

高原交通干线对土地利用和景观格局的影响

——以兰州至格尔木段为例

阎建忠^{1,4}, 张懿锶¹, 刘林山¹, 沈振西², 刘燕华³, 郑 度¹

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院西北高原生物研究所, 西宁 810001; 3. 中华人民共和国科学技术部, 北京 100862; 4. 西南农业大学资源环境学院, 重庆 400716)

摘要: 运用景观生态学方法和 Arc/Info 软件, 研究 1995 年至 2000 年兰州至格尔木铁路沿线的区域土地利用和景观格局变化, 分析交通干线 (公路和铁路) 的影响程度与范围。主要结果如下: (1) 东线土地利用和景观格局没有发生显著变化, 西线土地利用和景观格局变化较大; (2) 东线缓冲带土地利用程度综合指数没有显著变化, 西线缓冲带土地利用程度综合指数明显升高。缓冲带综合土地利用动态度的变化反映了交通干线的轴向影响规律; 兰州至西宁铁路对土地利用变化的显著影响范围是 5 km, 青藏铁路对土地利用变化的显著影响范围是 7 km; (3) 9 个城市缓冲带的土地利用变化分析表明: 城市扩展主要发生在 1 km 缓冲带内。

关键词: 土地利用; 景观特征值; 土地利用动态度; 兰西铁路; 青藏铁路

中图分类号: F301.24

交通设施的建设是实施西部大开发战略的重要环节之一^[1,2]。青藏铁路二期建设 (与运营) 将产生的经济、社会和环境效应受到了广泛的关注^[2-6]。在青藏公路沿途区域土地利用和景观格局变化研究的基础上^[7], 本文以兰州至西宁铁路和青藏铁路沿线, 分析交通干线对区域土地利用和景观格局的影响, 进一步从大尺度阐释高原交通干线的环境效应。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

整个研究区地貌格局受大地构造单元和新构造运动制约, 呈北西西—南东东走向, 处于青藏高原东北部的一条低洼地带。研究区分为 2 部分: (1) 兰州至西宁铁路 (公路) 沿线, 包括兰州、永靖、民和、乐都、平安、互助、西宁 7 个市 (县), 面积 $1.23 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。位于甘肃省西部和青海省东部交接地带, 地跨 $35^\circ 51' \text{N} \sim 37^\circ 05' \text{N}$, $101^\circ 49' \text{E} \sim 104^\circ 30' \text{E}$, 包括湟水流域的大部分 (图 1)。地势西高东低, 地跨青藏高原和黄土高原, 地貌包括冲积平

收稿日期: 2002-06-28; 修订日期: 2002-09-16

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目 (G1998040800); 国家自然科学基金项目 (90202012); 中科院地理科学与资源研究所知识创新工程领域前沿项目 (CXIOG-E01-01 和 CXIOG-A00-03-02) [**Foundation Item:** National Key Basic Research Special Fund, No.G1998040800; National Natural Science Foundation of China, No.90202012; Knowledge Innovation Project of the Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research of CAS, No.CXIOG-E01-01; No.CXIOG-A00-03-02]

作者简介: 阎建忠 (1972-), 男, 重庆市忠县人, 在职博士生, 西南农业大学教师。主要从事土地利用和土地覆被变化等领域的研究。**通讯作者:** 张懿锶 (1962-), 研究员, 博士生导师, E-mail: zhangyl@igsnr.ac.cn

原, 黄土作用的低山, 中山等^[8]。土壤类型包括灰褐土、黑钙土、栗钙土、灰钙土和亚高山草原草甸土。植被类型包括栽培植被(以水浇农田为主), 森林(青海云杉(*Picea crassifolia*)、山杨(*Populus davidiana*)和白桦(*Betula platyphylla*)等), 灌丛(虎榛子(*Ostryopsis davidiana*)、金露梅(*Dasiphora fruticosa*)和杜鹃(*Rhododendron*)等), 高寒草原(长芒草(*Stipa bungeana*)和蒿草(*Kobreris*)等)和荒漠草原及高寒草甸。本区光照充足, 太阳辐射强, 年平均气温 4~8℃, $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温 1500~3000℃, 降水量 400~600 mm。本区经济条件较好, 是西北地区重要的交通枢纽和工业基地。湟水中下游川区灌溉条件较好, 是研究区主要农作区, 交通便捷, 城镇居民点密集^[9-12]。

(2) 青藏铁路湟中至格尔木(公路)沿线, 位于青海省东北部, 包括湟中、湟源、海宴、刚察、青海湖、天峻、乌兰、得令哈、都兰、格尔木(在研究区域土地利用变化时, 考虑了格尔木市托管区域; 在研究铁路缓冲区土地利用变化时, 由于铁路仅连到格尔木市, 没有考虑托管区域)共 10 个县(市), 面积 $25.47 \times 10^4 \text{ km}^2$, 地跨 $32^\circ 45' \text{N} \sim 39^\circ 39' \text{N}$, $89^\circ 35' \text{E} \sim 101^\circ 09' \text{E}$ 。本区地貌类型受河流、湖泊控制, 主要表现为河湖冲积、沉积平原; 盛行西风、西北风, 大于 5 m/s 的天数在 150 天以上。风蚀、风积地貌有零星分布。受地理位置影响, 本区接收的太阳辐射能自东向西由 587.4 kJ/cm^2 (湟中) 增加到 698.8 kJ/cm^2 (格尔木), 日照时数从 2554.5 h (湟中) 增加到 3090.5h (格尔木)。受地形影响, 气温变化复杂, 但对同一地区, 有年较差小、日较差大的特点。受青藏高原地势、大气环流影响, 本区降水量由东到西呈递减趋势(湟中年降水量 533.4 mm, 格尔木年降水量 41.7 mm), 降水变率则呈递增趋势(15%~40%)。受气候条件控制, 本区植被类型变化很大, 沿铁路的植被类型由东向西分别是栽培植被、草原化草甸、芨芨草(*Achnatherum splendens*)草原、戈壁、荒漠和盐壳^[13,14]。

