

# 中低山区管线建设的生态环境影响与保护对策

王晓岩<sup>1</sup>, 马俊杰<sup>1</sup>, 刘文宗<sup>2</sup>, 许雯雯<sup>1</sup>, 高海东<sup>1</sup>

(1. 西北大学 环境科学系, 陕西 西安 710127; 2. 陕西省环境科学研究设计院, 陕西 西安 710061)

**摘要:** 为研究管线建设对中低山区生态环境的影响, 通过定量预测川陕天然气输气管线建设对大巴山土地利用与农业生产、植被面积与生物量、土壤侵蚀及生态系统完整性产生的影响, 对管线建设可能引起的中低山区生态环境的改变进行了分析。结果显示, 虽然管线建设会使区域土地利用结构发生变化, 从而对当地农业生产造成一定影响, 并使植被面积及生物量有所降低, 使土壤侵蚀量有所增加, 但这些影响主要集中于建设期, 多数是暂时的, 可恢复的, 基本不会改变中低山区原有生态系统的完整性, 生态系统仍然具有完整的结构和连续不断的运行过程。

**关键词:** 中低山区; 生态环境; 管线建设; 影响预测; 保护对策

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2008)06-0073-05

中图分类号: X37

## Eco-environmental Effects of Natural Gas Pipeline Project and Protection Countermeasures in Middle-low Mountainous Area

WANG Xiao-yan<sup>1</sup>, MA Jurrjie<sup>1</sup>, LIU Weir zong<sup>2</sup>, XU Weir wen<sup>1</sup>, GAO Hai dong<sup>1</sup>

(1. Department of Environmental Science, Northwest University, Xi'an, Shaanxi 710127, China;

2. Shaanxi Environmental Science Research and Design Institute, Xi'an, Shaanxi 710061, China)

**Abstract:** To study the impacts of pipeline construction on eco environment in the middle-low mountainous area, the quantitative prediction is made for the changes of landuse, agricultural production, the area and biomass of vegetation, soil erosion, and ecological system integrity in the Daba Mountains by the Sichuan-Shaanxi natural gas pipeline construction. An analysis of possible influences made to the eco environment of the middle-low mountainous area by the pipeline construction is then presented. Results show that the construction can change the structure of regional landuse, which can in turn influence local agricultural production, reduce the area and biomass of vegetation, and increase soil erosion. Nevertheless, the influences are temporary and can be alleviated, as they mainly concentrated in the construction period. The environmental effects of the project will not essentially alter the original eco integrity of the middle-low mountainous area. Therefore, the ecological system remains its complete structure and consistent operating process.

**Keywords:** middle low mountainous area; eco environment; natural gas pipeline construction; effect prediction; protection measure

我国是一个多山的国家, 山区面积占国土陆地面积的 69%, 它不仅是水和能源的重要源泉, 还是生物多样性和濒临灭绝物种的宝库, 对维护全球生态系统及人类生存和发展有着十分重要的意义。然而, 由于人口数量及其经济活动与海拔高度的反相关关系, 中低山地尤其是海拔 2 000 m 以下的地区是山区环境中人类活动最为频繁的地区, 加之其环境自身的脆弱性, 随着经济活动的加大, 中低山地区成为人类—环境关系冲突最为严重的地区。

中低山地环境退化明显, 生物多样性迅速丧失, 资源涵养功能显著降低, 进而又使其社会经济发展明显滞后, 人民生活陷入较难摆脱贫困状态<sup>[1]</sup>。因此, 充分关注中低山地人类—环境冲突, 及时协调中低山地人类经济活动中的人类—环境关系, 是中低山地建设过程中最为重要的问题。本文以大巴山区川陕(通江—西乡)天然气输气管线工程为例, 拟通过管线建设对中低山区生态环境的影响分析, 提出中低山地管线建设的生态保护措施与对策。

