

Experiment Study on Flow Resistance Characteristics of Hinged Valve with Submerged Export for Condensed Fluid's Recovery

Kejian Cai¹, Xuemei Gong¹, Yonghong He², Zhenwu Wang¹, Hongfei Wu¹, Jichong Hu¹

1. Building Environment and Equipment Engineering Department, Ning bo University of Technology, Ning boCity,China

2. ZhenHai Refining and Chemical Co.Ltd, Ning boCity,China

1. ckj@nbut.cn, 2. gxm@nbut.cn

Abstract: In Submerged export condition ,through analysis and experiment on the influence factor of flow resistance characteristics of hinged valve applied to a new condensate pump, the relationship of the local resistance coefficient ξ and its influence factor is obtained. The diameter D , density of swing disc ρ_v , flow rate Q and the valve opening angle α are point out to be the main factors influencing on the hinged valve's local resistance coefficient ξ . The curves of the local resistance coefficient ξ and these factors are given.

Keyword: hinged valve; submerged export ; flow resistance characteristics; local resistance coefficient; influence factor

冷凝液回收用铰接阀淹没出口流阻特性的实验研究

蔡可键¹, 巩学梅¹, 何永红², 王振武¹, 吴红斐¹, 胡积崇¹

1. 宁波工程学院, 宁波, 中国, 315016

2. 镇海炼化公司, 宁波, 中国, 315000

1. ckj@nbut.cn, 2. gxm@nbut.cn

摘要: 在淹没出口工况条件下, 通过对一种新型冷凝液输送系铰接阀流阻特性的分析及实验, 得到铰接阀的局部阻力系数 ξ 与其各种影响因素的关系。阐述了铰接阀直径 D 、铰接阀瓣密度 ρ_v 、流量 Q 、阀瓣开度 α 对铰接阀的局部阻力系数 ξ 的主要影响, 并给出了局部阻力系数 ξ 与各个影响因素的关系曲线。

关键词: 冷凝液; 铰接阀; 淹没出口; 流阻特性; 局部阻力系数

前言

随着工业的发展和建筑中暖通空调的广泛应用, 蒸汽用量及蒸汽冷凝液的排放量迅速增长。冷凝液不仅有大量的余热可以利用, 而且直接排放造成环境污染, 所以蒸汽冷凝液的回收利用成为国内外诸多节能、环保专家关注的焦点^[1-4]。直接作用往复泵作为冷凝液回收的新型输送设备, 进出口单向阀是其关键部件, 对设备正常工作和管网运行模式调控起到重要的作用, 但是单向阀工作过程的局部阻力损失较大, 造成输送能量的损失^[5-7]。尤其是直接作用往复泵的入口单向阀, 如果阻力损失过大, 极易产生泵的汽蚀现象, 损坏流体输送设备。这种现象在冷凝液输送过程中表

现得更加明显, 冷凝后的热水温度高, 易汽化, 极易产生汽蚀现象, 导致冷凝液输送十分困难。为了解决冷凝液输送往复泵进出口单向阀造成的汽蚀问题, 许多专家学者做了大量的研究工作。西南石油学院梁红、孟英峰等对往复泵泵阀工作行为进行了理论分析, 分析了非稳定流动与非固定边界的影响, 很好描述了泵阀开启、关闭、升降及上升过程中与限位器的碰撞规律^[8]。隋德生, 郭光伟等对往复泵自动式球阀开启压差进行了计算^[9]。大庆石油学院赵洪激、刘扬等对高压往复泵锥形阀结构优化设计, 建立了泵阀结构优化设计的数学模型, 给出了求解方法^[10]。大庆石油学院董世民、王春华等对往复泵自动锥形阀运动规律建立新模型并进行仿真^[11]。石油大学董怀荣等、哈尔

滨工业大学闫国军、赵军明、董泳等也都对往复泵泵阀工作理论、运动规律进行研究^[12-13]。但是所有这些研究都是围绕现有的平板阀、锥形阀、球形阀、平板环形阀等几种单向阀进行，没有从根本上解决大流阻损失的问题。为解决冷凝液回收过程中输送的技术难题，巩学梅、邓红英等针对冷凝液输送泵新型进出口铰接阀自由出口的流阻特性进行了实验研究^[14]，但是针对往复泵淹没出口的铰接阀流阻特性并未涉及，本文在淹没出口情况下对铰接阀的流阻特性进行实验研究。

