

胶粘剂在新能源动力及储能电池 PACK 中的应用现状与发展趋势

冷杰

东莞市腾威电子材料技术有限公司, 广东 东莞 523000

DOI:10.61369/ME.2025110018

摘要 : 本文围绕新能源动力及储能电池 PACK 领域的胶粘剂展开, 介绍其在导热、结构支撑、密封防护等方面的核心功能及主流类型, 阐述其在动力、储能电池应用中的关键作用, 分析自动化涂胶工艺、材料兼容性等现存挑战, 并探讨结构 – 导热一体化、智能响应型等发展趋势与技术升级方向。

关键词 : 新能源电池 PACK; 胶粘剂; 发展趋势

Application Status and Development Trend of Adhesives in New Energy Power and Energy Storage Battery Pack

Leng Jie

Dongguan TENGWEI Electronic Material Technology Co., Ltd., Dongguan, Guangdong 523000

Abstract : This paper focuses on the adhesive in the field of new energy power and energy storage battery pack, introduces its core functions and mainstream types in the fields of thermal conductivity, structural support, sealing protection, etc., expounds its key role in the application of power and energy storage battery, analyzes the existing challenges such as automatic adhesive coating process and material compatibility, and discusses the development trend and technology upgrading direction such as the integration of structure and thermal conductivity and intelligent response.

Keywords : new energy battery PACK; adhesives; development trend

引言

随着《新能源汽车产业发展规划 (2021 – 2035年)》的颁布, 新能源动力及储能电池 PACK 行业迎来蓬勃发展。胶粘剂作为其中关键材料, 在导热、结构支撑、密封防护等方面发挥核心功能。然而, 目前其在自动化涂胶工艺、材料兼容性、热失控阻断、循环老化性能等方面存在诸多挑战。在此背景下, 结构 – 导热一体化、智能响应型胶粘体系、低碳固化工艺、可回收材料研发等成为重要发展方向, 以满足新能源电池对高性能、绿色环保等需求, 推动行业高质量发展。

一、新能源电池 PACK 胶粘剂基本特性与应用要求

(一) 胶粘剂在电池 PACK 中的核心功能

在新能源电池 PACK 中, 胶粘剂具有多种核心功能。导热方面, 良好的导热性能可使电池模组内热量均匀分布, 降低热阻, 确保电池在充放电过程中温度稳定, 减少因局部过热导致的性能衰退与安全隐患^[1]。从结构支撑来看, 胶粘剂需具备足够的强度与韧性, 牢固连接电池组件, 承受振动、冲击等外力, 保障电池模组结构的稳定性, 防止组件松动影响电池性能。密封防护上, 胶粘剂要能有效隔绝外界水分、氧气等, 避免电池内部材料发生氧化、腐蚀等反应, 延长电池使用寿命。胶粘剂各项核心功能协同作用, 对电池的安全、性能与寿命影响显著, 其性能优劣直接关乎新能源电池 PACK 的整体质量与可靠性。

(二) 主流胶粘剂类型及其技术参数

在新能源动力及储能电池 PACK 领域, 聚氨酯胶、环氧胶、有机硅胶是主流胶粘剂类型。聚氨酯胶热稳定性较好, 能适应一定温度范围变化, 其黏度范围适中, 有利于涂布操作。固化特性方面, 可室温固化, 也能通过加热加速固化, 能满足不同生产节奏需求。环氧胶热稳定性优异, 可承受较高温度, 黏度范围较宽, 便于不同工艺选择。固化后形成的胶层硬度高、强度大, 但其固化过程一般需要加热, 对设备和工艺要求相对较高^[2]。有机硅胶热稳定性良好, 能在高低温环境下保持性能稳定, 黏度低, 流动性佳, 易于填充复杂缝隙。固化特性通常为室温硫化, 操作便捷, 且具有良好的耐候性与电绝缘性。这些主流胶粘剂凭借各自不同的技术参数, 在电池 PACK 中发挥着不同作用。

