

大巴山区晚震旦世陡山沱期海相沉积锰矿的地质特征及其成矿条件

张恭勤

(冶金部第一地质勘探公司716队)

川陕交界的大巴山地区,是已知锰矿床比较集中和进一步找矿的有利地带。在长逾165公里的狭长地带,已探明大型矿床1个,中型矿床6个,小型矿床和矿点多处。部分矿床、矿点已经开采利用,巴山锰矿带已经逐渐成为我国新的锰矿资源基地。

区域地质概况

巴山锰矿带位于大巴山拗陷褶皱带,为两个一级构造单元的衔接部位。东侧以大巴山大断裂将其与南秦岭下古生界褶皱带切开;西侧以镇巴大断裂与扬子准地台两个次一级构造单元相接。(图1)

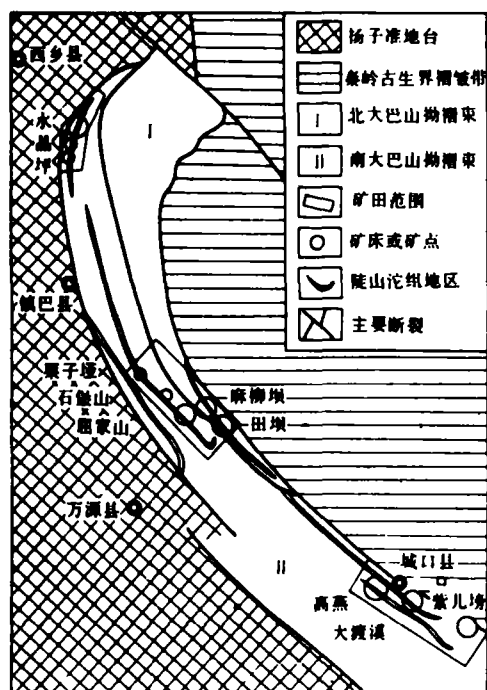


图1 巴山锰矿带地质略图

一、地层

矿带地层区划属扬子地层区大巴山分区。下震旦统以角度不整合覆于前震旦系不同层位之上(本区未

出露震旦纪以前的构造层),自震旦系至三叠系均有出露。中生代晚期以后的地层几乎全部缺失。除中生代有一些陆相碎屑建造及河湖相沉积外,其余地层均为台缘滨海—浅海相碎屑岩—碳酸盐岩建造。现仅把震旦系地层略述于后:

1.下震旦统南沱组(Zan) 为该区出露的最老地层,相当于峡东的莲沱砂岩组和南沱冰碛岩组,为一套陆源碎屑岩至火山碎屑岩沉积。下部以灰绿色、紫红色长石石英砂岩为主,夹少量灰绿色页岩、砂质页岩及浅灰色凝灰质含砾砂岩。上部为灰绿、黄灰色凝灰质砂泥质砾岩,凝灰质砂岩夹凝灰质页岩,构成几个韵律层。从北到南,火山碎屑物逐渐增多,厚度增大,颗粒变粗。沉积厚度800~1600米,到城口一带达2627.9米。

2.上震旦统(Zb) 包括陡山沱组和灯影组。

(1)陡山沱组(Zbd): 为碎屑岩经泥质岩到碳酸盐岩的沉积。下部为粉砂质页岩夹粉砂岩,有时夹长石石英砂岩、炭质页岩,或组成不等厚互层。中部为灰绿色粉砂质页岩或粉砂岩。上部为紫红、灰绿色灰质页岩、白云质页岩夹锰矿层或锰磷矿层,顶部常有泥质灰岩、硅质灰岩、含燧石结核或条带灰岩等。该层厚48.5~800米,大体为南薄北厚。不同地段的地层厚度和岩性变化较大,中部及上部层位往往缺失。在不同矿区又根据具体情况划分出不同的岩性段。

