

共同为创新注入动力

动力电池电芯的 电气绝缘： 高强度蓝膜与UV涂层 的技术对比



简述

到2035年，全球每两辆售出的汽车中就有一辆是电动汽车¹。随着汽车制造商争夺这个激增的市场份额，[如何提高电动汽车的性能](#)越来越受到关注。

电动汽车性能的核心是动力电池。一个动力电池由多个电池模组组成。多个单独的电芯集成在一个模组中，用于提供必要的物理、电气和热保护。

趋势分析认为，整体需求将朝着大型方形电池的方向发展。根据现有情况，到2030年，超过50%的电池将是平板电池。为了在提升电池效率的同时又能保障安全性，高强度蓝膜或UV涂层是两种不同的解决方案，尤其适用于方形电池。

本白皮书中介绍的技术成果是与弗劳恩霍夫电池生产研究所 (FFB) 合作编写的。

¹<https://www.goldmansachs.com/insights/pages/electric-vehicles-are-forecast-to-be-half-of-global-car-sales-by-2035.html>





与时俱进

动力电池制造中重要的一环，是**电芯绝缘在方形电池中的应用**。电芯绝缘在圆柱电池中只适合特殊的应用场景，例如应用于800V以上高压的电绝缘与空气阻隔。

目前，CTM (Cell to Module) 的固定方法依赖于金属端板和侧板来保持模块结构。CTM设计保障了电池包结构集成的完整性。使用压敏胶粘剂 (PSA) 包裹电芯，提供电气绝缘性能，使电池能够安全稳定地运行，并防止发生介电击穿。CTP (Cell to Pack) 和 CTC (Cell to Chassis) 的电池设计 (也称为结构电池包)，将电芯作为结构的一部分，减少了金属部件的数量。就目前的压敏胶粘剂技术，即使在最理想的条件下，也无法保持这种结构的完整性。

现有粘合剂的性能

更大尺寸的电芯、CTP、CTC设计，需要比目前更强力的胶粘剂解决方案来进行电芯包裹。为应对CTP和CTC设计的结构粘接需求，电芯包裹胶带需要具备更高的粘接强度。任何性能缺失都可能导致短路，引发火灾甚至爆炸。因此，当工程师们努力在现有基础上进行创新时，安全是首要考虑因素。

目前用于动力电池生产的胶带性能无法满足结构性粘接的要求。例如，热敏胶带为了达到适当的粘附力，除了要求对基材施加一定压力外，还需要升温到120°C进行固化。

这些过程并不适合用于无模组的CTP设计。电池内的电解液在60°C以上会蒸发，导致失效。

不仅如此，CTP意味着在电动汽车性能提高时需要确保在潜在更高的力和应力下的粘附性能。为了满足这些要求，正在进行对替代绝缘技术的深入研究。其中，UV涂层和高强度蓝膜是两种备受关注的技术。

UV涂层

UV涂层是一种用于电芯绝缘的工艺，通过在电芯外壳表面涂覆特殊的涂层，然后使用紫外线光进行固化。这种清漆通常由单体和光引发剂组成。当它与紫外线光接触时，会发生反应产生自由基，从而引发链式反应，使单体发生交联。

UV涂层工艺的固化时间仅需几秒钟，无需升高温度。它还可以是无溶剂的方法，使这种涂层方法更加环保。

这种涂层形成了一个防护层，抵御腐蚀、潮湿和其他可能影响电池性能的环境因素。但它主要作用还是对电芯的电绝缘作用，以防止模组和电池包处于高电压状态。

然而，这个过程也存在一些缺点。比如在电芯边缘位置的喷涂是很困难的。尤其是在电芯上进行均匀厚度的UV涂层是很挑战的。目前的处理方式是进行多达三次的涂覆，来获得较好的厚度分布，但这种方法可能导致涂层不均匀，从而对电池的性能产生不利影响。此外，如果固化不完全，电池容易受到损伤。

