

水电站建设项目弃渣场岩土侵蚀研究

黎建强¹, 陈奇伯¹, 王克勤¹, 雷俊杰², 王 静¹, 郑红艳¹

(1. 西南林学院 环境科学与工程系, 昆明 650224; 2. 金安桥水电站有限公司, 云南 丽江 674100)

摘 要: 弃渣场是水电站建设项目水土流失最敏感的部位之一, 弃渣堆积过程破坏了原有岩土结构、地形和植被, 且堆积坡度大, 稳定性差, 岩土侵蚀程度剧烈, 岩土侵蚀类型多样。以金沙江上游金安桥大型水电站工程弃渣场为例, 通过定位观测和调查, 对其土壤侵蚀形式及成因进行了分析, 测算了弃渣场不同部位的土壤侵蚀模数。结果显示, 弃渣场不同部位存在溅蚀、面蚀、沟蚀、沉陷、陷穴、岩土泻溜、滑塌、滑坡等侵蚀形式; 弃渣场不同部位无截排水措施的开挖边坡细沟侵蚀带、弃渣堆积平台和运渣道路不均匀面蚀带、有截排水措施和无截排水措施的弃渣堆积边坡水力-重力侵蚀带, 其岩土侵蚀模数是原地貌平均侵蚀模数的 73, 124, 186 和 887 倍。

关键词: 建设项目; 水电站; 弃渣场; 岩土侵蚀; 侵蚀模数

中图分类号: S157.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2007)06-0040-03

Study on Rock and Soil Erosion in Dumping Pile of Hydropower Station Construction Project

LI Jian-qiang¹, CHEN Qi-bo¹, WANG Ke-qin¹, LEI Jun-jie², WANG Jing¹, ZHENG Hong-yan¹

(1. Environmental Department of Southwest Forestry College, Kunming 650224, China;

2. Jinanqiao Hydropower Station Corporation, Lijiang, Yunnan 674100, China)

Abstract: Dumping pile produced by construction project, shaped a huge man-dumped pile. The pile had diverse types of rock and soil erosion, and suffered extensive rock and soil erosion, because of the formal physiognomy, vegetation, and rock and soil structure destroyed by project, and the special pile form of stable flat alternated with loose slope. The thesis analyzed the form of rock and soil erosion and its causes with investigation and observation in Jinanqiao hydropower station construction project in Jinshajiang upper reaches, and calculated the erosion modulus of different erosion zones. The result indicated that the different zones of dumping pile exist diverse types of rock and soil erosion, which contained splash erosion, soil surface erosion, gully erosion, hole caving and debris slide, collapse, landslide and slope debris flow, and its erosion modules was 73, 124, 186, 887 times more than that of formal physiognomy respectively.

Key words: construction project; hydropower station; dumping pile; rock and soil erosion; erosion modules

随着西部大开发的深入, 各类开发建设项目呈大规模、高速度发展的态势, 如大型水利水电工程、铁路公路工程、长距离输油输气工程、城镇开发等开发建设活动日趋频繁, 与此同时, 对生态环境的影响也日益明显。据统计, “十五”期间因开发建设项目扰动地表, 平均每年实际造成和加重水土流失的面积 273.7 万 km²[1]。水电站的开发建设扰动地表类型多样, 隧洞涵洞开挖、边坡开挖以及取土场风化剥离产生的弃土、弃渣, 运往固定点临时或永久存放就形成了弃渣场, 在弃渣场坡面基本上为大块砾石和不同粒径土壤颗粒混合物所覆盖, 大量的松散弃土弃渣堆置在沟坡河床等位置, 改变了原地貌的自然状态, 地面物质、植被等遭到破坏, 使得影响水土流失的因子发生变化, 造成了严重的土壤侵蚀, 使当地的生态系统遭到破坏, 堵塞渠道、压占农田、泥沙也随地表径流进入江河, 阻塞河道, 抬高河床, 淤积水库, 有的还引发泥石流、滑坡等灾害, 造成巨大经济损失[2]。

目前, 金沙江干流一批大型、巨型水电站金安桥水电站、

溪洛渡水电站、向家坝水电站已开工建设, 装机容量 12 000 MW 的云南昭通白鹤滩巨型水电站也即将开工建设, 这些水电站项目建设期长、沿江两岸施工、开挖土石方量大, 金沙江又处在我国长江的上游, 生态地位突出, 因此, 研究其在施工期的岩土侵蚀特征, 对遏止目前水电开发建设项目中水土流失预测不准确、水土保持方案设计不到位、水土保持措施实施效果不佳、临时防护措施不力、监督执法依据不充分等突出问题的解决具有重要的实践指导意义, 对其它类似人为造成水土流失的研究也有一定的借鉴意义。

