

降雨时截流式合流管的污染物截留率的取值

杨文进, 张怀宇, 李树苑, 陈才高
(中国市政工程中南设计研究院, 湖北 武汉 430010)

摘要: 截流式合流制排水管的污染物截留率取决于雨水最大流量与旱流污水流量的比值 (Q_{\max}/Q_{dr}) 及雨水平均流量与旱流污水流量的比值 ($Q_{\text{ave}}/Q_{\text{dr}}$)。比值越大, 则截留率越低。中雨的 $Q_{\max}/Q_{\text{dr}} = 3.94$ 时, $n_0 = 1$ 的污染物 (COD、TN、TP、SS) 截留率平均为 59.07%, $n_0 = 4$ 时为 100%, 中雨时的截留率很高; 大雨的 $Q_{\max}/Q_{\text{dr}} = 8.86$ 时, $n_0 = 1$ 的截留率平均为 33.84%, $n_0 = 5$ 时为 92.04%; 暴雨的 $Q_{\max}/Q_{\text{dr}} = 24.9$ 时, $n_0 = 1$ 的截留率平均为 9.64%, $n_0 = 5$ 时为 43.34%, 暴雨时的截留率很低。建议在截流式合流制排水管的设计中, 取 $Q_{\max}/Q_{\text{dr}} < 2(n_0 + 1)$ 。

关键词: 截流式合流制排水管; 污染物截留率; 截流倍数; Q_{\max}/Q_{dr} 值

中图分类号: TU991 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2009)08-0045-04

Study on Intercepting Rate of Pollutants of Combined Intercepting Sewer during Rainfall

YANG Wen-jin, ZHANG Huai-yu, LI Shu-yuan, CHEN Cai-gao
(Central and Southern China Municipal Engineering Design and Research Institute, Wuhan 430010, China)

Abstract: The intercepting rate of pollutants of combined intercepting sewer during rainfall is strongly affected by Q_{\max}/Q_{dr} ratio and $Q_{\text{ave}}/Q_{\text{dr}}$ ratio. The greater the ratio, the lower the rate. When Q_{\max}/Q_{dr} is 3.94 during moderate rain, the average intercepting rates of pollutants (COD, TN, TP and SS) are 59.07% at $n_0 = 1$, and 100% at $n_0 = 4$. The intercepting rates during moderate rain are very high. When Q_{\max}/Q_{dr} are 8.86 during heavy rain, the average intercepting rates are 33.84% at $n_0 = 1$, and 92.04% at $n_0 = 5$. When Q_{\max}/Q_{dr} is 24.9 during storm, the average intercepting rates are 9.64% at $n_0 = 1$, and 43.34% at $n_0 = 5$. The intercepting rates during storm are very low. It is suggested that Q_{\max}/Q_{dr} ratio should be less than $2(n_0 + 1)$ in the design of combined intercepting sewer.

Key words: combined intercepting sewer; intercepting rate of pollutant; interception ratio; Q_{\max}/Q_{dr} ratio

设有截流装置的合流制排水管, 降雨时把含有污染物的径流雨水截流到污水处理设施。截流倍数 (n_0)^[1]一般采用 1~5。

根据广州^[2]、武汉^[3]两地降雨时合流水的流量和水质实测数据, 参考文献 [4], 就雨水最大流量 (Q_{\max}) 与旱流污水流量 (Q_{dr}) 之比对截流式合流管的污染物截留率的影响进行研究, 以供设计人员参考。

1 污染物截留率

1.1 截留量的测定方法

在 3 条合流排水管 (A、B、C) 的总出口, 于同一场降雨 (雨量为 37 mm) 全过程同步测量管的瞬时流量并取水样化验水质 (COD、TN、TP)。另在一条合流排水管 D 的出口, 于中雨 (19.9 mm)、大雨 (38 mm)、暴雨 (65.4 mm) 三场降雨的全过程分别测量流量和检测 COD、TN、TP、SS。降雨强度大时采样频

率一般为每 10 min 一次,强度小时每 20 ~ 60 min 一次。A、B、C、D 四条管系统的所在范围属于城镇建筑较密集区,旱流污水主要为综合生活污水。

降雨时截流式合流管的流量 (L/s) 按以下二式计算: 合流水总流量 = 旱流污水流量 + 雨水流量; 雨水流量 = 截流水流量 + 溢流水流量。

测定的降雨量、旱流污水流量、雨水最大流量、雨水平均流量见表 1。各管高峰流量时的污染物浓度一般如下: COD 为 278 ~ 584 mg/L、TN 为 10 ~ 26.6 mg/L、TP 为 0.66 ~ 1.96 mg/L、SS 为 54 ~ 542 mg/L。

