****T/CECSxxx-2021

中国工程建设标准化协会标准

**既有城市工业区低影响开发设计导则**

Guidelines on Low-Impact Development Design of Existing Industrial Areas

（**征求意见稿**）

中国计划出版社

中国工程建设标准化协会标准

既有城市工业区低影响开发设计导则

Guidelines on Low-Impact Development Design of Existing Industrial Areas

**T/CECS xxx－2021**

主编单位：中科院建筑设计研究院有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：2021年XX月XX日

中国计划出版社

2021年 北京

前 言

本标准根据中国工程建设标准化协会《关于印发《2020年第二批协会标准制订、修订计划》的通知”（建标协字〔2020〕23号）的要求，编制组经过广泛调查研究，认真总结实践经验，并在广泛征求意见的基础上，制定了本标准。

本标准共分7章。主要内容包括总则、术语、基本规定、设计诊断、 规划设计、单元设施设计、监测与管控设计等。

本标准..........条与.........内容可能涉及相关专利的使用。涉及专利的具体技术问题，使用者可直接与本标准的主编单位协商处理。除上述专利外，本标准的某些内容仍可能涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。（有专利时）

请注意本标准的某些内容可能直接或间接涉及专利。本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。（无专利时）

本标准由中国工程建设标准化协会建筑与市政工程产品应用分会归口管理，由中科院建筑设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释。本标准在执行过程中如有意见或建议，请寄送至中科院建筑设计研究院有限公司（地址：北京市海淀区北三环西路45号，邮编：100086，邮箱：wangh@adcas.cn）。

**主 编 单 位：**中科院建筑设计研究院有限公司

**参 编 单 位：**重庆大学

深圳市建筑科学研究院股份有限公司

华东建筑设计研究院有限公司

北京市水科学技术研究院

中国建筑设计研究院有限公司

北京泰宁科创雨水利用技术股份有限公司

**主要起草人：**王华 柴宏祥 王莉芸 张书函 任婕 贾雁翔

**主要审查人：**

**目次**

[**1.总则** 2](#_Toc4726)

[**2术语** 3](#_Toc304)

[**3****基本规定** 5](#_Toc11497)

[**4.设计诊断** 6](#_Toc13579)

[4.1 一般规定 6](#_Toc929)

[4.2 场地现状诊断 8](#_Toc17875)

[**5.规划设计 17**](#_Toc17773)

[5.1 规划目标 17](#_Toc21328)

[5.2 竖向设计 19](#_Toc18631)

[5.3 设施布局 22](#_Toc31597)

[5.4 景观设计 25](#_Toc6409)

[**6.单元设施设计** 26](#_Toc4990)

[6.1 一般规定 26](#_Toc3694)

[6.2 透水铺装 27](#_Toc20151)

[6.3绿色屋顶 28](#_Toc27566)

[6.4 雨水断接 30](#_Toc11806)

[6.5 雨水罐/桶 31](#_Toc28080)

[6.6 地下式雨水调蓄池 31](#_Toc13343)

[6.7 植草沟 33](#_Toc1690)

[6.8 下沉式绿地 34](#_Toc24170)

[6.9 生物滞留设施 35](#_Toc5332)

[6.10 景观水体 36](#_Toc17985)

[6.11 雨水湿地 37](#_Toc28828)

[6.12 调节塘 38](#_Toc20732)

[6.13 初期雨水弃流装置 40](#_Toc29811)

[6.14 物化一体化处理装置 41](#_Toc15658)

[**7.监测与管控设计 42**](#_Toc29738)

[7.1一般规定 42](#_Toc14573)

[7.2设施设计 43](#_Toc26518)

[7.3监测与管控设计 43](#_Toc18725)

[本规程用词说明 44](#_Toc3054835)

[引用标准名录 45](#_Toc3054836)

附：[条文说明 46](#_Toc3054836)

**Contents**

[**1 General Provisions** 2](#_Toc4726)

[**2 Terminology** 3](#_Toc304)

[**3 Basic Provisions** 5](#_Toc11497)

[**4 Design and Diagnosis** 6](#_Toc13579)

[4.1 General Provisions 6](#_Toc929)

[4.2 Diagnosis of Industrial Zone Current Conditions 8](#_Toc17875)

[**5 Planning and Design** 17](#_Toc17773)

[5.1 Goals 17](#_Toc21328)

[5.2 Vertical Design 19](#_Toc18631)

[5.3 Facility Layout 22](#_Toc31597)

[5.4 Landscape Design 25](#_Toc6409)

[**6 Unit Facility Design** 26](#_Toc4990)

[6.1 General Provisions 26](#_Toc3694)

[6.2 Permeable Pavement 27](#_Toc20151)

[6.3 Green Roof Technology 28](#_Toc27566)

[6.4 Stormwater Disconnection 30](#_Toc11806)

[6.5 Rainwater Tank/Bucket 31](#_Toc28080)

[6.6 Underground Stormwater Detention Tank 31](#_Toc13343)

[6.7 Grass Swale 33](#_Toc1690)

[6.8 Sunken Green Belt 34](#_Toc24170)

[6.9 Bioretention Facility 35](#_Toc5332)

[6.10 Landscape Water Body 36](#_Toc17985)

[6.11 Rain Water Wetland 37](#_Toc28828)

[6.12 Detention Basin 38](#_Toc20732)

[6.13 Initial Rainwater Discarding Device 40](#_Toc29811)

[6.14 Integrated Physicochemical Treatment Unit 41](#_Toc15658)

[**7 Monitoring and Control Design** 42](#_Toc29738)

[7.1 General Provisions 42](#_Toc14573)

[7.2 Facility Design 43](#_Toc26518)

[7.3 Design of Monitoring](#_Toc18725) and Control..................................................................................43

[Explanation of Wording in This Specification 44](#_Toc524941268)

[List of Quoted Standards 45](#_Toc524941269)

[Addition：Explanation of Provisions 46](#_Toc524941269)

# 1 总 则

**1.0.1** 为规范既有城市工业区功能提升改造的低影响开发设计，推进工业建筑的可持续发展，制定本导则。

**1.0.2** 本标准适用于既有城市工业区升级改造环境提升的低影响开发设计。相关规划设计可参考使用。

**1.0.3** 低影响开发设计应遵循规划引领、生态优先、安全为重、因地制宜、统筹建设的原则。应根据本地自然地理条件、水文地质特点等进行科学规划；保护河湖泊、湿地等生态敏感区；降低建设行为对自然环境的影响，实现人、建筑与自然的和谐共生。

**1.0.4** 既有城市工业区低影响开发设计除应符合本导则外，尚应符合国家法律法规和现行有关标准的规定。

# 2 术 语

**2.0.1** 既有工业区 existing industrial area

城镇建成区中具有明确区域范围，包含失去原有生产功能、被废弃或闲置的为工业活动而建造的建筑物、构筑物的区域空间。

**2.0.2** 低影响开发 low impact development

在既有工业区改造再利用过程中，以源头控制和延缓冲击负荷的理念，构建与自然相适应的城镇排水系统，合理利用景观空间, 采取相应措施对暴雨径流进行控制，减少面源污染。

**2.0.3** 诊断 retrofitting diagnosis

在改造前，通过现场调查、检测等方法，评估既有工业区地形地貌、气候条件、降雨特征、水文地质, 规划建设条件等方面内容，为规划设计提供依据。

# 3 基本规定

**3.0.1** 既有工业区改造低影响开发应首先进行调研，调研内容包括水文现状、土壤现状、场地下垫面特性等，以及工业区改造低影响开发存在的问题。针对改造开发建设方案进行评估，提出修改建议，并形成诊断评估报告。

**3.0.2** 规划设计宜结合诊断成果，明确低影响开发的目标。并为实现目标进行的总体规划和专项设计，形成低影响开发设计文件。

**3.0.3** 设施设计阶段进行单项设施和组合设施技术的应用设计。

**3.0.4** 设计应根据本地自然地理条件、水文地质特点等进行科学规划，合理确定既有工业区低影响开发目标，选用适用于本地建设的设计指引。既有工业区低影响开发宜兼顾环境提升的功能。

**3.0.5** 设计应体现共享、平衡、集成的理念。在设计过程中，规划、建筑、结构、给水排水、景观、经济等专业应协同工作。

**4 设计诊断**

**4.1 一般规定**

**4.1.1**既有工业区低影响开发应对场地现状进行设计诊断，对改造开发建设方案进行评估，提出修改建议，并形成诊断评估报告。

**4.1.2**设计诊断主要分析既有工业区场地现状，识别环境本底现状，划分低影响开发改造建设分区，为后续规划和设计阶段提供依据。

**4.1.3** 改造后保留工业生产性质的工业区，对于环境污染严重且生产过程涉及有毒有害物质的场地，不宜进行低影响开发建设。针对改造后转化为民用性质的工业区，应首先进行场地无害化处理，以环境功能提升为主进行低影响开发。

**4.2 场地现状诊断**

**4.2.1**场地现状诊断应包括自然地理特征、规划建设条件、雨水系统问题等内容，明确环境本底现状，划定低影响开发建设分区。

**4.2.2** 自然地理特征诊断应包括项目所在地区的地形地貌、气候条件、降雨特征、水文地质等基础条件，具体内容包括但不限于表4.2.1。

表 4.2.1 自然地理特征诊断内容表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 基础条件 | 诊断内容 | 用途 |
| 地形地貌 | 地貌形态、地势走向、地质剖面 |  |
| 气候条件 |  |  |
| 降雨特征 | 降雨 | 区域设计雨型、降雨强度公式 |  |
| 区域内部及附近雨量站基本信息 | 用于确定径流总量控制率及设计降雨量 |
| 雨量站长系列降雨资料 |
| 径流 | 区域内河道及上下游水文站逐小时水位、流量资料 | 评估径流总量控制现状 |
| 历史降雨时间地表径流量资料 |
| 区域水循环 | 多年平均降雨、蒸发、下渗、径流等水文特征 | 分析区域水循环特征及各环节比例 |
| 水文地质 | 土壤 | 土壤类型、土壤渗透系数 |  |
| 地下水 | 地下水埋深、水质 |  |

