

| 贵州省交通建设系列科技专著 |

贵州特殊土填方路基 设计与施工

DESIGN AND CONSTRUCTION OF
SPECIAL SOIL SUBGRADE IN GUIZHOU

贵州省交通运输厅 组织编写

吴立坚 卞晓琳 马显红 编著



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

61
贵州省交通建设系列科技专著

贵州特殊土填方路基 设计与施工

贵州省交通运输厅 组织编写
吴立坚 卞晓琳 马显红 编 著



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书为“贵州省交通建设系列科技专著”中的一本。全书结合贵州公路路基特点和特殊土分布范围,重点对红黏土与高液限土路基、煤矸石路基、风化板岩路基和高填方路基等进行了阐述。

针对不同类型的特殊土,本书主要论述了各类特殊土的物理力学与路用特性、路基沉降变形规律、典型路基结构、适用条件、压实标准、施工工艺、边坡防护和路堑换填等内容。结合红黏土与高液限土路基挖方边坡极易坍塌的特点,本书对其病害特征与成因机理、稳定分析方法、适用防护措施等进行了论述。高填方路基是贵州公路路基的一大特色,其比例之高、密度之大在国内恐无出其右。本书重点论述了高填方路基的主要病害与成因机理、稳定性分析方法、地基处理、路基沉降变形特征、施工工艺、边坡防护与防排水、稳定与沉降变形监测等内容。

本书适合于国内公路行业的科研、设计、施工与管理人员使用,也可作为其他土木行业从业人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

贵州特殊土填方路基设计与施工 / 吴立坚, 卞晓琳,
马显红编著; 贵州省交通运输厅组织编写. — 北京:
人民交通出版社股份有限公司, 2015. 11

(贵州省交通建设系列科技专著)

ISBN 978-7-114-12589-8

I. ①贵… II. ①吴… ②卞… ③马… ④贵… III.

①公路路基—设计—贵州省 ②公路路基—道路施工—贵州
省 IV. ①U416.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 257598 号

贵州省交通建设系列科技专著

书 名: 贵州特殊土填方路基设计与施工

著 作 者: 吴立坚 卞晓琳 马显红

责任编辑: 周 宇 韩 帅

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 24.25

字 数: 560 千

版 次: 2015 年 11 月 第 1 版

印 次: 2015 年 11 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-12589-8

定 价: 100.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书,由本公司负责调换)

贵州省交通建设系列科技专著

编审委员会

主 任：王秉清 陈志刚

副 主 任：罗 强 潘 海

委 员：康厚荣 熊 文 龙平江 刘 彤 赵 伟

冯 伟 任 仁 杨贵平 张 胤 徐仕江

章友竞 刘金坤 许湘华 张 林 梅世龙

粟周瑜 丁志勇 李黔刚 母进伟 何志军

龙万学 邓卫东 杨建国 李华国 胡江碧

吴春颖 王丽铮 彭运动 郭忠印 彭元诚

刘学增 吴立坚 马旭东

总 主 编：罗 强

副总主编：康厚荣

总 序

Perface

古往今来,独特的地形地貌赋予贵州重峦叠嶂山高谷深的隽秀之美,但山阻水隔也桎梏着贵州经济社会发展的步伐。打破交通运输瓶颈,建设内捷外畅的现代综合交通运输体系,与全国同步迈向小康,一直是贵州人的夙愿。

改革开放特别是进入“十二五”以来,党中央、国务院及交通运输部等国家部委高度重视贵州经济社会发展。2012年年初,国务院出台支持贵州发展的国发2号文件,将贵州省经济社会发展的战略规划上升到国家层面。贵州省委、省政府立足当前、着眼长远,提出坚持把交通作为优先发展的重大战略,举全省之力加快交通基础设施建设。2012年以来,贵州省先后启动了高速公路建设、水运建设三年会战,普通国省干线公路建设攻坚,“四在农家·美丽乡村”小康路行动计划,“多彩贵州·最美高速”和“多彩贵州·平安高速”创建等一系列行动,志在“十二五”末,通过交通大建设一举打破大山的束缚,畅通经济发展的交通网络。

