

新能源电器组件检测非标自动化设备的设计

唐乾隆 田涛 殷延海 刘占磊

安徽省巢湖市黄麓镇明星村委会耿庄村, 安徽 巢湖 238000

[摘要] 新能源行业更新换代快, 光伏板、电池、储能器件等新能源电器元件种类繁多, 性能参数、安全等级不断提高, 对检测的准确性、速度以及匹配性要求越来越高。文中研究基于新能源电器组件检测非标自动化设备设计核心原则, 设计了新能源电器组件检测非标自动化设备整体架构, 并对设计及使用中出现的针对性地进行改进, 提高装置的稳定性、准确性、匹配度, 并结合智能技术, 适应行业发展。

[关键词] 新能源; 电器组件检测; 非标自动化设备

DOI: 10.33142/sca.v9i1.18960

中图分类号: U469

文献标识码: A

Design of Non-standard Automation Equipment for Testing New Energy Electrical Components

TANG Qianlong, TIAN Tao, YIN Yanhai, LIU Zhanlei

Gengzhuang Village, Mingxing Village Committee, Huanglu Town, Chaohu City, Anhui Province, Chaohu, Anhui, 238000, China

Abstract: The new energy industry is rapidly evolving, with a wide variety of new energy electrical components such as photovoltaic panels, batteries, and energy storage devices. The performance parameters and safety levels are constantly improving, and the requirements for accuracy, speed, and matching of detection are becoming increasingly high. Based on the core principles of designing non-standard automation equipment for detecting new energy electrical components, this article studies the overall architecture of the new energy electrical component detection non-standard automation equipment, and makes targeted improvements to the problems that arise during design and use, improving the stability, accuracy, and matching of the device, and combining intelligent technology to adapt to industry development.

Keywords: new energy; electrical component testing; non standard automation equipment

引言

标准自动化测试系统无法满足个性化器件、个性化测试环境以及多样化参数测试需求, 随着“量体裁衣”这一核心优势的确立, 非标自动化测试系统开始作为助力于新能源电器组件生产检测的重要推手。“新能源电器组件检测非标自动化设备是以组件检测需求为中心, 结合机械传动、电气控制、传感检测、数据处理等相关技术而设计开发的一种自动化设备”, 其可以针对组件进行电气性能、结构完整性、环境适应性等方面的自动、精确检测, 有效避免人为检验的主观性偏差, 提高检验效率和一致性, 并减少人员成本和安全风险隐患。本文结合新能源电器组件检测的主要需求, 对设备设计主要思路、整体架构、核心技术和设计关键点进行了分析说明, 为同类型定制化自动检验装置的设计开发提供借鉴。

1 新能源电器组件检测非标自动化设备设计核心原则

非标自动化设备的设计核心结合新能源电器组件的检测特性遵循以下四大核心原则: (1) 适配性原则。为了满足多样化的生产需求, 需要严格遵循兼容性的原则, 以能够适配不同尺寸与型号的组件。采用先进的模板块设计理念, 针对各类组件检测的特殊性与专业性开展定制化的

深度设计。除此之外, 需要充分考虑生产现场的空间布局特点, 确保设备的检测速度与生产线的生产速度协同一致, 提升生产检测一体化水平。(2) 高精度原则。结合检测指标所容许的误差范围, 采用高精度的传感元件、可靠的传动机构以及效能卓越的控制模块, 开展信号采集与数据处理流程的优化工作, 减少环境干扰对检测精度的影响。

(3) 安全性原则。于新能源电器组件实施检测的过程中涉及高压、高温等危险因素, 将安全性原则贯穿于整个设备设计流程中。(4) 经济性与可维护性原则。在满足检测需求的前提下, 优先选用标准化、通用性强的零部件, 优化设备结构与运行流程, 降低研发、制造以及后期维护成本。

2 新能源电器组件检测非标自动化设备整体架构设计

新能源电器组件检测非标自动化设备的整体架构基于“流程化、自动化”设计, 整合机械执行系统、电气控制系统、传感检测系统、数据处理系统四大核心模块, 实现从组件上料、定位、检测、分拣到数据归档的全流程自动化。如图 1 所示。

