

福田轻型载货汽车
车架设计

提 纲

8.1 整车对车架的要求

8.2 车架的受力情况分析

8.3 车架的结构分析

8.3.1 车架的基本结构形式

8.3.2 车架宽度的确定

8.3.3 纵梁的形式、主参数的选择

8.3.4 车架的横梁及结构形式以及材料的选择

8.3.5 车架的连接方式及特点以及材料的选择

8.3.6 载货车辆采用铆接车架的优点

8.3.7 车架设计的公差分析与控制

8.4 车架的计算

8.4.1 简单强度计算分析

8.4.2 简单刚度计算分析

8.4.3 CAE 综合分析

8.5 车架设计注意事项

8.5.1 概述

8.5.2 焊接车架注意事项

8.5.3 铆接车架注意事项

8.5.4 车架的通用化设计

8.5.5 车架的轻量化设计

8.6 附表

附表（一） 现有车架参数一览表

附表（二） BJ1046E6 西南车型设计方案计算书

附表（三） 轻量化设计实例

附表（四） 常用纵梁材料牌号的选用、标注

附表（五） 常用部分国标牌号钢材与企标牌号汽车梁用钢板牌号及成份、性能对照对比

8.1 整车对车架的要求

车架是整车各总成的安装基体，对它有以下要求：

1. 有足够的强度。要求受复杂的各种载荷而不破坏。要有足够的疲劳强度，在大修里程内不发生疲劳破坏。
2. 要有足够的弯曲刚度。保证整车在复杂的受力条件下，固定在车架上的各总成不会因车架的变形而早期损坏或失去正常工作能力。
3. 要有足够的扭转刚度。当汽车行使在不平的路面上时，为了保证汽车对路面不平度的适应性，提高汽车的平顺性和通过能力，要求车架具有合适的扭转刚度。对载货汽车，对扭转刚度具体要求如下：
 - 3.1 车架前端到驾驶室后围这一段车架的扭转刚度较高，因为这一段装有前悬架和方向机，如刚度弱而使车架产生扭转变形，势必会影响转向几何特性而导致操纵稳定性变坏。对独立悬架的车型这一点很重要。
 - 3.2 包括后悬架在内的车架后部一段的扭转刚度也应较高，防止由于车架产生变形而影响轴转向，侧倾稳定性等。
 - 3.3 驾驶室后围到驾驶室前吊耳以前部分车架的刚度应低一些，前后的刚度较高，而大部分的变形都集中在车架中部，还可防止因应力集中而造成局部损坏现象。
4. 尽量减轻质量，按等强度要求设计。

8.2 车架的受力情况分析

1. 垂直静载荷：

车身、车架的自重、装在车架上各总成的载重和有效载荷（乘员和货物），该载荷使车架产生弯曲变形。

2. 对称垂直动载荷：

车辆在水平道路上高速行驶时产生，其值取决于垂直静载荷和加速度，使车架产生弯曲变形。

3. 斜对称动载荷

在不平道路上行使时产生的。前后车轮不在同一平面上，车架和车身一起歪斜，使车架发生扭转变形。其大小与道路情况，车身、车架及车架的刚度有关。

4. 其它载荷

4.1 汽车加速和减速时，轴荷重新分配引起垂直载荷。

4.2 汽车转弯时产生的侧向力。

4.3 一前轮撞在凸包上，车架水平方向上产生剪切变形。

4.4 装在车架上总成（方向机、发动机、减振器）产生的作用反力。

2.5 载荷作用线不通过纵梁的弯曲中心（油箱、悬架）而使纵梁产生局部受扭。

因此车架的受力是一复杂的空间力系，纵梁和横梁截面形状和连接的多变多样，使车架的受载更复杂化。车架 CAE 分析一轮悬空这种极限工况，即解除一个车轮的约束，分析车架弯扭组合情况下的最大应力。

