

高速公路植物措施保土效益初探\*

——以云南省安宁至楚雄段为例

张红丽<sup>1</sup>, 张洪江<sup>1</sup>, 江玉林<sup>2</sup>, 陈宗伟<sup>2</sup>, 陈学平<sup>2</sup>, 程金花<sup>1</sup>

(1. 北京林业大学, 北京 100083; 2. 交通部科学研究院, 北京 100029)

**摘 要:**以云南省安宁至楚雄段高速公路为对象,初步研究该段公路边坡和弃土场的水土流失现状和植物防治措施种类及其布局。结果表明在公路边坡宜采用草灌混播方式,弃土场则在削坡升级和修建挡渣墙的前提下,种植坡柳或迎春花。通过在典型地段采用综合调查获取的数据分析研究,植物盖度在 70% 以上的公路边坡,基本上无鳞片状面蚀发生。在弃土场,由于坡面与堆渣体植被退化严重,发生不同程度的面蚀与沟蚀。经现场量测,其土壤侵蚀量为 8 090.4 t/km<sup>2</sup>(3 a 时间),土壤侵蚀模数为 2 696.8 t/(km<sup>2</sup>·a)。高速公路两侧采取植物措施后既可防治水土流失,又可美化道路环境,保障行车安全。

**关键词:**高速公路; 植物措施; 土壤侵蚀; 弃土场

中图分类号: S157; U412.366      文献标识码: A      文章编号: 1005-3409(2008)01-0190-03

Benefit of Soil Conservation Plant Measures of the Highway

—Taking Highway from Anning to Chuxiong, Yunnan

ZHANG Hong-li<sup>1</sup>, ZHANG Hong-jiang<sup>1</sup>, JIANG Yu-lin<sup>2</sup>,  
CHEN Zong-wei<sup>2</sup>, CHEN Xue-ping<sup>2</sup>, CHENG Jin-hua<sup>1</sup>

(1. Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;  
2. China Academy of Transportation Sciences, Beijing 100029, China)

**Abstract:**Based on Yunnan Anchu highway, the situation of the soil and water loss in the highway's slope and spoil disposal area was analyzed, also the kinds and the layout of the soil conservation measures were studied. The results showed that it was better to adopt herbage and ligneous plant inseedinated in the highway's slope, and in spoil disposal area the main protection measure is planting *Dononaea viscosa* or *Jasminum nudiflorum*, based on terrace, drainages and slag dam. Using the data of complete survey located in the typical area, in the highway's slope, the plant degree of coverage is all above 70 percent, without lepidosome erosion basically; in the spoil disposal area, because of the serious degradation of highway's slope and slag, there has come into being slope erosion and gully erosion, the soil and water loss is serious. With the measures in locale, the erosion amount is 8 090.4 t/km<sup>2</sup>(in three years), therefore the average erosion module is 2 696.8 t/(km<sup>2</sup>·a). Adopting plant measures in the highway's slope does not only prevent soil and water loss but also beautify road environment and ensure driving safely.

**Key words:** highway; plant measures; soil erosion; spoil disposal area

高速公路建设在改善交通条件的同时,对沿线环境也造成了一定的影响,施工期间高速公路建设对其周边环境的影响更为显著。研究高速公路建设所引起的土壤侵蚀现状及规律,对于改善和绿化美化高速公路环境,充分发挥公路效益等方面具有重要的实用价值。

1 研究区自然条件

1.1 地形地貌

所研究的安宁—楚雄段高速公路位于滇中高原中部,属金沙江水系与红河水系分水岭地带,路线海拔为 1 310~2 270 m,地形复杂,切割变化较大,以构造剥蚀、溶蚀地貌为主,深受构造控制,属高原构造侵蚀中、低中山地貌。东部间有构造溶蚀岩溶地貌,山体走向与构造线基本一致。地势总

体上具有中部高,东、西两侧低的特点。土壤以红壤和棕红壤为主。

1.2 气候与植物

研究地区位于东经 101°30′—102°31′,北纬 24°57′—25°08′,属中亚热带高原季风气候,具有季节变化不明显、垂直变化明显的特征,年温差小,日温差大,干湿季节分明。沿线区域年平均气温 14.8~17.1℃,最热月为 7 月,极端最高气温 34.2℃,月平均气温 20~22℃;最冷月为 1 月,极端最低气温 -7℃,月平均气温 7~9℃。受地形影响,具有立体气候特点,昼夜和垂直气温变化显著。降水量偏少,冬春干燥,多年平均降水量为 829.4~908.1 mm。雨季(5—10 月)降水占全年降水量的 86%~93%。年蒸发量 1 959.6~

