

# 旋流限流阀在初期雨水截流中的应用

赵奇奇<sup>1</sup>, 武福平<sup>1</sup>, 袁国文<sup>2</sup>, 唐鑫<sup>1</sup>, 冯霖<sup>1</sup>

(1. 兰州交通大学 环境与市政工程学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 德威华泰科技股份有限公司, 北京 100085)

**摘要:** 在分析旋流限流阀截流雨水原理的基础上,通过中试研究了不同工作条件下旋流限流阀的雨水截流量,并利用 SWMM 模型模拟旋流限流阀对兰州新区某污水厂径流雨水的截流效果。结果表明,随着压力差的增大,旋流限流阀的雨水截流量先线性增长后缓慢增加,最后趋于饱和。旋流限流阀的口径越大,则重力流阶段和限流阶段的最大截流量就越大;安装角度越大,重力流阶段的最大截流量就越大,而限流阶段的最大截流量基本不变。旋流限流阀对研究区域的径流雨水具有很高的截流率,可以截流初期雨水、削减雨水径流峰值、推迟峰值到来时间。

**关键词:** 初期雨水; 旋流限流阀; 截流; SWMM

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)07-0124-04

## Application of Rotational Flow-limiting Valve in Initial Rainwater Interception

ZHAO Qi-qi<sup>1</sup>, WU Fu-ping<sup>1</sup>, YUAN Guo-wen<sup>2</sup>, TANG Xin<sup>1</sup>, FENG Lin<sup>1</sup>

(1. School of Environmental and Municipal Engineering, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070, China; 2. TAWA Technology Co. Ltd., Beijing 100085, China)

**Abstract:** Based on analyzing the principle of rainwater intercepting by rotational flow-limiting valve, rainwater interception by rotational flow-limiting valve under different operating conditions was researched by the pilot tests, and the effect of rotational flow-limiting valve on runoff interception of a wastewater treatment plant in Lanzhou new district was simulated by using SWMM model. The pilot tests showed that the rainwater interception of the rotational flow-limiting valve linearly increased at first and then increased slowly, which finally tended to be saturated with the increase of pressure differential. Bigger diameter of the rotational flow-limiting valve led to the larger maximal interception during gravity flow and limiting flow stages, and greater installing angle of the rotational flow-limiting valve resulted in the higher maximal interception during gravity flow stage, but the maximal interception was basically unchangeable during limiting flow stage. High runoff retention rate of the rotational flow-limiting valve was achieved in the study area. Not only could it intercept the initial rainwater and cut down the runoff peak value, but also it could put off the flood peak appearance time.

**Key words:** initial rainwater; rotational flow-limiting valve; interception; SWMM

研究表明,初期径流雨水水质较差,容易污染自然水体,所以有必要对其进行截流处理<sup>[1,2]</sup>。旋流

基金项目: 国家重点研发计划项目(2016YFC0400703); 甘肃省重点研发计划项目(17YF1NA056); 甘肃省科技重大专项(1203NKDA021)

通信作者: 武福平 E-mail: wfp1962@126.com

限流阀作为一种特殊的截流设备,能够精确控制流量,可以将截流的初期雨水均匀稳定地排放至污水处理厂<sup>[3]</sup>,不仅可以减轻地表径流污染,而且不会对污水厂的正常运行产生较大的水量冲击。笔者在分析旋流限流阀截流雨水原理的基础上,对其进行了中试研究,并通过 SWMM 模型考察旋流限流阀对兰州新区某污水厂初期雨水的截流效果。

## 1 材料与方法

### 1.1 旋流限流阀的工作原理

旋流限流阀由于独特的水力学及空气力学原理<sup>[4]</sup>,工作时利用其腔体内外的进水压力差,使得进水以正切角的方向切入腔体,在流量较小时,水流靠重力作用流过旋流腔,只受到一个光滑的角度阻碍,从而水流呈现弯曲变化,见图 1(b);在进水流量较大时,旋流限流阀前水压升高,水以正切角切入旋流腔后,在腔体内形成旋流状态,从而具有较大的切线角速度,造成空气填满腔体而构成旋流核,过水断面减小,旋流限流阀能形成一个理想的加速阻力而阻碍大部分出流,呈现限流状态,见图 1(c)。

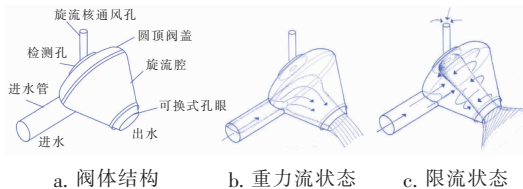


图1 旋流限流阀的工作原理

Fig. 1 Fundamental diagram of rotational flow-limiting valve

### 1.2 试验装置与方法

中试装置如图 2 所示,在变频离心泵的作用下,水流自吸水管通过电动阀门微调后进入管路系统,流经旋流限流阀,最终回流至水池,完成循环。在管道中安装流量计与压力表,对试验数据进行读取。

