

中国—瑞典

冶金科技合作

第三阶段共同研究

论文集

An abstract graphic consisting of numerous parallel lines in light blue and grey, arranged in a series of steps or a staircase pattern, extending from the left side of the cover towards the right.

PROCEEDINGS
FOR THIRD PERIOD
OF SINO-SWEDISH JOINT
RESEARCH ON SCIENCE AND
TECHNOLOGY OF METALLURGY

A vertical decorative element on the left edge of the cover, featuring a series of red and white diagonal stripes.

冶金工业出版社

前 言



在国家科委的指导和支持下，在中国驻瑞典使馆的大力帮助下，中国—瑞典冶金科技合作自 1982 年签订长期合作协议以来，已经走过了近十年的历程，经历了三个合作阶段，取得了丰硕成果。对此，中瑞双方都表示十分满意，并对今后的合作寄予很大期望，表示极大的兴趣。

1983~1985 年为中瑞冶金科技合作的第一阶段，3 个合作项目的 16 篇论文（中文版）已由中国冶金工业出版社于 1987 年 10 月出版发行。

1986~1988 年为合作的第二阶段，6 个合作项目（另有一项延续到第三阶段）的 25 篇论文已于 1989 年分别由中国冶金工业出版社和原瑞典国家技术发展局（STU）出版了中、英文版。

1989~1991 年为合作的第三阶段。双方确定了 9 个合作项目：板形控制技术；铁合金脱磷；新型稀土永磁合金的制造、工艺和特性；水雾化奥氏体不锈钢烧结时的表面反应和粉末冶金钛基合金的强韧化；液相烧结；细粒矿物的湿式强磁选；计算机岩石分级和模拟岩石工程设计；岩石爆破图像分析（第二阶段延续项目）；重型车辆的腐蚀—分析与对策。另外，还有一个与 STU 的能源合作项目，即铁合金生产和钢的直接合金化熔融还原技术开发。经过中瑞双方冶金专家的共同努力，这 10 个项

目都已如期完成，取得了令人满意的成果。双方一致同意，1992年9月将在中国举行第三阶段中瑞冶金科技合作总结交流会，并由中瑞双方分别出版合作项目论文集的中、英文版。

本文集汇集了中瑞冶金科技合作第三阶段10个项目的54篇论文，专业涉及采矿、选矿、冶炼、轧钢、新材料和计算机应用等方面，可供从事这些专业的科技工作者参考。

值此文集出版之际，我们谨向为推动和发展中瑞冶金科技合作的各位女士、先生们致以衷心的感谢，并竭诚希望这种合作能够得到继续深入的发展。

中华人民共和国冶金工业部科学技术司

1992年3月

目 录

计算机岩石分级和模拟岩石工程设计

瑞典、基鲁纳矿区岩石力学参数匹配方法的研究.....	(3)
钻孔与节理相对位置的研究	(11)
基鲁纳铁矿节理和钻孔资料的开发	(22)
瑞典基鲁纳铁矿奥斯卡及 MSTM 矿区岩体稳定性质量分级的 研究	(29)
节理岩石试件中节理和岩桥的循环加载特征	(36)
核废料冰川作用和热载荷的岩体反应	(42)
核废料贮藏室的开挖、热载荷及膨胀岩石膨胀压力的模拟	(50)
核废料贮藏室现场的岩体数值模拟	(62)
冰蚀、热载荷及地震作用下断裂岩体的模拟	(72)
离散元法在顶板管理和岩层移动研究中的应用	(81)
充分变形离散单元法及其在采矿中的应用	(85)
离散元法在崩落法放矿中应用的研究	(91)

岩石爆破图像分析

岩石爆破破碎摄影-图像分析技术的研究	(103)
摄影底片分析系统的研究.....	(116)

细粒矿物的湿式强磁选

细粒赤铁矿的高梯度磁分离研究.....	(129)
采用湿式磁选方法回收细粒级和微细粒级赤铁矿和铬铁矿矿粒.....	(136)

