

特大型泥石流地质灾害治理工程

梁柱¹, 陈燕², 陈宏伟²

(1. 广西桂林市国土资源局, 广西 桂林 541002; 2. 广西桂林水文工程地质勘察院, 广西 桂林 541002)

摘要:结合桂林市龙胜县龙胜镇浸沟特大型泥石流地质灾害治理工程实例, 探讨在泥石流地质灾害治理工程中采用拦栅坝拦截天然物源及修建坡面排水沟+导流堤+格构式锚定板挡土墙加固堆积区的工程设计, 为今后在泥石流地质灾害治理工程中提供参考。

关键词:泥石流; 流通区; 堆积区; 拦栅坝; 格构式锚定板挡土墙

中图分类号: P642.23 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2013)08-0070-05

Serious Geological Disaster of Debris Flow Control Engineering/LIANG Zhu¹, CHEN Yan², CHEN Hong-wei² (1. The Guilin Bureau of Land and Resources, Guilin Guangxi 541002, China; 2. Guangxi Guilin Geotechnical Institute of Hydrogeology and Engineering Geology, Guilin Guangxi 541002, China)

Abstract: Combined with a case of the serious geological disaster control engineering in Longsheng of Guilin, the paper discusses the engineering design of gating dam for natural property reception and slope drainage ditch + diversion dike + lattice anchor-plate retaining wall for accumulation area consolidation, which could be the reference to the debris flow control works.

Key words: debris flow; flow section; accumulation area; gating dam; lattice anchor-plate retaining wall

0 引言

泥石流作为山区城镇常见的地质灾害, 是一种含有大量固体物质的特殊洪流(高浓度的液相、固相混合流), 其中的固体物质特指泥、砂、石。泥石流具有突发性、危害性极大、运动快速、历时短暂等特点, 且具有强大的侵蚀、搬运能力等自然属性, 其是以冲撞(击)、淤埋和堵塞等方式对其流经路途上的各种城镇设施进行破坏, 危害程度往往比单一的滑坡、崩塌和洪水的危害更为广泛和严重, 对人类生产生活场所、交通运输、水利水电工程、矿山等造成严重损失。当前, 我国山区城镇泥石流问题十分突出, 且灾情相当严重。因此, 分析山区城镇泥石流灾害及其成因, 对于加强城镇泥石流的治理有着重要意义。

本文根据桂林市龙胜县龙胜镇浸沟特大型泥石流地质灾害治理工程实例说明在泥石流的流通区采用拦栅坝对物源区的物源进行拦截, 在堆积区采用锚定板挡土墙+排水工程等进行治理。经过治理后, 龙胜县人民政府在堆积区建设了60年县庆的主会场, 经过一个水文年的监测, 治理效果较好, 达到设计要求。

1 工程概况

龙胜镇桑江河右岸泥石流沟由浸沟、崇粉沟2条沟组成, 本次治理的主要是浸沟形成泥石流沟。浸沟位于桑江河右岸, 主沟流域为典型的中山峡谷地貌, 最高海拔高程为597 m, 最低海拔高程216 m, 相对高差381 m。该沟左岸分水岭北麓为崇粉沟泥石流地质灾害的形成区, 浸沟沟长1.46 km, 集雨面积1.23 km²; 为典型的中山沟谷地貌, 沟谷深切, 地势陡峻, 地形坡度大, 谷坡25°~55°, 上、中段沟谷呈“U”形, 下段沟谷呈“V”形, 沟谷弯曲狭窄, 沟床起伏较大, 沟内陡坎、卡口较多, 沟床比降184.03‰~509.4‰, 平均比降276.38‰。这种地形条件使泥石流地质灾害得以迅猛直泻, 沟谷两侧堆积较厚的第四系残坡积松散堆积物, 厚1~4 m, 边坡、崩塌较发育, 为泥石流地质灾害的形成提供了大量的固体物源。

