

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2021.03.031

老城区排水系统溢流调蓄池容积计算方法

陈贻海
(上海勘测设计研究院有限公司, 上海市 200335)

摘 要: 老城区排水系统现状和近期以合流制为主,部分城区远期雨污分流后以分流制为主。为了控制合流制排水系统溢流污染,调蓄池是一项重要的工程措施。以武汉老城区 CB 小流域为例,对武汉城区的降雨资料进行分析,得出武汉城区降雨量与降雨强度的关系,推导出 CB 小流域合流制排水系统的截流倍数与溢流外排量之间的关系,并参考远期控制径流污染所需的调蓄池有效容积,进而得到 CB 小流域合流制排水系统溢流调蓄池的推荐有效容积。

关键词: 老城区;合流制排水系统;小流域;调蓄池;有效容积

中图分类号: TV992

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)03-0100-02

0 引 言

受客观因素制约,许多老城区排水系统现状和近期均以合流制为主。在暴雨或融雪的情况下,容易发生合流制管道溢流而污染受纳水体。为了控制合流制管道溢流污染,调蓄池是一项重要的工程措施^[1]。本文以武汉老城区 CB 小流域为例,对武汉城区的降雨资料进行分析,得出武汉城区降雨量与降雨强度的关系,并以此推导出合流制排水系统的截流倍数与溢流外排量之间的关系,参考远期控制径流污染所需的调蓄池有效容积,进而得到 CB 小流域合流制排水系统溢流调蓄池的推荐有效容积。

1 合流制排水系统溢流调蓄池池容计算方法

在城市水环境治理过程中,合流制排水系统溢流调蓄池已运用于排水系统末端调蓄的工程实践。合流制排水系统溢流调蓄池实际上是增大了排水系统的截流倍数^[1],减小了溢流外排量。因此,可以建立截流倍数与外排量的关系,通过外排量的削减目标来确定系统需增大多少截流倍数,从而确定排水系统末端调蓄池的容积。

1.1 降雨资料统计

以武汉老城区 CB 小流域为例,该小流域排水管线为合流管道,服务面积为 650 hm²。CB 小流域排水系统末端实测的旱流平均污水量为 1.77 万 m³/d。

降雨量计算公式:

收稿日期: 2020-09-02

作者简介:陈贻海(1985—),男,硕士,工程师,从事水污染防治和水环境综合治理工作。

$Q=Aq\Psi$

式中, Q 为降雨量,mm/h; A 为汇水面积,hm²; q 为污水量,mm/h; Ψ 为综合径流系数。

由于汇水面积 $A=650\text{ hm}^2$; 根据 CB 小流域用地性质的相关数据及《武汉市海绵城市规划技术导则》的径流系数取值标准,经计算综合径流系数 $\Psi=0.43$; 则该污水量相当于 0.26 mm/h 的降雨量。

以 $i=0.26\text{ mm/h}$ 为基数,取其整数倍,将武汉城区 2014—2017 年的逐时降雨按照降雨强度划分为不同的区间,并对各降雨区间的年累计降雨量进行统计,结果见表 1。

表 1 降雨资料统计

降雨强度 / (mm·h ⁻¹)	2014 年降 雨量 /mm	2015 年降 雨量 /mm	2016 年降 雨量 /mm	2017 年降 雨量 /mm	平均降雨 量 /mm
0~0.26	39.60	45.50	44.80	38.00	42.00
0~0.78	147.80	144.00	186.00	150.00	157.00
0~1.56	296.20	315.00	360.00	320.00	323.00
0~2.08	364.80	395.00	459.00	399.00	404.00
0~3.12	500.80	536.00	604.00	536.00	544.00
0~3.90	588.10	624.00	703.00	630.00	636.00
0~4.68	638.00	697.00	758.00	677.00	692.00
0~6.50	797.40	844.00	891.00	775.00	827.00
0~7.80	898.70	902.00	956.00	823.00	895.00
0~13.00	1 046.30	1 068.00	1 158.00	897.00	1 042.00
0~18.20	1 126.40	1 234.00	1 266.00	985.00	1 153.00
0~∞	1 208.00	1 387.00	1 806.00	1 095.00	1 374.00

根据表 1 模拟降雨强度与降雨量的关系曲线,见图 1。

由图 1 可知,降雨强度与降雨量的关系可以近似用下式表示:

