



官方微信号:Jcaae-com
官方QQ群:7234594
官方网址:www.jcaae.com

车架设计评价

要评价车架设计和结构的好坏，首先应该清楚了解的是车辆在行驶时车架所要承受的各种不同的力。如果车架在某方面的韧性（**stiffness**）不佳，就算有再好的悬挂系统，也无法达到良好的操控表现。而车架在实际环境下要面对 4 种压力。

1. 负载弯曲（**Vertical bending**）

从字面上就可以十分容易的理解这个压力，部分汽车的非悬挂重量（**unsprung mass**），是由车架承受的，通过车轴传到地面。而这个压力，主要会集中在轴距的中心点。因此车架底部的纵梁和横梁（**member**），一般都要要求较强的刚度。

2. 非水平扭动（**longitudinal torsion**）

当前后对角车架遇到道路上的不平而滚动，车架的梁柱便要承受这个纵向扭曲压力（**longitudinal torsion**），情况就好象要将一块塑料片扭曲成螺旋形一样。

3. 横向弯曲（**lateral bending**）

所谓横向弯曲，就是汽车在入弯时重量的惯性（即离心力）会使车身产生向弯外甩的倾向，而轮胎的抓着力会和路面形成反作用力，两股相对的压力将车架横向扭曲。

4. 水平菱形扭动（**horizontal lozenging**）

因为车辆在行驶时，每个车架因为路面和行驶情况的不同，（路面的铺设情况、凹凸起伏、障碍物及进出弯角等等）每个车架会承受不同的阻力和牵引力，这可以使车架在水平方向上产生推拉以至变形，这种情况就好象将一个长方形拉扯成一个菱形一样。

其实车架的好坏并非物理指标就可以涵盖，所以即使有超强的新车架出现，最传统的车架形式依然存在，正因为此，以下内容才有了发布的意义。

Ladder Chassis（梯形车架）

梯形车架还有一个更为人们熟知的名称—— ladder chassis，是最早出现的车架形式。顾名思义，梯形车架的样子就好象一条平躺着的梯子由两条纵向的主梁（**longitudinal side member**），结合许多大小（粗细）不同的副横梁（**cross member**）所构成的，有些情况还会加上斜梁（**cross braces**）作巩固。直到上世纪 60 年代，它仍然被大部分汽车所采用。随着不同形式的车架设计的诞生，梯形车架应用到一般小轿车上的情况越来越少见，（简直是罕见！）除了专门的越野车，如 Jimmy、Landcruiser 或者 Trooper 等，现在只有商用车才使用梯形车架。

越野车使用梯形车架主要是看中它车身和底盘分离的设计，车架和车壳作非固定连接，在越野行走的时候，崎岖的大幅路面上下落差环境，会导致车架的大幅扭动，如果是一体式车架的话，很有可能随时扭



官方微信号:Jcaae-com
官方QQ群:7234594
官方网址:www.jcaae.com

到连车厂都不认得这是自己造的车!!! 梯形车架的非水平扭曲刚性其实并不理想,一样会产生大幅的扭动,分离式车身正好阻止了车壳的扭动。另外这种车架的前向抗曲能力(即对抗前方正面撞击力的能力)非常的强!所以这款车架仍被越野车普遍的使用。

至于商用车由于梯形车架的负载抗曲能力高,而车架先天造就平台造型,无论对营造车厢空间还是载货空间都有极其正面的作用。

梯形车架的优点也造就了它的缺点,平面结构令它的非水平扭曲刚性相对于一体式车架来的低,而车架的设计不善于造就重心水平低的汽车(技术上完全可行,但是没有必要)对于以操控性作为出发点的汽车这种特性当然与他们的宗旨背道而驰。

Monocoque (一体式金属车架)

顾名思义,使用一体式车架的汽车,整个车身的外壳本事就属于车架的一部分。所以它不同于传统的梯形车架或者管式车架,需要在车架外包裹外壳。

事实上,按严格的定义来说,一体式车架都是由不同的组件装嵌而成的,其中最大的一块就是地台,其余的如车顶、侧板大小各异,所有的板件都是由高压压模机压制出来的,利用机械臂做电焊处理,有的甚至使用激光焊接技术。整个制作过程短至数分钟便可宣告完成。

