

全风化花岗岩样品中粘土矿物含量变化对比

尚彦军¹, 岳中琦², 王思敬¹, 涂新斌¹

1. 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029

2. 香港大学土木工程系, 香港

摘要: 全风化花岗岩三大矿物组分——石英、长石和粘土矿物含量变化情况怎样? 粘土矿物含量变化幅度多大? 以香港九龙3个探坑中采到的18箱(边长30 cm的立方体)样品为例, 将1箱样品的不同区分别取样后的XRD鉴定结果(包括全岩3种主要矿物成分变化、粘粒中高岭石和伊利石变化范围值)进行对比, 结果发现它们中矿物成分含量变化范围一般为10%~20%。高岭石相对含量变化幅度大于伊利石, 粗粒结构样品变化值大于细粒样品值。对同一样品不同分析人员得出的结果差别很大。分析后认为样品自身的非均质性和分析人员经验不同, 都可造成粘土矿物含量的明显差别。为进一步分析XRD鉴定样品间矿物成分差异值的可靠性, 还将XRD结果同薄片统计结果进行了对比, 结果发现来自石硤尾样品中的石英含量普遍较高, 长石含量普遍较低, 而粘土矿物含量在石硤尾和观塘都有高有低。从两者差值看, 矿物含量相差0%~35%。这项研究说明全风化花岗岩一定范围内的非均质性程度同风化物中矿物是原矿物还是粘土矿物的认定一起对最终结果产生很大影响。

关键词: 粘粒; 粘土矿物; 全风化花岗岩; 香港。

中图分类号: P578

文章编号: 1000-2383(2005)03-0381-06

收稿日期: 2004-03-12

Variation of Clay Mineral Contents in Completely Decomposed Granite

SHANG Yan-jun¹, YUE Zhong-qi², WANG Si-jing¹, TU Xin-bin¹

1. Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China

2. Department of Civil Engineering, The University of Hong Kong, Hong Kong, China

Abstract: There are three major components in completely decomposed granite (CDG): quartz, feldspar and clay mineral. How about the variation and the value range of their contents, especially the clay mineral? Taking samples from 18 blocks (each side 30 cm length) from 3 trial pits in Kowloon, Hong Kong, as an example, we try to solve this problem. The specimens for XRD test are cut from different zones in the blocks. The test results (involving the three components contents, percentages of kaolinite and of illite in clay size particles) are analyzed and compared. It is found that the mineral contents generally vary within a range of 10%–20%; the varied range of kaolinite content is bigger than that of illite; the change values of specimens with coarse-particle structures are larger than that of finer-particle structures; and the results from different analyzers vary to an extent. After analysis it is known that both the inhomogeneity of CDG and the experiences of analyzers mostly make the clay mineral contents change even in the same zone of one block. Furthermore, the XRD results are compared with those from statistic values via thin sections to check the variation of mineral contents. As a result, it is shown that for the mineral contents from XRD, the quartz is usually higher, the feldspar is smaller, and the clay mineral higher and smaller for different specimens. The mineral contents from XRD and thin section are different in a range of 0%–35%. Totally this research quantitatively describes the inhomogeneity of the CDG in block and trial pit sizes, which together with the identification of initial mineral or secondary clay mineral (e. g. feldspar or kaolinite, mica or vermiculite), causes the variations of the content results to a great extent.

Key words: clay size particle; clay mineral; completely decomposed granite; Hong Kong.

基金项目: 香港大学边坡信息资讯中心项目。

作者简介: 尚彦军(1967—), 男, 博士, 副研究员, 主要从事水文工程地质科研工作。E-mail: jun94@mail.igcas.ac.cn

0 引言

对东南沿海风化花岗岩矿物(尤其是粘土矿物)成分,许多人从工程地质和第四纪地质角度进行过研究(王清等,1992;黄镇国等,1996).尚彦军等(2001)曾对香港 149 件风化花岗岩样品中矿物成分含量随风化程度变化进行过统计分析.从以往研究看,对一定尺寸样品中矿物成分变化(差别)研究较少,而这对非均质性较强、自生粘土矿物为主的全风化花岗岩来说此问题尤为突出.对其分析,一方面可了解同级风化样品中矿物成分变化,另一方面可掌握样品非均质性造成的风化物中矿物含量差别,其结果对深入认识该类土工程地质性质和环境变化很有意义.

