

中国 - 巴基斯坦喀喇昆仑公路沿线植被调查初报^①曾雅娟¹, 海鹰¹, 陈济丁², 王云², 叶成银³,
庞明³, 陶双成², 王萌萌²(1. 新疆师范大学 地理系, 新疆 乌鲁木齐 830054; 2. 交通运输部科学研究院 交通环保与安全研究中心,
北京 100029; 3. 中国路桥工程有限责任公司 北京 100011)

摘要: 采用定点和随机选取典型样线和样地的植被调查方法, 于2009年9月和2010年9月对中国 - 巴基斯坦喀喇昆仑公路沿线植被进行了实地调查。共实测样线14个, 样方74个, 记录样21个。利用野外实测数据并结合相关研究结果, 按照植物群落学 - 生态学原则, 确定了中国 - 巴基斯坦喀喇昆仑公路沿线植被类型, 对每个植被类型特征及分布进行了详细描述, 并对研究区植被分布规律进行了总结。结果显示: 中国 - 巴基斯坦喀喇昆仑公路沿线的植被可分为5个植被类型, 11个植被亚型, 19个群系。其中, 荒漠植被类型最多, 分布范围最广, 草原植被类型最少, 分布范围最窄, 山地落叶阔叶林分布面积最小。植被垂直带谱明显, 海拔4 000 m以下为山地荒漠带, 海拔4 000 ~ 4 550 m为高寒荒漠带, 海拔4 550 ~ 4 650 m为高寒草原带, 海拔4 650 m以上为高山草甸带。研究结果对中国 - 巴基斯坦喀喇昆仑公路沿线植物保护、植被恢复和重建具有指导意义。

关键词: 植被类型; 植物群落; 植被垂直带谱; 植物保护; 喀喇昆仑公路; 中国 - 巴基斯坦

中国 - 巴基斯坦喀喇昆仑公路 (Karakoram Highway) 简称喀喇昆仑公路或 KKH。喀喇昆仑公路位于巴基斯坦北部地区, 起点于巴基斯坦首都伊斯兰堡 (Islamabad) 以北的曼塞赫拉 (Mansehra), 终点于中国新疆的喀什市, 全长 1 224 km, 其中巴基斯坦境内 806 km。该公路连结着巴基斯坦首都伊斯兰堡及其北方的各大城镇, 也是巴基斯坦连结中国的唯一陆上通道。喀喇昆仑公路塔科特 (Thakot) 至红其拉甫 (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 a。由于喀喇昆仑公路沿线地形、地质、水文等条件十分复杂, 地质灾害发育, 其中泥石流、崩塌暴发频率较高, 对公路本身及其沿线植被危害很大。2006 年 2 月中巴签订谅解备忘录, 决定改、扩建喀喇昆仑公路雷科特桥 (Raikot) 至红其拉甫段, 全长 335 km^①。

喀喇昆仑公路雷科特桥至红其拉甫段穿越了喜马拉雅和喀喇昆仑两条世界上最大的山脉。路线经过山地荒漠和高寒荒漠区, 以荒漠植被类型为主, 由于自然条件严酷, 除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, 有些地方甚至寸草不生。沿线自然环境既原始、独特又敏感、脆弱, 一旦遭到扰动、破坏, 自然恢复周期漫长, 且极易引起水土流失。目前, 国内外关于喀喇昆仑公路所处区域及相邻区域植被研究较多⁽¹⁻¹¹⁾, 但对喀喇昆仑公路沿线植被类型的具体划分和特征的详细描述较少。因此, 摸清喀喇昆仑公路沿线植被类型、分布发育现状及分布规律, 对正确分析喀喇昆仑公路建设对沿线植被的影响和波及范围、评价公路建设与当地植被之间的关系、道路施工人员如何在施工期做好沿线植被保护, 避免生态破坏及公路建成后植被恢复和重建等具有重要的意义。

1 研究区概况

喀喇昆仑公路雷科特桥至红其拉甫段位于巴基斯坦北部吉尔吉特 - 巴尔蒂斯坦省。起点桩号 K470 + 500, 坐标 74°35'42.9" E, 35°27'57.8" N, 海拔 1 154 m, 终点桩号 K811 + 343, 坐标 75°25'42.9" E, 36°49'08.4" N, 海拔 4 733 m。其中, K753 + 800 ~ K811 + 343 段穿越巴基斯坦红其拉甫国家公园。

① 收稿日期: 2011-02-25; 修订日期: 2011-05-06

基金项目: 交通运输部西部交通建设科技项目 (2008 318 221 56); 中国路桥工程有限责任公司共同资助

作者简介: 曾雅娟 (1981 -), 女, 新疆塔城人, 在读博士, 主要从事资源环境遥感监测、干旱区生态水文方面的研究。E-mail: yajuanzengxi@foxmail.com

通讯作者: 海鹰, E-mail: haiying162@163.com

① 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. 2006.

