

四川省 2018—2019 年度重点图书出版规划项目

特殊岩土工程丛书

---

# 西南红层特殊岩土 性质与工程应用

谢强 郭永春 赵文 文江泉 编著

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

---

图书在版编目 (C I P) 数据

西南红层特殊岩土性质与工程应用 / 谢强等编著  
— 成都: 西南交通大学出版社, 2019.6  
(特殊岩土工程丛书)  
ISBN 978-7-5643-6501-1

I. ①西… II. ①谢… III. ①红层 - 研究 - 西南地区  
IV. ①P588.24

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 242661 号

---

特殊岩土工程丛书

**西南红层特殊岩土性质与工程应用**

谢强 郭永春 赵文 文江泉 编著

---

出 版 人	阳 晓
责 任 编 辑	杨 勇
封 面 设 计	何东琳设计工作室
出 版 发 行	西南交通大学出版社 (四川省成都市金牛区二环路北一段 111 号 西南交通大学创新大厦 21 楼)
发 行 部 电 话	028-87600564 028-87600533
邮 政 编 码	610031
网 址	<a href="http://www.xnjdcbs.com">http://www.xnjdcbs.com</a>
印 刷	成都蜀雅印务有限公司
成 品 尺 寸	185 mm × 260 mm
印 张	22.75
字 数	567 千
版 次	2019 年 6 月第 1 版
印 次	2019 年 6 月第 1 次
书 号	ISBN 978-7-5643-6501-1
定 价	118.00 元

---

图书如有印装质量问题 本社负责退换  
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

# 前 言

红层是对海陆相沉积的红色地层的统称，在不同的学术研究领域和工程实践中有不尽相同的内涵和外延。本书根据研究背景和服务目的，将红层的定义局限为中生代和第三纪（古、新近纪）在大陆地区湖泊、河流、山麓沉积形成的，以碎屑岩和泥质岩为主要岩石类型的一套地层。这一界定，将其与由岩浆岩、碳酸岩等风化形成的红土层相区别，也不过多涉及中生代以前的红色地层和海相红层。

红层在我国分布较广，其中西南地区是主要红层分布区之一。由于形成环境、区域地质历史演变、内外地质动力条件不同，西南红层工程性质和赋存环境具有典型性和代表性。西南红层从三叠系到白垩系连续形成，在四川盆地和滇中—滇西大面积出露分布，是历时最长、分布最广的裸露红层。受地壳运动的影响，川西南—滇西地区是晚近以来我国地质作用最为强烈的地区之一，红层中断裂发育、岩体破碎。西南地区年均大气降水一般都在 1 000 mm 以上，不少地区高达 1 500 ~ 2 000 mm，水对红层岩石的冲蚀、侵蚀作用十分强烈。四川盆地南部和东部的绝对高温和云南的高温差，为西南红层的风化提供了强劲动力。川中盆地内侏罗纪—白垩纪湖泊相泥岩中，蒙脱石、伊利石等亲水矿物含量较高，局部地区常形成民间称为“观音土”的蒙脱石矿层（膨润土）。同时，川渝地区在侏罗纪—白垩纪时期湖面收缩，水中盐分含量升高，以石膏、芒硝为代表的化学沉积成片成层分布。上述特点，使西南红层岩石具有易风化崩解、膨胀、软化、溶蚀、腐蚀等内在的特殊性质。而地震、降雨、地形高差变化、河流沟谷纵横切割等外部条件，使西南地区红层滑坡、崩塌、塌岸等地质灾害频发，给工程建设和人类生产生活造成了极大不便和危害。

我国对红层工程性质的研究，特别是对西南地区红层工程性质研究已逾 50 年。1959 年四川水利水电设计院对四川盆地红层岩石风化、软弱夹层、可溶盐、滑坡等特征的研究，开启了红层工程研究的先河。1960—1970 年铁路系统对红层工程性质及红层地质灾害防治措施的大规模研究，是我国红层工程研究的第一次高潮。以成昆铁路红层地区工程建设经验为代表的一大批成果问世。20 世纪 80 年代以后，关于红层的工程研究资料日益丰富，行业、单位、人员大为增加，硕果累累。2003 年，徐瑞春出版了《红层与大坝》一书，这是我国关于红层与工程建设的第一本专著。2000 年后，随着西南地区高速铁路和高速公路的大量修建，以及大规模三峡移民安置中地质灾害防治工程的开展，我国红层岩土工程研究出现了第二次高潮。由于科学技术的发展，这次红层工程研究不论广度、深度还是取得的成果都是前所未有的。

本书作者及其所在单位相关研究人员从 20 世纪 90 年代初期即开始红层岩土工程研究，先后参与云南广（通）—大（理）铁路、京珠高速公路湖南段、遂（宁）—渝（重庆）200 km/h 铁路、三峡库区重庆段地质灾害防治技术等红层地区工程建设的研究工作，主持完成多项有关西南红层软岩工程特性及红层工程建设研究课题，从中学习到大量红层岩土特殊性及相关知识，积累了一批研究资料和成果，同时又困惑于大量尚未解决的问题。因此，本书作者认为，将这些知识、成果、问题集中起来，按知识体系和专业逻辑加以梳理并整理出版，有利于先辈们知识的传承、同行间经验的交流和年轻研究者的探讨与发展。

受限于作者的知识体系、服务对象、研究方向和参与程度，本书内容集中于与工程建设有关的红层岩土的的特殊工程性质和铁路与道路红层工程建设问题等方面。按照编写大纲，本书涉及内容分为 3 部分：红层及红层岩土的一般性质、红层岩土的的特殊工程性质、红层岩土工程。一般性质部分介绍红层的概念、分布、工程问题、岩性特征和一般工程性质；在特殊性部分主要依据对西南红层的研究，介绍红层岩石的崩解、流变、溶蚀、腐蚀、膨胀等特殊工程性质；红层岩土工程部分介绍红层地下水、边坡、地基、隧道工程问题及处置措施。本书编撰依据的资料，主要源自作者相关研究报告、作者团队的研究生学位论文、作者所在单位其他同事和研究生的论文成果。为保持本书知识体系的完整性，书中还引用了大量国内外相关文献的成果。所有文献、成果均在正文中标注并在各章末列出以示尊重并供参阅。书中涉及的一些术语和惯用语，也按照相关行业习惯使用，不强求统一。

本书是作者团队共同编著的学术著作，作者署名不分先后次序。全书共 11 章，作者按章序分工编写如下：前言及第 9 章由谢强编写；第 1、4、6、7、8 章由郭永春编写；第 2、11 章由文江泉编写；第 3、5、10 章由赵文编写。全书由谢强审阅修改。

本书的编写，承蒙中铁二院、中建西勘院等单位提供了大量资料、数据和研究成果，特致谢意。

非常感谢万方副总编对本书出版给予的极大支持。非常感谢责任编辑杨勇、柳堰龙为本书的出版付出的努力和心血。

本书编写过程中，西南交通大学在读博（硕）士生梁树、朱磊等核对了全部文字、公式、图表、数据，荆腾申、赵东升、施金江、范振宇、刘捷、侯旭涛、李青亮绘制了部分插图，特此致谢。

限于作者学识和经验，本书存在的不当甚至谬误，期盼读者批评指正。

本书得到西南交通大学学术专著专项出版基金资助。

作 者

2017 年 12 月

# 目 录

1	西南地区红层分布与工程问题 .....	1
1.1	红层的基本概念 .....	1
1.2	中国红层分布概况 .....	1
1.3	西南地区红层分布特点 .....	3
1.4	西南地区红层典型地层 .....	8
1.5	西南地区红层主要工程地质问题 .....	20
	参考文献 .....	22
2	红层的组成与结构 .....	23
2.1	红层的成因类型 .....	23
2.2	西南地区红层的物质组成 .....	26
2.3	西南红层的岩石结构 .....	38
2.4	西南红层岩石的构造 .....	41
	参考文献 .....	46
3	红层岩土工程性质 .....	47
3.1	红层的风化 .....	47
3.2	红层岩土的工程性质 .....	55
3.3	红层软岩岩体结构特征 .....	66
3.4	红层风化松软土工程性质 .....	74
3.5	红层填料工程性质 .....	81
	参考文献 .....	87
4	红层泥质岩类的崩解 .....	89
4.1	红层泥质岩崩解现象与问题 .....	89
4.2	红层泥质岩崩解的试验研究 .....	90
4.3	红层泥质岩开挖崩解过程 .....	105
4.4	红层泥质岩崩解机理 .....	106
4.5	红层泥质岩崩解性评价方法 .....	110
4.6	红层泥质岩崩解防治建议 .....	113
	参考文献 .....	115

5	红层软岩的流变 .....	117
5.1	红层岩石的蠕变 .....	117
5.2	红层软岩软弱夹层剪切蠕变 .....	130
5.3	红层泥岩粉碎土的蠕变 .....	138
5.4	红层岩土流变的工程应用问题 .....	144
	参考文献 .....	145
6	红层膏盐组分的溶蚀与腐蚀 .....	147
6.1	红层膏盐组分溶蚀腐蚀现象与问题 .....	147
6.2	红层膏盐组分溶蚀试验 .....	149
6.3	红层膏盐组分溶蚀机理与影响因素 .....	162
6.4	红层膏盐组分溶蚀的评价 .....	163
6.5	红层膏盐组分腐蚀性评价 .....	165
6.6	红层膏盐组分溶蚀腐蚀性防治建议 .....	167
	参考文献 .....	169
7	红层岩石的膨胀 .....	170
7.1	红层岩石膨胀性试验 .....	170
7.2	红层岩石的膨胀特性 .....	188
7.3	红层岩石膨胀机理与影响因素 .....	194
7.4	红层岩石膨胀的评价方法 .....	196
7.5	红层泥质岩膨胀的防治建议 .....	199
	参考文献 .....	202
8	西南红层中的地下水 .....	203
8.1	红层地下水的基本类型 .....	203
8.2	红层岩土体的渗透性 .....	204
8.3	红层岩体水力学结构 .....	210
8.4	红层地下水分布的影响因素 .....	214
8.5	西南红层中地下水的水源问题 .....	217
8.6	西南红层中地下水的水质和水化学问题 .....	219
8.7	西南红层中地下水的水害问题 .....	223
8.8	红层地下水作用的工程评价 .....	228
	参考文献 .....	230
9	红层边坡工程 .....	231
9.1	红层边坡的工程地质特征 .....	231
9.2	红层边坡的主要问题 .....	234
9.3	红层边坡的稳定性评价 .....	243
9.4	红层边坡的设计与防治措施 .....	269
	参考文献 .....	275

