

泥石流排导槽冲淤规律观察研究

张开平, 吕态能

(昆明市东川区泥石流防治研究所 昆明 654100)

摘要: 泥石流排导槽是泥石流治理的一项重要工程措施, 昆明以黑水河排导槽为重点, 结合省内外有关沟域排导槽工程观测情况展开对排导槽冲淤规律分析研究。采用理论推导结合实际分析、各类型排导槽的应用通守优化分析, 建立模型, 找出其内在联系及适用范围, 为泥石流排导槽的设计及推广应用确定了科学依据。

关键词: 排导槽; 冲淤规律; 优化分析; 泥石流

中图分类号: P642.25 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2002)04-0061-03

Study on Scouring and Deposition Laws of Debris Flow Drainage Trough

ZHANG Kai-ping, LU Tai-neng

(Institute of Debris Flow Prevention and Control in Dongchuan Region, Kunming 654100, Yunnan Province, China)

Abstract: Debris flow drainage trough is a major engineering measure to control debris flow. The drainage trough of the Heishui River is taken for emphasis combined with relevant drainage trough survey, in provincial or out, the scouring and deposition laws of drainage trough were analyzed and researched. A model was established and its internal relationship and scope of application were found out by using theoretical deduction combined with actual analysis and the optimized analysis of all types of drainage troughs, which lays a scientific foundation for its design, popularization and application.

Key words: drainage trough; scouring and deposition law; optimized analysis; debris flow

1 排导槽类型及特点

1.1 排导槽的功能

排导槽工程是泥石流防治使用最为广泛的工程措施之一, 它与拦挡工程构成泥石流防治的主要工程结构。使用几十年来, 效果良好, 一直在治理中起着举足轻重的作用。

排导工程主要布设于泥石流堆积区, 少量布设于流通形成区段的顺流向防护工程。主要起到速流、固定沟道水路、岸坡、顺畅排泄泥石流或洪水的作用, 从而保护和开发下游泥石流堆积扇上的集镇、农田及通过堆积扇上的铁路、公路和水渠等设施。

1.2 排导槽类型及特点

排导槽类型, 按槽底结构分为肋槛槽和铺底槽两大类。按槽的侧墙净空断面分为梯形槽和矩形槽两类, 以槽底形式分为平底槽和凹底槽, 其中凹底槽又分为“V”底槽、圆底槽、弧底槽及复合槽四类形式。

以上各类槽型各有优缺点。按各类结构水力分析, 从排泄能力看“V”型底, 圆形底及弧形底在其它条件相同的情况下相差在1.1%以内, 属同一类排泄能力槽形, 排泄能力较好; 而平底槽则相差达2.2%~16.2%, 排泄能力较差。反之,

从流速看则平底槽流速小, 在纵坡大时平底槽防磨能力较好, 肋槛槽河床糙率大流速最小, 因之防磨性能最佳, 但排泄能力最差。

从施工难易程度来看肋槛槽、平底槽容易施工, “V”型槽次之, 弧底槽及圆底槽施工难度大。目前弧底槽及圆底槽仅用作试验, 未能推广应用。槽的侧墙分为重力直墙式和护坡斜墙式两类, 设计过墙应视地形、水文、泥沙情况综合经济及技术比选而定。直墙直力式适合填方及弯道地段, 施工容易, 安全性高; 斜墙护坡式适合于挖方直线段, 有投资省的特点, 但施工技术要求高。目前常用的主要是东川肋槛槽及V型槽两种槽型及其变化系列槽型, 应用在不同类型的泥石流沟防治工种中, 排导槽的冲刷和淤积是排导功能实现及自身稳定的两大障碍, V型槽、东川槽均受制于危害。

2 泥石流排导槽的冲淤观测分析

2.1 东川式排导槽的冲淤观测分析

2.1.1 黑水河多年来淤积现象 多年来淤积大多为排导槽出口段淤积后溯源淤积。同时出现过槽子中部(1996年小拱桥处)淤积现象, 非属尾部淤积溯源形成, 说明肋槛槽自身会形成淤积。尾部淤积拉槽情况, 一次淤积后会出现进一步淤

