

浅析铁路建设对生态环境的影响

——以青藏铁路格望段为例

李京荣¹, 王家骥¹, 娄安如², 苏德毕力格¹, 何萍¹

(1. 中国环境科学研究院, 北京 100012; 2. 北京师范大学, 北京 100088)

摘要: 以青藏铁路格望段为例, 分析了具有线型特征的建设工程对区域生态环境可能造成的影响, 以及生态评价的方法。依据景观生态学理论, 提出了减缓生态影响的原则和途径。

关键词: 铁路建设; 生态影响; 评价

中图分类号: X826.3 文献标识码: A 文章编号: 1001-6929(2002)05-0058-04

Preliminary Study on Ecological Impact of Railway Construction: Taking Geermu-Wangkun Part of the Qinghai-Tibet Railway as an Example

LI Jing-rong¹, WANG Jia-ji¹, LOU An-ru², SUDEBILIGE¹, HE-ping¹

(1. Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China;

2. Beijing Normal University, Beijing 100088, China)

Abstract: The authors, taking Geermu-Wangkun part of the Qinghai-Tibet railway as an example, analyzed possible impacts of line-shaped construction projects on regional eco-environment, discussed the assessment methods for such impacts, and developed some principles and approaches to minimize the impacts in the light of landscape ecology.

Key words: railway construction; ecological impact; assessment

铁路建设是以线型工程为主要特征的建设活动。由于长距离切割生境对生态环境所造成的负面影响能否被接受, 是对铁路建设进行生态影响评价的目的。笔者将以青藏铁路格望段(格尔木—望昆)为例浅析线型工程中常常遇到的负面生态影响问题。

1 评价的指导思想和技术方法

1.1 评价的指导思想

铁路、公路、管线建设等涉及自然资源开发的建设项目具有影响范围大、跨流域、跨山川、长距离穿越等特点。它对环境的影响不同于一般的工业建设项目。因此在自然资源开发建设项目的生态影响评价中必须对工程引发的区域生态完整性维护问题和敏感的生态问题进行评价。

1.2 技术方法

对铁路、公路等自然资源开发建设项目的生态影响评价, 由于其空间尺度较大, 更强调应用生态制图的方法开展工作和表达评价的成果。应用 RS、GPS、GIS 技术、多媒体技

术和传统的现场监测相结合的方法, 使评价成果综合性更强, 准确性更高^[2]。

2 生态完整性评价

2.1 现状评价

生态完整性的评价是在对自然生产力背景值测算和制图的基础上, 将背景值与应用 GPS 对样区实地调查所得数据进行相互对比而完成的。

评价中不仅要评价区不同植被的自然生产力进行评价, 同时要兼顾对植被组成和结构的异质状况进行分析, 用以评价项目所在区域生态的稳定状况和抗干扰能力。为此, 评价应用 3S 技术编制土地利用现状图、植被分布图和生态系统空间分布图。

2.1.1 对系统自然生产力维护现状的评价

生态系统的生产能力是由生物生产力来度量的。生物生产力是指生物在单位面积和单位时间所产生的有机物质的数量, 亦即生产的速度, 单位以 $t/(hm^2 \cdot a)$ 表示。目前, 全面测量生物的生产力还有很多困难。笔者以测定绿色植物的生长量来代表生物的生产力。

根据整理所得的气候资料, 利用区域蒸散模型^[3], 计算

出格望段评价区域 3 种类型生态系统(6 种生境类型)的自然植被净第一性生产力列于表 1。

表 1 评价区域自然植被净第一性生产力的预测结果

Table 1 The assessed NPP of the project region

生态系统类型	降水量 / mm	生物温 度/ °C	净第一性生产力 NPP/(t·hm ⁻² ·a ⁻¹)
I 温凉干旱平原河谷荒漠为主生态系统			
I - 1 温凉干旱砂质荒漠生境	30	2 500	0.05
I - 2 温凉干旱砾质荒漠生境	30	2 500	0.05
I - 3 温凉干旱宽河谷荒漠生境	35	1 500	0.33
I - 4 高寒干旱山地荒漠生境	100	94	0.53
II 高寒荒漠草原过渡型生态系统	150	80	0.74
III 高寒山地草原生态系统	150	30	0.68

