

ICS 03.180
Y 51
备案号:

JY

中华人民共和国教育行业标准

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

Equipping standard of professional equipment
on photo-voltaic powering technology & application
in higher education institutes/colleges

2016 - 07 - 18 发布

2016 - 07 - 18 实施

中华人民共和国教育部 发布

目 次

前言	II
引言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 分类	2
4 要求	2

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中华人民共和国教育部职业教育与成人教育司提出。

本标准由全国教学仪器标准化技术委员会（SAC/TC 125）归口。

本标准起草单位：教育部职业教育与成人教育司、教育部教育装备研究与发展中心、中国职业技术教育学会职业教育装备专业委员会、中国半导体行业协会 IC 分会、太阳能光伏产业校企合作职业教育联盟、酒泉职业技术学院、广东东莞技师学院、扬州技师学院、安徽职业技术学院、常州信息职业技术学院、浙江衢州职业技术学院、湖南理工职业技术学院、四川乐山职业技术学院、秦皇岛职业技术学院等、南京康尼科技实业有限公司、湖北众友科技实业股份有限公司、浙江亚龙教育装备股份有限公司、浙江求实科教设备有限公司、浙江天煌科技实业有限公司、开昂教育股份有限公司。

本标准主要起草人：薛仰全、李玉宏、陆瑛、黄建华、张冰、刘海光、曹泉、程周、陈必群、陈国英、黄云龙、黄霞春、王丽、段文燕、陈建民、赵惠英、陈韞春。

引 言

随着新能源产业的不断发展，全国高职高专院校中开设光伏发电技术与应用专业的院校不断增加，作为新兴专业，亟需购置和配备教学实训装备，但国内尚无光伏发电技术与应用专业仪器设备装备标准。为了更好地培养新能源行业急需的高端技术技能人才，按照职业教育规律和职业成长规律，构建完整的光伏发电技术与应用专业实践教学课程体系，配备光伏发电技术与应用专业实验、实训仪器设备和场地条件是十分必要的。本标准本着“立足当前、兼顾发展”的原则，在广泛调研和反复论证的基础上，对接了光伏发电与应用行业用人标准、岗位能力标准、核心课程标准以及新技术发展标准编制而成。为职业院校建设光伏发电技术与应用专业的实训基地提供了专业仪器设备的种类、数量、技术要求等配备依据和场地要求，以保障光伏发电技术与应用专业人才培养质量。

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

1 范围

本标准规定了高等职业学校光伏发电技术与应用专业教学和培训用仪器设备的装备规范,包括装备的分类、要求等内容。

本标准适用于高等职业学校光伏发电技术与应用专业教学和实训用仪器设备的装备。其它职业院校和培训机构相关专业教学仪器设备的装备可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GBZ 1 工业企业卫生设计标准

GB 2893 安全色

GB 2894 安全标志

GB/T 6495.9—2006 光伏器件 第9部分:太阳模拟器性能要求

GB 12801 生产过程安全卫生要求总则

GB 16895.3-2004 电气设备的选择和安装 接地配置、保护导体和保护联结导体

GB 16895.4-1997 第5部分:电气设备的选择和安装 第53章:开关设备和控制设备

GB 16895.5-2012 安全防护 过电流保护

GB 16895.6-2000 第5部分:电气设备的选择和安装 第52章:布线系统

GB 16895.20-2003 第5部分:电气设备的选择和安装 第55章:其它设备 第551节:低压发电设备

GB 16895.21-2011 安全防护 电击防护

GB 16895.22-2004 电气设备的选择和安装—隔离、开关和控制设备 第534节:过电压保护电器

GB/T 16895.32-2008 建筑物电气装置 第7-712部分:特殊装置或场所的要求 太阳能光伏(PV)电源供电系统

GB 19517-2009 国家电气设备安全技术规范

GB/T 19939-2005 光伏系统并网技术要求

GB/T 20047.1-2006 光伏(PV)组件安全鉴定 第1部分:结构要求

GB 21746 教学仪器设备安全要求 总则

GB 21748 教学仪器设备安全要求 仪器和零部件的基本要求

GB 23821-2009 机械安全 防止上肢触及危险区的安全距离

GB/T 29319-2012 光伏发电系统接入配电网技术规定

GB 50016-2014 建筑设计防火规范

GB 50033 建筑采光设计标准

GB 50034 建筑照明设计标准

IEC 61427-1-2013 可再生能源存储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 (Secondary cells and batteries for renewable energy storage - General requirements and methods of test - Part 1: photovoltaic off-grid application)

