

## 一文看懂碳纤维在轨道交通领域应用



图片来源：六图网

相关数据显示到 2025 年，中国高铁里程将超过 3.8 万公里，且现役的高铁列车超过了 2500 辆。列车的节能性、环保性、舒适性、便利性已成为高铁列车未来的发展方向。而碳纤维因其优秀的性能越来越受到轨道车辆研制企业的关注及采用，发展潜力巨大。



图片来源：网络公开资料

碳纤维复合材料与传统轻量化材料相比，密度小，强度高，模量高，适合作为轨道交通的轻量化、环保材料。

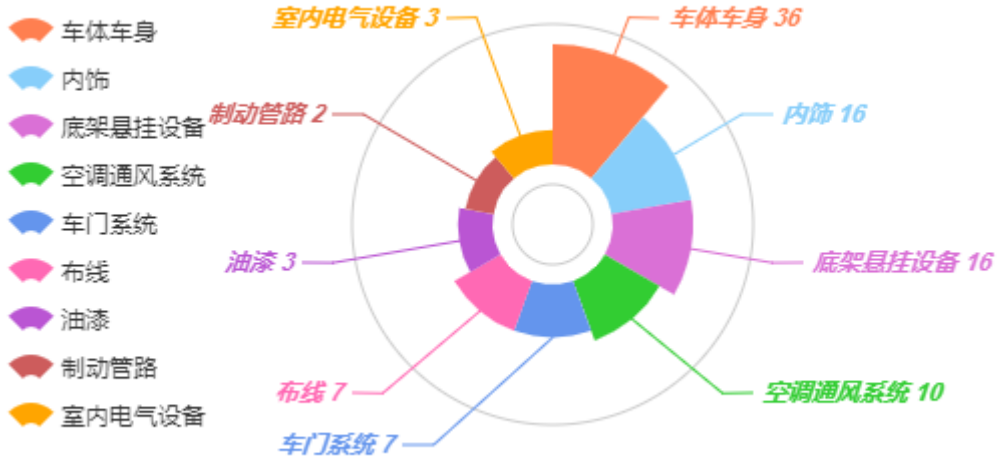
### 碳纤维复合材料与其他轻量化材料性能对比分析

材料	密度 /g·cm <sup>-3</sup>	拉伸强度 /MPa	比强度 /MPa·(g/cm <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>	拉伸模量 /GPa	比模量 /GPa·(g/cm <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>
Q345	7.8	490	63	206	26
SUS301	7.9	820	105	195	25
铝合金	2.8	420	151.1	72	25.9
CFRP	1.6	1760	1100	130	81
GFRP	2.0	1245	623	48	24.1
AFRP	1.4	1373	981	78.4	56

资料来源：《高速动车组碳纤维复合材料应用研究》

由于车载设备轻量化空间有限，碳纤维复合材料在轨道交通轻量化的应用主要集中在车身和内部装饰方面。

## 地铁车辆的重量分配占比(%)



地铁车辆重量分配比例

资料来源:《碳纤维增强复合材料在轨道车辆中的应用》

## 碳纤维复合材料在轨道交通领域应用优势

### 碳纤维复合材料在轨道交通应用领域优势

序号	优势	说明
1	耐腐蚀性、耐候性	对环境及气候不敏感,无需防腐措施,延长使用寿命、减少维护、维修、运营工作量
2	电性能优越	可有效阻止杂散电流下的电化学腐蚀,耐久性高
3	热稳定性好	导热系数只有钢铁的1/100-1/200,绝热性好
4	耐蠕变	可极好的达到材料的蠕变效果
5	消声效果好	更高的震动阻尼,消声效果明显,降低环境噪音
6	可设计性强	可通过调整材料配比来弥补产品生产或使用中出现的某一方面性能弱点
7	防火性能优异	复合材料防火等级高,满足轨道交通火灾等意外情况
8	高疲劳强度	能提高结构件的抗磨损能力,延长叶片的使用寿命
9	低缺口敏感度	对缺口的影响小,对扩展裂纹的敏感度低,安全性高
10	降低墙体厚度	合理的设计还能有效降低墙体厚度,增大了室内空间