(2)灯影组(Zbdn): 与下伏地层为连续沉积。下部为条带状硅质灰岩夹白云质灰岩、泥质灰岩及灰质页岩。上部以浅灰、灰色含燧石结核及燧石条带的硅质、白云质灰岩,或硅质白云岩为主夹砂质灰岩及角砾状灰岩。厚度30~450米,司上一带达千米。

二、构造

本区在晋宁运动以后的历史时期为相对稳定的地台发展阶段,整个上元古界到古生界主要由陆屑建造、碳酸盐岩建造和含煤、铝土质、铁质建造等组成。岩

相变化小,厚度不大,变质轻微,火成活动微弱。受印支运动影响,地层由北东向南西推覆,褶皱断裂极为发育。褶皱呈线状分布,紧密而细长,脊线起伏并向南东倾伏,轴面向北东倾斜,中部地段发生倒转。不同产状和形态的次级褶皱及小褶曲极为发育。沿褶皱轴部常发育与轴面平行的逆断层,构成迭瓦式断层系。整个构造带呈狭长的弧形向四川地台凸出,并受地台轮廓的控制。

主要锰矿床介绍

矿带分三个矿田,自北而南为:水晶坪矿田、屈家山矿田和城口矿田。本文只介绍具代表性的屈家山矿田的屈家山锰矿床和麻柳坝锰磷矿床,以及城口矿田的高燕锰矿床。

一、屈家山矿田

该矿田长30余公里,宽约10公里,陡山沱组因区域性褶皱断裂在横向上出露三条含矿带。西带未发现工业矿体,中带有屈家山、石堡山和栗子垭等锰矿床;东带有麻柳坝、田坝等锰磷矿床。

1. 屈家山锰矿床

为新近结束勘探工作的一个中型矿床,也是全矿带规模较大、质量最好的典型矿床。

(1) 地层构造

矿区仅出露震旦系及零星的第四系。上震旦统下部陡山沱组含锰岩系岩性如下:

①第一岩性段条带状页岩(Z_{bd_1}):灰黑色页岩与浅灰色粉砂岩或粉砂质页岩相间组成条带,条带宽1~3厘米。局部夹炭质页岩。底部夹少数硅质岩,顶部常有数层0.1~0.2米厚的海绿石英砂岩。层厚50~100米,由南东向北西有变薄趋势。整合于下伏岩层之上。

②第二岩性段粉砂质页岩(Z_{bd_2}):灰绿、暗灰色,板状,单层厚0.2~0.3米。局部变为石英粉砂岩。底部有时有海绿石英砂岩。层厚6~20米,平均约10米。

③第三岩性段灰质页岩夹锰矿层(Z_{bd_3}):

下钙质页岩层:紫红色,局部为淡红、灰绿色,致密板状,层理厚0.1~0.2米,靠上部有时出现少量

菱锰矿条带。层厚2~30米,一般6~7米。

锰矿层:与上下岩层为迅速过渡关系,由肉红、蔷薇色菱锰矿条带与蔷薇色、猪肝色含锰灰质页岩、紫红色页岩之互层组成,矿层厚一般为1~3米,最厚6.23米。

上钙质页岩层:以灰、灰绿色为主,少数为紫红色。含钙质更高。单层厚0.2~0.3米,层理不清,顶部有时有泥质灰岩和罐石灰岩。层厚4~30米。

矿区位于松树坝—紫黄背斜之北东翼,南西翼被断裂切割,故矿区总的构造形态为一走向北北西、向北东倒转、倾向南西的复杂单斜层。矿区由几个更次级的背向斜组成。强烈的挤压作用,在柔性较强的页岩中形成了一系列等斜倾伏褶曲和少数走向逆断层,并伴随有小规模的横断层;在刚性较强的白云质灰质及凝灰质砂岩中,构造形变则以急倾斜倒转走向断层为主,岩层界线及断面平直。

