

岩浆矿床

(论文集)

H. D. B. 威尔逊 编辑

武汉地质学院矿床教研室 译

地质出版社

311

岩 浆 矿 床

(论 文 集)

H. D. B. 威尔逊 编辑

武汉地质学院矿床教研室 译

地 质 出 版 社

内 容 简 介

本书选译自英文《岩浆矿床》一书，是一本有关岩浆矿床，特别是岩浆金属矿床铬、镍、铁、钛的论文集，是根据一九六六年在美国举行的岩浆矿床专题讨论会的材料汇编而成的。论文对非洲、美洲和欧洲一些著名的岩浆矿床地质成矿特征作了描述，反映了对这些矿床所进行的实验室研究成果，以及六十年代西方一些地质人员对岩浆矿床成矿作用的某些观点。原书中少数论文对我国地质工作实际意义不大，未予选入。

本书可供生产、教学、科研战线地质工作者参考。

MAGMATIC ORE DEPOSITS A SYMPOSIUM H. D. B. WILSON, EDITOR

岩 浆 矿 床 (论 文 集)

H. D. B. 威尔逊 编辑
武汉地质学院矿床教研室 译

国家地质总局书刊编辑室编辑
地质出版社出版
地质印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

1977年1月北京第一版·1977年1月北京第一次印刷

印数1—3,700册·定价2.50元

统一书号：15038·新161

目 录

布施维尔德火成杂岩体地质——世界岩浆金属矿床的最大宝库·····	(1)
东布施维尔德杂岩体中铬铁矿矿床产状及其特征·····	(21)
穆斯科克斯侵入体层状岩组中原生氧化矿物·····	(40)
津巴布韦大岩墙哈特利杂岩体中铬铁矿层的成因·····	(58)
豆荚状铬铁矿床的重力分异作用及岩浆再侵位作用·····	(76)
希腊北部浮里诺斯蛇绿岩杂岩体中铬铁矿化作用·····	(85)
津巴布韦塞卢奎铬铁矿床·····	(92)
布施维尔德火成杂岩体中含钒钛磁铁矿矿床·····	(124)
东南阿拉斯加带状超镁铁杂岩中磁铁矿的成因·····	(144)
美国米苏里州的前寒武纪铁矿床·····	(162)
布施维尔德杂岩体中的麦仑斯基矿层·····	(170)
肖德贝里硫化物矿石与含镍侵入岩包裹体岩相的特殊关系·····	(182)
芬诺斯堪底亚镍矿床·····	(193)
加拿大与超基性侵入体有关的硫化镍矿·····	(205)
几个加拿大含镍超基性侵入体的地球化学·····	(220)
Cu-Fe-S, Cu-Ni-S及 Fe-Ni-S 系中的相关系·····	(239)
Cu-Fe-Ni-S 系中的相 关系及其对岩浆矿床的应用·····	(259)
与硫化物矿床有关论文的讨论·····	(276)
岩浆矿床讨论会总结·····	(282)
图版及说明·····	(283)

布施维尔德火成杂岩体地质——世界 岩浆金属矿床的最大宝库

J. 威廉赛

引 言

布施维尔德火成杂岩体是这类岩体中的巨大型者。其面积与类似的岩体比较，如表 1 所列。表中所列布施维尔德杂岩体的面积有相当大的一部分为年青的建造所掩盖，但有足够的露头可圈出其巨大的轮廓。

表 1 若干著名铁镁质层状侵入岩的面积

岩 体 名 称	平方哩
1. 卡巴拉古鲁杂岩体，坦桑尼亚	9
2. 塔班库鲁杂岩体，南非（阿扎尼亚）庞多兰	14
3. 鲁姆杂岩体，赫布里底（英）	14
4. 阿得纳默千杂岩体，苏格兰（英）	24
5. 斯基杂岩体，赫布里底（英）	28
6. 英格里杂岩体，南非（阿扎尼亚）东格利瓜兰	32
7. 斯喀尔噶得侵入体，东格陵兰	40
8. 斯蒂尔沃特，美国蒙大拿州	75
9. 乌苏希瓦纳杂岩体，斯威士兰	78
10. 可隆尼杂岩体，塞拉利昂	190
11. 英西兹瓦杂岩体，南非（阿扎尼亚）庞多兰	210
12. 肖德贝利杂岩体，加拿大	518
13. 大岩墙，津巴布韦	1,260
14. 都鲁特杂岩体，美国	1,820
15. 库乃乃杂岩体，安哥拉-纳米比亚	3,000
16. 布施维尔德火成杂岩体	26,000

在此火成岩体内，各岩类的数量和变化性，确实是独特的。在层状岩序 (layered sequence) 中，岩石类型由纯橄岩通过橄榄岩、辉岩至苏长岩、辉长岩、斜长岩及铁质闪长岩。此外，除花斑岩及霏细岩外，还有大量不同结构类型的花岗岩。

铬铁矿、铂族金属及钒钛磁铁矿等是世界同类矿床中最大型者。此外，并有可供开采的锡和萤石。这个完整的矿床群，从正岩浆矿床、伟晶岩矿床至热液矿床均有其代表。此外尚可外延到包括铅、锌及金在内的远成岩浆矿床。甚至纯橄岩的风化作用也产生了具有相当经济意义的菱镁矿矿床。

这个著名的岩石组合，出露于德兰士瓦的中西部（图1）。东经28°和南纬25°的交点正位于杂岩体的中心。

岩体在地表的外形基本呈叶片状（图2），东西长 288 哩，由南部边缘的比勒陀利亚向北延伸153哩。

火成岩体呈复杂的盆状构造。实际为五个盆状岩体，彼此毗连并大致相互重叠。三个呈东西向分布，一个偏于北部，另一个偏于东南。层状火成岩及周围的沉积岩均向内倾斜（图版1—2），一般倾斜平缓，倾角15—30°。

