

哈默斯利铁矿

哈默斯利铁矿区位于西澳大利亚北部的皮尔巴拉地区,是世界上最大的铁矿区之一。在皮尔巴拉西部总面积达181,300平方公里的土地上都有铁矿分布,其中以包括“汤姆·普赖斯山”和“鲸背山”的64750平方公里地区的铁矿储藏量最丰富,据1973年西澳大利亚州采矿部门正式估计,该地区的富铁矿储藏量为244.8亿吨,其中含铁55%的褐铁矿有51亿吨,含铁55%以上的赤铁矿193.8亿吨(包括含铁大于60%赤铁矿88.74亿吨)。

有利的地质环境

该区的铁矿床属元古代苏必利尔湖型。铁矿层产于下元古界哈默斯利群碧玉铁质建造中,为一套熔岩和沉积岩层序,总厚约10,000米。这套地层不整合于由花岗岩、混合岩、片麻岩和变沉积岩变火山岩所组成的太古代基底之上,而中元古代的沉积岩层又不整合的超覆于下元古之上(详见地层表)。

哈默斯利含铁建造包括碧玉铁质岩、燧石、白云岩夹页岩和粉砂岩;粒玄岩岩床侵入其中。其上为沉积岩与酸性熔岩互层所覆盖,其下为一套基性—中性熔岩、火山碎屑岩和砂岩所组成的底部地层,这些地层分布在长500公里、宽160公里的广阔盆地中。

从整个铁矿盆地岩性和厚度上的显著连续性来看,沉积物的沉积时间是相当长的,环境是稳定的,因而形成了巨厚的一套化学沉积岩和细粒碎屑岩岩相。

整个含铁建造自下而上分为三个铁矿区(或碧玉铁质岩组),即马拉曼巴组(20~600米),布罗克曼组(1500~2200米),

布尔吉达组(700米)。铁矿体在所有铁质岩中均有发育,而以布罗克曼组的矿体最大、最多。

碧玉铁质岩主要由石英和弱磁性的假象赤铁矿(可能由磁铁矿变化而来)组成,含少量碳酸盐矿物和黑硬绿泥石。矿石呈条带状或层纹状至薄层状,由假象赤铁矿和石英相间组成,由于构造作用而呈复杂的小褶曲,即使在风化淋滤后的赤铁富矿石中,亦能见到条带状构造和小褶曲。

该区自下元古代含铁建造形成后,产生了轻至中等褶皱作用,形成了开阔的不对称向斜构造(个别地区形成紧密褶皱,如鲸背山地区)。下元古代末,整个地区上升隆起,其后中、上元古代沉积层不整合覆盖其上。元古代以后至第三纪早期该区长期隆起,含铁建造由于受区域构造控制,于稳定地块之上经受了长期的风化淋滤作用。

因热力作用影响很小,故该区属轻微变质。

稳定的沉积环境、丰富的铁质来源,形成了巨大面积的碧玉铁质岩;有利的地层、岩性、构造因素和长期的风化淋滤作用等,造成了铁质的进一步集中,形成了巨大的优质铁矿石。

优质的富铁矿石

高级优质富铁矿石是该区突出的特征之一,已知有三种主要类型:

- (1)苏必利尔湖型赤铁矿-针铁矿石;
- (2)赤铁矿砾岩或“铁质角砾岩”;
- (3)豆状褐铁矿-针铁矿石。

哈默斯利铁矿区地层表

代	纪	组	建造	厚度 (英尺)	岩性描述
新生代	第四纪		风成砂、河砾、 冲积层、崩积层		
	第三纪		崩积层	10~100	部分固结的山麓碎石堆、山麓堆积和河谷堆积 硅质灰岩及蛋白氧化硅。冲积层和崩积层具 钙质胶结物 古河道中豆状褐铁矿 条带状含铁建造的次生富集物
			奥科维尔建造 罗本豆石层 赤铁矿沉积	10~100 10~180 10~500	
中生代	白垩纪		亚拉卢拉砾岩 纳努塔拉建造	50~150	砂岩、泥岩及砾岩
元古	上元古代(?)	班吉茂尔	库拉布卡建造 佛兹科利克页岩 托普坎普白云岩	2000~10000	正石英岩、页岩 页岩、白云质页岩、石英岩 白云岩、薄层石英岩、页岩
	中元古代(?)	布列斯那汗山 明尼组	昆德朗砂岩 切利布卡砂岩	40000(最大)	砂岩、长石砂岩 砾岩
	下布 鲁斯 山 上 层 组	鸟鲁	阿什布尔顿建造	3300	页岩、石英岩、硬砂岩、白云岩和条带状含铁建造 白云岩及燧石、藻类化石丰富 砾岩、页岩、石英岩、玄武岩 正石英岩夹一些页岩和砾岩 硬砂岩、页岩、白云岩、石英岩及砾岩
			杜克克里克白云岩	5000~6500	
			麦科格拉斯山建造	6~600	
			比斯利河石英岩	120~5000	
		哈默斯利	图利克里克建造	700	条带状含铁建造、页岩、燧石层 流纹岩、英安岩岩流(含火山岩碎屑和条带状含 铁建造) 页岩、条带状含铁建造及燧石。被粒玄岩岩床侵入 条带状含铁建造、页岩、白云岩、燧石 页岩、白云岩、燧石 条带状含铁建造、页岩及白云岩 白云岩、白云质页岩、燧石及页岩 条带状含铁建造、燧石及白云岩
			布尔吉达含铁建造	100~1900	
			温格拉火山岩	100~1600	
			维利沃利建造	1500~2200	
			布罗克曼含铁建造	100~350	
			麦克利山页岩	110	
		福提斯丘	西尔维亚山建造	500	条带状含铁建造、燧石及白云岩 砂岩、长石砂岩、砾岩、玄武岩岩流
			维提奴姆白云岩	20~600	
太古代			基底		花岗岩、片麻岩、混合岩、变沉积岩及变火山岩

