

保 密

XX 大学/学院

综合型智能电网实训系统
建设方案

2019 年 3 月

湖南依中紫光电气科技有限公司

www.yz-elec.com 0731-84118458

特别提醒：此文件请注意保密，未经本公司许可不得外传，谢谢配合！

综合型智能电网实训系统建设方案

名称	数量	单位	单价（元）	总计（元）
综合型智能电网实训系统	1	套		
合计：整				



示意图，以实际交货为准

单套配置表：

	序号	名称	数量	单位
综合型智能电网实训系统	1	YZVSP-III 综合型智能电网实训台（变电）	1	台
	2	YZVSP-III 综合型智能电网实训台（配电）	1	台
	3	YZVSP-III 综合型智能电网实训台（用电）	1	台
	4	YZ7200 系列数字化智能测试仪	1	台
	5	YZ7300 高精度对时装置	1	台
	6	YZ7400 系列合并单元	4	台
	7	YZ2600 系列数字化继电保护装置	2	台
	8	YZ7800 系列数字化智能终端	4	台
	9	YZ7600 系列智能电能表	1	台
	10	YZ7700 智能电网录波及网络记录装置	1	台
	11	YZ8100 智能网关	1	台
	12	互联网智能电网 APP	1	套
	13	电力网信号仿真软件	1	套
	14	智能电网一体化监控信息平台软件	1	套
	15	电脑	1	台

一、实验室建设思路

为了实现社会的可持续发展与繁荣，为了改善电力系统的性能和环保，开发智能电网是绝对必要的，可以认为智能电网是历史发展的必然。

近年来，智能电网、智能变电站专业方向重点研究新技术及新设备的工程化应用，缺乏适用的测试和维护方面的规范，以及相应的测试方法、设备，没有相应的培训设备，无法有效的保证设计、工程实施、运行维护等环节的正确性和规范性。

综合型智能电网实训台提出基于数字化智能测试仪、对时装置、合并单元、智能终

端、数字化继电保护装置、网络设备、智能电能表、互联网 APP、电力网信号仿真软件等设备和技術，组建包含智能电网发电、输电、变电、配电、用电和调度 6 个环节，实现对信息数字化、通信网络化、规约标准化的智能电网的全面物理模拟。可实现数字化继电保护装置、合并单元、智能终端、智能电表、通信及网络设备等设备的原理、配置、功能调试、接口、通信规约调试等内容；可对三层两网、通信及网络设备、IEC61850 规约、智能化电网调度等内容进行学习、测试和研究分析；可进行智能电网故障复现；可完成各类智能设备的检修、维护实训。

综合型智能电网实训台是一个高度自动化的多功能平台，为高校的电力自动化技术的研究、新原理保护算法的应用研究、站域保护的研究、微网综合保护的研究、电能质量分析的研究、行波小电流接地选线技术的研究提供了一个很好的平台，弥补了高校在软硬件平台上的技术优势，发挥了高校的理论研究优势，加快了理论到应用的转化速度。

二、实验室设备构成

通过对智能电网、智能变电站实验建设，建立二次系统设备及网络的培训平台，提高智能电网设备的互操作性，加快加深对智能电网、智能变电站及其技术的理解和实操能力，实验室也可作为相关工作人员和技术人员的培训和研究平台。同时智能电网发展会不断有新需求和新技术研究，可在本项目的研究成果基础上开展前期技术积累与实践工作，为后续应用做好技术储备，提升专业人员对智能电网建设的认识，进一步提高专业人员的业务能力，培养一批适应智能电网建设的复合型人才。

实验室规模根据实际需求按照典型智能电网、智能变电站设计，配置主要常用设备，设备数量不大，但涉及全面，能够对智能电网整体组成、实现方式、完成功能进行全面学习，配置的检测工具和设备易用、便捷的检测功能，能对各二次设备的模型、通信服务及功能进行检测和分析。

设备入口均设有漏电保护器。

▲整个实验系统控制电源（包括继电器辅助电压）均采用安全电压以内的直流 24V 电源。实验信号要求按照电力系统二次标准输出，且严格控制输出功率，杜绝触电隐患。

▲交货后提供教学实验指导视频，用于教师教学或学员预习。

1、YZVSP-III 综合型智能电网实训台（变电+配电+用电）

系统通过预置在数字化智能测试仪中的变电一次设备模型，配合开关位置的变化实现不同运行方式下的变电站潮流仿真、数据输出，能够真实反映电力系统稳态、暂态运行工况；能够真实再现各种运行工况的物理过程，获得明确的物理概念；系统一次接线形式可灵活多变，能够进行典型系统的验证性试验与分析性试验；