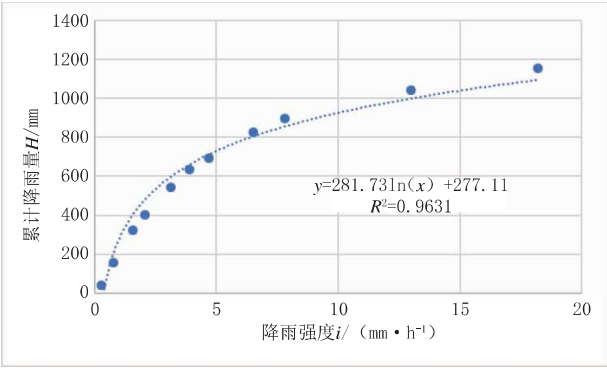


图1 降雨强度与降雨量的关系曲线

$$H=281.73\ln(i)+277.11 \tag{1}$$

式中： i 为降雨强度，mm/h； H 为累计降雨量，mm。

1.2 截流倍数与外排量的关系

合流制排水系统的截流量取决于该系统的截流倍数。假设CB小流域排水系统末端的截流倍数 n_1 为2,则能截流0.52 mm/h的降雨,即当降雨强度小于0.52 mm/h时,系统能将全部雨水截流,将其代入式(1)则能得出CB小流域排水系统末端全年截流的雨水量,以及其占全年总降雨量的比例和全年外排量的比例。

CB小流域排水系统末端增设调蓄池后,系统的截流倍数增加,外排量减少。通过建立截流倍数与外排量的关系,可以反推系统在调蓄池运行期间的截流倍数,从而确定调蓄池的容积。截流倍数与外排量的关系见表2。

对表2中的数据进行拟合,得到截流倍数 n 与外排量比例 y 的关系式如下:

$$y=85.762e^{-0.025n}, R^2=0.9699 \tag{2}$$

1.3 溢流调蓄池池容的计算公式

根据《武汉市海绵城市规划技术导则》,前40%雨量的降雨污染物负荷占全部雨量的比例为80%。基于费效比,选择截流前40%的雨水量,则外排比例 $y=1-40\%=60\%$,对应截留倍数 $n_2=14$,即在调蓄池调蓄期间系统的截流倍数为14,相当于3.64 mm/h降雨量,与上海合流制排水系统调蓄量建议的降雨量3.5~5 mm的范围^[2]一致。2014—2017年降雨量中,小于3.64 mm/h的平均降雨历时835.3 h,占全年平

均降雨历时的90.7%;累计平均降雨量603.68mm,占全年的43.9%。

调蓄池容积计算公式为:

$$V=(n_2-n_1)t\beta Q_{污} \tag{3}$$

式中： t 为调蓄时间；CB小流域取1.5 h； β 为安全系数,一般取1.1~1.5。

通过式(3)计算CB小流域合流制排水系统溢流调蓄池容积为2.04万m³。

2 分流制排水系统调蓄池池容计算方法

分析武汉城区1960—2017年逐月降雨资料,选择平偏丰的降雨年2015年为典型降雨年。2015年共有降雨147场,其中大于2 mm的降雨79场。

分流制排水系统调蓄池池容计算公式如下:

$$V=10DF\psi\beta \tag{4}$$

式中： D 为调蓄深度,一般取4~8 mm。

假设CB小流域排水系统远期彻底完成了雨污分流工程,排水体制由合流制变更为分流制,则由式(4)计算该调蓄池最大的调蓄深度为6.5 mm。对应典型年,雨污分流后调蓄池可完全截流的最大降雨场次为98场,其中大于2 mm的降雨30场。因此,CB小流域合流制排水系统溢流调蓄池在完成雨污分流后可以继续发挥控制径流污染的作用。

3 结 论

以武汉老城区CB小流域合流制排水系统为例,通过整理武汉城区2014—2017年的降雨资料,建立降雨强度 i 与降雨量 H 的关系,以及截流倍数 n 与溢流量比例 y 的关系,由此确定CB小流域合流制排水系统末端调蓄池的有效池容。采用1960—2017年逐月降雨资料,选取典型年,分析得出合流制排水系统溢流调蓄池在完成雨污分流后可以继续发挥控制径流污染的作用,得出CB小流域合流制排水系统末端调蓄池的推荐有效容积。虽然以上方法可以推导出老城区排水系统末端调蓄池的有效容积公式,但决定有效池容的关键参数的选择仍需要大量的监测数据来支持。

