文章编号: 0451- 0712(2005)05- 0081- 05 中图分类号: P642. 402. 71 文献标识码: A

四川红层分布及工程环境特征研究

黄绍槟[1], 程 强[1], 胡厚田[2]
(1. 四川省交通厅公路规划勘察设计研究院 成都市 610041; 2. 西南交通大学 成都市 610031)

摘 要: 四川是我国西南地区红层分布极为广泛的省份之一, 红层主要分布在四川盆地及盆地边缘地区, 总面积约16. 5万km^2。通过对四川红层形成时代、地表出露情况、地形地貌、地质构造等特征的研究, 提出将四川红层划分为4个大区, 即盆北西南区、盆中区、盆东区和攀西区, 同时进一步将盆北西南区细分为盆北小区、盆西小区和盆南小区, 重点研究了各红层分区的工程环境特征。

关键词: 四川红层; 分布; 工程环境; 特征

红层是一种外观以红色为主色调的陆相碎屑岩沉积地层。我国的红层形成于三叠纪至第三纪的漫长历史时期, 主要分布于西南、华中、华南和西北地区。在西南地区, 四川盆地中部及盆地边缘地区、黔北、黔西、滇中、滇北地区都有红层广泛分布, 其中四川盆地及盆地边缘地区红层分布极为广泛, 总面积约16. 5万km^2, 盆地广泛出露侏罗- 白垩纪的红色岩系, 又有"红色盆地"之称, 因此四川红层是最具代表性的一类红色地层。

由于红层具有独特的工程性质, 在红层地区地质灾害频繁、灾害严重。长期以来, 红层地区公路建设和运营过程中发生了大量地质灾害, 对公路正常建设和安全运营带来了极大的危害。以往四川红层研究多针对具体工程开展, 对四川红层的分布特征

基金项目: 交通部西部交通建设科技项目"红层软岩地区公路修建技术研究"(合同号: 2002- 318- 000- 26)
收稿日期: 2005- 01- 05

Application of Gray Clustering Method to Estimating Service Levels of Basic Segments of Expressway

WANG Hua-rong, PEI Yu-long, XING Shi-ling
(1. College of Civil Engineering, Nanjing University of Technology, Nanjing 210009, China;
2. College of Communication Science and Engineering, Harbin Industry University, Harbin 150090, China)

Abstract: The concept of service level of highway has been changed since the ITS technology being applied. The traffic conditions with high speed and large volume are considered as good service quality. On the basis of the re-understanding of the concept of service levels, the non-dimensional traffic pressure and the non-dimensional density as performance measures are selected, which could embody the new concept well. After the levels of service are devided into four classes, establishing each gray class white function and determining the corresponding threshold value, the basic expressway segments level of service is determined. The validation of field data collected on segments of the 2nd Urban Express-Ring Road of Beijing indicates that the methodology put forward in this paper is correct and feasible.

Key words: gray clustering evaluation; service level; non-dimensional traffic pressure; non-dimensional density

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

和工程环境特征缺乏系统研究。本文主要研究四川红层的分布特征及成因，根据红层形成时代、地表出露情况、地形地貌、地质构造等因素进行分区，并详细研究了各红层分区的地层岩性、地质构造、气象、水文地质、地形地貌等工程环境特征。本文研究的主要目的是得出四川红层分布的规律和特征、地形地貌特征、地层岩性特征、地质构造特征、气候环境特征等，为四川红层地区地质灾害、公路工程建设的相关研究提供基础资料。