由此可见,一体式车架之所以那么流行,主要原因是为了适应高度机械化的流水生产作业大量生产,这样做可以大大的降低生产成本。而且一体式车架先天拥有良好的撞击保护能力,车头以及车尾加装副车架一方面有利于吸收撞击所造成的冲击力,另一方面对车架行驶的刚性也有所帮助。其次,一体式车架能够预留用以吸收撞击能量的褶皱区外,车架本身的包裹式构造还可以将褶皱区域吸收不完的能力经过车柱分散到车体的其余部分,避免猛烈撞击力在瞬间过于集中而对乘客造成严重的创伤!相对于其他的车架构造,一体式车架没有高而阔的门榄、防滑动支撑架和大型的传动轴管道等,空间的利用率极高。

凡事总有正反两面,一体式车架生产前的配套投资极其庞大,绝对不适合小批量生产。比如市场层面较窄的跑车市场,现在只有 PORSCHE 使用一体式车架。

另外一个明显的缺陷就是一体式车架因为使用大量的金属,重量偏高。外壳的作用主要是用来营造理想的空间效果,而车架的设计主要由金属钢片构成,虽然钢片已经作了开坑的加强韧度处理,但是在物理结构上的刚度,特别是非水平扭动(longitudinal torsion),始终不及钢管式车架。如果以重量和刚性比来作比较的话,使用同等金属重量所制作出来的一体式车架是所有车架中刚性表现最不济的。

顺便可以提一下的就是车架的后天改装问题。坊间流行[汽车](#)加 Bar 也不是一天两天了,但是无论是顶塔或者底塔,增加的只是车体上部分空间结构的刚性,但是车体其他部分的抗扭度依然没有丝毫的提高,也就是说,原来过弯时,整个车架的扭动现在被车架中间部分的扭动代替了。所以 Tower Bar 及其量只能



官方微信号:Jcaae-com
官方QQ群:7234594
官方网址:www.jcaae.com

提高驾驶的感受，至于真正的车架刚性的表现则很难说。但是有一种情况是例外的，那就是原厂在设计时已经考量了车架的 longitudinal torsion，加装 tower bar 已经是设计的一部分。

ULSAB Monocoque（超轻量一体式车架）

既然 ULSAB Monocoque 可以单独被罗列出来，自然有其独到之处。不过首先还是要交代一下它的出生。

传统的一体式车架其优点是对于大量生产成本相对较低，拥有较强的空间效能同时撞击保护能力较强。缺点是车身沉重，初期投入很高，无法做少量生产。在上世纪八、九十年代开始，国际汽车的安全规格开始迅猛的发展，各大车厂除了发展不同形式的主/被动安全设备以外，也开始着手于设计撞击刚性更高的车架。虽然当时超级计算机已经可以辅助设计出理想的车身结构，但是也无可避免的使更多的钢材被应用到车身上，使得车架重量进一步增加。制造商为了兼顾汽车的性能和环保表现，则着手研究别类的车架金属的应用，希望借此克服传统一体式车架重量偏高的缺点。最为人所知的 HONDA NSX 和 AUDI A8 就是在那样的大环境下开始使用全铝合金一体式车架的。而更多的车厂在使用部分的铝合金零件（如汽缸体、副车架、[车身结构](#)板块、和悬挂摇臂等）来取代传统的钢制零件。这对于许多钢铁制造商来说无疑是沉重的打击，如果汽车工业越来越趋向于使用铝金属的话，他们的生意以及赢利必然会受到重大的影响。为了避免更多的车厂选用铝而放弃钢铁，一间美国钢铁制造商，委托了 PORSCHE ENGINEERING SERVICES 研发了新型的钢制轻量车架技术，成为了今天的超轻量一体式车架（Ultra Light Steel Auto Body）。这也是为什么 PORSCHE 会选用一体式车架的原因之一。

