

岩石微观动力结构的力学效应及其应用

王文瑜* 芦秀英

(铁道部第四勘测设计院)

提要 本文从工程地质角度对岩石的微观动力结构进行了较全面的研究,并就工程中岩石的命名问题提出了初步看法,以期引起注意和进一步的研究。

关键词 岩石 微观动力结构 力学效应

1 前言

目前工程中岩石命名,仍是依据组成岩石的矿物成份、结构构造等原岩特征,定出岩石的基本名称,而对后期受构造动力作用的影响程度,一般均不予考虑。只有当岩石受到强烈的动力破坏时,才把这些岩石单独划分为“动力变质岩”。工程地质工作者即依此分类为基础,进行工程地质评价。

1970年以来,我们在工程地质实践中发现,一些受构造影响的岩石,其力学指标变化较大,其变化范围界于原岩和动力变质岩之间。国内一些从事岩石微观鉴定的岩矿工作者,也认识到了这一问题,但是尚未从工程地质角度进行较全面的研究。

2 岩石微观动力结构的力学效应

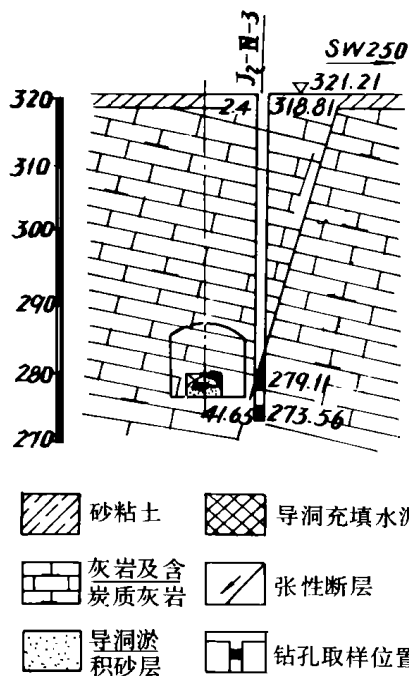
李四光教授在《地质力学概论》中曾指出:“一个构造体系可以限制在一个小小的岩体或岩块中,恰恰反映了那个岩体或岩块的结构形态。”事实表明,各种类型的构造结构面,它们破坏切割岩体,产生断层、节理、裂隙等现象,使组成岩体的岩石、矿物遭受不同程度的构造变动、动力变质,而留下了不可磨灭的地应力痕迹。我们通过大量的岩石偏光鉴定及力学性试验,发现岩石破裂形变的宏观和微观特征,有很大的一致性,岩石的微观动力结构与力学性质关系更为明显。下面仅举二个实例来阐述岩石微观动力结构的力学效应。

例 1 南岭隧道下连溪段复合构造对岩石力学指标的影响

下连溪 J—IV—3孔(位置 DK1936+261.5中心右 7 m)位于猪窝窝——下连溪张性断层上盘,断层带深度 42.1~42.3 m。在断层上下盘及断层破碎带部位分别取样,作岩石力学性试

* 本文收稿日期 1997-01-08 王文瑜,高级工程师 铁道部第四勘测设计院 武汉 邮编 430063

验和偏光鉴定。岩石力学指标及镜下鉴定结果见表 1所示



从表 1可以得出如下结论:

(1)断层的存在是控制岩石力学指标的主要因素。构造影响越强烈,岩石的力学指标越低(表中岩性不同,局部指标偏高),在断层中心部位,岩石破碎,无法取样做力学性试验;构造影响弱,则岩石力学指标较高。

(2)断裂的分带现象,反映了断裂中心部位破坏应力最强,而向外逐渐减弱,这正是弹性理论中的森维楠原理在地质构造带中的体现。

(3)灰岩受构造影响,节理裂隙极发育,并被方解石脉充填,作抗压试验时,往往沿脉破坏,使一般认为极硬岩($R_b > 60 \text{ MPa}$)的石灰岩强度降到已接近或低于软质岩($R_b < 30 \text{ MPa}$)的强度,单轴极限抗压强度降低大约 2~4 倍。

