

重庆市工程建设标准

山地城市内涝防治技术标准

Technical standard for waterlogging prevention and
control in mountainous city

DBJ50/T-427-2022

主编单位:重庆市设计院有限公司

批准部门:重庆市住房和城乡建设委员会

施行日期:2023 年 01 月 01 日

2022 重 庆

重庆工程学校

重庆市住房和城乡建设委员会文件

渝建标〔2022〕29 号

重庆市住房和城乡建设委员会 关于发布《山地城市内涝防治技术标准》的通知

各区县(自治县)住房城乡建委,两江新区、西部科学城重庆高新区、重庆经开区、万盛经开区、双桥经开区建设局,有关单位:

现批准《山地城市内涝防治技术标准》为我市工程建设地方标准,编号为 DBJ50/T-427-2022,自 2023 年 1 月 1 日起施行。

本标准由重庆市住房和城乡建设委员会负责管理,重庆市设计院有限公司负责具体技术内容解释。

重庆市住房和城乡建设委员会

2022 年 10 月 13 日

重庆工程学校

前 言

根据重庆市住房和城乡建设委员会《关于下达 2019 年度重庆市工程建设标准制订修订项目立项计划(第一批)的通知》(渝建标〔2019〕11 号)文件要求,编制组经深入调查研究,认真总结山地城市内涝防治的实践经验,参考国内外相关标准和资料,并在广泛征求意见的基础上,编制本标准。

本标准共 8 章和 3 个附录,主要技术内容是:总则、术语和符号、基本规定、设计计算、源头减排设施、排水管渠设施、排涝除险设施、运行维护等。

本标准由重庆市住房和城乡建设委员会负责管理,重庆市设计院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,请寄送重庆市设计院有限公司(地址:重庆市渝中区人和街 31 号,邮政编号:400015)。

本标准主编单位、参编单位、主要起草人和审查专家：

主 编 单 位：重庆市设计院有限公司

参 编 单 位：重庆大学建筑规划设计研究总院有限公司

重庆大学

重庆市勘察设计协会水系统分会

中机中联工程有限公司

主要起草人：邹小春 谭金强 黄明聪 汪 勇 盛国荣

白 静 陈 思 邵知宇 罗玉洁 朱自伟

柴宏祥 周 炯 吴 琴 郭成林 那贵平

刘家瑞 冯 杰 周智勇 田沁禾 殷志坤

徐长健 徐跃飞 令狐丹丹 齐 雨 杨海涛

赵 芳 李璐璐

主要审查人：马 念 龚安军 程吉建 周玲玲 敖良根

陈 垚 王 峰

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	3
3	基本规定	6
4	设计计算	7
4.1	设计标准	7
4.2	计算方法	8
5	源头减排设施	16
6	排水管渠设施	17
6.1	地面雨水收集设施	17
6.2	排水管渠	18
7	排涝除险设施	19
7.1	一般规定	19
7.2	行泄通道	19
7.3	调蓄设施	21
7.4	排涝泵站	22
8	运行维护	24
8.1	一般规定	24
8.2	监测	24
8.3	日常维护	25
8.4	应急管理	25
附录 A	数学模型法内涝风险评估	27
附录 B	道路行泄通道设计	32
B.1	水力公式法	32

B.2 数学模型法 33

附录 C 应用案例 36

 C.1 数学模型法内涝风险评估 36

 C.2 数学模型法道路行泄通道设计 39

 C.3 水力公式法道路行泄通道设计 41

本标准用词说明 44

引用标准名录 45

条文说明 47

Contents

1	General provisions	1
2	Terms and symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	3
3	Basic regulation	6
4	Design and calculation	7
4.1	Design standard	7
4.2	Calculation method	8
5	Source control facilities	16
6	Storm sewer facilities	17
6.1	Surface runoff collection facilities	17
6.2	Storm sewer	18
7	Excess stormwater prevention and control facilities	19
7.1	General regulation	19
7.2	Emergency stormwater conveyance	19
7.3	Stormwater detention and retention facilities	21
7.4	Drainage pump station	22
8	Operation and maintenance	24
8.1	General regulation	24
8.2	Monitoring	24
8.3	Routine maintenance	25
8.4	Emergency measures	25
Appendix A	Mathematical model based urban waterlogging risk assessment	27
Appendix B	Design of excess stormwater passage for roadway	

..... 32

B1 Hydraulic formula method 32

B2 Mathematical model method 33

Appendix C Application cases 36

C1 Mathematical model based urban waterlogging risk
assessment 36

C2 Mathematical model based roadway stormwater passage
design 39

C3 Hydraulic formula based roadway stormwater passage
design 41

Explanation of wording in this standard 44

List of quoted standards 45

Explanation of provisions 47

1 总 则

1.0.1 为有效防治城镇内涝灾害,保障生命财产安全,结合山地城市特征,制订本标准。

1.0.2 本标准适用于重庆市范围内新建、改建和扩建工程内涝防治设施的建设和维护。

1.0.3 内涝防治系统的建设应符合国土空间规划与内涝防治专项规划,并与海绵城市、城镇排水、城镇防洪、道路交通和园林绿地等专项规划相协调。

1.0.4 内涝防治应采取包括源头减排、管渠排水和排涝除险等工程性以及应急管理等非工程性在内的综合措施。

1.0.5 内涝防治系统的建设和维护除应符合本标准外,尚应符合国家和重庆市现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 山地城市 mountainous city

指主要分布在地势起伏明显的山地区域(广义上包括地理学划分的山地、丘陵和崎岖不平的高原)的城镇,形成与平原城市迥然不同的空间形态和环境特征。

2.1.2 城镇内涝 urban waterlogging

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、导致地面积水超过一定标准的现象。

2.1.3 城镇内涝防治系统 urban waterlogging 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,包括用于雨水渗透、收集、输送、调蓄、行泄等的源头减排设施、排水管渠设施、排涝除险设施以及应急管理措施等。

2.1.4 内涝防治设计重现期 design return period of waterlogging control

用于进行城镇内涝防治系统设计的暴雨重现期,对应重现期内的地面积水深度、退水时间、积水范围等不超过一定的标准。

2.1.5 源头减排设施 source control facilities

在雨水径流排入市政排水管渠系统前,通过渗透、滞蓄和净化等措施实现径流总量控制、峰值削减、污染控制和雨水回用的设施,包括绿色屋顶、透水铺装、下凹式绿地、净化回用蓄水池等低影响开发设施。

2.1.6 地面雨水收集设施 surface runoff collection facilities

用于收集地面雨水径流的构筑物,主要包括雨水口、排水沟、横截沟、泄水口、豁口等。

2.1.7 排涝除险设施 waterlogging drainage facilities

内涝防治设计重现期下用于控制超过排水管渠承载能力的雨水径流的设施,包括行泄通道、调蓄设施、排涝泵站等。

2.1.8 行泄通道 emergency stormwater conveyance

承担超标雨水径流输送和排放功能的通道,包括城镇水体、沟渠、道路、绿地等地表通道,以及浅层和深层排水管涵等地下通道。

2.1.9 调蓄设施 stormwater detention and retention facilities

降雨期间调节和存储雨水的天然和人工设施,包括水体、下凹式绿地、下沉式广场、浅层和深层调蓄池等。

2.1.10 超标雨水径流 excess stormwater runoff

超出城镇排水管渠系统设计标准的降雨径流。

2.1.11 易涝点 waterlogging point

降雨未超过内涝防治设计重现期时,积水超过允许标准的地点。

2.1.12 城镇内涝防治系统数学模型 mathematical model of urban waterlogging prevention and control system

城镇内涝防治中,运用数理逻辑方法和数学语言构建的用于模拟产流、地表汇流、管渠水力特征、地表漫流等状况的工程模型。

2.2 符 号

2.2.1 设计流量计算

F ——汇水面积;

Q ——雨水设计流量;

q ——设计暴雨强度;

Ψ ——径流系数；

P ——设计重现期；

t ——降雨历时；

t_1 ——地面集水时间；

t_{1a} ——汇水距离不大于 90 米的地面集水时间；

t_{1b} ——汇水距离 90 米以后的地面集水时间；

t_2 ——管渠内雨水流行时间；

A_1, C, b, n ——暴雨强度公式参数；

n_0 ——地表漫流粗糙系数；

L ——地面集水距离；

S ——地形坡度；

k ——地面截留系数。

2.2.2 净雨量计算

A_s ——有效渗透面积；

D_o ——截留和洼蓄量；

E ——蒸发量；

f_c ——稳定入渗速率；

f_m ——土壤入渗速率；

f_0 ——初始入渗速率；

i ——设计降雨强度；

J ——水力坡降；

K ——土壤渗透系数；

k_0 ——衰减常数；

R_o ——净雨量；

t_s ——渗透时间；

t_x ——下渗时间；

V_i ——渗透设施进水量；

V_s ——渗透设施的有效蓄水容积；

W_p ——渗透量。

2.2.3 调蓄容量计算

Q_i ——调蓄设施上游进水流量；

Q_o ——调蓄设施下游出水流量；

V ——调蓄量或调蓄设施有效容积；

α ——脱过系数。

2.2.4 道路积水计算

h' ——雨水算前积水深度；

n_1 ——三角沟粗糙系数；

Q_R ——道路表面流量；

T ——单一横坡路面积水宽度；

T' ——复合横坡路面积水宽度；

W ——偏沟宽度；

S_L ——道路纵向坡度；

S_x ——道路横向坡度；

S_w ——偏沟横向坡度。

3 基本规定

3.0.1 建设项目应进行积水风险分析,存在积水风险时应进行内涝风险评估。

3.0.2 内涝风险评估宜采用数学模型法,改、扩建项目可采用历史灾情评估法。

3.0.3 经评估存在内涝风险时应根据内涝成因采取合理的防治措施。

3.0.4 新建区和建成区应满足内涝防治标准,未达标的建成区条件受限时可分期改造并最终达到内涝防治标准,达标前应采取应急措施。

3.0.5 内涝防治应与流域水环境治理、城镇防洪、防灾减灾等相互衔接、统筹安排。

3.0.6 内涝防治设施应便于维护管理,且不应公众健康和安全产生不利影响。

3.0.7 区域改建时,对于相同的内涝防治设计重现期,改建后的径流量不应超过原径流量。区域内单个项目改建时,可结合下游排涝能力进行区域内径流量综合平衡。

4 设计计算

4.1 设计标准

4.1.1 易涝点雨水管渠设计重现期应根据城区类型、易涝点地形特点等因素确定,可按表 4.1.1 的规定取值。

表 4.1.1 易涝点雨水管渠设计重现期(年)

城区 \ 易涝点	陡坡变缓坡路段	低洼路段	地下通道及下沉式广场等
中心城区	10~20	20~30	30~50
其他区县	5~10	10~20	10~30

4.1.2 内涝防治设计重现期应根据城区类型、人口密度、积水影响程度等因素,经技术经济比较后确定,可按表 4.1.2 的规定取值。

表 4.1.2 内涝防治设计重现期(年)

城区	重现期
中心城区	100
100 万人以上其他区县	30~50
100 万人以下其他区县	20~30

4.1.3 内涝防治系统设计重现期下的地面积水设计标准应满足表 4.1.3 的规定。

表 4.1.3 内涝防治设计重现期下的地面积水设计标准

城区	最大允许退水时间(h)	积水深度
非中心城区	1.5	1 居民住宅和商业建筑物的底层不应进水; 2 道路中一条车道的积水深度不超过 15cm。
中心城区	1.0	
交通枢纽、中心城区重要地区	0.5	

注:最大允许退水时间为雨停后的地面积水最大允许排干时间。

4.1.4 内涝防治系统的排涝能力应满足内涝防治设计重现期下的地面积水设计标准,应结合源头减排设施、排水管渠和排涝除险设施整体校核。

4.2 计算方法

4.2.1 雨水设计流量按以下方式计算:

1 汇水面积不大于 2km^2 时可采用推理公式法,汇水面积大于 2km^2 时应采用模型法。

2 汇水面积大于 2km^2 但无滞蓄设施时可采用推理公式法,汇水面积不大于 2km^2 但有滞蓄设施时宜采用模型法。

4.2.2 采用推理公式法计算雨水设计流量,应按下式计算:

$$Q = q\Psi F \quad (4.2.2)$$

式中: Q ——雨水设计流量(L/s);

q ——设计暴雨强度 $[\text{L}/(\text{hm}^2 \cdot \text{s})]$;

Ψ ——综合径流系数;

F ——汇水面积(hm^2)。

4.2.3 设计暴雨强度应按下式计算:

$$q = \frac{167A_1(1 + ClgP)}{(t + b)^n} \quad (4.2.3)$$

式中: q ——设计暴雨强度 $[\text{L}/(\text{hm}^2 \cdot \text{s})]$;

