

贵州喀斯特石山植被的自然恢复 ——以公路裸岩陡边坡为例

朱克亮

(兴义民族师范学院, 贵州 兴义 562400)

摘 要: 选取贵州喀斯特山区公路建设同一山体不同时段开挖的裸岩陡边坡上的植被自然恢复情况调查; 选取贵州喀斯特山区不同地质背景, 同一时段开挖的裸岩陡边坡上的植被自然恢复情况调查, 对喀斯特地区基础设施建设形成的裸岩陡边坡植被自然恢复及其速率进行讨论。为石漠化地区工程建设开挖的裸岩陡边坡生态恢复治理提供思路, 并对喀斯特石漠化治理具借鉴意义。

关键词: 喀斯特; 裸岩陡边坡; 植被自然恢复; 石漠化治理

中图分类号: Q948, X171.4

文献标识码: A

贵州省分布有面积超过 73% 的碳酸盐岩出露区, 是我国典型的喀斯特山区。由于自然营力以及人类的不合理开发, 许多地方植被破坏, 水土流失严重, 基岩裸露, 土地生产力下降, 形成石漠化^[1-2]。目前, 贵州省轻度以上石漠化面积为 35 920 km², 占国土面积的 20.39%, 此外, 尚有 43 714 km² 的土地有潜在石漠化趋势。贵州石漠化危害的土地已经达到了国土面积的 45.2%^[3]。根据测算, 贵州石漠化面积以每年 0.75% 的速度增加^[3]。石漠化综合治理的对策, 仍是贵州省环境保护和可持续发展的重大问题。

随着西部大开发的进程, 贵州喀斯特石山区进行基础设施建设时, 绝大多数公路和铁路要切开山体通过, 形成多处新鲜的裸岩陡边坡, 这类裸岩高边坡上无土壤无植被, 是石漠化土地中生态环境最为恶劣的类型。

贵州地处西南亚热带季风气候带, 水热丰富, 经调查, 在石质无土的裸岩上也能生长植被, 而且在数十年内多能形成很高的覆闭度, 对生态环境有强大的自然修复能力。本文选择贵(阳)黄(果树)公路及其附近因人工开挖的裸岩高边坡为研究对象, 对

植被自然生长情况及其自然背景等进行了调查, 对石漠化地区工程建设开挖的裸岩陡边坡治理提出一些建设性的意见, 其思路对贵州省喀斯特山区生态重建具有借鉴意义。

1 研究样本

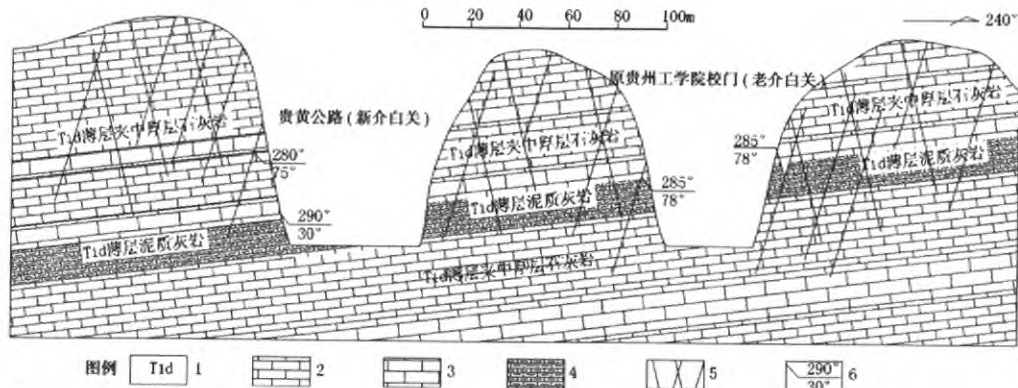
1.1 相同自然条件不同时段人工开挖的裸岩高边坡植被自然恢复调查点

选定老贵黄公路起点及其旁侧公路为研究点。

老贵黄公路修建于 1988 年, 起点(新介白关)炸开山体形成的裸岩高边坡至今 20 多年。其紧邻老贵黄公路起点的是原贵州工学院大门出口(老介白关), 1958 年炸开山体形成的裸岩高边坡至今 50 多年。两个裸岩高边坡丫口相距约 100 m, 为同一山体, 其气候、地层、岩石、地质构造、地貌、水文等自然背景相同(图 1)。两个丫口裸岩高边坡坡面上无人工植树植草, 也未曾出现过自然灾害, 由于时间的差异, 两者相差 30 a, 其坡面上植被截然不同, 其生长情况为研究不同时段喀斯特石山生态恢复自然速率提供了天然的实验室(图 2)。

