

## 以太网供电：

由于电接触分离和标准更新引起的物理现象

# 以太网供电

## 电触点分离引起的物理现象和标准更新

### 介绍

#### 以太网供电（PoE）

以太网供电是指通过同一双绞线以太网连接供电的能力，否则该连接将仅传输数据。通过单个网络连接传输电力和数据，无需运行单独的交流电源，从而降低了安装成本。当在没有现成的交流电源的情况下向偏远地区供电或移动以前安装的 PoE 供电设备时，PoE 变得更加有利。用电设备的安装和重新布置非常简单，只需移动设备并插入 PoE 供电的以太网电缆，而无需有执照的电工。

即将推出的 IEEE 802.3bt 标准将引入更高功率的 PoE，最高可达 100 瓦，从而可以扩展可连接设备。具有相对较高功率要求的设备，如胖面板显示器、高功率无线接入点和台式计算机，现在可以在 PoE 系统上运行。

此外，由于 PoE 系统使用直流电流运行，因此在电网中断期间，普通的不间断电源可以为终端设备提供持续的电力。此功能允许警报器、摄像头和应急照明等关键应急设备在最需要的时候保持运行。

#### PoE BOM

#### PSE 与 PD

供电设备（PSE）是指将电源注入 PoE 系统的设备。为 PSE 提供的功率将是最大的，因为这是 PoE 系统内电力传输的开始。受电设备（PD）是指接收电源以完成某些所需工作的终端设备。该设备的功率自然会更低，因为在通过 PoE 系统时会耗散一部分功率。

#### PoE系统

PoE 系统由单个 PSE、单个 PD 和连接它们的链路部分组成。

#### 低电平接触电阻（LLCR）

LLCR 是通过测试方法测量小电阻值，通常为 1.0 欧姆或更低，旨在消除仪器（例如测试引线本身或引线与被测材料之间的接触电阻）引入的误差。LLCR 是 PoE 系统内暴露于机械磨损和放电的连接的重要考虑因素。

# 以太网供电

## 电触点分离引起的物理现象和标准更新

### 标准更新 电气和电子工程师协会（IEEE）

新的PoE标准正在起草中，以满足通过以太网电缆增加供电的强烈需求。IEEE 802.3bt 标准预计在 2018 年第 1 季度将标准化两种新的 PoEtypes，统称为 PoE++。另外，将有类型 3 和类型 4 PoE++，区别在于提供的电量。802.3bt 标准仍处于草案阶段，因此细节可能会发生变化，但一般要求已经达成一致，如下所述。

表 1.IEEE PoE 标准

批准年份	类型	IEEE PoE 标准	通电对数	标 称 最 高	功率 (PSE)	功率 (PD)
2003	PoE	IEEE 802.af Type 1	2	0.35 A	15.4 W	12.95 W
2009	PoE+	IEEE 802.at Type 2	2	0.60 A	30 W	25.5 W
Exp. Q1 2018	PoE++	IEEE 802.3bt Type 3	2 or 4	0.60 A	60 W	51 W
Exp. Q1 2018	PoE++	IEEE 802.3bt Type 4	2 or 4	0.96 A	100 W	71.3 W

未来的 PoE 标准不太可能将提供的功率增加到 100 瓦以上，因为将功率保持在 100 瓦阈值以下可以保持对人类不危及生命的水平。这意味着不需要有执照的电工来安装 PoE 系统，并且可以根据需要重新布置，尽管 4 类 PoE 将由国家电气规范解决，如下一段所述。

### 2017 年国家电气规范（NEC）

2017 年版的《国家电气规范》将解决 60 W 以上的 PoE++ 问题。这意味着任何 1 类、2 类或 3 类 PoE 安装将不受国家电气规范的影响。NEC 唯一一次发挥作用是在 PSE 上定义大于 60W 的 4 类 PoE 安装中。

表 2.2017 NEC 指南

类型	IEEE PoE 标准	功率(PSE)	2017 NEC 适用
PoE	IEEE 802.af Type 1	15.4 W	No
PoE+	IEEE 802.at Type 2	30 W	No
PoE++	IEEE 802.3bt Type 3	60 W	No
PoE++	IEEE 802.3bt Type 4	60 to 100 W	Yes

2017 NEC 现在认可可由美国保险商实验室（UL）指定的有限功率（LP）电缆，用于 4 类 PoE 永久安装。LP 电缆的使用不是强制性的，但是如果不使用 LP 电缆，则 PoE 安装须接受具有管辖权的相关当局的检查（2017 NEC：第 725.144 节）。

