

土钉墙支护在干渠顶板开舱破除中的设计计算研究

雷准 李馥方 涛 李朝辉 曹红军

(中建五局第三建设有限公司, 云南 大理 671000)

摘要 本文以云南省大理市某渠道工程为例, 鉴于在干渠清淤修复过程中需要对其顶板进行垂直开舱。因干渠顶板位于路面、绿化带或者人行道下方, 覆土较厚, 开舱过程中, 为了维持开舱点位置两边的边坡稳定性, 特对此提出一种支护方式并展开了计算, 提出了关于边坡支护方面的建议, 保证了开舱施工过程中边坡的安全稳定性, 可为同类工程提供一定的参考。

关键词 开舱 干渠 土钉墙 边坡支护 设计计算

中图分类号: TU472.5

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2022)08-0149-03

1 工程概况

1.1 干渠概况

于2002年建成的双舱过水干渠建设工程位于云南省大理市, 干渠临近西洱河——洱海的唯一自然泄水河流。工程施工全段长度为5.5km, 起于登龙河, 止于大理市一污厂, 干渠涉及范围甚广。

其中, 双舱干渠上游长约4.5km, 污水舱净空尺寸为4.2×3.0m, 雨水舱净空尺寸为2.0×3.0m, 中间隔墙高1.5m。

接近一污厂段穿隧道干渠约1.0km, 污水舱净空尺寸为1.3×4.0m, 雨水舱净空尺寸为3.0×4.0m, 中间隔墙高3.0m。

1.2 工程概要

干渠因年久失修, 经调查暴露出如下问题: 一是渠内淤泥沉积, 导致干渠过水断面大幅减小^[1], 左右雨水、污水舱溢流, 对水质造成了极大影响^[2-3]; 二是干渠主体损坏、坍塌, 干渠自身稳定性尚需提高; 三是管道错接, 加重了雨污混流现象。

2021年开始了干渠清淤、修复、改造工程, 力在拯救下游水质, 挽回洱海生态环境, 为了提高施工效率, 采取在干渠顶板选开舱位置同时进行垂直开孔的方式, 将整个干渠分成若干段, 分段施工。开舱过程中需要基坑开挖, 支护将必不可少。

本文基于该干渠工程, 针对开舱点上方基坑开挖, 提出了开挖支护土钉墙的验算方式, 希望能为类似工程提供一定参考。

2 开舱点位介绍

干渠开舱过程前, 开舱点位确定需要根据施工现场要求及对周边环境的影响等因素综合考虑。该工程开舱点定在大理市兴盛桥东侧绿化带、美登桥下游绿化带。

本文以美登桥下游绿化带开舱点位为例, 开舱破除部位在经过原地貌测量, 标准定位, 考虑放坡系数后对原有道路、绿化带、人行道进行破除, 同时进行土方开挖施工, 开挖过程中严格监测基坑稳定性, 特别是基坑顶部堆载位置, 务必考虑基坑内降排水。开舱完毕后, 应针对破除顶板处的洞口进行临时加固, 并采用型钢对称支撑。

3 支护验算

3.1 验算简介

美登桥开舱分步开挖, 深度分别取1.2m、2.2m、3.2m、3.5m, 最大深度即3.5m。计算参考规范《复合土钉墙基坑支护技术规范(GB50739-2011)》^[4]以及《建筑基坑支护技术规程(JGJ120-2012)》^[5]。

