

干旱区公路

生态环境 保护研究

周华荣 钱亦兵 著

——以国道315线
依吞布拉克—且末段公路为例

GANHANQU GONGLU
SHENGTAI HUANJING BAOHU YANJIU

YI GUODAO 315 XIAN YITUNBULAKE-QIEMO DUAN
GONGLU WEILI

中国环境科学出版社



干旱区公路生态环境保护研究

——以国道 315 线依吞布拉克—且末段公路为例

周华荣 钱亦兵 著



新疆维吾尔自治区图书馆 XT0-1024363

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

干旱区公路生态环境保护研究:以国道 315 线依吞布拉克—且末段公路为例/周华荣,钱亦兵著. —北京:中国环境科学出版社, 2009.2

ISBN 978-7-80209-853-4

I. 干… II. ①周…②钱… III. 干旱区—公路—生态环境—环境保护—研究—新疆 IV. X322.245

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 169606 号

责任编辑 张维平

责任校对 刘凤霞

封面设计 龙文视觉

出版发行 中国环境科学出版社
(100062 北京崇文区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.cn>
联系电话: 010-67112765 (总编室)
发行热线: 010-67125803

印 刷 北京中科印刷有限公司

经 销 各地新华书店

版 次 2009 年 2 月第 1 版

印 次 2009 年 2 月第 1 次印刷

开 本 787×1092 1/16

印 张 10.5 彩插 8

字 数 225 千字

定 价 38.00 元

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载,侵权必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题,请寄回本社更换

前言

公路工程的环境影响研究目前多将高速公路和城市间道路作为重要对象,干旱、半干旱区道路则较少涉及,而应用景观生态学的方法研究公路工程环境影响和保护工作更是刚刚开始。本研究在实地观测和取样、并将结果与遥感信息相结合的基础上,对公路路域生态环境特征进行了分析,从景观生态学的角度,划分了公路路域工程-生态景观功能区,确定了环境敏感地段。在土壤-植被影响方面,本研究提出了敏感性分析的概念,尤为重要的是提出了植被对工程敏感性确定的判定方法。文中运用层次分析思路,构建适合于干旱区公路路域环境的风险评价指标体系,对公路建设的环境影响范围和程度进行定量分析,这是一项新的尝试,对公路建设环境影响理论与方法研究具有一定的创新意义。研究所提出的公路建设环境影响减缓方案和措施,特别是自然保护区的环境保护和生态补偿方案,符合干旱区 and 新疆实际,对类似公路建设的环境保护及管理具有一定的借鉴作用。研究结果不仅为公路生态环境影响评价理论与方法的探讨、充实和拓展起着积极作用,也为公路环境影响评价工作的开展和报告书的编制以及环境保护管理和监督提供参考。

书中的研究区为国道 315 线依吞布拉克—且末段公路路域,位于塔克拉玛干沙漠南缘,阿尔金山区及昆仑山北麓边缘。地理坐标:北纬 $38^{\circ}21'44''$ ~ $39^{\circ}01'00''$,东经 $88^{\circ}13'00''$ ~ $90^{\circ}11'02''$,坐落在新疆巴州若羌县、且末县境内。该区域地处内陆腹地,地形闭塞,远离海洋,属暖温带荒漠气候区。由于蒸发强烈,降水极少,空气极端干燥,是世界上同纬度最干旱的地区之一。公路穿越山区,灾害频发,生态环境极其脆弱。公路穿越了不同的地貌单元,如荒漠山区沿溪和越岭段、山前冲积平原(湿地)段、沙丘地或平沙地段。公路建设工程还包括水毁治理工程、盐胀治理工程和沙害治理工程。所以相关研究涉及学科之多、研究领域之广,可谓干旱区公路建设工程与环境的百科全书。

本书基于依吞布拉克—且末段公路所处地域自然环境条件的特殊性,从景观生态学的角度,重点突出具有廊道效应的公路,其建设作为一种人类开发活动,对沿线景观区

域环境将产生的影响提出评价范式。为广大读者使用方便，书后附有相关环境影响报告书的环境行动计划、生态环境补偿方案及实验调查图表。所以该书可作为关于干旱区公路建设项目环境管理和监督的操作手册。

本书为中国交通部西部交通建设科技项目“国道 315 线病害治理与生态环境保护的研究”项目“国道 315 线依吞布拉克—且末段环境特征与生态环境保护措施研究”课题的研究成果，并融汇有该项目依托工程的环境影响评价工作的大量资料和报告书的相关内容。在项目执行过程中，得到项目主持单位新疆交通科学研究院领导和专家的大力支持，他们是院长王治升先生、高级工程师楚红女士、高级工程师靳秀萍女士、高级工程师席元伟先生，在此表示诚挚的感谢。在项目执行过程中，新疆环境保护科学研究院研究员、新疆生态学会理事长袁国映先生提供了有关新疆罗布泊国家级野骆驼自然保护区的珍贵资料，中国科学院新疆生态与地理研究所研究员周可法博士和万应彩女士提供和编制了研究区的相关图件；中国科学院新疆生态与地理研究所研究员张立运先生、研究员马鸣先生、研究员杨维康博士、副研究员姜逢清博士，新疆大学副教授吴兆宁先生或提供相关资料，或参加野外考察，或进行相关计算，对于项目的完成做出了贡献，在此对他们谨表诚挚的谢意。新疆罗布泊野骆驼国家级自然保护区管理中心原主任张永山先生、书记张宇先生、工程师张超先生，自治区环境保护局自然处处长李新华先生对本项目给予了多方面支持和帮助，谨表诚挚谢意。此外，若羌县政府和环境保护局、且末县政府和环境保护局对此项目给予大力支持和帮助，特表谢意。

