

# 路遇崩岗泥沙流特征与新型拦沙坝结构研究

兰金陵

(广东省长大公路工程有限公司, 广东 广州 510620)

**摘要:** 花岗岩残积土崩岗泥沙流以小型稀性泥沙流为主, 因泥沙淤塞公路排水设施及路面会对道路施工与运营安全造成严重威胁。文中在分析花岗岩残积土崩岗泥沙流物质来源、冲沟与灾害特点及治理措施的基础上, 提出了一种土工格栅加筋水泥改性拦沙坝的治理方案, 介绍了其结构特征、施工工艺和应用效果。

**关键词:** 公路; 崩岗泥沙流; 拦沙坝; 土工格栅加筋土

中图分类号: U418.5

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2018)04-0078-03

崩岗是在水力和重力综合作用下山坡土石体受破坏而崩塌和冲刷的侵蚀现象。以花岗岩母质残积物为主的大中型崩岗群通常发育典型的形成区、流通区和堆积区, 其中流通区常为一条长度可达数公里的狭长冲沟通道, 当公路路线方向与该通道大角度相交时, 会遭遇崩岗泥沙流灾害。2016 年 4 月, 肇庆德庆县先后 2 次发生强降雨天气, 触发穿越广佛肇(广州—佛山—肇庆)高速公路 K114+660 部位的一处中型崩岗群流通区泥沙流灾害, 大量泥沙流淤塞路基边沟后冲入正待修筑路面层的路床中, 严重影响路面施工安全, 还将威胁公路运营安全。

## 1 花岗岩残积土崩岗泥沙流的地质特征

### 1.1 崩岗泥沙流的灾害特征

广佛肇高速公路 K83+400—K90+350、K90+800—K98+350、K108+100—K120+889 段分布有燕山期花岗岩, 水土流失发育并形成锯齿状、勺状、陡坎状等坡面地貌。泥石流是毁损穿越泥沙流沟的公路路基、路面及相应防治结构物的重要外在动力机制, 但花岗岩残积土崩岗侵蚀所产生的泥沙流一般属于小型稀性泥沙流, 公路路遇该类泥沙流灾害的动力损毁作用比一般泥沙流低, 其主要危害是泥沙流淤塞堆积造成排水设施损毁和威胁道路施工与运营安全。因此, 对于花岗岩残积土崩岗泥沙流的治理重点在于采取有效工程措施尽量减少形成区的产沙量、修建拦沙坝等拦挡建筑物拦截流通区的所有泥沙流。

### 1.2 崩岗泥沙流的主要物质来源

崩岗由重力侵蚀、水力侵蚀提供动力, 岩性特征是崩岗形成的内因, 气候等则是外因。雨强较大的

降雨条件下, 冲沟侵蚀下切严重, 冲沟岸坡出现凹腔或高陡临空面, 土体破坏方式多见垮塌、洪流席卷垮塌体和揭底方式形成泥沙流。花岗岩残积土崩岗群的产沙量取决于形成区的水力和重力侵蚀相对强弱。水力侵蚀主要是坡面片流形成坡面细沟侵蚀, 而坡表和坡面径流不但会产生溯源性细沟侵蚀, 还将诱发溜坍、塌方及浅层滑坡等重力侵蚀。现场观测表明, 坡面细沟侵蚀通常产沙量不大, 不会形成有规模的泥沙流灾害; 重力侵蚀作用形成的堆积物被冲沟中洪流启动是使产沙量骤增, 导致泥沙流灾害发生的主要物质来源。

### 1.3 崩岗泥沙流的冲沟特征

花岗岩残积土崩岗多始发于山麓或山腰, 之后逐渐向上部扩展。单个崩岗的深度和宽度在 5 m 以上, 多数可深达 30~40 m。

对广佛肇高速公路 K114+660 崩岗系航拍影像资料(见图 1)、平面图和现场踏勘资料进行综合分析, 可绘出各冲沟关系的纲要图(见图 2)。从图 2 可见: 该花岗岩残积土崩岗系由 1 个骨干冲沟、3 个分支冲沟及 1 个独立冲沟组成, 形成区、流通区及堆

