

重庆市水库建设区土壤侵蚀特征及水土保持探讨

罗 歆^{1,2}, 代 数^{1,2}

(1. 重庆市万州区国土资源局, 重庆 404100; 2. 西南大学 资源环境学院, 重庆 400715)

摘要:针对重庆地区水库工程建设中存在的土壤侵蚀问题,通过分析水库范围内侵蚀环境特征,将影响区域划分成工程建设区、库岸区、施工道路等不同侵蚀地貌单元,并结合具体的地形环境对不同分区的水土保持措施的适应性进行探讨。分析认为,水库工程区应以确保开挖基岩和边坡稳定性的工程措施以及针对弃渣和裸露坡体防蚀的临时措施为主;库区沿岸应布设防止冲刷的护岸林草;施工道路应在施工期采取围栏拦挡,施工结束后及时恢复植被覆盖。从实际来看,各区域的工程性和临时性水土保持措施实施情况较好。

关 键 词:土壤侵蚀特征;水土保持;水库工程;重庆市

中图法分类号: S157

文献标志码: A

DOI:10.16232/j.cnki.1001-4179.2015.05.023

重庆地处于我国地势第二级阶梯东缘,地貌以丘陵山地为主,垂直差异大、层状地貌明显。地貌发育受流水作用较大,山脉连绵起伏,河流纵横交错。境内流域面积大于100 km²的河流有207条,其中流域面积大于1 000 km²的河流有40条。适宜的地形环境和众多的河流分布为该市的水库建设提供了有利条件。有关资料显示^[1-2],截至2013年,重庆市境内有水库3 000余座,其中大型水库6座,中型水库60座,随着“泽渝”工程的继续实施,到2020年前后,重庆大中型水库总计将达到87座。这些水利工程的兴建和投运,在促进当地水资源充分利用和经济发展的同时,也加剧了水土流失等生态环境风险。

针对水土流失的生态环境风险和保护对策,朱波等利用GIS系统评价了重庆地区三峡库区范围内的土壤侵蚀敏感性^[3],史东梅探讨了公路类建设项目的水土保持措施^[4]。但目前针对水利工程建设的相关水土保持工作则鲜有报道。本文结合该地区地形环境,在分析水库工程建设区土壤侵蚀环境、侵蚀特征和水土流失分区特点的基础上,分区探讨了水土保持措施,以为当地水库工程建设中的水土保持工作提供参考。

1 水库区土壤侵蚀环境及侵蚀特征

土壤侵蚀环境,指侵蚀产生过程中,由所有影响地表侵蚀的因素构成的景观综合体。在图1中,椭圆形图框及箭头示意了土壤侵蚀环境的各种因素及相互作用。

1.1 土壤侵蚀环境及作用特点

1.1.1 水库工程建设区土壤侵蚀环境

水库工程区土壤侵蚀环境是指在水库工程建设区域内,对水土流失造成一定程度影响的侵蚀系统,反映了该区气候、地貌、土壤、植被等自然条件和人为活动构造的物质景观,在侵蚀动力(包括人为再塑作用、降雨、重力、风浪等)作用下的岩土侵蚀过程。参照高速公路建设和城市建设中侵蚀环境分类^[4],水库工程区土壤侵蚀环境可分为侵蚀动力系统、侵蚀对象、侵蚀地貌单元3部分,侵蚀环境特征及作用过程见图1。

水库工程区的侵蚀动力系统包括人为建设活动、重力、水力、库面风浪;侵蚀对象指原生地表物质、弃土弃渣堆积物及由岩石、岩屑、土壤组成的岩土混合物;侵蚀地貌单元包括原生地貌,水库工程建设中形成的各类边坡、堆渣体、施工道路、库岸、取料场、施工营地