**4.2.3**规划建设条件诊断应包括如下内容：

1. 工业区相关规划要求、现状建设用地、规划建设用地情况。

2. 工业区排水分区、排水体制、雨污管网及排口分布、污水处理设施运行情况、雨水径流排放去向等，明确市政管网雨水径流消纳能力。

3. 工业区下垫面特征、场地竖向高差等建设条件，重点明确屋面、绿地、道路、水系等不同下垫面面积、分布等情况。

4. 调查厂区内大屋面的屋面形式、荷载结构、排水形式等内容。

**4.2.4** 雨水系统问题诊断应包括如下内容：

1. 根据降雨情况、下垫面特征、地下水水位、土壤渗透条件等诊断结果，分析工业区现状径流系数及产汇流情况、年径流总量控制率、灰绿设施调蓄容积。

2. 应基于区域地理信息、市政基础条件、区域降雨特征，分析区域内涝风险、确定径流控制目标。山区项目应分析山洪对建设项目影响，后续规划设计阶段需提出解决方案。

3. 应根据区域内地表及地下水环境质量报告、监测数据、水环境功能区划，核算工业区环境容量、污染负荷，识别特征污染物，分析降雨径流面源污染及对地表和地下水的影响。

4. 应调查区域年均降水量、蒸发量，根据工业区内企业回用需求确定雨水回用量，采用雨水收集利用总量与年均降雨量比值确定工业区雨水资源利用率。

**4.2.5** 既有工业区低影响开发单元设施设计前，须对拟设计的单元设施入口径流污染物浓度进行诊断，按照单项污染物指标就高原则划分低影响开发建设分区（表4.2.2）。

表 4.2.2 既有工业区低影响开发单元设施入口径流污染物诊断分区表（mg/L）

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 污染物浓度限值分区 | SS | COD | TN | TP | 大肠菌群 | 重金属 |
| 总铅 | 总铜 | 总铬 | 总镍 | 总砷 | 总镉 | 总汞 |
| 高区 | >1000 | ＞250 | >45 | ＞5 | ＞个/L | ＞0.5 | ＞5 | ＞1.5 | ＞1 | ＞0.3 | ＞0.05 | ＞0.005 |
| 中区 | 500-1000 | 150-250 | 25~45 | 3~5 | - | 0.5-0.08 | 5-2 | 1.5-0.1 | 1-0.05 | 0.05~0.3 | 0.01~0.05 | 0.001~0.005 |
| 低区 | <500 | ＜150 | <25 | ＜3 | ＜个/L | ＜0.08 | ＜2 | ＜0.1 | ＜0.05 | ＜0.05 | ＜0.01 | ＜0.001 |

1. 诊断结果为高区时，不宜进行低影响开发设计，雨水径流直接进入污废水管道。

2. 诊断结果为中区时，低影响开发单元设施设计采用污染物预处理、强化污染物去除技术。

3. 诊断结果为低区时，低影响开发单元设施按照常规技术进行设计。

4.3 诊断目标

**4.3.1** 针对既有工业区特点，场地现状诊断目标应重点识别环境特征污染物、开发建设现状问题、改造后厂区功能影响等内容。

**4.3.2**应以排水分区为基础，综合考虑工业区水系、地形、防涝设施布局、径流污染情况等要素，划分低影响开发建设分区。

**4.3.3**分区管控指标应以相关上位规划、海绵城市建设总体指标为基础，综合考虑工业区环境本底现状、雨水系统问题、开发建设强度等要素，确定各分区控制目标及引导性指标。

# 规划设计

**5.1 规划目标**

**5.1.1** 既有工业区低影响改造前，应根据环境污染、大气污染、生产污染等污染程度，将既有工业区低影响开发划分为低区、中区、高区，各区径流污染物浓度限值参照表 4.2.2。低影响开发各分区区域特点如下：低区包括生活区、办公区等生态本底较好且污染程度很低的区域。中区包括污染程度较低的区域。高区主要包括：项目所在地已出台海绵城市建设豁免清单的区域，项目所在地未出台海绵城市建设豁免清单时单符合以下情形的区域：地质勘查确认位于地质灾害易发区，如易发生滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷等不宜进行海绵城市建设的区域；可能产生特殊污染的区域，如石油化工生产基地、加油站、大量生产或使用重金属的区域、垃圾填埋场、既有工业区内的综合性医院、传染病医院、危化品仓储区等。

**5.1.2** 低影响开发规划目标包括控制性指标和引导性指标。控制性指标主要包括年径流总量控制率。引导性指标包括透水铺装率、绿色屋顶率、绿地下沉率、不透水下垫面径流控制率等。

**5.1.3** 既有工业区低影响开发规划目标，应按以下原则取值：

1.有工程规划许可文件的项目，应按文件要求确定规划目标；

2.无工程规划许可文件或文件中无相关指标的项目，宜按项目所在区域已编制完成的

海绵城市建设详细规划确定规划目标；

3.项目所在区域未编制海绵城市详细规划或指标缺失时，宜遵循当地相关政策及规范

确定规划目标；

1. 无相关政策及规范时，低区宜按《海绵城市建设技术指南》提出的我国大陆地区

年径流总量控制率分区图的下限确定年径流总量控制率目标；中区宜按低区目标的80%取值；高区可不设规划目标，该区域低影响开发遵循能做尽做、因地制宜的原则。其他目标宜针对既有工业区特点，因地制宜的确定。



## 5.2 竖向设计

**5.2.1** 既有工业区低影响开发设计应优先通过竖向设计安排好雨水径流的下渗、滞蓄、调节和排放的位置和通道，因地制宜地按照海绵城市建设的理念进行系统地竖向改造或局部调整。

**5.2.2** 竖向设计应结合场地的自然地形特点、平面功能布局与施工技术条件，对场地地面及建筑物、构筑物等的高程做出的设计与安排。

**5.2.3** 竖向设计应因地制宜、因势利导、就地取材，适应经济环境和生产、生活发展的需要，尽量多用园区内现有丘陵低洼区域、体现工程量少、见效快、环境好的整体效果。

**5.2.4** 竖向设计需取得必要的基础资料和设计依据，并根据设计阶段的内容、深度要求及建设项目的复杂程度，取舍各项资料，所需基本资料应包括且不局限于以下方面：

1.地形图，比例1:500或1:1000；

2.建设场地的地质条件资料；

3.场地平面布局；

4.场地道路布置；

5.场地排水与防洪方案；

6.地下管线的情况；

7.填土土源与弃土地点。

**5.2.5** 竖向设计的内容应包括地面标高、设施布局、低洼点位置、排水形式、道路纵横坡、下凹绿地位置和面积、景观布局等。

**5.2.6** 竖向设计应做好与景观的衔接，在保持景观的同时，应无排水死角，避免道路局部积水。

**5.2.7** 竖向设计应衔接好各类低影响开发设施的竖向，建立以串联为主的设施水力联系，屋面和地面雨水先进入低影响开发设施，经多级滞蓄调节后再排入市政雨水管道。

**5.2.8** 竖向设计成果需经数值模型优化和评估，以确保区域内防涝安全。

**5.2.9** 竖向设计成果应包括设计说明书、竖向控制高程图、有关技术经济指标、内部作业的图纸和资料等。

**5.2.10** 既有工业区低影响开发的地面竖向布置形式，应包括平坡式、台阶式、混合式，其中：

1.平坡式：是把场地处理成接近于自然地形的一个或几个坡向的整平面，整平面之间

连接平缓，无显著的坡度、高差变化。

2.台阶式，是有集合高差较大的不同整平面相连接而成的，在其连接处一般设置挡土

墙或护坡等构筑物。

3.混合式，是混合运用上述两种形式进行的竖向布置，根据使用要求和地形特点，把

建筑用地分成几个区域，以适应自然地形的复杂变化。

**5.2.11** 既有工业区低影响开发的地面竖向布置形式选择应考虑以下因素：

1.场地的自然地理特征

2.建筑物、构筑物的布局与基础埋深

3.室外场地的使用要求

4.主体工程建设方案和技术特点

5.其他因素等。

**5.2.12** 既有工业区低影响开发的竖向设计的步骤宜包括以下方面：

1.收集竖向设计的有关资料

2.选择场地的总体竖向布局

3.确定场地的排水组织与道路的竖向布置

4.确定场地地形的具体竖向布置方案（地形坡度、场面高程、坡度与距离、对外衔接）

5.拟定建筑物室内外标高，土方平衡，场地竖向的局部处理。

**5.2.13** 竖向设计的表达方式宜选择高程剪头法、纵横断面法等方法或其组合。

**5.2.14** 应综合考虑场地内地表排水要求，地下水位、地质条件、交通运输要求、土方节约和土方平衡等因素，设计竖向标高，应按照以下步骤设计：

1.确定场地地面的竖向布置形式

2.明确填、挖方范围及零界线位置

3.合理确定建、构筑物及其他设施的标高

4.根据土方量平衡的情况进行有关设计标高的调整

**5.2.15** 既有工业区低影响开发的建筑物布置和竖向设计应结合地形条件协调建筑之间的平面、空间关系，考虑建筑与地形地面的关系、坡向与日照间距、道路与建筑物的关系等。

**5.2.16** 既有工业区低影响开发的道路竖向布置和设计应考虑道路与地形相配合，既满足道路本身的技术要求又利用地形灵活确定道路形式；道路控制点标高的确定应减少土方量，满足有关竖向方面的其他特殊要求、满足道路路面横坡排水的要求。

**5.2.17** 道路交叉口的竖向设计主要包括凸、凹形地形交叉口、单坡地形交叉口、分水线与汇水线地形交叉口等。

**5.2.18** 场地竖向应有利于排水组织与防洪。场地雨水的排水方式，可选择自然排水、明沟排水、暗管排水和混合排水等。

## 5.3 设施布局

**5.3.1**应结合既有工业区现状地形地貌、土壤性质、地下水位状况等，并根据改造区域内原有河流水系、道路广场、建筑物及绿地的分布位置，合理划分汇水分区，优化布局低影响设施。

**5.3.2** 既有工业区宜充分利用公共空间设置低影响设施，且低影响设施宜分散设在广场、道路、建筑物等不透水下垫面旁及雨水径流的下方向，设施规模应与汇水面积相适配。

**5.3.3** 低影响设施宜充分利用原有绿地，但不宜将低影响设施设在绿地的径流上方向，也不宜设在无不透水下垫面径流雨水汇入的大片绿地内；低影响入渗设施距建筑物基础边缘不应小于5m，且不应对其他构筑物、道路基础、管道基础产生影响。

**5.3.4** 有条件情况下，位于既有工业区低影响低区、中区的建筑屋顶宜设置绿色屋顶，具体要求包括但不限于以下内容：

1.既有工业区建筑增设绿色屋顶前，必须检测鉴定结构安全，并以结构鉴定报告作为

设计依据，确定绿色屋顶形式；

2.结构安全条件允许的前提下，屋面设备区占比小于10%的建筑，宜优先考虑绿色屋

面改造的可能性；屋面设备区占比10%～30%的建筑，宜进行绿色屋面改造；屋面设备区占比高于30%的建筑，可根据建筑功能需要决定是否进行绿色屋面改造；

3.上人屋面宜设绿色屋顶；除特殊情况，非上人屋面可不设绿色屋顶；屋面坡度大于

50%时，可不设绿色屋顶；位于低影响高区的建筑，不宜设绿色屋顶；既有工业区内住宅屋顶不宜设绿色屋顶。

**5.3.5** 有条件情况下，既有工业区的场地宜设置透水铺装，具体要求包括但不限于以下内容：

1. 低影响低区、中区的人行道、广场、非机动车道、庭院等场所宜设透水铺装；低

影响高区不宜设透水铺装；

2.车行道、回车场等不宜设置透水铺装；

3.设备维修点、加油站、垃圾场、工业区污染材料堆放区等径流污染严重的区域，不

适宜设置透水铺装。

**5.3.6** 位于既有工业区低影响低区、中区且纵坡小于横坡的道路，若道路旁有绿地时，宜将横坡下方向的绿地设置为植草沟、雨水花园、下凹绿地等低影响设施；对无内涝风险的区域，宜将道路雨水口由道路移至低影响设施内。

**5.3.7** 位于既有工业区低影响低区、中区且道路旁无成片绿地时，宜将道路旁的树池改造为生态树池，且周边雨水宜坡向树池；竖向设计允许的条件下，宜将道路径流雨水通过管道导入附近的低位绿地。

**5.3.8** 有条件情况下，宜将既有工业区低影响低区、中区道路交叉口处的中心花坛、场地内高位花坛等宜改造为生态滞留设施，且周边雨水宜坡向设施。

**5.3.9** 既有工业区建筑外墙设有雨水立管时，宜在雨水管旁分散设置高位花坛、雨水桶等高位低影响设施；除非特殊处理，不宜在建筑旁设置埋地式雨水入渗设施。

**5.3.10** 既有工业区内有下沉式景观水体时，其周边宜设置卵石沟、植物缓冲带、植被浅沟、生态驳岸、湿地等生态设施消减径流污染。

**5.3.11** 既有工业区的土壤渗透系数为10-6m/s～10-３m/s之间，且渗透面距地下水位大于1.0m时，可将雨水排放的非渗透管改为渗透管或穿孔管，兼具渗透和排放两种功能。

**5.3.12** 既有工业区改造时，可将下沉式运动场、广场等活动场地改造为多功能雨水调蓄设施，旱季具备活动功能，雨季兼做雨水调蓄空间；改造后的调蓄设施应设雨水溢流排空措施，确保暴雨后24小时内排空雨水，恢复原有功能，且雨水调蓄功能不能影响人员安全及原有功能的使用。