总的来说，UV涂层工艺具有以下优势：

室温固化

在室温下，所涂的清漆在几秒钟内在UV光的作用下干燥固化

产品再利用

施工中的多余喷胶可回收利用

工艺灵活

使用清漆进行涂覆可以不受电池尺寸限制

无溶剂

无挥发性有机化合物(VOC)，对环境友好

工艺稳定

由于移动部件较少，该工艺具有更高的稳健性

高强度蓝膜

用**高强度蓝膜**包裹电芯是实现电绝缘的另一种方式。这种蓝膜由一层PET薄膜和一层UV固化树脂胶粘剂组成。为了保护胶粘面，会覆一层有硅涂层的离型纸，使用前需要将其移除。

高强度蓝膜可以在贴合到电芯外壳之前或者之后，通过UV光激活固化。与其他胶带不同，这种薄膜形成结构性粘合，并且只需要较低的温度，约为20°C，对电池更加温和。

用高强度蓝膜包裹电芯，可以提供结构性粘接和可靠的电气绝缘性能。确保动力电池中的关键组件能够抵御介电击穿，并满足当前大尺寸电池设计的趋势。此外，高强度蓝膜具有高稳定性和电阻性。生产过程可以实现较高的可重工性，从而降低总废品率，对制造过程有积极影响。

不仅如此，高强度蓝膜在经过详尽的测试验证后，被证明还具有其他几个优势：

室温固化

与其他需要高达80°C以上的温度才能实现应用的胶粘剂不同，高强度蓝膜可以在20°C室温下激活

耐热、耐潮湿

高强度蓝膜在极端条件下进行了验证-在85°C和85%相对湿度的环境中进行超1000小时的验证测试

高动态剪切力

高强度蓝膜在动态剪切测试中表现出色，具有很高的内聚力和粘接力

贴合灵活

可以在贴合之前或之后对蓝膜进行UV激活，为生产线提供了贴合应用的灵活选择

高弹性

在保护电池免受冲击的同时，应对由温度或其他条件引起的膨胀和其他变形问题，也是关键因素

对比

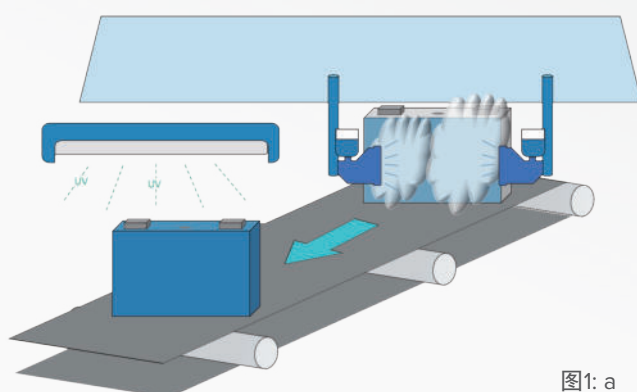


图1: a

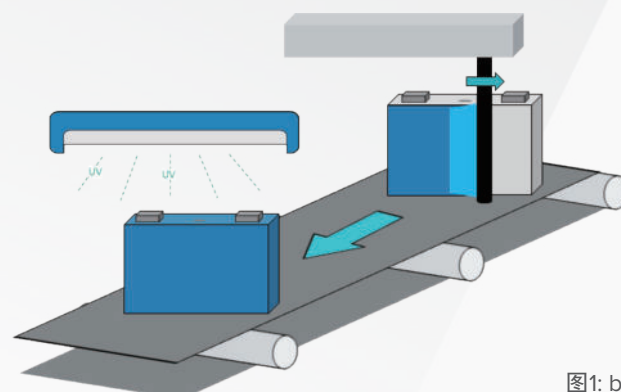


图1: b

图1: a) UV涂层示意图；b) 高强度蓝膜示意图
由Fraunhofer FFB绘制，tesa进行了校对

对比这两种技术，可以得出以下结论：

特性	高强度蓝膜	UV涂层
投资成本	较低-因为无需预处理，只需要一个干燥步骤	较高-需要完整的生产线：喷涂设备、涂层供应与混合、多个UV固化点以及控制技术
原料成本	较高	较低
原料消耗/成本	更高效-只需要一个UV固化点，且包裹过程所需能量较低	更高-这是由于需要复杂的机械设置、多个工艺步骤和电子程序，加上2-3个UV固化点所导致的。需要更多空间，并且能源消耗更高
扩展性	具备扩展性	具备扩展性-但需更高的投资成本，增加额外的预处理和干燥步骤
过程复杂性	低-从胶带解卷到UV激活，只需进行一到两个包裹步骤	高-需要持续混合UV涂层，进行三个涂覆步骤、三个固化步骤以及一个载体清洁步骤。在出现问题时还需要专业人员协助处理
工艺灵活性	较低-胶带包裹对于不同的电池设计灵活性较低	较高-涂覆对于不同的电池设计具有更高的灵活性