表 1 降雨时合流管的旱流污水及雨水流量

Tab 1 Flow rate of dry weather sewage and rainwater in combined sewer during rainfall

合流管编号	一场降雨的降雨量 /mm	旱流污水流量 Q_{dr} / (L · s ⁻¹)	雨水最大流量 Q_{max} / (L · s ⁻¹)	雨水平均流量 Q_{ave} / (L · s ⁻¹)
D	19.9	510	2 013	588
D	38	480	4 254	1 226
A	37	340	3 060	1 433
B	37	35	465	154
C	37	152	2 598	1 005
D	65.4	510	12 690	6 023

1.2 COD 截留率

降雨时合流管流量大时,管道同一流水断面上的水质很均匀, TN、TP、SS 截留量的变化都与 COD 变化近似。研究中考察了同一场降雨的 A、B、C 管雨水及截流水的 COD, 以及 D 管在中雨、大雨、暴雨的雨水及截流水中的 COD。

1.2.1 D 管中雨的截流

中雨时, D 管的雨水、截流水的 COD 见图 1。

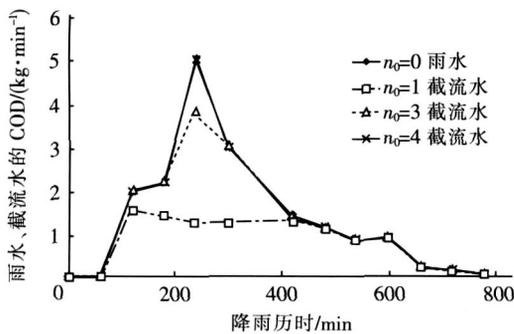


图 1 中雨时 D 管的雨水、截流水的 COD

Fig 1 COD of rainwater and intercepted water in D sewer during moderate rain

D 管在降雨量为 19.9 mm 的中雨时,雨水的平

均 COD 为 1.56 kg/min; $n_0 = 1$ 时 COD 截留率为 62.78%, $n_0 = 3$ 时为 93.44%。 $n_0 = 4$ 时截流水的 COD 曲线与未截流的雨水的 COD 曲线完全重合, 即截留率为 100%。中雨的 Q_{max}/Q_{dr} 及 Q_{ave}/Q_{dr} (见表 2) 都很小, 所以 COD 截留率很高。

表 2 合流管降雨时污染物截留率的平均值

Tab 2 Average intercepting rate of pollutants in combined sewer during rainfall

合流管与管渠编号	雨水最大流量与旱流污水流量之比 (Q_{max}/Q_{dr})	雨水平均流量与旱流污水流量之比 (Q_{ave}/Q_{dr})	污染物截留率平均值 /%		
			$n_0 = 1$	$n_0 = 3$	$n_0 = 5$
D	3.94	1.15	59.07	92.38	100
D	8.86	2.55	33.84	73.51	92.04
A	9	4.21	26.96	67.25	84.88
B	13.3	4.41	19.8	44.98	65.72
C	17.1	6.61	14.00	36.15	51.45
D	24.9	11.8	9.64	27.3	43.34

