

# 高边坡填筑堤防工程边坡排水措施的探讨

戴屹

中国瑞林工程技术股份有限公司

**摘要：**在水利工程中，高边坡填筑堤防工程是防洪减灾、水资源调配工程中重要的组成部分，随着我国城市防洪标准的提高，堤防工程高度要求逐渐提高，边坡稳定性也日趋重要。特别是在南方地区雨水充沛、季节性多雨，边坡的排水措施成为关系到堤防工程安全与否的关键因素。因此，本文将结合工程实例对高边坡填筑堤防工程边坡排水措施进行深入探讨，希望对其他类似高边坡工程具有借鉴意义。

**关键词：**高边坡；填筑堤防；边坡排水

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.21.074

我国是一个水资源丰富但时空分布不均的国家，水利工程建设对于国家经济的发展和人民生命财产的安全具有重要作用，高边坡填筑堤防工程作为水利工程的重要组成部分，其稳定性直接关系到堤防的整体安全和防洪功能，尤其是在多雨地区，边坡的排水问题若处理不当，将会导致边坡失稳，甚至引发堤防溃决等严重事故。边坡排水措施的设计与实施，涉及工程地质、工程水文、土力学、流体力学等多学科知识，是复杂的系统工程，需要综合考虑地质条件、气候条件、水文条件以及工程等别、填筑高度等具体要求，制定出科学合理的排水系统，且在施工过程中严格控制施工质量，确保边坡排水系统能够有效运行，真正起到排水固坡的作用，保障堤防工程的安全稳定。

## 一、高边坡填筑堤防工程边坡排水的作用

### （一）保障堤防工程安全

在高边坡填筑堤防工程中，边坡排水系统的核心作用为保障边坡汇水的有序排出。填筑高边坡由于其特殊的地理条件和较高的填筑高度，容易受到雨水、地下水等多种汇水途径的渗透和冲刷，如果缺少有效的边坡排水系统，汇水将在边坡内部积聚，增加边坡土体的含水率，降低土体的抗剪强度，进而引发边坡失稳、滑坡等自然灾害，通过合理的边坡排水设计，可以及时排除边坡内的积水，减少汇水对边坡土体的不利影响，从而大大提高堤防工程的稳定性，保障堤防的安全、可靠。

### （二）延长堤防工程使用寿命

堤防工程是水利建设的重要组成部分，其建设成本高昂，因此延长其使用寿命对于节约资源、提高工程效益具有重要意义，科学的边坡排水体系能够防止汇水在

边坡内部长期滞留，减少水分对堤防材料的侵蚀和破坏，从而提高边坡结构的耐久性，延长堤防工程的服务年限，同时良好的边坡排水系统还能减少因热胀冷缩而引起的堤防裂缝问题，减轻堤防的维护压力，保持堤防的完整性。

### （三）提升堤防工程的防洪能力

在设计洪水叠加暴雨工况下，边坡排水系统的有效运行能够提升堤防工程的防洪能力。如果堤防边坡排水不畅，大量汇水将迅速渗入堤防内部，增加堤防的负荷，甚至会引发堤防决口等严重事故，而有效的边坡排水系统能够迅速将雨水排出堤防边坡范围，有利于堤防的受力状态，确保其抵御洪水的能力，且通过合理的排水消能措施，还可以降低洪水对堤防的冲刷力，保护堤防不受破坏。

### （四）维护生态环境平衡

在高边坡填筑堤防工程中，如果排水不畅，将导致边坡土壤湿度过大，影响坡面防护植被的生长和发育，而良好的边坡排水能够保持土壤湿度适中，为植被生长提供有利条件。植被的茂盛不仅能够美化环境、减少水土流失，还能增强堤防边坡的抗冲刷能力。同时，有效的排水系统还能减轻因水分过多而引起的土壤盐碱化等问题，保护周边的生态环境，所以边坡排水系统在维护生态环境平衡方面发挥着不可忽视的作用。

