

岩石风化与岩石化学成分的变化研究

巫锡勇, 罗 健, 魏有仪

(西南交通大学 土木工程学院, 成都 610031)

[摘 要]研究岩石风化过程中岩石化学成分的变化规律,对于进一步研究岩石的风化机理以及岩石的物理力学性质变化过程有着十分重要的意义。本文通过对湘西地区陡山沱组黑色岩石不同风化程度的化学成分分析研究表明,岩石中的化学成分将随风化的进行而不断发生变化,在一定程度上反映了陡山沱组黑色岩石风化过程中其化学成分的变化趋势。

[关键词] 风化 黑色岩石 风化带 化学成分

[中图分类号] P585.3 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 0495-5331(2004)04-0085-04

0 前言

岩石风化所导致的矿物组成、结构构造的变化对工程活动极为不利,所造成的地质、工程灾害越来越多^[1~4],如建筑基础的稳定,边坡的稳定等都与岩石的风化有关。岩石化学风化必然造成岩石化学成分的变化。化学成分的变化将使其岩石的物理力学性质迅速降低,这样的变化过程在过去未给予充分考虑,因此,如何分析研究岩石风化后岩石化学成分变化过程,对研究岩石风化及其物理力学性质变化过程具有十分重要的意义。

对以化学风化营力为主的黑色岩层而言,其风化速率很快,在工程的活动期内,风化作用就可以造成黑色岩层及其周围岩石的工程性能丧失。因此,选择黑色岩层分析岩石化学成分的变化趋势进而研究岩石物理力学性质的变化过程有着其特殊的意义。在此,本文就湘西地区陡山沱组的黑色岩石风化后化学成分变化过程进行分析研究。

1 岩石风化分带的确定

在研究岩石风化时,必须据岩石的风化程度将岩石进行分带,以便了解各风化带岩石的各种性质。就目前而言,一般是根据野外所观察到的现象进行的岩石风化程度的划分,而且多是定性的标准,虽然人们也得出了一些定量的标准^[5~11],但实际上大都是根据野外岩石风化后所产生的表现现象为依据

的。风化研究者们在进行岩石风化分带时观点虽有不同,但从总体来看,基本上是一致的。

根据野外调查,从岩石的硬度、风化表现现象、节理面状态、节理间距等几方面将岩石进行分类,这里,为了更好地分析岩石组成变化及物理力学性质的变化过程,并结合野外黑色岩石不同深度的变化特征,我们大致分为六类(表1),从物理力学性质来看,岩石的整体强度表现为随深度的增加而增加,其透水性则随深度的增加而降低。

3 陡山沱组黑色岩层的物理、化学及力学特征分析

根据以上进行的风化岩石的特征分类,我们对其风化分带所获取的试样进行了化学成分测试试验(表2)。

从表2及图1可以看出,氧化硅含量随深度增加略有减少,但总的看来,氧化硅含量的变化并不大,基本保持稳定,氧化硅含量变化主要与岩石中石英的矿物含量有关。氧化铁含量首先是随深度的增加而增大,当一定深度后,其含量又迅速降低,从现场对岩石的表现特征观察,发现氧化铁含量高的岩层其风化程度相对居于中等,但其岩石物理力学性质表现得并不差,因此,可以这样认为,由于上部风化岩石流失的部分铁质成分进入中部岩石的裂隙或孔隙后沉淀下来,对中部裂隙起充填和胶结作用,使中部岩石强度有所提高,在岩石取样和测试过程中

[收稿日期] 2002-04-11; **[修订日期]** 2004-03-15; **[责任编辑]** 陈仁俊。

[基金项目] 国家自然科学基金资助项目(49272152)。

[第一作者简介] 巫锡勇(1963年-),男,1988年毕业于西南交通大学,副教授,现主要从事岩土工程稳定方面工作。

注意到,在中部岩石的裂隙面上多有红褐色物质附着现象。氧化亚铁含量的变化趋势与氧化铁的变化基本类似,这种现象反映地下水以垂直渗透为主的风化体系中可能也属于中等氧化强度的氧化环境,该环境条件下,亚铁氧化成高价铁的过程可能处于动态平衡状态,加之水介质在垂直淋滤过程中离子浓度不断富集,含亚铁离子的矾类矿物可以在该风化部位结晶析出,造成该风化部位氧化亚铁组分相对升高的现象。由于氧化亚铁组分的含量较小,就其对岩石强度的影响而言,作用不会太大;但就其对岩石强度的影响性质而言,有正和负的两重效应,正效应表现为矿物结晶的填隙作用,负效应表现为结晶空间受限时的膨胀力的破坏作用。氧化铝的含量

