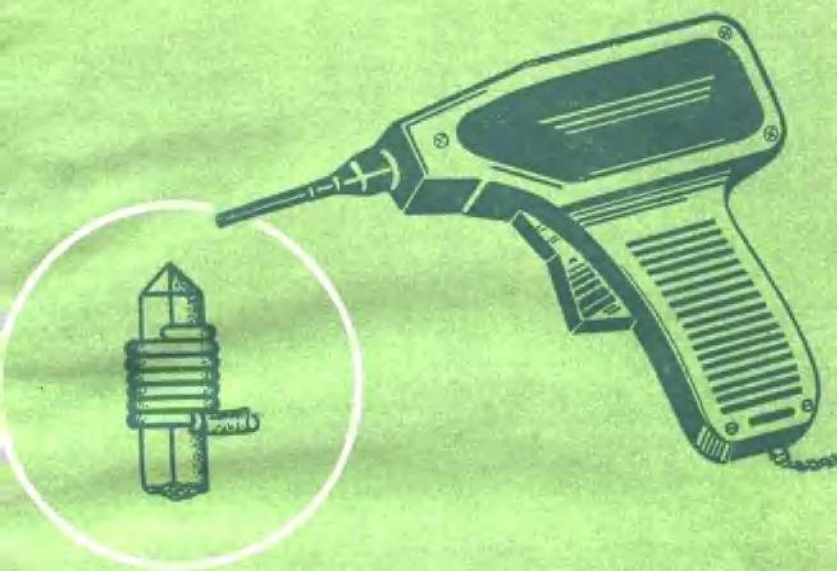




无焊绕接技术

— 电气连接新工艺 —

程春泰 徐成林 编

内 容 提 要

无焊绕接技术是现时代在制造计算机、通信设备、电气仪表、数控设备过程中使用的一种电气连接新工艺。经国内外实践证实，比一般的焊接工艺具有可靠性高、工作寿命长、工艺性好、经济节约、工作效率高等优越性。

本书以通俗实用的方式介绍了无焊绕接技术的基本原理、技术要求、专用工具及使用方法以及对于绕接接点的质量分析、检验方法等。便于电子设备制造技术人员及有关生产人员阅读，掌握实用的知识。

无 焊 绕 接 技 术

——电气连接新工艺

程春泰 徐成林 编

*

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

河北省邮电印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

*

开本：787×1092 1/32 1981年12月第 一 版

印张：3 4/32页数：50 1981年12月河北第一次印刷

字数：69千字 印数：1—7,200 册

统一书号：15045·总2530—有5226

定价：0.27元

前 言

无焊绕接技术是计算机、通信设备、电气仪表以及数控设备等在制造过程中使用的一种电气连接的新工艺。经国内外多次试验和实际使用证明，它是比焊接优越的一种电气连接方法。

为了普遍推广应用无焊绕接技术，提高我国电气设备连接件的可靠性，为我国的现代化建设贡献力量，我们将搜集和翻译的资料，以及我们在研制、生产绕接工具中的体会，整理编写了本书。

本书主要介绍无焊绕接技术的基本原理、技术要求；绕接专用工具及正确的使用方法；还介绍了绕接接点的质量分析、检验方法及我国目前使用的情况。

本书用通俗易懂，联系实用的方式介绍这一新技术，可供各种电气设备制造过程中，从事连接技术的专业人员，以及各种有关生产人员参考。

由于我们知识水平有限，经验不足，尤其是有关这方面的一些问题目前仍在研讨改进阶段，所以书中难免有错漏不当之处，望读者批评指正。同时在此向各兄弟单位对我们编写此书的支持、帮助表示感谢。

