

纵向岭谷区高速公路建设对沿线植物生物量的影响

刘 杰, 崔保山, 杨志峰*, 董世魁, 姚维科

(水环境模拟国家重点实验室, 北京师范大学环境学院, 北京 100875)

摘要:选定西南纵向岭谷区大保(大理—保山)和思小(思茅—小勐养)两段高速公路,按照地貌条件的不同(山顶和山腰),在垂直公路方向上对沿线各样点(距离公路分别为 5m、20m、40m、80m、120m 和 200m)及其参照点处的各类植被(乔木、灌木和草本)的生物量进行了测定;对比分析了高速公路建设对沿线各样点处各类植物生物量的影响特征和强度;拟合了公路建设干扰下其沿线各类植物的生物量随距离公路远近而变化的回归方程,确定了公路建设的影响范围;对不同地貌条件下两条公路对沿线各类植物生物量的影响范围和强度进行了比较分析。结果表明:(1)高速公路建设通过影响绿色植物的数量和光合作用等生理过程对沿线植物生物量产生了影响,其影响类别有正负两种,乔木主要受负面影响,灌木和草本主要受正面影响;(2)高速公路沿线乔木层的生物量随距离公路远近变化的曲线呈“J”形,最大值出现在距离公路最远样点处,最小值出现在距离公路最近样点处;灌木和草本层生物量的变化曲线呈“单峰”形,最大值在距离公路 20~50m 范围,紧邻和远离公路的样点处均较小;(3)两条公路对沿线植物生物量的影响范围和强度因路段、地貌条件和植被类型而不同,大保高速公路对沿线各类植物生物量的影响范围、对乔木层生物量的影响强度大于思小公路,对灌木和草本层生物量的影响强度小于思小公路;高速公路建设在不同地貌条件下的影响范围和强度满足:山腰>山顶,对各类植物的影响范围满足:草本>灌木>乔木,影响强度满足:乔木>草本>灌木。

关键词:影响;植物生物量;高速公路建设;纵向岭谷区

文章编号:1000-0933(2006)01-0083-08 中图分类号:Q143, Q948, S158.2 文献标识码:A

Effects caused by highway construction on plant biomass of roadsides in longitudinal range-gorge region

LIU Jie, CUI Bao-Shan, YANG Zhi-Feng*, DONG Shi-Kui, YAO Wei-Ke (State Key Laboratory of Water Environment Simulation, School of Environment, Beijing Normal University, Beijing 100875, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(1): 83~90.

Abstract: Taking Dabao (from Dali city to Baoshan city) and Sixiao (from Simao city to Xiaomengyang town) highways in longitudinal range-gorge region as examples, the biomass of different vegetation types (arbor, shrub and herbage) on the sampling points (the distances to road are 5m, 20m, 40m, 80m, 120m and 200m respectively) and their contradiistinguishing points under different landforms were measured on spot. The affecting characteristics and intensities of highway construction on plant biomass of all sampling points were analyzed by contrasting the measured values (between the sampling points and their contradiistinguishing points). The function equations of plant biomass changing with the distances from road were simulated with method of regress analysis, then the affecting scopes of highway construction were identified. The affecting intensities and scopes of the two roads under different landforms on biomass of different vegetation types were also compared in this paper. The conclusions are as follows: 1) Highway construction affects plant biomass of roadsides through changing the quantities of green vegetations and plant photosynthesis. It's impacts include two types, the impacts on arbor are mainly negative while the impacts on shrub and herbage

基金项目:国家重点基础研究发展计划(973)资助项目(2003CB415104)

收稿日期:2005-08-20; **修订日期:**2005-11-20

作者简介:刘 杰(1975~),男,河北迁西人,博士生,主要从事环境评价、规划和管理研究. E-mail: jieliu88@163.com

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: zfyang@bnu.edu.cn

Foundation item: Foundation: National Basic Research Program of China (No. 2003CB415104)

Received date: 2005-08-20; **Accepted date:** 2005-11-20

Biography: LIU JIE (1975~), Ph.D. candidate, mainly engaged in environmental assessment, planning and management. E-mail: jieliu88@163.com

are mainly positive. 2) the curves of arbor biomass changing with the distances from road present form "J", with their maximum values of all the sampling lines located at the most distant sampling points, while their minimum values located at the nearest sampling points. The curves of shrubs and herbages present "single apex" form, their maximum values are located at the points which are 20 ~ 50m distant from road. The plant biomass values of the sampling points which are very close to or faraway from road are lower, while the minimum values located on the sampling points which are 120 ~ 200m distant from road. 3) Effect caused by the two selected highways on plant biomass differ greatly in the affecting scopes and intensities due to their different sections and landforms. Dabao highway has the higher affecting scopes on all vegetation types along the road than Sixiao highway. As for Dabao highway has higher impacts on arbor than Sixiao highway in comparison with the lower impacts on shrub and herbage than the latter. The compared results of affecting scopes and intensities between the two different landforms meet the following order: mountainside > mountaintop, while affecting scopes among different vegetations are: herbages > shrub > arbor, and the affecting intensities are: arbor > shrub > herbages.

