

博茨瓦纳莫能锰矿床地质特征及成因

朱永刚^{1,2}, 邵拥军¹, 李朗田², 杨艺华², 吴继兵²

(1. 中南大学地球科学与信息物理学院, 湖南长沙 410083; 2. 中南地质勘查院, 湖北武汉 430081)

[摘要]莫能锰矿为元古代形成的与含铁建造密切相关的锰矿床。本文系统总结了区域地质背景、锰矿床地质特征,并对含锰地层的岩相古地理进行了分析,认为含矿岩系为滨外浅海陆棚沉积。在此基础上,初步建立了矿床的成因模式,提出矿床成因属浅海沉积变质型。与世界上最大的锰矿田卡拉哈里锰矿田进行对比后,认为它们在成矿背景、成矿时代、矿床特征、岩相古地理条件及后生改造等方面均有相似之处,莫能锰矿具有成为大型锰矿床的找矿潜力。

[关键词]博茨瓦纳 莫能锰矿 地质特征 岩相古地理 成因模式

[中图分类号]P618 **[文献标识码]**A **[文章编号]**0495-5331(2013)04-0777-7

Zhu Yong-gang, Shao Yong-jun, Li Lang-tian, Yang Yi-hua, Wu Ji-bing. Geological features and genesis of the Moeng manganese ore deposit in Botswana[J]. *Geology and Exploration*, 2013, 49(4): 0777-0783.

莫能(Moeng)锰矿位于博茨瓦纳中部区莫能学院一带,地理坐标东经27°36',南纬22°42'。该区以往地质工作程度很低,最系统的地质工作为1:125000的区域地质调查。2010年,中南地质勘查院在该区开展了针对锰矿床的地质普查工作,在近两年的地质工作中,笔者对该锰矿床的地质特征及成因有了一些初步认识。

1 区域地质概况

该区位于距今32.7~26亿年之间卡普瓦拉克拉通(Kaapvaal Craton)和津巴布韦克拉通(Zimbabwe Craton)相互挤压形成的林波波活动带(Limpopo Belt)(Carney *et al.*, 1994; Green *et al.*, 1997)(图1),该活动带主要岩性为高级变质的片麻岩和变质火山岩(Ermanovics *et al.*, 1980)。包含锰矿层的帕拉佩群(Palapye Group)不整合赋存在林波波活动带上(图1),以丘陵地貌出露地表,除西部为后期的卡鲁超群(Karoo Supergroup)覆盖外,周围分布的均为林波波活动带作用时期形成的岩石。

1.1 地层

区域主要地层为元古代帕拉佩群以及中生代时

期的卡鲁超群。在该区南偏西方向120km处有大面积沃特贝格群早期的岩石露头分布,该群地层与锰矿层的形成可能存在关联。

(1) 沃特贝格群(Waterberg Group):为一套由砂岩、砾岩和粉砂岩组成的最古老的大陆性红色岩层。该群地层在18亿年之前开始沉积,中晚期沉积的地层与帕拉佩群地层的年龄大致相同(James C Chatupa, 1994)。

(2) 帕拉佩群(图1):为一套碎屑状沉积岩石层序,由下至上依次分为Seleka、Moeng、Tswapong和Lotsane四个岩性地层组。其中Seleka组为含锰岩系(key *et al.*, 1979)。

Seleka组:不整合覆盖在林波波活动带的基底岩石上。由底砾岩、灰白微发红石英砂岩、紫红色含铁石英砂岩、页岩、粉砂岩、含锰层组成,夹多个层间砾岩。该地层组总厚度为930m。

Moeng组:为一套以泥质为主的地层,与Seleka组整合接触。下部为紫色到粉红色含云母粉砂岩,其上为粉红色页岩;中部为由具闪锌矿矿化的鲕粒状灰岩组成的钙质地层;上部为粉红色页岩层。该地层组总厚度为335m。

[收稿日期]2012-10-21;[修订日期]2013-04-10;[责任编辑]郝情情。

[基金项目]国外矿产资源风险勘查项目(编号:10145A031)资助。

[第一作者]朱永刚(1983年-),男,2005年毕业于中国矿业大学(北京),获学士学位,在读工程硕士,工程师,从事国内外地质矿产勘查工作。E-mail:270572749@qq.com。

