

斯提耳沃特杂岩体超镁铁带

〔美国〕E·D·杰克逊著

陈 正 等 译

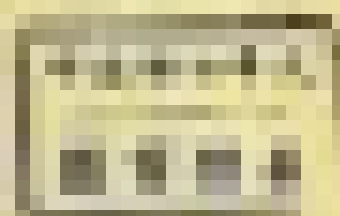
中国工业出版社

丁国治编

新编耳穴精杂合穴图例释

（附耳穴定位图、耳穴名称表）

丁国治编



中国中医药出版社

美国蒙塔那州斯提耳沃特杂岩体超镁鉄带的 原始結構和矿物組合

〔美国〕E·D·杰克逊著

陈 正 等 译

中 国 工 业 出 版 社

美国蒙塔那州斯提耳沃特铬铁矿床是世界著名的层状铬铁矿床之一。多年来曾有不少地质工作者探讨过这一岩体的层状构造和矿层的成因。本书作者较详细地研究了岩体下部超镁铁带和矿层的韵律性构造，并在这基础上对其成因提出了新的看法。

本书可供野外地质人员、科研人员及地质院校师生参考。

本书由陈正等翻译，姚惠英作了部分校对。

PRIMARY TEXTURES AND MINERAL ASSOCIATIONS
IN THE ULTRAMAFIC ZONE OF THE STILLWATER
COMPLEX, MONTANA

By Everett D. Jackson

Geological Survey Professional Paper 358
United States Government Printing Office,
Washington, 1961

* * *

斯提耳沃特杂岩体超镁铁带

陈 正 等 译

*

地质部地质书刊编辑部编辑（北京西四羊市大街地质部院内）

中国工业出版社出版（北京佟麟阁路丙10号）

北京市书刊出版业营业许可证出字第110号

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092\frac{1}{16}$ ·印张6·插页18·字数117,000

1966年2月北京第一版 1966年2月北京第一次印刷

印数0001—1430·定价（科五）1.40元

*

统一书号：15165·4322（地质-372）

目 录

摘 要	1	橄欖石→鉻普通輝石	38
引 言	3	古銅輝石→鉻普通輝石	38
杂岩体的地质概况	3	体积关系	39 頁前
岩石的成分	5	討論	39
矿物学	5	次生扩大	41
超鎂鉄带的岩石类型	6	嵌晶状斜方輝橄岩和純橄欖岩	42
岩性的相似性和差异性	8	古銅輝石岩	42
岩石的結構	8	鉻鉄矿岩	42
原始沉淀物质	10	橄欖石鉻鉄矿岩和嵌晶状鉻尖晶石斜	
沉积晶体的形状	10	方輝橄岩	43
自形晶	10	橄欖石古銅輝石岩和粒状斜方輝橄岩	43
半自形和他形	10	体积关系	43
討論	10	层序上和地区上的分布	44
沉积晶体的分布	11	討論	46
底带	11	原始孔隙度	47
超鎂鉄带, 橄欖岩单元	11	古銅輝石岩	47
超鎂鉄带, 古銅輝石岩单元	12	嵌晶状斜方輝橄岩	47
討論	13	鉻鉄矿岩	48
沉积晶体的内部性质	13	粒状斜方輝橄岩	48
包体	13	橄欖石鉻鉄矿岩和嵌晶状鉻尖晶石斜方	
定向連晶	15	輝橄岩	48
环带构造	15	討論	49
裂隙构造	15	間隙沉淀物质	50
波状消光	16	間隙物质的形态	50
粒度和粒度分布	17	間隙的形态	50
粒度	18	嵌晶状晶体的形态	51
分选作用	23	討論	52
粒度-比重关系	28	間隙沉淀物质的分布	53
討論	30	嵌晶状斜方輝橄岩	53
沉积晶体的定向排列	32	粒状斜方輝橄岩	55
古銅輝石	33	古銅輝石岩	55
橄欖石	34	鉻鉄矿岩	56
討論	35	橄欖石鉻鉄矿岩和嵌晶状鉻尖晶石斜	
原始沉淀物质与間隙沉淀物质之間的关系	37	方輝橄岩	57
反应交代	37	层序上的分布	57
橄欖石→古銅輝石	38	討論	58

IV

間隙沉淀物质的内部性质.....	59	层理的成因.....	69
包体.....	59	沉积期后的条件.....	70
定向連晶.....	59	結晶粥状体的性质.....	70
环带构造.....	60	間隙岩浆.....	71
嵌晶状晶体的粒度和粒度分布.....	61	間隙物质的結晶.....	71
粒度.....	61	超鎂鉄带的矿物組合.....	71
粒度分布.....	62	原始沉淀物质.....	71
討論.....	64	間隙沉淀物质.....	75
嵌晶状晶体的定向排列.....	64	岩石的分类.....	77
超鎂鉄带主要結構的发育.....	64	沉积旋迴的意义.....	78
自形嵌晶状結構.....	65	特征的总结.....	78
半自形結構.....	65	化学方面.....	78
他形結構.....	66	旋迴的历史.....	79
超鎂鉄带的发育	66	底部結晶.....	80
結晶作用和沉积作用的条件.....	66	間歇結晶.....	83
沉积作用发生以前的条件.....	67	岩浆的間歇性貫入.....	83
岩浆.....	67	深度变化的对流作用.....	84
原始結晶产物.....	67	与化学沉积的类似性.....	87
沉积的条件.....	68	参考文献	88
搬运和沉积的动力.....	68		