数字系统没有高电压，具有防止因为误碰、误整定、误操作而造成实训系统的损坏和人身伤害保护功能；

能够非常方便的模拟危险性或破坏性比较大的一次故障（如变压器匝间短路），较实际物理元件搭建的一次仿真系统有很大优势；

一次系统通过数字化智能测试仪实现，将一次接线图建模输入到数字化智能测试仪，配合开关位置的变化可以实现不同运行方式下的变电站潮流仿真、数据输出，能够真实反映电力系统稳态、暂态运行工况。仿真系统数据输入与输出，通过 SV 和 GOOSE 网络与合并单元、智能终端、智能组件以及间隔层的保护控制设备相连。

操显、模拟断路器、合并单元、智能终端、数字化继电保护装置、数字化智能测试仪、智能电能表、智能电网录波及网络记录装置均安装于此屏上。

智能变电站及配电网二次部分配备真实微机保护测控设备，全面支持智能数字站的 SV、GOOSE、MMS 网络、模型；按照真实的智能变电站过程层、间隔层、站控层组网、配线、组网构建变电站系统。

2、YZ7200 系列数字化智能测试仪

YZ7200 系列数字化智能测试仪是基于 IEC61850 标准开发的，广泛适用于智能变电站的测试仪器，可用于保护测控装置、智能终端、合并单元、互感器等设备的快捷测试，

将一次接线图建模输入到数字化智能测试仪，配合开关位置的变化可以实现不同运行方式下的变电站潮流仿真、数据输出，能够真实反映电力系统稳态、暂态运行工况。仿真系统数据输入与输出，通过 SV 和 GOOSE 网络与合并单元、智能终端、智能组件以及间隔层的保护控制设备相连。

功能参数：

由上位机电力网信号仿真软件控制测试仪输出，软件可在 WindowsXP、Vista 和 Win7

上运行。测试仪采用 10/100M 以太网接口与上位 PC 机连接。

输入的电压、电流为数字量（满足 IEC61850-9-1、IEC61850-9-2、FT3 格式），跳、合闸等状态量采用 GOOSE 传递；

可导入 SCD 文件，以图形化方式显示设备连线信息和虚端子连线信息，并自动配置 SV、Goose 信息；

可读取保护定值、动作报告等信息，实现数字化装置全自动闭环测试，自动形成可定制的动作报告；

可模拟 SV 异常报文、模拟 Goose 异常报文，实现高级复杂的数字报文测试功能；

具备全面的继电保护测试模块，实现全面继电保护测试功能；

多路光纤通讯接口，可收发 IEC61850-9-1/2 帧格式的采样值、GOOSE；

异常报文的模拟（抖动、丢帧、错序、数据异常、品质异常、失步等）；

采样值、GOOSE 配置信息可以进行保存、反复调用；

每组光纤通讯接口可同时发送 6 组采样值、12 组 GOOSE，接收 5 组 GOOSE，收发 IEEE1588 报文，满足对组网方式的测试；

规格参数：

额定输入电源：AC220V±5%，50Hz，1A；

以太网通讯接口：10/100Base-TX，RJ45；

光口通信接口：100Base-TX，LC，1310nm，传输距离大于 1km；

对时接口：接口类型 ST，连接光纤 62.5/125um；

尺寸：约 210mm×250mm×178mm；

正常工作温度：0~40；

贮存及运输：-25~70°。

3、YZ7300 高精度对时装置

功能参数：

嵌入式工业级主板，嵌入式操作系统。提供多功能客户端网络校时软件。双网口，支持 NTP 协议。防震设计，系统稳定可靠。24 通道 GPS 北斗卫星接收，锁定迅速。

守时精度高。装置内部守时单元采用了时间频率测控技术与智能驯服算法，晶体选用高精度恒温晶体振荡器，使装置守时准确度优于 7×10^{-9} (0.42 μ S/分钟)，即在外部时

