

56.541

5232
5443

构造地质论丛

5

地质出版社

构造地质论丛

(五)

构造地质论丛编辑部

地质出版社

内 容 摘 要

本集选自中国地质学会构造专业委员会召开的我国首次“显微构造与组构学术讨论会”的论文。着重讨论了岩石组构与断裂构造岩，岩组的组构分析及其与宏观构造的联系，不同矿物组构的成因、演化发育的构造环境和动力学问题；对晶体位错构造的运动机制，糜棱岩分类、特征及其形成条件与动力学等也作了较深入的探论。可供从事矿物岩石及构造方面研究的生产科研及教学人员参考。

构造地质论丛

(五)

构造地质论丛编辑部

•

责任编辑：张义勋

地质出版社出版

(北京西四)

妙峰山印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本：787×1092 1/16 印张：13⁷/₈ 字数：327,000
1985年5月北京第一版·1985年5月北京第一次印刷

印数：1—2,530册 定价：3.30元

统一书号：13038·新105

目 录

方解石集合体单向挤压变形时的理想组构图式及影响图式的因素.....	徐嵩君 (1)
山东省日照县梭罗树橄榄岩结构构造与组构的初步分析.....	袁荣林 (8)
幔源包体橄榄石的位错构造研究及上地幔塑性流动.....	何永年 (15)
海南岛石碌铁矿的显微构造研究和动力学分析.....	梁金城 袁奎荣 (26)
花岗岩褶皱及其岩组分析——山东玲珑金矿九曲矿段花岗岩为例.....李福佩 张伯南 (37)
白云鄂博矿区构造岩及岩组分析.....	刘曼俐 李守林 朱大岗 (47)
河南登封变质构造岩显微组构初步研究.....	游振东 韩郁菁 (59)
安徽省磨子潭—晓天深断裂的岩组动力学分析.....	林传勇 史兰斌 (70)
北京怀柔水峪韧性断裂带中糜棱岩石英组构特征的探讨.....	王玉芳 (77)
花岗岩体中断裂构造的初步研究.....	袁奎荣 (86)
安徽省东部元古代变质岩中糜棱岩及其地质意义.....	徐树桐 (97)
北秦岭几条断裂内石英变形特征的初步研究.....	潘 优 李益桂 杨钟堂 (111)
安徽庐江—枞阳境内庐断裂带构造岩塑性变形的研究.....王小凤 王治顺 李继忠 (119)
硅质糜棱岩.....	张治洮 (133)
断裂构造岩中矿物的显微应力结构.....	刘燕君 (143)
秦岭东段的应力矿物——蓝片岩中的蓝色角闪石.....	叶 芳 (152)
断裂构造型式的观察、厘定及其实用意义.....	孙 岩 (161)
显微构造分析判据及其在铀矿田矿床构造研究中的应用.....	童航寿 (177)
高分辨电子显微象及其在矿物微细结构研究中的应用.....	郑 轶 (192)
糜棱岩的显微构造和成因 (评述).....	肖庆辉 (203)

方解石集合体单向挤压变形时的理想组构图式及影响图式的因素

徐 霭 君

(中南矿冶学院地质系)

一、变形机理及分解剪切系数等值线图

中低温条件下变形的方解石集合体的晶格优选方位，主要是由于直线滑移、双晶作用和扭折等直接组分运动所造成^[1]。如果应力场中的集合体的某一晶粒的某一滑动系统达到或超过临界剪切应力，晶粒又不受周围颗粒的限制，即可发生滑移并伴随外部转动^[2]。在转动过程中，滑移系统的分解剪切应力由于滑面及滑线与应力轴夹角的改变而减少或增大，有效滑动系统将起变化，可从某一滑动系统变为另一滑动系统，也可从一个滑动系统变为两个或三个滑动系统而起作用^[1、2]。

方解石在中一低温变形时，有效的滑动系统主要是 $e = \{10\bar{1}2\} \langle e_1:r_2 \rangle$ 的正指向双晶滑移和 $r = \{011\bar{1}\} \langle r_1:f_2 \rangle$ 的负指向直线滑移。根据上述两滑动系统的分解剪切应力系数的反极图即可分析晶体在单向挤压下的转动情况。

图1 (a)、(b)、(c)分别表示以 e_1 、 e_2 和 e_3 为滑面， $ge_1 = \langle e_1:r_2 \rangle$ 、 $ge_2 = \langle e_2:r_3 \rangle$ 及 $ge_3 = \langle e_3:r_1 \rangle$ 为滑线的三个双晶滑动系统的分解剪切应力系数反极图。在(a)图中，只有分布在零线以外，其分解剪切应力为正值挤压作用才能引起双晶滑动，与其伴随的转动方向指向圆周(如图中箭头所示)；分布在零线以内(图中细点部分)的挤压力引起负指向滑动，不产生双晶滑动。(b)图中所有方向的挤压在 e_2-ge_2 滑系的分切应力纵然不是负值，数值也很低，不容易引起双晶滑动。(c)图中可以造成 e_3-ge_3 滑系的正指向滑移的挤压轴分布在零线以外大部分地区，分解剪切应力系数值较高，有利于产生双晶滑移。与滑移伴随的外部转动方向如图中箭头所示。如果挤压轴在圆周附近，开始转动时，分切应力系数有所增加，当达到某一最大值后即逐渐减少而变为负值。(a)、(b)、(c)三图中高值正指向的分解剪切应力系数的位置不重合，就可以说明上面三种滑动系统同时起作用的可能性不大。

图1 (d)和(e)分别表示以 r_1 和 r_2 为滑面， $gr_1 = \langle r_1:f_2 \rangle$ 和 $gr_2 = \langle r_2:f_3 \rangle$ 为滑线的滑动系统的分解剪切应力系数的等值线图。其中分布在零线以内的挤压力所引起的滑动是负指向的，可以导致 r 面的直线滑移。两个系统的高值负指向的系数分布区大致相同，所以两个或三个 r 滑移系同时起作用的可能性就很大了。

