

古地磁学、工作方法及其应用(三)

古地磁的应用

古地磁学在地球物理学和地质学方面的应用,其依据是地磁场在从前寒武纪到现在的全部演化过程中,磁极位置不断移动,极性经常倒转。也就是这一依据对大陆漂移和海底扩张等假说提供了重要证据。对地球膨胀说(即地球半径在缓慢地增大)提供了数据,可计算出各个地质史期的地球半径。用古地磁学研究宇宙星球(例如月球、陨石)上物质的磁性,从而了解地磁场的起源和演化等方面的问题。根据测得的地磁倾角,可算出样品产地的古纬度。古纬度是说明古地理、古气候的重要依据。所以,研究古地理和古气候也必须参考古地磁学的研究成果。

下面侧重介绍古地磁学在矿床地质学,特别是在研究成矿区和找铁矿方面的某些应用。大陆漂移和海底扩张以及由海底扩张假说引伸出来的岩石圈板块构造理论,与古地磁学关系密切,对研究金属成矿区的分布、成矿物质来源、探索新的找矿途径都是有帮助的,所以,也顺便作一简单介绍。

1. 地质年代学和地层学方面的应用

平均地磁极位置移动和地磁极极性倒转的规律都可用来确定岩石绝对年龄和划分地层(这种划分是全球性的、统一的)。但磁极位置的变动没有极性倒转的快,而且极性倒转正反极性明显,易于识别。对于同一地块上未知年龄的岩石测得其平均磁化方向后,与该地块的磁极漂移曲线比较,即可确定它获得磁性的时间。有用这样的方法确定热液矿床年代的例子。如果没有磁极漂移曲线可对比,也可以求得不同岩石的相对年龄。由于到现在还没有得出精确的磁极漂移曲线,样品采集地点与磁极相对运动的速度很慢,这与确定年龄的精度有关。用此法只能准到 10^7 年左右。比较准确的方法是利用磁极极性倒转。现已初步确定出整个地史期地磁场极性倒转的大致规律。从寒武纪到早奥陶世为反极性、晚奥陶世为正极性、石炭纪到二迭纪又是反极性、中生代又为正极性、第三纪极性倒转次数较多,第四纪为正极性。以上所讲的是各个地史期占时间长的主要极性。实际上各个史期除主要极性外,还有次数不等的、与主要极性相反的反极性。石炭纪到二迭纪由290~230百万年这段时间称为基阿曼磁化间隔是反极性期,占很长一段地史期。原来认为在这段反极性间隔内不存在正极性期,但后来发现有若干时间短的正极性事件。在整个中生代也划分出两个以正极性为主的间隔:格拉哈姆间隔(203~150百万年)和麦坎顿间隔(120~70百万年),二者之间的间隔称为混合间隔(150~120百万年)。

海茨勒等人推定出的极性年表见图14。推定方法很简单,即用计算的轴带扩张速度(1.9厘米/年)去除到南大西洋模型磁化体的距离。图中黑色的表示正极性,白色的表示反极性。在这段76.3百万年(接近8千万年)时间里共有171个极性间隔,其中包括短达3万年从磁异常极性可以分辨的一些事件,最长的间隔大约为3百万年。平均正极性间隔长