广大交通建设者紧紧抓住发展的历史机遇,凝心聚智,在广袤的黔山秀水之间,用光阴和汗水构筑贵州面向未来的交通新格局。“十二五”期间,全省交通基础设施建设将完成投资4500亿元,新建成高速公路3600公里,高速公路通车总里程将突破5100公里,全省88个县(市、区)将全部通高速公路。乌江、赤水河建成四级航道700公里,改写了贵州无高等级航道的历史。建成构皮滩水电站翻坝枢纽工程,实现乌江航道全线通航。曾经的黔道天堑正变成康庄大道,一张以高速公路为骨架、国省干线公路为支撑、县乡公路为脉络、小康路为基础的四级公路路网正在形成,“扬帆赴江海”指日可待。

围绕贵州交通发展中出现的科技需求,贵州省交通运输厅组织开展了一批省部级重大科研项目攻关,重点突破一批关键、共性技术难题,在支撑工程建设、引领行业创新发展方面成效显著。在山区复杂条件下大型桥梁建设技术方面,形成了千米级悬索桥、高墩大跨刚构桥和钢管混凝土拱桥等设计施工成套技术,有力支撑了坝陵河大桥、清水河大桥、鸭池河大桥、赫章大桥、木蓬大桥等一批世界级桥梁建设工程,实现了我省桥梁建设技术的大跨越;针对西部山区复杂地质地形条件,从勘察设计、建设施工、养护管理和生态环保等方面系统开展基础研究和

技术开发,形成一批山区高速公路修筑技术,其成果居国内先进水平,有力支撑了复杂山区环境下高速公路项目建设;在山区航道整治、船型标准、通航枢纽建设等方面取得的创新性成果,促进了贵州航运工程的发展;完成了“贵州乌蒙山区毕都高速公路安全保障科技示范工程”等交通运输部科技示范项目,有力推动了交通科技成果推广应用;以“互联网+便捷交通”推进智慧交通建设,率先开展智能交通云的建设和应用。交通运输科技成果连续3年获得贵州省科技进步和成果推广一等奖。

为展现在公路、水路和交通安全、信息化建设等方面取得的技术成就,促进技术交流,加大推广应用,贵州省交通运输厅组织编写了“贵州省交通建设系列科技专著”。这套科技专著的出版,对传承科技创新文化,提升交通科技水平,深入实施科技兴省战略,促进贵州经济社会快速发展,意义重大、影响深远。

交通成就千秋梦,东西南北贯黔中。编撰这套系列科技专著,付出的是艰辛、凝结的是智慧、反映的是成绩,折射了交通改变地理劣势、奋斗推动跨越的创新精神,存史价值较高,是一笔当代贵州的可贵财富。



2015年10月

前言

Foreword

贵州地处我国西南山区,“地无三尺平,天无三日晴”是贵州自然环境的真实写照。大山的阻隔导致贵州公路建设相对滞后,交通不便一直制约着贵州经济与社会的发展。近年来,贵州公路建设得到了迅猛发展,但公路建设中遇到了大量的红黏土、高液限土、煤矸石、风化板岩等各类特殊土,高填方路基也是贵州公路建设中常见的路基结构,如何利用这些特殊土,以节约工程投资、减少弃方占地、防止工程病害,是贵州公路建设需要解决的技术难题。

为了解决这类问题,贵州交通行业相关部门对这些特殊土路基进行了大量的研究,在设计与施工技术方面取得了丰富的研究成果,并成功应用于工程实践,甚至有些成果还形成了贵州省的地方标准,取得了巨大的经济与社会效益,有力地促进了贵州公路建设的快速发展。为了充分总结贵州在特殊土路基领域的设计与施工技术,更好地服务于贵州和国内其他地区的公路建设,编写了《贵州特殊土填方路基设计与施工》这本专著。

本书以贵州公路行业的相关研究成果与工程经验为基础,充分吸纳了国内其他省份和行业的相关研究成果,力求使本书的内容能较好地反映我国相关特殊土路基的最新成果,同时对贵州乃至全国其他类似地区的公路建设具有较好的参考作用。

