

客车胶粘剂性能分析及使用规范

尹泉耀, 赖名文

(三一重工股份有限公司, 长沙 410023)

摘要:针对客车胶粘剂选型和使用存在的不规范问题,本文分析客车常用胶粘剂的性能特点,并结合胶粘剂使用场景和客车生产工艺,提出胶粘剂的使用规范。

关键词:客车; 胶粘剂; 性能特点; 使用规范

中图分类号: U466; TQ436

文献标志码: A

文章编号: 1006-3331(2024)06-0049-05

Performance Analysis and Usage Specifications of Bus Adhesives

YIN Quanyao, LAI Mingwen

(Sany Heavy Industry Co., Ltd., Changsha 410023, China)

Abstract: For the irregular problems of the lectotype and usage for bus adhesives, this paper analyses the performance characteristics of bus adhesives and proposes the usage specifications according to their usage scenario and the bus production technology.

Key words: bus; adhesive; performance characteristics; usage specification

汽车新材料、新工艺的不断创新推动了汽车胶粘剂的快速发展。在汽车制造中,胶粘剂的应用不仅为汽车的结构强度、密封性和减振效果提供重要支持,而且为代替铆接、焊接等连接方式提供了解决方案^[1-3]。

由于客车的车型和车身材料较多,胶粘剂的使用更为普遍^[4]。客车制造中使用的胶粘剂种类高达上百种,其管理和使用耗费了大量精力。为规范胶粘剂的使用过程,解决现有生产中存在的问题,加强胶粘剂施工工艺的优化与控制,提高工艺可靠性和生产效率,本文介绍客车常用胶粘剂的性能,并根据客车制造厂用胶特点,提出客车胶粘剂使用规范。

1 客车常用胶粘剂性能

1.1 聚氨酯胶粘剂

聚氨酯胶粘剂是胶粘剂分子链中含有异氰酸酯基(-NCO)和/或氨基甲酸酯基团(-NHCOO-)的胶粘剂统称,可分为多异氰酸酯、预聚体聚氨酯和端封型聚氨酯三大类^[5]:

1) 多异氰酸酯类。是由异氰酸酯单体或其低分子衍生物(如甲苯二异氰酸酯、六亚甲基二异氰酸酯)组成的胶粘剂,是聚氨酯胶粘剂的早期产品,属于反应型胶粘剂,特别适合粘接金属、橡胶、纤维等材料。

2) 预聚体聚氨酯类。是由异氰酸酯与两端含羟基的聚酯或聚醚以物质的量的比2:1反应生成端基含异氰酸酯基的聚氨酯预聚体,既可在室温下湿气固化,也可加入氯化铵、尿素等催化剂加速固化。这种胶粘剂实际上是湿固化型的单组分聚氨酯胶粘剂,能与基材表面吸附的水以及表面存在的羟基等活性氢基团发生化学反应。

3) 端封型聚氨酯类。包括水溶液型和乳液型两种,采用活性氢化物(如苯酚、酰胺、醇类)暂时将所有的异氰酸根封闭,使其在常温下失去反应活性,涂胶后用设备进行加热,达到反应温度后发生离解,封闭解除,异氰酸基团活性得到恢复,与活性氢化物(如多元醇、水等)发生化学反应,生成聚氨酯树脂,发挥正常的胶粘剂作用。

收稿日期: 2024-04-15。

第一作者: 尹泉耀(1994—),女;主要从事胶粘剂选型及应用研究工作。E-mail: 18143358378@163.com。

总体来说,聚氨酯胶粘剂具有良好的耐冲击、耐疲劳、耐磨、耐化学品、耐臭氧以及抗菌等性能,低温($>-100\sim 10\text{ }^{\circ}\text{C}$)和超低温($\leq -100\text{ }^{\circ}\text{C}$)性能也极佳,低温时的粘接强度比室温($25\text{ }^{\circ}\text{C}$)高出 $2\sim 3$ 倍。但聚氨酯胶粘剂耐热性较差,在高温($\geq 50\text{ }^{\circ}\text{C}$)、高湿($\text{RH}\geq 90\%$)条件下易发生水解反应而使粘接强度降低;另外,其耐介质性较差,遇强酸/强碱容易发生破坏,遇水易起泡。

1.2 环氧树脂胶粘剂

环氧树脂胶粘剂是以环氧树脂为主树脂的一类胶粘剂。为了满足不同的性能要求或适应不同的施工环境,需要添加相应的固化剂和助剂,使环氧树脂胶粘剂能在很大范围内调节自身性能。固化剂主要有脂肪族胺类、芳香族胺类、酸酐类、咪唑类、聚硫醇类等。助剂包括增韧剂、稀释剂、填料等。