\* 收稿日期: 2006-09-29  
基金项目: 交通部西部交通科技项目“公路路域生态工程技术研究(20033182233)”的部分研究内容  
作者简介: 张红丽(1982—),女,硕士,主要从事水土保持研究。  
通信作者: 张洪江(1954—),男,教授,博士生导师,主要从事土壤侵蚀与流域管理。

2 031.1 mm, 平均相对湿度 71% ~ 75%。10 a 一遇降雨强度为81.25 mm/h, 平均风速为 1.63 m/s, 最大风速为 23.3 m/s, 无霜期 221~ 275 d。

研究沿线主要树种为云南松(*Pinus yunnanensis*)、旱冬瓜(*Alnus nepalensis*) 和 黄 毛 青 冈(*Cyclobalanopsis delavayi*) 等。主要灌木种为紫茎泽兰(*Eupatorium adenophorum*)、大白花杜鹃(*Rhododendron decorum*)、白三叶(*T. Repens*)、多花木兰(*Indigofera amblyantha*)和高羊茅(*Festuca arundinacea*) 等。主要林分为常绿阔叶次生林、落叶阔叶林、竹林和农作物。另有少量国家三级保护植物翠柏(*Calocedrus macrolepis*)。

2 植物措施配置及其水土保持效果

为控制土壤侵蚀, 保护路基边坡, 在采用工程措施的同时, 结合植物措施可收到更好的效果。植物根系对土壤可起到网结和桩固作用, 增加土壤的抗拉强度和抗剪强度。植被可以保护土壤避免直接遭受雨滴击溅, 降低雨滴的侵蚀能力。因此, 植物措施对于防治高速公路路基边坡土壤侵蚀起着重要作用。

表 1 边坡植物措施物种组成

植物类型	植物盖度/ %	植物组成
白三叶型	70	弯叶画眉草( <i>Eragrostis curvula</i> ) 占 20%, 白三叶占 40%, 紫花苜蓿( <i>Medicago sativa</i> ) 约占 5%, 多花木兰仅有 3 株, 波斯菊( <i>Codiaeum variegatum</i> )、紫茎泽兰约占 5%, 坡柳的栽植密度为 8 株/m <sup>2</sup>
		弯叶画眉草占 60%, 白三叶占 10%, 东非狼尾草( <i>Paspalum notatum</i> ) 占 10%, 蒿( <i>Meconopsis impedita</i> Prain) 占 5%, 狗尾草( <i>Miscanthus sinensis</i> Anderss) 占 5%, 多花木兰占 10%, 栽植密度为 4.5 株/m <sup>2</sup>
画眉草型	≥90	弯叶画眉草占 50%, 白三叶占 20%, 蒿占 10%, 紫花苜蓿约占 5%, 多木兰占 10%, 测量其植株高度为 1.3、0.9、1.1 m; 东非狼尾草, 胡枝子( <i>Lespedeza bicolor</i> ) 在 2.25 m <sup>2</sup> 内有一株, 其高度为 1.3 m; 刺天茄( <i>Solanum indicum</i> ) 1 株, 迎春花( <i>Jasminum nudiflorum</i> ) 约占 5%, 测其高度为 0.5、0.6、0.7、0.4 m
画眉草与白三叶型	≥90	弯叶画眉草占 60%, 白三叶占 10%, 狗尾草占 20%, 东非狼尾草占 10%, 多花木兰的栽植密度为 1.8 株/m <sup>2</sup>

2.1 公路植物措施种类

目前, 我国高速公路常用的植物措施种类有人工种草、平铺草皮、液压喷播植草、土工网格植草、蜂巢式网格植草、客土植生植物、喷混植生植物等。其中人工种草和平铺草皮由于草籽播撒不均匀, 草籽易被雨水冲走, 草皮来源紧张等原因, 往往达不到满意的边坡防护效果, 近年应用较少。而液压喷播植草、土工网格植草、蜂巢式网格植草、客土植生植物、喷混植生植物等措施, 由于施工方便, 植物适应性强, 防护效果好, 养护成本低等优点, 已广泛在公路土壤侵蚀防治

