

文章编号: 0451—0712(2005)06—0130—05

中图分类号:X820.3

文献标识码:A

青藏高原多年冻土地区公路建设生态环境影响关键因子

昌敦虎¹, 陈济丁², 孔亚平²

(1. 北京大学中国持续发展研究中心 北京市 100871; 2. 交通部科学研究院 北京市 100029)

摘 要: 青藏高原多年冻土地区公路建设项目的生态环境影响主要表现为因冻土退化而造成的一系列生态环境破坏。文章利用“建设项目——生态环境要素”矩阵,在分析公路建设施工期和运营期各工程项目生态环境影响的基础上,得出青藏高原多年冻土地区公路建设生态环境影响关键因子为:植被、野生动物及其生境、自然保护区、湿地、水土流失和冻土层。

关键词: 青藏高原; 多年冻土; 公路建设; 生态环境影响

青藏高原多年冻土面积占我国多年冻土总面积的60%以上,而多年冻土分布区的生态环境是严酷的和脆弱的,在人为因素干扰下,它会发生重大变化。寒区公路工程建设不可避免地要开挖地表、铲除植被和改变天然地表性质,均产生强烈的热侵蚀作用,改变土体和大气之间的热交换条件,从而使地气之间热交换产物——冻土温度场发生变化,导致多年冻土区的冰水热等平衡状态发生变化,加剧冻土环境恶化现象。

从大的方面考虑,生态环境影响包括两个方面:污染类生态环境影响和非污染类生态环境影响。由于青藏高原多年冻土地区具有地广人稀、经济不发达、公路交通量小及农牧业用地面积大的特点,因此除了个别的点(如集市),一般可以不考虑污染对生态环境的影响,重点应在非污染类生态环境影响,即公路建设项目对青藏高原多年冻土地区造成的生态环境破坏。

1 关键因子筛选方法

利用“建设项目——生态环境要素”矩阵来进行,见表1。即根据公路建设项目在各实施阶段对多年冻土地区生态环境的主要影响途径和影响对象,从多年冻土地区生态环境要素中筛选出受项目影响的关键因子。

表1 多年冻土地区公路建设项目生态环境影响
关键因子筛选矩阵^[1]

生态环境要素*	施工期						运营期		
	取弃土场	路基施工	路面施工	桥涵工程	材料运输	机械作业	路面状况	交通运输	工程占地
生物资源									
1 生物多样性									
—— 植被									
—— 野生动物及其生境									
2 生态敏感区									
—— 自然保护区									
—— 湿地									
土地资源									
1 土地利用									
—— 占地									
2 土壤									
—— 水土流失									
—— 冻土层									
水资源									
1 地表水									
—— 河道									
—— 地表水水质									
2 地下水									
—— 山体水系									
—— 地下水水位									
3 水利设施									
—— 水库									
—— 灌溉									

注: * 生态环境要素的划分参考交通部科学研究院聂嘉宣研究员的工作成果。

2 公路建设项目对多年冻土地区生态环境影响的分析

公路建设项目施工期对生态环境影响途径分析主要包括施工人员施工活动、机械设备使用等使植被、地形地貌改变,使土地和水体生产能力及利用方向发生改变,以及由于生态因子的变化使自然资源受到影响;运营期对生态环境影响途径分析主要包括区域空间格局、土地和水体利用状况的改变,以及由此造成的自然资源状况的改变。

2.1 施工期的生态环境影响

(1)取土场

通过地表取土,破坏地表植被和土壤结构,改变地形地貌以及自然景观,使区域植被覆盖和植物多样性下降,自然景观破碎化,导致生态系统的结构和功能下降。由于区域生态环境十分脆弱,植被恢复困难且周期缓慢,因此取弃土场在一定程度上加剧水土流失以及风沙活动等生态问题。影响特征为斑块扩散。主要受影响的生态环境要素包括:地表植被、冻土层及野生动物生境。