二、动力及储能电池PACK的胶粘剂应用现状

(一) 新能源动力电池模组集成应用

在新能源动力电池模组集成应用方面,胶粘剂起着关键作用。电芯之间的连接,需胶粘剂确保可靠的电气与机械连接,像常用的导热结构胶,不仅能传导电芯工作产生的热量,维持电池组温度均匀,提高电池性能与寿命,还能提供足够的结构强度,稳固电芯位置^[3]。模组与电池箱体的固定,胶粘剂可缓冲振动与冲击,防止模组位移或损坏。此外,模组间的密封也离不开胶粘剂,它能阻止灰尘、水汽等侵入,保障电池模组在复杂环境下稳定运行。当前,随着新能源汽车对电池性能、安全性要求不断提升,对用于动力电池模组集成的胶粘剂的导热性、粘接强度、耐候性等性能指标也提出了更高标准。

(二) 储能电池系统封装技术应用

在储能电池系统封装中,胶粘剂扮演着关键角色。针对储能集装箱电池系统在抗震缓冲、长期耐候等特殊环境需求,胶粘剂选型标准极为重要。抗震缓冲方面,需选用具备高弹性、良好韧性的胶粘剂,以吸收震动能量,保护电池组件不受损害^[4]。例如某品牌储能集装箱电池,采用了一种特殊配方的聚氨酯胶粘剂,其能在一定频率和振幅的震动环境下,始终保持电池间的稳定连接。在长期耐候上,要求胶粘剂具备优异的耐紫外线、耐高低温性能。像在户外运行的储能电池系统,选用有机硅胶粘剂能有效抵御紫外线照射和温度剧烈变化,确保电池系统长时间稳定运行,这一选型在诸多大型储能电站的集装箱电池系统中得到广泛应用,为电池的稳定运行提供了可靠保障。

三、胶粘剂应用现存技术挑战分析

(一) 工艺适配性难题

1. 自动化涂胶工艺缺陷

在新能源动力及储能电池PACK的自动化涂胶工艺中,存在诸多缺陷。一方面,点胶精度难以精准控制。电池PACK结构复杂、零部件众多,对涂胶位置和胶量要求极高。而自动化设备在面对微小缝隙、复杂形状涂胶任务时,易出现胶量不均匀、位置偏差等问题,影响胶粘剂与电池组件的结合效果,进而降低电池性能与可靠性^[5]。另一方面,固化速度匹配不佳。自动化生产节奏快,要求胶粘剂固化速度能与之适配。但实际上,常因涂胶环境、胶粘剂特性等因素,导致固化速度不稳定。过快固化可能造成胶粘剂未充分流平就已定型,影响粘结强度;过慢则会拖慢生产效率,无法满足大规模自动化生产需求。

2. 材料兼容性风险

在新能源动力及储能电池PACK中,胶粘剂与不同壳体材质的材料兼容性风险不容小觑。铝材具有良好的导电性、导热性且相对轻便,是常用的壳体材质之一,但胶粘剂与铝材界面结合时,由于铝材表面易形成氧化膜,可能导致粘结力不稳定,长期使用过程中,在温度、湿度等环境因素作用下,界面处可能出现剥离,影响电池PACK的结构稳定性^[6]。复合材料因其优异的综

合性能也常被用于壳体,然而复合材料成分复杂,胶粘剂与之匹配时,可能出现化学不相容,导致胶粘剂无法充分浸润复合材料表面,进而影响粘结效果,降低电池PACK的防护性能与整体可靠性,严重时甚至影响电池的正常运行。

(二) 全生命周期性能保障

1. 热失控传播阻断效能

在新能源动力及储能电池PACK中,胶粘剂热失控传播阻断效能是关键挑战。电池热失控一旦发生,会以极快速度传播,引发严重安全事故,因此要求胶粘剂能在热失控情况下有效阻断传播。不同胶粘剂体系在电池热扩散抑制方面的耐火极限与失效模式各异,耐火极限较低的胶粘剂难以在热失控高温环境下长时间维持性能,短时间内就可能失效,无法有效阻挡热传播。而失效模式若为快速软化、分解等,也会使热失控阻断机制瞬间瓦解^[7]。此外,电池工作环境复杂,胶粘剂在高低温、振动等条件下性能变化也会影响热失控传播阻断效能,必须确保胶粘剂在全生命周期内,无论处于何种工况,都能可靠地发挥热失控传播阻断作用,保障电池PACK安全稳定运行。