# 以太网供电

## 电触点分离引起的物理现象和标准更新

### 国际电工委员会（IEC）

IEC 60512-99-001 标准化了一种测试方法，该方法评估 PoE 系统在电气负载下运行前后使用的连接器触点，本文将更详细地讨论。60512-99-001 标准适用于 1 类和 2 类 PoE 系统，仅限于相关瓦数。因此，该标准目前正在更新中，并被指定为 IEC 60512-99-002。该标准预计将很快获得批准，方法相似，但经过修改以解决 3 类和 4 类 PoE 系统中使用的功率增加的问题。这应该在 IEEE 802.3bt 标准发布之前就已经到位。

### 电信行业协会（TIA）

TIA 目前正在开发 TSB-184A，该 TSB-184A 将解决 PoE 应用问题，并且应该很快就会完成。技术系统公告或“TSB”旨在提供通过双绞线电缆远程供电的指南，而不是取代 ANSI/TIA-568 标准。TSB-184A 文件未涵盖本文中讨论的负载下的配接和拔出（即连接器触点的潜在退化），而是参考了 IEC 60512-99-002，如前所述，该标准将在不久的将来获得批准。TSB 确实涵盖了 PoE 系统的其他关键参数，例如电缆束中的 T 型上升、直流环路电阻、直流电阻不平衡以及电缆引起的功率损耗（即铜损耗）。

## 电触点分离引起的物理现象

以太网供电要求连接器不仅能够传输数据，而且能够不间断地传输电力。标准操作要求 PoE 系统内的插头和插孔定期配接和拔出，而不会退化。关于连接器触点的物理退化，有两个主要问题。

- 机械磨损和环境暴露造成的影响。
- 放电（火花和电晕放电）引起的影响。

有两个潜在的短期影响值得关注：机械力对触点的损坏和对触点的伤害。此外，由于触点表面降解后的腐蚀，还有一个长期问题。Stewart Connector 执行了两项测试来解决这些问题。

- 无负载机械操作（IEC 60603-7）。对于一级，连接器必须超过 750 次循环，最大值使用 LLCRC 方法测量的 20 mΩ 变化。
- 电气负载下的机械操作（IEC 60512-99-001/IEC 60512-99-002）。

两项测试的验收标准是低电平接触电阻（LLCRC）的最大变化为 20 mΩ。LLCRC 测试方法如下所示。对于这两项测试，无负载和有负载的机械操作，应在循环前后进行 LLCRC 测量。通过这两项测试要求 LLCRC 的变化小于 20 mΩ。根据各自的标准，测试组内还有其他测试，但出于本文的目的，我们将讨论与 PoE 和可能的接触退化直接相关的测试步骤。

# 以太网供电

## 电触点分离引起的物理现象和标准更新

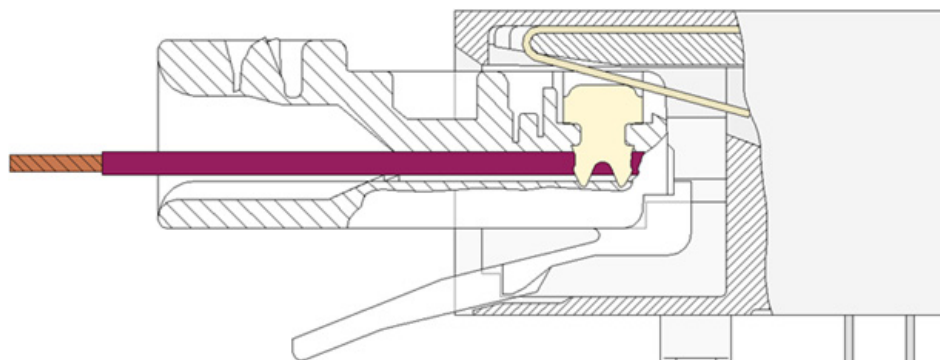


图 1.LLCR测试方法

### 低水平接触电阻（LLCR – Bulk）

- 由四个组件组成
- 插头导体电阻
- 插头刀片/导体接触电阻
- 插头刀片/插孔线接触电阻
- 插孔线电阻

### 空载机械操作（IEC 60603-7）

无负载测试的机械操作如名称所示，无电气负载，基本上代表了连接器在设定速度（10 mm/s）下的正常配接和拔出，如 IEC 60603-7 中测试阶段 BP 2 所述。在执行一半的循环（375）后，将样品暴露于混合喷气中，然后再循环 375 次循环，总共 750 次。验收标准是 LLCR 的最大变化为 20 mΩ。目视检查时会有明显的磨损，但物理外观不是验收标准，电阻的变化才是。figure 2 中的测试数据是根据 IEC 60603-7 测试的 Stewart 连接器插孔上观察到的 LLCR 变化的典型值。在连接器频繁配接和未配接时保持低电阻电气连接对于提供可靠的 PoE 系统至关重要。Stewart Connector 的所有 PoE 组件都经过测试，符合并超过此要求。

