

U型槽结构抗滑移、抗倾覆计算要点分析

贾玉宾 黎超

武汉市市政工程设计研究院有限责任公司 湖北 武汉 430023

【摘要】：海慧沟河道改造工程位于荆门市漳河新区，改造后河道两侧分别为扩建后的航空路和现状村落，河道改造工程与航空路扩建工程同步实施。因两侧高差较大且地基较差，部分段落河道采用U型槽结构，U型槽设在道路边坡坡脚，兼有边坡支护结构的作用。U型槽两侧边墙高度相差较大，在较高一侧边墙墙后填土水平力作用下，U型槽有滑移和倾覆的趋势。设计时采用手算模式，参考相关规范及资料，在分析了U型槽结构受力之后，对U型槽进行了抗滑移、抗倾覆计算，保证U型槽结构稳定。

【关键词】：U型槽；土压力计算；抗滑移；抗倾覆

Analysis on Key Points of Anti-sliding and Anti-overturning Calculation of U-shaped Groove Structure

Yubin Jia, Chao Li

Wuhan Municipal Engineering Design & Research Institute Co. LTD. Hubei Wuhan 430023

Abstract: Haihui Gully river reconstruction project is located in Zhanghe New Area, Jingmen City, The two sides of the reconstructed river are respectively the expanded aviation road and the current village. The river reconstruction project and the aviation Road expansion project are carried out simultaneously. Because of the high difference between the two sides and the poor foundation, part of the channel adopts U-shaped groove structure. U-shaped groove is located at the foot of the road side slope, and has the function of slope supporting structure. There is a great difference in height between the two sides of the U-shaped groove, and the U-shaped groove tends to slip and overturn under the horizontal force of the soil filling behind the higher side wall. The design adopts the manual calculation mode, referring to the relevant specifications and data, after analyzing the stress of the U-shaped groove structure, the anti-sliding and anti-overturning calculation of the U-shaped groove is carried out to ensure the stability of the U-shaped groove structure.

Keywords: U-shaped groove; Soil pressure calculation; Anti-sliding; Anti-overturning

U型槽结构由钢筋混凝土底板和边墙组成，具有刚度大、变形小、稳定性好、能适应多种地质条件等特点，常用于道路车行通道敞口段和排水明渠等工程。常规U型槽两侧边墙高度相同，由水土产生的水平力大小相同，方向相反，此种U型槽结构不需要验算抗滑移和抗倾覆，但当U型槽结构位于斜坡上，两侧边墙高度相差较大时，须进行抗滑移和抗倾覆稳定性验算，确保结构安全。

本文结合荆门市海慧沟河道工程，介绍了U型槽结构抗滑移和抗倾覆稳定性计算要点。

1 工程概况

海慧沟位于荆门市漳河新区，场地位处剥蚀丘陵区，呈现为“两山夹沟”的地形，沟南北均为低山丘陵地形。海慧沟为东西走向，地势西高东低，河道自然平均坡降为0.588%，流域面积3.29平方公里，河道上游现状为自然溪滩，水深不足0.5m，下游现状为浆砌块石河道，水深2m，河面宽度6m。海慧沟收集的雨水最终汇入竹皮河，属于杨竹流域竹皮河系统。现状海慧沟断面过水能力有限，不能满足防洪排涝的需求，故对海慧沟过水断面进行改造。且因航空路扩建，部分海慧沟在航空路红线内，需进行改造。

海慧沟河道工程总长约580m，河道北侧为设计航空路，

南侧为现状村落，北侧设计路面高程比南侧村落地坪高程高约6m。部分段落河道走向与航空路走向平行，航空路路面设计高程与河道底部设计高程最大约9m，且高差9m处航空路红线与河道外边线之间水平距离约5m，此处河道断面示意图如下。

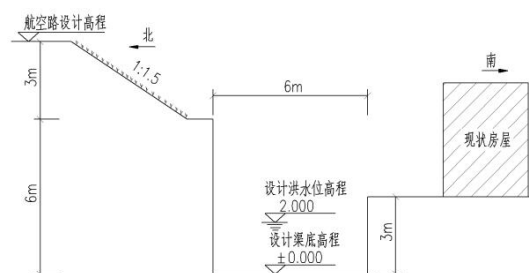


图1 渠道横断面示意图

根据地质勘察资料，本段渠道落在老河道上，河底淤泥层较厚，渠道结构不适合采用常规的两侧河岸为重力式挡土墙+渠道底部硬化的方案，经过方案比选，拟采用钢筋混凝土U型槽结构。U型槽地基采用换填处理，换填厚度约1.5m，换填材料为本地常用的砂石混合料。

