

Shanqu Gonglu Dizhi Binghai Jili yu Jishu Duice

山区公路地质灾害机理与 技术对策

柏松平 杨世瑜 苏生瑞 编著



人民交通出版社
China Communications Press

Shanqu Gonglu Dizhi Binghai Jili yu Jishu Duice

山区公路地质病害机理与 技术对策

柏松平 杨世瑜 苏生瑞 编著



人民交通出版社
China Communications Press

内 容 提 要

本书主要介绍山区公路复杂地质环境下的公路地质病害诱发机理及其技术对策。本书共分为7章,主要包括:山区公路建设中的地质环境问题,公路建设的复杂地质环境条件,复杂地质环境公路地质病害类型及其展布特征,复杂地质环境公路地质病害致灾因素,复杂地质环境公路地质病害诱发机理,复杂地质环境的公路地质病害防治工程技术,复杂地质环境下公路地质病害的对策模式等。

本书可供公路勘察、设计、施工、监理等工程管理和技术人员参考,也可作为相关专业师生学习的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

山区公路地质病害机理与技术对策/柏松平等著. —北京:人民交通出版社,2010.1

ISBN 978-7-114-08215-3

I. 山… II. 柏… III. 山区道路-病害-研究 IV. U418.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 014144 号

书 名:山区公路地质病害机理与技术对策

著 作 者:柏松平 杨世瑜 苏生瑞

责任编辑:钱悦良

出版发行:人民交通出版社

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址:<http://www.ccpress.com.cn>

销售电话:(010)59757969,59757973

总 经 销:北京中交盛世书刊有限公司

经 销:各地新华书店

印 刷:北京牛山世兴印刷厂

开 本:787×1092 1/16

印 张:13

字 数:316千

版 次:2010年1月第1版

印 次:2010年1月第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-08215-3

印 数:0001—2000册

定 价:45.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

序 言

我国是一个多山的国家,在全国高速公路进入山区修建和大力推进农村公路建设的重要时期,公路地质环境严重制约了公路建设的建设周期和成本,制约和影响了公路的正常运营和运输安全。为此,研究并正确认识复杂地质环境公路地质病害诱发机理,并探索出有效的工程技术对策,对指导复杂地质环境的公路建设和管理具有重要的作用。

云南是一个高原山区省份,属青藏高原南延部分。全省海拔相差很大,山地面积占全境94%以上,境内横断山脉广布,多期构造相互叠加,地质环境错综复杂,区域内山高谷深,沟壑纵横,陡坡急流随处可见,造就了云南特有的高原山区地形地貌及复杂的地质环境,从而给公路建设带来了诸多困难和技术难题。为此,作者以系统科学理论为指导,紧密结合云南省公路建设的工程实际,开展了复杂地质环境公路地质病害诱发机理及其对策研究,本书即是该项研究成果的总结。早在20世纪60~70年代国内铁路建设中,曾经对云南省内山区地质条件的复杂程度做出过“地质博物馆”的评价,因此,云南的地质环境的复杂性在国内具有很强的代表性,本书的内容无疑对我国山区公路建设和管理具有重要的参考价值。

本书首先分析了公路建设的地质环境制约和云南地质环境问题,全面分析了云南公路建设的复杂地质环境条件。然后,结合云南山区公路建设中主要的不良地质现象,分析了云南山区公路主要地质病害类型、地质病害发育的时间和空间展布特征以及公路地质病害的公路地质体属性、公路地质病害的潜在隐患和致灾因素,总结了云南复杂地质环境下公路地质病害诱发机理及公路地质病害诱发链。

针对云南山区公路主要地质病害,本书从复杂地形环境下的公路工程技术优选、复杂地质构造环境下的公路工程技术优选、特殊类土环境下的公路工程技术对策、特殊类岩(区)环境下的公路工程技术优选、特殊地质环境下的公路建设技术对策和特殊地质环境下的公路路基(桥梁)技术优选等方面,全面分析和论述了复杂地质环境的公路地质病害防治工程技术。

本书基于公路地质环境与地质灾害防治的公路选线技术、公路地质灾害危险性评估、针对公路地质病害防治的公路工程地质勘察、复杂地质环境下的公路养护技术及其病害处治、公路沿线生态地质环境优化等方面,通过较为全面的研究,探索和总结了地质环境下的公路地质病害防治模式。

目 录

第一章 公路建设中的地质环境问题	1
1.1 公路发展概况	1
1.1.1 公路发展及其特点	1
1.1.2 公路交通对国民经济的贡献	4
1.1.3 公路发展面临的问题	6
1.2 公路建设中的地质环境问题	7
1.2.1 公路建设的地质环境制约	7
1.2.2 公路建设的地质灾害和危害	8
1.2.3 公路建设地质环境问题	10
第二章 云南公路建设的复杂地质环境条件	12
2.1 地形地貌	12
2.1.1 地貌轮廓	12
2.1.2 地貌类型	12
2.2 地质构造环境	15
2.2.1 构造单元	15
2.2.2 地层单元	17
2.2.3 地质构造	18
2.3 活动性构造带	20
2.3.1 新构造特征及其分带	20
2.3.2 地震活动	25
2.3.3 区域地壳稳定性	27
2.4 水文地质环境	28
2.5 工程地质	32
2.6 云南公路建设的地质环境条件	35
第三章 云南公路地质病害类型及展布特征	36
3.1 云南主要公路地质病害类型	36
3.1.1 软土	37
3.1.2 膨胀土	37
3.1.3 岩溶	38

