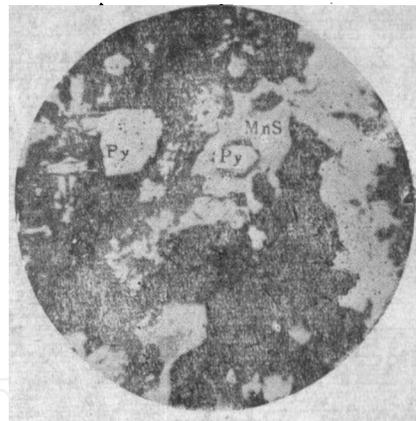


照片2 硫锰矿(MnS)交代菱锰矿(黑色细粒),并与锰榴石(灰色)互为交代



照片8 硫锰矿交代黄铁矿(Py),并与锰榴石(Ac)互为交代

5. 矿区内黄铁矿分布普遍,含量稳定(8~9%),主要是沉积成因。主矿层中硫、铁含量自东而西逐渐减少,这与硫锰矿交代黄铁矿有关,也是硫锰矿硫的来源之一,岩浆侵入及接触交代阶段所带来的硫是主要来源。

6. 据中南矿冶学院爆裂法测温结果,硫锰矿的形成温度为中偏高温。

总之,本锰矿床原为“湘潭式”锰矿床,由于东部沅山岩体侵入的影响,发生接触交代作用,形成了一个新的锰矿成因类型——硫锰碳酸锰矿床——沉积变质矿床。同时硫锰矿床的存在,促进了矿床的氧化作用,使矿区内形成了质量较好、规模较大的氧化锰矿床。

斗南式——过渡型矿相——富锰矿

王文忻

斗南锰矿为一质量兼优的工业锰矿床。目前国内海相沉积锰矿床矿石相多为单一碳酸锰矿相,本矿床为原生氧化锰与原生碳酸锰混生的过渡型矿相。这里说的所谓过渡型矿相的概念,不仅包含沉积成因,也包括受变质成因的含义。

笔者把产于中三迭统法郎组中的锰矿床暂名为“斗南式”锰矿。兹以斗南锰矿为例,叙述如下。

矿床基本特征

1. 锰矿成矿时期及层位

(1) 本矿床含锰地层时代为中三迭世晚期(拉丁尼克期): ①含锰岩系产于上三迭统乌格组碎屑岩之下,中三迭统个旧组石灰岩之上,它与上下两组间均有一沉积间断面存在*; ②含锰岩系中盛产办鳃类化石,

经西南地质研究所鉴定,以南姆氏鱼鳞蛤—温根海神蛤组合为代表,较重要的尚有印度鱼鳞蛤等,与贵州关岭县南法郎村附近的法郎组中所产化石相似,故本地含锰岩系沿用法郎组一名。

(2) 含锰岩系由灰质粉砂岩、灰质泥岩夹灰质细砂岩及石灰岩透镜体组成,厚度近820米。岩系中有两个含锰层位: 下含锰层(下含矿韵律)位于法郎组下部,上含锰层(上含矿韵律)产于法郎组中部。两者相距约150米。

2. 含矿韵律剖面综述

(1) 上含矿韵律 厚56~60.66米。岩性序列,由上而下是:

①灰色灰泥质粉砂岩夹薄至厚层状石灰岩、碎屑灰岩透镜体,含星点状黄铁矿,厚9.7~18米。

* 法郎组与个旧组间的间断面是否具区域性,尚待工作检定。

⑫灰色砂质灰岩、碎屑灰岩或角砾状灰岩，厚0.3~1.5米。

⑬锰矿层，厚0.5~2.1米。

⑭灰色灰泥质粉砂岩，时夹碎屑灰岩及砂质灰岩透镜体，厚2~3.5米。

⑮主矿层，厚0.35~2.78米。

⑯灰色灰泥质粉砂岩夹碎屑灰岩，常见星点状、结核状黄铁矿，厚10~15米。

⑰锰矿层（多为复矿层），厚0.37~4.63米。

⑱灰色灰泥质粉砂岩夹灰岩薄层，厚6~13.5米。

⑲锰矿层，厚0.47~1.7米。

⑳灰色灰泥质粉砂岩夹薄层灰岩、碎屑灰岩，厚8~13米。

㉑锰矿层，厚0.5米。

㉒灰色灰泥质粉砂岩夹薄层碎屑灰岩、角砾状灰岩，偶夹锰矿小透镜体，共厚17米。

㉓浅灰色灰质细粒石英砂岩，时夹泥质粉砂岩，厚1.3~4.2米。

(2) 下含矿韵律 厚42.2米，岩性序列自上而下是：

①灰色石灰岩，厚0.2~0.5米。

②锰矿层，厚0~0.95米。

③灰色灰泥质粉砂岩，中下部常夹一薄层紫红色含锰灰岩，厚1.5米。

④锰矿层，厚0~0.38米。

⑤灰色灰质粉砂质泥岩，厚2.5米。

⑥灰色角砾状碎屑灰岩，砾径0.1~1厘米，厚0.2~1.6米。

⑦灰色灰泥质粉砂岩，下部常夹深灰色灰岩，厚4~7米。

⑧锰矿层或含锰灰岩，厚0~0.9米。

⑨灰色灰岩，时夹灰泥质粉砂岩及灰质粉砂质泥岩，厚1.1~3.5米。

⑩锰矿层，常夹有一层0.05~0.2米厚的灰质泥岩，全厚0.6~1.2米。

⑪紫红(上部)及灰绿色(下部)泥质灰岩，厚0.5米。

⑫暗紫红色角砾状石英粉砂质碎屑灰岩，灰质角砾顺层呈串珠状排列，厚0.5~0.8米。

⑬灰绿色泥质灰岩，厚0.8米。

⑭紫红色含锰灰岩，厚0.2米。

⑮灰色蠕状泥灰岩，厚0.05~0.3米。

⑯主矿层，常夹一层0.2~0.4米厚的紫红色角砾状灰岩，全厚0.5~2.91米。

⑰灰色泥灰岩，厚0.4~0.6米。

⑱锰矿层，厚0~0.19米。

⑲紫红色疙瘩状灰岩*，含大量分布杂乱的浅灰色灰岩角砾。为下含矿韵律底部标志层。厚30米。

由上述综合剖面可见，上、下含矿韵律均属海浸韵律，岩性组合自下至上粒度基本上是由粗到细。岩性由灰质石英细砂岩或疙瘩状灰岩向灰泥质粉砂岩、灰质粉砂质泥岩夹碳酸盐岩石的过渡层中就有锰矿层产出。

上含矿韵律中共六层矿，以第⑯层最稳

*指同生角砾状灰岩，砾径约1厘米，铁泥质胶结，下闻。

定，为主矿层，其上下围岩均为灰色灰泥质粉砂岩，顶板具微细水平层理，底板具斜层理；直接顶底板常为碎屑灰岩，尖灭显著。

下含矿韵律亦产六层矿，第④层为主矿层，直接顶板为灰色蠕状泥灰岩，甚为标准，可作为矿层对比标志；直接底板常为灰色灰质泥岩（或泥灰岩）。

3. 地质构造及矿层埋藏条件

矿区为一轴向北东、向北东倾伏的复式向斜构造。北翼岩层平缓。倾角30°左右，南翼急倾、浅部直立甚至倒转。向斜核部出露三迭系上统乌格组，两翼依次出现三迭系中统法郎组及个旧组。区内断层构造发育，以大致平行于向斜轴的高角度正断层、冲断层规模最大，次为北西向与北北东向平移正断层；它们对矿层均有不同程度的切割破坏，断距10~100米不等。

矿层与围岩产状一致。矿体主要呈层状，亦有呈层状透镜体产出的；矿层厚度多在1米左右，偶见不可采点出现，矿层结构简单。

4. 矿石特征

(1) 矿石自然类型：可分为原生灰质矿石和表生氧化矿石两大类，再按矿石结构构造特征进一步细分，见表1。

矿石矿物组成及其结构构造的主要特点如下：

①表生氧化矿石 以硬锰矿为主，呈蠕状，蠕径一般为0.5~1毫米，次为软锰矿、偏锰酸矿(?)，脉石矿物有水云母粘土、石英砂屑及铁泥质物。常具块状及条带状构造。锰含量一般为40%左右；土状矿含锰低(20~30%)。碱度均低于0.5，属酸性矿石。

