



中文版本



朱茂雅克

用于加热的元件的技术

## 第 11 章

### 陶瓷和 PA66 接线柱的技术介绍



## 介绍

现有的标准仅是轻描淡写地提及陶瓷端子接线柱的耐温性问题。即使是高频瓷端子接线柱，在 20 世纪初首个已开发，使用陶瓷作为绝缘材料，这是因为当时没有其它经济的电绝缘材料可以模制成型，并具有足够的机械强度。家用电气装置的耐温性是次要的参数。然而，渐渐地，陶瓷在日常的应用中已经让位于塑料。陶瓷（高频瓷和滑石瓷）仅用于优先考虑机械强度和耐高温的应用中，不能用热塑性塑料或热固塑料来实现。

标准很少编写这些应用，一些标准中提供的 T200 标志对于陶瓷来说是不足的。

虽然在电气标准中对于陶瓷绝缘子规定了一些明显的测试豁免，但这些测试豁免不能区分陶瓷类型，并且忽略了在高温下它们的绝缘性能。对于用于电气端子的金属的耐温性也一样。

近年来，需要越来越高的温度，远高于 200°C，例如电缆的耐火标准：NFC3270，IEC 60331，EN50200，NFC3270，IEC 60331，EN50200，DIN VDE 0472 part 814，BS 8434-2，BS 6387 A，B，C，S 等。

这些标准具有不同的耐温值，范围从 **650°C 持续 30 分钟到 950°C 持续 180 分钟**。

少量分散的耐高温标准信息是不够的：例如，标准 EN60730-1（家用电器控制器）给出在 § 14-1 中最高陶瓷温度为 425°C；在 6.35 镀镍黄铜调节片上的 200°C，和用于未镀黄铜端子的 230°C；对于钢的 400°C ...

此外，没有提及镍的特殊温度。

为了正确量化陶瓷端子接线柱的可行性，我们认为给工程部门提供适当的技术要素是有帮助的。

## 第一部分：接线柱的绝缘配件

### 用于接线柱的陶瓷电气特性及机械特性

用于端子柱和电绝缘部件的不同的陶瓷区别在于其成份、制作方法，特别是将它们的绝缘性能(电阻率)用作温度函数。在接线端子的应用当中，它们的高频介电特性不是一项重要的判定标准。所有的这些陶瓷当然都是不易燃的，并且在电气标准中通过大于 600 的相比起痕指数 (CTI) 来分类，这是耐表面电流的最高等级。

这些陶瓷的参考标准是 IEC (EN) 60672。

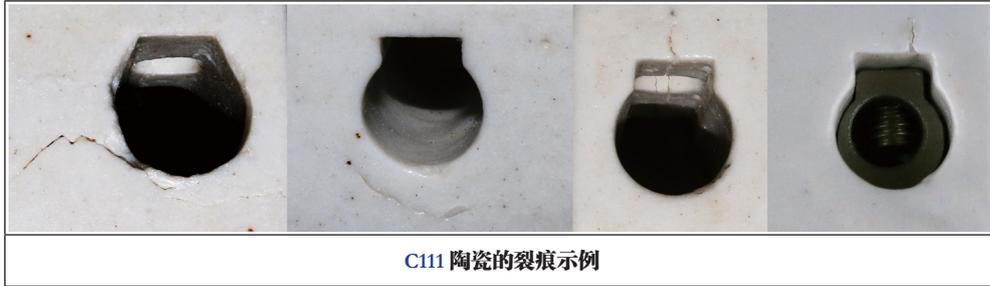
#### C100 类陶瓷

陶瓷类别 C100（碱性铝硅酸盐高频瓷）的基本成分是石英、长石和高岭土，类似于装饰用的和家用的高频瓷。

**C111 类陶瓷：**它是一种压制的硅质高频瓷，开孔孔隙度不大于 3%，其介电强度根据压紧的情况而变化。它必须上釉以克服其多孔性的缺点。

在室温下它具有优越的电绝缘性（在 30°C 时为  $10^{11}$  ohms.m），其绝缘在 200°C（ $10^6$  ohms.m）时仍然是符合要求的，但其电阻率急剧下降至 300°C，在 600°C 仅是 100 ohms.m。

它是最古老的电绝缘陶瓷材料。传统上早在 19 世纪末就使用了，用于制作低温的家用电气绝缘部件：开关底座、灯座、导体支架、电气接线端子。当做了搪瓷处理，易于清洁。模具简单，易于用基本的设备进行生产。但是如果它非常适合在高达 200°C 的温度下使用，其使用将变得危险，因为其绝缘性能迅速丧失。手动生产的时间成本昂贵，难以自动化，在低工资收入的国家中仍在广泛使用。尺寸公差很宽，并且很重要的一项是由于压缩不均匀会导致因每个有裂缝而遭拒收。