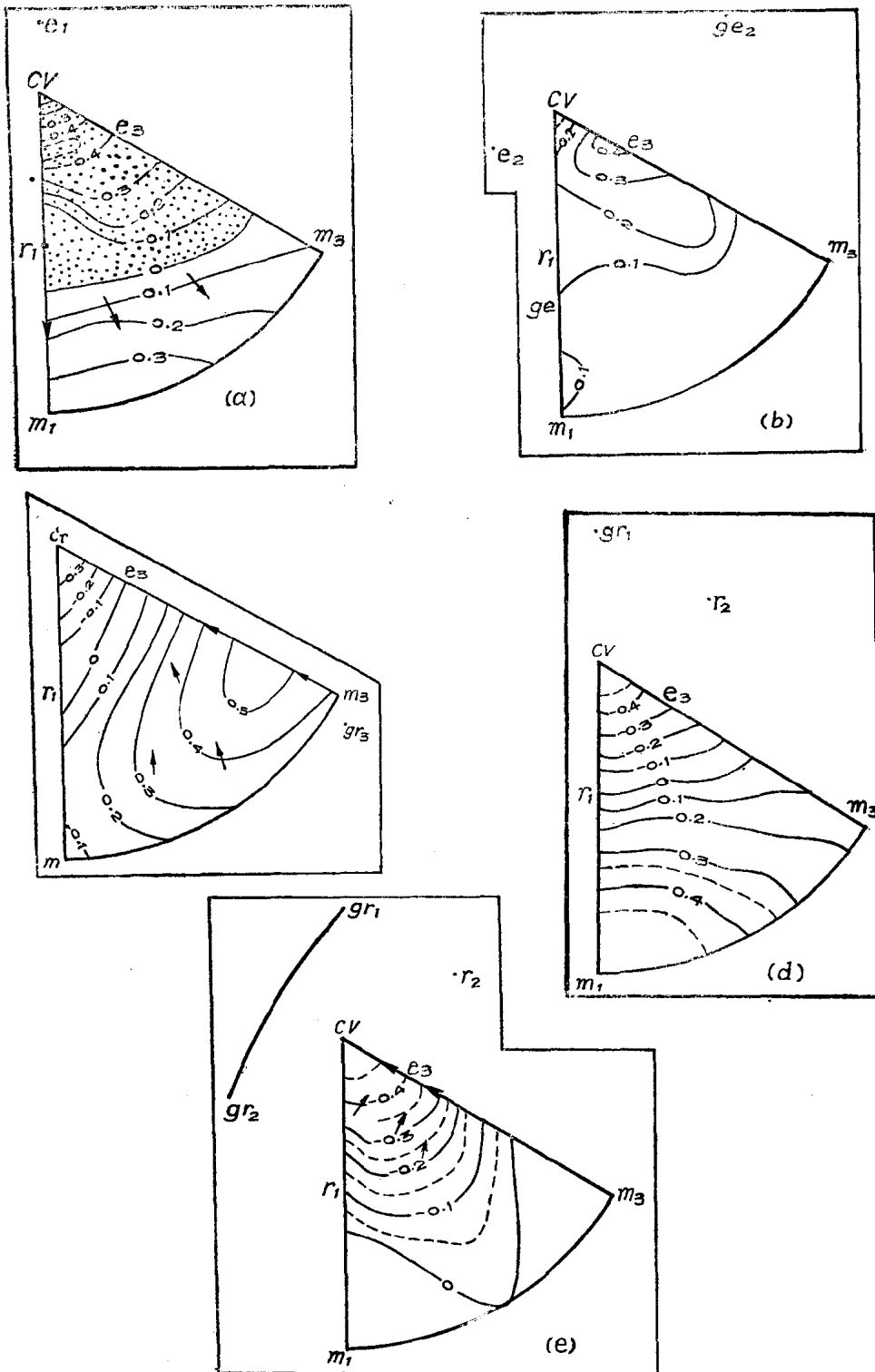


图 1 方解石各e、r滑动系统的分解剪切应力系数反极图（上半球投影）
 (a) e_1 - ge_1 滑系；(b) e_2 - ge_2 滑系；(c) e_3 - ge_3 滑系；(d) r_1 - gr_2 滑系；
 (e) r_2 - gr_2 滑系

二、伴随滑移的外部旋转、稳定位置及理想组构图式

在双晶滑动中，挤压轴的转动是向分切应力系数值变高的方向进行，故双晶滑动会强烈，但双晶晶格和主晶晶格的滑动指向的符号是相反的。当双晶晶格占优势时，原来正指向的滑动就变成负指向，对双晶作用不利而被 r 直线滑移所代替。分布在图一(e)中，分解剪切应力系数值高的范围的挤压力所引起的 r_2-gr_2 滑移，使应力轴朝 r_2 法线转动(图中箭头所示)，当达到 r_1 与 r_2 成对称关系的位置(与 a_3 平行)时， r_1-gr_1 与 r_2-gr_2 两系统的分切应力相等，就可以发生双滑移，挤压轴变为向包含两滑线的平面的极点转动(粗箭头表示)。与此同时，分切应力系数不断增大，当达到 C_v 位置时，挤压力在 r_1-gr_1 、 r_2-gr_2 及 r_3-gr_3 三个滑系的系数值相同且为最大值，于是三个滑动系统同时起作用。此时，三个滑线以应力轴为三次对称轴分别位于应力轴的三侧，旋转效应完全抵消，晶体只能滑动而不能转动。这种位置称为稳定位置。

方解石集合体变形时，如果较多的颗粒达到稳定位置，则岩石就出现优选方位。台纳等曾经分析过 e 双晶滑动系统的稳定位置^[3]是挤压轴在垂直于 e_1 和 a_2 轴方向。由于方解石的 e 双晶滑动和 r 直线滑移的指向不同，这两种类型滑移联合作用的可能性不大。在图1中找不到两类滑移的分切应力系数值都是较高的方位，说明 r 滑移系和 e 滑移系的稳定位置是各不相同的。方解石集合体中多数晶粒达到 r 滑移的稳定位置时，组构图中出现与挤压轴重合的光轴密集， e 面极点则以挤压轴为轴，成 $20^\circ \sim 30^\circ$ 的小圆环带，而 a 轴与应力轴成垂直的大圆环带(图2(a))。在岩石中有较多的方解石晶粒达到 e 双晶滑动的稳定位置时，组构图中出现的 e 面法线极密与挤压轴平行，而光轴 C_v 就绕 e 极密成半径为 $20^\circ \sim 30^\circ$ 的小圆环带，环带轴平行挤压轴， a 轴成一个宽阔的大圆环带(图2(b))。这种按晶体在稳定位置