据分析,差别的主要原因除样品自身的非均质性外,还有分析仪器和方法、操作人员经验水平等方面因素.本研究以香港九龙 2 处山坡顶部的 3 个探坑中所采 18 箱(边长 30 cm 的立方体)样品为例,先按照颜色和结构特征分区,然后在各区分别取样.对这些样品矿物成分鉴定采用了多种方法,这里仅介绍 XRD 全岩和粘粒分析相结合、不同人员测试结果对比、XRD 结果同薄片统计矿物含量对比等主要方法.在对比分析基础上,试图弄清各区样品中矿物(尤其是粘土矿物)含量差别,以及上述各因素对这些差值的影响程度.这对分析取样点矿物成分含量数据代表性如何、变化范围多大等问题,应会有些启示.

1 实验

1.1 样品描述和分区采样

18 箱中 47 个样品采自香港九龙石硤尾和观塘

(分别简称为 S 和 K)2 处人工边坡上部 3 个探坑(代号分别为 skm1, skm2, kt; 坑体宽 2~3 m, 深 3 m)中,分别为褐红色中粗粒和灰黄色细粒全风化花岗岩(CDG).花岗岩形成时代为晚中生代(Strange and Shaw, 1986).前者(S)为中粗粒结构,风化程度较高;后者(K)为中细粒结构,风化程度较低(图 1).

石硤尾(S)边坡出露的核石为红褐色中粗粒半自形黑云花岗岩.全风化花岗岩一探坑(skm2)中见陡接触蚀变带.全风化土体中有残留的缓倾原生冷凝面、中等倾斜的剪节理.前者呈灰黑色条带,后者呈褐黄色条斑结构.样品开挖容易,风干后成散土状(图 1a).

观塘(K)所采为褐黄色细粒全风化花岗岩,夹有粗大钾长石斑晶条块.探坑中见有一组剪节理和一组张节理.样品较硬,切削不易且易沿着陡倾节理面张开(图 1b).

开箱后对样品各面进行颜色、结构和矿物成分观察,然后对整个样品进行分区(图 2).在各区中分别采样.对采自一箱样品中不同区的试样统一编号,再对它们分析测试.其变化基本反映了箱体尺寸范围内矿物成分分布.同样可对比同一探坑范围内样品矿物成分变化.

1.2 仪器和方法

按有关分析方法(张乃娴和付景春,1980;张乃娴等,1990),全岩样品 XRD 分析通过常规机械研磨,将全部样品制成非定向样品片,在 X-射线衍射仪上摄取 XRD 图谱.提纯后的粘粒样品(粒径 < 2 μm)分别制成 3 个定向片(原样定向片、乙二醇处理定向片和加热处理定向片),在 X-射线衍射仪上

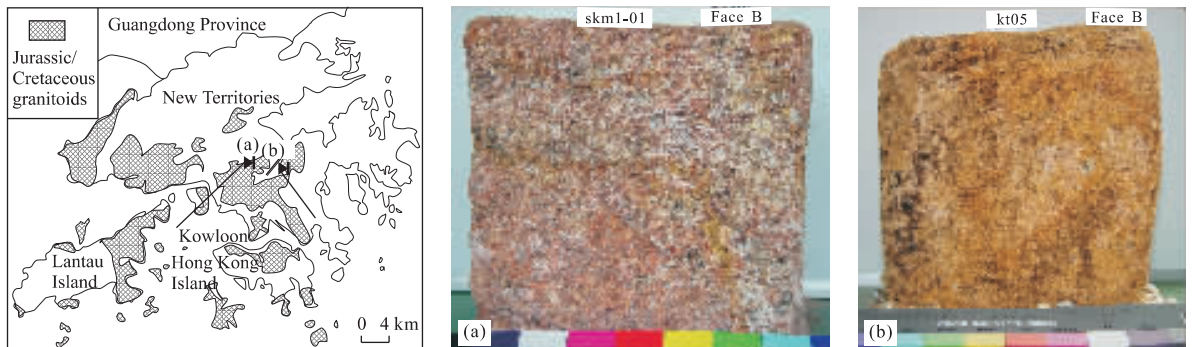


图 1 香港九龙 2 处采样点及开箱后全风化花岗岩整块样品

Fig. 1 Block samples of completely decomposed granite (CDG)

