

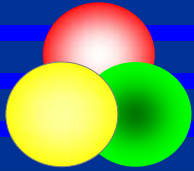
## 第四节 汽车被动安全性



被动安全性系指发生事故时，汽车保护乘员的能力。

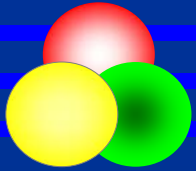
为确保乘员的安全，车身结构及乘员约束系统的性能都非常重要。尽管安全带、气囊等可以显著地减轻事故过程乘员的伤害程度，但随着车速的提高，仅靠几种乘员约束装置确保乘员的安全已变得越来越困难。

因而，人们常考虑从汽车被动安全部件，如车身结构、安全带、气囊、吸能式转向柱、座椅、头枕及内饰件等方面考虑，以减轻乘员伤害的各个部件着手，以得到最佳的乘员保护效果。



# 一、车辆事故分析与被动安全性的评价方法

1. 汽车碰撞事故的分析
2. 撞车事故人员受伤过程
3. 被动安全性的评价指标

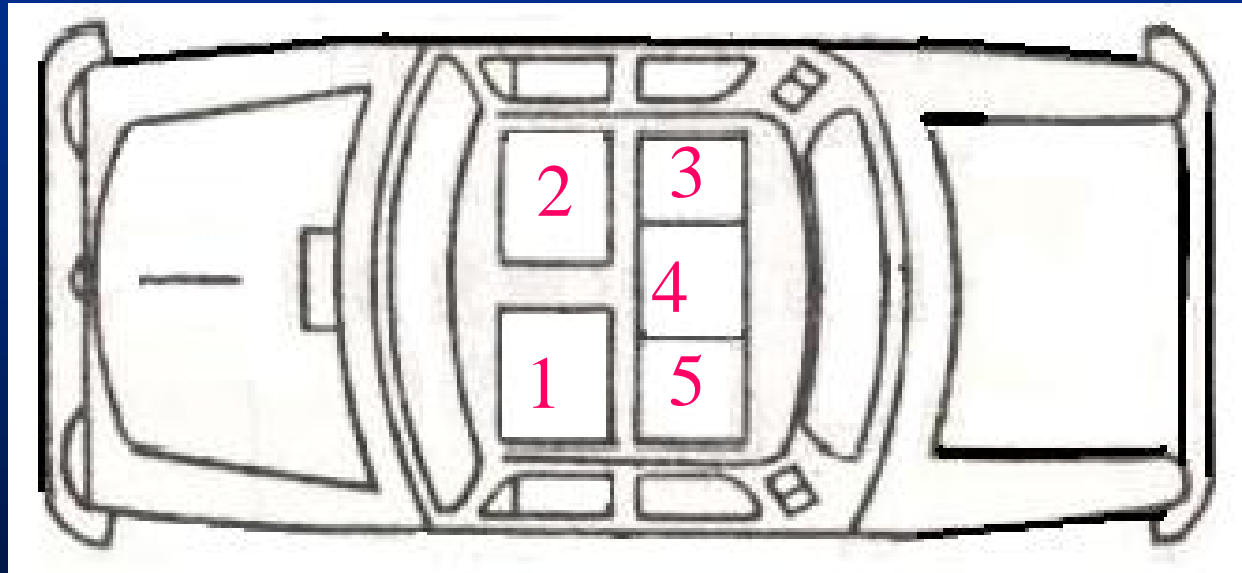


# 1. 汽车碰撞事故的分析



$$\downarrow \frac{9.6}{6.2}$$

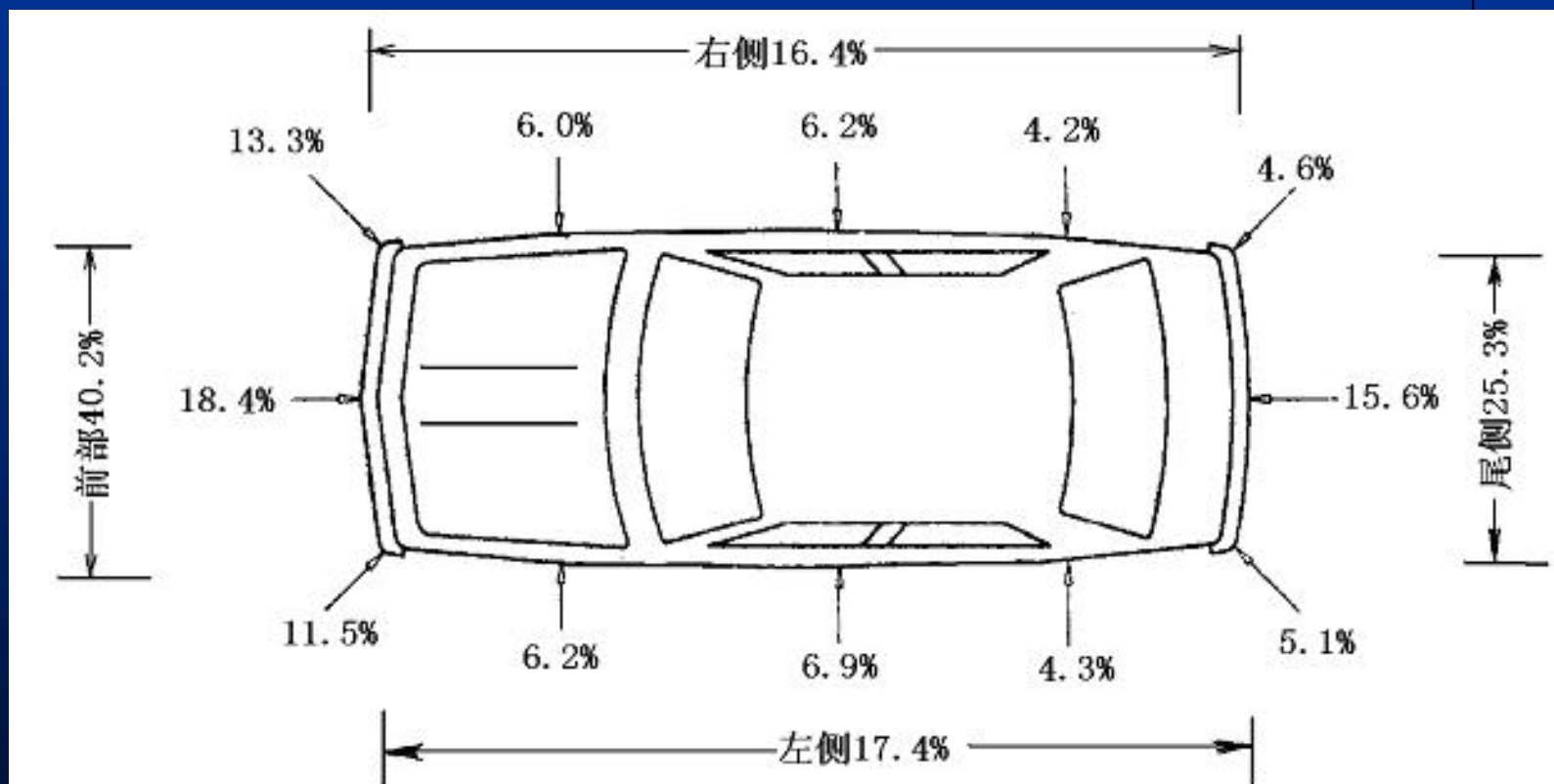
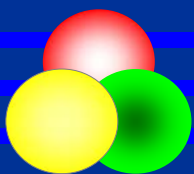
$$\frac{65.4}{59.5}$$



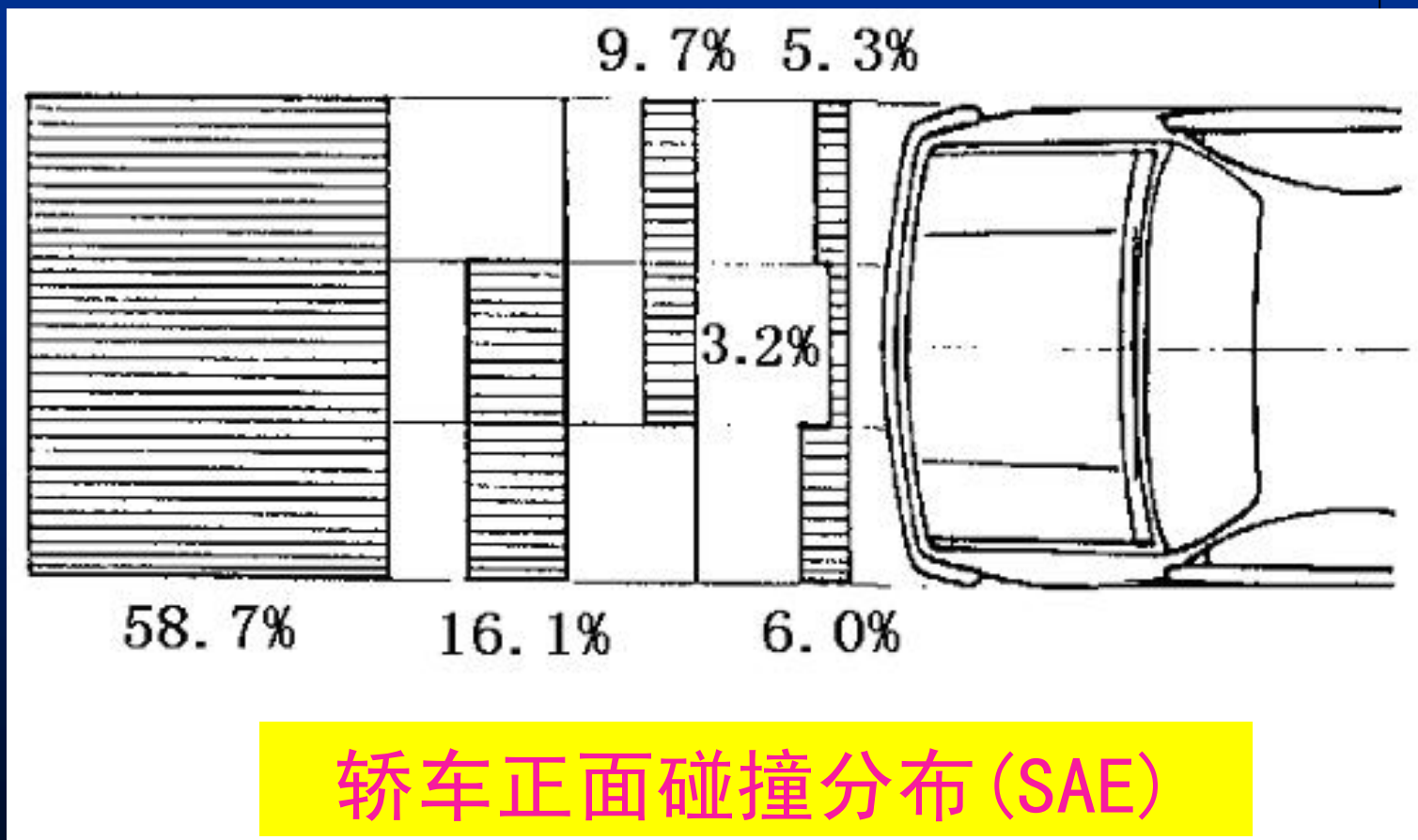
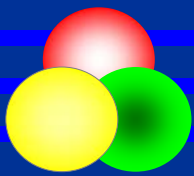
$$\frac{13.2}{23.3}$$

$$\uparrow \frac{11.8}{11.3}$$

轿车（分子）和大客车（分母）撞车事故分布



轿车、轻型货车碰撞部位的平均分布 (SAE)





坐姿



带松



腰带过松



靠背斜度太大



Erhöhter Gurtpunkt

腰带太高



Ankerpunkte

固定点不对

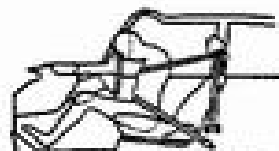


Gurtfestigkeit

带预紧度不对



速度



穿透



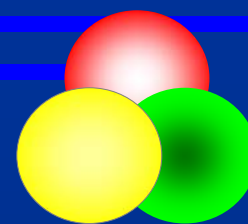
后或侧乘员



固定点断裂

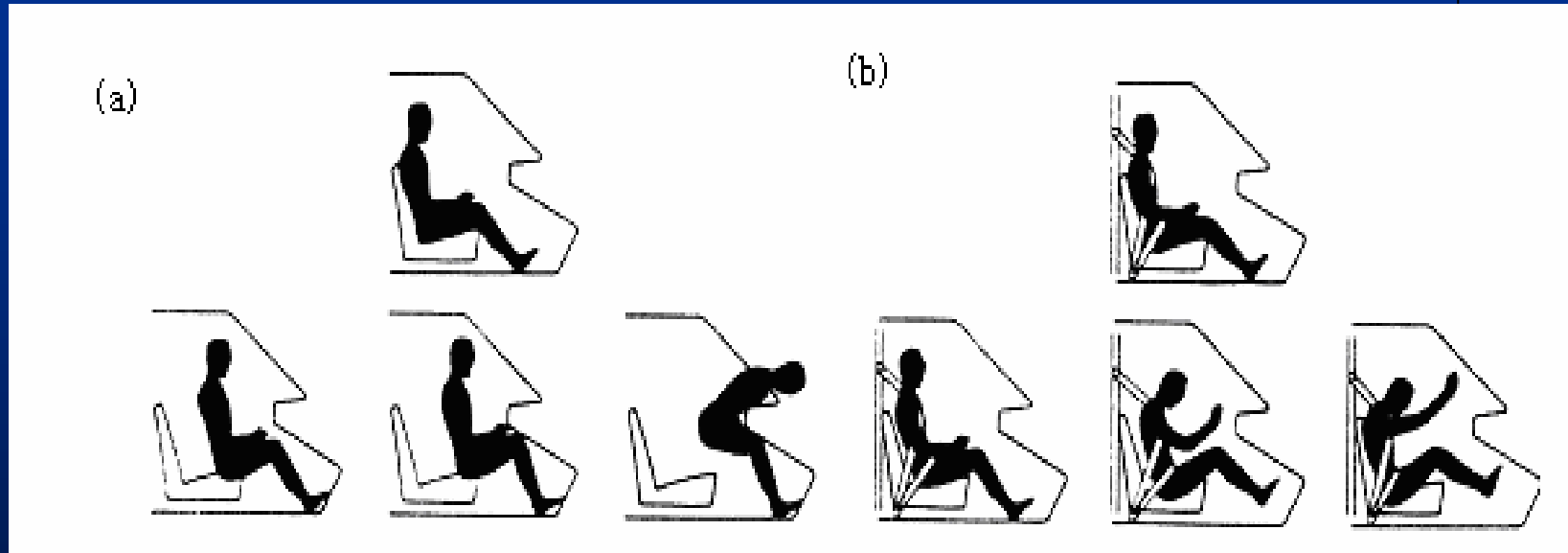
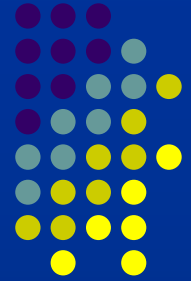
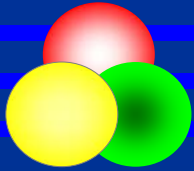


