

结构参数和运行参数对自激脉冲射流装置性能的影响试验

赵 礼^{1,2},高传昌¹,刘新阳¹,刘彩萍¹

(1. 华北水利水电学院水利学院,河南 郑州 450011; 2. 水利部产品质量标准研究所,浙江 杭州 310012)

摘要:为了研究结构参数和运行参数对自激脉冲射流装置性能的影响,运用自行研制的试验系统对自激脉冲射流装置进行大量的试验,在上喷嘴直径为 8 mm 和腔径为 95 mm 的试验条件下,分析下喷嘴直径、腔长和工作压力的变化对脉冲射流打击力和脉冲效果的影响。试验结果表明:不同的下喷嘴直径、腔长和工作压力对脉冲射流打击力的影响是不同的;每种下喷嘴直径都存在着获得最佳脉冲效果的合适腔长和工作压力范围;随着下喷嘴直径的增大,最佳腔长和工作压力范围也有所增大。

关键词:自激脉冲射流;装置性能;最优参数;打击力

中图分类号:TV136 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-7647(2012)06-0067-03

Influences of structural and operating parameters on performance of self-excited pulse jet device//ZHAO Li^{1,2}, GAO Chuanchang¹, LIU Xinyang¹, LIU Caiping¹ (1. College of Water Conservancy, North China Institute of Water Conservancy and Hydroelectric Power, Zhengzhou 450011, China; 2. Products Quality Standards Institute of Ministry of Water Resources, Hangzhou 310012, China)

Abstract: In order to study the influences of structural and operating parameters on the performance of self-excited pulse jet device, a large number of experiments on the self-excited pulse jet device are performed by use of the self-developed test system. The influences of change of lower-nozzle diameter, cavity length and working pressure on the hitting power of the pulse jet and pulse effect are analyzed under the upper-nozzle diameter of 8 mm and the cavity diameter of 120 mm. The experimental results show that different lower-nozzle diameters, cavity lengths and working pressures have different influences on the hitting power of the pulse jet. Each lower-nozzle diameter has the optimal ranges of cavity length and working pressure for the best pulse effects. The smaller the cavity length, the better the pulse effects.

Key words: self-excited pulse jet; device performance; optimal parameter; hitting power

自激脉冲射流^[1]是流体在适合的结构装置中通过自激振荡产生的一种脉冲射流,其装置结构简单,密封性好,可靠性高,成本低廉,同时还具有体积小、无需附加的外驱动机构等一些独特的优点,被广泛应用于采矿、石油、化工和水利等领域,是一种很有发展前景的射流装置。

自激脉冲射流装置的结构参数和运行参数对脉冲性能的影响很大,国内外学者分别从数值模拟^[2-3]、性能参数^[4-5]和射流频率特性^[6-8]等方面进行大量的研究,得到了结构参数的配比关系,但并没有明确实际的打击力和脉冲效果以及运行参数对自激脉冲射流装置性能的影响,且配比范围过大。本文通过自行研制的自激脉冲射流装置及试验测试系统,在上喷嘴直径和腔径一定的情况下,对不同的

下喷嘴直径、腔长和工作压力进行了试验研究,获取了相应的打击力和脉冲效果,研究了产生最佳脉冲效果的结构参数和工作压力范围,为自激脉冲射流在工程应用提供理论依据。

1 试验装置及试验方法

自激脉冲射流装置如图 1 所示,由进水管、上喷嘴、腔室、碰撞体和下喷嘴组成。自激脉冲射流试验及测试系统如图 2 所示,其工作流程如下:水泵供给压力水,电磁流量计测量水流量,闸阀和压力表控制工作压力,在水流经过喷嘴时形成脉冲射流,直接喷射到靶盘上产生压力信号,然后通过压力变送器将压力信号传输给数据采集系统,通过计算机进行存储并分析。

试验采用的自激脉冲射流装置结构参数如下:

基金项目:水利部公益性行业科研专项(201201085);华北水利水电学院研究生创新课题(YK2010-10)