2.1 机械执行系统设计

上料机构根据组件类型设计, 针对小型储能模块、动力电池单体, 采用皮带输送+机械手抓取的方式, 实现组

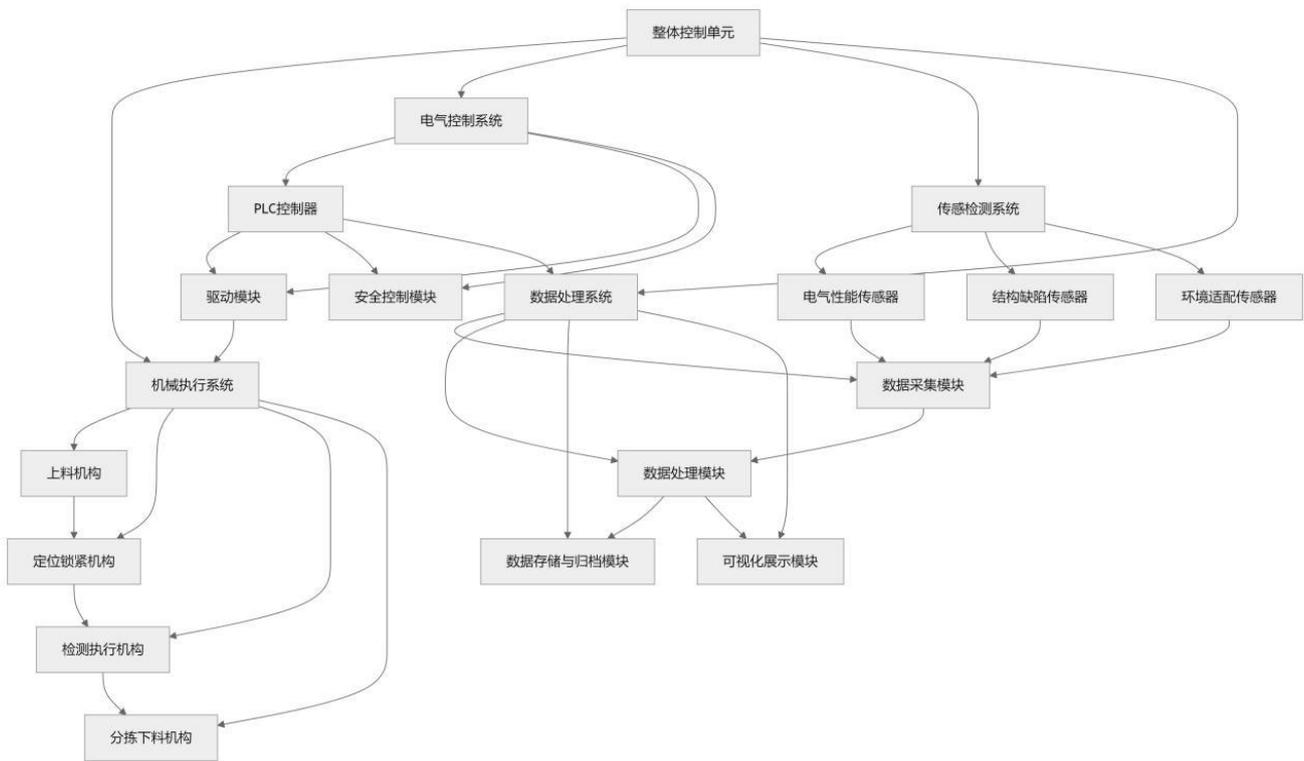


图1 新能源电器组件检测非标自动化设备整体架构图

件的自动上料,机械手选用直角坐标机械手或多轴机器人,具备精准定位能力,抓取精度 $\leq \pm 0.1\text{mm}$;针对大型光伏组件,采用滚筒输送+吸盘吸附的方式,避免组件表面划伤,输送速度可根据检测节拍调节(0.5~2m/min)。定位锁紧机构采用气动夹紧+定位锁定的组合方式,根据组件尺寸设计可调节定位块,适配不同规格组件,定位精度 $\leq \pm 0.05\text{mm}$,锁紧力可调节,避免损伤组件表面或内部结构。根据实际测试需求来设定相应的测试主体模块,例如电气性测试主体模块中包含有探针装置,在对被测件进行连接的过程中,可以将探针与电池片电极直接相连,并且在探针材料上采用耐磨损以及导电性强的材料,以防止出现短路的情况而导致测试结果不准确的现象发生。而在针对结构性测试过程中,则主要涉及的是红外线摄像头装置,如太阳能电池板是否存在裂纹的问题,在对此类问题进行测试时,就可以利用该摄像头对其进行整体性的扫描工作。分拣下料机构按照检测结果(合格/不合格),由机械手或者推送机构进行分拣到对应的料箱中,并有不合格品标记模块方便后期追溯。此外,机架采用型钢焊接结构,经时效处理消除应力,确保机架刚性,满足动态载荷要求(安全系数 ≥ 2.5),运动部件无干涉预留空间 $\geq 10\text{mm}$,滑动导轨配备注油咀,轴承采用带密封圈结构,防尘等级达到IP67以上。

