

数行列式须为零,即得频率方程

$$\begin{vmatrix} 1 & E \\ -k \sin kh - P_1 & k \cos kh - P_2 \\ \cos kh & \sin kh \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ k \sin kh & -k \cos kh \\ -\cos kh & -\sin kh \\ \sin kH & -\cos kH \end{vmatrix} = 0 \quad (18)$$

式中

$$E = \sum_{i=1}^{\infty} F_i I_i^{(2)} / \left(1 + \sum_{i=1}^{\infty} F_i I_i^{(2)} \right),$$

$$P_1 = \sum_{i=1}^{\infty} (-1)^{i-1} \lambda_i F_i I_i^{(1)},$$

$$P_2 = \sum_{i=1}^{\infty} (-1)^{i-1} \lambda_i F_i I_i^{(2)}$$

(18)式展开后,经整理得

$$k(1 + E \tan kH) + (\cos kh + \sin kh \tan kH)(EP_1 - P_2) = 0 \quad (19)$$

若水深与柱高相等($h = H$),上式进一步简化为

$$k \cos kh + kE \sin kh + EP_1 - P_2 = 0 \quad (20)$$

由(19)式(或(20)式)可数值求得各阶频率参数 $k_j(j = 1, 2, 3, \dots)$,将 k_j 代回(17)式可求得

$C_i(i = 1, 2, 3, 4)$ 的相对值,再将计算结果代回(14)、(16)两式即得相应的振型函数。

6. 结论

(1) 本文求得了部分潜入水中椭圆柱体扭转振动的精确解析解,柱高与水深相等的情况是本文的特例,因而本文的方法和结果更有工程实用价值。

(2) 水体对椭圆柱体扭转振动的影响等效一附着于柱体上的广义分布质量,因此,水中椭圆柱体的扭振固有频率比无水时的要低。

(3) 本文方法可直接用于内部贮液椭圆筒的扭振分析。此外,本文方法不难推广研究土壤-椭圆柱体-液体的耦联扭振问题。

参 考 文 献

- [1] 朱永谊,翁智远,吴家龙,部分潜入水中圆柱壳的振动分析,同济大学学报,4(1987).
- [2] 周 叮,贮液圆筒在水中的弯曲自由振动,应用数学和力学,5(1990).
- [3] 朱永谊,翁智远,吴家龙,部分潜入水中椭圆柱体振动分析,应用数学和力学,4(1988).
- [4] 周 叮,贮液椭圆筒在水中的横向自由振动,应用力学学报,4(1989).
- [5] 居荣初,曾心传,弹性结构与液体的耦联振动理论,地震出版社,1983年.
- [6] Miller, K. S., Partial differential equations in engineering, Prentice-Hall, Book Co. Inc., (1953).

(本文于1990年5月10日收到)

射流泵抽吸式淹没射流装置

陈 远 李东晖 鄂学全

(中国科学院力学研究所)

提要 本文比较了淹没射流装置中产生射流的各种动力方法,提出采用射流泵在实验水箱底部抽吸流体形成负压产生射流的方法,成功地研制了射流泵抽吸式淹没射流装置。实验表明,这一装置具有较高的稳定性,适用于各种速度条件的淹没射流研究。

关键词 射流,淹没射流装置

1. 引言

力学与实践

射流在能源、化工、航空等诸多领域有着广泛的应用,而且存在许多非线性流动现象如失稳、转捩和大尺度相干结构等。因此射流的研究有着重要的实际意义和理论价值。射流是一种对扰动高度敏感的流动^[1,2],尤其是层流射流很容易因为扰动而失稳转捩。因此射流研究不仅需要安静的实验环境,而且对射流装置的稳

