

geometry_scale

几何选型：

A	B	C	D	E	F
	管长	1000	1200	体积	横截面积m ²
管径	50	20	24	1.9635E-12	1.9635E-09
	40	25	30	1.2566E-12	1.25664E-09
	25	40	48	4.9087E-13	4.90874E-10
	20	50	60	3.1416E-13	3.14159E-10

[参考文献--微尺度流动研究中的几个问题](#)

陶然,权晓波,徐建中. 微尺度流动研究中的几个问题[J]. 工程热物理学报,2001,22(5):575-577. DOI:10.3321/j.issn:0253-231X.2001.05.015.

boundary_conditions

1 inlet_velocity

1.1 选取微泵类型

[引用文献--微泵驱动方式比较研究.pdf](#)

罗玉元,张国贤. 微泵驱动方式比较研究[J]. 液压与气动,2003(7):43-46. DOI:10.3969/j.issn.1000-4858.2003.07.021.

表 1 泵的驱动方式及相应特性

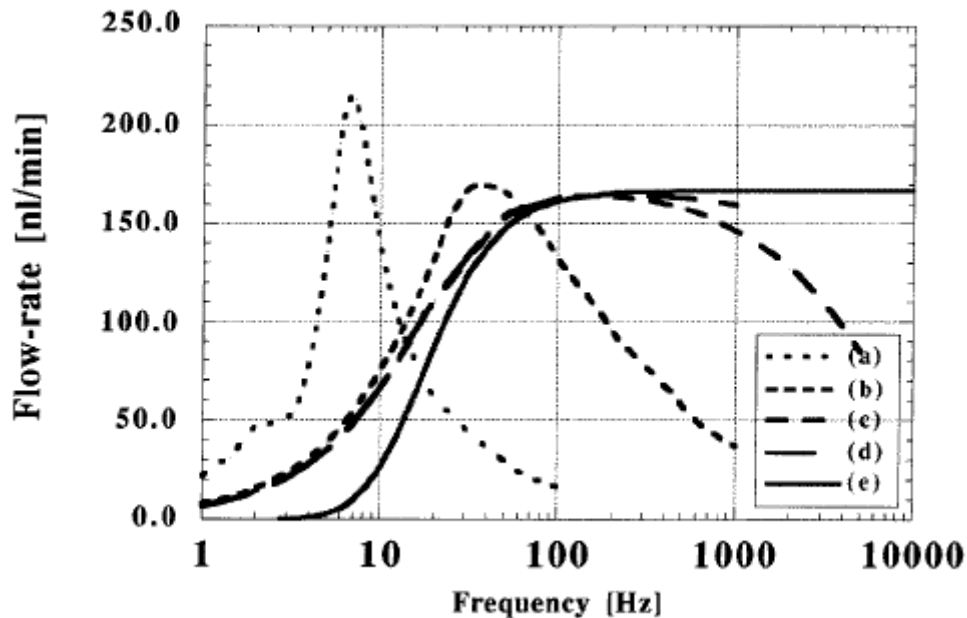
驱动方式	流体压力 MPa	位移量 μm	响应时间 ms	可靠性
外致电磁	< 0.05	> 100	1 ~ 1000	好
压电膜片	< 0.05	30 ~ 100	0.1 ~ 1	好
压电堆	> 10	< 10	0.1 ~ 1	好
气动	0.1 ~ 10	> 100	> 1000	好
SMA	0.1 ~ 10	> 100	> 1000	一般
静电	< 0.05	< 10	< 0.1	极好
热气动	0.1 ~ 10	30 ~ 100	1 ~ 1000	好
微致电磁	< 0.05	> 100	0.1 ~ 1	好
双金属片	0.1 ~ 10	10 ~ 30	1 ~ 1000	中

故可以使用 **可靠性极好的 静电微泵**

1.2 确定静电微泵的数据

[引用文献--Design and simulation of an electrostatic micropump for drug-delivery applications](#)

Bourouina T, Bossebuf A, Grandchamp J P. Design and simulation of an electrostatic micropump for drug-delivery applications[J]. Journal of Micromechanics and Microengineering, 1997, 7(3): 186.