作者简介:赵礼(1986—),男(满族),辽宁绥中人,硕士研究生,主要从事流体喷射技术研究。E-mail:ali0418@126.com

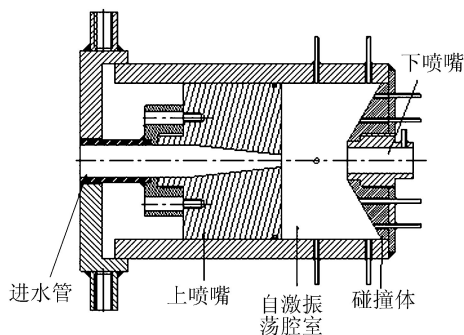


图1 自激脉冲射流装置

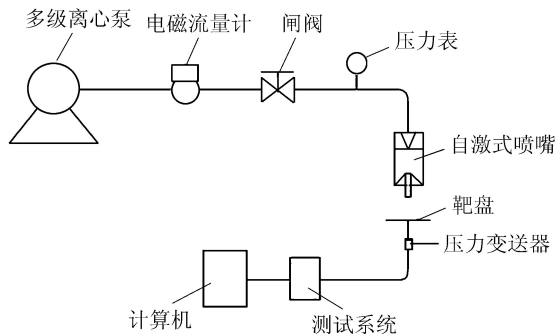


图2 自激脉冲射流试验及测试系统

上喷嘴直径8 mm,腔径根据文献[4]给出的配比范围,取95 mm;下喷嘴直径为14 mm,16 mm,17 mm,18 mm和20 mm;腔长为30 mm,45 mm,60 mm,75 mm和90 mm;靶距为50 mm;工作压力为0.8 MPa,1.0 MPa,1.2 MPa,1.4 MPa,1.6 MPa,1.8 MPa和2.0 MPa。针对上述不同结构和工作压力进行试验,得到了相应的打击力和脉冲效果。

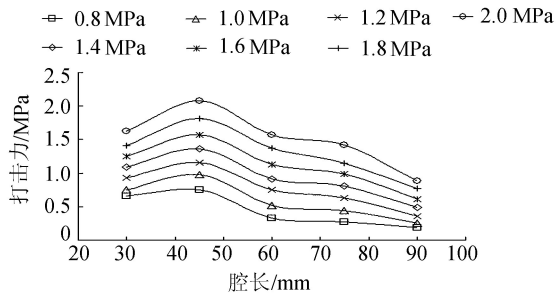
2 试验结果及分析

图3为不同的下喷嘴直径、工作压力和腔长对打击力的影响,可以看出:

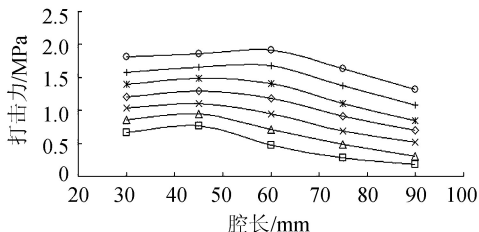
a. 下喷嘴直径为14 mm时,随着腔长的增大,打击力先增大后减小,且腔长为45 mm时打击力最大,同时结合脉冲效果可知在腔长为30 mm和45 mm时有脉冲射流产生,但脉冲效果并不十分明显,限于篇幅,图4只给出了工作压力为1.2 MPa,腔长为30 mm和45 mm、时间为10~20 s的脉冲效果。

b. 下喷嘴直径为16 mm时,随着腔长的增大,打击力先增大后减小。当工作压力在0.8~1.6 MPa之间变化,腔长为45 mm时打击力最大;工作压力在1.8~2.0 MPa之间变化,腔长为60 mm时打击力最大。结合脉冲效果可知腔长为45 mm和腔长60 mm时均有脉冲现象,图5只给出了工作压力为1.2 MPa,腔长为45 mm和60 mm、时间为10~30 s的脉冲效果。

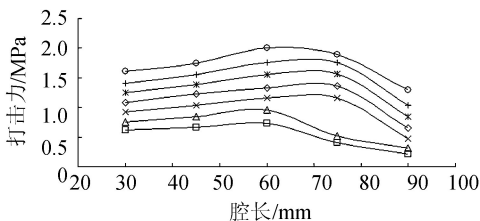
c. 下喷嘴直径为17 mm时,随着腔长的增大,打击力先增大后减小;随着腔长的继续增大,工作压力为0.8 MPa和1.0 MPa时,打击力减小得比较快。