Key words: effect; plant biomass; highway construction; longitudinal range-gorge region

高速公路建设是当前人类改造自然界最主要的活动之一,已经成为了当今社会和经济发展的中枢,其分布范围之广和发展速度之快,都是其他人类建设工程不能比拟的^[1]。当道路和各种交通工具为人类社会带来巨大效益的同时,也对自然生态系统产生了显著影响,有研究表明这种影响至少涉及到了全球陆地面积的15% ~ 20%^[2]。目前高速公路建设的生态影响已经得到了广泛重视,相关研究也得以深入开展,但现有成果主要集中在公路建设产生的生态负效应方面,内容以植被破坏、水土流失、景观破碎、边缘和阻隔效应等为主^[3~9],并采用指标分析、野外观测和 RS 等方法对公路建设引起的水土流失、景观破碎等方面进行了定量探讨,实现了定性分析与定量分析的结合。但是,现有研究很少将公路建设的干扰作用与生态变化(植物生理特征、种群分布、群落生物量等)紧密联系,虽然一些研究将生物量等作为公路建设生态影响评价的定量指标进行了分析和探讨^[2,3,5,10],但其影响范围、影响强度等关键问题一直没有得到很好解决,其影响机理也有待深入探讨。本文在野外实验的基础上,定量分析了高速公路建设对沿线植物生物量的影响,采用数学方法对不同地貌条件下不同路段对沿线各类植物生物量的影响强度和范围进行了对比分析,初步探讨了其影响机理,以期丰富公路建设生态影响评价的定量研究方法,揭示公路建设生态效应的内在机理,为道路和相关工程建设的生态效应理论的建立和完善提供基础。

1 材料与方法

1.1 研究路段

以西南纵向岭谷区的大保和思小两段高速公路为案例工程(位置见图1)。西南纵向岭谷区指位于我国西南、与青藏高原隆升直接相关联的横断山及毗邻的南北走向的山系河谷区,自西向东由高黎贡山、怒江、怒山、澜沧江、云岭和元江等高山大河相间组成其主体地貌骨架,岭高谷深、生物丰富、环境复杂是该区的主要特点^[11]。大保高速公路东西走向,横穿纵向岭谷并位于山脉与河流的上游,全线地形峰峦重叠,坡陡谷深,海拔高差1445m;思小高速公路南北走向,顺延纵向岭谷并位于山脉河流下游,全线为河流切割的山原地形,地势

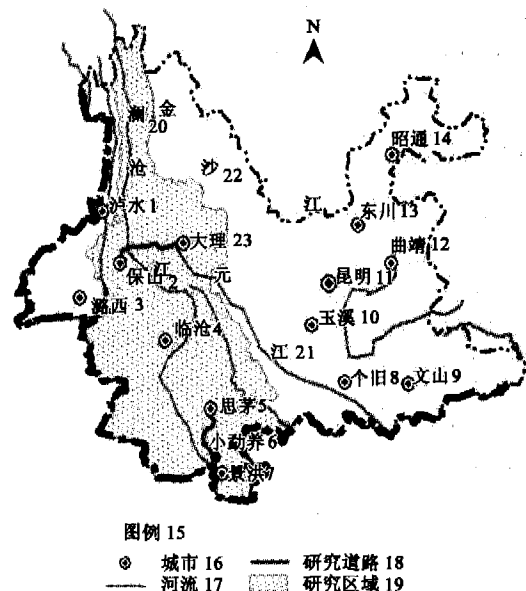


图1 研究区域与公路

Fig.1 Research region and roads

1. Lushui, 2. Baoshan, 3. Luxi, 4. Lincang, 5. Simao, 6. Xiaomengyang, 7. Jinghong, 8. Gejiu, 9. Wenshan, 10. Yuxi, 11. Kunming, 12. Qujing, 13. Dongchuan, 14. Zhaotong, 15. Legend, 16. City, 17. River, 18. Research road, 19. Research region, 20. Langcangjiang river, 21. Yuanjing River, 22. Jinshanjiang River, 23. Dali

由北向南倾斜,相对平缓,海拔高差 595m。可见,两条公路沿线区域具有典型性和代表性,其建设基本能反应纵向岭谷区高速公路建设的特征。

1.2 研究方法

1.2.1 样线与样点 在大保和思小高速公路沿线山坡和山顶各选择 1 条样线(表 1),样线垂直公路走向,在距离公路路肩不同距离处(5、20、40、80、120m 和 200m)布设样点,样点设在阳坡。参照点远离公路(1500m 以外),坡度、坡向以及群落类型与测定样点相近。

