

“生命禁区”的绿色走廊

——谈青藏高原高速公路格尔木至拉萨段环境保护工作

文 / 交通运输部科学研究院 王云 陈学平

青藏高原高速公路格尔木至拉萨段是《国家公路网规划(2013-2030年)》中G6京藏高速公路的重要组成部分。然而,青藏高原多年冻土地区,气候寒冷、条件恶劣,生态环境极其脆弱,植被一旦遭到破坏,恢复极其困难,被称为“生命禁区”。拟建青藏高原高速公路沿线分布着6个自然保护区和4个规划中的自然保护区,分布着许多珍稀濒危野生动物。此外,沙漠化、水土流失是青藏高原地区面临的生态环境问题之一。如何采取有效的边坡防护措施,防止水土流失,保证边坡稳定性是青藏高原公路工程建设亟待解决的问题。

总而言之,青藏高原多年冻土地区受公路建设项目影响的关键生态因子,是冻土层、水环境、植被、自然保护区、湿地、珍稀濒危野生动物、水环境和水土流失等,要建设青藏高原高速公路,必须解决环境保护等技术难题。

高海拔高寒地区线性工程叠加对生态环境影响深远

野生动物的影响规律

通过3年野外现场调查和红外相机监测发现,青藏高原公路工程走廊常见的哺乳动物有18种,包括国家Ⅰ级保护动物5种,国家Ⅱ级保护动物5种,其中,藏羚羊种群数量显著高于其他种群,鉴于其季节性长距离迁徙的习性,是拟建青藏高原高速公路需要保护的重点物种之一。

线性工程叠加对藏羚羊的迁徙廊道造成压缩,对其产生阻隔、回避等影响。监测发现,在青藏铁路建设之前,藏羚羊迁徙廊道位于楚玛尔河两侧20公里范围内;青藏铁路修建期间,迁徙廊道压缩到楚玛尔河大桥至五道梁之间10公里范围内;青藏铁路建成后,藏羚羊的迁徙廊道进一步压缩至青藏铁路五北大桥附近不足1000米的范围。藏羚羊对公路交通有明显的回避反应,平均回避距离为 265.58 ± 11.07 米,迁徙季节(每年8月)和非迁徙季节(每年12月)其回避距离差异性不显著。监测数据显示,自2006年以来,藏羚羊对青藏公路的回避距离呈减小趋势。

青藏铁路、青藏公路等线性工程没有对野牦牛、藏野驴和藏原羚等物种造成叠加影响。野牦牛、藏野驴和藏原羚对青藏公路的回避距离依次递减。近10年来,藏野驴和藏原羚对青藏公路的回避距离有减小的趋势,表明这些物种对公路交通有着适应性;公路交通会对野生动物造成致死影响,K2900-K3000之间是交通致死多发路段。

对植被的影响

线性工程项目建设会对沿线一定范围内的植被造成损失或破坏。研究表明,公路两侧50米至100米范围内,工程建设会导致沿线植被群落结构和种类成分趋于简单化,生物量及群落中优势种的比重明显下降,群落中

湿生、中生植物明显减少，中旱生、旱生植物种类有所增加，并逐渐向旱生化发展等趋势。

青藏公路沿线植被破坏后可以逐步“自然恢复”，但由于地处高寒高海拔区域，受低温、干旱的限制，植被一旦破坏，恢复十分困难，恢复过程十分缓慢。多数路段的公路边坡在建成6年至8年后才有少量植物开始出苗、生长，植物覆盖率不足3%，而且分布不均，生物量少。

现场观测数据和遥感解译结果表明，青藏工程走廊内线性工程建设，从10公里范围的走廊带区域尺度来看对植被影响较小。工程建设期，工程活动造成沿线地表植被破坏，会对区域植被指数造成轻度影响，但与未扰动区相比差异不显著。

工程走廊土壤侵蚀强度及公路边坡产流产沙规律

青藏工程走廊土壤侵蚀强度以微度和轻度为主，占比约为60%；中度以下的侵蚀类型占78.94%，集中在高原地带；强烈以上的侵蚀区域主要集中在唐古拉山两侧及河谷峡谷地带，以及格尔木、拉萨等人为活动较多的地带，占21%。