1 四川红层分布及成因

1.1 四川红层分布

四川红层主要是侏罗系和白垩系地层，有少量第三系地层。红层主要集中在四川盆地、盆地边缘与攀西地区范围内(见图 1)。

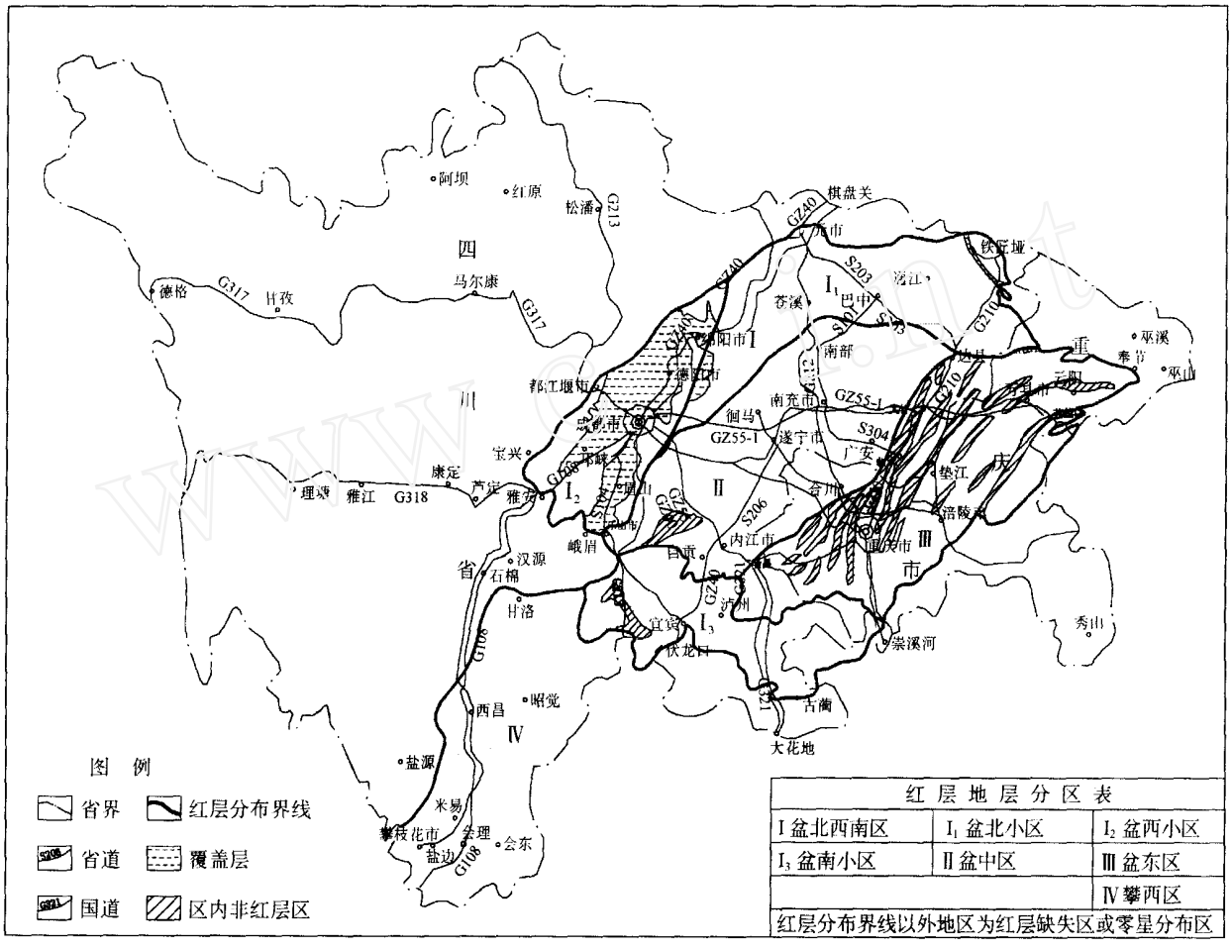


图 1 四川红层分布、分区示意

(1) 侏罗系。

广泛分布在四川盆地内及攀西局部地区，部分地区位于白垩系地层的下面。侏罗系几乎全为红层(除四川盆地的北部和东北部边缘下统含煤)；上统主要是红色泥岩，砂岩，粗砂岩。中统是红色、紫红色、灰色等杂色砂岩、粉砂岩、泥质夹泥灰岩；下统是紫红色砂泥岩组成。

(2) 白垩系。

主要分布在盆地的周边地区与攀西的局部地区。盆地的白垩系地层下统、中统、上统均很发育；多为砖红、紫灰、紫红或夹紫色的砂岩、砾岩、粉砂岩及泥质岩，常夹蒸发岩，是我国白垩纪亚热带、热带大中型陆相红色沉积盆地的代表。

(3) 第三系。

第三系在四川地区分布较广，但分布面积不大；除了盆地地区外，四川西部高原高山地区也有零星分布。

1.2 四川红层成因

红层的形成需要具备如下 2 个条件：

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

(1) 适宜的古地貌条件, 红层为碎屑岩沉积, 需要有接受沉积的古沉积盆地和沉积物源, 沉积盆地多为内陆盆地, 也有少量的海滨及海相沉积, 物源则指周围山地提供丰富的岩石风化物;

(2) 适宜的古气候条件, 红层的形成要求古气候环境处于干燥炎热的气候环境条件下, 一方面岩石风化作用强烈, 可以提供丰富的物源, 另一方面岩石氧化作用强烈, 可以形成红层的红色外观。