C111 陶瓷的裂痕示例

**C110 瓷器：**这是一种可以注塑成型的塑化瓷器。其介电强度极佳，约为 20KV / mm。由于它是无孔的，除了易于清洁这个原因之外，它不需要搪瓷。

在温度中其绝缘特性与 C111 相同，即在 30℃ 时为  $10^{10}$  ohms.m，在 200℃ 时为  $10^6$ ，类似地，电阻率急剧降至近 300℃，在 600℃ 时达到 100 欧姆。

## C200 类别的滑石

滑石与陶瓷的区别在于它们的氧化镁 (MgO) 的高百分比，约为 26-32%，其余主要是二氧化硅 (SiO<sub>2</sub>) 和助熔剂。它是一种具有强电介质的材料，在高温下具有高度绝缘性，并且在高达 1000℃ 以上时仍能保持稳定。典型的生产工艺是干压、挤压、铸造和半湿压。它也通过注塑成型，以热塑化形式制成，并允许严格的公差。

该材料在约 1400℃ 烧制，并且通过结晶化成形滑石，在玻化过程中熔化和溶解。为了达到无污染并且易于清洁的表面，滑石也可以上釉。

**滑石 C210：**所谓的低频滑石，很少用于电热接线端子。它是通过半湿压制而成的，并且必须是搪瓷的，因为它的孔隙率约为 0.7%。即使在 600℃ ( $1000$  ohms.m) 也能保持良好的绝缘性能。

**滑石 C220，**也称为普通滑石，孔隙率为零，是一种含有 1 至 2% 的 Na<sub>2</sub>O 和 3 至 6% 氧化铝和熔剂的滑石。像 C210 一样，其电阻率在 30℃ 时为  $10^{10}$  ohms.m，在 200℃ 时为  $10^7$  ohms.m，在 600℃ 时为  $10^3$  ohms.m。

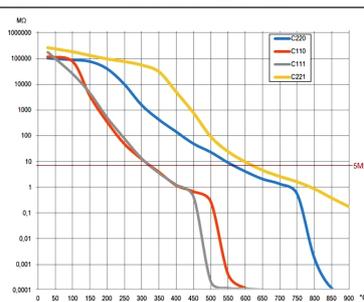
**滑石 C221，**也被称为高频滑石，具有零孔隙率，并且通过添加 7% 的氧化钡 (BaO) 而令其不同于 C220。在室温 ( $10^{11}$  ohms.m) 下具有高绝缘性，在 600℃ 时它具有最佳的电阻率： $100000$  ohms.m，比高频瓷高一千多倍。它可以注塑成型，具有高精度。因此，它成为必须承受高温或极高温度的接线端子的理想材料。如果需要光滑的表面，它可以不使用未加工的或搪瓷的。

## C600 类别的陶瓷

**低碱 C610 铝陶瓷，**也称为莫来石，具有高百分比的氧化铝 (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)，约 60%，剩余的是二氧化硅 (SiO<sub>2</sub>)。其孔隙率为零。它的温度电阻率很好，包括高达 600℃ ( $10000$  ohms.m)。它具有良好的耐热冲击性，高机械阻力，低膨胀系数和良好的耐热冲击性，使其更好地实现加热电阻绝缘，以及成为温度传感器保护管的首选。由于成型困难，它不用于接线柱。



作为温度函数用于陶瓷电阻率的测试烤箱 (Ultimate 实验室)



用作温度函数的端子接线柱的绝缘电阻变化曲线图，由不同种类的陶瓷制成，(C110, C111, C220, C221)，厚度为 2mm，5MΩ 的数值是规范限值

## 端子接线柱的陶瓷的最高温度

电工陶瓷有非常高的温度，温度高达 1400°C，1700°C 或者甚至更高。然而，在电端子接线柱和绝缘子的应用中，关键的参数是绝缘电阻。

在带电部件之间和在带电部件和地面接触部件之间，IEC 60998 提供了一个**最小的绝缘电阻值 5 MΩ**，例如一个安装板。

这个绝缘电阻取决于：

- 在最弱的地方，绝缘的厚度
- 温度

我们的陶瓷端子接线柱的设计有提供了，在最薄的地方，那就是说在固定螺丝和电气端子之间：

- **最小的** 1.2mm 壁厚用于高达 250V 的端子接线柱
- **最小的** 2mm 壁厚用于高达 450V 的端子接线柱
- **最小的** 3mm 壁厚用于高达 750V 的端子接线柱