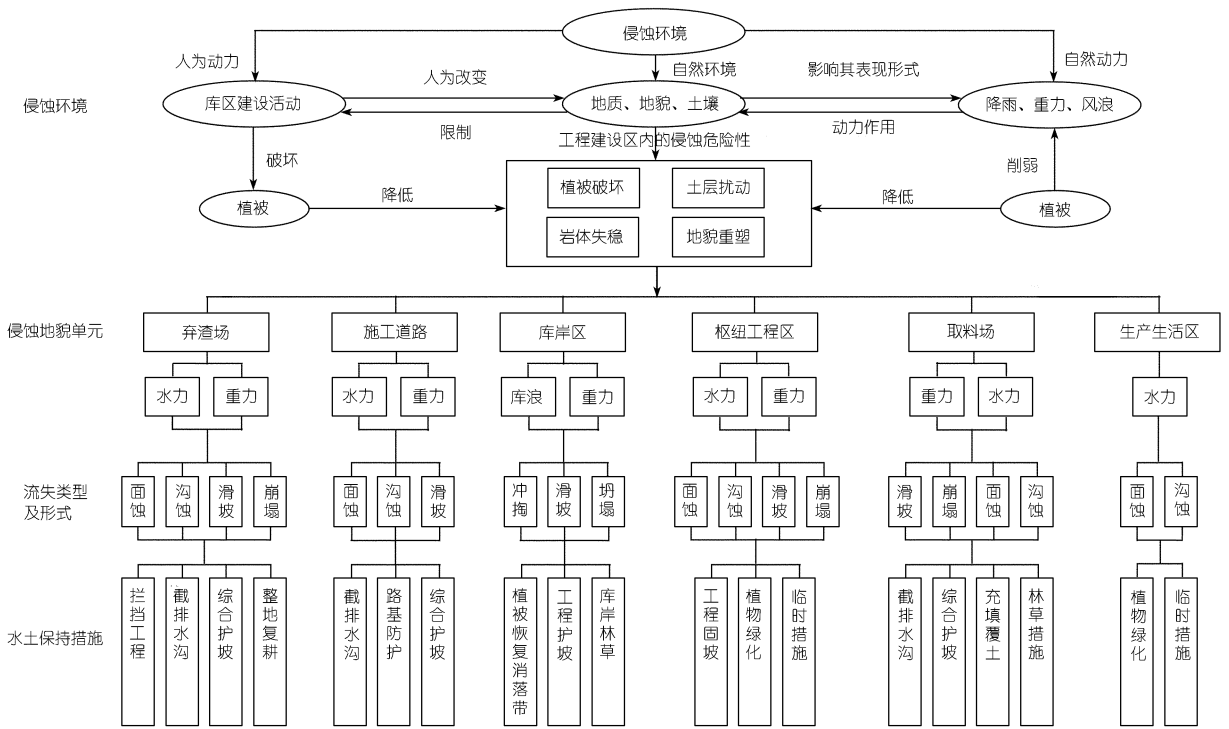


图1 水库工程区土壤侵蚀环境及水土保持

等。

1.1.2 侵蚀环境作用特点

(1) 高强度的人为建设活动,如破坏植被、开挖边坡、扰动土层、重塑地貌等是侵蚀环境中的主动力,它极大程度地增大了工程建设区域内的侵蚀危险性。高强度的人为建设活动在造成土壤侵蚀的同时,也为后续自然动力引发土壤侵蚀提供有利的物质条件,从而降低了自然侵蚀动力下工程建设区内的抗蚀性。此外,水库建成后因蓄水、放水或风浪引起的水位变化,会侵蚀、冲掏库岸,造成库岸的滑坡或坍塌,因此库浪是水库库岸侵蚀的关键性动力之一。

(2) 在侵蚀对象中,以破碎岩石和土壤组成的岩土混合物为重点侵蚀对象,其次是各种开挖填筑所形成的新的岩层、岩屑边坡,以及库岸水位线变化范围内的原地貌边坡。侵蚀过程与传统的土壤侵蚀有明显差异:各类侵蚀对象在侵蚀动力系统的作用下,迅速地发生各种形式和不同程度的侵蚀,其在可产生水土保持效果的建设活动中迅速减缓或停止。

(3) 在侵蚀地貌单元中,以弃渣场的水土流失程度和强度最大,其次为施工道路。这是因为,一方面水库工程建设受地形条件限制,弃渣场选址多在沟道、河道等的低洼地段,低洼的地势是地表径流的汇集地,从而存在强烈的水蚀危险;另一方面,相对松散破碎的弃渣体为侵蚀创造了丰富的物质条件。而对于施工道路,单元地形条件复杂多样,具有大面积的裸露表面且

存在活跃的人为侵蚀动力。

(4) 水库工程建设影响区域范围相对集中,但非某一完整流域,故其土壤侵蚀的范围、强度、形式并不像流域侵蚀环境那样具有一定的一致性和普遍性,而是与侵蚀地貌单元、施工工艺以及施工进度密切相关。