(2) 矿床特征

①矿体形态、产状及规模:锰矿赋存于陡山沱组上部,呈层状,层位稳定。锰矿由肉红色、蔷薇色的条带状、透镜状或薄层状菱锰矿集合体与含锰灰质页岩呈疏密不等的条带所组成。菱锰矿条带一般厚0.5~1厘米,呈层状时为1~5厘米,最厚十几厘米。矿层中部菱锰矿条带较厚且密,上下两侧及边缘部分则层稀而薄。矿层厚度较稳定,一般1~3米,最厚6.23米。

矿体产状随褶皱而变,形成较紧密的褶曲。次级褶曲常呈雁行状有规律地斜列,褶曲轴面一般相距五六十米。褶皱还影响矿体,以20~50°的斜率向北北西侧伏。断裂可使矿体局部缺失或重复。形态虽然复杂,但规律性强,各剖面间均可对应(图2)¹。

根据矿体在地表出露的位置和形态,划分为七个矿体,其规模、品位如表1。

②矿石性质:矿石主要由菱锰矿和泥质物(水云母、高岭石等)组成,菱锰矿相对含量达到一定比例时构成锰矿条带。次要的碳酸盐锰矿物有锰方解石、锰白云石。氧化锰矿物有褐锰矿、软锰矿、硬锰矿等局部地段有方锰矿。次要脉石矿物有方解石、石英、长石及少量绿泥石、白云母、叶蛇纹石等。

矿石结构主要为微粒泥质结构、微晶质结构,含

1. 图2~图6及表1,表2均引自西北冶金地质勘探公司716队:《陕西省紫阳县屈家山锰矿床详细勘探报告》,1982年。

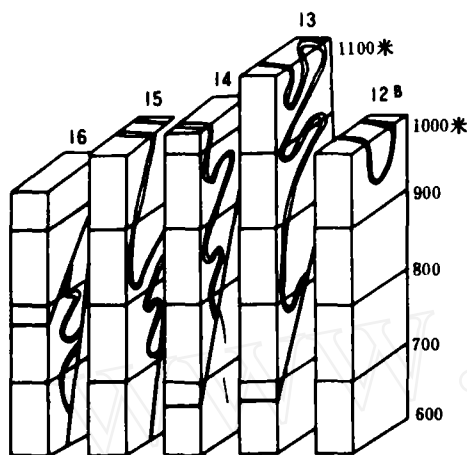


图2 五号矿体分布形态示意图

碎屑的微晶质结构, 以及胶体结构、龟裂纹结构等。矿石构造主要为条带状构造, 其次有不规则条带状—扁豆状构造、块状构造及脉状—网脉状构造。

矿石七种主要元素及氧化物的含量波动范围如

表2。

该区矿石化学组分较均匀, 锰含量基本为正态分布, 平均为中等品位(图3)。锰品位变化系数小于21%, 主矿体VI号变化系数为11%。锰品位大于25%的富矿石约占30%。有害杂质磷、硫含量均很低。铁含量低而稳定, 锰铁比大于8.4。酸性造渣组份, 特别是 SiO_2 含量高, $(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3) : (\text{CaO} + \text{MgO}) \approx 3$ 。矿石中伴生有益组份均很低, 无综合利用价值。另外, 从作图和统计结果可以看出, 硅与锰大体呈反消长关系, 但离散度较大(图4)。磷与锰的含量没有明显的相关关系, 在不大的范围内波动(图5)。铁、铝、钙、镁分布基本均匀, 而与锰的贫富无关(图6)。

该区氧化带很浅, 全氧化者距地表1米以内, 半氧化者一般不超过10米, 大部分原生碳酸锰矿直裸地表, 因此矿石的自然类型可视为单一的原生碳酸锰矿石。其工业类型为低磷低铁硅质碳酸锰贫矿石。

