

川东及邻近地区早侏罗世 铁岩的沉积环境及形成过程探讨

徐兴国

(四川省地质局川东南地质大队)

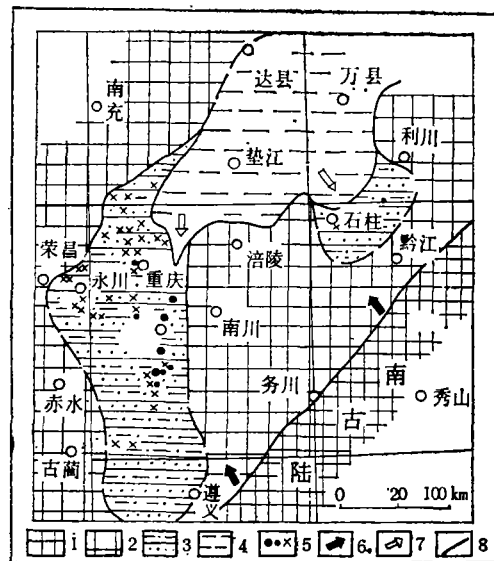
一、区域地质概况

川东及邻近地区早侏罗世铁岩(即綦江式铁矿)及其赋存的綦江段地层,分布在四川东南部及黔北、鄂西一带。共分两片:重庆、永川、綦江、遵义片称西区,区内綦江段发育齐全,工业矿床多,研究程度亦高;石柱、利川片称东区,綦江段发育较差,研究程度亦低(图1)。

- 1.古陆 2.无沉积区 3.河流-滨湖相 4.湖泊相
- 5.中型、小型矿床、矿点 6.物源方向 7.湖侵方向
- 8.相区边界

图1 川东黔北地区綦江段沉积时期岩相古地理图

Fig.1 The lithofacies paleogeographic map of Qijiang Segment period in eastern Sichuan and northern Guizhou.



下侏罗统珍珠冲组(J_{1z}):为一套杂色复陆屑建造。与下伏须家河组呈冲刷或整合接触。可分两段:下段即为綦江段 J_{1z}^1 。它在区内有三分的特点:上层为灰、浅灰色细粒石英砂岩及粘土岩、黑色页岩,厚1—15米。属浅湖相沉积。中层为灰色、暗紫色微晶、内碎屑、菱铁矿铁岩夹紫红色微晶、内碎屑赤铁矿铁岩。偶见冲刷面及铁岩砾石。夹少量铁质粉砂岩。厚0.5—6米。属湖沼相沉积。下层:下部浅灰色中粒含炭屑。

石英砂岩, 偶见大型板状斜层理, 时见砾石, 石化木及冲刷面。上部为灰色及黑色粘土岩、粉砂岩、煤及菱铁矿凸镜体, 常见植物碎屑。属泥炭沼泽沉积。厚1—10米。

綦江段除了上述特点外, 还有四种类型: 一、仅见底部一层石英砂岩, 二、下层为石英砂岩, 中层为粘土质粉砂岩。三、下层为石英砂岩, 中层为灰白色粘土岩。四、为湖相灰绿色粉砂岩夹黑、绿色页岩。上述四种类型中, 均有上层、下层的砂岩经粒度分析, 在偏度(SK_1)对标准偏差(σ_1)的散点图上, 有78%的点落在河流相区, 22%落在湖相区。中、上层砂岩57%落在湖相区, 43%在河流相区。

上段(J_{1z}^2)为紫红色泥岩, 夹黄色砂岩、粉砂岩。底部2—20米为灰绿色粉砂岩、黑色页岩, 含小型瓣腮化石。厚70—160米。

二、铁岩的主要特点

铁岩的矿物成分简单, 主要矿物有菱铁矿、赤铁矿、磁铁矿及石英, 次要矿物有铁叶绿泥石, 鲕绿泥石、胶磷矿和玉髓等。铁岩原生构造主要有:

块状构造 由微晶—细晶菱铁矿及赤铁矿组成的微晶铁岩组成, 占铁岩总量的40—50%, 接龙矿床达80—90% (图版 I, 1, 2)。

砾状构造 砾由赤铁矿, 磁铁矿及少量菱铁矿。绿泥石集合体组成。经微晶菱铁矿及少量赤铁矿胶结, 组成微晶—内碎屑铁岩 (图版 I, 4、5、6)。约占铁岩总量的30—40%, 多集中于铁岩层中上部。