1.2 研究方法

采用青藏公路格尔木到唐古拉山沿线土地利用变化和景观格局变化的研究方法^[7]。根据中国科学院资源环境数据库中研究区各县市 1995 年和 2000 年土地利用数据库, 利用 ArcGIS8.1 软件, 通过 Append, Overlay 命令, 分别建立兰州至西宁铁路沿线和青藏铁路湟中至格尔木沿线土地利用变化图, 通过属性查询, 建立土地利用转移矩阵。并分别计算兰州至西宁铁路沿线和青藏铁路湟中至格尔木沿线的景观特征值、土地利用程度综合指数、综合土地利用动态度和各地类土地利用动态度。选取铁路图层, 分别建立了 15 个缓冲带, 每条缓冲带宽 1 km。由于研究区内公路和铁路相距很近, 铁路缓冲带实际上是铁路和公路共同构成的交通干线的缓冲带。计算缓冲带景观指数, 土地利用程度综合指数, 综合土地利用动态度和各地类土地利用动态度^[15,16]。提取兰州、西宁、乌兰、德令哈、海宴、湟源城镇用地, 建立 7~9 个缓冲带, 每条缓冲带宽 1km, 计算缓冲带综合土地利用动态度, 并分析不同缓冲带的土地利用变化情况。

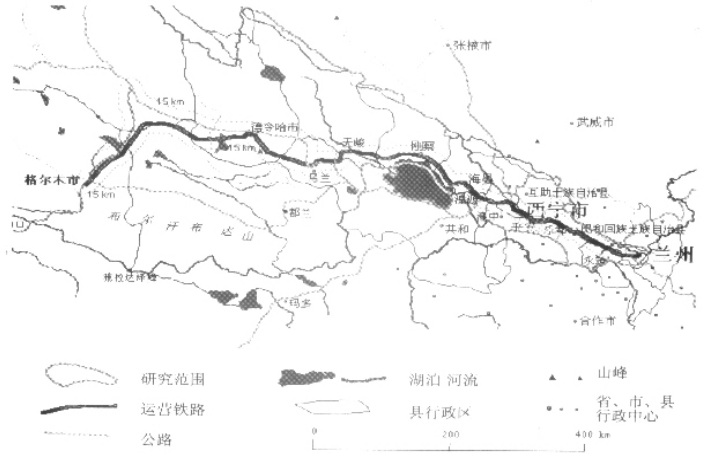


图 1 兰州-格尔木铁路沿线位置图

Fig. 1 Location of the study area

2 研究结果分析

2.1 兰州至西宁沿线土地利用和景观格局变化

2.1.1 兰州至西宁沿线土地利用变化 草地、耕地与建设用地之间的相互转化是土地利用变化的主要形式(表1、表2),耕地的变化最为活跃。主要的土地利用变化型是草地变为耕地(2132.02 hm²),建设用地变为耕地(1494.78 hm²),耕地变为草地(2079.40 hm²),耕地变为建设用地(2000.20 hm²)。

表1 兰州至西宁沿线 1995年和2000年土地利用状况 单位 (hm²)

Tab. 1 Land use of Lanzhou-Xining route in 1995 and 2000

地类	林地	草地	水域	建设用地	未利用土地	耕地	总计
1995年	167810.58	676201.46	15400.46	38115.57	14123.48	314221.94	1225873.49
比重/%	13.69	55.16	1.26	3.11	1.15	25.63	100.00
2000年	168539.54	67580.81	15742.49	38349.47	13939.24	313481.94	1225873.49
比重/%	13.75	55.13	1.28	3.13	1.14	25.57	100
变化%	0.43	-0.06	2.23	0.62	-1.31	-0.24	0
动态度	0.24	0.24	1.53	2.24	3.36	0.60	0.23

表2 兰州至西宁沿线 1995年和2000年土地利用转移矩阵 单位 (hm²)

Tab. 2 Land use change matrix of Lanzhou-Xining route from 1995 to 2000

2000年		林地	草地	水域	建设用地	未利用土地	耕地	合计
1995年	林地	167170.84	63.87	57.39	79.06	0.00	439.42	167810.58
	比重/%	99.62	0.04	0.03	0.05	0.00	0.26	100.00
	草地	704.56	672235.74	28.04	65.53	1035.57	2132.02	676201.46
	比重/%	0.10	99.41	0.00	0.01	0.15	0.32	100.00
	水域	23.10	41.09	15012.64	62.74	40.80	220.09	15400.46
	比重/%	0.15	0.27	97.48	0.41	0.26	0.01	100.00
	建设用地	268.19	159.54	63.61	36129.45	0.00	1494.78	38115.57
	比重/%	0.70	0.42	0.17	94.79	0.00	3.92	100.00
	未利用土地	14.64	1241.17	0.00	12.49	12846.01	9.17	14123.48
	比重/%	0.10	8.79	0.00	0.09	90.95	0.06	100.00
	耕地	358.21	2079.40	580.81	2000.20	16.86	309186.46	314221.94
	比重/%	0.11	0.66	0.18	0.64	0.01	98.40	100.00
	合计	168539.54	675820.81	15742.49	38349.47	13939.24	313481.94	1225873.49

(1) 林地增加0.43%。期内减少639.74 hm², 增加1368.70 hm²。林地变化主要发生在城市周围。有林地减少21.31 hm², 达59127.7 hm²; 灌木林地增加136.35 hm², 达65756.02 hm²; 疏林地增加450.36 hm², 达38678.03 hm²; 其他林地增加163.38 hm², 达4977.78 hm²。(2) 草地减少0.06%。期内减少3965.72 hm², 增加3885.07 hm²。有0.15%的草地变为未利用土地, 有0.32%的草地变为耕地。草地的增加来源主要是耕地和未利用土地。高覆盖度草地增加75.45 hm², 达79006.35 hm²; 中覆盖度草地减少307.11 hm², 达323907.39 hm²; 低覆盖度草地减少149.06 hm², 达272906.98 hm²。(3) 水域增加2.23%。期内减少387.82 hm², 增加729.85 hm²。水域变化主要发生在河流附近, 其中耕地变为滩地333.76 hm²。河渠用地增加72.22 hm², 达8216.93 hm²。水库坑塘减少61.52 hm², 达6347.51 hm²; 滩地增加331.31 hm², 达1178.04 hm²。(4) 建设用地增加0.62%。期内减少1986.12 hm², 增加2220.02 hm²。建设用地变化主要发生在城镇周围, 增加的主要来源是耕地。期内城镇用地增加181.95 hm², 达14845.6 hm²; 农村居民点增加139.77 hm², 达20598.07 hm²; 其他建设用地减少87.52 hm², 减为2905.79 hm²。(5) 未利用土地减少1.13%。期内减少1277.47 hm², 主要变为草地。增加1093.23 hm², 增加来源主要为草地。裸土地增加37.1 hm², 达2695.67 hm²; 裸岩石砾地减少221.33 hm², 余10761.16 hm²; 其他未利用土地没有发生变化。(6) 耕地减少0.24%。期内增加4295.48 hm², 减少5035.48 hm²。水田减少33.45 hm², 余54.89 hm²。缓坡草地(121°)面积没有发生变化, 坡度较

