

# 我国红层分布特征及主要工程地质问题

郭永春, 谢 强, 文江泉

(西南交通大学土木工程学院, 成都 610031)

**摘要:** 我国中生代红层分布总面积约 826 389 km<sup>2</sup>, 是工程建设中不可避免的岩土体。南方地区红层约占红层总面积的 60%, 以西南、中南地区红层分布较广, 多为裸露型红层, 受降雨等因素影响滑坡、风化等问题突出; 北方地区红层约占 40%, 以甘肃以及蒙宁晋陕交界红层分布相对较多, 多为埋藏型红层, 工程地质问题具有隐蔽性。红层分布受控于分布区的区域断裂带, 岩体结构破碎, 水文网络发育, 渗流、软化等问题突出。由于砂岩、泥岩、页岩、蒸发岩、杂色岩等多种软硬岩层互层结构和工程活动等因素的影响, 沿着软弱结构面易发生滑坡、差异风化等工程地质问题。由于时代较新, 岩土体的胶结性差, 物理力学性能相对较差, 岩石多属于软岩类别。稳定性差, 易崩解软化。蒸发岩和红层岩土体中可溶成份在水作用下, 容易发生岩溶、腐蚀、渗流等物理化学问题。建议在工程建设中将红层作为特殊岩体对待。

**关键词:** 红层; 分布特征; 工程地质问题; 特殊岩体

**中图分类号:** P642.4

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-3665(2007)06-0067-05

红层主要是指侏罗纪到新近纪的陆相红色岩系。随着红层地区工程建设发展, 红层工程地质特征及其对工程建设影响越来越受到关注<sup>[1-7]</sup>。由于各地红层分布规律、岩性特征等工程勘察问题的资料有限, 同时鲁西南、西北、中南、西南等地区红层工程建设表明, 深入分析我国各地红层分布的工程地质特征, 对解决红层地区工程勘察、填料选择等问题具有重要意义。

## 1 各地区红层分布工程地质评价

自震旦纪以来, 红层在不同地质年代断续沉积形成。我国广泛出露的红层主要为侏罗系、白垩系及古近系, 其中以侏罗系、白垩系红层分布最广。除台湾省外, 其它省市均有红层分布(图 1、表 1), 总面积约 826 389 km<sup>2</sup>, 约占全国陆地总面积的 8.61%, 但分布不均。其中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%, 以甘肃以及蒙宁晋陕交界红层分布相对较多<sup>[8-10]</sup>。

红层分布受构造影响明显, 南方以西南大型菱形盆地和中南地区长条形为主的中型盆地为代表, 如四川盆地、衡阳盆地、南雄盆地等。北方如西北地区的陕甘宁盆地西部南部、鄂尔多斯盆地西南部、东北平原中部、华北平原中部等地也有红层分布, 但多为分散式盆

地分布, 面积相对较小。其中东北地区红层分布最少, 西南地区分布最多。红层工程建设也主要集中在西南、中南、西北地区, 如交通部西部红层工程成套设计技术研究、中南地区湘耒高速公路红砂岩路基修筑技术研究、西南地区遂渝铁路、达成铁路扩能改造工程等都是近期红层工程建设中的典型代表。

## 2 不同地层时代红层分布特征

红层的地层时代从寒武纪到新近纪, 但三叠纪以前地层中红层多零星分布, 以中生代特别是从侏罗纪到新近纪的陆相红色岩层最为发育<sup>[1-11]</sup>(表 2)。随着沉积环境的变化, 各个红层盆地的沉积厚度相差悬殊, 如湘赣及鄂西一带, 红层累计厚度 2 000 ~ 4 000 m, 滇中地区红层最大厚度可达 8 000 m, 福建红层的最大厚度可达 4 000 m<sup>[10]</sup>。

