

國外鎂鉄——超鎂鉄 岩中的硫化鎳礦床



译文集

甘 肅 省 地 質 學 會

前 言

甘肃省地质学会编译的这个论文集，主要取材于1982年5月在西澳大利亚 Perth举行的第三届硫化镍矿现场会议的论文集：《镁铁—超镁铁岩中的硫化镍床》。此外还补充了一些原论文集未曾包含的内容。现在的译文集共有16篇论文，这些文章涉及的矿床，分布于澳大利亚、美国、加拿大、苏联、芬兰、南非、津巴布韦、越南等。在内容上多侧重于典型矿床的矿床地质和成矿作用。少数论文在较大范围综述了这类矿床形成的构造环境，还有成矿实验和与镍矿共生的铂族矿物方面的文章。由于世界上（中国以外）的硫化镍矿床主要产于上述国家和地区，译文集中涉及的矿床大部分都是近20年以来陆续发现的，因此这个译文集在一定程度上反映了世界在这一领域内的发展和研究现状。

我们编译这个文集，主要出于两点考虑：其一，中国虽是一个硫化镍资源丰富的国家，但从发展的角度来看，又十分需要发现新的经济效益非常显著的这类矿床。因此了解和掌握世界在这一领域的发展和研究现状，有利于我们拓宽找矿思路，进而更好的服务于国民经济的发展；其二，与这个论文集中的矿床相比，我国已发现的矿床具有明显的特色：如我国的硫化镍矿主要产于铁质的镁铁—超镁铁岩体中，产于柯马提岩中仅是个别的，且远非是重要的；又如我国的大矿床多产于规模甚小的砂倾斜岩体中，世界上却并非如此等等。由于矿床发育的这些区别，导致研究途径和研究方法有着不同，因此了解和掌握世界在这一领域的发展和研究现状，对于追踪世界的研究水平和理论水平，无疑也是必要的。

这本译文集是甘肃省地质学会和地质矿产部情报研究所许多科技工作者共同努力的结果。由于我们的水平有限，在编、审诸方面的错误难免。敬希读者不吝指正。还应指出，白文吉副研究员，在繁忙的专业活动中，热心的抽空参与一些论文的译校，谨致谢忱。

汤中立、蔡体梁、杜笑菊

一九八六年十二月廿日

目 录

1. 西澳大利亚地盾硫化镍矿床的构造环境.....	(2)
2. 西澳大利亚阿格纽镍矿床的地质观察.....	(18)
3. 西澳大利亚温达拉镍矿床.....	(38)
4. 西澳大利亚卡姆巴尔达与科马提岩伴生的镍硫化物矿床的成因: 远离火山的成因模式.....	(48)
5. 澳大利亚西部卡姆巴尔达镍矿床铂族元素矿物.....	(65)
6. 北美硫化物矿化与蛇绿岩杂岩体的关系.....	(75)
7. 马尼托巴汤普森带的地质和镍硫化物矿床.....	(82)
8. 美国弗吉尼亚州利克福克探区镍硫化物矿化特征.....	(109)
9. 硫化物—硅酸盐反应—美国缅因州中部Ni—Cu—Co的矿化标志.....	(124)
10. Fe—Ni—Cu—S系区段内相态关系在600°C条件下的实验研究及其在天然硫化物组合上的应用.....	(145)
11. 芬兰东北部早元古代Koitismaa层状火成杂岩体边缘岩系中铜—镍—铂族元素的矿化作用.....	(158)
12. 南部非洲镍矿的某些成因特点.....	(170)
13. 同化混染在布什维尔德杂岩体普拉特层硫化物沉淀过程中的作用.....	(178)
14. 津巴布韦特罗汉镍矿山地质和成矿作用.....	(190)
15. 苏联太梅尔—诺里尔斯克含镍区矿床成因的基本特征.....	(204)
16. 越南的铜镍硫化物矿床.....	(214)

西澳大利亚地盾硫化镍矿床 的构造环境

D. I. Groves等人

摘 要

澳大利亚镍矿资源集中于西澳地盾中。该地盾被认为是由于一次-连续的太古代地壳经元古代广泛、但不完全的改造作用发育而成。现在，它构成残余的太古代克拉通和被较年青的元古代狭窄而弯曲的构造热力活动带所切穿，形成过渡造山活动带。太古代克拉通的残块出露于耶尔冈(Yilgarn)和皮尔巴拉(Pilbara)地块。从前沿地块西部边缘发育有古老(约3600百万年)高级片麻岩区(西部片麻岩区)，东侧是较年青的约(3000—2800百万年)绿岩带。皮尔巴拉地块主要为古老的花岗岩类—绿岩区(约3500百万年)。

元古代活动带内，除了霍尔斯—克里克(Halls—Creek)区的一个地点以外，其余地方仅有极少量镍矿化。太古代高级片麻岩区不含重要的矿化。而Pilbara花岗岩类绿岩区只有分散的不太重要的矿化类型的实例。

重要的矿床[卡姆巴尔达(Kambalda)，温达拉(Windarra)，阿格纽(Agnew)，基斯山(Mt. Keith)等]都与科马提岩密切相关，并且最好的矿床发育在耶尔冈地块东部最新的绿岩带中。特别是这些矿床富集于时代、岩相和构造形态与地盾的其它绿岩带皆有差别的诺斯曼(Norseman)-威卢纳(Wiluna)带内或其邻近地区。诺斯曼-威卢纳带被认为是一裂谷带。在该带内的两个主要矿床类型—与火山橄榄岩伴生的矿床和与纯橄岩侵入体伴生的矿床，在空间上它们分别富集于独立的各个带中。根据现有资料，还不能清楚说明它们受到严格控制的这种分布状况。一种可能是当早期的扩张阶段，与火山橄榄岩伴生的矿床有选择地形成于裂谷带活动性沉降轴部，而与纯橄岩侵入体伴生的矿床是在火山盆地发展的后期阶段形成的。与火山橄榄岩伴生的特殊亚类总是以群体形成于裂谷带内，这些现象可说明矿床与不连续的喷发中心有关，而且它们的差别至少部分应归因于在广泛范围内的相对定位不同以及与受地形限制的岩流的线状流动有关。

在过去十五年内，西澳地盾区若干镍矿床的发现导致了对与喷发的和侵入的科马提超镁铁岩都密切相关的新矿床类型的认识，它鼓励了对这些矿床及其母岩的研究。本专集中有几篇论文涉及到这些类型的矿床或其科马提岩母岩。本文提出这些矿床的类型，并且根据目前的了解试图说明它们在西澳地盾格架内的远景区。