P ——设计重现期(年);

t ——降雨历时(min)；

A_1, C, b, n ——参数,根据统计方法进行计算确定。

4.2.4 城镇内涝防治设施设计和系统校核时,降雨历时应根据服务面积、地形坡度和下垫面特征确定,可采用3~24h。

4.2.5 雨水管渠的降雨历时应按下式计算：

$$t = t_1 + t_2 \quad (4.2.5)$$

式中： t ——降雨历时(min)；

t_1 ——地面集水时间(min)；

t_2 ——管渠内雨水流行时间(min)。

4.2.6 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,可按下式计算：

$$t_1 = t_{1a} + t_{1b} \quad (4.2.6-1)$$

式中： t_1 ——地面集水时间(min)；

t_{1a} ——汇水距离不大于90米的地面集水时间(min)；

t_{1b} ——汇水距离90米以后的地面集水时间(min)。

1 地面汇水距离不大于90米时,地面集水时间可按下式计算：

$$t_{1a} = \frac{10.41(n_0 \times L)^{0.6}}{q^{0.4} S^{0.3}} \quad (4.2.6-2)$$

式中： n_0 ——地表漫流粗糙系数,可按表4.2.6取值；

L ——地面集水距离(m)；

q ——设计暴雨强度[L/(hm²(s))；

S ——地形坡度。

表 4.2.6 地表漫流粗糙系数

下垫面种类	粗糙系数
光滑沥青地面	0.011
光滑混凝土地面	0.012
粗糙混凝土地面	0.013
砖砌地面	0.014

续表 4.2.6

碎石路面	0.024
休耕地(无残留物)	0.05
绿地(草坪)	0.15
绿地(茂密的草丛)	0.24
稀疏灌木丛	0.40
茂密灌木丛	0.80

注:当有多种层次植物覆盖时(如灌木和草坪),应选设计水流深度内的主要覆盖植物对应的粗糙度进行计算。

2 地面汇水距离超过 90m 时,90m 以后的地面集水时间可按式计算:

$$t_{1b} = \frac{L}{60kS^{0.5}} \quad (4.2.6-3)$$

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。

4.2.7 径流系数应根据地面种类依据实测数据确定,资料不足时也可按表 4.2.7-1 取值。汇水面积的综合径流系数可根据地面种类、建筑密集度等因素按表 4.2.7-2 的规定取值,并应核实地面种类的组成和比例。

表 4.2.7-1 径流系数(按地面种类分)

地面种类	Ψ
各种屋面、混凝土或沥青路面	0.85~0.95
大块石铺砌路面或沥青表面各种的碎石路面	0.55~0.65
级配碎石路面	0.40~0.50
干砌砖石或碎石路面	0.35~0.40
非铺砌土路面	0.25~0.40
公园或绿地	0.15~0.35

表 4.2.7-2 综合径流系数(按建筑密集度分)

区域情况	Ψ
城镇建筑密集区	0.60~0.70
城镇建筑较密集区	0.45~0.65
城镇建筑稀疏区	0.20~0.50

4.2.8 用推理公式法进行内涝防治设计校核时,宜按重现期和
下垫面坡度修正径流系数;修正径流系数无实测数据时,可通过
模拟计算或按表 4.2.8-1、4.2.8-2 和 4.2.8-3 取值。

表 4.2.8-1 未开发区中、高重现期径流修正系数

设计重现期	20~30 年	30~50 年	50~100 年
3 小时设计暴雨	1.5~2.2	1.7~2.4	1.9~2.6
24 小时设计暴雨	2.0~2.5	2.2~2.7	2.4~3.0

表 4.2.8-2 建成区中、高重现期径流修正系数

设计重现期	20~30 年	30~50 年	50~100 年
3 小时设计暴雨	1.15~1.20	1.20~1.25	1.25~1.30
24 小时设计暴雨	1.30~1.35	1.35~1.40	1.40~1.50

表 4.2.8-3 坡度径流修正系数

下垫面类型	2%~5%	5%~7%	7%~10%
未开发区	1.30~1.55	1.55~1.65	1.65~1.80
建成区	1.05~1.10	1.10~1.15	1.15~1.20

注:1 重现期、下垫面坡度同时需要修正时,总径流修正系数为各项修正系数的
乘积;

2 相同暴雨重现期下,下垫面渗透比例高、饱和和渗透能力小时,修正系数宜取
高值;

3 当修正后的径流系数大于 1 时,应按 1 取值。

4.2.9 采用数学模型法进行内涝防治系统设计和校核时,模型

参数应基于实际测量数据,不能直接实测的参数可采用经验值并宜进行率定。若不具备率定条件,则至少应通过一种独立的计算方法进行验证。

4.2.10 内涝防治系统设计和校核时,应根据排放口是否受顶托设置不同的边界条件。

4.2.11 排水系统下游受顶托时,宜采用能够反映管渠承压、溢流等流态的模型法计算设计重现期下的水位值。

4.2.12 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,并按下式计算:

$$R_o = (i - f_m)t - D_o - E \quad (4.2.12)$$

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。

4.2.13 土壤下渗能力随时间的变化过程,可按下式计算:

$$f_m = f_c + (f_0 - f_c)e^{\frac{-k_0 t_x}{3600}} \quad (4.2.13)$$

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)。

4.2.14 渗透设施的有效蓄水容积,应按下式计算:

$$V_s = V_i - W_p \quad (4.2.14-1)$$

$$W_p = KJA_s t_s \quad (4.2.14-2)$$

式中: V_s ——渗透设施的有效蓄水容积(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)。

4.2.15 当调蓄设施用于削减峰值流量时,调蓄量的确定应符合下列规定:

1 应根据设计要求,通过比较雨水调蓄工程上下游的流量过程线,按下式计算:

$$V = \int_0^{t_{\max}} [Q_i(t) - Q_o(t)] dt \quad (4.2.15-1)$$

式中: V ——调蓄量或调蓄设施有效容积(m^3);

Q_i ——调蓄设施上游进水流量(m^3/s);

Q_o ——调蓄设施下游出水流量(m^3/s);

t ——降雨历时(s);

$t_{\max}$ ——降雨过程中,函数 V 取得最大值对应的降雨历时(s)。

2 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:

$$V = \left[- \left(\frac{0.65}{n^{1.2}} + \frac{b}{t} \frac{0.5}{n+0.2} + 1.1 \right) \lg(a+0.3) + \frac{0.215}{n^{0.15}} \right] Q_i t \quad (4.2.15-2)$$

式中: b, n ——暴雨强度公式参数;

α ——脱过系数,取值为设蓄设施下游和上游设计流量之比。

4.2.16 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 当道路为单一横坡断面时(图 4.2.16-1),应按下列公式计算:

$$T = \left(\frac{n_1 Q_R}{0.376 S_X^{1.67} S_L^{0.5}} \right)^{3/8} \quad (4.2.16-1)$$

$$h' = T S_X = \left(\frac{n_1 Q_R S_X}{0.376 S_L^{0.5}} \right)^{3/8} \quad (4.2.16-2)$$

式中： T ——单一横坡路面积水宽度(m)；

Q_R ——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；

h' ——雨水算前积水深度(m)；

n_1 ——三角沟粗糙系数,可按表 4. 2. 16 取值。

表 4. 2. 16 三角沟粗糙系数

三角沟类型	粗糙系数
光滑沥青路面	0.015
粗糙沥青路面	0.016
光滑混凝土	0.014
粗糙混凝土	0.016

注：对于坡度小的道路，应考虑泥沙沉积，粗糙度按上表值增加 0.002。

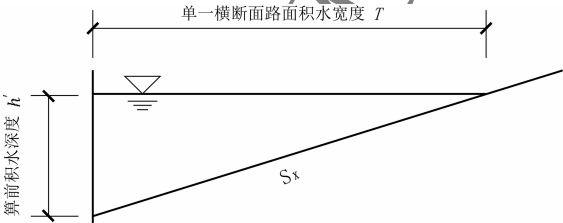


图 4. 2. 16-1 单一横坡断面(三角沟型)

2 当道路设置偏沟形成复合过水断面时(图 4. 2. 16-2),路面积水宽度可按式(4. 2. 16-1)视为单一横坡断面计算。雨水算前积水深度应按下列公式计算：

$$h' = T'S_X + W(S_W - S_X) \quad (4. 2. 16-3)$$

式中： T' ——复合横坡路面积水宽度(m)；

W ——偏沟宽度(m)；

S_W ——偏沟横向坡度。

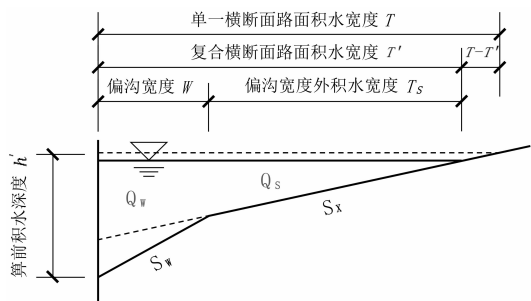


图 4.2.16-2 复合横坡过水断面

5 源头减排设施

5.0.1 山地城市内涝防治应符合低影响开发理念,可在内涝防治系统源头、中途和末端采取渗透、滞蓄等措施。

5.0.2 源头减排设施的建设应与内涝防治系统相协调,可根据内涝防治的需求合理选择 LID 设施类型和设计参数。

5.0.3 具有滞蓄功能的源头减排设施溢流排放超标雨水时不得产生安全隐患。

5.0.4 设置源头减排设施的区域不应降低城镇及小区雨水管渠系统的设计标准。

5.0.5 源头控制设施用于峰值削减时宜采用水力模型计算,也可按本标准第 4.2.15 条计算。

5.0.6 生物滞留设施用作行泄通道时,溢流口以上的调蓄空间可计入调蓄容积,可按照排涝水位计算溢流口的泄水量。

5.0.7 当植草沟等雨水转输设施按排水管渠系统的重现期设计时,其容积不应计入排涝调蓄容积。

5.0.8 单个源头生物滞留设施的汇水面积不宜大于 0.5hm^2 。

5.0.9 采用透水铺装的道路和广场兼做临时泄洪通道和调蓄设施时,应充分考虑泥沙沉积对透水性能的影响。

6 排水管渠设施

6.1 地面雨水收集设施

6.1.1 应合理设置地面雨水收集设施,并应加强维护和管理。

6.1.2 地面雨水收集设施应合理确定汇水范围,地表汇水路径不得穿越下穿道、地下通道或小区进出口。

6.1.3 雨水口的过流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道路积水深度等因素综合考虑确定。雨水口设计过流能力可按表 6.1.3 取值。

表 6.1.3 雨水口设计过流能力

雨水口形式		宽型雨水算过流能力 (L/s)	窄型雨水算过流能力 (L/s)
平算式雨水口 偏沟式雨水口	单算	20	11.0
	双算	35	19.2
	多算	15(每算)	8.2(每算)
联合式雨水口	单算	30	16.5
	双算	50	27.5
	多算	20(每算)	11.0(每算)
立算式雨水口	单算	15	15
	双算	25	13.7
	多算	10(每算)	5.5(每算)

注 1 表内宽型雨水算尺寸为 $750 \times 450\text{mm}$, 开孔率 34%; 窄型雨水算尺寸为 $700 \times 250\text{mm}$, 开孔率 36%。

2 其他尺寸或开孔率的雨水算应根据实际过水面积折算其过流能力。

3 雨水口过流能力宜根据实验确定,也可参照图集 16S518 附录中雨水口过流特性曲线确定。

6.1.4 雨水口等地面雨水收集设施的形式、数量和布置方式应根据汇水范围内的雨水径流量、设施泄水能力和场地特征等综合确定。

6.1.5 陡坡变缓坡路段、低洼路段、地下通道及下沉式广场等易涝点应在汇流集中处加强地面雨水收集设施的收水能力。

6.1.6 雨水口等地面雨水收集设施应有保证设计流量下算前水深的措施。平算式雨水口的箅面标高宜低于周围路面 3~5cm，立算式雨水口进水处下缘宜低于周围路面 5cm。采用豁口收水时，豁口下缘宜低于路面 5cm。

6.1.7 按内涝防治设计重现期校核时，雨水口及连接管的过流能力不宜小于雨水管渠校核流量的 1.5 倍。

6.2 排水管渠

6.2.1 排水管渠除应满足雨水管渠设计重现期标准外，尚应满足内涝防治要求。

6.2.2 按内涝防治设计重现期进行校核时，排水管渠过流能力应按压力流计算。

6.2.3 立体交叉道路宜采用高水高排、低水低排且互不连通的排水系统。立体交叉下穿道和地下通道应采取措施避免客水汇入，排水出口必须可靠。

6.2.4 排水管渠系统排出口宜高于设计防洪水位。排出口低于防洪水位时，应按淹没出流方式校核防洪水位顶托条件下的排水能力。

6.2.5 雨水管渠排涝时若存在压力流工况，管渠材质和接口应满足承受相应内压的需求。

7 排涝除险设施

7.1 一般规定

- 7.1.1 宜综合利用行泄通道、调蓄设施和排涝泵站等进行排涝除险。
- 7.1.2 宜充分利用水体、道路、公园、广场等作为排涝除险兼用设施进行雨水调蓄、输送和排放。
- 7.1.3 利用兼用设施排涝和调蓄时应确保安全,应制定应急预案,应急设施应保障到位。
- 7.1.4 新建或改建排涝除险设施时应校核下游排涝设施承接能力。
- 7.1.5 有山洪风险的区域应设置截洪沟渠,宜将山洪独立引至下游沟渠或水体,减轻城区排涝系统负荷。

