

多能互补分布式能源系统移动检测平台的研究

文/海南电网有限责任公司三亚供电局 何 佳
海南电网有限责任公司电力科学研究院 庞松岭
北京群菱能源科技有限公司 张进滨 程本立

随着整个社会的环境污染与资源的日益紧张，太阳能、风能、海洋能、生物能、小水电、地热能等分布式能源由于其清洁可再生的优点，已经成为我国应对气候变化、保障能源安全的重要内容。为了加快能源结构调整、推进发展动力转换，实现“十三五”能源发展起好步开好局，促进我国对可再生新能源的开发和利用，我国近几年相继出台了多项分布式能源相关的政策来促进分布式能源的发展。

分布式电源（DG）通常包括太阳能发电、风力发电、微水发电、燃料电池、生物发电及储能装置等。分布式能源发电系统虽然具备清洁可再生的优点，但在单机接入电网时需要的成本高、而且难于控制，这样可能会对电网造成冲击，进而影响电能质量和系统的安全稳定性。多能互补性能源系统概念的提出，将分布式电源与大电网融合起来，可以灵活地在并网运行模式和独立运行模式之间切换。使分布式能源系统具备节能环保、供电稳定等优势，综合开发利用风能、太阳能，发展包含风光储等多能源的分布式发电系

统有着广阔的前景。

我国分布式清洁能源多能互补刚刚起步，为了保障多能互补发电系统的快速发展，确保分布式电源安全稳定并网运行，开展多能互补能源系统并网检测非常有必要。目前对于多能互补能源系统并网检测的报道还很少，本文分析研究了多能互补分布式能源系统的特点，在此基础上，设计了多能互补分布式能源系统移动检测平台，可实现分布式光伏电站、风电站、储能电站等电源并网全过程检测，从而提高系统的供电可靠性，促进多能互补能源系统的快速发展。

多能互补分布式能源系统

国家能源局关于《能源发展“十三五”规划》中指出继续开展分布式光伏发电应用示范区建设，到2020年建成100个分布式光伏应用示范区，园区内80%的新建建筑屋顶、50%的已有建筑屋顶安装光伏发电。在具备开发条件的工业园区、经济开发区、大型工矿企业以及商场学校医院等公共建筑，统一规划并组织实施屋顶光伏工程。在太阳能资源优良、电网接入消纳条件好的农村

地区和小城镇，推进居民屋顶光伏工程，形成若干光伏小镇、光伏新村。

目前，单一的分布式清洁能源技术发展已经成熟。在能源领域中，存在着不同能源形式协同优化的情况，几乎每一种能源在其利用过程中，都需要借助多种能源的转换配合才能实现高效利用。为了实现源网荷储整体优化配置，多能互补是未来分布式清洁能源发展的重点方向。

多能互补是指在能源系统的规划、设计、建设和运行阶段，由太阳能光热、光伏、风电、水、地热、燃气锅炉、生物质等多种低碳能源，以多能互补的理念进行系统集成，通过智慧能源控制平台进行统一的管理，对不同供、用能系统进行整体上的互补、协调和优化，因地制宜地选择最适合项目的解决方案，可实现能源的梯级利用和协同优化。不同能源供应系统的运行特性各异，通过彼此间协调，可降低或消除能源供应环节的不确定性，从而更有利于可再生能源的安全消纳。

大力实施多能互补、集成优化工作，目前主要有两种模式：一是加强终端系统整合优化，面

向终端用户电、热、冷、气等多种用能需求，因地制宜、统筹开发、互补利用传统能源和新能源，优化布局建设一体化集成供能基础设施，通过天然气热电冷三联供、分布式可再生能源和能源智能微网等方式，实现多能协同供应和能源综合梯级利用；二是利用大型综合能源基地风能、太阳能、水能、煤炭、天然气等资源组合优势，推进风光水火储多能互补系统建设运行。

多能互补分布式能源系统 移动检测平台研究

在能源和环境危机的双重背景下，多能互补型分布式能源系统逐步发展，并成为当前研究热点。随着大规模分布式电源的建设接入，为确保分布式电源安全稳定并网运行，开展多能互补能源系统并网检测非常有必要。本文设计一种多能互补型分布式电源并网移动检测平台，全面开展分布电源并网检测能力的建设。

