

高等级公路

环境影响与环境恢复

GAODENGJI GONGLU HUANJING YINGXIANG YU
HUANJING HUIFU

王晓宁 章锡俏 等 编著

中国建筑工业出版社

高等级公路

环境影响与环境恢复

GAODENGJI GONGLU HUANJING YINGXIANG YU
HUANJING HUIFU

王晓宁 章锡俏 等 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

高等级公路环境影响与环境恢复/王晓宁, 章锡俏等编著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2016. 2

ISBN 978-7-112-18810-9

I. ①高… II. ①王…②章… III. ①高速公路-环境影响-研究-中国②一级公路-环境影响-研究-中国③高速公路-路侧地带-生态恢复-研究-中国④一级公路-路侧地带-生态恢复-研究-中国 IV. ①U412.36②U418.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 293429 号

本书针对我国高等级公路建设和运营中产生的生态破坏和环境污染, 阐述公路建设运营对环境的影响和破坏, 总结目前国内外常用的环境影响预测方法, 提出对公路设计方案进行环境影响评价的方法, 归纳进行生态恢复和环境污染治理常用的工程技术方法, 在此基础上, 给出环境恢复成本的计算方法。本书力求从读者使用角度出发, 使之能够满足广大科研人员和工程技术人员的需求和使用要求。

* * *

责任编辑: 石枫华 兰丽婷

责任设计: 董建平

责任校对: 陈晶晶 关 健

高等级公路环境影响与环境恢复

王晓宁 章锡俏 等 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京科地亚盟排版公司制版

北京云浩印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 8 $\frac{3}{4}$ 字数: 240 千字

2016 年 6 月第一版 2016 年 6 月第一次印刷

定价: 45.00 元

ISBN 978-7-112-18810-9

(27982)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前 言

目前,我国公路仍处于高速建设期,由于高等级公路具有里程长、路基宽、交通流量大等特点,其建设必然对沿线的生态环境产生影响和破坏,在公路运营以后,形成了线形带状污染。为了定量评估环境影响,处理好生态恢复与公路建设运营的关系,将环境影响和污染降至最低,众多专家、学者、建设者从公路建设运营对环境的影响、环境影响预测、环境影响评价、环境保护措施等方面开展了大量研究和实践。在科研人员和工程技术人员的工作中,急需对这些成果进行汇总、分析、提炼,为我国高等级公路环境影响及恢复研究和实践提供支持。

本书在介绍常用基本理论和方法的前提下,注重实用性和可操作性。对公路环境影响的分析注重与工程实际的结合,针对公路施工和运营的各个环节进行分析;对预测方法和环境恢复技术,除了介绍常用方法外,还将对目前已有应用的新方法、新措施进行介绍,尤其要反映国外先进的环保理念和工程技术措施;对环境影响定量评价,针对公路设计方案,提出了可操作性强的评价指标和评价方法;对环境恢复成本计算,除介绍环境经济学的基本方法外,更注重从道路交通实际出发,强调对现有理论方法的补充和应用。通过参考该书,使读者既可以了解公路环境影响分析、预测、评价和生态恢复的基本方法,又可以了解国内外一些新的做法,满足解决道路交通环境问题的需要。

完成本书编写的主要有哈尔滨工业大学的王晓宁副教授(负责编写第1、2、4章)、王健教授(负责编写第3章)、章锡俏博士(负责编写第5、6章)。蔡瑞卿、曹阳、吴志涛、付亚君、李换平、张宏智、雷骏飞、金英群、许超等参与了文献资料收集、整理和文字录入工作。

此外,感谢书中内容涉及的所有专家、学者,正是他们的研究成果才使本书力求做到全面、系统、丰富。本书的编写,查阅、选编了网络上的一些新闻、报道,因时间关系,没有在参考文献中一一列出,敬请相关作者予以支持理解,在此深表感谢。特别感谢广东省交通运输厅和中国建筑工业出版社对本书出版的大力支持!由于编者学识和水平有限,书中不妥之处,敬请批评指正。

