

专题资料

世界汽车轻量化发展趋势

程振彪等编著

东风汽车公司科技信息研究所

2001年7月

目 录

1 概述	(2)
1.1 轻量化的意义	(2)
1.2 汽车实现轻量化的途径和措施	(3)
1.3 世界汽车轻量化发展趋势	(4)
1.3.1 轿车自质量不断下降	(4)
1.3.2 轻质材料比例上升	(6)
2 高强度钢	(10)
2.1 减重效果及用量趋势	(10)
2.2 种类及主要技术特征	(12)
2.2.1 IF 钢	(12)
2.2.2 BH 钢	(13)
2.2.3 双相钢	(13)
2.2.4 TRIP 钢	(13)
2.2.5 其他	(14)
2.2.5.1 夹层材料钢	(14)
2.2.5.2 Niosta H 系列钢	(14)
2.3 应用状况	(14)
2.3.1 概况	(14)
2.3.2 具体实例	(16)
2.3.2.1 “ULSAB”项目	(16)
2.3.2.2 马自达牌 929 型轿车挡泥板	(17)
2.3.2.3 德国福特将大量使用双相钢	(18)

3 铝	(18)
3.1 一般技术特性	(18)
3.2 减重效果	(20)
3.2.1 一般情况及整车方面	(20)
3.2.2 车身领域	(20)
3.2.3 其他领域	(21)
3.3 用量趋势	(23)
3.3.1 全球一般情况	(23)
3.3.2 美国	(24)
3.3.3 西欧	(25)
3.3.4 日本	(25)
3.4 应用	(26)
3.4.1 一般情况	(26)
3.4.2 变形铝合金	(28)
3.4.2.1 概述	(28)
3.4.2.2 车身领域	(28)
3.4.2.3 其他领域	(32)
3.4.3 铸造铝合金	(34)
3.4.3.1 概述	(34)
3.4.3.2 发动机领域	(37)
3.4.3.3 其他	(39)
3.4.4 新型铝合金	(40)
3.4.4.1 快速凝固铝合金	(40)
3.4.4.2 超塑性铝合金	(40)
3.4.4.3 粉末冶金铝合金	(40)
3.4.5 个例详介——奥迪 A2 型轿车 SF 结构	(41)

4	塑料、复(混)合材料	(43)
4.1	一般技术特性(点)	(43)
4.1.1	塑料	(43)
4.1.2	复合材料	(43)
4.1.3	混合材料	(44)
4.2	减重及其他效果(益)	(44)
4.2.1	塑料	(44)
4.2.2	复合材料	(45)
4.2.3	混合材料	(47)
4.3	用量趋势	(48)
4.3.1	塑料	(48)
4.3.1.1	世界一般情况及部分国家(地区)	(48)
4.3.1.2	中国	(49)
4.3.2	复合材料	(50)
4.4	应用	(50)
4.4.1	概述	(50)
4.4.1.1	总的情况	(50)
4.4.1.2	内装件	(55)
4.4.1.3	外装件	(57)
4.4.1.4	功能件	(58)
4.4.2	应用实例	(61)
4.4.2.1	美国公司	(61)
4.4.2.2	欧、日厂家	(62)
5	镁	(65)
5.1	材料特性及种类	(65)
5.1.1	一般技术特性	(65)

5.1.2	材料技术进步新成果	(66)
5.1.2.1	抗腐蚀性能大大提高	(66)
5.1.2.2	高温性能显著改善	(67)
5.1.3	部分镁合金材料简介	(67)
5.1.3.1	压铸镁合金	(68)
5.1.3.2	半固态铸造镁合金	(68)
5.1.3.3	镁基复合材料	(68)
5.1.4	资源丰富,价格趋于下降	(68)
5.2	减重效果	(69)
5.3	用量趋势	(71)
5.4	应用	(72)
5.4.1	一般情况	(72)
5.4.1.1	车内部件	(73)
5.4.1.2	发动机/传动系部件	(73)
5.4.1.3	车身(体)部件	(73)
5.4.1.4	其他	(74)
5.4.2	各公司情况	(74)
5.4.2.1	美国	(74)
5.4.2.2	欧、日、中	(75)
6	陶瓷	(76)
6.1	材料特性	(76)
6.1.1	一般技术特征	(76)
6.1.1.1	密度低	(76)
6.1.1.2	高温强度好	(76)
6.1.1.3	耐磨性高	(76)
6.1.1.4	隔热性好	(77)

