

花岗石的节理研究

张 樵 英

(华侨大学, 泉州 362011)

主题词 花岗石 节理 块度 风化变色 抛光光泽度

提 要 节理是岩石中的裂隙, 广泛分布于花岗石中, 影响石材的成材性能以及石加工品的美感和耐用性。查明节理不仅直接控制石材的块度、荒料率, 而且为石材的风化变色作用提供良好的构造环境, 促使花岗石风化变色作用的加深及其效果的扩大化。多种形式的节理网在花岗石抛光面上形成低反射率的暗线、暗斑、暗区, 降低花岗石的平均光泽度, 影响光泽度的均一性和石加工品的质量。因此, 节理的研究是正确评价、合理开发石材资源、提高石加工品质量的重要环节。

节理是岩石中的裂隙、无明显位移的断裂, 也是地壳中分布最广泛的构造现象。长期以来, 国内外构造学家对节理进行深入的几何学、动力学和运动学分析, 获得了丰富的认识^{1, 2)}, 在找矿工作和区域构造研究中得到广泛的应用。

花岗石是我国重要而丰富的石材资源, 由于其美观、坚固、耐用而广博人们的青睐, 被广泛应用于建筑、雕刻、化工、机械等行业。节理以多期次、多产状的特点广泛分布于花岗石中, 它的存在不仅影响花岗石的块度、荒料率, 而且对花岗石的抛光光泽度以及风化变色具有重要的控制和影响作用。因而, 节理的研究不仅有助于分析花岗岩地质体的形成和改造, 而且对于花岗石矿床的正确评价、开采、选材与加工具有重要的实际意义, 与石加工品的质量、美感和耐用性密切相关。为查明节理构造与花岗石的荒料块度、风化变色度及抛光光泽度的相关规律, 笔者在闽东南地区选择惠安等代表性的花岗岩体, 对花岗石中节理的发育特征及其对石材、石加工品质量的影响进行比较深入的调查研究, 获得一些有意义的认识, 本文仅对若干有关问题加以讨论。

1 花岗石中节理发育特征及分布规律的研究

根据不同的观察尺度可将节理划分为一般(小型)节理和微型节理, 前者为露头上和标本上可见的具有一定规模的节理, 其延伸长度一般为数厘米至数十米; 后者是指肉眼和显微镜下可以观察到的微小节理, 一般长度为数百微米至数厘米。二者在空间分布、发育特征及组合规律等方面具有相似性, 它们对于石材的荒料率、加工成材率、抛光性及风化变色等的影响具有共同特点, 也存在差异。

1.1 一般节理的研究

一般节理是控制花岗石荒料率及块度的主要因素, 它的研究着重于野外的大量观测、

作者简介 张樵英, 1939年10月生, 副教授, 从事岩石矿物材料研究。

收稿日期 1998-04-29, 改回日期 1998-06-29

统计分析,在所选择的观察点中对节理的性质、分期配套、发育程度、延伸情况、开口特点、组合型式以及所处的构造背景进行全面的观测,在此基础上进行统计分析,通过节理的分期配套、古应力场分析及节理空间组合特征的研究^[3],掌握花岗石矿床中节理的分布规律,从而把握花岗石的块度及其变化特点。

(1) 节理的分期配套 节理的分期配套是从时间、空间和形成力学上研究节理的常规方法,也是使节理研究有序化的途径。石材的节理研究主要目的在于掌握节理的空间分布规律,尤其是掌握那些控制花岗石块度的主要节理系的发育特征及分布规律,节理期次划分的详略程度也应以此而定,对于控制花岗石块度的主要节理系进行详细划分,对于次要节理加以适当归并,如惠安花岗岩体中发育多期节理,其中一对陡倾的共轭剪节理、一组平缓张节理及一对平缓的共轭剪节理是控制该岩体花岗石块度及风化露头形态的主要节理。前者是该区分布广泛、发育强度最大(尤其是岩体北部)的晚期节理,产状:一组为 $NE15\sim 27^\circ$, $\angle 86\sim \angle 89^\circ$; $SW200\sim 210^\circ$, $\angle 84\sim \angle 87^\circ$; 另一组为 $NE87\angle 80^\circ$; $SW258^\circ\angle 76^\circ$, 后二者为释荷、负荷节理,分布较广,产状平缓。此外,岩体内部尚发育多组早期节理,多被晚期节理所切割,除局部区域外,它们多不是控制该区花岗石块度的主要节理(图1-2)。对于上述晚期共轭剪节理和释荷、负荷节理的研究是把握该区花岗石块度、荒料率的关键性问题。

