

# 基于海绵城市理念建设住宅小区案例分析

## ——以金堤水郡小区一期为例

文 / 王岳辉 湖南澜辉规划设计咨询有限责任公司 湖南长沙 410000  
左 钢 湖南帝辰置业有限公司 湖南长沙 410000

**【摘要】**海绵城市建设理念伴随着我国城市化进程的不断深入已经深刻融入到了工程设计和建设之中，新建工程的海绵城市建设作为其重要领域更是首当其冲。新建工程中住宅小区占据重要比例，将海绵城市建设理念融入新建住宅小区建设中具有十分重要的现实意义。本文以长沙市望城区金堤水郡住宅小区为例，通过对设计范围内海绵技术措施及其主要强制性目标的达标计算的研究，以海绵城市设计目标为判断标准，分析本案中的海绵设计是否符合海绵城市建设标准。

**【关键词】**海绵城市；低影响开发；年径流总量控制率

**【DOI】**10.12334/j.issn.1002-8536.2023.19.040

### 引言：

自2016年2月望城区成为湖南省海绵城市建设试点区以来，区委、区政府坚持以习近平生态文明思想为指导，强化责任担当，把海绵城市建设作为优化城市功能、提升城市品质的新路径，着力打造“会呼吸的城市”，推动名望之城高质量发展。截至2019年12月，全区26个海绵城市建设示范项目已有21个建成并投入使用，并在全省建设试点区县考评中位居前列。从建设长期效益来看，新建工程在海绵城市建设理念的指导下进行建设不仅极大地减少了因城市开发建设对生态环境造成的影响，也避免了因二次改造所花费的人力财力和物力。本文以作者近期参与设计的项目为例，介绍其海绵设计的方案并就有关主要强制性控制指标分类进行详细计算，由此进一步判断该项目的海绵设计的达标情况。

### 1. 项目概况

本项目为新建工程，位于望城区丁字镇李家湖公园以东，丁江路湘江北路交汇处西北地块。本次设计范围为一期，净用地面积为35344.78m<sup>2</sup>，由1#、3~6#栋高层住宅，2#公寓式办公楼，幼儿园、艺术中心和商业裙楼及

地下车库等几个部分组成。场地内整体地势南低北高，南侧最低点40.15m，北侧最高点41.08m。根据丁江路和湘江北路的实测标高数据：小区外部道路最低处为38.73m，最高处为41.23m，内部道路标高为38.95~41.23m，小区内部标高均高于周边市政道路最低点标高。根据有关资料查明望城区多年平均降水量1370mm。

### 2. 方案设计

#### 2.1 设计目标

根据本项目基底的自然条件等因素，结合有关单位发布的《长沙市望城区海绵城市建设专项规划》中强制性指标要求，从而明确该项目的海绵城市专项规划设计目标。根据《长沙市望城区海绵城市建设技术导则》提出的海绵城市建设规划控制目标，详表1：

表1 金堤水郡一期海绵城市强制性目标值

序号	指标名称	目标值
1	年径流总量控制率	≥ 75%
2	年径流污染控制率	≥ 60%
3	防洪排涝标准	湘江100年一遇，其他50年一遇

## 2.2 设计内容

### 2.2.1 设计思路

本项目中海绵设计采用低影响开发(LID)设计理念,通过整体均衡设计,合理布局 LID 设施位置和类型,将其与住宅区内的建筑和景观雨水管网系统有机结合。小雨时,溢流雨水或建筑屋顶的雨水通过雨水管、散水或排水沟导流至建筑周围的 LID 设施中进行蓄滞、净化和下渗;超过设计标准的雨水通过 LID 设施中的溢流口排到雨水管网。广场铺装、道路面层上的雨水可以通过设置在铺装边缘的植草沟收集汇流后并引流到下凹式绿地或雨水花园中进行蓄滞消纳;当超过设计雨量时,雨水通过 LID 设施中的溢流口排至雨水管网中。

### 2.2.2 划分子汇水分区

本项目中划分子汇水分区是严格根据建筑和园林景观总平面布局,并且密切地结合园林景观竖向设计的地形标高和园区内外的排水管线布局综合统筹规划的。本次设计范围内一共划分了 16 个子汇水分区。

