

# 干簧继电器应用

## 简介

尽管遇到其它小型切换装置比如半导体和机电衔铁式继电器的激烈竞争，但是干簧继电器的应用每年都在持续增长。

由于干簧继电器的触点密封，所以可切换低如飞安和纳伏的电平信号。而机电继电器却不能，这是因为它们的触点不是密封的，并且在导电前需要电压弧穿破覆在触点上的聚脂膜。类似地，半导体要处理电容、漏电和偏移问题，这明显限制了低电压和电流的切换和感测。

另外，机电继电器最多能切换百来万次。由于其衔铁围绕枢轴转动而产生磨损，缩短了使用寿命。干簧开关没有受磨损的部件，因此在特定信号的条件可以下可以无误切换数十亿次。

干簧开关非常适于低且稳定的接触电阻、低电容、高绝缘电阻、长寿命和小尺寸の場合。对于像高频、高压、极低电压和电流切换的特殊要求，使用干簧继电器同样也会收到理想的效果。

## 干簧继电器特点

- 长寿命（数十亿次切换）
- 高达 5 极的多极配置
- A 形触点（常开）
- B 形触点（常闭）
- C 形触点（单极双掷—常闭触点先断，常开触点后合）
- D 形触点（单极双掷—常开触点先合，常闭触点后断）
- E 形触点（保持—双稳态）
- 低接触电阻（小于 50 毫欧）
- 高绝缘电阻（大于  $10^{15}$  欧姆）
- 可切换达 10,000 伏电压
- 高通电电流
- 可切换和传输低如 10 纳伏信号
- 可切换和传输飞安信号
- 可切换和传输达 6GHz 信号
- 吸合时间范围是  $100\mu s$  至  $300\mu s$
- 可在  $-55^{\circ}C$  至  $100^{\circ}C$  的极限温度范围内工作
- 可在各种环境下工作，包括空气、水、真空、燃油和粉尘。
- 可承受达 200G 的冲击力
- 可承受振动频率范围 50Hz 至 2000Hz，振动力达 30G
- 可提供极小尺寸
- 自动插入
- 标准脚位
- 多种组装方式
- 多种干簧开关选择
- 多个线圈电阻
- 可用电流或电压模式驱动继电器
- 多种继电器已获 UL、CSA、EN60950、VDE 和 BAPT223ZV5
- 多种继电器内含磁屏片

# 减小干簧继电器应用中的磁场相互影响

干簧继电器易受磁场的影响，这样在特定的条件下可能会降低它的性能。本章节向您讲述有关减小干簧继电器之间磁场影响的实用方法，它可应用于许多场合。

由于电子设备尺寸朝小型化的趋势发展，通常将干簧继电器彼此靠近放置。干簧继电器之间的磁耦合会影响技术参数，如吸合和断开电压。在某些情况下，相邻继电器会受其附近继电器的不利影响。

在最不利条件下，通过对一些基本干簧继电器阵列做实验并收集了数据。我们利用公式对这些数据进行分析。这些收据是针对单排直插式干簧继电器而言，但是可以适用于大多数干簧继电器，因为它们的基本物理原理是相同的。

一个继电器阵列或矩阵的设计一览表涵盖了必要的因素，使最可能遇到的电磁影响降至最低。通过一览表系统的处理将有助于减小或消除许多令人烦恼的变数。

## 干簧继电器磁场相互影响的因素

许多内部和外部的因素决定了一个干簧继电器在装入一个矩阵组件时的性能及其所受的电磁干扰程度（EMI）。

**内部因素。**在早期设计阶段，用户和制造商必须讨论应用需求并考虑所有内部因素：

- 漆包线线规
- 线圈电阻
- 线圈安培匝数（AT）
- 线圈绕组方向
- 线圈绕组端子
- 干簧开关型号
- 干簧开关数量
- 内部磁屏片

**外部因素。**控制外部因素通常是通过对干簧继电器的工作环境的适当关注来实现的。花费在这些因素上的精力要取决于它们对设计性能的不利影响有多大。因此我们应该考虑这些因素的影响。

- 附近磁场
- 矩阵中继电器间隔
- 磁极设置
- 外部磁屏蔽

## 干簧继电器之间的磁耦合

为了更好地理解相邻干簧继电器之间的磁耦合现象，我们来看这个例子。图 1 显示了一个继电器矩阵的一部分，其中两个相邻的干簧继电器安装在 PCB 板上。继电器 K1 和 K2 结构相同且电流方向相同。

