

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB 51222 – 2017

城镇内涝防治技术规范

Technical code for urban flooding prevention and control

2017 – 01 – 21 发布

2017 – 07 – 01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

联合发布

中华人民共和国国家标准

城镇内涝防治技术规范

Technical code for urban flooding prevention and control

GB 51222 - 2017

主编部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2 0 1 7 年 7 月 1 日

中国计划出版社

2017 北 京

中华人民共和国国家标准
城镇内涝防治技术规范
GB 51222-2017



中国计划出版社出版发行

网址: www.jhpress.com

地址: 北京市西城区木樨地北里甲 11 号国宏大厦 C 座 3 层

邮政编码: 100038 电话: (010) 63906433 (发行部)

北京市科星印刷有限责任公司印刷

850mm×1168mm 1/32 3.125 印张 77 千字

2017 年 6 月第 1 版 2017 年 6 月第 1 次印刷



统一书号: 155182·0083

定价: 20.00 元

版权所有 侵权必究

侵权举报电话: (010) 63906404

如有印装质量问题, 请寄本社出版部调换

中华人民共和国住房和城乡建设部公告

第 1444 号

住房城乡建设部关于发布国家标准 《城镇内涝防治技术规范》的公告

现批准《城镇内涝防治技术规范》为国家标准,编号为 GB 51222—2017,自 2017 年 7 月 1 日起实施。其中,第 3.2.2、4.1.9 条为强制性条文,必须严格执行。

本规范由我部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2017 年 1 月 21 日

前 言

根据住房城乡建设部《关于请组织开展城市排水相关标准制修订工作的函》(建标〔2013〕46号)的要求,规范编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,参考有关国际标准和国外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,编制本规范。

本规范共分7章和2个附录,主要技术内容是:总则、术语和符号、城镇内涝防治系统、源头减排设施、排水管渠设施、排涝除险设施、运行维护等。

本规范中以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

本规范由住房城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释,由上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司《城镇内涝防治技术规范》编制组(地址:上海市中山北二路901号;邮政编码:200092)。

本规范主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人:

主 编 单 位:上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司

参 编 单 位:北京市市政工程设计研究总院有限公司

天津市市政工程设计研究院

中国市政工程中南设计研究总院有限公司

中国市政工程东北设计研究总院有限公司

上海城市排水系统工程技术研究中心

北京建筑大学

北京工业大学

中国城市规划设计研究院

主要起草人:张 辰 吕永鹏(以下按姓氏笔画为序)

支霞辉	车 伍	王家卓	王磊磊	汉京超
吕志成	刘子龙	刘海燕	孙海燕	李 艺
李玉良	李树苑	李俊奇	杨 红	杨京生
张怀宇	张 泳	张 勇	张富国	陈 嫣
陈 旭	罗 凯	周玉文	周娟娟	赵乐军
贺晓红	徐昊旻	谢映霞	谢 胜	潘留明
魏新庆				
主要审查人:侯立安	杭世珺	羊寿生	杨向平	王洪臣
罗万申	孔令勇	唐建国	何伶俊	李 田
贾海峰				

目 次

1	总 则	(1)
2	术语和符号	(2)
2.1	术语	(2)
2.2	符号	(4)
3	城镇内涝防治系统	(6)
3.1	一般规定	(6)
3.2	技术要求	(7)
3.3	雨水量	(8)
4	源头减排设施	(10)
4.1	一般规定	(10)
4.2	渗透设施	(12)
4.3	转输设施	(16)
4.4	调蓄设施	(17)
5	排水管渠设施	(19)
5.1	一般规定	(19)
5.2	管渠系统	(19)
5.3	管渠调蓄设施	(22)
6	排涝除险设施	(23)
6.1	一般规定	(23)
6.2	城镇水体	(23)
6.3	调蓄设施	(24)
6.4	行泄通道	(25)
7	运行维护	(27)
7.1	一般规定	(27)

7.2 日常维护	(27)
7.3 应急管理	(28)
附录 A 内涝防治设计报告	(30)
附录 B 内涝防治设计校核	(32)
本规范用词说明	(35)
引用标准名录	(36)
附:条文说明	(37)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms and symbols	(2)
2.1	Terms	(2)
2.2	Symbols	(4)
3	Urban flooding prevention and control system	(6)
3.1	General requirements	(6)
3.2	Technical requirements	(7)
3.3	Storm water quantity	(8)
4	Source control facilities	(10)
4.1	General requirements	(10)
4.2	Infiltration facilities	(12)
4.3	Conveyance facilities	(16)
4.4	Detention and retention facilities	(17)
5	Storm sewer system	(19)
5.1	General requirements	(19)
5.2	Storm sewer	(19)
5.3	Sewer detention and retention facilities	(22)
6	Excess storm water prevention and control facilities	(23)
6.1	General requirements	(23)
6.2	Water bodies	(23)
6.3	Detention and retention facilities	(24)
6.4	Emergency stormwater conveyance	(25)
7	Operation and management	(27)

7.1	General requirements	(27)
7.2	Routine management	(27)
7.3	Emergency measures	(28)
Appendix A	Design report for urban flooding prevention and control	(30)
Appendix B	Design verification for urban flooding prevention and control	(32)
	Explanation of wording in this code	(35)
	List of quoted standards	(36)
	Addition:Explanation of provisions	(37)

1 总 则

1.0.1 为有效防治城镇内涝灾害,保障公民生命、财产和公共安全,保护环境,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于新建、改建和扩建的城镇内涝防治设施的建设和运行维护。

1.0.3 城镇总体规划应包含城镇内涝防治专项规划的内容,并应在城镇总体规划编制阶段为内涝防治设施预留地上、地下空间和通道。

1.0.4 城镇内涝防治设施的建设,应以城镇总体规划和城镇内涝防治专项规划为依据,并与海绵城市、城镇排水、城镇防洪、河道水系、道路交通和园林绿地等专项规划相协调。

1.0.5 应按城镇内涝防治专项规划的相关要求,确定内涝防治设施的设计标准、雨水的排水分区和排水出路,因地制宜进行内涝防治设施的建设。对近期难以达到内涝防治设计重现期的地区,可结合地区的整体改造和城镇易涝点治理,分阶段达到该标准,并应考虑应急措施。

1.0.6 城镇内涝防治设施按用途可分为专用设施和兼用设施,内涝防治设施的类型和形式应根据新建地区和建成地区的不同条件,结合场地空间、用地、竖向等选择和确定,并应与城镇景观、绿地、水体、运动场、广场、地铁、道路等设施 and 自然调蓄空间统筹考虑、相互协调。

1.0.7 城镇内涝防治设施的建设和运行维护,除应符合本规范外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 内涝 local flooding

一定范围内的强降雨或连续性降雨超过其雨水设施消纳能力,导致地面产生积水的现象。

2.1.2 城镇内涝 urban flooding

城镇范围内的强降雨或连续性降雨超过城镇雨水设施消纳能力,导致城镇地面产生积水的现象。

2.1.3 城镇内涝防治系统 urban flooding prevention and control system

用于防止和应对城镇内涝的工程性设施和非工程性措施以一定方式组合成的总体,包括雨水渗透、收集、输送、调蓄、行泄、处理和利用的自然和人工设施以及管理措施等。

2.1.4 设计雨型 design rainfall distribution

典型降雨事件中,降雨量随时间的变化过程。

2.1.5 净雨量 net rainfall depth

扣除蒸发、下渗、洼蓄和植物截留等作用之后,完全转化成地面径流的雨量。

2.1.6 净雨过程线 hyetograph

降雨事件中,净雨量随时间变化的过程曲线。

2.1.7 土壤渗透系数 permeability coefficient of soil

单位水力梯度下水在土壤中的稳定渗透速度。

2.1.8 入渗率 infiltration rate

单位时间内渗入单位面积土壤的水量。

2.1.9 初始入渗率 initial infiltration rate

入渗开始时,雨水在土壤中的入渗率,与土壤类型、湿润程度和植被覆盖情况有关。

2.1.10 稳定入渗率 minimum infiltration rate

入渗后期,雨水在饱和土壤中的入渗率。

2.1.11 源头减排 source control

雨水降落下垫面形成径流,在排入市政排水管渠系统之前,通过渗透、净化和滞蓄等措施,控制雨水径流产生、减排雨水径流污染、收集利用雨水和削减峰值流量。

2.1.12 不透水面积 impervious area

由混凝土、沥青、石材等不透水材料覆盖的下垫面面积。

2.1.13 透水路面 permeable pavement

采用透水材料或透水结构铺设的具有一定下渗能力的路面。

2.1.14 生物滞留设施 bioretention facility

通过植物、土壤和微生物系统滞蓄、渗滤、净化径流雨水的设施。

2.1.15 植草沟 grass swale

用来收集、输送、削减和净化雨水径流的表面覆盖植被的明渠。

2.1.16 绿色屋顶 green roof

在建筑物屋顶铺设种植土层并栽种植物,收集利用雨水、减少雨水径流的源头减排设施,又称种植屋面或屋顶绿化。

2.1.17 边沟 gutter

街道路面边缘处,由立缘石与平缘石或铺装路面形成的用于收集和排除路面积水的侧沟。

2.1.18 下凹式绿地 sunken greenbelt

低于周边汇水地面或道路,且可用于渗透、滞蓄和净化雨水径流的绿地。用于源头减排时,主要功能为径流污染控制,兼有削减峰值流量的作用;用于排涝除险时,主要功能为削减峰值流量。

2.1.19 排涝除险设施 local flooding control facilities

用于控制内涝防治设计重现期下超出源头减排设施和排水管渠承载能力的雨水径流的设施。

2.1.20 下沉式广场 sunken open area

高程低于周边汇水地面标高的广场,当降雨超出源头减排设施和排水管渠的承载能力时,可临时调蓄周边地区的雨水径流,起到排涝除险作用。

2.1.21 路面积水宽度 width of flow, spread

路缘石到道路中心线方向积水的宽度。

2.2 符 号

2.2.1 雨水设计流量

D_0 ——截留和洼蓄量;

E ——蒸发量;

f_c ——稳定入渗率;

f_0 ——初始入渗率;

f_m ——土壤入渗率;

i ——设计降雨强度;

k ——地面截留系数;

k_0 ——衰减常数;

L ——地面集水距离;

n_0 ——粗糙系数;

q ——设计暴雨强度;

R_0 ——净雨量;

S ——地形坡度;

t ——降雨历时;

t_a ——地面集水时间;

t_x ——下渗时间。

2.2.2 源头减排设施设计

A_h ——横断面面积;

A_s ——有效渗透面积；
 d_{pp} ——全透水铺装透水路面厚度；
 d_{rpp} ——半透水铺装透水路面地下集水管下方透水基层厚度；
 H ——设计降雨量；
 i_1 ——纵向坡度；
 J ——水力坡降；
 K ——土壤渗透系数；
 n_i ——透水路面平均孔隙率；
 Q ——设计流量；
 r ——透水路面周边地面汇水面积与透水路面面积之比；
 R ——横断面的水力半径；
 t_s ——渗透时间；
 t_o ——放空时间；
 T_f ——与设计降雨量对应的时间；
 V_s ——渗透设施的有效储存容积；
 V_i ——渗透设施进水量；
 W_p ——渗透量；
 β ——安全系数。

2.2.3 排水管渠设施设计

E_0 ——雨水口正面截流分数；
 Q_0 ——道路表面流量；
 Q_w ——雨水口宽度范围内纵向流量；
 Q_s ——雨水口宽度范围外纵向流量；
 S_x ——道路横向坡度；
 S_L ——边沟纵向坡度；
 S_w ——边沟横向坡度；
 T ——路面积水宽度；
 W ——雨水口宽度。

3 城镇内涝防治系统

3.1 一般规定

3.1.1 城镇内涝防治系统应包括源头减排、排水管渠和排涝除险等工程性设施,以及应急管理等非工程性措施,并与防洪设施相衔接。

3.1.2 城镇内涝防治系统的规划和设计应在流域范围和城镇排水与污水处理规划范围内统筹规划、合理布局,并应符合下列规定:

1 当城镇内涝防治设施跨行政区划时,不应以行政区划作为界限;

2 应为城镇雨水径流提供空间和出路,对于内涝防治设计重现期下超出源头减排设施和排水管渠承载能力的雨水,应预设城镇水体、调蓄设施和行泄通道并核实下游的受纳能力;

3 应遵循就地解决本区域内涝问题的原则,不宜把内涝问题从一个地区转移到另一个地区,或将上游的问题转移到下游;

4 宜采用或模拟自然排水方式,利用城镇水体、绿地、广场和道路等现有设施,提高内涝防治能力;

5 应考虑上游的过境流量。

3.1.3 城镇内涝防治系统除应满足规划确定的内涝防治设计重现期外,尚应考虑超过该重现期时的应急措施,并应符合下列规定:

1 保护既有的河道和明渠等敞开式的雨水调蓄、行泄通道;

2 保持雨水调蓄、行泄通道和河道漫滩的畅通,不得非法占用。

3.1.4 城镇内涝防治设施应便于维护管理,且不应影响公众健康和

安全产生影响,并应在安全设施、安全防护和危险部位、危险场所等设警示标志。

3.1.5 新建、改建和扩建工程的内涝防治设计文件,应符合下列规定:

1 应在项目可行性研究报告中编制内涝防治设计篇(章);

2 项目可行性研究报告论证结论中,应提出初步设计阶段编制内涝防治设计报告的要求,对城镇内涝防治系统影响较大的工程应编制内涝防治设计报告,其他工程可编制内涝防治设计报告,并应符合本规范附录 A 的有关规定。

3.1.6 源头减排设施、排水管渠设施和排涝除险设施应通过整体系统校核,满足内涝防治设计重现期的要求。内涝防治设计校核应符合本规范附录 B 的有关规定。

3.1.7 新建、改建和扩建地区,应根据当地水资源情况和经济发展水平,合理确定雨水综合利用的方式和规模。雨水利用设施的设置、运行和管理,应与其他内涝防治设施相协调。

3.2 技术要求

3.2.1 新建、改建和扩建工程,应在工程范围内汇水区的出口处设置固定的雨水排放点。

3.2.2 当地区整体改建时,对于相同的设计重现期,改建后的径流量不得超过原有径流量。

3.2.3 内涝防治设计重现期,应根据城镇类型、积水影响程度和内河水位变化等因素,经技术经济比较后按表 3.2.3 的规定取值,并应符合下列规定:

1 人口密集、内涝易发且经济条件较好的城镇,宜采用规定的上限;

2 目前不具备条件的地区可分期达到标准;

3 当地面积水不满足表 3.2.3 的要求时,应采取渗透、调蓄、设置行泄通道和内河整治等措施;

4 对超过内涝防治设计重现期的降雨,应采取应急措施。

表 3.2.3 内涝防治设计重现期

城镇类型	重现期(年)	地面积水设计标准
超大城市	100	1. 居民住宅和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
特大城市	50~100	
大城市	30~50	
中等城市和小城市	20~30	

注:1 表中所列设计重现期适用于采用年最大值法确定的暴雨强度公式。

2 超大城市指城区常住人口在 1000 万以上的城市;特大城市指城区常住人口 500 万以上 1000 万以下的城市;大城市指城区常住人口 100 万以上 500 万以下的城市;中等城市指城区常住人口 50 万以上 100 万以下的城市;小城市指城区常住人口在 50 万以下的城市(以上包括本数,以下不包括本数)。

3 本规范规定的地面积水设计标准没有包括具体的积水时间,各城市应根据地区重要性等因素,因地制宜确定设计地面积水时间。

3.3 雨 水 量

3.3.1 当汇水面积大于 2km^2 时,应考虑区域降雨和地面渗透性能的时空分布的不均匀性和管网汇流过程等因素,采用数学模型法确定雨水设计流量,并校核内涝防治设计重现期下地面的积水深度等要素。

3.3.2 地面集水时间应根据汇水距离、地形坡度、地面种类和暴雨强度等因素通过计算确定,并应符合下列规定:

1 当地面汇水距离不大于 90m 时,可按下式计算:

$$t_a = \frac{10.41 (n_0 \cdot L)^{0.6}}{q^{0.4} S^{0.3}} \quad (3.3.2-1)$$

式中: t_a ——地面集水时间(min);

n_0 ——粗糙系数;

L ——地面集水距离(m);

q ——设计暴雨强度[L/(s·ha)];

S ——地形坡度。

2 当地面汇水距离大于 90m 时,可按下式计算:

$$t_n = \frac{L}{60kS^{0.5}} \quad (3.3.2-2)$$

式中: k ——地面截留系数,用混凝土、沥青或砖石铺装的地面取 6.19,未铺装地面取 4.91。

3.3.3 进行城镇内涝防治设施设计时,降雨历时应根据设施的服务面积确定,可采用 3h~24h。

3.3.4 进行城镇内涝防治系统设计时,应采用符合当地气候特点的设计雨型。当缺乏设计雨型资料时,可采用附近地区的资料,也可选取当地具有代表性的一场暴雨的降雨历程,采用同倍比放大法或同频率放大法确定设计雨型。当设计降雨历时小于 3h 时,可根据暴雨强度公式人工合成雨型。

3.3.5 净雨量和净雨过程线的确定应扣除集水区蒸发、植被截留、洼蓄和土壤下渗等损失,并应按下式计算:

$$R_o = (i - f_m)t - D_o - E \quad (3.3.5)$$

式中: R_o ——净雨量(mm);

i ——设计降雨强度(mm/h);

f_m ——土壤入渗率(mm/h);

t ——降雨历时(h);

D_o ——截留和洼蓄量(mm);

E ——蒸发量(mm),降雨历时较短时可忽略。

3.3.6 土壤下渗能力随时间的变化过程,可按下式计算:

$$f_m = f_c + (f_0 - f_c) e^{\frac{-k_0 t_x}{3600}} \quad (3.3.6)$$

式中: f_c ——稳定入渗率(mm/h);

f_0 ——初始入渗率(mm/h);

k_0 ——衰减常数(h^{-1}),可取 2~7;

t_x ——下渗时间(s)。

4 源头减排设施

4.1 一般规定

4.1.1 源头减排设施的建设应根据城镇内涝防治专项规划,并应与其他内涝防治设施相互协调,合理确定各项设计参数。

4.1.2 城镇内涝防治应按低影响开发理念,在雨水进入城镇排水管渠设施前,采取渗透和滞蓄等措施。

4.1.3 源头减排设施的设置宜保持或模拟自然水文和生态过程。

4.1.4 源头减排设施的类型,应根据该地区的地理位置、水系特征和场地条件等因素确定。同一地区或项目,可采用单一形式或多种形式组合的源头减排设施。

4.1.5 绿地和广场等场所兼作雨水源头减排设施时,其标高应低于周围汇水地区,并应设置地表或地下雨水通道。

4.1.6 源头减排设施的设计程序,应包含下列内容:

