

# 坡地植生景观生态系统之异质性与多样性研究

梁大庆<sup>1</sup>, 张俊斌<sup>1</sup>, 曾郁珊<sup>2</sup>

(1. 台湾中州技术学院; 2. 台湾大学)

**摘要:** 本研究以台湾中部崩塌地植生工法之植生地为研究区, 分为A、B、C、D、E及F六区, 并应用景观生态理论探讨研究区植物景观生态系统之差异。景观结构为分析生态系统间之空间关系, 此关系即是能量、物质与物种分布的大小、形状、数量及种类与元素间之相互作用, 结果显示就景观异质性而言, 区内植生景观初期皆呈现小异质性特性; 在植生多样性与异质性方面, F区之植生优势度(1.36)最高, 多样性低, 但C区之植生优势度最低, 多样性高(2.48), 发现研究区之植生景观生态系统受单一性优势植物之影响较大。

**关键词:** 景观生态学; 异质性; 多样性; 优势度

中图分类号: X176; X171.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2005)06-0163-03

## Study on Heterogeneity and Diversity of Landscape Ecosystem for Slopeland Vegetation

LIANG Da-qing<sup>1</sup>, ZHANG Jun-bin<sup>1</sup>, ZENG Yu-shan<sup>2</sup>

(1. Zhongzhou Technical College; 2. Taiwan University, Taiwan, China)

**Abstract:** Landscape ecology and vegetation theorem was used in the research of the ecological system of vegetation landscape to analyze the vegetation engineering fields of slopeland vegetation in Taiwan. The study area was divided into six sub areas named A, B, C, D, E and F by vegetation engineering areas. The study of landscape ecological structure is to analyze the ecological relations that present the energy, masses, sizes, shapes, quantities, species, and interaction of elements in the landscape ecosystems. The heterogeneity analysis results illustrated that in study area paddy-field landscape displays micro-heterogeneity. For dominance and diversity, F sub area had high dominance (1.36), low diversity but C sub area low dominance, had high diversity (2.48). Finally the vegetation landscape ecological system was affected by the single plant of dominance in the vegetation engineering area.

**Key words:** landscape ecology; heterogeneity; diversity; dominance

### 1 前言

空间异质性(Spatial Heterogeneity)是景观生态上研究的重点(Turner, 1991), 因为空间异质性所造成的空间不连续形成能量与物质的流动、物种的移动及干扰的散布的阻碍(Forman, 1986)。空间异质性是系统或系统属性在空间上的复杂性(complexity)和变异性(variability), 其中系统属性可以是生态学所涉及的任何变量, 如植物类型、种群密度、生物量、土壤含氮量等。复杂性涉及到系统属性的定性或类型描述(张俊斌等, 2004); 而变异性要考虑系统属性的定量或数量的描述。当我测定系统属性的复杂和变异性而不考虑功能作用, 仅考虑结构特征时, 空间异质性称为结构异质性(structure heterogeneity); 相对地, 如果我们测定的系统复杂性和变异性与生态功能有关时, 称为功能异质性(functional heterogeneity)(林信辉等, 2003; 傅伯杰等, 2001)。在景观上, 空间异质性定量分析可以二方面考虑, 一个空间特征(spatial characteristics), 另一个是空间比较(spatial comparison)。空

间特征主要采用数学方法, 如信息熵、变异图、碎形等对景观某些属性空间变异的量化(Dramstad等, 1996; 林裕彬等, 2001)。空间特征的研究对探测空间格局非常有效, 同时也可以分析不同尺度上空间异质性程度及变化, 这些定量的信息如果与实际观测及生态系统的模型结合, 可有效地解释所观测到的某种格局对生态系统与过程的影响(Gross等, 1995; 林信辉等, 2002; Gustafson等, 1992)。因此, 本研究针对崩塌地植生工法区域之植物空间变化, 以了解植物景观之异质性影响与多样性变化。

### 2 相关理论

景观生态系统中景观之异质增加时, 其能量与生物量于景观元素间的流动速率随之增加, 其物种多样性增加, 内部物种之丰富度减少; 因此, 景观异质性影响景观中之物种。若有A与B两点, 而一景观要素仅存在于A点或B点, 则此两点存在景观异质性(Forman, 1986), 且没有一景观为完全大异质性或小异质性; 因此, 景观异质性分析为景观结构分析

