排灌机械工程学报
Journal of Drainage and Irrigation Machinery Engineering
2016 年 3 月 Mar. 2016 | 第 34 卷 第 3 期 Vol. 34 No. 3

doi:10.3969/j.issn.1674-8530.15.0117

水下自激脉冲射流装置流场的数值模拟及试验研究

高传昌，解克宇，刘新阳，胡亚州，马文良
（华北水利水电大学电力学院，河南 郑州 450045）


高传昌

摘要：利用自行研制的淹没射流试验平台进行水下自激脉冲射流试验，得到水下自激脉冲射流驻点压力的径向和轴向分布，通过建立相应的物理模型和数学模型，对水下自激脉冲射流内外流场进行了数值模拟，得到装置内、外流场的压力和速度分布，并对计算结果进行试验验证. 结果表明：自激脉冲射流在非淹没条件下，有明显的低频脉冲发生，而在淹没条件下，部分射流能量消耗在淹没水流中，以致在腔室内难以形成空化，没有产生明显的脉冲，且驻点压力大幅度减小；不同水深的径向压力分布曲线基本是相同的，近似服从高斯正态分布；轴向驻点压力均随靶距的增大而减小，其衰减特性与连续射流及非淹没情况相似，只是其在有围压情况下衰减速度更快；水下自激脉冲射流装置的内部流场存在轴心主射流低压区、两个对称的负压区、碰撞高压区，并在靠近碰撞体的腔体处产生漩涡，其外流场和冲击射流流场相似，但不存在射流核心区.

关键词：自激脉冲射流；流场；淹没；流速
中图分类号：S277.9；TP69　**文献标志码**：A　**文章编号**：1674-8530(2016)03-0220-07

高传昌，解克宇，刘新阳，等. 水下自激脉冲射流装置流场的数值模拟及试验研究[J]. 排灌机械工程学报，2016，34(3)：220-226.
GAO Chuanchang，XIE Keyu，LIU Xinyang，et al. Numerical simulation and experiment on flow fields in underwater self-excited pulse jet device[J]. Journal of drainage and irrigation machinery engineering(JDIME)，2016，34(3)：220-226.(in Chinese)

Numerical simulation and experiment on flow fields in underwater self-excited pulse jet device

GAO Chuanchang，*XIE Keyu*，*LIU Xinyang*，*HU Yazhou*，*MA Wenliang*
(North China University of Water Resources and Electric Power，Zhengzhou，Henan 450045，China)

Abstract：A series of experiments on underwater self-excited pulse jet were made by using a self-developed test platform and the axial and radial distributions of pressure around an underwater self-excited pulse jet were obtained. Then，the flow fields inside and outside the jet were simulated，the corresponding velocity and pressure distributions were acquired and compared with the experimental data. The results show that obvious low frequency pulses can occur for the self-excited pulse jet under non-submerged condition. Under submerged condition，however，because part of the jet energy is consumed in the submerged water body so much that it is hard for cavitation to form in the chamber and to generate obvious pulse，further the stagnation pressure is reduced significantly. The radial pressure distribution is basically the same in different depths of the water，approximately yields the Gaussian distribution. The axial stagnation pressure is decreased with the increasing distance to the target，and

收稿日期：2015-08-10；**网络出版时间**：2016-03-17
网络出版地址：http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1814.TH.20160317.1129.024.html
基金项目：国家自然科学基金资助项目(51309099)；水利部公益性行业科研专项经费项目(201201085)；华北水利水电大学创新计划项目(HSCX2014118)
作者简介：高传昌(1957—)，男，河北邯郸人，教授，博士(gcc@ncwu.edu.cn)，主要从事流体机械工程研究.
解克宇(1989—)，男，河南商丘人，硕士研究生(xkyzhengzhou@126.com)，主要从事水射流技术应用研究.

its attenuation characteristic is similar to that for continuous jet and under non-submerged condition, just the decay rate is even faster. A low pressure zone in the jet core, two symmetrical negative pressure zones and a high pressure impinging zone exist in the flow field in the chamber of the underwater self-excited pulse jet device. Vortexes are generated near the bottom casing, and the flow field is similar to the jet flow in the chamber, but without a core.

