

中巴喀喇昆仑公路30年运营对路侧植被的影响*

王云**¹ 孔亚平¹ 曾雅娟² 陈学平¹ 陶双成¹ 王玉滴¹ 庞明³ 叶成银³ 施耀华³

(1. 交通运输部科学研究院,北京 100029;2. 昌吉市规划项目技术服务中心,昌吉 831100;
3. 中国路桥工程有限责任公司,北京 100011)

摘要:为摸清中巴喀喇昆仑公路(简称中巴公路)30年运营对两侧植被的影响范围与程度、公路干扰区域(取弃土场、施工便道等)处植被自然恢复能力,采用样线法和样方法于2009年9月20日~28日、2010年9月8日~15日和2011年9月22日~27日对中巴公路雷克特桥至红其拉甫段(即K470+500~K811+343段)两侧200m范围内的各种植被类型及工程占地干扰区域进行了调查和实测。结果显示:公路两侧0~1m范围内(即土质边沟处)的物种丰富度、盖度均显著高于99~100m(自然背景)处,且生物量、多样性指数、优势度指数和均匀度指数均高于其他距离的趋势;公路路侧干扰样方在外貌、结构组成上已与天然背景样方的植物群落无明显不同,但植物群落盖度、种类组成、植株高度,随着植被类型的不同与天然群落稍有差别。本研究为正在建设中的中巴公路改扩建工程的生态排水沟建设、植被恢复技术策略(以自然恢复为主、人工恢复为辅)的制定提供了理论依据。

关键词:生态排水沟;道路影响域;植被恢复;道路生态学;红其拉甫国家公园;巴基斯坦

中图分类号:P95. 文献标识码:A doi:10.3969/j.issn.1006-6055.2014.04.005

Impact of 30 Years Operation of Karakorum Highway on Roadside Vegetation*

WANG Yun**¹ KONG Yaping¹ ZENG Yajuan² CHEN Xueping¹ TAO Shuangcheng¹
WANG Yudi¹ PANG Ming³ YE Chengyin³ SHI Yaohua³

(1. China Academy of Transportation Sciences, Beijing 100029; 2. Center of Consultation for Planning Project of Changji, Changji 831100; 3. China Road & Bridge Corporation, Beijing 100011)

Abstract: Line transect method and plot sampling method are applied to various vegetation on both roadsides up to 200m range from 20th to 28th September, 2009, 8th to 15th September, 2010 and 22th to 27th September, 2011 to understand the road effect zone, extent and natural recovery ability of vegetation in artificial affected area (road construction and disturb area), which is caused by 30 years operation of Karakoram highway (KKH). The result shows that species richness and coverage on 0~1 range of both roadsides are much higher than the range of 99~100m (natural background), while biomass, diversity index, dominance index and evenness index have the trend that higher than other ranges. The roadsides impact plots have no difference with natural background plots in terms of appearance and structural composition. However, plant community coverage, species types and height of vegetation still have difference with natural community. This research provides theory basis for KKH ecological reconstruction and improvement project, in terms of ecological drainage construction and vegetation restoration technology strategy (guideline of natural recovery as main and artificial recovery as auxiliary).

Key words: ecological drainage; road effect zone; vegetation recovery; road ecology; Khunjerab National park; Pakistan

1 引言

中国-巴基斯坦喀喇昆仑公路(简称中巴公路或喀喇昆仑公路)位于巴基斯坦北部地区,起点位于巴基斯坦首都伊斯兰堡以北的Mansehra,终点位于中国新疆的喀什市,全长1224km,其中巴基斯坦境内806km。该公路是巴基斯坦连接中国的唯一陆上交通要道。中巴公路的Thakot至Khunjerab段

系中国援建,始建于1966年,于1978年全线建成通车,修建历时长达12年。公路穿越了世界三大高山(喜马拉雅山脉、兴都库什山脉和喀喇昆仑山脉),沿古丝绸之路修建,被誉为“世界第八大奇迹”^[1]。中巴公路从K753+800~K811+343穿越了巴基斯坦红其拉甫国家公园,该公园建立于1975年,主要保护对象是马可波罗盘羊和自然栖息地,同时也保护其他珍稀濒危物种,如雪豹(*Uncia uncia*)、灰熊(*Ursus arctos*)等。该国家公园是巴基斯坦北部地区生物多样性最为丰富的区域之一^[2-4]。植物资源作为野生动物食物和庇护所、以及在调节小气候、防治水土流失等方面的作用,成为公路建设中首要的和

