

问题探讨

城市合流制排水管道系统截流倍数 计算方法探讨

姚贝琳, 孙 勇

(上海现代建筑设计(集团)有限公司, 上海, 200041)

摘要: 合理评价截流倍数的影响因素, 探讨城市截流式合流制排水管道截流倍数的计算方法。通过案例分析, 应综合考虑河道沿岸排放污染物总量、河道自净能力、污水处理厂处理规模、城市排水管道容量、当地气象条件等, 最终通过计算比较后确定。

关键词: 截流式合流制; 暴雨强度; 重现期; 城市河道

中图分类号: X11

文献标识码: A

文章编号: 1006-8719(2012)-03-0051-03

在城市排水管网的设计中, 特别是对老城区的改造中, 截流式排水系统经济实用, 运用广泛, 这就涉及到截流倍数如何取值问题。合流制排水系统截流倍数(n_0)的确定, 直径影响工程规模和工程环境效益。若 n_0 偏小, 在地表径流高峰期混合污水将直接排入水体而造成污染; 若 n_0 过大, 则截流干管和污水厂的规模就要加大, 基建投资和运行费用也将相应增加^[1]。与截流倍数相关的主要因素有: 合流水量, 包括污水总变化系数及当地水文气象条件的不同形成暴雨强度的区别; 合流水质, 包括污水水量和雨水水量的比值, 合流水的各项污染物指标; 接纳水体卫生排放要求及接纳水体的自净能力等。

在一般城市的合流制排水系统中, 截流倍数的确定尚无统一的精确算法, 大多采用经验和计算相结合的方法。譬如: 洪水计算方法, 把某一频率的洪水标准作为截流规模; 市政排水计算方法, 把污水截流倍数对应的雨污合流流量确定截流规模; 水质模型计算法等。

本文以某城市为例, 在截流总量、排放污染物总量和水体自净能力之间建立一个动态平衡, 采用旱季污水总量暴雨强度拟和法最终确定合理的截流倍数, 以达到节省工程投资和保护环境的目的。

以下为算例, 图 1 为基本计算流程

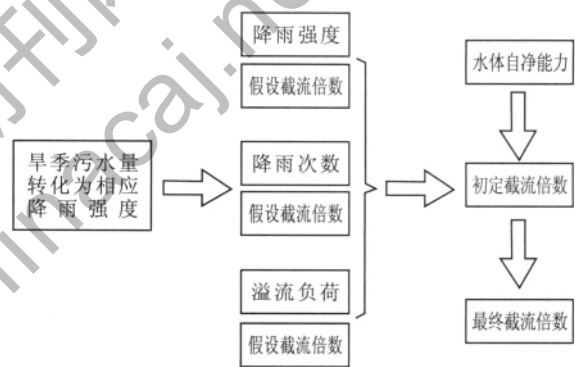


图 1 计算基本流程

1 基本数据计算

1.1 截流倍数定义

截流倍数 (n_0) = 截流的总水量 / 平均旱季污水量 - 1。

1.2 某市主城合流制排水区域面积为 9.3 km², 2020 年预测总旱季污水量为 23.1 万 m³/d。

1.3 设计平均径流系数为 0.75, 计算相当于平均旱季污水量的降雨强度为:

$$\frac{23.1 \times 10^7}{9.3 \times 10^6 \times 24 \times 0.75} \approx 1.4 \text{ mm/h}$$

因此降雨强度相对应的截流倍数如下表:

表 1 降雨强度相对应的截流倍数

降雨强度(i)	0.7	1.4	2.1	2.8	3.5	4.2	4.9	5.6
旱季污水量	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
截流倍数(n_0)	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4

收稿日期: 2012-2-3

作者简介: 姚贝琳, 女, 生于 1976 年, 满族, 籍贯吉林, 毕业于哈尔滨工业大学, 硕士研究生, 工程师, 现从事市政设计工作。

1.4 根据该市主城 1995、1996、1997 及 1998 年的小时雨量记录,按每小时的平均强度,将这些记录分析。1995、1996、1997 和 1998 年的平均年日总降雨次数是 145 次,年平均降雨总量是 1282mm。

2 截流倍数计算

2.1 根据降雨次数分析

通过分析降雨强度相对应的降雨次数及超过给定截流倍数时的降雨次数,可以确定不同截流倍数下的溢流次数。

表 2 降雨强度相对应的降雨平均次数

降雨强度(i)	<0.7	0.7-1.4	1.4-2.1	2.1-2.8	2.8-3.5	3.5-4.2	4.2-4.9	4.9-5.6	>5.6
平均次数	98	21	8	5	3	3	1	1	5