### 2.2.3 低影响开发(LID)设施的设计

本项目中的 LID 设施的设计是根据目标控制率设定的容积法和水量平衡法等经过严格计算所得,以此来保证 LID 设施的不同类型及其平面位置、规模(包含面积大小,有效深度等)的科学性和合理性。本项目中,设计的 LID 设施类型主要有雨水花园、下凹式绿地、透水铺装、植草沟和生态停车场等。

(1) 在本项目中下凹式绿地共有 617.70m<sup>2</sup>,其深度设置为低于周边硬质铺装区域或绿地 150mm,蓄水层 100mm,混合土层厚度为 300mm(空隙率取 0.2),梯形折减系数 0.7,有效蓄水深度为:  $0.7 \times (0.1 + 0.3 \times 0.2) = 0.11\text{m}$ ,雨水控制容积为 67.95m<sup>3</sup>。因此,其调蓄能力为 67.95m<sup>3</sup>。

(2) 在本项目中雨水花园总面积为 920.90m<sup>2</sup>,蓄水层 150mm,换填层 500mm(空隙率为 0.2),碎石层 350mm(空隙率为 0.3),梯形折减系数 0.7,故其有效蓄水深度为:  $0.7 \times (0.15 + 0.5 \times 0.2 + 0.35 \times 0.3) = 0.25\text{m}$ ,雨水控制容积为 230.23m<sup>3</sup>。因此,其调蓄能力为 230.23m<sup>3</sup>。

(3) 在本项目中各类透水铺装面积共计有 4201.55m<sup>2</sup>,工程透水平均厚度  $\geq 300\text{mm}$ 。

(4) 本项目中生态停车场采用透水铺装,地面停车位 51 个,共 837.72m<sup>2</sup>。

(5) 本项目中分别在 5# 东侧和 2# 南侧各建一个地下封闭式雨水调蓄池,尺寸均为 10m $\times$ 2.5m $\times$ 3.2m,有效总容积为 160m<sup>3</sup>,并且在其中设置雨水回用泵,供有需要时再次利用。

(6) 植草沟因其自身的构造特性可以有效地滞留和净化硬质铺装面层的雨水径流,进而削减洪峰流量和提高雨水的下渗率。本项目设计的植草沟顶宽 0.6m,沟深 100mm,边坡坡度为 1:3,竖向坡度为 3%。

## 3. 方案设计达标分析

根据表 1 的建设强制性指标,利用表 2 进行海绵设计逐个指标计算,分析本项目的海绵设计达标情况。

### 3.1 综合雨量径流系数的计算

根据不同的地面类型,按照规范取值后用加权平均法计算综合雨量径流系数。LID 设施规模计算采用雨量径流系数,参照表 2 取值。

统计本项目中各下垫面的面积,再结合表 2 取值,确定各下垫面的年均雨量径流系数后,经加权平均计算该地块年均综合雨量径流系数,综合雨量径流系数计算公式如下:

表 2 不同下垫面径流系数计算取值简表<sup>[1]</sup>

下垫面类型	雨量径流系数		流量径流系数
	年均雨量径流系数	场均雨量径流系数	
屋面	绿化屋面(绿色屋顶,基质层厚度 $\geq 300\text{mm}$ )	0.30	0.40
	硬屋面、未铺石子的平屋面	0.80	0.90
路面	混凝土或沥青路面及广场	0.80	0.90
	大块石等铺砌路面及广场	0.50	0.60
铺装	非植草类透水铺装(工程透水层厚度 $\geq 300\text{mm}$ )	0.20	0.25
	植草类透水铺装(工程透水层厚度 $\geq 300\text{mm}$ )	0.06	0.08
绿地	无地下建筑绿地	0.12	0.15
	有地下建筑绿地(地下建筑覆土厚度 $\geq 500\text{mm}$ )	0.15	0.20
水面	水面	1.00	1.00

$$\psi = (\sum F_i \psi_i) / F \quad (1)$$

式中： $\psi$ —综合雨量径流系数； $F_i$ —汇水面积上不同种类下垫面的面积，(m<sup>2</sup>)； $\psi_i$ —相应于不同种类下垫面的年均雨量径流系数； $F$ —总汇水面积，(m<sup>2</sup>)。

