波动是振动的传播过程.

振动是激发波动的波源.

波动
- 机械波 机械振动在弹性介质中的传播.
- 电磁波 交变电磁场在空间的传播.

两类波的不同之处

- 机械波的传播需有传播振动的介质;
- 电磁波的传播可不需介质.

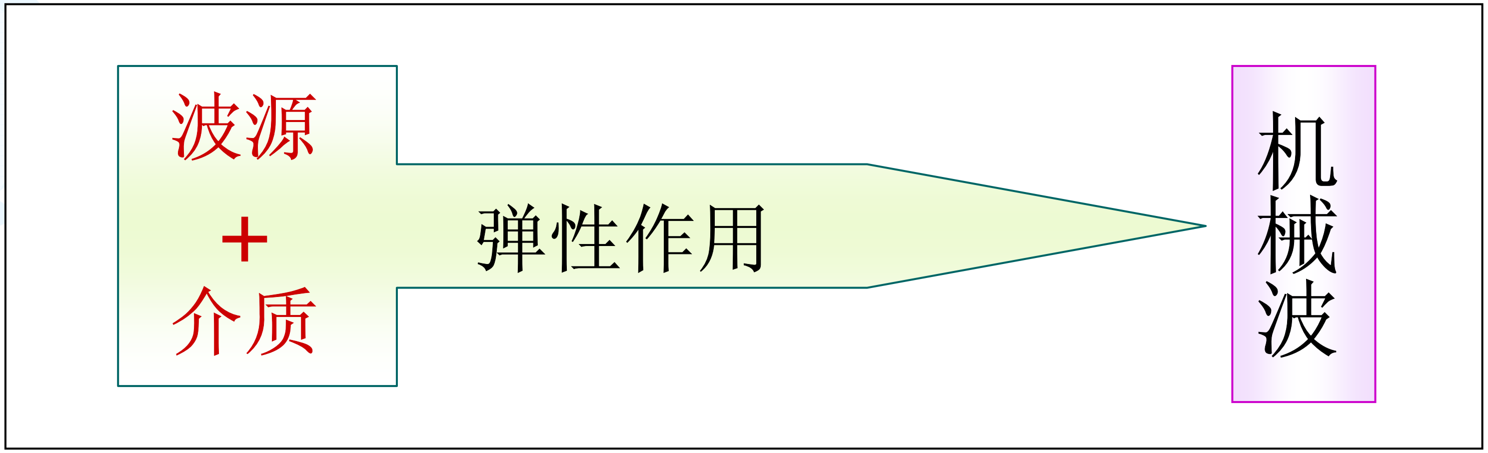
两类波的共同特征

- 能量传播
- 反射
- 折射
- 干涉
- 衍射

一 机械波的形成

机械波：机械振动在弹性介质中的传播.

产生条件：**1**）波源；**2**）弹性介质.