该区域影响较大的主要有16条支沟, 属于中山峡谷地貌, 相对高差较大。各支沟主要分布在浸沟的两侧, 地势较高, 坡度在17°~45°, 大多属于“V”形沟谷, 纵向切割较深。且所流区域面积较大, 人类活动较多, 崩塌较发育, 第四系松散堆积物为多结构松散的碎石土组成, 厚度在0.5~3 m, 是浸沟

收稿日期: 2013-03-28

作者简介: 梁柱(1966-), 男(侗族), 广西龙胜人, 广西桂林市国土资源局工程师, 岩土工程专业, 从事岩土工程管理工作, 广西桂林市崇善路6号; 陈燕(1971-), 女(汉族), 广西全州人, 广西桂林水文工程地质勘察院工程师, 岩土工程专业, 从事岩土工程技术工作, 广西桂林市铁西一里8号。

泥石流地质灾害的主要天然固体物源。浸沟全流域内松散固体物质总储量约 218000 m³,其中可直接参与泥石流地质灾害运动的松散固体物质储量约 121000 m³。

浸沟流域地处桂东北,降雨量较丰富,年均降雨量 1524.4 mm,降雨多集中在 4~8 月,占全年降水量的 67.72% 以上,最大降水量 114.30 mm/h(龙胜县气象局资料)。浸沟泥石流为新近发生泥石流,主沟长度和流域面积较大,沟床纵坡度相对较陡,有利于降雨的大量汇聚和径流,冲蚀沟内大量堆积的松散固体物质(含人工堆积物),易导致泥石流发生。特别是地域性大到暴雨为泥石流暴发提供了丰富水源。该地区处于中高山地区,经常产生强降雨,并产生洪流,在狭窄陡深的沟谷中产生强大的动能,这为泥石流的产生提供了动力。

由于山区可供建设用的土地资源紧缺,泥石流堆积扇也成为城镇建设规划区,浸沟沟口已建有大量民房建筑物。近年来,大量建筑物向泥石流扇附近扩展,逐步压占沟道,挤占了原有扇体上的部分沟槽地,降低或堵塞了泥石流沟的排泄通道。城市建设产生的大量弃土无序排放,在浸沟中下段沟中形成一人工堆积厚 30 m、宽 120 m、长 130 m 的碎石土体,人为造成在浸沟中增加泥石流固体物源。这些堆积土体均已发生了变形、滑塌破坏和水土流失,是人为造成的浸沟泥石流地质灾害固体物源。

浸沟为老泥石流沟,曾于 1994 年 9 月 18 日发生过泥石流,这次泥石流造成崇粉沟与桑江河交汇处的桥梁(龙胜北旧桥)堵塞,原河底抬升约 3.00 m,致使龙胜镇街道漫水,危及日新村、龙胜镇居民

的安全;浸沟携带出大量泥沙和碎块石,在沟口处堆积成泥石流扇(扇顶高出原地面约 3.00 m),淹埋了近 30 亩农田,冲毁数十间房屋,造成严重的经济和财产损失,万幸的是没有造成人员伤亡。泥石流的直接经济损失已超过 1 亿元。现泥石流沟仍直接威胁龙胜镇人口约 3000 人。

2 治理工程设计方案

2.1 设计思路

滑坡堆积物、人工堆积土为浸沟泥石流的主要物源,治理以稳固滑坡、固定人工堆土为主,同时采取拦栅坝拦截天然物源治理手段,稳定沟道天然物源,有效减少泥石流物源的参与量。综上所述,本次治理方案的设计主要以稳固堆积区及拦栅坝拦截和排导工程为主。