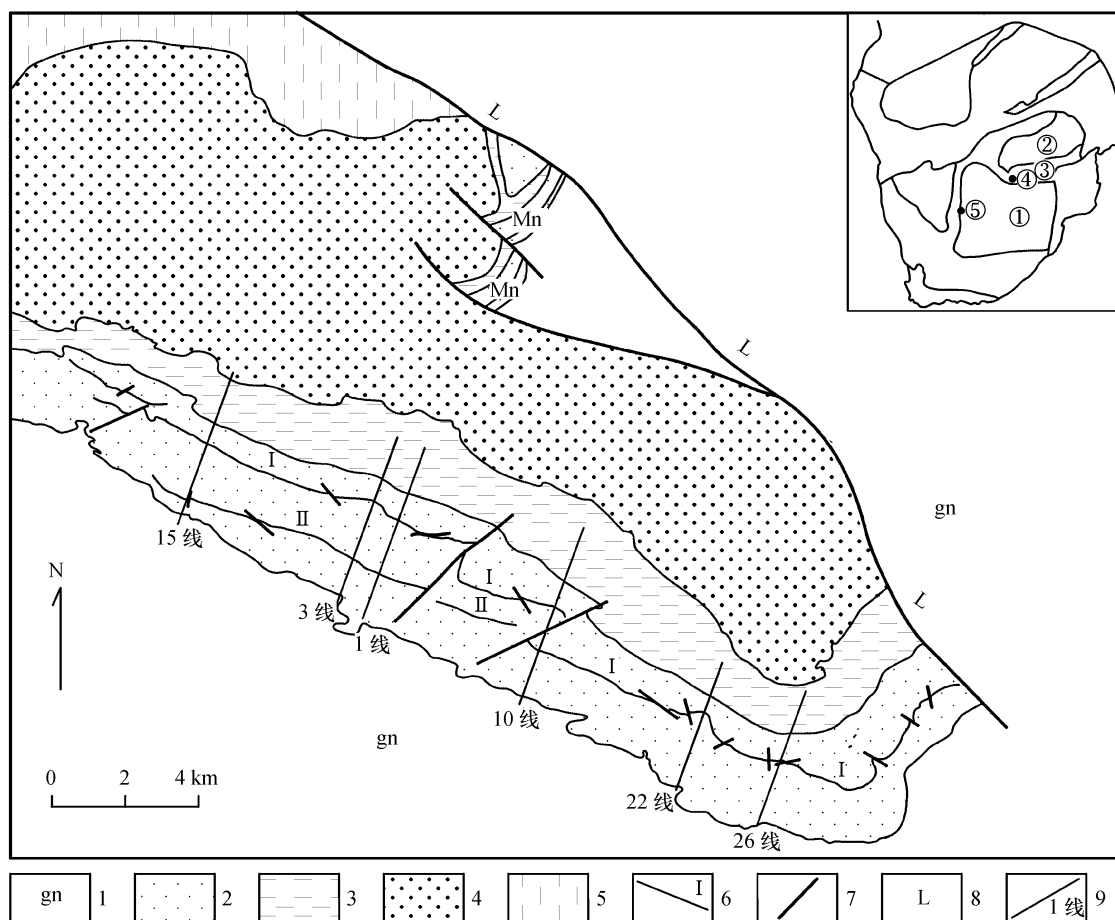


图1 莫能锰矿床地质简图

Fig.1 Simplified geological map of the Moeng manganese deposit in Botswana

1 - 基底片麻岩; 2 - Seleka 组; 3 - Moeng 组; 4 - Tswapong 组; 5 - Lotsane 组; 6 - 锰矿层及编号; 7 - 断层; 8 - Lechana 断裂; 9 - 勘探线及编号; ① - 卡普瓦克拉通; ② - 津巴布韦克拉通; ③ - 林波波活动带; ④ - 莫能锰矿床; ⑤ - 卡拉哈里锰矿田

1 - basal gneiss; 2 - Seleka Formation; 3 - Moeng Formation; 4 - Tswapong Formation; 5 - Lotsane Formation; 6 - numbered mineralization layer; 7 - faults; 8 - Lechana fracture; 9 - numbered exploratory line; ① - Kaapvaal craton; ② - Zimbabwe craton; ③ - Limpopo belt; ④ - Moeng manganese deposit; ⑤ - Kalahari manganese ore field

Tswapong 组: 为一套以砂质为主的地层, 与 Moeng 组整合接触。下部为石英砂岩层, 包括厚层状紫红色石英砂岩、页岩、石英卵石砾岩以及少量豆状石英砂岩; 中部为薄层状含铁石英砂岩层, 有豆状铁矿物互层; 上部由互层的含铁石英砂岩、长石质粉砂岩、石英卵石砾岩组成的碎屑岩地层。该地层组总厚度为 970m。

Lotsane 组: 为一套以泥质为主的地层, 与 Tswapong 组整合接触。为一套杂色页岩、泥岩、板岩和含云母粉砂岩互层的地层, 含燧石和赤铁矿条带, 局部含黄铁矿。该地层组总厚度超过 1000m。

