

# 渠道边坡混凝土换填和抗滑桩组合的施工方法

谷李魁<sup>1</sup> 许潘东<sup>2</sup> 郭尤军<sup>3</sup>

1. 宿迁金龙水利建设工程有限公司 江苏宿迁 223900

2. 泗洪县机电排管管理总站 江苏宿迁 223900

3. 泗洪县魏营水务站 江苏宿迁 223900

**摘要:** 渠道边坡与一般的公路、铁路路堑边坡相比, 存在永久过水断面的特殊性, 常年处在动水的冲刷和浸泡作用下, 加之大量的节理、裂隙、软弱夹层等不连续面存在于岩体内部, 这些结构面破坏了边坡岩体的整体性、降低了边坡岩体的强度及抵抗变形能力, 加深了渠道边坡的失稳风险。渠道边坡剥蚀下来的泥沙经渠道内水流搬运沿程易发生淤积, 严重的导致渠底抬高, 渠宽增加, 影响到渠道引水能力和安全运用。

**关键词:** 渠道边坡混凝土; 换填; 抗滑桩; 施工方法

## 引言

在实际工程中, 由于渠道工程跨度长, 开挖揭露出来的岩土体常常存在未探明的软弱夹层、断层破碎带等不利地质条件, 极易造成边坡失稳。目前提高渠道边坡抗滑稳定性的工程措施主要有削坡减载、喷锚支护、抗滑桩施工、混凝土贴坡护面、挡墙施工等。由于渠道边坡坡脚受到渠道过水断面水力学条件限制, 坡顶又常常受到征地线控制, 导致实际工程中常常难以进行削坡施工和挡墙增设施工。如遇到大型的软弱夹层等较差的地质条件, 采用简单的挂网加锚杆的支护措施远远不够, 此时多采用抗滑桩施工或采用混凝土的换填施工。

## 一、技术方案

目的在于针对渠道边坡开挖受限、换填工作量大、施工经济性的问题, 提供一种渠道边坡混凝土换填和抗滑桩组合的施工方法, 通过综合考虑换填和抗滑桩组合施工, 在保障渠道边坡稳定性及坡顶、坡脚线满足规范要求的前提下, 寻优计算得到换填施工范围与抗滑桩设计的最佳匹配值。

为了解决上述问题, 采用以下技术方案: 一种渠道边坡混凝土换填和抗滑桩组合的施工方法, 施工方法如下:

S1: 依据渠道边坡的设计资料, 选取渠道边坡典型横断面并确定其几何尺寸;

S2: 依据地质资料, 确定S1所述渠道边坡典型横断面的主要岩土体、软弱夹层的分布及物理力学参数;

S3: 利用有限元分析软件建立渠道边坡典型横断面的分析模型; 采用强度折减法计算渠道边坡典型横断面的分析模型的安全系数;

强度折减法公式如下:

$$\begin{cases} C = C_i / K \\ \varphi = \arctan(\tan \varphi_i / K) \end{cases}$$

其中,  $C_i$  为初始粘聚力,  $\varphi_i$  为初始内摩擦角,  $C$  为新的粘聚力,  $\varphi$  为新的内摩擦角,  $K$  为强度折减系数;

不断试算折减系数  $K$ , 将折减后的粘聚力和内摩擦角代入渠道边坡典型横断面的分析模型进行重复计算, 直到渠道边坡典型横断面的分析模型达到临界破坏状态, 此时的折减系数  $K$  就是渠道边坡的安全系数  $F$ ;

S4: 将步骤S3计算得到渠道边坡的安全系数  $F$  云图进行分析, 安全系数  $F$  小于 (设计单位依据规范提供的) 安全系数设计值  $F_0$  的坡体为潜在滑移体,  $F=F_0$  为潜在滑移面, 确定滑移体的分布范围

S5: 引入混凝土换填比例系数  $\lambda$  和抗滑桩承载系数  $\eta$ , 且  $\lambda + \eta = 1$ ;

混凝土换填面积为  $\lambda \times A$ ;  $\lambda = 1$  时, 仅进行混凝土换填施工可满足抗滑稳定要求;

抗滑桩桩长为  $n_1 \times L$ 、抗滑桩桩径  $n_2 \times D$ , 其中  $n_1$  为抗滑桩桩长承载系数,  $n_2$  为抗滑桩桩径承载系数, 抗滑桩承载系数  $n = \alpha n_1 = \beta n_2$ ,  $\alpha$ 、 $\beta$  为折算系数;  $n = 1$  时, 仅进行抗滑桩施工可满足抗滑稳定要求;