在结构上，它与传统的一体式车架无异。轻量化的主要原因是车的板块由 Hydroform 形式压制，简单的讲就是以高水压压制。传统车架用高重量压模机压制的车架模块，效果就好像用纸盖着硬币，然后用铅笔素出图案的效果。车架和车壳的板块因为压模机的压制细腻度有所规限，整体厚度和设计的厚度有一定的出入，尤其在弯角和边缘的位置，在压制后肯定是最薄弱的地方。为了弥补这个缺陷，整个车架在压制时会刻意做的厚一点，就是说用厚一点的钢板去迁就这些最薄弱的位置都符合最低的厚度要求，从而达到刚度要求。

Hydroform 利用极高的水压，将钢材压迫成所需的车架形状。因为水的压力是平均的，不同的地方所受的压力同样是相同。这样就解决了车架冲压受力不均的问题，车架便可以造得更薄了。

ULSAB 在 98 年公布了一份申明，Porsche Engineering Services 声称它比传统的一体式车架轻 36%，而刚性则提高了 50%。现在 BMW 3 系和 OPEL ASTRA 的部分车架都使用这个技术。

Carbon-fiber monocoque（一体式碳纤维车架）

想解释清楚这种车架，就必须首先解释一下碳纤维的构造和特性。



官方微信号:Jcaae-com
官方QQ群:7234594
官方网址:www.jcaae.com

关于碳纤维这个词，大多是从赛车报道中首先遇到的。现在的 F1 赛车身上 90% 为合成物料，而这些合成物料中 90% 就是碳纤维！不过非常有趣的是，虽然 F1 赛车上的这些碳纤维部件超级的昂贵，不过其实它和我们身上所穿的化纤衬衫（Rayon shirt）有着相同的渊源。

现在这个世界上有两种物质可以制造碳纤维，其中一种就是人造丝（Rayon）。Rayon 是一种丝质的人造纤维，由纤维素（cellulose）所构成，而 cellulose 是构成植物主要组成部分的有机化合物。另外一种能制造碳纤维的物质是丙烯酸纤维（Acrylic fiber），学名应该是 Polyacronitrile（PAN）。

制作碳纤维的方式会因生产商的不同而稍有不同。以 McLaren F1 赛车为例，车上的碳纤维板件的制作过程大致是先将人造丝或者丙烯纤维放在热框架上加热到摄氏 250 度，然后再以摄氏 2600 度在铁炉内加热，使之炭化为碳（Carbon）以及石墨（graphite）。炭化后的纤维会以每三千条微丝卷成一条 0.1mm 粗的细丝，并以之编织成网状图案，成为碳纤维布（碳纤维板的高强度就得意于这种单纤维整齐排列、紧密成束的内部构造）但是如果碳纤维布不再进行进一步加工，在室温环境挥发性既 斓氛偶 蚀苏庵痔 枷宋 家话愤涕旁取阍 8 度的冷柜里，这样寿命可以延长到 18 个月。

碳纤维布之所以不马上加工成为碳纤维板，是因为车身的不同部件对碳纤维板的性质要求略有不同，有些碳纤维板用于车身结构上直接受力，而有些则用在阻流器上，有些则要经过特别的耐高温处理。（其实碳纤维板已经比普通的钢材耐高温，而且在一定的温度范围了，随着温度的上升，它的强度会逐渐的增大。一般钢在摄氏 635 度就会软化，当温度进一步上升到摄氏 1400 度，钢材就会开始融化，而碳纤维材料却在摄氏 20~2000 度之间都保持持续的强度上升。）一般加工碳纤维板，都要将板件在模具中成型时加入合成树脂（resin）。而不同的板件性质就是由与加入不同的合成树脂所造成的。

加工碳纤维板的工作方法虽然有多种，但是基本工序都一样，都是将碳纤维布放置在加工模型的铝制模具中，将适合的合成树脂涂满碳纤维布，然后放到熔炉中以不同的温度、时间和压力溶制，令碳纤维融合，成为坚韧的碳纤维板件。

世界上有大小不同的碳纤维制造商，而专为汽车制造的碳纤维普遍只有几种，当中以高韧度和重量比例见长的一种叫作 Kelvar。Kelvar 由著名的杜邦化工开发的，用途主要是汽车、赛车乃至飞行员的头盔。