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 高等级公路的定义与对环境的影响	1
1.2 公路环境影响范围	2
1.3 我国高速公路建设概况	6
1.4 我国高速公路环境影响及恢复概况	8
1.5 国外高速公路环境影响及恢复概况	10
1.6 国内外道路交通建设生态保护与恢复标准现状	16
第 2 章 高速公路环境影响分析	18
2.1 公路建设运营的主要阶段及工程活动	18
2.2 公路环境影响的主要表现	20
2.3 施工期环境影响分析	22
2.4 营运期环境影响分析	24
第 3 章 高速公路设计方案环境影响评价	27
3.1 环境影响评价的基本知识	27
3.2 环境影响评价指标选择	30
3.3 高速公路设计方案环境影响评价模型	34
3.4 案例分析	36
第 4 章 高速公路生态恢复技术	73
4.1 生态恢复的一般规定与要求	73
4.2 边坡恢复技术	74
4.3 土地复垦技术	82
4.4 路域景观恢复技术	83
4.5 山区高速公路路基工程的生态恢复	86
4.6 山区高速公路桥涵工程的生态恢复	86
4.7 山区高速公路取弃土场的生态恢复	87
第 5 章 高速公路环境污染控制技术	88
5.1 交通噪声控制	88
5.2 交通空气污染控制	94
5.3 公路交通水污染控制	97
5.4 水土流失控制	100

第 6 章 高速公路环境恢复成本计算	105
6.1 概述	105
6.2 环境成本构成分析	106
6.3 生态环境保护及恢复成本计算	107
6.4 环境污染治理成本计算	109
6.5 案例分析	112
附录 A 高速公路速度-流量模型	116
A.1 现有速度-流量模型适用性分析	116
A.2 模型建立框架	117
A.3 速度-流量调查数据挖掘	117
A.4 速度-流量模型建立	120
A.5 基本路段各车道各车型速度确定	121
附录 B 高速公路交通噪声预测模型	122
B.1 现有噪声预测模型分析	122
B.2 路肩处等效声源源强模型推导	123
B.3 单车在路肩处辐射最大声压级模型建立	125
B.4 交通流数据分析处理	125
B.5 源强模型系统误差修正	128
B.6 交通噪声预测模型建立	130
参考文献	132

第 1 章 绪 论

1.1 高等级公路的定义与对环境的影响

公路等级是根据公路的使用任务、功能和流量进行划分的，中国大陆将公路划分为高速公路、一级公路、二级公路、三级公路、四级公路 5 个等级。

高速公路的年平均日设计交通量宜在 15000 辆小客车以上。

(1) 高速公路专供汽车分向、分车道行驶并全部控制出入的多车道公路。

四车道高速公路应能适应将各种汽车折合成小客车的年平均日交通量 25000~55000 辆；六车道高速公路应能适应将各种汽车折合成小客车的年平均日交通量 45000~80000 辆；八车道高速公路应能适应将各种汽车折合成小客车的年平均日交通量 60000~100000 辆。

(2) 一级公路：供汽车分向、分车道行驶，并可根据需要控制出入的多车道公路。

一级公路的年平均日交通量宜在 15000 辆小客车以上。

四车道一级公路应能适应将各种汽车折合成小客车的年平均日交通量 15000~30000 辆；六车道一级公路应能适应将各种汽车折合成小客车的年平均日交通量 25000~55000 辆。

(3) 二级公路：供汽车行驶，可采取减少干扰措施的双车道公路。

双车道二级公路应能适应将各种汽车折合成小客车的年平均日交通量 5000~15000 辆。

(4) 三级公路：供汽车、非汽车交通混合行驶的双车道公路。

双车道三级公路应能适应将各种汽车折合成小客车的年平均日交通量 2000~6000 辆。

(5) 四级公路：供汽车、非汽车交通混合行驶的双车道或单车道公路。

双车道四级公路应能适应将各种汽车折合成小客车的年平均日交通量 2000 辆以下。单车道四级公路应能适应将各种汽车折合成小客车的年平均日交通量 400 辆以下。

公路使用年限：高速公路和一级公路为 20 年；二级公路为 15 年；三级公路

为10年；四级公路一般为10年。

公路等级的选用根据公路网的规划，按照公路的使用任务、功能和远景交通量综合确定；同一条公路，可根据交通量等情况分段采用不同的车道数或不同的公路等级。在中国大陆境内，二级以上的公路就称为高等级公路，即高等级公路不仅是我们平时所说的高速公路，还包括一级公路。高等级公路建设标准高、用地范围大、对生态环境的破坏较大，产生的环境影响较低等级公路更为突出。