收稿日期(Received date): 2011-02-17; 改回日期(Accepted): 2011-09-30。

作者简介(Biography): 朱克亮(1971-), 男, 硕士, 从事环境工程地质研究。[Zhu Keliang(1971-), male, master, major in environmental engineering geology study.] Tel: 18985098126, E-mail: sanyelangren@163.com



1. 三叠系下统大冶组, 2. 薄层灰岩, 3. 中厚层石灰岩, 4. 薄层泥质灰岩, 5. 岩石构造及次生节理, 6. 地层及节理产状: 倾向/倾角

图1 贵黄公路起点及其旁侧公路裸岩高边坡剖面略图

Fig. 1 Guihuang highway starting point and the lateral road bare rocky high-slope profile sketch



图2 贵黄公路起点与旁侧老贵州工学院大门丫口
裸岩高边坡植被现状 (拍摄时间: 2004-07)

Fig. 2 Bare rock high slope status in Guihuang highway starting and gate with flanking Guizhou institute of technology. (shooting: July 2004)

1.2 相同时段不同岩性地段人工开挖的裸岩高边坡植被自然恢复调查点

选取的是贵黄高等级公路贵阳至清镇段。该路段距离约 40 km, 共调查了 8 个裸岩高边坡。该路段通过的地层为二叠系下统茅口组、上统龙潭组及吴家坪组, 三叠系下统大冶组、安顺组及中统关岭组及夜郎组; 穿过的岩性有砂页岩、煤系、石灰岩、白云岩、白云质灰岩、泥灰岩、页岩等 (图 3)。贵黄公路修建于 1988 年, 至今 20 余年。此段作为不同基岩岩性在同一时段切开的裸岩高边坡植被自然恢复生长对比研究样本。

1.3 研究方法

选择区域内抽样实测岩性及其组合情况。在 2004~2010 年 7 a 间, 于每年 7 月在同一纬度或同一经度或同一岩性组合实地, 通过样方观测植被状况。

2 研究点及路段自然背景

2.1 自然地理背景

研究地段属于亚热带湿润温和型气候, 冬无严寒, 夏无酷热, 阳光充足, 雨水充沛。年平均气温在 15.3℃ 左右。为黔中高原面上溶丘及峰林盆地地貌。地处长江及珠江分水岭地段, 主要地表水以红枫湖为代表, 为河流上游地区, 河谷宽浅, 水流平缓; 地下水位较低, 一般埋深 10~30 m。境内植被属亚热带常绿阔叶林和常绿落叶混交林及石灰岩植被区, 土壤为黄壤及黑色石灰土。

2.2 地质背景

贵黄公路贵阳至清镇段大地构造为扬子准地台黔北断拱贵阳复杂构造变形区, 公路由东向西北穿过贵阳向斜西翼——朱昌背斜——朱昌向斜。以上褶曲为近南北向, 朱昌背斜核部由二叠系上统龙潭组及吴家坪组组成; 朱昌向斜核部由三叠系中统—下统组成。区内近南北向、北北东向、近东西向多组断层发育。

该路段通过的地层为二叠系下统茅口组、上统龙潭组及吴家坪组, 三叠系下统大冶组、安顺组及中统关岭组及夜郎组; 各地层岩性见图 4; 研究区地层中主要岩石的主要氧化物的百分含量见表 1。

