

山东省主要公路路域生态环境评价^{*}

王清华¹, 杜振宇¹, 邢尚军¹, 张建锋², 宋玉民¹

(1. 山东省林业科学研究院, 济南 250014; 2. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311140)

摘要:山东省公路建设近几年得到了迅速发展, 公路交通在促进经济发展的同时也给路域环境带来较为严重的污染。采用因子分析法, 对山东省境内 3 条主要国道和 5 条高速公路的路域环境进行了综合评价。研究结果表明: 同三和日东高速公路由于通车时间短, 车流量也较少, 车辆带来的空气和噪声污染并不严重, 因而环境质量相对较好; 而营运时间较长的济青、京沪和京福高速的环境质量相对差一些。虽然通车时间较长, 但山东省国道的路域环境从总体上讲并不劣于高速公路。

关键词:生态环境评价; 因子分析; 公路

中图分类号: X821; U412.21

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2009)04-0165-05

Ecological Environment Evaluation for Main Highways in Shandong Province

WANG Qing-hua¹, DU Zhen-yu¹, XING Shang-jun¹, ZHANG Jian-feng², SONG Yu-min¹

(1. Shandong Academy of Forestry, Ji'nan 250014, China; 2. Research Institute of Subtropical Forestry, CAF, Fuyang, Zhejiang 311400, China)

Abstract: Highway construction recently developed fast in Shandong province, which caused serious environmental pollution at the same time of improving the regional economy. The ecological environmental effects of three national highways and five expressways were evaluated by factor analysis in this paper. The results indicated that the environmental quality of Tongjiang - Sanya and Rizhao - Dongying expressways was relatively better than Ji'nan - Qingdao, Beijing - Shanghai and Beijing - Fuzhou expressways due to smaller traffic vehicle density. Compared to expressways, the environmental quality of national highways was not worse in spite of longer service time.

Key words: ecological evaluation; factor evaluation; Shandong province; highway

近几年来,公路交通运输业得到迅速发展,机动车运行量大幅度增加,公路交通对环境的破坏作用也已经到了十分严重的地步^[1]。因此,加强公路的环境保护已迫在眉睫。公路在建设当中产生的扬尘会对路域环境污染,公路建成后运营期内产生的污染主要来自汽车尾气,汽车尾气中含有一氧化碳、氮氧化物、碳氢化合物、二氧化硫、含铅颗粒等^[2-3]。另外,车辆也会对公路路域环境产生噪声污染,噪声是一种公害,影响着人们的生活环境^[4-6]。

随着环境问题的日益严重,国家和各级政府陆续制定了减少公路对环境破坏的政策措施,目的是降低车辆对环境的污染程度。在治理环境污染的各种措

施中,公路绿化是主要措施之一^[7-9]。成功的公路绿化,不仅可以美化路容,更重要的是可以降低噪音干扰和防止环境污染。因此,给公路进行科学的绿化,对于降低车辆的排放污染、净化空气是很有意义的。

山东省主要公路两侧都植有不同模式的绿化林带,国道的绿化一般比较简单,以单行行道树居多,而高速公路除山区路段以外一般都进行了多层次绿化林带的构建,受汽车尾气和绿化林带等因素的综合影响,不同路段的路域环境存在较大差异,本研究拟采用因子分析的方法对山东省主要公路的路域环境进行综合性初步评价,从而为今后进一步对公路的环境状况研究提供一定指导。

* 收稿日期: 2008-12-10

基金项目: “十五”国家科技攻关计划重大专项专题(2004BA516A13-17)

作者简介: 王清华(1973-),女,山东烟台人,工程师,主要从事林业生态、森林保护等方面的研究。E-mail: shandong2009@qq.com

1 材料与方法

1.1 数据采集方法

选取山东省 3 条主要国道和 5 条高速公路为研究对象。3 条国道分别为:202 国道山东段(滨州市 - 菏泽东明)、104 国道山东段(德州 - 枣庄薛城)和 309 国道(聊城冠县 - 威海荣成);5 条高速公路分别是:济青高速(济南 - 青岛)、京福高速山东段(德州 - 枣庄峰城)、京沪高速山东段(德州 - 临沂郯城)、日东高速(日照市 - 菏泽东明)和同三高速山东段(烟台福山 - 日照岚山)。其中京沪高速和京福高速在山东境内德州至泰安区间二者重叠。

