

岩体基本岩性描述

(国际岩石力学学会岩石与岩体分类委员会) *

緒 言

地质、岩土技术报告和发表的地质论文的共同缺陷,是在全面评价天然岩体上,缺乏恰当的普遍可以接受的方式来转达无机会到现场观察该种岩体的人们。为了使岩石力学专家与有关领域的专业工作者之间得到共同语言,国际岩石力学学会(ISRM) 因此于1971年10月3日在南锡(Nancy) 召开了理事会,决定设立岩石和岩体分类委员会(附录1)。

委员会的首要任务是尽力搜集和研究各种文献,特别是现行大量的分类系统。尽可能地遵循而不是变革已用于实践的分类标准。

一般情况下先建立“岩体基本岩性描述”“BGD”(Basic Geotechnical Description of Rock masses)认为是合适的。这种基本描述在使用过程中逐步积累经验,或可再建立些专门描述与/或用于不同工程以及地质结构的特殊类型的分类。本文所推荐的系岩体的基本描述。

基本描述目的在于观察露头、沟槽、平硐和钻孔时所获得的信息,以简明的方式来表达各区组成岩体的特性。本文可用于描述各种岩体特征的语言和符号,也可用在钻孔柱状图、坑槽平硐展示图、地质图和地质剖面图上。

应着重指出,“BGD”并非一个完善的描述,它常常需要一些辅助的、更详尽的资料予以补充。

可以预料,“BGD”应用于实际多变的情况将会对本文提出一些补充细节或修改。任何旨在改进本描述的评论、意见,请寄:葡萄牙里斯本国家土木工程实验室,国际岩石力学协会秘书处。

岩体基本岩性描述 (BGD)

1、基本岩性描述要求

(a) 按照同一语言,使观察者得以表达自己对岩体的主要印象,尤其岩体固有力学性态。“BGD”的语言必须明确,对同一岩体在不同的观察者都应使用相同方式予以描述。

* 1980年第一号文件

(b) 尽可能包含定量数据,有助于实际问题的解决。

(c) 可能情况下使用简单的量测,而不是仅凭肉眼观察。

2、描述目的应考虑其特性

“BGD”意欲表征岩体的力学属性,以下五种岩体特性应予描述:

——岩石名称,并附有简明的地质描述;

——岩体两种结构特性,即岩层厚度和破裂切距*;

——岩体两种力学特性,即岩石材料的单轴抗压强度和各破裂面的摩擦角。

岩石名称和地质描述具有很重要的意义,由于它们包含有大量信息,特别是关于力学性质方面的信息。

要考虑岩层厚度和破裂切距是基于以下理由:

——目测时它们能反映地貌的基本特征;

——它们通常可推测岩体力学性态上的影响;

——它们定量评价一般并不困难。

岩石材料的单轴抗压强度和破裂面的摩擦角包含如下理由:

——这些性质在岩体力学性态方面起着很重要的作用;

——作为一种通则,特别是借助岩石名称和地质特征考虑时,从这些数值推知岩体的其它力学特性;

——它们可以从简单的试验甚至仅凭观察者以往的经验来评定;

——它们的意义对所有从事岩体研究的专家们都是熟悉的。

四种参数的区间界限(表1—4)尽可能选择与工程设计有重要的意义区间相吻合。

3、岩体分区

使用“BGD”时,应首先将岩体划分若干区,即地质单元。地质单元内的岩体特性,就工程的要求而言可以认为是均匀的,而有关的特性指标在单元的范围之内则会有相当的变化。一个区内或可包括岩体的一些不连续体,例如具有相同岩土技术特性的沉积岩或火成岩互层。岩体各处连续渐变的情况下(如风化),可按照认为有相同性质的各区来划分其边界。

初步分区以岩体一般地质资料为基础,反映岩性的差别、蚀变程度和破裂特性等。进一步分区是在描述方面已取得的地质与四种参数的补充资料后逐步完善。

分区后“BGD”应用于各区时,其中的四种参数都要选取各区有代表性的试件予以确定。试件位置、数量和大小,取决于所确定的参数和要求统计的精度。岩石名称与地质描述应遵循类似步骤。

