

滇中红层工程地质特性研究

刘 成

(云南华昆国电工程勘察有限公司, 云南 昆明 650041)

摘 要: 介绍滇中红层形成的地质历史背景, 红层分布范围, 主要地层岩性及区内地质构造。重点讨论滇中红层特别是红层软岩的岩体原生结构, 及后期受构造改造的岩体结构特性, 岩体风化特性, 岩体水理作用特性, 岩体物理力学性质等四方面的工程地质特性。

关键词: 红层岩组分类; 物理力学性质; 软硬岩石相间; 工程地质问题; 滇中

中图分类号: P642 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-1885(2007)04-428-11

红层是一种外观以红色为主色调的陆相碎屑沉积地层, 中国红层大多数形成于晚三叠世至古近纪, 通常由一套砂岩、粉砂岩、泥岩组成, 偶有泥灰岩和砾岩。多为硬质岩与软质岩互层。红层中的软岩是指泥岩和泥质粉砂岩, 强度低、透水性弱、亲水性强、遇水易软化、塑变、抗风化能力弱、易崩解。由于红层特别是红层软岩特殊的工程性质, 是典型易滑地层, 工程建设中最易诱发地质灾害。中国西部地区红层出露广泛, 许多水利水电、公路、铁路等工程都是在红层地区兴建。深入研究红层工程地质特性, 是现代化建设的迫切需要。

红层工程地质特性主要是由岩石的矿物成分、原生组织结构决定。滇中红层地区地质构造发育, 对红层岩体结构后期改造强烈, 严重影响滇中红层工程地质特性, 很多地质灾害都与地质构造有关, 研究滇中红层工程地质特性应特别重视。

1 滇中红层形成地质背景

滇中红层形成于侏罗系和白垩系, 第三系有零星沉积。晚三叠世云南境内地壳运动强烈, 沉积环境变化较大, 气候变得干燥炎热并与潮湿多雨交替, 干燥炎热气候使地表物质受到强烈风化和氧化, 形成大量碎屑和氧化物, 潮湿多雨对动植物生长有利, 大量洪水不断运移风化、氧化物, 形成巨厚、广泛的河、湖相红色沉积地层, 此种气候环境一直延续至渐新世末期。滇中红层就在此时期形成的一套发育齐全、沉积旋回清楚、具三分性、厚度巨大的河、湖陆相红色碎屑沉积地层。

2 分布范围及地层岩性

滇中红层主要分布在云南楚雄、元谋、大姚地区(图1), 从老至新为:

收稿日期: 2007-05-20

作者简介: 刘成(1968~), 男, 辽宁绥中人, 工程师, 从事岩土工程及工程物探工作。

(1) 侏罗系下统冯家河组 (J_{1f}): 紫红色泥岩夹砂岩, 偶见互层。

(2) 侏罗系中统张河组 (J_{2z}): 紫红色、杂色泥岩、粉砂岩、砂岩不等厚互层。

(3) 侏罗系上统妥甸组 (J_{3t}): 紫红色泥岩、粉砂夹细砂岩。

(4) 白垩系下统高丰寺组 (K_1k): 紫红色、杂色泥岩、粉砂、砂岩不等厚互层。

(5) 白垩系上统马头山组 (K_2m): 紫红色、杂色砂岩、泥岩。

3 地质构造

滇中区位于川滇南北经向构造带中部西侧。川滇经向构造带受强烈挤压的经向构造体系, 由东至西包括小江断裂、普渡河断裂、汤郎-易门断裂、元谋-绿汁江断裂, 以及次一级的禄丰断裂。构造形迹多呈舒缓波状, 透镜体岩块发育, 与主干断裂平行的褶皱成群出现 (图2)。

这一古老构造体系中的主干断裂在晚近时期活动仍很强烈, 地貌特征亦较明显, 沿构造线形成的构造盆地多呈南北向发育, 如罗茨、禄丰、元谋、彩云等盆地都近南北向延伸。在漫长的地质历史发展演变过程中, 此构造体系所受动力作用性质不尽相同, 主压应力东西向, 但也出现过多次东西向转变为南北向的交替状态, 许多主干构造具有折线弯曲, 在此主干构造带旁侧发育着次一级的“人”字型构造, 以及发育“帚状”和“环状”旋扭构造, 表明曾受过强力改造。