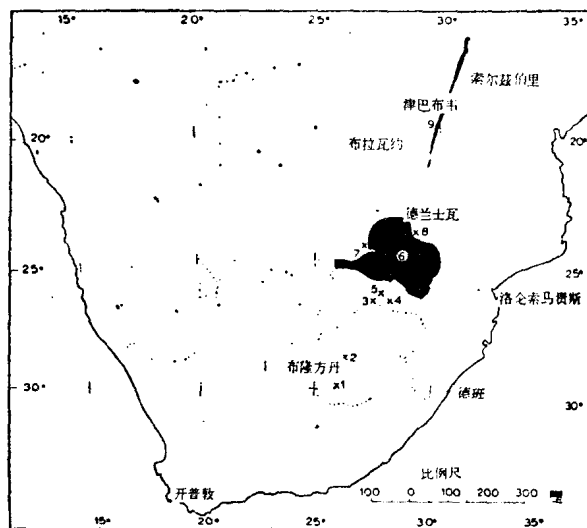


图 1 布施维尔德火成杂岩及有关侵入岩分布略图

- 1—特罗斯堡层状侵入体；2—伯兰得福特辉长岩岩席；
3—洛斯山层状杂岩体；4—罗得浦特附近的浮格尔斯特鲁伊斯方丹 233IQ 镁铁质管状岩体；5—海得尔山附近的卡弗斯喀拉尔辉岩岩体；6—布施维尔德火成杂岩体；7—柯灵科皮斯含铬辉岩岩体；8—乌依特鲁普层状辉岩岩体；
9—大岩墙层状侵入体

岩石的组合

虽然关于布施维尔德杂岩体中某些岩石的侵位顺序还有一些疑问，但根据地质上的实践，按岩石生成的次第，建立下表所列杂岩体主要岩石单元的顺序仍是可行的。这个顺序也包括了从布施维尔德火成杂岩开始活动后的沉积岩系（图2）。

1. 德兰士瓦系，包括同期的火山岩。
2. 德兰士瓦系中的辉绿岩岩床。
3. 浅成岩，包括罗依山霏细岩、长英麻粒岩（leptite）、花斑岩及微花岗岩。
4. 镁铁质及超镁铁质侵入的层状岩序。
5. 布施维尔德花岗岩。

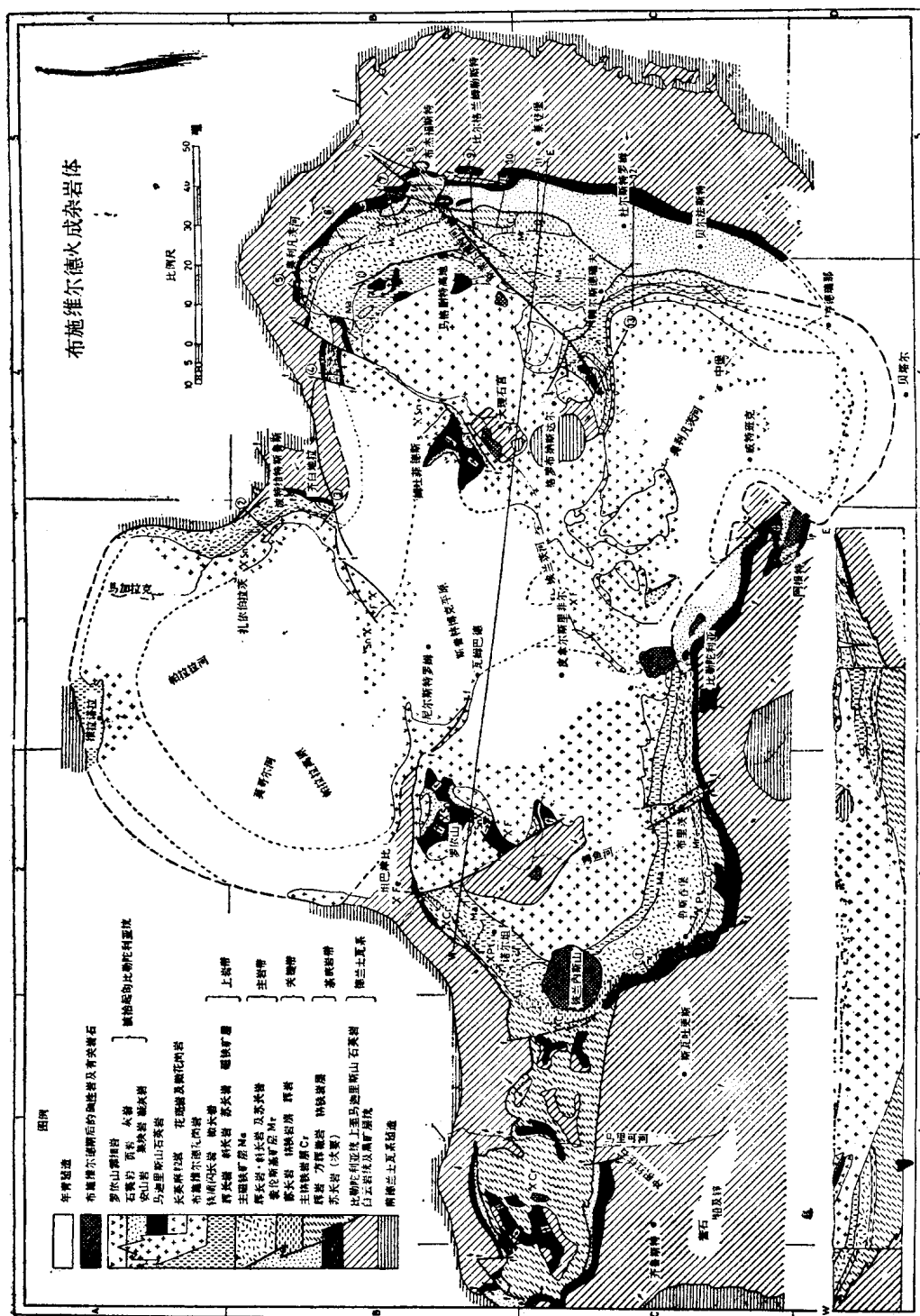


图 2 布施维尔德火成杂岩体

必须指出的是，一些工作者认为辉绿岩床侵入的时间是在罗依山霏细岩及火山碎屑岩喷发之后。然而似乎有理由设想因辉绿岩床使沉积岩序压低，造成喷发和爆发出地表的条件。根据后一解释，浅成岩与层状岩序在时间上，甚至可能在成因上将更加紧密地联系在一起。

德兰士瓦系（包括同期的火山岩）

很难想象一个象布施维尔德杂岩体这样巨大规模的火成岩体的侵入而不混染一定数量的被侵入的物质，因而我们有必要了解杂岩体周围的各种建造。德兰士瓦系，构成杂岩体周围85%的岩石，厚约20,000呎，含33.5%页岩，25%白云岩，18.5%安山岩，17.0%石英岩，1.5%条带状及泥质铁质岩，1.5%砾岩、集块岩、凝灰岩及燧石角砾岩。