本书针对贵州公路特殊土的分布范围、路基设计与施工领域的技术难点和工程需求,考虑国内外在相关领域的技术成熟度,以红黏土与高液限土路基、煤矸石路基、风化板岩路基和高填方路基等内容为重点,分5章论述,第1章概括性地介绍了贵州特殊土与特殊土路基基本情况、问题及路基要求;第2章介绍了红黏土与高液限土的工程特性,红黏土与高液限土路基稳定性评价、沉降计算、适用条件、结构形式、施工技术、压实标准及质量控制、防护及病害治理、典型工程案例;第3章介绍了煤矸石的工程特性,煤矸石路基的沉降变形规律、路基结构形式、施工技术、压实标准及质量控制、防护技术;第4章介绍了风化板岩的工程特性,风化板岩路基的适用范围、施工工艺、压实标准及质量控制、沉降变形规律等。第5章介绍了高填方路基的主要病害、稳定性分析、沉降变形规律及施工工艺。

本书由交通运输部公路科学研究院吴立坚组织撰写,其中第1章由马显红执笔,第2章、

第3章、第5章由吴立坚、卞晓琳、陈南执笔,第4章由吴万平执笔,全书由吴立坚负责统稿。

本书在编写过程中得到了贵州省交通运输厅、贵州高速公路集团有限公司、中交第二公路勘察设计研究院有限公司的关心与支持,贵州桥梁建设集团有限责任公司、贵州省公路工程集团有限公司、贵州路桥集团有限公司、贵州省交通规划勘察设计研究院股份有限公司和其他一些单位对本专著也提供了大量帮助,在此一并表示感谢!

由于著者水平和经验有限,书中难免有错误和不当之处,恳请同行专家与读者批评指正。

作 者

2015年8月

目 录

Contents

第 1 章 绪论	1
1.1 贵州省地形地貌与地质概况	1
1.2 贵州省公路特殊土及特殊路基	3
1.3 贵州省公路路基的主要问题	9
1.4 贵州省公路路基的基本要求	12
第 2 章 红黏土与高液限土路基	15
2.1 概述	15
2.2 红黏土与高液限土的工程特性	24
2.3 红黏土与高液限土路基的稳定与沉降变形规律	74
2.4 红黏土与高液限土路基的适用条件与典型结构形式	107
2.5 红黏土与高液限土路基施工技术	117
2.6 红黏土与高液限土路堤典型工程案例	135
2.7 红黏土路堑边坡防护	142
2.8 红黏土路堑边坡工程案例	173
本章参考文献	178
第 3 章 煤矸石路基	186
3.1 煤矸石概述	186
3.2 贵州煤矸石的工程特性	196
3.3 煤矸石路基的沉降变形与温度变化	208
3.4 煤矸石填方路基	220
3.5 煤矸石填方路基的防排水与边坡防护	227
3.6 工程案例	229
本章参考文献	231

第 4 章 风化板岩路基	235
4.1 风化板岩概述	235
4.2 贵州风化板岩的工程特性	238
4.3 风化板岩填方路基适用范围	248
4.4 风化板岩路基施工工艺	252
4.5 风化板岩路基的压实标准与质量控制	253
4.6 风化板岩路基的沉降变形特征	266
4.7 工程案例	271
本章参考文献.....	271
第 5 章 高填方路基	274
5.1 贵州高填方路基应用概况	274
5.2 贵州高填方路基的主要病害及处治措施	275
5.3 高填方路基的稳定性	283
5.4 高填方路基的沉降变形	312
5.5 高填方路基的施工	333
5.6 高填方路基的边坡防护与防排水	366
5.7 高填方路基的沉降监测	370
5.8 工程案例	373
本章参考文献.....	375

第1章

绪 论

1.1 贵州省地形地貌与地质概况

贵州省简称“黔”或“贵”，位于中国西南的东南部，东毗湖南，南邻广西，西连云南，北接四川和重庆市。贵州省国土面积 176 128km²，全省总人口 3 798.51 万人。