总的来说，碳纤维和传统钢材比较，其性能具有压倒性的优势，密度要比钢材低 4 倍左右，而强度和硬度都是钢材的两倍。但是其实碳纤维也非完美的材料，虽然它很坚韧，但是却有受力向度的问题，也就是说，整体中的某些部位不太能受力。

碳纤维应用于汽车是 80 年代初的事，当时的 FIA 允许 Group B 赛车使用任何汽车技术于赛车之上，唯一的限制是有关的赛车必须生产 200 辆民用版本公开发售，以次作为推动汽车发展的动力，同时也限制了过于离奇的技术所造成的不公平竞争。于是在那时，陆续出现了许多使用碳纤维部件的跑车，例如 Ferrari



官方微信号:Jcaae-com
官方QQ群:7234594
官方网址:www.jcaae.com

288 GTO PORSCHE 959，不过当时碳纤维的使用仅仅用于车身的板件，而目的也仅仅限于减轻赛车的重量，碳纤维板本身根本没有提供任何的车身刚性。更别说一体式碳纤维车架了，当时的 959 使用的是一体金属车架，而 288GTO、F40、DIABLO 使用的都是钢管式车架。

最早出现的一体式碳纤维车架不难猜出是出自于 F1 赛场，1981 年 McLaren MP4/1 的设计师 John Barnard 设计了全世界第一个一体式[碳纤维车架](#)，而在超级跑车的行列中现在应该只有 4 辆使用的是一体式碳纤维车架。它们分别是 McLaren F1 Ferrari F50 Ferrari Enzo Bugatti EB 110SS（EB 110 GT 不是使用一体式碳纤维车架的）。而其他声称使用碳纤维的跑车最多不过在车架补强方面使用碳纤维，更多的是使用在装饰部分上。

在结构上，一体式碳纤维车架没有即定的格局，几乎每辆车都根据自己整体的情况特别设计车架，其中值得一提的 F50，F50 的车架有一个很大的特色，就是后悬挂直接连接在引擎及变速箱上，然后才将整个引擎悬挂结构嵌入车体内。籍此 F50 的车架只重 102kg，而抗扭度高达没有人性的 3550kgm/degree。这种设计可以营造极轻量的悬挂重量，但是无可避免的回有较大的引擎震荡传入车厢。

碳纤维的制作成本已经从数年前的 100 美元/公斤下降到了约 5 美元/公斤，可见只要解决批量生产的问题（碳纤维的铸造主要依赖手工，属于劳动密集型生产）碳纤维很快就会被使用于民用汽车。

Aluminum Space-frame（铝管式车架）

89 年面市的 NSX 十分明显的是一体式的结构，只是车架的材料由铝取代了传统的钢材。虽然 HONDA 和 AUDI 为了谁是最早采用全铝制车架的车厂至今纠缠不清，不过这也许并不重要，所以也没有必要在这里讨论。

其实铝管车架也有多种形式，所以我就挑两种最具代表性的形式加以介绍。

AUDI SPACE FRAME（ASF）

上一代 A8 在 94 年推出，重点技术便是和美国制铝商 Alcoa 合作开发的铝管式车架。虽然从名字看铝管车架更似钢管车架，不过，铝管车架并没有像钢管车架般用交错的钢管支撑车身的结构，而是和一体式车架极其相似。

以 A8 和 A2 为例，它们的 ASF 车架结构在外型上基本是一体式的构造，车架本身已经勾勒了车身的线条，与一体式车架稍有不同的是少了一些一体压制的车身板件，取而代之的是增加大量的管状结构分布，如果足够仔细的观察 A8 的车架图，不难发现这一点。