主要应用于容量200kWp以内的光伏电站、风力发电站以及储能电站现场并网检测，满足分布式电源并网（包括光伏电站、风力发电站以及储能电站）接入检测与并网验收检测。

1. 检测平台原理

多能互补型分布式电源并网移动检测平台包括电网扰动装置（可编程交流电源）、防孤岛试验检测装置（RLC负载）、可编程直流负载、波形记录仪、功率分析仪、智能开关柜、移动车体等。检测平台可以模拟真实电网的电压源特性和电压/频率的波动，能够实现分布式电站的过欠压、过欠频、孤岛、电能质量、谐波、电源启停对电网影响等项目检测，检测平台系统的架构原理如图1所示。

图1为多能互补型分布式电源并网移动检测平台架构原理图。检测平台上位机软件对电网扰动装置（可编程交流电源）、防孤岛试验装置（RLC负载）、可编

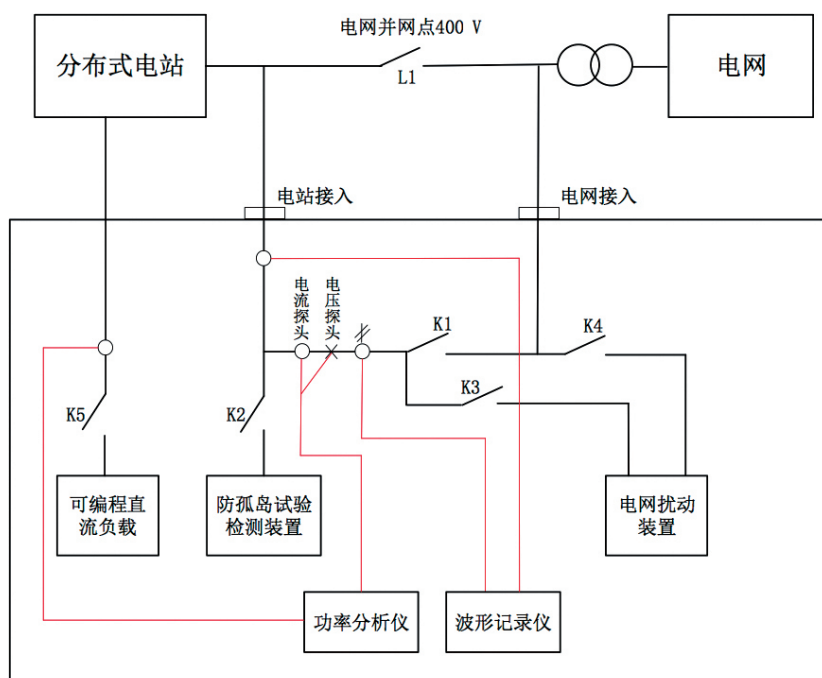
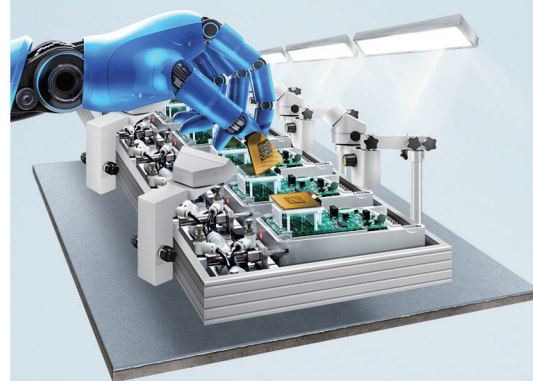


图1 多能互补型分布式电源并网移动检测平台架构原理图

CHINT

全新电子脱扣器

准确处理故障隐患
高效畅通更可靠



系列
正泰昆仑
塑壳断路器



领先每一步 可靠新高度

浙江正泰电器股份有限公司

股票代码：601877 | 400-817-7777

www.chint.net/kunlun

程直流负载等设备集中操控，通过可控开关柜将电网扰动装置、防孤岛检测装置、可编程直流负载连接在同一个系统，与测试系统开关的统一闭合与断开操作，对应不同的试验项目有不同的系统组合方式，用以操控电网扰动装置、防孤岛试验检测装置和电网分合开关的协调配合，使用者可以快捷地进行不同实验之间的切换操作。