②原生灰质氧化物矿石 以褐锰矿为主，具微粒变晶及变蠕状结构，也见有蠕状结构。蠕核为碳酸盐屑，亦有生物碎屑，偶见石英碎屑；蠕体同心层由褐锰矿组成，或褐锰矿与菱锰钙矿交替组成，或褐锰矿与碳酸盐交替出现；同心层多为2~4圈。蠕粒呈扁球形及球形。蠕径0.5~1毫米；大者2~6毫米。蠕间胶结物为方解石、白云石，也有褐锰矿。褐锰矿呈微粒变晶者，粒度一般在0.005~0.01毫米。次量的锰矿物有菱锰钙矿，粒度0.002~0.015毫米，具蠕状、豆状结构。菱锰钙矿多数与变蠕状褐锰矿互成条带状产出或与褐锰矿成同心层状交

替构成鲕粒，也见有呈单矿物集合体者。还有少量水锰矿及锰方解石。脉石矿物主要为方解石及不等量的石英、自生钠长石及粘土矿物，少量和微量的电气石、锆石、绿泥石、黑云母、黄铁矿等。矿石除主要具致密块状、条带状构造外，缝合线构造较常见。矿石含锰一般为25~40%，碱度一般为1.0~1.5，属中性及碱性矿石。

③原生碳酸盐矿石 常与褐锰矿矿石构成条带状灰质氧化锰矿。以菱锰钙矿为主，呈微晶粒状，鲕、豆状结构。矿石时含微量褐锰矿尘点或鲕粒。非锰矿物主要是方解石，次量的白云石及不等量的石英屑、自生钠长石、海绿石、电气石、白钛石、黄铁矿等组成。矿石具块状及缝合线构造。此类矿石系指含锰量大于12%而言，含锰量在12~4%时，称为含锰灰岩或含锰碎屑灰岩，属表外矿石。本类矿石含锰12~29%，一般12~15%，碱度为1.0~2.0，属中—碱性矿石。

(2)主要矿物特征：锰矿石中工业锰矿物按主次顺序为褐锰矿、菱锰钙矿、水锰矿、锰方解石等；表生氧化锰矿石中以硬锰矿最主要。脉石矿物主要为方解石、石英、白云石；还有不等量的自生钠长石、水云母、绿泥石、黑云母、白云母、黄铁矿等。

主要矿物特征如下：

①褐锰矿 为本矿区主要工业锰矿物，显微变晶粒状，显半自形—自形晶，粒度0.001~0.05毫米，一般在0.005~0.01毫米。与瓦房子第三个褐锰矿的X光分析结果

比较，证实与标准褐锰矿相一致。

斗南褐锰矿两个单矿物化学分析，平均化学成分： Mn_2O_3 87.07%， Fe_2O_3 0.86%， Al_2O_3 0.91%， SiO_2 10.59%， MgO 0.85%， CaO 0.06%， CO_2 0.28%（前两项为计算值）。平均含P0.02%。

②水锰矿 为原生矿石中的少量锰矿物。呈微晶粒状，粒度一般0.001~0.01毫米，最大0.05毫米。单矿物X光分析证明与标准水锰矿物合。

③菱锰钙矿 为区内次要的工业锰矿物。呈微晶粒状，粒度0.002~0.015毫米。

④硬锰矿 均分布在表生氧化矿石中。一般为隐晶状，部份呈微晶状；前者反射率略低。微晶状的多在硬锰矿鲕粒的中部，明显的交代中部的碳酸盐；或呈微细脉状充填于鲕粒的裂纹中。

⑤方解石 为主要脉石之一。 $No \approx 1.658$ ，茜素红染成深玫瑰红色。产于鲕状褐锰矿石中的为结晶状，粒度不等；在含锰碎屑灰岩（贫矿条带）及夹石中者，则呈碎屑状及胶结充填状。