(5) 从时间上来看,影响区内水库库岸的水土流失,在工程建设完工并开始正常蓄水后方显现出来,表现出后发性和一定程度的持续性。除此之外,其他侵蚀地貌单元的水土流失强度与主体工程施工进度基本表现出一致性。从空间上来看,水库工程建设区的水土流失呈现“点”状、“带”状和“面”状,并沿枢纽工程区上下游的沟谷分布。

1.2 水库工程建设区土壤侵蚀特征

由图1可以看出,水库工程建设区各个侵蚀地貌单元如下。

(1) 枢纽工程区。多地处丘陵沟谷、高山峡谷地带,地势陡峭。山体基岩开挖形成大面积高陡边坡,多发生水力侵蚀、重力侵蚀,其中发生滑坡、崩塌等侵蚀形式的风险最大。高陡边坡的开挖阶段是土壤侵蚀发生的高峰期。

(2) 施工及生活区。该区总体地势平整、地面密度大,以细沟侵蚀、面蚀为主,侵蚀强度弱,地表径流损失多但侵蚀量小;又因持续的人为扰动,侵蚀连续且持续时间长。

(3) 施工道路区。施工道路在水库建设区呈线形

分布,穿越的地形复杂多样,且因道路自身在修建过程中大面积的开挖和填垫对周边的影响范围大,故该区的水土流失形式多样,面蚀、沟蚀、滑坡、崩塌皆存在。在水土保持措施实施不及时或实施不利的情况下,水土流失更加严重。

(4) 库岸区。随着水库水位的起伏或库浪的拍打冲刷,水库周边有地质灾害隐患的地段,会发生滑坡、坍塌等重力侵蚀形式;侵蚀发生在水库建成后蓄水期。

(5) 料场区和弃渣场。两区水土流失形式相似,均以面蚀、沟蚀为主,在开采或堆放设计不合理的情况下会发生滑坡、崩塌等重力侵蚀。

1.3 重庆市土壤侵蚀环境特征

重庆市地跨大巴山断褶带、川东褶皱带及川鄂湘褶皱带,属于亚热带湿润季风气候,具有热量丰富、雨量充沛、湿度大、光热雨同季等特点。十分有利于表层岩石的风化,同时容易引发滑坡、泥石流等地质灾害。

从侵蚀敏感性的空间分布来看,重庆市的北部、东部、东南部地区土壤侵蚀敏感性较高;中部、西部与西南部地区土壤侵蚀敏感性低^[3]。

从土壤类型来看,紫色土、黄壤、水稻土和石灰(岩)土是重庆地区主要的土壤类型。其中,紫色土集中分布在中部与中西部地区,黄壤则在东北部及东南部、水稻土主要分布在西部区县,石灰(岩)多分布在东部地区。紫色土、黄壤以中度侵蚀为主、石灰(岩)以轻度侵蚀为主、强度侵蚀多发生于黄褐土。

总体而言,重庆地区土壤侵蚀的鲜明特征包括充沛降雨、频繁暴雨、陡峻地形、抗风化和抗蚀性差的紫色砂岩、高度发育的紫色土和极易产流的石灰岩山地。此外,人口密度较高,人类活动频繁,如植被破坏、陡坡种植、开发建设以及移民安置等,使人地矛盾进一步激化,使该地区的水土保持工作面临严峻挑战。

2 水土保持措施

2.1 水库枢纽工程防治区

重庆的东部、东南部和南部属巫山大娄山山区,属海拔1 500 m以上的中、低山,水库坝址多在沟谷之间,表现出沟深坡陡的特点。因此,在建设过程中,对开挖形成的高陡边坡的防护是水土保持的重点。而在华蓥山—巴岳山以西的丘陵地貌、华蓥山至方斗山之间的平行岭谷区海拔在300~400 m,属地势较低的中西部地区,这些地区水库坝址地势较为平缓,高陡边坡不明显但存在较大范围的基岩开挖和坝体填筑。应根据坝型选择不同的水土保持重点,对坝基开挖岩土碎屑进行处理防护或在大坝填筑时防护坝体。

