串联防逆流（防反）二极管，再次检测 1 号、2 号光伏电站的输出特性。

调节光伏供电系统的可调变阻器负载，测试时要求该负载从开路逐渐变化到短路。记录对应的电压、电流值并填写在答题纸表 3 中，共记录 16 组。

#### （2）光伏电站输出特性曲线绘制

根据答题纸表 1、表 2 和表 3 记录的数据，在答题纸坐标图 1 上分别绘制 3 条光伏电池组件输出功率（纵坐标）-电压（横坐标）特性曲线，在答题纸坐标图 2 上分别绘制 3 条光伏电池组件电流（纵坐标）-电压（横坐标）特性曲线。每条曲线均需要标明坐标的名称、参数单位和计量单位。要求合理选取横纵坐标

的分度值，使得所画曲线能充满所给画面 80%以上的区域。

#### 四、光伏电站的编程与调试（8 分）

光伏供电控制单元的选择开关有两个状态，选择开关拨向左边时，PLC处在手动控制状态下，可以完成光伏电池组件跟踪、灯状态、摆杆运动操作的手动控制，PLC处在自动控制状态下，可以完成单循环控制。

##### 一）手动调试

（1）PLC 处在手动控制状态时，按下向东按钮，光伏电池组件向东偏转 3 秒后停止偏转运动。在光伏电池组件向东偏转的过程中，按下停止按钮或急停按钮或接触到东限位位置开关，光伏电池组件停止偏转运动。

（2）PLC 处在手动控制状态时，按下向西按钮，光伏电池组件向西偏转 3 秒后停止偏转运动。在光伏电池组件向西偏转的过程中，按下停止按钮或急停按钮或接触到西限位位置开关，光伏电池组件停止偏转运动。

（3）PLC 处在手动控制状态时，按下向北按钮，光伏电池组件向北偏转 3 秒后停止偏转运动。在光伏电池组件向北偏转的过程中，按下停止按钮或急停按钮或接触到北限位位置开关，光伏电池组件停止偏转运动。

（4）PLC 处在手动控制状态时，按下向南按钮，光伏电池组件向南偏转 3 秒后停止偏转运动。在光伏电池组件向南偏转的过程中，按下停止按钮或急停按钮或到达南限位位置开关，光伏电池组件停止偏转运动。

（5）PLC 处在手动控制状态时，按下东西按钮，摆杆由东向西偏转 3 秒后停止偏转运动。在摆杆由东向西偏转的过程中，按下停止按钮或急停按钮或到达东西限位位置开关，摆杆停止偏转运动。

（6）PLC 处在手动控制状态时，按下西东按钮，摆杆由西向东偏转 3 秒后停止偏转运动。在摆杆由西向东偏转的过程中，按下停止按钮或急停按钮或到达西东限位位置开关，摆杆停止偏转运动。

（7）PLC 处在手动控制状态时，按下灯 1 按钮，灯 1 按钮指示灯及投射灯 1 亮 3 秒。在此过程中按下停止按钮或急停按钮，灯 1 按钮指示灯及投射灯 1 熄灭。

（8）PLC 处在手动控制状态时，按下灯 2 按钮，灯 2 按钮指示灯及投射灯 2 亮 3 秒。在此过程中按下停止按钮或急停按钮，灯 2 按钮指示灯及投射灯 2 熄灭。

（9）PLC 处在手动控制状态时，按下触摸屏上电站负载调试界面的按钮控件，对应负载或电站运行 3 秒；在此过程中，按下停止按钮或急停按钮，对应负载或电站停止运行；将上位机逆变与负载系统的监控界面中的负载调试面板上的旋钮控件置于启动状态，对应负载运行，置于停止状态，对应负载停止。

##### 二）单循环调试

（1）PLC 处在自动控制状态时，按下向东按钮，光伏电池组件连续向东偏转，直至接触到东限位位置，向东偏转停止，在此过程中按下停止按钮或急停按钮，光伏电池组件停止向东偏转。

(2) PLC 处在自动控制状态时，按下向西按钮，光伏电池组件连续向西偏转，直至接触到西限位位置，向西偏转停止，在此过程中按下停止按钮或急停按钮，光伏电池组件停止向西偏转。

(3) PLC 处在自动控制状态时，按下向北按钮，光伏电池组件连续向北偏转，直至接触到北限位位置，向北偏转停止，在此过程中按下停止按钮或急停按钮，光伏电池组件停止向北偏转。

(4) PLC 处在自动控制状态时，按下向南按钮，光伏电池组件连续向南偏转，直至到达南限位位置，向南偏转停止，在此过程中按下停止按钮或急停按钮，光伏电池组件停止向南偏转。

(5) PLC 处在自动控制状态时，按下东西按钮，摆杆连续由东向西偏转，直至到东西限位位置停止偏转，在此过程中按下停止按钮或急停按钮，摆杆停止偏转。

(6) PLC处在自动控制状态时，按下西东按钮，摆杆连续由西向东偏转，直至到达西东限位位置停止偏转，在此过程中按下停止按钮或急停按钮，摆杆停止偏转。

说明：

(1) 在上位机的风光互补发电系统运营管理界面上，按下界面中光伏供电系统的面板操作控件，也能完成相应的手动和单循环控制。

(2) 电机负载在调试时，不经变频器面板操作，能以工频运行。

五、光伏供电系统的电路图绘制与分析（3分）

通过光伏电站测试数据定性分析遮挡对光伏电池开路电压、短路电流的影响；并通过测试数据说明防逆流二极管的作用。

任务二:风电场的搭建(18%)