缓的旱地(“122”)面积增加 749.5 hm², 而陡坡旱地(“123”)面积减少 1456.34 hm², 其中变为草地 1387.6 hm²。旱地面积减少 706.84 hm², 达 313426.8 hm²。(7) 综合土地利用动态度为 0.23。其中建设用地动态度最大, 为 3.36, 水域次之, 草地最小。如果就变化面积而言, 耕地变化面积为 9442.58 hm², 草地 4275.57 hm², 建设用地 4275.57 hm², 未利用土地 2370.71 hm², 林地 2008.35 hm², 水域 1174.40 hm²。

(8) 1995 年土地利用程度综合指数为 230.70, 2000 年为 230.69, 基本上没有变化。

2.1.2 兰州至西宁沿线景观格局变化 图斑数增加 111 个, 景观破碎度由 0.78 增加到 0.79, 土地破碎化程度提高。林地和耕地的景观破碎度没有变化, 草地景观破碎度减少, 水域、建设用地、未利用土地景观破碎度增加(表 3)。从 1995 年到 2000 年, 兰州西宁沿线景观多样性指数没有发生变化。分维数没有发生变化。仅建设用地分维数略有增加。建设用地、水域、林地的优势度增加, 草地、未利用土地、耕地优势度减小。

表 3 兰州至西宁沿线景观格局特征值

Tab. 3 Diagnostic values of landscape pattern in Lanzhou-Xining route

	林地	草地	水域	建设用地	未利用土地	耕地	总重积
1995 年面积/hm ²	167809.73	676201.69	15401.30	38114.37	14123.72	314222.28	1225873.49
图斑/个	1351	4095	213	1686	188	2076	9609
周长/m	11504218	51778406	1643954	3024486	1026434	23742396	92719894
分维数	1.40	1.45	1.37	1.37	1.33	1.43	1.46
优势度	13.87	48.89	1.74	10.33	1.55	23.62	100
景观破碎度	0.81	0.61	1.38	4.42	1.33	0.66	0.78
多样性指数							1.68
2000 年面积/hm ²	168539.54	675820.81	15742.49	38349.47	13939.24	313481.94	1225873.49
图斑/个	1372	4087	228	1775	188	2070	9720
周长/米	11564516	51823292	1717271	3199385	1066690	23866885	93238039
分维数	1.40	1.45	1.37	1.38	1.33	1.43	1.46
优势度	13.93	48.59	1.81	10.69	1.54	23.43	100.00
景观破碎度	0.81	0.60	1.45	4.63	1.35	0.66	0.79
多样性指数							1.68

2.1.3 兰州至西宁沿线铁路缓冲带土地利用变化 (1) 土地利用程度综合指数变化。各

缓冲带土地利用程度综合指数变化很小, 土地利用格局没有显著变化(图 2)。1km、7km、8km、10km、11km、12km、13km、14km 缓冲带综合土地利用程度值增加, 2km、3km、4km、5km、6km、9km、15km 缓冲带综合土地利用程度值降低。(2) 综合土地利用动态度。缓冲带综合土地利用动态度以及耕地、林地和草地的动态度都随着距离的增大而减小(图 3, 4)。建设用地的动态度变化没有规律, 但建设用地变化面积随着距离增大而减小。水域动态度变化没有规律。未利用土地仅在 1km、2km、3km 缓冲带内有变化。说明铁路和公路交通干线对研究沿线土地利用变化的影响是“轴”向的。这种规律在其他交通干线的研究中也有表现^[17-21]。由缓冲带综合土地利用动态度可知, 1~5km 缓冲带土地利用变化较快, 6~15km 土地利用变化较慢。(3) 景观特征值变化。由于 1~5 km 缓冲带土地利用变化较快, 选取了 5 km 缓冲区, 计算其 1995 年和 2000 年景观特征值(表 4)。分维数略有提高, 图斑形状的复杂程度变化不大。景观多样性指数由 1.679 提高到 1.683, 景观异质性提高。景观破碎度由 0.013 提高到 0.0133。林地、水域、建设用地、未利用土地的景观优势度增加, 草地、耕地的景观优势度减少。土地利用程度综合指数由 250.47

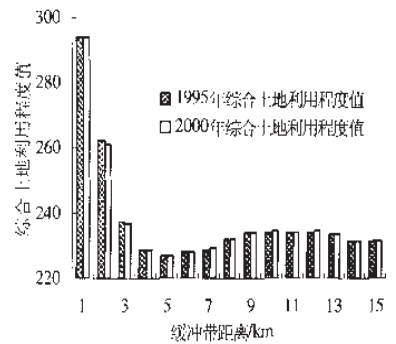


图 2 兰州至西宁沿线缓冲带土地利用程度综合指数变化

Fig. 2 Comprehensive index of the degree of land use of Lanzhou-Xining route buffer zone

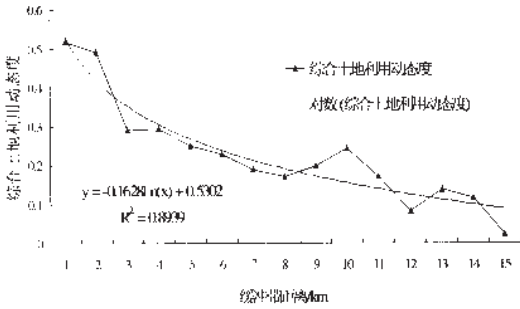


图3 兰州至西宁沿线缓冲带综合土地利用动态度变化

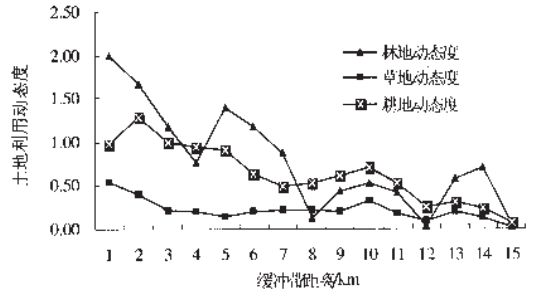


图4 兰州至西宁沿线缓冲带林地动态度、草地动态度、耕地动态度与距离的关系

Fig. 3 Degree of dynamic land use of Lanzhou-Xining route buffer zone

Fig. 4 Relationship between distance and K value of woodland, grassland, cultivated land of Lanzhou-Xining route buffer zone

