

广西东平表生富集型锰矿床 地质特征及成矿条件初步研究^①

刘腾飞

(中南冶金地质研究所, 宜昌 443003)

提 要 本文主要论述广西东平表生富集型氧化锰矿床成矿地质环境、含锰岩系地质特征, 锰矿层结构, 矿石矿物成分及结构构造, 矿石化学组分等特征; 认为表生富集型氧化锰矿床的形成主要受原生含锰层、地质构造、地形地貌、顶盖层厚度、岩性、气候及水文地质等条件所制约。文章最后讨论了锰矿化富集特征, 氧化锰矿成矿模式等并指出探采意义。

关键词 东平 氧化锰矿 矿床地质特征 成矿条件

广西天等县东平表生富集型氧化锰矿床是一个大型次生氧化锰帽型矿床, 矿体赋存于下三叠统北泗组下段含锰硅质泥灰岩内, 通称“东平式”锰矿。含锰层延伸稳定, 展布范围广, 主要分布在天等、田东及德保足荣等地, 出露面积约 30 平方公里。氧化锰矿石品位虽低, 但易采、易选、经济效益好。近年来经中南地勘局南调所多年野外勘查, 在东平矿区西部龙怀、江城等矿段, 不仅新增储量 572 万吨, 还找到优质富锰矿 170 万吨, 探索出一条从贫中找富、富中找优质锰矿的新路。因此, 对“东平式”锰矿的成矿地质特征和控矿条件, 值得深入研究。

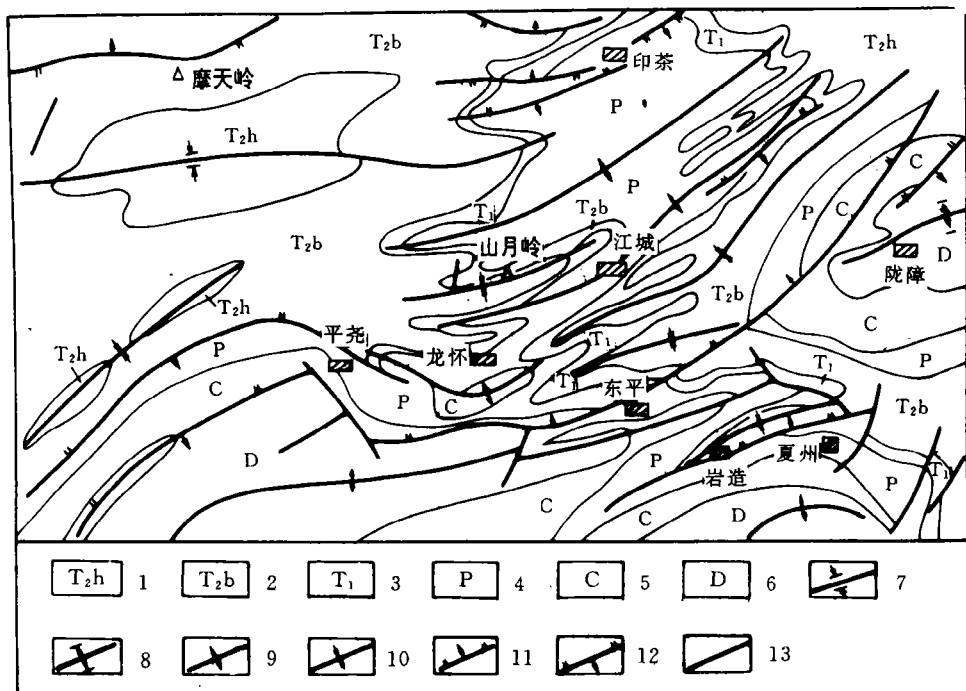
1 区域成矿背景

1.1 构造

矿区位于右江裂陷盆地西南缘。区内主体构造属地州至向都弧形褶皱带, 呈一向北凸出的弧形构造, 向西南方向收敛, 向北东方向撒开呈帚状。一系列呈北东~南西走向的褶皱和走向断裂构成了本区构造格架(图 1)。

原生矿含锰层主要受摩天岭复式向斜构造控制, 向斜中部窄, 向西端分别由若干个次级短轴褶皱构造组成, 锰矿层沿褶皱翼部呈环带状展布。矿区断裂主要有北东和北西向两组断层, 以北东向最发育, 后期断裂对锰矿层有一定的破坏作用, 使矿体形态复杂化。

^① 收稿日期: 1996. 8. 7 改回日期: 1996. 11. 25



1. 河口组 2. 百逢组 3. 三叠系下统 4. 二叠系 5. 石炭系 6. 泥盆系 7. 复向斜轴 8. 复背斜轴 9. 背斜轴
10. 向斜轴 11. 正断层 12. 逆断层 13. 性质不明断层

图1 东平矿区区域构造略图

Fig.1 Regional tectonic sketch of Dongping Mn Mine, Guangxi

1.2 地层

区内地层以石炭系、二叠系出露最全,三叠系分布最广。三叠系下统有马脚岭组、北泗组,中统有百逢组和河口组。其中北泗组是本区原生锰矿赋存层位,发育于次级褶皱构造区内,呈狭长带状、蛇曲状空间展布,出露全长约 100 公里。

1.3 岩浆岩

区内岩浆活动主要表现为海底火山喷发活动,时代主要有二叠—三叠纪的酸性凝灰岩、晶质凝灰岩及中基性熔岩等,多分布在晴西、德保、田东、巴马等地,离锰矿区较近,这些海底火山喷发物如锰质等成矿元素含量较高,可为成矿活动提供部分锰质来源。因而海底火山活动与矿化活动较为密切。