特性	高强度蓝膜	UV涂层
可靠性	高-超过95%	较低-低于90%，因为非涂层部件受到灰尘和颗粒的影响会绝缘失效。
系统解决方案选项	系统可与PSA电芯包裹胶带结合使用，具有交叉成本优势。绝缘胶带可与定制的粘接固定胶带结合使用。	
电芯类型	方形&圆柱形	方形&圆柱形
电芯预处理	不需要，等离子清洗即可	需等离子清洗和激光焊接处理
重工/回收	短时间内，可以徒手或使用机器除去胶带， 无残胶 ，具重工性，也可以用激光除胶	用激光 去除涂层 会损耗若干微米厚的铝壳
弹性	高-100%延展率可适用于凸凹的电芯外壳形状	有限-由于电芯外壳的凹凸和厚度，难以均匀地喷涂UV涂层
耐磨性(运输过程)	产品设计PET基材+胶粘剂设计的耐磨损和防划伤 性能优异	划伤和磨损 风险高 (可能导致绝缘性能降低或完全失效)，特别是在运输和组装过程中。
耐湿热	高(在85°C和85%相对湿度下测试超过1000小时)	弱-弹性有限，开裂风险较高
防化学腐蚀	高	高

高强度蓝膜的应用相较于UV涂层应用更高效、更有效：

- 单次高强度蓝膜包裹与三次UV喷涂相比，节约时间和资源
- 胶带可以设计成不同颜色进行防呆区分，以确保正确应用
- 胶带可以徒手或使用机器除去，无残胶，而去除UV涂层需要使用激光，会损耗几微米的铝板
- 用高强度蓝膜包裹电池后可以直接使用，提高生产效率。UV涂层在完全固化之前容易被划伤，降低了生产效率

生产线只需做微小的改变，甚至能帮助提高效率

- 所需的空間小于标准的电芯包裹产线
- 不需要处理溶剂或烟雾，因此不需要在HVAC/保护设备上花费额外费用
- 只需要一个UV固化设备，当不使用时，设备可以保留在产线上
- 固化设备100%适用于项目需要
- 该过程洁净且简单，只需简单维护