摘 要

斯提耳沃特杂岩体可分成几个較大的层带。本文所討論的超鎂鉄带，在全部露头部分中位于杂岩体的下盘附近，平均层厚約为3500英尺。超鎂鉄带按层序又可分为上下两个单元：橄欖岩单元在层序上占这一带下部的三分之二，由整合的斜方輝橄岩、鉻鉄矿岩、古銅輝石岩和純橄欖岩的互层組成；古銅輝石岩单元占这一带上部的三分之一，它仅是一厚层的古銅輝石岩。

超鎂鉄带层状岩石的矿物可按結構分为两组：一组为普通呈自形的、粒度均匀的单個晶体；另一组为围绕此單個晶体而析出的晶体。第一組矿物代表岩漿的原始沉淀，在岩漿柱內結晶，并下沉堆积在岩漿淵的基底面上。第二組矿物代表間隙岩漿的沉淀，它們是在环绕原始沉淀物质的間隙中結晶出来的。

超鎂鉄带內的三种原始沉淀矿物是橄欖石，古銅輝石和鉻尖晶石，它們組成岩石三分之二的体积。这些沉积晶体为自形晶，紧密地堆积在一起；倘若間隙沉淀物质被移出，它們可以自己支撑住。在任何层內任一沉积矿物的顆粒全是非常細小的；其粒度分布特性表现为对数正常（lognormal）。当有些层含有两种沉积矿物时，每一种矿物也都趋向于对数正常的粒度分布，但是，两种矿物不一定是水力当量（hydraulic equivalence）的。岩石中哪里有长条形或扁平的沉积矿物，哪里就造成面状构造；但是线状构造并不显著或不存在。三种沉积矿物的粒度变化、相对比例及其存在与否为造成层面的主要因素。在这些因素中沉积相的存在与否是最为重要的。橄欖岩单元由重复的层理組成，层理是由橄欖石、鉻尖晶石和古銅輝石按一定規則的順序成旋迴性的交互出現而形成的。

沉积晶体的自形晶状，以及原始沉淀与間隙沉淀之間的简单关系，在許多岩石中常因反应交代和次生扩大变得模糊不清。有三种反应偶是可以辨认的，即橄欖石和古銅輝石，橄欖石和普通輝石，古銅輝石和普通輝石。次生扩大出現在沉积晶体沉积后继续生长的地方，这种过程的进行程度似与晶体堆积的速度呈相反的关系。从这些过程推测，結晶粥状体原始的孔隙度可能介于20%和50%之間，平均約为35%。

間隙沉淀物质約組成岩石体积的三分之一。它可分为三种类型：（1）在沉积晶体上由次生扩大造成的光性继续的边緣；（2）在沉积期后由于反应交代作用部分地交代了沉积晶体的物质；（3）单纯填充于自形晶或次生扩大沉积晶体之間的犬牙状孔洞的物质。新相表现为間隙的非沉积的組份，包括斜长石、鉻普通輝石和（在一些岩石內）少量的黑云母、石英和鈣鋁榴石-鎂鋁榴石。这些矿物的存在与否、比例关系和結晶次序大半取决于岩石內沉积相和次生扩大的数量。間隙矿物强烈趋向于形成嵌晶結構，其主晶的平均体积似与岩石內沉积矿物的粒度有关。主晶的分布是不規則的，也无一定的方位，它們与层面不显有什么关系。

超鎂鉄带岩石的結構从自形的嵌晶結構到他形的各种过渡类型都有出現；这种結構的变化大半取决于次生扩大出現的数量。具有微量次生扩大的岩石，常呈自形沉积晶体的間隙結構，并含有相当大量的占优势的嵌晶状的間隙物质；有大量次生扩大現象的岩石具有鑲嵌結構，只含微量的間隙物质，或不具間隙物质。

这三种沉积矿物具有单独产出的强烈傾向，而不易彼此互相結合产出。沉积的橄欖石和古銅輝石結合一起产出的約占超鎂鉄带岩石的12%；其余88%是相互排斥的。鉻尖晶石在数量上虽然次要，但在鉻鉄矿岩內一般是唯一的沉积矿物。沉积的鉻尖晶石与古銅輝石一般是相互排斥的，但鉻尖晶石与橄欖石可以各种比例产在一起。各层內各种沉积矿物的比例具有較大的变化范围，間隙矿物的成分則大都是相

当稳定的。一般情况下間隙物质的成分接近于杂岩底部冷凝輝长岩的成分。

超鎂鉄帶的层状岩石，据信是由飽和玄武岩浆的早期沉淀，一层层地沉降到岩浆 渊的底面，从而又被原来从中結晶的岩浆引起次生扩大或被胶結起来而形成的。岩石的結構和构造显示出接近侵入体底面的岩浆，凡在超鎂鉄帶堆积的地方，基本上是停滯的。結構构造的其他关系表明原始沉淀 的結晶发生在岩浆渊的底面附近；旋迴性的成分层理直接反映出随着時間的推移导致岩浆結晶产物的变化。著者认为，超鎂鉄帶的結構、矿物組合和旋迴性的岩石分布，可用下述的一种机 理得到最好的解释，这种机理包括連續发生的深度变化的对流作用，后者促使在侵入体下部結晶的停滯岩浆得到周期性的更新。因此，每一組旋迴性的成分层理，被认为代表倒轉現象前后的下部岩浆的一个稳定周期的产物。