2014-03-12 收稿,2014-04-11 接受

* 国家国际科技合作专项(2012DFA20980)资助

** 通讯作者, E-mail: wangyun80314@vip.sina.com

最重要的保护对象。

中巴公路沿线为山地荒漠和高寒荒漠区,以荒漠植被为主,由于自然条件严酷,除了高山区高山草甸及寒生草原覆盖度70%以上外,大部分地区植被稀疏,多在10%以下,有些地方寸草不生。沿线自然环境原始、独特又敏感,一旦遭到扰动和破坏,自然恢复周期漫长,且极易引发水土流失。中国科学家对与帕米尔高原环境类似的青藏高原上的青藏公路和铁路建设中的植物影响及保护研究做了大量的工作,发现青藏公路多年冻土路段沿线植被生存环境极为脆弱,一旦破坏,很难恢复,公路建设对植被的影响范围约为50 m^[5],采用人工植被种植开展青藏公路边坡生态恢复的试验研究,发现客土喷播技术效果优于普通喷播技术,播种当年可建立良好的植被,但人工植被生物量要恢复到自然群落水平,估计要十几年到几十年^[6]。

课题组在中巴公路沿线植物区系、植被群落等方面进行了初步研究^[7-10],但未涉及公路长期运营对植物的影响方面还没有研究。本研究的主要目的是:中巴运营30年后,公路对两侧植被影响程度如何?当年干扰过的路侧土质边沟、取弃土场等处植被恢复程度如何?摸清这些影响程度及规律,对目前公路改扩建植被保护和恢复意义重大,对物种选择、优化设计以及植被恢复措施等具有指导意义。

2 研究区

中巴公路是巴基斯坦连接中国的唯一一条陆上交通要道,2006年2月中巴签订谅解备忘录,决定改扩建雷克特桥(Raikot)至红其拉甫段,全长335 km。研究区总体地势北高南低,山势陡峻,谷岭高差一般在1 000 m以上。研究区地处南亚次大陆北温带,大陆干旱、半干旱气候区,雷克特桥~洪扎段为北温带气候,洪扎~红其拉甫段为内陆高原山地气候。研究区自南向北依次有印度河、吉尔吉特河、洪扎河和红其拉甫河,河水以冰川融雪(冰)补给为主,冬季流量较小,夏季河水暴涨,流量较大,在7、8月的雨季,暴雨时可发生大型洪水(图1)。

3 研究方法

依据《公路建设项目环境影响评价规范》(JTGB03-2006)^[11],采用定点和随机选取典型样线和样地的野外现场勘察方法,先后于2009年9月20日

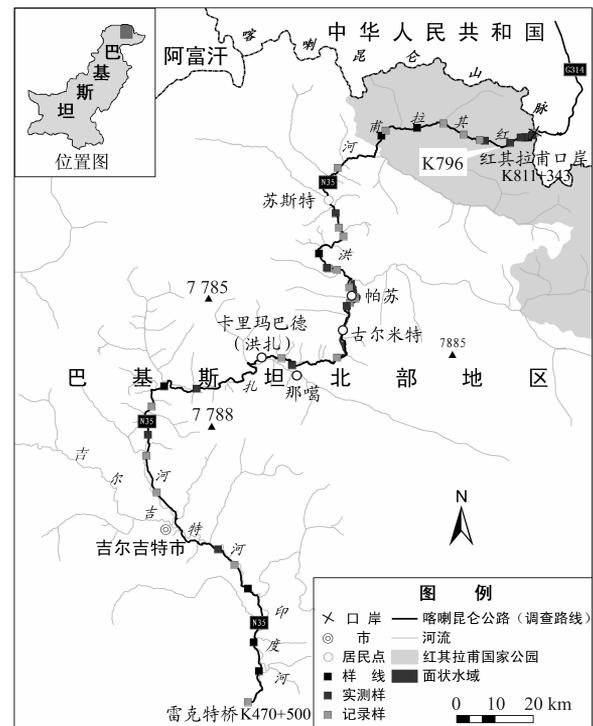


图1 研究区中巴公路巴基斯坦段红其拉甫口岸~雷克特桥段位置示意图

Figure 1 Khunjerab Pass to Raikot Bridge section of KKH

~28日、2010年9月8日~15日和2011年9月22日~27日对中巴公路雷克特桥至红其拉甫段(即K470+500~K811+343段)两侧200 m范围内的各种植被类型及改扩建工程的占地区进行了调查和实测,并对分布于公路沿线的人工植被进行了记录,根据现场地形、植被分布等情况,样线长度从15~200 m不等。三次野外考察共实测样线13个,样方95个,记录样21个(表1)。为保证实测数据的代表性和准确性,野外考察前在室内运用Arcgis 9.2软件对野外考察路线、实测样线和样地进行预设,使样线和样地尽可能遍及研究区范围内所有植被类型,而且尽可能使样地分布具有随机规律^[9]。每个样线、样地均进行统一编号和GPS定位,所处地形、植物组成、群落覆盖度、与中巴公路的关系等进行记录,对各植物种的盖度和株高及样方生物量等数据进行实测,计算密度和多度,并拍摄相应的景观和植物照片^[9]。调查线路如图1所示。

重点关注国家公园路段现有公路两侧不同距离(1 m、5 m、10 m、50 m、100 m、200 m等)的地段,通过生物样方调查、专家识别等方法,分析公路两侧植物种类、生物量、盖度和多样性变化规律,揭示公路运营对沿线植物的长期影响效应。