1.4 岩相古地理

广西在晚古生代末,右江裂陷盆地已发生明显的变化,桂西地区变为活动性很强的断陷区,其构造背景为扬子陆块的东南边缘,以深水、半深水的盆地环境和条带状的浅海碳酸盐台地环境为主,构成台、盆相间分布的古地理构造格局。

进入中生代以后,该区海域发生很大变化,具有许多与陆表海不同的特征,海底地貌也十

分复杂、地形总的变化特点是由东向西倾斜,海水逐渐加深,即由大新碳酸盐台地,过渡到田东陆棚,再到右江槽盆相区。东平原生锰矿区即处于田东陆棚相区内。浅海相陆棚区,为深水槽盆之间的过渡地带,沉积环境为正常海相沉积,水体盐度正常,循环良好,海底位于正常浪基面以下,沉积物主要由薄层灰岩及页岩组成,岩性变化不大,岩石组合以泥质灰岩为主,北部边缘泥质增高,为灰岩-泥岩组合。东平原生锰矿即在较深水的陆棚相带这种古构造背景区形成的。

2 锰矿地质特征

2.1 含锰岩系

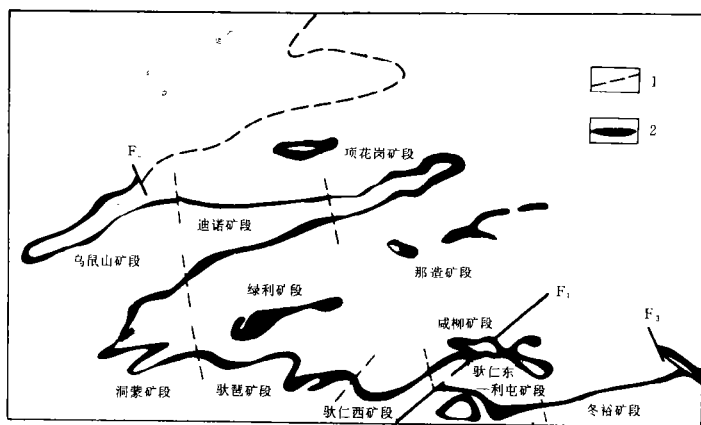
含锰岩系为下三叠统晚期北泗组,从下至上可划分四段,有锰矿数层,呈层状产出。原岩为一套浅海相沉积的灰岩、泥灰岩夹硅质泥灰岩和含锰灰岩或贫碳酸锰矿层组成,受后期构造影响,该层位被褶皱抬升,风化后成含锰质泥岩、硅质泥岩夹氧化锰矿层等,锰矿层间夹土黄色、紫红色泥岩或粘土岩夹层数层,次生氧化锰矿系原生贫碳酸锰矿风化而成,亦呈层状产出,与围岩产状一致。

全区含锰岩系已控制长约 47000 多米,出露广泛,大多保有原生锰矿层特征,共有冬裕、驮仁东-利屯、驮仁西、咸柳、那造、驮琶、洞蒙、缘利、顶花岗、迪诺、鸟鼠山、平尧等 12 个矿段(图 2),其中平尧矿段位于图外,在矿区西部。各矿层分段产出,单矿段长一般大于 5600m,最长为 8280m。有工业意义的矿层虽在各矿段不一致,但一般多为 I—IV 矿层,赋存在北泗组第二岩性段内,延伸分别为 44449m,45472m,21917m 和 47160m。

矿区内含锰岩系在西部足荣至东平一带沉积厚度最大,各锰矿层发育齐全;向东至拉斑村一带,含锰岩系厚度变薄,缺失锰矿层沉积;向西至太平含锰岩系突然尖灭;向北至印荣一带,含锰岩系厚度仅 50 米左右,岩性以含硅质或粉砂质泥灰岩为主;向南至叫布一带,含锰岩系厚约 40 米,仅见数厘米厚的氧化锰土等。

总的来说该区锰矿层有

南厚北薄,南富北贫的特点。可见位于矿区中部的东平一带就是当时锰质沉积中心。因足荣锰矿含锰品位太低,磷、硅质含量太高,故至今尚未开采。



1. 矿段界线 2. 矿层(体)

图 2 东平锰矿区矿段分布示意图

Fig. 2 Sketch of ore bodes in Dong Ping Mn Mine

2.2 锰矿层结构

东平表生富集型氧化锰矿层与原生含锰层一致,可划分 7 层,每层又可分出 2~4 个小层,共 13 个矿层(图 3),但主要为 I—IV 层。各矿层间由泥岩、硅质岩、泥灰岩、含锰硅质泥灰岩或含锰泥质灰岩组成夹层,厚为 1.8~9.74m,而各锰矿层厚度不等(表 1),一般为 0.7~5m,每层又由薄层~纹层状锰矿和泥灰岩组成互层,整个矿体呈层状或似层状产出,比较连续、稳定。各矿层间的夹层厚度是随矿层厚度变化而变化的。当矿层中的泥质增加,则矿层变为含锰泥质泥岩或锰质泥灰岩,夹层厚度增长,锰矿层厚度减小或尖灭,两者呈现互为消长关系。