表 1 的数据显示了 3 类不同生态系统均处在荒漠(71 g/(m²·a))和沙漠(3.3 g/(m²·a))的背景值之间。

采用 GPS 技术在现场实际采样进行对比判定。净生产力的计算参考了武滕在 1968 年的公式^[2],实测结果列于表 2。

表 2 评价区域自然植被净第一性生产力的实测结果

Table 2 The surveyed NPP of the project region

生态系统类型	实测的平均净生产力 /(t·hm ⁻² ·a ⁻¹)
I 温凉干旱平原河谷荒漠为主生态系统	
I - 1 温凉干旱砂质荒漠生境	0.06
I - 2 温凉干旱砾质荒漠生境	0.06
I - 3 温凉干旱宽河谷荒漠生境	0.21
I - 4 高寒干旱山地荒漠生境	0.47
II 高寒荒漠草原过渡型生态系统	0.75
III 高寒山地草原生态系统	0.60

表 2 的数据显示,该区域由于自然条件恶劣,人类活动主要集中在河谷范围,局部干扰破坏十分严重,但就不同生态系统的生产能力而言,仍维持在原有的生产力水平。

2.1.2 稳定状况评价

生态系统的稳定和不稳定是对立统一的,由于各种生态因素的变化,生态系统处于一种波动平衡状况。

自然体系的稳定性包括 2 种特征,即抵抗和恢复,这是从系统对干扰反应的意义上定义的。

2.1.2.1 恢复稳定性的度量

对生态体系恢复稳定性的度量,是采取对植被生物量的方法进行度量的。

根据计算结果(表 2),评价区内 3 类不同的生态系统均由低生物量的荒漠植被和高寒草原植被组成,其生产能力维持在荒漠的水平。由于区域自然条件恶劣,生产的基础条件一旦受到破坏,则需要很长的时间才能恢复,因此,评价区内生态系统的恢复能力是很差的。

2.1.2.2 抵抗稳定性的度量

抵抗稳定性与高亚稳定性元素的数量、空间分布及其异质化程度密切相关。

评价区域内 3 类不同的生态系统的生物组分十分单一,其中,以温凉干旱平原河谷荒漠为主的生态系统生物组分趋向单一优势种群落,高寒荒漠草地系统物种相对多些,而高寒草原生态系统物种又趋于简单,因此,系统抵抗内外干扰的能力很差。

2.2 影响预测

2.2.1 影响途径分析

铁路工程的生态影响主要是通过改变区域空间结构现状,阻断区域物流、能流和物种流,最终,建成运营后的铁路对景观生态体系的切割,使其破碎化和趋于岛屿化。

2.2.1.1 施工期的影响途径

a. 改变地表结构现状。无论是开挖、填垫、架设、运输、仓储和施工人员的活动,都会出现铲挖植被,或者扰动地面“结皮”或“砾幕”,或者压实地表、踏踩植被和地表覆盖层等改变地表结构现状的施工活动和生活活动。在戈壁荒漠,这种活动会因扰动脆弱生态系统的地表稳定性而破坏植被或激活沙地;在荒漠植被地区,有可能由于植被的破坏而打乱水土保持的平衡状态。而植物生物量和物种数量的改变,会使依靠采食这些植物的动物受到影响。

b. 大规模的线性施工活动会使局部区域的物流、能流、物种流受到干扰或阻滞。由于该线铁路拟建区域多为河谷地区,地表径流会因地表形态的线型改变而发生改变,改变的程度与线路在冲洪积扇的位置密切相关,如是冲洪积扇的顶部,则下游可能出现干旱化倾向;由于地表形态的线型改变以及人和机械的喧闹,使当地野生动物的栖息活动受到影响,活动在该区域的盘羊、藏野驴会因施工活动和地表的线型切割而发生正常迁移困难。

2.2.1.2 运营期的生态影响

铁路施工的生态影响多是局部的,而运营期对整体环境的线性切割,使景观生态体系破碎化和岛屿化,才是全局性的重大影响。这一影响主要表现在将生境一分为二,使整体区域内的物流、能流、物种流被迫发生改变;一些敏感的、对栖息环境要求较高的野生动物受到的影响会更严重。在漫流性质的地表径流区域,线型工程使地表形态的改变,可能会改变下游的水环境现状,从而使受影响地区的植被生长受到影响。