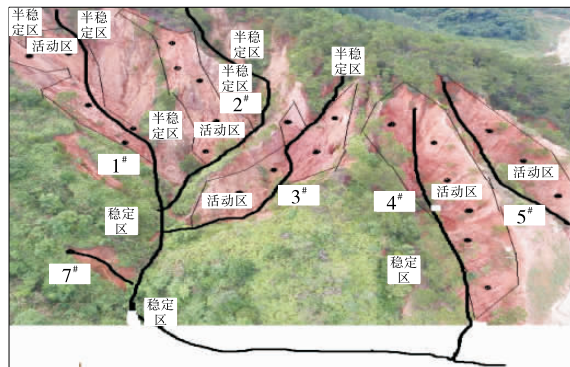


图 1 广佛肇高速公路 K114+660 崩岗系形貌特征

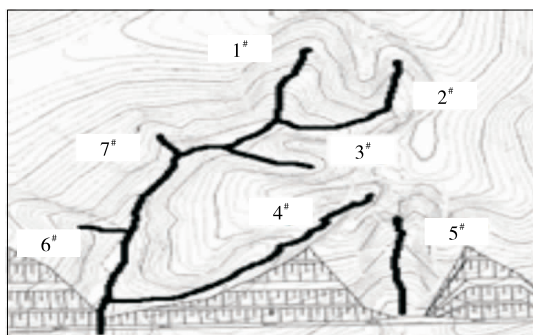


图2 广佛肇高速公路 K114+660 崩岗系纲要示意图

积区分区明显。从演化阶段来看,主要属于成熟期。其中:2<sup>#</sup>、3<sup>#</sup>分支与1<sup>#</sup>冲沟的沟头部分组成骨干崩岗泥沙流的形成区,汇水范围为50 m×50 m,是泥沙流的主要产源区。从演化阶段看,该区属于崩岗泥沙流灾害的半稳定和活动区。流通区除沟床局部存在侧蚀和底蚀作用外,侧壁总体已基本稳定,植被覆盖良好,已接近老化阶段,为稳定区。4<sup>#</sup>、5<sup>#</sup>冲沟为坡面条形冲沟,为溯源侵蚀活动区,从演化阶段看,属于成长阶段。各冲沟活动区情况见图1。

## 2 花岗岩残积土崩岗泥沙流的工程治理

国内对崩岗的治理主要以生物措施为主、工程措施为辅,采用“上截、下堵、中间削、内外绿化”的治理模式。例如:谢小康等采取在崩岗顶修筑水平沟渠,在崩岗内及崩岗口修筑谷坊和拦沙坝,在崩岗沟头、沟岸种植乔木、灌木和草类,在崩岗沟底采用造林+谷坊,在崩岗壁采用换土、施肥等生物措施相结合的方法治理广东省五华县乌陂河流域迎龙山崩岗;陈志彪等采用工程与生物措施相结合的模式治理长汀县河田镇根溪河小流域崩岗;巫南祥采取修筑拦沙坝、谷坊、溢沙道、水平截水沟和削级、修坡等工程措施及在崩岗中种植适合本地生长的植物等措施治理梅县崩岗;马媛等提出“五位一体”系统性治理崩岗方法,采取切断崩岗各要素间的联系并分化治理的方法。但生物措施为主、工程措施为辅的治理模式并不完全适于公路路遇花岗岩残积土崩岗泥沙流治理。主要是因为:生物措施施工工期长,2~3年后才能完全发挥作用,往往与高速公路建设工期要求冲突;治理措施不能将泥沙流物质完全拦截,无法立即消除花岗岩残积土崩岗泥沙流的产生;治理成本高,高速公路建设难以接受。

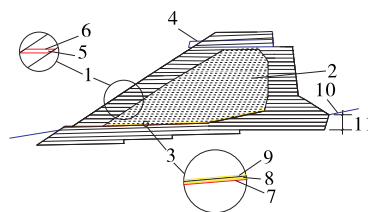
为此,在广佛肇高速公路花岗岩残积土崩岗泥沙流的工程治理中采用以工程措施为主、生物与工