德兰士瓦系中同生的安山质岩流以及凝灰岩、集块岩可以认为是本区火成活动的肇始，而在杂岩体的主岩体的侵位时期达到顶峰。

在这些同生的喷出岩流中，以所谓昂格鲁克岩流分布最广。它的分布范围与布施维尔德杂岩体的盆状构造稍有偏离，在北翼的沉积岩中大部分缺失，但延向西南方向，至少延至波斯特马斯堡地区，亦即在布施维尔德杂岩体之外300多哩。由此考虑，岩流可能与布施维尔德期无关。然而在较晚建造覆盖之下，曾以地球物理方法和钻探证明的一层镁铁质层状侵入体—特罗姆斯堡杂岩体(图1)，产于布施维尔德杂岩体南南西约350哩，在时间上大致与此岩浆期有关。因而表明这一时期岩浆活动广泛分布，从而还可以解决远离中德兰士瓦主喷发中心的昂格鲁克岩流的产出问题。

层位较昂格鲁克岩流为高的马却多多普凝灰岩及集块岩，只见于德兰士瓦东部。

斯麦尔特斯科普期的安山岩流，是德兰士瓦系中最上部的岩群，仅局部地保留在布施维尔德花岗岩的顶部及杂岩体东部及南部边缘的有限范围内。它的原始分布范围虽被覆盖，但很清楚，其主要部分位于布施维尔德杂岩体现在所在的位置。

德兰士瓦系中广泛分布的铁质沉积岩，包括条带状铁质岩及燧石岩，曾被认为是在德兰士瓦系生成的同时火山喷气作用的产物。

德兰士瓦系中的辉绿岩岩床

在昂格鲁克岩流向西南方延伸超出了布施维尔德盆地的情况下，辉绿岩岩席主要发育于布施维尔德的东南和南部边缘，在北部则几乎缺失。在南部，它们甚至分布到波切夫斯特鲁姆·凡梭尼金地区，离杂岩体南部边缘约60哩。这地区的岩席可能发源于另一喷发中心。

对这些辉绿岩岩带所做专门工作不多，此名称一般包括了相当多的镁铁质岩石的变种，但较普遍的类型是由斜长石及单斜辉石组成，前者一般受钠黝帘石化而后者则不同程度地蚀变为绿色普通角闪石及绿泥石。绿帘石有时相当显著。黑云母、铁矿物以及石英和钾长石的最后充填物(mesostasis)也常出现。

向杂岩体方向靠近，在东德兰士瓦，曾报导有直闪石。再进一步，当接近杂岩体主体时，斜方辉石成为显著的组分，并且分异作用局部地引向含橄榄石的类型，甚至变成橄榄

岩。岩席状的整合产出，向沉积岩方向则变为不规则的侵入关系（图6之剖面1及7）。接近杂岩体的含斜方辉石的变种被称为马鲁梭型以区别于称之为莱登堡型的含普通角闪石的变种。与斜方辉石的发育一致，马鲁梭型比含普通角闪石（单斜辉石）的莱登堡型含较少量的铝。马鲁梭型也包括了杂岩体中的冷却带在内。

在彼兰内斯山西北的一个地区，谭伯勒描述了侵入于苏长岩及德兰士瓦系沉积岩中的一类中色岩石，他称之为深成闪长岩。他认为这种岩石的侵位作用发生于苏长岩尚未冷却的时候。

考兴曾发表过他的看法，他认为德兰士瓦系中的辉绿岩岩席代表了同生的岩流而非侵入的岩床。

浅成岩 (Epicrustal Rocks)

镁铁质及超镁铁质岩石的层状岩序的顶盖由罗依堡霏细岩、花斑岩以及细粒的富硅氧的称之为长英麻粒岩和微花岗岩的岩石所组成（图版2—1）。很明显，花斑岩和长英麻粒岩代表了长石化的石英岩，它们不能被认为是上地壳成因的。这些岩石与喷出的罗依山霏细岩如此紧密地联系在一起，它们不形成于明显地为深成的层状岩序的类似的深度，因而引用了“浅成岩”这一名词，它包括罗依山霏细岩、长英麻粒岩、花斑岩及微花岗岩。

富于硅氧的岩流，罗依山霏细岩的喷出作用占据了广大面积。岩流在斯麦尔特斯科普阶的末期流出，仅在杂岩体的中心部分被保存下来。它并不是一次连续的岩流喷出，因为泥质（凝灰质）或集块岩在岩流中，在广大面积内至少占有一个层位。在尼尔斯特罗姆北在一层厚500呎的页岩—砾岩—燧石带之后又出现一层至少有1,500呎厚的石英斑岩构成此火山岩组的顶部层。

有些地方斯麦尔特斯科普阶在霏细岩之下缺失，这些地方的霏细岩直接覆盖于花斑岩、微花岗岩及（或）长英麻粒岩之上。在那些有火山碎屑岩夹层保留的地区，霏细岩的下部为花斑岩及微花岗岩，而不是斯麦尔特斯科普阶真正岩流的底板。目前霏细岩的上界面是一侵蚀面，因此，含有火山碎屑岩上部岩石的原始厚度，以及上覆于斯麦尔特斯科普石英岩之上的霏细岩下部岩石的厚度都不确切了解。

上覆于斯麦尔特斯科普沉积物之上被保留下的罗依山霏细岩厚仅1,000呎，向下过渡到花斑岩、长英麻粒岩及微花岗岩，并被布施维尔德花岗岩或辉长质岩石侵入，在尼尔斯特罗姆北至少有10,800呎厚，在中堡以北厚10,200呎。如果再加上花斑岩及微花岗岩的厚度4,500呎，例如中堡以北，则有些地方层状岩序的上覆岩石总厚达15,000呎以上。

浅成岩的岩相学研究相当令人失望，它们都是细粒结构，即使有少量长石斑晶也都已蚀变得模糊不清，可以辨认的插入的矿物为钠长石和微条纹长石。长英麻粒岩的基质结构比霏细岩稍粗些，结晶程度也稍高些。

为了避免混淆，必须指出，明显地有两个时期的花斑岩，一期属浅成岩的，另一期为较晚的布施维尔德花岗岩的接触相。

浅成岩的花斑岩、长英麻粒岩及微花岗岩的形成方式不很清楚。它们可能是沉积物长石化的结果，也可能是相当缓慢冷却的粗粒结晶的霏细岩。也有人认为它们是霏细岩受变质重结晶，甚至是部分熔融再结晶的结果。