表 1 选定样线的基本情况
Table 1 The basic circumstances of selected sampling lines

	路段与样线 Road and sampling line	样线中心经纬度 Longitude and latitude	海拔(m) Altitude	地形 Landform	植被类型 Type a of vegetation
大保公路 Dabao highway	样线 1 Sampling line 1	N25°02'1";E99°43'05"	2278	山顶凹坡 25 ~ 30°	针阔混交林,自然植被 Mixed broad-leaved and
	参照 1 Contradistinguishing point 1	N25°02'14";E99°43'05"	2194	Concave slope on mountaintop	coniferous froest,unaffected vegetation
	样线 2 Sampling line 2	N25°27'12";E99°23'.37".3"	1944	山腰平坡 28 ~ 33°	常绿阔野林,自然植被 Evergreen broad-leaved
	参照 2 Contradistinguishing point 2	N25°27'29";E99°23'.37".5"	1950	Even slope on mountainside	froest,unaffected vegetation
	样线 3 Sampling line 3	N23°06'46.8";E102°46'2.0"	1970	山顶凸坡 20 ~ 22°	常绿阔叶林,自然植被 Evergreen broad-leaved
	参照 3 Contradistinguishing point 3	N23°06'47.4";E102°46'2.2"	1931	Protruding slope on mountaintop	froest,unaffected vegetation
思小公路 Sixiao highway	样线 4 Sampling line 4	N23°04'35.9";E102°44'35.7"	1585	山腰平坡 27 ~ 30°	常绿阔叶林,自然植被 Evergreen broad-leaved
	参照 4 Contradistinguishing point 4	N23°04'35.9";E102°44'35.7"	1498	Even slope on mountainside	froest,unaffected vegetation

1.2.2 生物量测定

(1)乔木 采用间接收获法^[14],将样本伐倒后地上部分采用“分层切割法”测定各器官鲜重,再分别抽取小样品,用烘干恒重法根据测得的含水率计算各器官的干物质质量及地上部分的总生物量。根系生长量采用器官比值法求得。对于不能砍伐的乔木采用公式(1)(根据实测的 40 株乔木生物量与其胸径两组数据经过回归分析求得)进行估算:

$$Wt = 1.2482 \times (- 5.5774 + D)^2 \tag{1}$$

式中, Wt 为生物量, (t/hm²); D 为胸茎(cm)。

(2)灌木和草本 在调查样地上设置 2m × 2m 的小样方 10 个,将全部植物掘出,按种类分别称重,取样烘干折算成单位面积(hm²)的干重。

1.2.3 统计分析 统计软件采用 SPSS12.0,主要采用方差分析、回归分析等方法。

2 公路建设对沿线植物生物量的影响

2.1 测定结果分析

各样点及其参照点处各类植物生物量的测定值和对比情况见图 2。图 2 表明,高速公路沿线乔木层的生物量在样线 4 距离公路 200m 处的测定值比参照点高 0.1%(为 342.65 t/hm²),而其他 23 个样点(占总样点数的 95.8%)均低于其相应参照点。对样线 4 距离公路 200m 处的样点进行调查可知,公路在此处修建时减缓了其地面坡度,且植被经过恢复已达到顶级。可见,一般情况下,高速公路建设将对沿线乔木产生负面影响,并将造成其生物量的减少。高速公路沿线绝大部分样点处的灌木和草本植物的生物量远高于其参照点(灌木 22 个,占总样点数的 91.7%;草本 23 个,占 95.8%),仅在远离公路的几个样点处低于相应参照点,且与参照点相差不大,仅为 0.2% ~ 2.9%。由此可知,高速公路建设造成了沿线灌木和草本植物生物量的增加,个别样点处灌草植物生物量的减少可能是由于参照点选取及生物量测定时的误差所致。

为了比较两条高速公路对沿线各类植物生物量的影响并消除测定时间不同的干扰,对测定数据采用公式(2)进行处理。以距离公路远近为横坐标 $x(m)$, 以上述计算结果为纵坐标 (Y), 构建垂直公路方向上 200m 范围内各类植物生物量的变化曲线(图 3)。图 3 表明, 两条高速公路沿线乔木生物量随距离公路远近而变化的曲线基本呈“J”形, 最大值出现在距离公路最远样点处, 最小值出现在距离公路最近样点处; 灌木和草本植物的生物量随距离公路远近而变化的曲线整体相似, 呈“单峰”形, 最大值出现在距离公路 20~50m 范围, 紧邻和远离公路的样点处较小, 最小值的出现在远离公路的某个范围。

$$d = \frac{C_i}{C_{oi}} - 1 \quad (2)$$

式中, d 为高速公路建设对沿线某样点处某类植物生物量的影响指数; C_i 为第 i 个样点处某类植物的生物量 (t/hm^2); C_{oi} 为第 i 个参照点相应植物的生物量 (t/hm^2)。