另外,由于受二次构造的影响,岩石的结构受到严重破坏,大大降低了岩石强度,经过方解石脉胶结的灰岩,岩石等级已降为软质岩。

对于方解石脉胶结的岩石,虽然强度低,但整体性较强,岩体较稳定。对于这种岩石围岩类别的确定并适当提高,还是一个有待探讨的问题。

图 1 J-IV-3孔地质横断面图

例 2 灰岩类岩石的微观动力结构对其强度的影响

表 1 南岭隧道下连溪段复合式构造对岩石力学指标的影响

岩样编号		1	2-3	4	5	6	7
室内编号		752	754 ^① ②	753	755	756	757
取样位置	深度 (m)	11.10- 11.95	39.85- 40.25	40.35- 40.90	42.0 (断层位置)	42.61- 42.85	43.90- 47.65
	孔深变化	浅 ————— → 深					
偏光鉴定	定名	轻微碎裂的淀晶含生物碎屑灰岩	灰质构造角砾岩	碎裂的含灰质白云岩	构造角砾岩	灰质构造角砾岩	碎裂的淀晶砂屑灰岩
	构造影响程度	弱 ————— → 强 ————— → 最强 ————— → 强 ————— → 较强					
岩石力学性质	单轴极限抗压强度 (MPa)	41.19- 44.68	23.52- 28.23	31.99	无 (岩石破碎)	31.29	35.92- 36.78
	干压 (MPa)	55.54- 56.61	18.23	50.12 (受岩性影响)	无 (岩石破碎)	无	29.11- 32.50
	强度变化规律	强 ← ————— → 弱 ————— → 强					

1988~ 1990年,我们进行了《岩石微观特征与物理力学性关系》的研究,在华东、中南地区

的石灰窑、水江口、老鸦口、淮头村、南岭等隧道,取了 70 组岩样,分别作了 70 组岩石的偏光鉴定及对相应的 6 个抗压、296 个抗剪、59 组比重、60 组容量、53 组吸水率等试验。现以灰岩类岩石微观动力结构对其强度的影响为例,加以探讨。(见表 2)

从表 2 及偏光照片鉴定可得出如下结论:

(1) 由于受构造动力作用的影响,使岩石产生微观动力结构。

(2) 随着构造动力作用的加强,使岩石微观动力结构发生了变化,从局部轻微碎裂→轻微碎裂→局部碎裂→碎裂→角砾结构,其力学强度由大变小,单轴干压极限抗压强度从 60.83→41.15→29.84→26.31→18.31 MPa,而未受构造动力作用的新鲜灰岩,其力学强度 80~100 MPa

表 2 灰岩类岩石微观动力结构对其强度的影响

工程名称	岩石偏光定名	主要岩性特征	微观动力结构特征	地应力及岩石力学强度		
				地应力变化	单轴极限抗压强度 (干压平均值 MPa)	力学强度变化
石灰窑隧道	局部轻微碎裂的隐晶质灰岩	矿物成分:方解石(≈99%)、白云石(微量)、粘土矿物(微量) 结构与构造:局部轻微碎裂结构、隐晶结构;块状构造	原岩局部被微裂隙切割,微裂隙宽度一般 0.01—0.5 mm,被次生方解石脉充填,脉边缘方解石普遍产生微裂纹,伴有光性异常现象。	小 ↓	60.83	高 ↑
水江口隧道	轻微碎裂的隐晶微粒含白云质灰岩	矿物成分:方解石(约90%)、白云石(约10%)、粘土矿物(微量) 结构与构造:轻微碎裂结构、隐一微粒结构;块状构造	原岩被微裂隙切割,裂缝宽一般 0.5—1.0 mm,主要被次生方解石及微量岩碎粒充填胶结呈脉。岩石中主要矿物普遍产生微裂纹,个别出现破裂,均伴有光性异常现象。		41.15	
老鸦口 2 隧道	局部碎裂的微粒含白云质灰岩	矿物成分:方解石(<95%)、白云石(>5%) 结构与构造:局部碎裂结构、微粒结构;块状构造	原岩局部被微裂隙切割,微裂隙发育,裂缝宽 0.5—2.0 mm,主要被次生方解石及少量原岩破碎物充填呈脉。岩石中主要矿物颗粒破裂,伴有碎粒和糜棱物产生,矿物变形及光性变异显著。		29.84	
淮头村隧道	碎裂的微粒白云质灰岩	矿物成分:方解石(75—80%)、白云石(20—25%) 结构与构造:碎裂结构、微粒结构;块状构造	原岩被较密集微裂隙切割,微裂隙宽 0.5—2.0 mm,主要被次生方解石及少量原岩破碎物、糜棱物充填呈不规则“网脉”。岩石中主要矿物颗粒普遍破裂,伴有碎粒、糜棱物产生,矿物普遍发生变形及光性变异。		26.31	

