

电磁换向阀/比例换向阀的电磁线圈



概述

螺线管和线圈是用来将电能转化为机械能，从而利用机械力使阀芯移动，达到控制流量和压力的目的。在升旭液压的术语中，线圈和螺线管是两个独立的元件。螺线管是指包含了衔铁和极片的套筒；而线圈是指环绕在螺线管外，包含了多重绕圈的铜基绕组线。对于电磁换向阀，对于线圈只是得电与不得电的区别。对于电比例电磁阀，线圈电流将被电流控制器，比例放大器控制。其中，同样的线圈可以用在电磁换向阀以及比例电磁阀中。从图1中的流程图和剖面图，可以看出在比例阀中，模拟信号如何控制和作用于比例阀。最终的输出有两种：压力和流量。这

个同样的流程图同样可以表述电磁力如何作用于电磁换向阀。只是他们的区别是：信号输入只需要是电流即可。

升旭液压提供两种不同的线圈耗能等级，22W以及12W。线圈的操作电压由12VDC至220VDC,以及24,115, 230VAC。

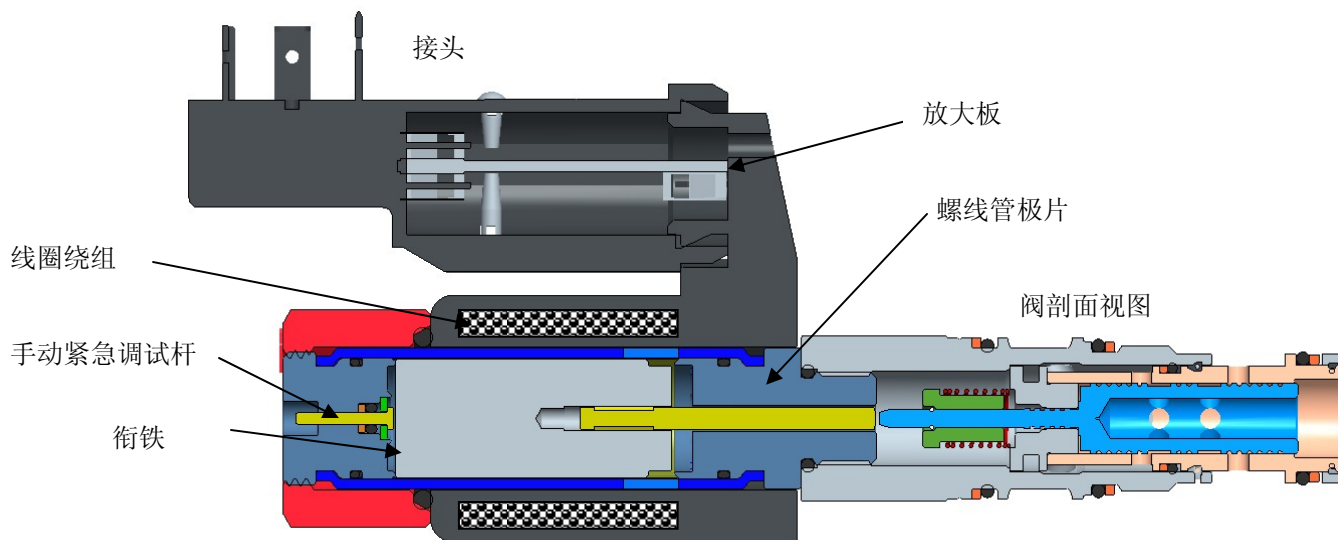
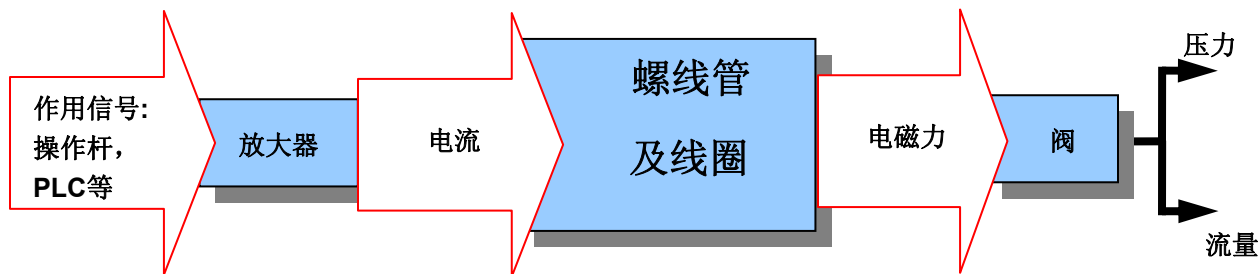


