



中文版本

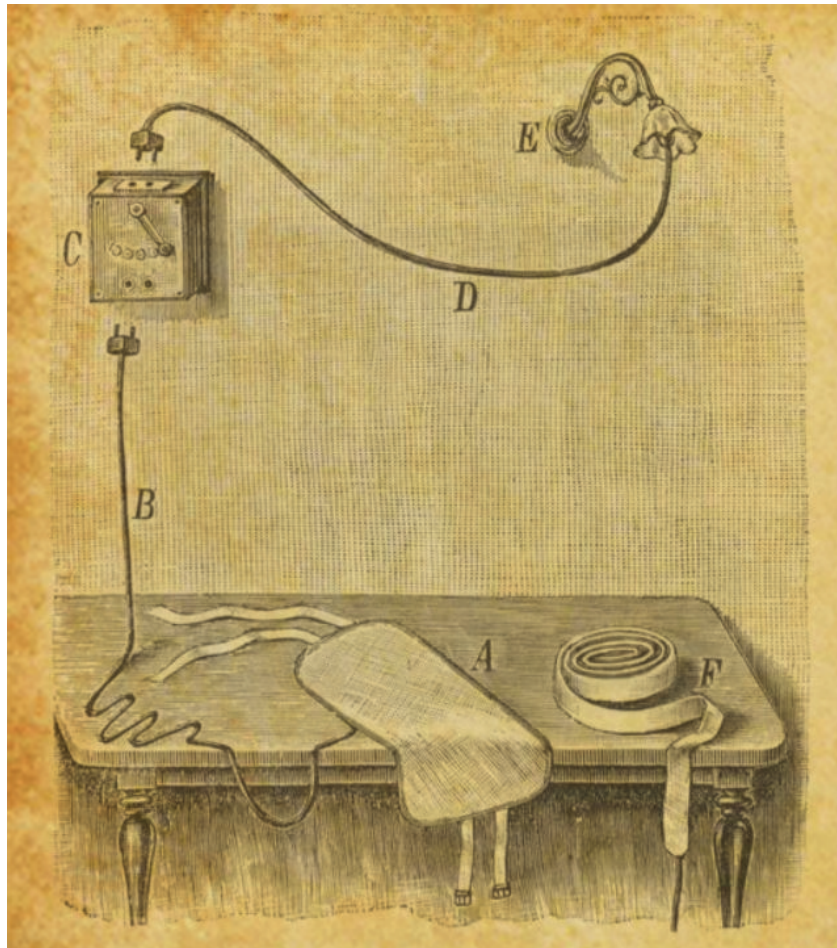


朱茂雅克

与加热相关的技术历史

第7章

电柔性发热元件的历史介绍



电柔性发热元件的历史介绍

电柔性发热元件的历史介绍

也有以下的名称：

在医疗行业：温热带、电动压缩、热膝支撑、热等离子体、热源体

家用电器：电暖脚器、柔性暖床器、暖床器、暖脚器、加热垫、加热毯、加热网、加热套、加热地毯、加热脚凳、加热垫、加热壁挂、电温性

在工业和园艺行业：发热丝、适温性电热线、加热条、发热布、重型织物、发热带

在汽车和航空领域：汽车暖风设备、发热工作服、发热手套、发热背心、加热针织品、加热衣服。

第一部分：

柔性发热元件的出现和发展

这些设备在 19 世纪最后几年的到来与数项技术发展的融合有关：

- 医学科学的发展，以及热疗对某些疾病（特别是风湿病和神经痛）治疗效果的研究

- 在发热丝周围的编织网里的石棉线的编织

- 抽丝技术的进步，使得可以生产小直径的线，大约十分之一毫米

- 改良镍及其合金的精炼工艺，使其具有延展性。

- 国内配电的发展。

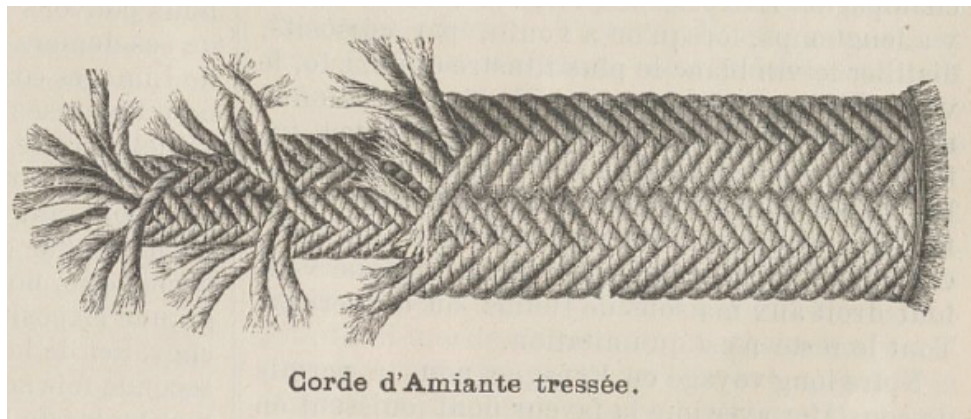
编织石棉，被古老的炼金术士命名为“明亮的亚麻”或“蝾螈羊毛”，自古以来就闻名于世。19 世纪下半叶燃气加热器的出现，开发了利用加热灯芯或簇绒来给住宅供暖。（1857 Marini, 工业工程）。

长期以来，石棉是唯一能抵抗耐热电阻温度的“纺织品”。大约在 1882 年，都灵的 Bender 和 Martini 工厂开始生产柔性的石棉编织网。（1892 年 10 月意大利石棉，工业工程）

1887 年：Geoffroy 先生 [Saint Hilaire] 成功地在金属线周围编织了一块不可燃的石棉布使其绝缘，即使电流高到足以使它们融化，也让它们不着火。（1887 年电力与磁学词典、词源、历史、理论、技术由欧内斯特·雅克斯提供）

1892 年，石棉被用作电烙铁的电热丝周围的一种绝缘材料（1892 自然，电加热），并且制成了第一个用石棉包裹铂丝的电加热器。（1896 Teymon, 有用知识期刊第 46 号）。

虽然第一个石棉绝缘电加热器仅是固定的，并且是刚硬的发热元件，但编织和柔性石棉的可用性使得开发柔性加热元件成为可能。



Bender 和 Martini 编织的石棉绳（1892 年 10 月，意大利石棉，工业工程）

镍是有延展性的，因此只有当它是纯的时候才能拉伸。很长的一段时间，它是一个实验室的兴趣品，并没有在工业上应用。Jules Garnier 在新喀里多尼亚发现了镍矿，他获得了提炼工艺的专利，并在 Henri Marbeau 旁边的 Bouches du Rhone 地区的 Septeme 建造了一座工厂，最早在 1878 年可

电柔性发热元件的历史介绍

生产 98% 的纯镍。(1938 年 Joseph Dhavernas 编写的镍传记, Ultimheat 博物馆)。其使用的工业发展是发生在钢中添加镍的时候, 并且当一些州用镍取代银和铜时, 士兵们注意到盔甲阻力的增加。

Henri Marbeau 在 Lizy sur Ourcq 成立了“Fonderie de Nickel et Métaux Blancs”工厂, 该工厂于 1884 年成为“Le Ferro Nickel”, 让其可以生产用于加热电阻器的有延展性的镍。(1884 年 Le Ferro Nickel, Ultimheat 博物馆)。

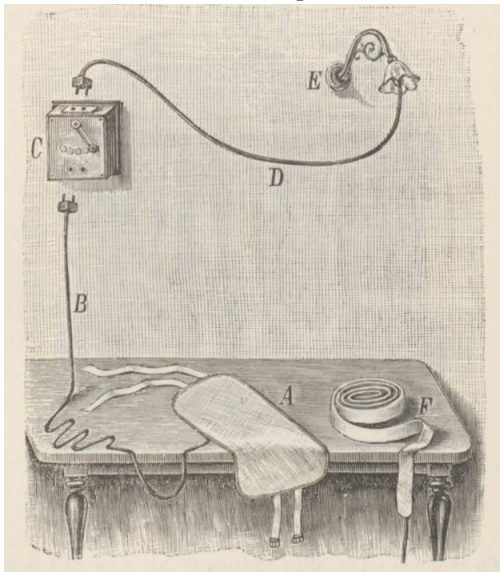
从电加热的最初开始, 我们一直专注于将电阻器加入到布中并为它们提供电流, 由于在它们当中随温度升高而使它们产生热量。

“然而, 为了制造布而进行了一些测试; 首先, 将电导体固定在普通阻燃织物的表面上, 并且将这些线与石棉布的编织在一起。因此, 产生了诸如用于高温的加热可变电阻器的设备, 以及加热地毯和墙面覆盖物”。(1910 年工业评论: 月度技术和经济评论)

1893-1913: 医用发热布的到来

似乎第一个“柔性”加热织物于 1893 年由博洛尼亚医学院物理学教授 S. Salaghi 医生所使用。他们于 1894 年在罗马举行的国际医学展览会上为国际医学大会作展出。

它们通过该国的国家电网运作, 并且一个开关能让它们以不同的功率水平进行操作。S. Salaghi 医生将它们命名为“电气热原体”。



S. Salaghi 博士 (1893 年) 的热原体。用于货车供暖的可用椭圆形 (A) 的, 而长条的 (F) 可用于从头到脚的应用。

加热布的第一次测试是由 Charles Camichel 在法国进行的, 当时他是里尔科学院的讲师, 从 1895 年到 1900 年, 他教授工业用电。他进行的测试, 结果是令人满意的, 但发热布的重量和刚度使它们无法应用于制衣行业。另一方面, 绝缘通常是不完美的, 可能产生危险, 或者耐磨性不足, 或者发热元件的金属快速生锈。由于所有的这些缺点, 工业制造加热布的想法被放弃, 因为它被认为是不够实用的。

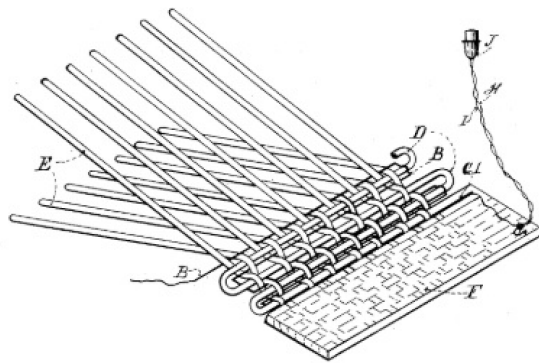
这些装置使用发热丝缝合到一个石棉支撑或用一个有抵抗力的电线框架来在帆布上形成的, 用石棉绝缘, 并用一块简单的布覆盖。

产生热量的布与皮肤接触受到了主要的限制: 表面温度不能超过 $60-70^{\circ}\text{C}$, 这是在最大功率约为 0.04 W/cm^2 时发生的。这要求使用具有高线性电阻的发热线, 其是通过尽可能地减小电线的直径而获得的。其结果是使用长的发热丝。对于在 110 伏, 平均功率为 50 瓦的, 使用市场上现有电线的最小直径 (0.1mm), 有必要使用约 20 米的镀锡铁线 (当时最常用的电阻线), 如果它是康铜丝, 则为 15 米, 而红铜达 110 米。

这个时代的加热织物的一个例子是由美国人 John Emory Meek 发明的, 并在 1895 年 6 月 4 日的专利号 540398 中描述了一种在导电金属中使用石棉经纱和纬纱的基本编织方法。

1896 年, 土木工程师 Camille Herrgott(1), 开始制作加热毯和衣服。他是一名独生子, 3 岁时失去了父亲 Camille Herrgott, 他父亲是 Forges d' Audincourt 公司的工程师。他的母亲带着她的儿子离开 Audincourt 前往她弟妇 Joséphine Hergott 所在的地方 Le Valdoie, Michel Page 的妻子是

电柔性发热元件的历史介绍



1895年6月4日，专利号 540398，在丹佛的 John Emory Meek 为纽约的 Johns 生产公司描述了一种发热的布，其经纱 (E) 是由石棉制成，而纬纱 (B) 是由导电金属制成的，带有第二石棉夹层的纬线 (D)。发热元件 (F) 的两端不包含一根发热丝。

验。

在伦敦，正在使用一种名为电动压缩的类似装置，实际上它只是一种石棉床垫，患者发现它的效果很好。（1897年巴黎市议会关于电器电气化和发展的报告）

从1896年到1901年，经过5年的发展，1902年1月在法国、英国和德国，以及当年8月在美国，Camille Herrgott 申请了发热布的一项专利，将其命名为“电热适温”，一个仍在使用的超过30年的术语。

这些专利描述了此后制造的所有柔性发热元件的两个基本特征：

第一种用于发热线，描述了在织物绝缘芯上缠绕发热丝的方法，使得可以增加加热丝的每米发热线的长度。到目前为止，在单根绝缘线（石棉）上缠绕一根非常精细并且非常耐用的线的技术，产生了一种太大并且太硬而又不能用于编织的发热线，并且它仅能应用于如金属线的布上。1910年，经过多次开发，这项技术使得能生产直径非常小的发热丝，该发热丝由螺旋形的纯镍线的扁平的编织物在羊毛织物的周围编织而成。然后，该发热丝能容纳两个螺旋状的缠绕物，以相反的方向缠绕，由薄织物以线接穿粗厚花布而成的花边所形成。以这种方式，可以获得柔性线，其不会弯曲，而牵引力对羊毛线和外部的边缘不太有利，并且不通过热的线。

这种制造发热线的技术在20世纪中期继续普遍用于加热毛毯。



发热线（于1901年由 Camille Herrgott 发明）。A = 发热丝；B = 纺织芯；C = 在发热丝外部以相反方向缠绕。

该专利的第二个创新包括了使用一个非可燃线的支撑链和耐热线框进行手工的或机械的织物编织。

这项技术并不是新的（参见上面 Meek 的专利），但在此之前，发热线绕在头部和织边处，通过磨损，导致短路和切断。Camille Hergott 用他的盘绕式发热丝阻止了这些区域外面热的线。他用特殊的线制作了电流引线，每个织边各一个，在编织后放置。该组装使其可以用“分流”或串联的形成电路簇。发热丝是在两层绝缘纬线之间进行编织的。早在1904年，这种技术可以生产地毯和毛毯，以及医疗设备。它们配备了一个热安全装置，由一个70°C的共晶保险丝组成。镍的使用，他在1910年左右替

Ets Page 的创始人，居住在 Valdoie。他们在那里制造了其中如红铜拉丝机等的其他设备。

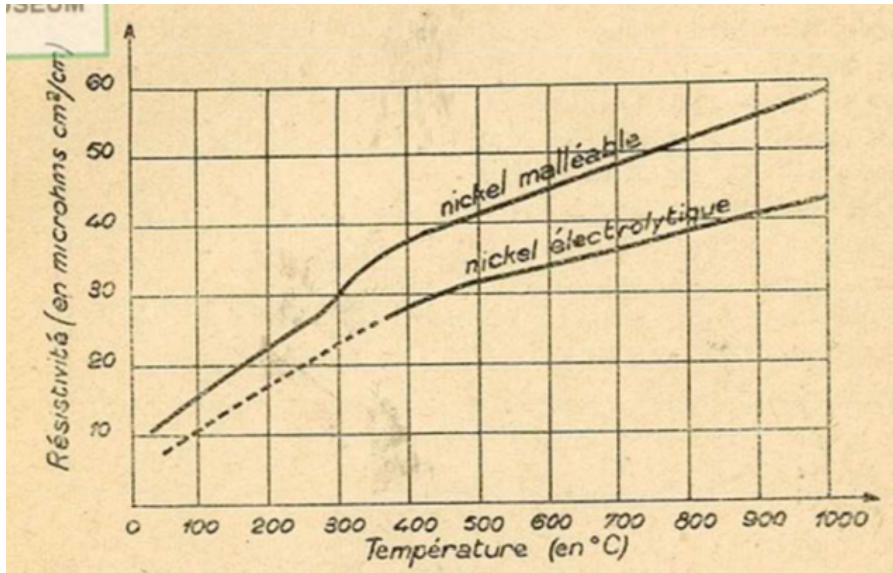
（Thann-Guebwiller 地区的历史学会名录，1985 T16，作者 Joseph Baumann），

(1) (Joseph, Michel, Camille Herrgott 在 1870年8月31日出生于 Audincourt Doubs，于 1942年7月16日在 Territoire-de-Belfort 的 Valdoie 去世。1904年4月19日34岁的时候在 Valdoie 结婚，嫁给 Marie Agathe Thérèse Riss (1881-1971)，与他分别在 1905年、1906年、1909年和 1916年共生育了4个孩子)。

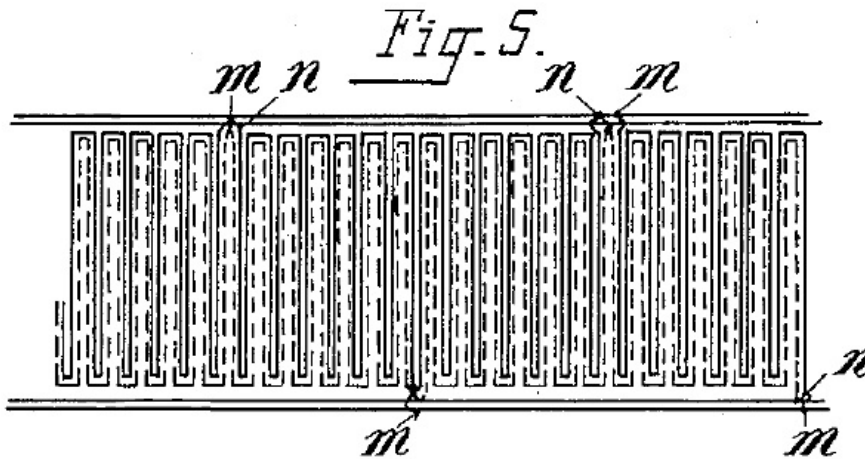
1897年，巴黎的热量设备并不是很出名，尽管在克利希广场附近进行了一些有趣的实验。

电柔性发热元件的历史介绍

代了其他的金属线，特别是铁线，使整个系统做成是不锈钢的并且是防锈的。它利用了拉丝厂工程师的所有专业技术知识来制造直径为 0.1mm 的镍丝（即使在今天，镍丝的商业拉伸直径也不会低于 0.025 毫米）。在本节中，需要一根约 20 米长的镍发热丝来达到 50W 的电阻，这可以覆盖一个 350x350mm 的发热织物的表面。此外，纯镍的电阻率随温度而大大增加，为系统提供了自行调节的功能。实际上很容易计算出 50 瓦镍发热元件在室温下降至在 100°C 36W 和在 200°C 26W 的功率。



镍电阻率随温度的变化：自行调节的效果。（1945 年现代电工学材料，Ultimheat 博物馆）



m, n 在织边里电源线连接的详细信息。这种技术至今仍用于电伴热（Camille Herrgott 于 1901 年申请专利）。

1902 年，巴黎儿童医院的 Jules Larat 医生是法国第一位将发热织物用于医疗应用的人：

“热原体由两个独立的部分组成：一个发热垫和一个控制装置。该装置有一个杠杆和一系列的触点，以允许在 40 到 100°C 之间逐渐变化。一旦有电流通过，一盏小指示灯就会亮起来，并且作为在压缩中产生热量的一部分来增加亮度。

后者安装在柔性电线上，当晚上睡觉时很容易使用加热垫。它可以保持整夜，并且以任何方式均不会发生温度变化。该装置有许多种应用，其唯一的缺点是仅在在有电照明的情况下，它才能经济地操作。它可用于需要热疗的所有的病例：风湿病、神经痛等。（医学院的报告，1902 年 1 月 21 日的会议）。