- 1 调查分析相关规划要求、可用空间、土壤渗透性能、地下水位、地形坡度和排水现状等技术因素;

- 2 确定源头减排目标,并通过技术经济比较,确定源头减排方案;

- 3 进行源头减排设施设计;

- 4 对设计结果进行校核。

4.1.7 源头减排设施可用于径流总量控制、降雨初期的污染防治、雨水利用和雨水径流峰值削减,设计时应符合下列规定:

- 1 当源头减排设施用于径流总量控制时,应按当地相关规划确定的年径流总量控制率等目标计算设施规模,并宜采用数学模型进行连续模拟校核;当降雨小于规划确定的年径流总量控制要求时,源头减排设施的设置应能保证不直接向市政雨水管渠排放

未经控制的雨水；

2 降雨初期的污染物削减要求，应根据汇水面积、降雨特征、地表状况和受纳水体环境容量等因素，经技术经济比较后确定；

3 雨水利用量应根据降雨特征、用水需求和经济效益等确定；

4 雨水径流峰值流量削减应满足本规范第 3.2.2 条的要求。

4.1.8 源头减排设施设计规模的计算，应符合现行国家标准《城镇雨水调蓄工程技术规范》GB 51174 的有关规定。

4.1.9 严禁在地表污染严重的地区设置具有渗透功能的源头减排设施。

4.1.10 具有渗透功能的源头减排设施，设施边界距离建筑物基础不应小于 3m，设施底部渗透面距离季节性最高地下水位或岩石层不应小于 1m；当不能满足要求时，应采取措施防止次生灾害的发生。

4.1.11 渗透设施的有效储存容积，应按下列公式计算：

$$V_s = V_i - W_p \quad (4.1.11-1)$$

$$W_p = KJ A_s t_s \quad (4.1.11-2)$$

式中： V_s ——渗透设施的有效储存容积(m^3)；

V_i ——渗透设施进水量(m^3)；

W_p ——渗透量(m^3)；

K ——土壤渗透系数(m/s)；

J ——水力坡降；

A_s ——有效渗透面积(m^2)；

t_s ——渗透时间(s)。

4.1.12 当人工景观水体兼作源头减排设施时，其设计水位应根据景观和内涝防治要求综合比较后确定，调蓄水深应根据安全性、水量平衡、竖向关系和景观设计要求等因素确定。

4.1.13 当植草沟等雨水转输设施用于排除一定设计重现期下的雨水径流时，其设计流量应为该重现期下的径流峰值流量。

4.1.14 当调蓄设施以雨水利用为主要目的时,调蓄量应根据当地气候条件、雨水利用的途径和场地条件等因素,经技术经济比较后确定。当用于地下水补给时,应防止地下水污染等次生灾害的发生。

4.2 渗透设施

I 透水路面

4.2.1 透水路面宜采用透水水泥混凝土路面、透水沥青路面或透水砖路面。透水水泥混凝土路面可用于新建城镇轻荷载道路、园林绿地中的轻荷载道路、广场和停车场等;透水沥青路面可用于各等级道路;透水砖路面可用于人行道、广场、停车场和步行街等。

4.2.2 透水路面应根据土基透水性要求,采用全透水或半透水铺装结构。当土基渗透系数大于 $1 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ 时,宜采用全透水铺装结构;当土基渗透系数小于或等于 $1 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ 时,宜采用半透水铺装结构,并应在土基中设置地下集水管,排入下游雨水管渠或其他接纳体。

4.2.3 透水路面的设置,应符合下列规定:

1 人行道、广场、室外停车场、步行街、自行车道和建设工程的外部庭院等宜采用渗透性铺装;

2 新建地区硬化地面中可渗透地面面积比例不宜小于 40%,易发生内涝灾害的地区不宜小于 50%;

3 有条件的地区应对既有硬化地面进行透水性改建。

4.2.4 当透水路面接纳周边地面的径流时,周边地面的面积不宜大于透水路面面积的 1.2 倍。

4.2.5 透水路面的设计,应符合下列规定:

1 透水路面结构层应由透水面层、基层、垫层组成,功能层包括封层、找平层和反滤隔离层等;

2 寒冷与严寒地区透水路面应满足防冻厚度和材料抗冻性要求;

3 严寒地区、湿陷性黄土地区、盐渍土地区、膨胀土地区、滑坡灾害等地区的道路不得采用全透式路面；

4 表层排水式和半透式路面应设置边缘排水系统，透水结构层下部应设置封层。

4.2.6 透水路面的设计、施工、验收和养护应符合现行行业标准《透水砖路面技术规程》CJJ/T 188、《透水沥青路面技术规程》CJJ/T 190 和《透水水泥混凝土路面技术规程》CJJ/T 135 的相关规定。

4.2.7 采用半透水铺装结构时，地下集水管应符合下列规定：

1 集水管应设置沉泥井等预处理设施；

2 集水管管径宜为 100mm~150mm；

3 检查井之间的管道敷设坡度宜为 0.01~0.02；

4 渗透检查井出水管内底高程应高于进水管内顶高程，并低于上游相邻井的出水管管底高程；

5 集水管设在机动车道下时，覆土厚度应大于 700mm；

6 集水管可采用穿孔塑料管、聚乙烯丝绕管、无砂混凝土管等，塑料管开孔率宜为 1%~3%，无砂混凝土管的孔隙率宜大于 20%，孔间距不宜大于 150mm；

7 集水管四周应填充砾石或其他多孔材料。

4.2.8 全透水铺装透水路面的厚度应满足道路荷载的要求，并按下式计算：

$$d_{pp} = \frac{Hr + H - \beta f_m T_t}{n_i} \quad (4.2.8)$$

式中： d_{pp} ——全透水铺装透水路面厚度(mm)；

H ——设计降雨量(mm)；

r ——透水路面周边地面汇水面积与透水路面面积之比；

β ——安全系数，可取 0.5；

T_t ——与设计降雨量对应的时间(h)；

n_i ——透水路面平均孔隙率，一般取 0.1~0.4。

4.2.9 半透水铺装透水路面的基层厚度，应按下式计算：

$$d_{\text{rpp}} = \frac{\beta f_m t_0}{n_i} \quad (4.2.9)$$

式中： d_{rpp} ——半透水铺装透水路面地下集水管下方透水基层厚度（mm）；

t_0 ——放空时间，可取 48h。

4.2.10 透水路面的透水基层底部应比当地季节性最高地下水位高 1m。当不能满足要求时，透水路面下方应采取防渗措施。

4.2.11 当透水路面下方不采取防渗措施时，透水路面应和周围建筑保持安全距离，并可按表 4.2.11 的规定取值。

表 4.2.11 透水路面与周围建筑的安全距离

透水路面面积(m ²)	与周围建筑地面高程的关系	安全距离(m)
<100	高于周围建筑地面高程	8.0
	低于周围建筑地面高程	1.5
≥100, ≤1000	高于周围建筑地面高程	16.0
	低于周围建筑地面高程	3.5
>1000	高于周围建筑地面高程	32.0
	低于周围建筑地面高程	8.0

4.2.12 透水路面应设置观察井。观察井的水平间距不应大于 50m。当设有地下集水管时，观察井底部宜与集水管连通。

II 绿色屋顶

4.2.13 当屋面坡度不大于 15°时，可设置绿色屋顶。

4.2.14 应根据建筑物的结构强度、景观和内涝防治需求等因素，合理确定绿色屋顶的类型。

4.2.15 既有建筑设置绿色屋顶设施，应校核屋顶的荷载和防水性能。

4.2.16 不具备设置绿色屋顶条件的建筑，可采取延缓和减少雨水进入雨水斗、落雨管和地下排水管渠的措施。雨水斗的数量和布置，应根据单个雨水斗的过水能力和设计屋顶积水深度确定。

4.2.17 绿色屋顶自上而下宜设置土壤层、过滤层、排水层、保护层、防水层和找平层,并应符合下列规定:

1 土壤层宜选择轻质、适宜植物生长的材料,其铺设厚度应根据种植植物的类型确定;当种植乔木时,其厚度应大于 600mm;当种植其他植物时,其厚度不宜大于 150mm;

2 过滤层应采用透水且能防止泥土流失的材料;

3 排水层宜采用卵石、碎石或具有储水能力的合成材料,孔隙率宜大于 25%,厚度宜为 100mm~150mm;

4 保护层厚度应能防止被植物根系穿透;

5 防水层宜选择对屋顶变形或开裂适应性强的柔性材料;

6 找平层宜由水泥砂浆铺成,厚度宜为 20mm~30mm。

4.2.18 绿色屋顶应设置屋面排水沟或排水管等设施。

Ⅲ 下凹式绿地

4.2.19 用于源头减排的下凹式绿地设计,应符合下列规定:

1 应选用适合下凹式绿地运行条件,并满足景观设计要求的耐淹植物;

2 绿地土壤的入渗率应满足现行行业标准《绿化种植土壤》CJ/T 340 的相关规定;

3 绿地应低于周边地面和道路,其下凹深度应根据设计调蓄容量、绿地面积、植物耐淹性能和土壤渗透性能等因素确定,下凹深度宜为 50mm~250mm;

4 宜采用分散进水的方式,进水集中的位置应采取消能缓冲措施;

5 应设置具有沉泥功能的溢流设施;

6 在地下水位较高的地区,应在绿地低洼处设置出流口,通过出流管将雨水缓慢排放至下游排水管渠或其他接纳体。应根据快进缓出的原则确定出流管管径,绿地排空时间宜为 24h~48h。

Ⅳ 生物滞留设施

4.2.20 生物滞留设施的位置和形式,应根据设施功能、场地条件

和景观要求等因素确定。

4.2.21 生物滞留设施的调蓄面积和深度应根据汇水范围和径流控制要求综合确定。

4.2.22 生物滞留设施自上而下宜设置蓄水层、覆盖层、种植层、透水土工布和砾石层,各层设计应符合现行国家标准《城镇雨水调蓄工程技术规范》GB 51174 的有关规定。

4.2.23 生物滞留设施应设置溢流装置,并应符合下列规定:

1 溢流口标高应根据当地土壤的下渗能力和植物的耐淹程度等因素确定;

2 超过表面雨水滞留层积水深度的雨水,应通过溢流装置排至下游排水管渠或其他受纳体;

3 溢流装置应设置在远离进水口的位置。

4.2.24 生物滞留设施宜设置雨水径流预处理设施。

4.2.25 生物滞留设施应设置水位观察井(管)。水位观察井(管)顶端的高度应高于生物滞留设施的溢流高度。

4.3 转输设施

I 植草沟

4.3.1 植草沟的设计,应符合下列规定:

1 植草沟应采用重力流排水;

2 应根据各汇水面的分布、性质和竖向条件,均匀分配径流量,合理确定汇水面积;

3 竖向设计应进行土方平衡计算;

4 进口设计应考虑分散消能措施;

5 植草沟的布置应和周围环境相协调。

4.3.2 植草沟的设计参数,应符合下列规定:

1 浅沟断面形式宜采用倒抛物线形、三角形或梯形;

2 植草沟的边坡坡度不宜大于 1:3;

3 植草沟的纵向坡度不宜大于 4%;

4 植草沟最大流速应小于 0.8m/s,曼宁系数宜为 0.2~0.3;

5 植草沟内植被高度宜为 100mm~200mm。

4.3.3 植草沟的设计流量,应按下列公式计算:

$$Q = \frac{1}{n_0} A_h R^{0.667} i_1^{0.5} \quad (4.3.3)$$

式中:Q——设计流量(m³/s);

A_h——横断面面积(m²);

R——横断面的水力半径(m);

i₁——纵向坡度。

4.3.4 当植草沟的纵向坡度大于 4%时,沿植草沟的横断面应设置节制堰。

II 渗透管渠

4.3.5 当采用渗透管渠进行雨水转输和临时储存时,应符合下列规定:

1 渗透管渠宜采用穿孔塑料、无砂混凝土等透水材料;

2 渗透管渠开孔率宜为 1%~3%,无砂混凝土管的孔隙率应大于 20%;

3 渗透管渠应设置预处理设施;

4 地面雨水进入渗透管渠处、渗透管渠交汇处、转弯处和直线管段每隔一定距离处应设置渗透检查井;

5 渗透管渠四周应填充砾石或其他多孔材料,砾石层外应包裹土工布,土工布搭接宽度不应小于 200mm。

4.4 调蓄设施

4.4.1 新建、改建和扩建地区,应就地设置源头调蓄设施,并应优先利用自然洼地、沟、塘、渠和景观水体等敞开式雨水调蓄设施,或通过竖向设计营造雨水滞蓄空间。

4.4.2 源头调蓄设施的设计容积,应根据当地的内涝防治设计标准、其他源头减排设施的有效容积和位于下游的排水管渠、街道、

内河、湖泊等受纳体的调蓄能力等因素,经技术经济比较后确定,并应符合现行国家标准《城镇雨水调蓄工程技术规范》GB 51174的有关规定。

4.4.3 敞开式调蓄设施的设计,应符合下列规定:

- 1 前端宜设置拦污净化设施;
- 2 调蓄水体近岸 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;
- 3 敞开式雨水调蓄设施的超高应大于 0.3m,并应设置溢流设施。

4.4.4 在人口和建筑物密集或地上空间紧张的地区,宜设置地下雨水调蓄设施。地下雨水调蓄设施宜由预处理设施、主体调蓄池和出水井等构筑物组成。每个构筑物单元应单独设置人孔或检查口。

4.4.5 地下雨水调蓄设施宜建在绿地、广场和停车场下方,应满足与周围地面相同的荷载要求。调蓄设施周围和上方应留有检修通道和空间。绿地内的地下调蓄池应满足绿地建设的总体要求,调蓄池覆土厚度应根据绿地种植要求确定。

5 排水管渠设施

5.1 一般规定

5.1.1 城镇内涝防治系统中排水管渠设施可由管渠系统和管渠调蓄设施组成。

5.1.2 排水管渠设施除应满足雨水管渠设计重现期标准外,尚应和城镇内涝防治系统中的其他设施相协调,满足内涝防治的要求。

5.1.3 排水管渠按内涝防治设计重现期进行校核时,应按压力流计算。

5.1.4 易受河水或潮水顶托的排水管渠出水口应设置防倒灌设施。

5.2 管渠系统

I 雨水口

5.2.1 雨水口的设置应符合下列规定:

1 雨水口的高程、位置和数量应根据现有道路宽度和规划道路状况确定;

2 道路交叉口、人行横道上游、沿街单位出入口上游、靠地面径流的街坊或庭院的出水口等处均应设置雨水口,路段的雨水不得流入交叉口;

3 雨水口间距宜为 25m~50m,重要路段、地势低洼等区域距离可适当缩小;

4 当道路两侧建筑物或小区的标高低于路面时,应在路面雨水汇入处设置雨水拦截设施,并通过雨水连接管接入雨水管道。

5.2.2 雨水口和雨水连接管设计流量应为雨水管渠设计重现期计算流量的 1.5 倍~3.0 倍,并按该地区内涝防治设计重现期

进行校核。

5.2.3 路面积水宽度应根据道路表面的构造形式进行计算,并应符合下列规定:

1 当道路具有单一横坡断面(图 5.2.3-1),应按下列公式计算:

$$T = \left(\frac{n_0 Q_0}{0.376 S_x^{1.67} S_L^{0.5}} \right)^{3/8} \quad (5.2.3-1)$$

$$Q_s = \frac{0.376}{n_0} S_x^{1.67} S_L^{0.5} T^{2.67} \quad (5.2.3-2)$$

式中: T ——路面积水宽度(m);

Q_0 ——道路表面流量(m^3/s);

S_x ——道路横向坡度;

S_L ——边沟纵向坡度;

Q_s ——雨水口宽度范围外纵向流量(m^3/s)。

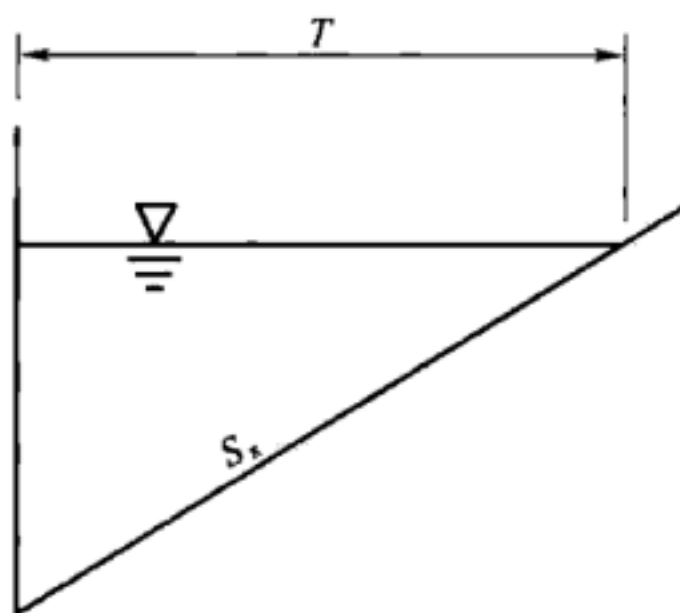


图 5.2.3-1 单一横坡断面(三角沟型)