6.1.1.5	弹性模量大	(77)
6.1.2	陶瓷零部件的部分制作方法	(77)
6.1.2.1	成型技术	(77)
6.1.2.2	烧结技术	(77)
6.1.3	应用过程中存在的问题及发展前景	(77)
6.2	应用	(78)
6.2.1	一般情况	(78)
6.2.1.1	在内燃机上的应用	(78)
6.2.1.2	在燃气轮机上的应用	(80)
6.2.1.3	陶瓷轴承	(80)
6.2.1.4	废气过滤元件	(80)
6.2.2	各公司的研发和应用情况	(80)
6.2.2.1	日本公司	(80)
6.2.2.2	美、欧公司及中国的情况	(82)
7	后记	(84)

序 言

自 20 世纪 90 年代以来,世界汽车工业一直处于剧烈而深刻的变化之中。汽车技术进步和创新步伐明显加快,新技术、新材料不断应用于汽车,使之性能提高,更加符合用户的要求。其中,节能和环保更是人们关注的焦点,因为这关系到人类的可持续发展。迄今为止,汽车仍以汽柴油为主要燃料,虽然在近期内石油资源无枯竭之虞,但毕竟是有限的,总有一天会用完,人类必须百倍珍惜之,千方百计节约使用,延长其为人类造福的期限,提高汽车的燃油经济性符合这一战略目标要求。另外,汽车减少了燃油消耗,自然也能降低废气中有害物质的排放,对环保有利。因此,汽车节能是一项利国利民和一举多得的“大好事”。

提高汽车的燃油经济性有多种途径和方法,减轻自身质量就是其中之一。自 80 年代以来,世界汽车轻量化发展趋势十分明显,各种轻质材料的使用也越来越多。本书全面介绍了近年来世界汽车轻量化的具体发展情况,阐述了减轻汽车自身质量与降低油耗之间的关系,列举了大量汽车减重和应用各种轻质材料的实例。这些内容对推动企业技术进步是十分有益的,具有很好的参考价值。多年来,东风品牌汽车就以省油而饮誉神州大地。为适应市场新的发展形势和用户对省油的更高要求,进一步提高和完善东风汽车的节能特性是我们今后的一项重要技术工作。应该结合我国的实际情况,积极而稳妥地进行试验研究,推广应用成熟的轻量化技术和成本较低、性能可靠的轻质材料,使东风汽车省油的优越性更加突出,为提高东风公司的市场竞争力做出贡献。值本书出版之际,特写上这一段话为之序。

东风汽车公司总经理



2001 年 7 月 5 日

1 概 述

1.1 轻量化的意义

众所周知,当代世界汽车技术正朝着节能、环保(尤其是降低排放、减少污染)、安全等方向发展,特别是节能和环保,它关系着人类的可持续发展,是要着重解决的两个关键问题。研究表明,汽车的燃油消耗与汽车运动总质量成正比。当然,对于有效载荷(即载质量)而言,消耗一定的燃油是必须的,因此,要想减少不必要的油耗,只有在保证足够安全的前提下尽量减轻汽车自身质量(即一般所说的自重)。通常而言,轿车自质量远大于载荷,所以,这一类汽车减轻自质量就显得更为重要和迫切。不言而喻,汽车燃油消耗下降,其向大气中排放的有害气体和物质也随之减少,对环境的污染减轻。由此看来,节能是一本万利的事情。

