



中国地质调查局专报 No.2009SH001

滇藏铁路沿线地壳稳定性 及重大工程地质问题

张永双 胡道功 吴中海 蒋良文 等著

地质出版社

中国地质调查局专报 No. 2009SH001

滇藏铁路沿线地壳稳定性 及重大工程地质问题

张永双 胡道功 吴中海 蒋良文 赵希涛
张加桂 吴树仁 曲永新 郭长宝 王 科 著
雷伟志 石菊松 刘景儒 姚 鑫 王献礼

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书系国土资源大调查项目的研究成果。作者采用多种先进技术方法和手段,紧密围绕滇藏铁路工程规划中迫切需要解决的活动断裂、地壳稳定性及重大工程地质问题开展了系统的调查分析和研究。基于第四纪地质调查及测年结果,开展了滇藏铁路沿线第四纪地层对比研究,首次编制了滇藏铁路沿线及周边地区夷平面分布图,对于认识青藏高原东南缘新构造运动特征具有重要的参考价值。对研究区 51 条活动断裂(带)的展布、最新活动时代、分段性和活动方式进行了研究和总结,对与铁路相交或近距离平行的 20 条活动断裂进行了重点调查、探槽揭露和取样测试,重新厘定了铁路沿线 14 条重要的晚更新世以来的活动断裂。对滇藏铁路工程规划中可能遇到的地质灾害和重大工程地质问题进行了系统调查和预测评价,深入研究了铁路沿线特殊岩土体的主要工程地质特性,提出了实用性的工程判别指标。综合活动断裂、地震活动、地热场、构造应力场、地形变场、工程地质岩组及地质灾害等因素,采用基于 ArcGIS 的信息加权叠加方法,开展了滇藏铁路沿线地壳稳定性综合评价。深入开展了滇藏铁路近期规划段工程地质稳定性综合评价,提出了线路比选和优化方案,在指导铁路选线方面发挥了重要作用。

本书是一部系统介绍青藏高原东南缘地壳稳定性和工程地质研究方面的专著,内容丰富,汇集了作者多年辛勤工作的研究成果,可供从事工程地质、灾害地质、地震地质、第四纪地质、岩土工程等方面的科研和工程技术人员以及高等院校相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

滇藏铁路沿线地壳稳定性及重大工程地质问题/
张永双等著. —北京:地质出版社, 2009. 5

ISBN 978-7-116-06016-6

I. 滇… II. 张… III. ①铁路工程—地壳稳定性—研究—西南地区②铁路工程—工程地质—研究—西南地区
IV. U212. 22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 045388 号

DIANZANGTIELUYANXIAN DIQIAOWENDINGXING JIZHONGDAGONGCHENG DIZHIWENTI

组稿编辑:王大军 白 铁

责任编辑:于春林 白 铁

责任校对:黄苏晔

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路 31 号, 100083

电 话:(010) 82324508(邮购部);(010) 82324579(编辑室)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱:zbs@gph.com.cn

传 真:(010) 82310759

印 刷:北京地大彩印厂

开 本:889mm×1194mm $1/16$

印 张:26 插页:1

字 数:700 千字

印 数:1—1000 册

版 次:2009 年 5 月北京第 1 版·第 1 次印刷

定 价:100.00 元

书 号:ISBN 978-7-116-06016-6

(如对本书有建议或意见,敬请致电本社;如本书有印装问题,本社负责调换)

序

青藏高原东南缘紧邻印度板块与欧亚板块碰撞带，地形地貌和地质构造极其复杂，活动断裂分布广、地震活动频繁，是滑坡、崩塌、泥石流等地质灾害高发区，成为制约这一地区工程建设的瓶颈。同时，特殊的地质环境还使得青藏高原东南缘工程建设中遇到了一系列复杂的工程地质问题，如高地应力引起的隧道岩爆和软岩大变形问题、高地温引起的热害问题、与特殊岩土体有关的边坡和路基变形问题等等。有些问题在我国以往工程建设中很少遇到，因而缺乏相应的工程处理经验。

随着我国西部大开发和可持续发展战略的逐步实施，许多大型工程逐渐向西部新构造活动强烈、区域地质环境脆弱和工程地质条件较差的地区延伸，因此，围绕这些重大工程进行区域地壳稳定性和重大工程地质问题研究的任务日趋艰巨。在中国地质调查局的组织下，自2000年以来，根据国家重大工程规划和建设的需要，设立了“国家重大工程区域地壳稳定性调查与评价”计划项目，“滇藏铁路沿线地壳稳定性调查评价”是其中的工作项目之一，体现了地质调查工作在重大工程规划和建设中的先行性和基础性。该项目紧密围绕滇藏铁路前期规划阶段迫切需要解决的区域地壳稳定性和重大工程地质问题，在第四纪地质和活动断裂调查、地壳稳定性评价、地质灾害和重大工程地质问题研究等方面取得了一系列重要进展和成果。

本书全面反映了上述成果，在内容上既重视区域构造尺度的地壳稳定性，又考虑工程尺度的工程地质稳定性；既重视区域性工程地质问题，又兼顾具体的工程实例剖析；既重视地质构造控制，又兼顾特殊岩土体工程特性研究。不少内容是近年来结合重大工程规划建设开展的地壳稳定性和重大工程地质问题研究方面的独到成果。本书的出版将对我国地壳运动活跃地区重大工程规划选址及减轻工程建设和运营中的地质灾害发挥重要的指导作用。



于2009年春节

目 录

序

绪论	(1)
----------	-------

第一篇 区域地质与新构造运动研究

第一章 区域地质背景	(14)
第一节 研究区自然地理	(14)
第二节 区域地质概况	(16)
第三节 深部地球物理特征	(28)
第二章 第四纪地质与新构造运动	(37)
第一节 铁路沿线地貌与第四纪地质特征	(37)
第二节 铁路沿线典型第四纪沉积物及地层时代对比	(42)
第三节 铁路沿线大江大河的河流阶地	(75)
第四节 青藏高原东南部夷平面的分布与特征	(88)
第五节 青藏高原东南部的构造运动特征	(97)

第二篇 活动断裂与地壳稳定性研究

第三章 活动断裂及其活动性划分方案	(102)
第一节 活动断裂的涵义及研究方法	(102)
第二节 滇藏铁路沿线断裂活动性的综合划分方案	(109)
第三节 滇藏铁路沿线的主要活动断裂及其研究分区	(112)
第四章 滇西北区主要断裂带的活动性	(117)
第一节 红河断裂带	(117)
第二节 周城-清水断裂带	(134)
第三节 西洱河断裂	(139)
第四节 程海断裂带	(140)
第五节 丽江-剑川断裂带	(143)
第六节 哈巴-玉龙雪山东麓断裂带	(146)
第七节 龙蟠-乔后断裂带	(152)
第八节 德钦-中甸断裂带	(156)
第九节 中甸-永胜断裂带	(161)
第五章 藏东南区主要断裂带的活动性	(163)
第一节 金沙江断裂带	(164)
第二节 澜沧江断裂带	(173)
第三节 怒江断裂带	(176)
第四节 八宿断裂	(179)
第五节 嘉黎断裂带	(183)