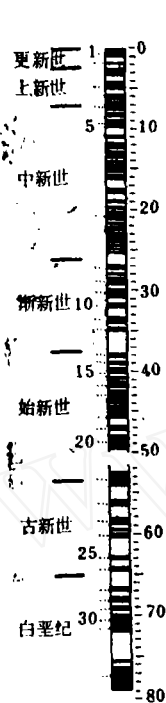


图14

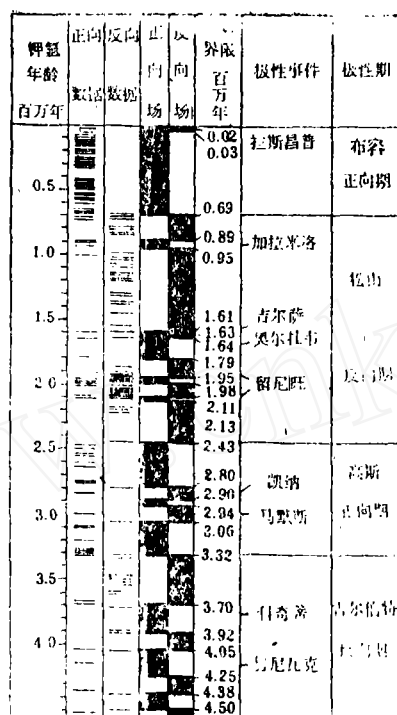


图15

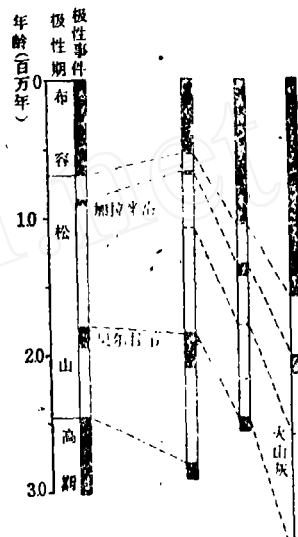


图16

0.42百万年, 平均反极性间隔长0.48百万年。目前已公认的比较准确的是科克斯等人编制的五百万年的地磁极性年表, 广泛地采用了钾-氩法测定岩石的绝对年龄, 使古磁资料与之对比, 最后编制成图15中所示的年代表。表中划分有四个极性世, 每个世还包含几个与主要极性相反的极性事件。比5百万年(实际上是450万年)的极性年表虽然比较精确, 但还不完善, 因为新的短期极性事件仍继续有发现, 所概括的时间只有五百万年, 仅占从寒武纪到现在漫长地质史期的1%, 占整个地史期99%的地磁极性年表只有一个粗略的轮廓, 有待进一步累积资料统一编制。

根据地层地磁极性变化与地磁极性年表对比, 可以确定地层的年代(可以区分二迭纪和三迭纪的砂岩或矿体), 甚至可以计算地层沉积的速率。图16表示采自北太平洋深海钻探的三条岩心与地磁极性年表对比。很容易地根据正(黑色的)反(白色的)极性的交替, 划分出不同年龄的各层, 知道各层的厚度可算出沉积的速率。

2. 研究大地构造

(1) 大陆漂移的古地磁证据 根据世界各大陆不同年代岩层的古地磁测量结果, 计算出古磁极位置。对每个大陆每一地史期可求得一磁极平均位置。如果假定古磁极的平均位置与地球转极重合, 那末从各大陆不同地史期磁极平均位置来看, 相对各大陆来讲, 转极有改变。早古生代的古磁极一般都在赤道附近, 晚古生代的古磁极位于中纬度地区, 中生代和新生代的古磁极位置则位于地理极附近。将每个大陆各个地史期磁极位置顺序联成一条曲线, 叫作磁极漂移曲线, 表明该大陆古磁极位置在整个地史期的变化, 图17上表示有北美、南美、欧亚、印度、澳大利亚和非洲大陆在显生宙这段时间的磁极漂移曲线。不难看出, 它们彼此不重合。北美大陆的磁极漂移曲线位于欧亚大陆以西, 说明相对欧亚大陆而言, 北美大陆向西漂移。而非洲、印度和澳大利亚等大陆相对欧亚大陆来讲, 则是向东漂移。于是证明, 大

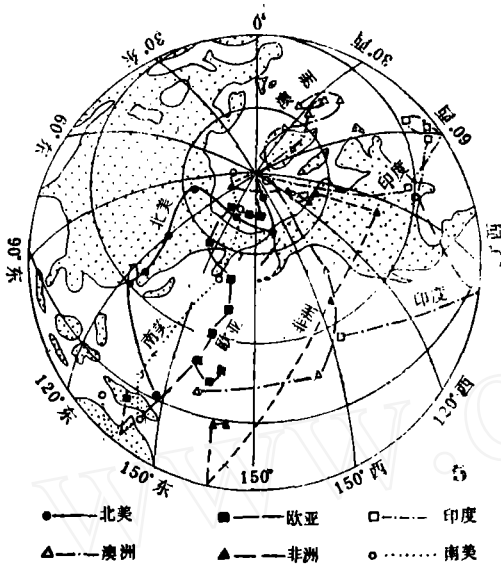


图17

陆确有漂移。要恢复大陆本来面貌必须参考古磁极漂移曲线,但仅靠古地磁资料还不能确定古大陆的位置,还须具备其它方面的依据。有两种想法:一种是古大陆原来只有一块,称为联合古陆,在三迭纪以后从三迭纪开始才分开成现在的样子;另一种想法是原来有两块古陆,包括欧亚和北美的劳亚古陆与包括南美、非洲、澳大利亚、南极洲和印度的冈瓦纳古陆,分裂的时间是在古生代以后。两种想法各执其理由,还未能统一。现在已根据古地磁研究结果,证明冈瓦纳古陆到二迭纪又一分为二,一块包括非洲和南美洲,一块包括印度、澳大利亚和南极洲。在三迭纪印度开始离开澳大利亚和南极洲向北漂移。到侏罗纪,南美和非洲彼此分离,到第三纪印、澳、南极洲完全分开,最后构成这