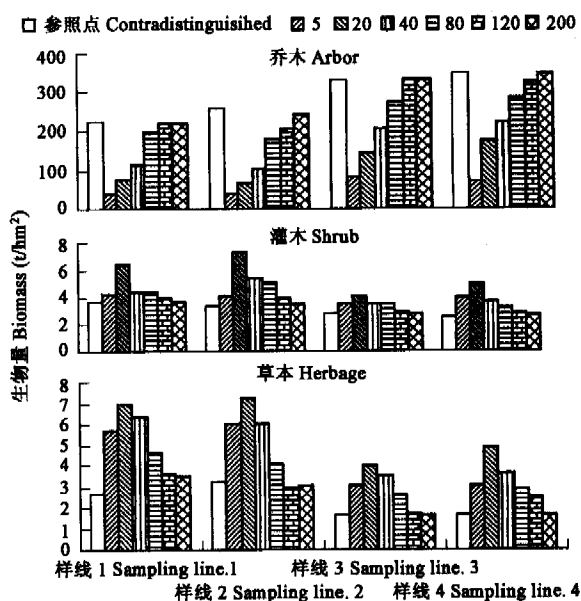


图 2 各样点及其参照点生物量测定值

Fig. 2 Measured values of plant biomass on sampling and contradistinguished points along highways

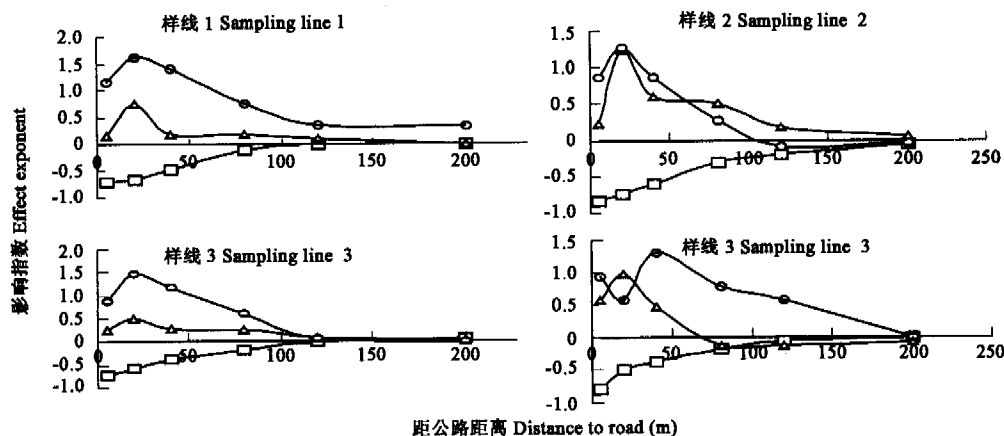


图 3 高速公路建设对沿线各样点植物生物量的影响指数

Fig. 3 Effect coefficients of highway construction plant biomass on the sampling points along highways

由图 3 还可以看出, 在垂直公路方向上, 不同地貌条件下两条高速公路沿线各类植物生物量随距离公路远近而变化的曲线呈现出一定差异性, 主要体现为曲线形状、峰值和谷值的分布等方面。采用方差分析方法对测定数据进行分析的结果(表 2)表明, 路段、地貌条件和植被类型对公路沿线植物生物量的影响显著。

2.2 影响范围分析

图 2 和图 3 表明, 在垂直公路方向上, 高速公路沿线各类植物的生物量只在一定范围内变化, 远离公路一定距离后便会保持稳定且与其参照点处生物量的测定值基本持平, 这一距离即为其影响范围。采用回归分析对不同样线上各类植物的生物量随距离公路远近而变化的曲线进行拟合得到了相应回归方程, 采用置信度 0.05 进行 F 检验, 结果(表 3)表明, 各变化曲线均可采用回归方程表示, 其中乔木生物量的拟合方程符合二次函数模型, 灌木植物的拟合方程符合复合函数模型。根据现场调查结果, 并采取回归方程进行验证, 确定了两

条公路在不同地貌条件下对各类植物生物量的影响范围(以达到相应参照点处生物量的 95% 为计算标准,结果见表 4)。对比分析可知,大保高速公路对山腰路段草本植物生物量的影响范围最大,为 285m,思小高速公路对山顶路段的乔木生物量的影响范围最小,为 125m。对不同地貌条件下两条公路对各类植物的影响范围进行比较,满足:大保 > 思小、山腰 > 山顶 > 坝子、草本 > 灌木 > 乔木。

表 2 不同地貌条件下两条高速公路对沿线各类植物生物量的影响显著性分析

Table 2 Analysis on distinctness of effects on biomasses of different vegetation types under different landform conditions along the two highways

