

# 山洪沟道护岸工程设计与应用探讨

赵佳

宁夏水利水电勘测设计研究院有限公司 宁夏 银川 750000

**摘要:** 本文深入探讨了山洪沟道护岸工程的设计及其在宁夏贺兰山东麓的应用, 以应对日益频繁和剧烈的山洪灾害。文章分析了山洪沟道的地质和水流特性, 基于综合治理、生态保护、有限防淹和增强抗冲能力等核心原则, 工程设计部分详细阐述了水面线推算、超高确定、冲刷深度计算、护岸结构型式和材料选择等关键环节。通过案例分析, 展示了护岸工程在提高防洪排水能力、降低沟道岸坡塌岸风险、消除险情以及促进生态恢复和社会经济效益方面的积极效果。

**关键词:** 山洪沟道; 护岸工程; 设计; 应用

## 引言

山洪作为一种突发性自然灾害, 对人类生命财产安全和生态环境造成了严重威胁。随着全球气候变化和人类活动的影响, 山洪灾害的频率和强度呈现上升趋势。护岸工程是山洪沟道治理的重要措施之一, 用来保护和加固山洪沟道两侧的岸坡, 以防止洪水冲刷和侵蚀, 保持沟道稳定, 减少泥沙流失, 其设计和应用受到了广泛关注。

## 1 山洪沟道特征分析

### 1.1 山洪沟道的地质特点

山洪沟道通常位于山区, 河床高程变化较大, 河道纵坡陡峭, 暴雨期间水流速度极快, 冲刷力强。山洪沟道的地层岩性多样, 主要包括第四系全新统冲洪积卵石、黄土状砂壤土及含壤土碎石等, 这些地层岩性的分布对沟道的稳定性和抗冲刷能力有重要影响。

### 1.2 山洪沟道的水流特性

山洪沟道的水流特性主要体现在季节性、突发性、群发性和易发性。

**季节性:** 汛期, 特别是主汛期是山洪灾害多发期。在同一流域, 甚至同一年内有可能会发生多次山洪灾害, 所以具有季节性强、频率高的特征。**突发性:** 山丘区小流域因流域面积和沟道调蓄能力小, 沟道坡降大, 流程短, 洪水持续时间较短, 但水位涨幅大、洪峰流量高。降雨产流迅速, 一般只有数小时, 激发山洪的暴雨具有突发性, 导致山洪灾害的突发性, 山洪暴发历时很短, 成灾非常迅速。**群发性:** 在暴雨中心范围内, 前期崩塌形成的松散堆积物, 在暴雨作用下各支沟同时形成泥石流, 表现出群发性特征。**易发性:** 由于山区经济发展相对落后, 预警预报设施不完善, 不能及时采取有效措施减少洪灾损失。加之对山洪灾害的规律性研究不够, 没

有定量判别标准, 以往的山洪灾害防御预案操作性不强, 山洪灾害预见性差, 防御难度较大。

## 2 护岸工程设计理念

**2.1 综合治理原则:** 护岸工程应与截洪沟、排洪渠、沟道清淤疏浚、分洪道等其他工程措施相结合, 形成综合防治体系。

**2.2 生态保护原则:** 护岸工程应遵循自然规律, 兼顾维护生物适宜栖息环境和生态景观完整性的功能。设计时不仅要满足技术要求, 还要考虑生物栖息地的加强和改善生态环境的需求。

**2.3 有限防淹、增强抗冲能力:** 护岸工程应有限防淹, 增强抗冲能力和考虑漫顶洪水工况。这意味着工程不仅要通过工程措施防御标准内洪水, 还要考虑超标准洪水应对方案。

**2.4 非工程措施与工程措施相结合:** 除了物理工程措施外, 还应结合非工程措施, 如预警系统和群测群防体系, 以提高山洪灾害的综合防御能力

## 3 护岸工程设计

### 3.1 山洪沟道设计水面线推算

沟道整治根据现状沟道自然比降, 设计分段调整沟道比降, 通过在现有沟道内开挖小沟槽预留洪水通道等措施, 规整洪水流路, 在弯道等重点段落考虑护岸工程布设。水面线一般采用伯努利方程推算, 沟道河床糙率根据河段各水文站实测值为代表, 同时参考沿线河道河床边界条件和水力计算手册及相关规范参考值, 综合分析选取<sup>[1]</sup>。

### 3.2 护岸工程超高确定

沟道岸顶超高根据新建砌护工程是否存在挡水功能分别确定。

**3.2.1** 对于沟道设计水位高于沟岸外侧地面段落, 新

建沟拜需约束水流,限制洪水泛滥,沟道顶高程为设计洪水水位加超高,根据《堤防工程设计规范》GB 50286,本次堤顶高程为设计洪水频率的计算水位加风壅水面高、波浪爬高加安全加高值计算。