2 当道路具有复合过水断面(图 5.2.3-2),应按下列公式计算:

$$Q_0 = Q_w + Q_s \quad (5.2.3-3)$$

$$E_0 = \frac{Q_w}{Q_0} = \frac{1}{1 + \frac{S_w/S_x}{\left(1 + \frac{S_w/S_x}{T/W - 1}\right)^{2.67} - 1}} \quad (5.2.3-4)$$

$$Q_s = \frac{0.376}{n_0} S_x^{1.67} S_w^{0.5} (T - W)^{2.67} \quad (5.2.3-5)$$

式中： Q_w ——雨水口宽度范围内纵向流量(m^3/s)；

E_0 ——雨水口正面截流分数(%)；

W ——雨水口宽度(m)；

S_w ——边沟横向坡度。

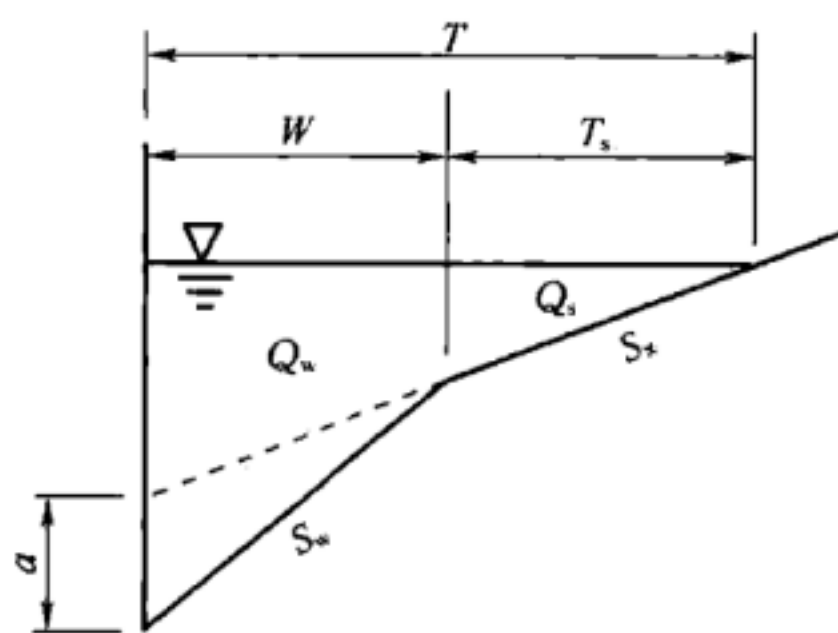


图 5.2.3-2 复合过水断面

5.2.4 雨水口的泄水能力,应根据其构造型式、所在位置的道路纵向和横向坡度以及设计道路积水深度等因素综合考虑确定。

II 泵 站

5.2.5 管渠系统中排水泵站的设计规模,应与城镇内涝防治系统的其他组成部分相协调,在满足内涝防治设计重现期要求的前提下,经技术经济比较后确定。

5.2.6 泵站宜设在地势低洼、易汇集区域雨水的地点,且宜靠近接纳水体。

5.2.7 泵站出水口宜设置消能设施,出水口流速应小于 $0.5m/s$ 。

5.2.8 用地紧张的地区可采用节地型泵站。

5.2.9 泵站配电、自控等设备的安全高度,应按该地区内涝防治设计重现期进行校核。不满足要求时,应采取防止设备受淹的措施。

5.3 管渠调蓄设施

5.3.1 当需要削减城镇管渠系统雨水峰值流量时,宜设置雨水调蓄池。

5.3.2 管渠调蓄设施的建设应和城镇水体、园林绿地、排水泵站等相关设施统筹规划,相互协调,并应优先利用现有设施。有条件的地区,调蓄设施应与泵站联合设计,兼顾径流总量控制、降雨初期的污染防治和雨水利用。

5.3.3 管渠调蓄设施用于削减峰值流量时,其调蓄量的确定应符合现行国家标准《城镇雨水调蓄工程技术规范》GB 51174 的有关规定。

6 排涝除险设施

6.1 一般规定

6.1.1 排涝除险设施宜包括城镇水体、调蓄设施和行泄通道等。

6.1.2 排涝除险设施应以城镇总体规划和城镇内涝防治专项规划为依据,并应根据地区降雨规律和暴雨内涝风险等因素,统筹规划,合理确定建设规模。

6.1.3 排涝除险设施具有多种功能时,应明确各项功能并相互协调,并应在降雨和内涝发生时保护公众生命和财产安全,保障城镇安全运行。

6.2 城镇水体

6.2.1 城镇水体应包括河道、湖泊、池塘和湿地等自然或人工水体。城镇内涝防治系统的规划和设计宜利用现有城镇水体,作为排涝除险设施。

6.2.2 城镇水体的规划、水系修复与治理,应满足城镇总体规划中蓝线和水面率的要求,不应缩减其现有的调蓄容量,为达到内涝防治设计重现期标准,应保证一定的水面率。

6.2.3 城镇区域内自然水体调蓄容量应根据其地理位置、功能定位、调蓄需求、水体形状、水体容量和水位等特点,经综合分析后确定。

6.2.4 城镇河道应按当地的内涝防治设计标准统一规划,并与防洪标准相协调。城镇内河应具备区域内雨水调蓄、输送和排放的功能。

6.2.5 应对河道的过流能力进行校核。当河道不能满足城镇内涝防治设计标准中的雨水调蓄、输送和排放要求时,应采取提高其

过流能力的工程措施。

6.2.6 当城镇内河通过闸、泵站或其他方式与过境河道连通时,连通设施应具备防止倒流的措施。

6.2.7 城镇内河设计超高应考虑弯曲段水位壅高,并应大于 0.5m。

6.2.8 城镇人工水体的调蓄能力应根据城镇内涝防治系统规划,结合地形条件、水系特点等确定。兼有多种功能的人工水体,应协调各功能的相互影响。

6.2.9 城镇人工水体可采用重力流自排和泵站排放相结合的方式,有自排条件的地区,应以自排为主;受洪、潮水位顶托,自排困难的地区,应设挡洪、潮排涝水闸,并应设泵站排放。

6.2.10 调蓄水体的水位控制应在其常年水位的基础上合理确定,同时应充分考虑周边已建或规划建设用地的控制标高情况。

6.3 调蓄设施

I 绿地和广场

6.3.1 城镇绿地在城镇内涝防治系统中可用于源头调蓄和排涝除险调蓄。当用于排涝除险调蓄时,城镇绿地应接纳周边汇水区域在排水管渠设施超载情况下的溢流雨水。

6.3.2 新建、改建或扩建的城镇道路绿化隔离带可结合用地条件和绿化方案设置为下凹式绿地。

6.3.3 用于排涝除险调蓄的下沉式广场的设计,应综合考虑广场构造和功能、整体景观协调性、安全防护要求、积水风险、积水排空时间和其他现场条件,并应符合现行国家标准《城镇雨水调蓄工程技术规范》GB 51174 的有关规定。

6.3.4 用于排涝除险调蓄的城镇绿地和广场,应设置安全警示牌,标明调蓄启动条件、淹没范围和最高水位。

II 隧道调蓄工程

6.3.5 内涝易发、人口密集、地下管线复杂、现有排水系统改造难

度较高的地区,可设置隧道调蓄工程。

6.3.6 隧道调蓄工程的设置,应符合城镇地下空间开发和管理的要求,并与相关规划相协调。

6.3.7 隧道调蓄工程的调蓄容量,应根据内涝防治设计重现期的要求,综合考虑源头减排设施、排水管渠设施和其他排涝除险设施的规模,经数学模型计算后确定。

6.3.8 隧道调蓄工程的总体布置和设计应符合现行国家标准《城镇雨水调蓄工程技术规范》GB 51174 的有关规定。

6.4 行泄通道

6.4.1 应对城镇内涝风险进行评估,内涝风险大的地区宜结合其地理位置、地形特点等设置雨水行泄通道。

6.4.2 城镇易涝区域可选取部分道路作为排涝除险的行泄通道,并应符合下列规定:

1 应选取排水系统下游的道路,不应选取城镇交通主干道、人口密集区和可能造成严重后果的道路;

2 应与周边用地竖向规划、道路交通和市政管线等情况相协调;

3 行泄通道上的雨水应就近排入水体、管渠或调蓄设施,设计积水时间不应大于 12h,并应根据实际需要缩短;

4 达到设计最大积水深度时,周边居民住宅和工商业建筑物的底层不得进水;

5 不应设置转弯;

6 应设置行车方向标识、水位监控系统和警示标志;

7 宜采用数学模型法校核道路作为行泄通道时的积水深度和积水时间。

6.4.3 道路表面的积水宽度,应根据道路的汇水面积和道路两侧雨水口的设置情况和泄水能力,按本规范第 5.2.3 条的规定计算。

6.4.4 当道路表面积水超过路缘石,延伸至道路两侧的人行道、

绿地、建筑物或围墙时,其过水能力应符合下列规定:

1 过水断面沿道路纵向发生变化时,应根据其变化情况分段计算;

2 当过水断面变化过于复杂时,可对其简化,简化过程应遵循保守的原则估算断面的过水能力;

3 对于每个过水断面,其位于道路两侧的边界,应选取离道路中心最近的建筑物或围墙;

4 每个复合过水断面应细分为矩形、三角形和梯形等标准断面,分别按曼宁公式计算后确定。相邻过水断面之间的分界线不应纳入湿周的计算中。

7 运行维护

7.1 一般规定

7.1.1 城镇内涝防治系统的运行维护应统筹源头减排设施、排水管渠设施和排涝除险设施,并由市政排水、道路交通、园林绿地和城市防洪等多系统共同组成。

7.1.2 城镇内涝防治系统运行维护应建立运行管理制度、岗位操作制度、设施设备维护制度和事故应急预案。

7.1.3 城镇内涝防治系统运行管理制度,应包含汛期和非汛期运行、维护、管理和调度等内容。

7.1.4 对于在降雨期间和非降雨期间承担不同功能的多功能内涝防治设施,应制定不同运行模式相互切换的管理制度。

7.1.5 应建立当地的内涝防治设施统一运行管理监控平台。

7.2 日常维护

7.2.1 各项内涝防治设施应有专人运行和维护管理,各岗位运行操作和维护人员应经培训后持证上岗。

7.2.2 对调蓄池、隧道调蓄工程内部设施的运行维护操作,应按现行国家标准《城镇雨水调蓄工程技术规范》GB 51174 和现行行业标准《城镇排水管道维护安全技术规程》CJJ 6 的有关安全规定执行。

7.2.3 城镇河道上设置的水闸和橡胶坝等设施在暴雨期间应处于排涝状态。当河道水位高于设计高水位时,应关闭连通的水闸,采用强排措施。

7.2.4 城镇内河水位应统一调度,并应符合下列规定:

- 1 暴雨前,应预先降低城镇内河水位;

2 暴雨后,一般地区应在 24h 内将内河水位排至设计水位以下,重要地区可根据需要将内河涝水排除时间缩短;有条件的地区可将在排除时间内最高水位控制在设计水位以下。

7.2.5 暴雨前、暴雨期间和暴雨后,应及时清理和疏通被堵塞的城镇道路雨水口、排水管道和排放口。

7.2.6 当遭遇内涝灾害后,应按照原标准或规划的新标准对毁坏的内涝防治设施进行修复或重建。

7.3 应急管理

7.3.1 城镇内涝防治应急管理体系应包括城镇内涝防治预警系统、应急系统和评价系统。

7.3.2 城镇内涝防治预警系统应建设城镇内涝防治数字信息平台,整合城镇排水数值模拟、地理信息系统、雨量监测、气象监测预报、内涝实时模拟系统、内涝防治应急系统、信息发布系统、实时道路监测系统和交通管制发布系统等。

7.3.3 城镇内涝防治应急系统应包括源头减排设施、排水管渠设施和排涝除险设施的事故应急以及超过内涝防治设计重现期情况下的应急,应建立应急联动管理和应急预案,并应由内涝防治设施管理单位共同参与,分工协作,并应符合下列规定:

1 当周边发生污染事故,污染物质汇流入具有渗透功能的源头减排设施并可能影响地下水时,应及时启动应急预案,清除污染源和污染土壤,修复地下水;

2 当排水泵站等排水管渠设施和排涝泵站等排涝除险设施发生突然失电等事故时,应及时启动应急预案,采取立即检查抢修、防止泵站自身受淹、启动临时发电设施和启动移动排涝泵车等措施;

3 当城镇河道堤防(墙)等排涝除险设施发生损坏和倒塌等事故时,应及时启动应急预案,采取立即检查抢修、临时加固、临时堆筑围堰和防水挡板等措施;

4 当降雨超过内涝防治设计重现期情况时,应及时启动应急预案,按照统一应急调度指令执行应急抢险,疏散危险区域人员。

7.3.4 城镇内涝防治评价系统应建立内涝防治评价体系,对内涝防治预警系统、内涝防治应急系统和内涝防治设施运行效果进行综合评价,并提出改进建议。

附录 A 内涝防治设计报告

A.1 一般规定

A.1.1 内涝防治设计报告应为独立文件,可采纳和吸收项目可行性研究、设计等阶段产生的成果,但不应由工程设计各阶段的报告、图纸和计算书代替。

A.1.2 内涝防治设计报告应委托有资质的单位编写。

A.1.3 建设项目的施工图等文件应按内涝防治设计报告中提出的措施和设计执行。

A.2 报告内容

A.2.1 内涝防治设计报告应包括文本和图纸两部分。

A.2.2 文本应包括下列内容:

1 项目背景:包括项目所在地地理位置、区域边界、地形地貌和地质水文特征等;

2 流域情况:包括流域的主要情况、河流湖泊、雨水行泄通道和历史受淹情况等;

3 设计标准:包括适用的国家设计标准、地方标准、主要基础数据和参数、计算方法、工具等;

4 内涝防治现状:现状雨水排放格局和设计标准、现状雨水排放口位置,地表渗透系数、综合径流系数、不透水面积比例等现状下垫面条件,地面集水时间、不同设计重现期下的径流量计算等;

5 内涝防治设施设计:项目建成后,内涝防治设施的建设对区域下垫面条件、集水时间、径流量的影响,内涝防治设施位置、类型、规模、设备、与上下游的衔接设计等;

6 结论:《城镇内涝防治技术规范》的执行情况、其他适用的国家标准的执行情况、当地设计标准的执行情况、内涝防治设施的有效性、项目全部建成后的雨水排放格局等;

7 参考资料:降雨资料、下垫面条件资料、地形地貌资料规划资料、现场勘查资料、其他参考资料等;

8 附录:设计雨量计算书、排水管渠水力计算书、内涝防治设施计算书、内涝防治设计重现期校核计算书、水污染控制计算书等。当计算书使用数学模型时,附录中应包含模型输入输出数据并说明模型主要参数的选择依据和确定方法。

A.3 图 纸

A.3.1 现状总体排水系统平面图应包括下列内容:

- 1 项目区域边界;**
- 2 主要河流、雨水行泄通道和汇水分区划分;**
- 3 现状和内涝防治有关的主要设施。**

A.3.2 内涝防治设施图纸应包括下列内容:

- 1 排水系统总平面图;**
- 2 雨水管道布置图,包括雨水口、检查井等附属设施;**
- 3 街道平面布置、横向剖面图、纵向坡度、雨水流动方向;**
- 4 雨水排放口设计图;**
- 5 建筑物平面位置、底层地面标高;**
- 6 内涝防治设施设计图,包括源头减排设施、排水管渠设施和排涝除险设施;**

7 当计算书使用数学模型时,还应提供以下图纸:内涝防治设计重现期条件下的现状内涝风险图和设施建设后内涝风险图,超出内涝防治设计重现期的历史降雨事件的现状内涝风险图和设施建设后内涝风险图。

A.3.3 图纸应装订成册。

附录 B 内涝防治设计校核

B. 0. 1 城镇内涝防治系统设计完成后,应对设计结果进行校核。内涝防治设计校核的主要过程和结论应纳入内涝防治设计报告中。

B. 0. 2 城镇内涝防治设计的校核,应通过手工计算、数学模型或两者相结合的方法,选取适当的降雨雨型和历时完成,并应符合下列规定:

1 当汇水面积不大于 2km^2 ,且排水系统不包含调蓄设施或除绿色屋顶外的源头减排设施时,校核方法的选取可不受限制;

2 不满足以上条件的,宜采用数学模型进行校核。

B. 0. 3 当采用手工计算的方法进行校核时,应将由道路表面和道路两侧的路缘石或建筑物等构成的积水空间视作明渠,断面形状可进行简化处理。

B. 0. 4 按本规范第 B. 0. 6 条规定的方法进行校核时,下游区段的径流量计算应包括从上游流经本区段的流量。

B. 0. 5 采用推理公式法进行内涝防治设计校核时,宜提高现行国家标准《室外排水设计规范》GB 50014 中规定的径流系数。当设计重现期为 20 年~30 年时,宜将径流系数提高 10%~15%;当设计重现期为 30 年~50 年时,宜提高 20%~25%;当设计重现期为 50 年~100 年时,宜提高 30%~50%;当计算的径流系数大于 1 时,按 1 取值。

B. 0. 6 用手工方法校核内涝防治设计,应按下列步骤执行:

1 按本规范的规定选取内涝防治设计重现期,确定允许的道路积水深度和水面高程;

2 根据道路积水深度和水面高程,确定地面泄水通道过水断面的形状和参数,从上游至下游逐段计算道路表面的最大过水能力(Q_1);

3 按推理公式法,从上游至下游逐段计算每个汇水区的地面集水时间、暴雨强度和设计流量(Q_T),并计算内涝防治设计标准下雨水管渠的过水能力(Q_0)。计算暴雨强度和设计流量时,降雨历时的选择应与雨水管渠设计时采用的降雨历时保持一致;

4 计算每个区段内雨水口的泄水能力之和(Q_2),并与内涝防治设计重现期条件下雨水管渠的过水能力(Q_0)比较,若前者大于或等于后者,则雨水口的设计符合内涝防治设计重现期要求,否则,应采取增加雨水口数量和调查雨水口型式等措施增加雨水口的泄水能力;

5 在每个区段,将设计流量(Q_T)减去内涝防治设计重现期条件下雨水管渠的过水能力(Q_0),得到满足内涝防治设计重现期条件下道路表面的设计流量(Q_3)。若道路表面的最大过水能力(Q_1)大于或等于道路表面的设计流量(Q_3),则该区段内涝防治系统的设计满足规范要求,否则,应修改雨水管渠的设计增加雨水管渠的过水能力(Q_0),或通过增加源头减排或调蓄设施等措施,削减设计流量(Q_T)。

B.0.7 采用数学模型进行校核时,选用的建模软件应可模拟雨水同时在管渠系统中的和地表的运动状态以及相互影响,宜同时具有一维和二维模拟能力。数学模型的一维和二维模拟应相互耦合,应能模拟雨水在管渠系统和地表之间通过雨水口的传输,以及地面漫流与沟、渠、河道和箱涵等的衔接。

B.0.8 采用数学模型进行校核时,雨水在地表的运动应基于浅水流动方程组(Shallow Water Equations),通过有限差分法或有限体积法等数值算法求解。

