

文章编号:1003-711X(2002)03-0028-05

居住小区雨水湿地净化及回用刍析^{*}

邓 风, 陈 卫

(南京工业大学 城市建设与安全环境学院, 江苏 南京 210009)

摘 要:居住小区可利用天然低洼地建造人工湿地,净化小区内收集的雨水并回用为小区杂用水。文章探讨了小区雨水经收集、储存、处理后,作为杂用水的途径,并通过示例,刍析了雨水处理系统的计算。

关 键 词:居住小区;人工湿地;回用;杂用水

中图分类号:TU99.1 文献标识码:A

缺水已经成为世界性的难题,据我国最新水文工作统计资料表明:中国 600 座城市中有 400 座城市存在不同程度的缺水现象,其中 130 多座城市缺水严重。开源节流是缓解这一难题的有效途径,污水经深度处理后即成为有效的第二水源。

污水资源化的观念如今已广为接受,现在许多城市都已将污水厂二级处理后的部分出水再经深度处理,回用于市政杂用、居住小区杂用及工业循环冷却水系统等。美国、德国、日本等国家早已开展此项目。国内如大连经济技术开发区的水质净化厂、北京高碑店污水处理厂等单位在这方面也有了成功的实践。前者除自身回用外还向一些建筑单位出售回用水,创造了一定的经济效益,而后者一年减少近 30 万 t 的自来水用量,仅此一项一年就节省近 10 万元。

污水作为人们公认的第二水源,在许多缺水地区发挥了功效,而雨水作为一种新的潜在的水源,也正受到越来越多的关注。由城市降雨而形成的地面径流同时具有危害性与资源性。一方面城市建筑物及道路构建了大量的不透水地面,地面径流系数加大,径流时间缩短,峰值流量加大,增加了城市排水系统的负担,使得城市产生洪涝灾害的机会大大增加;另一方面大量的雨水径流未加以利用而直接排放水体,不仅对受纳水体造成了污染,同时也是水资源的巨大浪费。90 年代初,美国的 Breward 地区政府已认识到雨水如果直接排到河里,会对河水造成污染。为了保护当地的受纳水体,政府设立了雨水处理设施,以税收的形式征收雨水处理费,其目的是把雨水经沉淀及消毒处理后再排放^[1]。

城市雨水在降落的过程中,携带了一定浓度的溶解性气体、悬浮及溶解性固体、有机物、氮、磷、重金属、细菌和某些病原菌等,雨水水质与当地空气质量、建筑屋面材料、道路路面、降

* 收稿日期:2001-07

作者简介:邓风(1970-),女,四川人,讲师,学士。

雨间隔、降雨强度以及降雨历时等因素有关,雨水的 PH、BOD、COD、SS、N、P 以及重金属等含量需要通过实验和仪器分析才能确定。笔者曾对南京工业大学虹桥校区内的教三楼(瓦质坡顶)、体育馆(牛毛毡坡顶)、教四楼(刚性平顶)的屋面混合雨水进行分析测定,实验数据见表 1。

表 1 混合屋面雨水污染物测定指标

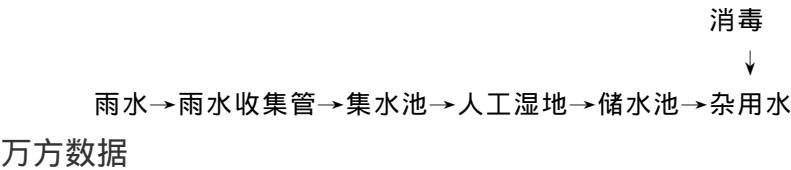
采样时间	pH	COD /mg · L ⁻¹	SS /mg · L ⁻¹	浊度 NTU	氨氮 /mg · L ⁻¹
2001 年 5 月 14 日	6.6	78	210	26	0.3
2002 年 3 月 15 日	6.8	36	146	24	0.23
2002 年 4 月 13 日	6.0	122	380	35	0.2

由于影响雨水水质的因素很多,其水质变化并无太大的规律,但南京的屋面雨水多数指标超过了生活杂用水水质标准,要加以利用必须进行处理。

城市雨水可利用的途径很多,可以通过绿地或透水性路面自然渗入地下,补充地下水。英国许多家庭在前院、屋旁或者后院建有雨水庭院,其地势稍低于周围,汇集雨水或融化的雪水,种植一些灌木以及牛膝草、紫苑、万寿菊等抗旱植物,旱季时可不浇水,雨季时可以通过植物吸收和下渗减少雨水径流量。美国一些城市也在修建这种雨水庭院^[2]。我国城市雨水利用的工作起步稍迟,但许多地方已在开展,如北京市目前已处于国内领先地位。我国南方地区雨量充沛,雨水资源丰富,不加以利用而直接被排放掉,无疑是十分可惜的。如南京年平均降雨天数达 117 d,年平均降雨量为 1 100 mm。假如把这部分雨水收集起来,经适当的处理后回用,既能避免形成洪涝灾害,减轻城市排水系统负担,又能节省不少的自来水用量。相对于雨水处理后的排放,雨水回用的处理要求自然更高一些,必须达到相应的水质标准。如作为市政及居住小区杂用水回用,则其水质必须达到生活杂用水水质标准。