高等级公路由于其造价高，线形指标高，尽管采用多种避让措施以减少对原有生态环境的影响，但是在选线和施工过程中仍不可避免地沿线的生态和植被产生破坏，留下许多裸露的边坡，或是高大陡峭、缺土少肥的路堑边坡，或是贫瘠干旱的路堤边坡，或是路边回填的平台地段。这些边坡普遍存在冲刷侵蚀、水土流失和浅层局部滑坡现象，边坡植被在3~5年或者更长的时间内都难以恢复，所以，如果不及及时进行适当防护和植被恢复，将会导致崩塌、滑坡等地质灾害，中断交通，影响高等级公路的正常使用，同时对环境产生极大破坏。

1.2 公路环境影响范围

1.2.1 公路用地范围

在我国《公路工程技术标准》(JTG B01—2014)中，对公路用地范围规定如下：

(1) 公路用地范围为公路路堤两侧排水沟外边缘（无排水沟时为路堤或护坡道坡脚）以外，或路堑坡顶截水沟外边缘（无截水沟为坡顶）以外不小于1m范围内的土地；在有条件的地段，高等级公路、一级公路不小于3m，二级公路不小于2m范围内的土地为公路用地范围。

关于路堤和路堑需要说明：当路基面低于天然地面时，路基以开挖方式构成，这种路基为路堑（见图1-1）；当路基面高于天然地面时，路基以填方方式构成，这种路基为路堤（见图1-2）。简单来说，高出地面可以行车、行人的叫路堤；低于地面的，一般有一定宽度的，也可以行车、行人的叫路堑。

上面是典型的路堤与路堑形式，以此为基础，其他常用的路基断面形式见图1-3。

(2) 在风沙、雪害滑坡、泥石流等不良地质地带设置防护设施时，应根据实际需要确定用地范围。

(3) 桥梁、隧道、互通式立体交叉、分离式立体交叉、平面交叉、安全设施、服务设施、管理设施、绿化以及其他线外工程等用地，应根据实际需要确定用地范围。

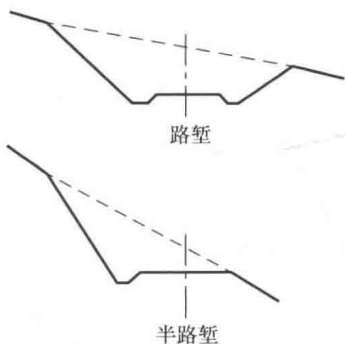


图 1-1 路堑

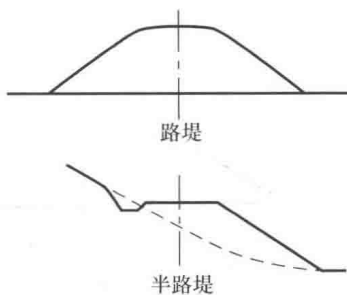


图 1-2 路堤

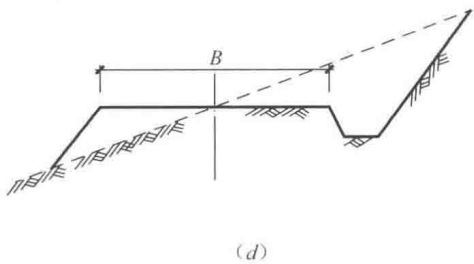
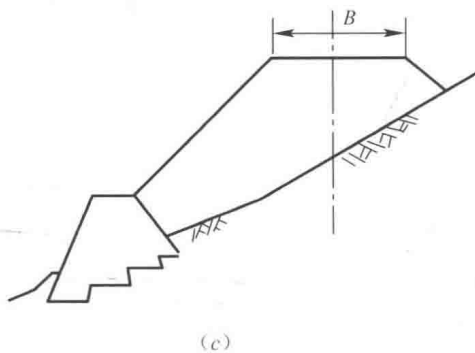
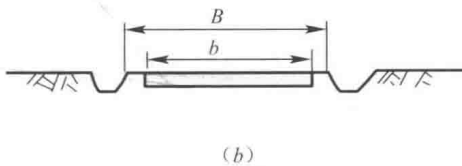
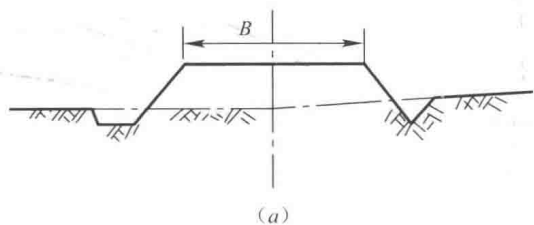


