



铁路科技图书出版基金资助出版

西南铁路工程地质研究与实践

XINAN TIELU GONGCHENG DIZHI
YANJIU YU SHIJIAN

卿三惠 主编

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

责任编辑：江新锡 曹艳芳
封面设计：薛小卉



地址：北京市宣武区右安门西街8号
邮编：100054
网址：WWW.TDPRESS.COM

ISBN 978-7-113-09518-5



ISBN 978-7-113-09518-5/TU • 990

定 价： 38.00 元

铁路科技图书出版基金资助出版

西南铁路工程地质研究与实践

卿三惠 主编

中国铁道出版社

2009年·北京

内 容 简 介

紧密结合我国西南地区铁路建设实践,系统论述了西南地区区域地震地质环境、地质灾害分布规律、形成机理及防灾减灾对策;分析了西南地区崩塌、滑坡、泥石流、岩溶、地面塌陷、隧道涌水、有害气体、采空区、岩爆与大变形等不良地质现象及膨胀土(岩)、红黏土、软土、盐岩等特殊岩土的工程地质问题及其对工程的危害;总结了西南铁路工程地质五十多年来山区铁路选线技术、工程地质勘察与测试技术、地质综合勘探技术、地质灾害防治技术等的应用研究与实践的成就与经验,并对 21 世纪铁路工程地质技术的发展趋势提出了展望;最后还介绍了西南地区穿越“地质博物馆”的宝成铁路、成昆铁路、南昆铁路、滇藏铁路、玉蒙铁路的工程地质勘察成果实例。

图书在版编目(CIP)数据

西南铁路工程地质研究与实践/卿三惠主编. —北京:

中国铁道出版社, 2009. 2

ISBN 978-7-113-09518-5

I. 西… II. 卿… III. 铁路工程-工程地质-西南地区 IV. U212. 22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 198689 号

书 名:西南铁路工程地质研究与实践

作 者:卿三惠 主编

责任编辑:江新锡 曹艳芳

电 话:010-51873018

电子信箱:jxinxi@sohu.com

封面设计:薛小卉

责任校对:张玉华

责任印制:李 佳

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街 8 号)

网 址:<http://www.tdpress.com>

印 刷:北京佳信达欣艺术印刷有限公司

版 次:2009 年 2 月第 1 版 2009 年 2 月第 1 次印刷

开 本:850mm×1 168mm 1/32 印张:7.75 字数:197 千字

印 数:0001~1500 册

书 号:ISBN 978-7-113-09518-5/TU·990

定 价:38.00 元

版权所有 侵权必究

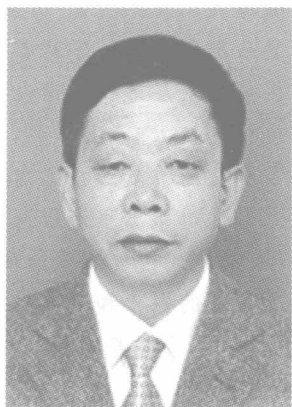
凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社读者服务部调换。

电 话:市电(010)51873170,路电(021)73170(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)63549504,路电(021)73187

主要作者简介

卿三惠,1956年2月生,贵州省息烽县人。1982年1月毕业于西南交通大学工程地质专业,获工学学士学位;2007年6月毕业于成都理工大学地质工程专业,获工学博士学位。1988年晋升工程师;1993年晋升高级工程师;2002年晋升教授级高工,是国家首批注册的岩土工程师。1982年1月参加工作以来,在中铁二院工程集团有限责任公司(原铁道第二勘察设计院)从事工程勘察设计25年(其间1998年8月~2006年7月任院副总工程师8年),2006年8月任中铁二局(原铁道部第二工程局)总工程师。历经西南地区南防、南昆、内昆、水柏、株六、黔桂、黎湛、遂渝、达成、玉蒙、滇藏等新(改)建铁路及成渝、广环、广株、广韶等高速公路的前期研究、勘察设计、配合施工及科研试验的锻炼,积累了丰富的工程实践经验。



