

合流制溢流初期冲刷及其控制策略研究

唐磊^{1,2} 车伍¹ 赵杨³ 宫永伟¹

(1 北京建筑大学 城市雨水系统与水环境省部共建教育部重点实验室,北京 100044;

2 中国城市规划设计研究院,北京 100044; 3 北京雨人润科生态技术有限责任公司,北京 100044)

摘要 对影响合流制溢流(CSO)水质水量变化及初期冲刷的主要因素进行了深入、系统的分析。结果表明,由于受降雨条件、管道系统特征、管道沉积物及截流设施等因素的综合影响,CSO水质水量变化随机且复杂,每个管道系统在不同降雨事件中所表现出的冲刷规律都可能不同;合流制系统汇水面积较大、管网拓扑结构复杂、管道沉积物较多、设置截流设施等特点都在一定程度上削弱了CSO的初期冲刷;在不少情况下,甚至不存在初期冲刷现象。因此,CSO污染控制不能简单基于初期冲刷存在的假设,而应基于对本区域CSO的监测与研究,或通过科学地把握CSO冲刷规律的本质及特点有针对性地制定控制策略。

关键词 合流制溢流 输送规律 初期冲刷 影响因素 控制策略

DOI:10.13789/j.cnki.wwe1964.2014.0045

0 引言

近年来,雨水径流的初期冲刷成为一个关键和热点研究问题,在城市非点源污染控制中具有重要意义:如果存在明显的初期冲刷,可以通过控制少量初期径流实现较大的污染物控制量,从而提高控制效率;如果初期冲刷不存在或不明显,则基于初期雨水控制原理的截流、弃流等装置的效率会大打折扣,或者需要设计更大规模的存储调蓄等控制措施^[1]。

研究CSO污染物冲刷输送规律对CSO控制措施的选择,规模设计、运行方式的确定,以及控制效果、投资效益等具有十分重要的意义。但是,与源头汇水面径流和雨水管道径流相比,CSO的产生和输送过程更为复杂,受降雨条件、管道系统特征、管道沉积物、截流设施等因素的综合影响,从降雨、产流、汇流、输送、截流一直到溢流排放的整个过程都具有极大的随机性和不确定性,因而要确切回答CSO初期冲刷是否存在并精确掌握其规律具有一定难度,不同学者对其判断及研究结果也存在许多争议与困惑,难以科学有效指导CSO控制实践。因此,有必要对CSO污染物输送冲刷规律进行深入、系统的分

析,揭示CSO初期冲刷的影响因素、一般规律及因果关系,并依此来科学的制定CSO控制策略。

1 CSO初期冲刷的判定

1.1 初期冲刷的判定方法

雨水径流的初期冲刷是指在径流初期污染物输送速率大于径流量输送速率的现象^[1]。目前常用的初期冲刷判定方法有以下3种:

Geiger提出对于次降雨事件的任一种污染物,通过绘制无量纲累积负荷-体积分数 $M(V)$ 曲线来判定初期冲刷是否存在,该方法当前被广泛采用。 $M(V)$ 曲线中的对角线表示在整个径流过程中污染物均匀排放,将其作为初期冲刷的判别线;当曲线前段部分高于对角线时,即认为存在初期冲刷,并且曲线前段偏离判别线的距离越大表示初期冲刷越明显^[2]。

为了进一步量化分析初期冲刷,Ma等提出了“质量初期冲刷比例”(Mass First Flush Ratio)概念,用MFF表示某一时刻污染物质量累积比例与径流体积累积比例的比值^[3]。例如, $MFF_{30} = 2$ 表示前30%的径流量携带了60%的污染物量,MFF越大则初期冲刷越明显。

Krajewski等提出将污染物质量累积排放率和径流量累积排放率用幂函数拟合得到曲线 $Y = X^b$,参数 b 可反映拟合曲线与对角线的偏差; $b = 1$ 表示均匀冲刷,当 b 小于1时表明存在初期冲刷并且 b