岩土计算参数按照经验^[6]取值, 填土重度18kN/m³, 粘聚力5kpa, 内摩擦角取值15°。

计算内容分别为: 土钉承载力^[7]设计; 整体稳定性设计; 土钉杆体截面面积计算。

3.2 计算参数

3.2.1 计算基本信息

规范或方法: 复合土钉墙基坑支护技术规范 GB50739-2011; 计算目标: 设计; 计算书类型: 简明; 基

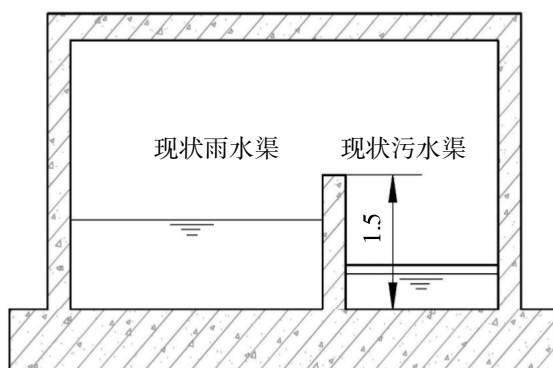


图1 干渠部分横断面图

坑等级：二级；支护结构重要性系数：1.000；基坑深度（m）：3.500；开挖步骤[每步开挖深度]（m）：1.2,1.0,1.0,0.3；设置截水帷幕：否；设置微型桩：否；坡线段数：1；超载个数：1。

3.2.2 坡线信息

水平投影长为 0.617m，竖直投影长为 3.500m，坡角为 80.00°。

3.2.3 超载信息

具体如表 1 所示。

3.2.4 土层信息

土层数为 1 层，不采用加固土，坑内水位深度为 20.000m，坑外水位深度 20.000m。土类型为素填土，层厚 20.000m，重度 18.000kN/m³，饱和重度 18.000kN/m³，粘聚力为 5.000kPa，摩擦角为 15.000°，土钉的 qsk 为 20.000kPa，与锚固体摩擦阻力为 70.000kPa。

3.2.5 土钉和锚杆信息

具体如表 2 所示。

3.2.6 稳定计算信息

圆弧滑动计算目标：自动搜索最危险滑裂面；圆弧滑动分析方法：瑞典条分法；应力状况：总应力法；土条宽度为 0.400m；基坑下稳定计算截止深度为 0.000m；基坑下稳定计算搜索步长为 1.000m；搜索最不利滑裂面不考虑加筋；土条切向分力与滑动方向反向时，当下滑力对待。

4 计算结果

4.1 土钉承载力设计

具体如表 3 所示。

4.2 整体稳定性设计

根据《土钉规范》第 5.3.2 条、第 5.3.5 条，验算基坑整体稳定性：

$$K_1 = K_{s0} + \eta_1 K_{s1} + \eta_2 K_{s2} + \eta_3 K_{s3} + \eta_4 K_{s4} \geq K_s$$

$$K_2 = K_{s0} + K_{s1} + 0.5K_{s2} \geq 1.0$$

式中，

K_s ——整体稳定性安全系数。

K_{s0} 、 K_{s1} 、 K_{s2} 、 K_{s3} 、 K_{s4} ——整体稳定性分项抗力系数，分别为土、土钉、预应力锚杆、截水帷幕及微型桩产生的抗滑力矩与土体下滑力矩比。

η_1 、 η_2 、 η_3 、 η_4 ——土钉、预应力锚杆、截水帷幕及微型桩组合作用折减数。

4.2.1 开挖至 1.20m（工况 1）

滑动圆心：(-1.113, 4.582)m；滑动半径：2.742m；土体下滑力：7.401kN/m 土体抗滑力：9.809kN/m；土钉抗滑力：0.000kN/m；锚杆抗滑力：0.000kN/m；截水帷幕抗滑力：0.000kN/m；微型桩抗滑力：0.000kN/m；整体稳定安全系数 K_1 ：1.325；整体稳定安全系数 K_2 ：1.325；要求安全系数 K_s ：1.300，满足要求。

4.2.2 开挖至 2.20m（工况 2）

滑动圆心：(-2.239, 7.811)m；滑动半径：6.963m；土体下滑力：46.733kN/m；土体抗滑力：36.308kN/m；土钉抗滑力：25.843kN/m；锚杆抗滑力：0.000kN/m；截水帷幕抗滑力：0.000kN/m；微型桩抗滑力：0.000kN/m；整体稳定安全系数 K_1 ：1.330；整体稳定安全系数 K_2 ：1.330；要求安全系数 K_s ：1.300，满足要求。