图 1. 比例阀剖面图



图2. 线圈的装配过程

电磁线圈是将绕组线环绕在绕线筒上。当端头以及所有的电路元件都安装到位，线圈将被外部塑型，之后安上线圈套筒。图2展示了线圈装配过程中的不同阶段。

温度等级

为了提高线圈的温度等级，结构件的材料以及能量损耗都需要加以考虑。能量的损耗和温度的上升是直接关联的。

除了线圈的使用方式外，所有用于Sun的线圈中的材料都会有公开详细的标准及说明。这包含绕线组，绕线筒材料以及用于线圈外部塑形的材料。

所有的线圈都是采用了N级（相关温度200°C）绕线组。绕线组的分级是基于绕线组的绝缘性能。这个定级是指在相关温度200°C的情况下，连续工作20,000小时（大约2.25年）。表1中对于绕线组的融化温度是指，在此温度时绝缘层产生热塑性变形及流动。采用N级等级的绕线组是因为它具有的最高的温度等级，同时有非常适合并容易环绕与绕线筒中。

表1. 结构材料以及融化温度

部位	770 和 790 线圈系列		760 线圈系列	
	材料	融化温度	材料	融化温度
绕组线圈 等级N (相关温度200°C)	聚酰胺包层铜线	390°C	聚酰胺包层铜线	390°C
绕线筒	PA66-GF33, 33% 玻璃纤维加强型聚酰胺 66 (黑色) [德邦尼龙树脂]	285-305°C	PA66-GF33, 33% 玻璃 纤维加强型聚酰胺 66 (原始型)	285-305°C
外部塑形	PA66-GF33, 33% 玻璃纤维加强型聚酰胺66 (黑色) [德邦尼龙树脂]	285-305°C	热固聚酯纤维块状模塑 料, 10%玻璃纤维增强 型	不存在
端头	镀锡黄铜	900-940°C	镀锡黄铜	900-940°C

玻璃纤维尼龙（德邦尼龙树脂® 70G33L BK031）是一种用于绕线筒和外部塑形的材料，在线圈770和790系列中。这种材料可以在温度大幅变化的过程中仍然保持稳定的性能。这种尼龙树脂®替代其他的热塑性材料，和电磁线圈一起工作，是因为它不易损坏，以及它增强的弹性将会有利于线圈抵挡住热冲击。关于热冲击试验，本文第六小节（测试环境的概要说明）中将会讲到。

热固聚酯纤维块状模塑料是被用于760系列线圈中。这种热固塑料工艺相对比较久远，是用于传统760系列线圈设计制造。这已经不再使用于770系列线圈中，因为该工艺费时，而且价格昂贵。随着温度上升，热固聚酯纤维不能重新塑化；所以，它没有相应的融化温度。

结构材料的选择对于线圈的寿命至关重要。从表格中

结构材料以及绝缘性能的说明可以看出，这是线圈设计中的一个限制因素。

为了更好地了解到线圈能耗，就需要有温度的升高以及温度变化引起绕线组电阻变化的关系。当电流通过铜线绕组工作时，温度将会升高。当铜线温度升高时，电阻变大。

温度上升引起铜线电阻变化的数学公式如式1-4所示。这个等式的结果可以如图3中的图像显示，使用770-224线圈，在24VDC条件下。在开始温度20°C情况下，线圈初始电阻为26.2Ω。