定性要求很高。

射流是靠喷管上下游流体间的压差转换为流体动量而产生的。射流装置中形成压差的方法不仅决定了射流的速度范围，而且决定了射流装置所产生的对射流的扰动。本文比较了淹没射流装置中各种形成压差的动力措施，提出采用射流泵在实验水箱底部抽吸流体形成负压吸引喷管上游的流体产生射流的方法。这样可以隔绝各种机械动力设备对射流的直接作用，使射流装置具有较高的稳定性。同时还扩大了射流的速度范围。实验表明，本文设计的射流泵抽吸式淹没射流装置适用于各种速度条件的淹没射流研究，特别是层流射流的实验研究。

2. 淹没射流装置的类型和特点

淹没射流通常是指进入同一流体介质的液体射流。淹没射流装置依据其产生射流的动力特点大体可以分为三种类型：落差式、泵压式和抽吸式，下面将分别予以介绍。

2.1 落差式淹没射流装置

这一类型的装置利用上下游水箱水位的落差为动力产生射流，是应用最为广泛的方法^[5-8]。图1为设备示意图。上游水箱的水在重力的作用下，通过流量计、节流阀进入稳压室，然后由喷管流入射流室，由射流室出口通过排水管流入下游水箱，最后利用水泵将下游水箱的水通过溢流方式送回上游水箱。

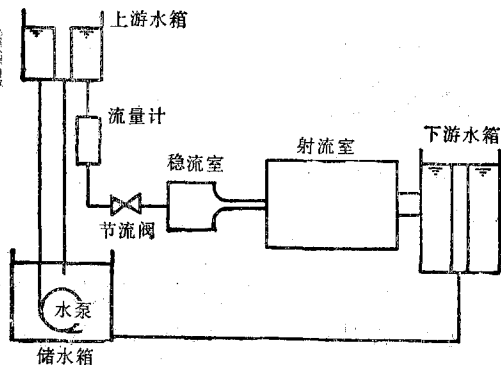


图1 落差式淹没射流装置示意图

这种装置可以将水泵等机械动力设备与射流流动完全隔离，避免外部扰动进入射流流场。装置本身也无机械扰动源，因而这种射流装置

具有很好的稳定性。但是，射流的最大流量由于取决于最大水位落差而受到实验室环境高度的限制，并且流量计、节流阀、管道等环节损失了很多水位，实际有效水位十分有限。故落差式淹没射流装置的速度范围较窄，只适用于研究雷诺数较低的射流流动。

2.2 泵压式淹没射流装置

图2为泵压式淹没射流装置示意图。这种方式的设备适用于较大射流流量或较大雷诺数的情况^[9]。一些要求有较大速度范围的射流装置如美国 TSI 公司生产的热膜流速仪标定装置^[10]也采用这种方式。这类设备利用水泵扬水端的高水头产生射流，射流流量通过节流阀调节。通常使用的水泵主要是离心泵。由于水泵的机械振动，通常要求在稳定室安装阻尼网、蜂窝栅等稳流设施来降低水流脉动。这类设备只适合于对射流稳定性要求不高的场合。

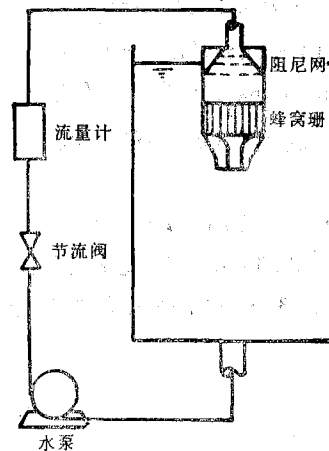


图2 泵压式淹没射流装置示意图

2.3 抽吸式淹没射流装置

这类方式的设备利用水泵在喷管下游的水箱底部抽吸流体产生负压吸引射流流动，避免了在上游出现机械扰动源，防止了扰动通过喷管直接进入射流流场。其设备示意图参见图3(a)。抽吸式淹没射流装置的关键在于选择脉动小、抽吸能力高的水泵。好的水泵将使这类装置具有落差式淹没射流设备高稳定性的优点，同时又能扩大其射流速度范围。文献^[11]用这一类型的装置进行低雷诺数射流的实验研究，