环氧树脂胶粘剂按照固化方式可分为冷固化胶、热固化胶和光固化胶、潮湿面及水中固化胶、潜伏性固化胶^[6]。纯环氧胶粘剂和改性环氧胶粘剂(如环氧-尼龙、环氧-聚硫橡胶、环氧-丁腈、环氧-聚氨酯、环氧-酚醛、有机硅-环氧、丙烯酸-环氧等的改性胶粘剂),按照组分可分为双组分和单组分。

环氧树脂胶粘剂固化过程中挥发物少($0.5\%\sim 1.5\%$)、收缩率小($0.05\%\sim 0.1\%$),在 $-60\sim 232\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下长期有效,最高使用温度可达 $316\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。环氧树脂胶粘剂的粘接强度高,耐化学品和耐老化等性能也较好^[7],可用于客车骨架结构的粘接。但环氧树脂胶粘剂对紫外线(UV)敏感,且成本较高,不适用于客车外露件的粘接;另外,其与极性小的材料(如聚乙烯、聚丙烯等塑料)的粘接力小,必须先对这些材料的表面进行活化处理。

1.3 丙烯酸酯胶粘剂

丙烯酸酯胶粘剂是以各类丙烯酸酯为基材配成的化学反应型胶粘剂。丙烯酸酯系的单体种类较多,包括丙烯酸酯和甲基丙烯酸酯等。丙烯酸酯系的单体不仅易产生乳液聚合,还易与其他单体(如醋酸乙烯酯、苯乙烯、氯乙烯、偏二氯乙烯、功能性硅烷等)产生乳液共聚合,因此可通过分子/粒子设计合成软硬程度不同的客车胶粘剂^[8]。

丙烯酸酯胶粘剂按其粘接时胶层形成的特点可

分为^[9]非反应型和反应型。非反应型以热塑性聚丙烯酸酯与其他单体的共聚物为主,靠溶剂的挥发和分散相在被粘接物中的扩散和渗透而使胶层固化;反应型以各种丙烯酸酯单体或分子末端具有丙烯酸基的聚合物为主体的胶粘剂,靠化学反应使胶层固化。

丙烯酸酯胶粘剂无需精确定量混合,使用方便,固化速度快,强度高,适用于客车多种材料的粘接。其耐候性、耐老化性好,特别是反应型的丙烯酸酯胶粘剂,既耐UV老化,又耐热老化,且具有优良的抗氧化性,可以制成瞬干胶、厌氧胶、光敏胶和结构胶。非反应型丙烯酸酯胶粘剂可制成压敏胶、热敏胶和接触型乳液胶等。但丙烯酸酯胶粘剂稳定性较差、储存期短、易燃,耐湿热性差;另外,其单体挥发气味大且有毒。

1.4 有机硅胶粘剂

有机硅胶粘剂主要是指硅橡胶胶粘剂。硅橡胶可由不同有机硅的单体水解缩聚而成,主要有甲基硅橡胶、甲基乙烯硅橡胶、苯基硅橡胶、对亚苯基硅橡胶、苯醚硅橡胶、腈硅橡胶、氟硅橡胶等。硅橡胶因单体不同,其固化性能差异较大。硅橡胶在固化剂作用下,可发生交联反应生成三维结构的弹性硅橡胶。常用的固化剂有过氧化苯甲酰、邻苯二甲酸二辛酯和碳酸铵等。含羟基的硅橡胶室温硫化交联时,还需加入催化剂(如二丁基锡、月桂酸锡)以提高硫化速率。此外,对于双组分室温硫化硅橡胶胶粘剂,其硫化速率还受环境湿度和温度的影响。

为了提高有机硅胶粘剂的粘附力、耐热性,并起到补强的作用,一般选用表面积大的气相二氧化硅(白炭黑)、硅藻土、二氧化钛、炭黑、金属氧化物作为填料。但对于防水密封用的有机硅胶粘剂,则无需补强,可选用碳酸钙来作为填料,以制得低模量室温固化的有机硅密封胶。

有机硅胶粘剂表面张力较低,具有好的润湿性能,其粘接力较强,耐高低温性好,抗冲击性、电绝缘性好,具有不易燃、低排放等优点。但其粘接接头的力学性能较差,耐磨性、耐油性、耐酸碱性和耐水性也较差。