条带条纹状构造 由不同颜色、粒度、矿物组成的铁岩薄层相间排列而成的一种微晶铁岩 (图版 I, 3)。多见于铁岩层下部。约占铁岩总量的5—10%。

此外, 还有胶状、斑点状、斑状等构造, 但都不多见。

铁岩的结构主要有:

粒状结构 由泥晶—微晶菱铁矿、赤铁矿及少量石英碎屑组成 (图版 I, 1、2)。

假鲕—碎屑结构 假鲕、碎屑由赤铁矿、磁铁矿及少量菱铁矿、绿泥石组成, 常呈球度较好的次圆。次棱状砾砂屑及少量薄皮鲕、豆。有时见菱铁矿的还原边、收缩裂纹、复砾结构及植物细胞结构 (图版 I, 4、5、6 图版 II, 10)。

交代残余结构 常见菱铁矿交代赤铁矿、磁铁矿, 磁铁矿交代赤铁矿。交代作用强烈时, 形成残余结构 (图版 II, 7、8)。

植物细胞结构 菱铁矿、磁铁矿及少量赤铁矿交代植物碎片, 并保留了植物的细胞组织 (图版 II, 9、10)。此外, 还有凝块结构、胶状及变胶状结构、球粒结构及鳞片结构。

铁岩构成的矿石类型, 按主要矿物及含量大于10%的次要矿石矿物成份分为赤铁矿石、磁赤铁矿石、菱赤铁矿石、菱铁矿石、磁菱铁矿石和赤菱铁矿石六类。它们的化学成份简单: 铁20—60%, 平均30—40%。灼减0.6—30%, 但随菱铁矿含量升高而升高。多属高磷低硫酸性赤铁矿—菱铁矿石。

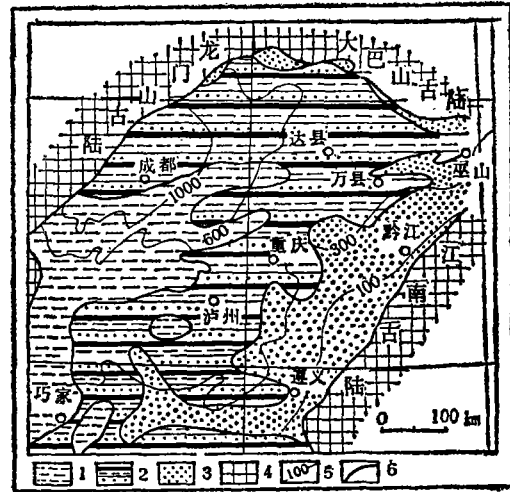
三、铁岩分布特点及形成时期的古地理面貌

中三叠世晚期的印支运动，使康滇古陆、龙门山、大巴山及江南古陆急剧上升，四川盆地雏形形成。晚三叠世气候温湿，四周高山区剥蚀强烈，大量碎屑物进入沉降较快的盆地。由盆地东南缘向中心，依次形成了河流冲积相、湖滨三角洲相及湖泊相沉积（图 2）^[1]。随后经侏罗纪开始时期的短暂剥蚀冲刷，为綦江段及铁岩沉积奠定了基础。

- 1. 湖泊相 2. 湖滨三角洲相 3. 冲积相 4. 古陆
- 5. 等厚线 6. 相区界线

图 2 四川盆地晚三叠世岩相古地理图^[1]