3.1.4	采空区·····	39
3.1.5	泥石流·····	39
3.1.6	岩堆·····	39
3.1.7	滑坡·····	40
3.1.8	红层软岩·····	42
3.2	云南主要公路地质病害展布·····	44
3.2.1	软土公路地质病害展布·····	44
3.2.2	膨胀土公路地质病害展布·····	44
3.2.3	岩溶公路地质病害展布·····	45
3.2.4	采空区公路地质病害展布·····	45
3.2.5	泥石流公路地质病害展布·····	45
3.2.6	岩堆公路地质病害展布·····	46
3.2.7	滑坡公路地质病害展布·····	47
3.2.8	红层软岩公路地质病害展布·····	47
3.3	云南公路地质病害发育特征·····	48
3.3.1	公路地质病害的时间展布特征·····	48
3.3.2	公路地质病害的空间展布特征·····	48
第四章	云南公路地质病害致灾因素·····	50
4.1	公路地质病害的公路地质体属性·····	50
4.1.1	岩土体结构·····	50
4.1.2	地质体面状结构·····	51
4.1.3	地下孔隙·····	51
4.2	公路地质病害的潜在隐患·····	52
4.2.1	现状地质灾害隐患·····	52
4.2.2	不良地质作用隐患·····	52
4.3	公路地质病害致灾因素分析·····	52
4.3.1	公路地质病害致灾因素鉴别·····	53
4.3.2	公路地质病害致灾因素的工程危害·····	55
4.4	复杂地质环境公路地质病害诱发及危害分析·····	56
4.4.1	地理地质环境因素·····	57
4.4.2	工程地质环境因素·····	60
第五章	云南公路地质病害诱发机理·····	64
5.1	云南公路工程诱发的公路地质病害·····	64
5.1.1	公路路基工程诱发的地质病害·····	64
5.1.2	公路桥梁工程诱发的地质病害·····	69
5.1.3	公路隧道工程诱发的地质病害·····	73

5.2 云南公路地质病害的诱发机理研究·····	76
5.2.1 软土的破坏机理研究·····	76
5.2.2 膨胀土的破坏机理研究·····	77
5.2.3 岩溶的破坏机理研究·····	80
5.2.4 泥石流的破坏机理研究·····	82
5.2.5 崩塌/岩堆的破坏机理研究·····	84
5.2.6 滑坡的破坏机理研究·····	86
5.3 公路工程地质病害诱发链·····	88
第六章 复杂地质环境的公路地质病害防治工程技术 ·····	92
6.1 复杂地形环境下的公路工程技术优选·····	92
6.1.1 复杂地形环境下的公路路基技术·····	95
6.1.2 特殊地形环境下的公路桥梁技术·····	98
6.1.3 特殊地形环境下的公路隧道技术·····	104
6.2 复杂地质构造环境下的公路工程技术优选·····	106
6.3 特殊类土环境下的公路工程技术对策·····	109
6.3.1 软土环境下的公路路基、桥梁、隧道工程技术·····	109
6.3.2 膨胀土环境下的公路路基和隧道工程技术·····	115
6.4 特殊岩类(岩区)环境下的公路技术优选·····	118
6.4.1 红层软岩环境下的公路隧道、桥梁、边坡及路基技术·····	118
6.4.2 岩溶环境下的公路隧道、桥梁、路基工程技术·····	120
6.5 特殊地质体环境下的公路建设技术对策·····	124
6.5.1 岩堆环境下的公路路基、桥梁、隧道建设技术·····	124
6.5.2 滑坡环境下的公路路基、桥梁建设技术·····	126
6.5.3 泥石流环境下的公路路基、桥梁建设技术·····	128
6.6 特殊地质环境下的公路路基、桥梁技术优选·····	131
6.6.1 采空区公路路基处治技术·····	132
6.6.2 采空区的桥梁建设技术·····	133
第七章 复杂地质环境下公路地质病害的对策模式 ·····	135
7.1 复杂地形环境下的公路病害防治模式·····	135
7.2 基于公路地质环境与地质灾害防治的公路选线·····	136
7.2.1 基于地形环境的公路选线原则·····	137
7.2.2 基于地质的公路选线原则·····	140
7.2.3 基于地质、地形、环境等的公路综合选线原则·····	149
7.2.4 基于地质环境的公路选线总原则·····	151
7.3 公路地质灾害危险性评估·····	152
7.3.1 公路工程地质灾害危险性评估的技术要求·····	153

7.3.2	公路工程地质灾害调查与地质环境条件分析	154
7.3.3	公路工程地质灾害危险性评估	156
7.4	针对公路地质病害防治的公路工程地质勘察	158
7.4.1	基于公路建设诱发地质病害的防治技术勘察	158
7.4.2	基于防治技术的公路地质病害勘察	165
7.5	复杂地质环境下的公路养护(地质环境监测)及病害处治	166
7.5.1	复杂地质环境下的桥梁工程的病害治理	166
7.5.2	复杂地质环境下的隧道工程的病害治理	171
7.5.3	复杂地质环境下的路基工程的病害治理	175
7.5.4	公路养护中几种特殊路基病害的防治	176
7.6	公路沿线生态地质环境优化	180
7.6.1	公路工程环境保护	180
7.6.2	公路工程水土保持	184
7.6.3	公路工程景观营造	186
7.6.4	关于公路沿线生态地质环境优化的思考	188
7.7	复杂地质环境公路地质病害对策集成	189
	后记	191
	参考文献	192

