

有机硅密封胶在汽车电池领域中的研究进展

陈炳强, 刘育斌, 陈炳耀, 陈亮, 王文华
(广东三和化工科技有限公司, 广东 中山 528429)

摘要: 本文综述了近年来有机硅密封胶在新能源汽车电池中的研究进展, 首先介绍了密封胶在汽车电池中的作用与性能要求, 其次梳理了汽车电池用密封胶的性能检测方法, 最后总结了几种新能源汽车电池用密封胶的优势与不足, 并展望了新能源汽车电池用密封胶的发展趋势。

关键词: 有机硅密封胶; 汽车电池; 检测方法

中图分类号: TQ336.42

文献标识码: B

文章编号: 1009-797X(2025)10-0015-05

DOI:10.13520/j.cnki.rpte.2025.10.004

0 引言

工业革命后, 地球上的化石能源急剧消耗, 大气环境中二氧化碳的浓度剧烈增加, 引发一系列环境问题。新能源汽车以电能作为驱动力, 可以很大程度减少化石能源的使用, 并且具有污染小、能效高、噪音低等特点, 能够满足人类未来更加智能化的生活方式。

电池堪比新能源汽车的“心脏”部位, 一般采用胶黏剂密封在外壳中形成电池包。胶黏剂作为这颗“心脏”与外壳的衔接部分, 对实现电池优良功能起到关键作用^[1]。汽车电池在使用过程中, 需要面对各种复杂的环境条件, 如温度变化、湿度、化学物质侵蚀、机械振动等。这些因素可能会对电池的内部结构和性能产生负面影响, 甚至引发安全问题。密封胶能够有效地隔绝外界环境因素, 防止水分、氧气、灰尘等杂质进入电池内部, 避免电池内部的化学反应受到干扰, 从而确保电池的性能稳定和安全可靠。它还可以填充电池内部的缝隙和孔洞, 增强电池的结构强度, 减少机械振动和冲击对电池的损害。

有机硅材料作为一类高性能的高分子材料, 具有许多优异的特性, 使其在电池密封胶领域展现出独特的应用价值^[2]。有机硅材料拥有出色的耐高低温性能, 能够在-60~260℃的温度范围内保持稳定的物理和化学性能, 这使得电池在极端温度条件下仍能正常工作^[3]。其良好的耐候性和耐化学腐蚀性, 可有效抵抗紫外线、臭氧、酸雨等自然环境因素以及电池内部电

解液等化学物质的侵蚀, 延长电池的使用寿命。有机硅密封胶还具备卓越的电绝缘性能, 能够防止电池内部的电极之间发生短路, 提高电池的安全性和稳定性。此外, 有机硅材料固化后形成的弹性体具有良好的防震抗冲击性能, 可有效保护电池内部的精密结构和电子元件, 使其在运输和使用过程中不易受到损坏。

目前, 有机硅材料在电池密封领域已经得到了广泛的应用, 极大的促进了电池行业的技术进步和产品升级。关于新能源汽车电池包胶黏剂的相关研究被广泛报道, 电池包用密封胶性能相关的测试方法逐渐成熟完善。然而, 尚未见系统阐述新能源汽车电池用密封胶的检测指标与性能比较的综述。因此, 本文系统的总结了几种新能源汽车电池包用密封胶以及相关的测试方法, 以期高性能硅橡胶的设计提供参考。

1 电池密封胶的作用与性能要求

1.1 电池密封胶的作用

在电池系统中, 密封胶扮演着多重关键角色, 对电池的性能、安全性和使用寿命有着深远影响。防止漏液是密封胶的核心功能之一。电池内部的电解液通常具有强腐蚀性和化学活性, 一旦发生泄漏, 不仅会