定位错误

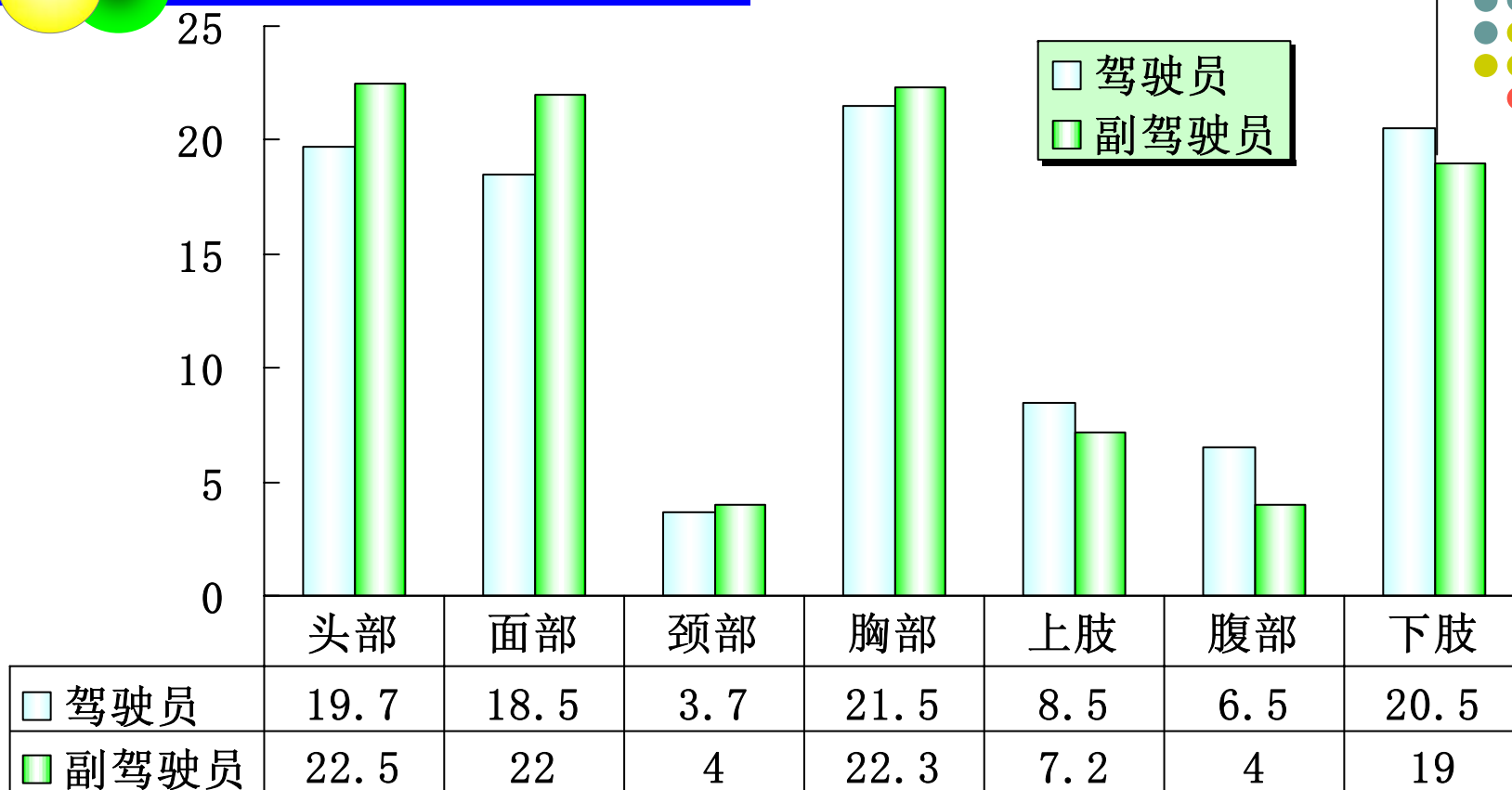
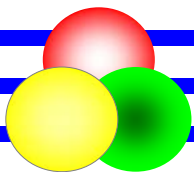


## 2. 撞车事故人员受伤过程

### 撞车中轿车驾驶员受伤过程

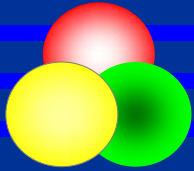


撞车中轿车前排乘客  
有无安全带受伤过程



## 事故中轿车乘员身体各部位受伤分布





### 3. 被动安全性的评价指标



#### (1) 严重性因素

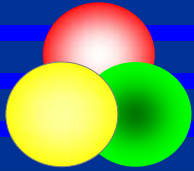
$$F = \frac{N_S}{N_{SH}}$$

$N_S$  — 事故中的死亡人数（当场死亡或事故后存活不超过七昼夜）；

$N_{SH}$  — 事故中的受伤人数。

#### (2) 死亡人数

常用每百万居民，每百万公里行程，或每百万部车的事故死亡人数来衡量道路交通事故的程度。



### (3) 危险系数



$$k = \frac{k_1 N_q + k_2 N_Z + k_3 N_S}{N_q + N_Z + N_S + N_o}$$

$N_q$  — 轻伤人数（康复期不超过四周）；

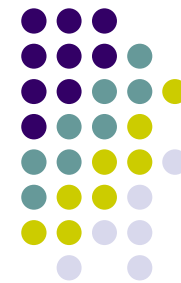
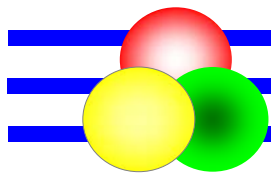
$N_Z$  — 重伤人数；

$N_S$  — 死亡人数；

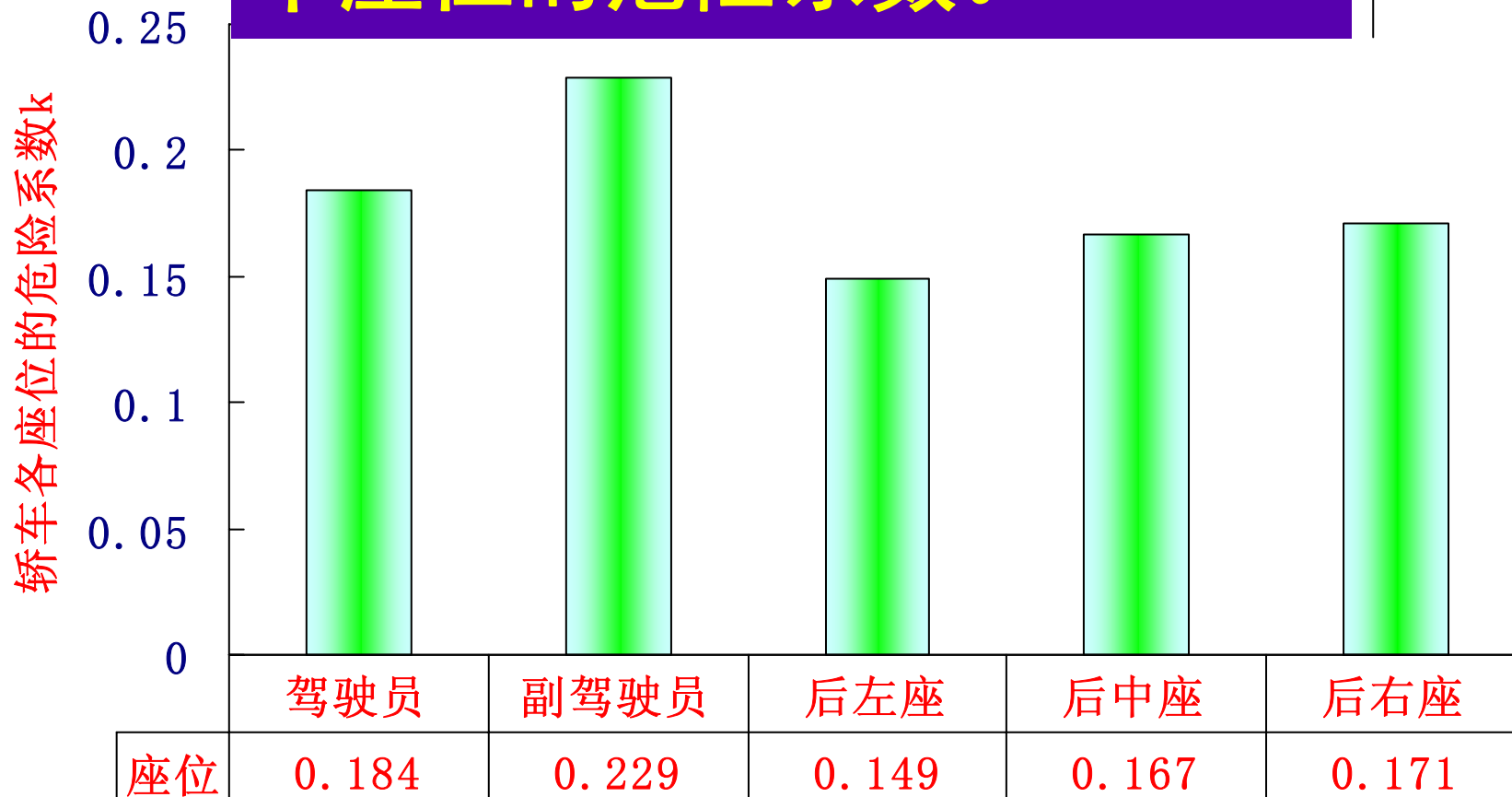
$N_o$  — 未受伤人数；

$k_1, k_2, k_3$  为加权系数，建议取

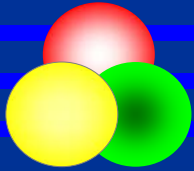
$k_1 = 0.015, k_2 = 0.36, k_3 = 1。$



 据统计，下图为轿车各个座位的危险系数。



轿车各个座位的危险系数

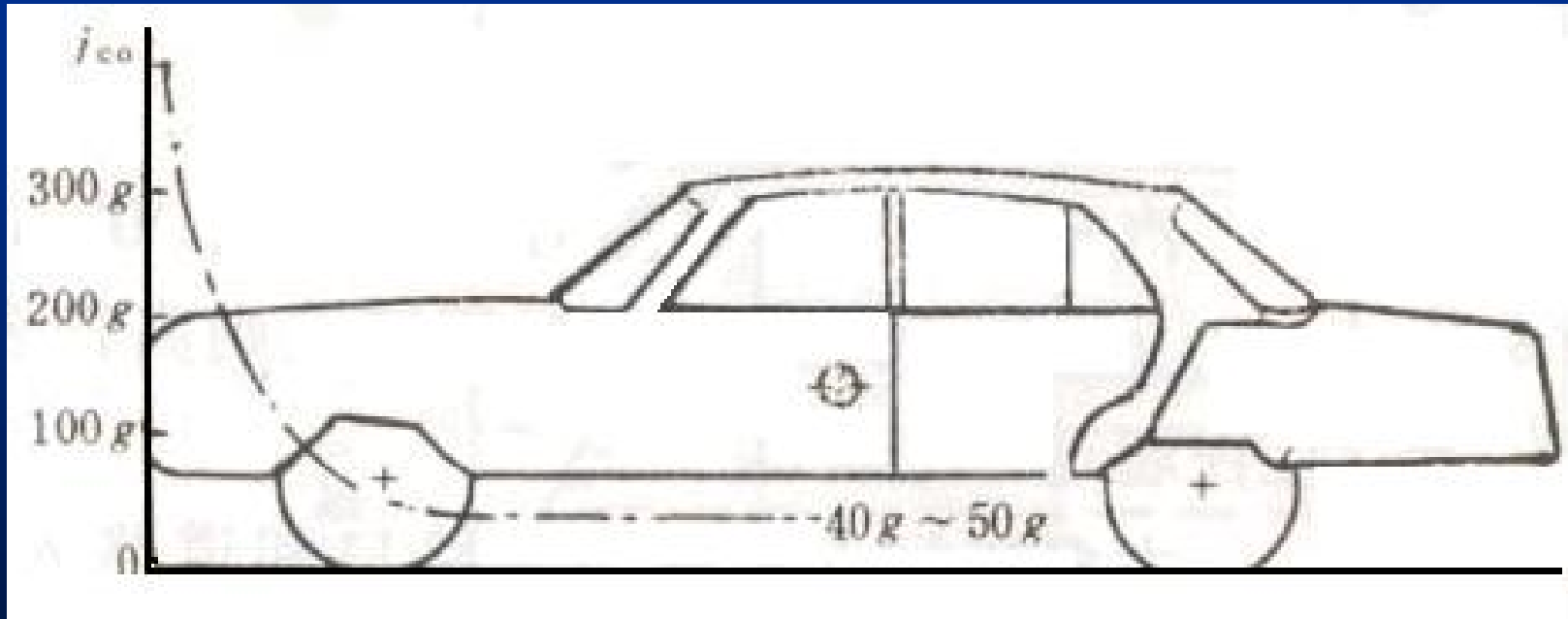
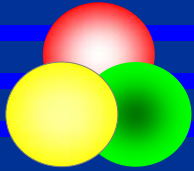


## 二、内部被动安全性

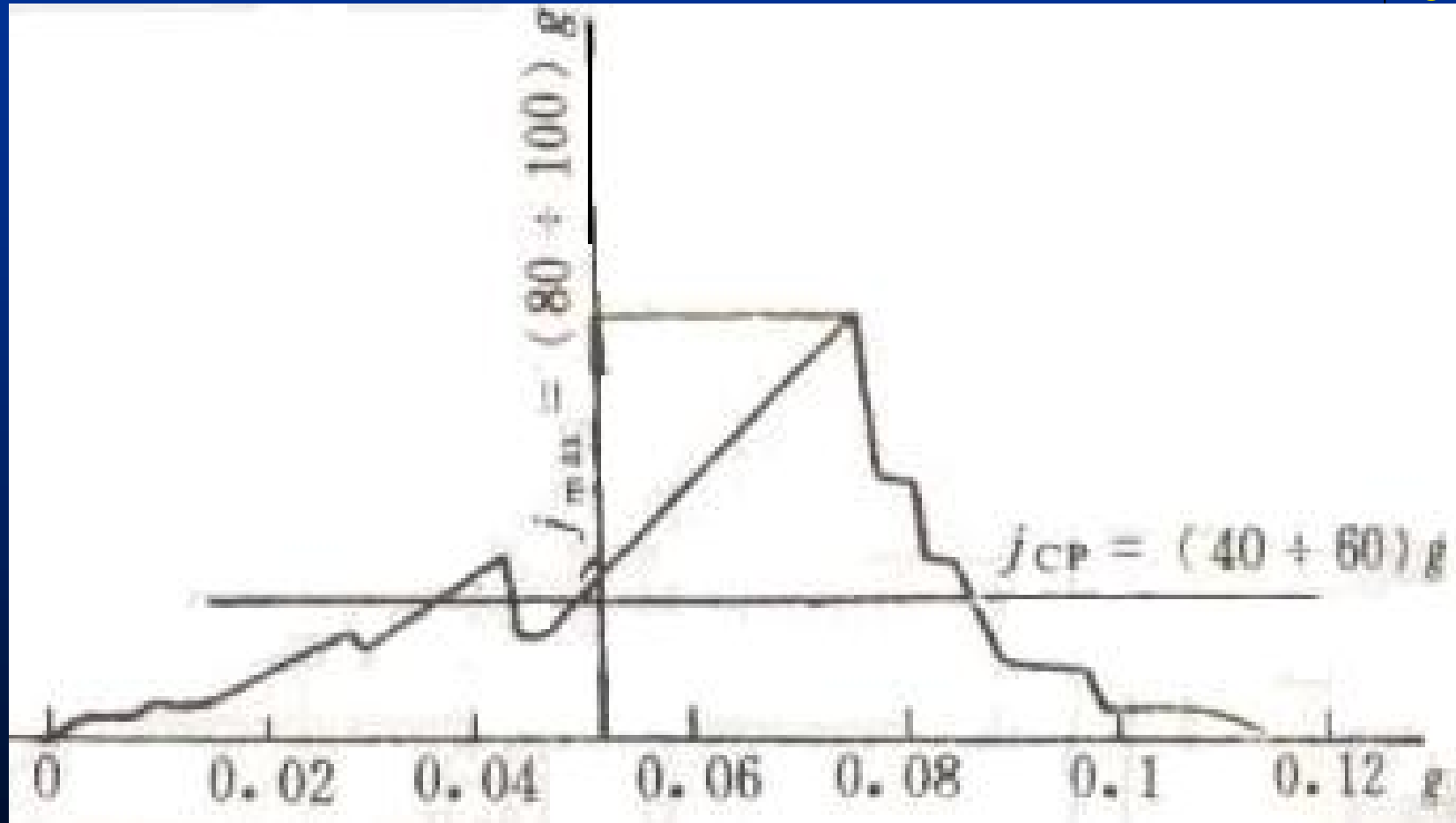
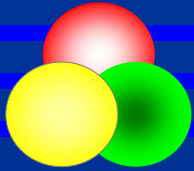
降低人体减速度是研究内部被动安全性的重要内容。

### 1. 安全车身

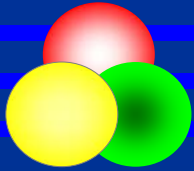
轿车发生迎面碰撞或碰到固定障碍物时，前部分发生特别大的平均减速度  $j_{cp}$ （ $300g \sim 400g$ ），从车头到车尾逐渐降低；轿车质心平均减速度  $j_{cp}$  为  $40 \sim 60g$ ，瞬时值可达  $80g \sim 100g$ 。




平均减速度沿车长方向分布




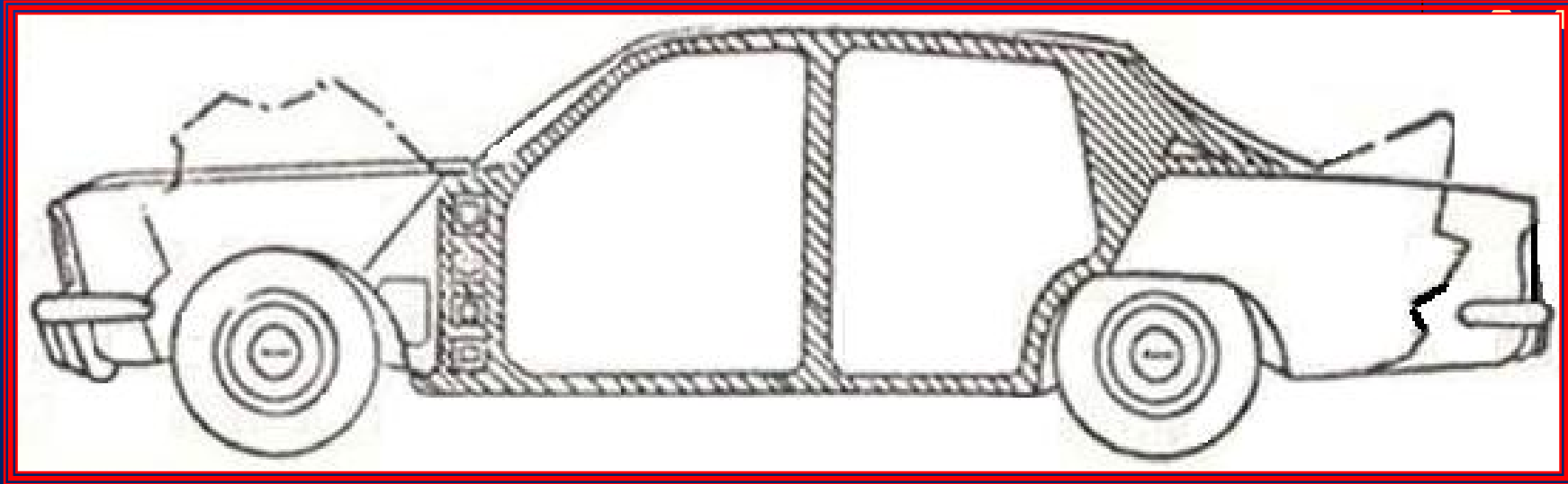
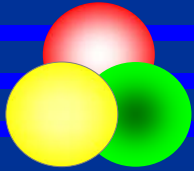
轿车质心平均减速度