1 铰接阀结构

冷凝液回收输送泵进出口铰接阀是一种旋启式单向阀，其结构和流动过程阀瓣开启时受力情况如图 1 所示。

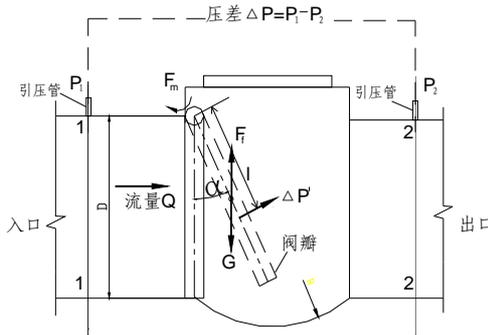


Figure 1. Hinged valve's structure and the forces in flowing process
图 1. 铰接阀的结构及流动过程中受力示意图

假定输送液体为定常流动，根据力矩平衡原理，由动量定理可以建立阀瓣的两面压力差 $\Delta P'$ 与旋启阀瓣自重 G 、浮力 F_f 、铰接端摩擦阻力 F_m 的平衡关系 $\Delta P' \cdot l = (G - F_f) \cdot \frac{D}{2} \cdot \text{tg} \alpha + F_m \cdot r$ ，忽略摩擦阻力矩项 $F_m \cdot r$ ，得到铰接阀的局部阻力系数 ξ 与阀定型尺寸直径 D 、铰接阀瓣密度 ρ_v 、流量 Q 、阀开度 α 等参数有关^[14]。

2 实验装置

为了研究铰接阀的局部阻力系数 ξ 与各个影响因素的关系，设计了如图 2 所示的实验装置。

本次实验采用开式系统。系统利用自来水管网的压力作为流动驱动力，同时便于稳压水箱液位恒定，维持管网压力稳定，压力波动维持在 $\pm 2\%$ 范围内。

试验阀 V1 到 V3 前各设置一球截止阀，用于调节流量。

试验阀 V1 到 V3 前后管段设置引压管，阀前后压差 ΔP （水头损失）利用 U 形管差压计测量，测量精度达到 $\pm 0.2\%$ 。

各试验管路的流量采用容积法测量。秒表计时精确度达到 $0.01s$ ，量筒精确度达到 $1ml$ 。

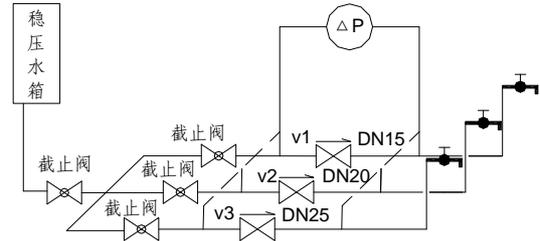


Figure 2. Experimental device for the flow with submerged export

图 2. 淹没出口实验装置流程图

本次实验采用 DN15、DN20、DN25 的一系列不锈钢铰接阀进行实验，实验流体采用水，分别研究不同直径的阀在不同开度下压力损失与流量的关系、不同流量下开度与压力损失的关系、不同开度和流量下直径与压力损失的关系，不同出口压力下流量与压力损失的关系。出口压力通过调节出口竖直管段的高度来设置。

3 实验结果

3.1 不同开度 α 下局部阻力系数 ξ 与流量 Q 的关系

图 3、图 4、图 5 分别给出 DN15、DN20、DN25 三个直径系列铰接阀在不同开度下局部阻力系数 ξ 与流量 Q 的关系。由该三图可知，随流量的增加，铰接阀的局部阻力系数 ξ 逐渐减小，当流量 Q 增大到某一临界流量 Q_c 后，局部阻力系数 ξ 随流量增加变化很小，可以认为趋于恒定值，但 Q_c 随管径增加有明显的增大。局部阻力系数 ξ 与流量的关系与自由出口规律相似，在 Q_c 处，局部阻力系数 ξ 的数值也与自由出口情况相同， $\xi \approx 20$ ^[14]。

