
岳阳市海绵城市规划设计导则

岳阳市住房和城乡建设局发布

岳阳市住房和城乡建设局

岳阳市规划勘测设计院有限公司

中国市政工程华北设计研究总院有限公司

2022 年 11 月

前 言

为贯彻落实《国务院办公厅关于推进海绵城市建设的指导意见》（国办发〔2015〕75号）的要求，规范推进岳阳市海绵城市规划建设，岳阳市住房和城乡建设局组织编制了该导则。编制组经广泛调查研究，总结近年来雨水控制与利用工程的设计和实践经验，参考国内外相关标准和研究成果，对海绵城市规划设计中有关的标准、计算方法、设计要点等方面做出了规定和指引，并在广泛征求有关规划、设计、管理单位意见的基础上编制了本导则。

本导则共分十章，内容包括：1. 总则；2. 名词术语；3. 基本规定；4. 规划设计标准；5. 相关计算方法；6. 海绵城市规划；7. 海绵城市设计；8. 海绵城市设施概述；9. 常见海绵城市设施设计指引；10. 附录。

本导则由岳阳市住房和城乡建设局组织编制和管理，由岳阳市规划勘测设计院有限公司负责具体技术内容的解释。在执行过程中，请各单位结合工程实践，认真总结，并将意见和建议寄送至岳阳市规划勘测设计院有限公司（地址：岳阳市湖滨大道中桂园商住楼 A3 栋，邮政编码：414000）

本导则主编单位：岳阳市规划勘测设计院有限公司

本导则参编单位：中国市政工程华北设计研究总院有限公司

岳阳市住房和城乡建设局

主要起草人：李利、张伟、胡德欢、颜昌本、艾生帅、李瑜、龙祖惠、余泽胜、许慧星、何丁、谢艺、黎师亮、熊仁、张世强、宁平春、蒋宏昊、苏凤、周青、刘放、蔡一地、王迎春、胡婧云、姚耿

参编人员：石勇、杨亢亢、邵志超

审查人员：樊亮亮、匡雄伟、李永辉、黄瑜、朱海雄

目录

1	总则	1
1.1	编制目的	1
1.2	编制依据	1
1.3	适用范围	3
1.4	生效时限	3
1.5	与其他标准的一致性	3
2	名词术语	4
3	基本规定	10
4	规划设计标准	11
4.1	总体要求	11
4.2	强制性标准	11
4.3	指导性标准	12
4.4	其他相关标准	13
5	相关计算方法	15
5.1	设计参数	15
5.2	水量计算	17
5.3	设施径流体积控制规模核算:	20
6	海绵城市规划	22
6.1	海绵城市规划体系	22
6.2	国土空间总体规划中的海绵城市规划	22
6.3	海绵城市专项规划	23
6.4	海绵城市建设系统化实施方案	25
6.5	控制性详细规划中的海绵城市规划	26
6.6	修建性详细规划中的海绵城市规划	29
6.7	其他相关专项规划中的海绵城市规划	30
7	海绵城市设计	35

7.1	一般规定	35
7.2	设计程序	35
7.3	建筑与小区	39
7.4	城市道路	41
7.5	城市绿地与广场	43
7.6	河流水系	45
7.7	外围生态绿地	46
8	海绵城市设施概述	47
8.1	技术类型分类与选型	47
8.2	设计中常见的问题	48
9	常见海绵城市设施设计指引	54
9.1	生物滞留设施 (Bioretention)	54
9.2	植被缓冲带 (Vegetated Filter Strip)	62
9.3	植草沟 (Grass Swale/Vegetated Swale)	67
9.4	水平导流设施 (Level Spreader)	74
9.5	树池 (Box Planters/Planter Box/Tree Box Filter)	77
9.6	渗井、渗渠与渗室 (Soakaway and Infiltration Trench)	82
9.7	湿塘与湿地 (Wet Pond and Wetland)	87
9.8	砂滤设施 (Sand Filter)	92
9.9	渗透塘 (Infiltration Basin)	96
9.10	透水铺装 (Permeable Pavement)	99
9.11	绿色屋顶 (Green Roof)	106
9.12	蓄水池/雨水罐 (Cistern/Rain Barrel)	112
9.13	屋顶断接管 (Downspout Disconnection)	119
9.14	常见设施的组合设计	121
9.15	设施优化	123
10	附录	124
10.1	基础资料	124

10.2	土壤渗透系数测定方法	127
------	------------------	-----

岳阳市住房和城乡建设局发布

1 总则

1.1 编制目的

为全面贯彻落实海绵城市的理念,指导和规范岳阳市海绵城市规划设计工作,加强城市雨水径流源头控制和城市降雨面源污染控制,合理确定海绵城市建设的目标和指标,因地制宜的规划设计“渗、滞、蓄、净、用、排”等工程措施,特制定本规划设计导则。

1.2 编制依据

1.2.1 相关政策文件

《国务院关于加强城市基础设施建设的意见》(国发〔2013〕36号)

《国务院办公厅关于推进海绵城市建设的指导意见》(国办发〔2015〕75号)

《住房城乡建设部关于印发海绵城市专项规划编制暂行规定的通知》(建规〔2016〕50号)

《关于开展系统化全域推进海绵城市建设示范工作的通知》(财办建〔2021〕35号)

《中共中央 国务院关于深入打好污染防治攻坚战的意见》(2021年11月2日)

《国务院办公厅印发关于加强城市内涝治理的实施意见》(国办发〔2021〕11号)

《住房和城乡建设部办公厅关于进一步明确海绵城市建设工作有关要求的通知》(建办城〔2022〕17号)

1.2.2 规范性引用文件

除上述文件之外,本导则引用了下列文件中的部分条款。凡是未注日期的引用文件,其有效版本适用于本导则。

《城乡排水工程项目规范》(GB55027-2022)

《海绵城市建设评价标准》(GB51345-2018)

《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建（试行）》

《建筑与小区雨水利用工程技术规范》（GB50400-2016）

《雨水控制与利用工程技术规范》（DB13(J)T175-2015）

《雨水生物滞留设施技术规程》（T/CUWA40052-2022）

《海绵城市绿地建设管理技术标准》（T/CHSLA50009-2022）

《居住绿地设计标准》（CJJ/T 294-2019）

《绿色建筑评价标准》（GB/T50378-2014）

《民用建筑绿色设计规范》（JGJ/T229-2010）

《室外排水设计标准》（GB50014-2021）

《城市用地分类与规划建设用地标准》（GB50137-2011）

《建筑给水排水设计标准》（GB50015-2019）

《建筑给水排水与节水通用规范》（GB55020-2021）

《城镇给水排水技术规范》（GB50788-2012）

《园林绿化工程项目规范》（GB55014-2021）

《建筑与市政工程抗震通用规范》（GB55002-2021）

《种植屋面工程技术规程》（JGJ155-2013）

《透水砖路面技术规程》（CJJ/T 188-2012）

《屋面工程技术规范》（GB50345）

《坡屋面工程技术规范》（GB50693）

《屋面工程质量验收规范》（GB50207）

《园林绿化工程施工及验收规范》（CJJ 82）

《地下工程防水技术规范》（GB50108）

《建筑结构荷载规范》（GB50009）

《建筑工程施工质量验收统一标准》（GB50300）

《地下防水工程质量验收规范》（GB50208）

《建筑屋面雨水排水系统技术规程》（CJJ142-2014）

《城市道路工程设计规范》（CJJ37-2012）

《城市绿地设计规范》（GB50420-2007）

《公园设计规范》(CJJ48-92)

《城市绿地分类标准》(CJJ/T85-2002)

《人工湿地水质净化技术指南》

1.2.3 其他相关标准规范

本导则在编制过程中,参考了以下城市的地方标准规范:

《湖南省海绵城市建设技术导则》

《常德市海绵城市建设技术导则》

《武汉市海绵城市规划设计导则(试行)》

《深圳市海绵城市建设管理规定》

1.3 适用范围

本导则适用于岳阳市城区(指岳阳楼区、云溪区、君山区、岳阳经开区、城陵矶新港区、南湖新区,下同)范围内,海绵城市相关规划的编制以及新建、改建、扩建项目中海绵城市相关内容的规划设计。

其他县市区海绵城市建设参照本导则执行。

1.4 生效时限

本导则自批准公布之日起生效。

1.5 与其他标准的一致性

岳阳市海绵城市的规划设计除应符合本导则外,尚应符合国家现行有关标准、规范,以及湖南省和岳阳市相关规定。

2 名词术语

2.1 海绵城市 sponge city

海绵城市是指通过加强城市规划建设管理,充分发挥建筑、道路和绿地、水系等生态系统对雨水的吸纳、蓄渗和缓释作用,有效控制雨水径流,实现自然积存、自然渗透、自然净化的城市发展方式。

2.2 低影响开发 low impact development

基于模拟自然水文条件原理,采用源头控制和延缓冲击负荷的理念,通过构建微型分散式生态处理技术实现雨水径流总量和污染控制、开发后的水文特性与开发前基本一致的城市规划与建设模式。

2.3 低影响开发设施 low impact development facilities

依据低影响开发原则设计的“渗、滞、蓄、净、用、排”等多种工程设施的统称,包括透水铺装、渗井、渗渠、入渗池、生物滞留设施、植草沟、屋顶绿化、干塘、湿塘、人工湿地、雨水罐、调蓄池、植被缓冲带、砂滤系统等。

2.4 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。

2.5 年径流污染削减率 annual runoff pollution removal rate

雨水经过预处理措施和低影响开发设施物理沉淀、生物净化等作用,场地内累计一年得到控制的雨水径流污染物总量(以固体悬浮物 SS 计)占全年雨水径流污染物总量的比例。

2.6 设计降雨量 design rainfall depth

为实现一定的年径流总量控制目标(年径流总量控制率),用于确定海绵城市建设设施设计规模的降雨量控制值,一般通过当地多年日降雨资料统计数据获取,通常用日降雨量(mm)表示。

2.7 建设类项目可渗透地面面积

具有透水性能的地面面积与建设项目红线面积之比。

2.8 生物滞留设施占硬化面积百分比 the percentage of bioretention area from impervious area

生物滞留设施占其所对应的的汇水区内的硬化面积比例。

2.9 绿色屋顶 green roof

表面铺装一定厚度滞留介质，并种植植物，底部设有排水通道的屋面。根据种植基质深度和景观复杂程度，绿色屋顶又分为简单式和花园式。

2.10 绿色屋顶覆盖率 green roof ratio

绿色屋顶面积占屋顶总面积的比例。

2.11 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。

2.12 合流制溢流 combined sewer overflow (CSO)

合流制排水系统降雨时，超过截流能力的水排入水体的情况。

2.13 下凹桥区 underpassing road

与桥梁交叉，采用下穿形式设计的道路区域，通常用于减缓桥身坡度等原因。

2.14 雨水收集回用 rain harvesting

利用一定的集雨面收集雨水作为水源，经过适宜的处理并达到一定的水质标准后，通过管道输送或现场使用方式予以利用的全过程。

2.15 新建项目 newly-built district

包括新建公共建筑、工业、仓储物流、广场、居住区、道路等项目，以及老城拆迁、棚户区改造等主体建筑结构、道路结构或场地重新建设的区域。

2.16 扩建项目 extension district

包括扩建公共建筑、工业、仓储物流、广场、居住区、道路等项目，指现状主体建筑或道路结构变化规模较小，由于需求，需要增加新建建筑或道路以及场地建设的区域。

2.17 改建项目 redevelopment/reconstructed district

包括扩建公共建筑、工业、仓储物流、广场、居住区、道路等项目，指主体建筑或道路结构变化规模较小，以场地改造建设为主的区域。

2.18 下垫面 underlying surface

降雨受水面的总称。包括屋面、路面、绿地、水面等。

2.19 土壤渗透系数 permeability coefficient of soil

单位水力坡度下水的稳定渗透速度。

2.20 流量径流系数 discharge runoff coefficient

形成峰值流量的历时内产生的径流量与降雨量之比。

2.21 雨量径流系数 pluviometric runoff coefficient

设定时间内降雨产生的径流总量与总雨量之比。

2.22 面源污染 non-point sources pollution

溶解和固体的污染物从非特定地点，在降水或融雪的冲刷作用下，通过径流过程而汇入受纳水体（包括河流、湖泊、水库和海湾等）并造成受纳水体污染的过程。

2.23 初期雨水径流 first flush

一场降雨初期产生的一定厚度的降雨径流。

2.24 雨水滞留 rainwater retention

将雨水存储下来予以入渗、蒸发、蒸腾的过程。

2.25 雨水滞流 rainwater detention

将雨水存储下来缓慢排放的过程。

2.26 径流污染控制径流深度 precipitation depth for NPS control

为满足低影响开发面源污染控制目标而需要控制的径流深度。

2.27 汇流时间 concentration time

雨水从相应汇水面积的最远点地面径流到雨水管渠入口的时间。

2.28 水质预处理设施 pretreatment practices

为满足低影响开发设施进水要求，用于初步处理雨水径流的设施。

2.29 生物滞留设施 bioretention facility

在地势较低处，通过强化的土壤、植物和微生物系统滞蓄、渗滤、净化径流雨水的设施。

2.30 穿孔管 perforated pipe

管壁按照一定规则分布有细小孔隙的管道，用于过滤收集下渗后的雨水，孔隙直径与排水层土壤粒径相关，通常在 1-3mm 之间。

2.31 清淤立管 cleanout pipe

用于清除穿孔管内淤积泥沙的立管，通常用于带地下穿孔管的低影响开发设施中。

2.32 孔隙率 void ratio

土壤或砾石等材料中可存水部分体积与总体积之比。

2.33 蓄水模块 rainwater storage module

以聚丙烯为主要材料，采用注塑工艺加工成型，并能承受一定外力的矩形镂空箱体。

2.34 不透水地面 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路路面。

2.35 透水铺装 permeable pavement

可渗透、滞留雨水的地面铺装结构。包括透水砖、透水水泥混凝土和透水沥青混凝土。

2.36 保护层 protection layer

绿色屋顶中置于防渗层上，用于防止植物根系刺穿防渗层。

2.37 植草沟 grassed swale

一种收集雨水、处理雨水径流污染、排水并入渗雨水的植被型草沟。包括排水型和入渗型两种类型。

2.38 入渗设施 infiltration practices

使雨水分散并被渗透到地下的人工设施。包括渗透井管、渗透洼地、渗透沟等。

2.39 渗井 soakaway

雨水通过侧壁和井底进行入渗的设施，通过挖坑再回填骨料碎石的方式为雨水调蓄和下渗提供空间。

2.40 渗渠 infiltration trench

构造与渗井基本相同的设施，通常呈长方形，主要沿道路铺设，适用于高密度居住区或其它空间狭窄的地区。

2.41 观察孔 observation well

用于观察入渗设施和过滤设施运行状况的检视装置。

2.42 过滤设施 filtration practices

采用沙、土壤或泥炭等介质过滤雨水达到低影响开发目标的设施。

2.43 滞留（流）设施 retention & detention practices

通过滞留或滞流雨水、沉淀等方式达到低影响开发目标的设施。

2.44 湿塘 wet pond

具有雨水调蓄和净化功能的景观水体，一般由进水口、前置塘、主塘、溢流出水口、护坡及驳岸、维护通道等构成。

2.45 人工湿地 constructed wetland

通过模拟天然湿地的结构，以雨水沉淀、过滤、净化和调蓄以及生态景观功能为主，人为建造的由饱和基质、挺水和沉水植被、动物和水体组成的复合体。

2.46 底部渗排 underdrain

为疏导入渗的雨水，在生物滞留设施、透水铺装等具有雨水下渗功能的低影响开发设施底部设置穿孔管或开槽管将雨水排向下游。

2.47 断接 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雨水径流的方法。

2.48 前池 forebay

设置在低影响开发设施前，对雨水径流的水位和流量起到调节作用的构筑物。

2.49 植被缓冲带 vegetated filter strip

一种坡度较缓、植被高密度覆盖的植被带，用于处理就近区域地表漫流的生物处理设施。

2.50 水平导流设施 level spreader

将雨水径流均匀分布形成水平层流的一种设施，能够有效提高其它设施对雨水径流和污染控制效果。

2.51 树池 box planter

生物滞留设施的一种，通过植物和改善的土壤对汇水范围内的雨水进行过滤、渗透和滞留。

2.52 砂滤设施 sand filter

通过沙石的物理过滤去除雨水径流中的固体及大颗粒物，起到净化水体、削减峰值流量目的的一种设施。

2.53 渗透塘 infiltration basin

一种具有降低径流总量、削减径流污染作用的平坦洼地。

2.54 蓄水池 cistern

用于收集和储存屋顶雨水径流的蓄水容器，主要用于工业或商业用地的雨水收集，其设计容积相对较大。

2.55 雨水罐 rain barrel

用于收集和储存屋顶雨水径流的蓄水容器，主要用于居民区屋顶雨水收集，设计容积相对较小。

岳阳市住房和城乡建设局发布

3 基本规定

- 3.1 海绵城市的建设应贯彻自然积存、自然渗透、自然净化的理念，包括“渗、滞、蓄、净、用、排”等多种技术措施及组合，涵盖低影响开发雨水系统、城市雨水管渠系统及超标雨水径流排放系统。
- 3.2 岳阳市海绵城市建设应综合考虑本地内涝防治、水环境治理和雨水资源化利用等需求，并以内涝防治与水环境治理为主、雨水资源化利用为辅。
- 3.3 岳阳市所有新建、改建、扩建项目的设计应包括海绵城市低影响开发建设的内容，海绵城市低影响开发设施应与主体工程同时设计、同时施工、同时使用。
- 3.4 岳阳市应因地制宜实施雨污分流改造，暂不具备改造条件的，采取措施减少雨季溢流污染；新建区域应采取分流制系统。
- 3.5 海绵城市的各类工程措施之间应有效协同，尽可能多预留城市绿地空间，增加可渗透地面，保证一定比例的绿地底部不建设地下空间；蓄积雨水宜就地回用。
- 3.6 海绵城市的各类工程设施应与雨水外排设施及市政排水系统合理衔接，不应降低市政雨水排放系统的设计标准。
- 3.7 海绵城市低影响开发的各类工程设施应与周边环境相协调，注重其景观效果。
- 3.8 建设项目海绵城市的设计，应与相应的室外总平面、竖向、园林、建筑、给排水、结构、道路、经济等相关专业设计方案相互配合、相互协调，实现综合效益最大化。
- 3.9 海绵城市建设过程中应注意对化工产品生产、储存和销售等面源污染特殊地块的专门控制，避免特殊污染源对地下水、周边水体造成污染。
- 3.10 各类海绵城市建设项目应体现岳阳市的地域特点，遵守经济性、适用性原则，采用本地化参数（设计雨型、土壤渗透系数等）和资源进行设计。
- 3.11 海绵城市低影响开发设施应采取确保安全和使用、维护方便的措施。

4 规划设计标准

4.1 总体要求

4.1.1 岳阳市海绵城市的规划设计标准包括强制性标准、指导性标准和其他相关标准。其中，强制性标准为年径流总量控制率；指导性标准包括年径流污染削减率、可渗透地面面积比例、生物滞留设施占硬化面积百分比、透水铺装率、绿色屋顶率；其他相关标准包括排水标准、初期雨水径流污染控制标准、内涝防治标准、雨水利用水质标准。

4.1.2 强制性标准为本导则适用范围内所有新建、改建、扩建项目必须遵守的标准；指导性标准为建设项目规划设计时参考的标准，各项目在设计时，可以选用生物滞留设施、透水铺装、绿色屋顶等措施，并参考本导则中给出的可渗透地面面积比例、生物滞留设施占硬化面积百分比、透水铺装率、绿色屋顶率等指标，也可因地制宜采取其他措施，达到年径流总量控制率的要求。

4.2 强制性标准

4.2.1 年径流总量控制率

新建、改扩建项目年径流总量控制目标遵守表 4-1 的标准。

表 4-1 岳阳市建设项目年径流总量控制率规划设计标准

建设类项目 (居住类、公共管理与公共服务设施、商业服务类、广场 等地块类)		新建	不应低于 75%
		改扩建	不应低于 60%
工业、仓储物流		新建	不应低于 65%
		改扩建	不应低于 60%
道路项目	侧分带占道路红线比例不低于 12%且人行道 占道路红线比例不低于 20%的城市道路	新建	不应低于 65%
		改扩建	不应低于 55%
	其他城市道路（20 米以上）	新建	不应低于 55%
		改扩建	不应低于 50%
其他城市道路（20 米及以下）		新建、改扩建	融入海绵城市

		建设理念
公园绿地	新建	不应低于 85%
	改扩建	不应低于 80%

因场地条件、项目类型等因素制约而无法遵循上述要求的建设项目，经相关专家论证并经主管部门同意后，可以进行适当调整。

4.3 指导性标准

指导性标准为非强制性标准，是进行海绵城市初步设计时，可供参考的标准。在进行设计时可自主选择以下措施，也选择其他措施进行组合，以达到强制性标准要求。在详细设计阶段，可根据强制性标准的要求对以下指标进行调整。

4.3.1 年径流污染削减率

新建场地项目年径流污染物总量（以悬浮物 SS 计）削减率不宜小于 60%，改扩建场地项目年径流污染物总量（以悬浮物 SS 计）削减率不宜小于 40%。

4.3.2 可渗透地面面积比例

新建居住类项目可渗透地面面积比例不宜低于 45%；新建公共管理与公共服务设施类、商业服务类项目可渗透地面面积比例不宜低于 40%；改建、扩建建筑项目可渗透地面面积比例不应当小于改造前，并且不宜低于 30%。建设项目占地面积大于 5000 平方米的建筑类项目可适当提高可渗透地面面积比例。

新建、改建、扩建道路人行道、非机动车道宜具备透水性能。

4.3.3 生物滞留设施占硬化面积百分比

（1）道路工程

改建道路，生物滞留设施占侧分带绿化面积百分比不宜低于 40%，人行步道中树池的面积不宜低于人行步道总面积的 10%；

新建道路，生物滞留设施占侧分带绿化面积百分比不宜低于 60%，人行步道中树池的面积不宜低于人行步道总面积的 10%。

（2）非道路工程

生物滞留设施占汇水区内硬化面积百分比不宜低于 10%。

4.3.4 透水铺装率

既有居住用地、商业办公用地、公共管理与服务设施用地改造，除机动车道以外的硬化地面，透水铺装率不宜低于 30%；新建居住用地、商业服务业用地、公共管理与公共服务设施用地，除机动车道以外的硬化地面，透水铺装率不宜低于 70%。

改建道路人行道透水铺装率不宜低于 40%；新建道路人行道透水铺装率不宜低于 60%。

改建城市广场透水铺装率不宜低于 50%，新建城市广场透水铺装率不宜低于 70%。

4.3.5 绿色屋顶率

新建商业建筑及公共建筑裙楼绿色屋顶绿化率不宜低于 40%。

4.4 其他相关标准

4.4.1 管网排水标准

雨水管渠中心城区设计重现期采用 2-3 年一遇(45 毫米/小时-50 毫米/小时)，中心城区的重要地区采用 3-5 年一遇（50 毫米/小时-56 毫米/小时）。中心城区地下通道和下沉式广场，采用 10-20 年一遇标准（65 毫米/小时-74 毫米/小时）。

4.4.2 内涝防治标准

内涝防治标准采用 30 年一遇（224 毫米/24 小时）。发生 30 年一遇以内降雨时，城市不出现严重内涝灾害，发生超标降雨时保障城市运转基本正常，不造成重大财产损失和人员伤亡。

4.4.3 初期雨水径流污染控制标准

屋面一般取 2-3mm，小区路面取 3-5mm，市政路面取 3-15mm。水生态敏感地区，应取上限值。

4.4.4 雨水利用水质标准

雨水利用水质标准根据实际用途确定，COD_{Cr} 和 SS 指标应满足《建筑与小区雨水利用工程技术规范》（JB50400-2006）要求，其余指标应符合国家现行的相关标准规定。雨水同时用于多种用途时，其水质应执行最高水质标准。

4.4.5 城市水体环境质量

河湖水系地表水水质目标应按地表水（环境）功能区划的要求执行；未明确的地表水应参考流域内水质要求和城乡规划（国土空间总体规划）确定的水体用途，合理确定水质标准。

旱天无污水、废水直排。控制雨天分流制雨污混接污染和合流制溢流污染，并不得使所对应的受纳水体出现黑臭。

城市水体水质不应劣于海绵城市建设前的水质。

4.4.6 自然生态格局管控及水体生态性岸线保护

城市开发建设前后天然水域总面积不宜减少，保护并最大程度恢复自然地形地貌和山水格局，不得侵占天然行泄通道、洪泛区和湿地、林地、草地等生态敏感区或应达到相关规划的蓝线、绿线管控要求。

岳阳市城区内除码头等生产性岸线及必要的防洪岸线外，新建、改建、扩建城市水体的生态性岸线率不宜小于 70%。

5 相关计算方法

5.1 设计参数

5.1.1 岳阳市降雨量统计分析采用 1991-2020 年共 30 年的 4073 场 24 小时降雨资料,年径流总量控制率与设计降雨量的对应关系如图 5-1 及表 5-1 所示。

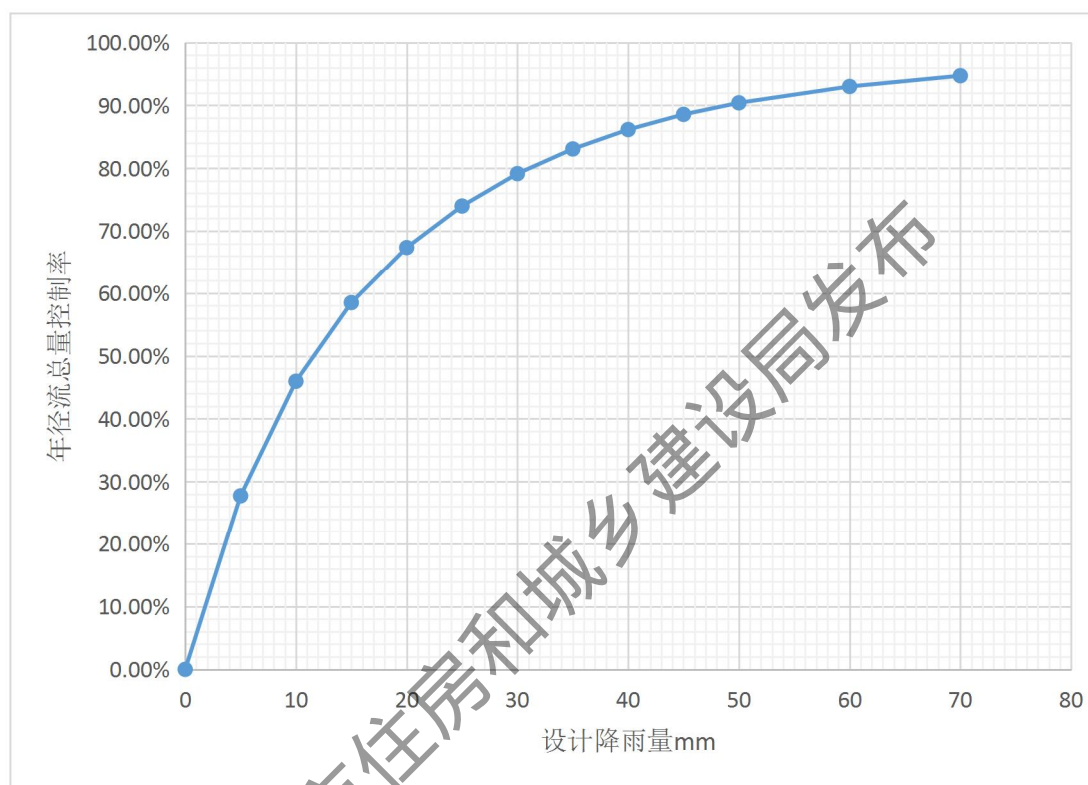


图 5-1 年径流总量控制率与设计降雨量对应关系曲线

表 5-1 年径流总量控制率对应的设计降雨量

年径流总量控制率(%)	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
设计降雨量(mm)	11.4	13.4	15.7	18.4	21.8	25.9	30.9	37.9	48.6	71.9

5.1.2 岳阳市设计暴雨强度公式。

$$q = \frac{1201.291' (1 + 0.819 \lg P)}{(t + 7.3)^{0.589}}$$

式中:

q —暴雨强度 (L/s•ha);

P —重现期 (a);

t —降雨历时 (min)。

5.1.3 雨水管渠的设计降雨历时, 应按下式计算:

$$t=t_1+t_2$$

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 5-15min);

t_2 —管渠内雨水流行时间 (min);

在规划或方案设计时, 建筑小区设计降雨历时可按 10-15min 计算。

5.1.4 不同种类下垫面的径流系数应依据实测数据确定, 缺乏资料时可参照表 5-2 取值, 综合径流系数应按下垫面种类加权平均计算:

$$y_z = \frac{\sum F y_i}{F}$$

式中:

y_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);

y_i —各类下垫面的径流系数。

表 5-2 径流系数

汇水面种类	雨量径流系数 φ	流量径流系数 ψ
绿化屋面（绿色屋顶，基质层厚度 ≥ 300 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	0.65-0.70
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	0.5-0.6
干砌砖石或碎石路面及广场	0.40	0.35-0.5
非铺砌的土路面	0.30	0.25-0.4
绿地	0.15	0.10-0.25
水面	1.00	1.00
地下建筑覆土绿地（覆土厚度 ≥ 500 mm）	0.15	0.25
地下建筑覆土绿地（覆土厚度 < 500 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

注：以上数据参照《室外排水设计规范》（GB50014）和《雨水控制与利用工程设计规范》（DB11/685）。

5.2 水量计算

5.2.1 径流总量计算公式

$$V = 10H \varphi_j F$$

式中：

V —径流总量（ m^3 ）；

φ —综合雨量径流系数；

H —设计降雨量（mm）；

F —汇水面积（ hm^2 ）。

5.2.2 设计流量计算公式

$$Q = \psi \cdot q \cdot F$$

式中：

Q —设计流量 (L/s)；

ψ —流量径流系数；

q —设计暴雨强度[L/(s·hm²)]