10	红层地基工程 .....	278
10.1	红层地基工程特点 .....	278
10.2	红层地基岩土工程问题 .....	278
10.3	红层地基勘察与评价 .....	283
10.4	红层地基处理 .....	304
	参考文献 .....	322
11	红层地下工程 .....	325
11.1	红层地下工程特征 .....	325
11.2	红层地下工程特殊岩土问题 .....	326
11.3	红层隧道稳定性评价 .....	334
11.4	红层隧道特殊工程问题处理原则 .....	343
	参考文献 .....	354





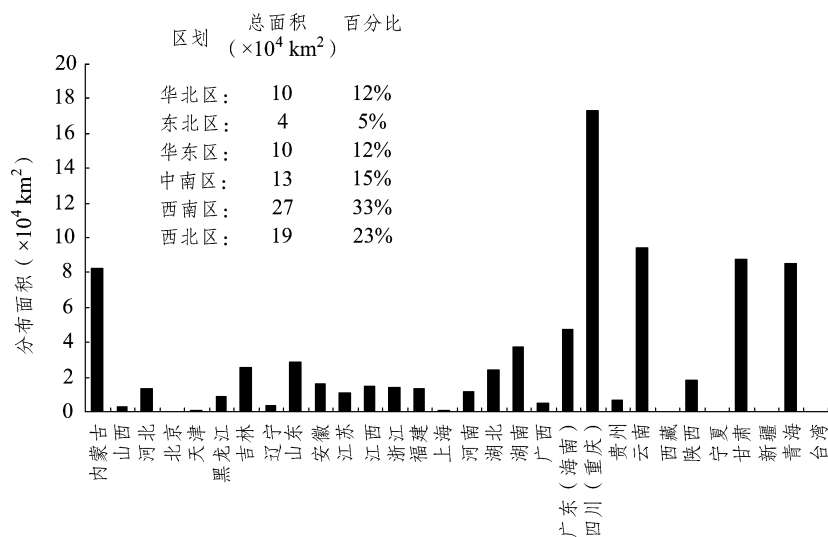
# 1 西南地区红层分布与工程问题

## 1.1 红层的基本概念

在地质学和工程实践中,红层并不是一个确定性的地层概念,也没有统一标准的定义。在一般工程意义上,红层主要指中生代三叠纪、侏罗纪、白垩纪和新生代第三纪<sup>①</sup>的湖泊、河流、山麓沉积形成的,以碎屑岩、泥质岩、蒸发岩为主要岩石类型的一套红色陆相地层。红层一般不包含由岩浆岩、碳酸岩等风化形成的红土层。在本书中,红层的概念即以上述描述为其内涵和外延。

## 1.2 中国红层分布概况

我国红层分布较广,除台湾省外,大陆各省区市均有红层分布(如图 1.1、表 1.1 所示),总面积约为 826 389 km<sup>2</sup>,约为全国总面积的 8.61%,但各地分布不均。我国南方红层约占全国红层总面积的 60%,以西南、中南地区红层分布较广;北方约占 40%,以甘及内蒙古、宁、晋、陕四省(自治区)交界红层分布相对较多。



<sup>①</sup> 根据 1989 年和 2000 年国际地层学委员会发表的地质年代表,删除了“第三纪”,而用“古近纪 Paleogene”和“新近纪 Neogene”取代。但与大量已有资料保持一致,本书仍然采用“第三纪”这个地质年代的称呼。

图 1.1 我国各省区市红层分布面积图 (不含港澳地区)

表 1.1 各地区红层分布特征

地区	基本特征	主要分布地区
西南地区	西南地区红层总面积 273 904 km <sup>2</sup> , 以侏罗系和白垩系为主, 有少量下第三系的地层, 分布面积约为全国红层总面积的 33%, 是我国红层分布最多地区。西南地区红层分布主要受控于龙门山断裂带等 8 条断裂带	四川盆地广元、绵阳、乐山、遂宁、南充、巴中、内江、自贡, 重庆主城区、江津、合川; 四川西南部西昌、攀枝花; 渝东地区的万州、黔江; 贵州北部毕节、遵义, 西南部的兴义; 云南中北部元谋、昭通、昆明、玉溪、广通、楚雄, 南部思茅、蒙自, 西部大理、保山等
西北地区	西北地区红层总面积 191 251 km <sup>2</sup> , 约占全国红层总面积 23%, 甘肃红层面积约 87 799 km <sup>2</sup> , 青海红层分布面积约 85 433 km <sup>2</sup> , 陕西红层分布面积约为 18 018 km <sup>2</sup> 。红层主要是侏罗系、白垩系、下第三系。红层主要受控于龙首山—固始断裂带等 6 条大型断裂带	宁夏南部六盘山; 甘肃西南部天水、河西走廊兰州、敦煌、武威; 陕西北部榆林, 西宁西北部海西柴达木盆地等地
华东地区	华东地区红层总面积 97 881 km <sup>2</sup> , 分布较少, 但各个省市均有分布, 其分布面积分别约为各省市面积 10%。该地区红层分布总面积约为全国红层总面积的 12%。华东地区红层主要受控于郯城—庐江断裂带等十余条区域断裂带	浙江东部宁波, 中西部诸暨、衢州、金华; 山东中北部潍坊、胶东烟台、胶州等地
中南地区	中南地区是我国红层分布较多的另一个地区, 其分布总面积约为 125 534 km <sup>2</sup> , 约占全国红层总面积的 15%。但是分布不集中, 多分散分布于各种类型中小型沉积盆地。沉积的红层主要是白垩系、下第三系	广东东南部东莞、惠阳; 湖南中南部衡阳、醴陵、湘潭、长沙、郴州; 河南西部淅池、义马、济源、光山、固始等地
华北地区	华北红层分布总面积约为 99 181 km <sup>2</sup> , 占全国红层总面积的 12%。多为埋藏型红层, 为上覆第四系覆盖	内蒙古中南部准格尔旗、达拉特旗、土默特左旗、武川县; 山西中部晋中; 河北东北部承德、宣化; 内蒙古中东南赤峰等地
东北地区	东北地区红层分布面积较小, 仅为 38 639 km <sup>2</sup> , 约为全国红层总面积的 5%。多为上部第四系地层覆盖	吉林中东部四平、舒兰、敦化; 黑龙江中南部哈尔滨、伊兰、密山等地

我国红层在震旦纪—三叠纪时期多零星分布, 在侏罗纪、白垩纪及早第三纪时期广泛出露。随着沉积环境的变化, 各个红层盆地的沉积厚度相差悬殊, 湘、赣及鄂西一带, 红层累计厚度为 2 000 ~ 4 000 m, 福建红层的最大厚度可达 4 000 m, 四川盆地红层的厚度可达 1 500 ~ 3 500 m, 滇中地区红层最大厚度可达 8 000 m。

红层多形成于侏罗纪、白垩纪和第三纪, 在这三个时期的主要地质构造运动是燕山运动和喜马拉雅运动。不同时期的构造运动控制了红层分布的格局。绝大多数红层沉积于各类大小不同的断陷盆地或坳陷盆地中, 具有分布点多、面积变化大、互不连接等特点。如汉口—九江—南京的宽广谷地, 是沿淮阳构造弧发育的断陷带, 在断陷带的两侧边缘, 都有红层出

露，其排列方向随着淮阳弧的转折而转折。西南以大型菱形盆地为代表，如四川盆地。中南地区以长条形中小型盆地为代表，如衡阳盆地、南雄盆地等。

### 1.3 西南地区红层分布特点

西南地区红层总面积 273 904 km<sup>2</sup>，以侏罗系和白垩系为主，也有三叠系和第三系，分布面积占全国红层总面积的 33%，是我国红层分布最多的地区。该区红层集中分布于四川、重庆和云南，贵州红层分布于川渝黔、滇黔交界地带，为川、滇两省红层分布的延伸部分。西藏地区也有红层分布。

红层在川渝地区分布广泛，四川盆地是著名的红层分布区，是有名的“红色盆地”。其红层时代跨度较大，有寒武纪、志留纪、三叠纪、侏罗纪、白垩纪、第三纪等六个时代的地层，其中寒武纪、志留纪红层仅有零星分布。四川盆地大面积分布的红层以侏罗纪和白垩纪红层为代表，三叠纪、第三纪红层分布广泛，但面积不大。

云南侏罗纪红层发育较好，出露比较广泛，除滇东南及滇西北中甸地区缺失外，其他地区皆有出露。尤以兰坪—思茅一线及滇中地区发育最好，层序完整，最大厚度可以达到 7 000 m 以上。云南白垩纪红层集中分布于兰坪—思茅一线及滇中地区，但在潞西、彝良地区还有小块出露。除勐腊及滇中盆地北部有白垩系上统发育外，其他地区仅有下统或下统部分层位。云南白垩系均为陆相红色碎屑岩。云南第三纪红层出露广泛，层序比较完整。除上新统下部全区缺失、中新统上部仅个别地区发育外，其余各时代地层均有不同程度的发育，并大致可以分为滇东和滇西两个地层区。

贵州红层主要分布在侏罗纪、白垩纪、第三纪地层中，是四川红层与云南红层之间的过渡地区，分布较少。

通过对西南地区红层的研究，根据红层集中分布的地理区域、出露情况、地形地貌、地质构造、形成时代等特征，将西南红层划分为川中红层区、川东红层区、攀西红层区、贵州红层区、滇西红层区、滇中红层区，其中最主要的是川中、川东、滇中、滇西红层区。