## 1 工程及区域概况

### 1.1 川陕输气工程概况

川陕天然气输气管线工程是将四川省普光气田的天然气引入陕南和关中地区天然气环状管网的南北向输气干线。该管线全线长 122.4 km, 占地 126.3 hm<sup>2</sup>。始于四川省巴中市通江县永安乡, 止于陕西省汉中市西乡县杨河镇, 途经四川省通江县、陕西省镇巴县及西乡县等 3 个行政区域, 包括大巴山石质山区和汉江平原区两个地貌类型。管线基本沿河谷敷设, 中途多次穿越省道、县乡公路、冲沟及河流, 多处地段采用隧道穿越山体。工程设置截断阀室 3 处及站场 3 座, 用于预防事故、净化气体和清理管道等。

### 1.2 区域生态环境概况

该工程所经的大巴山地区, 海拔 1 300~ 2 000 m, 气候类型属于北亚热带湿润季风气候区, 虽水热条件良好, 植被生长旺盛, 但地形起伏多变, 难以开发利用。就土地利用类型而言, 林地占绝对优势, 且分布广泛。灌木零星分布于山地区的陡坎、边坡以及河流两侧; 草地分布于河谷滩地及陡坎地带。耕地多分布在水分条件较好的河谷阶地、山前冲积平原及缓坡地带。

工程跨越区自然植被受海拔影响呈现出明显的垂直分异。低山河谷盆地植被多为常绿阔叶林, 并伴有大面积的次生热性灌丛和草丛。中低山地区主要为含有常绿阔叶层片的落叶阔叶林; 在海拔 800~ 900 m 以下的水分及土壤条件较好的低山丘陵河谷川地和山间盆地, 以农业植被为主, 其中稻、麦和玉米为主要粮食作物, 柑桔、核桃、油桐等主要的经济林木。

该区域地带性土壤为黄褐土, 由于雨量较多, 土壤侵蚀以水力侵蚀为主, 部分区县是国家或省级的水土流失监督区或重点治理区。该项目评价区平均土壤侵蚀模数为 3 720 t/(km<sup>2</sup>·a), 属中度侵蚀区。大巴山区水热条件较好, 植被类型多样, 生长旺盛, 较高

的物种多样性使该区生态系统具有完整的结构和较强的自动调控能力。

## 2 管线建设对生态环境的影响分析

管线敷设对生态环境产生的最主要影响是土地利用的变化, 由此可引起农业生产、植被面积、生物量及土壤侵蚀等生态系统的多方面改变。

### 2.1 土地利用及农业生产影响分析

2.1.1 土地利用结构影响分析 按照《非污染生态环境影响评价技术导则》要求, 管线工程评价区为管线两侧 300 m 范围, 该项目评价区总面积为 6 731 hm<sup>2</sup>。川陕输气线共占地 126.3 hm<sup>2</sup> (表 1), 其中永久占地 2.4 hm<sup>2</sup>, 包括站场及进站道路用地、阀室及固定墩等, 占工程总占地的 1.92%, 占评价区总面积的 0.036%, 对区域土地利用的影响极小。临时占地 123.9 hm<sup>2</sup>, 包括管线作业带用地、施工便道及弃渣场用地, 占工程总占地的 98.08%, 占评价区总面积的 1.84%。从占地类型看, 管线敷设占用最多的是林地, 耕地次之, 河滩地以及道路用地占用最少。根据现场调查、遥感解译和工程规划, 获得工程建设前后的土地利用变化情况 (表 2)。对比发现工程建设后新增土地利用类型——建(构)筑物, 而道路面积也明显增加, 与之对应是林地和耕地面积的减少。

表 2 为工程建设前后评价区土地利用类型变化。从表 2 可知, 项目建成后, 河滩地没有变化, 林地减少 6.95 hm<sup>2</sup>, 比重下降 0.11%; 耕地减少 3.88 hm<sup>2</sup>, 下降 0.05%; 道路用地增加 8.43 hm<sup>2</sup>, 上升 0.13%; 站场及阀室等建设用地增加 2.4 hm<sup>2</sup>, 上升 0.04%。即项目建设导致林地、耕地面积有一定的减少, 道路及建设用地有一定的增加, 但其占评价区总面积均小于 0.2%, 加之工程建设中生态恢复及站场绿化等措施的实施, 会在一定程度上缓解林地减少的影响, 因此管线敷设对评价区土地利用结构影响不大。