研究区地处帕米尔高原腹地,世界最高的3大山脉兴都库什、喀喇昆仑山脉和喜马拉雅山脉的交汇处。总体地势北高南低,山势陡峻,谷岭高差一般在1000 m以上。总体地貌单元为帕米尔高原以南、喀喇昆仑山以西的高山地貌单元。按线路各段地貌形态特征可划分为高山河谷、深切峡谷、山间宽谷和高原山岭宽谷等。其中,雷克特桥至苏斯特段主要以高山宽谷、冲洪积扇与山谷阶地相间的地貌为主,部分路段位于高山深切峡谷之中,雷克特桥至古尔米特段路线以山腰线为主,古尔米特至K796段路线基本布设于高山深切峡谷,路线为沿溪线。K796至红其拉甫段属高原山岭宽谷地貌,相对高差大,路线以越岭线展线至垭口。

研究区地处南亚次大陆北温带,大陆干旱、半干旱气候区。雷科特桥至洪扎段为北温带气候,年降水量一般600~1000 mm,夏季降雨较为集中,夏季最高气温可达46℃。洪扎以北至红其拉甫段为内陆高原山地气候,降水量小、太阳辐射强烈、气温低,最低气温可达-30℃。

研究区地处太平洋水系印度河上游,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月的雨季可发生大型洪水,出现最多的是上游支流因冰川、冰湖、泥石流或塌岸堵河溃决而形成的洪水。

研究区植物种类相对贫乏,共有野生维管束植物52科223属489种,其中蕨类植物1科1属1种,裸子植物2科2属5种,被子植物49科220属483种。植物区系来源具有多元性,温带属性是其基本特点。同时,该地区植物区系与地中海-西亚-中亚及旧世界温带交流最多,其次与热带有一定的交流,而与温带亚洲和东亚交流很少^[12]。

研究区自然环境和地质环境较差,灾害类型多,分布广,规模大。主要灾害类型有:雪崩、涎流冰、泥石流、崩塌、滑坡等,其中以泥石流、崩塌暴发频率较高,对公路本身及其沿线植被危害很大,是影响公路畅通、行车安全、植物生长的主要因素。

2 数据采集与处理

2.1 样地布设与调查

为保证实测数据的代表性和准确性,出野外之前在室内以日本宇宙航空研究开发机构(JAXA)第

三届ALOS研究项目(PI-556)免费提供的2009年9月10日10 m空间分辨率的ALOS AVNIR2遥感影像数据和Googleearth高分辨率遥感影像数据、研究区地形图和喀喇昆仑公路改、扩建项目设计图等为工作底图,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,使样线和样地遍及研究区内所有植被类型,而且尽可能随机分布。

先后于2009年9月20~28日和2010年9月8~15日,对喀喇昆仑公路雷科特桥至红其拉甫段(K470+500~K811+343段)展开了实地调查。以野外现场勘察为主,依据《公路建设项目环境影响评价规范》(JTGB03-2006)^[13],室内预设点为参照,采用定点和随机选取典型样线和样地的方法,对公路两侧200 m范围内各种植被类型及公路不同影响部位(边坡坡面、料场、取、弃土场等)进行了实测,并对分布于公路沿线的人工植被进行了记录。实测样线的长度一般为200 m,部分区域根据实地地形进行了一定调整。草本采用1 m×1 m或5 m×5 m样方,灌丛采用5 m×5 m或10 m×10 m样方。2次野外考察共实测样线14个,样方74个,记录样21个,具体分布情况见图1。野外工作使用统

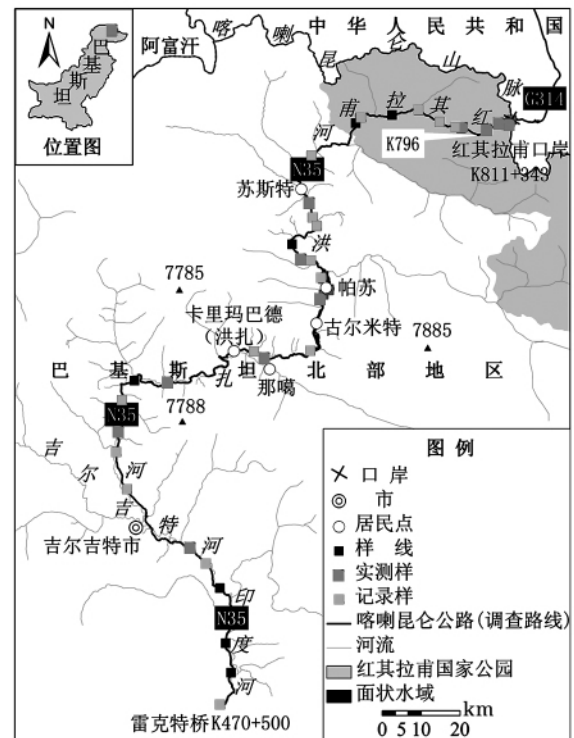


图1 中国-巴基斯坦喀喇昆仑公路沿线样方调查线路示意图

Fig. 1 Sample plots surveyed along the China - Pakistan Karakoram Highway

一的野外调查记录表,并按照野外调查要求对每一实测样线、样方进行详细记录。每个样线、样地均进行了统一编号, GPS 定位, 对所处地形、植物组成、群落覆盖度与喀喇昆仑公路的关系等一一记录, 各植物种的密度、多度、盖度和株高及样方生物现存量等数据进行实测, 并拍摄相应的景观和植物照片, 以备后期必要时进行核对。

