

滇池流域石漠化特征分析

张华,王宇,柴金龙

(云南省地质环境监测院,云南昆明 650216)

摘要:位于云南省会昆明盆地内的滇池流域是滇中岩溶和石漠化较为发育的地区,石漠化总面积 225.56 km²,占流域总面积的 7.71%,占岩溶总面积 32.69%。石漠化主要分布在望海山、大板桥—呈贡、黑林铺、海口、梁王山、上蒜片区,其中又以北东部的大板桥片区石漠化最为严重。石漠化已造成流域内水土流失加剧、可耕地面积减少、土壤涵养水源能力降低及生态环境恶化等危害。通过地面调查和 ETM 遥感解译,查清了流域内石漠化的发育分布与碳酸盐岩的岩性及其组合、岩溶作用、地形地貌、气象等自然因素、人为因素和工业污染关系密切。针对石漠化的形成原因,提出了生态修复、农田基本建设、水资源开发利用、农村能源建设、小集镇建设、土地合理利用等治理措施。

关键词:石漠化;分布特征;石漠化成因;治理措施;滇池流域;云南

中图分类号:S157;P642.25

文献标识码:A

0 引言

岩溶石山地区地质环境脆弱,在不合理的人类活动和自然因素作用下,一些地区植被退化乃至消亡,导致水土严重流失、土壤涵养水源能力降低等环境地质问题,最终形成了连片分布的裸露石漠。滇池流域是滇中岩溶较为发育的地区,石漠化也较为严重,已造成严重的水土流失等问题,影响到流域内社会经济的可持续发展。为此,本文根据“云南重点岩溶流域水文地质及环境地质调查(滇池流域)”成果,对滇池流域石漠化分布特征、危害及成因进行初步探讨,并提出了相应的治理措施,以期为流域内的生态环境恢复重建提供帮助。

1 地质环境概况

滇池流域位于云南省中部,地理坐标东经 102°29′~103°06′,北纬 24°29′~25°28′,总面积 2 924.51 km²。滇池流域属金沙江流域,流域地势总

体上北东高、南西低,以中部滇池湖盆为核心,地势向盆地四周逐渐增高,构成典型的盆地地形,最高点为流域北东部嵩明梁王山,海拔 2 840 m,最低为滇池水面,海拔 1 886 m。四周溶蚀、侵蚀山区与盆地高差 400~800 m。属低山—低中山地貌。滇池流域位于低纬度高海拔地区,夏无酷暑,冬无严寒,干雨季分明,属亚热带高原季风气候区。平均降水量 972 mm,平均气温 14.7℃。省会昆明坐落于滇池流域内。

流域位于“康滇台背斜”与“滇东台褶带”交界区,地质力学上属南岭纬向构造带、川滇经向构造带与通海山字型构造以及华夏系构造的交接地区。整个流域的断裂和褶皱可分为东西向、南北向、北东向和北西向四种构造形迹。流域处于扬子地台区的昆明地层小区(VI₁²⁻²)^[1],以沉积岩和浅变质岩最为发育。区内地层发育齐全,复杂多变,最老从元古代昆阳群始,最新至第四系,各代地层几乎均有出露。主要的碳酸盐岩地层有:大龙口组(Ptd)泥晶—粉晶灰岩、藻灰岩、蠕条状灰岩,零星出露于流域南部;陡山沱组(Z₂d)砂岩、鲕状、泥晶白云岩,出露于流域南部;灯

基金项目:国土资源大调查项目——云南重点岩溶流域水文地质及环境地质调查(编码:1212010634801)

第一作者简介:张华(1982—),男,助理工程师,现主要从事水文、工程、环境地质调查研究。E-mail:ynddysghs.zhh@163.com.