2.2 电气控制系统设计

电气控制系统是设备的“大脑”,负责统筹各模块的

协同运行,核心采用PLC(可编程逻辑控制器)为控制核心,搭配驱动模块、安全控制模块、人机交互界面。PLC控制器采用高性能PLC,具有高速运算能力和多个模块扩展性,可以完成对机械执行机构动作的控制、传感检测信号的接受并进行处理、分拣逻辑的执行等功能,并且支持多种通信协议(Modbus、EtherNet/IP),方便与数据处理系统以及工厂MES系统进行连接。实现产线检测数据互通互联。驱动模块采用伺服驱动+步进驱动模式,伺服驱动应用于精确定位机构,如机械手、探针模组,保证运动轨迹精确;步进驱动应用于一般输送机构,在满足稳定性的前提下降低成本,驱动模块配合PLC实现对动作速度及行程的准确控制。安全控制模块集成急停按钮、红外防护、漏电保护、过压过流保护等功能,在监控过程中若发现有危险信号或者出现故障,则发出命令关闭电源、停止设备工作,同时发出报警信号以确保工作人员及设备的安全性,其中双回路急停按钮的时间 $\leq 0.5\text{s}$,对于高速设备增加光栅连锁,可实现0.1s快速断电。人机交互界面采用触摸屏设计,可实现参数设置(检测标准、运动速度、定位精度等)、运行状态监控、故障查询、检测数据查看等功能,操作简洁直观,支持参数保存与调用,便于操作人员操作与管理;同时嵌入故障树分析(FTA)逻辑,可实时显示故障代码,方便快速排查故障。

2.3 传感检测系统设计

传感检测系统是设备的“感知器官”,为后续数据处

理与判断提供依据,其检测精度与稳定性直接决定设备的检测质量。电气性能测试作为新能源电器元件测试的主要项目,对光伏组件,选取电压传感器、电流传感器、功率传感器,测试组件开路电压、短路电流、转换效率等指标,电压量程为0~1000V,电流量程为0~50A,功率精度 $\leq \pm 0.2\%$;对动力电池,选取内阻传感器、电压传感器、温度传感器,对电池进行内阻、电压、充放电性能等检测,其中内阻检测精度 $\leq \pm 1\text{m}\Omega$,温度检测范围-20~80°C,精度 $\leq \pm 0.5^\circ\text{C}$;针对储能模块,增加绝缘电阻传感器,检测模块的绝缘性能,避免漏电隐患。外观缺陷检测,对光伏组件隐裂、破损采用红外成像传感器及视觉传感器进行检测,红外成像传感器可以检测出组件内部的温度变化,从而发现组件存在的微小隐裂;视觉传感器利用图像拍摄及对比技术,实现组件表面破损、划伤等问题的检测,图像分辨率不小于1200万像素点,缺陷分辨率不大于0.1mm;对电池发生鼓包、变形等情况,采用位移传感器及压力传感器检测产品外形尺寸以及表面受力情况是否正常来判断是否有形变产生。环境适配传感器选用温度、湿度、气压传感器,实时采集检测环境参数,用于修正检测数据,避免环境因素对检测结果的影响,确保检测数据的准确性,其中温度传感器可实时补偿电气性能检测的温度误差。

2.4 数据处理系统设计

数据处理系统用于完成检测数据的采集、处理、储存、归档及显示,实现检测数据可视化管理和追溯功能。其中,数据采集模块是通过与传感检测系统的联动,实时采集各类型检测数据,并采用高速采集芯片,采集频率 $\geq 100\text{Hz}$,保证数据采集实时性和完整性,同时对采集到的信号进行滤波处理,消除电磁干扰、噪声等因素影响,提高数据精度。数据处理模块采用嵌入式芯片或工业计算机,对采集到的数据进行分析、计算与判断,对比预设的检测标准,判定组件是否合格,同时生成检测报告(包含组件规格、检测参数、检测结果、检测时间等信息),支持检测数据的统计分析(如合格率、缺陷类型分布等),PLC程序嵌入故障诊断逻辑,可辅助完成检测数据的异常分析。其中的数据保存及归档单元利用本地储存+云储存相结合的方法,本地储存使用大容量硬盘对近期检验数据以及报告进行储存,可以完成数据的备份和恢复功能;云储存能够实现检验数据在远方的访问和长时间归档的功能,有利于生产管理和质量追溯,满足《产品测试与验证规范》(GB/T 35779—2020)中有关数据留存的要求。显示部分采用人机界面,在远程终端上以图形化的方式对现场设备运行情况、检测数据、检测结果进行显示,并可打印、导出检测报告,供操作员及管理人员查看,也可将数据显示到工厂MES系统中,以便于进行生产检测一体化管理。