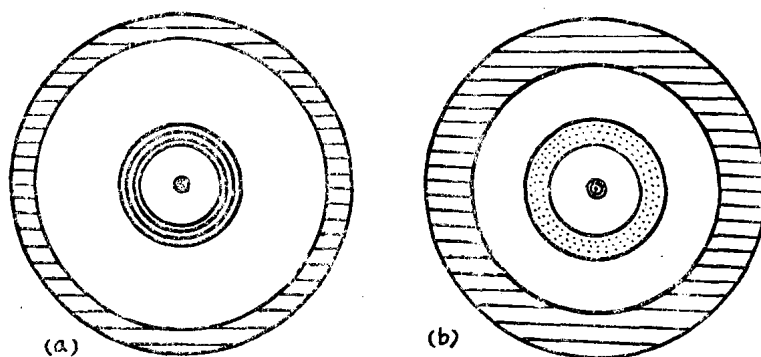


图2 r 滑移系(a)和 e 滑移系(b)到达稳定位置时，光轴(黑点) e 极(同心圆)和 a 轴(横线)的理想组构图

时， C_v 轴、 e 面和 a 轴与应力轴的关系所编制出的理想组构图，可与自然变形岩石的组构图比较，作为推测岩石变形时应力方向的参考。但是，由于天然变形的岩石的组构受各种因素的影响，往往与理想组构图式有显著的差别。

三、影响组构图式的因素

根据一些实验变形的资料，讨论温度、围压、原始组构及应变量和应变率对变形组构图式的影响。

温度 根据苏林霍芬灰岩和寇伦德兰灰岩的变形实验，光轴 C_v 和 e 面的密集程度与温度和应变的关系分别表示在图3(a)和(b)中。这两个图都显示出随温度的增高而出现 C_v 和 e 的密集程度减弱的趋势。在 200°C 和 300°C 变形的灰岩中，与挤压轴平行的 C_v 极为随机分布的三倍以上。700 $^\circ\text{C}$ 以上变形的， C_v 在挤压轴方向的密度急剧下降到2以下。其变化的原因可能是随温度的上升出现了新的滑动系统^[6]，或者重结晶作用的加强以及定向机理有所变化。

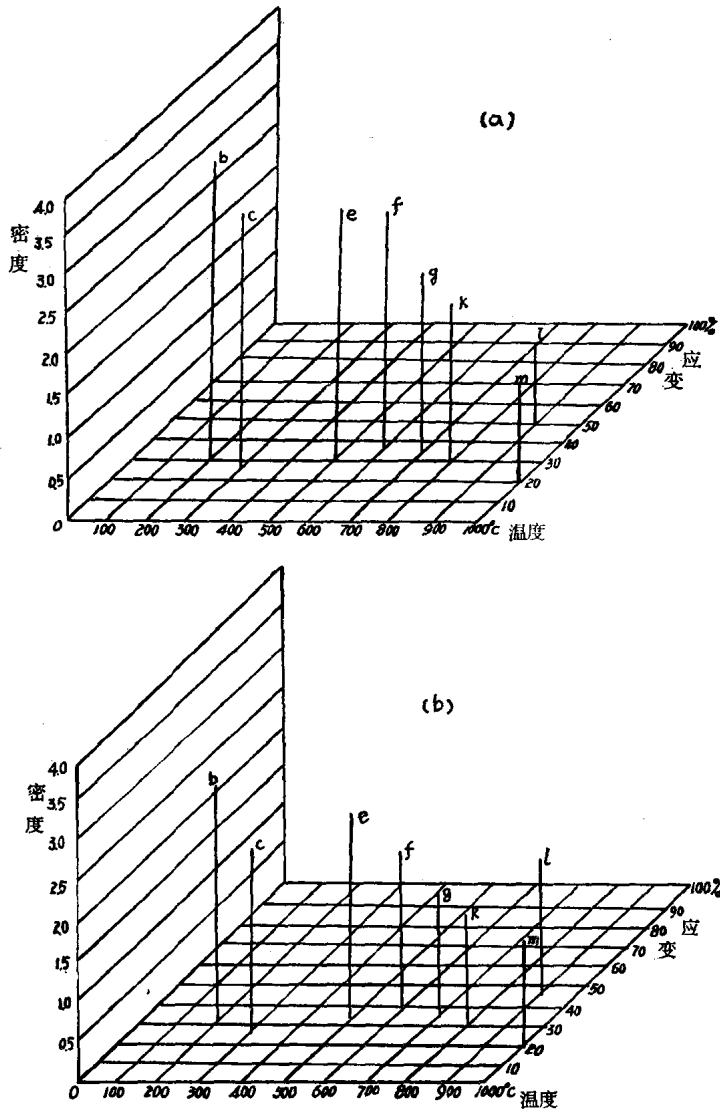


图3 与 c 极(a图)和 e 极(b图)平行的挤压轴的密度与应变和温度的关系

围压 围压的增高不利于集合体优选方位的形成。岩石变形时,不是所有颗粒都能发生转动的,某些颗粒的滑动系统的分切力虽然达到临界分解剪切应力,但是由于受周围颗粒的限制而不能滑动,分切应力即沿分切应力系数值下降得最快的轨迹迁移,直至两个或三个滑动系统共有的对称线或对称点,当作用应力增加时这些滑动系统就同时起作用〔4〕。如果它们的滑动是等值的,晶体就不发生转动。岩石变形时,如果围压越大,颗粒之间的阻力越大,转动就越困难,所以颗粒达到稳定位置的数量就越少。

Wenk等人(1973)〔1〕根据11个灰岩变形的实验结果绘制出方解石反极图,从图中可以看到多数挤压轴在 C_v 轴处出现密集,只有两个变形时围压特别低(1.5及1.7千巴)的标本的反极图出现挤压轴密集在 e 极附近的异常现象。其原因尚不清楚,如果将 800°C 以下变形的8个反极图中的挤压轴在 C_v 的密度和 e 极的密度之比作纵座标,以围压为横