普通载货汽车车架的弯矩图如下：

8.3 车架的结构分析

8.3.1 车架的基本结构形式

		边梁式（载货车、中客、大客车常用结构）
车架	框式	周边式（复杂的边梁式，越野车、轿车常用）
	X	型式（X型横梁，抗扭性能强）
		脊梁式（抗扭性能好）
		综合式（前后框式、中间脊梁式）

目前公司各种车架基本都是边梁式车架。

车架总成是一种受力情况非常复杂的构件。目前，在进行车架设计时，首先参考国内外现有的同内型汽车车架纵梁的端面尺寸，根据总布置的要求（纵梁端面尺寸的大小直接影响整车的质心的高度）选取车架纵梁端面尺寸，然后对其进行静态抗弯强度计算，并根据需要对其采用有限元进行静态、弯扭等工况的分析计算。由于车架总成在汽车行驶过程中受力情况非常复杂，很难对其进行准确的计算，所以在正式投产前还需进行道路试验（或MTS道路模拟试验）来检验车架的强度是否满足使用要求。

由于绝大部分总成部件都是通过车架来固定其位置的，所以车架的结构形式首先应满足总布置的要求。

8.3.2 车架宽度

对于边梁式（梯形）结构车架，其宽度是指车架上由横梁所固定的左、右纵梁腹板间的宽度。汽车的全宽决定以后，车架的宽度就可以根据装在车架外侧的轮胎、钢板弹簧和装在车架内侧的发动机等尺寸来确定。

在车架设计时，为了提高整车的横向稳定性和减少前、后桥以及车厢横梁的弯曲力矩，一般希望加大车架的宽度。影响车架宽度的因素很多，在布置时应主要考虑：整车外宽、前轮和后轮轮距、安装发动机及操纵机构所需要的空间、轮胎及悬挂的空间、转向所需要的空间等。

我国行业标准 ZB/TT43003-89 固定了载货汽车车架宽度宽度一般在700-950mm之间，如下表：

基本尺寸	860	800	780	750	单位：mm
极限偏差	±10				

在车架设计中，为了解决总布置与车架宽度的矛盾，通常采用以下几种结构形式的车架：

1、前窄后宽式车架 这主要是为了满足前轮转向的需要，目前我公司奥铃轻卡均采用了这种结构的车架，有效地

2、前宽后窄式车架 该结构车架以往一般多应用在重型载货汽车上。因为重型载货汽车的后轴荷较大，轮胎及钢板弹簧都要加宽，同时所采用的发动机外型尺寸都较大，故只好减少前轮转向角，最终使车架成为前宽后窄的形式。我公司殴曼重卡型载货汽车的车架就是该种结构。由于该结构的车架纵梁在转折处其上、下翼面易产生皱纹区，容易引起应力集中而导致纵梁的早期损坏，故在中、重型载货汽车上应尽量避免采用该种结构的车架。

3、前、后等宽式车架 在整车总布置允许的条件下，应尽量采用前、后等宽式车架，因为该结构车架的制造工艺简单，不存在不等宽车架在该皱纹区易产生应力集中的缺点。目前，绝大多数的中、重型载货汽车均采用前、后等宽式车架。我公司3200mm轴距时代轻卡的车架也采用了该种结构，同时其纵梁直接采用成形钢材或滚压成形，大大简化了实际生产和提高了生产效率，且车架总成成本较低，迅速满