测量单元包括功率分析仪、波

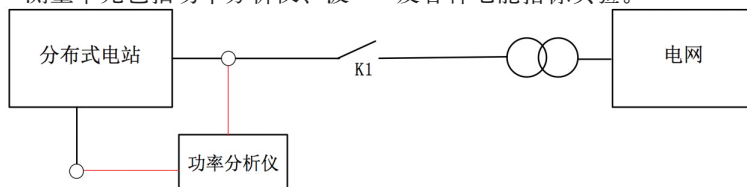


图2 多能互补型分布式电源电性能检测平台架构原理图

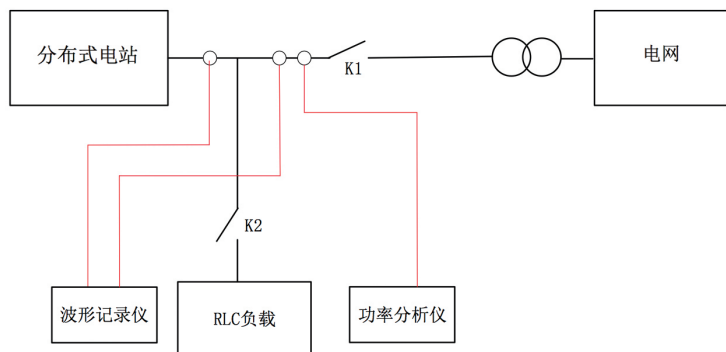


图3 多能互补型分布式电源防孤岛性能检测平台架构原理图

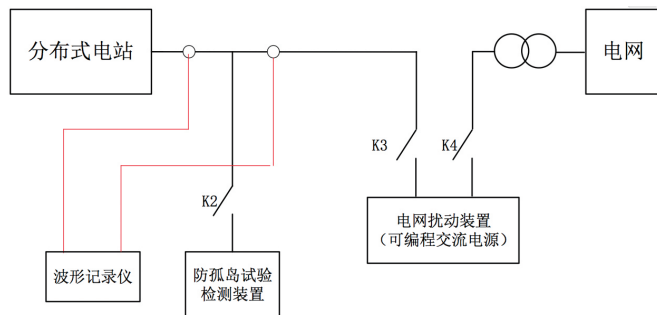


图4 多能互补型分布式电源电网适应性检测平台架构原理图

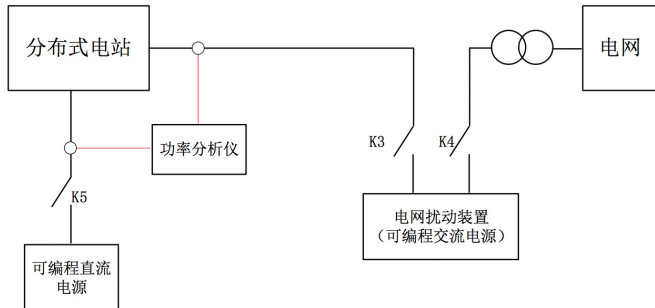


图5 分布式储能电站电性能检测平台架构原理图

形记录仪等装置，为试验项目数据的采集提供数据，通过上位机软件进行系统的数据分析统一进行处理，移动检测平台与上位机软件建立连接，根据相关检测协议，进行自动化测试。并结合现场实际测试情况，主要测试设备采用模块化设计，适用于分布式电源现场测试。本测试系统可以实现分布式电源防孤岛保护性能测试功能，电网适应性试验，以及各种电能指标实验。

(1) 多能互补分布式能源系统电性能检测平台

进行多能互补型分布式电源电性能检测时，如图2所示，控制开关K1闭合，功率分析仪记录分布式电站输出电性能，包括电压、电流、有功功率、无功功率、三相不平衡、功率因数等参数。

(2) 多能互补分布式能源系统防孤岛性能检测平台

进行多能互补型分布式电源电性能检测时，如图3所示，闭合开关K1，使分布式电站保持稳定运行，功率分析仪记录分布式电站输出有功、无功功率；然后闭合开关K2，加载防孤岛试验检测装置（RLC负载），使分布式电站输出功率被负载吸收，至流过K1的基波电流小于被测分布式电站输出电流的5%；断开开关K1，使分布式电站与RLC负载形成孤岛运行，分布式电站停止向RLC负载供电，波形记录仪记录防孤岛保护时间。

(3) 多能互补分布式能源系统电网适应性检测平台

对分布式电站进行电网适应性测试时，如图4所示，闭合开关K4，启动电网扰动装置，闭合开关K2，加载防孤岛试验装置R负载；然后闭合开关K3，启动分布式电源，调节电网扰动装置使逆变器或PCS输出侧达到过欠压或过欠频保护值，检测分布式电站过欠压、过欠频保护功能。

