

T/CQSES

重庆市环境科学学会团体标准

T/CQSES XXXX—2026

山地城市超量径流蓄排联调技术导则

Technical Guidelines for Coordinated Storage and Drainage Control of Excess
Runoff 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 总则 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 基本规定 2

5 系统评估 2

 5.1 一般规定 2

 5.2 蓄排空间 3

 5.3 蓄排装备 5

 5.4 应急管理 5

6 能力提升 6

 6.1 一般规定 6

 6.2 蓄排空间 6

 6.3 蓄排装备 8

 6.4 应急管理 8

 6.5 调度系统 8

7 蓄排联调 9

 7.1 一般规定 9

 7.2 雨前预案制定 9

 7.3 雨中方案优选 10

 7.4 雨后评估迭代 10

8 运行维护 11

 8.1 一般规定 11

 8.2 蓄排空间 11

 8.3 蓄排装备 12

 8.4 系统平台 12

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。

为规范山地城市超量径流蓄排联调工作，提升超标降雨条件下的排水防涝和综合风险防控能力，编制本文件。

本文件在遵循国家有关法律法规和现行标准的基础上，经广泛调查研究，总结山地城市内涝防治和蓄排调度实践经验，参考国内外相关标准及技术成果，并广泛征求意见后编制形成。

本文件结合山地城市地形起伏大、汇流速度快、径流能量高和竖向排水关系复杂等特点，对系统评估、能力提升、蓄排联调及运行维护等作出规定。

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、中国市政工程华北设计研究总院有限公司、重庆交通大学、重庆西科水运工程咨询有限公司、中建安装集团有限公司。

本文件主要起草人：陈磊、何强、柴宏祥、李鹏峰、黄鹏、徐梓豪、马海元、程呈、何进朝、肖子杰、卢浩、刘茜、段亭亭、田腾飞、刘浩、邱周华、卓旬、张朝明。

山地城市超量径流蓄排联调技术导则

1 总则

- 1.1 为提升山地城市超量径流应对能力，统筹快速汇流、高能量径流和复杂竖向排水过程，降低内涝、冲刷及次生灾害风险，制定本文件。
- 1.2 本文件适用于山地城市建成区和规划建设区超量径流蓄排联调的系统评估、能力提升、蓄排联调和运行维护。
- 1.3 山地城市超量径流蓄排联调应以竖向汇水分区为基础，统筹水量、流速、径流能量及上下游风险，实施梯级调蓄和错峰排放。
- 1.4 山地城市超量径流蓄排联调除应符合本文件外，尚应符合国家和地方现行有关标准的规定。

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 51174 城镇雨水调蓄工程技术规范
- GB 51222 城镇内涝防治技术规范
- GB 55027 城乡排水工程项目规范
- DBJ50/T-427 山地城市内涝防治技术标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

- 3.1
超量径流 excess runoff
山地城市中超过内涝防治系统消纳能力并沿坡面、道路或沟谷汇流的地表径流。
- 3.2
蓄排空间 storage and drainage spaces
用于山地城市雨水径流调蓄、传输和排放的空间载体，包括排水管渠、调蓄设施、河湖沟谷水系、道路、下凹绿地及下沉广场等。
- 3.3
蓄排联调 storage-drainage coordinated control
通过对山地城市坡面、道路、管网、沟谷、河道及调蓄设施等蓄排单元和应急措施的联合调度，实现超量径流的梯级调蓄、错峰排放与风险削减。一般包括预降水位、分级调度、错峰蓄排和应急抢险等。
- 3.4
蓄排联调平台 storage-drainage coordinated control platform
融合实时监测、模型预测与优化决策，统筹排水、交通、水利、气象、应急等部门，集成山地城市坡面、道路、管网、沟谷及河道等多源数据，实现超量径流联调方案生成、指令协同执行与动态控制的综合系统平台。
- 3.5
竖向汇水分区 vertical catchment zone
根据地形高程、坡度、山脊线、沟谷线及人工排水设施的竖向关系划分，具有相对独立产流、汇流和排水特征的空间单元。