2.2 植被类型划分

在室内, 参照野外实测数据并结合以往有关研

究资料⁽¹⁻¹¹⁾, 按照植物群落学 - 生态学原则^(5, 14), 对喀喇昆仑公路(雷克特桥 - 红其拉甫口岸段) 沿线植被类型进行了等位划分。

3 结果与分析

3.1 植被分类

按照植物群落学 - 生态学原理, 喀喇昆仑公路(雷克特桥 - 红其拉甫口岸段) 沿线植被可划归为 5 个植被类型, 11 个植被亚型, 19 个群系。

表 1 中国 - 巴基斯坦喀喇昆仑公路沿线植被类型
Tab. 1 The vegetation types along the China - Pakistan Karakoram Highway

| 植被类型 | 植被亚型 | 群系 |
|------------|--------------------|--|
| I. 落叶阔叶林 | 1. 山地落叶阔叶林 | (1) 阿富汗杨群系(Form. <i>Populus afghanica</i>) (2) 糙皮桦群系(Form. <i>Betula utilis</i>) |
| | 1. 山地落叶阔叶灌丛 | (1) 大果蔷薇群系(Form. <i>Rosa webbiana</i>) (1) 秀丽水柏枝群系(Form. <i>Myricaria elegans</i>) |
| II. 落叶阔叶灌丛 | 2. 山地河谷落叶阔叶灌丛 | (2) 柳群系(Form. <i>Salix</i> spp.) (3) 沙棘群系(Form. <i>Hippophae rhamnoides</i>) (4) 尼泊尔鱼鳔槐群系(Form. <i>Colutea nepalensis</i>) |
| | 3. 盐生(杜加依)灌丛 | (1) 印度柽柳群系(Form. <i>Tamarix indica</i>) |
| III. 草原 | 1. 寒生草原 | (1) 紫花针茅群系(Form. <i>Stipa purpurea</i>) |
| | 1. 灌木荒漠 | (1) 驼绒藜群系(Form. <i>Ceratoides latens</i>) (2) 中麻黄群系(Form. <i>Ephedra intermedia</i>) (1) 刚毛假木贼群系(Form. <i>Anabasis setifera</i>) |
| IV. 荒漠 | 2. 半灌木、小半灌木荒漠 | (2) 短叶绢蒿群系(Form. <i>Scriphidium brevifolium</i>) (3) 西藏亚菊群系(Form. <i>Ajania tibetica</i>) (4) 分药花群系(Form. <i>Perovskia abrotanoides</i>) |
| | 3. 草本荒漠 4. 高寒荒漠 | (1) 椭圆叶天芥菜群系(Form. <i>Heliotropium ellipticum</i>) (1) 白莲蒿群系(Form. <i>Artemisia sacrorum</i>) |
| V. 草甸 | 1. 高山草甸 | (1) 针叶苔草群系(Form. <i>Carex stenophylloides</i>) |
| | 2. 盐化草甸 | (1) 罗布麻 + 芦苇群系(Form. <i>Apocynum venetum</i> + <i>Phragmites australis</i>) |

3.2 植被类型特征及其分布

3.2.1 山地落叶阔叶林 喀喇昆仑公路沿线山地落叶阔叶林面积很小, 呈散生状态稀疏地分布于巴基斯坦红其拉甫国家公园内的路旁、砾质河边和石质山坡上, 主要有阿富汗杨群系和糙皮桦群系。

阿富汗杨群系(Form. *Populus afghanica*): 该群系主要散生于海拔 3 400 ~ 3 800 m 的路旁和砾质河边。在 K767 + 700 段受公路影响大, 中国路桥公司已对其进行了保护。林内伴生植物有糙皮桦(*Betula utilis*)、中麻黄(*Ephedra intermedia*)、柳(*Salix* spp.)、秀丽水柏枝(*Myricaria elegans*)、沙棘(*Hippophae rhamnoides*) 等。

糙皮桦群系(Form. *Betula utilis*): 该群系主要散生或呈小片分布于喀喇昆仑公路 K722 + 100 ~ K783

+ 400 段, 在海拔 3 500 ~ 3 800 m 的路旁、砾质河边和石质山坡上均有分布。林内伴生植物有阿富汗杨(*Populus afghanica*)、柳(*Salix* spp.)、希腊桧(*Juniperus excelsa*)、秀丽水柏枝、中麻黄等。

3.2.2 落叶阔叶灌丛 喀喇昆仑公路沿线灌丛主要以冬季落叶的阔叶灌木为建群种的落叶阔叶灌丛, 包括山地落叶阔叶灌丛、山地河谷落叶阔叶灌丛和盐生灌丛。其中, 与水分有关的山地河谷落叶阔叶灌丛分布范围广, 从中山带到高山带的河谷均有分布。

(1) 山地落叶阔叶灌丛

喀喇昆仑公路沿线分布的山地落叶阔叶灌丛主要以大果蔷薇群系为代表。

大果蔷薇群系(Form. *Rosa webbiana*): 该群系分

布面积较小,仅分布于巴基斯坦红其拉甫国家公园内,海拔 2 900 ~ 3 300 m 的公路两侧和红其拉甫河一、二级阶地上。地表有大量坡积物。灌丛下主要伴生有中麻黄、刚毛假木贼(*Anabasis setifera*)、芨芨草(*Achnatherum splendens*)、刺沙蓬(*Salsola ruthenica*)、盐生草(*Halogeton glomeratus*)、独行菜(*Lepidium apetalum*)、香藜(*Chenopodium botrys*)、苦苣菜(*Sonchus oleraceus*)、芦苇(*Phragmites australis*)等。植株高度 2 m 左右,群落盖度 40% 左右,9 月实测生物现存量 786.0 g/m²。