作 者

2009 年 1 月 20 日

目 录

1	引言	1
1.1	项目由来与研究意义	1
1.2	国内外研究进展	2
1.3	主要研究内容及实施方案	5
1.4	关键技术	6
1.5	试验与分析	7
1.6	项目研究的经济、社会、环境效益及推广应用前景	7
1.7	结论与建议	7
2	国道 315 线依吞布拉克—且末段环境现状调查与评价	9
2.1	地形地貌	9
2.2	气候气象	10
2.3	水文与水环境质量评价	11
2.4	土壤与土壤质量评价	14
2.5	植被及其现状评价	19
2.6	野生动物及其现状评价	24
3	公路路域工程—生态区划研究	29
3.1	公路路域工程—生态区划概念与方法	29
3.2	公路路域工程—生态区划原则	29
3.3	公路路域工程—生态单元/区段划分方案	30
3.4	工程—生态敏感路段划分方案	31
4	工程路域生态环境影响因子筛选与预测研究	35
4.1	公路工程环境影响因子识别与筛选研究	35
4.2	公路工程生态环境影响及预测分析研究	37
5	干旱区公路景观生态环境风险评价研究	48
5.1	指标体系的建立	48
5.2	评价方法	52
5.3	结果与讨论	57

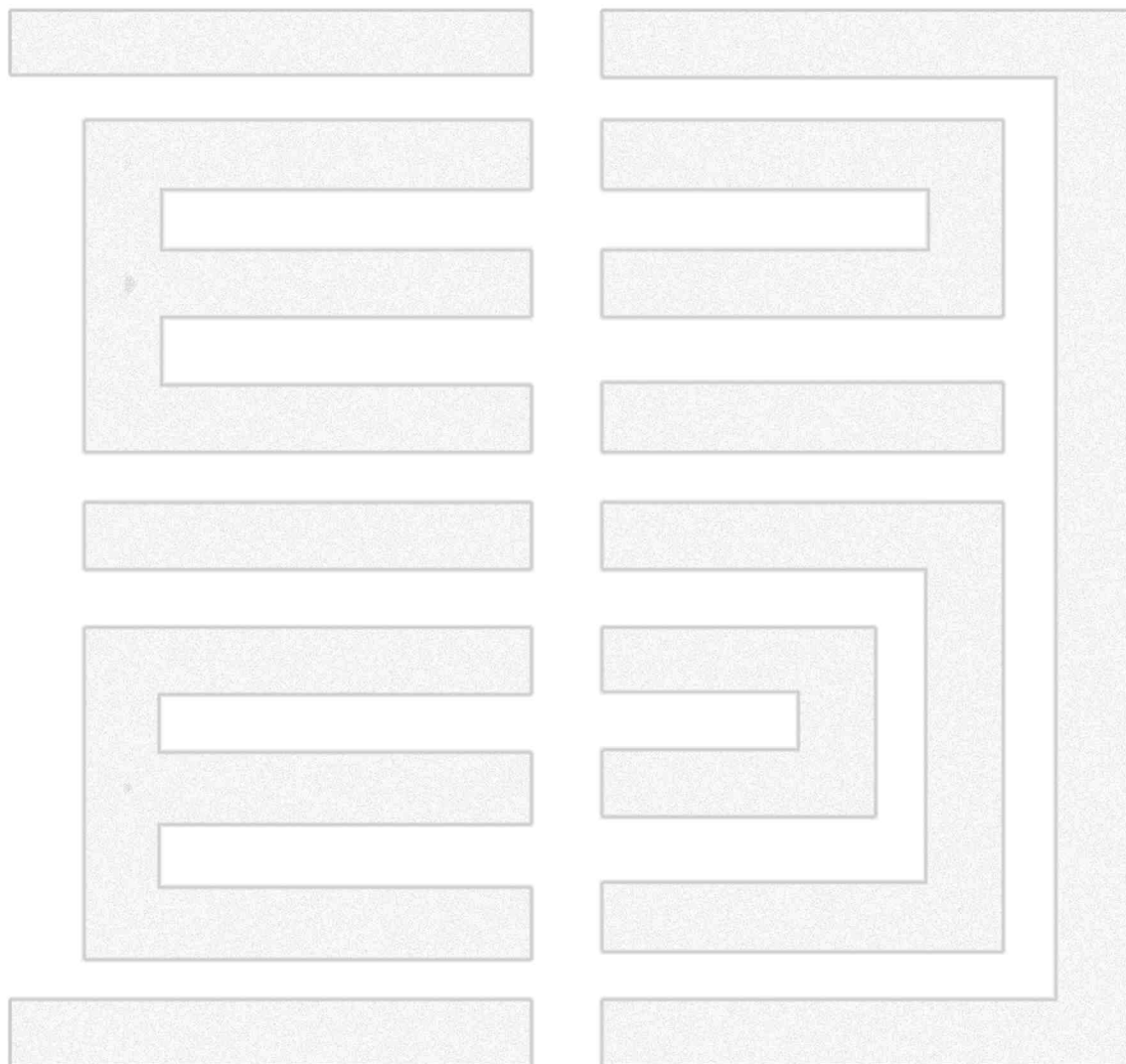
6 公路病害治理工程与技术的生态环境效应的定性研究	60
6.1 水毁治理工程与技术的生态环境效应	60
6.2 盐胀治理工程与技术的生态环境效应	61
6.3 沙害治理工程与技术的生态环境效应	61
7 国道 315 线公路建设生态环境影响减缓措施及对策研究	63
7.1 公路工程生态环境保护措施与对策研究	63
7.2 公路工程建设穿越自然保护区的生态补偿与管理研究	67
7.3 公路工程建设环境行动计划编制	72
参考文献	74
附录 1 315 国道依吞布拉克—若羌段公路改建工程环境行动计划	78
附录 2 315 国道若羌—且末段公路改建工程环境行动计划	98
附录 3 315 国道依吞布拉克—若羌段公路改建工程穿越保护区生态补偿实施方案	114
附表 1 依吞布拉克—且末段路域主要植物名录	117
附表 2 依吞布拉克—若羌段路域脊椎动物分布状况表	120
附表 3 依吞布拉克—若羌段路域保护动物名录及保护等级	125
附表 4 若羌—且末段路域脊椎动物分布状况表	127
附表 5 若羌—且末段路域保护动物名录及保护等级	130
附表 6 依吞布拉克—若羌段植被、土壤、土地利用类型及面积	131
附表 7 若羌—且末段植被、土壤、土地利用类型及面积	136
附表 8-1 桥梁水毁易发点（依吞布拉克—若羌段）	147
附表 8-2 桥梁水毁易发点（若羌—且末段）	147
附表 9 路基水毁易发路段（依吞布拉克—若羌段）	148
附表 10-1 沙害易发路段（依吞布拉克—若羌段）	150
附表 10-2 沙害易发路段（若羌—且末段）	151
附表 11-1 盐渍土分段表（依吞布拉克—若羌段）	154
附表 11-2 盐渍土分段表（若羌—且末段）	155
附图 1 315 国道依吞布拉克—若羌段生态环境区划图	
附图 2 315 国道若羌—且末段生态环境区划图	
附图 3 315 国道依吞布拉克—若羌段水害分布图	
附图 4 315 国道若羌—且末段水害分布图	
附图 5 315 国道依吞布拉克—若羌段沙害分布图	
附图 6 315 国道若羌—且末段沙害分布图	
附图 7 315 国道依吞布拉克—若羌段盐害分布图	
附图 8 315 国道若羌—且末段盐害分布图	