现以太古代区为重点，总结西澳地盾的演化，该区具有到现在为止澳大利亚所开采的全部硫化镍矿床。对地盾的主要构造区内镍矿床的特点已有所了解，尤其是对耶尔冈地块

上主要矿床的分布情况已进行了研讨，虽然有的资料不能利用，但还是考虑了其中交替的构造型式。其它一些出版物提供了西澳地盾更详细的考察和最近的评论以及综合的有关镍矿床文献目录，并在更大范围内对太古代金属成矿问题进行了讨论。

镍矿分类

依据母岩和地质背景西澳镍矿可划分为五种类型（图1）。按照主要实例、母岩、矿

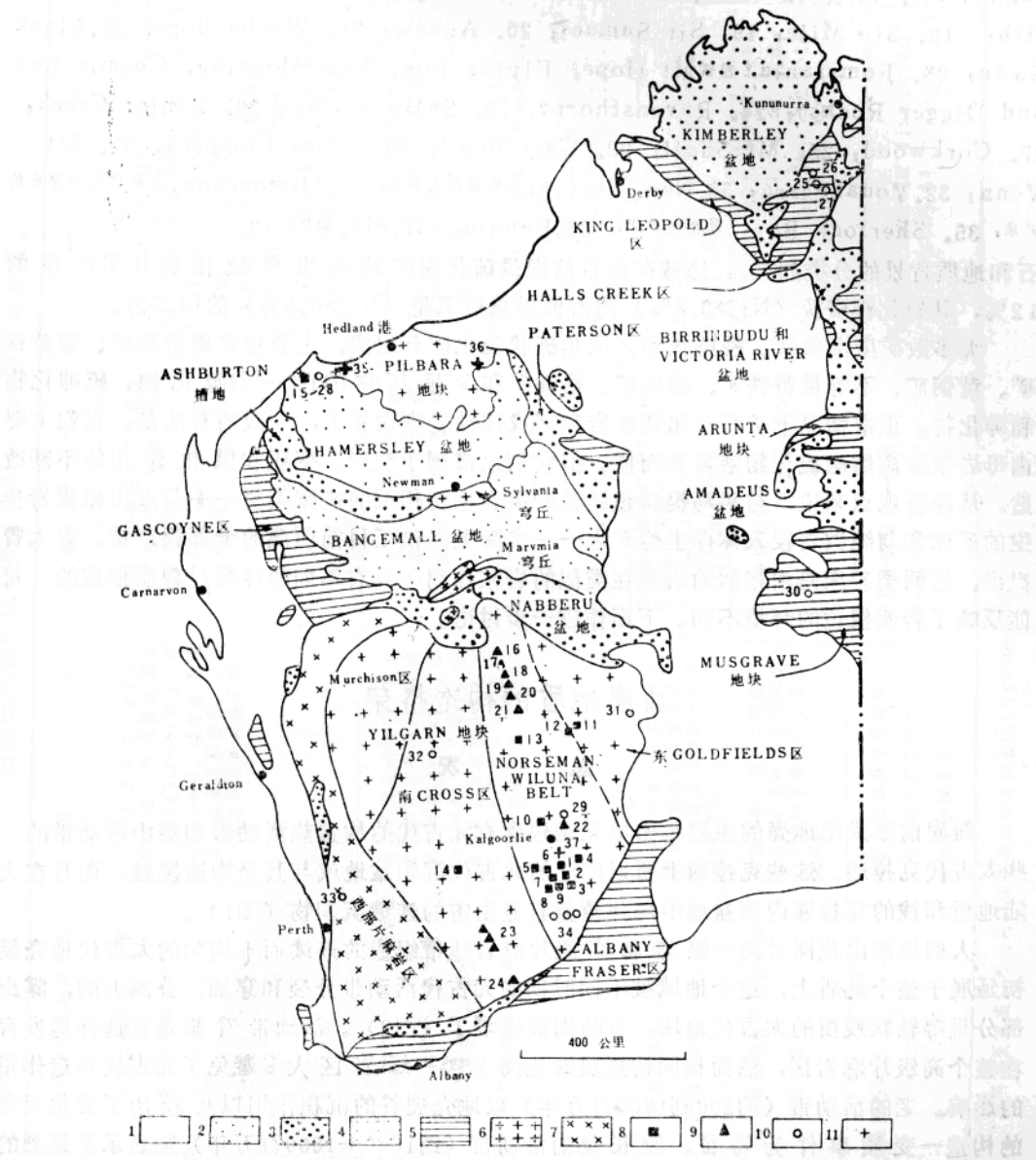


图1 标有矿床的西澳大利亚主要构造单元图

(据西澳大利亚地质调查所 1:10000000 图改编)

1. 显生宙沉积盆地; 元古代沉积盆地; 2. 1100 万年前; 3. <2100 百万年>1400 百万年前;
4. 约 2800 百万年前; 5. 远古代活动带; 太古代地块; 6. 花岗岩类—绿岩带; 7. 片麻岩带。

与火山橄榄岩伴生的矿床: 1. Kambalda; 2. Stlves; 3. Tramways; 4. Carmil-
ya; 5. Nepean; 6. Spargoville; 7. Mt Edwards; 8. Wannamy; 9. Red-
ross; 10. Scotia; 11. Windarra; 12. South Windarra; 13. Marriott; 14. Tr-
ough Well; 15. Ruth Well. 与纯橄岩侵入体伴生的矿床: 16. Honeymoon Well; 17. Mtk-
eith; 18. Si·Mile; 19. Sir Samuel; 20. Agnew; 21. Weebo Bore; 22. Black
Swan; 23. Fomstanja (包括 Mt Hope, Flying Fox, New Morning, Cosmic Boy
and Digger Rocks); 24. Ravensthorpe; 25. Sally Malay; 26. Keller Creek;
27. Corkwood; 28. Mt Sholl; 29. Carr Boyd; 30. Giles Complex; 31. Mt
Venn; 32. Youangarra; 33. New Norcia; 与岩墙伴生的床: 34. Iimoerana; 与层状沉积伴生的
矿床: 35. Sherlock Bay. 脉型矿床: 36. Bamtoo; 37. Mt Martin.