表 1 川陕输气管线工程项目占地情况

占地性质	建设内容	占地类型/ hm <sup>2</sup>				合计
		耕地	林地	河滩地	道路用地	
永久占地	场站及进站道路	2.08	0	0	0	2.08
	阀室、固定墩等	0	0.32	0	0	0.32
小计		2.08	0.32	0	0	2.40
临时占地	管道作业带	26.02	61.93	4.88	0.31	93.14
	施工便道区	2.46	22.97	0	0	25.43
	弃渣场地区	0	5.33	0	0	5.33
小计		28.48	90.23	4.88	0.31	123.90
总计		30.56	90.55	4.88	0.31	126.30

表2 工程建设前后土地利用类型变化

土地类型	建设前		建设后		变化量/hm <sup>2</sup>	变化率/%
	面积/hm <sup>2</sup>	比例/%	面积/hm <sup>2</sup>	比例/%		
林地	4 591	68.21	4 577.71	68.10	- 6.95	- 0.11
耕地	1 619	24.05	1 614.46	24.00	- 3.88	- 0.05
河滩地	463	6.88	463.00	6.88	0.00	0.00
道路用地	58	0.86	73.43	0.99	8.43	0.13
建(构)筑物	0	0.00	2.40	0.04	2.40	0.04
总计	6 731	100	6 731	100	0	0

2.1.2 农业生产影响分析 管线建设占用耕地面积为 30.56 hm<sup>2</sup>, 对当地农业生产必然产生影响, 其影响主要体现于作物产量的损失。据实地调查, 管道沿线主要农作物为水稻、玉米、油菜、红薯和小麦。根据管线建设占用耕地数量, 影响持续时间及恢复期不同作物产量的变化, 分别估算出永久占地和临时占地对作物产量不同程度的影响。

(1) 永久占地。管线敷设永久占用耕地 2.08 hm<sup>2</sup>, 其中水田 1.39 hm<sup>2</sup>, 旱地 0.69 hm<sup>2</sup>, 这些土地将永久失去作物生产价值。以工程占地面积及作物产量为依据, 永久占用耕地造成的作物损失量为 26.74 t/a。但由于永久占地占评价区总面积比重很小, 且工程占地分散, 这种影响是轻微的。

(2) 临时占地。管线敷设临时占用耕地 28.48 hm<sup>2</sup>, 包括水田 19.09 hm<sup>2</sup>, 旱地 9.39 hm<sup>2</sup>。按照工程建设安排, 施工期约需 2 a, 但由于管道开挖和敷设分段进行, 每工段施工期为 1~3 个月, 因而施工期只影响一季作物生产, 施工结束后, 下一季即可恢复种

植, 但其生产力仍受一定的影响。参考同类工程, 耕地生产力恢复至原生产能力约需 2 a, 其中第一年作物产量可达原产量的 70%, 第二年约恢复至 90%, 据此估算临时占地导致作物产量损失总量为 371.34 t。经过 2 a 恢复后, 临时占地破坏的农作物可基本恢复至原有水平, 因此, 临时占地不会对沿线农业生产造成长远影响。

## 2.2 植被数量及生物量影响分析

管线敷设占用的大量林地会降低评价区内的植被面积, 从而损失部分生物量。但由于在运营期, 因施工而减少的植被面积及生物量均会得到一定程度的恢复和补偿, 因此, 植被的损失主要产生在建设期, 其恢复则发生在运营期。

### 2.2.1 植被面积影响分析

(1) 植被面积损失。根据植被现状调查, 工程直接影响的植被类型主要包括森林(阔叶林、针阔混交林)、农业植被及其它植被(灌丛、草地等)。管线建设前后各类植被损失情况见表 3。

表3 工程建设损失各类植被情况

植被类型	建设前		建设后		损失量		损失率/%
	面积/hm <sup>2</sup>	比例/%	面积/hm <sup>2</sup>	比例/%	面积/hm <sup>2</sup>	比例/%	
森林	3 292	48.90	3 201.45	48.47	90.55	71.87	2.75
农业植被	1 619	24.05	1 588.44	24.05	30.56	24.26	1.89
其它	1 820	27.05	1 815.12	27.48	4.88	3.87	0.27
总计	6 731	100.00	6 605.01	100.00	125.99	100.00	1.87