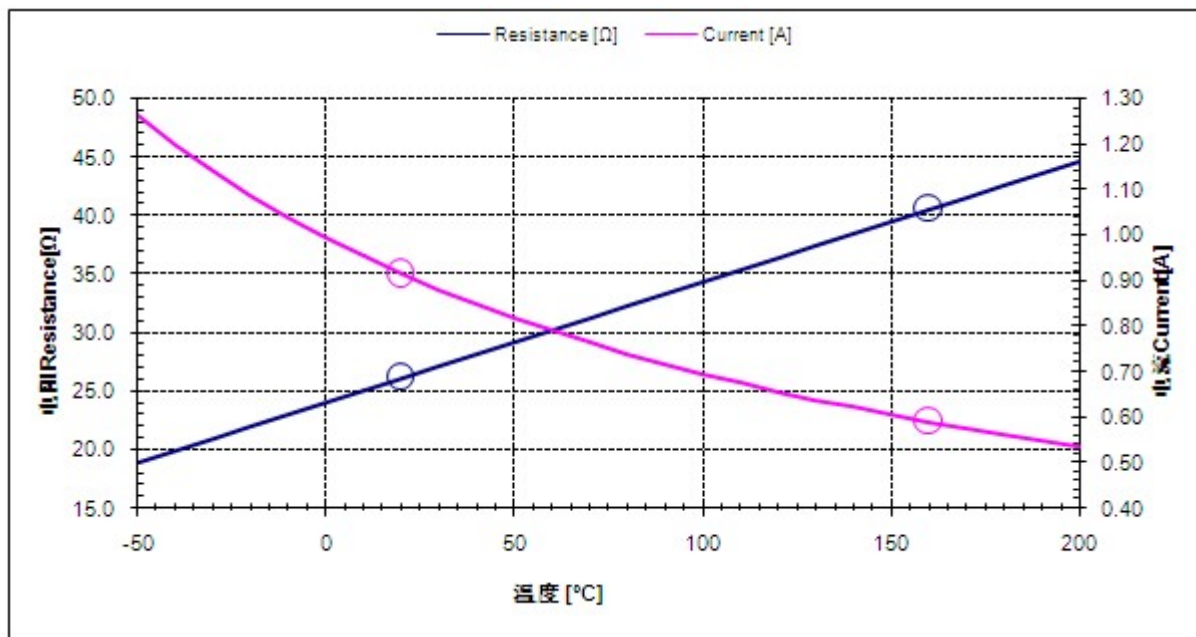


Figure 3: Effects of Temperature on Copper Resistance

$$\frac{234.5 + t_2}{234.5 + t_1} = \frac{R_2}{R_1} \quad [1] \quad \text{推导} \quad t_2 = \frac{R_2}{R_1}(234.5 + t_1) - 234.5 \quad [2] \quad \theta = t_2 - t_1 \pm \Delta T \quad [3]$$

$$\text{or} \quad \theta = \left(\frac{R_2}{R_1} - 1 \right) (234.5 + t_1) \pm \Delta T \quad [4]$$

- R1=** 线圈得电之前的电阻 [Ω]
- R2=** 线圈得电之后的电阻 [Ω]
- T1=** 线圈得电之前的温度 [°C]
- T2=** 线圈得电之后的电压 [°C]
- ΔT=** 周边环境温度的变化 (如果周边环境温度上升就加上，如果下降就减去)

图3曲线上标出的点为平常温度20℃，电阻为26Ω；以及在作用电压24VDC下，这时的电流为0.92A。在右侧被标出的点是160℃（0.59A以及40.6Ω）。对于24VDC的线圈，0.59A这个点事十分重要的，它将会被用于设定比例放大器。

图4显示了在作用电压超出线圈额定电压24VDC10%的情况下(26.4VDC),周边温度50℃的情况下，最终的稳态温度。由图我们可以看出，这个电流大概就稳定在0.59A，表面温度稳定在大约135℃。

和图3中160℃的铜体温度相比，这个不同表明，在绕线组的表面和内部大概有25℃的温差。50℃的周边温度以及超出10%的输入电压是Sun测试770系列线圈的上限值。与相关等级温度200℃相比，这里还有40℃的安全余量。由于线圈还可以作用于更高的电压，以及更高的周边温度，所以这里的安全余量还是十分保守的。可是，我们可以查阅200℃的工作温度下，线圈的安全连续工作时间为2.25年。我们没有200℃以下绕线组绝缘层的确切的寿命年限，但是显然工作时间更长。所以，为了防止线圈过早损坏，需要使其工作在额定温度以下。（工作超过额定温度会导致线圈提前损坏。）

