

杭州市海绵城市建设
低影响开发雨水系统技术导则
(试行)

杭州市城乡建设委员会
2016年5月

目录

1	前言	1
2	总则	2
2.1	编制目的	2
2.2	适用范围	2
2.3	海绵城市低影响开发雨水系统应遵循原则	3
2.4	规范性引用文件	4
3	杭州市相关基础条件	5
3.1	杭州市水文地质状况	5
3.2	杭州市暴雨强度公式以及降雨特征分布	5
3.3	杭州市排水（雨水）系统现状存在问题	6
3.4	杭州市初期雨水污染现状情况	7
3.5	杭州市低影响开发应用现状	8
4	杭州市低影响开发雨水系统的总体技术路线与目标	9
4.1	低影响开发雨水系统的总体技术路线	9
4.2	低影响开发雨水系统总体目标	10
4.3	低影响开发雨水系统具体控制指标	11
5	杭州市低影响开发雨水系统规划指引	13
5.1	规划原则	13
5.2	低影响开发雨水系统与相关规划关系	13
5.3	总体规划阶段	14
5.4	专项规划阶段	15
5.5	详细规划阶段	18
6	杭州市低影响开发雨水系统设计指引	21
6.1	基本要求	21
6.2	主要设计流程	21
6.3	不同用地类型低影响开发适用技术	23
6.4	典型设施技术要点	27
7	运行维护	47

7.1	低影响设施的运行维护.....	47
7.2	低影响设施的水质及安全保障.....	51
附录	52
1	主要术语.....	52
2	植物选取与维护.....	53
2.1	选取原则.....	53
2.2	选取基本要求.....	54
2.3	维护管理.....	58
3	年径流总量控制率与设计降雨量.....	60
3.1	目标确定方法.....	60
3.2	年径流总量控制率分区.....	61
3.3	控制指标分解方法.....	63
4	低影响开发设施计算.....	66
4.1	一般计算.....	66
4.2	以渗透为主要功能的设施规模计算.....	68
4.3	以储存为主要功能的设施规模计算.....	69
4.4	以调节为主要功能的设施规模计算.....	69
4.5	调蓄设施规模计算.....	70
4.6	以转输与截污净化为主要功能的设施规模计算.....	70
5	杭州市主城区浅部地层分布.....	70
6	低影响开发设施建设费用估算.....	73

1 前言

2013年习近平总书记提出“建设自然积存、自然渗透、自然净化的海绵城市”，低影响开发技术是海绵城市的重要组成部分，可最大限度的减少城市化对原有生态水文状态的影响。杭州市属于典型南方平原河网城市，市境内河湖水系密布，紧邻钱塘江，排水系统受河道水位顶托和潮位影响明显，每年台风雨造成的市区内涝问题严重，同时，随着城市的发展，城市雨水径流污染对杭州河网水质的影响也日趋显现，低影响开发技术是解决城市综合雨洪问题的有效手段。近年来，杭州市已在部分建筑小区及城市道路开展低影响开发雨水系统的试点建设工作，但尚未有指导杭州市整体应用的规划设计规范或手册。为引导、促进和规范杭州市低影响开发技术的发展，特制定《杭州市海绵城市建设低影响开发雨水系统技术导则》（以下简称导则）。

导则主要内容包括总则、杭州市相关基础条件、总体技术路线与目标、规划指引、设计指引、运行维护、附录，共八章。

本导则主要起草单位：北京建筑大学、杭州市综合交通研究中心、浙江省城乡规划设计研究院。感谢：杭州市城市管理委员会、杭州市规划局、中国电建集团华东勘测设计研究院、上海市政工程设计研究总院有限公司、杭州市勘测设计研究院等多家单位对本导则编制的指导和帮助！

导则由杭州市城乡建设委员会负责管理，北京建筑大学负责技术解释。请各单位在使用过程中，根据总结实践经验，提出意见和建议。

导则主要起草人：赵杨、朱彤、刘强、赵萍、杨正、张壮云、李贞子、陆瑛、余子华、李世奇、王永、怀肖清

导则主要审查人：车伍、严晓鹰、何卫华、史宇光、郝新宇

2 总则

2.1 编制目的

为有效保护和改善杭州市水生态环境，大力推进杭州市海绵城市建设，有效控制径流污染，减轻防洪排涝压力，合理利用雨水资源，优化水资源结构，规范杭州市海绵城市建设低影响开发雨水系统的规划、设计和运行管理，特制定本技术导则。

2.2 适用范围

本导则的适用范围为杭州市市区约 4876 km²，作为建筑与小区、市政道路、公共绿地、河道水系、文物保护区、风景名胜区等不同用地低影响开发雨水系统构建的指导性文件。自本导则批准公布之日起，杭州市新建、改建、扩建项目应按本导则要求配套建设相应规模的低影响开发雨水系统工程或设施。其他各区县可参照执行本导则。除符合本导则外，还应符合国家、地方和行业的相关标准、规范、导则的规定。

低影响开发的理念，最初强调分散式、小型化的源头控制措施，但随着低影响开发理念及技术的不断发展，加之我国城市发展和基础设施建设过程中面临的市内涝、径流污染、水资源短缺等突出问题，在我国，低影响开发的含义已延伸至源头、中途和末端不同尺度的控制措施。因此，本导则针对的低影响开发技术指在城市开发建设过程中采用源头削减、中途转输、末端调蓄等多种手段，通过渗、滞、蓄、净、用、排等多种技术，不仅包括二级开发地块内部的生物滞留（雨水花园）、绿色屋顶、植草沟等分散式、小型化生态雨水设施，同时包括城市 and 市政尺度上的大规模生态排水管渠，末端的雨水湿地等大尺度绿色基础设施。实现城市良性水文循环，提高对径流雨水的渗透、调蓄、净化、利用和排放能力，维持或恢复城市的“海绵”功能。

以下地区的建设项目应注意：

(1) 特殊污染源地区（如地面易累积污染物的化工厂、农药厂、金属冶炼加工厂、传染病医院、油库、加油加气站等）新建、改建、扩建建设项目如需建设低影响开发设施的，除适用本导则外，还应开展环境影响评价，避免对地下水、周边水体造成污染。

(2) 陡坡坍塌、滑坡灾害等危险场所，对居住环境以及自然环境易造成危害的场所，其他有安全隐患的场所应考虑安全因素对低影响开发设施的影响。

2.3 海绵城市低影响开发雨水系统应遵循原则

2.3.1 尊重自然、生态优先

城市开发建设应尊重自然，保护河流、湖泊、湿地、坑塘、绿地等自然设施，优先利用自然排水系统与低影响开发设施，通过雨水的自然积存、自然渗透、自然净化，实现建设区域内年均雨水径流外排量和峰值流量不大于建设前，提高水生态系统的可持续循环能力，构建城市良好的生态功能。

2.3.2 规划引领、目标统筹

低影响开发雨水系统规划涉及城市总体规划、控制性详细规划、排水防涝规划等相关规划要求，做到规划引领、目标统筹。以不同区域不同地块具体建设指标为目标，构建符合规划要求的低影响开发雨水系统，实现杭州市低影响开发雨水系统控制目标。

2.3.3 因地制宜、技术适用

低影响开发雨水系统构建应根据杭州市自然地理条件、水文地质特点、水资源状况、降雨规律、内涝防治等要求，合理确定低影响开发控制目标与指标；基于不同区域本底特性，选用适用的绿色屋顶、下沉式绿地、植草沟、雨水花园、渗透铺装、多功能调蓄等低影响开发设施或其组合形式。

2.3.4 安全为重、工程可靠

以保护人民生命财产安全和社会经济安全为出发点，综合采用工程和非工程措施提高低影响开发设施的建设质量和管理水平，消除安全隐患，增强防灾减灾能力，保障城市水安全。

2.4 规范性引用文件

本技术导则引用了下列标准规范中的有关条款。（所列标准规范的最新版本适用于本导则。）

- 《室外排水设计规范》GB 50014
- 《建筑给水排水设计规范》GB 50015
- 《城市排水工程规划规范》GB 50318
- 《城镇防涝规划标准》（DB33/1109）
- 《建筑与小区雨水利用技术规范》GB 50400
- 《城市绿地设计规范》GB 50420
- 《屋面工程技术规范》GB 50345
- 《城市道路工程设计规范》CJJ 37
- 《给水排水构筑物施工及验收规范》GB 50141
- 《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268
- 《雨水控制与利用工程设计规范》DB11 / 685
- 《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1
- 《透水路面砖和透水路面板》GB / T 25993
- 《透水水泥混凝土路面技术规程》CJJ/T 135
- 《建筑屋面雨水排水系统设计规程》CJJ 142
- 《透水沥青路面技术规程》CJJ/T 190
- 《透水砖路面技术规程》CJJ/T 188
- 《种植屋面工程技术规程》JGJ 155
- 《公园设计规范》CJJ 48
- 《园林绿化工程施工及验收规范》CJJ 82
- 《建筑地基处理技术规范》JGJ 79
- 《海绵城市建设技术指南—低影响开发雨水系统构建》（试行）
- 《雨水综合利用》（图集）10SS705

3 杭州市相关基础条件

3.1 杭州市水文地质状况

杭州市区域内地表河系密布，主要河流有钱塘江、东苕溪、京杭大运河、杭申甲线、杭申乙线、萧绍运河和上塘河等，其中钱塘江为最大水系，属感潮河流；湖泊主要有西湖、白马湖、湘湖、西溪湿地等。

杭州市主城区地势整体呈现西高东低。西部属浙西中低山丘陵，东北部属浙北平原。杭州市区处在浙西中山丘陵向浙北平原的过渡地带，午潮山、老焦山耸立于西，半山、皋亭山蜿蜒于北，屏风山、五云山绵亘于南，钱塘江奔流于东。市区的中部，吴山和宝石山又夹峙西湖。“三面云山一面城”，是杭州市区山、水、城融为一体的真实写照。杭州市的浅部地层沉积物来源主要有钱塘江（苕溪）的河流相沉积物（粘土、粉土、砂卵石）和东海的海相沉积物（淤泥质土）。杭州市土壤特性表见附录。

3.2 杭州市暴雨强度公式以及降雨特征分布

3.2.1 暴雨强度公式

$$i = (57.694 + 53.476 \lg P) / (t + 31.546)^{1.008}$$

式中： i ——暴雨强度（mm/min）；

P ——设计降雨重现期（a）；

t ——降雨历时（min）；

3.2.2 降雨特征分布

（1）多年平均降雨量

杭州市降水量较为丰沛，1981-2010年30年平均降雨量为1439.7mm。但降水的地区分布很不均匀，从全市多年平均年降雨量等值线图上看，降水总的趋势是随着地势的增高，自中部富春江河谷地带向西南、西部、西北、北部递增；随着地势的平缓，向东北部钱塘江河口平原递减。降水在时间上分布也很不均匀，

首先是年际变化较大，多年最大年降水量为多年年平均值的 1.87 倍，而多年最小年降水量只有多年年平均值的 0.4 倍，多年最大年降水量与多年最小年降水量比值为 2.27:1。全市年降水量的变差系数为 0.16~0.22。其次是降水的年内分配很不均匀，多年平均最大月降水量占全年降水量的 13.6%~18.9%。多年平均汛期 4~10 月降水量占全年的 73.7%，其余月份占全年的 26.3%。多年平均连续四个月降水占全年总量的 50%~55%，一般出现在 5~8 月或 6~9 月。降水主要系梅雨和台风雨，从多年各月降水量分布情况看，杭州市西部及西南部主要由梅雨为主，呈“单峰型”，北部和东北部则是梅雨、台风雨并存，呈“双峰型”。

(2) 短时强降雨

杭州市的暴雨类型划分为台风暴雨、梅雨暴雨以及局地热对流暴雨三类。杭州市的暴雨比例中，梅雨暴雨和热对流暴雨各占43.56%，台风暴雨占12.87%。杭州市短时强降水多发生在夏季的7、8月份，5、6月份的梅雨集中期也会出现强降水。从最近十年看，9、10月份发生短时强降水的次数在逐渐增加。

3.3 杭州市排水（雨水）系统现状存在问题

随着城市建设的快速发展及气象条件的日益变化，城市排水设施还是无法适应短历时、高强度的暴雨。特别是经历了“罗莎”、“菲特”台风严重考验城市排水系统。台风期间，市区有上百处积水点，主城区上千户住宅进水，几十处道路路段积水、交通受阻。

(1) 城市快速发展后，按照原有标准设计的雨水管网已经不能适应“短历时、强降雨”情况下的城市排水防涝要求。

(2) 小区域的蓄水、滞水设施不足。十几年的高强度开发，城市的大部分土地都已硬化，缺乏场地对雨水的滞蓄功能。径流雨水直接进入道路下的城市雨水管道，加重了城市雨水管网的负担。

(3) 杭州市雨水排水的主要出路是外排京杭运河（自排）、钱塘江。在汛期，长时间的降雨推高了运河水位，造成暴雨来袭时管道排水不畅，城市局部低洼处容易积水。

3.4 杭州市初期雨水污染现状情况

杭州市城区下垫面种类的复杂多样性决定了城市径流污染的性质和污染物种类的复杂性。根据汇水面性质、地表功能及污染物的形成原因，可以将城市的污染源分为大气污染沉降、屋面径流污染、建筑工地径流污染和道路径流污染，具体见表 3-1。

表 3-1 杭州市径流污染源类型

污染源类型	污染物
大气沉降	酸类（硝酸盐、硫酸盐等）、有机污染物、金属（铅、汞等）、氮磷物质、颗粒物等
屋面径流	有机污染物、金属（铵铬、锌、钙等）、颗粒物
建筑工地	泥沙、盐类、酸类物质等
道路径流	有机污染物、金属（铅、锌、钙、铁、铜、铬、锰、钠等）、氮磷物质、颗粒物等

通过对杭州市天然降雨水质进行实测调查，杭州市初雨污染具有以下特征：

杭州市天然降雨水质较好，达到了《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）II类-III类。

杭州市区屋面径流初期雨水污染非常明显，径流初期 COD 浓度为径流末期的 6-9 倍。屋面径流中的 COD 浓度在径流形成以后逐步下降，但随着降雨的进行会产生小峰值，之后逐步降低并趋于稳定。

不同道路的径流污染物浓度差异较大，如上塘河道路雨水口的 COD 值只有 44~75mg/L，而长版巷末雨水口的 COD 值却高达 96~411mg/L，这主要是由于不同的汇水面性质所造成的。

管网内部污染非常严重，各项指标均严重超标。整体上看降雨期间水质要劣于非降雨期间，表明降雨对管网水质有一定的影响。部分管道初期径流的污染物浓度较高，峰值主要集中在降雨产流后的 0-10min，之后污染物浓度趋于稳定。而另外一些管道的初期径流并非具有高浓度特征。如上塘路上游管道的 COD 值甚至高达 825~1481mg/L，同一管道系统的上下游的污染程度也存有差异，这主要是受管道稀释、污染物沉积和沉积物再冲刷等因素的影响。

较之于雨水口、管道径流而言，河道径流水质总体偏好，但部分河道的污染也较为严重，典型的如南应加河上塘河口，究其原因可能是由于该河段不同于运

河，河宽较窄，水流不畅，上游污染物排放不能及时扩散。

总体来看，杭州的实测数据较全国平均污染物浓度偏低，但城市雨水径流污染较为严重，绝大多数污染指标远高于地表水环境质量 V 类标准，管道径流的 COD 指标甚至超过生活污水，而 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TP 等指标总体上略低于生活污水。此外，污染物浓度同时受降雨强度、降雨间隔时间、下垫面性质、汇水面等因素影响，随着降雨历时的延长，浓度也逐渐下降；交通干道由于来往车辆等随机因素的影响，后期径流污染的浓度也会再出现一些小峰值；如果汇水面较大，污染状况也很不均匀，也可能出现类似情况。

3.5 杭州市低影响开发应用现状

杭州市在城市开发、建设过程中一贯秉承绿色、生态的有机更新的建设理念，与低影响开发的建设理念相符合。

体现在工程实践方面：杭州市长期持续实施河道综合治理工程，坚持生态优先原则，在西湖长桥溪、古新河、贴沙河等河道治理中广泛采用生物滤沟、雨水湿地等低影响开发技术；2013 年，杭州启动“五水共治”（“治污水、排涝水、防洪水、保饮水、抓节水”）三年行动计划，对城市雨水的综合控制是其中的重要组成部分，低影响开发是其重要的技术手段；2014 年 1 月 1 日起杭州全面贯彻实施浙江省《民用建筑绿色设计标准》，将低影响开发作为重要的设计内容进行贯彻和执行。

体现在前期研究储备方面：2008 年开始，杭州市就开展并完成《杭州市雨水资源化利用》、《杭州市城市道路雨洪控制利用》、《杭州市低碳城市雨水系统建设规划》等住建部、科技项目。同时杭州市还开展了《杭州市中东河截污纳管工程方案研究》、《杭州市污水系统现状调研及建设管理评估报告》、《杭州市初雨污染现状分析及控制对策措施研究》、《杭州市雨水设计流量计算方法》、《杭州市河道十二五规划》、《杭州市下穿立交雨水防涝设计方法》等省、市、区课题研究项目。为下一步开展相关的政策前期研究、示范工程等提供决策参考和依据。

体现在政策支持方面：杭州市目前已经出台了《杭州市人民政府关于推进海绵城市建设的实施意见》以及《杭州市建设项目低影响开发雨水系统管理暂行规定》等一系列政府文件，以期更好地推进杭州市海绵城市建设工作。

4 杭州市低影响开发雨水系统的总体技术路线与目标

4.1 低影响开发雨水系统的总体技术路线

杭州市低影响开发雨水系统建设过程主要分为规划、设计、建设、维护四个阶段，主要内容包括问题分析、控制目标、系统规划、建设实施、运行维护、效果评估，通过全过程有机、长效的管理机制保障系统建设和运行。