 为了降低迎面碰撞时的减速度，可将轿车前部做成褶皱区，在碰撞时，可提供500~600mm的变形行程，以通过褶皱区吸收撞车时的动能。

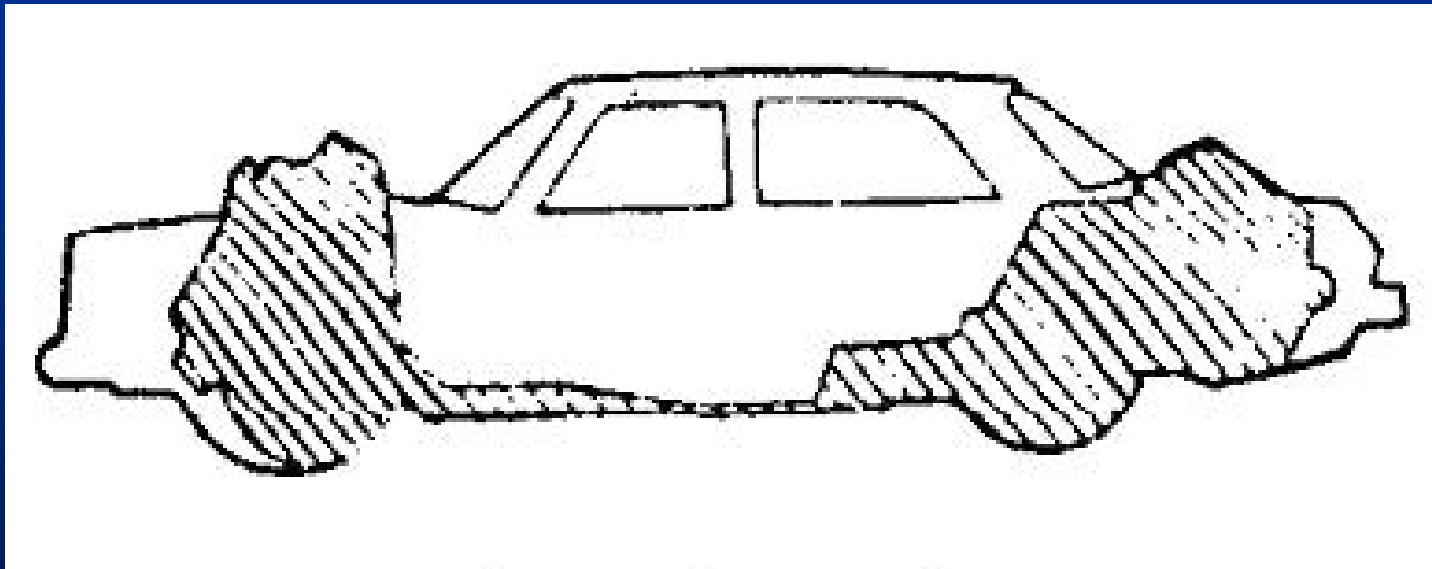
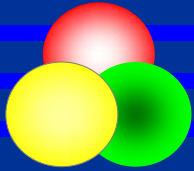
 后部撞车的车速较低，轿车后部的褶皱区的变形过程约为300~500mm。

 侧面撞车时，碰撞部位允许的变形行程很小，应保证主撞车不会侵入被撞车的乘客室。因此，车门和铰链、门锁机构承受碰撞的能力是一个关键。

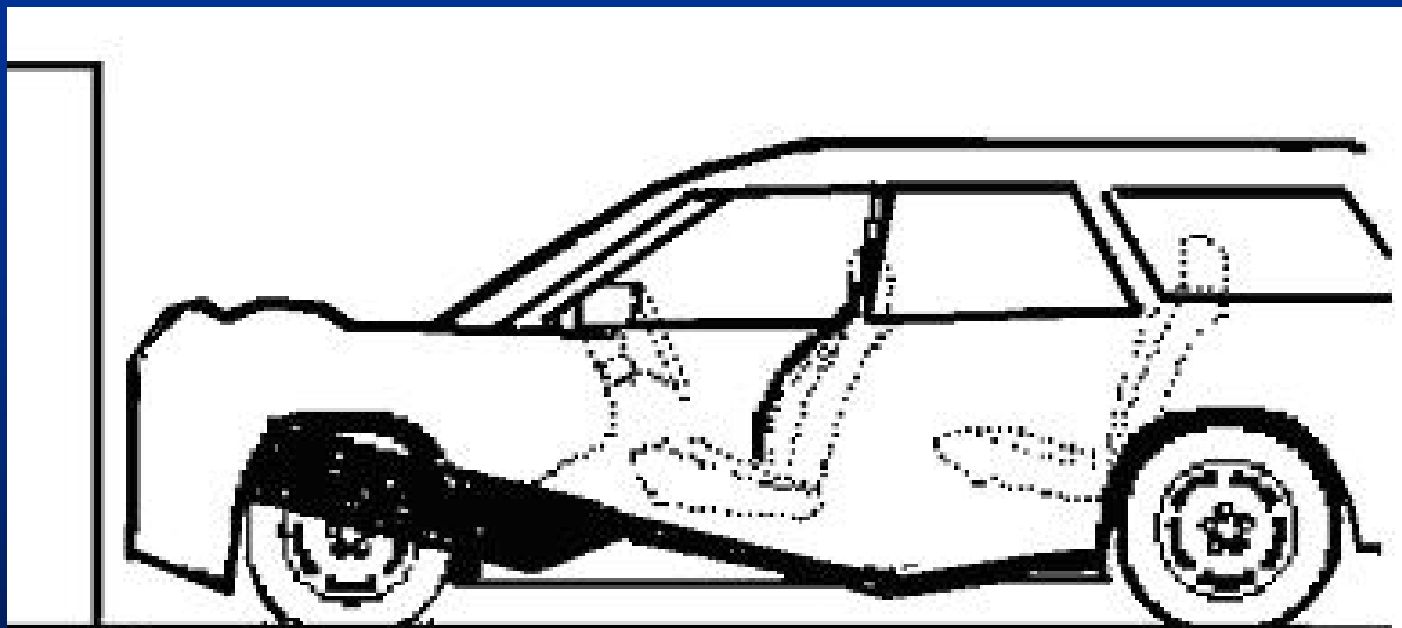
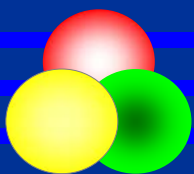


考虑撞车安全性的车身结构设计的基本思想是利用车身的前、后部有效地吸收撞击能量，驾驶员仓要坚固可靠，确保乘员的有效生存空间。轿车各部分不同的刚度（乘坐区刚度大，保证乘员的生存空间）





上图中所示的阴影线部分就是撞车变形的理想区域。



发动机采取较低位置的安装方式，使汽车在遭受正面撞击时，发动机直接滑向汽车中央通道的下方，以避免发动机直接向驾驶座方向冲入，而伤及前座的乘员。

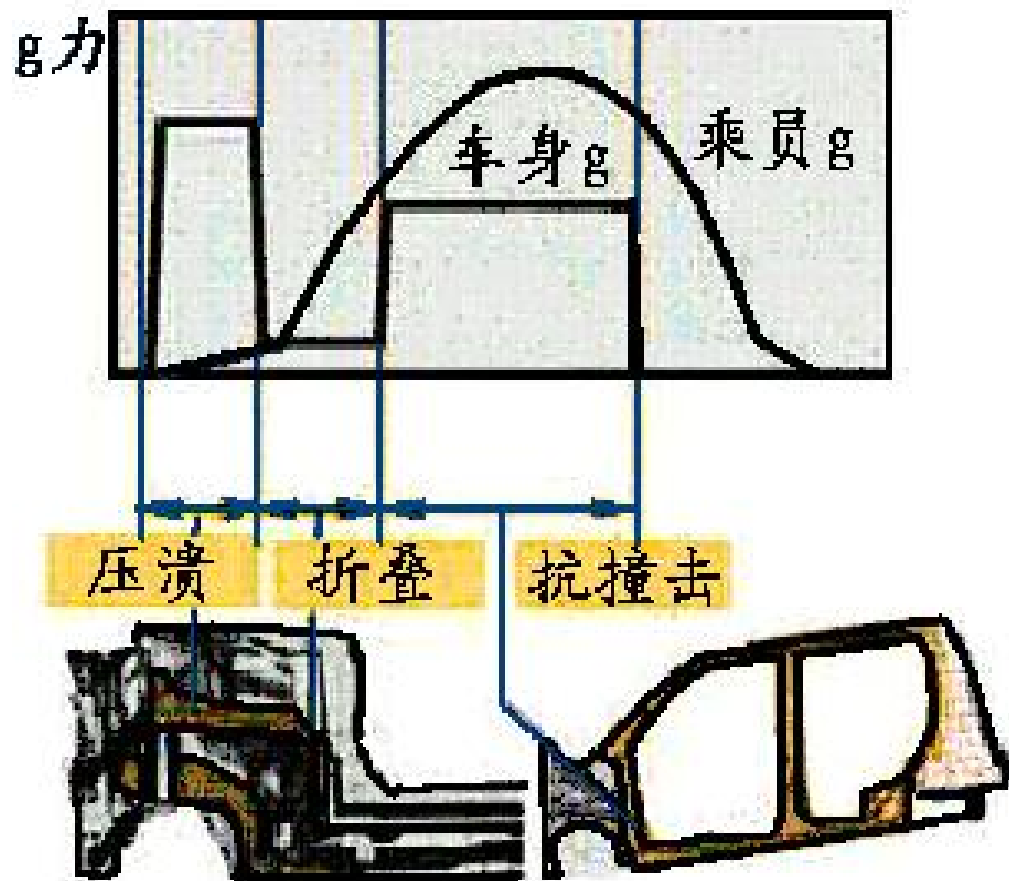
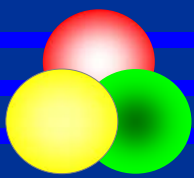


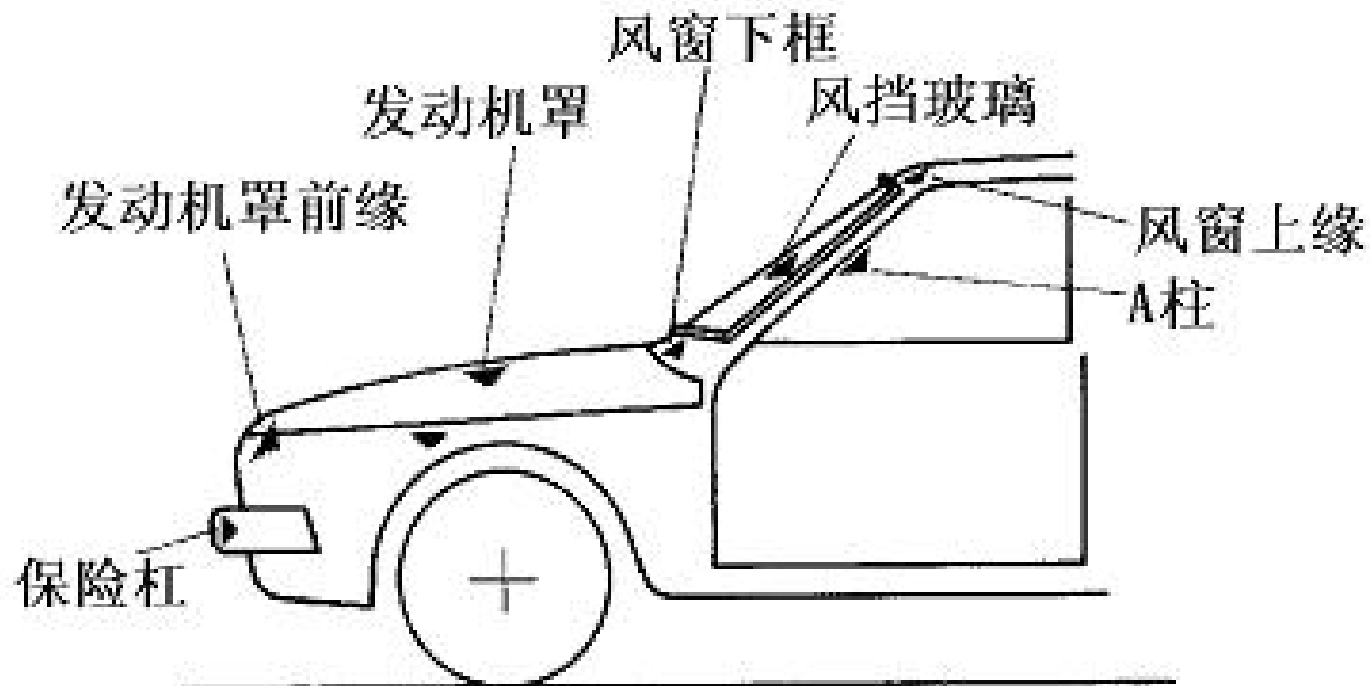
图4-76 三阶段g力控制结构

HONDA轻型轿车采用的车身技术，其主要概念是注意到撞击发生时g力与乘员g力两者发生的时间差，利用车体变形的三个阶段来控制撞击时产生的g力。

第一阶段前侧车架在遭受撞击时呈蛇纹状向内溃缩，让车身开始产生高g力，以提早乘员g力产生的时机，让乘员g力在还不高之时即被分散吸收。

第二阶段前侧车架后端快速折曲使正在上升中的车体g力能够减缓，并同时降低乘员的g力。

第三阶段除了抑制乘员g力之外，并利用坚固的车室吸收冲击的力，以防止变形。



刚度：总体可变形，局部刚性

图4-78 汽车头部的“软”外形要求

低速碰撞  
安全结构

汽车低速碰撞(8km/h)安全措施的目的：保护行人和骑车人的安全，降低对他们的伤害程度；保护汽车重要部件免遭损坏，节约因撞车造成的维修费用。这些功能主要由图4-72所示的第一段结构来实现。上图是从保护行人出发的汽车头部的“软”外形。

行人伤害一般包括保险杠和一次碰撞时产生的下肢伤害；与发动机罩、风窗玻璃等二次碰撞时的伤害；以及与路面三次碰撞产生的伤害。设计车身时，应就这三方面伤害采取相应的措施。