一、风力电站与系统连接（2分）

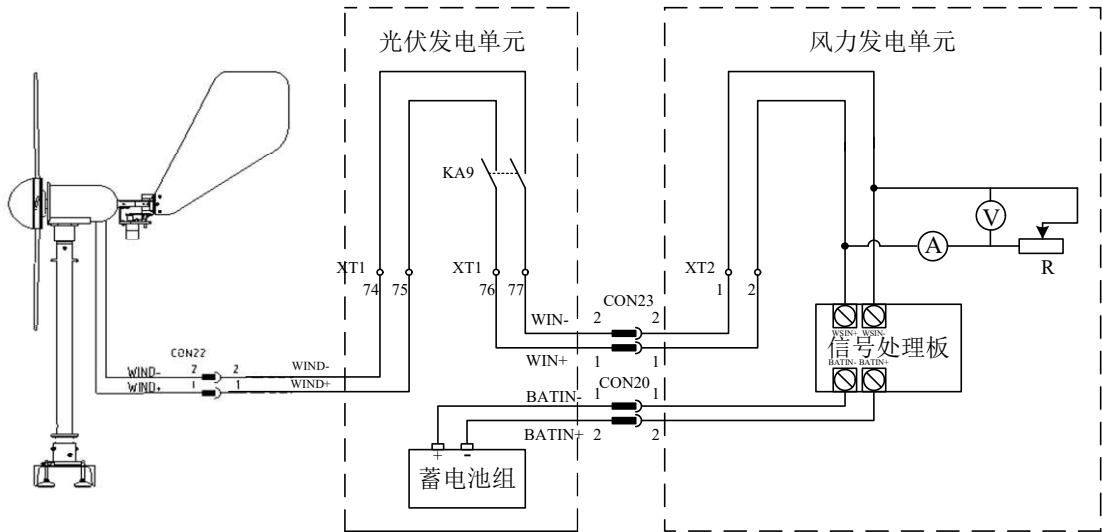


图 10 风力供电装置与供电系统的安装与接线图

风力供电装置与供电系统的安装与接线图如图 10 所示。接线要求同光伏电站的相关要求。

## 二、风力电站安装与接线（5 分）

### 1. 控制单元的布线与接线

在不改变风力供电控制单元的按钮、旋钮、急停按钮的功能，按照表 3 配置表及表 4 要求，完成风力供电控制单元的布线与接线。

### 2. 西门子 S7-200 CPU224PLC 的布线及接线

西门子 S7-200 CPU224PLC 的输入输出配置如表 3 所示。

根据表 3 西门子 S7-200 CPU224PLC 的配置，完成西门子 S7-200 CPU224PLC 的布线与接线，接线的线径和颜色要求见表 4。

表 3 S7-200 CPU224PLC 的输入输出配置表

序号	输入输出	配置	序号	输入输出	配置
1	Q0.0	启动按钮指示灯	15	I0.0	旋转开关自动挡
2	Q0.1	停止按钮指示灯	16	I0.1	启动按钮
3	Q0.2	恢复按钮指示灯	17	I0.2	逆时按钮
4	Q0.3	侧风偏航按钮指示灯	18	I0.3	急停按钮
5	Q0.4	顺时按钮指示灯	19	I0.4	恢复按钮
6	Q0.5	逆时按钮指示灯	20	I0.5	侧风偏航按钮
7	Q0.6	继电器 KA15 线圈	21	I0.6	顺时按钮
8	Q0.7	继电器 KA16 线圈	22	I0.7	停止按钮
9	Q1.0	继电器 KA17 线圈	23	I1.0	风场机构逆时到位开关
10	Q1.1	继电器 KA18 线圈	24	I1.1	风场机构顺时到位开关
11	1M	0V	25	I1.2	侧风偏航初始位开关
12	2M	0V	26	I1.3	侧风偏航 45° 到位开关
13	1L	+24V	27	I1.4	侧风偏航 90° 到位开关
14	2L	+24V	28	I1.5	风速检测信号

表 4 S7-200 CPU224PLC 接线的线径和颜色要求

序号	起始端	结束端	线型	序号	起始端	结束端	线型
1	L1	接线排 L	0.75mm <sup>2</sup> 红色	17	I1.0	略	0.3mm <sup>2</sup> 蓝色
2	N	接线排 N	0.75mm <sup>2</sup> 黑色	18	I1.1	略	0.3mm <sup>2</sup> 蓝色
3	GND	接线排 PE	0.75mm <sup>2</sup> 黄绿色	19	I1.2	略	0.3mm <sup>2</sup> 蓝色
4	1M	略	0.3mm <sup>2</sup> 白色	20	I1.3	略	0.3mm <sup>2</sup> 蓝色
5	2M	略	0.3mm <sup>2</sup> 白色	21	I1.4	略	0.3mm <sup>2</sup> 蓝色
6	1L	略	0.3mm <sup>2</sup> 红色	22	I1.5	略	0.3mm <sup>2</sup> 蓝色
7	2L	略	0.3mm <sup>2</sup> 红色	23	Q0.0	略	0.3mm <sup>2</sup> 白色
8	3L	略	0.3mm <sup>2</sup> 红色	24	Q0.1	略	0.3mm <sup>2</sup> 白色
9	I0.0	略	0.3mm <sup>2</sup> 蓝色	25	Q0.2	略	0.3mm <sup>2</sup> 白色
10	I0.1	略	0.3mm <sup>2</sup> 蓝色	26	Q0.3	略	0.3mm <sup>2</sup> 白色
11	I0.2	略	0.3mm <sup>2</sup> 蓝色	27	Q0.4	略	0.3mm <sup>2</sup> 白色

