

关于岩体节理间距划分界限

杨子文 (水电部昆明勘测设计院科研所)

各种岩体分类中,无论是以定性为主的分类,还是以定量判据为主的分类,都要涉及到岩体的完整性问题。岩体的完整性,是表征岩体强度,岩体变形性的重要标志之一。长期以来,国内工程地质界都以直接影响岩体完整性的节理裂隙的特性来说明岩体的工程性状,其中尤其常用的是节理裂隙的间距。可是,国内外至今没有统一的方法和标准。

节理裂隙间距划分界限的现状

笔者搜集了45例资料(表1),为便于资料分析,将其绘于图1中。

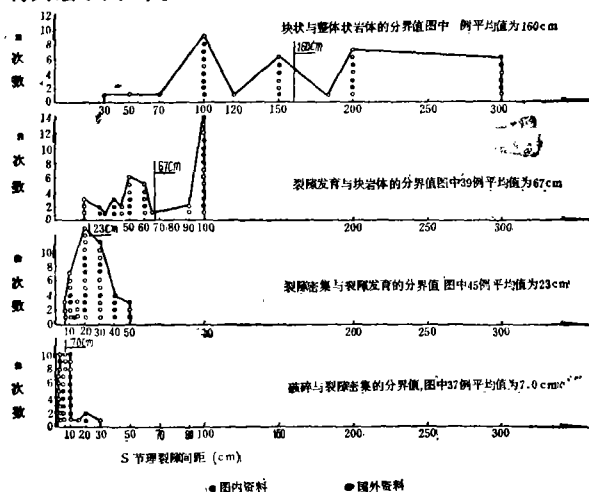


图1 各类岩体节理裂隙间距S与出现次数n的关系
资料分析

从收集的45例分类资料来看,国内19例中,冶金部的规范及河南水利院的间距分级小一些。国外资料中,地下测量仪器公司(美)和H. Weber的间距分级小一些。其余资料较为接近。对资料分级说明如下:

1. 破碎和裂隙密集的分界值 从45例资料中进行了划分的37例来看,该界限值的最小值是H. Weber(德)的1厘米,最大值是BНИИИ(苏)的30厘米,其余35例中,出现最多的是5—10厘米,共有15例。37例的平均值为7.0厘米。从图中看出,除4例外,都在10厘米以内。

2. 裂隙密集与裂隙发育的分界值 45例资料中,

对该分界值均给出了各自的标准,其中最小值是D. F. Coates和H. Weber的建议值7厘米,最大值为BНИИИ(苏)和国内鞍山矿山设计院及水工隧洞设计规范的建议值50厘米。其余35例都集中在10—30厘米之间,而出现最多的又是20厘米,占12例。46例的平均值为23厘米。

3. 裂隙发育与块状结构的分界值 有39例提出了这一分界值,其中最小值为20厘米的有3例,即D. F. Coates,巴西伊泰普电站,冶金工业建设工程地质勘察技术规范。最大值为100厘米,有14例,形成一个高峰,其中国内8例,国外6例。39例的平均值为67厘米,出现最多的是50厘米,60厘米,100厘米,尤其是后者。与前两部分资料相比,稍为分散。

4. 块状与整体结构的分界值并35例提出了此分界值。如将H. Weber的1000厘米除去则尚有34例,平均值为160厘米,最大值为300厘米,共6例,国内、外各3例。最小值为33厘米,是冶金部规范提出的。

文献[2]认为,裂隙间距是一个统计处理的量值,需加以分级。这种分级,不论是日本,还是国际上,至今还没有统一的方法。从岩体的工程应用和一些已公开发表的分级资料来看,这种岩体裂隙间距的最大值为300厘米,最小值为3—5厘米,并多在这个范围内进行各种分级。从这些资料来看,比较共同的分级值是10、20、30、50、100、200、300厘米。而分级的方法则因使用者的目的要求不同而异,因此,希望在表示岩体特征的基本方法上有一个统一的方法。

美国地下量测仪器公司的研究认为^[15],裂隙的形成,一般说是岩石机械破裂作用的结果,当岩体裂隙间距小于3厘米时,即称为裂隙带或剪碎带。并根据其经验将裂隙间距分为4个等级,即<3厘米,3—15厘米,15—30厘米,>30厘米。认为当裂隙密度>24厘米时,起重要作用的因素并非裂隙间距,而是裂隙本身的性质,即裂隙是否紧密,有无粘土质的蚀变产物,以及裂隙的含水程度等,当裂隙密度<15厘米时,上述几个因素也会影响到岩体的强度,不过显然不像大裂隙的影响那么大。该公司认为,在图件上目前划分裂隙密度的界限值应为3厘米。目前对裂隙间距的分级还存在很大分歧意见。他们的经验是,只有裂隙密度<3厘米的裂隙带的宽度达到或大于洞径的