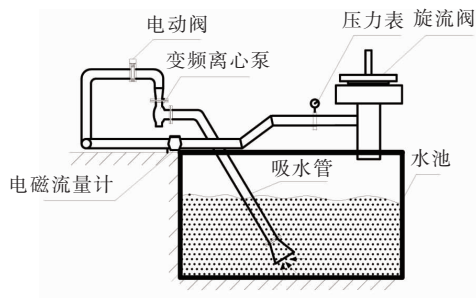


图2 中试装置

Fig. 2 Schematic diagram of pilot-scale equipment

选择口径分别为 DN80、DN100 和 DN150 的 3

个旋流限流阀,安装角度(阀体与竖直方向的夹角)均为  $11^\circ$ ,研究不同口径的旋流限流阀的压力差—流量曲线。另外,选择 4 个 DN100 的旋流限流阀,安装角度分别为  $11^\circ$ 、 $30^\circ$ 、 $45^\circ$  和  $60^\circ$ ,研究旋流限流阀在不同安装角度下的压力差—流量曲线。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同口径下压力差和流量的关系

不同口径的旋流限流阀的压力差—流量曲线如图 3 所示。

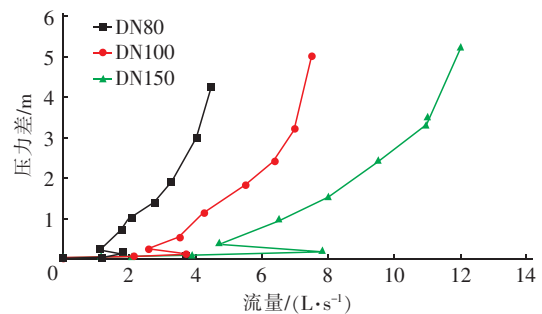


图3 不同口径的旋流限流阀的压力差—流量曲线

Fig. 3 Pressure-flow curves of rotational flow-limiting valves with different diameters

从图 3 可以看出,旋流限流阀的流量随进出口压力差的变化而变化。以 DN80 旋流限流阀为例,当旋流限流阀的进出口压力差从零增大到 0.18 m (1 m 水柱产生的压力约为 10 kPa) 时,出流量随着压力差的升高呈线性增加,从零增加到 1.77 L/s;当旋流限流阀的进出口压力差从 0.18 m 增至 0.25 m 时,出流量随着压力差的升高而降低,从 1.77 L/s 降低到 1.12 L/s;当旋流限流阀的进出口压力差从 0.25 m 增大到 1.4 m 时,出流量随着压力差的升高呈线性增长,出流量从 1.12 L/s 增加到 2.75 L/s;当压力差增大到 1.4 m 以后,出流量逐渐趋向饱和稳定。DN80 旋流限流阀的最大出流量为 4.5 L/s。

综上,不同口径旋流限流阀的出流量随压力差一致呈现 3 个阶段的变化:线性增大,突然减小,线性再增大至逐渐趋向饱和。可以将以上 3 个阶段归纳为重力流状态、渐变状态和限流状态。随着旋流限流阀口径的增大,重力流阶段的最大出流量也随之增大,DN80、DN100 和 DN150 的最大出流量分别为 1.77、3.72 和 7.80 L/s;另外,限流阶段的最大出流量也随之增大,分别为 4.5、7.5 和 12 L/s。

### 2.2 不同安装角度下压力差和流量的关系

不同安装角度下旋流限流阀的压力差—流量曲

线如图4所示。

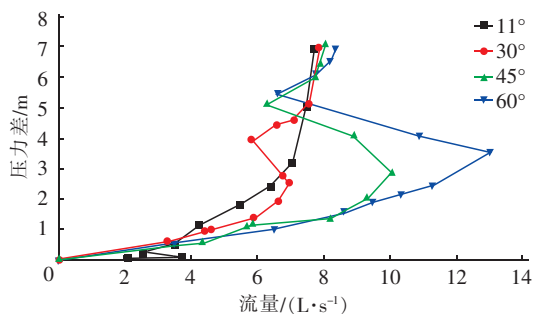


图4 不同安装角度下旋流限流阀的压力差—流量曲线

Fig. 4 Pressure-flow curves of rotational flow-limiting valves with different installing angles