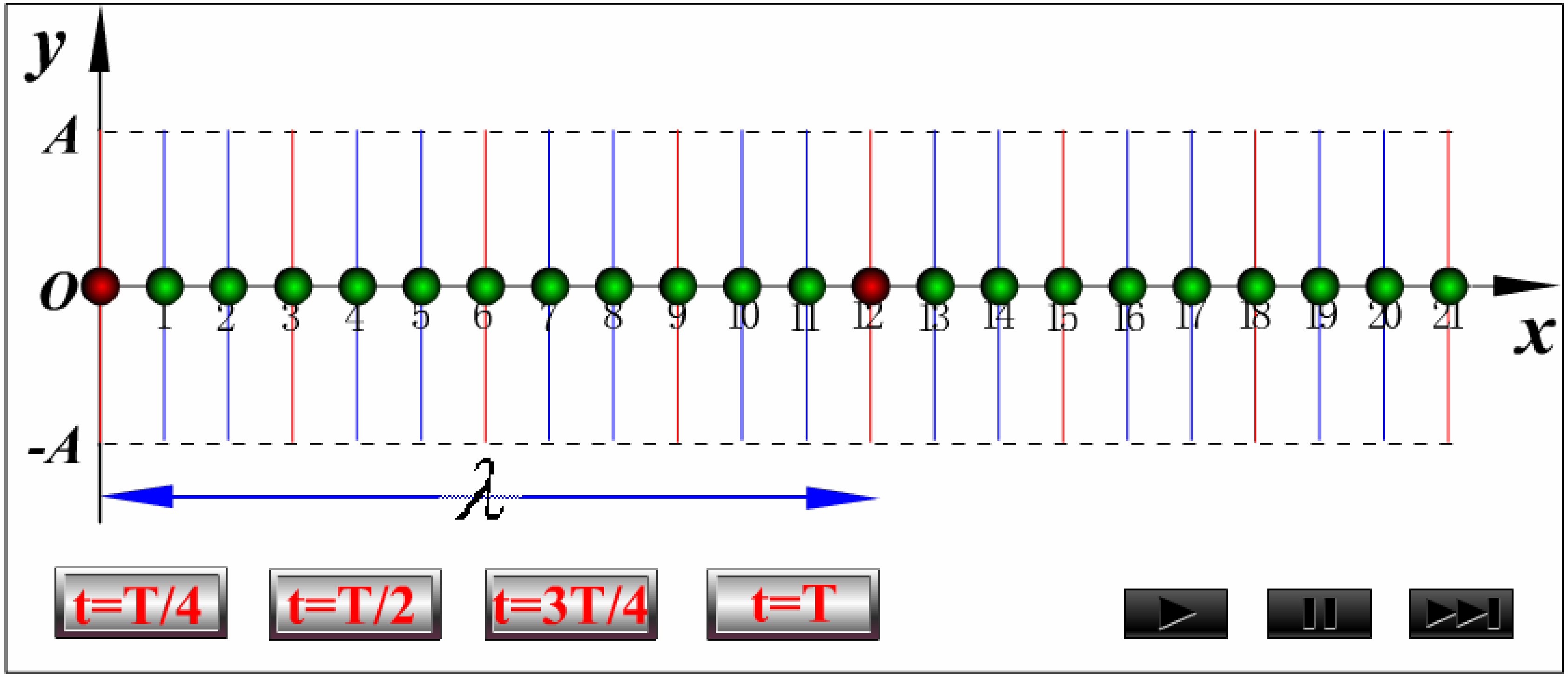
注意

波是运动状态的传播，介质的质点并不随波传播.

二　横波与纵波

横波：质点振动方向与波的传播方向相垂直的波.