国家水体污染控制与治理科技重大专项(2010ZX07320-002);“北京市城市雨水系统与水环境生态技术学术创新团队”项目(PHR201106124)。

值越小初期冲刷越明显。他们还根据 b 值的不同将 $M(V)$ 曲线图划分为 6 个区域, 分别表示初期冲刷和“后期冲刷”的强弱程度^[4]。

一些学者提出了比较明确的界定初期冲刷的量化标准, 如 Saget 等提出的 30/80(前 30% 的径流量携带 80% 的污染物质, 下同) 标准和 Deletic 等提出的 20/40 标准^[5,6], 但是许多研究表明能达到这两种程度的事件很少出现。车伍等指出, 关键是要掌握影响初期冲刷的主要因素, 把握其实质, 并鉴于初期冲刷规律的随机性和复杂性, 讨论初期冲刷宜按量化关系相对而论, 并应该区分小汇水面源头冲刷和管道冲刷两种典型的条件, 以避免片面、绝对、混淆及不必要的争论和困惑^[1]。

1.2 国内外对 CSO 初期冲刷的研究

许多学者对 CSO 过程进行了监测与研究, 其中一些监测到了比较明显的初期冲刷。例如, Kim 等对韩国大田市某合流制系统的研究发现, 在溢流过程中前 30% 的溢流体积排放了超过 60% 的污染物^[7]。Barco 等对意大利某合流制区域 23 场降雨事件进行了监测, 并对其中具有代表性的降雨事件的初期冲刷进行了分析, 结果显示该区域 8 场降雨中的 7 种污染物指标都表现出很强的初期冲刷, 平均前 20% 的径流体积包含 40% 的污染物^[8]。李立青等在武汉某合流制区域监测了 12 场 CSO 事件, 平均前 30% 的溢流体积包含 53.4% 的 COD^[9]。

然而, 更多学者的监测结果却显示 CSO 初期冲刷不明显或不存在。Saget 和 Bertrand 等研究发现, 初期冲刷在合流制系统中出现较少, 在对合流制系统的监测中, 50% 的降雨事件里初期 79% 的体积输送了 80% 的总污染质量^[4,6]。Sztruhar 等对斯洛伐克的合流制系统进行了 3 年的研究, 并对 8 次溢流事件进行了分析, 8 次 CSO 中有机物都不存在初期冲刷^[10]。Suarez 等对西班牙的 5 个不同城市的合流制区域进行了监测分析, 每个汇水区域都存在轻微的初期冲刷, 但从定量的角度分析, 拟合幂函数所得参数 b 的均值仅为 0.76^[11]。Scherrenberg 指出, 在荷兰 CSO 的监测中初期冲刷不经常存在, 甚至污染物的高负荷有时出现在溢流后期, 即存在“后期冲刷”^[12]。Hochedlinger 等对奥地利某合流制溢流口进行了 3 个月的取样, 并对 24 次溢流事件绘制

了 $M(V)$ 曲线, 个别溢流事件存在初期冲刷现象, 但整体而言不明显, 并且有部分溢流事件表现为“后期冲刷”^[13]。谭琼等采用 $M(V)$ 曲线和拟合幂函数 b 参数方法对上海市苏州河沿岸 5 个合流制系统 CSO 的初期冲刷进行了研究, 结果显示若以 50/50 标准判定, CSO 具有微弱初期冲刷^[14]。杨逢乐等用拟合幂函数法研究了昆明某合流制系统的初期冲刷, 除 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 没有表现出初期冲刷, 其余污染物均表现出一定的初期冲刷, 但从其计算所得参数 b 的平均值来看, 初期冲刷并不明显^[15]。

1.3 北京某合流制区域 CSO 初期冲刷分析

1.3.1 研究区域及研究方法

笔者于 2010 年和 2011 年雨季对北京市通惠河沿岸某合流制溢流口进行了连续监测。该合流制系统位于北京市东部金融核心区, 具有典型商业居住混合区特征; 区域内旱季污水全部截流到下游污水处理厂处理, 暴雨期间有部分合流污水溢流进入通惠河。

