



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109443458 B

(45) 授权公告日 2024. 12. 10

(21) 申请号 201811323325.8

(56) 对比文件

(22) 申请日 2018.11.08

CN 103196500 A, 2013.07.10

(65) 同一申请的已公布的文献号

审查员 何强

申请公布号 CN 109443458 A

(43) 申请公布日 2019.03.08

(73) 专利权人 天津市天大泰和自控仪表技术有限公司

地址 300192 天津市南开区鞍山西道中段
北侧和通大厦1805-1808

(72) 发明人 张涛 张景丽 陈增辉

(74) 专利代理机构 天津市北洋有限责任专利代
理事务所 12201

专利代理师 程毓英

(51) Int. Cl.

G01F 1/36 (2006.01)

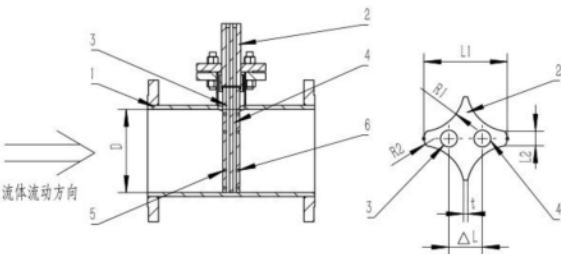
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

一种凹弧形双流向均速管流量计

(57) 摘要

本发明涉及一种凹弧形双流向均速管流量计,包括沿直径插入测量管道中的检测杆、设置在检测杆内的总压管和静压管,总压管位于迎流面,静压管位于背流面,在检测杆的迎流面和背流面设置有总压孔和静压孔,所有的总压孔与总压管相连通,从总压管引出平均总压 p ;所有的静压孔与静压管相通,从静压管引出静压 p ;利用测得的总压 p 与静压 p 之差获取管道截面上平均流速的大小,其特征在于,检测杆的截面形状类似菱形,四边均为凹弧形,迎流面和背流面均为凸弧形,凹弧形的边相接之处为流线型。本发明能够有效提高均速管流量计的输出差压,提升均速管低流量测量的精度。



1. 一种凹弧形双流向均速管流量计, 包括沿直径插入测量管道中的检测杆、设置在检测杆内的总压管和静压管, 总压管位于迎流面, 静压管位于背流面, 在检测杆的迎流面和背流面设置有总压孔和静压孔, 所有的总压孔与总压管相连通, 从总压管引出平均总压 p ; 所有的静压孔与静压管相通, 从静压管引出静压 p ; 利用测得的总压 p 与静压 p 之差获取管道截面上平均流速的大小, 其特征在于, 检测杆的截面形状类似菱形, 四边均为凹弧形, 迎流面和背流面均为凸弧形, 凹弧形的边相接之处为流线型; 所述的流量计左右对称, 总压管和静压管能够互换, 以实现双流向流量测量。

2. 根据权利要求1所述的流量计, 其特征在于, 在满足加工工艺要求的情况下, 各个凹弧形边的曲率越大越好。

3. 根据权利要求1所述的流量计, 其特征在于, 各个凹弧形边的凹弧半径 $R1$ 与检测杆外接圆直径 $L1$ 的比值控制在 $0.25\sim 3$ 。

一种凹弧形双流向均速管流量计

技术领域

[0001] 本发明涉及均速管流量计。

背景技术

[0002] 作为插入式流量仪表之一的均速管流量计(国外称Annubar、Verabar、Probar等)是60年代后期基于皮托管测速原理发展起来的一种差压式流量计。与传统流量传感器比,均速管流量计因其结构简单、安装拆卸方便、压力损失小、成本低的优势广泛应用于电力、冶金、石化等行业大口径管道的流量测量中。它具有以下诸多优点:

[0003] (1)应用范围广。均速管流量计可用于不含固体颗粒的所有流体的流量测量;适用的管道直径范围较宽,最小直径可达25mm,最大直径可达9m;可以测量不规则管道(如方形或矩形管道)的流量。

[0004] (2)均速管流量计结构简单、重量轻,安装、拆卸、维修方便,可实现不断流拆装,制造成本低。

[0005] (3)压力损失小、节能。均速管流量计的不可恢复压力损失仅占其输出差压的2~15%,仅为孔板的5%以下,明显减少了动力消耗,节能效果显著。

[0006] (4)准确度长期稳定性好。均速管流量计没有可动及易磨损部件,当管径大于300mm时,其准确度能达到 $\pm 1\%$,稳定性为 $\pm 0.1\%$,一般满足实用的要求。

