

广东省黄江水库库区土壤侵蚀与治理

张淑光, 李一平, 程永东

(广东省水利水电科学研究所, 广东 广州510610)

摘要: 作者论述了黄江水库库区形成土壤侵蚀的各种因素、土壤侵蚀分布现状和特点、土壤侵蚀类型及治理措施。根据调查实验充分阐明了库区造成土壤侵蚀的原因, 运用科学理论指导治理技术。

关键词: 黄江水库; 水土保持; 生态环境; 土壤侵蚀

中图分类号: S157 **文献标识码:** A **文章编号:** 0468-155X(2002)05-0076-05

黄江水库位于韩江支流金鱼河上游东经 $115^{\circ} 17'$, 北纬 $23^{\circ} 58'$, 水库集水面积 21.3km^2 , 总库容 1098万m^3 。土坝工程于1966年8月动工兴建, 1975年6月竣工, 是一座以灌溉为主兼防洪、发电、养鱼等综合效益的中型水库。库区水土保持目的是保护和改善生态环境、保持和提高水库水资源的质量和数量。虽然龙川县包括黄江水库库区是全国水资源比较丰富的地区, 但是也不能不看到由于年内和年际降雨量变幅大, 干旱时刻威胁着本区。水土流失加剧了水旱灾害的发生, 降雨在水土流失严重地区下渗保蓄极少, 多呈地表径流流失, 而地表径流挟带大量泥沙不断淤积河道和水库, 降低了江河的泄洪量, 减少了水库的蓄水量, 而且由于降雨下渗保蓄水量少, 山泉逐渐减少以至枯竭, 一些绿水长流的沟溪变成了季节性流水的沟溪, 干旱季节沟溪、水库水量补给剧减, 不能保证长年水资源稳定补给, 这些不能不引起人们极大关注。

此外, 库区土壤生物小循环过程中, 表层土壤累积了丰富的氮素(包括硝态氮和氨态氮), 这些土壤为地表径流携带流入江河、水库, 必然程度不同的提高水中氮素含量, 污染水资源, 这都必须采取适当的水土保持措施, 令生态环境可持续发展。

1 黄江水库库区土壤侵蚀因素

1.1 气候因素

本区处于中亚热带南缘, 属中亚热带季风气候, 冬季盛行干燥的北风和东北风, 夏季盛行东南和西南季风, 湿热气团盛行, 降雨丰富, 年降雨量 1600mm , 其中4~9月份降雨量占全年75%。降雨季节分配极不均匀, 龙川县多年各月旬降雨量最多为5月下旬~6月下旬, 旬降雨量达 $100\sim 120\text{mm}$, 最小降雨量则为11月下旬~12月上旬, 旬降雨量仅为 $5\sim 8\text{mm}$, 相差 $12.5\sim 24$ 倍。降雨量的年际变化, 龙川县最大降雨量 2620.2mm , 最小降雨量 952mm , 变率 2.75 。降雨是本区土壤侵蚀的主要营力, 降雨强度大, 暴雨多, 在生态环境质量差的情况下, 容易引起山洪爆发, 大面积水土流失和崩山、泥石流的发生。

1.2 地形地貌因素

地形地貌是土壤侵蚀的外因之一, 对水蚀来说地形的高低和侵蚀基准的高差乃是必要条件, 黄江水库库区地形属于低山丘陵, 海拔 $136.0\sim 859.8\text{m}$, 南高北低, 最高峰萍塘嶂海拔 859.8m ; 盆地面积较少, 计有宦境盆地和黄江盆地, 均属山间小盆地。这样在一个不大的距离间地形差异大, 侵蚀作用就更容易发生, 山地多、平地少, 高差大, 足以造成土壤侵蚀的可能性。地形中坡度是产生土壤侵蚀的重要因素, 径流所具有的能量是径流的质量和流速的函数, 而流速的大小主要决定于径流的深度与地面坡度, 因此坡度直接影响径流冲刷的能力, 本区地形坡度以 $12^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 为主, 其次是 $25^{\circ}\sim 40^{\circ}$, 坡度陡致使本区潜伏着土壤侵蚀的危险性。

