

# 雨水花园在雨洪控制与利用中的应用

罗红梅<sup>1</sup>, 车伍<sup>1</sup>, 李俊奇<sup>1</sup>, 汪宏玲<sup>2</sup>, 孟光辉<sup>2</sup>, 何建平<sup>2</sup>

(1. 北京建筑工程学院 环境与能源工程学院, 北京 100044; 2 北京市节约用水管理中心, 北京 100036)

**摘要:** 雨水花园是一种生态型的雨洪控制与利用设施, 被广泛地用于滞留及净化公共建筑、城市住宅区、商业区以及工业区的建筑、停车场、道路的雨洪径流, 还特别适用于分散的别墅、旅游生态村和新建村镇。详细介绍了雨水花园的功能、分类、设计计算、植物选择原则及维护管理措施, 并展望了其应用前景。

**关键词:** 雨水花园; 雨洪控制与利用; 设计

**中图分类号:** TU991 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000 - 4602(2008)06 - 0048 - 05

## Application of Rainwater Garden to Storm and Flood Control and Utilization

LUO Hongmei<sup>1</sup>, CHE Wu<sup>1</sup>, LI Jun-qi<sup>1</sup>, WANG Hong-ling<sup>2</sup>, MENG Guang-hui<sup>2</sup>, HE Jian-ping<sup>2</sup>

(1. School of Environmental and Energy Engineering, Beijing University of Civil Engineering and Architecture, Beijing 100044, China; 2 Beijing Municipal Water Conservation Office, Beijing 100036, China)

**Abstract:** Rainwater garden, which is an ecological facility used for storm and flood control and utilization, is widely used for retention and purification of storm and flood runoff from buildings, parking lots and roads in public spaces, urban residential areas, commercial areas and industrial areas, and especially is suitable for decentralized villas, ecotourism villages and newly constructed villages and small towns. The functions, classification, design calculation, vegetation selection principle, maintenance and management measures of rainwater garden were introduced, and its application prospect was forecasted.

**Key words:** rainwater garden; storm and flood control and utilization; design

### 1 雨水花园的功能及分类

雨水花园是指在低洼区域种有灌木、花草乃至树木等植物的工程设施, 它主要通过土壤和植物的过滤作用净化雨水, 同时通过将雨水暂时滞留而后慢慢渗入土壤来减少径流量。它是城市暴雨最佳管理措施 (BMPs) 中的一项技术, 近年来在许多发达国家被广泛地用于雨洪控制与径流污染控制系统, 也可作为一种生态型的雨水间接利用设施<sup>[1]</sup>。一般

来说, 雨水花园可以构建在黏土、砂土等各种类型的土壤上, 主要适用于城市公共建筑、住宅区、商业区以及工业区的建筑、停车场、道路等的周边, 而且还适用于处理和利用别墅区、旅游生态村等分散建筑和新建村镇的雨洪径流。

#### 1.1 雨水花园的功能

雨水花园主要通过土壤与植物的物理、化学及生物作用来处理雨水, 具有以下功能:

基金项目: 北京市科技计划重大项目 (D0605050040191 - 04); 北京市“学术创新团队”项目 (BJE10016200611)

可以有效去除径流中的悬浮固体颗粒、有机污染物以及重金属离子、油类物质及病原体等(见表 1)<sup>[2]</sup>。

表 1 雨水花园对部分污染物的去除效果

Tab 1 Removal effect of pollutants by rainwater garden

指标	去除率 %
TSS	80
TP	60
TN	50
重金属	45 ~ 95
病原体	70 ~ 100

雨水花园中植被的截留作用以及土壤的渗透作用能降低雨水径流的流速,削减径流量,减少洪涝灾害,而且雨水下渗还可以补充地下水。

雨水花园蓄积雨水的蒸发吸热及植物的蒸腾作用可以调节空气湿度和温度,减轻热岛效应,改善周围的环境条件。

雨水花园营造的小生态环境可以为一些鸟类以及蝴蝶、蜻蜓等昆虫提供食物及栖息地,通过合理设计可控制雨水滞留时间,避免孳生蚊蝇,因此雨水花园具有很好的景观和生态效果。

## 1.2 雨水花园的分类

### 1.2.1 以控制径流污染为目的的雨水花园

有些文献将该类雨水花园称作生物滞留区域<sup>[2,3]</sup>,其主要功能是控制径流污染,一般适用于停车场、广场、道路的周边,这些区域的径流污染比较严重,可利用雨水花园处理污染较严重的初期雨水。