引言

杂岩体的地质概况

斯提耳沃特杂岩体是一种由分异作用形成的“重力成层”的火成岩岩席，它沿西北向横贯位于蒙塔那州的斯提耳沃特郡、斯威特格拉斯郡和派克郡之间的熊牙山的北部边缘（图1）。杂岩体出露的走向长度约为30英里，但其两端为断层切断。最大的层序出露厚度为18,000英尺；赫斯（1940, 377页）估计原来的厚度还大百分之25至45。

杂岩体岩石一般出露良好，没有受到蚀变。较基性的岩石局部已蛇纹石化，但从保留的原始结构尚可划分出岩石类型。五条由冰川切削而成的峡谷横切了杂岩体，与其走向垂直，因此岩体有5,000英尺的垂直长度连续地露出来。

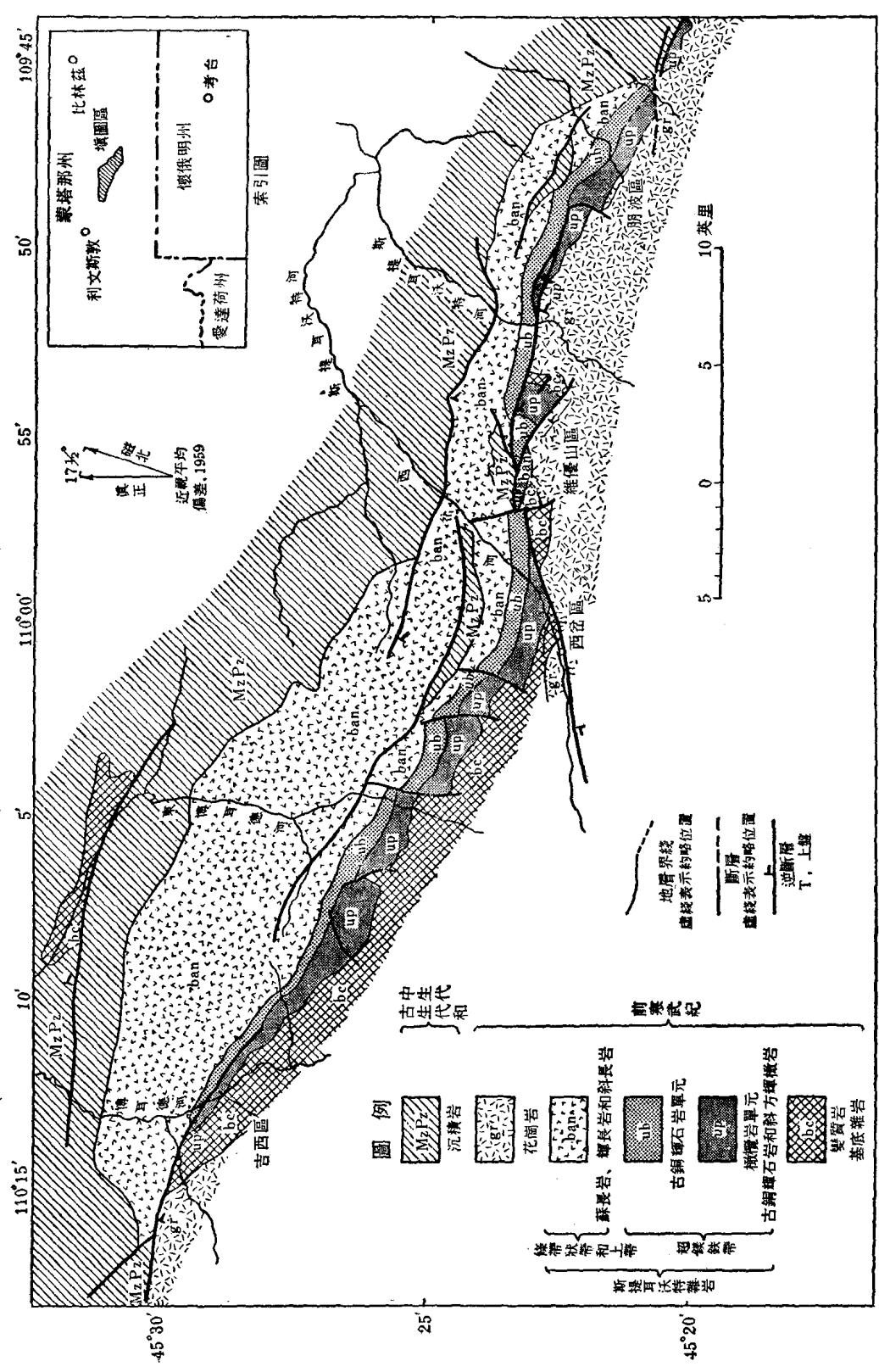
杂岩体及周围建造的构造和年代的关系已在约翰斯、匹普尔斯和霍兰德的著作中（1960）有所叙述。在前寒武纪时，杂岩体的母岩浆呈水平岩床侵入于时代不明的泥质沉积岩中，后者变质为堇青石-紫苏辉石-黑云母-石英角闪岩（Howland, 1954, 1264—1265页）。在它结晶以后，杂岩体又局部地被花岗岩侵入，东部掀起约25°，在遭受剥蚀后又被中寒武统至中生界沉积所覆盖。所有这些岩石以后遭到拉拉米造山运动的影响，从而使杂岩体直立起来。许多伴随杂岩体旋转的断裂使杂岩体发育成现有的情况。

杂岩体的内部有一系列整合的亚硅质的岩石，其成分从纯橄岩到苏长岩和斜长岩。匹普尔斯（1936, 358页）把这些岩石分为四个大的层状单元：底部凝冷带，超基性带，条带状带和上部带。根据约翰斯、匹普尔斯和霍兰德的意見，赫斯取消了条带状带和上部带，而对超镁铁带上部的岩石提出一个五单位的分法。