图 1-3 路基断面形式

(a) 矮路堤路基；(b) 不填不挖路基；(c) 斜坡面上的路基；(d) 半堤半堑路基

B —路基宽度； b —行车宽度

1.2.2 公路环境影响评价范围

在我国《公路建设项目环境影响评价规范》(JTG B03—2006)中，对公路环境影响评价范围规定如下：

生态环境影响评价三级评价范围为公路用地界外不小于 100m；二级评价范围为公路用地界外不小于 200m；一级评价范围为公路用地界外不小于 300m。

当项目建设区域外有高陡山坡、峭壁、河流等形成的天然隔离地貌时，评价

范围取这些隔离地物为界。

省级及省级以上自然保护区的实验区划定边界距公路中心线不足 5km 者,宜将其纳入生态环境现状调查范围,并根据调查结果确定具体评价范围。

对于受工程建设直接影响的原生、次生林地,应以其植物群落的完整性为基准确定评价范围。

上述规定提到的评价等级是指需要编制环境影响评价和各专题工作深度的划分。各单项环境影响评价划分为三个工作等级,一级评价最详细,二级次之,三级较简略。本书主要探讨高等级公路的环境影响与环境恢复问题,即讨论高速公路和一级公路的环境影响与环境恢复问题,又因为高速公路和一级公路的建设标准高、工程量大、资源使用量大,所以通常执行的是一级评价。

声环境影响评价范围:路中心线两侧各 200m。

地表水环境影响评价范围应符合的要求:路中心线两侧各 200m 范围内;路线跨越水体时,扩大为路中心线上游 100m、下游 1000m 范围内。

当建设项目污水直接排入城市排水管网时,评价点应为建设项目污水排入城市排水管网的接纳处。

当项目排污接纳水体为开放性地表水水域(含灌溉渠道)时,评价范围应为建设项目排污口至下游 100m。

当项目排污的接纳水体为小型封闭性水域时,评价范围为整个水域。

在公路环境影响评价范围内,要特别注意环境敏感区和环境敏感点,高等级公路建设运营对环境敏感区和环境敏感点的影响要格外关注。

1.2.3 环境敏感区

《中华人民共和国环境保护法》规定:各级人民政府对具有代表性的各种类型的自然生态系统区域,珍稀、濒危的野生动植物自然分布区域,重要的水源涵养区域,具有重大科学文化价值的地质构造、著名溶洞和化石分布区、冰川、火山、温泉等自然遗迹,以及人文遗迹、古树名木,应当采取措施加以保护,严禁破坏。

根据《建设项目环境保护分类管理名录》,环境敏感区主要是指具有下列特征区域:

(1) 需特殊保护地区:国家法律、法规、行政规章及规划确定或经县级以上人民政府批准的需要特殊保护的地区,如饮用水水源保护区、自然保护区、风景名胜區、生态功能保护区、基本农田保护区、水土流失重点防治区、森林公园、地质公园、世界遗产地、国家重点文物保护单位、历史文化保护地等。

(2) 生态敏感与脆弱区:沙尘暴源区、荒漠中的绿洲、严重缺水地区、珍稀

动植物生长地区或特殊生态系统、天然林、热带雨林、红树林、珊瑚礁、鱼虾产卵场、重要湿地和天然渔场等。

(3) 社会关注区：人口密集区、文教区、党政机关集中的办公地点、疗养地、医院等，以及具有历史、文化、科学、民族意义的保护地等。

除了上述环境敏感区外，还应注意评价范围内及紧邻区域内是否有以下一些环境敏感因素：

(1) 物质文化资源：具有考古学、古生物学、历史学、建筑学、宗教、美学，或其他文化重要性的可动或不可动的物体、场址、结构（群）、自然特征和景观等。

(2) 国际水道：作为两国或多国之间边界的任何河流、运河、湖泊或构成两国或多国间边界的类似水体，或流经两国或多国的任何河流或地表水体及其任何支流或其他地表水体，以及被两国或多国围绕的任何河湾、海湾、海峡或水道，或者位于一国内，但作为连接公海和其他国家的必要交通水道，以及任何流入此类水体的河流。