关于减轻汽车自质量与燃油消耗下降之间的关系,国内外不少机构和学者也都对此作了相应的研究,其结论也不尽一致,这可能与其试验的边界条件和看问题的角度不同有关。归纳起来主要有以下五种说法。

第一种说法。汽车自质量每减轻 100kg,则百公里油耗可减少 0.2L~0.8L 不等,一般为 4.5% 左右。图 1 所示,是德国一家研究机构绘制的关于汽车自质量与油耗及排放之间的关系图。

第二种说法。汽车自质量每减轻 3%,则可节油 1%~3%。

第三种说法。汽车整车质量降低 1%,其油耗可减少 0.7%,汽车质量减轻 330~440kg,可节约燃油费用 20% 左右。

第四种说法。汽车自质量每减轻 50kg,则每升燃油行驶的距离可增加 1km。若自质量减轻 10%,则燃油经济性可提高 5.5% 左右。

第五种说法。对于轿车,每减重 10%,则油耗可下降 8%~10%。对于 16~20t 级载货汽车而言,每减重 1000kg,则油耗可降低 6%~7%。图 2 所示,是车重与燃油经济性之间的关系。

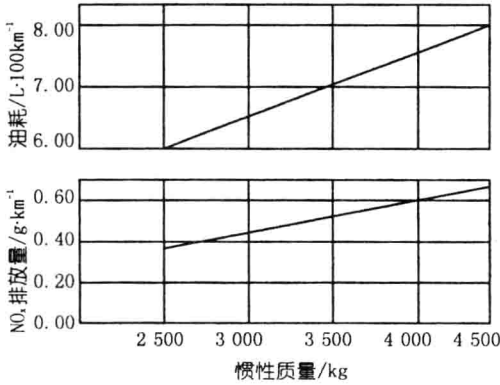


图 1 汽车惯性质量与油耗和 NO_x 排放量之间的关系

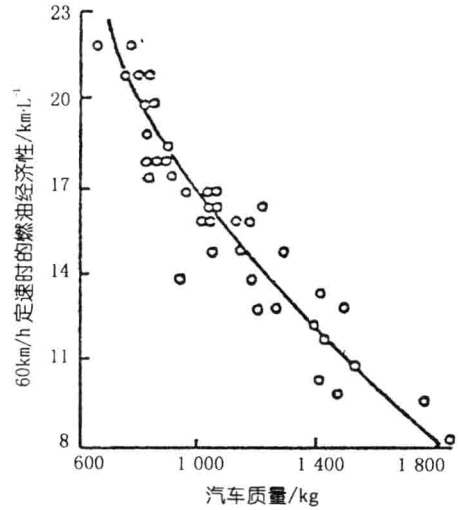


图 2 汽车质量与定速燃油经济性之间的关系

上述五种结论不论哪一种,都表明汽车轻量化的意义和作用巨大的,因此才成为各大汽车企业当前科技进步的主要奋斗目标之一。

1.2 汽车实现轻量化的途径和措施

据研究,汽车的轻量化可通过小型化、结构设计合理化以及使用轻质材料等三种方式来实现。

车辆的小型化是相对而言,在保证使用要求的条件下,尽可能缩小其外形尺寸。例如轿车,由于采用了发动机前置方式、前轮驱动,取消了传动轴、差速器齿轮等零部件,使结构更加紧凑。

通过改进汽车的零部件结构设计也可获得一定的轻量化效果。应用有限元法和电子计算机模拟技术重新分析汽车零部件的受力情况,计算出精确的尺寸,以简化设计。有些部件若采用薄壁化、中空化结构能满足技术要求,则应尽可能采用此类结构,这有利于减轻汽车自重

量。

使用轻质材料是汽车实现轻量化的重要途径和手段。由于轻质金属材料比重小于重质金属材料,非金属材料的比重一般又小于金属材料,因此,在汽车制造中推广应用这一类材料可有效减少汽车自质量。这一内容正好是本课题研究的重点,本文的题目及前面所说的汽车轻量化,实际上就是汽车材料的轻量化。