F —汇水面积 (hm²)。

5.2.3 雨水回用于景观水体的日补水量应包括水面蒸发量、水体渗漏量以及雨水处理设施自用水量：

(1) 日平均水面蒸发量应依据实测数据确定，缺乏资料时可按下式计算。

$$Q_{zh} = 52.0S(P_m - P_a)(1 + 0.135V_{mxd})$$

式中：

Q_{zh} —水池的水面蒸发量 (L/d)；

S —水池的表面积 (m²)；

P_m —水面温度下的饱和蒸汽压 (Pa)；

P_a —空气的蒸汽分压 (Pa)；

V_{mxd} —日平均风速 (v/s)。

(2) 水体日渗漏量可以根据以下公式进行计算：

$$Q_s = S_m \times A_s / 1000$$

式中：

Q_s —水体的日渗透漏失量，m³/d；

S_m —单位面积日渗漏量，L/ (m²·d)；

A_s —有效渗透面积，指水体常水位水面面积及常水位以下侧面渗水面积之和，m²。

(3) 雨水处理系统采用物化及生化处理设施时自用水量占总处理水量的 5%-10%；当采用自然净化方法时可不考虑自用水量。

5.2.4 绿化灌溉用水定额见下表。

表 5-3 绿化灌溉年均用水定额(m^3/m^2)

草坪种类	用水定额		
	特级养护	一级养护	二级养护
冷季型	0.66	0.50	0.28
暖季型	—	0.28	0.12

绿化灌溉最高日用水定额应根据气候条件、植物种类、土壤理化性状、浇灌方式和管理制度等因素确定,当无相关资料时,可按 $1.0\text{L}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ - $3.0\text{L}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ 计算。

5.2.5 道路广场浇洒用水定额根据路面性质按下表取值:

表 5-4 浇洒道路用水定额 ($\text{L}/\text{m}^2\cdot\text{次}$)

路面性质	用水定额
碎石路面	0.40-0.70
土路面	1.00-1.50
水泥或沥青路面	0.20-0.50

道路和广场浇洒用最高日用水定额可按 $2.0\text{L}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ - $3.0\text{L}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ 计。

5.2.6 汽车冲洗用水定额,应根据车辆用途、道路路面等级,以及采取的冲洗方式,按表 5-5 确定。

表 5-5 汽车冲洗用水量定额 ($\text{L}/\text{辆}\cdot\text{次}$)

冲洗方式	高压水枪冲洗	循环用水冲洗	抹车、微水冲洗	蒸汽冲洗
轿车	40-60	20-30	10-15	3-5
公共汽车、载重汽车	80-120	40-60	15-30	—

5.2.7 建筑物循环冷却水补水量应根据气象条件、冷却塔形式确定,一般可按循环水量的 1.0%-2.0% 计算。

5.2.8 雨水用于冲厕等的用水量按照《建筑给水排水设计标准》GB50015 和《建

筑中水设计规范》GB50336 中的用水定额及用水百分率确定。

5.2.9 初期弃流量宜按照下式进行计算。当有特殊要求时，可根据实测雨水径流中污染物浓度确定。

$$W_i = 10' d' F$$

式中：

W_i —初期弃流量（ m^3 ）；

d —初期径流厚度（ mm ）。

5.3 设施径流体积控制规模核算：

5.3.1 应依据年径流总量控制率所对应的设计降雨量及汇水面积，采用“容积法”计算得到渗透、滞蓄、净化设施所需控制的径流体积。

5.3.2 渗透、渗滤及滞蓄设施的径流体积控制规模应按下列公式计算：

$$V_{in} = V_s + W_{in}$$

$$W_{in} = KJA t_s$$

式中：

V_{in} —渗透、渗滤及滞蓄设施的径流体积控制规模（ m^3 ）；

V_s —设施有效滞蓄容积（ m^3 ）；

W_{in} —渗透与渗滤设施降雨过程中的入渗量（ m^3 ）；

K —土壤或人工介质的饱和渗透系数（ m/h ）；根据设施滞蓄空间的有效蓄水深度和设计排空时间计算确定，由土壤类型或人工介质构成决定，不同类型土壤的渗透系数可按现行国家标准《建筑与小区雨水控制及利用工程技术规范》GB50400 的规定取值；

J —水力坡度，一般取 1；

A —有效渗透面积 (m^2);

t_s —降雨过程中的入渗历时 (h), 为当地多年平均场降雨历时, 资料缺乏时, 可根据平均场降雨历时特点取 2h-12h。

5.3.3 延时调节设施的径流体积控制规模按下列公式计算:

$$V_{\text{ed}} = V_s + W_{\text{ed}}$$

$$W_{\text{ed}} = (V_s/T_d)t_p$$

式中:

V_{ed} —延时调节设施的径流体积控制规模 (m^3);

W_{ed} —延时调节设施降雨过程中的排放量 (m^3);

T_d —设计排空时间 (h), 根据设计悬浮物 (SS) 去除能力所需停留时间确定;

t_p —降雨过程中的排放历时 (h), 为当地多年平均场降雨历时, 资料缺乏时, 可根据平均场降雨历时特点取 2h-12h。

6 海绵城市规划

6.1 海绵城市规划体系

海绵城市规划体系包括国土空间总体规划衔接、海绵城市专项规划、海绵城市建设系统化实施方案、控制性详细规划、修建性详细规划、其他相关规划等。在国土空间总体规划阶段，应提出海绵城市建设的策略、原则、目标要求等内容；在海绵城市专项规划阶段，应确定海绵城市建设目标和指标，制定海绵城市建设总体思路，提出海绵城市建设分区指引，落实海绵城市建设管控要求，明确近期建设重点等内容；在海绵城市建设系统化实施方案阶段，应以指导海绵城市建设近期实施为依据，明确近期海绵城市建设目标与指标，制定以老区问题导向和新区目标导向的系统化实施方案，明确项目实施计划等内容；在控制性详细规划阶段，应确定各地块的控制指标，满足总体规划及相关专项（专业）规划对规划地段的控制目标要求；在修建性详细规划阶段，应在控制性详细规划确定的具体控制指标条件下，确定建筑、道路交通、绿地等工程中低影响开发设施的类型、空间布局及规模等内容。

6.2 国土空间总体规划中的海绵城市规划

6.2.1 编制要求综述

国土空间总体规划要从战略高度明确海绵城市建设的目标与方向，并在总体规划编制的框架下，将海绵城市的规划内容系统地融入到规划的目标、指标体系、空间布局以及排水规划等相关内容中。

6.2.2 编制技术要点

6.2.2.1 城市定位

城市功能定位和发展目标中应融入绿色生态、安全韧性理念，将海绵城市建设作为城市发展的重要内容，予以明确。

6.2.2.2 生态要素保护

切实落实保护优先的原则，科学划定生态空间。在城市用地选择中，要切实

落实保护优先的原则，科学分析城市规划区内的山、水、林、田、湖、草等生态资源，并制定相应管控策略。

6.2.2.3 分区划分与目标

根据需要开展与海绵城市相关的专题研究，划分海绵城市的规划分区；针对每个规划分区的特点，提出不同分区的海绵城市建设目标和主要控制内容。

6.2.2.4 规划指标体系构建

将城市透水面积比例、绿地率、水域面积率、天然水面保持率、年径流总量控制率、城市内河水体水质目标等指标纳入到总体规划指标体系中，并根据城市发展目标，分别提出各类指标近、中、远期的目标值。

6.2.2.5 生态修复

对于水生态功能受损以及过度硬化的河湖水体，在满足防洪要求的前提下，应进行生态修复，并与周边用地规划进行充分衔接。

6.2.2.6 在排水规划的章节融入海绵城市建设理念

根据地区的水安全、水资源、水环境和水生态的状况和实际需求，因地制宜的提出本城市海绵城市建设的策略、重点方向和相关的技术指标，明确新建地区可渗透地面面积比例、透水铺装比例、绿色屋顶比例、生物滞留设施占硬化面积百分比等，合理控制城市不透水面积比例，明确海绵城市建设的重点区域和建设时序。

将海绵城市作为城市面源污染控制和合流制溢流污染控制的重要举措和技术手段加以明确，并因地制宜的布局初期雨水弃流设施和合流制溢流污染控制设施，并注意落实相关用地需求，尤其是大型调蓄设施的用地。

6.3 海绵城市专项规划

6.3.1 编制要求综述

6.3.1.1 编制海绵城市专项规划，应坚持保护优先、生态为本、自然循环、因地制宜、统筹推进的原则，最大限度地减小城市开发建设对自然和生态环境的影响。

6.3.1.2 编制海绵城市专项规划，应根据城市降雨、土壤、地形地貌等因素和

经济社会发展条件，综合考虑水资源、水环境、水生态、水安全等方面的现状问题和建设需求，坚持问题导向与目标导向相结合，因地制宜地采取“渗、滞、蓄、净、用、排”等措施。

6.3.1.3 海绵城市专项规划可与国土空间总体规划同步编制，也可单独编制。

海绵城市专项规划的规划范围原则上应与国土空间总体规划范围一致，同时兼顾雨水汇水区和山、水、林、田、湖等自然生态要素的完整性。

6.3.1.4 海绵城市专项规划经批准后，编制或修改国土空间总体规划时，应将雨水年径流总量控制率纳入城市国土空间总体规划，将海绵城市专项规划中提出的自然生态空间格局作为城市国土空间总体规划空间开发管制要素之一。编制或修改控制性详细规划时，应落实海绵城市专项规划中确定的雨水年径流总量控制率等要求，并根据实际情况，落实雨水年径流总量控制率等指标。编制或修改城市道路、绿地、水系统、排水防涝等专项规划，应与海绵城市专项规划充分衔接。

6.3.2 编制技术要点

6.3.2.1 海绵城市专项规划的主要任务是：研究提出需要保护的自然生态空间格局；明确雨水年径流总量控制率等目标并进行分解；确定海绵城市近期建设的重点。

6.3.2.2 海绵城市专项规划应当包括下列内容：

（1）综合评价海绵城市建设条件。分析城市区位、自然地理、经济社会现状和降雨、土壤、地下水、下垫面、排水系统、城市开发前的水文状况等基本特征，识别城市水资源、水环境、水生态、水安全等方面存在的问题。

（2）确定海绵城市建设目标和具体指标。确定海绵城市建设目标，明确近、远期要达到海绵城市要求的面积和比例，提出海绵城市建设的指标体系。

（3）提出海绵城市建设的总体思路。依据海绵城市建设目标，针对现状问题，因地制宜确定海绵城市建设的实施路径。老城区以问题为导向，重点解决城市内涝、雨水收集利用、黑臭水体治理等问题；城市新区、各类园区、成片开发

区以目标为导向，优先保护自然生态本底，合理控制开发强度。

(4) 提出海绵城市建设分区指引。识别山、水、林、田、湖等生态本底条件，提出海绵城市的自然生态空间格局，明确保护与修复要求；针对现状问题，划定海绵城市建设分区，提出建设指引。

(5) 落实海绵城市建设管控要求。根据雨水径流量和径流污染控制的要求，将雨水年径流总量控制率目标进行分解到控制性详细规划单元，并提出管控要求。

(6) 提出规划措施和相关专项规划衔接的建议。针对内涝积水、水体黑臭、河湖水系生态功能受损等问题，按照源头减排、过程控制、系统治理的原则，制定积水点治理、截污纳管、合流制污水溢流污染控制和河湖水系生态修复等措施，并提出与城市道路、排水防涝、绿地、水系统等相关规划相衔接的建议。

(7) 明确近期建设重点。明确近期海绵城市建设重点区域，提出分期建设要求。

(8) 提出规划保障措施和实施建议。

6.3.2.3 各城市应在海绵城市专项规划的指导下，编制近期建设重点区域的建设方案、滚动规划和年度建设计划。建设方案应在评估各类场地建设和改造可行性基础上，对建筑小区、道路与广场、公园绿地，河流水系等建设内容提出海绵城市建设任务。

6.4 海绵城市建设系统化实施方案

6.4.1 编制要求综述

海绵城市建设系统化实施方案以解决核心水问题为重点，突出连片效应，制定可行性强、可实施性强、落地性强的工程体系，落实海绵城市相关规划的目标和任务，合理划分排水分析，因地制宜确定核心涉水问题，以排水分区为单元，构建源头减排、过程控制、系统治理的实施方案，总体谋划海绵城市建设近期任务，指导海绵城市近期项目建设。

6.4.2 编制技术要点

(1) 分析海绵城市建设本底和需要解决的问题。分析城市区位、自然地理、降雨、土壤、地下水、下垫面、排水系统、人口经济等基本特征，定量分析城市水资源、水环境、水生态、水安全等方面存在的问题。

(2) 排水分区划分。以城市地形地貌为基础，结合城市水文径流分析、水系布局、管网分布以及铁路高架等地理隔离要素，合理划分排水分区。

(3) 确定海绵城市建设目标和具体指标。确定城市近期目标与重点解决问题，制定海绵城市建设指标体系。

(4) 水生态修复方案。在相关规划基础上进一步落实城市天然河湖水系的保护和要求，加强对河湖生态岸线和河湖生态系统的保护和恢复。因地制宜地提出源头减排径流控制要求。

(5) 水环境整治方案。在现状分析的基础之上，量化分析水环境污染的核心问题，制定控源截污、内源治理、生态修复、活水保质的系统治理方案。

(6) 水安全保障方案。科学分析城市内涝风险区及成因，制定源头减排、排水管渠、内涝防治、应急管理的系统治理方案。

(7) 水资源利用方案。结合当地用水需求，统筹配置雨水资源、再生水资源，保障区域水资源供需平衡。科学分析非常规水资源的利用潜力和利用对象，因地制宜布置雨水收集利用设施和再生水利用设施。

(8) 多目标统筹。为实现多目标体系下的工程融合，综合统筹各方案的工程措施，确定各项项目的综合效应，实现项目与目标的综合统筹。

(9) 项目安排和投资估算。结合城市近期建设计划和重点解决问题，合理安排项目实施时序，根据项目规模，估算项目投资。

(10) 提出规划保障措施和实施建议。

6.5 控制性详细规划中的海绵城市规划

6.5.1 编制要求综述

控制性详细规划编制阶段应结合岳阳市资源、水文条件等影响因素，落实上层次规划及相关规划中海绵城市的目标、指标和要求，具体应包含以下内容：

(1) 分析规划范围内海绵城市建设存在的问题，结合上层次规划及相关规

划，提出解决思路。

(2) 在控制性详细规划管理单元层面，根据城市各类用地进行海绵城市建设相关指标分解，并将控制指标落实到地块，确保整个控制性详细规划管理单元满足控制指标要求。

(3) 落实蓝线，明确蓝线控制要求，保护水文敏感区域。

(4) 落实绿线，提升绿色开敞空间的生态品质，融入雨水的渗、滞、蓄、净、用等复合功能。

(5) 在确定道路横断面形式时，应考虑道路雨水径流量与水质控制设施的布局要求。

(6) 在控制性详细规划图则中，应给出相关低影响开发措施的建设内容指引。

6.5.2 编制技术要点

6.5.2.1 落实上层次规划确定的水生态安全格局，优化和细化水体、湿地、洼地、自然径流通道、洪泛区等水生态敏感区，通过保护水系统的关键空间格局来维护水文过程的完整性，并结合用地功能和布局，明确蓝线及绿线控制范围，给出界址、规模。

6.5.2.2 海绵城市控制指标

在上层次规划及相关规划的指导下，制定管理单元和地块的强制性指标和指导性指标。

(1) 强制性指标

在国土空间总体规划或海绵城市专项规划确定的海绵城市建设目标的指导下，根据城市用地分类和特点进行分类分解，明确地块的年径流总量控制率和年径流污染削减率等强制性指标。

(2) 指导性指标

结合建筑密度、绿地率、容积率、年径流总量控制率等控制指标，提出地块的可渗透地面面积比例、生物滞留设施占硬化面积百分比、透水铺装率、绿色屋顶率等指标，通过设施优化组合，确保年径流总量控制率满足要求。并将上述指

标纳入地块规划设计要点，并作为土地开发建设的指导性指标，指导下层次的修建性详细规划或建筑设计。

6.5.2.3 用地布局

结合海绵城市专项规划及排水防涝（雨水）综合规划等相关规划，通过地表竖向分析及排水分区研究，结合区域排水分区，GIS 等数据分析，进一步明确低洼易涝高风险区域，对规划控制单元内地块的用地性质、开发强度、竖向等方面进行调整优化，综合采用降低城市建设开发可能面临的风险。

6.5.2.4 竖向规划

竖向规划应保护原有的地形地貌，尊重自然排水方向，保护和修复自然径流通道，统筹协调开发场地、城市道路、绿地、水系的布局和竖向，使场地及道路径流有组织地汇入周边绿地和水系。

6.5.2.5 地下空间

地下空间开发应考虑海绵城市建设需求，在满足地下空间功能所需面积的前提下，对于采用雨水径流入渗的低影响开发设施所需的地下空间应予保留。

6.5.2.6 易涝风险区治理

在用地布局、竖向规划优化调整的基础上，采用综合措施减少城市内涝灾害发生频率，提高城市防灾减灾能力。

有条件情况下，还可开展地形 GIS 分析，结合地势低区设置超标地表雨水漫流的行洪通道，使超标雨水安全、快速排出。

6.5.2.7 其他相关要求

（1）对区内的裸地、荒草地、闲置土地进行综合整治，减少自然灾害和水土流失，增强水保能力。

（2）位于山体周边的城市建设区，应布局山体截洪系统，降低汛期山洪对城市建设区的危险性。

（3）城市建设区内的生态廊道和绿地，应结合场地竖向，增强其雨水入渗、滞蓄能力，并可作为城市建设区雨水径流调蓄、排放的辅助通道。

（4）对于城市水系，应统筹考虑流域、竖向、水资源、河流水体功能、水环境容量等因素，结合河道沿线绿地、蓝线、滞洪区，优先落实植被缓冲带、人

工湿地、生物浮岛、生态型雨水排放口等低影响开发设施，提出水系断面形式。

(5) 结合道路建设特点及本地道路雨水径流水质，在确保道路安全的前提下，明确适宜岳阳市的低影响开发道路断面形式。城市道路系统宜利用侧分带，建设植草沟和生物滞留设施，并通过合理的竖向设计确保雨水径流有组织汇入。

(6) 基于绿地系统的竖向、建设形态、功能要求，结合城市设计与城市景观，在保障绿地景观和公共空间功能的基础上，增强绿地雨水的渗、滞、蓄、净、用等复合功能，消纳、净化自身径流，并考虑周边地块雨水径流。

(7) 结合公园、街头绿地和广场的改造建设，增加雨水花园、生物滞留设施、人工湿地、透水铺装等低影响开发技术措施。

(8) 结合易涝区分析、排水管网竖向规划和雨水回用需求，进行雨水调蓄规划布点及规模设置，并协调好各市政设施的地下空间使用。

6.6 修建性详细规划中的海绵城市规划

6.6.1 一般规定

应按照控制性详细规划的约束条件，细化、落实上位规划确定的低影响开发控制指标，并与城市道路、园林景观、内涝防治、环境保护等专项规划相协调。采取有利于促进建筑与环境可持续发展的设计方案，通过对场地的平面布局和竖向设计，采用水文、水力计算或模型模拟等技术手段，落实和细化控制性详细规划中海绵城市建设的开发控制指标。

6.6.2 编制技术要点

6.6.2.1 建设条件分析

通过对自然气候、水文及水资源、地形地貌、排水分区、河湖水系、水环境现状和用水供需情况进行深入调查，分析场地现状，识别竖向、市政管网、园林绿地等方面的主要问题。

6.6.2.2 平面布局与设计

在考虑地形地貌、景观、现状建设情况等因素的基础上，对不透水面进行合

理分割，结合屋顶绿化、渗水道路、绿地、水系等，合理组织径流路径，布局相关设施，并计算和校核控制性详细规划提出的海绵城市控制目标和指标。

6.6.2.3 依据不同的绿地类型、规模、土壤渗透能力以及地下水位，选择不同的绿地布局模式。有条件的地方应将绿地设计为植草沟和生物滞留设施。

6.6.2.4 宜采用绿色屋顶滞蓄、净化雨水。

6.6.2.5 综合考虑地域特点、植物特性、环境景观等方面的因素，选择合适的植物配置，优化场地的绿地系统。

6.6.2.6 布局低影响开发设施时，应控制积水时间，避免产生蚊蝇滋生等环境问题。

6.6.2.7 低影响开发设施设计

(1) 保护优先，合理利用场地内原有的湿地、坑塘、沟渠等。

(2) 通过水文、水力计算或模型模拟，确定建筑、道路、绿地等工程中低影响开发设施的类型、空间布局及规模等，落实控制性详细规划中海绵城市开发的总指标以及各分项指标。

(3) 景观水体设计时，在满足水体基本景观功能的基础上，应考虑雨水调蓄功能，根据降雨规律、水面蒸发量、雨水回用量等因素确定景观水体规模。进入景观水体的雨水，宜采用植被过滤带进行净化。

(4) 应采用非硬质池底及生态驳岸，为水生动植物提供栖息或生长条件。可通过水生动植物对水体进行净化，或采取人工土壤渗滤等辅助手段对水体进行循环净化。

6.6.2.8 道路设计

在满足道路功能与安全、景观要求的前提下，应充分考虑面源污染控制和地表径流削减，宜采用雨水渗滞、净化、调蓄等措施。

6.6.2.9 竖向设计

尊重原有的地形地貌，尽量依靠自然排水。建筑、道路、绿地等竖向设计应有利于径流汇入低影响开发设施。

6.7 其他相关专项规划中的海绵城市规划

6.7.1 城市水系规划中的海绵规划

6.7.1.1 一般规定

城市水系规划应在水系保护、水系利用、水系新建、涉水工程协调等方面落实海绵城市规划建设的相关要求。

6.7.1.2 主要规划内容

(1) 基础研究与评价

分析水系在流域、城市、生态体系中的定位和作用，明确水面率、水系连通、水安全、水环境、水生态等方面的现状及问题。

(2) 水系保护

依据城市总体规划的水面率目标，明确受保护水域的面积和基本形态。保护水体完整性，进行蓝线划定，并提出控制要求。

(3) 水系利用

统筹水体、岸线和滨水区之间的功能，在促进城市水系多功能复合利用的同时，尽量保护与强化其对雨水径流的自然渗透、净化与调蓄功能，优化城市河道、湖泊和湿地等水体的布局，并与其他相关规划相协调。

岸线利用应体现保护优先的原则，划定生态岸线，并对受破坏的岸线进行生态修复。

在生产性、生活性岸线周边，应结合地块开发功能及建设形态，合理布局植被缓冲带，优先采用自然岸线。

(4) 规划新建水系

新增水体应兼顾城市排水防涝及景观功能，并考虑周边地块的雨水径流控制要求。

(5) 涉水工程协调

应与给水、排水、防洪排涝、水污染治理、再生水利用、道路等工程进行综合协调，以促进城市水系的保护和提高城市水系的利用效率，减少各类涉水工程设施的布局矛盾。

6.7.2 城市绿地系统规划中的海绵规划

6.7.2.1 一般规定

城市绿地应明确低影响开发控制目标，在满足生态和景观功能的基础上，通过合理的竖向设计，优化布局低影响开发设施，实现复合生态功能。

6.7.2.2 规划技术要点

(1) 提出不同类型绿地的低影响开发控制目标和指标。根据绿地的类型和特点，明确公园绿地、生产绿地、防护绿地、附属绿地、其他绿地等各类绿地低影响开发规划建设目标、控制指标（如生物滞留设施占比及生物滞留设施调蓄深度等）和适用的低影响开发设施类型。

(2) 合理确定城市绿地系统低影响开发设施的规模和布局。应统筹水生态敏感区、生态空间和绿地空间布局，落实低影响开发设施的规模和布局，充分发挥绿地的渗滞、调蓄和净化功能。

(3) 城市绿地应与周边汇水区域有效衔接。在明确周边汇水区域汇入水量，提出预处理、溢流衔接等保障措施的基础上，通过平面布局、竖向控制、土壤改良等多种方式，将低影响开发设施融入到绿地规划设计中，尽量考虑接纳周边雨水。

(4) 应符合园林植物种植及园林绿化养护管理技术要求。可通过合理设置绿地下沉深度和溢流口、局部换土或改良增强土壤渗透性能、选择适宜乡土植物和耐淹植物等方法，避免植物受到长时间浸泡而影响正常生长，影响景观效果。

(5) 合理设置预处理设施。径流污染较为严重的地区，可采用初期雨水弃流、沉淀、截污等预处理措施，在雨水径流进入绿地前将部分污染物进行截流净化。

(6) 充分利用多功能调蓄设施调控雨水径流。有条件地区可布局湿塘、雨水湿地等大型低影响开发设施，对超标降雨进行调蓄。

6.7.3 城市排水防涝规划中海绵规划

6.7.3.1 一般规定

城市排水防涝是海绵城市的重要组成。城市排水防涝综合规划在满足《城市排水工程规划规范》（GB50318）、《室外排水设计规范》（GB50014）等相关要求

的前提下，应明确海绵城市的建设目标与建设内容。

6.7.3.2 主要规划内容

(1) 明确年径流总量控制目标与指标。通过对排水系统总体评估、内涝风险评估等，明确年径流总量控制目标，落实城市总体规划中海绵城市建设目标，并与海绵城市专项规划进行衔接。

(2) 确定径流污染控制目标及防治方式。应通过评估、分析径流污染对城市水环境污染的贡献率，根据城市水环境的要求，结合悬浮物（SS）等径流污染物控制要求确定年径流总量控制率，同时明确径流污染控制方式并合理选择低影响开发设施。

(3) 明确雨水资源化利用目标及方式。应根据水资源条件及雨水回用需求，确定雨水资源化利用的总量、用途、方式和设施。

(4) 低影响开发设施应与城市雨水管渠系统或超标雨水径流排放系统相衔接。最大限度地发挥低影响开发雨水系统对雨水径流的渗滞、调蓄、净化等作用。

(5) 优化低影响开发设施的平面布局与竖向控制。应利用城市绿地、广场、道路等公共开放空间，在满足各类用地主导功能的基础上合理布局低影响开发设施；其他建设用地应明确低影响开发控制目标与指标，并衔接其他内涝防治设施的平面布局与竖向控制，共同组成内涝防治系统。

(6) 结合易涝点分析、排水管网竖向规划和雨水回用，进行雨水调蓄规划布点及规模设置，并协调好各市政设施的地下空间使用。

6.7.4 城市道路交通规划中的海绵规划

6.7.4.1 一般规定

城市道路是海绵城市规划建设的重要组成部分和载体，在城市道路交通专项规划中要保障交通安全和通行能力的前提下，尽可能通过合理的横、纵断面设计，结合道路绿化分隔带，充分滞蓄和净化雨水径流。

6.7.4.2 主要规划内容

(1) 确定各等级道路低影响开发控制目标。

充分利用城市道路自身及周边绿地空间落实低影响开发设施，结合道路横断

面和排水方向，利用不同等级道路的中分带、侧分带、人行道和停车场建设生物滞留设施、植草沟、雨水湿地和透水铺装等低影响开发设施，通过渗滞、调蓄和净化等方式，实现道路低影响开发控制目标。

城市道路中非机动车道、人行道、步行街、停车场可采用透水铺装。

市区路段道路、郊区公路应利用道路隔离带、周边绿地，建设生物滞留设施、植草沟、雨水湿地等设施。

下穿式道路应利用周边场地，结合汇水区建设调蓄池等设施。

（2）协调道路与周边场地竖向关系，充分考虑道路红线内外雨水汇入的要求，通过建设生物滞留设施、透水铺装等低影响开发设施，提高道路径流污染及总量等控制能力。

（3）提出各等级道路低影响开发设施类别、基本选型及布局等内容，合理确定低影响开发雨水系统与城市道路设施空间衔接关系。

7 海绵城市设计

7.1 一般规定

7.1.1 设计阶段

海绵城市的设计一般分为场地评估、方案设计、初步设计和施工图设计等阶段。场地评估阶段主要是评估场地的土壤、坡度、地下水位等自然特性。方案设计阶段主要是根据场地特征和海绵城市建设的目标，结合场地内建筑、道路、绿地和水系的布局，选择低影响开发设施类型，并初步选定设施的位置。初步设计阶段主要是对各类设施进行布局，划分汇水区，并进行规模计算和校核，并且对设施的类型、布局和规模进行优化组合。施工图设计主要是在初步设计的基础上，明确各项海绵设施编号、面积、对应的服务汇水区面积、汇流路径及具体做法，施工图设计文件应能满足施工、安装、加工及编制施工图预算的要求，并据以进行工程验收。

7.1.2 设计原则

海绵城市的设计应遵循以下原则：

- (1) 海绵城市技术的规划设计应确保场地或设施的安全；
- (2) 水敏感性地区保护优先；
- (3) 尊重自然，顺应自然，结合自然；
- (4) 生态型的设施优先；
- (5) 高效、经济、结合景观；
- (6) 小型、分散的设施优先，尽可能就地处理；
- (7) 低成本、易于维护的设施优先；
- (8) 尽可能减小不透水面积；
- (9) 使用海绵城市的相关技术对不透水地面进行分割。

7.2 设计程序

7.2.1 新建地区的一般设计程序

7.2.1.1 场地评估

在海绵设施规划设计之前，先要通过系统方法对场地的开发前条件（包括土壤、土力属性、植被、水文条件等）进行评估，其目的是保证场地开发前后水文特征基本维持不变或变化在可接受范围。