在主体工程设计中,综合考虑边坡岩层地质、坡度、高度、面积规模等因素,对高陡坡面采取支护、固结、削减坡度等工程处理措施,在保证坡体和水工建筑物安全稳定的同时,也兼顾水土保持作用。在施工过程中,应注意采取措施防止开挖岩体碎屑下落压覆下部坡面或直接坠入河流,如坝肩开挖时,可在形成的集渣平台或道路外侧设置挡渣墙,或在河床两岸台地设置钢筋石笼拦渣。对于采取开坡削级处理的坡体,往往会形成马道并布设有截水沟,对这些部位设置种植槽后进行垂直绿化:在马道外侧设置浆砌石挡坎,用砾石填平马道截水沟以形成渗水沟,而后在挡坎以内整体覆土并栽植攀附类藤本植物(如爬山虎等)进行绿化。其他类似边坡亦可采取此措施进行绿化。对于土石质的大坝坝体,可采取框格梁植草的水土保持措施。需要强调的是,针对枢纽工程区建设进度快,扰动剧烈的特点,往往无法及时布设工程措施和植物措施或其作用难以迅速发挥。因此,临时水保措施对控制施工期的水土流失作用至关重要:对于开挖的岩土应及时清运集中堆放,不能及时清运的应做好临时防护;沿作业路线布设临时性截排水沟和沉砂池;遇到强降雨天气,对潜在严重水土流失的大面积裸露坡面(如大坝坝体、作业路线坡面等),实施临时覆盖。

2.2 库区沿岸的水土保持

水库开始蓄水后,库区上游水位上升,回水淹没并浸泡沿岸的原未涉水部位,水分渗入坡体引起岩土体重度增加、抗剪强度降低,并产生动静水压力。库浪不断冲刷和切割坡脚,对坡脚产生冲蚀掏空作用。库水位周期性涨落,特别是库水位骤降会使坡脚反复经受浸水、排水的交替作用,在坡体内产生较大的动水压力。这些因素都会导致坡体稳定性恶化,增大诱发沿岸堆积体滑坡的可能性。水库防护林带应该选择耐水浸、抗冲的植物,如水杉、垂柳、紫藤、楸树、杞柳、龙爪柳、梔子、枫杨、黑橡胶树、柿树、葡萄、白蜡、芦苇等^[6]。

重庆处于三峡库区范围,存在大量滑坡、崩塌等地质灾害隐患,鉴于多数滑坡体、堆积体以浅表层后退式滑塌或坍滑特点为主,种植一定库岸防护植物,可减轻水库诱发滑坡、塌岸的可能性。同时考虑到滑坡体、堆积体基覆面埋藏较深,高大乔木对滑坡体的整体稳定无益,故主要采用容易对地表形成贴地保护的灌草植物。水库运行时,在正常蓄水位附近形成周期性水位消涨带,原有旱生型植物在库底清理时也被清除,为防止风浪冲刷岸基,可在靠近水位并周期性被水淹没的地带,先栽植2~3 m宽耐水湿草本(如芦苇、香根草),其上密植几行耐水湿灌木(如灌木柳、紫穗槐

等),直至最高蓄水位,再在其上间隙栽植播撒黄荆、黄耆、蒲公英、狼尾草、狗牙根等耐旱型灌草。对于一些重点地段,必要时可采取上缘外侧截水、内部排水、下部布置支撑渗沟、下缘支挡等工程治理措施。

2.3 施工道路水土保持措施

施工道路主要围绕主体工程各层次的施工作业面进行布线,部分位于陡峻山腰,开挖回填面相对集中,为控制其扰动及影响带范围,施工期采用围栏拦挡,施工结束后及时恢复植被覆盖是水土流失措施布设的重点。

(1) 工程措施。① 路基保护。施工道路与沟道交汇处是道路发生水土流失、存在行车安全风险的重点地段。在这些地段处布设边坡护脚、护坡道、砌石护坡、护面墙,以防止沟道洪水冲刷沟边路基和边坡,保护行车安全。施工过程中,挖方路段形成高陡边坡(边坡超过 20 m)时,应视地质情况,设置宽度为 1.0 m 的边坡平台,平台内侧开排水沟,坡顶端向外 5 m 处迎水流方向修筑截水沟。对暂时不能修建防护的边坡、路基,应该设置临时性排水沟、挡土墙等措施加以防护。在填土高度大于 12 m 的填方路段,边坡中部每隔 8~10 m 设一道宽 1.5 m 的平台,并用浆砌石加固,再在平台内侧设排水沟。对较小的挖方边坡,在雨季铺设草席或碎石。填方坡受降雨冲刷路段设置浆砌石护坡,护坡底部设置浆砌石护脚。② 排水系统:为避免路面和路基产流对道路的损坏,在路基坡脚布设边沟或排水沟,在挖方段立崖上方有可能产生较大集水地段设置截水沟,经急流槽将径流引入排水沟并导向天然河道。