a. 石硤尾 skm; b. 观塘 kt

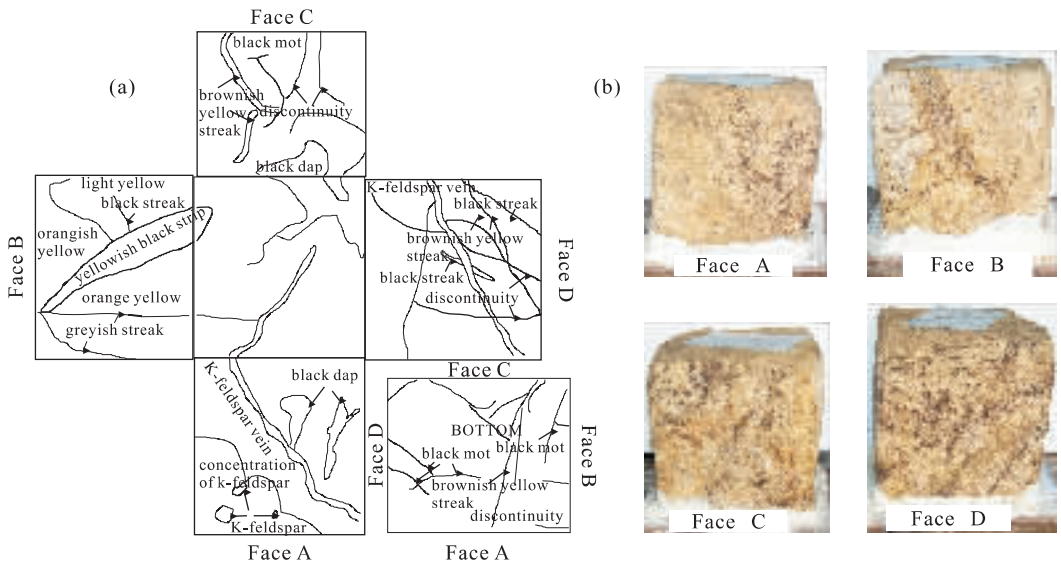


图 2 整箱样品不同面结构区划分

Fig. 2 Structural zonation in different faces of one blocky CDG sample

a. 各面结构区分; b. 4 个侧面图像

摄取 XRD 图谱, 对其分析计算. 本实验用日本理学电机株式会社 DMAX2400 型衍射仪. XRD 分析测定主要采用基体清洗法(即 K 值法)(Chung, 1974a)和自清洗法(即绝热法)(Chung, 1974b)2 种方法结合完成.

为观测石英、长石、云母等矿物和结构, 除普通光学薄片外, 相当一部分为加入了彩色颜料的定向铸体片, 其制作方法可参考中华人民共和国石油天然气行业标准(SY/T6103-94, 1995). 分析用德国产 Leitz 偏光显微镜. 在此过程中, 一些显著特征可通过显微照相记录下来. Leica Q600 软件系统(Leica, 1998)用来分析处理薄片图像.

2 结果分析和对比

2.1 XRD 结果

由上述仪器和方法对 18 箱样品鉴定得到其矿物成分. 全岩 XRD 给出了样品中石英、长石和粘土矿物 3 种主要组分的含量(图 3).