1.1.1 地形地貌

1) 地形

贵州地貌属于中国西南部高原山地，境内地势西高东低，自中部向北、东、南三面倾斜，平均海拔在 1 100m 左右。

贵州地势由西向东逐渐降低，形成三级阶梯。第一阶梯分布于普安—织金—毕节一线以西，高度在 1 600m 以上，以中山、高中山和峰丛山地地貌为主，山高谷深，地形起伏强烈，相对高差多在 500m 以上，山体坡度大，多在 30°~50°。第二阶梯分布于安龙—贵定一线以下，高程在 1 000m 以上，以低中山、峰丛山地、峰丛谷地为主，地形起伏较大，相对高差多在 200~500m，山体坡度为 20°~40°。东部高程一般在 800m 以下，多为低山、丘陵，相对高差一般小于 200m，山体坡度一般大于 30°。同时，贵州又处于我国长江水系与珠江水系的分水岭地区，中部高，南、北低，经向形成南北两面斜坡，地形起伏大，最高点威宁韭菜坪海拔 2 901m，最低点在黎平县东部地坪乡水口河出省界处，海拔 148m，全省最大高差 2 753m。二级阶梯的中心部位，地形起伏小，河流切割浅，相对高差小，但在梯级面的转变带，高原边缘以及各大小河流的中下游地区则起伏大，切割深，相对高差大，局部隆起的山地则地势起伏更大，其相对高度可达 700~1 000m。省内山地、丘陵占全省面积的 92.5%，山高坡陡，易引发滑坡、崩塌、泥石流等地质灾害。

2) 地貌

贵州高原山地居多，素有“八山一水一分田”之说，是全国唯一没有平原支撑的省份。全省地貌可概括分为：高原、山地、丘陵和盆地 4 种基本类型，其中 92.5% 的面积为山地和丘陵。境内山脉众多，重峦叠嶂，绵延纵横，山高谷深，如图 1.1 所示。主要为喀斯特和非喀斯特两大地貌类型，成因上表现为以流水作用为主导的剥蚀-侵蚀地貌系列和以岩溶作用为主导的溶蚀地貌系列。它们形态各异，地貌类型复杂多样。这些山地有的是流水侵蚀而成，有的则是岩溶作用所致。不同成因的丘陵既分布于高原外缘和高原面上，也成片分布于东部地区，呈孤立

状、垄岗状或丛聚状。盆地(坝子)形态多样、成因复杂,有断裂形成的断陷盆地,流水侵蚀形成的河谷盆地和岩溶作用形成的溶蚀盆地。这些盆地散布于贵州各地不同高程上,其共同特征是规模不大,面积超过万亩者不到 20 个,所以没有平原和大型山间盆地是贵州地貌的第二个特征。



图 1.1 贵州地貌

1.1.2 气象水文

贵州属亚热带湿润季风气候,四季分明,阴天多,日照少,雨热同期;气温变化小,冬暖夏凉,气候宜人。但因贵州地形复杂,气候也具复杂性和多样性。高原山地和深切河谷地带,气候垂直变化明显,降水多有差异,“一山分四季,十里不同天”。多年降水量平均值在 850~1 600mm,由南到北,由东到西逐渐减少。下半年降水强度最大,且强降雨频度大,南部日降水量达 50mm 的暴雨多在 4d 以上,日最大降水量极值达 336.7mm。气候不稳定、灾害性天气较多,尤以降雨诱发滑坡、崩塌、泥石流地质灾害最为典型。

贵州河流分属长江、珠江两大流域,苗岭为省内一级分水岭。全省河网密布,长度 10km 或流域面积大于 20km² 的河流共有 984 条,占河流总数的 91.6%,河网密度平均每 100km² 河长 17.4km。贵州河流多发源于西部高原,水流方向受地势与地质构造条件制约,由二级地势阶梯分别向东、南、北三个方向呈扇形展布。多数河流上游河谷开阔、中游湍急、下游河谷深切,岸坡陡峻,相对高差 300~700m。河流山区性特征明显,季节性河流涨幅大,冲刷强烈,易引发滑坡、崩塌、泥石流等地质灾害。

1.1.3 地质状况

贵州地层发育较全,地层岩性组合复杂,自中元古界至第四系均有分布。层序大多连续,主要由沉积岩组成,又以碳酸盐岩地层最为发育,如图 1.2 所示,其出露面积达 93 373.75km²,占全省面积的 53.1%,几乎遍布全省,并与软质岩地层相互产出,沉积类型多样,相变较为复杂。次为火山岩及火山碎屑岩,且大部分变质为绿色岩系,加之长期处于地壳上隆过程中,地壳活动频繁,地质构造复杂,岩土体支离破碎,硬质岩石与软质岩石的不利组合,在地貌上形成陡崖和斜坡,是滑坡、泥石流及崩塌的高发地区。西部地区含煤地层大片分布,易引发滑坡、崩塌、山体开裂、地面沉降、地面塌陷等地质灾害。东南部的变质千枚岩、板岩风化后强度很低,易引发滑坡、泥石流等地质灾害。