(2) 山地河谷落叶阔叶灌丛

喀喇昆仑公路沿线山地河谷落叶阔叶灌丛呈斑块状或条带状,分布于河流两侧一、二级阶地、河滩地和农田边。自高海拔向低海拔依次分布有秀丽水柏枝群系、柳群系、沙棘群系和尼泊尔鱼鳔槐群系,其中沙棘群系分布范围最广,面积最大。以上群落建群种地下根系均粗壮发达,对公路沿线水土保持和水源涵养具有重要意义。在喀喇昆仑公路运营后均可作为绿化植物。

秀丽水柏枝群系(Form. *Myricaria elegans*): 该群系主要分布于喀喇昆仑公路 K676 + 300 ~ K796 + 800 段,在海拔 2 500 ~ 4 200 m 的公路两侧、红其拉甫河谷滩地上。群落内常见伴生植物有柳(*Salix* spp.)、沙棘、中麻黄、驼绒藜(*Ceratoides latens*)、芨芨草、短叶绢蒿(*Seriphidium brevifolium*)、拂子茅(*Calamagrostis epigeios*)、独行菜、薺(*Achillea millefolium*)等。植株高度 0.5 ~ 1.5 m,群落盖度 20% 左右,9 月实测生物现存量为 550.6 g/m²。在巴基斯坦红其拉甫国家公园 K768 + 500 段,分布有小面积 20 世纪 70 年代末当地居民人工种植的秀丽水柏枝灌丛,植株高度可达 1.8 m,群落盖度可达 80% 以上。

柳群系(Form. *Salix* spp.): 该群系主要分布于喀喇昆仑公路 K718 + 200 ~ K776 + 600 段,在海拔 2 700 ~ 3 800 m 的红其拉甫河一、二级阶地和河滩地上。植株高度 0.5 ~ 3 m。除建群种外,常见伴生植物有秀丽水柏枝、沙棘、麻黄(*Ephedra* spp.)、香藜、盐生草(*Halogeton* spp.)等。群落内还零星分布有阿富汗杨、糙皮桦。群落盖度 40% 左右,9 月实测生物现存量为 852.3 g/m²。在巴基斯坦红其拉甫国家公园管护站附近有大面积人工种植的柳灌丛,植株高度可达 4 m,群落盖度可达 70% 以上。

(C)1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

在喀喇昆仑公路 K595 + 400 ~ K726 + 000 段,在海拔 1 900 ~ 2 800 m 的洪扎河两岸、各支流汇合口的河漫滩上,居民区和农田边上均有分布。群落内主要伴生有柳(*Salix* spp.)、大果蔷薇(*Rosa webbiana*)、黑果小檗(*Berberis atrocarpa*)、红果小檗(*Berberis nummularia*)、中麻黄、东方铁线莲(*Clematis orientalis*)、分药花(*Perovskia abrotanoides*)等灌木和小半灌木;蓝刺头(*Echinops cornigerus*)、粉苞菊(*Chondrilla piptocoma*)、拂子茅、酸模叶蓼(*Polygonum lapathifolium*)、荆芥(*Nepeta* spp.)、藜(*Chenopodium album*)、三裂碱毛茛(*Halerpestes tricuspis*)、灯心草(*Juncus* spp.)、荸荠(*Eleocharis* spp.)等草本。植株高度一般为 1 ~ 2 m,有的高 3 ~ 5 m,群落盖度 40% ~ 90%,9 月实测生物现存量为 1 220.4 g/m²。

尼泊尔鱼鳔槐群系(Form. *Colutea nepalensis*): 该群系呈块状分布于喀喇昆仑公路 K532 + 000 ~ K726 + 000 段,在海拔 1 500 ~ 2 800 m 的山前洪积扇扇缘、洪扎河、吉尔吉特河河滩地和绿洲空地上。在吉尔吉特市以南人为干扰区域,主要以单优势种出现,在其它区域群落内常伴生有沙棘、印度怪柳(*Tamarix indica*)、东方铁线莲、中麻黄、分药花、山柑(*Capparis spinosa*)、倒披针叶虫实(*Corispermum lehmannianum*)、盐生草、刺沙蓬、香藜、椭圆叶天芥菜(*Heliotropium ellipticum*)、独行菜、田旋花(*Convolvulus arvensis*)、蓝刺头、粉苞菊、灯心草、小画眉草(*Eragrostis minor*)、白羊草(*Bothriochloa ischaemum*)等灌木和草本。植株高度一般为 1 ~ 1.5 m,群落盖度 10% ~ 20%,9 月实测生物现存量为 432.5 g/m²。

(3) 盐生灌丛

盐生灌丛是生长于海滨沼泽和内陆盐渍土壤的耐盐落叶灌木群落所组成的盐生植被型。在喀喇昆仑公路沿线主要以印度怪柳群系为代表。

印度怪柳群系(Form. *Tamarix indica*): 该群系呈块状分布于喀喇昆仑公路 K495 + 200 ~ K595 + 400 段,在海拔 1 300 ~ 1 900 m 的洪扎河、吉尔吉特河河漫滩、农田边和村庄空地上。群落内常伴生植物有大果蔷薇(*Rosa webbiana*)、刚毛假木贼、短叶绢蒿、芨芨草、东方铁线莲、薄荷(*Mentha longifolia*)、蓝刺头、蒲公英(*Taraxacum* spp.)、白花车轴草(*Trifolium repens*)、车前(*Plantago* spp.)、圆叶锦葵(*Malva rotundifolia*)、甜根子草(*Saccharum spontaneum*)、小画眉草、棒头草(*Polypogon fugax*)、白羊草等。植株高