编者一九八〇年九月

目 录

第一章 无焊绕接技术的原理和特点	(1)
第一节 无焊绕接技术发展概况	(1)
第二节 绕接技术原理	(3)
一、绕接过程	(3)
二、绕接接点的可靠性	(5)
三、绕接接点的使用寿命	(8)
第三节 绕接技术的基本特点	(12)
一、可靠性高, 工作寿命长	(13)
二、工艺性好	(13)
三、经济节约, 提高工效	(14)
第二章 绕接用导线和接线柱的要求	(16)
第一节 对导线的要求	(16)
一、绕接用导线的材料	(16)
二、绕接用导线的表面镀层	(19)
三、绕接用导线的绝缘皮	(21)
四、元件引线用于绕接时的要求	(22)
五、绕接用导线的检验	(23)
1. 导线的张力检验	(23)
2. 我国一机部导线标准	(23)
六、绕接用细导线及合金导线	(24)
第二节 对接线柱的要求	(25)
一、接线柱用材料	(26)
二、接线柱的截面	(27)
三、接线柱与绕接导线的关系	(29)

四、接线柱的棱边和棱角	(30)
五、接线柱的长度	(31)
六、接线柱的表面镀层	(33)
七、接线柱的间距	(34)
八、绕接专用插座	(35)
第三章 绕接专用工具	(39)
第一节 电动绕接器	(39)
第二节 气动绕接器	(42)
第三节 手动绕接器	(45)
一、手捻式绕接器	(45)
二、手动绕接器	(46)
第四节 绕头与绕套	(47)
一、绕接接点的种类	(48)
二、绕头的种类及结构	(48)
三、绕头材料的选择及表面处理	(53)
四、绕套的种类及结构	(54)
五、国内外常用绕头绕套规格和组合	(55)
第五节 退绕器	(58)
第六节 绕接测试工具—拉脱力测试器	(61)
一、使用范围	(61)
二、结构及操作原理	(62)
三、检查与维护	(63)
第七节 剥切绝缘皮工具和设备	(64)
第四章 绕接点的要求与检验	(66)
第一节 对绕接点的要求	(66)
第二节 对绕接操作的要求	(68)
第三节 不合格接点产生原因的初步分析	(69)
第四节 绕接接点的检验	(70)

第五节 绕接试验报告	(81)
第五章 绕接技术的自动化	(85)
第一节 全自动绕接机	(85)
第二节 半自动绕接机	(87)
第三节 自动检测设备——接线质量分析仪器	(91)

第一章 无焊绕接技术的原理和特点

第一节 无焊绕接技术发展概况

什么是无焊绕接技术（以下简称绕接技术）呢？就是用一种专用工具——绕接器，对单股实心裸导线施加一定拉力，使之按规定的圈数紧密地缠绕在带有棱边的接线柱上，使导线与接线柱形成牢固连接的接点，从而达到可靠的电气连接目的。由于通常绕接器多做成手枪形状，故绕接器通常被称为“绕枪”。

