

秦巴山区高速公路生态恢复规划设计研究^{*}

樊鸿章¹,孙丙寅¹,董建辉²,刘玉凤¹

(1. 杨凌职业技术学院,陕西 杨陵 712100;2. 陕西职业技术学院,西安 710100)

摘 要:通过勉宁高速公路路域生态恢复规划设计及施工实践,总结出秦巴山区同类型高速公路路域生态恢复规划设计的工作程序与一般方法,即在生态本底调查研究、评价的基础上尊重自然、正视自然、保护自然、恢复自然,正确选择植物种类,合理搭配植物并进行种植试验,根据不同的生态恢复类型,采取相应的生态恢复技术措施设计施工,实现在高速公路建设的同时保护和恢复生态环境。

关键词:高速公路;生态恢复;规划

中图分类号:X171.1;U412

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2007)04-0149-05

Research on the Design and Construction of Ecological Restoration along Mian-Ning Expressway

FAN Hong-zhang¹,SUN Bing-yin¹,DONG Jian-hui²,LIU Yu-feng¹

(1. Yangling Vocational and Technical College, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Shaanxi Vocational and Technical College, Xi'an 710100, China)

Abstract :Through planning ,ecological restoration along Mian-Ning expressway ,work procedure and general methods are summarized to plan and design ecological restorations of the similar expressway region along Qin-Ba mountain area. That is to respect ,envisage ,protect and restore the nature based on investigation and ecological assessment. Therefore ,it should be chose and arranged reasonable plant species for planting experiment ,and adopted technical measures in ecological restoration according to design and construct so as to protect and restore ecological environment with the accomplishment of expressway construction.

Key words :expressway ;ecological restoration ;planning and design

山区高速公路的建设除了受地质条件复杂、地形地貌类型多变、水土流失、滑坡、泥石流等地质灾害频发的制约外,更会在建设过程中对当地自然生态系统和原有的人工生态系统带来多方面的影响,如改变原天然植被的类型与结构、形成破碎割裂原生态系统的廊道,造成大气、水体、土壤污染等。为了防止以上现象的发生,在高速公路建设开工前要对生态恢复做出规划。虽然国外路域生态恢复研究已达到了较高水平,生物措施与工程措施相映成辉,但我国路域生态恢复的研究还处于起步阶段,路域生态恢复的方法与措施还不完善。为此在勉县至宁

强高速公路建设中,我们成立了相应的课题研究组,对秦巴山区高速公路生态恢复规划设计进行了深入的研究与实践,尤其对生态本底包括植被、岩性、地形地貌、土壤等情况进行调查,针对上边坡、下边坡、碎落台、中央隔离带、弃渣地、隧道前广场等实际情况统筹规划、分段设计,提出相应的生态恢复方案,为山区高速公路建设中的生态恢复提供思路。

1 生态恢复规划设计程序

在勉宁高速公路生态恢复方案的指导下,根据实际情况制定了工作程序。该程序包括生态本地调

* 收稿日期:2007-03-05

修稿日期:2007-05-28

基金项目:勉宁高速公路项目处;山区高速公路生态恢复系统研究[2003]007 基金

作者简介:樊鸿章(1962-),男,汉族,副教授,陕西韩城人,主要从事生态学、林业规划设计等的教学与科研工作。

查及路域自然更新物种调查、生态恢复试验、水土保持方法措施制定、生长状况调查、施工图设计、实施施工、检查验收、总结评定等(图 1)。

2 生态本底调查与评价

我们以《公路环境保护设计规范》(J TJ/ T006 - 98)为依据,对该区域的自然生态环境、社会环境、环境污染防治、景观与绿化等方面进行了综合调查,采用遥感调查与常规调查相结合的方法,将全区划分出不同的生态本底类型,并提出各类型区的生态恢复类型与方法。

2.1 生态本底类型调查

公路沿线 800 m 以下地区,属于北亚热带湿润

季风气候类型区,海拔 800 m 以上地区,属山地暖温带季风气候类型。地形地貌具有明显的山地特征,可分为川地、川台地、平缓地、缓坡地与陡坡地,母岩类型多样,主要有页岩、片岩与千枚岩,其次为石灰岩、花岗岩、片麻岩、砾岩和砂岩等。地质结构比较复杂,崩塌、岩溶、地下水、裂缝水、泥质页岩充斥全线。高速公路建设区无原始植被,以人工植被和次生植被为主。植物种类为:柏木、马尾松、油松、麻栎、栓皮栎、马桑、黄蔷薇、木香花、粉背黄栌、美丽胡枝子、山胡椒、榛、盐肤木、铁仔、火棘、野青茅、茅叶、荩草、大油芒、黄背草、芒、束草等。土壤类型主要有:水稻土、淤土、黄棕壤、黄褐土、紫色土和石灰土等。