一半时,才能看出岩石压力对支护产生的压力的变化。

表 1 岩体节理间距划分界限资料

序	资 料 来 源	整 体 状	块 状	裂 隙 发 育	裂 隙 密 集	破 碎
1	狄尔, 米勒 ⁽¹⁾	300	90	30	5	
2	哈贝尼希特 ⁽¹⁾	200	—	20	2	
3	(日) 岩石力学委员会 ⁽²⁾	—	90	30	10	
4	(奥) 缪 勒 ⁽³⁾	—	100	10	1	
5	Jacos 的岩石结构分级 (RSR) ⁽⁴⁾	120	60	30	15	
6	湖北综合勘察院 ⁽⁵⁾	100	50	20	10	
7	巴西伊泰普电站 ⁽⁷⁾	100	20	10	5	
8	河南省水利院 ⁽⁸⁾	70	50	20	5	
9	田良灿等 ⁽⁹⁾	200	100	40	5	
10	铁路隧规 ⁽¹⁰⁾	100	40	20	10	
11	成昆线铁路 ⁽¹⁰⁾	100	30	30	—	
12	隧道快速施工手册 ⁽¹⁰⁾	150	30	10	—	
13	(日) 隧道围岩分类 ⁽¹⁰⁾	—	65	20	—	
14	D. F. Coates ⁽¹⁰⁾	150	20	7	2	
15	H. Hobenicht ⁽¹⁰⁾	100	—	20	2	
16	H. weber ⁽¹⁰⁾	50	—	7	1.5	
17	水工隧洞设计规范	200	100	50	20	
18	西南铁科所王石春等 ⁽¹¹⁾	100	33	10	5	
19	长春地质学院	300	100	20	5	
20	(苏) ВНИИИ 建议 ⁽¹²⁾	150	100	50	30	
21	(挪) 土工技术研究院分类 (NGI)	300	100	30	5	
22	(澳) Bieniawski 分类	300	100	30	5	
23	孙万和分类 ⁽¹³⁾	100	60	30	10	
24	杨子文分类 ⁽⁶⁾	300	100	40	10	
25	徐荣熙等 ⁽¹⁴⁾	300	100	40	10	
26	鞍山矿山设计院	—	100	50	—	
27	国家建委(1978)	—	100	40	20	
28	煤炭部(1977)	150	—	30	—	
29	煤炭部(1978)	100	40	20	—	
30	(德) 黑尔夫里希、斯蒂芬森	—	100	10	1	
31	(德) 科茨	183	—	7.6	—	
32	(德) H. Weber	1000	100	10	1	
33	(日) 国铁岩层分类	100	50	30	10	
34	(美) 地质材料统一分类	150	45	15	2.5	
35	(日) 公路公团隧道设计要 点分类	—	50	10	2	
36	(美) 泰沙基分类	150	45	15	2.5	
37	(美) 地下测量仪器公 司 ⁽¹⁵⁾	—	30	15	3	
38	(苏) CH-123-60 水工建筑 规范	—	50	30	10	

续表

序	资 料 来 源	整 体 状	块 状	裂 隙 发 育	裂 隙 密 集	破 碎
39	铁道第一设计院	—	40	20	2	
40	John 分类	200	—	20	2	
41	冶金工业建设工程地质勘察 技术规范, 1975	33	20	12.5	<10	
42	总字305部队分类	—	100	30	—	
43	ISRM-CFT-4号文建议方 法 ⁽¹⁶⁾ , 1977	200	60	20	6	
44	ISRM岩体基本岩性描述 (BGD) ⁽¹⁷⁾ , 1980	200	60	20	6	
	Watkins, 1970	200	60	20	6	

[注]表中数字的单位为厘米。

规定一个共同标准是需要的

鉴于岩体裂隙间距分级极不统一的现状, 也由于在学术交流中各方面都需要有一个规定的共同标准的愿望, 拥有38个国家团体会员的国际岩石力学学会

(ISRM) 于1970年成立了岩体和岩石分类的委员会。为此, ISRM的现场试验标准化委员会(CFT) 于1977年发布了岩体结构面定量描述的建议方法的4号文件, 对这种岩体裂隙间距作了如下的规定:

文字描述	岩体裂隙间距 (厘米)
极密集的间距	小于2.0
很密的间距	2.0—6.0
密集的间距	6—20
中等的间距	20—60
宽的间距	60—200
很宽的间距	200—600
极宽的间距	大于600

1980年ISRM的岩石和岩体分类委员会提出《岩体基本岩性描述》(简称BGD) 的材料, 其中有关岩体节理间距(该材料中称为破裂切距) 的描述和规定与上述规定基本相同,

即: 很密的间距	小于6厘米
密的间距	6—20厘米
中等的间距	30—60厘米
宽的间距	60—200厘米
很宽的间距	大于200厘米

BGD法有关间距的规定是: 术语破裂系指具有很低甚至是零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。……当破裂切距随测