(4) 分布式储能电站电性能检测平台

对分布式储能电站PCS或充电桩进行电性能测试时，如图5所示，闭合开关K4，启动电网扰动装置（可编程交流电源），闭合开关K3、启动分布式储能电站，闭合开关K5，加载可编程直流负载功率，调节可编程交流电源使

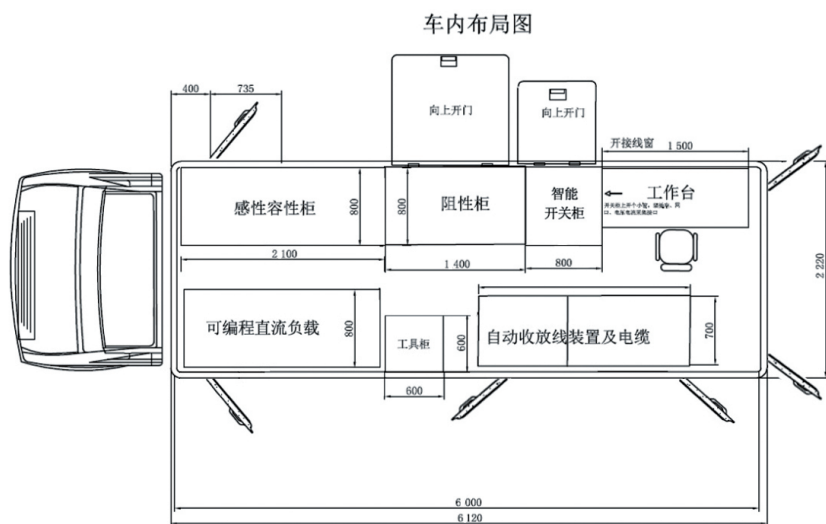


图6 多能互补型分布式电源并网移动检测平台布局及设计

储能PCS直流输出侧性能,包括稳压精度、稳流精度、输出电压、输出电流等电性能参数。

2. 移动测试平台布局图及设计

为了满足现场测试需求,将检测设备采用模块化组合设计并集成于移动车箱内,方便移动至现场,以满足不同场合环境的检测需求。根据设备配置,合理布局各主要检测设备,包括电气设计、场地规划、布局的合理化设计。

平台设备集成度高,布线被固定于集装箱内,避免了每次测试的重复接线,集控室具备保温、照明、用电插座、壁挂空调、换气装置、应急灯、警报灯、集控室进出门、集控柜安装(维修)门。设备室具备后双开门、扰动设备安装门、自动收放线装置自动开关门、电缆接线窗、孤岛散热自动窗、电缆走线通道、设备减震机构、设备连线等。车厢地板采用钢板、防静电地板、防滑地毯共三层组成,系统的通风由自动散热电动窗来实现。

3. 移动检测平台设备组成

多能互补分布式能源系统的并网全过程检测是基于多能互补分布式能源系统检测平台基础上实

现的, 移动检测平台硬件系统主要包含电网扰动装置、防孤岛试验装置、可编程直流负载、测量单元、智能开关柜、自动收放线装置和集控系统等。各设备主要功能如下所示。

电网扰动装置：设计功率 300 kV·A，主要用于实现电网扰动特性仿真，能够实现电网对称故障或不对称故障下电压跌落发生、持续及恢复的全过程、频率偏差、三相电压不平衡、电压波动和闪变、电压谐波、相位突变等扰动现象的模拟，此外，装置具备能量双向流动功能，可以将被测分布式电站发出的功率回馈到电网。

防孤岛试验装置：内置精密RLC负载，是由连续可调电阻、电感、电容负载系统、电气参数测试系统、自动控制系统、软件分析系统组成。设备内置有多通道的电气采集器，能够精确测量三相RLC各个通道的电压、电流、有功功率、无功功率等参数。负荷功率连续可调，可精确模拟交流谐振发生并满足分布式电站输出点防孤岛保护功能检测需要。

实时温度传感器

持续提示运行状态 洞悉风险更可靠



正泰 昆仑系列 万能式断路器



领先每一步 可靠新高度

浙江正泰电器股份有限公司

股票代码：601877 | 400-817-7777

www.chint.net/kunlun

可编程直流负载：用来模拟各种电池充放电全过程的能力，如恒流模式、恒压模式、恒阻模式、恒功率模式等，模拟电池组的阻抗，满足直流输出过程中各种模式下功率的消耗，过程可持续稳定，同时具备突加突卸等情况的状态模拟。可编程直流负载可以用于储能电池组容量试验检测，精确测量电池组容量。

