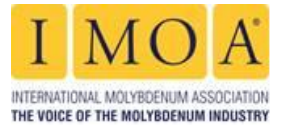




PE INTERNATIONAL
EXPERTS IN SUSTAINABILITY



INTERNATIONAL MOLYBDENUM ASSOCIATION
THE VOICE OF THE MOLYBDENUM INDUSTRY

钼的效益：

福特蒙迪欧 B 柱案例



汽车用钢与钼

过去二十年中，政府、消费者和其它相关部门愈发关注交通对气候变化、空气污染、能源消耗的影响，因此，汽车厂商承受的环保压力不断增加。



中国空气污染：对于汽车排放的担忧使排放管控的力度不断加大。

据欧盟测算，该地区五分之一的温室气体来自于道路交通，其中仅汽车一项占12%。中国作为全球最大的汽车市场，出于对城市污染的担忧，近两年引入了力度较大的管控措施，最引人瞩目的无疑是欧IV排放标准的实施，以控制主要空气污染物，如一氧化碳、氮氧化物和颗粒物等。

同时，不断攀升的燃油价格使得燃油效率成为人们购车时考虑的重要因素。

减轻车身重量，或称“轻量化”，是提高燃油效率、降低排放的一条有效途径。轻量化的一个办法是降低材料厚度，从而减少车身材料的用量。但是，这种做法有可能会降低汽车结构的稳定性，影响车辆安全性。理想的解决办法是采用同等强度、同等抗冲撞力、重量更轻的材料。

当前，全球大部分车身均由钢材制成，业界亟待研发高强度、高抗冲撞性能、厚度较薄的钢材。

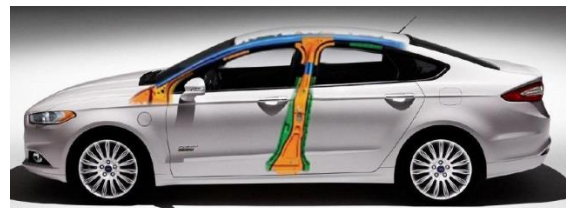
这类新型材料被称为“先进高强度钢（AHSS）”，含有更高比例的合金元素，采用新的冶炼及处理技术，以满足汽车厂商对材料性能的要求。

很多牌号的先进高强度钢均添加了合金元素钼。钼在减轻汽车部件重量、提升

强度方面发挥了重要作用，同时具备良好的性价比。

B 柱的重新设计

B 柱是位于车辆前后门之间的立柱，因此也是整个车架最关键的部件之一。尤其值得指出的是，在车辆受到侧面碰撞时，B 柱必须起到保护司乘人员、保持车身结构整体性的作用。



图中突出显示部分为福特蒙迪欧的 A 柱/车顶纵梁和 B 柱：在车辆受到侧面碰撞时，B 柱发挥了决定性的保护作用（图片由福特公司提供）。

在设计新一代蒙迪欧车型时，福特的研发团队立志要设计出同级别车安全性领先的轻量车架。该车型 B 柱由压力硬化硼钢改为液压成型的 DP800 和 DP1000 复合双相钢，钼平均含量分别为 0.18% 和 0.33%，重量减轻了 4 千克。

效益评估

若要对新旧 B 柱的环保性能进行评估比较，必须要考虑该部件从生产到使用直至生命终点的整个生命周期。

目前，普遍采用 LCA（生命周期评估）来评估产品在整个生命周期内对环境产生的影响。这里就用 LCA 来分析两种材质的部件。

汽车的生命周期：LCA 评估产品或部件对环境产生的影响。





根据 ISO14040 的定义，“LCA 是对一个产品系统在生命周期内的输入、输出和潜在环境影响的总结和评价。”

在评估 B 柱的环保性能时，要考虑四大生命阶段：材料生产（炼钢、铸造、轧制、精整）、成型、车辆使用和报废。

对于采用内燃机的汽车，其使用阶段是生命周期的主导性阶段，并且显而易见的是，轻量化将极大地影响汽车使用过程中的油耗和排放。由于该部件采用两个不同钢种和生产工艺，因此有必要考虑生产和报废阶段，以识别各阶段所有的潜在“得失”。

这项研究评估了多项与汽车性能相关的环保指标，包括气候变化、空气污染和能源消耗。通过对一系列潜在影响的评估，我们可以更全面地了解产品的整体环保性能。评估指标如下：

全球变暖潜势：用于量化气候变化。气候变化是与汽车相关的重大环境问题，受到政府和立法机构的普遍关注。二氧化碳排放量正逐渐受到严格限制，并成为汽车征税的依据。

酸化潜势：用于量化大气酸化。大气酸化导致酸雨形成。硫氧化物和氮氧化合物的排放造成了酸化。欧洲排放标准对氮氧化物排放做出了相关规定，酸雨的形成与汽车的日常使用紧密相关。