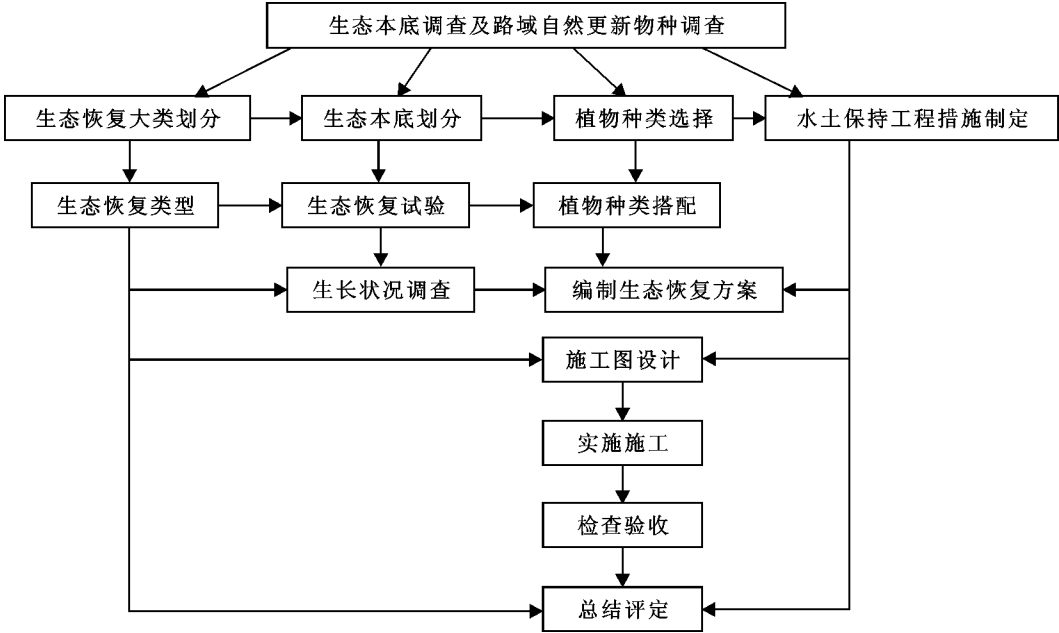


图 1 生态恢复工作程序

在野外实地调查的基础上,结合航片影像的对比,对勉宁高速公路的植被、地貌、土壤进行分类,并用“植被—土壤—地貌”三名法将样区生态本底划分为 23 种类型(见表 1)。

表 1 生态本底类型一览表

序号	生态本底类性	序号	生态本底类性
1	麻柳林、砂砾、河川地	13	柏木、栓皮栎林、典型黄棕壤、陡坡地
2	水田、淤土、川地	14	柏木林、典型黄棕壤、陡坡地
3	水田、水稻土、川地	15	黄栌、枹栎、灌丛、黄棕壤性土、陡坡地
4	水田、水稻土、川台地	16	木香花、马桑、杂灌丛、黄棕壤性土、陡坡地
5	旱田、淤土、平缓地	17	马尾松林、黄棕壤性、土陡坡地
6	旱田、黄褐土、平缓地	18	栓皮栎林、黄棕壤性土、陡坡地
7	旱田、黄棕壤、缓坡地	19	马尾松、柏木、黄棕壤性土、陡坡地
8	旱田、黄棕壤性土、缓坡地	20	黄栌、枹栎灌丛、石灰土、陡坡地
9	旱田、紫色土、缓坡地	21	马尾松、栓皮栎林、紫色土、陡坡地
10	柏木林、黄棕壤性土、缓坡地	22	马尾松林、紫色土、陡坡地
11	白茅疏灌草、丛生草、黄棕壤、缓坡地	23	木香花、马桑杂灌丛、紫色土、陡坡地
12	马尾松、栓皮栎林、典型黄棕壤、陡坡地		

2.2 生态本底类型评价

为了对生态本底进行科学评价,我们采用以定量为主,定性与定量相结合的方法对生态类型归并,用主成分分析结合聚类分析的方法,将 23 种类型归并为 7 大类(表 2,3),并以此为依据进行分类评价,制定相应的生态恢复方案。