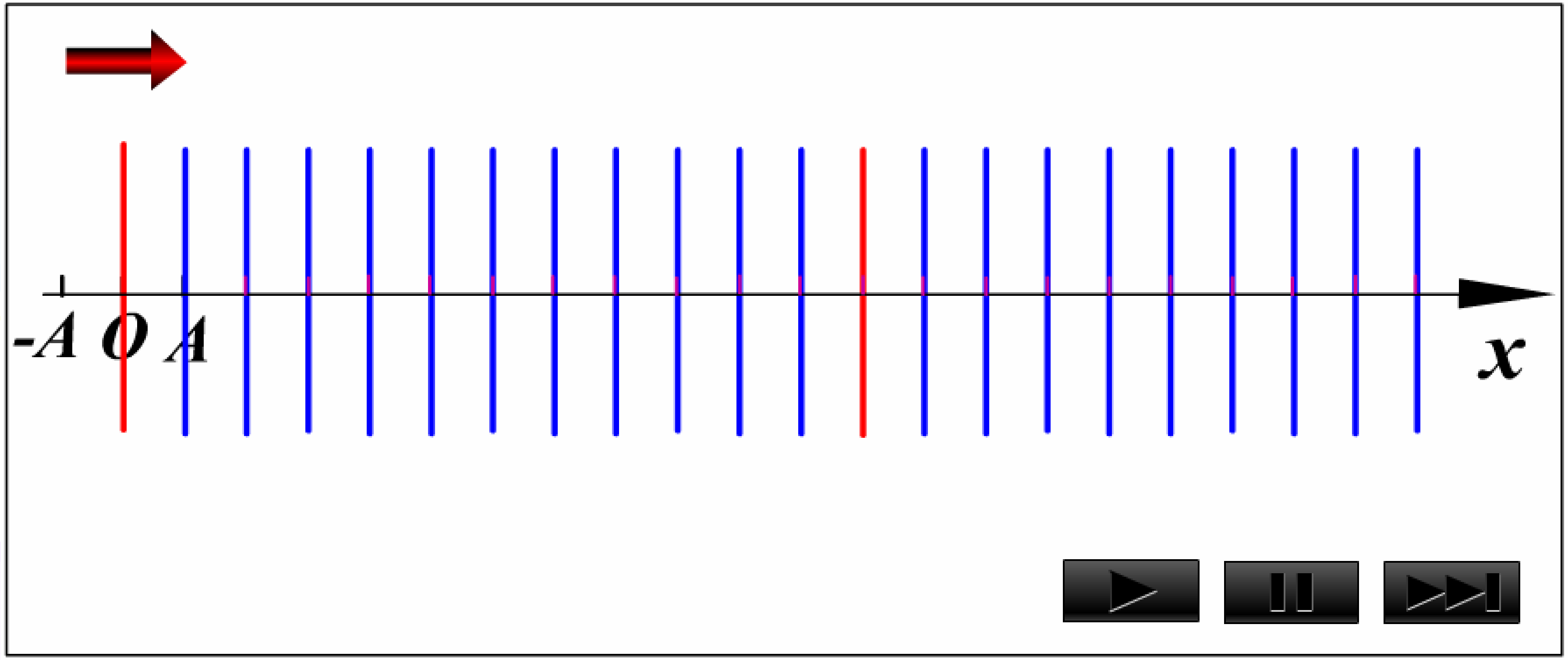
（仅在固体中传播 ）



➢ 特征：具有交替出现的波峰和波谷.

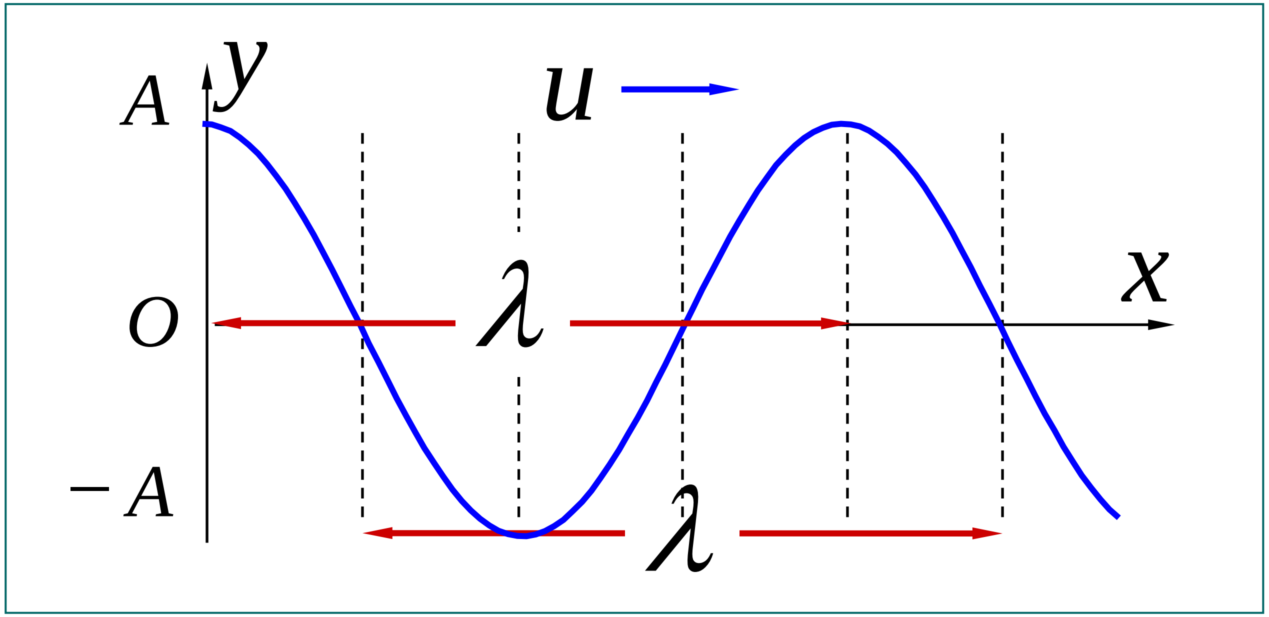
纵波：质点振动方向与波的传播方向互相平行的波.