1.5 聚氯乙烯胶粘剂

聚氯乙烯(PVC)胶粘剂通常作为客车密封胶使

用。PVC 胶粘剂是由溶液法或微悬浮法聚合的 PVC 树脂、邻苯二甲酸酯类增塑剂、稀释剂、稳定剂、增粘剂、触变剂、无机填料和颜料等成分组成。PVC 胶粘剂的增粘剂通常有低分子聚酰胺、聚氨酯、聚丙烯酸酯、环氧树脂等。以低分子聚酰胺为增粘剂的 PVC 密封胶具有附着力强、成本低的优点,但其烘干后易产生变色,贮存稳定性较差,而以封端型聚氨酯为增粘剂的 PVC 密封胶不易变色,适合对外观要求较高的部位使用。由于 PVC 密封胶的制造工艺简便、价格低廉、便于施工,是现今大部分汽车厂使用的密封材料^[10]。

PVC 胶粘剂的固化主要是在外部设备的加热过程中,增塑剂分子不断地增塑到 PVC 的树脂粒子中,使胶粘剂充分凝胶化并与增粘剂发生反应。其凝胶化过程可分解为:40~80 ℃ 期间,增塑剂分子较缓慢地增塑到 PVC 树脂粒子中,使 PVC 粒子“溶胀”;当

温度高于 80 ℃ 时,增塑现象迅速加快,最终增塑剂与 PVC 树脂粒子完全熔融成为一体,完成固化过程。目前,大多数 PVC 胶粘剂的固化温度是 140~180 ℃,这是因为 PVC 树脂难以在低于 140 ℃ 的条件下增塑,但使用含有高醋酸乙烯的共聚树脂可适当降低固化温度。然而,当温度高于 200 ℃ 时易引起 PVC 树脂分解,从而降低密封胶的力学性能和附着力。

PVC 胶粘剂固化速度快,可保证施工效率,其粘接力较强,耐酸碱、耐水、耐老化性较好,无毒、阻燃、成本低。但其粘接接头的力学性能较差,耐热性较差。

2 车用胶粘剂使用规范

2.1 选择合适的胶粘剂

客车胶粘剂可根据客车生产工序和胶粘剂的性能特点进行选择(见表 1)。

表 1 客车胶粘剂胶种及胶型推荐

胶种	使用工序	主要功能/用途	推荐胶型
结构胶	焊装	用于车身立柱、底板、框架梁、顶盖、侧围等部位的结构粘接。该类胶粘剂具有高强韧性,固化后可提升车身刚性、抗冲撞、抗疲劳性,有利于减少焊接部位,提高整车可靠性和轻量化水平。	环氧树脂
			丙烯酸酯
焊装密封胶	焊装	用于客车搭接部位的焊缝密封,该类胶粘剂具有湿气和热固化双重机理,室温初固凝胶后具有一定强度,可避免被电泳槽液冲刷开裂、脱落,同时可满足电泳涂装高温烘烤要求。	环氧树脂 聚氨酯
焊缝密封胶	涂装	涂敷于车身钢板内、外焊缝及钢板搭接部位,随面漆烘烤一同固化,起到防漏防锈蚀、增加车体美观性的作用。其具有易覆盖、附着力强、涂装性好、耐老化及耐腐蚀特点。	PVC 丙烯酸 聚氨酯
车身密封胶	总装	用于客车部分零部件(如地板塑料件、车顶空调、车窗玻璃等)装配部位的内外密封。	PVC 聚氨酯 有机硅
内饰胶	总装	用于客车零部件(如仪表台、扶手、储物盒、门板等)的表皮粘接。该类胶粘剂具有单组份、低粘度、高固含、抗氧化性好的特点,适用于皮革、泡沫海绵、PVC 等多种内饰材料的粘接,但需控制 VOC 以满足整车气味性要求。	PVC 聚氨酯 有机硅
玻璃胶	总装	用于客车前后风挡玻璃、侧窗玻璃、三角窗玻璃等与车身的粘接和密封。该类胶粘剂为湿气固化胶,通常需配底涂以及表面处理助剂使用,具有粘接力强、动态疲劳性好、耐老化优点。	聚氨酯
固持厌氧胶	底盘、总装	用于零件装配,起粘接固定及密封作用。	丙烯酸酯 聚氨酯
螺纹锁固密封胶	底盘、总装	用于螺纹连接件的装配,起锁固与密封作用。	丙烯酸酯 环氧树脂
瞬干胶	总装	用于多种材料的快速定位粘接。	丙烯酸酯