表2 调蓄池截留倍数与外排量

截留倍数 n	1	3	6	8	12	15	18	25	30	50	70
降雨强度 $i/(mm \cdot h^{-1})$	0.26	0.78	1.56	2.08	3.12	3.90	4.68	6.50	7.80	13.00	18.20
截流量 /mm	42.00	157.02	322.78	404.00	544.00	636.00	692.30	826.90	895.00	1 042.00	1 153
截流量占全年降雨量比例 /%	3.06	11.43	23.49	29.40	39.60	46.30	50.39	60.18	65.10	75.90	83.90
外排量比例 y /%	96.94	88.57	76.51	70.60	60.40	53.70	49.61	39.82	34.90	24.20	16.10

与池深关系不大,此处沉淀部分的有效水深可以理解为《规范》中的有效水深,即宜按 2.0~4.0 m 取值。按照设计经验,如果计算出污泥竖直段高度超过刮泥板的高度,这将与工程实际不符合。因此设计时,需要综合考虑污泥浓缩时间与污泥回流比这两个参数的取值;或者总池高直接由超高、有效水深、缓冲层高度、刮泥板高度、污泥圆锥高度和污泥斗高度确定,其中池边水深(由超高、有效水深、缓冲层高度、刮泥板高度组成)应符合《手册》的相关规定。

二是根据德国 ATV 标准中采用离池中心 2/3 半径处的水深断面作为计算断面。池边水深分为清水区、分离区、缓冲区和污泥浓缩区。优点是考虑了泥水分离、污泥浓缩和污泥存储等不同过程所需容积情况,缺点是计算中涉及的相关参数,如污泥指数和污泥体积负荷等,由于缺乏国内的相关参考数据而具有一定的局限性。

因此,在进行二沉池池高设计时,主要采用方法一进行计算,必要时可采用方法二进行对比或校核。

4 其他

4.1 刮(吸)泥设备

刮(吸)泥设备根据池径大小进行选择,池径小于 20 m 时采用中心传动刮(吸)泥机,池径大于 20 m 时采用周边传动刮(吸)泥机。刮泥板与池底坡度一致,且尽量贴近池底底壁,减少盲区,其中钢刮板不小于 200 mm,橡胶板 50~100 mm^[5]。当池径过大时,由于刮(吸)泥机是从周边将泥刮(吸)至集泥坑,刮(吸)泥效果不高,易存在死角,因此更适用于直径在 30 m 以下的二沉池。吸泥设备应注意调节吸泥管的

出泥量,减少吸泥管堵塞问题。刮(吸)泥机的撇渣装置根据池高和有效水深配置,吸泥管流速、管径和数量按二沉池液位和出泥槽液位差设计。

4.2 配水井

当二沉池个数不小于 2 座时通常需设置配水井,使混合液均匀地进入沉淀池。辐流式沉淀池的配水井宜采用中心配水的方式,同时可以与污泥泵房合建。配水井设计时需要注意配水井的出水管不宜埋深过深,否则阀杆较长,不便于检修;同时采用堰板出流时,需考虑堰板水头损失较大带来的大量空气夹入混合液中,导致混合液进入二沉池后气泡释放而产生污泥絮体被破坏、泥水分离效果差的影响,设计时应适当降低配水井与沉淀池的水位差,降低二沉池进水水能。

5 结语

在进行辐流式二沉池设计计算时,设计者不能按部就班地参照相关资料进行设计,应在充分理解各设计参数的基础上,结合工程实践,优化平面设计参数和竖向设计参数,合理选择刮(吸)泥设备和配水井等辅助设施。本文的相关探讨能为相关技术人员提供一定的参考和借鉴意义。

参考文献:

- [1] 北京市市政工程设计研究总院有限公司. 给水排水设计手册. 第 5 册·城镇排水[M]. 3 版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2017.
- [2] GB 50014—2006, 室外排水设计规范(2016 年版)[S].
- [3] 刘振江, 崔玉川. 城市污水厂处理设施设计计算[M]. 3 版. 北京: 化学工业出版社, 2017.
- [4] 周雹. 活性污泥工艺简明原理及设计计算[M]. 3 版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005.
- [5] CJ/T 523—2018, 水处理用辐流沉淀池周边传动刮泥机[S].

(上接第 101 页)

参考文献:

- [1] 张勤, 李慧, 刘阳, 等. 合流制排水系统溢流调蓄池池容计算方法初

探[J]. 中国给水排水, 2015, 31(23): 139-141.

- [2] 张力. 城市合流制排水系统调蓄设施计算方法研究[J]. 城市道桥与防洪, 2010(2): 130-133, 14.