用外行人的话来说，浅成岩最好称为“浮渣”，在许多地方它漂浮在层状岩序之上，因而难以区分影响它们的各种作用：包括岩浆分异所产生的残余体系、沉积岩的深熔作用、岩流的喷出作用、碱性溶液的交代作用、变质的重结晶作用等等，这些还仅列举其较重要者。可以认为当浅成岩在地表或近地表生成时，侵位于其下层的层状岩序也正处于固结的过程中。

层状岩序

概 论

根据最后可能获得的资料，层状岩序，包括镁铁质和超镁铁质岩石，厚约25,000呎。

层状岩序的大层，最好是利用在野外制图时易被追索的若干标志层。标志层有：主铬铁岩矿层（东德兰士瓦的斯蒂尔浦特矿层，西德兰士瓦的马迦辛矿层）麦伦斯基矿层及主磁铁矿矿层等。主铬铁岩矿层及麦伦斯基矿层出露不好，但曾被大量探槽及采坑所揭露，因而很容易追索。已充分估计到，这些标志层并不表明岩序在这些地方发生突然的重大变化，但在其附近某些矿物相有明显的增加或消失。而且东德兰士瓦的主铬铁岩矿层在斯蒂尔浦特河的南北两岸存在某些方面的差别，它们的对比是有疑问的。但目前，我们假定河南有关的铬铁岩矿层仍作为主铬铁岩标志层。

因而，层状岩序可以划分为：冷却带（Chill Zone）、基底岩带（Basal Zone）、关键带（Critical Zone）、主岩带（Main Zone）及上岩带（Upper Zone）（图3）。

各带的主要特征

冷却带（马鲁梭苏长岩）——此带在辉绿岩一节内已提到过，它包含多种苏长质岩石，一般是穿插侵入于层状岩序主体附近的比勒托利亚统内。它曾用一产地名称马鲁梭苏长岩来区别于典型的岩床状的含普通角闪石的辉绿岩。另外有些作者则称之为苏长—辉绿岩，或边缘苏长岩。

一般，马鲁梭苏长岩的露头相当坏，因而它与构成基底岩带的超镁铁质岩石的关系不清楚。特别是在西德兰士瓦一个宽阔的地带内，只有少数几个辉长质岩石露头把基底岩带的超镁铁质岩和周围的沉积岩分开。有些地方，如布杰斯福特附近（B. 5）基本上缺失马鲁梭苏长岩。

亨得瑞克泼拉茨苏长岩可能是被抬升上来的马鲁梭苏长岩，将在基底岩带一节内论及。

马鲁梭苏长岩因为被含有石英岩的沉积岩所严重混染，并普遍含石英，很难被认为是布施维尔德杂岩体未分异的岩浆产物。

基底岩带——此岩带之命名是因为它组成最底部的岩带。但有时会产生某些误解，因布施维尔德杂岩体的外接触带非常不规则，有的地方有这种情况，主岩带有相当长的距离与其边缘的沉积岩直接接触。因而，基底岩带这一名称局限于指我们所知的层状岩序的最下的部分。

在布杰斯福特地区，这一岩带的岩石，如图3所示，虽然单个单元的厚度颇大，但明显地

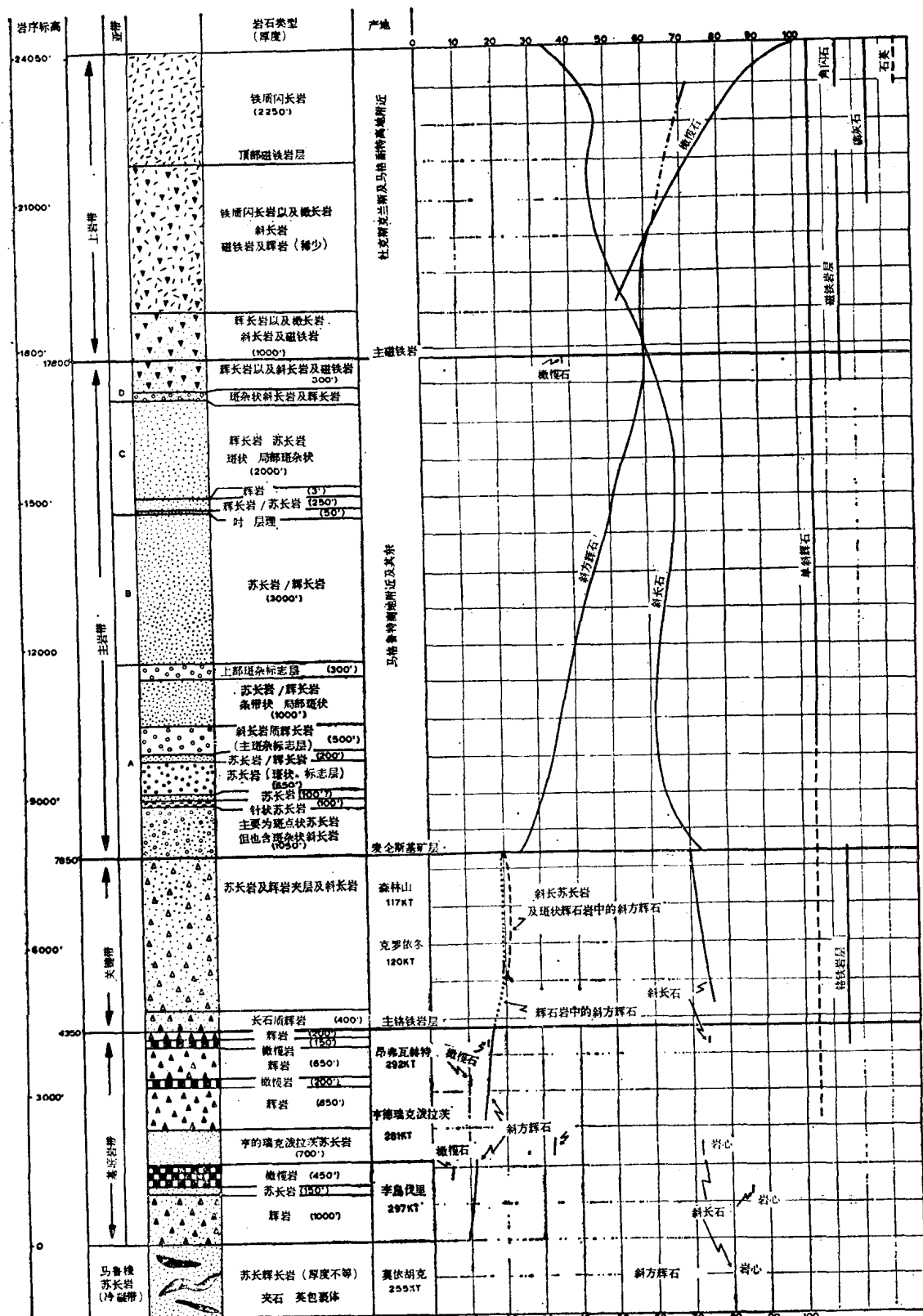


图 3 东德兰士瓦层状岩序：主带的亚带划分根据莫莱组，斜方辉石中 FeSiO_3 (克分子) %，橄榄石中 Fe_2SiO_4 (克分子) % 及斜长石中 $\text{An}(\%)$ 根据隆巴德，波肖夫，施维尔纳斯及帕琪等人