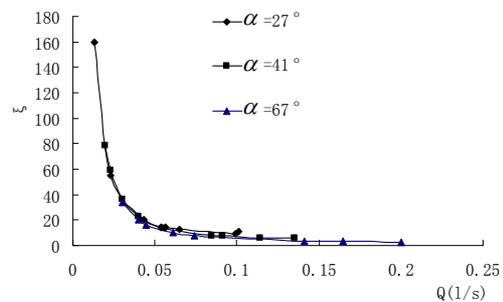


Figure3. Curve :local resistance coefficient ξ and flow rate Q (DN15 ,10cm Water column)

图 3. 铰接阀在开度不同时局部阻力系数 ξ 与流量 Q 的关系 (DN15, 10cm 水柱)

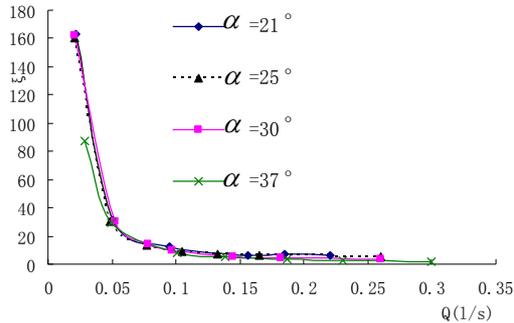


Figure 4. Curve :local resistance coefficient ξ and flow rate Q (DN20,10cm Water column)

图 4. 铰接阀在不同开度下局部阻力系数 ξ 与流量 Q 的关系 (DN20,10cm 水柱)

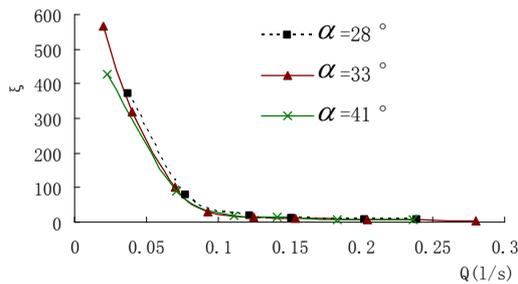


Figure5. Curve :local resistance coefficient ξ and flow rate Q (DN25 ,10cm Water column)

图 5. 铰接阀在开度不同时局部阻力系数 ξ 与流量 Q 的关系 (DN25, 10cm 水柱)

3.2 The relation of the local resistance coefficient ξ and opening angle α with different flow rate Q

3.2 不同流量 Q 时局部阻力系数 ξ 与阀瓣开度 α 的关系

图 6、图 7、图 8 分别给出 10cm 水柱出口压力时，DN15、DN20、DN25 三个直径系列铰接阀在不同流量下局部阻力系数 ξ 与阀瓣开度 α 的关系。由三个图可以看出，当流量不变时，随着阀瓣开度 α 的增加，铰接阀的局部阻力系数 ξ 逐渐减小，在阀瓣开度 $\alpha=30^\circ$ 附近，局部阻力系数 ξ 随阀瓣开度 α 增加变化变缓慢，直至阀开度达到最大值，局部阻力系数 ξ 达到最小。且流量由小到大，曲线逐渐由稀变密，验证

了流量增大到临界值后，局部阻力系数 ξ 趋于恒定。局部阻力系数 ξ 与开度的关系与自由出口规律相同 [14]。

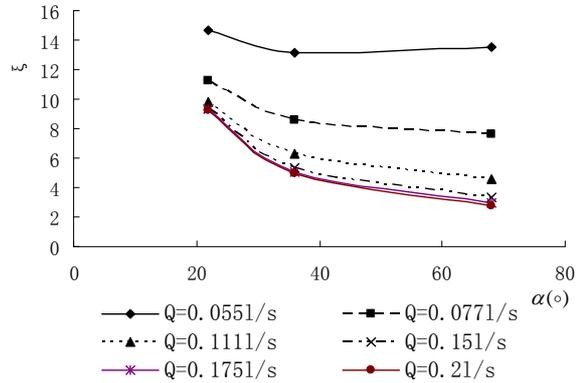


Figure6. Curve :local resistance coefficient ξ and opening angle α (DN15 ,10cm Water column)

图 6. 铰接阀在不同流量下局部阻力系数 ξ 与开度 α 的关系 (DN25, 10cm 水柱)

