

# 两相流基础

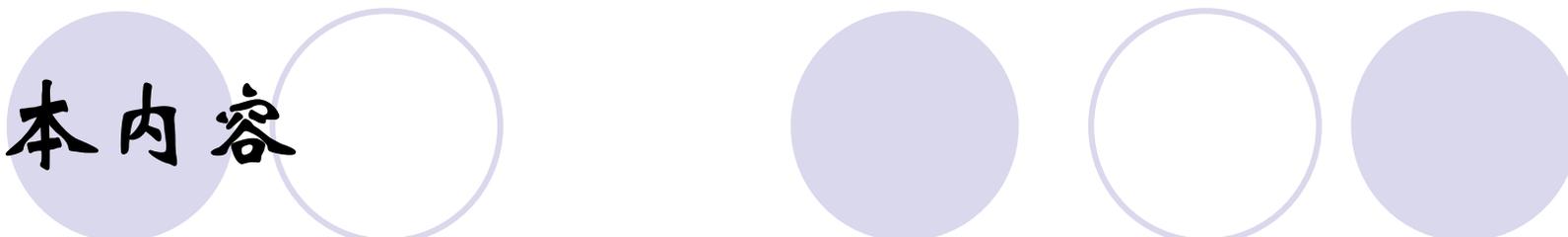
## ——基本概念

邓道明

中国石油大学（北京）油气储运工程系

Tel: 89733764

# 基本内容



- 流量
- 流速
- 气液相对流速参数
- 含气率和含液率
- 混合物密度
- 流型

# 流量

- 质量流量 ( $W$ )

- 单位时间内流过管路横截面的流体质量。

- 

$$W = W_L + W_G$$

- $W_L$ ——液相质量流量；

- $W_G$ ——气相质量流量；

- $W$ ——总质量流量，kg/s。

# 流量

- 体积流量 (Q)

- 单位时间内流过管路横截面的流体体积。

- 

$$Q = Q_L + Q_G$$

- $Q_L$ ——液相体积流量;

- $Q_G$ ——气相体积流量;

- $Q$ ——总体积流量,  $\text{m}^3/\text{s}$ 。

# 流速 (u)

- 折算 (S) 速度 (m/s)

- 气相折算速度

$$u_{SG} = \frac{Q_G}{A}$$

- 液相折算速度

$$u_{SL} = \frac{Q_L}{A}$$

**A**——管道过流截面积, **m<sup>2</sup>**.

# 流速 (u)

- 折算 (S) 速度 (m/s)

- 气相折算速度

$$u_{SG} = \frac{Q_G}{A}$$

- 液相折算速度

$$u_{SL} = \frac{Q_L}{A}$$

**A**——管道过流截面积，**m<sup>2</sup>**。

流速 ( $u$ )

● 混合物 ( $M$ ) 速度 ( $m/s$ )

两相混合物总体积流量与流通面积之比

$$u_M = \frac{Q_G + Q_L}{A}$$

$$u_M = u_{SG} + u_{SL}$$

# 流速 (u)

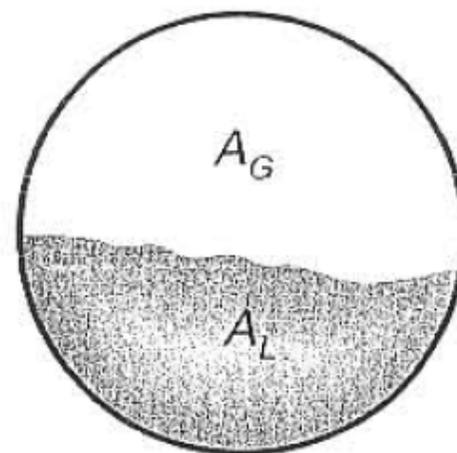
- 实际速度 (m/s)

- 气相速度

$$u_G = \frac{Q_G}{A_G}$$

- 液相速度

$$u_L = \frac{Q_L}{A_L}$$



气相和液相的折算速度小于相应的气液相实际速度

# 滑动比、滑移速度、漂移速度

滑动比 (**s**)

$$s = \frac{u_G}{u_L}$$

滑移速度 (**slip velocity**) 或滑差

$$u_{slip} = u_G - u_L$$

滑动比、**滑移速度**、**漂移速度**

漂移速度 (**drift velocity**)

$$u_{DL} = u_L - u_M$$

$$u_{DG} = u_G - u_M$$

# 含气率和含液率

质量含气率(干度)与质量含液率 (湿度)

