

不规则岩块点荷载试验的研究

李先炜 付学敏

(中国矿业学院、徐州)

提 要

在现场进行不规则岩块的点荷载试验,是获得强度指标最简单、最有前途的方法,也可以获得岩石的抗拉、抗压强度。

本文通过五种典型形状的岩块(近球体、椭球体、长方体、多棱体和四面体)的有限元计算和分析,探讨了不规则岩块在点荷载作用下的应力分布规律,得到除四面体(极少)以外,其余四种形状的应力分布规律均极为相似。它大致地证明,岩块的不规则形状对其强度的影响是不大的这一重要结论。

文中定义了六种强度指标的计算公式。在现场,对四种岩石(石灰岩、砂岩、页岩和烟煤)的不规则试块做了大量的、各种尺寸的点荷载试验。通过统计分析,得出了最佳的强度指标公式及其稳定区间。把本试验的强度指标同常规的单向抗压和抗拉强度以及布罗奇(E. Broch)所建议的岩芯径向点荷载试验的强度指标做了比较,表明用本试验方法测定岩石的强度指标是可行的。

一、前 言

岩石力学强度指标的测定是岩石工程研究的基础。在常规的试验中,岩石试样的采取、运输、加工及试验过程本身常会带来人力、物力、时间和经费等很多方面的困难。点荷载试验正是面临这种状况而发展起来的一种测定岩石力学强度指标的新方法。

所谓点荷载试验,就是将测试样置于测试仪的上下两球状加载锥之间,对试样进行加载,直至破坏^①。根据测试仪上的压力表记录下的破坏载荷,用计算公式计算出试样的强度指标。图1为XD-1型点荷仪。

点荷载试验具有如下优点:(1)点荷仪的体积小、重量轻、便于携带,利于现场试验;(2)可利用不规则试块进行试验,不需要任何机械加工,从而降低了试验成本,缩短了试验时间;(3)可进行低强度和严重风化带岩石强度测定,这是常规试验无法做到的。

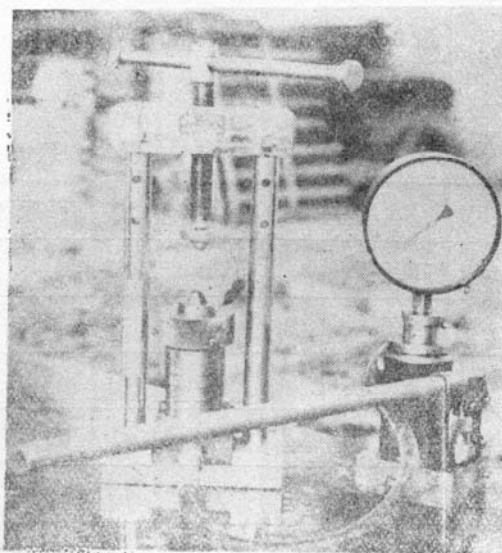


图1 XD-1型点荷仪

本文从理论和试验两方面探讨不规则岩块在点荷载作用下的强度问题。

^①成都地质学院水文地质及工程地质系点荷载试验研究小组,岩石点荷载试验,1979年。

二、几种岩块模型的有限元分析

通过有限元分析来探讨五种有代表性的形状——近球体、椭球体、长方体、多棱体和四面体，在点荷载作用下的应力分布规律，探讨岩块的形状对其应力分布的影响。

本计算采用的有限元程序是：线性静力和动力响应结构分析程序、简称SAP6。从最后所得的纵横断面的应力分析结果来看，无论压力区和张力区，其应力均是以最大点大致成球形向外扩展，且应力大致相同，因此，即使发生破裂，其破坏情况亦大致相同，故用弹性分析是可以的。

(一) 计算准备

井下掘进爆落下来的岩块的形状千变万化，经过统计分析，它们可以近似地用五种形状的块体来表示，即近球体、椭球体、长方体、多棱体和四面体(图2)。本文对这五种模型进行了三维有限元计算。它的形状和尺寸见图3和表1。