在工程勘察设计与施工技术研究中,先后获国家、省(部)、总公司级优秀勘察奖6项,优秀设计奖2项,科技进步奖7项。“水柏铁路北盘江大桥工程地质勘察”获铁道部优秀勘察一等奖和国家银奖,“南防铁路小董河特大桥工程地质勘察”、“遂渝铁路龙凤隧道地质综合勘探”分获铁道部、四川省优秀勘察二等奖,“重庆枢纽无砟轨道试验段工程地质勘察”、“南昆铁路南那段龙床地裂区工程地质勘察”分获中铁工程总公司优秀勘察一、三等奖,“贵州茅台酒厂改扩建800 t/年厂区工程地质勘察”获贵州省优秀勘察三等奖,“水柏铁路选线设计”及“遂渝铁路路基工程设计”分获中铁工程总公司优秀设计一等奖,“时速350 km高速铁路CRTS II型

板式无砟轨道施工技术及相关设备研究”获四川省科技进步一等奖,“红层软岩地区建造时速 200 km 客货共线铁路路基关键技术研究”、“超浅埋地铁大断面长距离水平冻结施工技术研究”、“城市地下互通立交隧道群施工技术研究”及“高压富水地层超深埋特长隧道施工技术研究”分获四川省科技进步三等奖,“特殊环境修建复杂洞室群地铁车站整体洞桩法施工关键技术研究”、“大断面单拱单柱双层地铁车站浅埋暗挖施工技术研究”分获中铁工程总公司科学技术二、三等奖,为推进铁路勘察设计与施工技术进步做出了积极的贡献。在国内公开出版的科技刊物上发表论文 30 余篇,对山区道路工程地质选线、工程地质及水文地质勘察、软弱地基处理、滑坡或边坡工程治理、复杂地质隧道灾害防治等技术问题进行了有益的探索和研究。2001 年获“全国铁路火车头奖章”,2005 年被授予“四川省学术和技术带头人”和“四川省工程勘察大师”荣誉称号。

序

我国西南地区位于青藏高原东部,因受印度洋板块与欧亚板块碰撞挤压的影响,深大活动断裂发育,新构造运动强烈,地震频繁震级高,地壳升降幅度大,山高坡陡,谷深流急,岩体破碎。又因该区雨量丰富,致使生态环境脆弱,成为我国发生强烈地震及崩塌、滑坡、泥石流灾害的重灾区。西南铁路建设中遇到的主要工程地质问题是高烈度地震、活动断裂和广泛发育的不良地质现象以及特殊岩土等问题,给铁路选线、地质勘察、工程设计、施工、运营带来了大量的疑难课题。

我国西南地区铁路工程地质事业始于 20 世纪 50 年代,通过半个多世纪的发展,铁路工程地质工作经历了从无到有,从定性描述发展到定性与定量相结合,从忽视宏观地质条件的单纯岩土观念发展到重视区域地质和环境地质的综合选线观念,从与自然条件对抗的“征服”观念发展到“顺其自然、和谐发展”的适应观念,从局限于狭窄的线形和静止的比较观念发展到宏观相互作用和动态比较的发展观念等过程。特别是改革开放 30 年来,随着我国铁路建设的突飞猛进,面临着众多的工程地质问题,极大地推动了铁路工程地质理论和技术的不断发展和创新,广大地质工作者足迹遍及西南地区,风餐露宿,历尽千辛万苦,在铁路工程地质勘察、岩土工程治理、地质灾害防治等方面取得了巨大成绩,为西南铁路建设作出了不可磨灭的贡献,我们也为有这些辛勤耕耘的地质工作者而高兴。

作者在参加西南铁路建设实践中,经历了数十条新(改)建铁路干线的勘察设计,积累了丰富的工程实践经验,并对各种工程地质问题进行了长期的探索与研究,主编了《西南铁路工程地质研究与实践》一书,实属难能可贵。

本书紧密结合我国西南地区铁路建设实践,系统论述了西南地区的区域地震地质环境、地质灾害分布规律、形成机理及防灾减灾对策;分析了西南地区崩塌、滑坡、泥石流、岩溶、地面塌陷、隧道涌水、有害气体、采空区、岩爆与大变形等不良地质现象及膨胀土(岩)、红黏土、软土、盐岩等特殊岩土的工程地质问题及其对工程的危害;总结了山区铁路选线技术、工程地质勘察与测试技术、地质综合勘探技术、地质灾害防治技术等应用研究与实践的新成果、新经验,并对21世纪铁路工程地质技术的发展趋势提出了展望,最后还介绍了西南地区穿越“地质博物馆”的宝成、成昆、南昆、滇藏等长大铁路干线的工程地质勘察成果实例。