溢流开始后, 按不同时间间隔进行取样, 并同步监测溢流流量, 溢流结束后将水样带回实验室进行污染物含量测定。降雨数据取自研究区附近某泵站安装的室外翻斗式雨量计。

1.3.2 结果与分析

图 1 为根据 5 次溢流事件监测结果绘制的 $M(V)$ 曲线, 可以看出, 不同降雨场次、不同污染物指标的曲线形状差异比较明显。

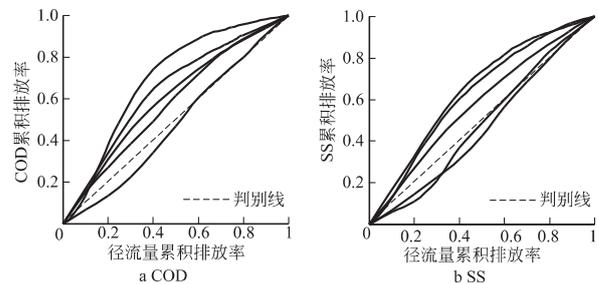


图 1 5 次溢流事件的 $M(V)$ 曲线

为了定量描述这 5 次溢流事件的初期冲刷程度, 分别用 MFF 法和拟合幂函数法进行计算, 如图 2 和表 1 所示。5 次溢流事件中 COD 和 SS 的初期冲刷均没有达到 20/40 或 30/80 的标准; COD 和 SS 的 MFF_{20} 、 MFF_{30} 平均值分别为 1.42、1.43 和 1.17、1.20, 整体而言表现出微弱的初期冲刷。拟合幂函数曲线的相关系数 R^2 均达到 0.95 以上, 其中

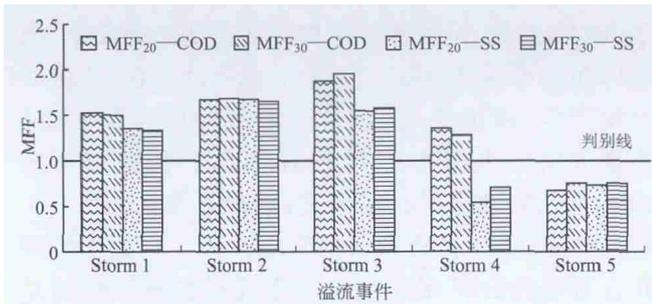


图2 5次溢流事件初期冲刷 MFf 法判别结果

表1 5次溢流事件的拟合幂函数 b 值

项目	COD		SS	
	b	相关系数 R ²	b	相关系数 R ²
Storm1	0.685	0.995 8	0.760	0.997 2
Storm2	0.471	0.999 5	0.430	0.993 8
Storm3	0.557	0.952 3	0.658	0.981 7
Storm4	0.746	0.992 9	1.098	0.989 5
Storm5	1.115	0.994 9	1.177	0.996 7
最大值	1.115	0.999 5	1.177	0.997 2
最小值	0.471	0.952 3	0.430	0.981 7
平均值	0.801	0.978 4	0.908	0.989 3

Storm2 的 SS 初期冲刷最明显, b 值为 0.43; 按照 Krajewski 提出的划分标准, 所有溢流事件的初期冲刷程度均属于中等 ($0.185 < b < 0.862$) 和微弱 ($0.362 < b < 1$); 而 Storm5 的 SS 及 Storm4 的 COD 和 SS 均不存在初期冲刷。

虽然实测数据有限, 但根据实测数据并结合研究分析仍可得出, 受多种因素的综合影响, 每场溢流事件的初期冲刷程度有较大差异, 部分 CSO 事件的部分污染物指标表现出较明显的初期冲刷, 但整体而言本研究区域中 CSO 初期冲刷不明显。

2 CSO 初期冲刷的主要影响因素

2.1 降雨条件的影响

在雨水径流进入合流制管道前, 其冲刷输送规律主要受场地及降雨条件影响。许多研究发现源头汇水面的面积较小, 径流一旦形成其流量迅速增加并很快达到峰值, 而径流污染物浓度随时间变化一般呈指数形式分布, 浓度峰值多出现在径流初期, 即峰值流量区域通常与较高的污染物浓度相重合并且都出现在径流初期^[1]; 此外, 降雨强度及雨型对源头汇水面雨水径流的冲刷规律也有较大影响。笔者于 2011 年对北京市某停车场雨水口进行了多次取样, 并研究了平均降雨强度与初期冲刷程度 (以

MFf₂₀ 表示) 之间的关系, 如图 3 所示, 两者表现出较好的线性拟合关系, 即场降雨的平均降雨强度越大, 雨水口监测到的径流初期冲刷越明显。这主要是因为, 降雨强度越大, 则初期径流对汇水面污染物的冲刷越强烈, 而源头汇水面的污染物较易被径流冲刷携带走, 监测点处的污染物浓度随时间迅速下降, 初期冲刷现象明显。图 4 为 2011 年 6 月 23 日暴雨期间, 在该停车场监测到的雨水径流污染物浓度变化过程及冲刷过程曲线。由于降雨强度大并且雨峰出现在降雨初期, 本次降雨事件的初期冲刷非常明显, SS 的 MFf₂₀ 值甚至达到了 4.45, 可见降雨强度及雨型对源头汇水面初期冲刷程度具有显著影响。一般情况下前期晴天数越多、降雨强度越大且雨峰越靠前, 则源头汇水面初期冲刷越明显, 这与 Saget 等的研究结论相似^[7,13]。