作者简介: 陈炳强(1969-), 男, 硕士研究生, 主要从事企业战略管理与化工技术研发, 致力于推动产业化技术升级与化工行业创新发展。

导致电池容量下降、性能衰退,还可能对周围的电子设备和环境造成严重损害。以锂离子电池为例,其电解液主要成分包括锂盐(六氟磷酸锂)有机溶剂(碳酸酯类)这些物质一旦泄漏,与空气接触可能发生化学反应,产生易燃易爆气体,存在极大的安全隐患^[4]。密封胶通过填充电池外壳与内部组件之间的缝隙,形成紧密的密封层,有效阻止电解液的渗出,确保电池内部环境的稳定。

在电池的使用过程中,避免发生短路同样至关重要。电池内部的正负极之间需要保持良好的绝缘,以防止电流异常流通导致短路。密封胶的电绝缘性能可以有效隔离电极,防止因杂质、水分或其他导电物质的侵入而引发的短路现象。在一些电池应用场景中,如电动汽车的动力电池组,电池之间的连接部位较多,如果密封不严,可能会因灰尘、水汽等因素导致电极之间的绝缘性能下降,引发短路,进而影响车辆的正常运行,甚至引发火灾等严重事故。

此外,密封胶还能有效阻隔外界环境因素对电池的影响。水分和氧气是电池性能的大敌,它们可能会与电池内部的活性物质发生化学反应,导致电池容量衰减、寿命缩短。在潮湿环境下,水分进入电池内部会使电解液稀释,影响离子传导,降低电池的充放电效率;氧气的存在则可能加速电极材料的氧化,破坏电池的结构。密封胶能够阻挡水分和氧气的侵入,为电池提供一个相对稳定的内部环境。

密封胶还能增强电池的结构稳定性。在电池受到机械振动、冲击或温度变化时,起到缓冲和减震的作用,保护电池内部的精密结构和电子元件,减少因机械应力导致的损坏。在电动汽车行驶过程中,电池会受到路面颠簸产生的振动和冲击,密封胶能够吸收这些能量,防止电池内部的电极、隔膜等部件发生位移、变形或损坏,确保电池的可靠性和安全性^[5]。

1.2 电池密封胶的性能要求

1.2.1 耐高低温性

汽车电池在充放电过程中会产生热量,导致内部温度升高。特别是在高功率应用场景下,如快速充电和放电过程中,电池温度可能会迅速上升。此外,在一些高温环境下也会对汽车电池的使用产生显著影响。因此,电池密封胶需要具备良好的耐高温性能,能够在高温条件下保持稳定的物理和化学性能,不发生软化、变形、分解等现象,以确保密封的可靠性。一般来说,有机硅密封胶的耐高温性能较好,能够在 200

℃甚至更高的温度下长期使用,这得益于其稳定的硅氧键(Si—O)主链结构和有机基团的热稳定性^[6]。

在低温环境下,电池的性能会受到一定影响,而密封胶的耐低温性能同样关键。如果密封胶在低温下变脆、失去弹性,可能会导致密封失效,使电池内部暴露在外界环境中。在寒冷地区使用的电动汽车,电池在冬季可能会面临极低的温度,此时密封胶需要保持良好的柔韧性和密封性能,以防止水分结冰膨胀对电池造成破坏,同时确保电池在低温下仍能正常工作。

1.2.2 耐化学腐蚀性

电池内部的电解液是一种具有强腐蚀性的化学物质,密封胶需要能够抵抗电解液的侵蚀,不与电解液发生化学反应,不被电解液溶解或溶胀。不同类型的电池,其电解液成分有所不同,如锂离子电池电解液中的锂盐和有机溶剂,铅酸电池电解液中的硫酸等,都对密封胶的耐化学腐蚀性提出了挑战。有机硅密封胶由于其化学稳定性,能够较好地耐受电解液的腐蚀,保持密封性能的长期稳定。

1.2.3 耐电绝缘性

为了防止电池内部的电极之间发生短路,密封胶必须具备优异的电绝缘性能。高的介电强度和低的介电损耗可以有效阻止电流的泄漏,确保电池内部的电气安全。在电池的使用过程中,即使在高电压、高电流的情况下,密封胶的电绝缘性能也不能下降,以保证电池的正常运行和使用者的安全。