由表 3 可知, 管线敷设共损坏植被 125.99 hm<sup>2</sup>, 占评价区原有植被量的 1.87%。其中损坏最大的是森林, 主要集中于通江县、镇巴县以及西山县的土石山区, 占总体植被破坏量的 71.87%; 其次是农业植被, 主要集中于沟谷、河流沿岸以及西山县的平原区, 占总植被破坏量的 24.26%。

(2) 植被恢复及补偿面积在管线建设期损坏的 125.99 hm<sup>2</sup> 植被中, 管道敷设扰动区的植被可以被恢复, 弃渣场的植被也可逐渐恢复, 施工便道除部分保留外, 其余 17 hm<sup>2</sup> 的植被可被恢复, 因此, 管线建

成后可恢复植被面积为 115.16 hm<sup>2</sup>, 恢复率高达 91.4%。

此外, 站场区可通过增加 0.43 hm<sup>2</sup> 的绿化面积进行植被补偿。

综上所述, 施工期破坏的大部分植被在运营期可以得到恢复, 而未能恢复的植被面积仅占评价区总面积的 0.16%, 对评价区的影响极小。

2.2.2 生物量和生产力影响分析 参照方精云、冯宗炜等人的植被生物量测算结果和项目区实地调查结果, 估算评价区内不同植被类型的单位面积生物量

指标<sup>[2-3]</sup>,以工程占用的各类植被面积为依据,估算出评价区总生物量 326 152.02 t,工程建设期造成的生物量损失约 7 860.84 t。

根据罗天祥模拟出的气候生产力模型<sup>[4]</sup>,得到评价区平均植物生产力为 19.36 t/(hm<sup>2</sup>·a)。通过计算得出,在建设期永久占地造成生产力损失 46.46 t/a,临时占地造成生产力损失 2 392.70 t/a。施工结束后,通过及时进行植被恢复,临时占地损失的生产力会逐年降低。

由于管线上不能种植深根植物,被破坏的管线作用带上的林地只能恢复种植草本植物,造成生产力损失 912.23 t/a,但由于评价区水热条件适宜植被生长,经过一段时间的恢复,草本会生长至灌木,其生产力水平会不断提升。耕地在复耕以后,其生产力水平会得到较快提升,参考同类工程,2 a 的恢复可使耕地生产力基本恢复至原水平,恢复期共造成生产力损失 206.61 t。

综上所述,虽然永久占地导致植被生物量和生产力永久性减少,但其损失量较小;而临时占地造成的生产力损失会在建设完成后以不同速度得到恢复,影响较小。

### 2.3 土壤侵蚀影响分析

2.3.1 土壤侵蚀量预测方法 由于本项目跨经两省,其地质条件差异较大,土壤侵蚀形式较复杂,因此,选用分类分级法对不同预测单元的土壤侵蚀量进行估算,其侵蚀模数可通过类比法或参考同类地区的土壤侵蚀资料确定<sup>[5]</sup>。

根据土壤侵蚀产生原因的不同,将管线敷设产生的土壤侵蚀分成两部分,一部分因扰动地表而产生,另一部分由工程弃渣而产生。

#### (1) 地表扰动新增土壤侵蚀量预测模式

$$W_1 = \sum_{i=1}^n (M_{1i} - M_{0i}) \cdot F_i \cdot T_i$$

式中:  $W_1$ ——地表扰动新增土壤侵蚀量(t);  $M_{1i}$ ——扰动后地貌侵蚀模数[t/(km<sup>2</sup>·a)];  $M_{0i}$ ——原地貌侵蚀模数[t/(km<sup>2</sup>·a)];  $F_i$ ——扰动的地表面积(km<sup>2</sup>);  $T_i$ ——预测时段(a)。

#### (2) 工程弃渣新增土壤侵蚀量预测模式

$$W_2 = \sum_{i=1}^n (M_{2i} - M_{0i}) \cdot S_i \cdot T_i$$

式中:  $W_2$ ——弃渣新增土壤侵蚀量(t);  $M_{2i}$ ——弃渣表面土壤侵蚀模数(t/km<sup>2</sup>·a);  $M_{0i}$ ——原地貌侵蚀模数[t/(km<sup>2</sup>·a)];  $S_i$ ——弃渣场面积(km<sup>2</sup>);  $T_i$ ——预测时段(a)。

