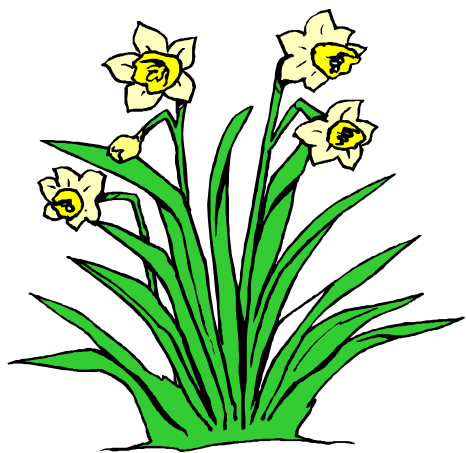


机械波



教学基本要求

一 **掌握**描述简谐波的各物理量及各量间的关系；

二 **理解**机械波产生的条件. 掌握由已知质点的简谐运动方程得出平面简谐波的波函数的方法. 理解波函数的物理意义. 了解波的能量传播特征及能流、能流密度概念；



教学基本要求

三 了解惠更斯原理和波的叠加原理。理解波的相干条件，能应用相位差和波程差分析、确定相干波叠加后振幅加强和减弱的条件；

四 理解驻波及其形成，了解驻波和行波的区别；

五 了解机械波的多普勒效应及其产生的原因。在波源或观察者沿二者连线运动的情况下，能计算多普勒频移。



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.

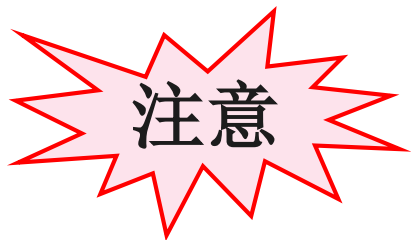
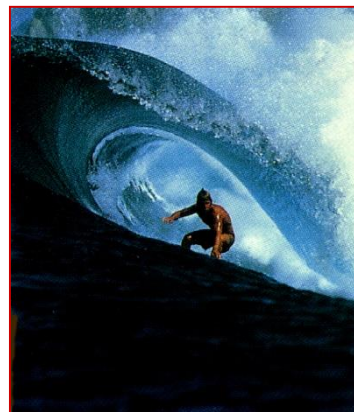
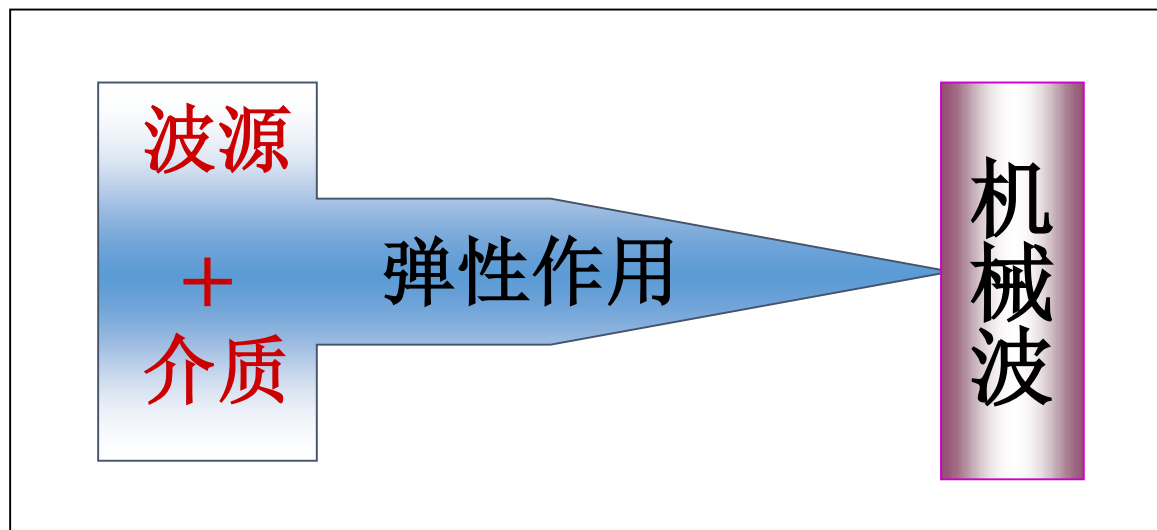
两类波的共同特征