**5.3.13** 有条件情况下，既有工业区有内涝风险的低影响开发低区、中区可设集中雨水调蓄池；集中调蓄池宜设在汇水分区的低洼处及径流组织的下方向，且宜靠近雨水管网末端的排放出口处；若雨水调蓄池采用塑料模块或硅砂砌块等型材拼装组合时，不应设在机动车道下方。

**5.3.14** 无条件设集中雨水调蓄设施时，可采用雨水罐分散收集屋顶雨水；雨水罐宜分散设在屋顶雨水立管旁，且雨水罐容积应与雨水立管汇水面积相适配。

**5.3.15** 既有工业区低影响低区、中区的道路雨水口宜改造为环保雨水口。

**5.4 景观设计**

**5.4.1** 既有工业区低影响开发景观设计时，宜与厂区原有建筑及环境相协调。

**5.4.2** 既有工业区低影响开发景观设计时，既要考虑景观设施的休闲、娱乐和美观性，还应兼顾设施的雨水消纳功能。

**5.4.3** 应根据低影响设的土壤性质、水分条件、径流雨水水质等进行植物选择，且宜选用耐淹耐旱、耐污染能力强的本土植物，并充分考虑植物的多样性、四季变化特性及色彩丰富性。

**5.4.4** 既有工业区内景观水体改造时，除考虑景观效果外，还宜兼顾雨水调蓄功能；且景观水体的水底构造、水体深度、水体内生物配置、水体断面等宜考虑雨水消纳及污染消减的要求。

# 6 单元设施设计

**6.1 一般规定**

**6.1.1** 既有工业区低影响开发单元设施设计选用应遵循以下一般规定：

1. 既有工业区低影响开发单元设施设计前，须对拟设计的单元设施入口径流污染物浓度进行诊断，诊断结果与表6.1.1按照单项污染物指标就高原则对应分区。

表6.1.1既有工业区低影响开发单元设施入口径流污染物诊断分区表（mg/L）

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 污染物浓度限值分区 | SS | COD | TN | TP | 大肠菌群 | 重金属 |
| 总铅 | 总铜 | 总铬 | 总镍 | 总砷 | 总镉 | 总汞 |
| 高区 | >1000 | ＞250 | >45 | ＞5 | ＞个/L | ＞0.5 | ＞5 | ＞1.5 | ＞1 | ＞0.3 | ＞0.05 | ＞0.005 |
| 中区 | 500-1000 | 150-250 | 25~45 | 3~5 | - | 0.5-0.08 | 5-2 | 1.5-0.1 | 1-0.05 | 0.05~0.3 | 0.01~0.05 | 0.001~0.005 |
| 低区 | <500 | ＜150 | <25 | ＜3 | ＜个/L | ＜0.08 | ＜2 | ＜0.1 | ＜0.05 | ＜0.05 | ＜0.01 | ＜0.001 |

2. 诊断结果对应分区为高区时，雨水径流直接进入污废水管道。

3. 诊断结果对应分区为中区时，低影响开发单元设施采用污染物预处理、强化污染物去除技术进行设计。

4. 诊断结果对应分区为低区时，低影响开发单元设施按照常规技术进行设计。

**6.1.2** 既有工业区低影响开发单元设施入口重金属污染物浓度诊断结果为中区时，单元设

施种植植物时应选用耐重金属植物。

**6.2 透水铺装**

**6.2.1** 透水铺装适用于既有工业区内轻型荷载道路、停车场、广场及人行步道。**6.2.2** 既有工业区透水铺装设施入流雨水污染物诊断为中区时，不应接入。

**6.2.3**既有工业区透水铺装应符合以下设计要求：

 1.透水铺装的设计应符合《透水砖路面技术规程》（CJJ/T188）、《透水沥青路面技术规程》（CJJ/T190）和《透水水泥混凝土路面技术规程》（CJJ/T135）的相关规定。

 2.透水铺装的纵向坡度设计不应大于2%。

 3.透水铺装设置在地下室顶板上时，顶板覆土厚度不应小于600mm。

 4.透水铺装的透水基层底部比当地季节性最高地下水位高不应小于1m，不能满足要求时，应采取防渗措施。

**6.3绿色屋顶**

**6.3.1** 绿色屋顶适用既有工业区内符合屋顶荷载、防水等条件的建筑屋面，不适合拱屋面以及玻璃面、活动面层、柔性屋面。

**6.3.2** 天然降雨雨水污染物诊断为中区时，不适合修建绿色屋顶，既有屋面雨水收集排放的雨水排放管道应接入污废水管道。

**6.3.3** 既有工业区绿色屋顶应符合以下设计要求：

1.绿色屋顶设计应遵循安全、可行、生态、经济和保护建筑物的原则。

2.绿色屋顶绿色屋面的设计应符合《种植屋面工程技术规程》JGJ155、屋面荷载设计应符合《建筑结构荷载规范》GB50009、屋面防水应符合《屋面工程技术规范》GB50345等现行标准要求。

3.屋面坡度在≤10°的宜做花园式屋顶绿化或组合式屋顶绿化，也可做草坪式屋顶绿化；屋面坡度10-15°的宜做草坪式屋顶绿化；屋面坡度15-50°时，在满足植物种植要求情况下，也可设置绿色屋顶，但应设置防滑措施，满覆盖种植时可采取挡板和挡墙等措施，非满覆盖种植时可采用阶梯式或台地式种植；坡度大于50°坡度时，不应设计绿色屋顶。

4.绿色屋顶植物选种类型及其基质层设计厚度，应根据既有工业区污染程度、屋面荷载能力确定。

5.既有工业区既有建筑屋面改造，防水层完整连续仍有防水能力时，可增铺耐穿刺防水层后覆土种植，或增设保护层后容器种植；屋面丧失防水能力时，应拆除原防水层及上部构造，增做的普通防水层、耐根穿刺防水层及其他构造层次，防水层的泛水高度应高出种植土250mm。

**6.4 雨水断接**

**6.4.1**既有工业区设置雨水断接，一般适用于高度低于40米的建筑且采用非虹吸雨水系统的雨水排水立管。

**6.4.2**既有工业区建筑雨水排水立管雨水污染物诊断为中区时，应设置初期雨水弃流设施。

**6.4.3**既有工业区雨水断接应符合以下设计要求：

1.建筑雨水排水立管断接，应在底层外立面将雨水排水立管折断，使雨水排放至消能设施后，引入其他低影响开发单元设施。

2. 雨水断接应保证建筑物、构筑物和场地的安全，不得影响人行、车行安全；保证排水通畅，不对建筑立面、幕墙、建筑防水造成影响。

3. 雨落管断接与地面高差不宜大于150mm。落水口位置建筑防水泛水与落水口的高差不应小于250mm。雨水断接后雨水排入的绿地、生物滞留等设施与建筑墙体距离应大于0.6m。

4. 当雨落管断接后雨水排入明沟时，明沟内落水口处应填充卵石进行消能，落水口处周边1.5m内地面基础应夯实，明沟与外墙采用20mm宽油膏嵌缝。当雨落管断接后雨水排入水簸箕时，水簸箕处周边1.5m内地面基础应夯实，水簸箕与外墙采用20mm宽油膏嵌缝。当雨落管断接后雨水排入高位雨水花坛时，雨水落水口接入雨水花坛凹口位置，雨水花坛周边1.5m内地面基础应夯实，雨水花坛与外墙采用20mm宽油膏嵌缝。当雨落管断接后雨水排入雨水桶时，雨落管断接直接接入雨水桶进水口。

5. 既有工业区虹吸雨水立管、不能穿外墙的内排水雨水管采用雨水断接时，应引入室外的消能设施进行消能后，再进行断接。

**6.5 雨水罐/桶**

**6.5.1**既有工业区设置雨水罐/桶，主要适用于收集存储屋面雨水并回用。

**6.5.2**既有工业区雨水罐/桶入口雨水污染物诊断为高、中区时，一般不设置雨水罐/桶。

**6.5.3**既有工业区雨水罐/桶应符合以下设计要求：

1. 雨水罐/桶入口与屋顶雨水断接管连接。

2. 雨水罐/桶出口，应根据雨水水质，分别接入一体化物化处理装置或雨水回用点。

3. 雨水罐/桶容积应结合可收集雨水量和雨水回用规模确定，当资料不足时，可按雨水回用水最高日用水量的20%-25%确定。

**6.6 地下式雨水调蓄池**

**6.6.1**既有工业区设置地下式雨水调蓄池，主要适用于满足年径流总量控制率或防涝目标，也可兼用于雨水回用池。

**6.6.2**既有工业区地下式雨水调蓄池入口雨水污染物诊断为中区时，出水应接入污废水管道。

**6.6.3**既有工业区地下式雨水调蓄池应符合以下设计要求：

1. 地下式雨水调蓄池一般采用埋地式塑料模块蓄水池、埋地式混凝土蓄水池。

2. 地下式雨水调蓄池应设置集泥槽。

3. 地下式雨水调蓄池进、出水管的设置应满足：不产生水流短路；不扰动沉积物。

4. 地下式雨水调蓄池容积应根据年径流总量控制率、内涝防治要求、回用水需求等目标计算确定，当需要满足多项功能时，按照各目标计算结果的最大值确定。

**6.7 植草沟**

**6.7.1**既有工业区设置植草沟，主要适用于建筑、道路和广场等不透水面雨水径流的收集与转输，可与雨水管渠联合应用，也可作为生物滞留设施、湿塘等低影响开发设施的预处理。

**6.7.2**既有工业区植草沟入口雨水污染物SS诊断为中区时，雨水径流需经过预处理设施再接入，入口雨水污染物重金属诊断为中区时，植草沟内植被应选用耐重金属植物，可从附表6.1选取。

**6.7.3**既有工业区植草沟应符合以下设计要求：

1.植草沟进水口不能有效收集汇水面径流雨水时，应加大进水口规模或进行局部下凹等。进水口因冲刷造成水土流失时，应设置由卵石、碎石或混凝土砌块等构成的分散消能设施。

2. 植草沟应采用重力流排水，根据各汇水面的分布、性质和竖向条件，均匀分配径流量。植草沟应保持直顺，沟底应平整、无反坡，沟内无杂物，坡度应符合设计要求。植草沟浅沟断面形式宜采用倒抛物线形、三角形或梯形。