附图 9 315 国道依吞布拉克—若羌段生态风险评价图

附图 10 315 国道若羌—且末段生态风险评价图

附图 11 315 国道依吞布拉克—若羌段植被及野生动物分布图

附图 12 315 国道若羌—且末段植被及野生动物分布图



1 引言

1.1 项目由来与研究意义

随着全球经济联动关系的日益密切, 交通运输作为经济发展的保障在社会发展中起着越来越重要的作用。据有关专家测算, 公路建设与国民经济发展的相关系数是 0.4。也就是说, 每投资 1 元钱进行公路建设, 将拉动国内生产总值 (GDP) 增长 0.4 元。然而由于全球人口的膨胀, 交通问题已成为制约世界各国经济发展的一个“瓶颈”问题, 为缓解交通运输的矛盾, 许多国家开始不断修建和改建公路。近年来, 中国政府也特别重视公路的建设, 中国公路 1980 年总里程为 88.33 万 km, 到 1995 年为 115.7 万 km, 2001 年年末已达到 169.8 万 km (第二次全国公路普查结果), 到 2004 年年底, 中国公路通车总里程达 185.6 万 km, 其中高速公路里程达 3.42 万 km。可见, 近几年的发展速度明显加快。

在景观生态学中, 一般将道路称为廊道 (Corridor), 道路作为一种人工干扰廊道, 是人类活动的主要通道和产物, 它对促进地区社会经济与文化发展起着十分重要的作用。道路的建设以及道路网的形成可改变其周围原有的景观结构, 改变物流、能流及信息流的传输方式或通道。道路建设活动还会给周围地区造成一定程度的生态破坏和环境污染。因此, 研究公路工程的环境影响和道路廊道效应产生的景观变化具有一定的现实意义。

研究区为国道 315 线依吞布拉克一旦末段公路路域, 该路段位于塔克拉玛干沙漠南缘, 阿尔金山区及昆仑山北麓边缘。地理坐标: 北纬 $38^{\circ}21'44''\sim 39^{\circ}01'00''$, 东经 $88^{\circ}13'00''\sim 90^{\circ}11'02''$, 坐落在新疆巴州若羌县、且末县境内。该区域位于内陆腹地, 地形闭塞, 远离海洋, 属暖温带荒漠气候区。由于蒸发强烈, 降水极少, 空气极端干燥, 是世界上同纬度最干旱的地区之一。公路穿越山区, 灾害频发, 生态环境极其脆弱。

