

数控接触器研究现状及发展趋势

刘津平¹，刘昊^{1,2}，刘玉洁³

(1. 四川荣高数控电器有限公司, 四川 成都 610016; 2. 北京航空航天大学软件学院, 北京市 100083; 3. 中国空间研究院西安分院, 陕西 西安 710100)

摘要：交流接触器作为低压电器核心元器件，在一定程度上决定了低压电器的技术水平，引导了低压电器行业的发展方向。近年来，国外交流接触器的新产品、新技术、新工艺层出不穷，始终未能解决交流接触器起动功率大、运动可控和环境适应性能差等的技术弊端，制约了交流接触器在工业信息化领域的应用与发展。

数控接触器研究内容及发展方向，符合我国低压电器新产品发展的总体思路，依靠自主创新，解决了交流接触器低功率起动、运动可控和严酷环境使用的技术难题，具有独特的技术风格和巨大的市场应用价值。数控接触器产品定位于高端市场，拥有自主知识产权，各项技术指标达到国际先进水平，形成以高性能为基础，信息化为主导，兼备节能、环保的优势特征，为打破国际知名企业的行业垄断和探索我国新型低压电器产品发展方向进行了有益的尝试。

关键词：数控接触器 单脉冲电磁原理 电子兼容性 运动可控性 新型低压电器研究

0 引言

随着工业信息化程度的提高，工业自动化控制系统呈现出日趋大型化、复杂化、网络化。对执行终端器件交流接触器提出了降低能耗、电子兼容、运动可控的需求。传统交流接触器起动功率大、运动可控和电子适应性差的弊端，制约了交流接触器在工业信息化领域的应用。

数控接触器的研发应对工业信息化发展的需求，以降低接触器起动功率为起点，以提高接触器核心技术指标为手段，以实现电器元件电子化、智能化、信息化为目标。设计出具有高性能为基础，信息化为主导，兼备节能、环保技术特征的新概念产品。

1 研究内容

1.1 设计理念

数控接触器系的设计理念：依据工业信息化发展的需求，设计全新概念产品，实现电器元件使用电子化，产品性能达到国际先进水平，改变交流接触器传统的工作方式和使用方法，摆脱功率按钮和辅助开关的束缚，如同使用电子元件一样简便（如：中功率晶体管）直接应用于电子电路和工业自动化控制系统。

1.2 技术特征

以低功耗数控接触器为例，其技术特征体现在电子兼容、运动可控和环境适应性能方面。

(1) 电子兼容性

电器元件电子化是新型接触器产品研发的主流方向。现代企业装备的计算机与电器元件及机械装置组成的自动化控制系统，要求电器产品应有高可靠性、高抗干扰性，和高电子兼容性。低功耗数控接触器的控制电路设计有四个接线端子，分别为 A₁ 电源端 VC⁺，A₂ 控制端 Vi⁺，A₃ 控制端 Vi⁻，A₄ 电源地线端。图中电源电压 24VDC，电源电流（起动）不大于 400mA，（保持）不大于 10mA；控制电压 24VDC，控制电流不大于 10mA（图 1）。

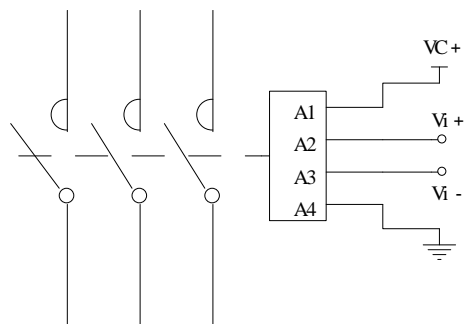


图 1

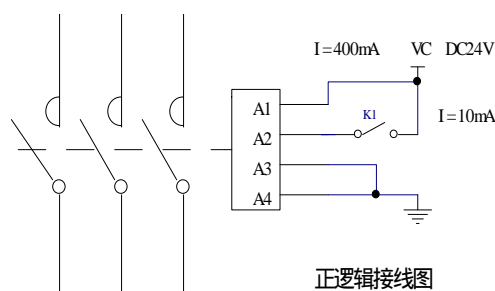


图 2

低功耗数控接触器的使用方法：有兼容连接与隔离连接。兼容连接是指兼容于电子电路，其特征是：接触器的控制电路和电子电路公用一个直流电源，共用一个信号地。兼容连接又分为：正逻辑有效（图 2）和负逻辑有效（图 3），图中 K₁ 为微型开关（30V，0.1A）也可由晶体管替代。隔离连接是指接触器由一组电源供电，控制端由另一组电源供电（图 4），隔离连接时，控制电压可选择 12V DC 或 5V DC。