程相结合的快速治理方法。具体措施如下:采用新型土工格栅加筋土结构代替常规结构,通过削坡填沟抬高冲沟源头的侵蚀基准面,抑止溯源侵蚀的发生;采用新型土工格栅加筋土墙固化花岗岩残积土崩岗泥沙流形成区的塌方堆积体,消除泥沙流形成的主要物源,阻止洪水形成严重稀性泥沙流,配合坡面绿化阻止坡面片流的侵蚀;采用新型土工加筋土拦沙坝对残余的泥沙流进行完全拦截。下面重点介绍土工加筋土拦沙坝及其应用。

## 3 土工格栅加筋土拦沙坝的设计及应用

### 3.1 结构特征

目前,常见的拦挡建筑物有间隙坝、格栅坝、拦基坝、堆石坝、透水格栅坝、筛孔坝、重力坝等。与公路路遇崩岗泥沙流治理要求相比,拦沙坝的施工工期长、成本高。为此,开发一种具有施工简易、工期短、环境效益好、成本低等优势的新型土工格栅加筋土拦沙坝,其结构特征见图3。



1.土工格栅加筋水泥改性土包盖层;2.填芯层;3.渗水排水层;4.钢筋砼排水管;5.水泥改性土;6.土工格栅;7.防渗土工布;8.排水板;9.透水土工布;10.冲沟底面;11.坝基开挖深度。

图3 新型土工格栅加筋水泥改性土拦沙坝结构剖面图

拦沙坝结构包括由土工格栅加筋水泥改性土组成的包盖层(包括底部垫层、两边的包边层和顶部盖层)、由花岗岩残积土填筑压实形成的填芯层、渗水排水层及钢筋砼排水管四部分,其中土工格栅加筋水泥改性土包盖层的基本层由在8%的花岗岩残积土水泥土压实层的四周包裹一层土工格栅,再通过基本层的叠合形成拦沙坝底部垫层、边部包边层和顶部盖层。

该拦沙坝的主要材料为花岗岩残积土,土工格栅和水泥为辅助材料。作为主要建筑材料的花岗岩残积土取自现地,可节省大量运送材料的人工工时;加之将崩岗形成区塌方体中的花岗岩残积土变成土工格栅加筋结构,直接化害为利,减少了塌方体治理费用,具有良好的经济效益。拦沙坝的施工主要采用挖掘机,挖掘机既作为挖掘、碾压、坡面装运的机

具,又是现拌水泥改性土的搅拌机具,实现了一机多用的最大化,既减少了施工机具种类、简化了施工流程、提高了施工安全性,单机械作业也节省了大量机具准备和人工工时,具有安全、快捷的显著优势。拦沙坝的坡面可完全绿化,坡面自然美观,适用于对环保要求日益趋重的高速公路建设大环境,具有显著的环保优势。

### 3.2 施工工艺

该拦沙坝的施工工艺流程为测量放样→坝基施工→渗水排水层施工→坝体施工→盖层施工→植草施工。

#### 3.2.1 测量放样

根据结构设计图,使用测量控制网,采用全站仪进行精准放样,放出中桩、边桩及坡度线,标记坡面及平台标高,放出平台线。

#### 3.2.2 坝基施工

(1) 测量放样后报监理工程师验线,按拦沙坝设计宽度从冲沟底面开挖。

(2) 将玻璃纤维土工格栅按每块 2 倍拦沙坝设计宽度进行裁剪,要求土工格栅的极限抗拉强度不小于 80 kN/m。

(3) 将单块玻璃纤维土工格栅中部按横向往拦沙坝边部一直铺设至边线,并将其余部分卷好放在拦沙坝的两边。

(4) 按步骤 3 往纵向铺设其余各单块玻璃纤维土工格栅,直至整个开挖区被土工格栅满铺。

(5) 将开挖土料洒水至软可塑状态,加入水泥用挖掘机进行路拌施工,以水泥改性土处于硬可塑状态为准。

(6) 将路拌水泥改性土铺设在开挖区底部,用挖掘机压实。压实完成后将卷好放在拦沙坝两边的玻璃纤维土工格栅打开,反包摊铺在水泥改性土压实层顶面,反向张拉至坝中线后再用连接棒连接。