烟雾形成潜势：用于量化“热雾”（类似洛杉矶或者上海的情况）。对于各利益相关者而言，该指标与汽车排放紧密相关。

富营养化潜势：用于量化藻华。富营养化与经空气传播的排放物相关（特别是氮氧化物）。

原生能源用量（总量）：评估生命周期内的能耗总量（包括可再生和不可再生能源）。该指标常用来间接测定能源效率。

原生能源用量（不可再生能源）：评估不可再生能源的用量，如石油、天然气、煤炭等等。对于配置内燃机的汽车厂商而言，该指标所评定的影响类型十分关键。

数据和假设

LCA 模型开发过程中采用了多项行业数据，用于评估 B 柱的环保性能。

钢铁部件的生产和镀锌过程采用了国际钢铁协会的数据建模。此数据来源于欧盟 27 国的钢铁生产数据。不同的合金配比代表不同钢种的成分差异。合金生产数据来源于全球钼和其它主要合金的生产数据。钒铁和锰铁的数据来源比较特殊：仅有南非的数据。根据福特公司提供的技术图纸，新 B 柱由 76%DP800 和 24%DP1000 复合而成。分析报告还对采用不同复合比例对结果的灵敏度进行了调查。据估计 DP800 和 DP1000 的钼含量分别为 0.18% 和 0.33%。

各钢种成分信息来源于钢铁厂提供的数据。所用的成分数据信息，部分来源于公开信息，部分来源于开发此生命周期模型的 PE INTERNATIONAL 公司。合金成分尽可能采用平均值或常见值。同时还要考虑标明最大合金含量的成分信息（例如合金标准），并用来与其它数据来源进行对比参考。

新部件以 DP800/DP100 为原料，采用液压成型技术制造，目前尚未获得相关数据。因此，对于新旧两种部件均采用传统冲压工艺数据。分析报告论述了该项数据缺失可能对结果造成的影响。而且，两种 B 柱在组装上的所有差异均未考虑在内。

利用欧洲汽车业通行的节油值（FRV）估算 B 柱对油耗的影响。FRV 计算的是轻量化汽车部件的效益（汽油车和柴油车的公式分别为 0.35 升/100 千克 x 100 千米和 0.28 升/100 千克 x 100 千米）。不同级别、不同品牌的车辆在生命周期内的里程数各不相同，本研究采用的里程数为 20 万公里。

汽车钢材的回收率接近 100%。采用“净废钢”的方法计算在生命周期终点回收钢材产生的效益。该方法已将生产新钢材需要的废钢量考虑在内。模型中设定两

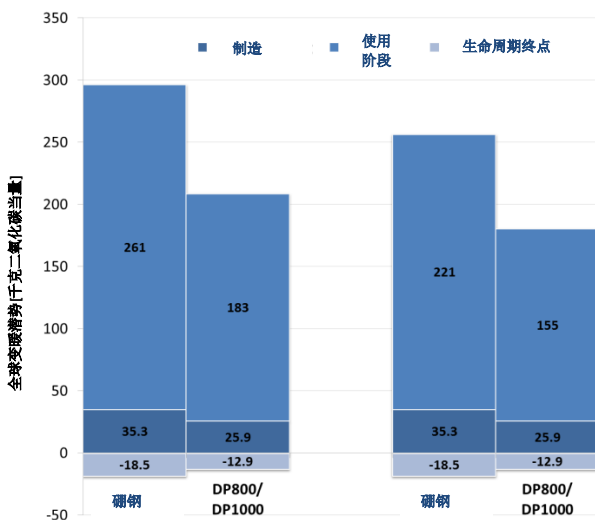
种部件均采用高炉或转炉冶炼和汽车板/卷生产工艺，平均废钢比为 11.9%。计算报废回收利用对整体环保效益或负担时，采用国际钢铁协会的废钢值数据集。

合金、材料、燃油等相关数据来源于 PE INTERNATIONAL 的 GaBi 数据库。

环境评估结果

对车辆 B 柱整个生命周期的评估结果显示，在六项环保指标中，采用 DP800/DP1000 的新型 B 柱均较为环保。下图显示 B 柱的全球变暖潜势（GWP）结果。可以看到，与基准材料硼钢 B 柱相比，含钼的 DP800/DP1000 的 B 柱 GWP 数值大幅降低。

比，含钼的 DP800/DP1000 的 B 柱 GWP 数值大幅降低。



B 柱在生命周期内的 GWP。结果分为柴油及汽油动力系统两种。

上图同样显示出，鉴于燃油排放的因素，在车辆整个生命周期中，使用阶段是影响环境的决定性阶段。基于上述假设，B 柱使用阶段的 GWP 约占其整个生命周期 GWP 的 93%。

