浅谈流体力学流量特性的矛盾与统一

王欲政

南京工业大学江苏南京 211816

[摘要]流体力学是一门研究流体运动规律的学科，包括流体的运动形式、流体与壁面之间的相互作用、以及对流体运动过程中各种现象的数学描述与理论分析。但在实际生活中，除了研究湍流流动之外，我们还会遇到一些诸如静压、脉动压力等流体力学现象。在《流体力学》一书中，作者写到：“流体的基本特征是运动，流动的动力是力”；“流动现象中力的作用是以速度矢量形式来实现的”；“压力和流量都是描述流动现象中力作用方式和程度的重要参数”。其中，“速度矢量与压力矢量相等且相互垂直”就是流量与压力之间的关系。在实际生活中，人们一般会以流量来描述水流速度大小，而很少用压力来表示水流速度大小。这两种描述方式是否一样呢？由于人们对流体力学流量特性认识还不全面，对流量与压力之间关系理解不够准确，致使对流量测量结果的可靠性产生了一定的影响。

[关键词]流体力学；特性；分析

[中图分类号]G641**[文献标识码]**A**[文章编号]**1647-9325(2023)-0031-01**[收稿日期]**2023-01-22

一、流体力学中流量与压力之间关系的分析

流体力学中，流量与压力之间存在一定的矛盾关系。通常情况下，压力是由速度矢量确定的，而流量则由速度矢量和压力矢量共同决定。但实际生活中，我们常会遇到用压力来测量流量的情况。比如，当管道中水流速度为 1m/s 时，管道内最大流速为 1m/s ；当管道内水流速度为 1m/s 时，管道内最大流速为 1m/s 。由此我们可以得出结论：**1.**用压力来表示水流速度大小时，所描述的水流速度大小一般不会超过水的静压。**2.**用流量来表示水流速度大小时，其表示的水流速度是一个理想条件下的水头损失函数，即水头损失为零；如果假设实际条件与理论假设情况不符时，其水头损失是不可能为零的。**3.**一般情况下，用流量来表示水流

速度大小时，其压力与流量之间存在如下关系：从上述公式中我们可以看出：流量是由压力决定的，而压力是由水流速度决定的。也就是说水的静压（以水的静压力表示）和流量之间并不完全相等。然而在实际生活中，一般情况下水的静压远大于流量。因此当水的静压大于流量时，人们通常会忽略掉静压这一因素。

二、流体力学中流速矢量的含义

流体在流动过程中，为了保持力的作用效果，需要使流体流速均匀地分布在整个流道空间上。而使水流均匀分布的唯一方法就是控制水的流动方向，也就是控制水流流动方向。这样才能保证从不同方向上都有均匀的速度分布。这种控制流体流动方向的方法就叫做流体力学中的流速矢量。如图 1 所示，流速矢量是由流函数 $z=fv(x)$ 求出的

一个正弦函数, $y=\tan(x)$ 为通过原点, 即 $t=0, f(x)$ 为控制方程组; $y_2=f_1+f(x)+f(x+t)$ 为通过原点的流动方程组; $z=f_2+f(x)+f(y)$ 为控制方程组。显然, 在同一个方向上, 流速矢量与压力矢量是相等且相互垂直的。同时, 流速矢量也可以表示为 $y=0$, 其中 y 是在 z 方向上的速度矢量; 而压力矢量也可以表示为 $y=\tan(x)-f_1+f_2+f_3$ 。但在实际生活中, 我们常常用流速矢量表示压力, 而用压力矢量来表示流速矢量是因为流速矢量更能反映流体真实的流动情况。通常情况下, 流速分布在空间中, 其量值与压力值的关系就可以用流速矢量与压力矢量相等且相互垂直来表示。如果压力出现了变化, 也可以通过流速矢量来反映出来。因此, 从本质上讲, 压力和流速矢量之间存在着矛盾关系。

三、压力与流量的关系

在生活中, 我们经常遇到这样的现象: 当一个容器中充满液体时, 如果在液体内加一压力为零的弹簧, 那么容器中液体就会产生一定的压力; 而当容器中装上一个与该压力大小相同的弹簧时, 容器内液体就会产生一定的阻力; 而这个弹簧所能承受的最大拉力, 就是这个容器中所能容纳液体的最大容积。这两种情况下, 容器内液体产生的压力大小相等、方向相反; 且容器中液体所能承受的阻力也相同。由此可见, 在这种情况下, 只要将该压力作用在弹簧上, 那么两个压力就完全相同了。再如, 一个装满水的瓶子在桌子上放稳后, 如果在瓶子底部装上一