(7) 重复步骤(3)~(6)直至坝基顶面。

#### 3.2.3 渗水排水层施工

(1) 将坝基础的顶面调整成上游方高、下游方低,坡率大于 5% 的微斜平面。

(2) 按设计在坝基的上游方留出包边宽度,用防渗土工布将坝基的其余部分铺满。

(3) 在防渗土工布上满铺 1 层排水板,并在排水板上铺设 1 层透水土工布。

#### 3.2.4 坝体施工

(1) 在坝的上游方留出包边宽度,在该包边宽

度范围参照坝基施工步骤(2)~(6)完成坝上游方一个土工格栅加筋水泥改性土包边基本层施工。为保证坝上游方设计陡坡坡率要求,采用单层支撑模板施工。

(2) 在坝的中部留出坝下方包边宽度,在填芯土填筑宽度范围分 2 次直接虚铺花岗岩残积土填料,并分 2 次用挖掘机压实。

(3) 在坝下游方包边宽度范围参照坝基施工步骤(2)~(6)完成坝下游方一个土工格栅加筋水泥改性土包边基本层施工。为保证坝下边坡按较缓的设计坡率施工,采用挖掘机挖斗反拍修坡。

#### 3.2.5 盖层施工

(1) 当坝基填筑至顶部加筋水泥改性土盖层时,留出坝上游方 2~3 m,在顶部盖层范围参照坝基施工步骤(2)~(4)铺设土工格栅,并在坝中部安装钢筋砼排水管。

(2) 参照坝基施工步骤(5)~(6)完成一个土工格栅加筋水泥改性土盖层基本层施工。需要注意的是,在钢筋砼排水管附近进行水泥改性土填筑时宜用人工将其捣密。

(3) 重复步骤(1)~(2),填筑完成加筋水泥改性土盖层。

(4) 用人工在现场配置水泥砂浆进行水泥砂浆抹面施工。

#### 3.2.6 植草施工

通过喷射营养土、覆盖无纺布等进行喷播植草施工,并进行养护。

### 3.3 工程应用情况

采用该拦沙坝对广佛肇高速公路 K114+540—660 右侧路堑边坡中的大型崩岗泥沙流进行治理。与传统治理方案相比,该方案可节约施工成本 50% 以上,缩短工期 30% 以上,同时该技术可因地制宜,化害为利,坡面绿化后可恢复自然地貌景观,环保效益好。治理后的边坡已彻底消除崩岗泥沙流病害,绿化植被也已生长。该治理方案值得在中国华南地区花岗岩残积土分布区公路路遇崩岗泥沙流治理中推广应用。

#### 参考文献:

- [1] 王礼先,孙保平,余新晓,等.中国水利百科全书:水土保持分册[M].北京:中国水利水电出版社,2004.
- [2] 冯明汉,廖纯艳,李双喜,等.我国南方崩岗侵蚀现状调

(下转第 84 页)

表8 各影响因素的分布密度、灰关联熵及熵关联度

级配编号	各因素的分布密度					油石比	空隙率
	$P_{13.2}$	$P_{9.5}$	$P_{4.75}$	$P_{2.36}$	$P_{<0.075}$		
A	0.353 5	0.271 6	0.248 3	0.253 6	0.242 0	0.239 3	0.229 5
B	0.225 5	0.185 6	0.226 1	0.192 1	0.165 5	0.219 4	0.220 6
C	0.146 3	0.157 7	0.145 9	0.170 6	0.226 0	0.173 1	0.180 6
D	0.156 8	0.148 7	0.196 5	0.221 0	0.154 8	0.195 7	0.187 7
E	0.117 8	0.236 5	0.183 2	0.162 7	0.211 7	0.172 5	0.181 5
灰关联熵	1.527 2	1.582 3	1.593 6	1.595 6	1.594 7	1.601 0	1.604 1
熵关联度	0.948 9	0.983 1	0.990 1	0.991 4	0.990 8	0.994 7	0.996 7