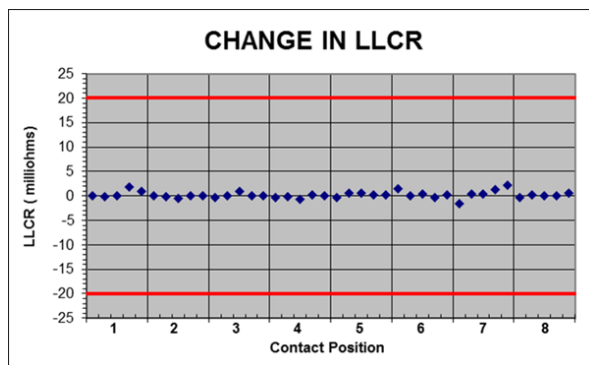


图2.无负载 750 次循环后 LLCR 的变化。

# 以太网供电

## 电触点分离引起的物理现象和标准更新

### 电气负载下的机械操作（IEC 60512-99-001/002）

IEC 60512-99-001 标准将很快被 IEC 60512-99-002 取代，但截至目前，-002 标准仍处于草案阶段，因此我们将首先讨论 -001 标准。该测试的目的是使连接器触点受到放电的影响，并根据电阻的变化对其进行评估。开路电压为 55 V dc，测试电流为 0.6 A。该电流水平适用于1型到3型PoE系统，每根导线的最大电流为0.3 A，每对最大电流为0.6 A。测试电流加倍至 0.6 安培，以反映同一对中一个触点先于另一根导体脱落的可能性。需要注意的一个有趣的项目是，测试中 1/2 的循环将在连接器未配接和连接器配接时通电（测试阶段 U.EL. 1.8）。连接器在配接时通电是最坏的情况，不太可能在现场有规律地发生。出于这个原因，该标准使配接时通电测试阶段成为可选阶段，但是，如果测试的这一部分没有完成，则需要生成的所有测试报告中报告测试的遗漏。本标准中使用的两种通电条件在下面的第 3 页中进行了说明。Stewart 连接器 PoE 组件符合此测试的所有部分。

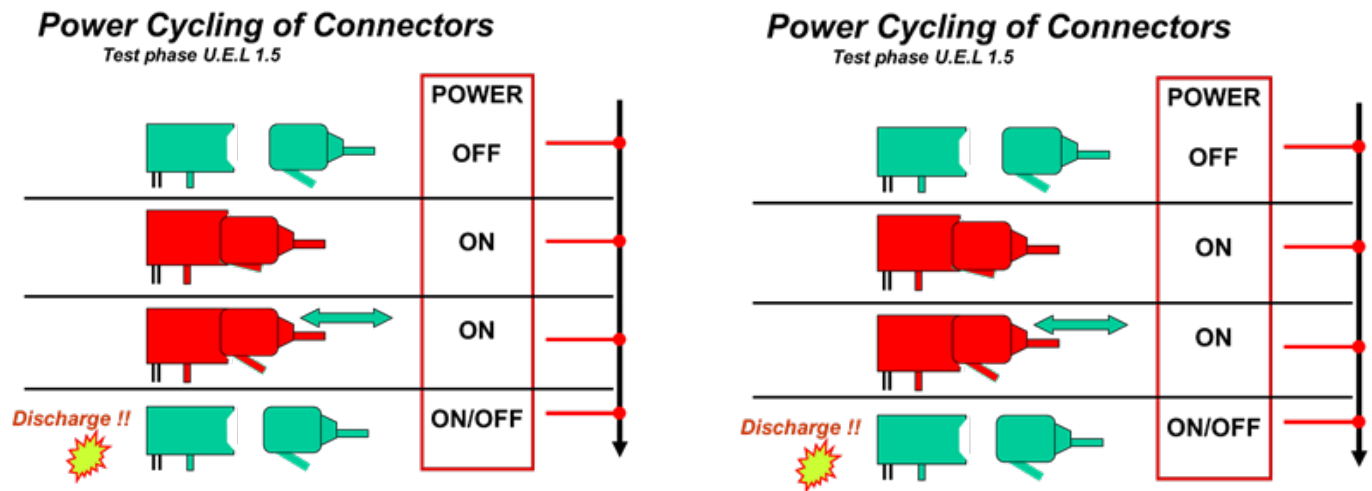


图3.IEC测试方法插图

如前所述，IEC 60512-99-002 将很快获得批准，并且基本上与 IEC 60512-99-001 标准中的测试顺序和方法相同，但电流增加以表示 4 类 PoE 系统中的条件。