2. 循环老化性能衰减

在新能源动力及储能电池PACK中,胶粘剂循环老化性能衰减是一大关键挑战。电池在实际使用中,会经历不同环境条件下的循环变化,如湿热循环、振动冲击等多因素耦合作用。在此过程中,胶层性能逐渐退化,其粘结强度、柔韧性等关键指标下降,影响电池PACK结构稳定性与可靠性^[8]。目前缺乏能精准反映多因素耦合下胶层性能退化规律的模型,难以对胶粘剂在复杂工况下长期性能进行有效预测。同时,与之匹配的测试方法也不完善,无法全面模拟实际工况,导致难以准确评估胶粘剂循环老化后的性能衰减程度。因此,建立湿热循环、振动冲击等多因素耦合下胶层性能退化模型及测试方法,对保障胶粘剂全生命周期性能至关重要。

四、胶粘剂技术创新发展趋势

(一) 功能复合化技术方向

1. 结构-导热一体化胶粘剂

在新能源动力及储能电池PACK领域,结构-导热一体化胶粘剂展现出重要发展趋势。随着电池功率密度不断提升,对胶粘剂在实现可靠结构粘接的同时具备高效导热性能提出了迫切需求。这种一体化胶粘剂能够有效解决电池模组因产热而可能引发的性能衰减与安全隐患等问题^[9]。它通过特殊的配方设计与制备工艺,将结构粘接功能与导热功能高度融合。例如,在材料体系中精准调控有机聚合物基体与导热填料的比例和分布,使胶粘剂在确保良好的力学性能以稳固电池组件结构的同时,构建高效的热传导通道,实现热量的快速导出与均匀分布,从而大幅提升电池PACK的整体性能与可靠性,满足新能源产业对高性能胶粘剂的需求。

2. 智能响应型胶粘体系

智能响应型胶粘体系是胶粘剂技术创新发展中功能复合化的

重要方向。随着新能源动力及储能电池PACK技术的发展,对胶粘剂提出了更高要求,智能响应型胶粘体系应运而生。这类胶粘体系能对外界环境如温度、湿度、压力等刺激做出响应,展现出独特性能。例如温敏固化胶粘剂,在特定温度范围内,可迅速固化,提升电池组装效率,且无需额外复杂固化工艺,有效降低成本^[10]。自修复型胶粘剂则可在电池内部因振动、热胀冷缩等产生微裂纹时,自主修复,保障电池密封性能与结构完整性,延长电池使用寿命。智能响应型胶粘体系的研发与应用,将为新能源动力及储能电池PACK的可靠性与稳定性提供坚实保障。

(二) 绿色制造技术升级

1. 低碳固化工艺革新

在胶粘剂应用于新能源动力及储能电池PACK的领域,低碳固化工艺革新至关重要。紫外光固化工艺通过提升光引发剂的活性与稳定性,实现更高效的固化。新型光引发剂能在更宽的光谱范围吸收能量,降低对特定光源的依赖,减少能耗同时提升固化速度与质量。湿气固化工艺则聚焦于改进固化机理,优化预聚体结构,增强其与水分子的反应活性。比如,研发含有特殊官能团的预聚体,使湿气固化在更短时间、更宽泛湿度条件下完成,既减少能量消耗,又适应不同生产环境,满足新能源电池生产对胶粘剂快速、高效、低碳固化的需求,推动绿色制造技术升级。

2. 可回收材料研发

在新能源动力及储能电池PACK领域,可回收材料研发是胶粘剂绿色制造技术升级的关键方向。探索基于动态共价键的可拆卸胶粘剂开发对电池梯次利用意义重大。这类胶粘剂具备独特的化学特性,在一定条件下,其动态共价键能发生可逆变化,实现胶粘剂的可拆卸功能。当电池达到初次使用寿命后,可拆卸胶粘剂能够使电池组件分离更为便捷,极大降低拆解过程中的损坏风险,助力电池关键材料的高效回收与再利用。通过这种方式,不仅能有效减少废弃物对环境的潜在污染,还能大幅提升资源利用率,降低新能源产业对原始资源的依赖程度,有力推动新能源动力及储能电池PACK行业朝着绿色、可持续的方向发展。

