

# 柔弹性聚氨酯胶黏剂在轨道交通车辆上的选型和应用

魏培欣

中车南京浦镇车辆有限公司 江苏 南京 210031

**摘要：**轨道交通车辆在运行时，由于自身具有公共交通高速高压等相关特点，所以对于胶黏剂的选择上更加严格，现阶段，我国各地区的轨道交通车辆所使用的试剂为聚氨酯胶黏剂，其主要原因是由于该试剂能够与多种材料粘接，并且自身具有抗剪力、抗冲击等优势，对此本次研究将针对聚氨酯胶黏剂的性能特点，进一步探索设计在轨道交通车辆上的选型和应用策略。

**关键词：**聚氨酯胶黏剂；轨道交通；多异氰酸酯；基础载荷

轨道交通车辆在发展和优化过程中，所选择的胶黏剂以及粘接技术也逐渐成为轨道车辆材料的主要应用，相比其他材料来说，聚氨酯胶黏剂自身具有低毒性、高热稳定性、高力学性等相关优势，能够更好的满足轨道车辆对于密封减震的实际需求，从根本上提高了车辆在运行时的舒适性、安全性和封闭性，因此聚氨酯胶黏剂成为轨道交通车辆上的主要粘接材料之一。

## 1 聚氨酯胶黏剂特点

聚氨酯胶黏剂主要指物质分子链中，包含氨基甲酸酯基团或者异氰酸酯基的粘合试剂，该试剂根据成分特点主要分为多异氰酸酯和聚氨酯两种，其中多异氰酸酯试剂中，分子链包含异氰基以及氨基甲酸酯基，因此相比其他试剂来说，聚氨酯胶黏剂自身具有较高的物质活性，能够与以活泼氢为基础的材料，比如：塑料、木材、皮革、纺织物、纸张、陶瓷等材料有效粘接，同时该试剂还可以与金属、橡胶、玻璃等表面光滑的材料相互贴合。聚氨酯胶黏剂自身所具有的优势，得到了广泛的使用，成为目前八大合成胶粘试剂的重要构成之一<sup>[1]</sup>。

聚氨酯胶黏剂在实际使用时，自身具有较高强度的抗剪、抗冲击性等优势和特点，可以适用于各种连接场合，能够有效粘接常见的各种物质和材料，该材料自身具有优秀的柔韧性。除此之外，该试剂自身还具有一定橡胶性特点，可以适用于不同热力膨胀系数的材料，使用此种黏合试剂会在基材之中形成软硬过渡层，不仅提高自身的连接能力，并且还具有良好的缓冲和减震基础功能。在使用过程中聚氨酯胶黏剂在低温以及超低温等特殊环境下，其粘合能力也超过其他试剂。试剂在使用时，聚氨酯胶黏剂具有低VOC含量、无环境污染、无可

**作者简介：**姓名，魏培欣，性别，男，民族，汉，籍贯，河南开封，学历本科，职称/职务 高级工程师/总体工艺主管，研究方向：粘接工艺/空气质量。

燃性等特点，该试剂被应用于各个领域和行业。

## 2 聚氨酯胶黏剂应用方向

高铁工程技术在选择结构粘接试剂时，考虑其自身结构特点和所处环境的特殊性，通常选择国产的聚氨酯胶黏剂，在使用该试剂时，列车单轨每5米需要镶嵌凸形的遮挡台，每个遮挡台两边需至少灌注聚氨酯胶黏剂约17.8kg；每公里的车辆双轨轨道在建设时，需至少灌注聚氨酯胶黏剂7吨以上。除了高铁轨道铺设方面需要该试剂，轨道交通车辆上对于聚氨酯胶黏剂的需求总量也极大的提高，因为该试剂在车辆上主要承担车辆外玻璃连接、地板拼接、缝隙填充以及基础防水等相关方面，因此试剂对于车辆来说起到了重要的作用，比如：以动车组CRH3作为实际案例，该车辆单节车厢使用聚氨酯胶黏剂至少109.3Kg，以此确保车辆玻璃和填充部位的密封性。