随深度的增加而增大。氧化铝主要赋存在粘土矿物体中,氧化铝含量大意味着岩石的粘土矿物成分含量高,对于重结晶作用较强的板岩来说,高粘土矿物含量有利于岩石力学的高强度。其原因是一方面岩石有较高粘土矿物含量也就有较高的韧性,在长期地质构造变形过程中在岩石内部形成的脆性裂隙少;另一方面由于粘土矿物重结晶程度相对较高,粘土矿物的力学强度也就较好,对岩石的强度贡献较大。再则,氧化铝含量高意味着岩石的风化作用程度低,因为伊利石有着比蒙脱石等矿物更高的氧化铝持有量。氧化钙含量随着岩层深度的增加而不断减少,与氧化钾含量与岩层深度关系曲线的为正好相反。

表1 黑色岩石风化特征分类

记号	露头	岩石硬度	风化程度	节理面状态	节理间距	评价
Zone I A		用手指可弄碎	粘土化 薄片化	基本已粘土化 节理已不清楚	4cm以下破碎	
Zone II B		用铁锤敲打, 易崩解	薄片化,内部造岩 矿物粘土化	节理面开裂,粘土 或次生矿物较多	5~15cm	
Zone III C		用铁锤敲打, 易破裂	大部分显现黄褐色, 大部分产生风化	开裂节理面较多,夹 有粘土或次生矿物	15~30cm	
Zone IV D		用铁锤敲打, 不易破裂	岩石部分呈现褐色, 部分岩石已风化	紧密~轻微开裂,夹有 少量粘土或次生矿物	15~30cm	
Zone V E		声音较清脆, 不易破裂	沿节理面呈黄褐色, 基本风化	紧密~轻微开裂,不 夹粘土次生矿物	30~50cm	
Zone VI F		声音清脆, 不易破裂	新鲜	紧密,不夹粘土	50cm以上	

表2 陡山沱组黑色岩石风化的化学分析表

分带	成分	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	其他
Zone I A		86.12	1.28	0.37	5.82	0.56	0.65	2.12	0.12	0.075	2.885
Zone II B		83.1	2.30	0.42	6.51	0.50	0.71	2.66	0.12	0.11	3.57
Zone III C		80.00	3.06	0.47	6.97	0.43	0.92	2.88	0.12	0.14	5.01
Zone IV D		78.55	3.36	0.49	7.20	0.43	0.78	2.86	0.13	0.15	6.05
Zone V E		83.60	0.44	0.27	6.25	0.28	0.69	2.83	0.13	0.16	5.35
Zone VI F		81.38	0.72	0.32	7.37	0.37	0.77	3.13	0.16	0.065	5.715

岩石矿物成分鉴定表明,岩石中粘土矿物主要为伊利石。据岩石的风化试验及化学热力学分析结果,随着岩石风化程度的加深,伊利石有逐渐蒙脱石化和高岭石化趋势,伊利石向蒙脱石转化过程使得