1.3 世界汽车轻量化发展趋势

1.3.1 轿车自质量不断下降

自20世纪80年代以来,由于不断推广使用各种性能优异的轻质材料,世界汽车轻量化进程成果显著,汽车自质量呈下降趋势,尤其是进入90年代以来,该趋势更加明显。以美国为例,80年代初,中型轿车平均自质量约为1520kg,至90年代初下降为1475kg,降幅为3%,至90年代末,又进一步减至1230kg,下降幅度高达16.6%。就整个轿车的平均自质量水平而言,其下降趋势也是很明显的。1970年,该国轿车平均自质量还高达1585kg,1980年降至1375kg,减幅为13.2%,每年平均减少0.8%,至1990年,轿车平均自质量又下降至1312kg,1990年与1980年相比,降幅为4.6%,至1995年更进一步下降为1270kg,1995年与1990年相比,减少3.2%。在1985~1995年间,轿车自质量平均每年减少0.9%。

这里还需要指出的是,汽车质量减轻这一成果是在其技术性能、舒适性不断提高和新配置数量增加的情况下取得的。据预测,至21世纪初,该国轿车平均自质量还将进一步减轻至1220kg左右。最近,世界各主要汽车生产国和地区又制定了一个中长期轿车减质量目标,如美国提出中型轿车的自质量将减至1000kg以下,在此方面,该国两大汽车公司正展开竞赛。西欧提出将中型轿车自质量降至900kg以下。

1994年初,美国汽车工业界和联邦政府组建了一个被称为“新一

代汽车合作伙伴”(PNGV)的联合体,其主要任务和目标是在 2005 年前后开发生产出一种百公里油耗只有 3L 的家用车(这种车被其命名为“超级轿车”,在欧洲,百公里油耗为 3L 的车被简称为“3L”车)。为实现这一目标,减轻汽车自质量是决定因素之一,即这种车的总自质量至少要比现行轿车轻约 40%,也就是说只有 885kg。其中:车身和底盘均为 250kg,比现在轿车约轻 50%;动力及传动系 363kg,减轻 10%;其他部分重 22kg,比现今同类型车的轻 50%。

在西欧,同样也掀起了开发和生产节能型“3L”轿车的热潮,有些车型已投入批量生产和实际使用。这些车,除了特别省油外,另一个突出的特点就是自质量很轻,亦可称之为“超轻汽车”。有关国家已联合设计出一种中等尺寸的轿车——“原始 3 型”,其自质量目标是,不包括附件只有 650kg,比现在的 Euro B 型车平均轻约 200kg。

在 1998 年巴黎国际汽车展览会上,大众汽车公司向公众展示了据称是世界首种百公里油耗仅为“3L”的轿车,并且于 1999 年春季正式投放市场。按照 MVEG 循环试验测试结果,该车百公里平均油耗实际为 2.99L,CO₂ 排放量低于 90g/km。此车长 3 530mm,4 座位,装用 3 缸直喷式柴油发动机和自动变速器,额定功率为 45kW/4 000r·min⁻¹,汽车自质量只有 800kg。

奥迪汽车公司新近开发出了一种全新的紧凑型轿车系列产品——A2 型车,设计年产量为 6 万辆。首先推出两种车型,即 A2 1.4 和 A2 1.4TDI 型,分别装用直列 4 缸汽油发动机和直列 3 缸直喷式柴油机,最大功率均为 55kW,外形尺寸也一样(长×宽×高为 3 826mm×1 673mm×1 553mm),设 5 个座位,汽车自质量分别为 895kg 和 990kg。在 A2 基本型车的基础上,该公司又开发出一种“3L”变型车,百公里油耗为 3L,它装用排量为 1.2L 的 3 缸直列直喷式柴油机,额定功率为 45kW/4 000r·min⁻¹,自质量为 825kg,较基本车型轻 8%~17%。