Key words: self-excited pulse jet; flow field; submerged; flow velocity

水射流技术作为人工扰沙措施，可增大河流调水调沙中人工异重流的挟沙能力，实现河道减淤[1]. 脉冲射流是一种新型高效的射流技术，与连续射流相比，脉冲射流通过间歇式水锤压力冲击在靶物表面产生的冲击压力大大超过了一般连续射流的冲击力，可以显著提高冲击效果[2]，自激式脉冲射流是脉冲射流的一种，它不需外加任何他激装置而在特定结构的装置中产生脉冲射流，有效增强了冲蚀效果，提高了钻探和切割效率[3-6].

目前国内外学者从自激式脉冲射流发生机理、射流装置、射流频率等方面进行了研究. 王循明等[7]应用 CFD 软件就不同参数对空化区及能耗的影响进行计算，得到了上喷嘴压力的提高和下喷嘴射流动能之间的关系. 王乐勤等[8]通过理论分析，推导得出了自激喷嘴固有频率定量计算公式，并通过对上喷嘴直径为 8.0 ~ 12.5 mm 的低压大流量自激振荡脉冲射流喷嘴的系统进行试验研究，得到了结构参数的最佳配比关系. 王瑞和等[9]建立了围压条件下井底射流流场的二维轴对称物理模型，采用标准的 $k-\varepsilon$ 双方程湍流模型，应用有限元方法对围压条件下的高压小流量的紊流淹没射流进行了数值计算. 李江云等[10]通过腔体内部流场分析进一步完善了空化产生的机理，并对结构进行优化，提高了自激效果. 陈颂英等[11]通过试验获得了随入口压力升高腔室内部流场变化规律，并对试验中喷嘴腔室内部压力突降现象进行分析. 弓永军等[12]采用量纲一的量，针对不同腔径、腔长、下喷嘴直径匹配的多种工况进行仿真分析，得到自激振喷嘴最优的结构参数. 刘爽等[13]通过建立围压条件下单喷嘴脉冲射流井底清岩物理模型，对脉冲射流清岩过程进行数值计算，分析了影响脉冲射流清岩效果的主要因素. 唐川林等[14]利用水声学和流体动力学原理推导出自激振荡脉冲射流频率的计算公式，认为射流频率主要由腔长、流体密度和声场作用下的流体变化率决定，但对淹没情况下低压大流量的自激脉冲射流流场及冲击力研究较少.

文中通过自行研制的自激式脉冲射流发生装置，对不同参数下脉冲射流冲击靶盘时驻点压力进行全面测量，并建立相应的物理和数学模型，分析自激脉冲射流装置驻点压力和内外流场在不同结构参数、围压和靶距下的变化特性.

1　试验装置

图 1 为自激脉冲射流发生装置，其结构主要包括上喷嘴、腔体、碰撞体和下喷嘴. 图 2 为水下自激脉冲射流试验系统流程图.

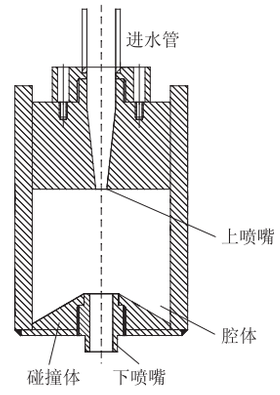


图 1　自激脉冲射流装置结构

Fig. 1　Sketch of self-excited pulse jet device

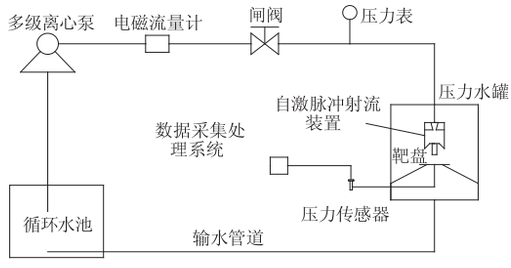


图 2　水下射流试验系统

Fig. 2　Underwater jet flow test system

试验系统的工作流程：① 利用单级离心泵从循环水池中抽水，注入压力容器罐内，在安全阀的综合调节下实现不同水深的围压模拟，并实现对环境压力的稳定作用；② 在围压稳定后，启动动力系统中的多级离心泵从循环水池抽水，通过多级离心泵和闸阀按试验设计要求控制工作水压力；③ 将具有

对应能量的水经循环管路输送至自激脉冲射流装置,经自激脉冲射流装置形成脉冲射流直接喷射到装有压力变送器的靶盘上,压力传感器将信号传送至数据采集系统.