由图4可知,对于相同口径的旋流限流阀,安装角度越大,重力流阶段的最大出流量就越大,当安装角度分别为 $11^\circ$ 、 $30^\circ$ 、 $45^\circ$ 和 $60^\circ$ 时,旋流限流阀的最大出流量分别为 $3.72$ 、 $6.72$ 、 $10.08$ 和 $12.99$  L/s。根据曲线变化趋势,不同安装角度对限流状态的最大出流量基本没有影响。由此可知,选定旋流限流阀的口径后,其限流状态的最大出流量已经确定,对于初期雨水污染物浓度较高的地区,可采用大安装角度,以增大径流初期重力流阶段的雨水截流量,从而减少初期径流雨水的外排量。

### 3 旋流限流阀对初期雨水的截流效果

兰州新区某污水处理厂厂区面积为 $9.5\text{ hm}^2$ ,排水方式为雨污分流制,雨水管道排放口处设置初期雨水截流设施,见图5,其中图5(a)为雨水截流井和旋流阀井平面,图5(b)为雨水截流井剖面,图5(c)为旋流阀井剖面。雨水截流井溢流高度为 $2\text{ m}$ ,积水面积为 $1\text{ m}^2$ ,旋流限流阀为DN80型。径流雨水经雨水管网流入雨水截流井,井内雨水受重力作用流入旋流阀井,经旋流限流阀截流后进入污水管道,而后输送至污水厂处理。

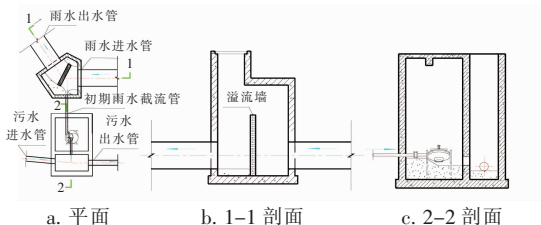


图5 初期雨水截流井和旋流阀井示意

Fig. 5 Schematic diagram of initial rainwater interceptor and rotational valve well

选取兰州新区2016年1场小雨、1场中雨、2

场大雨降雨过程,采用SWMM模型研究旋流限流阀对该污水厂初期径流雨水的截流效果,图6为不同降雨类型情况下的雨水径流曲线。

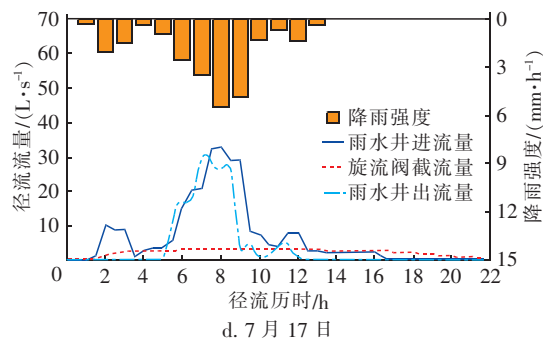
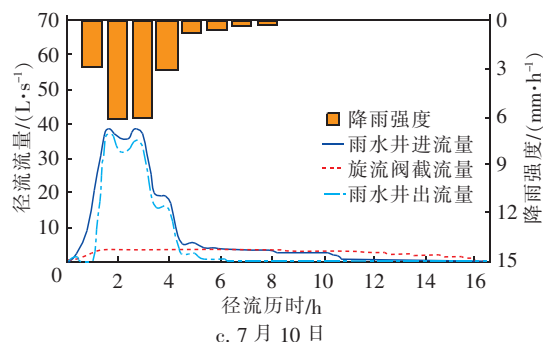
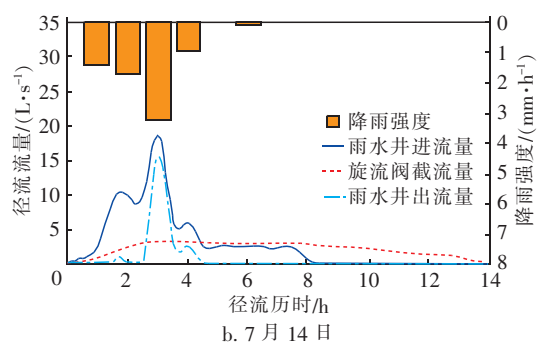
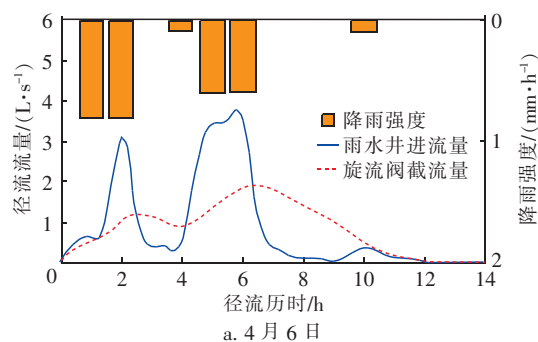