足了市场的需求。

4、前后收缩式车架 有时为了满足总布置的需要，也采用了前后收缩式车架，有效地布置了大型的发动机。

8.3.2.2 车架宽度的确定

车架的宽度主要由前后轮距确定的，确定车架的宽度按以下原则进行：

- ①车架前部宽度主要考虑前轮的最大转角，选用成型的方向机要考虑方向机的安装，有时结合驾驶室的安装统一考虑。
- ②车架中部的宽度要考虑发动机及发动机附件（排气管、变速操纵杆）的安装。
- ③为考虑高速车的稳定性，希望增加车架后部宽度，以便能加大后簧托距而不使板簧支架的悬臂过长。如 BJ1027A和 CA1026的托距都很大，1032 单胎系列五星轻卡也一样。
- ④对双胎车，后轮距一确定，车架后部宽度取决于轮胎、板簧、车架三者的间隙。
- ⑤从简化工艺的角度看，最好做成前后等宽，对低价位的产品，这一点很重要，如 BJ1046E6 就是采用这种结构设计的。
- ⑥考虑标准的要求，我国汽车专业标准规定中型载货车边梁式车架的宽度为 $864 \pm 5\text{mm}$ ，EQ140车架的宽度为 861。

车架宽度选择的典型结构：

- ①轿车、微型车和单胎轻型车车架做成前窄后宽结构，前部窄是为了增大前轮转角。从发动机安装处开始加宽，后宽是确保加大后簧托距而不使板簧支架的悬臂过长，最典型的是 CA1026车架，前部宽度 760，后部 840。
- ②双胎载货车，做成前宽后窄结构。如 1028 非独立悬架的五星小卡（前 740，后 640）和五十铃 NPR（前 935，后 810）。
- ③1049（NKR55LD）是以上两种车架的综合，前部宽度 630、中部 740、后部 700；五十铃 NHR单胎车型前部宽度 630，中部中部 740、后部 800。

8.3.3 纵梁的型式、主参数的选择

8.3.3.1 纵梁的型式	图例	抗弯性能	抗扭性能	材料利用率	固定断面、投入	总布置方便性	变形性	车架工艺	应用情况
槽型薄壁断面	纵梁主要有以下两种结构（相同的断面面积）	好	很差	较好	大	好	差	闭口断面、Z 字型断面、工字型断面等。其中重型槽型薄壁断面不常用。铆接为主，小部分焊接	在此主要讨论前面两种结构批量应用于各种载货、中型和轻型载货车辆
闭口薄壁断面	成型管	较差	较好	差	小	较差	好	焊接	部分轻型车，如 BJ1022、现代小货车，部分越野车，福田小卡
	焊接结构			一般	很大	好	差		微型货车、皮卡、越野车

不同的断面形状，抗弯与抗扭的性能是不一样的具体见下表

断面形状	断面面积 F	惯性矩 J_x	抗弯断面系数 W_x	极惯性矩 J_p	抗扭断面系数 W_p
槽型断面	100	100	100	0.5	4
矩形断面	100	81	82	32	50
圆形断面	100	76	79	100	100

8.3.3.2 纵梁主参数的选择

1、要满足强度和刚度需要，具体从以下三个方面考虑：①根据轴距对车架刚度的初步验算；②同类车型的类比分析，具体见附表（一）。③初步的强度计算。

2、要考虑规划中产品对车架断面的要求，满足产品系列化对车架纵梁强度和刚度的要求。

3、车架纵梁要尽量简单，减少断面急剧过度及弯曲，减少应力集中。

4、通过 CAE 分析，最终确定车架强度和加强板的形状和结构形式。

对槽型梁结构，要注意纵梁高宽比的确定，通常范围为 2.8—3.5 之间，例如 1029 车架为 $170/55=3.09$ 比较合适。1046E6 为 $195/55=3.54$ ，宽度偏小。