第一章 公路建设中的地质环境问题

1.1 公路发展概况

公路,是指按照国家行业标准——《公路工程技术标准》修建,并经公路主管部门验收认定的城市间、城乡间、乡间主要供汽车行驶的公共道路。公路也是国民经济赖以发展的重要基础设施,公路对发展生产、繁荣经济、国际交往、方便人民生活等具有十分重要的作用。

公路主要由路基、路面、桥梁和涵洞、隧道、防护和加固工程、排水设施、山区特殊构造物以及各种附属工程所组成^[1]。一般情况下,也将以上公路工程内容简称为路基、桥梁、隧道工程。

1.1.1 公路发展及其特点

1. 公路发展

中国公路的发展大体经历了以下三个阶段:

(1) 古代道路(公元前 21 世纪 ~ 公元 1911 年)

我国的道路建设有悠久的历史,早在周、秦时代就有“周道如砥,其直如矢”、“秦为驰道于天下,东穷燕京,南极吴楚”等记载。以后各代又设置了马驿、水驿,还开创了丝绸之路。早在公元前 2000 年,我国已出现可行驶牛、马车的道路。至清代,道路网系统分为三等,即“官马大路”、“大路”、“小路”。“官马大路”分东北路、东路、西路和中路四大干线,共长 2000 多公里。

(2) 近代道路(1912 ~ 1949 年)

我国自 1908 年修建广西南部边防的龙州至那基公路(长 30km)以及 1913 年修建长沙至湘潭公路以来,公路建设进入了正式起步阶段,并取得了一定发展。近代道路发展可细分为四个阶段(表 1.1)。

近代道路发展情况统计表

表 1.1

序号	时 期	公路通车里程(万 km)
1	清末和北洋政府时期	2.9
2	民国时期(1927 ~ 1936 年)	11.73
3	抗日战争时期(1937 ~ 1945 年)	13.0307
4	解放战争时期(1946 ~ 1949 年)	7.5

(3) 现代公路(1949 年以后)

我国在社会主义经济建设时期的 30 年,公路建设取得了举世瞩目的成就。同时,自 1988 年 10 月 31 日修建第一条高速公路——上海至嘉定高速公路(18.5km)以来,我国高速公路建设发展,取得了举世瞩目的成就。现代公路发展可细分为以下五个阶段(表 1.2):

现代公路发展情况统计表

表 1.2

序号	时 期	公路通车里程(万 km)
1	国民经济恢复时期(1949 ~ 1952 年)	12.6
2	第一个五年计划时期(1953 ~ 1957 年)	25.4
3	“大跃进”和国民经济调整时期(1958 ~ 1966 年)	51.4
4	十年文革时期(1966 ~ 1976 年)	82.3
5	社会主义经济建设时期(1977 ~ 2007 年)	357.3(其中高速公路 5.36)

①国民经济恢复时期(1949 ~ 1952 年),全国从上到下建立了公路管理机构,并建立了设计、施工和养护的专业队伍。国家还颁布了一系列有关公路建设的重要法规,进行了全国公路普查,全国恢复并改善了原有公路。截至 1953 年底,公路通车里程达 12.6 万 km,有路面里程达 5.5 万 km。

②第一个五年计划时期(1953 ~ 1957 年),是公路稳步发展阶段。公路通车里程和有路面里程都增长了 1 倍,分别达到 25.4 万 km 和 12.1 万 km。桥梁达 3.5 万座,55.1 万延米。

③“大跃进”和国民经济调整时期(1958 ~ 1966 年),是公路数量猛增,进行再巩固的阶段。截至 1965 年底,公路通车里程达 51.4 万 km,有路面里程达 30.5 万 km,桥梁达 10.4 万座,156.6 万延米,公路绿化里程达 18 万 km。

④十年文革时期(1966 ~ 1976 年)。公路建设仍有发展,渣油路面发展较快,10 年来增长了 10 万 km。截至 1976 年底,公路里程达 82.3 万 km,有路面里程达 57.9 万 km,桥梁达 11.7 万座,293 万延米。公路绿化里程达 25.4 万 km。

⑤社会主义经济建设时期(1977 年以后),随着改革开放和商品经济的发展,我国公路交通事业在国民经济中的地位、作用和效益,日益为各方面所认识和接受,在公路建设方面主要表现在:公路里程增加,公路等级提高;公路科学技术取得巨大进步;公路养护管理有了新的进展。至 2007 年底,全国公路通车总里程达 357.3 万 km,其中高速公路 5.36 万 km。有 21 个省区市高速公路里程超过 1000km,其中,河南、山东两省突破 4000km,江苏、广东两省突破 3000 公里,河北、浙江、云南、湖北、安徽、陕西、江西七省超过 2000km(图 1.1)。

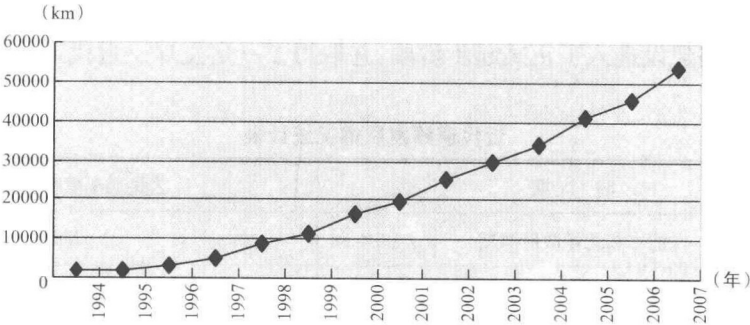


图 1.1 我国高速公路发展情况

目前,全世界已有 80 多个国家拥有高速公路,通车里程超过了 23 万 km。根据 2003 年国家统计局的统计资料,我国 2000 年公路网密度仅为 0.15km/km²,而 1999 年荷兰路网密度为 4.0km/km²,日本为 3.07km/km²,法国为 1.62km/km²,意大利为 1.59km/km²,美国为 0.65km/km²,都远高于我国。我国公路总体发展状况与国际发达国家的差距还很大。

