

华蓝设计（集团）有限公司
南宁市城乡建设委员会
广西工程建设标准化协会

海绵城市工程实用手册

——低影响开发雨水控制及利用



GUANGXI NORMAL UNIVERSITY PRESS

广西师范大学出版社

华蓝设计（集团）有限公司

南宁市城乡建设委员会

广西工程建设标准化协会

海绵城市工程实用手册

——低影响开发雨水控制及利用



GUANGXI NORMAL UNIVERSITY PRESS

广西师范大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

海绵城市工程实用手册:低影响开发雨水控制及利用/
华蓝设计(集团)有限公司,南宁城乡建设委员会,广西工
程建设标准化协会 编. —桂林:广西师范大学出版社,
2016.4

(海绵城市工程设计)

ISBN 978 - 7 - 5495 - 7923 - 5

I. ①海… II. ①华… ②南… ③广… III. ①城市—防
洪工程—建筑设计—手册 IV. ①TU998.4 - 62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 039378 号

出 品 人:刘广汉

责任编辑:肖 莉 季 慧

特邀编辑:杨一虹

版式设计:张 晴

广西师范大学出版社出版发行

(广西桂林市中华路 22 号 邮政编码:541001)
(网址: <http://www.bbtpress.com>)

出版人:何林夏

全国新华书店经销

销售热线:021 - 31260822 - 882/883

深圳市精彩印联合印务有限公司印刷

(深圳市宝安区石岩街道同康富工业园厂房 1 栋 邮政编码:518000)

开本:787mm × 1 092mm 1/16

印张:4 字数:38 千字

2016 年 4 月第 1 版 2016 年 4 月第 1 次印刷

定价:98.00 元(全二册)

如发现印装质量问题,影响阅读,请与印刷单位联系调换。

前 言

为贯彻落实 2013 年中央城镇化工作会议精神，实现我国雨水有效控制与利用，减轻城市内涝和雨水污染，使雨水控制与利用工程做到技术先进、经济合理、安全可靠，促进海绵城市建设和经济可持续发展，依据《城市排水工程规划规范》《城镇给水排水技术规范》《室外排水设计规范》《绿色建筑评价标准》，以及住建部《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建（试行）》等国家现行最新标准规范要求，并借鉴国内外相关技术资料，结合我国南方特别是广西地区的气象、水文、地形、地质、经济等实际特点，编制了本手册。

本手册共分 6 章，主要内容包括：概述、术语和符号、设计计算、建筑与小区、市政工程、低影响开发措施技术要求。内容涵盖雨水控制与利用工程的规划、设计的相关规定，重点介绍了海绵城市设计方法、工艺和设备的要求及选择。如第三章，介绍了海绵城市设计参数选取、设计计算等；第四、第五章，分别介绍了建筑与小区和市政工程的使用范围、目的及控制目标，海绵城市系统设计、径流污染控制、雨水收集利用等设计思路、原则及要求；第六章则介绍了低影响开发措施的选择及其技术要求等。

本手册适用于南方地区的新建、改建和扩建的建筑与小区及市政工程，对其他地区亦有较高的参考价值。手册从实用的角度出发，对海绵城市规划设计给出的技术路线选择、计算及其运用方法，以期加深相关设计人员对海绵城市工程的规划设计的理解，从而提高设计效率和设计水平。

本手册的主要起草单位有华蓝设计（集团）有限公司、南宁市城乡建设委员会、广西工程建设标准化协会。

本手册的主要起草人员有黄正策、黄波、陈永青、杨涟、赵红明、秦德全、李玲玲、杨自雄、蒋加林、李满桃、覃雪明、陈顺霞、赵宇、陈世京、陈琨、黄海东。

在编写过程中难免会有疏漏，敬请广大读者和专家提出宝贵意见，以利修正。

目次

1	概 述	1
2	术语、符号	3
2.1	术语	3
2.2	符号	6
3	设计计算	9
3.1	设计参数	9
3.2	水量计算	13
3.3	渗透设施计算	17
3.4	调蓄设施计算	19
4	建筑与小区	23
4.1	一般规定	23
4.2	系统设计	25
4.3	径流污染控制	29
4.4	雨水收集利用	30
5	市政工程	35
5.1	一般规定	35
5.2	系统设计	37
5.3	径流污染控制	39
5.4	雨水收集利用	39
6	低影响开发技术措施要求	40
6.1	低影响开发技术设施选择	40
6.2	雨水断接	41
6.3	渗透设施	41
6.4	生物滞留设施	47
6.5	雨水调蓄排放	49
6.6	初期雨水弃流设施	51
6.7	雨水处理设施	51
6.8	监测设施	55
附录 A	广西年径流总量控制率分区图	56
	本手册用词说明	57
	引用标准名录	58