1 研究区概况及工程建设弃渣情况

工程区属亚热带季风气候区, 光照充足、热量充沛, 干湿季分明, 河谷区“焚风效应”明显。多年平均降水量 938 mm, 最大日降水量 127.6 mm, 多年平均蒸发量 2 200 mm, 多年平均气温 13℃左右, 工程区主风向为西风, 出现频率 21.6%, 全年无霜。土壤类型主要有红壤, 占 75% 以上。自

*收稿日期: 2007-01-26

基金项目: 西南林学院重点科研基金项目(200509Z); 云南省环境科学与工程创新人才联合培养基地项目(A3003015)

作者简介: 黎建强(1982-), 男, 陕西陇县人, 硕士研究生, 主要从事流域生态研究。

通信作者: 陈奇伯(1965-), 男, 教授, 博士, 主要从事土壤侵蚀与流域管理研究。

然地带性植被为暖温性针叶林和稀树灌木草丛, 针叶林代表群落主要有云南松林。

金安桥水电站位于云南省丽江市境内的金沙江中游河段上, 是金沙江中游河段梯级水电站规划的第五级电站。电站采用坝式开发, 总投资 139 亿元, 坝高 160 m, 正常蓄水位以下库容 8.47 亿 m^3 , 装机容量 2 400 MW。据施工总布置、弃渣分布、工程区地形地质条件及考虑场内交通, 工程开挖料部分用于混凝土骨料加工、部分用于回填路基、部分用于平整场地, 施工期共设弃渣场 4 个, 存弃渣场 2 个。弃渣场总容积为 $2\ 060 \times 10^4 m^3$, 存渣场容积为 $290 \times 10^4 m^3$ 。选择位于坝址下游左岸约 4.9 km 岸坡台上的 3# 存弃渣场为研究对象, 该堆渣总容积 $410 \times 10^4 m^3$, 主要堆置砂石料场剥离料、砂石加工系统开挖及进场交通洞身开挖弃渣。

2 研究方法

2.1 径流小区观测

原地貌坡面土壤侵蚀量采用小区定位观测方法。小区选择坚持水土保持措施类型的典型性、地貌类型和部位的代表性、小区尺寸规范性的原则^[8]。根据项目区施工影响和压占地类的主要类型及项目区自然环境条件, 设弃耕梯田和自然灌草丛 2 个小区。由于地形条件所限, 尺寸统一为水平投影面积 $5 m \times 10 m$ 。泥沙含量采用置换法测定。各径流小区基本情况见表 1。

表 1 径流小区基本情况

| 小区号 | 地类 | 地貌特征 | | 坡积物 | | 植被特征 | | |
|-----|------------|------------|------------|-----------|------|-------|----|-----|
| | | 坡度/ (°) | 坡向/ (°) | 厚度/ cm | 高度/m | 覆盖度/% | | |
| 1 | 弃耕梯 灌草丛 | 23 | SW10 | > 50 | 2.7 | 1.35 | 3 | 100 |
| 2 | 坡面 | 29 | SE20 | > 5 | 2.3 | 0.45 | 30 | 75 |

2.2 侵蚀针观测

用侵蚀针法对弃渣场堆积坡面进行观测。打 $3 m \times 5 m$ 的小样方, 在样方内将直径 0.5 cm、长 30 cm 铁钉相距 $50 cm \times 50 cm$ 分上中下、左中右纵横沿坡面垂直方向打入坡面, 为了避免在钉帽处淤积, 把铁钉留出一定距离, 并在钉帽上涂上油漆, 编号登记入册, 每次暴雨后和汛期终了以及时段末, 观测钉帽出露地面高度与原出露高度的差值, 计算土壤侵蚀深度及土壤侵蚀量。

2.3 细沟状面蚀及沟蚀样方调查

选择弃渣堆积平台和运渣道路、开挖边坡代表性位置, 设置施测样方。取宽 5~10 m、长 20 m 的调查样方, 根据侵蚀沟断面形状和沟道长、宽、深尺寸, 推算土壤侵蚀量。

3 结果与分析

3.1 渣场不同部位的土壤侵蚀类型

大量岩土剥离物堆放场地, 由于其侵蚀的和搬运的物质已不是传统意义上的土壤和岩石风化物, 而是包括土壤、母岩、基岩和一些固体废弃物所组成的混合物, 所以构成了形态独特的岩土侵蚀类型, 除了普遍发生的面蚀、沟蚀外, 还出现了的沉陷、沙砾化面蚀、泻溜、滑坡、滑塌等侵蚀方式。通过实地调查和定位观测, 将弃渣场岩土侵蚀划分为不同的侵蚀类型带: 堆积平台和运渣道路不均匀面蚀带、弃渣堆积边