影响因子 Affecting factor	平方和 SS	变异系数 df	F 值 F value	差异显著性 Significance
路段 Road	815956.47	1	1212.29	**
地貌 Landform	815956.47	2	1081.34	**
植被类型 Vegetation type	815956.47	3	1422.58	**
路段 + 植被类型 Road + Vegetation type	815956.47	7	1647.69	**
地貌 + 植被 Landform + Vegetation type	815956.47	6	1023.40	**
路段 + 地貌 + 植被类型 Road + Landform + Vegetation type	815956.47	13	101.08	**

** $p < 0.05$

表 3 高速公路干扰下沿线植物生物量随距离公路远近变化的拟合方程

Table 3 Changing equations of plant biomass with distances from road under disturbances of highway construction

路段 Roads	地貌 Landform	植被 Vegetation	回归方程 Regress equations	F 值 F value	变异系数 d.f	显著性 $\alpha = 0.05$ Significance
大保高速公路 Dabao highway	山顶 Mountaintop	乔木 Arbor	$Y = 16.7635 + 2.7145X - 0.0088X^2$	234.63	3	**
		灌木 Shrub	$Y = 5.0555 \times (0.09983)X$	19.38	4	**
		草本 Herbage	$Y = 6.5101 \times (0.09964)X$	15.86	4	**
	山腰 Mountainside	乔木 Arbor	$Y = 30.4168 + 2.1949X - 0.0057X^2$	331.01	3	**
		灌木 Shrub	$Y = 5.6874 \times (0.09977)X$	14.59	4	**
		草本 Herbage	$Y = 6.5923 \times (0.09964)X$	15.88	4	**
思小高速公路 Sixiao highway	山顶 Mountaintop	乔木 Arbor	$Y = 74.1052 + 3.3471X - 0.0104X^2$	504.2	3	**
		灌木 Shrub	$Y = 3.8010 \times (0.9984)X$	20.41	4	**
		草本 Herbage	$Y = 3.7441 \times (0.9953)X$	17.72	4	**
	山腰 Mountainside	乔木 Arbor	$Y = 86.6033 + 2.1104X - 0.01012X^2$	40.59	3	**
		灌木 Shrub	$Y = 4.2340 \times (0.9972)X$	12.89	4	**
		草本 Herbage	$Y = 4.1723 \times (0.9954)X$	15.60	4	**

** $\alpha = 0.05$

表 4 两条高速公路在不同地貌条件下对沿线各类植物生物量的影响范围

Table 4 Affecting scopes of two highways on biomasses of different vegetation types under different landforms

植物 Vegetations	大保高速公路 Dabao highway		思小高速公路 Sixiao highway	
	山顶 Mountaintop	山腰 Mountainside	山顶 Mountaintop	山腰 Mountainside
乔木 Arbor	145	200	125	140
灌木 Shrub	220	210	170	180
草本 Herbage	260	285	190	210

2.3 影响强度分析

2.3.1 对各样点的影响强度分析 由图 3 可知,高速公路的建设对沿线乔木层生物量的影响主要为负面影响,4 条样线上影响指数的最大值(绝对值)均出现在距离公路 5m 的样点处,分别为 -0.74、-0.83、-0.71 和 -0.79,最小值均出现在距离公路 200m 样点处,绝对值接近为 0。灌木和草本植物主要受到来自公路建设的正面影响,公路建设在 4 条样线上对灌木生物量的影响指数的最大值(绝对值)均出现在距离公路 20m 样点处,分别为:0.75、1.24、0.5 和 0.96,最小值(绝对值)均出现在距离公路 200m 样点处,分别为: -0.01、0.05、0.01 和 -0.07;对草本层生物量的影响指数的最大值分别为:1.63(距离公路 20m)、1.6(距离公路 20m)、1.27(距离公路 20m)和 1.30(距离公路 50m),最小值(绝对值)均出现在距离公路 200m 样点处,分别为: -0.04、-0.02、0 和 0。

2.3.1 对各样线的影响强度分析 由于不同样线的地理位置和地形特征不同,高速公路建设对不一样线上

各类植物生物量的影响强度也不相同。本文采用各样线上各类植物生物量的变化幅度(公式 3)和高速公路对各样线上各类植物生物量的影响累积量(公式 4)进行分析,计算结果见表 5。对比分析可知,变化幅度和影响累积量的最大值均出现在大保高速公路沿线山腰路段(样线 2)的乔木层,分别为 5.59 和 29953.22;最小值均出现在大保高速公路沿线山顶路段(样线 3)的灌木,变化幅度和影响累积量分别为 1.76 和 18.22。大保高速公路(样线 1 和样线 2)对沿线乔木层生物量的影响强度大于思小高速公路沿线相同地貌条件下(样线 3 和样线 4),对灌木和草本植物生物量的影响强度小于思小公路相同地貌条件下;公路建设对各样线上不同植被类型的影响强度满足:乔木>草本>灌木;比较各地貌条件下公路建设的影响强度(样线 1 与 2,样线 3 与 4)满足:山腰>山顶。

$$Q_{ij} = \text{Max}(Q_{ij})/\text{Min}(Q_{ij})$$

(3)