3. 植草沟设计流量采用明渠流曼宁公式计算，设计流速0.3-0.8m/s。

4. 植草沟顶宽宜为500~2000mm，深度宜为50~250mm。植草沟边坡（垂直：水平）不宜大于1:3，纵向坡度宜为1%~6%。纵向坡度小于1%时，其下宜敷设穿孔集水管；纵向坡度大于6%时，宜设为阶梯型植草沟或在中途设置消能台坎、节制堰。

5. 植草沟内植被高度宜控制在100~200mm，应选择恢复力、适应性、抗逆性强，耐瘠薄、耐旱、耐涝，能在薄砂、沉积堆积物环境中生长的乡土植物。

**6.8 下沉式绿地**

**6.8.1**既有工业区设置下沉式绿地，主要适用于建筑、道路、广场及停车场的周边绿地。

**6.8.2**既有工业区下沉式绿地入口雨水污染物SS诊断为中区时，雨水径流需经过预处理设施再接入，入口雨水污染物重金属诊断为中区时，下沉式绿地内植被应选用耐重金属植物，可从附表6.1选取。

**6.8.3**既有工业区下沉式绿地应符合以下设计要求：

1.下沉式绿地一般建于汇水面的低地势处，便于将雨水引入绿地。周边雨水宜分散进入下沉式绿地，当集中进入时应在入口处设置缓冲措施。

2.下沉式绿地可灵活分散布置，单组设计规模不宜过大。下沉式绿地设施面积可根据以控制年径流总量为目标的规模计算方法确定，也可根据下沉式绿地设施面积与汇水区面积之比确定，比值通常可取10%~20%。下沉式绿地有效储水容积应按溢水排水口标高以下的实际储水容积计算。

3.下沉式绿地构造层设计要求如表6.8.3所示。

表6.8.3下沉式绿地构造层设计参数表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 构造层 | 厚度（mm） | 材质 |
| 超高/蓄水层 | 100-250 | 净空 |
| 溢流口 | 高于设计液位50 | 溢流装置采用溢流管等装置 |
| 种植土 | 200-300 | 渗透系数≥10-5m/s |
| 原土 | 原土顶部高于地下水位应大于1m | 渗透系数≥10-6m/s |

4. 设计时需确保下沉式绿地雨停后48h内排空。

5. 在湿陷性土质等地质条件较差的区域应做防渗处理。

6.下沉式绿地宜选择长时耐旱、短时耐淹、耐盐抗污的乡土植物。冬季较长，寒冷干燥地区，宜选用耐寒、耐涝强的乡土植物。植物配置时，可采用灌草结合，形成层次丰富的绿地景观。

## 6.9 生物滞留设施

**6.9.1**既有工业区设置生物滞留设施，主要适用于建筑、道路、广场及停车场的周边绿地。

**6.9.2**既有工业区生物滞留设施入口雨水污染物诊断为中区时，按照表6.9.2进行预处理或强化处理。

表6.9.2 生物滞留设施预处理与强化处理技术表

|  |  |
| --- | --- |
| 污染类型 | 处理技术 |
| SS | 雨水径流接入先经过预处理设施。预处理可设置沉砂沉淀设施、卵石细砾石抗冲击过滤区等。 |
| COD | 选用沸石、蛭石等吸附能力强的基质。 |
| TN | 采用沸石、蛭石等吸附能力强的基质吸附氨氮；采用阶梯式跌水或设置通气管富氧提高生物硝化效能；采用硫铁矿、有机改良剂（如树皮、废报纸）等基质提高生物反硝化效能。 |
| TP | 可选用富含铁、铝等基质提高化学除磷效果。 |
| 重金属 | 植被应选用耐重金属植物，可从附表6.1选取。 |

**6.9.3**既有工业区生物滞留设施应符合以下设计要求：

1. 当屋面雨水径流接入生物滞留设施时，应由雨落管或散排接入；当广场及道路雨水径流接入设施时，可通过路缘石豁口分散流入。生物滞留设施须设溢流装置并远离进水口。

2. 生物滞留设施宜分散布置，单组设计规模不宜过大。设施面积可根据容积控制计算方法确定，也可根据设施面积与汇水区面积之比确定，比值可取5%-10%。生物滞留设施有效储水容积应按溢水排水口标高以下的实际储水容积计算。

3. 生物滞留设施构造层自上而下设置蓄水层、覆盖层、种植层、人工填料层、和砾石层，应符合《城镇雨水调蓄工程技术规范》GB51174的相关规定。

4. 设计时需确保下沉式绿地雨停后48h内排空。

5. 生物滞留设施应用在道路绿化带时，靠近路基部分应进行防渗处理；应用在建筑周边时，距离建筑物基础小于3m（水平距离）的区域宜设置防渗处理，在湿陷性土质等地质条件较差的区域应做防渗处理。

6. 生物滞留设施宜选择长时耐旱、短时耐淹、耐盐抗污的乡土植物。冬季较长，寒冷干燥地区，宜选用耐寒、耐涝强的乡土植物。植物配置时，可采用灌草结合，形成景观层次丰富的绿地景观。

## 6.10 景观水体

**6.10.1**既有工业区设置或改造的景观水体，主要适用于低洼地势或具有雨水汇集的有利竖向条件和空间位置的区域，如人工湖、天然水体等，以雨水、再生水、建筑中水为主要补给水源。

**6.10.2**既有工业区景观水体入口雨水污染物诊断为中区时，雨水径流不应直接进入。雨水污染物诊断为低区时，应优先采用植草沟、卵石沟、生物滞留设施等生态净化设施进行预处理，预处理后雨水水质指标COD小于40mg/L，SS小于40mg/L，TP小于0.2 mg/L时才能接入。

**6.10.3**既有工业区景观水体应符合以下设计要求：

1. 景观水体应优先选用现有的地表调蓄空间，并将服务范围内雨水引入景观水体，当采用集中进水时，在进水端应设消能设施。景观水体出口应设置溢流设施，宜采用重力排放。

2. 景观水体容积应根据景观水体的设计控制目标，并应考虑水面蒸发及渗透损失的水量进行水量平衡综合计算确定。

3. 景观水体设计水位应根据设计雨水控制目标和景观要求综合考虑，常水位设计应综合考虑水质保障、安全性及景观效果等因素，宜为0.8-1.8m。

4. 景观水体边坡坡度应根据景观效果、亲水性、安全性和调蓄空间等因素确定，宜小于4:1，边坡的坡度较陡时应采取防侵蚀措施。景观水体近岸2.0m范围内的常水位水深大于0.7m时，应设置防止人员跌落的安全防护设施，并应有警示标志。

5. 景观水体水质保障可采用增加水体流动性、提高水体溶解氧、生态循环水质净化等技术。

6. 景观水体边坡处宜设置宽度大于3m的挺水植被带，水深宜为300mm-500mm。景观水体植物配置应综合考虑物种多样性、生态环境功能、美学等因素。

**6.11 雨水湿地**

**6.11.1**既有工业区设置雨水湿地，主要适用于道路、停车场、广场、绿地以及滨水空间等周边区域，主要功能为雨水径流水质净化，条件允许时也可兼做景观水体的旁路水体水质净化设施。

**6.11.2**既有工业区雨水湿地入口雨水污染物SS诊断为中区时，雨水径流需经过预处理设施再接入，入口雨水污染物重金属诊断为中区时，植草沟内植被应选用耐重金属植物，可从附表6.1选取。

**6.11.3**既有工业区雨水湿地应符合以下设计要求：

1. 自重湿陷黄土、膨胀土和高盐土等特殊土壤场所不应设置雨水湿地。雨水湿地的底部与地下水位应保持至少1m的距离。

2. 雨水湿地的设计储存容积应按下式计算：

 （6.11.3-1）

式中：——雨水湿地进水量（m³）；

 ——雨水湿地入渗量（m³）。

其中：雨水湿地的入渗量可按下式计算：

 （6.11.3-2）

式中： ——综合安全系数，可取0.5-0.8；

 K——基质渗透系数（m/s）；

 J——水力坡度，可取J=1.0；

 ——有效渗透面积（m²）；

 ——渗透时间（s），按24h计。

3. 雨水湿地的溢流口标高应确保能储存雨水湿地的日设计径流总量。

雨水湿地的日设计径流总量可按下式计算：

 （6.11.3-3）

 式中：——雨水设施受纳的汇水面积（hm²）；

 ——雨水设施的直接受水面积（hm²）；

 ——雨水湿地设计产流历时（min），不宜大于120min；

 ——雨水湿地设计产流历时对应的暴雨强度[L/(S˙hm²)]，按2年重现期计算。

4. 雨水湿地宜选择芦苇、风车草、香蒲等根系发达、茎叶繁茂、净化能力强的本土植物，以常绿植物为主，适当搭配开花植物和芳香植物，综合考虑物种多样性、生态环境功能、美学等因素。

**6.12 调节塘**

**6.12.1**既有工业区设置调节塘，主要适用于既有工业区中低洼地势或具有雨水汇集有利竖向条件和空间位置的区域。主要功能为控制峰值流量。

**6.12.2**既有工业区调节塘入口雨水污染物诊断为中区时，应设置防渗设施，防止对地下水的污染。

**6.12.3**既有工业区调节塘应符合以下设计要求：

1. 调节塘应因地制宜，优先利用既有工业区内的低洼区和天然坑塘等雨水调蓄空间。

2. 调节塘的设计应包括进水设施、塘体、出水设施、溢流设施和堤岸的设计。调节塘中应设置前置塘对径流雨水进行预沉淀处理，按主塘的10％～15％估算。应设置碎石、消能坎等消能设施，设置溢流设施和放空设施；溢流设施和放空设施宜采用重力排放，重力溢流管的排水能力应大于最大进水流量；设置护栏、警示牌等安全防护与警示措施。

3. 调节塘有效调蓄容积应根据峰值流量控制目标，按照现行国家标准《城镇雨水调蓄工程技术规范》GB 51174-2017计算方法确定。

4. 调节塘水位应与上游雨水管渠系统、下游管渠系统或水系相衔接。调节塘边壁超高应大于0.3m，并设置溢流设施。调节区水深宜设置为0.6-3 m，湿塘常水位宜为0.8-1.8m。塘底为可渗透时，塘底部渗透面距离季节性最高地下水位或岩石层不应小于1 m，距离建筑物基础不应小于3 m（水平距离）。