电柔性发热元件的历史介绍

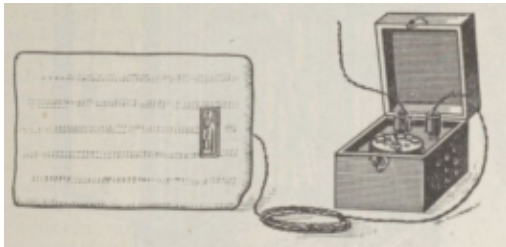
发热元件它本身是由缠绕有计算好的电阻丝的云母叶片组成。叶片通过一根绝缘的柔性电线相互连接，并由石棉布和一袋羊毛和丝绸包裹着进行保护。这些包裹的目的是在压缩的整个表面上均匀地分布热量并避免冷却。后者可以用于各种的应用：拖鞋、护膝、腰带、衣带等。（时尚与美容，1902年12月）

1902年1月，Larat 创建了 Larat 和 Dutar General Partnership，以便操作名为“Larat 博士的热原体”的药物系统。

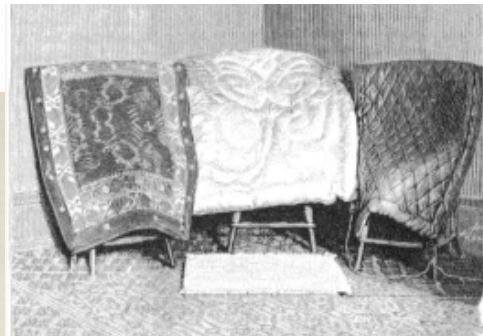
1903年4月，由于对这些新应用的描述，前 Parvillée 兄弟公司和有限公司，以电加热和烹饪用具而闻名，展出了一系列用于医药的电器，包括一个电热原体或膏状药压缩，由不可燃的石棉布组成，在其褶皱的位置放置一个电阻导体。该设备包括热原体本身和调节器。

调节器通过一个大理石插座和一个绿色的柔性电线连接到卡口盖上，其引入是用于取代白炽灯。

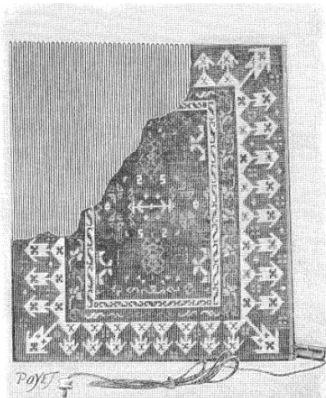
然后通过电线将热原体连接到调节器。位置 0 是停止，位置 1、2、3 和 4 对应于 4 个不同的热量，从 1 号（最小值）逐渐增加到 4 号（最大值）。该装置也以加热垫的形式出现。



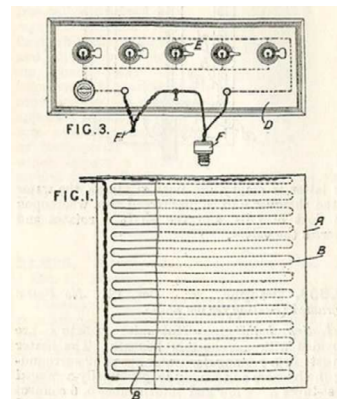
1903年热原体 Parvillée'。尺寸 25cm x 35 cm，功率：“低于 5 蜡烛灯”或约 50 瓦（此时）。表面电荷约为 0.06W/cm²。



到 1904 年，Camille Hergott 利用他的发明技术（1904 年，La Nature, Ultimheat 收藏）已商业地发布了加热地毯和电热毯。



加热垫的内部视图，左上方 - 电线是通过电流穿过的，右下方 - 电源插座（1904, La Nature, Ultimheat 收藏）



1906 年在英格兰，RF Lafoon 通过在电阻器上放置平行的警示灯来提出调节功率的概念（专利日期为 10 月 13 日）

Camille Hergott 的发热布从那时起，在科学出版社中被广泛讨论，该出版社研究了“电加热服装”的未来发展。来自 Valdoie-Belfort 的 Hergott 先生，刚刚创造了加热布，如果公众感兴趣的话，会发起穿衣和自行加热的艺术革命。它包括通过电贯穿过它的布，或者通过巧妙地插入到布里面的电线网进行加热。但是，我确实希望有一天能看到这些布出现在现实的布当中，在我看来，其具有重要的经济优势，因为给相当大体积的空间加热大量的空气不再是一个问题，而仅是身体周围更小的区域。在电车中，我们只需要在台上贴一块贴片来感受温和及舒适的热量。为什么在街上不行呢？我们可以发明一种带电动机的小平台，连接到插头，以让人保持温

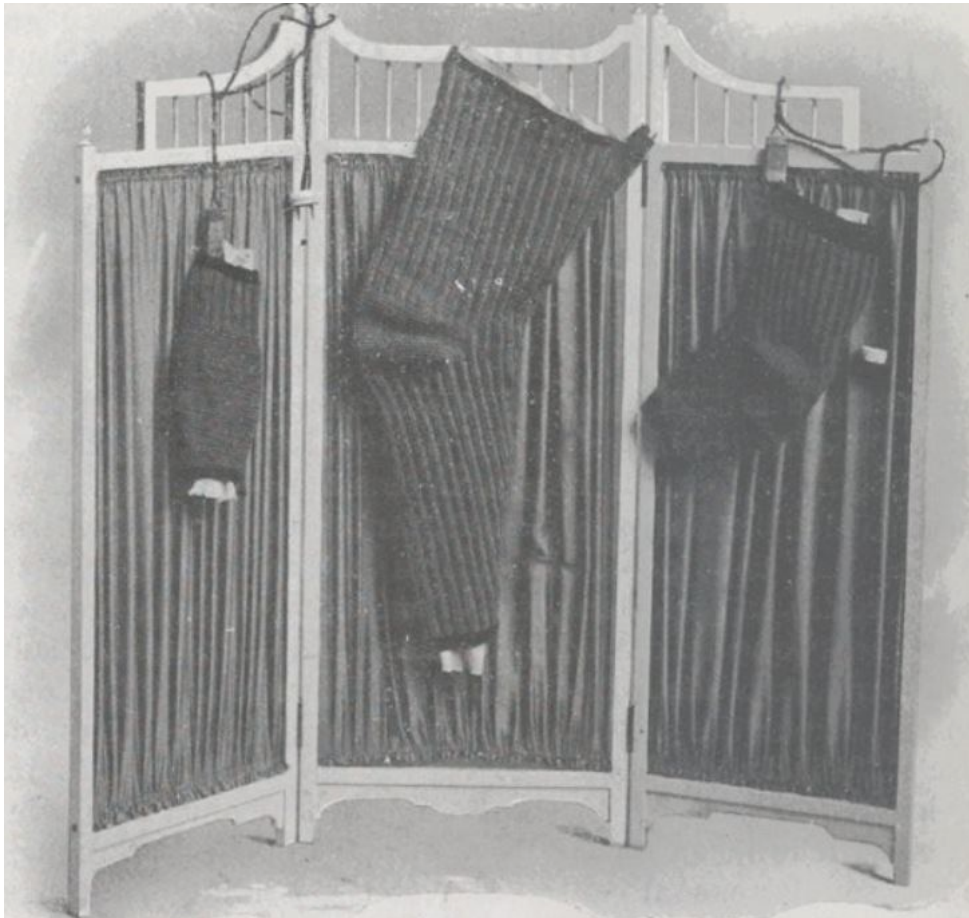
电柔性发热元件的历史介绍

暖”（新的劳动法规：1906年工商业的健康与安全）。

1907年，从4月3日至5日在巴黎举行的年度医疗器械展览会期间，Georges André Félix Goisot展示了用于电加热的柔性器具（1907年4月10日医疗电力档案文件）。他的发热织物的第一个测试显示了他的单导体发热丝有多么的精细，并且他在同一年申请了一项专利，描述了由数根导体组成的细线，尽管这些已经由Herrgott获得了专利。

1909年，Camille Hergott开发的技术在南希的东法国际展览会上获得了一枚金奖，并于1910年5月17日D' Arsonval向科学院提交了一份值得称赞的报告（来自科学院议会的每周的报告，1910年5月17日，第1234页）。他将家用电器的分销和制造交给了Paz和Silva（巴黎）以及那些给G. Gaiffe（巴黎）的医疗用品。

他在贝尔福附近的Valdoie的Sablière继续生产工业用的设备（干燥过滤器、移动传送带）。



1910年Hergott将加热的服装用于医疗应用（1910年8月25日医疗电力档案）
在这里我们可以清晰地看到缝制发热线贴片的存在。

开发了用于医疗用途的发热织物，并在1913年写道：“我使用了由Gaiffe和Paz和Silva销售的Herrgott电加热系统。这些“Herrgott适温”织物由D' Arsonval提交给科学院。由Bergonié研究学习，来自Bordeaux，带有他所有公认的技能，最近在法国鼓励国家工业协会中由Daniel Berthelot发表了的一篇热议主题的报告。它们以跟衣服和毛毯一样的方式用作隔热材料，具有双重的优势，并且作为发生器，其功能是完全正常的。构成加热电阻器的精细纯镍线是缠绕在一根纺织芯上并用包裹物包裹着。系统足够大的，以让其组成部分能通过手工编织或机械进行编织。加热的部分布满一个普通的羊毛针织物，其保护着它，并且也可用于保持

电柔性发热元件的历史介绍

电线为电阻器带来电流。由于金属线的性质，通过其进行电流流动，它们的电阻率随着温度而显著地增加。喜温生物本身就是它们自己的调节器：它们越是热，它们消耗的电量就越少。Daniel Berthelot 的实验在操作这些设备时实现了绝对的安全性。他已经采取了各种措施来防止发生短路和不规则的加热。根据 Berthelot 的说法，Herrgott 织物产生的热量可能在 40 到 150 度之间变化。我使用这些加热压缩了很多次，我都能得到非常满意的结果。” 1913-11 关于手术室和整形外科的过往论文的汇集。

1912-1917: 家用暖毯、工业加热织布和家用电热织布的开始

1912 年，也就是 Camille Herrgott 专利的 10 年后，以及其毛毯商业化的 8 年后，一位名叫 Sidney I Russel 的美国医生创造了一款柔性的床垫加热器，称为“电热褥”，在美国称他为“电热毯的发明者”。

同年，1912 年，Camille Hergott 获得了国家工业鼓励协会颁发的银奖，以奖励他多年来开发加热织物。（1913 年 2 月 1 日，国家工业鼓励协会通报，第 218 页。）

1913 年 Belfort 工程师 C Herrgott 先生克服了大多数曾报道过的困难。负责他的技术检验的报告员表示，他发明的布料胜过所有要求他做的测试。在 Bergonié 教授的指导下，他还在波尔多医院进行的实践测试中表现出色。

Daniel Berthelot 先生注意到 Herrgott 的布在测试中有显明的优越性，涉及一根电导体的纬线或支撑螺旋线的石棉框架。导体是织物的一个组成部分，它们的存在不会降低其任何必不可少的柔韧性。选择用于制造它们的金属是纯镍的，其抗氧化性是众所周知的。在两根相邻的电线之间，不会因电位差太小而发生短路的风险，并且绝缘确保了洒在布料上的水不会产生任何异常的发热。为了防止任何可能会发生的事故，发明人还选择了不将电网延伸到织物的边缘，使得任何的磨损都不会导致金属暴露。最后，普通的插座允许织物连接到 110 或 220 伏，就跟一盏简单灯的情况一样。

Daniel Berthelot 先生向国家工业鼓励协会提交的报告（国家工业鼓励协会期刊，1913 年 2 月 1 日，第 218 页）

1924 年 Le Correspondant: 涵盖宗教、哲学和政治的月刊杂志。

<https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k415185c/f882.item.r=%22C%20Herrgott%22.texteImage>

1914-1918 年：用于供暖的军用服装及其战后的汽车应用

1914 年，Camille Herrgott 在里昂被授予一个重要的奖项。

第一次世界大战爆发的时候，他 44 岁。他所属的 1890 年的班级于 1915 年被召集起来。

L' Ouestéclair, 1915 年 11 月 14 日“德国警卫用电进行加热”。11 月 13 日，在苏黎世，Leipziger Neuste 报道了德国教授 Bech 和 Chroter 的一项奇怪的发明：用于让警卫保暖的电加热。

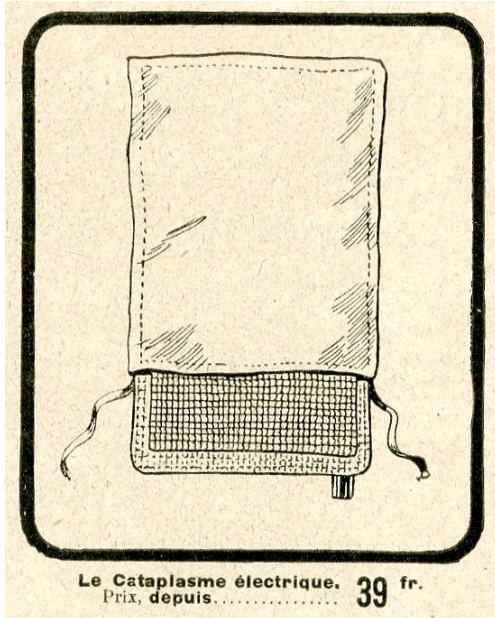
本发明包括了带有绝缘导电柔性电线的贴身短裤和背心。这些线不会阻碍自由活动，内裤的重量仅增加 850 克。它们涂有防水的织物，其可隔离电源，让警卫保持温暖。该电源不在人身上，因此不需要使用便携式电池，例如在小型灯中的电池。警卫被连接到一个小型的电力装置，位于所有前沿的位置，而电线折射器则用于高电压的障碍物。警卫使用它来重布一根小的电线，其连接发电机，发电机的功率通过变压器降低。据计算，在 500 米处使用这种方法是非常容易的。如果热量过多，触点允许警卫操作或停止电流。这些贴身短裤和整个系统的成本是 125 法郎。

1915 年 11 月 17 日 L' Ouest éclair。

尊敬的董事长先生，我正在阅读今天的 *Ouest-Eclair* 上的一篇题为“德国警卫用电进行取暖”的文章。当我看到 Bech 和 Chroten 教授声称他们

电柔性发热元件的历史介绍

在我前往突尼斯之前的几年已在法国发明了设备时，我忍不住要说出来，那是大约 1907 年。那时，我们其中的一个朋友，*Hergott* 先生，他是在 *Valdoie*（贝尔福附近）的 *Chaudet-Page* 的工程师，当时正在生产公寓用的发热垫，热毯子和发热背心，可在公园或河岸使用，甚至距离电源数百米的位置。所有的这些织物都是不可燃的并且已经有效地使用。*Hergott* 先生告诉我，他已经在法国和德国申请了专利，并且他已将他部分的家用电器卖给了巴黎的商店。



1916 年 11 月由 Camille Hergott 压缩的 Paz 和 Silva 带电的膏状药

在第一次世界大战期间，飞机性能的发展，例如在更高的海拔高度飞行，特别是在 4,000 至 5,000 米以上飞行，使得要对衣物进行加热。在 1918 年 4 月，发热套装是一个飞行员装备的一部分。与 Camille Hergott 在战争前制造的加热医疗服装不同，它们用低电压供电。这是制造商 G. Goisot (Boulevard Gouvion, 在巴黎的 Saint Cy.

“并且，在上一次战争期间，我们使用了通过电对衣服和内衣进行加热。这种加热是由缝在衣服内部的织物护套下面的线产生的。这些线被轻微地加热。这种加热方式对于在寒冷的天气让男性身体的所有部分保持活跃是至关重要的。服装的主要部件是手套、拖鞋、头盔、

护膝和围兜。他们喜爱的汽车是采用了这种系统，因为是用两根电线传由发电机产生的电流到无线设备，以用于加热服装。” 1920 年科学和航行第 26 号。

1916 年 4 月，André Aimé Lemerrier 在法国申请了一项专利（编号 468588）以及在美国也申请了用于电加热手套和其他加热服装的专利。他是 Charles François Ernest Lemerrier 的儿子，他在 1910 年之前专门从事于飞行员服装的工作。在战争结束时，他与他的兄弟 Henri Gaston 联手创建了 Lemerrier 兄弟公司。由于他们的原始交易，他们是第一个在制造其他家用电器之前制造出了电加热织物。凭借他们在航空方面的专业知识，Lemerrier 兄弟公司一直持续到第二次世界大战结束，为飞行员制造加热的套装，并有一家纺织企业制造降落伞。

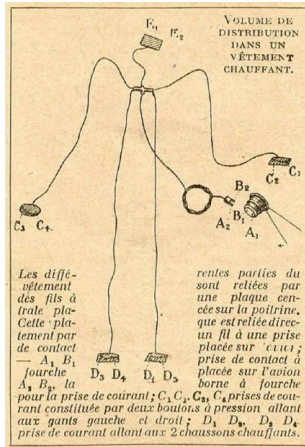
Lemerrier 参与发热织物领域的工作始于 1913 年，根据 Henry Letorey 的作品“我为您提供健康、快乐和幸福 我是电力小精灵”，于 1923 年出版，其中描述了 Lemerrier 在该领域拥有超过 10 年的经验。

Camille Hergott 的布料应用并没有产生出如他工作所期望的所有结果。事实上，他的布料只用于制作毛毯或加热垫，在战争期间，他主要为飞行员制作“工作服”。

1924 年 *Le Correspondant*: 涵盖宗教、哲学和政治的月刊杂志。

1919 年 1 月，凭借其军事经验，Georges Goisot 发布了一份有 12 页的柔性电加热设备目录书。它包括用于办公室和休息室的加热垫、豆袋、靠垫、床罩、敷布、腰带、暖颈器、护膝、手套、拖鞋等，所有的这些都通过电进行加热。（1919 年 1 月 4 日，综合电力回顾）

电柔性发热元件的历史介绍



电发热的衣服 (1920 年科学与航行第 26 号)



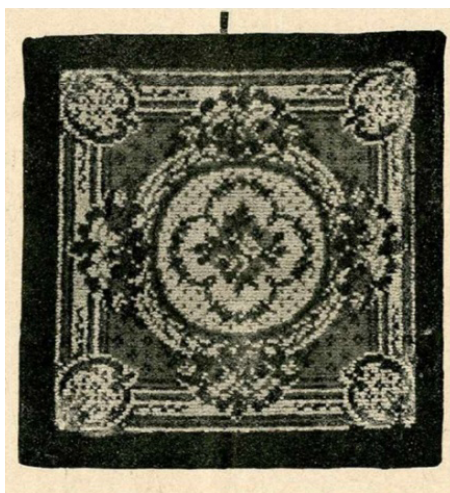
1919 G. Goisot 发热的手套 (Ultimheat 目录书)



1919 年通过电气设备所提出的发热手套 (Automobilia, 军队用的汽车, 1919 年 10 月 15 日)

1918-1940 年电子家庭应用的延伸

由于在 Nord / Pas de Calais 地区的法国矿山受损以及进口煤炭的价格上涨，第一次世界大战的结束是煤炭短缺的标记。这使电加热器制造商受益。Georges Goisot 的柔性电器很快就被模仿了。在 1917 年 3 月的里昂展览会上，巴黎制造商 L. Brienne 已经展示了加热垫和电动压缩。(1917 年里昂展览会目录书, Ultimheat 博物馆)



1920 L. Brienne, 350x350mm 加热垫, 于 1890 年在巴黎 10 rue Allibert 成立, (Ultimheat 目录书)

1919 年 3 月在里昂举行的展览会上，乔治福克斯电加热器工厂在第 10 组的 8 号展位上展出了用于医疗、工业和家庭用途的新设备，例如：敷布、拖鞋、护膝、眼罩和手套，隐藏的或可见的加热器和燃烧器、烙铁、车间熨斗、家用和旅行熨斗、卷发器，暖床器、暖脚器、水壶、炉子、点烟器、加热垫等，以及受欢迎的”Thermo-Fox”液体加热器。(1919 年 3 月 15 日综合电力回顾)