锰铁脱磷研究

锰铁合金脱磷方法的热力学分析.....	(159)
Fe—Mn—C—P 熔体中磷和锰活度的研究	(166)
磷在锰铁熔体和 CaO—BaO—CaF ₂ 渣系间的平衡	(173)

含 Ba 熔剂处理高碳锰铁熔体氧化脱磷的研究	(184)
高炉锰铁氧化脱磷的工艺研究	(190)
锰铁合金还原脱磷的研究	(199)
锰铁合金预脱硅的实验研究	(206)
铬铁熔体氧化脱磷的可能性研究	(214)
高铬铁基熔体中磷和铬的活度的研究	(220)
BaO—BaCl ₂ 熔剂对铬铁熔体氧化脱磷的实验研究	(227)
碳素铬铁脱磷实验研究	(232)
铬铁熔体还原脱磷的实验研究	(238)
锰铁熔体脱磷 (I 理论分析)	(244)
锰铁熔体脱磷 (II 实验室研究)	(260)

铁合金生产和钢的直接合金化熔融还原技术研究

渣中铬矿球团初期熔融现象的研究	(275)
含碳铬球团固态还原动力学和回转窑预还原过程解析	(283)
两步法铁浴熔融还原生产铬铁合金可行性工程分析	(290)
碳饱和铁液还原渣中 MnO 的动力学	(298)
C—Fe—X (X=Mn、Si、Cr、Ni) 熔体中组元活度的解析	(305)
固体碳还原 CaO—SiO ₂ —MgO—Al ₂ O ₃ 渣中熔融铬氧化物机理 的研究	(312)
喷入钢包金属熔池内颗粒的传质和运动行为	(327)

板型控制技术

轧辊轴移轧机的原理研究	(343)
用 MEFOS 基于物理基础的计算机模型仿真优化板形和断面 的方法	(351)
HC 轧机纵向刚度的计算与实测	(357)
新型六辊冷轧机的设备和工艺特性	(369)
工作辊轴移的四辊轧机和六辊轧机板形仿真程序 CROWN 的 发展	(374)

水雾化奥氏体不锈钢烧结时的表面反应和 粉末冶金铁基合金的强韧化

粉末冶金不锈钢生产中的表面反应	(383)
水雾化奥氏体不锈钢粉末的表面分析	(396)
在水雾化和烧结奥氏体不锈钢粉时形成的表面产物	(401)

水雾化时添加 1.5%Si 对 304L 奥氏体不锈钢的组织 and 性能的影响.....	(409)
露点对水雾化奥氏体不锈钢粉末烧结时的表面反应的影响.....	(417)
碳、硅和铝对水雾化奥氏体不锈钢粉末烧结时的表面反应的影响.....	(424)
不锈钢粉末真空烧结时还原反应过程的分析 and 最佳石墨添加量的计算.....	(434)

液 相 烧 结

含 Fe—Si—Mn 母合金的烧结钢的组织与性能研究	(445)
液相烧结粉末冶金 Fe—Mn—Si—C 钢的制做与机械性能试验	(455)

新型稀土永磁合金的制造、工艺和特性

合金成分和热处理工艺对 Nd—Fe—B 基稀土永磁性能的影响 ...	(465)
高性能 Nd—Fe—B 永磁体的特性、制造技术及合金成分(综述) ...	(471)
含 Nb、Ga、Si 快淬 Nd—Fe—B 合金的显微组织结构与磁性能	(487)

重型车辆的腐蚀——分析与对策

重型运输车辆的腐蚀——对斯德哥尔摩运输公司所属车辆调查.....	(511)
瑞典重型卡车的腐蚀状况调查报告.....	(521)
重型运输车辆的腐蚀——在瑞典及中国的试验站曝晒一年及汽车挂片结果.....	(530)
重型车辆的腐蚀——在中国和瑞典的试验场地两年挂片试验.....	(554)
重型运输车辆的腐蚀——四年暴露试验后的报告.....	(582)
中国公共汽车腐蚀损伤调查报告.....	(615)
中国卡车腐蚀状况调查报告.....	(628)
瑞典与中国重型运输车辆的腐蚀——分析及对策.....	(638)