3.2.2 对于沟道设计水位位于地面以下段落,洪水于现状沟道内下泄,新建砌护工程主要防止洪水冲刷对岸坡造成破坏,根据《河道整治设计规范》GB 50707,砌护顶高程为设计洪水水位加0.5m确定。

### 3.3 沟道冲刷深度计算

设计冲刷深度指平顺护岸等工程修建后,在经受设计洪水水流冲刷下,工程头部河床冲刷深度,用于确定工程基础深度是否达到稳定要求。沟道堤岸冲刷深度计算采用《山洪沟防洪治理工程技术规范》(SL/T778)中的计算公式进行计算。根据要求护岸基础宜坐落于河床最大冲刷深度以下0.5m,同时基础埋置深度应为冻结深度,护岸基础埋深或护脚宽度可结合冲刷深度计算结果,综合考虑确定。

### 3.4 护岸结构型式确定

山洪沟道治理中常见的护岸型式包括坡式护岸和墙式护岸。护岸型式应根据治理河段地形地质条件、冲刷程度、工程占地、施工条件以及生态环境保护等,经技术经济比较确定,并宜符合下列规定:(1)岸坡稳定性较好或具有放坡条件的土质岸坡及风化破碎严重且稳定性差的岩质岸坡防护前选用坡式护岸。(2)稳定性较差且受地形条件或沿岸建(构)筑物限制的土质或岩质岸坡宜选用墙式护岸。(3)迎流顶冲河段或有重要防护对象的河段,护岸工程应采取加强护基、增强结构等措施。

### 3.5 护岸材料选用

护岸材料要求具有一定的强度,近年来已治理沟道主要包括浆砌石护岸、格宾护岸、现浇混凝土护岸及干砌石护岸等形式。

浆砌石护岸:具有结构稳定性较好、整体性较好,强度较高、抗冲能力强等特点,适用于流量较大、有较强防冲要求的河道。但浆砌石会隔绝植物生长通道,岸坡不能生长绿色植物,缺乏绿色和生机,排水沟道内施工难度大,容易发生冻胀破坏。

格宾护岸:边坡一般采用格宾网垫护坡,基础采用格宾网箱,填充材料优先选用当地粒径、级配合理的块石,为防止洪水将坝体内壤土带出,在护坡石笼与土体之间设无纺土工布反滤层。施工方便、铅丝可选择抗腐蚀型或PVC包皮,护坡面具有整体性,使用年限长而且美观等特点。

现浇混凝土护岸:抗冲刷能力较强,整体性高,

适用于项目区内沟道比降大,洪水流速快,洪水下泄时裹挟着大量泥沙、石块及树干等杂物的状况。

干砌石护岸:基础采用铅丝笼块石,边坡采用干砌石,工程造价低,针对雨水冲刷、冻胀破坏等原因造成的塌岸具有显著效果,但针对地下水位过高、流沙地段等原因造成的塌岸,极易造成镂空坍塌,且块石不具有整体性,从而造成连片坍塌。

## 3.6 护岸工程结构计算

### 3.6.1 护岸护坡厚度计算

护坡厚度计算包括斜坡干砌石护坡坡面厚度计算、人工块体或块石作为斜坡护面的厚度计算、混凝土板作为岸坡护面时护面板厚度计算、格宾护坡厚度计算等。本文以格宾护坡厚度计算举例,格宾护坡近年来在国内应用极为广泛,但由于相关规范尚未发布,目前多为参考格宾护垫测试试验成果和参照相关资料计算确定。可分别参照《生态格网结果技术规程》相关公式和《护岸的设计》(K.W.Pilarczyk)公式计算结果,综合确定。

### 3.6.2 护岸稳定性计算

护岸稳定性计算是评估护岸工程设计是否满足安全要求的关键步骤,主要涉及抗滑稳定性、抗倾稳定性、地基承载力和渗流稳定等方面的计算,计算需要考虑波浪力、土压力和结构自重等因素。

抗滑稳定性计算通常采用极限平衡法,如瑞典圆弧滑动法,计算条件应包括河床的可能最大冲刷深度;抗倾稳定性计算是确保护岸结构在垂直方向上不发生倾覆破坏的计算;地基承载力计算是确保护岸结构基础不发生破坏的计算,常用的计算方法包括:太沙基承载力理论和特里尔承载力理论。渗流稳定计算是确保护岸结构在渗流作用下不发生渗透破坏的计算。对于地震区的护岸工程,还需考虑地震力对结构稳定性的影响。地震力可以通过地震系数 $u$ 来计算,并结合地震角 $\theta$ 确定地震力的方向和大小。