收稿日期:2011-03-03

影组上段($Z\in d^3$)白云岩,出露于流域南部;灯影组下段($Z\in d^1$)白云岩、硅质白云岩,出露于上蒜、蛇山;沧浪铺组($\in_1c$)页岩为主,顶部及下部为白云岩,出露于流域北东;龙王庙组($\in_1l$)白云岩、鲕状灰岩,在西山一带出露;陡坡寺组($\in_2d$)粉砂岩为主,局部灰岩、白云岩,出露于呈贡—大板桥一带;双龙潭组($\in_2s$)泥质、粉晶白云岩、灰岩,出露于西冲、雷打石、苦岔;巧家组(O_1q)白云质灰岩,出露于流域北部;海口组(D_2h^2)灰岩、泥晶灰岩、白云岩,出露于流域北东、东部;辛格组(D_3zg)泥、粉晶白云岩夹白云质粉晶灰岩和威宁组(C_2w)泥晶、鲕状灰岩及马平组(C_3m)灰岩,零星分布于全流域;大唐组上段(C_1d^2)灰岩、泥晶灰岩、白云岩和阳新组下段(P_1y^a)泥晶灰岩、白云岩及上段(P_1y^b)钙质白云岩、碎裂粗粒白云岩夹虎斑状泥晶灰岩,广泛出露于整个流域。此外,流域内还分布有三叠系(T)、侏罗系(J)、白垩系(K)、下第三系(E)、上第三系(N)、第四系(Q)等碎屑岩。

2 石漠化分布特征

根据区域环境地质调查总则(试行)(DD2004—02)之区域环境地质调查有关标准,将流域内石漠化分为三个等级,见表1。

表1 石漠化等级划分表
Tab.1 Table of rocky desertification grade

石漠化等级	露裸岩石面积	露裸岩石分布形态	植被情况
重度	>70%	面状	疏草、裸岩(上)
中度	50%~70%	线状+面状	疏草+疏灌
轻度	30%~50%	线状+点状	乔草+灌木

2.1 流域总体分布特征

根据 ETM 遥感影像计算机解译和野外调查验证,该流域石漠化总面积 225.56 km²,占流域总面积的 7.71%,占岩溶总面积 32.69%。其中重度石漠化 29.01 km²,占流域总面积的 0.9%,占岩溶总面积 4.21%;中度石漠化 82.35 km²,占流域总面积的 2.81%,占岩溶总面积 11.94%;轻度石漠化 114.2 km²,占流域总面积的 3.90%,占岩溶总面积 16.55%。

流域内石漠化主要分布在望海山、大板桥—呈贡、黑林铺、海口、梁王山、上蒜片区,其余地方也有零星分布。重度石漠化在望海山、大板桥—呈贡、梁王

山分布面积较大,约占重度石漠化面积的四分之三。中度石漠化主要分布在大板桥—呈贡、海口、上蒜片区,其它片区分布较少,有的地段也零星分布。轻度石漠化在以上 6 个片区均有分布,但是望海山、大板桥—呈贡、黑林铺相对较多。流域内不同等级的石漠化分布情况见图 1。

2.2 昆明市分布特征

以五华、西山、盘龙、官渡区石漠化分布面积较大,且东边比西边石漠化严重。东边主要集中在大板桥附近,以轻度石漠化为主,其次为中度、重度石漠化;西边分布在海口、西山一带,石漠化面积 113.76 km²。嵩明县、呈贡县石漠化分布面积较少,以轻度石漠化为主,前者主要分布在望角山—大尖山,石漠化面积 30.42 km²;后者则主要分布在凤口山、梁王山,石漠化面积 40.51 km²。晋宁县石漠化分布面积中等,以中度石漠化为主,主要分布在上蒜以及古城镇,石漠化面积 40.87 km²。

3 影响石漠化分布的主要地质因素

3.1 碳酸盐岩的岩性及其组合

流域内石漠化面积较大的地层是二叠系下统阳新组二段厚层细—中晶含钙质白云岩、碎裂粗粒白云岩夹虎斑状泥晶灰岩,二叠系下统阳新组一段(P_1y^a)厚层状生物碎屑泥晶灰岩及厚层状泥晶灰岩,第三为泥盆系上统辛格组(D_3zg)中—厚层状泥、粉晶白云岩夹白云质粉晶灰岩。三套地层面积分别为 118.17 km²、92.6 km²、76.59 km²,石漠化面积分别为 50.52 km²、36.06 km²、20.03 km²,占石漠化总面积的 47.26%,其中阳新组上段(P_1y^b)石漠化占 22.37%、阳新组下段(P_1y^a)石漠化占 15.98%、辛格组(D_3zg)石漠化占 8.88%。