第六章 藏南区主要断裂带的活动性	(189)
第一节 近东西向构造带	(189)
第二节 近南北向构造带	(202)
第三节 错那-沃卡裂谷带的第四纪活动特征	(203)
第四节 断裂活动性对拉萨-林芝段铁路建设的影响	(220)
第七章 滇藏铁路沿线断裂活动的动力学机制	(223)
第一节 青藏高原的形成和演化概述	(223)
第二节 青藏高原东南部的现今构造运动位移场	(226)
第三节 滇藏铁路沿线构造应力场数值模拟分析	(231)
第四节 活动断裂的主要活动方式及其动力学机制分析	(238)
第八章 滇藏铁路沿线地震活动性分析	(243)
第一节 地震区、带的划分	(243)
第二节 研究区的地震活动特点	(246)
第三节 地震构造标志与未来强震活动趋势	(254)
第九章 区域地壳稳定性评价	(265)
第一节 区域地壳稳定性相关因素分析	(265)
第二节 评价指标的选择和量化途径	(269)
第三节 区域地壳稳定性综合评价过程及结果分析	(274)
第三篇 重大工程地质问题与铁路选线	
第十章 地质灾害研究	(282)
第一节 地质灾害的类型及其发育规律	(282)
第二节 典型地质灾害实例	(285)
第十一章 深埋隧道建设中的重大工程地质问题	(322)
第一节 深埋隧道的岩爆问题	(322)
第二节 软弱岩体与隧道围岩大变形问题	(339)
第三节 高地温和热害问题	(347)
第十二章 特殊岩土体及其工程地质特性	(349)
第一节 粘土化蚀变软岩的工程地质特性	(349)
第二节 泥质岩的工程地质特性	(353)
第三节 冰碛(冰水)砾岩的工程地质特性	(355)
第四节 干燥河谷盐渍化岩土(盐类沉淀物)	(359)
第五节 红粘土的工程地质特性	(363)
第六节 湖相粘土的工程地质特性	(366)
第十三章 近场区工程地质稳定性评价与铁路选线	(377)
第一节 工程地质稳定性评价方法	(377)
第二节 评价指标的确定和量化途径	(379)
第三节 评价过程及评价结果	(385)
第四节 丽江-香格里拉段线路方案优化和工程地质条件评价	(390)
第五节 对拉萨-林芝段铁路规划方案的认识	(395)
结论与建议	(398)
主要参考文献	(401)

绪 论

滇藏铁路是在青藏高原东南缘沿着喜马拉雅造山带、三江造山带高山峡谷区规划的世界最复杂、最困难的铁路工程，途经云南省西北部及西藏自治区东南部，东起云南大理，经鹤庆、丽江、香格里拉（中甸）、德钦、左贡、田妥、拉根、八宿、安久拉山口、然乌、松宗、波密、通麦、东久、鲁朗、米林、朗县、加查、乃东至拉萨，全长约 1500 km（图 0-1）。铁路沿线地壳变形十分强烈、地质环境和生态环境非常脆弱、地质灾害频繁发生，铁路工程建设在很大程度上受到新构造运动及内外动力地质作用产生的各类地质灾害的制约，特殊的地质环境还使得滇藏铁路建设中可能遇到一系列复杂的工程地质问题。

目前，滇藏铁路工程的规划建设采取分段实施的新思路，正在有计划地顺利进行：大理-丽江段已于 2004 年动工兴建；丽江-香格里拉段自 2005 年开始进行预可行性研究及线路比选和优化，该段线路最终可能向北延伸到德钦；拉萨-林芝段从 2005 年开始进行方案研究；德钦-林芝段由于地质条件极其复杂，基本上作为中长期规划对待。

为了更好地体现地质调查工作在重大工程规划和建设中的先行性和基础性，为各级政府决策和规划设计提供指导性服务，自 2000 年以来，中国地质调查局部署开展了“国家重大工程区域地壳稳定性调查与评价”计划项目，涉及到西气东输工程、青藏铁路工程、滇藏铁路工程、南水北调西线工程、三峡引水工程等一系列国家级重大工程。“滇藏铁路沿线地壳稳定性调查评价”（编号：1212010541404）是上述计划项目中的工作项目之一，其目标任务是，结合滇藏铁路工程规划和建设，开展滇藏铁路沿线活动构造与地质灾害调查，利用现代先进技术查明研究区新构造活动特征和重要活动断裂分布特征，进行铁路沿线区域地壳稳定性及重大地质灾害调查评价，系统总结研究区新构造运动的地质灾害效应，为滇藏铁路工程规划、设计和重大工程地质问题的解决提供科学依据和相关地质资料。该项目于 2008 年 5 月全面完成，达到了预期效果。本书就是在这一调查成果的基础上编撰而成的。

一、研究内容

结合研究区复杂的地质条件及滇藏铁路工程规划和建设的进展情况，主要从以下方面开展地质调查和相关研究工作：

1. 区域工程地质条件的遥感解译

研究区复杂的地形地貌和极差的交通条件，要求必须采用先进的遥感技术作为区域研究的辅助手段。采用多种遥感影像（面上采用 ETM 影像，重点区段采用 Spot 遥感数据和航空照片）进行研究区新构造和区域工程地质条件遥感解译，解译内容以新构造、活动断裂、重大地质灾害为重点，其次是岩土工程地质类型、主要地理内容等。

2. 第四纪地质与新构造运动调查

系统开展滇藏铁路沿线第四纪地质综合调查工作，研究典型第四纪沉积物的发育特征和分布规律，构建区域第四纪地层对比框架。在此基础上，调查和分析研究区反映新构造活动特征的典型第四纪地质现象。

3. 重要活动断裂带调查研究

利用遥感解译、地面调查和山地工程揭露及高精度测年技术相结合，调查评价主要活动断裂的活动特性、强度、活动年代和演化趋势以及主要活动断裂的工程危害性。活动断裂调查在兼顾面上调查