1) 环氧树脂胶粘剂, 具有较大的粘接强度, 主要用于客车结构件或主要承载部位的粘接。

2) 丙烯酸酯胶粘剂粘接强度跟环氧树脂胶粘剂粘接强度相当, 但其受到外界湿热作用后易发生破坏和失效, 常用于客车非外露件粘接, 可作为特殊用途的胶粘剂(如瞬干胶、厌氧胶等)使用^[11]。

3) 聚氨酯胶粘剂可湿气固化, 固化后具有较好环境适应性, 所以客车外露密封胶(如焊装密封胶、焊缝密封胶、车身密封胶、内饰胶、玻璃胶等)可选聚氨酯密封胶^[12]。

4) PVC 胶粘剂和有机硅胶粘剂。两者的粘接强度较低, 由于 VOC 排放低、毒性小, 适用于客车内饰件的粘接和密封。

2.2 胶粘剂施工过程

胶粘剂施工过程一般包括前处理、打胶、固化三个步骤。胶粘剂施工时应严格遵守规范:

1) 前处理。首先需要用除油布蘸取专用除油剂擦拭粘接表面, 去除灰尘、油脂、水等污染物, 确保粘接表面清洁和干燥。可以用水膜法检验表面是否洁净, 即在处理表面上洒上水, 若水能铺展成连续水膜即符合要求; 若水滴滚动或水膜破裂, 则需重新处理。对于车身件(如外蒙皮、内封板)的粘接, 还需要打磨粘接面, 以确保粘接强度和可靠性。打磨的目的是去除粘接面疏松的氧化层, 使其裸露出金属表面, 同时增加粘接面的粗糙度, 以提高界面的粘接强度。

此外, 对于明确需要底涂的胶粘剂, 必须先刷涂底涂剂, 以保证胶粘剂达到理想的粘接性能。同时, 在前处理中, 必须严格控制底涂剂的表干时间, 不得在底涂剂未表干或过表干情况下进行打胶作业。有些底涂剂在刷涂至基体之前, 还需要涂刷配套的活化剂, 施工时切不可遗漏。同时, 在刷涂活化剂之后, 应在规定时间内刷涂底涂剂, 否则活化剂起不到应有的作用。由于活化剂为易挥发性物质, 在使用后应立即封闭保存剩余的活化剂, 以防失效。

对于内/外饰件, 在使用活化剂或底涂剂之前, 应先用专用溶剂脱除其粘接部位的装饰性油漆, 并且活化剂或底涂剂只能刷涂在此粘接位置, 因为它们可能

会溶解内外饰件表面的装饰性油漆, 从而导致表面变色产生质量问题, 甚至会由于部分活化剂或底涂剂发生油漆抽提现象而导致整个粘接失效^[11]。

2) 打胶。必须按照施工规范, 采用专用胶枪进行打胶作业。首先, 胶粘剂必须均匀地涂抹在粘接面上, 过厚或过薄均易导致粘接性能下降, 同时过薄还会造成密封失效。对于结构性粘接, 胶体厚度应控制在 3~6 mm, 并确保在打胶部位涂抹均匀。对于密封性粘接, 应确保胶粘剂完全充满缝隙, 并保证胶缝的宽度和表面平整度。在焊缝、玻璃的密封打胶时, 胶枪嘴应尽量与缝隙平面呈 45°, 以保证打出的胶体连续完整。同时, 需用刮板将胶体沿一个方向刮平, 密封胶需严格控制胶缝宽度(5~15 mm), 防止胶缝过宽出现假胶缝从而在使用过程中发生开裂。

3) 固化。严格按照胶粘剂施工要求, 确保合适的温度和湿度, 避免在固化期间受到外界干扰, 让粘接部位在固化时间内完全固化。对于聚氨酯湿气固化胶, 可通过淋湿胶缝的方式来加速胶粘剂固化。对于紫外固化的内饰胶或玻璃胶, 需确保紫外照射条件。对于热熔固化的内饰胶, 需确保足够的按压时间。此外, 在必要的条件下, 还需要进行表面处理和保护(如表面遮蔽), 确保粘接面的粘接质量和外观质量。对于较大件(如挡风玻璃、轮包封板)的粘接, 由于粘接件外形原因, 在粘接面不同区域存在结构应力集中情况, 为防止粘接件在胶粘剂完全固化前脱粘, 需用 G 形夹具等来夹持固定。同时, 在未完全固化时, 不得随意移动粘接件或车辆, 以防胶粘剂在粘接面上发生剪切而产生错位, 影响粘接性能和粘接质量。