量方向变化时, BGD中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。……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。

从ISRM的两份材料提出的4个分界值为6、20、60、200厘米, 与收集的45例资料的平均的分界值7、23、67、160厘米以及图1中4种情况分别出现较多的数值均较为接近。与ISRM的建议值相比较, 国内除第3种情况多用40厘米, 50厘米显得略高外, 其它3种情况均较接近, 也能反映实际。

从发展趋势看, ISRM对此已有建议, 并希望其成员国积极试用推广, 考虑到这一建议较符合实际, 加之当前工作上也有需要, 所以, 笔者认为, 目前试行推广上述ISRM有关岩体节理裂隙间距划分标准6、20、60、200厘米是有基础的, 也是有条件的。这样作, 有利于国内的统一, 也有利于与国际上的学术交往, 值得引起注意。

参考文献

- [1] 《隧道译丛》, 1974, 6期
- [2] 岩体的工程表示法, 1974, 《隧道译丛》, 第6期
- [3] (日) 冈本舜三, 岩盘力学
- [4] 根据地质予测确定支护, 1975, 《隧道译丛》

2 期

- [5] 湖北综合勘察院, 关于洞室围岩稳定性评价的一些看法
- [6] 水电部成都院科研所, 1975, 水电工程岩体分类探讨
- [7] 有关大坝基础的岩石力学国际会议文集, (巴西), 1978.9.
- [8] 何桂寒, 1983 岩石质量指标的应用, 《工程勘察》
- [9] 田良灿等, 1982, 采场稳定性分类, 《长沙矿山研究院季刊》, 第2卷三期
- [10] 关宝树, 1978铁路隧道围岩分类
- [11] 西南铁科所, 1981工程岩体分级中弹性波参数的应用
- [12] 西南交通大学, 1981, 隧道围岩分类专题研究报告集
- [13] 孙万和, 1984, 岩体质量的工程地质评价方法
- [14] 徐荣熙等, 1981, 工程岩体因子组合分类
- [15] 西南铁科所, 1973, 修建隧洞中岩石力学量测技术
- [16] 国际岩石力学学会, 1982, 《岩石力学试验》, 建议方法, 上集, 煤炭工业出版社
- [17] 岩体基本岩性描述, 1983, 《四川水力发电》第一期

(上接第29页)

综上所述, 本区 CO_2 是浅成的, 系地下水循环带内置换作用的产物。物质基础、反应条件、储气构造、发散通道是 CO_2 生成、运移、储集、发散的四个条件, 缺一不可。只有综合考虑这四个方面, 才能理解本区 CO_2 气藏的分布规律, 有效地指导生产实践。

四、黄家阱隧道 CO_2 气害评价

从实际材料看, 全区13处气苗皆分布在隧道之外, 最近的藤子棚气苗距隧道的垂直距离也有555米。在隧道进出口和峒身共钻10孔, 深度均达到路基面设计标高以下, 皆无 CO_2 气冒出。对峒顶的Z-黄-2、3两孔, 1978、1979两年连续取孔底气样化验, CO_2 含量仅1.21—1.58%, 略高于土壤中含量, 情况正常。

从 CO_2 气生成条件看, 隧道主要在普昌河组泥岩及马头山组砂岩中穿过, 含泥灰岩, 具备产生 CO_2 的物质基础。但峒身钻孔及附近的水质分析表明, 除隧道右侧90米的8号钻孔 SO_4^{2-} 浓度较高外, 阴离子含量和矿化度都很低, 阴离子当量浓度平均仅为气苗水的

29%, 矿化度平均为气苗水的27%, 不具备产生 CO_2 的水化学条件。

隧道处于南北向与北西向构造的交接部位, 右侧平行隧道的宝马山断层对 CO_2 的储集不利。同时, 除宝马山断层及隧道出口段的派生小断层外, 峒身大部分地段无断裂穿过, 钻孔岩芯也较完整, 节理与层间裂隙较不发育(曾取出长1米以上的完整泥岩岩芯), 故 CO_2 的发散条件并不良好。

此外, 据杨家阱、李家、藤子棚、硝井和几子湾5处气苗地下水的放射性试验, 含铀量均小于 5×10^{-7} 克/升, 为正常低数值, 含氧量1.64—5.62埃曼, 浓度亦为低数值范围。表明这些地下水是表层的, 隧道无放射性危害。

综上所述, 黄家阱隧道不具备生成、储集 CO_2 的水化学条件和构造条件, 产生和富集 CO_2 的可能性甚小。隧道将不会遇到大量的 CO_2 气藏, CO_2 气含量不会太高。因此, 只要在隧道施工中加强通风和现场监测, 将不会产生 CO_2 的危害。勘设中的黄家阱隧道基本上避开了 CO_2 气害, 方案是可行的。