这 18 箱样品中, K 样品相对集中在三角图的中下部, 它们粘土矿物含量集中在 20%~30%, 石英含量主要为 30%~40%, 而长石相对较多, 为 40%左右. S 样品数据点分布在三角图的中部偏左, 长石少(<30%), 粘土矿物和石英的范围值分别为 30%~45%和 35%~55%. 对来自同一箱的样品, S 系列

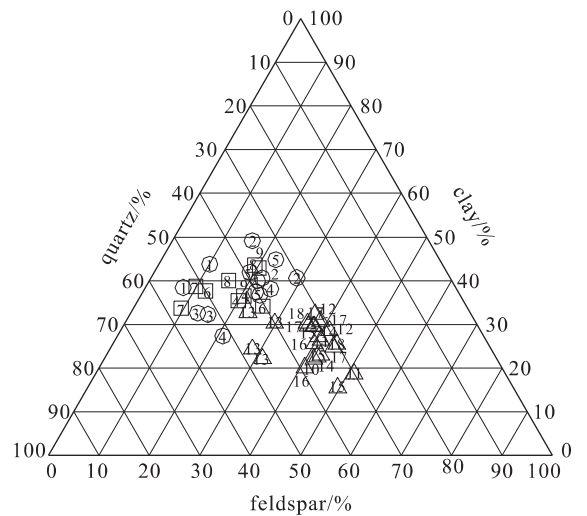


图 3 18 箱中的 47 个样品石英—长石—粘土矿物含量变化

Fig. 3 Three mineral component (quartz-feldspar-clay minerals) contents in 47 specimens of the 18 blocks of CDG

○. skm1; □. skm2; △. kt; 1. skm1-1; 2. skm1-2; 3. skm1-4; 4. skm1-6; 5. skm1-7; 6. skm2-1; 7. skm2-2; 8. skm2-3; 9. skm2-5; 10. kt1; 11. kt2; 12. kt2; 13. kt4; 14. kt5; 15. kt6; 16. kt7; 17. kt8; 18. kt10

变化幅度大(可达 10%), 而 K 变化幅度小(主要为 5%左右). 这说明粗粒结构比细粒结构全风化花岗岩矿物成分变化幅度大, 即非均质性更明显.

粘粒中的主要矿物成分伊利石和高岭石含量在

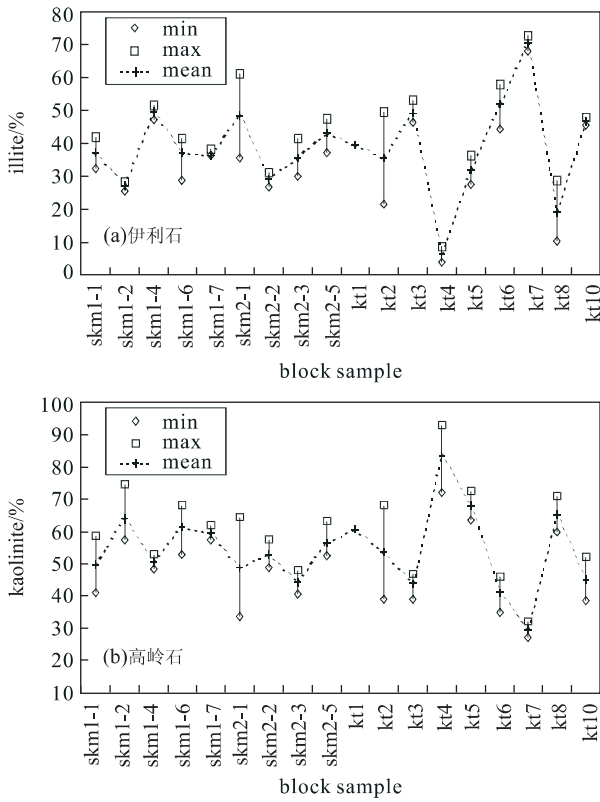


图 4 18 箱中的 47 个样品粘粒中主要粘土矿物相对含量变化对比

Fig. 4 Relative percentages of clay minerals in clay size portions of 47 specimens in 18 blocks

一箱样不同区的变化情况如图 4 所示. 试样的数量一般为 2~3 个,图 4 中分别给出了它们的最大、最小和平均值.

