

土工格室在弃渣场边坡侵蚀沟治理中的应用探讨

王文斌

云南今禹生态工程咨询有限公司 云南昆明 650233

摘要：西南土石山区山高谷深，气候复杂，雨量充沛。生产建设项目具有弃渣量大，弃渣堆渣过程中受地形气候影响水土流失量大的特点。弃渣边坡作为水土流失的重点区域，侵蚀方式主要有水力侵蚀和重力侵蚀，水力侵蚀中以沟蚀和溅蚀较为明显。“工程+植物结合”的护坡方式造价高、施工难度大，“纯植物护坡”防护初期效率低，固土能力低。拦水埂结合“土工格室+植被恢复”的护坡方式兼具了固土能力好、造价低、施工简单、绿色环保的优点。

关键词：弃渣坡面、水力侵蚀、边坡防护、拦水埂、土工格室

Application of geocell in treatment of erosion gully of waste residue slope

Wang Wenbin

(Yunnan Jinyu Ecological Engineering Consulting Co., Ltd, Kunming, 650233)

Abstract : The mountains and valleys in the mountainous areas of southwest China are high and deep, with a complex climate and abundant rainfall. The production and construction projects have the characteristics of large amount of waste slag and large amount of soil and water loss affected by topography and climate during the process of waste slag piling. As an important area of soil and water loss, the main erosion modes are hydraulic erosion and gravity erosion, especially gully erosion and splash erosion. The slope protection method of “Engineering + plant combination” has high cost and great difficulty in construction. The slope protection method of water-retaining ridge combined with “Geocell + vegetation restoration” has the advantages of good soil-fixing ability, low cost, simple construction and green environmental protection.

Keywords: Spoil slope、Hydraulic erosion、slope protection、Water retaining bank、Geocel

西南土石山区气候温和、雨量充沛、植被茂密，但山多坡陡，生产建设项目具备有弃渣量大、弃渣场地匮乏、水土流失严重的特点。实际堆渣过程中，堆置后形成高陡边坡重塑地形地貌，且水文地质条件复杂，渣场底部易发育岩溶并常有地下水出露，地基土层均匀性较差。若随意堆放、防护措施不到位，松散堆积体极易产生严重水土流失，甚至在强降雨情况下发生滑塌等水土流失灾害，对下游设施造成危害。因此，针对弃渣场采取高效、合理的水土保持防护措施在工程建设中变得尤为重要^[1]。本文主要针对弃渣场坡面水力侵蚀造成的水土流失防治措施体系进行简单的设计讨论。

1、弃渣场弃土壤侵蚀类型与特点

弃土(石、渣)属于是开发建设项目在建设过程中因人为扰动产生的由土壤、岩石、砂砾以及其它固体废弃物（建筑垃圾）组成的混合物，其物理学性质和结构类型不同于一般的土壤和岩石堆积体。根据外营力作用的不同主要侵蚀类型有水力侵蚀、重力侵蚀、混合侵蚀（主要指泥石流）。王治国教授^[2]将这种发生在弃渣坡坡面和平台上不同于原地貌土壤侵蚀的侵蚀方式定义为“岩土侵蚀”。

目前，弃渣场多采用新生台地型弃渣方式，其主要特征是坚实平台与松散陡坡。黎建强等^[3]根据弃渣场岩土侵蚀的特点和规律，将弃渣场分为了：平台不均匀面蚀带和边坡水力~重力混合侵蚀带。

表 1 不同侵蚀带特征

岩土侵蚀带	坡度 (°)	组成物质	岩土侵蚀形式
平台不均匀面蚀带	<5	岩土混合物	溅蚀、层状面蚀、少量呈现和穴状侵蚀
边坡水力~重力混合侵蚀带	30~45	岩土混合物	溅蚀、沟蚀、岩土泻溜、滑塌和滑坡

根据陈奇伯教授等^[4]和孙虎等^[5]观测实验结果及相关研究结论分析：在同等降雨条件下，弃渣平台的水土流失量约为原地貌裸露荒草地平地的 2.3 倍，弃渣边坡的水土流失量约是裸露荒坡的 12 倍。

根据白中科等^[6]调查发现，同一个弃土场中，弃土场边坡径流模数虽只有平台的 1/3，但侵蚀模数约是平台的 11 倍。

经上述研究结果及实验分析，笔者认为弃土场边坡是弃土场水土流失的重点区域和流失方式。

2、弃土场坡面水力侵蚀的类型

弃渣场的水力侵蚀主要是指弃渣体在降雨、地表径流的作用下发生渣体被冲刷、剥离、位移、沉积的过程。目前，西南土石山区弃渣场坡面主要水力侵蚀类型为：沟蚀和溅蚀。

2.1 溅蚀

在降雨条件下，裸露的地表受到雨滴的击溅造成表层土壤土粒位移，使弃渣中的土粒和细碎岩屑溅入较大的岩石空隙，从而造成地表径流下渗率降低，地表土壤板结的现象。是一次降雨过程中最先发生的土壤侵蚀。