资料来源:《碳纤维材料在轨道交通行业中应用浅析》

## 碳纤维复合材料在轨道交通领域应用难点分析

## 碳纤维复合材料在轨道交通领域应用难点

序号	难点	说明
1	原材料成本高	原材料占总成本的26%，碳纤维原料价格居高不下，碳纤维车体纤维成本约为铝合金车体的2.5倍左右
2	制造成本高	碳纤维产业链长，附加值高，复合材料制造成本高
3	CFRP大型车体研制关键技术	满足车辆的使用寿命（30年），承受最大垂直载荷的同时，应力不超过设计许用应力，满足在AWO载荷工况下挠度小于两转向架中心距离的1/1000mm，车门在所有载荷下能正常工作
4	结构材料选择与设计	进行复合材料构件设计时，结构设计、增强材料、树脂基体和界面处理四大要素必须同时达到最优
5	整体成型技术及工艺	大型的CFRP车体，可以采用模块化设计、模块化成型，再通过机械、粘接等方式将模块进行装配连接的技术路线
6	复合材料构件装配连接	碳纤维增强复合材料车体在研制过程中，必须合理考虑这些设备的安装和连接，以保证设备的运行安全
7	缺乏复合材料设计人员	一方面要加强复合材料设计人员的培养，另一方面还必须加强复合材料在轨道交通领域的应用研究