间基准异常的情况下，每天时钟自走时误差不超过 0.6 毫秒。如选配铷原子钟，30 年自走时误差不会超过 3 毫秒。

采用 GPS/BD2 双系统精密授时，支持单 GPS、单北斗、双 GPS、双北斗、GPS/北斗联合授时多种授时方式，并可通过串口、面板菜单等途径修改授时方式。

规格参数：

- (1) 电源：AC/DC220V \pm 10%，AC/DC110V \pm 10%，15W
- (2) 工作环境：温度-20~75℃，湿度 0~90%（不结露）
- (3) 存储条件：温度-40~85℃，湿度 0~95%（不结露）
- (4) 外部时间参考输入：GPS、北斗、CDMA、IRIG-B、铷原子钟、RS232/422/485；
- (5) 年、月、日、星期、农历、时、分、秒显示；
- (6) 输出时间信号包括公历（年、月、日、星期、时、分、秒），
- (7) 时码输出接口：
- (8) GPS/北斗信号接收器

授时模式

授时（支持单系统独立授时、双系统联合授时）

静态授时（用户输入位置）

单星授时

通道：192 通道

授时精度：1PPS 优于 20nS（ 1σ ）。

内部电池：电池类型：锂电池；电池寿命： \leq 25000h。

GPS 接收器

接收频率（GPS L1）：1575.42MHz（L1 信号）。

接收灵敏度：捕获 \leq -160dBW，跟踪 \leq -163dBW。

同时跟踪：正常状态下可同时跟踪 8~16 颗 GPS 卫星；

装置冷启动时不小于 4 颗卫星；装置热启动时不小于 1 颗卫星。

捕获时间：装置冷启动时， \leq 1min；装置热启动时， \leq 20s。

北斗接收器接收频率（BD2 B1）：1561.098 \pm 4MHz。接收机灵敏度： \leq -157.6dBW；

速度精度(RMS)：0.1m/s；

- (9) 功耗： \leq 20W。

- (10) 绝缘电阻： \leq 20M Ω 。

(11)平均无故障间隔时间(MTBF) ≥ 150000 小时；平均维修时间 (MTTR) ≤ 30 分，使用寿命 ≥ 20 年。正常使用条件下无需维护。

4、YZ7400 系列合并单元

合并单元的功能主要是将互感器输出的电压、电流信号合并，输出同步采样数据，并为互感器提供统一的输出接口，使不同类型的互感器于不同类型的二次设备之间能够互相通信。

间隔合并单元用于线路、变压器和电容器等间隔电气量的采集，只发送本间隔的电气量数据。一般包括三相电压 U_{abc} ，三相保护电流 I_{abc} 、三相测量用电流 I 、同期电压 U_L 、零序电压 U_0 、零序电流 I_0 。对于双母线接线的间隔，合并单元根据本间隔隔离开关的位置，自动实现电压切换的功能。