#### 1.3.1 川中红层区

川中红层主要分布在四川盆地，西起龙门山，东止华蓥山，北达大巴山麓，南抵长江以南。川中红层以近水平岩层为主，软硬相间的紫红色、砖红色碎屑岩和泥质岩经侵蚀剥蚀后常形成丘陵地貌，以四川遂宁、南充、安岳、资阳、乐至等地为代表。在盆地边缘，岩层产状逐渐倾斜，形成倾斜地层，以剑阁、宜宾、雅安、巴中等地为代表。

川中红层主要是侏罗纪、白垩纪、第三纪红层。侏罗纪红层主要以蓬莱镇组、遂宁组、沙溪庙组等为代表，地层厚度大，可达上千米；白垩纪红层主要以剑阁组、苍溪组、夹关组、

灌口组等为代表，地层厚度从几十米到上百米不等；第三纪红层的代表性地层主要有芦山组、名山组等。在三叠系中也有部分红层分布，主要是飞仙关组紫红色砂页岩、泥岩。从盆地中心向盆地四周，地层岩性从泥页岩、粉砂岩、砂岩、砾岩等逐渐变化，岩层产状从水平逐渐倾斜，甚至发生倒转。

川中红层分布特征简表见表 1.2。

表 1.2 川中红层分布特征简表

地层时代	地层分区	地 层	代表剖面	主要岩性	厚度/m	主要分布区
侏罗系	四川盆地	白田坝组	广元白田坝	砾岩、泥页岩	60~364	西南—北东方向： 广元、江油、安县、都江堰、彭州、大邑、芦山、天全、南江、仪陇南部、简阳、蒲江、仁寿、峨眉山、汉源、乐山、井研、威远、安岳、射洪、遂宁、潼南
		珍珠冲组		砂岩、泥岩	100~270	
		自流井组	自贡附近	砂岩、泥岩	300~400	
		新田沟组	广元千佛崖	砂页岩	200~600	
		下沙溪庙组	合川沙溪庙附近	粉砂岩	200~350	
		上沙溪庙组	合川沙溪庙附近	砂 岩	700~1200	
		遂宁组	遂 宁	泥 岩	200~600	
		蓬莱镇组	大英县蓬莱镇	泥岩、砂岩	770~990	
		莲花口组	广元两河附近 莲花口	砂岩、泥岩	1200~1800	
白垩系	剑阁分区	剑门关组	剑阁剑门关	砾岩、粉砂岩	542.4	剑阁、广元、江油、安县、旺苍、绵阳、盐亭、阆中、巴中、苍溪、乐山、自贡、泸州等地
		汉阳铺组	剑阁汉阳铺	泥岩、砂岩	488.8	
		剑阁组	剑 阁	砾石砂岩	330	
	梓潼— 巴中分区	苍溪组	苍溪塔子山	砂岩、泥岩	452.5	苍溪、仪陇、梓潼、江油、德阳、巴中、盐亭、三台、简阳、中江、剑阁、通江、万源、平昌、广汉
		白龙组	剑阁白龙场	砂岩、泥岩互层	246.3	
		七曲寺组	梓潼七曲寺	碎屑岩	617.4	
		古店组	中江古店	粉砂岩、泥岩	177	
	雅安— 成都分区	天马山组	双流苏码头 天马山	泥岩、碎屑岩	370.2	双流、都江堰、芦山、雅安、广汉、金堂、邛崃、蒲江、崇州、大邑、广汉、成都、眉山、天全、彭山、仁寿、峨眉、夹江、乐山等地
		夹关组	邛峡夹关	砾岩、砂岩	364.2	
		灌口组	大邑灌口镇	泥岩、粉砂岩	834.4	
	宜宾分区	窝头山组	宜 宾	岩屑砂岩	200~500	宜宾、合江、叙永、古蔺、乐山等地
		打儿函组	三合场	砂 岩	160~260	
三合组		柳嘉场	砂岩夹泥岩	693.7		
高坎坝组			砂 岩	479		

第三系	芦山— 宜宾区	名山组	名山城东金鸡关	粉砂岩夹细砂岩、泥岩	150~500	芦山、天全、雅安、名山、洪雅、夹江、青神、眉山、乐山、峨眉山、邛崃、大邑、宜宾
		芦山组	芦山新华苗溪茶场至雅雀口	砂质泥岩	550	
		柳家组	宜宾柳嘉场葫林包至红岩坝	砂岩	88	

### 1.3.2 川东红层区

川东红层区包括重庆主城区、綦江、南川、涪陵、万州、达州等地区，主要以侏罗纪红层为主，白垩纪、第三纪红层分布不如川中地区典型。侏罗系以沙溪庙组砂岩、泥岩为代表，珍珠冲组、自流井组、遂宁组、蓬莱镇组地层在川东地区也有分布，也不如川中地区典型。由于接近盆周山地，岩石粒径逐渐增大，构造作用强烈，岩层产状变化较大，是典型的红层地质灾害多发区。川东红层分布地质特征简表见表 1.3。

表 1.3 川东红层分布地质特征简表

地层时代	地 层	代表剖面	主要岩性	厚 度/m	主要分布区
侏罗系	白田坝组	万源一带	砾岩、泥页岩	60	渠县、大竹、达州、开江、万源、万州、南川、綦江、忠县等地
	珍珠冲组	綦江附近	砂岩、泥岩	10~30	
	自流井组	达州附近	砂岩、泥岩	100~150	
	新田沟组	达州、万源	砂页岩	>400	
	下沙溪庙组	达州、万源	粉砂岩	300~600	
	上沙溪庙组	达州、万源	砂岩	>1 000	
	遂宁组	大竹、万州	泥岩	500~600	
	蓬莱镇组	华蓥山以东	泥岩、砂岩	400~600	
	莲花口组		砂岩、泥岩		

### 1.3.3 攀西红层区

攀西区的红层分布总体呈南北向的条带状，主要分布在会理、会东、宁南、昭觉、西昌等地，分布面积 12 570.3 km<sup>2</sup>（见表 1.4）。攀西红层在侏罗系、白垩系、第三系中均有典型分布。侏罗纪红层主要以益门组、新村组、牛滚凼组、官沟组为代表，以砂泥岩为主，地层厚度约几百米。白垩纪红层以西昌地区为代表，主要有飞天山组、小坝组，地层厚度大，多在 1 000 m 左右。第三纪红层主要分布在盐源—会理一带，主要以雷打树组、丽江组、昔格达组为代表，以砂泥岩为主，地层厚度从几百米到 1 000 m。

### 1.3.4 滇中红层区

滇中红层主要分布在昆明、曲靖、楚雄和玉溪地区（见表 1.5）。滇中地区属于滇东高原盆地，以山地和山间盆地地形为主，地势起伏和缓。

滇中红层在侏罗系、白垩系、第三系中均有分布。侏罗纪红层主要以妥甸组、张河组、禄丰组、沙溪庙组、蓬莱镇组砂泥岩为主，地层厚度变化较大，从几百米至几千米不等。白垩纪红层主要以江底河组、马头组、普昌河组、高峰寺组砂泥岩为主，地层厚度从几百米到几千米不等。第三纪红层主要以云龙组、路美邑组砂泥岩为主，地层厚度可达几千米。

表 1.4 攀西地区红层分布地质特征简表

地层时代	地层分区	地 层	代表剖面	主要岩性	厚 度/m	主要分布区
侏罗系	攀西盆地	益门组	会理益门镇	泥岩夹灰岩	489~695	会理、西昌、石棉、会东、宁南、普格、昭觉
		新村组	会东长新乡新村至官沟	砂岩、泥岩	500~1000	
		牛滚凼组	会东长新乡新村至官沟	泥 岩	300~500	
		官沟组	会东长新乡新村至宽沟	泥岩、粉砂岩	600~850	
白垩系	西昌分区	飞天山组	普格小兴场飞天山	砂岩、粉砂岩夹泥岩	100~1000	普格、西昌、会理、会东、米韦盆地、江舟盆地、凉山、普雄、昭觉、越西、德昌
		小坝组	会理鹿厂大铜厂	泥岩、粉砂岩	860~1340	
第三系	盐源—会理区	雷打树组	会理彰冠雷打树	砂 岩	50~1452	会理、会东、喜德、盐源、西昌、米易、攀枝花、安宁河、南哑河、大渡河、金沙江等河谷地带与较大支流河谷
		丽江组	盐源博大乡红崖子组	砾岩、砂岩	966.4	
		普格达组	会理红格昔格达村	砾岩、泥岩、砂 岩	158~1114.6	

表 1.5 滇中红层分布地质特征简表

地层时代	地层分区	地层或年代	代表剖面或分组	主要岩性	厚 度/m	主要分布区
侏罗系	楚雄—彝良地层区	楚雄区	上侏罗统妥甸组	砂岩、泥岩	1566~2242	楚雄盆地、双柏县、新平、大姚、祥云、永胜、永仁、禄丰、武定、元谋、安宁、易门、峨山、玉溪安化、宜良水塘、晋宁、东川、嵩明、寻甸马向店、宣威、镇雄、威信、彝良
			上侏罗统	砂岩、泥岩	573	
			中侏罗统张河组	泥岩、砂岩、砂砾岩、页岩	2599	
			下侏罗统张河组	砂岩、泥岩	1660	
		昆明区	下禄丰组	泥岩、粉砂岩	731	
			上禄丰组	页岩、粉砂岩、泥岩		
			安宁组	粉砂岩、砂砾岩、泥岩		
		彝良区	下禄丰组	泥岩、粉砂岩		
			沙溪庙组和遂宁组	砂岩、泥岩、粉砂岩、泥灰岩	412~985	
蓬莱镇组	粉砂岩、砂岩、黏土岩、泥灰岩					
白垩系	滇东地区	楚雄分区	江底河组	泥岩、粉砂岩	2574.3	大姚、楚雄、双柏、元谋、禄丰、姚安、永仁、牟定、安宁、富民、玉溪、永胜、滇中盆地、祥云、团山、龙街、永红、普棚、墨江、
			马头组	砂岩、砾岩、泥岩	157	
			普昌河组	泥岩、灰岩、砂岩	1311	
			高峰寺组	砂岩、泥岩、泥灰岩、砂砾岩、砾岩	200~600	