(3) 卡鲁超群: 为后帕拉佩时期沉积, 对锰矿层的分布及成因没有影响。

1.2 构造

区域内断层主要为 Lechana 断裂(图 1), 为后帕拉佩时期形成。在北部存在两段锰矿层说明该断层对锰矿层起到破坏作用。

1.3 岩浆岩

区内未发现任何岩浆岩, 仅在莫能锰矿区以南约 20km 处分布有少量与帕拉佩群地层同沉积的安山质凝灰岩。

2 矿床地质特征

莫能锰矿床位于整个含锰岩系的中、东部, 赋存于 Seleka 组地层中(图 1)。该组地层自下而上的结构见图 2。

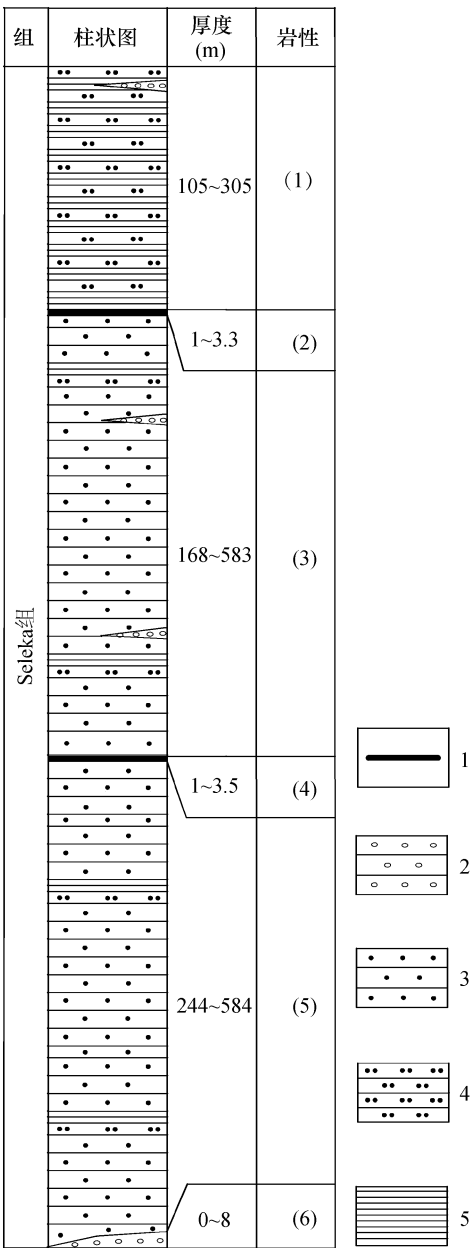


图 2 含锰岩系综合地层柱状图
Fig. 2 Comprehensive stratigraphic column of manganese-bearing rock sequence

1 - 锰矿层; 2 - 砾岩; 3 - 石英砂岩; 4 - 粉砂岩; 5 - 页岩
1 - manganese layer; 2 - conglomerate;
3 - quartz sandstone; 4 - siltstone; 5 - shale

(1) 含铁页岩、粉砂岩:水平层理发育,局部富含海绿石(可达 14%),下部夹厚 1~40cm 的与砂质碎屑共生的赤铁矿层,上部夹厚 20m 的含铁石英砂岩和多处层间砾岩。

(2) I 号含锰层:为厚 3~6m 富含海绿石(可达 10%)的厚层状含铁或含铁锰石英砂岩,局部夹

含铁页岩、粉砂岩。含一层厚 1~3.3m 的锰矿层。

(3) 石英砂岩,夹含铁页岩、粉砂岩:水平层理和交错层理均有发育,顶、底部夹厚 1~40cm 的与砂质碎屑共生的赤铁矿层。含三个层间砾岩。

(4) II 号含锰层:为厚 3~6m 厚层状含铁或含铁锰石英砂岩,局部夹含铁页岩、粉砂岩。含一层厚 1~3.5m 的锰矿层,在该锰矿层顶部常有一层厚约 10cm 的铁锰矿层。

(5) 石英砂岩,夹含铁页岩、粉砂岩:在靠近含锰层部位夹厚 1~40cm 的与砂质碎屑共生的赤铁矿层,水平层理和交错层理均很发育。

(6) 底砾岩:位于帕拉佩群底部,延伸长且连续稳定,直接沉积于基底片麻岩之上。砾石占 70%~80%,全为石英砂岩和白色石英岩。

矿床构造简单,主要存在三个北东方向的断层以及较多断距 10~20m 的小断层(图 1)。

3 矿层地质特征

3.1 矿层特征

区内包含两个含锰层,北部为 I 号含锰层,南部为 II 号含锰层(图 1、3)。

I 号含锰层:为该区主矿层,延伸长 31km,除局部被断层错开外,出露基本连续。锰矿层呈层状、似层状,与顶、底板围岩整合接触,产状与围岩一致,为一单斜地层。矿层总体上为北西西走向,倾向北北东,倾角平缓,一般 8°~15°。锰矿层厚 0.69~3.50m,一般 1~2m,平均 1.55m,倾向延深在 600m 以上。上部为氧化锰,下部为碳酸锰。