续表 2

工程名称	岩石偏光定名	主要岩性特征	微观动力结构特征	地应力及岩石力学强度		
				地应力变化	单轴极限抗压强度 (干压平均值 MPa)	力学强度变化
南岭隧道	灰质构造角砾岩	矿物成分: 方解石 (99—100%) 炭质 (微量) 结构与构造: 角砾结构; 角砾状构造。	原岩被破碎成大小不一、分布杂乱的角砾状碎块, 角砾大于 2.0mm, 含量 60% 以上, 角砾内可见微裂纹或微裂隙, 角砾中矿物均有变形及光性异常现象。角砾之间被次生方解石及原岩破碎物充填胶结。	↓	18—23	↑
以往试验资料	灰岩	矿物成分: 方解石 (≈100%) 结构与构造: 从隐晶到中粗粒结构; 块状构造。		大	80—100 (新鲜岩石)	低

表 3 岩石微观动力结构分类表

序号	微观动力结构	宏观特征	微观特征
1	局部轻微碎裂结构	岩石外观与原岩无太大差别, 局部地方见少量微裂隙穿插。	原岩结构不变。局部地方被微裂隙切割, 裂缝一般较窄, 0.01—0.5mm, 微裂隙边缘的主要矿物普遍产生微裂纹, 并伴有光性变异现象。其微裂隙被次生矿物 (方解石、石英、铁质) 充填胶结, 故称局部轻微碎裂结构。
2	轻微碎裂结构	岩石外观与原岩无太大差别, 见少量微裂隙穿插, 裂隙中被细脉充填胶结。	原岩结构基本不变。仅见岩石被少量微裂隙切割, 裂缝宽一般在 0.5—1.0mm, 主要被次生矿物 (方解石、石英、铁质) 及微量原岩破碎物充填胶结。岩石中的主要矿物普遍产生微裂纹, 伴有光性变异现象, 裂隙边缘有时出现矿物破裂, 光性异常较显著。但原岩成分及结构基本保留, 故称轻微碎裂结构。
3	局部碎裂结构	岩石局部地方被较密集的微裂隙穿插切割, 其微裂隙被次生矿物 (方解石、石英、铁质) 等充填胶结。	原岩局部地方被较密集的微裂隙穿插切割, 微裂隙缝宽一般 0.5—2.0mm, 主要被次生矿物 (方解石、石英、铁质) 及少量原岩破碎碎粒或糜棱物充填胶结。大多数矿物出现波状消光、解理和双晶弯曲, 甚至裂开错断。但原岩结构变化不大, 故称局部碎裂结构。

续表 3

序号	微观动力结构	宏观特征	微观特征
4	碎裂结构	岩石被较密集的微裂隙穿插切割,主要被次生矿物(方解石、石英、铁质)等充填胶结呈不规则的“网脉”。较宽脉中可见原岩破碎的碎粒。	原岩被较密集的微裂隙穿插切割;裂缝宽一般 0.5—2.0 mm,主要被次生矿物(方解石、石英、铁质)及少量原岩破碎物、糜棱物(偶见绢云母、绿泥石等新生矿物)充填胶结呈不规则“网脉”。绝大多数矿物出现波状消光、解理双晶弯曲、裂开、错断现象。原岩结构仍能辨别,故称碎裂结构。
5	角砾结构	岩石由破碎成大小不一、分布杂乱的破碎角砾组成,角砾 2.0 mm 以上,其间被次生矿物(方解石、石英、铁质、粘土矿物)及小于 2.0 mm 的原岩破碎物充填胶结。	基本同宏观特征。岩石具角砾结构,角砾大于 2.0 mm,含量 50% 以上。角砾内可见细小裂纹,角砾中的矿物有变形及光性变异现象。角砾之间被次生矿物和细小破碎物充填。