\* 收稿日期: 2005-08-02      修改日期: 2005-08-30      接受日期: 2005-09-29

作者简介: 梁大庆、张俊斌, 台湾中州技术学院景观设计系系主任、教授(通讯作者); 曾郁珊, 台湾大学实验林研究人员。

重要一环(张俊斌,2004)。而一般量测景观异质性通常采用两种方法,一为线性法,另一为网格法。线性方法是应用信息水准于一横跨线段上描述与比较每一景观之起始点、终点、分布之规律性、聚集性与空间联结。而网格法则是将网格置于研究区内,并计算往网格内景观要素出现之次数。且量测所得之异质性信息可以出现频率( $f$ )及( $H$ )表示, $f$ 为某景观出现之次数与全区(线)之总次数之比。而 $H_E$ 则可由式(1)表示。式中: $M$ ——总线段数; $f$ ——出现某一景观要素之线段数; $H_E$ ——单位为比特(Bit)。若一景观要素随线段(网格)加长(大)其信息( $H_E$ )有规律增加,则此景观呈现大异质性,换言之当视野扩大时信息增加。反之,则表此景观呈现小异质性(Baker,1992;林裕彬等,1999)。

$$H_E = \log \frac{M!}{f!(M-f)!}$$

(1)

2.1 景观多样性

一景观生态系统中,景观组成要素类型愈丰富,其景观破碎程度愈高,因此景观之多样性可由Shannon-Weaver,即熵值(Entropy)求得(Forman,1986;Gross等,1995)。其计算方式与后述之植生调查中的种歧异度指数具有相同意义。式中: $m$ ——景观要素类型数目。 $P_i$ ——景观要素类型占的面积比例。

$$H = - \sum_{i=1}^m P_i \log_2 P_i$$

(2)

2.2 景观优势度

景观优势度指针用于测量景观结构组成中一种或一些景观要素类型支配景观的程度,低的优势度其反映多种景观中占有人为相等比例(Forman,1986)。式中: $n$ ——景观嵌块体(植物)类型数目。

$$D = - \log_2 n + \sum_{i=1}^m P_i \log_2 P_i$$

(3)

3 研究区域与方法

研究区中兴岭崩塌地位于台湾台中县之新社乡,其中兴岭1号与2号崩塌之地海拔高450~530 m间,地质与土壤属于黄壤红壤。中兴岭崩塌地坡缘上方为香菇寮,因受1999年“9·21”地震崩塌影响,部分菇寮现已废置,本区主要植生工法为铺网喷植(2000年4月),较陡坡面则配合打钢筋桩编不织布网栅以稳定坡面,而不造成坡面危害之原生树木则予以保留,故坡面仍有大部分保留原有次生林之状态。本研究植生景观异质性分析是以崩塌地之植物生长为主,采用穿越线法(transect),在崩塌地样区内,设置每样区一条穿越线,于穿越在线,每隔25 cm记录(2001年9月)所出现植物种类,作为景观异质性分析之资料。应用此调查法记录样区共有中兴岭1号(A~B)、中兴岭2号(C~F)等6处,共计6条穿越线调查资料。

因穿越线乃记录由坡顶至坡脚之长度约26 m,故取此6处样区相同长度之穿越线,共计可为104段(即25 cm×104=2 600 cm),为求取信息之增减趋势,将线段数依比例减52、26、13及7段(各段数与长度如表1所示),并应用线性法、信息理论、卡方检定等分析区内之景观异质性(林裕彬等人,2001)。依据崩塌地之现况与干扰造成之差异性,此6处崩塌地的景观异质性分析可分别按照植物覆盖景观异质性分析、施工植物景观异质性分析和入侵植物景观异质性分析等三方面来作讨论。

表 1 中兴岭 1 号—中兴岭 2 号采样样区数与长度对应表

线段数	104	50	26	13	7
线段长度/cm	25	50	100	200	400

4 结果与讨论

4.1 植物覆盖景观异质性分析

以中兴岭1号、2号崩塌地样区之植物覆盖景观进行景观异质性探讨(以下均以样区编号表示)。此6样区线段植物覆盖出现之频率、信息如表2及表3所示;其出现频率之卡方检定结果列于表4。在植物覆盖比例方面,除了B样区为0.42及E样区为0.40外,其余4条穿越线植物覆盖情况皆达80%以上,而且A和E完全为植物覆盖,可见坡面之植物覆盖情形良好。由各表分析可知,穿越线随线段加大,其信息随之变小,表示此6样区植物覆盖呈现小异质性景观。