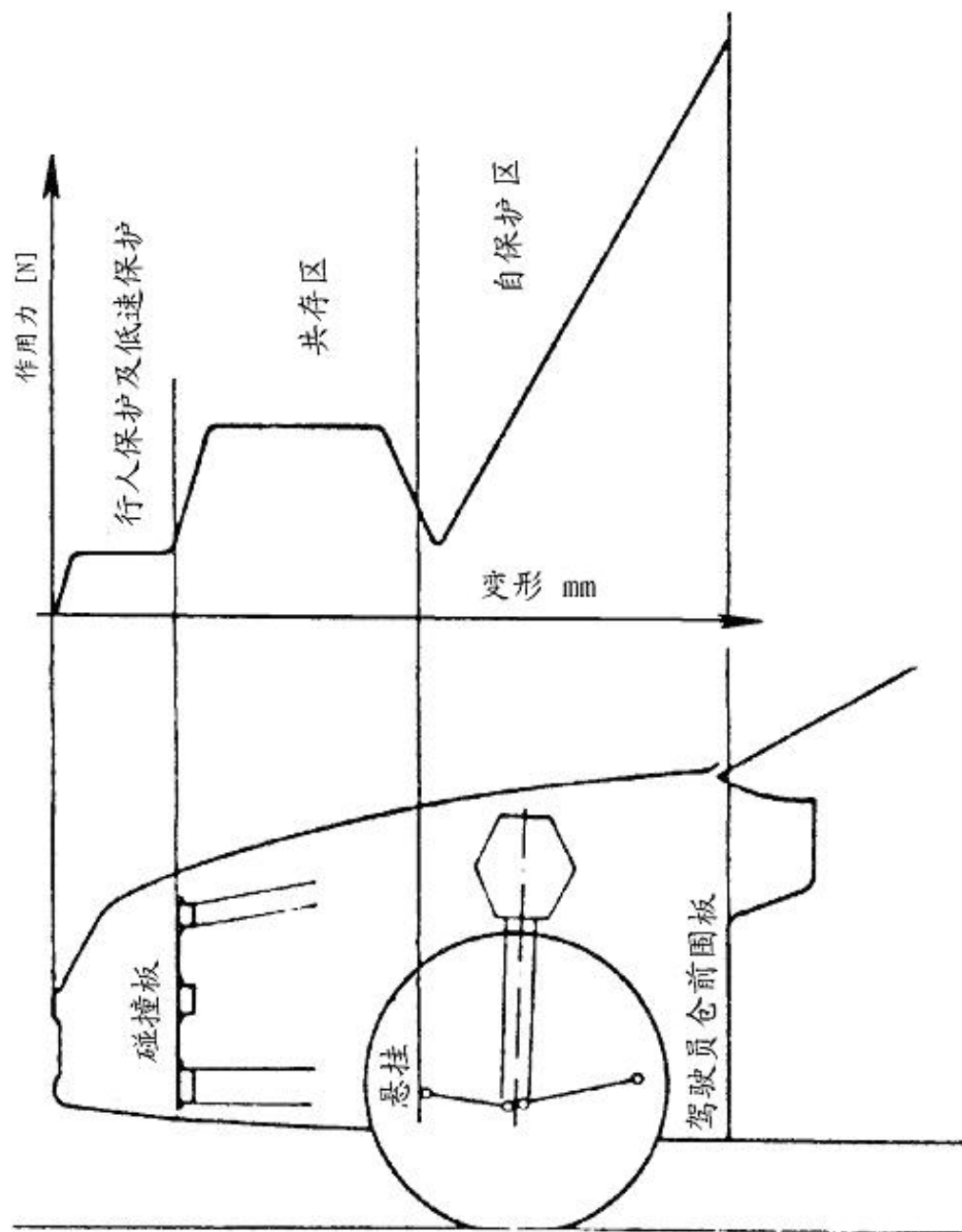
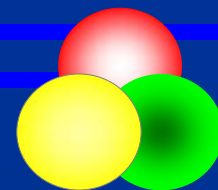
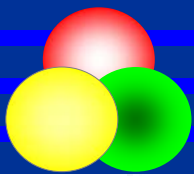


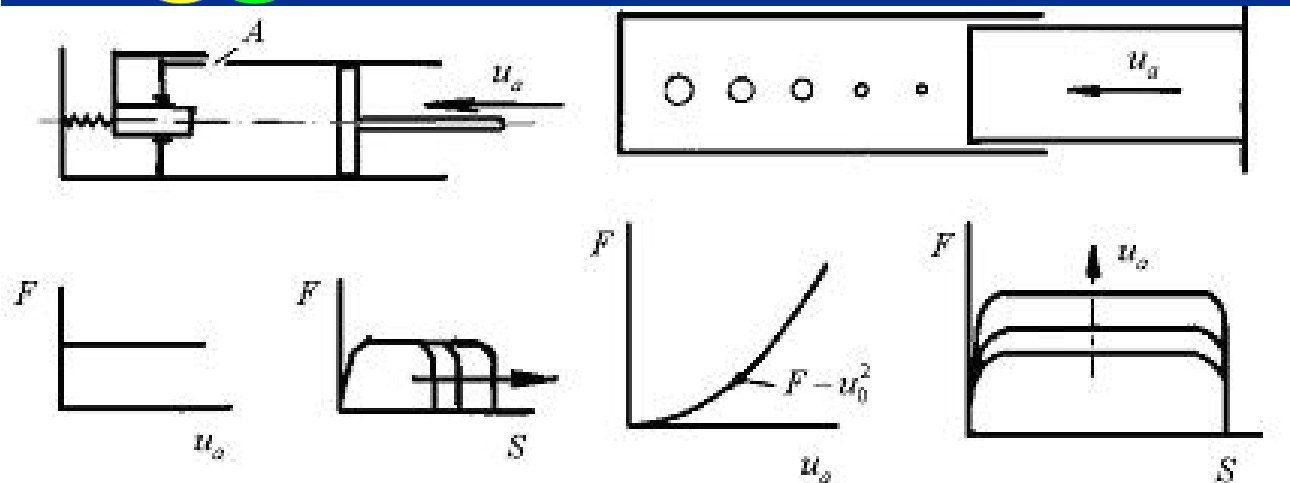
图4-72 轿车正面碰撞理想变形特性

# 轿车正面碰撞 理想变形特性



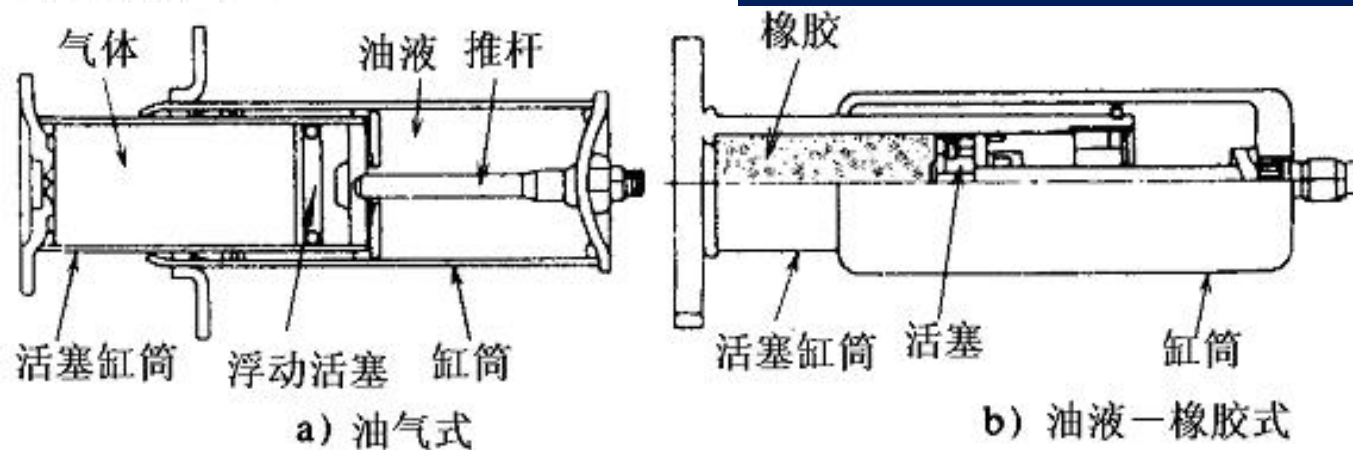


# 保险杠安全结构



a) 阀式浮动缸筒吸能结构      b) 孔式液吸能结构

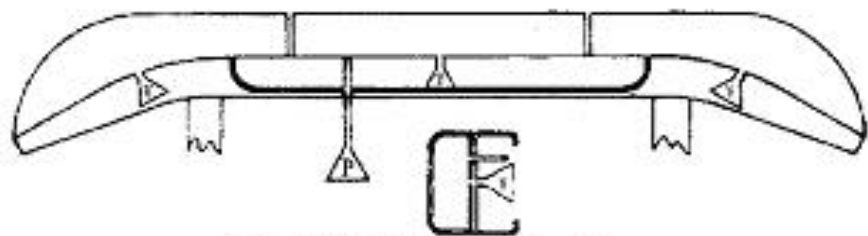
图4-79 油液吸能结构原理



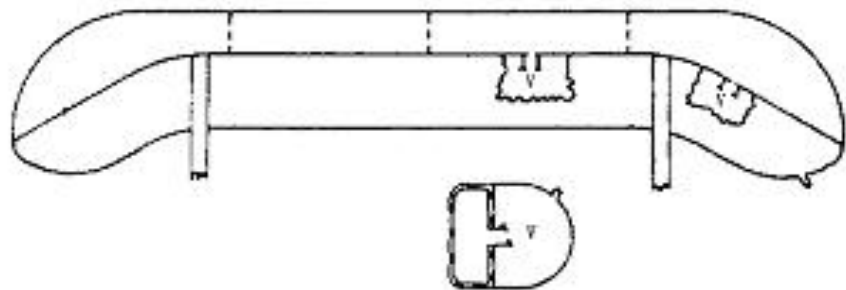
a) 油气式

b) 油液—橡胶式

图4-80 筒状混合介质吸能结构



带压缩机式吸能保险杠



无压缩机封闭式吸能保险杠

图4-81 气体压缩吸能式保险杠

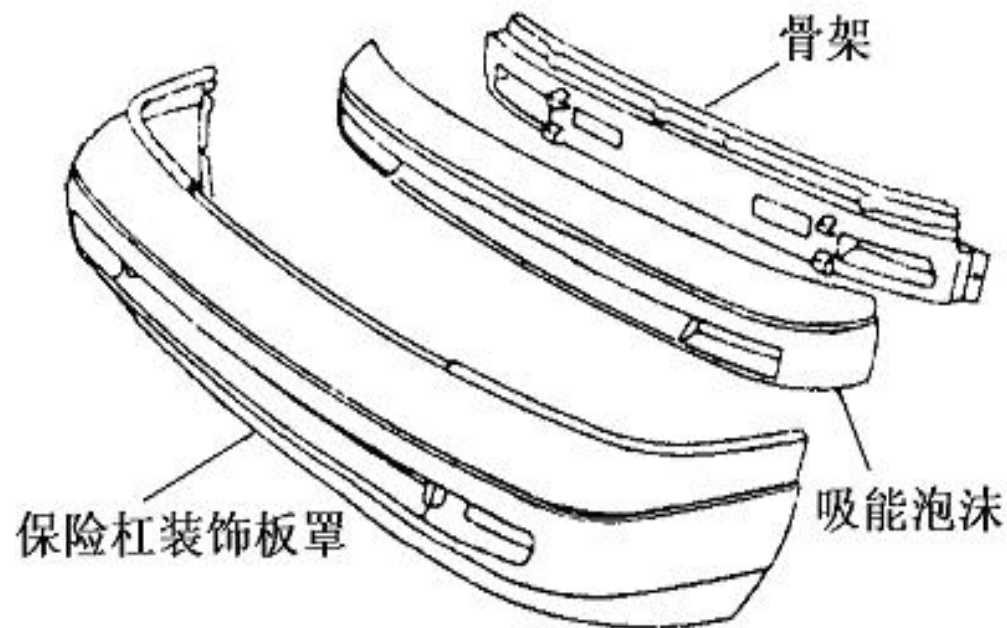


图4-82 吸能泡沫保险杠

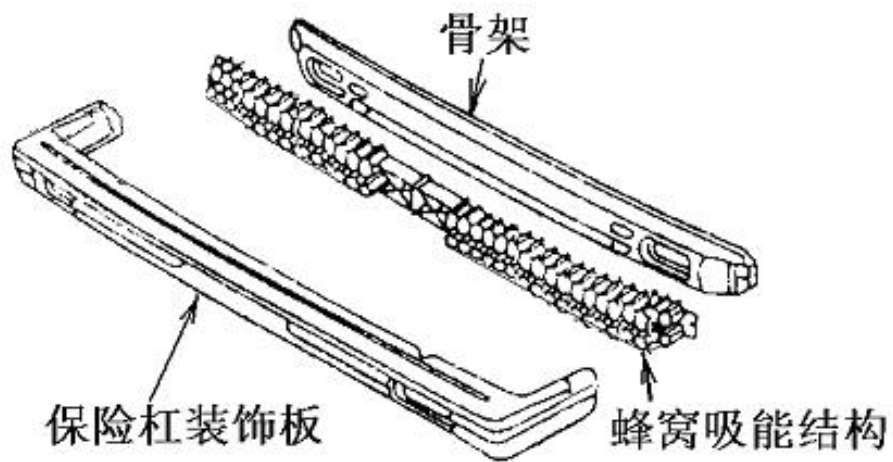


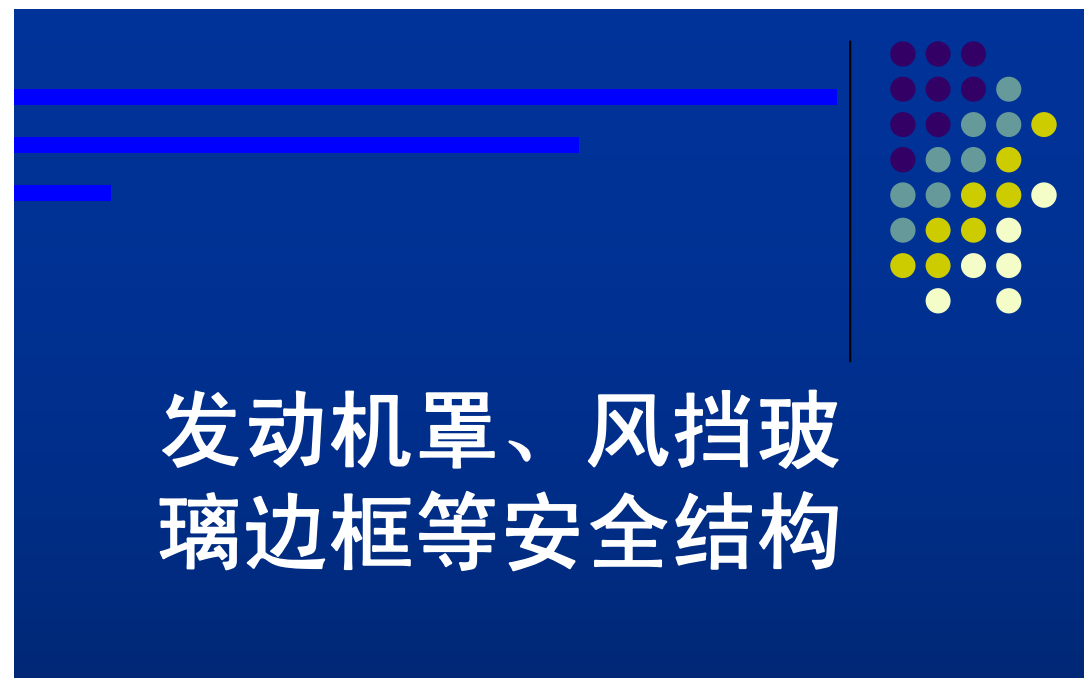
图4-83 蜂窝状结构吸能保险杠

## 保险杠安全结构





图4-85 发动机罩前端



## 发动机罩、风挡玻璃边框等安全结构

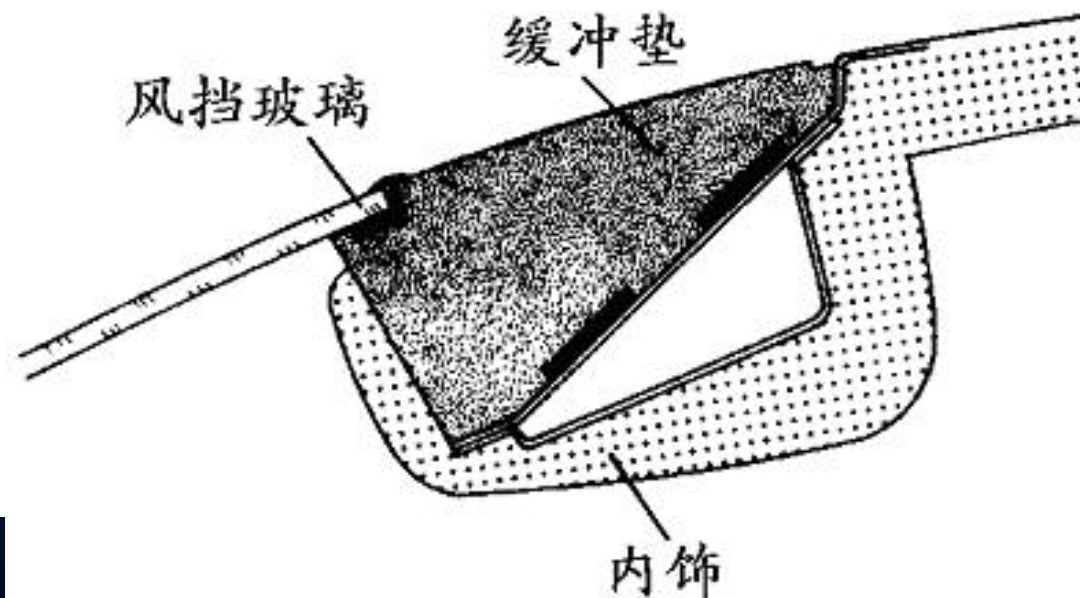
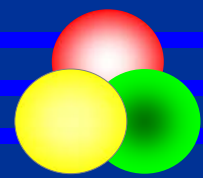