B.0.9 当采用的数学模型只能模拟雨水在地下管道中的一维运动,而不能模拟雨水在地表的二维流动时,可运用数学模型模拟出各节点的溢流情况,根据地形数据计算溢流雨水的地表面积水深度以及范围。

B. 0. 10 采用数学模型校核或数学模型与手工计算结合的校核方法时,应采用不短于 3h 的暴雨,暴雨雨型应按本规范第 3. 3. 3 条和第 3. 3. 4 条的规定选取。

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待,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”,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:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《室外排水设计规范》GB 50014
- 《城镇雨水调蓄工程技术规范》GB 51174
- 《城镇排水管道维护安全技术规程》CJJ 6
- 《透水水泥混凝土路面技术规程》CJJ/T 135
- 《透水砖路面技术规程》CJJ/T 188
- 《透水沥青路面技术规程》CJJ/T 190
- 《绿化种植土壤》CJ/T 340

中华人民共和国国家标准

城镇内涝防治技术规范

GB 51222 - 2017

条文说明

编制说明

《城镇内涝防治技术规范》GB 51222—2017,经住房和城乡建设部 2017 年 1 月 21 日以第 1444 号公告批准发布。

本规范编制过程中,规范编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,参考有关国际标准和国外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,充分结合我国在内涝防治和雨水排水的现状,确定了城镇内涝防治技术的重要参数。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定,编制组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明,对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明,还着重对强制性条文的强制性理由做了解释。但是,本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1	总 则	(43)
3	城镇内涝防治系统	(45)
3.1	一般规定	(45)
3.2	技术要求	(48)
3.3	雨水量	(50)
4	源头减排设施	(55)
4.1	一般规定	(55)
4.2	渗透设施	(58)
4.3	转输设施	(63)
4.4	调蓄设施	(64)
5	排水管渠设施	(66)
5.1	一般规定	(66)
5.2	管渠系统	(68)
5.3	管渠调蓄设施	(70)
6	排涝除险设施	(71)
6.1	一般规定	(71)
6.2	城镇水体	(72)
6.3	调蓄设施	(74)
6.4	行泄通道	(75)
7	运行维护	(77)
7.1	一般规定	(77)
7.2	日常维护	(77)
7.3	应急管理	(78)
附录 A	内涝防治设计报告	(80)
附录 B	内涝防治设计校核	(81)

1 总 则

1.0.2 新建、改建和扩建项目使原来的地表状况发生变化,不透水面积增加,造成径流量增加,是城镇内涝的主要原因之一。本规范规定的城镇内涝特指城镇范围内的强降雨或连续性降雨(不包括进入城镇范围内的客水、因给水排水等管道爆管而产生的径流等)超过城镇雨水设施消纳能力,导致城镇地面产生积水的现象。当农业、林业和牧业用地转变为工商业或住宅用地时,地表渗透性能的变化更加显著。因此,本规范不仅适用于位于城镇、工业区和居住区的项目,也适用于位于农村和集镇地区的项目。

1.0.3 雨水是不可压缩的,雨水径流的存储排放的实质是雨水径流的空间分配问题。内涝防治设施如源头渗透、调节储存、管渠和排涝除险设施等需要占用地表、地下空间和通道,因此,需要在城镇总体规划阶段确定内涝防治规划方案。通过内涝风险分析,综合考虑城镇发展与内涝防治,保护河湖、水系、洼地和湿地等自然蓄排空间,保证一定的水面率,并通过调整绿地系统布局,保证一定的绿地率,为内涝防治设施预留足够的地上、地下空间和通道。

1.0.4 根据《城镇排水与污水处理条例》,城镇内涝防治专项规划应根据城镇人口与规模、降雨规律、暴雨内涝风险等因素,合理确定内涝防治目标和要求,并纳入本行政区域的城镇排水与污水处理规划。内涝防治设施建设涉及海绵城市、城镇排水、城镇防洪、河道水系、道路交通、园林绿地等多个领域,是一项综合性的系统工程,应注重与相关专项规划相协调,并充分考虑建设地区的地形特点,与当地的平面和竖向规划相衔接。

1.0.5 城镇内涝防治设施应依据城镇内涝防治有关专项规划进行建设。内涝防治设施不仅包括现有城镇排水设施,还包括雨水

渗透、转输等源头减排设施和城镇水体、调蓄隧道、雨水行泄通道等排涝除险设施。各项内涝防治设施的建设应充分考虑当地的气候特征、水文条件、地形特点等,结合现有排水设施的运行状况,统筹规划,合理确定内涝防治系统的设计标准。

已建城区内涝防治系统建设是一项庞大的工程,面临地上建筑林立、地下管线错综复杂、基础设施用地紧缺等问题。有些地区排水管渠设施已基本建成,短期内不可能进行大规模的排水管渠翻建,对于这些难以一次性达到内涝防治专项规划要求的地区,可结合地区的整体改造和城镇易涝点的治理,从源头减排、过程蓄排结合、优化集水路径、提高排水管渠输水能力和建设排涝除险设施等多方面入手,分阶段达到标准,并应考虑应急措施。

1.0.6 专用内涝防治设施一般设置于地下,如调蓄池和隧道调蓄工程等。兼用内涝防治设施一般设置于地表,如水体调蓄工程和绿地、广场调蓄工程等。

1.0.7 本规范和现行国家标准《室外排水设计规范》GB 50014 均包含雨水管渠设计相关的内容,但侧重点有所不同,因此在设计时应按照这两部规范执行。雨水调蓄是城镇内涝防治的一项重要手段,本规范应与涉及雨水调蓄的其他规范配合使用。

在地震、湿陷性黄土、膨胀土、多年冻土及其他特殊地区建设城镇内涝防治设施时,应符合国家现行的有关专门规范的规定。

3 城镇内涝防治系统

3.1 一般规定

3.1.1 城镇内涝防治是一项系统工程,涵盖从雨水径流的产生到末端排放的全过程控制,其中包括产流、汇流、调蓄、利用、排放、预警和应急措施等,而不仅仅包括传统的排水管渠设施。本规范规定的城镇内涝防治系统包括源头减排、排水管渠和排涝除险设施,分别与国际上常用的低影响开发、小排水系统(minor drainage system)和大排水系统(major drainage system)基本对应。

源头减排在有些国家也称为低影响开发或分散式雨水管理,主要通过生物滞留设施、植草沟、绿色屋顶、调蓄设施和透水路面等措施控制降雨期间的水量 and 水质,减轻排水管渠设施的压力。住房和城乡建设部颁布了《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建(试行)》,对径流控制提出了标准和方法。

排水管渠主要由排水管道和沟渠等组成,其设计应考虑公众日常生活的便利,并满足较为频繁的降雨事件的排水安全要求。

排涝除险,在《室外排水设计规范》GB 50014—2006 中称为“内涝综合防治设施”,主要用来排除内涝防治设计重现期下超出源头减排设施和排水管渠承载能力的雨水径流,这一系统包括:

- (1)天然或者人工构筑的水体,包括河流、湖泊和池塘等;
- (2)一些浅层排水管渠设施不能完全排除雨水的地区所设置的地下大型排水管渠;
- (3)雨水通道,包括开敞的洪水通道、规划预留的雨水行泄通道,道路两侧区域和其他排水通道。

应急管理指管理性措施,以保障人身和财产安全为目标,既可针对设计重现期之内的暴雨,也可针对设计重现期之外的暴雨。

3.1.2 城镇内涝防治系统的规划和设计应综合考虑各项内涝防治设施的排水能力,系统规划,确定合理的设计标准,达到径流量控制的要求。各项内涝防治设施的建设应相互协调、互为补充。

城镇雨水径流的最终出路一般为河流和湖泊等水体,而这些水体的规划、设计、运行和调度往往是以天然形成的流域为单位,不受行政区划限制。与此相比,内涝防治的对象是城镇,与当地的水系和流域的划分不一定重合。因此,城镇内涝防治系统的规划和设计应尊重客观规律,考虑城镇所处流域的整体规划,并与之相适应。

空间分配是解决雨水径流出路的核心问题。对于特定的降雨事件,水量是不可压缩的,因此,城镇规划应为雨水提供足够的空间和出路。城镇化过程往往会导致本地区的雨水径流总量增加,进而导致下游地区雨水径流和峰值流量增加,峰值流量发生的时间提前。因此,城镇内涝防治系统设计的重要原则之一是不把内涝问题从本地区转移至其他地区,不把上游的问题转移到下游。

合理的城镇内涝防治规划设计应该充分发挥和利用现有设施对雨水的滞留、调蓄和渗透作用。这些设施包括天然形成的雨水行泄通道、洼地、湿地、渗透性能良好的土壤和天然植被等。城镇内涝防治系统中的源头减排设施如透水路面、生物滞留设施和植草沟等均是以模拟天然排水方式为基础的人工设施。

流经城镇的过境河流是城镇区域内雨水径流的重要出路之一,上游来水的过境流量会直接影响河流的水位,而过境河流的水位又会直接影响城镇内涝防治系统排除雨水的能力。因此,当城镇的雨水径流通过市政排水系统或内河排放至过境河流时,应充分考虑暴雨期间和暴雨之后上游的过境流量,并通过与流域管理机构协调,确定过境河流在此期间的合理水位,并以此为基础确定城镇内涝防治系统的设计边界条件。

3.1.3 尽管本规范对内涝防治设计重现期已有明确规定,但随

着全球气候变化、极端天气频繁出现,应有相应的措施应对超过内涝防治设计重现期的强降雨,用以防治由强降雨导致的内涝灾害。

3.1.5 《城镇排水与污水处理条例》第十四条规定:“城镇排水与污水处理规划范围内的与城镇排水与污水处理设施相连接的新建、改建、扩建建设工程,城乡规划主管部门应当征求城镇排水主管部门的意见。城镇排水主管部门应当就排水设计方案是否符合城镇排水与污水处理规划和相关标准提出意见。建设单位应当按照排水设计方案建设连接管网等设施;未建设连接管网等设施的,不得投入使用。城镇排水主管部门或者其委托的专门机构应当加强指导和监督。”

内涝防治设计文件应作为有关部门对建设项目进行评估和审批的重要技术依据。

内涝防治设计篇(章)的内容应至少包括:分析项目所在地在典型降雨情况下建设前后的雨水径流出流过程,比较两者的差异(峰值和总量),论证项目对现状城镇内涝防治系统的影响,并据此提出具体内涝防治工程措施,预测措施实施后的内涝防治系统状况,提出内涝防治设施规模和用地需求,估算内涝防治设施投资。应将项目对内涝防治系统的影响论证结论纳入项目可行性研究报告的结论,并明确是否需要在项目初步设计阶段编制内涝防治设计报告。

3.1.6 各地内涝防治系统的具体技术标准应根据本规范第3.2节的相关规定制定并执行,内涝防治设计校核应按本规范附录B的有关规定执行。对不满足内涝防治设计重现期标准的地区,应结合地区整体改建,分期达到标准。

3.1.7 本规范对雨水综合利用提出了一般性规定。除本规范外,雨水利用设施还应符合现行国家标准《室外排水设计规范》GB 50014、《建筑与小区雨水利用工程技术规范》GB 50400 和其他雨水利用相关标准的规定。

3.2 技术要求

3.2.1 设置固定的雨水排放点,可便于监测雨水径流的峰值流量和总量,是准确衡量每个汇水区域的雨水径流和进行内涝防治设施设计的基础。如果雨水排放点不确定,意味着雨水径流可能被转移至未知区域,从而对工程所在地之外的地区排水系统造成潜在的负面影响。

3.2.2 本条为强制性条文,必须严格执行。本规范规定以径流量作为地区整体改建控制指标。地区整体改建应充分体现海绵城市建设理念,除应执行规划控制的综合径流系数指标外,还应执行径流量控制指标。规定整体改建地区应采取措施确保改建后的径流量不超过原有径流量。

本条所指的径流量为设计雨水径流量峰值,设计重现期包括雨水管渠设计重现期和内涝防治设计重现期。

3.2.3 本规范根据城镇类型确定不同的内涝防治设计重现期和相应的积水深度标准,用以规范和指导内涝防治设施的设计。各地应根据当地的自然地理条件、经济基础和灾害承受能力等因素,经综合分析比较后确定合适的标准。

本规范中城镇类型根据 2014 年 11 月 20 日国务院下发的《国务院关于调整城市规模划分标准的通知》(国发〔2014〕51 号)确定。

根据内涝防治设计重现期校核地面积水排除能力时,应根据当地历史数据合理确定用于校核的降雨历时及该时段内的降雨量分布情况,有条件的地区宜采用数学模型计算。如校核结果不符合要求,应调整设计,包括放大管径、增设渗透设施、建设调蓄段或调蓄池等。执行本规范表 3.2.3 标准时,雨水管渠按压力流计算,即雨水管渠应处于超载状态。

本规范表 3.2.3“地面积水设计标准”中的道路积水深度是指靠近路拱处的车道上最深积水深度(如图 1 所示)。当路面积水深度不超过 15cm 时,不会造成机动车熄火。本规定能保证城镇道

路不论宽窄,在内涝防治设计重现期下都保证道路至少一车道的通行能力。发达国家和我国部分城市已有类似的规定,如美国丹佛市规定:当降雨强度不超过 10 年一遇时,非主干道路(collector)中央的积水深度不应超过 15cm,主干道路和高速公路的中央不应有积水;当降雨强度为 100 年一遇时,非主干道路中央的积水深度不应超过 30cm,主干道路和高速公路中央不应有积水。上海市关于判定市政道路积水的标准有两个:一是积水深度超过道路立缘石(侧石),上海市规定立缘石高出路面边缘一般为 10cm~20cm;二是道路中心雨停后积水时间大于 1h。此外,上海市规定下穿式立体交叉道路在积水 20cm 时限行,在积水 25cm 时封闭;公共汽车超过规定的涉水深度(一般电车 23cm、超级电容车 18cm、并联式车辆 30cm、汽车 35cm)且积水区域长达 100m 以上时,车辆暂停行驶。本规范规定的地面积水设计标准没有包括具体的积水时间,各城市应根据地区重要性等因素,因地制宜确定设计地面积水时间。在规定的积水深度和积水时间内,不应视作内涝。

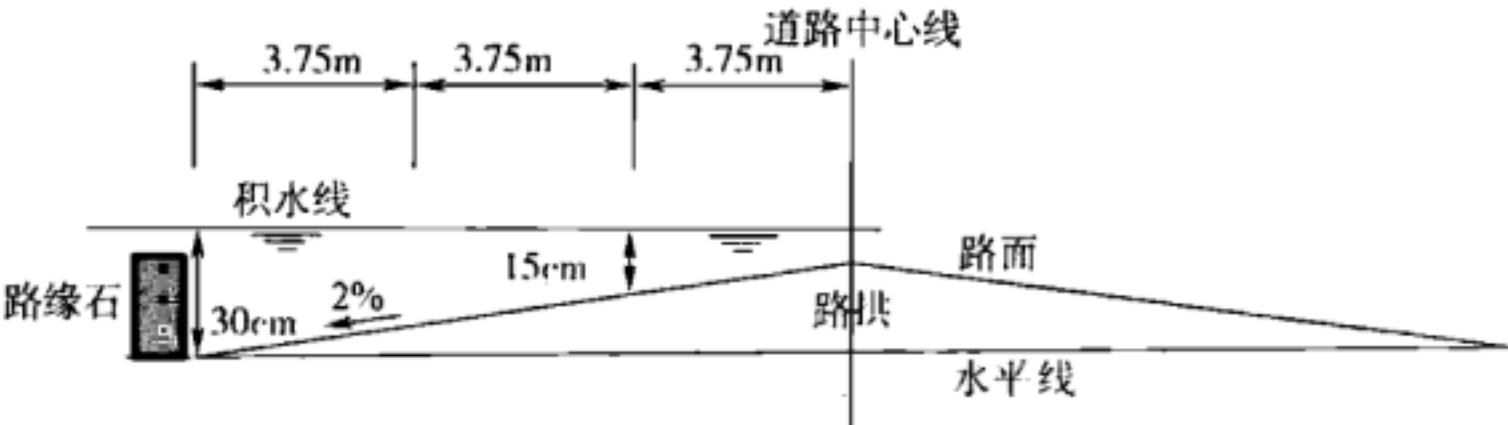


图 1 地面积水设计标准示意图

发达国家和地区的城镇内涝防治系统包括雨水管渠、坡地、道路、河道和调蓄设施等所有雨水径流可能流经的地区。美国和澳大利亚的内涝防治设计重现期为 100 年或大于 100 年,英国为 30 年~100 年,我国香港地区城市主干管为 200 年,郊区主排水渠为 50 年。

欧盟室外排水系统排放标准(BS EN 752:2008)见表 1 和表 2。该标准中,“设计暴雨重现期(Design Storm Frequency)”与我国雨水管渠设计重现期相对应;“设计洪水重现期(Design Flood-

ing Frequency)”与我国的内涝防治设计重现期概念相近。

表 1 欧盟推荐设计暴雨重现期 (Design Storm Frequency)

地 点	设计暴雨重现期	
	重现期(年)	超过 1 年一遇的概率
地下铁路/地下通道	10	10%
城市中心/工业区/商业区	5	20%
居民区	2	50%
农村地区	1	100%

表 2 欧盟推荐设计洪水重现期 (Design Flooding Frequency)

地 点	设计洪水重现期	
	重现期(年)	超过 1 年一遇的概率
地下铁路/地下通道	50	2%
城市中心/工业区/商业区	30	3%
居民区	20	5%
农村地区	10	10%

根据我国内涝防治整体现状,各地区应采取渗透、调蓄、设置行泄通道和内河整治等措施,积极应对可能出现的超出源头减排设施和排水管渠承载能力的降雨,保障城镇安全运行。

3.3 雨 水 量

3.3.1 推理公式法是我国目前城镇排水工程设计中应用的雨水径流计算方法,具有公式简明和需要参数少等优点;然而这一方法适用于较小规模排水系统的计算,当应用于较大规模排水系统时会产生较大误差,因此本规范提出当汇水面积大于 2km²时,应采用数学模型法确定雨水设计流量,并校核内涝防治重现期下地面的积水深度和积水时间。此外,当地表状况和土壤性质等基础参数较为齐备时,宜分别考虑土壤下渗、植被截留、蒸发等过程对径流量的影响,从而确定净雨量和净雨过程线。