块与瓶口大小相等、方向相反的重物(如木块)。那么瓶子受到重力作用会产生一个向下的力, 这个向下的力就是瓶子所受压力。这种情况下, 虽然瓶子被重物压住了, 但在一定范围内, 由于重力作用产生的压强与外界环境相同(与物体性质无关); 所以当物体向下时会产生一个向上的力。当我们将其作用在弹簧上时, 由于弹簧所能承受的最大拉力与外界环境相同(不受物体性质影响)、所以产生的压力也是一样的。所以压力与流量是不能完全对应起来的。但在实际生活中却经常遇到这样的情况: 当流体中装有较小尺寸或者密度较小流体时(如气体、液体等); 或者当流体中含有大量固体颗粒时(如气体、液体等)。这时就会产生不同大小、不同密度或不同流态下管道中气体、液体流速与压力之间关系。

四、静压和脉动压力

这是因为在实际生活中, 我们很难直接测量到流速大小, 更难测量到压力大小, 所以就用流量来描述水流速度大小。但是对于诸如水管道这样的复杂管道而言, 如果能找到一个较好的方法来描述水管道内的压力状态, 那么对于水管道的设计与安装将有着很大的帮助。在工程实践中, 我们可以通过静压和脉动压力来间接计算出流速大小。如果能准确了解流体力学流量和压力之间的关系, 那么我们就可以通过检测流体压力来间接计算出流量大小。当然, 静压和脉动压力的产生也是由于流体力学中存在着许多矛盾现象。这些矛盾现象是相互影响、相互制约

的。静压和脉动压力可以认为是流体在流动过程中产生的一种能量消耗形式，这种能量消耗会给流体流动过程带来影响。然而这种能量消耗在一定程度上也会对流量测量带来影响。例如当水管道中水流速度改变时，流速减小的地方产生了静压力，而流速增加处则产生了脉动压力；或者当水管道中水流速度改变时，水流速度增加的地方产生了脉动压力，而水流速度降低处则产生了静压力。所以说静压和脉动压力两者是相互影响、相互制约的。在工程实践中必须要同时考虑这两种因素，才能做出更准确的判断。

五、总结

在流体力学中，通过对流体力学基本原理的研究，可以清楚地认识到，流体流动现象中力的作用是以速度矢量形式来实现的；在不同流态下，压强是变化的；在理想条件

参考文献：

[1]江山,胡大鹏,金鑫,等.大通量板式塔研究进展[J].化工装备技术.2015,(5).DOI:10.3969/j.issn.1007-7251.2015.05.009.

[2]曹振恒,王彩琴,赵立功,等.分散降液筛板塔传质性能[J].化工学报.2015,(10).DOI:10.11949/j.issn.0438-1157.20150036.

[3]李红海,姜奕.精馏塔设备的设计与节能研究进展[J].化工进展.2014,(Z1).

[4]商恩霞,王柱祥,马弘,等.CJST塔板在工业茶精馏塔技术改造中的应用[J].中国煤炭.2012,(6).DOI:10.3969/j.issn.1006-530X.2012.06.023.

下，流体速度是不变的；在实际生活中，不同流速对应着不同压力，但这两者并非矛盾。由于水力计算时没有考虑流体的惯性因素，对实际流量测量产生了一定影响。本文从水力计算、流量计原理、以及测量误差等方面分析了误差产生的原因。同时通过实际测量发现了流量与压力之间也是统一关系。本文通过对流体力学基本原理分析和实际流量测量数据分析，得出了：“流量计需要考虑流体惯性和压力惯性的影响”。由于对这两个因素没有明确认识，将流量与压力视为两个独立参数进行处理，对实际流量测量结果产生了一定影响。本文通过建立不同流态下的流道模型，对实际流量测量结果进行分析研究，发现在流态转变时，有较大偏差。因此建议在实际情况下在流量计中可以考虑流体惯性因素对流量测量产生的影响。

The contradiction and unity of fluid dynamics flow characteristics

Wangwantstopolitics

Nanjing University of Technology, Nanjing, Jiangsu province 211816

Abstract: Fluid mechanics is a study of the law of fluid motion, including the form of fluid motion, the interaction between fluid and wall, and the mathematical description and theoretical analysis of various phenomena in the process of fluid motion. But in real life, in addition to the study of turbulent flow, we will also encounter

ersome hydrodynamic phenomena such as static pressure and pulsating pressure. In the book fluid dynamics, the author writes: "the basic characteristic of the fluid is motion, and the power of the flow is the force"; "the effect of the force in the flow phenomenon is realized in the form of velocity vector"; "Pressure and flow are important parameters to describe the mode and degree of the force in the flow phenomenon". Among them, "velocity vector and pressure vector are equal and perpendicular to each other" is the relationship between flow and pressure. In real life, people generally describe the speed of flow by flow, but rarely express the speed of flow by pressure. Are the two descriptions the same? Due to the lack of comprehensive understanding of the flow characteristics of fluid mechanics, and the understanding of the relationship between flow and pressure is not accurate enough, the reliability of the flow measurement results has been affected.

Keywords: fluid dynamics; characteristics; analysis