矿区内除 I—IV 矿层为主要工业矿层外,其余矿层都不太稳定,常具分枝和尖灭现象,厚度和品位变化大,仅局部具工业价值。

2.3 锰矿层产出地质特征

(1)由依次相连接的区域二级背、向斜翼部和倾伏扬起端控制的矿层分段产出,规模一般较大,矿化连续性也较好;而由区域三级短轴背、向斜控制或呈独立群体出现的矿层、连续性较差,规模一般也较小(表 2)。

(2)各矿层及其夹层厚度比较稳定,厚度变化系数

32%~63%,矿层结构单一,连续性较好,属较稳定类型。

(3)区域性三级短轴背斜控制的矿层,氧化垂深浅,氧化斜深一般也较小,但在地形较缓且坡向与倾向相同、倾角又较缓地段,氧化斜深较大,前者如咸柳矿段,后者如涪利矿段。因而,矿层的氧化深度,受矿层产状、褶皱构造、潜水面位置、地形坡度等具体因素的联合控制。

组	段	层号	柱状图	矿层代号	岩性描述	厚度(m)
三迭系下统北泗组	第四段	7			深灰色薄—中厚状硅质泥灰岩	10~20
		6		IX ₂ IX ₁	灰—深灰色中层状细粒含锰硅质泥灰岩夹两层贫碳酸锰层	0~6
	第三段	5			深灰—灰黑色中层状细粒含锰硅质泥灰岩,硅质泥岩	0~20
		4		VIII VII VI V	深灰—灰黑色中层状细粒含锰硅质泥灰岩夹四层层贫碳酸锰矿层,氧化后均呈棕黑色氧化锰矿层	0~20
	第二段	3		IV III II I	薄层状含锰硅质泥灰岩夹四层灰—浓灰色碳酸锰矿层,矿层氧化后呈棕黑色氧化锰矿层	8~25
	第一段	2		X ₃ X ₂ X ₁	含锰泥质灰岩、硅质岩夹 2~3 层贫碳酸锰矿层,氧化后变成红褐色、棕黑色富铁质的氧化锰矿层	2~10
		1			灰—深灰色微粒含锰硅质泥灰岩、粉砂岩夹粉砂质泥岩	10~25

图 3 含锰岩系地质综合柱状示意图

Fig. 3 The combination of columns of Mn-bearing rock assemblages

表 1 东平锰矿原生锰矿层厚度及化学成分表

Table 1 Thickness of primary Mn ore bed and the chemical composition

矿层 编号	厚度(m)		化 学 成 分(%)							
	变化范围	平均	Mn	TFe	P	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	烧失量
I	0.9~4.31	2.61	10.48	4.0	0.069	29.15	13.82	3.60	7.60	21.83
II	0.9~4.9	2.90	10.22	4.1	0.065	26.62	13.25	3.11	7.41	22.12
III	0.27~2.75	1.51	10.29	4.81	0.094	25.32	15.58	3.47	6.66	24.52
IV	0.7~4.69	2.69	10.85	5.18	0.092	24.96	13.90	3.03	6.56	25.59
V	0.6~3.56	2.38	10.32	5.68	0.081	30.04	14.05	3.35	7.52	24.13
平均	0.69~4.16	2.42	10.43	4.59	0.08	27.22	14.06	3.31	7.15	23.64

表 2 东平锰矿区各矿段主要矿层规模统计表

Table 2 Ore body sizes

矿 层	矿 段 规 模	矿 段	矿 段	矿 段	矿 段	矿 段	矿 段	矿 段	矿 段	矿 段	矿 段	矿 段
		矿 段	矿 段	矿 段	矿 段	矿 段	矿 段	矿 段	矿 段	矿 段	矿 段	矿 段
I	矿体长(m)	2677	1920	2480	2400	3540	4340	4560	4530	2760	3440	3891
	倾斜延深(m)	78.7	119.6	79.5	66.4	61.4	72.0	88.8	/	/	49.5	70.05
	厚(m)	3.84	2.70	2.18	2.08	1.16	1.32	1.32	1.38	1.80	3.22	2.04
	Mn(%)	17.85	18.74	17.42	16.50	11.87	15.42	14.32	13.68	14.79	16.24	15.95
II	矿体长(m)	2465	1920	2475	2500	4130	5200	1680	4730	2850	4150	4138
	倾斜延深(m)	71.0	100.6	83.4	72.0	69.4	68.4	90.3	/	/	47.2	68.9
	厚(m)	4.71	5.31	4.79	4.14	1.71	2.49	2.26	2.69	3.98	5.48	3.48
	Mn(%)	17.35	18.87	19.54	18.25	16.98	16.13	13.22	17.79	16.94	14.68	16.69
III	矿体长(m)	2195	1920	2630	2720	/	/	/	1920	2780	4040	1992
	倾斜延深(m)	55.1	99.9	69	79.1	/	/	/	44.0	/	/	66.59
	厚(m)	2.37	2.47	2.83	1.85	/	/	/	1.08	1.32	2.40	2.18
	Mn(%)	16.74	20.58	18.21	17.20	/	/	/	16.77	/	12.63	17.79
IV	矿体长(m)	2144	1920	2780	2880	4160	5360	4560	4530	2560	4690	4309
	倾斜延深(m)	49.3	96.8	68.6	80.7	67.6	67.4	91.8	/	/	42.5	66.54
	厚(m)	4.25	4.46	4.34	4.03	3.10	4.73	3.73	2.03	2.27	3.54	3.87
	Mn(%)	21.2	19.14	19.63	18.36	15.66	14.22	12.94	16.45	19.92	14.44	16.38