有时,特别在使用“BGD”的初级阶段,按照岩体构成的性质和/或所要求解决的问题,对某些参数可以省略。

4、岩石名称和简明地质描述

岩石名称按附录2所示成因分类定名。

简明地质描述的范围取决于岩体构成性质和工程要求。通常应考虑以下几方面:

——岩体的地质构造(褶皱、断裂等);

* 定义见5、6节。

——岩体破裂（破裂组数与破裂特性）；

——岩体风化程度，参照附录3的分类术语予以评价，符号(W_1-W_5)可用来代替术语。通常，宜有一个总的地质描述，各分区有补充描述。

5、岩层厚度

层状岩体的各区岩层厚度，系指组成各区岩层厚度的平均值。本文术语“层”为广义而言，可用于沉积、火成和变质岩等建造。

岩层厚度可根据露头或其它被揭露的露头和/或岩心标本予以确定。

每区岩层厚度按表1所示厚度区间确定，五个区间用符号 L_1-L_5 表示，对非层状岩体则用 L_0 表示。

表1 岩层厚度

区 间 (厘米)	符 号	描 述 述 语
>200	L_1	很厚
$60-200$	L_2	厚
$20-60$	L_3	中等
$6-20$	L_4	薄
<6	L_5	很薄

在只需三种区间的情况下，用符号 $L_{1.2}$, L_3 , $L_{4.5}$ 和表1中的相应术语表示。

6、破裂切距

术语“破裂”系指具有零值或很低的抗拉强度的天然不连续面。实践中易于用手掰开作为判断准则。破裂切距*定义为沿相交于测量直线的破裂面间的平均距离。不论其是否属于同一组均一并计入。破裂面可从岩体露头表面或岩心上观测。

表2 破裂切距

区 间 (厘米)	符 号	描 述 述 语
>200	F_1	很宽
$60-200$	F_2	宽
$20-60$	F_3	中等
$6-20$	F_4	密
<6	F_5	很密

* 术语“切距”(intercept)比用“间距”(spacing)恰当，严格地说，后者仅适用于平行面。

当破裂切距随测量方向变化时，“BGD”中所采用的切距值应取各方向中最小平均切距，除非情况特殊有理由采用其它方向的切距值。

每区的破裂切距按表 2 所示切距区间予以确定。各切距区间用符号 F_1 — F_5 或采用三级符号 $F_{1.2}$, F_3 , $F_{4..5}$ 表示与相应的术语说明。无破裂时的区以符号 F_0 表示。

有可能或适于分组表述时，应垂直于破裂面测量其平均破裂间距 (mean fracture spacing) (厘米)，并作好每组破裂面的纪录，作为破裂切距的补充资料。

7、岩石的单轴抗压强度

各区抗压强度均为该区各点所取试件的平均强度，采样位置应远离破裂面或其它不连续面，因这些位置岩石尤为风化。岩石强度按照国际岩石力学学会 (ISRM) *所推荐的方法由单轴抗压强度直接确定或用点荷载方法确定。

有时，尤以初级阶段的岩体描述，岩石强度可以估测，而非实验数据。此时，报告中应予以注明。

当岩石材料在强度上有明显的各向异性时，本描述采用的强度值应取最小平均强度。然在此情况下，通常还记录其它方向上的单轴抗压强度也是有意义的。

正如岩层厚度和破裂切距一样，单轴抗压强度仍用五种或三种区间表示 (表 3)。

表 3 岩石单轴抗压强度

区 间 (百万巴)	符 号	描 述 述 语
>200	S_1	很高
60—200	S_2	高
20—60	S_3	中等
6—20	S_4	低
< 6	S_5	很低

8、破裂面的摩擦角

“BGD”所使用的破裂面摩擦角，规定为正应力 1 百万巴 (MPa) 时岩石峰值抗剪强度包络线的切线倾角。这是为分类目的人为定义的，其值与工程设计中采用的并不一致。

摩擦角可按照 ISRM**推荐的方法由试验室确定，或借助于观察破裂面粗糙度、充填物厚度***与其性质等予以估计。破裂面的不规则性、波纹度和延展性，其程度常较实验室试所反映的要大，尽管在设计中具有相当大的意义，但“BGD”尚未考虑。破裂面摩擦角系取该区所得成果的平均值。