从这 18 箱样品平均值变化曲线看,S 样品平均值为:伊利石 30%~50%,高岭石 50%~60%. 而 K 样品平均值曲线波动很大,伊利石为 10%~70%,高岭石为 30%~85%. 两者平均值曲线上下近似成镜像对称. 从同一箱样品粘土矿物成分变化看,高岭石含量的变化范围大于伊利石. 这或许同高岭石对水交换条件反映比较敏感和 K 样品节理发育使矿物成分风化差异大有关.

如果同一个分区的样品(即编号相同,反映尺寸范围一般为 3~15 cm)由公认水平较高的不同人员来分析,其结果差异明显(图 5). 同图 5b 相比,图 5a 鉴定出了含量微弱的绿泥石和伊/蒙混层(I/S)矿物,且伊利石和埃落石含量变化幅度较大. 两人鉴定同种粘土矿物含量相差 10%以上. 这反映了同一区范围样品非均质性程度,另外也说明不同人员鉴定结果差别不可忽视. 它们反映出的共性说明全风化

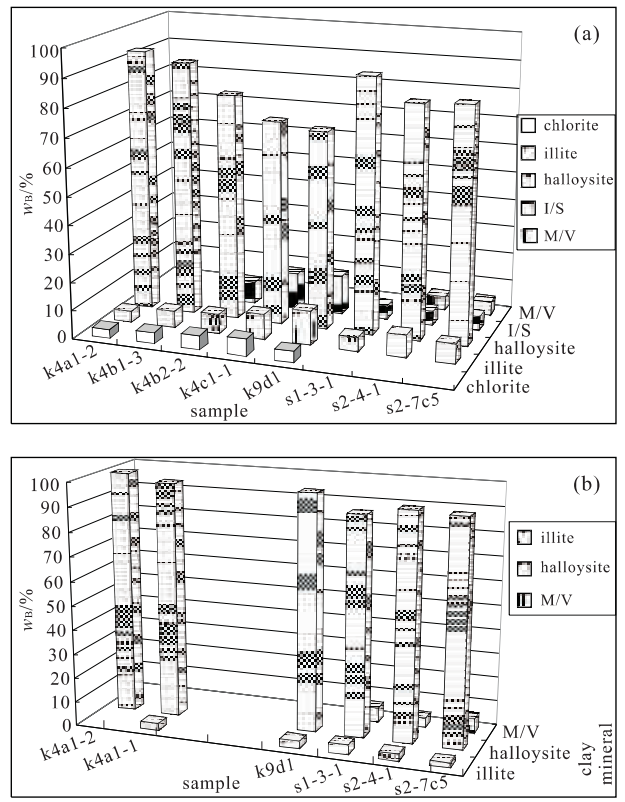


图 5 不同人员对同一箱中同一区样品粘粒矿物成分鉴定结果对比

Fig. 5 Comparison of XRD results by different analyzers for specimens in the same zone

花岗岩中粘粒矿物以埃落石占大多数,另有少量伊利石和云母/蛭石,代表着强烈水循环交替作用和较强程度的风化作用.

2.2 薄片统计结果对比

将薄片图像统计出的矿物成分含量同 XRD 全岩分析结果对比发现两者存在一定差别(图 6). 前者的三组分矿物含量石英较小、长石较大、粘土矿物有大有小. 对 S 和 K 两套样品,前者差别基本小于后者. 其差别的产生除与同一区样品仍存在非均质性有关外,对长石风化状态的认定导致将其归类到长石还是粘土矿物中,即对风化中的矿物认定应是主要原因. 风化中的长石仍保留着其矿物晶体结构和形态,但在 XRD 衍射峰上却可能具有了粘土矿物的表征. 另外从图 6 中还发现对细粒结构的 K 样品,薄片统计的粘土矿物含量都小于 XRD 结果,而粗粒的差别变化较大,说明了结构同矿物风化认定一起对粘土矿物含量结果的分析产生影响. 这些矿物成分含量差异性及其变化影响因素便于我们应用或分析一点上相关数据,一方面不会刻意追求不同