(3) 自然栖息地：生态系统的生物群落和由当地动植物物种构成的陆地和水域环境，以及主要生态功能基本上未受人类活动改变的陆地和水域环境。例如：现有的各类自然保护区及各级政府正式提出要加以保护的地区（严格的自然保护区/莽原野生区、为科研或野生保护设立的保护区、国家公园、自然遗址、栖息地/物种管理区、受到保护的陆地景观/海洋景观、受到管制的资源保护区等），国际组织和国内环境保护主管部门认可的权威机构编制的自然栖息地名录上列出的场所。这类场所可包括当地已经明确确认的场所（如森林）、已知非常适合生物多样性保护的地区，以及对于稀有、脆弱、喜徙或者濒危的物种至关重要的场所。

1.2.4 环境敏感点

环境敏感点是针对具体目标而言的，通常分为声环境、环境空气、生态环境、水环境、社会环境等各类环境敏感点。

(1) 声环境敏感点是指：学校教室、医院病房、疗养院、城乡居民点和有特殊要求的地方。

(2) 环境空气敏感点是指：省级以上政府部门批准的自然保护区、风景名胜区、人文遗迹以及学校、医院、疗养院、城乡居民点和有特殊要求的地区。

(3) 生态环境敏感点主要是指：各类自然保护区、森林公园以及成片林地与草原等。

(4) 水环境敏感点主要是指：河流源头、饮用水源、城镇居民集中饮水取水

点、瀑布上游、温泉地区、养殖水体等。

(5) 社会环境敏感点主要是指：重要的农田水利设施、规模大的拆迁点、文物、遗址保护点等。

根据《公路建设项目环境影响评价规范》(JTG B03—2006)，环境敏感点通常指被公路穿过或临近公路的环境敏感区。它是公路项目特有的对环境敏感区的一种称呼，实际上是环境敏感区相对路线很长的公路而言的一种提法。环境敏感点的性质和范围根据评价的环境要素不同而相应改变，因此，又可分为噪声敏感点、生态敏感点等。

环境敏感路段通常指穿过或临近环境敏感区的公路路段，其长度一般对应于环境敏感点的大小，它也是公路项目特有的名词术语。与环境敏感点相似，环境敏感路段也可分为噪声敏感路段和生态敏感路段等。在公路环境评价中，经常把环境敏感点与环境敏感路段对应使用。

1.2.5 各类环境敏感点的绕避距离

各类环境敏感点的绕避距离如下：

(1) 公路中心线距声环境敏感点的距离应大于 100m，其中距学校教室、医院病房、疗养院宜大于 200m。

(2) 公路中心线位距环境空气敏感点的距离，当执行环境空气一级标准时，应大于 100m。沥青混合料及灰土搅拌站的厂址应设立在环境空气敏感点主导风向的下风向一侧，且距离不宜小于 300m。

(3) 公路中心线位距生态环境敏感点（针对省级以上自然保护区而言）边缘的距离不宜小于 100m。

(4) 公路中心线位距《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002) 为Ⅰ～Ⅲ类水质的水源地应大于 100m。当路基边缘距饮用水体小于 100m 时，距养殖水体小于 20m 时，应采取隔离防护措施。

(5) 桥位轴线距自来水厂取水口上游应大于 1000m，距下游应不小于 100m。

1.3 我国高速公路建设概况

作为一种集约型高效利用土地资源新型现代交通运输手段，全立交、全封闭、双向隔离行驶的高速公路，每车道的通过能力比普通公路提高约 5 倍，运输能力可提高两倍以上，是我国运营里程和运输量增长最快的交通设施之一。

改革开放 30 年以来，特别是近 15 年，中国高速公路的发展直接改变了中国

国内的交通状况。从1988年中国开通第一条高速公路（沪嘉高速）开始，截至2014年年底，中国高速公路通车总里程突破11万km，通车总里程已居世界第一位。

20世纪80年代末，大多数交通干线和城市出入口交通严重堵塞。但短短十几年时间，中国高速公路实现了跨越式发展：1990年世界第19位，1994年第8位，1996年第7位，1998年第6位，1999年第3位，2001年第2位。

