

# 选择和使用一种结构胶

---

## 为何使用结构胶?

结构胶可用于许多装配作业。与机械紧固方法不同的是,结构胶不会损坏基材(即:无需钻孔;不会出现焊接金属时的热变形);可粘接不同的材料而不会出现电化学腐蚀;适用于许多不同的几何结构;在一些局部位置不会产生集中压力(从而提高了抗疲劳性);无需进行修补或不会出现凸起(更为美观)。结构性胶粘剂在向复合材料发展的过程中也发挥了重要作用。与金属相比,复合材料可以在刚度相当的情况下大幅减轻重量。复合材料一般不适合用溶剂焊接,而且钻孔会损坏零件;因此,结构胶是这些材料的最佳连接技术。

与其他类型的胶粘剂相比,结构胶具有最高的承载能力;卓越的耐环境性和耐化学性;通常配制成100%固体(无需处理溶剂排放问题);具有不同的固化时间和性能。结构胶的固化过程不可逆,从而可提供卓越的耐温性和耐溶剂性。结构胶无需风干;也无需水分(如同单组分硅酮和聚氨酯密封胶);因此具有无限的固化深度。

事实上,结构胶的性能众多且用途广泛,因此,工程师可能难以选择适用的结构胶!本文将介绍如何选择适用的结构胶。然而,与其他胶粘剂相比,结构胶不能仅凭直觉使用,所选择的加工方法对结构胶的性能具有非常大影响。这些问题将在本文后续部分加以解决。

## 胶粘剂和胶带的连续性

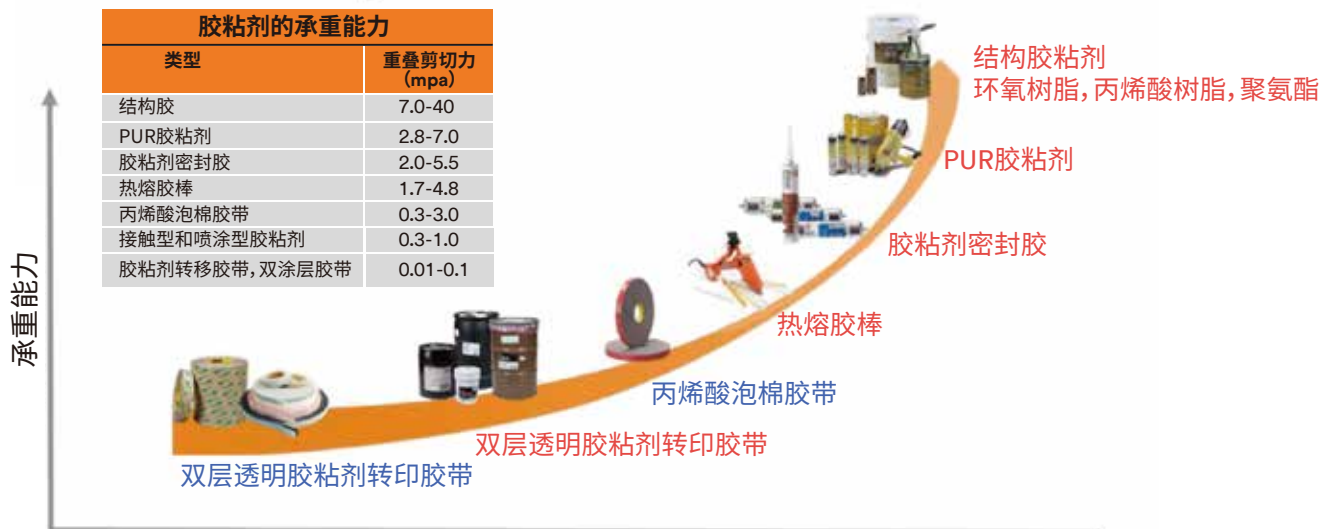


图1:胶粘剂技术系列。不同类型的胶粘剂具有明显不同的承载能力(强度);从我们熟悉的技术(例如:常用于胶带的压敏胶粘剂)到各种液体胶粘剂技术(例如:热熔胶);环氧树脂胶通常是强度最高的胶粘剂。本图表只涉及了承载能力;非结构胶具有便利性和负载隔离功能等性能。本文将主要介绍结构胶。在各种类型的胶粘剂中,结构胶的承载能力最高。