根据 AUDI 公布的数据，使用 ASF 的 A8 比使用传统一体式钢制车架的车辆能减轻高达 40% 的车架重量，与此同时整体车架的刚度也有 40% 的增加。

ASF 已经进入了第二代的技术，车架的部件全部由高刚度铝合金以高压吸塑、真空整裁或片状构成



官方微信号:Jcaae-com
官方QQ群:7234594
官方网址:www.jcaae.com

制造，并以小钢钉以非单一的焊接方式焊接而成。比起上一代的 A8 车架，新技术尽量使用大一点的框架，减少框架内使用铝管的数量，相对也可以节省焊接的焊接点与时间。在焊接技术上也增加了激光的使用范围，虽然成本已较第一代有所下降，可是工序与技术始终同样复杂，所以成本始终较普通的一体式车架高出很多。但是毫无疑问，只要能够大量的生产，尽量降低成本，ASF 铝管车架是很好的车架设计。

Lotus Aluminum Chassis (由汽车航空航天工程网提供)

对于产量偏低的莲花车厂来说，搞铝车架搞到像 AUDI ASF 这样的层面是不现实的，因为在成本上这完全超越了车厂的承受范围。但是轻量化始终是 LOTUS 的灵魂，所以车厂求助于丹麦铝窗制造商 Hydro Aluminum，希望凭借该厂对铝材性能的了解，能降低成本制造轻量化同时坚固无比的跑车车架。

ELISE 身上革命性的铝制车架，利用挤压方式（Extrusion）将车架模件挤压成型，不过它最正点的地方在于 Hydro aluminum 发现，只要在铝件接合面上做化学处理，便可以用环氧树脂（Epoxy）将铝件刚硬的结合起来，而且使用在这个车架上的环氧树脂也是特别发展出来的，坚固度高的出奇。配合钢钉固定，使整个车架的抗扭曲度高达没有人性的 1122kgm/degree 也就是说，要使车架扭曲 1 度，用一根一米长的杠杆以 1122kg 的力量扭动下去!!!!!! 并且据原厂修理 ELISE 的技师称，即使经过撞击而车架扭曲的 ELISE 也没有一处结合环氧树脂的地方崩断。不过使用环氧树脂的意义还不止于此，另一个重点在于，能够避免以焊接方式接合铝件，好处是可以用上薄一点的铝材，这样可以进一步的减低车架的重量，因为焊接的接点往往是车架最薄弱的地方，要解决这个问题，就不得不使用厚一点的铝材作弥补。所以，同样使用铝管车架设计的 Renault Sport Spider，以焊接方式接合车架，但在重量、抗扭曲度和挤压厚度的表现上都及不上 ELISE。

ELISE SPORT SPIDER

车架重量 65kg 80kg

抗扭曲度 11000Nu/degree 10000Nu/degree

挤压厚度 1.5mm 3.0mm

从赛车的角度看，ELISE 的铝管车架是优质而有创见的。然而，一个以碳纤维制造的（撞击盒）已经预设车头部分，作用是用以减轻前方撞击时的损毁程度，但是这个车架设计却不善于吸收撞击能量，车架一旦撞击扭曲，维修费用都会高的惊人，同时修复工作也非常的复杂，因而往往令它不被修理就直接报销。

另一方面，有一个广为人知的事实就是，铝金属在受热到一定的程度后就会开始燃烧。如果引擎有漏油情况的话，点起轻微的火舌，而一旦发现稍迟后肢车上没有灭火器的话，加上纤维车身助燃，火势随时一触即发，烧到连渣都不剩。所以用铝制车架的车内最好常备一只灭火器。至于 AUDI ASF 的身上有没



官方微信号:Jcaae-com
官方QQ群:7234594
官方网址:www.jcaae.com

有这样的隐患，或者在车架设计时已经克服了这样的问题，暂时我还没有足够的资料下定论。

Glass-fiber body（玻璃纤维车架）

也许很多人没有听说过玻璃纤维车架，其实这个世界上也只有一辆车使用过玻璃纤维车架，不过，玻璃纤维大量的被运用到汽车上是不争的事实，所以当追忆古人，在这里谈一谈玻璃纤维车架。