石和地质背景的分类如表1。这些矿床目前提供硫化镍矿约占世界硫化镍开采产量的
12%，其硫化镍资源 ($Ni > 0.8\%$) 约占世界总资源量 ($Ni > 0.8\%$) 的14.5%。

大多数矿床由块状、浸染状和/或角砾状硫化矿石组成，主要包含磁黄铁矿、镍黄铁
矿、黄铜矿、不等量黄铁矿、磁铁矿、铬铁矿和少量其它的Fe—Ni硫化物、硫砷化物
和砷化物。正常情况下矿石与超镁铁岩和/或镁铁岩密切相关，一致的看法是：它们主要
由母岩浆分离熔融硫化物液富集而成。但它们已遭到了变形、变质和风化作用的不断改
造。从经济观点来说，与科马提质超镁铁岩组合密切相关的矿床类型——与火山橄榄岩伴
生的矿床和与纯橄岩侵入体伴生的矿床——实际上提供了目前西澳的全部镍产量。有人曾
提出，这两类矿床是由相似的岩浆在类似的岩浆作用下具有不同的冷凝过程而形成的，可
能反映了岩浆侵位的环境不同。下面作进一步讨论。

西澳地盾的构造格架

总 况

西澳前寒武纪地壳的主要构造单元是包含有元古代的构造热活动带和造山活动带的一
些太古代克拉通。这些克拉通上覆以广泛的元古代沉积盆地或与其呈构造接触，而且在大陆
地堑和浅的克拉通内部盆地中局部覆盖有显生宙的连续沉积物 (图1)。

人们推测由花岗岩类—绿岩和高级片麻岩地带组成的连续而不均匀的太古代地壳最
初延展于整个地盾上，这个地域被不同时期的元古代活动带分裂和穿插，分离大的，露出
部分呈等轴状残留的太古代地块，有的则被掩埋了 (图2)。活动带看来是有选择地发育
在整个高级片麻岩区，然而相同构造层的花岗岩类—绿岩区大多避免了元古代再造作用
的影响。老的活动带 (约200到1600百万年) 以地壳裂谷的沉积作用以及经历了变化无常
的构造—变质事件为特征。较长期的活动带 (约1600—1000百万年) 则显示了强烈的
变质作用，基底再造和没有槽地沉积相伴的深成作用的特征。克拉通上整个晚太古代和元

西澳硫化镍矿床分类(据Marston等资料改编)

矿床类型及地质环境	岩	矿	实例	构造区
与纯橄岩体伴生的矿床。 具有与纯橄岩透 镜体平行的一些大断 层的狭窄褶皱带	不整合透辉体，长0.5—10公里，科马提岩（MgO 45—51%），厚50—1100米，透辉体含量低，围岩有所变化，上盘一般为科马提岩流层序。	块状、浸染状矿石组成透辉体富矿体，近边缘为脉石和富磁铁矿 $Ni/Cu = 17-70$ $Ni/Co = 30-70$	Agnew, Mtunt Keith-Betheno, Six Mile, Goliath, Cliffs-Charterhall Honeymoon Well, Sir Samuel, Forresteria Group (Cosmic Boy, Digger Rocks, Flying Fox, New Morning, Mt Hope)	东金矿田区的诺斯曼—威士纳带的北东边缘；南克罗斯区的东南部。
与火山橄榄岩体伴生的矿床 地层底部厚大的科马提岩堆积，一般围绕花岗质核隆起露出。	科马提岩火山堆积，底部或共结附近的科马提岩流（MgO 36—45%）厚25—75米，长几百米，分异的矿化岩流富含橄榄石，一般为玄武岩，侧翼沉积物。	岩流底部块状富矿小透辉体。基岩和浸染状矿石位于底部下凹或呈槽形的部位 $Ni/Cu = 7-19$ $Ni/Co = 40-60$	Kambalda deposits, St Ives- Tramways deposits, Carnilya deposits, Widgiemooltha deposits, Spargoville deposits, Mt Edwards, Nepean, Scotia Windarra-South Win darra Trough Well Ruth Well	东金矿田区的诺斯曼—威士纳带的北东边缘；南克罗斯区的北东地带；西皮尔巴拉地块。
与辉长岩体伴生的矿床。 产状有变化。	辉长岩、辉石岩、辉长岩组成的层状复合岩体，一般其初始面积小于100平方公里。	主要由浸染状矿石组成的层状或似层状矿石 $Ni/Cu < 7$ Ni/Co 约为25	Carr Boyd Mt Sholl, Radio Hill Sally Malay	诺斯曼—威士纳地带；西皮尔巴拉地块；霍尔斯克里克区。
与层状沉积物伴生的矿床 产状不同	在超镁铁，镁铁或镁铁—长英质岩系中厚达几米或几十厘米的条带状沉积变质矿	浸染状硫化物薄层 $Ni/Cu, Ni/Co$ 不变	Sherlock Bay Relatively minor shoots at Kambalda (e.g. Jan Shoot) Small shoots at Windarra	西皮尔巴拉地块；诺斯曼—威士纳带的北东；东金矿田区的北东。
脉型冲矿床	与断层或断裂变形的母岩有关的矿床围岩包含碳酸盐超镁铁岩	石英—碳酸盐—铁硫化物—镍砷化物—金细脉	Mount Martin (isolated occurrences at Kambalda) Bamboo	东皮尔巴拉地块；诺斯曼—威士纳带的南部，中部。

*与科马提质蜜切相关的超镁铁岩的命名依据Groves和Lesher

古代的盖层在各处大致都是连续的，它们在2700百万年前形成于最老的稳定区内，而主要构造岩浆事件发生在较晚期太古代花岗岩类—绿岩区（太古代—元古代界线在本文用于构造上的含义）。包括耶尔冈地块上威奇穆尔萨（Widgiemooltha）岩墙组的镁铁质岩墙系在地壳克拉通化以后不久即侵入于太古代片麻岩带和花岗岩类—绿岩区。