当中使用。另外, 植物措施防护的成功与否与植物种选择密切相关。在所调查研究范围选择冷、暖季搭配和休眠期短的草种效果较好, 如冷季型的高羊茅、白三叶等, 暖季型有狗牙根(*Cyndon dactylon*)、画眉草(*Eragrostis pilosa*) 等; 灌木选择迎春(*Jasminum nudiflorum*)、坡柳(*Dononaea viscosa*) 等较好。

2.2 边坡植物措施配置与土壤侵蚀

所研究的边坡多为土石挖方边坡, 调查研究公路边坡植物生长情况, 以探讨在不同植物覆盖条件下的土壤侵蚀规律。一般情况下, 当边坡坡比不大于 1: 1, 其高度大于 10 m 时, 可采用分级综合植物防护措施, 即在框架梁内种植植物, 框架梁形式和材料应根据当地具体情况而定, 通常可采用六边形、菱形、方格形或拱形水泥框架现场浇注件或水泥预制件。在实际中, 多数边坡的工程防护措施下部为浆砌石挡墙, 上部为水泥人字形防护, 在框架梁格内种植植物。在研究范围内公路边坡植物主要有 4 种类型(表 1)。

一般情况下地表有植物生长, 但覆盖率较低时, 其土壤侵蚀形式多为鳞片状面蚀, 常将鳞片状面蚀程度划分为 4 级(表 2)。经现场调查分析, 在研究范围内公路边坡植物盖度均在 70% 以上, 基本上无鳞片状面蚀发生。

表 2 地表植物生长状况与鳞片状面蚀程度关系

级别	面蚀程度	地表植物生长状况
1 级	无鳞片状面蚀	地面植物生长良好, 分布均匀, 一般覆盖率大于 70%
	弱度	地面植物生长一般, 分布不均匀, 可以看出“羊道”, 但土壤尚能连接成片, 鳞片部分土壤较为
2 级	鳞片状面蚀	坚实, 覆盖率为 50% ~ 70%
	中度	地面植物生长较差, 分布不均匀, 鳞片状部分
3 级	鳞片状面蚀	因面蚀已明显凹下, 鳞片间部分土壤和植物丛
	强度	尚好, 覆盖率为 30% ~ 50%
4 级	鳞片状面蚀	地面植物生长极差, 分布不均匀, 鳞片状部分
		已扩大连片, 而鳞片间土地反而缩小成斑点状, 覆盖率小于 30%

2.3 弃土场植物措施配置与土壤侵蚀

所研究的弃土场位于安楚高速公路 K47+ 100 处, 为土石质堆渣体, 其边坡坡度 28°, 植物盖度为 80%, 其中白三叶占 60%, 蒿占 20%, 高羊茅占 20%; 堆渣体顶部坡度为 11.8°, 植被总盖度为 40%, 其中蒿占 30%, 高羊茅、狗牙根、接骨木(*Sambucus willamsii*) 少量, 其长势良好, 在堆渣体顶部有部分农民种植的花椒树。

在该弃土场采取土壤样品, 测定其土壤容重为 1.65 g/cm<sup>3</sup>(环刀法)。在堆渣体选定 20 个样点, 分别测定其土壤流失厚度, 计算得其平均土壤流失厚度为 0.5 cm, 量测堆渣体表面积为 160 m<sup>2</sup>, 计算得到其土壤流失量为 1.32 t, 相当于 3 a 间土壤侵蚀量为 8 250 t/km<sup>2</sup>, 土壤侵蚀模数为 2 750 t/(km<sup>2</sup> · a)。

在弃土场南部边坡分为上下两台, 下台中部坡度为 25°, 两侧坡度为 27.5°, 坡面面积为 360 m<sup>2</sup>, 植物总盖度 60%, 其中高羊茅占 40%、白三叶占 20%、蒿占 20%, 由于地表径流冲刷, 该边坡出现侵蚀沟, 计算得出 3 a 土壤侵蚀量为 9 250 t/km<sup>2</sup>, 土壤侵蚀模数为 3 083.3 t/(km<sup>2</sup> · a)(表 3)。