匹普尔斯的命名是本报告非正式的层序命名的基础，底部带、超镁铁带和条带状带等名称各自相当于匹普尔斯的底部冷凝带、超基性带和条带状带。此外，在本文中，超镁铁带又被分为两个单元：下部层位的橄岩单元和上部层位的古铜辉石岩单元。

在本篇所用的名称中，底带包括层序上在斜方辉橄岩层以下的一套岩石，如辉石辉长岩、苏长岩和长石古铜辉石岩等。这一带顺着杂岩的南侧不规则地发育，局部消失，其最大露头厚度为700英尺。在发育良好的地段，底带的下部是由许多含角闪岩包体的具辉绿结构的细粒辉长岩构成的。向上岩石颗粒较粗，有少许包体，并含较少的单斜辉石和斜长石。这一带上边的岩石大部分为具有自形粒状结构的由细粒至中粒的层状古铜辉石岩；但在几个地区内，有少许透镜状的苏长岩层存在于古铜辉石岩中。

本篇主要讨论的超镁铁带包含有纯橄岩、铬铁矿岩、斜方辉橄岩和古铜辉石岩；它整合地覆盖在底带之上，在底带不存在的地方则直接位于基底之上。超镁铁带的厚度平均约为3,500英尺；它包括那些介于杂岩最下面的斜方辉橄岩底层和带状带最下面苏长岩的底层间的岩石；上下两边的接触界限是分明的，可以追索到杂岩的整个长度。超镁铁带的下面三分之二，在这里称作橄岩单元，是由纯橄岩、铬铁矿岩、斜方辉橄岩和古铜辉



根据 Jones, Peple 和 Howland (1960) 简化

图 1 斯提耳沃特杂岩地质简图

石岩的互层組成；上面三分之一，在这里称作古銅輝石岩单元，是由一单个厚层古銅輝石岩組成。这些岩石大部分为中粒至粗粒的自形至半自形粒状或嵌晶状結構，但有些则为他形粒状結構。

超鎂鉄带以上的层状岩石出露的最大厚度为14,000英尺，由苏长岩、輝长岩和斜长岩的互层組成。苏长岩和輝长岩在剖面的下部較多，斜长岩和橄欖石輝长岩則在上部比較普遍。岩石为中粒至粗粒，多数为半自形粒状或嵌晶状結構。

杂岩最突出的特点是岩石具有規律性的和稳定的成层特性。赫斯(1940, 377頁)指出杂岩的矿物相的成分从底部向上呈現系統的变化。重迭在这种矿物成分逐漸变化之上的是由矿物組合显著变化所形成的連續带。在这些带內有各成分层的互层出現，后者以某些矿物的存在或缺失互相区别。重迭在这些成分层之上的一些由矿物比例、粒度或习性等方面的改变而形成的整合层。这些层理显然同沉积层理相似，并可依据同样准则来辨认和填图，例如，矿物成分、比例、結構、粒度和顆粒的方位等方面的变化。虽然这些岩层同碎屑沉积之間存在着某些相似之点，在本报告中对二者的結構做了对比，但作者提出斯提耳沃特杂岩的成因却与化学沉积更为相似。

据信杂岩是玄武岩浆分离結晶作用的产物，由晶体一层一层地下沉到近于水平的岩浆渊底盘所形成。层状岩石的組成顆粒可以分为两类：分选良好的单个晶体，組成岩石約百分之65；他形的附着在良好单个晶体之上普通为嵌晶結構的顆粒，組成岩石的其余百分之35。层理面由单个晶体向上的比例或粒度变化而显示出来，間隙物质与层理面沒有直接关系。赫斯(1938a, 264—268頁)根据这些結構及其他結構推論晶形良好的单个晶粒代表主要岩浆的原始沉淀，逐步堆集于岩浆渊的底盘上面，而間隙晶粒則是从沉积晶体周围的岩浆結晶出来的物质。我认为这是对杂岩岩层的結構和构造唯一可信的解释。

本篇的目的有三：叙述超鎂鉄带原始矿物的分布和相互之間的关系；指出带內岩石結構的明显的沉淀性质；討論这些分布和結構的一些成因上的联系。随后著者将对杂岩中超鎂鉄带岩石的原始构造、地层学和地球化学問題进行論述。

岩石的成分

矿物学

斯提耳沃特杂岩的岩石，主要只由下列五种原始固溶体矿物組成：橄欖石、斜方輝石、单斜輝石、斜长石和鉻尖晶石。此外，在一些岩石中还发现少量黑云母、硫化物和石英。杂岩內主要矿物的成分和它們全部类质同象变种在赫斯一系列的著作中(1939, 431頁；1940, 377頁)已經有所叙述。

所有五种主要固溶体矿物，都发现在杂岩的超鎂鉄带中。这一带內詳細成分的研究尚未完成，但它們的大概成分范围为：古銅輝石 En_{75-90} ，橄欖石 Fo_{80-85} ，斜长石 An_{65-85} ，鉻尖晶石（按泰伊尔[1946, 205頁]的命名） $\text{Cr}_{52}\text{Al}_{39}(\text{Mg}_{51})-\text{Cr}_{69}\text{Al}_{26}(\text{Mg}_{39.5})$ 。超鎂鉄