	彝良分区	嘉立群	砂岩、砾岩	537	景谷、澜沧、临沧、云龙
第三系	古新统	勐野井组	砂岩、泥岩	470	云龙、景谷、路南、师宗、罗平、弥勒、陆良、泸西、建水、嵩明、丽江、大姚、昌宁、勐腊、砚山、曲靖、沾益、永仁、楚雄、武定
		云龙组	泥岩、粉砂岩、砾岩	253~2 540	
	始新统	果朗组	砂岩、泥岩		
		路美邑组	砾岩、砂岩、泥岩、泥灰岩	46~16	
	渐新统	小屯组	泥岩、砂岩		
		中—上渐新统	碎屑岩		

### 1.3.5 滇西红层区

滇西红层主要分布在丽江、大理、保山、德宏、怒江、迪庆、临沧等地区（见表 1.6）。滇西红层主要包括侏罗系、白垩系、第三系。侏罗纪红层主要以漾江组、和平乡组、坝注路组、柳湾组砂泥岩为主，地层厚度有几百米。白垩纪红层主要以景星组、曼岗组、曼宽河组砂泥岩为主，地层厚度接近 1 000 m。第三纪红层主要以勐野组、云龙组、路美邑组砂泥岩为主，地层厚度从几百米到几千米不等。

表 1.6 滇西红层分布地质特征简表

地层时代	地层分区	地层或年代	代表剖面或分组	主要岩性	厚度/m	主要分布区
侏罗系	兰坪—思茅地层区	下侏罗统	漾江组	泥岩、石英砂岩	626	苍山、哀牢山、怒山、无量山、维西、巍山，漾濞县、墨江县、绿春、景谷、景洪、勐腊、澜沧江地区、南涧源村
		中侏罗统	花开左组	砂岩、粉砂岩、泥岩		
			和平乡组	泥岩、粉砂岩、细砂岩、灰岩	613	
		上侏罗统	坝注路组	泥岩、粉砂岩、泥岩	714	
	保山昌宁地层区	昌宁分区	芦子箐组	砂岩、泥岩、粉砂岩	242	昌宁、永德、保山、芒市、潞西、龙陵、永德、耿马
		宝山分区	柳湾组	灰岩、砾岩	666	
勐戛组			砂岩、页岩、灰岩	477		
白垩系	兰坪—思茅地层区	下白垩统	景星组	砂岩、泥岩	800~1 200	墨江、景谷、澜沧、临沧、云龙、思茅、江城、兰坪、永手、漾濞、普洱、勐腊、景洪
			曼岗组	砂岩、砾岩、砾岩、粉砂岩、泥岩	600~1 200	
			虎头寺组	砂岩	0~400	
		上白垩统	曼宽河组	粉砂岩、泥岩	3 000	
第三系	古新统		勐野井组	砂岩、泥岩	470	兰坪、洱源、镇沅、墨江、普洱、江城、永德、宁蒗、云龙、景谷
			云龙组	泥岩、粉砂岩、砾岩	253~2 540	
	始新统		果朗组	砂岩、泥岩		
			路美邑组	砾岩、砂岩、泥岩、泥灰岩	46~16	
	渐新统		小屯组	泥岩、砂岩		

		中—上渐新统	碎屑岩		
--	--	--------	-----	--	--

### 1.3.6 贵州红层区

贵州红层多为山间盆地沉积，属于川滇红层之间的过渡，主要沿以下几条线分布（见表 1.7）：盘县—普定—兴仁—兴义一线，分布面积约 2 809.27 km<sup>2</sup>；余庆—黄平—施秉一线，分布面积约 399.01 km<sup>2</sup>；赤水—习水—桐梓—遵义—仁怀一线，分布面积约 3 027.52 km<sup>2</sup>；息烽—修文—贵阳—惠水—罗甸一线；天柱—黎平—榕江—荔波一线；零星分布于威宁、毕节、松桃、凤岗等地。

贵州红层侏罗系以珍珠冲组、马鞍山组、沙溪庙组、蓬莱镇组砂泥岩为主，地层厚度从几百米到几千米不等。白垩系以三道河群、嘉定群、扎佐组砂泥岩、砾岩为代表，地层厚度从几十米至几百米不等。第三系仅出露彭家组砾岩、泥岩，地层仅百米左右。

表 1.7 贵州省红层分布地质特征简表

地层时代	地层分区	地 层	代表剖面	主要岩性	厚度/m	主要分布区
侏罗系	遵义地层区	珍珠冲组	大方新场	泥岩、砂质泥岩	40~140	桐梓、遵义、毕节、习水、息烽、贵阳、威信、郎岱、仁怀、合马、赤水、水城、寨坝
		马鞍山组	习水铜鼓溪	泥岩、砂质泥岩	130~250	
		大安寨组		页岩、粉砂质泥岩、粉砂岩	5~130	
		下沙溪庙组	习水铜鼓溪	砂岩、泥岩	220~370	
		上沙溪庙组	习水铜鼓溪	泥岩、粉砂岩、砂岩	850~1 200	
		遂宁组	习水铜鼓溪	泥 岩		
	威宁—郎岱地层区	下禄丰组	玉丰屯	泥岩、粉砂岩	100~600	毕节、威宁、郎岱、盘县、贵阳
		上、下沙溪庙			700	
		遂宁组			300~450	
	天柱地层区	中侏罗统		砂岩、泥岩、泥质粉砂岩	290	天柱附近
白垩系	川南小区	三道河群		砾岩、砂岩	131~154	三道河、习水、赤水、惠水、罗甸、榕江、荔波、黎平、洪州、黄平旧州
		嘉定群	习水小桥林场	含砾砂岩、砂岩	520~900	
	贵阳小区	惠水组	惠水祝家湾	砾岩、砂岩、粉砂岩、泥岩	5~518	修文扎佐、施秉、榕江、松桃、茅台、桐梓、凤岗水河
		扎佐组	修文扎佐高坝	砾岩、砂岩、泥岩	90~921	
旧州组	旧州落水洞	砾岩、砂岩、泥岩	5~230			
第三系	始新统	彭家组		砾岩、泥岩	82~105.5	盘县、兴仁、普安、兴义

## 1.4 西南地区红层典型地层



### 1.4.1 川中红层区

#### 1. 侏罗系典型地层

##### 1) 白田坝组 ( $J_{1-2b}$ )

白田坝组由三部分岩性组合而成,底部为冲积扇相砾岩,夹砂岩透镜体。砾岩砂石磨圆度好,分选性差,砾石成分以石英为主,以石源、南江、广元宝轮院三地区砾岩层最厚,达60~65 m。砾岩之上,为厚数十米至100 m的含煤泥页岩夹砂岩或砾岩层,煤层变化大。中上部为灰绿、紫红色砂泥质页岩,中夹1~8层厚度不等的砾岩透镜体,局部夹介壳薄层,该组厚度一般为200~300 m。

##### 2) 珍珠冲组 ( $J_{1-2zh}$ )

射洪—武胜—重庆以南,该组主要为紫红色灰绿色泥岩夹砂岩,底部常为含石英岩砾石的石英砂岩,与下伏须家河组呈冲刷接触,或者灰绿、紫红色泥岩与之呈整合过渡。

重庆、威远等地,该组下部是石英砂岩,往上为含煤层,中部为砂泥岩夹赤铁矿、菱铁矿,上部为白色石英砂岩,厚度变化大,10~30余米。上述一线以北看,灰绿、灰黑色泥岩增多,至盐亭—蓬安—大竹以北,下部几乎全为含煤地层,中部、上部颜色变深,为灰、灰绿色砂页岩,偶见紫红色斑块或薄层,逐渐向白田坝组下部层位过渡,珍珠冲组东厚西薄,合江—潼南一线以西,一般小于100 m,以东为200 m以上,合川、邻水等地最厚,达207 m左右。

##### 3) 自流井组 ( $J_{1-2zl}$ )

自流井组在盆地边缘变化较大,东部奉节、巫山一带,砂岩增多,并夹有较多紫红色泥岩。西部江油一带,据钻井资料,在须家河之上有厚达250 m左右的地层,部分为紫、灰绿、灰黑色泥岩、粉砂岩,夹介壳灰岩,中上部为绿灰色细粒石英砂岩、粉砂岩夹紫红色泥岩。除局部地段外,自流井组总厚度一般为200 m左右,而重庆、渠县一带较厚为250~300 m。

##### 4) 新田沟组 ( $J_{2x}$ ) (千佛崖组) ( $J_{2q}$ )

合川新田沟剖面具代表性,以波痕构造发育为特征,可以分为上杂色段、中黑色段、下杂色三段,为一套灰、灰黑、灰绿、紫红色砂页岩。新田沟组在盆地地区分布广泛,大致以江油—南充—重庆一线为界,东部发育齐全,向西遭受剥蚀而逐渐缺失,在西部,由东向西剥蚀逐渐加剧,西部厚度变化大,东部厚度略有变化。

##### 5) 下沙溪庙组 ( $J_{2xs}$ )

下沙溪庙组由灰、灰紫色厚层至块状粗、中粒至细粒长石石英砂岩、长石砂岩—紫红色粉砂岩、泥岩组成的2~4个不等厚的韵律层组成。该组顶部为一套黄绿、灰色页岩夹粉砂岩。该组西薄东厚的特征明显,大致以达州—重庆—泸州为界,以西一般小于300 m,自贡、威远一带最薄,仅100 m左右,以东一般大于300 m,万源一带可达600 m。