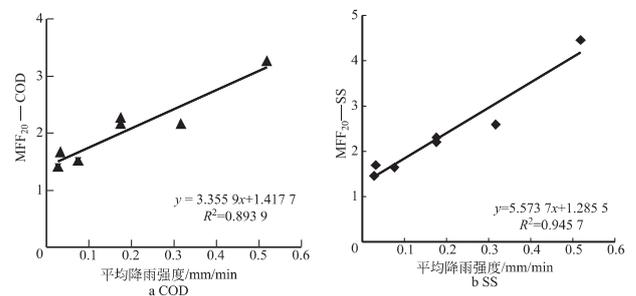


图3 某停车场平均降雨强度与初期冲刷程度关系曲线

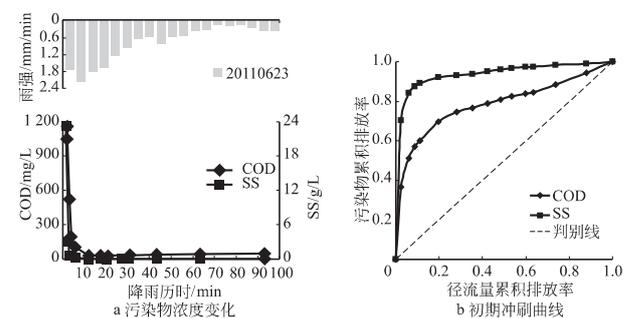


图4 某停车场雨水径流污染物浓度变化过程及冲刷过程曲线

各源头汇水面雨水径流进入合流制管道系统后相互叠加, 汇水面的冲刷规律及降雨条件会影响管道系统中污染物的混合、沉淀、冲刷、截流、溢流等环节, 导致管道内污染物输送规律复杂。降雨条件对 CSO 冲刷输送规律的影响与管道系统特征及沉积物等联系密切, 在下文进行综合讨论。

2.2 管道系统特征的影响

与雨水管道相比,合流制管道内增加了旱季污水流量,但由于暴雨期间管道内污水流量与雨水流量相比较小,可认为在降雨时段内污水流量小且稳定,对合流制管道流量及污染物输送影响较小。因而在不考虑旱季污水及管道沉积物的条件下,管道系统特征对合流制管道内合流污水的影响规律类似于雨水管道径流。根据管网形态和雨水口的分布情况,可将汇水区域分成多个源头汇水面。合流制管道内污染物浓度峰值的出现时间和大小与各源头汇水面进入雨水口的污染物浓度及雨水口分布有关。各源头汇水面污染状况及降雨冲刷程度的不同导致各雨水口的初始浓度不同,各雨水口径流在管道内汇流的时间差导致不同源头汇水面雨水径流相混合^[1]。因此,在不考虑管道沉积物影响时,汇水区域越大,雨水口越多,管网拓扑结构越复杂,则各雨水口径流在管道内汇流的时间差越大,旱季污水和不同浓度雨水径流的混合过程越复杂和随机,经常出现管道合流污水浓度峰值后移或出现多个峰值的现象,导致管道系统出流的初期冲刷被削弱。

一些学者的研究和试验结果与上述结论一致:如 Stotz 等认为管道系统的汇流时间对管道内污染物初期冲刷有较大影响,一般情况下在汇流时间短、没有明显沉积物的较小雨水管道系统中初期冲刷出现频率高,而在合流制系统中,初期冲刷问题变得更为复杂^[16];德国污水协会“ATV A 128 guidelines(ATV, 1992)”标准指出,在汇流时间小于 15 min 的小流域存在初期冲刷,在较大的合流制系统中,由于较长的输送时间以及管道沉积物的影响导致初期冲刷消失^[10];谭琼等对上海合流制系统的研究结果也显示,各水质指标的初期冲刷强度随汇水面积增加而减小^[14]。