这三种类型都是次生的，而且代表了碧玉铁质岩在原地或在碎屑沉积中由于脱硅作用而使铁质富集所形成的产物。几种矿石的形成时代尚不清楚，但这几种类型均被认为是壮年期的，是在第三纪早期地面发育过程中形成的。矿床均受很深的切割，时代推测为第三纪晚期或更新世。

(1) 苏必利尔湖型赤铁矿-针铁矿矿石
该区绝大部分赤铁矿矿石是在哈默斯利群的碧玉铁质岩建造就地发育而成的，且主要分布在布罗克曼铁组(主要含铁组)的底部。这类矿石经济意义最重要，是目前的主要开采对象。

高品级赤铁富矿形成的主要控制因素

是:

1) 广泛分布的含铁30%以上的碧玉铁质岩层是形成富矿石的母体。

2) 轻微变质的条带状假象赤铁石英岩(石英很少见有重结晶作用,常呈白色粉末状),使 SiO_2 易于从水溶液中被淋滤而带走。

3) 下元古代末褶皱作用形成的向斜构造,给水溶液的活动造成了有利的通道,并使铁矿得以保存下来。岩石的破碎加速了水溶液的脱硅作用。因此,该区几乎所有的赤铁矿富矿体都产在向斜的核部,尤其是向斜的转折端和岩石破碎处矿石更富。

4) 稳定的地块使碧玉铁质岩长期裸露地表,自元古代末至早第三纪经受了长期的风化淋滤,干热的古气候条件,加速了作用的进程,脱硅作用进行的比较彻底。

5) 主要含铁组之下的麦克利山页岩层,成为地下水的有效保护屏障,很有价值的赤铁矿发育其上。本区最大和最富的赤铁矿床赋存于布罗克曼铁矿层下部150米处。在铁矿层中常见有薄层页岩与铁矿层呈互层出现。这种页岩为硅质页岩,近铁矿层处含铁量增高,沿页岩层常有蓝石棉分布。

6) 该区几乎所有赤铁矿体之上都有一层厚10~15米的针铁矿外壳,含铁50~59%。最初给找赤铁矿造成困难,经勘探找到了规律,这种针铁矿外壳成为找赤铁矿的标志。

赤铁矿在这类矿石中占92~97%,针铁矿少量,石英仅占3~3.5%。如汤姆·普赖斯山铁矿床几乎全部为赤铁矿,矿体平均厚45~60米,延长6700米,矿石平均品位为(%):

$\text{Fe}-64.1$, $\text{P}-0.05$, $\text{SiO}_2-4.4$, $\text{Al}_2\text{O}_3-2.0$, 烧失量-1.8, 该区其它主要铁矿床与汤姆·普赖斯相类似。

(2) 赤铁矿砾岩或“铁质角砾岩” 一般分布在碧玉铁质岩构成的准平原化的丘陵低坡处,常与赤铁矿-针铁矿相伴生。它是由角砾状的赤铁矿碎屑嵌入褐铁矿基质中而构

成,与巴西的“铁质角砾岩”相类似,并围绕赤铁矿碧玉铁质岩体形成山麓堆积层,分布面广,数量大,但单独矿体却很小,一般只有几百万吨,根据勘探结果,所证实的较好矿床储量也仅有几千万吨,因此,在该区即使是这类矿石的品位较高,也不如前者引起人们注意。该类矿石的品位(%)变化范围是: $\text{Fe}-52\sim63$, $\text{SiO}_2-2\sim12$, $\text{Al}_2\text{O}_3-2\sim5$, $\text{P}-0.07\sim0.15$, $\text{S}-0.05\sim0.10$ 。