3 岩石微观动力结构的分类及其在岩石命名中的应用

我们通过 20 多年的岩石偏光鉴定和力学性试验,积累了较多的资料,总结出了以岩石微观动力结构为前缀的命名方法,在生产中已应用多年,经工程地质人员的现场验证,得到了认可。此命名方法,就是在“岩石基本名称”前,冠上“局部轻微碎裂的”、“轻微碎裂的”、“局部碎裂的”、“碎裂的”、“角砾”等五类微观动力结构的名称。例如:碎裂的细粒花岗岩。

(1) 岩石微观动力结构的分类

以微观动力结构为前缀的岩石命名,共分五类。对每一类中的岩石,又分别按宏观特征和镜下鉴定的微观特征加以区别(详见岩石微观动力结构分类表 3)。

上述五类岩石,总的来讲,原岩以受碎裂作用为主,依据其破碎程度给予划分,但原岩成份及结构基本保留,岩石不具定向构造。而微观特征,主要从二方面着手:一是依据碎裂程度、微裂隙的宽窄及其充填物的情况(是否有原岩破碎的碎粒或糜棱物出现);二是依据主要矿物的变形、光性变异及其碎裂程度而加以区别。

(2) 微观动力结构在岩石命名中的应用

根据多年的实践,我们总结出了岩石微观动力结构与抗压强度间的经验关系(见表 4)。

根据岩石偏光定名,再查表中所表的数字,就可以大致评估该岩石的强度。例如:轻微碎裂的细粒长石石英砂岩,当新鲜的细粒长石石英砂岩,极限抗压强度 $R = 100 \text{ MPa}$,则轻微碎裂结构的细粒长石石英砂岩的强度约 $41 \text{ MPa} \sim 51 \text{ MPa}$ 。这样可以提高岩石强度定量评价的精度。

表 4 岩石微观动力结构与抗压强度间的经验关系

序号	新鲜岩石的抗压强度	微观动力结构与对应抗压强度	
		微观动力结构	抗压强度
1	R	局部轻微碎裂的	$0.61\sim 0.76R$
2	R	轻微碎裂的	$0.41\sim 0.51R$
3	R	局部碎裂的	$0.30\sim 0.33R$
4	R	碎裂的	$0.26\sim 0.33R$
5	R	角砾	$0.18\sim 0.23R$

注:① R —— 单轴极限抗压强度;② 新鲜岩石,指未风化、未受构造动力作用的岩石;③ 表中数字,是室内抗压试验统计成果;④ 本表仅用于灰岩类、砂岩类、花岗岩及大理岩。

4 结束语

通过岩石的偏光鉴定及力学性试验,来研究岩石的力学效应,并按微观动力结构进行岩石定名,不仅可以帮助确定断裂构造存在与否,为宏观分析提供佐证,而且较客观地反映了该岩石受动力影响的程度,并以此评估岩石的力学强度,在工程地质实践中具有一定的使用价值。

虽然我们在岩石的微观动力结构研究方面做了一些工作,但是,自然界的岩石种类繁多,要使各类岩石通过微观动力结构鉴别,都能评估出其一定范围的力学指标,还需要做大量的工作,逐步积累资料,有些方面还有待进一步去探讨!

参考文献

1 李四光.地质力学概论. 1973
2 王嘉荫.应力矿物概论. 1974
3 石文慧.京广铁路南岭隧道岩溶水文地质问题的初步探讨. 1978

MECHANICS EFFECT OF MICRO-DYNAMIC STRUCTURE OF ROCK AND ITS APPLICATION

Wang Wenyu Lu Xiuying

Fourth Survey and Design Institute of MOR

Abstract More perfect research has been made for the micro- dynamic structure of rock from the engineering geologic aspect. The preliminary conceptions are proposed for the nomination of rock in engineering so that the attention may be taken and further research may proceed.

Keywords rock; micro- dynamic structure; mechanics effect