

图解法用于雨水渗透下凹式绿地的设计

张 炜¹, 车 伍², 李俊奇², 杜 坤¹, 李蔚然³

(1. 河北工程大学 城市建设学院, 河北 邯郸 056038; 2 北京建筑工程学院 环境与能源工程学院, 北京 100044; 3. 首钢技术研究院, 北京 100041)

摘 要: 下凹式绿地是一种生态型的雨水渗透设施, 目前还没有相关设计规范。综合绿地服务汇水面积、土壤渗透系数、设计暴雨重现期、周边设施的布置情况等多种影响因素, 提出了下凹式绿地的设计方法, 合理确定了下凹式绿地的设计控制参数——绿地下凹深度及绿地面积。为了简化设计计算过程, 建议用下凹式绿地设计计算图取代数值计算, 并以邯郸为例介绍下凹式绿地设计计算图的绘制方法及应用。各地区均可依据当地的雨水排放设计标准、地质条件等因素绘制设计计算图, 以便于下凹式绿地的推广应用。

关键词: 图解法; 雨水渗透; 下凹式绿地; 设计计算; 水量平衡

中图分类号: TU991 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000 - 4602(2008)20 - 0035 - 05

Application of Graphical Approach for Low Elevation Greenbelt Design

ZHANG Wei¹, CHE Wu², LI Jun-qi², DU Kun¹, LI Wei-ran³

(1. School of Urban Construction, Hebei University of Engineering, Handan 056038, China;
2. School of Environment and Energy Engineering, Beijing University of Civil Engineering and Architecture, Beijing 100044, China; 3. Shougang Research Institute of Technology, Beijing 100041, China)

Abstract: Low elevation greenbelt is an ecological facility of rainwater infiltration, but its design method is not standardized. Based on the design influencing factors, such as the area of greenbelt catchment, the permeability coefficient of soil, the design storm recurrence period, the condition around greenbelt and so on, a design method is put forward. The control parameters of low elevation greenbelt, which are greenbelt depth and area, are reasonably determined. In order to simplify the design calculation process, the graphical approach should be applied to low elevation greenbelt design instead of numerical calculation. Taking Handan City as an example, the drawing and using methods of the calculation chart of low elevation greenbelt design are introduced. According to the local design standard of storm drainage, geologic condition and so on, the calculation chart of low elevation greenbelt design should be drawn in each area. The application of low elevation greenbelt will be easier and more extensive.

Key words: graphical approach; rainwater infiltration; low elevation greenbelt; design calculation; water balance

下凹式绿地是一种生态型的雨水渗透设施, 具有投资少、蓄渗效果明显、截留净化径流雨水、不易堵塞等优点。它既可设置在城区范围内的建筑物、街道、广场等不透水地面周边, 用于收集蓄渗小面积

汇水区域的径流雨水, 又能在立交桥附近、市郊等空旷区域大规模应用, 从而提高立交桥及整个城市的防洪能力。虽然已有人探讨了下凹式绿地的雨水蓄渗效果^[1~3], 但还没有提出规范的设计方法。如果

仅按照《建筑与小区雨水利用工程技术规范》中规定的“小区内路面宜高于绿地 50 ~ 100 mm 进行设计,则只是将下凹式绿地视为一种削减雨水径流量的措施,而没有考虑绿地对单场降雨径流的蓄渗能力。笔者综合下凹式绿地设计的主要影响因素,探讨其设计原理,提出简化的设计计算方法,从而为下凹式绿地的广泛应用打下良好的理论基础。

1 下凹式绿地设计流程

绿地下凹深度和绿地面积是下凹式绿地设计过程中的两个主要控制参数。它们的取值需综合绿地服务汇水面面积、土壤渗透系数、设计暴雨重现期、周边设施的布置情况、绿地植物的耐淹时间等多种影响因素后确定。下凹式绿地的设计流程大致如下:

根据项目规划,划分下凹式绿地的服务汇水面;

综合下凹式绿地服务汇水面有效面积、设计暴雨重现期、土壤渗透系数等相关基础资料,利用规模设计计算图合理确定绿地面积及其下凹深度;

通过绿地淹水时间、绿地周边条件对设计结果进行校核。校核通过则设计完毕,否则返回,重新划分下凹式绿地服务汇水面,进行新一轮的设计计算,调整设计控制参数,直至得出合理的设计结果。