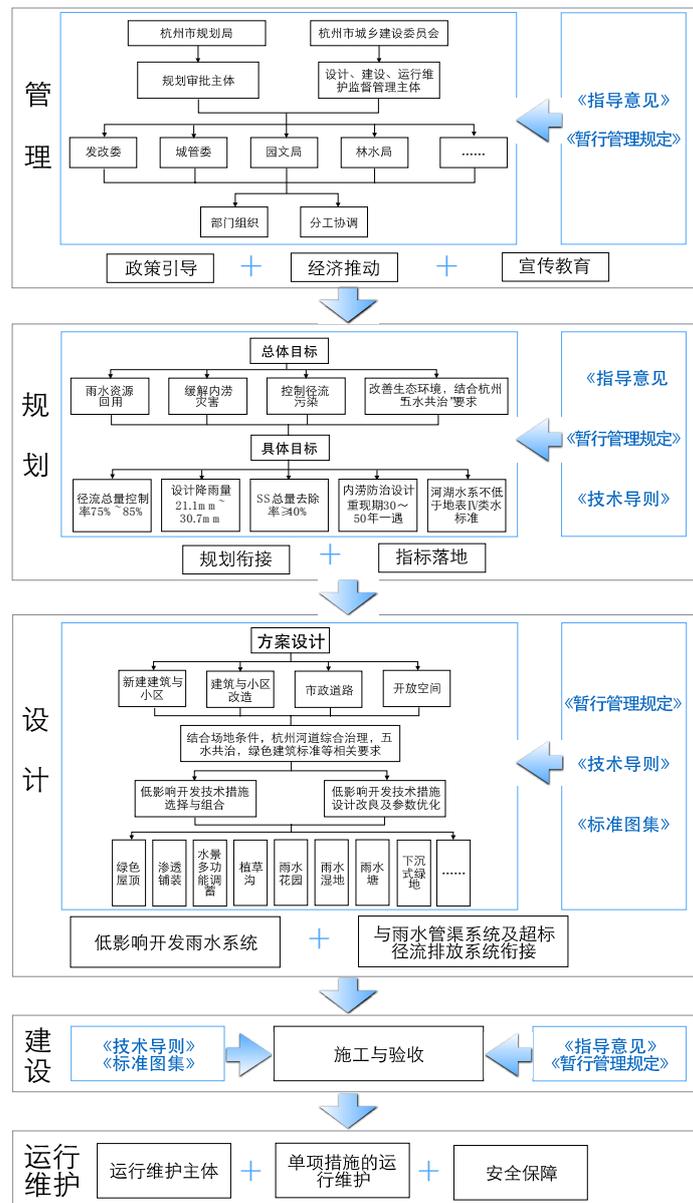


图 4-1 杭州总体技术路线图

4.2 低影响开发雨水系统总体目标

本导则旨在贯彻低影响开发理念，构建杭州市低影响开发雨水系统，通过采取各种有效的低影响开发技术措施，以控制径流污染、缓解内涝灾害为重点，兼顾合理利用雨水资源、改善水环境以及营造多功能景观等多重目标的实现。

(1) 控制径流污染，改善水环境质量

2007 年以来杭州市开展大规模的河道综合治理工程，点源污染逐步得到控制。但由于近年来雨水径流的污染问题，导致杭州市部分整治后的河道又回到劣 V 类水体的现象。通过低影响开发雨水系统的建设，利用生态化雨水处理设施控制雨水径流污染，减少面源污染负荷，有效保护和改善杭州城市水环境质量，逐步消除城市黑臭水体。

(2) 减少径流排放，减缓内涝灾害

杭州市河网纵横，主要城市建设区域相对平坦，局部低洼区域极易形成内涝。汛期及台风期间，受运河下游水位顶托的影响，更易形成主城区大面积积水与内涝。在城市建设中实施低影响开发建设模式，通过降低场地径流系数、延长雨水径流时间，从而减少杭州内涝发生的频率和程度，缓解城市下游排水系统压力，解决低洼地区等重点地段的排水防涝问题。

(3) 绿色雨水系统，兼顾生态景观效果

杭州市一直致力打造国家级生态城市，建设“美丽杭州”。雨水花园、下沉式绿地、雨水湿地、水景多功能调蓄设施等低影响开发雨水设施，既具有显著的雨水调节功能，也有良好的景观效果和生态效益。通过低影响开发设计与园林绿地的有机结合，创建具有雨水调节功能的低影响开发生态绿地，提升城市绿地系统的综合效益，营造生态景观。

(4) 利用雨水资源，优化水资源结构

2014 年杭州市人民政府发布《杭州市抓节水三年行动计划(2014-2016 年)》，结合“五水共治”要求，保障水资源持续利用。其中提出加快推进雨水回收利用项目。杭州市降雨量丰沛，宜采取雨水湿地、雨水塘、雨水桶、收集池等设施对雨水进行收集及简单处理，用于就近的绿化灌溉、路面与公厕冲洗和河道配水。从而合理利用雨水资源，优化杭州城市供水结构。

4.3 低影响开发雨水系统具体控制指标

通过对杭州市核心雨水问题的分析，结合杭州低影响开发总体目标，有针对性的提出杭州低影响开发具体控制指标，目标兼顾水生态、水环境、水安全、水资源四个方面，主要落实的控制指标涵盖：

- 径流总量控制；
- 径流峰值控制；
- 径流污染控制；

4.3.1 径流总量控制指标

低影响开发雨水系统的径流总量控制采用年径流总量控制率作为控制指标。杭州各类低影响开发建设项目，其建设区域限定设计条件下，低影响开发设施建成后雨水径流总量不超过建设前，全市年径流总量控制率宜在 75 %~85%。对应的设计降雨量为 21.1mm~30.7 mm。

- 指标要点

(1) 依据住房城乡建设部发布的《海绵城市建设技术指南》，杭州市位于我国大陆地区径流总量控制分区中的 III 区，雨水径流总量宜控制在 $75\% \leq \alpha \leq 85\%$ 。

(2) 在改建区域、绿化空间狭小或资金有限的场地，可按照低控制目标取值，且在设计标准下旧城改造后的径流总量不超过改造前，不应增加既有或规划的排水防涝设施的额外负担。

(3) 在新建区域、绿化空间较大或有资金保障的场地，宜按照高控制目标选取，且年径流总量控制率不低于 75%。

4.3.2 径流污染控制目标

径流污染控制是低影响开发雨水系统的控制目标之一，污染物指标可采用悬浮物（SS）、化学需氧量（COD）、总氮（TN）、总磷（TP）、重金属等。杭州市雨水径流污染控制指标宜采用年 SS 总量去除率指标。各类低影响开发建设项目，其建设区域的低影响开发设施建成后，年 SS 总量去除率宜达到 40%以上，通过采取雨水径流污染控制措施，可有效削减雨水径流污染，减轻对受纳水体的污染，改善区域内生态环境，保障水质安全。保障城市河湖水系水质不低于《地表水环境质量标准》IV 类标准

4.3.3 径流峰值控制目标

广义来讲，低影响开发指在城市开发建设过程中采用源头削减、中途转输、末端调蓄等多种手段，通过渗、滞、蓄、净、用、排等多种技术，实现城市良性水文循环，提高对径流雨水的渗透、调蓄、净化、利用和排放能力，维持或恢复城市的“海绵”功能。为保障城市安全，在低影响开发设施的建设区域，结合传统雨水排水管渠的作用，能更好地缓解城市内涝。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然应当按照《室外排水设计规范》（GB50014）中的相关标准执行。有条件的新建区域可利用低影响开发设施取代传统的雨水管渠，植草沟等传输型低影响开发设施的设计应满足《室外排水设计规范》（GB50014）相关要求，根据《室外排水设计规范》（GB50014）及浙江省《城镇防涝规划标准》（DB33/1109），杭州市雨水管渠设计标准宜按表 4-1 执行。

表 4-1 杭州市雨水管渠设计重现期

城区类型	一般地区	中心城区	中心城区的重要地区	中心城区地下通道和下沉式广场等
重现期	2~3年	3~5年	5~10年	30~50年

低影响开发雨水系统也是城市内涝防治系统的重要组成部分，应与城市雨水管渠系统及超标雨水径流排放系统相衔接，建立从源头到末端的全过程雨水控制与管理系统，共同达到内涝缓解要求，城市内涝防治设计重现期应按《室外排水设计规范》（GB50014）中内涝防治设计重现期 30~50 年一遇的标准执行。

表 4-2 杭州市内涝防治设计重现期

设计重现期	地面积水设计标准
30~50年一遇	1. 居民住宅和工商业建筑物的底层不进水； 2. 道路中一条车道的积水深度不超过15cm。

4.3.4 雨水资源利用

低影响开发雨水系统涵盖雨水的下渗、减排、调蓄、利用等不同方面，雨水的直接回用是其中一个组成部分，杭州雨水资源丰富，属于水质性缺水。结合杭州“五水共治”中“保节水”的相关要求，应鼓励杭州市整体雨水资源收集回用，回收雨水主要用于绿化灌溉、道路浇洒、洗车、公厕冲洗等。

5 杭州市低影响开发雨水系统规划指引

5.1 规划原则

(1) 保护性开发。杭州城市建设过程中应保护河流、湖泊、湿地、坑塘、沟渠等水生态敏感区，并结合这些区域及周边条件（如坡地、洼地、水体、绿地等）进行低影响开发雨水系统规划设计。

(2) 水文干扰最小化。优先通过分散、生态的低影响开发设施实现径流总量控制、径流峰值控制、径流污染控制等目标，防止城镇化区域的河道侵蚀、水土流失、水体污染等。

(3) 统筹协调。低影响开发雨水系统建设内容应纳入城市总体规划、水系规划、绿地系统规划、排水防涝规划、道路交规划等相关规划中，各规划中有关低影响开发的建设内容应相互协调与衔接。

5.2 低影响开发雨水系统与相关规划关系

低影响开发雨水系统构建需要从规划入手，统筹考虑相关专业规划的衔接，以规划目标指标作为指导依据，优化空间布局，指引各地块低影响开发设施设计方案。低影响开发雨水系统与相关规划关系如下：

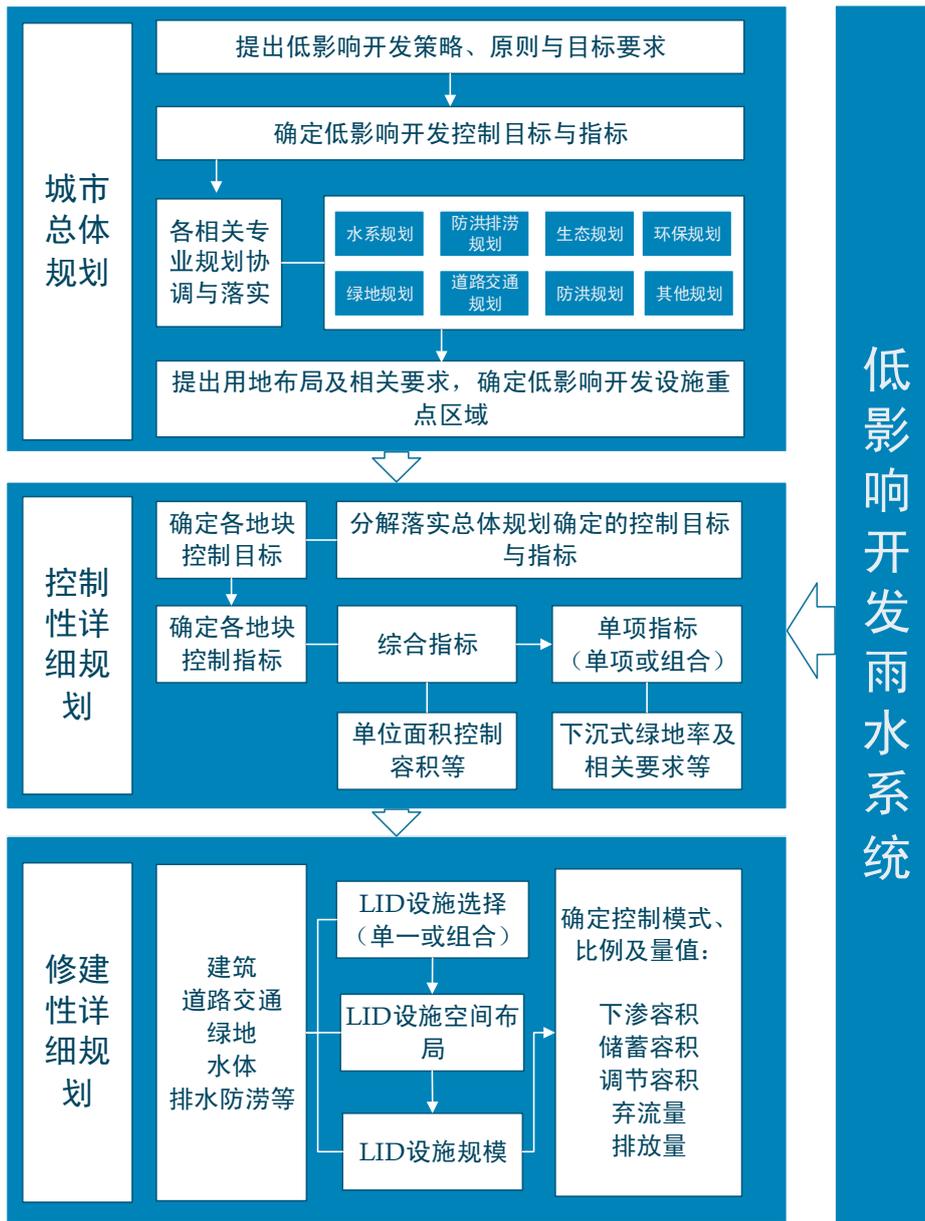


图 5-1 低影响雨水系统与城市总体规划及其它相关规划的关系

5.3 总体规划阶段

《杭州市城市总体规划》于 2014 年修编完成，近期规划不会进行修编。在海绵城市建设过程中结合杭州市实际情况进行海绵城市专项规划的编制。通过杭州自然气候条件、水文及水资源条件、地形地貌、排水分区、河湖水系及湿地情况、水环境污染情况调查，分析杭州城市竖向、低洼地、市政管网、园林绿地等建设情况及城市低洼积水、小流域山洪截流等问题，有针对性的制定低影响开发雨水系统建设相关建设策略、原则。具体要点如下：

5.3.1 保护杭州水生态敏感区

水是“杭州之魂”，将河流、湖泊、湿地、坑塘、沟渠等水生态敏感区纳入城市规划区中的非建设用地（禁建区、限建区）范围，划定城市蓝线，水域蓝线为规划刚性控制线，严禁城市规划建设中侵占河湖水系蓝线，对于已经侵占的河湖水系，应创造条件逐步恢复。

5.3.2 合理组织地表径流

根据杭州中心城区地形和汇水分区特点，合理确定雨水排水分区和排水出路，保护和修复自然径流通道，有条件的地区延长汇流路径，在各个雨水分区内优先采用雨水花园、雨水塘、雨水湿地等低影响开发设施控制径流雨水，并将该类设施当作一种建设用地控制，并按照基础设施黄线进行刚性控制。

5.3.3 明确低影响开发策略和重点建设区域

根据杭州的水文地质条件、用地性质、功能布局及近远期发展目标，综合经济发展水平等其他因素提出低影响开发雨水系统建设总体思路，并提出低影响开发建设重点区域。

5.4 专项规划阶段

5.4.1 水系专项规划

1) 依据杭州城市总体规划划定城市水域、岸线、滨水区，明确水系保护范围。

杭州市主要河流有钱塘江、东曹溪，京杭运河等，分属于钱塘江、太湖两大水系。中心城区内主干河道蓝线控制在 50 米以上，绿线控制在 30 米以上；次干河道蓝线控制在 25 米以上，绿线控制在 15 米以上；支流河道蓝线控制在 14 米以上，绿线控制在 8 米以上。

2) 保护城市水系结构的完整性。

优化城市河湖水系布局，实现自然、有序排放与调蓄。城市水系规划应尽量保护与强化其对径流雨水的自然渗透、净化与调蓄功能，优化城市河道（自然排放通道）、湿地（自然净化区域）、湖泊（调蓄空间）布局与衔接，并与城市总体规划、排水防涝规划同步协调。

3) 优化水域、岸线、滨水区及周边绿地布局，明确低影响开发控制指标。

城市水系规划应根据河湖水系汇水范围，同步优化、调整蓝线周边绿地系统布局及空间规模，并衔接控制性详细规划，按照湖泊、主干河道、次干河道和支流等分别控制河道水系和滨水用地的低影响开发控制指标。

4) 明确水质目标区域，有针对性进行低影响开发控制

城市水系根据河湖水系的汇水范围、来水水质、处理设施以及自身环境容量等，明确城市水系的不同水质目标区域，衔接城市河道、湿地、湖泊等的布局，对河道水系和滨水用地提出基于水质控制或水量削减的低影响开发控制指标。

5.4.2 城市绿地系统专项规划

城市绿地是建设海绵城市、构建低影响开发雨水系统的重要场地。城市绿地系统规划应明确低影响开发控制目标，在满足绿地生态、景观、游憩和其他基本功能的前提下，合理地预留或创造空间条件，对绿地自身及周边硬化区域的径流进行渗透、调蓄、净化，并与城市雨水管渠系统、超标雨水径流排放系统相衔接，合理确定中心城区绿地和生态用地的布局 and 比例，积极推进下沉式绿地等低影响开发设施建设。要点如下：

1) 明确绿线控制要求，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、附属绿地、生产绿地、防护绿地等各类绿地低影响开发控制指标（如下沉式绿地率及其下沉深度、水面率等）和适用的低影响开发设施类型。

2) 合理确定城市绿地系统海绵城市设施的规模和布局。

统筹水生态敏感区、生态空间和绿地空间布局，充分结合地形因素，因地制宜落实低影响开发设施的用地规模和用地布局，充分发挥绿地的渗透、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，以及预处理和溢流措施到位的基础上，通过平面布局、地形控制、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，尽量满足周边雨水汇入绿地进行滞蓄的要求。

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耐泡植物等方法，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，在径流雨水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排放径流雨水。

有条件地区可因地制宜规划布局占地面积较大的低影响开发设施，如湿塘、雨水湿地等，通过多功能调蓄的方式，对较大重现期的降雨进行调蓄排放。

5.4.3 城市排水防涝综合规划

城市排水防涝专项规划提出有效应对 30~50 年一遇的暴雨，中心城区应不低于 50 年一遇，非中心城区应不低于 30 年一遇。规划中应明确提出城市低影响开发雨水系统在城市排水防涝系统中的地位、作用、目的及典型用地低影响开发雨水系统的径流总量及峰值控制目标，兼顾径流污染控制目标和雨水资源化目标。通过合理布局具有缓解城市内涝功能的生态排水沟渠、雨水湿地、雨水塘等设施，使低影响开发雨水系统、雨水管渠系统、超常规径流排放系统形成有机整体，共同作用，实现杭州城市排水防涝的要求。

5.4.4 城市道路交通专项规划

城市道路是径流及其污染物产生的主要场所之一，城市道路交通专项规划应落实低影响开发理念及控制目标，减少道路径流及污染物外排量，要点如下：

1) 提出各等级道路低影响开发控制目标

应在满足道路交通安全等基本功能的基础上，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绿化带、车行道、人行道和停车场建设下沉式绿地、植草沟、雨水湿地、透水铺装、渗管/渠等设施，通过渗透、调蓄、净化方式，实现道路低影响开发建设控制目标。

主干路：高等级道路以及立交桥的低影响开发雨水设计紧密结合机非分隔带及道路两侧绿化空间，将道路雨水全部引入绿化带内进行源头处理，并通过绿化带内土壤的下渗作用，使雨水尽可能入渗。无法通过绿地下渗的雨水再溢流到雨水管道中进行排放，在雨水排放口末端设置雨水湿地、雨水塘等，进行末端生态处理。人行道设置为透水铺装，人行道树池设置为生态树池，人行道部分雨水进

入生态树池进行源头处理。

次干路：雨水经雨水管道收集后，在雨水排放口末端设置雨水湿地、雨水塘等，进行末端生态处理。人行道树池设置为生态树池，人行道部分雨水进入生态树池进行源头处理。若次干路两侧无绿化带可以利用，在人行道上设置生态树池，部分道路初期雨水经生态树池处理后进入雨水管道，在雨水排放口末端设置雨水湿地、雨水塘等，进行末端生态处理。