流域内不同碳酸盐岩层组类型石漠化发生率见图 2、表 2。均匀状的纯碳酸盐岩中,石漠化比例最大,占石漠化总面积的 70.70%,石漠化发生率为 41.17%,不纯碳酸盐岩中石漠化面积占石漠化总面积的 29.30%,石漠化发生率为 25.17%。

按石漠化发生率大部分超过 30%的地层进行统计,大部分地层石漠化发生率都超过 30%,其中发生率最大的是 $Z\in d^1$,为 91.34%,主要因为该地层面积较少。发生率小于 30%地层有 D_3zg 、 C_1d^2 、 $\in_2s$ 、 $\in_1l$ 、 $\in_2d$,其发生率分别为 26.15%、24.66%、18.64%、20.99%、16.29%。从中也可看出纯碳酸盐

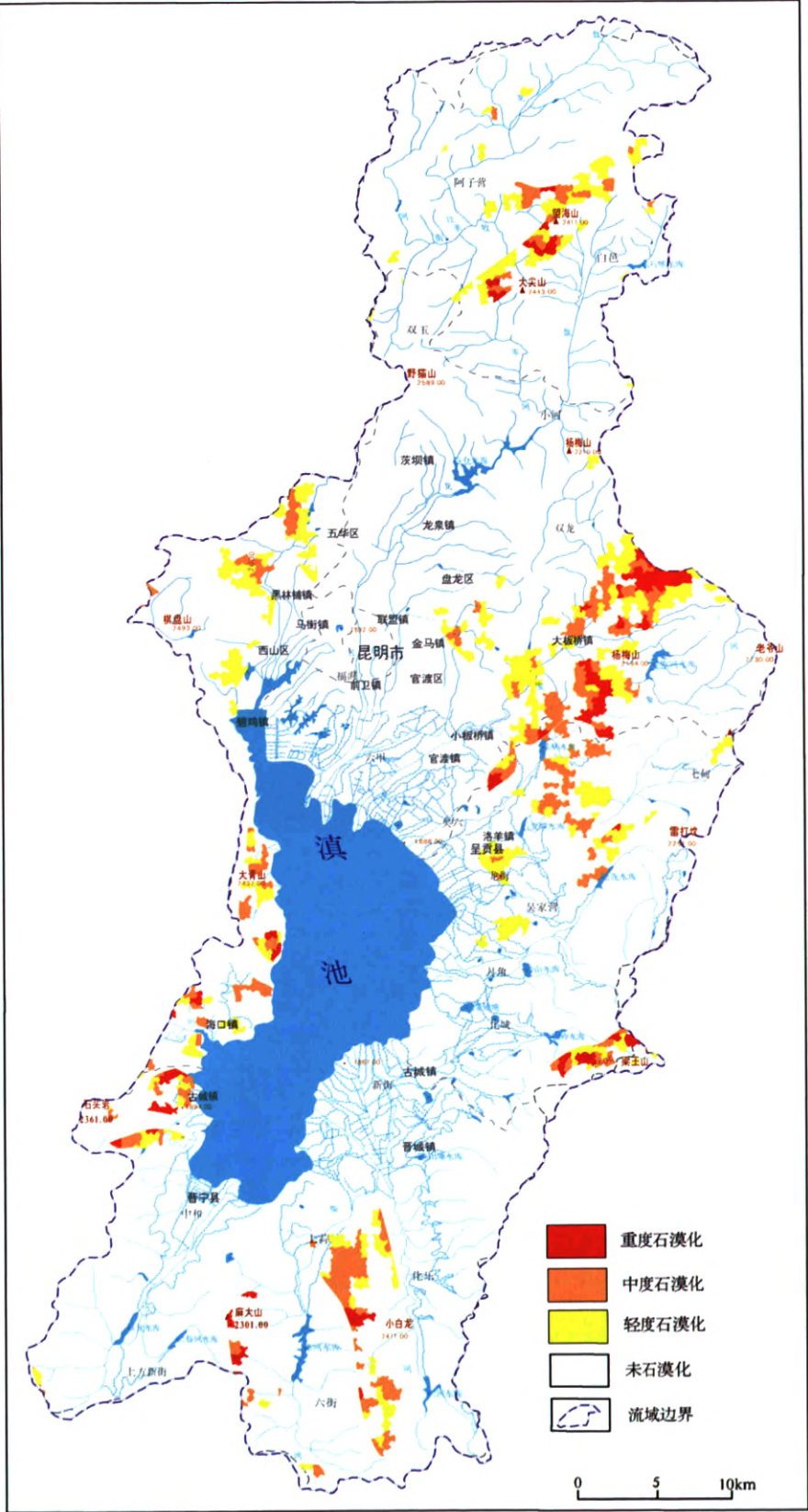


图 1 滇池流域石漠化分布图

Fig. 1 Rocky desertification distribution in the Dianchi watershed

岩地层中石漠化发生率较高。

3.2 地貌类型

区内处滇东高原及其斜坡地带,众多盆地边缘海拔较高的岩溶山顶,地形切割强烈,切割深度均在 100~400 m 以上,地形坡度大,大多超过 25°,表层土壤薄、土石界面清晰;加之地表缺少植被覆盖层的保护,随着坡度的增加,坡面的径流能量随之增大,在降雨的冲刷作用下容易造成土壤流失,基岩裸露。从区域上石漠化分布情况也可看出,石漠化集中分布于盆地边缘地形切割强烈、地形坡度大的地方,如大板桥杨梅山一带较为明显,地形坡度在 25°~30°。因此,地形地貌在一定程度上影响着石漠化的发生和发展。

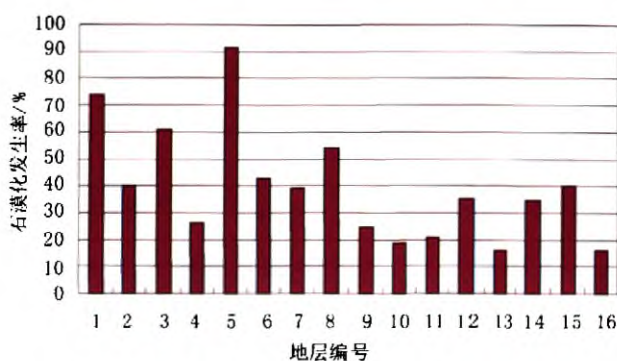


