

第五章

波 动



波的分类：

机械波： 机械振动在媒质中的传播过程。

电磁波： 变化的电场和变化的磁场在空间的传播过程。

波的共同特征：

1. 具有一定的波速且伴有能量的传递。
2. 具有相同的数学规律和物理特性——干涉、衍射、反射、折射、偏振。
3. 具有周期性。

§ 5-1 机械波的产生与传播

一、产生机械波的条件

- 1.波源：作机械振动的物体
- 2.弹性媒质：能传播机械振动的媒质

二、弹性体的变形规律

- 1.弹性：外力撤去后，形变可以完全恢复的性质
- 2.弹性体：具有弹性的物体（理想模型）

各向同性均匀弹性体：

各点弹性相同，各点弹性与方向无关。

3.弹性形变遵循的规律

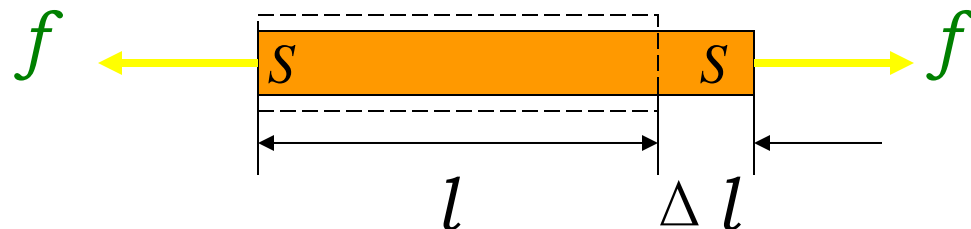
胡克定律： $\text{应力} = \text{模量} \times \text{应变}$

4. 弹性形变常见类型:

(对固体的)拉压, (对固体的)剪切, (气液固体的)容变

①拉压 应力 $\sigma=f/s$

应变 $\varepsilon= \Delta l/l$

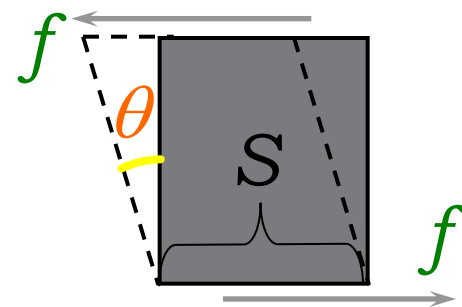


胡克定律: 应力=模量×应变 即 $\sigma=Y\varepsilon$

Y: 杨氏弹性模量(度量材料抗拉压形变的能力)

②剪切 应力 $\tau=f/s$

应变 θ



胡克定律: 应力=模量×应变 即 $\tau=G\theta$

G: 切变弹性模量(度量材料抗剪切形变的能力)