Fig. 2 The lithofacies paleogeographic map of Late Trias in Sichuan Basin

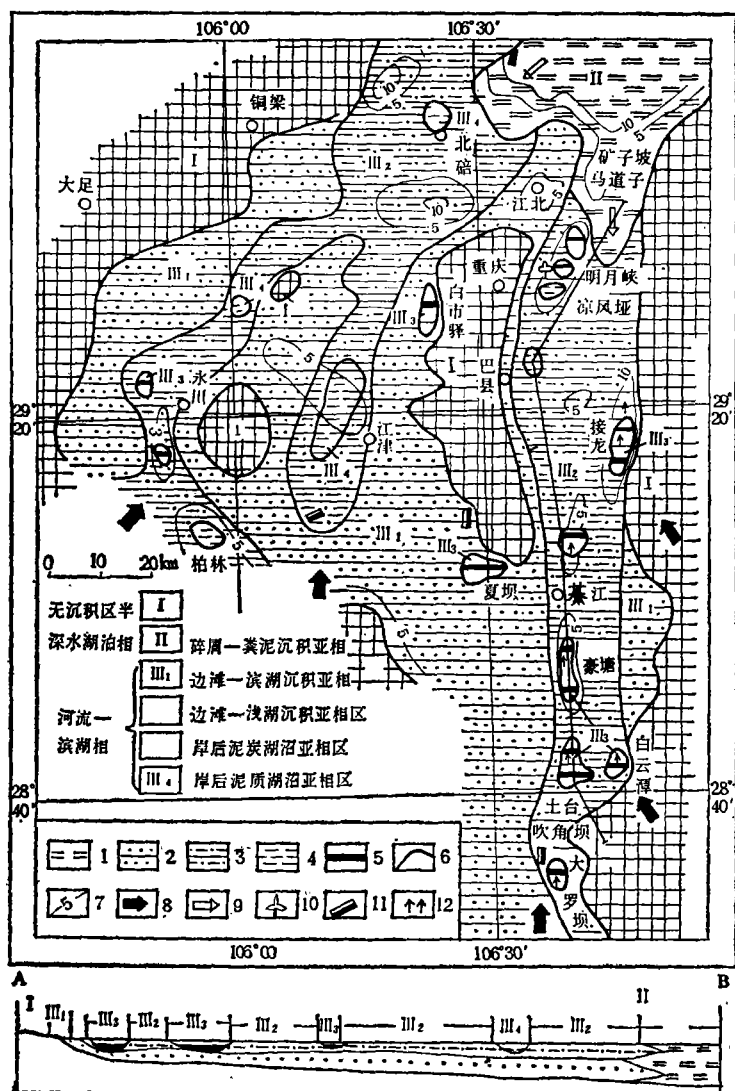


綦江段沉积时的岩相古地理可分为三个相、五个亚相（图 3）¹⁾。区域岩相古地理图只分出三个相（图 1）。从图上看，綦江段沉积时，在达县、垫江、万县一带，已是弱还原半深水湖泊。其南侧至江南古陆之间的地区，在綦江段下层砂岩沉积之后，发生区域性水退，转变成河流-滨湖平原。这时在西区綦江南北一带的河流-滨湖平原上形成了一系列规模较大的泥炭湖沼及少量泥沼；在永川、江津至北碚的河流-滨湖平原上，发育了泥沼及小型泥炭湖沼。这些泥炭湖沼在成煤之后，沉积了不同规模的铁岩。

区内早侏罗世铁岩，构成中型矿床 4 处，小型矿床 6 处，矿点 38 处。除东区有小型矿床和矿点各一处外，其余皆分布在西区。西区的中型及小型矿床各 4 处，矿点 8 处，又集中在綦江南北一线；永川、江津、北碚有点 25 处，小型矿床只一处；黔北仅有矿点 4 处（图 1）。

各矿床的工业矿体长 1—8.6 公里，宽 0.5—2.5 公里，面积 1—10 平方公里。矿体长轴呈北北东及南北向。工业矿体厚 0.5—5.5 米，平均 1.5—3 米；由铁岩凸镜体及少量夹石组成。铁岩透镜体厚 0.2—2 米，长几十米至 1 公里，宽几十米至数百米。相互叠接，其间常夹有薄层铁质砂岩或煤层（图 4）。在工业矿体边缘，透镜体变小，叠接少，有时相互拉开，而出现无矿窗或零星矿体。

1) 四川省地质局 110 队，1979，四川省重庆市及江津地区“綦江式”铁矿成矿远景区划报告。

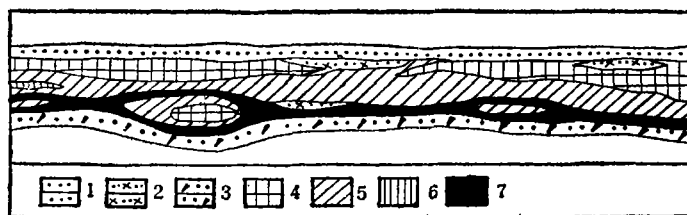


1. 黑色页岩、粉砂岩区 2. 砂岩区 3. 砂岩—粘土粉砂岩区 4. 砂岩—粘土粉砂岩—粘土岩区 5. 砂岩—粘土粉砂岩—煤、铁区 6. 相区界线 7. 沉积等厚线 8. 物原方向 9. 湖侵方向 10. 植物化石 11. 石化木 12. 根座

图3 重庆綦江地区綦江段早、中时期岩相古地理图

Fig. 3 The lithofacies paleogeographic map of early and middle period of Qijiang Segment in Qijiang Area Chongqing.