[0007] 均速管流量计是插入式差压流量传感器,其检测杆横截面外接圆直径远小于管道横截面直径,造成其输出差压较小,且易受检测杆下游漩涡的影响而产生波动,使均速管线性度、重复性难以提高。因此自均速管流量计问世以来,科研人员一直致力于其截面形状的研究,以增大均速管流量计输出差压,改善其线性度、重复性等性能指标。目前,应用最广泛的有4种均速管截面形状:圆形、菱形、Delta形和子弹头形。

[0008] (a)圆形:最早均速管检测杆截面形状,后来发现流体在雷诺数 $Re < 10^5$ 时,在圆截面上分离点为 78° ;而 $Re > 10^6$ 时,分离点将转为 130° ,当 Re 处于 $10^5 \sim 10^6$ 之间时,分离点不确定,因而引出流量系数有近 $\pm 10\%$ 的偏差。

[0009] (b)菱形:由美国DSI公司1978年推出,检测杆横截面存在锐边,流体在绕它们流动时,分离点被固定在锐边上。主要解决了圆形均速管流量计存在的流体分离点变化问题,可以获得较高的差压,但其重复性不是很理想。

[0010] (c)Delta形,由德国思科公司推出,其性能与菱形均速管相差不大,分离点固定的同时,均速管本身对流场也产生了较大影响,其下游区域出现了运动强度和尺度都较大的漩涡,受其影响,均速管差压波动较大,重复性受到影响,线性度也难以再有所提高。

[0011] (d)子弹头形,1992年由美国Veris公司推出,称为Verbar。Verbar在其弹头前端表面做了粗糙处理,提高其测量准确度。弹头形采用流线型的截面形状,降低了均速管对流场的影响,线性度有所提高。静压点的位置却使其输出差压相对其他类型均速管偏低不少,影响了它在低密度、低流速情况下的测量效果。

发明内容

[0012] 本发明的目的是根据均速管截面形状与流场之间相互作用规律,提供一种新型截面形状均速管,命名为凹弧形双流向均速管流量计。本发明能够有效提高均速管流量计的输出差压,提升均速管低流量测量的精度,从而拓展差压式流量计的应用范围。本发明采取以下技术方案:

[0013] 一种凹弧形双流向均速管流量计,包括沿直径插入测量管道中的检测杆、设置在检测杆内的总压管和静压管,总压管位于迎流面,静压管位于背流面,在检测杆的迎流面和背流面设置有总压孔和静压孔,所有的总压孔与总压管相连通,从总压管引出平均总压 p ;所有的静压孔与静压管相通,从静压管引出静压 p ;利用测得的总压 p 与静压 p 之差反映管道截面上平均流速的大小,其特征在于,检测杆的截面形状类似菱形,四边均为凹弧形,迎流面和背流面均为凸弧形,凹弧形的边相接之处为流线型。

[0014] 优选地,在满足加工工艺要求的情况下,各个凹弧形边的曲率越大越好。根据权利要求1所述的流量计,其特征在于,各个凹弧形边的凹弧半径($R1$)与检测杆外接圆直径($L1$)的比值控制在 $0.25 \sim 3$ 。所述的流量计左右对称,总压管和静压管能够互换,以实现双流向流量测量。

[0015] 本发明由于采取以上技术方案,与现有技术相比具有以下优点:

[0016] (1) 依据计算流体力学仿真与均速管工作原理、取压孔取压方式等理论分析相结合的方法,从流场发展机理角度研究检测杆截面形状对均速管总压、静压的影响,从而实现了凹弧形双流向均速管流量计截面形状的结构优化。在较大的水流量测量范围内,凹弧形双流向均速管流量计可以输出较大而稳定的差压,可比传统均速管结构高 $2 \sim 3$ 倍,且流量测量重复性、线性度较好,可达到 $\pm (1 \sim 2) \%$,因此明显提高流量测量的精度。

[0017] (2) 凹弧形双流向均速管流量计结构对称,总压孔与静压孔取压方式一致,且只需搭配一只差压变送器,就可实现流体的双流向测量,可降低均速管流量计的测量成本。

[0018] (3) 凹弧形双流向均速管流量计无可动部件,全部部件均可采用通用型材,对称结构设计,安装、维修方便,可实现不断流拆装,总体上的经济成本较低,且不会产生任何形式的材料浪费。