如上图确定数据为 平均体积流量为: 150 nL/min

故计算得到不同尺寸下的入口速度为:

管径	入口速度m/s
50	0.00127324
40	0.001989437
25	0.005092958
20	0.007957747

A	B	C	D	E	F	G	H	I
	管长	1000	1200	横截面积 m^2	体积	原选择体积流量规格规格(纳升/min)	换算后体积流量(m^3/s)	液体流速(m/s)
管径	50	20	24	$1.9635\text{E}-09$	$1.9635\text{E}-12$	150	$2.5\text{E}-12$	0.00127324
	40	25	30	$1.2566\text{E}-09$	$1.2566\text{E}-12$	150	$2.5\text{E}-12$	0.001989437
	25	40	48	$4.9087\text{E}-10$	$4.9087\text{E}-13$	150	$2.5\text{E}-12$	0.005092958
	20	50	60	$3.1416\text{E}-10$	$3.14159\text{E}-13$	150	$2.5\text{E}-12$	0.007957747

2 outlet

fluent教学论坛 <http://www.lanmaowang.com/?s=%E8%BE%B9%E7%95%8C%E6%9D%A1%E4%BB%B6>

由于雷诺数比较小, 且流动工质为水

故该流动为**不可压缩层流**, 且流动过程中没有明显的密度变化

有两种可选择的边界条件

boundary conditions
outlet_pressure
outflow

2.1 outflow

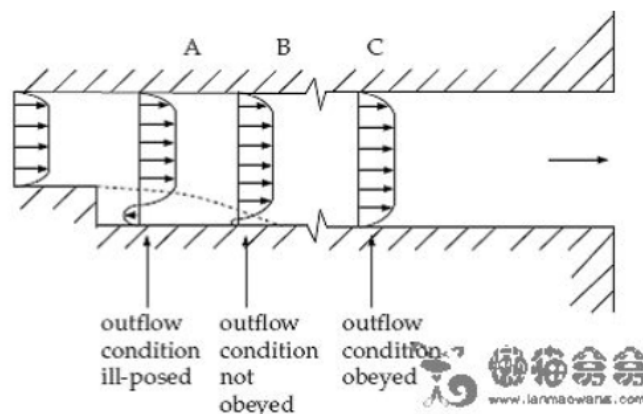
6, **自由出流 (outflow)**：该边界条件用以模拟在求解问题之前，无法知道出口速度或者压力；出口流动符合完全发展条件，出口处，除了压力之外，其它参量梯度为零。但并不是所有问题都适合，**有三种情况不能用自由出流边界条件：包含压力进口条件；可压缩流动问题；有密度变化的非稳定流动（即使是不可压缩流动）。**

六、自由流出边界条件 (outflow)

如果我们在求解问题前，不能知道流出口的压力或者速度，这时候可以选择流出边界条件。这类边界条件的特点是不需要给定出口条件（除非是计算分离质量流，辐射换热或者包括颗粒稀疏相问题）。出口条件都是通过FLUENT内部计算得到。但并不是所有问题都适合，**如下列情况，就不能用流出边界条件：**

- 1, **包含压力进口条件**
- 2, **可压缩流动问题**
- 3, **有密度变化的非稳定流动问题（即使是不可压缩流动）**

用流出边界条件时，所有变量在出口处扩散通量为零。即出口平面从前面的结果计算得到，并且对上游没有影响。计算时，如果出口截面通道大小没有变化，采用完全发展流动假设（流动速度（温度等）分布在流动方向上不变化。当然，在径向允许有梯度存在，只是假定在垂直出口面方向上扩散通量为零。