3.6

快速汇流通道 rapid runoff concentration corridor

超标降雨条件下，径流沿陡坡道路、自然沟谷、边沟、截水沟或其他连续低势路径快速集中和传播的通道。

3.7

梯级蓄排单元 cascade storage-drainage unit

沿地形高程由高至低设置，并通过溢流、闸门、泵站、管渠或沟道相互连接的多级调蓄与排放设施。

3.8

关键竖向节点 critical vertical node

位于不同高程分区衔接处，对径流汇集、转输、分流、跌落、调蓄或排放具有显著控制作用的节点，包括坡脚、沟口、道路交叉口、桥涵、隧道洞口和地下空间出入口等。

3.9

错峰下泄 staggered peak release

通过调整不同竖向汇水分区或梯级蓄排单元的出流时机和出流过程，减少多个洪峰在下游同时叠加的控制方式。

4 基本规定

4.1 山地城市排水防涝系统应包括坡面排水设施、排水管渠、道路及边沟、截水沟、山洪沟、河湖水系、调蓄与消能防冲设施、蓄排装备、应急管理措施和调度系统。

4.2 系统评估应以自然汇水边界和竖向高程关系为基础，查明上游产流、中游快速汇流、坡脚集中汇流、谷底承灾及下游受纳区之间的水力联系。

4.3 系统评估应综合设计降雨、超标降雨、外来山水、山洪、受纳水体顶托、泥沙漂浮物堵塞及关键设施失效等工况，识别洪涝、冲刷和次生灾害风险。

4.4 能力提升应遵循上游分散滞蓄、中游分级截流、下游有序排放和全过程消能防冲的原则，统筹工程措施与非工程措施。

4.5 调蓄、分流、强排和道路行泄等提升措施应校核边坡、挡墙、建筑基础、地下空间、道路结构及上下游安全，不得造成风险不利转移。

4.6 蓄排联调应以竖向汇水分区为基本单元，根据最小汇流时间、设施启闭时间、装备部署时间和人员疏散时间确定响应要求，实施梯级调蓄和错峰下泄。

4.7 运行维护应建立日常巡检、汛前排查、雨前预布、雨中值守、雨后恢复和年度复盘制度，高风险快速汇流区应实施人员、装备和物资前置。

4.8 系统评估、能力提升、蓄排联调和运行维护应采用统一的高程、坐标、设施编码和时间基准，并与防洪、山洪防治、地质灾害防治、交通及应急管理相协调。

5 系统评估

5.1 一般规定

5.1.1 系统评估应识别超量径流从产生、汇集、转输、受阻、积聚到排放的全过程，确定各竖向汇水分区的主要瓶颈和风险控制目标。

5.1.2 系统评估宜采用资料收集、现场调查、监测分析、历史灾情复核和水文水动力模型相结合的方法。

5.1.3 评估基础资料应包括下列内容：

- 高分辨率数字高程模型、等高线、坡度、坡向、地形起伏度、山脊线、沟谷线和自然汇流路径；
- 道路纵横坡、交叉口高程、路缘石、挡墙、陡坎、台阶、台地、高填方区和下穿节点资料；
- 排水管渠、雨水口、检查井、排口、泵站、闸门、调蓄设施、跌水与消能防冲设施资料；
- 山洪沟、截水沟、边沟、急流槽、涵洞、河湖水系、桥涵卡口及其上下游衔接资料；
- 边坡、滑坡隐患点、危岩、挡墙、深基坑、泥沙来源区和漂浮物聚集区资料；
- 地下空间、隧道、地铁站、地下车库、重要生命线工程和出入口高程资料；

- g) 历史积水、山洪、高速径流、冲刷、堵塞、倒灌、边坡异常和交通中断记录；
 - h) 应急队伍、装备物资、交通可达性、供电通信和调度平台资料。
- 5.1.4 系统评估应以竖向汇水分区为基本单元，识别自然地形及道路、挡墙、围墙、建筑、桥涵和隧道等对快速汇流路径的控制作用。
- 5.1.5 评估情景应考虑降雨中心、移动方向、历时、前期土壤湿润程度、高程分带降雨差异，以及山洪叠加、排口顶托、堵塞和设施失效等不利组合。
- 5.1.6 对重要片区、复杂下穿节点、沟谷出口和滨水低地，宜采用一维管网与二维地表耦合模型或经论证的等效方法；模型应反映微地形控制作用，并结合实测资料和历史灾情进行验证。
- 5.1.7 风险评估应综合积水范围与深度、流动方向、变化速度、持续时间、洪峰到达时间、人员车辆暴露和重要设施受影响程度，并分析路基掏蚀、边坡冲刷、井盖移位、护岸破坏和淤堵等灾害链风险。
- 5.1.8 系统评估成果宜形成竖向汇水分区图、山脊线与沟谷线图、快速汇流路径图、关键竖向节点图、综合风险图、堵塞风险图和上下游风险传递关系图。

5.2 蓄排空间

- 5.2.1 蓄排空间评估应按基础资料收集、现状调查、能力核算和问题识别的流程开展。
- 5.2.2 评估对象应包括排水管渠、调蓄设施、河湖水系、道路、山洪沟及坡面排水设施、地下空间及关键竖向节点，并应分析各类空间之间的竖向衔接和水力联系。应结合设施现状、运行水位、淤积堵塞、入流条件和下游边界，核定各类蓄排空间的实际可用调蓄、转输、行泄及排放能力。
- 5.2.2.1 排水管渠
- a) 排水管渠评估应调查管径、断面、坡度、埋深、材质、连接关系、淤积、破损、混错接、雨水口和排口运行状态。
 - b) 应分析大坡度管渠中的重力流、压力流、跌水、水跃及局部承压等工况对输水能力和结构安全的影响。
 - c) 高差连接节点应重点评估跌水井、消能井、检查井、转弯和变断面处的冲击、振动、溅水及结构稳定风险。
 - d) 管渠出口应评估出流条件、下游水位、河岸与沟床抗冲能力及防冲设施完整性。
 - e) 应分析地表快速汇流与管渠系统之间的交换过程，识别管渠尚有余量但地表径流不能及时进入雨水口的路段和节点。
 - f) 雨水口现状收水能力应结合道路纵横坡、来流方向、算口形式与方向、布置间距、堵塞情况及典型降雨表现综合评估，不应仅以标称泄水能力判定。
 - g) 排口评估应考虑自由出流、受顶托出流、淹没出流、闸门关闭、强排启动和倒灌等边界条件。
- 5.2.2.2 调蓄设施
- i) 调蓄设施应包括永久调蓄设施和应急调蓄设施，并应符合下列规定：
 - 1) 永久调蓄设施应具有明确的设计标准，长期专门承担雨水调蓄功能，包括调蓄池、调节池、调蓄隧道、调节塘和雨水湿地等；
 - 2) 应急调蓄设施日常承担交通、休闲、绿地或其他公共功能，超标降雨时可按预案转换为临时调蓄空间，包括下沉广场、下凹绿地、操场和停车场等。
 - j) 永久调蓄设施评估应包括位置高程、服务分区、进出水形式、设计与实际有效容积、限制水位、格栅及闸泵状态、淤积、腾空能力和溢流路径。
 - k) 应急调蓄设施评估应包括日常功能、可转换范围、入流路径、控制高程、动态容积、排空与恢复能力、人员疏散路径和安全管理责任。
 - l) 调蓄设施的可用容积应扣除现状淤积、不可排空水量、安全超高和不能有效利用的死容积，并应核实汇水能否有效进入。
 - m) 应评估永久和应急调蓄设施在不同高程分区中的布局合理性，以及上下级设施的水力衔接、溢流次序、提前腾空时间和错峰效果。
 - n) 调蓄设施提前排空应校核预排时段下游管渠、山洪沟、河道和排口的承载能力；应急调蓄设施启用前应完成封闭、警示和人员疏散。
 - o) 应评估调蓄设施失效、漫溢或非计划泄放时的径流路径和下游风险；位于边坡、挡墙、填方区或建筑基础附近的设施，尚应评估渗漏、冲刷和变形影响。

