



汽车振动与噪声控制



主讲：胡爱军



第5章 汽车平顺性

5.1 平顺性的定义

5.2 人体反应与平顺性评价

5.3 道路不平度统计特性

5.4 平顺性分析

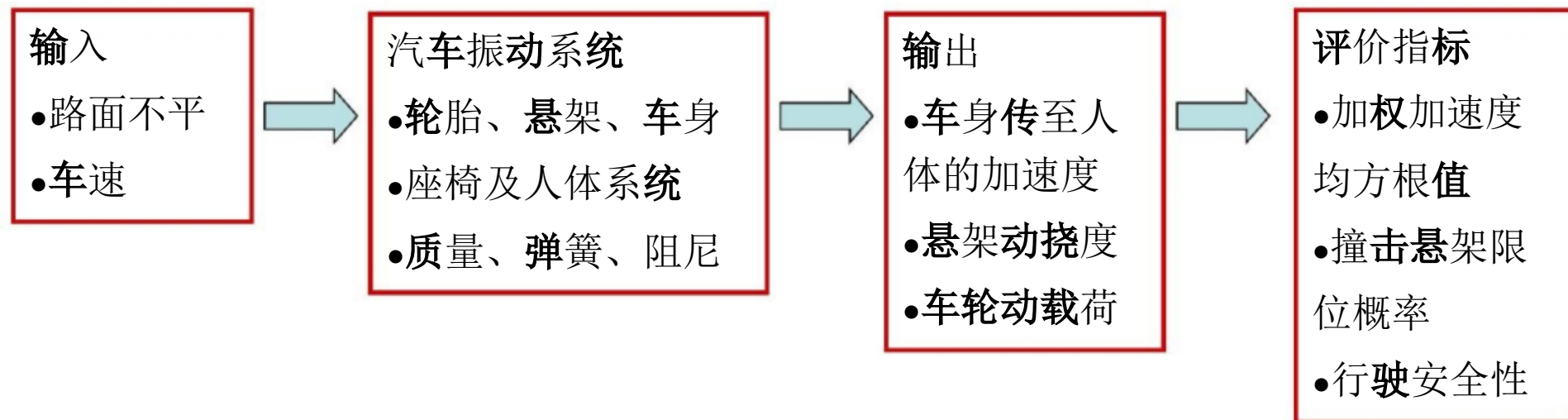
5.5 影响汽车平顺性的结构因素



5.1平顺性的定义

平顺性是指保持汽车在行驶过程中乘员所处的振动环境具有一定舒适程度和保持货物完好的性能。

振动影响人的舒适性、工作效能、身体健康，影响货物的完整性以及零部件的性能和寿命。平顺性研究的目的是有效控制汽车振动的传递，使振动系统在给定“输入”的“输出”不超过一定的界限。