IEC 62109-1-2010 光伏发电系统用电力转换设备的安全 第1部分：通用要求 (Safety of power converters for use in photovoltaic power systems - Part 1: General requirements)

ANSI/IEEE 1547-2003 分布式电源与电力系统进行互连的标准 (Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems)

UL 1741-2001 独立电力系统用逆变器、变换器、控制器 (Inverters, Converters, and Controllers for Use in Independent Power Systems)

3 分类

3.1 光伏发电技术与应用专业仪器设备的装备要求分为两类，即“合格装备要求”和“示范装备要求”。

3.2 “合格装备要求”为开设光伏发电技术与应用专业仪器设备，完成人才培养目标，仪器设备应达到的基本装备要求；“示范装备要求”为光伏发电技术与应用专业示范专业仪器设备应达到的基本装备要求，也供有条件的学校及培训机构增加学生实训课、提高学生专业技能、紧跟本专业新技术和新工艺发展时选配。

4 要求

4.1 实验实训教学场所

4.1.1 光伏发电技术与应用专业实训教学类别分为基础实验、基础实训、专业实验和专业实训。

4.1.2 各实训教学类别应具备的实训教学场所应按表1的要求。

表1 各实训教学类别应具备的教学场所

实训教学类别	实训教学场所	
	合格装备要求	示范装备要求
基础实验	电工电子实验室	
基础实训	电气控制与PLC实训室 电力电子实训室	
专业实验	光伏原理及应用实验室 光伏材料检测实验室	
专业实训	光伏组件加工实训室 光伏发电技术实训室 分布式发电系统实训室	

	智能微电网实训室
--	----------

4.1.2 实验实训教学场所的基本要求

4.1.2.1 使用面积

实验实训教学场所应根据师生的健康安全要求和教学内容,确定其使用面积,并符合国家相关规定。

4.1.2.2 采光

实验实训教学场所的采光应符合 GB/T 50033 规定。

4.1.2.3 照明

4.1.2.3.1 当天然光线不足时,应配置人工照明,人工照明光源应选择接近天然光色温的光源。

4.1.2.3.2 实验实训教学场所的照明应根据教学内容对识别物体颜色的要求和场所特点,选择相应显色指数的光源,一般显色指数不低于 Ra80。

4.1.2.3.3 实验实训教学场所的照明要求符合 GB 50034 的有关规定。

4.1.2.3.4 进行精细操作实训(如:电池组件生产、光伏材料检测等)工作台、仪器、设备等的工作区域的照度不应低于 500lx。照度不足时应增加局部补充照明,补充照明不应产生有害眩光。

4.1.3.4 通风

应符合 GB 50016 和工业企业通风的有关要求。

4.1.3.5 防火

应符合 GB 50016-2014 有关厂房、仓库防火的规定。。

4.1.3.6 安全与卫生

应符合 GBZ 1、GB 12801 的有关要求。安全标志应符合 GB 2894、GB 2893 的有关要求。系统所有电气设备的带电外露部分应设有安全警示标志。

4.2 仪器设备

4.2.1 “合格装备要求”、“示范装备要求”的基础实验、基础实训和专业实训各实验和实训室仪器设备的装备要求应按表 2~表 5。

4.2.2 表 2~表 5 中各实验、实训室仪器设备台套数为同时满足 40 人/班开设实验、实训教学的装备要求。在保证实训教学要求的前提下,各学校可根据本专业的实际班级数及班级学生数对实训课程进行合理安排,并根据需要增加实训室及相应的仪器设备数量。

4.2.3 装备的仪器设备产品质量应符合相关的国家标准或行业标准,并具有相应的质量证明。

4.2.4 各种仪器设备的安装及使用应符合有关国家或行业标准,电气装置的电击防护应符合 GB 16895.21-2011,过电流保护应符合 GB 16895.5-2012,接地配置、保护导体和保护联结导体应符合 GB