在以上公路选择代表性试验点进行环境指标调查,见表 1。

采用声级计(杭州爱华仪器有限公司产)调查了试验点公路边缘的噪音状况(等效 A 声级, dB),调查方法参照 GB/T 3222 - 94。在试验点路侧绿化带内侧采集 0 - 20 cm 土层土样,分析测定土壤中的 Pb 含量。使用气体自动分析仪,测定试验点公路绿化带内侧大气中 NO₂、SO₂ 和 CO₂ 的含量。所用仪器分别为 Interscan 4150 型 NO₂ 分析仪、Interscan 4240 型 SO₂ 分析仪和 GXH - 3010E 便携式 CO₂ 分析仪。气体自动分析仪显示所测定空气中该气体的含量,SO₂ 和 NO₂ 的单位是 μl/L,而 CO₂ 的单位是 %。测定时每 10 min 为一个重复,等数值稳定后记录,每一个点 3 个重复。同时调查了试验点的车流量,以每小时通过公路垂直断面的双向机动车辆的个数为计量单位(辆/h)。

表 1 各试验点基本情况

编号	所属路段	位置	主要绿化植物	类别
1	济青路	自济南 43 km	桧柏、云杉、紫叶李、雪松、欧美杨	路侧
2	济青路	自济南 85 km	桧柏、欧美杨	路侧
3	济青路	自济南 131 km	毛白杨、欧美杨	路侧
4	济青路	自济南 309 km	百日红、雪松、龙柏、紫叶李、欧美杨	路侧
5	京福路	自德州 76 km	毛白杨、欧美杨	路侧
6	京福路、京沪路	自德州 150 km	桧柏	路侧
7	京福路	自德州 257 km	欧美杨	路侧
8	京沪路	自泰安 8 km	柳树、桧柏、欧美杨	路侧
9	京沪路	自泰安 76 km	刺槐、欧美杨	路侧
10	日东路	自日照 175 km	欧美杨	路侧
11	日东路	自日照 255 km	雪松、毛白杨	路侧
12	日东路	自日照 340 km	柳树、欧美杨	路侧
13	同三路	自福山 140 km	欧美杨	路侧
14	京福路、京沪路	自德州 106 km	大叶女贞、柳树、欧美杨	路侧
15	济青路、同三路	两路交汇处	构树、白三叶	互通立交区
16	京福路、京沪路	两路交汇处	蔷薇、桧柏、合欢、紫叶李、百日红、雪松、栾树、龙柏	互通立交区
17	220 国道	自东营 227 km	杨树	路侧
18	220 国道	自东营 284 km	柳树	路侧
19	220 国道	自东营 319 km	杨树	路侧
20	104 国道	自北京 530 km	柳树	路侧
21	104 国道	自北京 594 km	杨树	路侧
22	104 国道	自北京 640 km	杨树	路侧
23	309 国道	自济南 358 km	法桐	路侧
24	309 国道	自济南 400 km	国槐、杨树、紫叶李	路侧

表 2 各评价指标调查测试结果

试验点	车流量/(辆 · h ⁻¹)	路沿噪声/dB	SO ₂ /(μl · L ⁻¹)	NO ₂ /(μl · L ⁻¹)	CO ₂ / %	Pb/(mg · kg ⁻¹)
1	940	74.7	0.02	0.03	0.050	36.81
2	1064	75.1	0.04	0.03	0.044	35.74
3	900	77.0	0.01	0.03	0.047	59.32
4	800	73.6	0.05	0.02	0.045	33.26
5	880	73.8	0.08	0.01	0.047	28.52
6	864	73.8	0.01	0.06	0.043	34.44
7	732	74.8	0.05	0.02	0.049	28.76
8	808	73.2	0.01	0	0.044	49.84
9	792	74.6	0.15	0.03	0.050	24.15
10	948	73.5	0.06	0.04	0.045	23.78
11	232	65.6	0.04	0.04	0.068	35.63
12	312	65.9	0.05	0	0.050	41.55
13	180	62.9	0.01	0.02	0.042	33.07
14	152	64.2	0.03	0	0.043	34.44
15	204	65.9	0.06	0.02	0.045	27.33
16	1472	82.2	0.16	0.10	0.046	36.81
17	688	76.7	0.05	0	0.049	35.63
18	536	64.9	0.11	0	0.048	42.73
19	612	74.9	0.02	0	0.047	45.10
20	620	74.2	0.02	0	0.043	33.26
21	520	73.4	0.05	0	0.047	31.70
22	536	75.1	0.07	0	0.049	34.44
23	1212	75.8	0.20	0	0.048	22.60
24	1280	77.4	0.09	0	0.045	36.81