计算机岩石分级和模拟岩石 工 程 设 计

瑞典、基鲁纳矿区 岩石力学参数匹配方法的研究

林韵梅 王维纲 施小博 (中国东北工学院)

Berit Alm Ove Stephansson (瑞典律利欧工业大学)

摘 要

在将数值分级方法应用于采矿的过程中,岩石力学性质扮演着重要的角色。然而,获取满足动态分级法要求的岩石力学的数据相当费时费力。有一种方法有可能将矿山长期开挖中聚集的资料加以利用。很明显,这样做会使得数值分级法对采矿工程有相当大的帮助。数值分级法中使用的指标都是成组配套的,而矿山的节理资料和钻孔数据处在不同的空间位置,本文研究了如何将这两种数据匹配起来的问题,以便将它们使用在岩石稳定性分级中。

1 概 述

任何为支护或采矿设计服务的岩石分类方法必须采用各种岩石力学参数作为分类判据。挪威地质学院的 N. 巴顿 (N. Barton)、利恩和伦德^(1,2),于 1974 年提出的隧道质量指标分类法 (NGI 法) 中建议的判据为以下六个:

- (1) RQD (岩石质量指数);
- (2) J_n (节理组的数目);
- (3) J_s (节理组的变异);
- (4) J_r (节理组的粗糙度);
- (5) J_w (节理组的含水折减系数);
- (6) SRF (应力折减系数)。

比尼阿伍斯基 (Bieniawski) 的岩体分类法⁽³⁾给出任一岩体单元的分值 (RMR), 其中包含的参数为: 岩石抗压强度 (或点荷载强度), 节理间距, 节理产状, 岩体应力和地下水。

哈萨吉 (Hansagi)⁽⁴⁾使用了一种取名为 C 系数的岩芯分级法, 并将此应用在斯德哥尔摩地铁的新隧道中, 也曾用于瑞典北部基鲁纳 (Kiruna) 的 Kiirunavaara 铁矿。 C 系数与 RQD 是有区别的。 RQD 值为长度大于 10cm 岩芯段之总长与全部岩芯段总长之比值; 而 C 系数则

按下式进行计算:

$$C = \frac{1}{2}s(pH + K/n)$$

式中 s ——钻孔中的某区段长度;

p ——与 s 长度相应岩芯中获得的岩块数目;

H ——圆柱形试件的长度, 通常 $H/D=2$;

D ——岩芯的直径;

K ——长度大于 H 岩芯的总长度;

n ——长度大于 H 岩芯块段的数量。

1984 年在林韵梅提出的动态分级法^[7,8,9,10]中, 她建议先用各参数的统计相关值作为选择岩体分级判据组合的初步依据, 然后通过聚类分析、概率分析与可靠性分析, 在建立的中华人民共和国冶金矿山岩石参数数据库的基础之上, 优选出四个分级指标, 它们是:

- (1) 点荷载强度 (或由单轴抗压强度换算获得的值);
- (2) 平均节理间距;
- (3) 声波速度;
- (4) 位移稳定时间。

在其它矿山或采矿区, 当抽样总体有变化时, 最佳判据组合也可能会变化。例如, 在该地区地下水成为引起岩体不稳定的主要原因之一时, 该因素就应被选入判据组之内。

A. K. Ghose^[12]研究并通过主成份分析 (PCA) 与因素分析法选择了五个参数作为印度煤系岩层的分级判据, 它们是: 层面间距, 岩石强度, 风化程度, 地下水条件和结构破坏 (1989 年)。从上面所提及的判据和其它各种分类方法中, 我们可以看到: 在岩体稳定性分析中岩石力学参数的极端重要意义。同时, 众所周知, 为了测量和提取满足各种岩石分析方法所需的参数数据, 需耗费大量的财力与时间。所以, 如能利用矿山开采过程中长期积累的资料来进行分级, 必将大大促进建立在聚类分析和统计分析上的数值分类方法的广泛应用。

