

T/CQSES

重庆市环境科学学会团体标准

T/CQSES XXXX—2026

山地城市超标降雨径流风险预控技术导则

Technical Guidelines for Risk Prevention and Control of Runoff from Exceeding-
Standard Rainfall in Mountainous Cities

（征求意见稿）

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

重庆市环境科学学会 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 基本规定 2

 4.1 预控原则 2

 4.2 系统构成 2

 4.3 竖向衔接与高流速消能技术要求 3

 4.4 重要基础设施设防要求 3

5 超标降雨径流风险评估 3

 5.1 降雨时空分布不均匀性校核 3

 5.2 致灾因子定量归因识别 4

 5.3 风险评估模型与定级 4

6 风险预控系统空间布局与优化 5

 6.1 山地城市典型蓄排空间模式 5

 6.2 超标降雨径流空间优化布局与通道控制要求 6

 6.3 灰绿基础设施布局的地形适配性约束 7

 6.4 老旧城区自适应弹性控制空间要求 7

7 监测预警与综合应用平台接口 8

 7.1 感知监测装备布设优化 8

 7.2 风险预警发布机制 8

 7.3 平台静态防灾图层功能规范 8

8 运行维护与管理 8

 8.1 预控设施运行维护 8

 8.2 应急响应预案 9

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由重庆大学提出。

本文件由重庆市环境科学学会归口。

本文件起草单位：重庆大学、重庆交通大学、重庆西科水运工程咨询有限公司、北京建筑大学。

本文件主要起草人：马海元、何强、肖子杰、程呈、陈磊、刘浩、邱周华、何进朝、卢浩、司帅。

山地城市超标降雨径流风险预控技术导则

1 范围

本文件规定了山地城市超标降雨径流风险预控的基本规定、超标降雨径流风险评估、风险预控系统空间布局与优化、监测预警与综合应用平台接口以及运行维护与管理的技术要求。

本文件适用于山地城市新建、改建和扩建城区（含增量开发与老旧城区）超标降雨径流风险预控系统的规划、设计、建设、运行维护与应急管理。

本文件规定的风险预控措施涵盖建成区内设施及建成区边界处的截排导流设施；由城市建设区外进入城市建设区的山洪客水截排导流要求见第6章。

丘陵地区或地形起伏较大、竖向高差显著、地表径流具有快速汇流特征的城镇城区，可参照本文件执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 50014 室外排水设计标准
- GB 50015 建筑给水排水设计标准
- GB 51222 城镇内涝防治技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

空间不均匀降雨 spatially heterogeneous rainfall

指在特定降雨事件中，降雨量、降雨强度等要素在空间分布上具有显著差异性、局地集中特征以及移动轨迹特征的降雨时空分布形态。

3.2

超标降雨 excess rainfall

指降雨强度或总量超过城市雨水管网设计标准或城镇内涝防治设计重现期的降雨事件。注：由此产生的超出传统管网承载能力的地面径流，是本导则风险预控的主要对象。

[来源：GB 50014—2021，有修改]

3.3

“山-水-城”空间格局 “mountain-water-city” spatial pattern

指山地城市建设中，自然山体形态、冲沟行泄水系脉络与城市建成区在水平和竖向空间上的相对空间位置、地形梯度及嵌套耦合形态。

3.4

阶梯式调蓄 stepped storage and detention

指利用山地台地或竖向显著高差，在径流汇流路径的不同高程节点上，由高至低分级设置阻滞、拦蓄设施，实现径流逐级能量消散、错峰错时削峰的调蓄模式。

3.5

地表行泄通道 overland flow pathway

指城市道路、绿地、开敞空间、自然冲沟等具有特定纵坡、截面形态，在超标降雨工况下可安全承载并快速输送、排泄超标降雨径流的空间载体。

[来源：GB 51222—2017，有修改]

3.6

山地城市重要基础设施 critical infrastructure in mountainous cities

指在山地城市由于竖向地形导致的低洼凹陷点、汇流集中区内分布的，受涝水淹没极易引发重大安全事故或次生灾害的设施。主要包括轨道交通进出站口、城市下穿立交、深层地下空间、核心配电枢纽、供水厂站、污水处理厂、地下综合管廊、重要变电站、关键工业设施等。