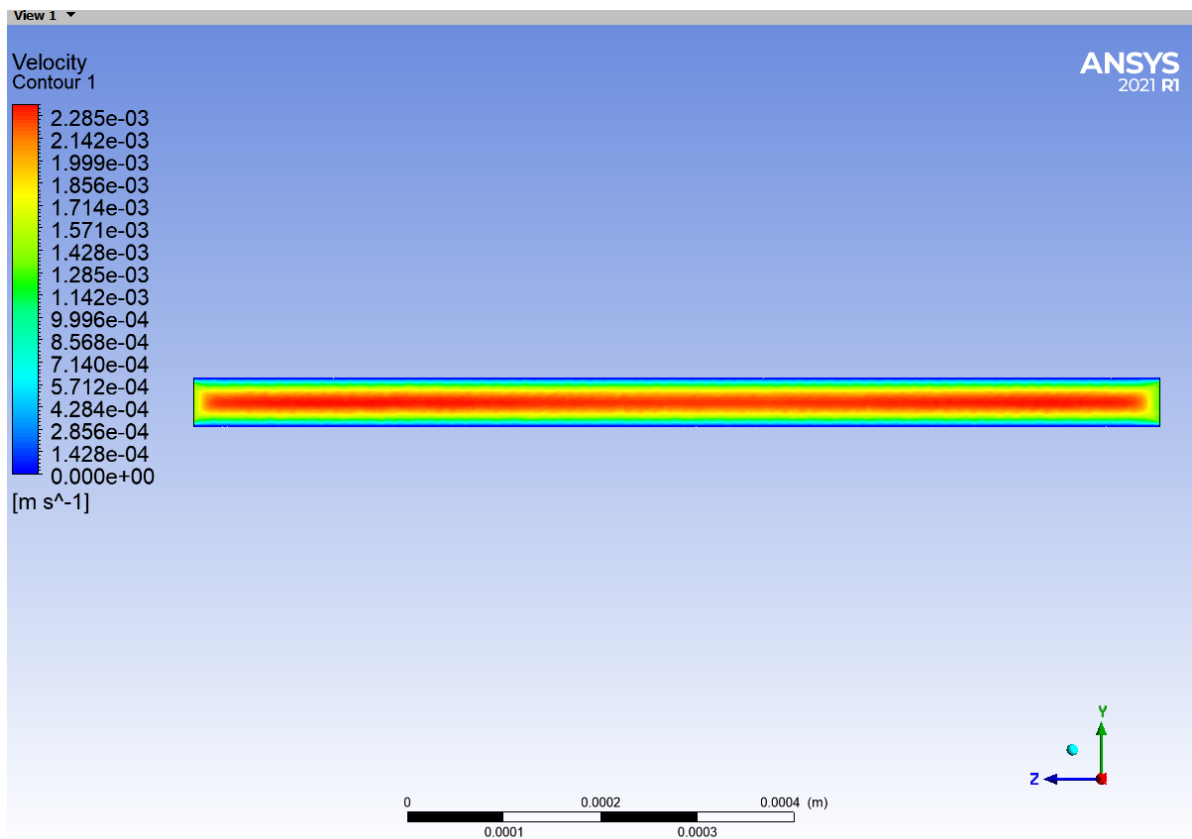
计算结果(速度云图)可看到

条件为:

$$L = 1000\mu m$$

$$D = 50\mu m$$

$$u_m = 0.00127324$$



2.2 outlet_pressure

- 4, **压力出口 (pressure-outlet)**：给定流动出口的静压。对于有回流的出口，该边界条件比outflow 边界条件更容易收敛。**该边界条件只能用于模拟亚音速流动。**

四、压力出口边界条件 (pressure-outlet)

给定出口的静压（表压）。**该边界条件只能用于模拟亚音速流动。**如果当地速度已经超过音速，则该压力在计算过程中就不采用了。压力根据内部流动计算结果给定。其它量都是根据内部流动外推出边界条件。该边界条件可以处理出口有回流问题，合理的给定出口回流条件，有利于解决有回流出口问题的收敛困难问题。

出口回流条件需要给定：出口静压，回流总温（如果有能量方程），湍流参数（湍流计算），回流组分质量分数（有限速率模型模拟组分输运），混合物质量分数及其方差（PDF计算燃烧）。**如果有回流出现，给的表压将视为总压，所以不必给出回流压力。回流流动方向与出口边界垂直。**

在出口压力边界条件给定中，需要给定出口静压（表压）。当然，该压力只用于亚音速计算。如果局部变成超音速，则根据前面来流条件外推出口边界条件。需要特别指出的是，这里的压力是相对于前面给定的工作压力。