3 植被调查

3.1 相同自然条件不同时段人工开挖的裸岩高边坡植被现状

3.1.1 原贵州工学院大门——老介白关公路丫口

根据观察记录, 老介白关公路丫口裸岩陡坡面,

植物群落总覆盖度达 95% 以上,其森林群落发育良好,该森林群落可明显划分为乔木层、灌木层和草本层三个基本层次。

乔木层覆盖度在 50% 左右,以女贞和洋槐为优势,其他伴生植物有马尾松、光皮桦、构树等,植物多具有耐旱特征,乔木高度多 > 5 m,胸径为 15 ~ 25 cm。灌木层也较茂密,覆盖度可达 40%。优势种是异叶鼠李和月月青,伴生植物有小果蔷薇、红泡刺藤、火棘(红子)、马桑、长叶水麻等,种类十分丰富。草本也十分茂密,覆盖度在 50% 以上。主要有荩草、扁穗雀麦、显子草、皱叶狗尾草和早熟禾等。裸岩上基本上没有土层,植物自然生长以适应无土干

旱的生境。裸岩陡坡面植被经过 50 a 的自然演替和恢复,已基本形成森林(图 5~8)。

3.1.2 贵黄公路入口——新介白关公路丫口

根据观察记录,新介白关公路丫口裸岩陡坡面经 20 a,陡坡植被群落主要有月月青和构树幼树,马桑在坡体下层较为多见,与芒类群落混生。山体中部的陡峭裸岩上可见高度在 50 cm 左右的构树幼树生长,胸径在 0.5 ~ 1 cm 间,经过 2 a 左右多次调查,每年实际增长高度在 10 ~ 20 cm。新介白关坡壁上明显表现出植被次生演替的初级阶段特征:裸岩表层多处为地衣覆盖,之后部分表层被苔藓逐渐生长覆盖,形成厚度约 2 ~ 3 cm 的苔藓层,苔藓层上

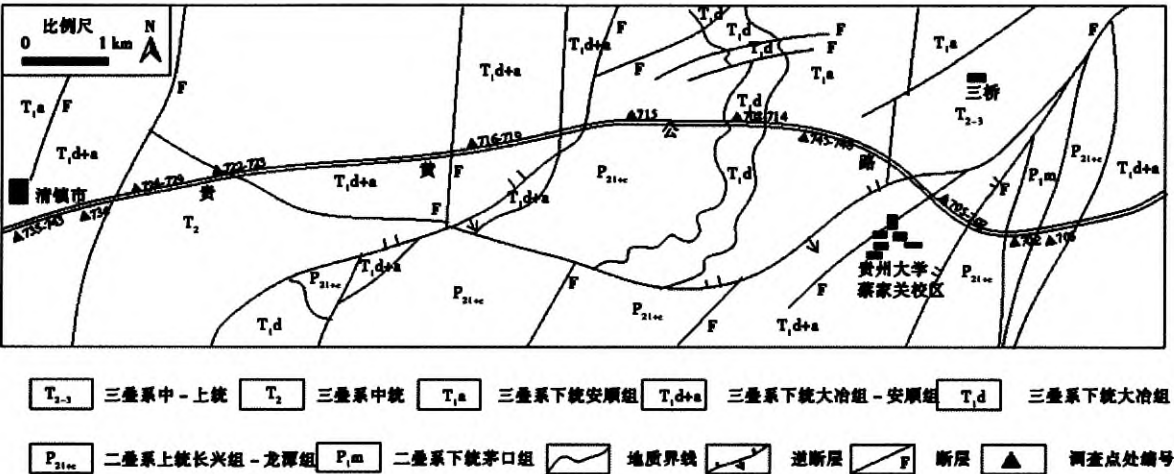


图 3 贵黄公路贵阳-清镇段裸岩高边坡调查点位置及地质简图

Fig. 3 Locations and geological sketch of Guiyang-Qingzhen section of Guihuang highway bare rock high-slope investigation point