⑥石英、玉髓 为主要脉石矿物。碎屑粒度0.02~0.2毫米，一般为0.05~0.1毫米。多分布于碳酸锰矿条带中；在变鲕状褐锰矿条带中较少。

⑦白云石 主要分布于条带状矿石中，与方解石伴生，含量仅百分之几。 $No \approx 1.690$ ，茜素红不染色。

(3)矿石的工业类型及主要用途：本矿床各类矿石均以含锰为主，铁含量低（一般1~3%），锰铁比高（均大于6），含磷甚微（每1%锰含磷0.001~0.005%），故应属锰矿石。

试验表明，原生的自熔—碱性富锰矿石可作炼钢铁原料；表生氧化富矿石可作化工及冶金用锰。

过渡型矿带特征及富矿展布特点

1.过渡型矿相的概念 所谓矿石相，是指在相同沉积物理化学条件下生成的，并在矿层中分布相近的金属矿物组合。

所谓过渡型矿相（或混合型相），系指原生氧化锰与原生碳酸锰混合在一起的沉积矿石组合。本区过渡型矿相，其组成矿物主

斗南锰矿矿石自然类型表 表1

大 类		矿 石 名 称	
		肉 眼	镜 下
表生氧化矿石		块状氧化锰矿石	致密鲕状硬锰矿
		条带状氧化锰矿石	条带状含粘土质—硬锰矿
		土状氧化锰矿石	土状软锰矿
原生灰质矿石	灰质氧化	块状灰质氧化锰矿石	致密变鲕状褐锰矿
		条带状灰质氧化锰矿石	条带状含锰碎屑灰岩（或碳酸锰）—鲕状褐锰矿
	碳酸盐矿石	碳酸盐锰矿石	鲕状菱锰钙矿

表及下文中所引用镜下资料，系取自云南省地质局实验室、本队实验室及西南地质科学研究所的有关岩矿鉴定报告。

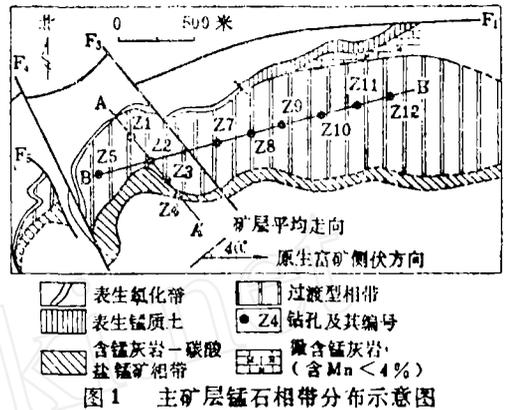
要为褐锰矿，次为菱锰钙矿及少量的水锰矿。一般认为，受变质沉积含锰岩系中的褐锰矿是原生沉积的锰氧化物经变质作用的产物，本文将褐锰矿视为原生氧化锰。本文所说过渡型矿相有两重含义，一是指矿石先是沉积的；另一是指沉积期后又经受轻微变质使原生氧化锰矿石增富。至于原生碳酸锰经轻微变质作用，只表现为重结晶作用，并未改变其锰矿物成分。

2. 过渡型矿相带的特征 据已有勘探资料，区内主矿层大致可分为两个基本平行的矿石相带，一为过渡型矿相带，另一为含锰灰岩—碳酸盐锰矿（表外矿石）相带。

(1) 过渡型矿相带的主要特征

①主矿层矿石沿纵、横向均由致密变鲕状褐锰矿、条带状含锰碎屑灰岩（或碳酸锰）—鲕状褐锰矿及鲕状菱锰钙矿（或含锰灰岩）互变（或混生）构成连续的矿层，矿层中夹石时有尖灭再现（图1、2）。经初步统计，上述三种原生矿石（不包括含锰低于12%的含锰灰岩）在主矿层中的厚度比，依次为2.9:3.8:1。可见过渡型矿相的矿石组成以原生灰质氧化物矿石为主，碳酸锰矿石次之，两者之比为6.7:1。