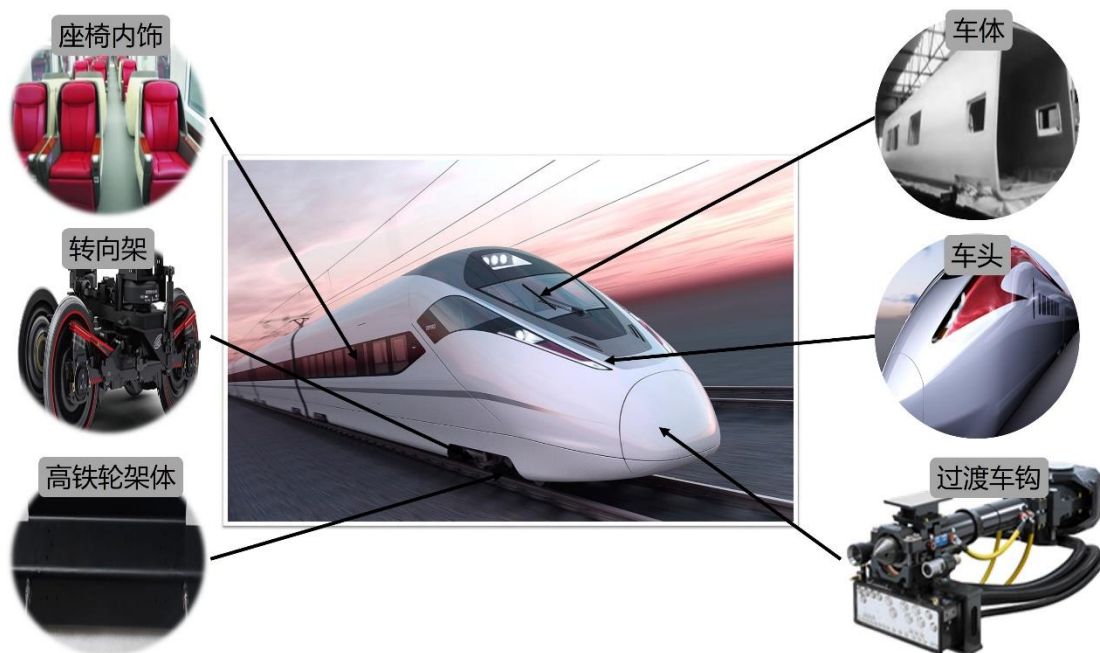
资料来源：《碳纤维增强复合材料在轨道车辆中的应用》

## 碳纤维复合材料在轨道交通具体应用

### 碳纤维复合材料在轨道交通具体应用实例

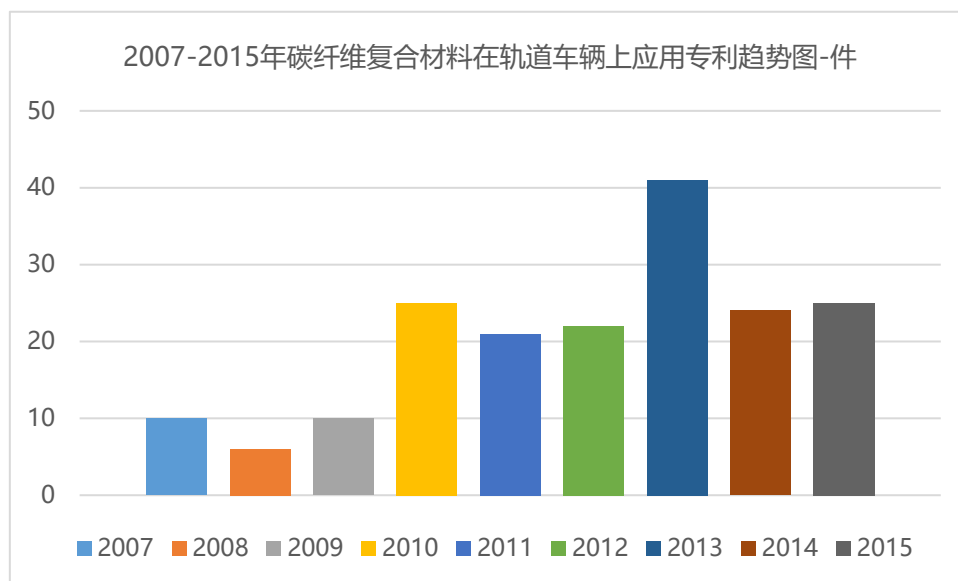
国别	车型/机构	应用部位	应用说明
瑞士	Schindler	车体	玻纤和碳纤维绕成的车体，车辆减重10%
法国	TGV客车	车体	采用碳纤、玻纤混合织物夹层结构，较铝合金减重25%
日本	N700	车体	采用碳纤维复合材料减重近10t，加速性能和极速性能分别调高了62.5%和8%。
韩国	TTX列车	车顶、侧墙和端墙	碳纤维夹层结构，较铝合金车身减重39%
日本	E4	司机室	采用CFRP复合材料，实现减重30%，并有效改善了变形问题，降低了噪声和震动
日本	日本铁路	转向架构架	CFRP层压材料叠层结构，横梁采用缠绕成型，自重0.3t，比普通钢制构架减轻 70%
日本	川崎重工	efWING转向架	采用碳纤维侧梁柔性构架，比传统金属侧梁减重约40%
日本	川崎重工	车头	CFRP材质，减重30%，降低了噪音及震动
日本	川崎重工	车鼻	CFRP材质，减重约30%，气密强度得到提高
韩国	铁路研究院	地铁转向架	CFRP材质，较钢制构架减重30%左右
英国	Intercity125	驾驶室端盖	FRP 整体成型，较传统钢结构减重 30%~35%
