

城市小区雨水渗透方案设计

李俊奇 汪慧贞 车 武

(北京建筑工程学院城市建设工程系 北京 100044)

摘要 结合北京某新建小区工程实例,对小区雨水渗透方案的设计方法和要点进行探讨,提出了适合我国北方地区的“高花坛+低绿地+植被浅沟、渗透沟”雨水综合渗透系统,用图例说明设计方案,并对其计算方法和技术经济分析作了探讨。

关键词 渗透设计 北方地区 雨水利用 开源节流

中图分类号 :TU992.03+1

文献标识码 :A

文章编号 :1004-693X(2004)03-0013-02

城市雨水利用是开源的重要途径,其利用方式主要为渗透补充地下水与中水利用。技术经济分析显示,雨水渗透方案设计简单,便于实施,效益显著,应大力推广^[1]。雨水渗透利用不仅是设计方法问题,更是对传统雨水直接排放设计思想的变革。目前,国内尚无关于雨水渗透利用的设计规范与规程,亟待研究并提出适合我国不同地区的雨水渗透系统设计方法。本文以北京某新建小区为例,介绍一种有效的雨水渗透方案的设计方法的技术要点,即“高花坛+低绿地+植被浅沟、渗透沟”雨水综合渗透系统。

1 工程概况

该小区位于北京东南部,占地总面积 29 320 m²,其中:建筑占地 5 925 m²,道路与停车场 8 995 m²,绿地 14 400 m²。小区内地势平坦,土壤渗透系数 5 × 10⁻⁵ m/s,地下水埋深 12 m 左右,适于进行雨水渗透。另外,小区内建筑主要为 3~4 层的高级寓所,且均为瓦质屋面,屋面雨水水质相对较好且便于收集,可以考虑将屋面雨水单独收集作为中水补充水源。

2 雨水渗透系统工艺

雨水利用系统工艺如图 1 所示。屋面雨水先流经高位花坛(内填渗透性能好、净化能力强的人工混合土)进行渗透净化,而后与道路雨水一起通过低绿地,流入渗透浅沟;雨量较大时,雨水沿着浅沟进入渗沟继续下渗,超过渗透能力的雨水再排入市政管网。浅沟与渗透沟布置见图 2 示意图。

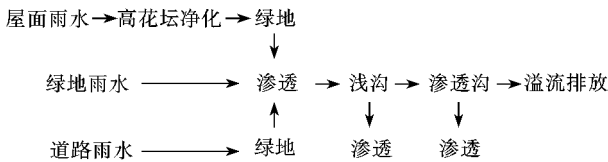


图 1 雨水渗透利用工艺图

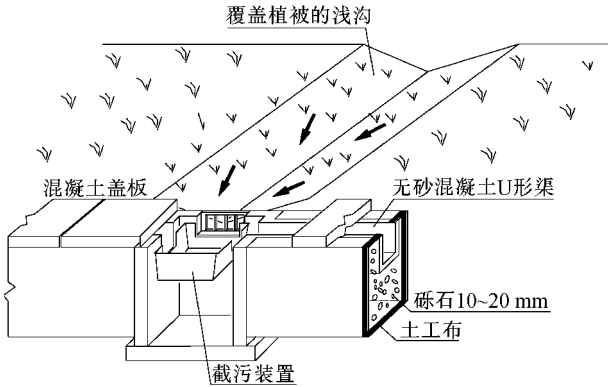


图 2 雨水渗透植被浅沟、渗透沟利用方案示意图

3 渗透设施设计与计算

3.1 屋面初期雨水净化设施——高位花坛

研究表明,城区初期雨水污染严重,为保证后续渗透设施的正常运行,可以采用弃流设施将初期雨水舍弃;对污染相对较轻的初期雨水也可采用土壤净化处理后再进行渗透。人工拌和土的净化效果优于天然土^[3]。由于该小区建筑物均为瓦质屋面,水质相对较好,故该方案在建筑物周围设置高位花坛,花坛中填入人工拌和土,将屋面雨水接入,作为雨水净化装置,提高系统的安全性。

根据现场条件和前述研究结论,设置的花坛尺

寸为:①占地面积为 270 m² 的建筑物周围:两条长 14 m,宽 0.5 m,高 0.5 m;②占地面积为 195 m² 的建筑物周围:两条长 11.5 m,宽 0.5 m,高 0.5 m。

花坛剖面图见图 3。每条花坛底部布设 2~3 个穿孔排水管,管径 50 mm,排水管与雨落管间距≥5 m。为防止雨水冲刷花坛内植被和土壤,在雨落管出口处应设减冲措施或在花坛内铺设卵石。