5.2.2.3 河湖水系

- a) 河湖水系评估应将山洪沟、排洪沟、河道、湖库、山塘、闸坝、泵站和滨水滞蓄空间作为连续系统分析。
- b) 应评估山洪与城市径流叠加、河道顶托与坡面快速汇流叠加以及多条支沟洪峰同步汇入等复合过程。
- c) 狭窄沟谷、急弯、跌坎、桥涵、箱涵、暗渠入口和河沟交汇处应作为过流卡口重点评估。
- d) 河湖水系调查应包括断面、纵坡、糙率、常水位与限制水位、底泥淤积、岸坡稳定、护砌完整性、闸泵状态和上下游水文资料。
- e) 应分析泥沙、树枝、生活垃圾和施工漂浮物在桥涵、拦污栅、急弯和断面收缩处聚集造成的堵塞风险。
- f) 河湖水系蓄排能力评估应结合水位与容积关系、底泥淤积、闸泵调控、支流汇入及下游动态水位，明确允许水位、允许流量和调度约束。

5.2.2.4 道路

- a) 道路评估应包括行泄能力、临时调蓄能力及交通功能向蓄排功能转换的可行性。
- b) 道路基础调查应包括道路等级、纵横断面、路缘石、交叉口高程、桥涵及排涝设施、交通流量、历史积水，以及与沿线地块、地下空间和重要设施的竖向关系。
- c) 道路行泄通道选择应结合道路竖向、历史积水和下游出路综合确定，不宜将人员密集、疏散困难或沿线重要保护对象防护条件不足的道路作为主要行泄通道。
- d) 道路超量径流风险宜结合历史记录、现场调查、视频、水位监测和模型结果，评价积水范围、行泄方向、变化趋势及人员车辆安全；具备条件时可补充流速监测。
- e) 道路行泄能力应根据道路过水断面、纵坡、沿线收排水条件和下游承载能力分段评估；断面复杂时可按保守原则简化，并应考虑下穿空间调蓄和应急强排的影响。
- f) 道路作为应急行泄通道时，应具备可控的入流和排水出路，并明确启用条件、封控范围、人员车辆疏散、沿线建筑防护、警示监测和恢复要求。
- g) 道路评估成果应明确安全行泄路段、限制或禁止行泄路段、断交点、绕行路线和预警设施布置位置。

5.2.2.5 山洪沟及坡面排水设施

- a) 山洪沟及坡面排水设施评估应包括沟道连续性、断面、纵坡、入流口、出口、涵洞、跌水、消能和防冲设施。
- b) 应调查截水沟、边沟、急流槽、植草沟、排洪沟和挡墙泄水设施的断裂、沉降、冲刷、淤积、堵塞和绕流情况。
- c) 应识别外来山水进入城市的沟口、道路、涵洞、挡墙开口和地块低点及其后续传播路径。
- d) 山洪沟能力评估应考虑短历时洪峰、含沙水流、漂浮物、沟岸坍塌和上游滑塌堵沟后的溃决风险。
- e) 沟道进口和涵洞应评估进口控制、出口控制、淹没、堵塞和旁路漫流工况。
- f) 跌水和消能设施应评估消能效果、结构稳定、下游冲刷和安全防护，并明确清障条件和危险作业边界。

5.2.2.6 地下空间及关键竖向节点

- a) 地下空间及关键竖向节点评估应包括隧道洞口、下穿通道、地铁站口、地下车库入口、坡脚交叉口、桥涵交汇点和上下台地连接道路。
- b) 应依据地表径流路径识别高处径流向地下空间快速灌入的位置，不应仅按地下空间自身汇水面积评估。
- c) 地下空间入口应调查入口高程、挡水高度、周边道路坡向、集水坑、排水泵、备用电源和人员疏散条件。
- d) 坡脚、沟口和陡缓转换节点应评估来流突变、横向汇流、收水不足和漂浮物聚集造成的风险。
- e) 桥涵、隧道和地下空间与地表排水系统的交换节点应分析倒灌、漫顶、泵站失效和通信中断工况，并校核封控与疏散时间。
- f) 蓄排空间评估成果应形成分类型能力清单、瓶颈节点清单、可联调容积与流量清单及风险转移校核边界清单。

5.3 蓄排装备

5.3.1 蓄排装备评估对象应包括固定和移动排涝装备、闸门阀门、挡水装备、清疏与拦渣装备、监测通信设备和备用供电设备。

5.3.2 蓄排装备评估应包括基础资料收集、现状调查、能力与可靠性评估、协同作业分析和提升方向确定。

5.3.3 装备服务范围应根据竖向汇水分区、风险点、道路坡度、地形阻隔和暴雨期间实际到达时间确定，不应仅按平面距离评价。

5.3.4 排涝及泵闸装备

- a) 排涝装备应包括固定强排泵站、移动抽排泵、应急泵车及配套闸阀、格栅和控制设备。
- b) 基础调查应包括装备布局、设计规模、泵闸运行工况、进水格栅、泵井淤积、自控与远程操作、防淹措施、供电保障、联通关系、运维记录和人员配置。
- c) 排涝能力应评估设计能力与需求的匹配程度、实际扬程和进出水条件、固定与移动装备协同、梯级泵闸联动、故障排除、防淹与供电保障以及下游受纳能力。
- d) 移动排涝装备尚应评估山地道路通行、车辆停放稳定、软管敷设高差、临时接电、排放冲刷和现场作业安全。

