

聚氯乙烯电气胶粘带的性能测试标准及产品规范

曾 宪 家

摘要: 本文介绍了测试聚氯乙烯电气胶粘带性能的有关标准: UL-510、ASTM D1000、IEC 60454—2、PSTC 标准、CSA C22.2 No. 197 及我国的有关标准, 着重阐述了各类标准在测试粘合力、腐蚀性、耐燃性、耐温性及标准实验条件等面存在的差异。本文还介绍了与聚氯乙烯电气胶粘带有关的国际国内产品规范。

详细分析了我国化工行业标准 HG/T 3596-1999 中存在的不足, 提出了几点修改建议。

前 言

电气绝缘用聚氯乙烯压敏胶粘带是一种用途极广的特种胶粘带。它又被称为聚氯乙烯电气胶粘带、聚氯乙烯绝缘胶粘带及聚氯乙烯电工胶粘带。聚氯乙烯电气胶粘带是由 0.1mm~0.3mm 厚的增塑型聚氯乙烯塑料薄膜(软质聚氯乙烯薄膜)和 10~30 微米的压敏胶粘剂组成。聚氯乙烯电气胶粘带具有较高的电气强度和绝缘电阻等电气性能, 其电气击穿强度高达 60 千伏/毫米, 体积电阻率高达 $1 \times 10^{14} \Omega \cdot \text{cm}$ 。聚氯乙烯电气胶粘带还具有柔软且易拉伸等特点, 其伸长率一般为 150~300%, 因而在使用过程中极易与不规则表面形成良好的粘合。除此之外, 它还具有耐酸碱、耐老化、耐寒、耐湿等特性。

聚氯乙烯电工胶粘带是目前市场上广为应用的优良的绝缘材料。它广泛应用于交直流电线的连接缠绕、绝缘保护, 电气设备的制造, 电气线束及电缆的包缠。除了绝缘用途之外, 聚氯乙烯电工胶粘带还可用于包缠、遮蔽、保护等许多其它的用途。据中国胶粘剂工业协会的调查, 我国电气胶粘带的生产及销售量已达 1.8 亿平方米, 其中出口约 0.6 亿平方米, 而且其市场需求量还在逐年上升, 其中绝大部分为聚氯乙烯电气胶粘带。

近年来, 随着国际贸易的增多, 业内人士经常为不能了解各国之间的标准而感到棘手。在国际进出口业务中, 双方常常为技术指标的沟通浪费不少时间与精力。我国目前已制订的相关标准, 还不能满足生产与贸易的需要。已经制订的 18 个压敏胶粘带标准在国际上尚缺乏权威性。在这种情况下, 这些少量的标准不为业内人士所熟悉, 更不被国外人士所了解。因此, 充分了解与聚氯乙烯电气胶粘带有关的国际标准, 对生产、贸易利标准化工作都是十分有意义的。

作者在另一文中介绍了我国压敏胶粘带标准的制定情况[1]。本文着重介绍与聚氯乙烯电气胶粘带有关的著名标准,即 IEC(国际电工委)、ASTM(美国材料和检验学会)、CSA(加拿大标准协会)、PSTC(美国压敏带协会)、UL 公司及中国标准化委员会等组织发布的有关测试标准及产品规范。对这些标准之间存在的差异进行了比较,以利于推动中国压敏胶粘带标准化工作的进程。

2 测试标准

如前所述,聚氯乙烯电气胶粘带的用途极为广泛。各种用途对电气胶粘带的性能要求又各不相同,因而对于不同的应用我们必须侧重评价胶粘带不同的性能指标。通常,评价聚氯乙烯电气胶粘带的主要性能指标有:粘合力,电气强度,阻燃性,拉伸性等。检测方法对于评价这些性能相当重要。国际上比较有影响的电气胶粘带测试标准有:UL-510[2],ASTMD1000[3],IEC60454—2[4]、PSTC 系列标准[5]及 CSA C22. 2No. 197[6]。表 1 列举了聚氯乙烯电气胶粘带常见的性能指标以及测试这些性能的各类标准的条款。

从表 1 可知,电气胶粘带各项性能的测试方法在各类标准中形式各不相同。在 IEC、UL、CSA 及 ASTM 标准体系中,一个标准描述了所有指标的测试方法,如 IEC60454—2、UL-510、C22. 2No. 197 和 ASTM D1000。而中国的标准与美国压敏带协会(PSTC)的标准则不同。每一个标准只规定某一项性能的测试方法。另一方面,各类标准所侧重的测试项目也不完全一样,其中 IEC 60454—2 和 ASTM D1000 中规定的测试方法最多。目前,我国的测试标准还不够完善,适于聚氯乙烯电气胶粘带性能测试的标准数量较少,只有 9 个标准[7~15]。UL—510 标准中的各项性能测试方法,大多数采用的是 ASTM D1000 中的方法,但 UL—510 也有一些特殊的性能指标要求及测试方法,如耐候性、变形性试验、储存试验等。