U型槽结构设计使用年限为50年，结构安全等级为二级，抗震设防烈度6度，设计地震分组为第一组，场地类别为II类。U型槽每隔20m设一道变形缝，变形缝缝宽20mm。U型槽底

板及边墙混凝土强度等级为 C30，抗渗等级为 P6。为满足 U 型槽稳定性要求，对北侧底板进行了加长。本段 U 型槽结构断面图如下图所示。

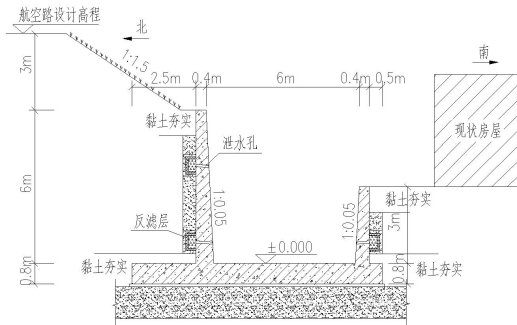


图 2 渠道 U 型槽结构断面图

2 结构分析

本段 U 型槽北侧边墙比南侧高 3m，且北侧边墙顶部还有 3m 高道路边坡，U 型槽滑移趋势为由北向南。

北侧边墙在墙后土体作用下发生背离土体方向的变位，墙后土体按密实土考虑，达到主动土压力时的墙顶位移为 1‰~2‰墙高，即 6mm~12mm，根据 U 型槽刚度大、变形小的特点，边墙位移一般不满足产生主动土压力所需的位移，北侧边墙土压力介于主动土压力和静止土压力之间，设计时偏于安全考虑按静止土压力进行计算。

南侧边墙在 U 型槽整体滑动趋势下发生向土体方向的变位，墙后土体亦按密实土考虑，达到最大被动土压力 E_p 时的墙顶位移约为 5‰墙高，即 150mm，如此大的位移量对墙体结构以及地表水平地面都有很大影响，在工程中应尽量避免此种情况发生。南侧墙体所受土压力介于静止土压力和被动土压力之间，在稳定性计算时只能考虑被动土压力的一部分，计算时通过降低墙后填土内摩擦角 φ 的取值对被动土压力系数进行折减。

在计算时采用手算模式，为方便计算，做了如下简化：

1) U 型槽北侧航空路汽车荷载按下式换算为等代均布土层厚度 $h=\Sigma G/(B l_0 \gamma)$ ，汽车荷载等级为公路-I 级。该公式出自《公路桥涵设计通用规范》(JTG_D60-2015)。

式中， γ —土的重度 (kN/m^3)；

ΣG —布置在 $B \times l_0$ 面积内车轮的总重力 (kN)；

l_0 —挡土墙后填土的破坏棱体长度 (m)；挡土墙即 U 型槽边墙，下同。

B —挡土墙的计算长度 (m)。

经计算，取 $h=1\text{m}$ 。

(2) 根据地质报告，场地内地下水类型主要为上层滞水，U 型槽埋深较大，且边墙上设置了泄水孔，最下层泄水孔距底部高差仅 0.8m，地下水对 U 型槽抗滑移、抗倾覆稳定性影响

很小，在计算时未考虑地下水的不利作用。

(3) U 型槽边墙墙背按光滑考虑，即土对 U 型槽边墙墙背的摩擦角 δ 取 0° ，土压力作用方向与墙面垂直。

(4) U 型槽两侧边墙后土体均为回填土，设计要求的回填土材料为渗水性强的砂性土、砂砾、碎 (砾) 石等材料，要求分层回填，分层夯实，压实系数不小于 0.95。根据工程经验及考虑被动土压力系数折减的因素，取填土内摩擦角 φ 为 30° 。

U 型槽北侧静止土压力系数 $K_0=1-\sin\varphi=1-\sin30^\circ=0.5$ 。

U 型槽南侧边墙墙背光滑竖直，地表面水平，被动土压力系数按朗肯土压力公式计算，即 $K_p=\tan^2(45^\circ+\varphi/2)=3$ 。

3 荷载作用及其效应组合

(1) 本工程 U 型槽稳定性验算时考虑的主要荷载详见下表。

表 1 U 型槽荷载表

荷载分类	荷载名称
永久荷载	U 型槽结构自重
	填土 (包括底板以上土) 重力
	填土侧压力
可变荷载	车辆荷载引起的土侧压力
	人群荷载引起的土侧压力

(2) 效应组合。本工程 U 型槽虽是排水构筑物，但从设置部位及结构形式上看，兼有边坡支护结构的作用。验算 U 型槽抗滑移、抗倾覆稳定时，参考《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330-2013) 3.3.2 第 2 条，计算边坡与支护稳定结构的稳定性时，应采用荷载效应基本组合，但其分项系数均为 1.0。