5.3.5 挡水装备

- a) 挡水装备评估应重点覆盖地下空间、下穿通道、泵房、变配电站和重要公共设施出入口。
- b) 基础调查和能力评估应包括装备类型、数量、位置、作业方式、挡水高度、设计载荷、材质、密封与锚固、启闭时间、管理归属、运行故障、运维保障和平台接入条件。
- c) 高流速来水区域的挡水装备应校核抗滑、抗倾覆、抗冲击及侧向绕流安全，并评估失效后果和与交通封控、人员疏散的协调性。

5.3.6 清疏及拦渣装备

- a) 清疏及拦渣装备评估应覆盖山洪沟、涵洞、截水沟、雨水口、管渠、泵站格栅和道路等雨前清通、雨中应急清障及雨后恢复场景。
- b) 基础调查应包括装备类型、数量、性能、服务对象、作业流程、配套要求、作业记录、管理归属和泥沙漂浮物转运条件。
- c) 清疏能力应评估服务范围、响应和作业效率、连续作业、高水位与强淤积条件适应性、装备可达性、有限空间作业及运维资金保障。

5.3.7 监测通信及备用保障

- a) 关键监测通信设备应评估防水、防雷、抗冲击、数据校核、故障报警、远程控制、本地自动控制、现场人工操作和断网续控能力。
- b) 关键装备应评估备用电源、备用通信、备品备件和故障替代条件，并开展断电、断网和道路中断情景下的协同运行校核。
- c) 蓄排装备评估成果应形成装备能力、交通可达、前置布设、备用路线、供电通信和故障替代清单。

5.4 应急管理

5.4.1 应急管理评估应包括应急预案、组织指挥、队伍装备、物资储备、交通管控、人员转移、公众预警、跨部门联动和灾后恢复。

5.4.2 应急预案应按竖向汇水分区和风险传递关系明确预警、封控、疏散、抢险、强排、清障、停调和恢复措施。

5.4.3 应评估山洪沟暴涨、滑塌堵沟、涵洞堵塞、高速径流冲击、地下空间进水、道路中断、泵闸失效及上游调度增加下游风险等灾害链情景。

5.4.4 应急组织和责任单元应与自然汇水分区相衔接，明确上下游观测、截控、保护、风险监视和信息反馈责任。

5.4.5 应急队伍、装备和物资布设应考虑风险等级、道路通行、地形阻隔及暴雨期间实际可达性，并核实固定与移动装备的协同服务能力。

5.4.6 应根据最小汇流时间校核预警提前量、人员到岗、装备展开、道路封控和人员疏散时间；不能及时响应的高风险区应实施人员、装备和物资前置。

5.4.7 地下空间、下穿通道、学校、医院、养老机构和重要生命线设施应制定专项防护与疏散措施；雨中清障、强排及有限空间作业应明确安全边界和撤离条件。

5.4.8 应评估断电、断网、道路中断和平台失效条件下的现场指挥与人工处置能力，并形成分区责任清单、风险点处置卡、前置布设图、疏散绕行图和备用通信联络表。

5.5 调度系统

5.5.1 调度系统评估应包括状态感知、研判决策、指令执行、现场反馈、成效判断和雨后复盘能力。

5.5.1.1 状态感知

- a) 状态感知应覆盖高、中、低不同高程带降雨和上游山洪沟水位、视频及洪峰传播信息；具备条件时可布设流量或流速监测。
- b) 陡坡道路宜通过水位、视频和现场报告监测积水与行泄状态，并应掌握关键雨水口收水、涵洞和沟道堵塞及排口顶托情况。
- c) 应接入边坡、挡墙、地下空间入口、泵闸、调蓄设施、供电和通信状态信息。
- d) 应评估监测点空间代表性、数据准确性、传输时延、异常识别和缺失数据替代能力。

5.5.1.2 研判决策

- a) 研判决策应识别降雨中心位置、移动方向、不同汇水区洪峰到达时间和多峰叠加关系。
- b) 应动态评估下游管渠、沟谷、河道、排口和滨水低地的剩余承载能力。
- c) 调度方案生成宜结合监测、现场调查和模型结果，比较实施前后积水、行泄、冲刷、边坡及下游风险。
- d) 应建立闸泵失效、涵洞堵塞、监测中断和道路封闭条件下的备用方案生成与切换能力。

5.5.1.3 指令执行

- a) 快速汇流分区应具备本地自动控制、边缘计算、断网续控和人工紧急接管能力。
- b) 调度指令应进行权限验证、逻辑校验、上下游安全校核和执行条件确认。
- c) 指令执行应形成下发、接收、确认、执行、异常和完成反馈的闭环记录。

5.5.1.4 成效判断

- a) 调度成效应按竖向汇水分区评价洪峰削减、错峰时长、风险降低和风险转移情况。
- b) 调度系统应保存预报、监测、模型、指令、现场影像、装备状态和处置结果的统一时间轴。
- c) 调度系统评估成果应形成感知盲区清单、模型与预案适用性清单、控制节点清单、断电断网降级方案 and 平台提升需求清单。