2 下凹式绿地服务汇水面的划分

设计雨水径流量是下凹式绿地的重要设计依据,服务汇水面的面积及其综合径流系数与设计雨水径流量成正比,从而影响了下凹式绿地设计控制参数的取值,因此服务汇水面的划分是下凹式绿地设计的首要环节。从规划和景观学的角度,绿地的布局一般比较分散,划分汇水面时应把设计汇水区域围绕绿地划分为若干相对独立的子系统,径流雨水由各子系统内的下凹式绿地分别就近蓄渗利用。

在已建成地区,绿地的位置、面积均已确定,可根据项目实际地形划分下凹式绿地服务汇水面,然后综合其他设计影响因素确定绿地的下凹深度。若经校核不合理,再根据实际情况对项目地表高程进行局部调整,重新进行设计计算,直至得出合理的设计结果。当项目所在地的防洪压力不大时,也可减小绿地的设计暴雨重现期,溢流雨水外排或收集回用。

对于新建项目来说,在项目规划时就应考虑下

凹式绿地服务汇水面划分的问题。绿地面积及其服务汇水面的有效面积应成比例均匀划分,即各子系统的绿地面积率相等或相差不大,充分发挥下凹式绿地的蓄渗能力。其中,汇水面有效面积指汇水面实际面积与其综合径流系数的乘积;系统绿地面积率指绿地面积与其服务汇水面有效面积的比值。

除此之外,下凹式绿地在各子系统内的平面位置也是重要的设计内容。下凹式绿地宜布置在建筑物、道路等不透水面的周边,以减少雨水地表径流的流行距离和时间,而且下凹式绿地一般建于汇水面的低地势处,路面雨水自然漫流至绿地,降低管道、沟渠等雨水输送系统的建造费用,便于雨水引入绿地。

下凹式绿地服务汇水面划分以及绿地平面位置确定后,结合项目的实际情况对各子系统的下凹式绿地分别进行设计计算,从而初步确定下凹式绿地的设计控制参数。

3 下凹式绿地的设计计算方法

基于水量平衡原理建立等式关系,在满足实际应用精度的基础上对等式进行合理假设和简化,运用水力计算得出下凹式绿地的设计计算公式,最终以设计计算图这一简单形式作为下凹式绿地设计计算的应用界面。根据已知的项目边界条件可以直接通过查图获取下凹式绿地的设计控制参数,这将大大简化下凹式绿地设计计算的复杂程度,为下凹式绿地的推广应用打下良好基础。

3.1 下凹式绿地雨水渗透水量平衡分析

根据雨水渗透的水量平衡原理,计算时段内下凹式绿地的水文要素之间存在如下关系^[4]:

$$Q + U = S + Z + Z + U + P \quad (1)$$

式中 Q ——计算时段内进入下凹式绿地的雨水径流量, m^3

U ——计算时段开始时下凹式绿地的蓄水量, m^3

S ——计算时段内下凹式绿地的雨水下渗量, m^3

Z ——计算时段内下凹式绿地的雨水蒸发量, m^3

Z ——计算时段内下凹式绿地的植物蒸腾量(仅计植物对雨水的蒸腾量), m^3

U ——计算时段结束时下凹式绿地的蓄水量, m^3

P ——计算时段内下凹式绿地的雨水溢流外排量, m^3

式 (1)表示了降雨计算时段内下凹式绿地进、出水的水量平衡关系。若直接推导下凹式绿地的设计计算公式,则涉及的计算参数很多,所以首先结合实际应用对式 (1)进行合理的假设和简化:

降雨历时一般较短,降雨过程中雨水的蒸发量和植物的蒸腾量较小,故 Z_1, Z_2 可忽略;

由于绿地植物的淹水时间不宜过长,绿地调蓄的雨水应在雨后短时间内入渗排空,所以假设降雨开始时下凹式绿地内无蓄水,即 $U = 0$;

为简化计算,雨水的下渗量按土壤的渗透系数和绿地面积确定,忽略植物截流、土壤含水率等影响雨水下渗的因素 (忽略这些因素后设计值偏安全);