表 2 中兴岭 1 号—中兴岭 2 号采样样区覆盖植物出现频率

崩塌地 子线段数	中兴岭 1 号		中兴岭 2 号			
	A	B	C	D	E	F
104	1.00	0.42	0.91	0.80	1.00	0.40
52	1.00	0.62	0.94	0.92	1.00	0.56
26	1.00	0.77	0.96	1.00	1.00	0.69
13	1.00	0.92	1.00	1.00	1.00	0.92
7	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

表 3 中兴岭 1 号—中兴岭 2 号采样样区覆盖植物出现信息

崩塌地 子线段数	中兴岭 1 号		中兴岭 2 号			
	A	B	C	D	E	F
104	0.00	98.56	41.32	72.11	0.00	97.56
52	0.00	46.84	14.43	18.05	0.00	48.33
26	0.00	17.81	4.70	0.00	0.00	20.58
13	0.00	3.70	0.00	0.00	0.00	3.70
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

表 4 中兴岭 1 号—中兴岭 2 号采样样区覆盖植物卡方检定

子线段数	2	df	Asymp. Sig. (2-sided)
104	0.667	5	0.995
52	0.667	5	0.995
26	2.000	5	0.572
13	0.667	5	0.414

4.2 植生工法导入植物之景观异质性分析

以样区内之施工植物百慕达草及百喜草为主,以此两种草类是否出现来进行景观异质性分析。施工植物出现比例方面,以D样区最高为71%,另外,依照现场调查发现,E样区内大量干草,推测应为施工草种受到干旱影响,大量枯死所造成。而其余5条穿越线之施工植物出现情况皆偏低,此6样区施工植物出现之频率、信息与卡方检定如下表。由各表分析可知,施工植物(百慕达草与百喜草)于此6样区呈现小异质性景观,即各样区之百慕达草与百喜草生长情况无显著差异。百慕达草与百喜草于D样区内分布比例最高为71%;E样区受到干旱影响,大量草类枯死。

4.3 入侵植物景观异质性分析

在植物入侵比例方面,此6样区入侵植物出现之频率、信息与卡方检定如下表。由各表分析可知,以C样区最高为74%,入侵植物之出现频率除了C与B样区较高外,其余样区入侵情形均不高,入侵植物呈现小异质性景观。

表 5  中兴岭 1 号—中兴岭 2 号采样样区施工植物出现频率						
子线段数	中兴岭 1 号		中兴岭 2 号			
	A	B	C	D	E	F
104	0. 47	0. 22	0. 02	0. 71	0. 10	0. 18
52	0. 63	0. 33	0. 04	0. 83	0. 15	0. 25
26	0. 77	0. 46	0. 04	0. 96	0. 12	0. 31
13	0. 77	0. 77	0. 08	1. 00	0. 23	0. 46
7	0. 71	1. 00	0. 14	1. 00	0. 29	0. 57

表 6  中兴岭 1 号—中兴岭 2 号采样样区施工植物出现信息						
子线段数	中兴岭 1 号		中兴岭 2 号			
	A	B	C	D	E	F
104	100. 07	75. 86	12. 39	86. 60	44. 57	68. 03
52	46. 12	44. 32	10. 37	31. 78	29. 49	39. 21
26	17. 81	23. 20	4. 70	4. 70	11. 34	20. 58
13	8. 16	8. 16	3. 70	0. 00	8. 16	10. 74
7	4. 39	0. 00	2. 81	0. 00	4. 39	5. 13

表 7  中兴岭 1 号—中兴岭 2 号采样样区施工植物卡方检定			
子线段数	2	df	Asymp. sig. ( 2- sided)
104	0. 000	5	1. 000
52	0. 000	5	1. 000
26	0. 677	5	0. 955
13	2. 000	5	0. 572
7	0. 677	5	0. 881