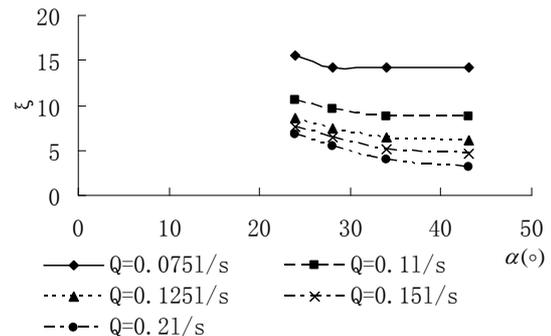


Figure7. Curve :local resistance coefficient ξ and opening angle α (DN20 ,10cm Water column)

图 7. 铰接阀在不同流量下局部阻力系数 ξ 与开度 α 的关系 (DN25, 10cm 水柱)

3.3 不同直径 D 时局部阻力系数 ξ 与流量 Q 的关系

图 9、图 10 分别给出出口压力为 10cm 水柱时，DN15、DN20、DN25 三个系列的铰接阀在开度为 24° 、 43° 时局部阻力系数 ξ 与流量 Q 的关系。由图可知，在小流量情况下，相同阀瓣开度时，大直径阀门的局部阻力系数 ξ 大；随流量增大，局部阻力系数 ξ 逐渐减小，小直径阀门首先达到临界流量 Q_c ，局部阻力系数 ξ 趋于恒定，且不同直径的恒定局部阻力系数近似

相等。这与自由出口时铰接阀的局部阻力系数 ξ 与直径的关系相同^[14]。

度 43°, 10cm 水柱)

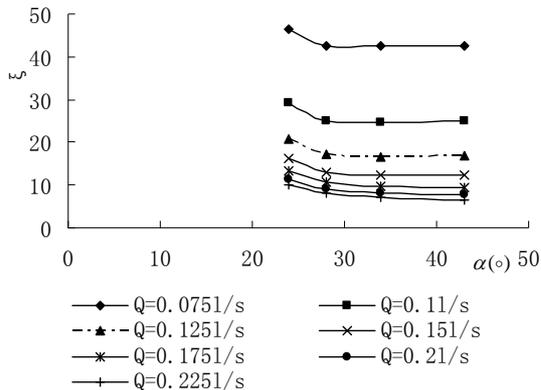


Figure8. Curve :local resistance coefficient ξ and opening angle α (DN25,10cm Water column)

图 8. 铰接阀在不同流量下局部阻力系数 ξ 与开度 α 的关系 (DN25, 10cm 水柱)

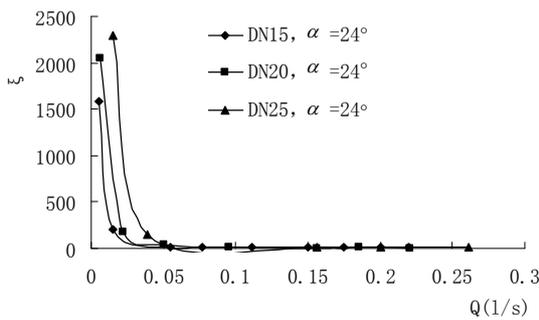


Figure9. Curve :local resistance coefficient ξ and flow rate Q with different D ($\alpha=24^\circ$,10cm Water column)

图 9. 不同直径的铰接阀局部阻力系数 ξ 与流量 Q 的关系 (开度 24°, 10cm 水柱)

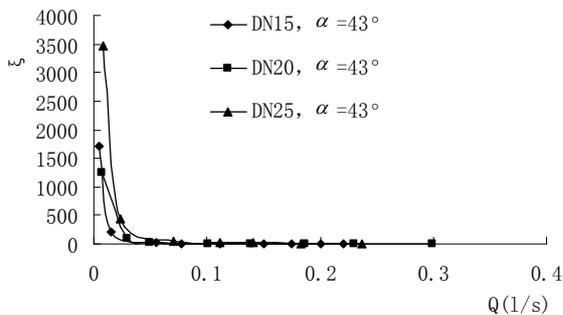


Figure10. Curve :local resistance coefficient ξ and flow rate Q with different D ($\alpha=43^\circ$,10cm Water column)

图 10. 不同直径的铰接阀局部阻力系数 ξ 与流量 Q 的关系 (开

3.4 不同出口压力时，铰接阀局部阻力系数 ξ 与出口压力的关系

图 11、图 12 图、13 分别给出一定开度下，不同出口压力时，DN15、DN20、DN25 三个系列铰接阀的局部阻力系数 ξ 与流量 Q 的关系。由图可知，淹没出口工况下，出口压力对铰接阀的局部阻力系数 ξ 没有影响。这也同时解释了淹没出口情况下铰接阀局部阻力系数 ξ 与各个影响因素的关系与自由出口情况相同的实验结论。