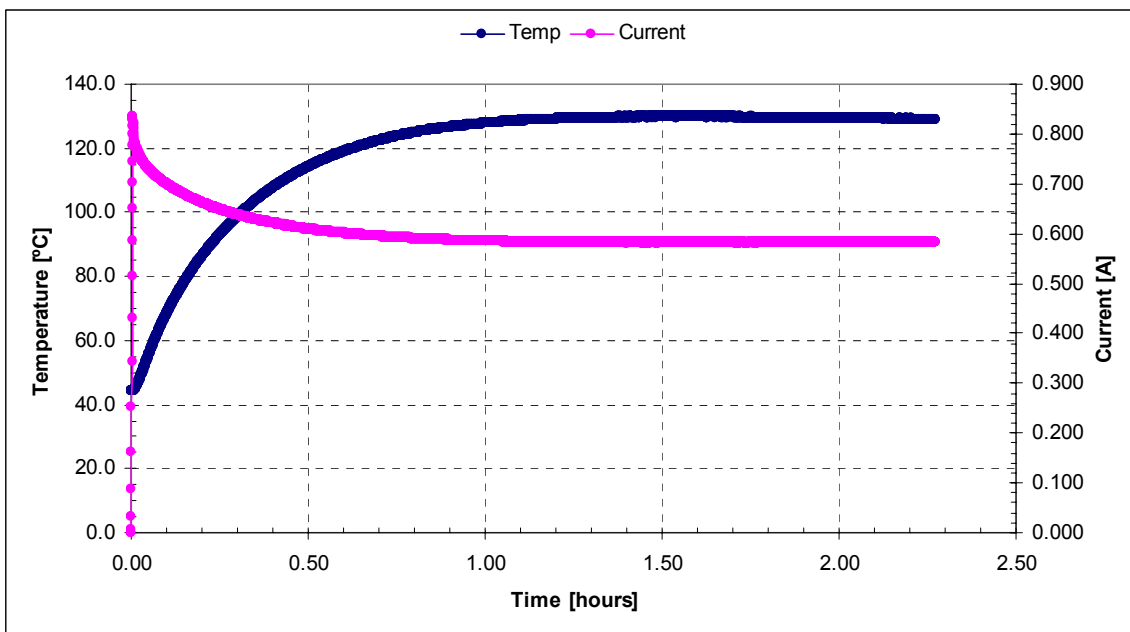
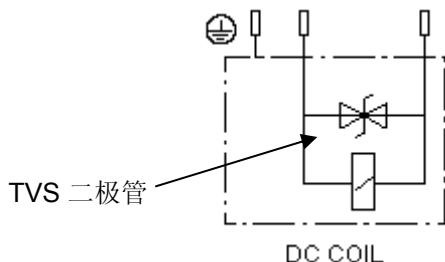


图4. 线圈表面温度的稳态过程

概述

尖峰抑制

Sun770系列线圈配以标准的瞬态电压抑制（TVS）二极管，以此保护线圈防止电压尖峰。



没有尖峰抑制，当线圈迅速失电时，突变的磁场将会产生很大的电压尖峰。从图5可以看出，24V线圈断电过程中，尖峰将会超过400V，同时伴随着一些噪声。电压尖峰可能有益，也可能有害，或者两者皆有。图6是采用了TVS二极管控制了电压尖峰。在这里，电压尖峰被限制在了-68V，仅仅该通断电压以上的电压会作用于24V线圈上。

电压尖峰会对机器中的电子设备及系统产生破坏。TVS二极管的通断电压可以从每个线圈的样本说明中找到。对于交流电压工作线圈，TVS二极管的通断电压值是根据交流信号的峰峰电压选取的，采用以下的等效公式计算。这里，通断电压值是指该电压