工艺过程

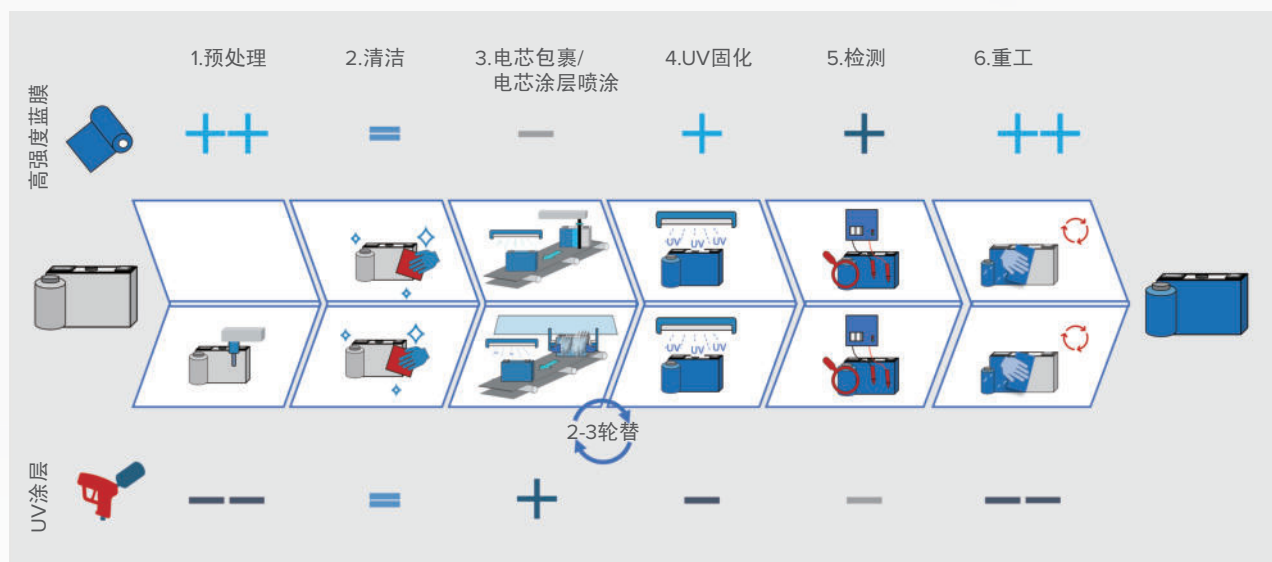


图2: 流程概述，包括对各个流程步骤的两两比较

总结

复杂的产品需求和行业限制，要求找到同等创新性的解决方案。性能和效率是未来**动力电池设计**的关键驱动力。通过高强度蓝膜，我们可以帮助同时实现这两样需求。

我们可以评估客户的应用过程，并共同寻找合适的胶带和自动化解决方案。

此外，在与合作伙伴共同开发创新产品的重要性方面，我们的产品能够为之增色。

动力电池设计师需要有自由度，去创造既能轻量化又能保持性能的产品。高强度蓝膜，可以帮助他们实现这一目标。

Jan-Darius Plöpst | Miha Podbreznik | Marcel Diehl | Marius Böhmer

联系德莎胶带的应用专家，
了解德莎胶带能为您的项目
提供怎样的解决方案



未来趋势

动力电池的设计师都在寻找一种解决方案，通过去除金属结构来减轻重量，从而在一定程度上提高性能。CTC正成为备选方案之一，但目前可行的解决方案是CTP。

采用CTP模式设计动力电池意味着能够减少使用侧板等支撑部件。在电池模组中节省的体积可用于增加电芯数量，从而增加电池里程，或者降低电池模组的整体重量。利用CTP技术可以提高电池模组的效率，来改善电动汽车的性能。

为了让CTP设计成为可能，必须实现高强度的结构性粘接。

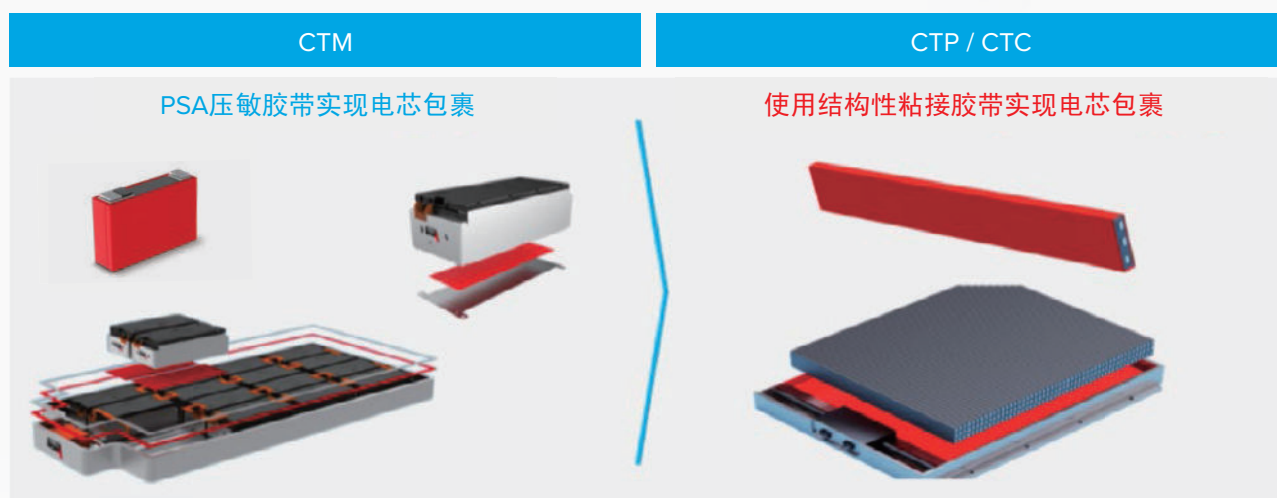


图3: CTM和CTP技术对比