- ☐ 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。

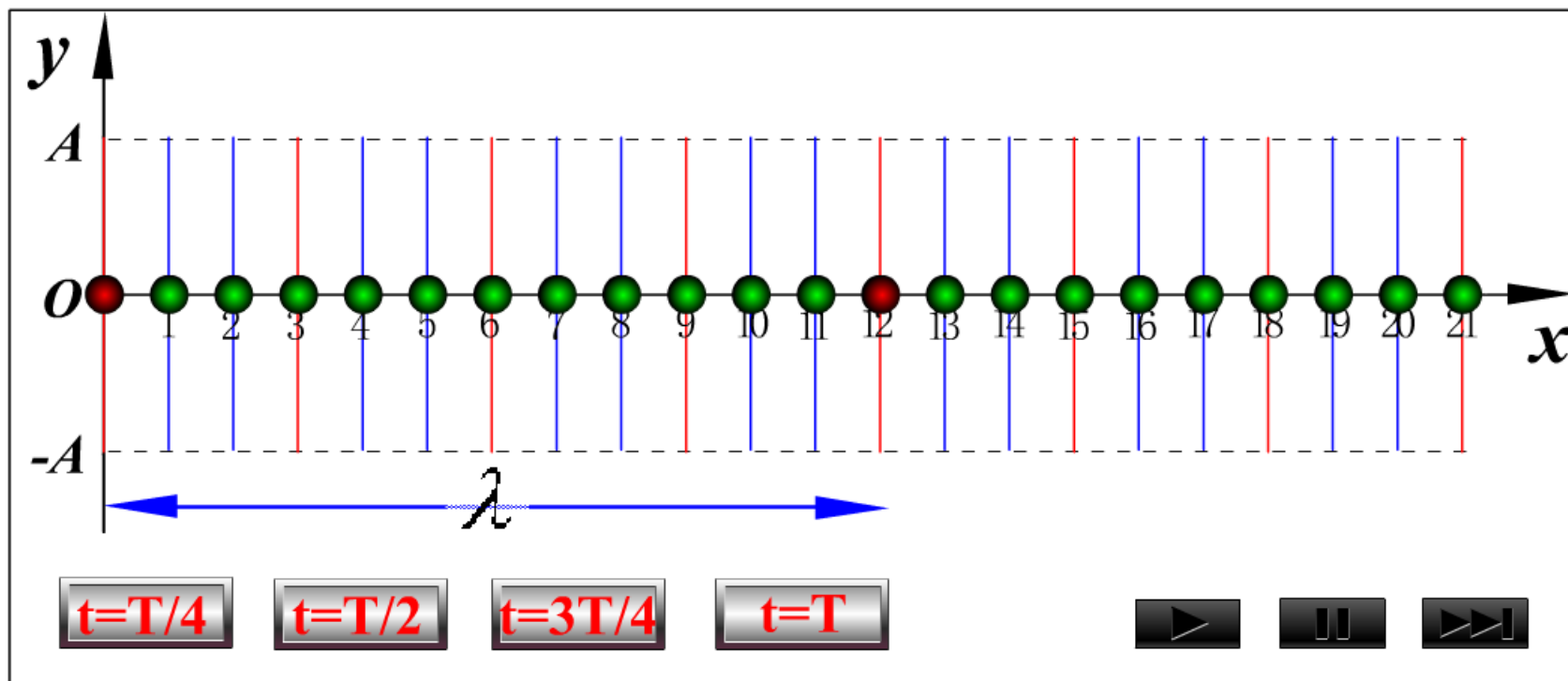
产生条件：1) 波源；2) 弹性介质。