##### 6) 上沙溪庙组 ( $J_{2ss}$ )

岩石颜色暗,泥岩富含钙质结核、砂岩变化较大,砂泥岩组成多韵律是该组的突出特征,

该组底部砂岩发育。该组自盆地西南向东或北部,由薄变厚,以仁寿—井研一带最薄,仅 450 m 左右,一般为 700~1 200 m,南江、万源一带厚达 1 900~2 100 m。

#### 7) 遂宁组 ( $J_{3sn}$ )

遂宁组分布广泛,以单一的岩性和鲜紫红色的色调为特征,鲜紫红色泥岩中夹中、薄层粉砂岩和少量砂岩,龙门山前缘,该组粒度变粗,夹灰质或石英质砾岩,含砾粗砂岩,该组厚度西、南部薄,为 200~300 m,东、北部较厚,以忠县和万州、云阳一带最厚,达 500~600 m。

#### 8) 蓬莱镇组 ( $J_{3p}$ )

蓬莱镇组岩性可分为 3 段:一段厚层至块状砂岩、泥岩组成了广韵律层,上部主要为泥岩夹粉砂岩,下部为厚数米至二十余米的砂岩,该段总厚 250~300 m;二段以泥岩为主,夹细至粗粉砂岩、砂泥岩构成十余个正向韵律层,段厚 400~500 m;三段由厚层块状砂岩与泥岩组成的数个大韵律层组成,厚 120~190 m。龙泉山以西和梓潼—蓬溪—重庆以东,难以分段,但总体岩性特征基本一致。

#### 9) 莲花江组 ( $J_{3l}$ )

莲花江组分布于广元—彭州—芦山一线以西的龙门山前缘,为蓬莱镇向西的相变层位。在龙门山前缘,该组为一系列冲积扇组成的堆积体,北厚南薄,一般厚 1 200 m 左右,最厚达 1 700~1 800 m。广元莲花口(两河口)、安县南、都江堰过街楼、芦山大川为特征明显的冲积扇体中心,扇顶砾石分别厚达 400~500 m、500~200 m、200 m、210 m,向扇缘迅速减薄、分叉或尖灭,为棕红、紫红色砂泥岩替代。东面缘背向蓬莱镇组下部层位逐渐过渡。扇体上部,岩石粒度变细,一般为灰紫色厚层至块状长石砂岩、粉砂岩于棕红色、紫红色泥岩互层,夹多层砾岩、砂砾岩。近扇体中心部位的上部,砾岩夹层多且厚,横向变化剧烈,向扇缘东南,逐渐向蓬莱镇组上部以泥岩为主的层位过渡,北段砾岩砾石以石英岩为主,安县及其以南则以灰岩、石英岩、砂岩为主。

## 2. 白垩系典型地层

#### 1) 剑门关组 ( $K_{1j}$ )

剑门关组底部为块状砾岩,砾石以石英为主,砾石分选性差,磨圆度好,胶结紧密。底部砾岩之上为层状砾岩、含粒砂岩与砖红色粉砂岩、砂质泥岩组成不等厚互层,呈明显韵律结构。该组区域岩性、厚度变化很大。

#### 2) 汉阳铺组 ( $K_{1h}$ )

汉阳铺组底部为厚层砾岩,之上为棕红、浅砖红色厚层砂岩、含粒砂岩与同色粉砂岩、泥岩不等厚互层,形成韵律层厚达 500 m 左右。

#### 3) 剑阁组 ( $K_{1jg}$ )

剑阁组底部为胶结疏松含砾石砂岩。底部砂岩在新场以东变化较小,新场以西由东南至西北,逐渐相变为砂岩、砾岩,岩石粒度由细变粗。

#### 4) 苍溪县组 ( $K_{1c}$ )

苍溪组是一套以砂岩为主的碎屑岩，呈单向正粒序列，岩性为灰紫、紫灰、灰绿色厚层块状细至中粒长石砂岩，夹薄层砖红、棕红色粉砂岩及泥岩等，砂、泥岩常组成若干个沉积韵律。底部砂岩中常夹以数层透镜状钙质砾岩。总的显示为东南薄、东北厚的变化趋势。

5) 白龙组 ( $K_{1b}$ )

白龙组为浅紫灰、黄灰色块状中、细粒岩屑长石砂岩与紫红、砖红色细砂岩、粉砂岩、泥岩不等厚互层，岩石组成 2~5 个沉积韵律。底部砾岩常夹厚达数米的砾岩透镜体。本组岩性较稳定，厚度由东北向西南变薄。

6) 七曲寺组 ( $K_{1q}$ )

七曲寺组为一套碎屑岩，岩性稳定。苍溪、巴中、通江一带砂岩比例增加。在三台断石乡、中江广福一带，为长石石英砂岩夹粉砂岩、泥岩。岩石组成若干韵律层，本组东北部厚西南薄。

7) 古店组 ( $K_{1g}$ )

古店组分布于中江古店、永太印台山、玛瑙山一带，以砖红色粉砂岩泥岩为主夹中细粒砂岩。

8) 天马山组 ( $K_{1t}$ )

天马山组多为一套棕红、紫红色碎屑岩，基本上不夹碳酸盐岩，色调单一、鲜艳，自下而上组成若干由粗而细的韵律，下部砂、砾岩较多，往上泥岩增多，总的为一套正向半沉积旋回。地层北厚南薄，西厚东薄。

9) 夹关组 ( $K_{1j}$ )

夹关组大致以邛崃水口场至浦江县城一线为界，分两个岩性区。其北在都江堰为数百米的砾岩，在崇州市怀远镇为底部砾岩，上部为中、粗粒岩屑砂岩，大邑灌口镇，底部为砾岩，上部为细至粗粒岩屑砂岩夹少量泥岩，底部为砾岩，其上为棕红色厚至块状长石石英砂岩夹泥岩。其南大致以芦山县宝盛及双石一带为中心，本组向南东方向呈扇形展布，砾岩砾石以碳酸盐岩为主，也含一定数量硅质岩砾石，岩性特征为底部砾岩，上部为砂岩，砾岩厚度有变化。夹关组总体岩性是一套砂岩为主的地层，夹少量泥岩、页岩，常具厚度不等的底砾岩。

10) 灌口组 ( $K_{2g}$ )

灌口组为一套以棕红色、紫红色泥岩、粉砂岩为主夹白云质泥灰岩、石膏及钙芒硝等的地层，西部是厚度不等的底砾岩，组厚 400~1 200 m。

11) 窝头山组 ( $K_{2w}$ )

窝头山组分布广泛，由较单一的砖红色厚层至块状、巨块状不等粒岩屑砂岩组成，中部夹厚度约 12 m 的粉砂岩、泥岩，因之呈现明显的两个方向韵律。

12) 打儿函组 ( $K_{2d}$ )

打儿函组为单一的砖红色块状、巨块状不等粒长石石英砂岩。

#### 13) 三合组 ( $K_2s$ )

三合组由砖红色薄至厚层状间块状不等粒岩屑长石砂岩夹泥岩组成的多韵律地层。

#### 14) 高坎坝组 ( $K_2gk$ )

高坎组以砖红色厚层块状、巨块状细至粉砂岩屑长石砂岩为主，夹泥岩。

#### 15) 正阳组 ( $K_2z$ )

正阳组由砖红色、灰紫色厚层块状砾岩、砾砂岩、细至粉粒岩屑砂岩组成，厚 120 ~ 190 m。

### 3. 第三系典型地层

#### 1) 名山组 ( $E_1m$ )

名山组主要分布于芦山、天全、雅安、名山一带，尤以庐山和名山向斜保存完整。可划分为上、下两段。下段为棕红、暗棕红色厚层状泥质粉砂岩夹细砂岩，局部上部出现棕红色泥岩夹深灰色泥灰岩。上段岩性一般为紫红色泥岩与钙芒硝、硬石膏互层。

#### 2) 芦山组 ( $E_1l$ )

芦山组以棕红、棕褐色泥岩、砂质泥岩为主，夹多层粉砂岩，偶夹薄层状泥灰岩。

## 1.4.2 川东红层区

川东地区红层与川中红层地层接近，但分布不如川中红层典型。川东红层典型地层可以参考川中红层岩性特征。

## 1.4.3 攀西红层区

### 1. 侏罗系典型地层

#### 1) 益门组 ( $J_1y$ )

益门组主要是红色砂泥岩夹灰岩的地层，在会理益门一带发育最全。

#### 2) 新村组 ( $J_2x$ )

新村组分布广泛，明显可分为 4 段：下段一般为粗至细粒岩屑长石砂岩、粉砂岩和泥岩组成的 2 ~ 4 个韵律层组成；上段以灰紫色、暗紫色、灰绿色泥岩、页岩为主，夹少量砂岩、泥灰岩或砂屑、生物碎屑灰岩和黑色页岩。

#### 3) 牛滚函组 ( $J_3n$ )

牛滚函组分为上下两段：下段以岩性单一、鲜红的泥岩为主夹薄层粉砂岩的地层，故有

“酒红色层”之称；上段以紫红、暗紫红、鲜红色泥岩为主。

#### 4) 官沟组 (J<sub>3g</sub>)

官沟组分为上、下两段：下段以灰紫色、暗紫红色、紫红色泥岩为主，夹少量中薄层状粉砂岩、灰紫色泥灰岩，底为灰紫、灰黄、紫红色粉砂岩、中细粒长石石英砂岩，底部砂岩变化大；上段上部为紫红、暗紫红色与灰绿色相间的杂色泥岩，下部为暗紫、紫红、灰绿色泥岩与泥灰岩显不等厚互层。