支路：一般支路上可用的机非分隔带或路侧绿地空间较少，所以在雨水排放口末端设置雨水湿地、雨水塘等，进行末端生态处理。

2) 协调道路红线内外用地空间布局与竖向

道路红线内绿化带不足，不能实现低影响开发控制目标要求时，可由政府主管部门协调道路红线内外用地布局与竖向，综合达到道路及周边地块的低影响开发控制目标。道路红线内绿地及开放空间在满足景观效果和交通安全要求的基础上，应充分考虑承接道路雨水汇入的功能，通过建设下沉式绿地、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) 道路工程规划应体现低影响开发雨水设施

涵盖城市道路横断面、纵断面设计的道路工程规划，应在相应图纸中表达低影响开发设施的基本选型及布局等内容，同时结合城市截污纳管等专项规划，合理确定低影响开发雨水系统与城市道路设施的空间衔接关系。有条件的地区应编制专门的道路低影响开发设施规划设计指引，明确各层级城市道路（快速路、主干路、次干路、支路）的低影响开发控制指标和控制要点，以指导道路低影响开发建设的相关规划和设计工作的开展。

5.5 详细规划阶段

5.5.1 控制性详细规划

控制性详细规划是确定低影响开发雨水系统能否真正实施的关键。控规应协调相关专业，通过土地利用空间优化等方法，分解和细化海绵专项规划及相关专项规划等上层级规划中提出的低影响开发总体目标及要求，结合建筑密度、绿地率等约束性控制指标，提出各地块的单位面积控制容积、下沉式绿地率及其下沉深度、透水铺装率、绿色屋顶率、雨水利用等控制指标，纳入地块规划设计要点，

并作为土地开发建设的规划设计条件，减少城市、各功能区、居住区地表径流，推进绿色发展、循环发展、低碳发展。要点如下：

1) 明确各地块的低影响开发控制指标

控制性详细规划应在城市总体规划或各专项规划确定的低影响开发控制目标（年径流总量控制率及其对应的设计降雨量）指导下，根据城市用地分类（R 居住用地、A 公共管理与公共服务用地、B 商业服务业设施用地、M 工业用地、W 物流仓储用地、S 交通设施用地、U 公用设施用地、G 绿地）的比例和特点进行分类分解，细化各地块的低影响开发控制指标。控制指标可按城市建设类型（已建区、新建区、更新改造区）、不同排水分区或流域等分区制定。有条件的控制性详细规划也可通过水文计算与模型模拟，优化并明确地块的开发控制指标。具体地块控制指标包括：单位面积控制容积、绿色屋顶率、下沉式绿地比例、透水铺装率、雨水调蓄设施面积、径流污染物削减率等。

2) 合理组织地表径流

统筹协调开发场地内建筑、道路、绿地、水系等布局和竖向，使地块及道路径流有组织地汇入周边绿地系统和城市水系，并与城市雨水管渠系统和超标雨水径流排放系统相衔接，充分发挥低影响开发设施的作用。

3) 统筹落实和衔接各类低影响开发设施

根据各地块低影响开发控制指标，合理确定地块内的设施类型及其规模，做好不同地块之间低影响开发设施之间的衔接，合理布局规划区内占地面积较大的低影响开发设施。

4) 提高地块兼容混合度，提倡紧凑城市发展模式

根据各类用地性质间的兼容性控制，合理安排混合用地，提高土地利用效率。

5.5.2 修建性详细规划

地块规划预评估应按照控制性详细规划的约束条件，绿地、建筑、排水、结构、道路等相关专业相互配合，采取有利于促进建筑与环境可持续发展的设计方案，落实具体的低影响开发设施的类型、空间布局、组合方式、设施规模、建设时序、资金安排等，细化、落实上位规划确定的低影响开发控制指标。可通过水文、水力计算或模型模拟，明确建设项目的控制模式、比例及量值（下渗、储存、调节及弃流排放），以指导地块开发建设。

低影响开发技术和设施选择要点：

1) 注重资源节约，保护生态环境，因地制宜，经济适用，并与其他专业密切配合。

2) 结合各地气候、土壤、土地利用等条件，选取适宜当地条件的技术和设施，主要包括透水铺装、生物滞留设施、渗透塘、湿塘、雨水湿地、植草沟、植被缓冲带等。恢复开发前的水文状况，促进雨水的储存、渗透和净化。

3) 合理选择低影响开发技术及其组合系统，包括截污净化系统、渗透系统、储存利用系统、径流峰值调节系统、开放空间多功能调蓄等。地下水超采地区应首先考虑雨水下渗，干旱缺水地区应考虑雨水资源化利用，一般地区应结合景观设计增加雨水调蓄空间。

4) 设施布局。应根据排水分区，结合项目周边用地性质、绿地率、水域面积率等条件，综合确定低影响开发设施的类型与布局。应注重公共开放空间的多功能使用，高效利用现有设施和场地，并将雨水控制与景观相结合。

6 杭州市低影响开发雨水系统设计指引

6.1 基本要求

(1) 符合本导则适用范围的建设项目应在方案设计、施工图设计等工程设计阶段开展低影响开发雨水系统的分项设计。

(2) 城市建筑与小区、道路、绿地与广场、河湖水系、文物保护区、风景名胜等低影响开发雨水系统建设项目，应以相关职能主管部门、建设主体单位作为责任主体，落实有关低影响开发雨水系统的设计。

(3) 低影响开发雨水系统设计应结合生态环境、气候及土壤等现状条件与问题，落实控制性详细规划中提出的低影响开发径流总量、径流污染或径流流量控制目标，设施布局、竖向等应与排水防涝规划相衔接。

(4) 低影响开发雨水系统设计的各阶段均应体现低影响开发设施的平面布局、与园林绿化系统的竖向关系、与排水防涝系统的衔接关系、以及重要节点的构造与做法等内容。

(5) 低影响开发雨水系统的设计（项目建议书、可行性研究报告、方案设计、初步设计及施工图）应与园林、道路交通、给排水、建筑等专业相协调。

6.2 主要设计流程

低影响开发雨水系统的合理构建主要包含以下几个关键技术环节：

(1) 资料准备

设计前应充分了解杭州市各片区水文及水资源条件、地形地貌、排水分区、河湖水系及湿地情况、水环境污染情况调查。

现状调研分析

通过前期资料准备分析项目存在的主要问题，分析竖向、低洼地、市政管网、园林绿地等建设情况。

(2) 建设用地选择与优化

优先考虑使用原有绿地、河湖水系、自然坑塘、废弃土地等用地，借助已有用地和设施，结合城市景观进行规划设计，以自然为主，人工设施为辅，必要时新增低影响开发设施用地和生态用地。有条件的地区，可在汇水区末端建设人工调蓄水体或湿地。严禁城市规划建设中侵占河湖水系，对于已经侵占的河湖水系，应创造条件逐步恢复。

（3）依据规划控制目标

根据控规中相关指标要求以及场地建设条件，因地制宜地选择适用的低影响开发技术、设施及其组合。

（4）方案设计与设施布局

应根据排水分区，结合项目周边用地性质、绿地率、水域面积率等条件，综合确定低影响开发设施的类型与布局。应注重公共开放空间的多功能使用，高效利用现有设施和场地，并将雨水设施与景观相结合。

（5）确定设施规模与形式

低影响开发雨水设施规模设计应根据水文和水力学计算得出，也可根据模型模拟计算得出。需明确雨水径流控制量、雨水收集回用量、综合雨量径流系数，并确定设施组合形式、设计尺寸、构造设计、构造材料要求等。

（6）工程量及投资概算

明确总工程量及分项工程量、投资概算和运行成本以及效益预期。

低影响开发雨水系统的一般设计流程见图 6-1。

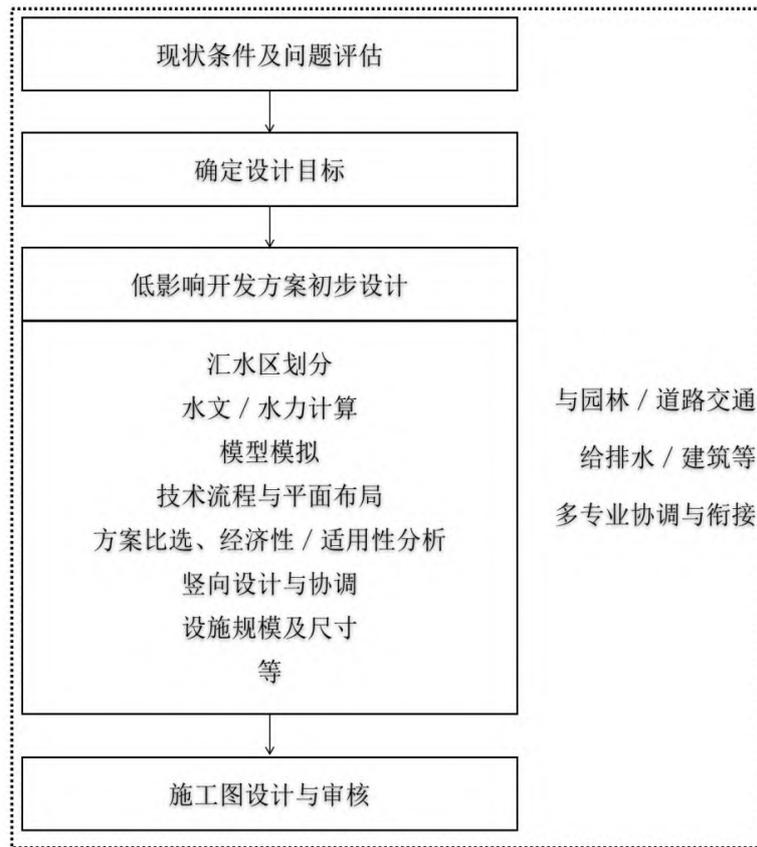


图 6-1 低影响开发雨水系统设计一般流程

6.3 不同用地类型低影响开发适用技术

6.3.1 新建建筑与小区

(1) 杭州新建建筑与小区一般绿地率较高，综合径流系数相对较低，可利用空间条件较好，为低影响开发的设计提供了良好的基础。

(2) 平屋面或坡度较缓（小于 15° ）的屋顶宜采用绿色屋顶的方式；大面积屋面雨水径流，优先引入建筑周围绿地中的雨水花园等生物滞留设施，下渗或集中进行收集回用，雨水渗透设施设计应考虑对建筑基础的影响。如阳台有洗衣废水，需与屋面雨水分离，单独设立排水系统，接入污水系统。

(3) 在绿地适宜位置可增设下沉式绿地、雨水花园、雨水塘、雨水湿地等雨水滞留设施，充分利用小区内绿地滞蓄雨水；对于大型集中式调蓄设施宜设排空设施与市政管线或附近泄洪水体连通。

(4) 小区内非机动车道路、人行道、游步道、广场、露天停车场、庭院宜采用渗透铺装地面；非机动车道路可选用透水混凝土、透水砖等；人行道、游

步道可选用透水砖、碎石路面、汀步等；露天停车场宜选用植草砖、透水砖等；广场、庭院可选用透水砖等。小区道路径流雨水优先集中引入周边的下沉式绿地中滞留下渗；较大坡度道路转弯处宜建生物滞留设施。

(5) 有景观水体的小区应发挥其雨水调蓄功能，雨水径流经植草沟、雨水花园等处理设施后作为景观水体补水水源，严格限制自来水作为景观水体的补水水源，景观水体宜设计生态驳岸形式，并设溢流口。

(6) 优先采用植草沟、渗透沟渠等地表排水形式输送、消纳雨水径流，减少小区内雨水管道的使用；植草沟坡度不宜过大，若必须设置雨水管道，宜采用截污挂篮、环保雨水口等措施；小区主路采取植草沟排水方式应铺设防渗设施，防治雨水下渗对道路路基的影响。

6.3.2 建筑与小区改造

(1) 杭州市上城区、下城区、西湖区等老城区范围内多为老旧住区，土地开发强度大，地表硬化率高，综合径流系数大，可利用地表绿化空间有限，低影响开发改造面临一定的困难。

(2) 平屋面或坡度较缓（小于 15° ）的屋顶且屋顶荷载能力高，可改造建设绿色屋顶；建筑周边有足够绿地空间的居住区，优先利用绿地空间改造建设分散的下沉式绿地、雨水花园或集中的景观水体等多功能调蓄设施，对雨水进行调蓄利用，同时应局部防渗避免渗透对建筑基础产生影响；对于建筑周边没有绿化空间的居住区，可选择分散设置雨水桶/罐，或地下贮水池/蓄水模块，对屋面雨水进行收集回用；对于混接阳台洗衣废水的雨水，回收利用时需设置预处理设施进行处理。

(3) 充分利用现有绿地改造建设下沉式绿地、雨水花园、雨水塘等调蓄雨水；对于无空间改造的小区，可通过雨水转输设施（植草沟、渗透沟渠、雨水管道）将雨水转输至周边集中绿地空间，建设大型集中式调蓄利用设施（如阶梯湿地、多功能调蓄水景等）并设排放泵，溢流接入市政管线或附近行洪水体。

(4) 小区道路路面有条件的情况下宜改造使用透水混凝土、透水砖等渗透铺装，增加雨水的源头渗透减排。小区道路超渗雨水优先通过道路横坡坡向优化、路缘石改造等方式引入周边的绿地空间进行调蓄、净化、渗透，对于较大坡度道路转弯处宜建生物滞留设施。对于空间不足且具有竖向优势条件的小区，道路雨

水可通过植草沟、雨水管道等传输方式集中引入周边的集中绿地建设雨水花园、雨水生态滤池、雨水塘等进行净化回用，并设置溢流口与市政管线连通。

(5) 已建居住区沿用原来的排水系统，应通过断接改造方式将雨水径流优先引入低影响开发设施再溢流至市政管线。老旧小区改造中阳台废水建议单独接入污水管线。

6.3.3 市政道路

(1) 道路雨水通常产汇流时间较短，径流量大；同时雨水径流中悬浮颗粒物及重金属、油污等污染物含量较高。

(2) 机动车道：沿用传统路面。

(3) 非机动车道：沿用传统路面，适宜路段可试验采用透水沥青路面或透水型混凝土路面。

(4) 人行道：可适量使用透水砖路面和透水混凝土，透水砖路面符合《透水路面砖和透水路面板》GB / T 25993 的要求，透水混凝土应符合《透水混凝土路面技术规程》CJJ134-2009 的要求。排空设施与市政管道连通；人行道树池宜采用生态树池，对于绿地空间不足道路可采用下沉式连片树池带。

(5) 道路附属绿地：道路绿化带宜低于路面，建成下沉式绿地、生物滞留设施、生态树池、植草沟等形式；道路雨水通过绿地综合处置后方可溢流至雨水管道；坡度较大路段，绿化带应采用阶梯式；当道路红线内绿地空间有限时，可结合红线外的绿地，采用植草沟、生物滞留设施等雨水滞蓄设施净化、下渗雨水，减少雨水排放；城市道路绿化带内低影响开发设施应采取必要的防渗措施，防止径流雨水下渗对道路路面及路基的强度和稳定性造成破坏。道路径流雨水进入低影响开发设施前，应采取预处理设施或初期弃流设施，防止径流雨水对绿地环境造成破坏。

(6) 路沿石：采用孔口的路沿石、格栅路沿石或其他形式，确保雨水顺畅排入绿化带中，入水口处宜采取消能设施防止雨水冲刷。

(7) 排水系统：雨水口可设于绿化带内，采用环保型，且雨水口高程宜高于绿地而低于路面；有条件场所道路排水可采用植草沟排放；市政道路沿线可因地制宜建设集中式雨水调蓄设施；条件许可时，道路沿线可建设雨水生态塘或人工湿地，道路雨水可引入其中处理、储存。

(8) 道路积水点：针对杭州城区内已建下穿式立交桥、低洼地等严重积水点进行改造，应充分利用周边现有绿化空间，分散建设低影响开发措施，减少汇入低洼区域的“客水”，立交桥桥面雨水落水管尽量接入绿地，管口应铺设卵石层消能、散水，在周边绿化空间较大的情况下，应结合周边集中绿地、水体、砂石坑、公园、广场等空间建设雨水调蓄、蓄渗设施。

(9) 停车场：露天停车场应采用透水铺装地面；周围绿地应采用下沉式绿地，结合雨水花园、植草沟等实现雨水的滞蓄下渗作用。

6.3.4 其他场地

(1) 城市公园、广场、滨水空间等开放空间内可利用空间较大，具有低影响开发的设计优势，除对自身径流进行综合控制外，应与周边场地衔接，通过合理的竖向设计，承担更大的汇水面积。

(2) 公园绿地：公园绿地应尽量低于周围硬化地面，并建导流设施，以确保流入绿地的雨水能够迅速入渗，坡度较大宜采用阶梯式下沉绿地；公园绿地宜具有雨水调蓄功能，通过植草沟等生态排水措施将周边区域的径流雨水，引入雨水湿地、湿塘等集中调蓄设施，构建多功能调蓄水体/湿地公园，并通过调蓄设施的溢流排放系统与城市雨水管渠系统和超标雨水径流排放系统相衔接。

(3) 广场：承重要求较高的广场宜采用硬化铺装，承重要求低的广场可采用透水铺装或与硬质铺装相间布置的形式，不宜大面积采用透水铺装，避免对地基稳定产生影响；广场周围应利用绿地空间采用下沉式绿地，如雨水花园、植草沟等，将广场径流雨水应引入周围绿地进行入渗和排放；广场雨水可收集回用，经适当处理可用于道路、广场浇洒和绿地灌溉。

(4) 城市水系：地表径流雨水进入滨水绿化控制线范围内的低影响开发设施前，应利用沉淀池、前置塘等对进入绿地内的径流雨水进行预处理，防止径流雨水对绿地环境造成破坏；充分利用城市水系滨水绿化控制线范围内的城市公共绿地，宜采取集中式径流处理设施，在绿地内设计湿塘、雨水湿地等设施调蓄、净化径流雨水，并与经过、穿越或接入水系的雨水管渠相衔接；水系驳岸宜采用生态驳岸，并根据调蓄水位变化选择适宜耐淹、耐污等能力较强的乡土植物；对于污染严重的水体可采用生态浮床技术，净化水质；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。

6.4 典型设施技术要点

6.4.1 绿色屋顶

绿色屋顶是以绿色植物为主要覆盖物，配以植物生存所需要的种植土层以及屋面所需要的保护层（植物根阻拦层）、排水层、防水层、等所共同组成的整个屋面系统。

适用条件：

适用于平屋顶（采用水泥抹面）、平台或坡度较缓（应大于 2%）的屋顶，如坡度超过 15%时需增加防滑、防冲蚀等设施；宜选择杭州市的新建建筑，将屋顶绿化与荷载、防水等要求一起考虑；杭州市既有建筑多为坡屋顶，旧建筑如经过负荷核算符合承载条件，可采取简单绿化的做法，将各层厚度和荷载相应减小。

功能、特点：

- （1）滞留、净化屋面雨水，降低径流污染负荷；
- （2）增加空气湿度，降低室内外温度；
- （3）释放氧气，滞留飞尘，改善空气质量；
- （4）固定二氧化碳，减少碳排放；
- （5）提高城市绿化面积，美化环境。