提供到这些数值，并且根据陶瓷的电阻率变化作为温度函数，**我们建议的**限值是：

对于陶瓷 C111: 250 °C

对于陶瓷 C110: 300 °C

对于 C220 滑石: 550 °C

对于 C221 滑石: 650 °C

限值已经被安全地选择为 100°C 低于 5MΩ 的临界值（对于一个 2mm 的壁厚）

## 接线柱中使用的塑料的电气和机械特性

该接线柱的塑料材料，一种特别的高端 PA66，已被选择用于满足其使用的特别限制。接线柱能承受的最关键的限制是导体的不良紧固，其高触点电阻会导致端子过热并融化支撑件的塑料材料。该等级给过热和 GWFI（灼热丝点火等级）高于 850°C 的塑料提供了最高的耐受性。根据 EN60335-1 § 30-2-3-1 的规格要求，**对用于无人看守的应用，此级别是强制性要求的。**我们用于这些接线端子的材料有 **960°C 的 GWFI**，远高于本标准的最低规格。这种塑料还具有最佳的耐电流跟踪，CTI > 600（等级 1，最高级别的）。

对设计用于在高温环境温度下使用这些接线柱的这些外壳的另一个关键参数，是负载下的偏移温度。根据 ISO 75 进行测量，该塑料材料在 1.8MPa 负荷下具有特别高的 **282°C** 的变形温度。

材料	根据 ISO 75, 负载下的热变形温度	根据 UL94 的可燃性	根据 ISO 572-2 的机械强度	根据 IEC 60695-2-12, 灼热丝可燃性指数 (GWFI)
25% 玻璃纤维加固的 PA66 (黑色的)	282°C (1.8 Mpa)	根据厚度, UL94 VO 和 UL94-5V	150 Mpa	960°C

## 根据 ISO 75-2 在负载下的热变形温度测试

根据 ISO75-1 和 3，在负荷下偏移温度的测定是一项重要的参数，以判定一种塑料原材料的性能，承受温度上升而不丧失其机械强度。某些设备和商业标准要求要达到此值。为了选择用于塑料接线柱的最佳材料，用 80 x10 x 4mm 的样条（方法 Af），在 10 mm 宽度的中间施加 1.8 MPa 负载进行了测试。已选择了 4mm 的厚度，在标准的选择中，是最接近接线柱所使用的厚度。升温为每分钟 2°C。

当偏移已达到 0.34mm 时，记录最终的温度。

**根据 ISO 75 在负载下的热变形温度**



**PA66 接线柱的最大的许可的温度  
(“T” 标志)**

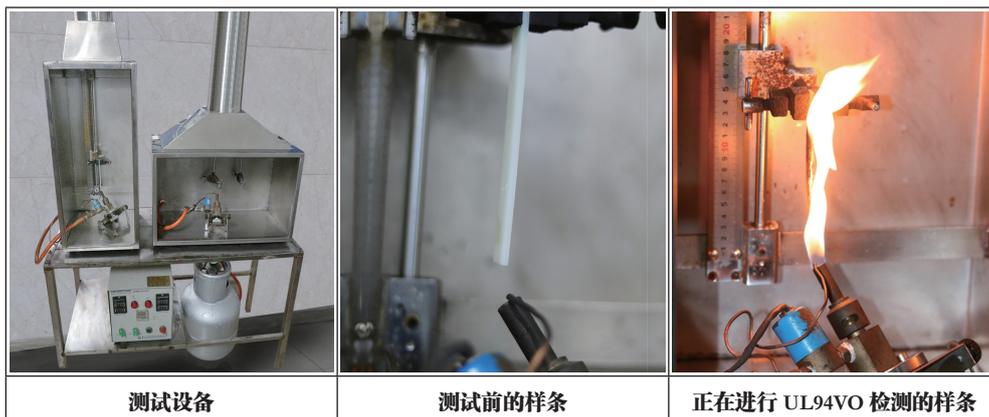
端子接线柱的最大许可温度是由支撑电流通过端子的部件的机械强度决定的。鉴于此，当它们通过电流穿过的时候，可通过焦耳效应使端子变热。除了环境温度，标准 EN60998 或者 EN60947 所要求的这个最大的加热数值是 45°C。这个塑料材料的机械强度，是根据 IEC 60695-10-2，通过测试来测量的。这个标准测量了一个直径为 5mm 的球在 20N 的力度下在测试温度持续 1 小时的渗透性。球所产生的压痕不能超过一个 2mm 的直径。因此，当一个标有 T200 的端子接线柱处于  $200^{\circ}\text{C} + 45^{\circ}\text{C} = 245^{\circ}\text{C}$  的温度，电流流动通过部件时确保了有一个良好的保持。