[0019] (4) 由于结构的简单性及所有部件的标准通用性,凹弧形双流向均速管流量计的结构参数可通过现有的商业有限元计算软件进行分析计算,从而可以方便工程技术人员根据不同的实际工程需要,灵活选择不同结构参数值对该装置进行优化设计。

附图说明

[0020] 图1是目前应用广泛的4种均速管截面形状图。

[0021] 图2是本发明的凹弧形双流向均速管流量计结构(左图)与截面形状示意图(右图)。

[0022] 图中标号说明:1测量管道;2检测杆;3总压管;4静压管;5总压孔;6静压孔; D 检测杆长度; $L1$ 检测杆外接圆直径; $R1$ 凹弧半径; $R2$ 凸弧半径; $L2$ 凸弧宽度; t 平台宽度; ΔL 取压孔距。

[0023] 其中自定义: $R1=0$ 时表示该段结构为直边。

[0024] 图3是本发明的凹弧形双流向均速管流量计取压孔位置示意图。

[0025] 图中标号说明: r_1 第一对取压孔中心距管道中心的距离; r_2 第二对取压孔中心距管道中心的距离; R 测量管道内半径。

[0026] 图4是检测杆对测量管道内部流场影响的速度仿真云图。

[0027] 图5-图7是不同检测杆截面形状产生差压信号的仿真结果对比图。

[0028] 图8是本发明的凹弧形双流向均速管流量计在DN200下的仿真数据与实测数据对比图。

[0029] 图9是本发明的凹弧形双流向均速管流量计与菱形均速管流量计静态试验标定结果对比图。

具体实施方式

[0030] 下面结合附图和实施例对本发明进行详细的描述。

[0031] 如图2、图3所示,本发明的凹弧形双流向均速管流量计,是由检测杆2、总压管3、静压管4、总压孔5和静压孔6组成的差压装置。凹弧形双流向均速管流量计是一根沿直径插入测量管道中的中空金属杆即检测杆2,在其迎流方向有成对总压孔5测量总压,所有的总压孔5与总压管3相连通,从总压管3上部引出平均总压 p_1 。在检测杆2背流面有测量静压的成对静压孔6,与静压管4相通,从静压管4的上部引出静压 p_2 。凹弧形双流向均速管流量计利用测得的总压 p_1 与静压 p_2 之差反映管道截面上平均流速的大小。

[0032] 根据伯努利方程,忽略摩阻、流体高度差等因素,则有

$$[0033] \quad \frac{v_1^2}{2} + \frac{p_1}{\rho} = \frac{v_2^2}{2} + \frac{p_2}{\rho} \quad (1)$$

[0034] 式中: ρ —流体密度, (kg/m³); v_1 —总压孔5处的流速, (m/s); p_1 —总压孔5处的静压, (Pa); v_2 —静压孔6处的流速, (m/s); p_2 —静压孔6处的静压, (Pa)。

[0035] 在凹弧形双流向均速管流量计的总压孔5内部流体的动能都转化为势能,故流体基本滞止,即动压为0,因此 $v_1=0$,式(1)可以简化为

$$[0036] \quad p_1 - p_2 = \rho \frac{v_2^2}{2} \quad (2)$$

$$[0037] \quad \bar{v} = K \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta P} \quad (3)$$

[0038] 其中: $\Delta p = p_1 - p_2$

[0039] 式中: Δp —差压,帕(Pa); K 为仪表系数, $\bar{v}$ 为流体的平均流速(m/s)。

[0040] 如果用体积流量和质量流量来表示,则凹弧形双流向均速管流量计的基本流量计算公式为

$$[0041] \quad q_v = K \varepsilon A \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta p} \quad (4)$$

$$[0042] \quad q_m = q_v \rho \quad (5)$$

[0043] 式中: q_v —流体的体积流量, (m³/s); q_m —流体的质量流量, (kg/s);

[0044] ε —工作状态下流体流过检测杆2时的流速膨胀系数,对于不可压缩性流体:

[0045] $\varepsilon=1$;对于可压缩性流体: $\varepsilon<1$; A —工作状态下测量管道1内截面面积, (m²)。

[0046] 基于均速管流量计的工作原理、总压孔和静压孔的取压方式等理论分析,采用计算流体力学仿真(CFD)方法,研究检测杆截面形状对测量管道内部流场及差压信号的影响。如表1所示,通过改变凹弧形检测杆截面上各结构参数获得不同的计算流体力学仿真模型,对各模型进行流场仿真并提取检测杆上总压与静压以计算差压值。如图4所示,通过分析各凹弧形检测杆模型在测量管道内部产生的流场速度云图,呈现出在同一测量管径下检测杆外接圆直径L1越大,在检测杆下游产生的边界层越厚的现象,相应获得的差压值越大。如图5、图6、图7仿真结果所示,凹弧形检测杆截面上各结构参数中凹弧半径R1的大小对差压值的影响比重最高,其他参数如检测杆长度D、凸弧半径R2、凸弧宽度L2、平台宽度t和取压孔距 ΔL 对差压值的影响较小,可根据实际使用工况及加工工艺水平做相应调整。

[0047] 本发明按照模型7的结构参数获得的较佳静态试验标定结果如表2所示,在较大的量程范围内差压有明显的增大,5m/s流体流速下达到65Kpa以上;流量测量重复性、线性度较好,重复性在0.5%以内,流出系数线性度达到2%以内。将仿真数据与实测数据做对比,

[0048] 如图8所示,两者相差不大,从而验证了利用计算流体力学仿真与均速管工作原理等理论分析相结合的研究方法的准确性。

[0049] 如图9所示,基于同一测量管径、同一检测杆外接圆直径,将本发明与菱形流量计在相同水流量静态试验下的标定结果进行对比。同一流速下,本发明的输出差压有明显提高,因此在较大的流量测量范围内本发明有明显的测量优势,特别是对提高小流量的测量精度产生较大影响。

[0050] 表1不同凹弧形检测杆截面形状仿真模型

仿真模型 参数	D	L1	L2	R1	R2	t
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
模型 1	300	50	4	0	3	20
模型 2	300	50	4	25	3	0
模型 3	200	40	4	25	3	0
模型 4	200	36	4	25	3	0
模型 5	200	40	4	70	3	0
模型 6	200	40	4	18.5	3	0
模型 7	200	40	7	21	5	2
模型 8	100	35	7	21	5	2
模型 9	100	35	4	0	3	5

[0052] 表2凹弧形双流向均速管流量计在DN100水流量标定数据

[0053]

流体流速 (m/s)	标定差压 (KPa)	仪表系数 K	重复性 (%)	线性度 (%)
0.9789	2.7270	0.4187	0.36	1.42
0.9786	2.7074	0.4201		
0.9788	2.7152	0.4196		
2.0021	11.3233	0.4203	0.02	
2.0015	11.3190	0.4202		
2.0019	11.3192	0.4203		
3.5755	34.9459	0.4273	0.09	
3.5705	34.8845	0.4270		
3.5718	34.9009	0.4271		
4.9202	65.0990	0.4308	0.02	
4.9190	65.0698	0.4308		
4.9190	65.0893	0.4307		