2. 麻柳坝锰磷矿床^②

(1) 地层构造

上震旦统陡山沱组含矿岩系, 分为两个岩性段, 第二段又分为两层。

①第一岩性段(Zbd₁): 下部为不等粒石英砂岩夹紫红色粉砂质页岩。上部不等粒石英砂岩夹黄绿色

表1

矿体号	长 度 (米)		厚 度 (米)			控制最大延深 (米)	锰平均品位 (%)
	控制长度	地表出露长	最 小	最 大	平 均		
I		90	0.50	1.32	1.08		
II		80	0.91	1.56	1.26		
III	345	225	0.65	1.46	1.12	87	19.24
IV	555	390	0.50	4.56	1.20	350	20.48
V	460	410	0.50	2.50	1.27	330	22.79
VI	510	110	0.50	6.23	2.65	300	21.60
VII	520	100	0.50	2.61	1.17	270	21.00

表2

组分含量, %	Mn	P	SiO_2	TFe	Al_2O_3	CaO	MgO	烧失量
波 动 范 围	10~43.44	0.01~0.223	16.44~46.21	1.70~4.61	3.57~11.04	2.41~9.32	2.99~8.19	4.20~49.20
一 般 含 量	10~30	0.06~0.08	25~35	2~3	5.01~8.00	5.02~7.86	4.10~7.72	14.31~23.28
平 均 含 量	21.45	0.072	29.74	2.58	6.21	6.37	5.64	17.31