### 1.2.2 以控制径流量为目的的雨水花园

该类雨水花园的主要功能是减少区域雨洪径流量<sup>[4~6]</sup>,同时也起到美化环境及净化水质、补充地下水的作用。它一般适用于处理水质相对较好的小汇流面积的雨洪,如公共建筑或小区中的屋面雨水、污染较轻的道路雨水、城乡分散的单户庭院径流等。这类雨水花园类似于普通的花园,其结构相对比较简单,一般无需设计专门的底部排水沟渠。

该类雨水花园位置的选择十分重要,一般要求:距离建筑物至少 3 m,以免浸泡地基;尽量不要设置在树下,以免遮挡阳光;为减少土方量,应设置在相对较平坦的地方;尽量设置在雨水易汇集的区域,但不宜设置在因土壤渗透性太差而会造成长时间积水的地方,否则需要采取其他防止积水的措施。

## 2 雨水花园的设计

### 2.1 以控制径流污染为目的

#### 2.1.1 土质要求

以控制径流污染为目的的雨水花园对土质的要求比较高<sup>[7]</sup>,一般要求为壤质砂土,含大约 35% ~ 60%的砂土,黏土含量 25%,渗透系数 0.3 m/d;土壤中含有大量的直径 >25 mm 的碎石、木屑、树根或其他腐质材料以及大量的无害草籽等。另外,雨水花园的土质比较疏松,应用锄或铲轻轻夯实。

#### 2.1.2 结构及深度的确定

当雨水花园以控制径流污染为目的时,它既要保证很好的处理效果,又要保证及时排除多余雨水,因此其结构一般比较复杂,主要由植被缓冲(过滤)带(预处理作用)、蓄水区、有机覆盖层、种植土层、植物、地下排水暗管组成,并设有紧急溢流装置(见图 1),有时还可设置一贮水池,贮存溢流及底部排水管排出的水质较好的雨水,用于喷洒道路、浇灌绿地等,以实现雨水资源的再利用。