(4)矿段露头的平均标高与氧化深度的关系不明显(表 3),但在冲沟、河谷等潜水面位置较浅地段,矿层露头标高低,一般氧化较深,垂深也较小,如迪诺矿段 48 线矿层斜深仅 12 米。

(5)矿层的不连续性除断层、冲积层及河谷影响外,还在地势较陡地段,因剥蚀而露出原生带,氧化矿层因而中断。

(6)除咸抑、那造两矿段矿层连续性较差,局部倾向倒转或构造比较复杂外,其他矿段一般比较稳定,构造也比较简单。

表 3 东平锰矿层露头标高、氧化垂深、斜深及倾角
Table 3 Depth and dip angle of Mn Ore bodies

矿段 名称	露头标高(m)			氧化平 均垂深 (m)	氧 化 斜 深(m)					矿体平 均倾角 (度)
	最低	最高	平均		I	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	平均	
驮仁东一利屯	450	610	524	54.2	78.7	71.0	55.1	49.3	64.5	52.9
驮仁西	417	580	514	70.1	119.6	100.6	99.9	96.8	104.2	37.5
驮 琶	460	770	605	49.3	79.5	83.4	69.0	68.6	74.6	37.8
淶 利	550	710	650	31.7	66.4	72.0	79.1	80.7	74.6	37.1
洞 蒙	509	705	565	55.6	72.0	68.4	/	67.4	69.2	38.5
迪 诺	598	755	654	52.8	88.4	90.3	/	91.8	96.3	41.3
乌鼠山	392	582	493	49.1	61.4	69.4	/	67.6	66.4	44.5
咸 柳	419	542	458	22.7	49.5	47.2	44.0	42.5	45.8	48.3
平 尧	455	656	547	32.5	45.9	44.6	/	47.6	46.0	41.2

2.4 矿石化学成分及其变化特征

全区各类矿石平均含锰为 17.52%,Mn/Fe 为 2.93,P/Mn 为 0.004,SiO₂>30%,属于高硅高铁中磷贫氧化锰矿石(表 4),从表可看出:

表 4 东平锰矿区各矿层矿石组合分析结果表
Table 4 Analysis of different ores and the fire loss

矿层	样数 (个)	分 析 结 果(%)														Mn/Fe	P/Mn
		Mn	TFe	SiO ₂	P	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Cu	Pb	Zn	Co	Ni	H ₂ O	烧失量		
I	5	22.07	7.64	34.56	0.112	0.20	1.06	8.99	0.013	0.01	0.047	0.012	0.018	7.54	10.59	2.89	0.0051
Ⅰ	5	25.00	5.90	32.32	0.08	0.21	1.06	9.10	0.009	0.011	0.023	0.014	0.015	7.84	11.42	4.24	0.0032
Ⅱ	5	22.94	4.99	35.58	0.076	0.15	0.95	10.28	0.018	0.012	0.035	0.012	0.021	8.20	10.20	4.60	0.0033
Ⅳ	5	24.30	11.53	27.65	0.229	0.40	0.61	7.29	0.01	0.013	0.036	0.016	0.018	8.31	11.69	2.11	0.009
平均		23.58	7.52	32.53	0.124	0.24	0.92	0.915	0.014	0.011	0.041	0.015	0.018	7.97	10.88	3.14	0.005

(1)化学组分比较简单,有害成分除 Fe、P、SiO₂ 外,其它如 Cu、Pb、Zn、Co、Ni 等元素含量相对较低,均小于允许范围;

(2)氧化锰矿石的品位南高北低,从南→中→北,锰含量分别为 17%~20%,15%~17%,11%~13%,与锰矿层厚度呈相关关系;在倾向上,一般在氧化锰矿层的底部锰有变富趋势;

(3)矿石的碱度 $(CaO+MgO)/(SiO_2+Al_2O_3)<0.8$ 属酸性锰矿石,因而不能用培烧方法提高矿石的锰含量。

(4)各矿层氧化锰矿石与原生碳酸锰矿石化学成分(表 1)比较,次生氧化锰矿石 Mn、Fe、 Al_2O_3 、P 含量相对增高,而 CaO 、 MgO 含量降低。

原生锰矿石锰含量相对比较稳定,变化很小而次生氧化锰矿石的含锰量变化相对较大,表明它不受原生锰矿石含量高低影响,而与次生氧化富集程度密切相关。

(5)锰矿石经简易水洗去泥后矿石品级可以提高。净矿与原矿比较(表 5), MnO_2 一般提高 5%~16%,Mn/Fe 比值也有明显提高;而 SiO_2 含量降低 5%~20%,P/Mn 比值也相对降低,可达到冶金锰矿石三级产品标准,洗矿效果较佳。