度一般为 2~4 m, 最高可达 7~8 m, 群落盖度 10%~80%。9 月实测生物现存量为 1 424.7 g/m²。

3.2.3 草原 喀喇昆仑公路沿线由于受到干旱气候的影响, 草原发育不典型, 仅发育有以紫花针茅群系为代表的高寒草原。

紫花针茅群系(Form. *Stipa purpurea*): 该群系仅分布于喀喇昆仑公路 K806 + 600 ~ K808 + 700 段巴基斯坦红其拉甫国家公园内, 在海拔 4 550 ~ 4 650 m 的高山带山地缓坡上, 土壤为高山草原土。植物种类组成中含有较多的荒漠成分。伴生植物主要有寒生羊茅(*Festuca kryloviana*)、垂穗披碱草(*Elymus nutans*)、棘豆(*Oxytropis* spp.)、驼绒藜、西藏堇菜(*Viola kunawarensis*)、葶苈(*Draba* spp.)、二裂委陵菜(*Potentilla bifurca*)、西域橐吾(*Ligularia thomsonii*)等。草层高度 10~20 cm, 群落盖度 70% 左右, 9 月实测生物现存量为 317.5 g/m²。该群系分布区是盘羊、北山羊、岩羊、野兔类、鼠兔类、旱獭、田鼠类及其它野生动物的主要活动区。

3.2.4 荒漠 喀喇昆仑公路沿线荒漠主要由旱生、超旱生、中温、叶退化或特化的落叶(或落枝)半灌木、灌木构成。包括灌木荒漠、半灌木、小半灌木荒漠、草本荒漠和高寒荒漠。

(1) 灌木荒漠

喀喇昆仑公路沿线灌木荒漠是由适中温超旱生灌木所形成的植物群落, 以驼绒藜群系、中麻黄群系为代表。

驼绒藜群系(Form. *Ceratoides latens*): 该群系广泛分布于喀喇昆仑公路 K711 + 000 ~ K799 + 000 段, 在海拔 2 700 ~ 4 300 m 的冰碛物、碎屑坡和砾质山坡上⁽⁵⁾。多数区域以单一出现, 局部区域群落内伴生有白莲蒿(*Artemisia sacrorum*)、单籽麻黄(*Ephedra monosperma*)、西藏亚菊(*Ajania tibetica*)、芨芨草、盐生草、委陵菜(*Potentilla* spp.)、西伯利亚蓼(*Polygonum sibiricum*)、弯茎还阳参(*Crepis flexuosa*)、玄参(*Scrophularia scabiosifolia*)、垂穗披碱草、针茅(*Stipa* spp.)等。植株高度 30~40 cm, 群落盖度 10% 左右, 9 月实测生物现存量为 124.7 g/m²。

中麻黄群系(Form. *Ephedra intermedia*): 该群系主要分布于喀喇昆仑公路 K653 + 700 ~ K778 + 300 段, 在海拔 2 300 ~ 3 800 m 的坡积物多而其它植物不宜生长的石质山坡、河岸阶地、河漫滩上。常以单优势种出现, 在地势平缓、水分条件相对较好的区域

还伴生有驼绒藜、刚毛假木贼、短叶绢蒿、芨芨草、分药花、山柑、弯茎还阳参(*Crepis flexuosa*)、藜、骆驼蓬(*Peganum harmala*)、香藜、倒披针叶虫实、刺沙蓬、盐生草等。植株高度 20~30 cm, 群落盖度小于 10%。9 月实测生物现存量为 104.9 g/m²。

(2) 半灌木、小半灌木荒漠

喀喇昆仑公路沿线半灌木、小半灌木荒漠是由旱生、超旱生、叶退化或特化的落叶半灌木、小半灌木为建群种的植物群落。主要有刚毛假木贼群系、短叶绢蒿群系、西藏亚菊群系、分药花群系。

刚毛假木贼群系(Form. *Anabasis setifera*): 该群系在喀喇昆仑公路沿线分布范围很广, 从雷克特桥至苏斯特段, 即 K470 + 500 ~ K726 + 000 段, 海拔 2 800 m 以下的洪积扇、河流阶地、河漫滩上均有分布。群落内常见伴生植物有麻黄(*Ephedra* spp.)、驼绒藜、西藏亚菊、短叶绢蒿(*Seriphidium brevifolium*)、山柑、椭圆叶天芥菜、刺沙蓬、盐生草、倒披针叶虫实、黄花蒿(*Artemisia annua*)、香藜、藜、骆驼蓬、黄花软紫草(*Arnebia guttata*)、黄细心(*Boerhavia procumbens*)、黄果茄(*Solanum xanthocarpum*)、粉苞菊、鸦葱(*Scorzonera virgata*)、小画眉草、三芒草(*Aristida heymannii*)、狗牙根(*Cynodon dactylon*)、白羊草、固沙草(*Orinus thoroldii*)、昆仑马唐(*Digitaria stewartiana*)等。在苏斯特至帕苏段人为干扰较严重区域, 一年生草本植物刺沙蓬占优势。在吉尔吉特市以南局地阳坡风积沙砾地一年生草本植物三芒草占优势⁽⁶⁾。植株高度 15~40 cm, 群落盖度 10%~40%。9 月实测生物现存量为 467.2 g/m²。

