

# 国内外岩浆房研究的若干问题

任有祥

(西安地质矿产研究所)

自1972年美国地质学会彭罗斯蛇绿岩讨论会把蛇绿岩重所定义为具特定成分和序列的基性岩和超基性岩组合以来,蛇绿岩研究已进入一个新的重要时期,在世界各国得以迅速发展。其表现主要为:(1)各国学者对所在地域内蛇绿岩的普遍调查和研究,例如我国70年代中期对北祁连蛇绿岩的调查(肖序常,1978),80年代初中法合作对西藏蛇绿岩的研究,对新疆西准噶尔蛇绿岩的研究(朱宝清,1987),张秋生等(1984)对东秦岭古生代蛇绿岩的研究等等。研究的主要内容仅在于蛇绿岩的存在和基本特征表述。(2)对世界著名的四大蛇绿岩——塞浦路斯特罗斯蛇绿岩、阿曼塞迈尔蛇绿岩、纽芬兰岛湾蛇绿岩以及巴布亚新几内亚蛇绿岩的再研究。其中最突出的是以加拿大为首有九个国家参加的《塞浦路斯地壳研究计划》(1981—1987)。如果说R.G.Coleman的《蛇绿岩》(1977)是对以前蛇绿岩研究的一个初步总结,那么其后对这些世界著名蛇绿岩的再研究,则使该项研究得以向纵深发展。主要表现有二:一是对蛇绿岩研究中的一些重大问题提出了新的看法并引起了激烈的争论,如对特罗斯和岛湾蛇绿岩形成环境非洋中脊而是岛弧环境产物的认识;二是对蛇绿岩套中各个单元的分别深入研究。岩浆房及其岩浆房中的成岩作用就是十分突出的一个侧面。(3)蛇绿岩中有关矿产的研究得到进一步的总结和提高,其中最令人瞩目的是自1978年在北纬21°东太平洋洋隆发现热泉现象及其块状硫化物矿床(J.Francheteau等,1979)以及尔后在胡安·德·富卡海岭,发现海底多金属硫化物矿床中的金矿以来(M.D.Hamington等,1986),使人们的眼界更为开阔,促使各国的岩石和矿床学家把深成岩(岩浆房中的成岩作用产物)与火山岩以及其中形成的矿产联系起来,作深入探讨。

本文要讨论的是蛇绿岩研究中的岩浆房、岩浆房中的成岩作用,以及岩浆房成岩与火山岩及海底热泉成矿的关系。显而易见,在国内进一步开展这方面的研究,无论在理论上,还是在进一步的战略找矿上,都具有重要意义。

## 4. 汉中区:

(1) 强化黄金资源开发。汉中地区金矿资源在我省占有重要位置,已建成投产的有勉县汉江砂金矿,已建成100立升采金船,年产黄金1300两。李家沟岩金矿,1986年底投产,生产黄金3680两。正在建设的东沟坝多金属矿,日处理矿石100吨以及宁强大安和略阳乐素河100立升采金船等,预计1988年可投产。

(2) 加强冶金矿产资源的开发。扩建汉江钢厂及杨家坝铁矿,1990年逐步生产扩大到100—150万吨。扩建略阳钢铁厂及矿山改造,“七五”计划对该厂生产进行配套,同时改造阁老岭、柳树坪和黑山沟铁矿。改造完成后,1990年总产值为10388万元。汉中钢厂,1990年生产锰铁2万吨,2000年生产锰铁5万吨,2030年形成10万吨铁合金生产厂。

(3) 加快建材及其他非金属矿产资源开发。建设天台山磷矿采选联合企业,年处理矿石50万吨,生产精矿18.87万吨,年产值1386.95万元。扩建西乡石膏矿,规模30万吨,年产值600万元。扩建汉中玻璃厂,增产优质平板玻璃、有色玻璃、特种玻璃和工业技术玻璃。加强板石开发,镇巴观音板石,色泽纹理浑厚、美观,是一种物美价廉的建材,拟建设生产规模40万平方米,年产值320万元的板材厂。

# 一、岩浆房在地壳之下确实存在

很久以来，人们对地壳之下岩浆房的存在处于朦胧状态，随着蛇绿岩套中堆积岩、岩墙群或席状杂岩以及火山岩典型剖面的研究，迫使蛇绿岩研究者作出了扩张脊下岩浆房存在的假设，但是岩浆房究竟存在的情况如何？例如它的形态、大小、在地壳下的深度等，均不甚清楚。近些年来，国外地球物理和岩石学家通过在大西洋中脊、东太平洋洋隆以及夏威夷洋岛等地的研究，已经使这种假设变为事实。

(一) 洋脊、洋隆及洋岛上的地震研究：人们通过在东太平洋洋隆及大西洋中脊处安放海底地震仪以监视其地震活动情况和用人工爆破方法对脊峰处地壳结构的研究 (J.A.Orcutt等, 1984)，证实东太平洋洋隆快速扩张脊中的地震活动量级为0—1级。这种地震活动以浅的微震以及长期的和谐小震为特征。人工爆破的详细的地震折射试验也支持存在有地壳岩浆房这一假设，通过资料分析表明这种岩浆房中的熔体呈一倒立的三角形带，位于扩张轴之下2—3公里处，宽约12公里。

夏威夷洋岛Kilauea火山通过地球物理研究 (R.W.Decker等, 1987) 表明，该火山的喷发物质来自地表之下2—6公里深处，T.L.Wright等 (1987) (图1) 根据地震和大地测量资料，将其分为：(1) 穿过洋壳的通道；(2) 浅岩浆库源；(3) 隔离的岩浆袋等。