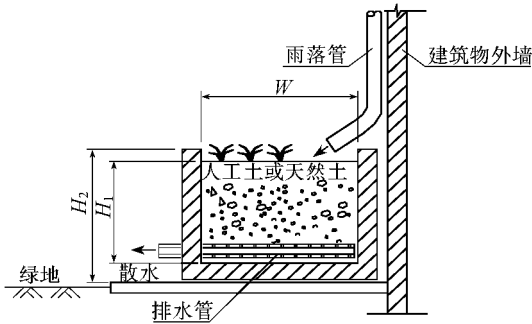


图 3 建筑物周围花坛设计图

3.2 渗透设施

渗透设施有很多种,如绿地、植被浅沟、渗透管(渠)、渗透路面、渗透池(塘)、渗透井等,可以单独设计,也可综合在一起设计。每种渗透设施要求有适宜的条件,除绿地外,植被浅沟与渗透沟工程投资最省,施工、维护简便,故该方案采用绿地-植被浅沟-无砂混凝土渗透沟雨水联合渗透系统。道路两侧不单设步行道,绿地较道路边缘低 60 mm,道路雨水直接进入绿地,屋面雨水经过花坛净化后也进入绿地,而后进植被浅沟和渗透沟。

3.2.1 渗透计算方法

Sjoberg-Martensson 和 Geiger 分别提出两种计算方法,结果表明:前者更适用于北京地区^[4]。事实上,这一方法可以在我国许多地区推广,尤其是北方城市。其基本原理为:对某一降雨重现期,渗透设施中应有一定的空间以存贮未能及时渗透的进水量,存贮空间为设计进水量与设计渗流量之差。所需存贮空间 V 可用下式计算:

$$V = \max\{V_T - V_p\} \tag{1}$$

$$\text{或 } V = \max\left\{1.25\left[3600 \frac{q_T}{1000}(CA + A_0)t\right] - 3600KA_s t\right\} \tag{2}$$

式中: V_T 为重现期 T 、降雨历时 T_0 的降雨总径流量, m³; V_p 为设计渗透量, m³; t 为降雨历时, h; q_T 为重现期 T 、降雨历时 t 时的暴雨强度, L/(s·hm²); A 为设施服务面积, hm²; A_0 为渗透设施直接承受降雨的面积(若此值较小可忽略不计), hm²; C 为平均径流系数; K 为土壤渗透系数, m/s; A_s 为渗透设施有效渗透面积, m²。

为简化计算,设 $B = CA + A_0$, $D = V/B$, $E = 1000KA_s/B$, 则式(1)可改写为

$$D = \max\{4.5q_T t - 3.6Et\} \tag{3}$$

式中: D 为单位有效径流面积所需存贮空间, m³/hm²; E 为单位有效径流面积的渗透流量, L/(s·hm²)。

为安全起见,渗透系数 K 要乘以 0.3~0.5 的系数。有效渗透面积 A_s 中不包括底面积,因底面积易堵塞,且设施中水位上下浮动,侧面积也仅按其 1/2 计算。具体计算时可采用图解法或解析法。

3.2.2 渗透计算示例

该例采用植被浅沟-渗透沟联合设计法。设计时应先划分区域再按 Sjoberg-Martensson 方法计算。设计重现期取 $P = 0.5$ 。步骤如下:

a. 渗透沟断面的确定。如图 2 所示,渗沟渠中心采用无砂混凝土矩形沟,根据构造要求和施工作业要求,中心无砂混凝土沟断面为 300 mm×300 mm,壁厚 50 mm。外填粒径为 10~20 mm 砾石,砾石外包土工布。渗透沟断面为宽×高=1000 mm×800 mm。沟上加盖 60 mm 厚混凝土盖板。

b. 植被浅沟断面的确定。如图 4 所示,植被浅沟采用三角形断面,顶宽 $W = 1.6$ m,高 $H = 0.2$ m。由于该小区地势较平坦,浅沟纵向坡度按 0.3% 设计,仍按 Sjoberg-Martensson 方法计算。沟长超过 20 m 时增设 150 mm 高的台坎一道,台坎可选用无砂混凝土制作或采用其他措施,以保证渗透存贮空间的有效利用。

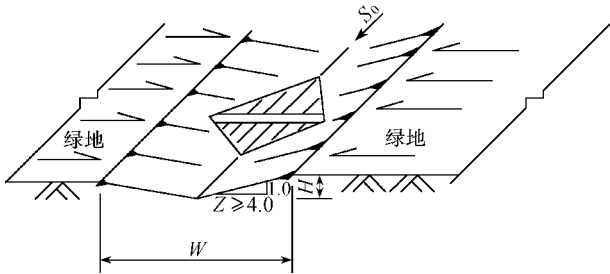


图 4 植被浅沟示意图

c. 渗透设施计算。以小区东侧 7 栋 270 m² 建筑物所在区域为例,计算周围所需浅沟和渗透渠贮存空间。

假定在每栋建筑物周围设置浅沟 45 m,在绿地中设 20 m 浅沟,共计浅沟 335 m。渗透沟总长度 181 m。北京地区的暴雨强度公式为

$$q_T = \frac{200[1 + 0.811\lg T]}{(t + 8)^{0.711}} \tag{4}$$

为求极大值,对式(3)求导,并令其等于 0 即有:

$$\frac{d(4.5q_T t - 3.6Et)}{dt} = 0 \tag{5}$$

将式(4)代入(5)经简化后得: (下转第 42 页)