图1—1介绍了正在用绕枪在交换机上进行绕接操作的实况。图1—2表示导线与接线柱绕接为接点的两种形式。一种为

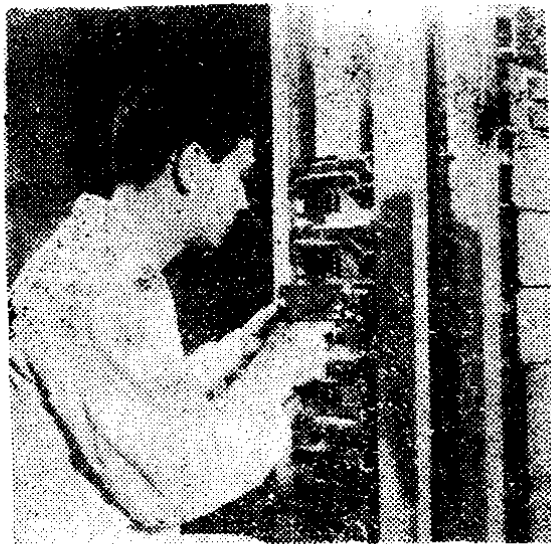


图 1-1 进行绕接操作的情况

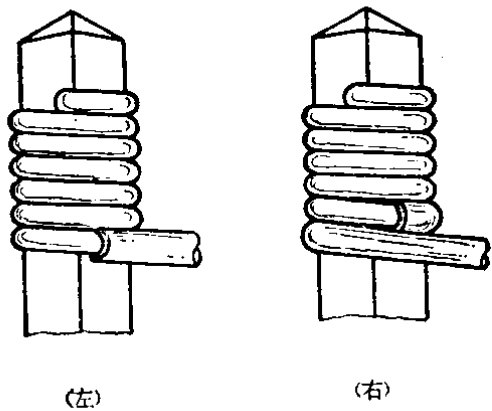


图 1-2 两种接点形式

常规型（图左），一种为防震型（图右）。防震型是把带绝缘皮的导线在下端多绕一圈。

这里可以看出，绕接与锡焊连接是两种迥然不同的连接方法。那么绕接的方法是如何产生的呢？过去，在美国早期电话工业中，生产、安装、维修工作还在中等容量时代，设备的热敏性也低，接点间隙也大，当时锡焊的许多缺点暴露得还不十分明显。到了四十年代后期，由于在生产和安装中的布线工作量迅猛增加，连接点就相应地增多，于是这些缺点矛盾逐渐突出。也就是说要在较小的空间增加更多的接点，使接点密度加大，很明显就要增加锡焊气体污染及烫伤的危险。更为突出的就是锡焊的虚假焊现象以及助焊剂的腐蚀作用都随着接点的增加而影响着接点的可靠性也越来越大，这就直接关系到设备的可靠性。所以西方电气公司要求贝尔电话实验室研究电气连接的新工艺。

一九五〇年，把导线接向接线柱的新工艺——无焊绕接技术，由贝尔电话实验室初次研究成功。

接着，新的绕接技术在纵横制电话自动交换机中的线簧继电器上被首次采用，并取得成功。

自此以后，随着现代电子工业的飞速发展，电子设备的质量大幅度提高，需要更可靠、更快、更经济的电气连接方法也就日趋迫切。绕接技术由于能适应了这种要求，因而在这中间不断的发展着，逐步的趋向完善。

目前，美国在国家航空和空间管理局；美国联邦航空协会；美国国防部等部门都已采用绕接技术，并且相继制订了绕接标准。

世界各国亦相继采用。日本在引进纵横制电话自动交换机时，对绕接方法进行了研究。一九六〇年前后已普遍采用。近年来，日本在电子交换机以及计算机、电视机、录音机等各种电子设备都有应用。此外，象英国、德国、加拿大、法国、苏

联、罗马尼亚、南斯拉夫等很多国家也都已采用。不少国家还制订了本国绕接技术标准。中东、远东、南美、非洲一些国家也从七十年代初开始采用绕接技术。技术先进的国家已开始采用自动或半自动绕接。

在绕接技术被普遍采用的基础上，国际电工委员会于一九七一年制订了绕接技术的国际标准 *IEC*（第352号），并于一九七九年颁布了关于对 *IEC*（第352号）绕接技术标准的修正草案。

我国于七十年代中期开始研制和采用绕接技术。首先在通信设备和计算机设备上开始试用。对绕接技术和专用工具进行了一系列的研究、试制，并已开始批量生产绕接工具、专用测试工具、绕接用导线及插接件等。比较新式的半自动绕接机也已研制成功。

通过近几年在通信设备、计算机设备上采用绕接的实践证明，连接质量良好，显示了绕接技术的优越性。因此，最近一段时间以来，绕接技术在我国也有了新的发展。由电话交换机、计算机扩展到载波机、电气仪表及其它数控设备制造上使用。