自 1996 年 10 月 25 日通车的云南第一条高速公路昆曲高速公路昆明至易隆段(45km)以

来,迄今为止,云南公路通车里程达 19.85 万 km,其中,高速公路通车里程达 2507km(图 1.2)。云南公路建设取得了令世人瞩目的成就。

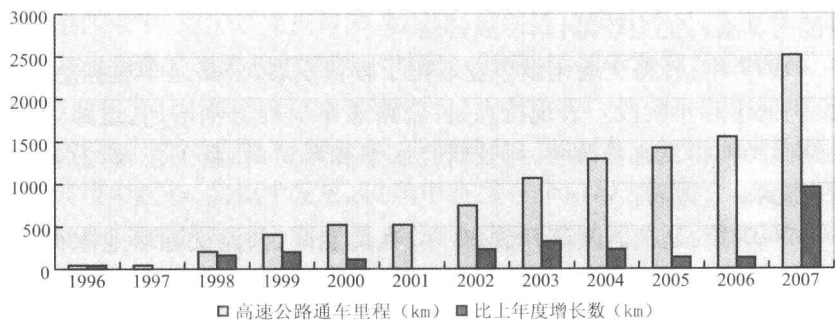


图 1.2 云南省高速公路发展情况

根据云南省路网规划,到 2020 年,云南省高速公路总里程将达到 6000km,二级以上干线公路将达到 8300km,二级以上一般干线公路将达到 1.07 万 km(图 1.3)。在 2004 年的《国家高速公路网规划》^[2](简称“7918”网)中,北京~昆明首都放射线、重庆~昆明南北纵向线、上海~昆明、广州~昆明、汕头~昆明东西横向线都经过云南境内,因此,仅就云南公路建设而言,云南交通仍将面临极好的发展机遇,可以说,云南公路建设仍然面临任重道远的良好发展局面。

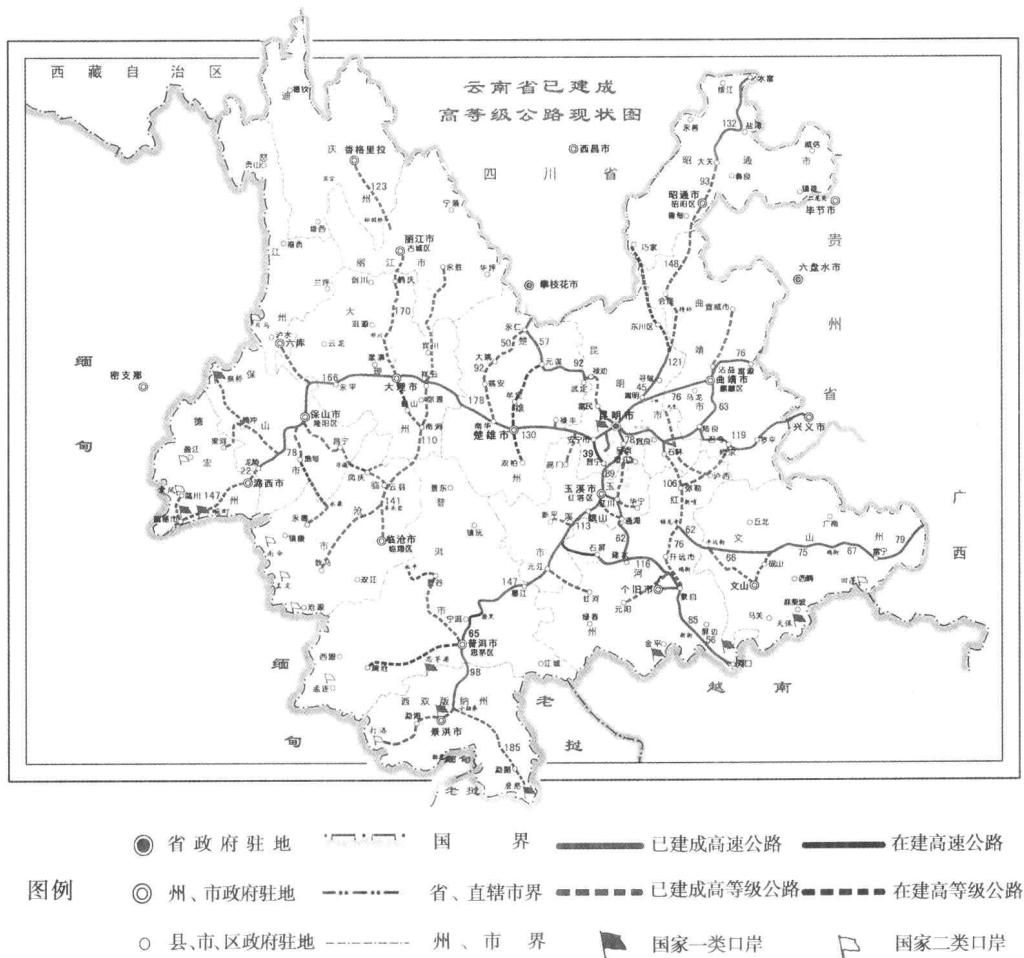


图 1.3 云南省已建成高等级公路现状图

2. 公路发展的特点

(1)新中国成立前,道路发展速度较低,公路交通发展尤为缓慢。表现在道路等级低、质量较差、载重能力和通行能力较低,未形成公路网络。

(2)1949~1977年,公路交通建设事业取得了较快发展,公路通车里程急剧增加,但是,高等级公路建设仍处于起步阶段。表现特点是:公路通车里程急剧增加,道路等级较低,公路通行能力增加,路面结构得到逐步改善,科技研究水平和新材料、新工艺、新设备得到逐步推广,公路交通出行得到一定改善。