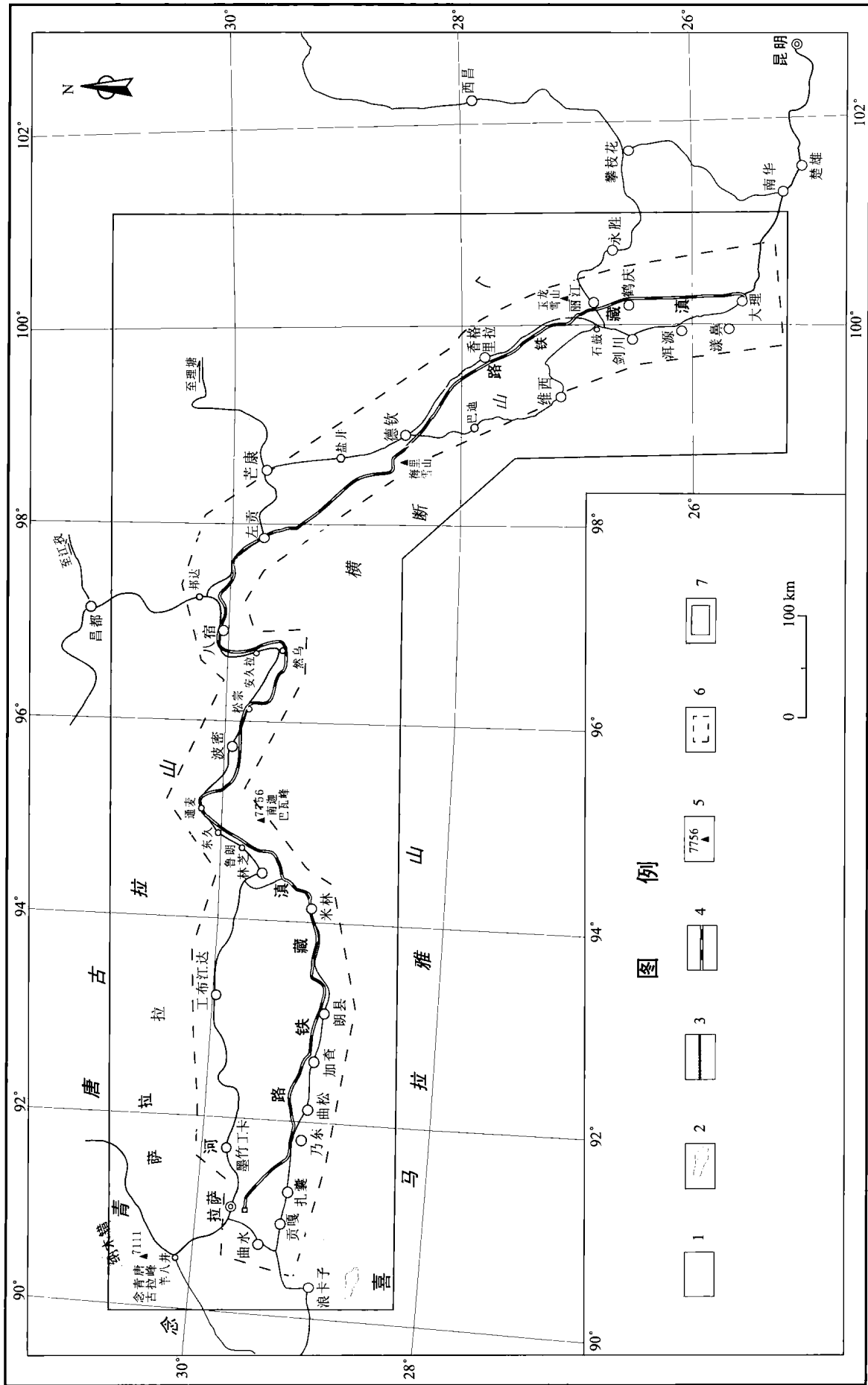


图 0-1 滇藏铁路走向和研究区位置示意图

1—河流; 2—湖泊; 3—公路; 4—铁路; 5—主要山峰和高度; 6—野外调查范围; 7—综合研究范围

的基础上,重点围绕生命线工程开展。

4. 区域地壳稳定性评价

在活动断裂调查和前人资料分析的基础上,从地质演化的角度,开展区域构造应力场、位移场分析和模拟计算,通过区域地壳稳定性影响因素分析,遴选评价指标,进行研究区地壳稳定性评价。

5. 重大工程地质问题和地质灾害调查及工程场地稳定性评价

结合滇藏铁路规划线路方案,重点对深埋隧道地质灾害及浅表层重大突发性地质灾害进行系统调查和分析研究,探讨地质环境复杂地区重大突发性地质灾害的发育规律,总结铁路沿线的重大工程地质问题。在此基础上,进行滇藏铁路近期规划段工程场地稳定性评价或工程地质条件分区,为铁路选线和线路优化提供科学依据。

二、研究区已有研究进展概述

1. 基础地质调查和研究工作

研究区的地质研究始于20世纪30年代。李四光(1939)在《中国地质学》中将滇西北归入扭动构造系,将包括研究区在内的青藏高原东南部归入藏、滇、缅歹字型构造体系;黄汲清(1945)在《中国主要构造单位》中把滇西北划归“特提斯式燕山褶皱带”;张文佑(1959)把大理以西划归为“横断山断块”,其东为“康滇台向斜”,其北是“南昆仑槽向斜”,3个构造单元以金沙江-红河断裂和程海断裂为界;黄汲清(1960)指出“大理地区属于西藏-滇西准地台、甘孜-松潘准地槽、扬子准地台的交接处”。无疑,这些论点对研究区的地质工作具有重要的指导意义。

研究区系统的地质调查工作开始于20世纪50年代,相关地质工作总体以小比例尺的路线地质调查为主,研究程度较低。20世纪60年代,中国科学院先后3次组织对青藏高原与喜马拉雅山地区的综合科学考察,将地质考察列为重要内容,建立了若干重要地层单元,发现了一些重要的古生物化石、岩浆侵入体与重要构造带;对青藏高原的隆升时代进行过系统的调查与分析,提交了一套较为系统的地质资料,出版了系列专著。在此期间,云南省地质局开始组建区域地质调查队,并逐渐开展大范围的1:20万区域地质调查工作。到1985年底,云南省的1:20万区域地质调查工作全面完成。

20世纪70年代,地质部航空物探大队完成东经 $88^{\circ}\sim 94^{\circ}$ 、北纬 $29^{\circ}\sim 33^{\circ}$ 地区的1:50万航磁测量,完成部分地区的航空遥感观测。70年代后期,美国科学家Molnar等(1975、1978)与法国地质学家Tapponnier等(1976、1982)利用陆地卫星遥感影像解译,结合地震震源机制解,研究青藏高原活动构造,指出青藏高原中南部地壳存在大规模东西向拉张与东向挤出运动,提出滑移线场理论和东向挤出模式,在国际地学界产生很大影响,但缺乏许多关键地区的实地调查和观测资料。20世纪70年代中晚期,西藏地质局组织完成拉萨幅1:100万区域地质调查,提交了相关的区域地质调查报告和地质图,极大地提高了研究区基础地质调查与研究程度,为以后的研究及本项目工作提供了重要的参考资料。但由于历史条件与工作精度的限制,对部分地质体的界线与分布范围圈定不够准确。云南省的相关部门在70年代提交了一批综合研究成果,具代表性的有:云南省区域地层表编写组编著的《西南地区区域地层表云南省分册》,云南省地质局区划组主编的《云南省成矿远景区划专辑》;1977~1985年云南区调队主编的一系列图件及说明书,主要有“1:50万云南省地质图及说明书”、“1:50万云南省矿产图”、“1:75万云南省构造体系图及说明书”、“1:75万云南省构造体系铁铜矿产图”、“1:75万云南省岩浆岩分布图”、“1:100万云南省地质图”等。

20世纪80年代,基础地质调查工作得到加强。1980年,原地矿部青藏高原综合地质调查大队会同有关地矿局,在分析已有资料与综合研究的基础上,编制出版青藏高原及邻区1:150万地质图。中国地质科学院地质力学研究所作为地质部青藏高原地质调查大队的重要成员(负责组建第一分队和第八分队)参加了“青藏高原第四纪地质与环境变化”课题的研究,针对青藏高原东缘第四纪地质和地质力学方面的问题开展了大量地质调查和研究工作,取得不少研究成果。1980~1984年,原地质矿

产部、中国科学院与法国国家科学研究中心联合开展“喜马拉雅山地质构造与地壳上地幔的形成和演化”合作研究项目,在地壳-上地幔构造演化、地层古生物、蛇绿岩、侵入岩、变质岩、人工地震测深、大地电磁测深、古地磁与活动构造等方面,开展系统的研究工作,取得多方面的重要探测、研究成果,陆续出版系列论文和专著。1987~1989年,西藏地矿局联合成都地矿所与成都地质学院的部分专家,在综合研究的基础上,编制西藏自治区地质图(1:150万)、岩浆岩图(1:200万)与构造图(1:200万),编著《西藏自治区区域地质志》;统一西藏综合地层区划,深化了中生界界线地层的研究,划分花岗岩的成因类型与岩浆作用的构造类型,区分蛇绿岩组合与非蛇绿岩组合基性超基性岩;对青藏高原构造演化、深部构造与新构造运动进行了系统分析。1984~1987年,云南省地矿局组织专家编制了《云南省区域地质志》及系列地质构造图件(1990),对云南省的区域地质调查成果进行了系统的总结,深化了区域地质调查研究程度。