实际上, 在任一矿山都会经常地积累两方面的数据资料。一是节理调查 (包括测线法调查和窗口法调查), 在这类工作中地质工作者记录下各节理组的走向和倾角。另一是系统勘探钻孔网, 从获得的岩芯即可鉴别岩种, 测量出岩石或矿石的力学和化学性质, 又可提供有关节理间距的信息, 用 RQD 表示, 或换算成统计意义上的各向同性区域内各节理组的平均间距。很明显, 充分运用这两类资料为矿山建立分类体系的途径是最经济与有效的。不过, 企图应用这些资料时存在的最大困难是人们无法确定那些坐标上的节理资料和钻孔资料可视为同一组的参数来加以组合。本文则提供了一种解决此问题的计算方法。

本文以该方法原理与程序编制中的简要介绍为主, 有关此法在基鲁纳 (Kiruna) 矿的应用与结果将在另文中介绍。

2 公共域的思路

在复杂多变的节理组条件下将节理资料和钻孔资料匹配成组是很困难的。因为, 在一个矿山中经常出现许多不同类型的节理模式。尽管我们可以通过统计方法将节理资料加以处理, 形成节理概率模型, 但我们却无法在每套参数组中使用这种统计的模型来代替个别

的节理信息,因为这样一来,不同区域处岩体在级别上理应表现出来的差异将会消失,从而使确定出来的级别与实际情况不符。所以匹配参数时应致力于去收集某参数个体的数值,或者,起码是某个具有均质岩种和同样岩体结构的有限区域内的平均数值。

通常,我们可从地质节理调查中测得节理组的走向,倾向,倾角和有关的其它信息,并可将此节理与其测量处的坐标 X_j, Y_j, Z_j 联系在一起。另一方面,可从各钻孔不同岩石系列的各岩芯中获得岩石的其它结构或力学特征,如 C 系数, RQD 和强度值,并与其对应的坐标 X_b, Y_b, Z_b 结合起来。众所周知,人们不可能在同一处取得两组数据,即使要量测岩芯的抗压强度,也必须从相邻的几处采取试样。所以,对于同一位置或同一坐标的理解必然扩展到其邻域。而公共域的构思就是假设在岩体中存在一个矩形的三维域,其空间可定义为各面均平行于坐标轴的一个三维匣子,且其大小为某个阈值所决定。该域的尺寸可按下列要求决定:

- (1) 在域内的岩种一致;
- (2) 在域内的岩体结构一致;
- (3) 与矿区勘探用的钻孔网相匹配;
- (4) 阈值合理。

如有一节理 J (图 1),在 X_1, Y_1, Z_1 处测得,该节理可能与一已钻进的孔在 X, Y, Z 处相交,且 X_1, Y_1, Z_1 与 X, Y, Z 坐标点之间的距离小于公共域一个边的尺寸,则我们认为自该两处节理与岩芯中获得的信息可纳入同一个参数组,因为它们均落入一个在统计意义上各向同性的岩石域内,因而可表征为同一类型的岩石与岩体结构。

理论上,在隧道中的任一节理平面总会与某钻孔上或其延长线的一点相遇,只要它们不平行且是连续的。

图 1 是节理平面 A 与钻孔 B 相交的示意图,其中 $J-P$ 等于节理 J 量测点与相交点 P 的距离。 $J-P$ 线应当小于 L ,该值定义为在不同地质区段上用来组合上述两类参数用的公共域阈值。

由于在岩体中的不连续面具有多种形式,它们可能是持续地伸展,因而在所研究的域内可认为是连续的,也可能在岩体内中断并呈现岩桥。在选择阈值时本应考虑到后一种情况,但如今,无论是采用地质调查或者钻孔勘探调查的方法,都很难逐个地给出个别节理的实际迹长。如前所述,我们又不能用迹长分布函数等方法获得的平均迹长来代替各节理的实际迹长,因此阈值应尽可能选择得小一些,因为阈值的减少有助于提高两组量测数据组合一起时的置信度。