本研究为国家西部交通科技项目的研究内容。本研究基于依吞布拉克一旦末段公路所处地域自然环境的特殊性, 从景观生态学的角度, 重点突出公路作为一种廊道, 公路工程作为一种人类开发建设活动, 对其沿线景观区域的环境影响范围以及程度做出定量评价, 并提出相应的环境减缓方案和措施。

目前, 公路工程的环境影响研究较多的是高速公路和城市间道路, 对干旱、半干旱区道路的研究很少, 且从景观生态学的角度, 应用景观生态学的方法研究公路工程环境影响的也较少。本研究在现场调查和遥感信息结合的基础上, 对路域生态环境特征进行了分析, 从景观生态学的角度, 划分了公路沿线景观生态功能区, 并运用层次分析方法, 构建适合于干旱区公路路域环境的风险评价指标体系, 对公路建设的环境影响范围和程度进行定量分析, 是一项新的尝试, 对公路建设环境影响理论与方法研究具有一定的创新意义。研究所提出的公路建设环境影响减缓方案和措施, 特别是自然保护区的环境保

护和生态补偿方案，符合干旱区和新疆实际，对类似公路建设的环境保护及管理具有一定的借鉴作用。

1.2 国内外研究进展

1.2.1 国外的研究进展

国外公路工程的环境影响研究是以环境保护的法律法规为指导的。美国在 1969 年的《国家环境政策法》(National Environmental Policy Act) 中首次确立了环境影响评价制度 (environmental impact assessments)。环境影响评价是监督和减缓工程对环境不利影响、保护环境、达到经济发展和环境保护协调可持续发展的重要手段之一。至今，世界上已有 100 多个国家相继将环境影响评价技术用于环境管理、区域环境规划、城市综合整治、维持生态平衡和新老建设项目的污染防治方面。美国对公路项目环境影响评价和文件编制的指导方针如表 1-1 所示。

表 1-1 美国对公路项目环境影响评价和文件编制的指导方针

由美国联邦公路管理局制定的指导方针，包括处理下列通常遇到的环境影响问题的特定指南：		
• 土地利用	• 农田	• 社会影响
• 居民和公司的重新安置	• 经济影响	• 噪声
• 空气质量	• 水的质量	• 湿地
• 水体改变和野生生物	• 洪水平原	• 沿海区
• 沿海屏障	• 受威胁和遭受危险的物种	
• 有害废物场所	• 可见的影响	
• 能源分析（大规模项目）		

资料来源：DECD 1994。
引自：蔡华辉，《公路工程的环境影响评价及其方法》。^[1]

国外研究公路工程对生物多样性的影响居多。公路对人类生产和生活来说是重要的运输通道，但对生物来说则是危险的障碍。在美国，公路是野生动物最大的杀手。在法国，为了保护蟾蜍和鹿，修建高速公路时，在它们经常出没的地方通过修建隧道和桥梁来保护动物的通过。

公路环境保护工作也在各国开展，以加拿大为例，公路环境保护工作主要有：法律法规及有效执行，公众参与；环境补偿、保护和恢复；公路施工中采取的环保措施。其中，公众参与的作用很大，许多项目往往由于得不到公众的支持而不得不改变原定方案。

1.2.2 国内的研究进展

公路工程对环境的影响研究的一项重要工作就是环境法律法规的制定和完善。中国的环境影响评价制度是在吸收借鉴国外经验的基础上，结合本国的实际情况建立和发展起来的。2003 年 9 月，我国正式实施了《环境影响评价法》。中国交通部自 1986 年起制定并完善了《交通建设项目环境保护管理办法》。同时，为了提高公路建设项目环境影响评

价和环境工程设计质量,统一环境评价标准和设计标准,还相继制定了《公路建设项目环境保护设计规范》《公路建设项目环境影响评价规范》等交通行业建设项目环境政策法规。

公路交通环境方面的著作也有一些涉及公路工程环境影响的。主要有董小林^[2]《公路建设项目的社会环境影响评价》、赵剑强《公路建设与环境保护》^[3]、张玉芬《道路交通环境工程》^[4]等。

近 10 年来,很多学者发表了关于公路工程的环境影响方面的文章。主要可概况为以下几个方面:

(1) 公路工程的生态环境影响

公路工程的生态环境影响是研究工作的重点。万善永等^[5]提出道路建设项目的环境影响评价应把生态部分作为重点。近年来高速公路发展迅速,至 2001 年,我国高速公路总里程已达 1.94 万 km。高速公路的环境影响研究也日益受到关注。程胜高等^[6]以宜昌—黄石高速公路为例进行了高速公路的生态环境影响评价研究,认为高速公路项目的直接生态影响来自施工、保养和过往车辆。袁卫宁等^[7]对高等级公路环境影响的综合评价指标体系、评价范围和评价方法进行讨论。钱亦兵等^[8]提出吐乌大高等级公路建设和运营对生态环境的影响主要表现在四个方面:植被的损坏、某些动物种群栖息地缩小、土壤理化性状的变化和风蚀、对原有人群的生产与生活的干扰等。孙晓静、赵强、申旭辉^[9]、陈芬等^[10]也分别做了公路工程的生态环境影响方面的研究。