几块大陆的相对分布。其中印度向北漂移了5千多公里(知道古纬度和现在的纬度,根据地球半径,可计算出漂移的距离,如果知道了岩石的年龄,还可求得漂移的速度)。若将各个大陆恢复到原来的位置,重新计算古磁极位置,则发现计算得的石炭纪、二迭纪和三迭纪的古磁极位置相当接近,有力地说明在这段地史期,这几块大陆原来是一体(联合古陆),可参看图18。此联合古陆在三迭纪才开始分为上述两块泛古陆。

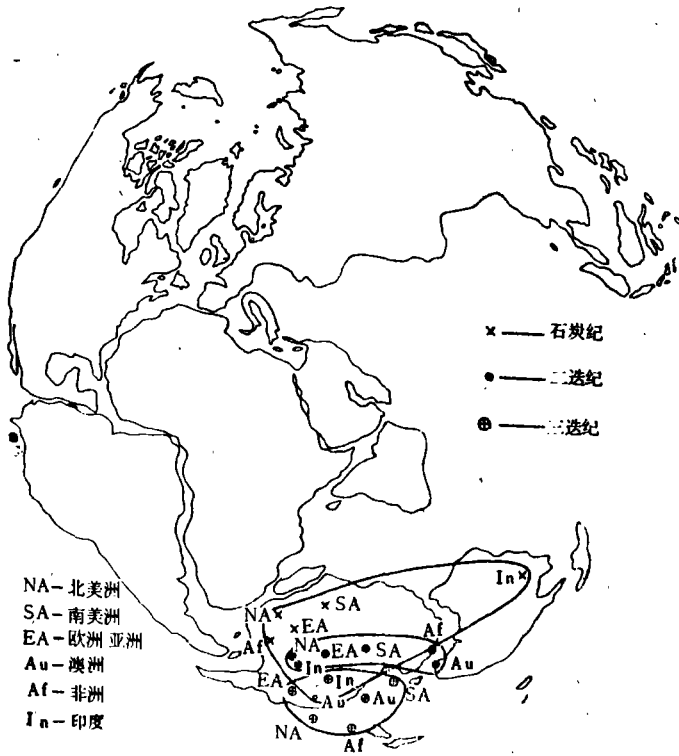


图18

(海底山脉)的顶部喷出地幔对流物质,在此产生新的海底地壳。新海底地壳生成后,逐渐移离海岭向两侧扩张,原来的熔岩也向海岭两侧移动,移到海沟(海洋和大陆交界处)下沉返回到地幔。高热地幔对流物质从海岭涌出后,在地磁场中冷却固结成熔岩,于是获得磁性,方向与当时地磁场方向同。由于海底不断在扩张(速度每年几厘米),同时