3.3.2 对于地面集水时间,我国目前大多不经过计算,凭经验取

值。城镇已开发地区的排水管渠较为密集,雨水在地表流动时间相对较短(大多短于 5min),因此地面集水时间是否经过计算对最终计算结果影响不大;而在未开发地区,雨水往往需要在地表流动较长时间才能形成明渠流或进入管道,因此有必要准确计算地面集水时间。美国自然资源保护服务局(Natural Resources Conservation Service, NRCS, 即原来的土壤保持服务局 SCS)编写的 TR-55 手册根据地面漫流的特征,将其分为坡面层流(sheet flow)和浅层细沟流(shallow concentrated flow),分别进行计算。超过一定距离时,坡面层流转变为浅层细沟流,流速与暴雨强度无关,只与地面的粗糙程度和坡面状况有关。本规范在地面集水时间的计算中采用了美国 NRCS 和美国交通部的相关研究成果。

3.3.3 进行内涝防治设计重现期校核时,由于需要计算渗透、调蓄等设施对雨水的滞蓄作用,因此宜采用较长历时降雨,且应考虑降雨历程,即雨型的影响。发达国家和地区采用的降雨历时一般为 3h~24h,如美国得克萨斯州交通部颁布的《水力设计手册》(2011 年版)规定一般采用 24h。美国丹佛市的《城市暴雨排水标准》(2011 年版,第一卷)规定:服务面积小于 10 平方英里(约 25.9km²),最小降雨历时为 2h;10 平方英里~20 平方英里,最小降雨历时为 3h;大于 20 平方英里(约 51.8km²),最小降雨历时为 6h。美国休斯敦市《雨水设计手册》第九章雨水设计要求(2005 年版)规定:小于 200 英亩(约 0.8km²)时,最小降雨历时为 3h;大于或等于 200 英亩时,最小降雨历时为 6h。

我国大部分地区的暴雨强度公式是根据 2h 以内的降雨资料确定,只有少数城市编制了较长历时的暴雨强度公式。国家标准《室外排水设计规范》GB 50014 规定应统计 3h 以内的降雨,但相应的暴雨强度公式制订工作还没有普及。此外,各地关于雨型的统计资料也比较匮乏,排水系统的设计一般假定在一定降雨历时范围内暴雨强度保持恒定,不考虑雨型。为了满足内涝防治设计的要求,并考虑到我国目前的实际情况,本规范规定降雨历时可选

用 3h~24h。

3.3.4 目前我国大多数城市和地区尚未建立设计雨型,特别是缺乏对长历时降雨资料的总结。同倍比放大法和同频率放大法在我国的水利领域应用较广,目前北京等城市已据此建立了 24h 设计雨型。

此外,当设计降雨历时较短(小于 3h)时,可参考当地的暴雨强度公式,通过下列方法之一人工合成雨型:

(1)芝加哥模式雨型计算方法为:

雨峰发生前(上升段):

$$q_a = \frac{A_1 [(1-n)t_b/r + b]}{(t_b/r + b)^{n+1}} \quad (1)$$

雨峰发生后(下降段):

$$q_b = \frac{A_1 [(1-n)t_a/(1-r) + b]}{[t_a/(1-r) + b]^{n+1}} \quad (2)$$

式中: q_a ——某时刻上升段暴雨强度(mm/h);

A_1, n, b ——均为暴雨强度公式中的参数;

r ——雨峰位置参数,可取 0.3~0.4;

t_a, t_b ——分别为雨峰下降段和上升段的时间(min);

q_b ——某时刻下降段暴雨强度(mm/h)。

(2)三角形雨型计算方法为:

雨峰发生前(上升段):

$$q_a = \frac{2q}{rt} t_a \quad (3)$$

雨峰发生后(下降段):

$$q_b = 2q \left[1 - \frac{t_b - rt}{(1-r)t} \right] \quad (4)$$

式中: q ——设计降雨历时 t 内的平均设计暴雨强度(mm/h)。

(3)交替区块法生成雨型计算方法为:将降雨历时 t 平均分为 n 个区段,每个区段长度为 T ,根据暴雨强度公式分别计算 $T, 2T,$

$3T, \dots, nT$ 时的暴雨强度 $q_1, q_2, q_3, \dots, q_n$, 累积降雨量 $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$, 然后计算相邻时间区段累积降雨量之差。将获得的累积降雨量之差从大到小排序, 最大值为整个降雨历时中心区段的降雨量, 其余各值则依次交替列于最大值右侧和左侧的区段, 从而形成一次完整的降雨历程。

芝加哥模式雨型和交替区块法生成雨型均根据暴雨强度公式建立, 因此其应用受暴雨强度公式适用范围的影响。三角形雨型在 1980 年提出, 计算方法简单, 主要适用于小于 50km^2 的区域。

3.3.5 对于汇水面积范围较大、透水性地面比例较高的地区, 特别是未开发地区, 综合径流系数难以准确确定, 以此计算径流量可能会产生较大误差。多个现行的免费和商业模型均包含通过扣损法确定净雨量的模块, 可以在合理确定模型参数的基础上进行更加准确的径流量计算。截留和洼蓄量应包含城镇区域源头减排设施的截留雨水量。

3.3.6 本规范公式(3.3.6)为霍顿公式(Horton), 是国内外应用较广的一种计算土壤下渗能力的方法, 其特点是能够反映土壤下渗能力随时间的变化, 但是这一模型不能体现降雨强度对土壤下渗能力的影响, 霍顿公式中的土壤参数一般应通过实测获得。

关于土壤的初始入渗率, 美国国家环保署(EPA)编制的 SWMM 模型建议将土壤分为砂土、壤土和黏土三类, 并按土壤湿润程度和植被覆盖情况给出了参考值(见表 3)。土壤稳定入渗率可根据土壤饱和状态下的下渗能力取值。SWMM 模型建议采用艾肯和马斯格雷夫(Akan, 1993 和 Musgrave, 1955)总结的土壤稳定入渗率参数(见表 4)。由于在不同的土壤类型和降雨历时等条件下, 衰减常数的变化较大, SWMM 模型建议其取值范围为 $2 \sim 7$ 。当衰减常数大于 3 时, 土壤下渗能力对衰减常数的变化不再敏感, 因此, 部分研究(如 WQ-COSM 模型)建议, 蓄水能力较强的土壤的衰减常数可取 2, 其他类型的土壤的衰减常数可取 3。

表 3 SWMM 模型土壤初始入渗率 (mm/h)

土 壤 类 型	初始入渗率
干燥砂土,基本无植被	127
干燥壤土,基本无植被	76.2
干燥黏土,基本无植被	25.4
干燥砂土,较厚植被	254
干燥壤土,较厚植被	152
干燥黏土,较厚植被	51
湿润砂土,基本无植被	43
湿润壤土,基本无植被	25
湿润黏土,基本无植被	7.6
湿润砂土,较厚植被	84
湿润壤土,较厚植被	51
湿润黏土,较厚植被	1.8

表 4 SWMM 模型土壤稳定入渗率取值 (mm/h)

土 壤 分 类	稳定入渗率
A	7.6~11.4
B	3.8~7.6
C	1.3~3.8
D	0.0~1.3

注:A类土壤指砂土,沙壤土或壤质砂土;B类土壤指粉质壤土或壤土;C类土壤指砂质黏壤土;D类土壤指黏壤土,粉质黏壤土,砂质黏土,粉质黏土或黏土。

除霍顿公式外,土壤下渗能力还有其他多种计算方法。设计人员应在详细了解各种计算方法的适用前提的基础上,准确确定各项参数,合理选择适用的计算公式。

4 源头减排设施

4.1 一般规定

4.1.2 源头减排设施是城镇内涝防治系统的重要组成部分,可以控制雨水径流的总量和削减峰值流量,延缓其进入排水管渠的时间,起到缓解城镇内涝压力的作用。部分源头减排设施对控制径流污染或雨水资源利用也具有重要的作用。

按照其主要功能,本规范将源头减排设施划分为渗透、转输和调蓄三大类。以渗透功能为主的设施包括绿色屋顶、下凹式绿地、透水路面和生物滞留设施等。本规范确定的转输仅指在低影响开发理念指导下的转输,以转输功能为主的设施仅包括植草沟和渗透管渠等。以调蓄功能为主的设施包括雨水塘、雨水罐和调蓄池等。除主要功能外,每项源头减排设施也兼具其他功能,如下凹式绿地和生物滞留设施也具有调蓄和削减径流污染的功能,植草沟和渗透管渠也具有渗透功能等。

4.1.3 源头减排设施的设置宜保持或模拟原有的自然水文特征,充分利用现有自然条件对雨水的渗透、蒸发和储存功能,从源头开始全程控制地表径流。具有天然水文和生态特性的源头减排设施不仅能有效地消除雨水径流的不利影响,还对促进区域良性水文循环,改善当地生态环境有显著作用。

4.1.4 同一地区往往可以采用多种形式的源头减排设施,每项设施分别承担一定的控制雨水径流总量和削减径流峰值流量的任务,形成包含渗透、转输和调蓄等过程的源头减排系统。

4.1.5 绿地和广场等场所兼作雨水源头减排设施时,应妥善处理其与周围地区在高程布置上的关系,确定汇水范围和汇水途径。应设置地表或地下雨水通道,使周围地区的雨水有组织地流入既

定的源头减排设施。

4.1.6 源头减排设施的设计应在充分调查研究的基础上进行,结合各地的实际情况和特点,合理确定源头减排方案。

4.1.7 用于径流总量控制时,宜采用数学模型法对汇水区范围进行建模,并利用实际工程中典型设施或区域实际降雨下的监测数据对数学模型进行率定和验证后,再利用多年(宜为近30年,应至少近10年)连续降雨数据(时间步长宜小于10min,不应大于1h)进行模拟,评估总量控制目标的可达性、优化设施布局等。

年径流总量控制率的“控制”,指的是“总量控制”,即包括径流污染物总量和径流体积。对于具有底部出流的生物滞留设施、延时调节塘等,雨水主要通过渗滤、排空时间控制(延时排放以增加污染物停留时间)实现污染物总量控制,雨水并未直接外排,而是经过控制(即污染物经过处理)并达到相关规定的效果后外排,由于径流污染是总量控制的重要内容,故而该情形也属于总量控制的范畴。

降雨初期的雨水水质和污染防治要求与当地的水文气象条件、地表受污染状况和受纳水体环境容量等密切相关,因此应综合考虑多种因素,经技术经济比较后确定。国家标准《室外排水设计规范》GB 50014规定,用于分流制排水系统径流污染控制时,调蓄量可取4mm~8mm。当缺乏数据时,应满足国家现行标准的相关规定。

雨水径流峰值流量削减应满足本规范第3.2.2条规定,即“当地区整体改建时,对于相同的设计重现期,改建后的径流量不得超过原有径流量”。

4.1.9 本条为强制性条文,必须严格执行。加油站、修车厂、危险废物和化学品的储存和处置地点、污染严重的重工业场地等,严禁采用渗透设施,以免污染物质渗入地下,造成土壤和地下水污染。

4.1.10 源头调蓄设施可设置开放式底部,有利于雨水渗入地下,减少调蓄设施的投资。当地下水位高于调蓄设施底部时,可能在调蓄设施底部形成积水,不仅减小调蓄池的有效容积,还可能导致地下水污染。因此,在设计前应对该地区的地下水位进行详细调

查,特别是对于地下水埋藏较浅的地区以及当雨季高水位情况发生时,应采取措施防止地下水进入调蓄设施。

对于设施底部渗透面距离季节性最高地下水位或岩石层小于 1m 及设施边界距离建筑物基础小于 3m(水平距离)的区域,应采取必要的措施防止次生灾害的发生。

4.1.11 本规范公式(4.1.11-1)和(4.1.11-2)适用于下凹式绿地和生物滞留设施等有一定滞蓄空间的渗透设施规模计算。本规范公式(4.1.11-2)中有效渗透面积 A_s 计算时,水平渗透面按投影面积计算,竖直渗透面按有效水位高度的 1/2 计算,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,地下渗透设施的顶面积不计。

滞蓄空间很小的渗透设施,一般不考虑其储存容积,而重点关注其渗透性能。土壤渗透系数一般以实测资料为准,当缺乏实测资料时,可按表 5 典型土壤渗透系数取值。

表 5 典型土壤渗透系数

地 层	地 层 粒 径		渗透系数 $K(m/s)$
	粒径(mm)	所占重量(%)	
黏土	—	—	近于 0
亚黏土	—	—	$1.16 \times 10^{-6} \sim 2.89 \times 10^{-6}$
黄土	—	—	$2.89 \times 10^{-6} \sim 5.79 \times 10^{-6}$
粉土质砂	—	—	$5.79 \times 10^{-6} \sim 1.16 \times 10^{-5}$
粉砂	0.10~0.25	<75	$1.16 \times 10^{-5} \sim 5.79 \times 10^{-5}$
细砂	0.10~0.25	>75	$5.79 \times 10^{-5} \sim 1.16 \times 10^{-4}$
中砂	0.25~0.50	>50	$1.16 \times 10^{-4} \sim 2.89 \times 10^{-4}$
粗砂	0.50~1.00	>50	$2.89 \times 10^{-4} \sim 5.79 \times 10^{-4}$
极粗的砂	1.00~2.00	>50	$5.79 \times 10^{-4} \sim 1.16 \times 10^{-3}$
砾石夹砂	—	—	$8.68 \times 10^{-4} \sim 1.74 \times 10^{-3}$
带粗砂的砾石	—	—	$1.16 \times 10^{-3} \sim 2.31 \times 10^{-3}$
漂砾石	—	—	$2.31 \times 10^{-3} \sim 5.79 \times 10^{-3}$
圆砾大漂石	—	—	$5.79 \times 10^{-3} \sim 1.16 \times 10^{-2}$

4.1.12 为使景观水体兼具源头调蓄的功能,在水景规划方案和各设计参数初步确定之后,应采用水量平衡的方法对水体水量进行计算。水量平衡分析是在满足水景正常运行的条件下(如保持设计常水位),计算一段时间内水体的输入水量、输出水量和二者之间的差值,根据差值可确定水体在现行规划设计下的水量盈亏状况,从而确定是否满足水景需要、是否需要外排水或补水,以及相应的补水成本等。为保证安全,景观水体的水深不宜过深。

4.1.13 植草沟采用的设计重现期宜按雨水管渠设计重现期确定,当同一服务范围内同时设置雨水管时,植草沟的设计重现期可适当减小。

4.2 渗透设施

I 透水路面

4.2.1 透水路面可以用来替代传统的硬化路面,具有降低地面径流系数、储存雨水、渗透回补地下水等功能,还具有改善路面抗滑性能、降低噪声的功能,提高道路的安全性和驾乘舒适性。

4.2.2 全透水铺装结构适宜在土基透水性较好时采用,一般情况下雨水可全部透过透水铺装结构层,渗入地下或在路基内有组织排出。土基透水性较差(渗透系数小于或等于 $1 \times 10^{-6} \text{ m/s}$)时,宜采用半透水铺装结构,雨水在通过透水铺装结构层后进入透水基层,一部分雨水渗入透水基层下的土壤,超出基层渗透能力的雨水进入地下集水管,排入下游雨水管渠或其他接纳体,并应采取防倒流措施。

4.2.3 考虑到地区的差异性,本规范规定新建地区硬化地面中可渗透地面面积不宜小于 40%,对于易发生内涝灾害的地区,规定不宜小于 50%。

4.2.4 透水路面除了可以接纳自身表面产生的雨水径流外,还可以接纳周围地区的部分径流量。加拿大多伦多地区和温哥华地区规定汇入透水性路面的周边地面的面积不超过透水路面的 1.2

倍,美国华盛顿特区规定不超过 5 倍,建议不超过 2 倍。

考虑到我国城市的空气质量、地面状况和道路维护水平等因素,为延长透水路面的使用寿命,并尽量维持较好的下渗效果,本规范规定当透水路面接纳周边地面的径流时,周边地面的面积不宜大于透水路面面积的 1.2 倍。

4.2.6 透水路面同时承担交通和排水两项功能,因此其设计除应满足现行透水路面规范和本规范的规定外,还应满足城镇规划、道路交通和园林绿地等相关规范的规定。

4.2.8 本条的透水路面厚度包括面层与基层,但不包括垫层。原因是垫层主要是从防止路基过湿或者防冻角度考虑,而非从透水角度考虑。

设计降雨量 H 应与 T_i 对应。例如 T_i 取 2h,则 H 为 2h 内的设计降雨量。当透水基层与下方和周围的土壤被防渗膜分隔开时, f_m 应取 0。安全系数 β 可视为土壤入渗率的修正系数,其取值应在 0 到 1 之间。 β 值越小,修正后的土壤入渗率 f_m 越小,安全系数越大,计算所得透水路面厚度也越大。

4.2.9 在地下集水管下方铺设透水基层的目的是在放空期间为雨水提供一定的临时储存空间,从而延缓雨水径流进入市政排水管渠。这部分透水基层的最大厚度应和土壤的渗透能力相适应,其取值和设计降雨量无直接关系。若地下集水管下方的透水基层大于本规范公式(4.2.9)规定的厚度,则会造成投资浪费。

4.2.10 当地下水位过高时,可能在透水路面的透水基层形成季节性积水,造成透水路面失效,且有可能导致地下水污染,因此,设计透水路面时,应首先调查了解当地的地下水位,特别是雨季高水位情况,避免地下水进入透水基层。

4.2.11 可渗透地面应与周围建筑的基础保持一定安全距离,避免其积蓄的雨水渗入基础,当透水路面下方采取防渗措施,并与周围土壤完全隔绝时,可不受以上规定限制。本条规定参考了美国华盛顿特区的相关规定。

4.2.12 观察井是检查透水路面功能的重要手段。通过查看观察井中水位,可以方便地了解透水基层的蓄水和排水情况,估算其排空时间。观察井应设置在不影响交通的位置,并设置井盖,防止杂物落入。

II 绿色屋顶

4.2.13 绿色屋顶也称种植屋面、屋顶绿化等,根据种植基质深度和景观复杂程度,绿色屋顶一般分为两类。一类绿色屋顶一般种植草本植物、小型灌木和攀缘植物等,其土壤层和总体厚度较小,对屋顶结构强度要求较低(屋面静荷载不低于 140kg/m^2),主要功能为削减雨水径流量。另一类绿色屋顶一般栽种根系较深的木本植物,其土壤层和总体厚度较大,对屋顶结构强度要求高(屋面静荷载不低于 250kg/m^2),主要用于景观,设计较为复杂。绿色屋顶的设计可按照现行行业标准《种植屋面工程技术规程》JGJ 155 的有关规定。