上述仅仅是标准之间直观内容上存在的差异。对于同一项指标,不同的标准之间测试方法也可能存在一定的差异,甚至完全不同。如 UL-510 和 C22. 2NO. 197 中都有耐候试验及变形性试验,但两者之间还是有所区别。下面着重讨论各类标准在测试腐蚀性、粘合力、燃烧性、耐热性时,各标准之间存在的差异。由于实验时的温湿度对试验结果有着重要影响,因此对各类标准中规定的标准温湿度也一并作一比较。

2.1 标准试验环境

试验温湿度和样品处理条件对测试结果有十分明显的影响,尤其是在测试粘合力时,这种影响不能忽视。上述标准人多数规定标准温度都为 $23 \pm 2^\circ\text{C}$,只有 ASTM D1000 和 UL—510 规定的标准温度为 $23 \pm 1^\circ\text{C}$ 。UL—510、ASTM D1000(仲裁测试时)和 PSTC 标准规定的相对湿度为 $(50 \pm 2)\%$ 。IEC 60454—2 及 ASTM D1000(常规测试时)规定为 $(50 \pm 5)\%$; C22. 2 NO. 197 则为 $(50 \pm 10)\%$ 。中国国家标准对标准相对湿度的规定有两种,其中测定粘合力的 GB/T 2792[10]和测定解卷力的 GB / T 4850[15],标准相对湿度为 $(65 \pm 5)\%$,其余标准中的相对湿度为 $(50 \pm 5)\%$ 。各类标准规定的样品处理调节时间也不相同。IEC60454—2、PSTC 标准、GB/T 7752

<http://www.qc-tech.com> dongguan@qc-tech..com

及 GB / T 14517 规定测试前样品卷必须在标准条件下放置 24 小时以上。中国其他标准则规定样品胶带在标准条件下调节 2 小时, UL—510 和 C22. 2No. 197 规定样品胶带在标准条件下处理至平衡, 而未规定具体时间。ASTM D1000 则规定, 常规测试时, 样品卷在 20~25℃ 下处理 24 小时以上。进行仲裁测试时, 样品卷必须在 23±1℃ 下处理 24 小时以上。ASTM D1000、UL—510 及 C22. 2No. 197 还规定测试试样必须在标准条件下处理 1 小时。

2.2 腐蚀性

由于聚氯乙烯电气胶粘带在使用时大多数与导体直接接触, 因此腐蚀性是电气胶粘带十分重要的性能指标。大多数标准对此项性能都有要求。IEC 60454—2 标准中提供了六种评价电气胶粘带腐蚀性的方法。这六种方法是①PH 值法; ②电导率法; ③腐蚀性硫测试法; ④绝缘电阻法; ⑤拉伸强度法; ⑥目测法。UL—510 和 ASTM D1000 采用的是绝缘电阻法。CSA 利 PSTC 标准没有此项性能的测定方法。我国关于电气胶粘带电解腐蚀试验的标准为 GB / T 15333[8], 采用的是拉伸强度法。

关于电气胶粘带的腐蚀性, 测试方法的选择依据产品规范的要求而定。上述几种方法各有其优缺点。目测法虽没有准确的目标值, 但实践证明, 这种方法对胶带中存在的腐蚀性杂质最敏感。

2.3 粘合力

通常压敏胶粘带需要测试的胶粘性能有粘合力、初粘力和持粘力。对于聚氯乙烯电气胶粘带而言, 初粘力和持粘力并不是特别重要, 这两个指标常常由于较低而未作规定。因而一般电气胶粘带只测试其粘合力, 其中包括对钢板的粘合力以及对基材的粘合力。由于反映电气胶粘带胶粘性能的指标只有粘合力一项, 因此评价粘合力的测试方法十分重要。粘合力的大小直接影响胶带的使用情况。从表 1 可见, 不论哪类标准都有标准的粘合力的测试方法。粘合力的测试标准是压敏胶粘带的核心标准之一。各种测定电气胶粘带 180° 剥离粘合力的标准之间多少存在一些差异。其中压辊的重量、试验板的材质、对试验板表面处理以及测试时的剥离速率基本相同或相近。除我国 GB/T 2792 所规定的标准湿度偏高之外, 其它标准中的标准温湿度基本相同。