12	I0.3	略	0.3mm <sup>2</sup> 蓝色	28	Q0.5	略	0.3mm <sup>2</sup> 白色
13	I0.4	略	0.3mm <sup>2</sup> 蓝色	29	Q0.6	略	0.3mm <sup>2</sup> 白色
14	I0.5	略	0.3mm <sup>2</sup> 蓝色	30	Q0.7	略	0.3mm <sup>2</sup> 白色
15	I0.6	略	0.3mm <sup>2</sup> 蓝色	31	Q1.0	略	0.3mm <sup>2</sup> 白色
16	I0.7	略	0.3mm <sup>2</sup> 蓝色	32	Q1.1	略	0.3mm <sup>2</sup> 白色

### 3. 继电器组的配置、布线与接线

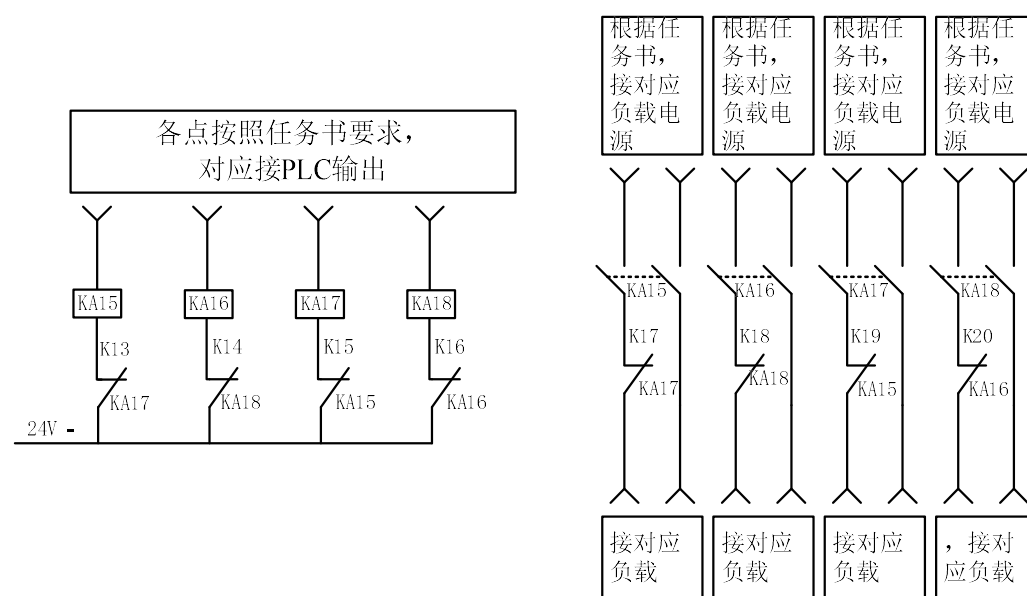


图 11 风力供电系统继电器接线图

(1) 将风力供电系统继电器组从左向右分别定义为 **KA15~KA18**。其中继电器 **KA15** 用于风场顺时运动控制，**KA16** 用于尾舵侧风偏航的控制，继电器 **KA17** 用于风场逆时运动控制，**KA18** 用于尾舵撤销侧风偏航控制。继电器组的接线见图 11 所示。

(2) 继电器布线与接线要有合理的线标套管，其中线标套管 **K13~K20** 用于互锁信号，线标套管不得与其它导线的线标套管号码重复命名（电源线除外）。

### 三、风力发电机的特性测试（2 分）

#### 1. 风力供电的输出参数测试

将风力供电控制单元的选择开关拨向左边时，PLC 处在手动控制状态，调节风力供电装置的水平轴永磁同步风力发电机正对轴流风机，调节轴流风机的频率，测试风力电站的输出参数，将下面测试的数据分别填在答题纸表 4 中，并在表中计算功率。

**要求：**调节轴流风机频率为 50Hz，调节风力供电系统的可调变阻器负载，测试时要求该负载从开路逐渐变化到短路。记录对应的电压、电流值，填写在答题纸表 4 所示的光伏电池组件输出的电压、电流值表格中，每次记录的对应的电压值和电流值为一组，记录 16 组。

#### 2. 风力供电的输出特性绘制

根据答题纸表 4 记录的数据，在答题纸图 3 上绘制风力供电的输出功率-电压特性曲线，合理选取横纵坐标的分度值，使得所画曲线能充满所给画面 80%以上的区域。每条曲线均需要标明坐标的名称、参数单位和计量单位。

#### 四、风力电站的编程与调试（6 分）

风力供电控制单元的选择开关有两个状态，选择开关拨向手动控制状态时，可以进行风场运动和侧风偏航运动的手动调试；PLC处在自动控制状态下，可以完成单循环控制。

##### 一）手动调试

（1）PLC处在手动控制状态时，按下顺时按钮，风场运动机构箱顺时移动3秒后停止移动，同时顺时按钮指示灯亮3秒，在此过程中按下停止按钮或急停按钮或风场运动机构箱顺时移动到限位开关时，顺时按钮指示灯熄灭，风场运动机构箱停止移动。

（2）PLC处在手动控制状态时，按下逆时按钮，风场运动机构箱逆时移动3秒后停止移动，同时逆时按钮指示灯亮3秒，在此过程中按下停止按钮或急停按钮或风场运动机构箱逆时移动到限位开关时，逆时按钮指示灯熄灭，风场运动机构箱停止移动。

（3）PLC处在手动控制状态时，按下偏航按钮，风力发电机作侧风偏航动作3秒后停止移动，同时偏航按钮指示灯亮3秒，在此过程中按下停止按钮或急停按钮或侧风偏航90°到位开关时，偏航按钮指示灯熄灭，侧风偏航动作停止。