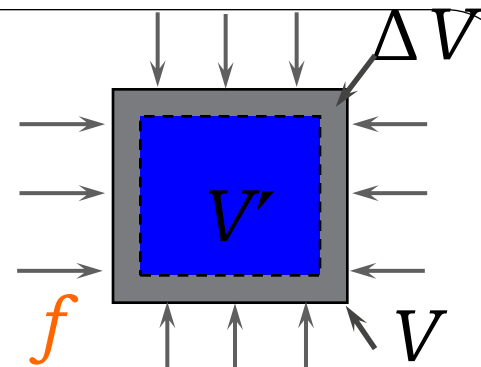
③容变 应力 $\sigma=f/s$

(容)应变: $\Delta V/V$

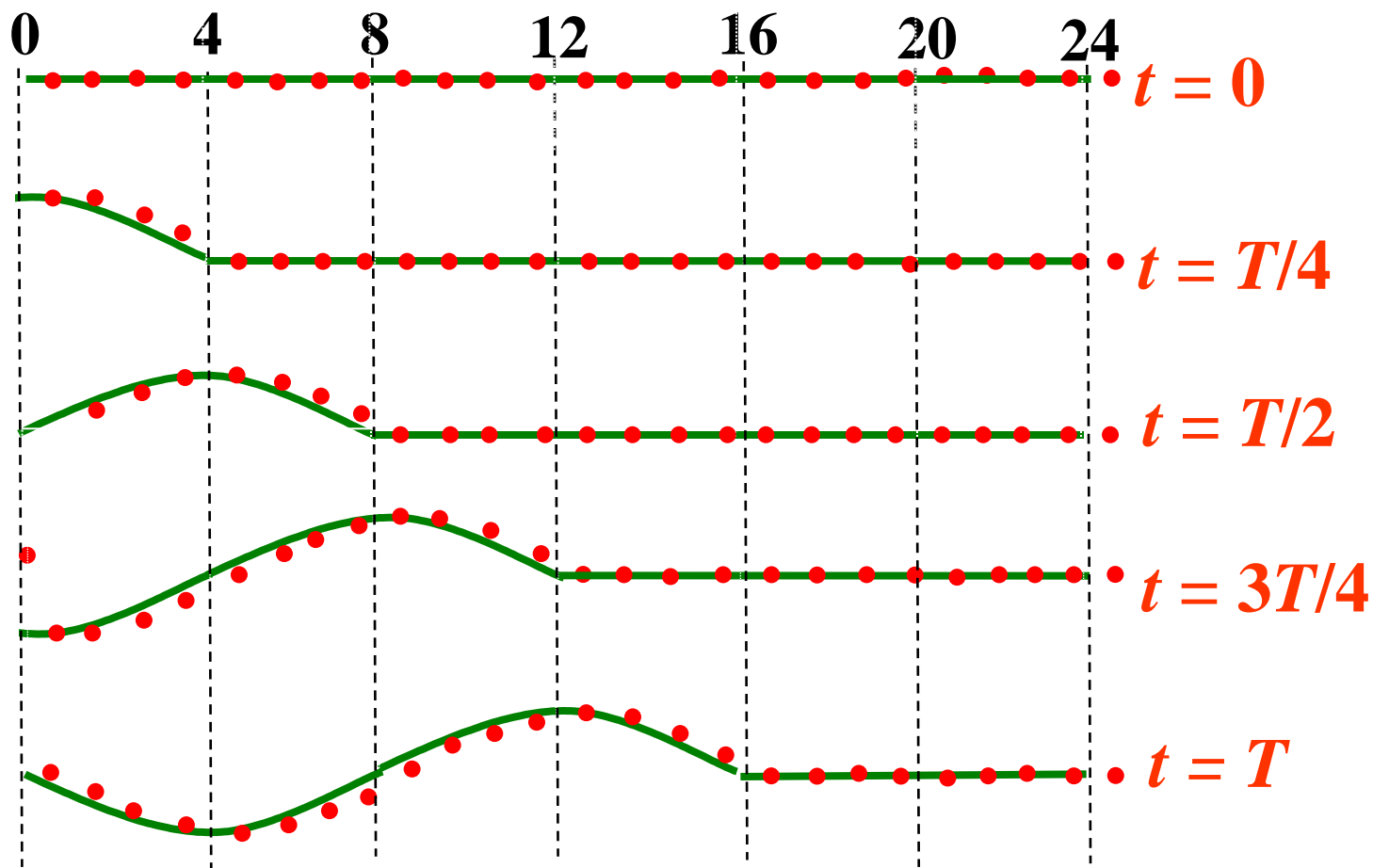
胡克定律: 应力=模量 \times 应变

$$\text{即 } f/S = -B \Delta V/V$$

B : 容变弹性模量(度量材料抗容积形变的能力)