(二) 海底玄武岩矿物化学的研究：M.R.Fisk (1984) 研究了北纬60—63°大西洋中脊雷克雅内斯海岭和西径85—100°加拉帕戈斯海岭的玄武岩玻璃与共生的橄榄石斑晶，以及前人的斜长石和普通辉石探针资料表明，橄榄石斑晶实际上是无环带的，这种化学带的缺失证明其主岩浆是在15°C以内冷却成岩的，就是说，在岩浆冷却过程中，温度变化甚小，其岩浆的MgO/FeO值几乎是稳定的。因此推断岩浆是由最后的岩浆源上升、喷出成岩的，这种岩浆在性质上几乎是同温同化学的。在此基础上，M.R.Fisk等把岩浆分为三相(橄榄石、斜长石和普通辉石斑晶)饱和的深度作为岩浆房的深度进行温—压估计 (图2)，对

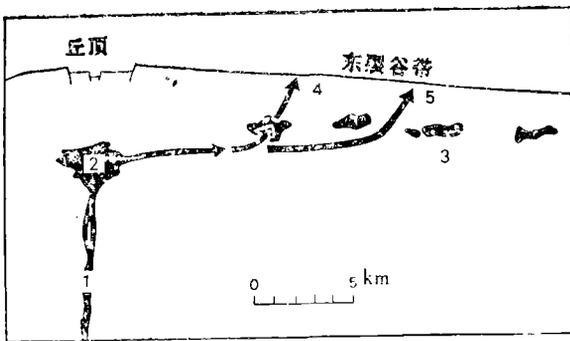


图1 夏威夷基拉韦厄火山岩浆库(房)和喷发的简化模式

(据R.W.Decker等, 1987)

1—穿过地震确立的洋壳管道；2—浅库源，由大地测量和作为无震带而划定；3—侵入裂谷带而产生的隔离岩浆袋。丘顶喷发直接由中心源顶部供给，大部分裂谷喷发也由中心源下部供给，既可与储备的裂谷岩浆混合(如4)，也可直接到地表(如5)。通常，储备的裂谷岩浆可单独喷出

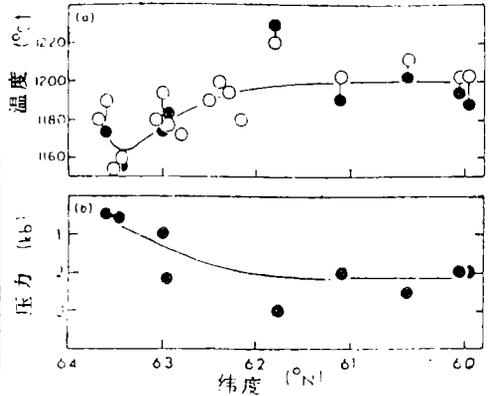


图2 (a) 黑点为实验测定的液体温度，空圈为计算求得的液体温度。玄武岩样品采自大西洋中脊冰岛的雷克雅内克海岭(北纬60—63.7°) (b) 九个玄武岩三相饱和的计算所得深度(玄武岩一个大气压的相关系是已知的)，样品来源同上(据M.R.Fisk等, 1984)

雷克雅内克海岭沿正常脊喷出的玄武岩来说，三相饱和深度 $\geq 6$ 公里，但在冰岛附近，其深度则在3—6公里之间；加拉帕戈斯扩张中心，正常脊大部分玄武岩三相饱和深度大于6公里，而靠近加拉帕戈斯平台中心（西经 $91^\circ$ ，图3），其深度变化较大，但该中心外侧，其深度又趋于变小（ $< 6$ 公里）。脊峰之下岩浆房中的岩浆温度在 $1150-1270^\circ\text{C}$ 之间。

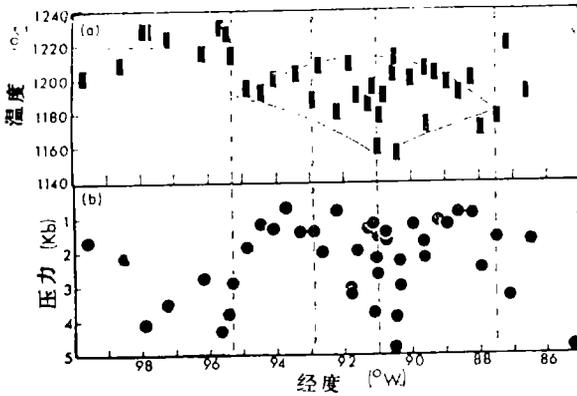


图3 (a) 加拉帕戈斯扩张中心枕状玄武岩玻璃外壳计算求得的液相线温度，垂直断线代表裂隙带或扩散裂谷顶部，水平线延伸在正常洋壳区上部，图中的封闭线处为加拉帕戈斯平台高磁强度地区玄武岩温度；(b) 加拉帕戈斯扩张中心枕状玄武岩玻璃三相饱和所计算的压力（据M.R.Fisk等，1984）

德和大岩墙，美国的斯蒂尔沃特杂岩等进行了卓有成效的研究。自60年代初，人们最早提出“火成堆积”概念以来，这种研究更加深化，L.R.Wager和G.M.Brown（1968），在《层状火成岩》把类似于沉积岩石学中的某些基本概念及岩石命名原则引进层状火成岩中，遂形成一个完整的火成堆积系统。他们在研究格陵兰的斯开尔嘎德基性超基性层状岩体时引进了新的岩石概念，这就是现在已为广大地质人员所熟知的正堆积岩、补堆积岩、中堆积岩、异外堆积岩以及在岩体中少见的正交堆积岩（Crescumlate或harrise）。在陕南望江山岩体中发育有国内尚未见报道的正交堆积岩。他们按重力分异旋回划分出各个单元，认为是辉长质岩浆就地结晶重力分异的结果。这就是Wager和Brown经典的玄武质岩浆房的成岩模式。