#### (3) 总新增土壤侵蚀量预测模式 $W = W_1 + W_2$

### 2.3.2 预测模型参数取值标准

(1) 土壤侵蚀模数( $M_i$ )。经查阅文献及实地调查,确定该项目区原地貌土壤侵蚀模数分别为:通江县 5 273 t/(km<sup>2</sup>·a),镇巴县 2 430 t/(km<sup>2</sup>·a),西乡县土石山区 3 941 t/(km<sup>2</sup>·a),西乡县平原区 1 300 t/(km<sup>2</sup>·a)。

通过现场实测、类比同类工程,并参考中科院兰州沙漠研究所、中科院成都山地灾害研究所在武都等地区对山地松散堆积物水土流失观测研究成果,确定准备期和建设期土壤侵蚀模数为原生土壤侵蚀模数的 2.5~6 倍,即 4 550~1 3710 t/(km<sup>2</sup>·a);植被恢复期为原生的 1.5~3.0 倍,即 3 510~9 491 t/(km<sup>2</sup>·a)。

(2) 预测单元( $F_i, S_i$ )。根据管线主体工程及辅助设施所处的地形特性和建设特点,按照地表物质组成相同、地表形成机理与形态相同、土地利用类型及主要土壤侵蚀因子基本一致等原则,将项目区划分为站场闸室区、管道作业带区、施工便道区、弃渣场区 4 个施工单元。根据工程所在地域,对每个行政地区的各类施工单元分别进行统计。各施工单位面积统计数据汇总见表 1。

(3) 预测时段( $T_i$ )。按开发建设项目的有关规定及施工安排,将土壤侵蚀预测分为准备期、施工期及植被恢复期 3 个时段。根据石质山区和平原区的施工条件以及施工安排,将不同时期的预测时间分 0.25 a, 1.75 a(平原区 0.75 a)及 2 a。

2.3.3 土壤侵蚀量的确定及分析。根据上述模型及参数取值分别算出川陕天然气管道工程准备期、建设期和植被恢复期因扰动地表和弃渣各产生的土壤侵蚀量,其汇总值见表 4。

表 4 川陕天然气管道工程土壤侵蚀预测汇总

施工期	地表扰动新增侵蚀量		弃渣新增侵蚀量		总新增侵蚀量	
	侵蚀量/t	比例/%	侵蚀量/t	比例/%	侵蚀量/t	比例/%
准备期	2 371.90	8.88	1 257.59	8.44	3 629.49	8.72
施工期	16 256.62	60.87	8 803.18	59.10	25 059.80	60.24
植被恢复期	8 076.62	30.24	4 835.48	32.46	12 912.10	31.04
合计	26 705.14	100.00	14 896.25	100.00	41 601.39	100.00

由表4可知,敷设管线共新增侵蚀量41601.39 t,包括了64.19%的扰动地表新增侵蚀量和35.81%的弃渣新增侵蚀量。由工程占地可知,弃渣场面积在工程占地中比重较小,仅为4.22%,但其产生的侵蚀量却占到工程总新增侵蚀量的35.81%。因此,弃渣场的土壤侵蚀应为该项目土壤侵蚀的重点关注区。就建设工期而言,准备期、施工期和植被恢复期的新增侵蚀量分别为3 629.49,25 059.8和12 912.10 t,分别占工程总新增侵蚀量的8.72%,60.24%和31.04%,即施工期土壤侵蚀量在工程总侵蚀量中居主要地位。因此,施工期是该项目土壤侵蚀的主要时期。

#### 2.4 生态系统完整性影响分析

生态系统的功能是以系统完整的结构和良好的运行为基础的,高效的功能取决于稳定的结构和连续不断的运行过程<sup>[6]</sup>。项目区是一个以林地为核心的景观生态体系,林地的景观比例为68.21%。工程开发改变原有土地利用类型,导致区域自然生态体系的生产能力降低,从而使区域的生态完整性受到一定的影响<sup>[6]</sup>。通过估算,川陕线的建设使项目区林地的景观比例降低为68.14%,虽然比例有所降低,但变化量并不大,不会改变林地的核心地位。