1 概 述

随着城市化进程的加快，多地频发干旱和内涝等灾害，洪涝灾害已经成为困扰着中国各大城市的新城市病。雨季的到来，让我国不少城市陷入“水城”的窘境，造成城市基本机能的瘫痪，也给市民生活带来极大不便。而另一方面，全国有 400 余座城市供水不足，其中 110 个严重缺水，城市缺水问题同样被联合国认定为“水资源紧缺国家”。造成水资源短缺和洪涝灾害并发的重要原因之一就是雨水资源没有得到充分利用，而是通过排水系统排放掉。加上早期我国城市排水设施设计标准较低，且没有完善的城市排涝标准体系，导致了暴雨时节产生严重的积水及内涝问题，从而加剧了城市水污染及生态环境恶化等问题。传统的城市雨水快速收集、快速排放，“末端”雨水处理措施已经不适用。探求如何满足环境、生态、经济等多重效益的道路雨水系统，是目前国内外研究的热点问题之一。

低影响开发是一种通过源头分散控制理念实现雨水控制与利用的雨水管理理念。其核心是雨水控制与利用，推广和应用低影响开发建设模式，加大城市径流雨水源头减排的刚性约束，优先利用自然排水系统，建设生态排水设施，充分发挥城市绿地、道路、水系等对雨水的吸纳、蓄渗和缓释作用，使城市开发建设后的水文特征接近开发前，有效缓解城市内涝、削减城市径流污染负荷、节约水资源、保护和改善城市生态环境，为建设具有自然积存、自然渗透、自然净化功能的海绵城市提供重要保障。

2013 年 12 月 12 日，习近平总书记在中央城镇化工作会议上提出：建设自然积存、自然渗透、自然净化的“海绵城市”。2014 年 11 月，住建部继《住房和城乡建设部城市建设司 2014 工作要点》中提出“海绵型城市”概念后，又发布了《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建（试用）》，为各地新型城镇化建设中海绵城市的建设提供了指导。这意味着防治城市内涝方法论的转向，我国城镇排水防涝系统的建设将不再以“修大管子”为主，而致力于建设城市的“海绵体”，遇到有降雨时能够就地或者就近吸收、存储、渗透、净化雨水，补充地下水、调节水循环；在干旱缺水时有条件将蓄存的水释放出来，加以利用，从而让水在城市中的迁移活动更加“自然”。

近年来，许多城市都面临内涝频发、径流污染、雨水资源大量流失、生态环境破坏等诸多雨水问题，在城市建设中构建完善雨洪管理系统刻不容缓。故此，为迎合海绵建设的发展战略，保障社会环境的可持续发展，海绵城市建设已不断成为国家在城市建设中大力倡导的新模式。

海绵城市建设是一个新生的建设内容，主要包含给水排水、绿化、设备材料、总图、建筑等方面内容。低影响开发技术设施是海绵城市建设实现控制目标的重要手段，属于绿色雨水基础设施，能够起到减少径流总量、减少径流污染、美化环境的作用，但是当遇到大暴雨时，若没有管渠系统的快速排放，城市还是会面临内涝的问题，因此在海绵城市建设时需要将绿色雨水基础设施和灰色雨水设施有机结合在一起。在低影响开发设施建设的区域，城市雨水管渠和泵站的设计重现期、径流系数应按《室外排水设计规范》（GB 50014-2006）（2014 版）中的相关标准执行，不应按照雨水控制率盲目减小设计雨水管的径流系数和雨水管径。

低影响开发技术设施应采取保障公众安全的防护措施，不应引起地质灾害。尤其是在设计雨水入渗系统时，不得对建筑基础、道路路基等的安全性构成影响，对居住环境以及自然环境造成危害的场所、可能造成陡坡坍塌、滑坡灾害的场所不应采用雨水入渗系统，膨胀土和高含盐土等特殊地质区域应采用相应的保护措施后方可使用。