值，二极管开始导通或截止。为了防止TVS二极管损坏以及符合工业标准值，对于 V_{max} 安全因素已经加以考虑。 V_{RMS} 是正弦幅值电压的均方根。不过注意对于峰峰电压值需要对电压值加倍。

$$V_{max} = V_{RMS} \sqrt{2} \quad [5]$$

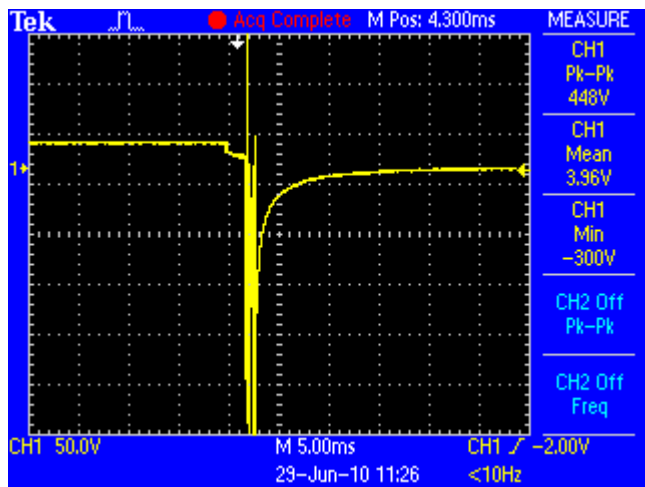


图 5. 没有TVS二极管的电压突变

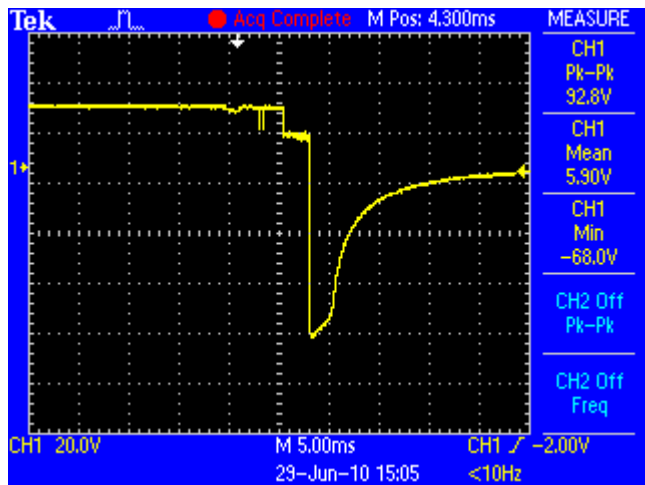


图 6. 采用TVS二极管后的电压控制

如果TVS二极管的通断电压过高，用户就需要自己在线圈两端通断电压值较小的TVS二极管。

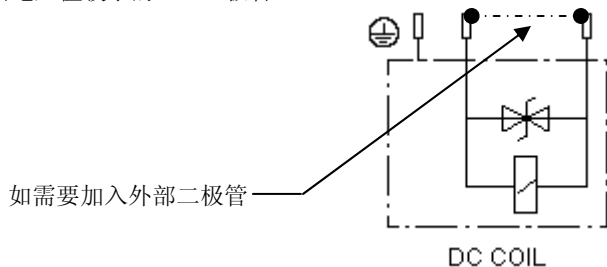


图 7. 可替代的突波抑制电路

一般说来，TVS二极管失效接通，此时线圈短接，将不再作用。过大的峰值，冲击以及过大的电压都会致使TVS二极管失效。所以，在选择合适的TVS二极管需要额外小心。

Sun760线圈是对线圈配以限压电阻(MOV)。限压电阻(MOV)的标定和TVS二极管有所不同。限压电阻(MOV)的指标有 V_{DC} 和 V_{RMS} 。

一般来说，限压电阻(MOV)失效断开，将会使线圈失去突波抑制。为Sun线圈选择合适的限压电阻仍然需要额外小心，以防突然失效。设备制造商需要知道限压电阻(MOV)潜在的失效状态，如果需要，为抑制突波，可以加入二级保护。

交流线圈一般都是用在工业场合，这些场合长长电源状况不佳。电压突变，尖峰，限电等经常发生。当Sun已经采用了TVS二极管或限压电阻(MOV)来保护和交流线圈（有时是直流线圈）一起工作的桥式整流器，失效状况也时常发生。所以，如果线圈经常发生失效情况，就需要从新评估工作的电源情况。

表 2 概括了Sun所使用的标准电压抑波元件。

表 2. 突波抑制的半导体元件值

电压	770 线圈系列 TVS 通断电压值	760 线圈系列 MOV 最大连续电压
6 VDC	—	45
12 VDC	68	45
14 VDC	68	—
24 VDC	68	45
28 VDC	68	—
36 VDC	68	65
48 VDC	100	65
127 VDC	250	—
220 VDC	400	—
24 VAC	68	—
115 VAC	250	130
230 VAC	400	250