(2)砂石料场

通过采挖砂石,可以改变地形地貌、自然景观及地表植被。受砂石材料条件限制,场地选择多在河谷滩地或石质山地。影响特征为斑块扩散。主要受影响的生态环境要素包括:地形地貌、地表植被、土壤。

(3)施工便道

通过运输机械碾压,破坏地表植被和冻土层物理结构,可影响植物生长发育,直至植物枯死,导致生态系统结构和功能下降,并使景观生态受到影响。由于多年冻土地区生态环境十分脆弱,植被恢复困难且周期长,施工便道的修建可加剧水土流失以及风沙活动等生态过程。影响特征为带状切割。主要受影响的生态环境要素包括:地表植被、冻土层。

(4)桥涵工程

通过桥涵工程建设,可改变河道地形地貌、水文过程和地表植被,影响生态系统结构和功能。可在一定程度上加剧水土流失、冻土退化等生态问题。影响特征为斑块扩散。主要受影响的生态环境要素包括:冻土层、水文过程、地表植被以及河流水质。

(5)临时施工营地

通过场地占用、机械碾压以及人员活动等,可破坏地表植被和土壤结构,降低生态系统功能。其影响范围和程度与占场规模、人员数量以及时间长短有密切关系。影响特征为斑块扩散。主要受影响的生

态环境要素包括:地表植被、冻土层。

(6)人员非生产性活动

破坏地表植被,降低生态系统功能;生活垃圾排入河流,影响河流水质。其影响范围和程度与占场规模、人员数量等有密切关系。影响特征为斑块扩散。主要受影响的生态环境要素包括:地表植被、河流水质。

2.2 运营期的生态环境影响

公路建设项目在运营期间,由于路面的吸热作用和车辆对路面的碾压,路面下冻土层的季节融化深度、地温等性状将发生变化;由于公路的存在以及车辆的运行,将对野生动物的活动造成影响。

主要受影响的生态环境要素为冻土层、野生动物生境。

2.3 小结

根据以上公路建设对多年冻土地区生态环境影响的分析,可归纳出不同阶段的公路建设项目对多年冻土地区生态环境的主要影响途径,如表2所示。

根据表2,对青藏高原多年冻土地区各生态环境要素受公路建设项目影响的机制逐一分析,以确定生态环境影响关键因子。

3 多年冻土地区公路建设项目生态环境影响关键因子分析

3.1 生物多样性

(1)植被

青藏高原大部分处在草原—干草原的生境,发育的植物群落具有较强的耐寒耐旱特性。植被对其下伏的多年冻土有较好的保护作用,并促进土壤的发育和有机质的积累;而多年冻土的隔水作用,又使这里保持充沛的水分,使植物得以在高寒的高原高山上繁生。保护良好的植被与发育良好的冻土层之间可以相互促进。

大量野外观测表明,植被减小地面温度较差的作用是普遍的。在青藏高原高山草甸和亚高山草甸地带,草被层呈丘状、斑状(鳞状)、片状、稀疏散状分布,覆盖度依次减小(90%~20%),并相应减小地面年较差4.1~1.5℃(在未考虑雪盖情况下),即相应减小地面温度年较差17%~6%;随着草被由茂密到稀疏,地温也由低到高地变化。不仅如此,植被减小地面较差和地面温度的结果,使季节融化深度大大减小,而对季节冻结深度影响较小,有利于多年冻土的发育^[2]。