（4）PLC处在手动控制状态时，按下恢复按钮，风力发电机作撤销侧风偏航动作3秒后停止移动，同时恢复按钮指示灯亮3秒，在此过程中按下停止按钮或急停按钮或侧风偏航运动到初始位置停止时，恢复按钮指示灯熄灭，撤销侧风偏航停止。

##### 二）单循环调试

（1）PLC处在自动控制状态时，按下顺时按钮，风场运动机构箱连续顺时移动，同时顺时按钮指示灯常亮，直至到顺时限位开关，顺时移动停止，在此过程中按下停止按钮或急停按钮，顺时按钮指示灯熄灭，风场运动机构箱停止移动。

（2）PLC处在自动控制状态时，按下逆时按钮，风场运动机构箱连续逆时移动，同时逆时按钮指示灯常亮，直至到逆时限位开关，逆时移动停止，在此过程中按下停止按钮或急停按钮，逆时按钮指示灯熄灭，风场运动机构箱停止移动。

（3）PLC处在自动控制状态时，按下偏航按钮，风力发电机连续作侧风偏航动作，同时偏航按钮指示灯常亮，到达侧风偏航90°到位开关位置时，偏航按钮指示灯熄灭，侧风偏航动作停止；在此过程中按下停止按钮或急停按钮，偏航按钮指示灯熄灭，偏航动作停止。

（4）PLC处在自动控制状态时，按下恢复按钮，风力发电机连续作撤销侧风偏航动作，同时恢复按钮指示灯常亮，当运动到初始位置时，恢复按钮指示灯熄

灭，撤销侧风偏航停止。在此过程中按下停止按钮或急停按钮，恢复偏航按钮指示灯熄灭，恢复偏航动作停止。

说明：在上位机的风光互补发电系统运营管理界面上，按下界面中风力供电系统的面板操作控件，风力电站也能完成相应的手动和单循环控制。

**五、风力供电系统的分析（3分）**

大赛所用的风力发电机是水平轴风力发电机与垂直轴风力发电机，是定桨距风力发电机和变桨距风力发电机；采用的是主动侧风偏航还是被动侧风偏航，并从上述三个方面阐述大赛设备所用风力发电机的特点？

**任务三：风光互补运营(20%)**

**一、逆变与负载系统的安装与接线（3分）**

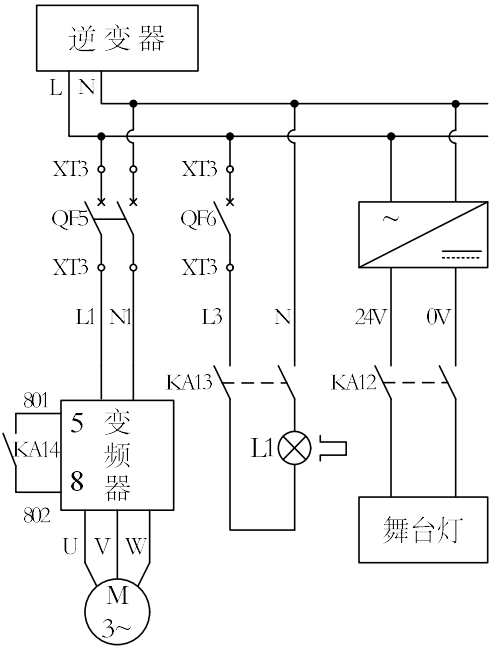


图 12 逆变与负载系统接线图

按照图 12 所示电路，完成逆变与负载系统中负载的接线。接线要求同光伏电站的相关要求。

**二、测试蓄电池模拟充放电数据（2分）**

调节光伏供电系统投射灯摆杆位于垂直状态，调节投射灯正对光伏电池组件，同时打开灯 1、灯 2，测量此时 2 号光伏电站的输出电压，在光伏供电系统触摸屏模拟实验单元界面上，设置光伏模拟电压值为所测得的光伏电站输出电压，设置模拟蓄电池电压为蓄电池实测电压。用示波器双通道分别测量真实充电波形及模拟充电波形，上方显示模拟充电波形，下方显示真实充电波形，两个波形不出现波形重叠，右上角显示出两种波形的正占空比数值。截图并保存在 U 盘和手提计算机的桌面，文件名为：真实充电及模拟充电波形+真实充电占空比值+模拟充电占空比值。

**三、测试逆变系统波形（3分）**

(1) 使用示波器双踪同时测量逆变器的 H 桥左下桥功率管的驱动信号波形 1 和右下桥功率管的驱动信号波形 2，要求测得波形 1 置于示波器显示屏上方，测得波形 2 置于示波器显示屏下方，两个波形不出现波形重叠，分别显示 2 个信号的波形并在右上角显示出两种波形的频率，并截图保存在 U 盘和手提计算机的桌面，文件名为：SPWM 波形。

(2) 设置逆变器输出频率为 51.5Hz，合理设置调制比，使得逆变器输出电压有效值为 187V，使用示波器测量逆变器的输出波形，要求在波形右上角显示测得波形的频率及最大值，截图保存在 U 盘和手提计算机的桌面，文件名为：51.5Hz 波形。

(3) 合理设置调制比，使逆变器输出电压有效值 220V，频率 50Hz 的正弦波。设置示波器水平扫描时基设置为 500.00ns/div，垂直偏转灵敏度设置为 2.00V/div，将死区时间分别调至 600ns、2700ns，依次使用示波器双踪同时测量逆变器的 H 桥左上桥功率管的驱动信号波形 1 和左下桥功率管的驱动信号波形 2，要求测得波形 1 置于示波器显示屏上方，测得波形 2 置于示波器显示屏下方，两个波形不出现波形重叠，分别截图保存在 U 盘和手提计算机的桌面，文件名分别为：600ns 死区 SPWM 波形、2700ns 死区 SPWM 波形。