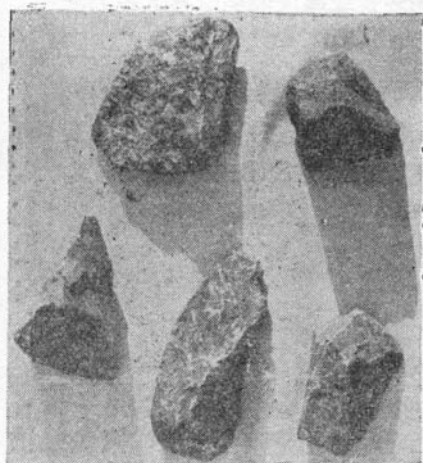


图2 五种岩块形状

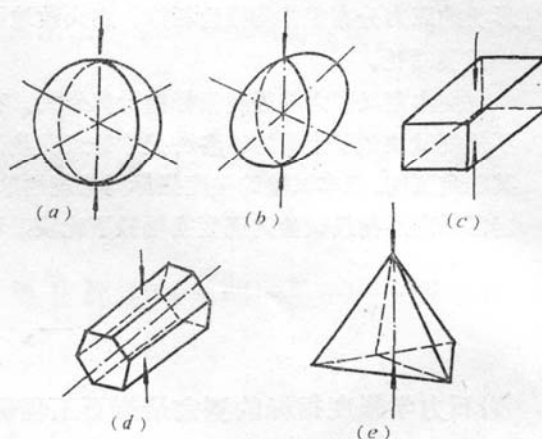


图3 五种岩块的有限元计算模型

a. 近球体 b. 椭球体 c. 长方体 d. 六棱柱体 e. 四面体

表1 模型尺寸一览表

	单位	近球体	椭球体	长方体	六棱柱体	四面体
长或长轴	cm		7.6	6.5	8	
宽或直径	cm	5.0	5.0	5.0	5.2	8.21
高或边长	cm			4.0		
体积	cm ³	69.45	99.48	130	100.32	65
横截面积	cm ²	19.62	19.63	20	12.54	23.83
破坏载荷	MPa	106.0	122.0	157.2	98.0	116.6

上述的五种模型以砂岩为例，它们的计算参数为：弹性模量 $E = 25.77 \text{ GPa}$ ，泊松比 $\nu = 0.215$ 。

(二) 计算结果及其分析

本计算的五种模型，除四面体为 $\frac{1}{2}$ 对称外，其余都是 $\frac{1}{8}$ 对称。对称面为主平面，点荷载试验表明，试块的正常破坏都是沿主平面发出的。因此，本文只讨论加载轴及包含加载轴的横、纵截面上的应力分布规律。