5.2 人体反应与平顺性评价

人体对振动的反应

人体对振动的反应

主观因素

心理

生理

无感觉

稍有感觉

有感觉

强烈感觉

非常强烈感觉

频率

垂直方向4~8Hz
水平方向1~2Hz
人体最敏感

强度

传至人体的振动加速度

作用方向

人体对水平方向的振动比垂直方向更敏感

持续时间

客观因素



5.2 人体反应与平顺性评价

人体对振动的反应

ISO2631标准用加速度均方根值给出在1~80Hz振动频率范围内人体对振动反应的三个不同界限。

(1) 暴露极限。当人体承受的振动强度在这个极限之内，将保持健康或安全。通常把此极限作为人体可以承受振动量的上限。

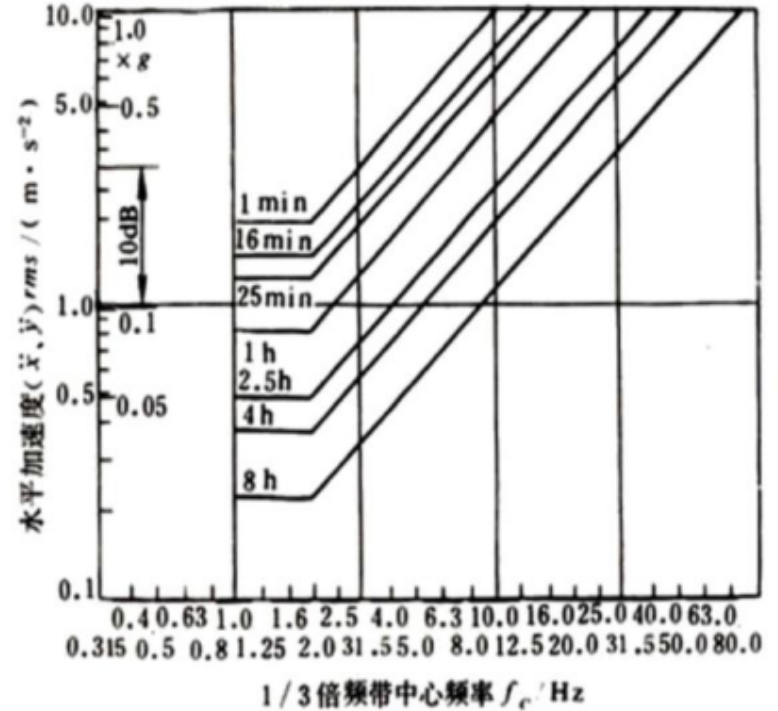
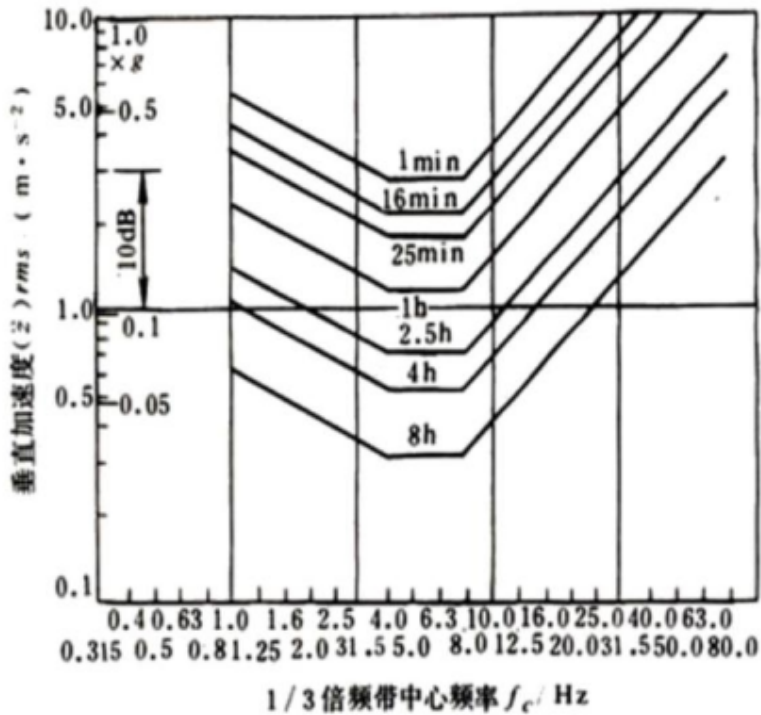
(2) 疲劳—功效降低界限。这个界限与保持工作效能有关。当驾驶员承受的振动强度在此界限之内时，能准确灵敏地反应，正常地进行驾驶。

(3) 舒适降低界限。此界限与保持舒适有关，在这个界限之内，人体对所暴露的振动环境主观感觉良好，能顺利完成读、写等工作。



5. 2 人体反应与平顺性评价

人体对振动的反应



疲劳工效降低界限



5.2 人体反应与平顺性评价

人体对振动的反应

“**疲劳—工效降低界限**”的**振动加速度允许值**的大小与**振动频率**、**振动作用方向**和**暴露时间**三个因素有关：

(1) **振动频率**。对**垂直振动**，乘员敏感的**频率范围为4~8Hz**，对**水平振动**，乘员敏感的**频率范围为1~2Hz**。

(2) **振动作用方向**。垂直振动与水平振动的“**疲劳工效降低界限**”不一样，同一**暴露时间**下，**频率在3.15Hz以下时**容易感受到水平振动；高于此**频率时**，对垂直振动更敏感。

