

秦巴山区铁路增建二线的水土流失影响分析

何吉成

(交通运输部规划研究院环境资源所, 北京 100028)

摘要:以秦巴山区的 3 条铁路增建二线工程为例,通过水土流失影响指数评价模型来定量分析、评判山区铁路增建工程的水土流失影响程度。结果表明:襄安线、西康线和安渝线增建二线工程的水土流失影响指数分别为 0.240, 0.184, 0.202, 均低于全国铁路建设项目水土流失影响指数的平均值,这说明与新建铁路工程相比,增建二线工程造成的水土流失影响程度相对较小。其主要原因是工程平均占地面积较小($2.54 \text{ hm}^2/\text{km}$)、工程总土石方量($6.99 \text{ 万 m}^3/\text{km}$)较轻、工程水土流失总量($9\,028 \text{ t}/\text{km}$)不大。在施工过程中,可通过移挖作填、减少弃方、控制施工影响范围、缩短施工期等措施来进一步减弱山区铁路增建工程的水土流失影响,更好地保护山区铁路沿线的生态环境。

关键词:铁路建设;水土流失;SWII 指数;秦巴山区

中图分类号:S157;U212

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2012)06-0064-04

Impact of the Railway Constructions of the Second Line on Soil Erosion and Water Loss in Qinling-Daba Mountainous Area

HE Ji-cheng

(Division of Environment and Resources Research, Institute of Transport Planning and Research, Ministry of Transport, Beijing 100028, China)

Abstract: In this study, the impact of constructions of the second line for three railways (i. e. Xiangfan—Ankang railway, Xi'an—Ankang railway, and Ankang—Chongqing railway) on soil and water loss in Qinling—Daba Mountains was quantitatively analyzed and evaluated by using the SWII method. The results showed that the impact indices values of soil erosion and water loss of the foresaid three projects were 0.240, 0.184 and 0.202, respectively, which were lower than the averaged value of impact indices of railways construction projects in China. This also indicated that the railway constructions of the second line would induce less soil and water loss than newly-built railways constructions. The causes for the low indices values of the railway constructions of the second line included less occupation land ($2.54 \text{ hm}^2/\text{km}$), little earthwork volume ($6.99 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{km}$), small amount of soil and water loss ($9\,028 \text{ t}/\text{km}$). We could shorten the construction period, reduce wasted excavation and decrease impact area of the construction to mitigate the impact on soil and water loss and protect the eco-environment of mountainous area along the railways.

Key words: railway construction; soil and water loss; impact index of soil erosion and water loss; Qinling-Daba Mountains

我国是世界上水土流失最严重的国家之一,每年土壤流失量约为 50 亿 t,全国水土流失总面积为 484.74 万 km^2 ,占国土总面积的 51.1%^[1],水土流失及其防治已经成为包括交通建设在内的各类开发建设活动所面临的重要环境问题^[2-4]。秦巴山区是横贯我国中部、东西延伸的重要地貌单元,包括秦岭山地、

汉江河谷盆地和大巴山山地^[5-6],它介于长江与黄河两大水系之间,山高坡陡、河谷深切、降水丰富,水土流失较为严重。作为汉江上游区,秦巴山区水土流失的防治对保护南水北调中线水源地——丹江口水库水源质量具有重要的意义。铁路是我国国民经济的大动脉和大众化交通工具,西康线和襄渝线穿越秦巴

收稿日期:2011-11-17

修回日期:2012-06-23

资助项目:中国气象局 2011 年气候变化专项资助项目(CCSF2011-14)

作者简介:何吉成(1976—),男,湖北十堰人,博士后,副研究员,主要从事交通运输行业环境、能源、自然灾害、温室气体和大气污染物排放等方面的研究。E-mail:jichenghe@gmail.com