对滇中区构造格局影响大的是这西侧两条主干断裂带, 即: 汤郎-易门断裂、元谋-绿汁江断裂, 以及在两大断裂带间的禄丰断裂, 三者近于平行, 呈南北向展布。汤郎-易门断裂, 北起会理, 南插易门, 为一强烈挤压经向构造带, 由一组多条近于南北走向断裂组成, 倾角 $70^\circ \sim 90^\circ$, 时而倾东, 时而倾西。断裂带岩石挤压破碎剧烈, 有糜棱岩带、片理化及构造透镜体发育, 并伴有扭动, 其旁侧产生次一级“人”字型构造。

元谋-绿汁江断裂, 为一强烈挤压密集平行冲断裂带, 总体走向近南北, 北段走向北北西, 南段走向北北东, 为一高倾角断裂, 倾角 $75^\circ \sim 90^\circ$ 。断裂带岩体受挤压破碎, 碎裂岩化、糜棱岩化、片理化及透镜岩体发育, 断裂带多有炭化, 岩体变黑并有滑感。在主断裂带

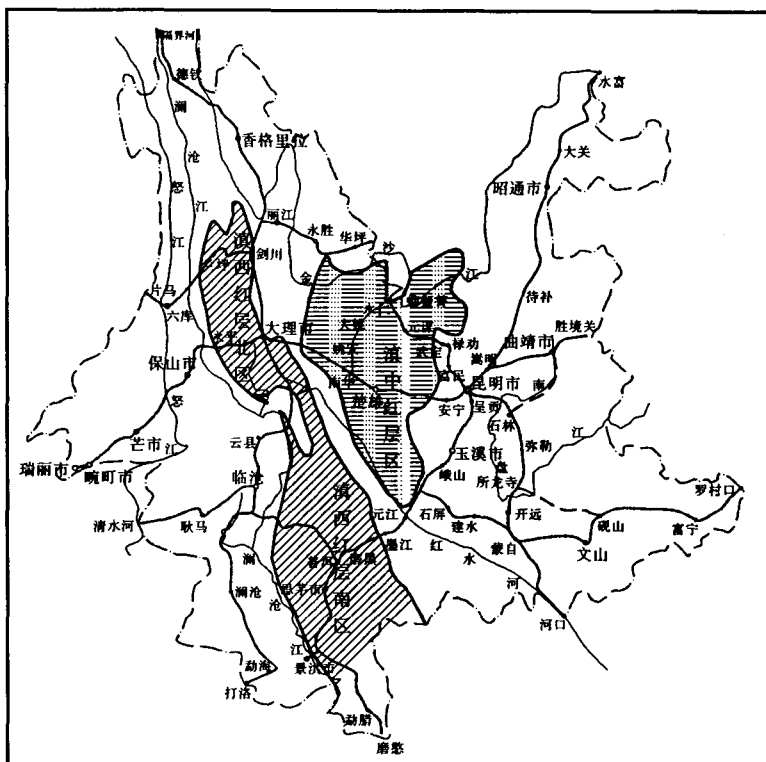


图 1 云南红层分布简图

Fig. 1 Distribution Map of Redbed in Yunnan

的旁侧发育有次一级的“入”字型压扭断裂发育。

禄丰断裂位于汤郎-易门断裂与元谋-绿汁江断裂之间,走向近南北,略呈“S”形弯曲,是倾东的高倾角冲断裂。

区内纬向构造规模较小,展布零散,沿断裂带发育宽度不等的挤压带、片理化、碎裂岩化和构造透镜体,多属压性结构面,但也有张扭现象。东西向断裂多处切错南北向断裂,如彩云北段家坡断裂将元谋-绿汁江断裂错断,南盘向东错开约1 000米。这些特征表明:东西向构造体系生成和活动期晚于南北向构造体系。