注意：对于陶瓷接线柱，显然没有使用这个测试，并且金属部件的最高耐温性将定义室内的耐温性。



**根据 UL94，可燃性检测，在我们的实验室进行**

接线柱的塑料可燃性测试旨在验证这些接线柱的意外点火不会扩散并且燃烧将自行熄灭。认证实验室通常要求的等级为 UL94-VO，或者对于某些特殊情况，最高级别为 UL94-5V。



**第二部分：导体和电线**  
**根据线芯构成的电缆类型**

			
类型 1: 实心线芯	类型 2: 绞合线芯	类型 5: 柔性线芯	类型 6: 超柔韧的线芯

标准 IEC 60228 (1978) 将电导体的线芯分成 4 个主要类型：

类型 1，实心线芯：这个线芯由一根单独的导线组成，通常横截面限制到 6 mm<sup>2</sup>，或最大 10 mm<sup>2</sup>。这种导体的类型用于固定安装。

类型 2，用于固定安装的绞合线芯：用于带有一个大于 6 mm<sup>2</sup> 或者 10mm<sup>2</sup> 的横截面的线芯，这个线芯由几根中等尺寸的导线所组成。这种导体类型用于固定安装。

类型 5，柔性线芯：这个线芯由许多细线所组成。这种导体类型用于连接移动设备。

类型 6：超柔韧的线芯：比类型 5 具有更大的柔韧性。

这些端子，根据它们标称的横截面，必须能容纳 1、2、5、6 类型的导体连接。除非生产商提供不同的特性。

除非特别标明，一个用于给定最大截面的端子必须能够容纳这个截面的实心或者绞合导体（类型 1 和 2），和紧接着的截面的柔性导体（类型 5 和 6）。例如，一个 10mm<sup>2</sup> 的端子接线柱能够接纳在类型 1 和 2 里的一个 10mm<sup>2</sup> 导体，和类型 5 或 6 的一个 6mm<sup>2</sup> 导体。

**电导体的度量标准和相对应的 AWG 尺寸**

为了标准化不同的现有的标准，定义已共存数十年的电导体截面，例如 AWG（也称为 Brown 和 Sharp），伯明翰，SWG（英国帝国标准），Washburn 和 Moen 等，国际标准 IEC60228 已定义以下的电缆规格：0.5 mm<sup>2</sup>，0.75 mm<sup>2</sup>，1 mm<sup>2</sup>，1.5 mm<sup>2</sup>，2.5 mm<sup>2</sup>，4 mm<sup>2</sup>，6 mm<sup>2</sup>，10 mm<sup>2</sup>，16mm<sup>2</sup>，25mm<sup>2</sup>，35mm<sup>2</sup>，50mm<sup>2</sup> 等等...，高达 1000mm<sup>2</sup>。

因此，本目录书中的端子接线柱是参考这些数值的。

**用于实心线的精确等值的 AWG 电线规格，单位为 mm<sup>2</sup>**

AWG	直径 (mm)	横截面 (mm <sup>2</sup> )	AWG	直径 (mm)	横截面 (mm <sup>2</sup> )	AWG	直径 (mm)	横截面 (mm <sup>2</sup> )
24	0.510	0.205	17	1.15	1.04	10	2.59	5.26
23	0.575	0.259	16	1.29	1.31	9	2.9	6.63
22	0.643	0.324	15	1.45	1.65	8	3.25	8.37
21	0.724	0.411	14	1.63	2.08	7	3.65	10.55
20	0.813	0.519	13	1.83	2.63	6	4.1	13.30
19	0.912	0.653	12	2.05	3.31	5	4.65	16.77

## 陶瓷和 PA66 接线柱的技术介绍

AWG	直径 (mm)	横截面 (mm <sup>2</sup> )	AWG	直径 (mm)	横截面 (mm <sup>2</sup> )	AWG	直径 (mm)	横截面 (mm <sup>2</sup> )
18	1.02	0.823	11	2.3	4.17	4	5.2	21.15

以 mm<sup>2</sup> 为单位的横截面的**标准化**一致性，带有 AWG 截面的公制电导体

EN60998 标准给出在 mm <sup>2</sup> 和 AWG 标准之间端子的 <b>夹紧能力</b> 的等值									
mm <sup>2</sup>	1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	50
AWG	16	14	12	10	8	6	4	2	0