智能开关柜：智能开关柜由L1、K1、K2、K3、K4、K5组成，开关采用ABB-400 A断路器组成。开关柜配备PLC控制板，实现远程开关状态的读取和开关控制。L1并网开关带有缓启动电阻，避免启动冲击电流。电站接入开关具备三相电量检测传感器、电流波形信号传感器，电网接入开关具备三相电量检测传感器、电流波形信号传感器。

波形记录仪：连接于分布式电

源并网变流器的输入输出侧，同时记录电网侧的电流波形和逆变器侧的电压波形。

功率分析仪：连接于分布式电源并网变流器的输入输出侧，能测试逆变器的效率、谐波、并网功率、功率因数、谐振频率、基频电流等参数。

集控系统：包括工控机、显示器、通讯模块集成、控制集成、信号显示集成、电站参数、电网参数采集集成。能够实现远程对系统设备的控制和参数设置。能够实现测试数据的实时显示和保存。

自动收放线装置：解决人工收放线费时费力难题。在电网接入端采用电缆型号YJV120，A、B、C、N四根线，每根长度为50米；一根长度50 m接地线YJV70。在电站接入端采用电缆YJV120，A、B、C、N四根线，每根长度为50 m。

结束语

随着能量需求呈现多样化和分布化趋势，多能互补分布式发电系统建设随之大力普及，以多能互补为中心的综合能源系统研究和工程实践也随之展开。为保证现场环境下分布式电源并网安全可靠，本文设计一种应用于现场测试的多能互补性分布式能源系统的移动检测平台。整个平台采用集成化设计安装于移动测试车上，其硬件系统包括电网扰动装置、防孤岛试验装置、可编程直流负载、智能开关柜、测量单元等。通过上位机软件控制设备及系统的数据分析统一进行处理，同时按照预设的格式出具试验报告。多能互补性分布式能源系统移动检测平台用于容量200kWp以内的分布式光伏电站、风力发电站以及储能电站多种分布式能源现场并网检测，且能够适应不同检测标准要求。EA

(上接第33页)

问题必需直面应对。由于受到风电机组技术的局限性以及受海洋恶劣的条件的影响，海上风电场的运行与维护，相对于陆上而言难度更大，要求更高。由于我国海上风电场运维经验不足，海上风电运输能力有限，运维难度大，运维费用昂贵。

针对我国海上风电场的特点，研究科学、合理的运维管理模式，是我国大规模开发海上风电的必要前提。

海上风场环境恶劣，风电机组必须满足气密、干燥、换热和防腐等更高的技术要求。海上风电机组的单机容量较大，有的还需配备安装维修的专用的停机坪、起重机等专用配套设施，都增加了海上风电机组的成本。表3列出了海上和陆上风电的成本结构。

其中，海上风电的投资成本高于陆上，主要是基础、并网和安装的成本较高，此外运输和维修成本也比陆上高得多。

由于海上征地制约因素少，风电机组设备布置更多、分布更广。然而，海上风电场处于气候变化较大区域，对风电机组有效的检修、维护影响很大。根据欧洲风场的经验，因气候影响导致取消检修的次数约占成功检修次数的15%，而在我国情况更不乐观。

海上风电机组功率容量与机组的体积与陆上风机相比更大，加之条件恶劣，海上风电机组的故障率相对较高。维修需要投入专业船舶，难度大且费用昂贵，加大了运维成本。据统计，海上风机运行维护成本是陆上机组的

2~4倍甚至更高。据GARRAD HASSAN风能咨询公司统计，通常机组的长期利用率可达97%左右。每年每台机组的平均运行和维护成本约为3~10万欧元。迫切需要研究风电场整体运维效率以降低其运维成本。

结束语

毋庸置疑，海上风电场成本要远远高于陆上的成本，运行经验与配套行业略逊于欧洲国家。虽然我国海上风电场建设才刚刚起步，但是我们能够积极汲取国外风电场建设、运维、管理的成功经验与失败教训。结合我国海上风电场的实际，通过优化运维模式，加强运维管理水平，一定能更好利用海上风能资源，实现我国海上风电产业后来居上、扬帆起航。EA