禄脬-安宁断裂,东起安宁西止禄脬,东段有三条近于平行的断裂发育,总体走向 $N80^{\circ}W$;在三家附近向西至禄脬断裂带总体走向近东西,三条断裂逐渐发展为一,断层性质为冲断层,断裂带为碎裂岩和糜棱岩。

阿家河断裂,东起沙甸河弯道附近,经大龙潭向西沿阿家河发育,长约18km,断裂带总体走向 $N65^{\circ}\sim 80^{\circ}W$, $SW\angle 70^{\circ}\sim 80^{\circ}$,断裂带物质为断层泥、片状岩及透镜体岩块,为左旋走滑断层。

4 工程地质特性

4.1 滇中红层工程地质岩组

滇中红层岩体多由薄-中厚层状泥岩、泥质粉砂岩、粉砂质泥岩、粉砂岩、砂岩等组成,一般呈互层状产出。根据岩性、岩石强度、岩体完整性指标、结构面条件等将红层软岩地区岩体划分为A-坚硬块状岩类岩组、B-较坚硬块状岩类岩组、C-软弱层状碎裂状岩类岩组、D-散体状岩类岩组等四个工程地质岩组(表1)。

4.2 岩体结构特性

(1) 岩体原生结构特性

红层沉积建造地质历史环境及岩石矿物、化学成份构成,造就红层岩体原生结构特征。其一,红层多为砂岩、粉砂岩、泥岩互层,层与层之间的层面结合力差,当岩体解除约束力,出现临空面时,极易顺层面解体滑落。这是红层成岩过程中就形成的薄弱环节。其二,



图2 滇中区构造体系略图

Fig. 2 Sketch Map of Structural System of Central Yunnan

1-小江断裂带 2-普渡河断裂带 3-汤郎-易门断裂带 4-元谋-绿汁江断裂带 5-禄丰断裂带

红层软岩岩体的亲水性强、透水性弱,在水的作用下易软化、塑变,吸水后岩体膨胀,失水后岩体收缩,易崩解,抗风化能力弱,抗压抗剪强度低等特性,与岩石的矿化成份和成岩程度有关,称为原生结构特征。为进一步认识这些特征,对红层软岩的矿化成份,岩体的微观结构做一些探讨,了解软岩存在软弱特性的内在因素。

表 1 滇中红层工程地质岩组分类表

Tab. 1 Engineering Geological Fabric Classification of Redbed in Central Yunnan

工程地质岩组类别	岩体特征	岩体结构类型	岩石饱和	完整性指标			结构面条件				
			单轴湿抗压强度 (MPa)	RQD (%)	BSD (%)	岩体纵波速度 (km/s)	间距 (cm)	粗糙度	充填物厚度 (mm)	张开度 (mm)	长度 (m)
A - 坚硬块状岩类	微风化 - 新鲜中厚 - 厚层状砂岩, 岩质坚硬, 强度高。Ⅳ级结构面不发育, 发育两组节理, 面粗糙, 多闭合, 少量结构面上有铁、钙质薄膜, 间距一般大于 0.5m	中厚 - 厚层状	>60	≥75	≥55	≥3.3	>50	粗糙	<5 (硬)	<0.1	<3
B - 较坚硬块状岩类	弱风化中厚状砂岩、微风化 - 新鲜中厚层状粉砂岩、泥质粉砂岩, 岩质较坚硬, 强度较高。Ⅳ级结构面不发育, 三组节理发育, 面粗糙, 多闭合, 少量结构面上有铁、钙质薄膜, 间距一般大于 0.3m	中厚层状或镶嵌碎裂状	30 - 60	50 - 75	35 - 55	2.5 - 3.3	30 - 50	较粗糙	<5 (硬)	0.1 - 1	3 - 10
C - 软弱层状碎裂状岩类	强风化薄 - 中厚状砂岩、强 - 弱风化薄 - 中厚层状粉砂岩、泥质粉砂岩、弱风化 - 新鲜薄 - 中厚层状泥岩、粉砂质泥岩, 岩质软弱, 强度较低。Ⅳ级结构面发育, 三组以上节理发育, 岩体破碎, 节理面光滑, 多张开, 钙质、铁质、泥质充填, 间距 0.05 - 0.3m	薄 - 中厚层状或碎裂状	<30	25 - 50	<35	1.6 - 2.5	5 - 30	光滑	<5 (软)	1 - 5	10 - 20
D - 散体状岩类	全风化薄 - 中厚状砂岩、全 - 强风化薄 - 中厚层状粉砂岩、泥质粉砂岩、泥岩、粉砂质泥岩, 断层破碎带、挤压带及节理密集带等各种构造岩体, 卸荷松动岩体, 节理张开, 宽度大, 充填次生泥	散体结构		<25		<1.6	<5	擦痕、镜面	<5 (软)	>5	>20