②陕西省地质局七队: 陕西省紫阳县麻柳坝磷锰矿床评价勘探报告, 1978年。

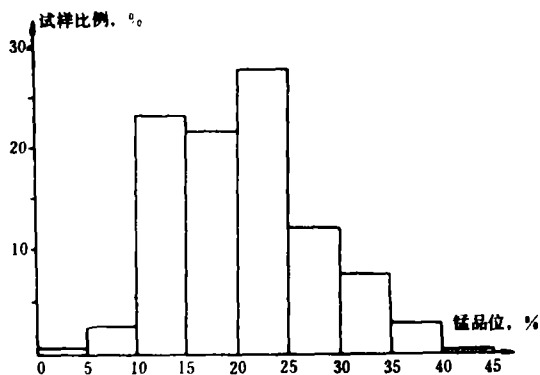


图3 屈家山矿床锰品位直方图

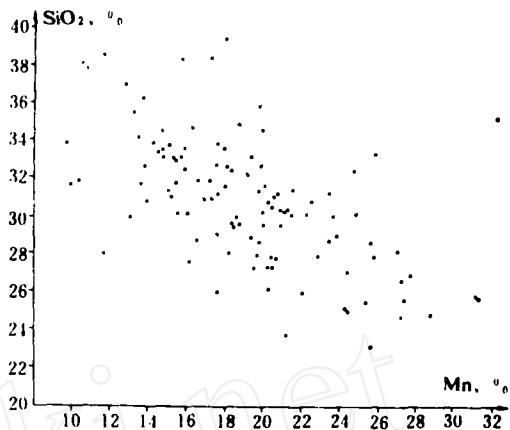


图4 锰、二氧化硅含量相关图

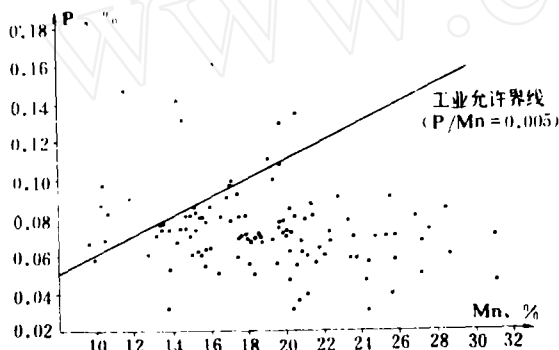


图5 锰和磷含量相关图

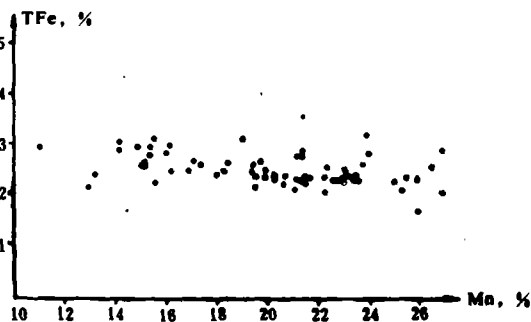


图6 锰和全铁含量相关图

粉砂质页岩, 未见底, 厚度大于54.4米。

②第二岩性段 (Zbd_2): 其中, Zbd_2^1 为粉砂质页岩夹粉砂岩、泥灰岩及灰岩透镜体, 上部夹含炭粉砂质页岩、含炭粉砂岩, 普遍含黄铁矿条带和团块, 顶部为炭质页岩, 其中常有炭质粉砂岩透镜体。顶部常有菱铁矿透镜体。厚33~63.1米。 Zbd_2^2 为白云质页岩夹中薄—薄层状白云岩, 底部夹厚0.5~1.95米锰矿两层, 下部夹厚0.45~9.10米条带状磷块岩, 为区内锰磷含矿层。厚15.4~25米。

区内褶皱多为紧密的线状褶皱, 轴线与区域断裂近于平行, 主要有银红沟背斜, 桃园沟背斜和何家湾向斜, 矿体被次级褶皱复杂化, 形成一系列倾伏背斜。矿区主要断裂多为褶皱后的断裂, 且多沿褶皱轴部分布。

(2) 矿床特征

(1) 矿体形态、产状及规模 该矿床锰与磷主矿体产于上震旦统陡山沱组第二岩性段粉砂质页岩、炭质

页岩与白云质页岩的界线处。产于白云质页岩下部的锰磷矿层为次要矿层。矿体呈层状、似层状, 层位稳定, 延伸范围广, 走向长4.6公里。矿区构造复杂, 褶皱发育, 使矿层多次重复出现, 产状多变。根据矿区构造把矿床划分为三个矿段, 地表出露16个锰矿体。主要矿体长300~1114米, 一般400~500米, 厚0.6~1.4米, 一般1米左右, 最厚1.95米。

②锰、磷赋存关系: 该矿床锰与磷紧密共生, 锰在下, 磷在上, 形影相依, 中间只有10多厘米的白云质页岩相隔。除主矿层与次矿层外, 在其下部, 即 Zbd_2^1 含炭粉砂质页岩中有小的锰矿透镜体; 在 Zbd_2^2 白云质页岩的中、上部产有小的磷矿透镜体。在锰矿体的夹层中常见硅质磷块岩条带, 锰矿层沿走向可过渡为含锰白云岩或含磷白云岩 ($P_2O_5 > 8\%$)。

磷矿层由白云质磷块岩或硅质磷块岩与白云质页岩的条带组成。磷矿条带1~3厘米, 最厚10厘米, 夹层厚5~10厘米。夹层中往往有锰质混染, 矿层厚

0.75~3.87米,最厚9.1米。

锰磷的沉积在时间和空间上都有叠置现象,总的过程是以锰开始,以磷告终。

③锰矿石的性质:主要原生矿物为锰白云石、菱锰矿、锰方解石。近地表有硬锰矿、软锰矿及锰的氢氧化物。磷主要为细微质点的胶磷矿及少量晶质磷灰石。结构主要为球粒状结构、微粒结构。构造为层状、块状和网格状构造。

化学成分见表3。Mn与P呈明显反消长关系,

Mn与TFe基本为正相关关系,而Mn与SiO₂则在不同矿体表现不同,有正相关关系,也有反消长关系。

矿石自然类型以原生碳酸锰矿为主,有少量次生氧化锰矿石,氧化深度0~5米。工业类型为高磷低铁钙质贫锰矿。

三、城口锰磷矿田³

城口矿田位于巴山锰矿带东南端四川境内,长约30公里,宽2~7公里,包括高燕、大渡溪、紫儿垆三个锰矿床及几个磷矿点。

表3

成 分	Mn	P	TFe	SiO ₂	CaO	MgO
含量, %	13~16	0.4~1.3	1.75~2.2	14.91~17.46	15.14	2.77

1.地层构造

①下震旦统南沱组(Zan):底部为一套以陆源碎屑为主夹少量火山碎屑的混合碎屑岩,以灰绿色、紫红色含砾凝灰质砂岩为主。层状构造不明显,厚度大于800米。上部为灰绿色、紫红色中厚层至厚层细一中粒亚长石砂岩,层理清楚,厚160~273.2米。