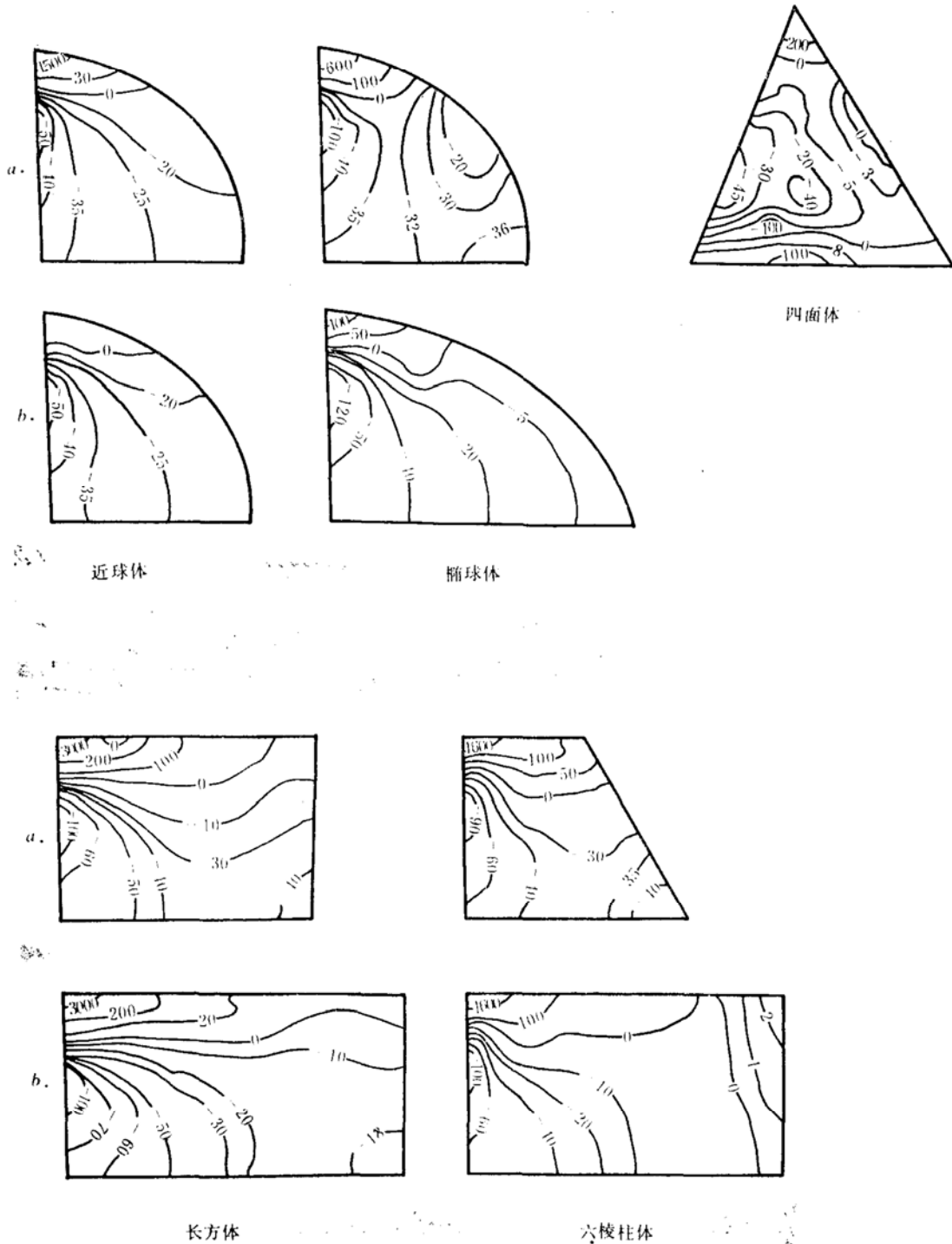


图4 五种模型的应力分布图

a. 横截面上的 σ_y b. 纵截面上的 σ_x

1. 包含加载轴的横、纵截面上的应力分布

图4展示了五种模型的横截面上 σ_y 和纵截面上 σ_x 的分布。

从图4可以看出, 除四面体外, 尽管各模型的形状不相同, 但它们的应力分布都很相近。

在横截面上, σ_y 的分布是: 零位线(即拉压分界线)横向穿过截面, 把压拉区分成上下两部分。最大拉应力出现在加载轴上零位点下部的某一点域内, 以该点为中心向下向右扩展并衰减。拉应力占整个横截面上的绝大部分区域。压应力以加载点为最大, 向下向右扩展并衰减, 它只占加载点附近的一小部分区域。对于正四面体, 加载轴把其横截面分成不等的两部分。横截面上法向力 σ_y 的分布是: 上部和下部的两条零位线横穿截面, 把拉应力夹在中间, 最大拉应力出现在距下部加载点较近的加载轴上的某一点域中, 另一极出现在大致为形心的位置上。以此两点为中心向外部扩展并衰减, 从而形成了左边区域(面积较小者)应力集中, 右边区域(面积较大者)应力分散的特点, 压应力以两加载点为最大, 向左右两边扩展并衰减。

在纵截面上, σ_x 为法向应力, 它的分布与横截面上的 σ_y 很相近, 分布规律相同, 但应注意到, 由于纵截面的长高比比同一模型横截面的长高比大, 所以, 尽管在加载轴附近应力分布较密, 与横截面分布相同, 但距加载轴较远处的应力分布较分散, 有的出现了相反值, 从图4可以看出, 尽管各模型的形状不同, 但其内部的应力分布主要都集中在以双加载点为直径的球域内, 超出该球域, 则应力分布急剧衰减。所以试块的长高比和形状不同, 对其应力分布的影响并不大。

2. 加载轴上的应力分布

图5绘出了五种模型加载轴上的应力分布。除四面体绘出整个加载轴外, 其余四种模型只绘出了半加载轴。可以看出, 这五种模型在加载轴上应力分布规律基本相同。 σ_x 和 σ_y 基本