| 系 | 统 | 组 | 符号 | 柱状图 | 厚度 /m | 岩 性 | 分布路段 |
|-------|-----|---------|-----------------|-----|-------|--|----------------|
| 三 叠 系 | 中 统 | 红 枫 亚 组 | T ₂ | | 250 ± | 灰黄色中厚层泥质白云岩夹薄层灰岩 | 清 镇 |
| | | 安 顺 组 | T _{1a} | | 494 ± | 灰白色中厚层泥质白云岩、灰质白云岩夹薄层白云岩 浅灰色厚层石灰岩中部夹紫红色薄层白层质灰岩 | 嵩 芝 清 镇 |
| | 下 统 | 大 冶 组 | T _{1d} | | 289 | 灰色片状、板状灰岩及中厚层灰岩,灰色薄层板状泥灰岩夹页岩 | 介 白 关 毛 栗 山 |
| 二 叠 系 | 上 统 | 长 兴 组 | P _{2c} | | 200 ± | 中厚层灰岩、燧石灰岩、泥灰岩、硅质岩夹砂质页岩 | 野 猫 井 - 五 甲 冲 |
| | | 龙 潭 组 | P _{2l} | | 100 | 泥岩、页岩、泥灰岩、燧石砂岩夹煤层 | 翁 井 |
| | 下 统 | 茅 口 组 | P _{1m} | | 190 | 厚层块状灰岩 | 五 甲 冲 加 油 站 |

图 4 研究区地层柱状图

Fig. 4 Strata in the study area histogram

表 1 研究区地层主要岩石的主要氧化物的百分含量

Table 1 Percentage content of the main oxide of main rock in the study area

| 样号 | 地层 | 岩性 | CaO | MgO | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ |
|-------|------|---------|---------------|-------------|------------------|--------------------------------|
| Z05 | 下三叠统 | 薄层灰岩 | 46.01 | 1.92 | 2.15 | 0.48 |
| Z07 | | 泥灰岩 | 22.77 | 9.72 | 8.52 | 6.64 |
| Z11-1 | | 含砂质灰岩 | 42.80 | 3.29 | 8.72 | 0.79 |
| Z11-2 | | 薄层灰岩 | 49.76 | 0.98 | 1.20 | 0.33 |
| Z12 | | 薄层白云岩 | 31.80 | 12.57 | 0.13 | 0.04 |
| Z04 | 下三叠统 | 灰质白云岩 | 31.51 | 12.80 | 0.55 | 0.11 |
| Z06 | | 砂质白云质灰岩 | 42.56 | 7.53 | 6.07 | 0.47 |
| Z10 | | 白云岩 | 30.49 | 21.05 | 0.64 | 0.25 |
| Z01 | 上二叠统 | 白云质灰岩 | 35.71 | 7.68 | 0.75 | 0.03 |
| Z02-1 | | 含泥质粉砂岩 | 0.90 | 0.84 | 18.47 | 10.09 |
| Z02-2 | | 含泥质砂岩 | 0.94 | 0.96 | 21.25 | 9.40 |
| Z03 | 上二叠统 | 厚层块状灰岩 | 50.77 ~ 53.56 | 0.91 ~ 2.99 | 0.07 ~ 0.28 | 0.26 ~ 0.49 |

常可见到荇草等禾本草类生长。在较大的岩石裂隙中,由于雨水冲刷和风力吹动而带来的土壤被积累下来为构树等灌木的生长提供了条件,所以在 20 a 坡面零散分布着高度在 1 m 以下的耐干旱的构树和适应石灰岩中生长的月月青幼树(图 9 ~ 12)。植被总覆盖度在 20% 左右。

3.2 相同时段不同岩性地段人工开挖的裸岩高边坡植被现状

下二叠统茅口组厚层块状灰岩山体开挖陡坡面上,植被覆盖率 < 10%,仅有杂草及零星小灌木(图 13),是植被自然恢复最慢的地段。下三叠统安顺组白云质灰岩沿岩层层面及裂隙均有灌木、草本生长,植被覆盖率 20%(图 14);下三叠统大冶组薄层灰岩夹泥质灰岩沿岩层层面及裂隙均有乔木、灌木、草本生长,并沿裂隙有土壤形成,植被覆盖率 > 25%(图 15);下三叠统大冶组薄层泥灰岩段岩层层面上草本生长良好,植被覆盖率 > 25%(图 16)。调查结果统计于表 2 中。

4 喀斯特石漠化山区植被自然恢复的讨论

4.1 碳酸盐岩山区成土困难,但植被可以恢复

土壤中绝大多数矿物成分是 Al 和 Si,而纯碳酸盐岩主要成分是 Ca 和 Mg(见表 1),则石灰岩区形成 1 cm 厚的风化土层大约需要 $2\,500 \sim 7\,000\text{ a}^{[4]}$;