在同一展览会上，位于里昂 Boileau 街 200 号的“电加热器和家用电器制造公司”(Calor) 没有展示热原体或加热毯，但宣布了它“在战争前制造所有进口的电器”。1919 年 10 月，在秋季交易会上，它宣布销售了 30 万台电器。

1919 年底，Lemercier 兄弟公司成立，其开发了“热源体”，并在巴黎的报纸上发起了一场广告宣传活动。”在这些限制性的时代，在任何的室内都需要带有安全调节器的电热等离子体。对于健康人的来说，它将取代

电柔性发热元件的历史介绍

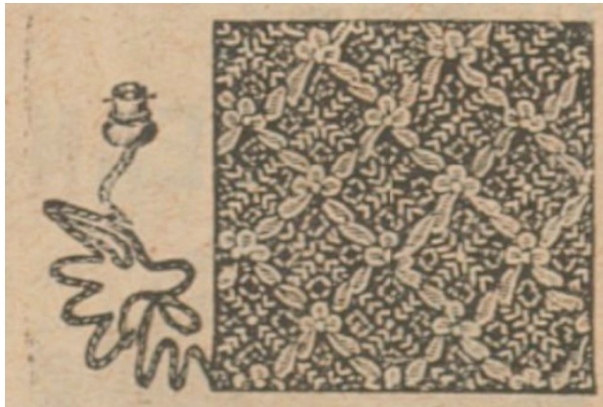
变冻的暖床器。对于病人或体弱者，它将取代臭味、不方便的压缩，并且由于它的反应动作，将可防止流感”（Le Figaro, 1920年1月4日，以及1月1日法国社会党的Petit 期刊）。



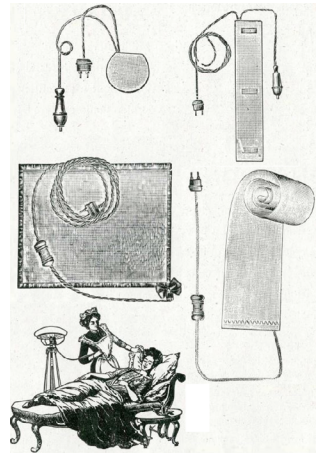
足底、电热毯、热原体 (1922 Lemercier)

对 Camille Herrgott 而言，情况变得困难；他 15 年的专利在 1916 年落入公共领域。在战争期间，当他的叔叔 Henri Chaudel，工厂负责人被召集时，在 Valdoie 工厂的生产致力于战争行业（手榴弹、炮弹、无烟粉末的混合和紧固件）。没有空间开发加热毯。1918 年 9 月 9 日，Henri Chaudel 在行动中死亡。在 Camille Hergott 的协助下，他的儿子 Edmond 顶替了他。在战争结束时，该工厂的活动主要是致力于主要供应商的紧急生产，用于烘干矿井通风井的洪水。在竞争激烈的压力下，伴随着制造业减少的可能性，他在约 1921 年放弃了加热毯。来自巴黎 Gaiffe-Gallot 和 Pilon 的柔性医用加热织物和服装，在约 1923 年被淘汰。

1921-22，在疗养院被开发的同时，它们带来了医疗毛毯的需求，以让患者能够在户外停留更长的时间，这反过来导致了新的制造商如 Victor Russenberger 的到来（制作敷料、暖床器、发热垫和后来以他的开关而闻名），Albert Bourgain (Fulgator Heating Mat), Fare 和 Calor。



1921 年 Albert Bourgain 生产的 Fulgator 加热垫



1921 来自 Fare 的柔性发热元件的系列 (Ultimheat 目录书)

“在战前鲜为人知，近年来衣服方面的电加热已经大大增加。现在可以说，在汽车中，即使在最长的冬季旅行，也不再需要遭受寒冷。在战争期间，对于在高海拔航行的飞行员来说，空军对西伯利亚温度 (-40° 至 -50°) 需要有一个有效的防护。由于这种必要性，一个行业诞生了，它创造并开发了一系列的装置，其增加活动的舒适性，许多人只看到它作为一种运输方式，而电热丝是加热部件的良好导体，它变得非常耐用，例如长而薄的，这赋予它在衣服使用中所需的所有柔韧性。绝缘性良好，用高电阻率的不锈钢制成，这种导线的直径只有百分之几毫米（10 到 11 个百分点），具体取决于其性质：镍或镍银。它有几米长，因此在织物中形成许多曲线。然而，布料并不是那么专业，而应用则很容易以让一家工厂可以在几个小时内将普通的毯子转换成加热毯。”（L' Ouest Eclair, 日期为 1922 年 5 月 15 日）。

电柔性发热元件的历史介绍

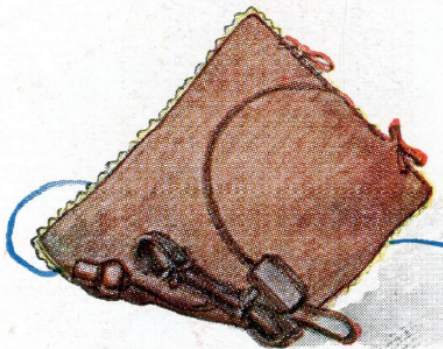


1923 advertising for Calor thermoplastic

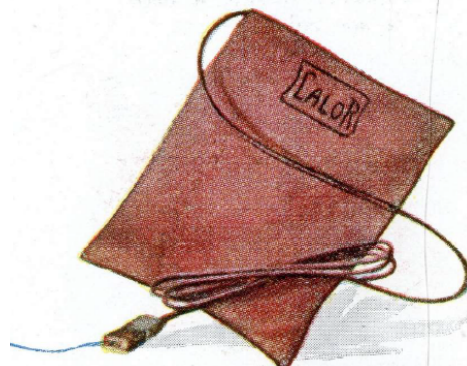
1922年，Calor开始生产其热塑性塑料，其陈列如下：“我们布料优势的原因是我们能够将我们的电阻线直接编织到机器上。这个过程使我们能够向您介绍设备带有不可否认的优点，那是迄今为止一直未知的优点。石棉的缺乏，以及不渗透的绝缘覆盖“Calor”织物使它们完全耐湿。它设计用于12至220伏特的所有电压，价格方面而不会增加任何的费用。它不能用作暖床器”。（1923年Calor）

1925年 Charles Mildé and sons（加热的毛毯。消耗：30瓦）。我们可以提供在任何电压运作的所有的加热毯。我们为公寓（在110伏特运行）、汽车和飞机（在12伏或16伏运行）制造毯子。

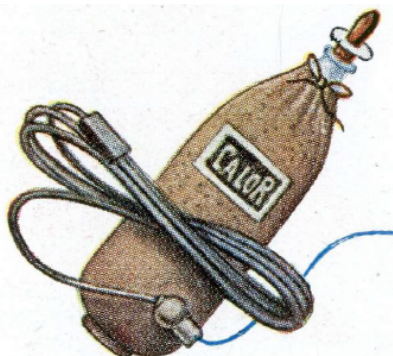
为热塑性材料开发的技术产生了另外两种使用柔性发热元件的Calor产品：加热垫和暖瓶器。（Ultimheat博物馆1926年的Calor目录书）。



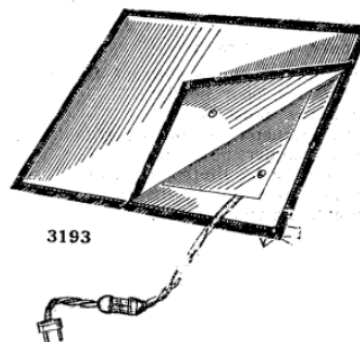
1926 在电线上带有一个开关的 Calor 热原体
(1926年 Calor 目录书, Ultimheat 博物馆)



1926 Calor 发热垫 (1926年 Calor 目录书, Ultimheat 博物馆)



1926 在电线上带有开关的 Calor 柔性暖瓶器
(1926年 Calor 目录书, Ultimheat 博物馆)



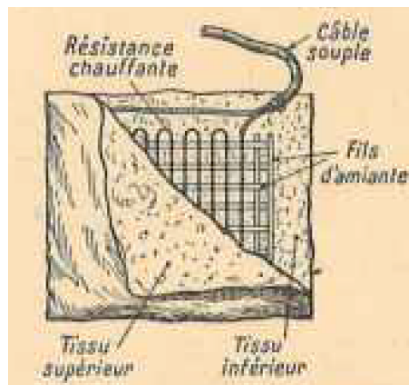
1930年加热毯，120 x 80 cm，约50W。它是非常实用的，并且可以在一张有罩的床上保持连接数小时 (Bazar d' électricité, G Cochet) 电源线上的开关与照明电缆上的开关相同。

电柔性发热元件的历史介绍

1930 年，在美国的第一张电热毯是由 Samson 联合公司出售。




1929 年 1 月，Abkin 刚刚获得一款电热毯的专利，开始制造及分销。然后，他于 1930 年首次在巴黎的 Salon des Arts Ménagers 展示，以 Perfecta 的品牌展示。它被描述为“天下第一”（来自 1931 年的图片）



以下关于个人取暖的文章来自 1932 年的：地毯、拖鞋、毛毯、针织品、夹克等形式加热的织物 其中耐热性（50 瓦）由两根石棉线隔开，在两层织物之间编织（1932 年 Boll，向城市和乡村供电）


1932 Alsthom 和 La Cie Générale d' électricité 提议热原体；Lemercier 热原体和地毯。



Cataplasme en tissu souple léger, avec une taie en flanelle lavable, monté avec régulateur de chaleur à 3 températures, livré avec fil souple.

N°	Dimensions en %.	Consommation en watts.	Prix.
17787	18×25	20	81. »
17788	25×32	30	95. »
17789	30×40	40	108. »
17791	40×40	60	122. »

Tapis chauffant moquette de 35×35 %. Cet appareil de consommation



COUVERTURES CHAUFFANTES ÉLECTR

Modèles recommandés, ne demandant ni réglage ni entretien.

N° 17794 A. 120×80% (110 à 250 volts). Prix

N° 17794 B. 80×60% (110 à 250 volts). Prix

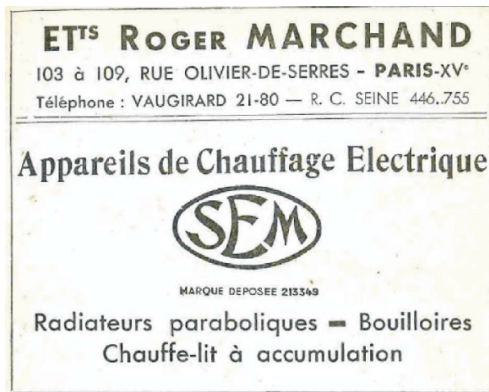
1933 年 Bouchery 在其目录中展示了电动膏状药压缩、加热垫和电热毯。

1939-1945 年：

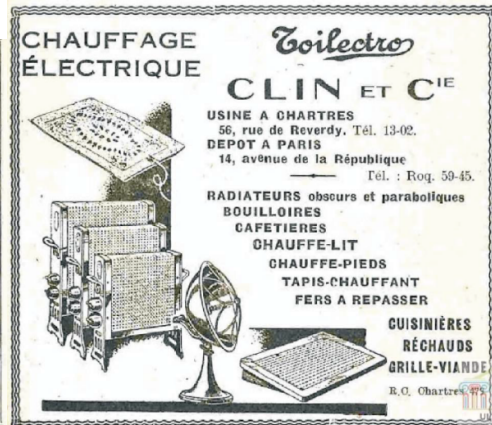
- 法国使用和生产的限制，
- 在英国和美国的发展

电柔性发热元件的历史介绍

1939年：第二次世界大战及随后的几年带来了燃料的限制和短缺，重新唤起人们对电毯的兴趣，这种电毯在电力方面以及所有电暖床的系统中都特别经济。然而，由于缺乏原材料，特别是镍和铬，它们是发热线的必需材料，因此停止了电毯的生产。此外，从1943年6月6日起，禁止销售电加热器、电毯、暖床器以及热原体，除非是定量供应卡。



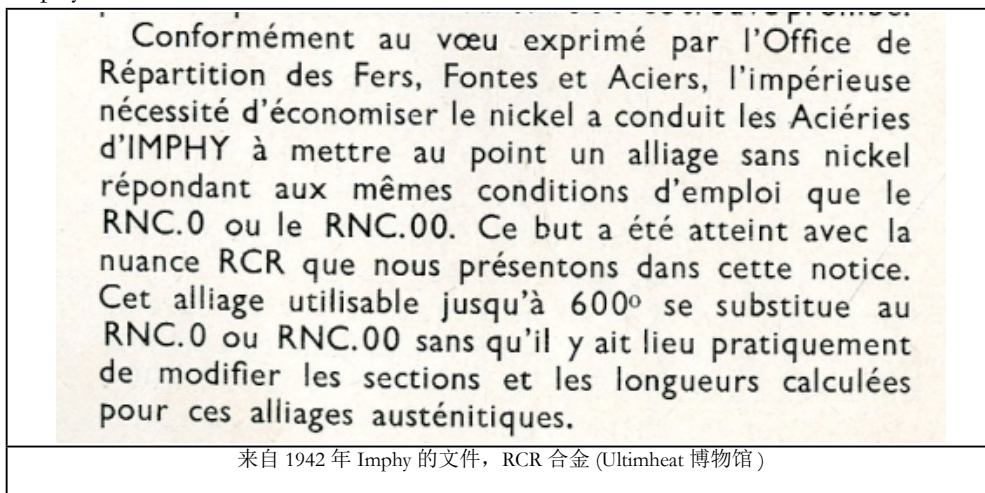
1941年 Roger Marchand 储物卧车 (Mastier, 家用电加热)



1941 Toilectro 加热垫 (Mastier, 家用电加热)

1941 (2月7日)，在开始实施供应限制的同时，位于巴黎 33 rue Bergère 的 Chaluvia 电气设备公司提供了一种“理想”的电动暖床器和电动压缩装置。

1942 在法国大多数的加热电阻器禁止使用镍来制造，迫使冶金公司 Imphy 开发出一种新的无镍电阻合金：RCR



1943年6月：禁止销售。6月5日（6月9日OJ）的规定宣布禁止公司直接向公众出售、出售、出租或交换，暖床器、暖脚器、加热垫（电动压缩）、电热毯或加热垫，配给券除外。

在法国之外，战争期间战斗机飞行员的电加热套装的研究提高了安全性，并允许制造商制造更薄更容易折叠的毯子。其中特别的一个是美国通用电气公司，是最大的电热毯制造商之一。1945年，它开始宣传其自动毛毯，突显了在日本周围战斗的飞行员在其战时制造的“暖”套装。

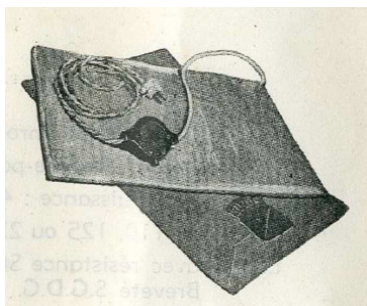
法国制造商 Lemercier 开发了一种加热的“航空”套装，其在战后被标准化，其竞争对手 Airaile 也是如此。

1945-1960, 战后。由于煤炭短缺导致电热毯的销售激增。加热毯和压缩的安全温控器和定时器的到来

1946年，只有少数的制造商可以重新迅速开始生产：在 Angers 的

电柔性发热元件的历史介绍

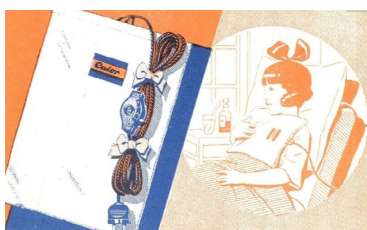
Airaile（毛毯、压缩、军用和民用发热服装），在里昂的 Calor（热原体），在 Boulogne sur Seine 的 Suzor，（热原体、发热布）和在里昂的 Verpillat（加热毯）。



1947 年 Suzor 热原体。用 3 个开关档位控制 3 个加热层进行热压缩。通过双温控器进行整体的安全控制，而带衬垫的内部确保了非常稳定的加热功率：50 瓦。尺寸：250 X 320 mm，可用于 110 或 220 伏（Ultimheat 目录书）

热原体通过简单地将其应用于患病的部位以散发有利的热量。它取代了老式的、不方便和凌乱的压缩。它有效地对抗感冒、支气管炎、胸膜炎、流感、消化不良等 ...

它有一个易于触及和可调节的开关，其可以设置 3 个不同的温度。小凹口使得可以知道开关相对于不同加热层的位置，并且即使在黑暗中也可以调节它们。



自动温度调节器。即使连接到电流时遗忘了设备的时候，两个自动运行的温度控制器确保了最大的安全性。

医疗团队推荐的“Calor 电热原体”在家庭药房以及必要的医疗应用中占有一席之地（Calor 目录书，1947 年，Ultimheat 博物馆）。



3 米长的细线配有一个大理石装饰的电木开关，患者可以用一只手轻松地操作，并提供三个温度和一个关闭的开关。位置 0：关闭；位置 I：低；位置 2：中等；位置 3：强。

一旦达到要求的温度时，它将自动保持恒定。这要归功于两个温控器或温度调节器，可在过热时立即停止电流，并在温度恢复正常后立即复原。1949 年 Thermor 加热垫。

1949 年，制造商 Angevinois Airaile 在发热布料和军用服装保暖方面的经验可以追溯到 25 多年前，他决定在巴黎莫扎特大街 27 号开设办事处。

他在 1949 年的巴黎展览会上展出了 50 到 180W 的加热毛毯和热原体，并且同年在梅斯也参加了展览（在那里他获得了重要的奖项）。

这些产品使用由多种自调节纯镍纤维组成的“复合”的航空型的发热线，缠绕在带有高机械强度的纺织芯上并通过额外指引进行绝缘。它们配备有精确的温控器，即使用户忘记了它们已连接，也可自动限制加热。与其竞争对手的相比，显得特别先进，这些温控器通过额外的阻力进行加速。通过带有三个触点位置和两个双极截断的旋转开关进行功率设置。

它还提供一个 40 瓦的加热背心，这是一种无袖的围兜。它们是相当宽的，由结实的棉帆布制成，可用于 6 至 220V 的不同电压，适用于农村、农业和工业应用（1949 年的各种 Air-Aile 目录书和 1951 年的 Ultimheat 目录书）。

在 1950 年至 1960 年，在蓬勃发展的市场中，许多加热毯和热塑性塑料制造商之间的竞争变得激烈。这是他们的一份不是很详尽的清单：

Abkin (A.), 95, boulevard Soult, 巴黎 12th. (Perfecta 品牌)