4 结构计算

U 型槽抗滑移、抗倾覆参考支护结构的计算公式和安全系数均参考《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330-2013) 中的相关规定，取每延米为计算单元进行计算。

4.1 抗滑移验算

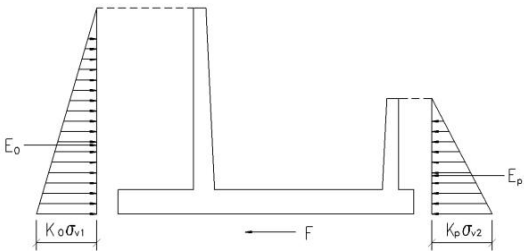


图 3 U 型槽抗滑移计算简图

抗滑移稳定系数 $F_s=(E_p+F)/E_0 \geq 1.3$

式中， E_p —被动土压力 (kN/m)；

E_0 —静止土压力 (kN/m)；

F —U 型槽底板与地基土之间的摩擦力 (kN/m)， $F=$

$(G_c + G_s)u$ ，其中 G_c 为 U 型槽自重，U 型槽容重 γ 钢筋砼 $=25\text{kN/m}^3$ ， G_s 为 U 型槽底板上填土自重，填土容重 $\gamma_{\text{土}} = 18\text{kN/m}^3$ ，基底与地基间的摩擦系数 $u=0.3$ ；

σ_{v1} —北侧边墙底部土体自重应力 (kN/m^2)，包含边墙顶部以上道路边坡和路面荷载引起的附加竖向应力，附加竖向应力计算方法可参考《建筑基坑支护技术规程》(JGJ 120-2012) 3.4.8 条；

σ_{v2} —南侧边墙底部土体自重应力 (kN/m^2)。

4.2 抗倾覆验算

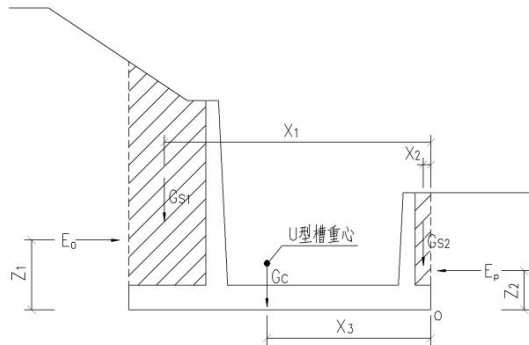


图4 U型槽抗倾覆计算简图

参考文献：

- [1] <土力学>(第2版).
- [2] <基坑工程手册>(第二版).
- [3] <建筑边坡工程技术规范>(GB50330-2013).
- [4] <铁路路基支挡结构设计规范>(TB10025-2019).
- [5] 陆明杰.U型槽式结构在高速公路下穿通道中的设计与应用[J].路基工程 2015,03:200-203.
- [6] 纪延安.上海市东西通道工程地下段结构设计综述[J].建筑结构 2019,08:77-82.

作者简介：第一作者：贾玉宾(1989-)，男，工程师，一级注册结构工程师，学士，主要从事市政结构和房建结构设计工作。

工作单位：武汉市政工程设计研究院有限责任公司。

在 E_O 作用下 U 型槽绕 O 点转动，抗倾覆稳定系数 $F_t \geq 1.6$ 。抗倾覆计算公式为

$$F_t = (G_{s1} x_1 + G_{s2} x_2 + G_c x_3 + E_p z_2) / (E_o z_1) \geq 1.6$$

式中， G_{s1} —U 型槽北侧底板出挑上覆土重量 (kN/m)；

G_{s2} —U 型槽南侧底板出挑上覆土重量 (kN/m)；

x_1 、 x_2 、 x_3 —分别为 G_{s1} 、 G_{s2} 、 G_c 距转动点 O 点的力臂 (m)；

z_1 、 z_2 —分别为 E_O 、 E_p 距转动点 O 点的力臂 (m)。

5 结语

本文结合具体的工程实例阐述了 U 型槽结构抗滑移、抗倾覆计算分析的基本内容与计算要点。本工程在计算时采用手算的模式，为方便计算，没有考虑一些不利的因素如地下水，且没有考虑地震作用及地震作用工况；北侧边墙土压力按静止土压力计算，偏于保守。对于结构工程师而言，清晰的结构概念和具有一定的手算能力是很有必要的。本文对同类型的项目具有一定的参考价值。