显微镜下观察砂岩颗粒,主要成份为石英碎屑,少量燧石、长石、方解石,颗粒为棱角-次棱角状,分选性差。胶结物质有两种:青灰色、灰褐色砂岩为硅质、钙质胶结;紫红色、红褐色砂岩为铁泥质胶结。紫红色、红褐色粉砂岩的颗粒为石英碎屑,约占60%~70%,铁泥质胶结物质,约占30%~40%,部分铁泥质重结晶为绢云母、绿泥石和硅质。泥岩主要成份为粒经小于0.004mm的铁泥质,有少量重结晶为绢云母、绿泥石,泥质结构。

X射线衍射法对小于0.002mm的粘土矿物进行分析,工程区泥质粉砂岩和泥岩的粘土矿物主要为伊利石/绢云母,少量高岭石、绿泥石,个别样品有蒙脱石(表2)。

扫描电镜对粒径小于0.002mm的粘土矿物进行微观结构分析,样品均属不规则粒状和不规则片状叠聚体。

原子吸收法对6组红层岩样进行化学成份分析,其主要化学成份为 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 ,三项之和达73%以上,有6%~11%的烧失量,易溶盐小于2%。

岩石的强度指标和耐崩解能力与岩石的颗粒矿物成份、结构、胶结物质有密切关系。砂岩颗粒成份相同,由于胶结物质不同,其强度差别很大。

青灰色、灰褐色砂岩为硅质、钙质胶结,强度高;紫红色、紫褐色砂岩为铁泥质胶结,强度较低,二者相差约2倍左右(表2)。

表2 滇中红层软岩岩石物理力学性质试验成果

Tab. 2 Physical Mechanical Testing Results of Soft Rocks in Redbed

样号	名称	比重	物理性试验			抗压强度		软化系数	抗剪强度	
			密度 (g/cm^3)	空隙率 (%)	吸水率 (%)	干抗压 (MPa)	湿抗压 (MPa)		Φ (度)	C (kPa)
K93ZK4	紫红泥岩	2.82	2.57	8.87	4.7		6.8			
K90ZK2	黄绿色粉砂岩	2.7	2.6	3.7	0.69				29.8	15
K93ZK4	紫红色粉砂岩	2.75	2.56	6.91	2.69				28.9	12.4
K93ZK6	紫红色粉砂岩	2.67	2.58	3.37	1.16	29.8	23.7	0.79		
K93ZK7	紫红色砂岩	2.7	2.6	3.7	1.11	76.7	56.3	0.73		
K90ZK1	紫红色粉砂岩	2.72	2.6	4.41	1.36	46.5	28.7	0.62		
K90ZK2	灰色砂岩	2.77	2.61	5.78	0.83	128.3	73.4	0.57		
K90ZK2	灰色砂岩	2.7	2.62	2.96	0.33	144.5	125.6	0.87		

