

文章编号:1671-2579(2013)06-0363-06

# 中国—巴基斯坦喀喇昆仑公路施工期对 沿线植被影响研究

曾雅娟<sup>1,2</sup>, 海鹰<sup>3\*</sup>, 王云<sup>4</sup>, 陈济丁<sup>4</sup>, 叶成银<sup>5</sup>, 庞明<sup>5</sup>

(1. 新疆大学 资源与环境科学学院, 新疆 乌鲁木齐 830054; 2. 昌吉市规划项目技术服务中心; 3. 新疆师范大学 地理系;  
4. 交通运输部科学研究院 交通环保与安全研究中心; 5. 中国路桥工程有限责任公司)

**摘要:** 以中国—巴基斯坦喀喇昆仑公路(简称中巴公路)沿线植被为研究对象,以公路工程设计数据、ALOS AVNIR2 遥感影像数据、地形数据、野外调查数据等为基础,采用定性与定量相结合的研究方法,在地理信息系统平台上研究了中巴公路改扩建工程施工期对沿线植被的影响。结果表明:中巴公路改扩建工程对沿线植被产生的长期不利影响主要有路基、路面工程、排水工程、挡墙工程等永久工程,短期不利影响有桥涵、隧道、明洞等永久工程和砂、石料场、取土、弃渣场、施工便道、施工场地等临时工程;中巴公路沿线植被受临时占地影响面积最大、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。研究结果对中巴公路沿线植被的保护、恢复及将中巴公路建设为一条绿色生态公路具有重要的现实意义。

**关键词:** 中巴公路; 改扩建工程; 植被; 影响; 地理信息系统

公路对沿线生态系统的影响是生态环境研究的一个重要方向。公路建设项目对生态环境造成的影响是显著的,而且在较短的时间内完全依靠自然的恢复是极其困难的。公路对植被影响是其多重生态影响中的重要组成部分。公路工程类型不同,对植被影响方式、范围和程度也不同;植被类型不同,受影响后自然恢复的能力也不同。中巴公路穿越了巴基斯坦红其拉甫国家公园,该国家公园建立于1975年,以保护马可波罗盘羊及其栖息地为主要目标。该文以中巴公路改扩建工程建设对沿线植被影响为研究主题,以中巴公路沿线植物区系、植被分布现状调查为基础,制作了中巴公路沿线200 m范围植被分布图;在地理信息系统平台上将中巴公路工程设计数据、公路沿线植被分布数据、野外调查数据、遥感影像、地形图等进行综合分析;采用定量和定性相结合的方法评价了中巴公路改扩建工程施工期对沿线植被的影响,研究结果为中巴公路沿线植被保护措施和恢复可行方案的提出,维护中巴公路沿线生态系统的健康及将中巴公路建设为一条绿色生态公路提供了理论依据。

## 1 研究区概况

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,决定改扩建雷科特桥(Raikot)至红其拉甫段,全长335 km,其中K753+800~K811+343段穿越巴基斯坦红其拉甫国家公园。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,雷科特桥~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)。

研究区地处青藏高原西北部寒冷干旱的荒漠、半荒漠地带,植物种类相对贫乏,共有野生维管束植物52科223属489种,植被类型有5个植被型,11个植被亚型,共19个群系。植被垂直带谱属于中旱生型带谱类型。研究区内虽然因地形、温度、光照、湿度的局

收稿日期:2013-05-25

基金项目:交通运输部西部交通建设科技项目(编号:200831822156);国家国际科技合作专项资助(编号:2012DFA20980)