当数组破裂面在抗剪强度上出现差异时，除在其它方面有确切理由外，摩擦角应采用所

* “确定岩石材料单轴抗压强度和点荷载指数的建议方法” 国际岩石力学学会 1972

** “确定抗剪强度的推荐方法” 国际岩石力学学会 1974

*** “岩体及其不连续面的定量描述的推荐方法” 国际岩石力学学会 1977

得成果中的最小平均值。

类似于上述三种参数的区间划分，各区岩体破裂面摩擦角区间接表4。

表4 破裂面摩擦角

区 间 (度)	符 号	描 述 语
>40	A ₁	很高
35—40	A ₂	高
25—35	A ₃	中等
15—25	A ₄	低
<15	A ₅	很低

9、基本岩性描述 (BGD) 的应用

用“BGD”进行岩体描述时，可采用如附录IV所示的数据表。该表首页供岩体描述之用设计的，后面几页为描述和评价四种参数平均值与补充资料的实例。各区岩石名称与相应的四参数值，按上述依次给出。例如：花岗岩L₀F₃S₂A₃；砂岩L₃F_{4.5}S₃A₃等。增补资料取决于工程的特殊需要和岩体的特殊性状。岩体最终描述应由基本岩性描述 (BGD) 加上这些补充资料共同组成。

在某些情况下，对各参数用五个以上的区间或许是合适的。为了保持“BGD”的形式，各种情况下都应在表1—4的范围内定出亚区间的界限值。亚区间应以下标 a、b、……加以注记。在描述时如果需要，破裂切距某一区间可分为两个亚区间：40—60厘米和20—40厘米，分别记为F_{3a}和F_{3b}。类此，岩层厚度亚区间分界值分别定为>400厘米，200—400、100—200和60—100厘米；据此层厚区间L₁和L₂的亚区间分为L_{1a}、L_{1b}、L_{2a}、L_{2b}。此时区的定名则用亚区间符号，如辉绿岩L₀F_{3b}S₂A₂。

凡采用“BGD”时，在岩心柱状图上应备有一栏，以记录所有的四种参数值 (表1—4所示)。在工程的各个阶段，叙述时均应使用同一符号。当观察结果旨在划分和表征岩体区域时，从对所考虑问题总的评价看，常将初步认为并不相同的若干区归拼为单一区。有鉴于此，更详尽表示岩体特性应注记在各种记录图上，这比作为最终成果注记在地质图和剖

附录 I (岩石和岩体分类委员会成员)

M·Rocha (主席)	(葡萄牙)	J·Jennings	(南非)
B·Aisenstein	(以色列)	O·Omorfeldt	(瑞典)
R·Call	(美国)	L·Obert	(美国)
E·J·Cording	(美国)	R·Oliveira	(葡萄牙)
F·Franciss	(巴西)	M·Panet	(法国)
J·Franklin	(加拿大)	D·Stapledon	(澳大利亚)
H·Helfrich	(瑞典)	B·Voight	(美国)

附录 II 岩石标准分类

成因/组		碎屑层		沉积层		火山碎屑物		化学/有机	
一般构造		层		状		至少50%为细粒火山岩类			
成分		岩块(碎屑)为: 石英、长石和粘土矿物		至少50%的颗粒为碳酸盐类		灰岩与白云岩			
极粗粒	粗粒	砾	岩块	碳酸盐砾岩	钙砾岩	质砾岩	园状颗粒集块岩 棱角颗粒、凝灰质 充填的火山砾岩	火山灰	盐类: 石膏 岩硬石
	粗粒	砾	砾岩: 园状颗粒 角砾岩: 棱角颗粒	砂岩	砂岩	砂岩			
中粒	粗粒	砂	碎屑	碳酸盐砂岩	钙质砂岩	钙质砂岩	凝灰岩	灰岩	白云石
	中粒	砂	砂岩: 主要为矿物质碎屑 石英砂岩: 95%石英, 孔隙无充填或被胶结 长石砂岩: 75%石英、25%以下长石, 孔隙无充填或被胶结 杂砂岩: 75%石英、15%细粒碎屑, 各种岩屑或长石	碳酸盐砂岩	钙质砂岩	钙质砂岩			
细粒	粗粒	泥质或粘土质	粉砂	碳酸盐粉砂岩	钙质与白垩粉砂岩	钙质与白垩粉砂岩	细粒凝灰岩	泥	炭
	细粒	粘土	粉砂岩: 50%的很细颗粒	碳酸盐粉砂岩	钙质与白垩粉砂岩	钙质与白垩粉砂岩		褐	煤
很细粒	很细粒	粘土	粘土岩: 50%的很细颗粒	碳酸盐泥灰岩	泥灰岩	泥灰岩	很细粒凝灰岩	煤	