1.3 基岩、土壤因素

收稿日期: 2001-05-31

作者简介: 张淑光(1933-), 男, 广东省水科所高工。

黄江水库库区区域地质多为上三叠统或侏罗中、上统砂页岩,呈薄层状,受构造活动影响,其节理裂隙较多,区域内的火成岩多为燕山期黑云母花岗岩、二长花岗岩。东南部还有石灰岩。本区砂岩风化比较弱、土层薄、质地粘,水土流失比较轻;对土壤侵蚀影响比较大的燕山期黑云母花岗岩,它是本区严重土壤侵蚀的分布区。黑云母花岗岩主要成分是石英含量占40%~45%,长石占45%~50%,云母较少,这些矿物由于吸热性、导热性、热容量以及膨胀收缩系数不同(石英膨胀收缩系数为 3×10^{-5} ,长石 1.7×10^{-5}),在南方日照时间长辐射热量大,高温多雨的条件下,矿物晶体受热膨胀,遇冷收缩过程中,产生晶粒之间的挤压、错动而发生碎裂;岩石风化快,花岗岩的裂缝有利于水分的渗透,加速了化学风化的过程,从而扩大了岩石风化的厚度,促进岩石分解,风化壳厚度20m,有的更厚一些达80m,为本区崩岗的发生具备了条件。

黑云母花岗岩风化壳根据其风化的程度和理化性质,除地表土壤层外自上而下分为红土层、砂土层(风化层)、碎屑层(半风化层)和球状风化层,各层抗冲、抗蚀性有较大差别,其侵蚀指数分别为22、530和780(球状风化层不测)。由此可见红土层被蚀去或切穿之后,下伏巨厚松散的砂土层和碎屑层就极易被径流侵蚀,导致切沟和崩岗的发生。从颗粒组成来看,三个层次中,从上层到下层,随着深度增加,风化程度减弱,沙砾质含量逐步增多,颗粒组成愈往下愈粗,因此剖面的抗冲性能也由上而下大大降低。容重与土壤侵蚀有密切的关系,实验证明土壤侵蚀是随土壤容重增大而呈幂指数递减,花岗岩风化壳除了球状风化层外三个层次中,砂土层容重明显减少,故砂土层的抗蚀性是最差的,这点在水土保持措施设置中必须给予重视。

区域内地带性土壤为红壤,属红壤土类,主要分布在丘陵下部,其上部为山地红壤,海拔600m以上分布有山地黄壤,山顶部分常有南方山地灌丛草甸土和石质土,土壤垂直分布变化明显。另外还分布着较大面积的水稻土,除了平地外水稻土常常处于高海拔的山谷及其侧坡地,只要有足够的山泉水资源,都将有石坎或土坎水稻田出现,这就是本区土壤和土壤侵蚀分布特点不同的所在。红壤处于高温多雨的环境,土壤化学风化深刻,生物循环活跃,有机残体分解转化快,土壤有机质缺乏,多发育成富铝风化红色酸性土,矿物分解淋溶作用十分强烈,土壤中可溶性NFDA2、碱金属和碱土金属都比较缺乏,相对富积活性比较小的元素Al、Fe等一类,土壤的标志元素为H、Al、Fe、Si,标志化合物为 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 SiO_2 的水化物。硅酸盐的大量破坏,粘粒 SiO_2/R_2O_3 1.5~1.9之间,这就决定了土壤抗蚀性能低,也就是分散率和侵蚀率大,加上碱土金属钙和腐殖质缺乏,有效的土壤胶结剂缺少,水稳性土壤团粒结构少,致使土壤抗冲性能也不强,当地面植被破坏后土壤侵蚀强烈。

从花岗岩发育的红壤微形态观察,土壤颗粒呈砂泥结构(石英30%,泥质65%,白云母5%)基底式胶结,泥质物为基底,石英碎屑大致均匀的分布其间,石英碎屑大小在0.03~1mm,云母大部分在0.05mm以下,泥质物是小于0.01mm的矿物质碎屑,在泥质集合体中偶尔见到有一定轮廓的高岭石集合体,可能是长石碎屑风化的产物,另外可见到长短不一,疏密不等的裂纹,它是粘土集合体失去部份水分收缩形成的。由此可见颗粒粗细不均,松散的沙泥质结构,多裂纹,易崩解分散,土壤抗冲抗蚀性能差,为土壤流失具备了条件。