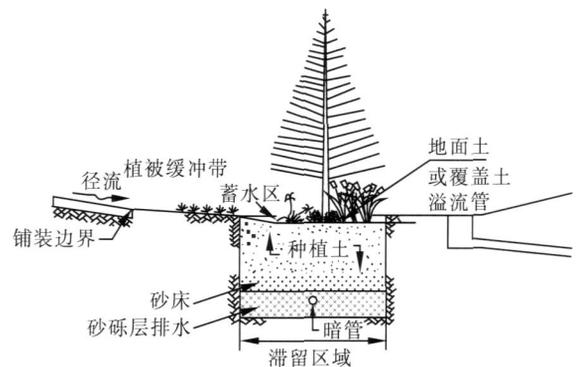


图 1 雨水花园的结构示意

Fig 1 Schematic diagram of rainwater garden structure

溢流装置一般设置在雨水花园的中间位置,其顶部一般与设计最大水深齐平。图 2 为该类溢流装置的断面示意图。

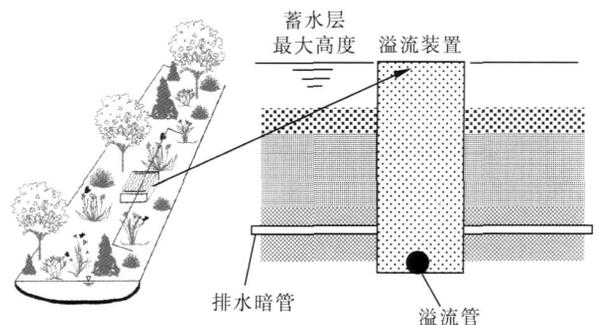


图 2 溢流装置示意

Fig 2 Schematic diagram of overflow facility

该类雨水花园各层结构的说明及深度的确定见表 2<sup>[2]</sup>。

表 2 雨水花园的结构说明及深度确定

Tab 2 Structure and depth of rainwater garden

组成	说明
预处理区 (植被缓冲带或植被浅沟)	停车场、公路等区域的雨水径流中含有大量的悬浮物及碎片,有必要进行预处理
蓄水区	暂时贮存雨水以使其慢慢渗入土壤,同时也可沉淀径流。深度为 15~22 cm,一般取 22 cm
覆盖层	防止表面土壤侵蚀,保持植物根部区域潮湿,为微生物的生长及有机物质的分解提供介质,并且可以过滤大的悬浮物。其厚度一般取 5~10 cm
种植土层	为植物的生长提供水分及营养物质,过滤雨水径流,通过渗透、植物吸收、土壤吸附、微生物作用去除污染物。种有树木的种植土厚度最小为 120 cm,没有树的最小为 60 cm
底部砾石排水层	收集渗透后的雨水径流,其厚度一般取 30~45 cm;设有底部排水管,以便及时排出下渗雨水
溢流装置	使超过设计能力的多余雨水溢流至附近水体或排水系统

2.1.3 表面积的计算

雨水花园的表面积主要由以下因素决定:雨水花园的深度、处理的雨水径流量和土壤类型。

雨水花园表面积的计算公式为<sup>[8]</sup>:

$$A \frac{dh_s}{dt} = Q_{\text{雨水花园}} + Q_{\text{外部径流}} - Q_{\text{渗透}} - Q_{\text{溢流}} \quad (1)$$

式中  $A$ ——雨水花园的面积,  $m^2$

$h_s$ ——水深,  $m$

$Q_{\text{雨水花园}}$ ——直接落入雨水花园的雨量,  $m^3/s$

$Q_{\text{外部径流}}$ ——进入雨水花园的外部径流量,  $m^3/s$

$Q_{\text{渗透}}$ ——雨水花园渗透量,  $m^3/s$

$Q_{\text{溢流}}$ ——雨水花园溢流量,  $m^3/s$

如果忽略溢流量及直接进入雨水花园的雨量,则式(1)化简为:

$$A \frac{dh_s}{dt} = Q_{\text{外部径流}} - Q_{\text{渗透}} \quad (2)$$

如果假设进入雨水花园的雨水在  $t$  时间内完全渗入地下,则式(2)变为:

$$Q_{\text{外部径流}} = Q_{\text{渗透量}} \quad (3)$$

当雨水花园主要以控制径流污染为目的时,其处理的雨水主要为初期径流。

确定处理径流量

$$P = \frac{(P - Q - 2S)^2}{P + 0.8S} \quad (4)$$

式中  $P$ ——实际处理降雨量,  $mm$

$P$ ——设计降雨量,  $mm$

$S$ ——产流后的潜在最大损失量,  $mm$

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (5)$$

式中  $CN$ ——径流曲线数 (runoff curve number)

$CN$ 是由一场降雨中的渗透量决定的(见表3)。它是反映降雨前流域特征的一个综合参数,取值范围为 0~100。决定  $CN$  的主要因素为土壤前期湿度、土壤类型、覆盖类型、管理状况和水文条件,同时坡度也对  $CN$  有一定影响<sup>[9]</sup>。

表 3 不同条件的径流曲线数

Tab 3 Runoff curve number under different conditions

土地利用类型	砂土、壤质砂土	壤土、粉砂壤土	砂壤土	黏壤土、粉砂黏壤土、砂黏土、粉砂黏土、黏土
100%不透水铺装 (停车场、屋顶、硬化道路等)	98	98	98	98
开阔空间 (绿化率 < 50%)	68	79	86	89
开阔空间 (50% 绿化率 75%)	49	69	79	84
开阔空间 (绿化率 > 75%)	39	61	74	80
森林 (平原区)	26	60	73	79

在国内可视具体情况确定设计降雨量,也可直接确定实际处理的降雨量,如屋面取 1~3 mm、路面取 6~8 mm 等,具体数值应视汇水面性质和大小、污染程度、系统设计等因素而定<sup>[10]</sup>。

$$Q = \frac{A \cdot P}{1000} \quad (6)$$

式中  $Q$ ——实际处理径流量,  $m^3$

确定表面积

假设雨水在  $t_f$  时间内全部渗透到土壤中,则由式(3)得:

$$Q_{\text{初期径流}} = Q_{\text{渗透量}}$$

$$Q = K \cdot J \cdot t_f \cdot A_f = K \cdot \frac{h + d_f}{d_f} \cdot t_f \cdot A_f$$

$$A_f = \frac{Q \cdot d_f}{K(h + d_f) \cdot t_f} \quad (7)$$

式中  $A_f$ ——雨水花园的表面积,  $m^2$   
 $J$ ——水力坡降  
 $d_f$ ——种植土深度,一般取 1 m  
 $K$ ——渗透系数,一般取 0.3 m/d  
 $h$ ——平均水深,为 1/2 最大深度,一般取 0.11 m  
 $t_f$ ——雨水在花园表面的滞留时间,居民区取 1 d,非居民区取 1.5 d