本书是作者从事西南铁路工程地质研究与实践数十年的经验总结,全书贯穿了理论结合实践的学术思想,写作结构合理,逻辑性强,内容丰富,具有较高的工程地质理论及较强的实践性,对推进铁路工程地质的技术进步与发展有重要的学术价值及应用价值。相信该书的面世会受到广大工程地质工作者的欢迎。值此,对作者的辛勤劳动表示由衷的感谢。作者卿三惠同志请我作序,本人才疏学浅,人微言轻,自知难膺书序之选,但盛情难却,遂欣然提笔,是为序。恳祈同仁鉴谅并指正。

中国工程勘察大师

单文超

2008年11月

前 言

我国西南地区铁路工程地质工作始于 20 世纪 50 年代,通过半个多世纪的发展,形成了集工程地质水文地质勘察、岩土工程设计、施工地质、运营地质、教学与科研为一体的技术体系,建成了以中铁二院工程集团有限责任公司(原铁道第二勘察设计院)为主体的铁路工程地质勘察专业队伍。铁路工程地质工作经历了从无到有,从定性描述发展到定性与定量相结合,从忽视宏观地质条件的单纯岩土观念发展到重视区域地质和环境地质的综合选线观念,从与自然条件对抗的“征服”观念发展到“顺其自然、和谐发展”的适应观念,从局限于狭窄的线形和静止的比较观念,发展到宏观相互作用和动态比较的可持续发展观念等过程。广大工程地质工作者在铁路工程地质勘察、岩土工程设计、教学与科研等方面取得了巨大进步,为西南铁路建设作出了贡献。基于“回顾历史、肯定成绩、总结经验、指导未来”的初衷,在中国铁路科技图书出版基金委员会的资助下,作者通过辛勤的努力,终于完成了《西南铁路工程地质研究与实践》一书的编纂。希望通过本书的出版,全面总结半个多世纪来西南铁路工程地质工作的经验与教训,达到承前启后、继往开来、促进发展之目的。

本书第 1 章介绍我国西南地区铁路网布局及铁路建设概况;第 2 章论述西南地区自然地理、地层岩性、地质构造、新构造断裂与地震活动、水文地质特征等区域工程地质环境;第 3 章研究论述区域地震、地质灾害分布规律、形成机理及防灾减灾对策;第 4 章重点分析了西南地区常见的崩塌、滑坡、泥石流、岩溶、地面塌陷、隧道涌水、有害气体、采空区、岩爆与大变形等不良地质现象及膨胀土(岩)、红黏土、软土、盐岩等特殊岩土的工程地质问题及其对工程的危害;第 5 章总结了西南铁路工程地质五十多年来山区铁

路选线技术、工程地质勘察与测试技术、地质综合勘探技术、地质灾害防治技术等的应用研究与实践的成就与经验,并对 21 世纪铁路工程地质技术的发展趋势提出了展望;第 6 章重点介绍了西南地区具有典型代表性的穿越“地质博物馆”的宝成铁路、成昆铁路、南昆铁路、滇藏铁路、玉蒙铁路的工程地质勘察成果实例。

本书由卿三惠主编。第 1、2、3、4、5 章由卿三惠编写;第 6 章第 1 节由张亨纲编写,第 2 节由严壁玉编写,第 3 节由唐民德编写,第 4 节由卿三惠、郑永泉编写,第 5 节由卿三惠、汪国信编写;最后由卿三惠负责统稿。在编写过程中,引用参考了大量的有关文献资料,在此向原作者表示感谢。

本书是作者从事西南铁路工程地质研究与实践的经验总结,具有较高的工程地质理论及较强的实践性,可供铁路、公路工程地质与地质工程工作者及大专院校师生学习和参考。鉴于编者水平有限,书中不足之处难免,敬请读者批评指正。

编 者

2008 年 8 月 于成都

目 录

第 1 章 西南铁路建设概况	1
1.1 地理位置	1
1.2 西南铁路分布与规模	1
1.3 主要铁路通道概况	2
1.3.1 四川通道	2
1.3.2 重庆通道	5
1.3.3 贵州通道	8
1.3.4 云南通道	10
1.3.5 广西通道	14
1.3.6 青藏通道	15
1.3.7 粤海通道	16
第 2 章 区域工程地质环境	18
2.1 地势地貌	18
2.2 气候特征	19
2.3 水系分布	20
2.4 地层岩性	24
2.5 地质构造与地震	27
2.5.1 大地构造分区	27
2.5.2 新构造运动	30
2.5.3 新构造断裂分布	31
2.5.4 新构造断裂运动	34