在静水中土壤崩解实验可见,原状土块放入水中呈块崩解,土块失水越大,崩解越快,整个过程无浑浊现象,表明其属于分散性崩解。红壤主要成份为高岭石、石英、云母等,它们的亲水性差,膨胀性也极微弱,因此矿物成份不是土壤崩解的主要原因。如前所述本区土壤中发育有大量微裂隙,浸水后沿裂隙浸入,产生吸附楔裂崩解作用。同时该土的胶结不好,稍扰动结构即可破坏,进而“土崩瓦解”,土壤失水后又会产生微结构扰动或出现新的裂隙,因此失水越多,崩解越烈,这就造成了本区土壤容易被径流冲失的重要原因。此外土壤中节理裂隙发育,易形成地表水的吸水中心,促进崩塌、滑坡发生。这些在水土流失的水蚀重力侵蚀治理中,必须十分重视。

1.4 植物因素

植被是陆地生态系统的主体,自然因素中对防止水土流失最能起作用的因素,而且能涵养水源,起到“森林水库”的作用,长期稳定的对水库水资源补给。

库区植被属中亚热带常绿阔叶林,由于长期开发利用的结果,现存的常绿阔叶林都为次生类型。本区

典型的常绿阔叶林大部份都经过反复的破坏,因此多为中、幼龄林,极少大树,而且大部分林木是砍伐后萌生的。林木的郁闭度差异较大,南部0.2~0.4之间,西北部0.3~0.5之间。本区次生常绿阔叶林常混生有马尾松和枫香、拟赤杨等落叶树;有些地方还混生有毛竹等形成毛竹、阔叶树混交林和杉木、阔叶树混交林。亚热带常绿阔叶林遭受人为反复破坏后,将逆向演替成为稀疏马尾松亚热带草坡,如马尾松—桃金娘、岗松—鹧鸪草群落;大部分为马尾松—桃金娘—芒萁群落。

1.5 人为因素

以往造成水土流失的人为因素主要是砍柴割草破坏植被和陡坡开荒,现在柴草燃料已经大部分为煤炭所代替;而陡坡开荒也因居民青壮年劳动力外出经济开发区打工而停止,甚至连原有的坡耕地和海拔高程较高的梯田也无暇顾及而弃荒。目前最瞩目的是坟墓增长加快,坟多而且大,每年清明扫墓于坟墓周围铲草皮造成的水土流失,其发展趋势令人担忧。

2 黄江水库库区土壤侵蚀分布与类型

2.1 黄江水库库区土壤侵蚀分布

2.1.1 黄江水库库区土壤侵蚀的现状

库区土壤侵蚀面积 5.29km^2 ,占库区面积24.8%。其中面状侵蚀面积 4.96km^2 ,占总土壤侵蚀面积93.8%;沟状侵蚀面积为 0.15km^2 ,占总土壤侵蚀面积2.8%;崩岗侵蚀面积为 0.18km^2 ,占总土壤侵蚀面积3.4%。黄江水库库区土壤侵蚀模数 $452.7\text{t}/\text{km}^2 \cdot \text{a}$,每年土壤侵蚀深度 0.34mm 。

2.1.2 库区土壤侵蚀分布的特点

①黄江水库库区南部土壤侵蚀比较严重,土壤侵蚀面积分布比较大,而西北部人口少,植被破坏轻,恢复快,土壤侵蚀分布面积少。②黄江水库库区土壤侵蚀主要分布在盆地边沿。山间小盆地中心部分多种植水稻,土壤侵蚀不明显;其边沿地区多辟为旱耕地,种植旱农或经济作物,水土保持耕作措施未跟上,以及坟地造成的土壤侵蚀。居民点附近丘陵,群众称之为近山区,人类活动频繁,植被反复破坏覆盖度低,加剧了土壤侵蚀的发生,土壤侵蚀仍然严重。远离村庄的远山区,植被受人为破坏比较少,一般乔木、灌木、草本植物覆盖较好,林下枯枝落叶层厚,土壤团粒结构好,一般土壤侵蚀不明显。

2.2 黄江水库库区土壤侵蚀类型

黄江水库库区土壤侵蚀类型根据土壤侵蚀营力和形态相结合的原则,把水蚀分为面状侵蚀和沟蚀。而面状侵蚀中尽量把鳞片状侵蚀和旱耕地片蚀分别出来;沟蚀中浅沟和切沟则不再分别制图,统一以沟蚀表示。重力侵蚀的划分也只好把危害比较大的崩岗在制图中绘出。

2.2.1 无明显土壤侵蚀(0)

由于面积比较大,预防措施又不同,故把林草地无明显侵蚀(0^1)和水稻田无明显侵蚀(0_2)分别制图。

2.2.2 面蚀(I)