3 节理与钻孔资料组合时的设计方法

搜索一个节理和一个钻孔交切点的计算方法是一个三维空间问题。将此空间问题分解为若干二维解,则计算中的许多困难将迎刃而解。

下面介绍分解为二维问题的步骤(图 2,图 3):

(1) 决定某钻孔与地质节理测量水平面的相交点 B 。例如,假设某钻孔由 547m 水平的 X_{b1}, Y_{b1}, Z_{b1} 处开始钻进,而某节理在 594m 水平的 X_j, Y_j, Z_j 处测得,则钻孔口 B_1 与节理量测水平的交点 B 之间的距离(图 3),可按下式求得:

$$B_1B = Z/\sin\theta$$

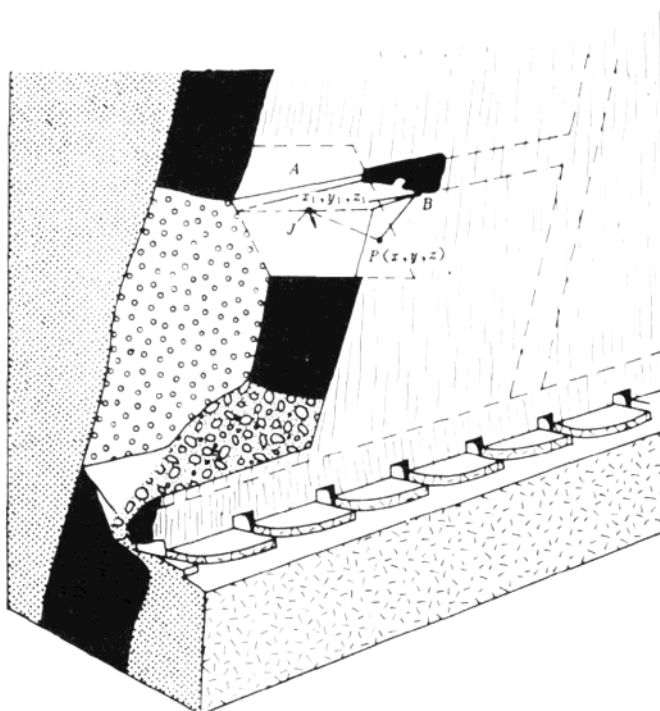


图1 钻孔B与节理面在P点相交的示意图

式中 Z ——钻孔口所在水平与节理量测水平之间的高程差；

θ ——钻孔与水平面夹角。

于是，由图3，我们有：

$$X_b = X_{b1} + B_1 B \cos \theta$$

$$Y_b = Y_{b1}$$

$$Z_b = Z_{b1} + Z$$

式中 X_b , Y_b , Z_b 为钻孔通过节理量测水平时相交点B的坐标。

(2) 按下式决定图2中 X_b , Y_b , Z_b 与 X_j , Y_j , Z_j 之间的距离，该值为求解以下各步骤的基础值。

$$JB = [(x_j - x_b)^2 + (y_j - y_b)^2 + (z_j - z_b)^2]^{1/2}$$

(3) 求解图2中水平面上三角形JBD，决定BD的长度。

(4) 求解图2中垂直平面上三角形BDP，决定BP的长度，从而可确定钻孔与节理相交点P的位置。如该长度为负值或大于钻孔的长度，则表明该节理的资料不能用来与该钻孔

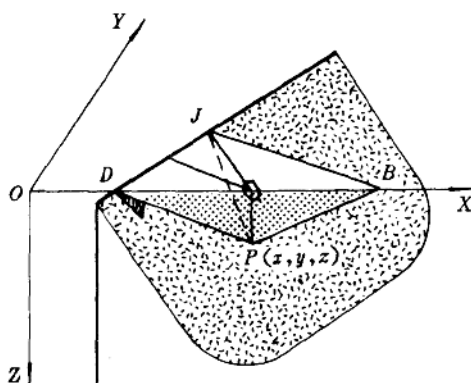


图2 钻孔与节理相交点的坐标图

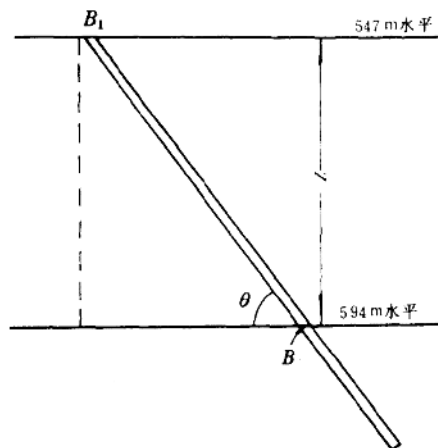


图3 通过两个水平的钻孔图

的信息结合成为一个参数组，因为在该点上实际上并不存在钻孔，只是由于钻孔线延长而产生的虚拟交点。

(5) 计算图2中由相交点 P 到节理量测点坐标 J 之间的距离，该距离也可利用两点的坐标值获得，即：

$$JP = [(x_j - x)^2 + (y_j - y)^2 + (z_j - z)^2]^{1/2}$$