将混凝土换填比例系数  $\lambda$  从 1 至 0 递减、抗滑桩承

载系数  $\eta$  从0至1递增进行组合施工，采用强度折减法重新计算不同组合渠道边坡典型横断面的分析模型的安全系数；

S6：将步骤S5的计算结果汇总形成安全系数表，根据施工现场的实际情况，确定混凝土换填比例系数  $\lambda$  和抗滑桩承载系数  $\eta$ ，即换填面积与抗滑桩结构形式的最优关系。

进一步的，所述S1中渠道边坡典型横断面的几何尺寸，包括：边坡坡度、软弱夹层与渠道边坡的倾角、坡顶高程、坡底高程、马道宽度、马道高程。

进一步的，所述S2中渠道边坡典型横断面的主要岩土体物理力学参数，包括：边坡各地层以及软弱夹层层面的弹性模量、抗剪断摩擦系数、内部抗剪断黏聚力。

进一步的，所述S4中滑移带的分布范围的确定，即假设以小于设计安全系数的最深滑移线与边坡坡面形成的包络区域为最大滑移体分布范围，且认为部分处在滑移体分布范围但结果大于设计安全系数的边坡块体仍会发生滑动。

进一步的，所述S5中将混凝土换填比例系数  $\lambda$  从1至0递减、抗滑桩承载系数  $\eta$  从0至1递增进行组合施工，采用强度折减法重新计算不同组合渠道边坡典型横断面的分析模型的安全系数；具体为：

混凝土换填比例系数  $\lambda$  从1至0递减表示换填面积逐渐减小，抗滑桩承载系数  $\eta$  从0至1递增表示桩长逐渐增加，每次递减或递增的值为  $\Delta \xi$ ，混凝土换填比例系数  $\lambda$ 、抗滑桩承载系数  $\eta$  取值呈现为两边稀疏、中间密集的规律，具体取值参考下表：

表1 混凝土换填比例系数、抗滑桩承载系数  $\eta$  及计算安全系数F取值参考

|                |   |                |                 |    |       |
|----------------|---|----------------|-----------------|----|-------|
| 换填比例 $\lambda$ | 1 | $1-\Delta \xi$ | $1-2\Delta \xi$ | …… | 0     |
| 抗滑桩承载系数 $\eta$ | 0 | $0+\Delta \xi$ | $0+2\Delta \xi$ | …… |       |
| 计算安全系数F        | F | $F_2$          | $F_3$           | …… | $F_0$ |

注： $\Delta \xi$  根据实际计算条件和施工情况调整取值大小。

进一步的，所述S6中施工现场的实际情况，主要包括滑移体换填范围的可行性及难度、抗滑桩结构形式、实施的经济性；抗滑桩的结构形式选择要根据施工机械、场地面积综合选择，常用的抗滑桩类型包括，混凝土灌注桩、钢管桩、搅拌桩和高喷桩。

进一步的，所述S6中混凝土换填比例系数  $\lambda$  与抗滑桩承载系数  $\eta$  的关系为反比关系，即换填比例系数越大，

抗滑桩承载系数越小。

进一步的，所述S6中采用换填或抗滑桩即可满足安全稳定系数时，根据经济性选择仅实施其中一项，而不做另一项。

## 二、附图说明

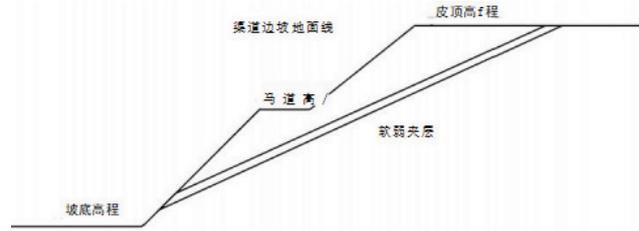


图1为渠道边坡计算断面示意图

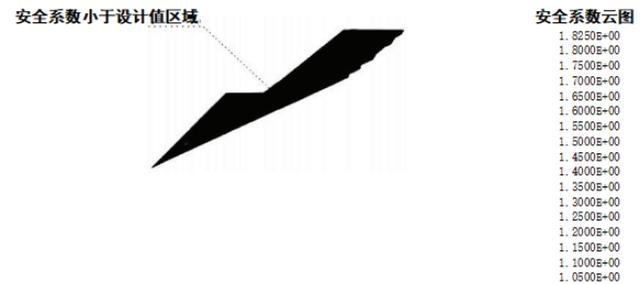


图2为未进行加固的渠道边坡安全系数云图

## 三、具体实施方式

### 实施案例：

一种渠道边坡混凝土换填和抗滑桩组合的施工方法，具体步骤如下：

本实施例中，以某水利工程引水渠道边坡为例，如图1所示。该渠道边坡坡顶由于存在高压架设线缆，坡顶施工受限，渠底由于受到明渠过流水力计算的限制，渠底宽度无法进行扩宽，因此，引水渠道边坡无法进行削坡施工和贴坡加厚施工。由于渠道边坡存在不良地质条件，软弱夹层发育且倾向渠内，易沿层面发生滑坡，仅采用喷锚支护难以保证边坡稳定性，由于软弱夹层贯穿深度较长，全部采用换填施工，尽管安全系数高，但是成本过高，而仅采用抗滑桩无法满足抗滑稳定要求，为保障渠道边坡抗滑稳定性的同时兼顾经济性，采用本方法换填和抗滑桩组合施工方法对其进行加固，具体步骤如下：