当两个继电器受激励时，磁力线如图所示。当 K1 和 K2 受激励时，它们相反的磁场将彼此受到不利的影响。如图：K2 的磁场已延伸到了 K1 的本体中。

当 K2 受激励但 K1 不工作时，K2 的吸合和断开电压在制造商的规格范围之内。当 K1 工作时尝试激励 K2，结果 K2 的吸合和断开电压增加，或许超出制造商规定的限度。

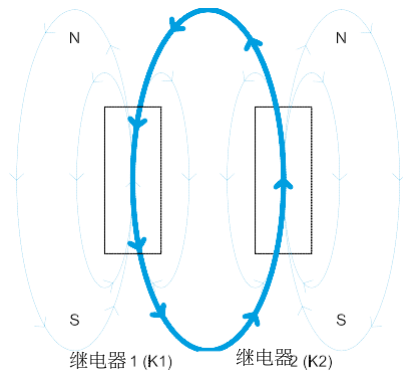


图1 干簧继电器中的磁场相互影响。

当 K1 工作时，使用与 K1 电流方向相反的电流激励 K2 会导致其吸合和断开电压偏低。

## 典型继电器矩阵实验数据

继电器矩阵可用多种方式进行配置。这里我们只就五种典型配置进行数据分析。

另外对磁极性的考虑也有局限性。这里呈列的配置和磁极性说明了一些最不利的继电器磁场相互影响。

## 实验配置

我们选择 0.20 英寸宽的模压 SIP 继电器来做实验。测试矩阵配置如图 2（下方）。

当所有环绕 RUT（待测继电器）的继电器都被相同的磁极性激励时，我们才进行数据的采集。一旦所有继电器受激励，那么待测继电器（与周围继电器具有相同的磁极性）被增大激励到吸合点。采用类似的方式去采集断开电压数据。

所有数据的采集都是在线圈电压为 5 伏的情况下进行的。如果采用较高电压线圈，而安培匝数却相同，那么实验结果是类似的。安培匝数越高，磁相互影响就稍微偏大。

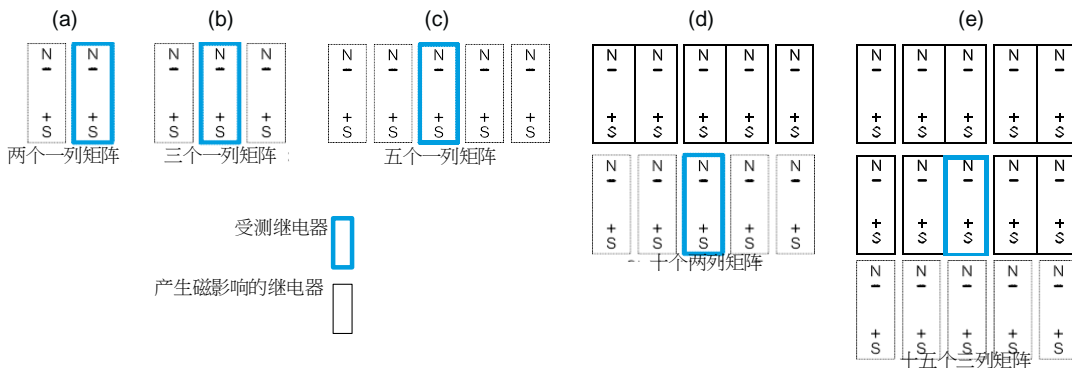


图 2: 继电器测试配置：(a) 两个一列矩阵；(b) 三个一列矩阵；(c) 五个一列矩阵；(d) 十个两列叠加矩阵；(e) 十五三列叠加矩阵

磁屏蔽继电器显示的实验数据有所不同。这是由于其内部含有磁屏蔽片并且是继电器整体的一部分（图 3）。

数据分析 总的来说，在最不利磁相互影响条件下，

当所有继电器

器磁场具有相同极性且所有的磁场均来自相邻继电器时，矩阵中存在吸合电压变化（图 2）。当矩阵中的继电器为端对端排列时（图 2d 和 2e），磁场影响稍微有所降低。可在图 3b 中看到此影响，显示了十个和十五个继电器矩阵中的磁场影响降低。