16895.3-2004, 开关和控制设备应符合 GB 16895.4-1997, 过电压保护电器应符合 GB 16895.22-2004, 低压发电设备应符合 GB 16895.20-2003, 太阳能光伏(PV)电源供电系统应符合 GB/T 16895.32-2008, 布线系统应符合 GB 16895.6-2000, 防止触及危险区的安全间距或距离应符合 GB 23821-2009。

4.2.5 需接入电源的仪器设备, 应满足国家电网规定接入要求, 应符合 GB 50054 的相应规定, 安全技术要求应符合 GB 19517-2009, 并应具备过流、漏电保护功能; 光伏系统并网技术要求应符合 GB/T 19939。需要插接线的, 插接线应绝缘且通电部位应无外露。

4.2.6 具有执行机构的各类仪器设备, 应具备急停功能, 紧急状况可切断电源、气源、压力, 并令设备动作停止。

表2 基础实验仪器设备装备要求

实训教学场所	教学实训目标	仪 器 设 备							
		序号	名称	规格、主要参数 或主要要求	单 位	数量		执行标准 代码	备注
						合 格	示 范		
电 工 电 子 实 验 室	1. 理解基本电路原理； 2. 会识读电气图纸； 3. 会根据测量信号分析电路工作特性； 4. 掌握常用电子元器件识别的基本检测方法； 5. 掌握常用电子仪器仪表的使用方法。	1	电 工 电 子 实 验 台	1. 能验证电路基本定理定律； 2. 具有基本电参数的测量功能； 3. 可完成 R、L、C 等电路元件的特性分析及电路实验； 4. 具备单相、三相交流电路的实验功能； 5. 具有模拟电子电路、具有数字电子电路的实验功能； 6. 具有漏电保护功能。	台	10	20		
		2	万用表	1. 直流电压：(0~25) V；20000 Ω/V (0~500) V；5000 Ω/V；±2.5%； 2. 交流电压：(0~500)V；5000 Ω/V；±5.0%； 3. 电阻：量程，0~4kΩ~40kΩ~400kΩ~4MΩ~40MΩ；25 Ω 中心；±2.5%； 4. 音频电平：-10dB~+22dB。	台	10	20		
		3	信号发生器	1. 频率范围：0.1Hz~1MHz； 2. 输出波形：正弦波、方波、三角波、脉冲波； 3. 输出信号类型：单频、调频、调幅等； 4. 外测频灵敏度：100mV； 5. 外测频范围：1Hz~10MHz； 6. 输出电压：≥20V _{p-p} (1MΩ)， ≥10V _{p-p} (50Ω)； 7. 数字显示；TTL/CMOS 输出；	台	10	20		
		4	双踪示波器	1. 频宽：20MHz； 2. 偏转因数：5 mV/div~20 V/div； 3. 上升时间：≤17 ns； 4. 垂直工作方式：CH1、CH2、ALT、CHOP、ADD； 5. 扫描时间因数：0.2 μs/div~0.5s/div； 6. 触发方式：自动、常态、TV-H、TV-V； 7. 触发源：内(CH1, CH2, 交替)、外、电源； 8. 触发灵敏度：内触发不小于1div，外触发不小于0.5V _{p-p} 。	台	10	20		
		5	交流毫伏表	1. 测量范围：0.2mV~600V； 2. 频率范围：10Hz~600kHz； 3. 电压测试不确定度：±1%； 4. 输入阻抗：1MΩ。	台	10	20		