式中, Q_{ij} 为公路建设干扰下 i 样线 j 类植物生物量的变化幅度; $\text{Max}(Q_{ij})$ 为 i 样线 j 类植物生物量的最大测定值(t/hm^2); $\text{Min}(Q_{ij})$ 为 i 样线 j 类植物生物量的最小测定值(t/hm^2)。

$$Q_{ij} = \int_0^b f(X) dx$$

(4)

式中, Q 为公路建设对 i 样线 j 类植物生物量的影响累积量; b 为公路建设对 i 样线 j 类植物生物量的影响范围(m); $f(x)$ 为 i 样线 j 类植物的生物量随距离公路变化的回归方程。

表 5 两条高速公路在不同地貌条件下对沿线各类植物生物量的影响强度

Table 5 Affecting intensities of two highways on biomasses of different vegetation types under different landforms

地貌 Landforms	植被 Vegetations	大保高速公路 Dabao highway		思小高速公路 Sixiao highway	
		变化幅度 Changing scale	影响累积量 Cumulated effect quantity	变化幅度 Changing scale	影响累积量 Cumulated effect quantity
山顶 Mountaintop	乔木 Arbor	5.22	24798.6	3.83	23271.74
	灌木 Shrub	1.76	32.58	1.88	18.22
	草本 Herbage	1.88	40.45	3.52	22.73
山腰 Mountainside	乔木 Arbor	5.59	29953.22	4.62	27056.01
	灌木 Shrub	1.77	27.84	1.98	21.37
	草本 Herbage	2.35	47.71	3.06	28.30

3 讨论

某一时刻的生物量指此时此刻以前生态系统所累积下来的活体有机质总量。虽然影响植物生物量的因素很多,但从长期看,绿色植物数量及其光合速率大小是根本因素,前者决定了生物量合成的尺度,而后者则决定了其生理合成速率^[12]。高速公路正是通过影响沿线各类植物的数量和其光合速率等生理过程对沿线植物生物量产生了影响。高速公路是沿线主要的干扰源^[14],能够通过植被砍伐、工程占地等直接干扰改变沿线绿色植物的密度,对参与光合作用的植物数量产生影响^[12,13];能够通过影响与植物生长发育密切相关的土壤、气候和地形等生态因子对其生长发育产生扰动^[15~19]。根据生物对生态因子的耐受曲线(图 4)^[10],当公路建设干扰下生态因子的变化超出植物耐受范围时,植物消亡;当生态因子状态偏离最适区时,植物生长发育受到影响,其光合作用过程将受阻而发生变化;当生态因子状态接近最适区时,植物光合作用过程得到改善,植物得以快速蔓延。可见,公路建设对沿线植物的影响结果有个体数量和生命状态变化两种,二者共同对植物的生物量产生影响,其影响强度与距离公路远近和沿线自然条件密切相关,一般而言,生长在距离公路近、起伏大的地点处的植物受到的干扰强度大,生长在距离公路远、相对平坦的地点的植物受到的干扰强度小。

在垂直高速公路的方向上,植物生物量增减变化与其受到的干扰程度及其在群落中的地位密切相关。研究区域自然植被主要为常绿阔叶林和针阔混交林,群落垂直分层明显,乔木高大处于优势地位,灌木与草本低矮稀疏,处于从属地位^[11]。公路建设过程中,乔木由于处于优势地位而成为工程占地和施工活动破坏的主要对象^[20],加之主要生长在海拔高差大的山地路段,土壤、气候和地形等生态因子变化剧烈,其生物量受到的影响强度最大,表现为公路沿线各个样点处乔木层的生物量较参照点小,减少量随距离公路渐远而减少。灌木

和草本除受公路建设干扰外,还依赖于上层植物提供的小环境^[21]。公路建设过程中乔木层的破坏改善了下层的光照条件,在沿线近距离内,由于公路干扰作用强烈,极大抵消了光照条件改善带来的正面影响,其生物量增加不明显;远离公路一定距离处,公路负面干扰作用相对较弱,乔木层的破坏极大的改善了灌草植物的光合作用条件,导致了其密度和光合速率的迅速提高,生物量显著高于参照点;远离公路一定距离后,光照条件改善和公路建设的负面干扰达到平衡,植物生物量达到峰值,而后灌草植物受到的影响逐渐减弱,其生物量也趋于参照点测定值并基本平稳。