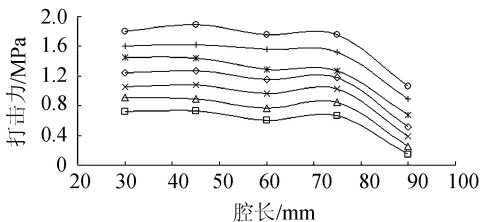
(a) 下喷嘴直径14 mm



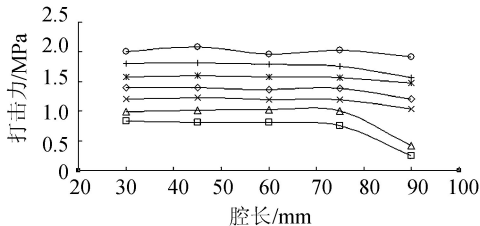
(b) 下喷嘴直径16 mm



(c) 下喷嘴直径17 mm



(d) 下喷嘴直径18 mm



(e) 下喷嘴直径20 mm

图3 不同的下喷嘴直径、工作压力和腔长对打击力的影响

当工作压力为0.8 MPa,1.0 MPa和2.0 MPa,腔长为60 mm时打击力最大;工作压力在1.2~1.8 MPa之间变化,腔长为75 mm时打击力最大。结合脉冲效果可知腔长为60 mm的脉冲效果好于75 mm的,图6给出了工作压力为1.4 MPa、腔长为60 mm和腔长75 mm的脉冲效果。

d. 下喷嘴直径为18 mm时,随着腔长的增大,打击力先小幅度增大后减小,然后再增大后急剧减小,且腔长为45 mm和75 mm的打击力最大。结合脉冲效果可知腔长为60 mm的脉冲效果好于75 mm