表 2 公路建设对沿线冻土地区各环境要素的主要影响途径

生态环境要素		施工期	运营期
生物资源	生物多样性		
	—植被	施工营地、施工便道、路基挖方填方、桥涵施工、施工机械作业、取弃土工程等均可能破坏地表植被。	
	—野生动物及其生境	施工人员活动干扰动物生存环境,施工临时用地对动物栖息地占用、破坏产生的间接影响。	永久性和临时性占用林地、湿地,破坏野生动物生境。
	生态敏感区		
	—湿地	施工临时占地直接侵占湿地面积,破坏湿地地表及改变湿地水流条件。	永久性和临时性占用湿地。
土地资源	—自然保护区	路基桥涵施工、施工营地与便道、材料运输等可能影响保护区动植物生存环境及生态平衡。	永久性和临时性占用林地、湿地,破坏自然保护区生态系统完整性。
	土地利用		
	—占地		公路占地导致土地利用方式变化。
	土壤		
水资源	—冻土层	施工过程人为活动加剧对冻土环境造成破坏,临时用地对植被的破坏加剧冻土融化,路基施工对多年冻土的季节融化深度、地温等性状产生影响。	运营过程对多年冻土的季节融化深度、地温等性状产生影响。
	—土壤	施工人员活动、路基施工以及工程临时占地可能加剧水土流失,破坏土壤形态及肥力。	
	地表水		
	—地表水水质	桥涵工程建设改变水文过程;施工人员生活污水影响河流水质。	
	地下水		
	—山体水系	隧道开挖破坏山体水系。	
	水利设施		

一旦植被因公路建设项目遭到破坏,植被生物量下降将使多年冻土因得不到保护而退化。作为隔水层的多年冻土的退化,又导致土壤干燥化,反过来又加剧了植被的退化。重度退化的草场出现沙化和土地荒漠化现象并使草场的质量下降,优质牧草为劣质杂草所掺杂和替代。另外,冻土地区分布的一些耐寒、耐贫瘠植物对成土和水土保持的作用本来就很微弱,它们受到破坏之后,不但多年冻土的发育受到严重影响,还有可能加剧多年冻土地区的水土流失。

可知,植被为生态环境影响关键因子之一,相应指标为:

① 植被盖度(G),即多年冻土地区某种植被类型区域内植物地上部分垂直投影面积与该区域面积之比,用百分数($\%$)表示;

② 植被生物量(Q),以多年冻土地区单位面积内植被地上生物体重量(kg/m^2)表示。

(2)野生动物及其生境

公路建设项目在施工期产生的粉尘、噪声污染以及施工临时占地和人员活动等,会对附近野生动物的栖息、繁殖、迁徙等行为造成影响。公路运营期,交通工具通过时产生的噪声、振动、光照等,也将对局部地段野生动物的活动及过线产生一定影响,对栖息于沿线的鸟类活动、繁殖等产生惊扰。

与上述影响相比,公路建成后周围生态环境的改变对野生动物的影响将更加深远。多年冻土地区独特的生态环境中分布着种类繁多的珍稀和濒危野生动物。在多年冻土地区严酷的自然条件下,生物种属结构简单,食物链短而单一,青藏高原上发育的生态系统都比较敏感、脆弱,人为对地表的轻微扰动,就可能导致该地区内生态系统不可逆转的变化,从而对珍稀和濒危野生动物造成巨大影响。如前所述,青藏高原多年冻土地区的植被大都具有生长期短、生长缓慢、植株矮小、覆盖率低等特点,这些植被一旦受到破坏,恢复起来十分困难,因此多年冻土地区

的野生动物不仅食物来源少,更容易因植被减少面临生存的威胁。公路建设在沿线取土,势必大量破坏植被,严重影响公路两侧野生动物可获取的食物量。其中,最受这种影响的野生动物是依靠食草为主的有蹄类动物,它们的食物基地将减少。

可知,珍稀和濒危野生动物为生态环境影响关键因子之一,相应指标为:

①珍稀和濒危野生动物的数量(M),即某一多年冻土区域内各种珍稀和濒危野生动物的数量之和(个);

②野生动物保护级别(f),分为国家级野生动物、省级野生动物与市、县级野生动物 3 个级别。

3.2 生态敏感区

(1)自然保护区

青藏高原分布着为数众多的自然保护区。仅就青藏公路沿线而言,就分布有 6 个已建成的自然保护区和 4 个规划中的自然保护区,其中可可西里自然保护区和羌塘自然保护区为国家级自然保护区。下面以可可西里自然保护区为例,分析多年冻土地区自然保护区的特点^[1]。