表4 兰州至西宁沿线5km缓冲带景观格局特征值

Tab. 4 Diagnostic values of landscape pattern in a 5-km buffer zone of Lanzhou-Xining route

	林地	草地	水域	建设用地	未利用土地	耕地	总面积
1995年面积/hm ²	12053.85	124445.23	3919.48	25318.94	252.11	67401.57	233391.18
图斑/个	280	1232	217	514	14	783	3040
周长/m	908764	7125849	477652	1294192	24843	3923331	13754631
分维数	1.33	1.37	1.34	1.31	1.19	1.36	1.3955
优势度	0.07	0.47	0.04	0.14	0.00	0.27	1
景观破碎度	0.023	0.010	0.055	0.020	0.056	0.012	0.0130
多样性指数							1.679
2000年面积/hm ²	12263.57	124935.75	3983.89	25549.92	291.05	66366.99	233391.17
图斑/个	305	1230	217	556	16	784	3108
周长/米	939777	7159198	483007	1368311	29113	3913567	13892973
分维数	1.33	1.37	1.34	1.32	1.19	1.36	1.3964
优势度	0.08	0.47	0.04	0.14	0.00	0.27	1
景观破碎度	0.025	0.010	0.054	0.022	0.055	0.012	0.0133
多样性指数							1.683

降为 250.21。说明兰州至西宁铁路沿线铁路区景观格局变化不显著,土地利用格局也没有显著变化。

2.1.4 兰州至西宁沿线用地缓冲带土地利用变化 (1) 兰州缓冲带土地利用变化。共建立了7个缓冲带,每条缓冲带宽1 km。随着距城市距离的增大,发生变化的土地面积减小,综合土地利用动态度也逐步减小(图5)。建设用地扩张主要在1 km缓冲带,新增城市用地379.55 hm²(1995年城市用地10593.76 hm²)。2 km和3 km缓冲带仅增加城市用地1.36 hm²。建设用地的增加是1~3km缓冲带土地利用变化的主要形式。4~7km缓冲带内其他土地利用变化形式主要是耕地与草地的相互转化。(2) 西宁缓冲带土地利用变化。共建立了7个缓冲带,每条缓冲带宽1 km(图6)。西宁各个缓冲带综合土地利用动态度的变化规律与兰州相似,建设用地,城市用地的扩张主要在1 km缓冲带,新增城市用地223.69 hm²(1995年城市用地4093.20 hm²),农村居民点的增加在每个缓冲带都存在。

2.2 青藏铁路湟中至格尔木沿线土地利用和景观格局变化

2.2.1 青藏铁路湟中至格尔木沿线土地利用变化 草地与未利用土地的相互转化是土地利用变化的主要形式(表5, 6)。主要的土地利用变化类型是草地变为未利用土地(206730.40 hm²),未利用土地变为草地(325687.49 hm²)。草地向耕地的转化(20266.37 hm²),未利用土地向林地(14204.49 hm²)、水域(14448.71 hm²)和建设用地(10982.54 hm²)的转化,以及水域向草地(12448.79 hm²)和未利用土地(15071.37 hm²)的转化也是土地利用转化的重要形式。

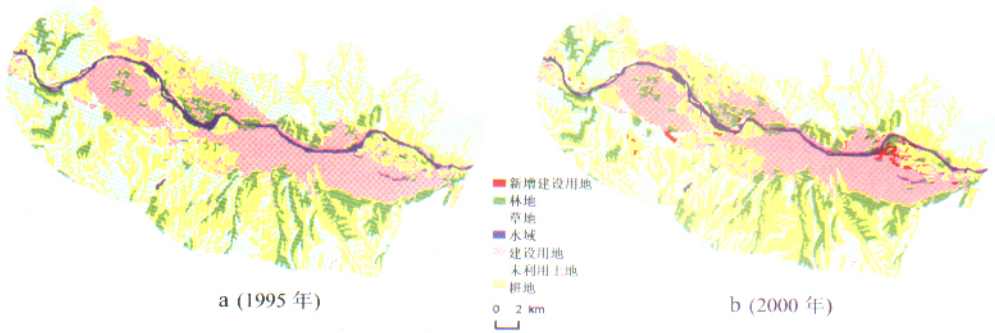


图 5 兰州市 7 km 缓冲区土地利用变化
Fig. 5 Land use change of Lanzhou from 1995 to 2000

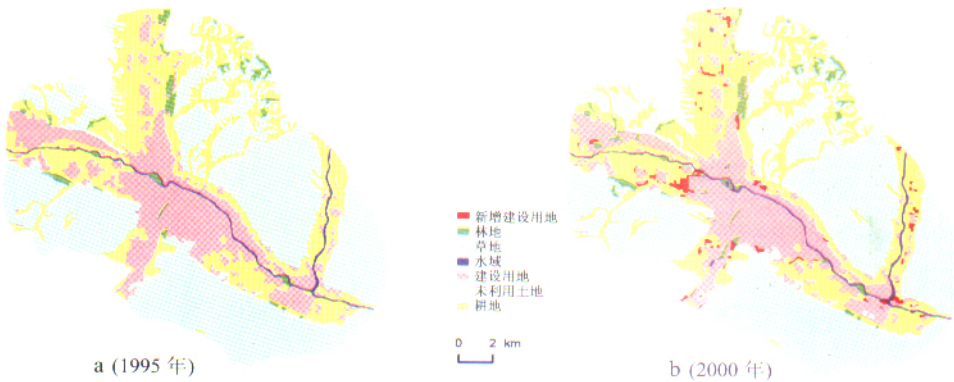


图 6 西宁市 7 km 缓冲区土地利用变化
Fig. 6 Land use change of Xining from 1995 to 2000

(1) 林地减少 0.06 %。期内减少 19781.23 hm², 增加 19466.37 hm²。林地变化主要发生在城市周围。有林地增加 579.46 hm², 达 12690.48 hm²; 灌木林地减少 1778.28 hm², 达 335431.82 hm²; 疏林地增加 883.96 hm², 达 154926.63 hm²。