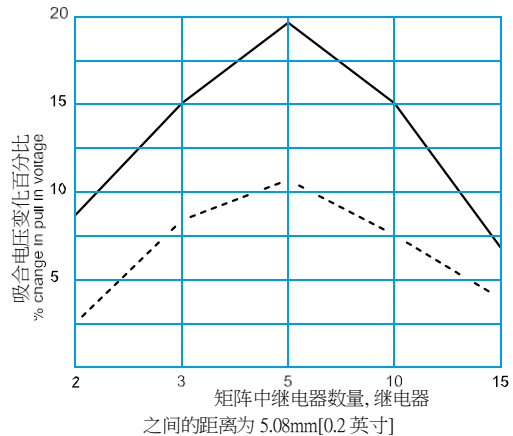
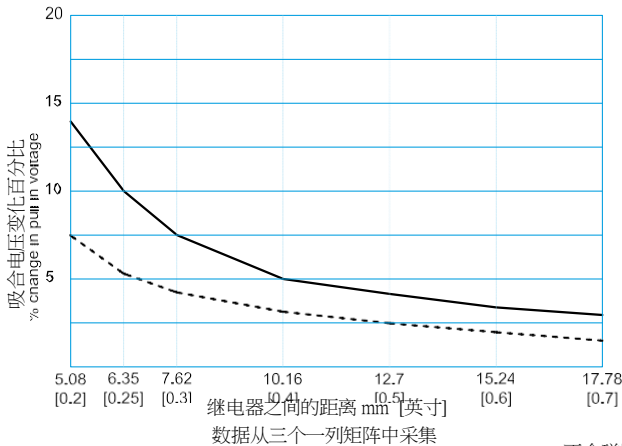
在预期的最不利条件下，断开电压无需过多关注，由于断开电压增加的幅度与吸合电压相同，因此它们的电压变化大致相同。如 如果相邻继电器的磁极性与待测继电器相反，那么断开电压就要重点关注了。我们可以通过给继电器分配适当的电压极性和使用一致的继电器来避免此种情况。

吸合电压的变化值（ $\Delta PI$ ）是受磁影响时的吸合电压减去未受磁影响时的吸合电压。在 5V 公称线圈电压的条件下，计算吸合电压增加的百分比。我们用数学公式加以说明。

$$\% \Delta PI = \Delta PI(100)/5 \text{ volts} \quad \text{公式}$$

1

在给定的矩阵中，具有不同吸合电压水平的所有继电器的吸合电压变化值基本相同。例如：如果一个继电器在不受磁影响下吸合电压为 2.3V，而在磁影响下变为 2.7V（ $\Delta PI$  为 0.4V）。现在来看同一矩阵且相同条件中的另一个继电器，起始吸合电压为 2.6V，受到磁影响时吸合电压升至 3.0V（ $\Delta PI$  也是 0.4V）。



(a) 不含磁屏片的继电器  
----- 含磁屏片的继电器

(b)

图 3 (a) 吸合电压增加的百分比与 SIL 继电器中心距离之间的关系。采集的数据是建立在三个继电器测试矩阵上的（见图 2）。(b) 吸合电压增加的百分比与测试矩阵中继电器数量之间的关系。（采集的数据是建立在所有图 2 测试配置中的继电器中心距离是 0.20 英寸之上；十和十五个继电器测试配置中的继电器需端对端对齐）。

## 计算磁场相互影响

为进一步检查干簧继电器受磁场相互影响的程度，我们使用图 2b 中三个继电器矩阵作为例子，产品是 SIL 继电器，线圈电压是 5V，相邻继电器中心距离为 0.20"（无磁屏蔽设计）。所有测试均围绕中间继电器展开，其实际吸合电压为 2.6V。给朝外两个继电器线圈通 5V 电压将其驱动。