注: D 管污染物为 COD、TN、TP、SS、A、B、C 管污染物为 COD、TN、TP。

1.2.2 D 管 (雨量 38 mm) 及 A、B、C 管的截流

D 管降雨量为 38 mm, A、B、C 管降雨量都为 37 mm, 4 条管雨水、截流水的 COD 曲线见图 2 ~ 5。

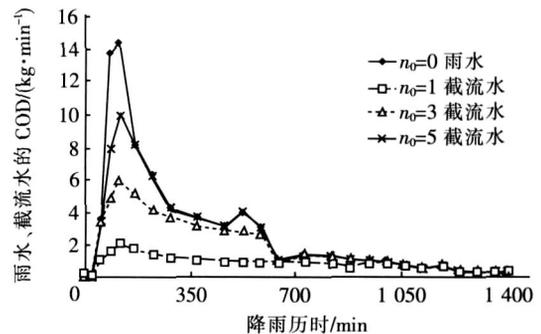


图 2 大雨时 D 管的雨水、截流水的 COD

Fig 2 COD of rainwater and intercepted water in D sewer during heavy rain

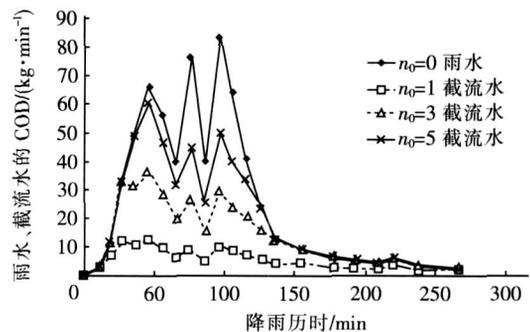


图 3 A 管的雨水、截流水的 COD

Fig 3 COD of rainwater and intercepted water in A sewer

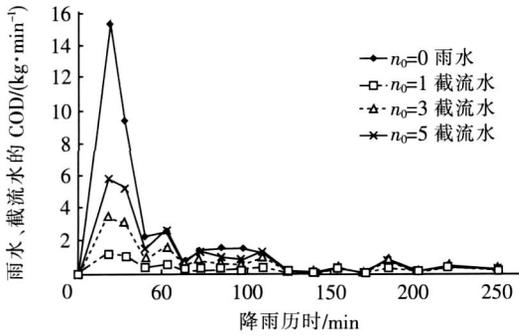


图 4 B 管的水、截流水的 COD

Fig. 4 COD of rainwater and intercepted water in B sewer

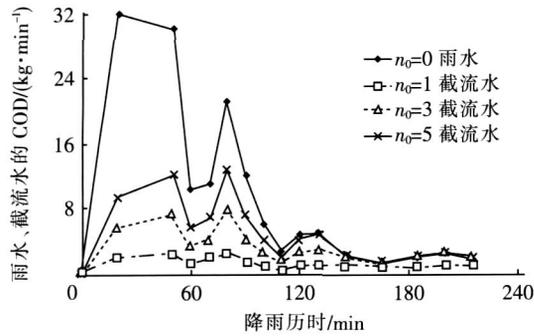


图 5 C 管的水、截流水的 COD

Fig. 5 COD of rainwater and intercepted water in C sewer

各管截流水的 COD 曲线与其自身雨水的 COD 曲线之间的关系,彼此有些差距。这种差距主要是由 Q_{max}/Q_{dr} 、 Q_{ave}/Q_{dr} (见表 2) 不同所造成的。4 条管管的 COD 截留率范围如下: $n_0 = 1$ 时为 12.2% ~ 32.58%, $n_0 = 5$ 时为 50.49% ~ 91.32%。

1.2.3 D 管暴雨时的截流

暴雨时 D 管的水、截流水的 COD 见图 6。

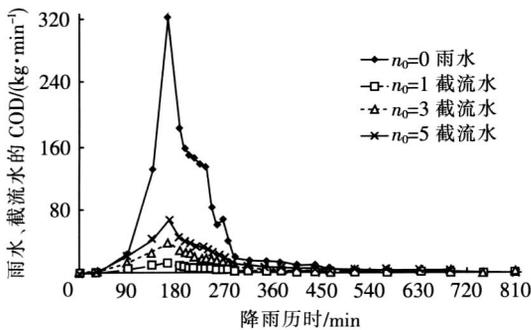


图 6 暴雨时 D 管的水、截流水的 COD

Fig. 6 COD of rainwater and intercepted water in D sewer during storm

图 6 表明,降雨量为 65.4 mm 的暴雨时, D 管的 COD 截留率为: $n_0 = 1$ 时为 6.88%、 $n_0 = 5$ 时为 32.96%,截留率都很低。这是 Q_{max}/Q_{dr} 、 Q_{ave}/Q_{dr} 值

较大所决定的。对于暴雨多发地区截流装置的设计, 尤应确定 Q_{max}/Q_{dr} 的最大容许值, 以免大量溢流的污染物严重污染下游受纳水体。

2 污染物截留率与 Q_{max}/Q_{dr} 、 Q_{ave}/Q_{dr} 的关系

Q_{max}/Q_{dr} 值对污染物截留率的影响见图 7。

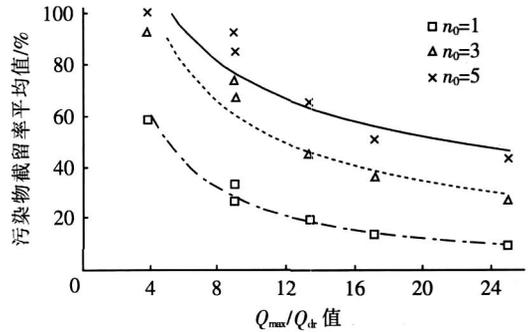


图 7 Q_{max}/Q_{dr} 值对污染物截留率平均值的影响

Fig. 7 Influence of Q_{max}/Q_{dr} ratio on average intercepting rates of pollutants

由表 2 及图 7 可见, Q_{max}/Q_{dr} 、 Q_{ave}/Q_{dr} 值越大时, 三种截流倍数的各项污染物截留率的平均值越小。

这是因为降雨时合流管流量大, 在管道同一流水断面上的水质很均匀, 所以当雨水流量越大 (亦即 Q_{max}/Q_{dr} 、 Q_{ave}/Q_{dr} 值越大) 时, 溢流量就越大, 溢流的污染物就越多, 污染物截留率也就越小。