粒径 (毫米)

60
2

0.06

0.002

玻璃质
非晶质

(续上表)

变质岩		火成岩		成因/组	
页片状	岩状	块体状	岩状	一般构造	
石英、长石、云母 针状暗色矿物	大理岩 变粒岩 石英岩	浅色矿物：石英、 长石、云母		暗色矿物与 浅色矿物	成 分
		酸性岩	中性岩	基性岩	
片麻岩 (正、付) 粒片状矿物交互 层混合岩	岩	伟晶岩	岩	辉长岩	极粗粒 粗粒
	岩	花岗岩	闪长岩	辉长岩 玄武岩	中粒
片岩 千枚岩、板岩、 糜棱岩	角闪岩	云母花岗岩	云母闪长岩	玄武岩	0.06 0.002
	闪岩	流纹岩	安山岩	玄武岩	很细粒 玻璃质 非晶质

据：国际工程地质协会会刊 No 19 1979 6/7月份

面图上更为需要。

“BGD”应用于多种情况下的实例见附录IV。

附录III 风化分类*

述 语	描 述	符 号
新 鲜	岩石材料无可见的风化迹象； 在主要不连续面上或许有轻微变色。	W ₁
轻度风化	变色显示出岩石材料和不连续面的风化作用。全部岩石材料有可能因风化而变色，与新鲜者相比，岩石可能略变软弱。	W ₂
中等风化	岩石材料一半以下被分解和/或崩解成土状。新鲜或变色岩石不连续的分布在骨架或核心部分。	W ₃
强 风 化	岩石材料一半以上分解和/或崩解成土状。新鲜与变色岩石相间出现在不连续骨架上或核心上。	W ₄
全 风 化	全部岩石材料分解和/或崩解成土状，原岩基本结构大体保持。	W ₅

附录IV** 基本岩性描述

工程类型 ^① ：混凝土坝		
勘察阶段 ^② ：初步阶级	观察点 ^③ ：露头	
位置：葡萄牙Rocha da Gale	观察者 ^④ ：Gomes Coelho	日期：1977.6
⑤		



〔照片(略)〕

岩石名称和地质描述^⑥：

一般由 Soclinal 准沉积岩和准火山岩构成的硅质片岩与硬砂岩互层 (I)；类凝灰岩的豆状岩和角砾岩 (II)；流纹岩基质的集块岩 (III)；流纹岩 (IV)；斑状石英闪长岩 (V)。

地质补充描述^⑦：

*据岩体和不连续面的定量描述的建议方法改写。原文载：Int. Soc. j. Rock mech. & geomech. Abstr. 15 PP319—368 (1978)

I 区: 岩体为灰色和红色硅质片岩与硬砂岩互层, 薄层状(2—20厘米)且一般呈薄片状(0.6—2厘米)。岩体被宽的和很宽的张开裂隙交错切割, 未充填。岩石新鲜 (W_1) 坚硬。

