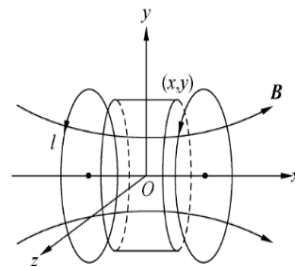


赫姆霍兹线圈驱动解决方案

1.1 赫姆霍兹线圈工作原理

赫姆霍兹线圈（Helmholtz coil）是由一对完全相同的圆形导体线圈组成，产生大体积的均匀磁场，可组合一维、二维与三维标准直流或交流磁场，模拟生物磁场、地磁环境与电磁干扰试验等。广泛于医疗、电子、材料等领域，如医疗应用中胶囊内镜机器人、磁场屏蔽等。



其通过一对彼此平行且同轴的圆形连通线圈，且两线圈间距与圆线圈半径相同，使两线圈内通过方向一致且大小相同的电流，其公共轴中点附近产生较广的均匀磁场。在一维磁场的基础上，还可进行二维、三维组合磁场的叠加，可提供交流磁场或直流磁场，并且电流和磁场具有非常稳定的线性关系。

1.2 测试驱动需求及方案对比

为满足产生不同测试需求下磁场类型的变化，赫姆霍兹线圈的驱动需求丰富且要求严格。

- 需求交流、直流、交流+直流叠加等供电方式以产生不同类型磁场；
- 通过高精度及高稳态性供电方式以精准控制磁场大小；
- 通过高精度相位控制以精准控制磁场方向；
- 需求 2Hz~3000Hz 的输出频率范围以控制高频、低频的磁场变化；
- 线圈为高感性负载，启动电流冲击大，要求供电设备抗扰能力强。

该行业传统方式通过【信号发生器+放大器】组合作为亥姆霍兹线圈驱动电源。信号发生器主要调节电压频率与相位角等参数，放大器主要对信号发生器信号功率放大输出，驱动亥姆霍兹线圈运行。该组合方式虽原理简单、精度尚可，但也存在明显不足，每一维线圈都需要一组驱动设备，体积大导致测试空间的浪费，且多组驱动导致同步性较差。

ZLG-PSA6000 系列可编程交流电源，延续【信号发生器+放大器】组合的优点，并具备多种输出模式、三相独立输出、宽频输出、高精度电压输出及测量、高精度相位控制并配相位渐变功能、支持多类型接口通信、良好用户体验等功能优势。在同等输出配置条件下，PSA 系列可编程交流电源的驱动方案现场配线更简单，占地空间更小、操作控制更便利，成本更低，是赫姆霍兹线圈更为优质的驱动电源。



通信快
接线快



电压控制准
相位控制准



节约空间
节约费用



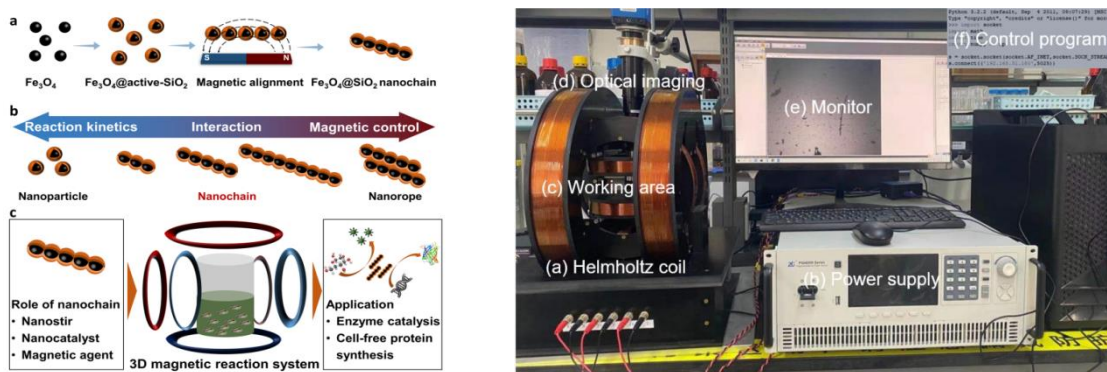
宽频范围输出
功能应用广泛

驱动方案		信号发生器+放大器	PSA6000 可编程交流电源
性能需求	多类型输出	√	√
	高精度电压控制	○	√
	高精度相位设定	√	√
	相位渐变控制	○	√
	宽频范围输出	√	√
	高抗扰性能	√	√
接线流程		复杂	简单
占用空间		大	小
采购成本		高	低