典型结构：

绿色屋顶结构主要包括：防水层、保护层、排水层、过滤层、种植土壤层和植物。

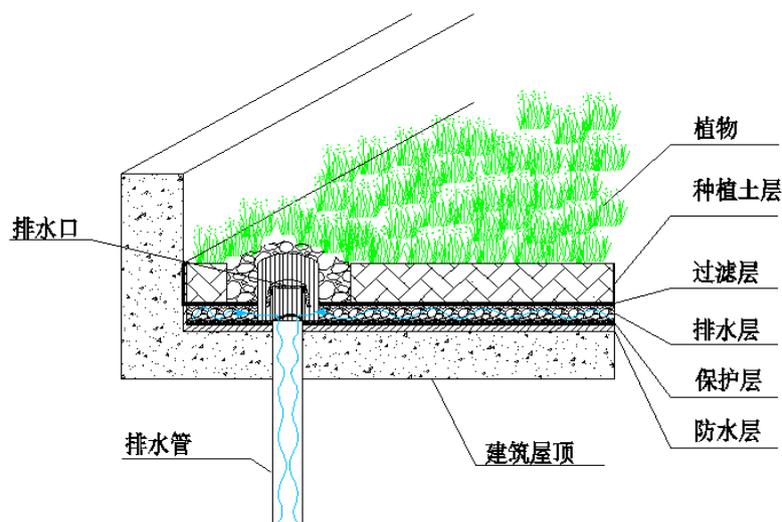


图 6-2 绿色屋顶结构示意图

关键设计参数:

(1) 绿色屋顶的设计附加荷载宜为 300 kg/m^2 ，具体项目应根据结构专业计算确定。

(2) 防水层可采用玻璃纤维、PVC、HDPE、EPDM 等防渗材料，厚度宜大于 60mm。蓄水检查防水层施工完毕并经自然养护 2d 后，蓄水（最浅处不小于 10cm）48h，检查无任何渗漏后验收合格。

(3) 当植物根系有可能刺穿防水层时，应设置保护层，可采用热塑塑料等保护膜，厚度宜大于 30mm。

(4) 排水层可采取天然砂砾、碎石等材料，厚度宜大于 30mm，最大排水能力大于 $4\text{L}/(\text{m}\cdot\text{s})$ 。

(5) 过滤层可采用规格为 $150\text{g}/\text{m}^2 \sim 300\text{g}/\text{m}^2$ 土工布铺设，接口处土工布搭接长度不少于 15cm。

(6) 土壤层厚度应按照种植植物要求确定，适宜厚度为 100~250mm，密度一般介于 $714 \sim 892\text{kg}/\text{m}^3$ ，渗透系数在 $1 \times 10^{-5}\text{m}/\text{s}$ 到 $1 \times 10^{-4}\text{m}/\text{s}$ 之间。

6.4.2 下沉式绿地

下沉式绿地是指比周边地面或道路低的绿地，利用植被截流和土壤渗透，积蓄、下渗、净化自身和周边雨水径流的生态型雨水渗透设施。

适用条件:

下沉式绿地可设置在杭州市居住区绿地，商业服务业及工业用地的建筑物、街道、广场、停车场等不透水地面周边的绿地，道路的中央隔离带或设在微地形中的下沉处，用于收集蓄渗小面积汇水区域的径流雨水，也可在公共设施用地、集中绿地、市郊等空旷区域大规模应用，从而提高杭州整个城市的雨洪滞蓄能力。

功能、特点:

- (1) 截留污染物，净化雨水径流水质，减少水体污染；
- (2) 增加土壤入渗量和地下水资源量，减少绿地的灌溉用水；
- (3) 增加渗透面积，减少热岛效应；
- (4) 削减峰流量，减少洪涝灾害。

典型结构:

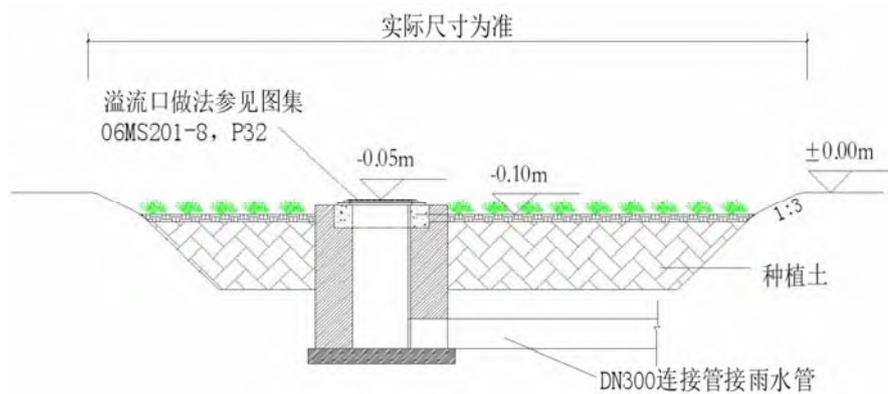


图 6-3 下沉式绿地结构示意图

关键设计参数：

(1) 杭州市土壤类型以粘土为主，土壤渗透性较小，可通过在土壤中掺入炉渣、碎陶粒等介质增大土壤渗透系数，提高土壤的渗透能力，同时缩短下沉式绿地中植物的受淹时间。

(2) 绿地下沉深度宜为 50~100mm，且不大于 200mm，溢流口的高度为 50mm。

(3) 选择耐污、耐淹的乡土植物，植物的耐淹时间宜为 1~3d。

(4) 在湿陷性土质等地质条件较差的市政道路上，其人行道旁边的下沉式绿地宜做防渗处理，在下沉式绿地底部和侧面设置两布一膜，防渗膜质量应不小于 300g/m²。

6.4.3 渗透铺装

渗透铺装是利用透水材料替代传统的混凝土、水泥、沥青等，铺设广场、停车场及人行道等硬化路面，使其在保持原有功能的前提下，提高雨水的下渗能力，减小下垫面径流系数的低影响开发雨水设施。渗透铺装按照面层材料分为透水砖路面、透水水泥混凝土路面和透水沥青路面。传统的园林铺地的鹅卵石地面铺装也是渗透铺装的一种。

适用条件：

渗透铺装主要适用于杭州市的广场、停车场、人行道以及车流量较少的道路。其中，透水砖路面一般用于居住区、公园的道路步行道，透水水泥混凝土路面用于小区道路、非机动车道等，透水沥青混凝土路面用于杭州快速路或高速公路，嵌草砖一般适用于低流量交通区域，如宅区间小路、停车场、高尔夫手推车车道、建筑与小区人行道等。地下水位或不透水层埋深小于 1.0m 处不宜采用渗透铺装。

功能、特点：

- (1) 有效促进雨水入渗，补充地下水；
- (2) 削减雨水径流量，减少对硬化铺装的冲刷；
- (3) 有效净化雨水径流，延缓径流流速。

典型结构：

渗透铺装主要由地表铺装材料和基质层构造两部分组成。

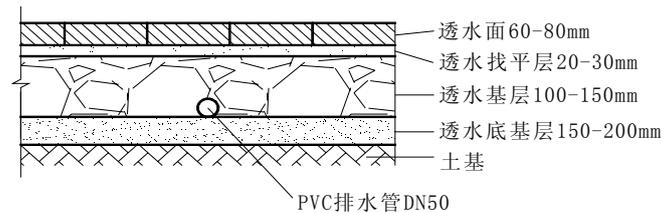


图 6-4 透水铺装结构示意图

关键设计参数：

(1) 渗透铺装坡度不宜大于 2%，当坡度大于 2%时，沿长度方向应设置隔断层，隔断层顶宜设置在透水面层下 2~3cm。

(2) 透水铺装地面宜在土基上建造，自上而下设置透水面层、透水找平层、透水基层和透水底基层；当透水铺装设置在地下室顶板上时，其覆土厚度不应小于 600mm，并应增设排水层。

(3) 透水面层应满足下列要求：

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不小于 10%；当面层采用透水面砖时，其抗压强度、抗折强度、抗磨强度等应符合 GB/T25993—2010《透水路面砖和透水路面板》中的相关规定。

(4) 透水找平层应满足下列要求：

渗透系数不小于面层，宜采用细石透水混凝土、干砂、碎石或石屑等；有效孔隙率应不小于面层；厚度宜为 20mm~50mm。

(5) 透水基层和透水底基层应满足下列要求：

渗透系数应大于面层。底基层宜采用级配碎石、中、粗砂或天然级配砂砾料等，基层宜采用级配碎石或者透水混凝土；透水混凝土的有效孔隙率应大于 10%，

砂砾料和砾石的有效孔隙率应大于 20%；垫层的厚度不宜小于 150mm。

(6) 透水铺装地面结构应符合《透水砖路面技术规程》CJJ/T188、《透水砖路面施工与验收规程》DB11/T686、《透水混凝土路面技术规程》CJJ134-2009、《透水沥青路面技术规程》CJJ/T190-2012 的相关规定。

(7) 雨水径流水质等级低于 IV 级时不宜采用渗透铺装；周边的客水不宜引导到渗透铺装上。

(8) 在湿陷性土质等地质条件较差的市政道路上，渗透铺装底部及侧面应做防渗处理。透水基层内的水可通过穿孔管或排水盲管排至周边绿地集中处置。

6.4.4 植草沟

植草沟是在地表沟渠中种有植被的一种工程性设施，一般通过重力流收集雨水并通过植被截流和土壤过滤处理雨水径流，可用作收集、输送雨水的生态设施。

适用条件：

植草沟适用于杭州市居住区绿地，道路中央隔离带及两侧绿化带，广场、停车场等不透水地面周边的绿地，及各类集中绿地。可以同雨水管网联合运行，条件（土质、坡度、景观等）适合时也可代替雨水管网，在完成输送排放功能的同时满足雨水的收集及净化处理的要求。

功能、特点：

- (1) 生态的雨水输送途径，截流径流污染物；
- (2) 滞留雨水径流，削减径流峰流量；
- (3) 增加绿地景观效果；
- (4) 不占用专门土地，提高土地使用效率；
- (5) 造价低，可节约管道建设维护费用。

典型结构：

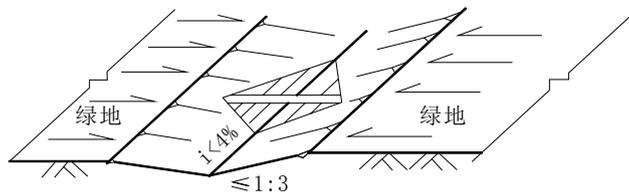


图 6-5 植草沟结构示意图

关键设计参数：

- (1) 植草沟适合各种土壤类型，种植土壤不小于 30cm。
- (2) 植草沟中心线距离建筑基础至少 3m，如果浅沟距离建筑物小于 3m，

应于植草沟和建筑之间铺设防水材料。

(3) 植草沟所服务汇水面积不大于 1400m^2 (折合不透水面积)，当植草沟长度过长 (大于 100m) 或穿路时可采用暗渠 (管) 配合输送雨水。

(4) 植草沟纵向坡度大于 5% ，长度超过 30m 时，可考虑增设台坎，以减少流速，增加入渗雨水量。台坎由卵石、砖块、木头或混凝土等材料制成，一般 $7\sim 15\text{cm}$ ，每 $4\sim 6\text{m}$ 设置一处或每条浅沟设置 2 处。

(5) 植草沟断面形式宜采用抛物线形、三角形或梯形。

(6) 植草沟关键设计参数表 6-1。

表 6-1 植草沟部分设计参数取值推荐表

设计参数	取值 (范围)	设计参数	取值 (范围)
浅沟深度	$50\sim 250\text{mm}$	浅沟顶宽	$0.5\sim 2.0\text{m}$
浅沟长度	宜大于 30m	草的高度	$50\sim 150\text{mm}$
侧面坡度	不超过 $3:1$	最大径流速度	0.8m/s
曼宁系数	$0.2\sim 0.3$	浅沟纵向坡度	$0.3\%\sim 5\%$

6.4.5 雨水花园

雨水花园是在浅的洼地 (深约 $3\sim 4\text{cm}$)，种植当地的乔、灌木和花草等植物的工程性设施。其主要通过土壤和植物滞留、净化雨水，具有良好的景观效果。通常分为简单型雨水花园和换土型雨水花园。

适用条件：

雨水花园可构建在黏土、砂土等类型的土壤上，土壤渗透系数宜 $> 2 \times 10^{-6}\text{m/s}$ 。

简单型雨水花园一般适用于处理水质相对较好的小汇流面积的雨水，如建筑和小区中的屋面雨水、污染较轻的道路雨水、城乡分散的单户庭院径流等。建设资金有限时也可采用简单型雨水花园。

换土型雨水花园主要适用于杭州市居住区绿地，道路中央隔离带及两侧绿化带，商业服务业及工业用地的建筑、停车场周边的公共绿地，适合设在杭州市高密度地区，还适用于处理和利用别墅区、旅游生态村等分散建筑和新建村镇的雨水径流。

功能、特点：

- (1) 减少雨水径流量、削减峰值流量；
- (2) 净化雨水径流水质，减少径流污染；
- (3) 下渗雨水，涵养地下水；

- (4) 增加渗透面积，减少热岛效应；
- (5) 美化环境，具有一定的社会效益和经济效益。

典型构造：

雨水花园由蓄水层、覆盖层、种植土壤层、砂滤层、排水层、溢流口等部分组成。



图 6-6 雨水花园（简易）结构示意图

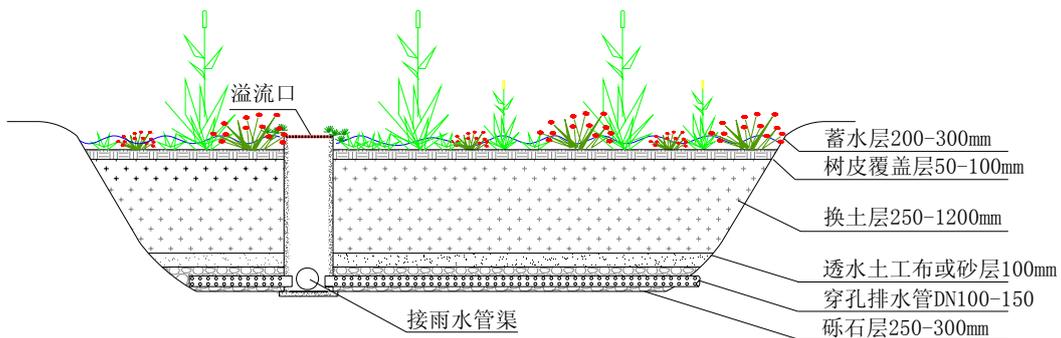


图 6-7 雨水花园（换土）结构示意图

关键设计参数：

(1) 由于杭州市的土壤类型以粘土为主，为保障雨水花园内植物生长，可通过在土壤中掺入炉渣、碎陶粒等方式增加土壤渗透系数，增大土壤的渗透能力。

(2) 雨水花园尽量设在雨水易汇集的区域，但不宜设在因土壤渗透性太差而造成长时间积水的地方，否则需采取其他措施防止积水。

(3) 雨水花园最大服务汇水面积 5hm^2 ，一般 $0.5\sim 2\text{hm}^2$ ，在线式设计最大服务汇水面积应控制在 0.5hm^2 。

(4) 雨水花园有效面积可按汇水区域的不透水面积的 $5\%\sim 10\%$ 估算；服务

区域的坡度应小于 12%。

- (5) 雨水花园底部离常年地下水层至少 0.6m。
- (6) 与建筑基础的最小距离为 3m，以免浸泡地基。
- (7) 雨水花园关键设计参数见表 6-2。

表 6-2 雨水花园关键设计参数取值推荐表

组成	说明
蓄水区	深度为15~22cm
覆盖层	厚度一般取5~10cm
种植土层	种树木时厚度最小为120cm， 无树木时最小为60cm
底部砾石排水层	厚度一般取30~45cm
溢流装置	溢流装置顶部一般与设计最大水深齐平

(8) 在湿陷性土质等地质条件较差的市政道路上，雨水花园宜做防渗处理，在其底部和侧面设置两布一膜，防渗膜质量应不小于 300g/m²。雨水花园内渗透至砾石层的雨水可通过穿孔管排至土质好的区域集中处置。

6.4.6 雨水塘

雨水塘是具有受纳、滞留和调蓄来自服务汇水面雨水径流功能的水塘。可分为两类，一类为湿塘，长期保持一定的水位；另一类为干塘，只有雨季才有水。

适用条件：

雨水塘可应用于公园、滨河等集中绿地、居住区绿地等具有较大空间的城市功能区，也可设置在需控制雨水径流量的区域。

功能、特点：

- (1) 控制峰流量，减少径流量，降低区域洪涝风险；
- (2) 净化雨水径流，去除径流中 SS、N、P 和 COD 等污染物；
- (3) 潜在的野生动物栖息地，营造良好的生态环境；
- (4) 具有一定的景观价值和娱乐功能。

典型结构：

雨水塘由进水管、前置塘（沉淀区域）、植物种植地带、溢流设施和排水口组成。

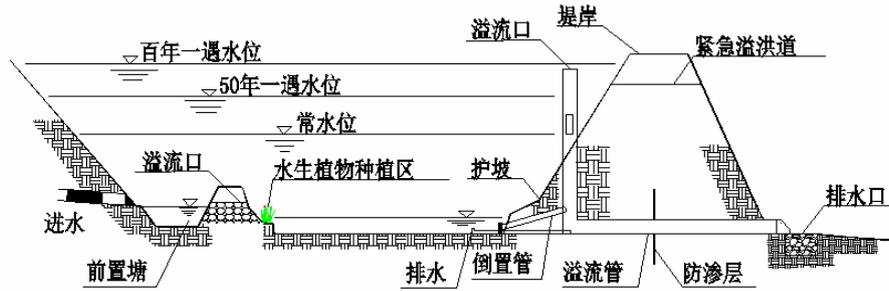


图 6-8 雨水塘结构示意图

关键设计参数：

表 6-3 雨水塘设计参数表

项目	干塘	湿塘
适用汇水面积 (ha)	4~10	10~100
水力停留时间 (d)	7	7
有效深度 (m)	1	1.5
平均水深 (m)	0	1
底层厚 (m)	0	0~0.25

- (1) 雨水塘长宽比一般大于 3: 1，推荐的长宽比为 4: 1~5: 1；
- (2) 雨水塘边坡坡度应小于 3: 1。
- (3) 由于湿塘常年有水，根据经验宜服务较大的汇水面积。
- (4) 对湿塘，建议设计时进行水量平衡计算，确定合理的规模，达到更好的运行和景观效果。

6.4.7 雨水湿地

雨水湿地是一种通过模拟天然湿地的结构和功能，人工建造的、与沼泽类似的、用于径流雨水水质控制和洪峰流量控制的分散式、小型的工程性设施。

适用条件：

雨水湿地可分为在线式和离线式两类，一般可应用于杭州市水质污染较严重、公共设施用地内的水域与陆地交界地区（如公园、河湖旁）以及具有较大空间的居住小区，也可设置在需控制雨水径流量的地区。