对不少的汽车界专业人士而言，玻璃纤维是极其理想的制车材料。它比钢甚至铝更轻巧，可塑性高，也不需要担心生锈的问题。而且它的加工成本极低，最简陋的一些基本工具加一双手就可以制作玻璃纤维了。我不知道该说玻璃纤维有英国情节还是应该反过来说英国跑车有玻璃纤维情节，反正它们有着纠缠不清的种种关系。而和玻璃纤维最投机的要属命运多舛的 LOTUS。直到今时今日 ELISE 和 ESPRIT 的车身仍然披着玻璃纤维的外衣。而第一部使用玻璃纤维车架和车身的汽车也出产于 LOTUS。不错又是它一莲花，正是它于 1957 年推出了一体式玻璃纤维车架（Glass-Fiber Monocoque Chassis）轻量化跑车 Elite。Elite 的全车受力结构均有玻璃纤维制造，在当时而言，超前的概念就象今日的一体式碳纤维车架一般。无论引擎、传动系统以至悬挂的固定位置，都完全的嵌入玻璃纤维车架之中，结果车重是惊人的 660kg。

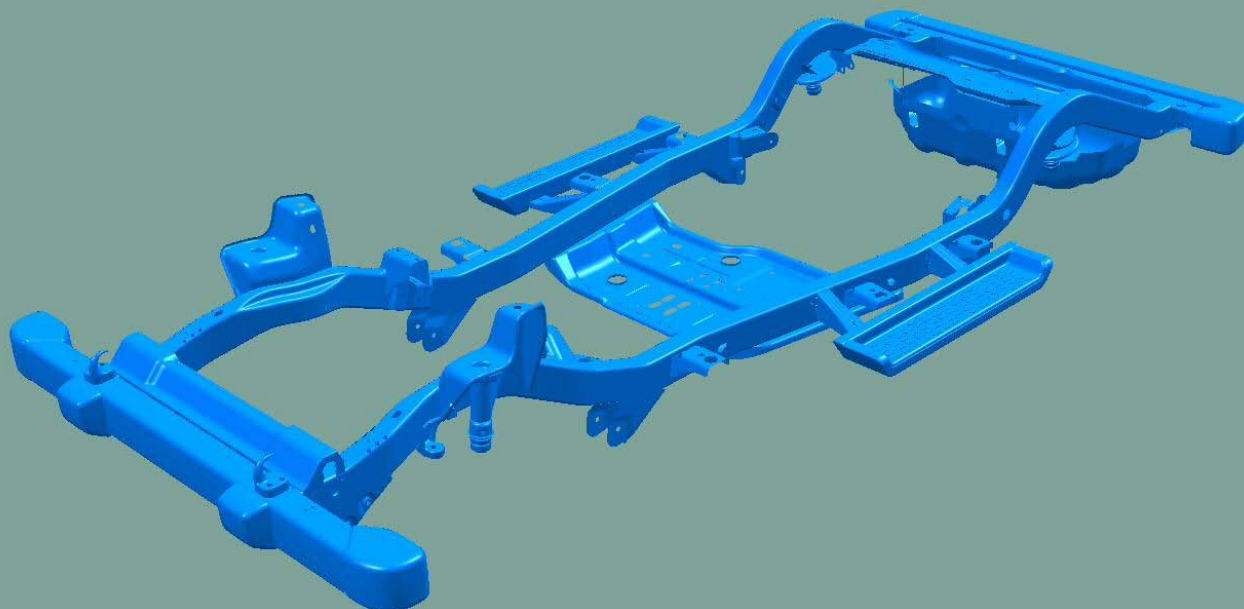
可是 Elite 注定只是一颗流星。这点大家其实不难理解，引擎、悬架和传动系统这些不断受压摇晃的部件，对车架接点的要求是极其苛刻的。而玻璃纤维却有着很大的先天物理宽容性，车身板件与板件的夹位不能造的精密，对机械受力的问题上一直都存在隐忧，夹位会随着时间的推移越变越大，最终影响行驶的稳定性、乘坐的舒适性和安全性……LOTUS 于 59-63 先后 4 年间不断加大用以维护 Elite 车架稳定性的资源投入。最后在生产了 988 辆之后终告停产，所谓的第一辆使用玻璃纤维车架的汽车也成为了最后一辆！

以后使用玻璃纤维的汽车无论是 Elan Marcos Corvette 或者稀有的 Venturi 都只限于非受力的车壳部分。换句话说玻璃纤维只是美丽的外衣而已……..