(2)海底扩张与海上磁异常

对海洋广泛进行磁测结果,发现在美国加利福尼亚州以西的东太平洋中有一条按正、反磁化方向排列的条带状磁异常(图19)。

根据海底扩张说,大洋中央海岭



图19

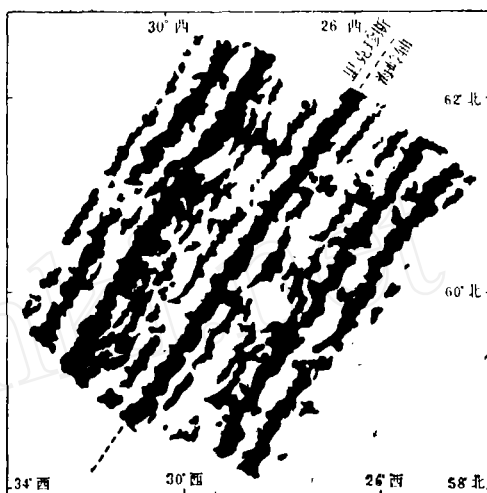


图20

地磁场在其演化过程中正、反极性经常交替倒转，所以海底岩石的磁场极性也相应地正负交替，正负异常都呈条带状，与海岭的走向平行。各条测线上的磁异常彼此对应，能连结起来。正、反交替的磁异常对称地分布在海岭两侧，这种海底磁异常的分布特征在其它大洋中也有。图20和图21是冰岛南面的雷克雅奈斯海岭的航空磁测剖面图和正负磁异常条带状分布图。海底扩张速度变化不大，向海岭两边扩张的速度一样，所以正反磁性的条带状磁异常的宽度正好反映出地磁场极性倒转的历史，应当与地磁极性年表上的时间间隔成比例。图22表示中央海岭条带状磁异常与科克斯的地磁极向年代表的对比。图的中间部分代表布容期（表示现代的），两边对称，愈往左（或右）表示时间越老，代表不同的年代（不同的极性期）。海底沉积物也带有天然剩余磁性，而且表现有正反交替磁化的特征，这在图3（见本刊第1期）中已作过介绍。可以利用古磁资料进行地层对比（已形成一门学科，叫做地层磁序学）。

海底条带状磁异常延伸很远，如果海岭被一水平大断裂所错动，则条带状磁异常也被切成两段。这种水平大断裂不是一般的平移断层，而是一种特殊的断层（称为转换断层）。其

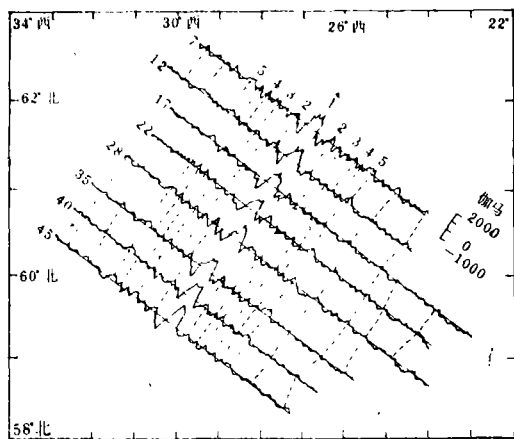


图12

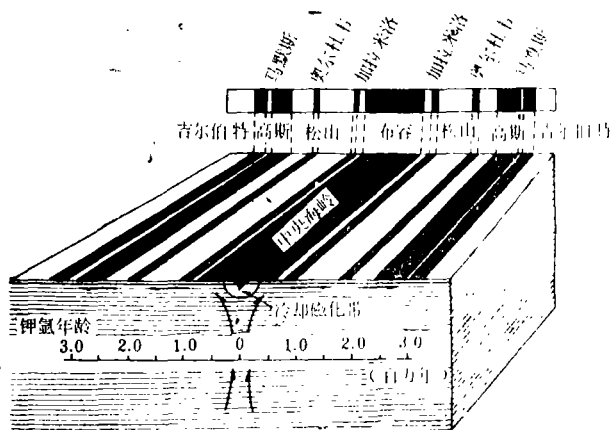


图22

特征是在断开的两段海岭之间的这段断裂带，两边的切应力方向与平移断层两边的切应力方向刚好相反，在这段断裂带上是地震的震中区，这是由于海底扩张的缘故。在两段海岭以外的断裂带上，两边的切应力都是向外的，而且地震很少。转换断层的这种特征已由发生地震的机制，测定应力（错动）方向得到了验证。

从海底扩张假说进一步引伸，建立了全球岩石圈板块构造理论。认为地球的岩石圈不是一个整块，而是由海岭、海沟、转换断层等构造所割裂的六个板块构成。这六个板块是：欧亚、非洲、美洲、南极洲、澳大利亚和太平洋。太平洋板块完全为水域，其它板块为大陆包括一部分海洋。如果把美洲再分为南北美两块，将印度从澳大利亚板块划出，将太平洋也分成两块，共有九个板块。这些板块由于对流传送由海岭向两侧扩张，在达到活动的大陆边缘、海沟或岛弧处，则又下沉返回到地幔，是通过软流层来完成循环对流的。大陆漂移、海底扩张和板块构造，有人认为是大地构造活动的三部曲，与地质找矿关系极为密切。

(3) 研究局部构造 古地磁学还应用于研究小的局部构造。因为构造变形使其不同部位的岩石剩磁方向发生改变，所以对之进行古地磁研究可获得有关构造形态和发生变形的时间方面的资料。根据所确定的磁化方向的差异，参考构造附近未变形的地层的层态，可以确定构造各部位相对错动的距离。一套沉积地层的产状，或者是火成岩成层平面，往往有很大的变动，这些地层的产状原来是水平的，还是原来就是象现在这样的，用古地磁的工作方法可以解答这个问题。这在剩磁稳定性检验的一节中已讲过了。下面我们还要举一个实例来说明。对发育在一个大陆块里面的构造，例如欧洲外阿尔卑斯地区和伊比利亚半岛，科里斯卡和撒丁岛等地区之间的相对运动，经古地磁研究已比较清楚了，这对了解撒丁和托斯卡纳等地区的矿床成因是有益的。再如，肖德贝里镍矿床其产状原来就是现在这样的，还是原来是呈近似水平而是后来遭受褶皱才变成这样的？古地磁结果作出了比较确切的分析。对许多类似的构造问题，古地磁也都能够提供直接或间接的证明资料。