## 3 聚氨酯胶黏剂选型与应用流程

### 3.1 胶黏剂选型

在胶黏剂选型上，通常从车辆基础载荷、粘接技术、粘接质量以及经济成本等相关方面进行综合分析<sup>[2]</sup>。

根据德国EN17460标准粘接体系的要求，粘接接头的安全等级由高到低的分类为A1-A2-A3-Z。以下以A1等级接头要求进行分析。

#### 3.1.1 基础载荷

轨道交通车辆的基础载荷在设计过程中，要始终遵循设计载荷始终小于极限载荷的基础原则，其中根据轨道交通车辆运营特点和设计结构，其载荷参数主要包含机械自身载荷、物理载荷、化学载荷以及生物技术载荷等；为保证轨道交通运行安全，除了要计算载荷以外，还要针对粘接接头进行参数计算和型号试验验证，等待实验符合标准参数计算达到合格后才能使用，如果粘接接头不属于高等级，则可以选择设计载荷参数，以及聚氨酯胶黏剂供应商所提供的试验报告进行对比，随后结合技术人员的工作经

验和技术积累,针对试剂型号进行预选。

### 3.1.2 粘接技术

在粘接技术的选择上,首先要充分考虑技术的整体操作时间,并且根据制剂表面干燥时间进行综合分析,除此之外,还需要综合考虑单次粘接接头的使用次数和频率,如果单次操作所需要粘接的范围较大,则需考虑是否需要二次操作。

### 3.1.3 粘接质量

在使用试剂后,为保证轨道交通车辆运行安全,通常会针对其粘接质量进行详细检查,一般根据操作方式分为可接受和最佳两种状态,其中可接受质量状态,主要指试剂在使用后,预计寿命大于轨道车辆修理时间;最佳状态主要指试剂在使用后,预计寿命大于轨道车辆使用的生命周期,由于大多数轨道车辆所使用的粘接技术为特殊工艺,所以通常按照最佳状态选择适合的类型。

### 3.1.4 经济成本

经济成本如果不包含日常车辆维护的相关项目,所以为了有效降低成本支出,通常会选择可接受状态下的聚氨酯胶黏剂;经济成本在考虑时,如果包含后期维护的相关项目,在实际的选择上则需要选择最佳状态的聚氨酯胶黏剂。

## 3.2 应用流程

### 3.2.1 参数计算

在轨道交通车辆的运行以及日常维护等方面,为保证车辆的安全系数,使用聚氨酯胶黏剂之前,需要针对粘接接头的参数和方案设计进行计算,在计算时通常将车辆设计载荷和极限载荷进行相互对比,保证轨道车辆的安全系数。在参数设计和计算时,通常需要包含轨道车辆的应力和应变两个方向的数据,在应力数据计算过程中,通常将拉应力在各种运动情况下的压力参数、拉力参数、疲劳参数进行相关计算;而将剪应力则需要将其在室温变化、低温状态下的变化以及高温状态下的变化纳入参数计算中。极限载荷通常指的是,粘接接头在对应状态下的试验数据和信息,所以技术人员应在应变参数计算中,将设计方案中的聚氨酯胶黏剂使用层数与最低要求层数进行对比,同时将实际操作时胶层的宽度以及厚度比例归纳进考虑范围内,并根据轨道交通车辆的施胶经验进行详细计算,在参数计算时还要将轨道交通车辆安全系数设定为大于等于5。

### 3.2.2 试验验证

充分考虑到轨道交通车辆公共交通的基础属性、车辆使用寿命、经常需要处于高速运动状态,所以对于聚

氨酯胶黏剂的选择十分严谨,通常情况下,10-15年内不会进行型号的更换,对此,在使用试剂之前,要针对该试剂的性能进行详细实验和质量验证。一般情况下,针对聚氨酯胶黏剂性能的测试将使用ISO9142和DVS1618湿热老化测试标准,其中ISO9142是目前应用比较广泛的测试标准之一<sup>[3]</sup>。

根据DVS1618轨道机车车辆中的弹性厚膜粘接要求,选择合适的基材材料与表面处理。必需要准确定义对接件材料(名称、化学成分、表面特性等等)。样板与A4纸同大,材质与粘接等级为A1接头的窗框相同(玻璃、玻璃钢),在样板上涂胶,均匀并列涂打的五条胶条,采用刮板把胶条刮至5mm左右的厚度。如图1、图2所示。