表 5 东平锰矿石原矿及水洗后净矿品位对比表
Table 5 Analysis of washed Mn ore from different bodies

矿段	矿层	样号	原矿品位(%)				P/Mn	Mn/Fe	净矿品位(%)				P/Mn	Mn/Fe
			Mn	TFe	P	SiO ₂			Mn	TFe	P	SiO ₂		
耿仁西	I	化—1	18.98	4.64	0.034	39.00	0.0018	4.09	27.02	5.40	0.037	29.75	0.0014	5.00
	Ⅱ	化—2	18.31	4.74	0.064	40.11	0.0035	3.86	31.35	6.1	0.072	22.87	0.0023	5.14
	Ⅲ	化—3	27.24	6.60	0.066	23.42	0.0024	4.13	34.62	6.6	0.075	17.18	0.0022	5.25
	Ⅳ	化—4	17.4	3.30	0.027	43.10	0.0016	5.27	33.18	4.30	0.02	22.16	0.0006	7.72
	V	化—5	15.68	4.18	0.042	44.65	0.0027	3.75	22.34	4.10	0.056	36.92	0.0025	5.45
耿仁东	Ⅳ	化—6	19.28	5.4	0.085	38.8	0.0044	3.57	24.02	5.4	0.072	34.71	0.003	4.45
平尧	I	化—7	12.02	14.80	0.202	40.16	0.0168	0.81	16.69	14.0	0.214	35.10	0.0128	
	Ⅱ	化—8	23.64	5.30	0.083	32.48	0.0035	4.46	26.38	6.10	0.071	28.78	0.0027	4.32
	Ⅲ	化—9	20.30	7.0	0.10	35.16	0.0049	2.90	24.68	6.80	0.075	31.60	0.003	3.63
	Ⅳ	化—10	20.72	7.1	0.125	34.71	0.006	2.92	23.2	6.70	0.096	34.78	0.004	3.46
	V	化—11	21.38	18.65	0.525	16.0	0.0245	1.15	25.95	18.70	0.475	12.48	0.018	1.39
那社	I	化—12	25.26	6.54	0.103	32.32	0.0041	3.86	35.38	5.35	0.146	22.02	0.0041	6.61
	Ⅱ	化—13	24.80	5.75	0.089	34.17	0.0036	4.31	34.78	5.0	0.146	23.66	0.0042	6.96
	Ⅲ	化—14	26.39	5.29	0.096	31.29	0.0036	4.99	37.09	5.32	0.159	18.73	0.0043	7.42
岩造	Ⅱ	化—15	17.14	6.60	0.041	39.07	0.0024	2.59	23.0	7.2	0.04	31.88	0.0017	3.19
涇利	Ⅱ	化—16	13.74	12.96	0.144	38.53	0.0105	1.06	15.08	12.9	0.154	36.54	0.01	1.17

2.5 矿石类型及结构构造特征

2.5.1 矿石类型

“东平式”氧化锰矿主要为锰帽型,次为淋滤型。锰帽型矿石产状与沉积层位一致,原地富集而成,按矿石构造形态可分为块状矿石、片状或瓦片状矿石、条带状矿石、花斑状矿石、细纹状矿石和豆粒状矿石等。

淋滤型矿石系由氧化淋滤作用富集形成,矿石中脉石矿物大多流失,氧化锰矿物相对富

集,所以含锰较高。按其构造形态可划分为蜂窝状、葡萄状、结核状、皮壳状和肾状矿石等。

2.5.2 结构构造

矿石的结构构造取决于次生氧化程度,氧化程度深者,其次生结构构造发育;半氧化矿石则既有次生结构构造,又保有原生矿石的残余结构。

野外氧化矿石呈灰黑、褐黑或棕褐色,部分钢灰色或带棕红色,主要构造有块状、似脉状、薄层状、网格状、花斑状、葡萄状、肾状等,次为皮壳状、蜂窝状、串珠状、饼状等。

镜下矿石显微结构主要为非晶质的胶体结构,常呈各种胶状形态出现,局部出现隐晶结构、微粒结构及各种交代结构等。

矿石中普遍发育各种次生构造,常见有微孔构造、蠕虫状构造及环带状构造等,在恩苏塔矿物中还见有大量的失水裂纹构造等。

2.6 矿石矿物成分及主要矿物特征

矿石矿物主要是次生氧化矿物偏锰酸矿、少量的硬锰矿、软锰矿、恩苏塔矿、隐钾锰矿等,经X衍射和探计分析(表6),还发现有微量的钾硬锰矿、锂硬锰矿、钼镁锰矿、钠水锰矿和斜水锰矿等。

表6 氧化锰矿物探计分析结果表

Table 6 Probe analysis of Mn-minerals in oxidized Mn ore

项目 \ 矿物 结果 (%)	偏锰酸矿	恩苏矿	软锰矿	钾硬锰矿	锂硬锰矿
Mn	36.27	59.04	60.17	52.79~58.49	36.18~12.67
MgO	/	/	/	0~1.18	/
SiO ₂	10.34	0.08	0.06	0.05~0.11	0.16
Al ₂ O ₃	3.72	/	/	/	10.88~24.91
FeO	5.28	0.64	0.37	0.25~0.80	0.4~1.23
BaO	/	0.17	0.13	0.13~0.25	0.15~0.24
K ₂ O	0.41	0.10	0.11	1.44~3.50	0~0.83

金属矿物以褐锰矿为主,少量赤铁矿,前者常呈脉状、胶状同硬锰矿连生或伴生。

脉石矿物以粘土类矿物和硅质矿物为主,次为绿泥石、云母等,他们多呈鳞片状不均匀分布,偶见原生黄铁矿的残晶颗粒。

偏锰酸矿是氧化锰矿石的主要工业矿物,一般含量20%~50%,呈棕褐至墨黑色,反光镜下为浅灰色,非均质性,可见到各种形态的胶状构造,如环带状、显微指纹状及放射状等。在偏锰酸矿周围常见到后期形成的硬锰矿和软锰矿等,经能谱分析含Mn 49.30%~56.93%,平均52.32%(表7),其中Mn含量比探计分析结果高。

2.7 氧化锰矿石的物相分析

据镜下岩矿鉴定,锰的相态和价态分析(表8)结果可看出:

(1)氧化锰矿石中锰的矿物相是以氧化锰矿物占绝对优势,全区氧化锰矿物占总矿物量的92.52%~98.22%,其含量变化相当稳定。

(2)矿石中碳酸锰及硅酸锰矿物含量不足3%,反映原生锰矿物经氧化后大多形成了次生氧化锰矿物。

(3)全区氧化锰矿物中的锰以 Mn^{4+} 为主,其相对含量为76%~90%,变化较稳定,而 Mn^{3+} 、 Mn^{2+} 相对含量较低。在矿石中反映 Mn^{4+} 的代表矿物是偏锰酸矿($MnO_2 \cdot nH_2O$),次为软锰矿,其余 Mn^{2+} 、 Mn^{3+} 和 Mn^{4+} 三者相结合形成少量的硬锰矿、隐钾锰矿及恩苏塔矿等复杂的氧化锰矿物。

(4) Mn^{4+} 的相对含量可作为衡量矿床的氧化程度的参数,该区矿石氧化率相当高说明氧化完全,氧化程度很深。

表7 氧化锰单矿物能谱分析结果表

Table 7 Energy spectrum analysis of mono-Mn-mineral in oxidized Mn ore

矿物	样号	分 析 结 果 (%)				
		Mn	Al_2O_3	SiO_2	K_2O	FeO
偏锰酸矿	标 12—1	51.18	2.07	13.48	0.25	3.21
	标 12—2	56.93	3.58	3.23	0.07	3.03
	标 13—3	51.86	6.36	6.08	0.18	5.31
	标 12—4	49.30	9.02	8.13	0.21	4.62
	平均	52.32	5.26	7.73	0.18	4.04
软锰矿	水 2—3	62.28	0.62	0.25	0.11	0.46
	水 2—4	62.47	0.90	0.18	0.08	0.42
	水 30—1	62.38	0.18	0.44	0.23	0.45
	水 30—2	61.14	0.17	0.29	0.13	2.66
	平均	62.07	0.47	0.29	0.14	0.89
恩苏塔矿	水 2—1	58.40	2.30	0.54	0.31	4.43
	水 2—2	60.67	1.93	0.47	0.36	1.19
	标 30—3	61.52	0.64	0.43	0.28	1.31
	标 30—4	59.50	0.29	0.39	0.09	5.07
	平均	60.02	1.29	0.46	0.26	3.00
硬锰矿	水 4—1	59.70	2.20	0.19	1.38	1.75

(5)据铁的物相分析,氧化锰矿石中铁的物相以褐铁矿($Fe_2O_3 \cdot nH_2O$)为主,次为赤铁矿,

其相对含量都大于 90%。少量的碳酸盐矿物(FeCO₃)、硅酸盐矿物(绿泥石、粘土矿物等)中所含的铁也可能呈锰的类质同像存在。

3 成矿条件

东平表生富集型氧化锰矿床系原生贫碳酸锰矿石处于地表浅部侵蚀基准面以上经氧化作用次生富集形成的,其赋存层位及构造形态基本不变,只是矿石的物质成分、含量及结构构造发生很大改变,Mn 相对富集,含锰量平均增加 4%~10%左右。由于这种变化就增加了矿石的工业利用价值。

氧化锰矿床的富集程度受多种因素制约,控制该区氧化锰矿床的成矿条件主要有:

表 8 矿石中锰矿物相与氧化锰价态分析表
Table 8 Mineral phase and Mn-valence of oxidized ore

矿段	样数	含量	氧化锰物相值(%)				氧化锰价态分析值(%)			
			碳酸盐中的锰	氧化锰中的锰	硅酸锰中的锰	总锰	Mn ²⁺	Mn ³⁺	Mn ⁴⁺	总锰
驮仁西	5	绝对量	0.198	21.136	0.102	21.436	0.296	2.856	18.202	21.354
		相对量	0.92	98.60	0.48	100	1.39	13.37	85.24	100
岩造	2	绝对量	0.34	17.03	0.09	17.46	0.44	3.68	13.20	17.32
		相对量	1.95	97.54	0.51	100	2.54	21.25	76.65	100
威柳	2	绝对量	0.195	17.735	0.10	18.03	0.275	2.77	12.25	15.295
		相对量	1.08	98.36	0.56	100	1.80	18.11	80.09	100
平尧	2	绝对量	0.07	16.31	0.135	16.675	0.175	2.13	14.435	16.74
		相对量	0.42	98.76	0.82	100	1.05	12.72	86.23	100
净矿	2	绝对量	0.28	33.395	0.06	33.735	0.35	3.37	30.17	33.89
		相对量	0.83	98.99	0.18	100	1.03	9.94	89.03	100

3.1 含锰岩系及围岩

含锰岩系严格控制着氧化锰矿层的分布。氧化锰矿分布于原生含锰灰岩近地表部位,其产状、厚度与原生含锰层一致。原生含锰层平均含锰量为 10.46%,为锰帽型氧化锰矿床的形成奠定了物质基础。

锰矿层赋存于泥岩、泥灰岩中,锰矿层和围岩均具微粒结构、薄层-纹层状构造,有利于地下水的渗透,加剧了对原生锰矿的氧化能力。锰矿层及围岩均含较多的游离 CO₂(3.59~16.33mg/l)和 CaO(10%~17%),在湿热气候下,具有较大的活动性,CaO 在风化过程中容易