四川红层形成于中新生代漫长的地质历史时期, 期间经历了三叠纪、侏罗纪、白垩纪、第三纪。不同时期的红层在颜色与岩性上有很大差别, 这主要与沉积时的沉积环境(沉积相、古气候、古构造)有关。

(1) 三叠纪。

晚三叠世后期, 四川盆地进入陆相盆地沉积阶段, 在盆地的发展过程中, 盆地周边山系及断裂构造的活动演化与古气候的变迁直接影响到四川盆地物源的供给及沉积相的改变。

(2) 侏罗纪。

侏罗世早期, 当时湖盆处于一种比较温暖潮湿多雨的正常湖相环境中, 区域上比较稳定, 为相对稳定的陆相大型淡水湖相沉积, 表现自流井组为一套灰色、灰黄绿色中薄层状的泥岩、粉砂岩、砂岩夹介壳灰岩。在这个相对稳定的大型湖泊的周边地区仍处于一个相对活跃的构造背景之下, 白田坝组代表四川盆地周边地区的山麓相、河流相及滨湖相沉积, 其底部是冲积扇相砾岩层堆积, 向上多为含煤的泥页岩夹砂岩及砾岩层, 主要分布在盆周龙门山东侧及北大巴山南麓一带。

到侏罗世中期, 湖相沉积开始向河流相沉积转变, 新田沟组多为一套灰绿色砂岩与灰色灰黑色的粉砂岩及泥岩。

侏罗中晚期, 湖相沉积范围明显缩小, 河流相沉积的范围大为扩展。并且由于四川盆地的区域抬升导致水流下切作用增强, 其结果是河流相沉积作用的广泛发育。表现为沙溪庙组总体上是一套黄绿色灰紫色厚层砂岩与泥岩组合, 其沉积物在色调和岩性组合上都发生了显著的变化, 颜色较杂, 岩性上河流相的厚层砂岩明显增多。

到侏罗晚期, 气候趋于炎热, 雨量充沛, 地质活动稳定, 盆地内相对高差缩小, 形成大面积的浅水湖相沉积, 并且沉积物颜色更红; 遂宁组便为一套鲜红色的泥岩粉砂岩夹中细粒砂岩。蓬莱镇组与莲花口组为河流相与冲积扇沉积相沉积, 沉积物磨圆度较好, 粒径较粗。

(3) 白垩纪。

到早白垩世, 盆地的沉积范围变得更小, 构造活动相对较稳定, 主要集中在盆地的北部等盆边地区, 主要为河流相或冲积扇相沉积。晚白垩时期, 湖盆相对抬升, 水体变浅, 在湖心形成泥质和膏盐沉积。

(4) 第三纪。

到第三纪, 四川湖盆基本上不再继续接受沉积, 因此第三系红层在四川分布较少。

盆地内红层总体上表现为盆地边缘多为角砾岩、砾岩, 向盆中逐步过渡为砂岩、泥岩和页岩等。这主要是因为形成红层的物质来源于古盆地或古盆地周围的高地, 多以边缘地带最先接受沉积, 岩石粒度较大; 而粒度较小的物质可以被搬运到盆中沉积。有的红层中还含有一些钙质胶结物, 即反映了当时的成岩环境, 也对后期的红层地貌发育有重要的影响。

2　四川红层工程环境特征

根据红层分布时代、地表出露情况、地形地貌、地质构造等因素, 将四川红层划分为 4 个红层大区, 分别是盆北西南区、盆东区(包括重庆地区)、盆中区、攀西区(攀枝花、西昌)。同时又将盆北西南区分为 3 个小区, 分别为盆西小区(包括成都平原地区)、盆北小区、盆南小区。

四川红层分布、分区见图 1, 各红层分区主要工程环境特征见表 1。

(1) 盆北西南区。

褶皱强烈, 断裂发育, 多在三组以上; 岩体破碎, 加上地形条件差, 使红层软岩的工程地质条件更为复杂化, 区内地质灾害众多。盆西小区内主要是在盆地边缘地区的峨眉山断裂带与区内的龙泉山区褶皱带之间。盆北小区内位于盆周山地的华夏系龙门山隆起褶皱带, 是四川境内最醒目的华夏系构造带。龙门山隆起褶皱带由北东向的褶皱、压性断裂、挤压破碎带右行雁列组成, 伴之以与之垂直的一组张性断裂和与之斜交的两组扭性断裂。组成该褶皱带的主要构造形迹是呈北 40～60 东的几个复背斜、复向斜及几条规模巨大的断裂带。盆南小区内断褶构造发育程度较低, 背斜向斜相间呈北北东向展布, 构成向北收敛向南撒开的扫状格局。