## 选择结构胶

选择胶粘剂时,向专家(例如:供应商的技术工程师或外部顾问)咨询非常关键。但是,在某些情况下,进行更为具体的讨论之前可先做出初步决定,或有时候胶粘剂的用途可能过于敏感而不能跟外部专家进行讨论。在这种情况下,可由工程师说明选择结构胶的一般原则。在不考虑选择结构胶进行测试的方法时,关键在于测试——如果未进行具体的验证测试,不得做出最终后决定。但是,可根据一些主要原则选择一组胶粘剂进行试验。

谨记,必须根据最终使用要求选择结构胶。清楚了这几点后,便可根据使用要求比较不同结构胶的不同处理方法和性能特征选择正确的胶粘剂。

尤其是,需考虑下述最终使用条件:

- 最终使用时的预期条件:
  - 温度——最高温度和最低温度分别是多少?
  - 湿度——材料是否会淋到雨?是否会接触到盐水?
  - 紫外线照射——接合处是否会暴露在阳光下,以及紫外线是否会穿过基材照射到胶粘剂?
- 耐化学性要求:
  - 流体(机油、汽油、柴油、喷气式发动机燃料)——这些流体是否会接触到接合处?
  - 清洗液(弱酸和弱碱)——是否需要经常清洁接合处?
  - 粘接部位是否会接触到专业化学品?
  - 是持续接触(例如:在过滤总成中)还是只是偶尔接触?
- 生产和最终使用过程中的清洁/环境问题:
  - 除气、离子型表面活性剂、腐蚀电位——粘接部位是否具有敏感性(例如:电子或光学器件)
  - 毒性、废弃处置——是否符合这些法规要求?胶粘剂是否将用于食品包装或医疗设备中?
- 机械问题
  - 冲击、振动、疲劳--粘合部分在使用中会不会受到高冲击力或振动力?热循环和热膨胀系数不相似的基材怎么办?
  - 应力类型和大小——粘接层的应力有多高?粘接层将承受何种应力(注意:这是一个非常棘手的问题,我们将在这个系列的另一篇文章中讨论。)

上述问题的一般解答(是否需要考虑耐溶剂性?该部位是否要承受持续的振动?)将有助于您决定选用哪种类型的结构胶;而具体解答(在最终使用过程中,胶粘剂需承受多高的温度?接合处需承受多少磅的重量?)将有助于您根据制造商的数据表和应用测试结果决定选择哪些特定的产品。

### **结构胶的种类及其性能标准**

结构胶通常可按照化学成分进行分类。本文中,我们将“结构”胶粘剂定义为在室温下粘接金属和测试时可承受超过1000 psi的搭接剪切强度。虽然可以形成混合产品,但一般而言,结构性胶粘剂的类别是:环氧树脂(单组分和双组分配方);丙烯酸树脂(双组分和两步式配方);聚氨酯(双组分配方);以及氰基丙烯酸酯(“快干胶”)。

当然,从某种程度上说每种类型的化学成分均可定制,但是也可根据化学成分固有的一般属性进行粗略的比较。下表显示了各种化学成分之间的大致关联。添入各种添加剂后,性能可能会有所变化,例如:增稠剂(增加黏度或硬度)、稀释剂(降低黏度)、可塑剂等;可通过添加特定的固化剂和加速剂改变固化时间。因此,工程师必须检查欲使用的胶粘剂的具体性能。

一般来说,某些趋势是真实的:丙烯酸树脂总体上在塑料上粘合强度最高,也可能对金属粘合良好。但是,丙烯酸酯结构胶的抗振动/冲击性可能会比更好的环氧树脂胶更低(因此具有较低的抗疲劳性),且在极端温度条件下具有较低的性能。它们也比环氧树脂和聚氨酯更容易固化收缩;因此,对于某些受限的粘合线而言,它们可能不太理想。双组分丙烯酸树脂往往能很好通过许多常见的冲压和成型油进行粘合,因此在许多情况下,使用前需要的表面处理较少。然而,大多数常见产品具有强烈气味,并含有一种易燃材料。有一些不含易燃物质的低气味产品,如3M™ Scotch-Weld™ 低气味丙烯酸酯胶粘剂DP8805NS和DP8810NS;可以提供一个更愉快的工作环境。混合比例10:1的新型丙烯酸胶粘剂,在室温下质保期达18个月。