淋失,有利于锰质富集。

3.2 地质构造条件

矿区地质构造是影响次生氧化锰矿床是否发育的主要因素之一。本区次级褶皱构造发育,使含锰层在地表反复褶曲,造成埋深浅、分布广的有利构造条件,易风化形成大型氧化锰矿床,含锰层多分布在复式背向斜构造的两翼。在短轴小背斜区,氧化深度较小,在含锰层倾角较陡时,氧化深度最小,若倾角较缓而倾向与坡向相同时,氧化垂深虽小,但斜深较大。而在向斜构造扬起端,由于含矿层呈盆状产出,矿层埋藏浅,原生含锰层均被氧化成矿,形成大面积分布的“铺山矿”,矿石质量也较好。

断裂构造对矿层主要起破坏作用,使矿层错位,甚至缺失。但在驮仁东—利屯矿段,锰矿层中断裂发育,使原生锰矿氧化并沿小断裂渗透充填,次生锰矿沿小裂隙淋滤富集,形成花斑状、网格状的富氧化锰矿石。

岩层产状的变化直接影响到氧化锰矿的形成和发育程度。当原含锰层的产状较缓且与地形坡度相一致时,往往有利于氧化锰矿的形成,且分布面积大,矿石质量优;若原含锰层的倾向与坡向相反,则不利于次生氧化富集作用,氧化矿体延深不大。

该区矿层顶盖层厚度一般小于地表潜水面之高差,即顶盖层较薄,当矿层倾向与坡向一致时,地表迳流渗入含锰层内顺层淋滤溶解增加氧化强度,形成的次生氧化锰矿规模较大。

3.3 地形地貌条件

东平地区以侵蚀切割比较强烈的中—低山为主,氧化锰矿常出露于山顶和半山坡上。此种地貌,潜水面离地面较深,氧化条件良好,易形成锰帽型氧化锰矿床。该区有三次第三纪以来的洞穴阶地堆积:第一层海拔高 320m,第二层高 420m,第三层高 500m。显示有 3 次以上上升运动,剥蚀速度小于风化速度,次生锰矿得以保存。由于受地形切割和地下水位高低不一的影响,使各地氧化带深浅不一:处于半山坡和丘陵顶部的矿层,矿体延深大;反之,若矿层处于山麓、沟谷地带,矿体延深就小,甚至仅出露原生含锰灰岩。

3.4 水文地质条件

一般来说,水系的发育程度,地表水及地下水的运动状况及潜水面的高低控制了次生氧化界面的高低。当地壳的升降速度缓慢,使得原生含锰层长期处于潜水面以上或附近、地下水活动强烈,氧化作用充分,对形成大型氧化锰矿有利。在地壳升降缓慢的时候,潜水面的升降也是缓慢的;多次的潜水面下降,潜水面位置越来越深,氧化深度也逐渐加大,易形成大型氧化锰矿床。

该区氧化锰矿形成于潜水面以上地带,在这个地带,由于地下水属 $\text{HCO}_3\text{Cl-Ca、Mg}$ 型, pH 值为 4.3~6.4,同时含有大量的游离氧和二氧化碳,使潜水水质具有较强的溶蚀性,在向下渗流过程中,能促使原生含锰岩石发生强烈的氧化作用、水解作用和去硅作用,使锰铁氧化而残留下来有利于形成氧化富锰矿床。

3.5 气候条件

矿区地处北回归线以南,属亚热带气候,雨量充沛,气候湿热,地下水系发育,有利于加速原生碳酸锰矿层的分解,易形成次生氧化锰矿床。

综上所述,该区氧化锰矿成矿条件优越,原生矿含锰层构造复杂,加上岩性、地形地貌和水

文地质条件有利,地壳升降较缓慢能使氧化作用得以广泛进行,气候温暖潮湿加速风化作用,由于这些条件综合作用结果,极易形成规模较大的锰帽型氧化锰矿床。

4 锰矿化富集因素

根据该区锰矿床的地质特征及成矿地质条件,初步总结优质富锰矿的形成富集因素是:

4.1 原生锰矿的沉积环境

东平地区在早三叠世晚期(北泗期)处于田东陆棚相带边缘,沉积环境为水体较深、宁静的浅海较深水域,紧靠大新碳酸盐台地的水下海湾内,东、南、西三面被台地围限,封闭条件良好,锰质易于聚集,又离古陆剥蚀区不远,海相火山活动强烈,物质来源充足,形成了大型贫碳酸锰沉积矿床,属海相沉积型锰矿,经表生氧化富集,品位提高,成为我国重要的工业氧化锰矿床。

4.2 存在有利于含锰岩系出露的构造部位

在区域南北向构造和近东西向构造带复合隆起区,近东西向的二级背、向斜褶皱构造和三级短轴背、向斜构造,控制了次生氧化锰矿层的分布,特别是较紧闭向斜的扬起端是该区优质富锰矿的主要赋存部位。

4.3 具有有利于次生氧化成矿和保矿条件

主要是亚热带炎热多雨的气候,较平缓的地形地貌,弱酸到中性的含较多侵蚀性二氧化碳水质的潜水和具有一定活性的含锰层和围岩;同时氧化速度大于剥蚀速度,使优质富锰矿层得以保存下来。