1.2.4 强粘接性

密封胶需要与电池的外壳材料、电极材料等紧密粘接,形成可靠的密封界面。良好的粘接性能可以确保密封胶在长期使用过程中不会脱落或松动,维持密封的有效性。电池外壳常用的材料有金属(如铝合金)、塑料(如聚丙烯、聚碳酸酯)等,不同材料的表面性质和化学结构差异较大,要求密封胶能够与多种材料实现良好的粘接。通过添加合适的偶联剂或对粘接基材的表面进行处理,可以提高有机硅密封胶与不同材料的粘接强度。

1.2.5 柔韧性和弹性

电池在充放电过程中会发生体积变化,同时也会受到机械振动和冲击。密封胶需要具备一定的柔韧性和弹性,能够适应电池的体积变化,吸收机械振动和冲击能量,避免因应力集中导致密封失效。有机硅密封胶固化后形成的弹性体具有良好的柔韧性和弹性,能够在一定程度上缓冲电池内部的应力,保护电池的

结构完整性。

1.2.6 阻燃性

随着电池能量密度的不断提高, 电池的安全性问题日益受到关注。一旦电池发生热失控等故障, 可能会引发火灾。因此, 电池密封胶需要具备一定的阻燃性能, 能够阻止火焰的蔓延, 延缓火灾的发生, 为人员疏散和消防救援争取时间。通过添加阻燃剂, 如氢氧化铝、氢氧化镁、有机磷系阻燃剂等, 可以提高有机硅密封胶的阻燃性能, 使其达到相关的安全标准^[7]。

1.2.7 低挥发性

密封胶在使用过程中应具有低挥发性, 避免挥发产生的气体对电池内部的化学反应和性能产生不良影响。挥发性有机化合物(VOC)的释放不仅可能影响电池的性能, 还可能对环境 and 人体健康造成危害。因此, 在选择密封胶的原材料和配方时, 需要考虑降低其挥发性, 确保电池的长期稳定性和环保性。

2 电池密封胶的性能检测方法

2.1 粘接强度测试

密封胶与电池包的粘接强度可以按照 GB/T 7124—2008^[8] 标准进行测试。具体步骤为:

(1) 尺寸为 25 mm×12.5 mm×2 mm 的基材试片, 将密封胶均匀涂布在试片表面, 两片试片对接后, 在一定压力下固化。

(2) 将试片安装在万能材料试验机上, 以 5 mm/min 的拉伸速度进行拉伸, 记录试片分离时的最大拉力。

(3) 公式计算粘接强度: 粘接强度 = 最大拉力 F(N)/ 粘接面积 A(mm²)。

2.2 耐温性测试

汽车电池密封胶的耐温性按照 GB/T 2423.2—2008^[9] 标准进行测试。首先将密封胶样品放置在高低温试验箱中, 以一定的升温速率(如 5 °C/min)升温至 200 °C, 保持 24 h 后, 观察样品的外观变化, 如是否出现软化、变形、开裂等现象, 并测试其硬度、拉伸强度等性能变化。然后以相同的降温速率降温至 -40 °C, 保持 24 h 后, 再次观察样品外观和测试性能。

2.3 耐候性测试

汽车电池密封胶的耐候性采用紫外线老化试验箱和湿热试验箱进行测试。紫外线老化试验按照 GB/T 16422.3—2014^[10] 标准进行, 将密封胶样品暴露在紫外线灯下, 光照强度为 0.76 W/(m²·nm), 波长范围

为 315~400 nm, 温度为 60 °C, 相对湿度为 50%, 每隔一定时间(如 24 h)取出样品, 观察其外观变化, 并测试其性能。湿热试验按照 GB/T 2423.3—2016^[11] 标准进行, 将样品放置在湿热试验箱中, 温度为 40 °C, 相对湿度为 95%, 保持一定时间(如 96 h)后, 观察样品是否出现起泡、脱胶、变色等现象, 并测试其性能变化。