3.7

风险预控设施 risk pre-control facility

指专用于超标降雨工况下进行地表水流控制、消能降压、空间阻滞、原位防护及风险监测的工程设施和感知设备。包括消能阻滞构筑物、山地截排洪沟渠、原位防淹阻水设施和积水流量监测装置。

4 基本规定

4.1 预控原则

4.1.1 总体原则

山地城市超标降雨径流风险预控应遵循“源头减排、竖向错峰、蓄排协同、智慧预控、分区设防、新老并重”的总体原则。

4.1.2 预控技术体系构成

山地城市超标降雨径流风险预控技术体系由以下核心技术环节构成：

- 风险致灾因子精准识别技术：包括降雨时空分布不均匀性定量表征（见 5.1）、机器学习驱动的致灾主控因子归因识别（见 5.2）；
- 动态风险评估与定级技术：包括一维-二维耦合水动力模型（见 5.3）、水深-流速危险性指数评估（见 5.3）、主客观综合赋权风险定级（见 5.3）；
- 空间格局适配预控布局技术：包括“山-水-城”格局识别与模式匹配（见 6.1）、“截-蓄-行-泄”立体协同布局（见 6.2）、灰绿基础设施地形适配约束（见 6.3）、存量城区弹性控制（见 6.5）；
- 监测预警与智慧联动技术：包括感知监测装备优化布设（见 7.1）、气象短临预报与监测预警联动发布（见 7.2）、综合平台防灾图层功能规范（见 7.3）；
- 运行维护与应急响应技术：包括预控设施常态化运维（见 8.1）、专项维护保养（见 8.1）、应急响应预案与联动管制（见 8.1）。

本导则的技术规定按以下应用阶段组织：

- 规划阶段：以第 6 章空间格局识别与布局优化为核心，结合第 5 章风险评估结果确定防涝空间管控要求；
- 设计阶段：以第 4 章竖向衔接、消能阻滞、基础设施设防等技术要求为核心，落实具体工程设计参数；
- 评估阶段：以第 5 章风险评估模型与定级为核心，支撑规划方案比选与设计成果校核；
- 运行阶段：以第 7 章监测预警和第 8 章运行维护为核心，保障建成系统的长效运行与应急响应。

4.1.3 分区防御

山地城市应尊重自然竖向，实行分区防御。防水分区与排涝片区的划分应顺应自然山体脊线、冲沟水系脉络与建成区竖向高差，严禁打破自然分水岭进行跨流域强制排水，防范高位地表径流无序下泄冲击低位建成区与重要基础设施。

4.1.4 新老并重

风险预控应兼顾增量建设与存量改造。对于增量开发地区应强制落地形适配的规划布局和灰绿设施协同；对于老旧城区应采取微地形导流、原位微防护等低影响、自适应的弹性控制手段。

4.2 系统构成

4.2.1 系统架构

山地城市超标降雨径流风险预控系统应统筹规划、工程与管理，系统架构应包含致灾因子监测、风险动态评估、空间布局优化、运行调度决策支撑四个子系统。

4.2.2 数据管理

风险预控系统的动态评估与运行调度应建立标准化的在线数据管理体系，实现对降雨观测、雷达预测、管网水力及地表关键敏感积水点水位、流速等实时数据的统一兼容，并作为系统静态边界条件，用于辅助生成应急响应期间的管理控制预案。

4.3 竖向衔接与高流速消能技术要求

4.3.1 竖向衔接

排水分区竖向衔接应符合下列规定：

- a) 山地城市排水分区与排涝片区的划分，应顺应自然竖向地形梯度，严禁打破自然分水岭进行跨流域强制排水；
- b) 城市台地竖向设计应与周边的自然山体脊线、山洪冲沟水系脉络无缝衔接。高位台地的超标降雨径流应有明确的截流与导流通道，严禁无序下泄冲击低位建成区；
- c) 跨越不同高程台地的转输管网或行泄通道，其跌水节点、竖向衔接处的规划与设计应确保水流连续、顺畅，防止发生局部溢流。