8.3.3.3 纵梁的材料

对闭口薄闭断面矩形车架纵梁，公司一直选用 10 号钢，目前已累计生产 30 万台以上，应用情况良好，这种材料虽强度指标不高，但焊接性好，成本低。

对槽型薄壁断面，按 GB3273-89《汽车大梁用热轧钢板》选用，也可选用 B510L、WL510 等材料。

8.3.3.4 车架的横梁及结构形式

车架横梁将左、右纵梁连接起来，构成一个框架，使车架有足够的扭转刚度。汽车的主要总成也靠横梁支撑。具体的确定的原则如下：

1、要确保车架前部的扭转刚度。对独立悬架车型，更要注意。

2、板簧支架和吊耳处尽量设置横梁，以降低纵梁的应力和变形。后板簧前后支架处力和转距很大，一般设置一根抗扭刚度大，连接宽度的横梁。

3、发动机悬置部位，尽量设计简易的横梁，减少纵梁变形。

4、合理设计横梁与纵梁的连接方式及结构，

8.3.4.4.1 横梁和纵梁的腹板连接，工艺简单，连接刚性差，但不会使纵梁出现大的应力，车架中部采用这种连接。

4.3.2 横梁与纵梁腹板及翼面（上或下）相连接。

工艺并不复杂，应用广泛。如后板簧托架的处横梁的连接，但后板簧托架的力会通过纵梁传递给横梁，因此要减少板簧托架的悬伸长度，使载荷点尽量靠近纵梁弯曲中心。当偏心载荷较大时，可将纵梁做成局部封口，或将横梁穿过纵梁，将载荷直接传递给横梁。

4.3.3 横梁与纵梁上下翼面相连接。

由于有刚性很好的角支撑，可产生良好的斜支撑作用，使整个车架刚度增加，翼面外边不会因受压而产生翘曲。车架两端的横梁采用这种方式与纵梁连接。由于翼面不能自由翘曲，但转距过大时，纵梁翼面会出现应力过大现象。

4.3.4 对受力较大的结构附件，要注意其与车架纵梁的连接方式，避免因纵梁局部应力过大造成纵梁开裂。注意减振器支架、驾驶室支架、板簧支架、发动机支架的设计。

8.3.5 车架的连接方式和特点

车架的连接方式有铆接、焊接和螺栓连接三种：

5.1 铆接车架：铆接成本低，适合于大批量生产，其刚度与铆钉的数量及其分布有关，因此铆钉布置设计很重要。

5.2 焊接车架：焊接能使其连接牢固，不致产生松动，能保证有大的刚度。但焊接容易产生较大的变形和内应力，因此对焊接的质量要求很高。适用于小批量生产和修理。

5.3 螺栓连接：

特殊使用条件和特殊用途的车架采用。但长期使用，要从螺栓设计的角度防止产生松动问题，避免发生严重的质量事故。

无论是焊接车架，还是铆接车架，紧固件的数量和尺寸应和横梁的大小相适应，铆钉分布不要太近。当利用连接板的翻边紧固时，适当加大连接板的宽度和厚度，紧固孔应靠近翻边处，防止连接损坏。

8.3.6. 载货车辆采用铆接车架的优点

对于车速较高（ $\geq 100\text{km/h}$ ）和总质量大于 3500kg 的轻型汽车，建议采用铆接车架，优点如下：

6.1 车速高，为确保高速行驶的稳定性，必须提高车架精度，因此优先采用铆接车架。

皮卡、部分越野车、微型货车车架一般采用焊接工艺（纵梁是薄壁闭口断面）。是受以下几个特殊因素影响而决定的：①这部分车型使用中超载不多。②断面较小，最大断面高在 130 毫米以下，采用铆接时铆钳空间不够充裕。③前两类产品的批量不大，如采用铆接投入较大。

6.2 矩管焊接车架的缺点

虽部分小型货车和越野车采用矩管车架，有以下缺点：

6.2.1 矩形管弯曲后回弹大，影响了整车高度方向的基准。焊接后车架本身的尺寸精度不高。

6.2.2 矩形管纵梁，同样抗弯模量前提下，成本高。原 2310-II 车架（100X50X5）170.6 公斤重，成本 1100 元，改成 1022EZC2A 冲压车架（150X50X4），总成 131 公斤，成本 830 元，成本降低，抗弯模量大幅度增加（抗扭性能下降）。