帶的兩種單斜輝石由赫斯 (1949, 646 頁—647 頁) 鑑定為鉻普通輝石, 其成分為 $\text{Ca}_{37} \text{Mg}_{56} \text{Fe}_7$ 和 $\text{Ca}_{40} \text{Mg}_{52} \text{Fe}_8$ 。

超鎂鐵帶的岩石類型

在野外, 超鎂鐵帶的岩石被分為四種主要類型: 古銅輝石岩、斜方輝橄岩、純橄欖岩和鉻鐵礦岩 (Peoples and Howland, 1940, 378—380 頁)。雖然這些岩石名稱附有適當的礦物和結構上的描述, 能適合於野外工作的分類, 但多數岩石並未嚴格遵守標準手冊所給的定義。局部引用的這些名稱敘述如下。除此四種層狀岩石的類型以外, 還有些小的、不規則的純橄欖岩, 蘇長岩, 輝長偉晶岩和橄長偉晶岩等的侵入體發現在這個帶中。

古銅輝石岩這一通用名稱是用以表示等粒狀的、由中粒到粗粒的岩石, 它的主要礦物成分為古銅輝石 (圖2, 60—62); 這些岩石按定義不含橄欖石。古銅輝石的平均礦物含量列入表1的縱行1內。古銅輝石組成古銅輝石岩的百分之50—99, 為等軸狀的或寬柱狀的單個顆粒或晶體 (見表1), 多數直徑長1—4毫米。大多數古銅輝石岩不含鉻尖晶石, 有

表 1 主要岩石類型的實際礦物平均含量

	岩 石 類 型						
	(1) 古銅輝石 岩	(2) 橄欖石古 銅輝石岩	(3) 粒狀斜方 輝橄岩	(4) 嵌晶狀斜 方輝橄岩	(5) 嵌晶狀鉻 尖晶石斜 方輝橄岩	(6) 橄欖石鉻 鐵礦岩	(7) 鉻鐵礦岩
礦物含量 (平均值)	38	5	19	22	16	10	22
古銅輝石	83.2	83.1	52.8	17.6	26.7	16.7	4.2
橄 欖 石	—	4.6	33.6	70.4	40.7	19.4	3.9
鉻尖晶石	0.2	1.0	1.0	2.0	27.0	58.4	80.3
斜 長 石	12.3	8.5	9.1	7.0	1.9	2.5	6.2
鉻普通輝石	4.1	2.8	3.4	2.8	3.5	2.8	5.1
黑 云 母	0.1	—	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3
石 英	0.1	—	—	—	—	—	—
總 和	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

些也含, 其數量達百分之3, 為1.1—0.4毫米的八面體 (或八面體群), 它們多偏向於在古銅輝石晶體之間產出, 呈包體包含在晶體之內的較少。所有古銅輝石岩都含有一些斜長石和亮綠色的鉻普通輝石, 後者經常填充於古銅輝石晶體之間並積聚在晶體的表面。斜長石占岩石中礦物含量的不到百分之1至百分之35, 鉻普通輝石從不及百分之1至百分之16。這兩種礦物一般呈嵌晶結構, 包含許多古銅輝石的晶粒。間隙石英一般與微量鈣鋁榴石-鎂鋁榴石伴生, 而出現在底帶的古銅輝石岩中以及超鎂鐵帶古銅輝石岩單元的頂部。石英在底帶古銅輝石岩內達百分之5; 超鎂鐵帶古銅輝石岩有少於百分之0.1的石英。有些古銅輝石岩含有百分之2的黑雲母。

那些在結構和礦物成分方面與古銅輝石岩類似的、含橄欖石達百分之10的岩石稱為橄欖石古銅輝石岩; 現將根據有限標本測出的實際礦物平均含量列於表1的第二縱欄內。橄欖石呈1—2毫米長的單個晶體或晶簇, 常比周圍古銅輝石晶體小些。橄欖石古銅輝石岩當

橄欖石含量增多到百分之10以上时就归入粒状斜方輝橄岩中。

斜方輝橄岩是主要成分为橄欖石和古銅輝石的中粒到粗粒的岩石的統称，按体积計橄欖石和古銅輝石两者都超过百分之10。斜方輝橄岩根据結構可分两种类型：粒状斜方輝橄岩和嵌晶状斜方輝橄岩（图3，4），每一种平均实测矿物含量列在表1的第三縱栏和第四縱栏內。粒状斜方輝橄岩在結構上与古銅輝石岩相似，不同之点是在成分上橄欖石代替了古銅輝石。两种矿物的体积总和占岩石百分之65—95。斜方輝橄岩的橄欖石含量小于百分之10的就变为橄欖石古銅輝石岩。鉻尖晶石在粒状斜方輝橄岩內比在古銅輝石岩內更为普遍，但数量在个别标本里不超过百分之4。斜长石和鉻普通輝石为粒状斜方輝橄岩內普遍的間隙矿物，在数量上各自达到百分之20和10。虽然在許多粒状斜方輝橄岩标本內有少量的黑云母，但还没有見到含有石英或鈣鋁榴石-鎂鋁榴石。嵌晶状斜方輝橄岩在成分上与粒状斜方輝橄岩相似，但結構方面則不相同。在嵌晶状斜方輝橄岩內，古銅輝石只呈不規則的球形主晶，一般直径为 $\frac{3}{4}$ —4 英寸，并包含許多橄欖石顆粒。橄欖石晶体一般直径为1—4毫米，均匀地散布在岩石內，占体积达百分之50—90。鉻尖晶石在嵌晶状斜方輝橄岩內比在古銅輝石岩或粒状斜方輝橄岩內显著增多，而且几乎所有杂岩內的鉻鉄矿岩层都位于嵌晶状斜方輝橄岩层內。鉻尖晶石以各种比例同橄欖石伴生，呈細小的八面体均匀地散布在橄欖石顆粒之間。嵌晶状斜方輝橄岩当鉻尖晶石含量超过百分之5时就叫嵌晶状鉻尖晶石斜方輝橄岩。由鉻尖晶石代替橄欖石而成为主要成分的岩石，叫做橄欖石鉻鉄矿岩。嵌晶状斜方輝橄岩含有百分之5至40的嵌晶状古銅輝石。在一些岩石中，百分之20的斜长石通常充填在橄欖石之間，后者又散布在古銅輝石主晶之間。嵌晶状斜方輝橄岩內鉻普通輝石比在其他岩石內含量較少，但在某几种岩石內数量也可达到百分之12。少量的黑云母在所有嵌晶状斜方輝橄岩內都有，但未看到过石英或鈣鋁榴石-鎂鋁榴石。