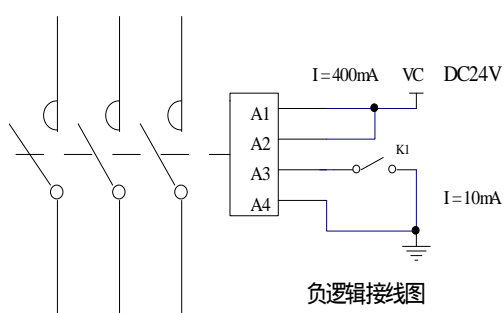


图 3

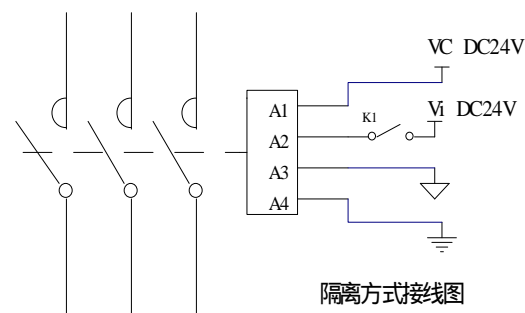


图 4

电子兼容性的实现，得益于数控接触器起动性能（表 1）控制端驱动能力（表 2）。

表 1 功率及耗电量

企业标准：Q/78014280-X.1-2006

基本规格型号	功率, VA		耗电量, kW.h/24h
	起动	保持	运行
SD-100 ~ SD-220 *	8	0.2	0.08
SD-300 ~ SD-800 **	12	0.2	0.12

注：* 间断工作制，操作频率：1200 CPS/h, ** 间断工作制，操作频率：600 CPS/h

表 2 控制端驱动试验条件

企业标准：Q/78014280-X.1-2006

触发方式	接通		分断		循环次数
	电压 V	电流 mA	电压 V	电流 mA	
高电平有效 DC	18~ 24	10	0~ 3	1	25
低电平有效 DC	0~ 3		18~ 24		

(2) 运动可控性

运动可控是指接触器在主电路空载条件下，可循环操作的吸合时间与释放时间的精确度。设定接触器运动可控性参数指标，的有助于提高工业数控系统的制造精度。数控接触器的接通与分断操动，均要向励磁线圈施加正向、反向单脉冲触动电流，流经励磁线圈的触动电流是一个脉冲波（图 5，图 6）。

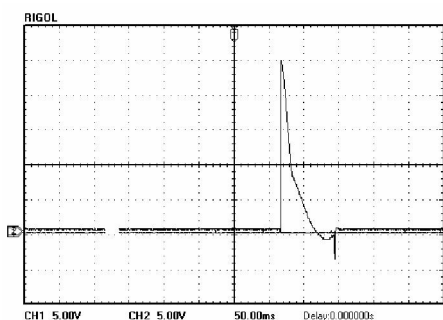


图 5 吸合脉冲波形图

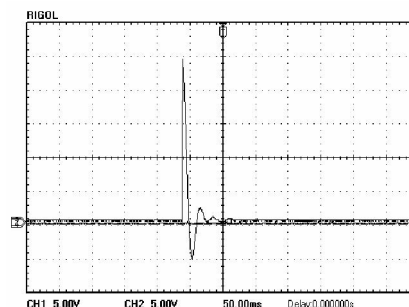


图 6 分断脉冲波形图

图中吸合与分断的触动电流波形上升沿陡峭，显示运动可控性能良好。接触器吸合时间和释放时间允许误差标准值不大于±1ms(实测最大误差值：吸合 - 0.335ms 释放 - 0.124ms)。