②上震旦统(Zb):陡山沱组(Zbd),下段(Zbd₁)为深灰色灰质页岩夹灰绿色长石砂岩或石英砂岩。底部偶夹泥质白云岩或含锰白云岩透镜体。上段(Zbd₂)以黑色炭质页岩、深灰色页岩为主夹粉砂质页岩、细砂岩等。顶部为锰磷矿层。该组地层厚40~50米。与下伏地层整合接触。

灯影组(Zb_{dn}),中、下段为中厚层含硅质条带、团块的白云岩夹薄层灰岩,上部有一层厚约10~40米的粘土质页岩;上段为一套黑色含钒、炭的硅质岩夹白云岩透镜体。顶部与寒武系之间有明显的侵蚀面,呈假整合接触。

矿区构造与屈家山矿田类似,往往呈复杂的向斜褶皱,次级褶皱发育并大致平行,弧形弯曲。断层有两组,一组为走向断层,另一组为横向断层。

2.矿层的分布及特征

锰磷层赋存于陡山沱组顶部,呈层状、似层状及少数透镜状产出。锰磷矿层共生时,常呈明显的反消长关系。高燕、紫儿垆两矿区为单一锰矿层,厚一般

为1.4~1.6米,比较稳定;大渡溪矿区则为锰磷矿层间互产出,矿层总厚约0.4~1.8米,其中锰矿层厚约0.6~1.4米。自大渡溪往西北,锰矿层逐渐变薄,锰矿层底部和顶部纹状泥质白云岩中夹不稳定的磷矿条带,并逐渐增多,至明月一带,锰矿层已不复有之。

3.高燕锰矿床地质特征

(1)矿床地质概况:高燕锰矿为经过初勘的大型锰矿床。锰矿层分布于孙家坝复向斜的两翼,南西翼出露长4200米,北东翼出露长3850米,常因断层重复出露或断失。根据矿层产出的构造特征和总的连续性,全矿区分为1、3、6、7共四个矿段,其中1矿段规模最大,构造亦相对简单。

1矿段全长3600米,出露标高766~1150米,控制延深900米,由四个不完整的向斜组成。矿层分上、下两层,上层为主矿层,由菱锰矿夹少量页岩组成,厚1.2~2.00米,最大厚度2.85米,下层为次矿层,主要是炭质页岩夹菱锰矿条带,厚度变化大(0.3~1.2米),最厚3.08米。

(2)矿石特征:主要矿石矿物为菱锰矿、锰白云石,其次有锰方解石、褐锰矿等。脉石矿物有硅质(石英、玉髓、蛋白石)、粘土矿物、炭质等。

结构有球粒、自形半自形晶、显微球粒—他形粒状结构。构造主要为层状、显微层状以及透镜状构造等。

矿石的化学成分见表4。

1974年作半工业试验时采用的原生矿石化学成分如表5。

锰矿品位一般与矿层厚度呈反相关关系,而磷与

③四川地质局二〇五队:四川省城口县高燕锰矿区初步勘探地质报告,1979年。

表 4

矿 层		主 矿 层				次 矿 层			
组 分		Mn	P/Mn	SiO ₂	TFe	Mn	P Mn	SiO ₂	TFe
含量, %	最 高	27.25	0.0294	30.55		17			
	最 低	15.16	0.0023	6.47		8			
	平 均	20.53	0.0109	21.18	1 ~ 2.5	10 ~ 15	0.01 ~ 0.02	28 ~ 34	2 ~ 4

表 5

成 分	Mn	TFe	P	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	S	P/Mn
含量, %	21.15	1.95	0.211	21.86	3.22	7.70	1.70	1.84	0.00998