### 2. 白垩系典型地层

#### 1) 飞天山组 (K<sub>1f</sub>)

飞天山组主要由灰紫、紫红色厚层块状含砾粗砂岩、粗至细粒长石石英砂岩、粉砂岩类夹砖红色泥岩组成，具多韵律特征。底部普遍存在厚数十厘米至数米的砾岩或砂砾岩。

#### 2) 大铜厂组 (K<sub>1d</sub>)

大铜厂组主要由砖红色厚层块状中、细粒长石石英砂岩组成，夹少量粉砂岩和鲜红色泥岩或透镜体，底部普遍具有砂砾岩或数十厘米至 8 m 厚的底砾岩。

#### 3) 小坝组 (K<sub>1x</sub>)

小坝组为厚 1 000 m 左右的含膏盐红色湖相地层，按岩石组合和色调特征，可分为下、中、上三段：下段以紫红色泥岩为主夹粉砂岩和少许粗至细粒砂岩，含多层石膏薄层；中段以泥岩为主夹粉砂岩和泥灰岩，泥灰岩夹层多含铜，岩石风化后呈灰白、灰绿、黄绿色；上段以鲜紫红色泥岩为主，夹粉砂岩和微薄层状泥灰岩及少量中、细粒砂岩。

### 3. 第三系典型地层

#### 1) 雷打树组 (E<sub>1-2l</sub>)

雷打树组分布范围较小，见于会理彰冠、普隆、米市、横上及会理城郊，会东三岔河等地。可划分为 3 段：下段为砂岩、含砾砂岩段，以砂岩、含砾砂岩为主，底部有泥岩，单斜层理发育，与下伏层假整合接触；中段又称红色砂岩段，为粉砂质泥岩夹细砂岩，水平层理发育；上段又称红色砂岩段，为粉砂岩夹泥岩，偶见泥灰岩。本组在会理雷打树厚 1 452 m，通安厚 1 015 m，普隆大黑山厚 532 m，横山厚 50 m，鹿厂厚 200 m，喜德额尼乡厚 989 m，红妈厚 850 m，会东三岔河厚 1 255 m。

#### 2) 丽江组 (E<sub>2-3l</sub>)

丽江组由砾岩、角砾岩夹砂岩组成，角度不整合于不同时代地层之上。在博大乡红崖子，该组下部为紫灰色块状粗砾岩，细、巨砾岩，紫灰色层状砂砾岩、砂岩；中部为灰紫色粉砂岩夹同色砂岩、泥岩及砾岩透镜体；上部为紫色细、中砾岩夹透镜状砾岩和砂岩，厚 966.1 m。

#### 3) 昔格达组 (N<sub>1-2x</sub>)

昔格达组出露于安宁河、南垭河、大渡河、金沙江等河谷地带与较大支流河谷中，不整合于不同时代的地层上，与上覆第四系为整合或假整合接触。该组在西昌李金堡厚 1 114.6 m，下部岩性为紫红色砾岩，偶夹砂岩透镜体；上部为灰黄色砂、泥岩和粉砂岩，在米易，该组

为灰黄色粉砂岩、黏土岩夹少量细砂岩，厚 243.1 m。在攀枝花大水井，该组厚 196.7 m，下部为细、巨砾岩夹少量砾岩透镜体，上部为中、薄层状砂、泥岩互层。汉源九襄，该组厚 158.9 m，下部为细、巨砾岩，上部为黄色粉砂岩、泥岩夹砂岩。泸定海子坪，下部岩性为巨砾岩、砂砾岩，上部为砂岩、粉砂岩、黏土岩，厚达 512.1 m。

#### 4) 盐源组 (N<sub>1-2y</sub>)

盐源组分布于盐源、布拖、中普雄等地，为半成岩状灰色含褐煤层的泥质页岩，与上覆层下更新统呈整合或假整合接触，与下伏为角度不整合接触。盐源组岩性、厚度因地而异。盐源断陷盆地，主要为灰色黏土层，夹褐煤层和砂、砾岩透镜体，半胶结状，褐煤最长达 79 层。盆地中心梅雨一合哨厚 640 m，布拖盆地的盐源组，下部为黄色砂岩夹灰紫色含砂黏土岩透镜体，上部为黄褐色砾岩夹青灰、灰黑色页岩，含砂黏土岩和 3 层厚 0.1~2 m 的褐煤层，厚 148.2 m。

### 1.4.4 滇中红层区

#### 1. 侏罗系典型地层

##### 1) 妥甸组 (J<sub>3t</sub>)

该组是一套紫红色为主的砂、泥岩互层，夹黄绿色泥岩，组厚 1 599 m。分为 3 段：下段为紫红色泥岩粉砂质泥岩夹灰紫色细砂岩、粉砂岩，局部夹泥岩扁豆体，厚 675.9 m；中段为暗紫红色块状泥岩夹褐黄色泥质细砂岩、粉砂岩及泥灰岩扁豆体，厚 498 m；上段为暗紫红色、紫红色块状泥岩、钙质泥岩夹黄、黄绿、灰绿色钙质泥岩、泥灰岩，上部为暗灰色、灰绿、黄绿色薄层至厚层状泥岩，钙质泥岩夹多层泥灰岩，厚 425.3 m。主要分布于楚雄盆地、双柏县、新平、大姚、祥云。

##### 2) 蛇店组 (J<sub>3s</sub>)

下部为浅紫、浅紫红色块状细粒长石石英砂岩、石英砂岩及砂质泥岩，厚 124 m。中部为灰白、浅黄色细粒含长石砂岩与紫红色砂质泥岩呈不等互层，厚 223 m。上部为灰白色中细粒含长石石英砂岩夹砂岩、长石砂岩及钙质泥岩，厚 226 m。主要分布于大姚县、祥云县，总厚 573 m。

##### 3) 张河组 (J<sub>2z</sub>)

上段上部为紫红色砂质泥岩，夹一层细粒石英砂岩，下部灰紫、紫红色细中粒含长石石英砂岩砾岩、砂质砾岩；中段以紫红色砂质泥岩为主，夹灰绿色砂质泥岩及泥灰岩；下段灰绿、黄绿色细中粒砂岩、夹泥岩及灰质页岩。主要分布于祥云县、新平，总厚 2 599 m。

##### 4) 冯家河组 (J<sub>1f</sub>)

主要为紫红色砂岩、泥岩，分上下两段：下段以紫红色砂质泥岩为主，夹灰绿色、黄绿色砂岩，下部还夹多层钙质砾岩，厚 1 239 m；上段中下部为灰绿、黄绿色细砂岩、粉砂与

紫红色细砂岩、泥质互层；上部为紫红色砂质泥岩夹灰绿色粉砂条带，厚 421 m，底部有层 3 米厚的砾岩。主要分布于楚雄盆地、祥云、永胜、永仁，总厚 1 660 m。

#### 5) 安宁组 (J<sub>3a</sub>)

分布范围小，岩性变化不大，为一套含盐岩系。底部为含砾粉砂岩、砂砾岩，下部为紫红色白云质粉砂岩、泥岩与灰、灰绿色、灰黑色含硬石膏泥岩夹细砂岩；中部黄绿、黄褐色泥岩；上部为浅绿、黄绿色泥岩与紫红色泥岩互层。主要分布于安宁盆地。

#### 6) 蓬莱镇组 (J<sub>3p</sub>)

下部为粉砂岩、细粒石英砂岩，上部为黄色、灰黄、绿色粉砂质黏土岩、水云母页岩、钙质泥岩夹少量骨屑泥晶灰岩。主要分布于彝良。

### 2. 白垩系典型地层

#### 1) 江底河组 (K<sub>2j</sub>)

该组概分为 4 个岩性段：下杂色泥岩段，由紫红或灰绿色粉砂岩、泥岩交替组成；下紫色粉砂岩段，主要为粉砂岩、粉砂质泥岩；上杂色岩段，主要灰绿色泥岩为主，上部具一含盐标志层；上紫色粉砂岩段，主要是粉砂岩和粉砂质泥岩。主要分布遍及滇东、大姚、楚雄、双柏、元谋、禄丰、姚安、永仁、牟定、安宁、富民、玉溪、永胜，厚 2 574.3 m。

#### 2) 马头组 (K<sub>1m</sub>)

按岩性概分两部：下部为暗紫色厚层砂岩，底部具砾岩；上部为紫红色厚层中粒石英砂岩及砂质泥岩。主要分布于元谋—绿汁江断裂两侧，元谋、滇中盆地、中部和西部大姚、姚安、牟定、禄丰、楚雄、双柏，厚 157 m。

#### 3) 普昌河组 (K<sub>1p</sub>)

岩性主要以紫红色泥岩夹杂色泥灰岩和砂岩条带为特征，概分 3 个部分：下部为紫红色泥质和砂质泥岩，夹黄绿色细条带或团块；中部为紫红、黄绿色泥岩夹多层灰色泥灰岩，组成杂色条带；上部为紫红色中薄层细粒混质砂岩与泥岩互层。主要分布于祥云、团山、大姚、龙街、楚雄，广泛分布于滇中地区丽江哀牢山以东，元谋—绿汁江断层以西，永红、姚安、双柏，总厚 1 311 m。

#### 4) 高峰寺组 (K<sub>1g</sub>)

岩性稳定，以灰、紫灰色砂岩为主，夹粉砂岩、钙质泥岩、泥灰岩、砂砾岩、砾岩，厚 200 ~ 600 m。主要分布于楚雄、永红、永胜、普棚、大姚、牟定、祥云、姚安。

#### 5) 嘉立群 (K<sub>1j</sub>)

零星见于上雄块、落胜等地，为一套紫红色岩屑石英砂岩及砾石层，厚度大于 537 m，其层为可与马头山组对比。

### 3. 第三系典型地层

1) 勐野井组 ( $E_{1m}$ )

岩性以棕红色钙质砂岩和泥岩为主,为咸水湖相红色砂泥岩夹膏盐沉积。主要分布于江城、兰坪、洱源、镇沅、墨江、普洱。分布厚度 470 m。

2) 云龙组 ( $E_{1y}$ )

以棕红色泥岩、粉砂岩为主,间夹盐泥砾岩,为咸水湖相红色砂泥岩沉积,分布厚度 253 ~ 2 540 m。分布区县: 云龙—兰坪, 镇沅—景谷等盆地。

3) 果朗组 ( $E_{2g}$ )

由灰紫色砂岩和紫色泥岩组成,底部为紫红色厚层砂岩与钙质泥岩互层。分布区县: 兰坪、云龙等盆地。

4) 路美邑组 ( $E_{2l}$ )