* 收稿日期: 2002-05-19

基金项目: “黑水河泥石流沟小流域水保工程试验示范”成果部分内容。

作者简介: 张开平, 男, (1966-), 高级工程师, 主要从事水土保持、泥石流防治研究工作。

积溯源和改流情况,也会出现局部冲刷拉槽现象,但未见自然拉槽成功现象。

2.1.2 大桥河 1997-08-17 泥石流淤积现象 大桥河排导槽已运行了 22 年。历年来主要由于尾部正常淤积抬升,致使尾部约 300 m 段逐渐被淤埋,但未形成较大灾害。溯源淤积呈整河床抬升溯源形式,未形成过黄型的槽内溯源淤积,说明整体排导效果良好。

1997-08-17 泥石流 $Y_c=2.23$ 暴发了超设计流量规模,槽上部全线漫堤高 60 cm,最大粒径 1.7 m。由于尾部出口已淤高使下段槽子仅剩米余空间,造成溃决漫流、淤积、改道,上部未见明显沉积情况,但有粒径达 0.9~0.2 m 的大小不等石块散乱沉积现象。总体呈逐步淤积抬升趋势(尾部),但历年来总体排导情况属正常。

上段汇口以上肋板呈现出冲刷情况,肋板均露出土面数米,中下游“九五”桥以下基本呈冲淤平衡状态助槛近以沙土面近平,下部公路桥上下段则很少见肋露出土面,呈现淤积状态。

2.1.3 汪家箐、老干沟排导槽冲刷现象 汪家箐、老干沟两沟冲刷情况近似,老干沟冲刷深 2.5~3.5 m,汪家箐冲刷深 2~3 m(均指尾部出口以下河床)。

两沟槽内肋槛均露出土数米形成跌坎,有消能减速作用。运行正常,汪家箐的冲刷至使尾部门坎露脚,在下部以消力池进行了处理。

2.2 V 型槽工程冲刷淤积情况

(1) 成昆线 K787+360 白沙沟 V 型排导槽因出口顶托造成槽内泥砂回淤。

(2) 成昆线 K884+304 楠木坡中桥泥石流 V 型排导槽因出口受洪水水位控制影响顶托造成少量泥砂回淤。

(3) 成昆线 K918+259 黑井小桥泥石流 V 型排导槽因出口伸入洪水位造成尾部泥砂回淤。

(4) 黑水河 1999 年 7 月 14 日泥石流暴发,V 型排导槽由于尾部阻塞,造成槽内约 250 m 淤积。

(5) 会泽县落水沟为稀性泥石流沟,所建 V 型排导槽通过几年运行后冲刷现象剧烈,尾部冲刷深达 10 多 m,危及排导槽工程安全,后经进行了尾部处理才确保了工程安全。

2.3 黑水河东川排导槽放水攻砂冲淤现象

黑水河排导槽 1997 年被泥沙淤埋 200 多 m,借外水进行攻砂、观察。

(1) 放水口至淤砂段长约 1 200 m,自放水开始共约 25 min 水流至淤砂段,原河床为干燥砂砾石河槽,则推估流速仅 0.8 m/s,最大观察流量达 0.8 m³/s,浸润过程完成后流速提高到 1.5~2.5 m/s(淤积流速小,冲刷流速大)。

(2) 在原淤积尾段(公路桥上 5~20 m 段),堆砂厚 1.5~2.0 m,宽 6 m。流水经过该段难以形成地面流,有时无地面流,全部渗入底层流出段物质粒径较大(>200 mm 物质含量达 60%~80%,最大粒径达 11 cm),往上游段粒径逐步缩小(长 140 m),往下游段径也逐步缩小(长 23 m)。有攻砂停止现象。

(3) 桥面段垂长 6 m,宽 6 m,泥砂厚 1.2~2 m,该桥底

部为砼面结构,不渗水。所出水流以砂砾层下底部主流为辅,攻砂形式以从底部一侧拉槽为主,逐步扩展形成面流拉槽,无攻砂停止现象。

(4) 攻砂过程中有局部淤积、冲刷现象,交替出现逐步分部位攻砂,淤积后改流冲刷,分块、分段逐步实现泥砂下移多。

2.4 黑水河实施 V 型槽后出现的淤积拉槽现象

(1) 针对黑水河淤积阻塞情况,1998 年初将原排导槽尾部(公路桥以上)改造了 137 m 为 V 型满底槽。1998 年观察一次泥洪共下泄松散物质约 3000 m³。未造成尾部淤积阻塞灾害。