1.2 分析方法

由于各调查指标对公路路域环境的影响并不一致,因此采用因子分析方法进行综合评价。因子分析法是把原来多个指标简化为少数几个综合指标的一种方法,因而这些综合指标能够尽可能地反映原来多个指标所反映的信息。实验应用数理统计软件 Statistica 6.0,对各试验点的车流量、噪声、空气中 SO₂ 含量、空气中 NO₂ 含量、空气中 CO₂ 含量和土壤表层 Pb 含量等 6 个观测指标的原始数据按以下步骤进行因子分析:

(1)对原始数据作标准化变换。 $X_i = (X_i - \bar{x}_i) / s_i$, 式中: X_i ——转换后的数据; X_i ——转换前的数据; \bar{x}_i ——转换前数据的均值; s_i ——转换前数据的标准差。

(2)建立因子模型。 $X_i = \sum_{j=1}^p a_{ij} F_j + U_i$, 式中: F_j ——第 j 个公因子; a_{ij} ——公因子系数; U_i ——特殊因子。

(3)综合得分。用线性回归的方法将公因子表达成可观测变量的函数,即因子得分,然后将因子得分与公因子权重相乘,求得各样本综合得分,最后进行分析比较。

2 结果与分析

2.1 公因子提取和公因子模型

各试验点所采集数据见表 2 所示。对试验点车流量(X_1)、噪声(X_2)、空气中 SO₂ 含量(X_3)、空气中 NO₂ 含量(X_4)、空气中 CO₂ 含量(X_5)和土壤表层 Pb 含量(X_6)等 6 个观测指标进行因子分析。数据标准化后通过计算,提取出了 3 个公因子,这 3 个公因子的累积方差贡献率为 81.9%,表明原来 5 个观测指标的全部信息可由这两个公因子反映 80% 以上(表 3)。在因子分析中,一般需要提取累计贡献率达到 80% 左右或以上的少数几个特征根对应的公因子。在研究中,提取前 3 个公因子基本便可以了。经过进一步简化结构,求得旋转后因子载荷,

得出本实验公因子模型如表 4 所示。

由以上公因子模型可以看出,决定第 1 个公因子大小的是车流量 (X₁) 和噪声 (X₂),这表示第 1 个公因子主要反映了车辆对路域环境的直接影响作用;决定第 2 公因子的是土壤中的 Pb 含量 (X₆),主要反映了路域环境的土壤污染状况,而决定第 3 公因子大小的则是 NO₂ 含量 (X₄) 和 CO₂ 含量 (X₅),表示第 3 公因子主要支配着路域环境的空气污染状况。图 1 为各观测指标的因子载荷图,在图中距离相近的指标点表示它们对公因子影响也越接近,可以视为一类。根据图上各点的分布可以将这些指标明显分为三类,分别是空气指标(包括 SO₂、NO₂ 和 CO₂ 含量)、地面指标(包括车辆和噪声)和地下指标(土壤 Pb 含量),同实际一致,这也说明本实验用因子分析来评价公路路域环境的优劣是适宜的。

2.2 各试验点路域环境综合评价结果

在影响公路路域环境的公因子中,各个公因子的影响程度并不相同,特征根贡献率大小已说明了这种情况。在评价路域环境时,必须区别各个公因子对其影响的主次关系,赋予不同的权重,权数越大,表示该公因子所起的作用也越大。由此可见,公因子权重的相对大小反映了各个公因子在路域环境评价中的相对地位。目前,通常的确定权数的方法是采用专家打分或层次分析法,但都带有很大的主观性。为了更合理地给出权重,突出各个公因子的作用程度,我们定义权重值^[10]: $W_i = \lambda_i / \sum \lambda_i$, 式中: λ_i ——特征根贡献率。