因海绵城市建设涉及面广，在工程设计时，除需各专业密切配合外，还应符合国家及地方现行相关标准、规范的规定。

2 术语、符号

2.1 术语

2.1.1 低影响开发(LID) (low impact development)

强调城镇开发应减少对环境（包括已建成区域和已有设施）的冲击，其核心是基于源头控制和延缓冲击负荷的理念，构建与自然相适应的城镇排水系统，合理利用景观空间和采取相应措施对暴雨径流进行控制，减少城镇面源污染。

2.1.2 雨水控制与利用 (stormwater management and harvest)

指削减径流总量、峰值及降低径流污染和收集回用雨水的总称。包括雨水的“渗、滞、蓄、净、用、排”等。

2.1.3 雨水断接 (stormwater disconnection)

通过切断硬化面或建筑雨落管的径流路径，将径流合理连接到绿地等透水区域，通过渗透、调蓄及净化等方式控制径流雨水的方法。

2.1.4 雨水调蓄 (stormwater detention, retention and storage)

雨水滞蓄、储存和调节的统称。

2.1.5 雨水滞蓄 (stormwater retention)

在降雨期间滞留和蓄存部分雨水以增加雨水的入渗、蒸发和收集回用。

2.1.6 雨水储存 (stormwater storage)

在降雨期间储存未经处理的雨水。

2.1.7 雨水调节 (stormwater detention)

也称调控排放，在降雨期间暂时储存（调节）一定量的雨水，削减向下游排放的雨水洪峰径流量、延长排放时间，但不减少排放的总量。

2.1.8 铺装层容水量 (water storage capacity of pavement layer)

单位面积透水地面铺装层可容纳雨水的最大量。

2.1.9 雨水利用设计降雨量 (design rainfall depth of stormwater harvest)

指雨水控制与利用系统能消纳并使其不外排的一场雨的雨量，通常用日降雨量表示。

2.1.10 年径流总量控制率 (volume capture ratio of annual rainfall)

雨水通过自然和人工强化的入渗、滞蓄、调蓄和收集回用，场地内累计一年得到控

制的雨水量占全年总降雨量的比例。

2.1.11 径流污染控制量 (volume of runoff pollution control)

为达到控制径流污染目的所需处理的一定体积的雨水量。

2.1.12 土壤渗透系数 (soil infiltration coefficient)

单位水力坡度下水的稳定渗透速度。

2.1.13 流量径流系数 (discharge runoff coefficient)

形成高峰流量的历时内产生的径流量与降雨量之比。

2.1.14 雨量径流系数 (volumetric runoff coefficient)

设定时间内降雨产生的径流总量与总雨量之比。

2.1.15 初期径流 (initial runoff)

一场降雨初期产生的一定厚度的降雨径流。

2.1.16 下垫面 (underlying surface)

降雨受水面的总称。包括屋面、地面、水面等。

2.1.17 绿化屋面 (green roof)

在高出地面以上，与自然土层不相连接的各类建筑物、构筑物的顶部，以及天台、露台上由覆土层和疏水设施构建的绿化体系。

2.1.18 下沉式绿地 (depressed green)

低于周边地面标高，可积蓄、下渗自身和周边雨水径流的绿地。

2.1.19 下沉式绿地率 (depressed green ratio)

下沉式绿地面积占绿地总面积的比例。

2.1.20 硬化地面 (impervious surface)

通过人工行为使自然地面硬化形成的不透水或弱透水地面。

2.1.21 透水铺装地面 (pervious pavement)

可渗透、滞留和渗排雨水并满足一定要求的地面铺装结构。

2.1.22 透水铺装率 (pervious pavement ratio)

透水铺装面积占硬化和铺装总面积的比例。

2.1.23 透水路面结构 (pervious pavement structure)

分为半透水路面结构和全透水路面结构。路表水只能够渗透至面层或基层(或垫层)的道路结构体系为半透水路面结构；路表水能够通过直接通过道路的面层和基层(或垫层)

向下渗透至路基中的道路结构体系为全透水路面结构。

2.1.24 透水沥青路面 (pervious asphalt pavement)