6 能力提升

6.1 一般规定

6.1.1 能力提升应依据系统评估结果，以消除关键瓶颈、降低快速汇流和径流冲击风险、提高响应能力及防止风险转移为目标。

6.1.2 能力提升应形成源头分散控制、坡面截流、中途调蓄、梯级消能、谷底保护和有序排放相衔接的技术体系。

6.1.3 能力提升应优先保护和恢复天然沟谷、山洪沟、河湖水系及自然调蓄空间，并统筹工程设施、装备、应急管理和调度系统提升。

6.1.4 提升方案应结合上坡区、中坡区、坡脚和谷底区、沟谷河道区及关键竖向节点的汇流特征和风险类型分区制定。

6.1.5 提升措施应校核设计降雨、超标降雨、山洪叠加、排口顶托和设施失效等工况下的上下游水力衔接、工程安全及风险转移。

6.1.6 能力提升成果应明确工程规模、控制规则、实施时序、责任主体、运行边界和维护要求，并形成近期、远期及应急补强项目清单。

6.2 蓄排空间

6.2.1 上坡区

- a) 上坡区应优先采取分散滞蓄、坡面截水、山体来水截排和安全转输措施，减少径流直接进入陡坡道路和建成区。

- b) 建设边界外侧、山体坡脚和台地上缘宜设置连续截水沟、排洪沟或生态转输设施，应与与下游安全通道衔接。
 - c) 上坡区分散调蓄设施应结合地形分级布置，控制单级汇水面积和溢流能量，避免形成大流量集中下泄。
 - d) 透水、下沉和入渗设施的设置应校核土层厚度、地质条件、边坡稳定、挡墙和建筑基础安全。
 - e) 地质灾害敏感区不宜采用可能抬升地下水位或增加坡体含水率的集中入渗措施。
 - f) 上坡区设施溢流应通过有防冲措施的沟槽、管渠或自然通道有序下泄，不得自由漫流至陡坡道路和居民区。
- 6.2.2 中坡区
- a) 中坡区应采用多级截水沟、道路横向截流、梯级调蓄、跌水和消能设施，阻断径流沿长坡连续加速。
 - b) 陡坡道路雨水口应结合道路纵横坡、来流方向和现场收水情况优化形式、方向、数量和间距，必要时设置横截沟、联合式雨水口或侧向收水设施。
 - c) 横向截流设施不得影响车辆稳定和行人安全，其出流应接入具备相应能力的管渠、沟道或调蓄空间。
 - d) 中坡区可结合台地、广场、停车场、学校操场、桥下空间和公共绿地设置梯级调蓄单元。
 - e) 台地调蓄单元应明确入流口、控制水位、溢流口、排空设施和平急转换管理要求。
 - f) 跌水及消能设施应结合设计流量、落差、尾水条件和下游抗冲能力确定，不得将冲刷风险转移至相邻地块。
- 6.2.3 坡脚和谷底区
- a) 坡脚和谷底区应重点建设关键调蓄、强排、挡水和安全行泄设施，控制多个上游分区洪峰同时到达。
 - b) 坡脚交叉口和陡缓转换点应增设高效收水、横向截流、分流或调蓄措施，避免高速来流在低点集中积聚。
 - c) 下穿通道和隧道洞口应实施上游分区截流、入口挡水、低点调蓄、可靠强排和交通封控的多道防线。
 - d) 地下空间入口应根据周边快速汇流路径提高防护能力，并宜将关键机电设备布置于设防水位以上。
 - e) 谷底调蓄设施应预留安全超高和应急溢流通道，并应校核外河顶托、泵站失效和连续降雨工况。
 - f) 低洼强排空间应配置防倒灌、备用电源、备用泵位和临时移动泵接入条件。
 - g) 坡脚和谷底区宜预留可实施交通管控的应急行泄空间，沿线应设置挡水、警示、疏散和建筑防护措施。
- 6.2.4 沟谷和河道区
- a) 沟谷和河道区应恢复自然排洪通道，清除违法侵占和卡口，保持山洪沟、排洪沟与河道的连续性。
 - b) 桥涵瓶颈改造应统筹上游蓄滞、进口导流、断面扩容、漂浮物拦截和下游防冲，不宜仅扩大单一断面。
 - c) 山洪沟与城市排水管渠交汇处应设置清晰的水力衔接和溢流路径，防止沟水倒灌管网或管网溢流冲击沟岸。
 - d) 泥沙和漂浮物来源较多的沟谷宜设置便于清理的拦渣、沉砂或导漂设施，并应预留安全清障空间。
 - e) 沟道急弯、跌坎、汇入口和出口应设置适宜的护底、护岸、消能和防冲设施。
 - f) 河湖水系预降水位和闸泵调度应服从流域防洪要求，并应为城市超量径流预留合理承载空间。
 - g) 沟谷和河道扩容、清障或分流后，应复核下游河段、桥涵、排口和滨水低地的承载能力。
- 6.2.5 关键竖向节点
- a) 关键竖向节点提升应按照截、分、蓄、消、排、挡的组合方式制定措施，不宜依赖单一设施。
 - b) 上下台地连接道路应分段设置收水和消能设施，防止径流跨越多个高程分区连续下泄。
 - c) 桥涵、暗渠和隧道入口应设置导流、拦污、检修和旁路溢流条件，并应防止堵塞后径流进入人员密集区。

- d) 排口及低洼强排节点应完善水位监测、防倒灌、闸泵联动和出口防冲设施。
- e) 关键竖向节点改造后应验证快速汇流路径是否改变，并重新校核相邻区域和下游风险。

6.2.6 提升成果

- a) 蓄排空间提升成果应形成上游滞蓄、中游截流、下游排放布局图和梯级蓄排设施衔接图。
- b) 蓄排空间提升成果应形成消能防冲设施布置图、高风险地下空间防护图和应急行泄通道图。
- c) 蓄排空间提升成果宜列明各设施服务分区、可用容积、控制流量、启用水位、溢流路径和安全限制。
- d) 蓄排空间提升方案宜提交风险转移校核结果，说明下游峰值、水位、流速、径流能量和风险等级变化。