2.4 耐化学腐蚀性测试

根据电池内部电解液的成分, 配制相应的化学试剂, 如锂离子电池电解液模拟液(1mol/L LiPF₆ 的碳酸乙烯酯(EC)和碳酸二甲酯(DMC)混合溶液, 体积比为 1:1)。将密封胶样品浸泡在化学试剂中, 在室温下浸泡 7 天, 观察样品的外观变化, 如是否出现溶胀、溶解、变色等现象, 并测试其拉伸强度、硬度等性能变化, 评估其耐化学腐蚀性能。

2.5 电绝缘性能测试

电池密封胶的电绝缘性则使用绝缘电阻测试仪, 按照 GB/T 1410—2006^[12] 标准进行测试。将密封胶样品制成厚度为 2 mm 的薄片, 在样品表面涂上导电银胶, 然后将其安装在绝缘电阻测试仪的测试电极上, 施加 500 V 的直流电压, 测量样品的绝缘电阻。同时, 使用介电常数测试仪, 按照 GB/T 1693—2007^[13] 标准, 测量样品的介电常数和介质损耗角正切值, 评估其电绝缘性能。

2.6 防震抗冲击性能测试

利用振动试验台和冲击试验台进行测试。振动试验按照 GB/T 2423.10—2019^[14] 标准进行, 将密封胶样品固定在振动试验台上, 设置振动频率为 10~100 Hz, 加速度为 5m/s², 振动时间为 2 h, 观察样品是否出现脱落、开裂等现象。冲击试验按照 GB/T 2423.5—2019^[15] 标准进行, 将样品固定在冲击试验台上, 施加半正弦波冲击, 峰值加速度为 50 g, 脉冲持续时间为 11 ms, 冲击次数为 1 000 次, 观察样品的损坏情况, 评估其防震抗冲击性能。

3 汽车电池包用密封胶性能比较

近年来, 新能源汽车电池用胶黏剂的相关研究报道。例如, 田^[16]等人报道了一种新能源汽车锂电池用低密度灌封胶, 该密封胶以端乙烯基硅油为基础聚合物, 三氧化二铝为导热填料, 铂配合物为催化剂, 含氢硅油为交联剂, 氢氧化铝和氢氧化镁为阻燃填料。研究结果表明, 该配方以三氧化二铝 150 份(三氧化

二铝粒径比为 4 μm :8 μm =3:7)、100 份乙烯基硅油、复配阻燃填料 20 份(氢氧化铝:氢氧化镁按质量比=1:1)、增粘剂为 1 份、抑制剂为 0.03 份以及含氢硅油为 4 份时,得到的低密度灌封胶具有优异性能,其黏度为 3 000 mPa·s,密度仅为 1.18 g/cm³,UL94 阻燃等级为 V-0,热导率为 0.8 W/(m·K),对不锈钢、铝材以及 ABS 基材具有良好粘接性,能够满足新能源汽车锂电池的应用要求。

宋^[1]等人研究了一种应用于新能源汽车电池包的密封胶,经过测试发现该密封胶具有高弹性、压缩恢复率、抗老化并且可以满足生命周期内 5 次以上的可维修拆卸性,能够满足电池包密封面的基本要求。然而该密封胶在耐高低温、流动以及低密度等特性方面,不具备明显优势。

常^[17]等人报道了一种新能源汽车电池包用即时发泡胶,该密封胶是一种 A、B 双组分固化液体硅橡胶,使用时将 A 和 B 组分按照 1:1 的比例混合应用于器件表面,这种密封胶在室温状态即可固化成型,产品的形态表面致密内部泡孔细密均匀有优异的回弹性。然而,这种密封胶操作复杂,不便于施工使用。李^[18]等人测试了一种某供应商 A 牌号的发泡硅橡胶,测试了该密封胶的吸水率、压缩应力松弛、压缩永久变形、抗撕裂强度及阻燃特性,结果表明该发泡硅橡胶具有优异的抵抗永久变形、压缩应力松弛以及低的吸水性,可作为新能源汽车电池包密封胶的选材之一。