由较大空隙率混合料作为路面结构层,容许路表水进入路面(或路基)的一类沥青路面。

2.1.25 透水水泥混凝土路面 (pervious concrete pavement)

由具有较大空隙的水泥混凝土作为路面结构层、容许路表水进入路面(或路基)的一类混凝土路面。

2.1.26 植被浅沟 (grass swale)

可以转输雨水,在地表浅沟中种植植被,利用沟内的植物和土壤截留、净化雨水径流的措施。

2.1.27 生物滞留设施 (bio-retention facilities)

在地势较低的区域通过植物、土壤和微生物系统滞蓄、净化雨水径流,由植物层、蓄水层、土壤层、过滤层(或排水层)构成。包括:雨水花园、雨水湿地等。

2.1.28 渗透池(塘) (infiltration pool)

指雨水通过侧壁和池底进行入渗的滞蓄水池(塘)。

2.1.29 渗透检查井 (infiltration manhole)

具有渗透功能和一定沉砂容积的管道检查维护装置。

2.1.30 渗透管渠 (infiltration trench)

具有渗透和转输功能的雨水管或雨水渠。

2.1.31 雨水湿地 (stormwater wetlands)

一种通过沉淀、过滤和生物作用等方式达到高峰削减和径流污染控制的湿地,包括表面流湿地、潜流型湿地两种类型。

2.1.32 过滤设施 (filtration facilities)

一种通过砂、有机质、土壤等的过滤作用来达到径流污染控制目的的设施,包括表面砂滤池、地下室砂滤池、周边型砂滤池、有机滤料滤池、生物滞留槽五种类型。

2.1.33 前池 (suction intank canal)

连接进水管渠和吸水池(井),使进水水流均匀进入吸水池(井)的构筑物。

2.2 符号

2.2.1 流量、水量

q ——设计暴雨强度;

q_c ——渗透设施产流历时对应的暴雨强度;

W ——径流总量;

W_j ——收集水量;

W_p ——产流历时内的滞蓄量;

W_i ——设计初期径流弃流量;

W_c ——渗透设施进水量;

W_s ——渗透设施渗透量;

W_q ——雨水排放量;

V ——调节容积;

V_s ——渗透设施的储存容积;

V_a ——下沉式绿地的储存容积;

Q ——设计流量;

Q_{zh} ——水池的水面蒸发量;

Q_s ——水体的日渗透漏失量;

Q' ——调控的目标峰值流量;

W_{iT} ——多年日调节计算的总来水量;

W_{uT} ——多年日调节计算的总弃水量。

2.2.2 水头损失、几何特征

F ——汇水面积;

F_i ——汇水面上各类下垫面面积;

F_a ——下沉式绿地面积;
 F_y ——渗透设施容纳的集水面积;
 F_o ——渗透设施的直接受水面积;
 S ——水池的表面积;
 h_y ——设计降雨量;
 δ ——初期径流厚度;
 h_a ——下沉式绿地下沉深度;
 S_m ——单位面积日渗透量;
 A_s ——有效渗透面积;
 n_k ——填料的孔隙率;
 z_{ov} ——雨水池溢流堰顶标高;
 z_u ——雨水池回用容积对应的水位标高;
 A_T ——调节容积对应的雨水池有效截面积。

2.2.3 计算系数及其他

P ——设计重现期;
 ψ_i ——各类下垫面的径流系数;
 ψ_z ——综合径流系数;
 ψ_{zc} ——雨量综合径流系数;
 ψ_{zm} ——流量综合径流系数;
 P_m ——水面温度下的饱和蒸气压;
 P_a ——空气的蒸汽分压;
 $V_{m.d}$ ——日平均风速;

ψ_m ——流量径流系数;

ψ_c ——雨量径流系数;

K ——土壤渗透系数;

J ——水力坡降;

α ——综合安全系数;

m ——折减系数;

η_T ——雨水池平均雨水收集效率;