## 二、工程概况及存在问题

### （一）工程概况

该项目位于N市郊区某河段，河道总长约2.5公里，该地区年平均降雨量达1368mm，暴雨频发且多集中在夏季，容易造成洪涝灾害。堤防工程原设计高度为15m，近年来由于河流现状冲刷情况和城市防洪要求的提高，决定对该段堤防工程进行加固并适当增高，设计填筑高度达到20m，新填筑部分采用砂质黏土和碎石混合材料，分层压实回填，以提高边坡的稳定性；加固后的堤防，其边坡比为1:2，边坡铺设一层0.5m厚的碎石，以增强排水性能并防止土壤侵蚀。为确保堤防边坡稳定，本次设计完善了堤防工程边坡的多层次的排水系统。

### （二）原有堤防工程存在问题分析

#### 1. 原有堤防工程边坡排水系统不完善

原有堤防工程的边坡排水系统设计存在明显缺失，排水管路布局不完善，未形成有效的排水体系，导致边

坡内部积水难以及时排出。原有排水管的材质和直径选择不当,部分排水管的材料耐久性较差且过流能力不足,现已经出现破裂和渗漏现象,导致积水在边坡内部长时间滞留,增加了边坡的土压力和水压力,进而影响了边坡的稳定性。同时,原有堤防工程缺乏定期的排水系统巡查和清淤维护机制,排水管堵塞、老化等问题得不到及时处理,严重影响了边坡排水系统的正常运行,排水系统的性能逐渐下降,无法满足边坡排水的实际需求。

#### 2. 边坡土壤侵蚀和滑坡风险增加

由于原有堤防工程边坡排水措施不完善,导致边坡土壤长时间处于湿润状态,边坡强度降低,易发生侵蚀和滑坡,尤其是在雨季,没有有效的排水措施引导汇水有序排放,暴雨雨水冲刷边坡表面,使得边坡坡脚逐渐被冲刷流失。同时,边坡内部积水产生的侧压力也加剧了滑坡的风险,在长时间的浸润和侧压力作用下,边坡土壤的结构逐渐破坏,抗剪强度降低,最终导致边坡失稳,严重威胁堤防工程的安全。

#### 3. 堤防工程设计与实际地质条件脱节

原有堤防工程在设计阶段对工程勘察资料核对不够深入细致,导致工程设计与实际地质条件存在较大的脱节,在填筑堤防时没有充分考虑地基的承载力和稳定性问题,使得堤防工程在实际运行过程中出现沉降开裂和不均匀变形等现象。原有堤防工程未根据地下水水位、土体渗透系数 $Q_w$ 等参数进行综合考虑,设计排水措施时没有根据土壤的渗透性、抗剪强度等参数进行合理设计,导致排水措施效果不佳,在持续降雨或暴雨等工况下,边坡内部的汇水无法及时排出,加重了边坡的失稳风险。

### 三、高边坡填筑堤防工程边坡整体排水方案设计

首先,在边坡上设计了多层次的截排水系统,每隔5m垂直高度的边坡上设置一根横向排水管,管径为DN300,采用PVC材质,具有良好的耐腐蚀性和耐久性。同时,在堤防顶部和底部各设置一条纵向排水沟,宽 $\times$ 高=1.0m $\times$ 0.8m,有序排出堤顶和堤底汇水。其次,在边坡的纵坡低点及排水拐角位置增设集水井,用于收集排水管排出的积水,集水井采用直径为1.5m的圆形钢筋砼结构,深度为2m,同时每个集水井配备一台小型排水泵,其流量为50m<sup>3</sup>/h,扬程为10m,以确保在极端天气条件下也能有效排出积水。第三,在边坡表面安装预制混凝土护坡板,以防止雨水直接冲刷土壤,护坡板厚度为10cm,尺寸为1.0m $\times$ 1.0m,通过锚固钢筋与边坡土体紧密连接,并在护坡板上预留排水孔,以便雨水能够顺利渗入排水系统。

