

英怀高速怀集北填平区综合处治方案比选研究

梁海军

(广东省交通规划设计研究院集团股份有限公司, 广东 广州 510440)

摘要: 高速公路填平区的常规处治方案主要是通过截水、排水工程措施来避免填平区地表积水、减少填平区地表水下渗。但大型填平区若全部采用常规处治方案往往导致工程代价过高。为此, 依托广东省英怀高速怀集北填平区综合处治工程, 在多方方案比选研究的基础上, 提出了一种在大型填平区对侧边坡增设片石棱体多层反滤结构进行反压护道处理的新方案。该方案一方面可提高路堤稳定性, 另一方面可防止路堤边坡因长期渗水而导致的流泥、管涌病害; 同时, 该方案造价低廉, 便于施工, 是一种不错的处治方案, 可供今后类似项目借鉴参考。

关键词: 填平区; 路堤边坡; 片石棱体; 反压护道; 方案比选

中图分类号: U417; TU997

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2026)08-0100-05

Comparative Study on Comprehensive Treatment Schemes for Filling Area at North of Huaiji in Yingde-Huaiji Expressway

LIANG Haijun

(Guangdong Communication Planning & Design Institute Group Co., Ltd., Guangzhou 510440, China)

Abstract: Conventional treatment schemes for filling areas of expressways are mainly to avoid the surface water accumulation and reduce the surface water infiltration of the filling area through the water interception and drainage engineering measures. However, if the conventional treatment schemes are used for all the large-scale filling areas, the excessively high engineering costs are usually caused. Therefore, relying on the comprehensive treatment project for the filling area at the north of Huaiji in Yingde-Huaiji Expressway of Guangdong Province, on the basis of comparatively studying the multiple schemes, a new scheme is proposed to add a multi-layer reverse filtration structure of rubble prisms to the side slopes in large filling areas for the treatment of reverse pressure berms. This scheme can not only enhance the embankment stability, but also prevent the mud flow and pipe gushing diseases caused by long-term water seepage on the embankment slope. At the same time, the scheme features the low cost and convenient construction, and is an effective treatment, which can provide a reference for similar projects in the future.

Keywords: filling area; embankment slope; rubble prism; reverse pressure berm; scheme comparison

0 引言

2024年,随着“梅大”塌方灾害的发生,广东省全省开展了一系列针对运营高速公路边坡及填平区隐患排查处治工作。以往高速公路设置填平区的主要目的方面是消耗土方,另一方面是将路堤低洼侧填高,从而减少设置桥涵等结构物来满足路堤排水需要^[1-3]。然而,由于以往设计、施工没有对填平区压实度及填料进行特殊要求,根据现场排查情况来

看,大多数填平区填料性质较差、没有严格压实、渗透性较大,填平区在雨季因雨水下渗而处于富水状态,这样往往导致紧邻填平区的路堤因填平区地下水渗透作用而出现基底或路堤填土饱和、软化,土体抗剪强度降低、路堤稳定性下降,容易诱发路堤发生流泥、管涌病害,甚至失稳滑塌^[4-6]。

根据2024年汛期高速公路填平区排查及处治经验,广东省对于高速公路填平区进行处治的主要思路为通过截水、排水工程措施,避免填平区地表积水,减少填平区地表水下渗。一般处治方案为:对于中小型填平区,一般是完善填平区地面排水系统,采取龟背形坡面+纵、横、环向截(排)水沟措施;对于大型填平区,一般结合地形地势、地质特点,综合采取顶管、拖拉管、地下连续墙(或高压旋喷桩)止水帷幕

收稿日期: 2026-01-10

基金项目: 重庆市技术创新与应用发展重点项目(CSTB2024 TIAD-KPX0103)