功能、特点：

- (1) 净化雨水径流，去除径流中 SS、N、P 和重金属等污染物；
- (2) 控制峰流量，降低区域洪涝风险；
- (3) 减小雨水径流对下游设施的负荷冲击；
- (4) 为野生动植物提供栖息地，具有良好的生态景观效果；

(5) 维护低、综合效益高。

典型结构：

雨水湿地由进水管、前置塘（沉淀区域）、高/低沼泽地带、湿塘、溢流设施和排水口组成。

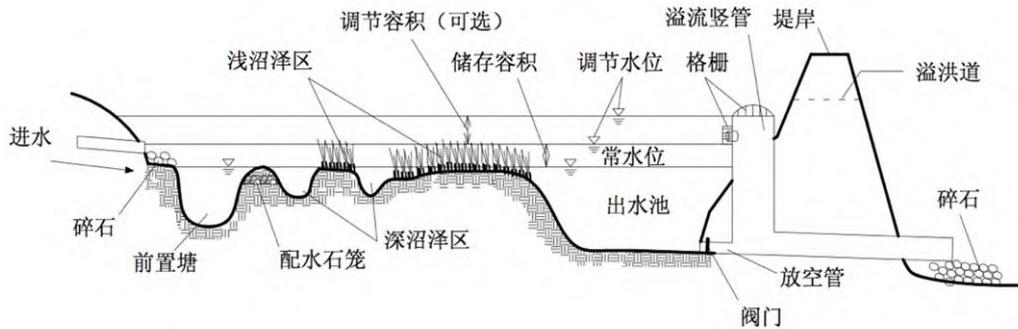


图 6-9 雨水湿地结构示意图

关键参数设计：

(1) 湿地深水区约 0.45~1.8m；高沼泽带在常水位下 0.15m；低沼泽带在常水位 0.15~0.45m。

(2) 雨水湿地在设计时，部分参数可参考表 6-4 的参数。

表 6-4 雨水湿地设计取值推荐表

项目	雨水湿地
适用汇水面积 (ha)	> 10
水力停留时间 (d)	7
构筑物有效深度 (m)	0.6
构筑物内平均水深 (m)	0.3
构筑物底层厚 (m)	0.25

(3) 雨水湿地常年有水，根据经验宜服务较大的汇水面积。

(4) 表 6-5 是根据实际经验，湿地各组成区域在整个湿地中所占的面积比例。

表 6-5 湿地各区域所占的面积比例

湿地各组成区域	面积比例
沉淀区域	10%
深水区	20%
低沼泽地带	35%
高沼泽地带	30%
干湿交替带	5%

(5) 以上数据仅供参考，湿地各组成区域所占的面积比可根据杭州市各项

目条件和实际要求适当调整。

(6) 雨水湿地岸边高程应高于溢流口 30cm 以上。雨水湿地应根据汇水面积、蒸发量、渗透量、湿地滞流雨水量等实际情况计算水量平衡，保证在 30d 干旱期内不会干涸。

6.4.8 雨水过滤池

雨水过滤池是通过砂、沸石、粉煤灰等滤料或土工布、微孔管等多孔介质及其附着的微生物截留去除雨水中的悬浮物质和 COD、重金属、营养盐类等，从而使雨水净化的处理构筑物。

适用条件：

雨水过滤池宜应用于空间比较紧张、不透水面积率比较高的区域，如商业区、工业区和高速公路等场所。也可应用于由于土壤、地下水位比较高不宜采用其它设施的区域。

功能、特点：

- (1) 净化雨水径流，能有效去除径流中 SS、营养盐类、重金属等污染物；
- (2) 控制峰流量，减小雨水径流过大时对下游排水设施的负荷冲击。

典型结构：

雨水过滤池由预处理设施和滤料层两部分组成。

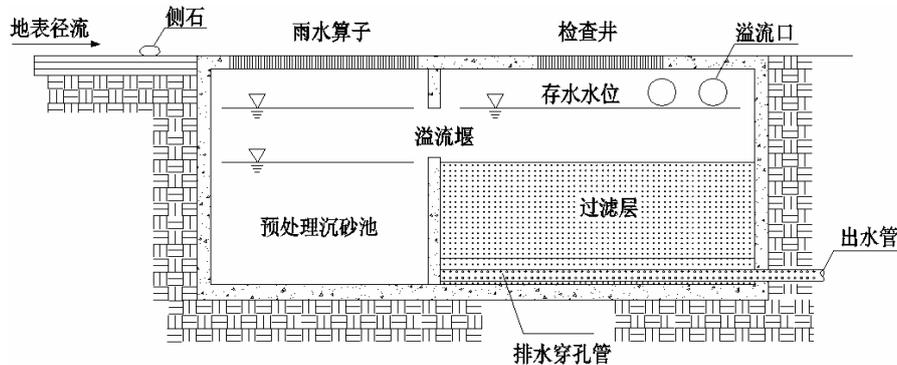


图 6-10 雨水过滤池结构示意图

关键参数设计：

滤池底部距地下水位的距离不宜小于 0.6m；滤池周边场地坡度不宜大于 6%；调蓄空间高度一般为 0.15~0.3m。

表 6-6 雨水过滤池关键设计参数取值推荐表

项目	雨水过滤池
水力停留时间 (h)	< 40
适用汇水面积 (ha)	< 4

滤料的渗透系数 (m/d)	砂	10
	人工土	2.75
滤料的厚度(m)		0.5

6.4.9 景观水体等多功能调蓄设施

景观水体等多功能调蓄设施是将景观水体水位设置一定的变化高度，并利用利用低凹地、池塘、湿地、人工池塘等收集调蓄利用雨水的综合性工程设施。多功能调蓄是在传统的、功能单一的雨水调节池的基础上发展起来的，这类设施与一般雨水调节池的最明显的区别是，暴雨设计标准较高，规模大，而在非雨季或没有大的暴雨时，这些设施可以全部或部分地正常发挥城市景观、公园、绿地、停车场、运动场、市民休闲集会和娱乐场所等多种功能，从而显著地提高对城市雨洪科学化管理与利用的水平和效益/投资比。

适用条件：

景观水体等多功能调蓄设施适用于建造景观水体的居住小区、办公区域、公园和杭州市的开放空间等，适用于雨水的集中调蓄利用。

功能、特点：

(1) 调蓄暴雨峰流量，减少洪峰对周边或下游重要区域造成的水涝灾害，提高防涝标准；

(2) 调蓄的雨水可用于绿化、冲洗道路等，节约水资源；

(3) 补充水景蒸发和渗漏损失，降低水景的运行成本；

(4) 减少雨水外排，提高排水系统的排涝能力；

(5) 有良好的景观效果，可提高土地的利用效率。

关键设计参数：

调蓄利用设施规模的确定：

(1) 根据杭州市多年的平均月降雨量及蒸发量，结合景观设计要求对水景调蓄收集的雨水的利用，进行水量平衡分析，确定水体容积、面积以及调蓄空间大小，并对蓄洪排涝要求进行校核；

(2) 综合考虑项目条件、实际情况及成本分析。

6.4.10 生态浮床

生态浮床是利用无土栽培技术原理，在水体中人工营造一些动植物生栖的区域，提高水体的自净能力，改善水体生态环境和景观效果的工程性设施。

适用条件：

生物浮床适用于杭州市缺乏自净能力、硬化设计的水体，雨水塘、雨水湿地和污染严重的河湖的生态修复。

功能、特点：

- (1) 构建水体生态系统，增强水体自净能力；
- (2) 与水体发生物质交换，吸收水中污染物质；
- (3) 为其他生物提供栖息环境，增强水体景观效果；
- (4) 能够遮阳降温，抑制藻类生长；
- (5) 减少水面波动，减缓堤岸冲蚀。

典型结构：

生态浮床分为干式浮床、有框湿式浮床和无框湿式浮床三类。目前广泛应用的是有框湿式浮床，其净化水质效果较好。

典型的湿式有框浮床主要结构包括：浮床的框体、浮床床体、浮床基质和浮床植物。

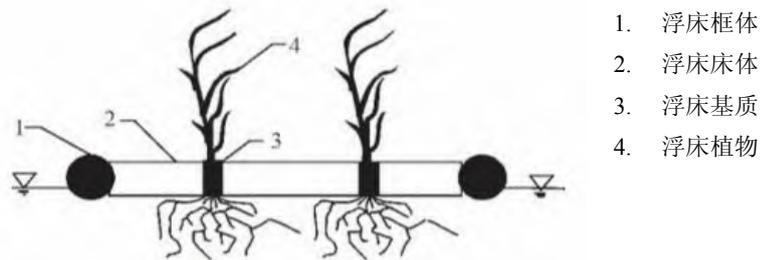


图 6-11 生物浮床结构示意图

关键参数的设计：

(1) 浮床形状以四边形为多，还有三角形和六边蜂巢；单体边长一般取 2~3m。

(2) 湿式有框浮床一般用 PVC 管作为框架，用聚苯乙烯板等材料作为植物种植的床体。

6.4.11 雨水桶

适用条件：

雨水桶主要适用于家庭庭院、各种公共场所和市政建设等小面积汇水区域的屋面雨水收集回用，多用于屋面外排水方式，且具有建设空间，对土壤类型、地

下水位、地形条件等没有特殊要求。

功能、特点：

- (1) 产品化成熟、设计施工简单
- (2) 雨水收集效果好
- (3) 操作维护简单
- (4) 家庭即可管理使用
- (5) 雨水回用方便

典型结构：

雨水桶，典型的雨水收集系统，用来储水的简易设施。雨水桶的容量不大，储水数十到数百升，是一套独立的系统，与室内水管没有连接，因此，雨水桶通常仅满足室外用途，比如浇花、清洗，等等。雨水桶桶口处，要设置细滤网，一来防止杂物进入，二来防止蚊虫产卵。

安装雨水桶，考虑区域时，必须按照住宅雨水桶占地面积和地面的形状测量好。选择更稳定的地面或角落。或可以用混凝土块，木制平台，砖或类似材料制造硬质的基础底座，若地面为山坡等有坡度，须根据角度制作找平底座。

装落水管。多种连接方式选择根据住宅和需求的情况。若切槽较短，则使其流入桶，而另安装一个转向器（转向器类似于一个小槽脱落的落水管）。如果选择缩短落水管，可将过冬雨水桶扩展。

关键参数的设计：

雨水桶容积、接管位置及标高等。

6.4.12 生态驳岸

适用条件：

生态驳岸适用于河流、湖泊、水库、水景等滨水区域。

功能、特点：

- (1) 避免堤岸冲蚀，提高堤岸稳定性；
- (2) 与水体发生物质交换，增强水体自净能力；
- (3) 为生物提供栖息环境，为人们提供亲水环境；
- (4) 与水体结合，具有良好的景观效果。

典型结构：

根据堤岸材料，生态堤岸可分为植物堤岸、木材堤岸、石材堤岸等类型。下

面简要介绍这几种生态堤岸。

(1) 植物型堤岸

充分利用堤岸植物发达的根系、茂密的枝叶及水生堤岸植物的净化能力，以固土保沙、防止水土流失，又可以增强水体的自净能力。当堤岸的坡度较大（大于 1: 3）时，利用木桩或混凝土块筑起挡土墙，防止土壤坍塌。

植物型堤岸设计时结合水体功能、景观设计和人们的喜好，以使用天然材料为主，并专门设有休闲娱乐的区域，为人们提供与水、植物、动物亲近的机会，与大自然和谐相处。

(2) 木材堤岸

捆柴技术是用固定成捆的粗柴和圆木保护坡底，利用捆柴栅栏后形成的稳定的砂土部分栽植植物，为了防止水土流失，还在粗柴组成的栅栏后面填充一层砂砾和碎石。

(3) 石材堤岸

石材堤岸可以做成石笼式或利用成品混凝土块铺成阶梯状、鱼巢式等形式。石笼堤岸使用金属丝网笼或竹笼装碎石、垒成台阶状堤岸或做成砌体的挡土墙，结合植物、碎石以增强其稳定性和生态性。阶梯状堤岸利用混凝土块铺成阶梯状，混凝土块内装填土壤，作为栽植基盘。

(4) 复合式护岸

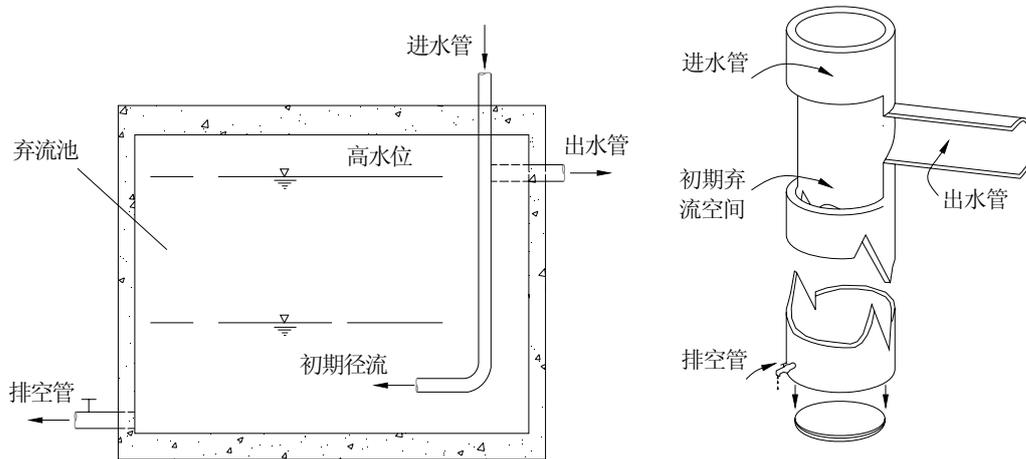
复合式护岸包括混凝土框格梁护岸、绿化混凝土护岸、生态砌块护岸和干砌块石护岸，一般适用于坡面土体易流失，河道水流流速较大(1.5~2.5m/s)。混凝土框格梁护岸是在护岸坡面用混凝土浇筑成网格状的护坡梁，再在框格中填土、种植；绿化混凝土护岸是在整平的护岸坡面上现浇或铺砌预制的绿化混凝土块，并利用绿化混凝土的大孔隙率进行绿化种植；生态砌块护岸是在整平的护岸坡面上铺砌各种生态砌块，并利用生态砌块的大孔隙率进行绿化种植；干砌块石护岸是在整平的护岸坡面上砌筑块石护坡，干砌块石护岸一般与其他生态护坡结合使用，常水位以下采用干砌石坡，以上采用其他型式的生态护岸。

功能、特点：

初期雨水弃流设施占地面积小，建设费用低，可有效提高雨水收集回用效率。

典型结构：

初期雨水弃流设施典型构造如图 6-13 所示。



弃流池雨落管弃流装置

图 6-13 容积法初期雨水弃流设施示意图

关键设计要点：

屋面及硬化路面雨水的收集回用系统均应设置弃流设施，并满足以下要求：

(1) 屋面雨水收集系统的弃流装置宜设于室外，当设在室内时，应为封闭式；

(2) 地面雨水收集系统的雨水弃流设施宜分散设置，当集中设置时，可设雨水弃流池；

(3) 弃流雨水宜排入生物滞留等设施进行入渗处理或待雨停后排放至市政污水管道。当弃流雨水排入污水管道时应确保污水不倒灌。

6.4.14 调蓄水池

调蓄可分为储蓄和调节两类。储蓄指雨水被储存并加以利用，调节则是削减雨水排放过程中的峰值，峰值过后雨水继续排空。雨水储蓄以蓄水池、雨水罐为例，雨水调节以调节塘、调节池为例。

1 蓄水池

概念与构造：蓄水池指具有雨水储存功能雨水收集回用设施，同时也具有削减峰值流量的作用，主要包括钢筋混凝土蓄水池及塑料蓄水模块拼装式蓄水池。

蓄水池典型构造可参照国家建筑标准设计图集《雨水综合利用》10SS705。适用性：蓄水池适用于有雨水回用需求的建筑与小区，根据回用目标（绿化、道路喷洒及冲厕）不同需配建相应的水质净化设施，不适用于无雨水回用需求、污染较严重地区径流雨水的收集回用。

优缺点：蓄水池具有节省占地、雨水管渠易接入、避免阳光的直接照射、防止蚊蝇滋生等优点，但建设费用高，雨水回用水量需求低时不宜采用。

2 雨水罐

概念与构造：雨水罐一般为罐体状，材质主要分为玻璃钢和 PE，为地上或地下封闭式的简易雨水收集回用设施。

适用性：适用于单体建筑屋面雨水的收集利用。

优缺点：雨水罐多为成型产品，施工安装方便，便于维护，但其储存容积较小，水质净化能力有限。

3 调节池

概念与构造：调节池为调蓄设施的一种，即用于削减排水管道峰值流量的设施，一般常用溢流堰式或底部流槽式。调节池典型构造可参见相关给水排水设计手册。

适用性：调节池适用于雨水管渠系统中，削减管渠峰值流量。

优缺点：调节池可有效削减峰值流量，但其功能单一，建设及维护费用较高，宜结合湿塘/景观水体、雨水湿地建设。

4 施工注意事项

(1) 水池开挖深度大于 5m，或地基为软弱土层，地下水渗透系数较大或受场地限制不能放坡开挖时，应采取支护措施。在地下水位较高的地段施工时，应根据水文地质条件及基坑深度等确定降排水施工方案；

(2) 水池基坑开挖应严格控制基底高程，避免扰动基底原状土层。机械开挖时，基底设计标高 0.2m~0.3m 的原状土应人工清理。如有超挖或发生扰动，可换填粒径 10mm~15mm 的天然级配砂石料或最大粒径小于 40mm 的碎石填平夯实，密实度要求 85%~90%，地基承载力应符合设计要求；

(3) 水池的地基承载力应达到设计规定。对于软土地基或承载力不满足设计规定时，应按照设计要求进行加固补强。对于地基存在不均匀沉降的地段，应

按照设计要求进行加固处理；

(4) 水池池底与管道沟槽槽底标高允许偏差±10mm；

(5) 水池防渗土工膜的铺设应满足以下要求：

a 防渗土工膜铺设前应对地基和其周围的渣土、尖锐物、石块、铁丝等进行清理；

b 防渗土工膜到场后宜采用人工卷铺。两幅土工膜在进行搭接时焊接宽度应不小于 100mm；

c 顶板土工膜上应垫中粗砂保护层，铺设厚度为 100mm。

6.4.15 雨落管断接技术

雨水落水管截流（亦称雨落管断接）通过改变屋面雨水径流的传输路径，将原本排入管道的径流引入建筑物周边花园、绿地等透水区域或雨水桶、雨水箱等雨水收集设施。收集的雨水可用于冲洗厕所、洗车和景观绿化等。