第二节 绕接技术原理

绕接技术之所以能很快被广泛地应用，这主要是由于绕接具有很高的可靠性和长期耐用等优点。这些优点又是怎样形成的呢？要通过分析绕接原理来说明。

一、绕接过程

我们先简单介绍一下绕枪中完成绕接工作的主要部件——

枪头。它包括绕头和绕套两个零件，如图1-3所示。

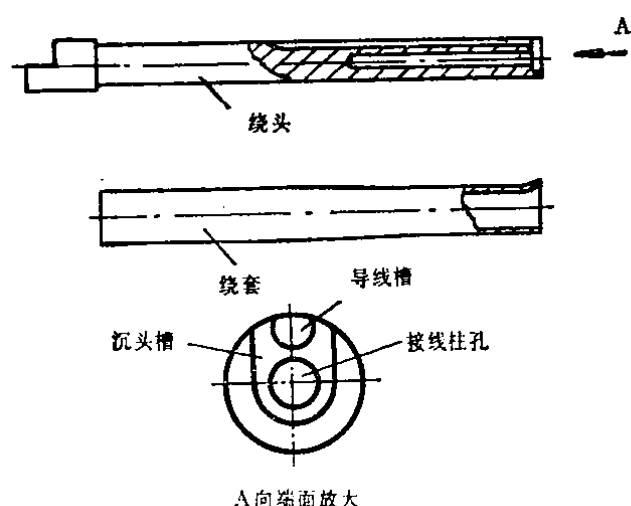


图 1-3 绕头绕套式样之一

绕头是一个可以旋转的心轴，中间有接线柱孔，边缘上开有和接线柱孔平行的导线槽，用以容纳导线。绕头前端面的特殊形状，是为了在绕头转动时，它能给导线以张力，保证把导线卷成紧密而均匀的螺旋线圈，紧箍在接线