# 以太网供电

## 电触点分离引起的物理现象和标准更新

### 触点劣化取决于连接器设计

如前所述，连接器设计将直接影响在有负载和无负载的机械操作中生存的能力。连接断开位置与标称接触区域（连接器在运行时所在的位置）之间的距离越大，放电的物理现象对LLCR的影响就越小。Stewart 连接器插头和插孔设计考虑到了这一点，并保持足够的距离，以防止损坏标称接触区域。

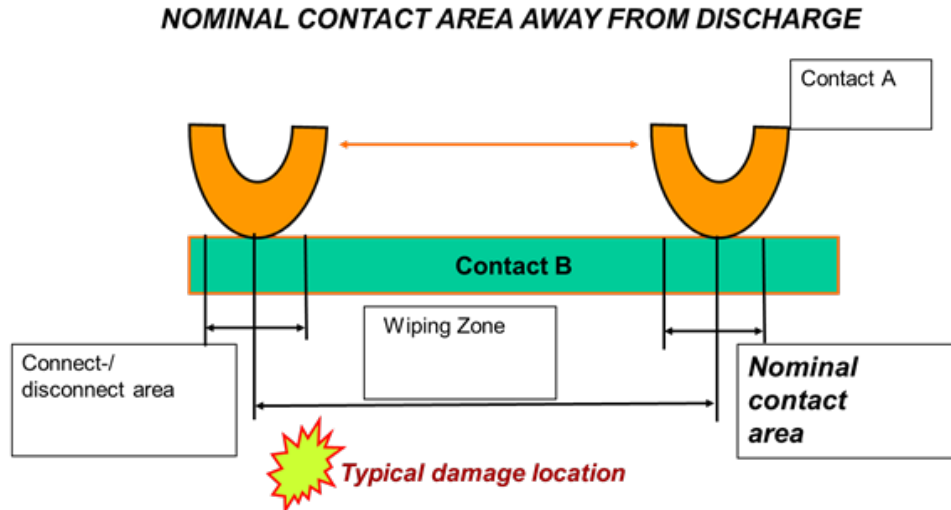


图4.远离放电的标称接触面积

正如您在 figure 5 中看到的，放电造成的损坏主要包含在初始连接区域内，而不是在擦拭区域或标称接触区域内。

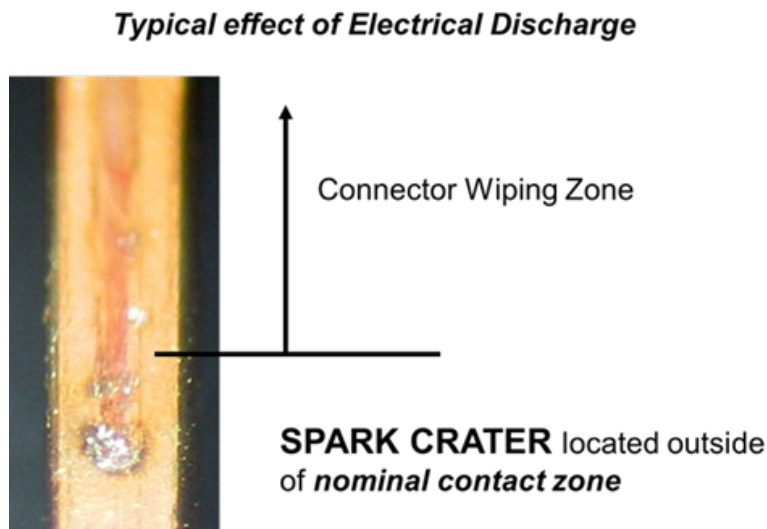


图5.放电的典型效应

# 以太网供电

## 电触点分离引起的物理现象和标准更新

专为 PoE 应用设计的 STEWART 连接器端子示例  
RJ45 触头设计  
8P8C模块化插头和插孔设计通常被称为AANRJ45连接器和广泛识别的以太网连接器系统。此连接器系统支持从category3到category8asdefinedinTIA-568-C的广泛范围数据传输速度。