4.2.14 绿色屋顶的设置,除满足本规范的要求外,还应满足建筑、结构等相关专业规范的要求。

4.2.16 不具备设置绿色屋顶条件的建筑,可不设土壤和植被层,仅在屋顶安装一个或多个带有溢流堰(孔)的雨水斗,下部和落雨管连接。降雨时,屋面雨水经过带溢流堰(孔)的雨水斗,进入落雨管和地下排水管渠。通过溢流槽(孔)控制水流速度,可以延缓屋面雨水进入排水管渠的时间,也可起到削减流量峰值的作用。延缓和减少市政雨水管渠的措施还包括采取雨落管断接等方式,将屋面雨水断接并引入周边绿地内小型、分散的低影响开发设施,或通过植草沟、雨水管渠将雨水引入场地内的集中调蓄设施,这在国内外尤其是第一、二批海绵城市建设试点城市的建筑与小区中广泛使用。

4.2.17 土壤层常用材料有种植土、泥炭等,土壤层的厚度和土壤特性对绿色屋顶的设计有重要影响。当土壤层孔隙率较大,渗透性能较好时,可不设置专门的排水层。过滤层常用材料有长丝土

土工布和玻璃纤维毡等,长丝土工布的单位质量不应小于 $300\text{g}/\text{m}^2$ 。保护层宜选择铝合金、高密度或低密度聚乙烯土工膜、聚氯乙烯,也可选择水泥砂浆等材料,其厚度应能防止被植物根系穿透。防水层常用材料有合成橡胶、复合防水涂料、改性沥青或高分子卷材等。

4.2.18 绿色屋顶应设置屋面排水沟或排水管等设施,用以排除超出绿色屋顶容纳能力的雨水。

III 下凹式绿地

4.2.19 用于源头减排的下凹式绿地,在城镇内涝防治系统中的主要功能是净化雨水径流,适当延缓地面径流进入市政排水管渠的时间,削减峰值流量,减轻下游内涝防治设施的负担。此类绿地通常规模较小,当遇到较强降雨时,其接纳的雨水经溢流后有组织地排入附近的市政排水管渠。此类绿地既有别于较大规模的雨水干塘和调蓄池等源头调蓄设施,也有别于设置用于排涝除险的下凹式绿地。后者的规模一般较大,其主要功能是由于接纳超出市政排水管渠接纳能力的雨水径流。排涝除险的下凹式绿地的设计参见现行国家标准《城镇雨水调蓄工程技术规范》GB 51174 的相关规定。

用于源头减排的下凹式绿地设计应控制好绿地和周边地面、道路、雨水管渠的高程关系。周边路面和地面的高程应高于绿地高程,便于地表径流进入绿地。此外,绿地土壤的入渗率应满足现行行业标准《绿化种植土壤》CJ/T 340 的相关规定。

溢流设施包括溢流管和溢流井等,应具备沉泥功能,且应定期清淤,防止排水设施淤积和堵塞,保证设施排水能力;绿地溢流口的高程应高于附近市政排水管渠,便于绿地溢流管道通过检查井接入市政排水管渠。在地下水位较高的地区,除溢流设施外,还应在绿地低洼处设置出流口,使绿地内积水缓慢排出,既可以避免下凹式绿地长时间受淹,又可以减弱对下游排水管渠的冲击。

下凹式绿地的排空时间应根据绿地的功能(净化水质和削减

径流峰值)和降雨周期等多方面因素确定。用于源头减排的绿地,为保证净化水质的要求,排空时间不宜小于 24h。排空时间的上限主要是考虑南方地区降雨的间隔较短,为了提高调蓄设施的工作效率,排空时间宜小于 48h。

IV 生物滞留设施

4.2.20 生物滞留设施是一种应用较广的源头减排设施,其形式、位置和规模可根据地形灵活选择。生物滞留设施的主要功能为截留和过滤强度较小的降雨产生的径流。发生强度较大的降雨时,由于生物滞留设施具有短时期储存雨水的功能,因此可以在一定程度上削减雨水径流的峰值流量和总量。

4.2.21 生物滞留设施的调蓄量可按照现行国家标准《城镇雨水调蓄工程技术规范》GB 51174 的相关内容计算。设计时,汇水面积不宜过大,否则影响雨水汇入和排出生物滞留设施,并会造成生物滞留设施底部太深,增加工程造价。当汇水面积较大时,应将其分为多个小的汇水区域,分别汇入多个生物滞留设施。

生物滞留设施可用于源头径流污染控制,也可用于径流峰值的控制,设计目标不同时,计算得到的调蓄量也不同,相应的生物滞留设施面积在服务汇水面积内的比例也不同。例如,英国建筑业研究与信息协会(Construction Industry Research and Information Association, CIRIA)发布的《可持续排水系统设计手册》(Sustainable Drainage System Manual)(2015 年版,第三卷)规定,生物滞留设施一般应用于较小的汇水区域,单个设施的最大服务面积建议小于 0.8ha,一般生物滞留设施的表面积为汇水区域面积的 2%~4%。加拿大多伦多市《低影响开发雨水管理规划与设计指南》(Low Impact Development Storm Water Management Planning and Design Guide,2010 版)规定,生物滞留设施的典型服务流域在 $100\text{m}^2 \sim 0.5\text{ha}$ 之间,单个设施的最大服务面积在 0.8ha 左右,不透水面积与生物滞留设施面积的比例一般在 5:1~15:1 之间。

4.2.23 生物滞留设施渗透和储存雨水的能力有限,因此应设置溢流装置,用以应对较强降雨。溢流口标高宜高于生物滞留设施表面 100mm~300mm。溢流装置可采用溢流管或溢流井等形式,应远离雨水口,避免发生短流。

4.2.24 预处理设施,如格栅、植草沟、前置的沉淀和过滤区等的选择,应根据生物滞留设施进水的污染程度和污染物性质确定。当雨水中污染物的粒径较大时,应设置粗格栅;否则可以直接选择沉淀和过滤设施。预处理设施可去除雨水中的树叶、垃圾和其他污染物,并减缓雨水径流流速,避免造成对生物滞留设施的冲刷和堵塞。

4.2.25 水位观察井(管)是检查生物滞留设施运行情况的重要手段。通过查看井(管)中水位,可以了解生物滞留设施的蓄水和排水情况,估算其排空时间。水位观察井(管)可采用穿孔塑料管,底端应和砾石层底部齐平,顶部加盖。

4.3 转输设施

I 植草沟

4.3.1 植草沟适用于建筑和小区内道路、广场、停车场等周边以及城镇道路和绿地等区域,也可作为生物滞留设施、湿塘等低影响开发设施的预处理。植草沟还可与雨水管渠联合应用,在场地高程布置允许且不影响安全的情况下,植草沟可代替雨水管渠。植草沟的进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。尤其是当大量雨水径流通过管道进入植草沟时,应在进口处设置由卵石、碎石或混凝土砌块等构成的分散消能设施。若排入植草沟的径流携带大量的悬浮颗粒,还可采取适当的预处理,避免沟内产生较厚沉积物。

4.3.2 植草沟的设计参数应考虑当地的地理条件、汇水范围、降雨特点和内涝防治设计标准等因素综合确定,选取植草沟坡度和设计流速时,应避免对植被和土壤形成冲刷。

4.3.3 植草沟的水力计算方法和普通明渠相同。采用本规范公式(4.3.3)时,应验算植草沟过水断面的平均流速,保证其满足本规范规定的最大流速要求。

4.3.4 节制堰宜由卵石、碎石或混凝土等构成,以延缓流速。堰顶高度应根据植草沟的设计蓄水量确定。

II 渗透管渠

4.3.5 雨水渗透管渠可设置在绿化带、停车场和人行道下,起到避免地面积水、减少市政排水管渠排水压力和补充地下水的作用。雨水渗透管渠的设置,除应满足本规范的规定外,还应满足现行国家标准《建筑与小区雨水利用工程技术规范》GB 50400 的规定。渗透管渠应设置植草沟、沉淀池或沉砂池等预处理设施。当渗透管渠承担输送排水任务时,其敷设坡度应符合排水管渠的设计要求。渗透检查井的设置,应符合现行国家标准《室外排水设计规范》GB 50014 中关于雨水管渠检查井的相关规定。

4.4 调蓄设施

4.4.1 新建、改建和扩建地区应根据场地条件,因地制宜地选择和建设目标相协调的源头调蓄设施。源头调蓄设施有多种形式,包括和区域内的天然或人工水体结合的调蓄设施、设置在地上的敞开式雨水调蓄池和地下的雨水调蓄设施。以渗透功能为主的源头减排设施,如透水路面、绿色屋顶、下凹式绿地和生物滞留设施等也具有调蓄功能。与地下式的雨水调蓄设施相比,敞开式雨水调蓄设施工程量小、便于日常巡视和维护管理,但因为其占用地上面积,在人口和建筑稠密的地方难以实施,同时还应注意安全问题。

调蓄设施的设计,除应满足本规范要求外,还应符合现行国家标准《城镇雨水调蓄工程技术规范》GB 51174 的有关规定。

4.4.3 敞开式调蓄设施的形式有:干塘、湿塘、调蓄池等,其形式可根据场地条件灵活采用。为避免雨水径流中的固体杂物进入调

蓄设施,可在设施前端设置格栅、前置塘等拦污净化设施。为确保安全,调蓄设施应设置安全防护设施、超高和溢流设施,并应有警示标志,溢流的雨水可排入附近受纳体。

4.4.5 地下雨水调蓄设施建在绿地、广场和停车场下方,便于维修和改造。绿地内的地下调蓄池建设和绿地建设相协调。地上和地下应统一规划设计,并应保证绿地性质和功能。植物根系生长适宜的覆土厚度要求如下:大型乔木根系生长一般为 1.5m~3.0m,中、小型乔木根系生长一般为 1.0m~1.5m,大型灌木根系生长一般为 0.6m~0.8m,小型灌木根系生长一般为 0.4m~0.5m,宿根花卉根系生长一般为 0.3m~0.5m,一、二年生花卉根系生长一般为 0.2m~0.3m。

5 排水管渠设施

5.1 一般规定

5.1.1 本规范在现行国家标准《室外排水设计规范》GB 50014 的基础上,结合内涝防治要求,补充增加了排水管渠设施应对内涝防治时的规定。

城镇内涝防治系统中的排水管渠设施主要包括管渠系统和管渠调蓄设施。管渠系统包括分流制雨水管渠、合流制排水管渠、泵站以及雨水口、检查井等附属设施,本规范补充了雨水口和泵站的设计要求。此外,随着城市排涝除险要求的提高和雨水调蓄设施在我国的逐步推广和应用,本规范增加了对管渠调蓄设施的设计要求。

5.1.2 应按照当地内涝防治设计重现期的要求,对排水管渠设施在较强降雨情况下的排水能力进行校核。如果校核结果不能满足内涝防治设计重现期要求,应对系统中的源头减排设施、排水管渠设施和排涝除险设施进行调整。排水管渠设施调整措施包括优化排水路径、扩大管径和建设管渠调蓄设施等。

5.1.3 雨水排水管渠按重力流、满管流设计,当应对重现期的较强降雨时,排水管渠可能处于超载状态,接纳水体水位抬升也会影响出水口排水能力,因此应根据管道上下游的水位差对管渠的排水能力进行校核。

图 2 为雨水管渠未超载和超载时的两种水流状态。管道未超载时,水力坡度和水面重合,且平行于管底。如果进入排水管道的流量增加,会使管道内水深增加,当水深增加形成满流后,如果流量继续增加,为了增加通水能力,只有依靠水力坡度的变化。当新的水力坡度大于管道的坡度,形成管道超载,图 2(b)显示了管道

超载后水力坡度的变化。

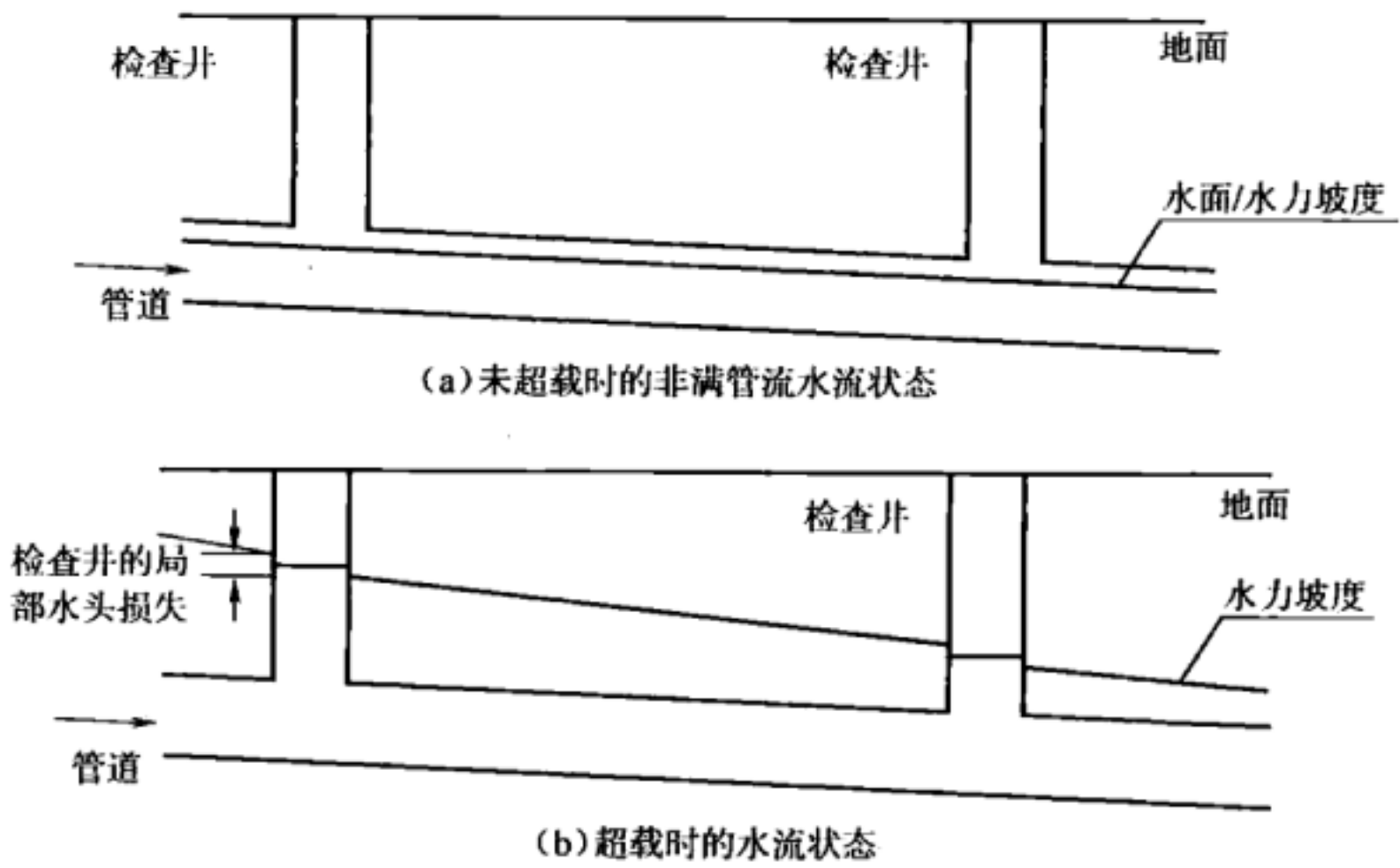


图 2 雨水管渠中的水流状态

目前,我国的排水管渠设计多采用曼宁公式(Manning),假定流态为恒定均匀流,水力坡度等于管道坡度,不考虑管道超载。

进行内涝防治设计重现期校核时,管道系统一般处于超载状态,其通水能力应进行压力流校核。目前国际上以及国内工程实践和数学模拟中常常采用达西-魏斯巴赫公式(Darcy-Weisbach)、海澄-威廉公式(Hazen-Williams)和曼宁公式(Manning)计算压力流。当用于水力坡度计算时,这三个公式可以整理成相似的形式,且公式参数可以相互转换[见美国《排水工程:收集与泵排》(Wastewater Engineering: Collection and Pumping of Wastewater, Metcalf and Eddy, 1981)]。

5.1.4 当接纳水体水位高于排水管渠出水口水位时,接纳水体的水会倒灌。因此,排水管渠的出水口处应设置涵闸、鸭嘴阀等防倒灌设施,有条件的可在回水范围内设置回水堤,并设置涵闸,在关闸时用水泵排水,防止产生内涝灾害。

5.2 管渠系统

I 雨水口

5.2.1 道路低洼和易积水地段应根据需要适当增加雨水口。当道路两侧建筑物或小区的标高低于路面时,应在小区出入口等路面雨水汇入处设置横向截水沟、多算的平算式雨水口等雨水拦截设施,并通过雨水连接管接入雨水管渠。

5.2.2 在暴雨期间排除道路积水时,雨水管渠一般处于超载状态,其所能排除的水量要大于重力流情况下的设计流量,同时由于雨水口易被路面垃圾和杂物堵塞,造成排水不畅,因此规定雨水口和雨水连接管设计流量按照雨水管渠设计重现期计算流量的 1.5 倍~3.0 倍计,通过提高路面进入地下排水系统的径流量,缓解道路积水。

为了应对内涝防治设计重现期的暴雨,应根据内涝防治设计重现期时的容纳水体水位对雨水口和雨水连接管的排水能力进行校核,如不能满足设计要求,可通过调整雨水口设置数量达到设计标准。

5.2.3 路边的积水宽度直接影响道路的通行能力,是内涝防治设施设计需要解决的首要问题。当道路具有单一的横向坡度 S_x 时,靠近路缘石处的过水断面呈三角形,其积水的宽度和流量的关系可通过修正后的曼宁公式(5.2.3-1)和(5.2.3-2)计算。当靠近路缘石处的边沟横向坡度 S_w 大于道路横向坡度 S_x 时,路边积水的总宽度和流量可通过本规范公式(5.2.3-3)~公式(5.2.3-5)计算。积水宽度确定后,可通过路边过水断面的几何关系求得积水深度。以上公式采用了美国交通运输部联邦公路局 2009 年版《城市排水设计手册》(水利工程第 22 号通报)的部分计算方法。