1984年，全长375km的沈（阳）—大（连）“汽车专用公路”，后被正名的“高速公路”，艰难迈出了探索性的第一步。紧接着，沪嘉、西临、广佛等高速公路也相继开通。

1992年，经过5年认真细致的调查研究和科学论证，一部沟通全国经济血脉的“五纵七横”国道主干线规划终于浮出水面。这12条主干线采用高速公路技术标准，为持续30年的3.5万km路网建设的有序推进，奠定了基础。

总规模3.5万km，拥有76%的高速公路占有率的“五纵七横”国道主干线，在积累了宝贵经验的同时，也开始难以满足新时期全面建设小康社会的需要了。交通部于2001年启动编制《国家高速公路网规划》，该规划在2004年12月17日经国务院审议通过，为我国未来高速公路发展明确了方向和目标。

规划确定的国家高速公路网采用放射线与纵横网格相结合的布局形态，构成由中心城市向外放射以及横连东西、纵贯南北的公路交通大通道，包括7条首都放射线、9条南北纵向线和18条东西横向线，可以简称为“7918网”，总规模大约为8.5万km。

7条首都放射线是：北京—上海、北京—台北、北京—港澳、北京—昆明、北京—拉萨、北京—乌鲁木齐、北京—哈尔滨。南北纵线包括沈阳—海口、长春—深圳、重庆—昆明等。东西横线包括青岛—银川、连云港—霍尔果斯、上海—成都、广州—昆明等。

国家高速公路网规划建成后，可以形成“首都连接省会、省会彼此相通、连接主要地市、覆盖重要县市”的高速公路网络。这个网络能够覆盖10多亿人口，直接服务区域GDP占全国总量的85%以上；实现东部地区平均30分钟、中部地区平均1小时、西部地区平均2小时抵达高速公路，客货运输的机动性将有显著提升。

据交通运输部发布的《2014年交通运输行业发展统计公报》，2014年末全国公路总里程达446.39万km。全国高速公路里程达11.19万km，已完成交通运输部“十二五”规划提出的到2015年高速公路通车总里程达到10.8万km的目标。

1.4 我国高速公路环境影响及恢复概况

1.4.1 环境影响

高速公路的建设发展在大大提高了我国公路网整体技术水平的同时也优化了交通运输结构,并对缓解交通运输的“瓶颈”制约发挥了不可代替的作用,有力地促进了我国经济和社会的发展和进步。但高速公路交通快速的发展也带来了日益严重的环境问题。主要表现为水土流失等生态环境问题,公路噪声、水质污染、汽车废气等环境质量问题及社会环境影响等问题。按照我国《公路建设项目环境影响评价规范》(JTGB03—2006),环境影响主要包括:社会环境影响、生态环境影响、水土保持、声环境影响、景观影响、地表水环境影响、环境空气影响、事故污染风险分析。

2010年中华人民共和国交通部颁布了《公路环境保护设计规范》(JTGB04—2010),其中确定了公路建设项目环境保护设计标准、原则、内容和方法。该规范在关于生态环境的保护中提出:公路环境保护设计所称的生态环境是指公路中心线两侧各200m范围内的自然保护区、水源保护地、森林、草原、湿地和野生生物及其栖息地等。公路应绕避生态环境中所列的保护对象。公路对生态环境中的保护对象产生干扰时,应结合受保护对象的特性提出保护方案,将不利影响减少到最低的限度。有条件时,宜进行环境补偿。

1.4.2 环境恢复

中国高速公路生态恢复技术起步于20世纪90年代。1996年,云南省昆曲高速公路全线路堤、路堑、中央分隔带和立交区等全面采取绿化防护措施,首次采用瑞士湿法喷播技术进行大规模的植被种植,为中国公路生态恢复起到积极带头作用。由于中国地域辽阔,南北气候及地质、土壤、植被的差异很大,再加上高速公路的特殊性,因此,各地高速公路修建根据自身的条件采取因地制宜的生态恢复技术和管理措施,获得了卓有成效的生态效益。