作者简介:曾雅娟,女,博士研究生。E-mail:yajuanzengxj@foxmail.com; \*为通信作者

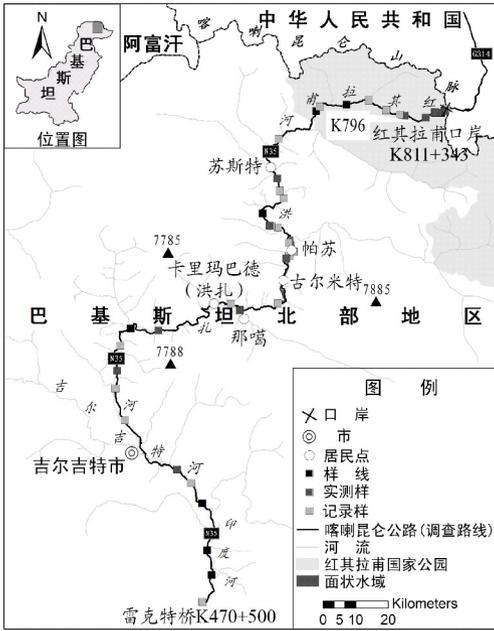


图 1 中国—巴基斯坦喀喇昆仑公路沿线  
植被调查线路示意图

地差异,植被各带呈现交错分布,但基本趋势相对较明显。其中海拔 4 000 m 以下为山地荒漠带,以刚毛假木贼、驼绒藜、中麻黄、短叶绢蒿、西藏亚菊等为代表;海拔 4 000~4 550 m 之间为高寒荒漠带,以白莲蒿、驼绒藜为代表;海拔 4 550~4 650 m 之间为高寒草原带,以紫花针茅为代表;海拔 4 650 m 之上为高山草甸带,以针叶苔草为代表。沿河谷分布着以尼泊尔鱼鳃槐、沙棘、柳、大果蔷薇、秀丽水柏枝等为代表的灌丛。沿线植被覆盖度普遍比较低,除高山区的高山草甸及寒生草原和部分水分条件充足的河谷落叶阔叶灌丛群落覆盖度 70% 以上外,其余多在 10% 以下。

## 2 研究方法

### 2.1 研究小区划分

中巴公路影响区本身是一段小比例尺(大范围)的带状区域(图 1)。根据中巴公路沿线自然环境特点、改扩建工程建设标段的划分和巴基斯坦国家公园的地理位置,笔者将整个中巴公路影响区划分为若干个小区,并对调查、研究的重点区域进行确定。巴基斯坦红其拉甫国家公园是中巴公路沿线的生态敏感区。

一级区的划分:根据研究区气候分区将整个区域划分为雷克特桥~洪扎区(K470+500~K641+000 段),洪扎~红其拉甫区(K641+000~K811+343 段)。由于工程建设标段划分中 B 标段与 C 标段的边

界基本与气候分区相重叠,因此在一级分区划分时以 B 标段与 C 标段的边界为界。

二级区的划分:参照工程建设标段的划分,将雷克特桥~洪扎区分为 A、B 区,洪扎~红其拉甫区分为 C、D 区。

三级区的划分:参照巴基斯坦国家公园的分布位置,进一步将 D 区划分为 K720+720~K753+800 段和巴基斯坦红其拉甫国家公园。

四级区的划分:依据巴基斯坦红其拉甫国家公园内地貌特点进一步将巴基斯坦红其拉甫国家公园划分为:K753+800~K796+000 段峡谷区、K796+000~K811+343 段高原山岭宽谷区。

在所划分的具体的小区中选择若干区,作为研究的重点区域。其选择不一定要覆盖每个大区,也不一定涉及到每个小区,重要的是能够突出公路对植被影响的范围和程度。由于研究区内山峦叠嶂,峡谷深切,地貌以高山峡谷为主,部分路段位于山间宽谷和高原山岭宽谷内,植被分布较为丰富,公路建设、运营对山间宽谷和高原山岭宽谷影响大于峡谷区。因此该研究除巴基斯坦红其拉甫国家公园外,其他小区内,将主要以植被分布相对较好的山间宽谷和高原山岭宽谷段作为重点研究区域。

### 2.2 数据获取与处理

依据 JTG B03-2006《公路建设项目环境影响评价规范》,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—28 日和 2010 年 9 月 8—15 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、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。两次野外考察共实测样线 14 个,样方 74 个,记录样 21 个。每个样线、样地均进行统一编号,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,对各植物种的密度、多度、盖度和株高及样方生物量等数据进行实测,并拍摄相应的景观和植物照片。调查线路见图 1。