呈层状。

基底岩带中的亨得瑞克泼拉茨苏长岩亚带，需要特别说明，它在东德兰士瓦沿走向长度超过50哩，其间只有少数沿走向被斯麦特斯科普石英岩所取代而产生的间断。其特点是含有大量的原来为碳酸盐岩石及石英岩的包裹体。碳酸盐岩石产生了大量变质矿物如橄榄石、钙镁橄榄石、镁黄长石、透辉石、深绿辉石、磷灰石、尖晶石、石榴石、黄绿脆云母、符山石等，³局部甚至有六方钾霞石的形成。由某些矿物相之间的反应以及由某些矿物的分解而产生的连晶结构是这些包裹体的特点之一。

亨得瑞克泼拉茨苏长岩在基底岩带中的位置是不正常的，它曾被当作被抬起的马鲁梭苏长岩。因为在一些地区，当它出现时则缺失马鲁梭苏长岩。此外，据李本贝格及作者的填图工作所揭示，在亨得瑞克泼拉茨苏长岩的底部有一层石英岩，厚约50呎，在布杰斯福特地区马仑山(B. 5)沿走向7哩多无甚间断，最足以说明它是被抬起了的马迦里斯山石英岩。

在此被抬起的亨得瑞克泼拉茨苏长岩的下面，特别是在石英岩之下，超镁铁质岩石具有相当大的厚度一点，提出了这个上升岩浆的成分问题，李本贝格所得的结论是，它主要是橄榄岩质的。

在布杰斯福特(B. 5)，超镁铁质岩浆不时地侵入到杂岩体的边缘，形成以橄榄岩为主的不规则岩体，它们甚至侵入到马迦里斯山石英岩之下。这类岩石也还有其他几处产地。

围绕杂岩体的石英岩形成一些显著的山脊，高1,000至2,000呎；基底岩带则形成一些破碎的地形。马仑山覆盖着亨得瑞克泼拉茨苏长岩，在布杰斯福特后面高起2000呎，造成东布施维尔德最美的景致。上覆于亨得瑞克泼拉茨苏长岩之上的辉岩中的橄榄岩层，增加了层理性，并使黑色猪脊状辉岩山陵在许多地方产生了特殊美丽的景观(图版1—1)。

在德兰士瓦的西部很远的地方，基底岩带形成一盆状构造，其中缺失上覆各岩带。该处岩石为辉岩及辉橄岩；铬铁岩矿层仍有所发育。此盆状构造中的岩石，组成层状岩序中的下部层位，并比其他任何地方含镁更高，铬铁矿也较富含铝而贫铁，因而成为比上部矿层更优质的耐火级矿石。

关键带—关键带为一大套条带状苏长岩及各种辉岩、苏长岩、斜长岩和铬铁岩组成。

大多数铬铁岩矿层产于此岩带中，此岩带的上标志层是麦仑斯基矿层。由于含有铂及铬铁矿矿床，因而此岩带无疑会受到矿床工作者的重视。本论文集集中有两篇专门关于此岩带中铂及铬铁矿的文章。

主岩带—主岩带之所以引起人们的注意是由于其辉长质岩石的巨大厚度，并形成显著的山脊或山区地形。在比勒陀利亚附近称为波恩·阿科德山，高约500呎，组成东西走向的山脉，一直延续到彼兰内斯山，约75哩。彼兰内斯山以北有一群山陵，仍有此岩带出露。

在东德兰士瓦，里奥罗山自平原升起3,000呎，其中分布有麦仑斯基矿层，代表此地区的主岩带(图版2—2)。隆巴德报导在东德兰士瓦，此岩带中除了有一层辉岩层外，以及斯戴恩报导在比勒陀利亚之北，在麦仑斯基矿层之上30—40呎除有一巴斯塔德矿层外，主岩带岩石一般认为过于均一而不予细分。最近，经过仔细填图并结合钻孔资料研究，主岩带资料汇总如图3。主岩带的厚度，过去根据斯蒂尔浦特河以南的剖面计算为17,000呎，但根据目前了解，该区可能有局部的褶皱和走向断层。现在主岩带的厚度，据莫莱组在斯蒂

尔浦特河北的剖面资料约为10,000呎。在西德兰士瓦,此岩带充分发育的地方,其厚度与之相若。

主岩带的底部一般认为是苏长岩质的,向上则为辉长岩。实际上,许多岩石因为单斜辉石和斜方辉石常以不同量同时出现,可以称为辉长苏长岩。

上岩带一虽然关键带是以组成的岩石类型的交变而著称,而上岩带此现象更为突出。在马格耐特高地剖面中有20多层磁铁岩层产于斜长岩及橄长岩中。然而,此岩带露头一般很不好,绝大多数地区仅仅是通过在地表有2—3层磁铁岩层的出露而被人注意。

此岩带的上接触带,如所预料的,不很规则。在马格耐特高地,莫莱组(图2)估计其厚度约为5,000呎,但向南30哩,波肖夫测出厚度为6,300呎。在西德兰士瓦,其厚度变化不定,当其充分发育时,比在东德兰士瓦仅薄几百呎。

除了极端的岩石类型,如斜长岩、磁铁岩及橄长岩外,岩石成分介于辉长岩至铁质闪长岩及闪长岩之间。在此岩带内,有两层辉岩,分别位于主磁铁岩层之上420呎及1,700呎处,下面一层厚6呎,是最厚者,含单斜辉石及转化而来的易变辉石。某些顶部的岩石因所含碱性长石的量非常低,(据波肖夫其含量少于5%)。被命名为正长闪长岩很难认为是恰当的。