随着公路建设的快速发展,我国逐步建立了公路交通环境保护的制度和体系。1987年原交通部颁发了《交通建设项目环境保护管理办法(试行)》,要求在公路新建和改建过程中实施公路标准化美化工程(GBM工程),标志着我国公路行业环境保护工作进入法制管理阶段;20世纪90年代初,针对建设项目施工阶段的生态环境影响和环境污染问题,环保专家提出了开展建设项目施工期环境监理工作的建议。为了有效地控制施工阶段的环境污染和对生态环境

的影响,2002年10月,国家环保总局会同铁道、交通、水利等有关部门联合下发了《关于在重点建设项目中开展工程环境监理试点的通知》(环发[2002]141号),在全国范围内确定了13个重点建设项目作为工程环境监理的试点工程,其中公路工程有三个,即上瑞国道(贵州境)三穗至凯里段、上瑞国道(湖南境)邵阳至怀化段和青银线银川至古窑子段。2003年5月,交通部颁布了《交通建设项目环境保护管理办法》,有效地促进和保证了公路环境管理。2004年,根据工程环境监理试点工作所取得的经验,交通部发出了《关于开展交通工程环境监理工作的通知》(交环发[2004]314号),决定在交通行业内开展工程环境监理工作,并作为工程监理的重要组成部分,纳入工程监理管理体系中。

在青藏公路整治改建工程中,较好地解决了工程建设与环境保护的协调统一问题。主要监理内容有:工程是否根据环境影响评价报告书的要求设置动物通道,并设置了明显的警示标志;对环保不符合要求的取弃土场是否坚决予以取消或重新选址;对沿线植物、荒漠化、野生动物、水环境、固体废弃物、沿线景观进行跟踪监测并加以保护等。

同时,国内众多学者针对生态恢复理论及技术进行了相关研究。例如:刘龙2005年发表的“平西高速公路生态恢复适用技术研究”,针对西宁生态环境比较脆弱的地区,从平西高速公路的路域特点出发,通过对气候、土壤和高速公路特点的分析,参考当地植物演化方向,从两个方面研究生态恢复适用技术,一是从植物本身特性出发,通过多种植物的有效组合,以适应当地的土壤和气候条件;二是通过不同的建植方法,改善土壤和小气候条件,以促进植物群落的正常发育。顾卫等2006年发表的“厚层基质喷附技术在半干旱地区高速公路生态恢复与重建中的应用研究”,针对厚层基质喷附技术能在土质边坡、石质土边坡和岩石边坡等坡面上形成植物生长发育所需的有一定厚度的有机质层的特性,总结了自2003年以来在我国西部半干旱地区高速公路应用厚层基质喷附技术进行边坡生态恢复与重建的经验,并对植物物种选取、施工方法、养护方法等进行了探讨。樊鸿章等2007年发表的“秦巴山区高速公路生态恢复规划设计研究”,通过勉宁高速公路路域生态恢复规划设计及施工实践,总结出秦巴山区同类型高速公路路域生态恢复如何正确选择植物种类,合理搭配植物,采取相应的生态恢复技术措施设计施工。李天2008年发表的“广东渝湛高速公路生态恢复与景观设计”提出因地制宜选择合理、经济、美观的生态恢复措施,确保高速公路生态效果和行驶安全,从而达到改善高速公路行驶条件、有效防止水土流失、美化公路环境的目的。

由于在观念、技术和建设规模上的差距,生态恢复主要采用传统的设计习

惯,多采用工程防护。这类防护方式材料简单,在技术落后的年代还是行之有效的,但随着现代人们环保意识的加强,越来越凸现出与长远利益相冲突的负面影响。具体来讲,单纯的工程防护治理措施存在一定的问题,主要有以下几个方面:

- (1) 地貌破坏,植被难以恢复,造成了大量的水土流失。
- (2) 多采用刚性防护,边坡长期稳定性降低。
- (3) 大量石料的采用,成本较高。
- (4) 路容外观较差,吸收噪声性能差。

1.5 国外高速公路环境影响及恢复概况

1.5.1 环境影响

公路建设对自然环境造成的不利影响,早已经引起世界各国的广泛关注。20世纪70年代,德国的汉斯洛伦茨博士率先提出了人与自然环境密切相关的道路设计方法,力求使设计出的公路既具有快速、安全行驶的优美线形以及良好的行驶环境,又包括保护景观与野生动物、防止噪声等措施。