AEM ., 5, rue de la Procession, 巴黎。

电柔性发热元件的历史介绍

- AirAile**, 1 bis, rue J.-P.-Timbaud, Issy-les-Moulineaux (塞纳河)。
- Amplelec**, (marque Morphée)。
- Area (A.)** Grand-Gallargues (Gard)。
- Armand (M.)**, Digne (B.-A.)。
- Astoria**, 26, r. St-Charles, Schiltigheim (Bas-Rhin)。
- Baugas et Cie**, Chemillé (M.-et-L.)。
- Barrière (A.)**, 282 boulevard Voltaire, 巴黎 11ème. 最新的产品: 由硅胶玻璃纤维制成的最新的电毛毯 (Tentation 品牌)。
- Bois (M.)**, 2, rue Condorcet, Cachan (塞纳河)。
- Botteau**, 37, rue Cambronne, 巴黎。
- Buga (Ets)**, Obernai (Bas-Rhin)。
- Calor**, place A. Courtois, 里昂。
- Camulco**
- Chromex**, (1953)15 rue du Port, Le Mans (萨尔特河)。
- Coillard (R.)**, pl. de la République, Cours (Rhône)。
- Constellation**, 16 ter, rue Censier, 巴黎。
- Covex**
- C.R.E.O.** rue de la Barillerie, Le Mans (萨尔特河)。
- Degois (Jean)**, (**接着是 Raymond Degois**) Jidé 品牌 (约 1949 年, 1962 年) 加热线使得可以在没有电气知识的情况下能非常容易地制造加热毯。网状的暖床器, 非常轻, 小巧并且易于运输。不易碎的电阻器, 利用获得专利的工艺进行螺旋式的卷曲。加热的毛毯。舒适的。优质羊毛。保证安全。电热毯电阻器的创造者, 66, Rue Francois-Chénieux Limoges (Hte Vienne)
- Despont**, 276, rue de Belleville, 巴黎。
- Elefo**, Obernai (Bas-Rhin)。
- Eletex**, 27, r. Ferrandière, 里昂。
- Euphorie**, (1950, 1955) 71 rue Hippolyte-Kahn, 里昂 - 维勒班。Euphorie 车间本季发行了 25,000 条发热毯, 拥有 20 多年的经验。
- Fox**, 64, bd de Ménilmontant, 巴黎。(仅是热原体)
- Gautier (A.)**, 7, rue de la Mignonne, St-Rambert (Rhône)。
- Petit (G.)**, (Gelux brand) , 6, Place Léon Deubel, 巴黎 16th (带 80-20 铬镍电阻)
- Gervaiseau**, 151, av. Georges-Durand, 勒芒。(仅是热原体), 在 1957 年三月双金属温控器的专利 (Evo-Stop)
- Guérillot (Pierre)**, (Filecho 电子品牌) 安全电暖床器, 汽车和货车用的发热垫, 用于管道的防冻加热散热器, 发热垫子和热塑性塑料, 地板采暖(底盘), 摩托车和拖拉机用的发热背心。
- Pierre Guérillot* 于 1951 年申请了一项柔性的发热布专利, 该专利由两块 PVC 板组成, 在它们之间有一片裸露的发热丝。这是未来的由硅胶制成的柔性工业织物的前身。305 rue de Belleville, 巴黎第 19 号。
- Hawai**,16, rue Léopold-Bellan, 巴黎。
- Hudson 法国**, 29, rue de l' Hôtel-de-Ville, 里昂。
- Hornung**, 12, quai St-Nicolas, 斯特拉斯堡 (仅是热原体)
- Hydro-Electrique A.M.C.**, Arpajon sur Cère (Cantal)。
- Irga**, 5, rue du Parchemin, 斯特拉斯堡。
- Jema** 完全可拆卸的加热毯, 带有一个温度调节装置的调节器, 使产品非常安全。美丽的 Merino, 所有的颜色 (180 x 120 和 140x120), 46 rue de Paradis, 巴黎 10th。
- Jost (J.)**, Beblenheim (Ht-Rhin)。仅是热塑性塑料。
- Kalliste**, 用自调节电阻覆盖。
- Lampargent**, 25, rue Claude-Terrasse, 巴黎。

电柔性发热元件的历史介绍

Manufacture de tissus thermiques 1, rue Girard, Vienne (Isère)。

Menneret (PA), 批发经销商, Andalousse 品牌, 38 Chapeau Rouge, Bordeaux。

Philibert et Maury, 14 rue Bèchevelin, 里昂。

Floor (Ateliers P), 93 rue Oberkampf, 巴黎 11th。公司成立于 1900 年, 用于加热毯和垫子的抗性绳。

Rachline (Ets), 39, boulevard Ornano, St-Denis (塞纳河) (发热床垫)。

Radialaine, Le Mans。

中央电加热器, St-Pourçain-sur-Sioule (阿列河)。

Raveleau (A.), La Grange-St-Pierre, Poitiers。(Equator 品牌)。

Rhoneclair, (1954) rue de Chauffailles, 库尔 (Rhône)。

Rossi-Paret, 49, rue Victor-Hugo, 维埃纳河 (塞雷)。

Seecta, 3, rue Royet, Caluire (Rhône)。

Sibéria 带有 3 个加热设置的羊毛和棉质加热毯, (阿尔卑斯山山脚)。

Solis 法国 (约 1955 年), 12 rue Guillaume Tell, 牟罗兹。

Thermel, 33, rue du Hochât, Châteauroux。(California 品牌)

Thermodor, 12, rue Victor-Bonhommet, 勒芒。

Tisselec, 66 avenue Felix Faure, 里昂。

Treselle (Fernand.), Mark Ellesert Securematic. 带温控器和 3 种设置; 12, rue Godefroy St-Hilaire, 里昂。

Electro-Rivoli, (Vedette 品牌) 1, rue de l'Ysere Grenoble, 然后约 1961 年, 19 rue de l' Ordre, 里昂 3rd

1955 年, 在有美国执照的情况下 Calor 开始生产温度调节装置的毛毯。其温度是可调的, 并且其新的温控器可以完全防止过热。(1955 年的广告 Calor 收藏 Ultimheat)



当时对加热毯的批评之一是用户可能会睡着, 使其毯子处于最大的功率设置, 这在某些情况下可能会导致灼伤。因此, 在 1956 年至 1957 年期间出现了不同的装置, 包括在一段时间后自动停止加热的功能。

1957 年, Jidé 拉开了“Jidéstop”帷幕, 一种自动关闭加热毯的计时器。然后 Coupatan 将同等产品投放市场, Calor 发布了其“Tempomatic”。Chromex 随后在 1958 年推出了其“停止指数”。同样在 1958 年, Jidé 改变其了计时器以有两个加热阶段, 毯子在一定的时间后会自动切换到较低的功率 (专利号 1.198174)。

1957 年 1 月 1 日, USE-APEL 质量标志由电力技术联盟引入, 用于电

电柔性发热元件的历史介绍

热毯。这是有必要的，因为战后期间直接产生了危险品以及由此而产生大量的事故。

旧的 NFC 6023 标准，其覆盖毛毯和热原体（其仅包含简单的和有限的技术要求，如电线交叉，耐弯曲，耐热和防潮，以及单个温控器），被标准 NF C 73-147（用于加热毯）和 NF C 73-123（用于热原体）所取代。

Vedette 和 Kalliste 是第一批获得 USE-APEL 标志的制造商。

这些新标准根据加热元件的类型创建了两个类别：

- 使用接缝的方式或任何其他等效的工艺将盖子的电线或发热元件连接到一块支撑布。此类别用字母 T 标示。

- 盖子的电线或发热元件无法拆除。该类别用字母 N 标示。

此外，根据电压创建了两个级别：

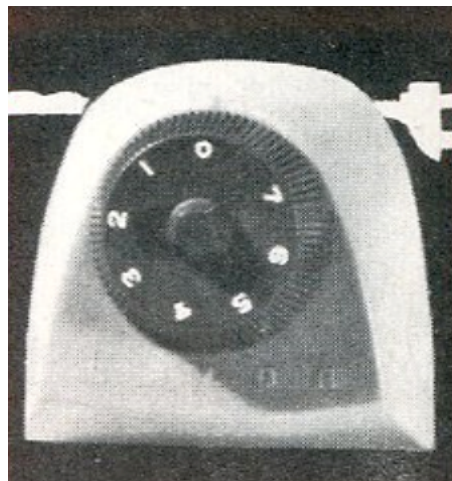
- 直接连接到 110 或 220V 配电网的毯子。

- 用于非常低的电压供电的毯子。(Equipement ménager 1961)。

变成强制要求把温度调节器用于热塑性塑料，毛毯需要至少两个调节器，现在需要做多于 15 种不同的测试以检查其操作的安全性。



1959 年 Calor 推出其 Textomatic 热毛毯，展示了带能量计连续温度控制系统。它为其简单的毯子添加了“Tempomatic”选项，一个自动切断的计时器。



1960 年 Calor Tempomatic (Ultimate 目录书)

1980 年 Chromex 提供其所有防水版本的加热毯子和 NF “阻燃” 标签。

床垫加热器

1957 年我们开始在市场上找置于用户之下并且不是在其之上的系统。

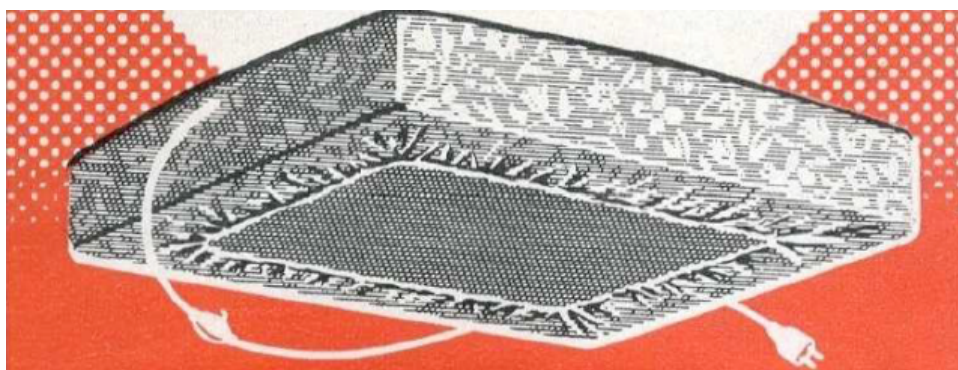
电柔性发热元件的历史介绍

这些物品必须配备一个紧固件系统，并且足够坚固而不会磨损和折叠。

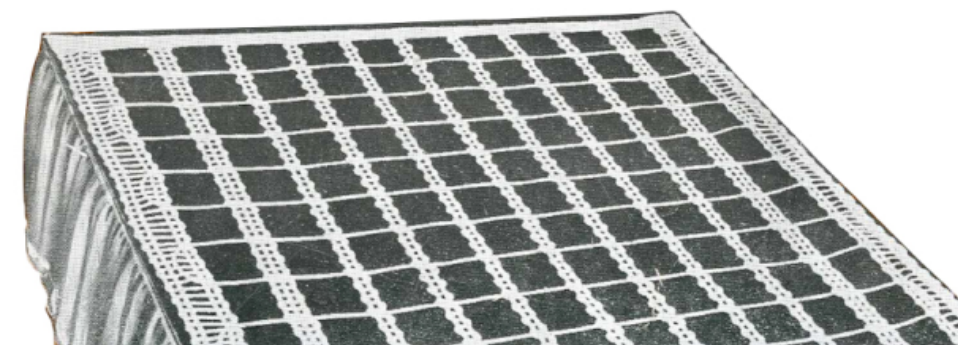
Grizzli 床垫的加热盖是由两层织物之间的一个集成电阻组成。

下部的织物用作一个电阻器支撑，其是通过一项专利编织工艺来固定的。上层的织物通过另一项专利工艺在顶部粘合（粘紧）。电阻器是多股的，是用涂在一块特殊的耐热塑料上的镍铬制成的。这是一种新的现代工艺，可以对产品进行清洗，因此也可以在水中使用。

它有两个加热设置，以及一个带开关的扩展部件。其温控器是防水的并且是完全绝缘的。（1957 年热织布工厂，Ultimheat 博物馆）



Grizzli 加热毯 (1957 年热织物的制造, Ultimheat 博物馆)



Jidé 暖床器 (1957)。其发热线用两层棉覆盖着：Guipe 和编织物，以及塑料覆层。
(1957 年 Jidé 目录书, Ultimheat 博物馆)。

硅胶绝缘

当时的柔性发热线缺少清漆以使其防渗。然后用纺织绝缘材料（棉、羊毛等。）涂覆线，但没有足够的清漆使其具有防水性。1939 年，PVC 开始取代橡胶作为家用电缆的绝缘材料。1949 年，当法国的 PVC 生产仍处于初期的时候，由 Maurice-Pierre Marchal 领导的 Sarl Lyon Tisselec 在发热线周围添加了柔性 PVC 和聚乙烯型的清漆。该解决方案保证了一定的耐湿性和良好的柔韧性。但是，PVC 的耐温性不足以用于 7W/m 电荷的电线。

在第二次世界大战不久前，在美国发明了道康宁，并于 1944 年公开，硅橡胶最初用于军事应用。Rhône Poulenc 于 1948 年开始在里昂通过实验生产硅胶 (Rhodorsil)，然后于 1954 年在里昂附近开设了 Saint Fons 工厂。这种人造橡胶首先被用于浸渍编织的玻璃纤维套管，允许小型电动机在更高的温度运作。这种玻璃丝耐热性非常好。其硅胶浸渍使其具有良好的不渗透性和对许多化学试剂的耐受性。（1954 年 Meci, Ultimheat 目录书）

早在 1954 年，硅树脂浸渍玻璃编织绝缘材料由 Silisol 制造。

- 随后，当快速硫化混合物被开发用于直接挤在电导体时，硅胶发加热丝开始出现。硫化硅胶结合了极度的柔韧性和出色的耐温性（高达 200-250°C），良好的电绝缘性使其能够制造出特别适用于毛毯和柔性发热元件的发热丝。这种技术取代了刚刚开始出现在加热毯和柔性发热元件中的氯丁橡胶绝缘材料。

电柔性发热元件的历史介绍

1958年，虽然昂贵，但硅胶绝缘发热电缆在美国被广泛地用于冰箱的除霜、除雪和其他类似的应用。这是因为硅胶耐受发热芯的高温、耐冷，并且具有优异的密封性能。然而，其缺乏机械强度，迫使制造商开发用于某些应用的覆盖有柔性金属编织物的电缆。结果证明这是工业电气追溯的起源。

甚至在1959年之前，在Joinville的Electrofil公司提出了单独的电阻硅胶线(Silastic)。此时，毛毯的发热电缆全部是通过将小直径的发热丝缠绕到棉芯上制成的，并且这不能承受硅胶连续硫化所需的非常高的温度。用玻璃丝芯取代这种棉芯，允许有这种制造的加工。这种技术至今仍在使用。

1960年，出现了一种新的技术解决方案 - 非绝缘发热线的使用，夹在硅橡胶片之间并用玻璃纤维加固，然后进行硫化。随后的组件形成防水片。制造商Méneret当时写道：“我们所有的加热毯都配备了在完全看不见的通道下绝缘的特殊电阻器”

该技术将（并仍然）在工业中广泛地用于通过加热带对鼓装桶进行重新加热，但也适用于要求对平的或弯曲表面进行重新加热的许多应用中。在这些工业应用中，硅胶的使用可以使其达到高达 $2\text{W}/\text{cm}^2$ 的表面负荷。

早在1961年，用于电热毯和其他柔性电器的发热元件的硅胶绝缘成为一种明确的技术解决方案。一些制造商开始使用它，例如Tissélec，其提供了带有硅橡胶嵌件的双回路插件，以及两个温控器（该公司为其配备了由硅胶绝缘发热丝制成的挤压线），而Treselle，其毯子具有自调节电阻器，一根硅胶芯和硅胶绝缘。1965年，Thomson紧随其后，并为其加热毯配备了带硅胶绝缘的自调节电线。



1965年Thomson发热毯，在玻璃丝芯上带有绝缘玻璃丝电阻器和自调节发热线

1970年，Calor使用“其带有超柔软的硅胶绝缘护套的新电路，给发热元件带来了良好的坚固性”在商业上发布了加热毯”。

Resistelec-Tisselec，其制造这种柔性电阻器，在1973年由其供应商Driver Harris（美国镍和镍合金电阻丝的制造商）所收购，然后在1984年由一家在两年前创建的公司Flexelec所收购。在接管不久后，Flexelec结束了绝缘硅胶发热线的生产。

电缆和发热线，园艺和防冻伴热初期的首个应用

大约在1925年，一位名叫C. Jacobsen的挪威工程师发现雪已经融化，沿着地下电力线的植物清晰可见。从那里得出了使用发热丝来增加作物生长速度的想法。因此，这个供暖的分支诞生了，由于其众多的技术和经济优势令其得到了迅速的发展，并迅速地吸引了德国、荷兰和法国的园艺学家。

从1929年初开始，在Saone et Loire的Fontaines农业学院进行用于蔬菜生产的电加热土壤的实验（1929年8月由Saone et Loire总理事会执政）。

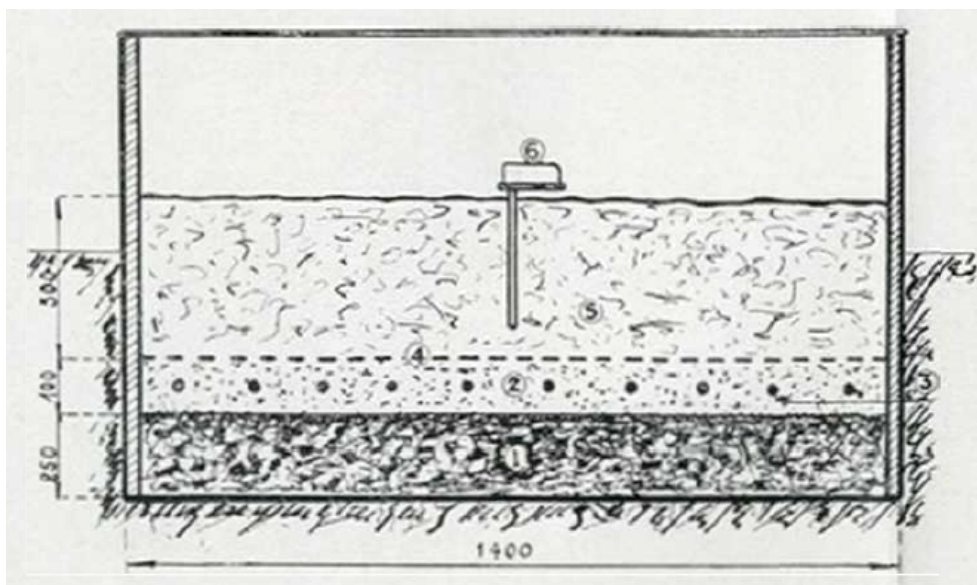
在荷兰，1929年至1930年在海牙的冬季，Delft和Rotterdam安装了第一根用于园艺的加热电缆作为试验。它们已由瑞典公司Sievert de Sundryberg生产。它们由直径为0.73毫米的电阻丝组成，每个电流表的线性电阻为1.10欧姆。两圈石棉线圈以相反的方向螺旋形地缠绕，然后是一层浸渍纸，最后是一个1.3毫米厚的铅护套，确保了电阻丝的绝缘和机械保护。该发热电缆的外径为4.7毫米。带线性电阻为0.13欧姆的引线护套

电柔性发热元件的历史介绍

也起到回路电流导体的作用。为此，将电缆的自由端焊接到电阻丝上。每根 50 米长的电缆负载达 5A 或 22W/m（1931 年 BIP 信息和电力宣传第 37 号）。

在气候恶劣的国家，如斯堪的纳维亚国家和德国，发热电缆埋在 30 厘米处保持了温室层的温度。夜间的电流可以设定得非常低，而节省的加热成本预计约为 75%（1932 年 4 月 27 日 Le Temps）。

1936 年，为了加快蔬菜早期的生长，园艺家们正在利用有玻璃覆盖的作物层。用电加热层的成功实验，在法国和国外的各个地区均很受欢迎。鉴于此目的，于 1935 年 2 月 1 日至 5 月 15 日在尼斯进行了对照试验。发热电缆由带红砷镍导体的加强电缆组成，直径为 12/10 mm。功率输入约为 3 kW，或陆地面积每平方米约 200 瓦。[注：红砷镍是一种红铜、锌和镍合金，类似于镍银，由德国公司 Obermaier 生产]（1936 年 BIP 第 93 号，Ultimheat 博物馆）。



1: 熔渣, 2: 沙, 3: 发热电缆, 4 网格, 5: 盆栽土壤, 6: 温度限制器
(1936 BIP # 93, Ultimheat 博物馆)

使用电热层加热的园艺应用在法国迅速发展，这种类型的加热电缆被法国的两个主要供应商迅速标准化：Câbles de Lyon 和 Alsthom，使用一根直的发热线。还有一家荷兰的供应商，来自阿姆斯特丹 Kabelfabriek (Draka) 的 Hollandse Draad，在石棉芯周围使用螺旋发热丝。