主成分分析分为 5 步进行:首先,对原始数据进行量化与标准化;其次,根据标准化后的数据计算内积矩阵;第三,求出特征根与特征向量;第四,求出贡献率及累积贡献率;第五,定义各因素对新的主成分

负荷量。通过主成分分析,将原有的 10 维度的生态本地信息简化为 4 个维度,更加科学地反映了生态本底情况,并使类聚分析的结果更具科学性。

系统聚类分析分三步进行。(1)用主成分分析结果作为系统聚类分析的样本数据;(2)采用欧氏距离测定 23 个样本间的距离,公式为: $d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^n (x_{ik} - x_{jk})^2}$ $i, j = 1, 2, \dots, m$;(3)利用公式 $d_{pk} = \max\{d_{pk}, d_{qk}\}$ ($k = p, q$) 计算最远距离聚类,其聚类属性平均值见表 3。

表 2 生态本底类型及评价等级

分值	坡度/°	土层厚度/ cm	石砾含量/ %	有机质/ (g·kg ⁻¹)	全氮/ (g·kg ⁻¹)	全磷/ (g·kg ⁻¹)	全钾/ (g·kg ⁻¹)	pH 值	生长势 (分值)	制约 因子
5	3	>100	<10	>40	>2.0	>2.2	>30	6.5~7.2	8~10	无
4	4~8	60~99	0	30~40	1.5~2.0	1.4~2.2	25~30	6.0~6.5 7.2~7.5	6~8	较轻
3	9~15	30~59	10~30	20~30	1.0~1.5	1.0~1.4	20~25	5.5~6.0 7.5~7.8	4~6	中等
2	16~25	10~29	30~50	10~20	0.5~1.0	0.6~1.0	6~20	5.0~5.5 7.8~8.0	2~4	较重
1	>25	<10	>50	<10	<0.5	<0.6	>6	>8 <5	<2	严重

表 3 聚类属性平均值

分值	坡度 (等级)	土层厚度 /cm	石砾含量 (等级)	有机质/ (g·kg ⁻¹)	全氮/ (g·kg ⁻¹)	全磷/ (g·kg ⁻¹)	全钾/ (g·kg ⁻¹)	pH 值 (等级)	生长势 (等级)	制约因子 (等级)	等级 排序
1	1.78	74.98	1.00	46.79	2.24	0.88	21.35	3.00	7.75	2.25	3
2	1.00	20.00	1.00	51.10	2.26	0.76	25.40	4.00	6.00	1.00	5
3	1.50	60.00	1.00	24.70	1.28	0.62	5.07	2.50	6.50	2.00	6
4	1.67	25.33	1.00	13.87	0.86	1.12	28.70	1.67	6.00	2.00	7
5	2.50	74.00	1.60	21.68	1.22	0.61	20.01	3.20	7.40	2.80	4
6	3.83	115.00	3.00	18.48	1.06	1.07	21.47	2.50	7.67	4.00	2
7	3.50	150.00	4.00	25.70	1.28	0.91	16.05	4.00	8.00	3.50	1

根据以上的计算结果,将 7 个生态属性的优劣排序结果为:第 7 类>第 6 类>第 1 类>第 5 类>第 2 类>第 3 类>第 4 类。按照排序分别确定为最优生态本底、优等生态本底、较优生态本底、较差生态本底、差等生态本底、最差生态本底。

3 生态恢复规划与设计

生态恢复规划与设计是在科学性、系统性、美观性、可操作性等基本原则的指导下,根据生态评价结果,结合勉宁高速公路的实际情况提出的。分别对上边坡、碎落台、中央隔离带、下边坡、隧道前广场、隧道上方、弃渣地等不同部位的生态恢复方式进行

研究,确定主要选择的植物及生态恢复类型。

3.1 植物种类选择及搭配的设计

根据环境保护和公路绿化的需要,结合当地的气候、区域环境的实际,植物种类选择根系发达、有较好水土保持和水源涵养作用的植物;生长迅速、可尽快形成绿化效果的植物;耐旱、耐瘠薄、生命力旺盛、观赏期较长、管理粗放、有一定景观效果的园林植物;有一定经济价值,抗逆性强、抗污染能力强的植物。对于植物种类的搭配,则以贴近原生植物类型;当地种优先;禾本科与豆科植物搭配;深根与浅根搭配;一年生与多年生植物搭配;乔、灌、草立体搭配等为原则,在适合该区域种植的数百种植物中筛