区内泥岩、粉砂岩都具有不同程度的崩解性,勘探过程中钻孔取出的泥岩、粉砂岩岩心,晴天3~5个小时就会出现裂纹,2~3天就会崩解成碎块或岩屑。边坡开挖的泥岩、粉砂岩弃碴石块,经3~5天就会出现崩解现象。为进一步研究其耐崩解特性,取8组泥岩、粉砂岩钻孔岩心样品进行室内耐崩解性试验(表3)。8组样品都属于崩解性岩石,惟崩解速度快慢和崩解程度不同,此特性与粉砂岩的胶结物质成份和泥岩的矿物成份有关。粉砂岩的胶结物质和泥岩的矿物成份均为铁泥质,而铁泥质的粘土矿物主要为伊利石/绢云母混层,含量51.41%~100%。伊利石是较强亲水矿物,是泥岩、粉砂岩亲水性强,遇水易软化、

塑变, 强度低, 在水的作用下易膨胀, 失水易崩解等特性的内因 (表 3)。

表 3 滇中红层软岩耐崩解性试验成果表

Tab. 3 Resistance to Fragmentation Testing Results of Soft Rocks in Redbed

编号	岩石名称	试件 >40 (mm)	每次干湿循环后岩块崩解粒径组成 (%)						耐崩解 指数 (%)	循环次数
			80~40 (mm)	40~20 (mm)	20~10 (mm)	10~5 (mm)	5~2 (mm)	<2 (mm)		
ZK1-3	紫红色泥 质粉砂岩	100	18.7	20.3	18.6	16.8	14.8	10.8	89.2	1
			6.3	13.6	17.6	16.3	17.4	28.8	71.2	2
			4	9.4	16.2	17.7	16.8	35.9	64.1	3
ZK1-4	紫红色 泥岩	100	0	0.8	0.5	0.6	13.9	84.2	15.8	1
			0	0	0.4	0.4	0.5	98.7	1.3	2
			0	0	0.4	0.4	0.4	98.8	1.2	3
ZK1-11	黄绿色粉 砂质泥岩	100	6.3	38.3	34.4	15.5	3.3	2.2	97.8	1
			0	18.8	48.2	23.6	6.2	3.2	96.8	2
			0	7.5	46.9	31.1	9.7	4.8	95.2	3
ZK1-12	紫红色粉 砂质泥岩	100	0	0.7	3.8	37.2	42.3	16	84	1
			0	0	1.5	8.8	56.7	33	67	2
			0	0	0.7	4.2	38.7	56.4	43.6	3
ZK4-5	紫红色粉 砂质泥岩	100	0	10.8	40.5	23.8	17	7.9	92.1	1
			0	2.8	26.6	32.6	20.1	17.9	82.1	2
			0	1.7	15.5	33.7	21.9	27.2	72.8	3
ZK6-1	紫红色粉 砂质泥岩	100	96.1	0.6	1.4	0.7	0.2	1	99	1
			95.4	0.9	1.6	0.7	0.3	1.1	98.9	2
			72.9	5.4	2.5	1.5	0.6	17.1	82.9	3
ZK7-6	紫红色 粉砂岩	100	71.4	12.2	9.7	3	1.1	2.6	97.4	1
			57	13	16.8	6.3	2.2	4.7	95.3	2
			43.8	15.4	17	12.5	4.3	7	93	3
ZK7-7	紫红色 粉砂岩	100	63.6	9.9	14.8	7.1	2.6	2	98	1
			55	13.1	14.9	10.4	3.6	3	97	2
			41.4	17.6	16.7	14.5	5.2	4.6	95.4	3

近年来国内外一些单位和学者提出了判别膨胀岩的定量指标和临界值 (表 4)。

表 4 膨胀岩判别技术指标 (部分) 对照表

Tab. 4 Contrast of Discrimination Technological Indices of Expansive Rock

日本	中国铁道部第一勘测设计院	中国岩土工程手册	泥岩、粉砂试验指标
小于 2μ 的含量 > 30%	粘粒含量: 小于 2μ 的占 25%, 小于 5μ 的占 30% 蒙脱石含量占 8% 或伊利石含量占 20% 以上	粘粒含量: 小于 2μ 的大于 30%, 小于 5μ 的大于 35% 蒙脱石含量大于 5% 或伊利石含量大于 15%	小于 5μ 的粘粒含量为 25% 至 95%。 伊利石/绢云母混层含量为 51.41% 至 100%, 蒙脱石含量为 10.54%