(3)1977~2007年,是我国改革开放30年,在此期间,公路交通事业取得了骄人的业绩。至2007年底,我国公路交通国道主干线改造全面完成。高速公路建设从无到有,道路等级得到显著改善和提高;高速公路建设和跨江跨海大桥建设取得重大成就,居世界先进行列;完成国家主干线改造任务;道路通行能力和通行质量得到明显提高,基本能保证人民群众安全、便捷出行的需要;同时,重大科技成果不断涌现,新材料、新工艺、新设备、新技术不断得到推广和应用;公路建设质量和建设品质得到全面提升;新的建设理念不断涌现;人民群众对公路交通的满意度逐年提高。

1.1.2 公路交通对国民经济的贡献

公路交通对国民经济的发展起着至关重要的积极作用。在我国民族主义革命时期,伟大的先行者孙中山先生就说过:“道路者文明之母也,财富之脉也,试观今日文明之国,即道路最多之国”。

公路建设作为社会、经济发展的先锋官作用是有目共睹的。西方发达国家在工业化和后工业化时期都经历了交通先行的必由之路,树立了超前意识。建设与生产力布局和经济发展的相适应的公路运输网络,不但会促进经济的发展,甚至会刺激经济的发展。然而,事物都是一分为二的,超前也是双刃剑,过度的超前不但不利于公路建设的可持续发展,而且会造成资金的不良使用与浪费,造就泡沫经济。西部地区既缺资金又缺技术,如何掌握超前度,公路建设与国民经济发展究竟存在何种规律,已成为西部开发急需解决的问题。公路交通建设的发展,应科学地分析现状、把握未来、统一规划、协调发展,建立与国民经济发展相适应的公路交通网络。

公路交通对国民经济的发展意义重大,但迄今为止,尚未有比较权威的评价方法来量化公路交通对国民经济发展的贡献。一些专家采用国土系数、综合密度和生长曲线理论,使用了国内外大量数据,运用最小二乘法、BP神经网络法等数学方法,模拟了不同经济发展时期的公路建设规模与结构,并预测了我国不同经济发展时期的公路建设与结构。不仅能描绘出公路建设的远景轮廓、发展趋势和运动轨迹,而且具有推广价值,为控制性规划原理、适应性评价提供了公路网络规模、结构比参数,进一步完善了控制性规划原理。运用加权指数法、劳克森等区域经济发展效果评价方法,分析和评价了经济发展状况,提出并计算了以灰色关联系数为基础的节点客观重要度,为公路干线网络规划布局提供了理论和方法依据,建立了公路建设对国民经济发展所起作用的微观计算方法^[3]。

经济发展影响着公路建设,公路建设的发展对经济发展也有促进作用。从“经济发展”和“适应一般”含义出发,分析了公路交通与经济发展适应性内涵,拟订了公路交通与经济适应性的适应性评价指标,建立了无量纲量化模型,分析并制定了评语集值域,提出了客观模糊评价方法,对公路网络规划、公路建设各个时期的适应性评价,测算公路建设和社会经济的适应情

况起监视、预警作用,大大提高公路网规划、建设管理的科学化,为公路建设的适时调整提供了理论与方法,从而科学地掌握“超前度”,避免资金的不良使用与浪费。

就我国西部地区来说,地形地质条件复杂多变,公路建设资金不足,人才队伍总量有限,科技技术水平和能力与公路快速增长的趋势不匹配。但是,经过多方努力,云南省公路建设仍取得了长足发展。

云南境内山高谷深,江河纵横、坡陡流急,地势险峻,在这样一个大山的王国,云南公路建设的里程走过了艰难中起步、共识中发展、机遇中奋进三个阶段,实现了历史性跨越。根据云南省公路建设的目标,即推进高速公路建设,疏通大动脉,形成大通道,以此带动国省道干线和农村公路的有机连接,形成便捷、高效、通畅、安全的公路网络,到 2020 年,云南干线公路网建设规划实现后,将基本形成横贯东西、纵贯南北、覆盖全省、连接周边、层次分明、结构合理的高等级公路网,高速公路网连接所有州市首府,形成以昆明为中心的高速公路放射状路网,实现全省 75% 的县城 30min 内上高速公路。

虽暂不能具体量化公路对国民经济发展的贡献,但是,公路建设期间,需要大量钢材、水泥、砂、石、塑料、交通工程设施等建设物资,势必会拉动国家相关产业的发展。目前云南公路总里程中高等级公路只占 1.5%,路面铺装率仅占 11.7%,公路路况较差的路段较多,道路通行能力小,雨季经常发生水毁。云南省是一个以公路运输为主的边疆省份,道路运输的地位和作用在整个交通运输体系中十分显著。改革开放以来,尤其是“十五”以来,云南的道路运输业得到了迅速发展。道路运输量在全省综合运输体系中占总运输量的 93%,道路运输的快速发展已经成为全省社会经济发展的重要支柱(表 1.3)。