发热电缆是加热配件问题的一项非常特殊的解决方案，并且它们已经在农业领域被广泛地采用以加热作物。然而，这些电缆可在工业上，用于相对低的电压和低温（电缆表面达 80°C），特别是为了尽可能均匀地散布热量。目前有三种类型的发热电缆，按字母顺序列出如下：

- A/ 从中心到圆周，Alsthom 电缆包括耐用的镍铬丝，带有两块浸渍棉垫，三重石棉编织物，用浸渍纸包裹，纯铅套外壳，在某些情况下，还有一个额外的护套或者增加的条纹电解锌条以避免由零散电流而引起的电解。裸引线电缆的直径约为 6 毫米，电阻率可有每米 0.5 至 2 欧姆的变化（通常，选择等于每米 1 欧姆的量）。最大的功率系数为每米 30 瓦或约 33 米。

- B/ Câblerie de Lyon 电缆是由耐用的电线制成，电线由石棉层和拧干的焦油纸进行绝缘。整个系统涂有铅护套，并通过特殊处理（硫化）来防止化学腐蚀，然后用浸渍纸和捆扎的护套覆盖。一般来说，具体的功率从 25 到 40 W/m 之间。

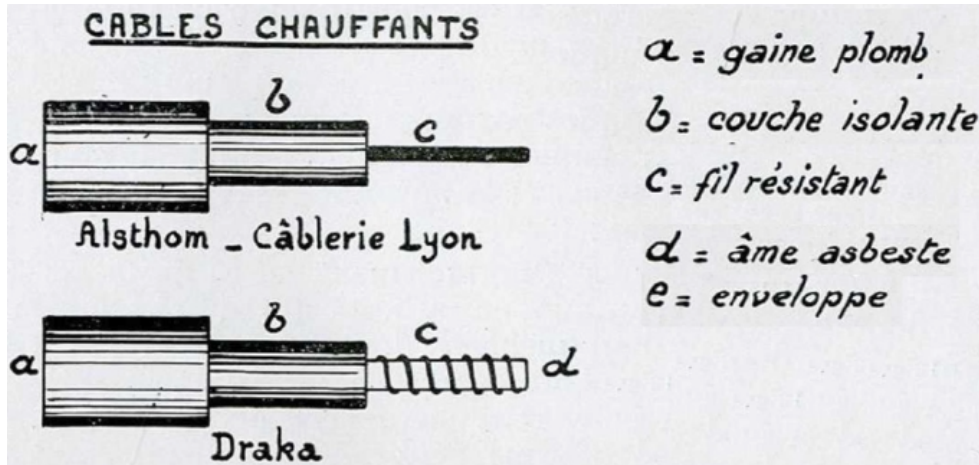
- C/ Draka 电缆（荷兰生产）通常由在石棉芯（石棉制成的产品）上卷绕的镍铬丝组成，并由混合物（我们不知道其成分）所包裹，其形成电气绝缘子和热导体。整个系统覆盖着一层纯铅。在某些情况下，电缆是有

电柔性发热元件的历史介绍

防护的，引线套是铺沥青的，用浸渍纸包裹，然后用2层条状带加固，再铺沥青，最后用浸渍纸包裹。无防护的引线的外径为4.15至6.5毫米。功率系数通常为30 W/m。

发热电缆具有三个特别令人感兴趣的优点：易于使用；对某些化学试剂（纯铅护套）有耐化学性；价格低（例如，一根1kW的电缆，目前的价格约为带相同功率的氧化镁涂层管的一半）。

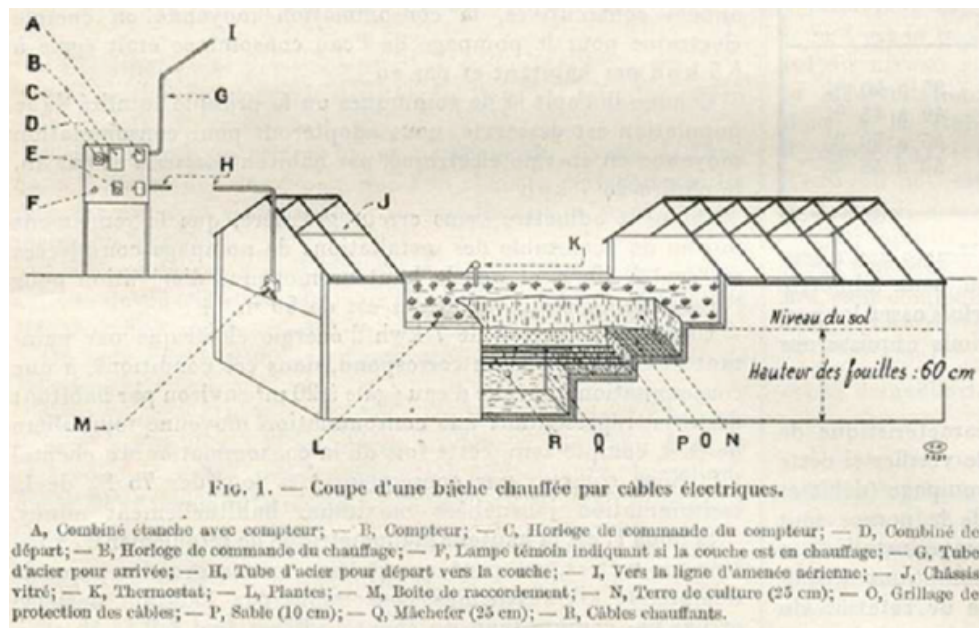
(1938年受保护的元件，Gautheret, Ultimheat博物馆)。



Alsthom 发热电缆，Câblerie de Lyon, Draka (1938年受保护的元件，Gautheret, Ultimheat博物馆)。

1938年加热电缆被视为是最能满足园艺需求的加热设备。它由高电阻合金导体（红砷镍、镍铬铁合金、镍、康铜丝）组成，用几层的石棉和浸渍纸进行绝缘，并用覆盖有防腐蚀涂层的铅护套进行机械保护，有时是带有钢带的双涂层。被安装电缆的公制电阻取决于在给定表面上获得相等分布热量所需的长度。

制造商正在制作各种强度的电缆类型，范围从0.15到2.55欧姆/米，以满足所有的需求。（1938年现代技术，电气园艺应用）。

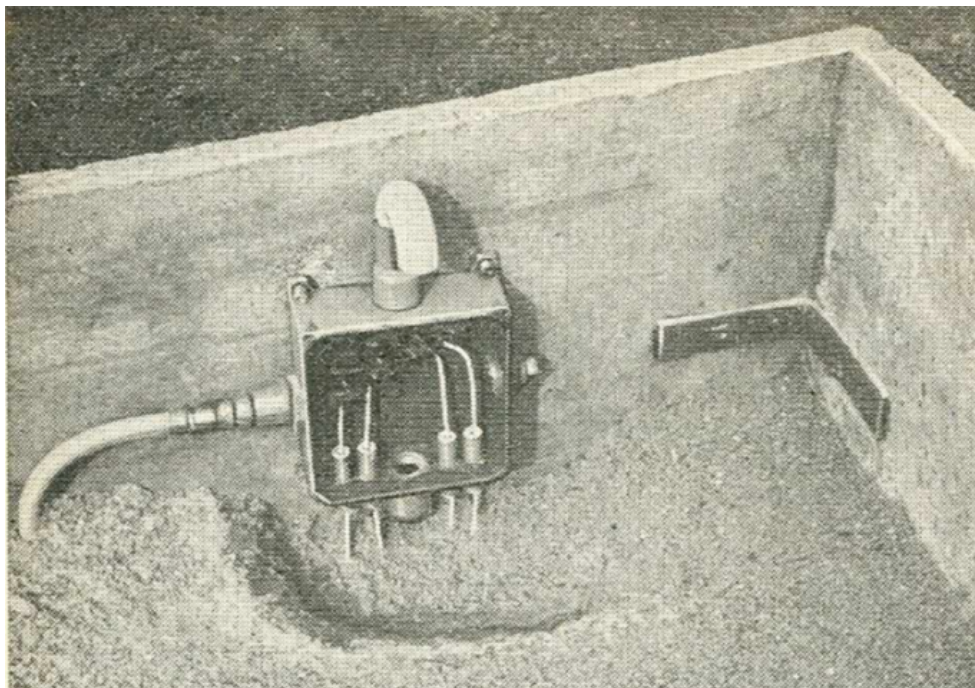


用电对园艺植物进行取暖（1938年现代技术，园艺电加热应用。）

1956年，2,500个法国农场配备了它，总的安装功率约为5000 kW，年消耗量（仅限夜间）为300万至400万千瓦时。（使用埋地的柔性电缆进行加热。1956年电气园艺供暖（Ultimheat博物馆）

电柔性发热元件的历史介绍

1957年，EDF手册描述了园艺中的电加热应用。用于户外遮篷的建议值为150至200W/m²，用于温室架的建议值为80至120W/m²。



地面电加热，跟着是发热电缆的到来
(1957年，EDF手册，Ultimheat博物馆)

加热电缆的各种应用

1929年至1930年出现，并且用于园艺用途的加热电缆的发展引起了其他的应用。防水的及涂有机械保护铅的套管，他们可以很容易地自己使用。不再需要将它们集成到诸如织物的发热丝和小型家用设备之类的外壳中。铅护罩保持电缆的柔韧性，同时提供一定的耐温性。绝缘子技术发展到了具有更高的耐温性，并且逐渐增加了应用范围。

早在1938年，通过这些发热电缆，已经取得了一些工业成就，例如用于釉线的烘干烤箱，加热水管以防止冻结，用于摄影溶液的罐体，以及石蜡罐体。这些电缆随后被用于液体和气体的低温加热应用里，例如在烘干烤箱、房室烤箱，墙壁及地面取暖。(1938保护的元件，Gautheret)

1946年，在Chartes (Toilectro) 的E Clin公司为用于天花和加热面板的加热纸板申请了一项专利(FR928369)。跟着这个专利之后，似乎没有生产。

这种加热天花的概念引致了几项实验。第一个似乎是在1950年在巴塞尔发生，在那里一家商店配备了一个天花板，该天花板由14.4kW发热电缆组成，通过红铜管牵拉，间距12cm，并且嵌入天花板的灰泥中。天花板的温度不能超过45°C。(ASE简报，1950年9月2日，1951年BIP N Arts ménagers)

1963年见证了家庭供暖的第一个法国示例：一根发热电缆埋在地面。它由Panélac公司在国际建筑展览会上展示出来。它在“非高峰时段”期间，通过热积累进行操作。(1963年的家用设备N92，Ultimheat博物馆)。

1966年，如同热毛毯一样，硅胶改变了柔性工业加热电缆和织物的设计。

在市场上，我们开始寻找由单一根或者两根铁镍铬或者镍银电阻线组成的加热电缆线，通过玻璃棉的护套或者编织带，或者玻璃棉和硅橡胶进行电气保护。

对于工业的应用（干燥箱、液体加热）和农业伴热，这些加热电缆用铅、钢或者红铜制成的柔性护套进行机械保护。它们的直径范围是从4到

电柔性发热元件的历史介绍

9mm，用于每米 0.25 到 100 Ω 的一个线性电阻，以及一个 30 到 40 W/m 的总功率。(1966 年，电加热电阻器，Ultimheat 博物馆)。

在 20 世纪 60 年代末，自调节的聚乙烯碳电缆的发展为电伴热市场开辟了一条新路，它们在国内暖毯的最初应用之后是停滞不前的。

几年后，在 1975 年，在人行道用发热电缆进行供暖的测试，该测试是在谢尔河区域进行测试的 (1976 年 1 月 14 日的官方日报)

带 PVC、硅胶、PTFE 或者聚烯烃绝缘的柔性发热线，使用电阻性的或者自调节的金属导体，成为了电加热一个重要的新分支，随着新产品的出现，打开了新的机遇。这些例子包括用于冷冻窗的发热线、伴热加热电缆、管道防冻系统、道路除冰、屋顶除雪、仪表防霜冻，以及家用的电地暖。

玻璃丝和高温柔性发热元件，带有用于高温的玻璃纤维绝缘

一种可以编织的玻璃丝的新型绝缘“纺织”材料的出现，彻底改变了柔性发热元件的生产。1937 年在美国，它被欧文斯康宁发明和首次生产，于 1938 年在法国出现。但是仅仅在约 1952 年至 1954 年期间，这种纤维在法国领有牌照的情况下进行工业化生产。这种柔性纤维，(也被称作玻璃丝，因为灯丝的直径跟丝绸的直径相似)，在 1300 $^{\circ}\text{C}$ 从熔化的玻璃中形成。然后它被挤压和拉伸成平均直径在 5 到 9 微米之间的细丝(股)，并被合并成由 100 到 600 细丝组成的单线。这线单线然后被分组和“扭成一束”以构成柔性发热电阻器核心的细线，或者是电线的缠绕。

玻璃丝是一种优良的电气绝缘体，也是不易燃的并且是耐高温的。它也是编织而成的，它一出现，就被用于被单和布的生产。简而言之，它被用来加固模制的塑料。早在 1948 年，玻纤被 Tentation 用来生产电热毯，就像一些美国制造商已经在做的那样。它也快速地取代了许多石棉的应用，包括加热线的导体线绕其螺旋状的导线芯。



形成单根电线的玻璃丝束 (玻璃丝的生产，大约在 1960 年，来自比利时的韦尔维耶的纺织学校的课程，Ultimheat 博物馆)

电柔性发热元件的历史介绍



1948年 Tentation 品牌的简介，由 Barrière 公司生产（Ultimheat 博物馆）

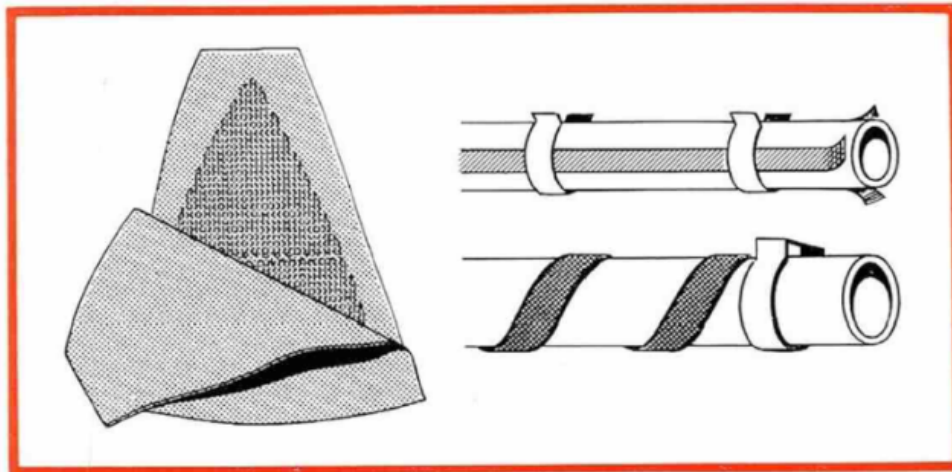
约 1960 年，高温柔性发热元件，包含包裹在玻璃纤维里的一根镍铬或者镍电阻器，被引入到法国市场。这种技术允许的最高温度是 550℃。

这样，就产生了丝带和带子，以及各种形状的简单的布，其通过将简单的布组装进去要求的款式里，以适合于任何的表面。

由于其柔韧性和耐温性，它们被用于加热高压锅、罐体、池塘、管子、管道和实验室设备。（图 2 1）

明显比家用电热毯线更强大，一些线可以提供一个 0.4 到 1.25 W/cm² 的表面功率。

用石英取代玻璃，它可达到 800℃（1966 年，加热电阻器，Ultimheat 博物馆）。



布以及由玻璃织物制成的柔性发热织物（1966 年电热电阻器，Ultimheat 博物馆）

在 1966 年之前不久，由一根在玻璃织物上的石墨沉淀制作而成的工业加热电阻器开始在市场上出现。这个电阻器，由一个极细的玻璃纤维束的网格状组成的，并且网络状覆盖一层有规则厚度的胶状石墨。而产生的织物是柔性的并且它的电阻可以根据沉淀物的厚度而被调整。允许的最高温度大约是 220℃，而至于随后出现的碳纤维发热元件，温度系数是略为负的。

这些玻璃纤维织物和铬镍发热线的长期应用之一是实验室烧瓶加热器。然后进行编织，为了生产半圆形的发热元件，经常是手工编织的。

电柔性发热元件的历史介绍



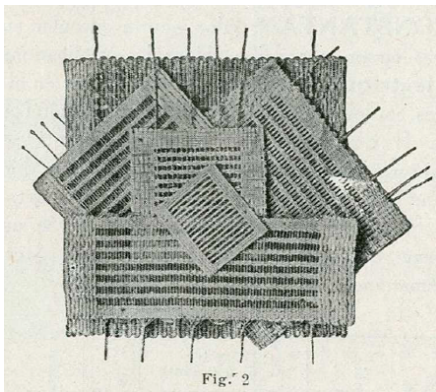
1913 到 1980 年，高温石棉编织的发热织物

1913 年底，E. Clin et Compagnie 公司在巴黎成立。其活动是在用一块石棉织成的柔性发热电阻器的基础上进行的，耐纬纱链是由电阻发热丝制成的。这是一项类似于 Camille Hergott 的技术。然而它更倾向于在高温使用。为此，它使用织布机来制作装饰品。在 Toilectro 品牌下研发的大部分的发热织物被使用在需要高温的牢固的电气设备，例如散热器、烤面包机和炉子。因为它们易于弯曲，它们也被使用在例如咖啡机和累积式的床加热器，以覆盖在罐体周围以加热液体。这些发热织物是由康铜丝或者镍铬，以及一根石棉线链制成的框架所形成的。这些电线像在一个筛子里间隔开着，形成通风，并产生极好的热效应。一块在户外垂直伸展的帆布达到了大约 100°C 的温度，用于一个 $0.4 \text{ 瓦} / \text{cm}^2$ 的消耗，而 250°C 则用于 $2 \text{ 瓦} / \text{cm}^2$ 。在 $3\text{W}/\text{cm}^2$ ，电线会变红并且损坏石棉。

在 1921 年，克林获得了加热织物的专利，其中在云母条之间绝缘的帆布被安装在一个金属框里面。这形成了一个刚性的系统，允许一个最大的输出为 $5 \text{ 瓦} / \text{cm}^2$ （来自 1939 年 Toilectro 目录书的信息）。

克林也产生了一系列的半柔性加热垫，带有一个较低的 $0.04\text{W}/\text{cm}^2$ 的表面功率（50 瓦的用于 $35\text{cm} \times 35\text{cm}$ ）。

这些电阻器的生产，被广泛应用于家用电散热器和对流器，一直持续下去，直至 1980 至 1985 年才进行了技术修改。除了它的低成本之外，这种电阻是特别安静的，没有膨胀噪声。主要的制造商是克林 (Toilectro)，La Toile Electronique，Noirot 和 Thomson。

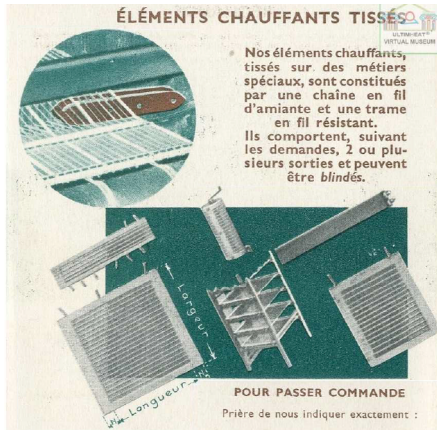


Toilectro 石棉加热织物（1931 年目录书）



1922 年，在通用电气报刊评论里 E. Clin 和 Cie 的广告
1921 年 5 月 12 日，E. Clin 为用云母板加固电动帆布申请了专利 (577486)

电柔性发热元件的历史介绍



1939年 石棉编织元件 (1939年的 Noiroit 目录书, Ultimheat 博物馆)



带有石棉芯的无防备的发热电缆, 用于工业应用 (1939年的 Noiroit 目录书, Ultimheat 博物馆)

SEPTEMBRE 1960

ÉLÉMENTS TISSÉS RÉSISTANTS, CHAUFFANTS POUR TOUTES APPLICATIONS

Toile-électronique - S.A.