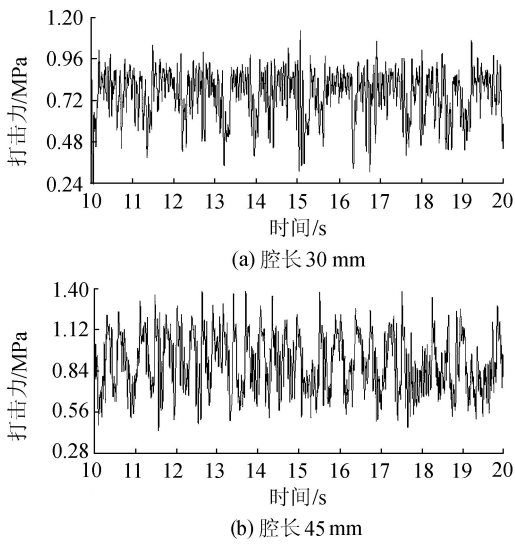


图4 下喷嘴直径为14 mm的脉冲效果

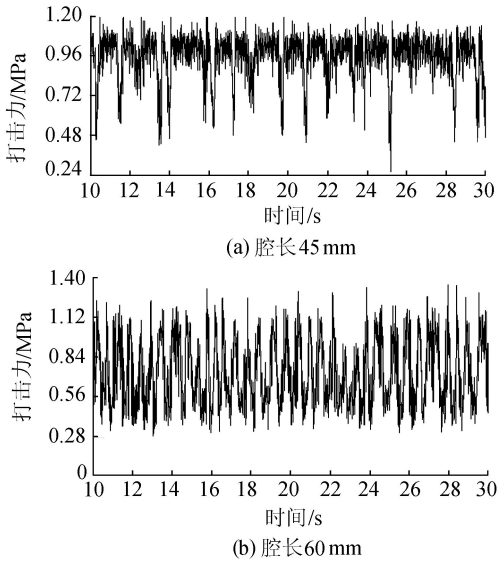


图5 下喷嘴直径为16 mm的脉冲效果

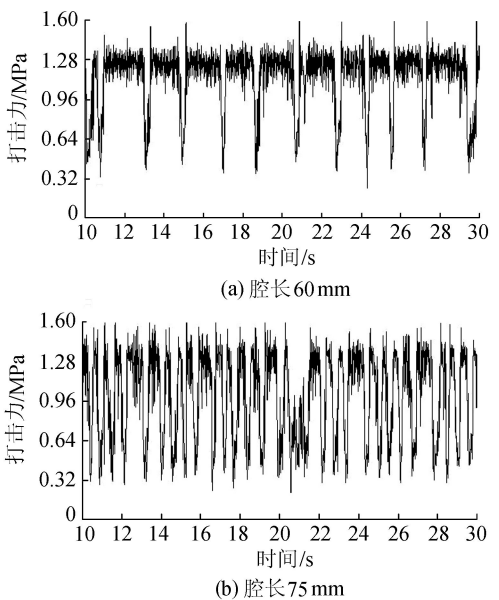


图6 下喷嘴直径为17 mm的脉冲效果

的,图7给出了工作压力为1.8 MPa、腔长为60 mm和腔长75 mm的脉冲效果。

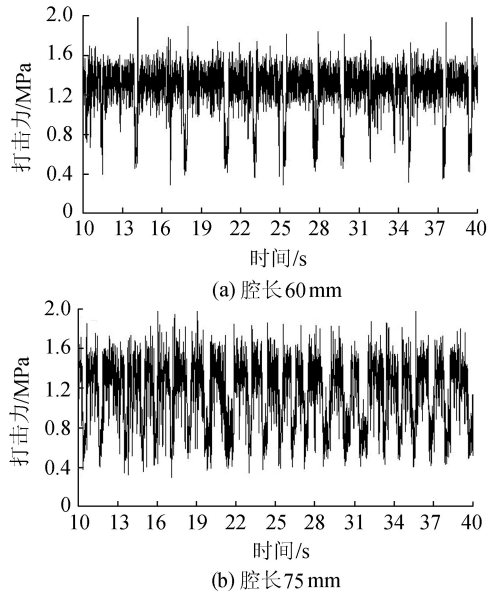


图7 下喷嘴直径为18 mm的脉冲效果

e. 下喷嘴直径为20 mm时,随着腔长的增大,工作压力在0.8~1.0 MPa范围内变化时,打击力先小幅增大后急剧减小,腔长为75 mm时打击力较大;工作压力在1.2~1.8 MPa范围内变化时,打击力变化较为平缓,仅有小幅减小;工作压力为2.0 MPa时,打击力先增大后减小,然后再增大后减小,且腔长为45 mm和75 mm时打击力最大。结合脉冲效果可知腔长为75 mm的脉冲效果好于90 mm的脉冲效果,图8给出了工作压力为1.2 MPa、腔长为75 mm和腔长90 mm的脉冲效果。

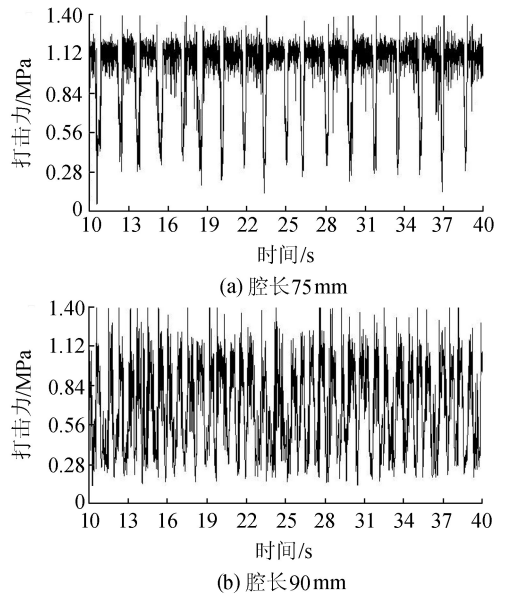


图8 下喷嘴直径为20 mm的脉冲效果

(下转第83页)

报,2001,3(4):61-63.

[9] PRITCHARD R S,KNOKE G S,ECHERT D C S. Sliding friction of sea ice blocks [J]. Cold Regions Science and Technology,2012,76:8-16.

[10] BARKER A,TIMCO G. The friction coefficient of a large ice block on a sand/gravel beach [C]//12th Workshop on the Hydraulics of Ice Covered Rivers. Edmonton: CGU HS Committee on River Ice Processes and the Environment,2003.