到70年代初，有关学者广泛研究了蛇绿岩套中深成体部分以及与上部的席状岩墙杂岩和枕状熔岩的关系，遂提出了单一岩浆房成岩模式（D.Greenbaum, 1972, 图4）。认为该模式是在岩浆上涌，侵入成岩墙和喷出枕状熔岩之前进行成岩作用的，是熔融体从热轴带运移而进入逐渐冷却的旁侧体系中时不断进行堆积作用的一种过程，即在岩浆房的顶部和底部间，由于温差很大，结晶作用则迅速进行，橄榄石、单斜辉石和斜方辉石以及斜长石发生沉淀，并在岩浆房地板上生成堆积超镁铁岩，尔后生成镁铁岩。与此同时，岩浆房顶板之下的熔融体则冷却生成微晶辉长岩或粒玄岩。由于堆积晶体生长和沉淀，堆积岩构成醒目的纹层组构（laminar fabric），也有称作层状构造者（layering）。随着深度的增加，斜长石消失，堆积橄榄岩代替辉长岩成为主要岩类，其中有包括纯橄岩（往往含少量斜长石）、异剥橄榄岩、辉石岩以及橄长岩的旋回次序发生。

无论是Wager和Brown的经典玄武质岩浆房成岩模式，还是Greenbaum的单一稳定态的岩浆房成岩模式，都强调晶体沉降占优势的分馏作用，而否认这种巨大岩浆体中会发生对流作用，故而受到蛇绿岩岩浆

通过上述不同地域、不同方法的研究，证明地壳之下确实存在岩浆房，其最浅者仅在壳下2—3公里处，然而它们的形态和规模却不尽相同。

应当指出是，这种研究虽然取得了重要成果，但仍属间接研究，人们仍不能对这种岩浆房内所进行的作用，它的特征作深入了解，故而转向蛇绿岩套中深成岩的研究，尤其是其中堆积层序的研究，因为近二十年来，地球科学家已普遍接受如下观点，即蛇绿岩是大洋岩石圈在陆上的残片，其中的深成岩可以代表上述间接推定的壳下岩浆房。

## 二、单一岩浆房和复合岩浆房

很久以来，地质学家就对世界上几个巨大的层状镁铁—超镁铁杂岩，如南非的布什维尔德

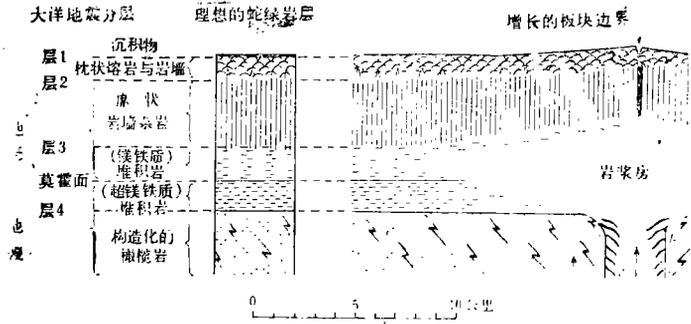


图 4 D.Greenbaum (1972) 的单一岩浆房模式

房研究者的批评。其次这种单一稳定态模式忽视了如此巨大的岩浆房不可能保持薄的顶板不坍塌的事实。因此,许多研究者(例如,C.A.Hopson等,1980;P.Browning,1984)开始相信和论证复合岩浆房模式的存在和意义。

复合岩浆房模式存在的证据是:(1)经详细的野外研究表明,上述纹层组构造或层理构造,在横向上是不连续的,其现实的解释应当为分离岩浆房中重力结晶分异作用的结果;(2)在堆积岩中发育辉绿岩岩墙,且一直延续到席状杂岩中,这只能用堆积岩之下曾存在有岩浆体来解释,而堆积岩本身则是早先存在的岩浆房中的产物;(3)超镁铁堆积岩由反复沉淀形成的旋回单元组成,其矿物化学显示了清楚的隐蔽旋回变化,更是复合岩浆房的有力证据(见后)。这种复合岩浆房模式将涉及到晶体沉降占优势的分馏作用,岩浆的双扩散对流作用,岩浆的脉动复合贯入作用以及岩浆对岩浆房顶部围岩的同化作用等。

### 三、岩浆房中的宏观构造现象

岩浆房中的宏观构造现象历来是构造学者注视的目标,随着岩浆房成岩模式研究的深入,这种研究的性质也日趋系统化。这种宏观构造最明显的特征是各种侵入关系,例如,岩浆房顶部辉长岩与上覆岩墙群的各种侵入关系,辉长岩和下部超镁铁堆积岩间的侵入关系,在蛇绿岩剖面中斜长花岗岩与其上的席状杂岩和与其下的辉长岩的侵入关系等等。在这些研究中,进行的最系统最详细的是R.B.Pedersen(1986)对挪威加里东造山带中蛇绿岩岩浆房的构造研究(图5)。

R.B.Pedersen所研究的蛇绿岩位于挪威加里东造山带最上部外来单元内,包括Karmøy, Solund和Leka三个蛇绿杂岩。Karmøy蛇绿杂岩由超镁铁堆积岩、层状和块状辉长岩、闪长岩和斜长花岗岩的深成单元、席状岩墙杂岩和零星产出的枕状熔岩组成;Solund蛇绿杂岩由席状岩墙、枕状熔岩、变火山碎屑岩和块状岩流组成,辉长岩类主要为微晶辉长岩和粗粒球状结构的辉长岩;Leka蛇绿杂岩包括有与纯橄岩扁豆体伴生的地幔方辉橄岩和一系列厚层超镁铁堆积岩(纯橄岩、方辉橄岩、单辉辉橄岩和二辉橄岩),这些岩石向上过渡为辉长岩,包括席状岩墙的顶部岩石为一含斜长花岗岩水平层与层状系列分开,蛇绿岩的火山层序由枕状熔岩和席状岩流组成,夹有不同类型的大洋沉积物。