中间继电器受激励，然后就可计算出其预期吸合电压的变化。

首先计算吸合电压的变化。例如：将用到以下这些公式：

$$\Delta PI = (\% \Delta PI \times V_{nom}) / 100 \quad \text{公式 2}$$

其中  $\Delta PI$  = 预期吸合电压的变化

$\% \Delta PI$  = 在公称电压条件下计算出的磁相互作用百分比并用实验数据图形来表示。

$V_{nom}$  = 制造商指定的线圈电压公称值  $PI_{wc} = PI_{act} +$

$$\Delta PI \quad \text{公式 3}$$

3

$PI_{wc}$  = 最不利磁相互作用下增大的吸合电压  $PI_{act} =$

未受外部磁干扰下的实际吸合电压

关于图 3a，线圈公称电压为 5V，磁相互作用百分比为 14.2%。利用公式 2 来计算  $\Delta PI$ ：

$$\Delta PI = (14.2 \times 5) / 100 = 0.71$$

伏

继电器实际吸合电压为 2.6V。因此，利用公式 3 计算出最不利磁相互作用下的吸合电压：

$$PI_{wc} = 2.6 + 0.71 = 3.31 \text{ 伏} \quad \text{公式}$$

对给定矩阵而言，PIwc 值也许是在具有所有可能极性

（磁极和电极）的最不利条件下计算出来的。 $\Delta PI$  值 非常接近整个吸合电压范围。

另外， $\Delta PI \sim \Delta DO$ ，即矩阵中断开电压的变化非常接近吸合电压的变化值。例如，在计算 PIwc 的过程中，如果没有磁干扰的条件下测量的断开电压为 1.4V，那么在给定的条件下其值将变为 2.11V。除了需特殊断开条件的极少情况外，所描述的断开电压变化值就不会 形成一个问 题。

## 减小磁影响的方

### 法

- 选择内含磁屏片的干簧继电器
- 在矩阵中使用外部磁屏蔽
- 继电器之间的间隔较大
- 避免相邻继电器同时工作
- 设计一个特殊的矩阵配置

## 特殊条

### 件

对于图 3 中列出的条件，采集的数据是基于单个未受激励的继电器并且其周围继电器均受激励的情况而言的。在许多实际应用中，继电器在许多不同环境中受到激励。通常是几排继电器一起受激励。

例如，用这种方式给图 2a 中的继电器以激励，那么采集的数据值将大约减小两倍，即：用斜坡电压同时给所有继电器以激励。

因此磁相互影响将被减小两倍。如继电器仍同时受激励，那么我们可通过愈来愈快的斜坡速度来观察到这种变化（大约一个阶梯函数）。

发生磁相互作用降低是由于在触点闭合时周围磁场减弱的缘故，这样实际吸合电压通常是公称电压的一半。

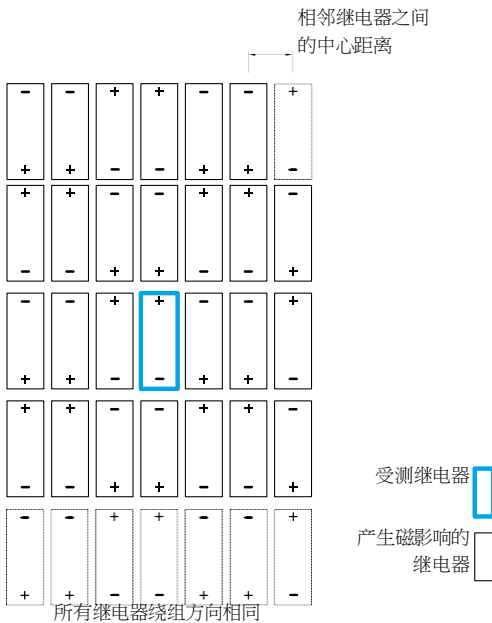


图 4。多排交替继电器测试配置

## 特殊矩阵应用

在特定条件下，尤其当继电器紧密安装在一起时，线圈绕组和端子方向一致可以降低磁影响。

图 4 的矩阵使用相反的磁极和一致的线圈以降低磁相互影响而并不使用磁屏蔽设计。我们可以通过图 4 的矩阵来达到这种效果（图 5）。

我们可以将图 5 中的数据与图 3 进行比较，即相似的非磁屏蔽设计、15 个 SIL 继电器矩阵。改善或降低后的磁影响是 2.5%（见图 5），而图 3 则是 6%。