7.2 行泄通道

- 7.2.1 排水管渠系统不满足排涝需求时,应按内涝防治标准设置超标径流行泄通道,必要时设置调蓄设施或排涝泵站。
- 7.2.2 宜充分利用地表设施作为行泄通道,条件受限时可设置地下排涝通道。
- 7.2.3 行泄通道的平面定线和竖向设计应保证涝水的有效收集和安全排放。
- 7.2.4 利用沟渠、河道等作为行泄通道时,应对其排涝能力进行校核,不能满足内涝防治设计标准时,可采取措施恢复或提高其过流能力。
- 7.2.5 校核河道等地表水系行泄通道的排涝能力时,宜利用水

力模型推求水面曲线,并应考虑排放口处下游水位的影响。

7.2.6 缺乏模型条件或河道坡度较陡的情况下,可采用曼宁公式进行排涝能力计算。

7.2.7 内河、明渠、冲沟等水系作为行泄通道时应符合下列规定:

- 1 超高不宜小于 0.5 米,弯曲段还应考虑水位横向壅高;
- 2 宜采取抗冲刷和消能措施。

7.2.8 利用道路作为行泄通道时,不宜选取城镇交通主干道、人口密集区或可能造成严重后果的路段。

7.2.9 道路行泄通道应符合下列规定:

- 1 应综合考虑道路漫流对沿线建筑、地下通道及市政管线的影响;
- 2 应设置积水深度标尺、标识线和警示牌;
- 3 应避免垃圾或其他沉积物影响排涝通道的畅通;
- 4 不应阻碍公众逃离涝水。

7.2.10 道路行泄通道应进行排涝风险校核,并满足以下条件:

- 1 设计退水时间及积水深度应满足表 4.1.3 的要求;
- 2 道路路面任意点的水深与流速的乘积 hv 不应超过 $0.5 \text{ m}^2/\text{s}$;

- 3 道路路面任意点的水深与流速平方的乘积 hv^2 不应超过 $1.23 \text{ m}^3/\text{s}^2$ 。

7.2.11 道路用作行泄通道不能满足排涝要求时,宜采取优化道路纵横坡度、调整路缘石高度或分流等措施。

7.2.12 道路行泄通道的水力计算可采用水力公式法或数学模型法。行泄通道在局部积水、管道溢流或管道排水受下游顶托时,宜采用数学模型法计算。

7.2.13 数学模型法应将道路地表排涝与排水管渠排涝水力耦合、作为同一个系统并行计算水位和流量。

7.2.14 道路行泄通道在交叉口存在分岔出水时,可构建交叉口二

维地表洪水模型或者现场试验确定分岔口出水流量。条件不足时,可采用堰流公式进行支路分流流量计算。

7.3 调蓄设施

7.3.1 源头减排设施、雨水管渠和排涝除险设施可因地制宜地采取调蓄措施控制超标径流。

7.3.2 应按照先地上后地下、先浅层后深层的原则合理设置调蓄设施,优先利用水体、绿地、广场等兼用设施进行调蓄,必要时设置浅层调蓄池和深层调蓄池。

7.3.3 应根据内涝防治标准、用地条件、场地功能、景观、安全等因素,合理设置调蓄设施。可采用分散或集中、单一或组合形式达到调蓄目标。

7.3.4 雨水调蓄设施的位置及高程应根据空间竖向、雨水汇流路径、下游受纳管渠或水体最高水位、地下水位等因素综合确定。

7.3.5 行政中心、商业中心、交通枢纽等重要区域的下沉式广场、停车场不应用于雨水调蓄。

7.3.6 调蓄设施用于削减雨水径流峰值的设计调蓄量,应根据内涝防治设计标准采用模型法确定,条件受限时可按本标准第 4.2.15 条第 2 款进行计算,并考虑下游管渠、超标径流行泄通道等雨水转输系统的行泄能力。

7.3.7 兼具景观、休闲娱乐、污染控制或雨水综合利用等功能的雨水调蓄设施用于削减峰值流量时,应综合考虑各功能目标,按各功能计算所需调蓄容积最大值来确定调蓄量。

7.3.8 调蓄池应设置冲洗、除臭、仪表及自控等附属设施,应根据运行维护需求配备安全防护、通风、照明等设施。

7.3.9 具有渗透功能的调蓄设施与道路、建构筑物基础的安全距离不应小于 3m,否则应设置防渗措施。

7.3.10 调蓄设施应设置安全防护设施和警示牌。下沉式广场、

绿地等人员活动场所作为兼用调蓄设施时,应设置预警预报装置,并应有最高水位、淹没范围、人员疏散路线等标线标识。

7.3.11 调蓄雨水宜经净化处理后回收利用,并满足相应水质要求。

7.3.12 雨水调蓄池的清淤冲洗水、合流制系统的调蓄设施出水不应直接排入河道或雨水管渠系统。

7.4 排涝泵站

7.4.1 山地城市涝水排放应以重力流为主,条件受限时应经技术经济比较后采取提升排放方式。

7.4.2 排涝泵站的布置应有利于涝水汇集,且宜靠近受纳管渠或水体。

7.4.3 在满足内涝防治设计重现期要求的前提下,排涝泵站的设计规模应经技术经济比较后确定,并应符合以下规定:

1 排涝泵站规模应考虑内涝防治重现期下相邻汇水区溢流汇入的流量增加部分;

2 排涝泵站规模应根据内涝防治设计流量和调蓄设施能力综合确定,并考虑 20%的安全余量;

3 排涝泵站排涝能力不得超过受纳管渠或水体的最大承载能力;

4 排涝水泵宜采用大小泵搭配的方式;

5 排涝泵站宜设置远程自动控制系统。

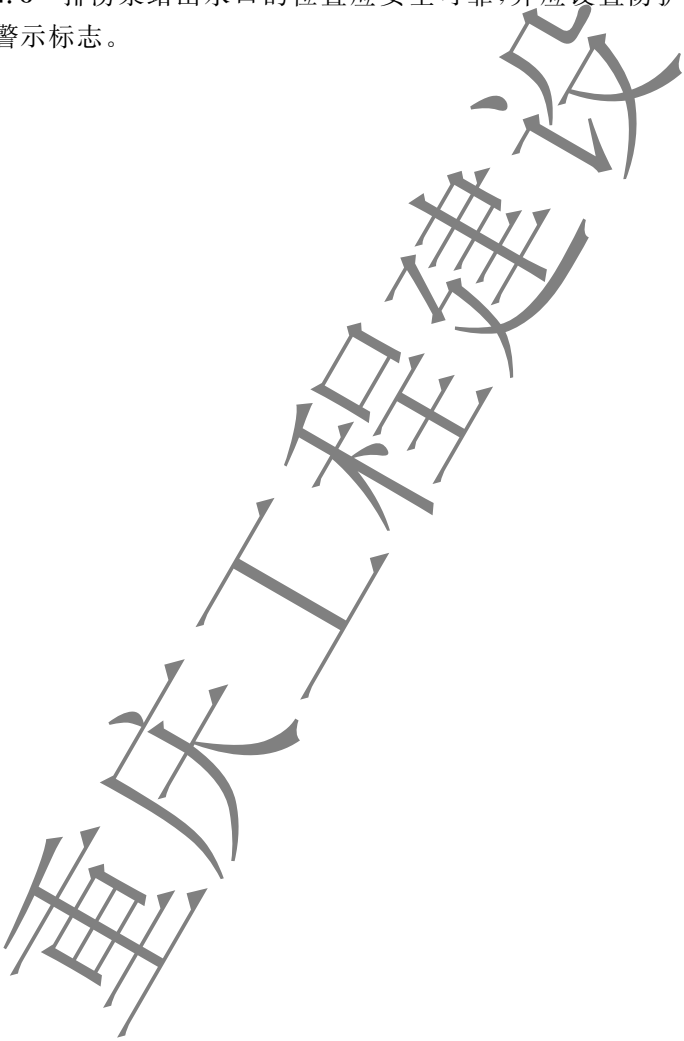
7.4.4 采用水力模型进行内涝计算时,泵站宜概化为节点,并按泵站工况曲线进行计算。

7.4.5 若排涝泵站在部分时段具备重力流排放条件时,宜设置重力流超越管渠,超越管渠上应设置防倒灌的控制阀门。

7.4.6 排涝泵站配电、自控等重要设备的安装高度应按该地区内涝防治设计重现期下的积水深度进行校核,应确保不受淹没。

7.4.7 排涝泵站出水口宜略高于下游洪水水位。当出水口低于洪水水位时,应设置防倒灌设施。

7.4.8 排涝泵站出水口的位置应安全可靠,并应设置防护设施或警示标志。



8 运行维护

8.1 一般规定

8.1.1 内涝防治系统的运行维护应与市政排水、道路交通、园林绿地和城市防洪等系统相协调。

8.1.2 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,并应定期修订。

8.1.3 应根据日常、汛前、汛中、汛后各阶段的特点制定相应的运行和管理维护方案。

8.1.4 可根据内涝防治需求建设城镇内涝防治运行管理平台,并与城镇排水、防洪、气象、水文、地理信息、智慧城市等其它平台相互衔接。

8.2 监测

8.2.1 城镇内涝防治应合理设置监测装置。

8.2.2 内涝监测宜采取在线和人工监测相结合方式。内涝防治系统的重要节点应设置积水在线监测装置。

8.2.3 内涝监测点位、频率应根据内涝防治设施类型、内涝风险程度和运行维护需求等情况综合确定,并应根据持续监测结果动态调整。

8.2.4 内涝监测点位和指标宜与排水、海绵、环保、气象、水文等监测内容统筹安排。

8.2.5 应根据易涝点积水危害程度、排水防涝设施情况和运行管理需求等,合理设置监测点液位的预警和报警阈值,并及时发布预警预报信息。

8.2.6 内涝在线监测设备应确保在各种工况条件下能正常运行,并不得影响管、井、阀、泵、池等设施的正常运行和养护。

8.3 日常维护

8.3.1 各项内涝防治设施应有专人运行和维护管理。岗位人员应经专业培训后持证上岗。宜定期开展学习与培训,提高人员的专业水平。

8.3.2 汛前和汛期应对易涝点排水设施、重要内涝防治设施、主排水通道和排放口附近的在建项目进行巡查,存在内涝隐患时,应及时采取整治措施,短期不能消除时,应采取临时工程或管理措施避免内涝。

8.3.3 内涝防治设施应定期养护,设施设备汛前应集中进行清理、检修和调试、汛后及时疏通修复。

8.3.4 有人员活动的兼用内涝防治设施应在汛后进行消毒。

8.3.5 调蓄设施应在汛前预先放空至低水位,内河、水体排涝通道应预降水位。

8.4 应急管理

8.4.1 城镇内涝防治宜建立应急管理体系,应急管理体系应包括预警系统、应急系统和评价系统。

8.4.2 内涝防治宜划定预警等级,并针对不同等级进行响应。

8.4.3 城镇内涝防治应急系统应制定应对设施事故和超设计重现期内涝的应急预案。

8.4.4 应急预案应具有可行性和协调性,并从组织体系、应急响应、现场处置、队伍保障能力等方面提出有效措施。

8.4.5 应加强与气象、公安、住建、水利、交通、城市管理等相关应急部门的协作,建立有效的应急联动机制,信息及时共享。

8.4.6 应定期对预警系统、应急系统及内涝防治设施运行效果进行综合评价并进行改进。

附录 A 数学模型法内涝风险评估

A.0.1 运用数学模型进行内涝计算所需数据如表 A.0.1 及 A.0.2 所示。

表 A.0.1 建成区内涝风险评估数学模型构建基础数据

资料类别	资料名称	数据内容	数据用途	数据需求*	备注
降雨	降雨数据	实测、雷达预测或基于本地历史降雨数据经频率分析推导的分钟连续降雨数据	雨型设置	●	优先采用已公布雨型
	暴雨强度公式	暴雨强度公式			
地形	道路路网图	交叉口等控制点高程的道路路网图	汇水区划分,确定汇水区面积、坡度、宽度、地面高程	●	二选一
	地形图 / 数字高程模型 (DEM)	地表高程			
管网	排水管网平面图及高程图(或高程数据)	排水渠节点(检查井、排口)及管线位置、长度、管径、坡度、进出水高程、粗糙系数	管网构建和参数设置	●	
其他设施	海绵设施	海绵设施平面分布、类型、结构尺寸、汇水区域、进出水高程	低影响开发设施设置	●	若海绵设施对峰值流量影响较大
	蓄排设施	泵站、调蓄等设施运行工况数据;水泵工况曲线、调蓄设施蓄水及出水曲线	泵站、调蓄等设施运行工况设置	●	若存在此类设施