### 四、高边坡填筑堤防工程边坡排水的具体措施

#### (一) 填筑期地下渗水处理措施

1. 地下排水措施:为了有效处理地下渗水,设计了完善的地下排水系统,该系统包括盲沟、集水井和排水管网等组成部分。在盲沟设计时,根据工程地质勘察资料,在钻孔揭露地质情况的渗水较为严重的区域,沿边坡方向设置盲沟,盲沟采用碎石填充,宽度为0.5m,深度根据地质条件确定,通常设置在地下水位以下0.5m处,盲沟的主要作用是收集地下水,引导其流向集水井。在盲沟的集水井设计中,集水井布设在盲沟的下游,用于汇集盲沟引导的地下水,集水井采用直径为1.5m的圆形钢筋砼结构,深度根据地下水位和地质条件确定,通常为2~3m;在地下水防渗排水系统设计中,排水管网连接盲沟和集水井,将收集的地下水排出堤防工程范围,排水管采用PVC材质,管径为DN150,排水管网的布局应充分考虑地形和地质条件,确保排水顺畅且不影响堤防工程的稳定性。

2. 监测与维护措施:为了确保施工质量,需要在边坡开挖周围设有监测点,对边坡稳定性进行实时监测,根据工程设计要求和施工方案,对于超挖问题及时回填处理,如果超挖位置为岩层,应利用混凝土进行回填<sup>[1]</sup>。在盲沟、集水井和关键排水管网节点安装水位监测仪器和压力传感器等设备,实时监测地下水位和排水系统的运行状态,监测数据通过数据传输系统上传至数据中心进行分析处理,以便及时发现异常情况并采取相应措施,并定期对地下排水系统进行清理和维护工作。清理盲沟和集水井中的淤积物,检查排水管网的连接情况和密封性能;对于老化的排水管网及时更换或维修,确保整个排水系统的畅通无阻。

#### (二) 边坡坡面径流排水处理措施

1. 坡面排水措施:基坑开挖过程中的排水系统,应以不妨碍开挖和运输工作为原则,一般常将排水干沟布置在基坑中部,以便于两侧出土<sup>[2]</sup>。为了及时排除坡面径流,设计了沿堤防坡面布设的排水沟系统,主排水沟位于坡脚线外不小于2m,要求沟底纵坡不小于0.6%,且不大于5%,对于纵坡大于5%段需设置跌水台阶消能防冲,转弯半径不小于5倍水面宽。平台内侧设置平台排水沟,用于收集坡面上的分散径流,以2%横坡坡向排水沟确保径流能够顺畅地流入集水设施。要求水沟每隔200m左右及低点处设置跌水台阶排入主排水沟,连接处设置为喇叭口型,确保径流能够顺利汇入主排水沟。排水沟应采用分段浇筑,每隔12m设沉降缝,缝宽2~3cm,缝内填沥青麻絮等。

2. 坡面构筑物分流措施:导流板作为坡面径流处理

的重要组成部分，其主要功能是引导和分散坡面上的水流，防止水流对坡面造成冲刷侵蚀，导流板采用耐候性强的聚酯材料制成，具有良好的抗紫外线和耐腐蚀性能，导流板的表面设计为凹槽状，以增加水流与板面的接触面积，减缓水流速度。导流板按照每5m的间距安装在堤防坡面上，与坡面形成45度倾角，确保径流能够顺利流入排水沟，导流板的安装高度应根据坡面的具体情况进行调整，以保证其有效引导坡面径流。

3. 分水槽措施：分水槽设计分为开放式和封闭式两类，开放式分水槽适用于坡度较缓、水流较小的边坡，该结构形式简单，便于施工和维护，而封闭式分水槽适用于坡度较陡、水流较大的边坡，其结构形式能够更好地控制水流，防止水流溢出，结合实际情况本工程采用封闭式分水槽。分水槽的宽度应根据边坡的坡度和水流量来确定，本次工程中宽度控制在0.5m~1.0m之间，深度则根据水流速度和边坡土壤情况来设计，深度为0.3m~0.5m；分水槽采用预制构件拼装而成，预制构件便于运输和安装且混凝土强度及耐久性较好；分水槽的底部应设计一定的坡度，以便水流能够顺利汇入边坡排水系统，坡度的大小根据水流速度和边坡坡度来确定，坡度控制在1%~3%之间；分水槽需在侧壁和底部进行防滑处理，设置防滑条和防滑纹理，防止水流冲刷导致分水槽发生滑移。