(2) 观察尾部曾出现过阻塞,最大淤厚约 1 m,但仅为尾部不到 30 m 长段。

(3) 尾部淤后被冲刷现象,观察痕迹观察面得总淤长约 30 m,但后期洪水又逐步拉槽冲刷,分段进行约 5~8 m 一段,共分成 4~6 段逐步冲刷开来。

(4) 出口后长约 40 m 段形成明显凸型堆积,但从纵坡观察未形成非常明显的出口淤高现象(槽纵坡 12%,淤纵坡 10%~14%)。说明两点,一是 V 型槽水力特征利于冲刷,二是出口后还有强劲冲力,可在一定程度上避免尾部淤积阻塞灾害。

3 排导槽冲淤规律综合分析

通过以上观察分析表明肋槛槽淤积一般在 3 种条件下形成:一是出口后水流扩展输移能力下降,运行一段后即堆积下来,尾部无陡坎即形成淤积并逐步溯源淤积。二是肋板槽渗漏严重,特别是雨季初期,河床干燥,一定洪流量在运动长距离后形成阻塞,属有分选性堆积。三是大粒径颗粒在运动中逐步沉降减速,大颗粒沉积达一定程度阻塞连带小颗粒沉积,形成淤阻塞现象,是属有分选性堆积。

前二者属水力变化造成淤积,后者为粗颗粒沉降运动累积造成淤积。V 型槽则大多在尾部标高控制情况下造成淤积,也存在水力变化造成淤积的现象。

泥石流排导槽的冲刷现象目前 V 型槽、东川肋槛槽均存在,V 型槽的冲刷较肋槛槽强烈,主要是在稀性泥石流以及纵坡较大两种情况下造成冲刷。

根据以上现象及分析可得出如下结论:

(1) 在受尾部控制阻塞情况下,现行排导槽均易造成阻塞淤积。

(2) 在稀性泥石流和治理后成为高含砂水流情况下且排导纵坡大均会造成尾部冲刷。

(3) V 型排导槽抗淤情况较理想,肋槛槽抗冲刷情况较理想。

4 排导槽优化应用

根据上节泥石流排导槽冲淤现象及结论分析,泥石流排导槽工程优化设计应遵循如下原则,首先要求它工程稳定,能安全顺畅地排泄泥石流,做到排泄冲淤变幅较小,其次为节省投资并具有施工技术简便的特点,据此可得优化模型如下:

$$f(x)=\min \left. \begin{array}{l} \omega V-Q_{校} \\ V_O-V_{p-10\%}-V-V_m \\ \end{array} \right\}$$

式中： ω ——过流断面面积； Q ——校泥石流校核流量； V ——设计流速； V_O ——起动流速； $V_O= \sqrt[5]{\alpha}$ ； $V_{p-10\%}\alpha$ ——10 年一遇频率流速。 对对黑水河排导槽泥沙淤积情况观察，大多在 5~10 年一遇频率情况下造成淤积； V_m ——工程耐磨限速（8~15 m/s）； d_m ——河床质最大平均粒径； $f(x)$ ——工程投资目标函数。

本模型由三个限制条件组成：对于指定流域排导槽设计，在必备的参数确定后，根据模型第一条件确定各排导槽类型的泥深，过流断面及流速，并按挡土墙工程校核稳定后

得出工程结构、单位投资等数值，并根据计算结果依次满足第一、第二条件，最后确定最优排导工程结构进行设计。

根据各槽型特点可知道“V”型槽适合于纵坡较小情况，其浆底及速流横坡可加大流速，提高排泄能力。肋槛槽适用纵坡较大情况，它可降低流速、减轻磨蚀，防止冲刷，延长工程寿命。平底满浆槽则为“v”型槽，横坡为零的一种特殊点，属过渡槽型。在此应特别指出的是肋槛槽与平底槽之间还应存在着一种过渡槽型，即浆底消力槽和浆底与肋槛复合槽形式。目前在治理中还未通过实践，希望在今后的泥石流治理中得以实践，拓宽治理方法线路，完善排导槽的结构类型，使泥石流工程——排导槽的设计做到投资节省、工程安全、排泄良好的优化状态，在今后的治理发挥更大的作用。