根据 EN60998 用于**螺丝端子的拧紧扭矩**，单位是 N.m（用于本目录书中**端子接线柱的型号**）

M2.6	M3	M3.5	M4	M5	M6	M8
0.4	0.5	0.8	1.2	2.0	2.5	4

### 第三部分：接线柱的金属配件

#### 电端子材料

电气端子的常用材料是：黄铜、钢、不锈钢、镍。

它们在接线柱中的选择取决于三个主要因素：

- 在不同的工作温度下，抗电流的“电阻率”。
- 作为温度函数的机械阻力的变化，这是操作高温和极高温接线端子的关键参数。
- 原材料及其转化的成本。

#### 电流电阻率

有电流通过的任何电气端子都会受到焦耳效应的影响而发热。电流截面越大，电阻越低。导体夹紧螺丝之间的长度越长，电阻就越大。该逻辑规则是端子设计的基础。第二个参数是电阻率，以 Ohms.m 表示，根据材料会有很大的变化。电阻率的倒数是电导率，以西门子 / m 表示，有时与红铜相比也给出相关的数值（以 IACS 的 % 表示）。可以注意到，不锈钢的导电率比黄铜低 12 倍以上。这些金属的另一个特征是当温度上升时，其电阻率增加。在工作温度较高时，在设计端子横截面时必须仔细计算此参数。

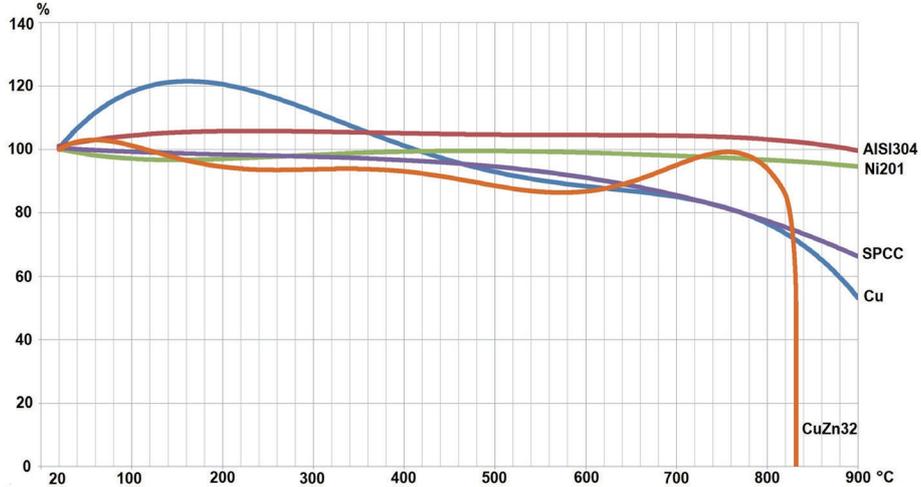
#### 在 20°C 用于导体的主要金属的电阻率和电导率表格

单位	红铜	黄铜 CuZn40Pb2	镍	钢	304 不锈钢
在 20°C 电阻率 $\rho$ , ( $10^{-8} \Omega m$ )	1.67	7.1	8.7	14.3	73
电导率 $\sigma$ , 在 20°C, $10^6$ 西门子 / m	5.8	1.4	1.15	0.7	0.14
IACS (国际退火红铜标准) 电导率的百份比	100%	24%	20%	18%	2%

# 陶瓷和 PA66 接线柱的技术介绍

## 最终抗拉强度随温度而变化

根据在 90 分钟期间维持的最高暴露温度，红铜、黄铜 UZ34Pb2，SPCC 切削钢、Aisi 304 不锈钢和 201 镍断裂的最终抗拉强度的对比变化 (在室温下的测量值单位为 %)



红铜和铁逐渐地失去它们的机械强度，在约 900°C 仅仅保持 50% 左右。黄铜相对地保持稳定，但是临近 900°C，到达它的熔点。304 不锈钢和 201 镍在它们的机械强度到达 900°C 时没有显示明显的变化。

## 根据温度的情况金属的氧化

在不同的温度，在一个电烤箱里面，在氧化大气里暴露一小时后，黄铜、镀镍黄铜、镀镍钢、304 不锈钢和 201 镍样品的外观

材料	暴露温度							
	200°C / 392°F	300°C / 572°F	400°C / 752°F	500°C / 932°F	600°C / 1112°F	700°C / 1292°F	800°C / 1472°F	900°C / 1652°F
黄铜								
钢 (SPCC)								
红铜								
304 不锈钢								
201 镍								