表 1 样线和样方概况

Table 1 Description of line transects and plots along KKH

样方类型	桩号	影响	植被类型	植被覆盖度	样线长度 (m)	样方个数	
记录样	K518 + 580 ~ 763.5	干扰	狗牙根 + 杂类草	80%	0	1	
	K522 + 600 右侧	干扰	狗牙根 + 杂类草	80%	0	1	
实测样方	K525 + 200	自然	刚毛假木贼荒漠	35%	0	1	
实测样线	K482 + 300	干扰	椭圆叶天芥菜荒漠	5% ~ 6%	100	5	
	K491 + 600	自然	黄花蒿荒漠	5% ~ 7%	200	6	
	K510 + 500	自然	刚毛假木贼荒漠	10%	200	6	
	K564 + 300	自然	鱼鳔槐荒漠	< 10%	0	1	
记录样	K569 + 400	自然	短叶绢蒿荒漠	10%	0	1	
	K578 + 380	自然	短叶绢蒿荒漠	10%	0	1	
实测样方	K585 + 780	自然	短叶绢蒿荒漠	50%	0	1	
实测样线	K586 + 600	干扰	短叶绢蒿荒漠	50%	100	5	
记录样	K643 + 100	自然	西藏亚菊荒漠	10%	0	1	
	K682 + 400	自然	西藏亚菊荒漠	15%	0	1	
	K685 + 400	干扰	刺沙蓬	35%	0	1	
	K686 + 300	自然	西藏亚菊荒漠	20%	0	1	
	K689 + 480	自然 + 干扰	西藏亚菊荒漠	15%	0	1	
	K690 + 200	自然	短叶绢蒿、西藏亚菊荒漠	10%	0	1	
	K698 + 100	干扰	刺沙蓬、虫实	< 10%	0	1	
	K700 + 450	自然	中麻黄荒漠	< 10%	0	1	
	K716 + 000	恢复	香藜、刺沙蓬	< 10%	0	1	
	K718 + 800	恢复	刺沙蓬	< 10%	0	1	
	K646 + 980	自然	刚毛假木贼荒漠	10%	0	1	
	实测样方	K681 + 250	自然	短叶绢蒿、麻黄荒漠	15%	0	1
		K701 + 000	自然	刚毛假木贼荒漠	30%	0	1
K646 + 850		自然	刚毛假木贼荒漠	17%	100	5	
实测样线	K705 + 410	自然	刚毛假木贼荒漠	20%	30	4	
	K705 + 450	干扰	刚毛假木贼荒漠	20%	35	5	
记录样	K722 + 639.5 ~ 760	干扰	芨芨草 + 杂类草	100%	0	1	
实测样方	K723 + 000	自然	刚毛假木贼荒漠	15% ~ 20%	0	1	
	K759 + 110	干扰	裸地	0	0	1	
	K767 + 800	破坏	柳、秀丽水柏枝灌丛	20%	0	1	
	K783 + 90	自然	驼绒藜荒漠	30%	0	1	
	K788 + 80	恢复	驼绒藜荒漠	10%	0	1	
实测样方	K757 + 1200	自然	大果蔷薇灌丛	40%	0	1	
	K789 + 600	自然	白莲蒿荒漠	25%	0	1	
实测样线	K757 + 120	自然	大果蔷薇灌丛	40%	15	2	
	K768 + 500	人工恢复	秀丽水柏枝灌丛	40%	30	3	
	K768 + 501	自然	中麻黄荒漠	50%	30	4	
记录样	K811 + 200	干扰	高山杂类草草甸	70% ~ 80%	0	1	
	K800 + 300	自然	驼绒藜荒漠	20%	0	1	
	K806 + 870	恢复	杂类草	70%	0	1	
	K806 + 871	自然	紫花针茅草原	70%	0	1	
	K807 + 970	恢复	垂穗披碱草恢复	70%	0	1	
	K807 + 971	自然	紫花针茅草原	80%	0	1	
	K810 + 200	恢复	针叶苔草草甸	90%	0	1	
	K810 + 201	自然	针叶苔草草甸	100%	0	1	
实测样线	K806 + 850	自然	针叶苔草草甸	85%	50	5	
	K808 + 900	干扰	针叶苔草草甸	95%	54	5	
	K810 + 200	干扰	针叶苔草草甸	90%	50	4	

选择反映群落植物种类多少的物种丰富度指数 (R)、群落多样性高低的 Shannon-Wiener 指数 (H)、群落中不同物种分布均匀程度的 Pielou 均匀度指数 (E) 和度量群落或生境遭破坏后的修复能力和对抗干扰能力强弱的 Simpson 群落优势度指数 (D) 作为样地物种多样性的测度指标^[12,13], 研究中巴公路两侧植物群落的物种多样性。其计算公式依次为:

$$R = S$$

$$H = - \sum_{i=1}^n P_i \log_2 P_i$$

$$E = H/H_{\max}$$

$$D = 1 - \sum_{i=1}^n p_i^2$$

式中, S 是群落中物种总数; P_i 是第 i 种的个体数目

占个体数总数 N 的比例,即 $P_i = n_i/N$; H_{max} 是最大多样性。设群落中物种总数为 S , 当所有种都以相同比例 ($1/S$) 存在时, 多样性达最大, 即 $H_{max} = \log_2 S$ 。此外, H 计算式的含义为以各个种的相对个数来反映群落的物种多样性, 即反映群落的物种丰富度。优势度表明群落中占统治地位的物种及其分布。