表3 基础实训仪器设备装备要求

实训教学场所	教学实训目标	仪 器 设 备							
		序号	名称	规格、主要参数 或主要要求	单位	数量		执行标准 代码	备注
						合格	示范		
电气控制与 PLC 控制实训室	1. 了解单相、三相交流电机的基本电气控制原理与方法。2. 掌握电气系统一般故障的产生原因与故障排除方法；3. 熟悉 PLC 基本指令编程方法，掌握用 PLC 控制简单对象的方法和技能。	1	电气控制与 PLC 控制实验装置	1. 具有可靠的漏电保护功能； 2. 配有常用低压电器，可在该装置上完成低压电器控制实验实训项目； 3. 采用可编程逻辑控制器进行控制实训项目； 4. 输入电源：三相四线制，380V±38V，50Hz；单相，220V±22V，10A，50Hz；直流电源，24V/2A； 5. I/O 点>20； 6. 可进行 PLC 硬件接线与软件编程功能，能对 PLC 进行安装与维护操作； 7. 有可用 PLC 控制的控制对象，实现其动作执行； 8. 有可供开放式连接的按钮及 I/O 量和模拟量输入传感器。	套	10	20		
电力电子实训室	1. 理解常见电力电子器件工作原理； 2. 理解常见整流电路工作原理； 3. 理解逆变电路工作原理。	1	电力电子实训装置	1. 具有可靠的漏电保护功能； 2. 可进行单相、三相不可控整流电路连接与测试实验； 3. 可进行单相、三相可控整流电路连接与测试实验； 4. 可进行单相桥式有源逆变电路实验； 5. 可进行单相交流调压电路实验； 6. 可进行三相交流调压电路实验； 7. 可进行六种直流斩波电路(Buck、Cuk、Boost、Sepic、Buck-Boost、Zeta)的电路实验； 8. 可进行单相交直交变频电路实验； 9. 可进行正弦波(SPWM)逆变电路实验； 10. 可进行全桥 DC/DC 变换电路实验。	台	10	20		

表4 专业实验仪器设备装备要求

实训教学场所	实训教学目标	仪 器 设 备							
		序号	名称	规格、主要参数 或主要要求	单位	数量		执行标准 代码	备注
						合格	示范		
光伏原理及应用实验室	1. 了解光照条件和其它环境因素对太阳能电池发电量的影响； 2. 了解光伏产业链不同环节的生产工艺流程； 3. 了解光伏发电的应用； 3. 理解控制器、蓄电池、逆变器的工作原理，掌握其使用方法； 4. 能进行光伏发电系统的安装与调试； 5. 能进行太阳能电池的电性能测试。	1	光伏电池特性测试仪	1. 能测试不同光强度下完整的 I-V 曲线、P-V 曲线、开路电压和短路电流； 2. 能测试太阳能电池负载特性及转换效率等。	台	20	40		
		2	太阳光测试仪	1. 具有检测太阳光强度的功能； 2. 具有检测太阳光有效辐射的功能； 3. 具有检测分析太阳光光谱的功能。	套	10	20		
		3	环境检测仪	能够检测风速、温度、露点、湿度、气压、海拔高度等环境参数	套	1	2		
		4	光伏产品展示柜(室)	1. 展示硅砂、工业硅、太阳能级硅、硅块、硅棒、硅片等原材料； 2. 展示各型电池片； 3. 展示单晶硅、多晶硅和非晶硅等光伏组件以及其它类型光伏电池； 4. 展示典型光伏产品，如：太阳能手电筒、太阳能充电器等； 5. 光伏产业工艺流程展示图。	套	1	1		
		5	光伏发电实验装置	1. 系统包括：光伏组件、控制器、逆变器、蓄电池、光源和负载； 2. 系统各部件之间相对独立，可根据实验要求连接； 3. 能进行光伏发电原理的相关实验，包括 I-V 特性曲线实验、直流负载实验、充放电实验、逆变和交流负载实验。	套	10	20	光伏系统安全应符合 GB/T 20047.1-2006	

表4 专业实验仪器设备装备要求(续)

实训教学场所	实训教学目标	仪 器 设 备							
		序号	名称	规格、主要参数 或主要要求	单位	数量		执行标准 代码	备注
						合格	示范		
光伏材料检测实验室	1. 能进行硅片的外观特性检测;	1	游标卡尺	测量范围: 0mm~200mm; 测量精度: 机械游标卡尺 0.02mm; 数显游标卡尺 0.01mm。	把	40	40		示范数显游标卡尺不少于20把
	2. 能利用冷热探针法测量半导体类型;	2	翘曲度测量仪	翘曲度测量范围: 1 μm ~20 μm ; 重复精度: 0.5%; 测量参数: 曲率半径、晶圆弯曲高度、翘曲度。	台	-	2		
	3. 能利用四探针电阻率测量法对半导体材料电阻率及薄层电阻进行检测;	3	P-N型测试仪	测量范围: 电阻率: 0.01 $\Omega \cdot \text{cm}$ ~200 $\Omega \cdot \text{cm}$ 功耗: $\leq 30\text{W}$ 。	台	5	10		
	4. 能进行单晶硅、非晶硅的非平衡少数载流子寿命的测量;	4	四探针电阻率测试仪	数字电压表量程: 0 mV~199.999mV; 灵敏度: 1 μV ; 输入阻抗: 1000M Ω ; 可测电阻范围: 1 $\mu\Omega$ ~1M Ω ; 可测硅片尺寸: $\Phi 15 \text{ mm}$ ~ $\Phi 200\text{mm}$ 。	台	5	10		
	5. 会对硅片制绒时的绒面, 丝网印刷时的栅线宽度等进行检测;	5	半导体少数寿命测量仪	寿命测试范围: $\geq 2 \mu\text{s}$; 光脉冲发生装置: 重复频率 ≥ 25 次/s; 脉宽 $\geq 60 \mu\text{s}$; 光脉冲关断时间 $\leq 5 \mu\text{s}$; 红外光源波长: 1.06 μm ~1.09 μm ; 低输出阻抗, 输出功率 $\geq 1\text{W}$; 配用示波器: 频带宽度不低于10MHz。	台	1	1		