黄江水库库区面蚀面积 4.96km^2 ,一般发生在坡度比较平缓的地面上均匀进行,表现为雨滴击溅地面物质引起土壤结构破坏,使土壤表面发生簿层剥蚀和土粒的悬移现象,面蚀以悬移质为主,当坡度增大或径流深较大的情况下,径流流动时具有一定的冲力,能比较均匀地冲刷地面上的松散物质,把粗糙的地表变得光滑。

①鳞片状侵蚀(I_1):发生在植被过度砍伐割草,地表植被稀疏,覆盖度小,植被之间由于雨滴击溅和片状径流冲刷,形成斑状下凹的浅窝。

②片蚀(I_2):旱作坡耕地和梯田,经过耕垦土壤疏松,容易被雨滴击溅,使土粒发生位移或为径流挟

带流失, 地面层状和片状径流常常把经过耕垦凹凸不平的表面变成光滑; 当片状径流转变为管状细流时, 具有更强的冲力, 不仅细小的土粒, 甚至土壤团聚体或小土块均可冲失, 并在流路上刻下条痕, 地面上便出现了细沟, 但细沟经过耕作便行消失, 这种类型仍归土壤片蚀。目前山区梯田绝大部分既非水平梯田, 又非坡式梯田, 原坡面曾经改造, 有梯田的地埂, 但梯田田面并不水平, 具有一定的斜度($3^{\circ} \sim 5^{\circ}$), 暂名“准水平梯田”, 这种梯田土壤侵蚀比坡耕地和坡式梯田轻; 另外坟墓及周围铲草皮土地亦归于此。土壤片蚀使土壤肥力日趋下降, 土层减薄, 对农业危害极大。

2.2.3 沟蚀(II)

黄江水库库区土壤沟蚀面积 0.15km^2 。沟蚀是以径流的机械破坏作用为主, 集中的径流将地面冲刷成槽形水道, 与面蚀不同沟蚀被径流带走的土壤已不限于分散的土粒, 这时侵蚀方式很大程度上是推移作用了。沟蚀主要分布在植被稀疏的分水岭下部直形坡或凹形坡上, 径流量大, 冲刷力强, 侵蚀量也比较大。

2.2.4 崩岗(III)

崩岗是一种复杂的土壤侵蚀类型, 从成因类型说有水和重力型侵蚀、重力型侵蚀二类, 但最终表现形式均以崩岗出现。崩岗主要发生在花岗岩风化壳土层厚, 风化物粗是崩岗侵蚀的物质基础。崩岗侵蚀量大, 砂砾质多, 突发性强, 危害严重。本区有崩岗面积 0.18km^2 。

3 黄江水库库区水土保持措施

3.1 黄江水库库区治理水土流失的思路

水库库区水蚀工程治理, 首先要改造地形、缩短坡长, 使坡长达到本区沟蚀的土壤侵蚀临界范围之内, 减少径流, 增加降雨入渗, 储蓄水资源; 其次是尽量拦截入库泥沙。同时采取林草措施, 增加土壤覆盖, 改变径流方向, 使直流变成绕流, 延长径流程程, 扩大径流和地面接触时间, 减少径流水路坡降, 减弱流速, 提高渗透水量; 与此同时分散径流, 减弱径流冲力, 达到防止土壤冲刷和洪水暴涨暴落, 增加库区水资源, 令水库长年可以得到丰富和稳定水资源补给的目的。

重力侵蚀, 主要降低崩壁临空面的高度, 达到本地区崩壁崩塌侵蚀临界高度之内; 提高侵蚀基准, 防止沟底下切, 保护崩积坡, 稳定崩壁; 必要时把陡峭的崩壁削坡, 达到本地区安息角之内; 同时杜绝或减少径流进入崩岗, 消除崩壁崩塌动力。

3.2 黄江水库水土保持措施

水土流失治理必须采取工程措施和林草措施相结合, 治理与管护相结合的措施, 工程措施效果好, 收益快。林草措施是水土流失治理的根本, 但林草措施对于流失程度比较严重的地区, 如无工程措施相结合, 不以工程措施先行, 则林草措施往往难以凑效; 而工程措施没有林草措施配合, 工程措施也难以巩固, 因此林草措施和工程措施结合是相辅相成的。现将库区水土保持工程和林草措施综述如下。

3.2.1 截流沟

截流沟亦称撇水沟, 主要设置在坡耕地、坡式梯田(包括准水平梯田)、崩岗顶部、宅基地的陡坡防护。它是重要的坡面排水工程, 在本区降水量大, 耕作层较薄的地区意义尤为突出。截流沟可分为单向导水、分流导水、分层导水三种。降水后截流沟由上而下流量逐步增大, 所以应以每条截流沟末端的最大流量设计其对应的最大断面, 为使截流沟不冲不淤, 坡降比一般采用 $1/300 \sim 1/500$, 将暴雨径流引出耕地等受害区, 排入山溪、小河。