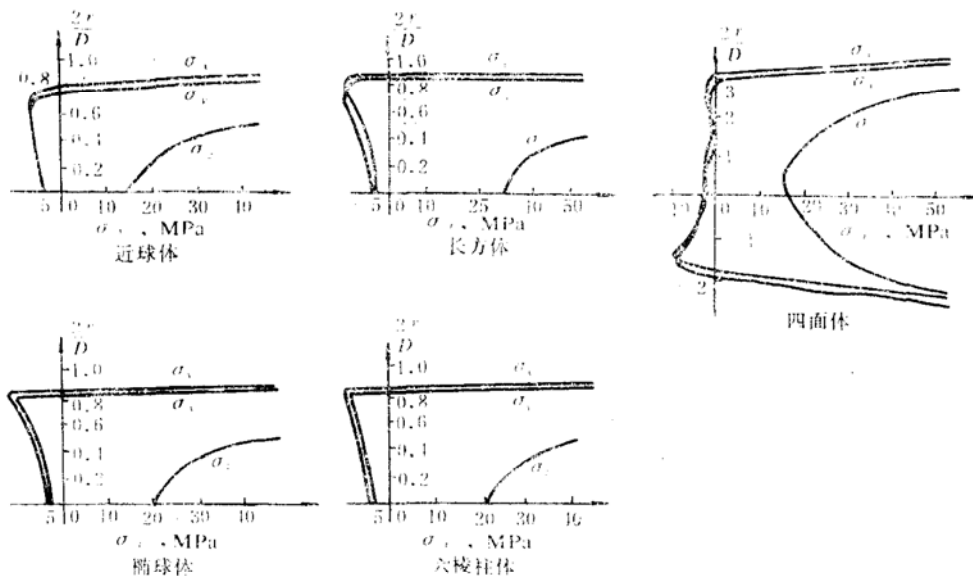


图5 五种模型加载轴上的应力分布

相等。大约在 $2r/D = 0.8$ 处(r ——加载轴上任一点距形心的距离, D ——两加载点间的距离)为零位点(即拉压分界点)。在受拉区, 靠零位点附近的某一点域上, 拉应力急剧增加, 约为正常值的2~3倍。其余各点 σ_x 和 σ_y 变化很小, 略呈线性, 大致相等。超过零位点, σ_x 和 σ_y 为压应力, 并随着 $2r/D$ 的增加而增大。在加载点处 σ_x 和 σ_y 值最大。 σ_z 为压应力, 它在加

载点处最大, 形心点处最小, 呈抛物线分布。

3. 模型的形状对其应力分布的影响

从上面的讨论我们知道, 模型的形状对其应力分布的影响较小。这个结论可以从下面两方面概括:

①加载轴上的应力分布对模型的破坏起决定性的作用。尽管本计算的五种模型的形状大不相同, 但是, 它们在加载轴上的应力分布规律都相同, 数值上基本相等。例如, 前四种模型(除四面体外)在形心点处 σ_x 的偏差为18.32%, σ_y 的偏差为15.28%, 这完全满足岩石类材料试验的精度要求。

②在横、纵截面上, 应力分布主要集中在以双加载点为直径的球域内, 超过该球域, 则应力急剧衰减, 甚至出现很小的相反值。因此, 对于长高比较大及形状不同的模型, 在此球域内的应力分布大致相同。

③四面体的应力分布与其他形状很不相同, 这是由于边界的夹角小于楔顶角(而其他形状均属大于), 而且不能保证以两加载点为直径的球域, 因此, 不宜作为试件形状。

从上看出, 采用不规则试块进行点荷载试验是基本上不受形状影响的。

三、现场点荷载试验

(一) 试块的采集和试验地点

石灰岩、砂岩和页岩的试验是在徐州矿务局旗山矿 104 工区, 将井下工作面的岩块拿到大巷中进行的。烟煤采自旗山矿 I 号采区, 在井口进行试验。

(二) 原始试验数据

1. 量测方法

体积数据: 在井下用天平称取所有试块的重量 P , 然后, 每种岩石任取五块, 在储满水的量筒中作排水试验, 量取其体积 V , 分别用这五块试块的体积去除各块重量, 并求其平均值, 即得该种岩石的容重 $\gamma = P/V$, 然后, 将该种岩石的每一块重量 P_i 被 γ 除之, 即得各试块的体积 $V_i = \frac{P_i}{\gamma}$ 。

面积数据: 在试验过程中, 把劈裂的试块的破坏断面画在纸上, 在现场用求积仪求出其面积。

双点间距数据: 用卡尺量取劈裂后的试块的两加载点间距。

这三种方法的量测均不复杂, 用其一或用其二的组合作为强度指标尺寸, 在工程上是完全可行的。

2. 原始试验数据

原始试验数据如表 2 所示。

(三) 强度指标的定义

根据量纲分析来确定试块的破坏荷载 P 与其体积 V 、破坏面积 A 和双点间距 D 之间的关系——强度指标, 然后通过数理统计和回归分析来确定最佳的强度指标。

1. 体积强度指标 $I_{SV} = P/V^{\frac{2}{3}}$

(1)