（1）明确需求与外边界条件

明确场地在总规、控制性详细规划中的用地性质、控制性详细规划给出的控制指标、土地划拨或出让条件、规划设计条件及相关管理规定；确定海绵城市设计中需要重点考虑的问题，场地进行海绵城市设计时面临的限制和制约因素，场地内部基础设施的情况以及场地外部河流水系、绿地广场、道路和排水设施等相关信息。

（2）场地调查

重点调查土壤类型、土壤层深度、密度、粒度分布、阳离子交换容量（Cation exchange capacity, CEC）、pH、土壤的营养物含量、土壤初始渗透能力、饱和渗透能力、基岩深度、地下水位和地下水水质等要素。

下表列出了场地调查应包含的主体内容、评估对象、评估范围以及开展时间定。

表 7-1 场地评估内容和对象

评估内容	评估对象	位置	开展时间
土壤			
现场试验	结构 质地 颜色 开发前含水饱和条件 粒径分布 体积密度 养分含量 阳离子交换能力 pH 值	场地范围	场地开发前
土力属性			
现状评估			连续的

现场测试	土壤类型 土壤层深度 基岩深度 地下水位 地下水水质 渗透系数	场地范围	场地开发前
渗水试验	设施地基的饱和导水率	设施地基下面	修建性详规编制初步完成之后
植被			
现场试验	稀有植物调查 保护区域划分	场地范围	场地开发前
水文			
现场勘测	地形调查 地表径流路径 场地洼地区	场地范围	场地开发前
气象调查	降雨条件 温度 湿度 风向与风力		

1) 土壤评估

土壤评估包括土壤类型（现场测定）、土壤的结构成分、土壤的渗透能力。土壤评估工作应在场地开发前完成，评估结果不仅可为区域内入渗设施的位置选取提供辅助，同时还能在场地施工建设期间指导减轻土壤被压密和扰动的风险。

土壤渗透系数测定方法见 10.2 章节。

2) 水文条件评估

场地水文评估包括区域内的降雨与气象条件调查与评估，场地内河流水系的洪峰流量通常受降雨期间流域或区域上的水文响应过程影响，同时场地内河流水系的水文特征还被用于确定场地上下游雨水管理效益的影响分析。

3) 保护海绵敏感区域

根据控制性详细规划及相关规划，识别场地中的蓝线和绿线范围，明确场地中需要被保护或者修复的区域。

应对场地开展植被评估，以确定在海绵设施建设过程中需要保护区域的范围。需要保护范围包括：

- a) 连续河岸和野生动物走廊区域；

- b) 稀有植物分布范围;
- c) 成龄树分布范围;
- d) 坡度稳定。

7.2.1.2 方案设计

(1) 分析场地的竖向条件

对场地的竖向进行分析,明确汇水通道和低洼地区,对于局部竖向不利于海绵城市建设和低影响开发设施布局的,提出竖向调整建议。

(2) 初步选择低影响开发设施的类型

根据场地内建筑、道路、绿地和水系的分布情况,初步选择低影响开发设施类型,并利用将不透水地面分割断开的办法,布局低影响开发设施。

7.2.1.3 初步设计

(1) 海绵城市建设项目初步设计专篇包括设计说明书、设计图纸、计算书三部分。

(2) 设计说明书应包括以下主要内容:

- 1) 项目本底分析。本底分析包括地形地貌、土壤、地质勘察、地下水位、现状下垫面等内容。
- 2) 问题分析及建设需求。新建项目以目标为导向,改建项目以问题为导向,详细分析项目存在的涉水问题,明确建设需求,如有内涝问题,需进行模型分析。
- 3) 建设目标。根据项目类型,有针对性的制定年径流总量控制率、年径流污染控制率、管网建设、内涝防治、水环境质量、雨水资源利用等建设目标。
- 4) 方案说明。主要内容包括规划用地布局分析、场地竖向设计、管网布置、汇水分区划分、海绵设施布置、植物配置、海绵设施运维要点等。
- 5) 目标可达性分析。科学评估设计方案建设效果,保障建设目标的可达性。

(3) 设计图纸应包括以下主要内容:场地竖向设计图、下垫面分布图、雨水管网布置与排水分区图、海绵设施平面布置与径流组织分布图(包括地下车库出入口分布)、海绵设施服务范围分布图、海绵设施与管网竖向控制图。

(4) 计算书应包括以下主要内容:海绵设施设计参数表、水文水力计算表(包括年径流总量控制率核算表,计算表中需保留计算公式)

7.2.1.1 施工图设计

(1) 海绵城市建设项目施工图设计专篇包括设计说明书、设计图纸、计算书三部分，年径流总量控制率等刚性指标应在总设计说明中进行明确。

(2) 施工图设计专篇说明书至少应包含现状条件和问题阐述、与上位规划或系统化方案的关系、设计依据、设计目标、设施选择与工艺流程、水文水力计算、植物配置、海绵设施运维要点、工程量与投资等。

(3) 施工图主要图纸包括：场地竖向设计图、下垫面分布图、雨水管网布置与排水分区图、海绵设施平面布置与径流组织分布图（包括地下车库出入口分布）、海绵设施服务范围分布图、海绵设施与管网竖向控制图、海绵设施构造大样图、平面放线图、植物种植图。施工图设计图纸应达到国家相关工程设计文件编制深度规定。

(4) 计算书包括：海绵设施设计参数表、计算表（包括年径流总量控制率及场地综合径流系数计算表，计算表中保留计算公式）

7.2.2 改建地区的设计程序

对于改建地区，宜在现有绿地广场内布局低影响开发设施，并重点考虑经济性和可实施性。相关设计和计算参考新建地区的设计程序。

7.3 建筑与小区

7.3.1 建筑与小区包括民用建筑（居住建筑、公共建筑）和工业建筑项目，以及这些建筑项目所在建设用地的红线范围。

7.3.2 一般规定

7.3.2.1 建筑与小区的规划设计标准应满足海绵城市相关规划所规定的指标要求。

7.3.2.2 建筑与小区的低影响开发系统应结合建筑与小区的地形、地质情况、规划指标、年径流总量控制率指标、相邻市政设施、河湖水系和绿地广场等要素统一规划设计。

-
- 7.3.2.3 建筑与小区的径流总量控制无法满足要求，或项目有雨水回用要求时，应按照《建筑与小区雨水利用工程技术规范》设置雨水回用系统。
- 7.3.2.4 雨水调蓄设施建设规模应根据雨水利用需求、场地情况、雨水径流控制率要求等综合确定。
- 7.3.2.5 岳阳市新建建筑和小区的地下室顶面覆土厚度不宜小于 1.5m。
- 7.3.2.6 应根据项目的实际情况优先利用低洼地设置生物滞留设施、渗渠等设施减少外排雨量。
- 7.3.2.7 设置在小区道路、广场及建筑物周边的绿地宜优先采用生物滞留设施做法，并采取措施将雨水引至绿地。
- 7.3.2.8 建筑宜采取措施将屋面排水引入周边的低影响开发设施，或通过植草沟、雨水管渠将雨水引入场地内的集中调蓄设施。
- 7.3.2.9 以雨水收集利用为目的的设施，应设置初期雨水弃流装置或设施。
- 7.3.2.10 在紫线范围内项目，应在保持历史原貌的前提下，合理确定低影响开发设施规模，不宜采用雨水径流下渗型设施。

7.3.3 技术设施

7.3.3.1 工艺流程

建筑与小区的雨水处理系统建设一般采用的系统流程如下，宜优先采用以下两种模式：

- (1) 雨水汇集→滞蓄及径流污染控制设施→入渗→排放→处理利用
- (2) 雨水汇集→入渗→调蓄→排放→处理利用

7.3.3.2 可采用的低影响开发技术设施主要有：

- (1) 渗滞设施：包括透水铺装、绿色屋顶、生物滞留设施、植草沟；
- (2) 储存设施：包括储水池、雨水桶等；
- (3) 调节设施：包括调节塘（池）等；
- (4) 转输设施：包括转输型植草沟、渗管（渠）等；
- (5) 净化设施：包括植被缓冲带、初期雨水弃流设施和人工湿地等。

7.3.3.3 建筑和小区内的景观水体、草坪绿地和低洼地宜具有雨水储存或调节

功能，景观水体可建成集雨水调蓄、水体净化和生态景观为一体的多功能生态水体。

7.3.4 安全要求

7.3.4.1 建筑与小区的低影响开发设施建设应在确保安全的前提下进行，不应
对人身安全、建筑安全、地质安全、地下水水质、环境卫生等造成不利
影响。

7.3.4.2 雨水入渗系统不得对建筑基础、道路路基等的安全性构成影响。下列
场所不得采用雨水入渗系统：

- (1) 雨水入渗可能导致陡坡坍塌、滑坡灾害的危险场所；
- (2) 雨水入渗对居住环境以及自然环境构成危害的场所；
- (3) 自重湿陷性黄土、膨胀土和高含盐等特殊土壤地质场所。

7.3.4.3 有雨水入渗系统的区域，应适当加强建筑墙体、地下室顶板等的防渗
措施。

7.3.4.4 建筑与小区内生物滞留设施、人工湿地等附近应有相应的警示标识。

7.3.4.5 建筑与小区的景观水体、调蓄池等水体深度应满足有关规范要求，一
般不应大于 0.5m，当水体深度大于 0.5m 时必须设置防护措施。

7.3.4.6 低影响开发设施所选植被的根系不得对防水层、基础构造层的安全稳
定性构成不利影响。

7.3.4.7 对于化工、石油、重金属冶炼企业，需建设初期雨水弃流等设施，对
初期雨水进行收集和处理，达标后方可排放。

7.4 城市道路

7.4.1 城市道路应在满足道路基本功能的前提下达到相关规划提出的海绵城市
控制目标与指标要求。为保障城市交通安全，在低影响开发设施的建设路
段，城市雨水管渠和泵站的设计重现期、径流系数等设计参数仍应按《室
外排水设计规范》（GB50014）中的相关标准执行。

-
- 7.4.2 对于城市外围高速、城市快环以及城市内部公路，在满足交通功能的条件下，应充分考虑海绵城市建设需求，通过防护绿地的合理设计，将道路雨水径流引入，并进行渗滞和净化。具有城市截洪屏障功能的外围高速可采取设置透水铺装及导洪设施实现排水目标。
- 7.4.3 对于城市主次干道、支路等道路，在满足同等道路功能的前提下，道路横断面设计应充分考虑低影响开发设施建设需求，优先选用含绿化带的横断面形式。
- 7.4.4 城市道路的低影响开发设施应优先布置在道路侧分带、宽度大于 2 米的道路中分带以及道路外侧市政绿地。在道路侧分带能够布局低影响开发设施，并且设施的规模可以满足相关要求时，应优先考虑利用道路侧分带布局低影响开发设施。
- 7.4.5 城市道路的海绵城市设计应结合道路功能、道路竖向和景观要求，合理组合，优化布局。
- 7.4.6 道路人行道可采用透水铺装，新建区轻荷载的非机动车道和机动车道可采用透水沥青路面或透水水泥混凝土路面，透水铺装设计应满足国家有关标准规范的要求。
- 7.4.7 道路红线内的中央分隔带或机非分隔带宜建设为植草沟和生物滞留设施；道路周边绿地宜建设植草沟、生物滞留设施、雨水塘和人工湿地；行道树树池宜设计成为生态树池，人行道部分雨水可引入树池内。
- 7.4.8 路面雨水宜首先汇入道路红线内绿化（中分带不建议接纳客水），当红线内绿地空间不足时，可由政府主管部门协调，将道路雨水引入道路红线外城市绿地内的低影响开发设施进行处理。当红线内绿地空间充足时，也可

利用红线内低影响开发设施处理道路红线外空间的雨水径流。

- 7.4.9 道路横断面设计应优化道路横坡坡向、坡度，充分考虑路面与道路绿化带及周边绿地的竖向关系，便于雨水径流汇入。
- 7.4.10 道路低影响开发设施应通过溢流排放系统与城市雨水管渠系统相衔接，保证上下游排水系统的顺畅。
- 7.4.11 城市道路绿化带内低影响开发设施应采取必要的侧向防渗措施，防止雨水径流下渗对道路路面及路基的强度和稳定性造成破坏。对于底部不适宜下渗的路段，还应采取底部防渗措施。
- 7.4.12 易积水路段可利用道路周边洼地与公共用地的地下空间建设调蓄设施，雨水调蓄设施应与市政工程管线设计相协调。
- 7.4.13 规划为超标雨水径流行泄通道的城市道路，其断面及竖向设计应满足相应的设计要求，并与区域整体内涝防治系统相衔接。
- 7.4.14 下凹桥区的排水形式应采用泵站排水与调蓄相结合的方式，雨水调蓄设施宜结合雨水泵站的前池进行建设。
- 7.4.15 城市道路穿越水源保护区或其他对水质要求较高的水域时，宜结合道路竖向及断面形式，布置初期雨水弃流设施或对雨水径流污染具有较强净化功能的低影响开发设施。
- 7.4.16 城市道路雨水口和雨水连接管流量应为雨水管渠设计重现期计算流量的1.5-3倍。雨水口宜设置成综合型收集口，从水平和侧向方向进行收集，满足雨水垂直及侧流要求，达到雨水收集或导流的最优化。

7.5 城市绿地与广场

-
- 7.5.1 城市绿地与广场应在满足自身功能条件下,充分利用大面积的绿地与景观水体,设置以雨水渗滞、调蓄、净化为主要功能的低影响开发设施,消纳自身及周边区域雨水径流,达到相关规划提出的控制目标与指标要求。
- 7.5.2 广场与停车场规划设计时宜配套布局绿化用地,形成适当的分隔,以便于将雨水引入绿地进行综合处置。
- 7.5.3 条件允许时,城市广场可设计为下沉式广场,作为超标降雨的调蓄空间。
- 7.5.4 城市广场和地面公共停车场的硬化地面应优先选用透水铺装,并配建蓄水模块等蓄水设施,对经过分隔绿带和透水铺装等低影响开发设施过滤、净化后的雨水进行收集,并用于洗车、广场冲洗和绿地浇洒。
- 7.5.5 在符合景观要求和微地形设计的基础上,城市绿地宜做成生物滞留设施,以消减峰值流量,延缓峰值时间,净化雨水径流。
- 7.5.6 城市绿地中的景观水体、草坪绿地和低洼地的建设宜和海绵城市建设要求相衔接,设计为集雨水调蓄、净化和生态景观为一体的多功能生态设施。
- 7.5.7 城市绿地与广场的规划设计,应充分利用生物滞留设施、雨水湿地和植被缓冲带等低影响开发设施对雨水径流进行净化。
- 7.5.8 在场地条件允许的地块,可将绿地周边道路和地块的雨水径流引入绿地进行处理和调蓄,其收水区范围应结合绿地的面积、场地竖向和周边的河流水系等要素进行划定。
- 7.5.9 周边区域雨水径流进入城市绿地内的生物滞留设施、雨水湿地前,应利用沉淀池、前置塘、植草沟和植被过滤带等设施对雨水径流进行预处理。
- 7.5.10 下沉式广场、湿塘、雨水湿地和蓄水池等以调蓄为主要功能的设施,应设

置溢流排放系统，并与城市雨水管渠系统和超标雨水径流排放系统相衔接。

7.5.11 湿塘、雨水湿地、景观湖和下沉式广场等调蓄设施应建设预警标识和预警系统，保障暴雨期间人员的安全撤离，避免事故发生。

7.6 河流水系

7.6.1 根据蓝线规划，保护现状河流、湖泊、湿地、坑塘、沟渠等城市自然水体。对于硬质护岸和河床的河道，在满足防洪安全及周边建筑物、构筑物安全的前提下，应结合城市用地布局，进行生态修复和恢复。

7.6.2 对城市内河进行海绵化改造规划设计时，在满足安全的前提下，应优先采用生态岸线，原则上不得使用对现状沟渠采用加盖的方式，对确需加盖的，应增加同等面积水面。

7.6.3 根据城市水系的功能定位、水环境功能区划、岸线及滨水区利用情况，充分利用滨河绿带、护岸、景观水体对雨水进行调蓄、净化和安全排放，达到相关规划提出的控制目标及指标要求。

7.6.4 雨污分流地区的湖泊应承担雨水调蓄功能，雨污合流地区的湖泊不宜承担管网设计标准内调蓄功能，但可作为超管网设计标准时降雨的调蓄空间。

7.6.5 河道护岸宜优先采用生态型护岸，设置滨河植被缓冲带；结合滨水公共绿地宜设置生物滞留设施等具有净化功能的低影响开发设施。

7.6.6 城市水源保护区（除水利设施外）内水系，应采用生态岸线，提高岸线的雨水渗滞、调蓄、净化功能。

7.6.7 雨水排出口附近应设置雨水前池、格栅和除沙装置，并因地制宜地选用雨水湿地、生物浮岛等生态储存和净化设施。

7.6.8 滨河道路与绿带，在满足安全的前提下，可通过合理的竖向设计，使得城市雨水径流以地表潜流的方式排入河道。

7.6.9 城市水系低影响开发雨水系统的设计应满足《城市防洪工程设计规范》（GB/T50805）中的相关要求。

7.6.10 滨河、滨湖的调蓄空间应建设预警标识和预警系统，保障暴雨期间的人员安全，避免事故发生。

7.7 外围生态绿地

7.7.1 对于外围生态绿地，应严格保护原有生态基底，构建“山水林田湖”的整体生态网络。

7.7.2 外围生态绿地在满足自身功能的前提下，应充分利用大面积的绿地与水体，设置雨水渗滞、调蓄、净化为主要功能的低影响开发设施，消纳自身及周边区域雨水径流。

8 海绵城市设施概述

8.1 技术类型分类与选型

低影响开发设施往往具有补充地下水、集蓄利用、削减峰值流量及净化雨水等多个功能，可实现径流总量、径流峰值和径流污染等多个控制目标，因此应根据城市国土空间总体规划、专项规划及控制性详细规划中明确的控制目标，结合汇水区特征和设施的主要功能、经济性、适用性、景观效果等因素灵活选用低影响开发设施。

表 8-1 低影响开发设施比选一览表

单项设施	功能					控制目标			处置方式		经济型		污染物去除率 (以 SS 计, %)	景观效果
	集蓄利用雨水	补充地下水	削减峰值流量	净化雨水	转输	径流总量	净流峰值	径流污染	分散	相对集中	建造费用	维护费用		
透水砖铺装	○	●	◎	◎	○	●	◎	◎	√	—	低	低	80-90	—
透水水泥混凝土	○	○	◎	◎	○	◎	◎	◎	√	—	高	中	80-90	—
透水沥青混凝土	○	○	◎	◎	○	◎	◎	◎	√	—	高	中	80-90	—
绿色屋顶	○	○	◎	◎	○	●	◎	◎	√	—	高	中	70-80	好
简易型生物滞留设施	○	●	◎	◎	○	●	◎	◎	√	—	低	低	—	好
复杂性生物滞留设施	○	●	◎	●	○	●	◎	●	√	—	中	低	70-95	好
渗透塘	○	●	◎	◎	○	●	◎	◎	—	√	中	中	70-80	一般
渗井	○	●	◎	◎	○	●	◎	◎	√	√	低	低	—	一
湿塘	●	○	●	◎	○	●	●	◎	—	√	高	中	50-80	好
雨水湿地	●	○	●	●	○	●	●	●	√	√	高	中	50-80	好
蓄水池	●	○	◎	◎	○	●	◎	◎	—	√	高	中	80-90	一
雨水罐	●	○	◎	◎	○	●	◎	◎	√	—	低	低	80-90	一
调节塘	○	○	●	◎	○	○	●	◎	—	√	高	中	—	一般
调节池	○	○	●	○	○	○	●	○	—	√	高	中	—	一
转输型植草沟	◎	○	○	◎	●	◎	○	◎	√	—	低	低	35-90	一般
干式植草沟	○	●	○	◎	●	●	○	◎	√	—	低	低	35-90	好
湿式植草沟	○	○	○	●	●	○	○	●	√	—	中	低	—	好

渗管/渠	○	◎	○	○	●	◎	○	◎	√	—	中	中	35-70	一
植被缓冲带	○	○	○	●	—	○	○	●	√	—	低	低	50-75	一般
初期雨水弃流设施	◎	○	○	●	—	○	○	●	√	—	低	中	40-60	一
人工土壤渗滤	●	○	○	●	—	○	○	◎	—	√	高	中	75-95	好

注：1●——强 ◎——较强 ○——弱或很小

2 SS 去除率数据来自美国流域保护中心（Center For Watershed Protection,CWP）的研究数据

各类用地中低影响开发设施的选用应根据不同类型用地的功能、用地构成、土地利用布局、水文地质等特点进行，可参照下表选用。

表 8-2 各类用地中低影响开发设施选用一览表

技术类型 (按主要功能)	单项设施	用地类型			
		建筑与小区	城市道路	绿地与广场	城市水系
渗透技术	透水砖铺装	●	●	●	◎
	透水水泥混凝土	◎	◎	◎	◎
	透水沥青混凝土	◎	◎	◎	◎
	绿色屋顶	●	○	○	○
	简易型生物滞留设施	●	●	●	◎
	复杂性生物滞留设施	●	●	◎	◎
	渗透塘	●	◎	●	○
储存技术	渗井	●	◎	●	○
	湿塘	●	◎	●	●
	雨水湿地	●	●	●	●
	蓄水池	◎	○	◎	○
调节技术	雨水罐	●	○	○	○
	调节塘	●	◎	●	◎
转输技术	调节池	◎	◎	◎	○
	转输型植草沟	●	●	●	◎
	干式植草沟	●	●	●	◎
	湿式植草沟	●	●	●	◎
截污净化技术	渗管/渠	●	●	●	○
	植被缓冲带	●	●	●	●
	初期雨水弃流设施	●	◎	◎	○
	人工土壤渗滤	◎	○	◎	◎

注：1●——宜选用 ◎——可选用 ○——不宜选用

8.2 设计中常见的问题

8.2.1 种植土壤

8.2.1.1 一般规定

种植土壤应满足相关土壤环境质量标准的要求。

如果原始土壤满足渗透能力大于 15mm/h（或者渗透系数大于 $1 \times 10^{-6} \text{m/s}$ ），有机物含量大于 5%，土壤磷指标 10-30ppm，pH 5.5-7.5，阳离子交换能力大于 10meq/100g 等条件，生物滞留设施、渗透型植草沟、植物池等低影响开发设施中的种植土壤尽量选用原始土壤，以节省造价。对于不能满足条件的，应采取换土措施。

8.2.1.2 对于需要换土的，应符合下列规定：

（1）土壤介质压实度不小于 80%时的稳定入渗率测试值宜为设计稳定入渗率的 3-6 倍，约 15mm/h-150mm/h，设计稳定入渗率参照《雨水生物滞留设施技术规程》（T/CUWA40052-2022）章节 4.2.5 计算，土壤介质稳定入渗率测试应符合现行国家标准《土工试验方法标准》（GB/T50123）的有关规定。

（2）人工土壤介质可由骨料、天然土壤、有机基质构成。骨料可采用机制砂，有机基质可采用绿化植物废弃物堆肥产品，植物废弃物堆肥后的技术指标应符合现行国家标准《绿化植物废弃物处置和应用技术规程》（GB/T31755）的有关规定。

8.2.1.3 土壤厚度

生物滞留设施、渗透型植草沟、植物池等低影响开发设施中的种植土壤厚度一般不宜小于 0.45m，不宜大于 1.5m。土壤层厚度的确定取决于三个因素：

（1）种植的植物：对于植草的，土壤厚度一般为 0.45-0.6m；种植灌木和乔木的，最小土壤层厚度应达到 0.9m。

（2）需要去除的污染物：重金属、SS、总磷和病原菌的去除要求土壤厚度一般不低于 0.6m，如果需要去除总氮，土壤的厚度一般不低于 0.75m。

（3）可用厚度：对于有地下室顶板或者其他地下构筑物限制，导致底部不能完全入渗的，土壤层的厚度一般为 0.6m。

8.2.2 防渗

8.2.2.1 侧向防渗

对于靠近道路、建筑物基础或者其他基础设施，或者因为雨水浸泡可能出现地面不均匀沉降的入渗型低影响开发设施，需要考虑侧向防渗。

8.2.2.2 底部防渗

对于以下情况，还需采取底部防渗措施：

- (1) 因土壤过饱和可能出现沉降或者塌陷；
- (2) 底部是地下室或者其他基础设施；
- (3) 距离建筑物基础过近的。

8.2.3 路缘石开口

8.2.3.1 在道路和停车场等不透水率较高的区域进行低影响开发设施设计时，一般应设置路缘石开口。

8.2.3.2 路缘石的开口设计要点如下：

- (1) 路缘石的开口形式可以为垂直开口或者 45 度倒角；
- (2) 路缘石开口的底部应该朝向低影响开发设施，确保雨水能够顺流进入低影响开发设施；
- (3) 路缘石开口入口处应设置消能设施，以防止侵蚀；
- (4) 对于需要跨越步行通道的路缘石开口，应采取加盖等防护措施。
- (5) 对于纵坡坡度大于 4% 的道路，应适当增加开口数量。

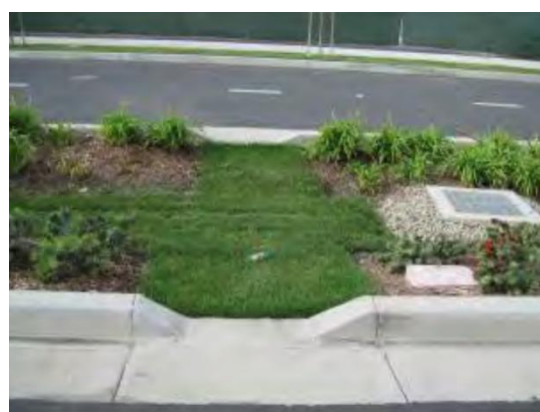
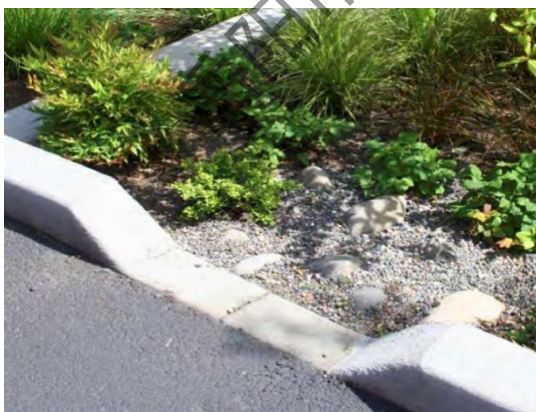




图 8-1 路缘石开口

8.2.4 管道入流入口处导流和消能

应通过合理的竖向设计，使雨水能够沿设计路径进入低影响开发设施。

以管道集中入流方式进入低影响开发设施的，入口处应采取散流和消能措施，具体的方式包括：

- (1) 前池溢流
- (2) 卵石或者碎石
- (3) 围堰
- (4) 弯头消能



图 8-2 消能措施

8.2.5 底部渗排

8.2.5.1 一般规定

对于地基渗透能力低于 15mm/h（或者渗透系数小于 $1 \times 10^{-6} \text{m/s}$ ）的生物滞留设施或者是底部进行了防渗处理的其他入渗为主的低影响开发设施，底部应设置排水管。

8.2.5.2 渗排管设置的一般要求

- （1） 最小直径为 100mm；
- （2） 渗排管可以采用经过开槽或者穿孔处理的 PVC 管或者 HDPE 管；
- （3） 每个生物滞留设施应至少安装两根底部渗排管，且每 100 平米的收水面积应配置至少一根底部渗排管；
- （4） 渗排管的最小坡度为 0.5%；
- （5） 每 75-90m 应设置未开孔的清淤立管，清淤立管不能开孔，直径最小为 100mm；

(6) 每根渗排管应设置至少两根清淤立管；

(7) 采用碎石的底部排水层应与种植土壤层隔离，隔离的材料可选用土工布或细砂等。

8.2.6 低影响开发设施应尽量避让市政基础设施，对于确实不能避让的，应做好防渗。对于市政设施需要穿越低影响开发设施防渗层的，应在穿越处做好密封。

岳阳市住房和城乡建设局发布

9 常见海绵城市设施设计指引

9.1 生物滞留设施 (Bioretention)

9.1.1 概述

生物滞留设施主要利用植被和土壤对雨水径流进行过滤、滞留、渗透，并临时蓄存，经常与“雨水花园”这个概念交替使用。生物滞留设施一般包括前处理设施、雨水入口、蓄水区、植被、覆盖层、滤层（砂、细砂和有机质组成）、雨水出口。根据底层土壤渗透性能，可考虑是否设置渗排管。如果土壤渗透性能较好，生物滞留设施以渗透功能为主，可不设置渗排管；如果土壤渗透性能较差，生物滞留设施以过滤功能为主，底层可设置渗排管，用于雨水转输。冬季时，生物滞留设施也可用于蓄存和处理积雪。

9.1.2 设计需考虑要素

9.1.2.1 防止污染地下水

生物滞留设施不接纳冬季融雪剂使用量较大区域的积雪；

生物滞留设施不接纳具有潜在污染物泄露区域的雨水径流；

生物滞留设施优先接纳屋顶、低荷载道路、停车场等区域雨水径流；

9.1.2.2 植被维护

生物滞留设施应根据需要进行人工维护（一般包括垃圾移除、检查滤层是否堵塞、植被维护等）。

9.1.2.3 防止死水及蚊蝇滋生

表层蓄水区雨水停留时间不超过 24h，生物滞留设施覆盖层以上设计深度宜控制在 150-250mm。

9.1.2.4 建筑后退及地基防渗

生物滞留设施一般建筑后退距离 4m。距离建筑基础较近的设施应在底层布置防渗内衬，或者对建筑基础进行防水处理。

9.1.2.5 场地坡度

生物滞留设施适宜的场地坡度为 1-5%。滤床坡度应满足雨水形成地表层流，避免集中在局部区域。对于线性生物滞留设施（比如沿道路布置的设施），当道路纵坡坡度大于 5%时，宜设置成多个小型的生物滞留设施。