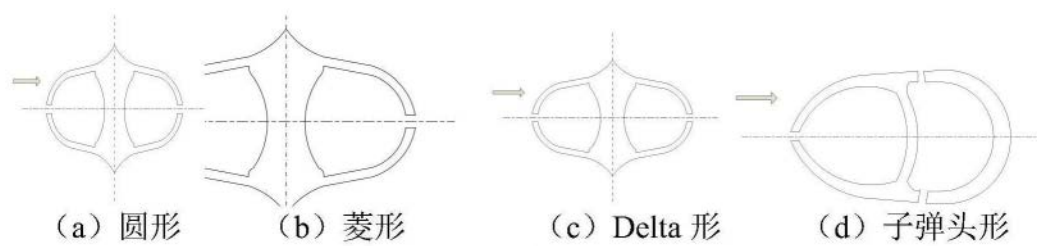


图1

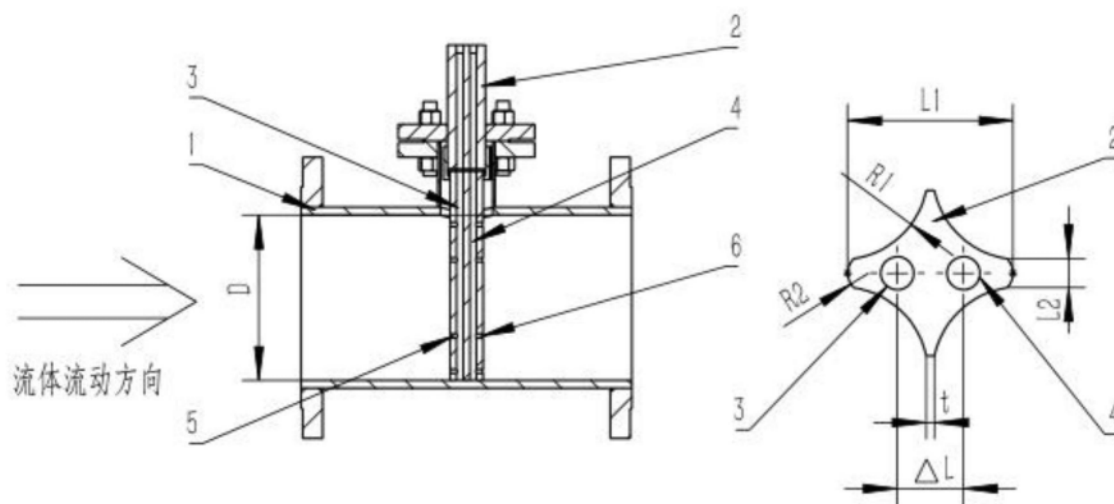


图2

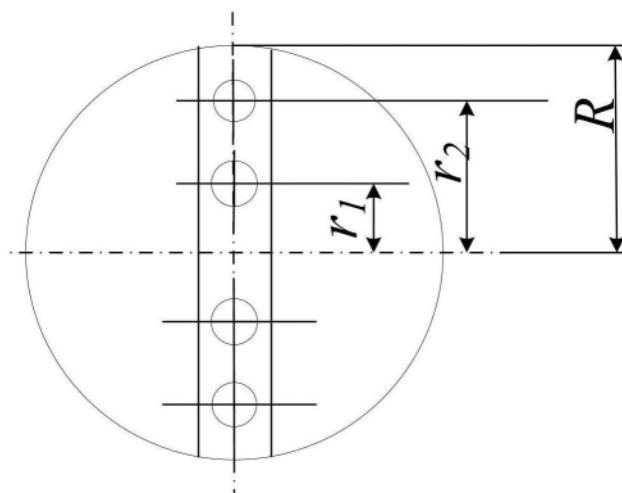


图3

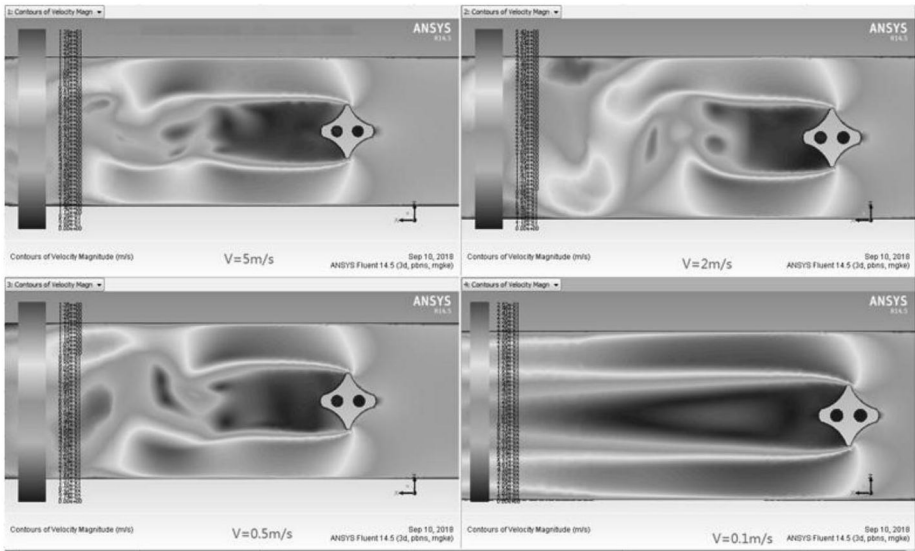


图4

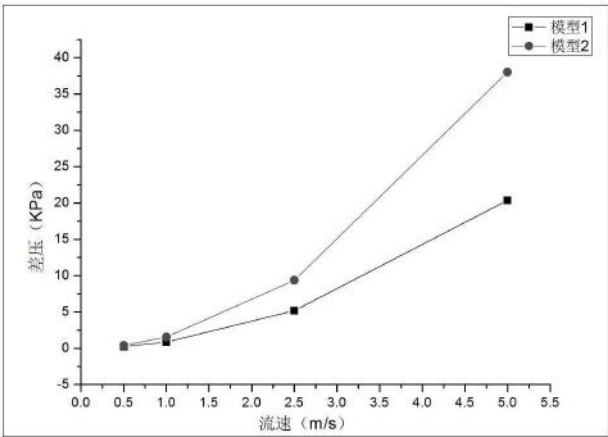