柱上。绕头外面是固定不转的绕套，它保证绕头在绕套内旋转并防止绕头因无约束转动而甩出伤人，同时还可以保证在绕接时，导线不至于从导线槽内甩出而使绕接失败。

绕接的全部操作步骤如下：

1. 准备导线

根据对导线规格、绕接圈数的要求，选择相应的导线并剥去一定长度的绝缘皮。

2. 导线的插入和固定

把导线去皮的一段全部插入导线槽，然后把导线折弯卡在绕套缺口处，再转到绕套外向后引出。

3 插入接线柱

将绕头的接线柱孔套在被绕接的接线柱上。

4. 绕接

扣动绕枪扳机，使绕头旋转。同时，手对绕枪施加一定推力，使导线紧密地缠绕在接线柱上，绕完退出绕头，即完成一个绕接接点。

实际绕接本身只须0.1秒时间，整个操作过程大约5-10秒。
图1-4为整个绕接过程。

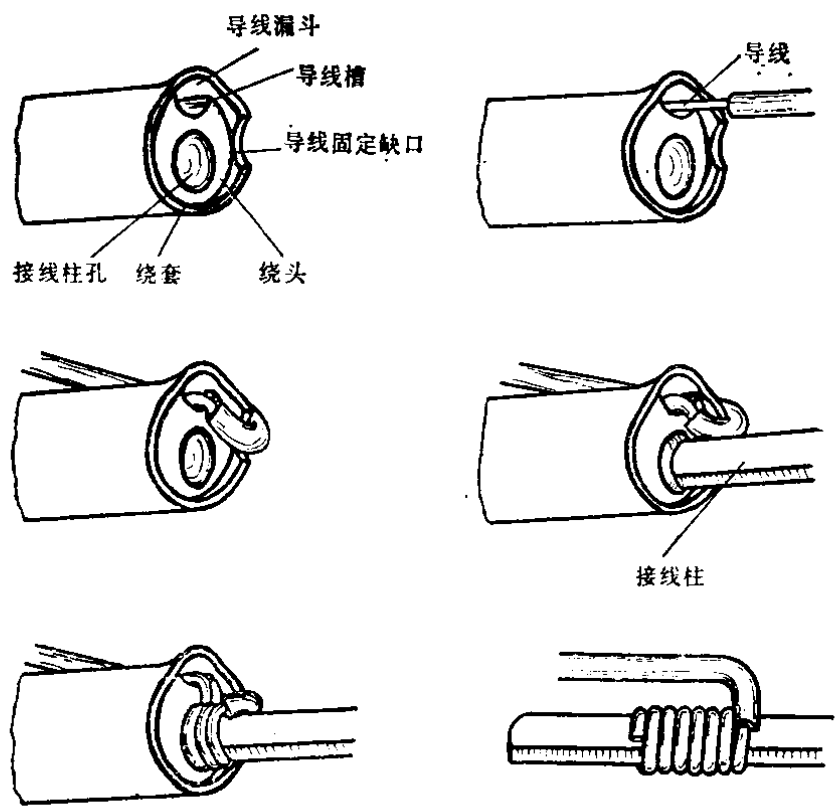


图 1-4 绕接过程

二、绕接接点的可靠性

绕接接点的可靠性，主要是由接点的受力状态决定的。

绕接属于压力连接，其质量基本上依据接触面积和接触压力两个因素，而接触面积又是依靠接触压力获得并保持的。合

格的接点，应该使接触压力大到足以使所产生的有效接触面积大于导线的截面积，并达到接触的紧密。从而使接点的接触电阻得以控制在很小的范围内并保持相当长时间的稳定。如果接触压力减小到使接触面积造成部分空隙而分离的程度，以致由于某些接触面的脱开而减少有效接触面积，这样就使得经过接触面积的边缘进入空气或其它有害气体，从而腐蚀整个接点，致使接触电阻增加。因此要想形成一个象上面谈到的合格接点，必须使空气不能进入有效接触面积，也就是导线与接线柱的接触成为“气密性”连接。当然接触压力过大也是不行的，这会使导线变形过大以致产生裂纹，造成接点破坏。

由上可知，接触压力是绕接的关键因素，那么接触压力又是怎样产生的呢？在各种压力连接中，使接点保持紧密结合在一起的力是由材料的弹性提供的。绕接接点作为弹性连接的基本性质和其它压力连接是一致的。外力所作的功成为接点中储存的弹性能量。这种能量是从导线中产生张力开始，此张力是由绕头围绕接线柱旋转，把剥去绝缘皮的导线拉出导线槽时开始产生的。从导线拉出到绕在接线柱的过程中，每一小段导线都经过这样几次弯曲：第一次在导线槽出口边缘，弯曲大约 90° 的角度；第二次为弯曲了的导线的伸直动作；第三次是导线缠绕在接线柱上。所有这几次弯曲过程都助长了绕接张力。显然，张力是与弯曲力和绕接中导线所要克服的摩擦阻力有着直接关系。弯曲力与各次弯曲的曲率半径成反比；摩擦力与弯曲力成正比。那么如果导线柔软到基本上不需要弯曲力的程度，且摩擦力为零，就不能产生张力；如果摩擦力为零，而导线需要一定的力才能弯曲，导线中就有张力；如果拉着不需要弯曲力的导线，缠绕有摩擦的棱边的接线柱，也会使导线产生张力。因此可归纳如下：

导线槽口边缘半径越小，绕接张力越大。

导线槽与接线柱孔之间的壁厚增加，会相对地增加导线的曲率半径，因而将减小张力。

导线槽口边缘如果粗糙，则增加摩擦力，也使张力增大。刚性较大的导线，由于需要较高的弯曲力，因而也产生较大张力。接线柱的棱边越尖锐，摩擦力越大，张力也越大。导线在接线柱棱边处的应力的分布如图1-5所示。当然，以上各点均应