氰基丙烯酸酯为许多塑料和橡胶提供良好的剪切强度(尽管可能需要底漆);但它具有刚性,显示出较低的抗剥离和抗冲击性;并不适合在金属或玻璃上的长期应用。

聚氨酯结构胶通常具有非常好的灵活性,但其强度较低。它们可以成为相对较好的塑料、橡胶和复合材料的粘合剂,而且价格一般比其他类别的结构胶低。

环氧树脂的性能范围最广,在金属上,和通常在热固性复合材料上,可以有最好的整体性能。标准5分钟的硬质环氧树脂胶通常用于硬件的粘接,具有易碎性。且最适用于应力相对较低且无冲击的应用。柔性环氧树脂胶,如3M™ Scotch-Weld™ 环氧树脂胶2216,具有更高的剥离强度和更好的抗冲击性;对于粘接在最终使用中可能需要一定灵活性的部件,是一个好的选择。增强型环氧树脂胶,如3M™ Scotch-Weld™ 环氧树脂胶DP420和DP460,用于吸收冲击力的弹性区域,从而可提供最高的抗

剪切强度、抗剥离性、抗冲击性、抗振动性和抗疲劳性；因此，通常用于要求最苛刻的最终应用。然而，在一般情况下，环氧树脂需要严格清洗金属接头表面的油污，以便在室温下粘合。

基于这些一般情况，如果工程师希望将ABS粘接至不锈钢上，对于处于中等环境压力（例如，-20°F到150°F）但很少有振动或冲击的部件，选择可能会包括环氧树脂和丙烯酸。如需考虑振动或冲击标准，则可选范围则缩小至增韧环氧树脂胶或特定的增强型丙烯酸酯结构胶。

如果工程师欲将木材粘接至塑料材料以在室外使用，且可能会由于气候的变化导致基材的明显移动，则可考虑使用具有柔性的聚氨酯结构胶；如果需要更高强度，则可选用柔性环氧树脂胶。

将低表面能塑料（如HDPE或玻璃纤维填充的聚丙烯）与自身或另一种塑料或金属粘合，需要使用特殊的丙烯酸树脂，如3M™ Scotch-Weld™ DP8010结构塑料粘接胶。

当然，在某些情况下，可能并不要求某一性能具有极限强度或性能。在这种情况下，工程师可降低性能要求以寻求更好的操作和处理能力。我们接下来将讨论这一点。

属性	环氧树脂	丙烯酸酯	聚氨酯	氰基丙烯酸酯
重叠剪切力-- 金属	最好	从低到高	中等	低，适合长期粘结
重叠剪切力-- 塑料	中等	最好	中等	高
重叠剪切力-- 热固性复合材料	最好	高	高	中等
剥离强度	低至最佳	低至（偶尔）高	好	低
抗冲击性和坚韧度	差到最好	从差到好	好	低
灵活性	从差到好	从差到好	优秀	低
耐温范围	最好	中等	中等	低
耐溶剂性	最好	中等	高	低

图2:结构性胶粘剂系列特性比较

### 操作和处理的注意事项

一旦工程师认为某种胶粘剂符合最终使用的性能要求，则应考虑操作和处理注意事项。这包括储存条件和保存期限，以及装配过程的便利性。如下表所述，不同化学类型的结构胶具有不同的性能。