图4-86 风挡玻璃框柔性结构





# 发动机罩、风挡玻璃边框等安全结构

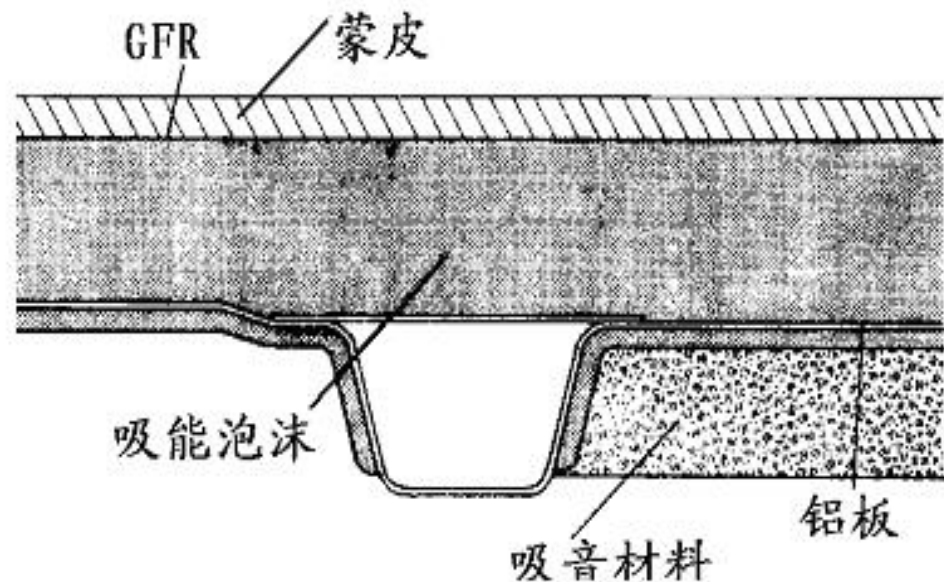


图4-89 发动机罩蒙皮结构

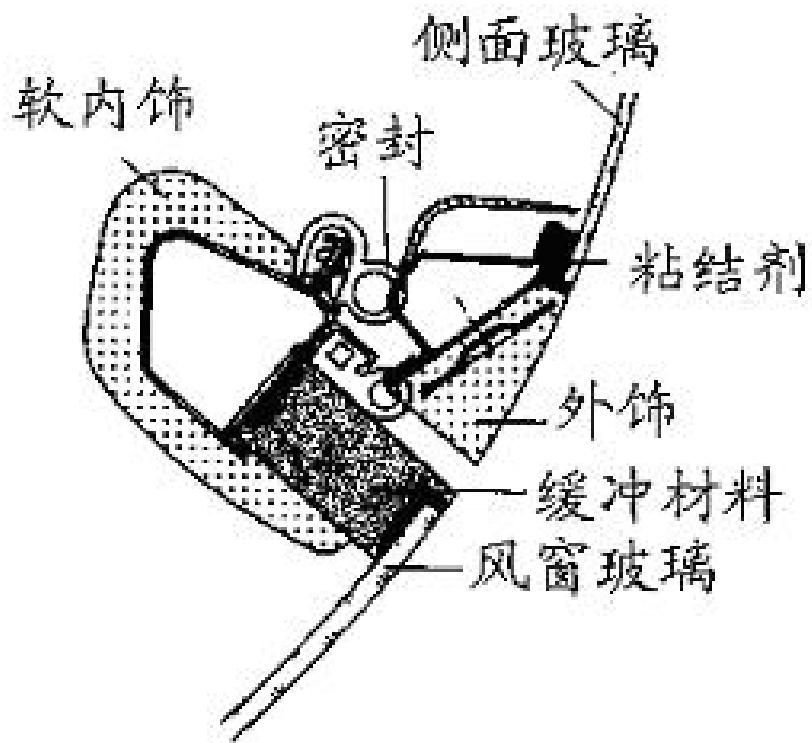


图4-87 A柱结构

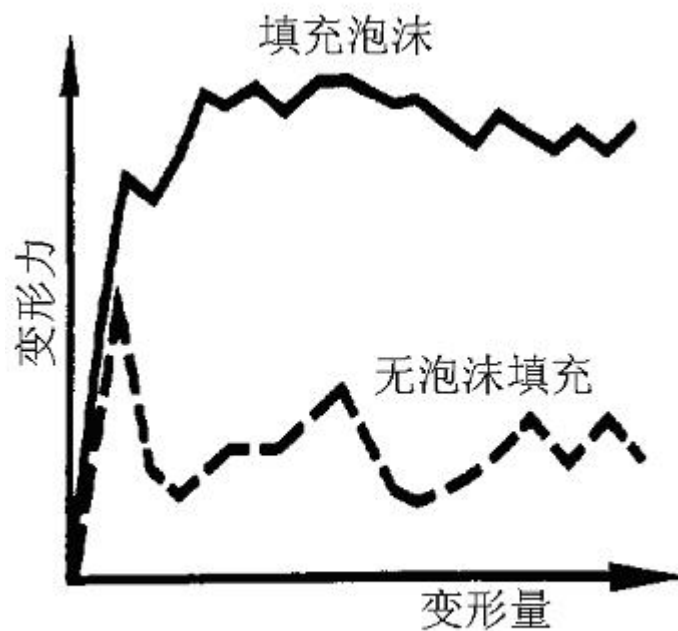


图4-90 有无泡沫填充的变形特征

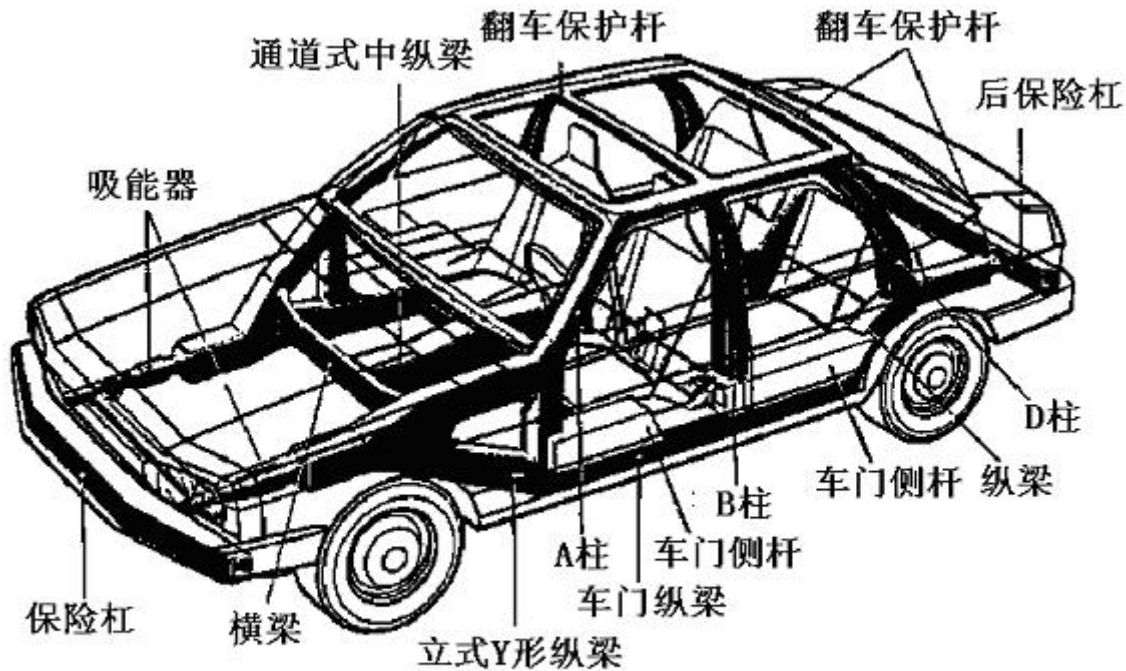


图4-92 立式Y形纵梁、车门侧杆以及翻车保护杆

正面碰撞保护的主要措施是利用汽车前部的压溃变形吸收能量，以缓解碰撞加速度；加固车身驾驶室结构，保证乘员有足够的生存空间；利用安全带、安全气囊等乘员保护装置，防止乘员因二次碰撞造成伤害。

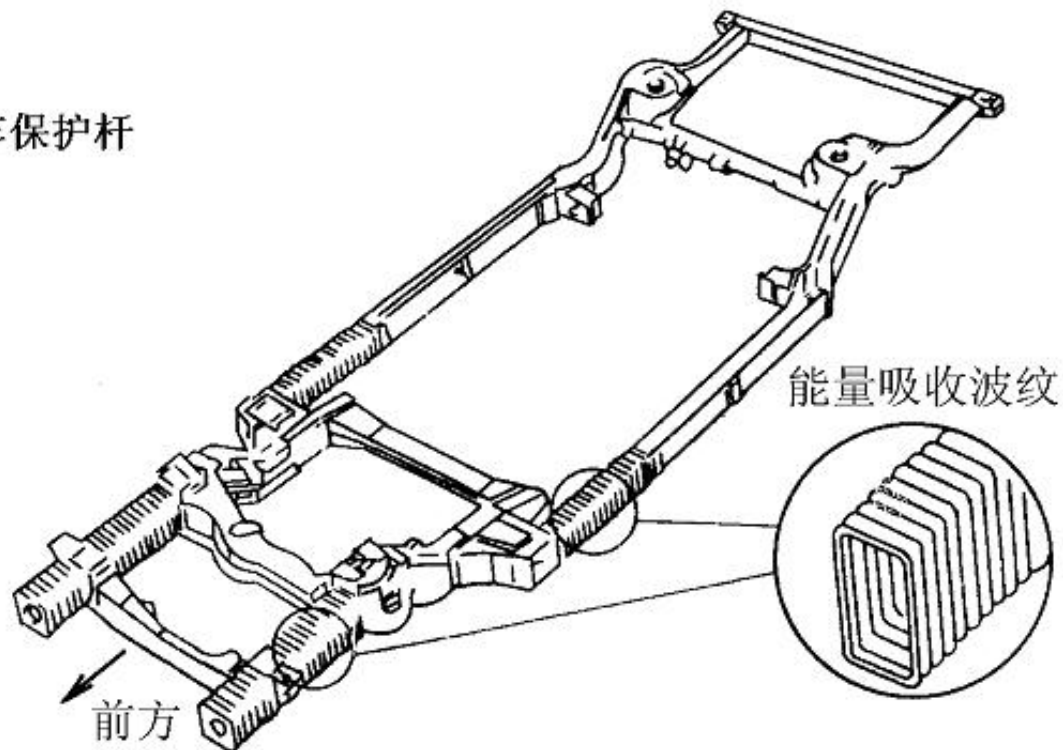
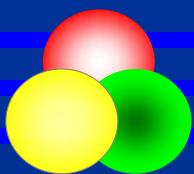


图4-94 福特安全试验车(ESV) 波纹筒状车架



## 侧面碰撞安全结构

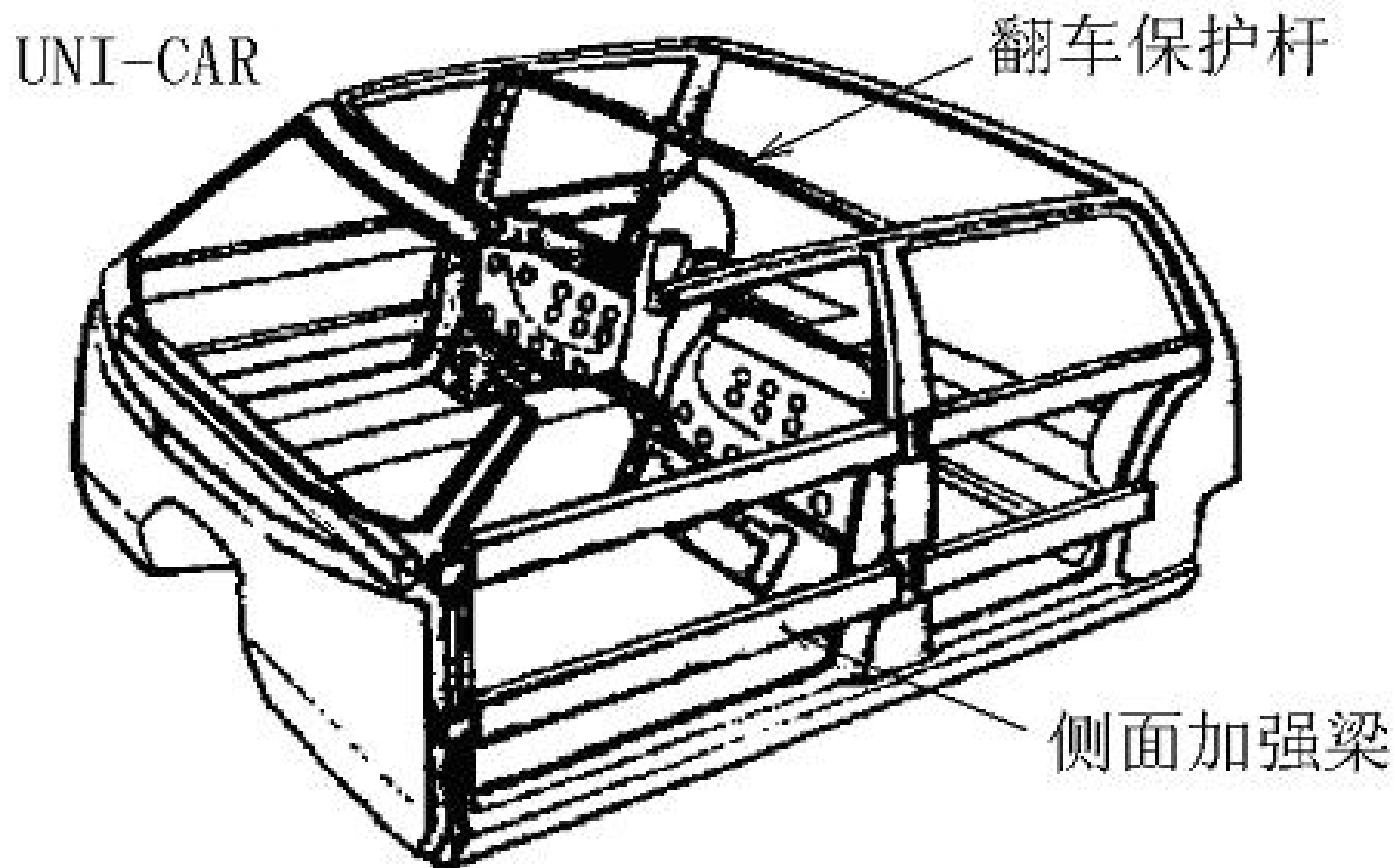
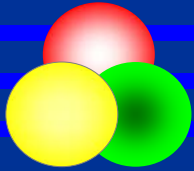


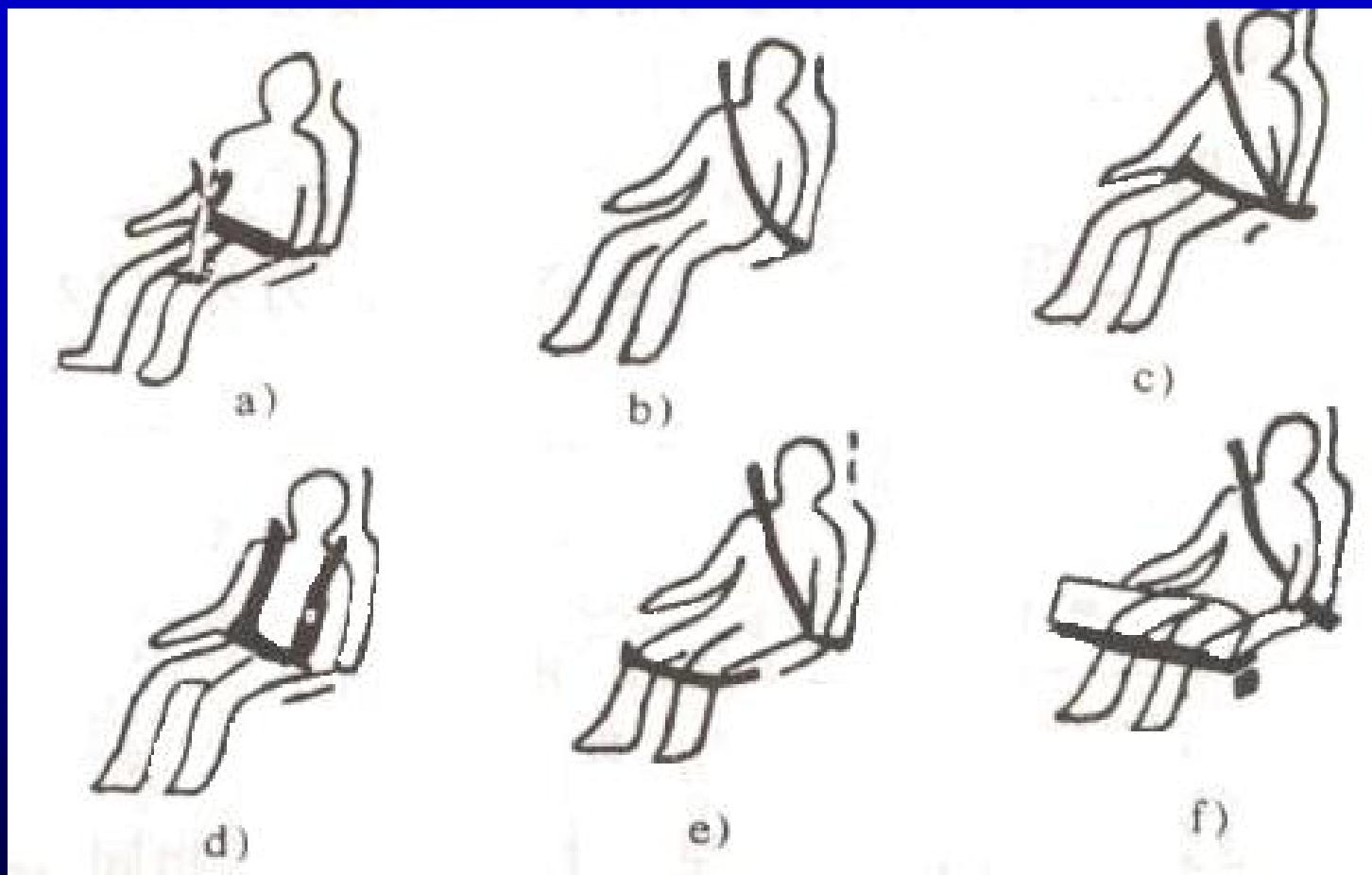
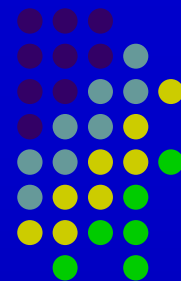
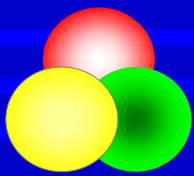
图4-95 侧面碰撞保护加强梁和翻车保护杆