质量含气率 $x$ ——流过管路流通截面上的气相质量流量  
与气液混合物总质量流量之比

$$x = \frac{W_G}{W}$$

质量含液率 ( $1-x$ )

# 含气率和含液率

## 体积含气率和体积含液率

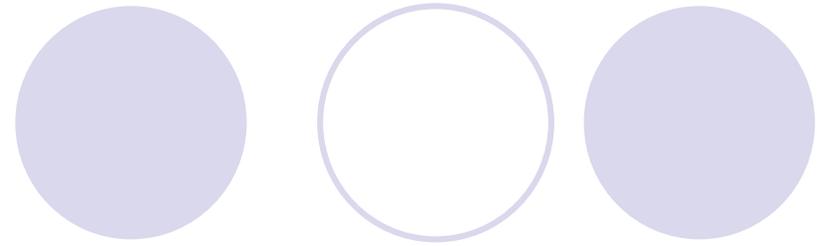
体积含气率（ $\beta$ ）表示流过管路流通截面上的气相体积流量与气液混合物总体积流量之比，即：

$$\beta = Q_G / Q = Q_G / (Q_L + Q_G)$$

体积含液率（ $\lambda_L$ ），无滑脱持液率

$$\lambda_L = 1 - \beta = Q_L / (Q_L + Q_G)$$

# 含气率和含液率



截面含气率和截面含液率

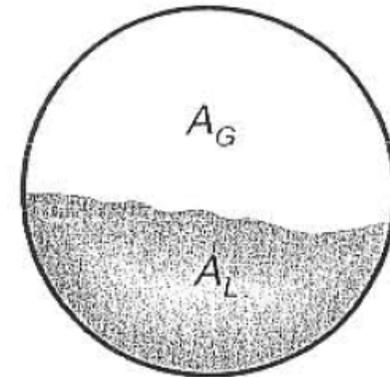
截面含液率(当地体积含液率) $H_L$

管路流通截面上，液相流通面积与管路总面积之比

$$H_L = A_L / A$$

截面含气率 ( $\phi$ )

$$\phi = A_G / A = A_G / (A_L + A_G)$$



# 含气率和含液率

三种含气率之间的关系

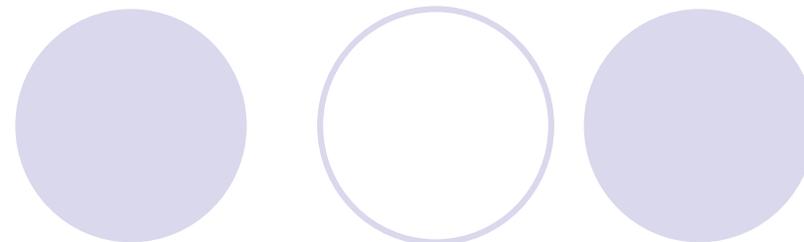
体积含气率( $\beta$ )与质量含气率( $x$ )

$$\beta = Q_G / Q = Q_G / (Q_L + Q_G) = u_{SG} / (u_{SG} + u_{SL})$$

$$x = \frac{W_G}{W_G + W_L} = \frac{u_{SG} \rho_G}{u_{SG} \rho_G + u_{SL} \rho_L} = \frac{u_{SG}}{u_{SG} + u_{SL} \frac{\rho_L}{\rho_G}}$$

$$\because \rho_L > \rho_G \quad \therefore \beta > x$$

# 含气率和含液率



体积含气率( $\beta$ )与质量含气率( $x$ )之间的关系

$$x = \frac{\rho_G / \rho_L}{\frac{1}{\beta} + \left( \frac{\rho_G}{\rho_L} - 1 \right)}$$