(2) 植物措施。根据不同的立地条件,道路两侧边坡采用不同的绿化措施:较平缓边坡段撒播灌草,永久道路局部高开挖路段和邻近枢纽工程区的开挖边坡,采用植被混凝土绿化、土工格植草、混喷植生等措施;其它永久路段及所有临时公路的高陡开挖边坡,可栽植攀援植物,如爬山虎、葛藤、蛇葡萄等。

在永久性道路两侧的平阶、填方边坡坡脚及低路肩墙脚栽植行道树,树种选择当地适生的侧柏、小叶榕、旱柳等;对低线公路靠近水域的部分路段,首选旱柳作为行道树种。在临时施工道路边坡、路肩、墙角等处播撒草种。

(3) 临时措施。道路施工过程中,松散土石坠落、扩散及流失,在引发水土流失的同时也造成安全隐患,故在设计路基开挖前,应在道路外侧设置围栏拦挡。施工临时公路后期迹地恢复,将混凝土硬化路面全部拆除,废渣运至渣场堆放,压实的土壤深翻后覆土。

2.4 料场区充填覆土恢复型水土保持

重庆地区水库工程建设中,用于大坝坝体修筑、围堰填充、场地填平、拦挡防护等的料材以石、土混合料为主。这些料材一部分来自其他施工单元开挖的岩土弃渣,另一部分需要在选定的料场区开挖获取。在取料场开采过程中,应按照稳定边坡比进行开采,主体工程设计中应考虑对高开挖边坡部位采取锚杆、喷混凝土等方式进行防护。在边坡稳定的前提下,设置边坡截水沟、开采平台排水沟、沉沙池等,并在开采完毕后回填覆土,种植乔灌草结合的水土保持生态林,形成充填覆土恢复型的水土保持模式。

(1) 工程措施。在开挖之前,剥离表土并集中堆放在场地附近以用于后续绿化,并做好临时防护措施。开挖过程中,应在设计取料场边线两侧外缘以及开采平台上分设截水沟、排水沟,平台排水沟两端与边坡截水沟相连,截排水沟防洪标准一般为 5 a 或 10 a 一遇;在截水沟末端设沉沙池。开采结束后,为合理利用弃渣,同时考虑取料场区的稳定及生态恢复,利用弃渣对料场内形成的陡坡凹面进行反压回填,回填顺序为先破碎岩块弃渣再土石料弃渣最后覆盖表土,应力求将反压回填后的坡度恢复成料场开采前原始坡面坡度。

(2) 植物措施。对回填覆土面进行全面整地,恢复植被。恢复类型视原地表植被而定,并进行适度优化,做到乔灌草结合——深根性与浅根性相结合、速生与缓生相结合。对于未能回填覆土的高陡坡面,可沿坡脚和开采平台内侧栽植攀援植物,形成坡面覆盖,减少坡面裸露。

2.5 弃渣场土地平整复垦型水土保持

在水库工程建设过程中,将会损毁和淹没大量耕地。在渣场恢复时,应尽量减少工程建设对区域内土地利用结构的影响,尽量考虑复耕,补偿耕地。对于无条件复耕的采取植被恢复措施。

(1) 工程措施。① 拦挡工程。根据弃渣场的选址原则选定弃渣位置后,先在设计渣场边缘的出水侧修建拦挡工程。结合渣场位置、规模、形状等确定具体类型。为确保堆渣体稳定和加大堆渣量,要求对渣体进行分层碾压。堆渣体出水侧设浆砌石拦渣坝,坝体尺寸结合具体情况设计,但高度最低不能低于 2 m,考虑到渣体内的排水,应在坝体内布置梅花形排水孔。对于堆高达几十米的大型堆渣体,应设置多级放坡(坡比约为 1:2)以减缓渣体坡度,确保堆渣体的稳定。每级坡设置 2~4 m 宽的马道。对于在向渣体上部运输弃渣的过程中形成的运渣道路,也应进行防护,靠道路一侧坡脚可采用块石铁丝笼或编织土袋护脚。②

截排水工程。在渣体顶部靠山坡侧设置浆砌石截水沟,以防止山坡径流对堆渣的冲刷;在渣体顶每隔 30~50 m 开挖渣顶排水沟,以汇集渣体表面雨水;在弃渣场周边、各级马道、运渣道路靠山坡一侧均设排水沟,相互连通以便把坡面径流引向沟道或河道;在通向沟道或河道的排水沟出口修建沉沙池。③ 护坡工程。对于防护标准要求较高的渣体,在堆渣坡面布置防护措施,如设计采用拱形骨架护坡,骨架内撒播草籽防护。