## 2. 限制乘员位移

(1) 限制乘员位移的装置中，最简单有效的是安全带。

轿车驾驶员和前排乘客多采用三点式安全带，后排乘客或载货汽车、大客车乘员也有用腰部安全带的，赛车则用四点式。



## 安全带的型式

二点式安全带、三点式安全带和全背带式安全带



佩戴三点式安全带同未佩戴的相比，驾驶员头部合加速度峰值明显降低，有利于保护车内乘员。

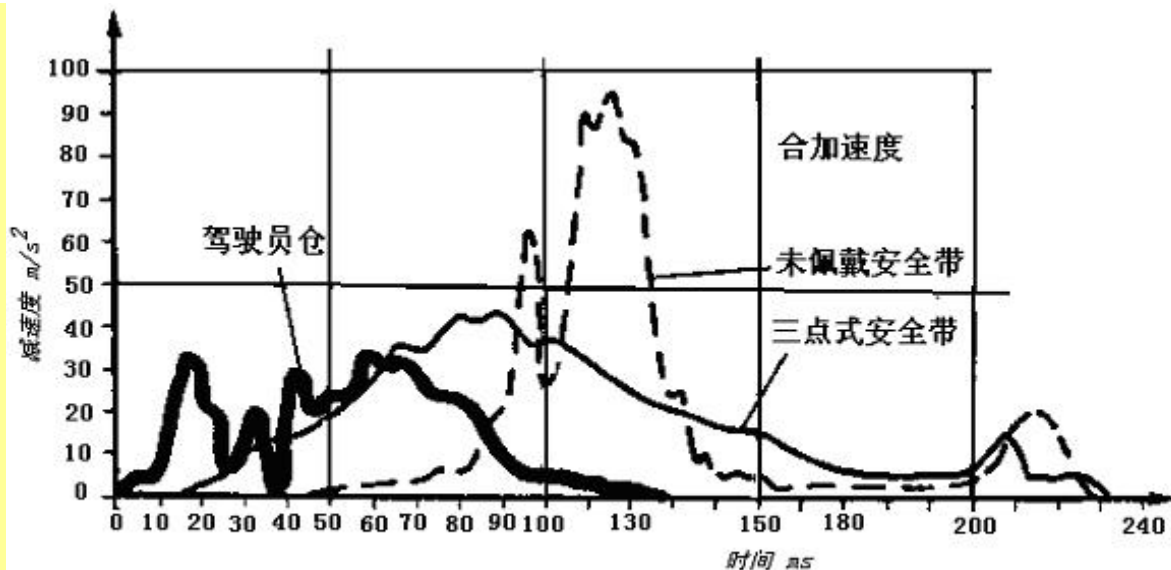


图4-97a 是否佩戴安全带驾驶员响应

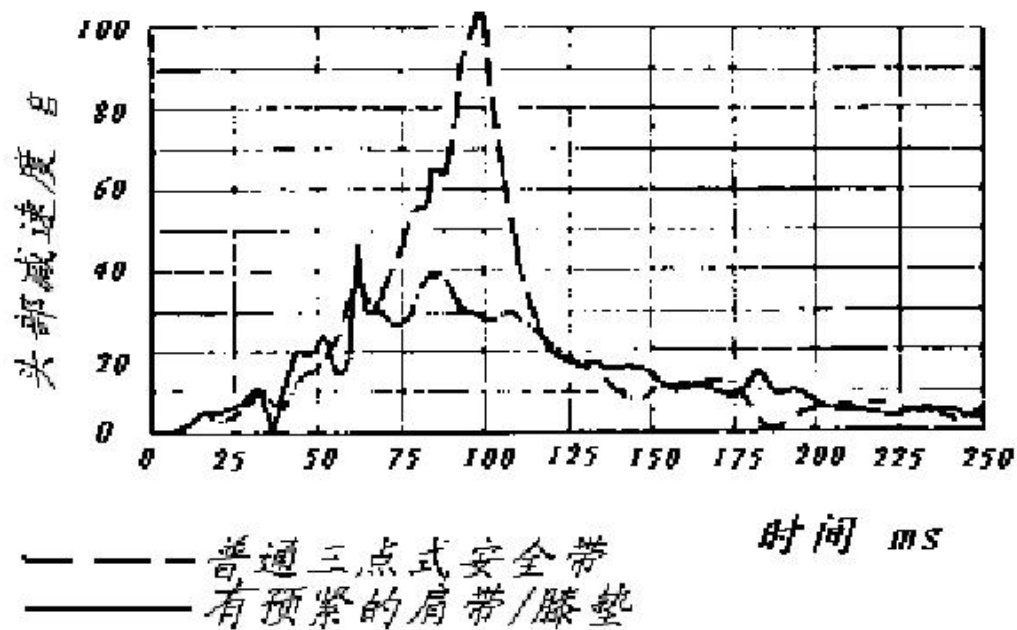
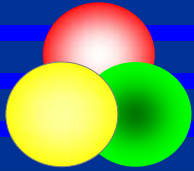


图4-97b 三点带与肩带/膝垫头部响应的对比

同普通三点式安全带相比，有安全带预紧作用的肩带/膝垫组合的驾驶员头部加速度较低。



## (2) 气囊

典型的气囊系统一般由三个主要部分组成：

气袋、气体发生器(充气装置)、气体过滤及加热装置；

控制装置、触发装置、传感器、连接插头、导线及监控器、电压保护装置及备用电源；

转向盘、仪表板等上的气囊安装位置及重新布置的内饰件等。

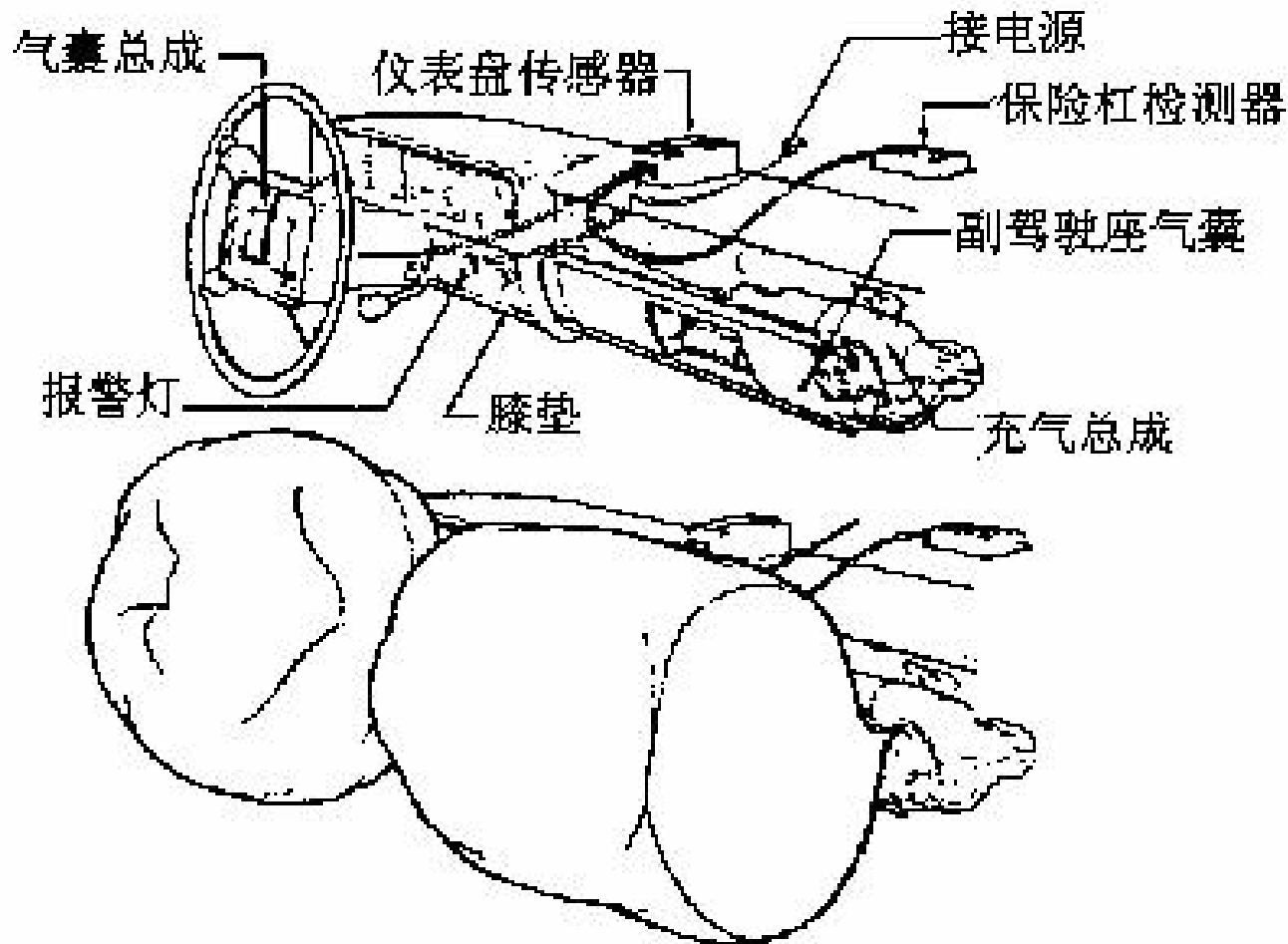
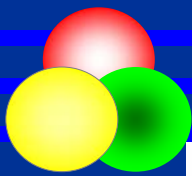
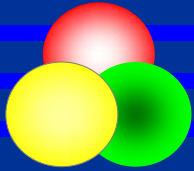


图4-98 气囊组成系统及工作

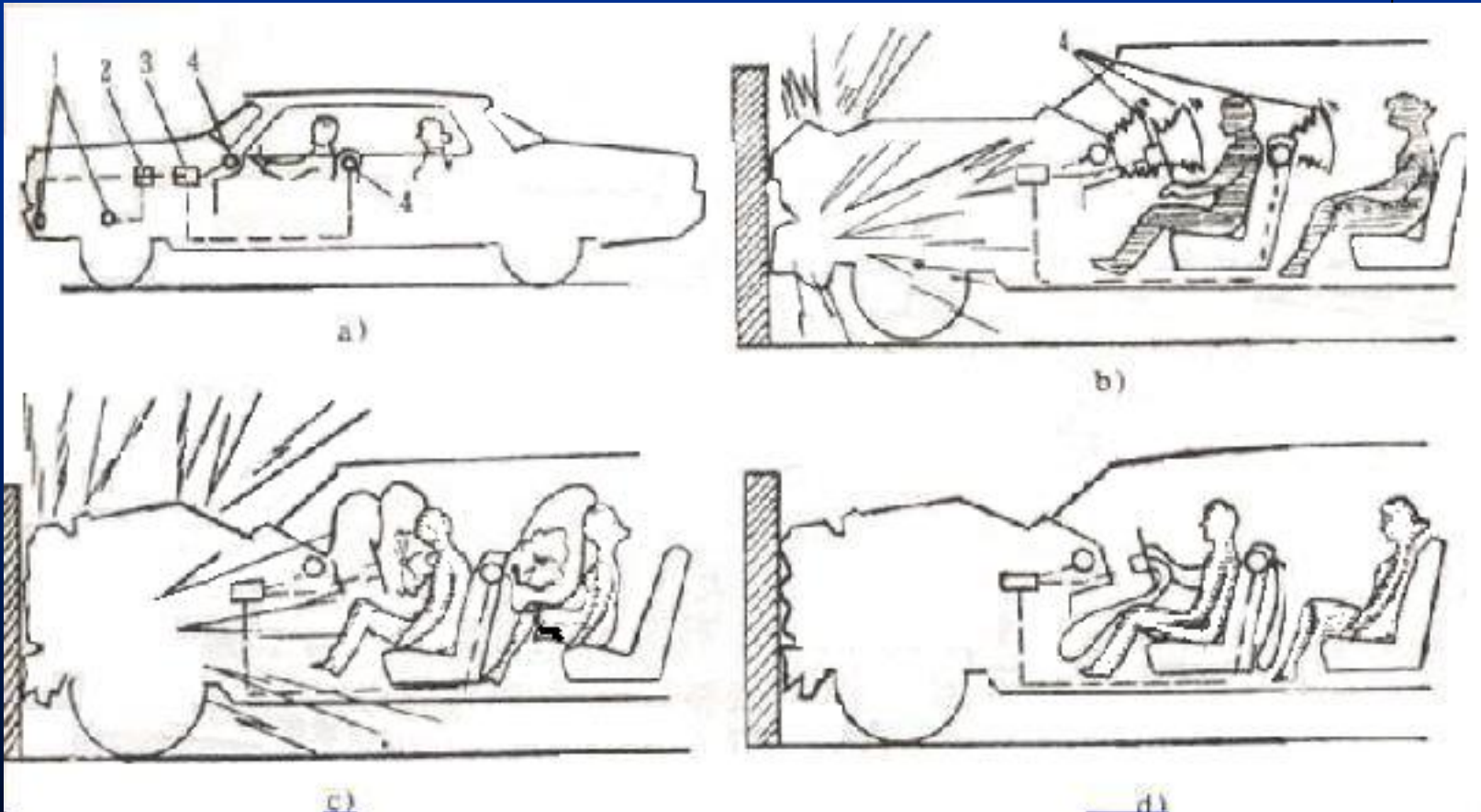
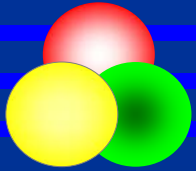
## 安全气囊的组成





★安全气囊的作用情况：**传感器**在撞车发生时可感知车身变形和减速度，撞车信号通过**引爆装置**使**气体发生器**产生了高压氮气和氩气进入**气囊**。气囊可在十分之一秒内充气完毕，保护乘客的头部和上身。事故发生后经过**0.4~0.5**秒，气囊的气体通过专门的孔放出，乘客可以自由活动。