一些新的理论和概念也应用到公路生态环境影响研究中。罗澍^[11]运用景观生态学原理对深圳湾滨海道路建设工程中生态环境的损失及生态补偿进行了阐述,指出了道路实施必须充分考虑生态环境损失及相应的生态建设。周华荣^[12]倡导景观生态学理论和方法在公路环境影响研究中的应用,提出道路工程建设景观生态学评价和保护原则及景观生态保护途径。蔡志洲^[13]首次阐述了“路界生态系统”的概念和内容。张红兵^[14]也提出公路建设对生态系统分割形成“生态孤岛”的现象。

(2) 公路工程的景观环境影响

人类的开发活动对景观产生一定的影响。公路工程对景观环境的影响也引起学者的关注。这种公路景观是由公路主体、周围自然环境、沿线建筑及设施及人的活动、气象等变动因素所构成一个总的空间概念,它表示了公路及其环境作为人眼所看到的一种风景的特性。陈雨人^[15]分析了道路景观与环境的研究内容和意义。王红^[16]提出以道路的环境景观的敏感度评价作为道路的景观环境评价和设计的基本依据之一。李树华^[17]认为公路建设对景观的影响表现在:对自然地势起伏和风景地貌的影响;对风景结构和形式的影响;对植物的影响;对文化遗产的影响;水文学方面的影响;对城乡地区的影响。

夏惠荣^[18]从景观生态学角度,将高速公路两翼景观划分为五类:自然景观、半自然景观、农业景观、郊区景观和人工建筑景观;以景观生态学为理论框架,从美学质量、景观阈值、景观敏感度、特殊价值四个方面讨论了高速公路两翼的景观评价方法。

(3) 公路工程的社会环境影响

董小林^[2]根据公路建设项目的特点和沿线具体情况,将城市型和农村型区域评价指标体系用于项目的直接和间接影响区的社会环境影响评价。贺崇明^[19]针对广州市大型交通基础设施工程项目——内环路建成后产生的综合效益和影响进行推断、预测和评价。不

仅仅局限于对交通效果的评价,更从多元的角度尝试对交通与环境的变化引致土地价格和用途的改变、土地利用功能和空间布局的调整,以及对社会经济产生的影响等方面进行探索,分析可能带来的影响,提出防患于未然的政策与措施,最大可能地发挥内环路建设的社会效益。潘海啸^[20]以上海市为例分别研究了距上海市中心的时距对城镇经济方面的影响,高速公路和一般公路对两侧近域城镇影响的比较和高速公路的建设不同时序的影响。

(4) 公路工程环境影响研究的指标体系和方法

指标体系和研究方法也是工程公路的环境影响研究的热点。陈雨人^[21]建立了道路环境影响评价的指标体系,体系由道路声环境、道路大气环境、道路生态环境和道路景观四个方面的指标所构成。刘建军^[22]用系统的观点和统计学的思想,建立了大型公路工程对生态与环境影响的综合评价指标体系。董小林^[2]根据公路建设项目的特点和沿线具体情况,将区域评价指标体系分为城市型和农村型,主要用于项目的直接和间接影响区的社会环境评价。

由于中国公路环境保护研究还处在起步阶段,在公路环境影响评价中,大多采用定性分析的方法,其中综合评价法应用较多。刘增田^[23]、刘珊等^[24]、朱唯等^[25]都运用综合评价法进行公路环境影响评价研究。李胜等^[26, 27]将物元模型和 Fuzzy AHP 应用在道路交通环境影响评价中。师利明等^[28]提出了用植被的生长量、生物量和物种量三种生物学参数来定量分析这些特殊路段的生态环境质量现状及公路建设对生态环境质量影响的方法。结合对公路建设的特点和工程环节的分析,给出了确定水土流失面积的估算公式,从而定量分析公路建设造成的水土流失影响。

计算机技术进入到公路环境影响研究领域,定量化的分析方法也得到运用。李修刚等^[29, 30]提出基于 GIS 的图形叠置法,充分利用了 GIS 系统的叠置分析、缓冲区分析等空间分析功能和处理属性数据的功能来进行道路的环境影响研究。陈斌等^[31]将公路建设环境影响评价系统引入了多级关联灰度评价理论,将公路建设的社会和经济影响作为关联整体进行“能力水平”评价,分析了评价系统所用到的评价模型;利用 Visual C++ 在 Windows 平台上开发了公路建设环境影响评价系统,并给出了应用。李卫国^[32]也提出了一种以地理信息系统(GIS)为工具,进行交通建设项目环境影响后评价的新方法。

由以上分析可以看出:

(1) 国内外对公路环境影响研究做了大量的工作,法律法规体系较为完善。对高速公路和城市道路的环境影响研究较多,内容也涉及生态环境、社会环境、景观环境等多领域,但是对于干旱区严酷环境下公路环境影响研究还不多见。

(2) 公路工程项目与环境因素的关系非常重要,关于这方面的研究国内外都甚为重视,正在迅速发展。评价指标体系、评价策略以及定量计算或定性评价的方法,都是研究的关键,还有许多工作未做。生态环境风险评价作为生态环境质量评价的核心内容,确定符合实际的指标体系十分重要。