Société Anonyme au Capital de 300.000 Francs

163^{bis}, RUE DE CHARONNE — PARIS - XI^e

R. C. Seine 10 211.209 G. C. France | PARIS 17 278-58

TéL. : VOL. 10-59

Voici les caractéristiques des principales toiles de rechange de Radiateurs "TOIELECTRO" et "THOMSON". Nous pouvons vous établir toutes autres rechanges qui ne figureraient pas dans ce tableau.

Nous pouvons exécuter toutes toiles suivant dessin ou modèle. Pour les toiles simples, nous indiquons les dimensions notées sur la gravure, ainsi que la puissance et le voltage. Nos toiles peuvent être livrées avec bordures métalliques ou sur cadre isolant mica.

TOUS CORDONS CHAUFFANTS, âme amiante ou soie de verre.

TOUS BOUDINS CHAUFFANTS, nickel-chrome classe I ou II.

ÉLÉMENTS TISSÉS POUR RADIATEURS "THOMSON"

Radiateurs	Nombre de toiles	Type toile	Puissance par toile en Watts	Trame en %	Chaîne en %	Bordure en %	Observations	Prix Hors Taxes par toile
R 306	1	R 496	800	210	245	35	Bordure métallique	Prix suivant quantité. - Nous consulter.
R 315	3	R 492	500	155	245	35	»	
R 316	3	R 492	500	155	245	35	»	
R 325	3	R 494	686	210	240	35	»	
R 326	3	R 494	1.000	210	240	35	»	
R 335	3	R 495	833	320	245	35	»	
R 336	3	R 495	833	320	245	35	»	
R 345	3	R 490	1.000	320	245	35	»	
R 346	3	R 490	1.000	320	245	35	»	
R 356	3	R 490	1.000	320	245	35	»	
Simplex	3	R 490	1.000	320	245	35	»	
Simplex		R 491	600	156	245	35	»	
Simplex		R 482	500	320	245	35	»	
R 408		R 475	500	150	220	27	»	
R 418		R 475	500	»	»	»	»	
R 428		R 480	1.000	320	245	35	»	
R 439		41					»	
R 468		R 482	500	320	245	35	»	
		R 483	686	210	245	35	»	
Chauff [®] vari [®]			178 et 325	478	75	20	»	
Bloc mixte			750	410	170	25	»	
Bloc mixte			938 et 1128	650	170	25	»	

T. S. V. P.

带石棉链的加热织物, 可用于高达 450°C (1950 年的 Ohmewatt)

石棉加热织物 (1960 年 Toile-électronique, Ultimheat 博物馆)

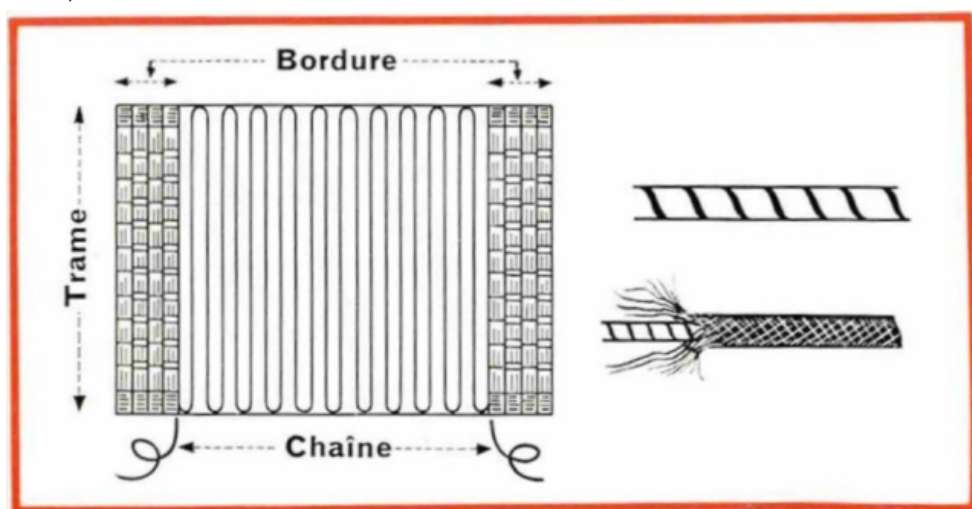
“石棉具有很好的柔韧性, 良好的防震性并且是不易脆的。85% 石棉和 15% 纺织物 (棉、纤维物) 的混合物 (工业级别) 经常被用于 250°C 的最高温度。还有另外两种有助于提升更高的温度 (450 和 800°C)。在实际的意义上, 如果使用在商品上, 石棉主要用于不超过 450°C, 或者在特殊的情况下不超过 600°C。石棉主要以帆布的形式使用, 用链条形成绝缘, 而框架则形成电加热的部分。

链条是由大部分纤细的石棉线制成。缠绕的线是根据所需的应用被间隔开。框架的构成因其尺寸和所需的应用会产生很大的变化。以下的金属是最常用的: 镍铬、康铜丝和镍合金, 最常见的形式是电线, 而有时候是丝带或者细线。电线的截面是小的, 例如从 0.10 到 1.30mm。当导体一定要在上部时, 电线是彼此平行分组的。根据元件预期的用途, 框架的布局会有很大的差别。例如, 它可以是由一根电线或者几根并联组成的电线构成一个单电路, 导体有规律地间隔着 (或者没有), 多级电路提供组合等等。这些帆布有一条石棉线边, 它比链条粗, 通常质量较差。在织物的制作中,

电柔性发热元件的历史介绍

唯一的限制是织布机的尺寸，其框架的宽度，通常是 20 至 800mm。

鉴于机械和实用性的原因（后备配件），就织布机的可能性（1 每平方米例外的最大值），所交付的元件表面是相对较小的。石棉具有低的电气绝缘，所以帆布通常用皂石或者瓷器桶、云母片等附属在其支撑上。在某些情况下，它们支持着电阻器，并且它们本身是用一个金属框固定。另一个重要的应用是加热线的应用，加热线是由一个校正的石棉珠组成，在石棉珠的上面，金属导体被石棉编织或者其他绝缘物体缠绕和覆盖（或不覆盖）（1966 年，电热电阻器，Ultimheat 博物馆）。



石棉发热织物、石棉发热线及编织物
（电热电阻器，1966 年，Ultimheat 博物馆）

1977 年 8 月，由于意识到石棉的危险，颁布了第一个关于接触石棉粉尘的工人的保护法令，随后，在 1997 年，法国全面禁止了石棉。结果，这些类型的热电阻器从市场上消失了。

塑化织物和加热带

1940 年，随着橡胶绝缘的发展，这些柔性编织物很快地被投入用于飞机机翼以除去冰块。

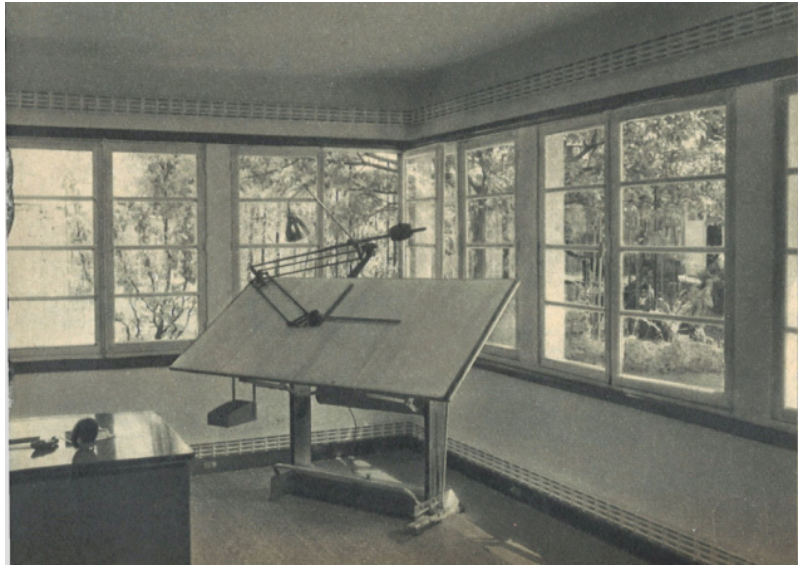
20 世纪 60 年代初，随着 PVC 和硅胶弹性体的发展，首个用于工业应用的柔性发热电阻器是以带状和片状的形式出现的。其大部分的绝缘材料是由发热丝周围的一个聚合的或者硫化的弹性体树脂制成的。使用的弹性体是 PVC、硅胶，有时候是氯丁橡胶。还有一些编织的帆布，它们是由一条石棉链和一个镍铬或者康铜丝框架制作而成，嵌入到硅凝胶中。

这些柔性块被制作成 2.5 到 5mm 厚，矩形的规格（达到 0.90 x 0.20 m）或者正方形的规格（达到 0.50 x 0.50 m），带有可变的功率密度，从 0.4 到 1 W/cm²。它们的最高温度是 250°C。

多年来，他们的技术不断发展，它们是由两条玻璃纤维加固的硅胶制成，通过夹一层加热电线进行硫化在一起的。

这种技术目前广泛地用于工业上，用于加热平面，圆柱形桶和加热桶。

电柔性发热元件的历史介绍



由 RAS 公司生产的 Rubancalor 加热带，不仅仅可以围绕着天花板，也可以围绕着墙基（1958 年，Rambert, Le chauffage, Ultimheat 博物馆）

在同一时期，还形成了发热的条状带，它们由平行的导体组成，嵌在乙烯聚合物的带子里，构成一个 13mm 宽的带子，并允许一个 20-25 W/m 的特定功率，高达 100°C。（1966 年电加热元件）



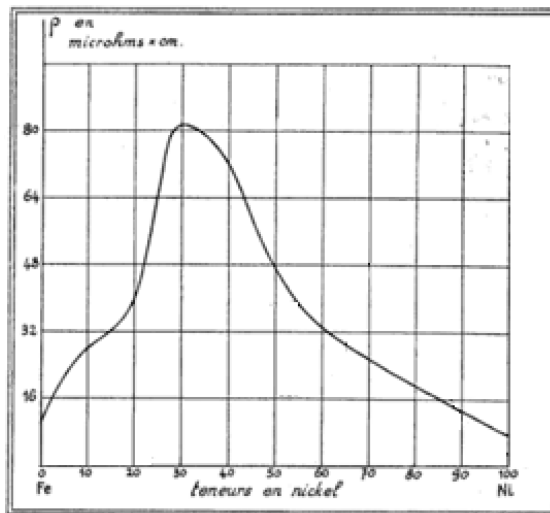
硅胶加热器，伴热带，用于加热表面和鼓形桶的箱 (2012 年 Ultimheat 目录书)

第二部分： 加热元件的技术演变

金属发热线

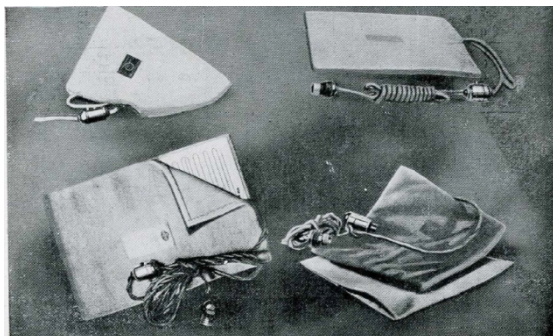
当 Camille Hergott 研发了他的第一个柔性发热元件时，他的研究集中在镍导体。因为高温系数，他做了这个选择，使其防锈并自动调节（由于在 20 到 200°C 之间的双电阻率）。19 世纪末用于加热电阻器的其他金属是铂（昂贵的），铁（可氧化的），镍银（低温系数），红铜（非常低的电阻率）。

此后不久出现的铁镍，使得可以限制所需的发热线的长度，因为他们有更好的电阻率。用于发热电阻器的大多数的电阻合金是 30% 的铁和 70% 的镍。其电阻系数随温度变化不大（温度 0.0009°C 的温度系数，也就是，比纯镍在 0.0054 低 5 倍）。它们在高温时基本上是防锈的，所以主要应用于炉灶、散热器和面包片烘烤机。



电阻率的变化：铁镍合金中的镍含量曲线图
(La Nature, 1934 年，镍合金及其应用，第 215 页)

从 1900 到 1940 年，镍合金的发展产生了镍铬电阻合金和多种红铜镍合金。对于镍铁，高的电阻率和耐温性是使用这些产品的主要参数。这些合金也必须要有个低温度系数，例如康铜丝和 Driver-Harris Advance，以致它们的特性不受温度的影响。其在加热毯和热原体的使用需要添加一个温度限制系统。



1930 年，带 Advance 发热元件的电热敷布
(Drivers Harris, 1930 年的目录书，Ultimheat 博物馆)

电柔性发热元件的历史介绍

ALLIAGES R. N. C. POUR RÉSISTANCES ÉLECTRIQUES			
Propriétés	RNC-1	RNC-2	RNC-3
Résistivité à 15°	100 ± 4 microhms/Ω/°C ²	111 ± 4 microhms/Ω/°C ²	102 ± 4 microhms/Ω/°C ²
Coefficient de température de la résistivité, valeur moyenne entre	0 à 500° 0,30 à 0,35 × 10 ⁻³	0 à 800° 0,10 à 0,15 × 10 ⁻³	0 à 1000° 0,05 à 0,08 × 10 ⁻³
Pouvoir thermoélectrique par rapport au cuivre	+ 2 à + 2,5 microvolts par degré	0 à + 0,7 microvolts par degré	+ 5 à + 6 microvolts par degré
Densité	8,05	8,25	8,45
Point de fusion	1.450°	1.450°	1.475°
Température limite d'emploi	600-700°	900-1.000°	1.100-1.150°
Applications	Rhéostats. Chauffage aux températures moyennes, Cuisine électrique, Chauffage domestique.	Radiateurs, Chauffage aux températures élevées, Four à traitements, Appareils de mesures.	Radiateurs lumineux. Chauffage aux températures élevées, Appareils de laboratoires, Résistances de mesures.

1933 年，Imphy 的工厂提供了 3 种不同镍铬合金的电阻丝，他们称为 RNC1, 2 和 3（电阻镍铬合金）。RNC1 非常适合于加热毯。它的电阻随温度会有一个大的增加，其提供一个自调节效果。（0.0030 到 0.0035 Ω / Ω / °C）。

大约 1934 年，Driver Harris 制造了一种带高温系数的含 28% 铁和 72% 镍的合金，被称为 Hytemco。（高温系数）。这种合金有一个从 0.0048 到 0.0053 Ω / Ω / °C 的温度系数，使其非常接近纯镍。但是它的电阻率是两倍之高，使得可以降低必需的电线长度。用于加热毛毯，它提供了一个重要的自调节的功能。

多年以来，Harris 研发了一系列带高温系数的合金，尤其是：

- 99 合金：(99.8% 纯镍) 0.006 Ω / Ω / °C
- 镍等级 A：0.005 Ω / Ω / °C
- 镍等级 E：0.0045 Ω / Ω / °C
- Hytemco：0.0045 Ω / Ω / °C
- Perma 镍：0.0036 Ω / Ω / °C
- 合金 152：0.0035 Ω / Ω / °C
- 合金 146：0.0032 Ω / Ω / °C

其它冶金学者也研发了类似的合金，名称为合金 120，MWS-120，Balco，HAI-380，NIFE 5200，Kanthal 70，合金 K70，Nifethal 70；Pelcoloy。

在 2015 年，Driver Harris 的 Hytemco 镍铁合金，现在被称为 PTC 合金，根据其温度系数，它们在中国被标准化（标准 JB/T 12515-2015），以便在加热毯里能更好的产生自行稳定的温度。根据型号，它们的温度系数有从 0.003 到 0.00465 Ω / Ω / °C 的变化。

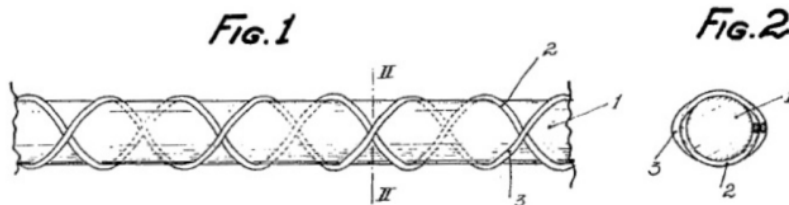
合金代码 *	标称化学成分 %		
	铁	镍	猛
P-4650	18.0	82.0	-
P-4350	19.0	81.0	-
P-4050	20.0	80.0	-
P-3750	21.0	79.0	-
P-3550	20.2	79.0	0.8
P-3350	22.0	78.0	-
P-3150	23.0	77.0	-
P-3000	21.5	77.0	1.5

带有 PTC 效应的镍合金的成分表（标准 JB/T 12515-2015）

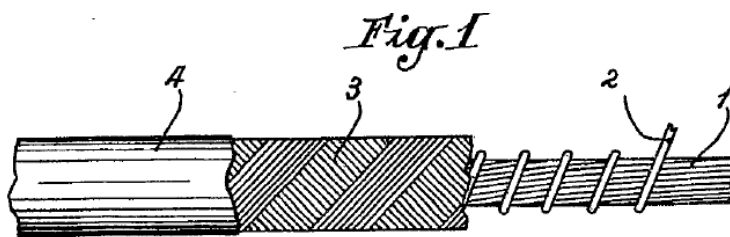
* 字母 P 后面的 4 位数给出了温度系数的标称值。例如 4650 = 是代表 0.004650 Ω / Ω / °C。

毛毯加热线的制造方法

在 1949 年，里摩日的伦纳德·朱利安·德戈伊斯，在研究毛毯发热线断裂的原因的时候，研发了将发热导体缠绕在一个编织物芯上的一种新的方法。他提议在相反的方向进行双缠绕，这样缠绕就会相交。线体不再变形了。他继续在吉达实施这项技术，吉达在不久就被成立的，生产加热毯。由于这项发明，他因“热毯电阻器的发明者”而著名。



1949 年交叉缠绕的发热丝 (Léonard Julien Degois 专利)



早在 1949 年，Tissélec 为一根发热线申请了第一项专利，其外部 (3) 覆盖了一层橡胶、PVC 或者聚乙烯弹性体 (4)，以改善绝缘，特别是当盖子是潮湿的情况下。(专利 FR 982675 注册于 1951 年 6 月 13 日)。

约 1955 年，在法国的数家热毛毯制造商首次发布了 Hytemco 自调节的合金。这淘汰了对安全温控器的需求。1958 年，法国最大的制造商之一，Electro-Rivoli (Vedette 品牌)，声称它的调节系统由瑞典的自动调节器运行。(最有可能是 Kanthal 70，也被称作 Nifethal 70)。

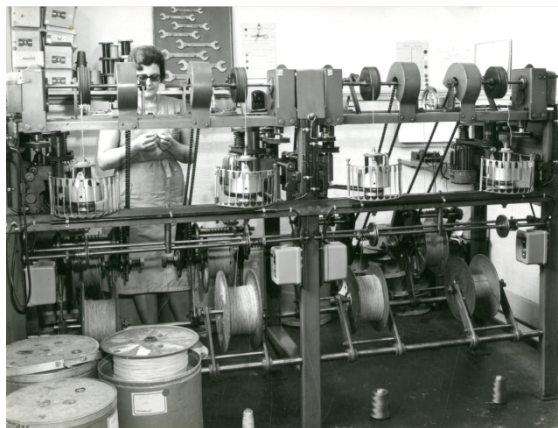
从那时起，两种不同的系统都存在于热原体和加热毯中。

- 第一种使用低温系数，像镍铬合金 80/20 或者铜镍，被连接到温度限制温控器。

- 第二种使用带一个高温系数的发热丝，非常接近于镍，例如 Hytemco, Balco 和 Kanthal 70，它们不需要一个温控器。最初使用的纯镍，失去了其吸引力。这是因为其电阻率需要使用两倍多的电线。