山区,是川渝地区北上、东出的重要通道,但均为单线铁路,运输任务十分繁忙,因此增建二线对缓解既有线路运能紧张,改善秦巴山区交通条件具有重要的意义。但铁路建设工程具有建设距离长、填挖土方量大、取弃土场多等特点,挖高填低、开凿隧道、取土弃渣等施工活动均会造成大量的水土流失。从已有的研究来看,对山区铁路建设的水土流失问题关注得较少^[7],而且多数研究没有结合工程规模、占地面积、土石方量和施工时间等因素来综合分析水土流失量的大小程度,缺乏客观、量化的横向比较^[8-11]。水土流失影响指数评价模型是姜德文^[12]以水利部审批的开发建设项目水土保持方案为基础,通过项目中易获取的一些重要指标来构建反映建设项目水土流失影响程度的评价模型,目前已经成为开发建设项目水土保持损益分析的主要方法之一。本文以处于秦巴山区的襄渝线襄樊至安康段(以下简称襄安线)、西安至安康线(以下简称西康线)和襄渝线安康至重庆段(以下简称安渝线)的增建二线工程为例,基于相关的水土保持方案报告书中的数据资料^[13-15],通过该评价模型来定量分析、评判增建二线工程的水土流失影响程度,为我国山区铁路建设的水土保持工作提供客观、量化的科学标准,也为促进我国铁路建设项目的水土保持工作提供参考。

1 工程概况与水土流失影响

襄安线增建二线工程位于湖北西北部和陕西东南部,东起襄樊,途经老河口、谷城、十堰、白河、旬阳后到达终点安康(图1),全长361.824 km,新建桥涵751座、隧道101座。沿线经过汉江冲积平原区、山前丘陵区、低山区、低中山峡谷区和安康盆地,沿线土壤侵蚀类型以水力侵蚀为主,强度以中度为主。沿途的十堰市市辖区属于国家级水土流失重点预防保护区中的汉江上游预防保护区,沿途的丹江口市、郧县、白河县、旬阳县和安康市汉滨区属于国家级水土流失重点治理区中的丹江口水源区治理区。

西康线增建二线工程位于陕西省东南部,经过西安市的灞桥区、长安区后,再经柞水、镇安、旬阳到达终点安康市(图1),全长180.680 km,新建大中桥69座、隧道59座,改建车站10个。沿线经过渭河冲积平原区、山前黄土台塬区、秦岭中山区和秦岭南部中低山河谷区,沿线土壤侵蚀类型以水力侵蚀为主,强度以轻度和中度为主。沿途的西安市灞桥、长安两区属于国家级水土流失重点监督区中的豫陕晋接壤有色金属开发监督区,沿途的柞水县、镇安县、旬阳县和安康市汉滨区属于国家级水土流失重点治理区中的

丹江口水源区治理区。

安渝线增建二线工程跨越陕西、四川和重庆三省市,北起安康,经过紫阳、万源、宣汉、达州、渠县、广安、华蓥等市县,到达重庆市(图1),全长533.605 km,新建及改建桥梁366座、隧道191座,改建车站30个。沿线经过安康盆地、南秦岭低山、中低山、大巴山低山和低山丘陵等地貌,沿线土壤侵蚀类型以水力侵蚀为主,强度以中度为主。沿途的重庆市主城区属于国家级水土流失重点监督区中的三峡库区监督区,沿途的安康市汉滨区、岚皋县、紫阳县属于国家级水土流失重点治理区中的丹江口水源区治理区,沿途的万源市、宣汉县、达县、渠县、广安市广安区、华蓥县属于国家级水土流失重点治理区中的嘉陵江上中游治理区,经过的重庆市主城区和北碚区还属于三峡库区治理区。