可可西里自然保护区地处青藏高原腹地,面积 4.5 万 km^2 ,平均海拔高度 4 500 m 左右。区内土壤类型较为简单,分布较广泛的类型有高山草甸土、高寒草原土和高山寒漠土,土壤发育年轻,受冻融作用影响深刻。

保护区内高等植物 102 属 202 种,其中青藏高原特有种 84 种,这些植物种类少、种群大。严酷的气候条件,土壤沙质、贫瘠,寒冻风化剥蚀较强,加上植物群落本身种类组成贫乏、群落结构简单、生长季短、生产力低下,使植被易受破坏且恢复很难。

目前已知该区分布哺乳类 19 种,鸟类 48 种,鱼类 6 种。由于本区地势高,气候干旱寒冷,植被类型简单,食物条件和隐蔽条件差,故动物区系组成简单,只是因为大多数有蹄类动物具有结群活动或群集栖息的习性,才形成种类密度较大数量较多的现象。

因此,该地区原始生态系统保留较完好,各级食物链仍能顺利联系在一起。但由于生态系统中物质循环和能量转换过程缓慢、简单,难以承受外界压力和干扰,尤其是植被的破坏将给保护区内生态平衡带来较严重后果。当拟建公路某段距离自然保护区近或者穿越自然保护区时,公路取土、施工便道的修建可能破坏保护区里的植被,这些因素与施工噪声、人员活动等一道,进而导致区内野生动物食物量减少,动物生存、活动、繁殖受到影响,植物和动物的生物

量和多样性下降,从而威胁自然保护区的生态平衡。

可知,自然保护区为生态环境影响关键因子之一,相应指标为:

①自然保护区面积($S_{\text{自}}$),即某一多年冻土区域内自然保护区面积(km^2);

②自然保护区级别(f),分为国家级自然保护区、省级自然保护区与市、县级自然保护区 3 个级别。

(2)湿地

地表沼泽化作为湿地的最基本特征,对土壤起保温及冷却作用,这与地区雪盖厚度、沼泽化地段地面积水情况、苔藓和草被对地面的覆盖程度及其饱水状况等有很大关系。夏季,白天沼泽表面吸收的太阳辐射量大于有效辐射,辐射平衡为正值;夜间,沼泽表面因有效辐射而丧失热量,辐射平衡为负值。可见,夏季沼泽表面的这一特征导致由地表进入冻土层的热量减小,同时潮湿、饱水的苔藓层和泥炭层的热容量大、导热率低,均使沼泽地温低、融化深度小;而到冬季,苔藓、泥炭冻结后导热率增大,有利于沼泽地散热和冷却^[2]。

水是湿地生态系统存在和发展的基础,干旱灾害会严重阻碍湿地植被发育和生长,甚至导致植被枯死;同时危及湿地内各种软体动物、浮游生物以及鱼类的生长,从而影响珍稀鸟类的食物来源;严重的干旱会使湿地生态系统的物质循环和能量循环中断,阻碍湿地的自然演替,并使湿地面积减少或消失。

可以看出,多年冻土地区湿地的存在及其水文、植被状况的变化对冻土层的意义很大。而实施公路建设项目,主要产生如下影响:

①由于湿地多分布在地下水溢出或地表排水不良及溪流水缓慢不畅的地段,故设计不合理的公路过水通道将造成湿地来水量减少,植被发育所需要的水源不够,从而湿地萎缩;

②湿地本身的自然条件使其不会成为取弃土场,但低洼的地势让湿地受到临时弃土弃渣场的影响,湿地面积也可能减小。

可知,湿地为关键因子之一,相应指标为:

①湿地面积($S_{\text{湿}}$),即某一多年冻土区域内湿地面积(km^2);