(2) 草地增加 0.99 %。期内减少 250327.49 hm², 增加 354910.01 hm²。期内有 1.67 % 的草地变为未利用土地, 0.29 % 的草地变为耕地和水域。草地的增加来源主要是未利用土地。高覆盖度草地增加 87500.59 hm², 达 610022.27 hm²; 中覆盖度草地增加 165804.04 hm², 达 2843269.2 hm²; 低覆盖度草地减少 148722.67 hm², 达 7203016.6 hm²。

(3) 水域增加 0.29 %。期内减少 28214.06 hm², 增加 32666.06 hm²。水域变化主要发生在河流附近。河渠用地增加 10327.41 hm², 达 21945.37 hm²。湖泊增加 642.92 hm², 达 733210.05 hm²; 水库坑塘减少 1093.56 hm², 达 2845.27 hm²; 永久性冰川雪地增加 729.43 hm², 达 241456.76 hm²; 滩地减少 6154.2 hm², 达 556732.35 hm²。

(4) 建设用地增加 80.38 %。期内减少 2787.58 hm², 增加 22900.88 hm²。建设用地增加的主要来源是未用地和耕地。期内城镇用地增加 1171.02 hm², 达 3622.96 hm²; 农村居民点增加 586.84 m², 达 16764.1 hm²; 其他建设用地增加 18355.43 hm², 达 24749.84 hm²。

(5) 未利用土地减少 1.11 %。期内减少 373232.44 hm², 主要变为草地。增加 232487.69 hm², 增加来源主要为草地。沙地增加 14704.86 hm², 达 1291815 hm²; 戈壁减少 11460 hm², 达 2000413 hm²; 盐碱地减少 16517.1 hm², 达 1156656 hm²; 沼泽地减少 41739.5 hm², 达 1318091 hm²; 裸土地减少 4265.63 hm², 达 126945.7 hm²; 裸岩石砾地减少 1087808 hm², 达 3947741 hm²; 其他未利用土地增加 27241.13 hm², 达 1682080 hm²。

表5 青藏铁路湟中至格尔木沿线 1995年和2000年土地利用现状 单位 (hm²)

Tab. 5 Land use of Huangzhong-Golmud route in 1995 and 2000

地类	林地	草地	水域	建设用地	未利用土地	耕地	总计
1995年	503363.79	10551725.51	1551737.80	25023.61	12664484.96	176936.78	25473272.45
比重/%	1.98	41.42	6.09	0.10	49.72	0.69	100.00
2000年	503048.93	10656308.03	1556189.8	45136.91	12523740.21	188848.57	25473272.45
比重/%	1.97	41.83	6.11	0.18	49.16	0.74	100.00
变化%	-0.06	0.99	0.29	80.38	-1.11	6.73	0
动态度	1.62	1.57	0.90	20.59	1.12	5.87	0.81

表6 青藏铁路湟中至格尔木沿线 1995年和2000年土地利用转移矩阵 单位 (hm²)

Tab. 6 Land use change matrix of Huangzhong-Golmud route from 1995 to 2000

2000	林地	草地	水域	建设用地	未利用土地	耕地	合计
1995							
林地	483582.56	10353.60	1460.11	54.01	6131.21	1782.30	503363.79
比重/%	96.07	2.06	0.29	0.01	1.22	0.35	100.00
草地	4686.22	10301398.02	16076.16	2568.34	206730.40	20266.37	10551725.51
比重/%	0.04	82.99	0.13	0.02	1.67	0.16	85.01
水域	234.87	12448.79	1523523.74	303.02	15071.37	156.01	1551737.80
比重/%	0.02	0.80	98.18	0.02	0.97	0.01	100.00
建设用地	124.53	243.71	506.68	22236.03	127.97	1784.69	25023.61
比重/%	0.50	0.97	2.02	88.86	0.51	7.13	100.00
未利用土地	14204.49	325687.49	14448.71	10982.54	12291252.52	7909.21	12664484.96
比重/%	0.11	2.57	0.11	0.09	97.04	0.06	99.99
耕地	216.26	6176.42	174.40	8992.97	4426.74	156949.99	176936.78
比重/%	0.12	3.49	0.10	5.08	2.50	88.70	100.00
合计	503048.93	10656308.03	1556189.80	45136.91	12523740.21	188848.57	25473272.45

表7 青藏铁路湟中至格尔木沿线景观格局特征值

Tab. 7 Diagnostic values of landscape pattern of Huangzhong-Golmud route

	林地	草地	水域	建设用地	未利用土地	耕地	总面积
1995年面积/hm ²	503363.79	10551725.51	1551737.80	25023.61	12664484.96	176936.78	25473272.45
图斑/个	3594	20732	1909	1281	14644	594	38326
周长/m	28276139	419950721	60993680	2255249	394354939	8497534	914328262
分维数	1.41	1.46	1.41	1.37	1.44	1.37	1.47
优势度	5.68	47.76	5.54	1.72	43.96	1.12	100.00
景观破碎度	0.71	0.20	0.12	5.12	0.12	0.34	0.150
多样性指数							1.45
2000年面积/hm ²	503048.93	10656308.03	1556189.8	45136.91	12523740.21	188848.57	25473272.45
图斑/个	3627	19089	2026	1384	14571	613	38847
周长/m	28300120	425683553	61586872	2756467	395739525	9222296	923288833
分维数	1.41	1.46	1.41	1.35	1.44	1.37	1.47
优势度	5.66	45.49	5.66	1.87	43.34	1.16	100
景观破碎度	0.72	0.18	0.13	3.07	0.12	0.32	0.153
多样性指数							1.46

(6) 耕地增加 6.73%。期内减少 19986.76 hm², 增加 31898.58 hm²。旱地中, 缓坡旱地 (“121”) 增加 779.99 hm², 达 1392.75 hm²; 坡度较陡的旱地 (“122”) 增加 378.66 hm², 达 45147.45; 而陡坡旱地 (“123”) 增加 10753.12 hm², 达 142308.4 hm²。

(7) 综合土地利用动态度为 0.81。其中建设用地的土地利用动态度最大, 为 20.59, 耕地次之, 水域最小。如果就变化面积而言, 草地 830545.77hm², 未利用土地 707273.88hm², 水域 69849.28hm², 耕地 51924.44hm², 林地 40683.24hm², 建设用地 25762.75hm²。