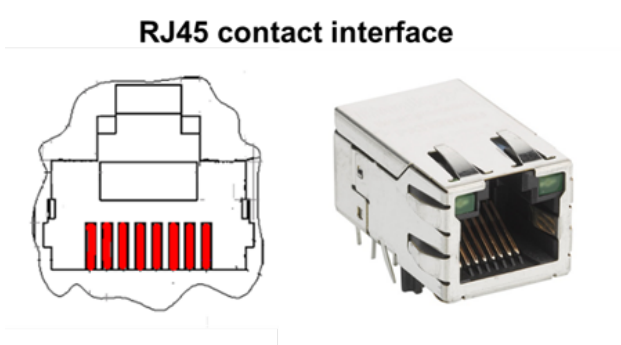


图6.RJ45触点设计

图 7 说明了 Stewart 连接器 RJ45 连接器系统的放电顺序。第一张图片显示了正常操作期间标称接触区域的插头和插孔触点。第二张图片显示了插头和插孔触点，因为插头从插孔中拔出，导致连接断开区域放电。第三张图片显示了处于未配接状态的插头和插孔触点。如图所示，放电区域与标称接触区域分开。



图7.RJ45放电顺序

图 8 详细说明了连接-断开区域放电引起的触点劣化。触点设计按预期工作，不是通过防止触点退化，而是通过确保它保持在标称接触区域之外。从第二张图片中可以看出，显然有一个“擦拭区”，插头触点穿过插孔触点的表面，擦拭结束的地方有一个由电火花引起的凹坑。这是插头和插孔接触的最后一个也是最后一个地方，在正常运行期间不会影响两个触点之间的电阻。



## 以太网供电

### 电触点分离引起的物理现象和标准更新

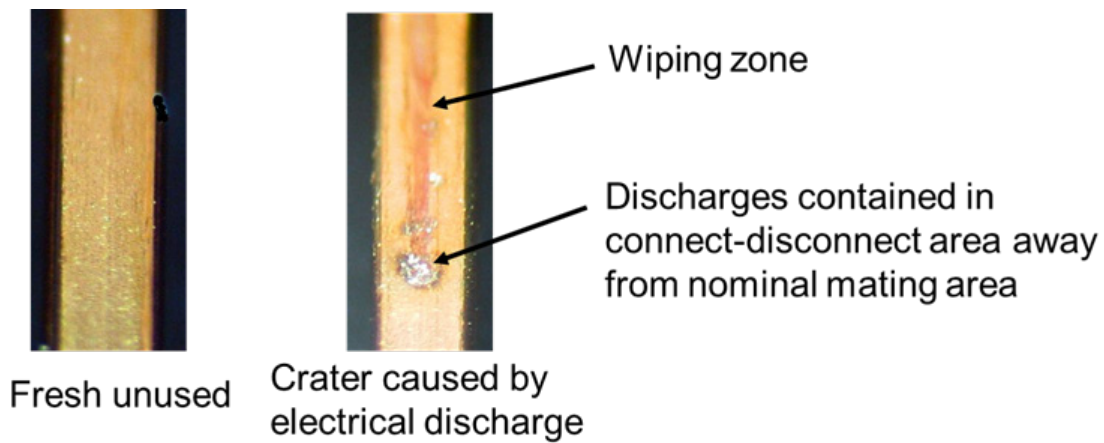


图8.RJ45放电前后

#### ARJ45 端子设计

ARJ45 连接器系统专为高速数据传输环境而设计，符合 IEC61076-3-110：2016 定义的高达 3000 MHz 的 7a 类性能标准和 ISO/IEC 11801-99-1 定义的 8.2 类性能。虽然 ARJ45 连接器系统专为高速数据传输而设计，但它也必须满足 PoE 要求。