II 号含锰层:位于 I 号含锰层以南 700~1500m 处,延伸长 11km。该锰矿层特征与 I 号锰矿层基本一致,但倾向延深不超过 75m,全为氧化锰,深部为含锰石英砂岩。

在两个锰矿层上部的含铁页岩、粉砂岩中,有少量氧化锰沿层理或斜交层理呈细脉状、薄饼状分布,厚一般 1mm,极少数 2~3mm,致密块状,含 Mn 在 30% 以上。

3.2 矿石特征

3.2.1 矿石自然类型

莫能锰矿矿石类型主要划分为氧化锰矿石和碳酸锰矿石。氧化锰矿石分布于地表及近地表,为碳酸锰遭受氧化而形成;碳酸锰矿石分布在氧化界线以下。

3.2.2 矿石结构构造

氧化锰矿石:结构主要有不等粒砂状结构、显微

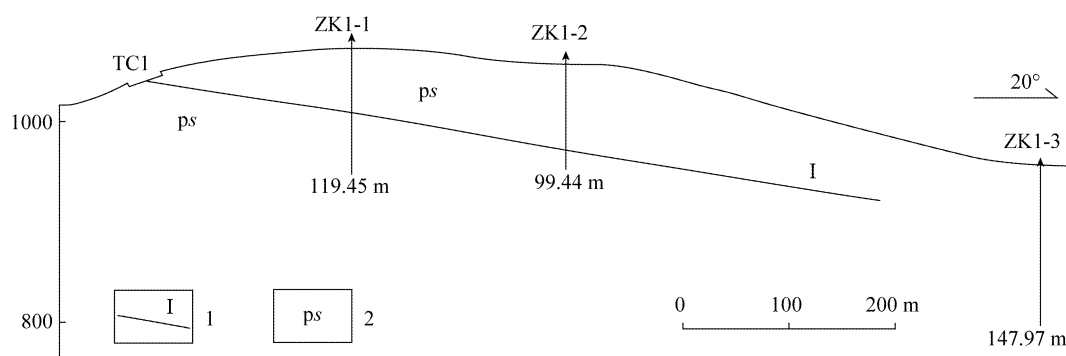


图3 莫能锰矿床1勘探线剖面图

Fig. 3 Geological profile of the exploratory line 1 of the Moeng manganese deposit