致谢：本文参加工作的还有杨文科、殷崇庆、杨树良、沈廷辉、颜春达等。

参考文献：

[1] 王继康. 泥石流防治工程技术[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1996.
[2] 云南省计委国土整治农业区划办公室, 云南地质研究会. 云南滑坡泥石流防治研究(1~2 卷)[Z].
[3] 杜榕桓, 康志成, 陈循谦, 等. 云南小江泥石流综合考察与防治研究[M]. 重庆: 科学技术文献出版社重庆分社, 1987.
[4] 吴积善, 等. 山地危险工程[M]. 1997.
[5] 矢野义男, 等. 泥沙、泥石流、滑坡、崩塌防治工程手册[S]. 谭炳炎, 孟河清等译. 重庆: 科学技术文献出版社重庆分社, 1983.

(上接第 60 页)

表 6 不同演替阶段群落植物 α 多样性

群落	层次	<i>S</i>	<i>D_{SH}</i>	<i>D_G</i>	<i>D_{Mc}</i>	<i>PIE</i>	<i>OD</i>	<i>J_{SH}</i>
群落 A	灌木层	2	0. 691	0. 498	0. 309	0. 500	0. 993	0. 997
	草本层	3	0. 906	0. 565	0. 361	0. 567	1. 300	0. 825
	藤本层	2	0. 644	0. 452	0. 276	0. 453	0. 825	0. 929
	群落种	7	1. 319	0. 658	0. 440	0. 660	1. 922	0. 678
群落 B	灌木层	15	2. 250	0. 846	0. 645	0. 849	5. 497	0. 831
	草本层	6	1. 294	0. 661	0. 443	0. 663	1. 950	0. 722
	藤本层	2	0. 593	0. 403	0. 241	0. 405	0. 676	0. 856
	群落种	23	2. 528	0. 880	0. 693	0. 883	7. 312	0. 806
群落 C	灌木层	35	2. 972	0. 916	0. 754	0. 919	10. 941	0. 836
	草本层	14	1. 980	0. 790	0. 575	0. 792	3. 757	0. 750
	藤本层	7	1. 735	0. 804	0. 591	0. 807	4. 099	0. 892
	群落种	56	3. 394	0. 943	0. 807	0. 946	16. 446	0. 843

4 结 论

未经治理的严重侵蚀退化生态系统, 植物种类稀少, 群落物种的丰富度指数和多样性指数均极低, 这种生态系统要自然恢复物种多样性是不可能的。而经过生物和工程措施进行治理, 并通过封禁消除人为干扰, 改善了植物生存的小生

境, 减轻了水土流失, 地表覆盖先锋植物后, 演替就此开始, 植物种类增加, 物种的丰富度指数、多样性指数和均匀度指数均有较大程度增大, 但与乡土林相比, 还有较大差距。如何加快封禁管理群落的演替, 使其加快向地带性群落的发展, 将是今后应研究的课题。

参考文献：

[1] 福建省水土保持委员会. 福建水土保持(河田专号)[J]. 1990, (3): 1~ 58.
[2] 杨玉盛, 何宗明, 林光耀, 等. 不同治理模式对严重退化红壤抗蚀性影响的研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1996, 2 (2): 36~ 42.
[3] 杨玉盛, 何宗明, 林光耀, 等. 退化红壤不同治理模式对土壤肥力的影响[J]. 土壤学报. 1998, 35(2): 276~ 282.
[4] 杨玉盛, 何宗明, 邱仁辉, 等. 红壤严重退化生态系统不同恢复和重建措施的植物多样性和地力恢复的研究[J]. 生态学报, 1999, 19(4): 490~ 494.
[5] 中国科学院生物多样性委员会. 生物多样性的研究原理与方法[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1994. 141~ 165.
[6] 马克平, 黄建辉. 北京东灵山地区植物群落多样性研究 . 丰富度、均匀度和物种多样性指数[J]. 生态学报, 1995, 15 (3): 225~ 234.
[7] 余作岳, 彭少麟. 热带亚热带退化生态系统植被恢复生态学研究[M]. 广州: 广东科技出版社, 1996.