4. 生态防护措施：为了增加坡面的保水能力并减少径流产生，计划进行坡面绿化防护，选择适应性强、根系发达的草本植物进行种植，如狗牙根、百喜草等，植物能够有效固定土壤、减缓水流速度、控制径流系数和促进坡面雨水下渗；在边坡上放置生态袋，生态袋的土壤中含有草种，一段时间后草种萌发，形成植被带。既可以起到美化景观的效果，同时还能起到固土保水的作用<sup>[3]</sup>。

### （三）运行期地下渗水处理措施

本工程中，运行期地下渗水主要是由于地基处理不当、填筑材料透水性较强以及地下水位较高等因素共同作用的结果，所以处理方案需要综合考虑所有相关因素，采取有效的措施进行治理。在堤防工程的高边坡下方设置碎石渗沟，用于收集和引导地下水，根据地质勘察结果，确定地下水水位情况，渗沟设计尺寸为宽×高=1.0m×3.0m，渗沟内填充级配碎石，以提高其透水性，并在渗沟的两侧和底部铺设无纺土工布，防止泥土进入渗沟堵塞通道；在渗沟下方设置盲沟，用于进一步收集和排放地下水，盲沟设计尺寸为宽×高=0.8m×2.5m，盲沟内填充透水性良好的砂砾石材料，

以提高其排水性能，并在盲沟的出口处设置沉淀池，用于沉淀泥沙和杂质，防止堵塞排水管道。在盲沟下方设置排水洞，用于将地下水排出堤防工程范围，排水洞的直径设计为1.5m，根据地质勘察结果和边坡实际需求，设计长度为100m，排水洞内设置一定深度的排水孔，以降低地下水位，并在排水洞的出口处设置消力墩等消能设施，防止水流冲刷堤防基础。为了进一步提高堤防工程的防水性能，在高边坡的坡面涂刷防水涂料，选用耐水性好、附着力强的防水涂料进行涂刷，涂刷厚度控制在2mm左右，并堤防工程的接缝处使用防水卷材进行加强处理，确保接缝处的防水效果。

### 五、工程效果

在工程中，堤防边坡排水设计综合考虑了地形、地质、水文等多方面因素，采用了多种边坡排水措施，包括盲沟、集水井、排水管网、导流板以及分水槽等，共同构成了完善的边坡排水系统，能够有效地引导和处理边坡上的水流，防止水流对边坡造成冲刷和侵蚀。通过合理的排水设计，边坡上的水流被有序引导和排除，减少了水流对边坡土壤的冲刷力，降低了边坡失稳的风险，提高了工程的整体稳定性。通过合理的排水布局和植被恢复措施，边坡上的土体得到了有效固定，水土流失情况得到了有效防治，不仅保护了工程周边的生态环境，也为后续的土地开发利用提供了有利条件。完善的边坡排水系统也使得堤防工程在洪水期间能够更好地发挥作用，通过及时排除边坡上的洪水，减少了洪水对堤防的冲刷和压力，从而提升了堤防边坡的防洪能力，实际运行中该堤防工程成功抵御了多次洪水的冲击，保障了周边地区的防洪安全。

### 结束语

综上所述，在高边坡填筑堤防工程中，边坡排水是一项重要内容，本文结合具体工程案例，对其排水设计方案以及各项具体的措施进行详细论述，希望对其他类似高边坡工程有所帮助，不断完善边坡排水体系研究。

### 参考文献

- [1] 李杰. 水利工程中高边坡开挖质量实时控制方法[J]. 建筑与装饰, 2022(13): 59-61.
- [2] 陶圣叶, 浦庆, 李悦, 等. 水利工程中基坑降水设计[J]. 水利技术监督, 2023(3): 148-150, 156, 163.
- [3] 颜昊. 岩质高边坡的稳定性分析及综合治理技术[J]. 黑龙江水利科技, 2023, 51(5): 105-108.