溅蚀加剧了土粒和岩屑的迁移和表面的沙粒化，提高了地表径流产量和促进了面蚀和沟蚀的发展。

2.2 沟蚀

主要是线性状水流对地表产生冲刷，破坏地表土壤结构及母质，形成切入地表以下沟壑的土壤侵蚀形式。

弃渣堆积边坡大粒径物质质量分数高，具有疏松、渗透性强、自然胶结力差、抗侵蚀力差等特点，在地表径流冲刷下容易发生坡面沟蚀。平台汇集的地表径流为坡面的沟蚀创造的有利的条件，平台汇水流经处，坡面还会形成宽深的切沟，将大量岩土冲蚀堆积在下层平台。陈宗伟等^[7]研究指出，坡面土壤侵蚀初期主要以浅沟为主，随着降雨的冲刷，浅沟侵蚀和切沟侵蚀所占的比例越来越大。

2.3 弃土场边坡水土流失情况展示

笔者根据调查西南土石山区多个大型建设项目弃渣场的边坡水土流失情况，通过影像资料的方式，展示西南土石山区弃土场边坡的土壤侵蚀特点。





3、弃土场坡面防护措施设计

3.1 目前弃渣场边坡防护措施的方法及难点

目前弃渣场坡面常采用的防护措施为“灌草护坡”和“预制框格类+植草相结合的综合护坡”的方式。其中：

（1）“灌草护坡”中：主要是通过植被覆盖减小降雨溅蚀影响和植被的截流降低地表径流产量，通过植物根系增加土壤内部的固结能力方式来防护坡面的水力侵蚀。但由于，弃渣坡面不便于覆盖种植土，植被生长普遍较差，覆盖度较低，防护效果不理想，水土流失严重。

（2）“预制框格类+植草”综合护坡中：虽然防护效果较好，但大多数弃渣边坡土质疏松，边坡坡度较大，稳定性较差。综合护坡施工困难或不具备实施预制框格梁的条件，且投资成本较高。弃渣边坡随时间推移，普遍容易发生沉降变形，导致工程护坡措施损坏，降低水土保持效益，后续维护困难。

3.2 弃渣边坡防水力侵蚀措施设计

根据弃渣场边坡水力侵蚀的方式、侵蚀因素分析，笔者认为目前弃渣场边坡防侵蚀的主要目标是：减少地表径流对表边坡的侵蚀，增加边坡裸露地表的覆盖度，增加表层土壤内部的固结能力。

3.2.1 阻断地表径流，减缓坡面冲刷

阻断地表径流主要是指阻断平台汇集的地表径流，防止平台汇水对边坡造成深沟侵蚀。可以采取的措施为：

（1）平台在堆渣过程中可以在边坡外围修建拦水埂，用于拦挡平台的汇水顺坡流淌，对边坡造成侵蚀，同时平台在堆放过程中应均匀碾压，避免出现不均匀沉降现象。拦水埂修建时，可就地采用渣土进行堆筑，断面宜填筑为梯形，堆筑完成后表面进行拍实处理。



3.2.2 增加边坡裸露地表的覆盖度，增加表层土壤内部的固结能力

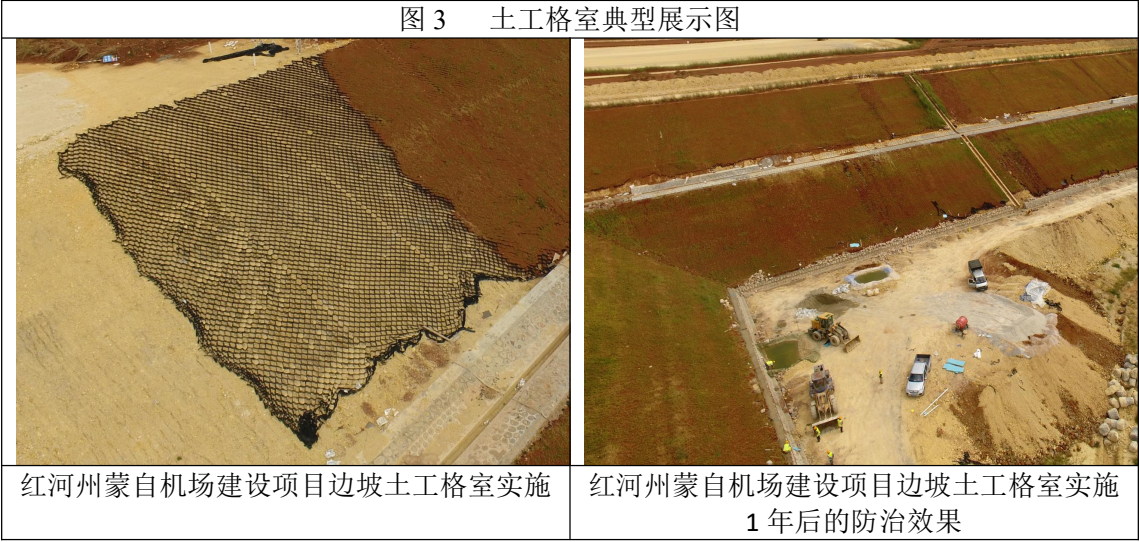
弃渣多为含石量较高、盐碱土、沙土、黏土、碎石土等不适宜植被生长，需要进行覆土或实施客土才能进行植被恢复。但边坡区覆土困难，回覆的表土不能稳定的附着在坡面上，容易发生水土流失现象，对坡面植被恢复工作造成了影响。为较好的使种植土附着在弃渣坡面上，结合可以采取的措施为：土工格室+覆土+植草的综合护坡方式。