S1：依据渠道边依据渠道边坡的设计资料，选取渠道边坡的典型横断面并确定其几何尺寸；

S2：依据地质资料，确定S1所述断面的主要岩土体、软弱夹层的分布及物理力学参数；

S3：利用元计算分析软件建立渠道边坡断面分析模

型,采用强度折减法计算边坡模型的安全系数,强度折减法是先确定初始粘聚力 $C$ ;与初始内摩擦角 $\varphi$ ,然后将 $C_1$ 、 $\varphi$ ;的正切值除以强度折减系数 $K$ 得到新的粘聚力和内摩擦角,公式如下:

$$\begin{cases} C = C_i / K \\ \varphi = \arctan(\tan \varphi_i / K) \end{cases}$$

通过不断试算折减系数 $K$ ,将折减后的参数(粘聚力 $C$ 、内摩擦角 $\varphi$ ;)代入模型进行重复计算,直到边坡模型达到临界破坏状态,此时的折减系数 $K$ 就是边坡的安全系数 $F$ 。

S4:将步骤S3计算得到的边坡安全系数 $F$ 与设计值1.50进行对比,对小于设计值的滑移体进行分块标记,将其组合得到最大滑移体分布,即滑移带的分布范围,如图2所示。

S5:引入混凝土换填比例系数 $\lambda$ 和抗滑桩承载系数 $\eta$ ,且 $\lambda + \eta = 1$ 。 $\lambda = 1$ 时,表示只进行混凝土换填施工即可满足抗滑稳定要求,混凝土换填面积为 $\lambda A$ ;  $\eta = 1$ 时,表示只进行抗滑桩施工即可满足抗滑稳定要求,抗滑桩承载系数 $n = \alpha n_1 = \beta n_2$ ,其中 $n_1$ 为抗滑桩桩长承载系数, $n_2$ 为抗滑桩桩径承载系数,抗滑桩桩长为 $n_1 L$ 、抗滑桩桩径 $n_2 D$ , $\alpha$ 、 $\beta$ 为折算系数。本项目采用灌注桩施工,且桩径固定,故仅考虑桩长的变化, $n$ ,不作考虑。

其中,由于本项目渠道边坡要满足边坡稳定性要求,还要综合考虑坡顶坡地施工限制线、过流能力、经济性和对周边环境的影响等,不宜大面积进行混凝土换填施工,而仅采用抗滑桩无法满足抗滑稳定要求,采取换填与抗滑桩组合施工能够很好的克服换填法在渠道边坡加

固上的局限性,更好的满足工程要求。

其中,采用混凝土换填与抗滑桩组合施工,在计算确定换填范围与抗滑桩结构形式后,从边坡安全稳定性角度考虑,应当自下而上进行,即先进行坡底的换填施工,后再进行上一层坡的抗滑桩施工。换填施工应采用阶梯式开挖和逐级再换填,并做好每一步开挖的支护工作,以防止边坡失稳;抗滑桩施工桩长应大于所在位置的滑动面深度。

#### 四、有益效果

(1)混凝土换填和抗滑桩组合施工方法,充分结合了两者的优点,基于强度折减法计算,引入混凝土换填比例和抗滑桩承载系数,将两者组合形成多种工况并计算对应的安全系数,从施工条件及经济性角度考虑,选择最优的换填比例及抗滑桩施工参数,该方法计算简便、可靠性高、经济性好。

(2)施工方法在保障边坡抗滑稳定安全的前提下,对周边环境的影响较小,通过不同的换填比例与对应的抗滑桩参数方案对比,寻优选取施工的最佳匹配方案,提高施工效率、降低施工成本。

#### 参考文献

- [1]路涛,刘长生,王坤明,邓民崖.路基边坡压实装置及其技术探讨[J].建筑机械,2007.
- [2]梅文杰.不同抗滑桩在复合多层滑床条件下的受力分析[J].河南水利与南水北调,2023.
- [3]霍树义,杨涛,张薇,穆琳,周晴晴.不同工况下抗滑桩边坡的位移应力三维有限元分析[J].河北水利电力学院学报,2020.