坡水力-重力混合侵蚀带和开挖边坡细沟侵蚀带。各个侵蚀类型带植被覆盖度均为 0, 其岩土侵蚀形式见表 2。

表 2 不同侵蚀带岩土侵蚀形式

| 岩土侵蚀带 | 坡度/ (°) | 地面 组成物质 | 岩土侵蚀形式 |
|-------------------|------------|-------------|--------------------|
| 弃渣堆积平台和运渣道路不均匀面蚀带 | < 5 | 岩土 混合物 | 溅蚀、层状面蚀, 少量沉陷和陷穴侵蚀 |
| 弃渣堆积边坡水力-重力侵蚀带 | 30~ 45 | 岩土 混合物 | 溅蚀、沟蚀、岩土泻溜、滑塌和滑坡 |
| 开挖边坡细沟侵蚀带 | 60~ 75 | 土壤母质、 基岩 | 溅蚀、细沟侵蚀 |

3.1.1 堆积平台和运渣道路不均匀面蚀带

堆积平台面蚀带主要是溅蚀和层状面蚀, 另外由于堆积物局部范围内弃渣组成各不相同和堆积体的不稳定性, 还常发生不均匀沉陷, 发生部分陷穴和裂缝, 细小颗粒随水流通过陷穴和裂缝向下移动或通过渣体中的径流向其它地方搬运和沉积, 从而形成沉陷和陷穴侵蚀。

3.1.2 弃渣堆积边坡水力-重力混合侵蚀带

弃渣堆积边坡水力-重力混合侵蚀带主要以沟蚀和沙粒化面蚀为主, 在集中地表径流汇集区域, 有切沟发育, 深达 0.9 m, 宽达 1.2 m。除此之外, 岩土泻溜、滑塌和滑坡现象也存在于部分坡面。

3.1.3 开挖边坡细沟侵蚀带

开挖边坡细沟侵蚀带主要存在溅蚀和细沟侵蚀, 细沟侵蚀最为明显, 细沟密度可达 $2.4 m/m^2$ 。

3.2 渣场不同部位岩土侵蚀成因分析

3.2.1 堆积平台和运渣道路不均匀面蚀带岩土侵蚀原因

堆积平台和运渣道路是开挖弃土、弃渣堆积过程的大型机械运输弃渣的通道, 难以形成植被覆盖。原本松散、结构已被破坏的岩土, 经重型机械的碾压, 使其结构得到重塑, 使岩土混合物在超负荷的碾压作用下土体容重增大至 $1.64 g/cm^3$, 使得堆积平台和运渣道路水分入渗率低, 径流系数大, 在降雨时堆积平台和运渣道路成为汇集和形成地表径流的场地, 并且是排泄地表径流的通道, 在堆积平台和运渣道路上浅而宽的面状侵蚀细沟发育, 其侵蚀模数可达到 $16\ 560 t/(km^2 \cdot a)$ 。堆积平台除了普遍发生的溅蚀和面蚀外, 由于基地地貌变化大, 地质组成不一致和地面堆积物厚度不同, 极易产生不均匀沉陷, 从而发生部分沉陷和陷穴侵蚀。

3.2.2 弃渣堆积边坡水力-重力混合侵蚀带岩土侵蚀原因

表层坚硬的碾压堆积平台和运渣道路为弃渣堆积边坡剧烈的水蚀创造了条件。弃渣堆积边坡的岩石和土壤混合物的结构已经被破坏, 大粒径物质含量高, 自然胶结力差。在岩土自然堆倒过程中, 物料松散, 处于极限稳定状态。在水力和重力的作用下, 这种极限平衡状态很容易被破坏而形成泻溜、崩塌等侵蚀形式。此外弃渣场平台边坡相间分布, 在平台汇集的径流下泄处, 形成宽深的切沟侵蚀。当汇集的地表径流沿陷穴注入时, 在原坡面与堆积体之间形成滑动面, 形成滑坡甚至泥石流。

3.2.3 开挖边坡细沟侵蚀带岩土侵蚀形成原因

开挖边坡由于在开挖过程中其表层土壤结构被破坏, 表层的土壤和岩石处于极限稳定状态, 且与下层岩土的结合程度差, 在降雨过程中雨滴击溅破坏了表层土壤和岩石的稳定状态, 随径流向下移动, 在开挖边坡表面形成微小的细沟, 细沟密度大, 侵蚀严重。