他们使用了一种我国市场少见的，价格较高的无脉动正位移泵。

3. 射流泵抽吸式淹没射流装置

通过比较几种工作方式的淹没射流装置，本文选择了抽吸式。我们使用国产 LJ 射流泵^[12]作为抽吸泵。这种泵是依据水动力学特性设计的，泵体内没有回流漩涡，因而所产生的扰动较小，所用的射流泵的最大抽吸流量不低于 1 吨/小时。

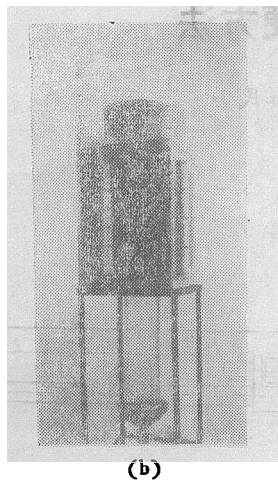
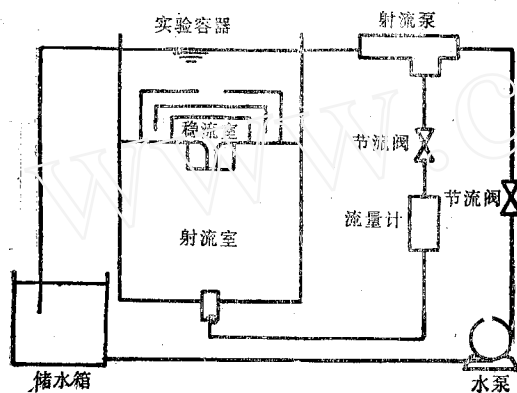


图 3 射流泵抽吸式淹没射流装置
(a) 装置示意图 (b) 实验容器实物照片

图 3(a) 是装置设计示意图，图 3(b) 是实验容器照片。整个装置包括实验容器、射流泵、流量计、水泵和储水箱等。实验容器被隔板分成上下两部分，上部分装有流体稳定室和喷管，下部分是射流室。流体稳定室不仅起稳流作

力学与实践

用，而且阻止水箱上水时的扰动进入喷管。在射流室底部有个出口孔，与喷管在同一轴线上。射流室横截面积为 $360 \times 360 \text{mm}^2$ ，从喷管喷嘴位置到射流室底部的高度是可以调节的，调节的最大距离约为 500mm。

射流装置使用时，将实验容器上水到溢流水面，用射流泵在容器底部抽水，这时容器上部相同流量的流体经过流体稳定室由喷管流入射流室形成射流流动。同时容器上部水由射流泵或水泵供给，一部分补充射流流量，其余的经溢口水口排入储水箱，使容器上部水位一直保持恒定。射流流量由浮子流量计测量。流量计安装在射流泵和射流室之间的管路上。在射流泵的抽吸端和动力端还装有节流阀，用以调节射流的流量。由于装在射流泵动力端的阀门可以调节射流泵的抽吸能力，这样抽吸端的阀门可以作为微调使用，实验时可以稳定地连续调节各种流量大小的射流流动。

射流泵抽吸式淹没射流装置将机械泵和其它外部扰动源与其完全隔开，大大减弱了外部扰动对射流流场的干扰。与落差式射流装置比较，其速度范围可提高 5—10 倍，如果使用更大吸力的射流泵，速度范围还可提高。

4. 实验应用

我们利用射流泵抽吸式淹没射流装置进行了低速轴对称层流射流的流动显示实验^[1]。由于一般扰动的量级可以与低速射流的运动量级相当，如果装置的稳定性不好，低速层流射流的流动形态很容易被扰动破坏变形，过去的实验都没有在低速轴对称层流射流中观察到环形回流流动。文献[1]使用本文设计的射流装置首次成功地观察到低速射流的回流图像（见图 4）。图 5 是射流在喷嘴和容器底部出口孔之间建立层流柱状流动时的照片。这些实验照片充分说明了本装置具有较好的稳定性能。