6.2.3 不利于总布置。线路、管路、附件的固定不好处理。

6.3 焊接车架焊接变形大

1022EZC2A 车架为冲压焊接车架，焊接变形大，长期以来达不到设计要求，只好办理偏差许可，具体数据见附表（二）。

6.4 焊接车架不可避免有焊接缺陷

对焊接工艺，容易出现过烧、假焊、咬边等焊接缺陷，由于焊接缺陷的存在，车架出现质量问题的机会增多。

6.5 对卡车行业，铆接车架是主流

国内轻型车行业中，除了北轻汽受工艺条件的限制以外，基本都是铆接车架。北轻汽的主导产品 BJ1041 和 BJ1061 为焊接车架，BJ1041 严格说来是一种“轻抛车型”，后悬架为渐变刚度簧，无副簧，整车承载能力弱，销售区域也基本在北方。焊接车架不是轻卡车架的主流。

6.6 公司已有的铆接工艺

为生产五星轻卡的车架，公司完成铆接线的投入，为进一步分摊铆接线的投入，新设计的车架应优先考虑采用铆接工艺。

8.3.7 车架设计的公差分析及控制

纵梁和横梁等主要零件通常用板料冲压而成，由于成形时，材料的某些部分的纤维被拉长或压缩，成形后必然回弹，致使零件尺寸、形状出现偏差，见图 1。这些偏差与零件形状、材料强度和厚度公差、模具设计及精度、工艺及调整情况等有关，有时很大，必须根据车架自身装配要求及装置件的需要予以限定。

也就是说，为了得到合格的车架总成，除了装配质量外，也要控制纵梁、横梁和支架类的零件自身的质量。没有合格的零部件，很难装出合格的车架总成。对于纵梁和横梁来说，一是控制纵向和横向的正负回弹及纵向扭曲回弹。二是要控制腹面和上下翼面的平度，特别是铆接部位的平度。一般平度不大于 0.3mm，否则将影响铆接间隙，影响纵梁与横梁的垂直度，支架之间的同轴度及平行度。三是对孔位准确度的要求。一般图纸上对于一组孔之间位置度为 0.25-0.5mm，每组孔之间的要求稍微宽些，如前后钢板弹簧支架的每组孔之间不大于（± 0.5- ±1）mm，上下翼面之间同组孔的同心度不大于 1mm。在大批量生产中，采用落料冲孔模是很容易保证的。如果是小批量生产，采用钻模来钻孔，则孔位置度很难保证。

对于支架类零件，主要控制铆接面的平度及形状尺寸中的垂直度，如钢板弹簧支架的铆接面与销孔之间的垂直度及孔位置准确度等。对于保安件（如方向机支架）更要严加控制。

7.1、纵梁

车架纵梁是汽车上最大的部件，也是构成车架总成的主要部件。由于车架是承载构件，一般在设计上选用低合金高强度热轧中厚钢板材料，我国常用的材料牌号为 16MnL 和 10Ti 等钢材。同时由于纵梁在设计上几乎与汽车的纵向长度相等，所以是最大的冲压件。

1) 腹板纵向直径度 (F)

如模具压紧面是平的，则腹板侧弯较大；如模具压紧面反向弯曲，则腹板侧弯即可较小，但截面负回弹较大，且模具复杂，故一般少用。

变截面梁通常定为总长的 0.15%；材料屈服点高时，往往需要放宽到 0.3%。等截面梁可定为 0.1% 以下。每米长度上的直线度一般可 < 4 mm。

2) 截面扭曲 (N)

变截面纵梁在截面转折部位将出现较大的扭曲，很难解决，故最好不在该处紧固零件。两相邻横梁的紧固处，相对扭角应 < 1°。等截面直梁的扭曲较小，一般不必限定公差（按自由公差），如 1046E6、1033E 采用 195 断面高的大直梁。

3) 截面喇叭口 (A1、A2)