②湿地自然保护区级别(f),分为国家级湿地自然保护区、省级湿地自然保护区与市、县级湿地自然保护区 3 个级别。

3.3 土壤

(1)水土流失

公路建设项目对多年冻土地区土壤的影响主要表现为引起水土流失,这一过程主要集中在工程施工期。公路工程中需要开挖路堑、取土取石,于冻土区挖损边坡将使多年地下冰或冻土层暴露,从而发生冻融滑塌,即地下冰暴露造成融化季节地下冰发生融化,使上部的草皮及融土失去支撑而在自重作用下塌落下来。塌落的物质掩盖了坡脚及两侧暴露的冰层,但同时却使其上方新的地下冰暴露,地下冰再次融化而导致反复滑塌的现象,且大量的松散滑塌体还会成为水力侵蚀和风力侵蚀的沙源。

在多年冻土地区,水土流失的环境影响具体表现在:

- ①加剧区域冻融侵蚀;
- ②表土流失造成土地生产力下降;
- ③沿河流山地的水土流失将影响河道行洪,对江河源的影响尤其大。

可知,水土流失为关键因子之一,相应指标为:水土流失量(M_s),以区域内多年平均水土流失量(t/a)来表示。

(2)冻土层

冻土退化所引起的冻土环境变化并不仅仅限于冻土层内,更明显的是表现在天然地表和草场严重退化。多年冻土是寒区植被赖以生存的基础,由于冻土退化加速,并随着自然环境气温的升高,野生动物活动、过度放牧、工程建设等人类活动的影响,使寒区植被赖以生存的水分补给源消失,随之导致地表植被的不断死亡,优良草场退化或消失,地下的土层逐渐暴露于空气,由此又会导致一系列恶性循环。西藏那曲由于冻土退化引起草场退化面积达 533 万 hm^2 ,占草地面积的 25%。青海省目前整个天然草场产量比 20 世纪 50 年代下降 30%~60%,严重退化地段下降 70% 以上,有的地区已变成“黑土滩”。在(青藏高原)剧烈的温差环境条件下,物理风化作用加强,导致荒漠化、沙漠化、盐渍化加剧,给当地生态环境造成了一系列恶果^[2]。

影响冻土季节冻结和融化的因素很多,诸如雪盖、植被、地形、水体、岩性和含水量等。从在多年冻土地区修建公路这一情况来看,不仅植被破坏导致地面年平均温度升高,同时地表还受到扰动,原先处于表层以下的、与表层土壤热物理性质不同的土壤裸露出来,在相同的太阳辐射和降水等自然条件下,因土壤干容重、含水量、容积热容量、导热系数等热参数的差异,多年冻土的融沉系数存在差别,而导致

冻土的季节融化深度将发生改变,融化深度越接近多年冻土上限,对冻土层退化的威胁就越大。

可知,冻土层为关键因子之一,相应指标为:

①冻土融沉系数(a),以单位面积土柱上自由水厚度占土柱高度的比例来表示;

②多年冻土上限(h),即多年冻土的最大季节融化层的下部界限,以最大季节融化层下界距离地表的深度(m)来表示。

3.4 地表水

多年冻土地区内发育着冰川与雪山,因而区域内地表水大多为河源,具有重要的生态功能和使用价值。公路建设过程中,施工产生的生活污水的量极少,且一般集中处理外运,对地表水的影响非常少。另外,公路的建设如果穿越河道,到达一定程度后,可能改变水系,但在公路建设过程中一般都规避江河源,且穿越的方式都是利用桥梁,根据本文所依托项目的课题组于 2003 年 8 月对青藏公路多年冻土地区的考察,河道水系所受的影响几乎不存在。因此,地表水不选作生态环境影响关键因子。