该区由于构造作用强烈, 在公路及铁路工程建设中坡体塌滑灾害工程数量众多[2, 3], 对工程建设影响较大。

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 1 四川红层主要工程环境特征

主要工程环境特征	四川盆地红层			攀西地区红层
	盆中区红层	盆东区红层	盆北西南区红层	
区内代表性城市或地区	遂宁、南充	重庆、垫江、梁平	宜宾、绵阳、巴中、苍溪	西昌、会理、攀枝花
分布描述	广泛分布于四川盆地及盆地的边缘地区。			分布于四川省的会东- 会理、西昌等地区。
形成背景及成因	主要形成于侏罗纪至白垩纪, 为古巴蜀湖盆的湖泊相沉积。			主要形成于侏罗纪至白垩纪, 为古西昌- 滇中湖盆的湖泊相沉积。
气候特征	处于亚热带, 年平均气温 14 ℃~ 19 ℃, 为中国著名的少日照地区。雨量充沛, 年降雨量多在 1 000 mm 以上, 盆东区和盆西区为多雨中心区, 盆东区为夏季高温区。			处于亚热带, 四季温差小、干湿季分明、垂直变异显著。年降雨量多在 1 000 mm 以上。
地层分布特征	区内几乎全是侏罗系地层。	主要是侏罗系红层, 但与三叠系呈条带状交替在地表出露。	盆北小区主要以白垩系地层为主; 盆西小区主要是成都平原, 红层为第四系沉积所覆盖; 盆南小区出露的地层比较复杂, 侏罗系、白垩系、第三系、第四系均有出露, 以白垩系红层为主。	会东- 会理与西昌两个地区红层分布是中部为白垩系, 边缘上是侏罗系; 而其他地区只是零星存在侏罗系地层, 红层不集中, 老地层分布较广。
地质构造特征	除龙泉山和华蓥山区褶皱较强烈, 断层较发育外, 基本为近水平岩层区, 构造作用轻微。	川东弧形构造带。	褶皱强烈, 断裂发育。盆西小区为峨眉山断裂带与龙门山褶皱隆起带、盆北小区为龙门山褶皱隆起带, 盆南小区断裂褶皱构造发育程度较低。	褶皱发育, 安宁河断裂带附近断层极为发育, 产状多变, 岩体破碎。
地形地貌特征	丘陵地区	平行岭谷区	低山丘陵区	中高山峡谷区
地表水系	属长江水系, 主要发育有嘉陵江、涪江、沱江、岷江、安宁河等。			
水文地质特征	四川红层软岩多为相对不透水层和弱透水层, 地下水规模不大, 水资源短缺, 但断裂带和裂隙密集带地下水较丰富。地下水多无侵蚀性。含石膏红层中地下水具硫酸侵蚀性。			

(2) 盆中区。

盆中区是最具代表性的近水平红层分布区, 地形上为丘陵地区, 相对高差不大, 除龙泉山和华蓥山地区构造作用强烈外, 均为构造作用轻微的近水平红层分布区。区内基本无断层构造, 构造裂隙不发育, 一般发育有两组近正交的陡倾节理, 是控制边坡变形破坏的主要因素, 盆中区是地质灾害相对轻微地区, 近水平岩层的切层滑坡是该区有代表性的滑坡型式。

(3) 盆东区。

四川盆地东部为川东褶皱带(即川东平行岭谷带), 属四川坳陷的一部分。主要发育华蓥山扫状褶皱; 以近于平行的窄背斜和宽向斜组合而成所谓的隔挡式右行雁列褶皱带, 其中的单个褶曲的轴线常呈“S”型弯曲, 该带中的次级褶皱及压性断裂均显右行雁列。断褶构造发育程度是通过深断裂活动从深层到浅层由线到面发展的; 区内发育有众多中等低缓及隐伏构造。区内有几排北东向高陡窄背斜呈近于平行的雁列展布。其间隔为宽向斜。背斜核部出露三叠系或二叠系碳酸盐。向斜由侏罗系红色砂泥岩组成。是喜马拉雅晚期才形成的构造区。

盆东区红层由于在构造作用下, 发育有大量的倾斜岩层边坡, 且川东地区属于著名的多雨地区, 年降雨量在 1 000 mm 以上, 因此川东地区属于典型的地质灾害多发区, 雨季经常发生大量的红层坡体塌滑灾害[1], 红层滑坡中顺层滑坡占有较大的比例。