底部为砾岩层或含砾砂岩;下部主要是砂质泥岩与泥质砂岩互层或呈夹层;上部由泥灰岩、钙质泥岩和棕红色砂质泥岩互层组成,其中以泥灰岩为主。厚大于 4 616 m。分布区县: 路南盆地、师宗、罗平、弥勒、陆良、泸西、嵩明。

5) 小屯组 ( $E_{3x}$ )

棕红色厚层泥质砂岩与砂质泥岩互层,局部有含砾砂岩,砂岩中偶夹泥岩团块,为河湖相沉积。分布区县: 路南、曲靖等盆地、沾益、弥勒。

6) 中—上渐新统 ( $E_{2-3}$ )

山麓相红色粗碎屑岩。分布区县: 普洱、江城。

### 1.4.5 滇西红层区

#### 1. 侏罗系典型地层

1) 漾江组 ( $J_{1y}$ )

主要由紫红、暗紫红夹灰绿、黄绿色泥岩、泥岩、粉砂质泥岩夹细粒长石石英砂岩、石英砂岩组成,局部夹泥灰岩、透镜体。主要分布于点苍山、哀牢山以西和怒山、无量山以东,北起维西,南至江城地区,巍山、漾濞县、墨江县,总厚 207 ~ 700 m。

2) 坝注路组 ( $J_{1b}$ )

主要含紫红色泥岩、粉砂岩、粉砂质泥岩夹细砂岩及少量钙质砾岩。主要分布于兰坪至江城地区,景谷—勐腊、澜沧江地区、南润源村,厚 714 m。

3) 花开左组 ( $J_{2h}$ )

一般由紫红、灰紫红色细—中粒石英砂岩、岩屑石英砂岩、粉砂岩及粉砂质泥岩组成,下部以中—粗粒砂岩为主,底部往往有厚 100 m 以下的砾石及砂砾石。



4) 和平乡组 ( $J_2hp$ )

主要是黄、黄绿、紫红、灰紫红色泥岩、钙质泥岩与黄绿、紫红色粉砂岩、夹泥灰岩及生物碎屑灰岩。分布区东部，海相层少于西部，西部海相层更为发育。主要分布于墨江、绿春、景谷、景洪、勐海，总厚 613 m。

5) 芦子箐组 ( $J_2l$ )

下部紫红色中层长石石英砂岩，上部紫红、灰绿色粉砂质泥岩夹钙质粉砂岩。主要分布于昌宁、永德。厚度大于 242 m。

6) 柳湾组 ( $J_2lw$ )

以灰色介壳、鲕状灰岩及白云质灰岩为主，夹砂页岩，底部有少量砾岩。主要分布于保山、芒市至畹町和永德的税房街、黄革坝，由柳湾向北沿怒江而上，至藏东的洛隆县的马理地带，厚达 666 m。

7) 勐戛组 ( $J_2m$ )

由紫色砂、页岩夹灰岩组成，分为 3 段：下段为紫红、猪肝色砂质页岩、粉砂岩、钙质细砂岩、泥灰岩透镜体，下部夹 12 m 厚的黄色页岩，厚 477 m；中段下部为深灰色致密灰岩，上部为灰白色中厚层状白云质灰岩，厚 50 m；上段以紫色、暗紫色砂质页岩、页岩和钙质细砂岩为主。主要分布于潞西、龙陵、永德、耿马。

## 2. 白垩系典型地层

1) 景星组 ( $K_1j$ )

岩性稳定，概分为上、下两段：下段以灰白、黄灰色厚层石英砂岩为主，夹杂色泥岩；上段主要为紫色、黄灰、灰绿色泥岩，夹粉砂岩、砂岩。主要分布于墨江、景谷、澜沧、临沧，厚度 800~1 200 m。

2) 曼岗组 ( $K_1m$ )

岩性为一套红色岩层，以灰紫、紫红色中粗粒含长石石英砂岩为主，中部夹砂砾岩、砾岩，上部细砂岩、粉砂岩及泥岩增多，富含钙质及钙质结核。主要分布于景谷、墨江、澜沧、临沧、云龙、思茅、江城、兰坪、永手、漾濞，厚 60~1 200 m。

3) 虎头寺组 ( $K_1h$ )

岩性为灰白、灰黄色块状、中厚层状细粒及粗粒含长石石英，夹含铜砂岩局部夹含砾砂岩。主要分布于云龙、景谷、江城，厚 0~400 m。

4) 弄坎组 ( $K_1n$ )

下部以中粒砂岩及砂砾岩为主，上部以页岩为主。主要分布于三路西，厚度大于 1 390 m。

5) 曼宽河组 ( $K_1mk$ )

岩性为一套紫红、褐紫红色泥质粉砂岩，与同色钙质粉砂岩泥岩互层夹钙质泥岩细粒石英砂岩、泥质岩条带。分布区县：普洱、勐腊、江城、景洪。最大厚度达 3 000 m 以上。

### 3. 第三系典型地层

#### 1) 勐野井组 ( $E_{1m}$ )

岩性以棕红色钙质砂岩和泥岩为主, 为咸水湖相红色砂泥岩夹膏盐沉积。主要分布于江城、兰坪、洱源、镇沅、墨江、普洱。分布厚度 470 m。

#### 2) 云龙组 ( $E_{1y}$ )

以棕红色泥岩、粉砂岩为主, 间夹盐泥砾岩, 为咸水湖相红色砂泥岩沉积, 分布厚度 253 ~ 2 540 m。分布区县: 云龙—兰坪, 镇沅—景谷等盆地。

#### 3) 果朗组 ( $E_{2g}$ )

由灰紫色砂岩和紫色泥岩组成, 底部为紫红色厚层砂岩与钙质泥岩互层。分布区县: 兰坪、云龙等盆地。

#### 4) 路美邑组 ( $E_{2l}$ )

底部为砾岩层或含砾砂岩; 下部主要是砂质泥岩与泥质砂岩互层或呈夹层; 上部由泥灰岩、钙质泥岩和棕红色砂质泥岩互层组成, 其中以泥灰岩为主。厚大于 4 616 m。分布区县: 路南盆地、师宗、罗平、弥勒、陆良、泸西、嵩明。

#### 5) 小屯组 ( $E_{3x}$ )

棕红色厚层泥质砂岩与砂质泥岩互层, 局部有含砾砂岩, 砂岩中偶夹泥岩团块, 为河湖相沉积。分布区县: 路南、曲靖等盆地、沾益、弥勒。

#### 6) 中—上渐新统 ( $E_{2-3}$ )

山麓相红色粗碎屑岩。分布区县: 普洱、江城。

## 1.4.6 贵州红层区

### 1. 侏罗系典型地层

#### 1) 珍珠冲组 ( $J_{1z}$ )

以暗紫色泥岩、砂质泥岩为主, 富含钙质结核, 夹少量钙质或泥质粉—细粒石英砂岩薄层, 下部常夹多层黄绿色泥岩及砂岩, 中上部常夹透镜状灰岩。厚 40 ~ 140 m。以桐梓—遵义—毕节一带较薄, 往北西增厚。主要为干旱炎热气候条件下泛滥平原相沉积及局部的小湖泊沉积。以贵州大方新场为例。

#### 2) 马鞍山组 ( $J_{1m}$ )

上部以鲜红色钙质泥岩、砂质泥岩为主, 含钙质结核; 中下部为浅灰色细粒石英砂岩和鲜紫红色钙质泥岩互层。砂岩具水平层理及交错层理。本段为曲流河—洪积平原相沉积。厚 130 ~ 250 m。分布于习水、息烽地区。

### 3) 大安寨组 (J<sub>1d</sub>)

下部为暗紫红、灰绿色钙质页岩、粉砂质泥岩、钙质石英粉砂岩与透镜状薄—中层泥质灰岩互层；上部为灰绿—深灰色页岩、粉砂质泥岩、粉—细粒石英砂岩。其下与马鞍山段整合接触，其顶部遭受剥蚀，各地表保存程度不一，厚度变化较大，一般由北往南变薄。其沉积属于大型内陆湖泊相沉积。厚 5~130 m。主要分布于习水、贵阳、毕节、威信、郎岱。

### 4) 下沙溪庙组 (J<sub>2xs</sub>)

底部为灰绿色厚层、块状细—中粒长石砂岩或长石岩屑砂岩，其上为紫红色块状泥岩、粉砂岩，夹浅灰—紫红色细—中粒长石砂岩，顶部为 2~30 m 稳定的灰、黄绿色页岩夹粉砂岩及灰黑色皱纹纸状含油页岩。本组总厚 220~370 m，如贵州习水倒鼓溪下沙溪庙组剖面。底部的关口砂岩常在短距离（数百米、千米）内与紫红色泥岩及黄绿色粉砂岩互变。该组主要分布于仁怀、合马、桐梓、习水。

### 5) 上沙溪庙组 (J<sub>2ss</sub>)

为紫红色泥岩、粉砂岩与浅灰—紫红色细—粗粒长石砂岩，长石岩屑砂岩的不等厚互层。在遵义、仁怀附近其中部夹砂质泥质灰岩、泥灰岩透镜。为曲流河—洪汛平原沉积，局部夹小型湖泊相沉积。厚 850~1200 m。分布于遵义、仁怀、习水、毕节。

### 6) 遂宁组 (J<sub>3sn</sub>)

鲜紫红色钙质粉砂质泥岩，含钙质结核，夹浅灰—紫色长石石英砂岩、泥钙质粉砂岩，偶夹透镜状灰岩。属于曲流河—洪汛平原相沉积。分布于桐梓、习水、赤水、仁怀。

### 7) 蓬莱镇组 (J<sub>3p</sub>)

蓬莱镇组一段：底部为 5~30 m 厚的深灰—灰紫色细粒厚层及块状钙质、长石石英砂岩、岩屑石英砂岩，其上为紫红色砂质、钙质泥岩和粉砂岩夹细粒长石石英砂岩或岩屑石英砂岩。蓬莱镇组二段：浅灰—灰紫（局部呈紫红）色厚层及块状长石石英砂岩、岩屑石英砂岩及紫红色泥岩、钙质砂质泥岩、粉砂岩。残留厚度 0~330 m。上段厚 730~1120 m。为曲流河—辫状河沉积。主要分布于习水、桐梓、赤水、水城、寨坝。