制造商在这两种解决方案间的技术选择纯粹是经济的，它们至今仍在使用。

在 20 世纪 60 年代，大部分的加热毯使用一种 7W/m 的发热电缆并且大部分的厂家把铬镍或镍丝改为自调节电线。



约 1960 年，用在电毛毯的发热丝 Guipage 车间 (Ultimheat 博物馆)

电柔性发热元件的历史介绍



约 1960 年，Calor 发热线，直径 1.7mm，单镍铬发热线，直径 0.08mm，在一个稍微扭成一束的棉芯上以防止弯曲变形。（Ultimheat 收集）



约 1960 年，来自 Ellesert 品牌的“自调节”发热线，直径 1.2mm。这个中间芯是一条直的棉线，用一个凸花花边缠绕着，这个凸花花边是由两条直径为 0.1mm 的棉线组成，棉线用一个 0.8mm 的节距缠绕。这里有一个 3 0.067 mm 镍导体的凸纹花边，在相反的方向以 0.8mm 的节距进行缠绕。这防止了整体被绕成圈。（Ultimheat 收集）



约 1962 年，吉德牌发热线。直接缝在发热毛毯的一面，不再是在两块布之间，在一根棉芯上有 4 个螺旋式镍导体，用非常精细的包装纸覆盖，然后带有一块棉编织物。这个装置中不防水的，而且非常易燃。



测量加热毛毯的表面温度
(约 1960 年，Vedette, Ultimheat 博物馆)



柔韧的，带有一根非常小直径（2mm）的 PVC 绝缘发热线，单导体直径 0.11mm 红铜合金（很可能是镍银），缠绕在直径 0.5mm 的聚酯芯上，用于通用电气的发热毯（英国），约 1962 年。这个装置是非常易燃的。（Ultimheat 收集）

电柔性发热元件的历史介绍

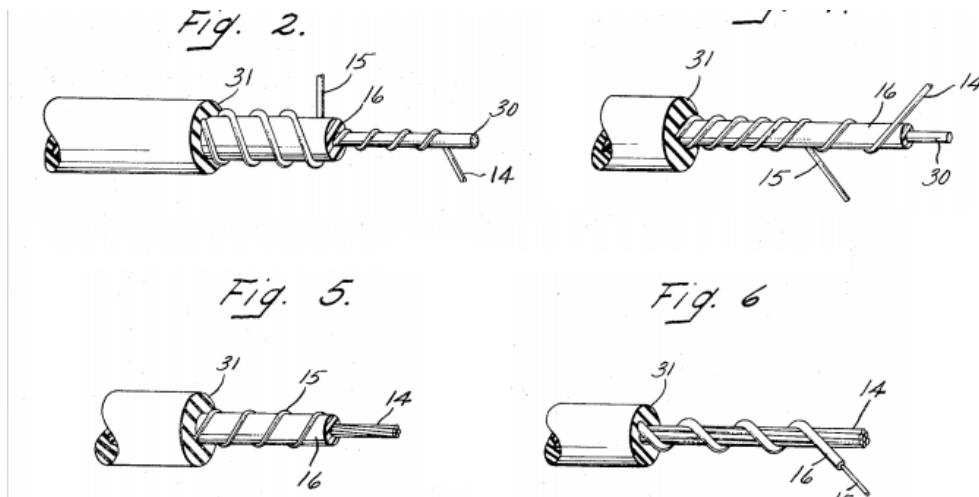
2019年，发热毯的加热线是由一根玻璃纤维芯组成（有时候是聚酯纤维），周围缠绕着螺旋式发热丝。然后，该系统用柔性绝缘材料覆盖，以高温PVC为基础，耐100℃。这种解决方案是最便宜的并且是最常见的。一个更专业和几乎不燃烧的解决方案是由一根玻璃纤维芯、一根螺旋式发热线和耐200℃以上的硅胶弹性体绝缘材料组成。

带正温度系数的自调节的聚合物发热电缆

1962年，道格拉斯飞机实验室有一项关于聚合物的重要发现（美国专利号3,238,355），尤其是关于载有纳米粒碳的聚乙烯，在周围的环境温度，它是一种半导体。研究发现，在约70℃的温度，作为一种类似的电阻体，看到其电阻率急剧上升。

（“填充了聚乙烯的炭黑的电气性能”，高分子工程学和科学，1978年6月，第18卷，第8期，第649到653页。“聚乙烯/炭黑开关材料”，应用聚合物科学杂志，第22卷，1163到1165页，1978年，威利和儿子们，纽约）。

早在1966年，通用电气工程师菲利普 A. 桑福德和威廉 P. 萨默斯利用这种特性设计了柔性导体，用来制作用于加热毯的电阻器。这淘汰了安全限制器的需求，因为发热垫在温度过高的时候会自动调节其功率。在周围环境下，发现用于发热细线的最舒适的电源是每米3到3.8瓦。



1966年，首个用于电热毯的自调节发热线（美国专利号3410984，菲利普·桑福德，对于通用电气）

根据聚合物的成分，其碳微粒的百分比及其厚度，有可能获得不同的稳定温度。然而，除了它的成本之外，这种高电荷27%的碳聚合物缺乏柔韧性，使得发热线体相对地较硬，并缺少发热毯所需的柔韧性。

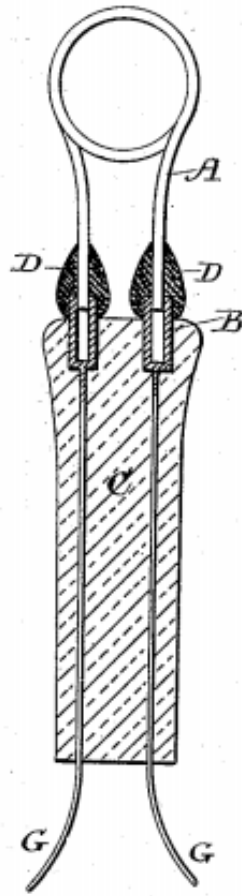
此外，很快出现了阻碍商业化的两个主要的技术问题。

第一个是与导体和聚乙烯半导体之间的高触点电阻有关，原因是连接这两者较为困难。第二个问题是发热元件的稳定性差，电阻率低，有可能是因为高的操作温度和热循环所致。花了10多年的时间来解决，并且直到1980年，美国热毛毯制造商Sunbeam，为一根带正温度系数的发热电缆的一个可靠版本申请了专利4271350。在这个技术演变的过程中，在150℃的温度，发热丝经历了一个热退火循环。这比聚乙烯的熔化温度要高，其要求热塑性弹性体有一个高温过度防护及特殊的预防措施，以让导体在退火过程中不发生碰撞。Sunbeam的各种版本电热毯的应用也提高了发热线的柔韧性。

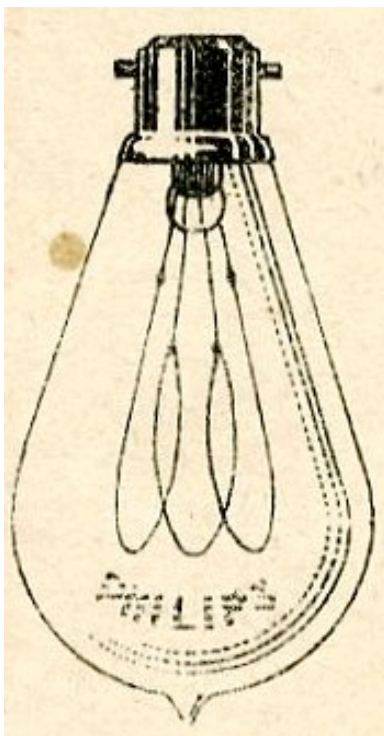
1984年初，使用这种导体，不带温控器的Sunbeam发热毯出现在美国市场。

这种技术几乎继续被Sunbeam专门在美国使用。它允许生产高热量数值的毛毯，但是，尽管被减少了，但原来的缺陷仍然存在，例如缺乏柔韧性，以及随着PTC聚合物老化后加热功率的损耗。

碳纤维电阻器



1881年碳灯丝灯,改良了将灯丝连接到电极的方法(1881年9月29日的英国专利号4.202,由约瑟夫·威尔逊·斯旺制作)



飞利浦灯丝灯泡(1930年,飞利浦电器产品目录书,Ultimheat博物馆)

自1860年英国化学家约瑟夫·威尔逊·斯旺的研究成果以来,它就被认知。1897年,当托马斯·爱迪生用竹子纤维制造白炽灯时,碳纤维第一次进入商业用途。

碳,以石墨电极的形式,被广泛地应用在电影放映机和工业炉。

碳丝被用在白炽灯上,直到20世纪30年代中期。约1910年出现的钨丝灯逐渐地取代之前。

工业使用的碳纤维束的制造需要约15年的发展时间来找到新的生产技术。这些纤维仅仅在20世纪70年代才开始使用。它使碳纤维复合层压板和树脂得以发展,其保持着它们最大众化的应用,但那也使得电阻电导体得到发展。

第一个低电压碳纤维发热毯大约出现在2008年。

根据生产程序而变化,碳纤维有一个范围从 $900 \mu\Omega\cdot\text{cm}$ 到 $1650 \mu\Omega\cdot\text{cm}$ 的电阻率(其解释了不同制造商之间电阻率的差异)。这个电阻率比80/20镍铬($112 \mu\Omega\cdot\text{cm}$)高出约10倍。它的温度系数接近0。

碳导体主要是由 1000°C 纤维胶或者聚丙烯腈灯丝(PAN)的碳化制成的。细丝目前的直径是7微米。在碳化之前,它们被切成带有1000到48000细丝的线。这些线用字母K标注,一个数字位于其前面,表示数千条细丝的数目(1K, 3K, 6K, 12K, 24K, 36K, 48K)。导体电阻(欧姆/米)与细丝的数量成反比的,变化范围是从500欧姆/米的1K电缆到10欧姆/米的48K电缆的范围(根据制造商的大约值而定)。当然,电缆的直径随着细丝的数量而增加。一个3K绝缘硅胶电缆在外直径上大约是2mm,而1个48K的电缆将会是5.5mm。

对于功率在50到150W的家用发热毯,有限制的因素,例如对良好散热所必需的电缆的直径和长度。柔韧性,即使带有硅胶绝缘,当应用要求电缆带有大量细丝时,变得太有限了。在工业应用中,欧姆/米的高电阻使得功率高于300W的应用变得困难,需要多个发热元件并联布线。

鉴于这些原因,柔性碳纤维电线的主要标准应用是在地板下的电加热,通常的数值可能达到 $200\text{W}/\text{m}^2$,而柔韧性和耐反复弯曲性不在关键的参数范围里。连接也是一个障碍,因为难于将碳纤维和红铜连接导体进行连接,原因为细丝是易碎的并且当压接端子

电柔性发热元件的历史介绍

时容易断裂，然后无法焊接。在大多数情况下，要求要用银负荷和昂贵的导电树脂来进行这些连接。

由于碳没有自调节的作用，在被用于加热时，也需要提供一个温度限制系统。

在这些应用中，在生产织物的时候，碳纤维有时候是以毛毡、织带或者细丝的形式引入。

关于热毛毯的 2012 的标准 IEC 60335-2-17 的最新版本，明确地规定碳以导电线或者导电纺织品的形式作为一种发热元件。



2019 年碳纤维发热线，带 PVC 绝缘，材质为 12K 和 24K (Ultimheat 收集)

柔性发热导体的最新技术发展

- 带导电电镀层的聚合丝带：这些丝带螺旋式绕在一根玻璃纤维芯。由于其极端的柔韧性，它们可以创造出小直径的细线，并能合并到织物的生产中。

- 金属测微带缠绕在棉芯周围，人造纤维或者玻璃纤维：它们也允许创造一根非常小直径（达 0.27mm）的细线，其易于整合到编织物里（2004）。

- 自调节硅胶：这些硅胶在碳纳微粒中含有一项填充物，类似于 PE 和 PP（美国专利：2000 年 8 月 17 日专利号 6.734.250 17, Shin Etsu 化学品）。

- 通过等离子或者电镀进行表面金属化的聚合纤维。

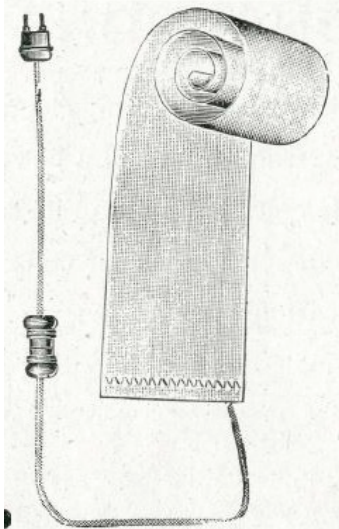
**第三部分：
调节和温度控制**

通过开关进行功率调节

19 世纪末电热毯在早期的医学应用中，似乎需要进行热调节。第一个实施的解决方案是使用数个加热电路，并根据所需的温度把它们连接起来。最古老的是由胶木制作而成，仅仅使用一个梨形开关来连接一个或者两个电阻器，类似于用于照明的开关。

第一种三开关的加热型号出现在 20 世纪 30 年代（1933 年，Bouchery 目录书）

直到 20 世纪 60 年代，最简单的电热毯款式经常根本没有开关。使用说明仅仅要求用户在床热的时候拔掉开关。在 1960 年到 1970 年期间的激励竞争下，迫使许多制造商在电源电缆上安装开关。不但有一个关闭的开关，旋转开关也有带 3 个功率级别的转换，然而仅仅需要两个标准化的加热电阻器。20 世纪 70 年代初，看到旋转开关被更美观舒适的滑动开关所取代。



1921 年在热原体上的通 / 断开关（Fare 目录书，Ultimheat 收集）

Fig. 1.

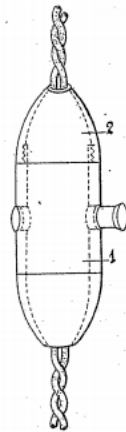
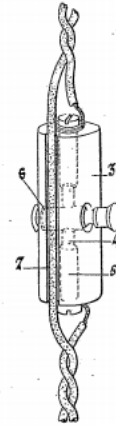


Fig. 2.



1924 年用于柔性电线的开关（专利 Arzens75051）。在 1933 年，Calor 开发了一款带快速关闭技术的相似的型号。

直到 1925 年，Calor 在其一些柔性加热织物上使用了一个简单的开关（热原体，暖瓶器），然后在其热原体内引用一个多档位设置开关。

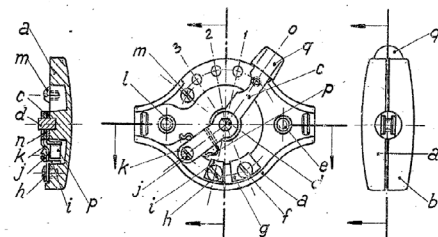


1929 年带调节的 Calor 热原体（广告）

Fig. 1

Fig. 2

Fig. 3



电柔性发热元件的历史介绍

在 1943 年 1 月，巴黎人罗杰·马赛尔·屈什发明了一个 5 档位旋转开关，包括 3 个加热等级，这种设计在电热毯上普遍使用了 30 多年。滑块各端的 0 位置避免用户弄错，尤其是在晚上。（法国专利 890417A）

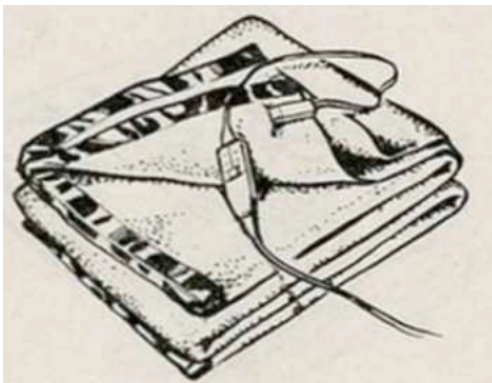


1947 年，用于热原体的带 4 个档位设置的开关。这 4 个档位将会变成 5 个，每面带有一个止动位置以避免在夜间发生定位错误。（Calor 后备配件目录书，1947 年，Ultimheat 博物馆）



约 1955 年，类似于 Cuche 型号的 5 档位旋转开关，但带有快速关闭的开关（德国制造 LW Lohmann 以及位于茨哈根的 Welschhold GmbH 公司。）Ultimheat 收集。

3 或 4 位滑动开关取代了旋转的型号，并且从 20 世纪 70 年代起，成为电热毯的标准。



3 位滑动开关（1961 年 Color）



Calor 开关，3 速和滑落位置（Ultimheat 收集，约 1961 年）



在加热毯上的 3 档位加热开关和两档位停止开关。在旋转系统和滑动系统之间的中等型号（约 1970 年，Gitem Ultimheat 收集）



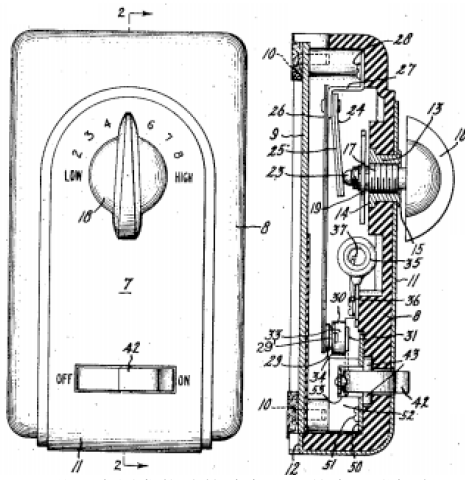
三档位和停止滑动开关，约 1990 年（Ultimheat 收集）

能量测定的功率调节

连续设置功率的问题让人想起电热盘的类似问题，它们或多或少是同时在开发的。对于发热毯里面的温度测量，没有电气或者机电方面的解决方案，因为设置是在它的外面，位于控制装置的里。这种类型的第一个型号，本来是打算用于电炉的顶部，在 1938 年 7 月 Sunvic 在英国制造。

1942 年，美国通用电气的伦纳德 .W. 库克，是美国当时最大的制造商，发明了温度控制系统，其变成了最常用于发热毛毯。美国专利 2,383,291 在 1945 年被接纳。

如同 Sunvic 的能量计一样，控制系统包括了一根双金属条，该双金属条是通过一个小的、低瓦数的电阻器进行加热，与主电阻器并排安装。这设置是在双金属弯曲的距离的基础上进行操作的，以驱动触点，允许通过加热次数的变化来进行远程设定主电阻器的功率。这个系统对室温也是敏感的。



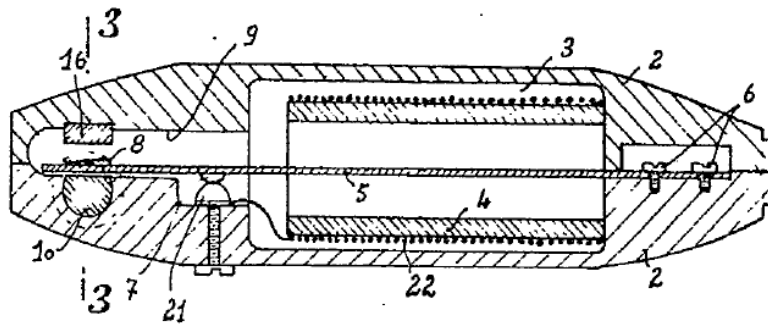
用于调节双金属发热毯的功率以及外壳里附加电阻的系统 (1942 年，库克专利)



Exclusive G-E Bedside Control—set it once a season—for the nightlong warmth you want. At bedtime, just turn blanket on. If room temperature changes, Control adjusts automatically! Bed (and you) stay comfortably cozy all night—every night!