#### 四、逆变与负载系统的原理分析（3 分）

试回答答题纸图 4 (a)所示电路的名称，并根据  $u_r$  波形对应画出图 4(b)中所要求的其它参数的波形。并设  $u_r$  的占空比为 60%，且设  $U_r=20V$ ，试计算输出电压  $U_o$  的值。

#### 五、多能源、多负载能源调度运营（9 分）

风速定义的值

(1) 将轴流风机不运行，此时风速仪检测信号为 0（即 DSP 控制信号输出低电平），约定为无风；

(2) 将轴流风机运行，且风速仪检测信号为 0（即 DSP 控制信号输出低电平），约定为低风速；

(3) 将轴流风机运行，且风速仪检测信号为 1（即 DSP 控制信号输出高电平），约定为高风速；

表 5、表 6 分别为电源类型定义表和多能源、多负载能源调度运营表。

表 5 电源类型定义表

序号	电站名称	电站定义
1	1 号光伏电站	常用电站
2	2 号光伏电站	备用电站 1
3	风力电站	备用电站 2

表 6 多能源、多负载能源调度运营表



序号	电站类型	能量来源	负载情况
1	常用电站发电	投射灯 1 亮	舞台灯工作
2	备用电站 1 发电	投射灯 2 亮	警示灯工作
3	备用电站 2 发电	轴 流 风 机 运行	电机负载按工频在高风速下方才运行 (在无风、低风速下电机负载不运行)

**常用电站的控制动作要求如下：**

当上位机风光互补发电系统运营管理界面中风光互补控制面板工作方式旋钮置于自动，运行/检修旋钮置于运行时，并当光伏供电控制单元及风力供电控制单元的选择开关都拨向自动控制状态（若仅将一个选择开关或没有选择开关拨向自动控制状态，则启动按钮指示灯和停止按钮指示灯以 1Hz 闪烁），将常用电站控制旋钮置于投入，则常用电站投入发电，同时投射灯 1 亮，舞台灯工作，在上述过程执行中，若将常用电站转为切出或按下光伏供电装置的停止按钮时，则投射灯 1 熄灭，舞台灯负载停止工作。当按下停止按钮时，应能将常用电站旋钮自动转为切出状态。光伏供电装置无需动作，光伏电池组件无需对光跟踪。

**备用电站 1 控制动作要求如下：**

（1）当上位机风光互补发电系统运营管理界面中风光互补控制面板工作方式旋钮置于自动，运行/检修旋钮置于运行时，并把光伏供电控制单元及风力供电控制单元的选择开关都拨向自动控制状态（若仅将一个选择开关或没有选择开关拨向自动控制状态，则启动按钮指示灯和停止按钮指示灯以 1Hz 闪烁），此时将上位机风光互补发电系统运营管理界面中备用电站 1 旋钮置于投入状态，系统首先检测摆杆是否处于西东限位且光伏组件是否处于东限位，若均在则表示光伏供电系统处于初始位；若不在初始位置，启动指示灯以 2Hz 闪烁，同时光伏供电系统处于回初始位的过程中。

（3）到达初始位后，备用电站 1 投入，根据表 6 的多电站、多负载运营策略表开始运行。投射灯 2 点亮，警示灯工作，同时光伏电站对光跟踪，跟踪到位后，摆杆由东向西断续运动，即摆杆先移动 8s 停止，同时光伏电站对光跟踪（在此过程中，摆杆与光伏电站对光跟踪同时进行，下同），跟踪到后，摆杆再次移动 8s 停止，光伏电站再次对光跟踪，直至摆杆到达东西限位后，摆杆停止移动，光伏电站对光跟踪，跟踪到后，摆杆由西向东连续移动到垂直位置后停止，同时光伏电站跟踪，跟踪到位后摆杆随即再次由西向东连续移动到西东限位后，光伏电站对光跟踪。跟踪结束 1s 后，一次自动过程结束，进入下一循环，如此循环。

（4）在上述过程执行中，按下光伏控制系统停止按钮或备用电站 1 转为切出时，则投射灯 2 熄灭，警示灯负载停止工作，光伏供电装置直接返回初始位后停止。当按下停止按钮时，应能将备用电站 1 旋钮自动转为切出状态。

（5）在上述过程执行中，按下光伏供电系统的急停按钮，程序立即结束，

所有动作停止。

(6) 在上述过程执行中，光伏供电系统上的所有点动控制按钮应无效。

#### **备用电站 2 控制动作要求如下：**

(1) 当上位机风光互补发电系统运营管理界面中风光互补控制面板工作方式旋钮置于自动，运行/检修旋钮置于运行时，并把光伏供电控制单元及风力供电控制单元的选择开关都拨向自动控制状态（若仅将一个选择开关或没有选择开关拨向自动控制状态，则启动按钮指示灯和停止按钮指示灯以 1Hz 闪烁），此时将上位机风光互补发电系统运营管理界面中备用电站 2 旋钮置于投入状态，系统首先检测尾翼是否停止在初始限位以及风场运动机构箱是否停止在逆时限位位置，若都在，则表示风力供电系统准备好自动运行状态；若尾翼或风场运动机构箱不在上述指定位置，表示系统没有准备好，启动指示灯以 2Hz 闪烁，直到尾翼到达初始位以及风场运动机构箱停在逆时限位位置，表明系统准备好。