表4 专业实验仪器设备装备要求(续)

实训教学场所	实训教学目标	仪器设备							
		序号	名称	规格、主要参数 或主要要求	单位	数量		执行标准 代码	备注
						合格	示范		
光伏材料检测实验室	6. 会根据单晶硅和多晶硅太阳能电池的电性能参数进行分选。	6	电子天平	量程: $\geq 100\text{g}$; 精度: $\leq 0.01\text{g}$; 称盘尺寸: $\geq 150\text{mm} \times 200\text{mm}$ 。	台	1	2		
		7	金相显微镜	物镜倍数: 5X、10X、20X、50X、100X; 目镜倍数: 10X; 观察功能: 明场、高级暗场、圆偏光; 可配图像分析系统(摄像头、图像分析软件)。	台	5	10		
		8	太阳能电池分选机	光谱范围: 应符合 GB/T 6495.9—2006 (等级 A) 要求; 辐照强度调节范围: $70 \text{ mW/cm}^2 \sim 120 \text{ mW/cm}^2$; 辐照不均匀度 $\leq 3\%$; 辐照不稳定性 $\leq 3\%$; 测试结果一致性 $\geq 99\%$; 电性能测试误差 $\leq 2\%$; 有效测试面积 $\geq 125\text{mm} \times 125\text{mm}$; 有效测试范围: 0.1W~5W; 测试参数: 短路电流、开路电压、最大功率、最大电流、填充因子、转换效率、测试温度。	台	1	2		
		9	椭偏仪	光源: 氙灯; 波长范围: 250 nm~830nm; 波长分辨率: 1.0 nm; 入射角范围: $20^\circ \sim 90^\circ$; 入射角精度: 0.001° ; 椭偏参数精度: $D \pm 0.02^\circ$ 、 $Y \pm 0.01^\circ$; 光学常数精度优于 0.5%; 膜厚准确度: $\pm 0.1\text{nm}$ 。	台	1	2		

表5 专业实训仪器设备装备要求

实训教学场所	实训教学目标	仪器设备							
		序号	名称	规格、主要参数 或主要要求	单位	数量		执行标准 代码	备注
						合格	示范		
光伏组件加工实训室	1. 了解光伏组件的组成； 2. 了解光伏组件的生产工艺流程； 3. 掌握电池片切割、测试、焊接、串接、敷设、组件层压、修边、装框、接线盒安装等操作方法； 4. 掌握光伏组件光电性能的检测方法； 5. 掌握异常情况下的处理方法。	1	激光划片机	激光波长：1.064 μm ； 激光重复频率：200Hz~50kHz； 激光功率： $\geq 20\text{W}$ ； 划片线宽： $\leq 300 \mu\text{m}$ ； 最大划片速度： $\geq 100\text{mm/s}$ ； 划片精度： $\leq 10 \mu\text{m}$ ； 工作电源：380V（220V）/50Hz 使用电源功率： $\geq 2.5\text{kVA}$ 。	台	1	2		
		2	焊接工作台	主、副台面表面铺设专用防静电毯； 带抽气系统，每个工位配有电源插座； 需配串焊工作台，用于电池片的焊接； PID 温度控制，温度均匀，任意调整； 配备 125、156 两种电池片焊接模板。	台	4	8		
		3	光伏电池组件层压机	层压面积： $\geq 400 \text{mm} \times 600\text{mm}$ ； 层压高度： $\geq 25 \text{mm}$ ； 电源：交流 380V，三相五线； 需要的压力：0.6 MPa~1.0 MPa； 设备总功率： $\geq 25 \text{kW}$ ； 操作控制方式：手动/半自动； 加热方式：油热方式或电热方式； 工作区温度均匀性： $\leq 3^\circ\text{C}$ ； 温控精度： $\leq 1.5^\circ\text{C}$ ； 温控范围：常温~180 $^\circ\text{C}$ ； 抽气速率：30L/s~70L/s； 层压时间： $\leq 14\text{min}$ （含固化时间）； 作业真空度：200 Pa~20Pa； 抽空时间： $\leq 6\text{min}$ 。	台	1	1		