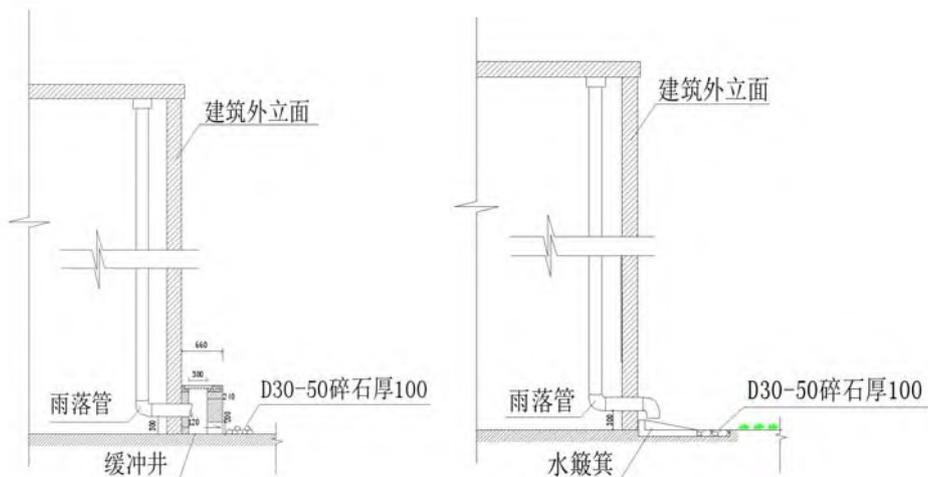
适用条件：

一般适用于住宅区、商业区等多层或高层建筑。

功能、特点：

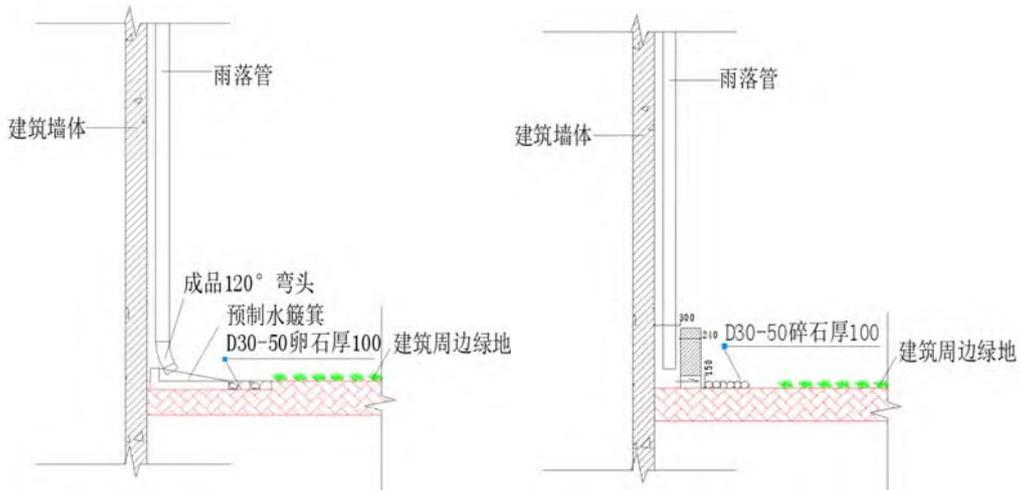
雨水落水管截流能够有效削减峰值流量、径流总量和污染负荷，与此同时储存的径流可用于绿化灌溉，节约水资源和降低水费。

典型构造：



高层建筑雨落管断接示例 1

高层建筑雨落管断接示例 2



多层建筑雨落管断接示例 3 多层建筑雨落管断接示例 4

图 6-14 雨落管断接典型构造示意图

关键设计参数：

- (1) 建筑雨落管断接形式应根据建筑雨水排放方式、周边场地条件等确定。
- (2) 高层建筑的断接应设置消能措施，防止对绿地造成侵蚀。污染严重的工业汇水区域，一般不适做雨落管断接，以避免污染转移扩散。
- (3) 接收雨水落水管截流的绿地面积应与场地整体雨水设计标准匹配。当土壤渗透性能较差时，应适当增大接受屋面径流的绿地面积。
- (4) 雨水落水管截流的地表坡度不宜小于 1%，确保地表坡度能使降雨径流远离建筑物。

7 运行维护

7.1 低影响设施的运行维护

(1) 建立健全低影响开发设施的维护管理制度和操作规程，配备专职管理人员和相应的监测手段，工作人员应经过专门专业技术培训上岗，所有的维护工作应作维护管理记录。

(2) 雨季来临前，应对各项分散式雨水控制利用设施进行清洁和维护，确保其安全运行；在雨季，定期对设施的运行状况进行检查。

(3) 可在低影响开发雨水设施旁设置标示牌，介绍设施的构造、作用等，有利于公众对设施的认知和维护。

(4) 植物养护应满足景观和设施正常运行的要求。

(5) 低影响开发设施的维护管理部门宜对设施的效果进行监测和评估，确保设施的功能得以正常发挥。

(6) 应加强低影响开发设施数据库的建立与信息技术应用，通过数字化信息技术手段，进行科学规划、设计，并为低影响开发雨水系统建设与运行提供科学支撑。

表 7-1 生物滞留设施

检查内容	检查周期
植物生长状况、密度、多样性、病虫害	建造后2年内1月1次， 以后1年4次
土壤的干燥情况	1年4次
雨水径流入口是否堵塞或冲刷破坏 查看配水和溢流设施是否有淤积	建造后2年内1年4次， 以后1年2次； 或大暴雨后24小时内
存水区是否有泥沙淤积 边坡是否坍塌 溢流口是否通畅	
雨水排空时间是否大于48h	
出水水质	
维护内容	维护周期
补种植物 清除杂草、死株和病株	至少1年2次 视检查结果确定

修剪植物，收割植被 及时浇灌植物，施加追肥	
杂物及垃圾的清理	根据检查结果确定
修整覆盖层、 更换覆盖层	1年1次 根据检查结果而定
更换表层种植土、土工布或砂滤层	检查结果显示过滤层及地下排水层失去功效后，通常在使用5—10年后

表 7-2 植草沟、下沉式绿地、植被缓冲带

检查内容	检查周期
植物覆盖率是否达到90% 是否有枯死 是否需要修剪	建造后2年内 1月1次； 以后1年4次
配水、溢流设施是否有淤积 5%植被浅沟出现底部淤积 排水是否顺畅 边坡是否有坍塌 台坎是否被冲开	建造后2年内 1年4次； 以后1年2次； 大暴雨后24h内
维护内容	维护周期
补种、清除杂草、施肥、保证植物生长	按植物要求定期 按检查结果
清除溢流设施，配水设施淤积垃圾 清除草沟底部淤积	1年2次 根据检查结果确定 大暴雨后24h内
修补坍塌部分，保持断面形状 修整草沟底部，保持草沟坡度 恢复台坎设置	

表 7-3 植草沟植物修剪高度

设计草长 (mm)	最高草长(mm)	修剪后高度 (mm)
50	75	40
150	180	120

表 7-4 渗透铺装

检查内容	检查周期
雨水入渗情况	在大暴雨24h内
维护内容	维护周期
清除路面垃圾	按照环卫要求定期清扫
透水面层清理(吸尘器抽吸、高压水冲洗)	根据透水路面检查结果确定 根据路面卫生状况不同，2-3年

	左右一次
更换透水面砖	根据路面卫生状况不同, 在使用了5-10年后透水面砖出现破损

表 7-5 雨水湿地、雨水湿塘、景观水体等多功能调蓄设施

检查内容	检查周期
护坡是否有坍塌损毁	1年2次 大暴雨后24h内
前置塘淤积深度超过总深度的50%	1年1次
水生植物的覆盖率、 是否需要修剪 是否有外来物种	1年3次
进水口、出水口及溢流处的垃圾累积	1年4次 大暴雨后24h内
控制门、阀及其他机械设施	约1年1次
维护内容	维护周期
修复坍塌损毁部分, 补种护坡种植物	根据检查结果确定
杀虫或清理淤泥	当出现异味或大量蚊虫时
补种、修剪水生植物 清理外来物种	根据检查结果; 当覆盖率达不到 设计要求; 根据景观设计的要求
清除滞留塘、深水区、出水池底部淤积	通常在使用10-25年后

表 7-6 过滤设施 (雨水过滤池)

检查内容	检查周期
垃圾聚集情况	至少1月1次
过滤池是否有破坏和裂缝现象	约1年1次
泥沙淤积和雨水溢流情况	雨季1月1次
雨水排空时间大于24h	大暴雨后24h内
出水水质	
维护内容	维护周期
清除垃圾、杂物	根据检查结果 约1年4次
更换过滤层、土工布或排水层	检查结果显示过滤层及地下排水层失去功效后, 通常在使用5—10年后

表 7-7 绿色屋顶

检查内容	检查周期
种植物的生长状况、密度和多样性	建造后2年内1年4次 以后1年2次 大暴雨后24h内
雨水的入渗情况，是否有入渗到屋顶顶板	
溢流设施是否有淤积，排水是否通畅	
维护内容	维护周期
补种植物 清除杂草、死株和病株 修剪种植物，收割植被 及时浇灌植物，施加追肥	至少1年2次 视检查结果确定
清理溢流设施或通道淤积物	1年2次 根据检查结果确定
更换土工布、排水层及其他设施	检查结果显示排水不畅、出水浑浊、入渗不畅或顶板渗水，通常在使用了10-25年后

表 7-8 生物浮岛

检查内容	检查周期
种植物的生长状况、密度和多样性	建造后2年内1年4次 以后1年2次 大暴雨后24h内
维护内容	维护周期
补种植物 修剪种植物，收割植被 维护支架	至少1年2次 视检查结果确定

表 7-9 雨水桶

检查内容	检查周期
雨水桶老化	建造后2年内1年2次
雨水桶是否有渗漏	
雨水桶内部是否有颗粒污染物淤积	
维护内容	维护周期
更换配件 清理淤积物	至少1年2次 视检查结果确定

7.2 低影响设施的水质及安全保障

7.2.1 水质保障

(1) 源头截污设施：可采取植草沟、下沉式绿地、雨水花园等低影响开发设施。

(2) 入湖处设置滨河净化带：应在堤岸设计植被缓冲带，降低水体流速，同时可净化雨水。

(3) 构建水体生态系统：应根据景观及净化要求，选择具有杭州地域特点的水生植物，进行合理搭配，构成植物群落；可选择放养蚌类、鱼类、螺蛳、青蛙等具有本地水生动物。

(4) 利用泵或湿地进行水流循环保障水质。

7.2.2 安全保障

(1) 下沉深度较大的低影响开发设施附近应根据安全要求设置围栏、警示牌或安全平台。

(2) 雨水回用系统应采取防止误饮误用措施。雨水供水管外壁应按设计规定涂色或标识，雨水收集及其回用水管道严禁与市政给水及生活饮用水管道相连接。当设有取水口时，应设锁具或专门开启工具，并有明显的“雨水”标识。

附录

1 主要术语

1.1 低影响开发(LID) low impact development

指在城市开发建设过程中，通过生态化措施，尽可能维持城市开发建设前后水文特征不变，有效缓解不透水面积增加造成的径流总量、径流峰值与径流污染的增加等对环境造成的不利影响。

1.2 年径流总量控制率 volume capture ratio of annual rainfall

根据多年日降雨量统计数据计算，通过自然和人工强化的渗透、储存、蒸发(腾)等方式，场地内累计全年得到控制(不外排)的雨量占全年总降雨量的百分比。

1.3 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)，用于确定低影响开发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。

1.4 雨水调蓄 stormwater detention, retention/ storage

雨水储存和调节的统称。

1.5 雨水储存 stormwater retention or storage

采用具有一定容积的设施，对径流雨水进行滞留、集蓄，削减径流总量，以达到集蓄利用、补充地下水或净化雨水等目的。

1.6 雨水调节 stormwater detention

在降雨期间暂时储存一定量的雨水，削减向下游排放的雨水峰值流量、延长排放时间，一般不减少排放的径流总量，也称调控排放。

1.7 雨水渗透 stormwater infiltration

利用人工或自然设施，使雨水下渗到土壤表层以下，以补充地下水。

1.8 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径流雨水的方法。

2 植物选取与维护

2.1 选取原则

2.1.1 海绵城市建设低影响开发雨水系设施中植物选取首先应满足各类设施的功能要求，符合国家、杭州市现行相关标准、规范的规定。并采取保障公众安全的防护措施，不得对各类设施安全造成负面影响。

2.1.2 遵循经济性、适用性、低维护的原则，结合区域地形地貌、水文水系、径流等实际情况，合理确定雨水“渗、滞、蓄、净、用、排”设施中植物的种类。

2.1.3 根据适用对象和所处位置兼顾长期效果和短期效果。以乡土树种为主，符合生态性和美学原则，速生与慢生结合，常绿与落叶结合，有特色性和针对性，塑造杭州市海绵城市建设低影响开发雨水系统设施中植物特色景观。

2.1.4 充分结合海绵城市建设低影响开发雨水系统中绿色屋顶、下沉式绿地、植草沟、雨水花园、雨水塘、雨水湿地，景观水体多功能调蓄设施、生态浮床、生态驳岸等设施的不同要求，合理选择，因地制宜、适地适树。促进低影响开雨水控制利用系统功能的实现。

2.1.5 植物的名称应以《中国植物志》的中文名为依据，不宜使用商品名、俗名。国外引进的物种需提供准确学名，绿化设计苗木表上应对植物的规格、性状、以及设计要求进行详细标明。

2.2 选取基本要求

2.2.1 绿色屋顶

(1) 根据屋顶荷载情况，结合屋顶低影响开发雨水系统设施要求，满足绿化对基质种类和厚度要求，选取适宜的植物种类进行屋顶绿化。

(2) 宜选用营养要求低、耐贫瘠、耐浅土层、耐干旱、抗风性强、耐高温的植物。

(3) 植物宜选取低矮灌木、宿根花卉、地被植物和藤本植物为主，不宜选用大型乔木及根系穿刺性强的植物。防止对建筑防水层的破坏，有条件时可以种植少量耐旱小乔木。

2.2.2 植草沟、下沉式绿地、植被缓冲带

(1) 在杭州市土壤渗透性差、地下水位较高地区，植草沟、下沉式绿地、植被缓冲带的下沉深度宜控制合理范围内，避免积水对植物生长不利。

(2) 结合设施要求，选取具有耐周期性短期水淹、耐干旱、耐贫瘠、耐浅土层、抗冲刷并具有一定观赏性的植物。

(3) 植草沟、植被缓冲带地被植物，宜选取根系发达、叶茎短小、适宜密植的多种宿根草本植物组合，提升延阻能力、净化污染物、沉积物，加固土壤防止水土流失。

2.2.3 雨水花园

根据雨水花园所在区域的不同要求，选取具有耐周期性短期水淹、耐干旱，并具有一定观赏性的植物群落。

2.2.4 雨水塘、雨水湿地、景观水体多功能调蓄设施

(1) 结合设施要求，选取适合雨水塘、雨水湿地、景观水体多功能调蓄等设施立地条件的乡土水生植物，避免应用未经引种驯化或可能产生生态危害的外来物种。

(2) 结合不同水位条件，选择合适的水生植物即湿生植物、挺水植物、浮叶植物和沉水植物，完善植物群落，提高水体生态系统的自净能力。水位变动区宜选用湿生植物，常水位至 50 厘米水深处适宜选用挺水植物，常水位以下 50 至 80 厘米处适宜采用浮叶植物，沉水植物宜种植在水体能见度 1.5 倍以内的水

深区域内；

(3) 根据不同植物的季相特点，选择水生植物合理配置，使其在不同季节都具有良好的观赏性，将低影响开发雨水系统设施内植物景观具有一定的观赏价值。

表 1 杭州市分散式雨水控制利用设施建设推荐植物种类表

序号	植物种类	拉丁名	LID 设施运用	耐长期水淹	耐短期水淹	耐干旱
湿生植物						
1	蒲苇	<i>Cortaderia selloana</i>	低沼泽地带、高沼泽地带	●	●	○
2	矮蒲苇	<i>Cortaderia selloana Pumila</i>	低沼泽地带、高沼泽地带	●	●	○
3	野芋	<i>Colocasia antiquorum</i>	干湿交替带	○	●	○
4	紫芋	<i>Colocasia tonoiimo</i>	干湿交替带	○	●	○
5	象耳芋	<i>Colocasia gigantea</i>	干湿交替带	○	●	○
6	花叶美人蕉	<i>Canna glauca L</i>	干湿交替带	○	●	○
7	美人蕉	<i>Canna generalis</i>	干湿交替带	○	●	○
8	姜花	<i>Zingber officinalis</i>	高沼泽地带	○	●	△
9	旱伞草	<i>Cperus alternifolius</i>	干湿交替带	○	●	○
10	斑茅	<i>Saccharum arundinaceum</i>	干湿交替带	○	●	○
11	砖子苗	<i>Mariscus cyperinus</i>	低沼泽地带、高沼泽地带	○	●	△
挺水植物						
12	千屈菜	<i>Lythrum salicaria</i>	干湿交替带	○	●	○
13	路易斯安娜鸬尾	<i>Iris Louisiana hybrids</i>	低沼泽地带、高沼泽地带、干湿交替带	○	●	●
14	黄菖蒲	<i>Iris pseudacorus</i>	低沼泽地带、高沼泽地带	○	●	○
15	花菖蒲	<i>Iris ensata</i>	高沼泽地带、干湿交替带	○	●	○

16	梭鱼草	<i>Pontederia cordata</i>	低沼泽地带、高沼泽地带	○	●	△
17	再力花	<i>Thalia dealbata</i>	低沼泽地带、高沼泽地带	○	●	△
18	水葱	<i>Scirpus tabernaemontani</i>	低沼泽地带、高沼泽地带、干湿交替带	○	●	△
19	花叶水葱	<i>Scirpus validus Zebrinus</i>	低沼泽地带、高沼泽地带、干湿交替带	○	●	△
20	芦竹	<i>Ayundo donax</i>	生物滞留设施、渗透塘、湿地、干塘	○	●	●
21	花叶芦竹	<i>Ayundo donax var. versicolor</i>	生物滞留设施、渗透塘、湿地、干塘	○	●	●
22	芦苇	<i>Phragmites australis</i>	低沼泽地带、高沼泽地带、干湿交替带	●	●	○
23	花叶芦苇	<i>Phragmites australis iegatus</i>	低沼泽地带、高沼泽地带、干湿交替带	●	●	○
24	慈菇	<i>Sagittaria sagittifolia</i>	低沼泽地带、高沼泽地带	○	●	△
25	欧洲大慈菇	<i>Sagittaria trifolia sinensis</i>	低沼泽地带、高沼泽地带	○	●	△
27	石菖蒲	<i>Acorus tatarinowii</i>	低沼泽地带、高沼泽地带、干湿交替带	○	●	○
28	香蒲	<i>Typha orientalis</i>	低沼泽地带、高沼泽地带	○	●	○
29	水烛	<i>Typha angustifolia</i>	低沼泽地带、高沼泽地带	○	●	△
30	菰	<i>Zizania latifolia</i>	高沼泽地带	○	●	△
31	荷花	<i>Nelumbo mucifera</i>	深水区、低沼泽地带、高沼泽地带	●	●	△
32	香菇草	<i>Hydrocotyle vulgaris</i>	高沼泽地带、干湿交替带	○	●	△
33	金线蒲	<i>Acorus gramineus var. pusillus</i>	高沼泽地带、干湿交替带	○	●	△
浮叶植物						
34	睡莲	<i>Nymphaea tetragon</i>	深水区、低沼泽地带、	●	○	△
35	中华萍蓬草	<i>Nuphar sinensis</i>	低沼泽地带、高沼泽地带	●	○	△
36	粉绿狐尾藻	<i>Myriophyllum aquaticum</i>	深水区、低沼泽地带、高沼泽地带	●	○	△
37	水蓼粟	<i>Hydrocleys nymphoides</i>	深水区、低沼泽地带、高沼泽地带	●	○	△