（可在固体、液体和气体中传播）



➢ 特征：具有交替出现的密部和疏部.

三　波长　波的周期和频率　波速



波长 λ：沿波的传播方向，两个相邻的、相位差为 2π 的振动质点之间的距离，即一个完整波形的长度.

周期 T ：波前进一个波长的距离所需要的时间.

频率 ν ：周期的倒数，即单位时间内波动所传播的完整波的数目.

$$\nu = 1/T$$

波速 u ：波动过程中，某一振动状态（即振动相位）单位时间内所传播的距离（相速）.

$$u = \frac{\lambda}{T} = \lambda\nu \qquad \lambda = \frac{u}{\nu} = Tu$$

注意

周期或频率只决定于波源的振动!

波速只决定于媒质的性质!

波速 u 与介质的性质有关，ρ 为介质的密度.

固体
$$u=\sqrt{\frac{G}{\rho}}$$ G 切变模量 —— 横 波

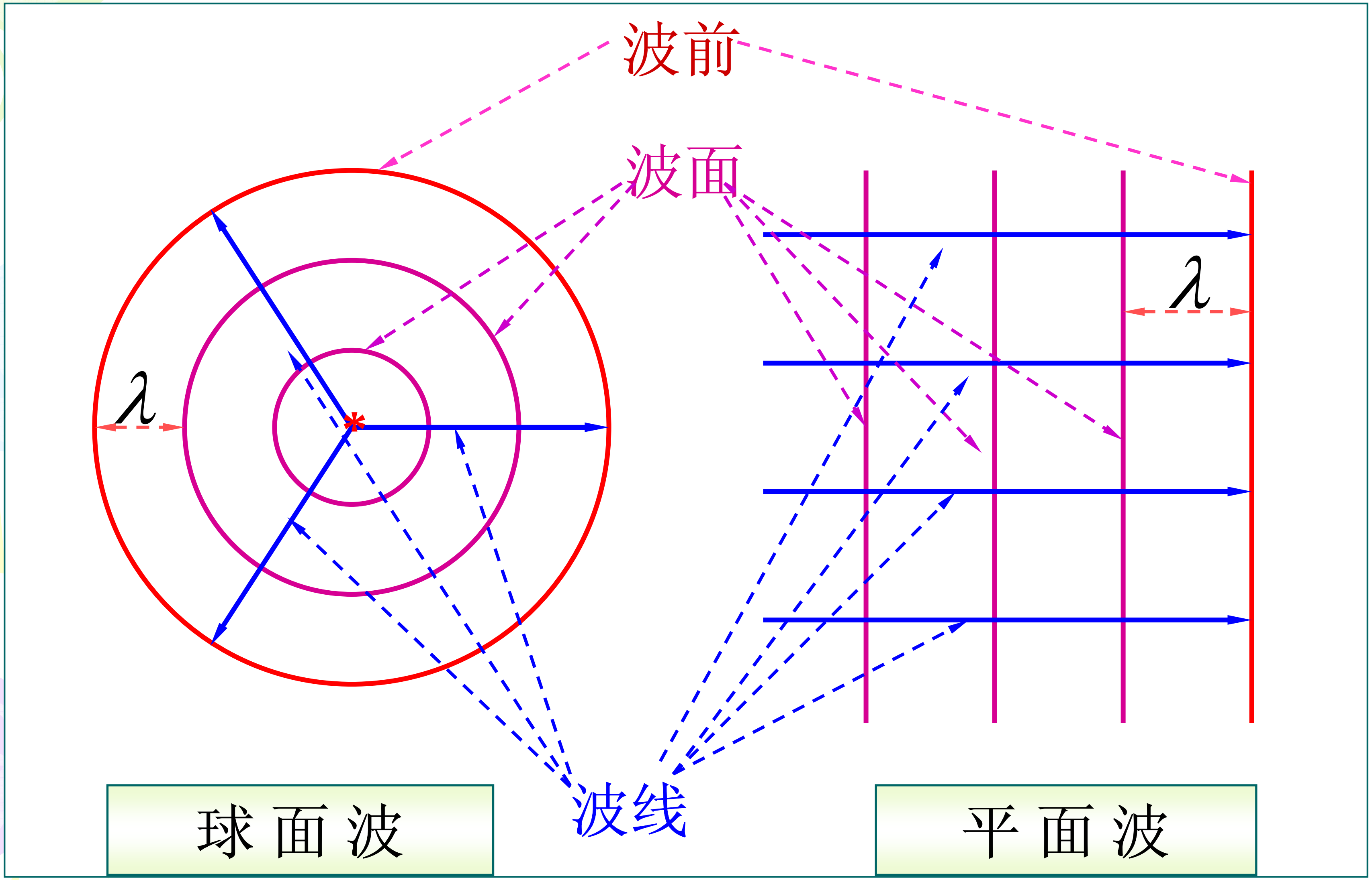
$$u=\sqrt{\frac{E}{\rho}}$$ E 弹性模量

液、气体 $$u=\sqrt{\frac{K}{\rho}}$$ K 体积模量

弹性模量、体积模量 —— 纵 波

如声音的传播速度
- 343 m/s 空气，常温
- 4000 m/s 左右，混凝土

四 波线 波面 波前



例1 在室温下，已知空气中的声速 u_1 为340 m/s，水中的声速 u_2 为1450 m/s ，求频率为200 Hz和2000 Hz 的声波在空气中和水中的波长各为多少？

解 由 $\lambda = u/\nu$，频率为200 Hz和2000 Hz 的声波在

空气中的波长

$$\lambda_1 = \frac{u_1}{\nu_1} = \frac{340\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}}{200\ \mathrm{Hz}} = 1.7\ \mathrm{m} \qquad \lambda_2 = \frac{u_1}{\nu_2} = 0.17\ \mathrm{m}$$

在水中的波长

$$\lambda_1' = \frac{u_2}{\nu_1} = \frac{1450\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}}{200\ \mathrm{Hz}} = 7.25\ \mathrm{m} \qquad \lambda_2' = \frac{u_2}{\nu_2} = 0.725\ \mathrm{m}$$

例2 假如在空气中传播时，空气的压缩与膨胀过程进行得非常迅速，以致来不及与周围交换热量，声波的传播过程可看作绝热过程.