純橄欖岩是指含有超过百分之95橄欖石的一些岩石的通称。它在斯提耳沃特杂岩中为量不多，但局部呈原生层状和次生岩体产出，后者不規則地切割层理（图5）。次生純橄欖岩已經赫斯描述过（1938b，334—339頁），也将在本文中某些地方附帶地提一下。层状純橄欖岩通常含有副矿物鉻尖晶石及間隙充填的古銅輝石晶粒或小主晶。純橄欖岩随着間隙充填的古銅輝石的增加，沿着层理走向渐变为嵌晶状斜方輝橄岩。在一些純橄欖岩內不含古銅輝石，岩石为一呈交錯鑲嵌結構的橄欖石顆粒集合体（图59）。一些純橄欖岩含有百分之几的間隙充填的斜长石。

橄欖石鉻鉄矿岩是指主要成分为鉻尖晶石的那些岩石的名称，但含微量的橄欖石，后者以单个晶体散布在岩石之內（图9中部）。实测矿物平均含量列于表1的第六縱栏內。鉻尖晶石呈八面体晶体，一般直径1至4毫米，环绕着橄欖石晶体或产在它們之間。橄欖石晶体直径普遍約比鉻尖晶石大10倍，当橄欖石增多时，这种岩石渐变为嵌晶状鉻尖晶石斜方輝橄岩（图53）。古銅輝石一般为間隙矿物，数量达百分之35，間隙斜长石和鉻普通輝石为量可以分別达到百分之11和7。經常出現微量黑云母，但未見石英。

鉻鉄矿岩是指主要成分为鉻尖晶石的那些岩石的总称，但含有少于百分之5的单个橄欖石晶体（图10；图53上部）。一种近似平均的成分列于表1的第七縱栏內。鉻尖晶石占这种岩石成分之55—90，象在其他类型中，普遍为1—4毫米的八面体。多数鉻鉄矿岩不含橄

橄欖石的单个晶体，而橄欖石可以呈一种間隙充填的成分出現；象这样在个别的标本中，含量能达到百分之2。古銅輝石和斜长石常見，但并非普遍的間隙矿物，在一些岩石內其数量分别为百分之15和17。鉻普通輝石在鉻鉄矿岩內比在其他岩石內多一些，含量可达到百分之27。黑云母几乎經常存在，其最大数量为百分之2，但一般則低于百分之0.5。石英不存在。

苏长岩、輝长岩和橄长伟晶岩出現在超鎂鉄帶內，但不是层状岩石。伟晶岩不多，呈不規則体，并具有侵入接触現象，局部切割层理面，但一般則与层理面平行。这些岩体沿着块状鉻鉄矿岩层底部最为常見，发育不規則；一般是鉻鉄矿岩越厚，伟晶岩脉就越大，顆粒就越粗。只有同层状鉻鉄矿岩結合的那些伟晶岩才含有鉻尖晶石；这些鉻尖晶石晶体的大小和粒度的分布与被侵入的层状鉻鉄矿岩中的相同。所以伟晶岩內的尖晶石晶体属于被包裹的和重新分布的捕虏体，并非原始結晶的产物。在較大的脉体内，輝石和斜长石晶体的长度超过一英尺，但直径大于3英寸的橄欖石晶体未曾見到。等体积的交代（图7）和在結晶期間体积膨大的完好标本（图8）已經見到。

岩性的相似性和差異性

超鎂鉄帶內层状岩石的各种岩石类型有一种具有共同成分的特征：所有类型主要含有古銅輝石、橄欖石或鉻尖晶石的单个晶体，或为三种成分的混合物散布于由斜长石、古銅輝石和普通輝石所組成的輝长岩质的充填物中。不論古銅輝石、橄欖石和鉻尖晶石的相互比例如何，这三种晶体体积的总和常达百分之50—99。橄欖石和鉻尖晶石可以各种比例相混合，橄欖石和古銅輝石的混合物可含百分之99—20的古銅輝石和含百分之1—80的橄欖石，但鉻尖晶石和古銅輝石通常是相排斥的。虽然有这些混合物的出現，但这些矿物极端趋向于构成单独的岩石。只有古銅輝石和充填物的岩石組成超鎂鉄帶約百分之65的体积，只含橄欖石和充填物成分的岩石占另外的百分之25，含橄欖石和古銅輝石的混合物的岩石仅仅組成这一带的体积約百分之10。以鉻尖晶石为主要成分的岩石虽然仅占这一带体积的一小部分，但这些岩石中的多数只含有鉻尖晶石和充填物。