4. 4  崩塌地植物景观多样性与优势度分析

在景观多样性之表现方面, 如下表中列出于穿越线法调查中所出现之景观( 植物) 类别及其百分比, 可见穿越线所采样所得之植物类别及其分布比例不尽相同。A 和 D 样区之施工植物所占比例较高; 而 E 之干草及 B 及 F 之空地所占比例偏高, 推测可能是调查时间是在连续干旱时段, 造成草种生长不良, 致使空地及干草比例过高。此等现象显示出施工植物( 百慕达草与百喜草) 在两年自然复育之后, 其初期生长优势

表 11  中兴岭 1 号—中兴岭 2 号采样样区景观植物出现之类别及百分比			
崩塌地	穿越线	出现景观植物	种类数
中兴岭 1 号	A	百慕达草( 36. 57%)、干草( 26. 87%)、血藤( 12. 69%)、空地( 10. 45%)、槭叶牵牛( 5. 22%)、小花蔓泽兰( 2. 99%)、龙葵( 2. 24%)、狼尾草( 2. 24%)、天竺草( 0. 75%)	9
	B	空地( 46. 15%)、百慕达草( 25. 64%)、赛乌豆( 11. 54%)、槭叶牵牛( 8. 33%)、干草( 3. 85%)、百喜草( 2. 56%)、火炭母草( 1. 28%)、鸭趾草( 0. 64%)	8
	C	鸭趾草( 33. 33%)、槭叶牵牛( 28. 57%)、干草( 15. 24%)、空地( 8. 57%)、落葵( 4. 76%)、小花蔓泽兰( 4. 76%)、百慕达草( 1. 90%)、牧草( 0. 95%)、火炭母草( 0. 95%)、天竺草( 0. 95%)	10
中兴岭 2 号	D	百慕达草( 61. 68%)、空地( 13. 08%)、百喜草( 8. 41%)、干草( 6. 54%)、假俭草( 5. 61%)、水竹叶( 1. 87%)、天竺草( 1. 87%)、大青( 0. 93%)	8
	E	干草( 69. 84%)、血藤( 7. 94%)、百慕达草( 7. 14%)、台湾悬钩子( 5. 56%)、槭叶牵牛( 3. 17%)、山黄麻( 3. 17%)、洋商陆( 1. 59%)、金午时花( 0. 79%)、百喜草( 0. 79%)	9
	F	空地( 67. 44%)、百慕达草( 14. 73%)、天竺草( 6. 98%)、野桐( 3. 88%)、五节芒( 2. 33%)、山黄麻( 2. 33%)、干草( 1. 55%)、台风草( 0. 78%)	8

表 12  中兴岭 1 号—中兴岭 2 号采样样区植物多样性及优势度						
子线段数	中兴岭 1 号		中兴岭 2 号			
	A	B	C	D	E	F
多样性	2. 430349	2. 120108	2. 48110	1. 882368	1. 677041	1. 639945
优势度	0. 569651	0. 879892	0. 51890	1. 117632	1. 322959	1. 360055

5  结论与建议

本研究以景观生态学之理论结合植生调查, 以线性法与信息理论, 评估中兴岭坡地植生工法之植生景观生态异质

已渐趋消退, 其对于入侵植物之竞争, 并没有明显的优势。

表 8  中兴岭 1 号—中兴岭 2 号采样样区入侵植物出现频率						
子线段数	中兴岭 1 号		中兴岭 2 号			
	A	B	C	D	E	F
104	0. 22	0. 17	0. 74	0. 09	0. 12	0. 11
52	0. 33	0. 27	0. 85	0. 12	0. 15	0. 15
26	0. 46	0. 38	0. 96	0. 19	0. 23	0. 23
13	0. 54	0. 54	1. 00	0. 31	0. 31	0. 38
7	0. 71	0. 86	1. 00	0. 43	0. 43	0. 57

表 9  中兴岭 1 号—中兴岭 2 号采样样区入侵植物出现信息						
子线段数	中兴岭 1 号		中兴岭 2 号			
	A	B	C	D	E	F
104	75. 86	65. 85	82. 43	41. 32	50. 62	47. 66
52	44. 32	40. 69	29. 49	24. 28	29. 49	29. 49
26	23. 20	22. 34	4. 70	16. 01	17. 81	17. 81
13	10. 74	10. 74	0. 00	9. 48	9. 48	10. 33
7	4. 39	2. 81	0. 00	5. 13	5. 13	5. 13