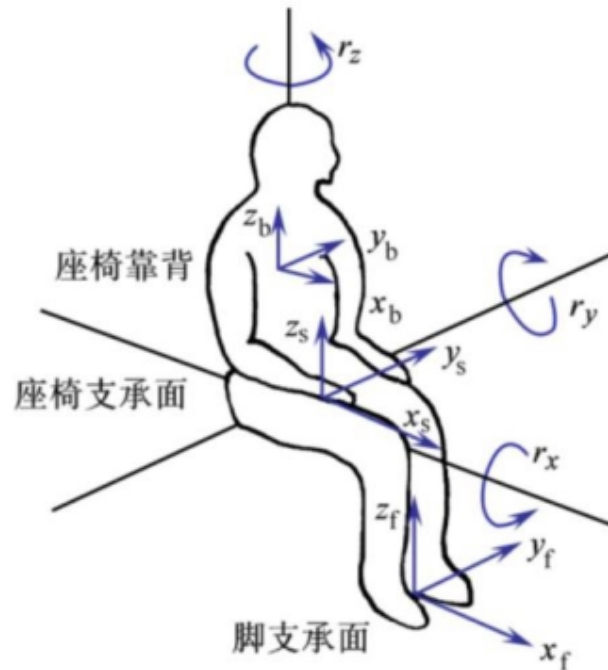
(3) **暴露时间**。人体达到一定**反应的界限**，都是由人体**感觉到的振动强度大小**和**暴露时间长短**两者**综合的结果**。



5.2 人体反应与平顺性评价

平顺性评价指标

在进行舒适性评价时，除了考虑座椅支撑面处输入点3个方向的线振动，还考虑该点3个方向的角振动，以及座椅靠背和脚支撑面两个输入点各3个方向的线振动，共3个输入点12个轴向的振动。





5.2 人体反应与平顺性评价

平顺性评价指标

1. 基本评价法

(1) 计算各轴向加权加速度均方根值 a_w

1) 滤波网络法

→ 将测得的 $a(t)$ 通过相应的频率加权函数 $w(f)$ 的滤波网络，得到加权加速度时间历程 $a_w(t)$ 。

$$a_w = \left[\frac{1}{T} \int_0^T a_w^2(t) dt \right]^{\frac{1}{2}}$$

2) 频谱分析法

→ 对 $a(t)$ 进行频谱分析，得到功率谱密度函数 $G_a(f)$ 。

$$a_w = \left[\int_{0.5}^{80} W^2(f) G_a(f) df \right]^{\frac{1}{2}}$$



5.2 人体反应与平顺性评价

平顺性评价指标

(2)三个方向总加权加速度均方根值

$$a_w = \left[(1.4a_{xw})^2 + (1.4a_{yw})^2 + a_{zw}^2 \right]^{1/2}$$

(3)总加权振级 L_{aw}

$$L_{aw} = 20\lg(a_w / a_0)$$

a_0 —参考加速度均方根值， $a_0 = 10^{-6} \text{ m/s}^2$ 。



5. 2 人体反应与平顺性评价

平顺性评价指标

2. 辅助评价法

—当峰值系数 > 9 时，ISO 2631-1:1997 (E) 标准规定用加权加速度4次方根值评价。它能更好地估计偶尔遇到过大的脉冲引起的高峰值系数振动对人体的影响。此时采用辅助评价方法—— 振动剂量值。

$$\text{VDV} = \left[\int_0^T a_w^4(t) dt \right]^{\frac{1}{4}} / \text{ms}^{-1.75}$$