德国	Voith	过渡车钩	CFRP材质，结构紧凑，总质量仅23 kg，比钢铁过渡车钩减重达50%
英国	雷丁大学	转向架	CFRP材质，构架采用整体成型
中国	中车青岛四方	车头罩	CFRP材质，抗冲击性能和力学性能优良，阻燃性能S4级
中国	中车株洲所	智能轨道快运系统	司机室头罩为碳纤维构件
中国	中车青岛四方/恒神	设备舱裙板	相比铝合金减重≥30%，抗冲击性能优异，阻燃性能达到S3，SR2，ST2级（DIN5510-2），车体油漆划格达到1级水平
中国	中车青岛四方	设备舱	CFRP材质，使设备舱减重35%，可承受振动、地面效应及风沙冲击和高温、高湿、风雪侵蚀
中国	上海晋飞	座椅外包围	GFRP材质，局部碳纤维补强，重量减轻
		座椅部件	CFRP材质，模压成型，增加强度，减重35%
		设备舱	CFRP材质，较铝合金减重35%
		裙板、底板	碳纤维与芳纶纤维复合，采用蜂窝夹芯，增加了强度
		过渡板、轮架体，渡板支撑体	CFRP材质，较铝合金减重40%
		司机室操作台	CFRP材质，较铝合金减重40%，热压罐成型工艺制作
		梯子	CFRP材质，空心结构，减重约30%
中国	威盛	高铁轮架体	CFRP材质，强度高，重量仅800g，比钢材减重80%
中国	英特力	高铁车体外壳	CFRP材质，仅为传统车身重量的60%
中国	深圳地铁北延线	导流罩	CFRP材质