表 3 南坡下台土壤侵蚀情况

侵蚀沟序号	1	2	3	4	5	6	7	8	总计
平均宽/m	0.23	0.30	0.25	0.17	0.13	0.24	0.16	0.20	1.48
平均深/m	0.07	0.12	0.06	0.11	0.09	0.12	0.08	0.08	0.59
长度/m	13.0	15.0	15.0	10.0	13.0	12.0	9.0	6.0	93.0
沟蚀量/t	0.35	0.89	0.37	0.31	0.25	0.57	0.43	0.16	3.33

在南坡上台依坡度可再分为 2 部分,分别为缓坡和陡坡,缓坡堆渣体坡度为 17.5°,坡面面积为 189 m<sup>2</sup>,总盖度为 60%,其中高羊茅占 50%,蒿类占 10%。在坡面存在沟蚀,计算得出 3 a 土壤侵蚀量为 7 354.5 t/km<sup>2</sup>,土壤侵蚀模数为 2 451.5 t/(km<sup>2</sup>·a)(表 4)。

陡坡堆渣体坡度为 22.5°,坡面面积为 88 m<sup>2</sup>,总盖度为

60%,其中高羊茅占 50%,蒿占 10%。坡面出现沟蚀,计算得出 3 a 土壤侵蚀量为 7 727.3 t/km<sup>2</sup>,土壤侵蚀模数为 2 575.8 t/(km<sup>2</sup>·a)(表 5)。在该坡面同时出现面蚀,经调查,平均土壤流失厚度为 0.003 m,计算得出该坡面面蚀量为 0.44 t,相当于 3 a 土壤侵蚀量为 5 000 t/km<sup>2</sup>,土壤侵蚀模数为 1 666.7 t/(km<sup>2</sup>·a)。

表 4 南坡上台缓坡土壤侵蚀情况

侵蚀沟序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	总计
平均宽/m	0.15	0.12	0.10	0.17	0.18	0.13	0.20	0.16	0.10	0.15
平均深/m	0.06	0.08	0.07	0.09	0.14	0.10	0.05	0.06	0.08	0.08
长度/m	9.0	7.0	8.0	6.0	9.0	8.0	9.0	7.0	8.0	71.0
沟蚀量/t	0.13	0.11	0.09	0.15	0.37	0.17	0.15	0.11	0.11	1.39

表 5 南坡上台陡坡土壤侵蚀情况

侵蚀沟序号	1	2	3	总计
平均宽/m	0.15	0.13	0.30	0.58
平均深/m	0.10	0.16	0.06	0.32
长度/m	7.0	8.0	8.0	23.0
沟蚀量/t	0.17	0.27	0.24	0.68

2.4 植物措施效果

2.4.1 边坡植物措施防护效果

采用灌草结合进行公路边坡防护可收到较好的效果。草本生长快,可起到先期对边坡的防护作用。灌木根较发达,可增加土体的固着力和抗蚀能力,且在当地四季常绿,生命周期长,克服了草本容易退化的弱点。

通过对云南高速公路边坡实施的植物防护措施分析,选择乡土植物种,适当搭配适合本地的外来物种,利用不同植物种对光照、水分、养分需求的不同,进行植物种配置。经调查,狗牙根、紫花苜蓿、弯叶画眉草、大翼豆(*Macrop tilium atrop urp ureum*)、多花木兰、白三叶、迎春花和东非狼尾草在当地生长情况较好,适于本地气候,可在边坡植物防护中广泛使用。分析 2004 年 7 月开始进行的边坡植物护坡试验结果,植物根系能达到良好固土护坡效果,可在很大程度上防治土壤侵蚀的发生。在安楚高速公路边坡生长正常、防护效果较好的植物种主要有云南松、坡柳、多花木兰、迎春花、白三叶、紫花苜蓿、东非狼尾草、狗牙根、大翼豆、狗尾草和波斯菊等。

2.4.2 弃土场植物措施防护效果

在 K47+ 100 段弃土场,坡面与堆渣体坡面植被退化严重,有些地段出现裸露地表,发生不同程度的土壤侵蚀现象,经现场量测分析,其侵蚀面积为 885 m<sup>2</sup>,土壤侵蚀量为 7.16 t,3 a 间土壤侵蚀量为 8 090.4 t/km<sup>2</sup>,土壤侵蚀模数为 2 696.8 t/(km<sup>2</sup>·a)(表 6)。