1946 年：用于他们的新温度控制系统的通用电气广告

Fig. 1

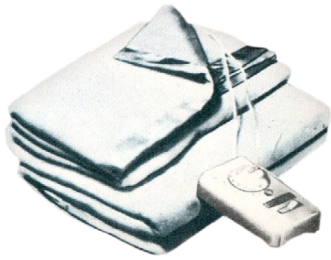


1954 年，在 Tisselec 工作的莫瑞斯 . 皮尔 . 马尔为一种双金属开关申请了一项专利。这个产品在加热毯上采用了一个小的串连电阻器 (22 号)，并且缓慢地加热一个双金属条 (5)。本发明的目的是创造一个热定时器，在一定的持续后可自动关闭加热。Marchal 完全未能实现逐步加热控制，尽管他的系统非常接近这个想法。

约 1960 年，在通用电气的库克系统的基础上，法国发热毯装配了安装在设备电源电缆上的控制器。

Airaile 将它命名为 Variotherm，而 Calor 将其应用到高端的装置中，突显其设置和对室温的敏感度。

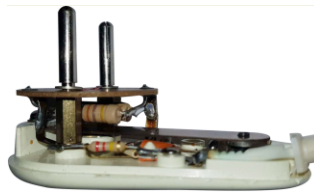
电柔性发热元件的历史介绍



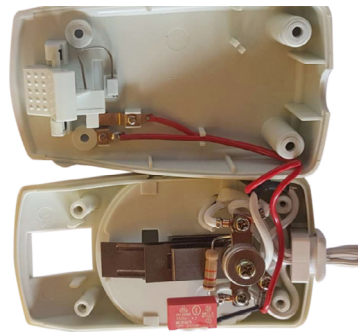
1961年“Textorève”控制装置，美国通用电气可调节系统，对温度变化敏感，但是仍然带有一个缓慢的切断（1961年 Calor 目录书，Ultimheat 博物馆）



约 1970 年，在英国发热毛毯上的 GEC 功率设定（通用电气，英国）。预期的电阻在双金属和慢的断路器的上方清晰可见。（Ultimheat 收集）



约 1972 年。在利摩日由 Jidé 制造的品牌为 Jidéstat 的电源控制箱。是所有系统中最成功的。尺寸非常小，它是可调节的，并且是合并到电插头里。这是唯一一款带一个速动磁铁触点的型号。直到现在的这个年代，它才被机电系统所超越。（Ultimheat 收集）。



1995 年：一种美国功率计加热毛毯，类似于库克在 1942 年发明的，比其早 50 多年。外部的视图和内部双金属视图有一个带预期电阻的慢断路器。这个型号中唯一值得注意的发展是，它包含了一个噪音过滤器（Ultimheat 收集）。

从 20 世纪 90 年代开始，电子元件的小型化使得制造更小的设定系统成为可能。这些组合不仅仅是通断开关、功率控制和温度控制，还包含有调节光亮度的功能，以及“打开”和“闭合”的计时器功能。



2019 年连续的电子功率控制毛毯控制器（Ultimheat 收集）



2019 年连续的电子功率控制毛毯控制器（Ultimheat 收集）

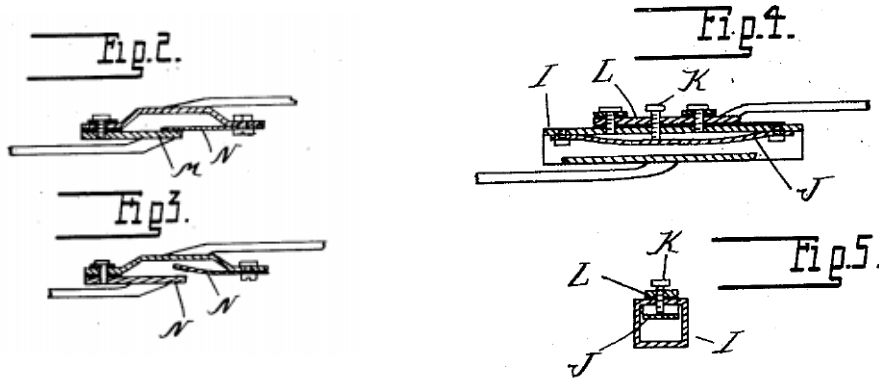


2019 年的控制器，用于带数字显示的温度控制的发热毛毯，通过将热敏电阻探头装入受热区域进行操作（Ultimheat 收集）

温度限制器

第一个用于柔性发热元件的温度限制器的示例是在 1902 年由卡米尔·赫尔戈特开发的。它是由电流的导电部分组成，这个电流是由 70°C 的易熔合金制成。这个解决方案导致不用这台设备。

1912 年，底特律的威廉·霍夫曼（美国）为带两种不同控制系统的柔性发热电路提出一项专利：一种能提供温度调节的双金属系统，和一种通过将低温合金焊接到两块弹片的安全开系统。这项专利似乎不可能被实际生产所采用，因为这温控器的设计不能有正确的操作。



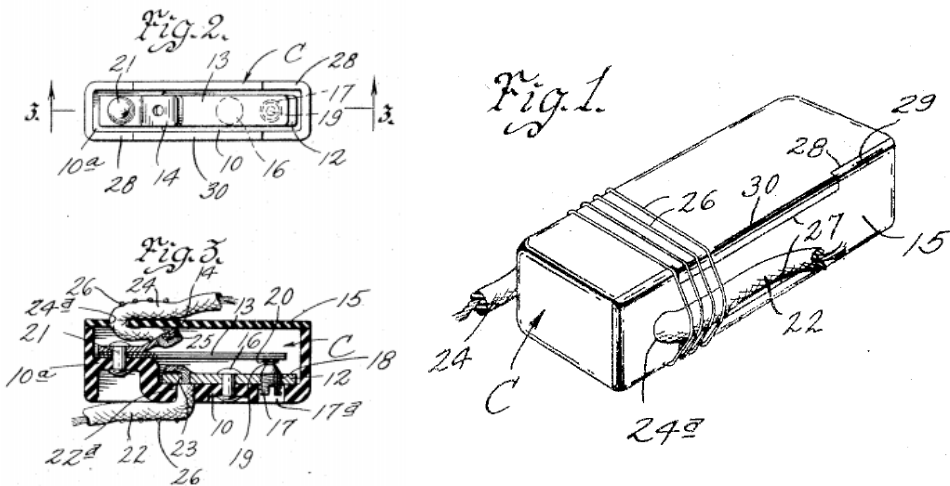
1912 年，用于发热毯的霍夫曼易熔合金限制器（美国专利 1096916）。这种易熔合金将弹片 M 和 N 焊接在一起。

1912 年，用于保温毯的霍夫曼双金属温控器（美国专利 1096916）J 是在两端铆接的一种双金属弹片。这个电气触点在弹片 J 之间应该是打开的，当温度上升时变形，并且固定螺丝 K。

在随后的几年里，直到第二次世界大战，尽管存在有一些专利，但在制造商的记录中没有提到温度限制器。简单地说，当床是热的时候，加热毯必须要关闭，并且不能连续地操作。

从 20 世纪 30 年代开始，在美国，双金属制造技术的发展使得能制造小型的温度限制器。在这些应用中有要求所需的低断裂功率（在 50 到 150W 之间），意味着它们能够做得更小。

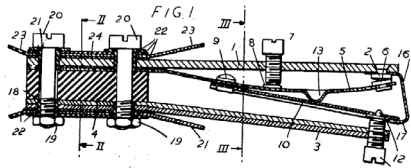
从 1955 年到 1970 年，市场的规模（每年在法国生产 300,000 至 600,000 个加热毯）使得工程师们找到了具体的技术解决方案。



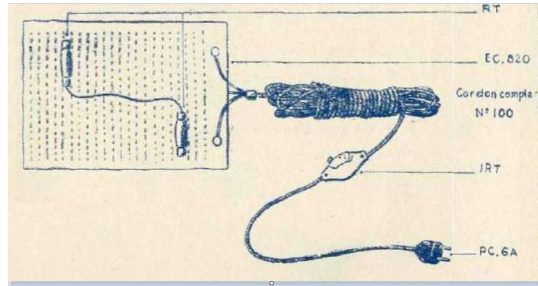
1941 年 11 月 10 日，劳伦斯·霍华德在圣路易斯为一种微型的慢断发热毯温控器和保护外壳申请了一项专利（美国 2,328,342），包括一种用于防电线撕裂的装置（用于 Knapp Monarch de Saint Louis 公司）

在 1944 年，工程师 Sidney Arthur Singleton，代表伦敦的发热毯制造商 Thermega 有限公司，开发了一种用于加热毯的微型快动作限制器（1944 年 5 月 3 日，英国专利 609,082, 1948 年在美国注册）

电柔性发热元件的历史介绍

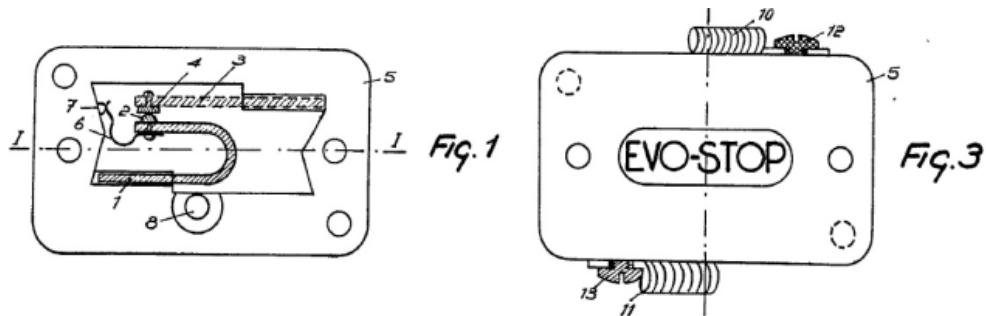


1944年用于发热毯的 Thermega 快速断开限制器



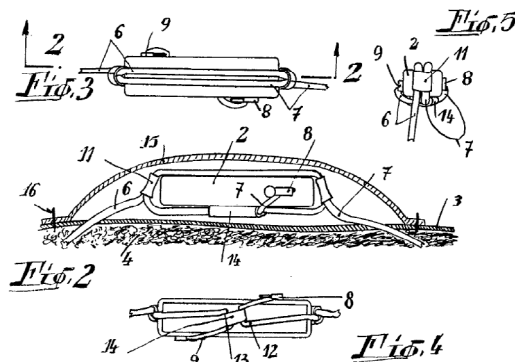
1947年热原体颜色，带其两个护套温控器 (RT) 和 3 档位开关 (IRT) 的加热部分的视图。(Ultimheat 目录书)

由于 1957 年 NFC 73-147 带来的变化，温控器和温度限制器在发热毯里变成了是强制性要求。在使用传统的非自动调节电阻器的型号里，要求它们两个至少都要有。它们的作用是避免过热，尤其是如果盖子（或者热质）本身折叠起来，或者被一张被子覆盖的时候。这些温控器有一个主要的技术限制 - 它们必须有一个低的温度范围（从 1 到 2°C），以确保一旦消除了缺陷，盖子被重新加热。这种限制，使得在技术上不能实现使用小型的速动限制器。唯一符合这些标准的设备是慢断限制器，其将小尺寸和小温度范围结合了起来。在 1955 年，在美国的授权下当 Calor 把它的发热电毯投放市场时，它们是延迟动作限制器，它们在美国 110V 的网络是工作得很完美。这些限制器被一个小的防水 PVC 袋保护起来，不受灰尘、湿气和绝缘毛毡的粒子所影响，并且这使得它们产生无线电干扰。在 20 世纪 60 年代，从 110V 到 220V 的逐渐转变仅增加了干扰。



1957 年，Maurice Georges Moïse Gervaiseau，一个热塑性塑料的制造商（勒芒市乔治杜兰大街 151 号），研发了一个简洁的双金属温控器，品牌名为 Evo-Stop，在一个封闭的装置里带有改良的慢断路器，以克服无线电干扰的问题并且专门用于加热毯。（专利 1169253）

温度限制器的另一个问题是它们的导体对牵引的机械阻力。1958 年，为了克服这个缺点，Tisselec 的莫瑞斯·皮埃尔·马尔查尔，建议在温控器周围全部缠绕着导体。



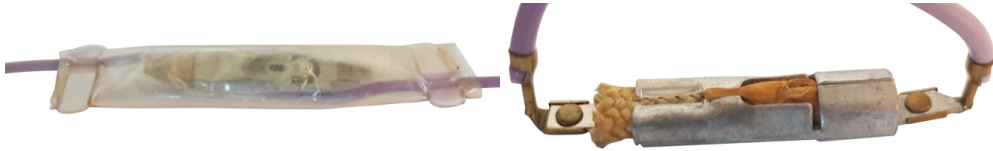
1958 年，限制器的安装方法，以防止温控器上的焊缝破裂（Patent Tisselec 1.204.242）

电柔性发热元件的历史介绍

1960 年, Rhonéclair 发布了其带有两个温控器的带 NF-USE-APEL 标志的发热毛毯, 以及一条没有温控器的线, 因此没有 NF 标志。



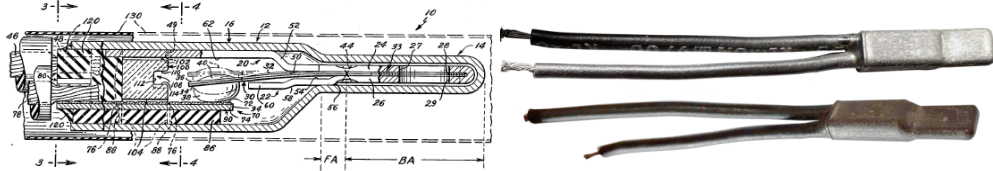
Caloric 缓断发热毛毯温度限制器, 在 80°C 校正 (约 1960 年)。注意焊接在电线上的防水 PVC 套筒, 以及由导体通过每个端子上的一个孔来形成回路 - 这是为了消除在电线上的张应力 (Ultimheat 收集)



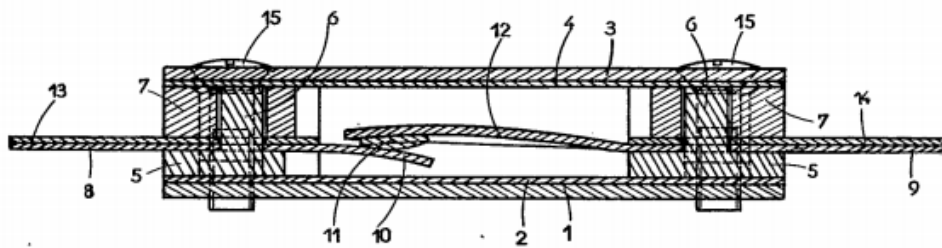
慢断发热毯的温度限制器, 与由 GEC(通用电气公司) 制造的一个英国电源控制系统配套使用。它覆盖有一根防水的 PVC 套筒, 被焊接到电线上。大约在 1970 年 (Ultimheat 收集)

20 世纪的 60 年代和 70 年代出现了许多微型的速动开关温度限制器, 由 Augé and Cie and Imphy (法国), Texas Instruments (美国), Portage Electric(美国), 和 Uchiya (日本) 等公司制造, 但是它们在家用电毯领域的成就是非常有限的, 因为它们的温度范围太大了。

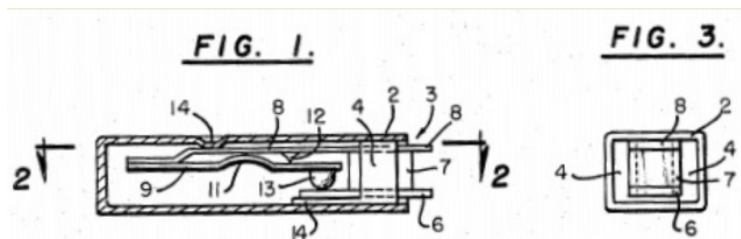
1959 年, Texas 仪器的 Walther H. Moksus 和 Henri David Epstein 工程师, 为一种微型的速动温控器申请了一项专利 (3104296)。这型号是这类大线型设备的第一种 - SL11 系列。但是尽管其尺寸小, 及其密封组装, 它很少用于电热毯, 并且在发动机线圈中找到市场。



专利计划 3104296 和 SL11 系列的雏形样品 (1960 年, Ultimheat 收集)



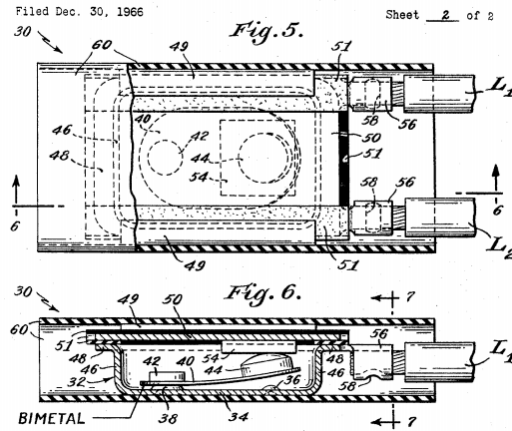
1961 年, 用于热毯的双金属微型速动开关, Sté Auge et Cie 和 Imphy sa 的共有专利号 FR1296066 (法国)



1963 年波蒂奇电气微型快速闭合的限制器 (美国专利 3443259)。其主要的特点是通过外壳上的一个小凸点 (14 号) 来调节设定点, 大多数制造商都采用了这种方法。

电柔性发热元件的历史介绍

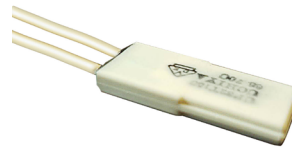
1966年，Texas 仪器的工程师 Richard T. Audette 研发了最简单的方式来生产快速闭合的温度限制器，作为 7AM 系列投入市场。这型号结合了微型化和低温的范围。它现在由多个制造商生产，包括防水的版本。



1966年，Texas 仪器的 Richard T. Audette 的专利（美国专利 3,430,177）

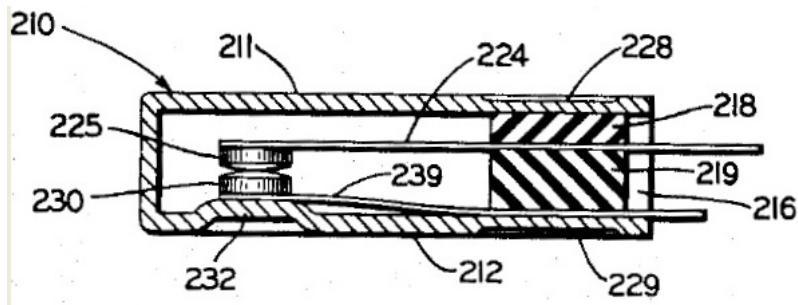


1978年 Uchiya 研发了微型限制器 8X5, (22.7x4.4x 6.8mm) 带快速闭合功能，用于毛毯加热器。它的防水版本变成了 UP32 型号 (Ultimheat 博物馆目录书)。



约 1980 年，在 Gitem 私有品牌加热毛毯上的 Uchiya UP32 防水双金属限制器。(Ultimheat 收集)

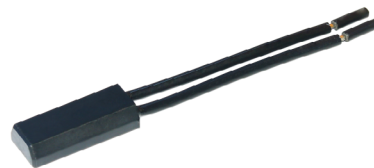
1964年，波蒂奇电气研发了其慢断开的 E 型号，在外观上类似于在其系列里的 B 和 C 型号。随着发热毯应用的发展，在 1984 年，它为这种应用创造了一种特定的型号，其是扁平的，在每端带有一个压接端子 -A1 型号。这型号在 1984 年 6 月通过 UL 认证，专门用于发热毛毯。然后是 1991 年的 E 型号，带有一个新的设计。



波蒂奇电气慢断开的温控器型号，1963 年 (Glenn Wehl 美国专利 号码 3,223,808)



E 类型的慢断开的 Portage 电子温控器 (1991)



2019 年用于加热变压器的快速闭合的温度限制器，提取自 1966 年 Texas 仪器 7AM 型号，适用于 230V，塑料防水外壳。温度范围是 5 到 8°C。型号 V7AM。(Ultimheat 收集)