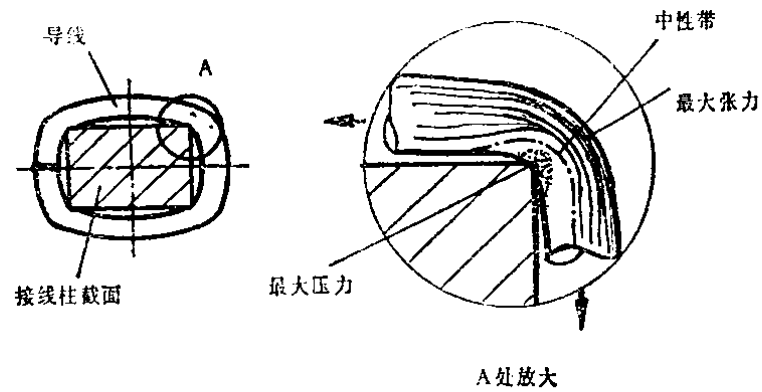


图 1-5 棱角接触区受力状态

在一定的范围内变化。如果超出范围，往往会得到相反的效果，反而不利于绕接。

另外，由于绕接接点中的导线是呈螺旋形缠绕在接线柱上，导线每缠绕一周，都是沿接线柱轴向前进一个导线直径的距离，这样在导线张力作用下，接线柱是处于既受压力又受扭力的状态。接点中，导线的张力为接线柱所受压力的反作用力及抗扭力所平衡。图1-6为导线

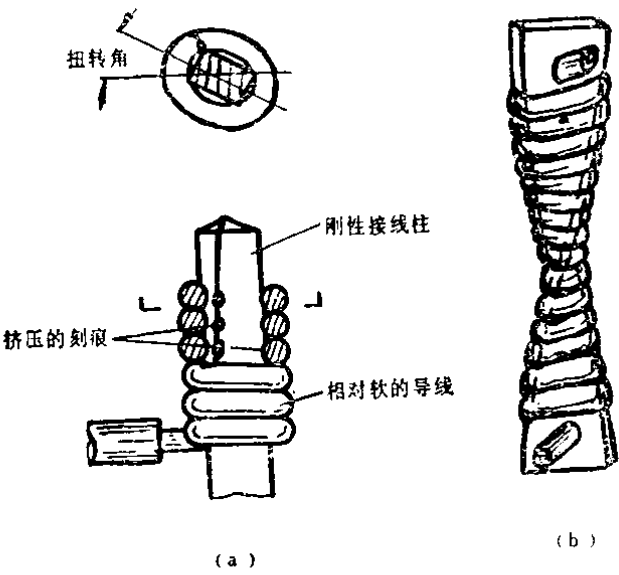


图 1-6 (a)导线中张力引起接线柱扭转(b)橡皮接线柱被橡皮管缠绕制成的模拟实验。说明由于橡皮管纵向张力引起接线柱扭转

张力引起接线柱扭转的示意图。在这样的接点中,导线被接线柱尖锐的棱边一段段地锁住,有如一段段的弹簧,在其中储存着弹性能量。同时,接线柱由于受压缩和扭转,也保存着弹性能量。在接线柱棱边和导线接触处,由于接触集中在很小的面积上,使得带张力的导线对该处形成很大的接触压力,其强度可达21公斤/平方毫米,并使它们互相挤压,以致形成刻痕。在绕接过程中,通过导线与接线柱之间摩擦滑动作用,使得它们之间的脏物及氧化物被压破和挤开,达到两金属之间的全面接触,构成了气密性接触区。由于每绕一圈都有四个这样的气密区(不包括首圈和末圈),一个合格的接点一般要绕6圈左右,加起来要有二十几个气密区。绕接接点就是依靠这些气密性接触区,保证其能经得住振动、温度变化、潮湿、盐雾及其它有害气体侵蚀的考验,以其牢固的机械连接保证了电气性能的高度可靠性。

三、绕接接点的使用寿命

通过前面对绕接点形成过程中受力状态的分析,我们了解绕接点所具有的高可靠性的优点。那么绕接点的这个优点,能否经得住时间的考验,达到长期使用的要求呢?这我们还是通过讨论绕接接点中导线的应力松弛与接点的扩散应力来解决。

1. 导线中的应力松弛

由于导线带张力紧紧缠绕在接线柱上,形成接点后,导线对接线柱总是有一个箍紧的力,接点起初就是依靠这种箍紧应力保持紧密连接。

然而,随着时间的延续和温度等客观条件的变化,在金属内部会发生冷或热的变化,产生应力松弛的现象,使导线张力

下降，影响着导线对接线柱的箍紧力也减小。

为了研究绕接点导线的应力松弛情况，一般是采用接线柱的扭转角度的变化来加以计算测定。随着时间延续，测出试验接点各个时刻的扭转角的变动，然后算出各相对应的箍紧应力，就可得到导线中箍紧应力的松弛与时间的关系。图 1-7 左边曲线表示 0.5_{MM} 的镀锡铜导线在 $0.35 \times 1.58_{MM}$ 截面的镍银接线柱上绕100圈的试验接点在室温 $20^{\circ}C$ 条件下，放置 8 天，所测算的箍紧应力松弛情况。