图 1.2 贵州岩溶地貌

在山间河谷、盆地及丘陵、缓坡地带,常有红黏土、软土、粉质黏土、粉土、沙土、碎石土、泥炭、淤泥、砂砾石层等软弱堆积层。红黏土、淤泥亲水性强,遇水易软化,常引发地裂缝、滑坡、滑塌和泥石流等地质灾害。省内各种褶皱和断裂构造发育突出,因此破坏了岩体的完整性和稳定性,在褶皱紧密和断裂构造发育的地带,常是地质灾害易发部位。

1.2 贵州省公路特殊土及特殊路基

公路一般位于人口稠密地区,沿着河谷与相对低矮地区展线。根据贵州公路建设遇到的土质,贵州省与公路建设相关的特殊土及特殊路基主要有以下几种类型。

1.2.1 红黏土与高液限土

红黏土与高液限土在定义与成因上有所不同,贵州省内的红黏土也往往是高液限土,有些高液限土也是红黏土。由于其工程特性相近,分布区域也常相互交织,因此公路行业一般将两者放到一起讨论。

这里须指出的是,部分红黏土是高液限土,常称为高液限土红黏土。但高液限土不一定是红黏土,或者说大部分高液限土不是红黏土。

膨胀土是另外一种特殊土,是指含亲水性矿物并具有明显的吸水膨胀与失水收缩特性的高塑性黏土。大部分膨胀土是高液限土,但高液限土不一定是膨胀土,只有少部分高液限土是膨胀土。红黏土、高液限土、膨胀土三者的关系如图 1.3 所示。膨胀土的工程特性与红黏土、高液限土不同,因此本书所讨论的红黏土、高液限土不包括膨胀土。

贵州省是我国典型的喀斯特地貌分布区,由碳酸盐岩风化形成的红黏土与高液限土是贵州主要的地基土类,其形成过程主要包括岩溶作用 and 红土化作用两个阶段。

红黏土与高液限土在贵州各地均有分布,主要位于两个地区:一是黔西高原。该区红黏土以褐红色、棕红色为主,颜色以红色为基调,物质组成及土的结构表现为游离氧化物含量高,游离的 Fe_2O_3 含量为 $9.4\%\sim 12.5\%$,游

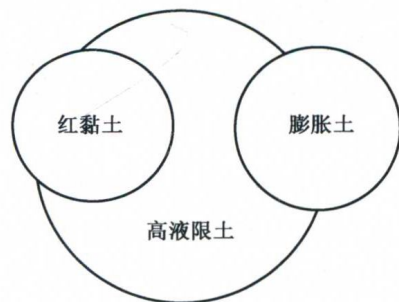


图 1.3 红黏土、高液限土与膨胀土三者的关系

离 Al_2O_3 的含量为 4.9%~10.2%, Si、Al、Fe 的游离氧化物总量为 18.1%~29.2%, 其中 Fe 的游离度为 70.0%~72.2%, 在全国各地的红黏土中处于首位。二是黔中高原区。该区以黔中为中心向四面展开, 包括黔中地区以及贵州镇宁黄果树瀑布以东、遵义以南、都匀以北的黔中地区, 以黄色为基调, 多呈黄色、黄褐色, 部分剖面的上部为分布不厚的褐红色红黏土层。黔中高原区的红黏土土质细腻, 黏性重, 天然含水率高, 液限及其他界限含水率高。

红黏土与高液限土的主要工程特性是高天然含水率(天然含水率多为 35%~50%, 最高可达 70%以上)、高液限(多为 50%~65%, 个别超过 100%)、高孔隙比、吸水蓄水能力极强、失水开裂、上硬下软、低压实度、低压缩性和一定条件下较高强度的特点, 如图 1.4 所示。压实困难和水稳性差的特点大大影响了高液限土在公路工程中的应用, 传统的做法是废弃换填, 由此对环境造成了很大影响, 也增加了建设成本。另一方面, 红黏土与高液限土填方边坡稳定, 但挖方边坡极易坍塌, 很难处治, 一些通车多年的红黏土与高液限土挖方边坡仍不时出现坍塌(图 1.5), 这也成为工程建设中的“顽疾”。