表2 试块原始数据表

项 目	单位	砂岩	石灰岩	页 岩		烟 煤	
加载方向		垂直层理	垂直层理	垂直层理	平行层理	垂直层理	平行层理
试块数量	块	64	70	48	21	40	22
质量范围	g	16—1007	13—621	10—1000	40—718	33—627	32—269
体积范围	cm ³	7—390	5—250	4—349	14—251	24—458	23—197
破坏面积	cm ²	2.8—50.6	2.2—39.2	2.9—38.2	5.6—28.9	6.8—39.7	5.7—29.7
双点间距	cm	1.0—5.96	1.4—5.4	0.9—5.0	1.3—4.97	1.8—4.9	1.9—5.4

$$2. \text{面积强度指标 } I_{SA} = P/A \quad (2)$$

$$3. \text{间距强度指标 } I_{SD} = P/D^2 \quad (3)$$

$$4. \text{体积——面积强度指标 } I_{SVA} = P/V^{\frac{1}{3}} \cdot A^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

$$5. \text{体积——间距强度指标 } I_{SVD} = P/V^{\frac{1}{3}} \cdot D \quad (5)$$

$$6. \text{面积——间距强度指标 } I_{SAD} = P/A^{\frac{1}{2}} \cdot D \quad (6)$$

式中 $I_{S(V,A,D)}$ ——强度指标, Pa; P ——试块破坏时的荷载, N; V ——试块的体积, cm³; A ——试块破坏后的断裂面积, cm²; D ——两加载点的间距, cm。

(四) 试验数据的数理统计和回归分析

1. 统计计算

通过上述的六个公式, 分别对四种岩石进行了计算, 并用计算机将计算结果绘出散点图。从这些图中可直观地看出 $I_{S(V,A,D)}$ 与 V 、 A 、 D 的变化规律。

根据散点图可大致地看出 $I_{S(V,A,D)}$ 的稳定范围, 即 $I_{S(V,A,D)}$ 分别随着 V 、 A 、 D 的增加而变化较小的范围。通过统计计算可以得出六种强度指标的平均值及其偏差(见表3,)这样可以从数值上定量地判断出各公式的优劣, 从而可以确定出最佳的强度指标。

通过散点图和统计计算可以得出:

(1) 用式(1)至式(6)计算出的点荷载强度指标都随着试块的体积、破坏面积和加载点间间距的增加而不同程度地略有降低。同一公式在各区间内的变化不尽相同。它们变化的总趋势可概括为三个阶段(图6): (a) 当试块的 V 、 A 和 D 较小时, 如石灰岩 $V < 25 \text{ cm}^3$ 、 $A < 10 \text{ cm}^2$ 、 $D < 2.3 \text{ cm}$ 强度指标的值较高且偏差较大, 该区间称剧增区间; (b) 在中间的某一区段内, 如石灰岩 $V = 25 \sim 130 \text{ cm}^3$ 、 $A = 10 \sim 20 \text{ cm}^2$ 、 $D = 2.3 \sim 4.5 \text{ cm}$, 强度指标比较稳定, 其偏差较小, 该区间称稳定区间; (c) 随着 V 、 A 和 D 的增加, 强度指标开始急剧下降, 该区间称衰减区间。

(2) 从表3可以看出, 若以偏差的大小来判断各强度指标的优劣, 则 I_{SVA} 为最佳的强度指标, 而 I_{SD} 为最差的强度指标, 其余四种差不多。组合后的强度指标的偏差比未组合的要小。例如页岩 I_{SD} 的偏差为21.39%, 但将 D 分别与 V 和 A 组合后的 I_{SVD} 和 I_{SAD} 的偏差为19.28%和15.5%; I_{SV} 和 I_{SA} 的偏差分别为17.44%和19.34%, 但二者组合后的 I_{SVA} 的偏差为14.52%。