1 - 锰矿层及编号; 2 - Seleka 组地层

1 - numbered manganese layer; 2 - Seleka formation

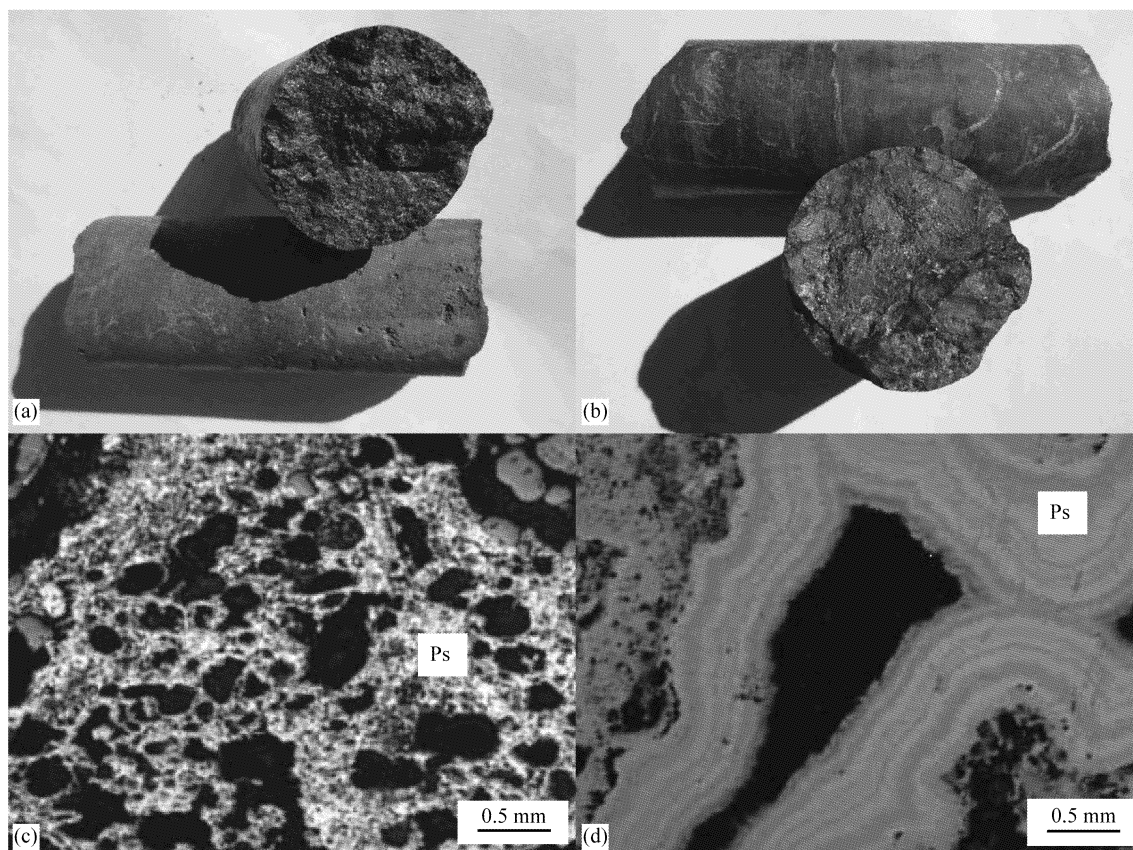


图4 矿石结构构造图

Fig. 4 Photos showing texture and structure of ores from the Moeng manganese deposit

a - 具小孔洞的氧化锰矿石; b - 块状碳酸锰矿石; c - 呈胶状构造的硬锰矿(Ps), 硬锰矿占 35%, 透明矿物为石英,

具基底式胶结(单偏光); d - 呈环带状分布的硬锰矿(Ps), 硬锰矿占 70%, 透明矿物为石英(单偏光)

a - manganese oxide ore with small holes; b - massive manganese silicate ore; c - colloform psilomelane (Ps), with Ps' content being 35% and the transparent part being quartz (plane-polarized light); d - zoned psilomelane (Ps), with its content being 70%

and the transparent part being quartz (plane-polarized light)

半自形 - 他形晶粒结构、填隙结构、交代残留结构、环带结构(图 4 - d), 常可见粒度 1mm 左右的石英碎屑, 局部矿段偶尔还可见 5 ~ 10mm 的石英砾石;

构造主要有块状构造、结核状构造、孔洞状构造(图 4 - a)、层状构造、胶状构造、孔隙 - 基底式胶结构造(图 4 - c)、网脉状构造。

碳酸锰矿石:结构主要有基底具粉晶-细晶的砾-砂状粒屑结构、基质具泥-细晶的鲕粒-内碎屑结构、基质具泥-细晶的含粉砂细-中粒砂状结构;构造主要为块状构造(图 4-b),具基底式、孔隙式胶结。

3.2.3 矿石矿物成分

氧化锰矿石(图 4-c、d):矿石矿物主要为锰钒矿、次为软锰矿,在 X 衍射分析中还发现有水锰矿;脉石矿物主要为石英、赤铁矿,少量褐铁矿、白云母、正长石,以及副矿物电气石、锆石。

碳酸锰矿物:主要依据矿石的化学物相分析确定(见表 1),从表中看,锰主要以碳酸锰矿物的形式存在,少部分赋存在硅酸锰矿物中,在 X 衍射分析中也发现有蜡硅锰矿;脉石矿物主要为石英、长石、白云母、方解石。

表 1 锰矿石物相分析结果表
Table 1 Phase analysis results of manganese ores

样品 编号	样品 名称	相别	菱锰	水锰 + 褐锰	软锰	硅酸锰	总量
WX2	碳酸 锰矿石	含量(%)	24.46	3.96	0.12	2.85	31.39
		占有率(%)	77.92	12.62	0.38	9.08	100.00
WX3	碳酸 锰矿石	含量(%)	25.84	1.30	0.03	0.51	27.68
		占有率(%)	93.35	4.70	0.11	1.84	100.00

注:由中国冶金地质总局中南局中心实验室测试,测试时间为 2012.02.27。

3.2.4 矿石化学组分

区内锰矿石以贫锰矿石为主,有少量富锰矿石,Mn 含量在走向上变化较为稳定。对区内 300 个基本分析样品的统计结果显示,Mn 与 TFe、Mn 与 SiO₂ 呈负相关关系,Mn 与 P 呈正相关关系。全矿区锰矿石平均化学组分见表 2。