2.3 管道沉积物的影响

合流制管道沉积物是 CSO 污染的主要来源之一,因此除了考虑雨水径流对源头汇水面的冲刷及在管道内的混合与叠加,还要考虑合流污水对管道沉积物的冲刷。利用 SWMM 模型对小汇水面与管道中污染物输送规律的模拟结果显示,当管道沉积物冲刷引起的污染物流失量远大于源头汇水面冲刷引起的污染物流失量时,管道沉积物成为影响管道污染物输送规律的重要因素^[17]。

降雨期间大量雨水径流进入合流制管道,不仅

带来了源头汇水面的污染物,而且较大的流速和剪切力对管道沉积物形成了较大的冲刷作用。由于合流制管道内旱季污水流量相对较小,沉积物的累积程度更为严重;而我国多数城市合流制管道长期未经冲洗,不仅沉积物数量大,其形式和种类也更复杂,可能发生硬化、板结而形成较大颗粒,甚至存在一些建筑垃圾、石块等难以被冲掉,管道沉积物对 CSO 污染物输送的影响也就更复杂和显著。Suarez 等认为,如果沉积物含量较大并且已形成胶体或凝聚结构,则沉积物的移动和释放过程会非常缓慢并且难以分析,可能出现在整个溢流过程中都有大量的污染物排放,导致不会出现初期冲刷^[11]。合流制管道内沉积物数量的不同可能导致不同区域具有截然不同的冲刷规律,如前文所述 Barco 在意大利和 Sztruhar 在斯洛伐克监测到的 CSO 初期冲刷程度差异较大,对比其研究区域特点,最明显的就是后者合流制管道中沉积物非常多,而前者合流制管道设计为“蛋形”,几乎不存在沉积物^[8,10]。

此外,降雨强度、雨型和管道坡度的不同引起管道流量变化,进而显著影响对沉积物的冲刷强度和管道内污染物的冲刷输送规律。例如,对于雨峰在前的暴雨事件,管道内合流污水流量大且峰值靠前,管道沉积物能够被迅速冲起,则可能会出现比较明显的 CSO 初期冲刷。但实际上在大的汇水区域内溢流流量的峰值通常会显著后移,受沉积物数量、形式及释放速度的影响,污染物浓度峰值也可能后移或出现多个峰值,各种因素作用的叠加导致 CSO 的初期冲刷规律(存在与不存在、明显或不明显)不同。

2.4 截流设施的影响

合流制管道内雨、污混合水的流量超过截流管截流能力时才会发生溢流,因此部分初期合流污水被截流到污水处理厂而没有溢流排放,一些中小强度降雨甚至不发生溢流。合流制系统的截流和溢流过程受雨型、降雨强度、截流倍数、旱季污水流量、管道系统调蓄能力和溢流井设计形式等因素的影响。由于截流作用,截流前的合流污水(图 5 中监测点 1)和 CSO(图 5 中监测点 2)具有不同的初期冲刷规律。为了研究截流设施对 CSO 初期冲刷的影响,假设监测点 1 处合流污水流量较大并且存在较明显的初期冲刷(用拟合幂函数 $Y = X^b$ 量化表示, b 分别取

0.158 和 0.569), 当截流倍数分别取 0~5 时 ($n=0$ 表示无截流), 通过一定的概化计算, 分析监测点 2 处的初期冲刷程度, 结果如图 6 所示。

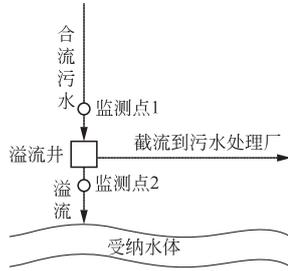


图 5 合流污水截流、溢流关系

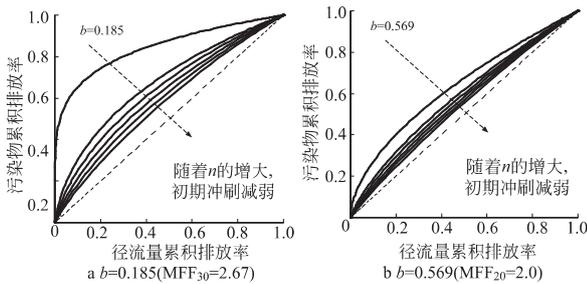


图 6 不同 b 和 n 取值下 CSO 的冲刷过程曲线

可以看出, 采取截流设施对初期冲刷有一定的削弱作用, 即截流前的合流污水比 CSO 的初期冲刷明显; 在其他条件相同时, 截流倍数越大 CSO 初期冲刷越不明显; 当合流污水流量较小时截流量相对较大, 因而中小降雨事件引起的 CSO 初期冲刷更容易被削弱而不明显; 当 b 取其他值时可得到类似结论。这主要是因为, 受截流设施影响, 监测点 1 处的初期和后期合流污水都被截流到污水处理厂, 而当监测点 1 处存在初期冲刷时, 其初期较脏的部分及后期较干净的部分都被截流, 导致取样点 2 处监测到的初期冲刷程度被削弱。