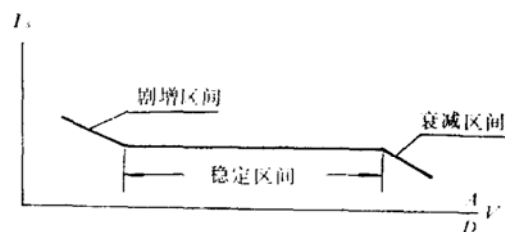


图6 强度指标变化规律示意图

表3 统计计算术表

项 目	单 位	石灰岩	砂 岩	页 岩		烟 煤	
加载方向		垂直层理	垂直层理	垂直层理	平行层理	垂直层理	平行层理
V	cm^3	25—130	30—200	25—200	14—250	24—134	23—160
I_{SV}	MPa	6.211	5.83	2.341	1.576	1.639	0.738
n	块	33	30	29	21	21	15
ν	%	17.73	20.12	17.44	21.03	27.21	23.1
A	cm^2	10—20	10—30	10—30	6—30	12—30	6—20
I_{SA}	MPa	7.279	6.815	2.455	1.69	1.795	0.76
n	块	33	27	29	21	21	15
ν	%	15.35	19.37	19.34	16.30	29.78	20.52
D	cm	2.3—4.5	2.2—5.0	1.3—3.7	2.0—5.0	2.6—4.5	2.5—4.8
I_{SD}	MPa	9.041	10.092	5.693	3.239	2.303	1.038
n	块	37	37	28	18	21	15
ν	%	19.15	22.15	21.39	24.47	30.55	17.67
I_{SVA}	MPa	6.379	5.944	2.471	1.605	1.40	0.728
n	块	33	27	28	21	20	15
ν	%	13.33	16.41	14.52	12.28	18.55	17.52
I_{SVD}	MPa	7.288	7.537	3.459	2.19	1.85	0.79
n	块	41	38	29	20	24	18
ν	%	15.14	20.85	19.28	21.56	26.21	18.86
I_{SAD}	MPa	7.847	7.73	3.921	2.353	1.853	0.772
n	块	43	37	26	19	23	18
ν	%	20.87	19.71	15.50	18.44	19.57	21.5

注：(1) 表中 n ——试块的数量， ν ——偏差，其它符号同前。

(2) 表中 V 、 A 、 D 之范围系指对应的强度指标较稳定的区间。

因此，本文建议采用式(4)作为不规则岩块的点荷载强度指标—— I_{SVA} 。

2. 回归分析

上面已经确定了 I_{SVA} 为最佳的强度指标。但 I_{SVA} 受试块的体积和破坏面面积的影响有多大？是否可以忽略？这可通过回归分析来确定(表4)。

通过回归分析可以得出：

(1) 无论是一元回归还是二元回归， I_{SVA} 在稳定区间内基本上与试块的体积无关，与破坏面积的关系也较小，它是比较稳定的。但 I_{SD} 却与加载点间距关系很大，即 D 的变化对式(3)的结果有很大的影响。所以，用式(4)作为不规则试块的点荷载强度指标是比较理想的。

表 4

回 归 分 析 表

	石灰岩	砂 岩	页 岩(12)	页 岩(11)	烟 煤(14)	烟 煤(11)
$I_{SVA}(V)$	71.3064 - 0.0631V	58.7504 - 0.0023V	25.0833 - 0.0058V	18.1552 - 0.0132V	15.4381 - 0.0022V	7.7569 - 0.0064V
$I_{SVA}(A)$	75.9854 - 0.5389A	62.4091 - 0.1374A	26.6875 - 0.1152A	19.6896 - 0.1322A	15.8980 - 0.0496A	7.2660 - 0.0011A
$I_{SVA}(V \cdot A)$	75.6676 + 0.0154V - 0.6425A	61.9865 + 0.0300V - 0.3290A	27.1069 + 0.0439V - 0.3478A	19.5758 - 0.0039V - 0.1537A	15.8401 + 0.0027V - 0.0515A	7.6091 + 0.0142V - 0.9451A
标准差	10.26	9.50	4.05	1.37	2.43	1.43
体积影响	无	无	无	无	无	无
面积影响	较 小	较 小	较 小	小	无	无
$I_{SD}(D)$	135.5671 - 13.5137D	136.6250 - 7.1362D	60.1503 - 6.4182D	53.6408 - 6.7930D	58.3521 - 8.5733D	15.4933 - 1.6609D
标准差	11.83	18.72	7.87	7.45	7.51	1.77
间距影响	很 大	很 大	大	很 大	很 大	大

注: (1) V 、 A 和 D 的影响之大小是通过回归平方和 P 因素分析 $T(T = \sqrt{P_i/S})$ 计算确定的。

(2) 通过显著性检验可知方程的置信度皆在85%以上。

(2) 综合考虑四种岩石的稳定区间, 可以认为, 对于各种岩石, 体积 $V = 100 \pm 30 \text{ cm}^3$, 面积 $A = 20 \pm 5 \text{ cm}^2$ 为标准区间, 在此区间内选择不规则岩块作为点荷载试验的试块。