作者简介: 梁海军(1989—),男,硕士,工程师,从事道路与岩土工程设计工作。

等方案。考虑到大型高速公路填平区若全部采用常规的截水、排水处治方案往往导致工程代价过高,本文依托广东省英怀高速怀集北填平区的处治工程,在多方案比选研究的基础上,提出了一种在大型填平区对侧边坡增设片石棱体多层反滤结构进行反压护道处理的新方案。该方案一方面可以通过反压作用来提高路堤稳定性,另一方面可通过多层反滤结构,防止路堤边坡因长期渗水而出现流泥、管涌病害;同时,该方案造价低廉、便于施工,是一种不错的处理方案,可供今后类似项目借鉴参考。

1 工程概况

怀集北填平区位于广东省英怀高速 K562+064 ~ K562+264 段主线右侧。主线右侧路堤共 3 级,最大填土高度 23 m;主线左侧路堤为怀集北互通匝道 KC 匝道,原设计为 3 级路堤边坡,最大填土高度约为 21.5 m。原路堤基底地形坡度 5°~25°,原设计对该路基基底采取换填 1.0 m 片石+1.6~2.7 m 强风化土处理。主线右侧设置一大型填平区(怀集北填平区),填平区高程比主线低 3~4 m。填平区面积约 50 346 m²,平均填筑高度为 10~20 m^[7]。怀集北填平区航拍照片见图 1;填平区及路堤边坡典型横断面图见图 2。



图 1 怀集北填平区航拍照片

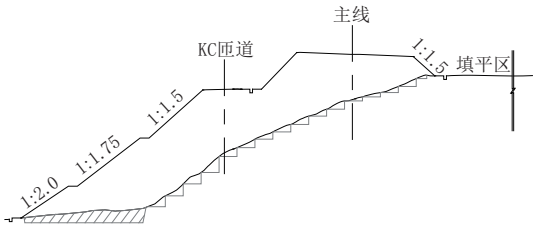


图 2 填平区及路堤边坡典型横断面图

2 现场病害情况及原因分析

2.1 现场病害情况

2024 年汛期,在对受汛期持续强降雨影响的全线填平区进行排查的过程中,发现怀集北填平区对侧匝道边坡坡面潮湿、渗水严重,局部出现了流泥现象。现场边坡渗水及流泥照片如图 3 所示。



图 3 填平区对侧边坡渗水及流泥现场照片

2.2 原因分析及影响

该路堤边坡对侧为一大型填平区(怀集北填平区),面积较大,约为 50 346 m²,填土则为杂填土且未经严格压实,渗透性较大,雨季雨水会大量渗入到填平区。同时,该填平区上游存在一堰塞湖,堰塞湖雨水及周边山体裂隙水也存在入渗填平区的可能。由于填平区紧邻路堤,路堤基底无有效排水通道,且路堤原地形为斜陡坡路堤,暴雨工况下,地下水会不断积聚在填平区范围,随着填平区地下水位的升高,填平区与路堤侧地下水位渗透压差不断增大,填平区内部地下水不断往对侧路堤边坡入渗,导致路堤边坡不断渗水。现场补充勘察钻孔地下水位量测结果也证实了这一推断。地下水位量测结果:填平区范围地下水位较高,对侧路堤边坡地下水位较低,填平区与路堤边坡范围地下水连成的水位线为 1 条斜线,坡比约为 1:6(见图 4),路堤边坡水位线出口以下范围出现严重渗水情况。

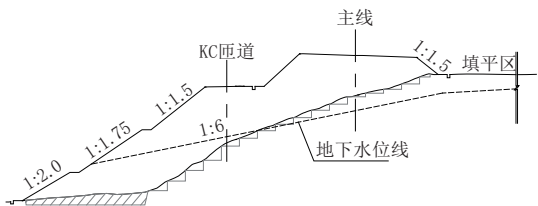


图 4 路堤边坡地下水位线示意图

路堤长期渗水会带来 2 个不利影响:(1)路堤长期渗水会逐步带走填料细颗粒,出现流泥现象,细颗粒一旦被掏空,就会形成贯通渗水通道,导致路堤发生管涌破坏;(2)路堤长期渗水说明路堤部分高度范围填料已经饱和,会引发路堤土体软化和强度下降,从而使路堤稳定性下降,容易发生失稳破坏。