2007 年云南公路客货运输量和产值统计表

表 1.3

年份	公路总客运量 (万人)	旅客周转量 (亿人公里)	公路货运量 (亿吨)	货运周转量 (亿吨/公里)	完成产值 (亿元)
2002	28879.6	281.6	55013.7	551.2	
2003	35156	263.45	58664.1	595.88	
2004	36502	227.21	54326	365.08	
2005	38509	223.12	56702	381.92	
2006	40861	247.71	60614	409.46	
2007	42913	265.8	65537	450.82	270.6

公路交通运输的发展,改变了人们传统的时空观念,给沿线经济带带来持续发展的强劲动力。就云南省的情况来看,昆曼公路正成为带动思茅、西双版纳州实现跨越式发展的重要纽带,沿线正在形成一条绿色经济通道;昆石、昆玉、昆楚、昆曲高速公路促进了新昆明的建设;鸡石、通建高速公路为红河州“个(旧)开(远)蒙(自)”半小时经济圈的形和面向东南亚打造滇南中心城市发挥了重要作用,富宁至锁龙寺高速公路加快了滇东南地区人民群众脱贫致富的步伐,在边疆稳定、加强民族团结方面起到了积极的推动作用;昆明至磨憨高等级公路和高速公路建设,比原老路大大缩短了运营里程,降低了运输成本,加快了人流、物流、资金流和信息流速度,促进了沿线地区对内对外开放的扩大,形成了以高速公路为依托,沿通道展布的区域经济带,推进了城镇化、产业化、工业化进程,较好地发挥了高速公路经济带的辐射带动功能。

1.1.3 公路发展面临的问题

我国公路建设面临巨大的发展机遇：一是党的十六大确定今后 20 年是我国发展的重要机遇期,实行积极的财政政策和稳健的货币政策,扩大内需,依然是国家的战略方针；二是国家重视投资需求,拉动经济增长；三是西部大开发战略的继续实施；四是我国自由贸易区的建设；五是公路交通“市场化、集约化、生态化、社会化”的改革与发展战略的推行。但是,公路发展仍面临很多问题。

一是公路发展与建设质量之间的矛盾。在时间紧、任务重的情况下,如何正确处理好建设与质量的关系,做到公路建设的又好又快发展,这是摆在每一位工程建设和管理者面前的重大课题。

二是公路发展与建设资金之间的矛盾。随着国家加大基础设施投入,拉动内需,以及西部大开发战略的实施,公路建设发展速度加快,但由于我国西部地区多为经济欠发达地区,公路通行量较低,因此我国西部地区仍然面临收费还贷困难和建设发展任务较重的矛盾,公路建设资金也尤为困难。

三是公路发展与建设进度之间的矛盾。在许多新的技术不断涌现的情况下,就出现了需要消化吸收新技术的时间,并结合实际开发相应的施工机具和设备、材料等,发展的需要和人民群众以及全社会的需求,要求建设发展速度越快越好,但实际工程进展往往会遇到种种困难,就会出现需求期望与生产进度之间的矛盾。

四是公路建设中的质量与资金、质量与进度等方面的矛盾。关于公路建设管理过程中,公路发展与质量、进度与费用三者之间的关系,见图 1.4。

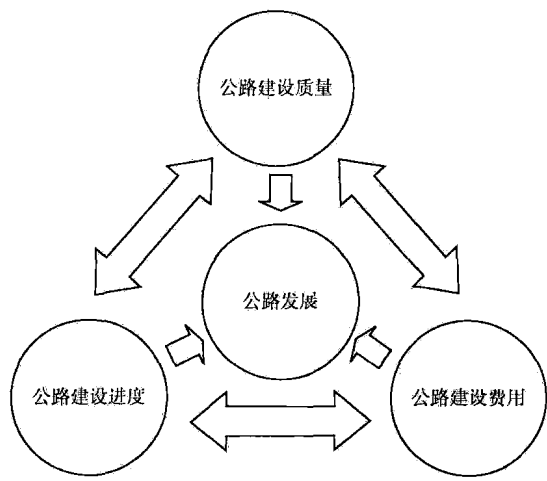


图 1.4 公路发展与质量、进度、费用关系图

五是科技创新与飞速发展之间的矛盾。一方面是建设任务重、建设周期较短,加上许多新技术需要研究,而研究又需要大量时间和具有科技能力的技术人员,这就带来发展与研究之间的矛盾,给公路建设和发展带来巨大困难。

六是西部交通建设发展实际需要结合地质环境的技术对策。西部山地公路建设,遇到许多复杂地形地质环境,众多的不良地质现象,加上普遍地区山高谷深,沟壑纵横,而公路工程建设技术对策尤其是结合地质环境实际的具有针对性的、能指导实际需求的解决公路建设技术的对策,需要较为全面集中公路工程技术和环境地质工程技术和较多实践经验等,形成解决问题的模式和方法,尚需逐渐形成体系并加以研究。就全局来看,还面临以下问题:

(1)公路发展的区域不平衡性十分突出。在东部,高速公路密度高达 $1.38\text{km}/\text{km}^2$,中部 $0.49\text{km}/\text{km}^2$,而西部仅为 $0.10\text{km}/\text{km}^2$ 。而且西部省份高等级公路所占比例也很低,西部高等级公路所占比例仅为 8.44%,而东部高达 23.75%。

(2)在现有公路中,高等级公路所占比例仍然很低。日本在 1999 年公路高等级化程度已达 16.2%,德国则高达 60.53%,美国几乎所有公路都采用高等级公路,同发达国家相比,我国高等级公路仍显得偏少。