(3) 环境适应性

产品的环境适应性能决定了产品的内在价值和应用范围，低功耗数控接触器的温度、倾斜、摇摆、振动、冲击及电磁兼容等技术指标，可以满足严酷环境使用的技术要求。

部分环境适应性指标如下（表 3）：

低温：工作温度：-25 （不间断工作制），工作温度：-40 （短时工作制）。

高温：工作温度：55 （不间断工作制），工作温度：70 （短时工作制）。

冲击：冲击方向：垂直，加速度幅值：50 g，持续时间 6 ms。

振动：振动方向：三向，扫频范围 10Hz ~ 55Hz，加速度幅值：1g。

倾斜：纵倾角度：±60°，横倾角度：±60°。

摇摆：纵摇角度：±45°，横摇角度：±45°。

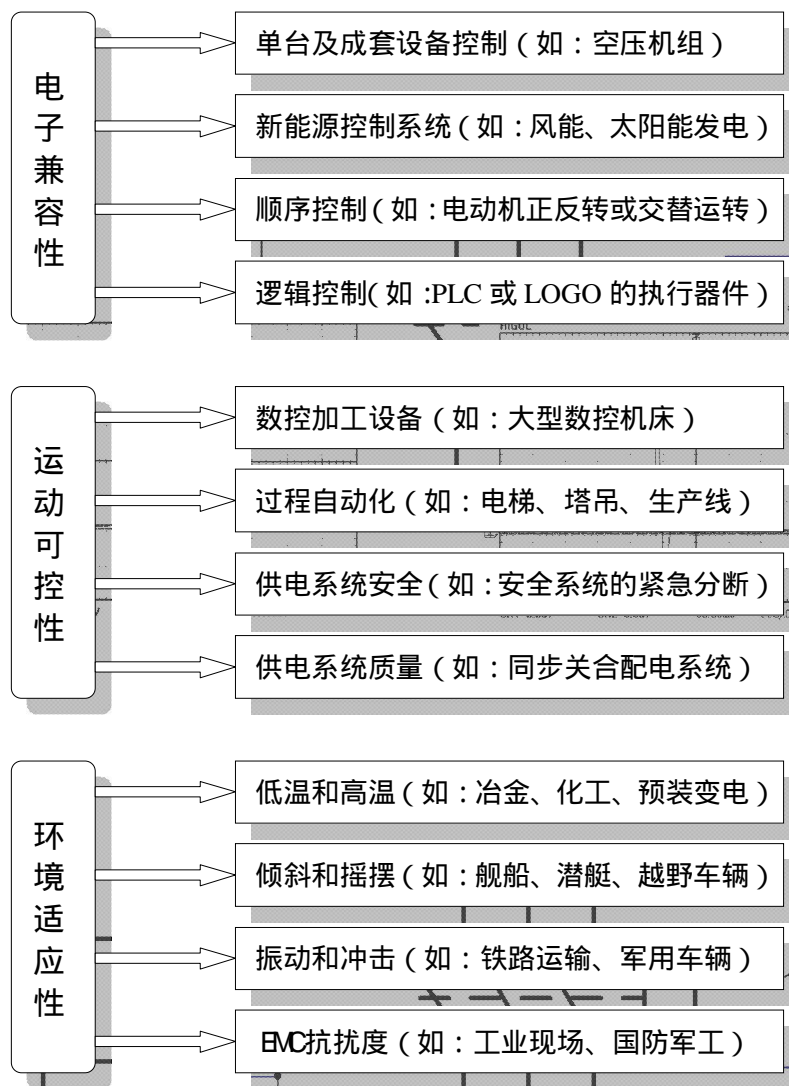
表 3 EMC抗扰度

试验类型	试验等级	严酷度电平
静电放电	4级	8kV/(接触放电)
电快速瞬变脉冲群	4级	试验电压 4kV
浪涌 (冲击)	3级	试验电压 2kV

2 研究成果

数控接触器的技术特征和制造成本决定其定位中、高端市场，适用于对节能、环保、使用环境及信息化程度有较高要求的场合。

2.1 技术特征与应用领域示意图。



2.2 应用技术要点

工业自动化控制系统的大型化、复杂化、网络化。使其电源系统日趋庞大、工程设计的复杂程度和系统运行、维护成本不断提高。低功耗数控接触器的推广应用，可以有效地简化系统构成、降低控制系统电源功率、提高运行可靠性，达到降低制造成本和运行成本的目的。

图 7 为低功耗数控接触器与 PLC（晶体管输出型）组成的工业控制系统。控制系统中 PLC 与 4 台数控接触器共用一组 24V DC 供电，图中开关电源功率仅为 50W，可编程逻辑控制器的输出端 Q₀、Q₁、Q₂、Q₃、可以直接与对应的接触器控制端连接，根据现场情况编制相应的控制程序即可投入使用。本系统的工程样机一经公开演示，立即引起国内外专家的高度关注。数控接触器的研发与应用，不仅改变了交流接触器传统的工作方式和使用方法，