6.3 蓄排装备

- 6.3.1 蓄排装备提升应满足梯级控制、快速部署、泥沙漂浮物处置、断电断网运行和山地道路受阻条件下的抢险需求。
- 6.3.2 应提升梯级闸门、泵站和调蓄设施的协同运行能力，建立互锁、限流、错峰和故障切换控制逻辑。
- 6.3.3 高风险地下空间、下穿通道和坡脚低点应配置与洪峰到达时间相匹配的自动挡水和强排装备。
- 6.3.4 高流速来水区域的挡水装备应加强锚固、防冲、侧向绕流控制和状态监测。
- 6.3.5 山洪沟、涵洞、截水沟和雨水口应配置适应泥沙、树枝及漂浮物的快速清障和转运装备。
- 6.3.6 移动泵车应按实际扬程、通行时间、停放位置、软管路径、临时供电和安全排放条件配置。
- 6.3.7 山地道路可能中断的区域应设置装备备用路线和高程分区内的前置存放点。
- 6.3.8 关键泵闸、监测和通信设备应配置备用电源、备用通信链路和现场人工控制装置。
- 6.3.9 装备接口、通信协议和状态编码宜统一，并应接入调度系统进行状态监视和控制。
- 6.3.10 装备改造应同步完善防雷、防水、防淹、防冲击和恶劣天气下的操作防护。
- 6.3.11 应建立装备到达、展开、启用、连续运行、故障替换和撤收的全过程时间指标。
- 6.3.12 蓄排装备提升成果应形成装备配置清单、前置布置图、备用路线图、联动控制规则和故障替代表。

6.4 应急管理

- 6.4.1 应急管理提升应以最小汇流时间和灾害链情景为约束，完善分区响应、人员前置、交通封控和快速疏散机制。
- 6.4.2 应按竖向汇水分区设置现场责任单元，明确上游观测、中游截控、谷底保护和下游风险监视职责。
- 6.4.3 应针对上游快速产流、多沟谷洪峰叠加、谷底河道顶托、涵洞堵塞、地下空间进水和山洪一内涝复合事件编制专项预案。
- 6.4.4 应建立边坡滑塌、挡墙异常、沟道堵塞和道路冲毁条件下的应急停调、危险区划定和专业联动机制。
- 6.4.5 高风险区应实施人员、挡水设施、清障装备、移动泵和应急照明前置。
- 6.4.6 交通管控方案应明确封闭时机、断交点、绕行路线、公共交通调整和救援通道保障。
- 6.4.7 地下空间和下穿节点应建立入口封闭、人员疏散、设备断电保护、应急排水和防止倒灌的操作卡。
- 6.4.8 应完善断电、断网、平台故障和监测失效时的纸质预案、离线地图、现场联络和人工指挥流程。
- 6.4.9 应急演练应以真实交通时间和装备展开时间检验预案，并根据演练结果调整前置点和责任边界。
- 6.4.10 应急管理提升成果应形成分级响应规则、分区处置卡、装备前置表、疏散绕行图和跨部门联动清单。

6.5 调度系统

- 6.5.1 调度系统提升应构建地形、管网、沟谷、河湖和设施一体化的数据底座及竖向汇水分区模型。
- 6.5.2 应补充高程分带雨量、山洪沟水位流量、陡坡道路积水与行泄状态、关键雨水口收水与堵塞、涵洞堵塞和地下空间入口监测。
- 6.5.3 应建立降雨中心和移动方向识别、洪峰到达时间预测、多分区洪峰叠加分析和下游剩余能力评

估功能。

6.5.4 调度模型应能够模拟管渠承压、地表快速汇流、沟谷行洪、排口顶托、调蓄溢流和设施失效过程。

6.5.5 应建立风险转移自动校核功能，对调度前后下游和相邻区域的流量、水位、水深、流速及风险等级进行比较。

6.5.6 高风险节点宜部署边缘计算和本地控制策略，通信中断时应维持安全工况或按预案自动降级。

6.5.7 平台宜支持现场移动终端反馈，关联照片、视频、位置、设备状态和处置进度。

6.5.8 应建立山地典型降雨和设施失效场景库，并定期开展数字化推演和预案比选。

6.5.9 应通过数据备份、异地容灾、离线缓存和备用通信提高平台连续运行能力。

6.5.10 调度系统提升宜与气象、水利、交通、应急、规划自然资源和地下空间运营单位实现必要的信息共享。

6.5.11 调度系统提升成果应形成监测补点方案、模型升级方案、控制节点清单、边缘控制规则和平台建设清单。

7 蓄排联调

7.1 一般规定

7.1.1 山地城市蓄排联调应以竖向汇水分区为基本调度单元，统筹上、中、下游不同高程蓄排单元，实施梯级调蓄、错峰排放和风险约束控制。

7.1.2 联调对象应包括坡面截排设施、排水管渠、永久与应急调蓄设施、道路行泄空间、山洪沟、河湖水系、泵闸挡水装备和应急资源。

7.1.3 联调应优先保障人员、重要生命线和地下空间安全，综合控制积水、快速汇流、径流冲击、冲刷及上下游风险。

7.1.4 梯级蓄排单元应明确允许水位、出流能力、启闭条件、控制优先级和故障替代方式；道路行泄、地下空间封闭和交通管控应与设施调度同步实施。

7.1.5 联调方案应符合防洪、山洪和水库调度要求，并校核调度前后下游及相邻区域风险；联调过程应形成可追溯的指令执行和现场反馈记录。

7.1.6 蓄排联调应按照雨前预案制定、雨中方案优选和雨后评估迭代的全过程实施。

7.2 雨前预案制定

7.2.1 雨前预案应以竖向汇水分区、快速汇流路径、梯级蓄排关系和风险传递关系为基础编制。

7.2.2 预案情景应考虑下列因素：

- a) 降雨中心位于上游、中游或下游；
- b) 降雨由上游向下游移动或由下游向上游移动；
- c) 短历时强降雨、连续降雨及前期土壤湿润程度；
- d) 上游山洪沟来水、河道基础水位和排口顶托；
- e) 雨水口、拦污栅、涵洞和沟道堵塞程度；
- f) 不同调蓄设施初始水位和可用容积；
- g) 地下空间挡水、泵站、闸门、供电和通信状态；
- h) 道路交通、施工占道、边坡风险和装备可达状态。