3 处治方案

3.1 应急处治措施

2024 年 5 月,在汛期排查过程中发现怀集北填平区面积较大且渗水严重。在永久处治方案未确定

之前,参建各方研究决定优先对该边坡加强排水处理。处治方案为对KC匝道道路堤边坡二、三级边坡增设仰斜式泄水孔,泄水孔长度为20~25 m,间距3 m,如图5所示。

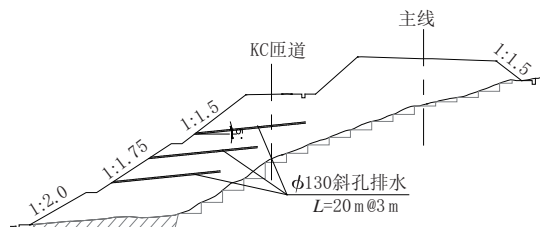


图5 边坡增设仰斜式排水管应急处治措施典型横断面图(单位:cm)

3.2 永久处治方案比选研究

3.2.1 第1阶段处治方案

由于怀集北填平区面积较大、填土较厚,要彻底处治代价较大,经专家评审认为,该填平区边坡渗水的主要原因是填平区上游堰塞湖(航拍照片见图6)渗水,导致填平区富水进而导致填平区对侧边坡渗水严重。



图6 填平区上游堰塞湖航拍照片

因此,第1阶段的处治方案确定为:一方面完善填平区地表排水系统,对该填平区采取设置龟背形坡面+纵、横、环向排水沟措施;另一方面对填平区上游堰塞湖采取止水措施,即在填平区迎坡面设置钢筋混凝土护坡。龟背形坡面+纵、横向排水沟、钢筋混凝土护坡处治措施断面图见图7、图8。

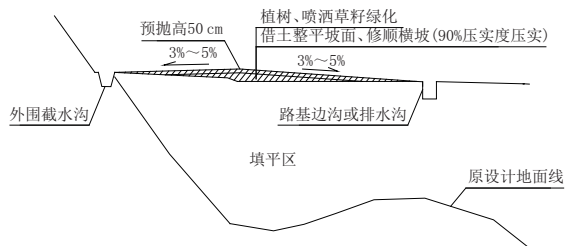


图7 填平区龟背形坡面+纵、横向沟设计图

3.2.2 第2阶段处治方案

第1阶段填平区处治在2024年10月完工。然而在2025年1月旱季大排查时发现,该边坡即使经过第1阶段处治,在旱季仍然潮湿,且存在不断渗水情

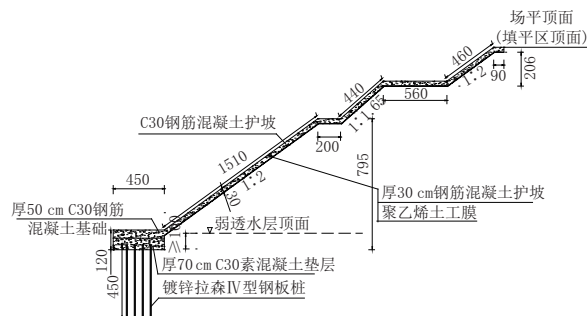


图8 堰塞湖护坡设计图(单位:cm)

况,现场照片如图9所示。



图9 边坡渗水现场照片

上述现象说明第1阶段处治方案未能对该填平区渗水问题进行彻底根治,仍然存在安全隐患。为此,需对该填平区彻底处治方案进行进一步研究。经综合研究,提出了5个方案并进行综合比选,然后确定出第2阶段处治方案。

3.2.2.1 方案1(顶管+明沟方案)