而且改变着交流接触器产品的传统理念。

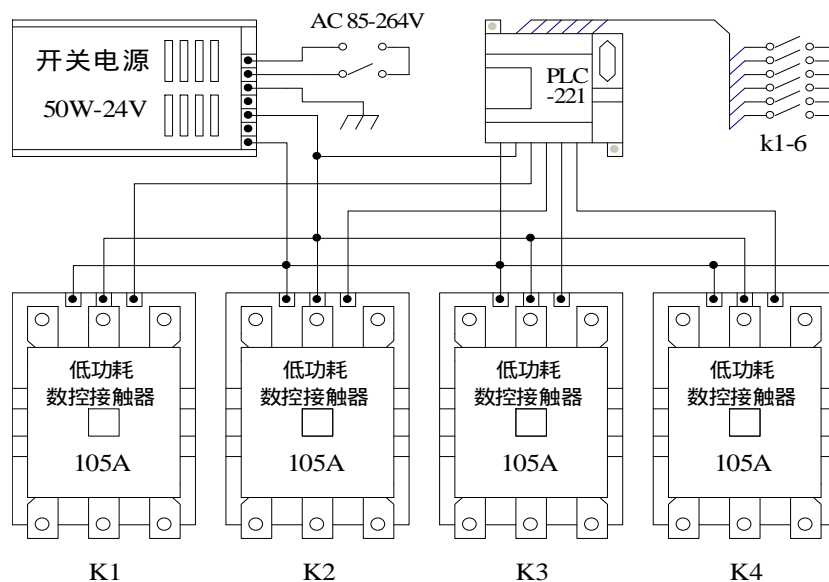


图 7

2.3检测、标准与专利

我国低压电器产品的检测手段、执行标准、知识产权状况代表了行业总体技术水平，是行业内企业技术创新的基础平台。数控接触器的研发对提高我国检测、标准、专利水平有一定的促进和借鉴作用。

(1) 检测

数控接触器是强、弱电相结合的产品，产品的技术参数涉及面广，部分性能指标是业界首次检测，全部项目检测委托三家检测单位完成。他们为此添置新设备、制定新规则，对国际领先的技术参数检测慎之又慎。共取得 8份《检测报告》。

(2) 标准

商品的市场化运作促使产品以高性能、多功能及使用人性化为卖点，推动产品不断更新换代，产品的执行标准也随之提高，《SD型数控接触器》^[2]和《SY型数控接触器》^[3]的企业标准制定的核心就是坚持技术领先、推陈出新，突出体现新功能、高指标，以标准形式规范技术创新成果。

(3) 专利

数控接触器的研发借鉴国际知名企业的先进理念，在知识产权战略中坚持以发明专利为核心，结合涉外专利，形成专利组合。先后获得三项国家发明专利(专利号：ZL200510021642Q ZL2004100814966 ZL2005100209164)。PCT (PCT/CN2006/002210) 国际申请的《专利性国际初步报告》声明：全部权利要求具有新颖性(N)、创造性(IS)、工业实用性(IA)。涉外专利(申请号：12066235, 美国)已进入指定国受理阶段。后续“同族”专利的申请正在进行中。为数控接触器项目的可持续发展奠定了坚实的基础。

3 发展趋势

数控接触器作为新概念元件产品，可在下游设计中进行二次创新，具有巨大的市场应用空间，能够衍生出许多个性化产品，产品优异的性能和独特的功能代表了接触器未来发展的方向。成熟的理论创新使得今后产品研发不仅仅局限于低压电器的范围，会向高压电器、功能电器和组合电器方向扩展。

3.1 研究目标与理论创新

数控接触器新产品研发，在技术原有技术风格的基础上，应用单脉冲电磁理论推陈出新保持技术领先优势。

(1) 研究目标

数控接触器的新产品研发在保持原有技术风格的基础上研究新技术、新问题。推行电器元件控制电路采用 24V DC(或 18V DC, 12V DC) 标称电压，与电子电路常用标称电压接轨。限定驱动单元起动功率，对大功率及高压数控接触器产品，实施多单元组合驱动技术方案。标配通信接口，直接与各种工业现场总线连接，对特殊场合采用无线通信。