靶盘中心及周围对称布置测压孔,试验开始前通过靶盘调节装置的固定夹具. 中心孔周围均匀分布距中心等距4个小孔,4个小孔的测量值相差不大于0.5%,以保证靶心在轴心处. 试验过程中,通过连接压力容器底部的回水系统,实现压力容器内水的循环.

2 物理模型

根据对自激脉冲发生机理物理过程的分析以及对试验中装置对称现象的观察,数值计算采用二维轴对称物理模型,图3为水下自激脉冲射流流场的物理模型.

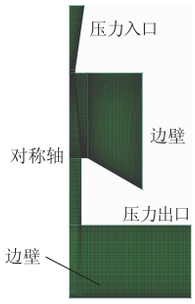


图3 自激脉冲射流计算区域及网格图

Fig. 3 Computational domain and grid generated of self-excited pulse fet

模型上端是自激脉冲射流进水口,设置为压力入口. 中间为自激脉冲射流产生区. 下端和右端是自激脉冲射流的流动出口,同样设置为压力出口,并通过设置压力的大小模拟不同水深. 最下端边壁为靶盘,整个自激脉冲射流流场是轴对称的.

3 计算模型及边界条件设置

3.1 计算模型

采用RNG $k-\varepsilon$ 双方程湍流模型及不可压缩流体的时均控制方程对射流流场进行计算.

连续性方程为

$$\frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_j)=0, \tag{1}$$

动量方程为

$$\frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_j u_i)=-\frac{\partial p}{\partial x_i}+\frac{\partial}{\partial x_j}\left(\mu\frac{\partial u_i}{\partial x_j}-\rho\overline{u_i'u_j'}\right), \tag{2}$$

式中:p 为流体压力;u_i 为流体平均速度;μ 为动力黏性系数;$\rho\overline{u_i'u_j'}$ 为雷诺应力.

采用湍流黏性系数法对动量方程进行封闭,即

$$-\rho\overline{u_i'u_j'}=\mu\left(\frac{\partial\mu_i}{\partial x_j}+\frac{\partial\mu_j}{\partial x_i}\right)-\frac{2}{3}\rho k\delta_{ij}, \tag{3}$$

式中:μ_t 为湍流黏性系数,$\mu_t=\rho C_\mu\frac{k^2}{\varepsilon}$,其中 $C_\mu=0.09$,k 为湍动能,ε 为湍动能耗散率.

采用RNG $k-\varepsilon$ 湍流模型使动量方程封闭,对应的湍动能 k 方程和耗散率 ε 方程分别为

$$\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i k)=\frac{\partial}{\partial x_j}\left(\alpha_k\mu_{\text{eff}}\frac{\partial k}{\partial x_j}\right)+G_k+\rho\varepsilon, \tag{4}$$

$$\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i\varepsilon)=\frac{\partial}{\partial x_j}\left(\alpha_\varepsilon\mu_{\text{eff}}\frac{\partial\varepsilon}{\partial x_j}\right)+\frac{C_{1\varepsilon}^*\varepsilon}{k}G_k-C_{2\varepsilon}\rho\frac{\varepsilon^2}{k}, \tag{5}$$

式中各项具体含义可参考文献[15].

3.2 边界条件设置

进、出口边界条件均设为为压力进、出口. 进口定义了进口总压和静压,出口定义了静压,出口有回流,回流强度为5%.

对称轴边界满足轴对称条件,即

$$\frac{\partial u}{\partial r}=\frac{\partial k}{\partial r}=\frac{\partial\varepsilon}{\partial r}=v=w=0. \tag{6}$$

壁面满足无滑移边界条件,近壁区采用标准壁面函数法处理.