在垂直公路的方向上,植物生物量只在一定范围内变化,达到一定距离后便会保持稳定并与参照点测定值基本吻合,该距离即为公路建设对沿线植物生物量的影响范围。两条公路在不同地貌条件下对各类植物生物量的影响范围和强度不同。两条公路比较,大保高速沿线地势起伏更大,其建设过程中干扰作用强烈,对沿线各类植物生物量的影响范围、对乔木生物量的影响强度大于思小公路;灌木和草本植物与乔木不同,受到了公路建设和上层环境的双重影响。思小高速沿线乔木茂密,其建设过程中对乔木层的破坏极大地改善了下层灌草植物的光照条件,其生物量增加幅度大于大保沿线。不同地貌类型比较,高速公路在山腰建设时会造成强烈的山体切割和植被破坏,加之显著的海拔梯度变化,对各类植物生物量的影响范围和强度均大于山顶路段。不同植被类型比较,乔木处于优势地位,受公路建设的影响强烈;灌草植物处于从属地位,受公路建设和上层环境的双重作用(乔木层的破坏改善了其光照条件,部分抵消了公路建设的负面影响),受影响强度小,而影响范围却大于乔木;灌木和草本植比较,草本层植物原始生物量小(受到灌木和乔木双重郁蔽的影响),上层植物的破坏对其光照条件的改善作用显著,加之易于成活且繁殖速度快,公路建设对其生物量的影响范围和强度均大于灌木。

4 结论

(1)高速公路建设对沿线植物生物量的影响包括正负两种。乔木主要受负面影响,影响强度随远离公路而减弱;灌木和草本主要受正面影响,影响强度随距离公路渐远先增后减,最后趋于平稳。

(2)高速公路建设对植物生物量的影响强度和范围因路段、地貌条件和植被类型而不同,大保高速对各类植物生物量的影响范围、对乔木生物量影响强度大于思小,对灌草植物的影响强度小于思小;比较不同地貌条件下的影响范围和强度,满足:山腰 > 山顶;公路建设对各类植物生物量的影响强度满足:乔木 > 草本 > 灌木;影响范围满足:草本 > 灌木 > 乔木。

(3)绿色植物的数量及其光合速率的大小是决定群落生物量的根本因素,前者决定了生物量合成的尺度和范围,后者决定了植物的生理合成速率,高速公路建设正是通过影响沿线绿色植物的数量及其光合作用等生理过程对其生物量产生了影响。

(4)传统研究一般认为公路建设的影响均是负面的,而本文认为公路建设对灌草植物生物量的影响是正面的,这符合中度干扰理论。此外本文采用数学方法定量分析了高速公路对各类植物生物量的影响强度和范围,并初步探讨了其影响机理,这都是以往研究中所没有的。

References:

- [1] Forman R T, Sperling D, Bissonette J A, et al. Road ecology: science and solutions. Inland Press, 2002. 3 ~ 397
- [2] Forman R T. Horizontal processes, roads, suburbs, societal objectives, and landscape ecology. In: Landscape ecological analysis: Issue and applications, 1999. 35 ~ 53.
- [3] Chen H, Li S C, Zheng D. Features of ecosystems along side Qinghai-Xinjiang highway and railway and the impact of road construction on them. Journal of

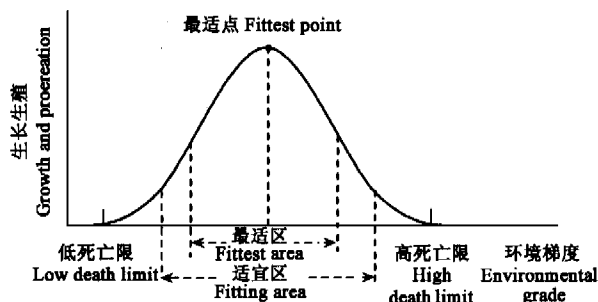


图4 生物对生态因子的耐受曲线^[10]

Fig.4 Endurance curve of organisms to environmental factors^[10]