实现电器功能扩展电子化、模块化、组合化，按现场需求组合多功能电器。适度调整(提高或降低)环境适应性能技术指标，满足不同层面的市场需求。

(2) 理论创新

低功耗数控接触器与传统交流接触器的主要区别在于，应用发明专利^[1]技术，将低功耗数控接触器起动功率降低了两个数量级(以 SD-100为例，实测值：4.352 VA)。解析永磁机构的弹簧力、电磁力和永磁力相互制约和转换的运动机理，验证实验过程中新的物理现象和测试结果，都需要创新理论的支撑。我们在大量采集实验数据和进行数值分析基础上，深入研究脉冲磁场的产生与电流强度、摆率和有效率的内在对应关系和运动规律，尝试建立数学模型，适时推出《单脉冲电磁原理及数值分析》等相关论文，使数控接触器的后续研发更加科学、规范和可持续发展。

3.2 同族系列构成

数控接触器系列由低压电器、高压电器、功能电器和组合电器组成，分为完成、在研和待研项目，(见表 4)。

表 4 数控接触器系列产品构成表

		系列名称	型号及状态	关键词描述
数 控 电 器	低 压 电 器	低功耗数控接触器	SD型 /	低功耗，电子兼容，运动可控
		一体化数控接触器	SY型 /	低功耗，内置电源，自配合控制
		可通信数控接触器	SX型 /	现场总线，通信接口，执行终端
		抗冲击数控接触器	SC型 /	提高断点，主动维护，自动复原
	高 压 电 器	大功率数控接触器	SL型 /	低功耗，大功率，单元组合驱动
		中高压数控接触器	SZ型 /	低功耗，中高压，单元组合驱动
		高压数控接触器	SG型 /	低功耗，大开距，长使用寿命
		高压同步接触器	ST型 /	同步关合，自动监控，通信接口

接 触 电 器	功 能 电 器	全保护数控接触器	SB型 /	全保护，智能化监控、整定
		软起动数控接触器	SR型 /	软起动，程控旁路，长使用寿命
		遥控数控接触器	SA型 /	独立供电、分布安置，无线遥控，
		可编程数控接触器	SB型 /	可编程，可组态，电磁兼容
	组 合 电 器	塔吊(电梯)控制模组	STD型 /	三维双向，频繁起动，精确控制
		程序控制系统模组	SCX型 /	现场局部控制，可编程、组态
		新能源专用模组	SNY型 /	风力、太阳能发电控制，行业专用
		工业无线通信模组	SAK型 /	无线通信、集中与分布、双向数传
注： 完成项目 在研项目 待研项目				

4 结语

数控接触器的组成部分低功耗数控接触器^[4]和一体化数控接触器^[5]是发明专利产品。产品经过性能检测、企业标准制定，通过了四川省科技厅组织的科学技术成果鉴定^[6]，结论：分别达到国际先进水平和国内领先水平。目前研发企业尚处于起步阶段，产品需要一个较长的市场培育期，难以推动数控接触器项目快速发展。

新概念产品的可塑性非常强，尚有巨大的完善空间，能够衍生出许多个性化产品，具有广泛的参与性。我们愿同国内低压电器企业携手，发挥我国行业大协作优势，共同促进我国低压电器行业的技术创新。今天的特色就是明天的主流。数控接触器一定能够支撑一个全新的民族工业品牌。

【参考文献】

- [1] 刘津平，陈荣高.低功耗数控接触器及其组成的控制系统（说明书）[P]，中国，专利号：ZL200510021642.0 授权日：2006-12-20
- [2] Q/78014280-X.1-2006，四川荣高数控电器有限公司企业标准 [Z].2006.
- [3] Q/78014280-X.2-2006，四川荣高数控电器有限公司企业标准 [Z].2006.
- [4] 刘津平，刘昊，刘玉洁.低功耗数控接触器的设计与开发 [J].低压电器，(2007) 23-0020-05
- [5] 刘昊，刘津平，刘玉洁.一体化数控接触器的设计与实现 [J].低压电器，(2008) 05-0019-04
- [6] 川科鉴字 [2006]第 450号，川科鉴字 [2006]第 451号 科学技术成果鉴定证书 [Z].2006.