1.3 PSA 成功应用范例

1.3.1 微纳机器人控制

清华大学、南方电子科技大学等高校采用 PSA6000 系列可编程交流电源驱动方案，应用于赫姆霍兹线圈三维磁场的微纳机器人控制，微纳机器人未来将成为生物医学领域重要的治疗载体，主要用于定点靶向药的投放、酶催化及蛋白质合成等，对现代医学发展至关重要。



其采用 Python 程序通讯的控制方案，通过三相独立设定及输出控制三维立体线圈，循环下发电压及相位设定数据以产生高频磁场变化从而控制微纳机器人定向运动；通过单相高频高压（600V/3000Hz）、超低频（2Hz）、三相不平衡设定等方式测试磁场不平衡态下的粒子运动。ZLG 研发团队持续提供测试解决方案，不断解决测试难题并挖掘该应用领域的测试需求。

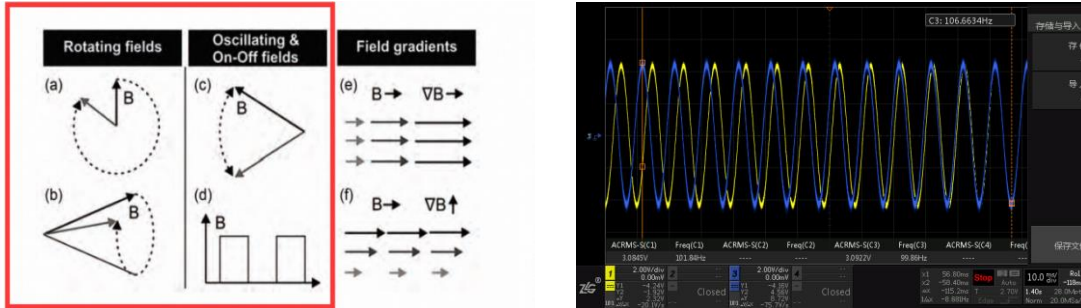
清华大学该团队论文成果成功发表于“ACS Applied Materials & Interfaces”期刊，论文影响因子 8.75。ZLG 电源事业部与该团队会持续开展在该领域的驱动方案交流，努力提供最前沿的赫姆霍兹线圈驱动解决方案。

1.3.2 磁场屏蔽模拟系统

在日常生活中，存在地磁场、交流电磁场等各类磁场，很多精密产品，如高集成芯片等，生产过程中都需严密考虑磁场干扰量，甚至需要屏蔽磁场。而赫姆霍兹线圈不仅能产生磁场，还能反向用于磁场屏蔽，通常直流供电产生的磁场用于屏蔽地磁场，交流供电产生的磁场用户屏蔽交流电磁场

因磁场强度在不断变化，故在该使用场景中，供电的条件也要不断随之变化，通过磁通门计

及相应公式的计算得到的供电需求通过程序语言下发至 PSA 电源中。但整个**变化过程中相位必须是高精度线性且缓慢变化的**，要求驱动设备对被测物相位控制精度及相位渐变方式提出高要求。PSA6000 可编程交流电源支持三个相位独立 0.01° 的相位控制精度及 $0.01^\circ/\text{S}$ 的相位渐变量，可提供对相位的精确控制，确保所产生磁场均匀变化。



通过与北京某磁感线圈专业集成商的深度合作，PSA6000 可编程交流电源配套赫姆霍兹线圈已成功应用于华为海思芯片制造过程中的磁场屏蔽，其供能的高稳态及高精度控制得到用户好评。