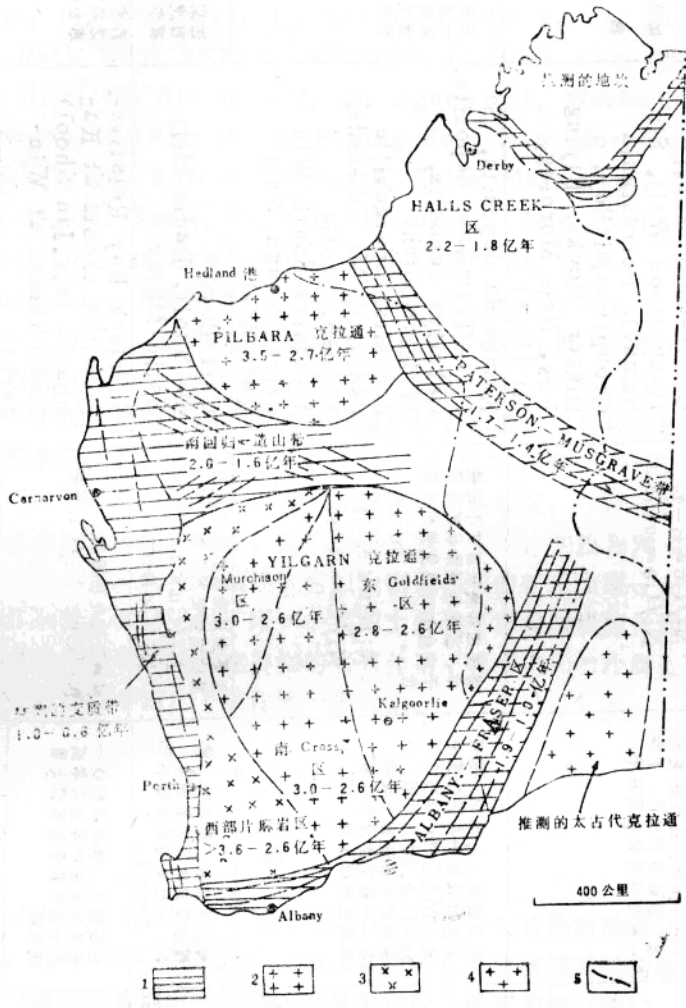


图2 西澳大利亚地盾太古代和元古代主要构造单元再建图

1. 元古代活动带；2. 太古代花岗岩类—绿岩带；3. 太古代片麻岩带；4. 太古代带（未分界的）；5. 显生宙盖层界限。

全部硫化镍矿床都发育在太古代克拉通和元古代活动带中。简述如下。

太古代克拉通

西澳地盾上最老的构造单元是太古代的皮尔巴拉和耶尔冈地块（图1）。它们主要由

约3500百万年—2800百万年³的花岗岩类—绿岩区构成。重力资料表明，部分被元古代盆地所覆盖的克拉通延伸较广但还是有限的，上述花岗岩类—绿岩区是其出露部分（图12）。虽然前人认为两个地块的花岗岩类—绿岩是地壳形成之前的互无关联的火山盆地或台地，但两者的区别在于：（1）地壳的厚度与构造；（2）相对的不均匀性；（3）高级片麻岩区的分布；（4）时代、地层的连续性；总的构造形态和花岗岩类—绿岩区的成矿。即使大约从2400百万年以来，它们一直处于同样相对的位置，而看来它们的发展是各自独立的。有人认为，在金伯利（Kimberley）盆地之下有一个太古代克拉通，但是资料并不可靠，况且这个区内基底的时代还不清楚。

虽然东部皮尔巴拉地块有限的花岗岩类—绿岩区显示出向高级片麻岩区过渡，但高级片麻岩主要唯有沿耶尔冈地块西部边缘的西部片麻岩区出露。此区由被镁铁质和超镁铁质岩侵入，并夹有正片麻岩席的、经反复变形和变质的陆架至深海槽沉积物所组成。这些岩石至今至少已有3600百万年，并有一个还未完全了解清楚的长期的构造史和变质史。尽管在其它地方还缺乏基底的直接证据，但有西部片麻岩区构成为东邻较年青的（<3000百万年）绿岩基底的迹象。同样，在稳定基底上皮尔巴拉绿岩的形成也是从间接的证据推测的。但是，地块上还没有被认可的更老的层序（参见西部片麻岩区），最老的认为是花岗岩类，推测其时代相当最老的火山岩系的片麻岩。

尽管绿岩带之间有明显的差异（见下），但它们都显示出在全球范围内明显而相似的演化特征。它们形成于早期火山活动阶段，该时期是以广布的镁铁质±（超镁铁质）的火山作用。有限的长英质火山作用以及与其它相伴随的沉积作用为主，与此同时有一些花岗岩类（花岗闪长岩—云英闪长岩）的侵入，接着产生大量强烈变形的片麻岩，以后绿岩带随时间的变化以碎屑沉积为主，即绿岩和花岗岩类岩屑在更为局限的盆地中沉积。早期为包括逆断层、横卧褶皱和至少是局部的地壳加厚的似水平变形，随后是一期或多期普遍的直立褶皱。后者伴随着低压到中压变质作用。广泛的地壳熔融和花岗岩类的侵位及底辟上升以及片麻岩的挤入褶皱。在一些区域的晚期活动中还伴随有巨大的平移断层（走向滑动位移）。

绿 岩 盆 地

从镍矿区域分布的观点出发，绿岩带之间在时代、岩相、构造形态和盆地发展方面的对比似乎是最重要的。在最边远处是大约3500百万年的层状的相对连贯的火山岩序列，皮尔巴拉绿岩带看来是沉积在广阔的浅水盆地中，包括蒸发岩系的浅水沉积物广布于与陆相—浅海相长英质火山岩相互穿插和含少量镁铁/超镁铁质岩屑的、由外力作用形成的沉积物的玄武岩层序中。玄武质岩石在火山岩系中占优势，而喷出的超镁铁质岩相对极少，特别在下部层序中此现象更明显。耶尔冈地块中大约为3000百万年的默奇森（Murchison）和南克罗斯（Cross）区的绿岩优乎代表类似的、但互不相关的、在有些方面与皮尔巴拉盆地类似的绿岩集结处。其火山岩系是在区域的基础上进行对比的，玄武岩为主的火山岩系，以及大多数地区内广泛分布的科马提岩是极罕见的。虽然未作详细的沉积岩石学的分析，但从该区缺乏皮尔巴拉那种典型的硅化浅水碎屑沉积物和蒸发沉积物，可推测其为深水形

成的。在容许限度内发生迭加变形时，所有这些区内总的构造型式是一些大致为等间距的、具有弧形至放射状绿岩带介于其间的、卵形花岗岩片麻岩园丘，可能是大量低密度的，以花岗岩类为主的地壳通过厚度基本不变的板状绿岩板片底辟上升而致。

东金矿田区诺斯曼—威卢纳带的大约为2800百万年的绿岩，在岩相和构造型式上和其它绿岩区有所差别，这个带代表了西澳地盾上具有特色的一部分，而且很重要的是其矿化特别好，具有大部分主要镍矿床，它表现为一宽200公里以上，长不少于800公里的受断层控制的地堑或裂谷带。东西两边与较稳定的、以含铁硅质建造为特征的盆地相接。它以具有丰富的喷出的科马提岩、众多的长英质火山中心、少量的含铁硅质岩