5. 结语

我们成功地研制了射流泵抽吸式淹没射流装置。这一装置具有落差式射流装置的高稳定性，同时克服了速度范围狭窄的局限性。实验表明，它适用于层流射流以及各种速度条件



图4 低速轴对称层流射流环
形回流流动

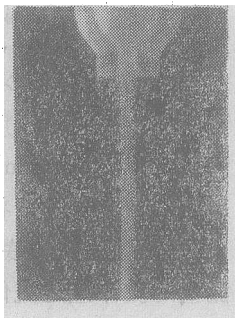


图5 轴对称层流射流
柱状流动

下的射流研究。

参 考 文 献

[1] 陈 远 李东辉 鄂学全, 低速轴对称层流射流流动形态和失稳机制的实验研究, 力学学报, 23, 6(1991).
 [2] Crow, S.C. & Champagne, F.H. Orderly structure in jet turbulence. *J. Fluid Mech.* 48(1971), 547.
 [3] Andrade, E.N. & Tsien, L.C., The velocity distribution in a liquid into liquid jet. *Proc. phys. soc. lond.* 49 (1937), 381.
 [4] Villu, A., An experimental determination of the

minimum Reynolds number for instability in free jet. *J. Appl. Mech.* 29(1962), 506.

[5] Reynolds, A.J., Observation of a liquid into liquid jet. *J. Fluid Mech.* 14(1962), 552.
 [6] du Piessis, M.P., Wang, R.L. and Tsang, S. Development of a submerged round laminar jet from an initially parabolic profile. *Trans. ASME G: J. Dyn. Syst. Meas. & Control.* 95(1973), 148.
 [7] Rankin, G., Sridhar, Arulraja, M. and Kumar, K. R., An experimental investigation of laminar axisymmetric submerged jets. *J. Fluid Mech.* 133 (1983), 217.
 [8] Akaike, S. & Nemoto, M., Potential core of submerged laminar jet. *Jets and Cavities International Symposium*, Edited by Kim, J.H. et al (1985) 85—92.
 [9] Petersen, R.A. Influence of wave dispersion on vortex pairing in a jet *J. Fluid Mech.* 89(1978), 469.
 [10] TSI water probe calibrator instruction manual.
 [11] McNaughton, K.J. & Sinclair, C.G., Submerged jets in short cylindrical flow-vessels. *J. Fluid Mech.* 25(1966), 367.
 [12] 郑之初, 节能射流泵, 力学与实践, 7, 1(1985), 46.

(本文于1990年4月21日收到)

测定大型管钳扭矩的简便方法

金保森 施纪译 傅增祥 王红民
 (西北工业大学)

摘要 本文介绍测定管钳钳口处扭矩值的一种电测方法。文章在分析钳口处扭矩特点的基础上, 提出在管钳适当位置粘贴应变计, 使整个管钳成为一个传感器的想法。其输出信号接入峰值保持数显仪上, 记录下来的数值就是钳口处的最大扭矩值。测量准确, 使用方便。

关键词 管钳, 扭矩, 电测法

1. 问题的提出

工程中使用管钳的场合很多。在某些情况下, 人们必须知道施加于受扭工件上的扭矩值; 在另一些情况下, 则需要对施加于工件上的扭矩进行控制。以上这两种情况都要求人们在使用管钳的同时, 能够迅速、准确地测量出扭矩

值。

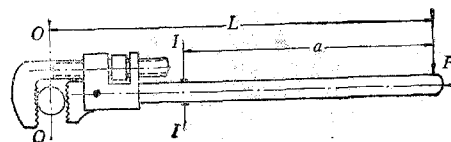


图 1

管钳在工作时, 扳手部分的变形可视为弯曲变形。显然, 只要在 I-I 截面的上、下侧各贴一个应变计 (如图 1), 通过仪表, 就可以测得 I-I 截面上的力矩 M_I (以下称这种从仪表上读出的力矩为读数力矩)。但读数力矩并不等于钳口中心 O-O 截面的工作力矩 M_0 。为了得到