在将胶带样品粘贴在试样板上时, 除了 IEC 标准规定的压辊滚压速度较快之外(1000~1200 毫米/分), 其他标准规定的滚压速度均为 300 毫米/分, 但各个标准规定的滚压次数却相差较大。GB / T 2792 规定的滚压次数最多, 为来回三次, 其次是 IEC 60454—2, 来回两次。ASTM D1000、UL—510、C22. 2NO. 197 和 PSTC—1[5] 均规定来回滚压一次。样件制备完成后, 在标准环境下存放的时间各标准规定也不一致。PSTC—1 要求样件制备完成后必须在 1 分钟内测试。IEC 60454—2 则要求样件放置 5 分钟后测试。ASTM D1000、UL—510 及 CSA 标准则要求样件放置 20 分钟。我国 GB / T 2792 规定样件放置 20~40 分钟。

各标准普遍要求试验板采用 302# 及 304# 不锈钢板材，只有 IEC 60454—2 规定试验板的材质组成不同。对试验板的表面处理，各标准也基本相同。只有我国 GB / T 2792 未规定表面粗糙度的数据，只规定用 P280 耐水砂纸打磨。

六种标准中差别最大的是压辊滚压次数及样件制备完成后的存放时间。这些实验条件的差别是造成各种标准的测试结果无法比较的重要原因。随着世界贸易的不断加强，人们已经开始意识到这一点。在 PSTC 举办的第三届世界压敏胶粘带大会上，3M 公司的 Jensen. T. B. 提出了《压敏胶粘带剥离粘合强度测试的国际标准方法》草案[16]。在此草案中，他建议 180° 剥离粘合力标准测试条件如下：

- 样品宽度：24 毫米 • 压辊滚压次数(来回)：2 次
- 压辊质量：2.04 千克 • 样件放置时间：≤1 分钟
- 压辊表面：橡胶 • 试验板材质：302#或 304#不锈钢
- 压辊滚压速度：10 毫米 / 秒 • 试验板表面：ASTM A666
- 试验温度：23±1℃ • 剥离速度：5 毫米 / 秒
- 相对湿度：(50±5)%RH • 报告值：N / 100mm

2.4 燃烧性能

阻燃性是阻燃型电气胶粘带十分重要的性能指标。电气胶粘带燃烧性有三种常见的测试方法：①水平燃烧法；②金属棒垂直燃烧法；③胶带悬挂燃烧法。三种方法所需的仪器和操作方法各不相同，对结果的评价也有差异。ASTMD 1000、C22.2 NO.197 和 PSTC—57[5]采用的是水平燃烧法。它是以胶带连续燃烧的时间长短，作为比较耐燃性的依据。UL-510 和 IEC 60454—2 中的第 20 项试验描述的是金属棒垂直燃烧法。

利用这种方法得出的结果，也只能判定胶带是否阻燃：并无阻燃等级之分。我国 GB / T15903t”，和 IEC 60454-2 中的第 19 项试验采用的是胶带悬挂燃烧法。虽然 GB/T 15903 与 IEC 60454-2(19)中的操作和仪器基本相同，但评价结果却不同。GB / T 15903 根据燃烧长度，将胶带的耐燃性分为四个等级，即 0 级、1 级、2 级和 3 级。0 级为阻燃，3 级为可燃型。IEC 60454-2(19)则是根据燃烧情况将胶带分为“不易燃”“白熄”和“可燃”三种级别。

2.5 耐温性

耐温性包括耐低温性利耐高温性。某些应用对胶带的耐温性有严格的要求。IEC 60454-3-1[17]规定聚氯乙烯电气胶带有四个低温级别(0℃、-10℃、-18℃及-33℃)和三个耐高温级别(60℃、90℃和 105℃)。

按 IEC 60454-2 中的第 9 及第 12 项测定胶带在相应低温级别下的柔顺性、耐电压性及粘合力来判断胶带的耐低温等级。耐高温级别则必须按 IEC 60454-2 中的第 21 项进行实验。ASTM D3005[18]规定聚氯乙烯电氧胶带有-7℃和-18℃两个耐低温级别，按 ASTM D1000 的 37~65 条款中的方法测定低温下的断裂伸长率、粘合力及解卷力。ASTM 标准中没有规定聚氯乙烯电气胶带的耐高温级别。耐高温性测试方法见 ASTM D1000 中的 97~103 条款。CSA 标准中则规定聚氯乙烯电气胶带有 60℃、80℃、90℃和 105℃四个耐高温级别及 0℃、-7℃、-10℃、-18℃、-26℃、-33℃等六个耐低温级别。耐高温及耐低温级别分别按 C22.2 N0.197 中的 5.7 和 5.8 条款进行实验。