总之,虽然管线敷设破坏和扰动了一定面积的林地,但对整个评价区及核心地(林地)的多样性和空间分布的异质性影响却相当微弱,评价区生态体系抵抗外界干扰的阻抗稳定性仍然较强,管线敷设对生态系统影响相对较弱,其生态特征不会从根本上发生改变,生态系统仍然具有完整的结构和连续不断的运行过程。

### 3 防治对策

为了尽量减少管线敷设对当地生态环境的影响,使工程建设和环境保护协调一致,提出以下防治对策。

(1) 科学选线和合理安排施工进度。对建设期的管线敷设进行多方案比选,科学选线,尽量少占农田并避开不良地质地段<sup>[7]</sup>。施工中尽量利用现有道路和生活设施,减少对地表植被的破坏。施工期应避开山区雨季集中和洪水多发的夏、秋两季,在农业区开挖管沟时应避开农作物的成熟期,将工期安排在冬季。

(2) 采取工程措施降低影响。管线敷设应尽量避免开密林区,对必须要穿越密林区的地段,尽量采用弹性敷设避让林木,并尽量采用人工施工,减少机械使用,缩小施工带宽度。对输气管道采取防腐和阴极保护等措施,防止因腐蚀泄漏对地表植被和土壤造成的影响。在管线两侧做好排水系统,沿坡面设置砌片石及挡土墙防护,坡面予以绿化,以减少土壤侵蚀量。

(3) 及时进行生态恢复。根据当地条件和宜林则

林,宜草则草,宜农则农的原则,对管线和施工便道及时平整、恢复,特别是对土质边坡,在施工后期及时绿化,以保护路基边坡稳定,减少土壤侵蚀。对占用耕地的地段,在施工结束后,应分层回填,覆土施肥,尽快恢复耕作。对不能复垦为耕地的取、弃土场及施工便道,根据地貌部位和土地类型采取种树(草)绿化的生物措施,进行就地恢复和建设<sup>[7]</sup>。对于站场,除装置区和道路外的地面应按照环境保护部门的有关规定进行绿化,绿化面积不低于场区可绿化面积的80%。

(4) 将环境监理纳入工程监理中。统筹安排管线施工,注重工程监控,加强对各种防护工程的维护、保养与管理和对生物、工程措施的管护,对不足部分不断加强和完善。规范施工人员行为,爱护花草树木,严禁砍伐和破坏施工区以外的作物及植被,使生态环境得到快速恢复。

### 4 结论

川陕输气管线建设在一定程度上会对大巴山区生态环境产生影响,使其土地利用结构发生变化,从而对当地农业生产造成一定影响,并使植被面积及生物量有所降低,使土壤侵蚀量有所增加。但这些影响多数是暂时的,通过及时采取措施,会使这些影响有所缓解,经过一段时间的植被恢复,可使生态系统基本恢复至原有状态,不改变其原有的生态完整性。

以此说明,虽然管线建设会对中低山区生态环境有所影响,但由于这些地区的生物多样性程度较高,水热条件良好,其生态系统在一定程度上和阈值内具有较好的自动适应和调控能力,因此,这些影响大多是可恢复的,不会对其生态系统产生长期的负面影响。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 李维长.山区可持续发展的世界意义[J].世界林业研究,2004,17(1):5-10.
- [2] 方精云,刘国华,徐高龄.我国森林植被的生物量和净生产量[J].生态学报,1996,16(5):497-508.
- [3] 冯宗炜,王效科,吴刚.中国森林生态系统的生物量和生产力[M].北京:科学出版社,1999.
- [4] 罗天祥,李文华,冷允法,等.青藏高原自然植被总生物量的估算与净初级生产量的潜在分布[J].地理研究,1998,17(4):337-343.
- [5] 张敏亨.浅谈水土流失预测的常用计算方法[J].科技资讯,2007(35):244-245.
- [6] 王英,马俊杰,王伯铎,等.南方丘陵红壤区抽水蓄能电站建设的生态环境影响及对策研究[J].水土保持学报,2006,20(5):142-145.
- [7] 林积泉,王伯铎,马俊杰,等.石油开发对黄土区生态环境的影响与对策[J].西北大学学报:自然科学版,2005,35(1):105-108.