2.2 治理工程方案设计

在充分掌握治理区地质灾害影响因素、稳定性状况以及其危害特征的基础上,结合泥石流基本特征,提出浸沟泥石流治理方案。

(1)物源区:主要指主沟与支沟两岸山体斜坡,以保护天然植被为主,主要是不再破坏现有斜坡和植被(本设计不具体设计)。

(2)流通区:主沟与支沟底段,设计拦栅坝,主要采用 RXI-200 型 SNS 柔性拦截网的治理方案对物源区的物源进行拦截。

(3)堆积区(含沟内人工堆积体):修建导流槽(钢筋混凝土箱涵渠)+坡面排水沟+导流堤+格构式锚定板挡土墙。

治理工程设计平面图如图 1 所示。

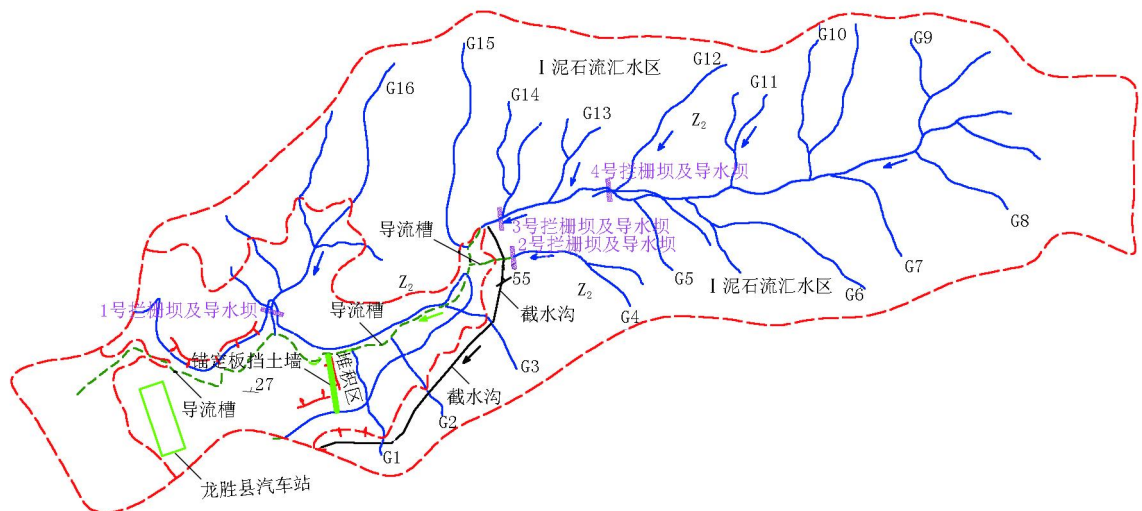


图 1 工程治理平面图

3 分项工程设计

3.1 拦栅坝工程设计

3.1.1 坝址选择的原则

坝址一般选在泥石流的流通区,根据前述的浸沟工程条件,浸沟的拦栅坝主要采用 RXI-200 型 SNS 柔性拦截网,其选择坝址需考虑如下条件。

(1)地质条件。坝址两岸山坡稳定,无滑坡、崩塌、冲沟等不良地质现象和地下水出露,沟床有基岩出露或基岩埋深较浅,坝基为基岩或密实的沉积物。

(2)地形条件。坝址处沟谷狭窄,而上游开阔,沟床纵坡较缓,沟谷对称。

3.1.2 坝体的布置

(1)拦栅坝的布置应与防治工程总体布置相协调,与上游的拦栅坝、下游的拦栅坝或排导槽能合理地衔接。

(2)安全可靠。拦栅坝应布置在崩塌与滑坡等突发性灾害冲击范围之外,能保证坝自身的安全。

(3)效益高。拦栅坝的布置应能满足本身的设计要求,有较好的综合效益,既能拦沙,又能防止泥石流进一步下切沟道,改善沟床比降,利用拦截的泥沙反压崩坡积物等。

综上所述,浸沟拦栅坝主要布置 4 处。

3.1.3 设计要求

拦栅坝主要采用柔性防护网,其主要作用:一是拦蓄泥石流固体组颗粒,固定沟床、防止沟底下切、减缓纵坡,降低流速,稳定沟槽两岸,防止沟岸坍塌,减少泥沙汇入;二是控制行洪流路,确保行洪河段安全。