## 2. 白垩系典型地层

### 1) 三道河群 (K<sub>1</sub>)

由灰色、紫红色、砖红色砾岩、石英砂岩组成。属山麓洪积—河流相沉积，厚 131~154 m。分布于威宁三道河。

### 2) 嘉定群 (K<sub>1</sub>)

由砖红色含砾砂岩、砂岩间夹紫红色泥岩组成，残留厚 520~900 m。分布于习水、赤水。

### 3) 惠水组 (K<sub>2h</sub>)

由暗红、暗紫红、砖红、灰色砾岩、含砾砂岩、泥质粉砂岩和泥岩组成。由山麓洪积—

河流—湖湘的砾岩—含砾砂岩—泥质粉砂岩和泥岩组成,厚 4~508 m。分布于黔南地区惠水、罗甸、榕江、荔波、黎平洪洲。

#### 4) 扎佐组 (K<sub>2z</sub>)

灰带砖红色砾岩、砖红色含砾砂岩、泥岩,厚 90~921 m。属山麓洪积—河湖相的灰带砖红色砾岩—砖红色含砾砂岩—泥岩。分布于修文扎佐、黄平旧州、余庆、施秉、榕江、松桃。

#### 5) 旧州组 (K<sub>2j</sub>)

鲜红、紫红、砖红色砾岩、含砾砂岩、粉砂岩和泥岩组成,厚 5~230 m。分布于黄平旧州、修文扎佐、施秉、榕江、茅台、桐梓、凤冈水河。

### 3. 第三系典型地层

#### 彭家屯组 (E<sub>1p</sub>)

灰带棕红色砾岩及褐红色含砾砂质钙质泥岩,厚 82~105.5 m。分布于盘县、兴仁潘家庄、普安、兴义等山间盆地。

## 1.5 西南地区红层主要工程地质问题

红层地区由于分布特征、岩层组合、特殊物质成分的影响,形成了红层地区典型的甚至是特有的一些工程地质问题。

由于红层常以盆地形式分布出露,在红层盆地边缘向盆地中心,岩石结构由粗粒向细粒转变,即从砾岩逐渐向砂岩、粉砂岩、泥(页)岩转变。由于沉积条件逐渐发生变化,盆地中部的红层产状平缓,受构造影响轻微,岩体较完整,盆地边缘岩体受构造影响剧烈,产状变化大,岩体破碎,完整性差。在工程扰动下,容易发生滑坡、崩塌等地质灾害和工程问题。如四川盆地的边缘受龙门山断裂带等的影响,构造作用强烈,岩体破碎,在成昆铁路、宝成铁路、成渝铁路的建设中滑坡、崩塌地质灾害工程数量众多。

在岩体结构组成上,红层岩层组合关系通常为交互沉积、软硬相间的砾岩、砂砾岩、砂岩、粉砂岩、泥岩、页岩岩层组成,有时夹有淡水灰岩或膏盐层。也常见红层与煤层互层、与蒸发岩互层、与杂色岩层互层几种组合特征。在某些区域,红层岩层组合有比较特殊的情况。如川中地区三叠系须家河组以煤层为主的湖相沉积地层与红层呈不整合接触。在川西理塘第三系红层与火山碎屑岩互层。红层的岩层组合关系,特别是软硬互层、夹层组合关系,使得红层岩体中普遍存在软弱结构面,这是引起红层地区易发生滑坡等地质灾害的主要原因。此外,软硬岩层差异风化明显,岩体中节理发育,岩体破碎,常引起陡坡岩体发生崩塌破坏。

在湖相沉积的红层地层中,常沉积有蒸发岩层。蒸发岩种类主要是石膏、芒硝、岩盐等,常统称为含膏盐地层。红层中膏盐成分在环境水的作用下,产生溶蚀、腐蚀等化学变化,是红层具

有特殊工程性质的重要原因。红层泥质岩类含有蒙脱石、伊利石等亲水矿物，具有一定的膨胀性。

红层的广泛分布和其特殊工程性质，对铁路、公路、建筑、机场、水利水电工程建设产生了广泛影响（见表 1.8）。概括来说，红层地区的工程问题，主要是岩土、水及荷载三个因素的综合作用，引起红层岩土体的软化、崩解、膨胀、渗透、溶解、溶蚀、侵蚀等物理化学效应，导致红层边坡、地基、隧道等产生各种变形破坏的问题。

### 1.5.1 红层边坡工程问题

在西南地区的红层自然和人工边坡中，由于岩石成分、地质构造、地形特征、水的综合影响，存在多种不同类型的工程问题。比较突出的问题主要有红层滑坡、崩塌（危岩）、坍岸、剥落、含膏盐腐蚀、软岩变形等（见表 1.9）。

表 1.8 红层地区工程建设的工程问题

序号	工程名称及代表区段	典型问题	主要原因
1	成渝铁路成都至内江段侏罗系、白垩系红层	风化剥落、路基翻浆冒泥、填料压实不足、路基下沉	风化作用强烈、水稳定性差、压实度不够
2	宝成铁路广元至旺苍段侏罗系、白垩系红层	风化剥落	风化作用强烈、水稳定性差
3	成昆铁路甘洛至喜德、下坝至碧鸡关、成都至沙湾等地侏罗系、白垩系红层	隧道洞身变形、路基翻浆冒泥、路堤变形滑坡、风化剥落	软硬岩互层、风化作用强烈、水稳定性差、软弱地基
4	广大铁路广通至南华段侏罗系、白垩系	风化剥落	风化作用强烈、水稳定差
5	遂渝铁路遂宁至重庆侏罗系红层	软弱地基、强度低、崩解、软化	水稳定性差
6	达成铁路达州、蓬安、南充、蓬溪、遂宁、中江侏罗系红层	路基下沉、路基翻浆冒泥	软弱地基、施工改变微地貌和水的径流
7	成南高速成都至南充段侏罗系、白垩系	填筑路基滑坡、路基变形、路面开裂	软弱地基、水稳定差、施工改变微地貌
8	四川马水河水利工程	滑动变形	软弱夹层，地质勘察不够
9	四川仁寿黑龙潭水库	坝体开裂、渗漏	软弱夹层分布及工程性质不明
10	四川雅安铜头电站第三系红层	坝体渗漏、变形	软弱夹层及砾岩溶蚀
11	云南新桥水库白垩系红层	水库渗漏	石膏溶蚀
12	四川紫坪铺水电站侏罗系红层	可能引起坝基岩石变形移位	地质条件复杂
13	成昆铁路红层段路堤工程	路堤滑移	路堤基底软弱
14	成昆铁路红层段路堑工程	边坡坍塌、风化剥落	岩性软弱、水稳定性差
15	成昆铁路红层段隧道工程	洞身变形	软硬互层，层间结合不良，岩性软弱

16	成昆铁路红层段路基	翻浆冒泥	泥岩、页岩水稳定性差
17	绿地蜀峰 468 超高层建筑深基坑工程	大荷载下红层软岩变形	红层软岩强度低
18	四川大邑西岭雪山隧道	变形鼓胀	膨胀岩、断层、地下水综合作用

表 1.9 红层边坡主要工程问题

边坡类型	典型问题
自然边坡	滑坡、危岩、崩塌、水库岸坡、桥基岸坡
挖方边坡	风化剥落、坡面冲刷、表层溜塌、崩塌落石、滑坡、膏盐腐蚀溶蚀、软岩蠕变
填方边坡	边坡冲刷和渗流破坏、膏盐溶蚀与结晶、边坡蠕变

### 1.5.2 红层地基工程问题

随着工程规模的增大和工程荷载的增加，红层地基承载力及抗变形能力已难以满足工程要求，成为地基工程中的突出问题。红层松软土、膨胀岩土、膏盐地层等特殊地基，除了荷载问题之外，还需要考虑水、化学等因素的影响（见表 1.10）。

表 1.10 红层地基主要岩土工程问题

地基类型	典型问题
一般地基	深基坑边坡、软岩地基沉降变形
特殊地基	松软土地基、膨胀岩土地基、膏盐地基、软岩大变形
不均匀地基	斜坡地基、土石混合地基

### 1.5.3 红层隧道工程问题

红层隧道问题除了软岩隧道的共性问题外，还有膏盐腐蚀溶蚀、膨胀岩土变形、浅层气、煤层瓦斯、顺层偏压等特殊问题，应引起重视（见表 1.11）。

表 1.11 红层隧道主要岩土工程问题

隧道类型	典型问题
一般隧道	快速风化、软岩变形、软硬互层差异变形、顺层偏压
特殊隧道	膏盐腐蚀溶蚀、膨胀岩土变形、软岩大变形、浅层气（天然气、瓦斯）

## 参考文献

- [1] 郭永春, 谢强, 文江泉. 我国红层分布特征及主要工程地质问题. 水文地质工程地质, 2007 (6).
- [2] 郭永春. 红层岩土中水的物理化学效应及其工程应用研究. 西南交通大学, 2007.
- [3] 四川省地质矿产局. 四川省区域地质志. 北京: 地质出版社, 1991.
- [4] 云南省地质矿产局. 云南省区域地质志. 北京: 地质出版社, 1990.
- [5] 贵州省地质矿产局. 贵州省区域地质志. 北京: 地质出版社, 1987.
- [6] 成昆铁路技术总结委员会. 成昆铁路 (第二册). 北京: 人民铁道出版社, 1980.
- [7] 曾健新. 川东红层地区铁路工程地质问题研究. 西南交通大学, 2012.
- [8] 徐瑞春. 红层与大坝. 武汉: 中国地质大学出版社, 2003.