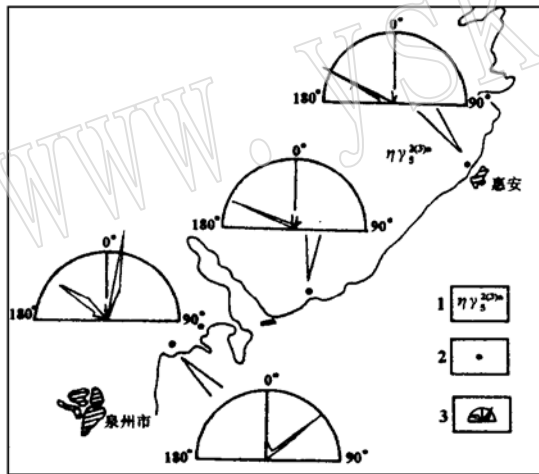


图1 惠安岩体东南部节理走向玫瑰花图
Fig. 1 Strike rose diagram of the joints in the southeastern part of Huian intrusive body
1—惠安岩体; 2—节理观测点; 3—走向玫瑰花图

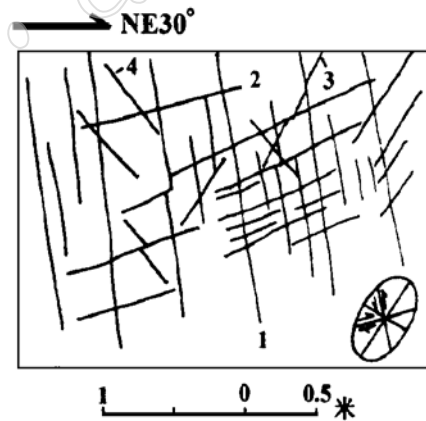


图2 惠安岩体中晚期节理与早期节理
Fig. 2 Late joints and early joints in Huian intrusive body

1-2—晚期共轭剪节理,产状分别为 $SW200^\circ\angle 88^\circ$, $E90^\circ\angle 77^\circ$; 3-4—早期节理,产状分别为 $SW247^\circ\angle 68^\circ$, $NW349^\circ\angle 50^\circ$

(2) 古应力场分析 在花岗岩体的节理研究中进行古应力场分析有利于掌握节理的空间分布规律。通过古应力场分析,可见惠安岩体中两组晚期共轭节理反映的最大应力轴 σ_1 方位为 $NW326^\circ\angle 10^\circ$ (图3A)。它们是燕山晚期区域断裂活动影响的结果^[4],具有区域性分布的特点,为该区控制花岗石块度最主要的节理系。同时,古应力分析也有助于确定该区平缓剪节理和张节理的负荷及释荷性质,有利于掌握其空间分布规律。

(3) 负荷和释荷节理的研究 在研究区的花岗岩体中普遍存在一对平缓的负荷剪节理

和一组释荷张节理，它们是水平方向上控制花岗岩块度的重要节理。张节理倾向多变，倾角 $5^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 不等，节理面弧形弯曲，节理微开口。剪节理延伸平直，常呈羽列出现，分析其应力状态， σ_1 为SE 170° $\angle 84^{\circ}$ ， σ_2 为NW 337° $\angle 7^{\circ}$ ， σ_3 为NE 66° $\angle 2^{\circ}$ (图3B)。此二类节理虽非为区域构造变形作用的产物，但因其发育具有普遍性，在该区花岗石的评价和开采中具有重要的意义。

1.2 微型节理的研究

微型节理在花岗石中普遍存在，只是因为细小而未引起人们的重视，实际上微型节理由于其发育的普遍性和群体特征，对花岗石的质量，尤其是对石材的抛光光泽度和风化变色有着重要的影响和控制作用。因而，掌握微型节理的发育特征及分布规律，对于选取优质石材及合理选择加工工艺具有重要意义。在一般节理研究的基础上，通过岩石的系统采样，对定向薄片和定向抛光片进行肉眼及显微观察，可见微型节理与一般节理之间在空间分布、发育特征及组合规律等方面均具相似性。在空间分布上微型节理与断层及一般节理密切相关，即在断层及一般节理发育频度较高的区域，微型节理分布比较密集，反之则较稀疏。在组合特征上，多期多组节理组成不同型式的节理网，常见有两组剪节理组合成透镜状、菱格状，或一组为主导另一组为辅的节理带，或由多组节理组合成多边形、树枝状、环状等(图4)^[5]。研究表明，微型节理与一般节理常为同一构造应力场的产物。因此，在石材的节理研究中，可从一般节理的研究入手，进而判断和把握微型节理的空间分布规律，可以缩小微型节理研究的靶区，减少其盲目性，有利于选取少节理的优质石材，提高石加工品的质量。

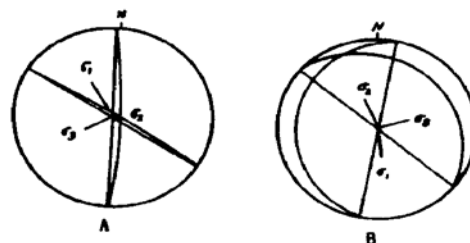


图3 主应力轴图解(下半球投影)