世界各国极其重视公路对环境的影响问题,世界道路协会为此设置了专门的技术委员会,其研究核心是建立公路环境影响评价方法,为公路规划、设计及管理提供一个环境要求的规范。现在,在高速公路的规划、设计、施工和营运、管理等环节中,世界各国也越来越重视高速公路沿线的水土保持、绿化、污染治理等生态环境保护措施,在高速公路的设计、施工、运行、管理的各个过程以不同形式加强生态环境影响的预防和保护。

20世纪90年代后期开始,一些专家在以前道路建设对小型哺乳动物和鸟类造成的影响研究的基础上,将范围扩展到道路对动物区系生态行为及生存环境的影响。此后,相关研究大量出现。他们认为道路网络为人类社会带来巨大效益的同时,对自然景观和生态系统的分割、干扰、破坏、污染等负面影响也在不断扩大,这种影响至少涉及全球陆地的15%~20%。还提出道路建设对生态环境的影响研究应主要包括:(1)对生物种群和生物栖息环境的影响研究;(2)对地质、地貌、水文、土壤、小气候等物理环境的影响研究;(3)道路和车辆产生的道路污染的研究。同时指出,由于道路广泛而迅速地延伸,密度和交通量不断增加,其对自然环境的影响范围越来越大,因此道路对环境影响的研究已经成为一个十分重要的前沿领域。

1.5.2 环境恢复

美国等发达国家从 20 世纪 30~40 年代就意识到了保护生态平衡的重要性,开始在公路边坡开展植被恢复工作。例如: Moorish R. H. 和 Harrison C. M. 早在 1943 年和 1944 年就进行了公路两侧草皮种植的试验,通过不同播种时间、不同草种及草种组合的小区试验来探讨建立草皮的方法。1950 年代后,随着公路的大量兴建,公路建设对环境的影响越来越受到社会的关注,为此美国制定法律要求新建公路必须进行绿化。机械化施工的喷播技术应运而生,1953 年 Finn 公司首先开发出了喷播机。从 60 年代开始,美、德、法等发达国家开始大规模修建高速公路,喷播技术等绿化新技术在稳定边坡、防止土壤侵蚀和恢复植被等方面得到了广泛应用。日本提出了功能栽植的概念,对于公路绿化起到了重要作用。20 世纪 70~80 年代,由于公路植被的大量建植,如何管理和养护这些植被成为重要课题,许多人对化学除草剂和生长抑制剂进行了研究。

现在,发达国家非常重视生态环境的保护,由于这些国家高速公路建设的时间较早,他们很早就已经将生态保护和生态恢复措施纳入高速公路建设中,并且为此进行了长期的研究与实践,基本上实现了全路段的绿化,有效地实施了生态恢复。随着公路的大量兴建对环境造成的危害,美、澳、英等国家政府通过法律手段强制干预,要求新修建的公路在规划设计阶段尽量保留原生景观,在施工阶段必须采取植被恢复措施。同时,体现在固坡、护坡、防止水土流失及景观恢复等方面的各种公路生态恢复新兴技术及相关研究应运而生。

1.5.2.1 德国

1992 年巴西里约热内卢国际环境会议明确了可持续发展是 21 世纪人类环境的目标。德国政府在环境政策方面,为了实现可持续发展的现代化,道路施工阶段路线建设部门与自然保护部门之间密切合作,将下列环境问题作为重点来考虑:

- (1) 地球气候的稳定(尤其是对 CO_2 、 NO_x 、FCKW 等温室气体的抑制)。
- (2) 自然平衡的保护(尤其是对土壤、水、大气、植物、动物的保护)。
- (3) 自然资源的节省(减少化石燃料的消耗以及原材料的循环利用)。
- (4) 人类健康的维持(大气和水体的净化、交通噪声的抑制、绿色食品)。
- (5) 用最小的环境代价促进经济的发展。

按照欧洲的基本方针,德国的道路设计者必须对伴随道路建设所产生的负面影响加以预测、评价,尽可能回避或者必须采取补偿措施。对环境影响较大的道路建设,按照 1985 年欧洲颁布的条例,必须进行环境评价。设计者应事先对规划的道路建设可能对人类、植物、动物、土壤、水体、空气、气候以及景观等进