各类铁岩在工业矿床中的分布，有一定规律。纵向上看，菱铁矿铁岩多分布于矿层下部和顶部；赤铁矿，磁铁矿铁岩主要集中在中上部。在平面上，从綦江以南的大罗坝到綦江以北的接龙，铁岩中菱铁矿铁岩比例增加，赤铁矿铁岩减少。其中赤铁矿与铁矿物的比值由大于0.5，依次减少到0.1。含磁铁矿的铁岩主要分布于前述比值0.5—0.3的篆塘、土台等矿床中，并集中于赤铁矿铁岩和菱铁矿铁岩的过渡地带，含量一般少于



1.砂岩 2.铁质砂岩 3.含炭屑砂岩 4.赤铁矿石 5.菱铁矿石 6.硅质岩 7.煤

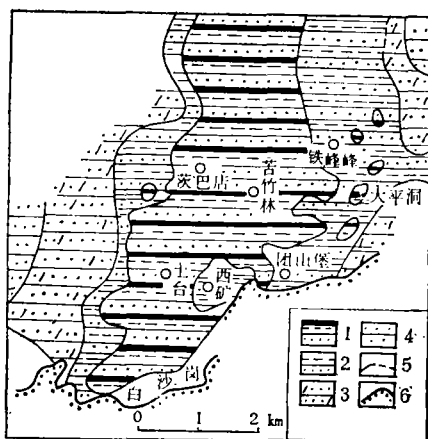
图 4 土台矿区14号上山坑道地质剖面图

(横 1 : 1000, 纵 1 : 400)

Fig. 4 The geological section of No. 14 Gallery in Tuti Mine (horizontal 1 : 1000, longitudinal 1 : 400).

20%。

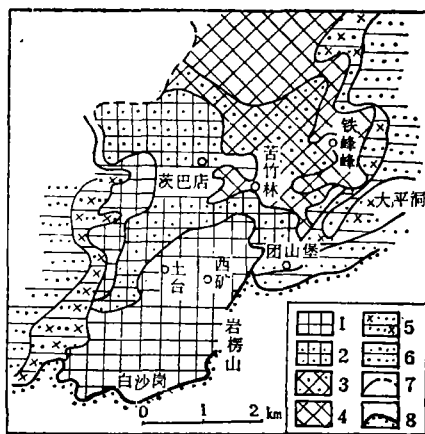
本区工业铁岩无一例外都堆积在泥炭沼泽之中(位于煤层和沼泽沉积物之上)。綦江以南的土台铁矿,在綦江段下层沉积时,湖沼中部为泥炭湖沼相,东西两侧依次出现淤泥沼泽相,滨湖沼滩相及边滩-湖滩相等相区。綦江段中层沉积时期,在前述泥炭湖沼及淤泥沼泽微相之上,沉积了各类铁岩;而在前述滨湖沼滩相上沉积了铁质砂岩。铁岩层由南西向北东,沿矿体长轴方向依次出现赤铁矿、菱赤铁矿、赤菱铁矿及菱铁矿等相区。在南部还出现一个中间为菱赤铁矿,而东西两侧为赤铁矿的横向分带(图 5、6)(2)



1.泥炭湖沼微相 2.淤泥沼泽微相 3.滨湖沼滩微相 4.边滩-湖滩微相 5.相区边界 6.綦江段露头线

图 5 土台矿区綦江段下层岩相古地理图

Fig. 5 The lithofacies paleogeographic map of the lower bed of Qijiang Segment in Tuta Mine.



1.赤铁矿微相 2.菱铁矿微相 3.赤菱铁矿微相 4.菱铁矿微相 5.滨湖沼铁质砂岩微相 6.边滩-湖滩微相 7.相区边界 8.綦江段露头线

图 6 土台矿区綦江段中层岩相古地理图*

Fig. 6 The Lithofacies paleogeographic map of the middle bed of Qijiang Segment in Tuta Mine.

*)根据[3]的插图修改、补充。

綦江段沉积的晚期及珍珠冲上段沉积的早期,北部半深水湖泊扩大,淹没了重庆、綦江地区,形成了半深水湖弱还原沉积。但为时不久,湖水退出,转变为河流-洪泛盆地相的干热红层沉积。

四、铁岩成因探讨

1.有利的古地理和古气候条件 江南古陆经剥蚀夷平,地表出露含铁较高的岩石,在湿、热及有机质参与条件下,铁质由溶解度极低的 Fe^{3+} (0.001毫克/升)转变为溶解度较大的 Fe^{2+} (主要为碳酸氢铁、有机铁)。经实验计算, Fe^{2+} 在25℃,碱度2毫克当量/升,含盐量220毫克/升的条件下,pH为5,在水中的溶解度为500毫克/升。其它条件相同,pH为6,水中的溶解度为50毫克/升;pH为7,水中溶解度为5毫克/升。目前我国大兴安岭林区半固结岩石中地下水含铁(Fe^{2+})达13.5—20毫克/升^[3]