(3)我国公路总体情况与发达国家差距很大。云南位于祖国西南地区,总体来说,西部地区的公路发展相对落后。但改革开放以来,西部公路建设取得了巨大的成就,“九五”期间,公路里程年均增长 2.3 万 km。与我国其他地区相比,西部公路面临的问题主要体现在公路数量少、等级低、质量差等方面。

①交通基础设施差。西部公路运输网密度只占全国平均水平的 1/2 不到,不通公路的乡镇占有相当高的比例,而西部国土面积占全国总面积的 71.7%,这与西部公路的发展态势很不相称。

②公路建设难度大。西部地区不仅有大量的高山深谷、戈壁沙漠、盐碱冻土,而且气候条件恶劣、自然灾害严重,公路建设更应注意环境保护,以免造成植被破坏、水土流失等,潜在的公路自然灾害多,给公路建设带来难度。

③交通建设资金严重不足。

④工程技术人员和高素质的科研队伍相对匮乏。西部特殊公路多,其中特殊土质主要有黄土、沙漠、多年冻土、盐渍土及膨胀土等,修建高等级公路的难度较大,各种自然灾害又十分普遍,这对公路工程技术人员而言也将是一项十分艰巨的任务。

1.2 公路建设中的地质环境问题

公路建设中,尤其是目前全国高速公路建设进入山区以后,面临许多地质环境问题。云南省号称地质博物馆,公路建设中的不良地质问题较为普遍,加上复杂多变的地形地貌,以及普遍地区地震烈度较高的实际,公路建设及其相关技术尤为复杂。

1.2.1 公路建设的地质环境制约

以云南为例,云南地质环境条件复杂而且独特,公路建设的地质环境制约主要表现在:

(1)地形:高山、深谷、V 型、鸡爪地形多,地面横坡陡,起伏落差大,沟壑纵横,南北向的横断山脉多,高速公路布线十分困难,需穿越崇山峻岭,跨越河谷。

(2)地质:地质构造复杂,稳定性差,红层和膨胀土普遍,强风化岩层普遍,盆地间软土地基多,大滑坡、泥石流等自然灾害频繁发生,喀斯特地貌内溶洞增加工程难度,加之多数地带处于地震高烈度区,造成多条大小断裂带,工程抗震设防等大幅度增加工程投入。

(3)水文:云南省地处热带、亚热带、温带气候条件及高海拔山区寒带气候,每年 5~10 月,雨量集中,单点暴雨常常形成山洪暴发等自然灾害,其特点是旱湿分明,地下水位普遍偏高。

受地质、地形、水文等公路地质环境诸多因素的影响,云南山区高速公路建设的一系列问题,表现在:

(1)由于受地形限制,形成单点经济特点,路线走向控制点受到严格控制,难于采用多方案走向比选(即理想走廊带往往具有唯一性)。

(2)越岭线多,好的线位走向单一,布(展)线较为困难。

(3)由于要克服高差,公路隧道、桥梁占路线长度比重较大,分离式隧道、连拱隧道、小间距隧道、长大隧道、桥隧相连工程屡见不鲜。工程难度和费用较高。如元磨 147km 高速公路,有隧道 23 座、单洞总长 25956m,占路线长度的 8.83%。

(4)弯、坡、斜、高、悬臂桥梁多,有的桥集弯坡斜高为一体,设计科技含量高,施工难度大。

如元磨 147km 高速公路有各种桥梁 437 座,29741m,占路线长 20.23%。

(5)深挖高填、半填半挖是修建山岭区高速公路不可避免的工程项目,土石方量大,工程质量隐患多,如元磨 147km 高速公路除隧道、桥梁长度外,每千米土石方达 69.48 万 m^3 。

(6)高边坡、滑坡地段多,如元磨 147km 高速公路 30~200m 高边坡达 349 个,滑坡治理 161 个,工程费达 6 亿多元。大保高速公路 K365+070~390 全长 320m,滑坡斜高达 378m,治理耗资 2700 万元。还存在不稳定的安全隐患。

(7)路面排水需要做特殊设计和特殊的施工要求。

(8)大跨径隧道内遇上涌水、膨胀土、泥石流、软泥岩、坍方冒顶需要在设计、施工中解决的技术难题多。

(9)山岭区高速公路环境保护工程投入大,费用占到总投资的 6%~9%。

(10)自然灾害严重,公路建设更应注意环境保护,以免造成植被破坏、水土流失等。

上述地质环境条件和公路建设的特点,使云南省公路建设中存在诸多技术问题需要解决,如公路建设中地质环境引起的公路病害、山地公路建设导致的公路地质环境问题、不同地质环境条件下的公路建设技术对策(包括路基、桥梁、隧道工程技术对策和工程施工、养护、监测技术对策)、山地公路环境地质保护技术等。

1.2.2 公路建设的地质灾害和危害

山区地质环境复杂,尤其是云南独特的地质环境,即使没有任何人类工程活动,也出现很多地质环境问题,如泥石流、滑坡等,给人们生产和生活带来很多困难和灾难(图 1.5)。

因此,在公路建设中,尤其是山区公路建设中,不可避免会遇到很多地质环境问题,带来工程技术处理的难度和工程造价的增加、施工工期的延长和工程质量方面等问题等。

公路路基开挖后,引起公路上边坡山体滑坡等情况(图 1.6)。有的情况较为严重的时候,在膨胀土地区,即使公路路基开挖高度仅 10m 左右,也引起公路上边坡多级滑坡,横向可展开超过 200 多米的范围,治理路基边坡会带来工期的延长、造价的增加、环境的影响、土地资源的占用、技术处理难度的增加以及其他众多问题等。