β_p ——调控出流过程平均流量相对于峰值流量的比值。

2.2.4 时间

t ——降雨历时;

t_1 ——汇水面汇水时间;

t_2 ——管渠内雨水流行时间;

t_s ——渗透时间;

t_c ——渗透设施产流历时 (min) ;

t' ——排空时间。

3 设计计算

3.1 设计参数

3.1.1 降雨资料应根据建设区域内或临近地区雨量观测站 30 年以上降雨资料确定。

雨水控制与利用工程涉及的降雨量资料主要还包括不同频率的最大 24h 降雨量。工程设计中以雨水回用为主要目的时，一般采用 1 年一遇至 2 年一遇数据；以雨水调蓄为主要目的时可选用 3 年一遇、5 年一遇、10 年一遇的典型降雨量资料。

以广西南宁市为例，南宁市降雨资料根据 1980-2014 年等多年年降水量进行统计。雨水利用设计降雨量应按多年平均降雨量计算，南宁地区常用典型频率降雨量及年径流总量控制率对应的设计降雨量参见表 3.1.1-1、表 3.1.1-2。

表 3.1.1-1 南宁市典型降雨量资料(mm)

频率 \ 历时	最大 24h
1 年一遇	62.6
2 年一遇	90.3

表 3.1.1-2 南宁市年径流总量控制率对应的设计降雨量

多年平均径流总量 控制率（%）	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
设计降雨量（mm）	10.7	13.8	16.9	19.8	22.7	26.0	33.4	40.4	54.5	66.5

3.1.2 具有 30 年以上自动雨量记录的地区，排水系统设计暴雨强度公式应采用年最大值法，并按本手册附录 A 的有关规定编制。设计暴雨强度应按式 3.1.2 计算：

$$q = \frac{167 A_1 (1 + C \lg P)}{(t + b)^n}$$
 (3.1.2)

式中：q ——设计暴雨强度[L/(s·hm²)]；
t ——降雨历时（min）；
P ——设计重现期（年）；
A₁, C, b, n ——参数，根据统计方法进行计算明确。

本条给出了暴雨强度的通用公式，具体设计时可根据设计手册中的各地暴雨强度公式进行选用。由于近年来受极端天气的影响，有部分地区进行了暴雨强度公式的调整，

在充分论证新公式符合实际的前提下，也可采用新编公式。

3.1.3 设计降雨历时应符合下列规定。

1 雨水管渠的设计降雨历时，应按式 3.1.3 计算：

$$t = t_1 + t_2 \quad (3.1.3)$$

式中： t ——降雨历时 (min)；

t_1 ——汇水面汇水时间 (min)，视距离长短、地形坡度和地面铺装情况而定

(屋面一般取 5min，道路路面取 5min~15min)；

t_2 ——管渠内雨水流行时间 (min)。

2 在规划或方案设计时，建筑小区设计降雨历时可按 10min~15min 计算。

设计降雨历时的概念是集水时间，是地面集水时间和管渠内雨水流行时间之和。汇水面汇水时间主要取决于雨水流行距离的长短和地面坡度。在实际设计工作中，要准确地计算是很困难的，故一般不计算而采用经验数值。地面集水的合理距离是 50m~150m，采用的集水时间是 5min~15min。

3.1.4 不同种类下垫面的径流系数应依据实测数据确定，无实测资料时可参照表 3.1.4 取值。综合径流系数应按下垫面种类加权平均计算：

$$\psi_z = \frac{\sum F_i \psi_i}{F} \quad (3.1.4)$$

式中： ψ_z ——综合径流系数；

F ——汇水面积 (m²)；

F_i ——汇水面上各类下垫面面积 (m²)；

ψ_i ——各类下垫面的径流系数。

表 3.1.4 径流系数

下垫面种类	雨量径流系数 ψ 。	流量径流系数 ψ 。
绿化屋面（绿色屋顶，基质层厚度 $\geq 300\text{mm}$ ）	0.30~0.40	0.40
硬屋面、未铺石子的平屋面、沥青屋面	0.80~0.90	0.85~0.95
铺石子的平屋面	0.60~0.70	0.80
混凝土或沥青路面及广场	0.80~0.90	0.85~0.95
大块石等铺砌路面及广场	0.50~0.60	0.55~0.65
沥青表面处理的碎石路面及广场	0.45~0.55	0.55~0.65
级配碎石路面及广场	0.40	0.40~0.50
干砌砖石或碎石路面及广场	0.40	0.35~0.40
非铺砌的土路面	0.30	0.25~0.35
绿地	0.15	0.10~0.20
水面	1.00	1.00
地下建筑覆土绿地（覆土厚度 $\geq 500\text{ mm}$ ）	0.15	0.25
地下建筑覆土绿地（覆土厚度 $< 500\text{ mm}$ ）	0.30~0.40	0.40
透水铺装地面	0.08~0.45	0.08~0.45
下沉广场（50年及以上一遇）	—	0.85~1.00