9.1.2.6 地下水位

生物滞留设施应高于季节性地下最高水位 1m 以上。

9.1.2.7 土壤

生物滞留设施可以布置在任何土壤类型，尤其是土壤渗透性能较好的土壤区域。土壤渗透能力小于 15mm/h 时（或者渗透系数小于 $1 \times 10^{-6} \text{m/s}$ ），应在底部设置渗排管。

9.1.2.8 汇水区域

生物滞留设施适宜小规模汇水区，汇水区面积一般在 100m^2 - 5000m^2 。汇水区不透水面积与单个生物滞留设施面积之比一般在 5:1-15:1 之间。

9.1.3 常见生物滞留设施实物图





图 9-1 生物滞留设施实物图

9.1.4 典型设计平面、剖面图

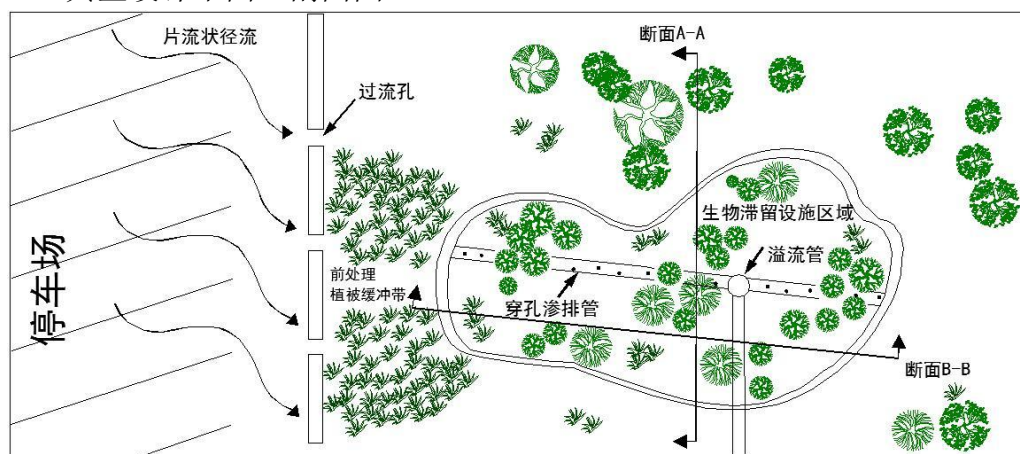


图 9-2 典型生物滞留设施单元平面图

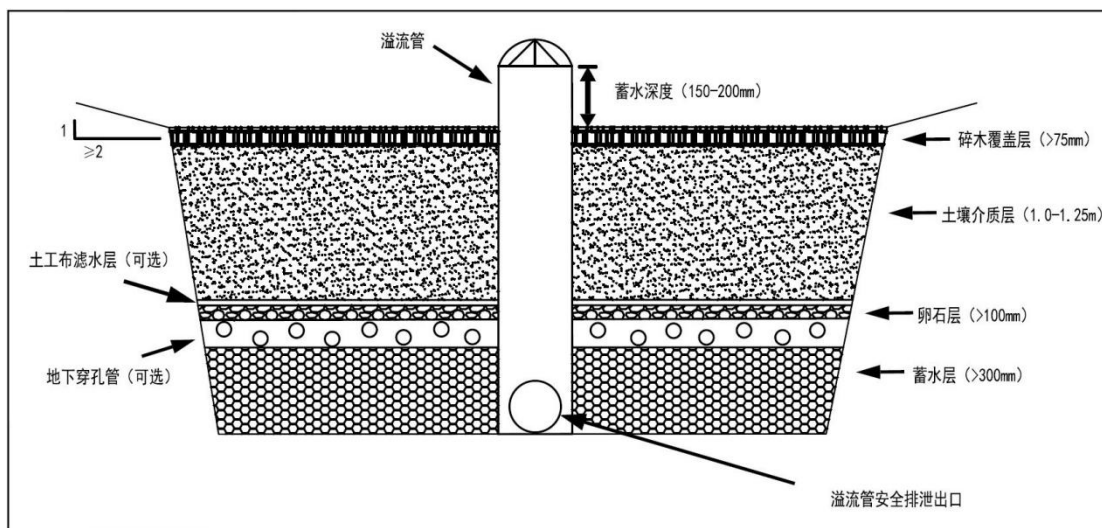


图 9-3 典型生物滞留设施单元剖面图

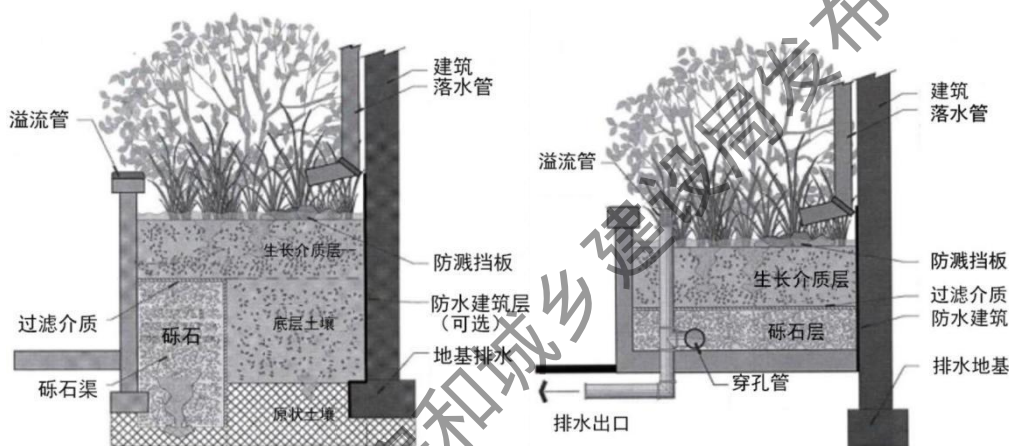


图 9-4 典型生物滞留设施单元剖面图（无渗排管和有渗排管）

9.1.5 设计指南

9.1.5.1 场地布局

生物滞留设施滤床面积与汇水区面积有关。生物滞留设施适宜小规模汇水区，汇水区面积一般在 100m^2 - 5000m^2 。单个生物滞留设施最大汇水区域不宜超过 8000m^2 。汇水区面积与单个生物滞留设施面积之比一般在 5:1-15:1 之间。

生物滞留设施规划用地，应在控制性详细规划阶段予以控制。

生物滞留设施滤床表面坡度设计应使雨水径流形成地表层流，使雨水径流均匀分布。雨水不均匀分布易造成局部沉淀堵塞，同时引起植被补水不均匀分布。

9.1.5.2 前处理设施

雨水径流进入滤床前，应利用前处理设施截留雨水中较大颗粒物，防止生物

滞留设施堵塞。如果生物滞留设施接收的是颗粒物浓度较少的屋顶雨水径流，可不设置前处理设施。

9.1.5.3 雨水入口

雨水入口应使雨水形成地表面层流，便于雨水均匀分布于滤床，同时减缓雨水流速，减少水土流失。



图 9-5 常见的雨水入口设计

9.1.5.4 蓄水深度

蓄水深度一般不宜低于 150mm，在用地空间有限的区域，可适当增大蓄水深度，蓄水深度最大可达 450mm。

9.1.5.5 超标溢流口

超标溢流口一般高于滤床表层 150-450mm，具体情况视蓄水深度而定。

9.1.5.6 监测井

竖直布置孔径 100-150mm 的穿孔管于生物滞留设施底部，用于监测生物滞留设施中雨水停留时间。

9.1.5.7 砾石蓄水层

砾石蓄水层的深度应不低于 300mm，以满足蓄水量需求。砾石粒径宜选择 50mm 左右的清石。

9.1.5.8 细砾隔离层

细砾隔离层的深度宜设置 100mm 左右，宜选择粒径 3-10mm 左右的清石，

主要作用用于隔离滤床介质层与底层粗砂砾层。

9.1.5.9 滤床介质

滤床成分：

表 9-1 滤床成分表

成分	重量百分比(%)
砂（粒径 0.05-2.0mm）	85-88
细屑（粒径<0.05mm）	8-12
有机质	3-5

为保证滤床介质稳定性和均质性，混合后的滤床应具备以下特征：

- （1）土壤磷指数应在 10-30ppm。
- （2）土壤阳离子交换能力应大于 10meq/100g，有利于污染物去除。
- （3）混合土不应含有大石块、树根及其他粒径大于 50mm 的异物。
- （4）为了有益于植被生长，土壤 pH 值应控制在 5.5-7.5 之间。
- （5）滤床介质渗透速率应大于 25mm/h。

深度：滤床深度宜控制在 1-1.25m，最小深度不低于 0.6m；有树木种植时，为保障植物生长，滤床介质深度应不低于 1m；滤床深度较浅时，可选择根系较浅的植被种植。

覆盖物：滤床介质上层应布置覆盖层，厚度约 75mm，主要作用是增强植被生长，抑制杂草生长，前处理雨水径流。碎硬枝皮可以作为一种适合的覆盖物。

9.1.5.10 渗排管

- （1）当底层土壤渗透能力小于 15mm/h（或者渗透系数小于 $1 \times 10^{-6} \text{m/s}$ ）时，应在底部设置渗排管。
- （2）渗排管应布置在粗砂砾蓄水层，距离粗砂砾蓄水层底部至少 100mm。
- （3）具有光滑内壁的 HDPE 或等效材料可作为渗排管使用。渗排管应满足抗冻要求，孔径 200mm 左右。渗排管上游末端应封闭。
- （4）建议滤床层与细砾隔离层之间布置土工织布，防止细颗粒进入渗排管。
- （5）立管设置应连接渗排管，用于渗排管清洗和停留时间监测。

9.1.5.11 景观美化

- （1）生物滞留设施可与公园或自然景观相结合。

-
- (2) 宜组合灌木，多年生草本植物等多类型植被。
 - (3) 植被应结合生物滞留设施的位置选择喜阴或喜阳。
 - (4) 宜选择观赏性较强的植被，以增强其美观。
 - (5) 具有蓄存积雪功能的生物滞留设施，植被选择应具有耐盐性。

9.1.6 施工建设

9.1.6.1 建设流程

生物滞留设施建设过程中不应堆放杂物或作为颗粒沉淀池，以防止细砂粒阻塞后续渗透设施建设；在生物滞留设施汇水区稳定之前，雨水应转移至其他区域，以防止颗粒物堵塞设施表层。布置在道路两侧及开发高强度区域的生物滞留设施，需充分考虑区域交通及设施选择情况。

生物滞留设施一般建设流程如下：

(1) 生物滞留设施选址区域应设置隔离墙，以防止施工过程中，机器或设备压实土壤。

(2) 只有当汇水区域及汇水路径稳定之后，方可进行具体施工，

(3) 前处理设施应先建设，并在整体工程完成之前保持封闭状态。

(4) 施工人员应按照设计深度进行设施土方工程。

(5) 应适当进行底层土壤疏松，以提供更高的渗透速率。

(6) 根据生物滞留设施具体功能，可选择以下几种设计：

a.无渗透：生物滞留设施底层布置防渗内衬和渗排管，渗排管顶部覆盖粒径 50mm 左右的清石，高度宜为 75mm，并在清石上方安装具有排水功能的非机工土织布。

b.部分渗透：底层根据需要布置一定深度的用于渗透功能的石层，渗排管顶部覆盖粒径 50mm 左右的清石，高度宜为 75mm，并在清石上方安装具有排水功能的非机工土织布。

c.全渗透：设施不需布置渗排管，按照设计及断面结构依次布置其它材料。

(7) 生物滤层应提前配制均匀，每次安装高度宜为 300mm 左右。每次安装下一层之前，用水浸透已安装好的生物滤层，并等待水排干后，再安装下一层。

(8) 根据需求及植被选择，种植植物。

(9) 施工的前 2 个月，对植被进行适当维护，确保植物正常生长。

(10) 根据设计放置顶层覆盖物。

(11) 进行施工验收，确保雨水进口，前处理设施，生物滞留单元，雨水出口等安装符合标准。

9.1.6.2 施工监管

(1) 建设施工过程中，应注重以下几方面的监管：

1) 水土流失及沉淀物控制。施工过程中应防止生物滞留设施被颗粒物堵塞及机器设备压实。

2) 材料。砾石粒径应满足要求并且保持干净；渗排管孔径应满足要求；渗排管上游顶管应封闭；滤层材料在使用前应确保满足要求；覆盖层材料应满足设计。

3) 竖向。生物滞留设施各层高度控制；渗排管坡度及竖向控制；顶层雨水滞留空间高度控制；覆盖层深度。

4) 景观及稳定性。植被选择是否正确；前处理设施是否稳定，汇水区状态是否稳定。

(2) 生物滞留设施正式运行之后，在第一场雨之后需进行一些检查，如发现问题及时调整：

1) 设施进水口，溢流口运行正常。

2) 生物滞留设施表层应满足层流，不应局部积水。

3) 生物滞留设施顶层蓄水 24h 内应排干，滤层雨水排干时间最长不超过 72h。

4) 避免过量沉淀物蓄积。

9.2 植被缓冲带（Vegetated Filter Strip）

9.2.1 概述

植被缓冲带是一种坡度较缓，植被高密度覆盖，用于处理就近区域地表漫流的生物处理设施。植被缓冲带的主要作用是减缓径流流速、过滤径流悬浮颗粒物及相关污染物以及促进径流入渗。植被缓冲带可由灌木、草本植物等多种植被组成。

9.2.2 设计需考虑要素

9.2.2.1 防止污染地下水

雨水径流中大部分污染物在植被缓冲带中能得到有效拦截和过滤。冬季融雪剂中盐的使用，使氯离子和钠离子渗入土壤，提高土壤中金属离子的迁移交换能力，增强对地下水的潜在污染。为了降低这种风险，建议采取以下措施：

（1）植被缓冲带尽量不收集交通负荷较大，融雪剂使用量较多区域的雨水，以及有潜在污染物泄露区域的雨水等。

（2）优先收集污染负荷较小区域的雨水，比如屋顶、低交通负荷的道路及停车场等区域。

9.2.2.2 植被维护

植被缓冲带一般前两年需要密切维护，植被稳定后仅需常规维护即可。

9.2.2.3 水土流失

适宜的坡度设计以及水平导流装置的使用能有效控制植被缓冲带水土流失。

9.2.2.4 场地空间

植被缓冲带不适宜高密度开发区域，主要是由于其需要一定规模的场地空间。为有效发挥径流污染控制功能，单独的植被缓冲带雨水径流路径应不少于 5m；，如果结合其他海绵设施建设，径流路径可以相应减少。

9.2.2.5 场地坡度

植被缓冲带适合处理易形成地表面层流的雨水径流汇水区（道路、停车场等）。

植被缓冲带适宜的场地坡度为 1-5%。坡度较大的区域可以通过设置水平导流装置削弱其影响。

9.2.2.6 地下水位

植被缓冲带应高于季节性地下最高水位 1 米以上。

9.2.2.7 土壤

植被缓冲带可以布置在任何土壤类型。如果土壤较密实，或土壤肥力较低，应进行人工松土，松土深度不低于 300mm，并进行土壤改善，使得有机物重量浓度在 8-15%或者体积占比 30-40%。

9.2.3 常见植被缓冲带实物图



图 9-6 植被缓冲带实物图

9.2.4 典型设计平面、剖面图

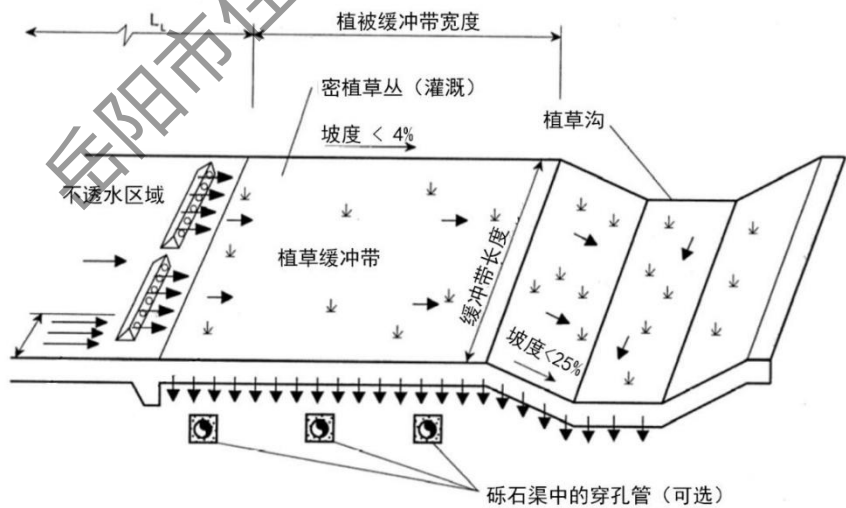


图 9-7 集中入流式植被缓冲带平面图

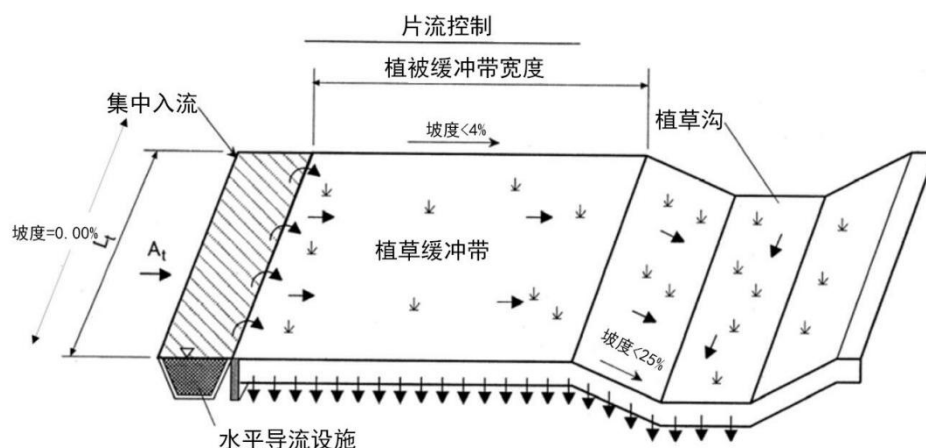


图 9-8 片流式植被缓冲带平面图

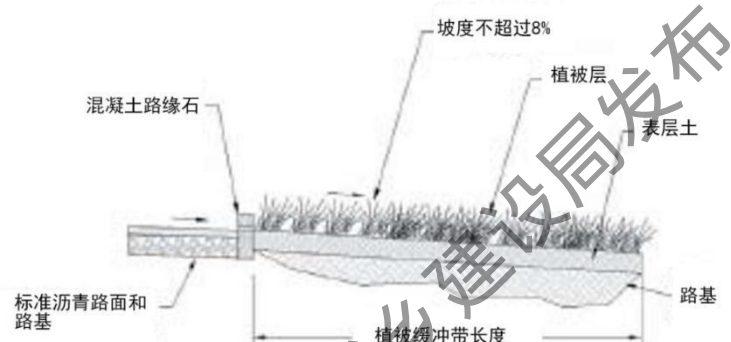


图 9-9 典型植被缓冲带剖面图

9.2.5 设计指南

9.2.5.1 场地布局

汇入植被缓冲带的不透水区域的场地坡度不宜大于 3%。单独的植被缓冲带雨水径流路径至少 5 米才能有效发挥径流污染控制功能。

9.2.5.2 前处理设施

植被缓冲带的上边缘宜设置豆砾石隔离带，豆砾石隔离带沿植被缓冲带上边缘带状设置。主要有两个作用：（1）雨水径流进入植被缓冲带前初步过滤沉淀大颗粒物；（2）可以起到水平导流装置的作用，使雨水径流尽可能的以层流的方式进入植被缓冲带。如果汇水区坡度较大，可以选用粒径较大的砾石。

9.2.5.3 转输和溢流

如果植被缓冲带的设计坡度大于 5%，雨水径流水平导流装置是有必要的。

常见的水平导流装置有豆砾石渠、有切口的路缘石、土护堤等。

植被缓冲带一般作为转输措施，后接其他海绵设施，不作为调蓄措施。

9.2.5.4 土壤改善

如果土壤较密实，或土壤肥力较低，应进行人工松土，松土深度不低于 300mm，并进行土壤改善，使得有机物重量浓度在 8-15%或者体积占比 30-40%。

9.2.5.5 景观美化

植被缓冲带可由多种植被组成，草本植物、灌木、乔木等。应选择有助于保持土壤稳定的植被，如果该设施还承担积雪蓄存功能，植被选择还需具有耐盐性。如果植被缓冲带的末端有积水发生，还需考虑植被的耐淹性。根据植被缓冲带坡度和湿度的差异性，植被可以进行分区种植。

传统的植被缓冲带多为草本植被，分区植被缓冲带可作为已有自然景观的缓冲带。

9.2.6 设计规模

植被缓冲带的主要作用是径流污染控制。

(1) 如果植被缓冲带对应的汇水区内不透水地表上雨水径流路径小于 9 米或更少，则植被缓冲带的坡度和宽度可按照下图关系曲线设计。

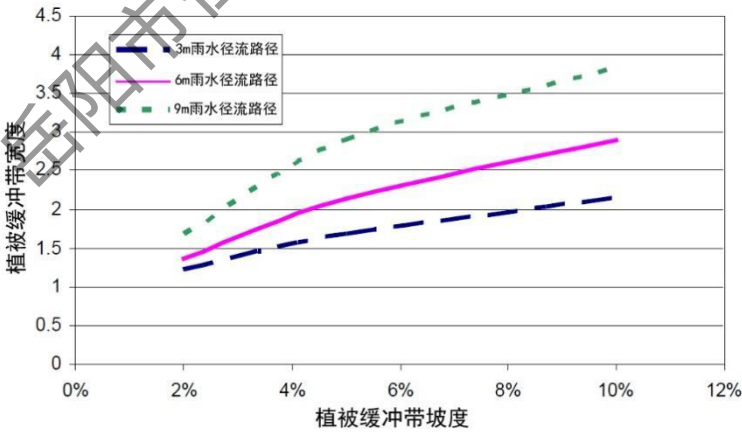


图 9-10 植被缓冲带坡度-宽度关系曲线

(2) 如果植被缓冲带对应的汇水区内不透水地表上雨水径流路径大于 9 米小于 25 米，植被缓冲带的设计流速不应大于 0.5m/s，宽度应大于雨水径流路径。

前处理设施的设计可参考下表。

表 9-2 前处理设施设计尺寸

材料	规格	尺寸
豆砾石隔离带	粒径 3-10mm	隔离带一般宽 300mm，深 600mm
砾石或土护堤	护堤成分：沙（35-60%），淤泥（30-55%），砂砾（10-25%）。 砾石粒径 15-25mm。	根据植被缓冲带的宽度而定。

岳阳市住房和城乡建设局发布

9.3 植草沟（Grass Swale/Vegetated Swale）

9.3.1 概述

植草沟是一种对雨水径流进行转输、净化，并减缓雨水径流流速的植被覆盖的开敞排水通道。植草沟中节制坝和植被的使用有助于促进径流污染物沉淀、过滤，以及雨水的蒸发和渗透。植草沟是在常规草沟的基础上进行改善，通过合适的断面设计及设置节制坝，进一步提高雨水径流控制率和雨水径流污染控制率。结合场地设计，植草沟可以减少不透水区域面积，提高场地景观。

植草沟作为一种线性海绵设施，一般适用于道路两边建设。除此之外也可用于收集停车场、屋顶、公园等场地的雨水，并可以蓄存积雪。植草沟可以作为生物滞留设施、渗井等海绵设施的前处理设施。植草沟因场地空间限制，不适合高密度开发区使用。

干沟是植草沟的一种特殊形式。干沟是在植草沟的底床上增加了人工土壤（过滤介质、植被生长介质），同时增加了渗排管系统；也可以认为是生物滞留井的一种线性表达形式。

干沟在断面、坡度、节制坝、前处理设施方面的设计类似于植草沟；在滤床介质、砾石蓄水层、渗排管等方面的设计类似于生物滞留设施。

9.3.2 设计需考虑要素

9.3.2.1 防止污染地下水

植草沟不接纳冬季融雪剂使用量较大区域的积雪；

植草沟不接纳具有潜在污染物泄露区域的雨水径流；

植草沟优先接纳屋顶、低荷载道路、停车场等区域雨水径流；

9.3.2.2 植被维护

植草沟最重要的维护措施是植被修剪。如需要的话，还需进行沉淀物清理工作。

9.3.2.3 土壤侵蚀

合理的坡度设计和节制坝的使用能有效防止土壤侵蚀。此外，植草沟可使用永久性的固定钢筋垫或初期使用临时性钢筋垫来防止土壤侵蚀。

9.3.2.4 防止死水及蚊蝇滋生

植草沟雨水停留时间不超过 24h。

9.3.2.5 场地空间

植草沟一般占其汇水区域面积的 5-15%，一般植草沟的宽度要求至少 2 米，干沟限制较少。

9.3.2.6 场地坡度

植草沟的纵坡一般在 0.5-4%，最大不超过 6%；设计坡度大于 3%时，需设置节制坝。

9.3.2.7 土壤

一般植草沟受土壤类型限制较少。干沟宜布置在土壤渗透性能较好的区域，如果土壤渗透能力小于 15mm/h（或者渗透系数小于 $1 \times 10^{-6} \text{m/s}$ ）时，应在底部设置渗排管。

9.3.2.8 汇水区域和径流总量

汇入植草沟的径流以地表层流为主，汇水区面积不宜大于 2ha，汇水面积较大时，植草沟过滤和渗透功能受影响，并可能造成土壤侵蚀。一般不透水区域面积与植草沟面积之比在 5:1-10:1；不透水区域面积与干沟面积之比可在 5:1-15:1。

9.3.2.9 建筑后退及地基防渗

一般植草沟建筑后退距离 4 米。如果布置在建筑基础较近的区域，应在底层布置防渗内衬和渗排管系统。

9.3.2.10 地下水位

植草沟最底端应高于季节性地下最高水位 1 米以上。

9.3.3 常见植草沟实物图





图 9-11 植草沟和干沟实物图

9.3.4 典型设计平面、剖面图

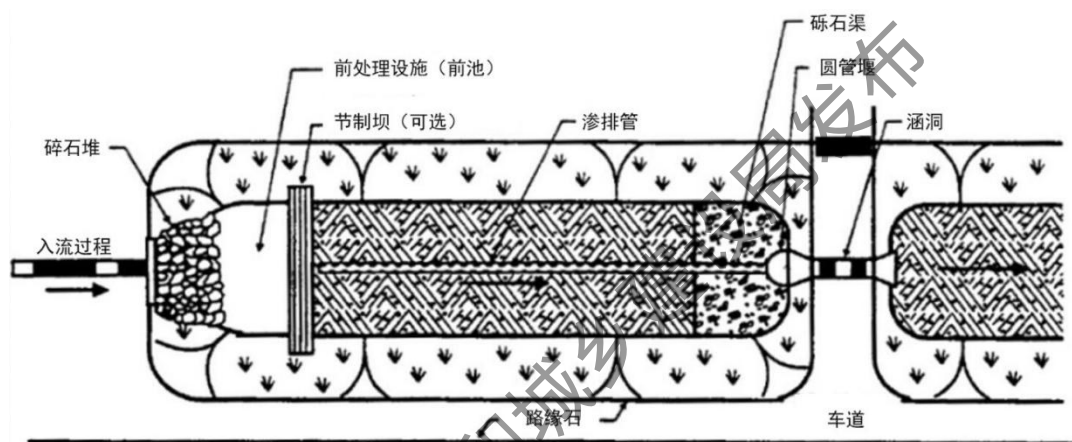


图 9-12 典型植草沟平面图

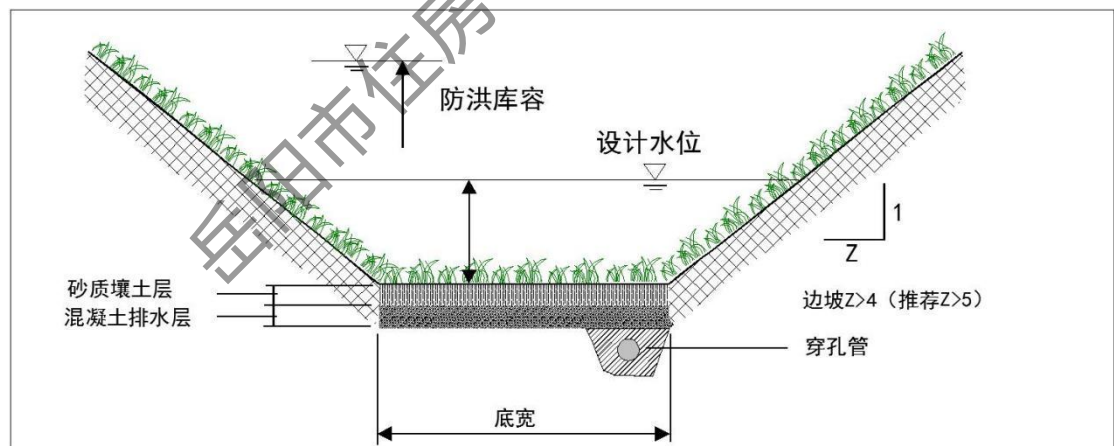


图 9-13 典型植草沟剖面图

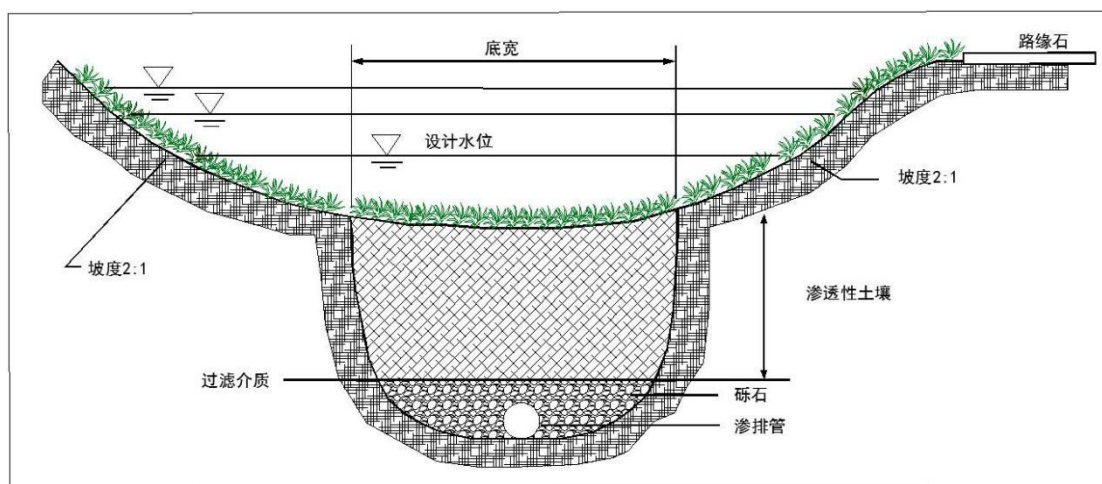


图 9-14 干沟剖面图

9.3.5 设计指南

9.3.5.1 场地布局

断面形状：植草沟横断面可以设计成梯形或抛物线形。干沟断面一般以梯形为主，以便于滤床介质放置在平稳的底部。单段植草沟的长度（两个最近连接暗管之间的距离）应不少于 5m。