在坡面上挂土工格室，将种植土回覆在土工格室内，通过土工格室将种植土稳定在边坡上。土工格室是 20 世纪 90 年代开始应用的一种新型护坡材料，它是由强化的 HDPE 片材料经过经高强力焊接而形成的一种三维状格室，具有较高的整体强度、材质轻、耐磨损、化学性能稳定，耐光氧老化、耐酸碱^[8]。其展开后的格室内可以填充种植土并撒播草籽和种植低矮灌木，能使边坡充分绿化。

土工格室利用网格体系与土体产生的摩擦力和对土体的侧限约束力，在边坡表面形成一个轻型网状结构体，避免了边坡表面与冲蚀介质（雨水、风力）直接接触，降低土壤流失率，同时可减少地表径流量和降低流速，从而达到减轻水流对坡面的冲蚀、防止坡面表层土体溜坍、对土体补强加固的目的。且土工格室造价便宜，施工简单。可以直接自上而下普挂在坡面上，亦可以再边坡顶部及格室节点处加钉锚钉，以增加土工格室的稳定性。相较于“框格梁+植草”的综合护坡以及“灌草结合”的纯植物护坡方式，“土工格室+植被恢复”的方式，

兼具了防护效果明显、造价低廉、施工简单的优点。

为保障前期撒播的草籽和灌木能够有效的成活，在完成土工格室内覆土和撒播草籽后还应该增加一层密目网覆盖，一是可以保持种植土的湿度、温度，为草籽萌发和灌木生长提供良好的条件；二是防止鸟类、风力、牲畜等对草籽和刚萌发的草丫造成破坏。



4、结论

笔者认为弃渣边坡作为弃渣场内水土流失的重点区域，边坡的水土流失防治尤为重要，在目前新形势下生态环境保护的要求日趋严格，弃渣场边坡的防护应本着高效、经济、安全、科学以及绿色环保的原则实施。拦水埂+土工格室+植草的边坡防护技术，体现了优良的固土、防冲刷的性能，同时具有施工简单、操作方便、工期短、造价低、施工质量易于保证、绿色环保的优点，是一种较好的护坡方式，值得在护坡工程中推广应用。

参考文献:

- [1] 段妍,翁丽珠. 西南土石山区弃渣场防护措施设计应用[J]. 水利水电工程设计,2023,42(1): 19~22。
- [2] 王治国,白中科,赵景逵. 黄土区大型露天矿排土场岩土侵蚀及其控制技术研究[J]. 水土保持学报,1994,8(2): 11~17。
- [3] 黎建强,陈奇伯,王克勤等. 水电站建设项目弃渣场岩土侵蚀研究 [J]. 水土保持研究, 2007,14(6): 40~42。
- [4] 陈奇伯,黎建强,王克勤. 水电站弃渣场岩土侵蚀人工模拟降雨试验研究 [J]. 水土保持学报,2008,22(5): 1~4。
- [5] 孙虎,唐克丽. 城镇建设中人为弃土降雨侵蚀实验研究 [J]. 土壤侵蚀与水土保持学报,1998, 4(2): 29~35。
- [6] 白中科,王治国,赵景逵等. 安太堡露天煤矿水土流失特征与控制 [J]. 煤炭学报 1997, 22(5):542~547。
- [7] 陈宗伟,江玉林,张洪江. 高速公路弃土场边坡沟蚀规律研究:以湖北沪蓉西高速公路为例 [J]. 中国水土保持科学, 2006, 4(增刊): 6~10。
- [8] 王广月, 王银山, 杨建顺. 土工格室在边坡防护中的应用 [J] .中国水土保持 SWCC, 2003 (2) :33~34。

作者简介: 王文斌, 男, 1991 年 7 月生, 汉族, 云南大理。现就职于云南今禹生态工程咨询有限公司, 工程师。通讯地址: 昆明市盘龙区龙华路万派中心 A 座 11 楼, 650233; E-mail:1152265750@qq.com; 电话: 18082953985; 传真: 0871-63862995。