表5 专业实训仪器设备装备要求(续)

实训教学场所	实训教学目标	仪 器 设 备							
		序号	名称	规格、主要参数 或主要要求	单位	数量		执行标准 代码	备注
						合格	示范		
光伏组件加工实训室	同上	4	光伏电池组件测试仪	光谱范围符合 GB/T 6495.9—2006（等级 A）要求； 可测电池组件尺寸： $\geq 2000\text{mm} \times 1100\text{mm}$ ； 功率测试范围：1W~300W； 光源：高能脉冲氙灯； 光强： $70\text{mW}/\text{cm}^2 \sim 120\text{mW}/\text{cm}^2$ ； 光管寿命： ≥ 100000 次； 辐照不均匀度： $\leq 3\%$ ； 辐照不稳定性： $\leq 2\%$ ； 测量范围：电压 0V~100V、电流 0A~20A； 测量误差： $\leq 1\%$ ； 电源要求：220V/50Hz/2kW； 测量参数：短路电流、开路电压、最大功率、最大电流、填充因子、转换效率、测试温度。	台	1	1		
		5	光伏电池装框机	组框铆角一体； 组框长度：350 mm~2100mm； 组框宽度：350 mm~1200mm。	台	1	1		
		6	焊带裁剪机	钢结构，带打折弯装置和动力放料架。	台	1	1		
		7	裁剪台	钢化玻璃工作台面； 内有定长钢尺； 用于完成 EVA、TPT 铺设前的裁剪。	台	2	4		
		8	光伏组件分选台	台面贴绿色防静电胶皮， 带日光灯照明。	台	2	4		
		9	电池阵列铺设检测台	光源：碘钨灯； 光强： $100\text{mW}/\text{cm}^2$ ； 能对钢化玻璃、串焊好的硅片组、EVA、TPT 背板纸进行铺设、检查； 底部安装防火板，装有普通节能照明灯； 可测试组件电流、电压。	台	2	4		
		10	观测架（观察镜）	铝合金框架，镜面 45° 可调； 用于完成铺设后层压前的电池片位置检查。	台	2	4		

表5 专业实训仪器设备装备要求（续）

实训教学场所	实训教学目标	仪器设备							
		序号	名称	规格、主要参数 或主要要求	单位	数量		执行标准 代码	备注
						合格	示范		
光伏发电技术实训室	1. 了解光伏跟踪系统的原理、组成； 2. 了解风光互补发电系统的组成； 3. 了解离网、并网光伏发电系统的组成； 4. 理解风光互补控制原理； 5. 掌握离网和并网光伏发电系统的连接、调试方法； 6. 掌握跟踪系统的安装调试方法； 7. 掌握风光互补控制系统电气安装方法。	1	自动跟踪太阳能发电系统实训装置	1. 系统构成：光伏发电子系统、跟踪与控制子系统、并网子系统； 2. 系统要求：各子系统及部件相对独立，可根据实训要求连接电路；光源可模拟太阳运动轨迹；光伏电池组件具有单轴、双轴跟踪功能； 3. 主要功能：能完成单轴、双轴跟踪实训项目；能完成离网光伏发电实训项目；能完成并网光伏发电实训项目。	套	4	8	太阳模拟器性能应符合 GB/T 6495.9—2006、光伏系统安全应符合 GB/T 20047.1—2006	
	2	风光互补发电实训装置	1. 系统组成：风力发电子系统（包括风源和风力发电机）、光伏发电子系统（包括光源和光伏电池组件）、风光互补控制系统和负载（包括阻性负载、感性负载、单相负载、三相负载）； 2. 系统要求：能对室内的风源进行风速、风向控制；能对室内光源的光照强度进行控制；各子系统及部件相对独立，可根据实训要求连接电路； 3. 主要功能：能完成风光互补发电实训项目。	套	2	4			