底部宽度：植草沟底部宽度设计宜控制在 0.75-3m，设计底宽应能够满足潜流和相应的水质处理，同时能够防止径流产生冲沟。

纵坡：植草沟的纵坡一般在 0.5-4%，设计坡度大于 3%时，需设置节制坝。

边坡：植草沟的边坡应尽可能地平缓，一方面能够处理侧面径流污染，另一方面能够增加过滤面积。边坡较大宜形成土壤侵蚀。一般植草沟边坡控制最大不超过 1:2.5（垂直:水平）；干沟边坡最大不超过 1:3。

9.3.5.2 前处理设施

植草沟两边设施砾石隔离带可以作为侧面径流进入植草沟的前处理设施，植被缓冲带也可以作为前处理设施，在植草沟上游雨水入口设置沉淀池也可以作为其前处理设施。

9.3.5.3 设计流速

植草沟设计流速最大不宜超过 0.5m/s。

9.3.5.4 监测井

一般植草沟不需布置监测井；干沟需竖直布置孔径 100-150mm 穿孔管于设施底部，用于监测干沟中雨水停留时间。

9.3.5.5 土壤改善（一般植草沟）

如果植草沟选址区的土壤较密实，或土壤肥力较低，应进行人工松土，松土深度不低于 300mm，并进行土壤改善，使得有机物重量浓度在 8-15% 或者体积占比 30-40%。

9.3.5.6 砾石蓄水层（干沟）

砾石蓄水层的深度应不低于 300mm，以满足蓄水量需求。砾石粒径宜选择 50mm 左右的清石。

9.3.5.7 细砾隔离层（干沟）

细砾隔离层的深度宜设置 100mm 左右，宜选择粒径 3-10mm 左右的清石，主要作用用于隔离滤床介质层与底层粗砂砾层。

9.3.5.8 滤床介质（干沟）

滤床成分：

表 9-3 滤床成分表

成分	重量百分比(%)
砂（粒径 2.0-0.05mm）	85-88
细屑（粒径<0.05mm）	8-12
有机质	3-5

为了保证滤床介质稳定性和均质性，混合后的滤床应具备以下特征：

- （1）土壤磷指数应在 10-30ppm。
- （2）土壤阳离子交换能力应大于 10meq/100g，有利于污染物去除。
- （3）混合土不应含有大石块、树根及其他粒径大于 50mm 的异物。
- （4）为了有益于植被生长，土壤 pH 值应控制在 5.5-7.5 之间。
- （5）滤床介质渗透速率应大于 25mm/h。

深度：滤床深度宜控制在 1-1.25m，最小深度不低于 0.6m；有树木种植时，为保障植物生长，滤床介质深度应不低于 1m；滤床深度较浅时，可选择根系较浅的植被种植。

覆盖物：滤床介质上层应布置覆盖层，厚度约 75mm，主要作用是增强植被生长，抑制杂草生长，前处理雨水径流。碎硬枝皮可以作为一种适合的覆盖物。

9.3.5.9 渗排管（干沟）

（1）当底层土壤渗透能力小于 15mm/h（或者渗透系数小于 $1 \times 10^{-6} \text{m/s}$ ）时，应在底部设置渗排管。

（2）渗排管应布置在粗砂砾蓄水层，距离粗砂砾蓄水层底部至少 100mm。

（3）具有光滑内壁的 HDPE 或等效材料可作为渗排管使用。渗排管应满足抗冻要求，孔径 200mm 左右。渗排管上游末端应封闭。

（4）建议滤床层与细砾隔离层之间布置土工织物，防止细颗粒进入渗排管。

（5）立管设置应连接渗排管，用于渗排管清洗和停留时间监测。

9.3.5.10 景观美化

植草沟的植被应能够适应干、湿环境变化，并且能够承受一定的径流流速。布置在道路两边或停车场的植草沟，由于冬季融雪剂的使用，植被选择还应具有耐盐性。

9.3.6 施工建设

设施建设前应在设施选址处树立明确标识物，以防止不必要的扰乱。除了建设过程中需要的器械，禁止其他车辆穿越选址区。在植草沟设计断面形成前，及时清理植草沟内堆积物。只有当汇水区域相对稳定后，再进行最后的坡度处理和植被种植。植草沟边坡稳定前，禁止径流直接汇入植草沟。

如果使用草皮，应加强草皮的固定措施。

干沟的施工建设过程可参考生物滞留设施的相关要求。这里需要强调三点：①汇水区域的稳定性优先于设施建设；②检查连接暗管的高程以及节制坝的设置，确保设计蓄存径流深度能够实现；③干沟使用之前，可布置生物降解性较好的土工布快速固定干沟通道和边坡，并进行植被播种。

9.4 水平导流设施（Level Spreader）

9.4.1 概述

水平导流设施是将雨水径流均匀分布形成水平层流的一种设施，经常和其它海绵设施一起使用，它能够有效提高其它设施对雨水径流和污染控制效果，同时能够减少其它设施的水土侵蚀。

水平导流设施根据其位置可以分为雨水入口水平导流设施和雨水出口水平导流设施。雨水入口水平导流设施主要是均匀分布雨水径流至其他设施，如生物滞留设施、植草沟、植被缓冲带等，这类设施一般包括混凝土基石和土护堤。出口水平导流设施主要是减少径流冲击力，同时增加径流渗透机会。

9.4.2 设计需考虑要素

9.4.2.1 场地条件

水平导流设施不适合布置在土壤易流失和低密度植被覆盖区域。水平导流设施下游场地坡度不宜大于 8%。

9.4.2.2 土壤侵蚀

水平导流设施不适宜布置在未经压实的土壤中，原状土和压实土壤相对更耐侵蚀。

9.4.2.3 前池

水平导流设施不能仅作为雨水颗粒物沉淀设施，颗粒物沉淀能减弱其作用。在水平导流设施前段雨水入口处宜布置沉淀前池，以便于雨水径流颗粒物沉淀和清理。

9.4.3 常见水平导流设施实物图



图 9-15 水平导流设施实物图

9.4.4 典型设计平面、剖面图

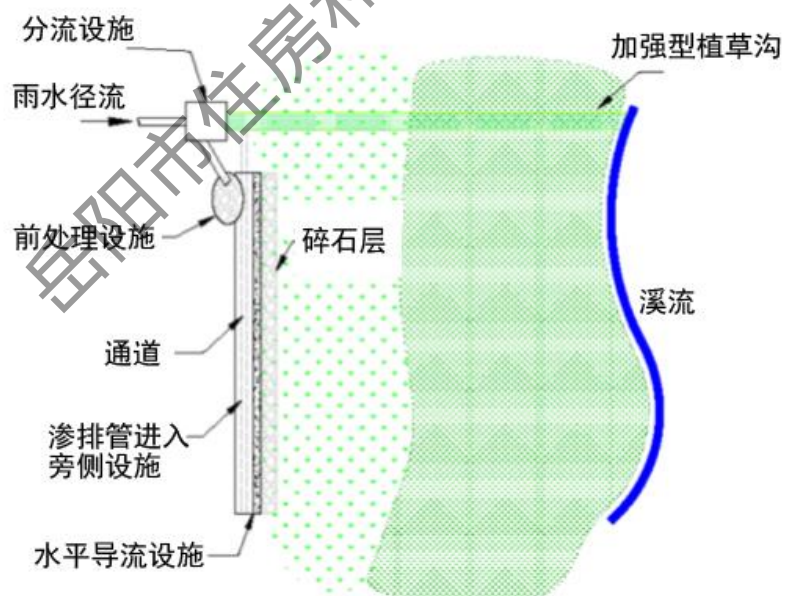


图 9-16 水平导流设施平面图

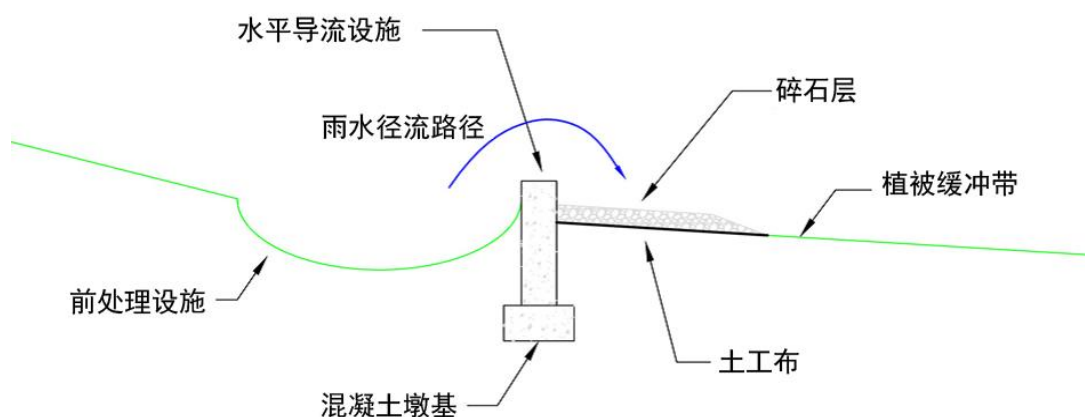


图 9-17 水平导流设施剖面图

9.4.5 设计指南

9.4.5.1 水平导流装置边缘

应提高水平导流装置边缘的稳定性，以增强其防侵蚀性能。宜优选选用混凝土作为边缘材料，其次为土砌和砾石。设施边缘应高于地面 8-15cm，以防止径流直接冲刷下游设施。为了减少径流侵蚀下游设施，设施边缘出水口需布置一个宽约 1m 的过滤织布，高约 8-10cm。

9.4.5.2 前处理设施

水平导流设施不能仅作为雨水颗粒物沉淀设施，颗粒物沉淀能减弱其作用。在导流设施前段雨水入口处宜布置沉淀前池，以便于雨水径流颗粒物沉淀和清理。

前池一般设计成碗状，前池的面积一般为汇水区内不透水区域面积的 0.2%。

9.4.5.3 设计规模

水平导流设施的最小设计长度为 4m，具体设计规模与下游场地类型有关，可参考下表。

表 9-4 水平导流设施设计规模

植被过滤带	设计规模 (m ³ /s)
草地或地表植被高度覆盖	0.37
树木覆盖	1.27

9.5 树池（Box Planters/Planter Box/Tree Box Filter）

9.5.1 概述

树池是生物滞留设施的一种，通过植物和改善的土壤进行过滤、渗透、滞留雨水径流。典型的树池包括砗箱、土壤介质、植被（乔木、灌木、草本等）。根据土壤渗透能力以及具体功能要求，树池可以设计全渗透型，半渗透型和不渗透型三种类型。树池比较常用于高强度开发或不透水地表较多的区域，主要收集周围不透水区域的雨水径流。

9.5.2 设计需考虑要素

9.5.2.1 植被选择

植被的选择应能同时适应干、湿环境，还应具有耐盐性，以承受冬季融雪剂的使用。

9.5.2.2 防止污染地下水

树池不接纳冬季融雪剂使用量较大区域的积雪；

树池不接纳具有潜在污染物泄露区域的雨水径流；

树池优先接纳屋顶、低荷载道路、停车场等区域雨水径流；

9.5.2.3 建筑后退及地基防渗

树池与周边道路及建筑基础做好防渗设施，防止冻胀及道路、建筑基础遭到破坏。树池一般建筑后退距离 4m。距离建筑基础较近的设施应在底层布置防渗内衬，或者建筑基础进行防水处理。

9.5.2.4 土壤

树池可以布置在任何土壤类型。如果土壤渗透能力小于 15mm/h（或者渗透系数小于 $1 \times 10^{-6} \text{m/s}$ ）时，树池应在底部设置渗排管。

9.5.3 常见树池实物图

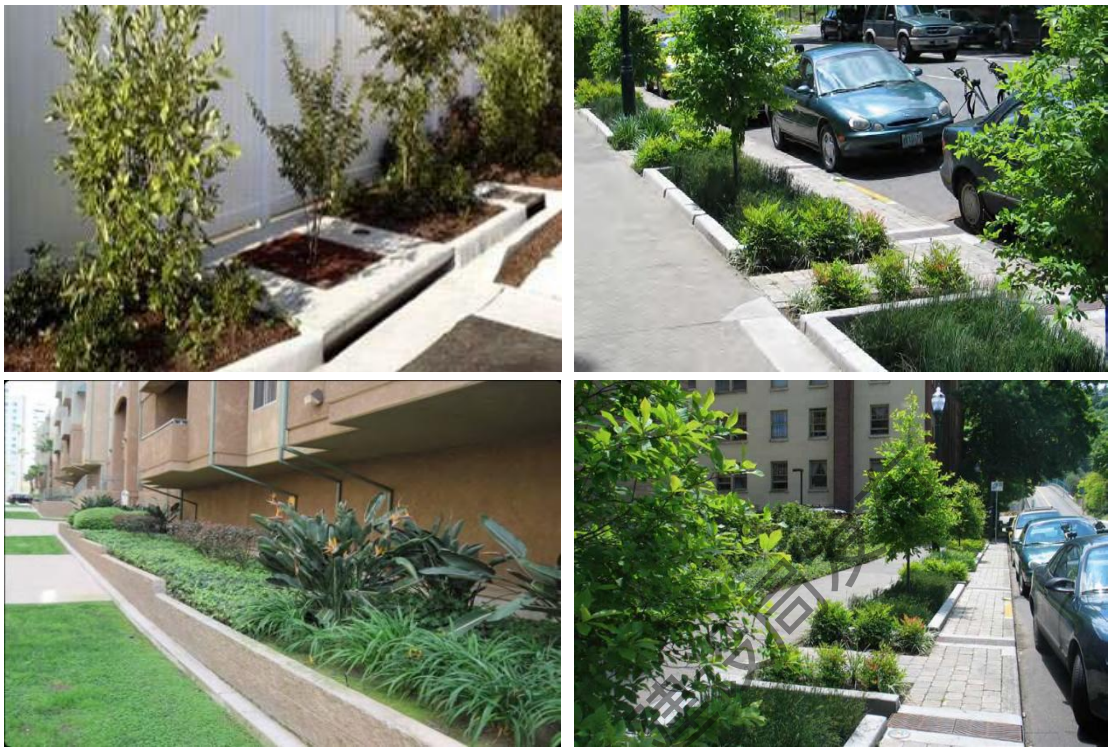


图 9-18 树池实物图

9.5.4 典型设计平面、剖面图

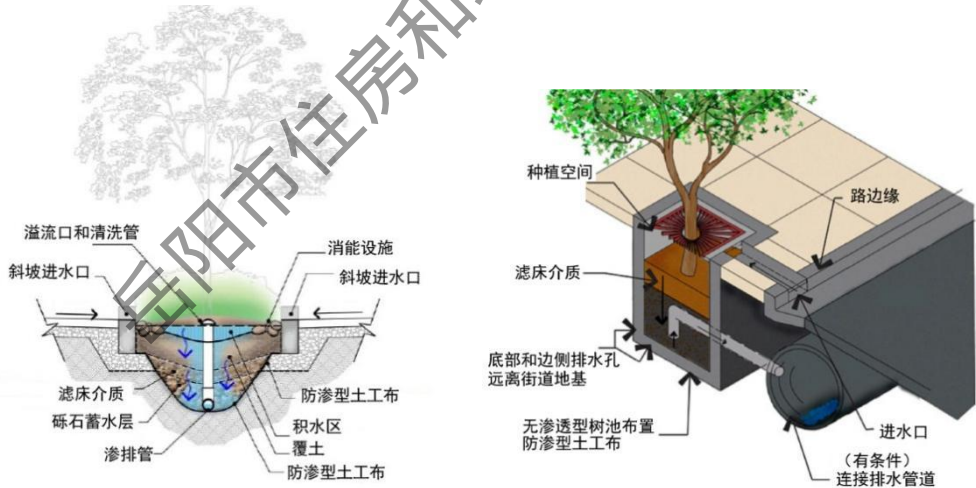


图 9-19 典型树池剖面图

9.5.5 设计指南

9.5.5.1 超标溢流口

超标溢流口一般高于滤床表层 150-250mm。

9.5.5.2 监测井

竖直布置孔径 100-150mm 穿孔管于树池设施底部，用于监测树池中雨水停留时间。

9.5.5.3 砾石蓄水层

砾石蓄水层的深度应不低于 300mm，以满足蓄水量需求。砾石粒径宜选择 50mm 左右的清石。

9.5.5.4 细砾隔离层

细砾隔离层的深度宜设置 100mm 左右，宜选择粒径 3-10mm 左右的清石，主要用于隔离滤床介质层与底层粗砂砾层。

9.5.5.5 滤床介质

滤床成分：

表 9-5 滤床成分表

成分	重量百分比(%)
砂（粒径 2.0-0.05mm）	85-88
细屑（粒径<0.05mm）	8-12
有机质	3-5

为了保证滤床介质稳定性和均质性，混合后的滤床应具备以下特征：

- （1）土壤磷指数应在 10-30ppm。
- （2）土壤阳离子交换能力应大于 10meq/100g，有利于污染物去除。
- （3）混合土不应含有大石块、树根及其他粒径大于 50mm 的异物。
- （4）为了有益于植被生长，土壤 pH 值应控制在 5.5-7.5 之间。
- （5）滤床介质渗透速率应大于 25mm/h。

深度：滤床深度宜控制在 1-1.25m，最小深度不低于 0.6m；有树木种植时，为保障植物生长，滤床介质深度应不低于 1m；滤床深度较浅时，可选择根系较浅的植被种植。

覆盖物：滤床介质上层应布置覆盖层，厚度约 75mm，主要作用是增强植被生长，抑制杂草生长，前处理雨水径流。碎硬枝皮可以作为一种适合的覆盖物。

9.5.5.6 渗排管

- （1）当底层土壤渗透能力小于 15mm/h（或者渗透系数小于 1×10^{-6} m/s）时，

应在底部设置渗排管。

(2) 渗排管应布置在粗砂砾蓄水层，距离粗砂砾蓄水层底部至少 100mm。

(3) 具有光滑内壁的 HDPE 或等效材料可作为渗排管使用。渗排管应满足抗冻要求，孔径 200mm 左右。渗排管上游末端应封闭。

(4) 建议滤床层与细砾隔离层之间布置土工织物，阻止细颗粒进入渗排管。

(5) 立管设置应连接渗排管，用于渗排管清洗和停留时间监测。

9.5.6 施工建设

树池建设过程中不应作为颗粒沉淀池和堆放杂物，以防止细砂粒阻塞后续渗透设施建设；在树池汇水区稳定之前，雨水应转移至其他区域，以阻止颗粒物堵塞设施表层。树池一般建设流程如下：

(1) 用于设置树池的选址区域，在施工之前应树立明确标识，以防止选址区域土壤遭受破坏。

(2) 选址区域稳定后再进行施工建设，建设过程中过多的沉积物堆积会影响后期运行效果。

(3) 以渗透功能为主的树池，在施工过程中应避免底部土壤压实，应适当进行底层土壤疏松，以提供更高的渗透速率。

(4) 根据树池具体功能，可选择以下几种设计：

a. 无渗透：树池底层布置防渗内衬，然后布置渗排管，渗排管顶部覆盖高度 75mm 粒径 50mm 的清石，然后在清石上方安装具有排水功能的非机工土织布。

b. 部分渗透：底层根据需要布置一定深度的用于渗透功能的石层，渗排管布置之上，渗排管顶部覆盖高度 75mm 粒径 50mm 的清石，然后在清石上方安装具有排水功能的非机工土织布。

c. 全渗透：设施不需布置渗排管，按照设计及断面结构依次布置各物品。

(5) 生物滤层应提前配制均匀，每次安装 300mm 高度。每次安装下一层之前，已安装好的生物滤层用水湿透，并等待确保水排干后，再安装下一层。

(6) 根据需求及植被选择，种植植物。

(7) 前期 2 个月，对植被进行适当维护，确保植物生长。

(8) 根据设计放置顶层覆盖物。

(9) 进行施工验收，确保雨水进口，前处理设施，生物滞留单元，雨水出口等安装符合标准。

岳阳市住房和城乡建设局发布

9.6 渗井、渗渠与渗室 (Soakaway and Infiltration Trench)

9.6.1 概述

渗井，也被称作干井，通常呈长方形或圆形铺设于地下，设置在屋顶雨落管附近，屋顶产生的雨水径流可通过雨落管进入渗井下渗进入下层土壤。渗井通过挖坑再回填骨料碎石的方式为雨水调蓄和下渗提供空间，同时应设置有与公共排水通道连接的紧急溢流结构，以便于应对大降雨径流。渗井对雨水中的泥沙、锌、铅等具有显著的去除作用，对雨水中的氮、磷元素的去除作用相对较弱。

渗渠的构造与渗井基本相同，通常呈长方形，主要沿道路铺设于地下，适用于高密度居住区或其它空间狭窄的地区。渗井或渗渠一般只收集来自居住用地屋顶和人行道上的雨水径流，也可用于收集来自雨水罐或蓄水池的雨水。

渗室是渗井的另一种变化形式，通常呈长方形，主要铺设于停车场或广场的地下，用于对雨水进行临时调蓄并下渗到底部土壤中。渗室通常成条状或带状铺设，一般收集来自屋顶、人行道、停车场的雨水径流，道路上的雨水经预处理设施过滤后也可引入渗室。

9.6.2 设计需考虑要素

9.6.2.1 防止污染地下水

渗井、渗渠与渗室不接纳冬季融雪剂使用量较大区域的雨水径流；

渗井、渗渠与渗室不接纳具有潜在污染物泄露区域的雨水径流；

渗井、渗渠与渗室优先接纳屋顶、低荷载道路、停车场等区域雨水径流；

9.6.2.2 建筑后退距离

渗井、渗渠与渗室一般建筑后退距离 4m，溢流出水口位置建筑后退距离宜大于 2m。

9.6.2.3 冬季使用

宜将进水管及渗井、渗渠与渗室铺设于最大冻土深度下，以便冬季时设施可正常运转。

9.6.2.4 场地坡度

渗井、渗渠与渗室铺设路面的坡度应不大于 15%。

9.6.2.5 地下水位

渗井、渗渠与渗室的底部应高于季节性地下最高水位 1m 以上。

9.6.2.6 土壤

渗井、渗渠与渗室可以布置在任何土壤类型，尤其是土壤渗透性能较好的土壤区域。土壤渗透系数宜介于 6.8 -12.7 mm/h。

9.6.2.7 汇水区域

渗井、渗渠与渗室适宜小规模汇水区，汇水区面积与单个设施的面积比应在 5:1-20:1，推荐面积比为 10:1。

9.6.2.8 回填材料

回填干净的骨料碎石，骨料碎石被外包土工布，回填层厚度应介于 76-140mm。

9.6.2.9 径流过滤

过滤网应布置在干井顶部，用以过滤雨水径流中的油脂等可漂浮性的有机材料和固体颗粒，避免对渗井、渗渠与渗室的填料和地下水造成污染。

9.6.2.10 出流结构

应对超过渗井、渗渠与渗室入渗和调蓄能力而形成的地表径流路径进行识别和评估，并为渗井、渗渠与渗室设置溢流系统。

9.6.3 常见渗井、渗渠与渗室实物图





图 9-20 渗井、渗渠与渗室实物图

9.6.4 典型设计平面、剖面图

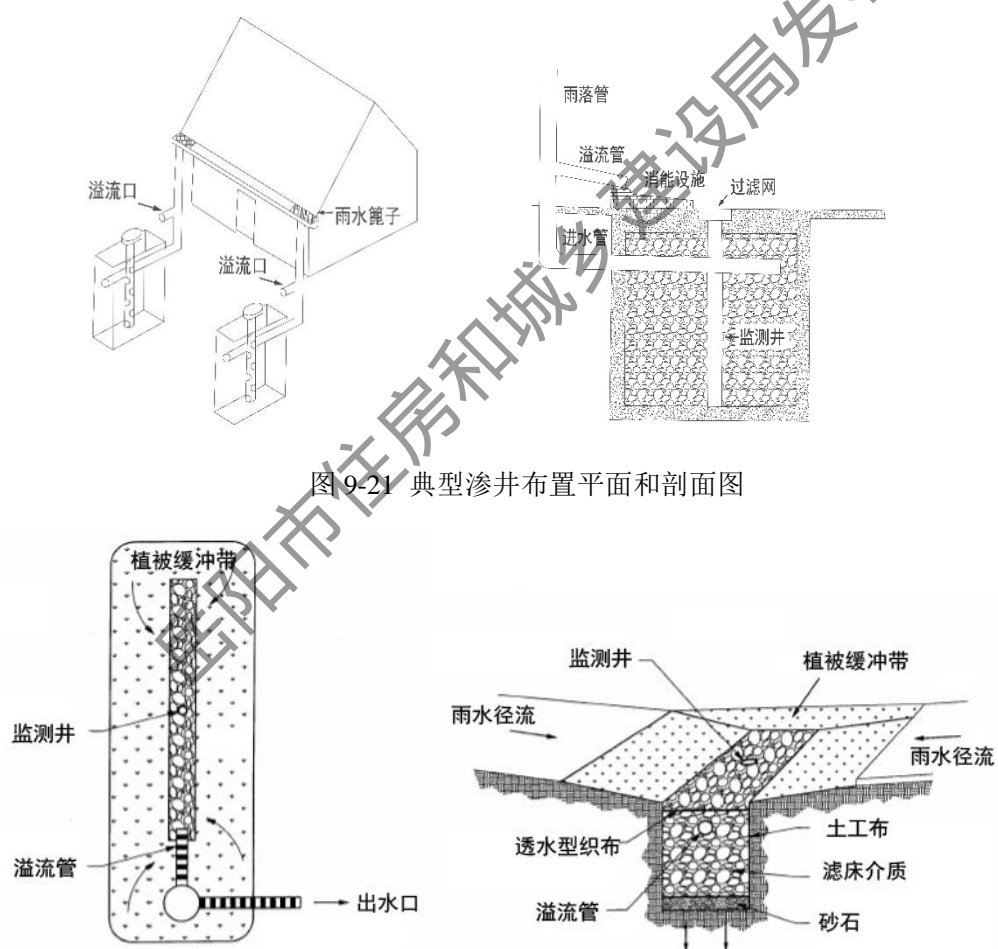


图 9-21 典型渗井布置平面和剖面图



图 9-22 典型渗渠、渗室布置平面和剖面图

9.6.5 设计指南

9.6.5.1 场地布局

渗井、渗渠与渗室适宜小规模汇水区，汇水区面积与单个设施的面积比应在 5:1-20:1；渗渠底部宽度一般在 0.6-2.4m 之间。

渗井、渗渠与渗室规划用地，应在控制性详细规划阶段予以控制。

9.6.5.2 前处理设施

雨水径流进入渗井、渗渠与渗室前，应利用植草沟、植被缓冲带、前置过滤塘等进行前处理，防止雨水径流中的较大颗粒物对渗井、渗渠与渗室造成堵塞。

9.6.5.3 转输与溢流

渗井、渗渠与渗室的进水口与溢流出水口应铺设于最大冻土深度下，出水管的输水容量应不低于进水管的输水容量。

9.6.5.4 监测井

竖直布置孔径 100-150mm 穿孔管于渗井、渗渠与渗室设施底部，用于监测渗井、渗渠与渗室中的雨水停留时间，监测井的深度应介于 0.9-3.7m 之间。

9.6.5.5 滤床介质

渗井、渗渠与渗室的底部应铺设均匀级配、清洗过的石子，提供 30%-40% 的孔隙率，推荐用 50mm 的颗粒状碎石。

土工布宜选用有纺单丝或无纺针刺织布材料，不宜选用无纺布热粘合织布材料。

当土壤为细土且有超过 50% 的颗粒粒径小于 0.075mm 时，应选用干筛孔径不大于 0.3mm 的土工布；当土壤为粗粒土且有不超过 50% 的颗粒粒径小于 0.075mm 时，应选用干筛孔径不大于 0.6mm 的土工布。