如不管其实有的体积比，間隙顆粒体积的总和为百分之1至50。与橄欖石晶体具有广泛的比例变化相反，各种岩石中的充填物的成分是相对稳定的；斜长石很少出現，如有出現，常构成帶內任何岩石中矿物組份达百分之35以上，单斜輝石很少超过百分之25，間隙的古銅輝石很少超过百分之50。斜长石和单斜輝石为所有橄欖岩类重要組份的間隙矿物，但古銅輝石只有在含少許或沒有单个古銅輝石晶体的岩石內才成間隙矿物出現。橄欖石一般不是間隙的成分；当它呈現为間隙成分时，就只限于不含单个橄欖石晶体的鉻鉄矿岩中。

岩石的結構

超鎂鉄岩石的矿物一般可根据晶粒的形状和晶粒間的相互关系分为兩組：一組是自形

的，并时常以单个晶粒或晶体出现，一组是经常为他形的，并附结在这些单个晶体的周围。橄榄石和铬尖晶石属于第一组，斜长石、单斜辉石、石英和黑云母属于第二组。古铜辉石比较特殊，它在超镁铁带两组中都是重要的组份，但具有两种习性的古铜辉石一般不在一起出现。第一组矿物认为是属于原始的沉淀，由熔融的岩浆中结晶出来，下沉，并逐次堆积在它的底盘。第二组矿物是在晚期由环绕沉积晶体的间隙岩浆中结晶出来的。两组的区别是与碎屑沉积岩内的碎屑颗粒和胶结物的关系相同：因此前者形成于岩石之外，并在岩石生成以前生成；后者则形成于岩石之内它现在所在的地方。

在区分斯提耳沃特杂岩这种成因组时，赫斯（1939，430—432页）曾用“沉积晶体”这一名称描述那些构成结晶粥状体的下沉晶粒和用“间隙矿物”这一名称描述由沉积晶体间的间隙液体结晶的物质。魏格和笛尔（1939，127—132页）在司各格特侵入体的层状岩石内遇到同样的结构关系时，曾用“原始沉淀”和“间隙沉淀”二名称。他们将原始沉淀（127页）定为“…从上覆岩浆分离出来的离散的晶体或细小的聚合斑状晶群”，将间隙沉积物质定为是“从环绕原始沉淀的岩浆结晶出来的”。

本文中“沉积晶体”和“原始沉淀”是同义词，用来描述那些从上覆岩浆生成并下沉而与上覆岩浆分离的晶体，“间隙沉淀物质”的名称用以包括所有岩石内原地生成的矿物。我主张保留“间隙的”这一名词用于没有成因涵义的描述。

橄榄石、古铜辉石和（或）铬尖晶石的原始沉淀组成所有镁铁带成层岩石的三分之二。其余三分之一包含：（1）沉积晶体的间隙沉淀扩大，和（2）间隙斜长岩、古铜辉石和单斜辉石“胶结物”。沉积晶体在间隙沉积物发育以前是由自己支撑。非等轴状的沉积晶体趋向于以它们的长轴分布于平行侵入体底层的面上（图6）；但是，叶理面上的线理是隐晦的或者不存在。在剖面上自下而上三种沉淀矿物颗粒的大小和比例的变化形成了岩石的层理（图9），这些层理沿着走向表现出明显的连续性。

间隙沉积物表现为在沉积晶体上形成次生扩大边，在沉积晶体间形成间隙颗粒和海绵状的大主晶。主晶对层面没有关系，一般横切由沉积晶体所显示的精致的面状构造（图10）。

单个自形沉积晶体与充填空间的间隙沉淀物质的区别在多数岩石内明显地表现在矿物的变化上。有两种作用在晶体沉降后使这种清晰的分界趋向模糊：这就是次生扩大和反应交代。在晶体沉积以后继续生长的地方产生干扰界限。原来沉积晶体的自形由于光性连续物质的增加变得模糊不清。在沉积晶体局部被间隙沉淀岩浆反应交代的地方，原为自形的沉积晶体就变成浑圆状和具有港湾状晶面的晶体。

层状岩石的某些结构可用通常火成岩的术语描述，但另外一些则用普通沉积岩的名称叙述更为确切。在以下的讨论中，将并用火成岩和沉积岩的两种术语描述适当的结构的形态；但这些名称尽可能用于描述形态特征而不含有成因意义。

原始沉淀物质

沉积晶体的形状

在超镁鉄带的多数岩石内，鉻尖晶石、橄欖石和古銅輝石的单个晶粒全为自形，但也有自形和他形之間的各种过渡类型出现。自形的晶粒常与含有相当大量間隙物质的岩石伴生。由于沉积晶粒的次生扩大，間隙物质的数量随之减少，这些晶粒就普遍发育成为由多边形組成的干扰晶形。晶粒的自形程度逐层变化，但在任何固定的层位内是相当稳定的，并可借助于已知层内間隙物质的数量而作出推断。在沉积橄欖石和古銅輝石与間隙輝石接触的地方，則与这种影响无关，前二者常呈渾圓状和港湾状的晶形出现。