经过加权计算，本项目的综合雨量径流系数为 0.44，详细计算见表 3。

表 3 金绶水郡小区一期各下垫面年均雨量径流系数

下垫面类型	面积 (m <sup>2</sup> )	年均雨量径流系数
下凹式绿地	617.70	0.15
雨水花园	920.90	0.15
透水铺装	4201.55	0.20
生态停车场	837.72	0.06
普通绿地	10391.56	0.15
沥青路面	1581.82	0.80
普通铺装及广场	6942.04	0.50
水景	662.72	1.00
硬质屋面	9188.77	0.80
绿色屋面	0	0.30
总计	35344.78	0.44

### 3.2 年径流总量控制率对应的需蓄水容积计算

根据表 1，依照项目所在地海绵城市建设技术导则，望城区年径流总量控制率与设计降雨量之间的关系，对应的设计降雨量应  $\geq 21.8\text{mm}$  (见表 5)。径流总量计算公式<sup>[2]</sup>如下：

$$W = 10 \Psi_{2c} h_y F \quad (2)$$

式中： $W$ —径流总量，(m<sup>3</sup>)； $\Psi_{2c}$ —综合雨量径流系数； $h_y$ —设计降雨量，(mm)； $F$ —汇水面积，(hm<sup>2</sup>)。

经计算，当年径流总量控制率为 75%，设计降雨量为 21.8mm 时，对应的需蓄水容积为 339.03m<sup>3</sup>。

### 3.3 LID 设施可蓄水容积计算

根据本项目的空间布局和实际情况，可利用下沉式

绿地和雨水花园调蓄雨水的容积为 298.18m<sup>3</sup>。另外在 5# 东侧和 2# 南侧各设置一个 80m<sup>3</sup> 雨水蓄水池收集雨水，总体积为 160m<sup>3</sup>。因此，本项目中的 LID 设施可调蓄雨水的总容积为 298.18+160=458.18m<sup>3</sup>> 需蓄水容积 339.03m<sup>3</sup>，详见表 4。

### 3.4 年径流总量控制率计算

根据有关要求，年径流总量控制率是本项目海绵设计的强制性指标；结合表 1，年径流总量控制率目标值需  $\geq 75\%$ ，对应的设计控制降雨量应  $\geq 21.8\text{mm}$ 。根据综合雨量径流系数计算，本项目中年均综合雨量径流系数取 0.44，采用 LID 工程措施后可调蓄雨水的总容积为 458.18m<sup>3</sup>，计算公式如下。

$$W_x = 10 \Psi_{2c} h_x F \quad (3)$$

式中： $W_x$ —总调蓄容积，(m<sup>3</sup>)； $\Psi_{2c}$ —综合雨量径流系数； $h_x$ —降雨量，(mm)； $F$ —汇水面积，(hm<sup>2</sup>)。

经计算当总调蓄容积为 458.18m<sup>3</sup> 时，需控制的降雨量为 29.46mm>21.8mm，采用线性插值法，再结合表 5 中各数值的关系，计算得出本项目的年径流总量控制率 = 80 + { (85-80) / (31.6-26) } × (29.46-26) = 83.09% > 75%，满足强制性指标的要求。

表 5 望城区年径流总量控制率与设计降雨量之间的关系<sup>[3]</sup>

年径流总量控制率(%)	60	70	75	80	85
设计降雨量 (mm)	13.7	18.5	21.8	26.0	31.6

### 3.5 年径流污染控制率以悬浮物 (SS) 控制率计

年径流污染控制率等同于年径流污染物总削减率。根据表 1，年径流污染控制率应  $\geq 60\%$  (以 SS 计)。根据《长沙市望城区海绵城市建设技术导则》和实际情况，暂按表 6 取值。径流污染控制列表仅选择有调蓄雨水能力的设施来计算；场地内设置有调蓄净化功能的为雨水花园和雨水调蓄池，见表 7，其中雨水花园 SS 去除率取 85%，雨

表 4 本项目 LID 设施规模及调蓄能力

LID 类型	面积 (m <sup>2</sup> )	单位面积调蓄容积 (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	调蓄容积 (m <sup>3</sup> )	备注
雨水调蓄池	50.00	3.20	160.00	
下凹式绿地	617.70	0.11	67.95	
雨水花园	920.90	0.25	230.23	
透水铺装	4201.55	--	--	调蓄能力不计
生态停车场	837.72	--	--	调蓄能力不计
普通绿地	10391.56	--	--	调蓄能力不计
LID 设施调蓄雨水的容积			458.18	

