



高原交通干线对土地利用和景观格局的影响

作者: 阎建忠 张懿铨

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。

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}, 张懿铨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) 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 1.23×10^4 km²。位于甘肃省西部和青海省东部交接地带, 地跨 $35^{\circ}51'N \sim 37^{\circ}05'N$, $101^{\circ}49'E \sim 104^{\circ}30'E$, 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(*Pinus 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(*Kobresia*)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 $4 \sim 8$ °C, ≥ 10 °C积温1500~3000 °C, 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 25.47×10^4 km², 地跨 $32^{\circ}45'N \sim 39^{\circ}39'N$, $89^{\circ}35'E \sim 101^{\circ}09'E$ 。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/cm²(湟中)增加到698.8 kJ/cm²(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ArcGIS 8.1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。

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)。 (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。缓坡旱地 (“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。

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。 (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。 (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 hm

2, 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。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, 建设用地面积大幅提高。(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) 铁路缓冲带景观特征值变化。由于1-7 km缓冲带是快速变化区, 选取了7 km缓冲带, 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0.33提高到0.34, 林地、草地、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、未利用土地的景观优势度减少。建设用地的景观优势度增长较快。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。

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 it

s expanding range in a 3-km buffer zone. Key words: Land use; diagnostic value of landscape; Lanzhou-Xi zang Rai lway

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