4.3.2 消能阻滞

高流速消能与坡面阻滞应符合下列规定：

- a) 当地表行泄通道、排涝截洪沟、城市道路等空间的计算地表流速超过 2.0 m/s 时，应在汇流路径的关键节点设置地表消能或坡面阻滞设施；
- b) 消能设施形式可采用消能坎、急流槽消能齿、多级阶梯消能池或跌水消能井；
- c) 坡面汇流路径中应采取空间阻滞技术，可通过微地形改造、设置生态截流植草沟、增加地表粗糙度等手段延长汇流时间，降低超标降雨径流的冲刷动能。

4.4 重要基础设施设防要求

4.4.1 高程核定

山地城市重要基础设施的首层或入口竖向高程，应根据其所处排水分区的超标降雨径流地表二维浅水动力学数值模拟深度进行高标准核定。

4.4.2 易涝设防

位于坡面汇水终点、低洼凹陷区等极易涝区域重要基础设施，其设防标高和技术措施应符合下列规定：

- a) 轨道交通进出站口、深层地下空间入口应设置阶梯式抬高竖向过渡段，其出入口地面防淹高度应以水文水动力模拟最大积水深度为基准，具体数值应通过模型校核确定；
- b) 应配置快速部署、自适应密实止水的防淹挡水设施，其设防高度应高出地面模拟淹没线或历史积水水位，并与积水监测系统联动；
- c) 城市下穿立交道路前段应设置地表水位在线监测装置、涉水深度电子显示屏及声光报警警示系统，并建立与应急管理和交通控制部门的联动拦截管制机制。

5 超标降雨径流风险评估

5.1 降雨时空分布不均匀性校核

5.1.1 校核要求

进行山地城市内涝风险模拟与防涝系统规划计算时，宜开展降雨时空分布不均匀性校核，评估防涝系统在空间不均匀降雨工况下的安全冗余度。

5.1.2 不均匀系数

空间不均匀降雨的定量表征应采用空间不均匀性系数 S_h 进行计算，其公式如下：

$$S_h = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N \left(\frac{P_i - \bar{P}}{\bar{P}} \right)^2} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

S_h ——降雨空间不均匀性系数；

P_i ——排水分区内第*i*个雨量监测点或雷达测雨网格的降雨量（mm）；

$\bar{P}$ ——该排水分区内的空间平均降雨量（mm）；

N ——排水分区内雨量监测点或网格的总数。

5.1.3 典型工况

空间不均匀降雨校核中，设计降雨输入的构建可简化为以下两种极端的典型恶劣空间工况：

坡顶汇水极大化工况：将设计降雨中心设置于排水分区中上游或坡顶汇水区，用以模拟坡面高流速径流对中下游骨干防涝设施的剧烈冲击；

滨水顶托极大化工况：将设计降雨中心设置于排水分区末端低洼区或主要江河接纳水体顶托区，用以模拟接纳外洪高水位顶托与城区重力流宣泄受阻的洪涝叠加状态。

在满足上述两类极端空间分布工况校核的基础上，设计降雨输入的构建尚应考虑下列复合工况：

- a) 山洪叠加工况：当存在流域性洪水或山洪入城风险时，应在设计降雨中叠加外洪顶托水位边界条件；
- b) 历史内涝重现工况：针对历史积水记录明确的区域，应采用历史实测降雨过程作为校核工况；
- c) 极端长历时工况：针对地下空间入口、交通枢纽等退水时间敏感区域，应延长降雨历时，使超标降雨工况下的积水退水时间达到预设控制目标。

5.2 致灾因子定量归因识别

5.2.1 归因方法

针对山地城市地形起伏大、产汇流机制复杂的特征，致灾因子定量归因应采用基于机器学习的多要素非线性关联分析方法，定量计算各影响因素对内涝风险的解释力与贡献率，精准识别特定排水分区内的致灾关键因子。

