

碳化硅为什么是充电桩的最优选？

一辆纯电动车 (BEV) 充满电需要多久？如果借助家用交流电源的话，恐怕怎么也得花上一整个晚上。为解决充电时间问题，三级「快速」直流充电技术应运而生，有望将充电时间从数小时减少至数分钟。本文中，我们将探讨转换效率与高速电源转换之间的关系，并揭示新型宽禁带技术非常适合此类工作的理由。

纯电动车正越来越流行，而随着潜在用户对它们的了解愈发深入，纯电动车极有可能迎来更快速的发展。据美国能源信息署 (EIA) 预测，从 2018 年到 2050 年，续航里程达到 160.9km、321.8km 和 482.8km 级别的纯电动乘用车将实现 29% 的增长。得益于美国联邦和各州为刺激纯电动车需求而颁布的法案和激励措施，越来越多的消费者愿意在购买新车时将纯电动车列入候选名单。不论消费者此举是出于「保护地球环境」的「政治需求」，还是经过详细、明智的考察之后做出的认真决策，续航里程一定会是选择过程中绕不过去的话题，一些思虑更多的消费者可能会进一步考虑充满电所需要的时间。

在绝大多数车主看来，纯电动车充电就好比燃油车加油，后者花费的时间显然不会超过 10 到 15 分钟。然而，对于纯电动车，现实却很骨感，大多数纯电动车都采用车载交流充电方案，必须花上整整一个晚上或者至少好几个小时才能充满电 (表 1)。目前，美国全国范围内部署的纯电动车充电桩大都是一级充电桩 (通常采用家用交流电) 或二级充电桩 (接入三相交流电的停车场和零售场所)。

下述充电级别是由美国汽车工程师协会 (SAE) 定义的，该协会的 J1772 标准规定了一级和二级充电桩的插头和插座布局方式。对于二级和三级充电桩，SAE 规定了一种组合的插头和插座制式。

kW	充满电的时间	速度	描述	等级
250	5-7 分钟	超快	超高直流非车载充电。相当于加油站加油。	4级
44	25-35分钟	快	直流非车载充电	3级
22	3小时	中等	3相交流充电。车载充电	2级
11	10小时	慢	单相交流充电。车载充电	1级

表 1：纯电动车充电桩的类型，表中列出了各种充电级别以及对应的充电时间和功率需求

正如表 1 所示，如果纯电动车要解锁如同燃油车一般的「快速回血」技能，就必须借助四级充电桩和支持直流充电的车辆。实现四级充电需要极高的功率，并且其设计重点不再是车载交-直流充电桩，而是大功率、高效率的直流充电桩。

如今，四级充电桩虽然在技术上可行，但它对当地电网的要求极高，因此在综合考虑充电时间、成本和电网承载能力三者平衡的情况下，三级充电桩成为了一种颇有前途的解决方案。

三级充电桩也称为「快充」充电桩，最大可提供 500A 电流，需采用高效三相电源转换拓扑，这种拓扑通常使用带直流-直流转换器、基于 Vienna 整流器的功率因数校正 (PFC) 方法 (如下图 1)。这种交流-直流转换方法充分利用了电网三相电源中三个互不相同的电平，能够以高效率、