綦江段形成时期处于晚三叠世温湿成煤环境向早侏罗世干热红层沉积环境转变的初期,利于植物生长,沉积物中富含炭质、炭屑及石化木,部分还形成了煤,半干旱气候条件,利于湖水蒸发,铁质浓缩和湖沼上部氧化水层的形成。

位于江南古陆与半深水湖泊之间的河流-滨湖平原上的泥炭湖沼,北部因半深水湖泊的湖水涨落漫漫,湖沼中铁质不易集中,难以成煤、聚铁;南部湖沼地势高,规模小,形成的铁岩规模小;在中部(綦江附近)的湖沼,面积较大,铁质来源丰富,利于成煤、聚铁。

2.铁质的搬运 綦江段沉积时,江南古陆西北侧是须家河组砂岩分布区。江南古陆风化淋滤带入地下的重碳酸铁,随着砂岩孔隙水,不断向北运移。但由于须家河组在重庆、万县一带出现含煤隔水层段,潜水受阻,于该组冲积区附近的河床、洼地溢出,补给到泥炭湖沼、河流及半深水湖泊中。我国松辽平原第三系的地下水含铁1.6—12.5毫克/升,长江中下游半固结沉积物中地下水含铁3.5—20毫克/升,它与四周的含铁岩石的地下水补给有关。现代流经江南古陆的沅江,其出口处的松散沉积物中,地下水含铁还达10毫克/升^[3、4]。

铁岩沉积时期,綦江附近的河流-滨湖平原距古陆较近,地势较低,含铁地下水排泄点多且水量较大,因此,在附近的湖沼中形成了一系列工业矿床。永川、江津至北碚的河流-滨湖平原距离古陆远,地下水含铁量少,形成的矿点虽多,但工业矿床甚少(图1、3)。由江南古陆流经黔江,石柱的河流-滨湖平原,也形成了个别矿床及矿点。

3.铁质聚集和沉淀条件 綦江段铁岩的沉积盆地是泥炭湖沼,一些研究较好的同类湖沼资料,可供借鉴。美国弗吉尼亚州迪斯马尔沼泽,明尼苏达州罗斯堡沼泽及本特塞德湖、明尼汤卡湖的沉积物测得下部粪泥及碎屑粘土层中水的Eh为0—+200mv;泥炭层为+170—+400mv;上部粪泥沉积为+300—+350mv。沉积物之上的湖沼水,则由底部的+200—+400mv,向上到湖沼水表面逐渐升高至+400—+600mv以上^[5]。这样构成了湖沼水和沉积的氧化-还原垂向分带。前述各湖沼中的pH值,一般5—6。

从许多标注有铁矿物稳定范围的pH—Eh综合图中看出,pH由6变到5的区间内,

铁的氧化物—碳酸盐界面由 +155mv 上升到 +280mv。而有机质界面为 0^{mv} [4、6]。故有机质(包括泥炭)是降低湖沼水 Eh, 使 Fe^{3+} 或铁的氧化物转变为 Fe^{2+} 或铁的低价化合物的还原剂。

日本油渊湖水, 在停滞期, 于 0—4 米处, 含氧量是 5.4—1.33 毫克/升, Fe^{2+} 均 <0.02 毫克/升, 全铁 0.33—0.67 毫克/升; 而在 4.7—5 米处, 含氧量降至 0.07 毫克/升, Fe^{2+} 达 23.8—29.0 毫克/升, 全铁达 24.8—39.5 毫克/升。介于其间的 4.54 米, 含氧量是 2.91 毫克/升, Fe^{2+} 3.7 毫克/升, 全铁 24.08 毫克/升 [4]。我国云南滇池表层湖水含铁量 0.007 毫克/升; 而沉积物的孔隙水达 29 毫克/升¹⁾。上述实例说明酸性、还原性水可以溶解聚集铁质; 氧化性水因 Fe^{2+} 氧化沉淀而含铁甚低; 介于其间的部位, 是 Fe^{2+} 氧化成 $Fe(OH)_3$, 并发生沉淀的界面。由于湖沼受一定量的氧化性地表水的补给, 在浅水或水底缺少泥炭的边部, 铁的氧化—还原界面较低; 在湖沼中心及滞流区界面较高。