5.2.2 主控因子

排水单元致灾主控因子的分类差异化识别应符合下列规定：

- a) 对于坡面型及高地型区域，应以地表坡度、坡向、相对高程、集水区面积等地形因子为核心致灾主控因子；
- b) 对于滨水低洼型区域，应以下游接纳水体顶托水位、管网排口高程、局部凹陷深度、盲管与错接管网密度为核心致灾主控因子。

5.3 风险评估模型与定级

5.3.1 评估模型

山地城市内涝风险动态评估应采用一维管网排水模型与二维地表不饱和流/行泄水动力学模型相结合的数学模型系统。模型构建应考虑复杂台地竖向形态、陡坡道路的大排水汇流特征。

5.3.2 危险性指数

积水区域的安全性等级应结合水深与流速进行综合评定。地表积水危险性指数 H_{risk} 宜按下式计算：

$$H_{risk} = \alpha \cdot \frac{d}{d_{max}} + \beta \cdot \frac{v}{v_{max}} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

H_{risk} ——地表积水危险性指数；

d ——地表实测或模拟积水深度（m）；

$d_{\max}$ ——区域最大安全容许积水深度（m，推荐取值为0.4 m）；
 v ——地表水流速（m/s）；
 $v_{\max}$ ——区域最大安全水流速（m/s，推荐取值为2.0 m/s）；
 α, β ——权重系数，且 $\alpha+\beta=1.0$ 。权重取值应根据排水分区地形地貌特征、汇流特性及历史内涝数据，通过专家判断或数据校核确定。

应将地表积水危险性评估结果与承灾体（如人口密度、地下重要生命线等）的易损性（Vulnerability）多源图层实施矩阵叠加解算，最终生成全城区统一的四级（I-IV级）内涝综合防控风险地图。

5.3.3 风险定级

风险定级应采用主客观综合赋权法（如层次分析法与熵权法耦合）对评估指标进行集成。风险等级由低到高应依次划分为一级（低风险、蓝色）、二级（中风险、黄色）、三级（高风险、橙色）、四级（极高风险、红色）。风险动态评估结果应以数字地图形式向蓄排联调信息化平台实时输出。注：本导则的风险分级结果用于工程技术层面的防控优先级判定，不等于于行政管理的“内涝点”台账认定；行政台账的内涝点认定应按照住房城乡建设主管部门的相关规定另行执行。

6 风险预控系统空间布局与优化

6.1 山地城市典型蓄排空间模式

6.1.1 格局识别

山地城市应根据自然地貌、水系脉络与建成区的相对空间形态，识别其特有的“山—水—城”空间格局类型，并采用适配的超标降雨径流蓄排空间调控模式。

6.1.2 模式分类

“山—水—城”空间格局分为3种基本类型、8种典型组合模式。对应的典型特征及防涝风险预控推荐模式应符合表1的规定。

表1 “山—水—城”典型空间格局与防涝空间预控模式工程对照表

基本类型	典型组合模式	空间格局特征	核心风险特征	推荐风险预控模式	典型工程/控制措施
高地型	1.城在山上+临近水系	城市主体位于高位台地，边缘陡峭并发生剧烈高差跌落，台地边缘直接邻近深切河谷。	高水位径流集中排向下游时对台地陡坡边缘产生严重水流冲刷，极易引发护坡失稳；高位跌水重力势能大。	“源头阻滞、跌水消能”	在台地边缘设置生态截流沟和梯级消能阻滞带，出水口设置多级跌水消能井或急流消能槽；利用高位开敞空间蓄滞。
	2.城在山上+沿水分布	城市呈狭长带状分布于高位台地，台地地表受天然冲沟切割明显，排水受微汇水区分割。	冲沟汇流面积大且汇流迅速，山洪易突发性溢流并冲刷建成区；跨流域汇流调控难度高。	“源头分布式阻滞、分片错峰排放”	分片独立划定排水分区，上游结合微地形建设分布式多级拦蓄塘与生态滞留空间，延缓汇流时间。
坡面型	3.城沿坡面+临近水系	城市建成区自坡顶至滨水岸线呈多级阶梯台地状延伸，纵坡极陡（普遍坡度>5.0%且局部>15.0%）。	地表重力汇流流速极高（常>1.5 m/s），地表重力动能与冲刷力极强；高低台区能量传递剧烈。	“截流纵引、纵向消能、阶梯调蓄”	坡顶设置横向生态截洪沟渠拦截客水；坡面行泄通道与道路设置横向消能齿、消能坎；多级阶梯式调蓄。
	4.城沿坡面+沿水分布	城市分布于中等缓坡，纵向坡度起伏多变，存在明显的等高线横向台地。	横向台地凹陷盲段极易形成多处地表积水点；由于管网沿等高线水平敷设，暴雨时管网负荷极不均匀。	“斜向导流、调蓄错峰、梯级转输”	建设跨等高线的横向大管径雨水管网和重力自流调蓄设施；利用坡度高差进行斜向重力引排。