3 设备设计关键技术与优化措施

新能源电器件测试非标自动装置的设计要攻克精确

定位、防干扰、多参数联动检测等难题,并对设计及使用中出现的进行有针对性地改进,提高装置的稳定性、准确性、匹配度,并结合智能技术,适应行业发展。

3.1 高精度定位与运动控制技术

高精度定位是保证检测精度的关键,对于部件定位以及检测机构的运动控制,采用了伺服电机+滚珠丝杠传动组合适配,滚珠丝杠采用高精度滚珠丝杠,其导程误差 $\leq \pm 0.01\text{mm/m}$,并配合使用行星减速器,减小了传动间隙,提高了传动精度;并且采用闭环控制方式,利用编码器实时反馈运动的位置信息,采用PLC联动定位找正,定位精度 $\pm 0.03\text{mm}$;运行中存在振动现象,在传动部分和机架间加装减震垫,选用阻尼系数合适的材料,降低振动对定位精度影响,并利用数字孪生技术,构建设备虚拟模型,提前模拟运动轨迹,优化结构设计,降低运动干扰的问题。

3.2 抗干扰技术优化

电路设计方面,采用屏蔽电缆传输传感信号与控制信号,将强电电路与弱电电路分开布局,避免强电信号干扰弱电信号;在电路中设置滤波电容、电感,消除电源噪声与信号噪声;优化接地设计,采用单点接地或多点接地相结合的方式,降低接地电阻,减少电磁干扰。结构布局方面,将检测机构与电气控制模块分开布置,避免检测过程中的高压、高温对控制模块的干扰;在设备外壳采用金属屏蔽材料,屏蔽外部电磁干扰。信号处理方面,对采集到的信号做二次滤波及放大处理,使用数字滤波算法,去除噪声干扰,提高信号稳定性和准确性。

3.3 多参数协同检测技术

采用模块化设计,把不同的检测项目对应的检测机构、传感器集成在设备内,由PLC统一协调控制,使得各个检测过程能有条不紊地进行下去,避免了重复上料、定位,缩短检验时间。合理规划检测流程,优先完成无损伤检测(如结构缺陷检测),再进行电气性能检测,避免电气检测对组件造成损伤后影响结构检测结果;采用并行数据采集与处理技术,同时采集多项检测数据,提升数据处理效率;设置检测参数联动调节功能,当组件规格切换时,各检测模块的参数同步调节,无需单独设置,提升设备适配性。

3.4 设备可靠性优化

机器的稳定性影响到生产的效率,尽可能地使用品牌度高、通用性好、耐磨的标件,关键零件(PLC、伺服马达、传感器)使用工级品。改善机身框架及机械传动部分的应力状态,应用优质材质,提高机器的负载能力和耐疲劳性能;加装保险装置,防止灰尘、水汽侵入到设备内,损坏设备部件。完善故障检测模块,实时监控设备各个模块的工作情况,并记录故障信息,方便及时排查维修;定时为设备提供保养提示,依据设备部件使用年限,设定保养时间,降低设备故障率。

4 结论与展望

伴随新能源产业进一步发展,新能源电器元件种类日益增多,检测标准日益严格,非标自动化检测设备向着智能化、模块化、多元化以及绿色化的发展趋势。智能化是指结合 AI 技术、机器视觉技术和大数据分析技术等,完成对缺陷的自动判别、检测参数的自动调整、设备故障预警及判断等功能,提高设备的自主性,降低人为因素影响。完善模块化的设计思路,实现检测试验机台的快换快升功能,一台试验机能适应更多的部件类型及检测试验项次,增强试验机通用性和机动性,减少研发交货周期。多样化上,扩大测试项,不仅可以进行电气性能、结构缺陷的检测,还可以结合进行环境适应性检测(高低温、湿热、盐雾检测)、寿命检测等项目,满足组件全生命周期检测的需求;绿色化上,秉承绿色制造的理念,使用绿色环保材料、节能技术,降低资源消耗及环境污染。今后,非标自动化的测试系统设计应结合新能源器件发展方向,突破关键核心技术,提高测试系统水平,考虑成本及稳定性,并

充分考虑对接规范,促进测试系统的标准化建设,从而为新能源行业的绿色发展、高效发展、安全发展贡献力量。

[参考文献]

- [1]王聪.非标自动化设备行业市场发展的综述研究[J].科技经济市场,2017(6):77-78.
 - [2]周永华,周景吉,赵敬,等.非标自动化物流设备标准化、模块化发展需求及重要意义研究[J].无线互联科技,2017(8):85-86.
 - [3]项海平.非标自动化设备的特点与创新设计探究[J].海峡科技与产业,2017(4):84-85.
 - [4]田旭.汽车发动机装配线 PLC 控制系统柔性化改造设计[J].汽车测试报告,2025(3):7-9.
 - [5]王桂英,韩东,庞晓飞,等.汽车发动机装配线的 SPC 质量控制系统设计[J].中国农机化学报,2016,37(2):174-179.
- 作者简介:唐乾隆(2001.2—),毕业院校:河南理工大学,所学专业:机械设计制造及其自动化,当前就职单位:浙江正泰电器股份有限公司。