形成綦江段铁岩的泥炭湖沼中的水, 也具有上述特点。由地下水带入的铁质, 在湖沼成煤之前, 有的已经饱和沉淀, 并形成了部分菱铁矿透镜体。而成煤期, 植物繁盛, 利于铁质分解搬运。泥炭湖沼中铁质来源更为丰富, 从而在成煤期后转入铁岩沉积期。当铁质以扩散或地下水注入的方式进入上层氧化性水中, 在氧或铁细菌的作用下, Fe^{2+} 被氧化为 $Fe(OH)_3$ 微粒沉淀 [4、7]。这一过程在我国许多含铁地下水除铁时已广泛采用。一般含铁地下水曝气 2—3 小时, 即可沉淀水中 Fe^{2+} 的三分之一至一半 [3]。

铁质来源不足时, 将随水中 Fe^{2+} 减少而停止沉淀。沉入湖底的氢氧化铁有的被还原溶解转入湖沼水中 [7]。当铁质补给充分时, 氢氧化铁不断沉淀, 在 Eh 较高的地区聚集 $Fe(OH)_3$, 并转化为赤铁矿, 在 Eh 低的地区, 被还原交代形成菱铁矿(图版 I, 1、2、3)。当铁岩堆积较厚, 下伏泥炭水对氢氧化铁的还原能力减弱, 开始形成含赤铁矿、磁铁矿的菱铁矿(图版 I, 4、5)。以后出现以赤铁矿为主的铁质沉积物, 只是在植物碎片周围还见有少量菱铁矿; 有时还可形成单一的赤铁矿(图版 I, 5、6、7、8)。铁岩沉积以后, 区域性水进使湖沼水加深形成半深水湖泊, 湖底沉积物中 Eh 低的水, 对铁质沉积物再次还原, 使其上部转变为菱铁矿, 磁铁矿。这样形成了纵向上菱铁矿夹赤铁矿的产出特色(图 4)和横向上的铁矿物相的分带现象(图 6)。

在前述过程中, 半固结的铁质胶体有时被河水入侵或风浪冲刷、打碎, 形成内碎屑, 被带到更为稳定的部位, 同氢氧化铁一同沉淀下来, 形成内碎屑铁岩, 或被再次打碎形成复砾构造(图版 I, 5、6)。动荡水体中 Eh 较高, 故内碎屑铁岩中赤铁矿较多, 有的内碎屑被带入还原带中被还原或被菱铁矿胶结, 形成磁铁矿、菱铁矿内碎屑铁岩(图版 I, 4、7、8)。其它铁岩中赤铁矿颗粒常被菱铁矿胶结, 其形成机理相似 [4、8]。

不同湖沼由于水的深浅不同, 铁的氧化—还原界面高低不同, 因此菱铁矿、赤铁矿比例及内碎屑铁岩、泥晶铁岩比例也不同。北部接龙湖沼较深、较大, 微晶菱铁矿铁岩较多。南部的大罗坝湖沼较浅, 赤铁矿内碎屑铁岩较多。位于其间的各湖沼, 则介于其间(图 3)。

1) 肖永林、罗建宁等, 1982, 滇池湖盆研究新进展, 西南地质科技通讯, 第 30 期。

湖沼的边缘偶有河水入侵,可冲刷掉整个矿层,或形成冲刷面及铁岩砾石。有时还带入泥砂,中断了铁质沉积,形成铁岩透镜体之间的砂岩薄层,甚至再度成煤(图4)。入侵结束后,湖沼中铁质浓度回升,再次沉积铁岩。当这种作用较弱时,只造成湖沼氧化—还原界面升降,形成了铁岩层中各类铁岩的韵律性重复。

五、结 语

川东及其邻近地区的早侏罗世铁岩属陆相湖沼型沉积铁岩。

通过与其它铁岩对比看出,它的许多形成条件和作用,也是各类铁岩形成必不可少的条件和作用。其中值得提出的是:国内外许多铁岩下伏碎屑沉积物中的潜水搬运作用,是重要的铁质搬运方式,特别是陆生植物尚不发育的时代,这一方式更为重要。其次,气候的潮湿至半干燥,有机质比较丰富,是构成水盆氧化—还原介质分带和铁质浓集所必须的。其三,我国的宁乡式、宣龙式,苏联晚元古代的安加尔铁矿、晚古生代的卡腊日阿里铁矿、北地群岛铁矿、英国侏罗纪铁矿、法国侏罗纪洛林铁矿等海相铁岩,及苏联中生代列别佐夫、利萨科夫等陆相铁岩〔4、8〕,在铁岩层的顶、底常常伴有氧化—还原性沉积物,看来也是在水盆氧化—还原的介质条件下形成的。

从前述资料看出,本类型铁岩在重庆、綦江地区的成矿远景较大、石柱、利川地区也有远景。今后应在江南古陆以北的河流—滨湖沉积区寻找新的矿床。

图版来自成都地质矿产研究所及四川省地质局110队的有关资料。

在本文撰写过程中,曾得到成都地质矿产研究所和川东南队罗建宁、马永禄、王贵泽、钱柱华、冯雁燕等同志的帮助,特致谢意!