如 JP 值小于阈值 L ，则可以认为根据地，从所测节理和钻孔与节理相交点 P 处岩芯所获得的两方面资料可匹配为同一组的数据，并可纳入抽样总体。

尽管整个计算方法基于很简单的几何原理，实际上，由于节理组资料与钻孔资料的多样化，程序的编制是不很容易的，在读者中使用此程序时将对此有充分的理解。

4 LWL 程序编制说明

如前所述，需要编制一个专用的程序来组合不同量测方法取得的资料。本文中介绍的 LWL 程序旨在帮助那些拥有钻孔与节理资料，并对匹配资料和建立数据库感兴趣的读者。

4.1 符号意义

$AJ(I, K)$ —— 存放节理数目与节理参数的两维数组；

$AB(I, K)$ —— 存放钻孔数目与钻孔参数的两维数组；

NJ, MJ —— 输入的钻孔及其参数的数目；

NB, MB —— 输入的节理及其参数的数目；

AX —— 在节理量测水平上计算的节理和钻孔沿 X 坐标方向的距离；

AY —— 在节理量测水平上计算的节理和钻孔沿 Z 坐标方向的距离，该距离等于图2中所示的距离 JB ；

AZ —— 在节理量测水平上计算的节理和钻孔口沿 Z 坐标方向的距离；

AL —— 在节理量测水平上钻孔通过点与节理量测点之间的水平距离，该距离等于图2中所示的距离 JB ；

$ALJI(I)$ —— 存放 JB 距离的一维数组;

$BL(I)$ —— 为存放钻孔口到 P 相交点距离的一维数组, 它应当等于 B 、 P 。

4.2 基鲁纳 (Kiruna) 矿区当地使用的地质坐标系

Kiirunavaara 矿的局部坐标系 (X, Y, Z) 与目前国际上所使用的笛卡尔坐标是不相同的, 因此有必要对此局部坐标与笛卡尔坐标的关系作如下说明:

- (1) X 坐标的正方向为 $N101^{\circ}E$;
- (2) Y 坐标的正方向为 $N191^{\circ}E$;
- (3) Z 坐标的正方向垂直向下。

此外, 在该矿所记录的钻孔倾角系孔轴线与垂直轴 Z 方向之间的夹角, 钻孔与节理的走向均以该局部坐标系的 X 轴为基准计算角度, 而不是以北为准的走向角, 而节理的倾角却系节理平面与水平面之间的夹角, 因此在该程序中对于按当地规定建立与输入的原始数据均作了修正, 使之能自动与几何计算方法上熟知的规则互相配合, 当在其它矿山中应用此程序时, 应按照该矿习惯使用的记录方式对程序重新加以调整。