1999 年底,菲亚特公司展示了其最新研制开发的节能型 Ecobasic 牌“3L”轿车,在 2~3 年内将取代该公司生产了很久的 Seicento 和 Panda 牌轿车。此车广泛应用轻质材料,装用涡轮增压直喷式柴油机和自动变速器,自质量只有 750kg,设 4 个座位,百公里平均油耗为 2.9L,每辆车制造成本不超过 1 万瑞士法郎。

德国欧宝(Opel)公司一种小型 Corsa 牌轿车,自质量为 812.6kg,在同类型汽车中自质量算是较轻的。

福特汽车公司与加拿大 Alcan 铝业公司合作共同研制开发的一种轿车铝板车身承载式外壳结构,据此制造出来的福特牌 P2000 型轿车样车自质量为 910kg,与福特 Taurus 牌轿车相比轻约 39%。

1.3.2 轻质材料比例上升

从世界各大汽车公司汽车材料研究与应用动向上看,当前,减轻汽车自质量的主要方法和措施,是推广应用强度高、质量轻的钢材和比重及密度相对较低的轻质材料,例如铝、镁、塑料及复合材料等。高强度钢虽然比重和密度并不低,但由于强度高,因此可使零部件的壁厚或尺寸缩小,同样可起到减重的作用,据此,也有人将其归入轻质材料类(以下所论述的这种钢均指高强度轻质钢)。近 20 多年来,这些轻质材料在汽车整车上的用料比例逐年上升。

据研究,推广应用高强度钢,能够降低汽车自质量 15%~20%,用高强度钢板代替传统钢板制造车身,其自质量减幅可高达 30%~40%。铝合金也是促进汽车轻量化最重要的材料之一,它具有塑性好、比强度高、耐腐蚀、韧性好、加工成本低等优点。据称,每使用 1kg 铝,可降低汽车自质量 2.25kg,减重效应高达 125%。奥迪公司 A8 和 A2 型轿车车身采用全铝空间(立体)构架结构(Space Frame),使其质量降低 40%左右,成本只增加 20%,而汽车总的自质量和燃油费用均减少 10%以上。据德国铝业界人士估计,仅使用铝车身一项革新措施,一年就可节约汽车运营费用 2.5 万马克。各种塑料的密度较低,因此,采用

这一类材料替代其他传统材料,即使适当加厚,也能使制件质量减轻。例如,近年来用高密度聚乙烯制造轿车燃油箱,通常壁厚为4mm,即5倍于常用的钢板厚度,在此情况下,油箱仍减轻30%之多。

表1列出1988~1998年美国典型家庭用车主要材料构成比(%)统计。由此表可以看出,在这一时期,高强度钢的比例是稳步攀升的,并且今后的发展趋势仍然是增长,塑料的比例也呈上升态势。与此相反,铸铁的比例则是持续下跌的。

表1 美国典型家庭用车主要材料构成比统计 %

材料 \ 年份		1988	1992	1997	1998	1999年趋势 (±)
钢	低碳钢	45	44	43	43	-
	高、中强度钢	7.3	7.9	9.1	9.8	+
	不锈钢	1.0	1.3	1.4	1.5	+
	其他钢材	1.4	1.3	1.1	1.0	-
	合计	54.7	54.5	54.6	55.3	
铸铁		14.4	13.7	11.6	11.0	-
塑料		7.0	7.7	7.5	7.5	
铝		4.7	5.5	6.4	6.7	+

注:家庭用车系指轿车、皮卡、吉普和轻型载货车等。

表2列出1970~1995年美国轿车部分材料构成比例统计。由此可以看出,本表所列的这几种材料,在过去20多年里,其用量一直呈增长趋势,在美国轿车总用材的比例也不断提高。尤其是复合材料、工程塑料和高强度钢的用量呈大幅度增长态势。

表2 1970~1995年美国轿车部分材料构成比统计 %

材料	1970	1985	1990	1995	材料用量年均增长率	
					1970~1985年	1985~1995年
高强度钢	1.5	6.5	10.1	13.1	5.9	11.3
不锈钢	0.4	1.0	1.1	1.1	1.0	7.3
铝	2.1	4.3	4.5	4.7	0.7	5.3
复合材料		0.3	1.3	2.2	21.8	48.0
工程塑料	0.1	0.9	1.7	2.3	9.4	15.0
普通塑料	2.8	5.6	7.1	8.7	4.2	5.1