7.2.3 预案库应至少包括下列山地城市典型预案：

- a) 上游快速产流预案；
- b) 多沟谷洪峰叠加预案；
- c) 谷底河道顶托预案；
- d) 涵洞或沟道堵塞预案；
- e) 地下空间紧急防护预案；
- f) 山洪—内涝复合预案；
- g) 通信或供电中断预案；
- h) 关键泵闸或调蓄设施失效预案。

- 7.2.4 雨前宜根据气象预报识别降雨中心、移动方向和高程分带降雨差异，预测各高风险分区的产流和洪峰到达时间。
- 7.2.5 应核定梯级调蓄设施初始水位、可用容积、排空时间和预排对下游的影响。
- 7.2.6 预排空和预降水位应在下游具备承载条件时实施，并应避免与河道洪峰或下游排水高峰叠加。
- 7.2.7 应根据洪峰到达时间确定上游截蓄、中坡调蓄、谷底强排和排口闸泵的启用顺序。
- 7.2.8 应提前确定道路断交点、绕行路线、地下空间封闭时机、人员疏散路线和应急救援通道。
- 7.2.9 应根据山洪沟含沙和漂浮物风险安排拦污栅、涵洞、雨水口和截水沟雨前清障。
- 7.2.10 应核实泵闸、挡水、清障、移动强排、备用电源和通信设备的可用状态及前置位置。
- 7.2.11 预案应明确关键监测失效、道路中断和现场反馈缺失时采用的保守控制规则。
- 7.2.12 雨前预案成果宜形成高程分区调度关系图、梯级蓄排控制规则、错峰下泄时序表和断电断网备用方案。

7.3 雨中方案优选

- 7.3.1 雨中联调应根据实时降雨、山洪沟来水、道路与低洼点积水、设施状态和下游承载能力滚动更新。
- 7.3.2 雨中方案优选宜按照下列顺序执行：
- a) 识别降雨中心位置、强度变化和移动方向；
 - b) 预测各上游汇水分区洪峰到达时间；
 - c) 确定谷底、河湖、管渠和排口的剩余承载能力；
 - d) 优先启用上游和中坡调蓄空间；
 - e) 控制不同汇水分区洪峰错峰下泄；
 - f) 同步实施道路管控和地下空间封闭；
 - g) 校核冲刷、边坡、人员和下游风险；
 - h) 根据监测和现场反馈滚动更新方案。
- 7.3.3 上游调蓄宜削减快速产流峰值，中坡调蓄宜延缓洪峰传播，谷底调蓄宜为下游排放创造错峰条件。
- 7.3.4 各梯级蓄排单元应根据下游可接纳流量分时下泄；下游能力不足时，应限制或暂停上游出流，避免多处同时排水造成下游积水加剧。
- 7.3.5 当排口受顶托或河道水位快速上涨时，应减少向受限排口下泄，并启用临时蓄滞、分流或其他安全排放路径。
- 7.3.6 当山洪沟来水快速增加或陡坡道路出现高速行泄时，应加强沟口、涵洞和道路监视，优先采取上游截流、危险区警戒、道路封控和人员疏散措施。
- 7.3.7 地下空间入口接近封闭条件，或出现边坡变形、挡墙渗漏、路基掏空和沟岸坍塌征兆时，应及时挡水疏散，并停止向危险区蓄水、导流或强排。
- 7.3.8 泵闸、调蓄设施、监测或通信发生故障时，应按备用方案调整相邻单元出流，启用移动装备或人工接管，并重新校核上下游风险。
- 7.3.9 雨中应结合监测、视频和现场报告持续判断各风险点变化；发现下游或相邻区域风险加剧时，应及时调整控制次序和出流规模。
- 7.3.10 调度指令应明确执行对象、操作内容、完成时限、安全条件、异常处置和反馈要求，并形成下发、确认、执行和完成的闭环记录。

7.4 雨后评估迭代

- 7.4.1 雨后应核对降雨、山洪沟来水、洪峰到达、积水、设施运行、指令执行和现场处置记录，形成事件过程时间轴。
- 7.4.2 应评价各竖向汇水分区产流、峰值、汇流时间和快速汇流路径的预测偏差，并核对降雨中心和洪峰传播判断的准确性。
- 7.4.3 应评价雨水口实际收水、管渠输水、永久与应急调蓄设施的可用容积和排空、泵闸运行及梯级错峰效果。
- 7.4.4 应检查山洪沟、道路、桥涵、排口、跌水与消能设施的冲刷、破损、淤积和堵塞，以及边坡、

挡墙、路基、护岸和地下空间进水路径的异常情况。

7.4.5 应比较联调实施前后上下游及相邻区域的洪峰、水位、积水、行泄和风险等级变化；风险是否发生不利转移应作为方案有效性评价的必要内容。

7.4.6 应评价道路封控、人员疏散、装备到达、挡水启用和应急清障的及时性与安全性，并分析预报、模型、监测、通信、指令和反馈环节的偏差及延迟。

7.4.7 应根据评估结果修正模型参数、汇水分区、快速汇流路径、联调规则和备用预案，形成工程改造、装备补强、监测补点及管理整改清单。

7.4.8 蓄排联调成果宜包括高程分区调度关系图、梯级控制规则、典型情景预案库、错峰调度表、风险转移校核报告和断电断网备用预案，并将典型事件复盘纳入年度提升计划。