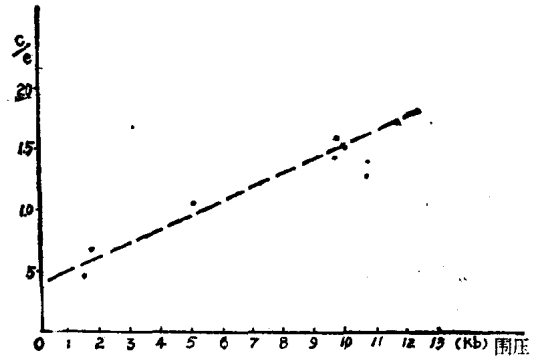


图4 C 轴与 e 极的密度比与围压的关系

座标(图4),从座标图中可以看出由这两个因素所决定的点,几乎落在同一直线上,也就是说 C_v 与 e 密度之比和围压有线性关系。这就似乎表示低围压有利于达到 e 滑移的稳定位置,而高围压有利于达到 r 滑移的稳定位置,果其如此则尚待进一步研究。

除温度和围压两个重要因素外,初始组构和应变率对变形组构亦有影响。变形组构是以初始组构为基础发育起来的,后者对前者的影响表现在随机定向的初始组构在变形过程中容易出现与应力系对应的组构图式,若初始组构具有优选方位,变形量不大时岩石明显受初始组构影响,例如应变只有10%的尤利大理岩几乎完全保留初始组构的图式〔6〕,此外,在应变量相当大,甚至有较多的晶粒达到稳定位置时,变形组构也还是受初始组构的控制。例如具随机组构的卡拉拉大理岩,受单轴挤压缩短30%时光轴分布在以挤压轴 σ_1 为轴的半径约 26° 的小圆环带内。而具有优选方位的岩石在完全相同的变形条件下,应力轴与光轴极密成 $60\sim 70^{\circ}$ 夹角方向挤压,缩短30%时,光轴的极密不完全与挤压轴重合,而是落在原极密与挤压轴之间〔7〕。又如尤利大理岩的变形实验,在平行于初始组构的极密进行挤压,当缩短为39.9%时,光轴成半径为 26° 的小圆环带,环带轴平行挤压轴。而挤压轴垂直于初始组构的极密,缩短40%时,光轴分布在挤压轴两侧成两个夹角为 26° 的点极密而不是小圆环带〔3〕。前者的初始组构、应力系和变形组构的无限次对称轴基本保持平行。后者变形后的光轴极密和次极密落在包含应力系及初始组构的无数次对称轴的平面——亦即变形组构的对称面——内。至于应变率对变形组构的影响,根据法里拉等(1964)进行的实验结果,认为应变率高的变形,组构有更明显的定向性〔8〕。Wenk等认为变形20%时,优选方位达到平衡,其密集程度不再随变形增大而加强〔1〕。

四、结 论

(1)方解石在低—中温变形时最常见的 e 双晶滑移和 r 直线滑移的指向是不同的。 e_1 、 e_2 和 e_3 以及 r_1 和 r_2 各菱面上的分解剪应力系数等值线说明不存在引起 e 及 r 双重滑动的挤压

方向。同时，通过挤压作用在两个 e 面产生双滑移也是不容易的，而在两个或三个 r 面同时滑动的可能性却很大。

(2) 当晶体中某一个 r 面发生滑移时，伴随发生的转动将使挤压轴落到有利于两个 r 面同时起作用的位置而产生双滑移，同时挤压轴向着包含两个滑线的平面的极点转动。当集合体中较多晶粒达到这种位置时，组构图上出现与挤压轴平行的 C_v 优选方位。

(3) 根据晶体在 e 双晶滑移和 r 直线滑移达到稳定位置时结晶组构要素与应力轴的关系编制出的理想组构图式，可作为分析自然变形组构时的参考。

(4) 变形组构图式是受温度、围压、初始组构及应变率等因素的影响。当温度增高，平行于 C_v 及 e 极的挤压轴的密度则降低。围压对不同滑动系统的影响可能有显著的差别，总的趋势是围压增大不利于组构要素形成优选方位。

由于条件所限，作者不能直接进行岩石变形实验，仅就前人的资料进行综合分析，所以对某些实验数据的理论分析可能还存在问题。

本文经何绍勋教授审阅，并提出宝贵意见谨致谢意。

参 考 文 献

- [1] H.R.Wenk, C.S.Venkatasubramanian, D.W.Baker, (1973), Preferred Orientation in Experimentally Deformed Limestone., *Contr.Mineral and petrol.*, V.38 p.81-114.
- [2] 冯端 王业宁 丘第荣; (1975) 金属物理 科学出版社
- [3] F.J.Turner, D.T, Griggs, R.H.Clark, R.Dixon; (1956) Deformation of Yule Marble, part VII, *Geol.Soc.Am.Bull*, V67.p.1259-1294.
- [4] E.A.Calnan, C.J.B Clews; (1950) Deformation Textures of Facecentred cubic Metals., *Phil.Mag.*, V.41.p.1085-1100.
- [5] F.J.台纳, L.E韦斯; (1963) 变质构造岩的构造分析 (中译本) 地质出版社
- [6] F.J.Turner, C.S.Ch'ih, (1951) Deformation of Yule Marble part III., *Geol.Soc.Am.Bull* V.62.p.887-906.
- [7] E.H.Patter, M.Rusbridge, (1977) The effect of Non-Coaxial strain paths on crystallographic preferred Orientation Development in the Experimental Deformation of Marble. *Tecton.* V.39.p.73-86.
- [8] M.P.Ferreira, F.J.Turner, (1964) Microscopic Structure and Fabric of Yule Marble Experimentally Deformed at Different Strain Rates., *Jour.Geol.*, V.72.p.861-875.

THE IDEALIZED FABRIC PATTERNS OF CALCITE AGGREGATE IN UNIAXIAL COMPRESSION AND IT'S INFLUENCE FACTORS

Xu Aijun

Abstract

The contoured diagrams of resolved shear stress coefficient for the glide systems of calcite show that duplex slips on e by uniaxial compression will not be effective and that two or three glide systems operating simultaneously on r translation by applying uniaxial compression will be possible. External rotation may bring the compression axis to the position where slip on two or three glide systems are favourable during single r translation. While the compression axis and the c -axis of crystal are parallel to each other, the slip directions of the three glide systems apart symmetrically around the compression axis. The rotation effects cancel out mutually and the crystal reaches a status where rotation ceases. The fabric of the rock just mentioned shows a maximum of c -axis parallel to the compression axis, where most of the calcite crystals are situated in a steady status.