资料类别	资料名称	数据内容	数据用途	数据需求*	备注
下垫面	航拍影像	流域高分辨率航拍图	汇水区不透水面积百分占比设置	●	二选一，区域内未开发区应采用规划用地类型
	土地利用规划图	土地利用类型数据			
水系	水系分布	天然及人工水系水位高程	排放口边界条件设置	▲	
土壤	土壤分布	土壤类型及下渗性能	下渗参数设置	▲	可通过类似地区文献估计
监测数据	实际监测数据	降雨、水位、流量同步监测数据及其他非数据型历史内涝资料	模型率定	▲	可通过洪痕估计最高水位

注：* ●—必须资料，▲—其它资料。必须资料是模型构建过程所必须的，其他资料可视具体情况进行收集。

表 A.0.2 新建区内涝风险评估数学模型构建基础数据

资料类别	资料名称	数据内容	数据用途	数据需求*	备注
降雨	降雨数据	实测或经频率分析推导的分钟连续降雨数据	雨型设置	●	优先采用已公布的雨型
	暴雨强度公式	暴雨强度公式			
地形	道路路网图	交叉口等控制点高程的道路路网图	汇水区划分，确定汇水区面积、坡度、宽度、地面高程	●	

资料类别	资料名称	数据内容	数据用途	数据需求*	备注
管网	排水管网平面图及高程图(或高程数据)	排水管网节点(检查井、排口等)及管线平面位置、长度、管径、坡度、进出水高程、粗糙系数	管网构建和参数设置	●	
其他设施	海绵设施	海绵设施平面分布、类型、结构尺寸、汇水区域、进出水高程	低影响开发设施设置	●	若海绵设施对峰值流量影响较大
	蓄排设施	泵站、水库、调蓄等设施运行工况数据;水泵曲线、调蓄设施蓄水及出水曲线	泵站、水库、调蓄等设施运行工况设置	●	若存在此类设施
下垫面	土地利用规划图	土地利用类型数据	汇水区不透水面积百分比设置	●	
水系	水系分布	天然及人工水系水位高程	排放口边界条件设置	▲	
土壤	土壤分布	土壤类型及下渗性能	下渗参数设置	▲	可通过类似地区文献估计

注: * ●—必须资料, ▲—其它资料。必须资料是模型构建过程所必须的, 其他资料可视具体情况进行收集。

A.0.2 内涝风险评估应按下列步骤进行, 以最常见的 SWMM 系列模型为例:

(1) 基本排水网络构建

手工或利用第三方软件与 CAD、GIS 数据的接口导入功能, 逐一将子汇水区、雨水管道、检查井节点进行拓扑关联, 构建基本排水网络。

(2) 汇水区水文参数赋值

汇水区坡度可以利用 GIS 的空间计算功能或者手工计算得出;不透水率可基于土地规划资料(不同用地类型)按面积加权平均计算,建成区还可根据航拍图(不同用地类型)按面积加权平均计算;子汇水区宽度可按 $K \times \sqrt{\text{汇水区面积}}$ (建筑小区 $0.5 < K < 2$) 计算。

雨水下渗模型主要有以下几种: Horton、Modified Horton、Curve Number (CN)、Green-Ampt、Modified Green-Ampt 等。Horton 模型对参数要求较少,是较常用的下渗模型,CN 模型对于数据要求最低。我国常用 Horton 模型,美国常用 Horton、CN 模型。其他下渗模型可参考 SWMM 手册及相关地区文献确定。

(3) 雨水系统检查井节点及管道参数赋值

各参数均应根据实际情况设定,其中:

①节点 Surge Depth 根据检查井周围实际地表高程情况设定;

②节点 Ponded Area 在内涝风险评估中一般可设为较大值(如 100m^2),以避免模拟过程中由于检查井溢流而损失这部分水量。

(4) 设置降雨数据

设置雨量站,输入设计暴雨时间序列数据(或打开输入文件.inp 直接编辑。)

(5) 设置泵站工况

定义输入泵站特征工况曲线。

(6) 设置大型调蓄类设施工况

定义水库(reservoir)特征曲线(水位-容积曲线及水位-出流曲线)。调蓄设施的水位-容积曲线根据地形图计算确定,出流流量根据蓄水设施的出水方式经水力计算获得或通过设置不同 outlet 实现。

(7) 设置排放口,指定边界条件

见本标准第 4.2.10 条。

(8)设置运行起始和终止时间

运行起始时间应为降雨初始时间,运行时间通常长于降雨历时。

(9)模型率定

对于已建区域有历史观测的内涝数据,可利用实际观测或者监测的流量和水位对模型进行率定。

(10)运行模型,输出结果

输出结果包括同降雨重现期管道流量峰值、水位、最大水深、不同降雨重现期检查井节点最大水深、溢流流量、溢流总量等,可结合 GIS 生成可视化内涝风险分析图。

附录 B 道路行泄通道设计

B.1 水力公式法

B.1.1 道路行泄通道承担超过排水管渠系统的超标径流的排放。水力公式法是在明确道路行泄通道需排除的涝水流量后,采用曼宁公式计算得到道路排涝的水深及流速,并以此评估道路排涝风险。

B.1.2 采用水力公式法进行道路行泄通道设计的基本流程如图 B.1-1 所示。

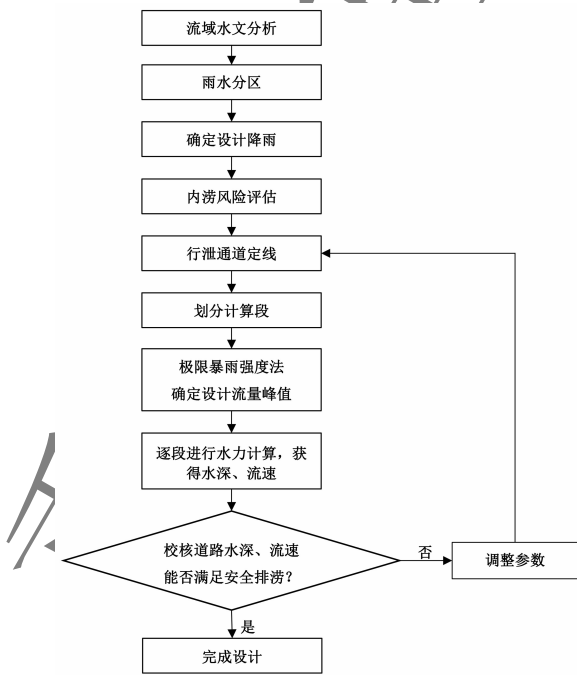


图 B.1-1 道路行泄通道设计流程图

B.1.3 水力公式法设计计算步骤如下:

(1) 进行内涝分析评估, 识别易涝点

(2) 划分计算路段

每一计算路段的横断面、表面粗糙度和坡度应大致接近。

(3) 行泄通道水力计算

地表行泄通道与地下排水管道共同承担内涝防治标准下的汇水区域雨水峰值流量。在扣除排水管道系统的最大排水流量后, 道路行泄通道所需承担流量按下式计算:

$$Q_R = Q - Q_G$$

其中 Q ——设计暴雨重现期流量峰值, m^3/s ;

Q_G ——城市排水管道满流承压状态下的过流能力, m^3/s 。

以上下游检查井处地面高程差为水头损失, 建立伯努利方程进行水力计算。

(4) 排涝风险评估

根据本标准第 7 章进行道路排涝安全评估, 山地城市道路坡度较大, 应同时校核水深 h 和 $h \cdot v$ 两个排涝安全指标。道路行泄通道流速 v 及水深 h 采用曼宁公式计算。

(5) 交叉口流量计算

在重要或者构造复杂的交叉口, 应使用二维模型或者现场试验来确定流量分配。信息不足时, 可将交叉口简化为 90 度, 采用堰流公式进行支路分流流量估算。

(6) 行泄通道设计调整

当地表径流行泄通道的过水能力不满足安全排涝要求时, 需对道路纵向坡度、断面形状进行调整, 或规划设计新的行泄通道, 并重新进行流量及水深计算, 确保满足排涝要求。

B.2 数学模型法

B.2.1 采用数学模型法进行道路行泄通道的设计计算时, 将排

水管道及道路系统概化为双层排水系统,将道路作为与管道并行的宽浅明渠,二者同步进行水力计算并在检查井处竖向进行流量交换。

B.2.2 数学模型法进行道路行泄通道设计的基本流程如图 B.2-1 所示:

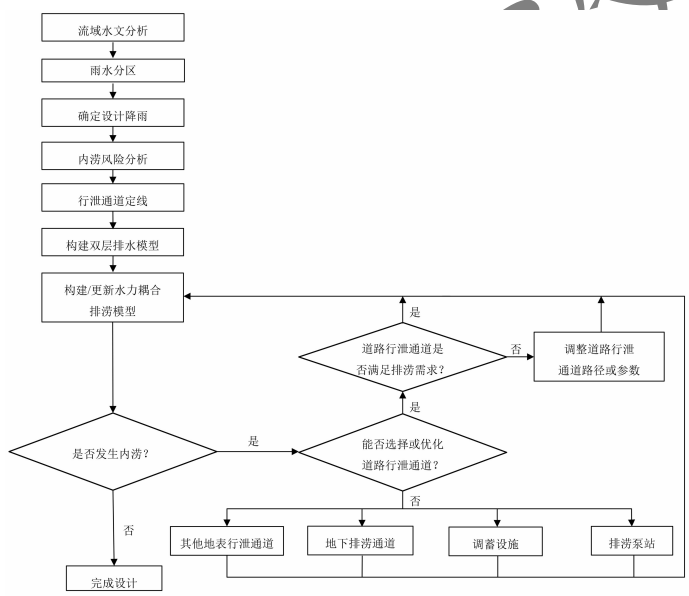


图 B.2-1 数学模型法设计流程

B.2.3 数学模型法设计计算步骤如下:

- (1) 构建城市雨水数学水力模型,进行内涝分析,识别内涝点
- (2) 确定地表行泄通道走向
- (3) 构建地表道路/地下管网双层排水模型
 - 1) 将道路作为与管道并行的明渠添加到现有模型中,该渠道的上游及下游节点与管道相同,但其进出水偏移分别设置为上下游检查井高度以表征道路排水;
 - 2) 渠道的断面特征与大小与道路实际过水断面一致,可设置为三角形、梯形或者不规则断面形式;

3) 粗糙系数可按本标准表 4.2.16 取值。

(4) 设置模型排放口边界条件

(5) 校核及调整

从下游开始至上游形成贯通道路行泄通道。每完成一个通道路段设计,应重新运行一次模型,检验内涝点是否消除以及排涝风险是否超过允许值,并校核不同排水区域是否由于道路连通的流量交换产生了新的涝点。如果有,则对定线进行调整或者对道路进行改造,直至满足排涝要求。

附录 C 应用案例

C.1 数学模型法内涝风险评估

现以案例介绍利用 EPA SWMM 模型进行内涝风险评估的方法。选择某市某区域为典型案例,构建区域管网雨水模型,识别内涝点。具体步骤如下。

(1)构建区域雨水管网模型

1) 子汇水区创建

根据设计区域地形图、水系分布、道路路网和雨水管网划分子汇水区。

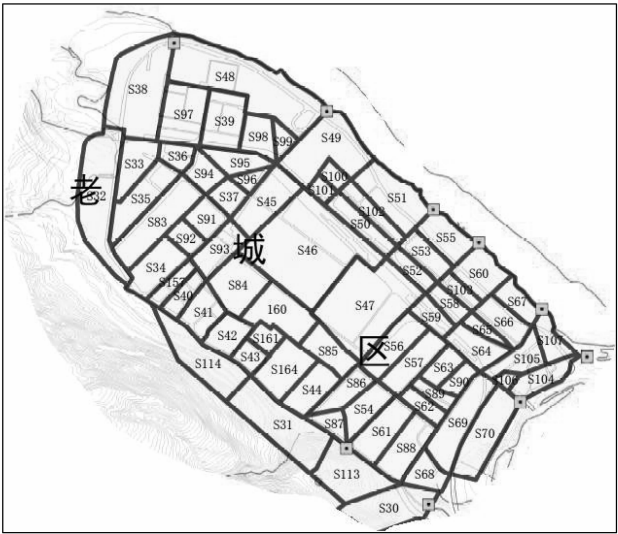


图 C.1-1 子汇水区划分

2) 子汇水区参数赋值

汇水区关键参数包括面积(Area)、宽度(Width)、坡度(%)

Slope)、不透水下垫面占比(% Imperv)等,入渗模型选择霍顿模型(Horton)。霍顿模型(Horton)需要提供最大入渗率(Max. Infil. Rate)、最小入渗率(Min. Infil. Rate)、衰减常数(Decay Constant)、完全干燥时间(Drying Time)、最大体积(Max. Volume)。这些参数应根据实测值进行设置,无实测值时可以根据 SWMM 用户手册,根据土壤的类型(如砂土、壤土、粘土等)进行设置。

3) 节点及管网模型概化及赋值。

在水动力模块的 Node 和 Link 下面分别设置检查井节点和管段。检查井通常设置为普通节点(Junction),管道、明渠和河道均设置为管道(Conduit)。节点(Junction)处必须设置检查井底标高(Invert El.)和埋深(Max. Depth),管道(Conduit)处需设置管道形状(如圆形、矩形、梯形、不规则形等),管道内部净空高度(Depth),长度(Length),进口与检查井底的距离(Inlet Offset)、出口与检查井底的距离(Outlet Offset)、进出口损失系数(Entry/Exit Loss Coef.)、以及初始流量(Initial Flow)。概化后的 SWMM 模型如图 C.1.2 所示。