对于 400°C 的红铜和黄铜，或者 500°C 的铁，和 900°C 的 304 不锈钢，氧化层变得不可接受。201 镍没有出现明显的氧化层。

## 原材料的成本 (与低碳冷轧钢铁型号 SPCC 相比较)

1	x 3.9	x 8.2	x 38
低碳冷轧钢铁型号 SPCC	304 不锈钢	CuZn40Pb2 黄铜	201 镍

导体夹紧类型

电线端子类型		端子设计				
		 带凹状方形垫片的螺丝 (主要用于 PA66 接线柱)	 直插式螺丝	 带鞍座和弹簧垫片的螺丝	 带鞍座、弹簧垫片和保护片的螺丝	 带压片的螺丝
	实心导体线 (类型 1)	OK	OK	OK	OK	OK
	绞合导体线 (类型 2)	OK	OK	OK	OK	OK
	柔性的或非柔性的导体线 (类型 5 或者 6)	可接受的	不推荐	OK	OK	OK
	镀锡的柔性线端 *	不推荐	不推荐	不推荐	不推荐	不推荐
	电缆套	OK	OK	OK	OK	OK
	叉形端子	OK	不可以	OK	OK	不可以
	孔眼式端子	OK	不可以	OK	OK	不可以

\* 不建议夹紧绞合的或者被焊接在一起的柔韧导体，因为锡合金是蠕变的。



**凹状方形垫片螺丝端子**  
(主要用于 PA66 接线柱和一些陶瓷接线柱)

根据接线柱的尺寸，这些端子使用 M3, M3.5、M4、M5 和 M6 螺丝。他们有以下的特点：

- 生产：使用的材料重量非常轻，生产损耗较少。因此，它是最环保的端子。
- 使用带有一个紧固的和封套的方形垫片的螺丝，可以在每个端子内放置两根电线，即使尺寸略有不同，但也不会影响紧固质量。
- 垫片的弹性效果还可以有效地防止因振动而造成的松脱。
- 这种类型的端子允许引入刚性的或绞合的导线、叉形接线片、孔眼式耳柄和电缆护套。
- 端子的末端没有隐藏，并且可以清楚地看到电线的正确引入。
- 刚性的或柔性导线的紧固非常有效，其拉伸强度明显高于标准的规格。
- 端子的导电部分可用镀镍钢、未加工的或镀镍黄铜、纯镍或甚至不锈钢制成。
- 然而，它们的小电流通截面使其对焦耳效应加热非常敏感，特别是当它们是用镀镍钢或不锈钢制成的时候。



**带螺丝的直接夹紧的挤压黄铜端子**  
(仅用于陶瓷端子)

该装置是最普遍的，并且传统上使用在陶瓷接线端子已经有 100 多年了。这些端子是用对每个尺寸均有外形要求的 CUZn40Pb2 黄铜棒经

特殊挤压加工而成。

黄铜的成分（60% 的红铜）对于确保低电阻率是重要的，并且避免因材料的锌含量过高而出现易脆性。

它们在攻丝中具有一个额外的厚度，以便有足够长的螺纹长度以承受标准所要求的紧固扭力，并且当拧紧螺丝时，中心孔周围的壁厚也必须能够防止管破裂。

然而，它们用黄铜（不锈钢、钢）以外的金属来生产是很难的，并且成本昂贵。由于黄铜在高温下会软化，它们不能用于高温接线端子。由于执行这种操作需要有金属的重量，对于  $16\text{mm}^2$  以上的规格而言，它们变得非常昂贵。

这些端子也限制了能有效紧固的导线规格的数量，因为压力螺丝的冲程会受到孔的圆形截面的限制，螺丝很快会被锁定在壁之间。



**带直接夹紧螺丝的冲压端子  
(用于带大截面或能承受非常高温的陶瓷端子接线柱)**

与用杆加工而成的配件不同，这种类型的生产，虽然在模具方面很昂贵，但是减少了金属的损耗。对于大的截面（ $16\text{mm}^2$  以上）是特别经济的。它还可用于制作镀镍钢、不锈钢或镍端子。因此，对于耐温高达  $750^\circ\text{C}$  的端子，这是优选的技术。由于导线孔是矩形的，压力螺丝有一个更长的夹紧冲程，这加大了允许的规格范围。



**带夹紧螺丝和压片的冲压端子  
(使用在带大截面或承受非常高温的陶瓷端子接线柱)**

预留给大横截面的型号，这个系统把一个不锈钢主体或者镍主体与不锈钢内六角圆柱头螺丝结合在一起。通过一个镍弹簧片分配压力。所以，对于类型 5 和 6 柔性的或者超柔韧的导线，建议使用这种系统，因为这里不会有剪断绞合线的风险。由于温度的原因，压片的柔韧性在不依赖膨胀的情况下保持一个最佳的夹紧。这些型号支持  $750^\circ\text{C}$  的永久温度和  $950^\circ\text{C}$  的峰值温度。



**带鞍座的螺丝和带鞍座及保护片的螺丝 (用于陶瓷接线柱)**

这些端子使用在高温端子接线柱上，因为它们用不锈钢制成更为容易。它们有在同一个鞍座下能放两根导线的优势，并且适合导线规格大的系列。即使是在高温及在红铜导线上，弹簧垫片位于螺丝头和鞍座之间，确保了夹紧的连续性。然而，由于不锈钢的电导性，端子往往比黄铜或镍端子易变热得多，这限制了它们可以承受的最大电流。如果这种强度限制是禁止的，那建议使用带有纯镍端子的型号，但使用不锈钢弹性垫片。