母线合并单元一般采集母线电压或者同期电压，在需要电压并列时，可通过软件自动实现个母线电压的并列。

本实训方案中，分别配置间隔合并单元和母线合并单元。

参数：

结构尺寸：约 $200 \times 80 \times 180\text{mm}$ ；

正常工作温度： $-20 \sim 60^\circ\text{C}$ ；

工作电源：直流 24V；允许偏差： $-20\% \sim +15\%$ ；不大于 50W；

组网口：CPU 自带 2 路光纤以太网，用于通过交换机连接 SMV/GOOSE 网；

点对点口：配置多路光网口，支持 IEC61850-9-2 协议；

同步：光纤 B 码同步方式，同步误差小于 $1\mu\text{s}$ ；

守时精度：10 分钟内晶振误差小于 $4\mu\text{s}$ ；

等间隔发送离散性：等间隔发送离散量小于 $10\mu\text{s}$ 。

5、YZ2600 系列数字化继电保护装置

高性能的硬件平台，CPU P1010 主频 1G、PCIE 高速总线做接口扩展

先进的可视化图形编程软件平台，图形组态编程实现保护控制功能开发

完备的保护、测量、控制、通讯功能

支持 IEC61850-9-2 和 IEC61850-9-2LE 采样值报文格式

支持 IEEE1588(IEC61588)和 IRIG-B 高精度同步对时

彩色大屏显示及 WEB 功能使装置易于维护使用

整组动作时间：

差动保护：不大于 30ms

距离 I 段（0.7 倍整定值）动作时间：不大于 30ms

零序过流 I 段：不大于 25ms

相过流 I 段：不大于 40ms

数据标准：DL/T 860.92(IEC61850)组网及点对点

信号：点对点或组网模式下的 GOOSE 开入开出

采样模式：数字采样和 GOOSE 开入开出；

对时方式：IRIG-B、光纤 B 码、SNTP、IEEE1588 等。

6、YZ7800 系列数字化智能终端

运行环境： $-40^{\circ}\text{C}\sim+85^{\circ}\text{C}$

额定传输延时时间： $\leq 2\text{ms}$

点对点采样值报文发送间隔离散值： $\leq 10\mu\text{s}$

同步误差： $\leq 1\mu\text{s}$

守时误差： $\leq 4\mu\text{s}$ （失去同步信号 10min）

智能终端适应的跳合闸电流范围：0.5~4A

智能终端动作时间： $\leq 7\text{ms}$

7、YZ7600 系列智能电能表

采用先进微电子技术及 SMT 生产工艺制造，用于额定频率 50HZ 的三相交流电能的计量。

计量功能：具有正反双向计量功能；

显示功能：宽屏液晶显示；

检测功能：可检测电流、电压、功率等用电参数；

数据保存功能：停电后，数据可保持 20 年，来电自动恢复；

通信接口：带光纤数字接口；

通信协议：支持 IEC61850 通信协议。

8、YZ7700 智能电网录波及网络记录装置

该装置设计采用 FPGA 结合嵌入式实时操作系统 vxWorks，适应电力系统发展需求的嵌入式电网通信记录、分析装置。装置能自动识别 IEC61850-MMS、IEC61850-9-1、IEC61850-9-2、GOOSE、IP 等多种网络通信协议。具有可扩展性好、时间延时小、实时在线监视等优点，提供多种模式的分析手段，适应不同层次的客户使用，操作简便。

该装置适用于智能电网的数字化变电站中，用于监视、记录、分析数字化变电站中的所有交互的报文信息，同时也可以应用于需要记录、分析网络报文的场所，在智能电网的建设中将会起着重要的作用。

通过智能电网录波及网络记录装置可以将整个实验过程全部进行录波，学生做完实验后可以将整个实验过程进行回放，便于老师进行教学和实验过程分析，能够使学生更好的掌握所学知识点。参数指标：12 路模拟量同步采集，通道采样频率 0-100 KHz 可选。2 路脉冲输入测量通道；8 路开关量测量通道；开关量事件分辨率：0.1ms；4 路开关量输出通道；；开出量最大开断能力 AC220V/1A；仪器自带 512M 内存；AD 转换精度：16 位；电流、电压波形采样精度为 0.1%；具有 10/100Mbps 网口和光纤接口，支持 IEC61850 协议。故障录波波形可以选择不同的播放频进行故障回放。

功能特点：

1.分布式架构设计：

本装置采用分布式架构设计，可以根据接入量使用多个采集单元，同时配有集中管理单元，将各个采集单元的数据进行合成。

2.嵌入式硬件、嵌入式操作系统：

采用高档 FPGA 以及高速 ARM 进行采集处理，同时在前置单元采用了实时性很强的 vxWorks 操作系统，集中管理单元采用了 Linux 操作系统。

3.分布式大容量存储：

集中管单元配有硬盘，暂稳态独立存储，使数据更加安全。

4.基于 TCP/IP 以及 IEC61850、IEEE1588 等规范的深层完整解析：

深入并完整地基于 TCP/IP 以及 IEC61850、IEEE1588 解析网络报文，通过三种模式，即简明模式、专业模式、原始模式满足不同层次用户的需求，真正达到了方便使用的目

的。

5. 千兆网设计、硬件处理 IEEE1588 校时：

单元内网采用千兆设计，可快速接收前置 FPGA 的报文采集，采用千兆 PHY 直接处理 IEEE1588，误差小于 80ns。

6. 插件式自动解析报文类型：

在线、分析软件采用插件式报文解析，自动分析并在分析界面上列出一段时间记录的报文所包含的协议，点击需要详细分析的协议按钮即可以分析，所有插件采用标准接口，可在其他模块中直接调用。

7. 数字化录波和规约分析仪功能：

将规约分析和录波器的功能进行了统一整合，一台装置实现两种功能。方便了站内人员进行数据分析。

9、YZ8100 智能网关

功能：

站内通信支持 DL/T 860

数学运算和逻辑运算

信号合并计算

支持 SNTP 对时

远动功能

继电保护故障信息

协议转换

在线监测

同步相量测量数据集中器（PDC）

告警直传

远程浏览

源端维护

程序化控制

10、电力网信号仿真软件

一次次系统通过电力网信号仿真软件实现，将一次接线图建模输入到数字化智能测试仪，配合开关位置的变化可以实现不同运行方式下的变电站潮流仿真、数据输出，能够真实反映电力系统稳态、暂态运行工况。仿真系统数据输入与输出，通过 SV 和 GOOSE 网络与合并单元、智能终端、智能组件以及间隔层的保护控制设备相连。