2.5 各影响因素的综合作用

图 7 为 2011 年在北京通惠河沿岸监测到的两次典型的 CSO 水质水量变化过程及冲刷曲线。受雨型、降雨强度、下垫面类型及汇水范围等因素影响, 合流制系统从开始降雨到发生溢流可能需要较长时间, 如图 7 中两次 CSO 的溢流开始时间分别滞后于降雨开始时间 47 min 和 21 min, CSO 流量峰值与降雨强度峰值有关, 并呈现波动和滞后。由于各源头汇水面规模、污染程度不同, 进入管道系统的雨水径流量和污染物浓度存在差异, 并且远端汇水

面的初期径流会与近端汇水面的后期径流混合, 同时, 受管道沉积物的影响, 污染物浓度峰值未必出现在 CSO 的初期, 并可能出现多个峰值。图 7 中两次 CSO 的 SS 浓度峰值均未出现在溢流开始时, 而两次 CSO 的 SS 浓度峰值相差达到 3 倍以上。

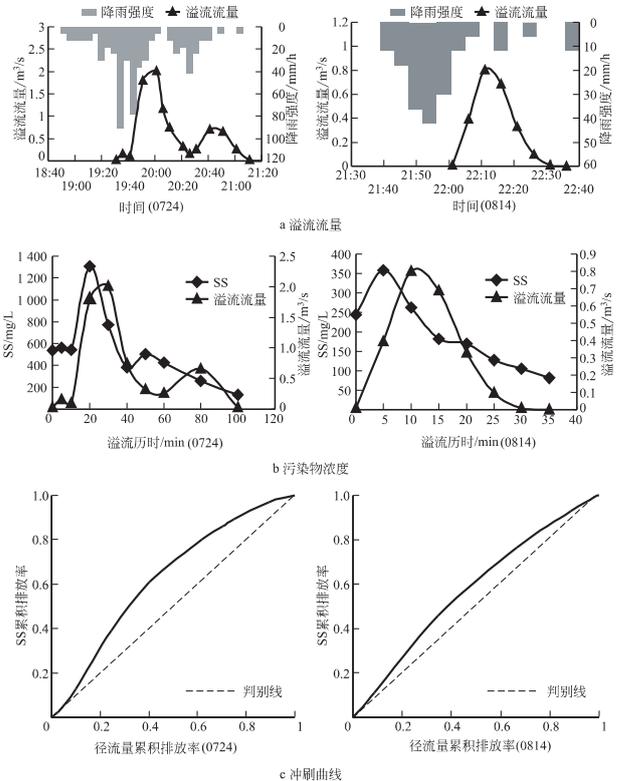


图 7 两次典型 CSO 水质水量变化过程及冲刷曲线

正是由于这些因素的综合作用, 导致了两次溢流事件水质水量的各项指标存在较大差异, 且初期冲刷均不明显。

3 基于 CSO 冲刷规律的控制策略

上述分析及国内外研究表明, 受各种因素的综合作用, 每个管道系统在不同降雨事件中所表现出的冲刷规律都可能不相同。尽管如此, 特定区域的 CSO 冲刷仍然会有一定的规律, 通过连续监测和研究能够寻找该区域 CSO 的冲刷的典型规律。但缺乏实地的监测与研究, 简单地基于初期冲刷的控制会产生误导并影响控制效率, 因此, 选择合适的 CSO 控制技术及合理设计处理设施应该基于本区域监测研究获取的污染物典型冲刷规律^[10,12]。在缺少长期监测数据或不具备监测和取样条件的一些区域, CSO 控制策略的制定需要根据国内外研究的