表 3 1980~2000 年美国中型轿车主要材料构成比发展趋势 %

年 份	钢 铁	铝	塑 料	其 他
1980	69	4	9	18
1990	60	5.5	12.5	16
2000	51	12	18	19

注:2000 年的构成比为粗略统计结果。

表 3 列出 1980~2000 年美国中型轿车主要材料构成比例发展趋势。由此可以看出,钢铁在整个这一类轿车总用材的比例呈逐年下降趋势,而铝和塑料的比例则呈持续上升趋势,至 2000 年,仅这两种轻质材料的比例即达 30%,其对汽车轻量化发展贡献是很大的。

表 4、5、6、7 和 8 分别列出部分典型轿车的材料构成比对照。由表 4 可以看出,由于大众路波牌轿车是小型超节能汽车,因此,自质量比奔驰牌 E 系列轿车轻得多,轻质材料的比例也高得多,路波牌车钢铁材料的比例已降至 50% 左右,而轻金属、塑料等轻质材料的比重则超过 30%。由表 5 可知,新投产的奥迪牌 A2 型轿车的材料构成与大众路波车相比,又有很大不同,钢铁的比例进一步降至 34% (即只占总用材的三分之一多一点),而轻质材料的比例高达 52%。作为这种真正意义上的大批量生产的轿车,此比例在世界汽车工业界确实具有某种重大变革性的意义,其影响深远。由表 6 可以看出,尽管奥迪 A6 型轿车比 A2 型车的级别高,但轻质材料的比例也很高,铝、镁和塑料的比例已接近 30%,而钢铁的比例则下降为 58.3%。由表 7 可以看出,福特牌新型 P2000 型轿车钢材的比例只有 24%,而铝的比例则高达 37%,即超过总用材的三分之一,加上塑料及其他轻质材料,轻量化材料已占大多数。这种汽车已是名符其实的轻量化轿车。表 8 列出 BMW 公司的 3 系列轿车的材料构成(比例)统计,在西方成熟汽车市场,该系列车也算是中高档车,由此表可以看出,轻质材料的比例也不低,接近 30%。

表 4 大众路波“3L”省油车与奔驰牌 E 系列轿车材料构成对比

材 料	大众路波牌小型轿车 占总用材/%	奔驰牌 E 系列轿车 占总用材/%
钢铁	50.5	63.0
塑料	14.0	8.0
轻金属	16.4	6.0
油漆、蜡、轮胎及其他 橡胶件和原材料	8.7	10.0
电气/电子部件	4.5	5.0
玻璃	2.8	3.0
其他	3.1	5.0

表 5 奥迪牌 A2 型轿车(装用 4 缸 1.4L/55kW 汽油机)/材料构成

材料	质量/kg	占总用材/%	材料	质量/kg	占总用材/%
钢铁	304.6	34.0	其他复合(混合)材料	37.8	4.2
轻金属	258.1	28.8	电气/电子(印刷电路板)	3.4	0.4
其他有色金属	27.7	3.1	辅料	43.4	4.9
塑料	220.0	24.6			

表 6 奥迪 A6 型轿车的材料构成比统计

%

材料	占总用材	材料	占总用材	材料	占总用材
钢铁	58.3	镁	1.2	天然材料	0.6
塑料	17.1	橡胶	5.6	铜、铅等	2.1
铝	11.6	玻璃	2.6	其他	0.9

表 7 福特新型 P2000 轿车与 Taurus 牌轿车部分材料构成对比

福特 P2000 型轿车			福特 Taurus 牌轿车		
材料	用量/kg	占总用材/%	材料	用量/kg	占总用材/%
钢	218	24	钢	977	66
铝	339	37	铝	129	9
其他	357	39	其他	371	25