38	黄花水龙	<i>Ludwigia peploides</i> <i>subsp. stipulacea</i>	深水区、低沼泽地带、 高沼泽地带	●	○	△
沉水植物						
39	苦草	<i>Vallisneria natans</i>	深水区、低沼泽地带、 高沼泽地带	●	○	△
40	金鱼藻	<i>Ceratophyllum</i> <i>demersum</i>	深水区、低沼泽地带、 高沼泽地带	●	○	△
41	轮叶黑藻	<i>Hydrilla</i> <i>verticillata</i>	深水区、低沼泽地带、 高沼泽地带	●	○	△
42	菹草	<i>Potamogeton</i> <i>crispus</i>	深水区、低沼泽地带、 高沼泽地带	●	○	△
草本类植物						
43	书带草	<i>Ophiopogon</i> <i>japonicus</i>	生物滞留设施、植被缓 冲带、干塘、屋顶绿化、 植草沟	○	●	○
44	结缕草	<i>Zoysia japonica</i>	生物滞留设施、植被缓 冲带、干塘、屋顶绿化、 植草沟	○	●	○
45	狗牙根	<i>Cynodactylon (Li</i> <i>nn)pers</i>	生物滞留设施、植被缓 冲带、干塘、屋顶绿化、 植草沟	○	●	○
耐水湿木本植物						
46	南川柳	<i>Salix rosthornii</i>	生物滞留设施、湿塘、 湿地、植被缓冲带	○	●	●
47	垂柳	<i>Salix babylonica</i>	生物滞留设施、湿塘、 湿地、植被缓冲带	○	●	●
48	枫杨	<i>Pterocarya</i> <i>stenoptera</i>	植被缓冲带、生物滞留 设施	○	●	○
49	水杉	<i>Myetasequoia</i> <i>glyptostrobooides</i>	生物滞留设施、湿塘、 湿地	○	●	○
50	水松	<i>Glyptostrobus</i> <i>pensilis</i>	湿塘、湿地	●	●	△
51	墨西哥落 羽杉	<i>Taxodium</i> <i>mucronatum tenore</i>	生物滞留设施、湿塘、 湿地	●	●	○
52	池杉	<i>Taxodium distichum</i>	生物滞留设施、湿塘、 湿地、植被缓冲带	●	●	●
53	湿地松	<i>Pinus elliottii</i>	生物滞留设施、湿塘、 湿地	○	●	○
54	无刺构骨	<i>Ilex cornuta</i> <i>Fortunei</i>	屋顶绿化、植被缓冲带	△	○	○

55	枸骨	<i>Ilex cornuta</i>	屋顶绿化、植被缓冲带	△	○	○
56	云南黄馨	<i>Jasminum mesnyi</i>	屋顶绿化、生物滞留设施、植被缓冲带	○	○	○
57	棕榈	<i>Trachycarpus fortunei</i>	屋顶绿化、植被缓冲带	○	●	○
58	木芙蓉	<i>Hibiscus mutaabilis</i>	植被缓冲带	△	●	○
59	夹竹桃	<i>Nerium oleander</i>	生物滞留设施、植被缓冲带	○	●	○

备注：1、耐长期水淹：指植物能够长期生活在水淹环境(>0.5m)的能力。2、耐短期水淹：指植物生活在周期波动水淹环境(<0.5m)的能力。3、耐干旱：指植物生活在水分缺失环境的能力。随着杭州市市海绵城市建设低影响开发雨水系统设施的推进和相关工程的实践，对推荐植物内容内容不断完善和优化。

● - 指植物能力强 ○ - 指植物能力一般 △ - 指植物能力差

2.3 维护管理

2.3.1 常用植物维护

(1) 低影响开发雨水系统设施内植物维护管理应制定相应的运行维护管理制度、岗位操作手册，并定期修订。

(2) 应根据《园林绿地养护技术规程》要求进行养护，严控植物高度、疏密度，保持适宜的根冠比和水分平衡。

(3) 在暴雨过后应及时检查雨水花园的覆盖层和植被受损情况，及时更换受损覆盖层材料和植被。

(4) 应定期对生长过快的植物进行适当修剪，根据降水情况对植物进行灌溉。

(5) 严禁使用除草剂、杀虫剂等农药。

2.3.2 水生植物维护

(1) 应定期对水生植物群落生长情况进行观测，挺水植物需防止植株的蔓延扩散与株形保持，平时注意枝叶修剪，花絮、果实的维护管理，生长季末一次性收割；浮叶植物需控制叶面覆盖范围，对生长过于旺盛的区域采取定期收割措施，防止影响沉水植物生长及景观效果；沉水植物在整个生长周期内需进行适时

维护，采取定期收割措施，控制沉水植物生长高度在水面 20cm~30cm 以下。

(2) 应遵循无害化、减量化和资源化原则，及时收割水生植物并移出水体，避免对水体造成二次污染。

(3) 控制草食性鱼类数量，或采取围护措施防止水生植物被过度啃食；及时清理水生杂草、丝状藻类（青苔）和外来入侵物种，保持水生植物群落生态优势

(4) 有条件的项目宜依据不同水生植物耐水湿特性调控水文条件或采取保水、防护措施，防止水生植物干旱、过度淹水或水流冲刷。

(5) 加强水生植物病害防治，有针对性的采取平衡施肥、控制氮肥过量施用；加强栽培管理，保持通风透光，增强植株长势，提高抗病力；减少植株的机械损伤；及时采用特定药剂防治；清除病叶、病残体及集中烧毁等方法。

表 2 杭州市低影响开发雨水设施内植物推荐维护频次表

低影响开发雨水设施	维护频次	备注
植草沟、下沉式绿地	检修 2 次/年(雨季之前和期中). 植物常年维护, 植物生长季节修剪 1 次/月	暴雨前应检查溢水口
植被缓冲带	检修 2 次/年(雨季之前和期中). 植物常年维护	禁止使用除草剂等药剂
雨水花园	检修 2 次/年(雨季之前和期中). 植物常年维护	禁止使用除草剂等药剂
雨水塘、湿塘	检修、植物残体清理, 2 次/年(雨季). 植物常年维护, 前置塘清淤(雨季之前)	暴雨前应检查溢水口
雨水湿地、景观水体多功能调蓄设施	检修、植物残体清理, 2 次/年(雨季). 植物常年维护, 清淤(雨季之前)	
生态树池	检修 2 次/年(雨季之前和期中). 植物常年维护, 植物生长季节修剪 1 次/月	禁止使用农药

3 年径流总量控制率与设计降雨量

3.1 目标确定方法

低影响开发雨水系统的径流总量控制一般采用年径流总量控制率作为控制目标。年径流总量控制率概念示意图如图 1 所示。

理想状态下，径流总量控制目标应以开发建设后径流排放量接近开发建设前自然地貌时的径流排放量为标准。自然地貌往往按照绿地考虑，一般情况下，绿地的年径流总量外排率为 15%-20%（相当于年雨量径流系数为 0.15-0.20），因此，借鉴发达国家实践经验，年径流总量控制率最佳为 80%-85%。这一目标主要通过控制频率较高的中、小降雨事件来实现。以杭州市为例，当年径流总量控制率为 80%和 85%时，对应的设计降雨量为 24.9 mm 和 30.3 mm，分别对应约 0.5 年一遇和 1 年一遇的 1 小时降雨量。

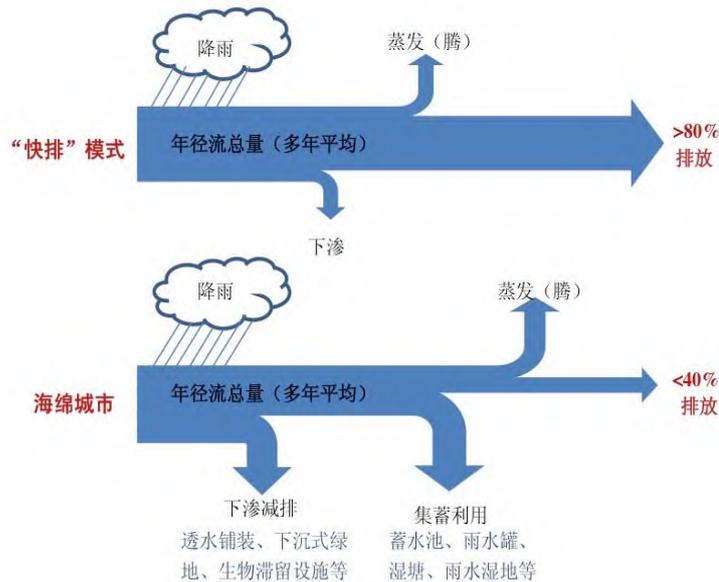


图 1 年径流总量控制率概念示意图

实践中，在确定年径流总量控制率时，需要综合考虑多方面因素。一方面，开发建设前的径流排放量与地表类型、土壤性质、地形地貌、植被覆盖率等因素有关，应通过分析综合确定开发前的径流排放量，并据此确定适宜的年径流总量控制率。另一方面，要考虑当地水资源禀赋情况、降雨规律、开发强度、低影响

开发设施的利用效率以及经济发展水平等因素；具体到某个地块或建设项目的开发，要结合本区域建筑密度、绿地率及土地利用布局等因素确定。

因此，综合考虑以上因素基础上，当不具备径流控制的空间条件或者经济成本过高时，可选择较低的年径流总量控制目标。同时，从维持区域水环境良性循环及经济合理性角度出发，径流总量控制目标也不是越高越好，雨水的过量收集、减排会导致原有水体的萎缩或影响水系统的良性循环；从经济性角度出发，当年径流总量控制率超过一定值时，投资效益会急剧下降，造成设施规模过大、投资浪费的问题。

3.2 年径流总量控制率分区

根据《海绵城市建设技术指南》中有关年径流总量分区，我国地域辽阔，气候特征、土壤地质等天然条件和经济条件差异较大，径流总量控制目标也不同。因此，技术指南中未对年径流总量控制率提出统一的要求。对我国近 200 个城市 1983-2012 年日降雨量统计分析，分别得到各城市年径流总量控制率及其对应的设计降雨量值关系。基于上述数据分析，技术指南中将我国大陆地区大致分为五个区，并给出了各区年径流总量控制率 α 的最低和最高限值，即 I 区 ($85\% \leq \alpha \leq 90\%$)、II 区 ($80\% \leq \alpha \leq 85\%$)、III 区 ($75\% \leq \alpha \leq 85\%$)、IV 区 ($70\% \leq \alpha \leq 85\%$)、V 区 ($60\% \leq \alpha \leq 85\%$)，如图 2 所示。各地海绵城市建设控制目标参照此限值，因地制宜的确定本地区径流总量控制目标。

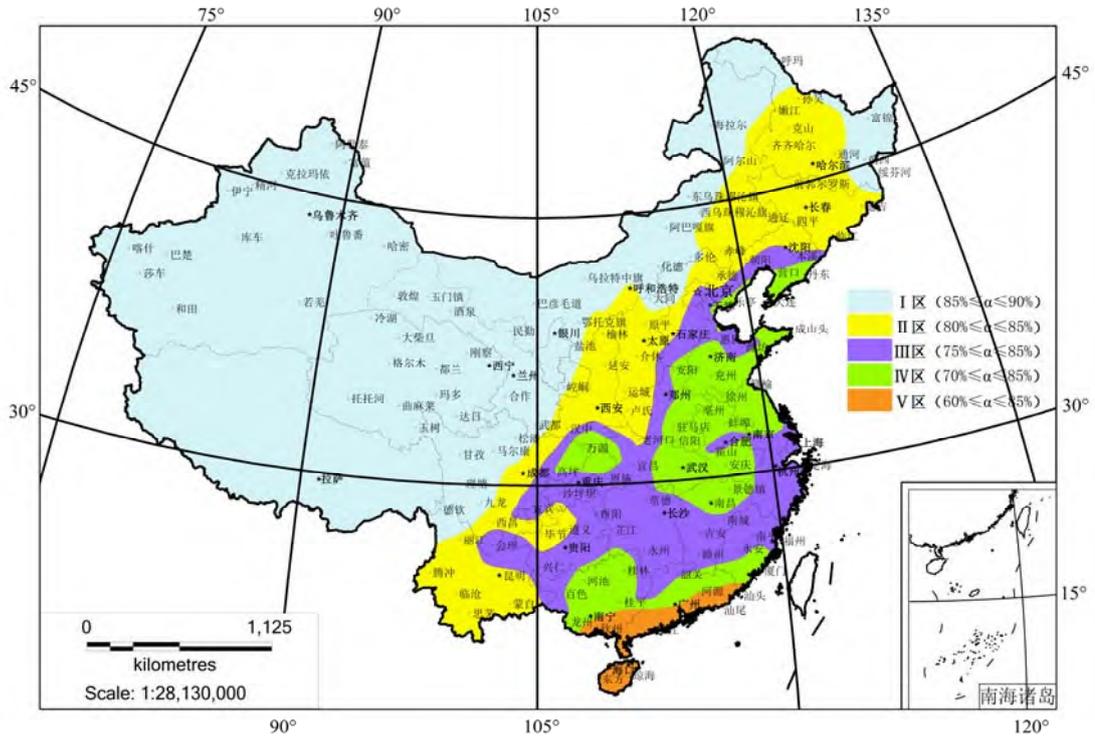


图 2 我国大陆地区年径流总量控制率分区图

根据杭州市气象观测站 1981~2015 年 35 年日雨量资料（不包括降雪），将多年日降雨量值按大小分类，忽略 2 毫米以下降雨之后，按年径流总量控制率统计确定了杭州市的设计降雨量值。跟据《海绵城市建设技术指南》，杭州市位于 III 区，不外排年径流总量控制率宜在 75%~85%。对应的设计降雨量为 21.1 mm~30.7 mm。

表 3 杭州市年径流总量控制率与对应设计降雨量

年径流总量控制率	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%
设计降雨量 (mm)	9.7	11.3	13.2	15.3	18.0	21.1	25.2	30.7	38.9	54.9

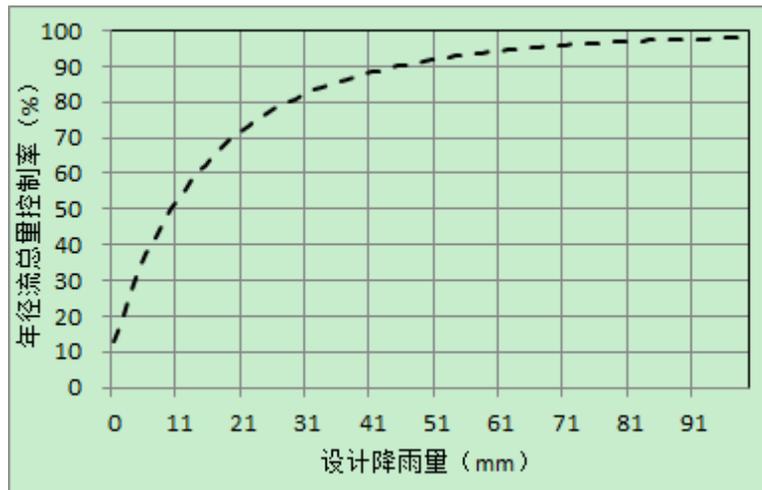


图 3 杭州市设计降雨量与控制率关系曲线

3.3 控制指标分解方法

根据海绵城市建设技术指南中关于控制指标的要求，应结合杭州市水文特点及建设水平，构建适宜并有效衔接的低影响开发控制指标体系。低影响开发雨水系统控制指标的选择应根据建筑密度、绿地率、水域面积率等既有规划控制指标及土地利用布局、当地水文、水环境等条件合理确定，可选择单项或组合控制指标，有条件的城市（新区）可通过编制基于低影响开发理念的雨水控制与利用专项规划，最终落实到用地条件或建设项目设计要点中，作为土地开发的约束条件。低影响开发控制指标及分解方法如表 4 所示。

表 4 低影响开发控制指标及分解方法

规划层级	控制目标与指标	赋值方法
城市总体规划、专项（专业）规划	控制目标： 年径流总量控制率及其对应的设计降雨量	年径流总量控制率目标选择详见本导则 4.3 节，通过统计分析计算（或查附录表 3）得到年径流控制率及其对应的设计降雨量。
详细规划	综合指标： 单位面积控制容积	根据总体规划阶段提出的年径流总量控制率目标，结合各地块绿地率等控制指标，计算各地块的综合指标—单位面积控制容积。
	单项指标：	根据各地块的具体条件，通过技术经济分

	1、下沉式绿地率及其下沉深度 2、透水铺装率 3、绿色屋顶率 4、其他	析，合理选择单项或组合控制指标，并对指标进行合理分配。指标分解方法： 方法 1：根据控制目标和综合指标进行试算分解； 方法 2：模型模拟。
--	--	---

注：1 下沉式绿地率=广义的下沉式绿地面积/绿地总面积，广义的下沉式绿地泛指具有一定调蓄容积（在以径流总量控制为目标进行目标分解或设计计算时，不包括调节容积）的可用于调蓄径流雨水的绿地，包括生物滞留设施、渗透塘、湿塘、雨水湿地等；下沉深度指下沉式绿地低于周边铺砌地面或道路的平均深度，下沉深度小于 100 mm 的下沉式绿地面积不参与计算（受当地土壤渗透性能等条件制约，下沉深度有限的渗透设施除外），对于湿塘、雨水湿地等水面设施系指调蓄深度；

2 透水铺装率=透水铺装面积/硬化地面总面积；

3 绿色屋顶率=绿色屋顶面积/建筑屋顶总面积。

有条件的城市可通过水文、水力计算与模型模拟等方法对年径流总量控制率目标进行逐层分解；暂不具备条件的城市，可结合当地气候、水文地质等特点，汇水面种类及其构成等条件，通过加权平均的方法试算进行分解。

控制目标分解方法如下：

（1）确定海绵专项规划阶段提出的年径流总量控制率目标；

（2）根据城市控制性详细规划阶段提出的各地块绿地率、建筑密度等规划控制指标，初步提出各地块的低影响开发控制指标，可采用下沉式绿地率及其下沉深度、透水铺装率、绿色屋顶率、其他调蓄容积等单项或组合控制指标；

（3）参照本导则附录 4 中 4.1.1 的计算方法，分别得到各地块低影响开发设施的总调蓄容积；

（4）按照本导则附录 4 中 4.1 节各下垫面类型的径流系数表，通过加权计算得到各地块的综合雨量径流系数，并结合上述（3）得到的总调蓄容积，参照附录中 4.1.1 计算确定各地块低影响开发雨水系统的设计降雨量；