由于工艺条件不同，截面可能出现正回弹或负回弹，在无装配问题处，其偏差可不加限定；当有装配要求时，可定为 $A=1^\circ$ ，或限定其开口尺寸公差为 2（可双向分布）。

4) 压弯半径 (R)

压弯半径过小则易开裂，过大则回弹加大。随着模具磨损，该尺寸将变大，从而使喇叭口和翼缘上的孔边距增大，影响装配，其公差常定为 +1.5，或为 +1/4 板厚。

5) 腹板纵向直线度 (δ)

冲模调整不当，压紧力不够，腹板可能出现弧形，必须严格控制。在非压弯区测量，横向直线度公差可为 0.3（从圆角切点开始，从腹板内表面或外表面测量）。

6) 波纹度 (B)

一般应 $<2\text{ mm}$ ，高应力区应 $<1\text{ mm}$ ，拉应力区可不限定。

7.2 、纵梁存在的质量问题

对于纵梁成型的主要质量问题就是开裂和回弹。压弯时开裂可以通过提高材料质量，合理的选择圆角半径等措施是不难解决的。而回弹影响着装配的难易程度和装配质量，所以必须加以控制。

1) 纵向回弹，一般表现为纵梁中部鼓起、纵梁前后端部发翘，目前规定 (1.5-2) : 1000，或则是规定为不大于 10mm。这种纵向回弹一般在装配时可以靠夹具来克服。

2) 横向回弹：横向回弹是指上下翼面相对腹面的垂直度，如果大于 90° 角，则为正回弹，小于 90° 角为负回弹。横向正回弹使铆接间隙大，负回弹使横梁装配困难。因此各厂家都对横向回弹规定了

国别	公司	草图	数据范围	单位	备注
中国	东风	[草图]	1.5 : 100	mm	
日本	五十铃	[草图]	$\leq \pm 0.5$	mm	装配零件部位
			$\leq \pm 1$	mm	不装零件部位

3) 纵梁扭曲质量问题。扭曲问题也是影响装配质量问题之一，一般是由中间开始，到两端扭曲角度逐渐增大。解放车纵梁扭曲值一般在 3.8-6.7mm，如下图。东风越野车纵梁前端扭曲 3mm，后端扭曲 5mm。对于扭曲的控制，只要也是靠装配时来纠正。

7.3 、设计与控制

产生回弹的原因很多，主要是产品结构，压床气垫压力，模具结构及材料的机械性能等。解决回弹的措施是：如凸模做成预回弹角，改变凸模底部与退料板的形状，改进产品结构，控制材料性能与厚度公差，适当地调整压床气垫压力等。同时在纵梁设计中，应从工艺角度进行以下考虑：

1) 在技术条件要求上应区别对待，该严的要严格要求，不该严的部位应一般要求，这样可降低制造成本。如纵梁的横向回弹，在有装配横梁和支架之处，要求严些，在非装配之处，应一般要求。

2) 纵梁上的孔径尽量统一，纵梁设计时应尽量使各支架、横梁等紧固面的厚度相同，铆钉孔径或螺钉孔径应尽量统一，可减少铆钉螺钉的品种，也便于模具备件的管理和维修。

3) 关于纵梁加强板的设计，为防止车架纵梁在使用中的断裂问题，往往设计者在纵梁易断的地方增加一个或几个加强板。加强板与纵梁的连接有铆接，也有点焊固定，有的二者兼有之。一般最好只加一层加强板，特殊如军车和越野车可能会内外加 4 层加强板，工艺性要求更高。

7.4 、车架总成

根据装配需要，可注出若干公差，必要时应对车架实施矫正，加以保证。

1) 车架宽度

车架宽度一般可保持 $\pm 5\text{ mm}$ 以内，但在纵梁截面转折处，相当长的范围内，宽度偏差可能很大，如存在装配问题无法满足，则应根据需要注明公差（如悬架系统及散热器支架安装处），以便工艺上考虑校正措施。

2) 悬置孔位公差