表 8 BMW 公司 3 系列轿车的材料构成

材料	用量/kg	占总用量/%	材料	用量/kg	占总用量/%
钢铁	790.8	56.7	燃油、机油、 润滑油等	77.8	5.6
轻金属(铝、 镁、钛等)	160.2	11.5	纺织物 复合材料	9.5	0.6
热塑性塑料	114.4	8.2	其他复合材料	11.8	0.8
人造橡胶	44.0	3.2	电器/电子部件	16.5	1.2
热固性塑料	42.9	3.1	油漆/汽车底 部防锈充填材料/ 粘接剂等	20.4	1.5
隔音绝热材料	36.5	2.6	汽车总用材 (整备自质量)	1394.0	100.0
重金属(铜、 锌、铅、镍)	34.7	2.5	其中轻质材料合计	382.8	27.5
玻璃/陶瓷	34.5	2.5			

2 高强度钢

2.1 减重效果及用量趋势

如前所述,在世界汽车轻量化的进程中,普通钢材在整车上的用材比例呈下降趋势,而高强度钢的用量比例则不断上升。其主要原因是,这一类钢不仅技术性能能满足有关的设计和使用要求,而且可使有关的汽车零部件质量明显减轻。

据研究,自 80 年代以来(尤其是进入 90 年代),世界轿车越来越多地应用高强度钢(板),使轿车用钢板的平均厚度比 80 年代之前减少了许多,通常情况下,其厚度虽然只在 0.7~1.2 mm 之间,但强度却完全符合设计和使用要求,由于壁厚尺寸缩小,质量自然随之下降。在汽车制造中,车身是钢板使用“大户”。以材料学的观点看,使用高强度钢板

可使汽车减重约 5%，若再配合加工制造和设计减轻技术等措施，则减重效果可分别达到 15% 和 25% 左右。从 80 年代开始，日本轿车制造推广使用高强度钢板，至 90 年代中期，使白车身质量减轻 23%。据有关专家测算，含有一定量的磷元素高强度冲压钢板与普通的 08A 1 号钢相比，强度提高约 15% ~ 30%，厚度减薄约 10%，若一辆份车身 50% 的用料采用高强度钢，则车身质量可减少 10% 左右，油耗也相应减少约 10%。一辆中型轿车，假如只使用高强度钢制造车身，则自质量要比使用普通碳素钢减轻 24%，同时，提高扭曲刚度 69%，降低成本 15% 左右。据有关机构研究，使用强度高的冷轧钢板制造车身，当厚度分别缩小 0.05 mm、0.10 mm 和 0.15 mm 时，车身质量可分别减轻 6%、12% 和 18%。近年来，国外又开发生产出新型夹层材料钢板，不仅质轻、强度高，而且具有很好的降噪减振效果。据认为，使用这种夹层材料钢板制造某一类汽车零部件，可大大减轻其质量。例如挡泥板，若用普通钢板制造，则质量为 4.4kg，用夹层钢板生产，质量只有 3.5kg，减重 20%，用这种钢板制造行李箱底板，可由 11.1kg 降至 9.3kg，减重 16%。

包括 37 名成员的世界钢铁联合会近年来一直致力于高强度超轻型钢板用于轿车车身制造的研究开发，已试制出来的钢产品比传统钢板轻约 30%，而价格更便宜些。以美国波尔舍(Porsche)工程公司为首的一个国际开发项目小组开发试制出的“ULSAB”(超轻型轿车车身)，不包括附件，车身自质量为 203kg，与同类型传统材料制造的车身相比，质量减轻 25%，而抗扭刚度(静态)则提高 80%，抗弯刚度提高 52%，生产成本下降 14%(约为 154 美元)。

美国钢铁企业联合会与德国波尔舍公司共同承担了使福特 Taurus 牌轿车车身减重的攻关课题，其结果，通过使用高强度钢，车身零件数量减少了 50 个，自质量减轻约 360kg，而刚度则提高 12%，生产成本也下降 40 美元。