实施防护措施时,应视堆渣体高度,采用削坡开级等辅助措施,对削坡处理后的弃土坡面,在靠近坡脚 2~ 3 m 处采用浆砌石或在混凝土人字网格中植草护坡,种植在当地长势良好的高羊茅、白三叶。对削坡开级形成的平台,根据平台

宽度,种植一排或多排坡柳。坡脚修建重力式挡渣墙,挡土墙外侧种植坡柳或迎春花。为充分利用土地资源,恢复和改善土地生产力,对该平台进行复垦作为林业用地。

表 6 弃土场土壤侵蚀情况

位置	土壤侵蚀形式	土壤侵蚀量/t
堆渣体	面蚀	1.32
南坡下台	沟蚀	3.33
南坡上台缓坡	沟蚀	1.39
南坡上台陡坡	沟蚀	0.68
	面蚀	0.44

由于堆渣体具有一定坡度(11.8°),且植被覆盖度较低,分散的地表径流造成面蚀。在南坡上下两台,由于坡度大,地表凹凸起伏,植被覆盖度低,地表径流集中冲蚀土壤形成侵蚀沟。因南坡上台坡度要小于下台坡度,因而土壤侵蚀量较下台的要小。堆渣体和上台陡坡由于植被覆盖差且具有一定的坡度,面蚀产生的土壤侵蚀量还是较大的。

3 讨 论

在所研究的土石挖方边坡上,防护措施为水泥人字形防护+ 框架梁,并在框架梁格内种植植物,画眉草型的防护效果好,基本上无鳞片状面蚀发生。弃土场渣体植被退化严重,发生沟蚀与面蚀,应采用削坡开级的方法对堆渣体实施防护,对于削坡后形成的坡面,采取混凝土人字网格+ 植草护坡,种植高羊茅或白三叶,在坡脚修建重力式挡渣墙,外侧种植坡柳或迎春花。对削坡后形成的平台进行复垦作为林业用地。

公路边坡采用植物进行防护,既可防治土壤侵蚀,又可美化道路。树种草种的选择要根据当地的自然条件,因地制宜,优先选择当地适用树种和草种。在设计中要考虑树草结合,灌草结合,以求立体绿化效果,同时结合多种造型追求艺术美感。在公路边坡选择植物措施时,应对周围环境气候、土壤条件进行合理分析,设计适当防护方式,选择适生植物种,防止植被退化,提高植物措施防护的持续效果。

表 3 造林主要技术参数

带别	带间距/ m	树种	纯林		株距/ m	带宽	苗木		需苗量		林带走向
			行数	形式			树龄	种类	株/穴	株/100 m	
主林带	450	杨树	1	带状纯林	2	1.5	3	实生苗	1	50	与主害风向有一定偏角 与主林带垂直
副林带	450	杨树	1	带状纯林	2	1.4	3	实生苗	1	50	

(2) 土地整理涉及项目区社会、经济、环境等方面的诸多因素与多方利益。因此在土地整理过程中,不能只追求增加耕地面积和加快经济发展,而忽略土地整理对区域环境产生的不利影响。

(3) 土地整理的工程设计应从景观规划着手,做好土地平整工程、农田水利工程、道路工程和农田防护林工程,使项目区真正实现田成方、林成网、渠相通、路相连、涝能排、旱能灌的农田景观;最终实现项目区的基础设施配套完善、生产方式从粗放传统型向集约型的根本改变,使项目区生态环境得到改善,促进农业和农村的现代化。

参考文献:

[1] 高向军,鞠正山.中国土地整理与生态环境保护[J].资源·产业,2005,7(2):1-3.

[2] 杨庆媛.西南丘陵山地区土地整理与区域生态安全研究[J].地理研究,2003,22(6):698-707.

[3] 蒋一军,于海英,王晓霞.土地整理中生态环境影响评价的理论探讨[J].中国软科学,2004(10):131-134.

[4] 缪剑飞.土地整理中生态环境保护技术方案探讨[J].亚热带水土保持,2005,17(3):37-39.