5.3道路路面不平度的统计特性

路面谱

路面不平度函数

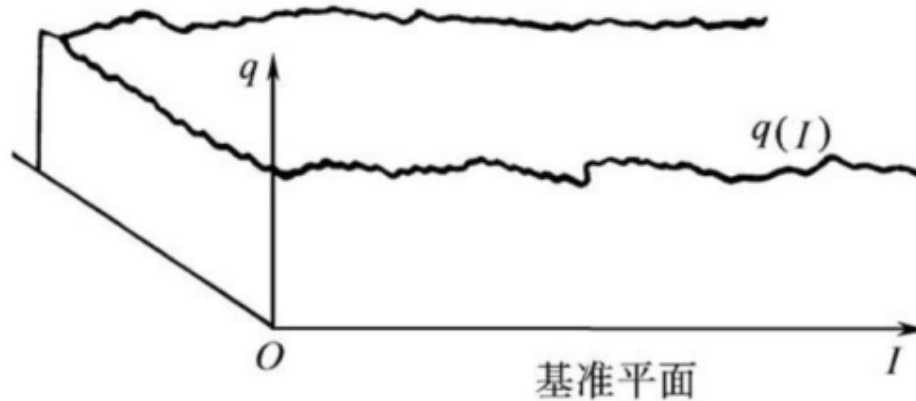


图 路面纵断面曲线

—路面相对基准平面的高度 q ，沿道路走向长度 l 的变化 $q(I)$ 称为路面不平度函数。

—用水准仪或路面计可以得到路面不平度函数。



5.3道路路面不平度的统计特性

路面谱

路面不平度的功率谱密度 $G_q(n)$

$G_q(n)$ 的拟合公式

$$G_q(n) = G_q(n_0) \left(\frac{n}{n_0} \right)^{-W}$$

n —空间频率 (m^{-1})，表示每米长度包括几个波长；

n_0 —参考空间频率， $n_0 = 0.1 m^{-1}$ ；

$G_q(n_0)$ —参考空间频率下的路面功率谱密度，也称路面不平度系数；

W —频率指数。



5.3道路路面不平度的统计特性

路面谱

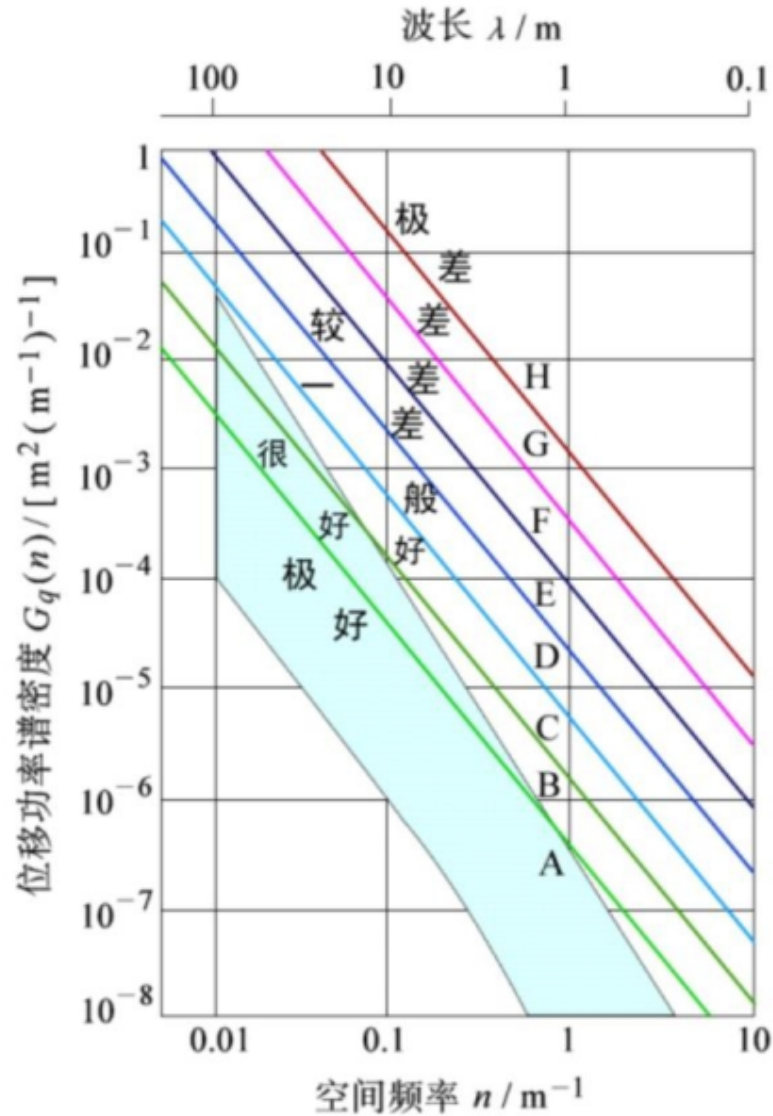
路面不平度8级分类标准

A	16	3.81
B	64	7.61
C	256	15.23
D	1024	30.45
E	4096	60.90
F	16384	121.80
G	65536	243.61
H	262144	487.22



5.3道路路面不平度的统计特性

路面谱



路面不平度分级图



5.3道路路面不平度的统计特性

路面谱

速度功率谱密度和加速度功率谱密度

速度功率谱密度

当 $W=2$ 时

$$G_q(n) = (2 \pi n^2 G_a) n$$

$$G_q(n) = (2 \pi n_0^2 G_a) n_0$$

加速度功率谱密度

与 n 无关——“白噪声”