模拟降水试验结果表明，高海拔高寒地区公路裸露坡面径流量随降雨冲刷历时的延长而增大，其变化程度与冲刷流量呈显著的正相关；裸坡对低强度降雨具有一定的接纳能力，冲刷流量影响坡面产流时间。裸坡产沙量与放水流量呈正比，坡面产沙波动呈现多峰多谷的特点。裸坡的产沙量与径流量之间的倍率关系无显著的相关性，随着冲刷历时的延长，坡面侵蚀含沙量逐渐减小。青藏工程走廊公路边坡抗蚀性普遍较差。

在“生命禁区”修路如何保护生态环境

野生动物保护技术

综合考虑认为，藏羚羊、藏野驴、藏原羚、野牦牛和棕熊等大中型哺乳动物是拟建青藏高原高速公路需要重点保护的主要野生动物物种。其中，藏羚羊每年需要往返穿越青藏工程走廊，是野生动物保护的关键物种，关键路段是青藏公路K2980-K3000之间（楚玛尔河大桥—五道梁）的区段。野牦牛等其他典型动物保护的关键路段是K2870-K3200之间。

迁徙物种藏羚羊保护技术

通过专家咨询、走访调研和现场勘查，针对藏羚羊迁徙的关键路段，研究提出拟建高速公路的路线布设方案，即推荐高速公路线位沿着青藏公路楚玛尔河大桥的可可西里保护区一侧上行14公里，然后跨河进入五道梁。除上述关键路段外，拟建青藏高原高速公路的其他路段，从减小栖息地破碎化的角度，建议公路线位尽量靠近现有青藏公路和（或）青藏铁路，并在青藏铁路动物通道的相应位置设置动物通道。

拟建青藏高原高速公路的路基形式，将在26米的整体式路基和2条13米的分离式路基之间进行选择。基于视觉、噪声、穿越便利性等角度综合考虑，在藏羚羊保护的关键路段推荐分离式路基，在满足冻土保护要求的前提下，中央分隔带宽度不宜过大。

在藏羚羊迁徙廊道，青藏高速公路应设置上跨式动物通道或下穿式动物通道，最大程度地降低高速公路对藏羚羊的阻隔影响。推荐拟建青藏高原高速公路设置两处野生动物上跨式通道（明洞），分别位于楚玛尔河大桥与五道梁之间的2995+450米和

2999+100米，通道宽度分别为500米和300米，参照北美景观桥建设经验（至少100米），可以满足藏羚羊迁徙需要。

模拟分离式路基的一幅，在青藏公路K2998处建设了一座藏羚羊通道桥，桥面宽度10米，全长306米（15跨，每跨20米），桥下高度3米至6米，开阔率为129。2016年8月2日到10月14日，采用15台红外相机监测藏羚羊利用情况。监测发现，有大种群的藏羚羊多数利用5米至6米高的桥孔穿越。

其他典型野生动物的通道设置技术

在藏原羚、藏野驴和野牦牛保护的关键路段，采取上跨式野生动物通道和下穿式野生动物通道相结合的方式，为野生动物预留通道。推荐在青藏高原高速公路K2870-K3200之间设置2处上跨式通道，分别位于昆仑山隧道K2884+750和K3066+830火山隧道，通道宽度分别是3220米、2480米，参照北美景观桥推荐宽度（至少100米），两处隧道通道可以满足藏野驴等动物的穿越需求。

监测结果表明，藏原羚、藏野驴和野牦牛对桥梁的利用率显著高于涵洞，研究建立了3个典型物种通道的利用预测模型。总体看来，通道特征因子对于3个物种的模型影响最大。对于藏野驴和藏原羚，推荐通道开阔率不小于4.2，宽度不小于6米，高度不低于4米。