从表中可以看出,两类锰矿石均属低磷高铁锰矿石,碳酸锰矿石(CaO + MgO)/(SiO₂ + Al₂O₃)为 0.1,属酸性锰矿石。地表氧化锰与深部碳酸锰矿石相比,锰质进一步富集的幅度较小,原因可能是脉石矿物基本为石英碎屑所致。

表 2 锰矿石化学组分含量表
Table 2 Chemical components of manganese ores

矿石 自然类型	化学组分%									
	Mn	Fe	P	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	烧失量	Mn/Fe	P/Mn
氧化锰矿石	24.03	11.21	0.066	38.52	/	/	/	/	2.55	0.003
碳酸锰矿石	20.28	10.71	0.060	38.47	2.8	1.43	2.09	9.97	2.25	0.003

4 矿床成因

4.1 沉积环境分析

区内帕拉佩群地层沉积在一个断裂控制的凹槽中(Key,1979),属滨外浅海陆棚沉积环境,其依据有:(1)帕拉佩群四个地层组的岩性特征及分布规律与湖泊相的同心环带模式不相一致;(2)底砾岩的特征显示了一种高能的滨岸冲刷环境;(3)在对含锰层及围岩标本的岩矿鉴定中发现大量的海绿石(达 14%),显示了浅海沉积环境的特征;(4)帕拉佩群的岩石组成以单碎屑共生系列为主,显示了浅海、滨海相组合特征;(5)含锰层及其上下地层的岩性特征、水平层理和交错层理的发育以及一些层面上丰富的浪成波痕、水流综合作用波痕均显示了浅海陆棚沉积环境的特征(何镜宇等,1987;李增学等,2010)。

底砾岩中砾石为石英砂岩和白色石英岩,与沃特贝格群的岩性特征基本一致,在该区较远处也有沃特贝格群早期岩石的露头分布。因此,帕拉佩群的沉积物质很可能来自早期沃特贝格群的剥蚀物,在陆地风化带内,锰以络合物或胶状悬浮液的形式被搬运至海洋。

在潮汐或风暴带来的巨大能量作用下,浅海区的海底沉积物,包括初始沉积的锰质,被强烈的掀起、改造,和水混合在一起形成高密度碎屑流。由于碎屑流受控于重力作用,在搬运至潮汐流或风暴流基面附近,锰质、铁质、砂质碎屑一起沉积下来,形成厚层和连续性均较稳定的锰矿层。锰质主要以内碎屑形式存在,脉石矿物以砂质碎屑为主,锰质与铁质碎屑的存在、偶尔包含的小砾石、反应快速堆积特征的基底式胶结等特征均说明这种搬运沉积作用的存在。在含锰岩系中的层间砾岩夹层也可能是这种作用造成。含锰层顶、底板为页岩、粉砂岩以及与砂质碎屑共生的赤铁矿夹层说明砂的搬运是间歇性的(刘宝珺,1980;姚敬劬等,1995;候宗林等,1997)。

两个具有相似地质特征锰矿层的存在可能代表了两个沉积旋回,说明该区存在两个沉积环境相似的锰质沉积期。

4.2 后生改造

帕拉佩群地层沉积之后,区内可能发生区域变质作用。石英碎屑次生加大现象普遍,部分发生重结晶作用,以及后帕拉佩时期未发现强烈的构造作用及岩浆岩分布等特征,均说明区域变质作用的存在,但变质作用不是太强。原始沉积的碳酸锰矿石中含少量硅酸锰矿物,也进一步说明了这种变质作用的存在(杨玉春等,1996)。

锰矿层抬升至地表后,由于碳酸锰矿物和硅酸锰矿物在地表条件下易氧化的特征,地表及近地表的锰矿石全部被氧化。锰矿层凹凸不平的表面和发育有孔洞的特征说明了表生氧化作用的存在。锰矿层倾向与山坡坡向一致、产状平缓、埋藏较浅,为锰矿层大范围的氧化提供了良好的条件,倾向延伸200m位置的钻孔中发现具孔洞状构造的氧化锰矿石说明了这一氧化作用的特点。锰矿层顶、底板围岩的裂隙中氧化锰细脉的存在说明锰矿层氧化过程中淋滤作用的存在。

4.3 成因模式浅析

林波波活动时期,在活动带南缘发育了断裂控制的凹陷,从而形成锰沉积盆地,包含含锰岩系的帕拉佩群地层受该盆地的严格控制。

锰质同陆源碎屑一起以络合物或胶体的形式搬运至海洋,“初始锰源”在海水中长时间持续稳定地

蕴集而形成含高浓度锰的海水溶液,在适宜的 Eh - pH 环境中,锰质暂时以碳酸锰矿物的方式沉淀下来。后在潮汐流或风暴流的作用下,含锰沉积物被掀动破碎,并被潮汐流或风暴流搬运至位于浅海陆棚的断陷盆地中随砂质碎屑一起沉积。