5.2.4 雨水口的实际泄水能力受其构造型式、道路的横向纵向坡度和道路积水深度等因素影响较大。美国交通运输部联邦公路局 2009 年版《城市排水设计手册》(水利工程第 22 号通报)和我国交

通部颁布的现行行业标准《公路排水设计规范》JTG/T D33—2012 提供了不同情况下的雨水口泄水能力计算公式和图表,但这些计算方法较为烦琐,在国内的给水排水设计工作中应用不多。表 6 列出了我国目前常用的雨水口泄水能力。表中的数据是在一定水力条件下(道路纵坡 3.0‰~3.5‰,横坡 1.5‰,算前水深 40mm)以 1:1 的水工模型经过试验确定的,在应用时应根据实际工程情况加以调整。

表 6 雨水口泄水能力(L/s)

雨水口型式		泄水能力
平算式雨水口 偏沟式雨水口 立算式雨水口	单算	20
	双算	35
	多算	15(每算)
联合式雨水口	单算	30
	双算	50
	多算	20(每算)

II 泵 站

5.2.5 用于城镇内涝防治的泵站设计规模和多种因素密切相关。泵站上游的调蓄设计容积越大,泵站所需的设计规模越小,反之亦然。因此,在满足内涝防治设计重现期要求的前提下,应经过技术经济分析比较后,选取合适的方案。

5.2.6 为了及时排除积水,泵站宜设在汇水区地势低洼、能汇集区域雨水,且靠近受纳水体(河流、湖泊等)的地点,以便降低泵站扬程,减小装机容量。如果泵站出水的受纳水体有多个选择(如不同的河流),且各河流汛期高水位又非同期发生时,需对河流水位进行分析比较,选择扬程较低、运行费用较经济的站址。

5.2.7 为避免对河道形成冲刷,影响航行安全,规定泵站出水口宜设置消能设施,出水压力井、出水喇叭口等都能起到消能的作用,出水口的流速应小于 0.5m/s。

5.2.8 一体化预制泵站等节地型泵站,具有占地面积小、施工工

期短等特点,在国外已经有 50 年以上的运行经验,在国内也有较多应用实例,如天津滨海旅游区起步区南部雨水泵站工程(设计规模为 $3\text{m}^3/\text{s}$)和天津市丽江道下穿地道泵站排水工程(设计规模为 $1.6\text{m}^3/\text{s}$)等。

5.2.9 为保证该地区内涝防治设计重现期内水泵能正常启动和运转,应对雨水泵站中的配电和自控设备的安全高度进行计算校核。当不具备将雨水泵站整体地面标高抬高的条件时,应采取措施防止配电设备和自控设备受淹,措施包括提高配电设备设置高度、安装防水挡水设施等。

5.3 管渠调蓄设施

5.3.1 为防治城镇内涝、削减峰值流量,宜设置在线或离线式调蓄设施,将雨水径流的峰值流量暂时储存在调蓄设施中,待流量下降后,再从调蓄设施中将水排出,起到削减峰值流量的作用,可有效提高地区的排水标准和防涝能力,防治内涝灾害。

5.3.2 管渠调蓄设施的建设,应因地制宜,充分利用现有河道、池塘、人工湖、景观水体和园林绿地等设施,按多功能多用途的原则规划设计,降低整体建设费用,达到良好的社会效益。

6 排涝除险设施

6.1 一般规定

6.1.1 排涝除险设施主要用于解决超出源头减排设施和排水管渠设施能力的雨水控制问题,是城镇内涝防治系统的重要组成部分,排涝除险设施主要包括城镇水体、调蓄设施和行泄通道等。其中城镇水体包括河道、湖泊、池塘和湿地等天然或人工水体;调蓄设施包括下凹式绿地、下沉式广场、调蓄池和调蓄隧道等设施。排涝除险设施承担着在暴雨期间调蓄雨水径流、为超出源头减排设施和市政排水管渠设施承载能力的雨水径流提供行泄通道和最终出路等重要任务,是满足城镇内涝防治设计重现期标准的重要保障。排涝除险设施的建设,应遵循低影响开发的理念,充分利用自然蓄排水设施,发挥河道行洪能力和水库、洼地、湖泊调蓄雨水的功能,合理确定排水出路。

6.1.2 排涝除险设施的规划和建设涉及海绵城市建设、道路交通、城镇防洪、园林绿地等多领域,所以应在城镇总体规划的框架下,统筹规划排涝除险设施和其他内涝防治设施,合理确定其建设规模,保证排涝除险设施与源头减排设施、排水管渠设施共同达到当地内涝防治设计重现期标准。

6.1.3 排涝除险设施往往具有多功能和多用途。例如,道路的主要功能是交通运输,但在暴雨期间,某些道路可以是雨水汇集、行泄的天然通道,因此,道路的过水能力、道路在暴雨期间的受淹情况和暴雨对道路交通功能的影响是内涝防治设计中必须考虑的因素。城镇中的绿地和广场是居民休闲、娱乐和举行大型集会的场所,但如果设计成下凹式,这些设施可以在暴雨期间起到临时蓄水、削减峰值流量的作用,减轻排水管渠系统的负担,避免内涝发

生。同一设施的不同功能往往会有冲突,例如道路的积水会影响运输功能,下凹式绿地和下沉式广场可能会影响美观性。因此,应综合考虑其各项功能,在确保公众生命和财产安全的前提条件下,明确在不同情况下各项功能的主次地位,做出有针对性的安排。

6.2 城镇水体

6.2.1 河道、湖泊、池塘、湿地等天然或人工水体本身具有较大的容积,因此,在不影响其平时功能的条件下,充分利用水体对雨水径流的调节能力,发挥其降低城镇内涝灾害的作用。作为饮用水源或承担流域防洪任务的水库,可不受本规定的限制。

6.2.2 城镇规划和设计过程中水面率是很重要的指标,应尽量保留原有的河道、湖泊等自然水体,充分利用城镇天然水体,不仅有利于维持生态平衡,改善环境,而且可以调节城镇径流,减少排水工程规模,发挥综合效应。对现有水体进行水系修复与治理时,应依据城镇总体规划,满足规划蓝线和水面率的要求,不应缩减其现有调蓄容量,不应损害其在城镇内涝防治系统中的功能。

6.2.3 根据城镇排水和内涝防治标准,应对现有城镇天然水体在不同排水条件下的水量和水位等进行计算,提出水位调控方案,在强降雨预警或内涝高风险期间应使水系保持低水位,为城镇内涝防治预留必要的调蓄容量。

6.2.4 城镇天然河道包括城镇内河和过境河道,是城镇内涝防治系统的重要组成部分。城镇内河的主要功能是汇集、接纳和储存城镇区域的雨水,并将其排放至城镇过境河流中;城镇过境河流承担接纳外排境内雨水和转输上游来水的双重功能。

河道是城镇内涝防治系统的重要环节,是雨水的重要出路和受纳体,因此具有至关重要的作用。传统上,我国的河道规划设计以城镇防洪排涝标准为主要依据,缺乏与市政排水系统的有效协调和衔接,两者在设计暴雨和暴雨参数推求时的选样方法等方面均有较大差异。

市政排水关注的是地面积水的排除速度。各级排水管渠的管径主要取决于短历时暴雨强度。而河道排涝,更关注长历时(一般为24h~72h)的降雨总量,并根据河道应承担的调蓄容积确定河道和相关排涝设施的规模。

因此,本规范规定,应按城镇内涝防治设计标准,对城镇范围内河道进行统一规划,确定其在城镇内涝防治中的定位。

6.2.5 应根据城镇内涝防治设计标准,对河道的过流能力进行校核,内河应满足城镇内涝防治设计标准中的雨水调蓄、输送和排放要求,过境河道应具备洪水期排除设计标准条件下内涝防治设计水量的能力。当内涝防治系统运行时,应对河道的水位、水量进行校核,不能满足标准要求时,应采用河道拓宽、疏浚和取弯等各种工程措施,使其达到内涝防治设计标准。其中,河道取弯可以有效提高河道的调蓄容积,增加水流在河道中的停留时间,削减下游的洪水峰值流量。当上述工程措施受限时,还可采取设置人工沟渠等其他方式。

6.2.8 城镇人工水体在城镇内涝防治系统中主要是延缓雨水径流进入下游的时间,防止暴雨期间地表径流过快汇集,因此其调蓄能力要满足内涝防治系统规划的要求。具有景观环境、防洪等多种功能的人工水体,应保证各种功能的协调,避免相互影响。

6.2.9 不同地区应因地制宜合理选择自排或泵站排放的排放方式。高水(潮)位时不能自排或有洪(潮)水顶托倒灌情况的地区,一般应在排水出口设置挡洪(潮)水闸,并适当多设排水口,利于低水(潮)位时自流排放。

6.2.10 用于排涝除险调蓄的城镇人工水体的设计,应按规划的水资源配置和调蓄要求进行分析计算,确定水体的常水位和控制水位、水体调蓄量和置换量、水体水质状态等。人工水体的调蓄水深一般大于1.0m,主要考虑调节水深过小,城镇的用地会增加,为节约用地降低工程投资,有条件的地区可以考虑增加调节水深,并和周边环境协调。

调蓄水体的水位控制,通常应在其常年水位的基础上合理确定,同时应充分考虑周边已建或规划建设用地的控制标高情况,一般情况下,当调蓄水体和城镇排水管渠相通时,由于城镇排水管渠覆土一般为 1.0m~1.5m,要起到调蓄的作用,雨水能够排入人工水体,考虑到内涝期间雨水管渠已经承压运行,因此,人工水体的最高水位宜低于城镇建设用地控制标高 1.0m 以上,才能满足一般的调蓄需要。

6.3 调蓄设施

I 绿地和广场

6.3.1 城镇绿地是重要的内涝防治设施,因此应保证一定的绿地率。在城镇内涝防治系统中,城镇绿地按其功能可分为源头调蓄绿地和排涝除险调蓄绿地。

从承担的主要作用看,设置在源头的下凹式绿地主要用于削减或延缓进入雨水管渠的径流,雨水径流超过绿地本身承受能力时进入雨水管渠;用于排涝除险的绿地主要用来接纳周边汇水区域在排水管渠设施超载情况下的溢流雨水,充当“可受淹”设施。

用于排涝除险的城镇绿地高程应低于路面高程,地面积水可自动流入,通常不设溢流设施。目前我国许多城市中的大量绿地广场出于景观考虑,一般设置成高出地面,对解决城镇内涝问题作用甚微,应从海绵城市建设理念出发,逐步加以改造提升。

6.3.3 目前国外、我国香港地区和北京奥林匹克中心均建有下沉式广场,这些广场平时作为休闲活动场所,雨天成为雨水调蓄设施。城镇广场的建设应按多功能多用途的原则,在内涝风险较大的地区宜设计为下沉式。下沉式广场除满足广场的常规功能外,也能起到防治内涝的作用,成为城镇内涝防治系统的重要组成部分。可利用的下沉式广场包括城镇广场、运动场、停车场等,但行政中心、商业中心、交通枢纽等所在的下沉式广场不应作为排涝除险调蓄设施。

II 隧道调蓄工程

6.3.5 隧道调蓄工程是指埋设地下空间的大型排水隧道。隧道调蓄工程的建设应避免与传统的地下管道和地下交通设施发生冲突。

隧道调蓄工程已广泛应用于巴黎、伦敦、芝加哥、东京、新加坡、中国香港等大城市。其主要可以解决以下问题：一是可以提高区域的排水标准和内涝防治标准；二是在合流制地区可以进行污水集中输送，实现污水有效收集处理；三是可以大幅度削减初期雨水面源污染和合流制排水系统溢流污染，改善环境水体的水质。在降雨量大、暴雨频繁的中心城区，在现有浅层排水系统改造困难的情况下，建设隧道调蓄工程是一种有效手段。

6.3.7 考虑到隧道调蓄工程的影响因素较多，其调蓄容量的确定应采用水力模型计算。如还需兼顾径流污染控制的功能，其调蓄容量可适当增大。

6.4 行泄通道

6.4.1 应对降雨超出源头减排设施和排水管渠设施控制能力和排水系统发生故障的风险进行评估。当经济损失较大时，需要考虑为超出源头减排设施和排水管渠设施控制能力的雨水设置临时行泄通道。应制定暴雨运行模式下的预案，在相应的暴雨预警条件和地面积水条件下采取适当的安全隔离措施。

澳大利亚和新西兰标准《Plumbing and drainage-Storm water drainage》AS NZS 3500.3-2003(2006 修订版)也规定了要考虑市政雨水排水系统失效条件下的雨水排除。

6.4.2 欧美部分国家一般设置路面漫流系统，路面漫流系统是指在超出管渠设计重现期降雨发生时，道路排水管渠系统超负荷运行，路面出现大量雨水漫流，此时道路表面构成排水通道，汇集雨水通过地表漫流排入自然或人工渠道、调蓄设施。借鉴欧美经验，本规范排涝除险设施设计中引入雨水行泄通道的概念。

城镇排水系统下游管渠担负的流量较大,下游地区发生内涝的风险大,宜在城镇排水系统下游选取合适路段作为行泄通道。道路行泄通道设计应综合考虑周边用地的高程、漫流情况下的人行和车行、周边敷设的市政管线的影响,避免行泄通道的设计造成其他系统的损失。

行泄通道积水深度若超出行车安全最大深度时需封闭道路,保障城市安全,行泄通道不应选择城镇交通主干道,同时也不应选择在城镇重要区域。对于城镇易积水地区,根据以往统计情况,宜规划新建或改建行泄通道,以辅助排除易积水地区雨水,减小内涝风险。

作为行泄通道的城镇道路及其附属设施应设置警示标志和积水深度标尺。警示标志的形式与交通标志一致,也可以采用电子显示屏等设备。积水深度标尺宜采用木制或塑料标尺,白底黑字。采用电子显示时,应保证强降雨条件下的电源供给。警示标志和积水深度标尺应设置在距离雨水行泄通道安全范围之外,保证处于安全位置的行人或司机能够清楚地阅读警示标志的内容和标尺上的刻度。警示标志内容应清晰、醒目。

鉴于地表漫流系统的复杂性,作为行泄通道的道路排水系统宜采用数学模型法校核积水深度和积水时间。

7 运行维护

7.1 一般规定

7.1.1 城镇内涝防治系统的运行管理是一项综合性的系统工程,应考虑多系统的相互协调和影响。

7.1.2 城镇内涝防治系统的运行管理应制定运行管理制度、岗位操作制度和设施设备维护制度,明确具体职责,对城镇内涝防治设施进行日常运行维护和管理调度,保证城镇内涝防治系统效能的发挥。事故应急预案包括内涝预警方法和应急措施等内容。

7.1.3 城镇内涝防治系统运行维护管理按阶段可分为非汛期和汛期,汛期又分汛前、汛中、汛后。非汛期包括内涝防治设施的日常检测和养护等。汛期应根据汛前、汛中和汛后的特点采取不同措施,汛前人员安排和设施调试,汛中设施的运行和调度,汛后设施的养护和管理等,责任明确到人。

7.1.4 多功能城镇内涝防治设施在降雨期间和非降雨期间承担不同的功能,如城镇水体在非降雨期间,可作为城镇景观水体或休闲娱乐设施,为确保设施正常安全运行,应制定不同运行模式相互切换的管理制度。

7.1.5 建立城镇内涝防治设施统一运行管理监控平台对城镇内涝防治十分重要,有利于提高内涝防治设施利用水平。

7.2 日常维护

7.2.2 调蓄池和调蓄隧道中易产生易燃易爆和有毒有害气体,井下作业人员应严格遵守相关的安全防范规定。

7.2.4 暴雨前预先降低内河水位是确保调蓄和阻滞洪水的功能的有效措施,可确保在一定间隔的降雨条件下预留一定的调蓄

库容。

现行国家标准《城市防洪工程设计规范》GB/T 50805 规定，河道应 24h 内排空涝水。规定 24h 内排至设计水位以下是为了确保调蓄内涝和阻滞洪水的功能，对于降雨间歇较为密集、内涝风险较高区域，该时间可缩短。

7.3 应急管理

7.3.1 为更好发挥城镇内涝防治系统工程效能，应建立城镇内涝预警系统，确定预警分级标准和预警等级；针对不同预警等级，结合现状特点，建立不同等级、不同区域、不同部门的应急系统；对内涝预警系统和应急系统进行实际效果评价分析，建立评价体系，以便对预警系统和应急系统做出合理调整。提高公众掌握预警信息解读、应急措施实施和突发状态下自救等能力。

7.3.2 城镇内涝防治预警应以最终实现内涝监测预警、全汛期管理、汛期交通导行为目的，对城镇排水模型、地理信息系统、雨量监测、气象监测预报、城镇内涝实时模拟系统、内涝防治应急系统和信息发布系统进行整合，形成信息化管控平台。

7.3.3 城镇内涝防治应急系统应包括源头减排设施、排水管渠设施和排涝除险设施的事故应急以及超过内涝防治设计重现期情况下的应急。内涝防治设计重现期包含现状和规划，当现状内涝防治设施不达标时，还应考虑超过现状内涝防治设计重现期能力情况下的应急。城镇内涝防治应急联动管理系统应由排水、气象、水利、路政、交通等多个部门共同参与建立，构建统一指挥、分工协作、多部门高效联动的内涝防治组织体系。内涝防治应急预案应包括不同预警等级、不同区域、不同部门的应急措施和联控配合。对高等级预警状态下有关部门的抢修、抢险的队伍和物资器材等明确具体要求。本规范第 4.1.9 条强制性条文要求严禁在地表污染严重的地区设置具有渗透功能的源头减排设施，但不能完全避免在地表清洁的地区发生如车辆事故等导致的污染事故。当周边

发生污染事故,汇流入具有渗透功能的源头减排设施发生污染事故并可能影响地下水时,应及时启动应急预案,清除污染源和污染土壤,修复地下水。

7.3.4 为了及时完善内涝防治预警系统、内涝防治应急系统和内涝防治设施运行工况,须建立内涝防治评价系统,内容包括预警等级准确度、区域预警实际情况、应急措施执行情况、应急措施有效性、部门配合状况、抢修或抢险的队伍和物资器材实际需求、内涝防治设施运行参数和运行效果等。内涝防治工作结束后,应及时形成资料归档,便于后期总体评价,为城镇内涝防治信息化管控平台建设提供有效数据。