根据表 4 技术指标, 对照区内的泥岩、粉砂岩试验成果, 泥岩、粉砂岩具有一定的膨胀性。

(2) 岩体后期构造改造特性

区内地质构造受古老的经向构造体系控制, 主要构造线呈南北向展布。滇中红层经受燕山期和喜山期构造运动的强烈挤压、扭动, 褶皱、断裂发育。红层岩体受区域性构造体系控制和影响, 主要特点:

①区内地层褶皱起伏变化大, 岩层产状多为 $40^\circ \sim 60^\circ$ 中高倾角, 部分高达 70° 以上, 小向斜呈倒转褶皱, 说明挤压强烈。

②区内岩体多为软岩与硬岩互层, 二者强度和变形特性差异大。当岩体受挤压发生扭动褶皱时, 沿层面产生层间挤压错动, 形成碎裂岩面, 厚度一般 $1 \sim 5\text{cm}$, 有的厚度超过 10cm , 此碎裂岩面在地下水作用下泥化, 具有滑感, 暴露临空时易从挤压面滑落。这种层面本身就是岩体结合力较弱的部位, 经受构造挤压、错动之后, 就成为岩体突出的薄弱环节。

③滇中区主要构造应力为东西向, 主要构造体系轴线是南北向断裂和褶皱, 在主要构造带旁侧伴生有次一级“入”字型断裂, 走向为北西或北东。由于构造应力场的应力调整转换, 区内还发育规模小于南北构造带的近东西向断裂。区内岩体构造结构面的发育和特征受上述构造格局的影响和控制, 小断层、节理、裂隙十分发育, 节理多为陡倾角, 间距变化较大, 有的岩体构造节理密布, 间距 $2 \sim 10\text{cm}$, 将岩体切割成碎块, 如彩云立交桥匝 A、匝 C、K103、K106 边坡岩体都有这种现象 (照片 1), 节理面多数平直, 少数波状起伏, 有的长达 10m 以上; 节理面闭合和张开均有, 张开节理面有泥膜充填, 如 K101、K103 边坡。彩云立交桥匝 A 边坡岩体节理面都有泥膜充填。经调查统计, 滇中区红层岩体构造节理都在三组以上, 这样结构面形成不利组合概率极高。结构面的不利组合形成的楔形体是影响和制约边坡稳定的重要因素之一。

4.3 岩体风化特性

岩石抗风化能力主要取决于岩石的矿物成份及外界气候条件。滇中红层区红层软岩矿物成分决定遇水易软化、膨胀, 失水易崩解, 抗风化能力差的本质, 而特殊的气候条件又加剧了岩体风化。总体上, 坚硬岩石砂岩类抗风化能力较强, 而软弱岩石泥岩类抗风化能力较差。滇中红层地区岩体风化程度, 主要受岩性及其组合状态控制。全风化岩体由于风化后迅



图 1 岩层挤压破碎

Photo 1 Compaction Fracture of Rock Bed

速剥落, 厚度一般不大, 多小于 1m; 强风化岩体下限埋深一般 15 ~ 25m; 弱风化岩体下限埋深一般 25 ~ 45m。

本院曾选取禄丰联络线 K10 + 630 ~ + 970 左、右边坡作为地表风化观察点。该边坡高约 20m, 岩层产状为 N35°W, NE ∠ 25° ~ 28°, 岩层走向与公路方向基本一致, 下行右边坡为反向坡, 岩性为紫红色薄 ~ 厚层状泥岩、粉砂质泥岩为主, 边坡中部夹黄绿色粉、细砂岩。按 1:0.75 坡比开挖后, 左边坡曾发生坍塌, 坡比修改为 1:1.25 ~ 1:1.5。紫红色泥岩、粉砂质泥岩开挖暴露后风化速度很快, 碎落台及坡面均有风化碎屑物堆积, 经取样对红层软岩风化物颗粒进行分析, 其粒径均小于 60mm, 以 2 ~ 5mm 为主, 占 45% (表 5)。黄绿色粉砂岩、细砂岩抗风化能力较泥岩、粉砂质泥岩强, 但也有部分风化剥落物, 粒径一般为 30 ~ 50mm。