由于鞍座边缘的缘故，为了避免因剪切而切割到电线，它可以包含有防剪切片。

### **因为温度上升的原因，松开端子接线柱螺丝**

在要承受高温的端子上，温度的影响是适用的标准不足以考虑到的一项关键参数。最关键的一点是端子的松动，通过增加在端子和导线

## 陶瓷和 PA66 接线柱的技术介绍

之间的触点电阻来促进，将导致局部加热至点燃附近的可燃材料。这种松动有四种原由：

- 端子因其膨胀而变形，使紧固松脱。当温度下降时，这种变形通常是可恢复原状的，并且可以通过端子的弹性或包含在压力螺丝和导线之间的弹簧来补偿。

- 通过改变金属的晶体结构使端子变形。这种变形通常是不可恢复的。

- 红铜导体或电线的变形，通过加热使其具有延展性。这种变形通常是不可恢复的，但可以通过使用耐热的导线来避免，例如镍。

- 通过在不同材料之间的连续加热和冷却循环来松开压力螺丝。

可以单独或共同实施两种解决方案。

1°：在螺丝和导线之间插入一个弹性金属部件；

2°：在拧紧的过程中引起端子变形来设置一个螺丝自动锁紧系统。

一个短的 * 温度峰值后端子接线柱的拧紧力的平均变化。20℃的拧紧力被认为是 100%（这些端子通过端子允许使用的最大标称直径拧紧在一根钢棒上）									
端子型号	材料	温度							
		在 200℃ 的 90 分钟	在 300℃ 的 90 分钟	在 400℃ 的 90 分钟	在 500℃ 的 90 分钟	在 600℃ 的 90 分钟	在 700℃ 的 90 分钟	在 800℃ 的 90 分钟	在 900℃ 的 90 分钟
	全镀镍钢	93	82	80	91	87	72	螺丝被氧化物阻塞	螺丝被氧化物阻塞
	全 304 不锈钢	96	93	81	80	80	85	86	84
	镀镍黄铜端子，镀镍钢螺丝	84	84	74	66	50	36	熔化的端子	熔化的端子
	黄铜端子，镀镍钢螺丝	96	76	68	63	62	49	熔化的端子	熔化的端子
	全镀镍钢	91	77	77	77	51	被氧化物阻塞的螺丝	被氧化物阻塞的螺丝	被氧化物阻塞的螺丝
	全 304 不锈钢	95	91	81	78	80	86	88	84
	201 镍端子，304 不锈钢螺丝	95	91	81	78	80	86	88	84
	201 镍端子，镀镍钢螺丝	79	80	116	160	197	229 螺丝被阻挡	255 螺丝被阻挡	323 螺丝被阻挡
	201 镍端子，304 不锈钢螺丝。带压片	100	170	103	103	104	108	145	170
≥ 25% 或者更多拧紧的损耗				端子损坏，或者没有更多的使用，或者扭矩比初始高 2x 以上					
温度高于 600℃时，镀镍钢螺丝不能被使用，甚至是很短的时间，因为螺丝的氧化引起它的阻塞。对于更高的温度，仅仅不锈钢或者镍螺丝是可用的和保持功能的，如有必要，允许拆装和替换。									

## 陶瓷和 PA66 接线柱的技术介绍

暴露于一个 230°C 延伸温度后的端子接线柱螺丝的拧紧力矩的平均变化。在 20°C 的拧紧力矩被认为 100% (这些端子通过端子允许使用最大的标称直径拧紧在一根钢棒上)			
材料	230°C, 48 小时	230°C, 120 小时	230°C, 192 小时
带镀镍钢螺丝的镀镍钢端子	81	120	111
带镀镍钢螺丝的黄铜端子	86	86	86
镀镍钢螺丝, 被使用在钢或者黄铜端子上, 承受 230°C 的永久温度, 没有堵塞和没有异常的氧化			
暴露于一个 300°C 延伸温度后的端子接线柱螺丝的拧紧力矩的平均变化。在 20°C 的拧紧力矩被认为 100% (这些端子通过端子允许使用的标称直径拧紧在一根钢棒上)			
材料	300°C, 48 小时	300°C, 120 小时	300°C, 192 小时
带镀镍钢螺丝的镀镍钢端子	70	68	65
带镀镍钢螺丝的黄铜端子	62	60	60
我们不推荐在黄铜或者镀镍钢端子上使用镀镍钢螺丝, 由于拧紧力矩的损耗, 永久温度会高于 300 °C			