短叶绢蒿群系(Form. *Seriphidium brevifolium*): 该群系主要分布于喀喇昆仑公路 K569 + 100 ~ K692 + 800 段, 海拔 1 600 ~ 2 900 m 地势开阔、平坦的坡地上。常以单优势种出现, 群落内植物种类单一, 伴生植物较少, 常见的有山柑、骆驼蓬、刺沙蓬、香藜、藜、蒺藜(*Tribulus terrestris*)、雀麦(*Bromus japonicus*)、三芒草。在帕苏以北群落内还伴生有刚毛假木贼、麻黄(*Ephedra* spp.)、西藏亚菊、分药花、东方铁线莲、点地梅(*Androsace mucronifolia*)、粉苞菊、倒披针叶虫实、篇蓄(*Polygonum aviculare*)、弯管列当(*Orobancha cernua*)、骆驼蓬、蓝刺头、棘豆(*Oxytropis* spp.)、车前(*Plantago* spp.)、小花柳叶菜(*Epilobium minutiflorum*)、蒲公英(*Taraxacum* spp.)、针茅(*Stipa* spp.)、拂子茅等。植株高度 25~50 cm, 群落盖度

15% ~ 50% 9 月实测生物现存量为 614.4 g/m²。

西藏亚菊群系(Form. *Ajania tibetica*): 该群系主要分布于喀喇昆仑公路 K621 + 000 ~ K694 + 900 段, 海拔 2 100 ~ 2 500 m 公路两侧地势较陡的山坡上。群落内常见伴生植物有麻黄(*Ephedra* spp.)、短叶绢蒿、刚毛假木贼、驼绒藜、山柑、刺沙蓬、藜、蓝刺头、盐生草、粉苞菊、弯管列当等。植株高度 20 ~ 40 cm, 群落盖度 20% ~ 40% 9 月实测生物现存量为 578.3 g/m²。

分药花群系(Form. *Perovskia abrotanoides*): 该群系呈斑块状分布于喀喇昆仑公路 K583 + 400 ~ K733 + 800 段, 海拔 1 800 ~ 2 900 m 的河滩地、农田边。群落内常见伴生植物有山柑、尼泊尔鱼鳔槐(*Colutea nepalensis*)、驼绒藜、刚毛假木贼、短叶绢蒿、粉苞菊、骆驼蓬、蓝刺头、拂子茅等。植株高度 25 ~ 50 cm, 群落盖度 20% ~ 50% 9 月实测生物现存量为 273.6 g/m²。

(3) 草本荒漠

喀喇昆仑公路沿线局部地段的沙壤土上还分布着以一年生草本植物椭圆叶天芥菜为建群种的草本荒漠。

椭圆叶天芥菜群系(Form. *Heliotropium ellipticum*): 该群系主要分布于喀喇昆仑公路 K481 + 800 ~ K489 + 500 段, 海拔 1 200 ~ 1 400 m 公路两侧开阔、平缓的坡地上。群落植物种类少, 结构较简单, 椭圆叶天芥菜优势地位明显, 群落内伴生植物以耐干旱的一年生草本植物为主, 常见的有香藜、刺沙蓬、盐生草、黄果茄、粉苞菊、黄花蒿、蒺藜、沙大戟(*Chrozophora tinctoria*)、小画眉草等。群落内还零星分布有刚毛假木贼。植株高度 15 ~ 30 cm, 群落盖度 6% 左右 9 月实测生物现存量为 68.3 g/m²。

(4) 高寒荒漠

在研究区亚高山、高山区还分布有以极端耐寒的半灌木组成的高寒荒漠。主要以白莲蒿群系为代表。

白莲蒿群系(Form. *Artemisia sacrorum*): 该群系主要分布于喀喇昆仑公路 K789 + 600 ~ K807 + 700 段, 巴基斯坦红其拉甫国家公园内, 海拔 4 000 ~ 4 550 m 的坡地上。地表覆被有少量冰碛物。群落组成种类少, 结构较简单。常见的伴生植物有驼绒藜、芨芨草、委陵菜(*Potentilla* spp.)、山地老鹳草(*Geranium collinum*)、

针叶藁草(*Carex stenophylloides*) 等。植株高度 30 ~ 40 cm, 群落盖度 25% ~ 40% 9 月实测生物现存量为 264.8 g/m²。

3.2.5 草甸 草甸是在中度湿润条件下形成发育的, 以多年生草本植物为主体的群落类型。草甸一般不呈地带性分布, 属隐域植被或跨带植被, 但高山草甸和亚高山草甸可组成植被垂直带。喀喇昆仑公路沿线有高山草甸和盐化草甸。