（**1**）视空气为理想气体，试证声速 u 与压强 p 的关系为 $u=\sqrt{\gamma p/\rho}$，与温度 T 的关系为 $u=\sqrt{\gamma RT/M}$.式中 γ 为气体摩尔热容之比，ρ 为密度，R 为摩尔气体常数，$\boldsymbol{M}$ 为摩尔质量.

解（**1**）气体中纵波的速度 $u=\sqrt{K/\rho}$　$K=-V\dfrac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}V}$

$$pV^{\gamma}=\text{常量}\qquad \gamma pV^{\gamma-1}\mathrm{d}V+V^{\gamma}\mathrm{d}p=0$$

$$\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}V}=-\frac{\gamma p}{V}\qquad K=\gamma p\qquad u=\sqrt{\gamma p/\rho}$$

由理想气体状态方程 $\rho=\dfrac{Mp}{RT}$　　$u=\sqrt{\gamma RT/M}$

例2　假如在空气中传播时，空气的压缩与膨胀过程进行得非常迅速，以致来不及与周围交换热量，声波的传播过程可看作绝热过程.

（1）视空气为理想气体，试证声速 u 与压强 p 的关系为 $u=\sqrt{\gamma p/\rho}$ ，与温度 T 的关系为 $u=\sqrt{\gamma RT/M}$.

（2）求0 ℃和20℃ 时, 空气中的声速.（空气 $\gamma=1.4$, $M=2.89\times10^{-2}\ \mathrm{kg\cdot mol}$ ）

解　（2）由（1） $u=\sqrt{\gamma RT/\rho}$

$$u=\sqrt{\frac{1.4\times(8.31\ \mathrm{J\cdot mol\cdot K^{-1}})(273\ \mathrm{K})}{2.89\times10^{-2}\ \mathrm{kg\cdot mol}}}=331\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$$

$$u=\sqrt{\frac{1.4\times(8.31\ \mathrm{J\cdot mol\cdot K^{-1}})(293\ \mathrm{K})}{2.89\times10^{-2}\ \mathrm{kg\cdot mol}}}=343\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$$