2.2 以控制径流量为目的

2.2.1 土质要求

当雨水花园的主要功能是控制径流量时,只要土壤的渗透性达到要求即可。可通过以下简易方法测试:挖一约 15 cm 深的坑,充满水后如果能在 24 h 内渗完,即适合作为雨水花园的土壤。

如果土壤达不到渗透要求,可以通过局部换土达到要求。可按以下比例配制:50% ~ 60% 的砂土和碎石;20% ~ 30% 的腐殖土;20% ~ 30% 的表层土。

2.2.2 结构及深度的确定

当雨水花园的主要功能是控制径流量时,其结构比较简单,一般只要能保证超过其设计能力的雨水及时排入排水系统即可。

如果是分散的或位于郊区、农村的单户庭院的雨水花园,超过其渗蓄能力的雨水会进入庭院排水沟,因此一般无需设计专门的溢流装置,多余雨水只要沿四周高坎流出,进入庭院排水系统即可。

如果雨水花园所在的位置不方便将多余雨水直接排入排水系统,则可设计一个简单的溢流装置,使雨水由溢流管(渠)排入就近的排水系统(见图 3)。

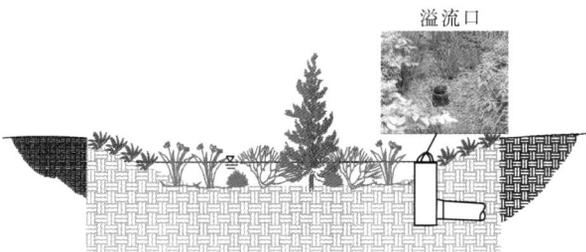


图 3 简单溢流口示意

Fig 3 Schematic diagram of simple overflow outlet

该类雨水花园的深度主要由土壤的渗透性能及地面坡度确定。渗透性能比较差的土壤的建议深

度为 7.5 cm 左右,渗透性能较好的砂土的建议深度为 15 cm 左右。一般要求雨水花园的地面坡度 12%,底部必须平坦,为了减少土方量,可根据不同的地面坡度采取不同的雨水花园深度(可参考表 4)<sup>[11]</sup>。

表 4 坡度与深度的关系

Tab 4 Relation between slope and depth

项目	坡度 / %	深度 / cm
数值	<4	7.6 ~ 12.7
	5 ~ 7	15.2 ~ 17.8
	8 ~ 12	20

2.2.3 表面积的确

当雨水花园的主要作用是控制径流量时,其设计流量一般为整个汇流面积的全部径流量。如果保证雨水花园里的雨水在设计时间内渗完,则由式(3)得:

$$Q_{\text{小时径流}} = Q_{\text{小时渗透}} \cdot H_t \cdot A_{\text{汇}} = K \cdot A_f \cdot t$$

$$A_f = A_{\text{汇}} \cdot \frac{H_t}{K \cdot t} \quad (8)$$

式中  $A_f$ ——汇流面的径流系数

$H_t$ ——一定重现期下的  $t$  小时的降雨量, mm

$t$ ——设计时间,一般取 24 h

$A_{\text{汇}}$ ——汇水面面积,  $m^2$

3 雨水花园的维护管理

为了保证良好的运行状况,必须对雨水花园进行定期维护管理,具体见表 5。

表 5 雨水花园的维护管理措施

Tab 5 Maintenance method of rainwater garden

管理措施	维护管理方法	检查时间
在几场降雨或一场大暴雨后,要检查雨水花园表面覆盖层的侵蚀情况以及植被的损坏情况	替换掉被侵蚀的表面覆盖层及被损坏的植被	必要时
沉淀物会在表面积累,进而会堵塞雨水花园而阻止雨水下渗(雨水在蓄水层停留了 2 d 而没有完全渗入地下,就表明已经堵塞)	清除表面沉积物,并且将植被及其生长环境恢复到最初的状态	经常
检查植被生长状况,防止过度繁殖,定期检查是否有杂草生长	收割植被,灌木类植物需要定期剪枝,去除杂草	偶尔
查看土壤的干燥状况	及时浇灌植物	经常