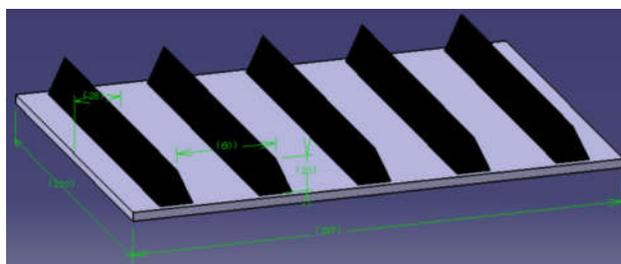


图1



图2

上述样板在下述条件下依次进行剥离试验,剥离的方法:用裁纸刀斜切胶条,切到粘接表面,使用尖嘴钳加紧胶条,并抽出,受力角度在 $130^{\circ}$ -- $160^{\circ}$ ,或者用尖嘴钳加紧采用滚压的方式进行剥离,每一段时间之间应溜出大约3s的时间,然后用裁纸刀切割。试验长度最低为50mm。

- 1、 $23^{\circ}\text{C}$ 、50%湿度条件下7天试验。
- 2、放在水里7天,然后在 $23^{\circ}\text{C}$ 、50%湿度条件下2h试验
- 3、 $80^{\circ}\text{C}$ 条件下一天,立即试验
- 4、 $80^{\circ}\text{C}$ 条件下一天,放在 $23^{\circ}\text{C}$ 、50%湿度条件下2h试验

5、70℃、100%湿度条件下7天，放在23℃、50%湿度条件下2h试验。

试验评估结果按表1进行评判：

纪录	评估	粘接图
1	粘接力合格	> 95 %的聚合力断裂
2	粘接力不合格	75%至95%之间的聚合力断裂
3	粘接力不合格	25%至75%之间的聚合力断裂
4	粘接力不合格	< 25 %的聚合力断裂

试验结果如图3、图4，判定为合格，能够用于A1级粘接接头。

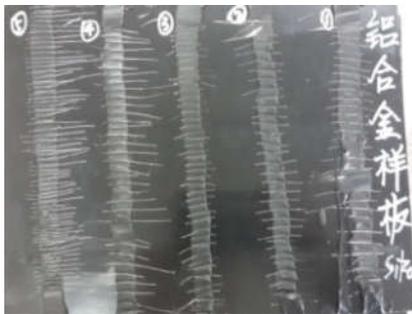


图3

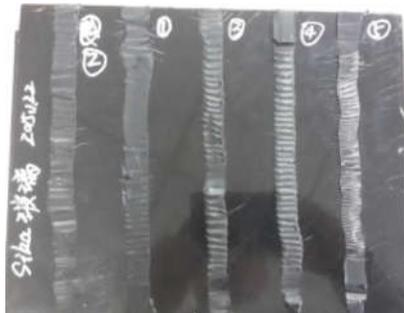


图4

对于轨道交通车辆粘接接头质量的验证方式，将使用以下几种方法：极限拉伸测试，极限剪切测试以及安装胶条剥离测试等，但是充分考虑轨道交通在运行时，普遍具有高速性、公共交通性等，所以在实际测试上还要综合考虑胶条破坏。在测试方法的选择上，针对轨道交通上的连接区域，聚氨酯胶黏剂须完成湿热老化测试、uv老化测试、盐雾老化测试等相关实验，

### 结束语

由此可见，聚氨酯胶黏剂在使用时，具有耐水粘接强度高、初次粘接力量大、材料储存性能稳定、干燥速度快、低温条件下成膜速度快、施工工艺简单等相关优势。其主要原因是由于该胶粘剂的合成原料，由低聚物多元醇和二异氰酸酯所构成，低聚物多元醇具有良好的水解稳定性、柔韧性以及材料延伸性，并且该材料的耐低温性能相对较高。

### 参考文献

- [1]王新,李人哲,刘斌,等.聚氨酯胶黏剂在轨道交通车辆上的选型和应用[J].聚氨酯工业,2023,38(01):34-36.
- [2]杨坚,李孟琦,邱洁,等.高阻隔耐蒸煮复合包装用聚氨酯胶黏剂的制备与性能[J].湖南工业大学学报,2024,38(01):84-90.
- [3]李丽,李善文,杨恺君,等.动车组胶黏剂在不同底材和表面状态下的使用性能比较[J].合成材料老化与应用,2023,52(05):25-27.
- [4]李人哲,钟源,关玲玲.轨道交通车辆用聚氨酯弹性胶黏剂TVOC综合评价方法研究[J].聚氨酯工业,2021,36(005):45-48.
- [5]于磊,姜凌,杨桂玲,等.城市轨道交通用聚氨酯微孔弹性减振垫板的研制[J].2021,11(14):52-55.