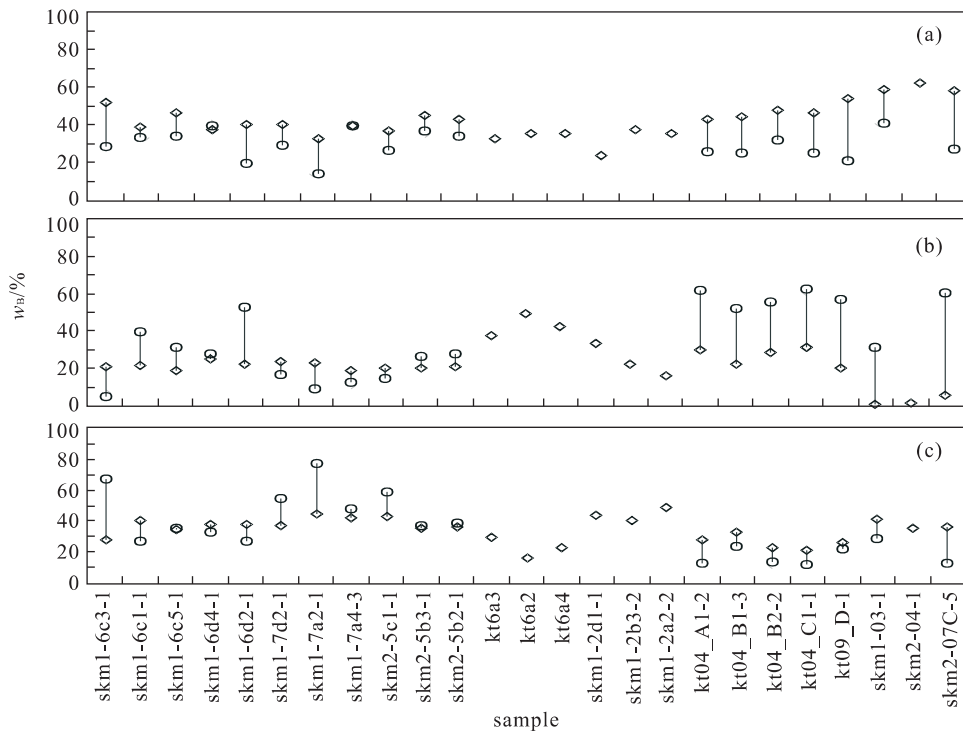


图 6 25 个样品全岩 XRD 矿物成分含量同薄片统计结果对比

Fig. 6 Diagram showing difference of mineral contents respectively from XRD and thin section
a. 石英; b. 长石; c. 粘土矿物; ◇. XRD; ○. Polar

点上单个数据的比较,另一方面有利于认识不同方法的结果差异。

3 结论

全风化花岗岩样品非均质性及分析人员分析水平不同,使得其矿物成分含量结果有一定差别,具体表现在:(1)全风化花岗岩在箱体(边长 30 cm)和分区(3~15 cm)尺寸上非均质性都存在,其矿物成分差别可达 5%~10%;(2)粗细等不同结构对矿物成分差别产生一定影响,粗粒结构使同一箱结果分散性大,而细粒部分存在的节理可使粘土矿物,尤其是水稳性矿物,如高岭石和伊利石的含量均值变化幅度增大,且对薄片粘土矿物含量分析产生影响;(3)粘土矿物相对含量变化,高岭石大于伊利石;(4)不同人员鉴定结果存在差别(其含量差别可达 10%左右),其反映出的共性说明了风化环境特点及主要矿物成分变化的规律性;(5)靠矿物晶体衍射峰来识别和分析风化粘土矿物与薄片光学识别矿物结果差值范围为 0%~35%。主要原因在于对风化中的长石的认定、样品结构和非均质性产生的影响。

References

Chung, F. H. , 1974a. Quantitative interpretation of X-ray diffraction patterns of mixtures. I. Matrix-flushing method for quantitative multi-component analysis. *J. of Appl. Cryst.* ,7:519—526.

Chung, F. H. , 1974b. Quantitative interpretation of X-ray diffraction patterns of mixtures. II. Adiabatic principle of X-ray diffraction analysis of mixtures. *J. of Appl. Cryst.* ,7:526—531.