2.5.5 区域地应力场特征	39
2.5.6 地震活动概况	40
2.6 水文地质特征	44
2.6.1 地下水类型	44
2.6.2 主要流域地下水概况	46
第3章 区域环境地质灾害	49
3.1 新构造地震环境地质灾害	49
3.2 新构造山地环境地质灾害	52
3.2.1 地质灾害(崩塌、滑坡、泥石流)的分布规律	52
3.2.2 山地环境致灾因素	56
3.3 防灾减灾对策探讨	60
第4章 区域主要工程地质问题	61
4.1 斜坡工程地质问题	61
4.1.1 崩塌、滑坡、泥石流	61
4.1.2 铁路沿线崩塌与滑坡的分布及其对铁路 的危害	64
4.1.3 铁路沿线泥石流的分布及其对铁路的危害	66
4.2 岩溶工程地质问题	68
4.2.1 岩溶地面塌陷灾害	69
4.2.2 岩溶洞穴及其堆积物灾害	71
4.2.3 岩溶隧道涌水突泥灾害	71
4.2.4 岩溶地表水灾害	72
4.2.5 岩溶地区地裂灾害	73
4.3 有害气体工程地质问题	73
4.4 采空区工程地质问题	75
4.5 高地应力工程地质问题	76

4.6 膨胀土(岩)与红黏土工程地质问题	79
4.6.1 膨胀土与红黏土的胀缩性危害	79
4.6.2 红黏土中的地裂危害	81
4.6.3 膨胀岩的胀缩性危害	82
4.7 软土工程地质问题	83
4.8 盐岩工程地质问题	86
4.8.1 易溶性及其工程问题	87
4.8.2 膨胀性及其工程问题	88
4.8.3 腐蚀性及其工程问题	88
 第5章 西南铁路工程地质研究与实践的成就与展望	90
5.1 西南铁路工程地质勘察事业的发展历程	90
5.1.1 宝成铁路工程地质勘察大练兵	92
5.1.2 成昆铁路工程地质勘察大会战	95
5.1.3 南昆铁路工程地质勘察大发展	97
5.2 山区铁路选线技术的应用研究与发展	99
5.3 工程地质勘察与测试技术的应用研究与发展	101
5.3.1 遥感技术	102
5.3.2 物探技术	102
5.3.3 钻探与取样、测井技术	104
5.3.4 原位测试技术	105
5.3.5 岩土试验与检测技术	105
5.3.6 特殊试验与测试技术	107
5.4 地质综合勘探技术的应用研究与发展	108
5.4.1 区域地质选线综合勘探技术	109
5.4.2 不良地质与特殊岩土综合勘探技术	110
5.4.3 复杂地质桥梁地基综合勘探技术	116
5.4.4 复杂地质隧道的综合勘探技术	116
5.4.5 地质综合勘探取得的主要成果	118

5.5 西南铁路工程地质工作的新进展	120
5.5.1 铁路建设速度加快带动了铁路工程地质 的发展	120
5.5.2 铁路重大工程地质勘察技术方法研究	121
5.5.3 隧道施工地质超前预报研究	122
5.5.4 岩体改造涌现出许多新技术、新工艺	123
5.5.5 工程地质图件编制发生了革命性变化	123
5.5.6 工程地质勘察规范不断完善	124
5.6 铁路工程地质灾害防治技术应用研究与发展	125
5.6.1 铁路路基工程地质灾害防治技术	125
5.6.2 铁路隧道地质灾害防治技术	135
5.7 西南铁路工程地质的经验与体会	145
5.8 西南铁路工程地质展望	147
 第6章 西南铁路重大工程地质勘察实例	149
6.1 宝成铁路工程地质勘察	149
6.1.1 线路概况	149
6.1.2 工程地质条件	150
6.1.3 工程地质勘察组织和方法	151
6.1.4 山岳区河谷选线的成功范例	153
6.1.5 主要工程地质问题	155
6.1.6 不良地质工点处治实例	155
6.1.7 地质勘察的经验与教训	161
6.2 成昆铁路工程地质勘察	162
6.2.1 线路概况	162
6.2.2 建设过程	163
6.2.3 工程地质环境	165
6.2.4 主要工程地质问题及其防治	169
6.2.5 主要工程地质成果综述	179