4 试验和数值计算结果对比分析

4.1 靶心驻点压力脉冲频率特性

图4为采样频率 $f=1\,500$ Hz 时,非淹没与淹没条件下自激脉冲射流的靶心驻点冲击压力时域图,可以看出,自激脉冲射流在非淹没条件下,有明显的低频脉冲发生,而在淹没条件没有明显的脉冲,且驻点压力大幅度减小. 这是因为在非淹没条件下,由于自激振荡腔内没有淹没水流的阻碍,射流从上喷嘴射出穿过振荡腔后能够以较高的速度与下游碰撞壁相互作用,经过自激振荡腔特殊结构的反馈作用,使得射流在碰撞壁靠腔壁侧产生涡环. 当涡环中心负压达到很高时,在涡环中心产生空化汽核进而产生空化气囊,在射流连续作用下,其间不断发生空化气囊的“发生—增长—溃灭—再生”的循环过程,空化区域周期性涨缩,从而引起腔内流体阻抗的周期性变化,波及脉冲射流中心,产生脉冲射流[16]. 因此可认为非淹没条件下,自激脉冲

射流装置产生脉冲射流的主要原因在于空化气囊的周期性变化，即关键因素在于产生了空化.

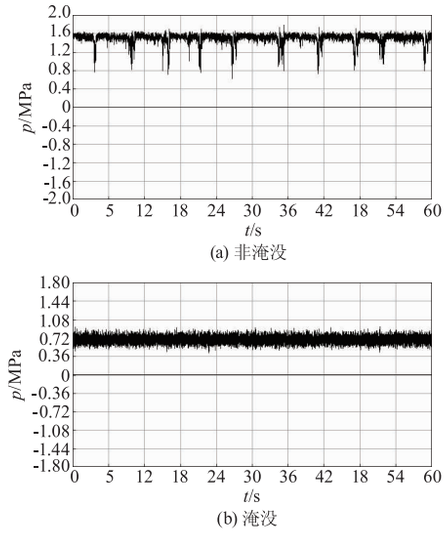


图 4　非淹没与淹没靶心冲击力时域图

Fig. 4　Impact force in time domain under non-submerged and submerged conditions

然而在围压条件下，受淹没水流的影响，射流从上喷嘴射出后，射流能量有一部分消耗在淹没水流中，射流不能以较高的速度与碰撞壁作用，使得腔室内涡旋扰动减弱，最终导致腔室内的负压脉动区减小. 中心负压降低，难以在腔室内形成空化，不能产生有效脉冲. 因此在淹没射流条件下，自激脉冲射流装置产生脉冲射流不能用“空化气囊”机理来解释.

4.2　驻点冲击压力的径向分布

图 5 为围压 0.2 MPa、上喷嘴直径 10 mm、腔径 70 mm、腔长 120 mm 时，不同下喷嘴直径 Φ_d 时的靶盘驻点压力分布，图中 s 为靶距，横坐标 d_0 为距靶盘中心距离. 由图 5 可以看出：所有断面的驻点径向压力分布曲线基本是相同的，不同断面的时均压力分布存在较好的自相似性（或自模性），各断面的驻点压力均近似于高斯正态分布；在相同下喷嘴和靶距时，驻点冲击压力沿径向距离的增加逐渐减小，射流沿程呈现出卷吸周围流体的趋势，射流表现出扩散性；同一下喷嘴直径、不同靶距下，靶心驻点压力随靶距的增加而减小，但随着径向距离的增大，靶距 60 mm 的驻点冲击压力均小于其他靶距，第二圈之后靶距 160 mm 的时均压力最大；下喷嘴直径 18，20，22 mm 时，驻点冲击压力分布较下喷嘴直径 16 mm 时更为“扁平”，冲击范围明显增大，驻点冲击力分布趋于平坦，衰减较慢，且随着径向距离的增大，驻点压力下降幅度减小，压力分布由陡变缓；同一靶距、不同下喷嘴直径时，随着直径的增加而时均冲击力减小，驻点压力分布也趋于“扁平”.