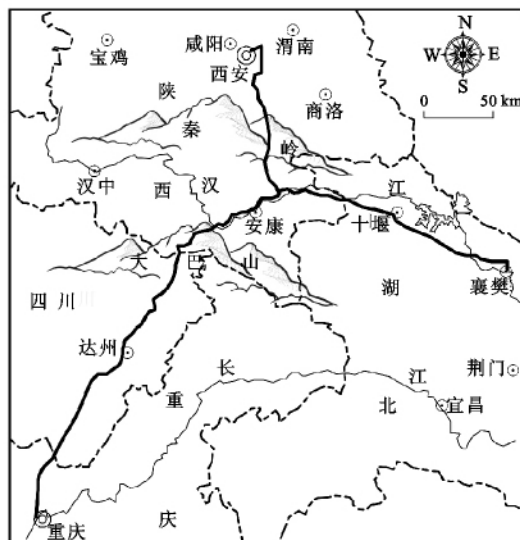


图1 增建二线的3条线路位置

山区铁路建设工程具有施工条件复杂、工程量大、破坏性强等特点,施工活动会破坏原有地表植被,在降水的作用下极易产生水土流失。不同的施工单元造成的水土流失影响有所不同:(1)路基工程区:由于边坡土体表面结构松散,固结能力差,在填筑过程中如未及时防护,雨水冲刷坡面会使土体流失。(2)站场工程区:新建或改建车站需要进行大量的填挖作业,大量的土方堆放转运,都会加剧局部水土流失。(3)施工生产生活临时用地区:车辆通行、物料堆放等活动造成的碾压和扰动均会破坏原地面的植被和土壤,降低了土体的抗蚀能力,极易诱发水土流失。(4)桥梁施工区:桥台基础开挖时出渣处置不当、水中墩钻渣泥浆外泄等会造成水土流失并污染水体。(5)取弃土场:在施工期间,其表土被全部剥离,周边及坑底土质疏松并裸露,易发生风蚀和水蚀。工程造成的水土流失影响和采取的水保措施概况见表1。

表 1 增建二线工程的水土流失影响及水保措施概况

线路名称	线路长度/km	扰动地表面积/hm ²	损坏水保设施面积/hm ²	造成的水土流失量/万 t	主要防治措施及工程量
襄安线	361.824	967.47	256.27	204.39	干砌石、浆砌石护坡 122.35 万 m ³ 土工格栅 4.18 km ² , 植草 6.02 km ² 种植乔木 9.18 万株, 种植灌木 64.49 万株
西康线	180.680	411.45	411.45	38.60	片石混凝土 12.13 万 m ³ 浆砌片石 23.89 万 m ³ , 植草 0.67 km ² 种植乔木 12.13 万株, 种植灌木 16.31 万株
安渝线	533.605	1352.32	75.08	28.03	浆砌片石 63.25 万 m ³ 植草 4.92 km ² 种植乔木 10.96 万株, 种植灌木 46 万株

2 水土流失影响指数评价模型简介

水土流失影响指数是将水土保持损益分析中的关键影响指标(或变量)进行加权后求和,从而得到用于反映建设项目水土流失影响程度大小的水土流失潜值,为一无量纲值,是定量评价、评判开发建设项目水土保持得失的结论性指标^[12]。其值在 0~1 之间,数值愈小,说明建设项目的水土流失影响范围及面积愈小、地表扰动强度愈小、造成的水土流失量愈小,有利于水土保持工作;反之,指数值愈大,意味着项目造成的水土流失影响愈大,不利于水土保持工作,需要改进项目的关键影响活动,降低水土流失影响程度。水土流失影响指数评价模型的核心是建立 SWII 指数,计算 SWII 指数需要确定水土流失影响最直接、最有影响力的 5 个关键指标:占地面积与影响范围、对地表扰动程度、影响时间、造成的水土流失总量和不可恢复程度。就铁路建设项目而言,上述 5 个指标可通过线路长度、工程占地面积、工程直接影响面积、土石方总量、弃方量、施工期、水土流失总量和水土流失治理面积 8 个参数计算得到。SWII 计算公式如下:

$$SWII = \sum_{i=1}^5 a_i \times x_i \tag{1}$$

式中: a_i ——因子 x_i 的权重值; x_1 ——项目占地面积与影响范围; x_2 ——项目对地表的扰动程度; x_3 ——项目影响时间,它是项目施工期 X_3 (月)的归一化值; x_4 ——项目水土流失总量,它是项目扰动地表后造成的单位水土流失总量 X_4 (t/km)的归一化值; x_5 ——项目的水土流失不可恢复程度,它是项目的水土流失不可恢复比例 X_5 的归一化值。其中 x_1 通过单位占地面积和单位直接影响面积计算得到, x_2 要通过单位土石方总量和单位弃方量计算得到,计算前单位占地面积、单位直接影响面积、单位土石方总量和单位弃方量均需要进行归一化处理^[12]。