4.2.3 开挖至 3.20m（工况 3）

滑动圆心：(-5.474, 8.488)m；滑动半径：9.879m；土体下滑力：67.899kN/m；土体抗滑力：40.052kN/m；土钉抗滑力：49.050kN/m；锚杆抗滑力：0.000kN/m；截水帷幕抗滑力：0.000kN/m；微型桩抗滑力：0.000kN/m；整体稳定安全系数 K_1 ：1.312；整体稳定安全系数 K_2 ：1.312；要求安全系数 K_s ：1.300，满足要求。

4.2.4 开挖至 3.50m（工况 4）

滑动圆心：(-6.100, 8.264)m；滑动半径：10.272m；土体下滑力：74.053kN/m；土体抗滑力：41.286kN/m；

表1 超载信息

序号	荷载类型	超载值 (kPa)	作用深度 (m)	作用宽度 (m)	到边坑距离 (m)	形式	长度 (m)
1	▼▼▼▼▼	30.000	0.000	6.000	2.000	条形	---

表2 土钉和锚杆信息

序号	材料	水平间距 (m)	竖向间距 (m)	入射角 (°)	钻孔直径 (mm)	长度 (m)	配筋	钢材牌号	外径 (mm)	壁厚 (mm)
1	钢筋	1.000	0.500	25.000	80	---	---	---	---	---
2	钢筋	1.000	1.000	25.000	80	---	---	---	---	---
3	钢筋	1.000	1.000	25.000	80	---	---	---	---	---

表3 土钉承载力设计

工况	开挖深度 (m)	破裂角 (度)	土钉号	设计长度 (m)	最大长度 (工况) (m)	拉力标准值 T_{jk} (kN)	$1.4T_{jk}$ (kN)
1	1.2	47.5					
	2.2	47.5	1	7.531	7.531	23.541	32.958
1	3.2	47.5	1	4.527	7.531	10.701	14.981
1			2	11.465	11.465	37.666	52.733
2	3.5	47.5	1	4.698	7.531	10.701	14.981
3			2	6.361	11.465	18.726	26.217
4			3	12.309	12.309	42.134	58.987

土钉抗滑力: 80.765kN/m; 锚杆抗滑力: 0.000kN/m;
截水帷幕抗滑力: 0.000kN/m; 微型桩抗滑力: 0.000kN/m;
整体稳定安全系数 K_1 : 1.648; 整体稳定安全系数 K_2 :
1.648 要求安全系数 K_s : 1.300, 满足要求。

4.3 支护建议

计算结果土钉长度分别为 9m、11.5m、12.3m。土钉长度较长, 虽然计算能通过, 但是从岩土经验角度, 不建议取 1:0.1 坡率。因为都是填土层, 比较松散, 建议坡率按照 1:0.5, 加土钉支护。实际配筋面积参与据表 8 进行。

5 结语

本文基于云南省大理市某干渠工程, 围绕干渠顶板开舱时的边坡支护展开了验算。

主要成果如下:

1. 提出了该类工程边坡开挖的方法。
2. 从理论计算的角度, 通过分析承载力、稳定性、土钉截面积, 得出坡比、土钉长度方面的支护建议。保障了边坡的安全稳定性, 为近似工程的护坡开挖提

供了一定的参考价值。

参考文献:

- [1] 潘思祎. 复合土钉支护技术在市政基坑支护工程中的应用 [J]. 四川水泥, 2021(05):57-58.
- [2] 赵亮. 土钉支护技术在边坡支护工程中的应用研究 [J]. 西部资源, 2021(03):78-80.
- [3] 刘维, 俞森, 吴垠龙, 等. 矩形顶管开舱施工过程中地层稳定性分析 [J/OL]. 隧道与地下工程灾害防治, 2022-01-16:1-11. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/37.1516.U.20220111.1447.004.html>.
- [4] 复合土钉墙基坑支护技术规范 (GB50739-2011)[S]. 北京: 中国计划出版社, 2011.
- [5] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 建筑基坑支护技术规程 (JGJ120-2012)[S]. 2012-10-01.
- [6] 杨育文. 土钉支护理论与设计 [J]. 岩土力学, 2019, 40(S1):118.
- [7] 张立中, 于付强. 软土地基深基坑支护中土钉支护技术应用 [J]. 科学技术创新, 2021(19):154-155.