★ **使用气囊的缺点**是在放气时形成160dB-180dB的声压，另外，成本高。



气囊的作用情况

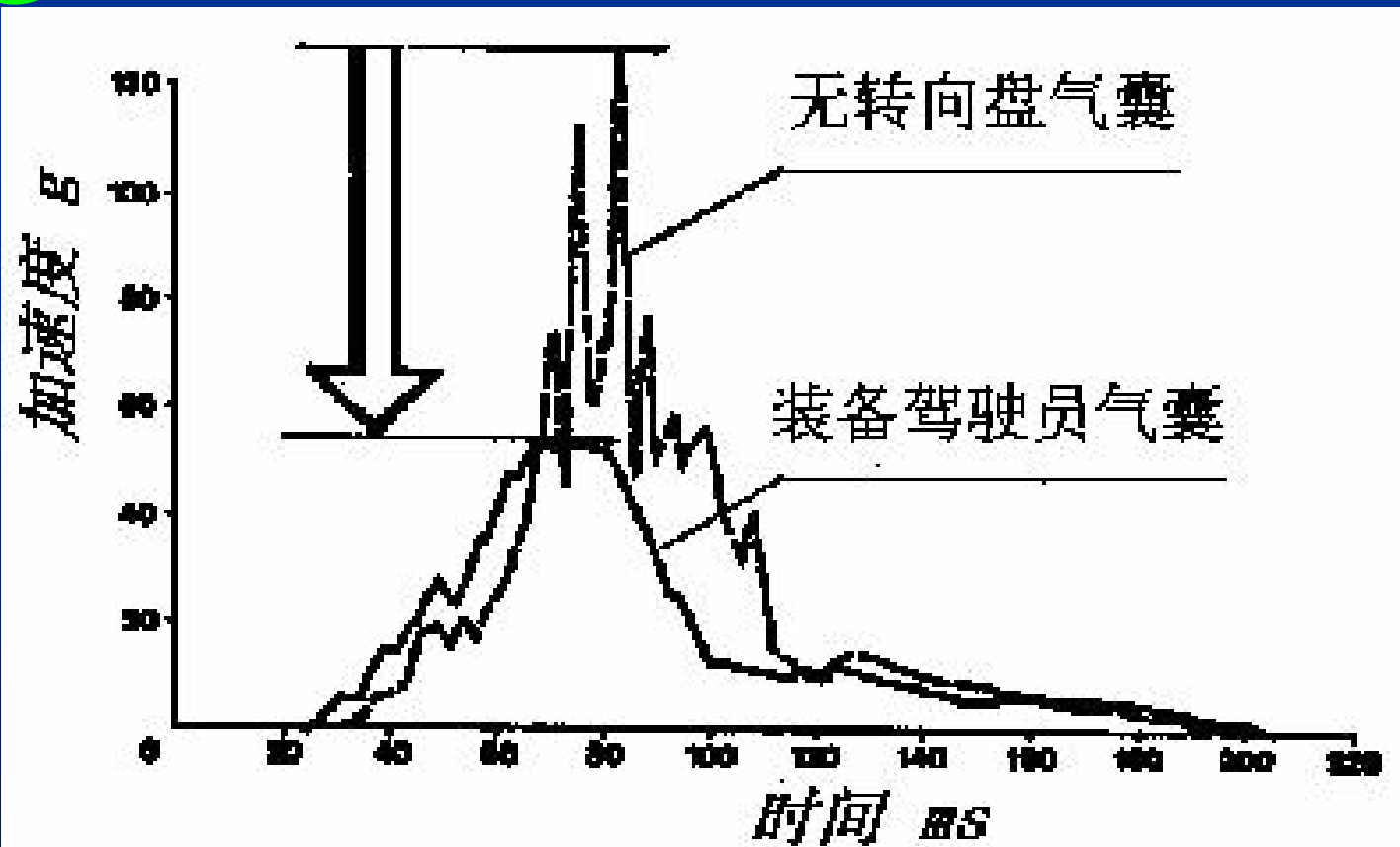
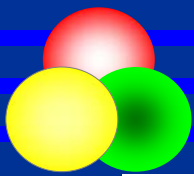
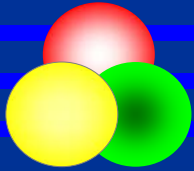


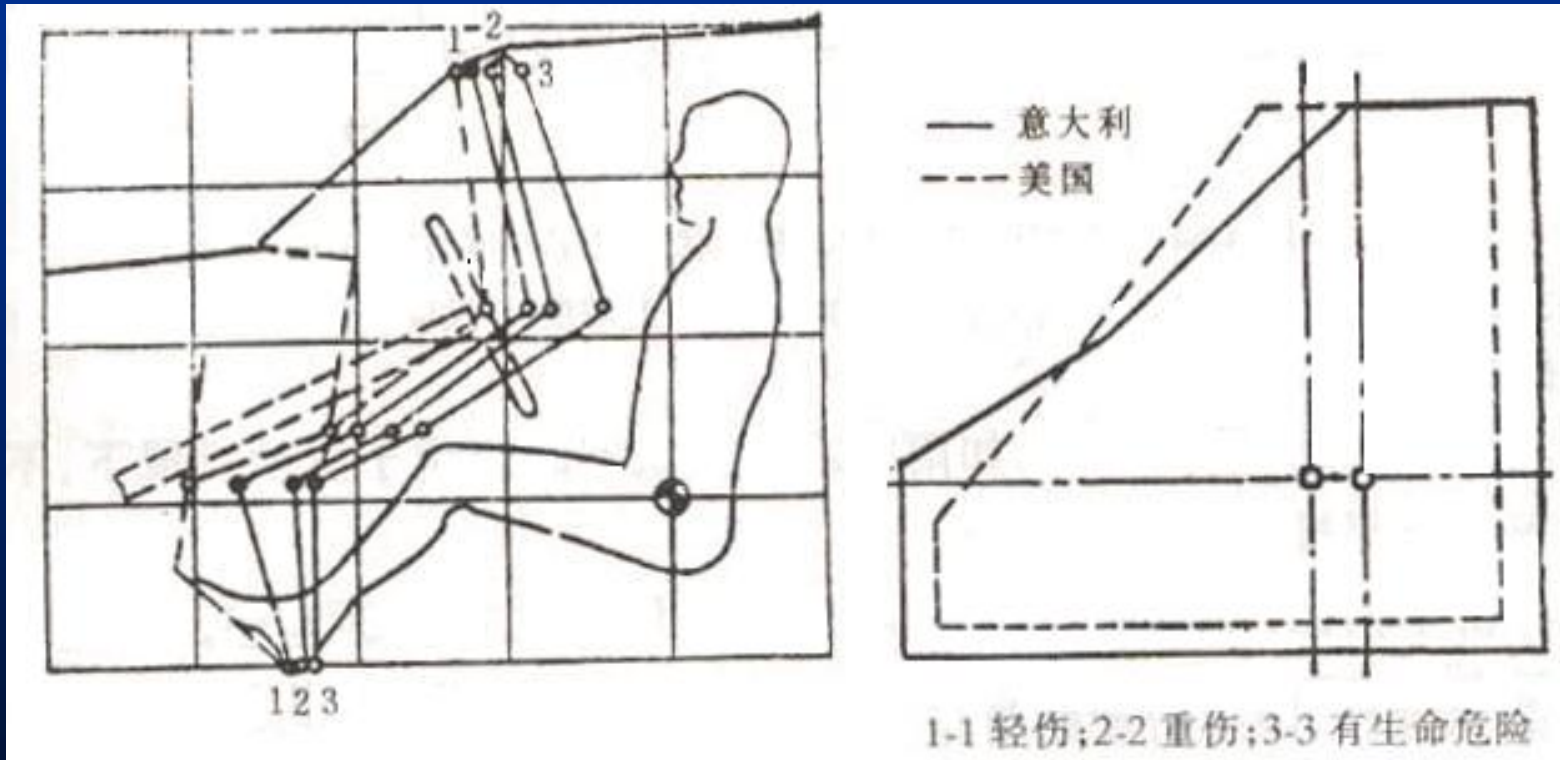
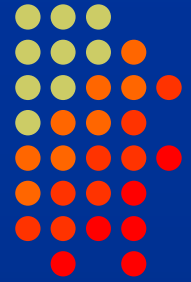
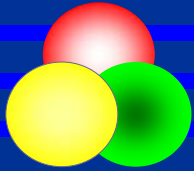
图4-99 有无驾驶员转向盘气囊时头部合加速度  
(无气囊时头部撞击转向盘)



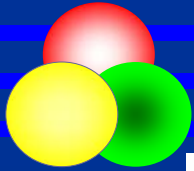
### 3. 消除部件致伤因素

在乘坐区设计时必须保证乘员幸存空间内没有致伤部件。图4-10画出了在撞车前、后零件变形界限。**界限1-1**将引起轻伤，**界限2-2**导致重伤，而**界限3-3**将是致命的。

仪表板下部应安装膝部缓冲垫，风挡玻璃应采用钢化或夹层玻璃；转向盘可采用弹性有波纹的结构，且盘缘可以变形，转向柱能弯曲或伸缩。



# 生存空间



# 吸能式转向柱

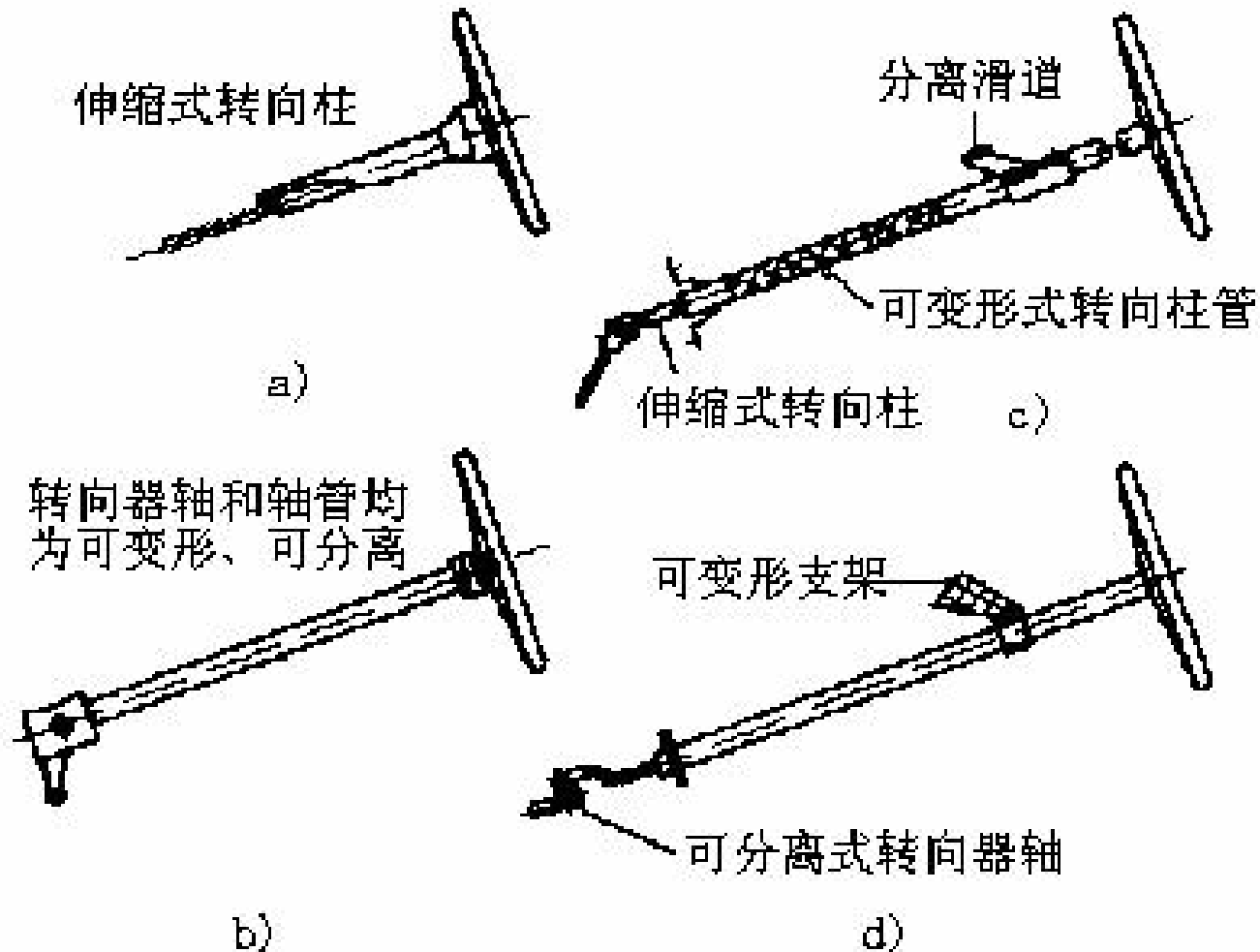
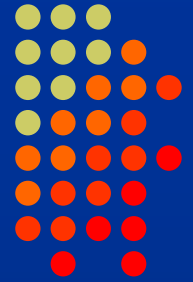


图4-100 吸能和可变形转向器

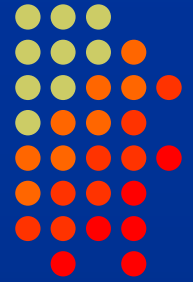
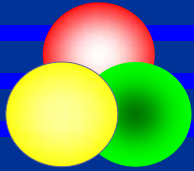


图4-101 波纹式转向器柱

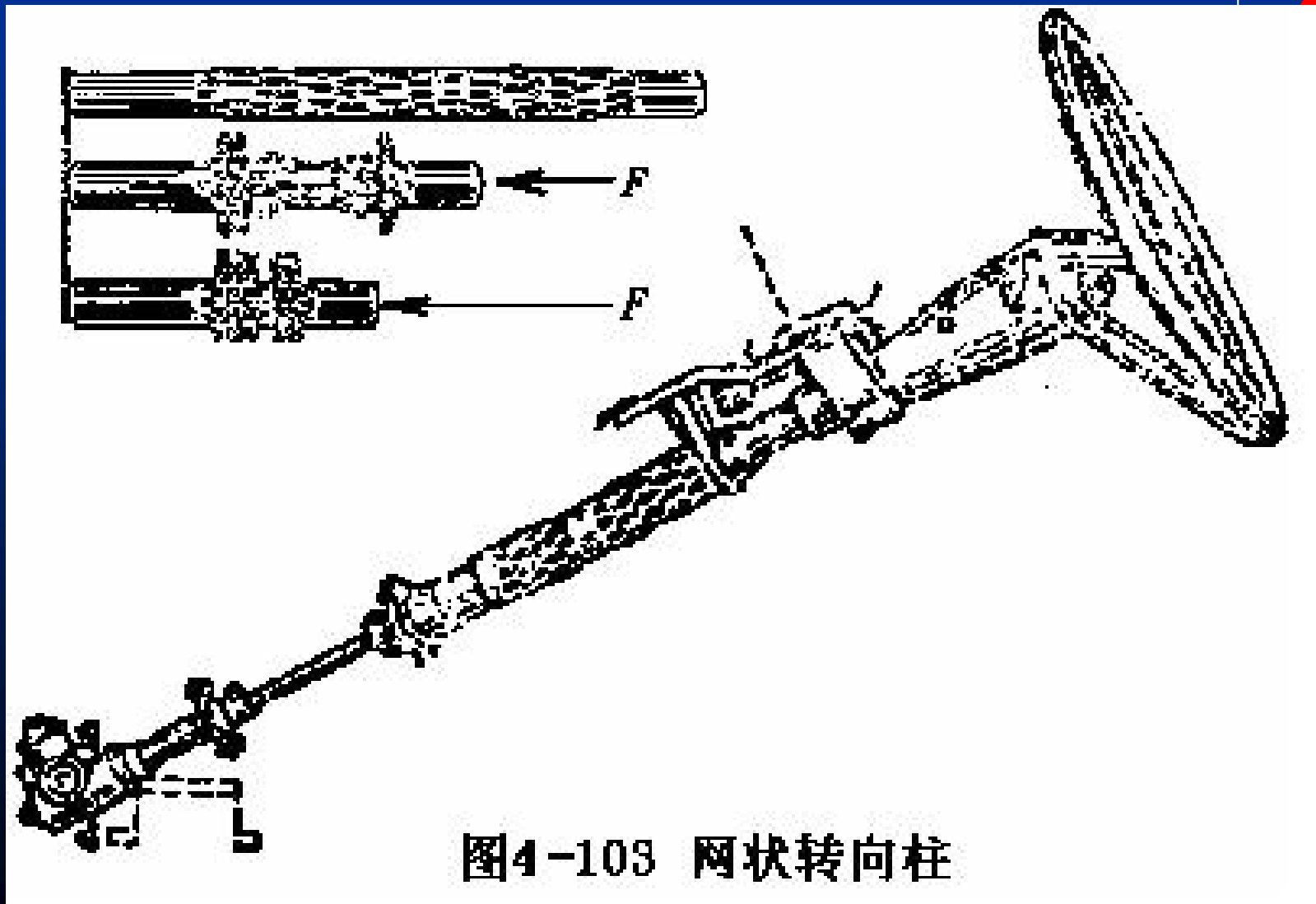
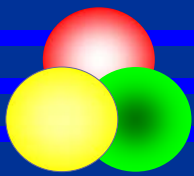
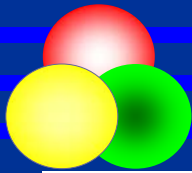