3.1.3.1 拦栅坝工程回淤范围及库容计算

在柔性防护网淤满后,回淤坡度根据下式计算:

$$I_0 = 0.6I$$

式中 I_0 ——泥石流柔性防护网回淤坡度,‰; I ——泥石流沟原沟床天然坡度,‰。

柔性防护网拦蓄泥沙量采用如下公式计算:

$$V_{br} = (1/2) [Bh^2 / (I - I_0)]$$

式中: V_{br} ——柔性防护网库容量, m^3 ; h ——柔性防护网净高, m ; B ——沟道回淤平均宽度, m 。

根据上述公式,结合沟床地形情况,柔性防护网的库容量计算见表 1,柔性防护网的高度和库容关系见图 2。

3.1.3.2 拦栅坝工程技术要求

(1)拦截网。拦栅坝拦截网设计为 5 m 高的 RXI-200 型网。每 5 m 设置 1 根钢柱,每根钢柱用锚杆和锚绳拉固,钢柱基础和拉锚锚杆采用直接

表 1 柔性防护网高和库容量计算

网高/m	平均宽度/m	沟床坡度/‰	回淤长度/m	库容/ m^3
1	4	0.200	13	25.0
2	6	0.200	25	150.0
3	8	0.200	38	450.0
4	10	0.200	50	1000.0
5	11	0.200	63	1718.8

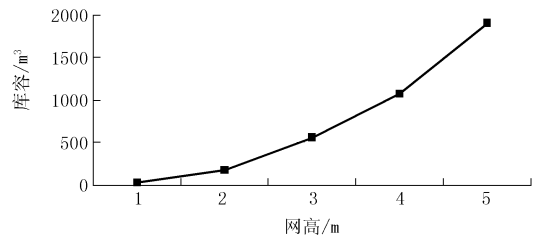


图 2 柔性防护网高和库容量关系图

钻孔注浆锚固方式。同时,拦栅坝拦截网横向间隔 1.25 m 布置 C15 Φ 16 热度钢丝横支撑绳,两端用 Φ 25 mm 螺纹钢锚杆固定在沟谷两岸山体稳定斜坡上。

RX I-200 拦截网由生产厂家标准生产,其结构配置:钢柱+支撑绳+拉锚绳+缝合绳+减压环〔钢柱(间距 10 m),带消能环的 Φ 14 mm 双支撑绳和 Φ 16 mm“1”字形上拉锚绳(每跨 3 个消能环), Φ 14 mm 侧拉锚绳(单绳), \diamond /08/250/4 \times 5 m^2 钢丝绳网, Φ 8 mm 缝合绳,格栅网〕。其主要防护技术指标为:拦截撞击能 2000 kJ 以内的落石及滚石。

(2)锚杆布设及要求。在拦截网布设处沟谷两岸山体稳定斜坡上,纵向按 1.25 m 间距布设锚杆。考虑拦截网拉力方向,确定锚杆安设角,倾角 $25^\circ \sim 30^\circ$ 的范围。锚杆设计抗拔力 ≤ 150 kN。锚杆材料采用 Φ 32 mm 高强螺纹钢(HRB400),锚固段进入完整基岩长度 ≤ 5 m。其锚固长度为危岩体厚度与锚固段长度之和,一般 10 m 长。

拦栅坝设计如图 3 所示。

3.2 导流槽、排水沟、导流堤工程设计

3.2.1 导流堤工程布置

暴雨和地表径流的作用是促使泥石流发生地质灾害的主要因素,因此,减少暴雨和地表径流对泥石流物源的冲刷是增加泥石流稳定性重要因素。本次设计在冲沟主沟谷设置 2 处导流堤,1 号堤长 16 m,2 号堤长 10 m,导流堤与排导槽(箱涵渠)连结,形成完整的排水系统。