4 结果

4.1 公路路侧植物群落分布特征

路侧不同距离的物种丰富度指数无显著差异 (One-way ANOVA, $F = 1.538, df = 4, p = 0.218$), 但近距离 $0 \sim 1$ m 内丰富度显著大于 $99 \sim 100$ m 的数值 (LSD 检验); 路侧不同距离植被盖度无显著差异 (K-Independent Samples 检验, $X_2 = 1.928, df = 4, p = 0.749$), 但近距离 $0 \sim 1$ m 显著大于 $99 \sim 100$ m ($p = 0.046$); 路侧不同距离的生物量无显著差异 (One-way ANOVA, $F = 0.649, df = 4, p = 0.637$), 但近距离 $0 \sim 1$ m 有大于其他距离的趋势; 路侧不同距离的均匀度指数和群落优势度指数也无显著差异, 但多样性指数有从公路向两侧递减的变化趋势 (图 2 ~ 5)。

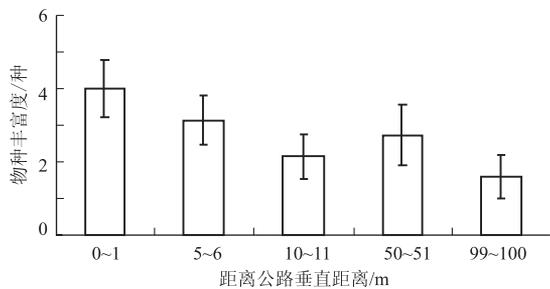


图2 路域 100 m 范围内物种丰富度变化趋势

Figure 2 Species richness of roadside 100 m perpendicular to KKH

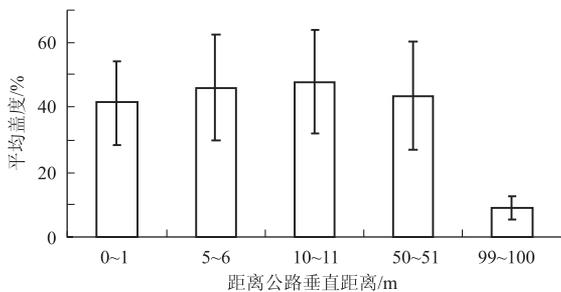


图3 路域 100 m 范围内植物盖度变化趋势

Figure 3 Coverage variety of roadside 100 m perpendicular to KKH

4.2 植被自然恢复能力分析

中巴公路沿线植被受施工影响面积最大、工程类型最多的是荒漠植被, 占受影响总面积的 95% 以上, 其次是落叶阔叶灌丛, 影响较小的是高山草甸和高寒草原^[10]。因此, 从路域主要受影响植被类型来

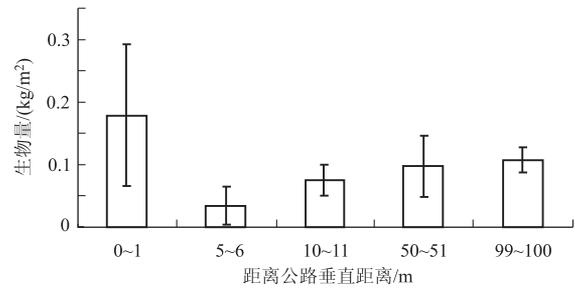


图4 路域 100 m 范围内生物量变化趋势

Figure 4 Biomass variety of roadside 100 m perpendicular to KKH

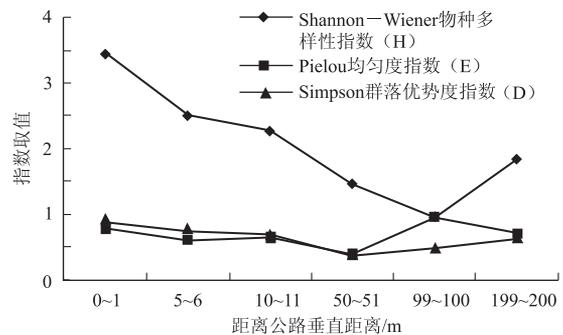


图5 路域 200 m 范围内植物多样性指数随公路距离的变化趋势

Figure 5 Diversity index variety of roadside 200 m perpendicular to KKH

一一分析。

1) 荒漠植被

选取 K482 + 300 西侧人为取土干扰过的边坡的样线, 对椭圆叶天芥菜荒漠的自然恢复能力进行分析。对人为取土后自然恢复样方与天然样方进行对比, 发现受公路干扰后自然恢复的椭圆叶天芥菜群落植物组成比天然植被群落有所增加, 公路边 $0 \sim 1$ m 的范围内出现了多年生植物短叶绢蒿 (*Seriphidium brevifolium*)、刚毛假木贼 (*Anabasis setifera*)、小画眉草 (*Eragrostis minor*)、沙大戟 (*Chrozophora tinctoria*)、盐生草 (*Halogeton glomeratus*) 等, 群落盖度、生物量比天然植被有所增加, 植物高度也已经恢复到了天然水平 30cm。由此可以看出椭圆叶天芥菜荒漠的自然恢复能力很强。