表 5 红层软岩风化物颗粒分析试验成果

Tab. 5 Grain Analysis Result of Weathered Soft Rock in Redbed

样品编号	禄连 K10 - 1								
粒径 (mm)	>100	100 - 60	60 - 40	40 - 20	20 - 10	10 - 5	5 - 2	2 - 1	<1
留筛百分数 (%)			1.7	3.5	7.0	12.5	45.0	19.1	11.2
小于百分数 (%)			100	98.3	94.8	87.8	75.3	30.3	11.2

坡面雨水冲刷易形成小型沟系, 沟宽 10~12cm, 沟深 5~7cm。红层软岩边坡易风化剥落的特性对边坡稳定有一定影响。首先, 岩体风化后力学指标降低, 边坡岩体恶化, 导致边坡失稳; 其次, 岩体风化剥落, 加上雨水冲蚀, 边坡易形成新的临空面, 影响边坡稳定。因此, 红层软岩边坡开挖后, 应及时进行防护。

4.4 软岩水理作用特性

红层软岩遇水往往发生溶解、膨胀、崩解和软化等。红层软岩在水的作用下发生上述变化特征, 主要是由于红层软岩的矿物成份所决定。软岩的矿物成份包括碎屑矿物(石英、长石、云母、方解石等)和粘土矿物(伊利石、蒙脱石、高岭石等), 而影响红层软岩工程性质主要是粘土矿物。对 8 组样品进行岩矿鉴定, 砂质岩类岩石颗粒主要成份为石英碎屑, 含量为 65% 以上, 有少量长石、方解石, 胶结物质为硅质、钙质和铁泥质, 约占 20%~35%; 泥质类岩石主要成份为粒经小于 0.004mm 的铁泥质, 占 70% 以上。

红层软岩遇水软化与失水崩解, 其过程一般表现为: 岩石遇水后, 水分子沿着岩石孔隙、裂隙渗透到矿物颗粒之间, 从而使岩石发生一系列物理或化学变化, 红层软岩含伊利石、蒙脱石等亲水性矿物, 岩石浸水后水膜增厚而引起岩石膨胀, 由于矿物膨胀使得岩石内部产生不均匀应力。失水后, 应力释放, 从而导致岩石颗粒分解而崩解。

红层软岩中含有少量易溶盐, 水是一种良好的溶剂, 可溶解水中的某些矿物, 对岩石也起了软化作用。根据泥岩抗压强度试验, 其软化系数只有 0.33。

在环境湿度交替和水的作用下, 特别是干燥后的二次浸水条件下弱胶结的膨胀性红层软岩常导致岩石彻底解体。本区红层软岩耐崩解指数相差较大, 最小 1.2%, 最大 95.4% (表 3), 指数越大, 表示耐崩能力越强。试块已从原始粒径破坏成粒径小于 40mm 各级粒径的碎块, 说明岩石具有较强的崩解性。据地表露头 and 钻孔岩心观察, 红层软岩地区的泥岩、粉砂岩、粉砂质泥岩和泥质粉砂岩开挖暴露 4~5 小时后即出现失水开裂现象, 3 天即崩解脱落成碎块、碎片和岩屑等。

区内红层软岩为中生代岩石, 其成岩作用和压密作用较差, 结构疏松, 胶结程度较差, 当水浸入岩体内部时, 由于水的机械作用与水化作用产生应力集中, 形成颗粒间结合水的水楔, 导致岩石膨胀与崩解。