3. 预测矿产

(1) 古地理、古气候预测沉积矿产 这里所讨论的是根据古地理和古气候资料来预测某些沉积矿产在空间和时间上的分布。古地理和古气候资料多半是依据古地磁测量所推算出的古纬度数据提供的。根据各地区各个地史期的等古地理纬度线（古赤道线和古地极位置）可绘出古地理图。控制气候的因素与地磁场没有关系。为了对比，须建立某些古气候标志来表示气候的某些单元，现在年平均温度在赤道上是 $+25^{\circ}\text{C}$ 左右，在极地为 -25°C 左右。由赤道到极地的温度范围在过去是可能有变化的。最简单的古气候模型是依据太阳到地面的热通量推出来的，在赤道热通量最大，在极地最小。现在有许多气候标志（例如，珊瑚礁、蒸发岩、碳酸岩）。其分布密度都是在赤道上最大，在极地或高纬度地区的分布密度为零或是最小。而冰川和某些落叶树的分布密度则相反，在极地或中纬度地区最大。现代珊瑚礁对称于赤道分布，分布的频数以纬度 $10^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 之间的最大，分布区在赤道南北纬度 30° 以内。古珊瑚在现在纬度圈上的分布与现代珊瑚不同。但根据其所处的古纬度范围而言，则和现代珊瑚的分布相似，95%产在南北纬度 30° 范围内。蒸发岩（石膏、硬石膏、石盐）的沉淀需要高的温度。近代的蒸发岩都产在热带和温带沙漠区或半沙漠区，与干燥的季风带和大陆干旱中心有伴生关系。在北纬 53° 以北或南纬 43° 以南未发现这种蒸发岩（只有两处例外，一在东非，一在秘鲁，是产在赤道南北纬度 10° 范围内。古蒸发岩分布于现在纬度 30°S 到 80°N 之间的地带，根据其古纬度则有75%分布在古赤道 30° 范围内。在植被的堆积率超过腐烂率的地方，也就是在有热带喜雨森林的地方（腐烂的快，生长率也高），或是在寒冷的地方（生长率虽不高，但腐烂率受寒冷气候抑制）有煤形成。煤田按古纬度分布可划分为两组：一组产在西欧

和北美属于石炭纪的煤田,其古纬度低,另一组的古纬度高,例如产在加拿大,西伯利亚和南部诸洲的二迭纪煤田。这两组煤田所含植物群化石也有明显的差别。铝土矿大多数都产在赤道南北纬度 30° 范围内,石油、磷也一样。大多数沉积铁矿也产在中~低纬度区,这是因为赤道或低纬度地区,气候炎热而潮湿,日照时间长有利风化淋滤产生氧化还原作用,容易形成这类铁矿床(当然还得有其它附带生成条件)。实际上世界上著名的几个产在前寒武纪含铁建造里的富铁矿(例如澳大利亚、印度、加拿大)的古地磁测定结果,其古纬度也都是在赤道附近的低纬度区。

(2) 研究大陆漂移预测矿产 金属成矿区与大陆漂移之间存在着两种关系:①大陆漂移可使已有的成矿区分离;②还可以形成新的成矿区。对于前一种关系不难由图23看出,当把南美洲和非洲两大陆拼合一起,重建原来的古陆,南美洲东部和非洲西部在两大陆分离之前,它们的成矿区实际上是衔接的。另外如果把非洲大陆的东南部、印度大陆的南部和澳洲大陆西部拼接(图24)可以看出有一上元古代(6~10亿年)的伟晶岩带,含有Nb、Ta、Be、Zr、Sn等矿产。环绕伟晶岩成矿区(印度的科拉尔、澳大利亚西部的皮尔巴拉和卡尔