已知气液相的密度以及体积含气率就可以求得质量含气率，反之亦然。

# 含气率和含液率

体积含气率( $\beta$ )与截面含气率( $\phi$ )之间的关系

$$\beta = \frac{Q_G}{Q_G + Q_L} = \frac{1}{1 + \frac{Q_L}{Q_G}} = \frac{1}{1 + \frac{A_L u_L}{A_G u_G}}$$

$$\phi = \frac{A_G}{A_G + A_L} = \frac{1}{1 + \frac{A_L}{A_G}} = \frac{1}{1 + \left(\frac{1}{\beta} - 1\right)S}$$

# 含气率和含液率

体积含气率( $\beta$ )与截面含气率( $\phi$ )之间的关系

从  $\beta$  和  $\phi$  的定义式中可以得到:

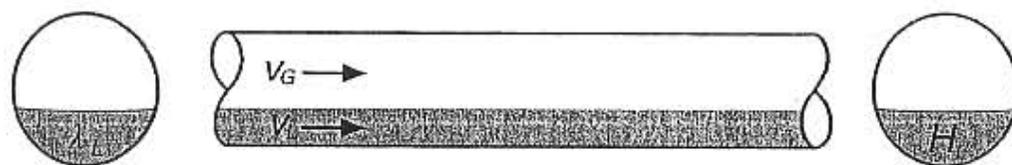
当  $u_L = u_G$  时,  $\beta = \phi$  ;

当  $u_L < u_G$  时,  $\beta > \phi$  ;

当  $u_L > u_G$  时,  $\beta < \phi$  。

# 含气率和含液率

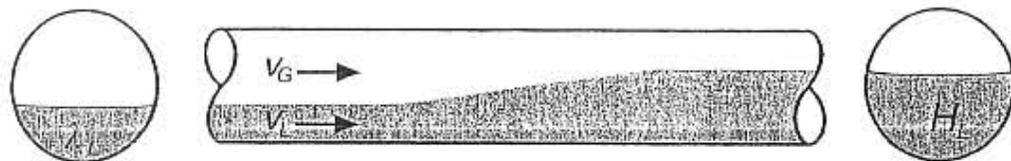
体积含气率( $\beta$ )与截面含气率( $\phi$ )之间的关系



No-slip condition

$$\begin{aligned}v_G &= v_L \\ H_L &= \lambda_L\end{aligned}$$

(a)



Slip condition

$$\begin{aligned}v_G &> v_L \\ H_L &> \lambda_L\end{aligned}$$

(b)

# 计算结果示例

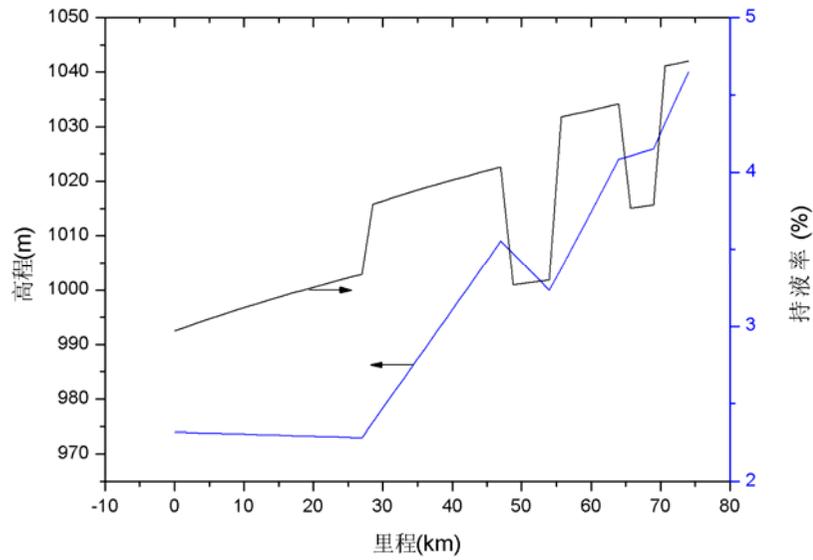
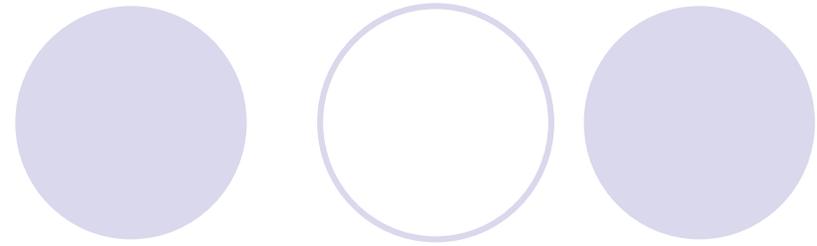