②致密变鲕状褐锰矿石以褐锰矿为主，有少量水锰矿及不等量的菱锰钙矿。鲕状菱锰钙矿石主要由菱锰钙矿组成。条带状锰碎



屑灰岩（或碳酸锰）—鲕状褐锰矿石由褐锰矿，少量水锰矿与菱锰钙矿互成条带所组成；条带宽1厘米。

③菱锰钙矿常与褐锰矿交替组成鲕状或变鲕状的同心层。褐锰矿（氧化锰）与菱锰钙矿（碳酸锰）也是紧密混生的。

(2) 含锰灰岩—碳酸盐锰矿（表外矿石）相带 由菱锰矿为主的碳酸锰矿石（含锰>12%）和含锰灰岩（含锰4~12%）组成。但单工程所见以含锰灰岩为多，仅个别工程见碳酸锰矿石，但厚度小于0.5米，不可采。故实属表外矿石相带。

3. 原生富矿展布特点 根据本区原生矿石的锰含量和碱度特点，工业部门确定含锰

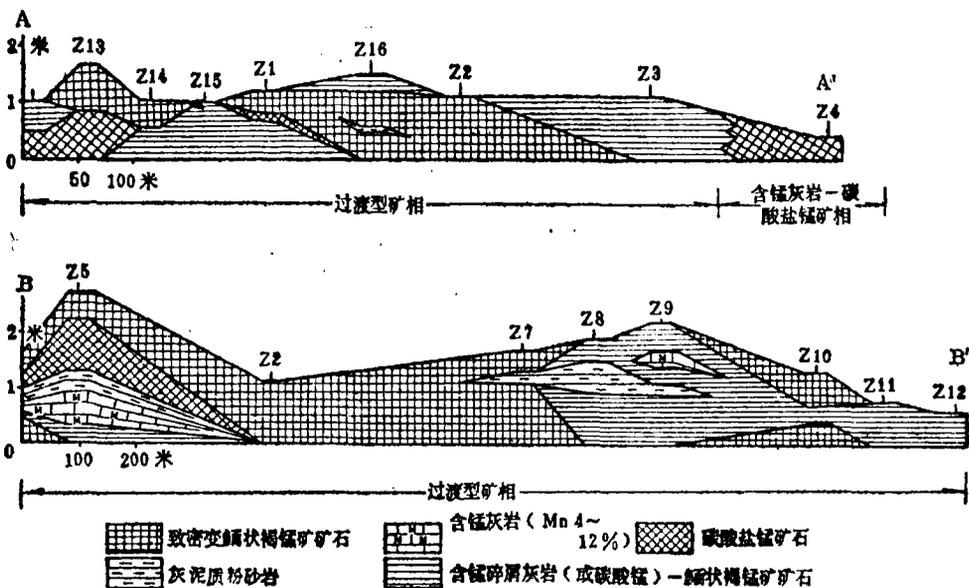


图2 A-A'与B-B'主矿层矿石相变剖面示意图

≥29%的为Ⅰ级富矿；含锰≥25%的为Ⅱ级富矿；含锰≥20%的为Ⅲ级富矿。富矿经焙烧后含锰量可提高10%左右，原生富矿是较理想的中碱性富锰矿石。占全区原生富锰矿石大部分。

原生富锰矿经70个钻孔控制，分布范围与过渡型矿相带大体吻合（见图1）。

此外，从图1可见，F₃号断层以东原生富锰矿展布方向与矿层总的走向间约有40°的交角，换言之，过渡型矿相带具有侧伏延深的特点。据此，可进一步布钻控制原生富矿深部边界，并可向东追索以继续扩大该矿段的远景。

锰矿形成条件初析

1. 古地理环境 中三迭世拉丁尼克期锰矿在滇东南分布，以斗南、白显两区最集中。锰矿分布与当时地壳运动及岩相古地理条件关系密切。

如图3所示，锰矿多分布于古陆边缘一定范围的半封闭海盆及海底隆起的边缘浅海地区。说明隆起与凹陷的过渡带对锰矿沉积

的控制作用。中三迭世安尼锡克末期本区地壳曾有短暂上升遭受剥蚀，海水一度南退。随后在拉丁尼克早期，地壳复又下降，气候温暖而潮湿，海水由西南入侵，于是在个旧海盆、开远海隆、滇桂黔浅海等区，同时沉积了法郎组的含锰岩系。