20世纪90年代,西藏地矿局相继出版了一系列1:20万地质图,在本项目研究区的有:拉萨幅、曲水幅、浪卡子幅、泽当幅、加查幅、通麦幅、波密幅、八宿幅、察雅幅、左贡幅、芒康幅和盐井幅等。自1992年以来,在赵文津研究员、Larry Brown教授、Douglas Nelson教授的组织领导下,中国地质科学院、中国地质大学与美国、德国、加拿大10多个大学的数十名科学家一起,分3个阶段联合开展喜马拉雅-青藏高原深部探测(简称INDEPTH)项目,在地壳结构与组成、地壳构造、深部地质、大陆动力学方面取得大量探测成果,引起国际地学界的广泛关注。但这些工作都局限在一定的路线、走廊带或剖面范围内,对测线以外的地质构造调查与研究深度不够;深部探测研究工作开展较多,但地表地质观测比较薄弱,在一定程度影响了对深部过程的认识深度。

自2000年开始,中国地质调查局组织实施青藏高原空白区1:25万区域地质调查计划,截至2005年,滇藏铁路附近的林芝幅、扎日幅和墨脱幅的1:25万的区域地质调查工作已经完成,使得规划铁路沿线的地质调查空白区越来越少。但由于青藏高原气候环境较差,野外工作条件非常艰苦,地质调查与勘测程度与其他地区相比,工作程度普遍较低。也正因为此,青藏高原及周边地区逐渐成为现代地质学家发挥聪明才智的用武之地。

2. 青藏高原大陆动力学方面

自1885年Neumayr正式拉开青藏高原研究的序幕以来,人类已获取了有关高原地质的大量研究成果,并极大深化和丰富了对青藏高原演化的认识。我国对青藏高原隆升的研究曾一度处于落后状态,20世纪90年代以后,随着技术方法的更新和研究思路的拓宽,使高原隆升研究在短期内获得了极大进展,这在很大程度上缩小了我国国内与国外研究水平的差距,并且在高原深部动力学研究等方面已达到国际水平,但在高原隆升的沉积响应和大陆碰撞起始年代研究等方面与国外相比依然有较大差距。目前,青藏高原及相关造山带的研究态势,已从以往只阐明板块运动的历史和板块边界相互作用转向旨在阐明青藏高原从上地壳到上地幔各圈层相互作用过程和动力学的研究阶段,即从特提斯演化研究转向岩石圈及软流圈相互作用、碰撞后造山(原)过程、高原隆升机制和高原隆升的历史与过程以及地壳增厚变形的定量、半定量研究。其中,高原隆升机制和隆升历史一直是青藏高原大陆动力学研究中的两大主题(王成善等,1998)。

青藏高原隆升是晚新生代全球最重大的地质构造事件,对全球气候环境演化产生过深刻影响,对东亚环境变迁具有重要控制作用。对青藏高原隆升过程与机理,前人开展过大量研究工作。20世纪20年代,Argan提出印度大陆俯冲导致青藏高原隆升模式。1964年,我国科学家在西夏邦马峰北坡发现上新世高山栎化石,推测自上新世以来喜马拉雅地区隆升幅度达3000m。20世纪70年代,中国科学院青藏高原综合科学考察队在喜马拉雅山中段的吉隆盆地和唐古拉山南坡布隆盆地发现上新世三趾马动物群,推断青藏高原上新世末期平均海拔高度不超过1000m,青藏高原隆升主要发生在第四纪。20世纪70~90年代,中外科学家进行了大量的大气数值模拟研究工作,支持了青藏高原第四纪隆升模式(施雅风等,1998;孙鸿烈等,1998)。20世纪90年代中期,钟大赉和丁林应用磷灰石裂变径迹方法,通过青藏高原东部侵入岩和变质岩磷灰石的裂变径迹测年,分析青藏高原隆升过程,认为青藏

高原快速隆升开始于 3 Ma, 而且自 3 Ma→2 Ma→1 Ma, 高原隆升速率自 1~2 mm/a→2~7 mm/a→10~30 mm/a, 呈现出近指数增加趋势。1990 年, Molnar & England 对依据古气候变化、古生物变迁分析青藏高原隆升过程的方法提出质疑。1992 年, Harrison et al. 根据热年代学方法测定的岩体剥露速率, 推断青藏南部在 20~18 Ma 期间发生地壳快速增厚和高原快速隆升事件。1995 年, Harrison et al. 应用钾长石 Ar^{39} - Ar^{40} 多重扩散域热年代学方法, 测定念青唐古拉山东部糜棱岩形成时代与冷却历史, 分析羊八井-当雄盆地形成时代, 进而依据重力坍塌理论, 推断青藏高原在 7~8 Ma 已经达到现代地壳厚度并接近现今海拔高度。Turner et al. (1993) 根据地壳增厚-岩石圈去根减薄-地幔岩浆活动-高原隆升关系模式, 通过测定新近纪地幔源玄武岩的时代分析青藏高原隆升时代, 认为青藏高原在 13~14 Ma 达到最大海拔高度。Peter et al. (2001) 根据双湖盆地西边界断裂带绢云母、白云母的 Rb-Sr 等时线测年方法, 测出双湖地堑盆地的裂陷开始时代为 13.5 Ma, 从而将青藏高原隆升到现今相近海拔高度的时代提前到 13.5 Ma。吴珍汉等 (2007) 通过对湖相沉积地层的孢粉分析认为, 青藏地区热带-亚热带阔叶林植被自“始新世”中期开始逐步减少, 至“中新世”早期濒临消亡; 暗针叶林植被自“渐新世”早、中期开始逐步增加, 至“中新世”早中期达到繁盛程度甚至居主导地位。根据这些地质证据, 结合全球气候变化、古气温及年代学资料, 综合推断青藏高原在“渐新世”晚期隆升高度达到海拔 4000m 左右, 据同位素年代测定, 这一时间不晚于 2700 万年。迄今为止, 国内外科学家对青藏高原隆升过程存在着不同的观点和认识。近年来取得的一系列前所未有的新认识呈现两大特色: 提出和强调了高原隆升的分块断性、多阶段性的多因素特点; 发现和重视了高原深部动力作用在高原隆升过程中的重要地位。

3. 活动断裂和地震地质研究

研究区及周边地区最早的地震地质工作开始于 1956 年。当时, 李善邦、果尔什柯夫、徐煜坚等首次在野外开展研究, 为地震烈度区划收集了新构造运动方面的资料。较深入的地震地质工作开始于 1965 年, 中国科学院昆明地球物理研究所在川西和滇西地区进行地震烈度区划, 在野外开展了地震地质考察, 完成了新构造图、地震构造图和地震区划图的编制。同时, 地质部西南地震地质大队也在该区开展活动构造、地震构造考察, 初步对红河断裂进行分段, 对大理和永胜地震区地震构造做了研究。国家地震局所属 7 个单位组成的西南烈度队从 1971 年开始对西昌-渡口为中心的西南地震烈度进行区划, 讨论了大理、剑川、永胜地震区的发震构造, 编制了该区烈度区划等系列图件和说明书, 并出版了专著和论文集 (1977, 1978)。另外, 有的文章从地质和地震资料出发, 讨论了西南地区的构造应力场 (徐杰, 1977; 阚荣举, 1977)。这些工作和成果为当时全国的地震烈度区划工作提供了典型经验。