自形晶

自形晶体仅显现出数目有限的固有的晶形。鉻尖晶石主要为八面体，某些岩石中的特別較大的晶体則有十二面体的变种。强烈变形的晶体是少見的，只在鉻尖晶石汇聚的岩石内，在其連接面上晶形的发育才受到一定的限制。在鉻尖晶石較少的岩石内，薄片中所見的八面体的輪廓一般是明显的，帶有稜角；但在多数鉻鉄矿岩中所見的鉻尖晶石的晶体則为圓形(图72)。其圓度半径普遍比八面体的长直径小十分之一。橄欖石晶体的晶形为坡形及接近等軸状，一般沿 c 軸稍微延长，沿 (010) 面稍显扁平。短軸坡面发育良好，底面罕見。許多橄欖石晶体还具有微圓的晶頂。古銅輝石晶体的晶形为坡形，普通自等軸状到寬柱状，板状的較为稀少。晶体簡單，一般由柱面带內的八个近乎同等发育的面加上两端平緩的坡面构成。典型的柱形平行 c 軸延长，短軸为 b (采用赫斯和菲利普斯所慣用的斜方輝石定位[1940, 271—272頁])。虽然大多数古銅輝石多为短柱状和近似等軸状，但具有 $1:5:10$ 体积的晶体并不是少見的。在任一层内，古銅輝石晶体普遍都有相同的习性(图60)。在薄片内所見的古銅輝石的晶頂一般都比鉻尖晶石和橄欖石的晶頂更为尖銳。

半自形和他形

半自形和他形晶粒可分为两种类型：即那些彼此具有互相干扰晶边的和那些对間隙物质成他形接触的晶粒。在間隙物质含量少于百分之30的岩石内，鉻尖晶石、橄欖石和古銅輝石都可以有干扰晶边。在含量少于百分之10的由輝长岩作为充填物的岩石内，橄欖岩类的矿物晶粒为多边形，具有等粒状的鑲嵌結構(图59, 62)。橄欖石和古銅輝石只有在与下述間隙物质接触时才有他形的晶边：当橄欖石被間隙古銅輝石环繞以及古銅輝石同单斜輝石接触时，二者都显出港湾状的晶边。

討 論

我們在以后的章节中将討論結構上的論据。結構論据証明所有的沉积晶体原来全为自形，那些一般为非自形的沉积晶体是由沉积之后的继续生长或与間隙沉淀岩浆起反应而形

成的。

自形的发育和等軸狀的趋向都是晶体在飽和溶液中自由悬浮生长的結果。在含有百分之70的形狀良好的橄欖石、鉻尖晶石或古銅輝石的岩石中，这些矿物的原地結晶是难以置信的。一些橄欖石和鉻尖晶石的圓角，可能是由沉积之前遭受部分熔蝕而生成。巴克萊认为(1951, 45、257頁)这种影响在人工培育晶体的試驗中是常見的，可能由于溫度、压力、粘性和其他因素的輕微变化所引起。

沉积晶体的分布

三种沉积矿物的分布，随着距离杂岩体底层的层序高度而有不同，这些成分的重复出現和缺失构成了发育良好的成分层理。三种沉积矿物的种类和比例在沿着平行层理的方向上基本沒有变化。所以，叙述原始沉淀的分布大半要涉及到层序的問題。現仅作概略叙述，在将来的续刊中将要詳細討論这一問題。

在各种类型的岩石中，沉积矿物的分布相当簡單。嵌晶狀斜方輝橄岩和純橄欖岩主要只含沉积橄欖石，此外为少量的鉻尖晶石。在多数鉻鉄矿岩中，鉻尖晶石是唯一的沉积成分，虽然有时也可含有一些少量的沉积橄欖石。在大多数的古銅輝石岩中，古銅輝石是唯一的沉积成分。沉积的橄欖石和古銅輝石的混合物可在橄欖石古銅輝石岩和粒狀斜方輝橄岩中出現，正如沉积的橄欖石和鉻尖晶石的混合物可在橄欖石鉻鉄矿岩中出現一样。沉积矿物在全剖面中分布的特点是沉积相并不沿垂直层面的方向上持续出現，而是出現、消失和再出現。

底 带

沿杂岩底部的許多地方，冷凝輝长岩同超鎂鉄帶之間常被細粒古銅輝石岩隔开，沉积古銅輝石是底带和杂岩內最初的原始沉淀矿物。在某些地区的古銅輝石岩中，古銅輝石还与沉积的斜长石形成几个透鏡狀的薄层。在那些底带古銅輝石岩不发育的地区，最初的沉淀是超鎂鉄帶的橄欖石。

超鎂鉄帶，橄欖岩单元

在超鎂鉄帶的下部，沉积相的出現或缺失都具有一定的次序。詳細的野外填图已經表明岩石的层序——嵌晶狀斜方輝橄岩、鉻鉄矿岩、橄欖石鉻鉄矿岩、嵌晶狀斜方輝橄岩、粒狀斜方輝橄岩、古銅輝石岩——是重复的，变化較少，在整个橄欖岩单元內有些可重复到15次之多。这些岩石层序或旋迴单位^①的例子見图19。旋迴单位內变化的典型例子，即所謂沉积矿物在层序上的出現和缺失表明在图11中。橄欖石和鉻尖晶石出現在单位的底部是突然的，橄欖石約占沉积矿物的百分之99，鉻鉄矿約占百分之1，其中不含沉积的古銅輝石。約在嵌晶狀斜方輝橄岩的中部，橄欖石突然消失，全部被单独的沉积鉻尖晶石所接替。在这特殊的旋迴单位內，沉积的鉻尖晶石形成7英寸厚的鉻鉄矿层。在鉻鉄矿层的上部，

① 旋迴单位一名称在此用来描述界线清楚层理的重复順序，它应当与白朗(Brown, 1956, 8頁)的韻律单位(rhythmic unit)有区别，后者用来描述普通由原生沉淀矿物含量比逐漸改变而形成的层理。