线圈极性及其方向:

对于一个简单的螺线线圈（没有通电的情况下），它是没有磁性的。直流线圈的正负极应该和电源的两极联接。同样地，对于交流线圈，它的火线端和零线端可以与电源的两端相连。为确保安全，地线端，DIN型接头的3口，应该按要求接入大地。

线圈装入螺线管没有方向要求。所以，对线圈没有上端或下端之说。

注意: 对于用户来说，需要遵守所有的电气应用规范。

浪涌电流

所有Sun的螺线管都是按照直流电源设计运行的。Sun所有的线圈都是以直流的形式缠绕，其中包括交流线圈。线圈内部有一个全波整流桥。所以，当线圈得电时，没有明显的浪涌电流。图8是12VDC线圈的典型得电过程。由图可以看出，当12V的电压作用时（黄线），电流将平滑上升，过渡时间大致50ms（蓝线）。不管电压还是电流，都没有尖峰或突变。

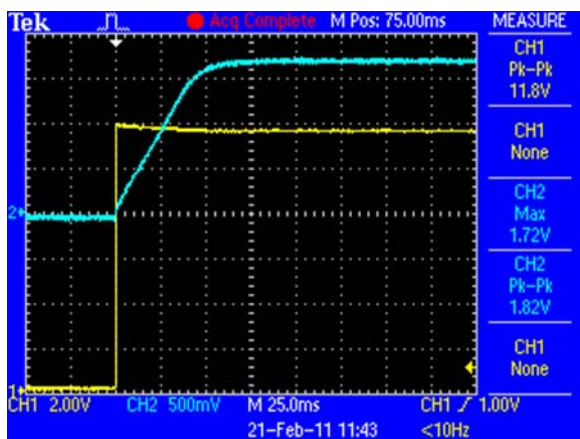


图 8: 12 VDC线圈的得电过程

配合接头

Sun提供众多的内部接头和引线选项。以下是推荐的接头类型，同时可上Sun网站查阅进一步信息。

德国标准

www.deutsch.net

- 接入式的电路接头DT04-6P;
- Sun电磁线圈型号: 770-9**以及770-7**-99DT04-2P;
- 插头, 电缆导引, 终端插槽以及自锁楔面都需要单独订货;

米制标准和防雨标准

Delphi www.delphiconnect.com

- Sun电磁线圈型号: 77*-78**米制包装150系列（带密封）公头（2孔）以及公头终端;

- Sun电磁线圈型号: 770-7**-19防雨2M接头;
- 插头, 电线密封, 终端插槽, 终端位置保护夹, 自锁楔面都需要单独订货。

AMP Junior Timer标准

AMP/Tyco Electronics www.tycoelectronics.com

- Sun电磁线圈型号: 77*-6** AMP Junior Timer（二极公头）;
- 插头, 终端插槽, 面夹, 电缆导引都需要单独订货;
- 一定要注意, 对于一些这种接头, 需要自己采用工具制作, 将电缆终端安装至终端插槽中;
- 对于这种接头的制作过程, 接头导引有时候是需要的, 这也需要单独订货。

嵌入式放大器

表 3. 嵌入式放大器 DIN型引脚

引脚	作用
1	电源地-V
2	供电电压+V
3	输入信号
4	选项 B- 信号地 选项 C- +5V 参考电压 选项 D- 使能

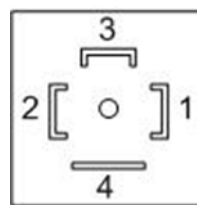


图 9: 嵌入式DIN接头表面

表 4. 嵌入式放大器德国标准结构引脚

引脚	作用
1	供电电压+V
2	指令信号
3	电源地-V
4	+5V 参考电压
5	电源地
6	使能

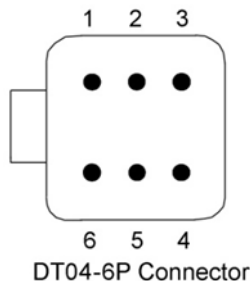
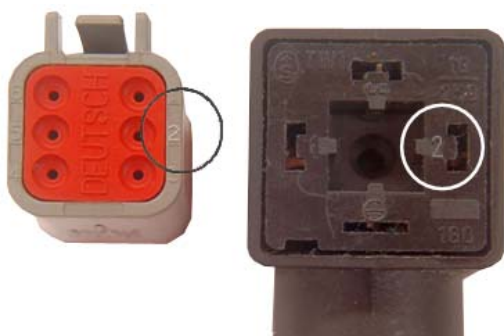