5. 干塘底部应朝排空管找坡，设置坡度大于1%的引水通道。

6. 边坡坡度应根据景观效果、亲水性、安全性和调蓄空间等因素确定，宜小于1：4，边坡较陡时应采取防侵蚀措施。

**6.13 初期雨水弃流装置**

**6.13.1**既有工业区设置初期雨水弃流装置，主要适用于屋面雨水的雨落管、径流雨水的集中入口等低影响开发设施的前端。

**6.13.2**既有工业区收集的初期雨水污染物诊断为高区时，应全部弃流至污废水管道。对环境有影响的区域均应进行初期雨水弃流，并根据污染程度设置不同弃流量。

**6.13.3**既有工业区初期雨水弃流装置应符合以下设计要求：

1. 初期雨水弃流量应按照下垫面收集的雨水水质资料和雨水综合利用要求确定。当无资料时，若水质处于低区，屋面弃流可采用2~3 mm弃流厚度，地面可采用3~5 mm弃流厚度；若水质处于中区，可采用8~30 mm弃流厚度。

2. 雨水弃流装置设计应符合《建筑与小区雨水利用工程技术规范》GB500400中关于雨水弃流的规定。

**6.14 物化一体化处理装置**

**6.14.1**既有工业区设置物化一体化处理装置，主要适用于生态用地紧缺且有雨水回用需求时。

**6.14.2**既有工业区物化一体化处理装置进水雨水污染物诊断为中区时，应根据不同指标污染程度对应选择处理工艺。

**6.14.3**既有工业区物化一体化处理装置应符合以下设计要求：

1. 应结合区域地水文气候、汇水面种类及占比、工业区的设计特点等条件，合理选择物化一体化处理装置，并考虑装置的技术可行性、各处理单元的合理性、投资与运行成本以及运行管理方便程度等因素。

2. 物化一体化处理装置的设计规模，应综合考虑雨水回用水量和可利用雨水水量确定。

 3. 物化一体化处理装置设计工艺与参数，应综合考虑进出水水质确定。

# 7. 监测与管控设计

**7.1一般规定**

7.1.1监测系统应结合考核要求进行设置。

**7.1.2**监测和管控内容应与项目低影响开发建设目标一致。

**7.2 监测**

**7.2.1**监测以获取项目径流总量控制、径流污染削减、雨水资源化利用等低影响开发措施实施效果数据，评估项目建设效果为目的。

**7.2.2** 监测对象和内容应根据评估需求确定，并符合以下要求：

1 需要评估场地整体径流控制和污染削减效果的，监测对象为项目接入市政管渠的接户井或接入受纳水体的排放口，监测内容为排放口外排径流量、外排径流水质的变化过程和降雨量的变化过程；

2需要评估单体设施径流控制和污染削减效果，监测对象为特定设施的进、出水口，监测内容为进、出设施的径流量、径流水质的变化过程和场地降雨量；

3需要评估雨水资源化利用效果的，监测对象为雨水收集利用系统，监测内容包括雨水收集池和回用清水池液位、雨水回用水量等；

4 场地中存在景观水体时，宜将景观水体也纳入到海绵城市在线监测体系中，监测对象为景观水体的水质变化情况。

**7.2.3**监测系统宜采用自动在线监测设备，应具备储存不少于连续一年监测数据的能力，监测频率不低于15分钟/次。

**7.2.4**雨量监测点位宜按每3~6平方公里一个的原则均匀布置，并与片区监测点统筹考虑。

**7.2.5**场地排放口水量监测，仅需判断排放口是否有径流外排，可采用液位计进行测量；需取得外排水量数据的，宜根据排放口雨水管道和雨水井的条件选择合适的流量监测设备。

**7.2.6**场地排放口水质监测，可采用SS在线监测仪，对于径流污染控制严格的项目，宜根据项目实际情况，酌情增加COD、TN、TP等指标的在线监测设备，或根据场地径流特征选择有代表性的水质指标拓展水质监测指标。

**7.3 管控**

**7.3.1**管控平台搭建以提高项目运行管理水平为目的。

**7.3.2**设置在线监测系统的项目，宜搭建项目层面的管控平台，将监测数据用于低影响开发项目的日常运行管理。

**7.3.3**低影响开发系统中的相关设施、设备宜具有与气象预报和周边环境条件等信息的联动控制功能。

**7.3.4**管控平台的主要功能应结合项目的实际需求设计，常见功能包括智慧监测、考核评估、运行维护等。

# 本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1）表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

2）表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”， 反面词采用“不应”或“不得”。

3）表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”或“可”，反面词采用“不宜”。

4）表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应按……执行”或“应符合……要求或者规定”。

# 引用标准名录

《海绵城市建设技术指南》——低影响开发雨水系统构建（试行）

《透水砖路面技术规程》CJJ/T188

《透水沥青路面技术规程》CJJ/T190

《透水水泥混凝土路面技术规程》CJJ/T135

《种植屋面工程技术规程》JGJ155

《建筑结构荷载规范》GB50009

《屋面工程技术规范》GB50345

《城镇雨水调蓄工程技术规范》GB51174

《城镇雨水调蓄工程技术规范》GB 51174-2017

《建筑与小区雨水利用工程技术规范》GB500400

中国工程建设标准化协会标准

既有工业区低影响开发设计导则

T/CECS xxx－2021

条文说明

# 1 总则

**1.0.1** 由于城市化和产业结构调整，大量的传统工业企业逐渐退出城市区域，在城市中遗留下众多废弃和闲置的旧工业区，如何处理这些既有工业区是国内众多城市所面临的问题。对这些既有工业区进行民用化更新改造再利用符合当前可持续发展的理念，而将既有工业区改造与环境提升的低影响开发相结合，则是当前大力发展绿色建筑的背景下，既有工业区更新改造必将经历的路径。

# 3 基本规定

**3.0.1** 既有工业区改造低影响开发首先应对既有工业区进行充分调研，在调研的基础上对现状进行诊断。其次，应根据诊断结果，低影响开发目标形成低影响开发的策划方案。再次，从技术可靠性、可操作性、经济性和可持续性等方面进行综合分析，选取合理可行的技术措施进行规划和设施深化设计，成果包括低影响开发方案文本、施工图纸等。

**3.0.4** 既有工业区改造低影响开发强调全过程设计、多专业融合，各专业在项目的每个阶段都应参与讨论、设计与研究，低影响开发设计时具有综合专业技能的人员、团队或专业咨询机构的共同参与，并充分体现信息技术成果的过程。

**4 设计诊断**

**4.2 场地现状诊断**

**4.2.2** 自然地理特征诊断应包括如下内容：

项目所在地区的地形地貌、气候条件、降雨特征、水文地质等基础条件，其中土壤特性分析对低影响开发设施渗透率具有决定性作用，需详细调查场地土壤特征。

（1）低影响开发项目应有详细的地质勘察资料，包括区域滞水层分布、土壤种类及相应渗透系数、地下水动态等。

（2）确定工业区内土壤及地下水资料时，应以雨季地质勘察资料为主，旱季地质勘查资料为辅。

（3）在无实测资料时，可参照下表确定土壤层渗透系数：

各种土壤层的渗透系数

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 地层 | 地层粒径 | 渗透系数 K |
| 粒径 (mm) | 所占重量 (%) | (m/s) | (m/h) |
| 黏土 |  |  | < 5.70× 10 -8 |  |
| 粉质黏土 |  |  | 5.70× 10 -8~ 1. 16× 10 -6 |  |
| 粉土 |  |  | 1. 16× 10-6~ 5. 79× 10-6 | 0.0042~ 0.0208 |
| 粉砂 | > 0. 075 | > 50 | 5. 79× 10- 6~ 1. 16× 10 -5 | 0.0208~ 0.0420 |
| 细砂 | > 0. 075 | > 85 | 1. 16× 10-5~ 5. 79× 10 -5 | 0.0420~ 0.2080 |
| 中砂 | > 0.25 | > 50 | 5. 79× 10- 5~ 2.31 × 10- 4 | 0. 2080~ 0.8320 |
| 均质中砂 |  |  | 4.05×10-4 ~ 5. 79× 10- 4 |  |
| 粗砂 | > 0. 50 | > 50 | 2.31 ×10-4~ 5.79× 10 -4 |  |

（4）在确定土壤层分布、土壤渗透系数、地下水位资料后，应根据下表将土壤分为A、B、C、D类，分别代表在完全湿润条件下，具有高、中、低、较低渗透率的土壤。

土壤渗透能力分类准则

|  |
| --- |
| 当不透水层深度≤1.0m |
| 特性 | A | B | C | D |
| 土壤渗透系数（m/s） | ≥ 4×10-5 | （1×10-5，4×10-5） | （1×10-6，1×10-5） | ≤ 1×10-6 |
| 地下水埋深（m） | 0.6～1.0 | 0.6～1.0 | 0.6～1.0 | < 0.6 |
| 当不透水层深度>1.0m |
| 特性 | A | B | C | D |
| 土壤渗透系数（m/s） | ≥ 1×10-5 | （4×10-6，1×10-5） | （4×10-7，4×10-6） | ≤ 4×10-7 |
| 地下水埋深（m） | > 1.0 |

（5）在无实测资料时，可参照下表确定土壤层类别。

土壤层分类表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 土壤分类 | 土壤特性 | 土壤层 |
| A | 低径流潜力，水分高速率传输 | 砂土、壤质砂土、砂质壤土 |
| B | 中等土壤渗透性与水分传输潜力 | 壤土、粉质壤土 |
| C | 低土壤渗透性与低水分传输潜力 | 砂质黏壤土、粘壤土 |
| D | 高径流潜力，低渗透性 | 粉质粘壤土、砂质粘土、粉质粘土、粘土 |

[参考：《低影响开发雨水综合利用技术规范》（SZDB/Z 145—2015）]

（6）对于混合土壤类型，低影响设施应尽量布设在渗透率较低的不透水区域。

（7）在土壤渗透性能差、地下水位高、地形较陡地区，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发生。

（8）涉及制造业、采矿业、电力燃气业、水利、环境和公共设施管理业等行业，需针对土壤和地下水进行场地环境调查，确定污染物种类、浓度和空间分布。一般工业场地检测项目包括：重金属、挥发性有机物、半挥发性有机物、氰化物和石棉等。调查方法参考HJ 25.1和HJ25.2，常见场地类型及特征污染物参考HJ 25.1 附录B。[参考HJ 25.1、HJ 25.2]

（9）对径流污染严重工业区，不应采用渗透设施，避免对地下水和周边水体造成污染。[参考《上海市海绵城市建设技术规程》]

**4.2.3** 规划建设条件诊断内容如下，包括但不限于[1]：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 数据内容 | 说明 | 用途 | 备注 |
| 规划建设情况 | 工业区类别、占地面积、建筑面积、不同下垫面面积、四至 | 用作相关信息图层的底图 |  |
| 工业区水系图 | 用于水体统计、排水口位置、水位等计算 |  |
| 工业区地形图 | 用于了解区域地形，计算地表径流、地下水流向、估算内涝隐患点 |  |
| 工业区土地利用图 | 用于了解下垫面情况 |  |
| 工业区道路地理信息（含道路标高）图 | 区域内涝模型重要参数图层 |  |
| 市政基础条件 | 排水分区 |  |  |
| 排水体制 |  |  |
| 雨水管网分布、数量、管径、埋深、与市政管网衔接情况 |  | 参考GB/T 39195-2020 附录F |
| 污水管网分布、数量、管径、埋深、与市政管网衔接情况 |  |  |
| 排污口分布、数量 |  |  |
| 污水处理设施运行情况 |  |  |
| 雨水径流排放去向 |  |  |
| 下垫面特征 | 硬质下垫面比率、分布 |  |  |
| 屋顶面积、形式、材料、排水形式、荷载能力 |  |  |
| 绿化面积、绿化率、分布 |  |  |
| 道路面积、材料、分布 |  |  |
| 广场面积、材料、分布 |  |  |
| 车位面积、材料、分布 |  |  |