3 工程的水土流失影响程度与分析

襄安线增建二线工程水土保持防治责任范围面积为 1 701.68 hm²,其中工程建设区为 967.47 hm²,直接影响区为 734.21 hm²,施工期内扰动地表造成的水土流失量为 204.39 万 t,水土保持方案治理面积为 783.65 hm²。西康线水土保持防治责任范围面积为 773.45 hm²,其中工程建设区为 411.45 hm²,直接影响区为 362 hm²,施工期内扰动地表造成的水土流失量为 38.6 万 t,水土保持方案治理面积为 395 hm²。安渝线水土保持防治责任范围面积为 1 494.72 hm²,其中工程建设区为 1 352.32 hm²,直接影响区为 142.4 hm²,施工期内扰动地表造成的水土流失量为 28.03 万 t,水土保持方案治理面积为 1 217.1 hm²。

通过相关方法计算得到襄安线、西康线和安渝线增建二线工程的 x_1, x_2, x_3, x_4 和 x_5 值(表 2)。

通过公式(1),计算得出襄安线、西康线和安渝线增建二线工程的 SWII 值分别为 0.240, 0.184, 0.202(表 2),平均值为 0.207,这表明 3 条线路中,襄安线的水土流失影响最大,其次是安渝线,西康线水土流失影响最小。

这是因为,西康线桥隧比例最高,占到线路长度的 76%,安渝线为 54%,襄安线为 52%,与路基相比,桥隧方式一则可以减少占地,二则可以减少山体人工边坡等再塑地貌,对原有地貌植被破坏较轻,因此其水土流失影响程度比路基工程低。我国铁路建设项目水土流失影响指数平均值为 0.3^[12],襄安线、西康线和安渝线增建二线工程的水土流失影响指数比全国均值分别低 20%、39%和 33%,3 个项目的 SWII 均值只有全国均值的 69%。这表明与新建铁路工程相比,沿既有单线铁路增建二线这种改建工程造成的水土流失影响相对较轻。

表 2 增建二线工程的 SWII 计算参数值

线路名称	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	SWII
襄安线	0.314	0.162	0.444	0.097	0.228	0.240
西康线	0.281	0.247	0.333	0.035	0.038	0.184
安渝线	0.176	0.229	0.555	0.007	0.114	0.202

现从计算 SWII 所用的 7 个参数对上述 3 条线路进行剖析和比较(表 3),襄安线、西康线和安渝线增建二线工程占地面积均较小,分别只有全国均值的 54%,47%和 52%,三者均值为 2.54 hm²/km,只有全国均值的 52%;襄安线和西康线的工程影响面积较大,是全国均值的 1.8 倍,而安渝线工程影响面积较小,只有全国均值的 1/4 左右,三者均值为 1.15 hm²/km,与全国均值相当;3 条线工程总土石方量并不大,分别只有全国均值的 57%,59%,62%,三者均值为 6.99 万 m³/km,为全国均值的 60%;西康线和安渝线的弃方量较大,分别超过全国均值的 35%

表 3 增建二线工程水土流失影响参数值与全国铁路建设项目数值的比较

参数	襄安线	西康线	安渝线	3 条线的均值	全国均值*
占地面积/(hm ² ·km ⁻¹)	2.67	2.28	2.53	2.54	4.9
影响面积/(hm ² ·km ⁻¹)	2.03	2.00	0.27	1.15	1.1
土石方总量/(万 m ³ ·km ⁻¹)	6.62	6.91	7.26	6.99	11.7
弃方量/(万 m ³ ·km ⁻¹)	2.25	4.86	4.07	3.59	3.6
工期/月	42	36	48	42	40
水土流失总量/(t·km ⁻¹)	5648.88	2136.37	525.29	2518.52	9028
未恢复比例	0.19	0.04	0.10	0.12	0.2