FLUENT给出了径向平衡出口边界条件供大家选择（适用于三维和轴对称有旋流动）。这时候，只有在半径很小的区域使用给定的静压边界条件，其它地方，假定径向速度可以忽略而计算得到，压力梯度为：

$$\frac{\partial p}{\partial r} = \frac{\rho v_\theta^2}{r}$$

即使是周向旋转速度为零，该边界条件也可以用。

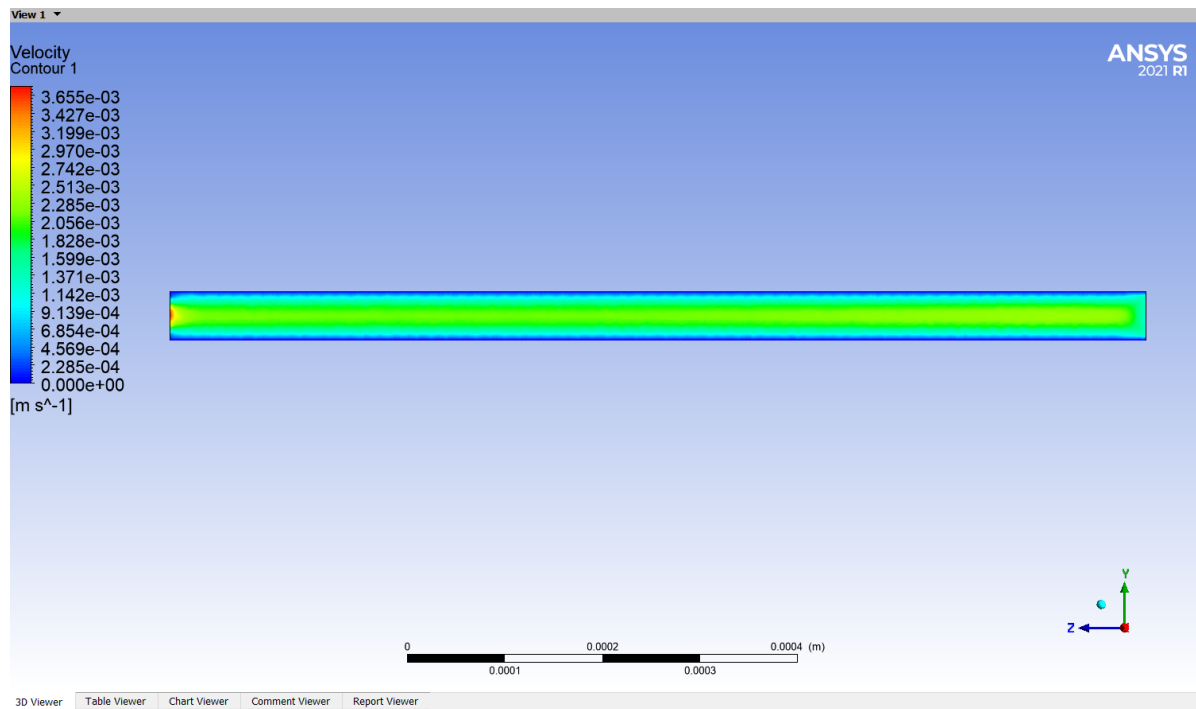
条件为:

$$L = 1000\mu m$$

$$D = 50\mu m$$

$$u_m = 0.00127324$$

计算结果(速度云图)为



2.3 comparison of two results

unit : Pa

	outlet-pressure	
	min	max
	-0.1513027	18.07411
delta_P		18.2254127
	outflow	
	min	max
	-17.86025	1.0476
delta_P		18.90785

两种出口边界条件压降 Δp 计算结果相差 0.6824373 Pa

2.4 遗留下来的问题

关于两种出口边界条件的选择不是很明确，

- 仿真论坛中提出

FLUENT提供了10种类型的流动进、出口条件，它们分别是：

★一般形式：

压力进口

压力出口

★不可压缩流动：

速度进口

自由流出

★可压缩流动：

质量进口

压力远场

★特殊进出口条件：

进口通分，出口通风

吸气风扇，排气风扇

不可压缩流动推荐使用**自由流出(outflow)**出口条件

- 对于压力出口条件

压力出口边界条件

用于定义流动出口的静压(在回流中还包括其它的标量)。当出现回流时，使用压力出口边界条件来代替质量出口条件常常有更好的收敛速度。

压力出口边界条件

压力出口边界条件需要在出口边界处指定静(gauge)压。静压值的指定只用于亚声速流动。如果当地流动变为超声速，就不再使用指定压力了，此时压力要从内部流动中推断。所有其它的流动属性都从内部出。在解算过程中，如果压力出口边界处的流动是反向的，回流条件也需要指定。如果对于回流问题指定了比较符合实际的值，收敛性困难就会被减到最小。

而在两次计算中，流动都未出现回流问题

问：1. 对于两种边界条件的优劣性如何判断；2. 该选用何种比较合适