与层状岩序有关的伟晶岩相

层状岩序中有两类伟晶岩:花岗伟晶岩和超镁铁质似伟晶岩。

花岗伟晶岩分布零散,并且一般不被认为与花岗岩侵入作用有关。由于有砂质包裹体的深流作用及长石化作用出现,花岗伟晶岩肯定是由沉积物的花岗岩化及局部的深熔作用所形成。

层状岩序中超镁铁质似伟晶岩到处可见,可以划分以下几种类型(图4):

(i) 古铜辉石似伟晶岩,呈管状岩体产于基底岩带中,特别是在彼兰内斯山之西(C.1),在地表岩石变为铁帽,而在风化带之下岩石中除含古铜辉石、金云母外,尚有含镍硫化物。

(ii) 纯铁镁橄榄岩及纯橄岩似伟晶岩,它们与著名的含铂岩管紧密共生。在一个典型的例子中,纯橄岩形成外壳,而纯铁镁橄榄岩形成岩管的核心。但特别是在基底岩带中,已知管状岩体全部由纯橄岩组成。有三个含铂的岩管:昂弗瓦赫特岩管、管莫依胡克岩管及德瑞科普岩管(B.5)出露于关键带的现代侵蚀面中。

(iii) 易剥辉石似伟晶岩,呈不规则状、网脉状及管状岩体,它们穿过火成层理,有的地方出露的面积很

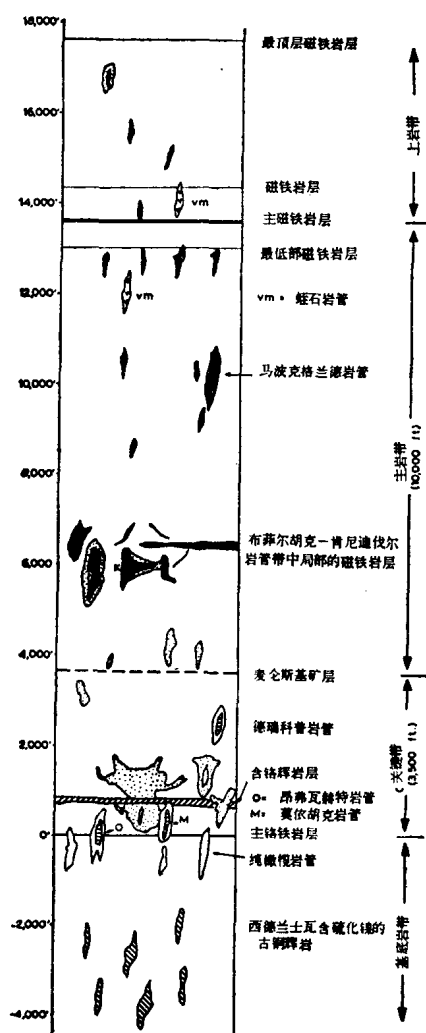


图4 层状岩序中各类型似伟晶岩分布的示意剖面图

(空白) — 橄榄石
(点) — 易剥辉石似伟晶岩
(黑色) — 磁铁矿

广。在亨得瑞克波拉茨281KT (B.5) 的地表有一非常不规则的岩体, 面积约 0.5×0.25 平方哩。在东德兰士瓦为关键带底部的特别典型的岩石, 但在主岩带及上岩带也曾见到过。此种似伟晶岩除含易剥辉石外, 尚含有不同数量的橄榄石、普通角闪石、金云母、斜长石及磁铁矿。

纯橄岩岩管一般与易剥辉石似伟晶岩无关, 但也曾见到纯橄岩岩管周围被易剥辉石似伟晶岩所围绕的例子, 好象前者是易剥辉石似伟晶岩局部分异的产物。

(iv) 磁铁矿似伟晶岩, 当磁铁矿大量集中时, 易剥辉石似伟晶岩则过渡为致密块状的磁铁矿体。

(v) 蛭石似伟晶岩, 见于罗斯·塞内卡附近 (C.4), 蛭石呈粗粒书本状, 成为管状岩体中的唯一组分。偶儿出现有粗粒易剥辉石晶体, 说明蛭石似伟晶岩与易剥辉石似伟晶岩有亲缘关系。蛭石似伟晶岩局部有黄铜矿脉共生。

有报导说, 在昂弗瓦赫特 (B.5) 纯铁镁橄榄岩含有铬铁矿包裹体, 正好位于主铬铁岩层通过岩管的延伸部位上。这一事实长期以来被认为此纯橄岩体是由交代作用而进入此部位的。但被包裹的铬铁矿与矿层的铬铁矿成分不同, 隆巴德于是认为包裹体的铬铁矿是从纯橄岩岩浆中结晶出来的。威廉赛也曾认为被包裹的铬铁矿, 在重结晶期间取得了相对较高的铁含量。卡麦隆和德布劳举出了令人信服的证据, 认为围岩被似伟晶岩交代, 但对铬铁岩层影响不大。然而也见强力的机械贯入作用以及由似伟晶岩流体使包裹体转移和圆滑化的现象, 因此, 这些似伟晶岩的产状与真正的伟晶岩具有许多相似点。

矿物的变化

韵律层构造是非常显著的特点, 特别是在关键带, 即由铬铁岩层渐变为辉岩以及辉岩渐变为斜长质苏长岩的重复性趋势。同时在上岩带中也有表现, 即磁铁岩层通常渐变为辉长岩及斜长岩。

由富含辉石及富含斜长石的交互层组成的隐秘的层理 (Cryptic Layering), 一般也有所发育, 但复杂些。隐秘层理通常的型式是, 辉石或富氧化物层的下接触带常比上接触带明显些, 而且斜方辉石的性质趋势的反复, 常指明一个岩层单元的下接触带, 但反常的情况也常见。隐秘的层理也表现为辉长质岩石和富辉石岩层的交替, 富辉石岩层中的矿物具有非常相似的成分并与富长石岩层中的不同 (图3)。这种现象曾被解释为有不同的侵入作用发生。

斜长石、斜方辉石及橄榄石成分的总变化趋势, 如图3所示。

在层状岩序的全厚度范围内, 相对于所涉及的巨厚火成物质, 斜长石的变化是非常微小的。从基底岩带苏长岩中的An85到主岩带顶部的An60。即在总厚18,000呎内, 斜长石成分变化为2.5%; 或每1,000呎变化1.5%。仅上岩带的最上部, 变化较剧, 这里大约1,000呎厚度内钠长石成分增加了10%, 形成了An35。如果记得不错的话, 格林维尔德, 莫莱组和冯·格鲁纳瓦尔特等人正在进行工作。他们认为上岩带上部碱质的增加可能是由于浅成岩 (霏细岩、花斑岩及长英麻粒岩) 的同化作用所造成, 因为正常的岩浆分异作用不能产生原地晶出的碱性残余物。然而却有相当大量的碱质扩散到浅成岩中 (浮在顶部的浮渣), 因为有些石英岩被强烈长石化。