在拉丁尼克期，个旧海盆中有灰岩泥岩相及白云岩灰岩相，滇桂黔浅海区则有灰质粉砂岩泥岩相、泥岩硅质岩灰岩相及灰岩泥岩相。锰矿产于白云岩灰岩相中（以白显为代表）及灰质粉砂岩泥岩相中（以斗南为代表）。锰矿分布明显受岩相古地理环境的控制。

斗南矿区含锰岩系中锰矿层常与灰质粉砂泥岩、灰泥质粉砂岩相伴产出，保存有完瓣的瓣鳃类和菊石类化石，岩层中小型斜层理、透镜层理、微细层理交替出现，矿石常见条带状、缝合线构造及鲕状结构；矿层顶面时有水下冲蚀的痕迹。这些特征均说明锰矿是形成于浅海环境，含锰岩系属浅海沉积相。

斗南矿区含锰岩系岩性组合及矿石组分特点说明，锰的沉积是在中性—弱碱性的水介质中进行的。块状灰质原生矿石呈鲕状、豆状结构，主要是锰的氧化物，说明它是在氧化介质条件下的胶体沉积；鲕状菱锰钙矿则是在还原介质中的胶体沉积；条带状灰质氧化矿石是在氧化还原交替变化的条件下的胶体沉积。这些都说明在浅海盆地自边缘至底部，锰矿沉积时，因地壳振荡运动和氧化—还原界面交替频繁，遂生成了氧化物锰矿与碳酸锰矿的混生，形成过渡型矿相带，在靠近海盆沉积中心一侧，由于海水较深，氧不足，有机质分解二氧化碳和硫化氢，在锰质供应不足的情况下则形成了含锰灰岩—碳酸盐锰矿相带，其特点是含少量黄铁矿星点和小透镜体。

斗南矿区矿层居法郎组含锰岩系的中、下部，距矿下沉积间断面较远，最大达200米（一般间距多在几十米，很少超过百米），这可能与本区锰矿沉积位置离越北古陆边缘稍远有关。沉积间断及随后的海浸仍可认为是锰矿沉积的控制条件之一。

从图3看，斗南矿区成矿物质推测来自越北古陆：①越北古陆由角闪片麻岩、花岗岩片麻岩、黑云母片岩等组成，较一般沉积岩

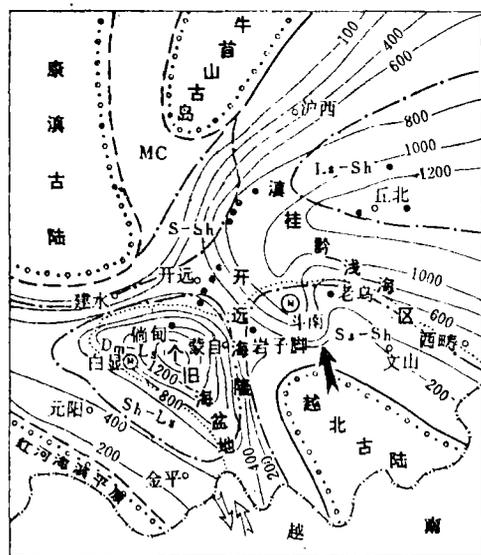


图3 滇东南中三迭世晚期（拉丁尼克期）沉积岩相古地理及锰矿预测简图
（据本队资料，略有修改）

富含锰质，且古陆上有较多的中泥盆统东岗岭组中夹锰线硅质层出露；②矿区外围有分布广泛的上二迭系峨眉山玄武岩，它也可能是锰质来源之一。

2. 受变质富化作用 沉积的锰矿受到弱（轻微）和中等变质作用时，锰的氧化物（软锰矿、硬锰矿、水锰矿等）经还原和脱水向褐锰矿、黑锰矿转化使矿石锰含量得到提高。

一般认为褐锰矿是原生锰的氧化物经变质作用的产物，也就是说褐锰矿是属受变质矿物。本区褐锰矿晶粒细小，见少量水锰矿，而未见锰的硅酸盐矿物。据此初步分析，矿床成因似属沉积受轻微变质矿床。