由于温度的增加会加快应力的松弛，如将上述同样接点在 $175^{\circ}C$ 条件下加热 3 小时，仍照上述方法，每隔一定时间记录一下扭转角，然后计算出各相应的箍紧应力，就得到图 1-7 右边的曲线。根据推算的结果得出，在 $175^{\circ}C$ 条件下放置 3 小时箍紧应力下降情况与常温条件下放置40年相当。

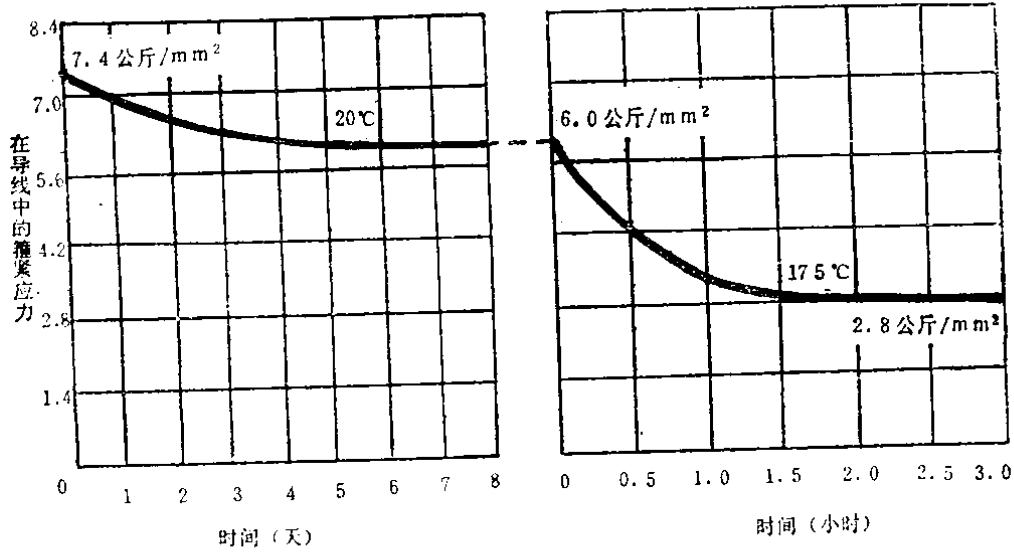


图 1-7

因为松弛率一开始总是很快的，测量值容易有差别，所以通常都是取接点在常温下24小时后所达到的扭转角为起始值，这时所具有的箍紧应力为起始应力，即作为 100% 起始点进行