[5] 鲁迪,杨剑,魏雅丽,等.土地整理中的景观生态规划与设计[J].甘肃农业,2005(6):26-27.

[6] 刘友兆,王永斌.土地整理与农村生态环境[J].农村生

态环境,2001,17(3):59-60.

[7] 张慧,付梅臣.土地整理项目中的景观生态规划设计[J].山东农业大学学报,2005,36(2):270-274.

[8] 王军,罗明,龙花楼.土地整理生态评价的方法与案例[J].自然资源学报,2003,18(3):363-367.

[9] 魏秀菊,胡振琪,何蔓.土地整理可能引发生态环境问题及宏观管理对策[J].农业工程学报,2005(Z1):127-130.

[10] 罗明,张惠远.土地整理及其生态环境影响综述[J].资源科学,2002,24(2):60-63.

[11] 边振兴,张心昱,刘芳,等.浅析土地整理中的生态观[J].沈阳农业大学学报,2004,6(4):366-368.

[12] 臧玲,纪昌品.农村土地整理与农村生态环境建设研究[J].国土经济,2003(3):20-22.

[13] 王秀茹,韩兴,朱国平,等.关于土地开发整理与生态环境问题分析[J].水土保持研究,2004,11(3):151-153.

[14] 高向军.土地整理理论与实践[M].北京:地质出版社,2003:2-52.

[15] 王万茂,张颖.土地整理与可持续发展[J].中国人口·资源与环境,2004,14(1):13-18.

[16] 王军,余莉,罗明,等.土地整理研究综述[J].地域研究与开发,2003,22(2):8-11.

(上接第 192 页)

参考文献:

[1] 刘书套,等.高速公路环境保护与绿化[M].高速公路丛书编委会,2001.

[2] 陈兵.云南元磨高速公路边坡生物防护设计[J].昆明理工大学学报,2002,27(6):153-154.

[3] 孙乔宝,甄晓云.高速公路建设对生态环境的影响及恢复[J].昆明理工大学学报,2000,25(2):68-71.

[4] 罗晶,张学培等编译.恢复自然环境绿化工程概论[M].北京:中国科学技术出版社,1997:62-68.

[5] 陈兵.大保高速公路边坡绿化及立交区景观设计[J].云南交通科技,2002,18(5):95.

[6] 李洪星,袁大鹏.山区公路边坡绿化防护设计[J].山东交通科技,2005(1):97-98.

[7] 陈济丁.昆曲高速公路绿化实践和思考[J].云南交通科技,1998,14(2):23-25.

[8] 卓慕宁,李定强,贺新良,郑煜基.论高速公路建设中的水土保持生态恢复[J].水土保持研究,2003,10(4):209-210.

[9] 伍卫良,邓敏维,洪旋,刘殊.开阳高速公路水土流失成因与综合防治[J].公路,2003(8):128-130.

[10] 田育新,李正南,周刚,等.开发建设项目借土场弃渣

场的分类选择及防治措施布局[J].水土保持研究,2005,12(2):149-150.

[11] 徐永年,田卫宾.开发建设项目弃渣场设计及防洪问题[J].中国水土保持,2003(2):23.

[12] 刘玉荣.土质边坡的植草防护[J].东北公路,1998,21(2):39-40.

[13] 林伟.高速公路路堑边坡防护、绿化、景观综合处治[J].中外公路,2002,22(3):66-67.

[14] 邹胜文,饶黄裳,江玉林,等.高等级公路边坡生物防护方式浅析[J].公路,2000(4):51-52.

[15] 王代军,胡桂馨,高洁.公路边坡侵蚀及坡面生态工程的应用现状[J].Grassland and Turf,2000,3:22-23.

[16] 王飞,李锐,杨勤科.公路建设水土流失与水土保持研究[J].公路,2003(8):152.

[17] 杨茂仁,季蒙,崔清涛,等.北方地区高速公路绿化设计与工程技术研究[J].内蒙古林业科技,2003(3):44.

[18] 王海鹰,施顺生.云南公路建设中的水土流失及其防治[J].云南环境科,2001,20(1):44.

[19] 朱志刚,张斌.生态防护技术在高速公路建设中的应用[J].甘肃科技,2004,20(12):39.