8 运行维护

8.1 一般规定

8.1.1 运行维护应覆盖蓄排空间、蓄排装备和系统平台，重点保障沟谷、坡面、高差节点和快速汇流通道安全有效。

8.1.2 运行维护应建立日常巡检、汛前专项检查、预警后再检查、雨中安全巡查、雨后复查和年度评估制度。

8.1.3 维护频次应根据汇水分区风险等级、泥沙漂浮物季节变化、历史堵塞频次和设施重要性确定。

8.1.4 天然沟谷、山洪沟、河湖水系和应急行泄空间应保持连续有效；高风险分区应实行设施、装备、人员和备用路线清单化管理。

8.1.5 维护作业应符合有限空间、临水、临边、陡坡和暴雨条件下的安全要求；应急响应时间应根据最小汇流时间、风险等级、装备部署和人员疏散时间分级确定。

8.1.6 设施状态、缺陷、维修、清疏、试运行和风险处置记录应与空间位置、设施编码及责任单位关联，并及时更新系统平台数据。

8.2 蓄排空间

8.2.1 蓄排空间运行维护应包括排水管渠、调蓄设施、道路、河湖水系、山洪沟及坡面排水设施、地下空间和关键竖向节点。

8.2.1.1 排水管渠

- a) 应定期检查大坡度管渠、跌水与消能井、高差连接井和排口的淤积、破损、冲刷、振动及结构异常。
- b) 陡坡道路雨水口应重点清理落叶、泥沙和漂浮物，检查算口、连接管和横向截流设施；排口应检查闸门、拍门、防倒灌、防冲和水位监测设施。

8.2.1.2 调蓄设施及道路

- a) 永久和应急调蓄设施应检查进出水口、控制水位、排空设施、可用容积、淤积、渗漏、安全防护和平急转换条件。
- b) 梯级调蓄设施应开展上下级联动试运行；道路行泄通道应保持连续，并维护警示、断交、监控、广播和绕行设施。

8.2.1.3 河湖、山洪沟及坡面排水设施

- a) 河湖水系、山洪沟和排洪沟应检查水位与淤积、沟道侵占、岸坡坍塌、桥涵卡口、漂浮物和上游滑塌堵沟隐患。
- b) 截水沟、边沟、坡面急流槽、挡墙泄水孔、跌水、消能池和出口防冲设施应检查连续性、裂缝、沉降、冲刷、淤积及出路通畅情况。
- c) 汛前和强降雨后应清理涵洞进口、拦污栅和沉砂设施，清理物应及时转运至安全地点。

8.2.1.4 地下空间及关键竖向节点

- a) 隧道洞口、下穿通道、地铁站口和地下车库入口应检查挡水、集水、排水泵、备用电源、照明和疏散设施。
- b) 坡脚交叉口、陡缓转换点、桥涵交汇处、上下台地连接道路及高差管渠节点应检查收水、分流、消能、结构安全和交通管控设施。

- c) 暴雨或山洪预警后应复查山洪沟卡口、长坡道路、下穿通道、滨水排口和地下空间入口；雨后应核实快速汇流路径变化及边坡、挡墙、护岸和路基隐患。
- d) 发现沟谷异常堵塞、边坡变形、挡墙渗漏或出口冲刷时，应划定危险区并及时处置；维护记录应支撑可用容积、过流能力和风险边界更新。

8.3 蓄排装备

- 8.3.1 蓄排装备运行维护应包括泵闸、挡水、清疏拦渣、移动强排、监测通信和备用供电设备。
- 8.3.2 汛前应开展梯级闸泵联动试运行，检查固定泵站的水泵、格栅、闸门、供电、控制、防淹和排放路径，验证远程、本地、人工和断网控制模式。
- 8.3.3 移动泵车应定期验证启动、扬程、流量、软管、接电、照明、车辆停放和山地道路通行条件。
- 8.3.4 挡水装备应检查锚固、密封、抗滑、抗冲、启闭时间和现场操作空间。
- 8.3.5 暴雨前应在泥沙和漂浮物高风险区预置拦渣、清障、起吊和转运装备，并核实道路中断时的备用路线和高程分区前置点。
- 8.3.6 关键装备应定期切换备用电源和通信，监测设备应开展比测、校准、清洁和异常数据检查，验证连续运行和人工接管能力。
- 8.3.7 雨中装备作业应遵守安全警戒和撤离条件，不得在急流、深水、沟岸坍塌或边坡失稳危险区作业。
- 8.3.8 装备维护应记录故障、响应、修复、替换和恢复时间；雨后应对投入运行的装备进行检查、保养、补充和复位。

8.4 系统平台

- 8.4.1 系统平台运行维护应包括基础数据、竖向汇水分区、模型、监测、预案、控制规则、接口、权限和备份管理。
 - 8.4.2 应动态维护高程、道路竖向、山脊线、沟谷线、快速汇流路径、关键竖向节点和设施编码；建设与治理活动改变地形或排水关系后，应及时更新。
 - 8.4.3 应接入山洪沟、边坡、挡墙、陡坡道路、雨水口、涵洞、地下空间及泵闸调蓄设施的必要监测数据，并定期检查数据质量和设备状态。
 - 8.4.4 应结合实测和复盘结果校验降雨产流、洪峰传播、管网与地表交换、排口顶托和梯级调蓄模型，维护典型降雨、堵塞及设施失效场景库。
 - 8.4.5 本地控制策略、联调阈值和风险转移校核规则应定期测试；平台应对数据中断、通信延迟、传感器异常和不合理指令告警并支持安全回退。
 - 8.4.6 通信中断时应实施数据本地缓存，恢复后完成校时与补传；应定期开展数据库备份、容灾恢复、漏洞扫描、权限审查和日志审计。
 - 8.4.7 应保留纸质预案、离线地图、现场联络清单和本地控制卡，并定期开展山地典型场景数字化与现场联动演练。
 - 8.4.8 年度运行评估应形成设施状态、模型偏差、预案执行、风险转移、维护资金和下一年度提升项目清单。
-