表 10  中兴岭 1 号—中兴岭 2 号采样样区入侵植物卡方检定			
子线段数	2	df	Asymp. sig. ( 2- sided)
104	0. 000	5	1. 000
52	2. 000	5	0. 572
26	0. 667	5	0. 955
13	0. 667	5	0. 881
7	2. 000	5	0. 572

在景观多样性与优势度之计算方面, 计算中兴岭 1 号—中兴岭 2 号崩塌地之样区景观多样性与优势度如表 12 所示, 其中以 C 样区之多样性最高, F 最低。由表之各穿越线各类景观所占百分比结果, 可见 C 及 A 样区之景观植物所占百分比较为平均, 因此多样性指数较高, 反之, 优势度则较低。而 D ( 百慕达草景观)、E( 干草景观)、F( 空地景观) 单一类别所占比例皆高, 因此优势度高, 相对而言, 多样性则偏低。

性、多样性与优势度, 经研究获得之结果与建议归纳为( 1) 坡地植生工法之初期植物仍以导入植物( 百慕达草与百喜草等) 为基质, 当坡地植物景观随划分之线段加长时, 信息减少; 换言之当视野扩大信息减少, 即研究区之整体植物景观皆呈现小异质性之分布。就景观差异性而言, 研究区之各调查样区景观并无显著差异。( 2) 植生工法施工导入植物在 6 样区中呈现小异质性之分布, 而入侵植物也呈现小异质性景观。( 3) D 区( 百慕达草景观)、E( 区干草景观)、F 区( 空地景观) 单一类别所占比例皆高, 因此优势度高, 相对而言, 多样性( 下转第 225 页)

害, 清沙比较困难。有关资料显示, 磴口至乌海的黄河岸边, 流沙东移速度为  $10 \sim 15 \text{ m/a}$ , 最大为  $17 \text{ m/a}$ 。如果流沙移动速度以  $10 \text{ m/a}$ 、路侧沙丘高度以  $4 \text{ m}$  计算, 每年新麻高速沙害路段的流沙堆积量为  $2\,000 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 10 \text{ m} = 80\,000 \text{ m}^3$ 。

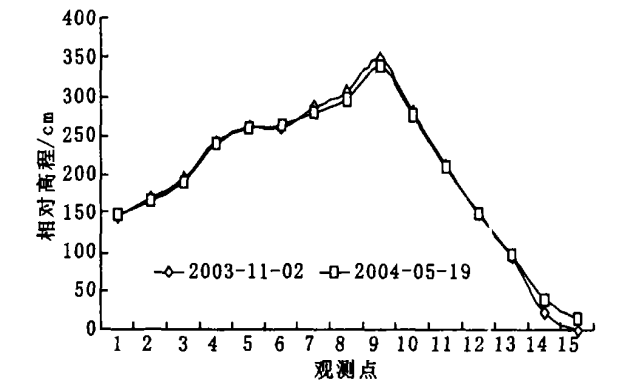


图7 防沙体系内沙丘形态变化

若无防沙体系, 按阿拉善盟公路管理局公路清沙试验的费用定额测算: 单纯人工清沙的成本为  $15 \text{ 元/m}^3$ , 该路段清沙费用每年为 120 万元; 使用推土机、装载机清沙的成本为  $5.5 \text{ 元/m}^3$ , 年清沙费为 44 万元; 清运距离较长, 采用人工、机械联合清沙的成本为  $8 \text{ 元/m}^3$ , 年清沙费为 64 万元。以上费用尚不包括风沙流对路基边坡、路面的损害而产生的维护费, 路面积沙

参考文献:

[1] 张奎壁, 邹受益. 治沙原理与技术[M]. 北京: 中国林业出版社, 1990.  
[2] 朱朝云, 丁国栋, 杨明远. 风沙物理学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1992.  
[3] 胡春元, 杨茂, 杨存良. 库布齐沙漠穿沙公路沙害综合防治技术[J]. 干旱区资源与环境, 2002, 16(3): 71- 77.  
[4] 凌裕泉. 草方格沙障的防护效益[M]. 银川: 宁夏人民出版社, 1992.  
[5] 徐新文, 胡玉坤, 潘伯荣. 塔里木沙漠公路防沙体系的防护效益[J]. 干旱区研究, 1998, 15(1): 21- 26.  
[6] 王训明, 陈广庭. 塔里木沙漠公路沿线机械防沙体系效益评价及防沙带合理宽度的初步探讨[J]. 干旱区资源与环境, 1997, (4): 28- 35.