波是运动状态的传播，介质的质点并不随波传播。

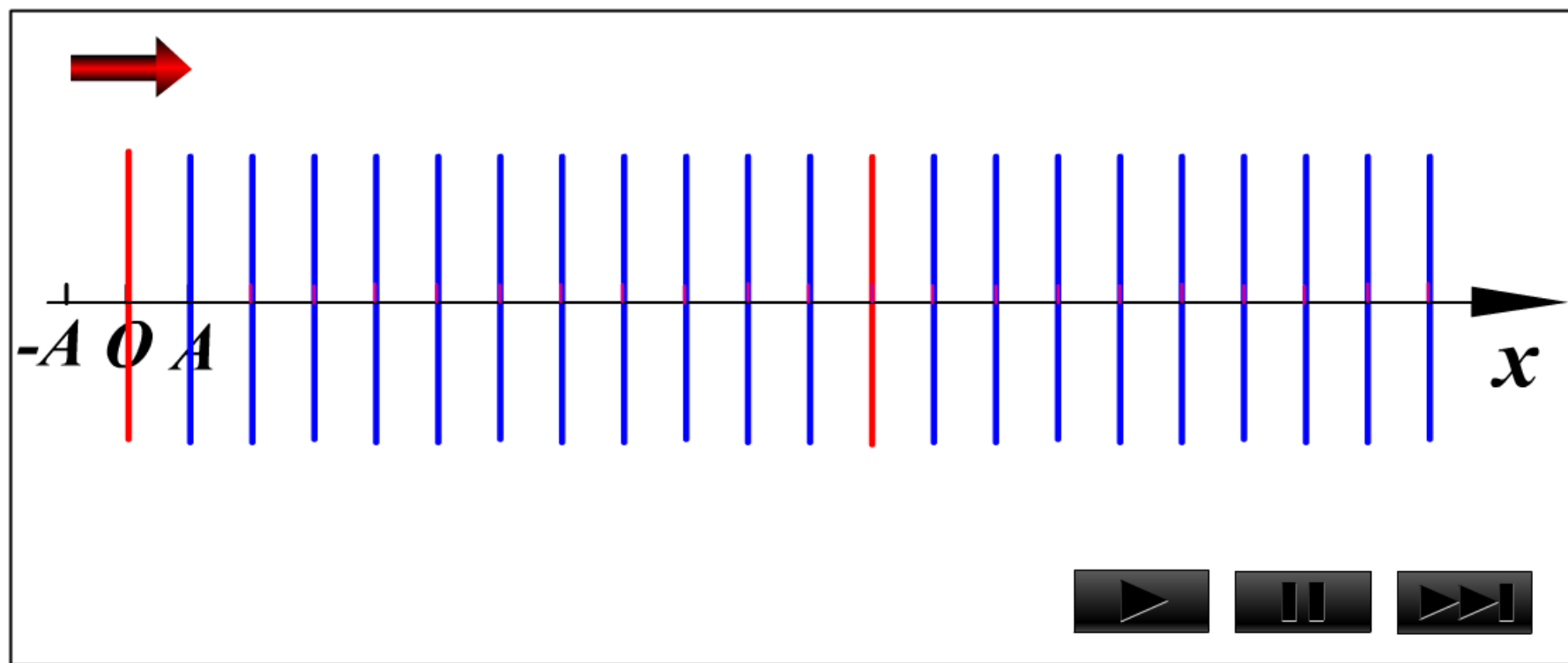
二 横波与纵波

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)