(三) 应用场景扩展趋势

1. 固态电池集成适配需求

随着固态电池在新能源领域的快速发展,其集成适配对胶粘剂提出了全新需求。固态电解质电池因其特殊的电解质体系,要

求胶粘剂具备极佳的界面浸润性,以确保电池内部各组件间的紧密连接与高效能量传输。胶粘剂需能在固态电解质与电极、隔膜等材料表面充分铺展,形成稳定且低电阻的界面,减少界面阻抗,提升电池整体性能。同时,固态电池工作时会经历不同温度变化,胶粘剂要在较宽温度范围内保持良好的粘附性能与物理稳定性,防止因热胀冷缩导致组件分离。此外,考虑到固态电池的高能量密度与安全性能要求,胶粘剂还需具备优异的阻燃、绝缘等特性,满足固态电池集成过程中的多样化适配需求,助力其稳定、高效运行。

2. 液冷系统耦合应用

在新能源动力及储能电池PACK中,胶粘剂在液冷系统耦合应用方面呈现显著的扩展趋势。液冷系统对于电池热管理至关重要,胶粘剂在此领域的应用不断拓展。一方面,在冷板与电池模组的连接中,胶粘剂需具备高导热性,以高效传递热量,同时要有良好的结构稳定性,确保在复杂工况下连接牢固。例如,能够承受温度变化和机械振动,保障电池模组稳定运行。另一方面,在液冷管路的固定与密封上,胶粘剂要具备可靠的密封性能,防止冷却液泄漏,还要与不同材质的管路和电池箱体良好相容,适应长期的使用环境。这种耦合应用不仅提升了液冷系统的性能和可靠性,也为胶粘剂在新能源电池PACK领域开辟了更广阔的发展空间。

五、总结

胶粘剂在新能源动力及储能电池PACK领域已取得显著进展。从材料研发初始,不断探索新型高性能胶粘剂,到应用技术逐渐成熟,其在电池PACK中的作用愈发关键。目前,虽已广泛应用,但仍面临诸多挑战。未来,突破界面稳定性提升技术至关重要,电池在复杂环境下工作,需确保胶粘剂与电池各组件界面稳固,避免因环境变化导致性能下降。同时,智能监测集成技术也亟待发展,以便实时掌握胶粘剂状态,保障电池安全稳定运行。构建覆盖电池全生命周期的胶粘解决方案体系,将胶粘剂应用与电池整个寿命阶段紧密结合,从生产、使用到回收,提供全方位、一体化解决方案,推动新能源动力及储能电池PACK行业高质量发展。

参考文献

- [1] 冯劲松.退役动力电池在储能系统应用中的上位机系统设计 [D].南昌大学,2022.
- [2] 王誉博.促进新能源消纳的混合电池储能配置与调度方法 [D].武汉大学,2021.
- [3] 刘俊生.锂电池负极用核-壳乳液型胶粘剂的合成及性能研究 [D].哈尔滨工业大学,2021.
- [4] 李睿.基于CFD的动力电池pack热仿真分析与研究 [D].沈阳理工大学,2023.
- [5] 冯雪.新能源发电锂电池储能系统建模与仿真研究 [D].中国石油大学(北京),2022.
- [6] 陈治庆,游怡.新能源汽车动力电池应用现状及发展趋势 [J].时代汽车,2021(9):107-108,111.
- [7] 孙建.浅谈新能源汽车动力电池应用现状与发展趋势 [J].汽车实用技术,2020(17):11-13.
- [8] 李锐.新能源汽车动力电池应用现状及发展趋势探析 [J].内燃机与配件,2024(12):132-134.
- [9] 赵新星.新能源储能系统与储能电池的应用研究 [J].通讯世界,2023,30(8):130-132.
- [10] 孔峰超,郝晓明,陈燕龙,等.新能源储能系统中的储能电池研究 [J].光源与照明,2021(6):37-38.