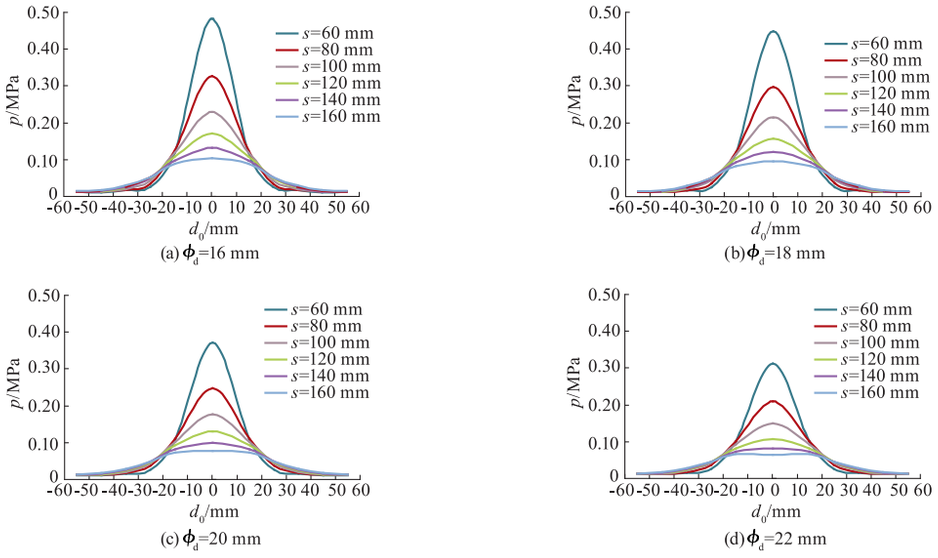


图 5　不同下喷嘴直径和围压下靶盘驻点压力分布

Fig. 5　Stagnation pressure distributions at different nozzle diameters and confining pressures

4.3　驻点压力沿程的轴向分布

自激脉冲射流在同一下喷嘴直径下的驻点冲击压力均随靶距的增大而逐渐减小，如图 6 所示，其衰减特性与连续射流及非淹没情况相似，符合随靶距增大水射流集束性变弱的力学机理，只是其在有围压情况下衰减速度更快. 靶距 60，80，100 mm 时，随着下喷嘴直径的增大，下降曲线斜率较大，靶心驻点冲击压力减小较快，其中以靶距 60 mm 尤为明

显;靶距 120,140,160 mm 时随着下喷嘴直径的增大,下降曲线斜率较小,其靶心驻点冲击压力减小较慢,靶距 160 mm 时靶心驻点压力变化不大.

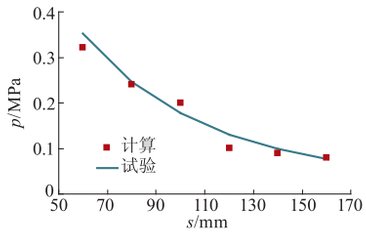


图 6 不同靶距下靶盘中心驻点压力

Fig. 6 Stagnation pressure in terms of distance to target disk

4.4 计算结果和试验结果的对比

相同的试验条件和计算条件下:上喷嘴直径 10 mm,腔径 70 mm,腔长 120 mm,下喷嘴直径 20 mm,工作压力 2.2 MPa,水深 20 m(相当于围压 0.2 MPa),不同靶距时的靶心驻点压力试验结果和计算结果对比同样如图 6 所示. 从图中可以看出,计算结果和试验结果吻合较好,这说明所采用的计算方法是正确的,可通过数值计算结果对自激脉冲射流流场进行分析.