三. 机械波的形成

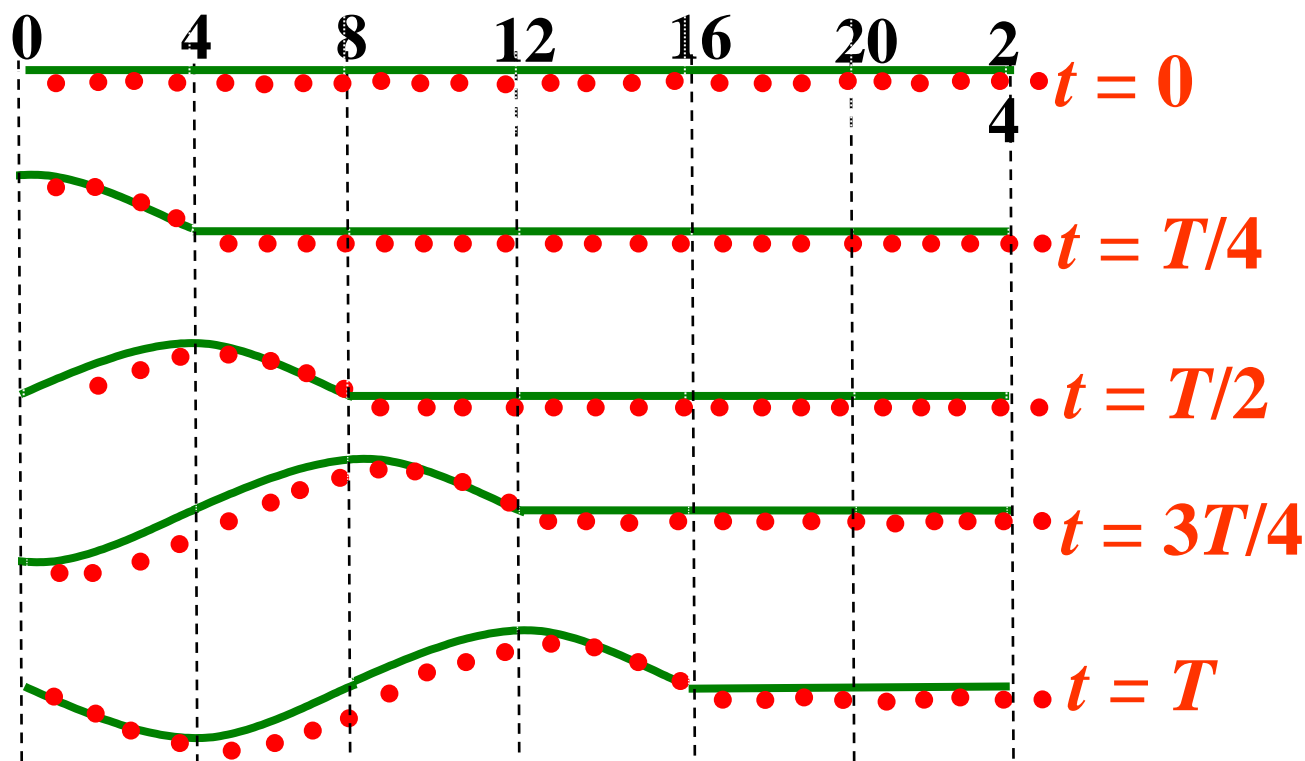


因媒质各部分间的弹性联系,会使振动传播开去,

这就形成了波动 — 机械波

“上游”的质元依次带动“下游”的质元振动。
某时刻某质元的振动状态将在较晚的时刻于
“下游”某处出现。

波动是振动状态的传播，不是媒质的传播。



§ 5-2波的基本概念

一、波的几何描述

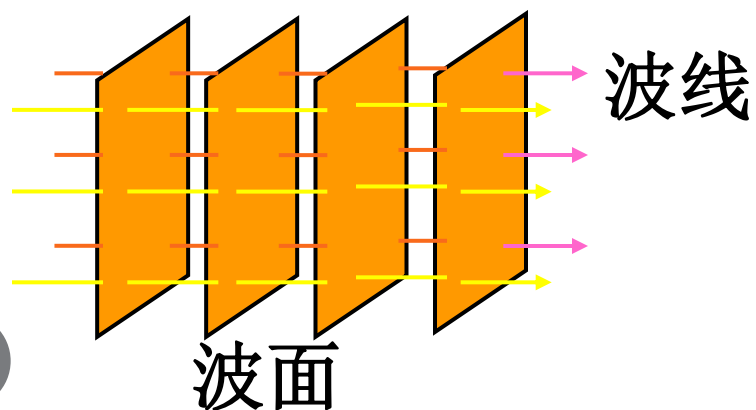
(1) 波面：由振动相位相同的点所组成的面

(2) 波前：最前面的波面

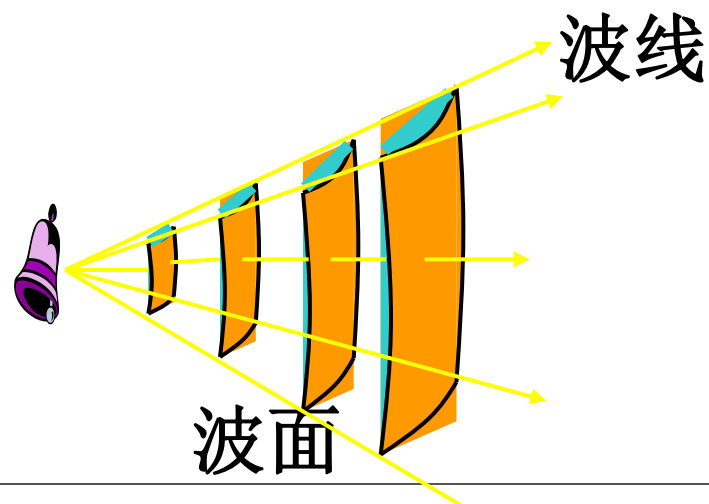
(3) 波线：表示波传播方向的直线

各向同性介质中波线 \perp 波面

平面波：波面为平面的波



球面波：波面为球面的波



二、机械波的分类

按波线与振动方向关系 { 横波
纵波

按持续时间 { 连续波
脉冲波

按波面形状 { 平面波
球面波
柱面波

按波形是否传播 { 行波
驻波

按复杂程度 { 简谐波
复波

横波：质点的振动方向和波的传播方向垂直

传播媒质：具有剪切弹性或产生张力

机械横波只能在固体或柔软绳索中传播

纵波：质点的振动方向和波的传播方向平行

传播媒质：具有拉压弹性或容变弹性

机械纵波可在固体、液体或气体中传播



震中距

纵波

纵波

震中

震源深度

震源

横波

横波

地震波主要包含**纵波**和**横波**。

来自地下的纵波（P波）引起地面上下颠簸振动。

来自地下的横波（S波）能引起地面的水平晃动。

横波是地震时造成建筑物破坏的主要原因。