（5）对照统计分析法计算出的年径流总量控制率与设计降雨量的关系（或查附录中表 3）确定各地块低影响开发雨水系统的年径流总量控制率；

（6）各地块低影响开发雨水系统的年径流总量控制率经汇水面积与各地块综合雨量径流系数的乘积加权平均，得到城市规划范围低影响开发雨水系统的年径流总量控制率；

(7) 重复 (2) - (6), 直到满足城市总体规划阶段提出的年径流总量控制率目标要求, 最终得到各地块的低影响开发设施的总调蓄容积, 以及对应的下沉式绿地率及其下沉深度、透水铺装率、绿色屋顶率、其他调蓄容积等单项或组合控制指标, 并参照附录 4 中 4.1.1 将各地块中低影响开发设施的总调蓄容积换算为“单位面积控制容积”作为综合控制指标。特别注意, 本计算过程中的调蓄容积不包括用于削减峰值流量的调节容积;

(8) 对于径流总量大、红线内绿地及其他调蓄空间不足的用地, 需统筹周边用地内的调蓄空间共同承担其径流总量控制目标时(如城市绿地用于消纳周边道路和地块内径流雨水), 可将相关用地作为一个整体, 并参照以上方法计算相关用地整体的年径流总量控制率后, 参与后续计算。

4 低影响开发设施计算

4.1 一般计算

4.1.1 容积法

低影响开发设施以径流总量和径流污染为控制目标进行设计时，设施具有的调蓄容积一般应满足“单位面积控制容积”的指标要求。设计调蓄容积一般采用容积法进行计算。

$$V=10H\phi F$$

式中：V——设计调蓄容积，m³；

H——设计降雨量，mm；

ϕ ——综合雨量径流系数，可参照表5进行加权平均计算；

F——汇水面积，hm²。

用于合流制排水系统的径流污染控制时，雨水调蓄池的有效容积可参照《室外排水设计规范》（GB50014）进行计算。

表5 径流系数

汇水面种类	雨量径流系数	流量径流系数
绿色屋顶（基质厚度≥300mm）	0.30~0.40	0.4
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
大块石凳铺砌路面及广场	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
配级碎石路面及广场	0.40	0.40~0.50
非铺砌土路面	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≥500mm）	0.15	0.25
地下建筑覆土绿地（覆土厚度<500mm）	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

4.1.2 流量法

植草沟等转输设施，其设计目标通常为排除一定设计重现期下的雨水流量，可通过推理公式来计算一定重现期下的雨水流量，如下列公式所示。

$$Q=\psi qF$$

式中：Q——雨水设计流量，L/s；

ψ ——流量径流系数，可参见表 18；

q——设计暴雨强度，L/（s·hm²）； F——汇水面积，hm²。

城市雨水管渠系统设计重现期的取值及雨水设计流量的计算等还应符合《室外排水设计规范》（GB50014）的有关规定。

4.1.3 水量平衡法

水量平衡法主要用于湿塘、雨水湿地等设施储存容积的计算。设施储存容积应首先按照容积法进行计算，同时为保证设施正常运行（如保持设计常水位），再通过水量平衡法计算设施每月雨水补水水量、外排水量、水量差、水位变化等相关参数，最后通过经济分析确定设施设计容积的合理性并进行调整，水量平衡计算过程可参照表 6。

表 6 水量平衡计算表

项目	汇流雨水量	补水量	蒸发量	用水量	渗漏量	水量差	水体水深	剩余调蓄高度	外排水流	额外补水量
单位	m ³ /月	m	m	m ³ /月	m ³ /月					
编号	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]
1 月										
2 月										
.....										
11 月										
12 月										
合计										

表 7 杭州市逐月蒸发量与降雨量表

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合计
蒸发量	34.1	39.1	55.4	74.0	91.8	82.4	131.6	123.4	88.4	75.0	52.4	43.3	890.9
降雨量	80.6	88.2	140.7	123.1	128.6	219.4	172.9	162.1	123.5	78.5	71.5	50.6	1439.7

4.2 以渗透为主要功能的设施规模计算

对于生物滞留设施、渗透塘、渗井等顶部或结构内部有蓄水空间的渗透设施，设施规模应按照以下方法进行计算。对透水铺装等仅以原位下渗为主、顶部无蓄水空间的渗透设施，其基层及垫层空隙虽有一定的蓄水空间，但其蓄水能力受面层或基层渗透性能的影响很大，因此透水铺装可通过参与综合雨量径流系数计算的方式确定其规模。

(1) 渗透设施有效调蓄容积按下列公式进行计算

$$V_s = V - W_p$$

式中： V_s ——渗透设施的有效调蓄容积，包括设施顶部和结构内部蓄水空间的容积， m^3 ；

V ——渗透设施进水量， m^3 ，参照容积法计算；

W_p ——渗透量， m^3 。

(2) 渗透设施渗透量按下列公式进行计算

$$W_p = \alpha K J A_s t_s$$

式中： W_p ——渗透量， m^3 ；

α ——综合安全系数，一般取 0.5~0.8；

K ——土壤（原土）渗透系数， m/s ；土壤渗透系数一般以实测资料为准，缺乏资料时可参照表 8 进行选用；

J ——水力坡降，一般可取 $J=1$ ；

A_s ——有效渗透面积， m^2 ；

t_s ——渗透时间， s ，指降雨过程中设施的渗透历时，一般可取 2h。

渗透设施的有效渗透面积 A_s 应按下列要求确定：

- (1) 水平渗透面按投影面积计算；
- (2) 竖直渗透面按有效水位高度的 1/2 计算；
- (3) 斜渗透面按有效水位高度的 1/2 所对应的斜面实际面积计算；
- (4) 地下渗透设施的顶面积不计。

表 8 土壤渗透系数

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	1.0~5.0	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
砾石夹砂	70.0~175.0	8×10 ⁻⁴ ~2×10 ⁻³
带粗砂的砾石	90.0~175.0	1×10 ⁻³ ~2×10 ⁻³
漂砾石	250.0~430.0	3×10 ⁻³ ~5×10 ⁻³
圆砾大漂石	510.0~860.0	6×10 ⁻³ ~1×10 ⁻²

4.3 以储存为主要功能的设施规模计算

雨水罐、蓄水池、湿塘、雨水湿地等设施以储存为主要功能时，其储存容积应通过容积法及水量平衡法计算，并通过技术经济分析综合确定。

4.4 以调节为主要功能的设施规模计算

调节塘、调节池等调节设施，以及以径流峰值调节为目标进行设计的蓄水池、湿塘、雨水湿地等设施的容积应根据雨水管渠系统设计标准、下游雨水管道负荷（设计过流流量）及入流、出流流量过程线，经技术经济分析合理确定，调节设施容积按下列公式进行计算。

$$V = Max \left[\int_0^T (Q_{in} - Q_{out}) dt \right]$$

式中：V——调节设施容积，m³；

Q_{in}——调节设施的入流流量，m³/s；

Q_{out}——调节设施的出流流量，m³/s；

t——计算步长，s；

T——计算降雨历时，s。

4.5 调蓄设施规模计算

具有储存和调节综合功能的湿塘、雨水湿地等多功能调蓄设施，其规模应综合储存设施和调节设施的规模计算方法进行计算。

4.6 以转输与截污净化为主要功能的设施规模计算

植草沟等转输设施的计算方法如下：

(1) 根据总平面图布置植草沟并划分各段的汇水面积。

(2) 根据《室外排水设计规范》(GB50014) 确定排水设计重现期，参考本导则流量法计算设计流量 Q 。

(3) 根据工程实际情况和植草沟设计参数取值，确定各设计参数。容积法弃流设施的弃流容积应按容积法计算；绿色屋顶的规模计算参照透水铺装的规模计算方法；人工土壤渗滤的规模根据设计净化周期和渗滤介质的渗透性能确定；植被缓冲带规模根据场地空间条件确定。

5 杭州市主城区浅部地层分布

杭州市主城区按浅部地层组合的不同大致可分为三个不同的地质单元区，见图 4。

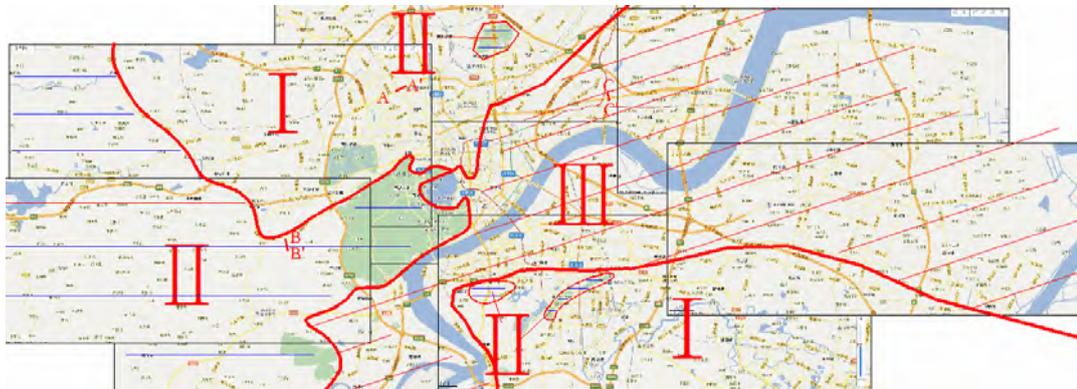


图 4 杭州市主城区浅部地层分布情况

其中 I 区为滨海-河湖相地貌，浅部地层自上而下分布大致呈现填土（硬壳层）

—淤泥质土（滨海相）—较好的粘性土（河湖相）这一特征，详见图 5。

II 区（蓝色阴影区）为丘陵区，浅部地层自上而下分布大致为填土-残坡积土-风化基岩这一特征，详见图 6。

III 区（红色阴影区）为滨海-河流相沉积，浅部地层自上而下分布大致为填土—粉土（河流相）--淤泥质土（滨海相）这一特征，详见图 7。

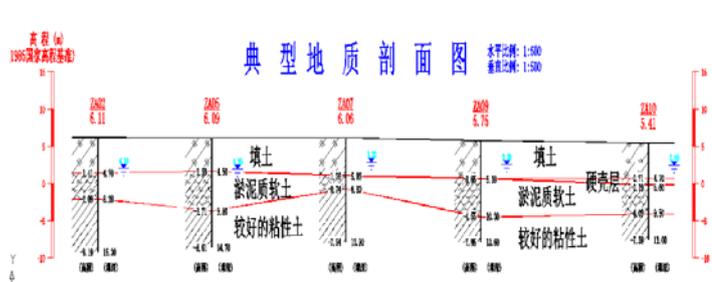


图 5 I 区典型地质剖面图 A-A'（拱墅区石祥路）

注：对于 I 区而言，一般浅部地层中仅填土层中土的渗透系数较大，其余的淤泥质软土及粘性土层渗透性均很差，可认为为隔水层。该区原地形场地高程一般在 3-4m，其下填土层厚度一般约 1-2m 不等，在后期城市建设过程，由于场地抬升，导致填土层厚度增大，局部可达 4-5m。

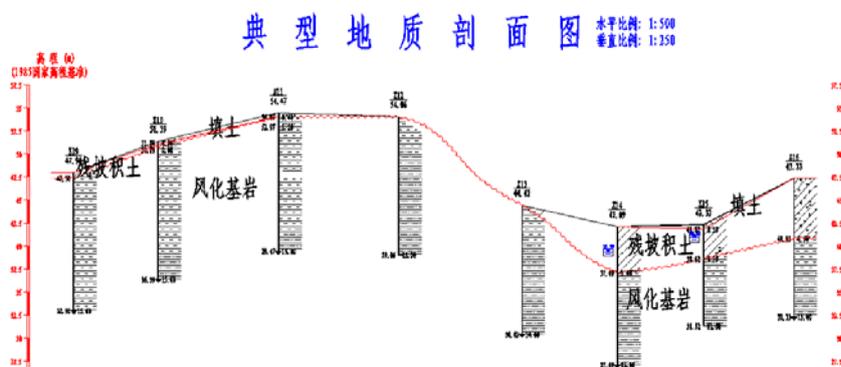


图 6 II 区典型地质剖面图 B-B'（西湖区小和山）

注：对于 II 区而言，一般浅部地层中填土层中土的渗透系数较大，残坡积土渗透系数较小，可认为隔水层。风化基岩层中根据基岩种类及风化程度，其渗透系数变化较大。

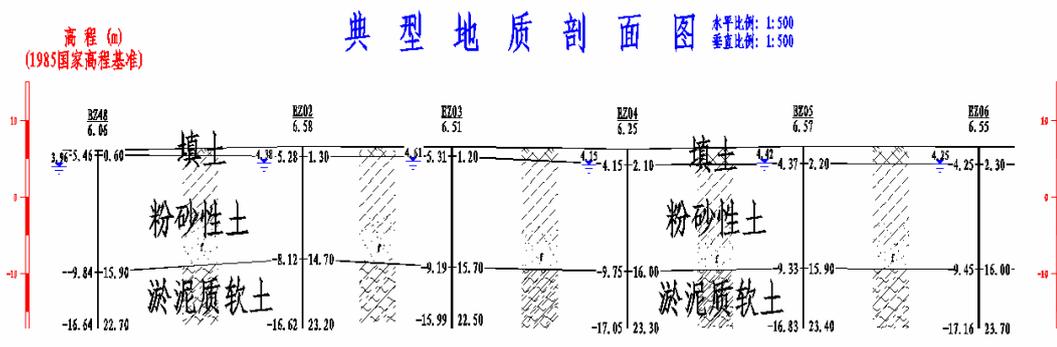


图 7 III区典型地质剖面图 C-C'（江干区下沙）

注：对于III区而言，一般浅部地层中的填土层及粉砂性土层的渗透系数均较大，下部的淤泥质软土渗透性很差，可认为隔水层。该区场地高程一般在 5-6m，其下填土层厚度一般约 1-2m 不等，浅部的粉砂性土层厚度不一，一般约 6-7m，最厚处可达 22m 左右。

表 9 杭州市土壤特性表

	土壤类型	面积 (km ²)	颗粒状况	岩性、岩相	渗透系数 (m/d)	地下水类型		地下水埋深 (m)	年水位变幅 (m)
1	红壤	2061	粉粘比 0.83-0.98	冲洪积、泻湖-湖沼积，砂砾石含粘性土，亚粘土。	0.5-1.5	第四系松散岩类孔隙潜水	河谷孔隙潜水	0.5-2.5	1-2
2	水稻土	671	粘性土为主	湖积、泻湖-湖沼积。岩性为淤泥、粉砂质淤泥、淤泥质粘土为主。	0.05-0.5		滨海、河口平原孔隙潜水	0.5-3.5	1-3
3	潮土	110	粉砂质粘土	冲积-海积、海积，淤泥质粘土、粉砂质粘土	0.1-1.5		滨海、河口平原孔隙潜水	-0.5-2	0.5-1
4	滨海盐土	122	粉砂质粘土	海积，岩性为亚粘土、粉砂质粘土。	0.05-1.0		滨海平原孔隙潜水	-0.5-2	0.5-1
5	紫色土	162	粉粘比 0.8-2.6	残坡积、紫红色碎屑岩风化。岩性以砂质粘土、砂质亚粘土、粉砂为主，含砾石、砂砾石。	0.5-3.0	红色碎屑岩类孔隙裂隙水		1-4.5	1-3.5
6	石灰岩土	372	粘性土为主	碳酸盐岩类基岩风化，粘土、亚粘土为主。	0.1-1.0	碳酸盐岩类岩溶水（裸露型）		0.5-3.5	1-3
7	粗骨土	125	2/3为砾石和砂粒	残坡积、基岩风化，砂砾石含粘性土。	50-150	基岩孔隙裂隙水		0.5-4	1-3.5

8	黄壤	389	粉粘比 1.34-2.9 4	坡洪积, 岩性以粉砂质 粘土、亚粘土, 含砾石、 砂砾石。	1.0-5.0	基岩孔隙裂隙水	0.5-2.5	1-2
---	----	-----	----------------------	-------------------------------------	---------	---------	---------	-----

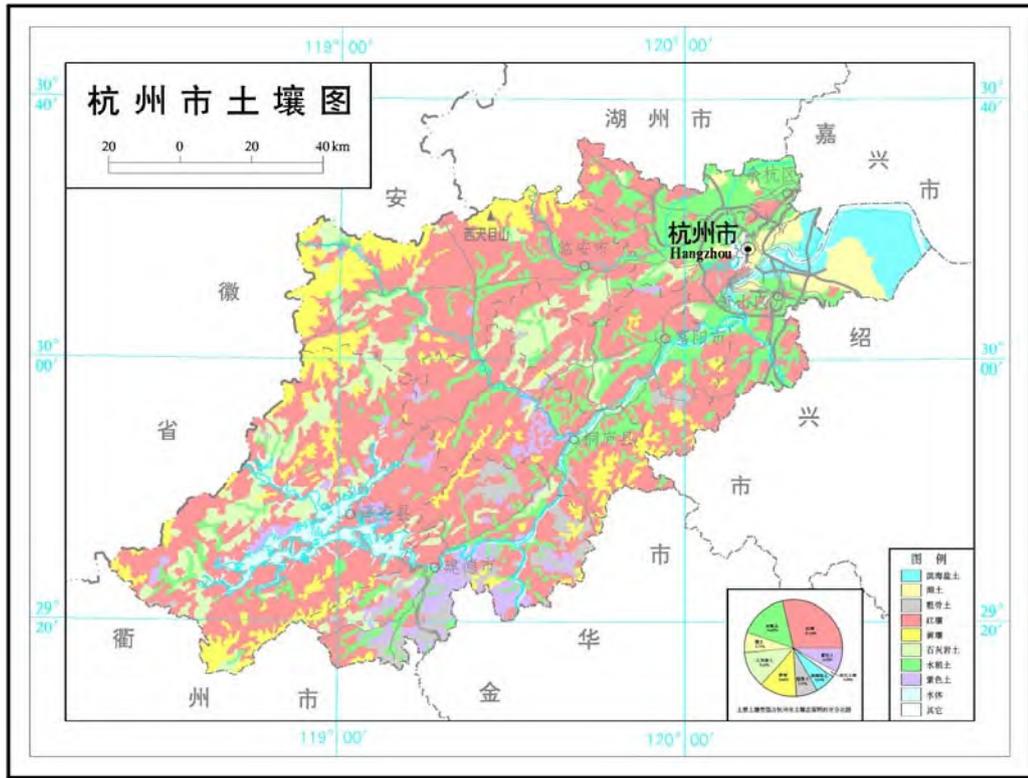


图 8 杭州市土壤分布图

6 低影响开发设施建设费用估算

表中各单项设施的单价来源于近年来杭州地区部分已实施的低影响开发设施建设项目。各地区材料、人工及机械等价格不同，单项设施的单价会有差别。

表 10 低影响开发设施费用估算表

低影响开发设施	单位造价估算
透水铺装	150-400 (元/m ²)
绿色屋顶	200-400 (元/m ²)
狭义下沉式绿地	50-100 (元/m ²)
生物滞留设施	150-800 (元/m ²)
湿塘	400-600 (元/m ²)

雨水湿地	600-1000 (元/m ²)
蓄水池	1200-3000 (元/m ³)
调节塘	200-400 (元/m ²)
植草沟	30-200 (元/m)
人工土壤渗滤	800-1200 (元/m ²)