4.5 岩(石)体物理力学特性

饱和状态为 75MPa、软化系数为 0.85; 泥质粉砂岩, 干燥状态抗压强度平均值为 29.8 MPa、饱和状态下的抗压强度值为 24MPa、软化系数为 0.81; 粉砂质泥岩抗压强度平均值, 干燥状态为 52.3 MPa、饱和状态为 17.3 MPa、软化系数为 0.33。砂岩为坚硬岩; 泥质粉砂岩、粉砂质泥岩为较软岩。试验结果表明: 泥质粉砂岩的内摩擦角平均值为 24.9 度, 粘聚力平均值为 13.7 kPa (表 6)。从试验结果看, 岩石强度普遍都较低, 除砂岩外, 其它岩石的饱和抗压强度都小于 30MPa, 都属软岩类。

红层岩体强度, 不能单凭岩块的强度值大小评价, 而要根据构成岩体的岩块性质, 岩体结构面发育程度及性状, 结构面充填物的性状, 地下水的富有程度等综合因素评价取值。

表 6 滇中红层岩石物理力学性试验成果

Tab. 6 Sum Total of Physical Mechanical Testing Results of Redbed Rocks

岩性	统计方法	物理性指标					力学性指标						统计组数
		颗粒密度 (g/cm ³)	密度 (g/cm ³)	空隙率 (%)	自然吸水率 (%)	饱和吸水率 (%)	统计组数	抗压强度		软化系数	抗剪强度		
								干燥状态 (MPa)	饱和状态 (MPa)		内摩擦角 (φ) (度)	粘聚力 (C) (kPa)	
砂岩	范围	2.7 ~	2.51 ~	2.96 ~	0.33 ~	0.36 ~		45.5 ~	28 ~				
	值	2.77	2.62	7.04	1.36	1.39	5	150.4	128.4	—	—	—	4
	均值	2.72	2.59	4.78	0.91	0.96		99	75	0.76	—	—	
泥质粉砂岩	范围	2.67 ~	2.56 ~	3.37 ~	0.69 ~			23.1 ~	19.2 ~32		28.9 ~	12.4 ~	
	值	2.77	2.62	7.58	3.15	—	6	33.8			29.8	15	
	均值	2.73	2.58	5.36	1.9			29.8 (1组)	24 (3组)	0.81	29.4	13.7	
粉砂质泥岩	范围	2.72 ~	2.57 ~	4.03 ~	2.2 ~			47.5 ~	5.5 ~				
	值	2.82	2.62	8.87	4.7		3	57.2	36.5	—	—	—	2
	均值	2.77	2.59	5.89	3.16			52.3	17.3	0.33	—	—	
备注 泥质粉砂岩、粉砂质泥岩样品, 饱和吸水率未参与统计。													

参 考 文 献

- [1] 云南省地质局. 中华人民共和国云南省构造体系图说明书 1/75 万 [R] 1981. 9.
- [2] 云南省地质局. 中华人民共和国云南地质图说明书 1/50 万 [R] 1981. 10.
- [3] 云南省地质局. 中华人民共和国区域地质调查报告昆明幅 1/20 万 [R] 1971. 7.
- [4] 云南省地质局. 中华人民共和国地质报告书楚雄幅 1/20 万 [R] 1965. 12.
- [5] 冯启言等. 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. 9 (3).
- [6] 钟凯等. 红层边坡风化剥落过程的调查与试验研究 [J], 路基工程 2000 (4).

A STUDY ON THE ENGINEERING GEOLOGY OF REDBED IN CENTRAL YUNNAN

LIU Cheng

(Huakun State Electric Power Engineering Exploration Company (Ltd) of Yunnan. Kunming 650041)

Abstract: The geological historical background of redbed in Central Yunnan and the distribution range of redbed are introduced in this paper, with the main focuses on the lithological character of principal strata and the geological structure in this area. The original structure, the posterior reformed structure, weathering characteristics, hydrology characteristics and physical mechanical quality of rock body of redbed, especially the soft rocks of the redbed, in Central Yunnan are interpreted.

Key Words: Fabric Classification of Redbed; Physical Mechanical Quality; Interbedded Soft and Hard Rocks; Engineering Geology; Central Yunnan