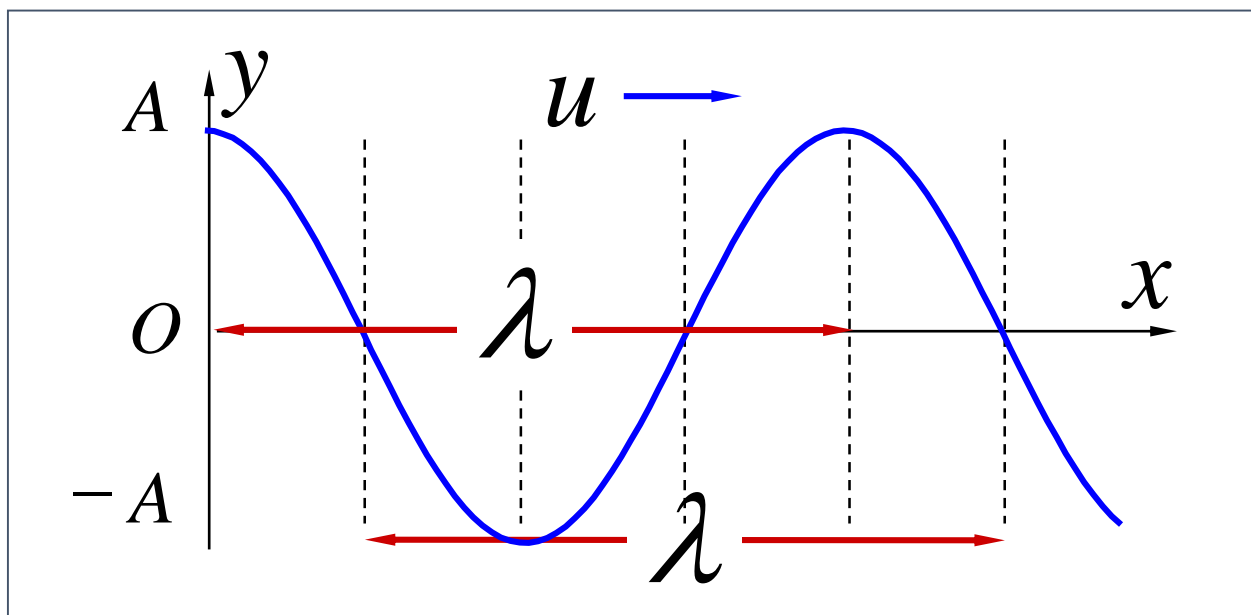
➤ 特征：具有交替出现的波峰和波谷。


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).

$$u = \frac{\lambda}{T} = \lambda \nu \quad \lambda = \frac{u}{\nu} = T u$$

 **注意**

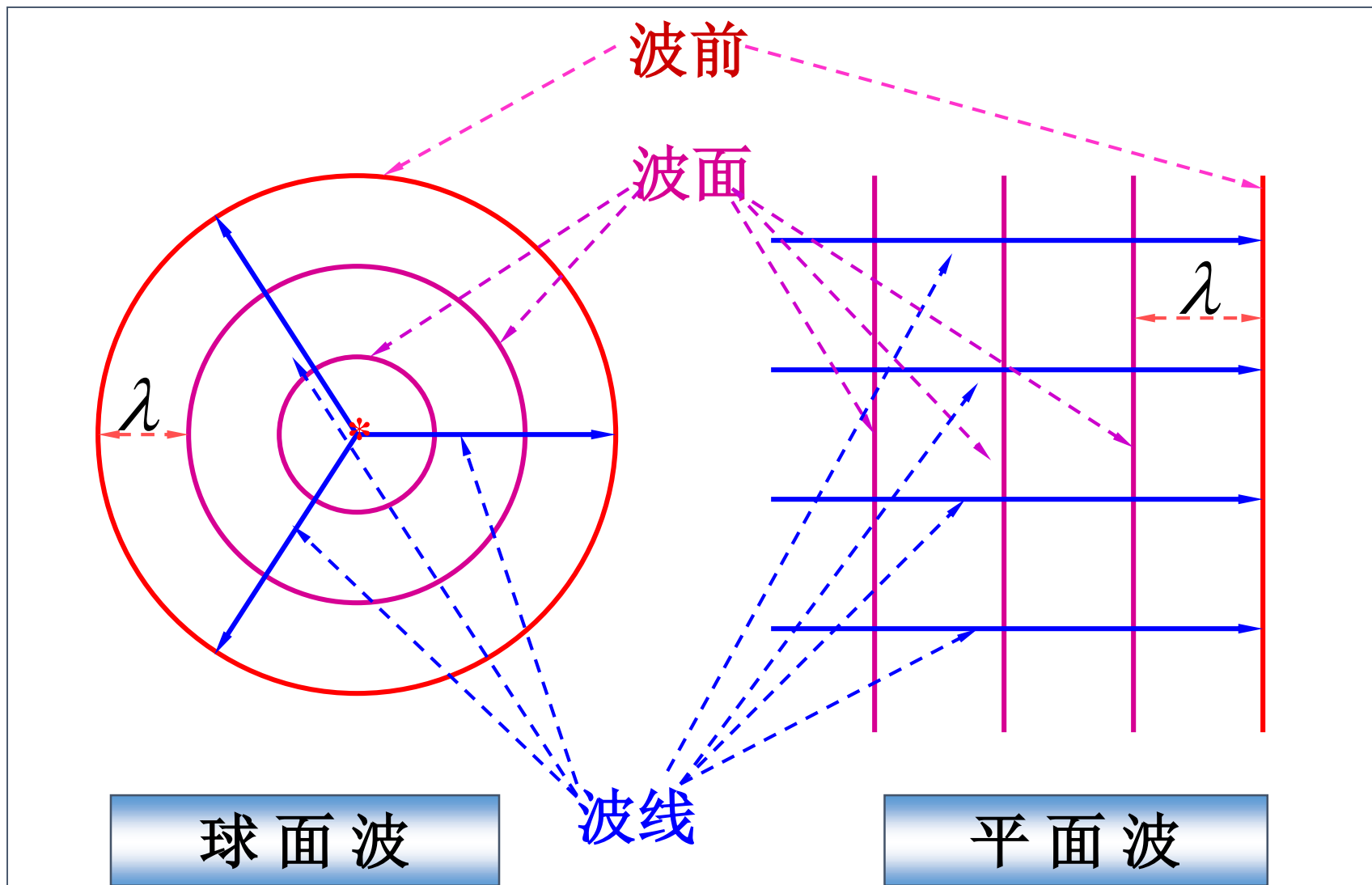
周期或频率只决定于波源的振动!
波速只决定于媒质的性质!