## 3 典型沉积红层工程地质评价

绝大多数红层沉积于各类大小不同的断陷盆地或凹陷盆地中, 具有分布点多、面积变化大、各个盆地互不连接、分割性强等特点。我国南方的红层盆地可以分为以菱形为主的大型盆地、以长条型为主的中型盆地和菱形、长条型均有的小型盆地等三大类, 它们的分布都与地质构造方向, 特别是与断裂带方向有密切关系。大型盆地以拗陷为主, 长条形中型和小型盆地以断陷为主<sup>[10]</sup>。而北方红层多为上覆堆积层覆盖, 地形地貌特征不明显。

收稿日期: 2007-03-29; 修订日期: 2007-04-10

作者简介: 郭永春(1973-), 男, 讲师, 主要从事红层工程地质研究。

E-mail: ycguo@home.swjtu.edu.cn

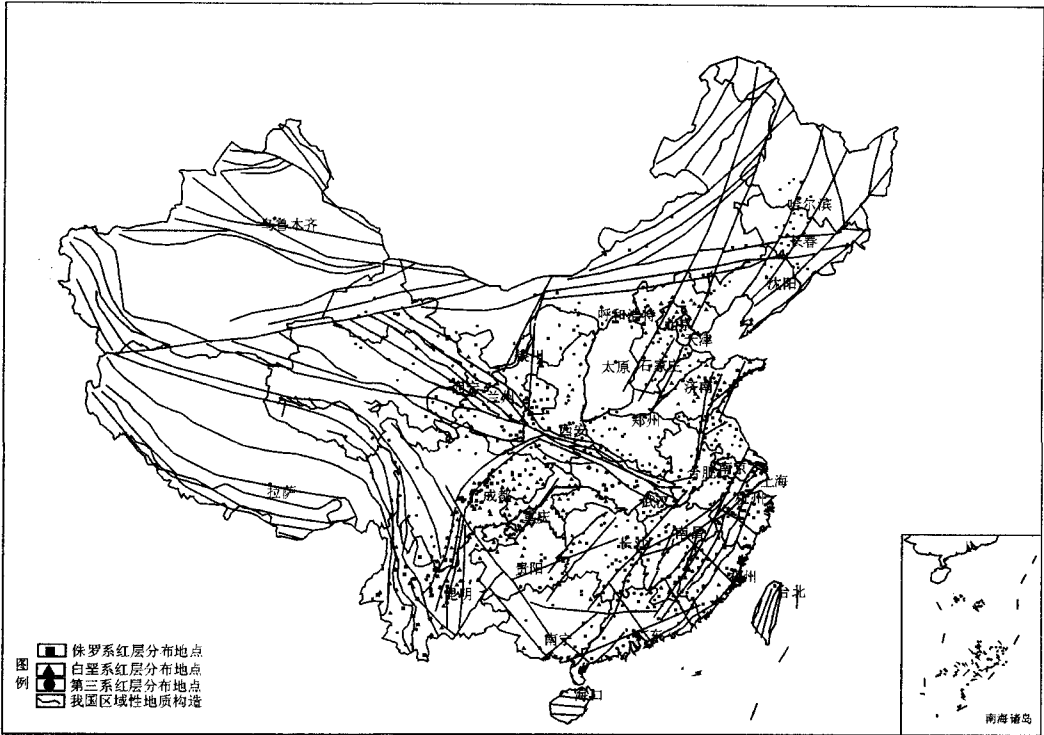


图 1 中国红层分布与构造关系略图  
Fig.1 Distribution and structure of red beds in China

表 1 各省区红层分布特征与工程地质评价  
Table 1 Geological engineering evaluation of local red beds