图4-103 网状转向柱





# 座椅及头枕

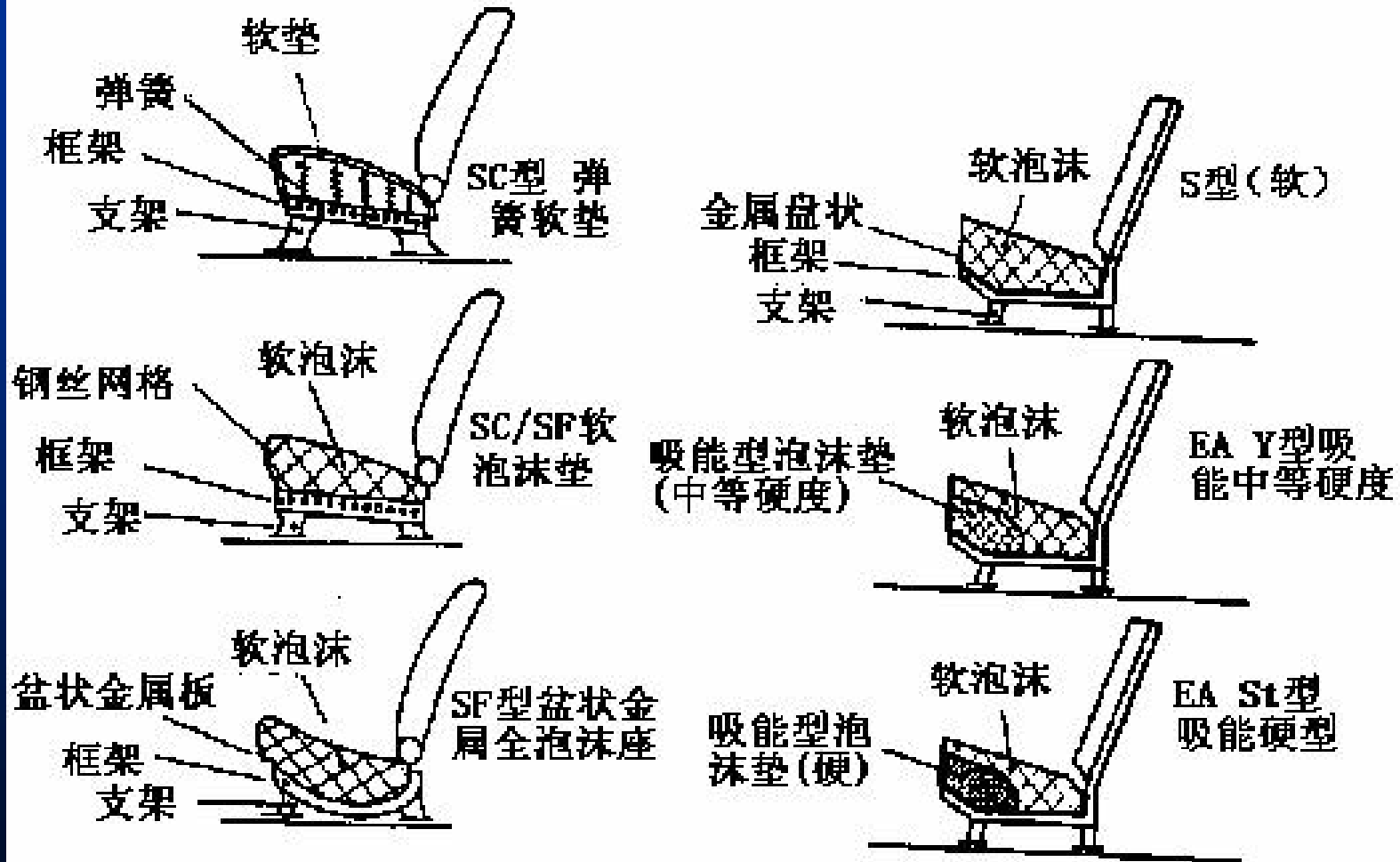
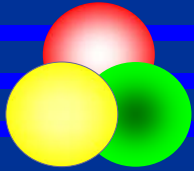


图4-104 汽车座椅分类



# 座椅及头枕

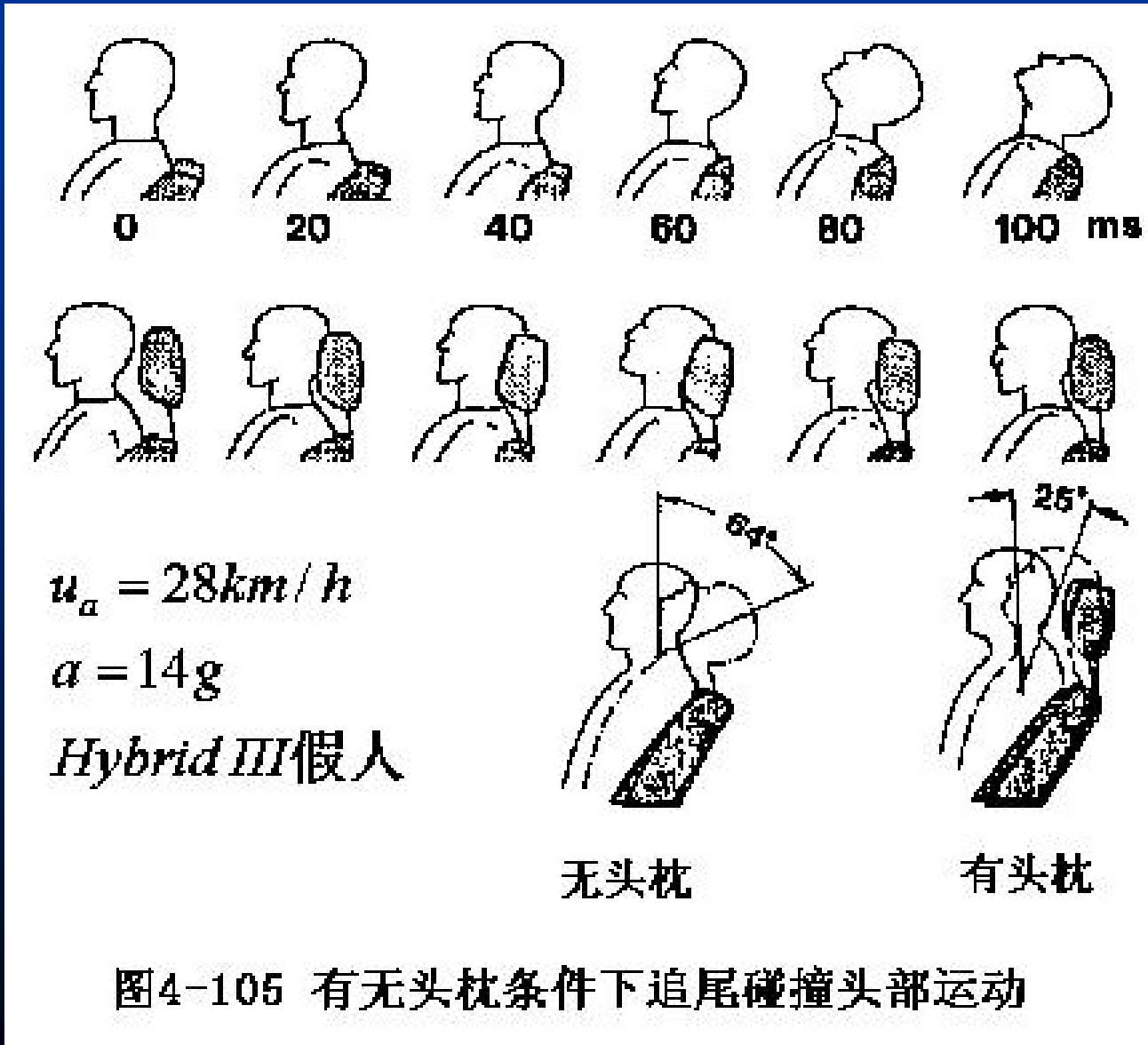
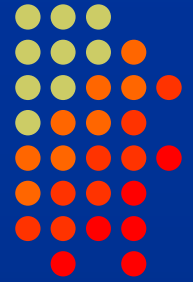
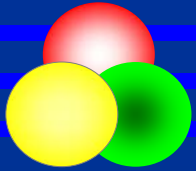
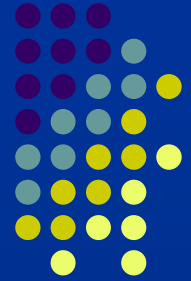


图4-105 有无头枕条件下追尾碰撞头部运动



## 三、外部被动安全性



### 1. 轿车与行人的碰撞

轿车与人碰撞，行人动态示意图见 [图4-11](#)。从图中看出，首先行人腿部碰撞到保险杠上，然后骨盆与发动机罩前段接触，最后头部撞到发动机罩或风挡玻璃上。此时行人被加速到车速，即所谓的“**一次碰撞**”。

由于汽车制动使行人与汽车分离，行人以与碰撞速度相近的速度撞到路面上，这是“**二次碰撞**”。有的交通事故还发生行人被汽车碾压，这是“**三次碰撞**”。

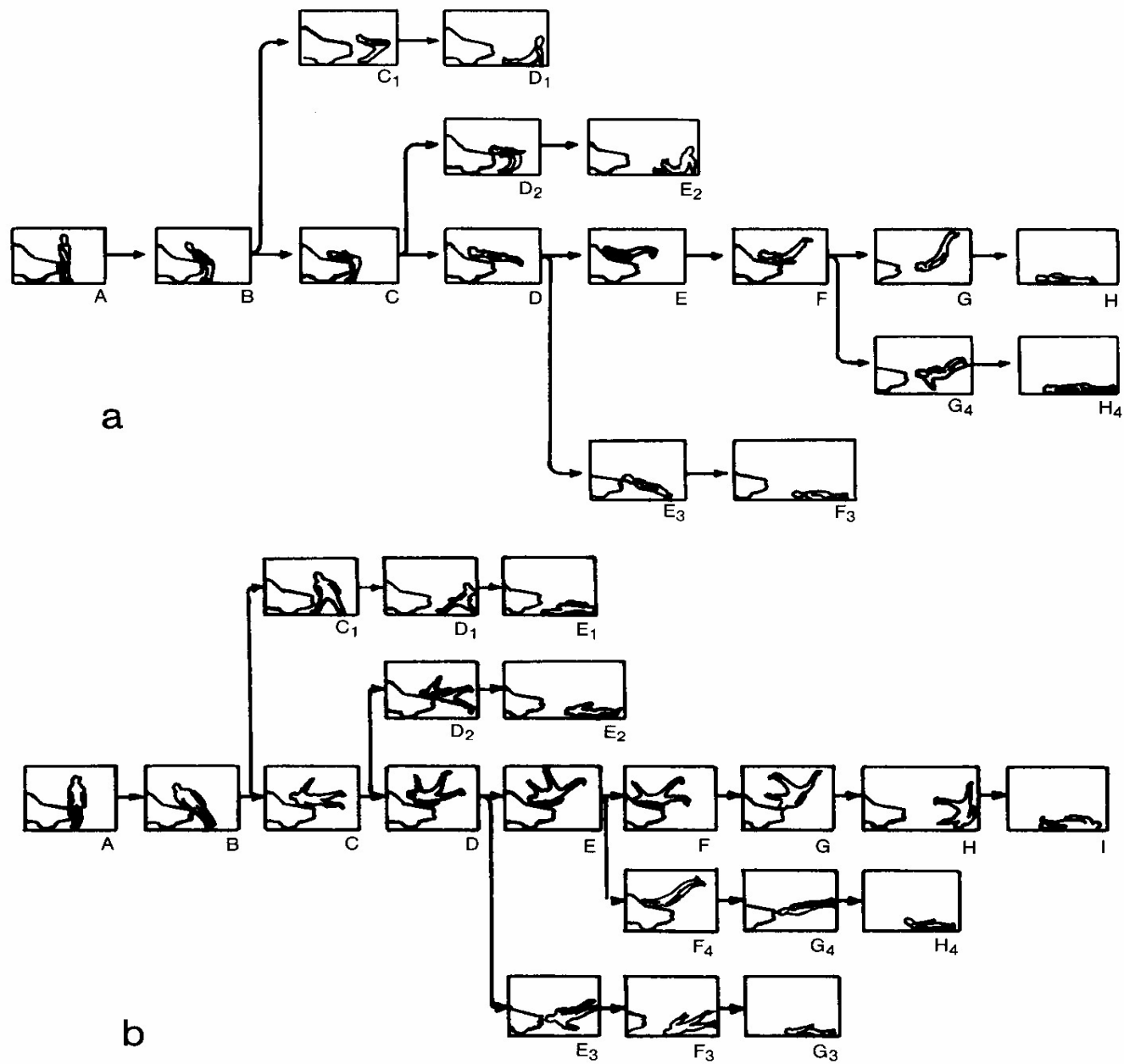
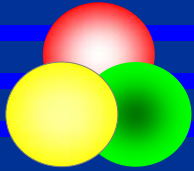


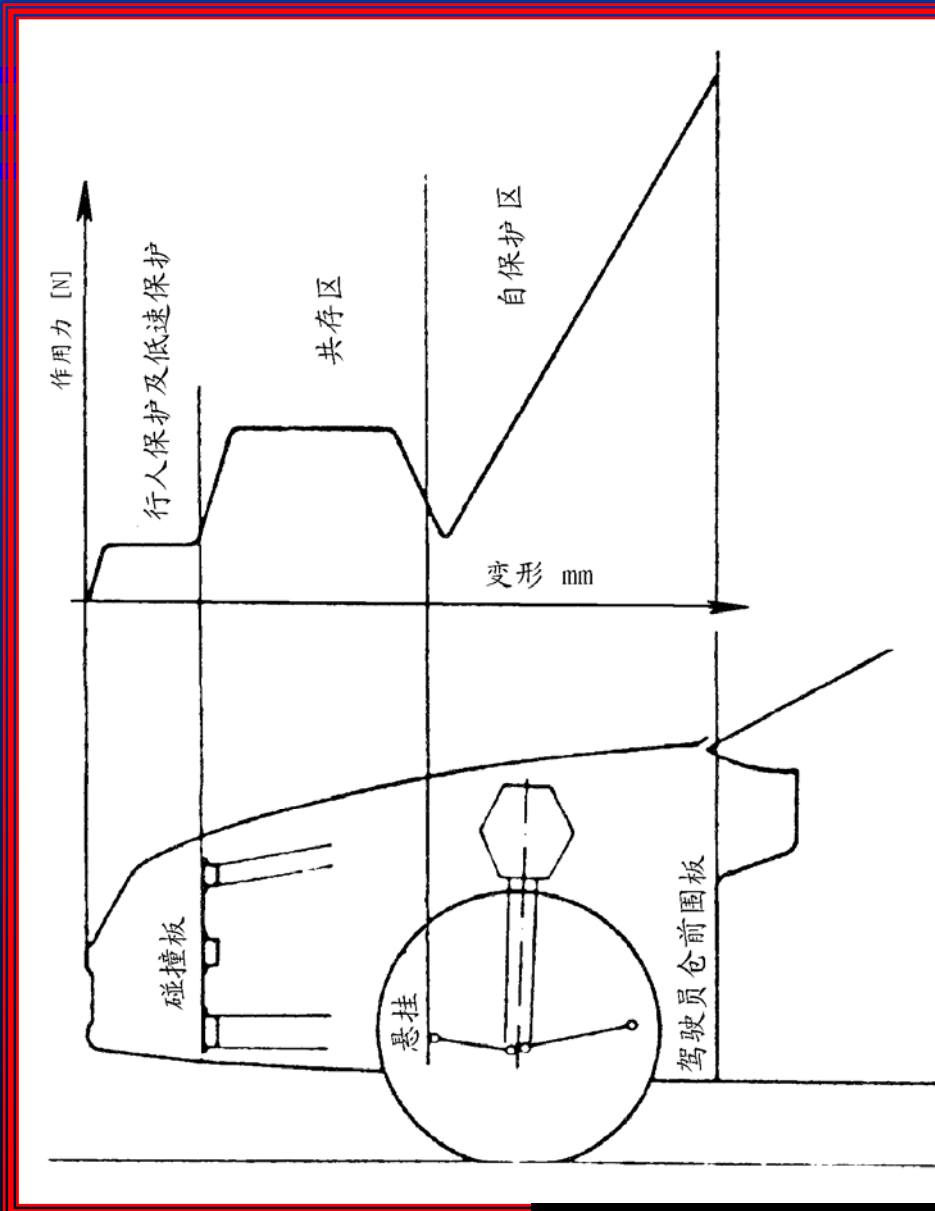
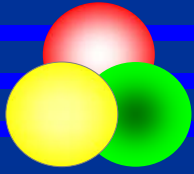
图4-11

撞人事故中行人动态示意图

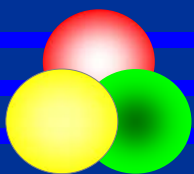


决定行人伤害严重程度的主要因素是一次碰撞的部位和汽车与人体碰撞的部件形状与刚度。汽车前部的形状参数和刚度对碰撞的影响可见图4-13。

保险杠是汽车安全性的一个关键部件。为了减轻事故中受伤程度，行人与保险杠的碰撞部位应在膝盖以下为好，此时希望保险杠降低，但过低会加大人的头部在发动机罩或挡风玻璃上的撞击速度，因此保险杠高度一般为330~350mm较为适宜。另外，保险杠应没有尖角和突出部位，并应适当轮化。

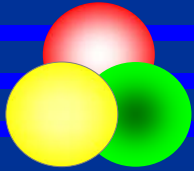


**图4-13** 汽车前部的形状参数和刚度对碰撞的影响



## 2 载货汽车的外部被动安全性

载货汽车在与轿车迎面碰撞时，因载货汽车的质量、刚度和尺寸都比轿车大得多。所以轿车的损坏要比载货汽车严重的多；一般载货汽车后部都不装保险杠，因此跟随行驶的轿车在发生交通事故时，轿车“楔入”载货汽车的可能性增加，故对于尾部离地高度不小于**0.7m**车辆应装**后保险杠**，保险杠安装高度一般为**0.38~0.51m**。

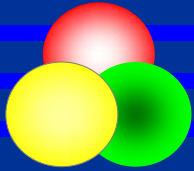


载货汽车与行人相撞时造成的伤亡也比轿车严重。

### 原因：

在一次碰撞中，无论是长头还是平头驾驶室的载货汽车，都不可能存在在轿车事故中的行人身体在发动机罩上的翻转过程，而是在很短的时间内行人被加速到货车速度，易造成人的伤亡。





## 四、被动安全性试验



**目的：** 再现典型的公路撞车事故。

**测量参数：** 车辆变形、减速度及负荷；试验用假人有关部位的负荷和变形。

**试验种类：** 实车正面碰撞和侧向碰撞。