图2 不同地层石漠化发生率

Fig. 2 Incidence of rocky desertification in different stratum

1. C_3m ; 2. C_2w ; 3. Ptd ; 4. D_3zg ; 5. $Z \in d^1$; 6. P_1y^b ; 7. P_1y^a ; 8. $Z \in d^3$; 9. C_1d^2 ; 10. ϵ_2s ; 11. ϵ_1l ; 12. O_1q ; 13. ϵ_2d ; 14. ϵ_1c ; 15. Z_2d ; 16. D_2h

表2 碳酸盐岩层组类型石漠化发生率表

Tab. 2 Incidence of rocky desertification in different groups of carbonate stratum

碳酸盐岩类型	主要地层	岩性	石漠化面积/km ²				碳酸盐岩面积/km ²	石漠化发生率/%	占石漠化总面积百分比/%
			重度	中度	轻度	合计			
纯碳酸盐岩组	C_3m 、 C_2w 、 Ptd 、 D_3zg 、 $Z \in d^1$ 、 P_1y^b 、 P_1y^a 、 D_2h^2 、 $Z \in d^3$	浅灰-深灰色中厚层状灰岩、白云岩、灰白色中厚层状	22.36	58.60	78.53	159.49	382.19	41.17	70.70
不纯碳酸盐岩组	C_1d^2 、 ϵ_2s 、 ϵ_1l 、 O_1q 、 ϵ_2d 、 ϵ_1c^2 、 Z_2d	灰岩、白云岩与砂岩、页岩互层或夹层	6.65	23.75	35.67	66.07	262.46	25.17	29.30
合 计			29.01	82.35	114.20	225.56	644.65	34.98	100.00