图 9.ARJ45 触头设计和 ARJ45 电缆插孔

# 以太网供电

## 电触点分离引起的物理现象和标准更新

下面的图 10 详细介绍了 ARJ45 连接器插头和插孔的配接周期。该剖面图说明了如何通过适当的设计将放电与标称接触区域分开。

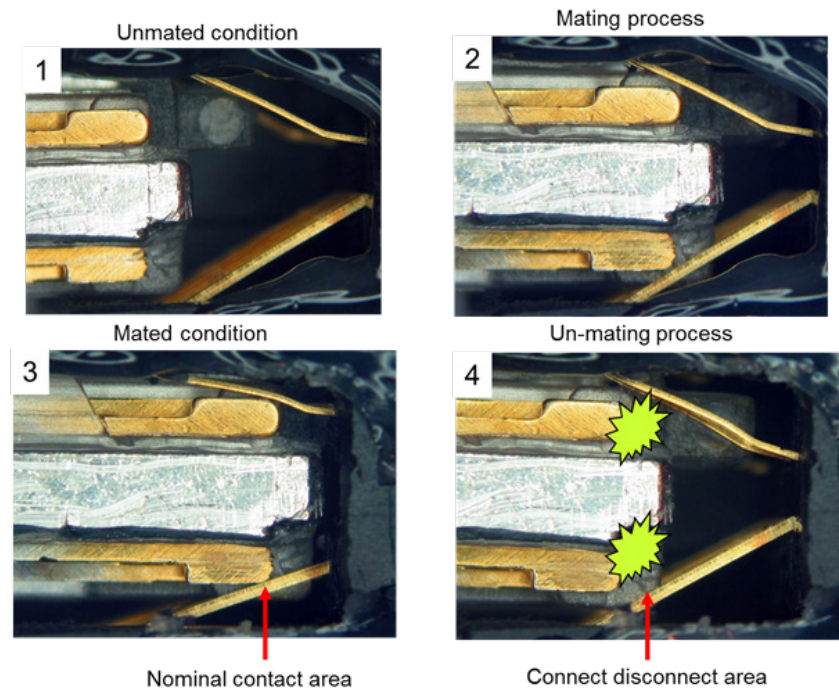


图 10.ARJ45 插拔次数

图 11 详细说明了接口顶部和底部放电导致的触点劣化。尽管确实发生了损坏，但损坏仍然通过触点设计与标称接触区域分开，在操作期间保持插头和插孔之间的低电阻接口。

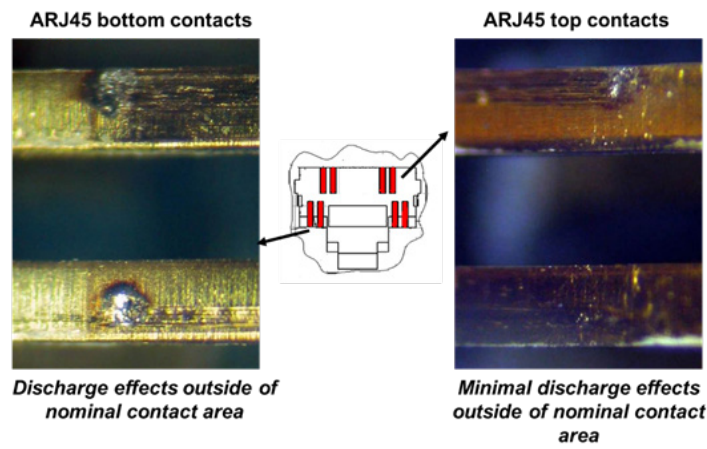


图 11.ARJ45放电效应

# 以太网供电

## 电触点分离引起的物理现象和标准更新

### RJ 点 five 端子设计

RJ 点 five 连接器系统旨在增加端口密度，提供几乎是传统 RJ45 连接器系统两倍的端口密度。RJ 点 five 连接器可与其他 IEC 62946 系列连接器互配和互操作。与 RJ45 和 ARJ45 系统一样，RJ 点 five 系统必须满足 PoE 要求，并且旨在满足允许高端口密度的技术要求，而且在 POE 系统内运行时的生存能力。

### Comparison of RJ45 and dual port RJ *point five*



图 12.RJ 点 five 与 RJ45 的比较

### RJ *point five* contact design

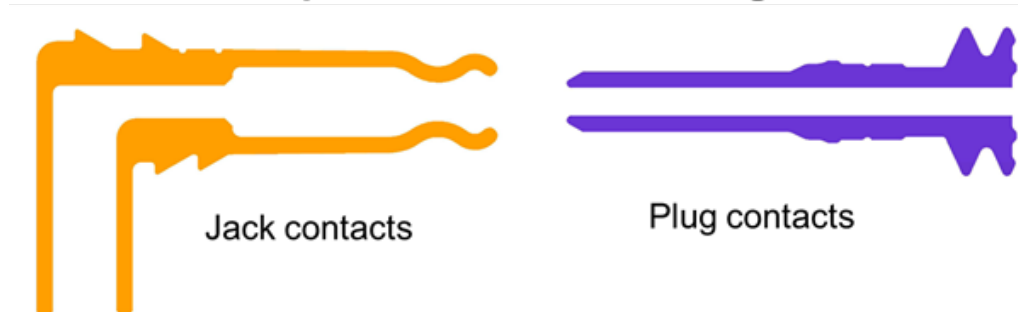


图 13.RJ 点 five 触点设计

图 14 显示了 RJ 点 five 连接器系统的放电顺序。再一次，我们可以观察到正确设计的触点如何将放电与标称接触区域分开。独特的双弯触头设计在触头的尖端形成了一个有意的放电区域，当连接器移动到标称配接位置时，该放电区域会从配接插头触点上抬起。这提供了两个不同的表面，一个用于放电，一个用于操作性能。