在区域变质作用下,少部分碳酸锰矿物(如菱锰矿)与沉积体系中的 SiO₂ 发生变质反应,生成锰的硅酸盐矿物(如蜡硅锰矿)。在表生氧化阶段,地表及近地表的碳酸锰、硅酸锰矿物均转变为锰的氧化物与氢氧化物(如锰钒矿、软锰矿、水锰矿),并赋存在原锰矿层中,少量锰质被地下水淋滤到附近的裂隙或层理中以氧化锰形式沉积。

综上所述,初步认为该区原生锰矿层属浅海沉积变质型锰矿床,地表及浅部属“锰帽型”氧化锰矿床,并伴随淋滤成因的氧化锰矿石,但仅在局部以稀疏细脉分布,因而不能成为“淋滤型”氧化锰矿床。

4.4 与卡拉哈里(Kalahari)锰矿田对比

卡拉哈里是目前已知陆地上最大的锰矿田,位于莫能锰矿西南方向约700km处(图1),属南非共和国开普省库鲁曼(Kuruman)地区。整个矿田锰矿石资源量为136亿t,占世界锰矿石资源量的70%以上(沈承珩等,1995)。笔者通过把莫能锰矿床与该巨型锰矿田进行对比(见表3)发现,莫能锰矿床在成矿背景、成矿时代、矿床特征、岩相古地理特征

表3 莫能锰矿床与卡拉哈里锰矿田对比表

Table 3 Comparison of the Moeng manganese deposit with the Kalahari manganese ore field

	卡拉哈里锰矿田	莫能锰矿床
大地构造位置	卡普瓦拉克通西部边缘上部的元古代地台中(德兰士瓦超群)	林波波活动带上部的元古代地台中(帕拉佩群)
成矿时代	元古代	元古代
沉积建造	含铁建造,也常含白云岩	含铁建造,有大量含铁页岩和含铁粉砂岩
含锰岩系	德兰士瓦超群霍特泽尔(Hotazel)组,有三个海进-海退旋回,相应形成三个锰矿层	帕拉佩群 Seleka 组,有两个具有相似地质特征的锰矿层,可能代表了两个相似的沉积旋回(本文观点)
矿层形态	层状、似层状,与围岩整合接触	层状、似层状,与围岩整合接触
矿层赋存层位	锰质泥屑岩,含碳酸盐薄层或小透镜体	含铁锰砂岩或含铁砂岩,顶部常见微弱层理
原矿物成分	褐锰矿、锰白云石、锰方解石、黑锰矿	碳酸锰类矿物,少量硅酸锰类矿物
矿石类型	Mn/Fe 比高, P/Mn 比低, SiO ₂ 低, 富 Ca、Mg, 低 Al, 含 Ba, 属低磷低铁自熔性锰矿石	Mn/Fe 比低, P/Mn 比低, SiO ₂ 高, 低 Ca、Mg、Al, 含 Ba, 属低磷高铁酸性锰矿石
围岩	赤铁矿泥屑岩	含铁页岩、粉砂岩
物质来源	陆源	陆源(本文观点)
古地理环境	浅海陆棚	滨外浅海陆棚(本文观点)
变质程度	浅变质	浅变质(本文观点)
表生作用	在卡拉哈里层下存在古老的次生硬锰矿及隐钾锰矿氧化带	地表及近地表为以锰钒矿、软锰矿为主的氧化带
矿床成因	浅海沉积-变质型锰矿床	浅海沉积变质型锰矿床(本文观点)
矿床规模	长35km,宽5~10km的巨型含锰盆地。锰矿石资源量136亿t	含锰层长42km,富锰层厚1~2m,倾向延深在600m以上。锰矿石资源量在5000万t以上

及后生改造等方面与卡拉哈里锰矿田均有相似之处,这个对比结果更进一步说明了本文提出的关于莫能锰矿床为浅海沉积变质型锰矿床的成因观点,也说明莫能锰矿具有成为大型锰矿床的资源潜力。

5 结语

该区以往工作程度极低,此次地质工作程度和研究程度也很有限,要对该锰矿床的地质特征获取更深入的认识,成因上获得更充多的依据,还需开展大量的地质和测试研究工作。该区锰矿石的资源远景虽然颇具规模,锰矿埋深也较浅(一般都在100m以内),且交通便利,但该矿在当前国际经济条件下开发是否经济,还有待进一步研究确认。

致谢 本文的英文翻译工作全部由中南地质勘察院的蔡亚敏完成,在此深表感谢。

[References]