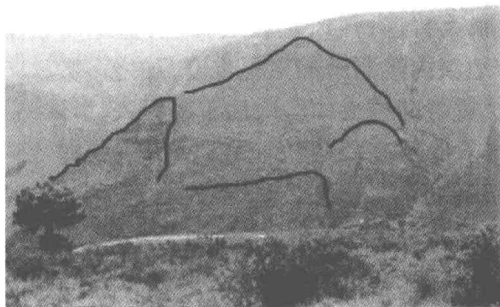


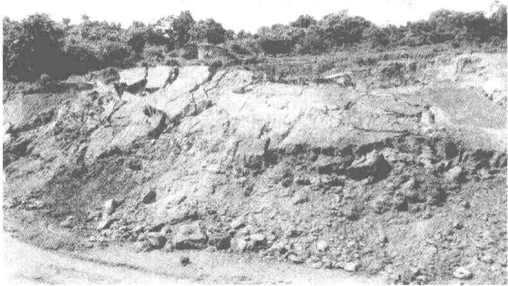
图 1.5 山体自然多级大规模滑坡



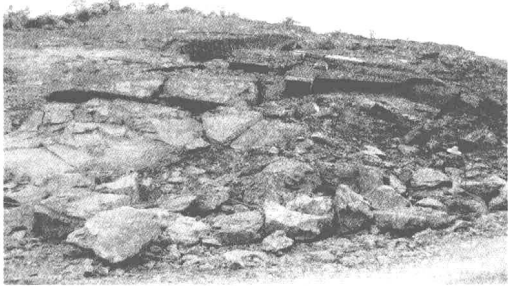
图 1.6 公路开挖引起的岩土体边坡滑坡

地质灾害问题需要公路建设采取相应的工程技术对策,图 1.7 集中展现了公路建设过程中的部分地质灾害情况和应采取的工程对策情况。图 a)是公路路基开挖引起的路基上坡面滑坡;图 b)是公路路基开挖引起的路基上坡面顺层滑坡;图 c)是公路路基外小型泥石流影响公路通行时采取的简易处治措施(采用这种简易措施可通过水流并阻挡固体物质淤埋公路);图 d)是软土地区公路路基施工时,引起平坝区路基两侧土体抬升、路基下沉变形的破坏情况;图 e)是由于山体本身的稳定性较差,带来采用桥梁跨越时,必须先采用预应力锚索等较多的

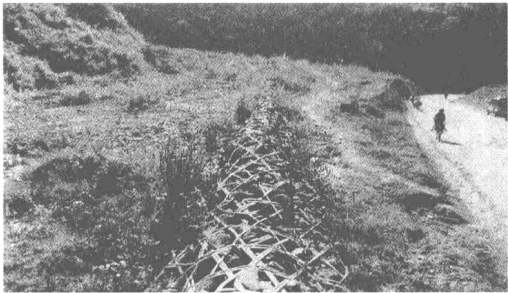
工程措施处理坡体,在坡体稳定后再施工桥梁基础的情况,所以,在采用桥梁跨越滑坡地段时,不能简单地认为采用桥梁桩基对滑坡治理有一定帮助而忽视对滑坡本身的治理;图 f) 是坝区公路大量软土处理施工——沉管碎石桩施工情况;图 g) 是山区公路难以避免的大量坡面处理问题和边坡防护技术、坡面稳定技术等问题;图 h) 为山区公路建设中艰难的边坡处理施工——挂网喷锚施工现场。



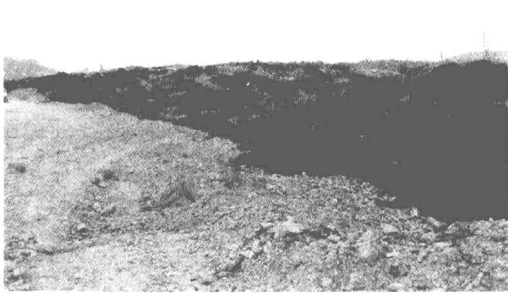
a) 公路上坡面滑坡



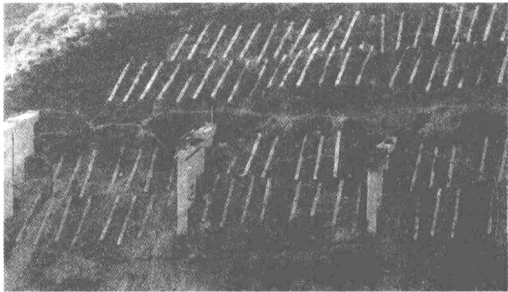
b) 路基上坡面顺层滑坡



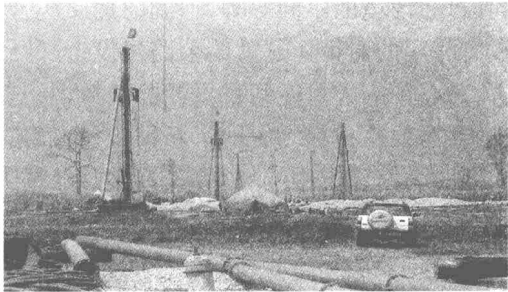
c) 泥石流冲积扇外侧防护措施



d) 路基填筑引起软土变形破坏



e) 桥梁建设与坡面处理措施



f) 坝区软土处治措施



g) 大量坡面需处治



h) 公路边坡治理措施

图 1.7 公路建设中地质灾害及处理对策