表 6 各类海绵设施对于径流污染物的控制率

单项设施	净流污染控制率(以 SS 计, %)	单项设施	净流污染控制率(以 SS 计, %)
透水砖铺装	80-90	蓄水池	80-90
透水水泥混凝土	80-90	雨水罐	80-90
透水沥青混凝土	80-90	传输型植草沟	35-90
绿色屋顶	70-80	干式植草沟	35-90
下凹式绿地	--	湿式植草沟	--
简易型生物滞留设施	--	渗管/渠	35-70
复杂型生物滞留设施	70-95	植被缓冲带	50-75
湿塘	50-80	初期雨水弃流设施	40-60
人工土壤渗透	75-95		

水调蓄池的 SS 去除率取 90%。

SS 去除率计算公式如下:

$$\text{海绵设施对 SS 平均去除率} = (\sum W_i \times \eta_i) / W_i \quad (4)$$

年径流污染控制率(年悬浮物(SS)总量削减率)( $\eta_j$ )  
= 年径流总量控制率 × 海绵设施对 SS 平均去除率  
项目对 SS 负荷去除率

$$= (\sum A_j \times \Psi_j \times \eta_j) / (\sum A_j \times \Psi_j) \quad (5)$$

式中:  $W_i$  - 单项雨水设施径流控制量, ( $m^3$ );

$\eta_i$  - 单项雨水设施对 SS 的平均去除率, (%) ;

$A_j$  - 汇水面积, ( $hm^2$ );

$\eta_j$  - 年径流污染控制率(年悬浮物(SS)总量削减率), (%) ;

$\Psi_j$  - 综合雨量径流系数。

表 7 各下垫面径流污染控制率

下垫面类型	控制容积 ( $m^3$ )	净流污染控制率(以 SS 计, %)
下凹式绿地	67.95	--
雨水花园	230.23	85
雨水调蓄池	160	90
平均值	--	74.14

LID 设施组合对 SS 的平均去除率 =  $(230.23 \times 85\% + 160 \times 90\%) / (67.95 + 230.23 + 160) = 74.14\%$ 。

年径流污染控制率(年 SS 总量去除率) = 年径流总量控制率 × 低影响开发设施组合对 SS 的平均去除率 =  $83.09\% \times 74.14\% = 61.60\% > 60\%$ , 满足目标。

### 3.6 内涝防治标准

根据有关规范和技术要求, 本项目设计方案建成后应当具备有效应对 50 年一遇的暴雨强度的能力。

根据本项目场地内的室外雨水管网布置以及项目建

筑、场地情况, 合理划分汇水分区并设置 LID 设施, 场地内雨水通过管道、植草沟等传输至附近 LID 设施进行下渗并调蓄, 溢流雨水通过雨水管收集至雨水收集池或排入市政管网。另外通过对小区竖向布置图的分析, 小区内部不存在竖向低点, 外围客水不进入小区。通过以上措施可有效控制场地内的雨水, 确保场地内符合内涝防治标准。

### 结语:

用海绵城市建设理念建设新建住宅小区是海绵城市建设进程的重要一步, 而在新建住宅小区的建设过程中海绵设计目标的达标情况是考察项目是否符合海绵城市建设标准的重要依据。因此本次研究重点分析该小区的海绵设计方案并计算海绵设计目标中的强制性指标, 以此来判断本项目的海绵设计是否达标。同时通过对此次方案的海绵设计进行分析与计算, 希望可以为类似新建住宅小区的海绵设计提供参考与借鉴。

### 参考文献:

- [1] 中国水网. 海绵城市工程案例详解系列—雨水调蓄池 [EB/OL].(2018-04-24)[2023-06-18].[https://www.h2o-china.com/news/273937\\_2.html](https://www.h2o-china.com/news/273937_2.html).
- [2] 《长沙市低影响开发雨水控制利用系统设计技术导则(试行)》DBCJ004-2016[S]. 长沙市住房和城乡建设委员会, 2016-02-25.
- [3] 《长沙市望城区海绵城市建设技术导则》[S]. 镇江市规划设计研究院, 2016.

### 作者简介:

王岳辉(1985.6-), 男, 汉族, 湖南株洲人, 本科, 工程师, 设计总监, 研究方向: 风景园林设计。