(3) 公路建设产生的环境影响是深刻的,要科学、全面地对其进行分析,难度很大,目前对公路的环境影响分析的理论和方法不够完善。GIS 技术和景观生态学的理论和方法在公路环境影响研究中运用得不成熟。野外现场调查与遥感信息分析相结合,为该研究的重要途径之一。

(4) 目前, 已形成了以景观为研究对象的景观科学体系, 其中景观生态学最为活跃。在公路建设研究中, 道路工程的视觉景观和绿化景观的研究为多, 从综合整体的景观概念来研究生态则刚刚开始, 从绿化景观研究拓宽至整体景观生态建设路域, 十分必要。

1.3 主要研究内容及实施方案

1.3.1 研究内容

在实地调查的基础上, 结合资料收集, 应用当代生态学与环境科学理论, 以及 3S 技术, 对国道 315 线生态环境现状进行评价、生态类型划分和工程生态区划, 对国道 315 线工程实施的环境影响进行预测分析, 建立公路路域环境风险指标体系, 定量评价公路建设环境影响的风险范围和程度, 考虑病害治理工程中采用的新技术、新材料和新设备对生态环境的影响效应, 最终提出不同工程生态区不同工程阶段的生态环境保护 and 影响减缓规划及对策方案。

在试验段进行相关的现状和环境影响测试, 对区域生态环境进行遥感解译分析, 提取植被、土壤、水文及水土流失信息, 制作相关的图件。

1.3.2 研究方法

(1) 野外地植物学调查方法

对典型植物群落进行样地调查, 灌木采用 $5\text{ m}\times 5\text{ m}$ 样方, 草本采用 $2\text{ m}\times 2\text{ m}$ 样方, 记录种名、盖度、高度、多度, 以及样地生境特征。

(2) 野外土壤地理学调查方法

对典型土壤类型, 设置土壤剖面, 记录剖面特征, 分层取样, 在实验室分析其理化性质。

(3) GIS 与计算机方法

应用该技术解译卫星影像资料, 编制生态图件, 进行缓冲区分析和面积量算, 建立相关的数据库。

(4) 生态机理分析与专业判断法

分析植被和土壤特征, 结合公路建设特点, 探讨工程对生态环境的影响机制, 包括植被和土壤的敏感度; 通过相关专家的专业判断, 对风险指标权重加以确定, 建立科学合理的评价指标体系。

1.3.3 技术路线与依托工程

本研究技术路线见图 1-1。

本研究依托国道 315 线依吞布拉克—若羌段公路改建工程和若羌—且末段公路改建工程。

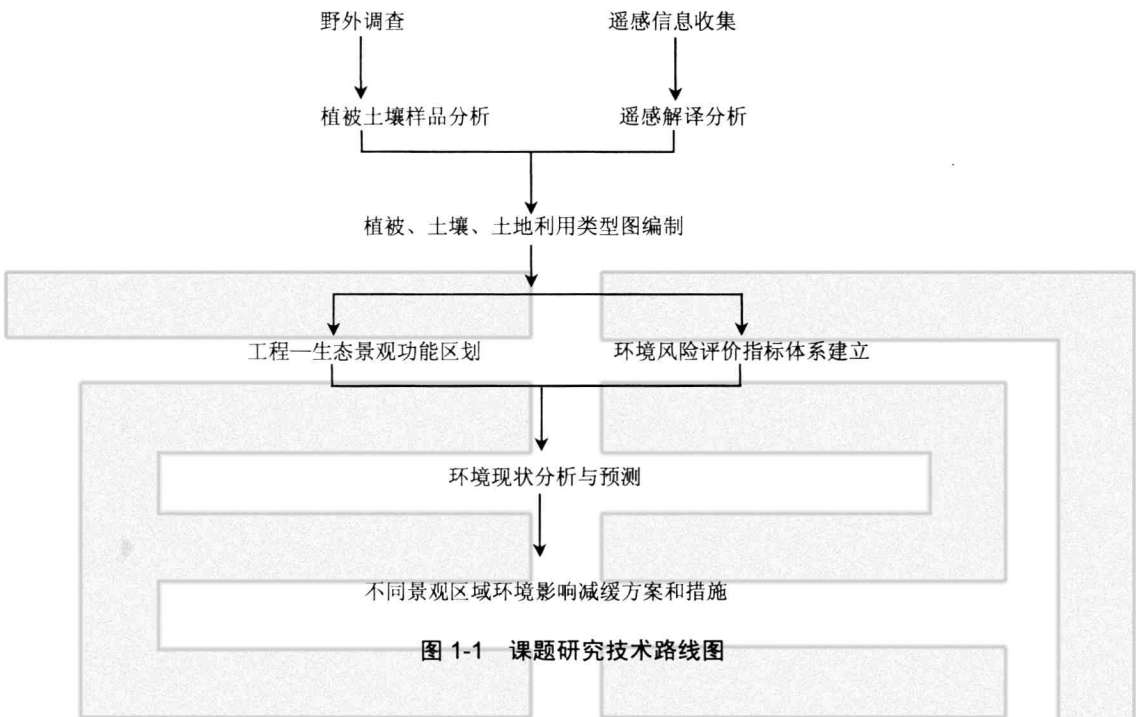


图 1-1 课题研究技术路线图

1.3.4 研究目标

分析路域生态环境特征，进行路域生态景观功能区划，确定生态环境敏感区段，建立路域生态环境风险评价体系，提出各路段不同建设阶段的生态环境保护和管理措施，包括对自然保护区生态补偿及管理方案，使公路建设及运营与生态环境保护相互协调，在生态环境持续发展的基础上，保证公路的畅通与正常运行。