4.3 LWL 程序适用范围

LWL 程序可自动识别与适用于以下七种特殊情况:

- (1) 钻孔和节理的倾角均等于零;
- (2) 节理面的倾角等于零和钻孔口水平低于节理量测水平;
- (3) 节理倾角等于零和钻孔口与被量测节理位于同一水平;
- (4) 节理倾角等于零和钻孔开口水平高于节理量测水平;
- (5) 钻孔倾角等于零和节理倾角不等于零;
- (6) 节理走向平行于钻孔轴线, 即平行于 Y 轴, 因节理与钻孔交点 P 可在节理量测水平之上或之下而需划分为两种子情况;
- (7) 钻孔和节理两者的倾角均不等于零。在应用时这种情况最多, 而且这一普遍情况又可划分为以下七种情况:

1) 在节理量测水平上节理与钻孔通过处岩芯之间沿 X 坐标和 Y 坐标方向的距离 (AX 和 AY) 均等于或近似地等于零 (图 4 中的情况 A);

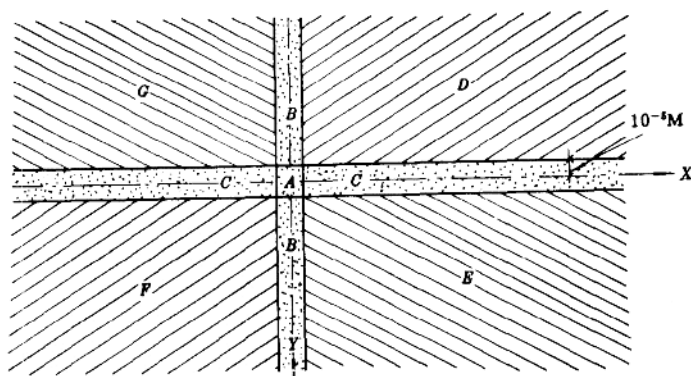


图 4 表示 AX 与 AY 各种特殊情况的区域图

- 2) AX 近似地等于零, 而 AY 不等于零 (图 4 中的情况 B);
- 3) AX 不等于零, 而 AY 近似地等于零 (图 4 中的情况 C);
- 4) AX 大于零和 AY 小于零 (图 4 中的情况 D);
- 5) AX 与 AY 两者均大于零 (图 4 中的情况 E);
- 6) AX 小于零和 AY 大于零 (图 4 中的情况 F);
- 7) AX 与 AY 两者均小于零 (图 4 中的情况 G)。

以上七种情况的符号分别相应于图 4 所示的各区域。

在这七个区域中, 由于节理走向线与 AL 线在 Y 轴方向上的相对关系可划分为与垂直三角形分别在节理量测水平的上方或下方相交两种情况, 而在节理与钻孔两者倾角均不等于零的条件下可发生 $4 \times 7 = 28$ 种不同的计算过程。

综上所述, 该程序自动识别的七种主情况可分解为 35 个子情况 (表 1)。

表 1 各种自动识别情况下的子情况

主情况	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
可分解为	1	1	1	1	1	$1 \times 2 = 2$	$4 \times 7 = 28$

4.4 程序的自动检查功能

为了保证计算的精度与防止出错, 在求解水平三角形与垂直三角形时均设计了检验语句, 即图 2 所示的 JB (程序中为 AL) 与 BD (程序中为 AL_1) 分别通过两条途径各自求解出两个值, 并计算其误差; 如出现明显误差, 则使用者可很容易在计算过程中发现问题, 并加以纠正。