(收稿日期1983年9月12日)

参 考 文 献

- 〔1〕韩德馨、杨起,1980,中国煤田地质学 下册,煤炭工业出版社,252—260。
- 〔2〕地质科学院地质矿产所,1976,铁铜矿产专辑六辑,地质出版社,83—105。
- 〔3〕哈尔滨建筑工程学院给排水教研室,1977,地下水的除铁,中国建筑工业出版社,2—7,14—68,123—124,351—354,357—362。
- 〔4〕H.莱普,1980,铁的地球化学,地质出版社,29—48,56—89,106—125,243—262,271—291,351—354。
- 〔5〕F.M.斯温,1979,陆相有机地球化学,科学出版社,34—39,50—77,85—97,155。
- 〔6〕刘室珺主编,1980,沉积岩石学,地质出版社,68—71,241—246。
- 〔7〕H.r.霍洛得尼,1957,铁细菌,科学出版社,144—155,159—171。
- 〔8〕Смирнов В.И.1978,Рудные Месторождения СССР изд «НЕДРА» Москва,ТОМ 1. С 9—17,27—31,79—91ис.10—18,23—29,82—93。

APPROACH ON DEPOSITION ENVIRONMENT AND FORMATION PROCESSES OF EARLY JURASSIC IRONSTONE IN EASTERN SICHUAN AND ITS ADJOINING AREA

Xu Xingguo

(Eastern Sichuan Geological Brigad, Sichuan Bureau of Geology)

Abstract

The ironstone is gray, dark purple micriti, intraclast siderite with an interlayer of purple intraclast hematite of 1-5.5m thick. It is found on the quartzose sandstone and coal bed of river and lake-shore facies in lower Jurassic, it is 2-10m thick. Its roof is lacustrine sandstone and shale, being 2-15m thick. This stratigraphic section is called Qijiang segment, it is distributed at Chongqing, Qijiang, Shizhu and Lichuan, etc. The industrial deposit is accumulated in the south and north of Qijiang (Figure 1,3). Without exception the ironstones are all accumulated over the peat-swamp deposits that include coal-bed and carbonaceous shale (Figure 5,6). Therefore, there is no ironstone accumulated over the sediments of river-lake-shore and argillaceous swamp of the adjoining area.

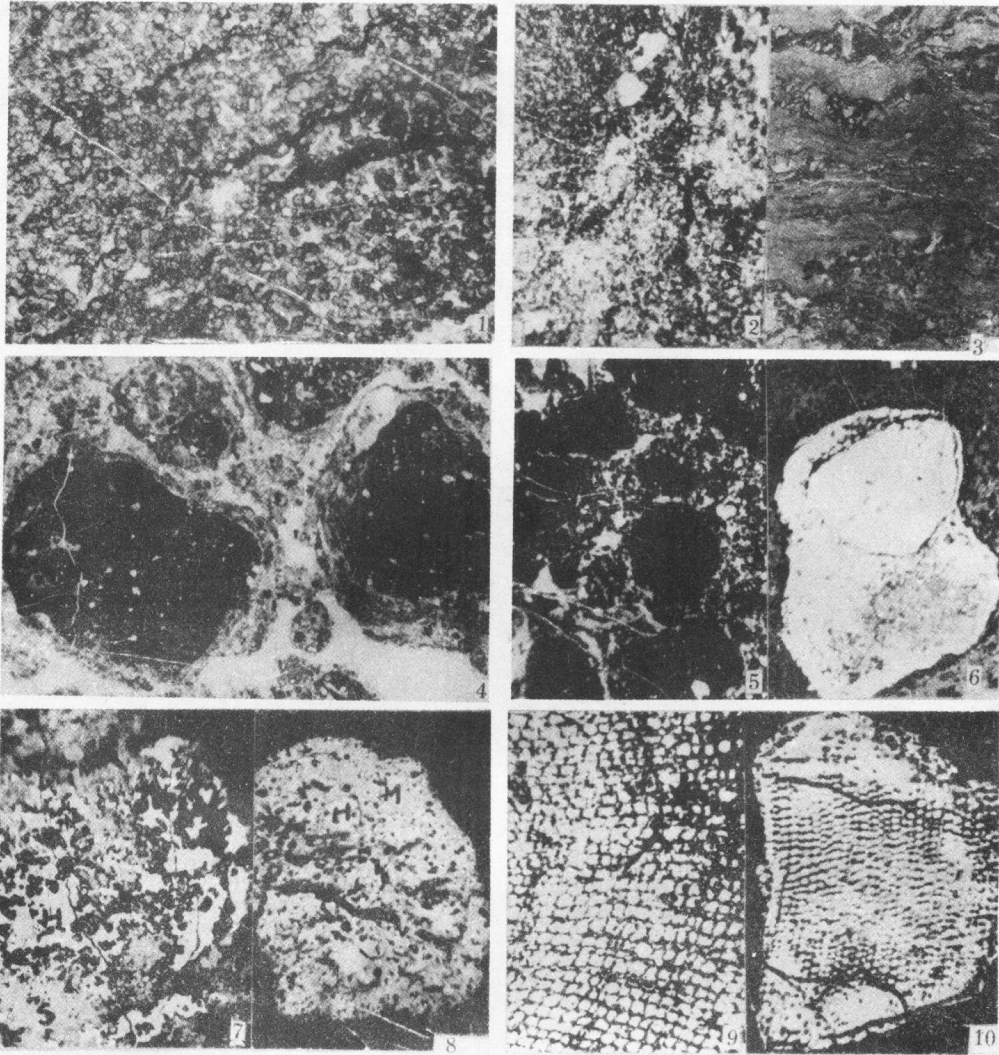
The underlying strata of Qijiang segment are late Triassic yellow medium-fine grained feldspathic quartzite sandstone with an interlayer of little claystone and coalbed, its thickness is between 200 and 600m.