表5 专业实训仪器设备装备要求（续）

实训教学场所	实训教学目标	仪 器 设 备							
		序号	名称	规格、主要参数 或主要要求	单位	数量		执行标准 代码	备注
						合格	示范		
分布式发电系统实训室	1. 了解分布式发电系统的工作原理； 2. 了解分布式发电系统的电气系统的组成； 3. 了解分布式发电系统并网过程； 4. 理解分布式电源并网控制原理； 5. 熟悉分布式电源的运行特点； 6. 掌握分布式光伏发电系统的连接、调试方法； 6. 掌握分布式光伏发电并网调试。	1	分布式光伏发电并网应用系统	1. 系统组成：光伏发电子系统、光伏逆变系统、并网控制系统，气候采集系统； 2. 系统要求：各子系统及部件相对独立，可根据实训要求连接电路；光伏电池组件的容量大于 3kWp；光伏逆变器有防止逆流装置；并网控制系统可监控系统各节点参数； 3. 主要功能：能完成分布式光伏发电系统调试实训项目；能完成分布式光伏发电并网实训项目。	套	1	1	光伏发电子系统应符合 GB/T 29319-2012、光伏逆变系统应符合 UL 1741-2001、光伏发电子系统应符合 IEC 62109-1-2010	
		2	数字示波器	1. 重复带宽 $\geq 100\text{MHz}$ ； 2. 采样率 $\geq 1.25\text{GSa/s}$ ； 3. 记录长度 $\geq 10\text{kpts}$ ； 4. 输入通道 ≥ 2 ； 5. 高压探头 ≥ 1 ； 6. 电流探头 ≥ 1 。	台	1	2		
		3	电能质量分析仪	1. 测量频率：45 Hz~55 Hz； 2. 最大电压：1000V； 3. 电流：5A，其他量程可以根据电流钳要求选配； 4. 具备电压、电流、频率、谐波、功率和能量、闪变和三相不平衡度检测功能等。	台	—	1		

注：“—”表示不要求。

表5 专业实训仪器设备装备要求（续）

实训教学场所	实训教学目标	仪 器 设 备							
		序号	名称	规格、主要参数 或主要要求	单位	数量		执行标准 代码	备注
						合格	示范		
智能微电网实训室	1. 了解微电网的概念； 2. 了解微电网的一般组成； 3. 了解微电网的关键技术； 4. 掌握典型微电网连接、调试方法； 5. 掌握典型微电网的运行流程、并网和离网运行切换过程； 6. 了解微电网能量管理系统设计策略。	1	智能微电网平台	1. 系统组成 光伏发电子系统、其他分布式能源（风电、生物发电等）、同步发电系统、储能系统、并网子系统、负载、集中控制系统； 2. 系统要求 各子系统及部件相对独立，可根据实训要求连接电路；至少含两种以上的分布式发电电源和一种以上的储能装置；各子系统配置有逆变器并受中央控制系统控制；各子系统可采集有关键数据（电压、电流）输送到中央控制系统； 3. 监控与能量管理功能 a) 数据采集 借助以太网通讯和电压、电流互感器、传感器对各分布式发电电源、能量转换系统、公共连接点、储能、保护、负荷开关等关键设备的运行、故障和配置等电气信息进行采集； b) 设备运行状态监测 对发电设备和储能设备，各种断路器、隔离开关、逆变装置进行状态监测； c) 微电网能量管理策略设定 集中控制系统可以进行远程控制微电网运行策略，例如并网运行、离网运行、经济运行。 4. 实训功能要求 能完成微电网并网运行实训项目；能完成微电网、离网运行实训项目；能完成微电网离网、并网切换实训项目；能完成协调多种分布式电源及储能装置稳定可靠运行实训。	套	—	1	并网子系统应符合 GB/T 19939-2005 同步发电系统应符合 IEEE 1547-2003、 储能系统应符合 IEC 61427-1-2013	

注：“—”表示不要求。