选确定了数十种植物进行试验,进行植物搭配类型 的设计(表 4),确定路域生态恢复的基本形式。

表 4 植物及植物类型搭配表

序号	植物种类搭配(草本)	序号	植物种类搭配(木本)	序号	植物种类搭配(木本)
1	黑麦草	12	棕榈	23	杜鹃
2	白三叶	13	红叶李	24	珊瑚树
3	苜蓿	14	香樟	25	连翘
4	小冠花	15	紫葳	26	迎春
5	羊茅	16	刺槐	27	枳
6	苜蓿+羊茅	17	黄檀+紫葳	28	茶花
7	黑麦草+小冠花	18	香樟+红叶李	29	连翘+迎春
8	黑麦草+苜蓿	19	香樟+女贞+连翘	30	小叶女贞+紫葳+杜鹃
9	黑麦草+白三叶	20	香樟+棕榈+红叶李+女贞	31	小叶女贞+紫葳
10	苜蓿+黑麦草+小冠花	21	香樟+红叶李+连翘+迎春	32	爬墙虎
11	苜蓿+羊茅+小冠花	22	棕榈+红叶李+女贞	33	油麻藤

除上述植物及其搭配以外在广场组合中还配置了木兰、玉兰、月季、雪松、紫荆、杜仲、圆柏、海桐、樱花、苏铁、石楠等木本植物。其中棕榈、杜鹃、连翘、迎春、枳、刺槐、苜蓿、羊茅、小冠花、油麻藤、紫荆、杜仲、黄檀等均为乡土植物。

3.2 结合生态本底划分生态恢复类型

在选择植物种类及其搭配的基础上,根据路域再生环境的差异,进行系统试验,分析评价生态恢复类型。将路域生态恢复类型划分为页岩石边坡、黄棕土土边坡、下边坡、中央隔离带、碎落台、弃渣地、隧道上方、隧道广场等 8 类不同的生态恢复大类,再依据各大类分布区域不同的生态本底划分成较小的

生态恢复类型。即在同一生态恢复大类中按生态本底的不同划分区段,作为生态恢复类型,生态本底优越的选择乔灌草配制植物、生态本底中等的灌草配制植物、生态本底较差的区段则以草本为主配制植物、生态本底极差时在工程措施的基础上配制植物。按类型分区段编制生态恢复方案。

3.3 编制生态恢复方案

生态恢复方案编制的主要依据是生态本底调查、生态恢复试验结果评价、植物生长状况评价等。针对不同的生态恢复类型进行植被类型的设计,植被恢复的施工设计,利用工程技术、生物技术及其合理搭配,拟定生态恢复的实践进程。

表 5 主要生态恢复技术

生态恢复部位	工程措施	植物选择	植物搭配	土壤措施	种植措施
上边坡	拱型窗+导流渠 矩形框+导流渠 方形框+正六边形种植 铁丝网软防护 鱼鳞坑工程	抗寒、耐瘠薄、生长迅速的当地种优先选择。	灌草搭配,以草为主;禾本科与豆科植物搭配;耐旱藤本。	客土改良 客土回填	播种、带土栽植、带土填播、撒播禾本科植物、喷混植生等。
下边坡	拱型窗+排水渠 菱形窗 矩形框 护坡及挡墙工程	生长迅速、抗逆性强的植物。	禾、灌、草搭配、灌、草搭配、景观效果好。	客土改良	播种、带土栽植、干根网状植树种草。
中央隔离带		抗旱抗污染、生长迅速的植物。	灌、草搭配、景观效果好。	客土改良	带土栽植、播种。
碎落台	排水沟	抗污力强、生长迅速的植物。	灌、草搭配、辅以花木、藤本植物。	客土改良	播种、带土栽植。
弃渣地与隧道广场	景观工程措施	抗旱、耐瘠、抗污染、生长迅速的植物。	禾、灌、草搭配、禾本科与豆科植物搭配、景观效果好。	混以客土	播种、带土栽植等。
隧道上方	全工程防护 铁丝网软防护 喷混植生技术		藤本为主辅以灌木草本;禾本科与豆科植物搭配。	填充客土	带土喷播带土栽植 喷混植生