高密度、低物料消耗的方式实现所需输出功率。

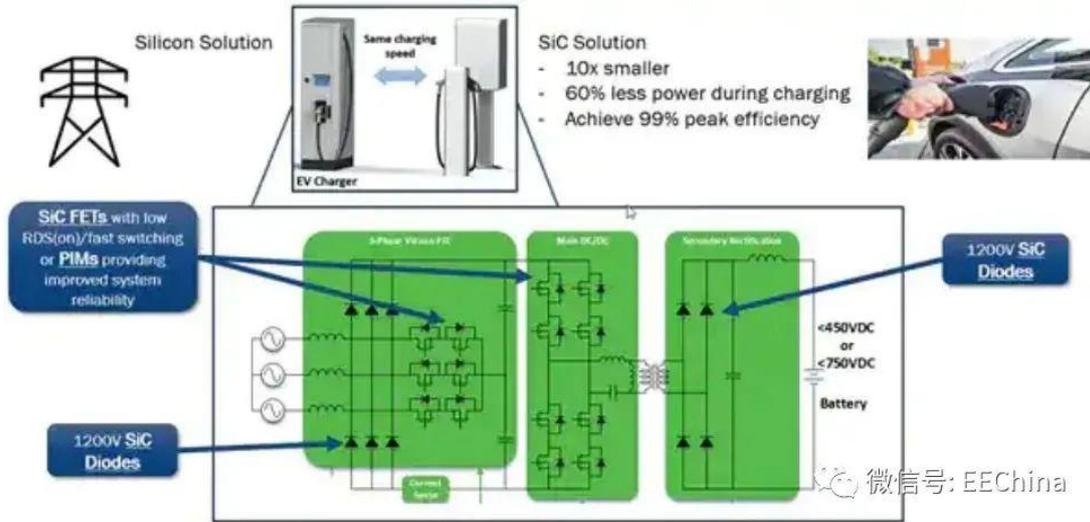
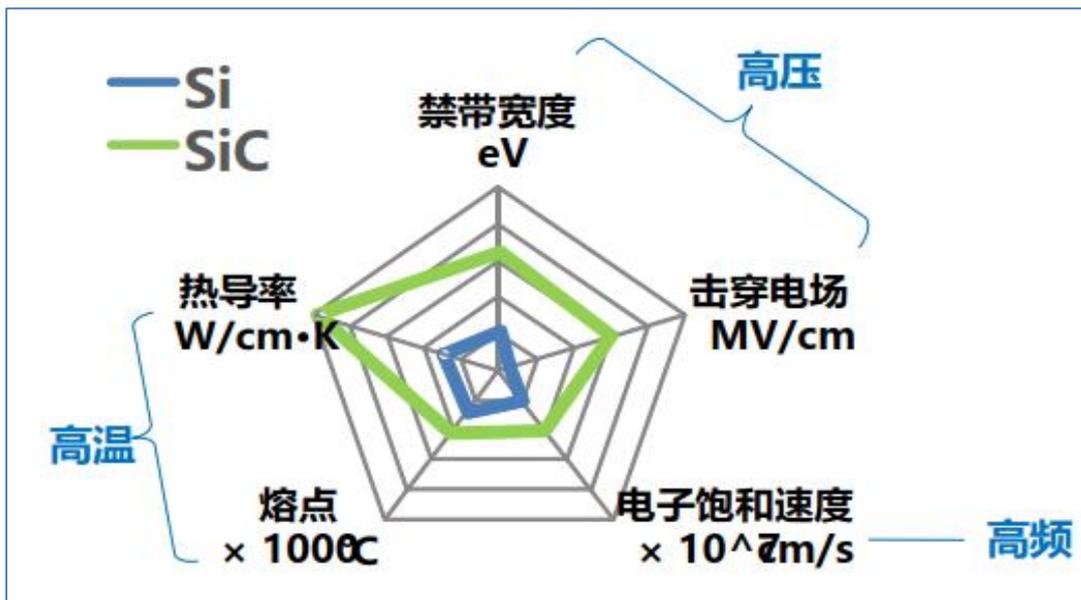


图 1: 采用 Vienna PFC 转换器拓扑的纯电动车三级充电桩

采用 Vienna 拓扑有着诸多优势，但也会带来不小的挑战，因为采用该拓扑需要实现大功率高频转换开关操作，此举还会产生开关损耗，加之转换损耗所产生的热量也需要得到处理。这些挑战以及充电设备的位置所带来的空间限制，驱使着电源设计工程师不断寻求超越当今硅基二极管和 MOSFET 特性的半导体制程技术。

与传统硅技术相比，宽禁带半导体制程技术，例如碳化硅 (SiC) 的开关速度更高，因而能够使用更小的电感器和电容器，从而降低物料成本，缩小所需的电路板空间 (如图 2)。碳化硅 MOSFET 的 $R_{DS(ON)}$ 较低，因而开关损耗也较低，通常比硅 MOSFET 低 100 倍。