该方案通过在紧邻路基的填平区内放坡开挖明沟来四面放坡,挖到原状地面后再通过设置顶管并来汇集地下水,再通过顶管涵洞(为方便检修,涵洞管径取2 m)来排除填平区汇水。

方案1的平面图、典型横断面图见图10、图11。

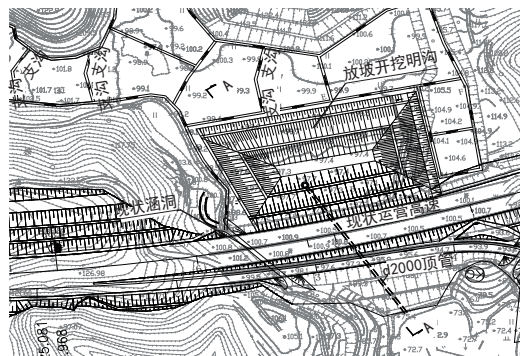


图10 顶管+明沟处治方案平面图

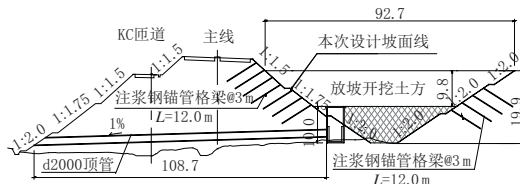


图11 顶管+明沟处治方案典型横断面图(单位:m)

3.2.2.2 方案2(反压护道方案)

参考水利项目防止管涌处治思路^[8-11],对填平区对侧路堤边坡二级、三级边坡采取片石棱体反滤结构进行反压处理。三级边坡反压宽度 10 m、高度 6 m;二级边坡反压宽度 10 m、高度 4 m。反压结构采取 2 层反滤结构,边坡范围内结构为:2 层反滤土工布+厚 1 m 级配碎石+厚 9 m 片石棱体;基底反滤结构为:换填 2 m 片石+2 层反滤土工布+片石棱体。假定该路堤边坡初设稳定系数 $K_0=1.05$,通过反压作用,反压后该路堤边坡安全系数 $K_1=1.32>1.25$,满足《公路路基设计规范》(JTG D30—2015)和《广东省公路路基边坡防护及排水设计指南》(GDJT 002-01—2024)要求。

方案 2 典型横断面图见图 12。

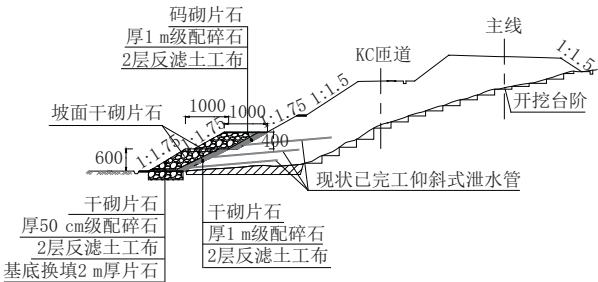


图 12 反压护道处治方案典型横断面图(单位:cm)

3.2.2.3 方案3(地下连续墙止水帷幕方案)

该方案为在主线路基右侧、靠填平区侧的坡脚外 5~8 m 处设置厚 80 cm 地下连续墙,钢筋混凝土结构,伸入不透水(弱透水)层强风化粉砂岩(半岩半土状)不少于 1.5 m。

方案 3 典型横断面图见图 13。

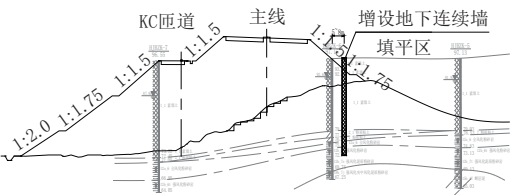


图 13 地下连续墙止水帷幕处治方案典型横断面图

3.2.2.4 方案4(拖拉管+明沟方案)