图5

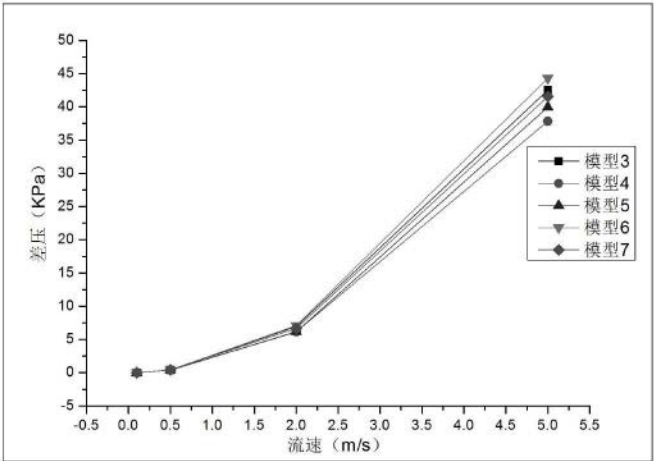


图6

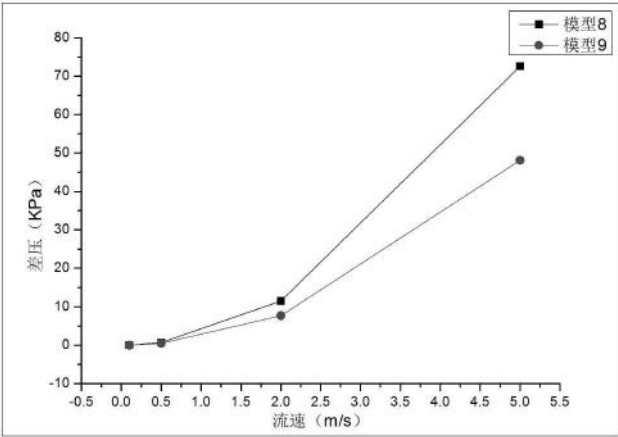


图7

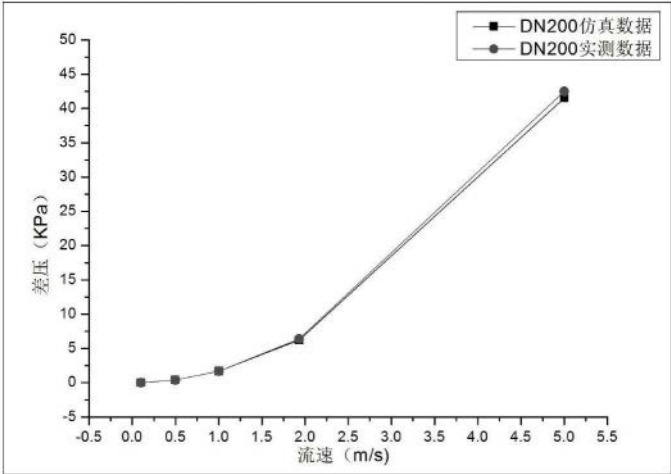


图8

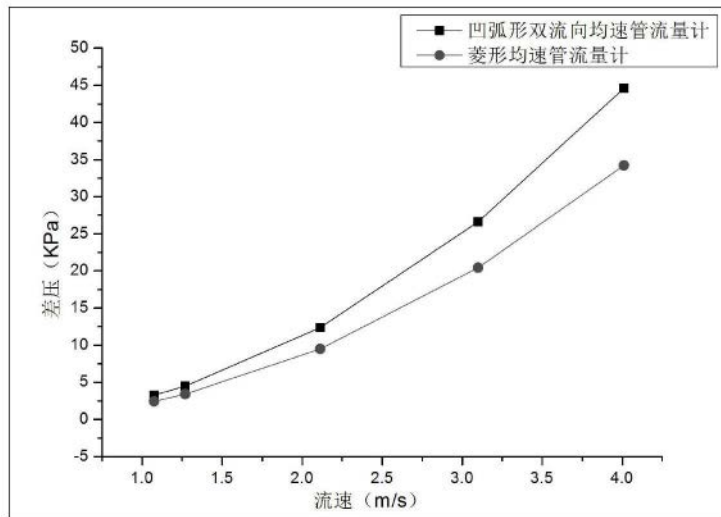


图9