3.2.2 导流堤工程设计

导流堤身设计尺寸:堤身高 7.630 m,堤顶宽 1.000 m,面坡倾斜坡度 1: 0.250,迎水坡倾斜坡度

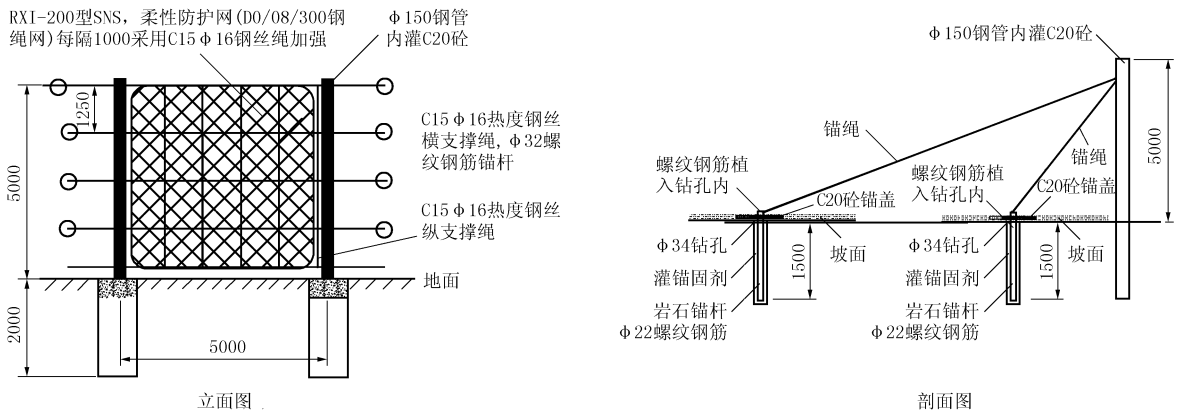


图3 拦栅坝大样图

1: 0.000, 堤底倾斜坡率 0.000: 1。采用现浇混凝土修建, 混凝土强度采用 C25。

3.3 堆积区稳固工程设计

由于城市建设产生的大量弃土无序排放, 在浸沟中下段沟中形成一人工堆积厚 30 m、宽 120 m、长 130 m 的碎石土体, 人为造成在浸沟中增加泥石流流固体物源。这些堆积土体均已发生了变形、滑塌破坏和水土流失, 在雨水的作用下会产生泥石流, 危及

下游居民及建筑物的安全。

该段治理方法为格构式锚定板挡土墙, 由于挡墙高 30 m, 故挡土墙设置 2 级平台, 3 级边坡, 每级边坡高 10 m, 按 1: 0.75 修坡, 平台宽 4.0 m, 坡脚设计护脚墙和排水沟。锚定板挡土墙采用预应力锚索、锚杆连结格构梁和锚定板。设计立面如图 4 所示。