Pederson在研究了上述三个蛇绿杂岩内大量侵入接触关系之后(包括层状系列内、深成岩单元上部和席状岩墙杂岩接触边界上的侵入关系),绘制了野外关系综合图(图5)。现依该图中的数字编号简述如下:①层状系列内的侵入边界深度,该侵入边界以早期岩石的漂浮捕虏体和捕虏体周围的同化作用和反应带为特征,缺乏热液脉、磁铁矿辉长岩或厚的边缘系列,清楚地见于Leka蛇绿岩的Solsem;②较高构造层位上的侵入边界,这种边界系列既含微晶辉长岩,也含磁铁矿辉长岩,有热液活动,侵入边界附近的蚀变岩石局部发生部分熔融,形成奥长花岗岩,在Karmøy杂岩体中显示清晰;③属深成单元的最高构造层位,辉长岩侵入顶部系列及较早深成岩体伴生的岩墙内,该处热液脉发育,磁铁矿辉长岩也普遍见及,例

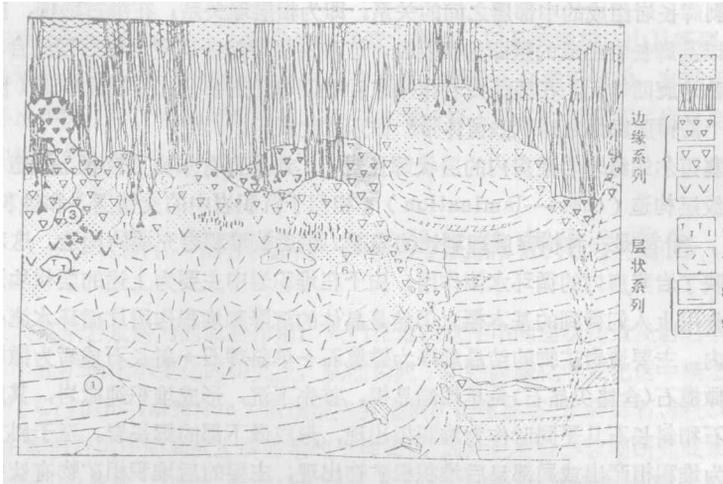


图 5 蛇绿岩内所见不同规模野外关系综合图

(据R.B.Pederson, 1986)

- 1—枕状熔岩；2—席状岩墙；3—微晶辉长岩；4—中—粗粒块状辉长岩；  
5—磁铁矿辉长岩；6—斜长花岗岩；7—球颗构造辉长岩；8—层状辉长  
岩，9—层状橄榄岩和纯橄岩

如在Karmøy蛇绿岩中所观察到的那样；④示顶部组合内的内部侵入关系，由微晶辉长岩到粗粒辉长岩逐渐过渡，在侧向上进入内部侵入边界，发育在Solund蛇绿岩内；⑤示席状岩墙和辉长质深成岩的侵入和过渡关系，既有辉长岩侵入岩墙的现象，也有植根于辉长岩中的岩墙产出。在所观察的蛇绿岩中普遍发育；⑥为与边缘系列中产出的磁铁矿辉长岩密切相关的斜长花岗岩。

基于上述观察，R.B.Pederson认为蛇绿岩岩浆房为复合式，是一种洋壳内从低层位到高层位迁移的复合岩浆房。

#### 四、堆积岩层中的层状构造

堆积岩中的层状构造广泛发育于世界许多深成岩体内。例如，在大陆板块内，有人们所熟知的南非布什维尔杂岩和大岩墙岩体，美国的斯蒂尔沃特杂岩以及格陵兰的斯开尔嘎德杂岩等；在大洋板块的残片中，有前述世界四大蛇绿岩杂岩等。在我国有著名的四川攀枝花岩体、陕西望江山岩体以及新疆洪古勒楞蛇绿杂岩体等。由于这些岩体层状构造保存完整，故而成为岩石学家研究岩浆房内成岩体作用重要目标，并获得了重要的研究成果。

堆积岩层序中广布有两类层状构造，既实际矿物成分层状构造(modal layering)和相层状构造(Phase layering)。前者在堆积层序岩石中广泛发育，由厚几厘米—100厘米的纹层状形态粒级层显示，相当于Wager和Brown(1968)韵律层状构造，C.A.Hopson(1980)的粒级层(grain size layers)和矿物比率层(mineral-ratio layers)。这种层状构造，在望江山岩体中极为发育(任有祥, 1976)①，如其中的斜长石在层状构造的剖面上呈定向排列，但在层理面上却杂乱排列成为典型的纹层构造，显系结晶重力分异的沉降产物，在洪古勒楞的橄榄辉长岩中，甚至可见到橄榄石这种产出方式。相层状构造，又称相层理(C.A.Hopson, 1980)，系指决定层理界限的接触类型，望江山的橄榄辉长岩、橄长岩组成的底

① 任有祥, 1976, 陕南望江山基性岩体地质矿化特征及成因讨论。

部层和其上紫苏异剥辉长岩组成的中部层之间的关系，即为相层理关系，在洪古勒楞，由含长纯橄岩、辉长岩、橄榄辉长岩以及辉长岩组成的层即为相层理。这种由相接触所确定的相层理结合在剖面上反复出现，就构成人们所称的旋回单元，在望江山岩体中这种旋回单元主要分布于岩体中部（图6），共分出十二个单元，在图中以“韵律层底部之球状残留体带”作示意性表示。