(3) 到达初始位后，备用电站 2 投入，轴流风机风场运动机构箱按顺时针方向连续运动，若顺时针运动到限位位置，停止 5s 后，风场运动机构箱逆时针连续运动，逆时针运动到位后，再停止 5s，再顺时针运动，在 2 个限位之间往返。当检测到高风速时，电机负载才能启动运行（以工频运行，上升时间 10 秒）。轴流风机顺时针运动时频率设定值为 50Hz，轴流风机逆时针运动时频率设定值为 45Hz。控制轴流风机的变频器频率上升速率为 5Hz/s，下降速率为 10Hz/s。

(4) 在上述过程执行中，将备用电站 2 置于切出或按下风力供电装置的停止按钮，则备用电站 2 切出，电机负载停止工作，风力供电装置直接返回初始位后停止，控制轴流风机的变频器按指定下降速率降低频率直至为 0 后轴流风机停止。当按下停止按钮时，应能将备用电站 2 旋钮自动转为切出状态。

(5) 在上述过程执行中，按下风力供电系统的急停按钮，程序立即结束，控制轴流风机的变频器按指定下降速率降低频率直至为 0 后轴流风机也停止。

(6) 在上述过程执行中，风力供电系统上的所有点动控制按钮应无效。

#### **任务四：监控与能源管理(30%)**

设计要求：要求上位机各界面名称与所要求设计的名称一致，用中文标识。各界面中相关按钮控件、位置控件、指示灯控件、下拉菜单等的名称必须用中文名称，图表、曲线、显示控件也应有中文名称及单位。各界面中有关底框颜色、按钮框底色、指示灯颜色等与给定样图一致。

##### **一、通讯系统的焊接、安装与参数设置（5 分）**

###### **1. 通信电缆线的制作与接线**

焊接 KNT-WP01 型风光互补发电实训系统上的 COM 端口并与系统接线。焊接光伏供电系统中的触摸屏通信线并与系统接线。

###### **2. 监控系统通信设置**

正确设置通信参数，完成监控系统的通信。

## 二、身份登录管理界面（3 分）



图 13 身份登陆管理界面



图 14 管理员登陆后界面



图 15 运维员登陆后界面

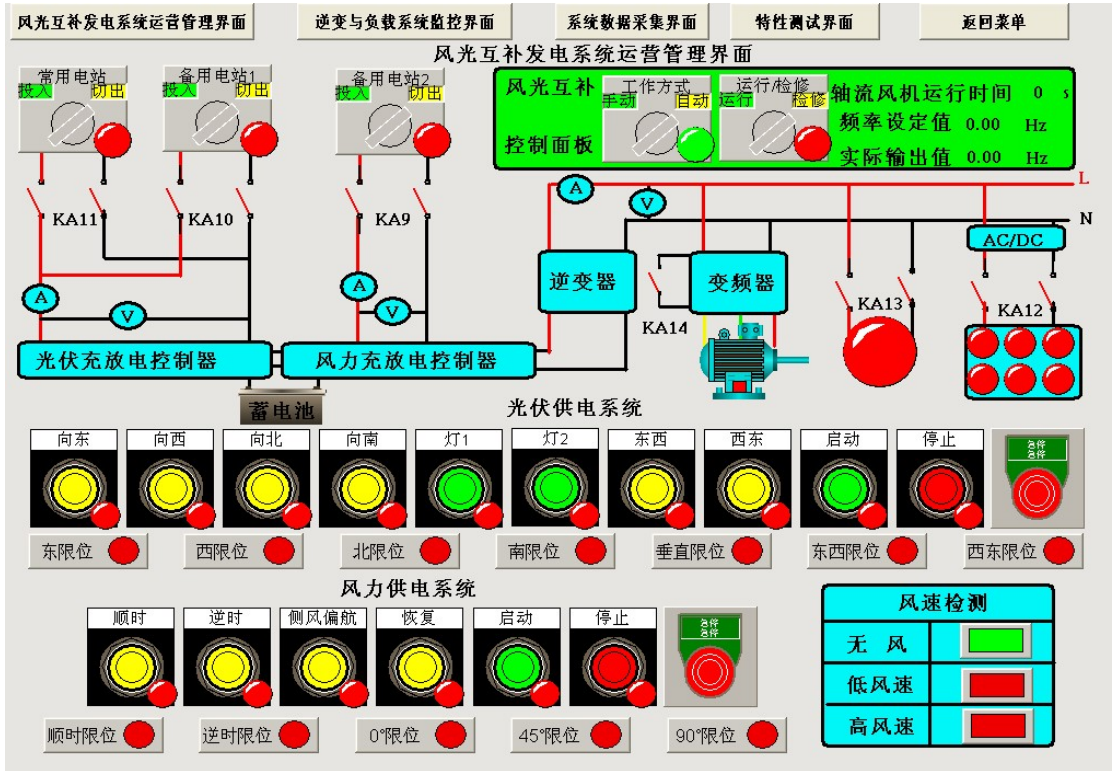
设计身份登陆界面，如图 13 所示。要求分别能够按照管理员（用户名为 administrator，密码为 admin1234）身份登陆风光互补发电系统运营管理界面、系统数据采集界面、逆变与负载系统的监控界面、光伏电站特性曲线界面等界面，并能进行操作控制。运维员（用户名 operation，密码为 oper1234）身份登录系统数据采集界面。当用户名或密码错误时，要求显示用户不存在或密码错误。以管理员身份登陆后示意图参见图 14；以运维员登陆后示意图参见图 15。在图 14、15 中，点击相关按钮框，即能进入对应操作界面。在有关操作界面下，按下其他界面按钮或返回按钮，应能进入其他界面或返回登陆界面。