碳纤维复合材料的应用已逐步由车体内饰、车内设备等非常承载结构零件向车体、构架等承载构件发展，从裙板、导流罩等零部件向顶盖、司机室、整车车体等大型结构发展。



碳纤维复合材料在轨道交通领域应用分布

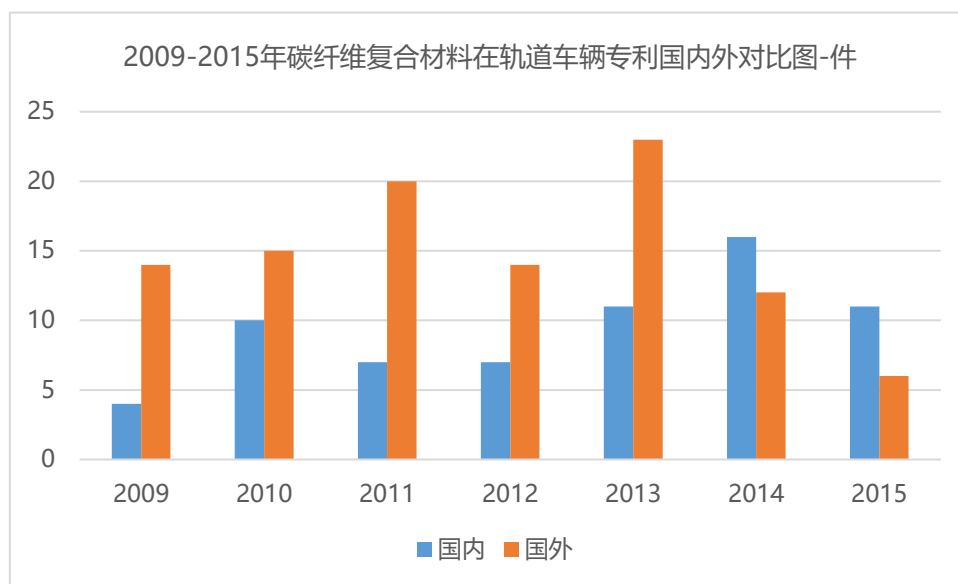
### 碳纤维复合材料在轨道交通应用领域专利分析



## 碳纤维复合材料在轨道交通领域应用专利情况

资料来源：《从专利分析角度看碳纤维复合材料在轨道车辆上的应用》

2009 年以后，专利的申请量明显增加，这归功于碳纤维复合材料在轨道交通领域的应用发展迅速。

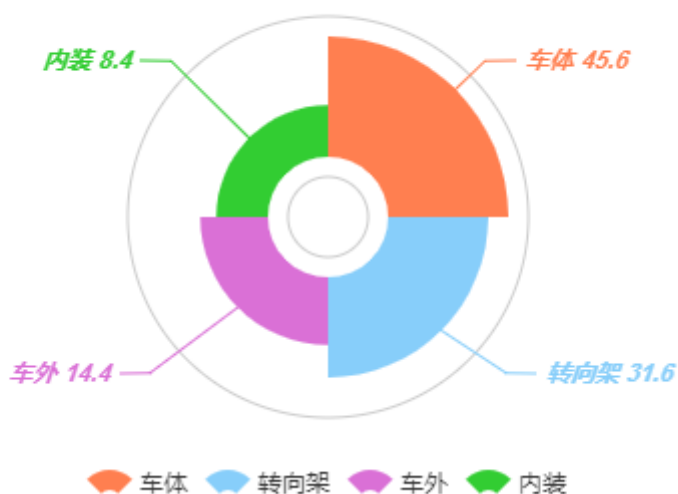


碳纤维复合材料在轨道车辆上的专利国内外对比图

资料来源：《从专利分析角度看碳纤维复合材料在轨道车辆上的应用》

国内碳纤维复合材料在轨道交通领域的发展较晚，但发展速度很快。

## 碳纤维复合材料在轨道列车上专利分布 (%)



## 碳纤维复合材料在轨道交通上专利分布

资料来源：《从专利分析角度看碳纤维复合材料在轨道车辆上的应用》

碳纤维复合材料在轨道列车上的专利主要集中在车体、转向架、车外设备、内装四个方面。其中车体和转向架的开发和应用专利比较多。

### 国内碳纤维复合材料轨道列车部件生产商

#### 山东英特力新材料有限公司



**简介：**山东英特力新材料有限公司是集研发、生产和销售高性能碳纤维复合材料制品为一体的高新技术民营企业。提供整套碳纤维复合材料轻量化解决方案。已建成碳纤维复合材料系列方舱生产线四条，碳纤维复合材料系列方舱附件生产线三条，碳纤维复合材料汽车附件产品生产线一条，房车车厢生产线一条。

**主要轨道交通应用产品：**碳纤维车头罩、高铁车体外壳、汽车轻量化部件、碳纤维方舱系列等。

**公司官网：** <http://www.itlxcl.com/>

#### 无锡威盛新材料科技有限公司



**简介：**无锡威盛新材料科技有限公司(简称：威盛新材)，成立于 2005 年，是一家集研发、制造碳纤维主承力结构件的科技型企业。公司拥有独立研发中心，多年来服务于国内多家轨道交通企业、汽车制造商、医疗器械制造商等。企业常规产品有碳纤维板、碳纤维管等。

**主要轨道交通应用产品：**高铁碳纤维阻燃增韧侧壁版、碳纤维磁悬浮列车挡风屏、碳纤维列车机械外壳、高铁轮架体等。

**公司官网：** <http://www.tanxw.com/index.html>

### 上海晋飞新材料科技有限公司



**简介：**上海晋飞碳纤科技股份有限公司于 2006 年 3 月发起成立，快速崛起成为中国顶尖碳纤维复合材料方案提供商，十年间公司不断发展扩大，目前已形成碳纤维原材料、碳纤维中间产品、碳纤维制品的全产业链集团公司。业务伙伴多为国内外 汽车、轨道交通、工业机械设备、运动器材、医疗设备等知名企业。

**主要轨道交通应用产品：**高铁设备舱轻量化部件、座椅大包围壳体、设备舱、司机室操作台等。

**公司官网：** <http://www.cedar-composites.com/>

### 江苏恒神股份有限公司



**简介：**江苏恒神股份有限公司创建于 2007 年 8 月，是一家集碳纤维及其复合材料设计、研发、生产、销售、技术应用服务为一体的国家高新技术企业。公司沿袭了世界一流碳纤维企业的发展模式，是行业内国内唯一一家拥有自原丝、碳纤维、上浆剂、织物、树脂、预浸料到复合材料制品的全产业链企业。

**主要轨道交通应用产品：** 司机室、列车裙板、方舱等。

**公司官网：** <http://www.hscarbonfibre.com/cn/>

### **深材科技(深圳)有限公司**



**简介：**深材科技致力于创造高分子材料、纳米材料新作用，公司与国内外行业多家著名企业的资深专家战略合作，创建了一支国际一流的专业团队，为客户提供高性能纳米材料等。应用于国防军工、航空航天、轨道交通等多个领域。

**主要轨道交通应用产品：** 碳纤维扶手、碳纤维座椅等车厢内饰部件。

**公司官网：** <http://www.shencaikeyi.com/>