2.2.2 工程对生态系统的影响预测

铁路等线性工程对生态系统完整性的影响主要表现在 2 个方面:① 对该系统生产能力的影响;② 对系统稳定状况的影响。

区域自然体系的核心是生物,尤其是植被。生物有适应环境变化的功能和一定的生产能力,它具有为受到干扰的自然系统提供修补的功能,以此维持自然系统的生态平衡。但是,当人类的干扰过多,超过了生物自身的修补(调节)能力时,该自然系统将失去维持平衡的能力。表 3、4 是预测的青藏铁路格望段生物量的变化情况。

表 3、4 的数据说明,尽管铁路施工与运行将损失高达 309.35 t/(648.22 hm²·a)的生物总量,这对于格望段不同类型

脆弱的生态系统来说损失是巨大的,人工恢复的难度很大,时间很长。但是,这一损失放在评价区域内平均,损失是有限的,不同类型生态系统的损失比率在 0.01% ~ 0.25% 之间,不会使现在的生态系统衰退到更低的级别(沙漠的生物量平均为 3.3 g/(m²·a))。

表3 青藏铁路格尔木至望昆段项目占地减少生物量情况

Table 3 The reduced NPP deduced by the land occupation of the railway project

生态系统类型	占用原有植被		生物量减少/t
	类型	面积/hm ²	
I - 1 温凉干旱砂质荒漠生境	裸地	—	
I - 2 温凉干旱砾质荒漠生境	裸地	—	
I - 3 温凉干旱宽河谷荒漠生境	荒漠植被	175.38	36.83
I - 4 高寒干旱山地荒漠生境	荒漠植被	286.67	134.73
II 高寒荒漠草原过渡型生态系统	过渡型植被	173.86	130.40
III 高寒山地草原生态系统	草地	12.31	7.39
合计		648.22	309.35

表4 铁路建设和运营格望段生物量受损表

Table 4 The reduced NPP deduced by the construction and running of the railway project g/(m²·a)

生态系统类型	生产力减少	项目运行后的生产能力	背景值
I - 1 温凉干旱砂质荒漠生境			
I - 2 温凉干旱砾质荒漠生境			
I - 3 温凉干旱宽河谷荒漠生境	0.034	20.966	21
I - 4 高寒干旱山地荒漠生境	0.12	46.88	47
II 高寒荒漠草原生态系统	0.12	74.88	75
III 高寒草原生态系统	0.007	59.993	60

由于铁路拟建选线位于评价区域内现有青藏公路附近,就格尔木至望昆这一段,对湿地、风蚀沙化严重地段(格尔木至南山口既有有线属于这种类型)、动物栖息地等敏感区域的间接生态影响已在青藏公路、输油管线、电缆线的修建中发生,铁路建设会加大这种影响,但不会产生新的长距离切割生境等重大问题。

3 敏感生态问题的评价

在自然资源开发建设项目中,开发活动对区域内敏感的生态问题带来的影响将有可能导致遗传多样性的丧失,物种的灭绝,生态系统退化和瓦解,最终威胁到人类的生存基础。植被生境的破碎化、岛屿化;水资源的枯竭;水土流失和荒漠化。当某一区域内起关键作用的敏感生态问题受到不可逆的负面干扰时,该区域的生态环境则可能发生质的变化。

经现场调查和分析,青藏铁路格望段特殊生态系统的敏感问题主要包括:

- 荒漠地段施工对地表的扰动问题;
- 高寒荒漠草原植被的破坏问题;
- 野生动物栖息环境受干扰问题;
- 生态型用水的阻断问题;

e. 铁路选线对景观生态体系的切割问题。

表5是格望段工程对植物多样性的影响分析。

表5 铁路施工和运营对植物多样性的影响

Table 5 The impact to the floral diversity deduced by the construction and running of the railway project

植被类型	生物多样性现状		施工区域占评价区域比例 / %	影响分析
	辛普森指数	香农-威纳指数		
山地驼绒藜	0.247	0.189	0.4	局部影响
高寒荒漠草原	0.571	0.453	0.15	局部影响
高寒草原	0.328	0.284	0.011	局部影响

尽管青藏铁路格望段评价区域未发现国家和地方重点保护的珍稀濒危植物物种,但其区域独特的气候条件决定了驼绒藜(*Ceratoides compacta*)、膜果麻黄(*Ephedra przewalskit*)等植物是荒漠环境的优势种,紫花针茅(*Stipa purpurea*)、藏沙蒿(*A. arenaia*)等是高寒草原的优势种。正是这些物种构成了该地区的植被景观,对该区域环境的维护功能是十分巨大的。因此,保育由这些植物构成的生态系统,意义是十分深远的。