图6 不同降雨类型情况下的雨水径流曲线

Fig. 6 Rainwater runoff curves of different rainfalls

从图6可以看出,旋流限流阀的截流量大致维持在 $0\sim 4\text{ L/s}$ 之间,不会随着降雨强度和降雨历时

的改变而发生大幅度变化,这与中试结果较为一致,说明旋流限流阀可以将截流的径流雨水均匀稳定地排放至污水处理厂,不会对污水厂的正常运行造成较大的水量冲击。

通过对比雨水井进、出水流量曲线可以看出,7月14日雨水出水时间延迟1.5 h,7月10日雨水出水时间延迟1 h,7月17日雨水出水时间延迟5 h,说明旋流限流阀对初期雨水具有很好的截流效果,基本可以将此阶段的大部分雨水截流到污水管道。降雨中后期,由于降雨强度增大,雨水管道径流流量增大,未作截流的雨水流量增大,而此时径流雨水水质较为清洁,并不会造成大量径流污染雨水排放情况发生。对比雨水井进、出水流量峰值可以看出,旋流限流阀具有削减雨水径流峰值、推迟峰值到来时间的作用。

不同降雨类型情况下旋流限流阀对径流雨水的截流率如表1所示,旋流限流阀对于不同类型降雨过程的径流雨水均具有较高的截流率,降雨量越大则截流率越低。

表1 不同降雨类型情况下旋流限流阀对径流雨水的截流率

Tab. 1 Interception rate of runoff by rotational flow-limiting valve under different rainfalls

项 目	降雨量/ mm	降雨 类型	雨水井进 流量/ $\text{m}^3$	旋流阀截 流量/ $\text{m}^3$	旋流阀截 流率/%
4月6日	3.0	小雨	43.94	43.94	100
7月14日	7.4	中雨	148.79	110.72	74.41
7月10日	22.5	大雨	444.57	153.16	34.45
7月17日	25.2	大雨	523.38	200.87	38.38

#### 4 结论

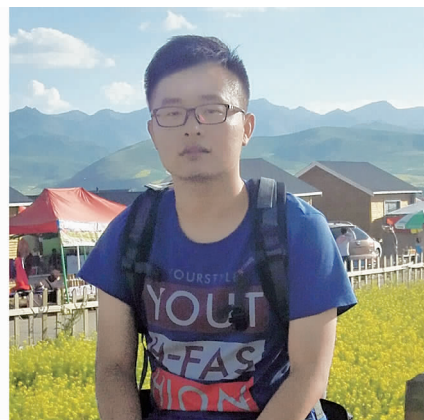
① 旋流限流阀中试结果表明,不同口径的旋流限流阀的出流量随压力差一致呈现3个阶段的变化:线性增大,突然减小,线性再增大至逐渐趋向饱和。旋流限流阀的口径越大,则重力流阶段和限流阶段的最大出流量就越大。在口径一定时,安装角度越大,重力流阶段的最大出流量就越大,而限流阶段的最大出流量基本不变。

② SWMM模型模拟研究表明,在不同降雨类型情况下,旋流限流阀对兰州新区某污水厂的径流雨水都具有较高的截流率。旋流限流阀具有截流初期雨水、削减雨水径流峰值、推迟峰值到来时间的作用。

③ 旋流限流阀将初期径流雨水截流至污水管网,不仅能够减少初期雨水对自然水体环境的污染,而且不会对污水处理厂的正常运行产生较大的水量冲击。

#### 参考文献:

- [1] 郑毅,曹建山,刘宝山,等. 对初期雨水径流弃流问题的探讨[J]. 中国给水排水,2009,25(19):106-108.  
Zheng Yi, Cao Jianshan, Liu Baoshan, et al. Discussion on split-flow of first flush runoff [J]. China Water & Wastewater, 2009, 25(19):106-108 (in Chinese).
- [2] 车伍,张炜,李俊奇,等. 城市雨水径流污染的初期弃流控制[J]. 中国给水排水,2007,23(6):1-5.  
Che Wu, Zhang Wei, Li Junqi, et al. Initial split-flow control of urban rainwater runoff pollution [J]. China Water & Wastewater, 2007, 23(6):1-5 (in Chinese).
- [3] 张宏达,杨曦,何强. 德国的截流井及相关设计[J]. 中国给水排水,2005,21(6):104-106.  
Zhang Hongda, Yang Xi, He Qiang. Intercepting well and the relative design in Germany [J]. China Water & Wastewater, 2005, 21(6):104-106 (in Chinese).
- [4] 翟计红. 旋流限流阀在污水截流井中的应用[J]. 中国给水排水,2007,23(16):43-45.  
Zhai Jihong. Application of rotational flow-limiting valve in sewage intercepting chamber [J]. China Water & Wastewater, 2007, 23(16):43-45 (in Chinese).



作者简介:赵奇奇(1992-),男,山西平遥人,硕士研究生,主要从事雨水收集利用方面的研究。

E-mail: zhaqiqi0302@126.com

收稿日期:2017-09-05