4.4 在垂向上有一定的矿化富集规律

氧化带浅部矿化弱,中部最富,深部又变贫(表9)。因上部锰质经风化淋滤作用而贫化,中部淋滤次生富集而变富,深部处于氧化不完全的过渡带,次生氧化富集程度较差。

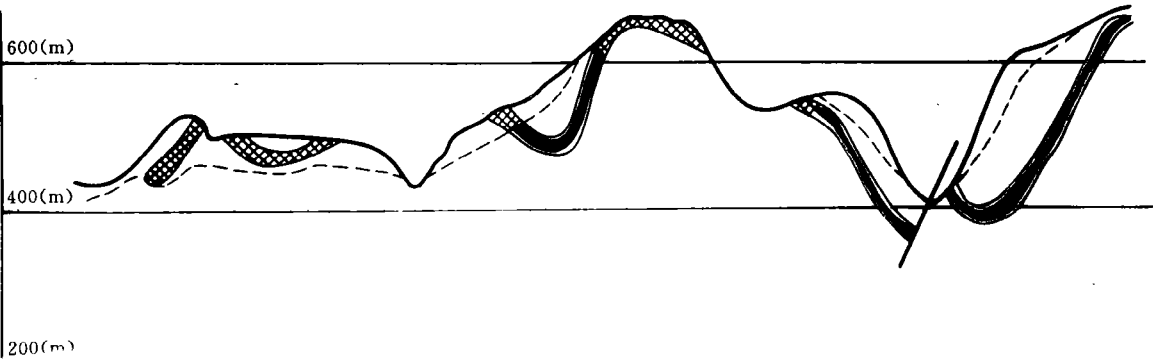
表9 锰矿层浅部、中部主要组分含量对比表

Table 9 Analysis of Mn ores at shallow and medium depth

矿层	样数	Mn(%)			TFe(%)			P(%)			SiO ₂ (%)			控制 斜深(m)
		浅部	中部	差值	浅部	中部	差值	浅部	中部	差值	浅部	中部	差值	
I	44	15.74	18.44	+2.7	6.88	6.23	-0.65	0.087	0.061	-0.026	41.22	46.33	+5.11	50
Ⅱ	43	17.63	20.22	+2.59	5.55	5.12	-0.43	0.07	0.059	-0.011	39.46	43.93	+4.47	46
Ⅲ	22	17.03	20.68	+3.65	4.53	3.82	-0.71	0.079	0.063	-0.016	40.77	45.23	+4.46	50
Ⅳ	58	17.08	20.36	+3.26	9.50	9.70	+0.20	0.158	0.093	0.065	36.62	38.90	+2.28	53
平均		16.87	19.92	+3.05	6.58	6.22	-0.36	0.094	0.069	-0.025	39.52	43.60	+4.08	50

注:中部比浅部增加为“+”,减少为“-”。

4.5 该区氧化锰矿的成矿模式(图4)



分区名称	强氧化段	中等氧化段	弱氧化—还原段
含矿层产状	倾角平缓至中等,倾向与地形坡向相似或相反	倾角中等至较陡,倾向与地形坡向相似或相反	倾角较陡,倾向与地形坡向相似或相反
地形坡度	平缓	中等至较陡	较陡
潜水界面	在地表下较深处	在地表下较浅处	在地表下较浅处
盖层厚度	薄至中等	薄至中等	中等至较厚
褶皱构造	平缓的短轴小向斜,向斜扬起端,部分倾向与地形相似,倾角较陡的单斜	倾角中等的背向斜、单斜	陡倾角的背向斜、单斜

图 4 东平式次生氧化锰矿成矿模式图

Fig. 4 Metallogenic model of the secondary oridized Mn ore. Doneping Mine

6 找矿及开发前景

整个东平地区含锰岩系延长达数百公里,矿带面积约 2400km²。除矿区已做过勘查工作外,矿区外围及邻近地区工作程度很低,甚至是空白。特别在矿区西部及北部印茶、大双等地段含矿岩系出露广泛,成矿地质条件与东平相似,找“东平式”锰矿还有很大的找矿远景。

东平锰矿因原矿品位较低,一直未开发利用。但矿床规模大,埋藏浅,易采易选,矿石深加工性能好;矿层品位和厚度都比较稳定,变化较小;原矿经简易水洗后锰品位可提高 4%~

11%,矿石品级可达到冶金用锰矿石Ⅲ级或Ⅳ级品要求。矿区交通方便,南昆铁路离矿区不远,公路运输便利,国家应尽早开采利用,具有很大的开发利用前景。

参考文献

- 1 茹廷锵,韦灵敦,树皋. 广西锰矿地质. 地质出版社,1992
- 2 广西地质矿产局. 广西区域地质志. 地质出版社,1985
- 3 曾友寅. 广西下雷次生氧化锰矿床特征及控矿条件. 广西地质,1991,(2)
- 4 陈洪德,曾允孚. 右江沉积盆地的性质及演化讨论. 岩相古地理,1990,(1)
- 5 郭天福. 东平式锰矿床矿石特征及利用前景. 中南冶金地质,1991,(2)
- 6 地矿部成都地质矿产研究所. 上扬子台地早、中三叠纪岩相古地理及沉积矿产的环境控制. 重庆出版社,1989

STUDY ON GEOLOGICAL FEATURE AND METALLOGENIC CONDITIONS OF DONPING SUPERGENE ENRICHED Mn ORE DEPOSIT

Liu Tengfei

(The Southcentral Geological Institute of Ministry of Metallurgical Industry)

Abstract

Geological setting, features of the ore bearing rock assemblages, depth, ore structure and texture and mineralogy of Dongping supergene-enriched Mn deposit are described in the paper. Formation of the oxidized Mn deposit is controlled by the primary Mn ore layer, tectonics, geomorphology, thickness and lithology of the cover rock, climate and hydrogeological condition. Based on the mentioned above metallogenic model of the deposit is established. The model can be applied to mining and further prospecting.