除此之外,瓦克于 2018 年 4 月^[19]推出了一款新型可拆卸的密封硅脂(SEMICOSIL®PASTE RS5 CN),该硅脂优化了密封胶的流变特性,能够在装配的过程中快速铺展到位,并且具有可拆卸、易清洗的优点,能够满足电池包的装配和维修功能。该密封胶通过了 UL 94 V0 阻燃等级的测试,在高温高湿冲击、温度冲击-盐水浸泡、高温老化(110 ℃)以及盐雾等测试中,其性能均未发生明显变化。

4 结论与展望

本文系统的总结了有机硅材料在电池密封胶领域中的应用以及研究现状,首先介绍了有机硅密封胶在新能源汽车电池中的作用以及性能要求,其次总结了电池密封胶常用的性能测试方法,最后介绍了几种新能源汽车电池包用胶黏剂的优缺点。

尽管有机硅密封胶在耐高低温性能、耐候性、耐化学腐蚀性、电绝缘性能和防震抗冲击性能等方面具

有显著优势。然而,在汽车电池应用领域还应考虑到一些其他因素,涂胶方式应尽量简化,密封胶在电池箱体粘接面可快速铺展,开发具有更低密度的密封胶来满足新能源汽车更加轻量化的需求,这是其在应用中需要进一步改进的地方。在新能源汽车电池的应用中,可根据电池的具体使用环境和性能要求,综合考虑选择合适的密封胶以及涂胶方式,或通过对有机硅密封胶进行配方优化和改性,提高其粘接强度,以更好地满足电池密封的需求。

参考文献:

- [1] 宋孝炳,林志宏,刘召.一种应用于电动汽车电池包的密封胶研究[J].科技创新与应用,2020,(07):73-74+78.
- [2] 刘育斌,陈炳耀,陈复林,等.填料对硅橡胶抗撕裂性能的影响[J].有机硅材料,2025,39(1):79-82.
- [3] 王涛,窦锦兵,魏新海,等.有机硅改性胶黏剂研究进展[J].有机硅材料,2024,38(05):85-89.
- [4] 王路宽,王存国,叶付臣.锂离子电池及其电解液发展状况及市场预测[J].化工科技,2024,32(05):79-82.
- [5] 时培成,单子贤,朱海龙,等.新能源汽车动力电池系统集成化设计技术综述[J/OL].中国机械工程,2025(0):1-19.
- [6] 岳远志,杨志洲,冯圣玉.耐高温有机硅粘接剂的研究新进展[J].有机硅材料,2010,24(06):385-390.
- [7] 陈轲,刘鸣飞,赵彪,等.有机硅改性高分子材料阻燃及耐烧蚀性能研究进展[J].中国塑料,2022,36(06):149-154.
- [8] GB/T 7124-2008.胶黏剂 拉伸剪切强度的测定(刚性材料对刚性材料).
- [9] GB/T 2423.2-2008.电工电子产品环境试验第 2 部分:试验方法 试验 A/B:低温/高温.
- [10] GB/T 16422.3-2014.塑料实验室光源暴露试验方法第 3 部分:荧光紫外灯.
- [11] GB/T 2423.3-2016.环境试验第 2 部分:试验方法 试验 Cab:恒定湿热试验.
- [12] GB/T 1410-2006.固体绝缘材料体积电阻率和表面电阻率试验方法.
- [13] GB/T 1693-2007.硫化橡胶介电常数和介电损耗角正切值的测定方法.
- [14] GB/T 2423.10-2019.环境试验第 2 部分:试验方法 试验 Fc:振动(正弦).
- [15] GB/T 2423.5-2019.环境试验第 2 部分:试验方法 试验 Ea 和导则:冲击.
- [16] 田光磊,林泽峰,曾辉文,等.新能源汽车用低密度灌封胶的制备及性能[J].有机硅材料,2017,31(05):344-347.
- [17] 常正雷,付一民,司铎,等.纯电动汽车电池包即时发泡密封胶研究[J].汽车实用技术,2019,(03):7-9.
- [18] 李书鹏,李波.发泡硅橡胶在电池包壳体密封圈上的应用研究[J].汽车零部件,2018,(05):76-78.
- [19] 瓦克推出电动汽车用新型有机硅密封材料[J].有机硅材料,2019,33(01):18.