设计暴雨重现期下的雨水径流全部渗透利用,不产生外排,即 $P = 0$ 。

因此,式 (1)可简化为:

$$Q = S + U \tag{2}$$

3.2 下凹式绿地设计计算公式

式 (2)中各参数可表示成如下形式:

$$Q = \int_{t_1}^{t_2} F_0 \cdot q dt \cdot 10^{-2} \tag{3}$$

$$S = s \cdot (t_2 - t_1) \cdot J \cdot 60 \tag{4}$$

$$U = F \cdot h \tag{5}$$

式中 F_0 ——汇水面有效面积, $F_0 = f \cdot F, m^2$

F ——实际汇水面积, m^2

F ——绿地面积, m^2

f ——汇水面的综合径流系数

s ——绿地渗透量, $s = k \cdot F, m^3 / s$

J ——水力坡度,对于垂直下渗,取 $J = 1$

k ——土壤渗透系数,即稳渗率, m / s

q ——设计暴雨强度,根据暴雨强度公式计算, $L / (s \cdot hm^2)$

t_1 ——降雨初期,暴雨强度随降雨历时增大过程中,暴雨径流量等于绿地渗透量的时刻, min

t_2 ——降雨中后期,暴雨强度随降雨历时减小过程中,暴雨径流量等于绿地渗透量的时刻, min

h ——绿地下凹深度, m

根据各参数的数学表达式可将式 (2)用图 1表

示。当雨水瞬时径流量 q 小于绿地瞬时渗透量 s 时,雨水径流可以被绿地完全渗入地下,绿地蓄水量 U 为零;当 $q > s$ 时则利用绿地的下凹空间对雨水进行临时调蓄,滞留雨水在径流量减小或雨停后再逐渐下渗。

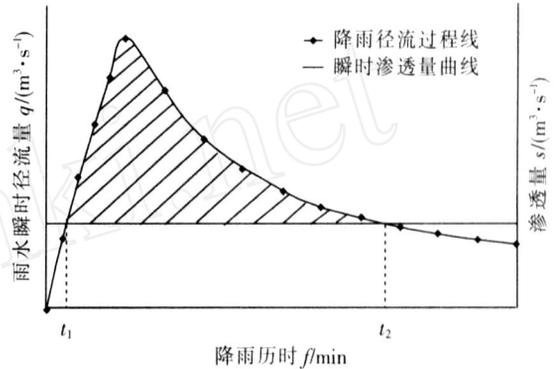


图 1 下凹式绿地设计计算原理

Fig 1 Calculation principle of low elevation greenbelt design

图 1中渗透量 s 与降雨径流过程线所包围的阴影面积即为该条件下绿地渗透设施需具备的调蓄空间。

将式 (3) ~ (5)代入式 (2),整理得:

$$h = 100 \times \frac{1}{f} \times \int_{t_1}^{t_2} q dt - (t_2 - t_1) \cdot k \cdot 60 \tag{6}$$

式中 f ——系统的绿地面积率

f 综合了系统绿地面积和汇水面有效面积两者之间的关系对下凹式绿地设计的影响,故设计时用系统绿地面积率代替绿地面积作为设计控制参数更为合理。

式 (6)即为下凹式绿地的设计计算公式。对于一个具体项目来说,汇水面积 F_0 、土壤渗透系数 k 、设计降雨重现期 P 、雨水地面集流时间为已知,而 f 是绿地面积的隐函数, t_1 和 t_2 也与绿地面积相关,因此运用式 (6)进行设计时,直接利用数值计算难度较大,可采用试算法或图解法求解。

3.3 下凹式绿地设计计算图的绘制及应用

虽然式 (6)是在满足设计精度要求、最大限度简化雨水渗透水量平衡影响因素的基础上得出的,但在设计时仍包括积分计算以及试算法或图解法等较为复杂的运算过程,不利于实际推广应用。为了进一步简化设计流程,根据图解法原理,建议各地区结合当地的雨水排放设计标准、地质条件等因素绘制下凹式绿地的设计计算图。