20 世纪 80 年代以来, 随着国际上活断层、地震断层、地震重复间隔等研究的新思路和新方法引进, 中国的活动断裂研究走上系统、定量化的道路, 使得活动断裂研究呈现出一种新的局面。国家地震局地质研究所开展的红河断裂带 1:50000 活断层地质填图工作和中美红河断裂的合作研究 (艾伦等, 1984)、IGCP 第 206 项目活断层编图 (IGCP 第 206 项目中国工作组, 1989)、国家地震局地质研究所和云南省地震局对红河断裂带北段的合作研究 (虢顺民等, 1984; 国家地震局地质研究所等, 1990) 等, 将红河断裂的研究向前推进了一步, 使活断层研究更加深入、细致和量化。对活动断裂的展布、结构、演化历史、活动年代、运动性质、活动强度、古地震及重复周期、地震破裂带以及断裂分段、地震危险性以及动力学等方面有了更深入的了解, 获得一批新的资料和很有价值的研究成果 (刘光勋等, 1986; 向宏发等, 1986; 马谨, 1988; 冉勇康等, 1988; 虢顺民等, 1991; 计凤桔, 1991), 为以后的工作奠定了良好的基础。国家地震局地质研究所和云南省地震局在进行滇西北地区活动断裂研究过程中, 还对苍山山前断裂古地震事件展开了深入研究, 对丽江-剑川断裂、鹤庆-洱源断裂、程海断裂等活动断裂的关键段落进行了断层陡坎、断错水系研究、探槽揭露及古地震事件研究, 揭示了历史强震的位移分布和晚更新世晚期以来的古地震事件, 并估算了活断层关键段落的强震实际重复发生时间间隔或平均重发间隔 (虢顺民等, 1983, 2001; 冉勇康等, 1988, 1990; 国家地震

局地质研究所等, 1990; 汪一鹏等, 2001; 徐锡伟等, 2003), 从而使人们能够在几个地震重复周期的时间段上认识断裂长期活动习性和估计未来地震危险性。而根据断裂带结构、活动方式、活动性质、活动时代、古地震及历史地震分布等差异对断裂带进行的分段研究, 为地震危险区划分提供了依据。近年来, 不少研究者运用上述思路并采用新的测试方法和手段对滇西北和川西交界附近的巴塘断裂带、金沙江断裂带和理塘断裂带进行了较为系统的研究, 取得不少新认识(徐锡伟等, 2005; 周荣军等, 2005, 2007; 彭克银, 2004)。相比之下, 西藏东南部的活动断裂研究程度普遍较低, 研究成果也比较零星。有代表性的是沈军等(2003)对西藏南部嘉黎断裂带进行的研究, 认为该断裂带西段在第四纪期间存在明显的右旋走滑运动。值得一提的是, 为了探索地震预报方法和进行地震监测, 中国地震局在滇西北建立了地震预报实验场, 为开展多学科综合研究提供了有利条件。通过深部电性特征、地热、遥感信息、活断层、断层年代、断层物质、构造应力场、地壳运动学、现代地壳形变、地震构造、古地震、地震活动性、地震重复率和潜在震源区划分及地震危险性等方面的综合研究, 大大地促进了对活动构造与地震认识的深入发展。

20 世纪 90 年代以来, 由于空间测量技术的发展, 地面定位精度已达到厘米级甚至毫米级, 使监测当时或近乎实时的地壳运动成为可能。由中国科学院、国家地震局、国家测绘局和总参测绘局等有关单位共同发起和承担的国家重大基础研究项目“现代地壳运动和地球动力学研究”, 实现了青藏高原东南部断裂现代活动性动态实时监测, 给出了活动块体及其周缘活动断裂运动的初步图像。中国地震局“九五”期间建设的重大科学工程“中国地壳运动观测网络”获得的 GPS 观测数据(马宗晋等, 2001; 张培震等, 2001; 牛之俊等, 2002)以及成都地质矿产研究所开展的原地矿部“八五”深部项目(85-06-214)和国土资源部“九五”重大基础项目(9501101)“青藏高原东部现代地壳运动 GPS 监测”获得的 GPS 监测数据(陈智梁等, 1999; 刘宇平等, 2003; 张清志等, 2005), 为认识青藏高原东南部相对于欧亚板块稳定部分的地壳位移速度矢量场提供了重要依据。

近年来, 结合重大工程规划和建设, 地震部门在研究区及周边开展了一系列工程场地地震安全性评价方面的工作, 如中国地震局地质研究所(2004)完成的金沙江虎跳峡水电站地震安全性评价和水库诱发地震评价报告、中国地震局地壳应力研究所(2004)完成的大理-丽江铁路选线工程场地地震安全性评价报告等, 为相关工程设计中的抗震设防提供了依据。

应当看到, 尽管前人在多方面做了大量的调查和研究工作, 但是, 由于研究区所处大地构造位置的特殊性、地质演化历史的复杂性以及高山峡谷的地貌特点, 使得该区活动断裂和地震活动等方面的研究程度还有待于进一步提高。

4. 区域地壳稳定性研究

区域地壳稳定性研究是工程地质学的一个重要分支学科, 也是在中国产生、发展和壮大起来的一门新兴学科(彭建兵等, 2001a)。国外相对应的研究主要集中于工程场区的活动断裂和地震稳定性(seismic stability)评价, 并且国外在这方面的研究侧重单因素: 从活动构造、地震方面研究地震稳定性; 从新构造、火山活动研究构造稳定性(tectonic stability); 从岩体物理力学性质方面研究岩体稳定性(rock mass stability)。而从构造、地震、活动断裂、地应力场、地质灾害和岩土工程等方面综合研究地壳稳定性, 主要在中国。经过半个世纪的发展, 区域地壳稳定性研究已经成为工程地质的重要分支学科和研究领域, 相应的理论体系日趋完善, 技术方法快速发展, 成为国家重大工程规划选址和建设前期论证的重要调查研究内容之一, 逐步引起国外相关学者的注意和重视, 进入蓬勃发展的新阶段。

自 20 世纪 50 年代中期始, 以李四光先生的地质力学理论(在地质构造活动地区选择相对稳定的地块作为重大工程建设场地的“安全岛”理论)为依托, 由刘国昌先生和谷德振先生开拓了区域地壳稳定性研究领域(刘国昌, 1965; 谷德振, 1965)。20 世纪 70 年代以来, 随着工程建设规模越来越大、特殊工程越来越多, 我国工程地质界许多有识之士, 随着工程实践经验的不断积累和研究领域的不断扩大, 逐步形成了比较系统的区域稳定性评价理论和方法。代表性的主要有以下三大理论体系: 以刘国昌(1965, 1979a, 1979b, 1983, 1992, 1993)为代表的区域稳定工程地质学理论; 以谷德振

(1979) 为代表的构造控制论的区域地壳稳定性理论; 以胡海涛 (1984, 1988, 1993) 为代表的“安全岛”理论。

“安全岛”理论 以李四光倡导的活动构造体系与“安全岛”理论为主体, 经胡海涛等人在研究实践中进一步发展。“安全岛”理论的核心思想是在现今构造活动强烈地区, 寻找活动相对微弱的“安全岛”; 而在现今构造活动性微弱地区, 圈出活动性相对较强的活动带。这一理论用简要的关键词将区域地壳稳定性评价的实质内涵表达出来, 通俗易懂, 因此得到快速发展, 成为区域地壳稳定性评价的主导理论之一。