9.6.6 施工建设

渗井、渗渠与渗室的建设应主要注意以下几个方面：

（1）建设过程中渗井、渗渠与渗室不应作为颗粒沉淀池或堆放杂物，以防止细砂粒阻塞后影响设施建设。

（2）渗井、渗渠与渗室设施选址区域应设置隔离墙，以防止施工过程中，机器或设备压实土壤。

（3）渗井、渗渠与渗室设施场地的汇水区稳定之前，应利用拦淤网、导流管等设施将雨水转移至其他区域，只有当汇水区域稳定之后，方可进行具体施工。

（4）施工人员应按照设计深度进行设施土方工程。

（5）应适当进行底层土壤疏松，以提供更高的渗透速率。

（6）场地内部的大型树木根部应彻底切断，以免施工过程中刺穿土工布；铺设过程中，土工布与挖掘边沿的空隙应用自然土壤填满。

9.7 湿塘与湿地（Wet Pond and Wetland）

9.7.1 概述

湿塘指具有雨水调蓄和净化功能的景观水体，一般由进水口、前置塘、主塘、溢流出水口、护坡及驳岸、维护通道等构成。湿地与湿塘的构成要素基本相同，湿塘的主塘水体较深，湿地的主塘水体较浅。

9.7.2 设计需考虑要素

9.7.2.1 场地坡度

湿塘或湿地的路面坡度应不大于 20%。

9.7.2.2 水头差

湿塘或湿地的进水口与出水口的水头差应不小于 0.9-3 米。

9.7.2.3 土壤

当设施中的土壤渗透速率超过 5cm/h，宜在湿塘或湿地底部设置衬层以减缓下渗速率，例如 15-30cm 的粘土。

9.7.2.4 汇水区域

湿塘或湿地的汇水区面积应在 4-10 ha，设施的占地面积约为汇水区面积的 1-3%。

9.7.2.5 排干时间

湿塘或湿地的雨水排干时间不应超过 72 小时。

9.7.3 常见湿塘或湿地实物图





图 9-23 湿塘或湿地实物图

9.7.4 典型设计平面、剖面图

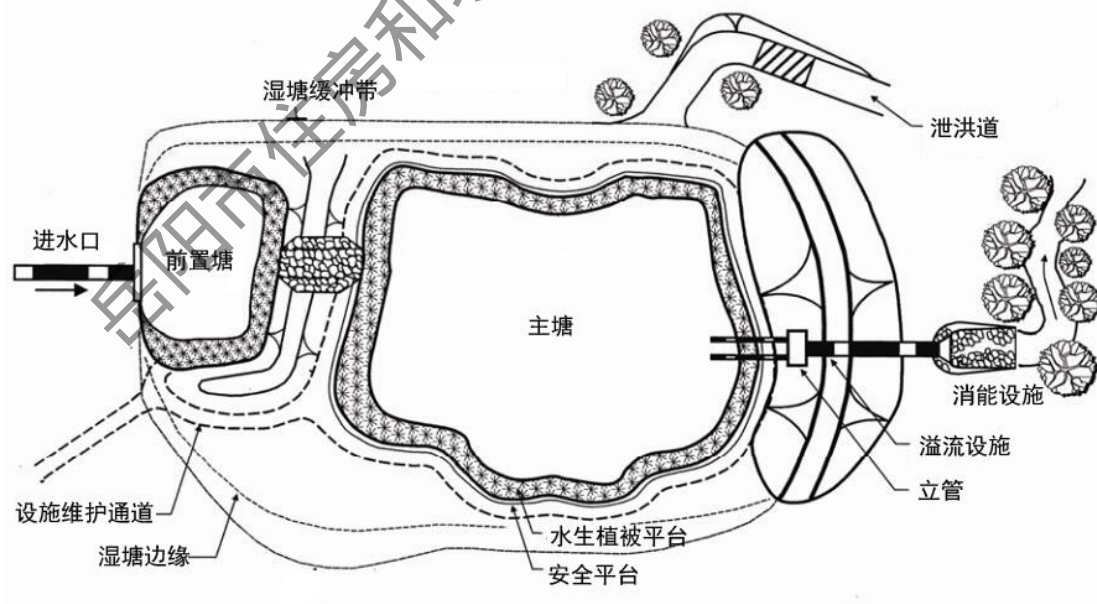


图 9-24 典型湿塘平面布置图

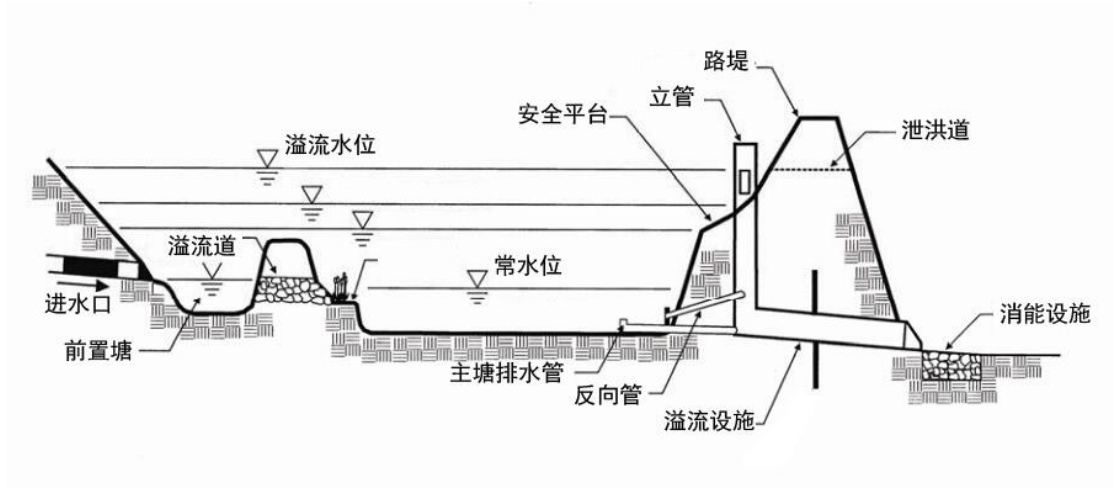


图 9-25 典型湿塘剖面布置图

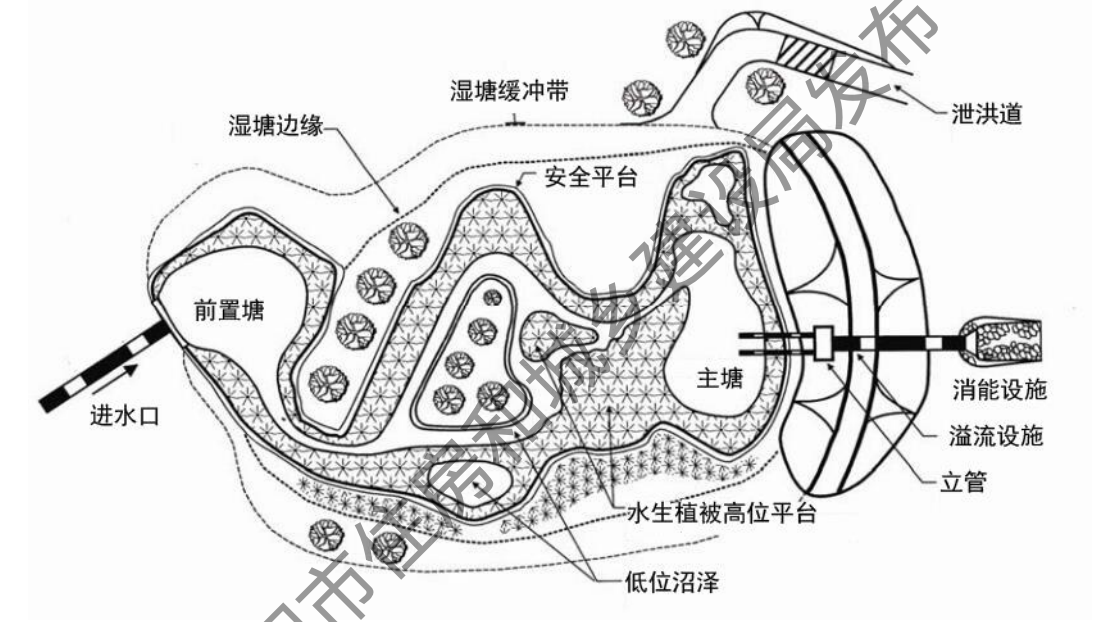


图 9-26 典型湿地平面布置图

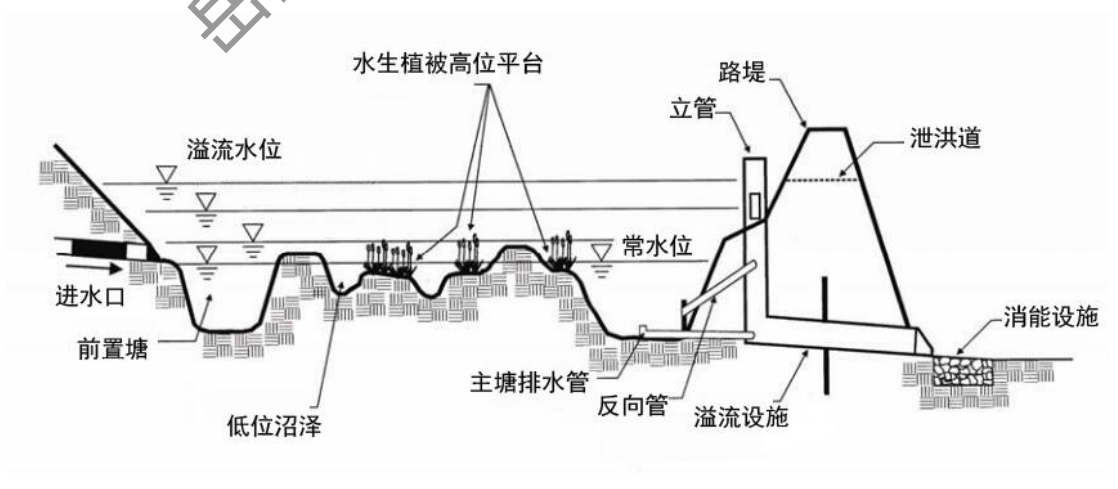


图 9-27 典型湿地剖面布置图

9.7.5 设计指南

9.7.5.1 场地布局

湿塘或湿地规划用地，应在控制性详细规划阶段予以控制。

9.7.5.2 前处理设施

雨水径流进入湿塘或湿地前，应利用植草沟、植被缓冲带、前置过滤塘等进行前处理，对雨水径流消能，并对其中的污染物初步沉淀。

湿塘或湿地的前处理设施的设计水量为总设计水量的 10%-15%。前置塘的长度不宜小于 3m，深度在 1.2-1.8m 之间。前置塘的底部宜采用混凝土、沥青、乱石等硬性材料以便于定期清理。

9.7.5.3 主塘设计

主塘可调蓄水量的计算，只考虑常水位以上、溢流水位以下的调蓄容积，不应将无降雨时常水位下的永久容积纳入计算范围。

主塘底部宽度不宜小于 3m，长宽比不宜低于 2:1。汇水区与主塘表面的面积比应不低于 75:1，主塘的永久容积水深一般为 0.8-2.5 米。

主塘驳岸宜为生态软驳岸，边坡坡度不宜大于 1:6，推荐坡度为 1:3。

9.7.5.4 植被设计

植被不宜选择需要频繁收割、修剪和灌溉的。

湿塘或湿地水深低于 0.5m 的区域内，植被覆盖面积应不低于 85%。

9.7.5.5 出水口设计

出水口处应设置乱石堆等消能设施以防止侵蚀。

流量较低的出水口应设置外置式拦污栅以防被堵塞。

9.7.5.6 维护设计

湿塘或湿地内部应设计车行道，以便于沉积物的清理，车行道宽度应不低于 2.7m，坡度不高于 15%。

9.7.6 施工建设

(1) 主塘挖掘深度应考虑与不透水防渗层、植物生长条件、植被土壤的关

系。

(2) 主塘底层的土壤不应含有硬质石块、硬粘土、硬土层、灰烬、矿渣、施工废料、石油烃等，并确保没有冻土。

(3) 在施工的各个阶段（主要是运输和场地建设），均须确保待种植植被保护完好，防止植被被冰冻、暴晒或处于干燥条件下，应保持植被土壤湿润，生长条件良好，直至栽种在湿塘中。



图 9-28 湿塘施工现场图

9.8 砂滤设施 (Sand Filter)

9.8.1 概述

砂滤设施通过沙石的物理过滤去除雨水径流中的固体及大颗粒物,起到净化水体、削减峰值流量的目的。滤后的雨水通过设施底部的渗排管流向其它设施,例如蓄水池、生物滞留设施等。砂滤设施主要用于收集停车场和不透水路面的雨水径流。

9.8.2 设计需考虑要素

9.8.2.1 后退距离

砂滤设施一般建筑后退距离 3m,与供水水源地(井)或排水处理设施的后退距离不小于 30m。

9.8.2.2 地下水位

砂滤设施的底部应高于季节性地下最高水位 3m 以上。

9.8.2.3 介质

砂滤设施的介质深度应不小于 0.45m,介质的渗透速率应不低于 2.54cm/h;当介质的渗透速率低于 1.27cm/h 时,应在设施底部安装管径不小于 100mm 的渗排管,坡度不小于 0.5%。

9.8.2.4 汇水区域

砂滤设施的汇水区面积应不大于 2 ha。

9.8.2.5 排干时间

砂滤设施的雨水排干时间不应超过 48h。

9.8.3 常见砂滤设施实物图



图 9-29 砂滤设施实物图

9.8.4 典型设计平面、剖面图

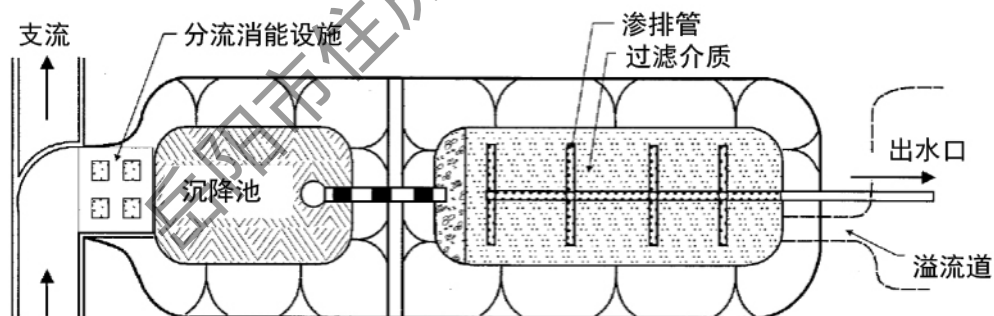


图 9-30 地上式砂滤设施平面布置图

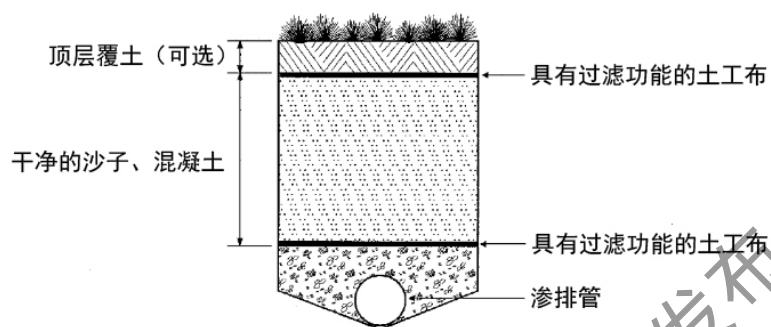
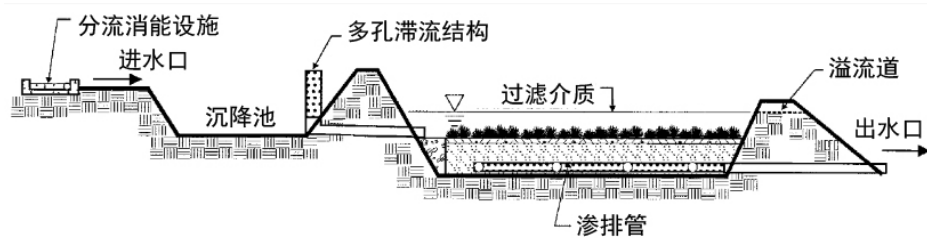


图 9-31 地上式砂滤设施剖面布置图

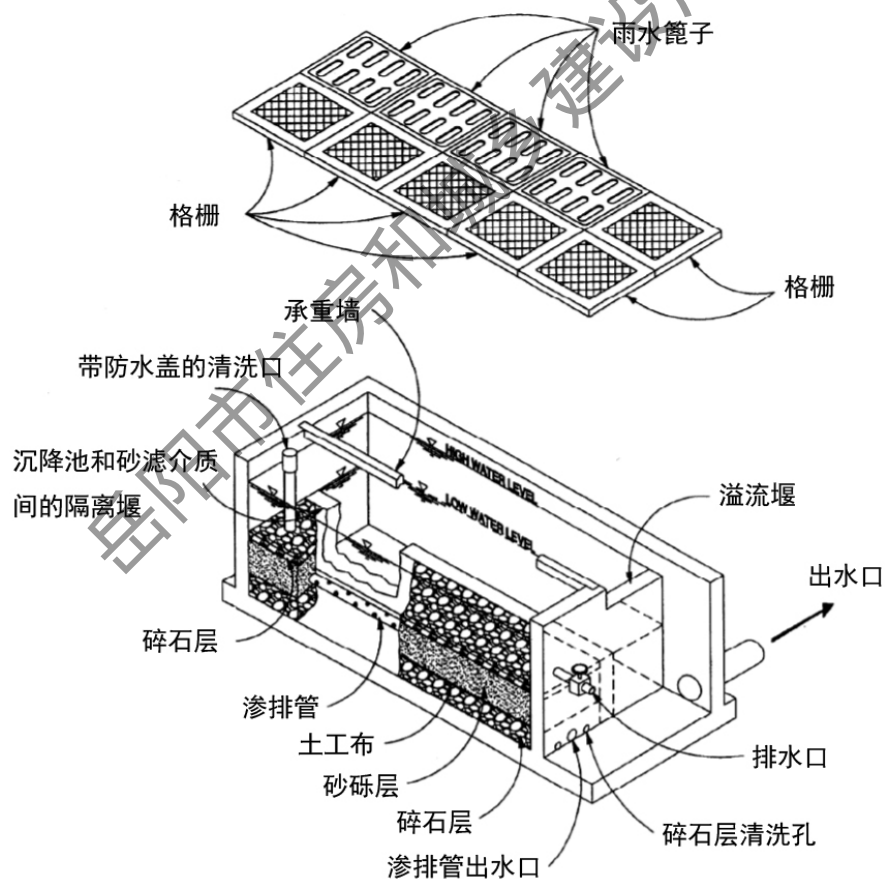


图 9-32 地下式砂滤设施剖面布置图

9.8.5 设计指南

9.8.5.1 场地布局

砂滤设施的规划用地，应在控制性详细规划阶段予以控制。

砂滤设施的布局方式主要有两种：地上式砂滤设施和地下式砂滤设施。

9.8.5.2 前处理设施

雨水径流进入地上式砂滤设施前，应利用植被缓冲带等消能、减缓雨水径流速度，截留大颗粒物进入砂滤设施中。雨水径流进入地下式砂滤设施前，应利用沉降池作为前处理设施，沉降池的宽度不宜小于 0.45m。

9.8.5.3 砂滤设施

砂滤设施的深度与设施表面积和介质渗透性能有关，积水深度不宜大于 0.9m，介质深度不宜小于 0.45m。

9.8.5.4 过滤介质

过滤介质一般选用干净的混凝土或砌石沙（能通过 6.35mm 的筛孔），介质中的总磷浓度不应超过 15ppm。

9.8.5.5 出水口

为防止过滤介质堵塞，应在出水口处设置垂直立管与渗排管相连便于对渗排管进行清理，垂直立管管径不应小于 100mm。

9.8.5.6 防渗层

如有必要，可在砂滤设施外围设置底部和侧向防渗层。

9.9 渗透塘 (Infiltration Basin)

9.9.1 概述

渗透塘是一种具有降低径流总量、削减径流污染作用的平坦洼地，适用于汇水面积较大（大于 1 ha）且具有一定空间条件的区域。超过渗透塘设计水量的雨水，须通过溢流管转输至其它设施。

以下场地不适宜布置该类设施：

- （1）工业用地周围或有毒有害物质风险区；
- （2）土壤渗透速率极低的区域；
- （3）地下水位较高或土壤渗透速率极高的区域；
- （4）坡度较大或土壤结构不稳定的区域。

9.9.2 设计需考虑要素

9.9.2.1 后退距离

渗透塘一般建筑后退距离 3m，与供水水源地（井）的后退距离不小于 30m。

9.9.2.2 地下水位

渗透塘的底部应高于季节性地下最高水位 3m 以上，高于基岩层或不透水层 1.5m 以上。

9.9.2.3 汇水区域

渗透塘的汇水区面积应不大于 20 ha。

9.9.2.4 排干时间

渗透塘的雨水排干时间不应超过 72h。

9.9.3 常见渗透塘实物图



图 9-33 渗透塘实物图

9.9.4 典型设计平面、剖面图

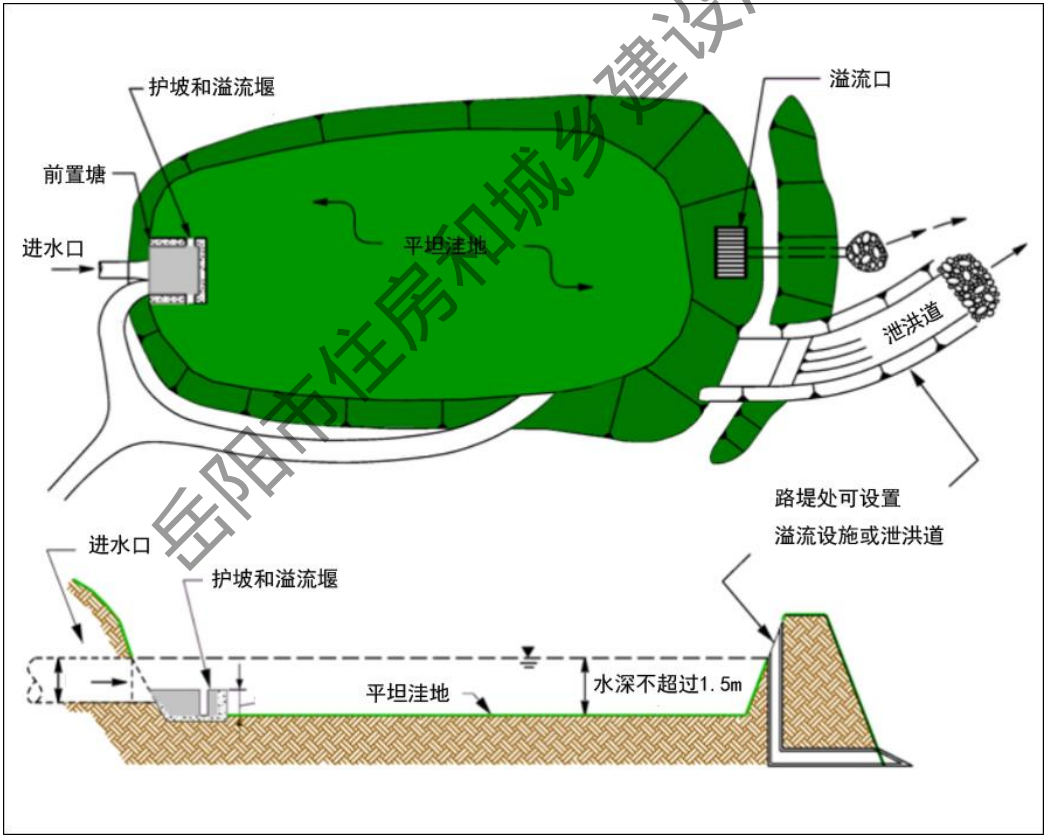


图 9-34 典型渗透塘平面和剖面布置图

9.9.5 设计指南

9.9.5.1 场地布局

渗透塘的规划用地，应在控制性详细规划阶段予以控制。

9.9.5.2 前处理设施

雨水径流进入渗透塘前，应利用前置塘等前处理设施截留大颗粒物，以防止渗透塘堵塞，并减少侵蚀；前处理设施材料宜选用混凝土。

前处理设施的设计水量应不低于总设计水量的 0.5%。

前处理设施宜设置不低于 0.3m 的护坡，并设置溢流堰作为前处理设施的出水口。

有降雪的城市，应采取弃流、排盐等措施防止融雪剂侵害植物。

9.9.5.3 主塘设计

主塘底部坡度宜控制在 0% 左右，水深不应超过 1.5m。

主塘边坡坡度（垂直：水平）一般不大于 1:3。

主塘的底部和四周应种植各类植被，宜选用当地耐旱植物。底部构造一般为 200-300 mm 的种植土、透水土工布及 300-500mm 的过滤介质层。

9.9.5.4 出水口

当雨水径流流量超过设计水量时，多余的雨水应及时通过溢流设施排走。溢流口的高度应等于设计水量时渗透塘的水位高度。溢流口可连接导流管或泄洪道，并与城市雨水管渠系统和超标雨水径流排放系统衔接，渗透塘外围应设安全防护措施和警示牌。

9.10 透水铺装（Permeable Pavement）

9.10.1 概述

透水铺装作为城市不透水硬化铺装方式的有效补充，可使其表面汇集的雨水经下渗进入下层的天然或人工蓄水层进行调蓄。透水铺装可广泛用于低交通量道路、停车场、车道、行人广场和人行道等区域，尤其适用于因受空间限制不易应用其它设施的场地。常用的透水铺装类别包括透水砖铺装、透水水泥混凝土铺装和透水沥青混凝土铺装，嵌草砖、园林铺装中的鹅卵石、碎石铺装等也属于透水铺装等。

根据场地的土壤及物理条件，透水铺装系统可被设计为如下几种类型（如图1-2）：（1）下层不设渗排管的雨水渗透型透水铺装；（2）下层设有渗排管、雨水可部分渗透型透水铺装；（3）下层设有防渗衬层和渗排管、主要用于雨水调蓄和过滤的透水铺装。

9.10.2 设计需考虑要素

9.10.2.1 适用条件

透水砖铺装和透水水泥混凝土铺装主要适用于广场、停车场、人行道以及车流量和荷载较小的道路，如建筑与小区道路、市政道路的非机动车道等。透水沥青混凝土路面可适用于轻型荷载的机动车道和非机动车道。

9.10.2.2 渗透特性

透水面层渗透系数应大于 $1 \times 10^{-4} \text{m/s}$ ，可采用透水面砖、透水混凝土、草坪砖等，当采用可种植植物的面层时，宜在下面垫层中混合一定比例的营养土。透水面砖的有效孔隙率应不小于 8%，透水混凝土的有效孔隙率应不小于 10%。

9.10.2.3 防止地下水污染

径流水体中的大部分污染物在渗透过程中会被渗透介质和土壤吸附，但余下的污染质仍可能会造成地下水污染。冬季融雪剂中盐的使用，使氯离子和钠离子渗入土壤，提高土壤中金属离子的迁移交换能力，增强对地下水的潜在污染。为

了降低这种风险，建议采取以下措施：

(1) 透水铺装尽量不收集交通负荷较大，融雪剂使用量较多区域的雨水，以及有潜在污染物泄露区域的雨水等。

(2) 优先收集污染负荷较小区域的雨水，比如屋顶、低交通负荷的道路及停车场等区域。冬季维护

为避免透水铺装冬季被冻胀破坏，透水铺装中渗透的水体应在 48h 内排干。

9.10.2.4 防止孔隙堵塞

透水铺装材料本身具有多孔特性，透水铺装的垫层和填缝材料宜选用 2.5mm 的石头或砾石。种植植被和冬季清扫维护是减轻透水铺装孔隙堵塞的有效方法。如混凝土和沥青材料的透水铺装，可通过定期真空清扫减少孔隙堵塞。

9.10.2.5 前处理设施

道路雨水径流进入透水铺装前，应利用小型沉淀池、前置塘、植草沟、植被过滤带等进行前处理，防止雨水径流对透水铺装造成堵塞。

9.10.2.6 结构稳定

可通过为透水铺装设计增强栅格结构，提高透水铺装的承重特性。

9.10.2.7 透水层设计要求

透水找平层宜采用细石透水混凝土、干砂、碎石或石屑等，渗透系数及有效孔隙率应不小于面层，厚度宜为 20-50mm。透水垫层厚度应根据蓄存水量要求及蓄存雨水排干时间确定，透水垫层厚度不宜小于 150mm，孔隙率不应小于 30%。

9.10.2.8 坡度要求

透水铺装表面坡度应介于 1-5%，设施上游汇水区不透水区域的坡度不应超过 20%。当透水路面坡度大于 5%时，沿长度方向应设置隔断层，隔断层顶端宜设置在透水面层下 2-3cm，隔断层可采用大于 16mm 的 HDPE 或 PVC 防渗膜或者混凝土。

9.10.2.9 渗排管设置

当透水铺装设置在地下室顶板上时，应设置渗排管。

9.10.2.10 地下水位

透水铺装设施下层蓄水层应布置在高于季节性地下最高水位 1m 以上的位置。

9.10.2.11 土壤属性

土地透水能力低于 15mm/h（或者渗透系数小于 $1 \times 10^{-6} \text{m/s}$ ）时，应在透水铺装的透水基层内设置渗排管。

9.10.2.12 汇水面积与径流量

汇水区域内，透水铺装面积与不透水铺装面积的比值不应小于 1: 1.2。

9.10.2.13 维护要求

透水铺装路面结构应便于施工，利于养护并减少对周边环境及生态的影响，应满足《透水水泥混凝土路面技术规程》CJJ/T135、《透水沥青路面技术规程》CJJ/T190、《透水砖路面技术规程》CJJ/T188 的相关规定。