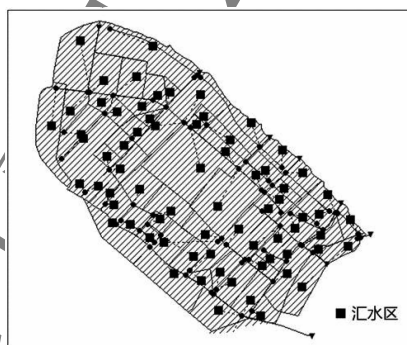


图 C.1-2 SWMM 雨水管网模型

(2) 模拟选项设置

模拟选项中,选择降雨—径流(Rainfall / Runoff)及汇流演算(flow routing),为了进行压力流、地表溢流及下游顶托等模拟计算,汇流演算方法必须选择动力波算法(Dynamic Wave),入渗

模型可选择霍顿模型。计算日期设置与降雨时间序列一致。流域水文计算步长(runoff step)及水力演算步长(routing step)根据实际精度要求确定,报告步长根据用户需求时间间隔确定。本例中流域水文计算步长雨季和旱季时间步长分别设置为 1min 和 1 hr,报告步长设置为 5min,水力演算步长设置为 10s。

(3)降雨数据输入

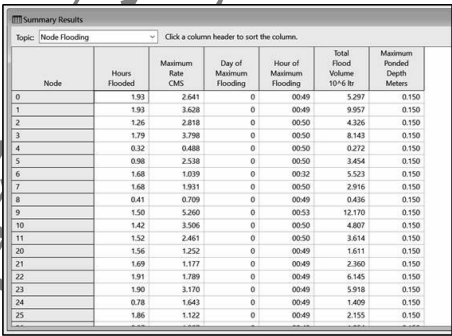
在时间序列(Time Series)下面添加一个命名为“30yr”的每隔 10 分钟的 30 年一遇 2 小时降雨数据时间序列。在 SWMM 模型中添加雨量站(raingages),并指定采用“30yr”这个降雨时间序列。在所有汇水区采用该雨量站降雨数据。

(4)模型率定

有实际监测数据的地区,选取实测降雨运行模型,利用同步监测的水量、水位数据对模型的水文、水力参数进行率定。

(5)内涝风险分析

选择降雨时间序列,运行 SWMM 模型,输出内涝模型结果。SWMM 可输出单个管道或者检查井水力计算结果、管道及节点溢流信息汇总表(图 C. 1-3),包含管道最大流量、检查井最高水位及最大水深、检查井最大溢流流量及溢流时间等内涝风险分析数据。



Summary Results						
Topic: Node Flooding		Click a column header to sort the column.				
Node	Hours Flooded	Maximum Rate CMS	Day of Maximum Flooding	Hour of Maximum Flooding	Total Flood Volume 10^6 ltr	Maximum Ponded Depth Meters
0	1.93	2.641	0	00:49	5.297	0.150
1	1.93	3.628	0	00:49	9.957	0.150
2	1.26	2.818	0	00:50	4.326	0.150
3	1.79	3.798	0	00:50	8.143	0.150
4	0.32	0.488	0	00:50	0.272	0.150
5	0.98	2.538	0	00:50	3.454	0.150
6	1.68	1.039	0	00:32	5.523	0.150
7	1.68	1.951	0	00:50	2.916	0.150
8	0.41	0.709	0	00:49	0.436	0.150
9	1.50	5.260	0	00:53	12.170	0.150
10	1.42	3.506	0	00:50	4.807	0.150
11	1.52	2.461	0	00:50	3.614	0.150
20	1.56	1.252	0	00:49	1.611	0.150
21	1.69	1.177	0	00:49	2.360	0.150
22	1.91	1.789	0	00:49	6.145	0.150
23	1.90	3.170	0	00:49	5.918	0.150
24	0.78	1.643	0	00:49	1.409	0.150
25	1.86	1.122	0	00:49	2.155	0.150

图 C. 1-3 SWMM 节点溢流结果汇总表

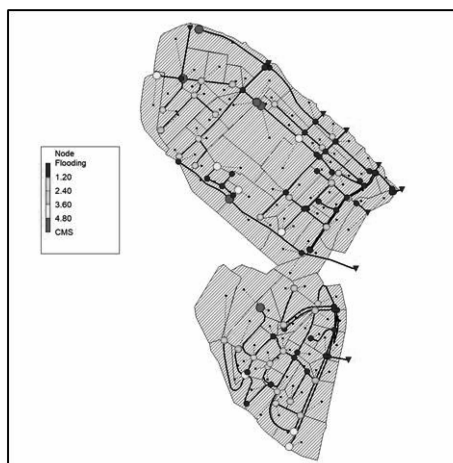


图 C.1-4 溢流节点显示

SWMM 中可将所有溢流节点的溢流量、水位等计算结果简单进行可视化,如图 C.1-4 所示。或者将 SWMM 检查井节点最大积水深度及积水时间数据输出至 GIS,利用 GIS 的空间分析工具,制作易涝点分布地图及不同重现期下的积水范围电子地图,将内涝风险评估结果可视化。

C.2 数学模型法道路行泄通道设计

以改造一条包含易涝点 Y77 的道路作为行泄通道为例,介绍道路行泄通道的设计方法(图 C.2-1)。

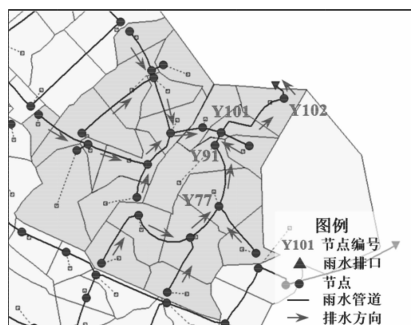
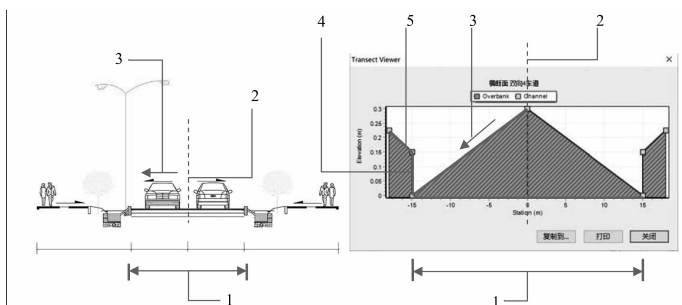


图 C.2-1 排水区域

在对构建该区域利用 SWMM 模型进行内涝风险评估后,识别出易涝点,进行道路行泄通道初步定线。根据地形、用地类型等情况,将检查井节点 Y77 到 Y102 间道路规划为行泄通道。

在已构建的 SWMM 雨水管道模型中,在两个检查井节点之间增加一条与雨水管道平行的管道代表道路排涝通道,管道命名为管道 1,道路命名为道路 1 以区分。节点 Y77 和 Y91 之间为管道 1,竖向对应道路 1;节点 Y91 和 Y101 之间为管道 2,竖向对应道路 2;节点 Y101 和 Y102 为管道 3,竖向对应道路 3。管道和平行的道路为一个系统,如道路 1 和管道 1 为系统 1。道路行泄通道的水力参数根据实际情况设定,进水偏移和出水偏移分别设置为上下游检查井井深。道路通道断面形式根据实际断面形状设置,本例中设置为不规则断面。



(a)道路概化断面图

1-车行道底宽 2-道路中心线 3-道路横坡 4-路缘石高度 5-人行道坡度

图 C.2-2 道路行泄通道断面概化

运行 SWMM 并将结果输出。道路排涝最大水深结果表明：道路 3 的积水深度小于 0.15m，符合涝水行泄要求；而道路 1、2 车行道积水深度大于 0.15m，不符合要求。

依据实际地形和道路信息，判断出行泄通道布局合理，无需选取其他行泄通道或调整路径，可通过调整行泄通道参数消除内涝。结合周边相连道路信息，将道路 2 横坡下调横坡至 1.5%，纵坡下调至 0.91%。如果提高 Y91 处的道路标高，会导致道路 1 坡度变缓而降低其排水能力。因此选择降低 Y101 处路面标高。在模型中调整检查井 Y101 参数，将路面高度下调 0.25m。重新运行模型，得到三条道路的最大积水深度均小于 0.15m。因此，包含易涝点 Y77 的行泄通道设计成功。

C.3 水力公式法道路行泄通道设计

以已指定作为地表涝水行泄通道的某一段道路路段为例，介绍采用水力公式法进行道路行泄通道设计的方法(图 C.3-1)。

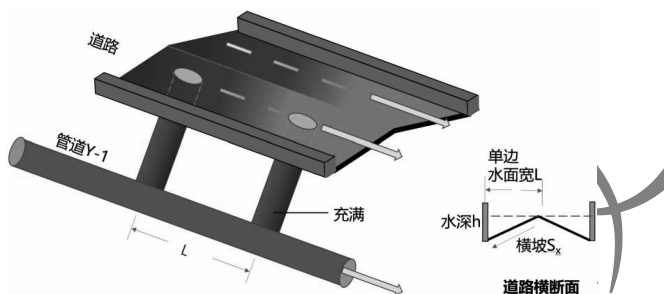


图 C.3-1 双排水系统图

假设该道路下埋设雨水管道 Y-1。

(1)对雨水管道的汇流区域进行划分,计算得到该管道的汇流面积 F ;根据流域用地性质,确定汇流区域的径流系数 Ψ 。

(2)采用推理公式法 $Q=q\Psi F$ (公式 4.2.2),计算设计重现期暴雨强度 q 下,该段道路和管道联合需排放的暴雨峰值流量 Q 。

(3)在雨水管道 Y-1 上下游两个检查井之间,建立水面的伯努利方程,如公式(C.3-1)所示,计算雨水管道满流承压状态下的过流能力 Q_G 。在忽略局部水头损失的情况下,也可根据水力坡度(等于管道上下游两个检查井之间水面高度差除以管道长度,或近似等于道路纵向坡度),按满流状态查水力计算表得到管道过流能力 Q_G 。

$$Q_G = A_p \left[(2g\Delta h^{\text{水面差}}) / (1 + \sum k_m + \sum (\lambda L/D)) \right]^{0.5} \quad (\text{C.3-1})$$

其中:

A_p :管道横断面面积

$\Delta h^{\text{水面差}}$:管道上下游两个检查井之间水面高度差,在雨水管道满流承压状态下也可认为近似等于道路纵坡(%) $\times$ 管道长度(m)

$\sum k_m$:局部水头损失系数之和,主要包括进口和出口局部水头损失

λ :管道沿程水头损失系数,通常在 0.002-0.05 之间

D :管道管径(m)

L :管道长度(m)

(4)道路行泄通道需排除的涝水流量为超过雨水管道排放能力的流量值部分。

$$Q_G = Q - Q_G$$

(5)按照 4.2.16 所述道路表面的构造形式确定道路水深、过水断面面积关系,采用曼宁公式,反向试算得到道路排涝的水深 h 。

$$Q_G = \frac{1}{n} A R^{2/3} S_L^{1/2}$$

n :曼宁系数,通常为 0.014-0.03 之间

A :道路过水断面面积(m^2),根据道路最大水深 h 和道路横断面形状确定

R :道路水力半径(m),根据道路过水断面面积和湿周确定

S_L :道路纵向坡度(%)

(6)根据计算得到的水深,计算得到道路断面平均流速

$$v = Q_R / A$$

(7)采用水深和流速,根据 7.2.10 所述方法评估道路排涝风险。如果不符合安全排涝要求,调整道路宽度、横向坡度、纵向坡度等参数,甚至在上游交叉口处分流部分流量,使得道路满足安全排涝要求。

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,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

- 《室外排水设计标准》GB 50014
《城镇内涝防治技术规范》GB 51222
《城镇雨水调蓄工程技术规范》GB 51174
《山地城市室外排水管渠设计标准》DBJ50/T-296
《低影响开发雨水系统设计标准》DBJ50/T-292
《城镇内涝防治系统数学模型构建和应用规程》T/CECS 647
《城镇排水管渠与泵站运行、维护及安全技术规程》CJJ68

重庆工程职业技术学院

重庆市工程建设标准

山地城市内涝防治技术标准

DBJ50/T-427-2022

条文说明

2022 重 庆

重庆工程职业技术学院

目 次

1	总则	51
3	基本规定	52
4	设计计算	54
4.1	设计标准	54
4.2	计算方法	55
5	源头减排设施	63
6	排水管渠设施	65
6.1	地面雨水收集设施	65
6.2	排水管渠	65
7	排涝设施	67
7.1	一般规定	67
7.2	行泄通道	67
7.3	调蓄设施	71
7.4	排涝泵站	71
8	运行维护	73
8.1	一般规定	73
8.2	监测	73
8.3	日常维护	74
8.4	应急管理	74