由于**纵波在地球内部传播速度大于横波**，所以地震时，纵波总是先到达地表。这样，发生地震时，一般人们先感到上下颠簸，过数秒到十几秒后才感到有很强的水平晃动。这一点非常重要，因为纵波给我们一个警告，告诉我们造成建筑物破坏的横波马上要到了，快点作出防备。

三. 波的特征量

1. 波速 u

①概念：振动状态传播的速度

由媒质的性质决定与波源情况无关。

②弹性媒质中 u

$$\text{波速} = \sqrt{\frac{\text{模量}}{\text{密度}}}$$

波速仅仅取决于
媒质的弹性和惯性

模量

密度

横波

$$\text{固体: } u = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$$

$$\text{柔绳: } u = \sqrt{\frac{T}{\lambda}}$$

$\begin{cases} T: \text{绳张力} \\ \lambda: \text{线密度} \end{cases}$

纵波

$$\text{固体: } u = \sqrt{\frac{Y}{\rho}}$$

$$\text{液气: } u = \sqrt{\frac{B}{\rho}}$$

2. 周期 T :

一个完整的波通过波线上的某点所需的时间。

由波源决定（波源、观测者均不动时）

频率:

$$\nu = \frac{1}{T}$$

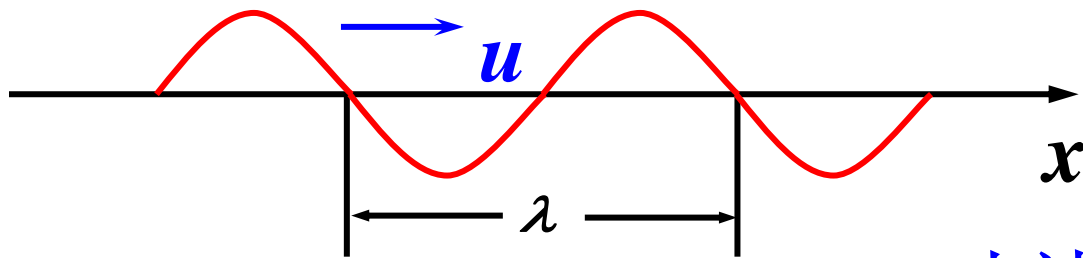
角频率:

$$\omega = 2\pi \nu$$

T 、 ν 、 ω 反映了波的“时间周期”