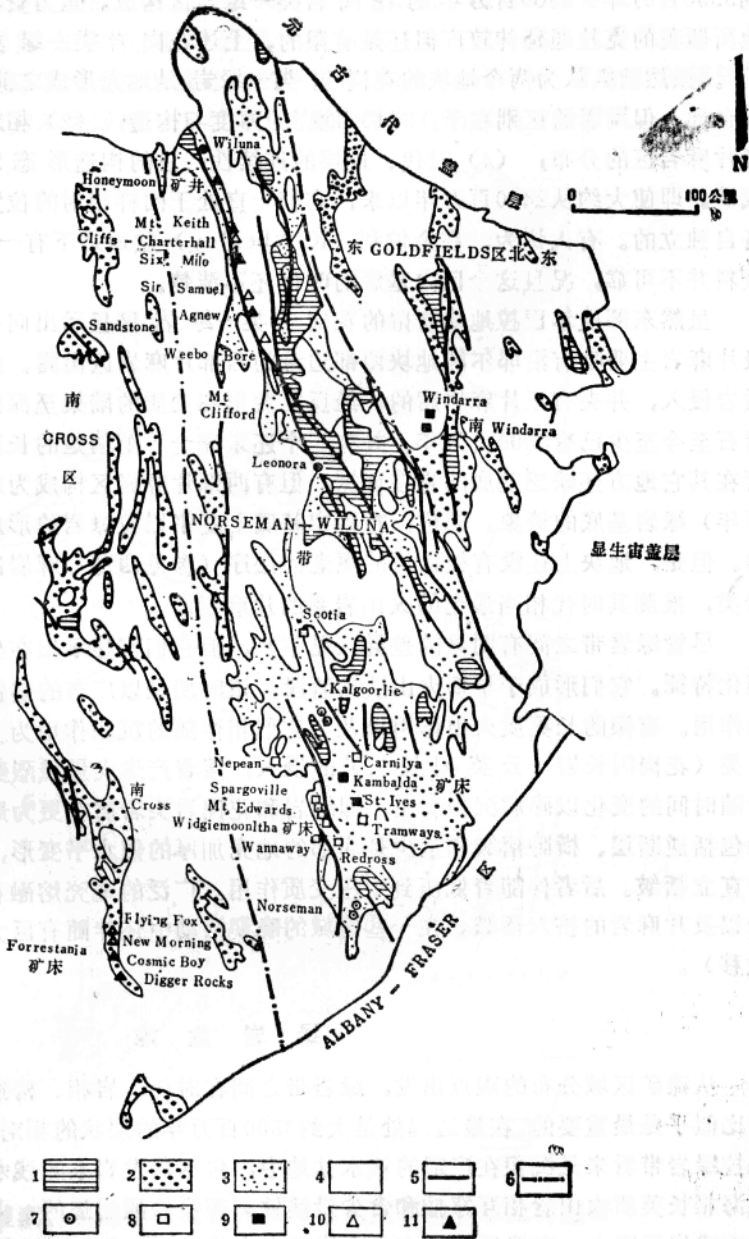


图3 依据花岗岩类—绿岩区的构造和主要构造的详划分说明主要镍矿床地质背景的耶尔冈地块东部基岩地质图
(底图根据西澳大利亚地质调查所1:1000000图改编)

花岗岩类—绿岩带：1.长英质火山岩/火山碎屑岩；2.主要由玄武岩、少量科马提岩和硅铁质建造组成的火山层序；3.玄武岩和科马提岩火山岩系。硅铁质建造极少或没有；4.花岗岩类；符号：5.主要断层线；6.分层界线。矿床：7.金矿床，金>50吨；8.与火山概榄岩伴生的镍矿床，镍10—50000吨；9.与火山概榄岩伴生的镍矿床，镍>50000吨；10.与纯橄岩侵入体伴生的镍矿床，镍10—50000吨；11.与纯橄岩侵入体伴生的镍矿床，镍>50000吨

建造和相应数量的含硫化物的页岩和燧石，以及一个杂岩层为特征。火山堆内的碎屑沉积物中含有长英质和镁铁/超镁铁两种岩屑使人联想到海底镁铁/超镁铁层序的断层活化。总的构造和变质型式呈明显的线状延伸，尤其是对高级变质区来说，即使是一些卵形的花岗岩类穹丘存在，常常也平行于相邻构造单元的延伸方向(图3)。沿主要断裂、并与其走向相同的构造活化使此带分裂为一些构造板片。一些较小的挤入褶皱的延伸带可能要归因于与原始断裂发生在片麻岩基底和绿岩之间有关的边部效应。火山盆地型式的明显差别可认为是反映它们构造位置的不同。约为3500百万年的皮巴拉盆地东部以及约为3000百万年的默奇森盆地和南クロス盆地被认为是火山活动形成的、相对稳定的不受断层控制的“地台”，其边缘负地形中的沉积岩屑主要来源于局部的长英质火山中心。某些作者认为较年青的(2800百万年)诺斯曼—威卢纳带是一裂谷带，其中的火山作用和沉积作用在一个较大的区域内受到壳断层的控制。