(1) 高山草甸

高山草甸为耐寒的中生多年生草本植物覆被, 普遍分布于各高山带及冰雪带的下部⁽¹⁵⁾。在喀喇昆仑公路沿线以针叶藁草群系为代表。

针叶藁草群系(Form. *Carex stenophylloides*): 该群系主要分布于喀喇昆仑公路 K809 + 500 ~ K811 + 400 段巴基斯坦红其拉甫国家公园内, 海拔 4 600 ~ 4 800 m(更高) 较平缓的山坡、古冰川槽谷上。局部区域地表覆盖有少量的冰碛物和坡积物。土壤为高山草甸土。草层低矮密集, 高度 10 cm 左右。植物种类相对较丰富, 常见的伴生植物有高山早熟禾(*Poa alpina*)、嵩草(*Kobresia* spp.)、紫花针茅(*Stipa purpurea*)、寒生羊茅、冠毛草(*Stephanachne pappophorea*)、垂穗披碱草、落草(*Koeleria cristata*)、珠芽蓼(*Polygonum viviparum*)、马先蒿(*Pedicularis bicornuta*)、棘豆(*Oxytropis* spp.)、具梗虎耳草(*Saxifraga afghanica*)、圆叶老鹳草(*Geranium rotundifolium*)、镰状卷耳(*Cerastium bungeanum*)、西域橐吾、簇生囊种草(*Thylacospermum caespitosum*)、高山山莓草(*Sibbaldia tetrandra*)、垫状点地梅(*Androsace tapete*)、龙胆(*Gentiana marginata*)、禾叶蝇子草(*Silene graminifolia*)、细叶亮蛇床(*Selinum candollii*)、委陵菜(*Potentilla* spp.)、黄白火绒草(*Leontopodium ochroleucum*)、蒲公英(*Taraxacum leucanthum*、*Taraxacum subglaciale*)、鼠麴雪兔子(*Saussurea gnaphalodes*)、萎软紫菀(*Aster flaccidus*)、高山顶冰花(*Gagea jaeschkei*)、报春花(*Primula rosea*)、天山罂粟(*Papaver tianshanicum*)、帕米尔翠雀花(*Delphinium lacostei*)、黄毛茛(*Ranunculus laetus*) 等。在山间谷地底部小溪边或积水处, 群落内还分布有三裂碱毛茛(*Halerpestes tricuspis*)、喜马拉雅灯心草(*Juncus himalensis*) 等湿生植物。群落盖度 90% 以上 9 月实测生物现存量为 1 200.0 g/m²。在红其拉甫口岸界碑附近人为干扰较严重, 群落以高山早熟禾占优势, 草层高度 5 cm 以下, 群落盖度低于 40%。

(2) 盐化草甸

喀喇昆仑公路沿线盐化草甸以罗布麻 + 芦苇群落为代表。

罗布麻 + 芦苇群落 (Form. *Apocynum venetum* + *Phragmites australis*): 该群落在喀喇昆仑公路沿线仅分布于 K721 + 200 ~ K722 + 700 段路东侧坡地上, 海拔 2 800 m 左右。土壤有一定的盐渍化, 群落内除优势种罗布麻和芦苇外, 还伴生有芨芨草、盐生草、骆驼蓬、苦苣菜、藜等。群落盖度 40%, 9 月实测生物现存量为 64.7 g/m²。

3.3 植被分布规律及主要特征

植物与环境的关系密切, 尤其是与热量和水分关系更加密切。在不同地段上, 由于不同生态因子的组合, 形成不同的生境, 使得植被在空间上发生变化, 反映在植物群落类型的主要组成成分和生态结构上, 呈现不同的植被分布格局和规律。

3.3.1 植被垂直带谱明显 喀喇昆仑公路沿线垂直带谱是: 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 为高寒荒漠带, 以白莲蒿、驼绒藜为代表。海拔 4 550 ~ 4 650 m 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, 以针叶藁草为代表。由于地形、温度、光照、湿度的局地差异, 使植被带谱呈现交错分布, 但基本趋势相对较明显。

3.3.2 植被分布与水文地质条件关系密切 该区域由于降水量少, 植被覆盖度普遍比较低, 仅在沿河两岸的河滩地、低阶地上水分条件较好的地段, 分布着覆盖度较高的秀丽水柏枝、柳、沙棘、印度怪柳灌丛。

3.3.3 植物抗逆性、适应性强 由于喀喇昆仑山地海拔高, 气候寒冷干旱⁽⁶⁾, 在自然条件的作用和选择下, 许多植物都具有抗寒、抗旱的特性。如簇生囊种草、高山山莓草、垫状点地梅等。刚毛假木贼叶退化, 被刚毛, 印度怪柳的叶退化为鳞片状等都是为了减少蒸腾、提高抗旱的适应性特征。

4 结论

喀喇昆仑公路沿线植物种类多样性低, 植被类型贫乏、结构简单。沿线共分布有野生维管束植物 52 科 223 属 489 种和 5 个植被型, 11 个植被亚型, 19

个群系。植被以荒漠植被类型为主体, 分布范围广; 灌丛和草甸次之, 草原植被类型最少, 分布范围最窄, 山地落叶阔叶林分布面积最小。公路沿线植被垂直带谱明显。海拔 4 000 m 以下为山地荒漠带, 海拔 4 000 ~ 4 550 m 为高寒荒漠带, 海拔 4 550 ~ 4 650 m 为高寒草原带, 海拔 4 650 m 以上为高山草甸带。公路沿线植被分布与水文地质条件关系密切。植物抗逆性、适应性强。喀喇昆仑公路沿线植被的存在, 保障了喀喇昆仑公路沿线的生态安全, 绿化、美化了沿线的环境, 并为许多野生动物提供了食物和栖息地。因此, 在公路的改、扩建过程中, 应当对路域范围内的植被进行适当的保护。在公路植被恢复和重建过程中, 应选择秀丽水柏枝、柳、沙棘、尼泊尔鱼鳞槐、印度怪柳等乡土种作为绿化树种。

致谢: 日本宇宙航空研究开发机构 (JAXA) 第三届 ALOS 研究项目 (PI - 556) 为本研究免费提供了 ALOS AVNIR2 遥感影像数据。

参考文献 (References):