9.10.3 常见透水铺装实物图





图 9-35 透水铺装实物图

9.10.4 典型设计平面、剖面图

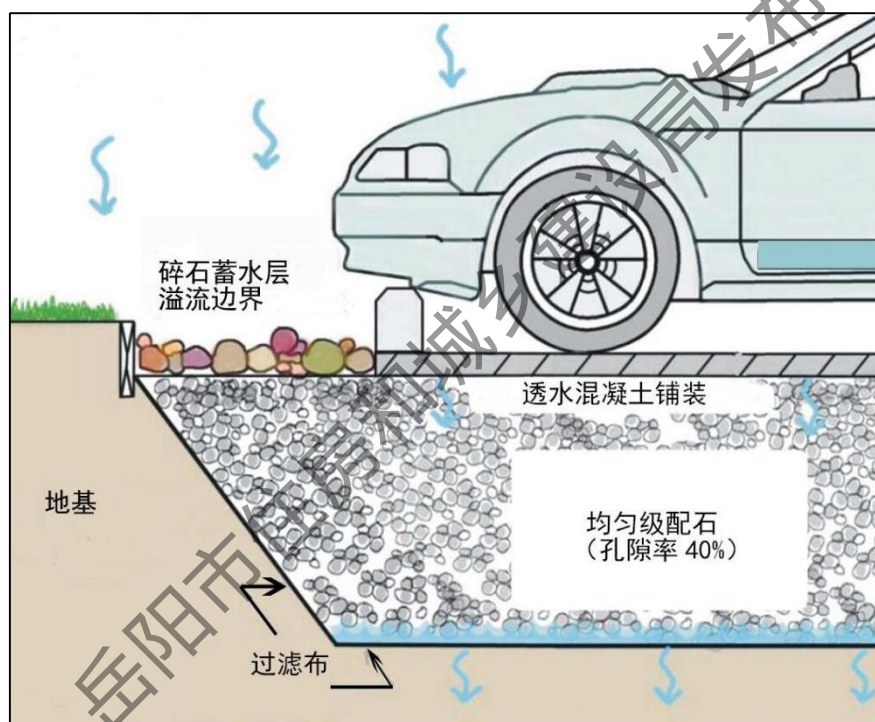


图 9-36 透水铺装结构剖面图

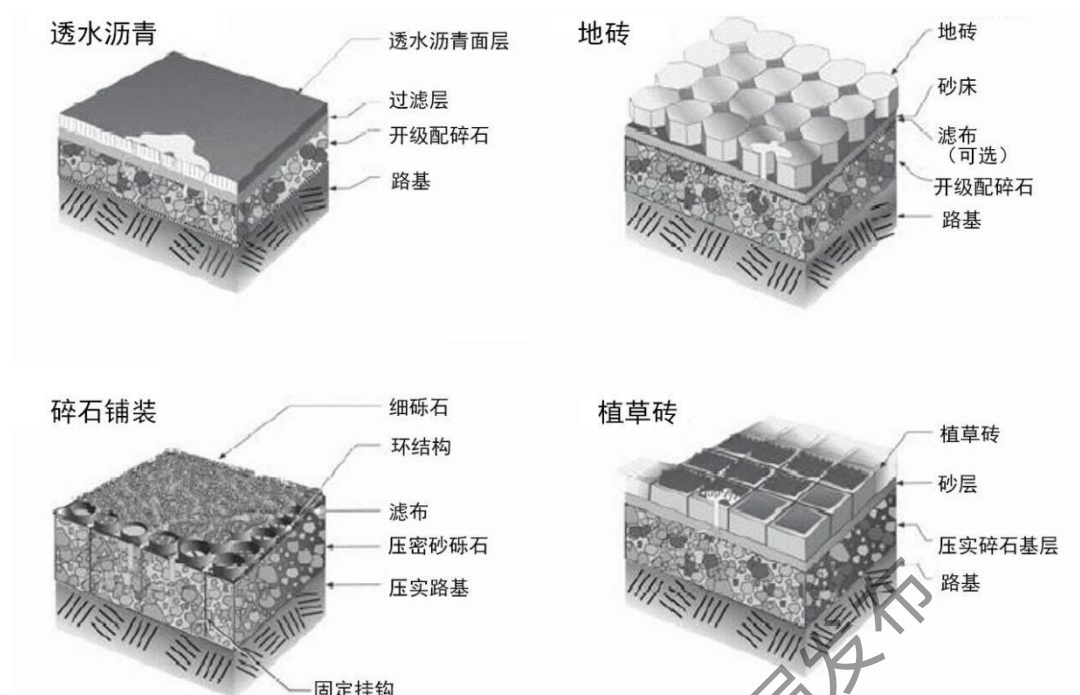


图 9-37 透水铺装结构剖面图

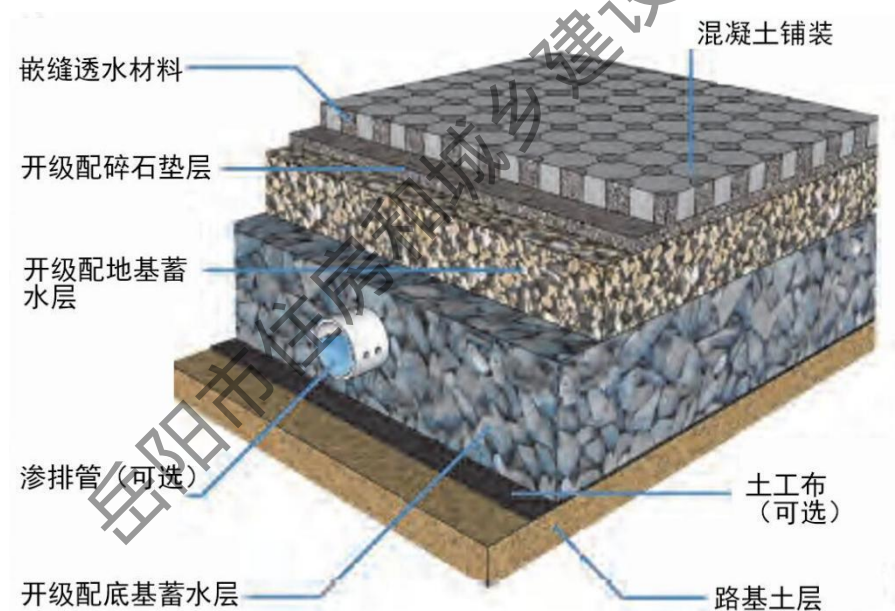


图 9-38 透水铺装结构剖面图

9.10.5 设计指南

9.10.5.1 场地布局

透水铺装系统适用于停车场区或车道上,可被设计用于收集相邻不透水铺装表面形成的雨水径流。一般情况下,汇水区范围内不透水铺装面积不应超过透水

铺装面积 1.2 倍。

9.10.5.2 前处理设施

大多数透水铺装的面层可作为下层蓄水层的前处理设施,定期真空清扫和预防措施能够有效减轻透水铺装孔隙的阻塞程度,另一种有效的前处理设施是在透水铺装蓄水层上方铺设豆砾石层。

9.10.5.3 排水溢流

下层土壤透水能力高于 15mm/h 时,不需要在透水铺装透水基层内设置渗排管;下层土壤透水能力低于 15mm/h 时,应在透水铺装调蓄层顶部设置渗排管。

9.10.5.4 检查井

可在透水铺装系统底部安装直径为 100-150mm 的竖直穿孔管,用于观测降雨期间系统中入渗水体的排干时间。

9.10.5.5 砾石蓄水层

砾石蓄水层可为透水铺装系统提供调蓄空间和结构支撑,蓄水层底部向渗排管倾斜的坡度宜介于 1-5%。

9.10.5.6 边缘条件

城市重荷载道路透水铺装边缘的路缘石与排水沟应采用浇筑混凝土浇筑的方式建造(图 1-3 所示),对于与路面平齐的透水铺装边缘连接处,混凝土边缘下面应设置不小于 150mm 的骨料支撑。



图 9-39 金属和混凝土结构透水铺装边缘

9.10.5.7 景观设计

景观带内形成的雨水径流不能排放到透水铺装表面,防止水体中携带的沉积物堵塞透水铺装孔隙。树池、绿化带可与透水铺装邻接,可为树根生长提供空间、

孔隙和水分。

9.10.5.8 渗透速率

透水铺装的渗透性会随着孔隙的堵塞逐渐降低,建议在维护运行期内透水铺装的渗透速率应大于 75mm/h。

9.10.6 建设施工

9.10.6.1 泥沙控制

施工期间应尽量避免渗透铺装表面因泥沙堆积造成孔隙堵塞,透水铺装铺设完成之后,应尽快开展场地的泥沙控制维护工作。

9.10.6.2 基底建设

停车场透水铺装下层应铺设 100-150mm 的碎石龙骨材料作为支撑结构,碎石在压实过程中应先湿润,机械设备在施工过程中应尽量避免急加速、急制动和在压实层上急转弯,确保透水铺装的基面不受到扰动。

9.10.6.3 铺装材料要求

施工期间,应针对混凝土和沥青的等材料的成分配比、添加剂开展现场测试。

9.11 绿色屋顶（Green Roof）

9.11.1 概述

绿色屋顶也被称为“活屋顶”或者“屋顶花园”，由植被层与生长介质层组成，通常可铺设在平屋顶和坡度适当的坡屋顶上。研究认为绿色屋顶的在改善城市的热岛效应、提升能源利用效率和营造绿色空间等方面均有良好的功效，如针对雨水资源，绿色屋顶可对雨水水质、水量平衡和径流峰值起到有效的控制作用；从水文角度看，绿色屋顶可将雨水蓄存在植物生长介质和表面的洼地当中，过量的降雨径流会通过排水管和溢流孔被输送在建筑物的排水系统，降雨过后大部分绿色屋顶介质层中蓄存的雨水会通过植物蒸腾和蒸发作用散发或通过管道排出。

绿色屋顶通常包括两种类型，重型绿色屋顶和轻型绿色屋顶。重型绿色屋顶要求植被生长介质的厚度不小于 30cm，可以种植深根性植物（灌木不小于 30cm，乔木不小于 60cm）和创造休闲空间；重型绿色屋顶的屋顶结构应具备较强的承载能力。轻型绿色屋顶植被生长介质的厚度一般不小于 10cm，适宜种植草本植物。

9.11.2 设计需考虑要素

9.11.2.1 水体侵蚀建筑屋顶

绿色屋顶在运行过程中，会因屋顶防水与排水故障和植物根系破坏防水层等原因，造成水体侵蚀建筑屋面。因此，在后期的管理与维护过程中，应制定相应的问题检查和修复机制。

9.11.2.2 植被维护

极端的气象条件会对绿色屋顶的植物生存与生长造成破坏影响，可通过比对恰当选择对极端天气有较强抵抗能力的植被。

9.11.2.3 成本

开展给定场地绿色屋顶的成本效益分析，应综合考虑包括屋顶使用寿命、节能、雨水管理、景观、市政等多方面的效益与需求。

9.11.2.4 寒冷天气

绿色屋顶是一种适用于冬季寒冷气候条件的最佳管理措施，冬季降雪能够保护设施的植被层，雪融水体可渗透到生长介质，被蓄积或通过设施排水系统排走，无需增加随季节调整的管理措施。

9.11.2.5 结构要求

在设计当中，轻型绿色屋顶的建筑结构和屋面板的负荷承载能力应能满足支撑土壤、植被以及积水或雪的荷重要求，而重型绿色屋顶的建筑结构的负荷承载能力还应满足承担行人、混凝土铺路机等荷重需求，建筑静设计荷载和动设计荷载设计可参照相关标准。

9.11.2.6 屋面坡度

绿色屋顶的建设坡度不宜超过 15° 。

9.11.2.7 汇水区域

绿色屋顶是设计用于收集降落在屋面上的雨水，一般不用于收集汇水区以外的水体。

9.11.3 常见绿色屋顶设施实物图





图 9-40 绿色屋顶实景图

9.11.4 典型设计平面、剖面图



图 9-41 绿色屋顶剖面图

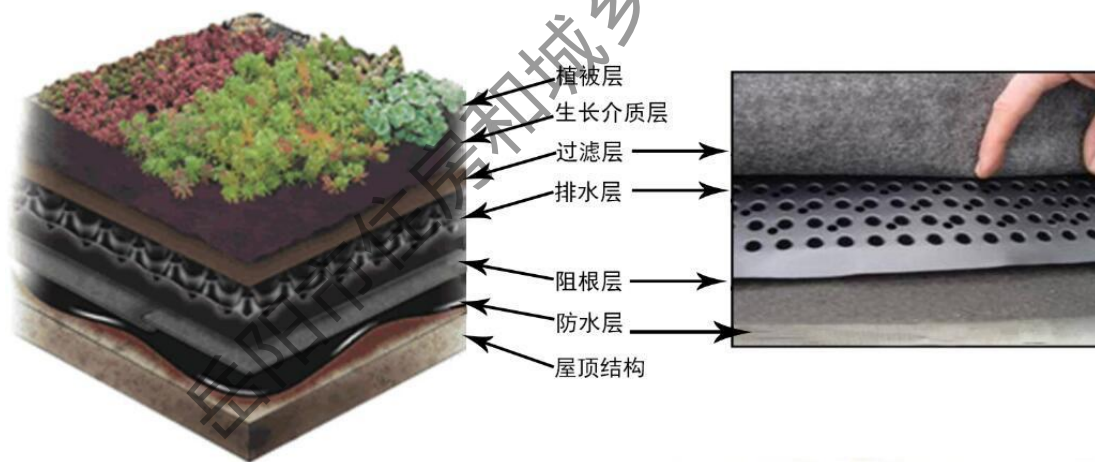


图 9-42 绿色屋顶剖面图

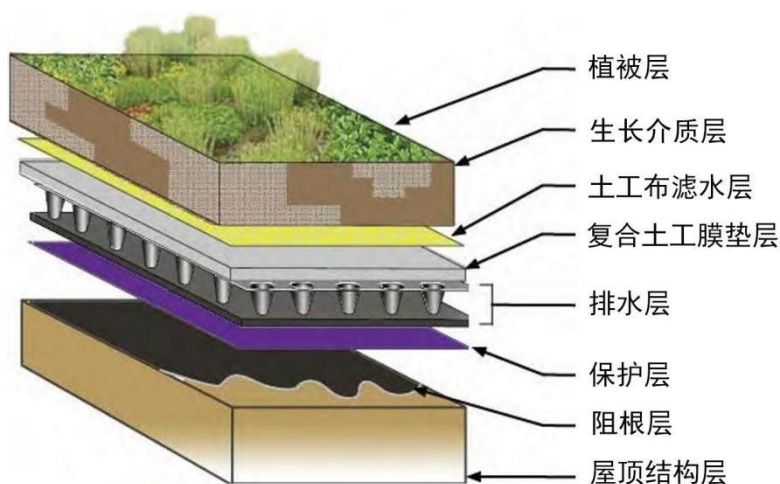


图 9-43 绿色屋顶剖面图

9.11.5 设计指南

绿色屋顶的基本构造（自上而下）包括植被层、种植土、过滤层、排（蓄）水层、保护层、耐根穿刺防水层、普通防水层、找平层、找坡层、保温（隔热）层、找平层和结构层。

9.11.5.1 屋顶结构

绿色屋顶的建设坡度不宜超过 15°，在坡屋顶建设绿色屋顶需设计相应的水土保持措施以确保排水层稳定。

9.11.5.2 排水设计

绿色屋顶应按规范设置相应的排水系统和溢流系统；绿色屋顶排水系统包括多孔排水层和土工合成材料过滤垫，过滤设施是用以防止生长介质中的细小颗粒堵塞多孔介质。多孔介质排水层中的填充材料可选用保水性和排水性较好的砾石或可回收聚乙烯材料。排水层厚度可根据屋顶承载能力和雨水调蓄需求综合确定，排水层孔隙率应不小于 25%；

绿色屋顶的雨水排水系统设计应满足《建筑屋面雨水排水系统设计规程》（CJJ142-2014）要求。

9.11.5.3 生长介质层

生长介质层的厚度宜控制在 40-150mm 之间。

9.11.5.4 景观与植物选择

遵循植物多样性和共生性原则，以生长特性和观赏价值相对稳定、滞尘控温能力较强的本地常用和引种成功的植物为主，优先选择低矮灌木、草坪、地被植物等；宜选择具有强壮须根系统的草本和景天类的生命力强的本土植物，应没有病虫害、缺陷和损伤，且具备一个生长季节培育期；应尽量减少对屋面排水系统的影响，宜选择四季常青、落叶较少、易于维护的植物；宜选择抗污性强，可耐受、吸收、滞留有害气体或污染物质的植物；不宜选用根系穿刺性较强的植物，防止植物根系穿透建筑防水层。

9.11.5.5 排水坡度

绿色屋顶的排水坡度宜为 1%-2%，单向坡长大于 9m 时宜采用结构调坡。

9.11.5.6 雨落口设计

屋面雨水管排入绿地等设施时，应视具体情况设置减少雨水冲击力的缓冲消能措施；绿色屋顶的排水收集口应能有效排除屋顶表面径流和种植土下的排水层的渗流，可设置在雨水收集沟内。

9.11.5.7 安全设计

植物荷重设计应按植物在该环境下生长 10 年后的荷重估算；花园式绿色屋顶种植的布局应与屋面结构相适应，乔木类植物等荷载较大的设施，应设在承重墙或柱的位置。如不可能，则必须采取相应的结构安全措施。

9.11.6 施工建设

既有建筑屋面改造为绿色种植屋面时，必须经有资质的设计单位和检测部门鉴定，核算结构承载力，并根据结构承载力确定其构造及种植形式，应选用轻质种植土和地被植物。

9.12 蓄水池/雨水罐（Cistern/Rain Barrel）

9.12.1 概述

蓄水池/雨水罐是用于收集和储存屋顶雨水径流的蓄水容器。用于雨水收集的调蓄容器主要包括蓄水池和雨水罐两种，雨水罐通常用于居民区屋顶雨水收集，设计容积一般为 190-400L；蓄水池主要用于工业或商业用地的雨水收集，其设计容积相对较大，设置安装方式可为地上和地下两种（地下调蓄池和地上调蓄池），调蓄容积介于 400-40000L 之间，常用的蓄水池构建材料包括玻璃纤维、混凝土、塑料、砖等。

通过蓄水设施（蓄水池和雨水罐）收集的雨水可作为户外非饮用的有效替代水源，可用于灌溉、压力冲洗、建筑内冲厕等。利用蓄水池开展雨水收集与利用不仅有助于节约饮用水资源，同时可减少雨水径流。如将收集的雨水用于城市绿地景观的灌溉，雨水可经过蒸腾与下渗作用进入大气和地下水系统，能够有效地调节城市的水资源平衡。

9.12.2 设计需考虑要素

（1）屋顶产生的雨水径流应在断接管或蓄水池入口处被过滤净化。

（2）蓄水池的设计尺寸应根据集水面积、有效空间以及连接的海绵设施等决定。

（3）蓄水池的结构设计应能满足容积蓄满条件下的承重需求。地下蓄水池应选在无车辆交通负荷的场地设计建设，地下设计有蓄水池的车行道和停车场应针对重型车辆适当布置活荷载。

（4）蓄水池的安装位置应尽量靠近雨水断接管，以便于雨水经断接管流入蓄水池；雨水进入蓄水池之前应在入口处过滤掉水体中的沉积物和悬浮物；地表蓄水池出口应设计在设施的底部，雨水可以以重力流的方式排出，地下蓄水池的出水口应设置在便于将雨水泵排到容易入渗的区域。

（5）蓄水池宜在出口处设计调蓄阀门，可通过控制阀门调节雨水排除的速

率；蓄水池同时应设计有溢流口，便于调蓄空间蓄满后雨水溢流排出；经蓄水池溢流口排出的雨水不宜直接进入城市排水系统，可将溢流口与其他海绵设施相连接，对溢流雨水进行净化处理；蓄水池中蓄积的雨水宜优先排入其它海绵设施或城市景观区域，增加雨水的入渗量和过滤净化率。

9.12.3 常见蓄水池/雨水罐实物图



图 9-44 蓄水池和雨水罐实景图

9.12.4 典型设计平面、剖面图

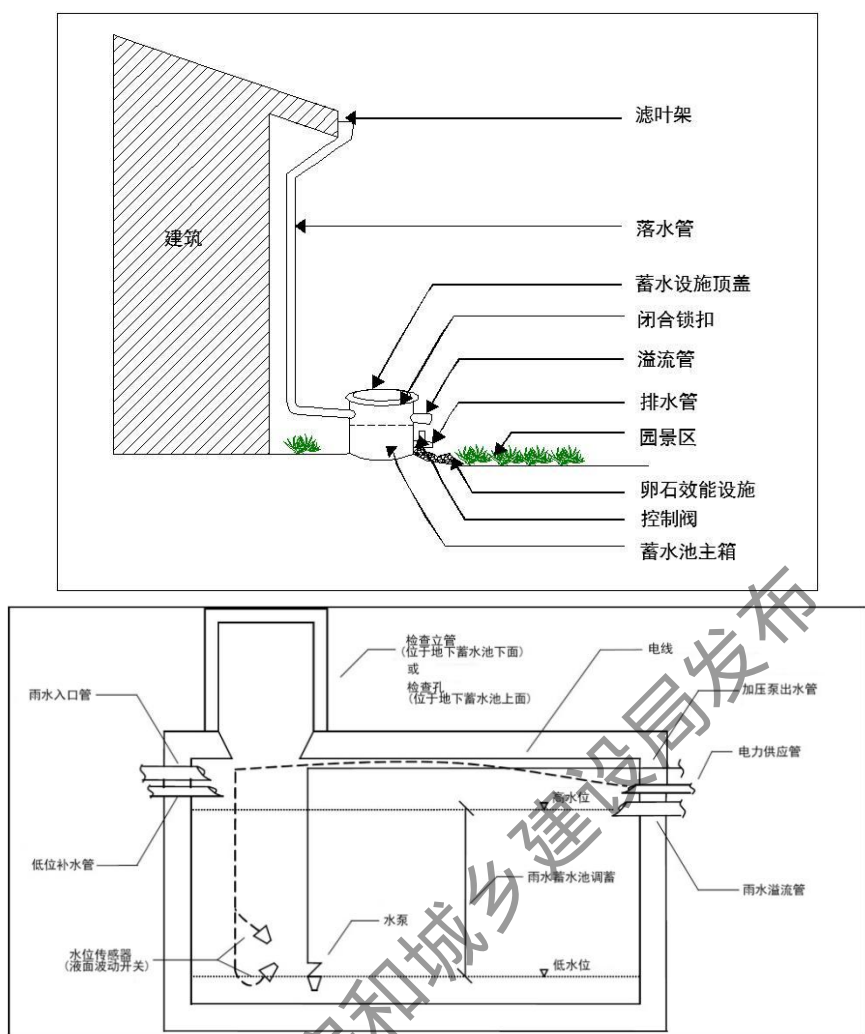


图 9-45 蓄水池设计结构剖面图

9.12.5 设计指南

9.12.5.1 设计步骤

- (1) 确定蓄水池在场地布局中的位置；确定蓄水池系统的组成部分。
- (2) 确定调蓄池及相连接海绵设施的设计处理容积。
- (3) 确定蓄水池入口结构。
- (4) 为蓄水池选定适当的雨水溢流或分流方式。
- (5) 其他注意事项。

9.12.5.2 确定蓄水池的配置

蓄水池通常被用于收集屋顶上形成的雨水径流，因此其入口可选择与建筑物的断接管相连接；出水装置包括水泵、水管、加压泵出水管和排水出口等；地下

蓄水池还应设置补水管和雨水溢流管；场地布局条件会对蓄水池的建设方式和材料产生影响，如建造大型的蓄水池，场地地基应针对蓄水需求进行承重负荷评估。

9.12.5.3 确定蓄水池的设计处理容积

蓄水池的设计处理容积应等于汇水范围内的设计降雨量，设计处理容积是指设计降雨条件下经蓄水池调蓄和溢流进入其它海绵设施的雨水径流容积。

9.12.5.4 入口结构

蓄水池的入口可被设计在设施顶部或侧面。顶部开口的蓄水池，在入口连接处可用篮式过滤器作为入口过滤装置；侧面开口的蓄水池，在入口连接处可用合适的垫圈作为设施的维护和进水通道。



图 9-46 顶部入口型蓄水池



图 9-47 侧面入口型蓄水池

9.12.5.5 入口过滤设施

入口过滤设施是用于去除进入蓄水池的雨水径流中的悬浮物和颗粒物，过滤设施的尺寸主要由断接管上游的集水面积决定，过滤设施可被设置在屋顶排水沟

下面，也可被设置在断接管末端位置。



图 9-48 入口过滤设施安装方式（左侧为与屋顶排水沟连接，右侧为断接管末端）

9.12.5.6 水泵

蓄水池应配置有水泵，便于进行增压灌溉和地下蓄水池排水。水泵排水能力应根据蓄水池设计容量和排水需求适当选取。

9.12.5.7 溢流系统

蓄水池应设置有溢流系统，以便于应对发生连续降雨时蓄水池蓄水超出调蓄高水位的情况，溢流系统通常与排水通道或受水区相连接，便于将溢流雨水排泄或就近渗透；溢流管道的设计排水能力应不小于入水口的最大进水能力；溢流系统通常与输水管道相连接，可将雨水输送至蓄水池汇水区的下游区域，溢流排水下游受水区可为与屋顶段接管相连的透水区域、植被缓冲带、植草沟等。

9.12.5.8 初期冲刷分流设施

初期冲刷分流设施可被安装在入流过滤设施后面，主要设计用于分流降雨初期形成的雨水径流，避免初期雨水径流因清洗作用携带的颗粒物堵塞蓄水池的出口。初期雨水分流设施一般与蓄水池的入口连接，在一些应用中雨水分流设施被设计成为直径为 10-15cm、设置有安全阀的形式，安全阀到分流管末端的管道空间即是初期分流的蓄水空间。



图 9-49 初期雨水分流设施（左图为安全阀，右图为初期雨水分流管）

9.12.5.9 选定合适的出口或分流方式

蓄水池的出口最大排水能力应设计低于最大设计降雨强度，蓄水池的出口应与生物滞留设施或其他透水设施相连接，增加雨水的入渗调蓄量；蓄水池应设置有溢流口，溢流口高度应适当低于进水入口，溢流连接装置应通过防水垫圈与蓄水池连接，蓄水池的入口过滤器后端可增加连接一个分流管。



图 9-50 蓄水池的出口连接方式



图 9-51 蓄水池溢流装置（左图为溢流管，右图为分放管）

9.12.5.10 其他注意事项

雨水罐常用于居民区屋顶雨水收集。其结构设计和设置方式与蓄水池相似，雨水罐入口通常与断接管相连接，同时配置有出水口和溢流口，雨水罐多被设计为顶端开口的形式，可在入口处设置简单的过滤材料（如铁丝网）处理雨水，雨水罐收集的雨水可被用于市政非饮用水和灌溉用水。



图 9-52 居民区雨水罐

9.13 屋顶断接管 (Downspout Disconnection)

9.13.1 概述

简易的断接管是指将屋顶雨水径流从落水管引至透水区域再排向远离建筑物的地方，断接管要求透水区域上与雨落管连接的排水通道应不小于 5m 长。当渗透区域的土壤渗透系数低于 15mm/h（水力传导系数小于 $1 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ ）时，区域内应翻新表层 300mm 深的覆土，增加覆土混合物中有机质含量（重量增加至 8-15%，或体积增加至 30-40%）。

9.13.2 设计需考虑要素

9.13.2.1 地基与渗流

屋顶落水管的排水位置应与建筑地基保持 3m 以上的距离。

9.13.2.2 土壤压实

透水区域内的土壤压实程度会对断接管的使用效果造成影响，因此应限制车辆交通和高流量的行人进入透水区域。

9.13.2.3 积滞水

屋顶断接管连接透水区不用于做地表蓄水，雨水进入透水区域应能够通过渗透进入下层土壤，要求透水区域内的积滞水应在 24h 内通过下渗和蒸发被排除，如果积滞水现象持续 24h 能未消退，应根据维护要求采取积滞水缓解措施。

9.13.2.4 空间要求

屋顶断接管要求透水区域上与雨落管连接的排水通道应不小于 5m 长，且具有适当的土壤条件。如果透水区域的排水路径和土壤条件不能达到要求，断接管应选择与其他合适的低影响开发措施相连接。

9.13.2.5 场地地形

断接管的排水路径应被设计成缓坡地形，坡度宜介于 1-5%。

9.13.2.6 土壤条件

当渗透区域的土壤渗透系数低于 15mm/h（水力传导系数小于 $1 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ ）