此外，在阿曼塞迈尔蛇绿岩岩浆房内的层状辉长岩中，还发育有水流（波状）构造（current structures，它包括交错纹层构造（cross-lamination）（相似于沉积岩中的交错层）和蚀沟构造（Cut-and-fill structures），后者是一种横穿层理剥蚀的沟道，尔后被堆积岩充填的构造。这种构造虽然并不发育，但却清楚地反映了岩浆房内的循环水流作用。由于在堆积岩中主要为上述的层状构造，而不是水流构造，因而，在成岩作用上人们得到的基本概念仍然是晶体的沉降和堆积作用比循环水流作用更重要。

在堆积岩层序内，主要造岩矿物的结晶顺序为橄榄石→单斜辉石→斜长石或者为橄榄石→斜长石→单斜辉石。就是说，橄榄石（含铬尖晶石）是早期结晶相，首先下沉，形成堆积纯橄岩，其后，由于橄榄石的继续下降，单斜辉石和斜长石几乎同时作为堆积相出现，形成最下部的辉长岩。至于斜方辉石则往往作为充填相矿物而不作为堆积相产出或局部呈后堆积相矿物出现，主要的后堆积相矿物有钛铁矿、磁铁矿及角闪石。C.A.Hopson等（1970）就塞迈尔的wadi khafifah剖面所绘制的垂直堆积相的变化可作为其例证（图7）。

在这种以层状构造为特征而构成旋回的堆积岩中，其岩石结构以补堆积结构的出现为主，其次有中堆积结构和异补堆积结构，例如在塞迈尔杂岩中，仅鉴定有堆积结构和补堆积结构，且以后者为主（P.Bro-

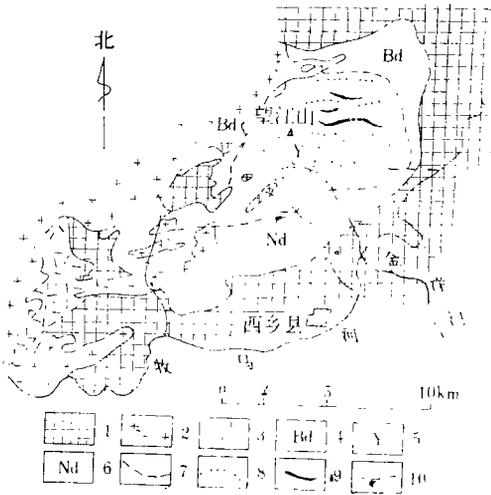


图6 西乡望江山基性岩体形态及中部构造图

- 1—下元古界（岩体直接围岩）；2—花岗岩；
- 3—基性岩侵入体；4—岩体北缘蚀变混染辉长岩带（含辉长苏长岩相）；5—岩体中部韵律层（岩相）
- 6—岩体南缘蚀变混染辉长岩；7—岩相（带）界线；
- 8—韵律层底部之球状残留体带；9—钛磁铁矿化带；
- 10—推测断层

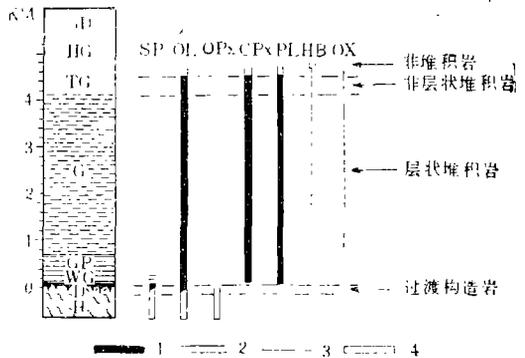


图7 阿曼塞迈尔蛇绿岩中wadi khafifah辉长岩剖面成固柱状图

（据C.A.Hospon等，1980）

SP—铬尖晶石；OL—橄榄石；CPX—单斜辉石；PL—斜长石；HB—角闪石；OX—磁铁矿和钛铁矿；OPX—斜方辉石；SD—席状岩墙；HG—均质辉长岩；TG—过渡辉长岩；G—层状辉长岩；GP—层状辉长岩和苦橄岩；WG—异剥橄榄岩和层状辉长岩；D—纯橄岩；H—方辉橄构造岩

wning, 1984; C.A.Hopson, 1980), 在岛湾的北臂山岩块, 以及陕西望江山及新疆洪古勒楞杂岩中, 则见有补堆积和异补堆积结构, 而正堆积结构还未见有报道, 至于正交堆积结构, 如前所述, 在望江山杂岩曾见及。这种以补堆积结构占优势的情况表明, 大多数辉长岩、苦橄岩以及辉长岩等层状体是在被深埋之前完成其堆晶后的结晶作用的。

## 五、堆积层序中矿物的隐蔽化学变化

为了进一步深入揭示岩浆房内的成岩作用, 人们在堆积层序中的层状构造及岩石学研究的基础上, 把目标转向堆积层序中的矿物化学变化的研究上, 从而构成了矿物隐蔽化学变化这一概念。

所谓隐蔽变化 (Cryptic variation) 系指把主要堆积矿物橄榄石、单斜辉石、斜长石 (有时包括斜方辉石) 化学成分投绘在堆积岩层序的高度上所显示的一种变化。国外已有许多该项研究成果公之于世, 例如阿曼的塞迈尔岩体 (J.Pallister等, 1980; P.Browning, 1984), 纽芬兰岛湾的北臂山岩块 (D.Elthon等, 1984), 我国陕西的望江山杂岩 (夏祖春, 待刊), 以及新疆洪古勒楞杂岩等。现选取塞迈尔、北臂山和洪古勒楞为实例 (图8、9、10), 以示其矿物隐蔽化学变化特征。