表 3 一年中超过给定截流倍数时所对应的降雨次数

降雨强度(i)	>0	>0.7	>1.4	>2.1	>2.8	>3.5	>4.2	>4.9	>5.6
平均次数	145	47	26	18	13	10	7	6	5

由表 3 得图 2

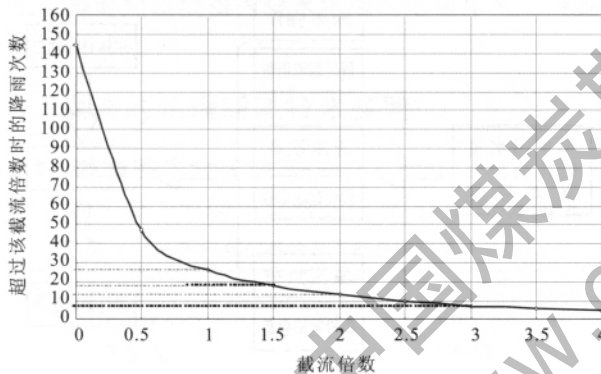


图 2 截流倍数与对应溢流次数

由图 1 可知,在 0.5~1 倍间超过截流倍数的溢流次数明显减少;在 1.5~3 倍间超过截流倍数的溢流次数变化趋于平缓;大于 3 倍时超过截流倍数的溢流次数几乎一致。因此从溢流次数来分析,截流倍数 n_0 拟为 1~2 倍,此时年平均溢流次数在 13~26 次。

2.2 从降雨量分析

由上表可以作出如下变化曲线:

表 4 降雨强度相对应的降雨平均时数

降雨强度(i)	<0.7	0.7-1.4	1.4-2.1	2.1-2.8	2.8-3.5	3.5-4.2	4.2-4.9	4.9-5.6	>5.6
平均次数	610.8	170.7	64.8	57.5	20	20.8	7.8	4.3	32.3

表 5 一年中超过给定截流倍数时所对应的降雨小时数

降雨强度(i)	>0	>0.7	>1.4	>2.1	>2.8	>3.5	>4.2	>4.9	>5.6
平均次数	998.7	377.9	207.2	142.5	85	65	44.3	36.5	32.3

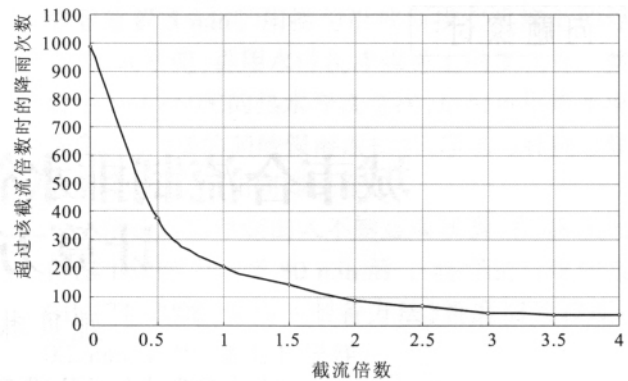


图 3 截流倍数与超过该截流倍数的降雨时数

通过数学换算,得出超过该降雨强度的降雨深度

表 6 截流倍数与超过该强度时的降雨深度(mm)

截流倍数 n_0	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4
超过该强度时的降雨深度(mm)	1282	1058	937	869	782	740	684	657	640

该结果可用下图表示

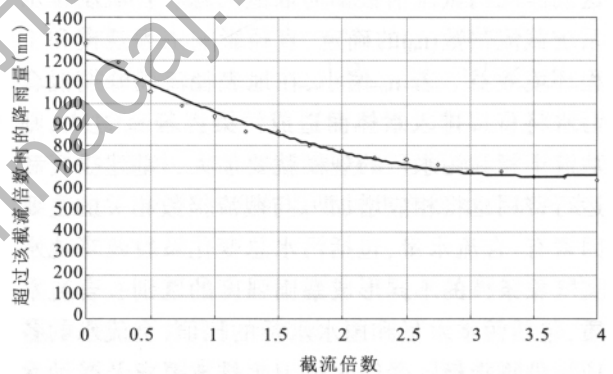


图 4 截流倍数与超过该强度时的降雨深度(mm)

对于任意给定的降雨强度 i 都可以从图表中读出超过该降雨强度所对应的降雨量,并且可以得到所对应的小时数。

同时,从曲线形态可见,截流倍数从 1.5~3 的降雨量变化趋于平衡。

因此,从溢流次数及降雨量的变化分析,截流倍数取 1.5~2 倍较为合适。

3 溢流污染负荷计算

对于一个给定的截流倍数 n_0 (如为 2)和旱季污水流量 BOD_5 浓度 C (如为 180mg/l)。

溢流开始发生时的降雨强度 $i_y=1.4n_0=2.8$ (mm/h),污水管网中旱季污水流量 $i_h=1.4$ (mm/h),强度超过 $1.4n_0$ (mm/h)的年总降雨深度 $y_r=782$ (mm/y)(y 从

图表中查出),降雨深度超过 $1.4n_0(\text{mm}/\text{h})$ 的小时数 $t_r=85(\text{h}/\text{y})$, 因此平均溢流率为 $9.2(\text{mm}/\text{h})$, 稀释率为 9.6 , 溢流量 $69.6 \times 10^6 \text{m}^3/\text{y}$ ($19.1 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$), 同时溢流期间被截流量 $48.5 \times 10^6 \text{m}^3/\text{y}$ ($13.3 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$), 溢流的 BOD_5 量 $1309 \text{t}/\text{y}$ ($3.6 \text{t}/\text{d}$)