表 3 公因子的特征根和贡献率

公因子	特征值	贡献率/ %	累计贡献率/ %
1	2.188	36.47	36.47
2	1.424	24.73	61.20
3	1.002	20.70	81.90

表 4 不同观测指标的公因子模型

观测指标	初始因子模型
车流量	$X_1 = -0.9226 F_1 + 0.2633 F_2 - 0.0362 F_3 + U_1$
噪声	$X_2 = -0.8676 F_1 + 0.3277 F_2 - 0.1458 F_3 + U_2$
SO ₂ 含量	$X_3 = -0.6478 F_1 - 0.5586 F_2 + 0.1695 F_3 + U_3$
NO ₂ 含量	$X_4 = -0.2812 F_1 - 0.7227 F_2 - 0.6008 F_3 + U_4$
CO ₂ 含量	$X_5 = 0.1943 F_1 - 0.4845 F_2 - 0.6250 F_3 + U_5$
Pb 含量	$X_6 = 0.2185 F_1 + 0.7723 F_2 - 0.4463 F_3 + U_6$

注:表中 F₁ 指第 1 个公因子, F₂ 指第 2 个公因子, U₁ - U₆ 指特殊因子。

按因子分析的要求计算各试验点的 3 个公因子得分值,然后将各试验点的 3 个公因子得分与权重

分别相乘,得到各个试验点路域环境的综合得分(表 5)。计算结果表明,以试验点 16(位于同三高速自福山 140 km 处)的综合分值最高,其次为试验点 15(位于日东高速自日照 340 km 处),表明这两个试验点的路域环境相对较好;而试验点 22(京福京沪互通立交区)的综合的分值最低,路域环境相对较差。路域环境主要受高速公路上运行车辆的长期影响,当地的自然环境条件也会同时给路域环境带来一定程度的影响。

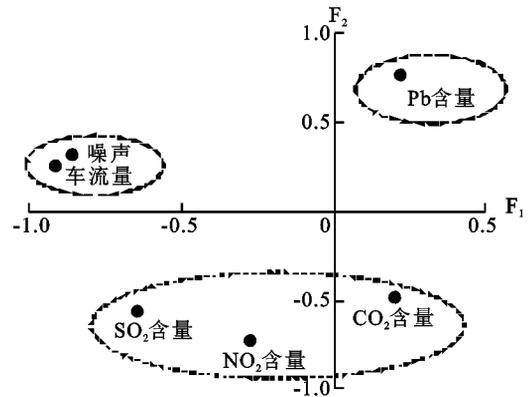


图 1 公路路域环境各观测指标的因子载荷

根据表 5 中的综合得分,计算出不同路段试验点的平均得分,见图 2。从图中可以看出,位于同三和日东高速公路的试验点的环境质量较好,主要原因在于这两条高速公路通车时间短,车流量相对也较少,车辆带来的空气和噪声污染并不严重。济青高速的路域环境稍好于京福和京沪高速,与国道的综合得分相差不大。从各指标调查结果和之前的研究结果可知(表 2),国道虽然开通时间较长,但路域环境总体上讲并不劣于京福和京沪高速。本试验只在高速公路的互通立交区选取了 2 个试验点(编号 21 和 22)进行研究,从评价结果上看,二者差异较大,试验点 21 的路域环境明显好于试验点 22,原因可能在于,试验点 21 是济青和同三高速交汇处,同三高速开通时间短且车流量很少,环境污染相对较轻;而试验点 22 是京福和京沪高速的交汇处,这两条公路通车时间相对较长,车流量也很多,因而路域环境质量较差。