1 雨水处理工艺选择

根据雨水中污染物含量以及需要达到的水质标准,可以选择合适的处理工艺。南方城市雨水多,气温较高,适合水生植物生长,人工湿地是一种较合适的工艺,其构造如图 1 所示^[3]。人工湿地是一种人工建造和监督控制的、与沼泽地类似的地面,建在一定长宽比及底面坡度的洼地中,湿地可采用砾石作填料,再覆盖一层 20 cm 左右含钙的有机土壤,解决砾石缺乏营养的问题。湿地内种植香蒲、芦苇、灯心草等水生植物,其中芦苇由于抵抗病虫害的能力很强,而且根系发达,使用较广。人工湿地的规划可以与小区绿化规划同时进行,利用小区低洼地建造,减少土方量。湿地里种植的绿色植物,不但可以美化小区环境,还能满足人们对环境舒适度的要求。其处理流程如下:



2 人工湿地去除污染物质的机理

人工湿地用于污水处理已有几十年的历史,如今美国、加拿大以及欧洲一些国家已将其用于雨水处理,同样取得了良好的效果^[4]。湿地系统成熟后,填料表面和植物根系由于大量微生物的生长而形成生物膜。雨水流经生物膜时,SS 被填料和植物根系截留,有机污染物则通过生物膜的吸收、同化及异化作用而被去除。

水生植物向其根茎周围充氧,在根系周围具有还原性的基层中产生氧化微区,发生硝化反应。离根系较远的区域则呈现出缺氧状态,而在离根系更远的区域则出现完全的厌氧状态,产生厌氧反应。雨水中所含有机污染物为反硝化提供碳源,从而限制硝化的进行。从图 2 可以看出,人工湿地对 BOD、COD、SS 有较好的去除效果,通过更换填料或收割植物可以把污染物从系统中最终去除^[5]。

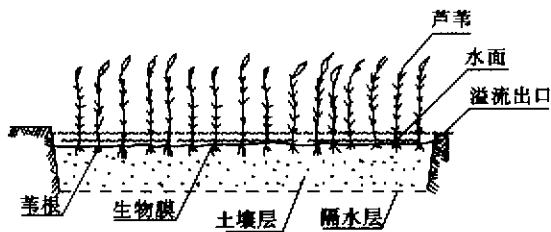


图 1 人工湿地系统剖面图示

3 示例

现以南京一居住小区为例分析。位于南京江宁区一居住小区的规划面积为 $173\,734\text{ m}^2$,绿化面积 $121\,614\text{ m}^2$,道路面积 $34\,747\text{ m}^2$ 。设小区绿化用水定额为 $2\text{ L/m}^2 \cdot \text{次}$,浇洒道路用水定额为 $1.5\text{ L/m}^2 \cdot \text{次}$,如均按一天一次考虑,则绿化用水为 $243\text{ m}^3/\text{d}$,浇洒道路用水为 $52\text{ m}^3/\text{d}$ 。按小区一天最少 25 辆汽车需冲洗计,这一部分用水量为 $10\text{ m}^3/\text{d}$,三部分合计为 $305\text{ m}^3/\text{d}$ 。

南京市目前自来水价为 1.45 元/m^3 ,则每天费用为 400 元左右。随着自来水费的不断上涨,这笔费用会越来越高。下面简单估算一下该小区可以收集的雨水量。

小区汇水面积按规划面积 60% 计,约为 $10 \times 10^4\text{ m}^2$,按年降雨总量 $1\,100\text{ mm}$ 粗略计算,该小区汇水面积上一年的降雨总量约 $11 \times 10^4\text{ m}^3$,如全部被收集,则几乎可供小区一年的杂用水。由于降雨时间分散,雨水处理系统不需要按总量设计。

小区设计暴雨强度公式^[6]: $q = 2\,989.3(1 + 0.671 \lg P)/(T + 13.3)^{0.8}$

式中, q ——设计暴雨强度 ($\text{L/s} \cdot 10^4\text{ m}^2$);

P ——暴雨强度的重现期 (a), $P = 3$;