\*RJ point five 是 TE Connectivity 拥有的商标，经许可可在此使用。

# 以太网供电

## 电触点分离引起的物理现象和标准更新

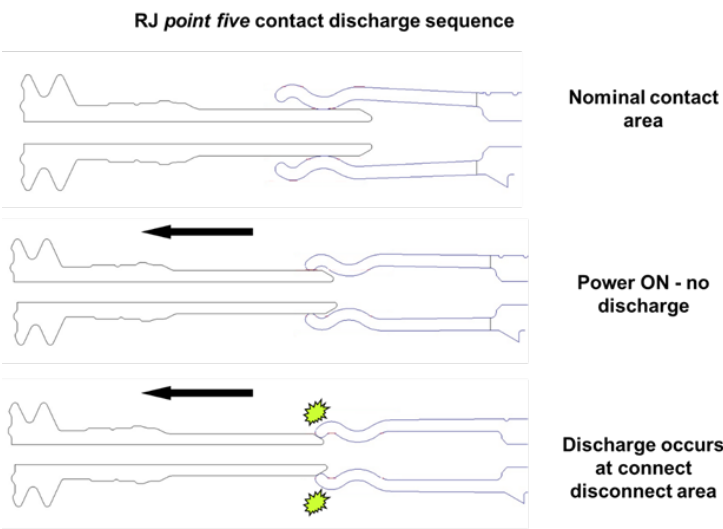


图 14.RJ 点 five 放电顺序  
图 15 详细介绍了在 PoE 系统中使用后连接器的设计结果。触点的末端已因放电而损坏，而标称配接区域不受放电影响。插头和插孔触点的机械循环使配合表面有明显的磨损，但磨损是正常的，并且符合 IEC 60603-7 中规定的无负载测试的机械操作要求。

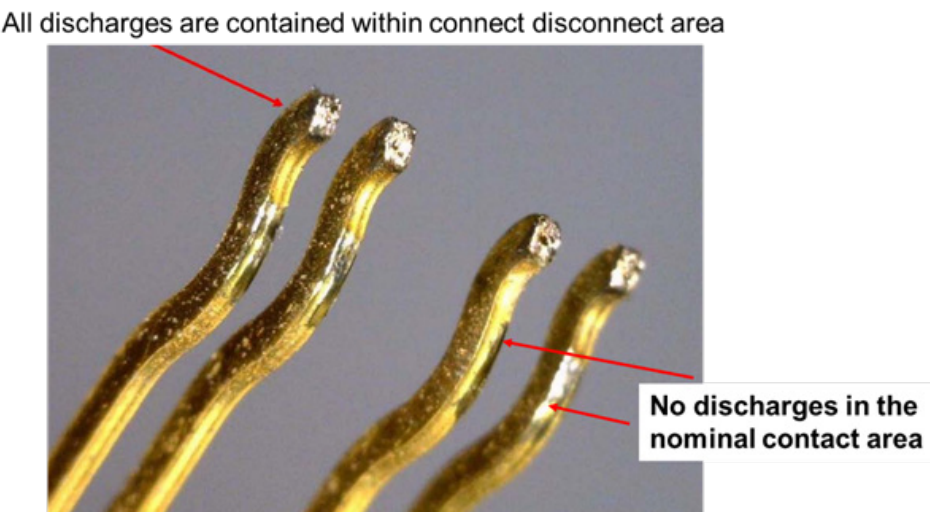


图 15.RJ 点 five 放电效果

# 以太网供电

## 电触点分离引起的物理现象和标准更新

### 连接器额定电流

额定电流描述了在连接器接口处测量的温度和电流之间的关系。随着电流的增加，连接器内的温度也会因更大的功率耗散而升高。在选择用于 PoE 系统（尤其是 PoE++ 系统）的连接器时，连接器的设计和测试必须符合 IEC 60603-7 的额定电流要求。图 16 所示的电流降额曲线指定了给定特定环境温度的最大电流，降额曲线的公式为  $I_t = 1.76 \cdot (-t/90)^{0.5}$ 。

Stewart Connector 将其所有连接器设计为在降额曲线下运行，并在 25°C（77°F）的标称环境温度下测试所有连接器设计。这意味着在环境温度为 25°C 的情况下，连接器的额定电流为 1.5 安培，远高于 PoE++ 中的最大 0.960 安培电流。