综合表 2 及图 7 可以看出, $Q_{max}/Q_{dr} < 2(n_0 + 1)$ 时, 污染物截留率的平均值一般不小于 60%。

过去, 美国和欧洲都根据旱流污水流量对雨水流量的容许稀释比, 设计合流制排水系统的溢流设施^[5]。

3 结论

降雨时截流式合流制排水管的污染物 (COD、TN、TP、SS) 截留率, 取决于 Q_{max}/Q_{dr} 、 Q_{ave}/Q_{dr} 值, 比值越大则截留率越低。

中雨降雨量为 19.9 mm、 $Q_{max}/Q_{dr} = 3.94$ 时, 污染物截留率的平均值如下: $n_0 = 1$ 时为 59.07%, $n_0 = 4$ 时为 100%。由于中雨的 Q_{max}/Q_{dr} 值很小, 所以污染物截留率很高。

大雨降雨量为 38 mm、 $Q_{max}/Q_{dr} = 8.86$ 时, 截留率平均值如下: $n_0 = 1$ 时为 33.84%, $n_0 = 5$ 时为 92.04%。

暴雨降雨量为 65.4 mm、 $Q_{max}/Q_{dr} = 24.9$ 时, 截留率平均如下: $n_0 = 1$ 时为 9.64%, $n_0 = 5$ 时为

43.34%。暴雨的 Q_{\max}/Q_{dr} 值很大,故污染物截留率很低。暴雨多发地区截流装置的设计应确定 Q_{\max}/Q_{dr} 的最大容许值,否则大量溢流的污染物将对下游接纳水体造成严重污染。

建议在截流式合流制排水管的设计中使用 Q_{\max}/Q_{dr} 值,当要求污染物截留率 60% 时, Q_{\max}/Q_{dr} 值应小于 $2(n_0 + 1)$ 。

参考文献:

- [1] GB 50014—2006, 室外排水设计规范 [S].
 [2] 张怀宇, 杨文进, 李树苑. 广州市合流制排水系统截流倍数研究 [A]. 中国市政工程中南设计研究院 50 周年论文集 [C]. 武汉: 中国市政工程中南设计研究院,

2004.

- [3] 白保柱, 李国侗, 秦工一. 武汉东湖重污染区地表径流污染研究报告 [R]. 武汉: 武汉市环境保护科学研究所, 1996.
 [4] 杨文进, 张怀宇, 李树苑. 降雨时排水合流管道截流系统的污染物截留率和溢流量 [J]. 给水排水, 2008, 34(9): 43 - 46.
 [5] 俞亚明, 刘爱灵, 王冠华, 等. 城市排水和污水处理手册 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1992.

电话: (027) 82426036

E-mail: wenjin_yang@hotmail.com

收稿日期: 2008 - 11 - 05

(上接第 44 页)

管穿过垃圾坝接入调节池,且渗滤液收集系统均有坡度,渗滤液导排总管的出口端也高于调节池最高水位。在收集系统工作正常的情况下,应该不会在垃圾坝后形成渗滤液积聚。设计中要求垃圾库区的渗滤液收集系统的工艺设计安全可靠,这样就可以降低坝后渗滤液的标高,节省垃圾坝的工程造价。

承德市垃圾卫生填埋场的垃圾坝已于 2006 年底建成并投入使用,由于在设计和施工中采取了一系列的安全措施,垃圾坝的施工进展顺利,未出现安全和质量问题,并已顺利完成工程验收,工程质量良好。

5 结论及建议

根据设计经验及实际情况提出了承德市垃圾填埋场垃圾坝的设计原则和设计参数。随着对垃圾坝的深入研究和专项规范的出台,其设计必然会更加安全、经济。

重力式垃圾坝的计算偏于保守,首先设计

中的计算参数就取保守值,如果在设计中适当考虑下游侧主动土压力的有利作用,合理选取渗滤液最不利标高的取值,即可使垃圾坝设计更加经济。

砌石垃圾坝的新旧坝嵌套工程的实施,为垃圾卫生填埋场的选址和布局提供了新的选择,事实证明是可行的。

参考文献:

- [1] 顾尉慈. 挡土墙土压力计算 [M]. 北京: 中国建材工业出版社, 2000.
 [2] 黄成岗. 垃圾处理工程中垃圾坝设计技术探讨 [J]. 特种结构, 2004, 21(1): 28 - 30.
 [3] 段韬. 关于垃圾坝结构设计的一些探讨 [J]. 福建建设科技, 2007, (6): 22 - 24.

电话: (010) 82216671

E-mail: flx593@bmedi.cn

收稿日期: 2008 - 11 - 06