水土保持与生态恢复技术

青藏工程走廊水土保持和植被可恢复性区划

结合侵蚀类型和强度，研究提出了青藏工程走廊水土保持区划，划分为6个水土流失防治区。基于水土保持功能定位等，细分为23个二级分区，

并提出了相应的边坡水土保持对策,包括公路边坡几何形态、路基排水、边坡防护的对策。

提出基于环境因子的分区与基于植被因子的校核相结合,进行植被可恢复性评价的方法,应用该方法,将青藏工程走廊植被可恢复性由低到高分为5个等级,分别提出了不同分区内植被恢复对策,包括植被与表土保护与恢复利用等。

植被保护与恢复技术

课题研究了公路沿线植被与表土的保护价值与区段差异,进行了植被与表土保护等级划分,提出了植被与表土的协同保护技术。研究提出了利用菌剂促进自然恢复技术、利用土壤种子库促进植被恢复技术、利用植物纤维毯覆盖促进植被恢复技术等。利用微生物菌剂可以促进植物对养分的吸收,从而促进植株的高度生长,菌种与植物种类之间有选择性;土壤种子库的利用需与播种技术、坡面水土保持工程技术相结合,可以提高植被恢复效果,利于提高植被覆盖度、植株高度,有利于各种乡土植物种类的萌发,提高边坡群落的物种多样性,使边坡植被恢复到更自然的群落;植物纤维毯对提高植被覆盖度较为有效。

边坡综合防护技术

研究提出了草皮骨架边坡植草综合防护技术。该技术以块状草皮为“骨架”构建坡面防护与绿化的技术,其在骨架间填充公路建设时剥离保存的表土并播种,在草皮铺植与播种后辅以覆盖措施,该技术结合了框架防护的减水减沙能力、草皮根系的固持土壤效果、覆盖措施的保温和促进发芽功能,在植被生长初期能有效控制边坡土壤流失,涵养水分,为植被的生长、发芽、定根提供良好的条件,缩短边坡植被的生长时间,平均减蚀率达到了93.6%,边坡防护效果非常明显。

研究提出了“土壤种子库+三维网植草综合防护技术”。研究表明,三维网植草防护可大大改善坡面的防护效益,并能改善土壤种子库单独建坪早期面临的水土流失问题,是适合青藏高原区的一种良好技术。三维网

植草与土壤种子库及相关覆盖措施相结合可弥补利用种子库植被建植的缺陷,取得良好的生态环境效益,依托共玉公路开展的18个应用点的调查研究表明,该技术实施后2年至3年间植被覆盖度为38.4%,为同路段自然植被覆盖度(64.1%)的60%,提高了坡面的景观性能。

研究提出了铺草皮防护技术。研究表明,根据草皮铺设部位,铺草皮防护技术可比三维网植草技术优或差,在中下部铺草皮水土保持效果更好。共玉公路结合公路路基、取弃土地的施工,在全线应用草皮剥离保护与回铺技术,除极少数坡面外,在公路路堤边坡铺植草皮大多取得了成功。调查结果表明,铺植草皮措施成活植被覆盖度为59.4%,约为自然植被覆盖度(80%)的75%。治理当年,铺草皮护坡的平均减蚀率达到了89.10%,有效控制了水土流失。

水环境保护技术

综合考虑水体功能区划和保护目标等因素,识别出拟建青藏高速公路水环境保护的关键路段。针对水环境敏感保护路段,提出对应的水环境保护措施。

对青藏公路和共玉公路典型路段路面径流和地表水水质监测结果分析表明,青藏工程走廊内地表水水质总体较好,既有公路对地表水环境质量影响较小。但是按照相关法律法规要求,当高速公路线路涉及到I、II类水体时需要对面径流中悬浮物(SS)进行处理。综合考虑植物层对面径流的净化功能和临时储水养护植被的需要,研发了适用于高海拔高寒地区公路集成储水与沉淀处理功能的生态排水沟技术。在共玉公路高海拔高寒区段K570+400-K574+600,建设生态排水沟约8公里。监测结果表明,多功能生态排水沟,使得路面径流SS含量降低70%以上。同时,生态排水沟上部结构中的植物措施能促进雨水排放和增加径流滞留下渗,起到雨水的暂时收集与存储功能,既能满足道路排水,又与整个公路及周边环境相协调。■