It is concluded that temperature, confining pressure, initial fabric and strain rate are the main factors which give certain influence on the fabric pattern of deformed rock.

山东省日照县梭罗树橄榄岩结构 构造与组构的初步分析

袁荣林 张顺金

(中国科学院地球化学研究所)

橄榄岩的结构、构造及组构的研究,是了解幔源的超镁铁岩形成过程中的动力史的重要手段之一。山东日照梭罗树橄榄岩岩体具有普遍发育的流动构造或叶理,还可见到极为典型的条带状橄榄岩质糜棱岩。

我们对梭罗树七号及八号橄榄岩岩体做了地表观察,对所见定向构造均做了产状测量,并采集了地表定向标本及非定向的钻孔岩心样品。在野外工作中得到了山东地质局第八地质队,特别是阎佐政同志的热情协助,而此项工作完全是在他们的工作基础上进行的。此外,在笔者与朱寿华同志讨论本文的有关问题时受益不浅。钱祥麟教授与何永年同志为本稿提出了许多宝贵意见。在此一并表示衷心的感谢。

一、地质概况

根据第八地质队的资料,梭罗树岩体侵位于太古代泰山群洙边组黑云母斜长片麻岩或白云母钾长石片麻岩之中,其侵入时代被推测为晚太古代桃科期。岩体属镁质超基性岩,以方辉橄榄岩为主,纯橄岩、二辉及单辉橄榄岩、方辉橄辉岩以及较晚形成的单辉、二辉或方辉辉石岩次之。主要造岩矿物为镁—贵橄榄石及顽火辉石,普通辉石次之,常见的副矿物为铬尖晶石类矿物。整个岩体遭受强烈的蛇纹石化及滑石化作用,但局部蚀变较弱。

梭罗树七号岩体在地表呈北北西向($335\sim 350^\circ$)延伸的长条状轮廓,全长4600米,最宽处为526米,总面积约为1.52平方公里(图1)。总的看来,深部向西陡倾,只有在岩体中段的东缘,有时为中等倾斜,以及局部地段具有缓倾斜的边界。方辉橄榄岩质糜棱岩则主要发育在岩体南段东侧的下盘部位,但也零星地见于岩体中的其它部位。

梭罗树八号岩体位于七号岩体之西,相距500米处,在地表略呈“C”字形出露,其南段与七号岩体平行分布,长约1000米,宽约300米;岩体北段转为北东向,长约750米。

在上述两岩体中的每个露头上,几乎都能观察到由橄榄石、辉石、特别是铬尖晶石条带组成的定向构造或叶理,并且较易量得其产状。岩体内定向构造的产状大体与整个岩体的延伸及倾斜方向相吻合。总的来看,如七号岩体的走向为北北西,向南倾斜 $60\sim 75^\circ$,但在此岩体北端则近直立,微向东倾。八号岩体的叶理产状与七号岩体北段的叶理产状相似。

二、岩石的结构构造

通过大量的薄片观察,我们从上述两岩体中选出在结构、构造上具有代表性的三种类型的三个样品进行岩组分析,即七号岩体的SL—105、SL—108及八号岩体的SL—14(标本位置见图1)。

(1)SL—108样品为弱条带状方辉橄榄岩(照片1),其中的斜方辉石已全部为滑石所交代。橄榄石及铬尖晶石类矿物颗粒的轮廓略呈定向拉长状,形成条带状构造。橄榄石的粒度变化为0.2~0.9毫米,平均为0.45毫米,其边界线或弯曲或平直,经常见到由橄榄石晶粒间界面呈 120° 相交而形成的“三连点”(见照片1右侧),矿物消光均匀,显然是重结晶作用的结果。这一类型岩石是七号岩体的主要构成部分。在某些薄片中还可见到粒度为8毫米的残碎斑晶,其颗粒轮廓呈不规则的缝合线状弯曲。在残斑内部有带状不均匀消光,这是原始岩石遭受应变的残迹。

(2)SL—14为全他形结构的条带状方辉橄榄岩(照片2)。

与上述I型岩石比较,其橄榄石的定向拉长更为显著,粒度更小,平均为0.18毫米。最大的特点是其颗粒轮廓均呈扁豆状,几乎看不到平直边界。岩石中的斜方辉石亦全部为滑石所交代。整个岩石具全他形结构。

(3)SL—105为条带状方辉橄榄岩质糜棱岩(照片3)。无论用肉眼观察其手标本或是在镜下观察其薄片,均可见到十分清晰的叶理及糜棱构造。岩石主要由橄榄石或顽火辉石组成成长条状、眼球状及角砾状残碎斑晶,大多由单晶组成,其粒度一般由0.2至0.7毫米。有时可见由数个或数十个颗粒组成的残留体。较大的残碎斑晶及残留体可达数毫米,最大为10毫米。在此薄片见一残留体由斜方辉石、单斜辉石及橄榄石组成,其内部具全他形不