**4.2.4** 雨水系统问题诊断应包括如下内容：

1. 根据降雨情况、下垫面特征、地下水水位、土壤渗透条件等诊断结果，分析工业区现状径流系数及产汇流情况、年径流总量控制率、灰绿设施调蓄容积。

（1）不同下垫面径流系数应依据实测数据确定，缺乏实测资料时可参考下表取值。综合径流系数应按下垫面种类加权平均计算：

式中：——综合雨量径流系数

F——汇水面积（hm2）

——汇水面上各类下垫面面积（m2）

——各类下垫面径流系数

表 不同下垫面径流系数表

|  |  |
| --- | --- |
| 下垫面种类 | 雨量径流系数 |
| 屋面 | 绿化屋面（基质层厚度≥300mm） | 03~0.4 |
| 硬屋面、未铺石子平屋面、沥青屋面 | 0.8~0.9 |
| 铺石子平屋面 | 0.6~0.7 |
| 混凝土或沥青路面及广场 | 0.8~0.9 |
| 大块石铺砌路面及广场 | 0.5~0.6 |
| 沥青表面处理的碎石路面及广场 | 0.45~0.55 |
| 级配碎石路面及广场 | 0.4 |
| 干砌砖石或碎石路面及广场 | 0.4 |
| 非铺砌的土面路 | 0.3 |
| 绿地 | 0.15 |
| 水面 | 1 |
| 地下室覆土绿地（≥500mm） | 0.15 |
| 地下室覆土绿地（<500mm） | 0.3~0.4 |
| 透水铺装地面 | 0.08~0.45 |
| 下沉广场（50年及以上一遇） | - |

根据《雨水控制与利用工程设计规范》(DB 11/685)要求，建设项目综合径流系数需满足“新开发区域雨水流量径流系数不大于0.4，已建成城区雨水流量径流系数不大于0.5”的要求。本导则适用于既有工业区开发建设，属于改扩建项目，综合径流系数参考不大于0.5的要求。

（2）雨水调蓄设施包括：雨水调节池、具有调蓄空间的景观水体、降雨前能及时排空的雨水收集池、洼地、入渗设施，不包括仅低于周边地坪50mm的下凹式绿地。诊断阶段应明确包括灰色、绿色调蓄设施在内的场地调蓄容积。

2. 应基于区域地理信息、市政基础条件、区域降雨特征，分析区域内涝风险、确定径流控制目标。山区项目应分析山洪对建设项目影响，后续规划设计阶段需提出解决方案。

（1）区域降雨特征分析应结合历史降雨资料及近期实测数据。对降雨特征参数进行监测分析，包括：最大降雨强度、平均降雨强度、降雨持续时间、降雨深度、雨前干期长度。

（2）内涝风险评估所需数据内容，包括但不限于：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 内涝风险评估[GB/T 39195-2020] | 内涝区域基本情况 | 内涝隐患点分布图（含经纬度和标高） | 用于评估内涝风险现状 | 参考GB/T 39195-2020 附录G |
| 内涝隐患点涉及人口及工况企业情况 |
| 内涝隐患点涉及承灾体基本情况 |
| 内涝灾情信息 | 区域历次内涝过程基本情况及影响 | 用于计算内涝点致灾临界雨量 | 参考GB/T 39195-2020 附录H |
| 区域历次内涝过程各内涝点降雨量及淹没损失情况 |
| 内涝防灾措施 | 区域排水设施调度规程 | 用于评估抵御内涝风险能力现状 | 参考GB/T 39195-2020 附录J |
| 区域内涝防灾措施 |

（3）工业区内涝风险评估技术可参考《城市内涝风险普查技术规范》（GB/T 39195-2020）。

（4）内涝风险评估应识别内涝隐患点，当地面积水不满足如下要求时，应采取渗透、调蓄、设置行洪通道和内河整治等措施；对超过内涝防治设计重现期的降雨，应采取应急措施。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 城镇类型 | 重现期（年） | 地面积水设计标准 |
| 超大城市 | 100 | 工业区建筑物的底层不进水；道路中一条车道的积水深度不超过15cm，且雨后退水时间不应大于30min |
| 特大城市 | 50~100 |
| 大城市 | 30~50 |
| 中等城市和小城市 | 20~30 |

注：上述地面积水设计标准未包括具体积水时间，各工业区应参考所在城市设计地面积水时间。

3. 应根据区域内地表及地下水环境质量报告、监测数据、水环境功能区划，对工业区内水环境质量及达标情况进行评价，分析降雨径流面源污染及对地下水的影响。

（1）工业区地表水环境质量参照《地表水环境质量标准》（GB3838－2002），地下水环境质量参照《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）进行评价。

（2）工业区降雨径流水质常规监测指标包括悬浮物（SS）、化学需氧量（COD）、总氮（TN）、总磷（TP）等，其中SS宜作为径流污染物控制指标。对于环境污染严重工业区，应根据生产行业特点，增加重金属监测指标，包括Cu、Zn、Pb等。

（3）无实测资料时，初期雨水径流水质可参考下表。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 下垫面 | 平均COD（mg/L） | 平均SS（mg/L） | 平均TN（mg/L） | 平均TP（mg/L） |
| 工业区 | 20~300 | 100~700 | 2.5~30 | 0.2~2.5 |

注：数据来源文献[1-17]

（4）应监测工业区面源污染排放浓度及单位面积场次污染负荷，分析工业区面源污染输移规律、径流污染排放特征，并为设计阶段初期降雨截留量提供依据。

4. 应调查区域年均降水量、蒸发量，根据工业区内企业回用需求确定雨水回用量，采用雨水收集利用总量与年均降雨量比值确定工业区雨水资源利用率。

工业区低影响开发应鼓励开展雨水资源利用，区域规划控制指标中雨水资源利用率不宜低于5%。建筑厂房系统，宜对屋面雨水进行收集回用，新建、改建公建项目雨水资源利用率不宜低于5%。绿地系统中，改建绿地项目不宜低于5%。

# 规划设计

**5.2 竖向设计**

**5.2.1** 本条文规定了既有工业区低影响开发设计竖向设计的目标。

降雨后产生的径流，经过下渗、滞蓄、调蓄和排放等方式，实现水资源的有效利用，这是既有工业区低影响开发设计竖向设计的目标，通过竖向设计，实现园区低影响开发设施的竖向控制。