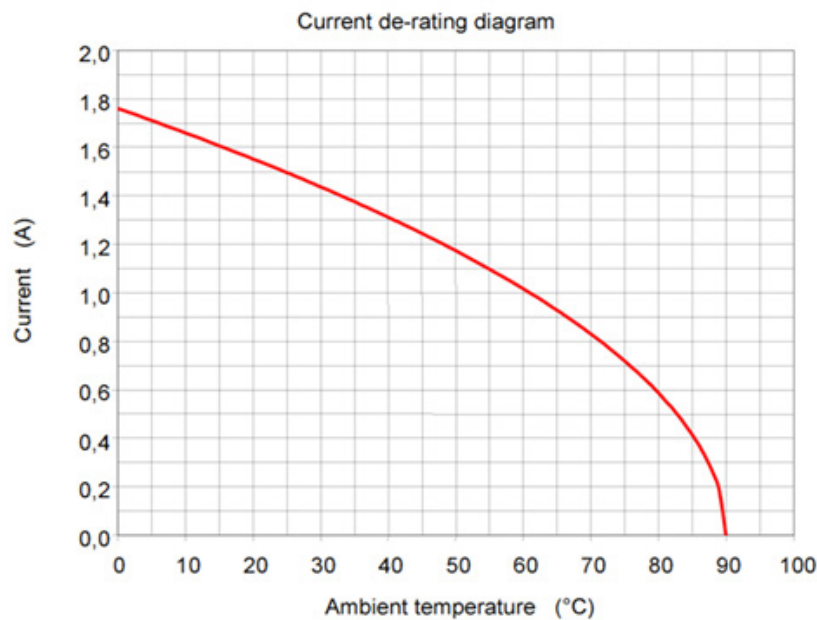


图 16.IEC 60603-7 Ed. 3.0 的电流降额曲线

总之，3 类和 4 类 PoE++ 系统可提供更高的功率，显著扩展了以太网供电的实用性。现在，功率要求相对较高的设备可以联网到 PoE 系统中，例如胖屏、云台变焦摄像头、智能 LED 照明、应急照明、销售点终端，以及随着技术标准化而发展的更多用途。当然，对于所有的积极因素，都会有一些可能的负面影响。正如我们所讨论的，在负载下拔出配接时，增加的功率可能会对连接器触点造成更大的损坏，从而可能导致高电阻电气接口，这种接口只会随着使用和时间增加而变得更糟。但是，这可以通过适当的连接器选择和测试来缓解。

# 以太网供电

## 由于电接触分离引起的物理现象和标准更新

### 摘要

我们讨论过的所有四个标准组织 TIA、IEEE、IEC 和 NEC 都将在今年或明年初推出处理 3 类和 4 类 PoE 应用的新标准。

铜缆布线系统最适合支持以太网供电和数据传输。

Type3 和 Type4PoE 应用功率的增加带来了许多新的机会，但也带来了新的问题。Notall 连接器旨在承受 3 型和 4 型 PoE 应用中存在的放电。

建议 PoE 系统安装中使用的所有连接器都经过测试，并超过无负载机械操作（IEC 60603-7）和负载机械操作（IEC 60512-99-001/002）测试。

Stewart Connector 的连接产品的设计和测试符合或超过适用的 IEC、IEEE 和 TIA 标准。Stewart Connector 制造的所有连接器的额定电流为 1.5 安培，环境温度为 25°C，超过了 PoE++ 应用中存在的最大电流。

始终选择设计用于在连接-断开接触表面和标称配接接触表面之间提供分离的连接器。

# 以太网供电

## 电触点分离引起的物理现象和标准更新

### 适用标准清单

IEC 60512-99-001 第 1.0 版。电子设备连接器 - 测试和测量 - 第 99-001 部分。测试时间表在电气负载下接合和分离连接器。

IEC 60512-99-002 第 1 版。委员会草案。电子设备连接器 - 测试和测量 - 第 99-001 部分。

测试在电气负载下接合和分离连接器间表。

IEC 60603-7-1 第 3.0 版。电子设备连接器。第 7-1 部分。8路、屏蔽、自由和fixed的详细规格连接。

IEC 61076-3-110 : 2016 第 3.0 版。电子设备连接器 第 3-110 部分。用于数据传输的免费和 fixed 连接器的详细规格，频率高达 3 000 MHz

IEC 62946-01 第 1 版。电子设备连接器 第 01 部分。矩形连接器。

IEEE 802.3bt\_33\_D1.7 中。以太网修订标准草案：通过 4 对通过 MDI 的 DTE 电源的物理层和管理参数。

NFPA 70：国家电气规范（NEC）手册

TIA TSB-184A 草案 7.1。支持通过平衡双绞线布线供电的指南。