该方案为在开挖明沟之前先通过拖拉成孔方式(根据排水计算,需设 3 孔 550 mm 导流管),将导流管从填平区一侧拖拉至路堤对侧,然后通过设置在紧邻路基填平区内放坡开挖明沟来四面放坡,挖到原状地面后再通过设置集水井来汇集地下水,并通过拖拉管来排除填平区汇水。

方案 4 典型横断面图见图 14。

3.2.2.5 方案5(集水井+拖拉管方案)

该方案为在填平区原始地形低洼侧设置 5 个集

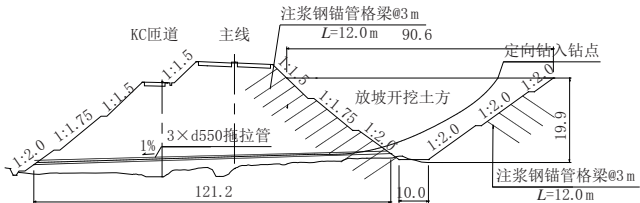


图 14 拖拉管+明沟处治方案典型横断面图(单位:m)

水井(JSJ-1~JSJ-5),集水井内径 4.0 m,间距 25~30 m;井身上游设置 3 层仰斜式集水孔,泄水孔长度 20 m,间距 1 m,钻孔直径 130 mm,各井之间采取小直径(DN550 管)顶管串联。然后,通过拖拉成孔方式(根据排水计算,需设 3 孔 550 mm 导流管),沿着路堤井身 JSJ-1 井位线路,将导流管从填平区一侧拖拉至路堤对侧,以此将集水井汇水引排至对侧路堤第 3 级坡面,并接顺至路堤下部排水系统。

方案 5 平面图、典型横断面图见图 15、图 16。

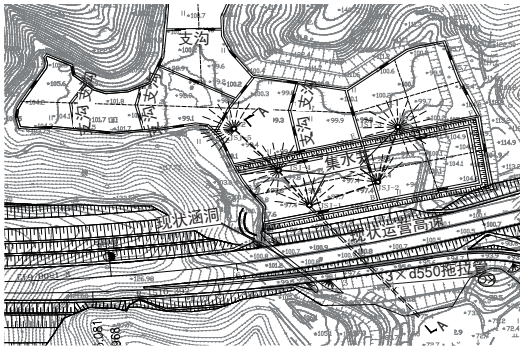


图 15 集水井+拖拉管处治方案平面图

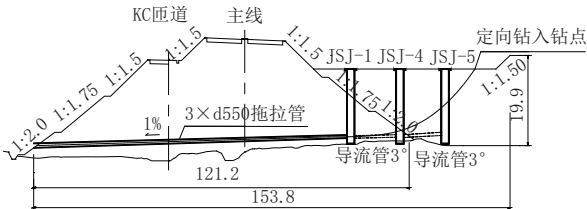


图 16 集水井+拖拉管处治方案典型横断面图(单位:m)

3.2.2.6 比选结果

综上所述:方案 1、4、5 为参考市政工程,通过设置顶管或拖拉管来排除填平区深层地下水^[12-13],避免填平区雨水下渗至填方路堤,总体处治思路为“排水”;方案 3 为在填平区与路堤边坡之间设置地下连续墙止水帷幕,防止或减弱填平区地下水渗透至路堤边坡,总体处治思路为“截水”;方案 2 则另辟蹊径,允许填平区地下水渗透至路堤边坡,通过增加反压片石棱体进行反压护道处理。考虑极端情况,即使路堤边坡由于填平区渗水达到饱和状态,方案 2 的路堤稳定性也能满足上述 2 个规范要求;同时通过设置片石棱体多层反滤结构,又可避免路堤填料流失而发生渗透破坏。

