

Star-CD 中 Inlet 边界条件设置时

可压缩流体的速度、密度和流量关系说明

在 Star-CD GUI 中，Inlet 边界条件设置界面如下图 1 所示，其中红色线框标记的为与速度、密度相关选项。

Region Type		Region Name	
Inlet <input type="checkbox"/>		in	
Options			
Standard <input type="checkbox"/>			
U (m/s)		V (m/s)	W (m/s)
0		0	0
Coord. System		Omega (rpm)	
1		0	
k (m ² /s ²)		Epsilon (m ² /s ³)	Turb. Switch
			None <input type="checkbox"/>
RSUU (m ² /s ⁴)		RSVV (m ² /s ⁴)	RSWW (m ² /s ⁴)
RSUV (m ² /s ⁴)		RSVW (m ² /s ⁴)	RSUW (m ² /s ⁴)
Dens. (kg/m ³)		Fixed Angle	Flow Switch
1		Off <input type="checkbox"/>	Mass Flux <input type="checkbox"/>

图 1 Inlet 边界条件设置面板

1. 当 Options 设置为 Standard 时，Inlet 质量流量 (Q_m) 由进口法向速度(U_{nor})、进口流体设定密度(ρ_{set})、进口面积(A)决定，并与 Flow Switch 和 Fixed Angle 选项有关。

1) 当 Flow Switch 设定为 Velocity 时，进口速度保持不变，而进口质量流量为可变值。Fixed Angle 选项无效。计算结果中的进口质量流量(Mass flux)由下式决定：

$$Q_m = \rho_{actual} \cdot U_{nor,set} \cdot A \quad (1)$$

式中： $U_{nor,set}$ 为用户设定的进口法向速度，m/s；A 为进口面积，m²； ρ_{actual} 为进口处流体实际密度，kg/m³，它根据 Material Pannel 面板中设定的状态方程计算得到。如流体设定为密度随压力变化的理想气体时，Star-CD 根据计算结果压力场插值得到进口压力值，再根据状态方程得到 ρ_{actual} ；如流体设定为仅随温度变化， ρ_{actual} 直接根据 Inlet 中设定的进口温度计算得到。

2) 当 Flow Switch 设定为 Mass flux 时, 进口质量流量固定不变, 其值由下式决定:

$$Q_m = \rho_{set} \cdot U_{nor,set} \cdot A \quad (2)$$

式中: $U_{nor,set}$ 为用户设定的进口法向速度, m/s; A 为进口面积, m^2 ; ρ_{set} 为用户设定的进口密度, kg/m^3 。

如果计算结果得到的进口流体实际密度 ρ_{actual} 与用户设定密度 ρ_{set} 不同, 为保证进口质量流量不变, Star-CD 自动对进口速度进行调整, 调整方法又取决于 Fixed Angle 选项, 说明如下:

(a) 当 Fixed Angle 选项设为 on 时, 进口速度角度与用户设定速度的方向角相同, 但各个坐标方向上的速度值将根据下式被调整:

$$U_{actual} = \frac{\rho_{set}}{\rho_{actual}} U_{set} \quad (3)$$

式中: U_{actual} 为各个坐标方向实际速度, m/s; U_{set} 为各个坐标方向用户设定速度, m/s。

(b) 当 Fixed Angle 选项设定为 off 时, 进口法向速度值将按下式被调整, 其它方向速度值不变, 因此进口速度方向角将发生变化。

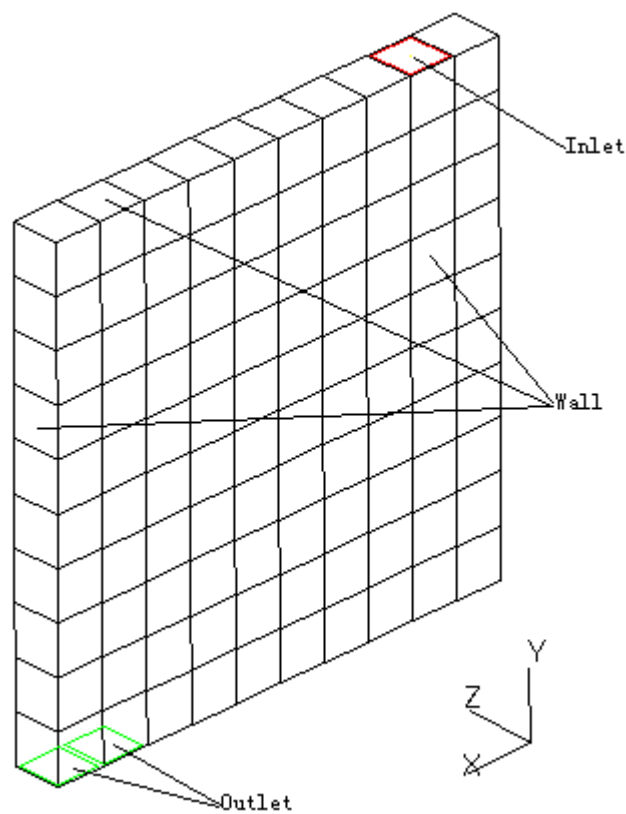
$$U_{nor,actual} = \frac{\rho_{set}}{\rho_{actual}} U_{nor,set} \quad (4)$$

2. 当 Options 设置为 user, 即用户采用自定义函数设置 Inlet 速度时, Flow Switch 和 Fixed Angle 选项无效。进口质量流量由前面式 (1) 确定。

附: 算例说明

物理模型及网格如附图 1 所示, x, y, z 方向的长度分别为 10, 10, 1, 网格数分别为 10, 10, 1, 因此入口面积为 $1 \times 1 = 1m^2$ 。流体为空气, 密度随温度和压力变化, 即 $\rho = f(T, P)$ 。湍流模型选用高雷诺数 $k-\epsilon$ 模型。

附图 1 物理模型及网格划分示意图



附表 1 四个算例的边界条件设置

Case	Options	U	V	Dens	Fixed Angle	Flow Switch
1	Standard	30	-30	1	Off	Mass Flow
2	Standard	30	-30	1	On	Mass Flow
3	User	30	-30	1	Off	Mass Flow
4	User	30	-30	1	On	Mass Flow

附表 2 计算结果

Case	U_{inlet}	V_{inlet}	$Q_{m, inlet}$	说明
1	30	-25.2687	-30	仅进口法向速度大小被调整
2	25.2691	-25.2691	-30	进口速度方向角不变，各方向速度均被调整
3	30	-30	-35.5975	Fixed Angle, Flow Switch 选项无效
4	30	-30	-35.5975	Fixed Angle, Flow Switch 选项无效

2.物理模型，网格划分与附图 1 相同，但定义流动介质时通过定义一个 Scalar，物质为 CO₂，并在 Scalar Boundaries 中将 Inlet 的 Mass Fraction 设为 1，即 100%的 CO₂。

附表 3 四个算例的边界条件设置

Case	Options	U	V	Dens	Fixed Angle	Flow Switch
1	Standard	30	-30	1	Off	Mass Flow
2	Standard	30	-30	1	On	Mass Flow
3	User	30	-30	1	Off	Mass Flow
4	User	30	-30	1	On	Mass Flow

附表 4 计算结果

Case	U _{inlet}	V _{inlet}	Q _{m, inlet}	说明
1	30	-16.6237	-30	仅进口法向速度大小被调整
2	16.6241	-16.6241	-30	进口速度方向角不变，各方向速度均被调整
3	30	-30	-54.0324	Fixed Angle，Flow Switch 选项无效
4	30	-30	-54.0324	Fixed Angle，Flow Switch 选项无效