6.3 南昆铁路工程地质勘察	180
6.3.1 线路概况	180
6.3.2 工程特点	181
6.3.3 主要工程地质问题	184
6.3.4 地质勘察新技术、新方法的应用	191
6.3.5 大力开展科研试验,推广采用新技术	193
6.4 滇藏铁路工程地质勘察	195
6.4.1 线路概况	195
6.4.2 线路方案研究与建设历程回顾	196
6.4.3 区域地质环境	198
6.4.4 重大工程地质问题	200
6.4.5 滇藏铁路主要线路走向方案比选研究	204
6.4.6 滇藏铁路主要方案地质比选的成果与经验	209
6.5 玉蒙铁路工程地质勘察	211
6.5.1 线路概况	211
6.5.2 区域地质环境	212
6.5.3 水文地质特征	216
6.5.4 铁路线路走向方案比选	216
6.5.5 曲江峡谷桥位及局部线路方案比选	219
6.5.6 经验与体会	228
参考文献	231

第1章 西南铁路建设概况

1.1 地理位置

我国西南地区包括云南省、贵州省、四川省、重庆市及西藏自治区,在西部大开发中还包括广西壮族自治区。6个省(市、自治区)的总面积 257.06 万 km^2 (占国土总面积 960 万 km^2 的 26.8%),其中山区占 75.1%,丘陵占 20.24%,平原、盆地及大谷地占 4.66%。

1.2 西南铁路分布与规模

根据 2007 年《中国铁道年鉴》统计,至 2006 年底,中国铁路营业里程达 77 084 km,居亚洲第一位。由“八纵”(京沪、京哈、沿海、京九、京广、大湛、包柳、兰昆)和“八横”(京兰(藏)、煤运北、煤运南、陆桥、宁西、沿江、沪昆(成)、西南出海)组成的铁路运输通道基本形成。一个横贯东西、沟通南北、干支结合的具有相当规模的铁路运输网络已经形成并逐步趋于完善。

西南及华南部分省区(包括四川、贵州、云南、广西、西藏、海南、重庆七省市自治区及广东部分地区),区内经济不发达和贫困地区多,地形复杂和交通不便是制约该地区经济发展的重要因素。遂渝、渝怀铁路建成投产,极大加强了川渝地区与东南沿海等地区的经济联系。2006 年 7 月 1 日,青藏铁路格拉段建成通车,结束了西藏无铁路的历史。至 2006 年末,本区铁路营业里程 12 081 km,占全国铁路营业里程的 15.7%,路网密度 46.3 km/万 km^2 ,远低于全国平均路网密度 80 km/万 km^2 。

纵观中国铁路网分布,本区东部铁路网骨架虽已形成,但襄渝、焦柳、渝怀线间及湘桂线以南大片地区无铁路,西南的北口和广西壮族自治区尚无大能力对外运输通道,西南与西北交流及西南与东南亚交流缺少便捷通路。川西地区铁路仍为空白。黔桂扩能、永州—玉林(茂名)、宜昌—万州铁路仍在紧张施工;国际通道、西南西北通道,西南华南通道的贵广、南广铁路、南昆增二线、湘桂增二线以及相关地区开发性铁路、既有线扩能改造工程的前期工作仍在进行之中。

截止 2006 年底,西南及华南部分省区已建成通车的主要铁路通道有:

四川通道:成渝线、宝成线、达成线、达万线、遂渝线

重庆通道:襄渝线、阳安线、川黔线、渝怀线

贵州通道:黔桂线、湘黔线、贵昆线、水柏线

云南通道:昆河线、成昆线、南昆线、内昆线、广大线

广西通道:湘桂线、黎湛线、南防线、钦北线

青藏通道:青藏线(西宁—格尔木—拉萨)

粤海通道:湛江—琼州海峡轮渡—海口—三亚线

1.3 主要铁路通道概况

1.3.1 四川通道

(1) 成渝线

成渝线是新中国成立后兴建的第一条铁路。自四川省省会成都,向东南方向经资阳、内江至重庆直辖市,全长 505 km。早在 1903 年,清朝政府就有修建川汉铁路(汉口至成都)的打算,成渝铁路就是它的西段。四川人民为筹款修建这条铁路付出了沉重的代价,并在 1911 年的保路事件中流了鲜血。1937 年 6 月国民党政府开始修建重庆至内江段。但开工一个月后,抗日战争爆发,资金和材料日渐短缺,至 1941 年陷于停工。后来由于军事上的需要,1946 年 10 月又恢复施工,仍旧时修时停,工程终