5 数值计算结果分析

5.1 自激脉冲射流装置内、外流场分析

图 7 为上喷嘴直径 10 mm、腔径 70 mm、腔长 120 mm、下喷嘴直径 20 mm、工作压力 2.2 MPa、水深 20 m 时,自激脉冲射流装置内外流场的压力和速度云图,可以看出:水流经进水管进入装置后速度在渐缩管内逐渐升高,从上喷嘴射出后存在明显的射流核,且在沿腔长方向射流核逐渐变窄;水流与碰撞体相撞击后在腔体内压力形成 3 个区域,分别为轴心主射流低压区、对称的负压区和碰撞高压区;由于围压的存在,抑制了空化的产生,此时产生的负压区和非淹没时存在的气囊区存在明显区别[17];在此模拟工况下,难以产生明显的自激脉冲效果,这与试验中测得的靶心脉冲效果图 4 相一致;水流和碰撞体撞击后,一部分沿碰撞体向两侧腔体运动,并在靠近碰撞体的腔体处产生漩涡,另一部分水流直接沿下喷嘴喷出腔体;水流从下喷嘴喷出后,在下喷嘴出口和靶盘之间形成了湍流冲击射流流场,此流场同样可分为自由射流区、冲击区和壁面射流区[18];水流速度自进入下喷嘴后即一直降低,自由射流区并不存在射流核,其余流动特性和自由射流相一致;在冲击区内,射流主流流速迅速减小,同时压力急剧增大,对靶盘产生巨大的冲击作用;在壁面射流区,水流贴底射出,并沿程扩散和迅速跃起,在主流区的顶部形成大的表面旋涡区.

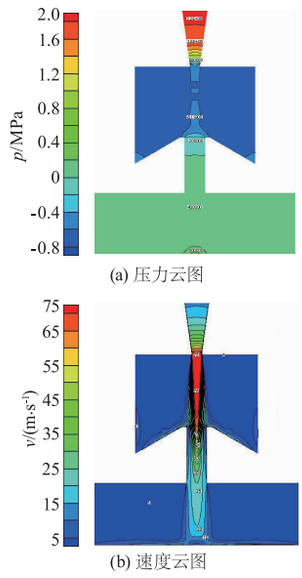


图 7 装置内外流场的速度和压力云图

Fig. 7 Velocity and pressure distribution contours of inner and outer flows in device

5.2 围压对轴向流速的影响

图 8 为上喷嘴直径 10 mm、腔径 70 mm、腔长 120 mm、下喷嘴直径 20 mm、靶距 60 mm 下,不同围压 p_c 时对称轴 x 上的速度变化.

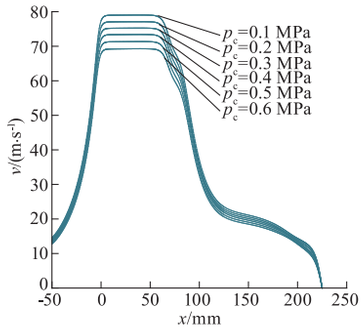


图 8 不同围压下对称轴上的速度分布

Fig. 8 Velocity distribution along jet axis at different confining pressures

由图 8 可以看出:围压对自激脉冲射流装置的内外流场均产生显著影响,整个流场的速度曲线均随着围压的升高而降低,但在各个围压对称轴上的速度分布规律基本相同;水流从上喷嘴射出后均存在一定长度的射流核,但较高围压时的射流核的速度和长度均较小,原因是随着围压升高射流的初始速度有所减小且衰减加快.

5.3　靶距对轴向流速的影响

图9为不同靶距时对称轴上的速度变化,可以看出:靶距对自激脉冲射流流场冲击区之前的速度分布没有影响,腔体内射流核的长度和大小均相同,但轴向速度在近靶盘的冲击区内急剧衰减为0.

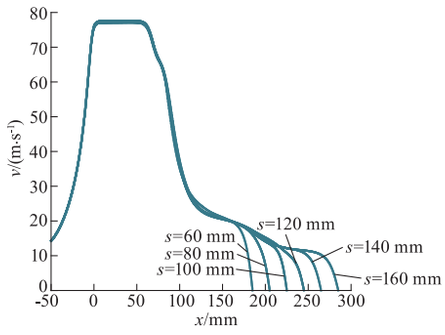


图9　不同靶距下对称轴上的速度分布

Fig. 9　Velocity distribution along jet axis at different distances to target

6　结　论

1）围压作用下的自激脉冲射流装置难以产生良好的自激脉冲效果,其腔体压力分布和非淹没状态下不完全相同,其外流场同样可分为自由射流区、冲击区和壁面射流区,同时也存在着涡旋区.

2）自激脉冲射流喷出下喷嘴后的轴线速度呈线性衰减,不存在射流核,靶盘驻点径向驻点冲击压力分布具有相似性,变化规律基本相同,服从高斯正态分布.不同下喷嘴直径对轴向驻点压力影响较大.相同下喷嘴直径下,靶距小的靶心驻点压力较大,随着径向距离的增加,情况与之相反.