有关程序的细节与程序本身详见“LWL 程序及其程序说明书”。

参 考 文 献

- [1] Barton, N., Lien, R. and Lunde, J., *Engineering classification of rock masses for the design of tunnel supports*, *Rock Mechanics*, 6 (4), 1974, 189~236.
- [2] Barton, N., *Recent experiences with Q—system of tunnel support design*, *Proc. Symp. on Exploration for Rock Engineering, Johannesburg, South Africa*, 1, 1976, 107~177.
- [3] Bieniawski, Z. T., *The geomechanics classification in rock engineering applications*, *Proc. 4th Int. Congr. of Rock Mechanics, Montreal*, 1979, Vol. 2, 41~48.
- [4] Laubscher, D. H., *Design aspects and effectiveness of support systems in different mining conditions*, *Trans. Inst. Min. Metall.*, 1, 1984, 70~81.
- [5] Hansagi, I., *Numerical determination of mechanical properties of rock and of rock masses*, *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.*, 2, 1965.
- [6] Hansagi, I., *A method of determining the degree of fissuration of rock*, *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomechan. Abstr.*, 11, 1974, 379~388.
- [7] 林韵梅, 围岩稳定性的动态分级法, 围岩稳定性分级鉴定会议报告, 东北工学院, 1984 年 7 月, 90.
- [8] Lin, Yunmei etc., *Dynamic cluster analysis applied to engineering stability classification of rock mass*, *Int. Symp. on Mining Technology and Science*.
- [9] Lin, Yunmei, *Cluster analysis through computer and its application*, *Proc. Int. Symp. on Engineering in Complex Rock Formations*, Science Press, Beijing, 1986, 82~90.

- [10] Lin, Yunmei, *A study of computer engineering classification method. Int. Symp. on Numerical Methods in Geomechanics*, 1988, 1971~1979.
- [11] De Souza, E. M. and Archibald, J. F. , *Rock classification as an influence in mine design operations. Min. Sci. & Technol.* , 6, 1987, 1~8.
- [12] Ghose, A. K. , *Rockmass classification for design of roof supports—a statistical evaluation of parameters. Min. Sci. & Technol.* , 8, (2), 1989, 97~107.

钻孔与节理相对位置的研究

施小博 林韵梅 王维纲 (中国东北工学院)

摘 要

本文用空间解析几何法和矢量法研究了矿山中节理平面与钻孔的空间相对位置,即二者相交、相离和相互平行的条件。为在数值分级法中使用成套的节理和钻孔数据提供了理论计算基础。

1 引 言

在瑞典的基鲁纳铁矿,有相当多的 c -factor 数据资料(一种描述岩石裂隙及强度的指标⁽¹⁾)及包含了方位和类型的节理资料。 c -factor 及节理这两个指标对岩石开挖体的稳定性有着很大的影响。在东北工学院开发的岩体稳定性动态分级法中,使用了所有影响开挖体稳定性的参数,而这些参数必须是配套的,这意味着分级中使用的每一组参数都是在同一点上测得。这里所说的同一点,实际是同一立方块,该立方块很小,工程上可以将其视为“一点”。例如在图 1 中,设有三个参数(P_1, P_2, P_3)在分级中使用,在五个点($b_1, b_2, \dots, b_5$)上取样来研究该开挖体的稳定性,则这三个参数(P_1, P_2, P_3)都应是在每个点($b_1 \sim b_5$)上测得的。我们称这样数据为一组数据。

$\bullet b_1 (P_1, P_2, P_3) \quad \bullet b_2 (P_1, P_2, P_3) \dots \quad \bullet b_5 (P_1, P_2, P_3)$

an excavation

图 1 参数配套概念解释用图

但是,基鲁纳铁矿的 c -factor 资料是从钻孔岩芯中获得的,而节理资料并不与这些 c -factor 数据相匹配,几乎所有的钻孔在 Y 坐标面内,而节理都是在水平巷道中测量的。因为节理实际上都是某种形式的面,所以它们在空间上有可能与上述的钻孔相交。本文即研究它们是否相交。如果相交,则在交点处就可以获得 c -factor 与节理相配套的资料,这样就可以使基鲁纳铁矿的资料得以更有效地利用,而且也是分级中一个重要部分。