形成 1 m 厚的土层需要 $8.3 \sim 25 \times 10^4\text{ a}^{[5]}$,在含方解石 90% 石灰岩区形成 1 m 厚土层需 $50 \times 10^4\text{ a}^{[6]}$ 等。如果考虑到残积土层形成过程中的自然剥蚀量,能堆积下来的残积土可能更少。据报导,贵州全省喀斯特区的主要河流平均年输沙总量达 $5\,700 \times 10^4\text{ t}$ (相当于 $326\text{ t}/(\text{a} \cdot \text{km}^2)$),每年流失的成土物质总量等于 60 a 的生成量^[7]。所以,考虑自然剥蚀量,仅靠碳酸盐岩石风化成土,是很难成为连片土坡的。公路等基础建设开山形成的裸岩高边坡成土更不可能。

从新老介白关生态个例的调查,反映了在无任何人种植和破坏的情况下,碳酸盐岩石山开挖的人工陡边坡,实属顶级石漠化地段,未经过人工绿化,也未遭人畜干扰,经过 50 a 自然恢复,植被覆盖率从最初的裸岩到现在的 100% 覆盖。新介白关丫口从 1988 年开凿到现在,20 余年时间由于植物次生演替的初级阶段往往比较漫长,所以植被恢复缓慢,覆盖度从裸岩到 > 20% 覆盖度。

为什么裸岩上植被能自然恢复呢?贵州省有优越的适合植物生长的气候条件,总的特点是雨水丰沛,光-热-水年变同步,植物生长的夏半年光-热-水构成最佳匹配,蒸发量小;冬暖夏凉,越冬条件好,植物生长季节长。碳酸盐岩裸露岩石的最大特点是有厚薄不等的多个岩层层面及发育的节理,岩石表面沟缝纵横交错,它们在雨季可以短期或临时存水,天然提供了“无土栽培”的条件,使停留的外来



图5 乔木、灌木及杂草丛生在陡坡裸岩上
Fig. 5 Steep slopes on growth of trees, strubs and weeds



图6 乔木、灌木扎根在陡坡裸岩上
Fig. 6 Trees and shrubs root in the steep



图7 乔木、灌木及杂草丛生在陡坡裸岩上植被覆盖率 95%
Fig. 7 Steep slopes of vegetation coverage 95%



图8 草木扎根在陡坡裸岩上
Fig. 8 Grass roots the steep slopes



图9 陡岩石缝中的构树及杂草
Fig. 9 Steep rock cveices of trees and grass



图10 陡岩石缝中的构树及灌木、杂草
Fig. 10 Steep rock crevices of shrubs and grass



图11 陡岩石缝中的构树及蕨草
Fig. 11 Steep rock crevices of trees and ferns



图12 陡岩石窝中的构树及杂草
Fig. 12 Steep rock pits of trees and grass

表 2 贵黄公路贵阳至清镇段不同岩石段植被自然恢复状况对比

Table 2 Guihuang highway Guiyang – Qingzhen natural recovery of vegetation in different rock conditions contrast paragraph

| 地层 | 岩石组合 | 植被现状 | 植被覆盖率(%) | 植被主要生长位置 |
|-------------------------------------|-----------------------|--|----------|----------------------------------|
| 下三叠统安顺组(T ₁ a) | 中厚层细粒白云质灰岩夹薄层泥质白云岩 | 零星乔木,高 1 ~ 1.2 m,胸径 10 cm; 灌丛高 8 ~ 45 cm,杂草,偶见藤,低处偶见地衣 | 20 ± | 泥质白云岩与白云岩互层的层面上及垂直或陡倾角裂隙与层面裂隙交汇处 |
| 下三叠统大冶组(T ₁ d) | 薄层及中厚层、板状灰岩、泥灰岩、泥质白云岩 | 少许乔木,高 1.5 ~ 2.1 m,胸径 20 cm;灌丛高 10 ~ 65 cm,杂草多,藤、地衣少许 | 25 ± | 层面裂隙为主,植物多顺层生长;层面裂隙与垂直层面裂隙交汇处 |
| 上二叠统龙潭组 ~ 长兴组(P ₂ l - c) | 砂页岩、粉砂岩、炭质页岩、煤层及燧石灰岩 | 乔木高达 4.2 m,胸径 > 20 cm;灌丛、杂草等多 | 80 ~ 90 | 覆于岩石强风化坡面上及岩石风化土上 |
| 下二叠统茅组(P ₁ m) | 厚层石灰岩 | 个别乔木,高 30 cm,胸径 < 3 cm;少许灌木,草木,未见藤,少许苔藓 | < 10 | 岩石裂隙中 |