During ironstone deposition, the old-land of Proterozoic metamorphic rock was exposed in the southeast area, the half-deep water lake occurred in the north area and between these two areas there was river-lake-shore plain on which were distributed some peat-swamps. After the peat was formed, the cover water of these swamps was slightly deepened. As the water medium was reduced by base peat, Eh of the pore water in the lower peat-bed was $0\text{mv} \pm$ and it rose to 400-600mv on the upper limnetic water, thus forming the vertical-divided zone of oxidation-reduction of limnetic water. When pH (or pH value) of the peat-limnetic water generally 5 to 6, the oxidation-reduction boundary of the ferri-oxide--ferri-carbonate was between 150 and 280mv (figure 8).

The ferri-rock of old-land formed $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ with greater solubility under the action of organism. $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ came into half-solid sediments of late Trias and was transported toward north in phreatic form. The ferri-ground water in fused peat limnetic. The difficultly solvable $\text{Fe}(\text{OH})_3$ was formed and deposited in micriinite by oxidization of oxygen and ferri-germ when Fe^{2+} reached above the ferri oxidation-reduction boundary. Then siderite-micrite ironstone was formed by the

reduct-replacement of limnetic base medium. With the thickening of accumulation of ferri sediments, the reductive ability of base medium was weakened and therefore, hematite micrite ironstone was formed. The intrusion of river water or the wave action produced intraclast-ironstone. The roof and floor of some ironstone are generally accompanied by redox-rock both at home and abroad and it seems that the mechanism of formation is the same.

This paper shows the prospect direction of this kind of iron ore and presents some new ideas about the origin of ironstone.



1. 块状微晶菱铁矿铁岩, 单光 $\times 70$ 2. 块状泥晶—微晶菱铁矿铁岩, 含石英碎屑(白色), 单光 $\times 40$ 3. 条带状泥晶—微晶菱铁矿铁岩, 含绿泥石及石英碎屑 $\times 4$ 4. 微晶—内碎屑铁岩, 赤铁矿砾(黑色)和菱铁矿砾(灰色)分布在微晶菱铁矿中, 单光 $\times 30$ 5. 微晶内碎屑铁岩, 赤铁矿砾被微晶赤菱铁矿胶结, 单光 $\times 40$ 6. 内碎屑铁岩的含磁赤铁矿复砾, 分布在微晶赤菱铁矿中, $\times 72$ 7. 赤铁矿(H)被菱铁矿(S)交代的残余结构, $\times 120$ 8. 砾中磁铁矿(M)交代赤铁矿(H), $\times 120$ 9. 保存有良好植物细胞结构的微晶菱铁矿铁岩, 单光 $\times 100$ 10. 保存有良好植物细胞结构的磁铁矿砾 $\times 72$