(8) 1995年土地利用程度综合指数为 151.17, 2000年为 151.93, 增长了 0.76。

2.2.2 青藏铁路湟中至格尔木沿线景观格局变化 增加了 521 个图斑, 景观破碎度由 0.150 增加到 0.153, 土地破碎化程度提高(表 7)。但建设用地的破碎化程度大幅降低。景观多样性指数由 1.45 上升到 1.46, 表明自然和人为干扰增加, 景观异质性提高。分维数没发生变化。建设用地、水域、耕地的优势度增加, 林地、草地、未利用土地优势度减小。

2.2.3 青藏铁路缓冲带土地利用变化

(1) 土地利用程度综合指数变化。在每一个缓冲带, 土地利用程度综合指数均有提高。

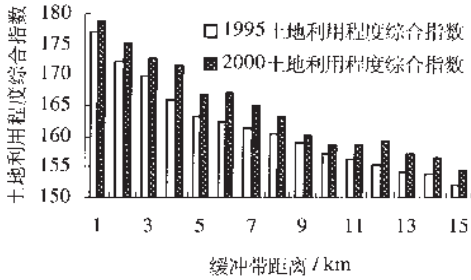


图 7 青藏铁路缓冲带土地利用程度综合指数
Fig. 7 The La value of buffer zone in Huangzhong-Golmud route

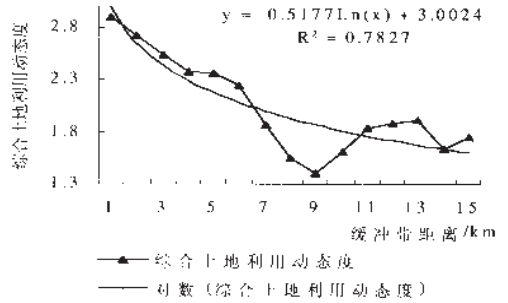


图 8 青藏铁路缓冲带综合土地利用动态度变化
Fig. 8 The LC value of buffer zone in Huangzhong-Golmud route

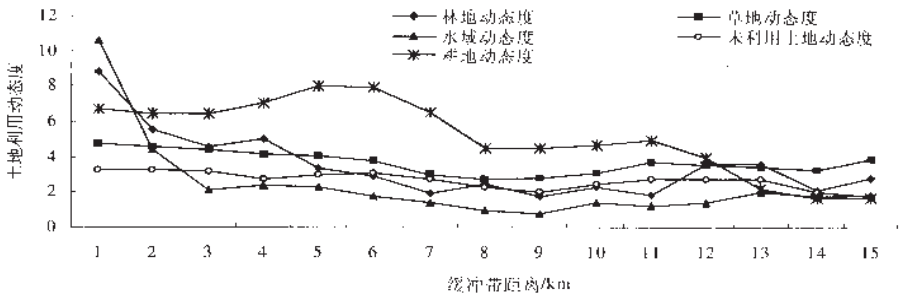


图 9 青藏铁路西至格尔木沿线缓冲带林地、草地、水域、未利用土地、耕地动态度与距离的关系
Fig. 9 Relationship between distance and K value of woodland, grassland, water area, unused land, and cultivated land of Huangzhong-Golmud route buffer zones

土地利用格局发生了显著变化(图 7)。导致土地利用程度综合指数提高的原因是大量未利用土地变为其他地类,建设用面积大幅提高。

(2) 综合土地利用动态度。缓冲带综合土地利用动态度以及耕地、水域、未利用土地、林地和草地的动态度都随着距离的增大而减小(图 8、9)。建设用地的动态度变化没有规律,但建设用地变化面积随着距离增大而减小(图 10)。说明铁路和公路交通干线对沿线土地利用变化的影响是“轴”向的。根据缓冲带综合土地利用动态度可知,1~7 km 缓冲带土地利用变化较快,7~15 km 缓冲带土地利用变化较慢。

(3) 铁路缓冲区景观特征值变化。由于 1~7 km 缓冲带是快速变化区,选取了 7 km 缓冲区,计算其 1995 年和 2000 年景观特征值(表 8)。土地利用程度综合指数由 167.57 提高到 171.14。分维数略有提高,图斑形状复杂程度变化不大,仅建设用地的分维数降低,说明由于建设用地的扩展,其形状日趋规则。景观多样性指数由 1.83 提高到 1.88,说明自然和人为干扰增加,景观异质性提高。景观破碎度由 0.35 提高到 0.34,林地、草地、

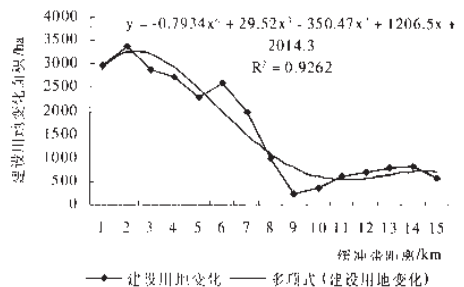


图 10 青藏铁路西至格尔木沿线缓冲带建设用地变化面积与距离的关系
Fig. 10 Relationship between distance and the area of construction land changes in west route buffer zones

表 8 青藏铁路湟中至格尔木沿线 7 km 缓冲区景观格局特征值

Tab. 8 Diagnostic values of landscape pattern in west route of a 7-km buffer zone

	林地	草地	水域	建设用地	未利用土地	耕地	总面积
1995 年面积/hm ²	51143.970	459215.120	57760.670	15172.870	491656.060	85083.290	1160031.980
图斑/个	428	1532	67	573	916	278	3794
周长/m	2934530	22015220	1388515	1086399	14750428	3607254	45782346
分维数	1.347	1.395	1.265	1.328	1.355	1.334	1.4027
优势度	0.078	0.400	0.034	0.082	0.333	0.073	1.000
景观破碎度	0.837	0.334	0.116	3.776	0.186	0.327	0.33
多样性指数							1.830
2000 年面积/hm ²	49417.99	455862.83	58892.14	29975.00	480325.51	85558.50	1160031.97
图斑/个	459	1558	86	623	927	317	3970
周长/m	2893779	21627335	1494563	1403446	14740523	3958823	46118469
分维数	1.348	1.394	1.271	1.308	1.356	1.342	1.4033
优势度	0.079	0.393	0.036	0.091	0.324	0.077	1.000
景观破碎度	0.929	0.342	0.146	2.078	0.193	0.371	0.34
多样性指数							1.880