- (1) Hajra P K, Rao R P. Distribution of vegetation types in N. W. Himalayas (J). *Plant Sciences*, 1990, 100: 263 - 277.
- (2) Kandari O P. The Himalayan environment: A study in vegetation pattern of Gharwal (J). *Geography of the Mountains*, 1990, 12: 55 - 70.
- (3) Dickoré Wolf Bernhard. Zonation of flora and vegetation of the northern declivity of the Karakoram/Kunlun Mountains (SW Xinjiang China) (J). *GeoJournal*, 1991, 25(2/3): 265 - 284.
- (4) Siddiquil K M, Iqbal Mohammad, Mohammad Ayaz. Forest ecosystem climate change impact assessment and adaptation strategies for Pakistan (J). *Climate Research*, 1999, 12: 195 - 203.
- (5) 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. (Zheng Du. *Physical-Geography of the Karakoram - Kunlun Mountains* (M). Beijing: Science Press, 1999.)
- (6) 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. (Guo Ke, Zheng Du. Regional differentiation of vegetation on the west Kunlun, the west Karakoram and the north-west Himalaya and the implication for the ecological environment (J). *Acta Phytocologica Sinica*, 2002, 26(1): 17 - 22.)
- (7) Kala Chandra Prakash, Mathur Vinod B. Patterns of plant species distribution in the Trans-Himalayan region of Ladakh, India (J). *Journal of Vegetation Science*, 2002, 13: 751 - 754.
- (8) Einar Eberhardt, Bernhard Dickoré W, George Mische. Vegetation of Hunza Valley: Diversity, altitudinal distribution and human impact (C) // Hermann Kreutmann. *Karakoram in Transition-Culture, Development and Ecology in the Hunza Valley*. London: Oxford University Press, 2006: 109 - 122.

- (9) Sultan Mehmood Wazir ,Altaf Ahmad Dasti ,Shehzadi Saima. Multi-variate analysis of vegetation of Chapursan Valley: An alpine meadow in Pakistan (J). *Pakistan Journal of Botony* 2008 40(2) : 615 – 626.
- (10) Abdul Rehman. Altitudinal Variation in the Vegetation of Hunza Valley (D). Islamabad: Quaid – I – Azam University 2008.
- (11) Rahmatullah Qureshi ,Waseem Ahmad Khan ,Bhatti G R ,et al. First report on the biodiversity of Khunjerab National Park ,Pakistan (J). *Pakistan Journal of Botony* 2011 43(2) : 849 – 861.
- (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 27(4) : 55 – 59. (Hai Ying ,Ablimit Abudukadir ,Zeng Yajuan ,et al. A study on the flora along China – Pakistan – Karakoram highway (J). *Arid Zone Research* 2010 27(4) : 55 – 59.)
- (13) 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. (The Ministry of Communications of the People’s Republic of China. Specification for Environmental Impact Assessment of Highways (JTG B03 – 2006) [S]. Beijing: China Communications Press , 2006: 13 – 16.)
- (14) 中国植被编委会. 中国植被 (M). 北京: 科学出版社 ,1995. (Chinese Vegetation Editorial Council. *Vegetation in China* (M). Beijing: Science Press ,1995.)
- (15) 中国科学院新疆综合考察队 ,中国科学院植物研究所. 新疆植被及其利用 (M). 北京: 科学出版社 ,1978. (Comprehensive Survey Team of Xinjiang of Chinese Academy of Sciences ,Institute Botany of Chinese Academy of Sciences. *The Vegetation and Its Utilization in Xinjiang* (M). Beijing: Science Press ,1978.)

A Preliminary Report about Vegetation Investigated along the China – Pakistan Karakoram Highway

ZENG Ya-juan¹ , HAI Ying¹ , CHEN Ji-ding² , WANG Yun² , YE Cheng-yin³ , PANG Ming³ ,
TAO Shuang-cheng² , WANG Meng-meng²

(1. Department of Geography ,Xinjiang Normal University ,Urumqi 830054 ,China;

2. Chinese Academy of Transportation Sciences ,Ministry of Transport of the People’s Republic of China ,Beijing 100029 ,China;

3. China Road & Bridge Corporation ,Beijing 100011 ,China)

Abstract: This paper reports the preliminary results of vegetation surveyed along the China – Pakistan Karakoram Highway. A field vegetation investigation was carried out in 74 sample plots along the selected and randomly-selected 14 typical sample lines in September 2009 and September 2010. Length of the sample lines was designed for about 200 m based on the local topographical conditions ,the plot size for grasslands was 1 m × 1 m or 5 m × 5 m , and that for shrubberies was 5 m × 5 m or 10 m × 10 m , respectively. In the paper ,the vegetation types along the highway were determined using the Phytocoenology–Ecology principles ,and the properties and distribution of each vegetation type were described in detail. The results show that vegetation along the highway can be classified into 5 types ,11 subtypes and 19 formations. Among these vegetation types ,desert vegetation is distributed most widely ,distribution of grassland vegetation is the lowest ,and mountain deciduous broadleaf forest is the smallest vegetation type in this area. Vertical vegetation belts are very clear. According to the elevation ,vegetation there can be divided into mountain desert belt (below 4 000 m a. s. l.) ,alpine Hungriness belt (4 000 – 4 550 m) ,alpine steppe belt (4 550 ~4 650 m) and mountain meadow belt (above 4 650 m) . The results of this study are significant for conserving and regenerating vegetation along the China – Pakistan Karakoram Highway.

Key words: vegetation type; plant community; vertical vegetation belt; plant protection; Karakoram Highway; China – Pakistan