电力网信号仿真软件是整个仿真系统信号源的控制核心。主要用于生成模拟实际变电站所需要的电压、电流等模拟量信号，以及断路器本体、断路器操作机构、主变压器本体等设备产生的反映其运行状态。

其主要由以下几部分组成：

1)、图形组态功能：用户可以自行编辑图形界面以适应电网主接线(输电网、配电网、变电站)的潮流变化，可以添加删除设备，修改线路、主变压器、电容器和电抗器等各个设备的参数。

2)、计算分析功能：能根据图形组态形成的电网系统，自行形成电力网络拓扑图，便于进行计算分析。

3)、潮流计算功能：根据仿真变电站的主接线图，利用牛顿—拉夫逊方法计算分析系统的各点各线的正常潮流。

4)、短路故障功能：根据仿真变电站的主接线图上设定的故障类型，计算系统故障时的电压、电流。

5)、同步输出功能：变电站仿真系统软件可连接多台合并单元，同步功能可使多台合并单元的接收模拟电子式互感器信号。。

6)、故障或异常开关量信号的输出功能。

7)、通讯功能：电力网信号仿真软件支持 RS485、以太网通讯、光纤通信；支持 IEC61850 协议。

8)、至少支持 30 台以上电脑安装运行（不包含电脑）。

11、智能电网一体化监控信息平台软件

实现在控制中心对供电系统进行集中管理和调度、实时控制和数据采集。除利用“四遥”（遥控、遥信、遥测、遥调）功能监控供电系统设备的运行情况，及时掌握和处理

供电系统的各种事故、报警事件功能外，利用该系统的后台工作站还可以对系统进行数据归档和统计报表功能，以更好地管理供电系统。

监控系统软件主要由五个部分组成：数据库管理子系统，网络管理子系统，图形管理子系统，报表管理子系统和安全管理子系统。

为各种应用功能模块提供共享的数据平台，提供开放式的数据库接口，实现数据库的定义、创建、录入、检索和访问，实现历史数据的存储、拷贝和再利用。

基于国际标准传输层协议（TCP/IP），实现网上工作站之间实时信息传输及这个网络系统的信息共享。

具有风格统一、友好方便的操作界面，可完成图元编辑、引用、画面生成、调用、操作、管理等功能，允许用户自定义图元。

操作员可定义报表格或报表数据等，表格可显示实时及历史数据内容，报表操作可完全在线进行，不影响系统运行。

采用多级安全管理策略，在用户一级采用口令和权限管理机制，给每个用户分配一个用户名和口令，并且每个用户都赋予一定的操作权限，比如电调只有对图形的读取、遥控、置数等权限，而没有修改的权限。

支持 IEC61850 通讯标准，支持同时接入 IEC61850 装置和传统装置；

数据采集、监视控制、数据转发功能；

人机界面兼有一次结线图及二次设备、告警显示可同时报告一次设备、二次信息及分析后信息；

GPS 时钟同步功能。

12、互联网智能电网 APP

支持安卓、IOS 安装；

可在线监测综合型智能电网实训台各项数据及使用情况；

风格统一、友好方便的操作界面；

支持教员授权“能电网一体化监控信息平台软件”远程操作功能。

13、电脑

17 寸及以上一体电容触摸屏计算机

处理器：CPU 型号 Intel 酷睿 i5
内存容量：4GB DDR4 2400MHz
硬盘容量：128M 固态硬盘
键盘鼠标：无线键盘鼠标

四、实验功能

数字化继电保护装置、合并单元、智能终端、智能电表、通信及网络设备等设备的原理实验；

数字化继电保护装置、合并单元、智能终端、智能电表、通信及网络设备等设备的配置实训；

数字化继电保护装置、合并单元、智能终端、智能电表、通信及网络设备等设备的功能调试实训；

数字化继电保护装置、合并单元、智能终端、智能电表、通信及网络设备等设备的接口、通信规约调试实训；

三层两网测试和研究分析；

通信及网络设备测试和研究分析；

IEC61850 规约测试和研究分析；

智能化电网调度实验；

智能电网故障复现；

各类智能设备的检修、维护实训；

智能电网通信技术实验；

智能电网运行与控制实验；

智能电网调度控制和仿真分析实验；

用电在线检测与统计分析实验。