3）围压对自激脉冲射流装置的内外流场影响明显,围压越高腔体内射流轴心速度越低.靶距对自激脉冲射流流场影响较小,对靶盘驻点压力影响较大.

参考文献(References)

[1] 李国英.基于水库群联合调度和人工扰动的黄河调水调沙[J].水利学报,2006,37(12):1439－1446.
LI Guoying. Regulation of water and sediment for the Yellow River based on joint operation of reservoirs and artificial intervention[J]. Journal of hydraulic engineering,2006, 37(12): 1439－1446. (in Chinese)

[2] 唐川林,廖振方.自激振动脉冲射流装置的理论分析和实验研究[J].煤炭学报,1989,14(1):90－100.
TANG Chuanlin, LIAO Zhenfang. Theoretical analysis and experimental study a self-excited oscillation pulsed jet device[J]. Journal of China coal society, 1989, 14(1):90－100. (in Chinese)

[3] 高传昌,赵礼,刘新阳,等.淹没条件下自激脉冲射流冲蚀试验研究[J].排灌机械工程学报,2012, 30(1): 53－56.
GAO Chuanchang, ZHAO Li, LIU Xinyang, et al. Experiment research on erosion of self-excited inspired pulsatile jet in submerged conditions[J]. Journal of drainage and irrigation machinery engineering, 2012, 30(1):53－56. (in Chinese)

[4] 高传昌,苏泊源,张世斌,等.深水自激吸气脉冲射流装置冲蚀性能试验[J].江苏大学学报(自然科学版), 2014, 35(2): 160－164.
GAO Chuanchang, SU Boyuan, ZHANG Shibin, et al. Erosion performance of self-excited inspiration pulse jet device in deep water[J]. Journal of Jiangsu University (natural science edition),2014,35(2):160－164. (in Chinese)

[5] SONG X Z, LI G S, YUAN J P, et al. Mechanisms and field test of solution mining by self-resonating cavitating water jets[J]. Pet Sci, 2010, 7(3):385－389.

[6] ANNONI M, ARLEO F, MALMASSARI C. CFD aided design and experimental validation of an innovative air assisted pure water jet cutting system[J]. Journal of mater process technology, 2014, 214: 1647－1657.

[7] 王循明,王乐勤,焦磊.自激脉冲射流喷嘴参数对装置能耗影响分析[J].工程热物理学报,2008,29(5):780－782.
WANG Xunming, WANG Leqin, JIAO Lei. The energy loss analysis of the self-excited oscillation pulsed jet with parameters change[J]. Journal of engineering thermophysics, 2008, 29(5):780－782. (in Chinese)

[8] 王乐勤,王循明,徐如良,等.自激振荡脉冲喷嘴结构参数配比试验研究[J].工程热物理学报,2004,25(6):956－958.
WANG Leqin, WANG Xunming, XU Ruliang, et al. Experimental study on structural parameters optimized design of the self-excited oscillation pulsed jet nozzle[J]. Journal of engineering thermophysics, 2004, 25(6):956－958. (in Chinese)

[9] 王瑞和,白玉湖.围压条件下射流流场的数值模拟研究[J].水动力科学进展(A辑),2004,19(1):108－113.
WANG Ruihe, BAI Yuhu. Simulation of water jet under ambient pressure[J]. Journal of hydrodynamics (Aser), 2004, 19(1): 108－113. (in Chinese)

[10] 李江云,王健.低压自激脉冲射流装置频率设计[J].

武汉大学学报(工学版). 2012, 45(4): 427 - 430,467.
LI Jiangyun, WANG Jian. Frequency design of low pressure self-excited pulsation jet[J]. Engineering journal of Wuhan University, 2012,45(4):427 - 430,467. (in Chinese)

[11] 陈颂英,胡涛,曲延鹏,等. 低压大流量自激脉冲空化射流试验研究[J]. 工程热物理学报,2014,35(10): 1965 - 1967.
CHEN Songying, HU Tao, QU Yanpeng, et al. Experimental research of self-excited pulsed cavitation jet in low-press and large-flux[J]. Journal of engineering thermophysics,2014, 35(10): 1965 - 1967. (in Chinese)