因此，减重 4 千克产生的节油效果是两种不同的 B 柱在环境影响方面出现差距的主要原因。由于低排放车辆的普及，材料制造产生的影响比例将出现上升。

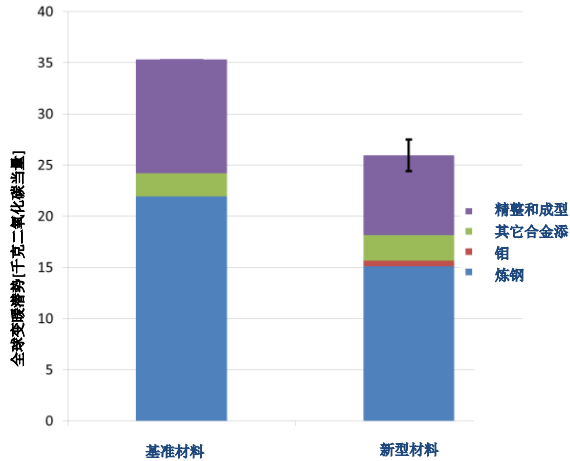
图中显示，生命周期终点的钢材回收数值为负，处于 X 轴下方，表明下一个生命周期对于环境的影响将会减小，原因是钢铁生产中对原生材料的需求量将会减少。

下表显示了 B 柱六项环保指标数值，可以看出，新型 B 对环境的影响大幅降低。

两种 B 柱的评估结果显示，在生产和使用阶段，新型材料对环境的影响较小。DP800 和 DP1000 冶炼时添加钼等合金元素虽会对环境有少许影响，但新 B 柱再生产会大大节省新材料的投入，炼铁和二次精炼的减排量，远远偿还了合金元素添加带来的效应。

	汽油动力总成		柴油动力总成	
	基准材料硼钢	新型材料 DP800/DP1000	基准材料硼钢	新型材料 DP800/DP1000
全球变暖潜势[千克二氧化碳当量]	278	196	238	168
酸化潜势[摩尔氢离子当量]	0.715	0.513	1.08	0.767
富营养化潜势[千克磷当量]	3.68E-04	2.57E-04	2.55E-04	1.79E-04
烟雾形成潜势[千克非甲烷挥发性有机物]	0.273	0.197	0.433	0.309
主要能源用量(总量)[兆焦耳]	3915	2753	3426	2410
主要能源用量(不可再生能源)[兆焦耳]	3760	2643	3289	2313

下图显示的是生产过程导致的全球变暖潜势，体现了钼等合金元素做出的贡献。其它所有评估指标也显示出类似结果，即无论在何种情况下，新型材料对环境的影响均相对较小。



两种 B 柱在生产中的 GWP 表现，误差条图体现新材料在液压成型过程中的不确定影响。

如上文“数据和假设”所述，用于制造新型部件的液压成型过程产生的相关影响尚无数据。从本研究的目的出发，将两种部件的成型方式均设定为传统成型工艺，但是在上图中加入了误差条图，以体现精整和成型可能造成的±20%影响。鉴于两种部件制造过程本身产生的影响差异较大，即使将成型的影响放大一倍，即上升100%，新 B 柱的 GWP 值仍不会高于硼钢 B 柱。

敏感性分析还对 B 柱中 DP800 和 DP1000 的比例变化进行了分析。研究显示，DP1000 对环境的影响略高于 DP800，但即使假设 B 柱 100%由 DP1000 制成，各项评估指标的上升值也不到 5%（该部件整个生命周期内的影响更是低于 1%）。

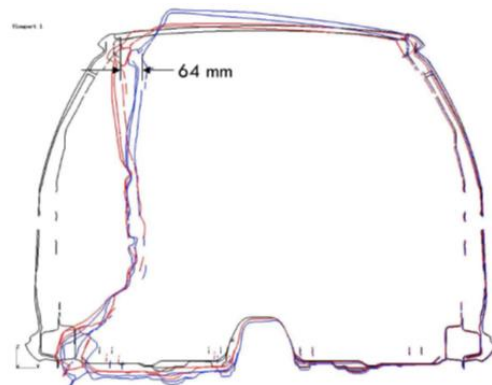
总结和结论

汽车部件在生命周期内的特定环保指标评估显示，由DP800/DP1000 液压成型的 B 柱对环境的影响显著低于硼钢 B 柱。重量

减轻 4 千克，使用阶段对环境的影响明显减少，从而展示出两种部件之间的差异。

福特蒙迪欧车型两种 B 柱在总里程 20 万公里的情况下，GWP 下降了 165 千克二氧化碳当量（汽油动力总成）和 141 千克二氧化碳当量（柴油动力总成），相当于这辆车行驶 1000 公里以上的排放量。

单就生产过程产生的环境影响而言，使用钼等合金元素造成的排放量略微上升，与炼铁和二次精炼阶段的减排量相比是微不足道的。液压成型工艺产生的额外影响并未考虑在内，因此，总体数据可能略高于现有结果，但不可能完全抵消生产新型部件所减少的环境影响。



蒙迪欧车型 B 柱碰撞性能：侧面碰撞时，新型 B 柱（红色）可以减少车厢顶部塌陷（图片由福特公司提供）

尤为重要的是，环保性能得到提升的同时，B 柱的侧面碰撞性能也获得了提高，如上图所示。福特公司预计采用新型材料将大幅降低成本。

本研究的总体结果显示，改用 DP800/DP1000 新型 B 柱能够提升环保、经济和社会效益，它们是可持续发展的三大主体。本研究同时指出了先进高强度钢（AHSS）和创新制造技术产生的潜在效益，并且证明了钼在其中的作用，对今后的类似创新具有借鉴意义。