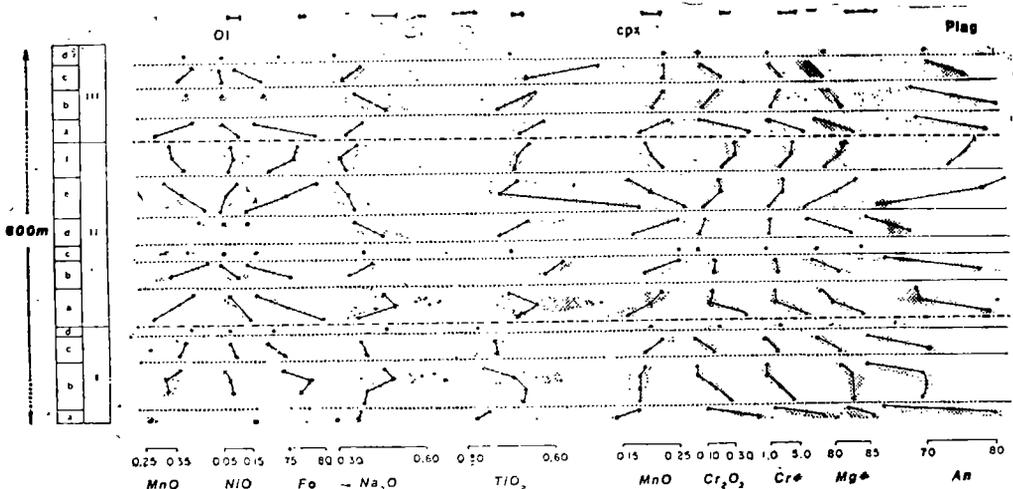


图 8 示阿曼蛇绿岩中Wadi Bani Kharus层状橄榄辉长岩剖面 (600米) 随高度而变化的相化学图 (据P.Browning, 1984) (本图表示了单个测定的误差范围)

由图可知, 尽管这些堆积层状体的露出厚度, 所划分旋回的多寡不同, 用以表示这种变化参数 (包括橄榄石的Fo、MnO、NiO, 单斜辉石的Cpx、Na<sub>2</sub>O、TiO<sub>2</sub>、MnO、Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Cr<sup>4+</sup>、Mg<sup>2+</sup>, 斜方辉石的Opx, 以及斜长石的An) 的选取和作图方法 (图9) 也不一样, 但它们却有如下的共同变化特征: 所有参数均显示旋回性变化, 例如在图8中, 根据单斜辉石中的Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量区辨出三个主要旋回 (I、II、III), 基于所有变化参数的变化特点又可区分出一系列小的单元 (a, b, c, d)。在图9中, 依据Fo和Cpx及Opx中的Mg的隐蔽接触或其重新回到原来的成分位置, 划分出十一个旋回单元。现以使用参数较多而研究详细的图8为例说明其变化细节如下: 在该图上, 其相容元素为正常的负地球化学梯度, 也就是说, 橄榄石中的Fo和NiO, 单斜辉石中的Mg<sup>2+</sup>, Cr<sup>4+</sup>和Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>以及斜长石的An显示正常的负地球化学梯度, 而其不相容元素, 即橄榄石中的MnO、单斜辉石中的Na<sub>2</sub>O、TiO<sub>2</sub>和MnO显示出正的梯度趋势。总的来说, 所有变化参

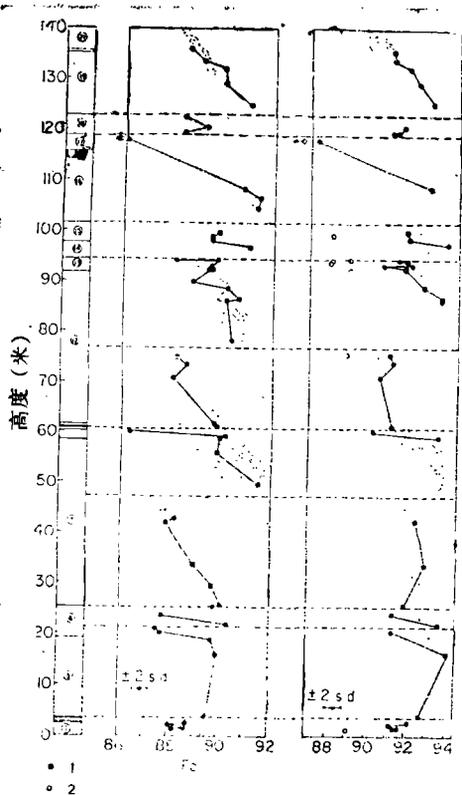


图 9 纽芬兰岛湾蛇绿岩中北臂山岩块剖面随高度而变化的堆积橄辉石和辉石成分 (据D. Elthon等, 1984)

图中所绘单斜辉石的阴影区相应于不含单斜辉石岩石的橄辉石阴影区, 单斜辉石 (CPX) 和斜方辉石 (OPX) 中的  $Mg = 100 \times Mg / (Mg + Fe)$ 。图左侧①-⑭代表柱状剖面中之不同岩性, 依次为: ①一层间纯橄岩和异剥橄岩 (一些层中有斜方辉石), ②一异剥橄岩, ③⑤⑦⑩⑭一同①, ④一单斜辉石岩, ⑥一层间异剥橄岩、纯橄岩和单斜辉石岩, ⑧一具少量层间纯橄岩的异剥橄岩 (一些层中含少量斜长石), ⑨一具少量橄辉石的单斜辉石岩, ⑩一纯橄岩, ⑪一同⑨, ⑬一层间橄辉岩和富橄辉石异剥橄岩 (一些层中有斜方辉石), ⑭一具少量单斜辉石的纯橄岩, ⑮一层间钙长石辉长岩和异剥橄岩, ⑯一具少量异橄岩的纯橄岩, ⑰一橄辉岩 (一些层中有斜方辉石), ⑱一层间异剥橄岩和单斜辉石岩, ⑲一含长异剥橄岩, ⑳一单斜辉石岩 (一些层中有橄辉石和斜方辉石), ㉑一含长异剥橄岩, 1—CPX中的Mg; 2—OPX中的Mg