[12] 弓永军,郭臣,侯交义,等. 基于 Fluent 的脉冲射流喷嘴的全尺寸结构优化[J]. 液压与气动,2014(11):32 - 35.
GONG Yongjun, GUO Chen, HOU Jiaoyi, et al. Full-size structural optimization of pulsed jet nozzles by Fluent[J]. Chinese hydraulics & pneumatics, 2014(11):32 - 35. (in Chinese)

[13] 刘爽,李根生,史怀忠. 围压条件下脉冲射流提高清岩效果数值模拟研究[J]. 石油钻采工艺,2015,37(3):6 - 10.
LIU Shuang, LI Gensheng, SHI Huaizhong. Numerical simulation research on improving cleaning cuttings effectiveness with pulsed jet under confining pressure[J]. Oil drilling & production technology, 2015,37(3):6 - 10. (in Chinese)

[14] 唐川林,胡东,裴江红. 自激振荡脉冲射流喷嘴频率特性实验研究[J]. 石油学报,2007,28(4): 122 - 125.
TANG Chuanlin, HU Dong, PEI Jianghong. Experimental study on the frequency characteristic of the self-excited oscillation pulsed nozzle[J]. Acta petrolei sinica, 2007,28(4): 122 - 125. (in Chinese)

[15] 王福军. 计算流体动力学分析——CFD 软件原理与应用[M]. 北京:清华大学出版社,2004.

[16] 王循明,焦磊,王乐勤. 自激脉冲发生机理数值模拟及参数影响分析[J]. 浙江大学学报(工学版),2005,39(9):1450 - 1454.
WANG Xunming, JIAO Lei, WANG Leqin. Numerical simulation of self-excited oscillation pulsed jet and analysis of parameters' influence[J]. Journal of Zhejiang University (engineering science),2005,39(9):1450 - 1454. (in Chinese)

[17] 李江云,徐如良,王乐勤. 自激脉冲喷嘴发生机理数值模拟[J]. 工程热物理学报,2004,25(2):241 - 243.
LI Jiangyun, XU Ruliang, WANG Leqin. Numerical simulation of mechanism of the self-excited pulse nozzle[J]. Journal of engineering thermophysics, 2004, 25(2): 241 - 243. (in Chinese)

[18] 董志勇. 射流力学[M]. 北京:科学出版社,2005.

(责任编辑 陈建华)

本刊被俄罗斯《文摘杂志》(AJ)收录

近日,接中国高校科技期刊研究会对外联络委员会和中国科技期刊编辑学会国际交流工作委员会通知,俄罗斯《文摘杂志》(Abstracts Journal,AJ)发布了最新收录的中国 12 种期刊名单,《排灌机械工程学报》经过多年的努力,终于榜上有名. 这是本刊继被英国《农业与生物科学研究中心》(CABI)收录后又被另一国际性大型文献数据库收录.

在当前全球经济发展缓慢和《文摘杂志》(AJ)经费短缺的背景下,本刊又被国际性大型文献数据库收录,标志着我国的排灌科学研究水平得到了国际同行认可,进一步拓展了本刊的学术传播途径,加快了学术传播速度,为提升期刊学术声誉,提高国际影响力奠定了基础.

俄罗斯《文摘杂志》创刊于 1952 年,由俄罗斯全俄科学技术研究所(VINITI)主办,是一种大型综合性检索刊物. 该刊收录世界上 130 多个国家和地区、66 种文字出版的科技文献,收录内容遍及自然科学、应用科学和工业经济等. 文摘内容一般比较详细,篇幅较长,有的文摘还附有实验数据和图表,综合性文摘还附有期刊主题索引和专利号索引,是一套完整的综合性检索系统. 俄罗斯《文摘杂志》(AJ)曾与美国《科学引文索引》(SCI)、美国《工程索引》(EI)、美国《化学文摘》(CA)、英国《科学文摘》(SA)、日本《科学技术文献速报》(CBST)并称为国际六大著名检索系统,与法国《文摘通报》(BS)、日本《科学技术文献速报》(CBST)被称为国际三大综合性检索期刊.

(编辑部)