讨论操作和处理注意事项时，需区分单组分和双组分环氧树脂胶，因为这两种环氧树脂胶的操作和处理方法非常不同。单组分环氧树脂胶预混合了固化剂和盐基；从而无需分别按量配给和混合各个组分，并导致了保存期限问题（过早老化和低温储存要求），且这些配方要求高温热固化（通常为250°F至350°F）。因此，与双组分环氧树脂胶相比，单组分环氧树脂胶的操作应小心谨慎，但相对易于配制，且需要额外的热量进行固化。此外，单组分环氧树脂胶用于金属材料上通常具有最高的剪切强度，以及最优的耐高温性和耐溶剂性。

属性	单组份 环氧树脂	双组份 环氧树脂	丙烯酸酯	聚氨酯	氰基丙烯酸酯
储存要求	困难	容易	中等	中等	中等
保质期	室温下时间短	长	中等至长期	中等	中等
需要测量/混合吗?	否	是	是	是	否
室温固化?	否	是	是	是	是
适用期	非常长	长	中等	中等	长
初始固化时间	必须加热	中等至长期无需加热	快	中等	非常快
完全固化时间	快	缓慢, 除非热固化	快	缓慢, 除非热固化	非常快
气味	几乎没有	部分	通常强	几乎没有	中等

图3: 结构胶系列的处理和加工比较

为便于生产, 通常选用氰基丙烯酸酯胶粘剂。 氰基丙烯酸酯胶粘剂无需进行混合, 且在粘接之前具有非常长的适用期或施工时限。其缺点包括: 一旦粘接部件配接在一起便不能进行重新定位; 存在一些固有的气味, 且可能意外粘接皮肤。此外, 在一些应用中, 可能出现丙烯酸树脂胶粘剂“白化”(这其实是重新凝固在部件上的挥发性单体)的问题。而3M™ ScotchWeld™低气味速干胶LO100和LO1000具有较低的白化性。

双组分环氧树脂胶、丙烯酸酯结构胶和聚氨酯结构胶在混合各组分和配接待粘表面后要求留有一定的时间进行固化; 在这期间允许进行定位, 但同时要求各部件均已固定到位, 直至已发生了一定程度的固化。这段时间被称为设置时间、固定时间、生胶强度或强度操作时间。不管怎样, 由于制造商的定义各有不同, 因此, 工程师需认真参考数据表中的数据, 以正确确定每种胶粘剂的参数。与氰基丙烯酸酯一样, 这些胶粘剂在混合前在室温条件下稳定; 就室温储存而言, 双组分环氧树脂时间最长, 聚氨酯(对湿度敏感)和丙烯酸酯(可能对温度敏感或在无氧情况下形成凝胶)时间最短。

通常, 双组分胶粘剂可采用大容量容器(例如: 5加仑提桶或55加仑圆桶)供应, 并与混合系统一起使用; 也可采用手动施胶的管子进行包装, 两种组分并排包装(例如: 3M™ EPX™ Duo-Pak系统), 这有助于按正确比例进行混合; 或采用小罐子或管状容器, 而这需要手动测量和混合各组分。



双组份3M™ EPX™ Duo-Pak系统具有两个并排放置的筒状容器,大小适当可提供正确的混合比例;以及一次性静态混合喷嘴,可在使用时进行正确混合。此外,还提供各种手持式敷抹器(如下图所示)。



图4:手持式3M™ EPX™ Plus II敷抹器带有一个duo-pak包装管及附在盒子上的静态混合嘴。

关于固化双组份胶粘剂的说明:通过化学反应固化的胶粘剂(包括所有双组分胶粘剂)在确定固化时间时对温度很敏感。在温度较高的条件下,它们的固化时间较短(因此,其适用期、施工时间和强度操作时间更短)。在温度较低的条件,它们的固化速度更为缓慢,且时间也被延长。因此,在非温控环境下使用胶粘剂时,用户必须考虑到使用环境与70°F-75°F(制造商通常用于报告适用期和强度操作时间)的标准“室温”环境之间的温度差异。总体说来,如果在炎炎夏日的室外条件下使用胶粘剂,施工时间可能是数据表中所示时间的一半;而如果在凉爽的春秋,且温度可能低至50°的条件下使用时,施工时间则可能要翻倍。(大致估计为:在温度高于10°C的固化环境下,胶粘剂的施工时间将减半;相反,在温度低于10°C的环境下,施工时间则将翻倍。)因此,在高温环境下需格外注意要快速完成粘接操作,而在低温环境下则需额外的固定时间。除固化时间不同外,在温度较高的环境下,胶粘剂较为稀薄(加热蜂蜜或枫糖浆时也会出现相同的情况);而在温度较低的环境下,则较为浓稠。胶粘剂变稠还会导致更少的交联性和更低的固化强度;因此,在60°F-80°F的使用温度和大约40°F的最低使用温度条件下,通常建议使用双组分胶粘剂。