## 一个继电器矩阵的设计一览表

以下项目应加以考虑：

- 每个继电器施加的线圈电压

- 温度特性
- 可用的 PCB 空间
- 相邻两个继电器之间的距离
- 激励矩阵中继电器的方案
- 附加磁屏蔽措施
- 继电器寿命特性

## 一个继电器矩阵设计举例

利用上述一览表，我们来看一个 50 个 SIL 继电器矩阵设计的例子。其中呈列了大多数影响磁干扰的因素，它们应在设计阶段应加以考虑的。

1. 施加的电压。最大负荷和 50°C 条件下，电源可最低为 4.9V。在某些情况下，负载可能与晶体管 / 二极管串联，在工作温度范围内，其电压最大降低 0.6 伏。因此电源工作电压降至 4.3V，即施加于继电器线圈的实际电压。

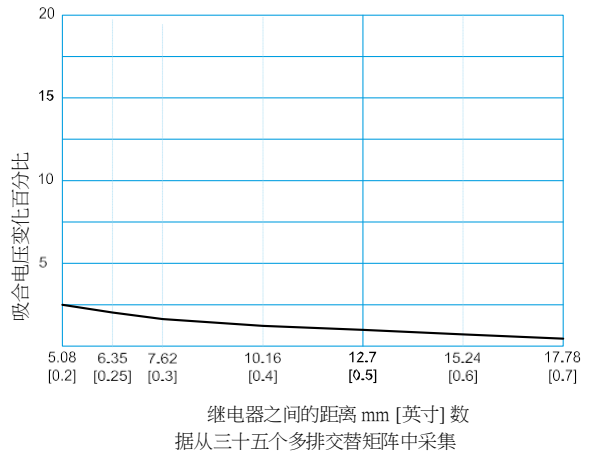


图 5 多排交替矩阵

2. 温度影响。如果系统最大工作温度为 50°C 并且在 25°C 和 5V 公称线圈电压的条件下指定的吸合电压最大为 3.6V，那么在 50°C 下期望的电压将从 3.6V 最大上升为 3.96V。

3. 所需 PCB 空间面积。需要 5x10 继电器矩阵（50 个继电器）。为了将所有继电器安装在 PCB 上，必须将它们密集排列（只占 PCB7.75 平方英寸的面积）。
4. 相邻两个继电器之间距离。继电器必须按 0.20" 中心距离、五排、每排十个进行排列。
5. 激励矩阵。在此应用中，同时最多激励三个继电器。图 3a 显示了此应用的相互作用数据。因此对于非磁屏蔽、0.20" 间隔的矩阵而言，最不利情况下的磁相互影响是 7.5%。利用公式 2，计算出最不利情况下的吸合电压增加值为 0.38V。
6. 磁屏蔽。决定不使用磁屏蔽。
7. 寿命特性。总之，当从中级负载切换至高级负载时，为达到最好寿命特性，线圈电压过激励大约或等于 100%（大约或等于实际吸合电压的两倍）。这里继电器线圈过激励很小，只进行低级负载切换，因此寿命特性不应受到影响。
8. 设计分析。如果将项目 5 的结果添加到项目 2 的结果中，那么在磁相互影响下的最大吸合电压将增至 4.34V，超过了 4.3V 的最小电压。此时可用两种最简单的方法：增加电源电压或起始最大吸合电压从 3.6V 至少降至 3.2V。这样在最不利条件下会保留足够的附加的过激励。

## 总结

如果忽视干簧继电器存在的磁相互影响，那么可能会发生重大问题。解决方案可能有多种。

此文介绍了确定基本矩阵类型的最不利情形的原理。您可参考本文提供的一览表进行系统地设计一个继电器矩阵。

我们强烈建议用户在早期设计阶段应咨询继电器制造商，这样就将大大减少继电器矩阵运行中可能出现的问题。

## 参考文献

1. Stickley, B.C, "Magnetic Characteristics of Miniature Reed Relays," 14th Annual NARM Conference (1966).
2. MEDER Specification Sheets SIL-Series.
3. Evaluation Engineering, May 1989.