方案1至方案5的优缺点和造价比选见表1。

表1 怀集北填平区处治方案比选一览表

方案	造价 估算/ 万元	优点	缺点
方案1 (顶管+明沟方案)	1 100	可彻底根治填平区地下排水问题,管径较大,人可以进行检修,顶管遇到顶不进情况可以人工介入,顶管管径较大,便于运营养护,主要工序在填平区内进行,对运营高速交组影响较小	造价相对拖拉管工艺略高,需大量开挖土方,对周边环境的影响较大,施工工期较长,需采用大型设备,施工风险较高,顶管具有一定挤土效应,在既有构筑物附近需慎用
方案2 (片石棱体反压方案)	350	施工便捷,造价较低,可提高路堤稳定性,避免渗透破坏,施工工期较短,安全风险较小,便于养护	处治效果与施工质量关系较大,以往项目应用较少,处治效果有待进一步验证,主要工序在边坡侧进行,需封闭1个车道,对运营高速交组有一定影响
方案3 (地下连续墙止水帷幕方案)	2 200	可解决填平区地下排水问题,不需要大开挖土方,主要工序在填平区内进行,对运营高速交组影响较小	地下连续墙较深,填平区土层复杂,施工较复杂,连续墙搭接处理不好,还存在渗水风险,施工工期相对较长,施工风险较大,连续墙施工设备遇到大块石存在施工困难等情况,造价相对最高
方案4 (拖拉管+明沟方案)	950	可解决填平区地下排水问题,造价相对顶管工艺略低,主要工序在填平区内进行,对运营高速交组影响较小	管径较小,人不可以进行检修,运营期间存在淤堵隐患,顶管遇到大块石存在难以顶进情况,运营养护难度较大
方案5 (集水井+拖拉管方案)	1 360	可解决填平区地下排水问题,不需要大开挖土方,主要工序在填平区内进行,对运营高速交组影响较小	集水井较深,施工工艺较复杂,安全风险较高,造价相对较高,拖拉管管径较小,人不可以进行检修,运营期间存在淤堵隐患,顶管遇到大块石存在难以顶进情况,运营养护难度较大

由表1可知:若采用方案1、3、4、5则施工难度较大、工程造价较高;若采用方案2则施工难度较小、工程造价较低。最后经专家评审,推荐采用方案2片石棱体反压方案实施。

4 处治后效果评价

怀集北填平区主要采取了完善地表排水系统,设置纵、横、环向排(截)水沟来排除填平区地表积水,填平区上游堰塞湖设置钢筋混凝土护坡来防止

堰塞湖中水下渗至填平区,填平区对侧路堤边坡采用片石棱体反滤结构进行反压护道处治方案。目前该处治方案已实施完毕且经历过1个雨季,填平区排水顺畅,边坡除底部集中排水外,其余位置未出现明显渗水或流泥病害,路面也未出现纵、横向裂缝等病害,路基整体状况良好。由此证明,怀集北填平区综合处治方案是有效的,达到了良好效果。怀集北填平区处治后的现场航拍照片见图17、图18。



图17 处治后填平区航拍图



图18 处治后边坡反压护道航拍图

5 结 语

- (1)对于大型填平区的处治采取单一或2种措施往往并非可行,需结合填平区地形地势、地质特点,因地制宜,采取多种措施综合处理。
- (2)大型填平区综合处治需进行多方案比选,需综合考虑截水、排水工程方案,若全部采用这种方案往往导致代价较大。可考虑在填平区对侧边坡增设片石棱体多层反滤结构进行反压护道处理,从而提高路堤稳定性,并防止路堤边坡因长期渗水而出现流泥、管涌病害;同时,该方案造价低廉,便于施工,是一种不错的处治方案。
- (3)本文所推荐的填平区处治方案为填平区侧地表综合排水+对侧边坡反压护道处理。该方案主要适用于填平区汇水面积较大、地下水无有效排泄通道、彻底截排水难度较大、填平区及路堤填土高度较高(一般大于10 m)、路堤基底存在一定坡度(一般

(下转第121页)