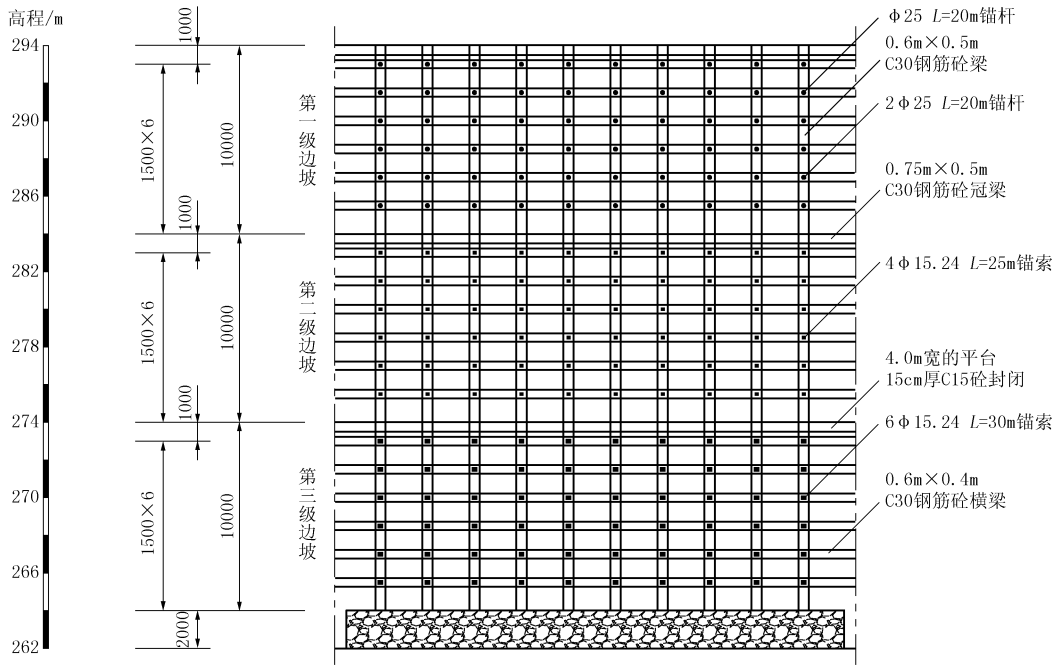


图4 格构式锚定板挡土墙立面大样图

锚定板为预置钢筋混凝土板, 混凝土强度为 C30, 截面积为 1 m × 1 m, 厚 0.5 m, 锚定板采用双面配筋, 单面成网状, 网率为 Ø16@150, 钢筋保护层厚度为 50 mm。锚定板预置时中心预留拉杆的孔道要与格构梁的预留孔道一致。

格构梁采用现浇式钢筋混凝土, 混凝土强度均

为 C30, 横梁截面为 0.6 m × 0.4 m 及 0.75 m × 0.5 m, 纵梁截面为 0.6 m × 0.4 m, 主筋采用 6Ø20, 箍筋为 Ø8@200。梁依实地 15 ~ 20 m 设一条伸缩缝, 宽 20 mm, 用麻絮沥青或塑料泡沫板充填隔离。

平台宽 4.0 m, 采用 C15 混凝土现浇, 厚 15 cm, 并设 2% 向外横向排水坡度。坡面设置浅排水孔,

排水孔间距为 $3.0\text{ m} \times 3.0\text{ m}$,排水孔孔径为 10 cm ,采用PVC管,单管长度为 0.8 m ,排水坡度为 2% ,内侧设置反滤层,厚 50 cm 。

由于每级坡体的高度不同,使得挡土板所受土压力随高度加深而变大,故拉杆的设计有所不同。第一级边坡拉杆采用锚杆连结格构梁与锚定板,锚杆共设6排,横向间距为 2.5 m ,纵向间距为 1.5 m ,锚杆长度为 20 m ,钢筋采用 $\text{Ø}25\text{ mm}$ 钢筋,上3排锚杆主筋配置一根 $\text{Ø}25\text{ mm}$ 钢筋,下3排锚杆主筋配置2根 $\text{Ø}25\text{ mm}$ 钢筋,锚杆孔径为 130 mm ,水平放置,锚孔内灌注M25砂浆,锚头处设置弯曲钢筋,与

纵梁主筋绑扎连接,弯钩长度为 200 mm ,弯钩处需添加2根长 1.0 m 的 $\text{Ø}16\text{ mm}$ 加强筋。第二级边坡拉杆采用预应力锚索连接格构梁与锚定板,锚索共设6排,横向间距为 2.5 m ,纵向间距为 1.5 m ,锚索长度为 25 m ,锚索采用 $4\text{Ø}15.24$ 无粘结钢绞线,设计单束锚索预应力为 500 kN ,锚索方向为水平,孔径 $110\sim 130\text{ mm}$,下锚后满灌M25水泥砂浆。第三级边坡拉杆采用预应力锚索连接格构梁与锚定板,锚索共设6排,锚索采用 $6\text{Ø}15.24$ 预应力锚索,设计单束锚索预应力为 900 kN ,其余要求同上。设计剖面图如图5所示。