3 结束语

本文基于胶粘剂的类型和特性, 介绍和比较了常用客车胶粘剂的性能特点, 并根据客车制造用胶的需求和要求, 从客车生产工序出发, 提出了客车胶粘剂的使用规范, 为提升客车胶粘性能提供技术支持。

参考文献:

- [1] 张娜生. 我国汽车胶粘剂开发应用的现状及前景[J]. 粘接, 2009(7): 66-70.
- [2] 黄彭亮, 许坚, 蒋有辉. 胶粘剂在汽车喷涂工艺中的应用[J]. 汽车工艺师, 2023(11): 10-13.
- [3] GALVEZ P, QUESADA A, MARTINEZ A M, et al. Study of the behaviour of adhesive joints of steel with CFRP for its application in bus structures[J]. Composites Part B: Engineering, 2017(129): 41-46.
- [4] 孙德林, 余先纯. 胶粘剂与粘接技术基础[M]. 北京: 化学工业出版社, 2014: 10-12.
- [5] 乔吉超, 胡小玲, 管萍. 聚氨酯胶粘剂的研究进展[J]. 热固性树脂, 2006, 21(5): 44-48.
- [6] 陈双莲. 双组分无溶剂复合胶粘剂的制备及性能研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2013.
- [7] 俞滨滨, 刘波, 张爱萍, 等. 双组分高强高韧环氧树脂胶粘剂的研制[J]. 中国胶粘剂, 2023, 32(9): 39-43.
- [8] 刘淑迪, 李岳, 孙东洲, 等. 无机填料在丙烯酸酯结构胶粘剂中的应用进展[J]. 化学与粘合, 2023, 45(5): 459-463.
- [9] 王宪朋. 水性聚氨酯胶粘剂的乳液制备与性能研究[D]. 青岛: 青岛大学, 2012.
- [10] 中国汽车工业协会汽车相关工业分会. 汽车胶粘剂密封胶实用手册[M]. 北京: 中国石化出版社, 2018: 201-205.
- [11] 孙文慧, 刘晓琴, 潘敏霞, 等. 胶粘剂中丙烯酰胺及丙烯酸酯类残留单体释放量和含量的研究[J]. 中国胶粘剂, 2023, 32(10): 42-47.
- [12] 朱振林, 李琳, 梁正保, 等. 客车外露胶缝外观质量影响因素解析[J]. 粘接, 2017(7): 63-65.
- ~~~~~
- (上接第44页)
- [2] 傅立敏. 汽车空气动力学数值计算[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2000: 159-160.
- [3] 王靖宇, 李庆臣, 王景晟, 等. 前端过渡半径对轻型客车气动特性影响的数值模拟[J]. 重庆理工大学学报(自然科学版), 2010, 24(1): 7-12.
- [4] JO Yung Wong. Theory of Ground Vehicles; 5th edition[M]. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc, 2022: 201-208.
- [5] 陈振明, 尹华鑫. 改善汽车空气动力学性能的措施[J]. 公路与汽运, 2007(5): 4-6.
- [6] 高懋森. 某商用车前侧围造型与阻力关系的研究[D]. 长春: 吉林大学, 2009.
- [7] 许建民, 范健明. 厢式货车气动减阻装置的减阻效果研究[J]. 汽车工程, 2019, 41(6): 688-695.
- [8] 于翰林, 毛洪海, 杨杰. 轻型卡车气动特性数值模拟及导流部件优化研究[C]//中国汽车工程学会. 2021 中国汽车工程学会汽车空气动力学分会学术年会论文集, 2021: 200-207.
- [9] 王庆洋, 黄文鹏, 赖晨光, 等. 基于气动附件的重型货车空气动力学减阻研究[J]. 汽车工程, 2020, 42(6): 746-752.
- [10] 袁志群, 杨明智, 张炳荣. 汽车底部复杂流场的主动和被动控制减阻方法研究[J]. 汽车工程, 2019, 41(5): 537-544.
- [11] 姜佳男. 基于气动附加装置的重型商用车低风阻优化研究[D]. 长春: 吉林大学, 2011.
- [12] 晏强, 种刚, 张倩, 等. 基于国内某重型卡车整车外流场优化分析[J]. 汽车实用技术, 2017(20): 126-128.
- [13] CHILBULE C, UPADHYAY A, MUKKAMALA Y. Analyzing the profile modification of truck-trailer to prune the aerodynamic drag and its repercussion on fuel consumption[J]. Procedia Engineering, 2014(97): 1208-1219.