附录 A 内涝防治设计报告

A.2 报 告 内 容

A.2.2 在模型计算过程中,参数确定的合理性是模型能指导规划设计的前提条件,因此必须在内涝防治设计报告中说明参数选择的依据和方法。

A.3 图 纸

A.3.2 设计重现期条件下的现状和建设后的内涝风险图用来反映内涝现状和设计方案的改善效果。超出设计重现期条件下的历史降雨事件风险图则是用来指导应急调度及预警预报。如当地气象局无相关记录,可不提供超出内涝防治设计重现期的历史降雨事件的现状内涝风险图和设施建设后内涝风险图。

附录 B 内涝防治设计校核

B.0.5 进行内涝防治设计校核时,径流系数的取值与地表在干燥状态下的人渗能力和地形坡度等因素有关,表 7 列出了美国奥斯汀市 2012 年《雨水排水设计标准》中径流系数的取值。

表 7 美国奥斯汀市径流系数取值

重现期(年)		2	5	10	25	50	100	500
沥青路面		0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
混凝土		0.75	0.80	0.83	0.86	0.92	0.97	1.00
绿地/草坪/公园								
较差维护 ^①	坡度 0~2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
	坡度 2%~7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
	坡度>7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
一般维护 ^②	坡度 0~2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
	坡度 2%~7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
	坡度>7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
良好维护 ^③	坡度 0~2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
	坡度 2%~7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
	坡度>7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
未开发地区								
耕地	坡度 0~2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
	坡度 2%~7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
	坡度>7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61

续表 7

牧场	坡度 0~2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
	坡度 2%~7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
	坡度 >7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
森林	坡度 0~2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
	坡度 2%~7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
	坡度 >7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

注:①草皮覆盖面积低于 50%;

②草皮覆盖面积在 50%~75%之间;

③草皮覆盖面积高于 75%。

B.0.6 以下内涝防治校核案例来源于美国钢铁协会(American Iron and Steel Institute)编制的《Modern Sewer Design》第四版(1999 年出版),本规范在引用本案例时,考虑到美国排水设计和国内存在一定的差异,因此本规范对原案例进行了简化,便于读者理解。

(1)场地情况:本案例的分析对象是占地面积约 16ha 的新建小区,小区内包括独栋住宅、联排住宅和一所公立小学。小区的整体地势西高东低,东侧以一条天然河道为界,其排水系统图见图 3。

(2)设计标准:雨水管渠系统:2 年一遇;城镇内涝防治系统:当遭遇 100 年一遇降雨时,小区内路面允许的最大积水深度为道路中央以上 200mm。

(3)流量计算方法:由于小区面积较小,因此采用推理公式法计算雨水设计流量。

(4)设计参数:当地的降雨强度资料见表 8,当地标准规定的径流系数见表 9;为简化计算,本案例各汇水分区的综合径流系数均采用 0.35;当按 100 年一遇进行内涝防治设计重现期校核时,综合径流系数提高至 0.60。

满足内涝防治设计重现期标准的道路最大允许流量见图 4。

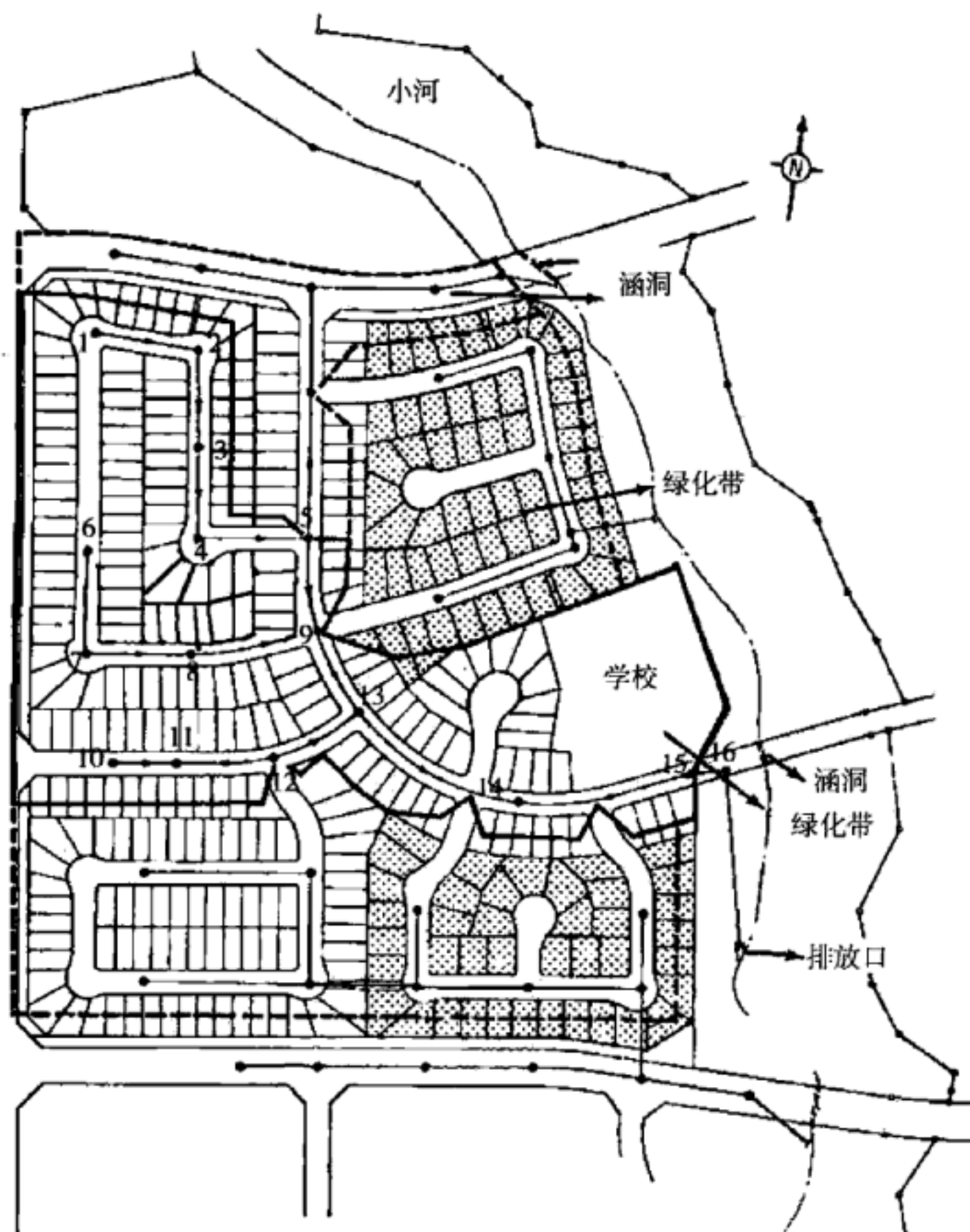


图3 设计案例排水系统图

表8 当地的降雨资料

降雨历时(min)	2年一遇(mm/h)	100年一遇(mm/h)
5	105	262
10	72	179
15	57	146

续表 8

降雨历时(min)	2 年一遇(mm/h)	100 年一遇(mm/h)
20	48	122
25	42	109
30	37	97
35	34	89
40	30	81
45	28	74
50	26	69
55	24	64
60	22	59
65	21	55
70	19	51
75	18	47
80	16	44
85	15	41
90	13	39
95	12	38
100	11	33
125	10	32
150	9	25
175	7	23
200	7	22

表 9 当地标准规定的径流系数

可渗透地面(绿地、草坪、屋面等)	0.20
不透水地面(沥青和混凝土路面)	0.95
综合径流系数(2 年一遇)	0.35
综合径流系数(100 年一遇)	0.60

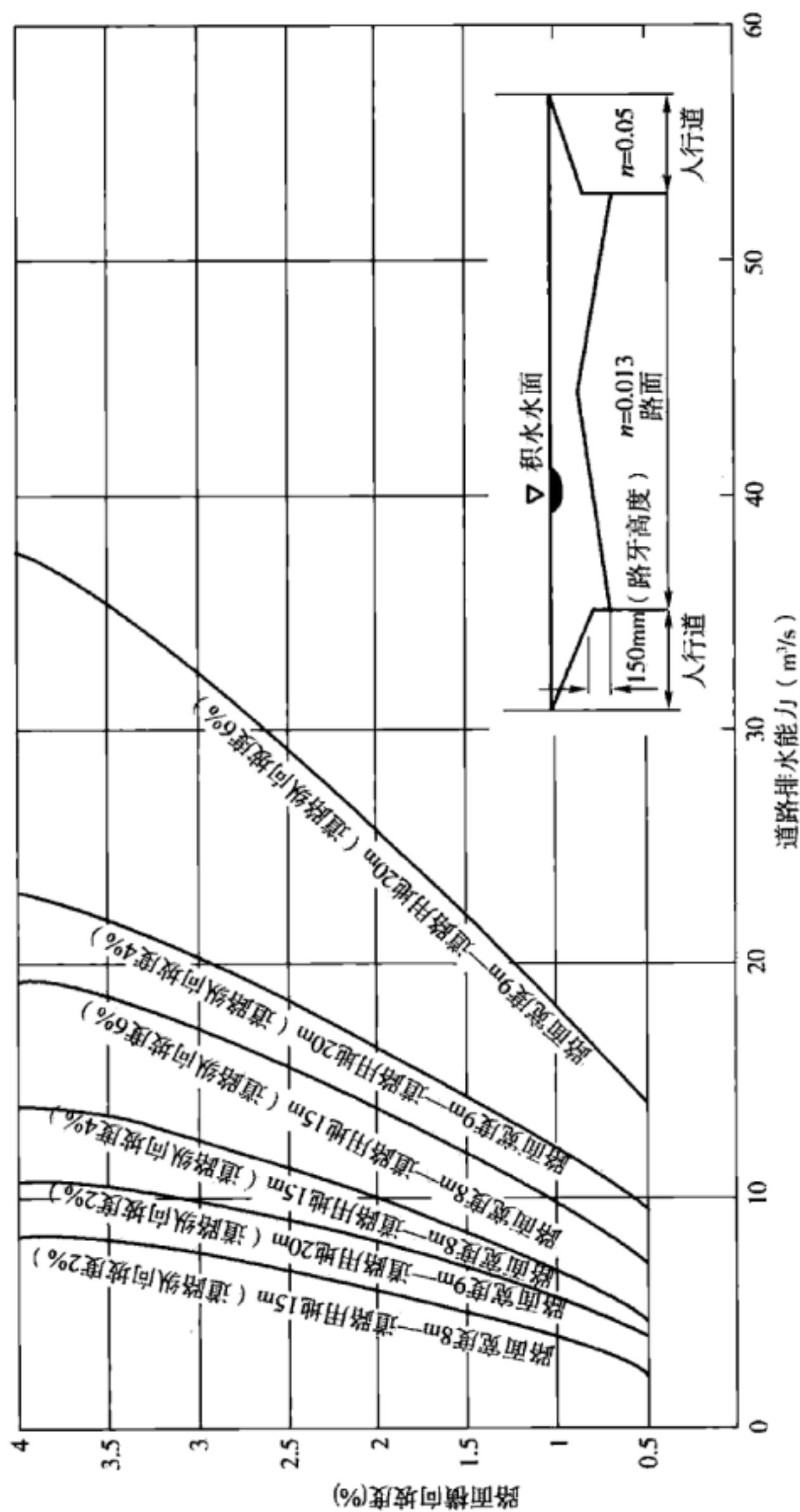


图4 满足内涝防治设计标准的道路最大允许流量

假定位于最上游的检查井(1[#])的集水时间为 10min。

(5)计算过程:

1)根据地形划分汇水分区并布置雨水管道;

2)根据 2 年一遇的降雨强度数据和集水时间计算各管道设计流量、坡度和管道高程布置,雨水管渠设计结果见表 10,由于美国排水设计过程中还需以压力流计算调整重力流计算结果,而国内雨水管是按照重力流满管计算,只在内涝校核时允许超载成为压力流,所以编制组引用本案例时,对原案例中雨水管渠设计的优化过程进行了删减,便于读者理解。

3)计算 100 年一遇降雨条件下的设计流量和雨水管道的最大过水能力,由此得出需要通过道路表面的设计流量,并与道路表面的最大过水能力进行比较和校核,检验是否符合内涝防治设计重现期标准要求。需要说明的是,管道在有压情况下的排水能力可以仍然按照曼宁公式计算,但是坡度不再等于管道的敷设坡度,而是应该等于其实际水力坡度。

计算过程做了如下假设:

①管道粗糙系数为 0.012;

②每段管道在有压时的水力坡度与街道的坡度相同(因为假定此刻街道已经积水,且积水的水面线与街道坡度平行,在街道表面形成均匀流)。管道的排水能力计算完毕之后,街道的过水量为总水量与管道排水能力之差。

4)结论。内涝防治设计重现期校核结果见表 11,当降雨强度为 100 年一遇时,从 1[#] 检查井至雨水排放口沿线各路段的最大过水能力均大于相应路段所需排除的设计流量,因此,排水系统设计符合标准要求。

表 10 雨水管渠初步设计结果

起始 检查 井	末端 检查 井	汇流 面积 A (ha)	径流 系数 C	$A \times C$	支管 $A \times C$	总管 $A \times C$	降雨 强度 (mm/h)	设计 流量 (m^3/s)	管道 长度 (m)	管道 直径 (mm)	坡度 (%)	管道 坡降 (m)	检查 井水头 损失 (mm)	上游 管底 标高 (m)	下游 管底 标高 (m)	管道 流速 (m/s)	管道 流动 时间 (min)	总集 水时间 (min)
1	2	0.74	0.35	0.26	0.26	—	72	0.05	90	200	0.84	0.76	—	231.590	230.830	1.03	1.47	11.47
2	3	1.10	0.35	0.39	0.64	—	67	0.12	80	300	1.30	1.04	75	230.755	229.715	1.71	0.77	12.24
3	4	1.04	0.35	0.36	1.01	—	65	0.18	81	400	0.98	0.79	75	229.640	228.850	1.58	0.85	13.09
4	5	0.83	0.35	0.29	1.30	—	62	0.22	93	400	1.50	1.40	75	228.775	227.475	1.96	0.79	13.88
6	7	1.06	0.35	0.37	0.37	—	72	0.07	90	200	1.70	1.53	—	231.610	230.080	1.47	1.04	11.04
7	8	—	—	—	—	—	—	0.07	90	200	1.70	1.53	75	230.005	228.475	1.47	1.04	12.08
8	9	1.50	0.35	0.53	0.90	—	66	0.16	75	300	2.20	1.65	45	228.430	226.780	2.23	0.56	12.64
10	11	1.80	0.35	0.63	0.63	—	72	0.13	90	300	1.40	1.26	—	230.360	229.100	1.77	0.86	10.86
11	12	0.71	0.35	0.25	0.88	—	69	0.17	83	300	2.40	1.99	15	229.085	227.095	2.32	0.60	11.46
12	13	0.42	0.35	0.15	1.03	—	67	0.19	81	400	1.10	0.89	75	227.020	226.130	1.68	0.80	12.26
5	9	0.43	0.35	0.15	—	1.45	60	0.24	81	500	0.76	0.62	75	227.400	226.780	1.47	0.92	14.80
9	13	0.53	0.35	0.19	—	2.54	58	0.41	81	600	0.62	0.50	150	226.630	226.130	1.41	0.96	15.76
13	14	2.28	0.35	0.80	—	4.37	56	0.68	150	600	1.70	2.55	75	226.055	223.505	2.32	1.09	16.85
14	15	0.55	0.35	0.19	—	4.56	55	0.70	150	600	1.80	2.70	15	223.490	220.790	2.39	1.06	17.91
15	16	2.35	0.20	0.47	—	5.03	53	0.74	35	700	1.20	0.42	75	220.715	220.295	1.99	0.28	18.19
16	排放口	—	—	—	—	5.03	53	0.74	150	800	0.68	1.02	75	220.220	219.200	1.61	1.58	19.77

注：“—”表示无数据。

表 11 内涝防治设计重现期校核结果

检查井	汇水面积 A (ha)	径流系数 C	$A \times C$	管段累积 $A \times C$	集水时间 (min)	降雨强度 (mm/h)	设计 流量 (m^3/s)	管道流速 (m/s)	管道 过水能力 (m^3/s)	街道 流量 ^① (m^3/s)	街道坡度 (%)	街道最大 允许流量 (m^3/s)
1-2	0.74	0.60	0.44	0.44	10.0	179	0.22	1.60	0.05	0.17	2.00	5.15
2-3	1.10	0.60	0.66	1.10	10.94	173	0.53	2.10	0.15	0.38	2.00	5.15
3-4	1.04	0.60	0.62	1.72	11.57	169	0.81	2.54	0.32	0.49	2.00	5.15
4-5	0.83	0.60	0.50	2.22	12.11	165	1.02	2.47	0.31	0.71	1.90	5.09
6-7	1.06	0.60	0.64	0.64	10.00	179	0.32	1.60	0.05	0.27	2.00	5.15
7-8	—	—	—	—	10.94	173	0.00	1.68	0.05	—	2.20	5.41
8-9	1.50	0.60	0.90	1.54	11.83	167	0.71	2.10	0.15	0.57	2.00	5.15
10-11	1.80	0.60	1.08	1.08	10.00	179	0.54	2.02	0.14	0.40	1.85	4.96
11-12	0.71	0.60	0.43	1.51	10.74	174	0.73	2.10	0.15	0.58	2.00	5.15
12-13	0.42	0.60	0.25	1.76	11.40	170	0.83	2.66	0.33	0.50	2.20	5.41
5-9	0.43	0.60	0.26	2.48	12.73	161	1.11	2.95	0.58	0.53	2.00	7.79
9-13	0.53	0.60	0.32	3.62	13.19	158	1.91	3.33	0.94	0.97	2.00	7.79
13-14	2.28	0.60	1.37	6.75	13.60	155	3.69	3.72	1.05	2.64	2.50	8.78
14-15	0.55	0.60	0.33	7.08	14.27	151	3.41	3.33	0.94	2.47	2.00	7.79
15-16	2.35	0.60	1.41	8.49	15.02	146	4.31	1.84	0.71	3.60	0.50	3.96
16-排放口	—	—	—	8.49	15.34	144	4.27	2.02	1.01	3.25	0.50	3.96

注：①规范编制组对该列数据经过重新计算，并对原表进行了修正；“—”表示无数据。

S/N:155182·0083



9 155182 008304



统一书号: 155182·0083

定 价: 20.00 元