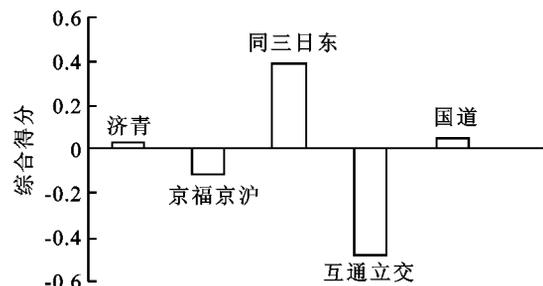


图 2 不同公路路域环境评价综合得分

表 5 各试验点的公因子得分和综合得分

试验点	所属路段	公因子得分			综合分值	顺序
		F_1	F_2	F_3		
1	济青路	- 0.183	0.419	- 0.818	- 0.104	16
2	济青路	- 0.600	0.684	0.039	- 0.050	15
3	济青路	- 0.042	2.281	- 1.762	0.232	9
4	济青路	- 0.201	0.242	0.353	0.043	13
5	京福路	- 0.469	- 0.321	0.647	- 0.139	18
6	京福路	- 0.244	0.515	- 0.407	- 0.035	14
7	京沪路	- 0.202	- 0.308	0.065	- 0.136	17
8	京沪路	0.331	1.861	- 0.148	0.538	3
9	京福路、京沪路	- 0.936	- 1.530	0.332	- 0.649	22
10	京福路、京沪路	- 0.626	- 0.544	0.491	- 0.275	20
11	日东路	1.523	- 1.918	- 2.811	- 0.369	21
12	日东路	1.266	- 0.013	- 0.050	0.450	4
13	日东路	1.570	- 0.066	0.984	0.721	2
14	同三路	1.498	- 0.005	1.215	0.748	1
15	济青同三互通立交	0.984	- 0.895	0.997	0.313	7
16	京福京沪互通立交	- 2.619	- 0.322	- 1.508	- 1.283	24
17	220 国道	- 0.135	0.364	0.039	0.043	12
18	220 国道	0.705	- 0.206	0.350	0.267	8
19	220 国道	0.358	1.242	- 0.265	0.381	6
20	104 国道	0.190	0.705	0.901	0.387	5
21	104 国道	0.244	0.000	0.619	0.192	10
22	104 国道	0.037	- 0.027	0.235	0.046	11
23	309 国道	- 1.748	- 1.395	1.360	- 0.741	23
24	309 国道	- 1.178	0.734	0.536	- 0.166	19

3 结论

采用因子分析法对山东省主要公路的路域生态环境进行了初步评价,研究结果表明:同三和日东高速公路由于通车时间短,车流量也较少,车辆带来的空气和噪声污染并不严重,因而环境质量相对较好;而营运时间较长的济青、京沪和京福高速的环境质量相对差一些,这也进一步说明了车辆是影响公路路域环境的主要因素。山东省国道虽然开通时间比高速公路要长得多,但路域环境从总体上讲并不劣于高速公路,从因子分析综合得分来看,国道的得分反而稍高于济青、京沪和京福高速。

路域环境质量是由多项环境指标综合作用的结果,本研究只选取了对环境质量直接影响较大的少数几个指标进行评价,主要侧重于环境污染方面,若想要对路域环境质量进行全面细致的总体评价,需要今后进一步深入研究。

参考文献:

[1] 金杰. 公路绿化与环境保护[J]. 辽宁林业科技, 2005 (2): 49-50.

[2] 陈律,唐明德,易义珍,等. 长沙市主要路口交通性污染现状[J]. 环境与健康杂志, 2002, 19(5): 391-392.

[3] 马树华,王庆成,李亚藏. 汽车尾气污染对四种北方阔叶树苗木膜脂过氧化和保护酶活性的影响[J]. 应用生态学报, 2004, 15(12): 2330-2336.

[4] 丁亚超,周敬宣,李恒,等. 绿化带对公路交通噪声衰减的效果研究[J]. 公路, 2004(12): 204-208.

[5] Martens M J M. Noise abatement in plant monocultures and plant communities [J]. Applied Acoustics, 1981, 14: 167-189.

[6] 罗海霞,丁建生. 复合式绿化林带在港区边界噪声防治中的应用[J]. 交通环保, 2003, 24(4): 46-47.

[7] 姚成,许志鸿. 沪杭高速公路上海段降噪绿化带的设计和应用[J]. 华东公路, 1999(5): 70-72.

[8] 杜振宇,邢尚军,宋玉民,等. 山东省高速公路绿化对空气的净化效果研究[J]. 山东林业科技, 2006(3): 6-8.

[9] 杜振宇,邢尚军,宋玉民,等. 山东省高速公路两侧土壤的铅污染及绿化带的防护作用[J]. 水土保持学报, 2007, 21(5): 175-179.

[10] 孙希华. 山东农业生态环境质量评价与发展策略[J]. 山东师大学报:自然科学版, 1999, 14(2): 161-164.