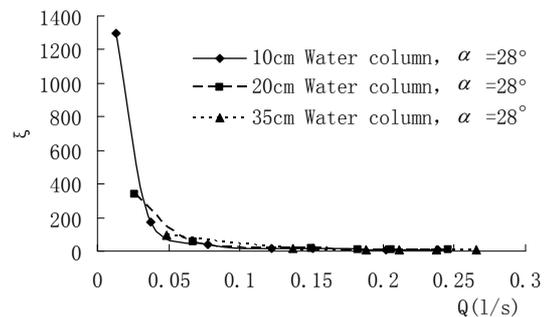


Figure11. Curve :local resistance coefficient ξ and flow rate Q with different export pressure (DN25, $\alpha=28^\circ$)

图 11. 不同出口压力时铰接阀的局部阻力系数 ξ 与流量 Q 的关系 (DN25, $\alpha=28^\circ$)

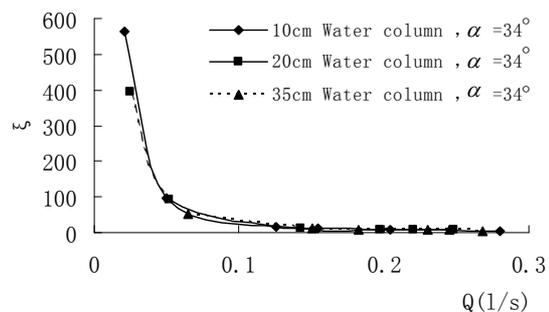


Figure12. Curve :local resistance coefficient ξ and flow rate Q with different export pressure (DN25, $\alpha=34^\circ$)

图 12. 不同出口压力时铰接阀的局部阻力系数 ξ 与流量 Q 的关系 (DN25, $\alpha=34^\circ$)

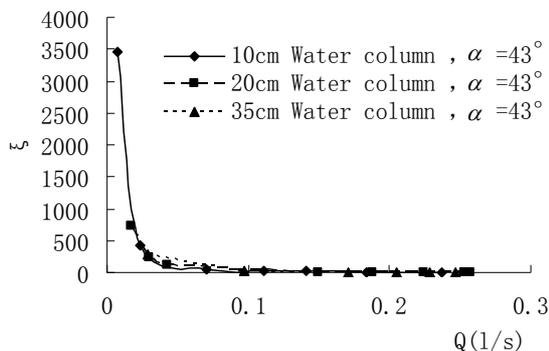


Figure13. Curve :local resistance coefficient ξ and flow rate Q with different export pressure (DN25, $\alpha = 43^\circ$)

图 13. 不同出口压力时铰接阀的局部阻力系数 ξ 与流量 Q 的关系 (DN25, $\alpha = 43^\circ$)

4 结论

在淹没出口条件下,通过对 DN15、DN20、DN25 三个直径的不锈钢铰接阀的流阻特性进行实验,分析阀的局部阻力系数 ξ 与直径 D 、流量 Q 、阀瓣开度 α 的关系,得出如下结论:

(1)铰接阀出口背压不影响局部阻力系数 ξ 与直径 D 、流量 Q 、阀瓣开度 α 的关系。

(2)淹没出口条件下,铰接阀局部阻力系数 ξ 与直径 D 、流量 Q 、阀瓣开度 α 的关系与自由出口情况下是相同的。即:一、流量 Q 对局部阻力系数 ξ 的影响主要在小流量阶段,局部阻力系数 ξ 随流量增加而减小。存在临界流量 Q_c ,当 Q 大于 Q_c 时,局部阻力系数 ξ 在同一开度时为恒定值。二、阀直径 D 对局部阻力系数 ξ 的影响也主要在小流量阶段。在小流量阶段,同一流量下,局部阻力系数 ξ 随直径 D 增加而增大。当 Q 大于临界流量 Q_c 时,局部阻力系数 ξ 在同一直径时为恒定值。

References (参考文献)

[1] Zhu Xiangli, Ding Weidong, Study on Condensed Fluid's Recovery and utilization[J],*ENERGY CONSERVATION*, 2003 (1): 44-46.
朱相利,丁卫东. 冷凝液的回收利用[J], 节能, 2003 (1): 44-46.
[2] Li Shusheng, Study on Condensate collector[J],*WATER SUPPLY AND DISPLACE*, 1997, 23 (10): 56-57.
李树生. 冷凝液回收器的研究[J], 给水排水, 1997, 23(10): 56-57.