3.1.5 初期径流雨水水质应以实测值为准，无实测资料时可参照表 3.1.5 中的选值。

表 3.1.5 广西地区初期雨水水质指标参考值

初期径流水质	市政路面	屋 面	小区路面	工商业区	城中村
COD（mg/L）	300~400	80~100	100~120	420~480	350~400
SS（mg/L）	400~1000	100~120	220~260	600~800	400~1200

表 3.1.5 给出了广西地区初期径流雨水水质的指标参考值。选用时可根据路面的清洁程度，在范围内取值。

3.1.6 雨水收集回用系统处理后的雨水水质指标应符合国家现行相关标准规定。雨水同时回用为多种用途时，其水质应按所选用途的最高水质标准确定。

雨水回用时水质的相应指标应参考《城市污水再生利用城市杂用水水质标准》（GB/T 18920-2002）、《城市污水再生利用景观环境用水水质》（GB/T 18921-2002）等标准。

3.1.7 全年水面蒸发量应依据实测数据确定。

当雨水回用为景观水体用水时，景观水体的水量损失主要有水面蒸发和水体渗透。水面蒸发量是计算水量平衡时的重要参数，与降水、纬度、水温、气温及风速等气象因素有关，应根据水文气象部门的实测资料选用。表中陆面蒸发量数据主要参考《建筑与小区雨水利用工程技术规范》（GB 50400-2006）中表 5 取值，水面蒸发量和降雨量数

据主要参考《城市雨水利用工程技术规程》（DB11/T 685-2009）中表 2 取值。

表 3.1.7 列出广西南宁市多年平均逐月蒸发量与降雨量的数据，列举了南宁市不同月份的降雨量、陆面蒸发量和水面蒸发量。

表 3.1.7 南宁地区多年平均逐月蒸发量与降雨量（mm/月）

月份	蒸发量	降雨量
1	58.6	40.1
2	55.1	45.4
3	76.9	62
4	109.4	89.2
5	147.7	176.6
6	156.7	217.5
7	170.4	241.7
8	170	181.4
9	160.5	125.6
10	136.6	51.6
11	98.5	45
12	80.6	23.3
合计	1421	1299.4

注：以上数据为 1981-2010 年气候均值；蒸发为蒸发皿蒸发量。

3.1.8 土壤渗透系数 K 主要由土壤性质决定。在现场原位实测 K 值可采用立管注水法、圆环注水法，也可采用简易的土槽注水法等。实测中需要注意应取入渗稳定后的数据，初始阶段快速渗透的水量数据应剔除。

表 3.1.8 列举了广西地区不同土质的土壤渗透系数参考值。土壤渗透系数应以实测资料为准，无实测资料时，可参照表 3.1.8 中数值选用。

表 3.1.8 土壤渗透系数

土壤层	土壤渗透系数（m/s）
砂土	$>5.83 \times 10^{-3}$
壤质砂土	$1.70 \times 10^{-5} \sim 5.83 \times 10^{-5}$
砂质壤土	$7.20 \times 10^{-6} \sim 1.70 \times 10^{-5}$
壤土	$3.70 \times 10^{-6} \sim 7.20 \times 10^{-6}$
粉质壤土	$1.90 \times 10^{-6} \sim 3.70 \times 10^{-6}$
砂质黏壤土	$1.20 \times 10^{-6} \sim 1.90 \times 10^{-6}$
粘壤土	$6.35 \times 10^{-7} \sim 1.20 \times 10^{-6}$
粉质粘壤土	$4.23 \times 10^{-7} \sim 6.35 \times 10^{-7}$
砂质粘土	$3.53 \times 10^{-7} \sim 4.23 \times 10^{-7}$
粉质粘土	$1.41 \times 10^{-7} \sim 3.53 \times 10^{-7}$
粘土	$3.00 \times 10^{-8} \sim 1.41 \times 10^{-7}$