CSO 冲刷普遍规律和本区域的实际情况进行综合分析和判断,科学地制定控制策略和设计控制措施,以提高 CSO 控制效率。

CSO 污染控制以削减进入受纳水体的污染物总量为目标,因此,削减溢流污染负荷比削减溢流量更加重要。对于一些具备监测条件并且通过持续的监测与研究,容易观测到比较明显的初期冲刷的区域,可通过重点控制溢流初期的合流污水以实现较好的控制效果。如 Kim 等对韩国某合流制区域的研究得出,通过调蓄初期 5 mm 降雨量可削减 80% 的排入受纳水体的悬浮固体^[7],Barco 等提出若存在明显的初期冲刷,可利用 BMP 措施储存或处理初期较脏的合流污水以提高控制效率,并且由于初期污染物浓度较高,沉淀、过滤等 BMP 措施对污染物的去除率效果也更好^[18]。

许多区域监测到 CSO 初期冲刷不明显或者不经常出现,若只控制溢流初期的合流污水会导致污染物控制率低,或者需要设计更大规模的存储调蓄设施;即使 CSO 表现出中等强度的初期冲刷,由于暴雨期间溢流量较大,按控制初期溢流污水设计所需的设施规模仍然可能非常大。为了提高 CSO 控制效率,可考虑采取以下措施:

(1) 在合流制区域广泛推广 LID 与绿色雨水基础设施(GSI)等源头雨水控制利用措施,有效减少溢流量,提高控制效率并减少下游设施规模。

(2) 加强对合流制管道系统的管理与维护,定期冲洗管道,清扫街道及雨水口,并积极采取非工程性措施,减少汇水面及管道内沉积物的积累,从源头和管道中削减污染物,减少末端处理的压力。

(3) 采取旋流分离、高效沉淀等措施,在溢流的整个过程中对 CSO 进行高效处理,而不是仅处理溢流初期部分。

(4) 采取水质在线监测、实时控制等技术,有效捕捉、储存和处理污染物浓度较高时段的溢流污水,如 Hochedlinger 等研究了采用紫外-可见光谱在线监测 CSO,并根据实时监测数据控制调蓄池^[13],Lacour 等通过监测溢流污水浊度实时控制调蓄池的运行,有效提高 CSO 污染物削减率^[18]。

(5) 加大研究 CSO 冲刷规律及调蓄池布置、运行方式对控制效果的影响,如 Calabroa 等通过模拟

得出,对于存在初期冲刷的区域,离线式调蓄池比在线式效率更高,不存在初期冲刷的区域,在线式调蓄池效率更高^[19]。

4 总结

(1) 受降雨条件、管道系统特征、管道沉积物状况及截流设施等因素的综合影响,CSO 水质水量变化随机而复杂,对不同研究区域、不同降雨条件、不同污染物指标所监测到的冲刷规律结果差异较大,甚至每个管道系统在不同降雨事件中所表现出的冲刷规律都可能不相同。但是一些区域的某些特点可能会使该区域的 CSO 冲刷呈现一定的典型规律。降雨强度越大且雨峰越靠前,源头汇水面雨水径流的初期冲刷越明显;而合流制系统较大的汇水面积、复杂的管网拓扑结构、大量的管道沉积物以及截流设施的设置削弱了 CSO 的初期冲刷,导致 CSO 初期冲刷一般不明显,并可能出现“后期冲刷”。

(2) 由于 CSO 冲刷规律的复杂性甚至可能不存在初期冲刷,因而在制定 CSO 控制方案和设计参数时应基于对本区域的监测与研究,或通过科学的把握 CSO 冲刷规律的本质及特点,有针对性的制定控制策略,而不能随意、简单地基于 CSO 初期冲刷存在的假定。

(3) 除了应用普遍的调蓄措施,还应该在合流制区域广泛推广源头控制措施,因地制宜地采取旋流分离、高效沉淀、以及水质在线监测及实时控制等技术来提高 CSO 的控制效率。

参考文献

- 1 车伍,张伟,李俊奇.城市初期雨水和初期冲刷问题剖析.中国给水排水,2011,27(14):9~14
- 2 Geiger W. Flushing effects in combined sewer systems. In: Proceedings of the 4th International Conference Urban Drainage, Lausanne, Switzerland. 1987,40~46
- 3 Ma J S, Khan S, Li Y X, et al. First flush phenomena for highways; how it can be defined. In: Proceedings of the 9th International Conference of Urban Drainage, Portland, Oregon, 2002
- 4 Bertrand-Krajewski J L, Chebbo G, Saget A. Distribution of pollutant mass vs volume in stormwater discharges and the first flush phenomenon. Water Research, 1998,32(8):2341~2356
- 5 Saget A, Chebbo G, Bertrand-Krajewski J. The first flush in sewer system. Water Science and Technology, 1996,33(9):101~108
- 6 Deletic A. The first flush load of urban surface runoff. Water Research, 1998,32(8):2462~2470