[3] Zheng Baiqing, SUMMARY OF THE DESIGN OF CONDENSATE RECOVERY UNIT FOR SYNTHETIC AMMONIA PROCESS[J], *Large Scale Nitrogenous Fertilizer Industry*, 2002, 25 (1): 71-72.
郑百清. 合成氨工艺冷凝液回收装置设计综述, 大氮肥, 2002, 25 (1): 71-72.
[4] Zhu Xiaosi, Zhongyuan, Cause Analysis of leakage and Reform for Seals in Condensed Liquid Pump[J], *Process Equipment & Piping*, 2002 (35): 46-47.
朱小四. 冷凝液泵机封泄漏原因分析及改造[J], 化工设备与管道, 2002 (35): 46-47.
[5] Condensate pump mechanism available as retrofit[J], *WORLD PUMPS*, August 2005: 5
[6] Yevgeny Solodchenkov, Sergey Trishkin. New generation of condensate pumps for Russian power engineering[J], *World Pumps*, Volume 2004, Issue 457, October 2004, Pages 32-33
[7] A. R. Abu Dayyeh, Ribhi Hamdan, Wasfi Fahmi Zaki, Ahmed Salah Abutalib. Re-use of vacuum and vent system condensate Desalination[C], Volume 134, Issues 1-3, 20 April 2001, Pages 249-255
[8] Liang Hong, Meng Yingfeng, Theoretical Analysis of Valve Behavior Reciprocating Pump[J], *Fluid Machinery*, 1995, (8): 34-37.
梁红, 孟英峰. 往复泵阀工作行为的理论分析, 流体机械[J], 1995, (8): 34-37.
[9] Sui Desheng, Guo Guangwei, The calculations for opening pressure drop of Reciprocating pump automatic ball valve[J], *FORESTRY MACHINERY & WOODWORKING EQUIPMENT*, 1998, (7): 17-18
隋德生, 郭光伟. 往复泵自动式球阀开启压差的计算[J], 林业机械与木工设备, 1998, (7): 17-18
[10] ZHAO Hongji, Liu Yang, STRUCTURE OPTIMIZATION DESIGN FOR PRICK VALVE OF HIGH P RESSURE RECIPROCATING PUMP[J], *ACTA PETROLEI SINICA*, 2001, (1): 50.
赵洪激, 刘扬. 高压往复泵锥形阀结构优化设计[J], 石油学报, 2001, (1): 50.
[11] Dong Shimin, Wang Chunhua, A New Model and Simulation of the Movement of Self-acting Conical Valve of Reciprocating Pumps[J], *Fluid Machinery*, 2001, 29 (6): 19-22.
董世民, 王春华. 往复泵自动锥形阀运动规律的新模型与仿真[J], 流体机械, 2001, 29 (6): 19-22
[12] Dong Huairong, Pan Hongzheng, Zhang Huifeng, Wang Ping, Li Qin, Study on the Working Theory of the Valve on Constant Discharge Reciprocating Pumps[J], *Petroleum Drilling Techniques*, 2003, 31 (2): 39-41.
董怀荣, 潘洪政, 张慧峰, 王平, 李琴. 恒流量往复泵泵阀工作理论研究[J], 石油钻探技术, 2003, 31 (2): 39-41.
[13] Yan Guojun, Zhao Junming, Dong Yong, Study on Kinematics of Reciprocating Pump Valve[J], *China Mechanical Engineering*, 2004, 15 (18): 1617-1618.
闫国军, 赵军明, 董泳. 往复泵阀运动规律的研究[J], 中国机械工程, 2004, 15 (18): 1617-1618.
[14] Gong Xuemei, Deng Hongying. Experiment on the influence Factors of flow resistance characteristics of Hinged Valve with Free Export[J], *Fluid Machinery*, 2010, 38 (5): 8-12.
巩学梅, 邓红英. 常压出口铰接阀流阻特性的影响因素及其试验研究[J], 流体机械, 2010, 38 (5): 8-12.