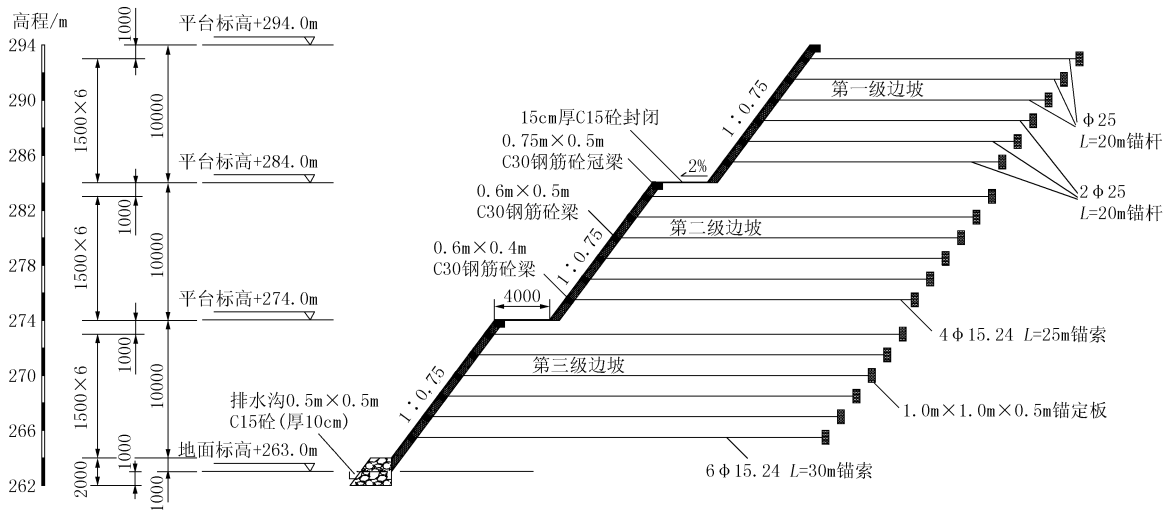


图5 格构式锚定板剖面图

护脚墙采用M75浆砌石挡墙,浆砌石采用MU30。墙高 2.0 m ,顶面宽 1.0 m ,底面宽 2.0 m ,墙背竖直。挡土墙依实地 $15\sim 20\text{ m}$ 设一条沉降缝,宽 20 mm ,用麻絮沥青或塑料泡沫板充填隔离。

坡脚设置排水沟,截面为 $0.5\text{ m} \times 0.5\text{ m}$,沟底铺垫 300 mm 中砂,沟面采用C15混凝土浇筑,厚 15 cm 。沟内每隔 $1.0\sim 2.0\text{ m}$ 设置消能坎,坎高 $\leq 5\text{ cm}$ 。排水沟分别与排导槽(排洪渠)和右侧II号边坡的排水沟连接,形成完整的排水系统。

4 结语

桂林市龙胜县龙胜镇浸沟特大型泥石流通过在流通区采用拦栅坝对物源区的物源进行拦截及在堆积区(含沟内人工堆积体)修建导流槽(钢筋混凝土箱涵渠)+坡面排水沟+导流堤+格构式锚定板挡土墙的综合治理后,龙胜族自治县在堆积区上修建了面积约 9500 m^2 ,可容纳约 1500 人的县庆主会

场。经过一个多水文年的监测,治理工程达到预期效果。本文为拦栅坝、格构式锚定板挡土墙等综合治理在泥石流地质灾害治理工程中的应用提供了实践经验及参考依据。

参考文献:

- [1] 姜明义. 桂林市龙胜族自治县龙胜镇浸沟泥石流地质灾害治理施工图设计[R]. 2012.
- [2] 林宗元. 岩土工程治理手册[M]. 辽宁沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1993.
- [3] DZ 0239-2004, 泥石流灾害防治工程设计规范[S].
- [4] 张春山, 张业成, 张立海. 中国崩塌、滑坡、泥石流灾害危险性评价[J]. 地质学报, 2004, 3(10): 27-32.
- [5] 俞火明, 鲁华侨. 浙江省仙居小流域泥石流成因分析与其易发展评价[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2009, (1).
- [6] 许强. 四川省特大泥石流灾害、成因与启示[J]. 工程地质学报, 2010, 18(5): 596-608.