重庆工程职业技术学院

1 总 则

1.0.1 重庆市的地形、地貌、地质、土壤及气候等与其它平原城市有一定的差异。基于重庆市山地城市的自然特征,编制本标准以指导重庆市城镇内涝防治工作的有效开展。本标准中的“城市”与“城镇”内涵相同,包括建制镇,不包括一般集镇。

1.0.2 重庆市城镇新建、改建和扩建工程涉及内涝防治设施的,其建设和运行维护应按本标准执行。原有的城镇内涝防治设施的维护可参照本标准执行。

1.0.4 应对频率较小的超大暴雨,过度扩大防涝工程设施规模并不经济,还需利用应急管理等非工程性措施,共同达到内涝防治目的和要求。

1.0.5 国家现行标准包括《室外排水设计标准》GB 50014、《城镇内涝防治技术规范》GB 51222、《城镇雨水调蓄工程技术规范》GB51174、《泵站设计规范》GB 50265、《城镇内涝防治系统数学模型构建和应用规程》T/CECS 647、《城镇排水管渠与泵站运行、维护及安全技术规程》CJJ68;重庆市现行标准包括《山地城市室外排水管渠设计标准》DBJ50/T-296、《低影响开发雨水系统设计标准》DBJ50/T-292、《重庆市城镇排水管网监测技术导则》等。

3 基本规定

3.0.1 建设项目应首先定性分析自身场地是否具有积水风险、是否因外排导致下游产生积水风险。可能存在积水风险时(例如场地地形变化、下垫面硬化、天然冲沟水系填埋或其它蓄水排水设施改造时,导致排水方向改变、场地滞蓄和排水能力减弱、外排径流量增加,造成本地或者下游出现新的内涝风险),应对积水深度、退水时间进行定量计算,并按第 4.1.3 条进行内涝风险评估。

可根据内涝防治设计重现期下的退水时间、积水深度、地表径流流速以及区域重要程度等因素按下表确定内涝风险等级。

表 1 内涝风险等级划分标准表

风险等级	区域重要程度	危险性指标	
		退水时间 t (h)	积水深度 h (cm)
高	非中心城区	-	h>50(25)
	中心城区一般地区		
	中心城区重要地区及重要道路		
	住宅小区底层住户进水,工商业建筑物一楼进水		
中	非中心城区	t>1.5	30(15)<h≤50(25)
	中心城区一般地区	t>1.0	
	中心城区重要地区及重要道路	t>0.5	
低	非中心城区	t>1.5	15(8)<h≤30(15)
	中心城区一般地区	t>1.0	
	中心城区重要地区及重要道路	t>0.5	

注:1 道路积水深度是指靠近路拱处的一条车道最大积水深度值;

2 括弧内数值为地面积水流速超过 2.0m/s 时的积水深度限值;

3 中、低风险等级按退水时间和积水深度同时满足进行判定。

3.0.2 数学模型法能直观、高精度地反映内涝影响范围与程度,反映灾害风险的空间分布特征,但对区域地理和排水资料要求较高。

历史灾情评估法是基于历史灾情数理统计的内涝灾害评估方法,是数学模型法的重要率定与验证依据。历史灾情包括历次内涝发生时间、降雨情况、内涝防治系统情况、淹没情况和受灾情况等信息。项目改、扩建后地形、地貌及排水系统改变不大时可采用历史灾情评估法,改变较大时宜采用数学模型法。

场地条件较简单或建模困难时,也可按照《城镇内涝防治技术规范》GB 51222 附录 B 采用手工计算进行评估。

3.0.3 除了地势低凹、排水设施输水能力不足等常见原因外,收水设施布置不合理、损坏等都是引发内涝的因素,应分析内涝成因后采取相应防治措施。内涝防治除了从工程建设角度解决内涝问题外,还应加强管理避免堵塞。

3.0.4 新建区经评估存在内涝风险,设计时应采取措施达到内涝防治标准。对于建成区,条件受限时可分期改造并应最终达标。达标前采取的应急措施包括配备应急设施和制定应急管理预案等。

3.0.7 区域改建时径流量需满足要求。但有些区域下游排涝条件较好(例如临近水体或其他大型行泄通道)或下游排涝能力富余,单个项目受条件限制、内涝防治重现期下的径流量较难满足要求时,可以充分利用下游排涝设施进行区域内部径流量平衡,满足改建后区域径流量不超过原径流量的要求。

4 设计计算

4.1 设计标准

4.1.1 城区划分方式详见第 4.1.2 条文说明。本标准易涝点重现期取值范围根据《室外排水设计标准》GB50014 中表 4.1.3 的规定值并结合山地城市常见易涝点的内涝风险程度及影响程度综合确定。表中未列出的易涝点可参照相似类型确定。积水影响大、人口密集且经济条件较好的地区,宜采用规定的上限。

通常,陡坡变缓坡路段存在大排水系统,不存在长时间积水风险,但上游汇水较快可能短期积水,因此重现期比普通路段适当提高;低洼路段的雨水管渠通常需兼作大排水系统,但属于开敞空间,重现期需进一步提高;地下通道和下沉式广场雨水管渠通常需兼作大排水系统,根据其重要性采用较高的重现期。

以上易涝点若不提高管渠设计重现期,按第 4.1.2、4.1.3 条校核时一般难以满足要求;若按表 4.1.1 重现期设计的管渠不能满足校核要求时,重现期需进一步提高。

4.1.2 重庆市中心城区即原“主城九区”,包括渝中区、大渡口区、江北区、沙坪坝区、九龙坡区、南岸区、北碚区、渝北区、巴南区;其他区县包括万州区、黔江区、涪陵区、长寿区、江津区、合川区、永川区、南川区、綦江区、大足区、铜梁区、璧山区、潼南区、荣昌区、开州区、梁平区、武隆区、城口县、丰都县、忠县、垫江县、云阳县、奉节县、巫山县、巫溪县、石柱县、秀山县、酉阳县、彭水县。

本标准内涝防治设计重现期取值范围按照《室外排水设计标准》GB50014 第 4.1.3 条人口划分标准并结合重庆市区划确定。根据 2021 年 5 月公布的重庆市第七次人口普查公报(第二号),中心城区常住人口已超过 1000 万人,内涝防治设计重现期按 100

年取值;城区常住人口大于 100 万的万州等区县按 30~50 年取值;城区常住人口小于 100 万的其他区县按 20~30 年取值。人口密集、内涝影响大且经济条件较好的地区,宜采用规定的上限。

4.1.3 在内涝防治设计重现期条件下,城镇排涝能力满足本表的积水深度和最大允许退水时间时,判定为达标;反之,积水深度和最大允许退水时间超过规定值时,判定为内涝。山地城市排水条件优于平原城市,因此最大允许退水时间取《室外排水设计标准》GB50014 的低值。

4.1.4 按排水管渠设计重现期进行设计后,应按内涝防治设计重现期对系统排涝能力进行整体校核。校核结果不满足内涝防治设计重现期下的积水设计标准时,可采取加大管渠排水能力、设置行泄通道、调蓄和内河整治等措施。不必直接采用内涝防治设计重现期对排水管渠进行设计。

4.2 计算方法

4.2.1 山地城市地形坡度较大,即使汇水面积较大,但下垫面单一且无滞蓄设施时,采用推理公式计算仍较准确,该情况在山地城市中较为常见。若场地内有坑塘等滞蓄设施时,无论面积大小,考虑到区域降雨和地面渗透性能的时空分布不均匀性和管网汇流过程等因素,采用推理公式法计算误差较大,适合采用模型法。

4.2.4 排水管渠计算通常采用的是短历时,内涝防治系统设计和校核时,为计算渗透、调蓄等设施对雨水的滞蓄作用,宜采用较长历时。

4.2.6 根据美国自然资源保护服务局编写的《小流域城市水文学》TR55 手册,地表漫流根据汇流特征可分为坡面层流(Sheet flow)和浅层细沟流(Shallow concentrated flow)两种流态。坡面层流是降雨在平面上的浅层流动,通常发生在汇流区的上游,汇

流长度一般不超过 300 英尺(约 90 米),可用曼宁方程求解。汇流长度超过 300 英尺(约 90 米)后,流态转变为浅层细沟流,此时的流速仅与坡度和地面类型有关。

4.2.8 市政管渠设计时采用的径流系数适用于短历时、低重现期(3~5 年)的降雨,而内涝防治设计校核时暴雨重现期较高、降雨历时较长,土壤入渗系数衰减,径流量明显增大,有必要对径流系数取值进行修正。

重庆地区针对短历时、低重现期降雨,未开发区(以绿地为主)径流系数通常取值 0.15~0.35,建成区综合径流系数通常取值 0.7 左右。本标准对 3~24 小时设计暴雨的径流系数取值进行修正。采用重庆市 3 小时及 24 小时设计暴雨雨型,对典型下垫面(土壤最大渗透速率 101.6mm/h,饱和渗透速率 3.302 mm/h,建成区硬化比例 65%)进行模拟,同时参照《室外排水设计标准》GB50014、《城镇内涝防治技术规范》GB51222 附录中的要求确定高重现期径流修正系数。

山地城市地形坡度较大,汇流时间短,峰值径流量较大。我国北方等大多数城镇较为平坦,地面坡度通常不超过 1%。重庆地区地面坡度通常大于 1%,有必要对不同地面坡度的径流系数进行修正。参照美国奥斯汀市 2012 年《雨水排水设计标准》,各类下垫面在不同坡度下径流系数差异较大。采用重庆市 3 小时及 24 小时设计暴雨雨型对不同坡度的下垫面进行产汇流模拟,对 2%~10%的坡地径流系数取值进行修正。

模拟 3~24 小时设计暴雨的径流系数典型值见表 2~表 5,典型径流过程见图 1~图 2。

表 2 未开发区 3 小时设计暴雨径流系数典型模拟值

重现期 地面坡度	5 年	20 年	30 年	50 年	100 年
坡度 0.5%	0.28	0.46	0.49	0.53	0.57
坡度 1%	0.32	0.53	0.56	0.60	0.64
坡度 2%	0.37	0.60	0.63	0.67	0.70
坡度 3%	0.40	0.63	0.67	0.70	0.73
坡度 5%	0.44	0.68	0.71	0.74	0.76
坡度 7%	0.47	0.70	0.73	0.76	0.79
坡度 10%	0.50	0.73	0.76	0.78	0.80

表 3 未开发区 24 小时设计暴雨径流系数典型模拟值

重现期 地面坡度	5 年	20 年	30 年	50 年	100 年
坡度 0.5%	0.43	0.55	0.57	0.59	0.61
坡度 1%	0.48	0.62	0.64	0.65	0.66
坡度 2%	0.57	0.68	0.69	0.70	0.72
坡度 3%	0.62	0.71	0.72	0.73	0.75
坡度 5%	0.67	0.75	0.76	0.77	0.78
坡度 7%	0.71	0.78	0.78	0.79	0.80
坡度 10%	0.74	0.80	0.81	0.82	0.83

表 4 建成区 3 小时设计暴雨径流系数典型模拟值

重现期 地面坡度	5 年	20 年	30 年	50 年	100 年
坡度 0.5%	0.68	0.80	0.82	0.84	0.85
坡度 1%	0.70	0.66	0.85	0.86	0.88
坡度 2%	0.74	0.86	0.88	0.89	0.90

续表 4

地面坡度 \ 重现期	5 年	20 年	30 年	50 年	100 年
坡度 3%	0.75	0.70	0.89	0.90	0.91
坡度 5%	0.76	0.89	0.90	0.91	0.92
坡度 7%	0.78	0.90	0.91	0.92	0.93
坡度 10%	0.79	0.91	0.92	0.93	0.93

表 5 建成区 24 小时设计暴雨径流系数典型模拟值

地面坡度 \ 重现期	5 年	20 年	30 年	50 年	100 年
坡度 0.5%	0.87	0.90	0.91	0.91	0.91
坡度 1%	0.90	0.92	0.93	0.93	0.93
坡度 2%	0.92	0.94	0.94	0.94	0.95
坡度 3%	0.93	0.95	0.95	0.95	0.96
坡度 5%	0.94	0.96	0.96	0.96	0.97
坡度 7%	0.96	0.96	0.97	0.97	0.97
坡度 10%	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98

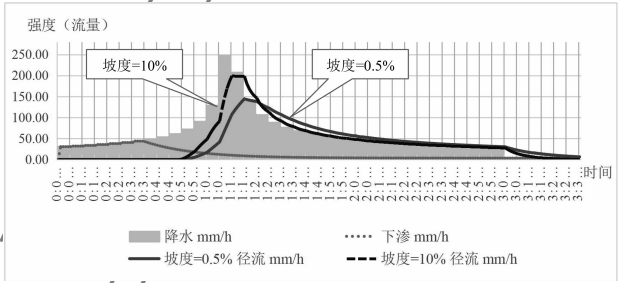


图 1 未开发区 3 小时降雨典型产流过程图(100 年重现期)