4 雨水花园植物的选择原则

本地植物应多于引进的外来植物。

特别注意排除有毒的、妨碍交通和有安全问题的植物。

对于以控制径流量为目的的雨水花园,尽量选择一些四季性的植物(如灌木、草、蕨类植物等),另外从美化环境的角度考虑尽量选择漂亮的能吸引蜜蜂、蝴蝶的植物。

物种的规划应随意而自然,规模相对较大的雨水花园中植物的物种也应相对较多。

尽量选择在水中浸泡 48 h 仍能存活且耐旱的植物。

### 5 雨水花园的应用前景

随着城市的快速发展,不透水下垫面的扩张严重阻碍了雨水的下渗,并导致洪涝灾害、非点源污染、地下水位下降和雨水资源流失等一系列城市环境与生态问题,雨水花园可以在一定程度上缓解这些问题。雨水花园非常适用于处理和利用城市建筑屋面、停车场、广场及道路等不透水区域的雨洪径流,还可以应用于农村建设中,尤其是以控制径流量为目的的雨水花园,具有结构简单、造价低、施工管理简便的优点,特别适用于农村和对环境要求较高的生态旅游村。

在建设节约型和谐社会、推广绿色建筑、节能减排、建设可持续发展的生态型城镇等重大战略背景下,雨水花园作为一种分散式的雨洪控制与利用措施,在我国具有很广阔的应用前景。

### 参考文献:

- [ 1 ] 车伍,李俊奇. 城市雨水利用技术与管理 [M]. 北京:中国建筑工业出版社,2006
- [ 2 ] Iowa State University. Iowa Stormwater Management Manual[M]. Iowa State: Iowa State University of Sci-

ence and Technology, 2007.

- [ 3 ] Forozaan Labib, Ed O 'Brien. Stormwater Management Manual for Western Washington: Volume - Hydrologic Analysis and Flow Control Design/BMPs[M]. Washington State: Department of Ecology, 2007.
- [ 4 ] Roger Banneman, Ellen Considine. Rain Gardens: A How-to Manual for Homeowners[M]. Wisconsin: University of Wisconsin Extension, 2003.
- [ 5 ] Chesapeake Bay Foundation. Build your own rain garden [EB/OL]. [http://www.cbf.org/site/DocServer/rain\\_garden\\_guide\\_web.pdf?docID=2869](http://www.cbf.org/site/DocServer/rain_garden_guide_web.pdf?docID=2869), 2007 - 08 - 25.
- [ 6 ] Dane County Lakes and Watershed Commission. How to build a rain garden [EB/OL]. <http://www.co.dane.wi.us/commissions/lakes/>, 2007 - 08 - 25.
- [ 7 ] Auckland Regional Council. Stormwater Management Devices Design Guidelines Manual [M]. New Zealand: Auckland Regional Council, 2003.
- [ 8 ] Alejandro R Dussailant, Chin H Wu, Kenneth W Potter Richards equation model of a rain garden [J]. J Hydro1 Eng, ASCE, 2004, 9 (3): 219 - 225.
- [ 9 ] 罗利芳,张科利,符素华. 径流曲线数法在黄土高原地表径流量计算中的应用 [J]. 水土保持通报, 2002, 22 (3): 58 - 61.
- [ 10 ] 车伍,张炜,李俊奇,等. 城市雨水径流污染的初期弃流控制 [J]. 中国给水排水, 2007, 23 (6): 1 - 5.
- [ 11 ] University of Wisconsin Extension and Wisconsin Department of Natural Resources. Rain Gardens: A household Way to Improve Water Quality in Your Community[M]. Wisconsin: University of Wisconsin Extension, 2002.

E - mail: chewu812@163.com

收稿日期: 2007 - 09 - 10

· 信息 ·

## 无锡市长江供水工程全线贯通

2008年1月2日,无锡市长江供水工程全长为 15.5 km 的清水管中线合龙对接,标志着长江供水工程全线贯通。目前该工程的单双管线已整体连成一线,取水管、浑水管、清水管全线启动通水前的闭水试验作业。长江供水一期工程规模为  $40 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 将于 3 月底联动调试并投入运行。目前投资约 6.5 亿元的二期工程已开工建设, 2008 年年内将全部竣工, 届时供水能力将达到  $80 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

(无锡市自来水总公司 华一)