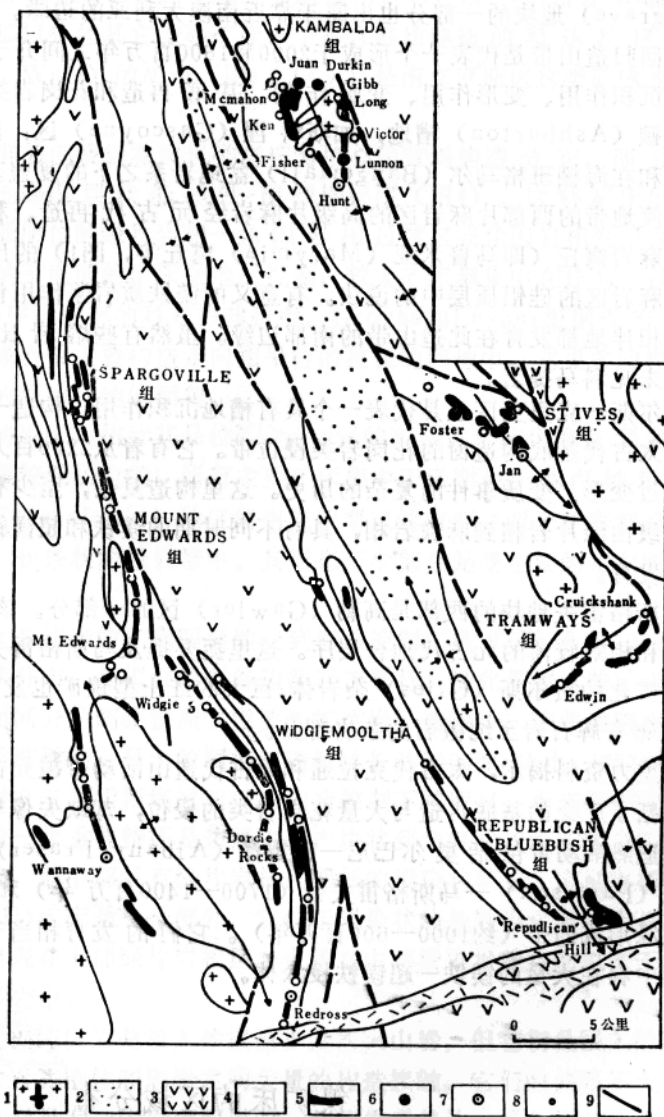


图4 卡姆巴达—圣伊韦斯—特兰威斯—威奇穆尔萨区与火山橄辉岩伴生的镍矿床的区域背景图

表示重要构造和岩相组合(据 Marston等改编)

1. 花岗岩类; 2. 碎屑沉积物; 3. 长英质火山岩; 4. 玄武岩和科马提岩; 5. 堆积科马提岩;
6. 镍 > 100000吨; 7. 镍 > 50000吨; 8. 镍 < 50000吨; 9. 断层。

元古代活动带

地质上的主要造山活动带是南回归造山带和霍尔斯—克里克区(图2)。马斯格雷夫(Musgrave)地块的一部分也出露于靠近南澳大利亚的边缘。

南回归造山带是代表一个形成于2000和1600百万年之间介于皮尔巴拉和耶尔冈地块间的海槽沉积作用、变形作用、变质作用、基底再造和花岗岩类侵位的主要地带。它包括阿什伯顿(Ashburton)槽地,加斯科涅(Gascoyne)区,纳贝鲁(Nabberu)盆地的西部和在海棚班格马尔(Bangemall)盆地岩系之下的复盖基岩(图1)。加斯科涅区南部过渡地带的西部片麻岩区的高级片麻岩经元古代再造、和纳贝鲁盆地内活化的太古代片麻岩穹丘(即马鲁米亚(Marymia)穹丘等,图1)的出现证实了造山带是发育于高级片麻岩区的硅铝质层中的说法。有意义的镁铁质岩浆作用包括粗玄岩岩席和玄武质火山活动相伴地都发育在此造山带的南部边缘。虽然有些熔岩比正常的拉班玄武岩含镁更富,但未见科马提岩。

霍尔斯—克里克区也是代表一个具有槽地沉积作用,构造—变质作用和可能包括一些再造的太古代基底构造窗的花岗岩类侵位带。它有着从2200百万年到约1800百万年期间至少发生过变形/变质事件的复杂的历史。这里构造复杂,至少有三个褶皱期,而且区内的变质等级由绿片岩相到麻粒岩相,具有不同时期的镁铁和超镁铁侵入体,尤其在本区北东部更为发育。

马斯格雷夫地块的西部是高勒(Gawler)区的一部分。该区具有强烈的变形,高变质程度和相对较薄的元古代地台层序。这里扼要提及马斯格雷夫地块是因为它包含少量硫化镍矿化的贾尔斯(Giles)杂岩体。巨大的红土型镍矿也发育在温吉利纳(Wingelina)分布有辉石岩至纯橄岩的杂岩部分。

由重力资料揭示,太古代克拉通和元古代造山活动带被元古代构造—热活动带所包围,包括了广泛的基底再造与大量花岗岩类的侵位,却缺失像早元古代活动带那种海槽沉积。构造热活动带包括奥尔巴尼—弗雷泽(Albany-Fraser)区(1900—1000百万年),帕特森(Paterson)—马斯格雷夫带(1700—1400百万年)和一个推测沿西片麻岩区的西部边缘形成的带(约1000—600百万年)。它们的发育相当于大陆境内被抑制的裂谷,这些带中存在大量的镁铁—超镁铁侵入体。

镍矿床的区域分布

耶尔冈地块

尽管有少量镍矿产于西片麻岩区的辉长岩体中,但西澳早先开采的镍资源($Ni > 0.8\%$)的96%都产于耶尔冈地块的东半部,大多数资源赋存于诺斯曼—威卢纳带中。

迄今,大部分镍产量是由与火山橄榄岩伴生的镍矿床提供的,这些矿床在斯科舍(Scotia)和雷德罗斯(Redross)之间诺斯曼—威卢纳带南部的1/3地段发育最好(图13和4)。该处集中了这一类型矿床开采前镍资源的87%左右。这种地区性富集在诺斯曼—威卢纳带设想为裂谷轴部带的卡姆巴尔达—圣伊韦斯(St Ives)区(约占开采前资源的70%)更为明显。此带南部以外的其它重要矿床产于富含硅质建造的温达拉区(图1和3)。特劳韦尔(Trough Well)的矿点(图1(14))是南克罗地亚这类矿床的唯一实例。

区域性规模的矿床成群的围绕以花岗岩类穹丘为核心的背斜构造分布,部分呈拉状,受断层控制的构造高地露出层状低镁铁—超镁铁层序(图4)。这些矿床出现在至少部分反映属矿化层序为低层位的绿片岩相—角闪岩相过渡区或角闪岩相变质区。几位作者都提出诺斯曼—威卢纳带南部的矿床受地层控制,较大矿床都集中在作为一较好的标志控制层的镁铁—超镁铁层序最底部的科马提建造中。Groves和Lesher根据现有资料,提出大多数矿床都位于与绿岩带主要构造走向相平行的拉长的凹地中。它更多的提供了现代的地层构造型式所反映的原始盆地的面貌。

与纯橄岩侵入体伴生的矿床,估计其品位 $Ni > 0.8\%$ 的矿量占总硫化镍资源的40%以上,而95%的矿产资源都属较低品位的。所有主要矿床集中于诺斯曼—威卢纳带的北东边缘或在福雷斯塔尼亚(Forrestania)地区的南克罗地亚的南部。两个矿群都显示出线状延伸,并被局限在窄的、长条状的绿岩带中。其形态至少部分是受主要的走向断层所控制。