Fig 3 Diagram of principal axis of strain (lower-hemisphere projection)

A: 陡倾共轭剪节理, σ_1 NW 326° $\angle 10^{\circ}$;

σ_2 SE 93° $\angle 80^{\circ}$; σ_3 SW 234° $\angle 80^{\circ}$

B: 平缓共轭剪节理, σ_1 SE 170° $\angle 84^{\circ}$;

σ_2 NW 337° $\angle 7^{\circ}$; σ_3 NE 66° $\angle 2^{\circ}$



图4 不同组合型式的微型节理及其在花岗石抛光面上形成的暗线、暗斑、暗环

Fig 4 Microjoints of different patterns as well as dark lines, dark spots and dark rings formed by them on the polished surfaces of granite

A—菱格状 透镜状; B—环状; C—树枝状

(据显微照片素描, 图幅宽4mm, 切片方位: A为走向SE 110° ~NW 290° $\angle 90^{\circ}$; B为走向NE 45° ~SW 225° $\angle 90^{\circ}$)

2 节理对花岗石风化变色的控制作用

岩石自暴露于地表始至其加工品的使用中无不处于风化场中,接受风化作用的改造,天长日久,少则数年、十数年,多则数百年,可使石材、石加工品产生色泽变化而失去清新诱人的色彩,降低甚至丧失其美学价值。因此通过不同风化变色度的花岗石和花岗岩自然风化剖面的研究,查明花岗石的风化变色规律,掌握节理构造与花岗石风化变色的关系,是花岗石节理研究的另一项重要内容。

2.1 花岗石的风化变色特征

花岗石的风化直接表现于岩石的色变和疏松两个方面,轻者色变,重者二者兼有。花岗石的色泽变化是花岗石风化作用的表象,也是判断花岗石风化程度的重要标志。风化花岗岩主要的矿物学特征是浅色硅酸盐矿物长石通过水解和碳酸化产生高岭土化,暗色铁质矿物黑云母、角闪石、磁铁矿、黄铁矿(尤其是后者)经氧化、水化形成褐铁矿。长石的高岭土化使花岗石色泽暗淡,铁质矿物的褐铁矿化使花岗石产生锈点,进而扩散使花岗石产生局部直至整体色变,变色的速度和扩展的空间受花岗石中铁质矿物的含量、所处的外界环境和构造地质条件(节理的发育特征等)影响和控制。

2.2 节理对花岗石风化变色的控制作用

断层及一般节理对岩石风化的影响,由于风化层厚度的加大和风化程度的加剧而显而易见,微型节理由于细小,对风化作用的影响比较隐蔽,然而却广泛存在,尤其是开口型节理(包括张节理、追踪张节理及节理的交汇部位)是抗风化的薄弱部位和风化作用的突破口。节理对花岗石变色的控制作用是通过两个方面进行的,一方面为空气和水溶液提供通道,促使空气和水溶液在岩石中形成良好循环,使岩石的风化作用由表及里不断强化和深化;另一方面,节理为风化物质提供储存的场所和运移的通道,使风化效果由点到面、由局部到整体扩展。这种扩展作用明显地反映在风化铁染物质的扩散现象上。在风化花岗石中风化的铁染物质常以铁质矿物或褐铁矿为中心沿节理呈网状、放射状散布(图5)。弱风化花岗石色变多局限在风化石物的附近,局部变灰、变黄,强烈风化的花岗石则形成整体色变。风化变色效果这种由点到面、由局部到整体的过程,不仅仅是由于风化作用的不断深入和加强,还在于风化物质通过节理的扩散作用。另外,风化作用过程使节理缝不断扩大,从而为风化作用提供最佳的构造环境,促进风化作用更好地进行。节理与风化的相互作用形成花岗石风化变色作用的良性循环。

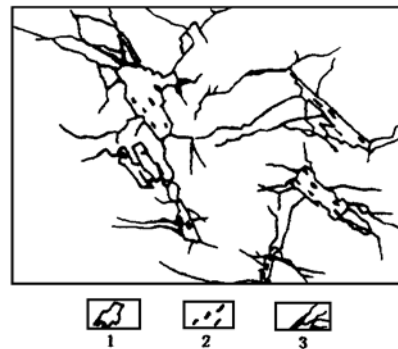


图5 风化花岗石的铁质扩散现象

Fig. 5 Diffusion of ferruginous materials of weathered granite

1—黑云母; 2—磁铁矿;

3—铁质扩散的节理

(根据显微相片素描, 图幅宽 6mm)