地区	基本特征	工程地质评价
西南地区	红层总面积273 904km <sup>2</sup> ,约占全国陆地面积的 2.853%,是我国红层分布最多地区。以侏罗系和白垩系为主,有少量古近系。红层集中分布于四川和云南。贵州红层分布于川黔、滇黔交界地带,为川、滇两省红层分布的延伸部分。西藏红层仅在局部区域有零星分布。主要受控于龙门山断裂带等 8 条断裂带。	受断裂带的影响,断裂带附近的红层岩体破碎,结构完整性差,节理发育,影响着红层边坡岩体的工程稳定性。本区由于降雨量大,红层多由于剥蚀而出露地表,滑坡、风化剥落、路基翻浆冒泥等问题比较突出。
西北地区	红层总面积 19 1251km <sup>2</sup> ,约占全国陆地面积的 1.992%,甘肃红层面积约 87 799km <sup>2</sup> ,青海约 85 433km <sup>2</sup> ,陕西约 18.18km <sup>2</sup> 。宁夏红层分布零星,新疆有红层,但资料暂缺。主要是侏罗系、白垩系、古近系。主要受控于龙首山—固始断裂带等 6 条大型断裂带。	断裂带控制着该区红层岩体的工程稳定性。红层多埋藏于黄土层之下,本区降雨量小,红层工程地质问题主要是红层与黄土层界面的滑坡、风化红层岩体地基承载力的合理确定等。
华东地区	红层总面积 97 881km <sup>2</sup> ,约占全国陆地面积的 1.02%。分布较少,但各个省市均有分布,其分布面积分别为各省市面积 10%左右。其中上海、江苏、安徽红层多为上覆地层所覆盖,大部分资料来源于钻井资料。其中山东红层分布面积最大,上海最小。主要受控于郯城—庐江断裂带等十余条区域断裂带。	主要为埋藏型红层,主要工程地质问题是与煤层互层沉积的红层水稳定性及矿井安全。
中南地区	是我国红层分布较多的另一个地区,总面积约 125 534km <sup>2</sup> ,约占全国总面积的 1.308%。但是分布不集中,多分散分布于各种类型中小型沉积盆地。如湖南衡阳盆地、沅麻盆地等,主要是白垩系、古近系。	断裂带控制着红层岩体的工程稳定性,断裂带规模小,数量多。主要工程问题有砾岩中的红层岩溶问题导致水库渗漏、管涌破坏等;红层路堤填料的沉降与路面破坏;风化层的承载力确定。
华北地区	红层分布总面积约 99 181km <sup>2</sup> ,占全国总面积的 1.033%。集中分布于内蒙、山西、河北三省区,北京、天津分布较少。多为埋藏型红层,为第四系覆盖。	主要受控于大兴安岭—太行山断裂带、涿州—安阳断裂带、嫩江—青龙河断裂带、聊城—兰考断裂带。断裂带附近岩体完整性差。
东北地区	红层分布面积较小,仅为 38 639km <sup>2</sup> ,约为全国总面积的 0.402%,集中分布于该区中部的条形地带。多为第四系覆盖。	主要受控于四平—哈尔滨断裂带、伊兰—舒兰断裂带、敦化—密山断裂带,影响着该地区的工程安全。

表2 不同地层时代红层分布特征

Table 2 Distribution of different geological age red beds

地层时代	基本特征	工程地质评价
侏罗纪	西南地区为代表,四川盆地、滇中、滇西地区基本上全部为红层;西北地区红层主要为中上统地层;中南、东南地区侏罗系红层很少。侏罗系红层分布集中于四川盆地、西昌盆地,楚雄—元谋盆地、兰坪—思茅盆地,在江西福建交界、浙江西部、山东中部、河北中部也有一定分布。	以暗红色调为主,多与下中统煤层互层,构造活动地区与岩浆岩互层。其中的软弱夹层变形破坏是工程中的主要问题。
白垩纪	白垩系红层分为西北地区红层、川滇地区红层、中南地区红层。西北地区红层主要分布在陕甘宁盆地等大型盆地中;川滇地区红层主要分布于四川盆地、西昌、滇中地区和滇西地区;中南地区红层分布在一系列山间盆地和断陷盆地中,如四川盆地西北部、滇中、滇西、华东、华南、河南和湖北交界地带、湖南与贵州交界地带、西北甘肃和陕甘宁盆地、蒙山山陕交界地带。其中以华东、华南地区分布较广,但不集中,多以条带状分散分布。	色调逐渐趋于红色,与蒸发岩互层产出。红层岩体中的可溶成份以及蒸发岩在水的作用下,溶蚀、腐蚀等化学稳定性问题比较突出。
新近纪、古近纪	主要分布在西北地区大中型山间盆地、东南和中南地区中小型山间盆地、东部地区大型近海盆地。红层总体分布面积不大,川藏交界地带、成都平原周缘、湘赣中部及其交界地带、皖苏中部及其交界地带、陕豫鄂交界地带、河北南部及东南部、西北青甘宁境内呈条带状零星分布。	以红色为主,与蒸发岩互层产出,受构造影响较大,岩石胶结性差,强度低。砾岩发育地区的红层岩溶、渗漏、腐蚀等问题较多。