(4) 攀西地区。

该区的构造变形主要是三叠纪末期的印支晚期运动影响, 燕山运动仅产生轻微褶皱和断裂。侏罗-白垩系褶皱宽缓, 短轴构造。褶皱轴向是多组的, 在金箐、磨盘山、安宁河等断裂带附近, 褶皱轴向大多与断裂一致。在远离它们的地方或大型断裂的段落, 褶皱轴向北西、北东与北西联合弧形褶皱, 或与断裂走向斜交或为其他方向的弧形褶皱。在安宁河、会理

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

以东, 侏罗- 白垩系表现为北北东走向褶皱。

受南北向(经向)构造体系影响, 主要是安宁河断裂带的断层极为发育, 褶皱虽也强烈, 但因为错断, 已无完整的褶曲, 红层被断层切割的非常零碎, 岩层产状陡而多变, 裂隙不但密集, 且产状复杂, 岩体非常破碎。

修建成昆铁路时, 通过该区的红层路段中产生了大量的滑坡、隧道病害[2], 该区内 G108 线雅安至西昌和西昌至攀枝花即将开工建设, 通过路段必须注意各类红层病害。

3 结语

四川红层成形于三叠纪至第三纪的漫长地质时期, 不同地区、不同时期形成的红层, 其分布、岩性、构造等特征有很大差异。通过对四川红层的研究, 根据红层形成时代、地表出露情况、地形地貌、地质构造等特征可以将四川红层划分为 4 个红层大区, 即盆北西南区、盆东区(包括重庆地区)、盆中区、攀西区(攀枝花、西昌)。同时盆北西南区可细分为3 个小区, 分别为盆西小区(包括成都平原地区)、盆北小区、盆南小区。

四川各红层分区的地层岩性特征、地质构造特征、气候环境特征具有较大的差异。盆中区是典型的近水平岩层分布区, 构造作用轻微, 是红层中地质灾害发生频率相对较低的地区, 而盆东区由于构造作用强烈、雨量充沛, 是典型的红层地质灾害多发区。在其他的红层分布区, 地质灾害的发生频率和地层岩性特征、地质构造特征、气候环境特征等也有密切的关系。

四川红层地区是地质灾害多发区, 红层地区的地质灾害与各个地区的地层岩性特征、地质构造特征、气候环境特征是密切相关的, 建议在本文进行红层分区的基础上, 进一步深入研究四川各红层分区地质灾害和工程建设中各类病害的发育规律。

参考文献:

[1] 孔纪名, 陈自生. 川东 89. 7 暴雨过程中的红层滑坡. 滑坡文集(9) [M]. 北京: 中国铁道出版社, 1989.

[2] 成昆铁路技术总结委员会. 成昆铁路—第二册(线路、工程地质及路基) [M]. 北京: 人民铁道出版社, 1980.

[3] 程强, 黄绍槟, 张辉, 等. 红层软岩地区公路工程环境特性及公路病害调查研究[R]. 成都: 四川省交通厅公路规划勘察设计研究院, 2003.

[4] 胡文华, 赵绍琮, 杨子文. 四川盆地红层岩石(体)物理力学性质指标汇编[C]. 水电部成都勘测设计院科研所, 1983.

[5] 郑勇. 四川盆地红层丘陵地区地下水开发前景[J]. 四川地质学报, 2000, 20(4).

A Study on Distribution of Sichuan Red Beds and Engineering Environment Characteristics

HUANG Shao-bin[1], CHENG Qiang[1], HU Hou-tian[2]

(1. Highway Planning Survey Design and Research Institute communication department of Sichuan province, Chengdu 610041; China;
2. Southwest Jiaotong University, Chengdu, 610041 China)

Abstract: Sichuan is one of the provinces over which the red beds distribute extensively in the southwest region of China. The red beds primarily distribute over Sichuan basin and its borders, the total area is about 16. 5 ten thousand square kilometers. According to the era of red beds, the cause of formation of red beds, the outcrop characteristic, the geologic structure characteristic, the geomorphic characteristic etc. Sichuan red beds is divided into four big areas, namely, the southwest area of basin north, the inside area of basin, the east area of basin and the Panxi area. At the same time the southwest area of basin north is further subdivided into three small areas, namely, north small area, west small area and south small area. Engineering environment characteristic of each red bed area is systematically expatiated, analyzed and studied.

Key words: Sichuan red beds; distribution; engineering environment; characteristic

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net