

# 电气工程电子技术应用

季 托

甘肃电气装备集团甘电科技工程有限公司 甘肃 兰州 730000

**摘要：**本文聚焦电气工程电子技术应用，阐述了电子技术基础理论，涵盖电路与信号分析、半导体器件、嵌入式系统与微控制器、电力电子技术。接着介绍了电子技术在电力系统自动化、电机驱动与控制、新能源与储能技术、工业自动化与智能制造、建筑电气与智能家居等关键领域的应用。最后指出，随着前沿技术发展，电子技术将推动电气工程向智能化、高效化、可持续化迈进，为电气工程领域带来新机遇。

**关键词：**电气工程；电子技术；应用

## 引言

在当今科技飞速发展的时代，电气工程作为关键领域，其发展离不开电子技术的支撑。电子技术凭借独特的优势，深入渗透到电气工程的各个环节。从基础的电路设计到复杂的系统控制，从传统的电力传输到新兴的能源利用，电子技术都发挥着不可替代的作用。了解电子技术在电气工程中的应用，不仅有助于推动电气工程领域的技术创新，还能为解决能源、环境等全球性问题提供新的思路与方法。

## 1 电子技术基础理论

### 1.1 电路与信号分析

电路与信号分析是电子技术的基石，涵盖模拟与数字两大领域。模拟电路专注于连续信号的处理，核心器件包括运算放大器、滤波器等。放大器凭借反馈机制，实现了信号的增益，被广泛应用于传感器信号的调理及音频处理领域；而滤波器，则是通过电容、电感等元件的巧妙组合，达到了低通、高通或带通的功能，有效用于噪声的抑制及信号的提取。数字电路则聚焦离散信号，逻辑门（如与门、或门）构成数字系统的基础单元，通过布尔代数实现逻辑运算。微处理器是数字电路的集成体现，它凭借指令集与时钟控制的协同作用，能够高效地完成复杂的计算任务及任务调度。

### 1.2 半导体器件

半导体器件是电子技术的核心载体，其发展推动了微型化与高效化进程。二极管作为最基础的半导体器件，通过单向导电性实现整流与稳压，常见于电源电路与信号解调。晶体管（如BJT、FET）通过控制基极或栅极电流实现信号放大与开关功能，是模拟电路与数字电路的关键元件。集成电路（IC）通过先进的工艺技术，将数以亿计的晶体管、三极管、二极管等半导体器件以及电阻、电容、电感等基础电子元件集成于单片芯片

上，封装后形成具备复杂电路功能的微型电子器件或部件。这些集成电路按功能可以分为模拟IC、数字IC与混合IC，其中数字IC在应用领域中，如人工智能、5G和物联网等，正日益展现出其重要性。

### 1.3 嵌入式系统与微控制器

嵌入式系统通过软硬件协同实现特定功能，广泛应用于工业控制与消费电子。微控制器（MCU）作为其核心，集成了CPU、存储器与外设接口，形成单芯片解决方案。例如，8位单片机（如51系列）由于其超低成本和简单设计，在中国市场保持活跃，尤其适用于成本敏感型的简单控制任务；而32位ARM架构MCU（如STM32系列）则凭借其高性能与低功耗，在物联网与汽车电子等高端应用领域中占据主导地位。ARM架构通过指令集优化与多核设计，支持实时操作系统（RTOS）与复杂算法运行。此外，微控制器通过外设扩展（如ADC、PWM）实现传感器数据采集与电机驱动，进一步简化了系统设计<sup>[1]</sup>。

### 1.4 电力电子技术

电力电子技术通过功率半导体器件实现电能的高效转换与控制，是新能源与智能电网的关键支撑。功率器件如IGBT（绝缘栅双极型晶体管）与MOSFET（金属氧化物场效应晶体管）兼具高耐压与低导通损耗，根据Omdia的数据，MOSFET在功率器件市场中占据主导地位，而IGBT则因其高耐压和低导通损耗特性，广泛应用于电力电子领域，如变频器、新能源系统以及工业电机等中高频开关应用。整流电路通过二极管或晶闸管将交流电转换为直流电，逆变电路则反向实现直流—交流转换，广泛应用于变频器与光伏逆变器。变频技术通过调整电压与频率，实现电机无级调速，显著提升工业设备效率。