根据岩石碎屑物质的颗粒组成,每套红层的岩性通常为交互沉积、软硬相间的砾岩、砂砾岩、砂岩、粉砂岩、泥岩、页岩,有时夹有淡水灰岩或膏盐层。其主要沉积类型如表3所示。

#### 4 地质构造对红层工程性能影响

红层多形成于侏罗纪、白垩纪、古近纪和新近纪,在此时期两个主要的大的地质构造运动是燕山构造运动和喜马拉雅运动。不同时期的构造运动严格控制了红层分布的格局<sup>[10]</sup>,红层盆地的分布多数沿着构造线分布,形成盆地式的丘陵地貌。如长江从汉口径九江到南京的宽广谷地,是沿淮阳构造弧发育的断陷带,在

断陷带的两侧边缘,都有红层星散出露,它们的排列方向随着淮阳弧的转折而转折<sup>[10]</sup>。

从山地边缘向盆地中心,岩性由粗粒向细粒转变,即从砾岩逐渐向砂岩、粉砂岩、泥岩、页岩转变<sup>[7]</sup>(表4)。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、崩塌等严重的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。

表3 典型沉积类型红层的工程地质评价

Table 3 Geological engineering evaluation of red beds of different sedimentation types

互层类型	沉积特征及典型地层	工程地质评价
红色岩层互层	沉积层全部为红色岩层,红色砾岩、砂砾岩、砂岩、粉砂岩、砂质页岩、页岩、泥岩等互层产出。如四川盆地侏罗系沙溪庙组、遂宁组、蓬莱镇组等。	在这些软硬相间岩层中,软弱岩层成为红层岩土体薄弱部位,软弱结构面的存在是红层滑坡等病害主要原因。软硬岩层差异风化明显,岩体中节理发育,岩体破碎,常在工程中引起边坡的崩塌破坏。
与煤层互层	以含煤为主的湖相沉积地层,红层沉积并不占据主要地位。	鲁西南地区兖州、徐州、济宁、滕县等煤田均为红层与下伏煤层不整合接触,在矿业工程中,由于红层岩土体水稳定性较差,常引起矿井井壁失稳破坏或采动引起红层突水问题,危及工程安全。
与岩浆岩互层	在浙江等省区,红层与火山碎屑岩、凝灰岩等岩浆岩互层产出。	火山凝灰岩、红层泥岩等均属于软岩,使得岩层中的软弱夹层变得更加复杂,影响工程建设安全。
与蒸发岩互层	在砾岩、砂岩、粘土岩互层地层中夹有蒸发岩薄层,蒸发岩种类有石膏、芒硝、岩盐和钾盐、镁盐等。	红层中的可溶成份及蒸发岩在水的作用下产生岩溶、溶蚀、腐蚀、渗漏等化学稳定性问题。
红色杂色岩层互层	大多数地区红层沉积的表现形式。非红色的暗色砂岩、页岩和泥岩是红层盆地中常见岩系,厚度可由数百米至数千米。还有有机质含量较高的灰绿色、灰黑色岩系,其中可能产生炭质页岩和含油页岩。	非红色砂岩、泥岩的强度一般较红层岩石高,差异风化更加明显。部分岩石有机质含量较高,对岩土体物理力学性质有较大的影响。