### 电线拉出力度和耐振动松开

抗振性是端子接线柱的一项重要参数, 特别是如果它们安装在卡车、火车或发动机附近。为了验证端子耐意外松脱的有效性, 对它们进行了 10 分钟的循环可变正弦曲线震动测试, 覆盖 1.7Hz 至 5Hz 的范围, 可变的加速从 0.3 到 2.6G, 持续 48 小时, 并且再次测量拉出力度。

型号	拧紧力 (N.m)	带有压接电缆套的绞合导线, 在黄铜端子上带有凹状的方形钢垫片					
		0.5mm <sup>2</sup>	0.75mm <sup>2</sup>	1mm <sup>2</sup>	1.5mm <sup>2</sup>	2.5mm <sup>2</sup>	4mm <sup>2</sup>
M3 螺丝 (震动前)	0.50	65	105	134	151	211	
M3 螺丝 (震动后)		62	102	131	147	202	
M3.5 螺丝 (震动前)	0.80	68	105	142	165	220	
M3.5 螺丝 (震动后)		65	102	132	162	218	
M4 螺丝 (震动前)	1.20	86	110	145	157	235	260
M4 螺丝 (震动后)		84	107	138	153	231	248
EN60998 要求的最小拉力测试数值		20	30	35	40	50	60



## 电气间隙和爬电距离

漏电距离是通过紧随的绝缘表面，在不同极性的两个导体之间，或者在一个导体和地面之间进行测量的。标准规定的爬电距离的最小值，在其他之间，取决于操作电压、在网络上可能的过压和规定的应用。在一个绝缘子表面测量蠕变的情况下，所使用的绝缘子的特性是重要的，因为通过形成导电轨道，它们会或多或少地容易有电通路的产生。它们是由于电流的表面燃烧，塑料材料中存在有水分，并且表面污染的剩余碳原子变成电流通道的许多个点。所以，塑料是根据这个特征进行分类的。

它在英语中被称作 CTI（相对电痕指数），法语为 “Indice de Résistance au courant de Cheminement”（IRC）。

它是最大的电压，测量单位为伏特，一种材料在没有追踪的情况下抵挡 50 滴污染水。由于电气应力、湿度和污染，追踪被定义为导电路径的形成。追踪电流的最大抵抗级别是 600V 级别，所以，正是它容许最小的漏电距离。**在这目录中在设备上使用的陶瓷和 PA66 都均有一个 CTI 600。**

## 空气中的电气间隙

空气中的距离（电气间隙），是在一个不同电压的两个导体之间，或者在一个导体和地面之间，在空气中测量的一条直线的最短的距离。它们代表了在超电压过程中在空气中形成的电弧路径。

## ROHS 和 Reach 环保指令

**Rohs:** 使用在接线柱的材料符合欧洲指令 2015/863 附录二的修订指令 2011/65。

可按要求由外面公认的实验室进行认证。

**Reach:** 根据 2017 年 6 月的指令，于 2017 年 1 月 12 日在 ECHA 发布的清单中增加 173 种 SVHC（高度关注度物质），使用在接线柱的材料符合 REACH 欧盟指令，适用于指令 Reach 1907/2006。

可按要求由外面公认的实验室进行认证。

## 有或无卤素

根据国际电化学委员会 (IEC 标准 61249-2-21: 卤素的限制使用，用于电子电路)，将被分类到“无卤素”类别，一种物质必须包含少于 900ppm 的氯或者溴，和包含少于 1500ppm 的卤素。

卤素元素，是构成元素周期表第 17 组 (VIIa 组) 的六种非金属元素之一。它们是氟 (F)，氯 (Cl)，溴 (Br)，碘 (I)，和稀有的及最近被发现的砹 (At)，田纳西州 (Ts)。最常见的是在聚氯乙烯，聚四氟乙烯和它的衍生物发现的氯和氟，和溴，用作塑料里的一种阻燃添加剂。这些物质的缺点是当它们着火时，会释放出有毒的气体。除了对人类有危害外，它们也会在塑料阻燃剂中释放出对电气和电子设备有害的腐蚀性气体，多氯联苯 (PCBs) 和多溴化联苯 (PBBs)，由于它们的持久性，毒性和生物累积能力，对环境 and 人类有不良的影响。

溴系阻燃剂 (BFRs) 当受到极端的热应力时会形成卤化二氧芑和呋喃，其可能发生在火灾中。

欧洲的 WEEE 和 RoHS 指令禁止使用多溴化联苯 PBBs 和 PBDEs（多溴联苯醚）

使用在本目录书的接线柱的 PA66 塑料是没有卤素的，并且符合欧洲现行的标准。