4 石漠化危害

流域内人多地少,经济较为落后,石漠化的形成和发展,阻碍了区域经济发展。石漠化危害主要表现在以下几个方面:

4.1 水土流失严重,可耕地面积减少

由于石漠化,流域内水土流失情况严重。据卫星遥感资料显示,2005 年水土流失总面积为 141.64 km²,平均土壤侵蚀模数为 966.21 t/km²·a,年土壤侵蚀总量为 278.09 万 t。严重的水土流失导致基岩大面积裸露,大大减少可耕地面积,破坏了人类生存的基本条件,人们只能在石缝间耕种以维持最基本的生活。

4.2 土壤涵养水源能力降低

森林植被对水土涵养起着重要作用。岩溶地区的植被,以钙质土植物占明显优势。由于岩溶地区发育着地下排水系统,降雨时地表水常沿溶蚀裂痕、落水洞等很快向地下漏失^[2]。石漠化地区岩石裸露,削弱了岩溶表层带对径流的调蓄能力,地下、地表径流变幅增大,表层带岩溶泉枯竭。据 2008 年滇池流域水文地质

及环境地质调查,干枯泉水共 11 个,泉流减小 40 个。可郎乡一泉水,同为 2 月份测流,25 年间流量减小了一半。流域内石漠化分布区土壤贫瘠,植被生长困难,覆盖率低,且种群结构单一,地表土壤植被系统涵养水源能力降低,导致有效利用的水资源匮乏,大部分石漠化地区都不同程度地存在人畜饮水困难^[3]。

4.3 生态环境恶化

石漠化导致基岩裸露,小生境类型减少,贫瘠、干燥、明亮的生境面积扩大,气温和地表温度增高,湿度降低,生境干旱化突出,生物种类减少。

5 石漠化的成因

石漠化的产生及发展是自然因素、人为因素综合作用的结果。

5.1 自然因素

石漠化产生的自然因素主要有岩溶地质环境、地形地貌、气象、岩溶植被的限制影响等因素。

地质环境:岩溶作用是石漠化发展的基本营力。

其主要特征表现为频繁的地质构造活动造成节理裂隙较为发育,有利于垂向岩溶化作用进行。强烈的岩溶作用造成溶隙、溶洞等岩溶通道发育,形成地表地下双层空间结构,不利于水土保持。区内D、C、P、T碳酸盐岩以灰岩、白云岩为主,岩溶发育强烈,成壤缓慢,生态环境脆弱,水土流失严重,不利于植被生长。

地形地貌:流域处滇东高原及其斜坡地带,盆地边缘山体地形切割强烈,切割深度均在100~400 m以上,地形坡度大,大多在25°以上,表层土壤薄、土石界面清晰;加之地表缺少植被覆盖层的保护,在降雨的冲刷作用下容易造成土壤流失,基岩裸露。从区域石漠化分布情况也可看出,石漠化集中分布于盆地边缘地形切割强烈,地形坡度大的地方,如西山一带,地形坡度60°,部分地段近直立。因此,地形地貌在一定程度上影响着石漠化的发生和发展。

气象:气象因素是一个间接性的影响因素,其表现主要是降水量减少,水热分配不均衡等。雨季和旱季降水量差距显著。滇池流域降水量不大,年平均降雨量仅为972 mm,年平均蒸发量为1 951.2 mm,但是降水变率大,暴雨强度高,暴雨对地面的强烈冲刷和沿岩溶管网对岩石溶蚀残留物的搬运,导致水土流失加剧,土壤侵蚀模数加大,加速石漠化的演化发展速率。此外,由于岩溶区入渗系数大,地下水水位变幅可达数十米,即使在多雨的生长季节,也常出现蒸发量大于降雨量的干燥期,形成岩溶性干旱气候,不利植被生长。