注:*数据来自文献[12]。

4 讨论与结论

就铁路建设项目而言,构建水土流失影响指数评价模型的参数容易获取,因此应用该方法来量化铁路建设项目水土流失影响程度较为方便可行。SWII 指数值是一个无量纲值,可以进行横向比较,通过比较 SWII 指数值的大小,可以获得该项目的水土流失影响程度在全国同类项目中所处的水平,如果高于全国平均水平,表明该项目水土流失影响程度较大,此时就需要找出造成 SWII 值较大的原因,进而采取优化施工设计等方法来降低它,从而达到在工程施工阶段对工程进行反馈指导的作用。

本文以秦巴山区 3 条铁路的增建二线工程为例,通过水土流失影响指数评价模型来定量分析铁路增建工程的水土流失影响程度。结果表明,襄安线、西康线和安渝线增建二线工程的水土流失影响指数值分别为 0.240,0.184,0.202,三者平均值为 0.207,低于全国铁路建设项目水土流失影响指数的平均值,这说明与新建铁路工程相比,沿既有单线铁路增建二线这种改建工程造成的水土流失影响相对较轻。其主

和 13%,襄安线弃方量相对较小,是全国均值的 63%,三者均值为 3.59 万 m³/km,与全国均值相当;3 条线路的施工期均在 3 a 以上,西康线和安渝线施工期分别比全国铁路建设项目工期均值多 2 个月和 8 个月,西康线则少 4 个月;3 条线路的水土流失总量均低于全国均值,三者均值为 2 518.52 m³/km,不到全国均值的 1/3;西康线的水土流失治理面积比例较高,因而其水保功能未恢复面积比例较低,只有全国均值的 20%,但襄安线的水保功能未恢复面积比例较高,接近全国均值,三者均值为 0.12,只有全国均值的 60%。通过上述比较可以看出,总体而言,山区单线铁路增建二线工程的水土流失影响相对较小,但工程影响面积和弃方量较大,施工期较长,因此可以通过移挖作填、减少弃方、控制施工影响范围、缩短施工期等措施来减弱山区铁路增建工程的水土流失影响。

要原因是工程占地面积较小、工程总土石方量较少、工程水土流失总量不大。在施工过程中,可以通过移挖作填、减少弃方、控制施工影响范围、缩短施工期等措施来进一步减弱山区铁路增建工程的水土流失影响,更好地保护山区铁路沿线的生态环境。

参考文献:

[1] 陈晓清,李智广,崔鹏,等. 5·12 汶川地震重灾区水土流失初步估算[J]. 山地学报,2008,27(1):122-127.

[2] 陈宗伟,江玉林,张洪江,等. 高速公路施工期水土流失影响因素及其防治措施[J]. 水土保持研究,2006,13(5):120-123.

[3] 郑书彦,李占斌,李同录. 西气东输第五标段水土流失特点及防治对策[J]. 水土保持研究,2002,9(3):231-233.

[4] 李富程,王青. 四川省矿产资源规划开采区水土流失分析[J]. 水土保持研究,2009,16(1):18-21.

[5] 任志远,郭彩铃. 秦巴山地土地系统的景观生态设计[J]. 山地研究,1998,16(2):146-150.

[6] 任志远,李晶. 陕南秦巴山区植被生态功能的价值测评[J]. 地理学报,2003,58(4):503-511.

(下转第 76 页)

显著影响,而对 pH、TP、TN、TK 和土壤颗粒组成无显著影响。

(2) 不同土地利用方式对 TP 和 TN 之间的相关系数无影响,对其它养分之间的相关系数影响较大,旱地各养分之间的相关系数要大于水田、林地和未利用地。

(3) 不同土地利用方式下土壤肥力由大到小顺序为:水田>林地>旱地>未利用地。

参考文献:

- [1] Donnelly S. Land-use portfolios and the management of private landholdings in south-central Indiana[J]. *Regional Environmental Change*, 2011, 11(1): 97-109.
- [2] 张汪寿,李晓秀,黄文江,等. 不同土地利用条件下土壤质量综合评价方法[J]. *农业工程学报*, 2010, 26(12): 311-318.
- [3] 张玉斌,曹宁,闫飞,等. 黑土侵蚀区水土保持措施对土壤质量的影响[J]. *水土保持研究*, 2009, 16(3): 27-29.
- [4] De Rooij G H, Stagnitti F. Spatial and temporal distribution of solute leaching in heterogeneous soils: analysis and application to multisampler lysimeter data[J]. *Journal of Contaminant Hydrology*, 2002, 54(3/4): 329-346.
- [5] Doerr S H, Shakesby R A, Walsh R P D. Soil water repellency: its causes, characteristics and hydro-geomorphological significance[J]. *Earth-Science Reviews*, 2000, 51(1/4): 33-65.
- [6] Lipsius K, Mooney S J. Using image analysis of tracer staining to examine the infiltration patterns in a water repellent contaminated sandy soil[J]. *Geoderma*, 2006, 136(3/4): 865-875.
- [7] 张玉斌,郑粉莉,曹宁. 近地表土壤水分条件对坡面农业非点源污染物运移的影响[J]. *环境科学*, 2009, 30(2): 376-383.
- [8] 刘前进,于兴修,王瑶,等. 沂蒙山区土壤侵蚀强度的垂直动态变化研究[J]. *水土保持通报*, 2010, 30(5): 33-38.
- [9] 史志华,闫峰陵,李朝霞,等. 红壤表土团聚体破碎方式对坡面产流过程的影响[J]. *自然科学进展*, 2007, 17(2): 217-224.
- [10] Jia H Y, Lei A L, Lei J S, et al. Effects of hydrological processes on nitrogen loss in purple soil[J]. *Agricultural Water Management*, 2007, 89(1/2): 89-97.
- [11] Munsu M, Malaviya S, Oinam G, et al. A landscape approach for quantifying land-use and land-cover change (1976—2006) in middle Himalaya[J]. *Regional Environmental Change*, 2010, 10(2): 145-155.
- [12] 于兴修,马骞,刘前进,等. 不同覆被土壤结构稳定性对侵蚀泥沙氮磷流失的影响[J]. *水土保持学报*, 2011, 25(4): 12-16.
- [13] 马骞,于兴修,刘前进,等. 沂蒙山区不同覆被棕壤理化特征对径流溶解态氮磷输出的影响[J]. *环境科学学报*, 2011, 31(7): 1526-1536.
- [14] Atanassova I, Doerr S. Organic compounds of different extractability in total solvent extracts from soils of contrasting water repellency[J]. *European Journal of Soil Science*, 2010, 61(2): 298-313.
- [15] 马骞,于兴修,刘前进. 横坡耕作径流溶解态氮磷流失特征及其富营养化风险:以鲁中南山地丘陵区为例[J]. *农业环境科学学报*, 2011, 30(3): 492-499.
- [16] 张水清,黄绍敏,郭斗斗. 主成分分析在潮土土壤肥力评价中的应用[J]. *河南农业科学*, 2011, 40(4): 82-86.

(上接第 67 页)

- [7] 何吉成,徐雨晴,刘兰华. 我国长大客运专线建设工程的水土流失影响指数比较[J]. *水土保持研究*, 2010, 17(6): 35-38.
- [8] 张力,格日乐,王树,等. 大准铁路工程施工对水土流失的影响及其防治对策[J]. *水土保持研究*, 2006, 13(5): 137-138.
- [9] 何吉成,徐雨晴,刘静茹,等. 广梅汕铁路电气化改造工程的水土流失量预测[J]. *亚热带水土保持*, 2009, 21(3): 55-59.
- [10] 何吉成,徐雨晴,周铁军. 新街—恩格阿娄铁路工程建设的水土流失量预测[J]. *北方环境*, 2010, 22(1): 28-33.
- [11] 陈艳梅. 河北省沙蔚铁路施工期水土流失预测分析[J]. *水土保持研究*, 2006, 13(3): 69-71.
- [12] 姜德文. 开发建设项目水土保持损益分析研究[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2008.
- [13] 铁道第二勘察设计院. 西安至重庆铁路安康至重庆段增建第二线水土保持方案报告书[R]. 2004.
- [14] 铁道第一勘察设计院. 改建铁路沪汉蓉通道襄樊至安康段增建第二线水土保持方案报告书[R]. 2004.
- [15] 中铁第一勘察设计院集团公司. 改建铁路西安安康线增建第二线水土保持方案报告书[R]. 2008.