1.4 关键技术

本项目的关键技术包括：野外考察与遥感信息的叠加应用，路域生态环境风险评价指标体系和方法的建立。

本研究应用 GIS 技术，结合现场植物学和土壤地理学调查数据，以及工程调查和测试数据，编制了相关生态图件（包括公路病害与路域环境图）。

本研究建立的公路路域生态风险评价体系，是基于主要环境因子特征，如植被群落状况、土地利用程度和土壤类型及其空间分布和结构等信息与各灾害因子，如水害、沙害和盐碱危害的类型、强度及影响范围等资料和数据建立的。前者借助 GIS 技术对《新疆维吾尔自治区草地资源图，1：100 万》（新疆维吾尔自治区畜牧厅主编，新疆维吾尔自治区测绘局第二测绘大队制图）^[33]、《新疆维吾尔自治区土地利用类型图，1：10 万》（中国科学院新疆生态与地理研究所据 30 m 分辨率的 TM 数据编制）和《新疆维吾尔自治区土壤类型图，1：50 万》（中国科学院新疆生物土壤沙漠研究所编）矢量化处理后，提取而来，并在此基础上进行了野外调查和一定程度的实地验证。本研究的指标选取具有科学性和可操作性，具有一定的创新性，并具有较好的应用前景。

1.5 试验与分析

试验内容主要包括土壤样品的常规理化分析, 卫星信息解析和制图。

1.6 项目研究的经济、社会、环境效益及推广应用前景

本研究依托国道 315 线依吞布拉克—若羌段公路改建工程和若羌—且末段公路改建工程, 与公路可研和设计工作相互配合, 通过大量的野外现场工作, 应用 GIS 技术, 进行路域生态环境区划, 创建干旱区公路路域环境风险评价方法, 符合 315 国道沿线的实际情况, 提出的环境减缓方案和措施, 在公路初步设计和环境影响报告书中加以应用, 达到了预期的研究目标。

1.7 结论与建议

(1) 本研究在现场调查和遥感信息结合的基础上, 对路域生态环境特征进行了分析, 从景观生态学的角度, 划分了公路沿线景观生态功能区, 并运用层次分析方法, 构建适合于干旱区公路路域环境的风险评价指标体系, 对公路建设的环境影响范围和程度进行定量分析, 是一项新的尝试, 对公路建设环境影响理论与方法研究具有一定的创新意义。研究所提出的公路建设环境影响减缓方案和措施, 特别是自然保护区的环境保护和生态补偿方案, 符合干旱区 and 新疆实际, 对类似公路建设的环境保护及管理具有一定的借鉴作用。

(2) 依吞布拉克—若羌—且末区域土壤主要包括山前平原和山地土壤。山地土壤主要有山地棕钙土, 有 2 个亚类, 以淡棕钙土为主, 分布在阿尔金山海拔 2 500~3 500 m 之间的地段。山前平原地带性土壤主要有棕漠土, 非地带性土壤有石质土、风沙土、沼泽土、草甸土、残余盐土、盐土等, 灌淤土是其主要绿洲耕作土壤。

国道 315 线路域在中国植物地理区划中为罗布泊分布区, 属亚非荒漠区、亚洲中部荒漠亚区、新疆东部荒漠省、中央戈壁荒漠省和塔里木荒漠省, 涉及罗布泊、若羌和阿尔金山植被州。分布区内的主要植物区系由 21 科 86 种植物组成, 包括 15 个主要的植物群系。

依吞布拉克—且末路域在动物地理区划中属蒙新区西部荒漠亚区塔里木盆地省的昆仑—阿尔金山北麓平原州和塔克拉玛干沙漠州, 以及古北界—中亚亚界—青藏区与蒙新区的过渡地区。野骆驼及其他大型有蹄类动物的保护问题是建设者在环保领域面临的主要问题。公路建设会对保护区的管理带来方便。但是, 如果设计不合理, 则会对野生双峰驼带来威胁, 特别是对其迁移通道、饮水区、繁殖地等。公路的贯通可能切断或改变其迁徙的途径和习性, 而高速行驶的汽车与人员的涌入, 会打乱或惊扰野骆驼的平静生活。

(3) 根据 315 国道依吞布拉克—且末段沿线的环境特点, 可以分为 3 大流域, 8 个生态景观单元。结合公路建设特点, 环境敏感性分析, 将其分为两大段, 即野骆驼自然