- Mountain Science, 2003, 21(5): 559 ~ 567.
- [4] Canters K, Piepers A, Hendriks H A, *et al.* Proceedings of the international conference on Habitat fragmentation and infrastructure in Maastricht & DenHague Delft. Ministry of Transport, 1995: 61 ~ 69.
- [5] Davide G B. Biodiversity impact assessment of roads and approach based on ecosystem rarity. Environmental Impact Assessment Review, 2003, (23): 343 ~ 365.
- [6] Bengtsson J, Nilsson S G, Franc A, *et al.* Biodiversity, disturbances, ecosystem function and management of European forests. Forest ecology and Management, 2000, 132: 39 ~ 50.
- [7] Upadhyay R K, Rai V, Lyengar S R K. How do ecosystems respond to external perturbations. Chaos, Solitons and Fractals, 2000, (11): 1963 ~ 1982.
- [8] William J, Mitsch J W, Day J R. Thinking big with whole-ecosystem studies and ecosystem restoration-a legacy of H. T. Odum. Ecological Modelling, 2004, 178: 133 ~ 155.
- [9] Brian D F, Jorgensen S E, Bernard C P, *et al.* Ecosystem growth and development. BioSystems, 2004, 77: 213 ~ 228.
- [10] Sun R Y, Li B, Zhu G Y, *et al.* General ecology. Beijing: Higher Education Press, 1993. 212.
- [11] Gan S, He D M. Analysis on morphological characteristic of Longitudinal Range-Gorge Region based on geo-informatic Tupu method. Journal of Yunnan University, 2004, 26(6): 534 ~ 540.
- [12] Cheng W L, Liu H Y, Wang S D. The studies on the relation between the biomass and the factors influencing it. Acta, Scientiarum Naturalium University NeiMongol, 2000, 31. (5): 285 ~ 289.
- [13] Lin S Z, Yang M, Cao Z L, *et al.* Effect of different Human-caused disturbances on above-ground biomass and productivity of *Pinus massoniana* forests. Acta Bot. Boreal.-Occident. Sin, 2004, 24(3): 516 ~ 522.
- [14] Li Z Y, Xu Q. Distribution of nitrogen oxides at amphi of highway. Environmental Monitoring in China, 2001, 11(4): 51 ~ 55.
- [15] Jin Z X, Ke S S, Zhong Z C. Studies on characteristics of leaves growth and photosynthesis physioecology of *Sargentodoxa cuneata*. Bulltin of Botanical Rearearch, 2002, 22(2): 184 ~ 190.
- [16] Li X Y, Liang Z S, Kang S Z. Effect of water saving irrigation on summer maize transpiration efficiency. Acta Agriculture Boreah Sinica, 1995, 10(4): 14 ~ 19.
- [17] Liang S S, Kang S Z. Water use efficiency and improvement way. Acta Bot, Boreal.-Occident. Sin, 1996, 16(6): 59 ~ 87.
- [18] Liu K C, Zhang X Q, Wang Q C, *et al.* Effect of plant density on microclimate in canopy of maize. Acta Phytocologica Sinica, 2000, 24(4): 489 ~ 493.
- [19] Shi J Z, Wang T D. Experimental Study and mathematical Stmua-tion of water use efficiency in wheat leaves affected by some environmental factors. Acta Botanica Sinica, 1994, 36(2): 940 ~ 946.
- [20] Bao W H, Fan J. Discussion on the impact of highway construction on ecological environment. Environmental Protection in Transpottation, 2000, 21(3): 42 ~ 45.
- [21] Xie H C, Song J D, Jiang Z L. The light distribution and photosynthetic characteristic of main plant species in *Oriental oak* forest. Journal of Fujian College of Forestry, 2004, 24(1): 21 ~ 24.

参考文献:

- [3] 陈辉, 李双成, 郑度. 青藏公路铁路沿线生态系统特征及道路修建对其影响. 山地学报, 2003, 21(5): 559 ~ 567.
- [10] 孙儒泳, 李博, 诸葛阳, 等. 普通生态学. 北京: 高等教育出版社, 1993. 2 ~ 13, 212.
- [11] 甘淑, 何大明. 纵向岭谷区地势曲线图谱及地貌特征分析. 云南大学学报, 2004, 26(6): 534 ~ 540.
- [12] 成文联, 刘海鹰, 王世冬. 生物量与其影响因素之间的关系. 内蒙古大学学报, 2000, 31(5): 285 ~ 289.
- [13] 林思祖, 杨梅, 曹子林, 等. 不同强度人为干扰对马尾松地上部分生物量及生产力的影响. 西北植物学报, 2004, 24(3): 516 ~ 522.
- [14] 李震宇, 许强. 高速公路两侧氮氧化物的分布特征. 中国环境监测, 2001, 11(4): 51 ~ 55.
- [15] 金则新, 柯世省, 钟章成. 大血藤叶的生长及光合生理生态特性研究. 植物研究, 2002, 22(2): 184 ~ 190.
- [16] 李新有, 梁宗锁, 康绍忠. 节水灌溉对夏季玉米蒸腾效率的影响. 华北农学报, 1995, 10(4): 14 ~ 19.
- [17] 梁宗锁, 康绍忠. 植物水分利用效率及其提高途径. 西北植物学报, 1996, 16(6): 79 ~ 87.
- [18] 刘开昌, 张秀清, 王庆成. 等密度对玉米群体冠层内小气候的影响. 植物生理学报, 2000, 24(4): 489 ~ 493.
- [19] 施建忠, 王天铎. 环境因子对小麦叶片水分利用效率影响的实验研究和数值模拟. 植物学报, 1994, 36(2): 940 ~ 946.
- [20] 包薇红, 范兢. 浅谈公路建设对生态环境的影响. 交通环保, 2000, 21(3): 42 ~ 45.
- [21] 谢会成, 宋金斗, 姜志林. 栓皮栎林内的光照分布及植物的光合特性研究. 福建林学院学报, 2004, 24(1): 21 ~ 24.