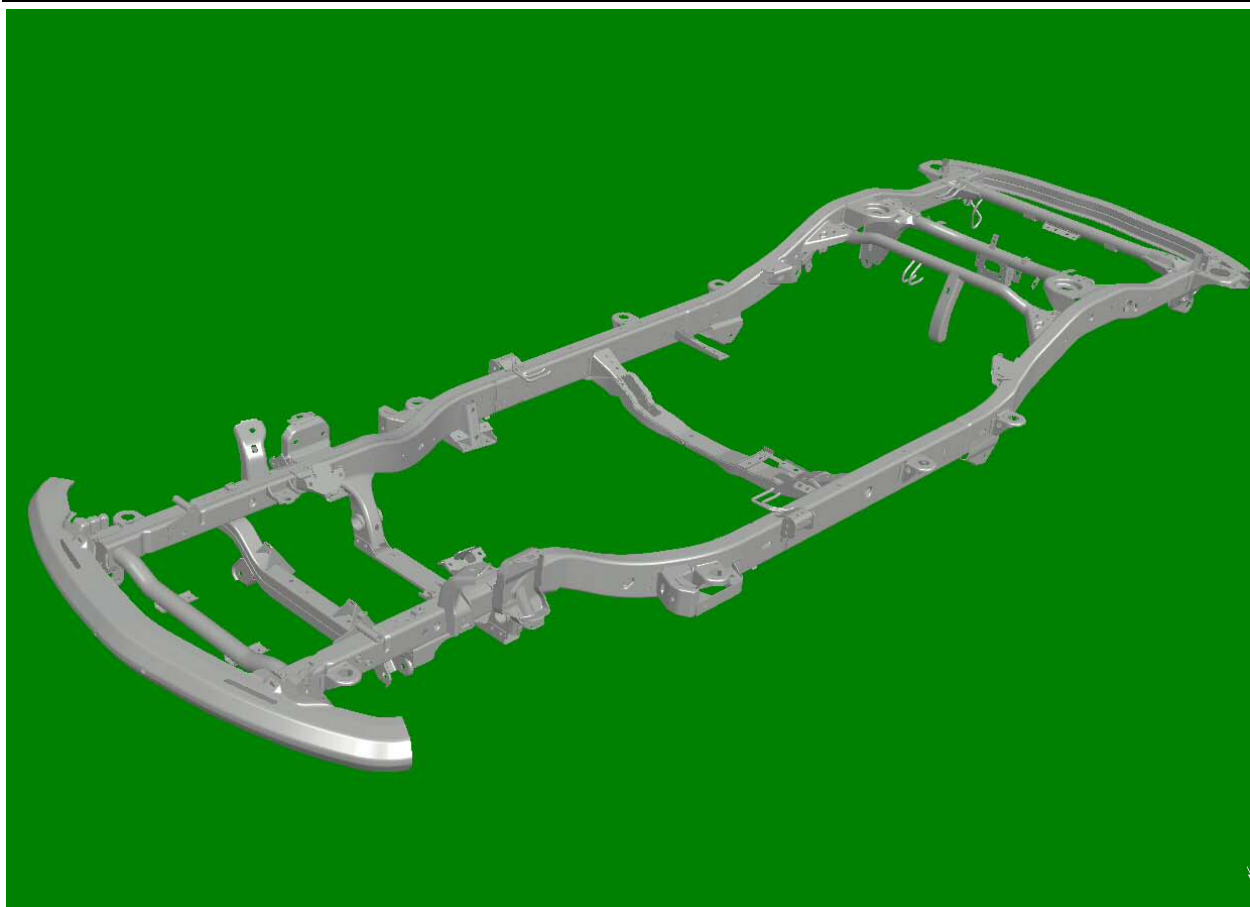
官方微信号:Jcaae-com
官方QQ群:7234594
官方网址:www.jcaae.com

Powered by huzhengnan
<http://icax.cn>





官方微信号:Jcaae-com
官方QQ群:7234594
官方网址:www.jcaae.com





官方微信号:Jcaae-com
官方QQ群:7234594
官方网址:www.jcaae.com