砂质(或砾质)荒漠地段施工的重要生态问题是扰动地表问题。该区段的地表已形成了“结皮”和“砾幕”,是防止沙地活化的地表覆盖层。这些由砾碎石组成的地表覆盖层,已形成了相对稳定状态,地表呈砾石戈壁的形态,并成为保护下部土层不再受到风蚀的保护层。而这个保护层一旦因铁路施工受到破坏则会使得下部土壤形成沙源并移动。

生态型用水实质上是指维系一个景观生态系统所必需的水资源,它的作用往往在人类的开发活动中被忽视。就青藏铁路格望段所经区域,部分线路将在冲洪积扇顶部切过。冲洪积扇在难得的降雨季节以漫流性质的地表径流为扇缘等下游补充生态用水,年降水量仅有 20~100 mm,数量虽少,但养育着荒漠植被和以荒漠植被为食物的野生动物。铁路路基对这种生态用水的阻断,将破坏下游植被的生存条件,降低区域生物组分的生产能力,进而影响野生动物的栖息。

4 生态影响的防护与恢复

根据青藏铁路格尔木至望昆段的施工和运营特点,需避免的生态影响可以在路基选线、工程设计和施工组织中解决。应采取的避免措施主要包括:

- 防止远离公路对景观的二次切割,尤其对距青藏公路 0.5 km 以上的选线应从环境角度认真论证,线路选择尽可能靠近河流和公路,避免对景观的再次切割,把对区域生境的影响限定在公路已有的范围内,尽量减少影响范围的扩大。防止生境的多线状切割使生态系统破碎化、岛屿化,最终衰败为岩石和沙漠。
- 避免漫流性质的生态用水的损失,选择近河流的线路来实施。近河流防止了路基对漫流性质的生态用水的大范围阻断,防止了冲洪积扇下游的干旱化和荒漠化。
- 临时占地面积扩大,植被损失增多和地面保护层过

多损坏,以及石料、土料场地美学景观破坏等问题,要在施工组织管理中加以避免。

青藏铁路格尔木至望昆段施工和运营的负面生态影响有些是无法回避的,比如生物总量的损失,局部荒漠区域的地表保护层的损失,对野生动物觅食的影响和物种移动的阻滞等等。但生态学的设计可以消减这些损失。

d. 生物总量损失的消减,路基施工要铲挖植被,由于青藏高原的草原植被其地上的生物体很矮小,但多年生的特点使其根系强大密集,成毡状。对这类区域植被的铲挖一定要整片掀起,移到指定地点,待路基成型后铺在路基防护坡上,在有水的条件下可以成活,成为路基边坡防护的重要生物措施,并因此消减生物总量的损失。

e. 荒漠地表保护层损失的消减,地表保护层受到破坏后,下部的土层会形成沙源移动,因此,荒漠地区施工关键在控制地表稳定。可以采用工程措施在施工后的地面铺上砾石层并适当镇压使其形成稳定的地表砾幕。也可以将施工面基本平整后,直接用碾压设备镇压使地表形成“结皮”。

f. 消减对野生动物觅食和移动的影响,如果必须在路基

沿线取土修筑铁路路基,应当采用间断式取土,这样可以为野生动物越过路基迁移提供迁移通道,同时取土坑不能采取垂直断面法,应该采用缓坡坑,其深度不应超过1 m,以便于动物通过。最理想的取土方式是异地取弃土,即在植被稀疏,同时又不在于铁路四周视野范围内,这样既可以保证植被免遭破坏,又可以实现铁路两旁景观美化的目的。

建设项目产生的生态影响的防护与恢复对于项目的设计、施工、运行和管理是非常重要的。应按照“避免→消减→补偿”的顺序最大限度地减小人类开发活动对自然资源和生态环境的破坏,以实现“人与自然共生”,人类社会可持续发展的目标。

参考文献:

- [1] 许慧,王家骥.景观生态学的理论与应用[M].北京:中国环境科学出版社,1993.
- [2] 国家环境保护总局自然司.非污染生态影响评价技术导则培训教材[M].北京:中国环境科学出版社,1999.59-89.
- [3] 周广胜,张新时.全球气候变化中的中国自然植被的净第一生产力研究[J].植被生态学报,1996,20(1):12-19.