## 三、风光互补发电系统运营管理界面（8 分）

设计风光互补发电系统运营管理界面，如彩图 1 所示。在该界面中要求完成以下功能：

（1）在该界面中设计风光互补工作方式手动/自动、运行/检修旋钮控件及它们的状态指示灯，当工作方式为自动时，显示绿色，否则显示红色，当运行/检修旋钮置于运行时，显示绿色，置于检修时，显示红色；设计常用电站投入/切出旋钮控件及其工作状态指示灯，备用电站 1 投入/切出旋钮控件及其工作状态指示灯，备用电站 2 投入/切出旋钮控件及其工作状态指示灯，当电站投入时，相应指示灯控件亮，否则熄灭。设计风速检测指示灯，按照任务三多能源、多负载能源调度运营中的风速定义显示风速。要求达到所定义风速时，对应的风速检测指示灯显示绿色，否则显示红色。当上位机风光互补发电系统运营管理界面上

的检修/运行旋钮置于运行位，并将风光互补工作方式置于手动，可以进行手动、单循环调试；当检修/运行旋钮置于运行位，并将风光互补工作方式置于自动，可以进行多能源、多负载调度运行；置于检修位时，手动、单循环调试以及多能源、多负载调度运行均不能进行。



彩图 1 风光互补发电系统运营管理界面图

(2) 控制轴流风机的变频器频率设定值控件及实际值显示控件，轴流风机的运行时间显示控件（累计运行时间）。

(3) 能够根据任务三中多能源、多负载能源调度运营中的任务要求实现表 6 功能。要求在相关继电器动作时，界面上的相应触点能同步开断；负载工作时，显示绿色，停止工作时，显示红色；电站投入时，对应的状态指示灯显示绿色，电站切出时，对应的状态指示灯显示红色。

(4) 设计光伏供电系统、风力供电系统的面板操作控件、位置控件以及它们的指示灯显示控件，以实现远程控制要求。界面上的面板操作控件、位置控件以及指示灯，应与光伏供电系统、风力供电系统控制面板上的按钮、指示灯具有相同的功能或作用。并要求相关按钮按下或达到相应位置时，控件指示灯显示绿色，否则为红色。

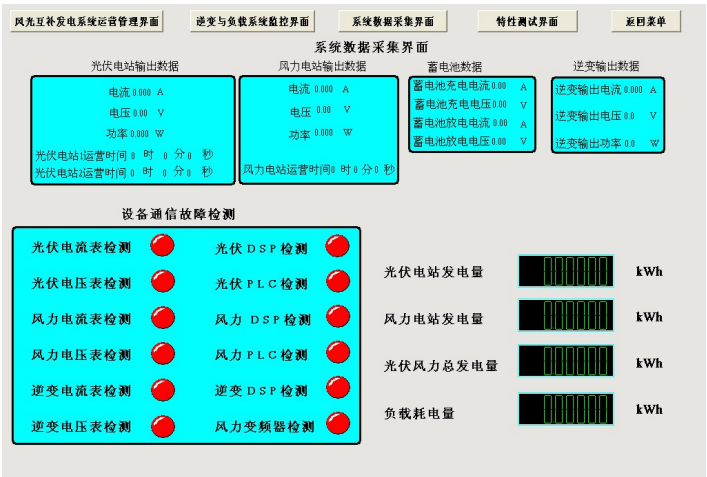
在所有负载、所有电站均处于工作状态时，截图并保存在一体机桌面上，取名为：风光互补发电系统运营管理界面。

四、系统数据采集界面（6分）

设计系统数据采集界面，如彩图 2 所示。

在该界面中要求完成以下功能：

- (1) 要求设计相关控件，要求能够采集并实时显示光伏电站输出电压、电流、功率；能够采集并实时显示风力电站输出电压、电流、功率；能够采集并实时显示蓄电池充电电压、电流，放电电压、电流；能够采集并实时显示逆变与负载系统的逆变输出电压、输出电流、功率等数据。
- (2) 能够采集并实时显示系统的发电量、用电量、运营时间（累计时间）。
- (3) 设计通信设备指示灯控件，当相应通信正常时，指示灯显示绿色，否则显示红色。



彩图 2 系统数据采集界面图

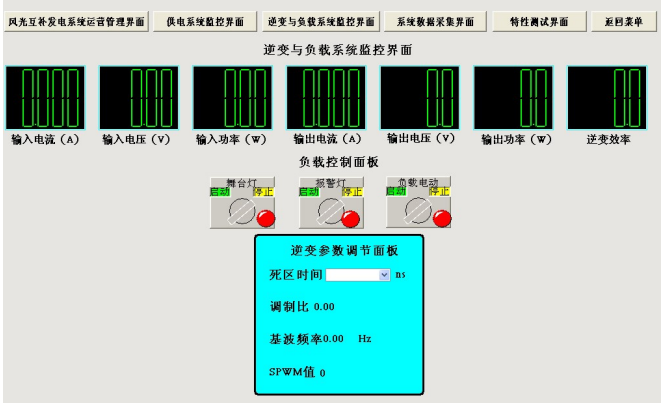
备注：

光伏电站发电量将实际测得值扩大  $10^4$ ，风力电站发电量将实际测得值扩大  $10^5$ ，负载耗电量将实际测得值扩大  $10^4$ 。另外当无负载工作时，负载耗电量应能停止累加。

在所有负载、所有电站均处于工作状态时，截图并保存在一体机桌面上，取名为：系统数据采集界面。

五、逆变与负载系统的监控界面（4分）

设计逆变与负载系统监控系统界面，如彩 3 所示。



彩图 3 逆变与负载系统监控系统界面图



在该界面中要求完成以下功能：

(1) 设置逆变与负载系统死区时间下拉框，下拉框中有 300、600、800、1000、1200、1800、2100、2400、2700、3000 共 10 项数据，时间单位：ns。