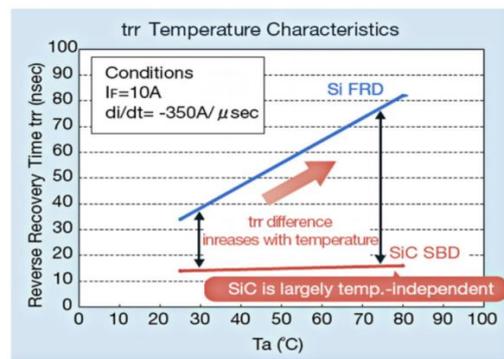
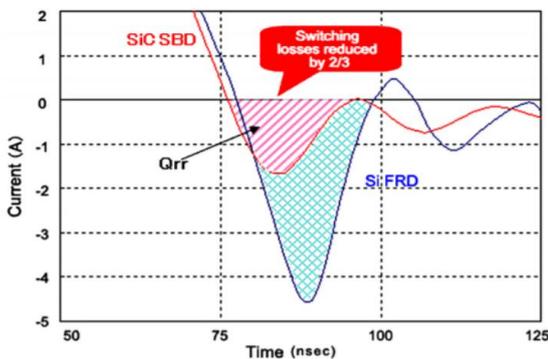
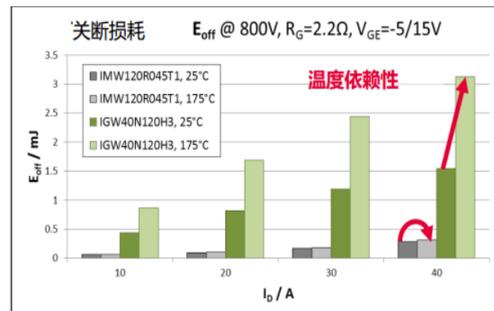
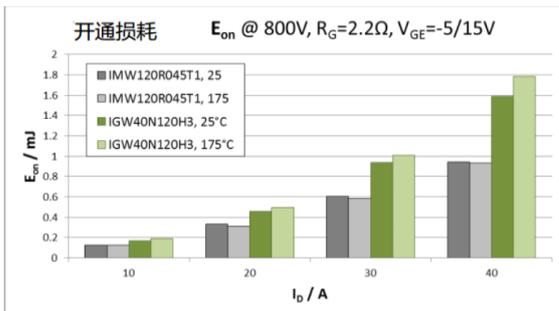
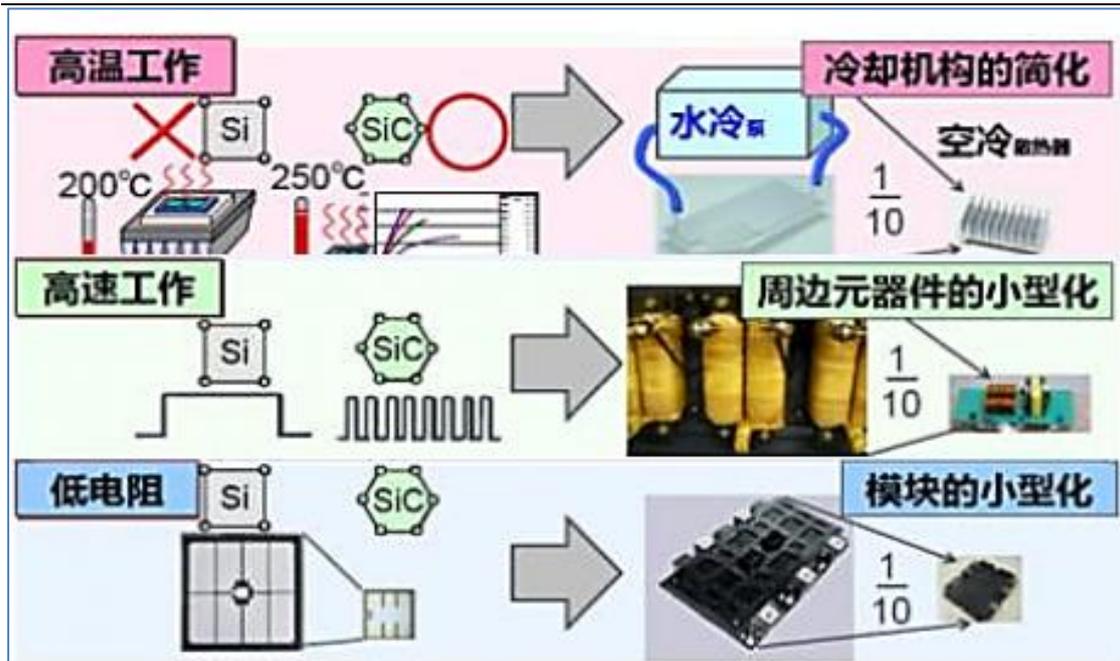


图 2: 比较碳化硅器件和传统硅器件的材料特性和应用优势

总体而言，由于碳化硅器件的导电禁带较宽，其击穿电压也较高，通常可达硅器件介电强度的 10 倍。碳化硅还能在更高的温度下维持导电性，从而使设备能够运行在更高温的环境中。

总之，将 SiC Diode 和 SiC MOSFET 用于三级充电桩可以带来诸多优势，让充电桩结构更紧凑、效率和性能更高。它不仅能够让充电桩的电路更加轻量化，更会降低整体的成本。