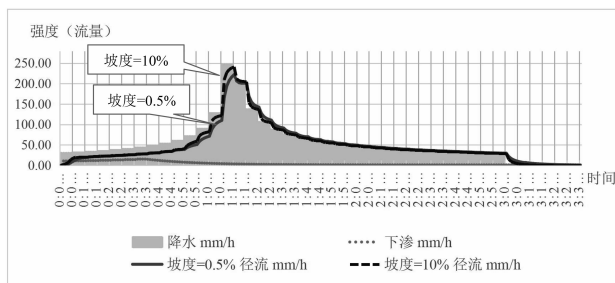


图 2 建成区 3 小时降雨典型产流过程图(100 年重现期)

表 4.2.8-1~4.2.8-3 中修正系数按以上方法模拟计算得出，设计工况类似时可参照表中取值进行修正计算。在相同暴雨重现期下，渗透比例高、饱和和渗透系数小的下垫面，其修正系数宜取高值。其他工况应进行模拟计算。

4.2.9 在模型计算过程中，参数确定的合理性是重要前提条件。可以直接实际测量的参数是具有实际物理意义的参数如汇水区面积、管段的长度、管径、埋深等；不能直接测量的参数包括汇水区坡度、汇水区宽度、不透水下垫面占比、洼地面积占比等参数，可利用高程图、土地规划图或者卫星影像图进行手工估算或者利用地理信息 GIS 工具进行间接估算；对于其他参数，如曼宁系数可参考表 4.2.6，土壤下渗参数可按表 6 进行取值。直接实测的参数通常不需要率定，非直接测量的参数需进行率定。常用的独立流量计算方法包括：径流系数法、水文频率分析法。

表 6 土壤类型及下渗参数表

序号	土壤类型	土壤孔隙率	产水能力	枯萎点	土壤饱和和导水率 (mm/hr)	土壤毛细吸水头 (mm)
1	砂土	0.437	0.062	0.024	120	49
2	壤质砂土	0.437	0.105	0.047	30	61
3	砂质壤土	0.453	0.190	0.085	11	110

续表 6

序号	土壤类型	土壤孔隙率	产水能力	枯萎点	土壤饱和导水率 (mm/hr)	土壤毛细吸水头 (mm)
4	壤土	0.463	0.232	0.116	3	89
5	粉质壤土	0.501	0.284	0.135	7	170
6	砂质粘壤土	0.398	0.244	0.136	2	220
7	粘质壤土	0.464	0.310	0.187	1	210
8	粉质粘壤土	0.471	0.342	0.210	1	270
9	砂质粘土	0.430	0.321	0.221	1	240
10	粉质粘土	0.479	0.371	0.251	1	290
11	粘土	0.475	0.378	0.265	0	320

4.2.10 水力模型的运行需基于给定的下游边界条件。城镇雨水系统常用边界条件及其适用范围包括：

①排放口无洪水顶托：如通过调查已知下游市政管道或者河道不会对雨水排放产生顶托，边界条件设置为自由出流；

②排放口受动态洪水顶托（江水涨落或者下游市政排水管网顶托）：边界条件设置为洪水水位随时间变化的数据序列，需要用户从外部定义并输入，可根据市政管网实际运行情况、排放水体对应重现期下的洪水水位进行设定；

③排放口受静态洪水顶托（排放至湖库等相对静止水体）：边界条件设置为与模拟的重现期对应的排放水体的洪水水位，以体现排放水位的顶托作用。

手工计算时也需考虑是否受顶托。

4.2.11 城镇排水系统通常包括封闭管渠和明渠。下游受顶托时，应优先采用以 SWMM 动力波算法等为代表的城市雨洪模型，以反映城市内涝时管道中的复杂流态，例如重力流和压力流并存、管道承压和地表溢流并存、下游水位顶托等情形。

也可采用伯努利方程按下式手工计算：

$$h'' = \frac{1}{2g} \times \left(\frac{Q}{A_p}\right)^2 \times \left(1 + \sum \xi + \frac{\lambda L}{D}\right)$$

式中： Q ——流量(m^3/s)；

A_p ——管渠过水断面面积(m^2)；

h'' ——上游和下游水位差(m)；

ξ ——局部水头损失系数；

λ ——管渠沿程阻力系数；

L ——管渠长度(m)；

D ——管渠计算内径(m)。

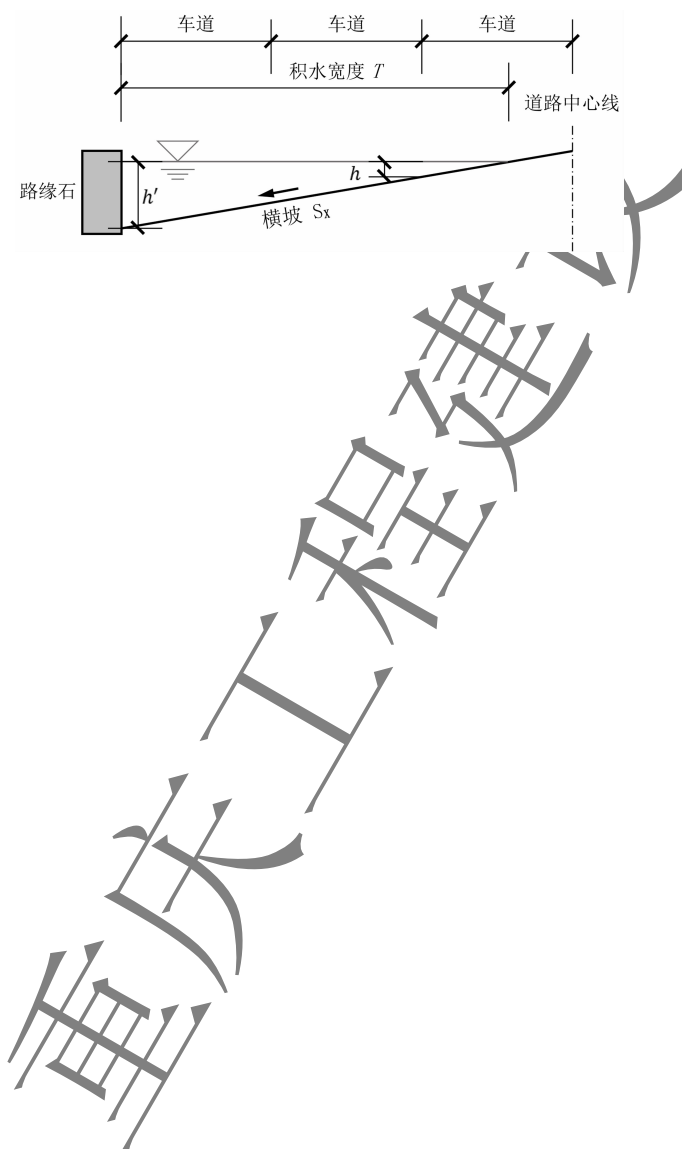
若有不同管径则应分段计算相加。

4.2.12 常用的产、汇流计算方法有径流系数法、扣损法和单位线法。蒸发量较大或透水性比例较高地区的内涝防治设施设计和系统校核时，利用综合径流系数计算径流量误差较大，可采用扣损法计算。

4.2.16 采用手工计算方法进行内涝防治系统校核时，应由道路表面和两侧路缘石或建筑物构成的积水空间简化为明渠，核算内涝防治设计重现期下道路积水宽度、积水深度等。

道路增设偏沟形成复合断面，但因道路偏沟通常宽度 0.25～0.50 米且不超过路缘带、横坡不大于 8%，在道路积水宽度为 1～4 车道(约 3.75～14.5 米)、道路横坡 1.5～2.0% 时，增设偏沟对断面过流能力影响较小。经计算，上述复合横坡断面的积水宽度约为单一横坡积水断面的 93.8%～99.9%。工程应用时可按单一横坡断面简化计算，但此时增大的雨水算前水深对雨水口泄水量影响较大，算前水深应按复合断面计算。其他复合断面的过流能力可按曼宁公式计算。

表 4.1.3 中最高一条车行道的积水深度 h 可通过路面积水宽度 T 以及道路横坡 S_x 、车道宽度等计算。双车道或多车道路面，若积水未漫至靠路拱最近的车道边线，则积水深度 h 为零。



5 源头减排设施

5.0.1 山地城市内涝防治和低影响开发并不冲突。系统源头可设置低影响开发设施,中途和末端可以采用低影响开发方式转输和滞蓄涝水,即使不计 LID 设施的调蓄能力,也应融入低影响开发理念。

5.0.2 滞留设施的溢流能力通常按小排水系统设计。当需要排放超标雨水时,溢流设施排水能力应进一步提高,且应与下游内涝防治系统相衔接;需要源头减排设施缓解下游排涝压力时,可选择具有滞蓄功能的 LID 设施削减雨水径流峰值,并尽量提高其滞蓄能力。

5.0.3 滞蓄设施可以用于调蓄和排放超标雨水,但其水位、积水深度、流速和排放路径不应影响建构筑物 and 行人安全。

5.0.4 源头减排系统对高频次的中、小降雨有一定削峰效果,在管渠系统设计暴雨强度下滞蓄设施可能已处于溢流状态,渗透设施的人渗速率已衰减,对暴雨削峰效果有限。

5.0.5 防涝调蓄设施可与源头减排设施合并建设。其渗透滞蓄能力可采用模型模拟计算,不考虑渗透滞蓄作用时与一般调蓄设施计算方式相同。

5.0.6 滞留设施汇水范围内无其他溢流设施时,超标雨水将超过滞留设施的溢流能力,漫过周边地坪溢流。溢流口以下的空间是低影响开发蓄水空间,超标雨水发生时低影响蓄水空间已充满,不能计入涝水调蓄容积,但溢流口至地坪最低处的空间可以计入。排涝水位高于设计溢流水位时,应该按排涝水位计算溢流口泄流能力,但不应超过下游管渠按压力流计算的流量。

5.0.7 植草沟按流量法设计,其排水能力一般按管渠系统对应的暴雨强度设计,超高有限,泄水能力余量较小,不能调蓄或排放

超标雨水；植草沟按超标雨水排放系统设计时可计入其调蓄容积。

5.0.8 源头生物滞留设施的溢流系统通常按小排水系统设计。超标雨水将超过滞留设施的溢流能力，服务范围越大，内涝风险越大。服务范围过大还会导致径流路径过长，初雨收集效果差。作为末端生物滞留设施托底上游指标时，面积可适当放大。

5.0.9 行洪排涝时的泥沙沉积对透水铺装的维护带来较大困难，广场、人行道等透水铺装不宜位于低重现期的排涝通道内，不应经常淹没。

6 排水管渠设施

6.1 地面雨水收集设施

6.1.2 场地内的下穿道、地下通道应独立划为一个汇水分区收集排放雨水。上层地面雨水不得引入下穿道和地下通道等易涝区；雨水汇流路径也需避开小区进出口以免影响居民出行。

6.1.3 表 6.1.3 中宽型雨水算过流能力根据图集《雨水口》16S518 确定。其数据是在道路纵坡 0.3%~3.5%、横坡 1.5%、平算和立算算前水深 40mm、联合式算前水深 60mm 的条件下并以 1:1 的水工模型经过试验确定。表 6.1.3 中窄型雨水算过流能力为折算值，非实验数据。其他工况下，雨水口过流能力可根据实验确定或参照图集 16S518 附录中雨水口过流特性曲线确定。

6.1.6 山地城市道路纵坡较大，为保证雨水口算前水深，可采用雨水口下沉、在雨水口前端设置浅沟引流、雨水口末端设置挡水坎等措施。设置生物滞留带的道路，采用路缘石豁口收水时，可采取降低豁口处路面标高等措施保证收水效果。

6.1.7 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 1.5~3.0 倍，内涝校核时仍需考虑雨水口堵塞等因素。内涝风险路段应根据能接受的淹没水深校核雨水口过流能力。

6.2 排水管渠

6.2.1 排水管渠的管径或断面尺寸一般根据管渠设计重现期要求计算确定。内涝防治通常结合源头减排、排涝设施等进行整体

校核。大排水系统泄水能力有限时,可加大小排水系统分担部分流量。有的低洼点无地表大排水通道时,小排水系统应按大排水系统设计。

6.2.2 校核内涝设计重现期下的地面积水深度和退水时间时,排水管道系统一般处于超载状态,其过水能力需按压力流工况计算。

6.2.4 排口高于防洪水位时应考虑对景观的影响,必要时采取消能措施。受纳水体达到防洪水位时,排口受洪水顶托,排水能力应按淹没出流计算,不能按自由出流计算,并应校核上游壅水高度。

7 排涝设施

7.1 一般规定

7.1.1 排涝除险设施主要用于解决超过排水管渠设计重现期的雨水转输和控制问题。山地城市的地形特点适宜利用行泄通道排放超标雨水,当行泄通道排水能力不足或因场地条件限制不能建设行泄通道时,也可采用调蓄或泵站提升等方式排涝除险

7.1.2 除建设排水防涝专用设施外,还可结合山地城市地形特点和用地等情况,利用水体、道路、公园、湿地、下沉式广场、运动场等现有设施、场地兼作雨水行泄通道或临时调蓄空间。