(2) 设置逆变与负载系统调制比窗，调制比是供选择和测量逆变器输出电压幅度波形使用，调制比范围为 0.8-1（当调制比设置值小于 0.8 时直接将调制比设为 0.8，或者当调制比设置值大于 1 时直接将调制比设为 1）。

(3) 设置逆变与负载系统基波窗，基波频率在 50Hz 至 60Hz 之间可调，分辨率为 0.1Hz（基波频率设置值小于 50Hz 时直接将设置值定为 50Hz 或基波频率设置值大于 60Hz 时直接将设置值定为 60Hz）。

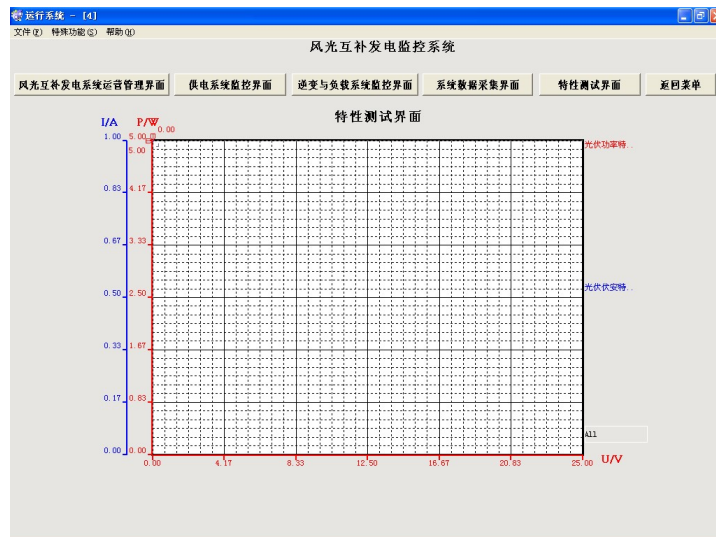
(4) 设计逆变系统输入电压、电流、功率，输出电压、电流、功率以及逆变效率显示控件，要求能够实时采集并显示相关数据值。

(5) 设计控制电机负载、报警灯负载、LED 负载旋钮控件及它们的状态指示灯控件。当旋至启动位，相应的负载工作（电机以工频运行），同时相应的状态指示灯控件亮，旋至停止位，负载及对应的状态指示灯停止。

在所有负载、所有电站均处于工作状态时，截图并保存在一体机桌面上，取名为：逆变与负载系统的监控界面。

## 六、设计光伏电站特性曲线界面

设计光伏电站特性曲线界，如彩图 4 所示。



彩图 4 光伏电站特性曲线界图

在该界面中要求完成以下功能：

(1) 设计并完成光伏电站伏安特性曲线（横坐标电压、纵坐标电流），功率特性曲线（横坐标电压，纵坐标功率）的数据采集。要求调节光伏供电装置的摆杆处于垂直位，同时点亮投射灯 1 和灯 2，调节光伏电池组件处于水平状态（即倾斜角为  $0^\circ$ ），阻值从开路逐渐变化到短路。分别检测 1 号、2 号光伏电站同时发电的输出特性；1 号、2 号光伏电站同时发电，但遮挡 1 号光伏电站；1 号、

2号光伏电站同时发电，遮挡1号光伏电站，但在1号光伏电站输出线正极线上**串联防逆流二极管**这三种情况下的特性。实时采集数据并生成相关曲线，截图并保存在一体机桌面上，文件分别取名为特性曲线1、特性曲线2、特性曲线3。

(2) 每条曲线均需要标明坐标的名称、参数单位和计量单位。要求自行合理选取横纵坐标的分度值，使得所画曲线能充满所给画面80%以上的区域。

将上面所选取的测试点数据填入答题纸的测试数据表中。要求由选取点的参数形成曲线时曲线平滑。选取点必须包含上位机采集曲线的最大功率点以及开路点、短路点。

### **七、触摸屏组态功能设计与调试（4分）**

要求至少设计下列四个界面，并要求在其中某个界面，能任意切换到其它三个界面。

#### **1. 设计登陆界面**

设计登陆界面，只有用户名和密码都正确的前提下，才能进入下列操作界面。用户名为工位号（如：1号工位为201801，2号工位为201802，以此类推），密码均为2018。当用户名或密码错误时，要求显示用户不存在或密码错误。

#### **2. 设计光伏控制单元界面**

要求：设计的光伏控制单元界面中，各控件名称与光伏供电系统中的光伏供电控制单元的按钮（工作状态旋钮手动/自动不需要设计）、急停按钮、指示灯的名称要与光伏供电控制单元相对应、功能要一致，相应名称用中文标识。

#### **3. 设计光伏组件充电界面**

要求：设计的光伏发电系统实时界面中，有光伏电站实时电压、蓄电池实时电压的显示；光伏输出模拟电压设定值和蓄电池模拟电压设定值，采用数据和进度条的双重显示模式

#### **4. 设计电站、负载调试界面**

要求：设计电站、负载调试界面。要求设计控制常用电站、备用电站1、备用电站2、舞台灯负载、报警灯负载、电机负载的调试按钮。当PLC处在手动控制状态时，按下各调试按钮，对应负载或电站运行3秒；在此过程中，按下停止按钮或急停按钮，对应负载或电站停止运行。

### **任务五：职业素养(5%)**

(1) 现场操作安全保护：应符合安全操作规程，不许带电作业。

(2) 操作岗位：工具摆放、工位整洁、包装物品与导线线头等的处理符合职业岗位标准，节约电气耗材。

(3) 团队合作精神：应有合理地分工，团队配合紧密。

(4) 参赛纪律：选手遵守赛场纪律，尊重赛场工作人员，爱惜设备和器材。