运用 ERDAS 和 ArcGIS 等遥感图像处理 and 地理信息系统软件,结合野外建立的解译标志,对 2009 年 9 月 10 日分辨率为 10 m 的 ALOS AVNIR2 遥感影像数据进行人工目视解译,得出中巴公路沿线 200 m 范围内的植被分布数据。利用 ARCGIS 将中巴公路工程临时占地数据与沿线 200 m 范围植被分布数据进行叠加,得到中巴公路各分区临时占地区植被分布

数据。

### 3 结果与分析

该文主要从不同工程、占地类型对植被的影响和不同植被类型受临时占地的影响来分析中巴公路改扩建工程对沿线植被的影响。

#### 3.1 不同工程、占地类型对植被的影响

中巴公路改、扩建工程主要有路基、路面工程,桥涵、隧道工程,排水工程,挡墙工程等永久性占地工程;砂、石料场、取土、弃渣场、施工便道、施工场地和生活营地等临时占地工程。不同工程、占地类型对分布于它周围的植被影响方式和程度不同,具体分析如下。

##### (1) 路基、路面工程

路基、路面属于永久占地。中巴公路路基填筑一般采用砂砾土或泥石流堆积物、碎落和岩石风化坡积物,个别路基采用填石路基。路基、路面的开挖、填筑使地表植被受到直接破坏,导致植被面积减少,植被盖度和植物物种多样性下降,路面则下降为0,地表土壤遭到严重破坏,永久改变了土地利用的性质。路基、路面工程对中巴公路沿线各种植被类型均有长期不利影响。野外调查表明:在荒漠植被带,路基的存在使得公路两侧0~1 m范围内水分条件好于其他区域,促进了植物种子的着床、萌发,使得刺沙蓬、香藜、盐生草、蒺藜、雀麦、小画眉草等一年生植物的生长,加快了周围植被的自然恢复。植被恢复对其附近的路基起到了一定的保护作用。

值得注意的是,该路是在老路基础上扩建,老路利用率为97.1%,因此新增路基路面占地比重较小,对植被的影响有限。

##### (2) 排水工程

排水设施占地属于永久占地。中巴公路主要通过浆砌边沟、排水沟、截水沟、急流槽、桥涵构造物等来排除路基流水。排水设施的开挖、浆砌等使所处地表植被被水泥浆砌所替代,原生植被被彻底破坏,植被面积、植被盖度和植物物种多样性下降为0,土地原有功能丧失。中巴公路部分路堑坡顶截水沟和浆砌路堑边沟拦截了坡面漫流,进而影响了下边坡的植被水源,最终导致下边坡植被退化。排水工程影响属于长期不利影响。由于土质生态型排水沟的存在,使其两侧0~2 m范围内土壤水分含量增多,两侧植被覆盖度、植株高度高于附近天然植被类型,部分区域群落覆盖度达到了80%以上。为了保护排水工程周围的植被,施工

过程中可选择地形宽阔、周边植被条件好,有水源供给的地段,用浅碟形生态排水沟取代浆砌片石排水沟。

##### (3) 挡墙工程

挡墙占地属于永久占地。中巴公路由于受滑坡、河流冲刷等影响很大,沿线修筑了大量的上/下挡墙。挡墙对植被影响是长期不利的,包括直接破坏和干扰。挡墙的开挖、浆砌等使分布于挡墙占地处原生植被受到直接破坏,植被面积、植被盖度和植物物种多样性下降为0。在挡墙开挖、修建过程中堆砌石头、砂子,造成了挡墙周围地貌形态的变化,进而导致周围地表水流向发生一定变化,最终对分布于其周围的植被生存环境产生了一定干扰。挡墙工程影响了研究区内所有植被类型,属于长期不利影响。