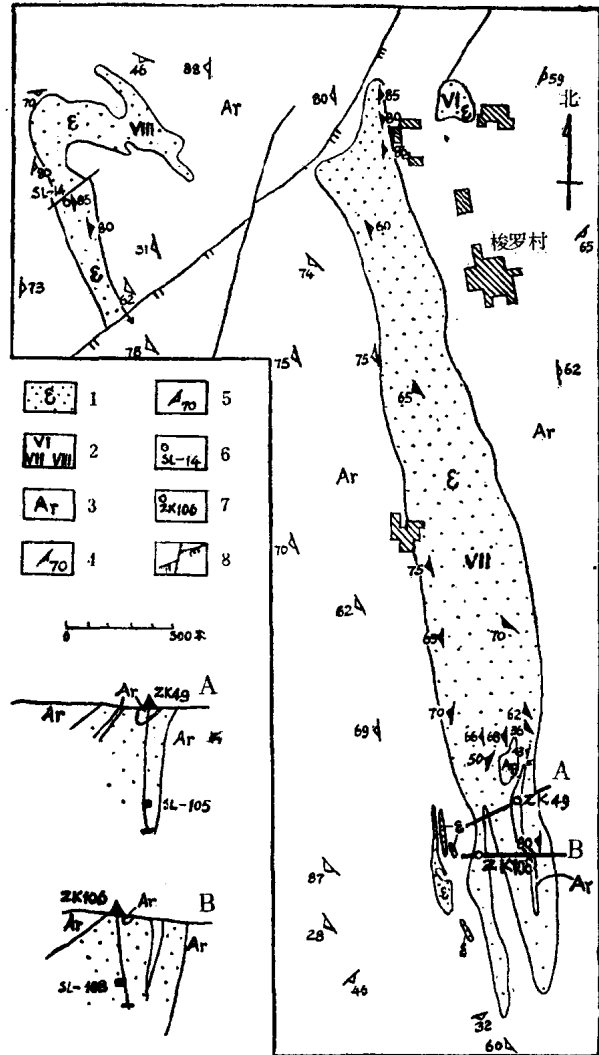


图1 山东日照县梭罗树橄榄岩岩体平面剖面地质图
(根据山东省地质图编制,除岩体内十三处产状外,均取自原图)
1—橄榄岩岩体; 2—岩体编号; 3—泰山群沫边组片麻岩; 4—岩体叶理产状; 5—片麻岩麻理产状; 6—标本位置及编号; 7—钻孔位置及剖面线; 8—断层

等粒结构，其粒径由几十微米至数毫米（照片4）。在长条状橄榄石残斑周围常有粒度为0.05~0.10毫米（平均为0.07毫米）的细粒橄榄石组成一个彼此平行的条带（见照片3中部），其橄榄石的界面以 120° 彼此相交所形成的“三连点”发育得极为典型。这表明它们是在岩石糜棱化过程中，由于受定向应力作用，从残斑中分离出来再重结晶而成。在糜棱岩中有时可见到长条状斜方辉石的解理面被挠曲的现象（照片5）。

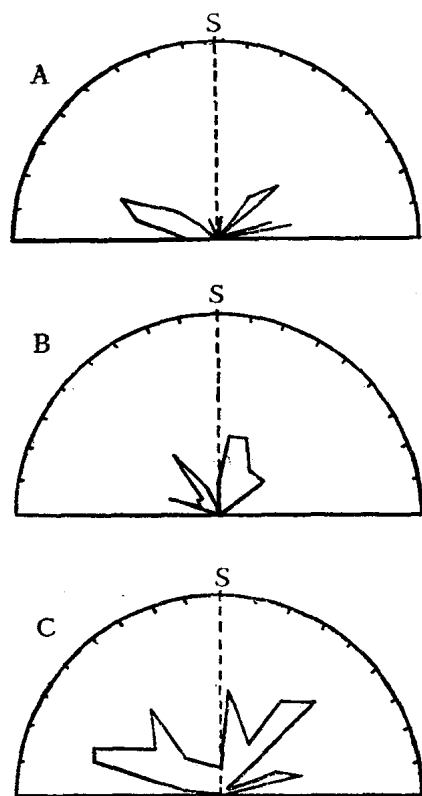


图2 山东日照梭罗树橄榄糜棱岩中橄榄石残碎斑晶中的变形纹(A)与波状消光(B)在薄片上的线迹方位玫瑰图解
S为叶理面线迹。统计数：A为26个，B为21个，C为A、B的综合。标本SL-105

的线迹方位，而且对叶理面的线迹(S)大体上是对称的。这两组方向可能就是岩石糜棱化时所形成的剪切面的方位。

三、组 构 分 析

我们对梭罗树岩体的三种结构构造类型的三块标本进行了橄榄石三个结晶轴的组构分析。SL-14为八号岩体地表定向标本。SL-108采自七号岩体ZK-106钻孔328米深的岩心。SL-105采自七号岩体ZK-49钻孔447米深的岩心。后两者虽为非定向标本，但由于整个岩体产状与内部定向构造的关系已经了解，而且这两块标本均具定向构造，因此并不妨碍岩组分析工作的进行以及与地表定向标本相对比。遗憾的是，由于斜方辉石均已蚀变，或因颗粒数过少，不能将橄榄石及斜方辉石的组构做对比研究。

(1) SL-108中的橄榄石虽然有或强或弱的定向延长的特点（照片1），但230个 橄

榄石的界面以 120° 彼此相交所形成的“三连点”发育得极为典型。这表明它们是在岩石糜棱化过程中，由于受定向应力作用，从残斑中分离出来再重结晶而成。在糜棱岩中有时可见到长条状斜方辉石的解理面被挠曲的现象（照片5）。

在上述残斑及细粒条带之间分布着粒度为0.01~0.05毫米，平均为0.03毫米的糜粉，由于颗粒太细，在镜下不能逐一辨别其矿物成分，但可知其主要矿物仍为橄榄石。用高倍镜仔细观察，仍能看到有相当一部分的颗粒界面互成 120° 相交成‘三连点’，但同时也见有不少颗粒的边界轮廓呈他形弯曲。这说明其重结晶程度不如细粒橄榄石条带。

此外，在橄榄石残斑中常见有两种现象：其一是具有密集的平行细纹，可能是一种变形纹；另一种是波状消光。在难得的情况下，二者可同时在一个残斑中出现（照片6），似乎变形纹形成稍早， $[100]$ 与其平行，而波状消光与 $[001]$ 平行。上述现象只能在正交偏光下观察到。我们对整个薄片的橄榄石残斑中所见到的26处变形纹及21处波状消光在薄片上的线迹方位做了玫瑰图解（图2），统计结果显示它们分别形成两组主要的

石的三个结晶轴未显出较为集中的优选方位(图3-A),极密部最大的等密线只达3%,而且极密部较为分散。但仍可看出 $[001]$ 的一些主要的极密部与叶理面平行, $[100]$ 的几个极密部接近于平行叶理面,而 $[010]$ 的两个极密部垂直于叶理面,其它极密部也与其靠近。这可能表明在此种岩石中包含有以 (010) 为滑面、以 $[100]$ 为滑向的 $(010)[100]$ 滑动体系,但不甚突出。