表1 “山—水—城”典型空间格局与防涝空间预控模式工程对照表（续）

基本类型	典型组合模式	空间格局特征	核心风险特征	推荐风险预控模式	典型工程/控制措施
滨水型	5.城环绕山+临近水系	城市建成区环绕孤立山体建设，山体汇水呈放射状向四周城市街道扩散。	“山—城”交界面大，山体客水四散涌入城区，多点易涝且高低区汇流路径极难统一。	“环山截流、外围导排、立体调控”	沿山坡边缘设置环形生态截洪沟与沉砂设施，将客水强制截流，利用放射状绿带向外围水系导流。
	6.城在山前+临近水系	城市整体位于山前冲积平原/台地，外临大江大河，受纳水体高水位顶托效应显著。	城区排水系统面临外河洪水位顶托漫溢与本地地表超量径流无法排出的“洪涝叠加”复合风险。	“防外洪漫溢、排口防灌、集中强排”	雨水排口配置自适应防倒灌闸阀（拍门、闸门）；低标高城区设置集中式地下调蓄池配合强排泵站。
	7.城在山前+沿水分布	城市紧邻中小河流/溪沟，山洪与河道汇流在此快速汇集，水位暴涨。	中小河道水位暴涨易导致地表水流外溢入城，雨水管网出水口泄流能力因下游水位壅高而骤降。	“多绿滞蓄、多源联控、深层阻滞”	建设滨水绿带多功能生态湿地与低洼开敞滞蓄空间；配置分布式调蓄设施进行多源联控错峰。
	8.城在山前+水穿而过	自然河流或主要排洪冲沟穿城而过，城市建成区位于两岸天然冲积扇或交汇河口区域。	承接极其庞大的上游山洪集水面积，极易发生毁灭性的过境山洪内涝，流速与水力动能巨大。	“给水让路、多级消能、生态退堤”	划定严格的骨干行泄通道蓝线，严禁一切建筑侵占行泄断面；规划建设具有多级消能台阶的生态滨河公园。

6.2 超标降雨径流空间优化布局与通道控制要求

6.2.1 协同规划

山地城市超标降雨径流通道与蓄排空间总体布局应遵循“源头阻滞消能、纵向阶梯调蓄、骨干横引安全排泄”的空间立体协同规划要求，统筹灰色、绿色与蓝色生态空间资源的合理配置。

6.2.2 通道分级

地表超标降雨径流通道识别与分级划定应符合下列规定：

- 应基于数字化微汇水区和天然集水流向路径（流线分析），识别出在超标降雨工况下地表超标降雨径流的天然汇聚与排泄通道，并实行分级管制；
- 骨干行泄通道：指连接主要分水台地、承接多个排水分区地表溢流的干线通道（如开敞明渠、天然排洪冲沟、规划确定的排涝骨干道路等），行泄宽度和竖向标高应严格保护，控制线纳入城市蓝线保护；
- 支线行泄通道：指排水分区内部、连接分散绿地或阶梯式滞蓄节点的毛细行泄路径（如次干路路侧、公共绿带植草沟等），其过流能力应与源头调蓄设施衔接；
- 严禁任何非防涝基础设施侵占骨干行泄通道的规划过流断面，确保地表超标降雨径流能够通畅、安全排泄。