现以邯郸为例,绘制下凹式绿地的设计计算图

(见图 2)。

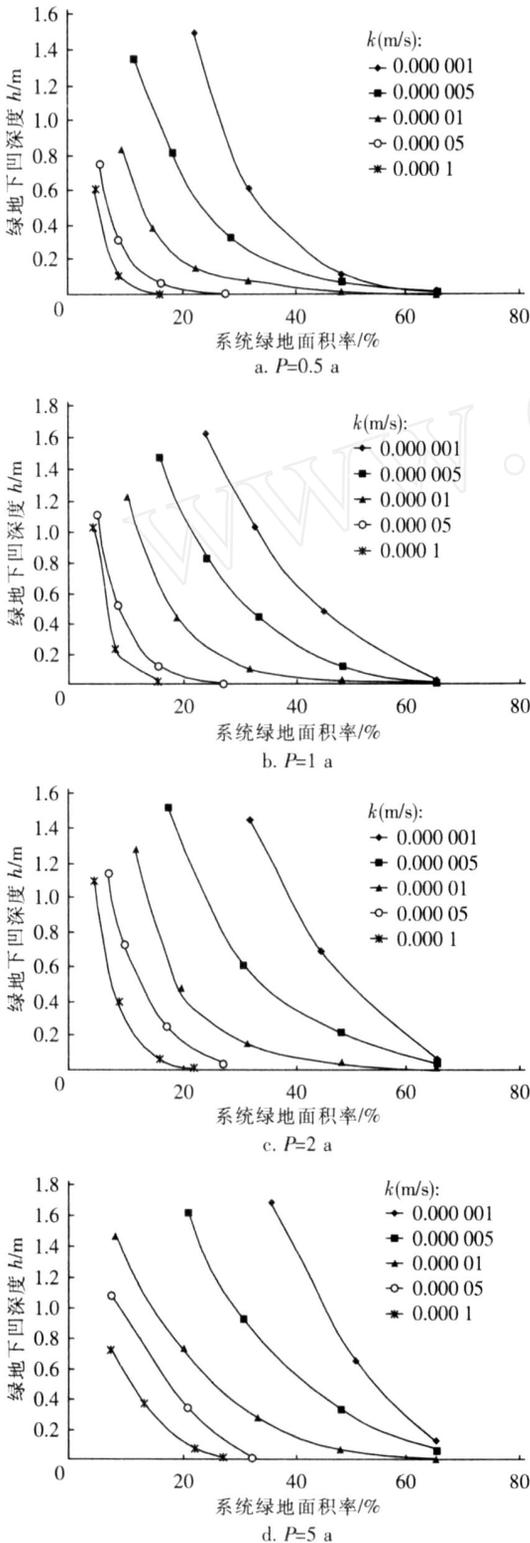


图 2 下凹式绿地设计计算图

Fig 2 Calculation chart of low elevation greenbelt design

图 2 直观体现了系统绿地面积率和绿地下凹深度随不同设计暴雨重现期、绿地土壤渗透系数的变

化关系。对于同一设计暴雨重现期、绿地土壤渗透系数,绿地的下凹深度随着系统绿地面积率增大而逐渐降低;相同的绿地面积率下,设计暴雨重现期越大则汇水面的土壤渗透系数越小,绿地下凹深度的设计值也就越大。

参考图 2 中绿地下凹深度 h 和系统绿地面积率 f 的关系曲线,就可结合项目的实际条件对下凹式绿地设计控制参数进行设计或调整。当土壤渗透系数介于设计计算图选定土壤渗透系数之间时用内插法求解。图 2 的适用范围是暴雨重现期为 0.5、1、2.5 a,土壤的渗透系数 k 介于 $(1 \times 10^{-6}) \sim (1 \times 10^{-4})$ m/s

4 下凹式绿地设计校核

通过上述设计计算方法可以初步得出绿地面积及下凹深度的理论计算值,在实际应用时还需要结合绿地植物的耐淹时间、绿地周边条件、项目防洪压力等的具体情况对理论值进行校核。

4.1 绿地植物耐淹时间

绿地植物的耐淹时间过长将会影响绿地植物的正常生长,因此在系统绿地面积率及绿地下凹深度确定后,需要用绿地的淹水时间进行校核。绿地的淹水时间与下凹深度、土壤渗透系数有关,校核时可按照最不利情况进行计算,即绿地的下凹空间蓄满雨水时,雨水全部下渗所需的时间。

$$t_0 = \frac{h}{86400 \cdot k} \tag{7}$$

式中 t_0 ——绿地最长淹水时间, d

需要指出的是,下凹式绿地中的“绿地”在此泛指各种植物,如草坪、灌木等。植物的选择需注意选种当地的耐淹且抗旱植物,以便于日常的运行维护管理。当绿地淹水时间过长时,可对设计进行如下调整:增加系统绿地面积率,减小绿地下凹深度,但需要注意,由于绿地日常维护的耗水量很大,所以不能为了减小绿地下凹深度而一味增大绿地面积,特别是在缺水地区,需综合各种影响因素合理设计;或减小绿地下凹深度,加设其他雨水利用设施,如透水路面、渗透沟渠、地下渗透空间等,从而满足雨水排放设计标准的要求。