选取 K586 + 600 B 段经理部路南侧受施工便道直接影响的样线, 对短叶绢蒿荒漠的自然恢复能力进行分析。对样线内受影响的样方和天然样方进行对比, 发现在公路边 $0 \sim 5$ m 处, 受公路干扰后自然恢复的短叶绢蒿群落植物组成比天然植被群落组成有所增加, 出现了骆驼蓬 (*Peganum harmala*)、雀麦 (*Bromus japonicus*), 群落盖度、多度、生物量比天然植被略有减小, 植物高度比天然水平略低, 这主要是由于公路运行期对短叶绢蒿荒漠的碾压的结果。综

上所述,分布于中巴公路沿线的短叶绢蒿荒漠受到了公路工程的不良影响,但在天然条件下已有所恢复,由此可见短叶绢蒿荒漠的自然恢复能力较强。

选取 K705 + 450 西侧人为取土干扰过的边坡坡面的样线,对刚毛假木贼荒漠的自然恢复能力进行分析。其中 1 ~ 11 m 为挖过石料自然恢复的区域,11 ~ 35 m 为天然区域,35 m 处有一水沟,有拂子茅(*Calamagrostis epigeios*)、柳叶菜(*Epilobium minutiflorum*)、粉苞菊(*Chondrilla piptocoma*)、香藜(*Che-nopodium botrys*)、萹蓄(*Polygonum aviculare*)、蒲公英(*Taraxacum* spp.)、车前(*Plantago* spp.)等植物分布。对这两处的样方进行对比,发现分布于中巴公路沿线的刚毛假木贼荒漠在受公路干扰后群落盖度为 20%,比周围天然植被 15% 有所增加,植物高度 20cm 比天然 25cm 略低,群落中出现了骆驼蓬。由此可以看出分布于中巴公路沿线的刚毛假木贼荒漠的自然恢复能力很强。

分布于巴基斯坦红其拉甫国家公园内 K789 + 600 排水沟内自然恢复的白莲蒿荒漠的盖度为 40%,大于周围天然白莲蒿荒漠的 25%,群落种类、植株高度与天然群落相同。可见,白莲蒿荒漠的自然恢复能力很强。

2) 高寒草原

选取位于巴基斯坦红其拉甫国家公园内 K806 + 870 公路右侧的取土场恢复样地与天然样地进行对比分析,发现天然样地紫花针茅草原的总覆盖度为 70%,在 $1 \times 1 \text{ m}^2$ 内共有植物 7 种,除建群种外还有棘豆(*Oxytropis* spp.)、岩蒿(*Artemisia rupestris* L.)、蒿(*Artemisia* L.)、委陵菜(*Potentilla* spp.)、二裂叶委陵菜(*Potentilla bifurca*)、蒲公英。20 世纪 70 年代中巴公路修筑时的取土区,经过 30 多年的恢复,植被总覆盖度已恢复到天然植被群落的水平,即 70%,在 $1 \times 1 \text{ m}^2$ 内共有植物 5 种,分别是垂穗披碱草(*Elymus nutans*)、紫花针茅(*Stipa purpurea*)、棘豆(*Oxytropis* spp.)、岩蒿、蒲公英,接近于天然状态。紫花针茅草原人为干扰后能够恢复到原始状态。

3) 高山草甸

选取位于巴基斯坦红其拉甫国家公园内 K808 + 900 公路南侧的样线,对针叶苔草草甸的自然恢复能力进行分析。通过样方对比得出,受公路干扰后自然恢复的针叶苔草群落植物盖度稍小于天然样方植被盖度,多度稍小于天然样方,但路侧 0 ~ 1 m 样方除了植物种类稍低,盖度和多度已经达到或超过了天然样方值。

巴基斯坦红其拉甫国家公园内 K810 + 200 路南侧就能看见已被针叶苔草草甸所覆盖的老丝绸之路。根据实测,群落总覆盖度达到了 90%。 $1 \times 1 \text{ m}^2$ 样方内共 8 种植物,分别是针叶苔草(*Carex stenophylloides*)、棘豆、委陵菜、冠毛草(*Stephanachne pappophorea*)、龙胆(*Gentiana marginata*)、黄白火绒草(*Leontopodium ochroleucum*)、马先蒿(*Pedicularis bicornuta*)、报春花(*Primula rosea*),其中草层平均高度 14 cm,9 月实测生物量 $10\,000 \text{ kg/hm}^2$ 。在其南侧未受影响区域 $1 \times 1 \text{ m}^2$ 的样方,植被总覆盖度 100%,样方内植物相对较丰富,共有 13 种植物,除以上植物外还有高山早熟禾(*Poa alpina*)、具梗虎耳草(*Saxifraga afghanica*)、山羊臭虎耳草(*Saxifraga hirculus* L.)、镰状卷耳(*Cerastium bungeanum*)、萎软紫菀(*Aster flaccidus*)、禾叶蝇子草(*Silene graminifolia*)、西藏葶苈(*Draba tibetica*),草层平均高度 16 cm。9 月的实测现存量 $12\,000 \text{ kg/hm}^2$ 。因此,高山草甸植被人为干扰后是能恢复到原始状态的。