时，区域内应翻新表层 300mm 深的覆土，增加覆土混合物中有机质含量（重量增加至 8-15%，或体积增加至 30-40%）。

9.13.2.7 汇水区面积

断接管上游的汇水屋顶面积不应超过 100m²。

9.13.2.8 污染场地

断接管适用于场地地面具有潜在污染风险的区域，但在应尽量避免断接管连接屋顶的径流水体受场地污水影响。

9.13.3 常见断接管实物图

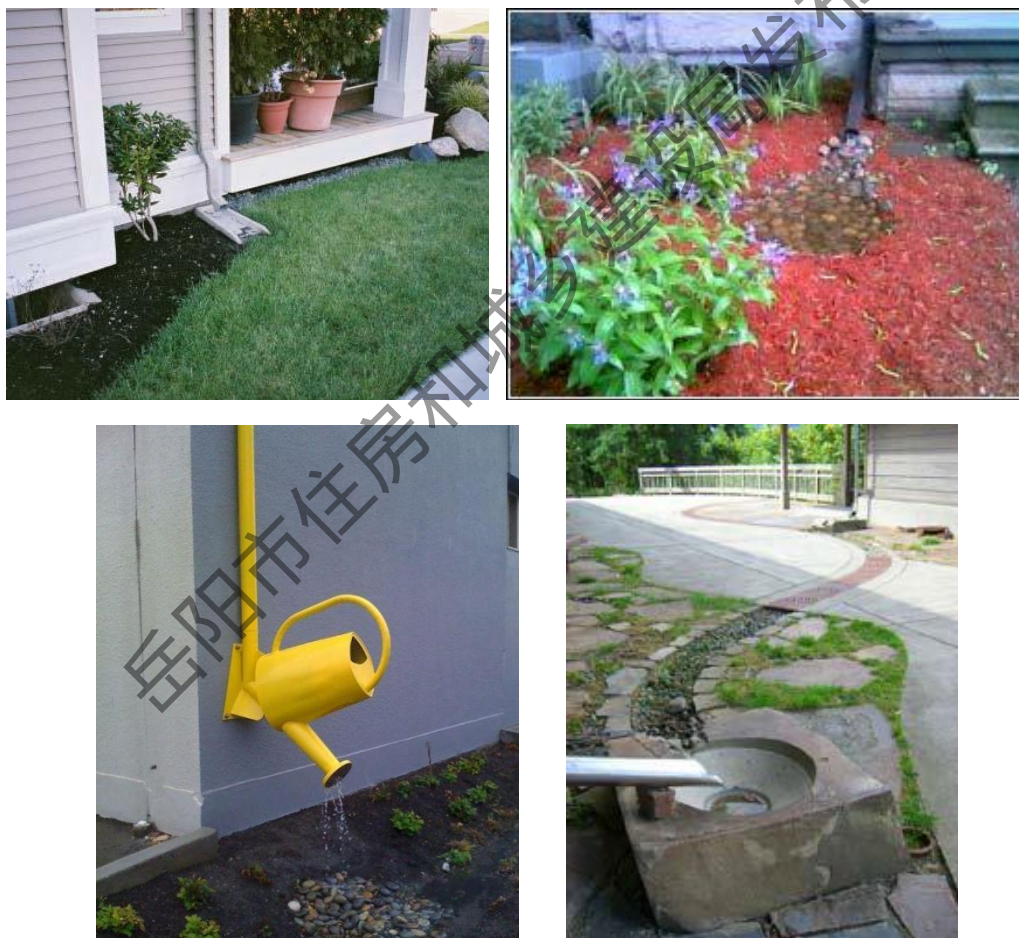


图 9-53 屋顶断接管实景图

9.13.4 设计指南

9.13.4.1 坡度要求

断接管连接透水区域的坡降应介于 1-5%。

9.13.4.2 土壤渗透属性

透水区域内土壤的渗透系数应大于 15mm/h。

9.13.4.3 海绵设施选择

如果透水区域的排水路径和土壤渗透条件不能达到要求，断接管应选择与其他合适的低影响（如雨水收集系统、生物滞留设施区域、植草沟、渗坑、多孔管系统）开发措施相连接。

9.13.4.4 汇水面积

断接管上游的汇水屋顶面积不应超过 100m²。

9.13.4.5 消能设备

应在断接管出口位置设置消能设备，使出口处的径流水体尽可能均匀分布。

9.13.5 施工建设

9.13.5.1 土壤扰动和压实

应防止因土壤被压实而造成土壤的渗透属性变差，如果施工过程中车辆交通造成土壤被压实，应对透水区域表层 300mm 厚的土壤进行松土。

9.13.5.2 冲蚀和泥沙控制

建设施工过程中，应尽量使施工用水远离断接管连接位置；汇水区域和段落管施工完成之后，可清除冲蚀和泥沙控制结构。

9.13.5.3 土壤松土

当渗透区域的土壤渗透系数低于 15mm/h 时，应松土区域内表层 300mm 深的覆土，增加覆土混合物中有机质含量（重量增加至 8-15%，或体积增加至 30-40%）。

9.14 常见设施的组合设计

低影响开发设施的选择应结合不同区域水文地质、水资源等特点，建筑密度、绿地率及土地利用布局等条件，结合汇水区特征和设施的主要功能、经济性、适用性、景观效果等因素选择效益最优的单项设施及其组合系统。组合系统的优化应遵循以下原则：

(1) 组合系统中各设施的适用性应符合场地土壤渗透性、地下水位、地形等特点。在土壤渗性能差、地下水位高、地形较陡的地区，选用渗透设施时应进行必要的技术处理，防止塌陷、地下水污染等次生灾害的发生。

(2) 组合系统中各设施的主要功能应与规划控制目标相对应。

在内涝严重的地区，应优先选择径流峰值控制能力较强的设施；其他地区宜优先选择对雨水径流中污染物具有良好去除效果的设施。

(3) 设施选择的顺序

在选择雨水径流净化设施时，应先去除粒径较大的颗粒物，然后去除粒径较小的颗粒物，最后去除溶解性的污染物。

不同粒径的污染物的处理工艺及措施分别参见图 8-13 和 8-14。

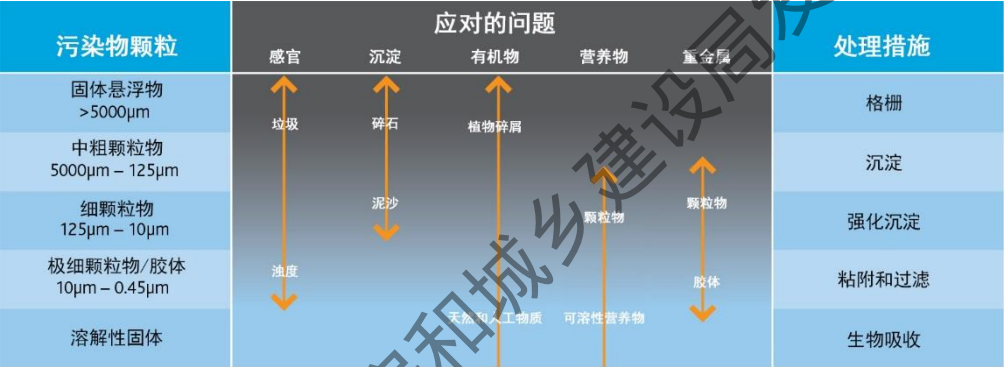


图 9-54 不同粒径污染物去除工艺选择图

(资料来自：澳大利亚墨尔本市水敏感城市设计指南)

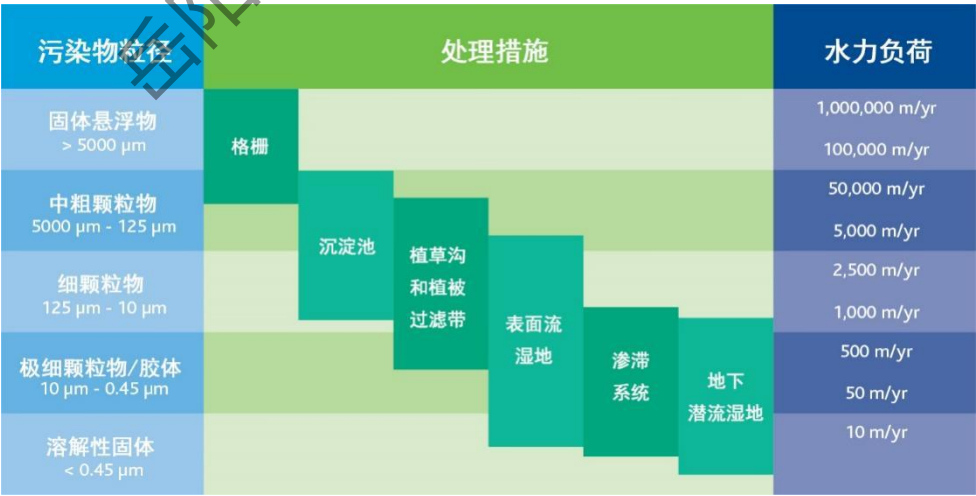


图 9-55 不同粒径污染物去除措施选择图

(资料来自：澳大利亚墨尔本市水敏感城市设计指南)

9.15 设施优化

在满足控制目标的前提下，综合考虑环境效益、社会效益和经济效益，对各项设施的组合进行优化。场地条件允许时，优先选用景观效果较优的设施。

岳阳市住房和城乡建设局发布

10 附录

10.1 基础资料

10.1.1 降雨

统计分析岳阳市 1991~2020 近 30 年年降水量变化情况。其中，多年平均降水量为 1393.98 毫米。岳阳市年降雨量年际变化较大，其中最大为 2002 年，年降雨量为 2110.2 毫米，最小为 2011 年，年降雨量为 921.6 毫米；最大年降水量是最小年降水量的 2.3 倍。岳阳市降水年内变化较大，，最多月降雨量 202.9mm，最少月降雨量 40.1mm，最多与最少月降雨量相差 162.9mm。春夏季（3~8 月）降水量较多，约占全年降水量的 70.6%，其中春季（3~5 月）和夏季（6~8 月）分别占全年的 34.6%和 36.0%。秋冬季降水量相对较少，秋季和冬季降水量分别占全年的 15.8%和 13.6%。汛期（5~10 月）降水量约占全年的 60%左右。

10.1.2 蒸发量

全年蒸发量应依据实测数据确定，缺乏资料时可参照表 10-1 取值。

表 10-1 岳阳市多年平均逐月蒸发量与降雨量（mm/月）

月份	蒸发量	降雨量
1	35.1	67.1
2	35.7	82.6
3	53.6	118.4
4	75.2	175.5
5	92.8	188.4
6	94.1	202.9
7	142.2	192.1
8	140.1	106.4
9	107.1	67.4
10	81.8	73.3
11	60.0	77.0
12	47.2	40.2

注：以上数据为 1991-2020 年气候均值。蒸发为蒸发皿蒸发量。

10.1.3 年径流总量控制率与降雨量关系曲线

岳阳市降雨量统计分析采用 1991-2020 年共 30 年的 4073 场 24 小时降雨资料，年径流总量控制率与设计降雨量的对应关系如图 10-1 及表 10-2 所示。

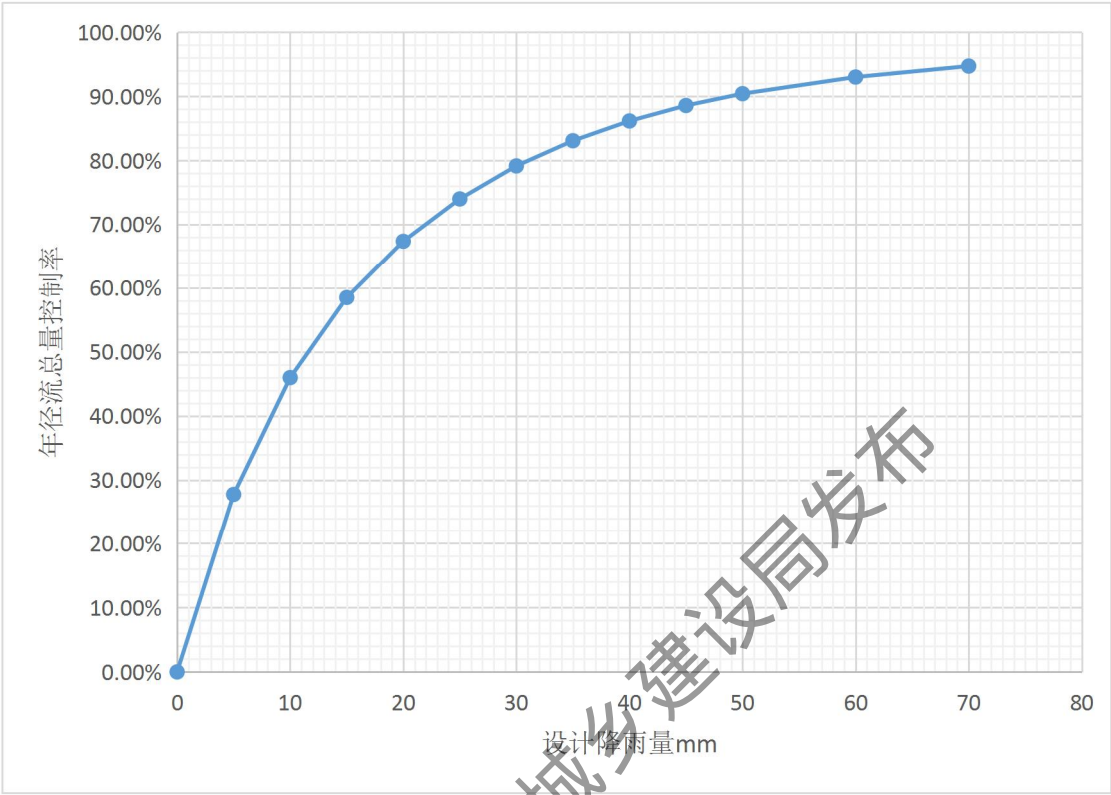


图 10-1 年径流总量控制率与设计降雨量对应关系曲线

表 10-2 年径流总量控制率对应的设计降雨量

年径流总量控制率(%)	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
设计降雨量(mm)	11.4	13.4	15.7	18.4	21.8	25.9	30.9	37.9	48.6	71.9

10.1.4 不同降雨量的降雨次数频率曲线

岳阳市多年不同降雨量对应的降雨次数频率分别见图 10-2 和表 10-3。

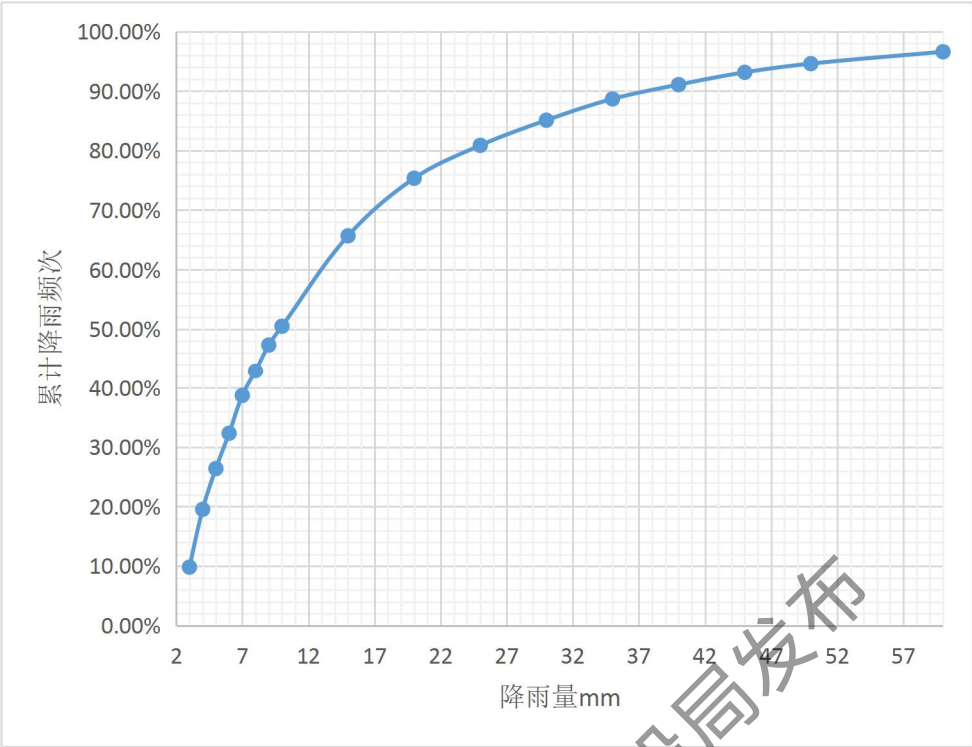


图 10-2 多年不同降雨量对应的降雨次数频率

表 10-3 多年不同降雨量对应的降雨次数频率

累计降雨频次(%)	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
降雨量(mm)	9.9	11.3	13.1	14.8	17.0	17.7	24.0	29.8	37.0	50.6

10.1.5 土壤情况

土壤的渗透系数应以实测数据为准，缺乏资料时，可参照下表。

表 10-4 各种土壤层的渗透系数

土质	渗透系数 K	
	m/d	m/s
黏 土	<0.005	<6×10 ⁻⁸
粉质黏土	0.005-0.1	6×10 ⁻⁸ -1×10 ⁻⁶
黏质粉土	0.1-0.5	1×10 ⁻⁶ -6×10 ⁻⁶
黄 土	0.25-0.5	3×10 ⁻⁶ -6×10 ⁻⁶
粉 砂	0.5-1.0	6×10 ⁻⁶ -1×10 ⁻⁵
细 砂	1.5-5.0	1×10 ⁻⁵ -6×10 ⁻⁵
中 砂	5.0-20.0	6×10 ⁻⁵ -2×10 ⁻⁴
均质中砂	35.0-50.0	4×10 ⁻⁴ -6×10 ⁻⁴
粗 砂	20.0-50.0	2×10 ⁻⁴ -6×10 ⁻⁴
均质粗砂	60.0-75.0	7×10 ⁻⁴ -8×10 ⁻⁴

10.2 土壤渗透系数测定方法

10.2.1 原位土壤渗水试验方案及渗透系数计算方法

原位渗水试验是一种在野外测定土壤包气带非饱和带岩（土）层垂向饱和渗透系数的简易方法。野外原位渗水试验又被称作试坑渗水试验，最常用的包括试坑法、单环法、双环法 3 种。

10.2.1.1 实验原理

在一定的水文地质边界以内，向地表松散岩层进行注水，使渗入土层的水量达到稳定，即单位时间的渗入水量近似相等时，再利用达西定律的原理求出土壤的渗透系数值。

10.2.1.2 试验方法

（1）试坑法

试坑法是在表层土是中控挖一个试坑进行试验。坑深 30-50cm，坑底面积 30cm 见方（或直径为 37.5cm 的圆形）。坑底离地下水位 3-5m。坑底铺设 2cm 厚的砂砾石层（如图 10-3 所示）。试验开始时，控制流量连续均衡，并保持坑中水厚度（z）为常数值（厚 10cm）。当注入水量达到稳定并延续 2-4h，试验即可结束。

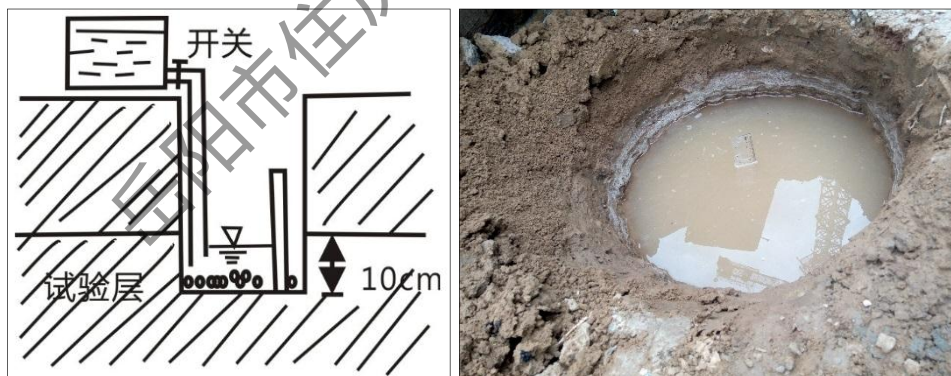


图 10-3 试坑法渗水试验示意图

当试验岩层为粗砂、砂砾或卵石层，可控制坑内水层的厚度 z 为 2-5cm。渗水试验时，入渗水的水力梯度 I 为：

$$\frac{H_k + z + L}{L} \gg 1 \quad (1)$$

土层渗透系数为:

$$v = \frac{Q}{F} = k \quad (2)$$

式中: Q 为稳定的入渗流量, cm^3/min ; F 为试坑的渗水面积, cm^2 ; H_k 为毛细压力水头, cm , 其值可参见表 10-5 确定; L 为试验结束时水的入渗深度, cm , 可由试验结束后利用麻花钻 (或其他钻具) 探测确定; k 为渗透系数, cm/min 。

表 10-5 不同岩性毛细压力水头 H_k 值表

岩 (土) 名称	H_k (m)	岩 (土) 名称	H_k (m)
重亚黏土 (粉质黏土)	≈ 1	细粒黏土质砂	0.3
轻亚黏土 (粉质黏土)	0.8	粉砂	0.2
重亚砂土 (黏质粉土)	0.6	细砂	0.1
轻亚砂土 (砂质粉土)	0.4	中砂	0.05

注: 本表摘自《工程地质手册》, 1992; 表中给出的 H_k 值往往偏小。

试坑法常用于测定毛细压力影响不大的砂类土的渗透系数, 不适合用于毛细压力影响大的黏性土类。

(2) 单环法

单环法是在试坑底嵌入一高为 20cm, 直径为 37.75cm 的铁环, 该铁环圈定的面积为 1000 cm^2 (如图 10-4 所示)。在试验开始时, 用 Mariotte 瓶控制环内水柱, 保持在 10cm 高度上。

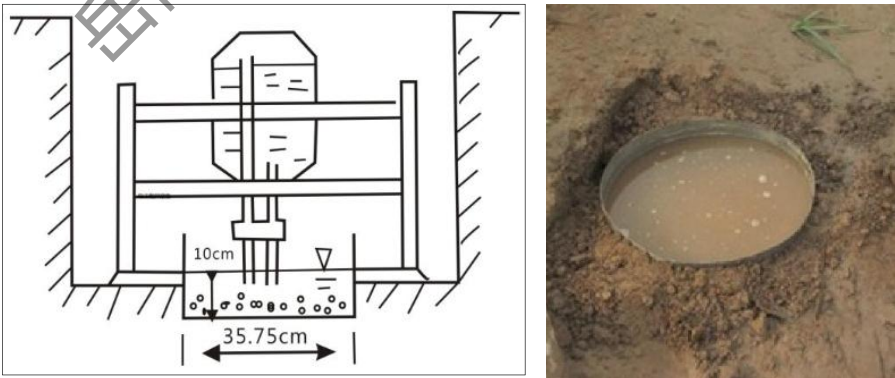


图 10-4 单环法渗水试验示意图

试验一直进行到渗入水量 Q 固定不变时为止, 就可按式 (3) 计算此时的渗

透速度 v :

$$k = \frac{Q}{F} = v \quad (3)$$

所得的渗透速度 v 即为该岩（土）层的渗透系数 k 。此外，还可通过系统地记录一定时间段（如 30min）内的渗水量，求得各时段内的平均渗透速度，据此编绘渗透速度历时曲线图，具体方法可参考图 10-5。

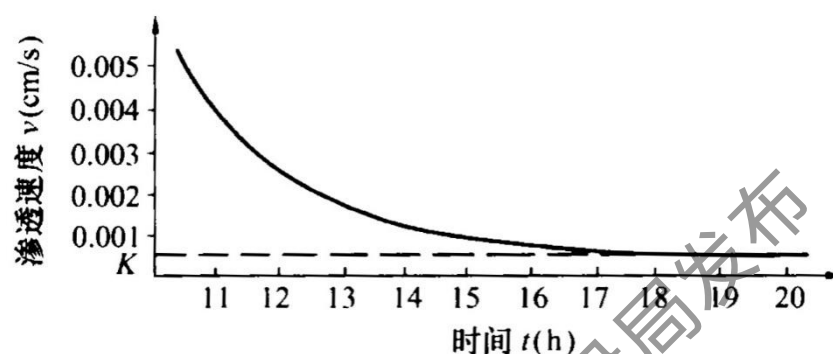


图 10-5 渗水试验中渗透速度历时曲线图

渗透速度随时间延长而逐渐减小，并趋向于常数（呈水平线），此时的渗透速度即为所求的渗透系数 k 值。

（3）双环法

双环法是在试坑底嵌入两个铁环，外环直径采用 0.5m，内环直径采用 0.25m（如图 10-6 所示）。试验时往铁环内注水，用 Mariotte 瓶控制外环和内环的水柱都保持在同一高度（如 10cm）。根据内环所取得的资料按上述方法确定岩（土）层的渗透系数。由于内环中水只产生垂向渗入，排除了侧向渗流带的误差，因此该法获得的成果精度比试坑法和单环法高。



图 10-6 双环法渗水试验示意图

10.2.1.3 根据渗透试验计算岩（土）层渗透系数

当渗水试验进行到渗入水量趋于稳定时，可按式（4）计算渗透系数：

$$k = \frac{Q' L}{F(H_k + Z + L)} \quad (4)$$

式中：Q 为稳定的入渗流量， cm^3/min ；F 为试坑的渗水面积， cm^2 ； H_k 为毛细压力水头， cm ，其值可参见表 10-5 确定；L 为试验结束时水的入渗深度， cm ，可由试验结束后利用麻花钻（或其他钻具）探测确定；k 为渗透系数， cm/min 。

当渗水试验进行相当长时间后渗入量仍未达到稳定时，k 按以下变量公式（5）计算：

$$k = \frac{V_1' L}{F' t_1' a_1} [a_1 + \ln(1 + a_1)] \quad (4)$$

$$a_1 = \frac{\ln(1 + a_1) - \frac{t_1}{t_2} \ln(1 - \frac{a V_1}{V_2})}{1 - \frac{t_1 V_2}{t_2 V_1}} \quad (5)$$

式中： V_1 、 V_2 分别为经过 t_1 和 t_2 时间的总渗入量，即总给水量， m^3 ； t_1 、 t_2

为累积时间， d ； F 为为试坑的渗水面积， cm^2 ； α_1 为代用系数，由试算法求出。

10.2.2 原位土壤渗透系数快速测算方法

原位土壤渗透系数可采用试坑法渗水试验方法进行快速测算（如图 10-7 所示），具体试验方法与步骤如下。

- 1、场地要求：试坑开挖过程尽量不扰动坑底土层的土壤属性（包括土壤孔隙性质、初始含水量、导水率等），以避免影响土壤的渗透属性。
- 2、试验装置包括：长度 30cm 分度值为 1mm 的标尺。
- 3、试验步骤：

（1）试坑：试坑直径 30-60cm（ d ），深度为 60cm（如图 10-7 所示）；



图 10-7 试坑法渗水试验装置图

（2）试坑挖好之后，在开展渗水试验之前可采用野外“干试法”和“湿试法”先对场地的土壤质地做简易测定。

1) 干试法：取米粒大小的干土粒，放在拇指与食指之间使之破碎，在手指间摩擦，根据指压时用力大小和摩擦声来确定。

砂土：在手掌中研磨时有砂粒的感觉，放到手上会从指缝间自动流下，用手指碾时散碎；用肉眼观察则几乎完全由砂粒组成；土壤干燥时土粒分散，不成团。

砂壤土：在手掌中研磨时主要是砂的感觉，也有细土粒的感觉，用手指能碾成不完整的小片；用肉眼观察主要是砂粒，也有较细土粒；土壤干燥时土块用手

指轻压则易碎。

轻壤土：在手掌中研磨时有相当量的粘质粒，用手指能碾成小片，但表面较为粗糙；用肉眼观察则主要是砂粒，有 20-30%的粘土粒；干燥时手指需用较大的力才能将土块破坏。

中壤土：在手掌中研磨时感觉砂质和粘质的比例大致相同，用手指碾成的小片光滑但不光亮；用肉眼观察则还可看到砂粒；干燥时土壤结成块且用手指难于将土块破坏。

重壤土：在手掌中研磨时感觉有少量的砂粒，用肉眼观察则几乎看不到砂粒，干燥时用手指不可能将土块弄碎。

粘土：在手掌中研磨时感觉主要是粘粒，是很细的匀质土，用肉眼观察则为匀质的细粉末，干燥时形成坚硬的土块，用锤击仍不能使其粉碎。

表 10-6 野外土壤“干试法”表现特征

质地名称	土壤干燥状态	干土，用手研磨时的感觉	湿土用手指搓捏时的成形性
砂土	散碎	几乎全是砂粒，极粗糙。	不成球，也不成细条，手握成团，一触即散，搓时土粒自散于手中。
砂壤土	疏松	砂粒占优势，有少许粉粒。	能成球，不能成细条（破碎为大小不同的碎段）。
轻壤土	稍紧、易压碎	粗细不一的粉末，粗的较多，粗糙。	略有可塑性，可搓成粗 3mm 的小土条，但提起易断。
中壤土	紧实、用力可压碎	粗细不一的粉末，稍感粗糙。	有可塑性，可成 3mm 的小土条，弯曲成 2-3cm 环出现裂纹。
重壤土	更紧密，用手不能压碎	粗细不一的粉末，细的较多，略有粗糙感。	可塑性明显，可搓成 1-2mm 的小土条，能弯曲成直径 2cm 的环而无裂纹，压扁时有裂纹。
粘土	很紧密，不易敲碎	细而均一的粉末，有滑感。	可塑性、粘结性均强，搓成 1-2mm 土条，弯成直径 2cm 的环压扁无裂纹。

2) 湿试法：取一小块土壤（比算盘株略大些），去除石砾和根系，放在手中捏碎，加入适量水（土壤加水充分湿润以挤不出水为宜，手感为似粘手又不粘手），调匀，放在手掌心用手指来回揉搓，搓成球-成条-成环的顺序进行，最后将环压扁成土片，观察各个环节状况从而加以综合判断。

砂土：不能搓成条、团或球状、片状。

砂壤土：可搓成球但不可搓成条，勉强搓成条也极易裂成小片段。

轻壤土：可搓成条，但提起时易断。

中壤土：可搓成球、条，将细条弯成环状时有裂痕，压扁时断裂。

重壤土：可搓成球、条，将细条弯成环状时无裂痕，压扁时有大裂痕。

粘土：可搓成球、条，将细条弯成环状时无裂痕，压扁时也无裂痕。

(3) 试坑底部铺设一层 2-3cm 厚的中粗砂或细砾石作为反滤层，保证试坑底部岩土不受冲积；

(4) 在试坑内设置一个长度为 30cm，分度值为 1mm 的标尺，标尺零点与深坑底反滤层表面平齐，试坑内灌入无杂质净水，根据土壤渗透属性，设定灌入水深可介于 15-30cm (H)；

(5) 根据土壤的干湿特征，选择一次灌水完成渗水试验（湿润土壤条件选用）或连续三次灌水（水体完全下渗之后迅速往试坑内灌入设定深度的水体，干燥土壤条件选用）完成渗水试验。干燥土壤条件下，以第三次渗水试验取得数据计算土壤的渗透系数。

4、土壤渗透系数计算公式

取原位土壤渗透速率作为土壤的渗透系数，计算公式为：

$$v=H/t=k \quad (6)$$

式中：k 为渗透系数(mm/s)；H 为试坑内灌水深度 (mm)；t 为水体全部入渗所耗费时长(s)。