##### (4) 桥涵、隧道工程

桥涵、隧道属于永久占地。中巴公路桥涵工程对地表植被影响较小,主要是在施工期间扰动了局部地表,对地表水体水质及水文过程影响较大,但是影响是短暂性的。隧道工程地表受破坏范围较小,仅在隧道进、出口处,隧道开凿和修筑使其周围植被、土壤结构受到一定程度破坏;中巴公路仅有一个隧道,即K750中巴友谊隧道。隧道周围除在河滩上分布有少量的秀丽水柏枝灌丛外,其他区域以裸岩为主,仅零星分布有少量麻黄。因此,中巴公路建设期的桥涵、隧道工程对周围植物、植被影响不大,属于短期不利影响。

##### (5) 明洞工程

明洞属于永久占地。中巴公路受雪崩、泥石流等影响很大,因此通过修筑明洞来保证中巴公路的正常运行。明洞的修筑,使其所处地表植被受到了直接破坏,植被面积减少,植被盖度和植物物种多样性下降为0,土地原有功能丧失。中巴公路沿线明洞工程所处地段原生植被盖度小于1%,因此明洞工程对植被影响不大,属于短期不利影响。

##### (6) 砂、石料场和取土、弃渣场

砂、石料场和取土、弃渣场均为临时用地。砂、石料场经过炸石料或开挖、运输及堆放,破坏或压毁了地表植被,将损失一定面积土壤表层沃土,改变土壤结构、地形及自然景观,使植被盖度和植物物种多样性下降为0,自然景观破碎,还将形成人为的微地形以及水分的重新分配,在一定程度上影响植被的生存、加剧水土流失及风沙活动等生态问题。据野外调查,在砂石料场内分布的植被盖度均小于10%。植被自然恢复以一年生的刺沙蓬、香藜、直刺薊为主。K724+920~K725+380的砂砾料场位于村庄内,其施工对周围的

环境产生了负面影响,因此在工程完毕后,应当进行适当的人工辅助恢复。

取土、弃渣场经过开挖、取土或弃渣,将造成地表植被和土壤结构受到彻底破坏,土壤的养分和持水功能大大降低;植被盖度和植物物种多样性下降为 0。这种影响主要在施工期能明显体现,在工程结束后可以在人工辅助或自然条件下自行恢复,但时间较长,一般超过 20 年。据野外调查,在各取土、弃渣场区现场分布的植被盖度均小于 1%。

在开挖和运输土料、砂石料、弃渣过程中会产生一定量的降尘,会对植物光合作用产生一定负面影响,降低生物量的积累。

以上影响主要发生于施工期,待施工完毕,这些部位可以通过保留地表腐殖土、人工创造水源环境、植被恢复等工程措施恢复到与自然本底近似状态,属于短期不利影响。

#### (7) 施工便道

施工便道为临时用地。施工便道将破坏地表原有植被,改变土壤团粒结构和通透性,不利于植物生长发育;汽车反复碾压最终造成地表植被枯死,植被盖度和植物物种多样性下降为 0;属于短期不利影响。工程活动结束后施工便道地表植被开始缓慢地自然恢复,其恢复速度取决于原始土壤和植被受破坏的程度。

#### (8) 施工场地、生活营地

施工场地、生活营地为临时用地。中巴公路的施

工场地主要有预制场、拌和站、石料加工厂、利用料堆放场,仅在拌和场、预制厂周围有植被分布。预制场、拌和站、仓库等地面的固化,直接破坏了所处位置的原生植被,改变了地表土壤的性质,进而严重破坏植物生存环境。

生活营地包括管理区、施工营地等。由于营地建立、人员生活活动等,其地表植被和土壤结构也将受到一定程度的破坏,群落和植物物种多样性下降。对植被影响范围和程度与施工营地规模、人员数量以及时间长短有密切关系。工程活动结束后地表生态恢复条件相对较好,植被自然恢复相对较快。对植被影响为短期不利影响。野外调查发现中巴公路各标段的管理区都进行了绿化,主要采用人工种草,植物长势都比较好,说明中巴公路沿线人工恢复植被的方法是可行的。野外调查同时发现,生活营地中出现的一些垃圾废物随意倾倒现象,其对天然植被造成覆盖和污染,影响植物的正常生长。位于 K516+690、K517+000、K546+225 的拌和场、预制厂及其便道处于村庄内部,其施工、运输对周围居民的生活环境产生一定负面影响,因此施工完毕后应当对其进行适当的生态恢复。