水域、未利用土地和耕地的景观破碎度增加,建设用地的景观破碎度降低。林地、水域、建设用地、耕地的景观优势度增加,草地、未利用土地和耕地的景观优势度减少。建设用地的景观优势度增长较快。

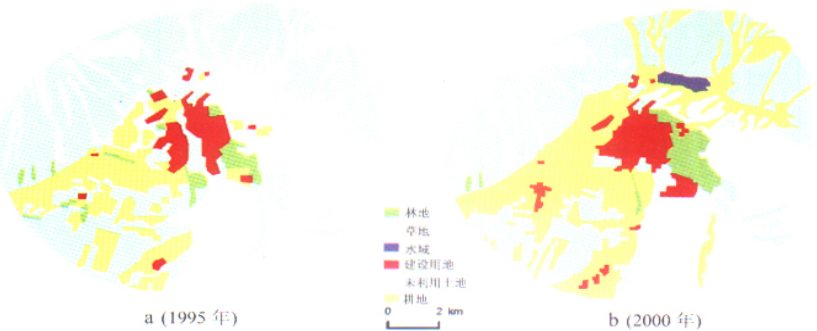


图 11 德令哈市 6 km 缓冲区土地利用变化
Fig. 11 Land use change of Delingha from 1995 to 2000

1995~2000 年缓冲带景观格局变化较大,土地利用格局变化也大。

(4) 建设用地缓冲带土地利用变化。选取了湟源、乌兰、海宴、德令哈 4 个城市,分别建立 6~9 个缓冲带,每条缓冲带宽 1 km。计算每条缓冲带的综合土地利用动态度和各地类土地利用动态度,根据土地利用变化图,发现城市扩展的影响范围主要在 1 km 缓冲带内,在 2 km 缓冲带内有少量建设用地变化。3 km 以外的土地利用变化与城市扩展没有任何关系。乌兰 2 km 缓冲带以外,耕地和草地向未利用土地相互转化较多。海宴各缓冲带土地利用变化面积很小。湟源县 1 km 缓冲带以外草地和耕地相互转化,大量耕地变为草地。德令哈 1 km 缓冲带以外则是草地、未利用土地向耕地、林地的转化(图 11),城市用地新增 35.5 hm²。

3 分析与讨论

(1) 青藏公路格尔木、曲麻莱、治多 3 个研究区的土地利用时空格局不同。兰州至西宁沿线土地利用以草地和耕地为主,土地利用变化很少,主要是耕地、草地和建设用地的变化。青藏铁路湟中至格尔木沿线土地利用以草地和未利用土地为主,土地利用变化大,主要是草地、未利用土地和耕地的相互转化。青藏公路格尔木、曲麻莱、治多沿线土地利用以未利用土地和草地为主,主要是草地、未利用土地和水域的相互转化。1995~2000 年兰州至西宁铁路沿线综合土地利用动态度为 0.23,青藏铁路湟中至格尔木沿线综合土

地利用动态度为 0.81, 青藏公路格尔木到五道梁段综合土地利用动态度为 2.25, 各地类土地利用动态度也具有类似规律。兰州至西宁铁路沿线建设用地动态度仅为 2.24, 青藏铁路湟中至格尔木沿线建设用地动态度达 20.59, 青藏公路格尔木、曲麻莱、治多沿线建设用地增加迅速, 动态度为 66.64。反映了青藏铁路湟中至格尔木沿线和青藏公路格尔木、曲麻莱、治多沿线城市化进程加快的特点。兰州至西宁铁路沿线综合土地利用程度指数没有发生变化, 而青藏铁路湟中至格尔木沿线土地利用程度综合指数由 151.17 提高到 151.93, 青藏公路格尔木、曲麻莱、治多沿线土地利用程度综合指数由 195.20 降低到 156.40, 主要原因是土地沙漠化。

兰州至西宁铁路沿线景观特征值没有显著变化。青藏铁路湟中至格尔木沿线景观特征值明显变化, 景观破碎度提高, 建设用地、耕地和水域的优势度提高。青藏公路格尔木、曲麻莱、治多沿线景观格局显著变化, 将会深刻地改变该地区的生态过程, 影响畜牧业的发展和野生动植物的生存。同时还将影响“三江”上游的水源供给。

(2) 在兰州至西宁铁路沿线和青藏铁路湟中至格尔木沿线, 缓冲带综合土地利用动态度随距离增大而减小, 这和其他交通干线土地利用变化的规律一致^[17-21]。兰州至西宁铁路沿线 1~5km 缓冲带土地利用变化较快。青藏铁路湟中至格尔木沿线 1~7km 缓冲带土地利用变化较快, 同时景观特征值发生了显著变化。城镇扩展对土地利用变化的影响主要在 1 km 缓冲带内, 仅兰州市扩展到 3 km 缓冲带。在兰州至格尔木沿线, 交通干线和城镇构成了土地利用变化和景观格局变化的廊道, “点轴”效应明显, 对建设用地和耕地的景观格局影响较大。而青藏公路格尔木、曲麻莱、治多沿线综合土地利用动态度随距离的增大而增大, 景观格局变化与距离也没有显著关系, 其聚集和辐射作用呈“点”状。

致谢: 在相关问题讨论中得到中国科学院地理科学与资源研究所刘纪远先生和李秀彬先生的指导, 庄大方、邵雪梅、吕昌河研究员、摆万奇副研究员、北京大学李双成副教授等提出了宝贵建议, 特此感谢。

参考文献 (References)