截流沟设计

$$Q_{\max} = \frac{(I_1 - I_2)F}{0.8} \quad (1)$$

$$A = \frac{Q_{\max}}{C\sqrt{Ri}} \quad (2)$$

式中 Q_{\max} 为最大流量 m^3/s ; I_1 为设计频率降雨强度 mm/min ; I_2 为土壤平均入渗强度 mm/min ; F 为集水面积 m^2 ; C 为谢才系数; i 为截流沟沟底坡降; A 为集水沟断面面积 m^2 ; R 为水力半径 m 。

3.2.2 谷坊

谷坊工程是防止沟床刷深和防冲的重要措施,布设在崩岗口,用以拦蓄径流泥沙,减缓沟床坡降,抬高侵蚀基准,防止冲刷而引起的沟底下切和沟岸扩张,改善崩岗内的林草生长条件。土谷坊设计坝高6m,顶宽3m,迎水坡1:1.2;背水坡1:1.5。谷坊溢水口设计水深0.4m,底宽0.7m。

3.2.3 拦沙坝

拦沙坝设置在水库大坝左侧管养房宅基地和左侧后下方弃渣场的出口处,以及二个以上崩岗的出水口。拦蓄泥沙、石块,免除对下游水稻田的危害。坝址选择在沟谷狭窄地方,坝高6m,按谷坊坝设计,拦沙坝应设置溢洪道。

3.2.4 鱼鳞坑

鱼鳞坑布设在 35° 的水土流失严重,地面土层较薄的坡地,这类地区立地条件差,植树造林成活率低,林木生长速度慢。鱼鳞坑的大小因所要求种植的植物品种及坡度的大小而异,一般果树、乔木所要求的坑要大,坡度小的宜筑大坑。本区鱼鳞坑按乔木要求,直径一般1.5m,埂高出地面20cm,对于种植果树,坑直径可为2.0m。

3.2.5 全面封山育林

封山育林曾被外国专家誉为“中国式造林法”,这是我国南方水土流失区,恢复植被行之有效的措施。这些地区植被虽然遭受反复破坏,但是尚存幼树、草类种源,加之飞禽走兽传播种子,在高温多雨,无霜期长的条件下,林木草类生长速度快,自然恢复植被能力强,完全可以恢复自然植被,达到保持水土的目的。水库建成后通过封山育林已取得显著效果,特别是目前改柴草为燃煤的有利条件下,更容易办成。

3.2.6 营造库区水源林和水保林

按目前库区大面积的土壤侵蚀不明显类型区,乃得益于灌草植被生长茂盛,而林木生长尚不尽人意,森林郁闭度难以达到优性涵养水源的目的。虽然封山育林可以达到恢复植被的作用,但是人工造林能够加快成林,同时可以用涵养水源更有效的阔叶树种去改造目前涵养水源效果差的马尾松,杉木为主的优势种,水平带状种植。另外面状侵蚀类型区,植物生境条件比较严酷,崩岗陡壁、崩积坡和沟底都要营造水保林。丢荒的坡耕地和准水平梯田,以及待丢荒耕地,可以种果结合开发利用。

造林树种可选用木荷、黎蒴、台湾相思、山乌桕、枫树、黑荆、黄檀;崩积坡和沟底选用竹类、绢毛相思、猪屎豆,草本植物糖密草、棕叶芦、雀稗、柱花草。种植果树可以先种植粗生易管的三华李、柿子、桃驳李、酸梅、番石榴、余柑等等有一定经济收入,又有种植果树的技术和管理经验后,再发展管理技术要求较高的柑桔、沙田柚、龙眼、荔枝、芒果等效果更好,并进一步向基地化,商品化发展。

种树要挖穴(1.0×0.8×0.6m)施有机肥,采用营养杯育苗,以保证成活率和快速生长,株行距(3×2.5m)。种植果树要挖大穴(1.5×1.0×0.8m),施有机肥和化肥过磷酸钙,少量氮肥,促进苗木木质化和快速生长。

3.2.7 加强预防监督,认真执法

建立执法队伍,加强预防监督,认真贯彻执行《水土保持法》、《水法》、《森林法》,使水土保持走向法制轨道。