4.2 绿地周边条件

若道路或建筑物周边的绿地下凹深度过大,则将成为过往行人、车辆的安全隐患。目前国内还没有与此相关的设计标准,应用时可根据具体情况慎

重把握,一般不宜超过 $0.25\text{ m}^{[4]}$ 。当下凹式绿地建于市郊或行人车辆较少的区域时,可设计较大的下凹深度,只校核其淹水时间即可,但也要在绿地周边适当增加防护措施,以提高其安全性,即把下凹式绿地视为多功能调蓄设施,平日作为绿地美化环境,改善周边生态,暴雨来临时用于蓄渗径流雨水,削减洪峰流量。

5 结论

绿地是城市的必要组成元素,对原有绿地进行改造或将规划绿地建成下凹式绿地,投资很少就能达到缓解城市雨洪压力、控制雨水径流污染的目的。下凹式绿地的设计计算采用图解法,不仅能够有效保证下凹式绿地的运行功效,而且大大简化了设计计算,易于推广,具有较好的理论参考和实际应用价值。

参考文献:

- [1] 叶水根,刘红,孟光辉,等. 设计暴雨条件下下凹式绿地的雨水蓄渗效果 [J]. 中国农业大学学报, 2001, 6 (6): 53 - 58
- [2] 任树梅,周纪明. 利用下凹式绿地增加雨水蓄渗效果的分析与计算 [J]. 中国农业大学学报, 2000, 5 (2): 50 - 54.
- [3] 程江,徐启新,杨凯,等. 下凹式绿地雨水渗蓄效应及其影响因素 [J]. 给水排水, 2007, 33 (5): 45 - 49.
- [4] 李俊奇,车伍,池莲,等. 住区低势绿地设计的关键参数及其影响因素分析 [J]. 给水排水, 2004, 30 (9): 41 - 46

电话: (0310) 8578748

E - mail: zhwhzhw@163. com

收稿日期: 2008 - 03 - 02

· 征订启事 ·

《供水技术》(双月刊)征稿启事

《供水技术》杂志创刊于 2007 年,由天津市自来水集团有限公司主办、主管,其国内统一连续出版物号为 CN 12 - 1393/TU。

《供水技术》针对国内外供水行业存在的热点、焦点问题、技术前沿问题,致力于传播和交流先进技术与成熟的经验,提高专业人员技术素质。

《供水技术》着眼于供水企业的运行、生产、营销、服务、施工等方面的技术工作,进行广泛的交流与研讨,内容涉及水厂设计、老水厂改造、水厂自动化、污泥处理与综合利用、水质检测、区域计量、管网改造、管网模型管理维护、管网运行新技术、营销新技术、新型水表应用、电子收费系统、工程施工新技术、二次供水新技术、中水回用、海水综合利用等等;对供水企业现实生产中遇到重点与难点问题进行研讨,力求为供水企业开辟一块新的交流阵地。

《供水技术》栏目设置分为:研究论述、技术总结、设计经验、工程实例、运行管理、分析监测、节水与回用、施工监理、信息动态等。

《供水技术》发行对象覆盖全国各地供水企业、业内的科研单位和大专院校,以及水工业及环保相关企业,将体现出专业性强,行业特点突出等优势,在万余家供水企业中产生联动效应,具有较大影响力。

欢迎广大读者、作者朋友踊跃向我国供水行业“业内”杂志——《供水技术》投稿,相信我们会为大家提供更优质的服务,搭建更广泛的技术交流与研讨平台。

诚挚邀请相关企业刊载广告,相信我们会为您提供最新的工程信息。与我们的合作也会为您带来更大的商机!

地址:天津市和平区建设路 54 号 邮编: 300040

电话: 022 - 23392157 23310823 传真: 022 - 23392157

网址: www. chinawatertech. net E - mail: gsjs126@126. com