(五) 比较

把本文所建议的不规则岩块点荷载强度指标 I_{SVA} [式(4)] 与布罗奇所建议的岩芯径向点荷载强度指数 I_s [式(3)], Brazilian试验(间接抗拉强度试验)和单向抗压强度试验各项的离散性(偏差)进行比较, 其结果见表5。

从表5中可以看出, 砂岩 I_{SVA} 的偏差与 I_s 的偏差基本相近; 页岩 I_{SVA} 的偏差比 I_s 的偏差小得多; 烟煤和页岩 I_{SVA} 的偏差比 σ_t 的偏差低得多; 石灰岩和砂岩 I_{SVA} 的偏差比 σ_t 的偏差略高; 四种岩石的 I_{SVA} 的偏差都比 σ_c 的偏差小得多。因此, 用不规则岩块的点荷载试验来作为岩石的强度指标是可行的。

应当注意到, 对于软岩, 如页岩和烟煤等, 要进行常规试验(如单向抗压、抗拉强度试验), 不仅试样加工困难, 而且其结果的偏差也很大。对此, 不规则岩块的点荷载试验充分显示出它的优越性。

(六) 试块存放时间对其强度的影响

进行岩石的常规试验, 从现场采样到实验室进行加工、试验, 在这过程中, 不可避免的由于岩石的裸露会出现岩石的干燥, 时间较长则会出现风化, 其强度将会受到影响。

探讨从现场开始, 在裸露条件下岩石强度的变化规律, 用常规试验的方法是不可能进行的, 因为要获得在现场条件下岩石的强度, 必须进行现场进行岩石的加工和试验, 这在目前是做不到的。但是, 不规则试块的点荷载试验却可做到。因为它可以在现场条件下进行岩石的强度试验, 不需要加工, 本文进行了这方面试验。

表5 比 较 表

试验名称	项 目	单 位	石 灰 岩	砂 岩	页 岩	烟 煤
不规则岩块的点 荷载试验	试块数量	块	33	27	28	20
	平均值 I_{SYA}	MPa	6.379	5.944	2.471	1.49
	偏 差	%	13.33	16.41	14.52	18.55
岩芯柱状点荷 载试验	试样数量	块		13	14	
	平均值 I_s	MPa		5.356	1.51	
	偏 差	%		17.9	67.5	
BRAZILIAN 试 验	试样数量	块	16	13	11	10
	平均值 σ_t	MPa	8.675	7.898	2.619	0.849
	偏 差	%	10.2	7.1	27.14	46.36
单向抗压强度 试 验	试样数量	块	9	8	7	7
	平均值 σ_c	MPa	36.168	35.586	24.942	20.398
	偏 差	%	21.7	23.24	39.38	21.8

试验是在两种岩石（砂岩和页岩）中进行的。将试块在井下做完一部分时间为零的试验即自然赋存状态下岩石的点荷载试验，然后带到井上，放在室温约为21℃的房屋内，每隔一定的时间做一部分岩块的点荷载试验，共进行了三十五天的观测。观察其强度指标的变化及变化规律。其结果见表6。

表6 测 试 结 果 表

时间(天)	0			3			7			12			15			25			35		
指 标	n	I_{SYA}	ν	n	I_{SYA}	ν	n	I_{SYA}	ν	n	I_{SYA}	ν	n	I_{SYA}	ν	n	I_{SYA}	ν	n	I_{SYA}	ν
单 位	块	MPa	(%)	块	MPa	(%)	块	MPa	(%)	块	MPa	(%)	块	MPa	(%)	块	MPa	(%)	块	MPa	(%)
砂 岩	27	5.94	16.41	16	6.4	21.3	17	6.82	27.2	15	5.87	18.6				15	5.44	19.3	16	5.11	19
页 岩	28	2.471	14.50	16	2.64	20.1	17	3.26	27				16	3.07	24.4	18	2.67	19.4	16	2.16	24.3

注：表中 n ——试块的数量； I_{SYA} ——强度指标平均值， ν ——偏差

从上表的试验结果可直观地看出点荷载强度指标随时间增长的变化情况，用PC-1500计算机将上表的 I_{SYA} 绘出图形，如图7所示。

试验证明，岩石的点荷载强度指标随着时间的增长变化很大。总的变化趋势是：开始时，自然赋存状态下的岩石强度较低，带到地面裸露后岩石的强度逐渐增大，大约在一周左右，其强度达到最大，然后又缓慢地降低。为何会产生这种现象呢？其原因可能是：在井下，试块是呈自然赋存状态，含水量较高，所以强度较低，将它带到井上后，由于没有封闭，这些