图 13 厚层块状灰岩陡坡面上,植被覆盖率 < 10%

Fig. 13 Steep limestone vegetation coverage < 10%



图 14 白云质灰岩层面及其裂隙发育处生长的小灌木和杂草

Fig. 14 Shrubs and grass at bedding planes and cracks of dolomitic limestone



图 15 沿薄层灰岩及泥质灰岩层面及垂直层面的裂隙交汇处生长的乔木及杂草,乔木高达 2 m

Fig. 15 Junction of cracks up to 8 m tree



图 16 在大冶组泥灰岩层面上草木覆盖率较高

Fig. 16 Mud-limestone bedding planes of a high rate of grass

种源得以着生,逐渐长出草本和木本幼树^[1]。组成石灰岩的方解石在湿润气候条件下是活性矿物,易溶解;地表渗入岩石裂隙中的水富含氧及重碳酸根,可促使方解石进一步溶解;植物生长产生的有机酸能促使方解石溶解,这就类似土壤层的积累,增加了高边坡上的水分滞留量,也逐渐改善了着生植株的立地条件,并使岩石裂缝不断扩大。植物根系生长物理作用使基岩裂隙扩大,植物生长与基岩裂隙扩容扩张同步,使根系能紧紧与基岩结合,保证了乔木在石缝中的生存条件。植物数量增加也提高了干旱坡面的湿度,在风化岩石的表面便有了地衣植物着生,随后苔藓开始慢慢覆盖裸岩上的风化层,地衣、苔藓的出现又进一步为维管束植物的生长保留了养分和水分。这种渐次的演替使无土光秃的裸岩上森林浓郁如盖成为可能。

4.2 不同碳酸盐岩裸岩断面上植被恢复有一定差异

1. 贵黄公路同一时段开挖的公路断面,植被覆盖率从高到低为:砂页岩、粉砂岩与燧石灰岩互层段→薄层灰岩、泥灰岩、泥质白云岩互层段→厚层白云岩夹薄层泥质白云岩段→厚层纯灰岩段。

2. 不同岩石上,植被自然恢复速率差异极大,即砂页岩、煤系地层夹少量碳酸盐岩岩石地段,生态破坏后在20 a内植被可望恢复;碳酸盐岩组合全裸岩区,20 a内植被恢复20%左右,即纯碳酸盐岩段植被自然恢复难度较大。

3. 碳酸盐岩中泥灰岩、碎屑岩夹层越多,植被恢复的可能性越大。

4. 碳酸盐岩的结构构造对植被自然恢复影响较大,尤其是层理的影响明显,薄层岩石较厚层的岩石更易产生层面的裂隙,多是植物生长地方。

5. 工程建设造成的岩石裂隙发育程度也直接影响植物自然恢复,次生裂隙发育对生态恢复有利。

4.3 在基础建设中碳酸盐岩裸岩陡坡的护坡处理及应用讨论

贵州喀斯特石山区进行基础设施建设时,绝大多数公路和铁路要切开山体通过,在碳酸盐岩山体中开切的大多数为陡边坡,一般坡度角 $>60^{\circ}$,并使基岩全裸露。在工程建设中常采用大量的浆砌片石护坡、喷射混凝土护坡和人工种植植被护坡的方法进行护坡。目的—是防治水土流失和滑坡的发生,二是迅速使沿途景观和谐、美观。分析目前护坡采取的方法,其缺点在于对环境的破坏性大,经浆砌片