结果是,可通过加热缩短这些双组分结构胶的固化时间。通常,可选项包括烤箱或辐射热源。制造商提供的数据表和其他信息将有助于用户确定可能的固化时间表。

粘度可能也会是个问题;因为不同类型的结构胶的粘度各有不同。通常,双组分环氧树脂胶和聚氨酯结构胶的粘度范围最广,其产品粘度范围可从非常稀薄到非常粘稠。防流挂胶粘剂可配制为剪切稀释型;从而使其相对易于涂敷,但在涂敷后又不会流动或流挂。

酯结构胶的粘度范围最广,其产品粘度范围可从非常稀薄到非常粘稠。防流挂胶粘剂可配制为剪切稀释型;从而使其相对易于涂敷,但在涂敷后又不会流动或流挂。

而结构胶通常不含溶剂,可能含有易挥发的有机化学成分或其他成分,从而产生异味或可能刺激皮肤或呼吸道。

然而,这些通常不是问题,因为用户在使用胶粘剂之前必须查阅材料安全数据表(MSDS)。

## 概要

选择胶粘剂时,应首先考虑最终用户需求。应基于上述信息和制造商提供的信息,选择几种胶粘剂进行考虑。然后,结合产品生产条件,并考虑工艺环境要求以进一步精选原有的胶粘剂。这样就剩下相对较少的一组胶粘剂选择,这些胶粘剂具有良好的性能和处理特性。最终选择时,通常建议进行测试和验证。通常,应进行某种形式的重叠剪切试验,以确定用于特定基材或环境条件下的胶粘剂强度,且通常还需进行剥离测试。测试的具体细节应根据具体项目确定;切勿完全依赖制造商的技术数据表。一个好的胶粘剂供应商将非常愿意与用户一起确定选择何种产品,并帮助用户做出决定,包括某种材料测试。

但是,如果粘接表面准备不当或接合处设计不佳,精心选择的胶粘剂未必能具有理想的应用性能。本系列的后续文章将详细介绍这些因素。



**技术信息:**本文包含的技术信息、建议和其他声明均基于3M认为可靠的测试或经验,但3M不确保这些信息的准确性和完整性。

**产品用途:**许多超出3M控制范围,以及属于用户所了解与控制范围内的因素,都会影响3M产品在某一用途中的使用和性能。考虑到存在影响3M产品的使用和性能的各种因素,用户应自行负责评估3M产品,并决定其是否适用于某一特定用途以及是否适合用户的应用方法。

**保修、有限补救和免责声明:**除非在适用的3M产品包装或产品手册中另有明确表述的额外保修条款,3M仅保证每件3M产品在发货时满足适用的3M产品规格。3M不作其他明示或暗示的保证或条件,包括但不限于对产品适销性或适用特定用途作出的任何暗示性保证或条件,或是因交易过程、商业习惯或惯例而产生的任何暗示的保证或条件规定。若3M产品无法满足该保修条款,则唯一的补偿是由3M决定,更换该3M产品或返还该3M产品的花费。

**赔偿责任的限制:**除非法律禁止,否则3M公司不承担因使用3M产品而造成的任何直接、间接、特别、偶然或必然性损失,无论法理如何定性,包括担保、合同、疏忽或严格责任。

**3M**

**3M中国有限公司**

总办事处

上海市上海市虹桥开发区兴义路8号万都中心38楼

邮编: 200336 电话: 86-21-62753535

传真: 86-21-62752343

网址: [www.3M.com.cn](http://www.3M.com.cn)

3M和Scotch-Weld为3M公司商标。

© 3M 2012