**5.2.2** 本条文规定了既有工业区低影响开发设计竖向设计需遵守的一些事项。

既有工业区的竖向设计，应紧密结合场地的自然地形特点等因素，并对场地地面及建筑物、构筑物等的高程做出的设计与安排等。

**5.2.3** 本条文规定了既有工业区低影响开发设计竖向设计的原则。

既有工业区的竖向设计，应因地制宜，在充分利用园内现有丘陵等低洼区域的基础上，尽可能实现工程量少、效果快等方面的目的。

**5.2.4** 本条文规定了既有工业区低影响开发设计竖向设计需要的资料，包括地形、地质、道路、排水、防洪、地下管线等方面。

**5.2.5** 本条文规定了既有工业区低影响开发设计竖向设计应包括的主要内容。

**5.2.6** 本条文规定了既有工业区低影响开发设计在竖向设计时与景观的衔接。

竖向设计应做好与景观的衔接，并避免出现排水死角、道路局部积水等。

**5.2.7** 本条文规定了既有工业区低影响开发设计在竖向设计时，应进行各类低影响开发设施的衔接，实现降雨发生后屋面和地面雨水先进入低影响开发设施，后经多级滞蓄调节后再排入市政雨水管道。

**5.2.8** 本条文规定了既有工业区低影响开发设计在竖向设计时，其成果需通过模型模拟优化，实现工业区内的防洪安全。

**5.2.9** 本条文规定了既有工业区低影响开发设计竖向设计的成果形式。

**5.2.10** 本条文规定了既有工业区低影响开发设计在竖向设计时，可结合场地实际，选取平坡式、台阶式、混合式等形式，实现竖向布置形式的优化。

**5.2.11** 本条文规定了既有工业区低影响开发设计在竖向设计时，选择地面竖向布置形式的因素，包括自然地理特征、建筑物的布局与基础埋深等。

**5.2.12** 本条文规定了既有工业区低影响开发设计在竖向设计时，一般采取的步骤，包括资料收集、进行总体竖向布局、确定场地排水、道路的竖向布置等。

**5.2.13** 本条文规定了既有工业区低影响开发设计竖向设计的表达方式，包括高程剪头法、纵横断面法等方法或其组合。

**5.2.14** 本条文规定了既有工业区低影响开发设计竖向设计时应结合场地的排水、水文、地质条件，并考虑到交通运输、土方处置等因素，并按照一定步骤开展行动。

**5.2.15** 本条文规定了既有工业区低影响开发设计竖向设计时，建筑物的竖向布局和设计应与建筑物之间的平面、空间等协调，并做好建筑与地形地面的关系、坡向与日照间距、道路与建筑物的关系注等。

**5.2.16** 本条文规定了既有工业区低影响开发设计竖向设计时，开展道路的竖向布置和设计应满足道路布置、道路排水等方面的要求。

**5.2.17** 本条文规定了既有工业区低影响开发设计时道路交叉口的竖向设计的主要形式。

**5.2.18** 本条文规定了既有工业区低影响开发设计竖向设计时场地竖向应有利于排水组织、防洪等方面，同时场地降雨的排放，可结合场地实际，合理选择自然排水、明沟排水、暗管排水和混合排水等方式。

**5.3 设施布局**

# 5.3.4《种植屋面工程技术规程》JGJ 155-2013第5.5.1条

《种植屋面工程技术规程》JGJ 155-2013第5.3.4条

**5.3.11**《建筑与小区雨水控制及利用工程技术规范》GB 50400-2016第4.1.3条

**5.3.12**《建筑与小区雨水控制及利用工程技术规范》GB 50400-2016第7.2.9、7.2.10条

# 单元设施设计

**6.1 一般规定**

**6.1.1**径流污染物浓度按照60分钟降雨径流平均浓度计算。中区不对大肠菌群指标进行诊断，单元设施对大肠菌群的控制按照回用水水质目标要求进行设计。

**6.1.2**单元设施种植植物时选用的耐重金属植物可参照附表1。

|  |  |
| --- | --- |
| 分类 | 植物种类 |
| 草本 | 节节草 Equisetum ramosissimum | 鸭跖草 Commelina communis |
| 蜈蚣草 Pteris vittata L | 葎草 Humulus scandens (Lour) Merr |
| 糯米团 Hyrtanandra | 辣蓼 Polygonum fl accidum Meissn |
| 白茅 Imperata cylindrica (Linn.) Beauv | 狗尾草 Setaria viridis (L.) Beauv |
| 马唐 Digitaria sanguinalis (L.) Scop | 牛筋草 Eleusine indica (L.) Gaertn |
| 飞蓬 Erigeron speciosus (Lindl.) DC | 叶下珠 Phyllanthus urinaria L |
| 耳草 Herba Hedyotidis Anriculariae | 鬼针草 Bidens pilosa L |
| 苍耳 Xanthium sibiricum Patrin ex Widder | 一年蓬 Erigeron annuus(L.) Pers. (Aster an-nuus L.) |
| 角果藜 Ceratocarpus arenarius L | 野菊花 Dendranthema indicum |
| 芒草 Miscanthus | 商陆 Phytolacca acinosa Roxb |
| 苎麻 Boehmeria nivea (L.) Gaudich | 土荆芥 Chenopodium ambrosioides L |
| 五节芒 Miscanthus fl oridulu (Labnll.)Warb | 芨芨草 Achnatherum splendens |
| 辣蓼 Polygonum fl accidum Meissn | 莎草 Herb of Nutgrass Galingale |
| 截叶铁扫帚 Lespedeza cuneata (Dum.Cour.) G.Don | 香根草 V etiveria zizanioides L |
| 黑麦草 Lolium perenne L | 蕨 Pteridium aquilinum var.latiusculum |
| 皱叶酸模 Rumex crispus L | 杠板归 Polygonum perfoliatum L |
| 狗牙根 Cynodondactylon(Linn.)Pers | 藿香蓟 Ageratum conyzoides |
| 灌木 | 红雾水葛 Pouzolzia sanguinea (Bl.) Merr | 珍珠梅 Sorbaria sorbifolia (L.) A. Br. |
| 玫瑰 Rosa rugosa | 紫穗槐 Amorpha fruticosa Linn |
| 铁扫帚 Clematis hexapetala Pall. var. tchefouensis (Debeaux) S. Y . Hu | 野桐 Mallotus japonicus (Thunb.) Muell. Arg. var. floccosus S. M. Hwang |
| 女贞 Ligustrum lucidum Ait | 黄荆条 Vitex negundo L. |
| 乔木 | 木荷 Schima superba Gardn. et Champ | 枫香 Liquidambar formosana Hance |
| 橡树 Quercus palustris | 盐肤木 Rhus chinensis Mill |
| 拐枣树 Hovenia acerba Lindl. | 旱柳 Salix matsudana Koidz |
| 欧洲黑杨 Populus nigra | 白背叶 Mallotus apelta (Lour.) Muell. Arg |
| 刺槐 Robinia pseudoacacia Linn | 栾树 Koelreuteria paniculata Laxm |
| 黑松 Pinus thunbergii Parl | 泡桐 Paulownia Sieb |
| 大叶樟 Cinnamomum septentrionale Hand.-Mazz | 马尾松 Pinus massoniana Lamb |
| 构树 Broussonetia papyrifera (Linn.) L’Hér. ex V ent | 棕榈 Trachycarpus fortunei (Hook.) H. Wendl |
| 蒙自桤木 Alnus nepalensis |  |

**6.2 透水铺装**

**6.2.1** 轻型荷载道路指仅允许轴载40kN以下车辆通行的道路。不同下垫面类型采用的透水铺装形式见附表6.2。

附表6.2 不同下垫面类型采用的透水铺装形式对照表

|  |  |
| --- | --- |
| 下垫面类型 | 透水铺装形式 |
| 轻型荷载道路 | 透水沥青、透水水泥混凝土 |
| 停车场 | 透水砖、嵌草砖 |
| 广场 | 透水水泥混凝土、透水砖 |
| 人行步道 | 透水砖 |

**6.2.2**  为了防止对地下水的污染以及减轻对透水铺装的养护，规定当拟排入透水铺装的雨水径流污染物诊断为中区时不应接入，透水铺装只用于控制本体的天然降水。

**6.2.3**当纵坡大于2%时，沿纵向坡度方向应设置隔断层，最大隔断长度应按下式计算：

=Dp/（1.5×Sp） (6.2.3-1)

式中： ——透水铺装最大隔断长度（m）；

Dp ——透水基层厚度（m）；

 Sp ——透水铺装纵坡。

地下水位过高时，透水铺装透水基层易形成季节性积水，造成透水铺装失效。

**6.3绿色屋顶**

**6.3.3**绿色屋顶进行植物种植时，若坡度较大，特别是工业区大屋面，屋面径流流速高于缓坡屋面，对植物及基质冲刷较大，同时造成基质层滑移等问题，应当进一步展开详细调查和风险评估，确定具体绿色屋面做法。

绿色屋面分为花园式绿色屋面、组合式绿色屋面和草坪式绿色屋面。不同类型的绿色屋面应有不同功能定位，绿色屋面既发挥绿化的景观生态效益，又发挥环境效益，应有相宜的面积指标要求。绿色屋顶植物种植面积比例建议值见附表6.3。

附表 6.3 绿色屋顶植物种植面积比例建议值一览表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 花园式及组合式绿色屋面 | 绿色屋面面积占屋面可绿化面积 | ≥60% |
| 绿化种植面积占屋面可绿化面积 | ≥85% |
| 铺装园路面积占屋面可绿化面积 | ≤12% |
| 园林小品面积占屋面可绿化面积 | ≤3% |
| 草坪式绿色屋面 | 绿色屋面面积占屋面可绿化面积 | ≥80% |
| 绿化种植面积占屋面可绿化面积 | ≥90% |

绿色屋顶植物选种类型及其基质层设计厚度，应根据既有工业区污染程度、屋面荷载能力通过试验和计算确定。条件不成熟时，可参考附表6.4。

附表6.4 不同绿色屋面选种植物类型及其对应特征参数参考值

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 植物类型 | 基质层厚度（mm） | 屋面荷载要求（kN/mm2） | 既有工业区大气污染程度对应的区块 |
| 小型乔木、灌木、草本、地被植物 | ≥150 | ≥3.0 | 重污染工业生产区 |
| 草本、地被植物 | 80～150 | ≥1.0 | 轻污染工业生产区、各类型 |
| 浅基质层植物 | 50～80 | 0.3～0.6 | 非生产区 |

**6.6 地下式雨水调蓄池**

**6.6.3**调蓄池设于机动车道下方时宜采用钢筋混凝土池，设于非机动车道下方时，可采用塑料模块。塑料模块组合水池作为雨水储蓄设施时，应考虑周边荷载的影响，其竖向承载能力及侧向承载能力应大于上层铺装和道路荷载及施工要求。模块使用期限的安全系数应大于2.0。

池底设不小于5%的坡度坡向集泥槽；当地下式雨水调蓄池分格时，每格应分别设集泥槽。

1）当地下式雨水调蓄池用于满足年径流总量控制率时，其调蓄容积算法如下：

 V=V’-Vp （6.6.3-1）

式中：V—地下式雨水调蓄池调蓄容积（m3）；

 V’—服务面积内所需调蓄容积（m3）；

 Vp—服务面积内其余设施调蓄容积（m3），如下沉式绿地、生物滞留设施、雨水塘等。

其中

 V’=10HF （6.6.3-2）

式中：H—设计降雨量（mm）；

 —综合雨量径流系数；

 F—汇水面积（hm2）。

设计降雨量H可根据工业园区年径流总量控制率要求，查询《海绵城市建设技术指南》中附录2取值；综合雨量径流系数参照《海绵城市建设技术指南》中不同下垫面雨量径流系数取值，进行加权平均。

 Vp= （6.6.3-3）

式中：—服务面积内其余设施各自有效水深（m）；

 —服务面积内其余设施各自面积（m2）；

2）当地下式雨水调蓄池用于工业园区防涝时，其调蓄容积算法如下：

a）根据设计要求，通过比较地下式雨水调蓄池上下游的流量过程线，按下式计算：

 （6.6.3-4）

式中：V—地下式雨水调蓄池调蓄容积（m3）；

—地下式雨水调蓄池上游设计流量（m3/s）；

—地下式雨水调蓄池下游设计流量（m3/s）；

—降雨历时（min）。降雨历时宜采用3h-24h较长降雨历时进行试算复核，并应采用适合当地的设计雨型；当缺乏当地雨型数据时，可采用附近地区的资料，也可采用当地具有代表性的一场暴雨的降雨历程。

b）当缺乏上下游流量过程线资料时，可采用脱过系数法，按下式计算：

 （6.6.3-5）

式中：b—暴雨强度公式参数；

 n—暴雨强度公式参数；

 —脱过系数，取值为地下式雨水调蓄池下游和上游设计流量之比。

**6.7 植草沟**

**6.7.1**植草沟不应建造在容易发生坍塌、滑坡灾害的危险场所以及自重湿陷性黄土、膨胀土和高含盐等特殊土壤地质场所。

**6.7.2**若排入植草沟的径流携带大量的悬浮颗粒，应进行预处理，避免沟内产生较厚沉积物。预处理设施可采用沉砂沉淀设施、卵石细砾石抗冲击过滤区等。

**6.7.3**植草沟的进水口应能快速将径流流速分散，减少水流冲击，避免雨水径流对坡底形成冲刷。道路旁的植草沟宜采用孔口路牙等形式的进水口，以保证道路雨水能够匀速进入植草沟。

植草沟设计流量计算公式如下：

 （6.7.3-1）

式中：Q——设计流量(m3/s)

n0——曼宁系数，取0.2-0.3。

Ah——横断面面积（m2）

R——横断面的水力半径（m）

i1——纵向坡度

**6.8 下沉式绿地**

**6.8.2**若排入下沉式绿地的径流携带大量的悬浮颗粒，应进行预处理，避免绿地内产生较厚沉积物。预处理设施可采用沉砂沉淀设施、卵石细砾石抗冲击过滤区等。

**6.8.3**缓冲措施设置在下沉式绿地前的缓坡过渡连接段，有利于保护工业区内的行车和行人安全。

设计时选择种植土和原土中较小的渗透系数，乘以48h得出的渗透深度，若大于蓄水层与溢流口高度的总和，即能确保雨停后48h不积水。否则应增大渗透系数，或降低蓄水层和（或）溢流口高度。

**6.11 雨水湿地**

**6.11.2**雨水径流接入先经过预处理设施。预处理设施可在湿地外增设，或进入前在湿地内进水端设置，可设置沉砂沉淀设施、卵石细砾石抗冲击过滤区等。

**6.12 调节塘**

**6.12.3**典型调节塘构造如附图6.1所示。



附图6.1 调节塘典型结构示意图

**6.13 初期雨水弃流装置**

**6.13.2**既有工业园区初期雨水的水质与生产活动、周围环境、屋面材质等因素紧密相关。屋面的COD、TP次降雨径流平均浓度值（EMC）表现为水泥屋面>沥青屋面>瓦屋面，TN次降雨径流平均浓度值（EMC）表现为沥青屋面>水泥屋面>瓦屋面，镀锌钢屋面的重金属次降雨径流平均浓度（EMC）最高。应根据污染程度设置不同的弃流量，以同时满足雨水利用的需要。