3 节理对花岗石抛光光泽度的影响

光泽度是物体反光能力的量度。抛光光泽度是评价石材装饰价值和加工品质的重要参数,它取决于岩石的可抛光性和抛光技术,前者是石材抛光光泽度的内在控制因素。

岩石的最终光泽度即实际光泽度取决于岩石抛光面的反射系数,其与岩石抛表面的微几何形态密切相关,受岩石的矿物成分、结构、构造、风化程度以及节理的发育特征等因素影响和控制。在岩石的抛光面上,有充填物的节理由于充填物与周围岩石对外来电磁波反射能力的差异形成反射异常线——异常色线或线状异常光泽,无充填节理则由于节理缝对外来光线的部分或全部吸收,在岩石抛光面上形成低反射率的暗线、暗斑。

随着节理开口程度的增大,暗线变粗。节理延伸深度的加深使节理缝对外来光线的反射能力降低甚至完全吸收,节理所形成的暗线更暗、更黑,增加节理在抛光面上的视觉比重。多种组合型式的节理在岩石抛光面上构成复杂多样的暗线、暗斑、暗区(图4),直接影响岩石抛光光泽度的均一性。研究结果表明,随着岩石中节理密度的增加,花岗石的抛光光泽度出现下降的趋势(表1)。在花岗石的加工过程中可因加工因素扩大节理对抛光光泽度的影响^[6]。

表1 节理与抛光光泽度的关系

table 1 Relationship between joints and polishing glossiness

岩性	节理密度	平均光泽度
肉红灰色中粒二长花岗岩	中等	87.0
	稀疏	90.0
肉红带褐中粒二长花岗岩	稠密	71.7 [*]
	稀疏—中等	74.8

注: 1 节理密度的划分以节理面积占抛光面总面积的 > 15%、5~15%、< 5% 为稠密、中等和稀疏。

2 除* 有风化铁染外,其他均为未风化花岗石

4 结语与讨论

(1) 综上所述,节理是控制石材块度、荒料率的主要因素,与石材的质量、美感、耐用性密切相关。因此,节理的研究是石材综合评价(成块性、装饰性和可加工性)不可忽视的问题。

掌握节理的空间分布规律是石材节理研究的核心问题,其目的在于准确计算石材的荒料率、确定石材的荒料块度,选择少节理的优质石材,合理选择开采与加工方案,以提高成材率,减少节理对石材产品的不良影响,提高石材加工的质量,有效地利用和开发石材资源。

(2) 节理的探测是当前存在于石材资源评价与开发中具有很大覆盖面并需要加以解决的问题,许多厂矿由于节理不明而遭受不同程度(甚至是严重)的损失。对于出露地表的节理构造一般采取常规的观测方法,掌握其统计性规律。对于隐蔽节理的探测,尤其是荒料中隐蔽节理的探测,除了可以根据石材表面节理的空间规律加以判断外,目前尚有利用超声波、雷达等探测手段。但是,由于节理空间组合的复杂性(多组、多种产状的节理共处一体,在空间上形成复杂多样的节理网)以及微型节理的细小、紧闭而影响探测效果。因此,在石材的节理探测中寻找一种方便、低价、有效的方法,对于石材资源的合理开发具有重要

的意义。

参 考 文 献

- 1 万天丰. 张节理及其形成机制. 地球科学, 1983, 22(3): 53~ 61.
- 2 宋鸿林. 共轭雁行分析. 地震地质, 1983, 5(2): 1~ 9.
- 3 朱志澄, 宋鸿林主编. 构造地质学. 武汉: 中国地质大学出版社, 1990. 141~ 156, 272~ 273.
- 4 刘征瑞, 李秀卿. 中国东南沿海中生代地质构造及其演化. 闽东南地质科技情报, 1987, 1~ 12.
- 5 张樵英. 惠安花岗岩不同尺度的节理研究. 中国矿业, 1995, 4(2): 55~ 58.
- 6 张樵英. 花岗岩的节理及其对抛光光泽度的影响. 石材, 1996, 2.
- 7 严克明. 我国石材开发应用中的若干问题及对策. 石材, 1995, (2): 7~ 10.

A Study of Joints in Granite Materials

Zhang Qiaoying

(Huaqiao University, Quanzhou 382011)

Key words: granite rock; joint; lumpiness; weathering discoloration; polishing glossiness

Abstract

Joints are distributed widely in granite materials and affect the sawn goods performance of the rock. The beautiful sensation and the wear of rock-processed products are influenced by joints. Through the study of joints of different sizes in granite mass, it is known that joints not only control lumpiness of granite materials but also provide a good structural environment for weathering of the rock, causing the continuous development of weathering and the deeping of decoloration. The joints compose multiple patterns, and hence from numerous dark lines and spots on the polished surfaces of the rock, which reduce the average polishing glossiness and uniformity. Therefore, the study of joints of different sizes is an important link in the evaluation and exploitation of rock material resources.