3. 波长 λ :

波线上相邻的振动状态相同的两质元间的距离。

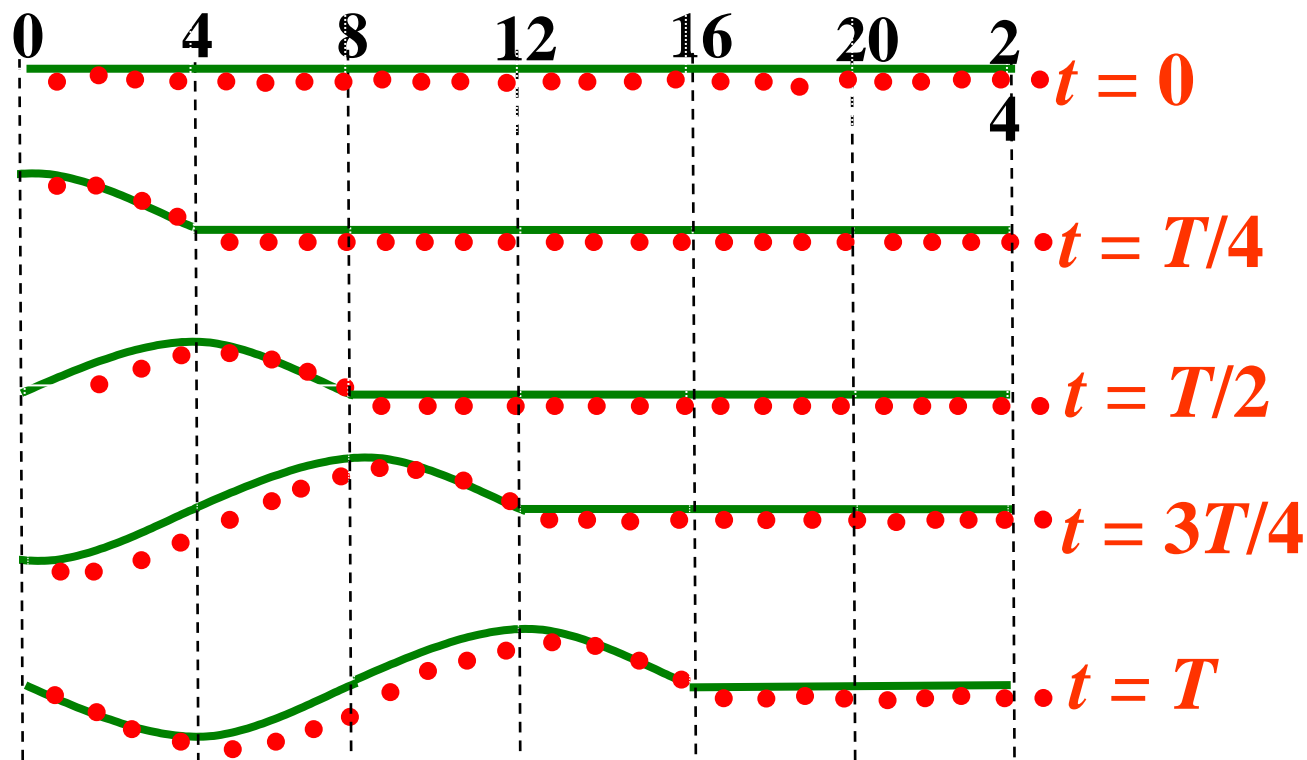


$$\lambda = uT$$

由波源和媒质共同决定。

波长反映波的“空间周期”。

四、波动的传播特征:



各质元振动的周期 (T) 与波源相同, 各质元的振动状态不同 (即相位不同), 沿波的传播方向, 各质元相位依次落后

$$\frac{\Delta x}{\lambda} = \frac{\Delta \phi}{2\pi} = \frac{\Delta t}{T}$$