岩石中氧化钾含量降低而氧化钙含量相对增加,因岩石氧化钙含量在一个很低的水平上,说明氧化钙可能主要赋存于粘土矿物中。

氧化镁的含量大致保持在0.7%~0.8%的范

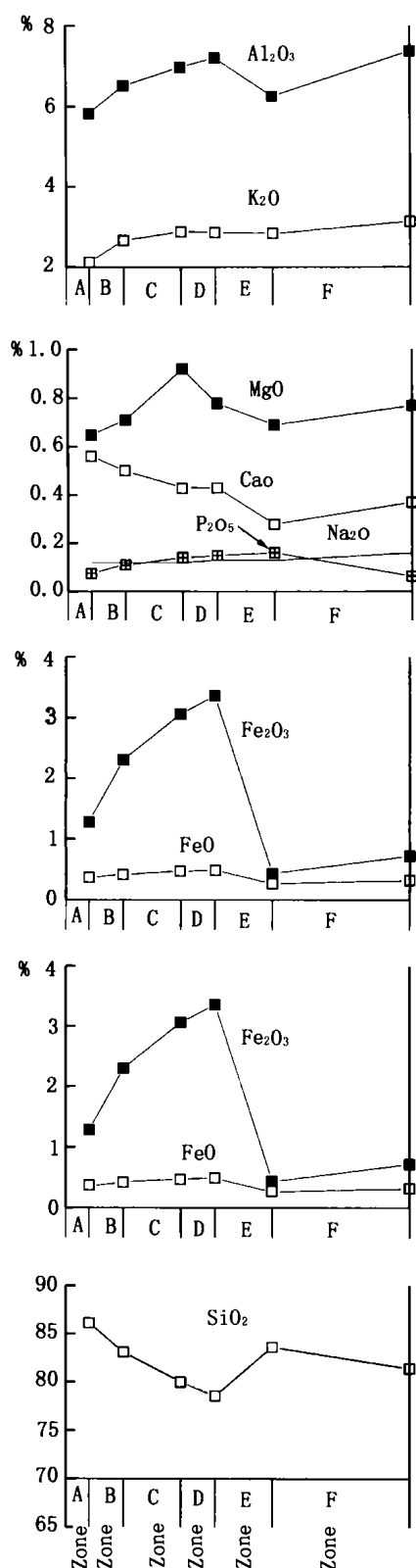


图1 根据各风化带平均深度的化学成分的变化

围,与岩石的埋藏深度关系不甚明确。在岩石中氧化镁的含量大致是氧化钙含量的2倍。从岩石的矿物组成看,粘土矿物除伊利石外,其次就是绿泥石,虽然绿泥石在酸性水中稳定性较差,但风化过程中的蒙脱石化可使岩石保持对氧化镁的含有量。蒙脱

石化可使岩石保持对氧化镁的含有量。因此,在这种较低含量的背景值上,氧化镁含量的变化难以反映岩石的风化程度。岩石中的氧化钾含量的变化与岩石深度关系较为明显。对于粘土矿物以伊利石含量为主的岩石,氧化钾含量的多寡可大致用来表征岩石风化程度的深浅。由于氧化钾含量的基值相对较高,因而岩石自身的不均匀性对氧化钾含量的影响相对变小。

岩石中氧化钠含量大致保持在0.13%左右。由于氧化钠含量值总体水平较低,因而岩石自身矿物组成的微量不均匀,可造成氧化钠相对含量较大的变化。从岩石风化的试验过程来看,伊利石的蒙脱石化有利于保持岩石对氧化钠的持有量,氧化钠含量与岩石深度的关系曲线较好的反映了岩石的这种风化特征。

4 分析与讨论

从以上分析结果可以看出,岩石风化过程中,不同的化学成分反映出不同的风化程度,而这种变化过程也揭示着岩石物理力学性质的变化趋势。

由于黑色岩石中含有大量的硫化矿物,在地表风化营力作用下,将产生以地球化学过程为主的风化^[12],它在风化过程中往往在其周围形成酸性环境,而在酸性环境条件下,岩石内部原有的平衡被打破,从而造成矿物成分的不稳定,从而加快了岩石的风化。但岩石类型的不同,风化过程中岩石化学成分的变化是由很大区别的。

对于碎屑岩,主要造岩矿物为石英,石英颗粒在岩石结构中起支撑作用,酸性介质中,石英基本可作为惰性矿物不参与反应。但其中的长石和白云母等矿物在岩石结构中也起着支撑或填隙作用,而在酸性介质中长石和云母可逐步失去 K^+ 、 Na^+ 等碱金属离子,向高岭土矿物转化。粘土类矿物在岩石中含量相对较少,在岩石结构中起填隙和胶结作用,酸性介质中易发生变性和分解,对岩石强度影响很大。方解石、褐铁矿、沸石类矿物,一般含量相对较微,酸性介质中易于发生变性和分解作用,对岩石力学强度影响很大。无定型二氧化硅,在岩石中含量一般较微,在岩石结构中起填隙和胶结作用,有一定的化学活性,酸性介质中可能发生变性作用—高岭石化。当无定型二氧化硅在结构中起胶结作用时,其化学变化对岩石强度有较大影响。泥岩主要由粘土组成,粘土矿物主要为伊利石,其次是绿泥石、高岭石等。酸性介质中粘土矿物的稳定性差,易于发生变