对车辙性能的影响最大,表明路面在竣工验收时所产生的车辙主要受空隙率的影响。这是由于在车辙形成前期,空隙率较大的沥青混合料在车辆荷载作用下容易产生竖向压实变形,形成车辙病害。油石比对沥青混合料高温性能具有明显影响,原因是沥青用量越大,自由沥青越多,导致矿料间的嵌挤力下降,抗车辙能力降低;沥青用量过低又会导致沥青混合料难以压实,同样影响路面的抗车辙能力。矿粉用量对沥青路面车辙性能的影响较大,这是由于矿粉比表面积大,产生大量的结构沥青,可有效提高沥青路面的高温稳定性,然而过多的矿粉用量会影响沥青混合料骨架的形成。熵关联度表明在 AC—13C 型沥青路面车辙形成初期,13.2 mm 粒径矿料对其影响程度最低,而 2.36 mm 粒径矿料的影响程度较高。

#### 4 结论

(1)  $<0.075$ 、2.36、4.75、9.5 和 13.2 mm 粒径集料含量及沥青用量和空隙率与路面车辙的灰关联度均大于 0.5,其对沥青路面初期车辙的影响均显著。

(2) 对沥青路面初期车辙的影响程度排序为空隙率 $>$ 最佳油石比 $>$ 2.36 mm 矿料含量 $>$ 0.075 mm 以下矿料(矿粉)含量 $>$ 4.75 mm 矿料含量 $>$

9.5 mm 矿料含量 $>$ 13.2 mm 矿料含量,空隙率与油石比对初期车辙的影响大。

#### 参考文献:

- [1] 邓聚龙.灰理论基础[M].武汉:华中科技大学出版社,2002.
- [2] 张岐山,郭喜江,邓聚龙.灰关联熵分析方法[J].系统工程理论与实践,1996,16(8).
- [3] 陈建民.基于灰色理论的沥青混合料高温稳定性分析[D].长沙:湖南大学,2004.
- [4] 黄一晨.基于面层材料与结构的沥青路面抗车辙性能研究[D].北京:北京工业大学,2014.
- [5] 张敏,邹桂莲,胡金龙,等.沥青混合料抗车辙性能影响因素分析[J].科学技术与工程,2012,12(12).
- [6] 陈振富,吴旦,全锋,等.沥青路面车辙主要影响因素综述[J].中外公路,2016,36(4).
- [7] 曾凡奇.重载交通沥青关键指标研究[D].南京:东南大学,2005.
- [8] 张肖宁.沥青路面施工质量控制与保证[M].北京:人民交通出版社,2009.
- [9] 吴喜荣.基于灰关联熵分析法的沥青混合料抗裂性能影响因素分析[J].水利与建筑工程学报,2017,15(2).

收稿日期:2018—03—09

(上接第 80 页)

- 查[J].人民长江,2009,40(8).
- [3] 唐红梅,陈洪凯.公路泥沙流研究综述(I)[J].重庆交通学院学报,2004,21(4).
- [4] 熊传祥,王涛,鲁晓兵.降雨作用下崩岗形成细观机理模拟[J].山地学报,2013,31(6).
- [5] 倪化勇.人工降雨条件下冲沟型泥石流起动试验研究[J].工程地质学报,2015,23(1).
- [6] 谢小康,范国雄.广东五华乌陂河流域崩岗发育规律及

其治理:以迎龙山为例[J].山地学报,2010,28(3).

- [7] 陈志彪,朱鹤健,刘强,等.根溪河小流域的崩岗特征及其治理措施[J].自然灾害学报,2006,15(5).
- [8] 巫南祥.梅县崩岗治理实践[J].中国水土保持,2011(1).
- [9] 马媛,丁树文,何溢钧,等.崩岗“五位一体”系统性治理措施探讨[J].中国水土保持,2016(4).

收稿日期:2017—11—10