UL—510 规定胶带只适于-10℃~80℃的应用场合，是否符合这一要求，按 UL—510 的第 11 和第 12 条款进行试验。PSTC 标准及我国标准中没有耐低温及耐高温级别的试验方法。

以上仅仅是几种标准在测试聚氯乙烯电气胶带最重要的几项性能时的比较。对于未提及的性能测试方法并不表示它们在各类标准中是相同的，请读者予以注意。

3 产品规范

各个国家和国际标准对聚氯乙烯电气胶带的性能指标都有一定的要求。现将常见的 ASTM、UL、IEC、CSA 及我国标准中关于聚氯乙烯电气胶粘带的技术要求列于表 2 和表 3。IEC、ASTM 及我国的标准体系中有专门的聚氯乙烯电气胶粘带产品规范，IEC60454-3-1[17]、ASTMD3005[18]、ASTMD2301[19]和 HG/T 3596[20]。美国压敏带协会只制定测试方法的标准，而没有胶粘带产品规范的标准。美国 UL 公司和加拿大标准协会则将产品规范及检测方法归入同一标准中，即 UL—510 和 C22.2 N0.197。

从表 2 和表 3 可见，IEC 60454—3—1 规定的要求最多，其次是 UL-510、ASTM D2301 及 ASTM 93005。我国 HG/T 3596 规定的项目最少。从表 2 可见，IEC 60454—3—1 未规定胶带的标准厚度。UL—510 和 CSA 标准则要求厚度必须大于 0.15 毫米，而美国的标准厚度为 0.178 毫米、0.216 毫米和 0.254 毫米三种(表 3)。ASTM D2301 和 ASTM D3005 共规定了六种标准类型，其中有-7℃和-18℃两个耐低温级别(表 3)。如 2.5 中所述，IEC 60454-3-1 和 CSA 标准中都有产品耐温级别的规定，只有我国标准 HG / T 3596 中对耐温性一项未作要求。UL 公司按 UL-510 的标准实施 UL 认证，产品符合 UL—510 规定的，生产商或经销商有权使用 UL 标记。加拿大标准协会也作 CSA 认证，只要产品符合 C22.2 N0.197 的规定，生产商在其产品上可使用 CSA 标记通过 UL 或 CSA 认证的产品可销往美国、加拿大。销往欧洲的聚氯乙烯电气胶粘带必须通过 CE 认证。由于欧共体的成员国采用的都是 IEC 60454 系列标准，因此，只要经权威机构检测，产品符合 IEC 60454-3-1 的规定，生产商就可有权使用 CE 标识。

4 我国的产品标准

<http://www.qc-tech.com>

dongguan@qc-tech.com

由于我国的标准化工作滞后，直到 1999 年，聚氯乙烯电气胶粘带的行业标准 HG / T 3596 才发布，这一标准是根据日本工业标准 JISC 2336—1991 制订的。目前日本已发布 JISC 2336—1999[21]。JIS C2336—1999 完全采用了 IEC 60454-3-1。日本的 JIS C2107—1999[22] (电气绝缘用胶粘带试验方法) 也采用了 IEC 60454-2。由此可见，我国胶粘剂标准委员会与外界尚缺乏沟通。从表 2 可以看出，HG / T 3596 规定的指标只有六项，因此此标准还不能很好地指导企业提高产品质量。

就目前的 HG / T 3596 而言，我认为存在以下值得商榷的地方：

(1) 标准以 0.2 毫米为基本厚度，实际上我国很少使用 0.2 毫米厚的聚氯乙烯电气胶带。显然，此标准厚度不符合中国国情。我认为 IEC 60454-3-1 中对厚度的描述值得借鉴。IEC 60454-3-1 要求胶带的厚度为各厂家所标明的厚度 $\pm 0.025\text{mm}$ 或 $\pm 15\%$ 。

(2) 标准规范中规定拉伸强度必须大于 15 牛顿 / 厘米。考虑到标准中规定的胶带厚度 (0.2 毫米)，则 15 牛顿 / 厘米的拉伸强度值太低。

(3) 胶带的耐腐蚀性是聚氯乙烯电气胶带十分重要的性能。在标准规范中应增加对此项性能的要求。此项指标的测试可采用 GB / T 15333 进行。

(4) 聚氯乙烯电气胶带具有阻燃型和非阻燃型。HG / T 3596 对阻燃性未作规定。规范中应对阻燃性胶带的阻燃等级作出规定。检测方法为 GB / T 15903。

