

生物工程在泥石流灾害治理中可行性探讨

宋志^{1,2)}, 符浩³⁾

1) 西南交通大学, 成都, 610031;

2) 中国地质调查局成都地质调查中心, 成都, 610081;

3) 四川省林业调查规划院, 成都, 610081

根据世界著名生物工程学家雨果·希斯特(Hugo Schiechl)对生物工程的定义: 生物工程是用植物作工程材料^[1]。也就是说, 用植物作工程材料就都属于生物工程的范畴。这里所说的植物作材料, 即包括单个植物或植物群体, 又包括植物或植物的一部分, 既包括活的植物, 又包括死的植物^[2]。在泥石流灾害治理中, 运用生物工程, 主要的目的是削减泥沙补给量和泥石流形成的水量。这种方式在许多灾害治理实践中广泛运用, 起到了一定的效果, 比如云南省南涧县城后山^[3]、四川省西昌县黑沙河泥石流治理等。但同时, 生物工程还存在着许多缺陷, 主要变为其理论研究较为“年青”, 相对土木工程治理而言, 无论其防灾、减灾的机理, 还是其工程设计、效益评估的理论依据都还很不完善^[4]。

1 生物工程的目的是

防治泥石流的生物工程的主要目的是减少泥沙补给量和泥石流形成的水量^[5]。

(1) 减少泥沙补给量:

减少补给量的主要目的是为了达到固定土层, 减轻片蚀, 稳定沟床, 抑制沟蚀, 沟床上的乔灌木植被具有一定的固土作用, 尤其在泥石流形成区(段), 固土作用较为明显。

拦截泥沙, 加固沟岸: 各类植物均可拦蓄一些泥沙, 以泥石流形成区和堆积区效果较好。植被通过增加沟道糙率, 从而起到拦蓄泥沙的作用。拦截泥沙, 固沟护坡: 降雨通过树冠截持和枯枝落叶层拦蓄, 延滞了产流和汇流时间, 可以发挥固沟护坡作用。

(2) 削减泥石流形成的水体补给量

对于泥石流形成来说, 水体补给量主要取决于

雨水(融雪水)的水量。该水量既与雨量(融雪量)、雨强有关, 又与汇流条件有关, 概括起来, 主要取决于泥石流形成时段内洪峰流量。植被的调洪、滞洪作用, 便起到削减泥石流起动的洪峰流量的汇流时间的作用。

植被的调洪方式主要是通过地上层(乔木层的树冠、树枝、树干、灌木层的树冠、树枝和草被层)和地下层(林下地面枯枝落叶层、土壤草根层、土壤灌木根系层和乔木根系层)的截流作用而实现的。

延长径流汇流时间: 生物措施不仅可削减形成泥石流的洪峰流量, 即使生物措施不能把径流量控制在起动径流量以下时, 也可延长径流时间, 这为下游灾区避难群众获取了宝贵的时间。

增加土层入渗水量: 随着地面枯枝落叶层不断增厚, 其底部可形成腐殖质层, 经微生物分解后, 增加土壤有机质含量和团粒结构形成, 使土壤层具有良好的理化性质, 进而增强土壤持水力。

2 “天然生物工程”对泥石流拦淤作用的调查与评估

磨西河流域内, 特大型泥石流纵多, 其中危害程度最大、流域面积最广的为主沟-雅家埂河。雅家埂河泥石流物源丰富, 主要为上游补给和沿程泥砂补给 2 种形式, 上游物源补给是爆发泥石流的直接因素, 显得尤为重要。通过野外实际调查, 雅家埂河上游黑沟支沟(物源主要补给支沟)河漫滩上天然生长着密排树木, 类似于生物谷坊作用, 在 2005 年的泥石流中, 拦蓄部分泥砂、降低砂石势能与水动力条件, 对抑制泥石流规模起到了一定的作用, 见图 1。

黑沟支沟位于雅家埂河上游, 是一条稀性高频易发大型规模的泥石流沟(图 2), 流域面积为 16.1



图 1 黑沟支沟河漫滩天然生物谷坊



图 2 黑沟支沟泥石流平面示意图

km²,流域周长为 21.3km,最大高程 5200m,最小高程 3100m,相对高差达 2100m,主沟长度为 4.5km,比降为 4.41%,通过野外调查,易发程度评分为 114,泥石流堆积区未开发面积为 0.018km²,通过雨洪法计算,各种频率下的洪水流量与泥石流流量见表 1,按照磨西河流域 50 年一遇的标准,黑沟支沟泥石流流量达 180 m³/s,接近特大型规模,是一条规模巨大,物源丰富的泥石流沟。

表 1 黑沟支沟不同频率下流量数值表

设计洪水流量 (m ³ /s)			泥石流流量 (m ³ /s)		
P=5%	P=2%	P=1%	P=5%	P=2%	P=1%
65	76	84	154	180	199

黑沟支沟沟口的天然生物谷坊是多排密种速生植物,达到了拦蓄泥砂,减轻势能的功能,沿垂直水流方向横向生长,6-8 排,行距 1.0m,株距 0.3-0.5m,埋杆直径为 2-3cm,根据现场调查,生物谷坊形状类似长方形,长度约为 68m,宽度约为 47m,在 2005 年泥石流爆发后,树木有较大规模的破坏,但是比较成功地发挥了谷坊的作用,在天然谷坊拦

蓄泥砂的河道平均宽为 60m,回淤上游 230m 处,拦蓄泥砂面积为 0.008 km²,泥砂平均厚为 3m,估算拦蓄泥石流流量达 2.4×10⁴ m³,有效地控制了泥石流的堆积物与规模。见图 3。