性和分解作用,对岩石强度影响很大。泥岩中还可含有微量的方解石、褐铁石、沸石等矿物成分,这些矿物在岩石结构中一般起胶结作用。

硅质岩中主要由石英、隐晶质二氧化硅、无定形二氧化硅组成,其中无定形二氧化硅在酸性介质中有一定的化学活性,当介质的 $\text{PH} = 2 \sim 5$ 时,可与溶液中的铝离子发生聚合反应,生成高岭石类矿物。当反应的二氧化硅在原岩结构中起胶结作用时,反应过程将对岩石强度有较大影响。硅质岩中还可含有少量或微量的粘土和长石类矿物,它们在岩石结构中一般起填隙作用,酸性介质中的化学行为将对岩石强度有一定的影响。

碳酸盐岩的主要造岩矿物为方解石、白云石,还可含有少量或微量的菱镁矿、菱铁矿等到碳酸盐矿物,碳酸盐矿物在酸性介质中分解反应一般较为剧烈,对岩石强度影响很大。碳酸盐岩中还可含有粘土矿物成分,随着岩石中泥质含量的不同,粘土矿物在酸性水中的化学行为对岩石强度的影响程度也相应的不同。

[参考文献]

- [1] Pye, k & miller, J A Chemical and biochemical weathering of pyritic mudrock in a shale embankment[J]. Q J Eng. Geol, 23:365 ~ 381, 1990.
- [2] Hawkins A B & G M Pinchs, Cause and significance of heave at Londough, Hespital, Carkiff a case history of ground floor heave due to gypsum growth [J]. Q J E G 20:41 ~ 57, 1987.
- [3] Nixon P J. Floor heave in building due to the use of pyritic shale as fill material[J]. Chemistry and Industry, 1978, 5, 160 ~ 164.
- [4] Stewark H E & Cripps J C. Some engineering implication of chemical weathering of Pyritic Shale [J]. Q J E G 1983, 16, 281 ~ 289.
- [5] Reiche, D Graphie representation of chemical weathering. J, sed [J]. Petrology, 1984, 13, 58 ~ 68.
- [6] 三浦清. 深成岩类的风化に関する研究, 第一报, 新三纪末の赤色风化作用による江津深成岩体的风化[J]. 应用地质, 14, (3): 87 ~ 102, 1978^[6].
- [7] Ruxton B F Measures of the degree of chemical weathering of rocks [J]. J Geol, 1968, 70, 518 ~ 527.
- [8] 大见美智人, 本田彰义, 等. 风化安山岩の化学的、物理的性质の关系について[J]. 应用地质, 1975, 16, (4): 169 ~ 177.
- [9] 九里尚一. 花岗岩类的风化に関する研究(I) [J]. 物理探矿, 1971, 24, (1): 6 ~ 17.
- [10] 冈本隆一, 中村康夫, 等. ロック材耐久性判定基準作成のための岩石試験——流纹岩质岩石の例——土木技术资料[J]. 1977, 19, (12): 593 ~ 598.
- [11] 李德胜等. 太原盆地土壤微量元素的地球化学特征[J]. 地质与勘探, 2004, 40(3): 86 ~ 89.
- [12] 巫锡勇. 黑色岩层风化特征研究[J]. 地质地球化学, 2001, 29, (2).

RESEARCH OF ROCK WEATHERING AND CHEMICAL COMPOSITION OF ROCK

WU Xi - yong, WEI You - yi, LUO jian

(College of Civil engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031)

Abstract: To study the rule of change of rock chemical composition in the weathering process is very important for further research of weathering mechanism and change in rock's physics mechanics character. This thesis proves the chemical composition of rock will change with its weathering varying and images the tendency of the chemical composition changes by analysis of chemical composition of black rock located in DouShantuo Zu in west Hunan district.

Key words: weathering, black rock, belt of weathering, chemical composition