3.3 渣场不同部位的侵蚀量计算分析

3.3.1 原地貌土壤侵蚀量

径流小区 1 和径流小区 2 代表了原地貌坡面(弃耕梯田

和自然坡面)的土壤侵蚀模数, 仅为 42.40 t/(km²·a) 和 135.79 t/(km²·a), 这是由于原地貌植被覆盖度高, 在降雨条件下, 植被截流降低了对土壤溅蚀, 而且植被覆盖下的土壤结构良好, 枯枝落叶层分散了地表径流的冲刷, 使得汇集地表径流的过程延长, 增加了地表径流的入渗率, 使得更多地表径流转换为土内径流或地下水, 因此土壤侵蚀模数小。

3.3.2 弃渣场岩土侵蚀量

金安桥水电站开发建设项目弃渣场松散堆积物以水蚀为主, 面蚀普遍, 沟蚀也很突出。

表 3 不同侵蚀带岩土侵蚀量

| 侵蚀类型带/原地貌 | 容重/(g·cm ⁻³) | 侵蚀模数/(t·km ⁻² ·a ⁻¹) |
|-----------------------|--------------------------|---|
| 弃耕梯田 | 1.06 | 42.4 |
| 灌木林地 | 0.85 | 135.8 |
| 弃渣堆积平台和运渣道路不均匀面蚀带 | 1.32 | 16560.8 |
| 有截排水措施的弃渣堆积边坡水力-重力侵蚀带 | 1.12 | 79019.4 |
| 无截排水措施的弃渣堆积边坡水力-重力侵蚀带 | 1.12 | 11025.2 |
| 无截排水措施的开挖边坡细沟侵蚀带 | 1.64 | 6469.8 |

堆积平台和运渣道路面蚀带、无截排水措施的弃渣堆积边坡水力-重力混合侵蚀带、修建截排水措施的弃渣堆积边坡水力-重力混合侵蚀带、开挖边坡细沟侵蚀带, 其岩土侵蚀模数分别为 16 560, 11 025, 79 019 和 6 469.8 t/(km²·a), 分别是原地貌平均侵蚀量的 124, 186, 887 和 73 倍, 如表 3 所示。修建截排水措施后的弃渣堆积边坡其侵蚀模数是无措施的弃渣堆积边坡的 7.2 倍。

侵蚀带、开挖边坡细沟侵蚀带, 其岩土侵蚀模数分别为 16 560, 11 025, 79 019 和 6 469.8 t/(km²·a), 分别是原地貌平均侵蚀量的 186, 124, 887 和 73 倍。

参考文献:

[1] 姜德文. 论新形势下水土保持方案审批的历史定位与观念转变[J]. 中国水土保持, 2007(1): 7- 9.

[2] 吕春娟, 白中科, 等. 黄土区大型排土场岩土侵蚀特征研究: 以平朔矿区排土场为例[J]. 水土保持研究, 2006, 13(4): 233- 236.

[3] 奚成刚, 杨成永, 等. 铁路工程施工工期路堑边坡面产流产沙规律研究[J]. 中国环境科学, 2002(2): 174- 178.

[4] 奚成刚, 杨成永, 等. 铁路工程建设中重塑坡面单元产流产沙规律研究[J]. 土壤, 2003(1): 48- 52.

[5] 王治国, 李文银, 蔡继清. 开发建设项目水土保持与传统水土保持的比较[J]. 中国水土保持, 1998(10): 16- 18.

[6] 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[J]. 水土保持学报, 1994, 8(2): 11- 17.

[7] 孙传尧. 黄河中游河龙段岩土侵蚀的地质背景[J]. 陕西地质, 2001, 19(2): 82- 86.

[8] 李智广. 水土流失测验与调查[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2005.

4 结 论

(1) 水电站项目建设过程中形成的弃渣弃土场部位, 除了普遍发生的面蚀、沟蚀外, 还出现了沉陷侵蚀、砂砾化面蚀、土壤泻溜、滑坡和泥石流等侵蚀形式。根据侵蚀形式的不同将弃渣场岩土侵蚀划分为不同的侵蚀类型带, 即堆积平台和运渣道路面蚀带、弃渣堆积边坡水力-重力混合侵蚀带和开挖边坡细沟侵蚀带。堆积平台面蚀带主要侵蚀形式表现为溅蚀, 层状面蚀, 沉陷和陷穴侵蚀。弃渣堆积边坡水力-重力混合侵蚀带主要以沟蚀和砂粒化面蚀为主, 在集中地表径流汇集处, 有沟蚀发生。除此之外, 岩土屑溜、坡面泥石流、滑塌和滑坡现象也存在于部分坡面。开挖边坡细沟侵蚀带主要存在溅蚀和细沟侵蚀, 而细沟侵蚀最为明显。

(2) 弃渣场堆积不同部位的岩土侵蚀剧烈, 平台和运渣道路面蚀带、无截排水措施的弃渣堆积边坡水力-重力混合侵蚀带、修建截排水措施的弃渣堆积边坡水力-重力混合侵