- [1] Sun Yongfu. Speeding up construction of railways to promote development of west China. *Journal of Railway Engineering Society*, 2000, (4): 1-3. [孙永福. 加快铁路建设, 促进西部开发. 铁道工程学报, 2000, (4): 1-3.]
- [2] Wu Jiahao. Development of west China in new century calls for great railway construction. *Chinese Railway Science*, 2001, 51(1): 32-37. [吴家豪. 新世纪中国西部大开发呼唤铁路大建设大发展. 中国铁道科学, 2001, 55(1): 32-37.]
- [3] Chen Zuo. The impact and benefit of the Qinghai-Tibet Railway on the ecological environment. *Railway Labor Security, Sanitation and Environment*, 2001, 28(3): 141-145. [陈佐. 青藏铁路的生态环境影响与效益. 铁道劳动安全卫生与环保, 2001, 28(3): 141-145.]
- [4] Chen Zuo. The Qinghai-Tibet Railway and Qinghai-Tibet Plateau ecological system. *Railway Labor Security, Sanitation and Environment*, 2001, 28(2): 137-140. [陈佐. 青藏铁路与青藏高原生态系统. 铁道劳动安全卫生与环保, 2001, 28(2): 137-140.]
- [5] Wu Qingbai. The response model of permafrost along the Qinghai-Tibet Highway under climate change. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2001, 23(1): 1-6. [吴青柏. 全球气候变化下青藏公路沿线冻土变化响应模型的研究. 冰川冻土, 2001, 23(1): 1-6.]
- [6] Yang Yunsheng. Management of "Germu-Lhasa" section of Qinghai-Tibet line. *Railway Transport and Economy*, 2001, (5): 6-9. [杨云生. 青藏铁路格尔木至拉萨段修建后运营管理的思考. 铁路运输与经济, 2001, (5): 6-9.]
- [7] Zhang Yili. Effects of the Qinghai-Xizang Highway on land use and landscape pattern change. *Acta Geographica Sinica*, 2002, 57(3): 253-266. [张镗铨. 青藏公路对区域土地利用和景观格局的影响. 地理学报, 2002, 57(3): 253-266.]
- [8] Yellow River Conservancy Commission. *The Atlas of the Yellow River Basin*. Beijing: China Cartographic Publishing House, 1987. [黄河水利委员会. 黄河流域地图集. 北京: 中国地图出版社, 1987.]
- [9] Editorial Committee of Gansu Statistical Yearbook. *The Statistical Yearbook of Gansu 1995*. Beijing: China Statistics Press, 1996. [甘肃统计年鉴编委会. 甘肃统计年鉴 1995. 北京: 中国统计出版社, 1996.]
- [10] Qinghai Bureau of Statistics. *Qinghai Statistical Yearbook 1996*. Beijing: China Statistics Press, 1996. [青海统计局. 1996 年青海省统计年鉴. 北京: 中国统计出版社, 1996.]

青海统计年鉴 1996. 北京: 中国统计出版社, 1996.]

- [11] Editorial Committee of Gansu Statistical Yearbook. Gansu Statistical Yearbook 2000. Beijing: China Statistics Press, 2000. [甘肃统计年鉴编委会. 甘肃统计年鉴 2000. 北京: 中国统计出版社, 2000.]
- [12] Statistical Bureau of Qinghai. Qinghai Statistical Yearbook of Qinghai 2000. Beijing: China Statistics Press, 2000. [青海统计局. 青海统计年鉴 2000. 北京: 中国统计出版社, 2000.]
- [13] Shen Yuancun, Xiang Liping. Physical Geography of Qinghai Province. Beijing: Ocean Press, 1991. [申元村, 向理平. 青海省自然地理. 北京: 海洋出版社, 1991.]
- [14] Zhou Xingmin, Wang Zhibin, Du Qing. Vegetation of Qinghai Province. Xining: Qinghai People's Press, 1987. [周兴民, 王质彬, 杜庆. 青海植被. 西宁: 青海人民出版社, 1987.]
- [15] Data Center of the Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS. Land Use Category System. [中国科学院地理科学与资源研究所数据中心. 土地资源分类系统.]
- [16] Liu Jiyuan. Macro-investigation by Remote Sensing and Dynamic Study on Resources and Environment of China. Beijing: Meteorological Press, 1996. [刘纪远. 中国资源环境遥感调查与动态研究. 北京: 气象出版社, 1996.]
- [17] Liu Shenghe. A GIS based model of urban land use growth in Beijing. Acta Geographica Sinica, 2000, 55(4): 407-416. [刘盛和. 基于 GIS 的北京城市土地利用扩展模式. 地理学报, 2000, 55(4): 407-416.]
- [18] Yu Jinming. Analysis on land use change and their driving forces along Jiaoji Railway. Master Degree Papers in CAS, 2001. [俞金铭. 胶济铁路沿线经济区土地利用变化及其驱动力分析. 中国科学院硕士学位论文, 2001.]
- [19] Chen Fu. Analysis on land use and human driving force in urban fringe. Journal of Natural Resources, 2000, 16(3): 204-210. [陈浮. 城市边缘区土地利用变化及人文驱动力机制研究. 自然资源学报, 2000, 16(3): 204-210.]
- [20] Zhu Huiyi, Li Xiubin, He Shujin. Spatio-temporal change of land use in Bohai Rim. Acta Geographica Sinica, 2001, 56(3): 253-260. [朱会义, 李秀彬, 何书金. 环渤海地区土地利用变化的时空分析. 地理学报, 2001, 56(3): 253-260.]
- [21] Long Hualou. Land use pattern in transect of Yangtse River and its influential factors. Acta Geographica Sinica, 2001, 56(4): 417-425. [龙花楼. 长江沿线样带土地利用格局及其影响因素分析. 地理学报, 2001, 56(4): 417-425.]

Main Effect of Plateau Traffic on Land Use and Landscape Pattern Change: From Lanzhou to Golmud

YAN Jianzhong^{1,4}, ZHANG Yili¹, LIU Linshan¹, SHEN Zhenxi², LIU Yanhua³, ZHENG Du¹

(1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;

2. Northwest Plateau Institute of Biology, CAS, Xining 810001, China; 3. The Ministry of Science and Technology, Beijing 100101, China; 4. College of Resources and Environment, Southwest Agricultural University, Chongqing 400716, China)

Abstract: Based on digital land use data from 1995 to 2000, the land use and landscape pattern changes of Lanzhou-Xining route and Qinghai-Xizang route are studied on a macro-scale. The conclusions are given as follows: (1) Land use and landscape pattern along the Lanzhou-Xining Railway have not changed notably, while which along the Qinghai-Xizang Railway has changed remarkably. The land use pattern of the Qinghai-Xizang Railway and the Qinghai-Xizang Highway is just in the quick-change stage, so land use change will be fast in the future and built-up land will increase quickly. (2) The comprehensive degree of dynamic land use in the buffer zones of the Lanzhou-Xining Railway and the Qinghai-Xizang Railway shared the same trend, embodying the corridor effect of trunk line upon land use change. The prominent influence range of the Lanzhou-Xining Railway is 5 km, while which of the Qinghai-Xizang is 7 km. (3) The expanding range of city was mainly confined to a 1-km buffer, only Lanzhou showing its expanding range in a 3-km buffer zone.