3. 表生改造富集作用 矿石由于遭受表生改造作用进一步增富。矿区地处亚热带，当地地形、地质构造和矿石物质组成以及地下水面的情况等因素的综合控制，本矿床表生氧化带有下面几个特点：

（1）侵蚀速度低于氧化速度，得以使矿层氧化带保存下来；同时矿石中各种锰矿物均向硬锰矿转化。

（2）化学风化略大于物理风化作用，得以使原生矿石灰质淋失，相对提高了锰的含量，一般锰含量40%左右，最高达52%。

（3）氧化带深度一般为0~30米，最深达100米。氧化带与过渡型矿相带之界线经少量工程揭露两者分界清晰，不存在半氧化带。

氧化带中矿石特征，已如上述。

找矿标志和成矿预测

1. 锰矿露头自然是最好的找矿标志，其次是锰矿转石及锰分散晕。在法郎组中若发现块状硬锰矿或黑、紫色相间的条带状含粘

土质—硬锰矿露头时，其深部极可能为过渡型锰矿相。同时应注意，地表露头呈褐黑色锰质土或土状氧化锰矿，其深部也可能变为过渡型锰矿相，这已为本区勘探所证明（见图1）。

2. 矿层直接顶底板的灰色灰质泥岩、灰质粉砂岩或泥质灰岩中常见紫红色铁泥质包裹体或小透镜体，可作为间接找矿标志。

3. 勘探证明，法郎组下含锰层底板的紫红色疙瘩状灰岩厚度大的地段；其上的下含锰层中常赋存工业锰矿层，而上含锰层则不发育。当疙瘩状灰岩相变为紫色泥质网纹状灰岩时，则对应其上的下含锰层不含矿，而上含锰层则有工业锰矿层产出。

4. 根据滇东南拉丁尼克期古地理（见图3）推测，寻找中三迭世斗南式锰矿要在元阳—金平以东，建水—开远—西畴以南，南、东至国境线的广大地区内进行。通过对斗南富锰矿床形成条件的初步分析，笔者认为在滇东南找寻本类富锰矿，似应围绕越北古陆的有关范围内，重点对中三迭世法郎组含锰地层进行深入研究，从其沉积岩相及古地理环境的分析着眼，由已知锰矿点入手，运用前述含锰层岩性组合特征，找矿标志及矿石相带特点，有望找到斗南式过渡型矿相富锰矿。

在滇桂黔浅海区和开远海隆区的泥岩硅质灰岩相及滇桂黔浅海区的灰岩泥岩相中，虽然已发现若干锰矿点，据已有资料多为含锰灰岩，锰含量达不到工业要求，目前暂不考虑在该两岩相区找寻富锰矿。

综上所述，本文强调了斗南锰矿床成矿的特殊性对找矿的意义，但对成矿的共性方面亦应注意，以免各执一端。

含硫化矿的人工合成岩石 的复电阻率测量

观测的含硫化矿合成的IP反应是硫化物与脉石的综合反应。研究了各种脉石物质的复电阻率特征，以及这些脉石物质与硫化矿物的综合反应。

用波特兰水泥和干净的石英砂作

脉石物质。对它们进行了电阻率谱测量，结果表明有强的、但并不稳定的内在极化反应。研究的一个目的是鉴定某一种脉石矿物电性是否稳定，是惰性的还是不极化的。使用合成岩石进行研究，材料费用低，制作花费的时间也少。详细地研究了黄铁矿和黄铜矿的谱反应。注意到过去研究工作中所见到的硫化物种类及其颗粒大

小都对谱反应有影响。这两种参数对谱的影响，在合成的岩石上也都有表现。将合成岩石与天然岩石样品以及野外实地测量所得的复电阻率谱加以对比，认为在野外使用复电阻率法区分不同的硫化矿物是可能的。

（摘自欧美78年勘探地球物理年会部分论文）