石和喷射混凝土后的坡面会寸草不生,形成了周边生物群落间的隔离地带,阻碍了当地植被的自然恢复,对生态环境造成的破坏是不可逆的。影响工程沿线整体景观效果。当前植被护坡技术已经被广泛应用到公路、铁路、库岸、自然边坡等工程的防护与生态保护中。植被护坡利用植被涵水固土的原理稳定岩土边坡,同时美化环境。但实际应用中边坡工程植被常出现“一季绿,二季黄,三季四季全死光”的现象^[8],影响了工程植被护坡的效果,这在贵阳市周边公路多处可见。介白关的植被恢复实例说明,在无人为干扰的情况下,完全依靠自然植被的次生演替恢复而达到植被覆盖度100%的效果。在贵州的气候条件和喀斯特环境下,乔木在裸岩上长势良好,在50 a的时间内,坡体断面上生长的乔木胸径可达25 cm,根系异常发达,直插岩石裂隙深处,牢牢生长在岩体上。通过对介白关植被演替速率和规律的研究,我认为,在将来的贵州工程护坡建设中可遵循当地植被的演替趋势,并人为加以诱导,如人为栽种适宜贵州气候、土壤、岩石等外界条件的演替先锋物种,喜钙性、旱生性和岩生性植物。维护费用相当低廉,无论从经济角度还是实用性角度都优越。只有遵循自然规律,才能够更好的利用自然资源,保护自然资源,实现经济与自然环境的协调和可持续发展。

4.4 对石漠化治理的一些启发

喀斯特石漠化治理最核心的问题是提高植被的覆盖率。在治理中多采用退耕还林、人工种植和封山育林的方法促进石漠化区植被的恢复。1958年老介白关公路建设时形成的裸岩高边坡与贵州省石漠化裸岩地的最大不同点是坡面上出露的全是新鲜岩石和没有残存土壤,在边坡上也没有树根等植物种源,是石漠化土地的一种极端情况。而事实证明在无人为干扰,无人破坏植被生境,砍伐植物的情况下,植被可在较短的一个时间段内(相对植物生境生长周期),覆盖度从0恢复到100%。

本文提供了一个顶级石漠化研究点——碳酸盐岩全裸陡坡面,植被经过自然顺向演替,在贵州的气候条件下,生长速率较快,在50 a内完全恢复的实例。这一认识,可以增加贵州省治理石漠化的信心,对治理石漠化的规划和方案制定,提供有益的启发。

5 结论

选取的调查研究样本为公路建设开山形成的碳

酸盐岩基岩全裸的陡边坡,应属喀斯特石漠化顶级地段;选取的调查研究样本包括了贵州省出露的碳酸盐岩主要类型,有厚层、中厚层、薄层的石灰岩、白云质灰岩、灰质白云岩、白云岩、泥质灰岩等,具有一定的代表性。它们共同揭示了在贵州省有优越的适合植物生长的气候条件,即具有天然植物无土生长的条件,在无人干扰、无人工种植的情况下,植物靠飞籽等能在裸岩上作根且生长速率较快。经过自然顺向演替,在 50 a 内渐次使无土光秃的裸岩上森林浓郁如盖成为可能,并与周边生态环境基本一致。这为山区基础性工程建设开山形成的裸岩高边坡的生态环境治理,提供了一些思路及方法;并对我国西南喀斯特山区治理石漠化的规划和方案制定,提供了有益的启发。

参考文献 (References)