矿层厚度为正相关关系, SiO₂与Mn含量呈反消长关系。锰矿石含磷一般较高, 且分布不均匀。

成因类型可分为次生氧化锰矿石和原生碳酸锰矿石。原生矿石又分为球粒块状锰矿石、致密块状锰矿石和条纹一条带锰矿石。氧化矿石占总储量的3.61%。矿石工业类型属高磷低铁碳酸锰贫矿石, 碱度0.5 ±, 为半自熔性矿石。

成 矿 条 件

早震旦世时期, 该区及秦岭地槽发生强烈的火山活动, 扬子准地台北部边缘的大巴山拗陷带在陆缘海的环境下沉积了南沱组巨厚的陆源碎屑到沉积火山碎屑岩及其各种过渡型的岩层。据西安地质学院师生的工作, 在该组上部层位发现有滴石, 可以认为, 该组地层内包括部分冰海沉积。受澄江运动影响, 在南沱组分布范围内, 由于带状沉陷作用, 形成了一个多湾的大巴山海峡。其根据是大巴山断裂以东大片出露的南沱组之上直接沉积了灯影组, 北部地段甚至被寒武系直接超覆。这说明晚震旦世早期, 那里应为剥蚀区, 也即是陡山沱期的障壁岛。这时, 整个南方进入了一个间冰期。

由于海底深浅及沉陷速度的不均匀性, 以及所处构造部位的不同, 造成水动力条件、介质性质、沉积物种类及其厚度等都表现出差异性。在较深而且稳定下沉的半封闭的海湾地带, 沉积了反映水动力较弱的泥质粉砂岩、灰质泥岩到泥质灰岩的地层。那些锰质来源丰富、又存在有利于聚集的介质条件的地段, 往往形成含锰层位, 或构成工业矿体。而其他地段, 主要为陆源碎屑到泥岩的沉积, 在缺失灰质页岩或白云

质页岩的地段则没有矿化或矿化很弱。

对成矿有利的沉积单元集中分布在三个地区, 即城口一带、屈家山一带和水晶坪一带, 可称为三个矿田。在每个矿田里, 条件也不尽相同, 因而形成了各个不同类型的独立矿床和中间的无矿地段。

锰的沉积是在海侵层序的下、中部, 碎屑泥质岩向碳酸盐岩过渡阶段形成的。以凝胶状态沉积的锰的氢氧化物经成岩阶段的碳酸盐化而生成碳酸锰矿。主要矿石矿物有菱锰矿、锰白云石、锰方解石等。氧化锰有软锰矿、硬锰矿等。该矿带一些主要矿床的矿石相带序列不全, 缺失原生氧化锰矿石相带和混合矿石相带。在这些矿床的几乎所有矿体沿走向或倾向都是以原生矿石的变薄变贫而过渡到围岩, 只是在现代的近地表处才有少量次生氧化锰矿石。在水晶坪矿田的一些矿床、矿点见有原生的氧化锰呈结核状、条带状产出, 因其不穿透层理, 可以认为是同生一成岩期产物。局部可以见到后生作用阶段形成的氧化锰矿成脉状产出, 但不切穿层面。矿石相带序列是否齐全, 主要取决于沉积盆地的古地理位置以及构造条件。

锰质的来源是大巴山海峡两岸广泛出露的下震旦统南沱组火山碎屑岩, 以及秦岭地槽广泛存在的耀岭河群中基性海底火山岩系(Z z a y l)。西安地质学院1983年工作认为, 在陡山沱组锰矿层以下的地层中有凝灰质存在, 所以晚震旦世早期该区仍有火山活动余波, 这也是锰质的来源之一。

该区锰矿的形成, 与地质发展的历史(即时控)、构造部位、古地理环境、物质来源、介质条件以及古气候的变迁等诸多因素有关。造成锰质得以长期稳定浓集并在介质条件改变时迅速沉积, 或浓集与沉积交