Huang, Z. G. , Zhang, W. Q. , Chen, J. H. , et al. , 1996. Red weathering crust in South China. Ocean Press, Beijing, 312 (in Chinese).

Leica, 1998. Image processing and analysis systems. Leica Q600 User Manual—Volume 1.

Shang, Y. J. , Wu, H. W. , Qu, Y. X. , 2001. Comparison of chemical indices and micro-properties of weathering degrees of granitic rocks—A case study from Kowloon, Hong Kong. *Chinese Journal of Geology* ,36(3):279—294 (in Chinese with English abstract).

Strange, P. J. , Shaw, R. , 1986. Geology of Hong Kong island and Kowloon. 1 : 20 000 Sheets 11 & 15, Hong Kong geological survey memoir No. 2, geotechnical control office, civil engineering services department, Hong Kong.

Wang, Q. , Tang, D. X. , Chen, J. P. , 1992. Engineering geo-

logical study on residual soils of granite in North China. In: Yu, P. H., Qu, Y. X., Tang, D. X., eds., Proceedings of the 2nd symposium on engineering geology of red soils in China. Guizhou Science and Technology Press, Guiyang (in Chinese).

Zhang, N. X., Fu, J. C., 1980. Experimental study on quantification of clay minerals via X-ray diffraction apparatus. *Oil Exploration and Development*, 6: 12—20 (in Chinese with English abstract).

Zhang, N. X., Li, Y. Q., Zhao, H. M., et al., 1990. Methods used for studying clay minerals. Science Press, Beijing (in Chinese).

附中文参考文献

黄镇国,张伟强,陈俊鸿,等,1996. 中国南方红色风化壳. 北京:海洋出版社,312.

尚彦军,吴宏伟,曲永新,2001. 花岗岩风化程度的化学指标及微观特征对比——以香港九龙地区为例. *地质科学*, 36(3): 279—294.

王清,唐大雄,陈剑平,1992. 北方花岗岩残积土的工程地质研究. 见:余培厚,曲永新,唐大雄编,第二届全国红土工程地质研讨会论文集. 贵阳:贵州科技出版社.

张乃娴,付景春,1980. 用 X 射线衍射仪定量分析粘土矿物的实验研究. *石油勘探与开发*, 6: 12—20.

张乃娴,李幼琴,赵慧敏,等,1990. 粘土矿物研究方法. 北京:科学出版社.

(上接 380 页)

Zhou, P. D., 1996. The algorithm for triangulation of the point-set in the plane. *China J. CAD & CG*, 8(4): 259—264 (in Chinese with English abstract).

Zhou, X. Y., He, D. Z., Zhu, X. X., 1994. An algorithm of triangulation for scattered data in none-convex region. *China J. CAD & CG*, 6(4): 256—259 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

李世森,朱志夏,秦岭,等,2000. 任意平面区域的自动三角剖分. *天津大学学报*, 33(5): 597.

刘祚秋,周翠英,赵旭升,等,2003. 三维地层模型及可视化技术研究. *中山大学学报(自然科学版)*, 42(4): 21—23.

卢朝阳,吴成柯,周幸妮,1997. 满足全局 Delaunay 特性的带特征约束的散乱数据最优三角剖分. *计算机学报*, 20

(2): 118—124.

孙国庆,施木俊,雷永红,等,2001. 三维工程地质模型与可视化研究. *工程勘察*, (5): 8—10.

Wright, R. S., Sweet, Jr. M., 2000. Open GL 超级宝典 (第二版). 潇湘工作室译. 北京:人民邮电出版社, 3—215.

杨钦,徐永安,陈其明,等,1998. 任意平面域上离散点集的三角化方法. *软件学报*, 9(4): 241—245.

周培德,1999. 计算几何——算法分析与设计. 北京:清华大学出版, 53—54.

周培德,1996. 平面点集三角剖分的算法. *计算机辅助设计与图形学学报*, 8(4): 259—264.

周晓云,何大曾,朱心雄,1994. 实现平面上散乱数据点三角剖分的算法. *计算机辅助设计与图形学学报*, 6(4): 256—259.