(5) 聚氯乙烯电气胶带易发生凸卷现象 (望远镜现象)。虽然胶带发生凸卷后，其物性并未改变，但影响用户的使用。目前，所有标准对凸卷均未作出具体要求及规定。尤其是胶带在运输及储存过程中是否会发生凸卷，尚无标准的判断方法。建议制定评价聚氯乙烯电气胶带潜在凸卷性的标准方法，并在产品规范中对此项目加以要求。

参考文献

[1] 曾宪家，吕凤亭，我国压敏胶粘带标准的现状，中国胶粘剂，待发表。

[2] UL—510—1994, Standard for safety: Polyvinyl chloride, polyethylene, and rubber insulating tape.

[3] ASTM D1000—99, Standard test method for pressure sensitive adhesive—coated tapes used for electrical and electronic applications.

[4] IEC 60454—2: 1994, Specifications Of pressure—sensitive adhesive tapes for electrical purposes, Part 2: method Of test.

[5] Test method for pressure sensitive adhesive tapes, 12th edition, Pressure Sensitive Tape Council, 1996.

[6] CSA C22.2 N0. 197-M1983, PVC insulating tape.

[7] GB 7125—86, 压敏胶粘带厚度测定方法——涡流法。

[8] GB / T 15333—94, 绝缘用胶粘带电解腐蚀试验方法。

[9] GB / T 7753—87, 压敏胶粘带拉伸性能试验方法。

[10] GB / T 2792-98, 压敏胶粘带 180° 剥离强度测定方法。

[11] GB / T 15331—94, 压敏胶粘带水蒸汽透过率试验方法。

[12] GB / T 7752—87, 绝缘胶粘带工频击穿强度试验方法。

[13] GB / T 14517—93, 绝缘胶粘带工频耐电压试验方法。

[14] GB / T 15903—95, 压敏胶粘带耐燃性试验方法—悬挂法。

[15] GB / T 4850—84, 压敏胶粘带低速解卷强度测试方法。

[16] Jensen, T. B. , International harmonization Of test methods; update and recommendations, PSTC Proceedings, Sec IV(1998), 151~178.

specifications for individual materials, Sheet 1: PVC film tapes with pressure—sensitive adhesive.

[18]ASTM D3005—99, Standard specifications for low—temperature resistant vinyl chloride plastic pressure—sensitive electrical insulating tape.

[19]ASTM D2301—99, standard specifications for vinyl chloride plastic pressure—sensitive electrical insulating tape.

[20]HG / T 3596—1999, 电气绝缘用聚氯乙烯压敏胶粘带。ポリビニテープ

[21]JIS C 2336—1999, 电气绝缘用ポリ塩化ビニル粘着テープ。

[22] JIS C 2107—1999, 电气绝缘用粘着テープ试验方法。

[17] IEC 60454-3-1: 1998. Pressure—sensitive adhesive tapes for electrical purposes, part

3:

Table1. Comparison of Standard test method for electrical tape

Properties	Testing standards and clauses					
	IEC 60454-2	ASTM D1000	UL 510	CSA C22.2No.197	PSTC	GB
Thickness	4	21~27	6	5.4	PSTC-33	GB 7125
Width	5	11~20			PSTC-71	
Length	6	28~36			PSTC-71	
Corrosion related properties	7	91~96	15			GB/T 15333
Tensile strength and elongation	8	37~45	7	5.5	PSTC-31	GB 7753
Low temperature properties	9		12	5.8		
Resistance to penetration	10				PSTC-56	
Puncture resistance		123~128				
Deformation test			13	5.10		
Adhesion	11,12	46~53	9	5.6	PSTC-1	GB/T 2792
Shear adhesion	13					
Curing: bond strength	14	77~82			PSTC-53	
Shear strength, solvent immersion		110~115			PSTC-50	
Flagging test	15	66~76			PSTC-54	
Water vapor permeability	16				PSTC-34	GB/T 15331
Dielectric Properties	17,18	83~90	8	5.7	PSTC-51	GB/T 7752 GB/T 14517
Burning Behavior	19,20	104~109	4	5.11	PSTC-57	GB/T 15903
Thermal endurance	21	97~103	11	5.7		
Unwind force –Fast removal		54~59			PSTC-13	
–Slow removal		60~65			PSTC-8	GB 4850
Oil resistance		116~122			PSTC-55	
Curling and twisting		140~146				
Weatherability			5	5.12		
Storage test, aging		129~139	14			
Moisture absorption test			10	5.9		