Research progress of organic silicone sealant in the field of automotive batteries

Chen Bingqiang, Liu Yubin, Chen Bingyao, Chen Liang, Wang Wenhua

(Guangdong Sanvo Chemical Technology Co. LTD., Zhongshan 528429, Guangdong, China)

Abstract: This article reviews the research progress of organosilicon sealants in new energy vehicle batteries in recent years. Firstly, the role and performance requirements of sealants in automotive batteries are introduced. Secondly, the performance testing methods of sealants for automotive batteries are summarized. Finally, the advantages and disadvantages of several sealants for new energy vehicle batteries are summarized, and the development trend of sealants for new energy vehicle batteries is forecasted.

Key words: silicone sealant; automotive batteries; detection method

(R-03)

赛轮埃及新工厂奠基，全球化布局再落关键一子

The groundbreaking ceremony for Sailun's new factory in Egypt marks another crucial step in its globalization strategy

2025年9月10日,赛轮埃及项目奠基仪式在埃及苏伊士运河经济特区举行,这不仅是中埃两国在“一带一路”倡议与埃及“2030愿景”对接下的重要合作成果,也标志着赛轮集团全球化战略布局进一步深化。

仪式现场，苏伊士运河经济区管理总局主席瓦利德·贾迈勒丁、埃及苏伊士省省长塔里克·哈米德·沙兹利、埃及阿拉伯制造局主席穆赫塔尔·阿卜杜勒拉蒂夫，以及埃及泰达特区开发公司执行董事曹慧、赛轮集团总裁谢小红等中埃双方领导共同见证了这一重要时刻。

在奠基仪式上，谢小红发表致辞，宣布这一重大投资项目正式启动。他表示，赛轮埃及工厂的奠基，不仅是赛轮集团全球布局的重要里程碑，更是中埃合作走深走实的生动实践。他向两国政府、泰达合作区及所有合作伙伴致以衷心感谢。

谢小红强调，埃及工厂将显著提升赛轮在全球供应链效率和市场响应能力，更好地满足非洲、中东及欧洲市场需求。同时，该项目不仅将扩大埃及本土轮胎产能，还将带动产业链协同发展，创造大量就业机会，培养专业技术人才，推动先进制造理念与埃及本土产业深度融合。

最后，谢小红诚挚邀请各方伙伴到访中国，实地感受赛轮的创新实力与快速发展，并祝愿赛轮埃及项目顺利建设，早日投产，为埃及橡胶轮胎产业和汽车工业发展贡献“高质量、可持续、共繁荣”的赛轮力量。

曹慧在致辞中表示，赛轮选择埃及作为其全球战略布局的重要一环，是中埃产业合作的又一重要成果。该项目总投资达2.91亿美元，将建设成为年产360万条轮胎生产基地。项目达产后，预计实现年销售收入约1.9亿美元，直接创造就业岗位近千个，带动上下游配套产值超过5亿美元。致辞最后，他表示，相信在中埃双方共同努力下，赛轮埃及项目必将成为中埃经贸合作的又一标志性项目，为两国经贸合作与地区经济发展作出新的贡献。

随着奠基仪式的圆满完成，赛轮埃及项目正式进入建设阶段。未来，赛轮集团将继续秉持合作共赢的理念，与全球伙伴携手共进，将埃及工厂打造成为中埃友谊与共赢合作的新标杆，为世界轮胎行业的高质量发展持续贡献“赛轮力量”。

摘编自“中国轮胎商务网”

(R-03)