### 3.2 不同植被类型受临时占地的影响

根据前文定性分析结果,结合野外调查数据及中巴公路各临时占地植被分布数据,定量分析中巴公路沿线各植被类型受砂石料场、取土场、施工便道、施工场地、弃渣场等临时占地的影响,结果如表 1 所示。

表 1 中巴公路沿线受临时占地影响植被类型面积统计

植被类型	影响面积/m <sup>2</sup>					合计/ m <sup>2</sup>	
	砂、石料场	取土场	施工便道	施工场地	弃渣场		
荒漠	刚毛假木贼荒漠	173 600	34 000	6 700	83 200	154 300	451 800
	中麻黄荒漠	28 600	15 000	3 275	30 000	15 000	91 875
	短叶绢蒿荒漠	40 000	15 000	2 890	5 000	28 000	90 890
	椭圆叶天芥菜荒漠	6 000	0	450	0	84 000	90 450
	白莲蒿高寒荒漠	12 000	0	2 725	30 000	0	44 725
	驼绒藜荒漠	0	0	1 475	0	32 000	33 475
	分药花荒漠	20 000	5 000	0	0	0	25 000
	西藏亚菊荒漠	0	8 000	270	0	0	8 270
落叶阔 叶灌丛	尼泊尔鱼鳔槐灌丛	0	0	0	0	25 000	25 000
	沙棘灌丛	6 000	0	1 950	0	0	7 950
	柳灌丛	0	0	1 000	0	0	1 000
高山草甸	苔草草甸	0	6 000	2 175	0	0	8 175
高寒草原	紫花针茅草原	0	0	675	0	0	675
合计		286 200	83 000	23 585	148 200	338 300	879 285

从表1可以看出中巴公路沿线受临时工程影响的植被类型有荒漠、落叶阔叶灌丛、高山草甸、高寒草原。受中巴公路临时占地影响总面积为879 285 m<sup>2</sup>,其中荒漠植被类型影响总面积为836 485 m<sup>2</sup>,占受影响植被总面积的95.3%。荒漠植被受所有临时占地的影响。高寒草原受临时占地类型影响最少,影响面积最小。从临时占地面积来看,影响植被面积最大的是弃渣场,其次是砂、石料场、施工场地、取土场,施工便道影响面积最少。

#### (1) 对荒漠植被的影响

从表1可以看出,中巴公路沿线所有的荒漠植被类型都受到了临时占地的影响,其中受影响面积最大的为刚毛假木贼荒漠、其次是中麻黄荒漠、短叶绢蒿荒漠。从影响荒漠植被的临时占地类型来看,受影响最多的是刚毛假木贼荒漠、中麻黄荒漠和短叶绢蒿荒漠,受5种临时占地影响,其次为中麻黄荒漠;影响荒漠植被面积最大的临时占地是弃渣场,其次是砂、石料场、施工场地、取土场,施工便道面积最少。刚毛假木贼荒漠受临时用地影响主要在A和C区。刚毛假木贼荒漠受影响后恢复初期群落以刺沙蓬为主,随着时间的推移最终恢复到原始状态。中麻黄荒漠受临时工程影响范围仅次于刚毛假木贼荒漠,临时用地影响区主要在C、D区的K720+720~K753+800、K753+800~K796+000段峡谷区。短叶绢蒿荒漠受影响区域主要在B、C区。路边恢复的群落内常伴生有骆驼蓬。圆叶天芥菜荒漠主要受弃渣场、砂、石料场及施工便道的影响,影响区域在A区。路边恢复的群落内常伴生有蒺藜、画眉草等一年生草本。驼绒藜荒漠主要受弃渣场、施工便道的影响,影响区域主要在K753+800~K796段峡谷区。分药花荒漠主要受砂、石料场和取土场等临时工程的影响,影响区域在C区。西藏亚菊荒漠主要受取土场、施工便道的影响,影响区域在C区。白莲蒿荒漠主要受拌和场、预制厂及其便道、施工便道、石料场的影响,影响区域主要在巴基斯坦红其拉甫国家公园内K753+800~K796段峡谷区、K796~红其拉甫段高原山岭宽谷区。现分布于盘山公路K796+900~K799+000和K804+000~K807+600、K804+000~K807+600路段白莲蒿高寒荒漠由于受中巴公路上次公路建设施工影响,植被盖度仅有15%左右,植株高度低于20 cm,比分布于K789+600段人类干扰较少的区域要差得多,K789+600段植被盖度20%左右,白莲蒿的高度40 cm。根据野外调查,中巴公路沿线的受施工影响的荒漠植被类型中除白莲蒿荒