**6.13.3**初期雨水弃流量应该根据实际工业区下垫面收集的雨水径流资料确定，如：COD、SS、色度以及各工业门类特殊污染物，并综合考虑雨水径流污染控制和雨水综合利用等要求。

台湾部分研究者针对Guan-Tian和Young-Kong两个工业区进行了研究，发现最初的6-8 mm雨水径流中包含了60%的非点源污染，当提高到10 mm，包含了80%的非点源污染。有研究认为尽管屋顶表面比停车场、人行道和其他不透水表面更清洁，但屋顶径流也可能含有大量的重金属和营养物质。《化工建设项目环境保护设计标准》GB/T 50483规定初期污染雨水宜取20~30 mm厚度的雨量。工业生产区初期雨水径流相对城市雨水径流易含有更多的特殊污染物易破坏水体环境和影响人的身体健康，应采用更严格的雨水弃流措施。

北方寒冷地区的初期雨水弃流池深度宜取高值，初期雨水弃流设施应满足屋面融雪水弃流要求。

**6.14 物化一体化处理装置**

**6.14.3**物化一体化处理装置的选择应遵循“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”的原则。由于雨水可生化性较差，故雨水处理一般优先考虑采用物理、化学处理等技术手段。物化一体化处理装置宜采用“预处理—常规处理—消毒”的流程进行设计。预处理包括格栅、初期雨水弃流设施等单元，可对各类污染物进行初步去除；常规处理包括混凝沉淀、介质过滤、膜处理等单元，进一步处理雨水中各类污染物，可对重金属进行针对处理；消毒包括氯消毒、二氧化氯、紫外线、臭氧等单元，能有效灭活水中病原微生物。

物化一体化处理装置出水水质应根据回用途径确定，当雨水用于多种回用途径时，按照最高标准执行。当资料不足时，雨水用于工业、景观环境、绿地灌溉和杂用（道路洒水、洗车、冲厕）时，水质应分别满足《城市污水再利用 工业用水水质》GB/T 19924、《城市污水再生利用 景观环境用水水质》GB/T18921、《城市污水再生利用 绿地灌溉水质》GB/T 25499、《城市污水再生利用 城市杂用水水质》GB/T 18920等标准。

一体化雨水处理装置工艺选择应结合工业区实际雨水污染情况，根据不同工艺的特点，有所侧重的采用不同的处理单元进行组合；在满足所需回用水水质标准的条件下进行设计，主要工艺单元技术功能和特点见附表6.4。

附表6.4 物化一体化处理装置主要工艺单元技术功能和特点一览表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 单元技术 | 主要功能及特点 |
| 预处理 | 格栅 | 去除雨水收集阶段冲刷而来的杂物 |
| 初期雨水弃流设施 | 去除初期径流雨水中各类污染物 |
| 常规处理 | 混凝沉淀 | 强化 SS、有机物、色度和重金属的去除，保障后续过滤单元处理效果 |
| 介质过滤 | 砂滤 | 过滤去除 SS，稳定、可靠，占地和水头损失较大，具有重金属处理效果 |
| 滤布滤池 | 过滤去除 SS，占地和水头损失较小，具有重金属处理效果 |
| 膜处理 | 微滤/超滤膜过滤 | 高效去除 SS 和胶体物质，占地小，成本较高具有有机物和非溶解性重金属去除效果，水质好 |
| 消毒 | 氯消毒 | 有效灭活细菌、病毒，具有持续杀菌作用。技术成熟，成本低，剂量控制灵活可变。易产生卤代消毒副产物 |
| 二氧化氯 | 现场制备，有效灭活细菌、病毒，具有一定的持续杀菌作用。产生亚氯酸盐等消毒副产物 |
| 紫外线 | 现场制备，有效灭活细菌、病毒和原虫。消毒效果受浊度的影响较大，无持续消毒效果 |
| 臭氧 | 现场制备，有效灭活细菌、病毒和原虫，同时兼有去除色度、嗅味和部分有毒有害有机物的作用。无持续消毒效果 |

**7 监测与管控设计**

**7.1一般规定**

**7.1.1**目前，随着智慧海绵城市建设的推广，各地对部分有代表性海绵城市项目提出了设置在线监测系统的要求。由于监测系统建设需要在低影响开发项目的基础上增加额外的投资成本，除了这部分项目规划建设条件中明确要求建设监测系统的项目，不对其他项目的监测和管控做硬性要求，各项目可结合项目管理的实际需求进行设置。

**7.1.2** 监测和管控系统设置的根本目标是运用信息化和智慧化的手段，提高低影响开发项目的运行水平，因此，监测和管控内容应根据项目的建设目标确定。

**7.2 监测**

**7.2.1** 根据《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建（试行）》（以下简称《指南》），构建低影响开发雨水系统的目标一般包括径流总量控制、径流峰值控制、径流污染控制、雨水资源化利用等。通过设置监测系统，可以采集和分析降雨量、径流量、径流水质等数据，评估建设目标的达标情况，从而帮助运营管理人员了解低影响开发设施单体和系统整体的运行状态和实施效果，从而不断提升项目的管理水平，确保雨水设施长期处于高效运行的状态。

**7.2.2** 监测是获取项目实施效果数据的基础，根据项目管理目标和场地实际情况确定监测对象和监测内容是确保监测方案合理性的重要前提。

**7.2.3** 由于降雨具有随机性，采用自动在线监测设备能提高监测效率，并保证数据的连续性和完整性，从而更加全面地反映低影响开发设施的运行状态和实施效果。考虑到降雨具有场次分布不均和季节分布不均的特征，低影响开发项目年径流总量控制率、年径流污染控制率等核心考核指标的评估均需以全年的降雨量、径流量和径流污染浓度变化过程数据为基础进行测算分析。因此，低影响开发监测系统应具备储存不少于连续一年监测数据的能力，从而确保分析评估结果的全面性和科学性。此外，为了确保计算结果的精度，监测设备的数据采集频率一般不宜低于15分钟/次。

**7.2.4**降雨量监测的目的是获得场地雨量数据，考虑到既有城市工业区的占地面积一般较大，以及降雨空间分布的不均匀性，雨量计宜结合排水分区划分情况，按每3~6平方公里一个的原则均匀布置，提高评估结果的准确性。此外，当项目临近区域已有雨量监测站，可通过合适的途径获取其监测数据为本项目所用，从而能减少雨量计的设备投资和后期运行维护工作。

**7.2.5** 场地排放口水量监测结果是计算评估年径流总量控制率的基础。年径流总量控制率的定量分析方法有两种：一是监测日降雨量和排放口的出流情况，判断日降雨量大小与排放口出流情况的对应关系，若日降雨量小于等于对应设计降雨量时，排放口不出流，则说明场地的低影响开发设施建设满足目标要求，反之则不满足；二是监测年降雨总量和年排放口径流外排量，再通过下列公式计算监测排放口对应的排水片区的实际年径流总量控制率，并将其与目标年径流总量控制率进行对比，来判断年径流总量控制率的达标情况。

式中：——年径流总量控制率，%；

 ——地块监测范围年降雨总量，L；

 ——地块监测年径流外排总量，L。

 可以看出，第一种方法仅能判断年径流总量控制率是否达标，若需要获取年径流总量控制率的实际数值，则需要采用第二种方法。因此，结合项目的监测目标，若采用第一种方法判断年径流总量控制率的达标情况即可满足要求，则可以选择在排放口设置液位监测设备，判断日降雨量小于等于对应设计降雨量时，排放口是否有径流流出；若需要采用第二种方法计算年径流总量控制率的实际数值，则需要在排放口流量监测设备，进而通过导出数据分析计算或在管控平台中设计相关计算程序，统计得出年径流总量控制率的具体数值。

**7.2.6** 径流污染控制是低影响开发雨水系统的重要控制目标之一，我国一般采用年径流污染总量去除率的指标评估低影响开发项目的污染控制效果。《指南》2.3节指出“各地应结合城市水环境质量要求、径流污染特征等确定径流污染综合控制目标和污染物指标，污染物指标可采用悬浮物（SS）、化学需氧量（COD）、总氮（TN）、总磷（TP）等”；“城市径流污染物中，SS 往往与其他污染物指标具有一定的相关性，因此，一般可采用SS 作为径流污染物控制指标”。目前，我国大部分低影响开发项目均以年SS总量去除率作为污染控制指标，因此排放口水质监测一般选用SS在线监测仪，必要时酌情增加COD、TN、TP等指标的在线监测设备。此外，考虑到某些既有城市工业区在工业生产阶段存在某些特征污染物的沉积，某些非常规污染物在雨水径流中可能具有较高的浓度水平，此时宜结合前期场地踏勘分析结果，适当拓展水质监测指标。

**7.3 管控**

**7.3.1** 管控指运用物联网、大数据等信息化技术，实现雨水设施数字化管理和智能化运行的手段。通过管控平台设计，可以实现设备运行状态信息、监测数据等的可视化展示，监测数据挖掘分析，设施设备远程、自动及联动控制，分别对应管控的初级、中级和高级阶段。调研发现，目前大部分低影响开发管控平台的功能设计还停留在初级阶段，对管理水平提升较大的中、高级管控平台设计和应用还有待加强。因此，条件允许时，建议管控平台设计时充分考虑监测数据挖掘分析功能的设计，将水泵、阀门等需要日常调节的设备纳入远程和自动控制的范畴，并积极探索雨水设施间和雨水设施与气象条件的联动控制，从而不断提高低影响开发设施及系统的智能化运行程度。

**7.3.2**在线监测系统是管控平台的基础，对于已设置监测系统的项目，通过搭建管控平台，能实现雨水设施的各类运行管理信息的数字化管理及设施的智慧化运行，有利于提高项目的运行管理水平，确保雨水设施长期处于高效运行水平。

**7.3.3** 低影响开发项目一般根据确定的设计条件进行方案设计，然后由于低影响开发设施的作用对象——降雨径流过程具有极大的不确定性，实际条件尝尝与偏离设计工况偏差较大，进而导致低影响开发设施无法发挥预期的效能。以蓄水池的峰值调控效果为例，大多数雨水蓄水池在暴雨来临前都处于充满或半充满的状态，导致其调蓄效果大打折扣。物联网、云计算、大数据等智能化技术的发展为雨水设施运行管理水平的提高带来了新机遇，在条件允许的情况下，既有城市工业区低影响开发项目应积极探索雨水基础设施的运行与气象预报（降雨预报）信息、周边环境条件（水体水位、土壤地下水水位）等进行联动，实现多工况运行，从而有效提高雨水径流的总量控制、峰值削减、资源化利用效果。联动控制功能既可以通过本地的PLC程序实现，也可以通过在项目整体管控平台软件中设计相关的控制程序来完成。

**7.3.4** 根据低影响开发项目监测和管控的目标，智慧管控平台软件的常用功能模块包括智慧监测、考核评估、运行维护等。其中，智慧监测子模块对接各类在线监测传感器，将传感器采集到的信息进行储存和展示；考核评估子模块主要利用各类监测数据，通过软件中建立的计算方法，统计计算低影响开发项目考核指标的达标情况，为项目考核评估提供依据；运行维护子模块主要对低影响开发项目的基本资料，设施、设备及运维管理活动进行信息化管理，辅助项目的运维管理。