(3) 豆状褐铁矿-针铁矿矿石 广泛出露在流经铁矿组的古河床中,呈台地状古地面的残体形式出现,哈默斯利铁矿被引起人们注意首先从这里开始。此种豆状褐铁矿的时代属早第三纪,其分布范围证实了它是来源于含铁地层。这类矿床分布也很广,主要在罗本河中、下游。目前沿古河床呈平顶残留层状产出,残积层长10公里,宽3~5公里,厚10~60米不等。目前查明储量约15亿吨,矿石含铁50~57%。估计该区这类矿石总储量可达60~100亿吨。

这种类型矿石主要组成是褐铁矿,其次是针铁矿和氧化硅,赤铁矿少量。褐铁矿常呈豆状,矿石化学成分平均值(%) $\text{Fe}-50\sim57$, $\text{SiO}_2-6.7$, $\text{Al}_2\text{O}_3-7.7$, $\text{P}-0.04$, $\text{S}-0.06$, $\text{Ti}-0.08$, $\text{Mn}-0.06$, 烧失量-11.1。

褐铁矿石经脱水作用,含铁量达64%,有利于生产优质球团矿。这类矿石的成因有各种解释:有人认为它是堆积在河床中的碧玉铁质岩碎屑,后经脱硅作用和溶液中所携带的铁质沉淀而富集成矿石;也有人认为是已经富集的赤铁矿石的碎屑堆积物;还有人认为完全是溶液中的铁质经化学沉淀而成的沼泽铁矿。可能这些方式都是起作用的,而且由饱含铁分的水使含铁碎屑不断改造和富集也是可能的。

铁矿的发现与勘探

哈默斯利铁矿位于西澳大利亚北部偏僻而干燥的半沙漠区,巨大的铁矿层分布在

数学模型、样本和品位估计量

矿体的数学模型

一个矿体的数学模型，并不代表矿体本身，而只能反映矿体的某些特征。因此，为了表征不同的矿体，就需要采用不同的数学模型。取自一种模型的样本的特征，应与取自同类实际矿体的样本的特征一致。精确的数学模型是一种有效的工具，它可以用来推测取自实际矿体的样本的各种性质。

这样的数学模型，可以用来反映具有特高品位样品的富矿巢和不均匀性造成的跃迁现象。这种富矿巢中样品品位的影响范围约为模型中一个基本矿格*边长的9至15倍。在实际矿体中，富矿巢的几何形态总是不确定的。其复杂程度甚至以采矿过程中才能达到的取样密度都无法控制。这种局部的不均匀性是很关键的，计算矿块品位时必须完全

把握这种现象。

所以，像热液型金矿脉和锡矿脉这些很难评价的矿体，都需要用数学模型来表征。然而，作者认为数学模型的应用范围还要广泛得多。

在每个模型中，矿格之间品位的连续相关关系，是通过三维曲面来表示的。将一个方格网置于该曲面上，于是每个方格中心处曲面的高度，就是该方格下面矿格的平均品位。这样就形成了一个由品位为已知且连续相关的一系列矿格组成的模型矿体。

在抽出样本（由采自各矿格的样品组成）之前，必须确定以下两点：①假设采自同一矿格的样品品位的统计分布类型为对数正态分布（并非全为对数正态分布，但在实际工作中经常可以看到小体积的矿样往往作对数正态分布）；②属于矿格内统计分布的

* 原文为blocks，指构成矿体或矿块的几百个统计单元，为了与“矿块”区别，译文中均作“矿格”。——本刊

半荒芜旷野和崎岖山区，日照长达12小时，最高日温达50度，二十世纪六十年代之前，地质工作基本上是空白。该区由于受长期的风化侵蚀，地形切割较深，因此铁矿体几乎都裸露地表，且常形成山脊。该区铁矿层的发现首先是一个牧场主为了寻找牧场和水源而在哈默斯利山见到，后于1961年才被引起地质勘探部门的重视。稍后，康辛里奥廷托公司的勘探部门正式进入该区工作，采用地面地质详查、航空照片解释和更大比例尺的航空探索。该公司自1961年进入该区至1964

年，共查明总吨数为49亿吨的铁矿石（包括50~57%的褐铁矿和60~67%的赤铁矿）。

整个勘探规划过程中，重点是放在快速地质踏勘上。这种快速地质踏勘是以坚实的地层学原理为基础的，并使用了适于进入本区的现代化的交通运输工具。

由于矿体多裸露地表，因此地球物理找矿方法未被采用，而航空地质测量在整个找矿勘探过程中起了重要的作用。

〔据澳大利亚展览会有关资料整理〕