保护区路段（依吞布拉克—若羌段）和沙漠及车尔臣河沿岸路段（若羌—且末段），其中又分出 7 个生态环境敏感区段。

（4）公路建设不可避免地要对沿线的生态环境质量造成影响，特别是占用大量土地，路基工程大量挖填，弃土场、取土场及土石方运输对植被的破坏和对生态环境的影响。本研究中公路—自然生态环境风险评价体系的建立，既不是一般意义上的生态环境稳定性评价，也不是普通的工程风险性诊断，而是将公路工程 and 周围生态环境视为一体，在自然环境类型、敏感性及与公路工程双向作用过程的基础上，进行系统风险性评价，这是生态环境质量评价的重要内容之一，将公路路域生态环境的认识提高到更加综合的层次。研究路段的 8 个景观生态区段，分为 4 个风险级别：风险性最高的一级风险区段为红—米段，其生态环境最脆弱，灾害影响很重（主要是盐害和水害）；二级风险区段有依—巴段，米—若段，若—瓦段、瓦—亚段和亚—塔段，它们虽然同属一个级别，但风险诱因却不尽相同：前三者主要是生态环境较脆弱，后二者则是灾害成分较重（主要是盐、沙害）；三级风险区段有巴—红区段，生态环境较脆弱；风险性最低的四级风险区段是塔—且区段，其生态环境脆弱和灾害因子的危害程度均较低。

（5）本研究按照工程生态区划和景观生态环境风险评价等级，分 3 大工程生态区，提出了具有针对性的生态环境保护措施和对策。路线选线中对环境敏感区（点）的避让，对公路建设来讲，是最大的保护和防治措施与对策。施工期影响，是公路建设项目的重要生态影响中最为直接和明显的。通过研究，提出了施工作业的环境管理和监理、施工范围的限制、恢复途径等。结合依托工程，编制了公路建设的环境行动计划。对穿越自然保护区试验区段，进行了专门的分析，根据相关法规和当地环境保护和自然保护区管理部门的要求，编制了环境保护和补偿方案。

（6）目前的工作着重于路域生态环境现状和施工期的影响分析。然而，公路运营过程中，对生态环境的影响（包括正负影响）是潜在的、长期的和累积的。虽然这种影响的研究需要长期的监测，但其对于公路本身的运行和工程影响下生态环境的长期变化规律的探寻具有重要的理论与实践意义，建议在本研究的基础上进行延续性研究。

2 国道 315 线依吞布拉克—且末段环境现状调查与评价

2.1 地形地貌

研究区域路线起点阿尔金山区的依吞布拉克镇 (K1278), 海拔 3 083 m, 路线终点且末 (K1823), 海拔 1 300 m, 总体地势东、南高, 西、北低。K1278—K1406 段处阿尔金山山区, 阿尔金山山体高度在海拔 2 000~4 000 m, 最高峰海拔 5 000 余 m, 终年积雪, 有冰川分布。山体切割强烈, 比较破碎。山间盆地比较多见、且宽广, 海拔高度一般在 3 000 m 以上。路线翻越阿尔金山亚布卡勒克达坂后, 穿过山间沟壑 (沟谷中沟壑发达, 地形破碎), 进入山麓倾斜平原—平原微丘区。

山麓倾斜平原—平原微丘区段 (K1272—K1528), 沿阿尔金山山体展布, 坡度较缓。地表宽阔冲沟发育, 物质组成主要有漂砾、大卵石、砾石和沙。部分地段经过平沙地; 少部分过境路段穿越绿洲平原区。K1561 处进入若羌县城区, 海拔 895 m。

若羌县地势南高北低, 由西南向东北倾斜, 大致可粗分为南部山区起伏带、中部山前冲积洪积扇平原、北部冲积 (沙漠) 平原及罗布泊洼地四个地貌类型, 山区与洼地相对高差达 4 000 m 以上。

若羌 (K1528)—亚喀托布拉克 (K1654) 段处于昆仑山冲积—洪积砾石质平原区, 地形平坦、无大的起伏。若羌县城和郊区 10 km 为平原绿洲农业区, 本段中间分布有瓦石峡绿洲平原区约 20 km。从 K1654 开始由东向西稍偏南至车尔臣河边缘附近 40 km, 该段起点约 5 km 路线穿越胡杨林和红柳灌木丛, 随后是波形沙地和线状大沙垄沙漠地区。从 K1700 以后, 路线沿车尔臣河绿洲带与沙漠交接边缘的波形沙地或平沙地区域布设, 间或有新月形小沙丘和线状小沙垄出现, 地形基本平坦。路线从 K1765 以后至终点且末县城附近, 进入绿洲农业区, 地形平坦。

终点且末县 (K1822) 南部山峰连绵, 中部地势平坦, 为巨大的山麓洪积平原, 北部为浩瀚沙漠。沿线各路段的具体地形、地貌见表 2-1 和表 2-2。

表 2-1 依吞布拉克—若羌段沿线地形地貌一览表

桩 号	沿线地形地貌	备 注
K1272—K1278	高原微丘荒漠区	
K1278—K1282	高原山岭荒漠区	
K1282—K1298	高原砾石质荒漠区	公路沿高山冲积扇和高原盐湖边缘布设
K1298—K1337	高原砾石质荒漠区	
K1337—K1403	高原山岭荒漠区	路线沿山沟峡谷布设, 地形险恶, 沟壑发达