- Green D, Key R M, Crockett R N. 1997. The history of the geological survey of Botswana from 1948 to 1993 [M]. Botswana: 1 - 27
- He Jing-yu, Meng Xiang-hua. 1987. Sedimentary rocks, facies and patterns [M]. Beijing: Geological Publishing House: 1 - 428 (in Chinese)
- Hou Zong-lin, Xue You-zhi, Huang Jin-shui, Lin You-huan, Liu Hong-jun, Yao Jing-qu, Zhu Kai-jun. 1997. Around of Yangtze platform manganese deposits [M]. Beijing: Metallurgical Industry Press: 1 - 292 (in Chinese)
- Ermanovics I F, Skinner A C. 1980. The geology of the palapye map area [M]. Botswana: 1 - 55
- James C Chatupa. 1994. Manganese Prospects in Botswana [M]. Botswana: 1 - 7
- Carney J N, Aidiss D T, Lock N P. 1994. The geology of Botswana [M]. Botswana: 1 - 113
- Li Zeng-xue, Chang Xiang-chun, Zhao Xiu-li. 2010. Lithofacies paleogeography [M]. Beijing: Geological Publishing House: 1 - 405 (in Chinese)
- Liu Bao-jun. 1980. Sedimentary petrology [M]. Beijing: Geological Publishing House: 1 - 489 (in Chinese)
- R. M. Key, B. SC., PH. D., M. I. M. M.. 1979. The geology of the country around moeng [M]. Botswana: 1 - 115
- Shen Cheng-heng, Wang Shou-lun, Chen Sen-huang, Zhang Zhen-tang. 1995. Ferrous metal mineral resources in the world [M]. Beijing: Geological Publishing House: 169 - 348 (in Chinese)
- Yang Yu-chun, Gao Fei, Zhao Gui-fang. 1996. Identification of three manganese silicate minerals and its research significance [J]. Journal of Mineralogy and Petrology, 15(2): 186 - 190 (in Chinese with English abstract)
- Yao Jing-qu, Wang Liu-ming, Su Chang-guo, Zhang Qing-cai. 1995. South marginal zone of Yangtze platform and adjacent region manganese research [M]. Beijing: Metallurgical Industry Press: 1 - 195 (in Chinese)

[附中文参考文献]

- 何镜宇, 孟祥化. 1987. 沉积岩和沉积相及模式 [M]. 北京: 地质出版社: 1 - 428
- 侯宗林, 薛友智, 黄金水, 林友焕, 刘红军, 姚敬勉, 朱恺军. 1997. 扬子地台周边锰矿 [M]. 北京: 冶金工业出版社: 1 - 292
- 李增学, 常象春, 赵秀丽. 2010. 岩相古地理学 [M]. 北京: 地质出版社: 1 - 405
- 刘宝珺. 1980. 沉积岩石学 [M]. 北京: 地质出版社: 1 - 489
- 沈承珩, 王守伦, 陈森煌, 张祯堂. 1995. 世界黑色金属矿产资源 [M]. 北京: 地质出版社: 169 - 348
- 杨玉春, 高飞, 赵桂芳. 1996. 三种锰硅酸盐矿物的鉴别及其研究意义 [J]. 岩石矿物学杂志, 15(2): 186 - 190
- 姚敬勉, 王六明, 苏长国, 张清才. 1995. 扬子地台南缘及其邻区锰矿研究 [M]. 北京: 冶金工业出版社: 1 - 195

Geological Features and Genesis of the Moeng Manganese Ore Deposit in Botswana

ZHU Yong-gang^{1,2}, SHAO Yong-jun¹, LI Lang-tian², YANG Yi-hua², WU Ji-bing²

(1. School of Geoscience and Info-physics, Central South University, Changsha, Hunan 410083;

2. Central South Geo-exploration Institute of China Metallurgical Geology Bureau, Wuhan, Hubei 430081)

Abstract: The Moeng manganese ore deposit in Botswana, formed in Proterozoic Era, is closely associated with iron-bearing formation. Based on the regional geological background and geological features, this paper analyses the lithofacies palaeogeography of this area, and suggests that this manganese ore deposit was formed in a continental shelf deposit environment. Accordingly, a genetic model is established for this ore deposit, and a view of point is proposed that it is a neritic sedimentary metamorphic manganese deposit. The comparison between the Moeng manganese ore deposit and the Kalahari manganese ore field, the largest in the world, shows that these two manganese ore deposits have similarities in metallogenic background, metallogenic age, ore deposit features, lithofacies palaeogeography, and epigenetic modification. It is thus concluded that the Moeng manganese deposit has a potential of search for manganese ore to become a large-scale mine.

Key words: Botswana, Moeng manganese deposit, geological features, lithofacies palaeogeography, genetic model