图 10: 插入式德标接头的面板

如不确定，可以查阅接头面板。一般所有的接头都会在某个地方标出引脚序号。



升旭液压产品测试环境的概要说明

升旭液压工程标准S-367，此环境测试说明是针对14种电子电路元器件的测试，包含了所有螺线管线圈以及电子元件的测试环境。决定通过或者不通过的标准过程测试，我们称其为通过测试。

这些测试包含以下内容：

- 性能测试
- 水射流试验（IP试验）
- 扩展热冲击浸泡试验
- 储藏温度测试
- 耐化学试验
- 自由落体试验
- 湿度测试
- 极端操作试验
- 振动试验
- 操作冲击试验
- 耐腐蚀试验
- 最大负荷循环
- 电路保护
- 引线拉力强度

这些测试是为了保证产品在不同的环境中都可以有很好的性能，包括工业液压和工程机械液压。

如需进一步了解这个测试的详细信息，可以浏览升旭液压网站 (www.sunhydraulics.com) 查找相关技术信息。

IP 等级

入侵防护（IP）等级 是指电路接头防止灰尘以及水入侵的能力。对于这块有一系列的标准测试，在国际标准（IEC60529和DIN40050）中都有说明。测试参数如下表所示。明白性能测试的设计是针对提高复杂环境的应用。所以，一个高IP等级的接头向下有很好的兼容性，同样适合低IP等级的地方。换句话说，IP等级IP69K的接头可以通过IP68,67,66,65等等低等级接头的测试。

Sun提供一系列不同等级不同系列的接头。在一些满足最小防护等级的地方，我们通常选择适当高规格的防护接头。比如说，大多数DIN等级接头需要的防护等级为IP65，我们选用的等级为IP67。

Figure 5: IP Rating Test Requirements

IP	测试	水流量	持续时间	Sun 高等级防护线圈
65	6.3 mm 喷嘴, 2.5-3 m 距离	12.5 L/min	最少3分钟	DIN 标准 Amp Jr. Timer* 标准, 引线式
66	12.5 mm 喷嘴, 2.5-3 m 距离	100 L/min	最少3分钟	
67	1 m 浸泡	—	30 分钟	DIN标准
68	根据要求浸泡深度, 一般工业都是1 m	—	根据要求, 一般120小时 (Sun采用360小时)	Amp Jr. Timer 标准
69 K	80-100 bar (1160-1450 psi) 在 80° C (176° F) 100-150 mm 距离	15 L/min	2 分钟	德标 米制

故障诊断

一般情况下选用Sun的线圈，在工作的工程中，一般是不可能发生问题的。但是，如果万一发生了状况，一些基本的故障解决方案将会帮助判断是否线圈失效或者线圈哪里发生了问题。

基本故障解决方案包括以下内容：

- 线圈有没有按照要求得电？
 - ◇ 在没有万用表的情况下，一种快速检查的方法是拿开线圈，如果此过程能感觉到电磁力，则说明线圈得电。
- 在得电后线圈有没有发热？
 - ◇ 如果线圈没有发热，那很可能线圈出现了问题。
- 线圈有没有过热？
 - ◇ 如果塑料发生了融化的现象，则很可能表明内部的短路造成了这种状况。

进一步的故障诊断是采用数字万用表（DVM）来测试供给电压以及线圈电阻。供给电压应该满足线圈额定电压的±10%以内。线圈电阻的测量我们需要用到万用表的电阻档。该测量值需要注意对比样本给出的值，同时需要注意这里的线圈温度对电阻的影响。如果在直流线圈中测出了短路情况，通常表明TVS二极管损坏了。（在此类线圈中包含TVS二极管）。

注意，我们不能在交流电的情况下测出线圈的电阻。DVM的输出电压还不至于让线圈内部的桥式整流器发生工作。所以，这种情况下，线圈电阻无法直接测得。