沿诺斯曼—威卢纳带北东边缘的矿床明显地受到构造控制。该矿床延伸100公里以上,主要呈线状或近似线状分布,与拟议的裂谷边部近于平行。沿此带的这些矿床伴随有不连续的、可能是因构造而断开的超镁铁质(主要为蛇纹岩)透镜体,这些透镜体是一些具有橄橄榄岩周边的科马提质纯橄岩。最大的阿格纽透镜体长达6000米以上,厚700米,深度超过1000米。类似的母岩产于福雷斯塔尼亚但受构造控制不甚明显。由于镍矿床是出现在紧密向斜的两翼,矿床的一个重要特征是边缘主要产块状到角砾状矿石。在角闪岩相变质区的上部有浸染状硫化物,而中部具有绿片岩相区特征的浸染状矿化。克利夫斯—查特霍尔(Cliffs-Charterhall)矿床是一个例外,它位于浸染状的基斯山矿床以南只有几公里,其块状硫化矿确实是出现在上部绿片岩相区。大致在中部浸染状硫化物也产于福雷斯塔尼亚高品位区的一些纯橄岩中。

虽然多数作者同意科马提纯橄岩是侵入体或至少是次火山岩,但它们是侵入的岩床还是岩墙尚难肯定。由于纯橄岩透镜体和围岩之间大量的构造接触,它们的关系不大清楚。但是Marston等人总结的论据是有利于岩床假说的。几位作者曾认为侵入体是代表提供了科马提熔岩流的带内的橄橄榄石分离残余物。这些熔岩流目前在一些地区还覆盖于纯橄岩扁豆体之上。这些科马提岩一般比与火山橄橄榄岩伴生矿床的母岩含镁量低,在矿化型式和变质程度上明显的差别是一个很难与岩床假说调和的特点。但是岩墙说的提出者们指出,较高的变质程度可与较深位置的侵入体相一致,在那里岩浆硫化物的重力集中是在侵位的时候形成的。

耶尔冈地块上只有一个重要的与辉长岩伴生的矿床，它产于Carr Boyd区(图1)。侵入的古铜辉石—硫化物伟晶岩类的角砾岩筒产在橄长岩—橄榄斜长岩的组合内。该组合是侵位于拉斑质变玄武岩中的镁铁-超镁铁层状侵入体，母岩浆被认为是一种与上述主要矿床的科马提质岩浆不同的高铝氧的拉斑玄武岩。其它这类矿床新诺舍和尤加拉(Yoangarra)等地都很小，这类矿床也产于威奇穆尔萨组的元古代岩墙中，如金贝拉纳(Jimberlana)岩墙和Cowarna Rocks。

小型的与层状沉积物伴生的矿床产于温达拉和卡姆巴尔达的与火山橄榄岩伴生的矿床组合中，小的脉型砷矿床产于卡尔古利(Kalgoorlie)附近的马丁山(Mt Martin)，而一些孤立的矿点则出现在卡姆巴尔达。

皮尔巴拉地块

皮尔巴拉地块很少有矿化，没有形成有明显系统的镍矿群和镍的成矿区。在拉斯韦尔(Ruth Well)(西部皮尔巴拉)一厚层科马提岩和科马提质玄武岩中的一个与火山橄榄岩相伴的小矿床可表明它们是时代老于3000百万年的唯一矿床。在拉斯韦尔以南几个小镍矿点与镁铁-超镁铁侵入体相伴生。主要的矿床产在肖尔山(Mt Sholl)，这个矿床不像卡尔博伊德(Carr Boyd)矿床，推测它是由科马提质为主的岩浆所形成。拉斯韦尔、肖尔山和其它一些小矿床出现在靠近皮尔巴拉的一个主要走向断层的附近。最大的一个与层状沉积物伴生的矿床产于拉斯韦尔和肖尔山以东的谢尔洛克湾(Sherlock Bay)。浸染状硫化镍、铜矿产于主要为长英质火山岩的变质碳酸盐相的铁质建造中。一个小的脉型砷矿床产于皮尔巴拉东部的班布(Bamboo)，硫化镍有迹象是来自超镁铁侵入体，但迄今还没有具有重要意义的与科马提岩伴生的矿床。

皮尔巴拉地块较老火山岩中缺少镍矿化似乎是全世界这一时代绿岩带的特征。表示这些地区特征的乏铝(aluminium-depleted)的科马提岩中硫化镍矿非常贫乏，然而较新的非乏铝(aluminium undepleted)科马提岩一般矿化较好。不同的成矿模式曾被提出，用以解释科马提岩浆在时间上的变化，但是目前还未提出关于硫化物大量增加的圆满解释。

元古代造山活动带

这种地质环境中唯一有价值的镍矿床产于金伯利地区的霍尔斯科里克区。其硫化镍、铜与辉长岩侵入体伴生。这些辉长岩体的时代与造山活动带的主要变形变质活动有关。主要的瑟利迈莱(Sally Malay)矿床代表耶尔冈地块东部以外唯一有价值的硫化镍资源($Ni + Cu > 1\%$)。

矿床位于麻粒岩相区内一个小的层状侵入体的底部。岩体侵入在变质作用高峰期之后，硫化物产于一个具有冷凝边的苏长岩体中。岩体由底部向上包含橄榄岩、橄长岩、橄苏长岩。具有可靠的发生过硅铝混杂的证据，而且它可能导致了硫化物从硅盐酸岩浆中分离。

南回归造山带没有硫化镍的矿化。

元古代构造热活动带

在这种带中不具有价值的镍矿。但是在弗雷泽伦奇浸染状硫化物产于花岗变晶辉石麻粒岩中，这种岩石被认为是变质前包括橄榄辉石岩和斜长苏长岩层状侵入体的一部分。在同一带中造山期后的苏长岩没有矿化。

概 述

尽管镍矿床，尤其是与辉长岩伴生的镍矿床广泛分布于西澳大利亚地质的不同构造单元中，但与科马提岩有关的矿床却主要集中于耶尔冈地块的东部。其中最重要的一些矿床却局限在太古代克拉通内特殊绿岩环境的诺斯曼—威卢纳带内。根据广布在世界范围内与科马提岩伴生的镍矿主要产于时代较新（2800百万年）的绿岩区，还有另外一种可能主要受构造控制的矿床，讨论于下。