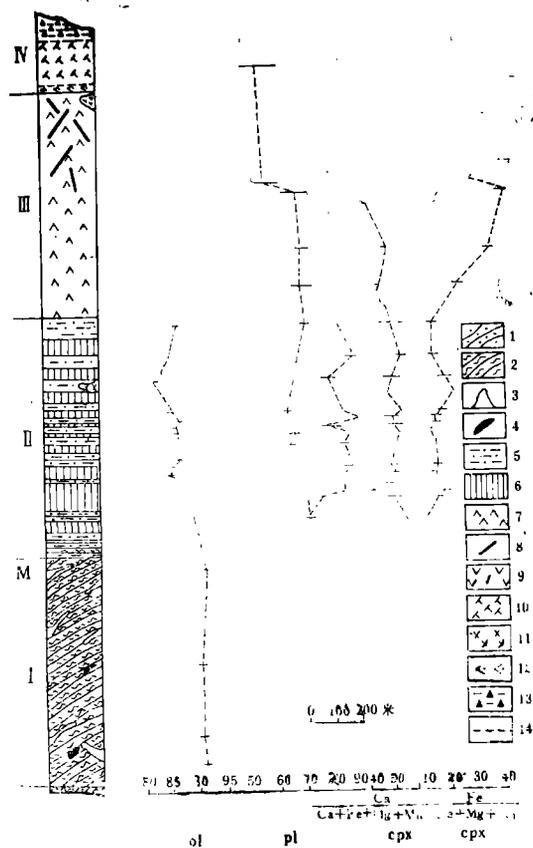


图 10 新疆洪古勒楞蛇绿岩套综合剖面图

1—砂岩、粉砂岩; 2—变质斜辉橄岩; 3—基性岩脉; 4—铬铁矿矿体; 5—暗色辉长岩; 6—浅色辉长岩; 7—辉长岩; 8—辉绿岩岩墙; 9—石英钠长斑岩; 10—玄武岩; 11—安山玄武岩; 12—层状辉绿岩; 13—火山碎屑岩; 14—断层 I—变质橄辉岩单元, II—超镁铁质层状堆积岩单元, III—镁铁质堆积岩单元, IV—火山岩单元, M—莫霍面

数都以正常趋势为主,但在Ⅱe和Ⅱf旋回中,则有相反的趋势出现,其相容元素随剖面向上显示持续的富集,不相容元素则表现出逐渐的亏损。在参数 $\text{Na}_2\text{O}$ 的Ⅱd、Ⅱf旋回中 $\text{TiO}_2$ 的Ⅱb和Ⅱf旋回以及 $\text{Cr}_2\text{O}_3$ 的Ⅱ6旋回中,还显示出间断的地球化学学习性,这是一种去耦现象。

对上述这种矿物化学的隐蔽变化,许多研究者将其解释为岩浆房中的岩浆再补给作用和再补给休止期间岩浆进行结晶分异重力沉降作用相结合的一种成岩作用,并认为它是扩张脊下开放岩浆房中所具有的一种成岩作用,这种岩浆房是一种脉动式岩浆再补给的复合岩浆房模式。

值得提出的是,虽然许多岩浆房中的堆积层状体具有上述隐蔽变化,但在土耳其的Antalya蛇绿岩和希腊的Vourinos杂岩中其堆积岩虽然也具层状构造特征,由一系列的旋回单元组成,但却没有矿物化学上的隐蔽变化(T. Tuteau等, 1980),例如,其完整的旋回,由底部到顶部,包括:①块状纯橄岩,具薄层铬铁矿夹层;②条带状单辉辉橄岩、剥岩和纯橄岩层;③块状异剥岩;④苏长辉长岩,但其剖面上堆积岩主要堆积相,橄榄石、斜长石和透辉石质异剥岩却具非常稳定的成分,而无任何隐蔽变化证据,橄榄石Fo为83—87,斜长石的An为84—94,透辉石质异剥岩为 $\text{Ca}_{44}\text{Mg}_{50}\text{Fe}_6$ — $\text{Ca}_{40}\text{Mg}_{45}\text{Fe}_6$ 。

何以如此呢?T. Juteau则以板块的扩张速度快慢不同对岩浆房的影响作了解释,他认为,快速扩张,有利于宽而稳定态岩浆房存在,这种岩浆房复以薄地壳。由于新的岩浆频繁供给,就会形成旋回性堆积岩且缺失矿物化学上的隐蔽变化;而慢速扩张则有利于上覆厚地壳层的狭窄岩浆房的存在,新岩浆补给少,这种岩浆房当形成单一旋回的堆积层序,其层序由于在结晶作用时温度下降则显示主要硅酸盐相的隐蔽变化。

## 六、与岩浆房成岩作用有关的其他两个问题

1972年彭罗斯会议对蛇绿岩概念的重新厘定及近些年来蛇绿岩研究的纵深发展,使人们把岩浆房的成岩作用与岩浆从上地幔生成经岩浆通道上升至浅部地壳岩浆房前及在岩浆房中的同化混合作用连系起来,把这种成岩作用与海底喷出的火山岩以及海底热液对流成矿连系起来进行研究,并取得了一些成果,提供了某些重要信息,由于这些研究尚不充分,故归并简述如下。