(2) 植物措施。渣体堆放结束后,对弃渣体采取植物措施进行绿化。对坡面和坡顶混播草籽,如野胡萝卜、高羊毛、狗牙根、结缕草、狼尾草等。在渣体边脚及各级马道上栽植乔灌木,在乔灌树种的选择上,尽量选择根系发达、根蘖萌发力强、固土能力强的乡土树种。同时,也可侧重选择具有水保功能的经济树种。重庆地区适合边坡防护的常用植物有构树、黄葛树、黄荆、双荚决明、黄花槐、盐肤木、三角枫、八角枫、牡荆、野蔷薇、刺槐、榆树、香樟、马尾松等。

(3) 复耕措施。渣体堆放结束后,对渣体顶部进行土地平整,移除较大的有碍复耕的岩块等,并将剥离的表土返还到渣体表面,覆土厚度不少于 30 cm。由于还要发生沉降,新的弃渣体不稳定,不宜立即复耕。因此,应在覆土整治后先撒播草籽绿化,待弃渣场自然沉降稳定后开始恢复耕地。

2.6 水库施工及生活区

施工及生活区绝大部分时间为临时建筑物所占压,水土流失致轻微,但在临时建筑物的修建和拆除过程中会仍产生水土流失,因此水土保持措施也集中在这两个时段实施。

(1) 工程措施。在主体工程设计中,应该在垫高场地的临河侧采取混凝土挡墙、浆砌石挡墙、钢筋石笼护坡、浆砌石护坡、干砌石护坡等措施,在场地内侧设置混凝土集水坑、排水渠、排水边沟和浆砌石截水沟等拦截坡面来水、排走场内降水和地表径流;在排水沟出口处设置沉沙池,截排水沟设计标准一般为 10 a 一遇。

(2) 植物措施。施工及生活区迹地的恢复首先应满足移民安置需要,优先考虑复耕,其余迹地则采取乔灌草结合绿化。迹地恢复首先拆除地表临建设施,将建筑垃圾运至渣场集中堆放,之后作场地平整、翻土、覆土和绿化。

(3) 临时措施。为满足工程建设后期复耕与绿化覆土所需,对占用的耕园地作表土剥离、集中堆放,并进行临时防护。在生产生活场所具备适生条件的边隅角落撒播灌草实施绿化,减少地表土层扰动的同时,可改善施工期间工作人员的生活环境。

参考文献:

- [1] 重庆市水利局. 重庆市水资源公报 2010[R]. 重庆:重庆水利局, 2011.
- [2] 李月臣,刘春霞,赵纯勇,等. 三峡库区(重庆段)土壤侵蚀敏感性评价及其空间分异特征[J]. 生态学报,2009,(2):788-797.
- [3] 莫斌,朱波,王玉宽. 重庆市土壤侵蚀敏感性评价[J]. 水土保持通报,2004,(5):45-49.
- [4] 史东梅. 高速公路建设中侵蚀环境及水土流失特征的研究[J]. 水土保持学报,2006,(4):5-9.
- [5] 焦居仁. 开发建设项目水土保持[M]. 北京:中国法制出版社, 1998.
- [6] 赵永军,陈吉虎,王云璋. 开发建设项目水土保持方案中植物措施的配置[J]. 中国水土保持,2011(8):17-19.

(编辑:李 慧)

Discussion on soil erosion characteristics and soil and water conservation in reservoir areas of Chongqing City

LUO Xin^{1,2}, DAI Shu^{1,2}

(1. Land Resources Bureau of Wanzhou, Chongqing 404100, China; 2. College of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing 400715, China)

Abstract: During the construction of reservoirs in Chongqing area, the soil erosion has the characteristics of high-intensive human disturbance, complex topography and diversified erosion dynamic. By analyzing the characteristics of the erosion environment, the region affected by the construction is divided into several geomorphic units such as the construction area, bank area, construction road, etc., and the soil and water conservation measures are discussed respectively. The analysis shows that in the construction area, the engineering measures to ensure the stability of excavated bedrock and slope and the temporary measures against the waste slag and bare slope should be taken as the principal measures; in the bank area, the protective plant that prevent the bank from erosion should be laid; in the construction road, the crawl is adopted in construction period and the vegetation is recovered after. The practice indicates that the engineering measures and temporary measures are effective.

Key words: characteristics of soil erosion; soil and water conservation; reservoirs; Chongqing City