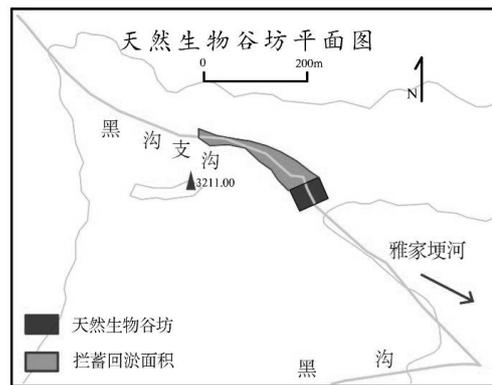


图 3 天然生物工程(谷坊)平面图

通过对黑沟支沟的现场调查作出以下的评估:

(1) 黑沟支沟的天然生物谷坊对泥石流防治起着积极作用,拦蓄了部分泥砂,减少了物源量,降低了灾害的势能,分散水源,改变水动力,减轻了泥石流启动规模。

(2) 沟口海拔 3100m,属于寒温带亚高山漂灰土针叶林,气候土壤较恶劣,然而河漫滩树木发育,证明了在磨西河流域复杂的环境地质条件下,只要合适的树种,生物工程在极端环境下仍然具备生长发育的条件。

(3) 天然谷坊在抑制 05 年泥石流后,大片树木被破坏,仍然在泥石流防治中发挥着它的功效,表现在:未被腐蚀的树干发挥着与土木工程同样的拦蓄作用、树干周遍的杂草生长发育固结土壤,稳

定了堆积体。

3 生物工程在流域内泥石流沟道发挥的作用

磨西河流域面积 923km², 根据调查, 存在泥石流沟道 49 条。这些泥石流沟类型丰富, 特征明显, 从易发性程度上分析, 绝大多数为易发, 但也存在着像海螺沟主沟这样低易发的泥石流沟。

海螺沟是我们西部著名的风景名胜区, 以大型低海拔现代冰川著称于世, 融原始森林、珍稀动植物、温泉、瀑布于一沟, 构成了壮丽奇特的景观, 具有知识性、趣味性、惊险性、娱乐性等特色而有别于我国和世界各国其它著名风景区。海螺沟流域面积广, 达 196km², 支沟纵多, 存在着许多泥石流沟, 比如, 旅游集散区三号营地的黄崩流小沟就是一条高频高易发泥石流沟。按照一般对泥石流规律的认识, 海螺沟存在着泥石流发生的三大要素, 并且支沟提供物源较丰富, 应该是一条比较活跃的泥石流, 但实际情况却是海螺沟主沟基本没有发生泥石流, 或者说是规模较大的泥石流。

磨西河流域内存在三主沟, 分别为海螺沟、燕子沟、雅家埂河 (见图 4), 但是燕子沟和雅家埂河在历史上曾经爆发过特大型泥石流, 是地质灾害较活跃的沟道。1989 年 7 月 26 日, 贡嘎山东坡燕子沟暴发一次特大型冰雪消融水和雨水混合型泥石流, 冲毁了桥梁, 堵断大渡河, 造成直接经济 245 万元^[6]。2005 年 8 月 5 日, 雅家埂河暴发泥石流, 流过磨西台地段后, 造成了严重的危害, 主要表现: 冲毁淤埋电站, 冲毁路基导致公路断道, 及掏蚀台地的边坡导致大量土方崩塌参与泥石流活动, 威胁磨西台地的安全, 使宝贵的土地资源减小^[7]。相比邻近的 2 条主沟, 海螺沟在历史上却没有发生大规模的泥石流, 根据我们调查研究发现, 其实是海螺沟主沟存在着天然的生物工程体系, 保护了水土, 降低了泥石流发生的几率和规模。

在海螺沟主沟里, 水土保持较好, 森林植被发育, 加上地处国家级风景区, 政策保护力强, 沟内植被发育, 森林调节能力强, 尤其重要的一点是, 在海螺沟主沟里, 存在着类似上节所介绍的黑沟支沟天然生物工程, 沿沟口逆流而上, 存在纵多的生物谷坊, 所以, 尽管支沟不断提供物源, 主沟有着

强大的生物调节能力, 降低了泥石流的发生, 或者



图 4 海螺沟与流域内泥石流沟位置关系图

说减少了其规模。

4 结论

本文选择贡嘎山东坡磨西河流域作为工作区进行调查、研究, 对生物工程在泥石流灾害中的贡献进行定性与定量评价, 分析流域内泥石流灾害发生发展与水土保持、生态系统的联系, 对生物工程在泥石流灾害治理中进行可行性探讨, 证明了生物工程在泥石流防治中的可行性和所发挥的作用, 为相关的泥石流灾害治理提供了防治措施的多元化, 只要采取了有效的设计和治理措施, 人为的生物工程将发挥灾害治理重要功效。

参考文献

- [1] 刘希林、唐川, 泥石流危险性评价[M]. 科学出版社, 1995, 40-61.
- [2] 吴积善、王成华、程尊兰, 中国山地灾害防治工程[M]. 四川科学技术出版社, 1997, 200-203.
- [3] 刘文耀、刘伦辉、邱学忠, 等. 泥石流生物生态工程治理及其效益[J]. 山地学报, 1999, 17 (2): 136-140.
- [4] 王道杰、陈吕容、周麟, 等. 山地灾害治理中生物工程存在的问题[J]. 山地学报, 2004, 22 (4): 461-466.
- [5] 吴积善、田连权. 泥石流及其综合治理 [M]. 北京: 科学出版社, 1993.
- [6] 吕儒仁. 贡嘎山区一次特大泥石流[J]. 冰川冻土, 1992, 14(2): 174-176.
- [7] 陈晓清、崔鹏、陈斌如, 等. 海螺沟 050811 特大泥石流灾害及减灾对策[J]. 水土保持通报, 2006, 26 (3): 122-126.