(上接第165页)

则偏低。(4) 未来之研究可加入历年之植物景观之变迁, 以及  
植生工法施工后之植物空间变化, 应可更完整了解与评估植

参考文献:

[1] 林信辉, 张俊斌, 陈意昌. 西南部泥岩空间结构与景观生态变迁之研究[J]. “水土保持学报”, 2002, 34(4): 261- 278.  
[2] 林信辉, 张俊斌, 周跃. 台湾西南部泥岩土地利用型态与环境劣化趋势之分析[J]. 云南地理环境研究, 2003, 15(3): 40- 47.  
[3] 林裕彬, 林怡君. 以景观生态观点探讨芦竹乡农田景观结构[J]. 中国文化大学地理研究报告, 1999, (12): 107- 130.  
[4] 林裕彬, 邓东波, 吴振发. 景观生态计量方法于农业景观生态系统之空间结构探讨[J]. 农业工程学报, 2001, 47(2): 759- 764.  
[5] 张俊斌, 张振生. 结合遥测影像、地理信息系统及景观生态计量方法应用于泥岩景观生态变迁[J]. 水土保持研究, 2004, 11(5): 100- 107.  
[6] 傅伯杰, 陈利顶, 马克明, 等. 景观生态学原理及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2001. 1- 20.  
[7] Baker, W L. The landscape ecology of large disturbances in the design and management of nature reserves[J]. Landscape Ecology, 1992, 7(3): 181- 194.  
[8] Dramstad, W E, J D Olson, R T T Forman. Landscape Principles in Landscape Architecture and Land-use Planning [M]. Washington D. C: Island Press, 1996.  
[9] Forman, R T T. M Godron. Landscape Ecology [M]. New York: John Wiley & Sons, 1986.  
[10] Gross, J E, C Zank, N T Hobbs. Movement rules for herbivores in spatially heterogeneous environments: responses to small scale pattern[J]. Landscape Ecology, 1995, 10(4): 209- 217.  
[11] Gustafson, E J G R. Relationships between landcover proportion and indices of landscape spatial pattern[J]. Landscape Ecology, 1992, 7(2): 102- 103.  
[12] Turner, M G, R H Gardner. Quantitative Methods in Landscape Ecology [M]. New York: Springer, 1991.

造成的车速减缓、营运中断、交通事故等对社会产生的经济损失。防沙体系建成后仅节省清沙费一项, 3 年可收回防沙体系建设的全部投资, 而沙柳沙障工程防沙体系的使用寿命一般为 5~7 年, 若维护及时并辅以封育恢复天然植被措施, 其使用寿命还可延长甚至长期发挥防沙作用。因此, 新麻高速公路防沙体系的社会经济效益是十分显著地。

4 结 论

- (1) 固沙带内半隐蔽式沙柳沙障, 削减近地表风速 60% 以上, 并使地表粗糙度比流沙上提高了 79.70 倍; 障内输沙率为  $0.0074 \text{ g/(cm}^2 \cdot \text{min)}$ , 仅是流沙地输沙率的 5.9%, 风沙流结构特征值  $\lambda = 0.74 < 1$ , 近地层流沙以堆积形态为主, 地表趋于稳定。
- (2) 阻沙带有效地起到了削弱风速、阻截流沙的作用, 保护了固沙带半隐蔽式沙障的安全; 高 1.5 m 的高立式沙障有效防护距离相当于 8H~12H 障高。
- (3) 防沙体系内风沙运动微弱, 蚀积变化程度低, 移沙量少, 沙物质的运移只限于体系内部, 说明防沙体系对控制沙丘形态变化、保持地表稳定具有显著作用。
- (4) 新麻高速公路防沙体系起到了防风固沙、保护公路、节约养护经费的作用。体系建成后仅节省清沙费一项, 3 年可收回防沙体系建设的全部投资。而防沙体系设计使用寿命为 5~7 年, 若日常维护及时并辅以封育恢复天然植被措施, 其使用寿命还可延长甚至长期发挥防沙作用。