岩溶植被的限制影响:在碳酸盐岩分布区,由于岩溶发育,生境具有干旱、富钙和缺土、多石等特性,只能选择具有喜钙性、耐旱性、石生性特点的植被种类,这些限制性植被一般生长缓慢,绝对生长量低,适生树种少,致使植被的结构和覆盖度一般较差,生物群落简单且调控能力弱。一旦遭到破坏,生境急剧恶化,极易导致生物群落消失,土壤侵蚀加剧和出现石漠化。

5.2 人为因素

人类在自身发展的过程中往往忽略了对赖以生存的环境的保护。石漠化的发生发展与人类活动有着密不可分的关系。

人口增长过快,人地矛盾突出:据云南省统计年鉴资料,流域内2005年总人口已达249.86万人,耕地面积为41.67万亩,人均耕地面积仅0.17亩。由于人多地少,土地贫瘠,人们为了获取大量的物质生活资料,长期以来,乱砍滥伐、毁林开荒、毁林采石等造成植被覆盖率下降,水土流失加剧,加快了石漠化

的形成。

人类不合理的经济活动:近年来,基础工业、乡镇企业、交通发展很快,城镇基础设施建设发展迅速。大量开采矿产资源留下的大面积采空区和尾矿库,成为典型的人工石漠化地区。如滇池周边存在着大量的采石(砂)场,尽管部分已经关停,但矿山环境恢复情况不佳,造成地面植被和原始地貌形态严重破坏。对这些不合理的人为经济活动,有关部门缺乏合理的规划和有效的管理,私挖乱采现象严重,埋下了石漠化的隐患。另外在一些地表植被已经退化,岩石裸露的地方,人们仍然没有放弃对地球资源的掠夺。例如在石林县北大村天生关一带,大规模的采石活动,造成植被覆盖率急剧下降,石漠化极为严重。此外,采石产生的弃土、废渣随意堆放,不仅侵占耕地,而且还污染环境。

工业污染:工业污染对石漠化的影响以黑色和有色金属矿采选冶业最为明显。黑林铺—普吉一带是昆明主要集中的工业区。其中的铜、铅、锌等有色金属矿冶炼产生的废气、废水、废渣含有大量铅、锌、砷、汞、二氧化硫等有毒有害成分,排放到环境中造成一些树木灌草死亡,从而加剧了石漠化。工业生产和人类生活燃煤释放的 SO_2 ,形成酸雨对植被,尤其是藻类、苔藓等先锋植物危害严重,在岩溶石山上残存的苔藓和藻类,多死于酸雨。1991—2003年昆明市的酸雨资料统计分析表明,在773个样本中,pH小于5.6的酸雨出现了200次,占25.78%,pH小于4.5的强酸雨出现74次,占9.57%,酸雨频率比较高^[4]。

6 石漠化的发展趋势

流域内脆弱的岩溶环境以及人口过快增长所带来的过度砍伐、开荒,使区内的植被覆盖率急剧下降,水土流失加剧,土壤侵蚀模数高,石漠化呈上升趋势。上世纪80年代以后,由于国家的重视和社会各界的广泛关注,通过基本农田建设、封山育林、退耕还林还草等项目的实施,石漠化现状有所改善。但由于流域人口压力不断增大,科技文化落后,群众对石漠化的危害和开展治理工作的重要性认识不足,一些传统的不合理生产生活方式在短时期内难以改变,以及采矿、采石业的盲目发展等等,石漠化仍将继续加剧。尤其是在流域的西山、大板桥一带,如果石漠化得不到有效控制,轻度石漠化将变成中度石漠化,甚至可能成为重度石漠化。