图 1.4 贵州红黏土与高液限土



图 1.5 贵州红黏土边坡坍塌

1.2.2 炭质泥岩类煤矸石

贵州是我国南方煤炭资源最丰富的省区, 素以“西南煤海”著称。煤炭资源分布广、储量大、种类全、埋藏浅, 煤系地层广泛分布, 含煤面积 7 万 km^2 , 占全省土地面积的 40%以上, 除东部少煤、缺煤区外, 省内各地多有产出。86 个县(市)中有 74 个产煤。贵州全省可以划分为 8 个煤田和 1 个区, 分别为: 六盘水煤田、兴义煤田、织纳煤田、黔北煤田、贵阳煤田、黔东北煤田、黔东南煤田、黔西北煤田和黔南区, 如图 1.6 所示。其中六盘水、织纳、黔北三大煤田, 占全省探明储量的 2/3 以上。全省煤炭探明储量 549 亿 t, 比江南 12 省总量还多 100 亿 t。2013 年原煤产量 1.9 亿 t, 预计 2015 年原煤产量将达到 2.5 亿 t。

煤系地层是贵州常见的地层, 仅晚二叠世含煤地层分布的面积就有 7.1 万 km^2 , 占贵州总面积的 40%以上。贵州的煤系地层主要为炭质的泥岩、页岩、粉砂岩和砂岩等, 岩层交互产出, 地层呈现软硬相间的特性。这些炭质岩石具有水理性强、易风化、强度低、变形大, 工程性质差的特点, 与我国其他省份洗煤、选煤筛拣得到的煤矸石有很大的不同。

煤系地层中的炭质岩石在贵州公路工程应用中习惯称为煤矸石。本书中所指的贵州地区的煤矸石亦即夹在煤系地层中的炭质岩石, 岩性以炭质泥岩、炭质页岩等软质岩为主, 如图 1.7 和图 1.8 所示。在省内所建的高速公路中几乎每条路都遇到了煤矸石。

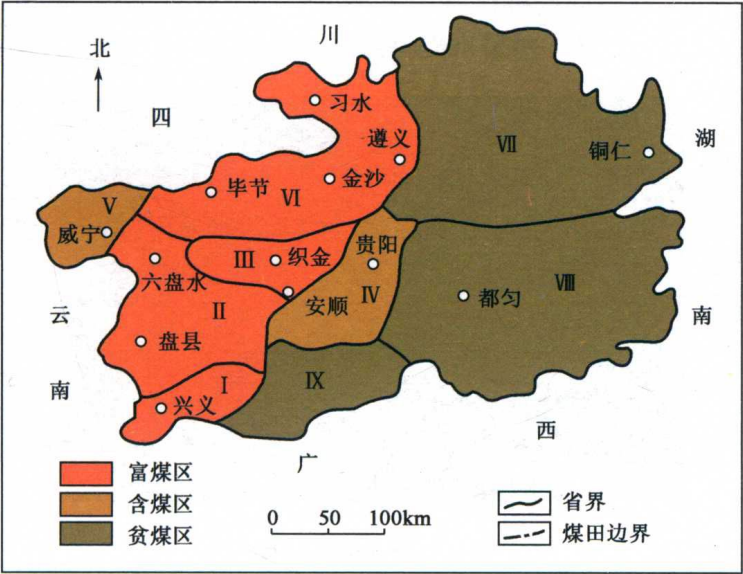


图 1.6 贵州煤田划分及煤炭资源分布图

I-兴义煤田；II-六盘水煤田；III-织纳煤田；IV-贵阳煤田；V-黔西北煤田；VI-黔北煤田；VII-黔东北煤田；VIII-黔东南煤田；IX-黔南区



图 1.7 贵州炭质泥岩

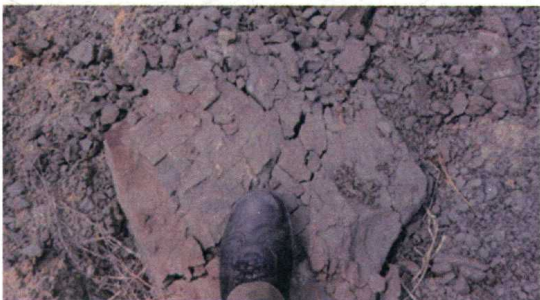


图 1.8 贵州炭质页岩

贵州炭质泥岩类煤矸石具有以下特点：

- (1) CBR 强度一般为 8~10，远较其他软岩低，甚至低于一些细粒土。
- (2) 开挖后极易风化，风吹日晒遇水极易崩解、松散、泥化，性能极不稳定。
- (3) 烧失量较低，一般在 3%~10% 之间。
- (4) 含黄铁矿，未处理的煤矸石路基存在自燃的风险。