漠外都能自然恢复到天然植被的水平。

#### (2) 对落叶阔叶灌丛的影响

从表1可知,中巴公路沿线受建设影响的落叶阔叶灌丛主要有尼泊尔鱼鳔槐灌丛、柳灌丛、沙棘灌丛。其中尼泊尔鱼鳔槐灌丛受影响范围最大,主要受弃渣场临时占地的影响,影响区域在B区。根据野外调查,该植被类型能够自然恢复到天然植被盖度和种类,该植被类型对土壤要求不高。沙棘灌丛主要受施工便道的影响,影响区域主要在C、D区K720+720~K753+800段。柳灌丛主要受施工便道的影响,影响区域主要在D区K753+800~K796段峡谷区。据野外调查,沙棘灌丛和柳灌丛对土壤中水分要求相对于公路沿线的荒漠、草原、草甸要高,很难自然恢复到天然植被盖度和种类,需要一定的人工恢复措施。

#### (3) 对高山草甸的影响

研究区内的高山草甸即针叶苔草草甸主要受取土场、施工便道的影响,影响区域在D区巴基斯坦红其拉甫国家公园内,K796~红其拉甫段高原山岭宽谷区。根据野外调查,该植被类型能够自然恢复到天然植被盖度和种类,但恢复到原始状态需要约30年时间。针叶苔草草甸必须生长在高山草甸土上,对土壤要求很高。

#### (4) 对高寒草原的影响

研究区内的高寒草原即紫花针茅草原主要受施工便道的直接影响,影响区域在D区巴基斯坦红其拉甫国家公园内的K796~红其拉甫段高原山岭宽谷区。据野外调查,该植被类型能够自然恢复到天然植被盖度,但恢复的群落以垂穗披碱草、棘豆、二裂委陵菜等植物为主,恢复到原始状态,需要约30年时间。紫花针茅草原必须长在高山草原土上,对土壤要求很高。

## 4 结论

在野外调查的基础上,结合公路设计、遥感影像等数据,采用定性与定量相结合的方法研究了中巴公路改、扩建工程施工期对沿线植物、植被的影响。研究结果表明:

(1) 中巴公路改、扩建工程对沿线植被的影响主要有长期不利影响和短期不利影响,其中长期不利影响有:路基、路面、排水、挡墙等永久工程,它们的施工造成地表植被和土壤结构受到彻底破坏,植被盖度和植物物种多样性下降为0。以上永久工程永久地改变了土地利用的性质。中巴公路改、扩建工程对沿线植

被短期不利影响有:桥涵、隧道、明洞等永久工程和临时占地中的生活营地、砂、石料场、取土、弃渣场、施工便道、施工场地等临时占地工程。这几类永久工程施工干扰面小,对植被影响小。生活营地地表生态恢复条件相对较好,植被自然恢复相对较快。中巴公路改扩建工程永久性占地中的排水沟、路基等存在促进植被恢复的条件。因此可在地势平坦、原生植被盖度高、周边水源条件好的路段,用生态排水沟代替浆砌排水沟;合理设计路基坡面存留地表径流,为生态排水沟植被恢复创造水源条件。临时占地中的砂、石料场、取土、弃渣场、施工便道、施工场地、生活营地等,由于干扰面积大,是施工完毕后植被恢复的重点区域,在存在植被恢复条件的施工区,在取土、弃土、各料场的取料、施工便道、施工场地的修筑前,把表层土(一般为 20~50 cm)先行剥离,在工程完工后,清除失去功能的所有人工建筑,将土壤表层回填,顺坡平整清理,以利洪水季节地表径流的均匀分配,为自然恢复和生态恢复创造条件。