(一)火山岩的产出层序与岩浆房中岩浆演化的关系,尽管岩石学家,依据范围较为广阔的火山岩组成,将火山岩分为四个(H. Kuno, 1967)或三个系列(A. Miyashiro),即前者的拉斑玄武岩系列、高铝玄武岩系列、碱性岩系列和钙碱性岩系列及后者的拉斑玄武岩系列、钙碱质火山岩系列和碱质火山岩系列,但在世界上火山岩的产出层序却变化多端,有由基性到酸性者,亦有由酸性到基性者;有以基性火山岩为主,缺乏酸性者,也有以酸性火山岩为主,缺乏基性者;有由基性到中性再到酸性完整的火山岩层序者,也有仅发育基性和酸性而缺乏中性的双峰式火山岩层序,如此等等。例如在我国北祁连山地区海相火山岩研究中,宋志高(1980)、崔崢(1981)在研究该区火山岩与块状硫化物矿床关系的基础上将火山岩的组合作了各自的分类,前者将细碧岩—角闪岩系共生组合分为五类,后者则分为五种含矿建造类型。细观其火山岩层序,上述几种层序均有产出,例如,在北祁连山西段与蛇绿岩有关的火山岩以基性为主,其喷出早,在层序下部(肖序常, 1978),而在祁连山东段的南带,则以酸性石英角闪岩为主,基性的细碧岩次之,且层位在酸性火山岩之上,白银厂块状硫化物矿床所在层序即是其典型代表(宋志高, 1982)。在国外上述层序关系也是随地随时而异的,例如特罗多斯的火山岩,就是安山岩—英安岩—流纹英安岩组合的中酸性岩在下,而苦橄岩—玄武岩—玄武岩安山岩组合的基性在层序上部;层序相反的实例也是屡见不鲜的。何以有这种层序变化呢?地质学家和岩石学家往往以岩浆房中的岩浆演化作笼统解释,例如, P. T. Robinson等(1983)认为,喷出剖面上部苦橄质熔岩占优势的基性岩源自分异岩浆房的下部,而推测下伏的玻安族的无斑隐晶质玄武岩和安山玄武岩则来自高层位岩浆房,其下层位的酸性火山岩,由于处于岩浆房最上部,故先喷出。那么相反的层序呢?甚至双峰式的火山岩又是如何生成的呢?目前尚处于假设阶段。故此,火山岩层序与岩浆房中岩浆演化关系的研究,仍是岩石学面临的重要问题之一,笔者以为从岩浆房的

成岩模式及连系深成岩和喷出岩的同源浅成岩（包括席状杂岩）入手，进行全面的岩石学研究，当不失为一项重要研究课题。

（二）海底热液循环对流成矿与岩浆房中岩浆演化的关系，70年代末期东太平洋洋隆海底热泉现象及其块状硫化物矿床的发现和海底热液循环对流成矿理论的确立（任有祥，1987），使人们将其与岩浆房（对流热源）联系起来，即在循环系统底部，一些携带过渡金属的卤水与岩浆相接触，由于这种接触就会使其与岩浆相混合，其逻辑的必然应当是，大部分再加热的流体返回地表，形成热泉现象，而部分流体则与岩浆混合在岩浆房中发生混染同化作用，从而使岩浆成分更富钠及其他过渡金属，岩浆由原始的拉斑玄武质趋势向碱性或碱性趋势。令人鼓舞的是这种推想正为一些学者以氧同位素角度作了研究，夏林圻（1987）已作了详细介绍和评述，他的结论是“细碧—角斑岩系（全岩和单矿物）的氧同位素研究支持海水—岩浆混染成因模式”。在谈及细碧—角斑质成因中的中心问题，即钠长石结晶作用的性质和钠质来源时，他认为岩浆混染说比较合理。因此研究海水—岩浆的液态混染作用无论对岩浆房中的岩浆演化，还是细碧—角斑岩系的岩浆成因都将有着重要的意义。

## 七、几点认识和结论

（一）自70年代以来，蛇绿岩的研究向纵深发展，是其一大特点，这种研究深化了地球科学家，尤其是岩石学家对岩浆房一系列特征的认识。研究表明，地壳之下确实存在岩浆房，最浅的岩浆房仅在壳下2—3公里处，壳下岩浆房之下有一岩浆管道。是岩浆进入地壳上部和岩浆再补给的通道。岩浆房的形态和大小不尽相同，所知者为一倒立的三角形，其宽约12公里。

（二）岩浆房的成岩模式，有早期经典玄武质岩浆房，70年代以来的单一和复合式岩浆房。其研究的趋势似乎是复合岩浆房的成岩模式愈来愈为人们所普遍接受，它更能完满地解释岩浆房中的许多成岩现象，如岩浆房中的许多宏观现象，包括岩浆房顶部辉长岩与上覆岩墙群的各种侵入关系，与下部超镁铁堆积岩间的侵入关系，斜长花岗岩与其上下岩石的各种关系，等等。

（三）岩浆房内的层状堆积岩一直为岩石学家所注目，最早形成了火成堆积概念。大陆板块内的大型层状岩体和作为大洋地壳残片的蛇绿岩中深成岩研究，使人们把其层状构造分为两大类，实际矿物成分的层状构造和相层状构造，它们进一步发展联合构成层状堆积岩的旋回单元。层状堆积岩中的其他构造为水流构造，包括交错纹层构造和蚀积构造，表明了岩浆房内的循环水流作用。此类堆积岩中出现的结构以补堆积结构为主，次为中堆积和异补堆积结构，正堆积结构未见其报道。

（四）堆积岩中的矿物化学研究表明在其垂直剖面上具隐蔽变化，它是岩浆房中岩浆再补给作用和再补给休止期间岩浆进行结晶分异重力下沉作用相结合的一种成岩作用的产物。但是在具层状构造旋回发育的岩浆房中并非都具有这种隐蔽变化，人们用洋底扩张速度之快慢不同对岩浆房中这种成岩作用的差异进行解释。

（五）与岩浆房中岩浆演化有关的火山岩层序问题及海底热液循环对流成矿中的海水—岩浆混染问题虽然已为人们所重视，然其研究程度还不高，许多问题尚不清楚，但仅有的一些成果，具有重要的信息作用，必将引起国内外学者的更大重视。