构造控制理论 以构造稳定性分析评价作为区域地壳稳定性评价的核心内容, 强调内动力产生的构造活动性和构造块体稳定状态是区域地壳稳定性研究的主体。根据研究思路的差别又可以分为 2 种观点: 其一, 以断裂活动性、地震活动性和断块稳定状态分析评价为主导的思路, 其核心是研究地壳现今活动性及其对工程安全的影响。这方面的研究思路与国际上地震危险性和地质灾害风险评估相类似, 有利于国内外的交流和推广。其二, 以构造应力场研究为主线, 进行区域地壳稳定性评价。其核心是以现今构造应力场、形变场、地热场研究为基础, 揭示现在地壳稳定状态的根本原因和规律, 进而评价区域地壳稳定性。在理论上, 以物理学的“场论”为核心, 用应力场、变形场、能量场和热场等反映各种内动力作用所导致地壳表层变形的时空分布趋势和规律, 揭示构造稳定性的机制和相互影响; 在实践上, 用仪器现场测量、地震机制解译与数学、物理模拟实验相结合, 以现今构造应力场分析研究为主, 新构造以来的构造应力场演化研究为辅, 在分析揭示现今构造活动性、地震活动性规律和原因的基础上, 评价区域地壳稳定性。

区域稳定工程地质理论 以区域稳定性工程地质评价为核心, 将区域地壳稳定性评价分为构造稳定性评价、地面稳定性评价和场地稳定性评价 3 个层次, 强调地球内动力作用是影响区域地壳稳定性主导因素的同时, 考虑外动力和特殊物理地质现象对地面和场地稳定性的影响。其核心是围绕内外动力综合作用的灾变过程及其对区域地壳稳定性影响因素研究, 从新构造、活动断裂、地震活动性等方面为主研究构造稳定性, 从地壳表层地质灾害和工程岩土性质为主研究地面和场地稳定性, 而 3 者综合考虑多层次评价区域地壳稳定性, 使地壳稳定性研究贯穿于工程地质研究的全过程, 工程地质意义更为明显。

在上述理论的指导下, 国内众多学者结合国家重点工程建设开展了大量卓有成效的研究工作 (谭周地, 1986, 1991; 孙广忠, 1988, 1993; 王思敬, 1984, 1995; 李兴唐, 1987, 1991; 陈庆宣等, 1980, 1989; 刘玉海, 1987, 1988, 1995; 易明初, 1991, 2003; 张倬元, 1994; 王士天等, 1989; 罗国煜等, 1992a, 1992b; 孙叶等, 1997, 1998; 杜东菊, 1993; 殷跃平, 1990, 1996; 彭建兵等, 1992, 1997a, 1997b, 2001a, 2001b; 刘传正, 1993, 1995; 吴树仁, 1995, 2004; 黄润秋等, 2001), 使区域地壳稳定性研究的技术方法逐渐成熟, 初步形成了区域地壳稳定性研究的基本理论体系和方法论, 并直接为国家大型工程 (核电工程、水电工程和铁路工程) 和城市建设及经济建设选址服务。近些年来, 随着现代岩石圈动力学和大陆动力学研究的发展, 彭建兵等 (2001a) 结合重大地质工程实践中出现的新问题、新要求, 充分吸收现代地质学的最新研究成果, 以现代板块构造理论为基础, 提出了“区域稳定动力学理论与方法体系”, 使区域稳定性研究由静态到动态力学过程、由地表到深层、由区域到全球转变。在评价、研究目标的尺度上逐步实现由场地评价到场地利用乃至工程对策设计方向的转变, 并在实践中得到了较好的应用。吴树仁等 (2004) 在总结区域地壳稳定性评价相关理论体系的基础上, 结合当前面临的主要任务, 提出未来区域地壳稳定性评价的几个重要发展方向和趋势, 即区域地壳稳定性评价的国际化趋势、理论和技术多样化趋势、城市三维稳定性评价与小区划趋势、基于 GIS 技术的信息系统趋势及为国家重大工程规划选址、建设、运营和管理全程服务的趋势。

随着我国西部大开发和可持续发展战略的逐步实施, 许多大型工程逐渐向西部新构造活动相对强烈、区域地质环境相对薄弱和工程地质条件相对较差的地区延伸, 因此, 围绕这些重大工程进行区域地壳稳定性评价研究的任务日趋艰巨, 这既是区域地壳稳定性研究面临的挑战, 同时又为区域地壳稳

定性研究理论和技术的发展提供了难得的机遇。在中国地质调查局的统一组织下,根据国家重大工程规划和建设的需要,自2000年以来设立了“国家重大工程区域地壳稳定性调查与评价”计划项目,涉及的重大工程包括青藏铁路、滇藏铁路、南水北调西线工程、三峡引水工程、西气东输工程等,大大地促进了我国区域地壳稳定性理论和技术的发展。目前,我国重大工程场区的地壳稳定性调查评价研究正处于蓬勃发展的新阶段。但是应当看到,尽管区域地壳稳定性问题研究的理论与方法体系越来越趋于完善,但由于它是一门交叉了众多学科的、复杂的、边缘性极强的科学,又与人类工程活动及生命安全密切相关,因此仍需要不断探索和完善。

5. 工程地质和环境地质调查研究

与滇藏铁路有关的研究始于1978年,铁道第二勘察设计院组织技术人员对滇藏线广通-大理-加腊-拉萨的大走向进行调查研究和踏勘考察,于1978年10月完成了方案研究报告;1983年完成滇藏线广通-大理段的可行性研究报告;1983年以后,由于全国经济建设重点东移,滇藏铁路研究暂时停顿。1996年,铁道部根据国家“1995~2000年国民经济和社会发展规划和2010年纲要目标”和第三次西藏工作座谈会的要求,部署了进藏公路规划研究工作;1997年10月,铁道部计划司召开了进藏铁路方案研讨会,提出了有序推进进藏铁路建设前期工作,确定了滇藏铁路和青藏铁路两大方案作为进藏铁路的主要方案,进一步加深前期研究工作,为国家建设决策提供可靠的科学依据。根据上述精神,1998年6~12月,铁道部专业设计院采用遥感技术开展了全线工程地质判释工作,编制了1:20万卫星图像工程地质、水文地质综合判释图约 $3 \times 10^4 \text{ km}^2$,1:5万地质遥感判释图约 $2.3 \times 10^4 \text{ km}^2$,为滇藏铁路规划提供了很有价值的资料;铁道第二勘察设计院在运用既有资料的基础上,结合专业设计院完成的遥感判释报告,于1998年12月完成了“新建铁路滇藏线预可行性研究报告”,认为滇藏铁路在工程技术上是可行的,但必须对沿线的复杂工程地质条件进行深入研究,查清不良地质现象(如活动断裂、地质灾害等)的分布,掌握重大工程地质问题或地质灾害的发育规律,这样才能保证滇藏线方案的落实。