(2) 中巴公路沿线受改扩建工程临时占地影响的植被类型有荒漠、落叶阔叶灌丛、高山草甸、高寒草原。其中受影响面积最大、工程类型最多的为荒漠植被,受影响总面积的 95% 以上,受所有临时工程的影响。荒漠植被能够自然恢复,但在施工中也应通过优化施工组织来控制受影响的范围。落叶阔叶灌丛受影响面积、工程类型仅次于荒漠植被,其中的沙棘灌丛、柳灌丛不能够自然恢复到天然状态,所以必须采用一定的人工恢复措施。尽管高山草甸、高寒草原受临时影响面积很小,施工创伤面可以自然恢复到接近自然状态,但所需时间很长,约为 30 年,要求公路建设者不仅在施工中注重保护,且通过一定工程措施,为植被自然恢复创造条件,如生态排水沟等。

随着中巴公路生态恢复措施的实施,将会促进中巴公路影响区植被的恢复,进而改善公路沿线的生态环境。

#### 参考文献:

[1] Forman R T T and Deblinger R D. The Ecological Road - Effect Zone of a Massachusetts (USA) Suburban

Highway[J]. Conservation Biology, 2000, 14(1): 36 - 46.

- [2] Cackowski J, Nasar J. The Restorative Effects of Roadside Vegetation[J]. Environment and Behavior, 2003, 35(6): 736 - 751.
- [3] 刘永珍. 公路建设项目施工期环境影响研究[D]. 南京林业大学硕士学位论文, 2003.
- [4] 刘龙, 邵社刚, 焦宇. 西北高寒地区公路建设对生态环境的影响[J]. 交通环保, 2003(6).
- [5] Chen H, Li S, Zhang Y. Impact of Road Construction on Vegetation Alongside Qinghai Xizang Highway and Railway [J]. Chinese Geographical Science, 2003, 13(4): 340 - 346.
- [6] 郭正刚, 刘慧霞, 王根绪, 等. 人类工程对青藏高原北部草地群落  $\beta$  多样性的影响[J]. 生态学报, 2004(2).
- [7] 祝广华, 陶玲, 任珺. 青藏铁路工程迹地对植被的影响评价[J]. 草地学报, 2006(2).
- [8] Froment J and Domon G. Viewer Appreciation of Highway Landscapes: The Contribution of Ecologically Managed Embankments in Quebec, Canada [J]. Landscape and Urban Planning, 2006, 78(1): 14 - 32.
- [9] 蹇依, 韩斌, 黄兵, 等. 国道 213 线朗川公路建设对草原及湿地生态系统植物的影响[J]. 西南公路, 2006(3).
- [10] 江腊沙. 青藏铁路唐拉段工程建设对沿线生物多样性的影响分析[J]. 环境保护, 2008(16).
- [11] Ferrer A, Mochón I, De O J, et al. Evolution of the Soil and Vegetation Cover on Road Embankments after the Application of Sewage Sludge[J]. Water Air and Soil Pollution, 2011, 214(1-4): 231 - 240.
- [12] 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研究[J]. 干旱区研究, 2010(4).
- [13] 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研究[J]. 干旱区研究, 2012(1).
- [14] 中交第一公路勘察设计研究院有限公司. 喀喇昆仑公路(雷科特至红其拉甫段)改建工程可行性研究报告[R], 2006.
- [15] 郑度, 张百平. 喀喇昆仑山—西昆仑山地区的垂直自然带、环境和自然保护问题[J]. 自然资源学报, 1989(3).
- [16] JTG B03-2006 公路建设项目环境影响评价规范[S].
- [17] 陶双成, 陈济丁, 王云, 等. 喀喇昆仑公路沿线地表水理化特征分析[J]. 冰川冻土, 2010(6).