表 4 红层地区不同类型岩石的基本特征  
Table 4 Basic feature of different rock of red beds

岩石类型	基本特征	工程地质评价
砾岩	砾石含量、密度、成分、粒径大小、磨圆度及胶结强度有很大差异。一般呈孔隙式胶结或基底式胶结,胶结物一般为钙质、钙泥质或泥质,其中碳酸盐含量差别较大,在 25% ~ 45%。	砾岩、砂砾岩等砾石成分钙质含量较高时可能发生岩溶问题,如湖南、广东、甘肃等地。
砂岩	砂砾(2~0.05mm)含量一般大于 50%,粉粒、泥粒含量次之,砾含量很少,胶结物有硅质、钙质、钙泥质和泥质,碳酸盐含量在 20%~25%。	砂岩强度低,工程开挖后容易风化,透水性强。
粉砂岩	粉粒(0.05~0.005mm)含量在 50%~70%,粘粒(<0.005mm)一般在 15%以上,其余为砂粒。主要由钙质或钙泥质胶结,裂隙中常充填方解石脉或钙质薄层,碳酸盐含量在 40%~60%。	粉砂岩的泥质含量增加,水稳定性差,工程开挖后暴露地表,风化崩解迅速。
粘土岩	主要由较细碎屑物质组成,粉粒和粘粒含量达 80%以上,其中粘粒含量大于 30%。主要由钙质或钙泥质胶结,裂隙中常充填方解石脉或钙质薄层,碳酸盐含量在 40%~60%。	泥质含量高,水稳定性差,崩解性、软化性增强,遇水后强度迅速降低,结构破坏,甚至完全崩解软化成泥状或碎屑状。

5 红层产状的工程地质评价

根据各个红层区域的构造特征、地形地貌特征、气候特征和工程实践,红层岩层产状具有埋藏性和出露

型,出露型又可以分为水平岩层、倾斜岩层、陡倾岩层三种类型(表 5)。埋藏型红层区的工程地质问题具有一定的隐蔽性,而出露型红层的工程地质问题相对明显。

表 5 典型红层岩层产状特征  
Table 5 Red beds occurrence feature

岩层产状	上覆第四系堆积物红层		水平岩层	倾斜岩层	陡倾、直立、
	冲洪积层覆盖区	黄土覆盖区	区红层	区红层	断层破碎区红层
主要特征	堆积数米至数十米第四系冲洪积物,红层基本不出露。	上覆第四系黄土,红层在山体下部出露。	经历构造作用轻微,岩层近于水平。	经历中等程度构造运动,岩层倾斜。	经历剧烈构造运动,岩层陡倾至直立,断层发育,岩体破碎
主要地貌	平原	黄土高原丘陵区、低山丘陵区	低山丘陵区	低山丘陵区	中、高山区
代表地区	江汉平原、成都平原	陇中黄土高原	四川盆地中部	四川盆地边缘地区	攀西、滇西
工程地质评价	形成埋藏型红层,工程地质问题主要有滑坡、矿业工程中的软岩变形、突水等,具有一定的隐蔽性。埋藏型红层区滑坡多沿着覆盖层与红层接触面发生滑动以及覆盖层中的堆积层滑坡;与煤系地层共生的红层中,由于软硬相间岩性组合,经常导致矿井井壁变形、巷道突水等工程问题。		形成裸露型红层,工程地质问题主要有滑坡、风化剥落等。滑坡多沿着软硬岩互层的软弱面或带发生滑动,以及其上的风化层中发生的堆积层滑坡。风化剥落主要是由于干湿变化频繁,红层岩土体发生崩解、膨胀、软化等作用,导致表层岩土体逐渐风化剥落,并随着气候变化反复进行,产生影响工程安全的路基病害。		