20世纪80~90年代,中国科学院地质研究所、中国地震局地质研究所、四川省地震局、云南省地震局等单位曾在滇西北尤其是大理-丽江活动构造区作过大量的调查和研究工作,在大地构造、地震地质、地球物理、地壳形变等多方面获得了较为丰富的资料。20世纪90年代,中国科学院水利部山地灾害研究所与西藏交通科学研究所对帕龙藏布流域的典型山地灾害开展了一系列调查研究工作,并于1999年出版了专著《川藏公路典型山地灾害研究》。在此基础上,朱汉华等(2004)、杨志法等(2005)分别出版了针对川藏公路突发性地质灾害研究和防治方面的专著。

自1999年以来,国土资源部逐步加强了对工程建设和规划区地质灾害危险性评估工作的要求。滇藏铁路大理-丽江段以及沿线相邻的水电站、公路和其他建设场地等都开展了一系列地质灾害危险性评估工作,对相应的工程选址安全起到了很大的作用。但是,由于地质灾害危险性评估工作主要局限于工程建设区的一定范围,在反映区域规律方面尚有很大不足。

2004年6~8月,中国地质科学院地质力学研究所在规划中的大丽线铁路隧道附近开展了原地应力测量工作,根据水压致裂法地应力测量数据和三维模拟计算结果,给出了隧道附近地应力的赋存规律和基本特征,为隧道轴线方位的确定和断面形状及衬砌方式的选择提供了依据。2005年10月~2006年4月,受铁道第二勘察设计院委托,中国地质科学院地质力学研究所开展了丽江-香格里拉段铁路沿线活动断裂调查与鉴定,对铁路选线具有重要的指导意义。

综观前人的地质研究工作,主要集中在基础地质调查、岩石圈结构、区域活动断裂和地震灾害调查研究等基础地质问题方面。突发性地质灾害的调查研究工作更多地围绕川藏公路灾害治理开展,但由于缺乏系统性,对地质灾害发生演化机理的认识有待进一步提高。针对滇藏铁路工程的前期地质工作相对薄弱,尽管在将近20年的时间内,进行过多次勘测设计,也进行过全线现场调研,但由于沿线地形、地质复杂,交通闭塞,工作条件差,既有地形及地质资料缺乏,使勘测设计工作难以深入,严重影响了线路方案的工程地质条件评价。无疑,通过研究区新构造和活动断裂的系统调查,开展滇

藏铁路沿线地壳稳定性调查评价和重大工程地质问题研究，对滇藏铁路工程建设及该区其他重大工程规划具有重要的指导意义，并将带来显著的社会、经济和环境效益。

三、研究思路和技术路线

以地质力学和大陆构造动力学为指导，在广泛收集前人工作成果和地质资料的基础上，利用遥感解译与野外地质调查相结合，线路地质调查与重点地段大比例尺填图调查相结合，新构造运动特征定性分析与断裂活动年龄及强度定量测试分析相结合，内、外动力地质现象对比观测分析与模拟计算相结合，系统开展滇藏铁路沿线新构造活动、第四纪地质和活动断裂调查，综合分析活动断裂的几何学、运动学和动力学特征；在单独分析和定量估算每种内、外动力灾害的活动性、稳定性的基础上，对影响地壳稳定性和场地稳定性的相关因素进行分析，遴选评价指标，进行区域地壳稳定性定量-半定量评价。基于区域地壳稳定性评价结果，在系统分析滇藏铁路沿线重大工程地质问题以及新构造运动与地质灾害相关性多方位综合研究的基础上，开展铁路近期规划段（丽江-香格里拉段）的工程地质稳定性评价，对铁路选线和线路方案优化提供可靠的地质资料，并针对滇藏铁路工程建设中可能遇到的重大工程地质问题提出针对性的对策或建议。总体研究思路和技术路线可用图 0-2 概略表示。

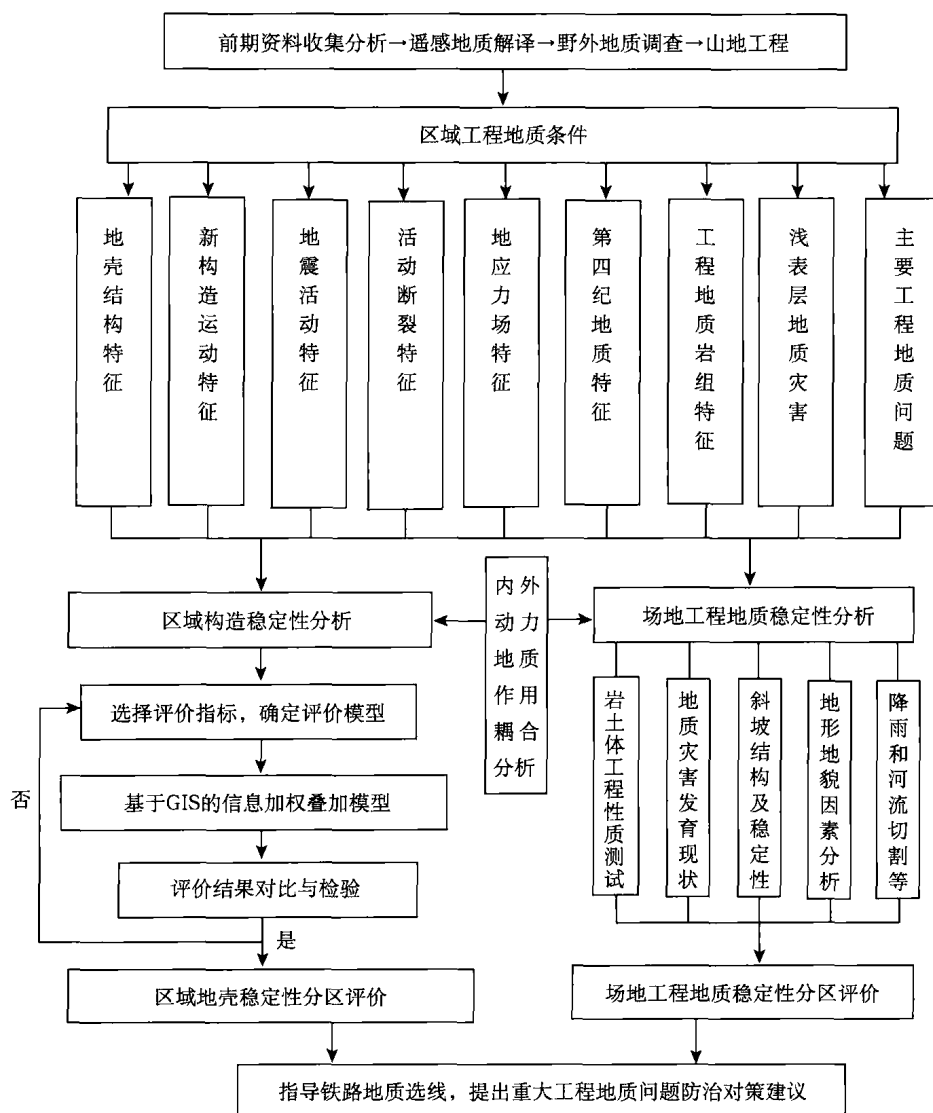


图 0-2 总体研究思路和技术路线框图

在研究过程中,所采用的技术方法和手段主要包括以下方面:

- (1) 应用现代遥感技术与野外地质调查相结合,对重点地段活动断裂采用轻型山地工程揭露。
- (2) 应用电子自旋共振(ESR)、热释光、光释光、 ^{14}C 、铀系法等测年技术与孢粉分析相结合,研究滇藏铁路沿线第四纪沉积物年龄、新构造运动特点和重要活动断裂的活动时限。
- (3) 利用野外第四纪地质调查与综合读图相结合,以第四纪地貌演化和河流发育史研究为突破口,从第四纪堆积物特点、古湖分布和河流发育史、夷平面分布和演化等反映新构造运动的因素入手,深入揭示青藏高原东南缘的新构造运动特征和演化历史。
- (4) 采用常规和非常规岩土工程特性测试技术,揭示重大地质灾害和疑难工程地质问题的成因机理。
- (5) 区域构造应力场模拟和关键地段隧道工程稳定性的数值模拟技术:采用 ANSYS 有限元软件进行研究区构造应力场和重要隧道场区应力场模拟及稳定性模拟计算,研究区采用二维模型,重要隧道场区采用三维模型。
- (6) 地壳稳定性评价采用基于 GIS 技术的信息加权叠加方法;铁路近期规划段工程地质稳定性评价采用基于 GIS 技术的层次分析模型。

四、取得的主要进展和成果

项目组本着严谨、求实的科学态度,克服野外生活条件艰苦、交通不便和高原缺氧等不利条件,在整体规划项目主要工作内容的基础上,着重考虑了滇藏铁路工程的总体规划和进展,合理地安排了项目的工作进度。在第四纪地质和活动断裂调查、地壳稳定性评价、地质灾害和重大工程地质问题研究、铁路选线技术等方面取得了一系列重要进展和成果:

(1) 基于第四纪地质调查及测年结果,开展了滇藏铁路沿线第四纪地层对比研究,构建了青藏高原东南缘第四纪地层对比框架;首次编制了铁路沿线及周边地区夷平面分布图,对于认识青藏高原东南缘新构造运动特征具有重要的参考价值。

(2) 对研究区 51 条活动断裂(带)的展布、最新活动时代、分段性和活动方式进行了研究和总结;对与铁路相交或近距离平行的 20 条活动断裂进行了重点调查、探槽揭露和取样测试;重新厘定了铁路沿线 14 条重要的晚更新世以来的活动断裂。

(3) 对滇藏铁路工程规划中可能遇到的地质灾害和重大工程地质问题进行了系统调查和预测评价;深入研究了铁路沿线特殊岩土体的主要工程地质特性,提出了实用性的工程判别指标,具有创新性。

(4) 在系统分析活动断裂、地震活动、地热场、构造应力场、地形变场、工程地质岩组及地质灾害等因素的基础上,采用基于 ArcGIS 的信息加权叠加方法,开展了滇藏铁路沿线地壳稳定性综合评价,指出大理以北、丽江-小中甸、奔子栏一带、八宿附近、通麦-米林、桑日-朗县等地段属不稳定区,规划铁路在这些地段应开展进一步的线路优化或加强相应的抗灾措施。

(5) 深入开展了滇藏铁路丽江-香格里拉段工程地质稳定性综合评价,提出了线路比选和优化方案,相关研究成果已被铁路设计部门采纳,在指导铁路选线方面发挥了重要作用。

在项目执行期间,既重视公益性和基础性,又强调地质调查项目紧密围绕国家重大工程建设,直接为工程规划服务,较好地实现了地调项目与国家重大工程规划建设的结合。项目阶段成果曾被评为 2006 年度“中国地质科学院十大科技进展”。项目组成员在国内外学术刊物上发表论文 22 篇,促进了学术交流。

五、项目参加人员及分工

项目组成员由来自科研机构和勘察设计部门的构造地质、地质力学、第四纪地质、工程地质和地

绪 论

质灾害等专业的中青年技术骨干组成（表0-1），他们大都具有在西部艰苦高原地区进行野外地质调查和研究的经验。项目组还聘请熟悉区域地质情况、尤其是在活动构造和地质灾害研究方面经验丰富且熟悉重大工程规划建设的国内知名专家作为项目的技术顾问。3年来，项目组成员始终坚持严谨的科学态度，克服研究区恶劣的工作条件，顺利地完成了项目预期的各项任务，并取得了良好的效果，因此本成果是集体智慧的结晶。

表 0-1 项目组成员和分工一览表

姓 名	专 业	学位、职称	工 作 单 位	项目中的分工
张永双	地质工程	博士，研究员	地质力学研究所	项目负责，工程地质与地质灾害综合研究
胡道功	地质力学	博士，研究员	地质力学研究所	活动断裂调查和稳定性评价
吴中海	构造地质	博士，副研究员	地质力学研究所	活动断裂调查
张加桂	地质工程	博士，研究员	地质力学研究所	活动断裂调查
吴树仁	地质力学	博士，研究员	地质力学研究所	地壳稳定性研究
赵希涛	第四纪地质	研究员	中科院地质与地球物理所	第四纪地质调查
蒋良文	工程地质	博士，高工	铁道第二勘察设计院	工程地质与地质灾害研究
郭长宝	地质工程	博士	地质力学研究所	地质灾害调查
曲永新	工程地质	研究员	中科院地质与地球物理所	综合研究
石菊松	地质工程	博士，助研	地质力学研究所	遥感地质解译
王 科	工程地质	博士，高工	铁道第二勘察设计院	地壳稳定性研究
雷伟志	地质力学	副研究员	地质力学研究所	遥感解译和第四纪地质研究
谭成轩	地质力学	博士，研究员	地质力学研究所	构造应力场模拟
赵 越	构造地质	研究员	地质力学研究所	地壳稳定性研究
张春山	地质工程	博士，研究员	地质力学研究所	地应力分析
刘景儒	地质工程	博士，高工	地质力学研究所	深埋隧道工程地质调查
石 玲	地质学	工程师	地质力学研究所	地质绘图
王献礼	地质工程	研究生	地质力学研究所	地质灾害调查
姚 鑫	地质工程	博士，助研	地质力学研究所	地壳稳定性研究
王 薇	地质学	工程师	地质力学研究所	数据处理
熊探宇	地质工程	研究生	地质力学研究所	地质灾害调查

项目工作完成后，提交了《滇藏铁路沿线地壳稳定性调查评价报告》及相关附图，项目成果得到评审专家的高度评价。本书就是在该项目成果的基础上编撰而成的，全书共3篇12章，第一篇主要介绍研究区的区域地质背景和新构造运动特征：第一章简明扼要地介绍了研究区的区域地质背景；第二章阐述了研究区第四纪地质特征，从第四纪地质调查的若干新发现，剖析了研究区新构造运动特征。第二篇主要阐述活动断裂和地壳稳定性方面的成果：第三章简要介绍活动断裂研究方法和研究区活动断裂总体特征；第四~第六章分别介绍了滇西北区、藏东南区（三江区）和藏南区的主要断裂带及其活动性；第七章介绍了滇藏铁路沿线断裂活动的动力学机制，力图从区域上探索形变场、应力场和断裂活动性之间的关系；第八章通过研究区历史地震活动分析，阐述了地震构造标志及未来强震活动趋势；第九章介绍了滇藏铁路沿线及邻区地壳稳定性评价过程和结果。第三篇主要阐述铁路沿线重大工程地质问题与铁路工程选线技术：第十章介绍了铁路沿线主要地质灾害类型，选择典型实例剖析了各类地质灾害的发育特征；第十一章介绍了铁路沿线的主要工程地质问题，包括岩爆、高地温、软岩大变形等；第十二章对铁路沿线特殊岩土体的工程地质特性进行了总结；第十三章以丽江-香格里拉段铁路为例进行了工程地质稳定性评价，并简要阐述了对拉萨-林芝段铁路选线的认识，探索了高山峡谷区铁路选线的技术途径。