4 主要生态恢复技术

路域生态恢复除加强对自然植被的保护和对村镇进行生态治理外,关键是对路面之外创面植被的恢复与重建。其恢复技术措施可分为3大类,即工程措施、生物措施、生物与工程相结合的措施。工程措施可采用铁丝笼、干砌片石、码切片石、锚杆(索)锚固、喷混凝土或浆砌护面及浆砌片石挡土墙等进行防护,个别地方可采用国外的先进工程技术如SNS(safety netting system)柔性防护系统等。用这些工程措施稳定坡面,防止重力侵蚀的发生,防止水土流失,为生物措施创造条件。生物措施主要有:湿式喷播、客土喷播、岩石边坡TBS植被护坡绿化、灌草结合生物边坡防护、干根网状护坡法、三维植被网护坡、喷混凝土植草等技术。生物与工程相结合的措施如土工格室结合三维网植草护坡、喷混凝土生技术等。其基本应用见表5。

5 效果与结论

按上述规划设计程序并付诸于实践,在合理管护的基础上,一个生长季后进行抽样调查,下边坡草本植被的盖度为65%~100%,平均85%;上边坡草本植被的盖度为55%~95%,平均75%;弃渣地草本植被盖度为30%~90%,平均65%;隧道上方喷播草本植被平均盖度65%;中央隔离带、上、下边坡栽植的灌木生长良好,冠径生长量达50~100 cm;边坡栽植的藤本植物生长量达4~6 m,上边坡木本新梢生长量22~60 cm,平均27 cm。路域原受损生态环境有了较大恢复,效果显著。

总之,山区高速公路受损生态环境进行恢复的规划设计,应在调查生态本底的基础上,以保护自然景观、保护大环境、大生态的观念为指导,分析整体与局部区别,选择生态与防护综合效益最佳的措施进行设计。以景观自然化、植物乡土化为基本理念,把握经济、实用、美观的原则,使植物造型简洁明快、经济环保,符合环境保护与水土保持的要求,体现山区地理环境和文化特征。当然,高速公路受损生态的恢复是新兴的边缘性学科,其规划设计是一项非常复杂而又系统的工作,涉及多门学科,因此,需要

更进一步深入研究,并在实践中不断探索新的方法与措施。

参考文献:

- [1] 曲涛,等.北方高速公路绿化树种的选择与利用[J].中国林副特产,2004,(2):63-65.
- [2] 黄世典.城市街道绿化树种的选择与配置[J].中国林业,2001,(1):29-30.
- [3] 江华,等.高等级公路绿化初探[J].湖南交通科技,2001,(9):26-28.
- [4] 郑建平.福建道路边坡绿化木质藤本植物资源与配置研究[J].福建林业科技,2005,(12):151-154.
- [5] 黄启堂.福建高速公路边坡绿化用藤本植物资源选择体系研究[J].福建林业科技,2004,(3):14-16.
- [7] 赵明坤,等.高等级公路边坡绿化草被植物筛选及其生物学特性[J].贵州农业科学,2004,(2):18-21.
- [8] 陈应辉,等.攀援植物在潭邵高速公路石方边坡绿化中的应用技术[J].湖南林业科技,2004,(2):3-35.
- [9] 浅谈边坡的绿化防护[J].路基工程,1999,(1):37-39.
- [10] 陈晓娟,等.关中地区高速公路绿化探讨[J].西北林学院学报,1999,(4):88-92.
- [11] 刘军,等.四川盆地高速公路绿化树种的选择[J].四川大学学报,1998,(9):385-389.
- [12] 王铁桥,等.挖方岩石边坡绿化技术与方法探讨[J].三峡大学学报,2003,(4):101-104.
- [13] 张俊云,等.高速公路岩石边坡绿化方法探讨[J].岩石力学与工程学报,2002,(9):1400-1403.
- [14] 程维江.公路绿化模式的探讨[J].公路,2004,(5):166-167.
- [15] 程维江.生态型公路绿化的探讨[J].公路,2005,(7):202-204.
- [16] 孙连宝,等.浅谈公路绿化工程[J].林业科技情报,2001,(4):69.
- [17] 武荣花,等.高速公路边坡绿化草灌混播施工技术[M].林业实用技术,2005:36-37.
- [18] 王日龙,等.城市街道绿化树种选择浅议[J].山西林业,2001,(6):16-17.
- [19] 张宝鑫,等.城市立体绿化[M].北京:中国林业出版社,2004:150-172.
- [20] 陈华豪,等.林业应用数理统计[M].大连:大连海运学院出版社,1988:243-256.