- [1] Zhang Zhuru, Li Yan. A preliminary study of environmental rehabilitation in the karst rocky desertification regions of Guizhou province——spired from Qianling Mountain[J]. *Carsologica Sinica*, 2001, 20(4): 310–314 [张竹如, 李燕. 贵州岩溶石漠化地区生态环境恢复的初步研究——贵阳黔灵山的启示[J]. *中国岩溶*, 2001, 20(4): 310–314]
- [2] Wang Shijie. Concept deduction and its connotation of karst rocky desertification[J]. *Carsologica Sinica*, 2002, 21(2): 101–105 [王世杰. 喀斯特石漠化概念演绎及其科学内涵的探讨[J]. *中国岩溶*, 2002, 21(2): 101–105]
- [3] Jiang Xinglong, Huang Hai, Zhang Mingzhen. The present situation and prevention strategy of stone desert in Guizhou[J]. *Science and Technology of West China*, 2009, 164(3): 52–54 [江兴龙, 黄海, 张明珍. 贵州石漠化现状与防治对策探讨[J]. *中国西部科技*, 2009, 164(3): 52–54]
- [4] Zhu Yunfeng, Xia Riyun. Karst areas in the causes of poverty and comprehensive management[G]//Geological Society of karst mountain areas of China Resources, Environment and Sustainable Development Conference, 1998: 19–23 [朱远峰, 夏日元. 岩溶区的贫困原因与综合治理模式[G]//中国地质学会岩溶石山地区资源、环境与可持续发展研讨会, 1998: 19–23]
- [5] Li Po. The discussion on the environmental variation by excessive exploitation of land resource in karst area[J]. *Guizhou Science*, 1996, 14(3): 27–33 [李坡. 喀斯特地区过度开发土地资源的环境变异[J]. *贵州科学*, 1996, 14(3): 27–33]
- [6] Wang Anxiang. A superficial analysis of the damage to the soil resources in Guizhou caused by the geological disasters of soil erosion and landslide, etc[J]. *Guizhou Geology*. 1991, 26(1): 72–76 [王安祥. 贵州地质灾害对土壤资源的影响[J]. *贵州地质*, 1991, 26(1): 72–76]
- [7] Department of Water Resources of Guizhou Province, Guizhou Water Resources Bulletin(2002)[R]. 2003: 8–15 [贵州省水利厅. 贵州水资源公报(2002)[R]. 2003: 8–15]
- [8] Feng Junde. Research on evolution regularity of vegetation in rocky slope engineering[J]. *Railway Investigation and Surveying*, 2007, 3: 5–8 [冯俊德. 岩石边坡植被演替规律研究[J]. *铁道勘察*, 2007, 3: 5–8]

Vegetation Natural Recovery in Guizhou Karst Area

——A Case Study by Highway Rocky Slope

ZHU Kelian

(Xingyi Normal University for Nationalities, Xingyi 562400, China)

Abstract: By surveying the present situation of natural rehabilitation of various vegetations in the Guihuang highway rocky slopes around Guiyang in Guizhou Karst area, combining with stratigraphy and rock assemblages in rocky slopes, vegetation natural recovery in Karst area is discussed. It is proposed that the ability of vegetation natural recovery and its rate which provide views on rocky desert management in Guizhou Karst area.

Key words: karst area; vegetation natural recovery; rocky desert

贵州喀斯特石山植被的自然恢复——以公路裸岩陡边坡为例

作者: 朱克亮, [ZHU Kelian](#)
作者单位: 兴义民族师范学院, 贵州兴义, 562400
刊名: [山地学报](#) [ISTIC](#) [PKU](#)
英文刊名: [Journal of Mountain Science](#)
年, 卷(期): 2011, 29(6)
被引用次数: 1次

参考文献(8条)

1. 张竹如;李燕 贵州岩溶石漠化地区生态环境恢复的初步研究—贵阳黔灵山的启示[期刊论文]-[中国岩溶](#) 2001(04)
2. 王世杰 喀斯特石漠化概念演绎及其科学内涵的探讨[期刊论文]-[中国岩溶](#) 2002(02)
3. 江兴龙;黄海;张明珍 贵州石漠化现状与防治对策探讨[期刊论文]-[中国西部科技](#) 2009(03)
4. 朱远峰;夏日元 岩溶区的贫困原因与综合治理模式 1998
5. 李坡 喀斯特地区过度开发土地资源的环境变异 1996(03)
6. 王安祥 贵州地质灾害对土壤资源的影响[期刊论文]-[贵州地质](#) 1991(01)
7. 贵州省水利厅 [贵州水资源公报](#) 2002
8. 冯俊德 [岩石边坡植被演替规律研究](#) 2007

引证文献(1条)

1. 李鹤. 李洪青. 张晓龙. 安明态. 严令斌 贵阳环城高速公路边坡草被组成及多样性分析[期刊论文]-[安徽农业科学](#) 2012(36)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_sdx201106011.aspx