波速 u 与介质的性质有关, ρ 为介质的密度.

$$\begin{array}{l} \text{固体} \left\{ \begin{array}{l} u = \sqrt{\frac{G}{\rho}} \text{切变模量} \leftarrow \text{横波} \\ u = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \text{弹性模量} \end{array} \right. \\ \text{液、气体} \left\{ \begin{array}{l} u = \sqrt{\frac{K}{\rho}} \text{体积模量} \leftarrow \text{纵波} \end{array} \right. \end{array}$$

如声音的传播速度 $\left\{ \begin{array}{l} 343 \text{ m/s} \text{ 空气, 常温} \\ 4000 \text{ m/s 左右, 混凝土} \end{array} \right.$

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 $\lambda = \frac{u}{\nu}$ ，频率为200 Hz和2000 Hz 的声波在空气中的波长

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

在水中的波长

$$\lambda'_1 = \frac{u_2}{\nu_1} = \frac{1450\text{m} \cdot \text{s}^{-1}}{200\text{Hz}} = 7.25 \text{ m} \quad \lambda'_2 = \frac{u_2}{\nu_2} = 0.725 \text{ m}$$

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 $u = \sqrt{\gamma R T / M}$ 。式中 γ 为气体摩尔热容之比， ρ 为密度， R 为摩尔气体常数， M 为摩尔质量。

解 (1) 气体中纵波的速度 $u = \sqrt{K / \rho}$ $K = -V \frac{dp}{dV}$

$$pV^\gamma = \text{常量} \quad \gamma p V^{\gamma-1} dV + V^\gamma dp = 0$$

$$\frac{dp}{dV} = -\frac{\gamma p}{V} \quad K = \gamma p \quad u = \sqrt{\gamma p / \rho}$$

$$\text{由理想气体状态方程} \quad \rho = \frac{Mp}{RT} \quad u = \sqrt{\gamma R T / M}$$

(2) 求0 °C和20°C 时, 空气中的声速. (空气 $\gamma = 1.4$, $M = 2.89 \times 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{mol}$)

解 (2) 由 (1) $u = \sqrt{\gamma RT / \rho}$

$$u = \sqrt{\frac{1.4 \times (8.31 \text{ J} \cdot \text{mol} \cdot \text{K}^{-1})(273 \text{ K})}{2.89 \times 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{mol}}} = 331 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$u = \sqrt{\frac{1.4 \times (8.31 \text{ J} \cdot \text{mol} \cdot \text{K}^{-1})(293 \text{ K})}{2.89 \times 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{mol}}} = 343 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$