图4-12 输量33.9 kg/s时， $\phi 559 \times 14.3$ 英寸7混输管道持液率分布

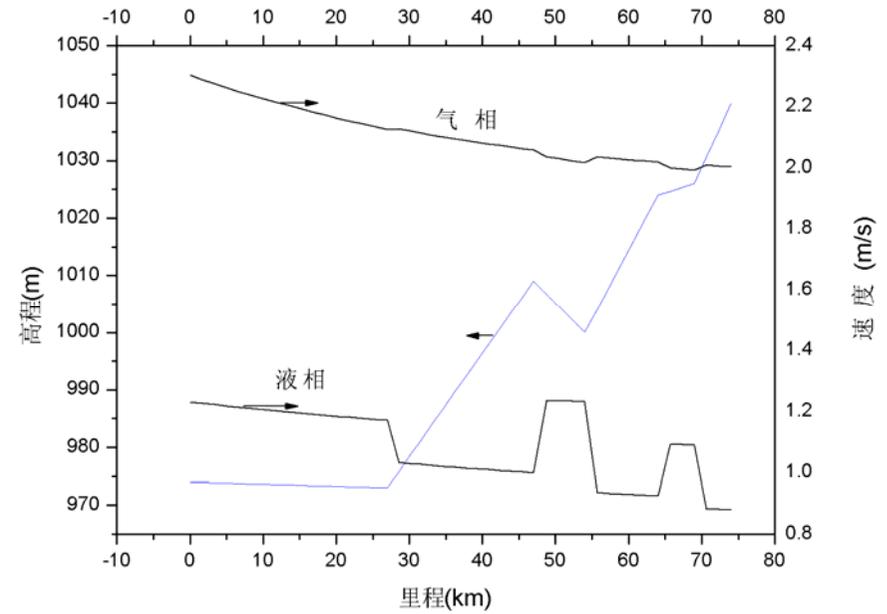


图4-13 输量33.9 kg/s时， $\phi 559 \times 14.3$ 英寸7混输管道气相和液相速度分布

# 计算结果示例

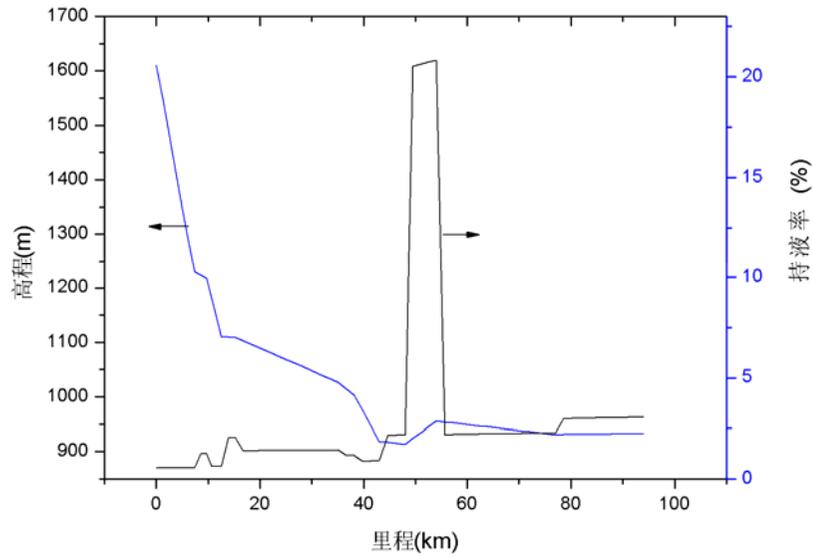
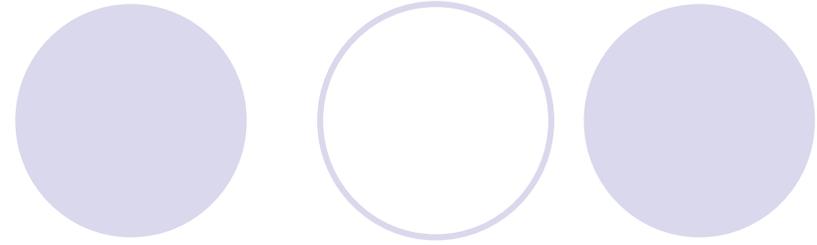