7 石漠化的治理措施

石漠化的综合治理应紧紧围绕生态修复、农田基本建设、水资源开发利用、农村能源建设、小集镇建设、土地合理利用等方面进行^[5],而且需要根据实际条件因地制宜开展。盆地边缘泉水出露较多,应以岩溶水开发为主,小型水利水保工程、引泉积蓄为辅;盆地底部耕地较多,部分地区自来水网未覆盖,应以土地合理利用、太阳能、农田改造为主,小水池、小水窖、引泉积蓄为辅;流域东部山区石漠化较重、土地资源丰富、人口较多,应以人工种草和草地改良为主,小水池、小水窖、引泉积蓄、小集镇建设为辅;流域南部山区采石场较多、经济相对落后,以封山育林,退耕还林,人工造林,坡地改梯地和修建小坝塘、小水池、小水窖以为主,竖井提水、建造农村自用小水电站为辅;流域西部山区地形较陡,宜以封山育林、退耕还林为主,建沼气池、利用太阳能、发展家庭养殖为辅;流域北部山区为水源区,为了保护水源,减少污染,治理应以封山育林、蓄堵暗河以为主,建沼气池、节柴改灶、建卫生厕、利用太阳能、建设乡村道路为辅。

8 结 论

(1)滇池流域石漠化主要分布在望海山、大板

桥—呈贡、黑林铺、海口、梁王山、上蒜6个片区,其总面积为225.56 km²,其中又以中度石漠化为主。

(2)石漠化的发育与分布明显受地貌和碳酸盐岩岩性及其组合关系的影响。纯碳酸盐岩地层区石漠化发生率较高,特别是Z₆d¹地层发生率达91.34%;地形坡度大于25°的山区,在降雨的冲刷作用下容易造成土壤流失和基岩裸露,是发生石漠化的主要地貌区。

(3)流域内的石漠化主要是自然因素、人为因素和工业污染等综合作用的结果,石漠化造成水土流失严重、土壤涵养水源能力降低、生态环境恶化等危害。滇池流域石漠化治理宜通过控制人为活动和工业污染,开展生态修复、农田基本建设、水资源开发利用、农村能源建设、小集镇建设等措施进行综合治理。

参考文献

- [1] 云南省地质矿产局. 云南省岩石地层[M]. 中国地质大学出版社, 2008: 3-4.
- [2] 饶懿, 王丽丽, 赵珂. 西南岩溶山区石漠化成因及其生态恢复对策[J]. 西华师范大学学报(自然科学版), 2004, 25(4): 440-443.
- [3] 王宇, 张贵. 滇东岩溶石山地区石漠化特征及成因[J]. 地球科学进展, 2003, 18(6): 934-938.
- [4] 陈新梅, 张万诚, 段玮, 等. 昆明酸雨特征分析[J]. 云南大学学报(自然科学版), 2009, 31(3): 274-279.
- [5] 王宇, 杨世瑜, 袁道先. 云南岩溶石漠化状况及治理规划要点[J]. 中国岩溶, 2005, 24(3): 207-211.

Analysis on the desert's characteristics in Dianchi watershed

ZHANG Hua, WANG Yu, CHAI Jin-long

(Yunnan geo-environment monitoring institute, kunming, yunnan 650216, China)

Abstract: Dianchi watershed is located in Kunming basin, Yunnan Province. Karst rocky desert is comparatively developed, with 225.56 km² of rocky desert that accounting for about 7.71% of the total area and 32.69% of the karst area in Dianchi watershed. The deserts mainly locate in Wanghaishan, Dabanqiao-Chengong, Heilipu, Haikou, Liangwangshan and Shangsuan etc. Among them, the most serious desertification area is the district in the northeast of Dabanqiao. The desertification has led to detriment as serious soil loss, arable land decrease and soil moisture retention capacity reducing as well as environmental degradation. Through field survey and ETM interpretation, it is found that the desertification is intimately related with natural factors as lithology, karstification, geomorphology and climate, and with human factor, as well as with industrial pollution. To against the genesis of the desertification, the governing measures are put forth, such as ecological restoration, farmland capital construction, water resource exploitation, rural power source construction and small town build as well as reasonable use of land.

Key words: rocky desertification; distribution characteristics; genesis of the desertification; governing measures; Dianchi watershed; Yunnan