6.2.3 立体布局

蓄排空间“截-蓄-行-泄”多维立体布局应符合下列规定：

- “截”——坡顶/山前拦截布局：应在城山交界的坡顶和坡腰区域，合理规划环山排洪截水沟渠、截流绿带，将非城区的山林客水提前拦截并向外围水系导流，从源头削减入城地表产流量；
- “蓄”——多级台地阶梯调蓄布局：应结合山地多级台地高差，在上游高位台地和中游坡面，分散布局雨水塘、生态湿地、沉砂池等多级阶梯式阻滞蓄水空间，将径流峰值在不同标高上原位阻滞错峰，严禁将调蓄压力完全转嫁至低洼末端；
- “行”——坡面行泄与消能通道布局：纵向大坡度行泄通道两端及主要跌落节点应留足消能防冲刷缓冲区，并利用天然下沉式绿地作为末端减压消能节点；
- “泄”——滨水安全溢流与防倒灌布局：低洼低标高排口区应合理留足生态缓坡缓冲带，建设滨水生态滞留湿地或滨江开敞调蓄空间，实现重力流与动力强排的自适应切换。

6.3 灰绿基础设施布局的地形适配性约束

6.3.1 地形适配

灰绿基础设施的选址与空间配置，应开展基于山地竖向特征的地形适配性评价，并采用多目标布局优化方法进行规模与布局确定。

6.3.2 绿色适配

绿色基础设施的地形适配性布局应符合下列规定：

- a) 当坡面纵坡较陡时，严禁布局渗透型绿色基础设施（如全透水铺装、无防渗衬垫的下沉式绿地等），防止降雨超载渗透引发滑坡、塌方或护坡失稳等次生灾害；
- b) 纵坡较陡时，源头减排应优先选择具备防渗和高速流体拦截功能的生态阻滞植草沟、转输型生态行泄通道或多级消能坎。

6.3.3 调蓄估算

阶梯式或多级调蓄设施的超标降雨径流调蓄总容积 $V_{storage}$ 可采用水力平衡的简易容积法进行估算：

$$V_{storage} = 10 \cdot F \cdot (\Psi_{excess} \cdot P_{excess} - q_{drain} \cdot t) \cdot \eta \quad (3)$$

式中：

$V_{storage}$ ——区域所需调蓄总容积（ m^3 ）；

F ——汇水区面积（ hm^2 ）；

Ψ_{excess} ——超标设计降雨条件下的区域综合径流系数；

P_{excess} ——超标设计降雨量（ mm ）；

q_{drain} ——下游管网承载力及安全地表行泄通道的最大允许综合泄流率（ $L/(s \cdot hm^2)$ ）。计算时 q_{drain} 应乘以3.6换算为 mm/h 等效值；

t ——降雨历时（ h ）；

η ——调蓄安全系数，应根据工程重要性等级和不确定性分析结果确定。

6.3.4 优化方法

灰绿基础设施的规模与时空布局优化应建立一维与二维耦合城市雨水径流模型与多目标智能优化算法相结合的方法。优化目标应至少包含：最大化区域超标降雨径流削减率、最小化内涝风险等级、最小化工程建设与全寿命运维成本。

6.4 老旧城区自适应弹性控制空间要求

6.4.1 弹性策略

对于地下排水管网排涝标准改造难度大的老旧城区，超标降雨径流风险预控应采用“微地形改造、地表导流、原位防护、微型阻滞”等自适应弹性控制策略。

6.4.2 弹性优化

老旧城区的自适应弹性空间优化应符合下列规定：

- a) 微地形斜向导流：可利用横向交叉路口的竖向坡度微改造，实施跨等高线斜向导流，通过路面横坡及牙子高度微调将高位下泄的超标降雨径流强制分流，引排至非敏感排水分区或周边开敞绿地、口袋公园内；
- b) 原位微防护工程：存量低洼处的建筑及重要防护体（如老旧小区地下室、老车库入口、底层低窗），应配置快速部署自适应防淹挡水装置、建设防淹阻水坎，提升首层防淹设防竖向标高；
- c) 分散式微型调蓄：应充分挖掘存量闲置空间，利用老旧小区拆违腾退地、绿化边角空地等，改建微型雨水集蓄设施和分散式下沉绿地。