这些特点使得贵州煤矸石路基的沉降量相对较大，性能不稳定，路基需进行包边封闭防护以防自燃，挖方路段的路床需进行必要的换填等，这增加了公路建设难度与成本。

1.2.3 强风化板岩、页岩、泥岩等软质岩

贵州东南部地区变质千枚岩、板岩等广泛出露，如图 1.9 所示。黔西南地区分布有页岩。板岩与页岩开挖风化后在压力作用下易碎裂，强度低。

1.2.4 泥岩

遵义地区泥岩、泥质粉砂岩、粉砂质泥岩等分布较广，颜色呈灰色、黄色、褐红色等，如

图 1.10和图 1.11 所示。这些软质岩在风化和雨水作用下极易崩解、泥化,强度极低,甚至难以定性为是岩还是土。



图 1.9 贵州全风化板岩



图 1.10 贵州灰色泥岩



图 1.11 贵州褐红色泥岩

1.2.5 沟谷型、盆地型软基

贵州山高谷深,在山谷之间往往分布有一些小的盆地、河湖,这些盆地、河湖地区经常有软土分布,如图 1.12 所示。这些沟谷型软土呈灰色,部分含腐殖质,天然含水率为 50%~80%,孔隙比大,渗透系数数量级为 10^{-8} cm/s,多为高液限黏土,处于流塑-可塑状态。厚度一般为 2~6m,个别超过 8m,空间形态呈锅形或盆形。

相比于沿海地区的海相软土,贵州的软土有以下方面的特点:

(1)空间形态上,其规模要小得多,厚度也相对较薄,厚度分布极不均匀,呈锅形、盆形,导致路基在纵、横向的差异沉降大。

(2)含水率高、渗透系数小,属不透水性土,沿海地区常用的排水固结处治方法不可行。

(3)有些软土分布于斜坡上,对路基整体稳定性影响大,是路基失稳的主因。

公路路基通过这些地区时多采用清除换填、碎石桩等方式处理,也有一部分工程直接填筑。从已建工程看,软基路段发生路基整体失稳的概率比较高,尤其是一些工期紧、填筑速度快的高速公路更为明显。我国虽对软土进行了很多研究,并形成了较为完善成熟的处治技术

与相关规范,但大多针对沿海软土,对于贵州沟谷型软土的工程特性、处治措施与效果验证等方面研究不多。因此,在进行沟谷型软基处治时仍显得依据不足。



图 1.12 贵州沟谷型软基与高液限软土

1.2.6 松散堆积体路基

贵州山高,在山坡上常有堆积层分布,厚度从数米至数十米不等,如图 1.13 所示。这些堆积体大多属于碎石土,主要由山上岩石风化、剥蚀、冲刷后堆积下来形成,地下潜水丰富。有些堆积体含有黏性土软弱夹层。当路基填筑于其上时,易发生整体位移破坏,如图 1.14 所示。其成因机理主要是设计阶段对路基的地质勘察不够仔细,对于堆积体的地质状况尤其是软弱夹层等未能探明,导致路基的稳定分析缺乏依据。另一方面,路基的填筑压密了堆积体,改变了原来地下潜水的渗流场,抬高了地下水位,导致路基两侧的地基水位差增大,极大地增加了路基与地基的下滑力,从而引起地基的整体失稳。堆积体的失稳有时表现为路基开裂,有时表现为路基整体沉陷,其附近农田、房舍开裂。堆积体的失稳对公路工程的影响很大,通常采用抗滑桩、路改桥等方式处理,严重影响工期与造价。



图 1.13 贵州松散堆积体地基

1.2.7 高填方路基

高填方路基是贵州公路的一大特色,是贵州公路建设中常见的路基形式,甚至是我国高填方路基最密集的地区。尽管相关规范不推荐高填方路基,但贵州公路建设不可避免地产生大