4 结语

综合以上分析结果,多年冻土地区公路建设项目生态环境影响关键因子如表 3 所示。

表 3 多年冻土地区公路建设项目生态环境影响关键因子

生态资源	生态环境要素	生态环境影响关键因子	指标(单位)
生物资源	生物多样性	植被	植被盖度 $G(\%)$ 植被生物量 $Q(kg/m^2)$
		珍稀和濒危野生动物	珍稀和濒危野生动物数量 $M(\text{个})$ 野生动物保护级别 f
		自然保护区	自然保护区面积 $S_{\text{自}}(km^2)$ 自然保护区级别 f
	生态敏感区	湿地	自然保护区面积 $S_{\text{湿}}(km^2)$ 自然保护区级别 f
土地资源	土壤	水土流失	水土流失量 $M_s(t/a)$
		冻土层	冻土融沉系数 $a(\%)$ 多年冻土上限 $h(m)$

参考文献:

- [1] 交通部天津水运工程科学研究所,中国环境科学研究院. 青藏铁路施工期青藏公路整治改建工程环境影响评价报告书[R]. 2001.
- [2] 周幼吾,郭东信,邱国庆,等. 中国冻土[M]. 北京:科学出版社,2000.

文章编号: 0451-0712(2005)06-0135-05

中图分类号: U412

文献标识码: B

江苏省农村公路建设技术指标的研究

袁国林^{1,2}, 张 幡¹, 陈胜武³, 张立早³

(1. 东南大学交通学院 南京市 210096; 2. 南京工业大学土木工程学院 南京市 210009; 3. 江苏省公路局 南京市 210012)

摘 要: 提出了与江苏省农村公路建设密切相关的公路的平面、纵断面、横断面、路基填筑高度、路面结构设计等方面的一些技术指标。这些技术指标不仅可以对交通部所发布的《公路工程技术标准》中有关低等级公路建设的技术指标做一些有益的补充,而且对其他地区的农村公路建设也具有一定的参考价值。

关键词: 农村公路; 技术标准; 技术指标

农村公路是公路网的重要组成部分,如何进行农村公路建设,是中央和地方政府都十分关注的问题,特别是江苏省在近3~4年之内将修建4万多km的农村公路,为保质保量完成这一艰巨任务,江苏省交通厅责成江苏省公路局立项进行了有关江苏省农村公路建设技术标准的研究。现将有关研究中所确定的与农村公路建设密切相关的一些具体技术指标做一简要介绍,以作为引玉之砖,供从事农村公路建设的工作者们参考。

1 农村公路

1.1 农村公路

农村公路包括县道(有些省将县道不包括在农村公路之内,如:江苏省)、乡道和通行政村的公路。县道是指具有全县(旗,县级市)政治、经济意义,连接县城和县内主要乡(镇)、主要商品生产和集散基地之间的公路。另外,县道还包括不属于国道、省道之内的县际之间的公路。乡道是指由县城通达乡(镇)或者连接乡(镇)与

收稿日期: 2005-01-17

=====

Key Ecological Environmental Impact Factors of Highway Projects in Permafrost Areas of Qinghai-Tibet Plateau

CHANG Dun-hu¹, CHEN Ji-ding², KONG Ya-ping²

(1. China Sustainable Development Research Center, Peking University, Beijing 100871, China;
2. China Academy of Transportation Sciences, Ministry of Communications, Beijing 100029, China)

Abstract: Ecological environmental impacts of highway projects in permafrost areas of Qinghai-Tibet Plateau are mainly demonstrated as a series of ecological deteriorations resulted from permafrost degradation. By means of “engineering item-ecological environmental element” matrix, and on the basis of analysis of ecological environmental impacts caused by different items during highway construction and highway operation, it is concluded that key ecological environmental impact factors of highway projects in permafrost areas of Qinghai-Tibet Plateau are vegetation, wild animals with their habitats, natural reserves, wetlands, soil erosion and permafrost.

Key Words: Qinghai-Tibet Plateau; permafrost; highway construction; ecological environmental impact