斜方辉石成分的变化比斜长石明显。自基底岩带的FeSiO₃ 10% (克分子) 至主岩带顶部为60% (克分子)。

一个十分引人注目的完全超过了单个矿物相成分变化的特征是某些矿物相的出现、消失和相对富集; 即相层理。关于这方面, 我们将举出一些突出的例子 (图3)。

橄榄石—在基底岩带的某些层中镁橄榄石质的橄榄石为一占优势的组分。它不见于关键带，但在西德兰士瓦麦仑斯基矿层的似伟晶岩中曾报导有 Fa20—22。一直到主磁铁岩层附近，约有几千呎没有橄榄石的踪迹。莫莱组报导了一种橄榄斜长岩（富斜长橄长岩），分布于主磁铁岩层之下100呎，此橄榄石含 Fe_2SiO_4 37%。在诺尔桑地区（B.2）在某一钻孔岩心中见有一种铁钠质辉长岩（铁质闪长岩）含橄榄石（Fa 60），显然位于主磁铁岩层之下，但当地的地质情况由于褶皱作用和断层作用（?）而相当复杂化，所以其层位可能不是推定的部位。至上岩带，橄榄石又复广泛分布，但属于富铁的变种。并且愈向上愈富含铁质（图3）。有趣的是在上岩带，除铁质闪长岩外，还典型地发育有橄长岩。

氧化物矿物—铬铁矿及磁铁矿均属尖晶石类，但相互排斥。从麦仑斯基矿层向下为含铬岩段，磁铁矿基本上缺失。虽然在某些岩层中含有一定丰度的铬铁矿，而在铬铁岩层中达于顶峰，但某些辉岩中此种矿物，是如此稀少以至含铬的辉岩可以和被认为是侵入于其他类型的斑状变种有所区别。

紧挨着麦仑斯基矿层之上的巴斯塔德矿层以上的岩石中，既不突出地含有铬铁矿，也不突出地含有磁铁矿。直至上岩带，磁铁矿大量富集，在典型的剖面中，在5,000呎厚度内，有26个磁铁岩层，每一层的厚度都超过6吋。

辉石类—斜方辉石广布于基底岩带和关键带中。斜方辉石在基底岩带中形成巨大厚度，在关键带中一般呈夹层出现。在这两个岩带中，单斜辉石并不全然缺失，甚至在基底岩带中，引人注目的绿色单斜辉石主晶体也常见。主岩带中，许多岩石为辉长苏长岩而不是真正的辉长岩或苏长岩，它们由单斜辉石和斜方辉石组成，并以前者为主。自图3中可见，除巴斯塔德矿层为一斜方辉岩以及距主岩带顶约3,000呎处有一层辉岩外，主岩带中基本上缺失辉岩。

单斜辉石从很下的层位一直延续到上岩带的最高层位，而斜方辉石在上岩带的上部随即消失。莫莱组在马格耐特高地剖面中在主磁铁岩层之上150呎找到了最后一层真正的苏长岩。有趣的是，它虽然是斜方辉石，但为转化了的易变辉石。

黑云母—一般是镁铁质及超镁铁质岩石中的次要组分，但在层位较高的闪长质岩石中则含量相当丰富。

普通角闪石—为上岩带的闪长岩中的主要组分。在陶特肖特地区，层状岩序的顶部岩石呈现了相当程度的岩浆后期的蚀变作用，结果，次生的普通角闪石从单斜辉石中产生。这类普通角闪石和黑云母还交代钛磁铁矿中的磁铁矿部分，剩下了骸晶状的钛铁矿；甚至黑柱石和磁黄铁矿一起也显然是在岩浆后期阶段形成。

石英—为层状岩序顶部岩石中的正常组分；但在主岩带，甚至更下的层序中，在大多数斜长岩中也相当突出。

磷灰石—波肖夫及莫莱组曾从不同的剖面中记载从主磁铁岩层之上3,000呎处连续向上，成为一个重要的组分。

微条纹长石—见于上岩带顶部的1,000呎范围内，但含量不多。

矿物的结构关系

在层状岩序这样复杂的岩石组合中，结构和构造的发育相当多种多样是可以想象的。在岩石中含有层状岩序的各种岩石类型的包裹体，还可见到岩层的肢解、网脉及下陷构

造。冲刷沟及层间角砾也曾有所报导。所有可能的堆积现象均可遇见。这里只叙述可能是布施维尔德层状岩序中较为特征的少数结构：

镁质橄榄石几乎总是代表了原生沉淀物，当斜方辉石也出现时，后者呈嵌晶状包裹前者。然而，在主铬铁岩层之下几百呎的橄榄岩层中，施维尔纳斯曾记载，镁质橄榄石特征性地分布于斜方辉石粒间。这类关系似有较广泛的分布（图版3—1），在斯蒂尔浦特铬矿到温特维尔德铬矿（B.5）之间的路旁可采到类似的岩石。施维尔纳斯把这种现象归因于纯橄榄岩岩浆交代辉岩而成。然而，根据实验我们现在知道，压力对橄榄石和辉石形成的相对顺序是有影响的，但显然只有在相对比较低的压力下才有可能。

上岩带橄长岩中的橄榄石颗粒相当短粗，很明显，这种矿物有时与斜长石一起结晶，但比长石结晶延续时间长，有时镶嵌了长石。

在基底岩带及关键带的辉岩中，斜方辉石呈堆积的特性。主岩带上部的辉岩中出现了异常，含有比斜方辉石多得多的单斜辉石，斜方辉石包围着单斜辉石颗粒；甚至在一个斜方辉石中包含了表明原来是易变辉石的出溶的单斜辉石。出溶的单斜辉石延伸到包围在外的斜方辉石这一事实表明，中心的斜方辉石被外围的斜方辉石所交代。