4) 落叶阔叶灌丛

选取位于红其拉甫国家公园内 K768 + 500 样线,为 20 世纪 70 年代末中巴公路建设的弃渣场,公路运行后自然恢复区域,地表砾石多。植被类型为秀丽水柏枝、短叶绢蒿灌丛,植被总覆盖度 40%,高度达到 1.8 m,多度达到 24,均显著高于背景未干扰样方的指标值(盖度 20%,高度 24 ~ 27 cm,多度 4 ~ 9)。可见恢复能力很强。

5 讨论

中巴公路 30 多年运营对路侧植物影响范围集中于短距离范围(0 ~ 1 m 排水沟区域),是正面影响。公路近处(土质排水沟处)植被长势更好、多样性更丰富、群落更加稳定。究其原因,主要是两个方面,其一是公路硬质路面起到汇集水流的作用,导致路侧水分条件优于远离路侧区域;其二是公路建设导致路侧取土坑容易积水,水分条件好,低洼地形形成湿润的小气候,利于种子萌发,且低洼地形在风力作用下更易使得植物种子停留。由于以上原因,路侧近距离范围植被长势更好。美国干旱区研究也发现公路两侧边沟内植被条件好于远离公路区域,且分布有稀有物种和大型植物^[14]。国际大量研究发现公路两侧由于人为干扰和车辆长距离运输,外来物种沿着公路扩散从而威胁当地生态系统的稳定^[15-17],但中巴公路沿线未发现外来物种入侵现象,可能是由于中巴公路处于高寒区域,沿线环境条

件相对恶劣、交通量少、人为干扰较小的缘故。

中巴公路沿线受30年前公路修建影响的针叶苔草草甸、紫花针茅草原、白莲蒿荒漠、刚毛假木贼荒漠、椭圆叶天芥菜荒漠、秀丽水柏枝灌丛等如今在外貌、结构组成上已与天然植物群落无明显不同,但植物群落盖度、种类组成、植株高度,随着植被类型的不同与天然群落稍有差别。取弃土场存在大量低洼地形,内部水分条件好于其它区域,促进荒漠植物种子着床、萌发,进而促进了植被的自然恢复。我们认为中巴公路沿线植被的自然恢复能力主要受四个因素影响:群落内植物特性、种源、地表的水分条件和土壤。首先,由于喀喇昆仑山地海拔高,气候寒冷干旱^[18,19],在自然条件的作用和选择下,中巴公路沿线植物都具有抗寒、抗旱的特性,如簇生囊种草(*Thylacospermum caespitosum*)、高山山莓草(*Sibbaldia tetrandra*)、垫状点地梅(*Androsace tapete*)等体形矮小、呈垫状,具有很强的抗寒能力,很大程度决定了植被自然恢复能力;其次,周围有天然植被覆盖的施工干扰区域,其周围的天然植被可以向裸地输送植被恢复所需的植物繁殖体,因此自然恢复具有足够的种源,加速了自然恢复进程;再次,水分是公路沿线生态恢复的先决条件,也是最重要的条件,由气象资料可知,中巴公路雷克特桥到洪扎段年降水量约600~1000 mm,可以提供荒漠植物生长、发育基本之需,C、D标段区在冬季均有一定厚度的降雪,春季融雪水可供植物种子萌发;最后,中巴公路沿线土壤类型主要有灰棕漠土、粗骨土和风沙土、高山草原土、高山草甸土,其中灰棕漠土为温带荒漠地区的地带性土壤,虽然比较瘠薄,有机质含量低,但其通透性好,氧气充分,便于植物根系的生长。这些特点决定了植被自然恢复是可行的。因此,我们选择“自然恢复为主、人工恢复为辅”的策略来指导中巴公路改扩建工程中的植被恢复工程。

中巴公路改扩建工程于2008年开始,至今已经5年有余,在本研究的直接指导下,工程总承包方中国路桥工程有限责任公司在十多处路段(主要集中在红其拉甫国家公园段)采用生态排水沟方案(利用土质基底的积水功能来促进植被自然恢复),来替代原先设计的浆砌排水沟,部分工程已经实施完毕。生态排水沟在中国已经有很多研究^[20,21],但是,在帕米尔高原山区进行公路路域生态排水沟建设还没有科学依据,本研究不仅为之提供了理论依据,还将理论付诸于实践。