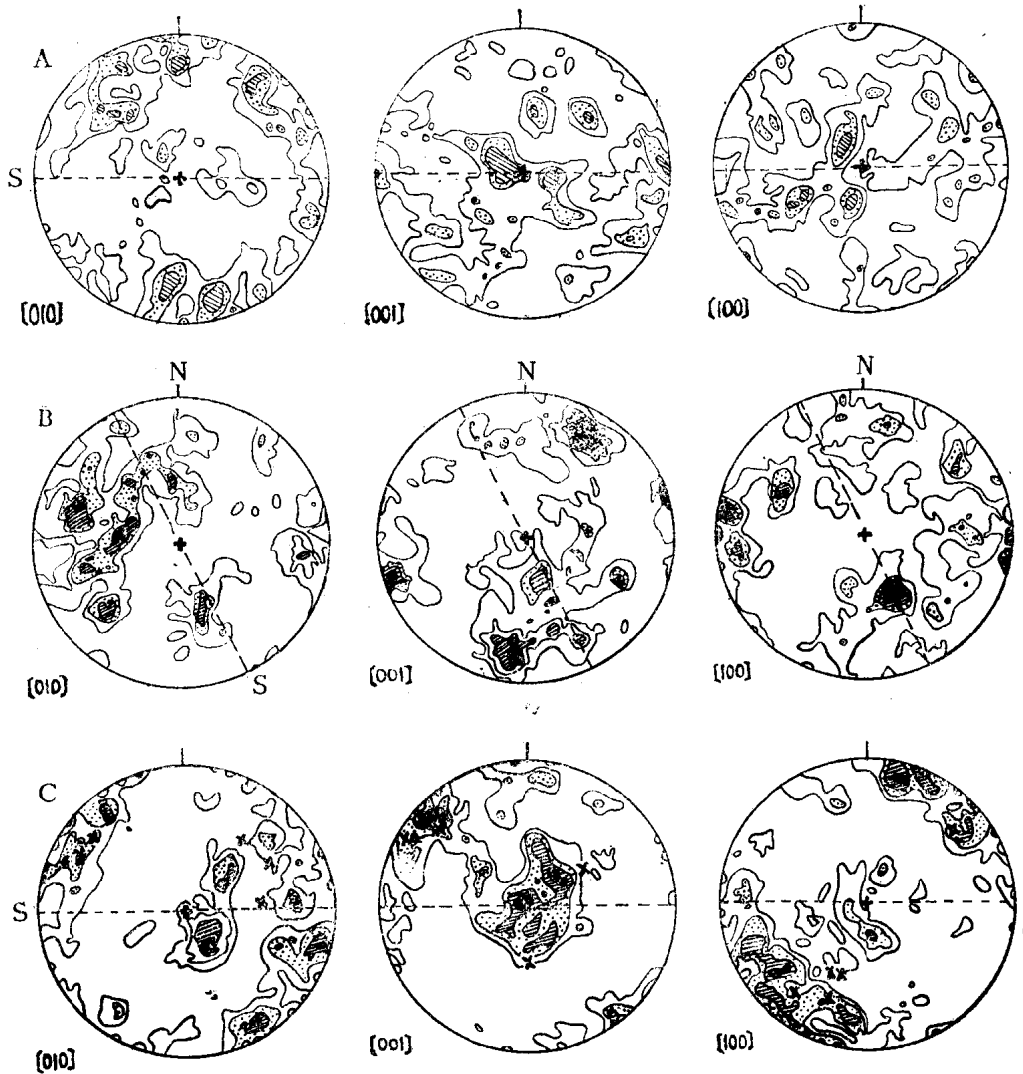


图3 方辉橄榄岩组构图

A.七号岩体弱条带状方辉橄榄岩(SL-108);B.八号岩体条带状方辉橄榄岩(SL-14);C.七号岩体方辉橄榄岩质条带状糜棱岩(SL-105)。S为叶理面。A与C非定向性样品的叶理面垂直地置于东西向是人为的。等密线:1、2、3、4、5、6%。统计个数:A.230个;B.150个;C.230个。C中的“×”为细粒条带中橄榄石残碎斑晶的结晶轴位置。下半球投影

(2) II型岩石SL-14的150个橄榄石的组构图表明:其优选方位较上述I型岩石SL-108集中得多(图3-B),如 $[100]$ 极密部的最高密度在6~7%之间。 $[100]$ 的主极密部平行于叶理面,而 $[010]$ 及 $[001]$ 极密部的位置不定。这反映了以 $[100]$ 为滑向、以 $\{0kl\}$ 为滑动面的 $\{0kl\}[100]$ 滑动体系的活动。

(3) III型岩石(糜棱橄榄岩) SL-105中组成条带的细粒橄榄石的〔001〕的一个极密部平行于叶理面,其最高密度在5~6%之间,而〔010〕及〔100〕的极密部与叶理面斜交,且其相交的斜角相近(图3-C)。可以将此理解为以{110}为滑面、〔001〕为滑向的{110}〔001〕滑动体系。细粒条带中的橄榄石残斑的各结晶轴分布,除个别情况外,也都分别重叠在细粒橄榄石结晶轴的极密部及极密区之内或其附近(见图3-C中带“×”者)。这表明重结晶的细粒橄榄石或多或少还继承着其母体残斑的结晶方位。

我们曾对此薄片中的残斑或残留体的橄榄石及斜方辉石的结晶方位做过组构分析,可能是由于统计个数过少,没有显示出任何规律,因而不能对此做出任何推论。

四、讨 论

Carter及AvéLallemant (1970)〔1〕的实验资料表明,橄榄石在受到不同的拉力而使其具有不同的应变率的条件下,而且主要是在不同的温度范围内,产生不同的滑动体系。当橄榄石的应变率固定时,从较低温至高温,依次出现{110}〔001〕、{okl}〔100〕及(010)〔100〕滑动体系。若橄榄石的应变率不同,则{110}〔001〕体系大约出现在1000°C以下及200°C以上;{okl}〔100〕体系则形成于800~1000°C之间;而(010)〔100〕体系见于1000~1200°C以上。从梭罗树的三种结构构造类型橄榄岩的橄榄石粒度来看,上述实验资料颇能合理地解释所见到的三种不同滑动体系。进行组构分析的橄榄石粒度从I型、II型至III型岩石依次减小,其分别出现的(010)〔100〕、{okl}〔100〕及{110}〔001〕滑动体系也各自代表高温、中温及低温的形成条件。但也应同时指出,许多人运用不同方法所进行的此种实验,出现了更为复杂的情况,如Phakey等人(1972)〔2〕在800°C或1000°C的条件下均能得到(010)〔100〕及{110}〔001〕两个滑动体系。Nicolas及Poirier (1976)〔3〕曾对前人的有关橄榄石滑动体系的实验资料进行了归纳,并指出{010}〔100〕及{okl}〔100〕滑动体系主要是在高温低应变率的条件下出现,即相当于上地幔的条件。而{110}〔001〕则主要形成于中温及中等应变率或低温高应变率的条件下即相当于地壳或上地壳的环境。在这里,他们未强调形成的温度范围。但所有这些与我们对梭罗树三种滑动体系的解释并无根本矛盾。