## 2 电子技术在电气工程中的关键应用领域

### 2.1 电力系统自动化

(1) 智能电网集成了信息技术与通信技术,从而实现了电网的实时监测与优化控制。SCADA(数据采集与监视控制系统)作为智能电网的基础架构,利用传感器与通信网络采集电网运行数据(如电压、电流、功率),并通过中央控制平台实现远程监控与故障定位。例如,在分布式能源接入场景中,SCADA系统可协调光伏电站与储能装置的输出,确保电网稳定性。PMU(同步相量测量单元)利用高精度时钟同步技术,精确测量电网各节点的电压与电流相量,为动态稳定性分析提供了强有力的数据支持。2019年美国加州大停电事件中,PMU数据揭示了电网频率骤降的根源,为后续保护策略优化提供了依据。(2) 电力电子变换器是智能电网中实现电能高效转换与传输的关键设备。HVDC技术凭借电力电子器件(例如IGBT)实现了直流电的长距离高效传输,大幅度减少了线路损耗,并缩减了走廊宽度。例如,中国±800kV乌东德—广东特高压直流工程采用模块化多电平换流器(MMC),将三峡水电输送至华南负荷中心,输电效率提升15%。FACTS(柔性交流输电系统)则通过SVC(静止无功补偿器)、STATCOM(静止同步补偿器)等装置,动态调节电网无功功率,抑制电压波动与谐振。2020年印度电网因新能源波动导致电压崩溃,FACTS装置的快速响应有效避免了大规模停电。(3) 未来,智能电网将进一步融合AI与边缘计算技术,实现电网的自愈与预测性维护。例如,基于深度学习的负荷预测算法可提前72小时预警电网过载风险,而区块链技术则可保障分布式能源交易的安全性。

## 2.2 电机驱动与控制

(1) 变频调速(VFD)技术通过调整电源频率与电压,实现电机无级调速,广泛应用于风机、泵类等负载。传统定速电机面临能耗偏高、响应迟缓的难题,而VFD技术则运用PWM(脉冲宽度调制)策略,精准调控IGBT的开关频率,成功将输入的交流电转换为频率可调的交流电。例如,在中央空调系统中,VFD可使风机转速与负荷需求匹配,节能率达30%以上。此外,VFD的矢量控制算法能有效分离电机的磁通与转矩,从而实现快速且灵敏的动态响应,广泛应用于数控机床领域。(2) 步进电机与伺服系统则聚焦高精度运动控制。步进电机依据脉冲信号进行驱动,每当接收到一个脉冲信号时,即旋转一个固定的角度,非常适合于3D打印机、雕刻机等开环控制系统。伺服系统利用编码器反馈信号实现精准的闭环控制,并结合PID算法实时调整输出,从而在机器人关节、数控铣床等应用中达到微米级的定位精度。例如,ABB工业机器人采用高精度伺服电机,配合力矩

传感器,可完成汽车零部件的精密装配。(3) 未来,电机驱动技术将向集成化与智能化发展。例如,无传感器控制技术通过电机电流与电压估算转子位置,降低系统成本;而碳化硅(SiC)功率器件的应用则可提升VFD的开关频率与效率,推动高速电机在电动汽车中的应用<sup>[2]</sup>。

## 2.3 新能源与储能技术

(1) 光伏逆变器将太阳能电池板输出的直流电转换为交流电并网,其效率直接影响发电收益。传统集中式逆变器存在MPPT(最大功率点跟踪)响应慢的问题,而组串式逆变器通过电子技术实现单板级MPPT,提升发电效率5%以上。例如,华为SUN2000系列逆变器,例如SUN2000-111KTL-NHM0型号,采用三电平拓扑与智能算法,在复杂光照条件下仍能保持高达98.7%的转换效率。(2) 风力发电变流器则针对风速波动性进行优化。双馈风力发电机借助变流器调控转子励磁电流,达成变速恒频发电效果,有效减轻机械应力。直驱永磁风力发电机组采用全功率变流器,将发电机输出的变幅交流电转换为恒频交流电,提升系统可靠性。例如,金风科技与三峡集团联合研制的全球首台16兆瓦超大容量海上风电机组,每转动一圈可发电34.2千瓦时,每年发电量超过6600万千瓦时,能够满足3.6万户三口之家一年的生活用电。(3) 电池管理系统(BMS)是储能技术的核心,负责电池状态监测、均衡控制与热管理。BMS凭借电压、电流传感器收集电池数据,并运用SOC估算算法(例如卡尔曼滤波),实现精确管理。例如,特斯拉Powerwall储能系统采用分层BMS架构,通过主动均衡技术延长电池寿命。(4) 未来,新能源技术将向高功率密度与智能化发展。例如,固态电池与液流电池的商业化将推动储能系统能量密度提升;而AI驱动BMS则可实现电池健康预测与故障预警。