先进生产技术,减少生产过程中的废水排放量,对排放的污水应严格执行污水排放标准^[9];此外应采取切实措施保护饮用水源不受污染,确保饮用水质量。

参考文献：

[1] 严登华,何严,邓伟. 东辽河流域河流系统生态需水量研究[J]. 水土保持学报,2001(3):47~50.
[2] 国家环境保护局. 中国环境统计年鉴[M]. 北京:中国环境科学出版社,1999.30~180.
[3] 王丽萍. 水资源持续利用及其有关经济问题的研究[D]. 武汉:武汉水利电力大学,1998.
[4] 傅湘,纪昌明. 区域水资源承载能力综合评价[J]. 长江

流域资源与环境,1999,8(2):168~172.

[5] 刘殿生. 资源与环境综合承载力分析[J]. 环境科学研究,1995(8):7~12.
[6] 高彦,刘昌明. 区域水资源开发利用的阈值分析[J]. 水利学报,1997(8):21~23.
[7] 郑垂勇. 水资源与国民经济协调发展研究[M]. 南京:河海大学出版社,1996.
[8] 陈冰,李丽娟,郭怀成,等. 柴达木盆地水资源承载力方案系统分析[J]. 环境科学,2000,21(3):16~21.
[9] Seckler D, Barker R, Amarasinghe U. Water scarcity in the twenty-first century[J]. Water Resource Development, 1999(11):29~42.

(收稿日期:2003-06-23 编辑:徐娟)

(上接第14页)

$$(t+8)^{.711}=2501.3(1+0.811lgT)(0.289t+8)/E \tag{6}$$

取 $P=0.5$; $A=0.705\text{ hm}^2$; $A_0=0.054\text{ hm}^2$; $B=CA+A_0=0.532\times0.705+0.054=0.429\text{ hm}^2$; $A_s=419.5\text{ m}^2$; $E=1\,000\text{ KA}_s/B=1\,000\times2.5\times10^{-5}\times419.5/0.429=24.45$,代入式(6)得到 $(t+8)^{.711}=77.33(0.289t+8)$,求得 $t=92\text{ min}$,此时,有效存储空间 $V=117.7\text{ m}^3>111.6\text{ m}^3$,满足要求。

3.3 系统高程布置与小区雨水溢流管设计

植被浅沟按地面坡度0.3%布置。
渗透沟在每两个集水井之间均为水平布置,高程为两集水井之间平均高程。为保证渗透空间充分利用,每个集水井内设溢流堰板,溢流堰板标高与上游中心渠内顶平。

小区中所有路面均高于绿地约60 mm,主道沿其中心轴线向两侧绿地倾斜,辅道向某一侧倾斜,保证道路雨水先进入绿地进行渗透处理。小区中停车位布置渗透地面。

因目前国内尚无雨水渗透与排放联合设计与运行的规范与经验,作为方案设计与比较,为防洪安全,渗透设施与市政管网的连接溢流管设计重现期仍采用直接排放方案时选用的设计重现期。该案例选用 $P=1$,溢流管埋深、管径等水力计算与传统直接排放方法相同。

4 工程投资与效益分析

4.1 工程投资与运行成本

按1996年北京市建设工程概算定额进行计算,工程造价38.87万元。该方案实施后,每年可渗透水量14600 m³,占该小区降雨总量的84%,较传统直接排放方案可多渗透雨水6000 m³。按年渗透雨水

量计,工程造价为26.63元/m³,按小区面积计,工程造价13.26元/m²。由于该方案埋深较浅,便于清堵,易于维护,年运行费用可控制在3000元以内。假设渗透运行成本全部均匀分摊到每年渗透水总量上,则渗透水量运行成本为0.21元/m³。

4.2 效益分析

若考虑节省城市引水、净水的边际费用,节水可增加的国家财政收入,消除污染而减少的社会损失,节省城市排水设施的建设和运行费用等几项间接效益,与传统直接排放方案的差额投资内部收益率为19.2%,优于直接排放方案。在计算中,若考虑远距离引水(如南水北调)和用水超标加价收费和罚款,防洪减灾、节省水资源、防止地面沉降减少的灾害,改善城市环境以后带来的其他环境效益和社会效益等,此项差额内部收益率会更大^[1]。

参考文献：

[1] 李俊奇,车武,孟光辉,等. 城市雨水利用方案设计与技术经济分析[J]. 给水排水,2001,27(12):25~28.
[2] 汪慧贞,车武,胡家骏. 浅议城市雨水渗透[J]. 给水排水,2001,27(2):4~7.
[3] 欧岚,车武,汪慧贞. 城市屋面雨水绿地水平渗透净化研究[J]. 城市环境与城市生态,2001,14(6):24~27.
[4] 汪慧贞,车武,李俊奇. 雨水渗透设施的计算及关键参数[J]. 给水排水,2001,27(11):18~24.

(收稿日期:2002-09-16 编辑:高渭文)