植被保护与恢复会间接提高野生动物栖息地的保护与恢复,从红其拉甫口岸到低海拔区域,不同植被类型在全年不同季节吸引着不同类型的野生动物,植物是野生动物极好的食物来源和庇护场所^[2],中巴公路红其拉甫国家公园段内路侧植被的保护和生态排水沟建设已经起到了良好的示范作用,尤其在雪豹、北山羊、马可波罗盘羊等珍稀濒危物种的栖息地保护方面效果很好^[1]。

6 结论

经过30多年的运营,中巴公路路侧0~1 m范围内的物种丰富度、盖度均显著高于99~100 m范围,生物量、多样性指数、优势度指数和均匀度指数均有高于其他距离的趋势,说明公路近处(土质排水沟处)植被长势更好、多样性更丰富、群落更加稳定。这为帕米尔高原山区公路生态排水沟建设提供了理论依据。

通过对中巴公路穿越落叶阔叶灌丛、高山草甸、高寒草原、荒漠植被路段的干扰样方与天然背景样方的对比分析,发现干扰区域植被是可以自然恢复的,但所需时间较长,保守估计约为30年。这为该区域植被恢复的指导思想“自然恢复为主、人工恢复为辅”的制定提供了科学依据。

致谢 感谢新疆师范大学海鹰教授在现场调研过程中给予的技术支持,感谢中国路桥工程有限责任公司巴基斯坦办事处在现场调研过程中给予的后勤保障,感谢巴基斯坦红其拉甫国家公园 Dehh 办公室在现场调研中给予的支持。

参考文献

- [1] WANG Yun, CHEN Jiding, TAO Shuangcheng, et al. Wildlife Protection along the Karakorum Highway in Khunjerab National Park [J]. Pakistan Journal of Zoology, 2012, 44(5): 1452-1457.
- [2] QURESHI R, KHAN W A, BHATTI G R, et al. First report on the biodiversity of Khunjerab National Park, Pakistan [J]. Pakistan Journal of Botany, 2011, 43(2): 849-861.
- [3] SCHALLER G. Mountain Monarchs: Wild Sheep and Goats of the Himalaya [M]. Chicago, USA: University of Chicago Press, 1977.
- [4] SCHALLER G B, KANG Aili. Status of Marco Polo sheep *Ovis ammon polii* in China and adjacent countries: conservation of a Vulnerable subspecies [J]. Oryx, 2008, 42(1): 100-106.
- [5] 孔亚平, 陈济丁, 辛有俊. 青藏公路多年冻土路段沿线植被及其变化 [J]. 公路, 2008, (3): 179-184.

(下转第406页)