## 2.4 工业自动化与智能制造

(1) PLC(可编程逻辑控制器)是工业自动化的“大脑”,通过梯形图编程实现逻辑控制、顺序控制与运动控制。传统PLC因I/O点数有限及通信速度较慢而受限,相比之下,现代PLC(例如西门子S7-1500系列)则配备了多核处理器和实时以太网(PROFINET)技术,能够支持千兆级数据的高速传输及复杂算法的顺畅运行。以汽车焊接生产线为例,PLC能够高效地协调数百个机器人与传感器的协同动作,确保实现毫秒级的快速响应。(2) 工业机器人通过电子技术实现高精度运动与智能决策。协作机器人(例如UR系列)凭借力矩传感器和先进的视觉系统,能够与人类实现安全高效的协同作业;而SCARA机器人则通过电子凸轮技术,实现了高速分拣作

业，其效率是传统人工操作的5倍之多。例如，富士康工厂采用5000台机器人实现手机组装自动化，良品率提升至99.8%。（3）传感器网络是工业互联网的基础，通过无线通信（如ZigBee、LoRa）实现设备互联。例如，西门子MindSphere平台，作为基于云的开放式物联网操作系统，能够连接各种工业设备并集成温度、压力、振动等传感器数据。通过利用强大的数据分析和机器学习工具，该平台能够实现预测性维护，有效预测设备故障，从而帮助企业减少停机时间超过30%。（4）未来，工业自动化将向数字孪生与5G融合发展。例如，数字孪生技术可构建虚拟生产线，优化工艺参数；而5G低时延通信则支持远程操控与AR辅助维护。

### 2.5 建筑电气与智能家居

（1）楼宇自动化（BAS）通过中央控制系统（如江森自控Metasys平台）集成空调、照明、安防等子系统，实现能耗优化与舒适性管理。例如，BAS可根据室内外温湿度自动调节空调运行模式，节能率达45.47%以上。此外，BAS通过与电网互动（如需求响应），在用电高峰期降低负荷，获得经济激励。（2）物联网（IoT）技术与智能照明系统，借助无线通信技术（例如蓝牙Mesh、ZigBee等），实现了设备间的互联互通以及场景化的智能控制。例如，飞利浦Hue智能灯泡可通过手机APP调节色温与亮度，结合人体传感器实现人来灯亮、人走灯灭。智能家居中控系统（如小米米家）则可集成门锁、摄像头、窗帘等设备，提供一键离家、回家模式。（3）未来，建筑电气将向绿色化与主动化发展。例如，

光伏建筑一体化（BIPV）技术将太阳能电池板集成至屋顶与幕墙，实现建筑自供电；而AI驱动的BAS则可预测用户行为，自动调节环境参数，提升能源利用效率<sup>[3]</sup>。

### 结语

电子技术在电气工程中的应用广泛且深入，从基础理论支撑到各关键领域的实践，再到与前沿技术的融合创新，都彰显出其强大影响力。随着人工智能、5G、新型半导体材料等技术的持续进步，电子技术将进一步推动电气工程向智能化、高效化与可持续化迈进。例如，全球半导体材料市场规模预计在2025年前将突破4000亿美元，年均增速超过10%，这一增长主要得益于智能手机、物联网与新能源汽车等领域的持续需求。新型半导体材料如氮化镓、碳化硅等以其优越的电气特性和热性能，正在成为下一代电子产品的核心材料。随着电子技术的持续创新，电气工程领域正迎来前所未有的发展机遇。电力电子技术在能源转换、电力传输和驱动系统等关键领域的应用，不仅提高了能效和电网稳定性，还推动了可再生能源的发展，为人类社会创造了巨大的价值。

### 参考文献

- [1]李琴.浅谈应用电子技术在电气工程中的应用[J].数字技术与应用,2020,38(9):65-66.
- [2]王龙法.浅谈电子技术在电气工程中的应用[J].电子元件与信息技术,2024,8(4):200-202.
- [3]王芮.电子技术与电气工程训练应用研究[J].中国设备工程,2023(16):205-207.