图4-16 输量24.26 kg/s时， $\phi 610 \times 17.5$ 迪那混输管道持液率分布

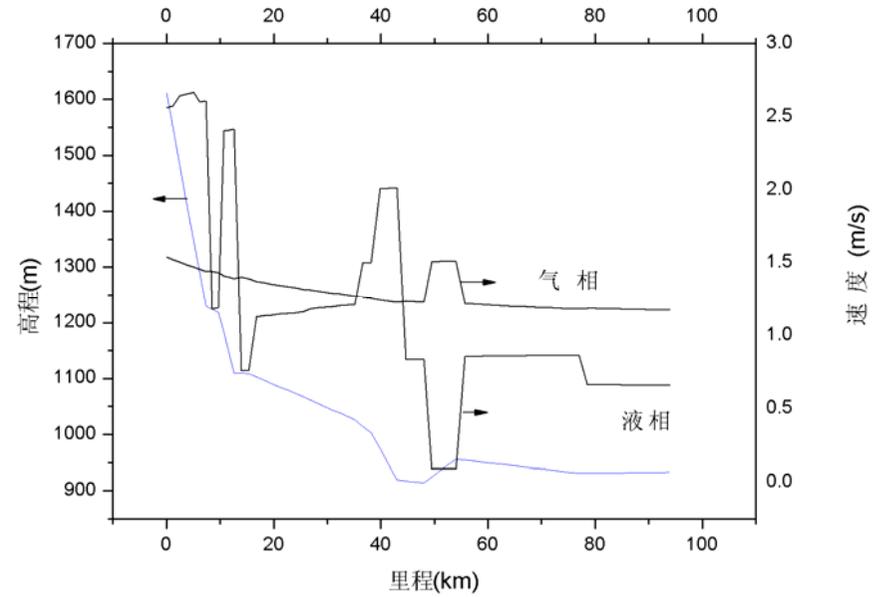


图4-17 输量24.26 kg/s时， $\phi 610 \times 17.5$ 迪那混输管道气相和液相速度分布

# 含气率和含液率

**作业：** 质量含气率( $x$ )与截面含气率( $\phi$ )之间的关系

$$\phi = \frac{xv_G}{xv_G + (1-x)sv_L}$$

$$v_G = \frac{1}{\rho_G}, v_L = \frac{1}{\rho_L}$$

# 作业

- (1) 质量含气率与截面含气率之间的关系。
- (2) 气相真实速度和气相折算速度之间的关系。
- (3) 液相真实速度和液相折算速度之间的关系。
- (4) 用质量含气率（干度）表示气、液相速度，气、液相折算速度。
- (5) 定义气、液相漂移通量（**drift flux**）为：
$$\mathbf{J}_L = H_L \mathbf{u}_{DL}, \quad \mathbf{J}_G = (1 - H_L) \mathbf{u}_{DG}$$
- 证明： $\mathbf{J}_L + \mathbf{J}_G = 0$ 。

# 混合物密度

## 1. 流动密度

单位时间内流过截面的两相混合物质量与体积之比，即：

$$\rho_f = \frac{W}{Q} = \frac{Q_L \rho_L + Q_G \rho_G}{Q} = \beta \rho_G + (1 - \beta) \rho_L$$

## 2. 真实密度

一微段长度管段内气液混合物质量与其体积之比，即：

$$\rho_M = \frac{\varphi A \Delta L \rho_G + (1 - \varphi) A \Delta L \rho_L}{A \Delta L} = \varphi \rho_G + (1 - \varphi) \rho_L$$

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/125320321004011134>