[11] 翟玉生,李安,张金中. 应用摩擦学[M]. 东营:石油大

学出版社,1996:50-53.

[12] 林复生. 简明摩擦学[M]. 重庆:重庆大学出版社,1987.

[13] MEINE K, SCHNEIDER T, SPALTMANN D, et al. The influence of roughness on friction part II. the influence of multiple steps [J]. Wear,2002,253(7/8):733-738.

[14] STAMBOULIDES C, ENGLEZOS P, HATZIKIRIAKOS S G. The ice friction of polymeric substrates [J]. Tribology International,2012,55:59.

(收稿日期:2012-08-17 编辑:周红梅)

(上接第 69 页)

3 结 语

本文通过自行研制的试验装置对自激脉冲射流装置的结构参数和运行参数进行试验研究,分析了上喷嘴直径为 8 mm 和腔径为 95 mm 时的自激脉冲射流装置结构参数和运行参数对打击力和脉冲效果的影响,故精确地给出了产生最佳脉冲效果的工作压力和结构参数范围,为自激脉冲射流结构参数和运行参数优化设计提供依据。分析可知:当下喷嘴直径在 14 ~ 20 mm、腔长为 30 ~ 90 mm 时均能产生脉冲;随着下喷嘴直径增加,与之配比腔长需相应增加,才能产生较好的脉冲效果。本次试验只采用了一种腔径,对于其他腔径的脉冲规律还需进一步通过试验进行探讨。

参考文献:

[1] 高传昌,陈豪,雷霆. 自激振荡脉冲射流的研究与进展[J]. 华北水利水电学院学报,2009,30(3):41-44.

[2] 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.

[3] 李江云. 自激脉冲喷嘴发生机理数值模拟[J]. 工程热物理学报,2005,25(2):241-243.

[4] 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.

[5] 高传昌,雷霆,王好锋,等. 低压大流量自激式脉冲射流喷嘴装置性能参数试验研究[J]. 华北水利水电学院学报,2010,31(2):47-51.

[6] 李晓红,杨林,王建生,等. 自激振荡脉冲射流装置的固有频率特性[J]. 煤炭学报,2000,25(6):641-644.

[7] 高传昌,雷霆. 自激振荡脉冲射流喷嘴装置系统频率特性理论研究[J]. 应用力学学报,2009,27(1):33-38.

[8] 裴江红,廖振方,唐川林. 自激振荡脉冲射流频率特性实验研究[J]. 中国机械工程,2009,20(1):60-63.

(收稿日期:2012-02-27 编辑:周红梅)

(上接第 66 页)

防触电、防高空坠物等安全工作外,还应做好防毒、防菌等保护工作。

4 结 语

长期以来,钢围堰作为一种水下检修装置,由于不能彻底排除底水,应用受到很大限制。新型排底水系统的发明使钢围堰的适用水深在理论上突破了大气压力的制约,效率更高,使用更便捷,能设计安装在用于混凝土平面、斜面、立面维修的钢围堰上,维持施工界面无水。开敞式水下检修装置一般适用于混凝土检修或固定在混凝土表面的设备、金属结构的检修,对混凝土结构强度有一定要求,能否使用开敞式水下检修装置,还应对相关混凝土结构进行核算。

参考文献:

[1] 蔡平,周灿华,徐惠亮. 自浮式气压沉柜在水下工程检修中的应用[J]. 水利水运工程学报,1998(增刊1):64-67.

[2] 王德俊. 自浮式气压沉柜在谏壁闸水下检修中的应用与改进[J]. 江苏水利,2009(10):21-22,24.

[3] 周和平,汤可方,孙猛,等. DDC 开敞式水下混凝土无水检修装置研究与应用[J]. 治淮,2006(7):30-31.

[4] 曹周平,朱召泉. 钢结构[M]. 北京:科学技术文献出版社,1999.

[5] 徐道远,黄孟生,朱为玄,等. 材料力学[M]. 南京:河海大学,2000.

[6] 李家星,赵振兴. 水力学[M]. 南京:河海大学出版社,2001.

[7] 朱立明,柯葵. 流体力学[M]. 上海:同济大学出版社,2009.

(收稿日期:2012-02-16 编辑:骆超)