$$G_a(n) = (2 \pi n^4 G_q) n$$



5.3道路路面不平度的统计特性

空间频率功率谱密度 $G_q(n)$ 化为时间频率功率谱密度 $G_q(f)$

$$G_q(n) \xrightarrow{\text{车速}} G_q(f) \quad f = un$$

当空间频率 n 一定时，时间频率 f 随车速成正比变化。

$$G_q(f) = G_q(n) / u$$

当 $\omega = 2$ 时，有： $G_q(f) = G_q(n_0)n_0^2u / f^2$

$$G_q(f) = (2\pi f)^2 G_q(f) = 4\pi G_q(n_0)n_0^2u$$

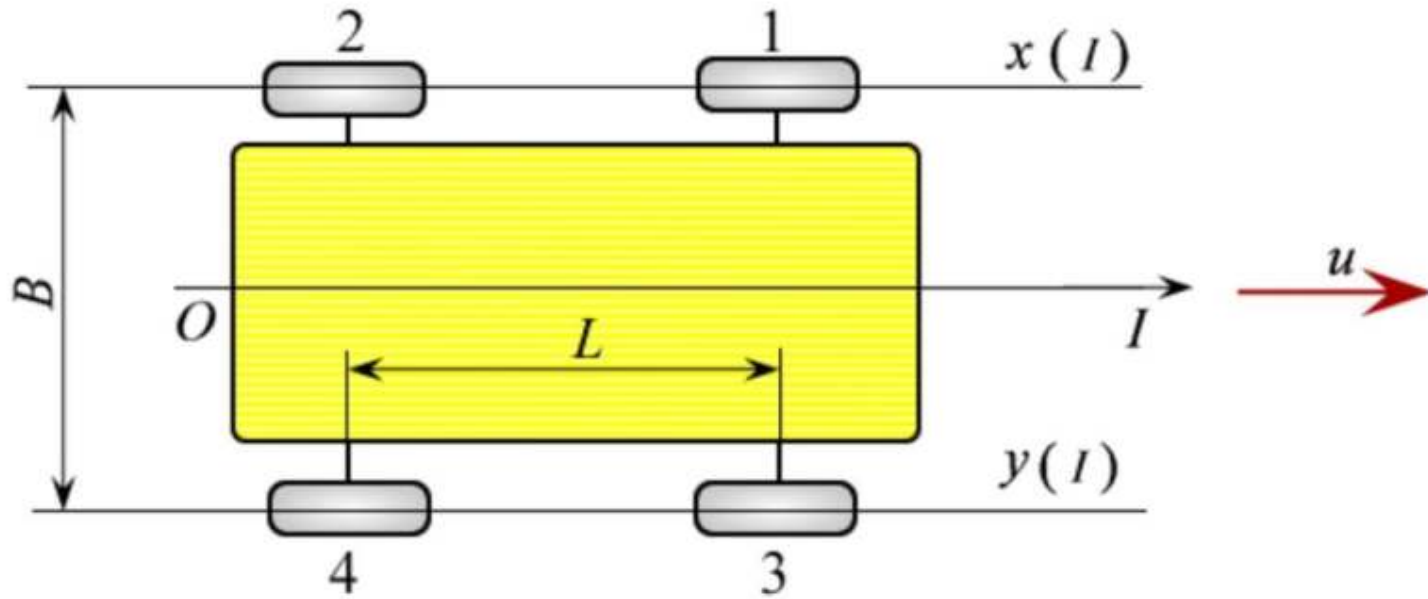
$$G_q(f) = (2\pi f)^4 G_q(f) = 16\pi G_q(n_0)n_0^2uf^2$$



5.3道路路面不平度的统计特性

四轮输入的概率谱密度

$$q_2(I) = x(I-L) \quad q_1(I) = x(I)$$



$$q_4(I) = y(I-L) \quad q_3(I) = y(I)$$



5.3道路路面不平度的统计特性

四轮输入的功率谱密度

→汽车有四个输入的振动传递时，要掌握四个车轮输入的自谱和四个车轮彼此间的互谱，共16个谱量 $G_{ik}(n)(i, k = 1, 2, 3)$ ，其中12个谱量两两共轭。

$$G_{11}(n) = G_{22}(n) = G_{xx}(n)$$

$$G_{33}(n) = G_{44}(n) = G_{yy}(n)$$

$$G_{12}(n) = G_{21}^*(n) = G_{xx}(n)e^{-j2n\tau}$$

$$G_{34}(n) = G_{43}^*(n) = G_{yy}(n)e^{-j2n\tau}$$

$$G_{14}(n) = G_{41}^*(n) = G_{xy}(n)e^{-j2n\tau}$$

$$G_{32}(n) = G_{23}^*(n) = G_{yx}(n)e^{-j2n\tau}$$

$$G_{13}(n) = G_{31}^*(n) = G_{xy}(n)$$

$$G_{42}(n) = G_{24}^*(n) = G_{yx}(n)$$

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/928143020115006103>