参考文献

- [1] FERLAY J, SHIN H R, BRAY F, et al. Estimates of worldwide burden of cancer in 2008: GLOBOCAN 2008[J]. International Journal of Cancer, 2010, 27(12): 2 893-2 917.
- [2] JEMAL A, SIEGEL R, XU L, et al. Cancer statistics, 2010[J]. A Cancer Journal for Clinicians, 2010, 60(5): 133-134.
- [3] CLARKE R A, ALLEN B J. Next-generation therapy for residual prostate cancer[J]. Immunotherapy, 2013, 5(11): 1 235-1 241.
- [4] HUANG C Y, BEER T M, HIGANO C S, et al. Molecular alterations in prostate carcinomas that associate with in vivo exposure to chemotherapy: identification of a cytoprotective mechanism involving growth differentiation factor[J]. clinical cancer research, 2007, 13(19): 5 825-5 833.
- [5] YI Cao, YI tu, MEI jinhong, et al. RNA mediated knockdown of PRL3 inhibits cell invasion and down regulates ERK 1/2 expression in the human gastric cancer cell line, SGC7901 [J]. Molecular Medicine Reports, 2013, 7(6): 1 805-1 811.
- [6] 马丹, 满晓华, 高军, 等. 胰腺癌组织 Shh、Gli1、Sufu、TAK1、p-TAK1 蛋白的表达及其临床意义[J]. 中国胰腺病杂志, 2013, 13(4): 240-243.
- [7] BLAHNA M T, HATA A. Smad-mediated regulation of microRNA biosynthesis[J]. MedSci entry for febs letters. 2012, 586(14): 1 906-1 912.
- [8] MU Y, CUDEY S K, LANDSTROM M. Non-Smad signaling pathways [J]. cell and tissue research, 2012, 347(1): 11-20.
- [9] EDLUND S, BU S, SCHUSTER N, et al. Transforming Growth Factor-1 (TGF-beta)-induced Apoptosis of Prostate Cancer Cells Involves Smad7 dependent Activation of p38 by TGF-beta-activated Kinase 1 and Mitogen-activated Protein Kinase Kinase 3[J]. Molecular Biology of the Cell, 2003, 14(2): 529-544.
- [10] KAJIYAMA H, SHIBATA K, TERAUCHI M, et al. Chemoresistance to paclitaxel induces epithelial-mesenchymal transition and enhances metastatic potential for epithelial ovarian carcinoma cells [J]. International journal of oncology, 2007, 31(2): 277-283.
- [11] SAFINA A, SOTOMAYOR P, LIMOGUE M, et al. TAK1-TAB2 signaling contributes to bone destruction by breast carcinoma cells[J]. Molecular Cancer Research 2011, 9(8): 1 042-1 053.
- [12] WANG Z, LI Y, KONG D, et al. Acquisition of epithelial-mesenchymal transition phenotype of gemcitabine resistant pancreatic cancer cells is linked with activation of the notch signaling pathway[J]. Cancer Reserch, 2009, 69(6): 2 400-2 407.
- [13] SHIBATA K S, YMAMSHITA H, OKUMA K, et al. Correlation among 16 biological factors [p53, p21(waf1), MIB-1(Ki-67), p16(INK4A), cyclin D1, E-cadherin, Bel-2, TNF-alpha, NF-kappaB, TGF-beta, MMP-7, COX-2, EGFR, HER2/neu, ER, and HIF-1alpha] and clinical outcomes following curative chemoradiation therapy in 10 patients with esophageal squamous cell carcinoma [J]. oncology letter. 2013, 5(3): 903-910.
- [14] CHAI Y, LAM R K, CALAF G M, et al. Radiation-induced non-targeted response in vivo; role of the TGFbeta-TGFBRI - COC-2 signaling pathway[J]. British Journal of Cancer. 2013, 108(5): 1 106-1 112.
- [15] MASFERRER J L, LESHY K M, KOKI A T. Antiangiogenic and antitumor activities of cyclooxygenase-2 inhibitors [J]. Cancer Reserch. 2000, 60(5): 1 306-1 311.
- [16] LIN J, WU H, SHI H, et al. Combined Inhibition of Epidermal Growth Factor Receptor and Cyclooxygenase-2 Leads to Greater Anti-tumor Activity of Docetaxel in Advanced Prostate Cancer [J]. Public Library of Science. 2013, 8(10): e76169.
- [6] 陈济丁, 孔亚平, 何子文. 青藏高原多年冻土地区公路边坡植被生长的观测与研究[J]. 冰川冻土, 2008, 30(4): 704-709.
- [7] 海鹰, 阿布力米提·阿布都卡迪尔, 曾雅娟, 等. 中国-巴基斯坦喀喇昆仑公路沿线植物区系[J]. 干旱区研究, 2010, 27(4): 545-549.
- [8] 海鹰, 阿布力米提·阿布都卡迪尔, 曾雅娟, 等. 巴基斯坦红其拉甫国家公园种子植物区系分析[J]. 干旱区地理, 2011, 34(3): 486-491.
- [9] 曾雅娟, 海鹰, 陈济丁, 等. 中国-巴基斯坦喀喇昆仑公路沿线植被调查初报[J]. 干旱区研究, 2012, 29(1): 73-80.
- [10] 曾雅娟, 海鹰, 王云, 等. 中国-巴基斯坦喀喇昆仑公路施工期对沿线植被影响研究[J]. 中外公路, 2013, 33(6): 363-368.
- [11] 中华人民共和国交通部. 公路建设项目环境影响评价规范 (JTG B03-2006) [S]. 北京: 人民交通出版社, 2006, 13-16.
- [12] 周洪华, 陈亚宁, 李卫红. 塔里木河下游绿洲-荒漠过渡带植物多样性特征及优势种群分布格局[J]. 中国沙漠, 2009, 29(4): 688-696.
- [13] 王侗, 陶双成, 孔亚平. 表土在彭湖高速公路低缓边坡生态恢复中的应用[J]. 生态学杂志, 2012, 31(1): 172-179.
- [14] HOLZAPFEL C, SCHMIDT W. Roadside vegetation along transects in the Judean Desert [J]. Israel Journal of Botany, 1990, (39): 263-270.
- [15] 付登高, 阎凯, 李博, 等. 滇中地区公路沿线紫茎泽兰的分布格局及其生境因子[J]. 生态学杂志, 2010, 29(3): 566-571.
- [16] VELDMAN J W, PUTZ F E. Long-distance Dispersal of Invasive Grasses by Logging Vehicles in a Tropical Dry Forest [J]. Biotropica, 2010, 42(6): 697-703.
- [17] 刘龙, 王轩雅. 公路廊道效应对沿线生态环境影响探讨[J]. 公路, 2012, (1): 187-191.
- [18] 郑度. 喀喇昆仑山-昆仑山地区自然地理[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [19] 郭柯, 郑度. 西昆仑、西喀喇昆仑和西北喜马拉雅地区植被的地域分异及其指示意义[J]. 植物生态学报, 2002, 26(1): 17-22.
- [20] 冯忠居, 梁杰, 洪刚, 等. 生态排水系统的计算理论与设计参数研究[J]. 公路交通科技(应用技术版), 2006, (3): 28-29.
- [21] 马德兴, 祝遵凌. 生态节约型公路边沟的应用研究与建议[J]. 中外公路, 2011, 31(1): 38-41.

(上接第 397 页)

作者简介

王云(1980-),男,博士,副研究员,主要研究方向:道路生态学。