采用以上方法, 在各种截流倍数下排入某河道的年 BOD_5 量(t/y)计算。

绘出该曲线(见图 4), 可以知道不同截流倍数条件下, 年平均溢流入某河道水体的 BOD_5 污染量, 最后根据水体对 BOD_5 的自净能力, 来选择截流倍数。

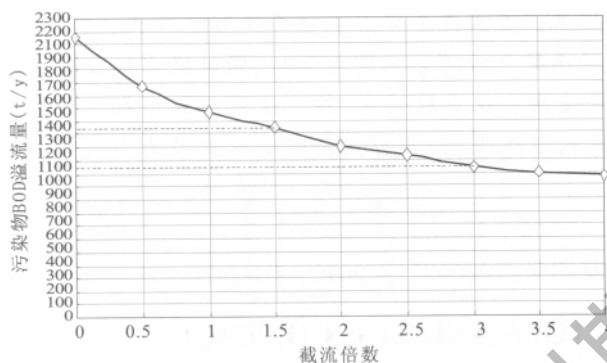


图 5 截流倍数与溢流污染物 BOD_5 量

(上接第 47 页)

气田, 永久封存。

二、将 CO_2 注入开采中的油气田以提高采出率, 待完成开采后实现永久封存。

三、将 CO_2 注入沉积盆地内的咸水蓄水层实现永久封存, 只要有沉积盆地, 就有地下咸水蓄水层, 贮存容量巨大, 将成为最有效的封存方式之一。

四、将 CO_2 注入无商业开采价值的深层煤层, 开采煤层气, 以提高煤层气的采出率, 待煤层气开采完毕后实现永久封存。

五、经压缩、净化、液化和精馏提纯后, 制取食品级液体二氧化碳。

(3) 未来研究方向: 二氧化碳的分解

CCS 技术为 CO_2 规模化、工业化发展奠定了基础。目前, 已有的二氧化碳分解技术都是依靠电力等高品质能源来完成的, 一方面, 二氧化碳被分解成为了 C 和 O_2 , 而另一方面分解二氧化碳所需要的能量却产生了大量的 CO_2 和其他污染物, 此种做法根本不能满足时代的需要, 不仅没有经济效益, 更谈不上社会效益和环境效益。

可以想象, 如果我们能够利用太阳能将 CO_2

采用同样方法可以计算出其它污染物的年平均溢流量, 计算出截流倍数与溢流量的关系, 再根据水体的自净能力, 选择合适的截流倍数。

4 结论

截流倍数的选择, 通过年平均溢流次数及年平均 COD_{Cr} 、 BOD_5 、 TN 及 TP 溢流量的研究及计算, 选择 $n_0=2$ 倍时, 年平均溢流次数约 13 次, 溢流出的 BOD_5 量约为 $1309 \text{t}/\text{y}$, 其余指标依此类推; 选择 $n_0=3$ 倍时, 年溢流次数约 7 次, 溢流出的 BOD_5 量约为 $1145 \text{t}/\text{y}$, 其余指标依此类推。由此与某河道、某河该段的自净能力比较(略), 得出某河道段截流倍数为 2, 某河段为 3。

从以上算例可以看出, 合流制截流倍数应综合考虑合流水量、截流规模、排放污染物总量、水体排放要求及水体自净能力等, 最终通过计算比较后确定。

参考文献

- [1] 孙勇. 我国城市人均综合用水量预测方法研究[M]. 同济大学工学博士学位论文, 2003.
- [2] 陈春茂. 截流式合流制排水系统改造应注意的问题[J]. 中国给水排水, 2003, 19(2): 83-84.

低成本、高效分解成 C 和 O_2 的话, 同时利用太阳能将 H_2O 低成本、高效分解成 H_2 和 O_2 , 那么, 这将是一个划时代的能源革命, 届时全人类的能源需求与能源安全就可以得到充分的保障, 笔者相信, 这一天一定会到来。

5 结论与建议

煤炭的利用效率得到大大提高, 环境得到更好的保护, 人类需求的产品更加丰富多样, 二氧化碳 CCS 技术可以得到更好更快地发展, 这一切都是基于煤气化技术的发展与应用。因此, 笔者认为我国政府应该加大资金投入力度去开发具有自主知识产权的新型煤气化技术, 特别是粉煤气化干法除灰煤气化技术, 在设备材料方面力争尽可能地国产化, 减少投资, 提升煤气化项目的竞争力, 逐步抑制燃煤电厂的投资与建设, 大力发展绿色煤电 IGCC 技术、核电以及新能源产业, 逐步使我们国家从产煤用煤大国向新能源利用大国转变, 走出一条适合我国国情的低碳经济发展之路。