6 结论

- (1)红层在我国各地都有分布,南方红层以裸露型为主,北方呈分散式分布,以埋藏型为主。红层是工程建设中不可避免的一类岩土体。
- (2)红层的分布受控于分布区的区域断裂带,岩体结构破碎,完整性差,水文网络发育,应注意渗流、蠕变等问题的潜在影响。

- (3)砂岩、泥岩、页岩、蒸发岩、杂色岩等多种软硬岩层互层结构,在工程活动等因素的影响下,沿着其中的软弱结构面易发生滑坡、差异风化、长期变形等问题。
- (4)红层形成时代较新,岩土体的胶结性差,钙质、泥质胶结物含量相对较高,工程地质性能相对较差,岩石多属于软岩类别;水稳定性差,易风化、崩解;蒸发岩及红层岩土体中的可溶成份在水的作用下,容易发生

岩溶、腐蚀、渗流等化学稳定性问题。

(5)建议在工程建设中将红层作为特殊岩土对待。路堤工程中应重视红层填料路用性研究、地下工程中应重视埋藏型红层变形、软化等问题研究。

#### 参考文献:

- [1] 程强,寇小兵,黄绍槟,等.中国红层的分布及地质环境特征[J].工程地质学报,2004,12(1):34-40.
- [2] 徐瑞春.红层与大坝[M].武汉:中国地质大学出版社,2003:3-84.
- [3] 杨华芸.湖南红层岩溶与水库渗漏[J].湖南水利,1995(6):21-25.
- [4] 成昆铁路技术总结委员会.成昆铁路(线路、工程地质及路基)[M].北京:人民铁道出版社,1980:99-115.
- [5] 刘尚仁.广东红层岩溶及其机制[J].中国岩溶,1994,3(4):395-403.
- [6] 冯启岩,韩宝平,隋旺华.鲁西南地区红层软岩水岩作用特征与工程应用[J].工程地质学报,1999,7(3):266-271.
- [7] 邢观猷.对我国红层地区大坝工程安全措施探讨[J].大坝与安全,1996(1):1-7.
- [8] 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所,中国科学院南京古生物研究所.华南中、新生代红层——广东南雄“华南白垩纪—早第三纪红层现场会议”论文集[C].北京:科学出版社,1979:1-98.
- [9] 中国科学院南京地质古生物研究所,云南省地质局,云南省冶金局地质勘探公司.云南中生代红层[M].北京:科学出版社,1975:1-31.
- [10] 中国科学院《中国自然地理》编委会.中国自然地理[M].北京:科学出版社,1980:139-151.
- [11] 中国地质科学院.中国地层——中国地层概论[M].北京:地质出版社,1982:219-419.

## Red beds distribution and engineering geological problem in China

GUO Yong-chun, XIE Qiang, WEN Jiang-quan

(School of Civil Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

**Abstract:** The total area of the Mesozoic and Cenozoic red beds in China is 826 389km<sup>2</sup>, since the red beds are an inevitable mass in civil engineering. The percent of south is 60%, and the problems, such as weathering and landslide, are often found in southwest and central south red beds for rainfall. The percent of north is 40%, the red beds are often covered by the Quaternary sediments, and the problems are easy to neglect. The red beds distribution is closely controlled by regional tectonics. The interbedding natures exist not only between red sandstone, mudstone and shale but also between red beds with coal seam, magmatite, evaporite and varied rock, respectively. The problems, such as landslide and differential weathering, will happen along with the weak structure plane with engineering disturbances. It is belonging to soft rock because of short geological age, low cementation and low strength. The water stability of red beds is poor due to more clay mineral in red beds and low cementation. The chemical stability of red beds is not good for the dissolvable chemical composition of red beds and evaporite. The red beds should be regarded as a special mass according to the engineering geological properties.

**Key words:** red beds; distribution; engineering geological problem; special mass

编辑:张明霞