T ——设计降雨历时 (min), $T = 20$ 。

则暴雨强度 $q = 238.91 (\text{L/s} \cdot 10^4\text{ m}^2)$ 。

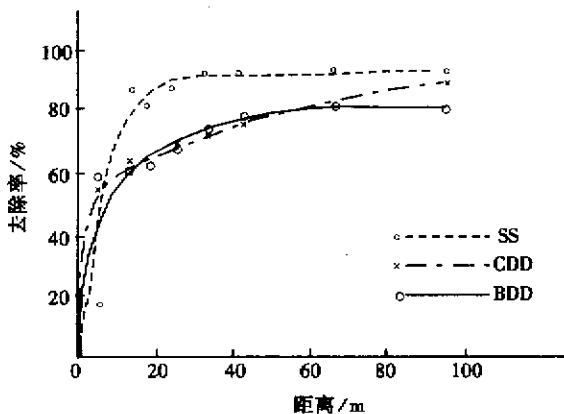


图 2 人工湿地系统中 BOD、COD、SS 的去除率与距离的关系

3.1 雨水收集

屋面雨水通过雨水斗再经落水管入就近雨水口,路面雨水入路边雨水口,绿地雨水由隐蔽于花坛中的雨水口汇集,经埋在地下的雨水支管、干管汇集至集水池,集水池前设置一道细格栅拦截树叶等漂浮物。这一部分的设计按《建筑给排水》的有关规定进行。

3.2 雨水设计流量 Q

雨水设计流量公式: $Q=\Psi qF$

式中, Q ——雨水设计流量(m^3/s);

Ψ ——综合径流系数, $\Psi=0.6$;

F ——汇水面积(10^4 m^2), $F=10$ 。

则小区雨水设计流量 $Q=1.43 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

3.3 集水池容积计算

雨水降落到屋面、地面的过程中,初期雨水所含污染物的浓度是最高的,其 COD 值有时可高达 $1\,000 \text{ mg/L}$ 以上,初期雨水量可通过实测资料确定。集水池前应设初期雨水弃流装置,排掉这部分雨水。一般说来,雨水中的 COD 值随降雨历时下降,当对应于某降雨历时的 COD 值趋于相对稳定时,此时的雨量可作为初期雨水量。这部分雨水可考虑排入市政排水管网经污水处理厂处理后排放。

假定集水池储存 5 min 的降雨,则集水池容积 $V=1.43\times 5\times 60=429 \text{ m}^3$,该池还能起到一定的沉淀功能。

3.4 人工湿地计算

按照国外有关资料,计算湿地表面积不需要考虑它的收集容积,可用支流汇水面积的 $1.5\%\sim 3.0\%$ 计算^[7]。如小区支流汇水面积占汇水面积的 45% ,取 2% 计算,则湿地表面积 $A=0.45\times 0.02\times 10\times 10^4=900 \text{ m}^2$ 。人工湿地的设计水深取 50 cm ,超高 40 cm ,按长宽比 $10:1$ 原则确定湿地尺寸为长 $\times$ 宽 $=100\times 9 \text{ m}$ 。湿地的出水管采用外层为土工布的筛分管,可起到一定的过滤作用,提高湿地出水水质。

3.5 储水池容积计算

取储水池容积与集水池容积相等,即 $V=429 \text{ m}^3$ 。储水池可以建成人工湖,甚至是喷泉等景观建筑。作为杂用水使用时需用水泵从储水池中取水,水泵的型号根据所需的水量和扬程选择。取用前应加氯消毒,以达到生活杂用水细菌学指标的要求。

集水池及人工湿地运行一段时间后要清污,挖掘沉积物。人工湿地运行初期,渗透量较大,需要适当补水,几年之后渗透量就会逐渐降低并稳定在一定的水平。

4 结束语

人工湿地系统的引入,能唤起人们保护自然、尊重自然的意识。经过人工湿地系统处理后的雨水回用,既能缓解水资源的供需矛盾,又能减轻城市排水管网的负担,是值得大力推广的一项措施。

参考文献:

- [1] Gordon England P E. florida stormwater utility[J]. Water Resources Planning and Management, 2001, (7):181-183.
- [2] Maryland development grows "rain garden" to control residential runoff. [EB/OL]. <http://www.minter.net/stack/bassett/gardens.html/2001-07-16>.
- [3] 王超. 污水处置理论及技术[M]. 南京:河海大学出版社,1998. 251-256.
- [4] Ben Urbonas. Stormwater;best management practices and det ention for water quality[J]. drange and cso management,1993,(5):265-268.
- [5] 沈耀良,王宝贞. 废水生物处理新技术——理论与应用[M]. 北京:中国环境科学出版社,1999. 263-280.
- [6] 孙慧修,郝以琼,龙腾锐. 排水工程(上册)[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1994. 63-83.
- [7] 徐丽花,周琪. 暴雨径流人工湿地处理系统设计的几个问题[J]. 中国给水排水,2001,27(8):32-34.

Analysis of Percipitation Treatment by Wetland and Reuse in Small Residential Region

DENG Feng, CHENG Wei

(College of Urban Construction and Safety & Environmental Engineering, Nanjing University of Technology,
Nanjing 210009, China)

Abstract: This paper analyzes the collected percipitation can be treated by manmade wetland which is constructed in the natural nether land of small residential region, and then it can be reused as miscellaneous water. With example, this paper discusses how to design the treatment system.

Key words: small residential region; manmade wetland; reuse; miscellaneous water