耶尔冈地块镍矿化的区域控制

耶尔冈地块的镍矿床明显地分布不均匀。有三种情况：（1）各类矿床都集中于耶尔冈地块的东部，尤其是诺斯曼—威卢纳带中。在默奇森区的西部片麻岩区和南クロス区的北部却没有重要的矿床（图1）；（2）与火山橄榄岩伴生的矿床和与纯橄岩侵入体伴生的矿床具有明显的地理上的分离，多数与火山橄榄岩伴生的矿床成群分布于诺斯曼—威卢纳带的西部边缘和轴带之间，而与纯橄岩侵入体伴生的矿床却产于接近诺斯曼—威卢纳带北东边缘一侧的线状带中和南部的クロス区（图3）；（3）与火山橄榄岩伴生的矿床一般围绕花岗岩类为中心的穹丘产于一个不连续的构造突起处。卡姆巴尔达和威奇穆尔萨两处主要矿床（图5）的富集在规模和地质特征方面都不相同，它们可能代表与火山橄榄岩伴生的矿床的不同亚类。斯科舍和温达拉也表现出它们在岩相方面有重要差异。

在耶尔冈地块的分布

鉴于缺乏厚的镁铁-超镁铁岩系和大的超镁铁质组分的侵入体，在西片麻岩区没有镍矿床是不奇怪的。尽管由于构造的再造作用，在林波波（Limpopo）活动带的皮奎（Pikwe）—塞莱比（Selebi）产生与辉长岩伴生的镍矿床，在世界上其它地方，这种高级片麻岩区大都同样贫镍。

默奇森区和南クロス区的花岗岩类—绿岩区中的镍矿化很少，几乎肯定和该区缺少象诺斯曼—威卢纳带那种具很好矿化的、厚的堆积科马提岩和科马提纯橄岩有关。其次决于其它地区是否具有像诺斯曼—威卢纳带那种构造条件。很明显，诺威曼—威卢纳带的活动的裂谷环境比东皮尔巴拉地块，默奇森区和南クロス区的地台型稳定盆地绿岩沉积更有利于科马提岩的喷发。

科马提岩类型主要矿床的空间距离

诺斯曼—威卢纳带内与火山橄榄岩伴生的矿床和与纯橄岩侵入体伴生的矿床的空间

距离是一个令人感兴趣的问题。如果裂谷模式是正确的，这两类矿床的空间距离有三种可能的解释：（1）由于地壳张力作用导致地壳沿地堑延长方向广泛发生某种程度的变化，科马提岩喷发到裂谷中，纯橄岩体则沿纵向侵入到相当于非裂谷的高原地带（图6A）；（2）科马提岩喷发至对称裂谷中央深的部位，而纯橄岩体则由于高度、地壳和岩石圈的相对厚度不同而侵入到边缘地带（图6B）；（3）科马提岩喷发于裂谷最初的扩张阶段，而纯橄岩则侵入于盆地建造后期的热沉降阶段。

这些模式之间的区别还受到未确定的有关构造位置和岩系时代关系的限制，因为包围镍矿床的是绿岩带的不同部分。此外，也受到未确定的有关母岩沉积环境的限制。显然有必要进一步研究。这里只是对现有的一些资料作个评述。

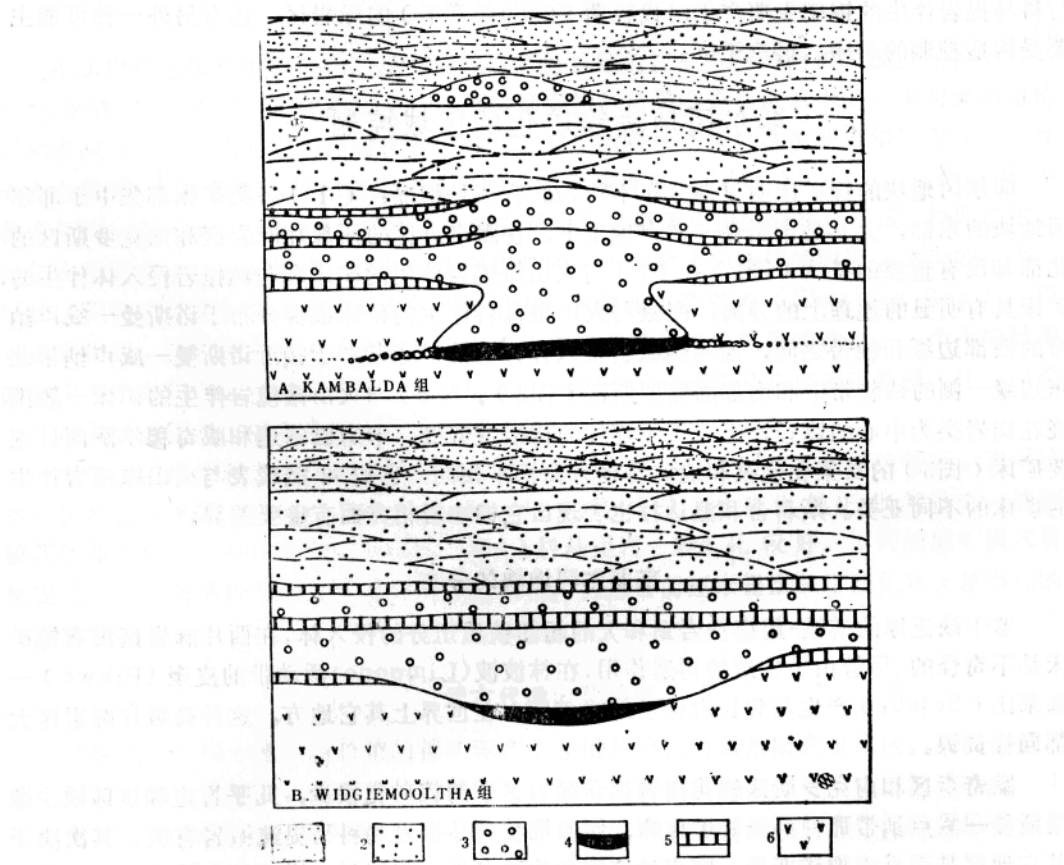


图 5 卡姆巴尔达组（A）和威奇穆尔萨组（B）的矿床横剖面示意图

表示“槽地”构造特征，沉积镍矿关系和上覆超镁铁质层序特征的对比

1. 非堆积科马提岩流；2. 斑状科马提岩流；3. 堆积科马提岩流；4. 矿体；5. 层间流动沉积；6. 变玄武岩。