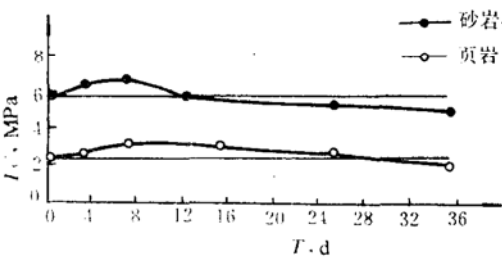


图7 试块采集后存放时间对强度的影响

水份逐渐蒸发而变得干燥,因而其强度也逐渐增大。当试块长时间裸露后,受到外界条件的影响便开始风化,其强度便逐渐降低。

岩石的常规试验,无论粗样保护得如何好,由于需要对它进行二次加工,做成标准试样,就得使粗样裸露,加工时还会造成二次损伤,这势必对岩石本身的强度有一定影响。但不规则岩块的点荷载试验,由于可进行现场的直接测试,就不存在着时间的影响和二次加工等问题,它能很好地反映出自然赋存状态下岩石强度。

四、结 论

1.通过对五种形状的模型的有限元分析得出,不规则岩块的形状对其应力分布的影响很小。因此,点荷载试验所采用的试块与其形状无关。

2.对四种岩石的不规则岩块做了点荷载试验(见表2)。通过统计分析计算,把六种强度指标的计算结果作了比较(见表3),得出式(4)为最佳的不规则岩块点荷载强度指标计算公式。确定了 I_{SVA} 的稳定区间: $V = 100 \pm 30 \text{ cm}^3$, $A = 20 \pm 5 \text{ cm}^2$ 。通过回归分析得出,在稳定区间内,体积对 I_{SVA} 的影响甚微,破坏面积对 I_{SVA} 的影响也很小(表4)。

3.将 I_{SVA} 的偏差同常规的抗压和抗拉强度试验以及岩芯径向点荷试验的偏差作了比较(表5),得知用不规则岩块的点荷试验来作为岩石的强度指标是可行的。

4.用不规则试件进行了试块存放时间对其强度影响的试验,得到了如文中的相应的规律,这是常规试验所不可能做到的。

参 考 文 献

- [1] 李先焯, 岩块力学性质, 煤炭工业出版社, 1983年1月。
- [2] 蒋永琼, 有限元法基础, 国防工业出版社, 1980年。
- [3] 中国科学院计算中心概率论组, 概率统计计算, 科学出版社, 1979年。
- [4] 李先焯、白涛, 岩芯径向点荷试验的研究, 煤炭学报, 1982年12月。
- [5] 李先焯、王越, 圆柱状试样径向点荷载试验的研究, 中国矿业学院学报, 1984年第2期。
- [6] Broch, N., The Use of Irregular Specimens for Rock Strength Tests, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, Vol. 14, No. 4, 1977.
- [7] Singh, D.P. and Singh, J.N., Determination of Compressive Strength of Rock by Testing Irregular Specimens, Journal of Mines Metals of Fuels, January, 1974.
- [8] 成都地质学院水文地质及工程地质系点荷载试验研究小组, 岩石点荷载试验, 地质出版社, 1979年。

A Study on the Point Load Test of Irregular Lump Rocks

Li Xianwei and Fu Xuemin

(China Institute of Mining and Technology, Xuzhou)

Abstract

The point load test of irregular lump rocks is a very promising and simple method for obtaining the indexes and the compressive and tensile strength of rock. In

this paper, the rocks of five typical shapes (approximate spheroid, ellipsoid, rectangular parallelepiped, prism and tetrahedroid) are calculated and analyzed by the finite element method. The distributive laws of stress of irregular lump rocks under the pressure of point loads are discussed. The stress distribution in all of the lumps are similar, except for the tetrahedroid which is very rare. These tests have led to an important conclusion that the shape of irregular lump rocks has not a significant influence on stress distribution.

Six strength indexes are defined. In situ, a large number of irregular lumps of various sizes of four types rocks (limestone, sandstone, shale and coal) are examined. By the method of statistical analysis, the optimal strength index and its stable region are determined. The comparison of the strength indexes of the tests with the index of the conventional uniaxial compressive strength, tensile strength and the strength index suggested by E. Broch about rock core subjected to radial point loads demonstrates that there exists the possibility for this test to take I_{svA} as the strength index of rock.