试验。图1-8为直径 0.51_{MM} 的镀锡铜导线，在不同温度下，随

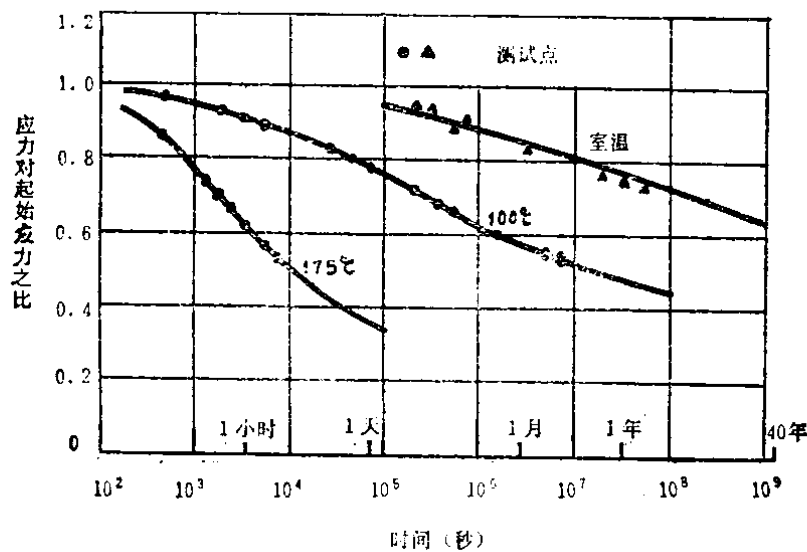


图 1-8 镀锡铜导线中的应力松弛

着时间的延续，其箍紧应力松弛情况的比较。图中箍紧应力的变化也是按照扭转角的变化来计算的，其中一年半以后的比值是根据理论推算得出。

通过上述应力松弛现象的试验可以看出，导线中箍紧应力松弛，将使绕接接点的机械强度下降，从而导致电气连接变为不可靠。这是不符合我们对接点的要求的。但是，为什么又说绕接接点既是可靠性高又可以保持长寿命呢？这是由于在其应力松弛的同时，接点的气密性接触区又产生着另一组应力系统，这就是我们下面要讨论的扩散应力。

2. 接点中的扩散作用

接点中，随着时间的延续和温度等客观条件的变化，金属导体不但有自身的扩散（这种扩散的结果导致了应力松弛），而且还有导体之间的相互扩散，这种相互的扩散发生在接点的气密性接触区内。由于在这个区域中，导线与接线柱达到了真

正的接触，并有相当大的接触压力，形成接触表面上的金属由一部分向另一部分的固态扩散，致使导线和接线柱之间熔合在一起，增加了两接触表面的剪切强度，提高了接点连接质量，为了说明这一情况，一般是采用测定接点导线沿接线柱轴向拉脱力的办法进行试验。（拉脱力是检验接点导线对接线柱的轴向抗拉强度的指标，一般是用拉脱力测示器来测定。关于这方面内容将在后面介绍）。拉脱力随导线对接线柱所加绕接张力的增加而增大，这是比较容易理解的，但拉脱力是否随着箍紧应力的松弛而下降呢？现在我们分析一下图1-9所示的试验曲线。

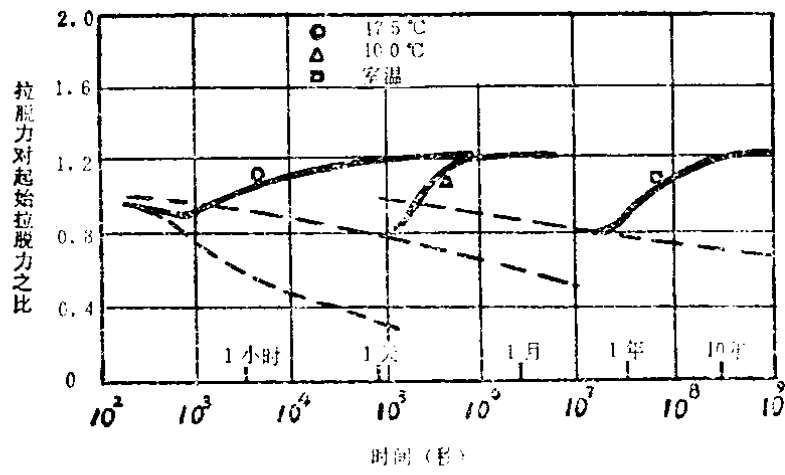


图 1-9 关于在镍银接线柱上的镀锡铜导线测量的拉脱力对起始拉脱力之比作为时间和温度的函数

这是对一组绕 6 圈于镍银接线柱上的镀锡铜导线的绕接点的拉脱力对起始拉脱力之比，作为时间和温度的函数的测试图表。

每个测试点为 20 个接点的平均值，实线表示拉脱力对起始拉脱力之比，起始拉脱力为绕接点制作完成后 24 小时所测得的拉脱力，虚线表示接点中导线箍紧应力松弛过程，导线直径为 0.51_{MM}。图中选择了 175°C；100°C；室温三个温度指标。从图中的曲线可以看出：当温度在 175°C 进行测试时，开始时拉