有两个通用的名词，被广泛地运用于表明可以区别的宏观结构，而具有这些结构的岩石以及与斜长岩的上下关系，常用作标志层，即斑杂状斜长岩及斑状苏长岩。

斑杂状斜长岩，其中暗色斑块直径在10毫米以上，逐渐地淹没于浅色斜长石的背景中。斜长石为堆积相，单斜辉石为粒间堆积相。斜长石倾向于显示环带构造，因此岩石具有正堆积岩特性。主岩带的下部还可以见到斜方辉石呈嵌晶状包裹斜长石，但斜方辉石是如此稀疏，因而产生一种斑杂状感触，几乎与单斜辉石所形成的类似。

在斑状苏长岩中，暗色凝块为斜方辉石，直径约5毫米，分布于浅色的斜长石基质中，有些地方还含有单斜辉石（图版3—2）。赫克罗特曾注意到这一事实，即暗色凝块由斜方辉石组成，并包裹斜长石小条，暗色凝块之外，常为一比被包裹的斜长石小条稍大的斜长石颗粒带所围绕，斜长石带之外为等粒状斜长石及单斜辉石石基。这两类矿物显然是原生沉淀的，因而该岩石是单斜辉石和斜长石的一个附生堆积岩。外围为较粗粒斜长石带所围绕的嵌晶状斜方辉石凝块，是难以用原生堆积来解释的。很显然，在晶体堆积物中有许多分散的斜方辉石晶核，它们，在消耗掉单斜辉石之后，发育成为嵌晶状斜方辉石。可以见到单斜辉石晶屑星散地包裹在斜方辉石之中。从单斜辉石中释放出来的钙，参加到粗粒斜长石中并在嵌晶状斜方辉石的外围形成一个单矿物带。在许多例子中，不出现单斜辉石的堆积，而只有后期的单斜辉石沿边缘交代斜方辉石。

在典型的苏长岩中，斜方辉石给予岩石一种相当细粒的斑点状外貌，具有典型的等粒结构，平均粒径在1毫米左右。这种岩石为斑点状而非斑状的。

鉴于在消耗了斜方辉石之后而广泛发育单斜辉石，因而可以找到从斑杂状、斑状到斑点状之间的各种过渡结构的岩石类型。

另外一种结构需加以说明的是比勒陀利亚北，主岩带中波恩·阿科德辉长苏长岩的特征性结构。半自形斜长石长条，四周为短粗粒状斜方辉石所围绕，斜方辉石颗粒成群并几乎同时消光，按此方式形成分别的矿物单元。瓦克称之为岛状结构。拉尔则认为是在长石格架中，辉石单晶体构造向不同方向生长可能变得不稳定并形成许多分离的但方位非常一致的颗粒；或由于重叠的晶体格架的重量使生长中的晶体构造破坏并切断格架的单薄联

系。被切断了颗粒可能产生微量的不定向。冯·格鲁纳瓦尔特则强调斜方辉石是由易变辉石转换生成的事实，但原始易变辉石中的普通辉石叶片在斜方辉石颗粒中方位杂乱，而现在几乎同时消光。他指出，由易变辉石向斜方辉石转换的过程是缓慢的，仅某些颗粒首先开始转变，并使斜方辉石的最大晶面平行于层理面。这种平行层理面的选择性取决于上叠物质的压力。然后剩余的易变辉石在彻底的转变过程中接受并按早期形成的斜方辉石的方位生长。因而可以形成方位相似的斜方辉石群，并含有方向不定的出溶的普通辉石叶片。这种结构非常明确地表明在转变过程中，辉石改变了它的方位。

在麦仑斯基矿层之上约1,000呎处，有一苏长岩带，厚100呎，含有特征性的针状斜方辉石，因此被命名为针状苏长岩。这种针状苏长岩首先在岩芯中被发现。斜方辉石针清楚地以其长轴方向平行层理面；但在平面上，它们的方向是不定的（图版3—3）。有的地方，在斜方辉石外面围绕一层单斜辉石薄膜。

从晶体堆积作用的观点看来，这些针状斜方辉石显然代表了原始沉淀的物质。由于伴生的斜长石多少有点环带构造，因而这类岩石具有正堆积岩性质。斜长石有时伸入斜方辉石之中，因而后者在沉积之后又有生长。单斜辉石显然是粒间堆积相，如在许多辉长质岩石中所见到的，是在消耗掉斜方辉石之后发育成的。

据许多与岩石的结构关系有关的资料表明，在晶体粥形成之后，在进一步固结、压实或所谓“成岩作用”过程中，在这个体系中有不少重要的变化发生过。

布施维尔德花岗岩—布施维尔德 杂岩的后期深成相

在布施维尔德杂岩体的中央部分，有广阔的地区被称为布施维尔德花岗岩所占据。此花岗岩基本上是浸入于浅成岩即霏细岩、花斑岩、长英麻粒岩及微花岗岩中的。

尽管与花岗岩邻接的浅成岩是多变的，有的地方是花斑岩、长英麻粒岩或微花岗岩，另一些地方又是霏细岩，但布施维尔德花岗岩多多少少承袭了杂岩体的层状特性，花岗岩的主体一般不切穿镁铁质（或超镁铁质）层状岩石。花岗岩与镁铁质岩石一般为长英麻粒岩、微花岗岩、部分长石化的石英岩及花斑岩所隔开。因此花岗岩基本上也呈盆状，其顶盖大多数为霏细岩和花斑岩，以及所谓之“德兰士瓦系的碎块”。这些“碎块”，分布面积可达几百平方哩之广，将在另一节中叙述。

有些地方花岗岩明显地不规则地侵入其顶盖层中。由于花岗岩的基底与层状岩序呈模糊的整合关系和在关键地点缺少露头，仅在格罗布勒斯达尔东南一个地方，在文献中记载有花岗岩明显地侵入辉长质岩石中的事实。然而，有几个脉状花岗岩确实侵入层状岩序，如波特给特斯鲁斯之北（B.3）几个小岩墙，马格耐特高地大的凸镜状花岗岩体（B.4）及斯蒂尔浦特禁猎区花岗岩岩墙（C.314）等。斯蒂尔浦特禁猎区花岗岩岩墙，平均宽1哩，延长16哩，沿一断层带切过层状岩序，从主磁铁岩层之上，一直下达到麦仑斯基矿层。马格耐特高地花岗岩南端含有无数长英麻粒岩包体，即比“顶盖长英麻粒岩及微花岗岩”低约2,000呎。这些脉状侵入体很好地说明侵位作用是向下，或向侧方延伸的，并且它们也不表明在侵位地点的下方有一巨大的花岗岩浆渊。

布施维尔德花岗岩具多种结构变异，例如斑状及花斑状结构，而主体则是典型的半自