## 4 案例分析

### 4.1 工程背景

贺兰山横亘于宁夏平原北、西部,西起中卫市沙坡头区北部新井沟,向东至中宁县枣园乡后,折向东北方向,至石嘴山市惠农区麻黄沟,全长约290km,是宁夏和内蒙古自治区重要的自然分界,也是护佑宁夏平原免受腾格里沙漠和乌兰布和沙漠侵袭的天然屏障。地处贺兰山宁夏平原黄河以西部分,是宁夏生产要素和经济活动最为集中的地区,也是宁夏沿黄经济区的核心组成部分。沿线分布着自治区首府银川市、工业重镇石嘴山市、沙漠水城中卫市以及11个县区。包兰铁路、京藏高

速、乌玛高速等重要交通干线贯通南北，西夏王陵、贺兰山岩画、镇北堡影视城、沙湖等享誉全国的人文和自然景观集中分布，但由于贺兰山东麓自然发育山洪沟道较多，沟短坡陡，暴雨多发，严重的暴雨洪水灾害直接影响区域防洪安全，历来是宁夏防汛工作的重中之重。

## 4.2 设计方案

### 4.2.1 工程建设范围

宁夏贺兰山东麓地跨4个地级市11个市县区，为了便于工程建设与管理，按照行政区域划分防洪治理区域，即卫宁防洪治理区、青铜峡防洪治理区、银川防洪治理区和石嘴山防洪治理区，本方案主要设计范围为卫宁防洪治理区6条山洪沟沟道<sup>[2]</sup>。

### 4.2.2 工程规模

项目区治理山洪沟道洪水标准20~50年一遇，设计洪峰流量为34~247m<sup>3</sup>/s。治理长度56km，新建护岸单侧总长66km。

### 4.2.3 项目区地质情况

区域范围包括贺兰山地、山前洪积扇、卫宁平原等地貌单元。其中，卫宁区域内，贺兰山地近似东西走向，以低山丘陵为主，分布于照壁山至胜金关及太阳梁一带，海拔1420~1526m，山前洪积扇长度较短。南部冲积平原主要为黄河阶地，南北宽3~11km，东西长75km，自西向东倾斜，海拔1197~1230m之间，坡降1/1000以下。黄河位于区域南侧，河道高程在1180~1230m，河道宽度在300~2000m。主要地层岩性为人工填土、砂壤土卵石、角砾、细砂、中砂等。

### 4.2.4 护岸型式选用

本次设计根据项目区现状，结合洪水下泄情况，主要采用现浇混凝土坡式护岸的砌护形式，对部分存在用地限制的段落采用现浇混凝土直立挡墙的砌护形式。

其中现浇混凝土坡式护岸采用C25混凝土现浇，护坡厚度0.3m，坡比1:2或1:1.5，与现状坡比基本保持一致，基础宽度0.5~0.8m，埋深1.0m，冲刷深度较大段落基础前设置0.5m×2.0m格宾护脚，临水侧基础开挖后采用散

抛石回填。护坡沿水流方向间隔3m设伸缩缝、垂直水流方向2~3m设伸缩缝，缝宽3cm，填塞油膏及闭孔板，地下水位较高段落间隔1.5m设排水孔。

现浇混凝土直立挡墙护岸采用C25混凝土现浇，顶宽0.3m，临水面直立，背水面坡比1:0.4，基础埋深1.0m，与现状坡比基本保持一致，基础宽度0.5~0.8m，埋深1.0m，临水侧基础开挖后设置浆砌石护脚，挡墙顶部设300mm厚C25现浇钢筋混凝土防撞墙。护坡沿水流方向间隔3m设伸缩缝，缝宽3cm，填塞油膏及闭孔板，地下水位较高段落间隔1.5m设排水孔。

### 4.2.5 实施效果

宁夏贺兰山东麓山洪沟道护岸工程的实施，明显增强了沟道的抗冲刷能力，降低了沟道岸坡的塌岸风险，消除险情，进一步提高区域防洪排水能力，在防洪效果、生态恢复和社会经济效益方面均取得了积极的效果<sup>[3]</sup>。

## 5 结语

本研究针对山洪沟道护岸工程的设计及其在宁夏贺兰山东麓的应用进行了深入探讨。通过综合分析山洪沟道的地质特点和水流特性，本研究提出了一套科学合理的护岸工程设计方案，包括水面线推算、超高确定、冲刷深度计算、结构型式选择和材料选用等关键环节。实践证明，该护岸工程的实施显著提升了区域的防洪能力，有效减少了山洪对人民生命财产安全的威胁。未来，我们将继续监测工程的长期效果，并根据实际情况进行必要的调整和优化，以确保工程效益的最大化和持久性。

## 参考文献

- [1] 龚瑜. 土体扰动变形对河道护岸的影响研究[J]. 城市道桥与防洪. 2017, (09): 181-184+19.
- [2] 牛国凯. 新密市泽河山洪沟治理工程措施初探[J]. 水资源开发与管理. 2017, (06): 50-52.
- [3] 《山洪沟防洪治理工程技术规范》(SL/T778-2019). 中华人民共和国水利部发布, 2019年5月31日发布, 2019年8月31日实施.