七格污水处理厂三期工程初沉池运行分析

俞海刚 严国奇 施琦颖

(杭州市排水有限公司七格污水处理厂, 杭州 310018)

摘要 根据七格污水处理厂三期工程初沉池的实际运行数据, 分析了初沉池对于去除污水中污染物所起的作用。同时通过对比试验, 考察初沉池的运行对出水水质的影响, 并分析其运行条件, 提出了经济有效的初沉池运行方式。

关键词 污水处理厂 初沉池 运行方式

DOI:10.13789/j.cnki.wwe1964.2014.0046

1 工程概况

在城市污水处理厂中, 初沉池作为一级处理工艺的主体, 通常设置在格栅、沉砂池之后, 是生物反应池的预处理设施, 用于去除污水中大部分悬浮固体和部分有机物, 其工作状况和处理效率对最终出水水质有一定的影响。

一般认为, 初沉池的设置对于减轻后续生物处理工艺构筑物的有机物和 SS 负荷具有重要作用, 并能降低水质波动对生物处理系统的冲击^[1]。但是也有很多研究认为, 初沉池在去除 SS 的同时, 也会去除一定的有机碳源, 这势必会影响到进入后续生物处

理单元的碳、氮、磷比例, 进而影响生物处理系统的脱氮除磷效果^[2]。在城市污水处理厂的处理工艺中究竟是否应该保留初沉池, 目前尚存在很大的争议。

七格污水处理厂三期工程设计运行规模为 60 万 m^3/d , 污水经二级生物处理后达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 一级 B 标准排放, 主体工艺流程如图 1 所示。

其中初沉池为钢筋混凝土结构矩形平流式沉淀池, 共有 3 组, 每组分左右 2 座沉淀池, 设计表面负荷 $q_{\max} = 3.86 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。

7 Kim G, Yur J, Kim J. Diffuse pollution loading from urban stormwater runoff in Daejeon city, Korea. *Journal of Environmental Management*, 2007, 85: 9~16

8 Barco J, Papiri S, Stenstrom M K. First flush in a combined sewer system. *Chemosphere*, 2008, 71: 827~833

9 Li L Q, Shan B Q, Yin C Q. Stormwater runoff pollution loads from an urban catchment with rainy climate in China. In: *The 8th International Conference on Urban Watershed Management: Water Systems in Rapidly Urbanizing Areas*, Beijing, China, 2011

10 Sztruhar D, Sokaca M, Holiencin A, et al. Comprehensive assessment of combined sewer overflows in Slovakia. *Urban Water*, 2002, 4: 237~243

11 Suarez J, Puertas J. Determination of COD, BOD, and suspended solids loads during combined sewer overflow (CSO) events in some combined catchments in Spain. *Ecological Engineering*, 2005, 24: 201~219

12 Scherrenberg S M. Treatment techniques for combined sewer overflows. Delft University of Technology, 2006

13 Hochedlinger M, Hofbauer P, Wandl G, et al. Online UV-VIS measurements - the basis for future pollution based sewer real

time control in Linz. In: *2nd International IWA Conference on Sewer Operation and Maintenance 2006-Vienna*

14 谭琼, 李田, 高秋霞. 上海市排水系统雨天出流的初期效应分析. *中国给水排水*, 2005, 21(11): 26~30

15 杨逢乐, 赵磊. 合流制排水系统降雨径流污染物特征及初期冲刷效应. *生态环境*, 2007, 16(6): 1627~1632

16 Stotz G, Krauth K L. Factors affecting first flushes in combined sewers. In: *Proc. III Int. Conf. on Urban storm drainage 1984*. 869~878

17 潘国庆, 车伍, 李海燕, 等. 雨水管道沉积物对径流初期冲刷的影响. *环境科学学报*, 2009, 29(4): 771~776

18 Lacour C, Joannis C, Schuetze M, et al. Efficiency of a turbidity-based, real-time control strategy applied to a retention tank: a simulation study. *Water Science and Technology*, 2011, 64(7): 1533~1539

19 Calabro P S, Viviani G. Simulation of the operation of detention tanks. *Water Research*, 2006, 40: 83~90

✉ 通讯处: 100044 北京市展览路 1 号

E-mail: chewu-812@163.com

收稿日期: 2013-05-10