7.1.3 兼用设施在启动调蓄排涝前应进行预警,关闭休闲、交通等主体功能,并对人员提前进行疏散,对重要财产采取临时保护措施,各种应急设施应保障到位。

7.1.4 区域内对于相同的内涝防治设计重现期,改建后的径流量不应超过原径流量。单个建设项目可能增加径流量,若水量超过下游可承接能力,可选择其它排涝通道或改造下游排涝设施。

7.1.5 依山而建的城市组团易受山洪威胁造成内涝,有必要在山体坡脚设置截洪沟。截洪沟雨水单独排放的优点是不会影响城区排涝系统,洁净雨水直接入河。

7.2 行泄通道

7.2.1 小排水系统经校核不满足排涝要求时,应优先考虑利用行泄通道作为大排水系统排涝,行泄通道不满足要求时才考虑调蓄设施或泵站。

7.2.2 山地城市宜充分利用地表通道排涝,低洼地带或特殊地

形区域不具备地表排涝条件且不设调蓄设施时,应设置排涝管涵或排涝隧道。

7.2.4 天然沟渠、河道等水系若因填埋、涵管化、占用或洪涝灾害损坏等造成过流能力降低,影响排涝时,可采取疏浚或修补措施恢复其过流能力。沟渠或河道若经校核在内涝防治设计标准下的水位高于岸堤时,可通过扩大断面、加大沟底坡度等工程措施提高其过流能力。

7.2.5 对于长直河道,河道流动近似于均匀流态,河流流速沿程一致,水面比降与河道底坡平行,河道水深可采用曼宁公式进行计算。但当河道底坡及下游水位边界条件变化时,则往往形成明渠渐变流或非均匀流,沿程水深及流速均有所变化。尤其是在高重现期降雨时,城市排水系统在道路涵管、桥墩处易形成壅水,同等流量下实际水深高于明渠均匀流曼宁公式预测的水深,从而导致排涝风险超标。因此对地表水系进行排涝校核时需充分考虑沿线及下游水位等边界条件,在此基础上推求水面曲线以确定排涝标准下的水位值。美国 SWMM、美国 HEC-RAS 等开源软件均可以进行明渠渐变流水面曲线演算,还可计算具有不规则断面的河道及明渠在一定流量下的水位沿程变化情况,并反映桥墩、涵管、水库等的顶托作用。

水力模型概化的主要对象包括河道(渠道)断面、水库(湖泊、塘)、大坝桥涵等复杂水工结构以及河道交汇点等流量变化节点。模型构建可根据上述物理对象的特征参数进行要素概化。河道、明渠、冲沟等线性对象通常概化为计算管段,将计算河道划分若干断面,在模型中定义各断面形状、断面间隔及河道中泓线高程,并考虑下游排放口处的水位边界条件。水库(塘)等大型水体通常概化为水库或者容积类节点。

SWMM 模型可同时进行水文及水力计算。通过连接河道断面与其对应的汇水流域来确定排涝流量,然后运行模型即可获得河道流量及水位。HEC-RAS 模型无流量计算模块,仅做水面曲

线的水力计算,因此还需要用户在断面处输入排涝重现期下的流量值,运行程序以获得排涝水位。

7.2.6 对于山地城市陡坡河道或者冲沟,水面曲线受下游水位顶托影响范围较小,也可将其近似为明渠均匀流。如坡度大于6%的河道及冲沟,可采用曼宁公式进行河道水位及排涝能力计算,即 $Q = \frac{1}{n_0} AR^{2/3} J^{1/2}$ 。

7.2.7 河道明渠可通过种植固土植被减少冲刷,对水土流失、泥石流、边坡坍塌等自然灾害有一定防治作用。对于陡坡渠道及冲沟,涝水排除时流速较高,可通过设置跌水、消能平台等方式进行消能。

7.2.10 道路作为行泄通道时,不仅需满足排涝需求,同时应确保行人和车行的安全。各项因素中,水深、流速对行人及汽车稳定性影响较大。根据英国城市排水超标设计等相关研究成果,当 $h \cdot v > 0.5 \text{ m}^2/\text{s}$ 时,存在行人被水流推倒的风险;当 $h \cdot v^2 > 1.23 \text{ m}^3/\text{s}^2$ 时,存在行人滑倒的风险。山地城市坡度较大,为保证交通和行人安全,对道路作为行泄通道的径流深度与流速及其乘积进行了限定。

陡坡或急转弯路段应特别注意校核流速和壅高。

7.2.11 道路行泄通道经校核排涝能力不足时,可通过加大车行道纵坡减小淹没深度、加大横坡提高路缘石高度等措施减小淹没宽度。

7.2.12 水力公式法在明确道路行泄通道需排除的涝水流量后($Q_R = Q - Q_G$),采用明渠均匀流曼宁公式计算道路排涝的水深及流速,并以此评估道路排涝风险。

将道路作为排水明渠,按照明渠均匀流的假定进行给定流量下水深及流速的计算过程简单,但存在着局限性,不能与地下管道作为一个整体系统同步进行水力计算,且其水力计算过程未考虑下游水位的影响。

在道路排涝时,路面和管道排水工况较复杂,与水力公式法

假定条件差别较大。数学模型法对降雨-产流-汇流这一完整过程进行动态概化,能够反映降雨径流过程的时空不均匀性,且可将管道与道路水力计算耦合同步,能够较好地模拟计算管道承压、管道溢流、路面积水、下游水位顶托等复杂水力工况下的管道及道路实际输水能力。模型法可参考《城镇内涝防治系统数学模型构建和应用规程》CECS 647。

7.2.13 采用数学模型法进行道路行泄通道的设计计算时,可将道路概化为与管渠并行的宽浅明渠,与雨水管渠系统一并概化为双层排水系统,二者同步进行耦合水力计算,并在检查井(雨水口)处竖向进行流量交换。当管道内水位低于道路水位时,道路地表的水将进入地下排水管道;当管道内水位高于道路水位时,雨水将溢流至路面,并顺地势排放或者在局部存积。用 SWMM 水力模型计算时,宜选择动力波算法(Dynamic Wave),以求解完整的圣维南方程并进行平行管道的水力计算,同时模拟地表溢流及下游顶托等复杂工况。

7.2.14 道路交叉口存在流量二次分配,如下图所示。有条件的地区,可使用二维地表洪水模型及现场试验来确定分岔道路的流量分配;条件不足的地区,可将交叉角度简化为 90 度、将支路概化为高度为零的宽顶堰进行简化,采用堰流公式或者经验公式根据上游来水水深进行支路分流流量预测。

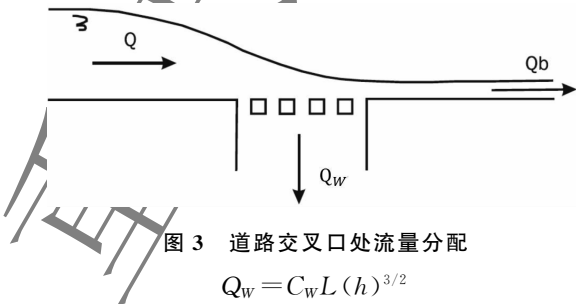


图3 道路交叉口处流量分配

$$Q_w = C_w L (h)^{3/2}$$

式中: C_w ——宽顶堰流量系数,通常取值 0.36-0.38;

L ——堰流总长度,在此为支路道路宽度;

h ——堰上水头,在此为交叉口处上游来水方向道路水深。

7.3 调蓄设施

7.3.1 本章的调蓄设施主要指对超标径流的调蓄。

7.3.2 兼用设施通常包括池塘、河库、景观水体、洼地、下凹式绿地、下沉式广场、临时停车场等。场地无兼用调蓄设施或兼用调蓄设施不能完全满足内涝防治标准时,可设置专用雨水调蓄设施。

7.3.4 雨水调蓄设施的位置和高程需确保暴雨时服务范围内的雨水径流能进入调蓄空间,应有雨水引入和有序排放的措施。

7.3.8 附属设施的设置应满足《城镇雨水调蓄工程技术规范》GB 51174 的要求。

7.3.12 清淤冲洗水污染物浓度高,一般排入污水系统或就地处理达标后排放水体。合流地区的调蓄水为雨污混合水,污染物浓度可能较高,宜排入污水系统或就地处理达标后排放。本标准的调蓄池不是初雨调蓄池,主要作用不是削减污染而是削减径流峰值,污染物浓度一般低于初雨调蓄池,经沉淀后的上清液不适于排入污水管道系统时,可按《污水综合排放标准》GB 8978 排放。

7.4 排涝泵站

7.4.1 部分低洼区域例如立交或道路的下穿道、地下通道若受场地限制,无法重力流排水时,可采用水泵提升方式排除涝水。部分临河地块低于防洪堤或设计洪水位,上游汇集的雨水受洪水位顶托不能重力流排河、在防洪堤陆地内侧积水形成内涝时,也可采用水泵提升排放。

7.4.3 内涝防治重现期下的雨水汇流边界可能超出雨水管渠设计重现期工况下的汇水范围,有条件时应通过内涝模型校核周边

溢流到本汇水区的径流量。

排涝泵站属季节性泵站,利用率低但投资较大,若采用则需根据内涝标准、设计暴雨、排涝面积、排涝方式等综合分析确定设计规模。当排涝水量较大时,为减少泵站规模可采用泵抽与调蓄并重的方式,通过加大集水池调节容积或设置专用调蓄设施,以应对超标降雨、满足内涝防治标准。有条件还可兼顾径流总量控制、降雨初期污染防治与雨水利用。

水泵采用大小搭配的形式,既满足了小雨量条件下雨水的顺利排放,避免水泵频繁启动,又保证了极端暴雨条件下雨水的及时排出。

7.4.5 非暴雨或者非特大暴雨情形下,排放下游水体水位可能较低,通常可以实现重力直接排放,因此需考虑不同的工况设置超越管渠。

8 运行维护

8.1 一般规定

8.1.3 各阶段的维护管理内容包括日常巡查和养护、汛前排查、清掏和设备巡检调试、汛中运行调度、应急抢险、汛后疏浚修复等。

8.2 监测

8.2.2 立交下穿通道等易涝点、主要行泄通道等内涝防治系统的重要节点通过液位或流量在线监测,可实时掌握积水水位和现场情况,及时采取预警、疏散及排涝除险等应急措施,保障人员安全。

8.2.3 排水管渠主排口、行泄通道、调蓄池、排涝泵站等重要内涝防治设施和下穿道、下沉式广场等风险程度较高的易涝点可加强监测点设置。监测频率汛期可高于旱季,降雨期间或水位阈值超标时监测发送频率可加大。在监测结果不能有效反映内涝情况时应对应点位和频率进行核实和整改。

8.2.4 内涝监测指标通常以水位、流量、流速为主,可结合雨量、水质、防洪水位等其它监测指标统筹设置共享数据,避免重复建设。

8.2.5 后台监测管理软件可设定预警和报警的阈值,较低的阈值可提前对事故进行预警报警,提高内涝防治设施运行安全系数,但会耗费较高的人力物力财力;反之可降低成本,但会降低运行安全系数。因而,需综合考虑相关因素对阈值进行设定。

8.3 日常维护

8.3.2 隧道、下穿立交、地下通道等易涝点的排水设施、行泄通道、调蓄设施、排涝泵站等防涝设施和主排水通道和排放口附近的在建项目是内涝防治的重点对象,应加强监督管理。存在设施的缺失、破损以及违章占压排水设施等隐患时应及时整改。

8.3.3 内涝防治设施的维护可参照《城镇排水管渠与泵站运行、维护及安全技术规程》CJJ68 执行。内涝防治设施日常养护的频率宜结合易涝程度和重要程度确定。汛前应对雨水口、排水口、排水管渠、调蓄设施和排涝泵站等设施进行清理,对调蓄和泵站等设施的设备进行检修调试,确保其防涝排涝功能;汛后应及时对汛期损坏部分进行修复并对淤积区域进行疏通。

8.3.4 超标径流地表输送、调蓄过程携带了大量的垃圾和污染物,尤其对于存在合流制管道的区域,排放超标径流后应进行可靠的消毒,确保公众健康。

8.4 应急管理

8.4.1 内涝预警是指及时收集、分析、汇总雨情、汛情、灾害性天气预报预警信息,分析易涝区内涝趋势及危害,进行预警等级判定;内涝应急是针对内涝险情制定相应的应急处置方案;应急评价是对预警及应急系统处理实际情况评价分析,对系统做出合理调整。

8.4.2 预警级别由高到低可划分为Ⅰ级(特别严重)、Ⅱ级(严重)、Ⅲ级(较重)、Ⅳ级(一般),针对不同级别分别启动Ⅰ级响应、Ⅱ级响应、Ⅲ级响应和Ⅳ级响应,参见《重庆市人民政府办公厅关于印发重庆市防汛抗旱应急预案的通知》(渝府办发〔2020〕98号)。

8.4.3 设施事故包括突发污染事故、排涝除险设施损坏事故、排涝提升设备事故等。分期达标区域的应急预案不仅应满足内涝防治重现期需求,还应和达标区域一样,需应对可能出现的超过设计重现期的内涝风险。

重庆工程职业技术学院