对于地下空间入口、轨道交通站点等重要设施的防护设计，宜结合山地退水快的水文特征，通过模拟计算校核超标降雨工况下的积水退水时间，并根据设施类型和重要性等级合理确定退水时间控制目标。

7 监测预警与综合应用平台接口

7.1 感知监测装备布设优化

7.1.1 布设原则

感知监测装备的布设应聚焦于山地关键标高节点与重要基础设施保护边界，不应采取盲目的平原网格化平铺布设。

7.1.2 点位优化

监测点位的布设与优化应符合下列规定：

- a) 应在山洪入城口、重要截洪沟关键过流断面、台地多级跌水井及骨干行泄通道起点安装在线液位与流量传感器；
- b) 应在下穿立交、地铁口、重要地下空间等重要基础设施的最低凹陷点布设地表积水深度智能传感器，并与城市防汛平台建立分钟级数据互通机制。

7.2 风险预警发布机制

7.2.1 预警机制

预警发布应建立基于气象部门局地短历时强降雨预报与动态监测积水水位相结合的快速判定机制，提前预判积水危险性变化趋势。

7.2.2 空间红线

在规划评估阶段，应通过模拟计算降雨中心处于中上游极端产流工况下的地表极限淹没边界，并将其作为应急响应阶段的静态空间红线用于重点巡检与管制发布，实现空间特征向管理红线的转化。

7.3 平台静态防灾图层功能规范

7.3.1 基本功能

综合应用平台应具备风险静态诊断、防灾资产空间管理、预警信息发布等基本功能，并支持空间规划图层与水动力模型边界的导入展示。

7.3.2 应急展示

在超标降雨应急场景下，平台应提供空间特征及静态防灾图层的业务展示与支撑：

- a) 建立骨干行泄道路的纵坡、宽度及地表极限安全流速和积水水深的图层展示及报警红线指引；
- b) 提供截洪沟渠、阶梯式调蓄池、低洼绿地、原位防护设施物理分布图层，为现场抢险应急布防提供空间支撑。

8 运行维护与管理

8.1 预控设施运行维护

8.1.1 常态维护

山地城市超标降雨径流风险预控设施（包括消能阻滞构筑物、山地截排洪沟渠、原位防淹阻水设施和积水流量在线监测感知装备）的运行维护管理，应建立定期巡检、建档登记、汛前清淤、消能检测、原位设施检查的常态化机制。

8.1.2 专项维护

预控设施的专项维护与保养应符合下列规定：

- a) 山地截排洪沟渠与阶梯式调蓄空间：应在每年汛前、汛中强降雨工况发生前进行强制性清淤与山地杂物、泥沙清除，防止泥沙淤积缩减过流和调蓄断面；

- b) 消能阻滞设施：应对消能坎、急流槽消能齿及跌水消能井的构筑物底板、侧墙冲刷疲劳及掏空情况进行汛前、汛后专项结构安全测试，发现损坏应及时修复，防范其在高流速高动能冲击下发生结构性瓦解失效；
- c) 原位自适应防淹阻水设施：应在每年汛前对地铁口、老旧车库入口等关键凹陷点设置的自适应挡水门、挡水板进行密封止水性与动作灵活性试验。

8.2 应急响应预案

8.2.1 预案编制

应急响应预案的编制应统筹交通管制、抢险设备调用与应急物资布设。

8.2.2 联动管制

橙色（Ⅱ级）及以上预警发布且局部地表行泄通道启用时，道路行泄通道应急联动管制应符合下列规定：

- a) 联调调度系统应将评估为高风险、作为超标降雨径流传输空间的纵向干道信息，瞬时推送至交通管理部门；
- b) 交通管理部门应采取路口道闸强控、电子指引屏警示、远端交通分流等手段，对行泄道路实施紧急局部交通管制和人员禁入，严禁车辆和行人进入过流道路。

8.2.3 物资布设

应急物资和移动抢险力量的布设，不应集中储备在末端低洼区，应结合山地地形和交通梗阻点，在不同高程台地或片区分散布设物资库。