在III型岩石(糜棱橄榄岩)中可以看出岩石遭受强烈的动力作用,重结晶的橄榄石变晶则组成不同粒度的条带。根据Nicolas (1978)〔4〕一文中所提到的Mercier (1976)对新变晶大小与应力之间的关系式: $\sigma = 40d^{-0.81}$ 来看,橄榄石在糜棱岩中重结晶时的流动应力值有所不同,这反映出应力分布的不均匀性。根据估算,由残碎斑晶分离出来的已重结晶的细粒橄榄石(平均粒度为0.07毫米)条带的流动应力值约为1280巴,而糜粉中的重结晶橄榄石(平均粒度为0.03毫米)所反映出的数值约为2500巴。与此相比,I型岩石中重结晶的橄榄石(SL-108)所反映的流动应力值只有284巴,因而其结晶轴的极密程度较低。这种估算值可能由于在地壳较浅部位的剪切应力的影响而偏高,但它们之间的相对大小是存在的。

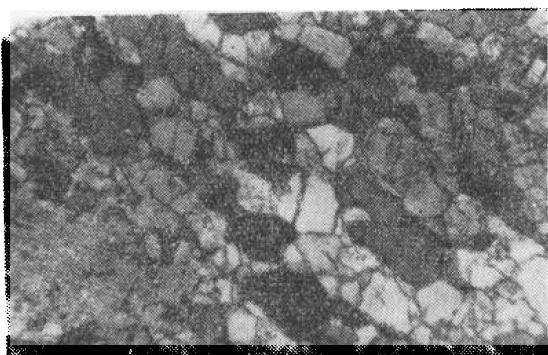
最后应指出,梭罗树橄榄岩中所见到的以〔001〕为主要滑移方向的岩石组构与何永年等人(1981)〔5〕及刘若新等人(1981)〔6〕所研究的我国东部新生代玄武岩中的二辉橄榄岩

包体的组构有相似之处。

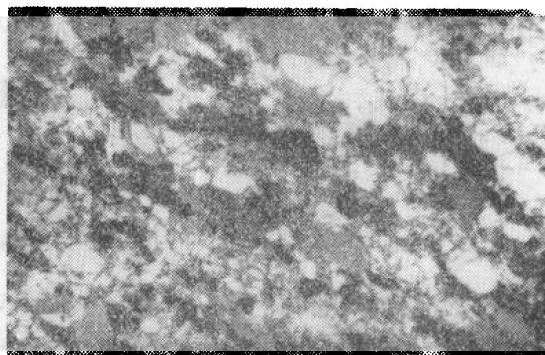
主要参考文献

- [1] Carter, N.L. and Avé Lallemant, H.G. (1970): 'High temperature flow of dunite and peridotite'. *Geol. Soc. Am. Bull.* 81, pp. 2181—2202.
- [2] Phakey, P., Dollinger, G. and Christie, J.M. (1972): 'Transmission electron microscopy of experimentally deformed olivine crystals.' in "Flow and Fracture of Rocks", *Geophys. Monograph.*, 16, Am. Geophys. Union, pp. 139—156.
- [3] Nicolas, A. and Poirier, J.P. (1976): *Crystalline Plasticity and solid state flow in metamorphic rocks*, John Wiley & Sons, London, p. 177.
- [4] Nicolas, A. (1978): 'Stress estimates from structural studies in some mantle peridotites', *phil. Trans. R. Soc. Lond. A.* pp. 49—57.
- [5] 何永年、林传勇 (1981): 中国东部新生代玄武岩中二辉橄辉岩团块的结构和组构, *地震地质*, 3卷1期, 41—50页。
- [6] 刘若新、杨美娥、胥怀济、郭金弟、王文翔 (1981): 华北地区新生代碱性玄武岩中超镁铁质捕虏体的初步研究, *地震地质*, 3卷3期, 1—16页; 3卷4期 39—48页。

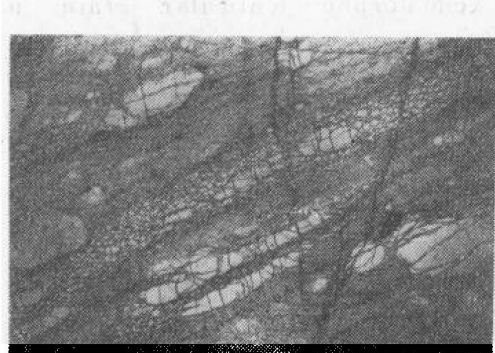
图版说明



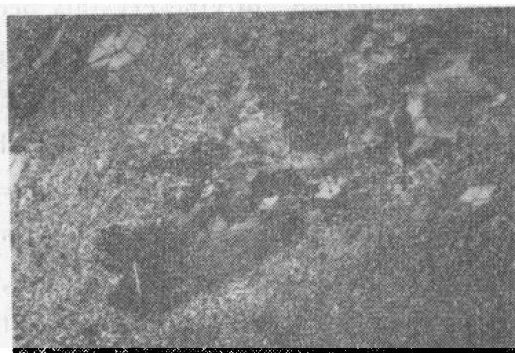
照片1 弱条带状方辉橄辉岩的橄榄石略具定向延伸。照片左下角具平行解理者为滑石化斜方辉石, 在照片右侧可见重结晶的橄榄石界面相交 120° 形成的“三连点”。SL—108, $36\times(+)$



照片2 全他形结构的条带状方辉橄辉岩中的橄榄石具有明显的定向延伸。SL—14, $33\times(+)$



照片3 方辉橄辉岩质条带状糜棱岩由残碎斑晶及其周围的重结晶的橄榄石条带以及部分重结晶的‘细粉’组成。黑色矿物为锐尖晶石。SL—105, $11\times(//)$



照片4 橄榄糜棱岩中的残留体, 由斜方辉石、单斜辉石及橄榄石组成, 具全他形不等粒结构。SL—105, $14\times(+)$ 。