II 区: 交互层厚30米, 由火成碎屑物凝灰岩与角砾岩组成。中等到强风化 (W_3 — W_4), 中等软弱。

III 区: 岩体由穿插流纹岩脉的集块岩构成, 岩石新鲜到轻风化 (W_1 — W_2) 坚硬到很坚硬。

IV 区: 岩体为流纹岩, 新鲜到轻度风化 (W_1 — W_2), 坚硬到很坚硬。

V 区: 岩体为斑状石英闪长岩, 微具页理且岩层厚度大(0.6—2米); 岩石新鲜到中等风化 (W_1 — W_2) 中等坚硬。

区	露头率 ^⑧ %	特 性 ^⑨	区	露头率 ^⑧ %	特 性 ^⑨
I	20	硅质片岩 L_4 ; $F_{4.5}$; S_2 ; A_2	V	45	石英闪长岩 L_2 ; F_4 ; S_3 ; A_2
II	2	角砾岩和凝灰岩 L_4 ; F_4 ; S_4 ; A_3	VI		
III	8	集块岩 L_0 ; F_4 ; S_2 ; A_2	VII		
IV	25	流纹岩 L_0 ; F_3 ; S_2 ; A_2	VIII		

** 首页格式(与本表格式相同)和其后数页实例从略——译者

参 数 计 算 ^⑩

区	参 数	试 件				平均值	标准差	B G D 符 号
		1	2	3	4			
I	岩层厚度(厘米)	4	10	8	6	7		L_4
	破裂切距(厘米)							$F_{4.5}$
	单轴抗压强度(百万巴)	66	65	150*	80	70		S_4
	摩擦角($^{\circ}$)					35		A_2
II	岩层厚度(厘米)	10	12	16	15	13		L_4
	破裂切距(厘米)	15				15		F_4
	单轴抗压强度(百万巴)	15	20	12	15	15		S_4
	摩擦角($^{\circ}$)				30			A_3
III	岩层厚度(厘米)	—	—	—	—	—		L_0
	破裂切距(厘米)	4	12	6	8	7		F_4
	单轴抗压强度(百万巴)	236	250	150	170	200		S_2
	摩擦角($^{\circ}$)					40		A_2
IV	岩层厚度(厘米)	—	—	—	—	—		L_0
	破裂切距(厘米)	20	25	50	45	36		F_3
	单轴抗压强度(百万巴)	210	140	180	220	185		S_2
	摩擦角($^{\circ}$)					40		A_2
V	岩层厚度(厘米)	80	210	120	160	140		L_2
	破裂切距(厘米)	4	7	12	18	10		F_4
	单轴抗压强度(百万巴)	92	55	60	50	55		S_4
	摩擦角($^{\circ}$)					40		A_2

附 注^①

 岩层厚度：测自露头

 破裂切距：测得和估计

 单轴抗压强度：实验室测试和估计

 摩擦角：估计

补 充 资 料

*垂直于层面的试验值

①主要构造特性 ②初步、最终 ③露头、坑槽、岩心…… ④姓名与职称 ⑤立体相对并勾划出岩体分区轮廓，也可代以普通照片和/或素描 ⑥岩石名称（BGD附录Ⅲ），构造（褶皱，断层），破裂（破裂组，破裂特性），风化（BGD附录Ⅳ）⑦每区的特点 ⑧各区被观测岩体按体积计的露头估计比率 ⑨岩石名称与参数值的区间符号（见本文说明9）
 ⑩见本文说明3、5、6、7、8 ⑪确定参数时采用方法和迂到的困难。

参 考 文 献（略）

水电部成都勘测设计院 唐少甫译 成都科技大学 刘浩吾校
 原文载：Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstract. Vol 18
 No 1 1982.2 PP85—110

《轴流式水轮机抬机与导叶分段关闭调节

保证计算》学术讨论会简讯

5月20日~24日，四川省水力发电工程学会水力机械及金属结构专业委员会，在达县地区通江县九浴溪电站召开了《轴流式水轮机抬机与导叶分段关闭调节保证计算》学术交流会。参加这次会议的有设计研究、制造、安装、运行、高等院校、地区水电局、以及地县政机关等37个单位65名代表，陕西机械学院和富春江水工厂也应邀派代表参加了会议。

会议期间共交流了六篇论文和试验总结报告，题目是：《九浴溪电站采用分段关机装置防抬机的计算及其分析》（省水利设计院钟凤英）、《低水头水电站调节保证计算》（成都科技大学孙诗杰）、《导叶分段关闭调保计算及应用》（东方电机厂陈金松）、《分段关闭装置解决水轮机组抬机的实践》（重庆水轮机厂毛渝生）、《羊子口水电站ZD510—LH—180型