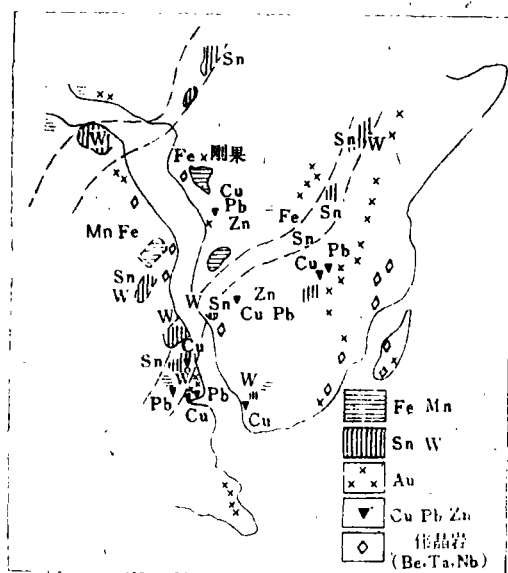


图23

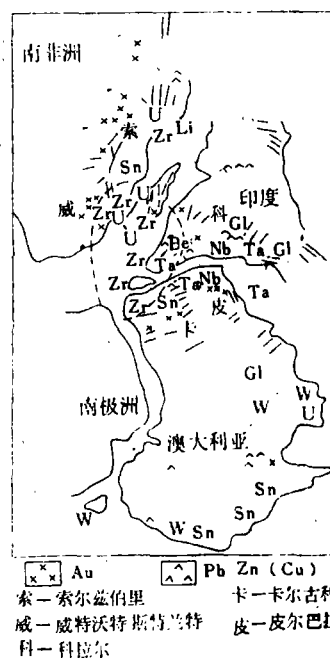


图24

同 源 矿 区

表 2

南 美	西 非	印 度	锡 兰	澳大利	东南非
圭亚那(博尔瓦尔): 绿色片岩中的 含金石英脉 巴西北部(西阿拉): 石英质含金砾岩 瓦拉达累斯(米腊斯、 吉拉斯): Be-Nb-Ta 伟晶岩	加纳: 绿色片岩中的 含金石英脉 加纳-象牙海岸: 塔克瓦系中的 石英质含金砾岩 加蓬: Nb-Ta 伟晶岩	特拉凡哥尔: Zr 伟晶岩 Zr-Ti 砂矿 孟加拉: 云母-Nb-Na -Be 伟晶岩	Zr-Ti 砂矿	格林布什: Sn-Ta-Zr 伟晶岩 黑德兰港: Nb-Ta-Be-Sn 伟晶岩	布什维尔德: Sn-伟晶岩和Sn矿筒 Zr 砂矿 莫桑比克: 云母-Li-Be 伟晶 岩

古利, 东南非洲的斯威士兰和索尔兹伯里) 有一太古代的含金带。在此成矿区, 马达加斯加的位置拼得很好, 正对着非洲东南部, 不是对着肯尼亚, 后来得到验证, 在马拉维南部, 在马达加斯加找到一些稀有矿物 U-Nb-Ta。从表 2 可以看出上述几个大陆的同源矿区。根据这种设想, 可以指出在对应的大陆边缘找到相似的矿床。成矿区内的矿床具有特征的矿物组合, 矿体形状相同。另外, 由于接缝线两侧气候状况相似, 可以预见到产生具有特征的次生变化。

现在再看看前寒武纪含铁建造 (它是赤铁矿富矿的母岩) 在各大陆未漂移之前的分布情况。图 25a 是大陆漂移前大西洋重建图。铁矿集中在非洲南部、巴西、委内瑞拉、北美洲的苏必利尔湖和加拿大魁北克的拉布拉多。图 25b 是漂移前重建的冈瓦纳古陆图, 表示出富铁矿在印度和澳大利亚的分布。图 25c 是重建的劳亚古陆, 表示出克里沃罗格和库尔斯克以及西伯利亚、中国和朝鲜北部的主要铁矿分布。在这些图上的铁矿点都按储量等级表示出来, 图 25c, d, e 分别表示出早元古代含铁建造中的铁矿在冈瓦纳、大西洋和劳亚古陆重建图上的分布趋向。在图 25c 中这种趋向是从冈瓦纳古陆东南部起, 穿过澳大利亚和印度, 向西绕过非洲南部再往北, 然后向西穿过非洲西部和南美洲东部到委内瑞拉以北则趋向不明。在图 25d 中北美洲铁矿分布趋向在西部不明确, 在东部苏必利尔湖区、翁加瓦地区和哈得逊地区都很清楚, 到西部则趋向不明, 到巴芬岛也趋向不明。在图 25e 中苏联和亚洲铁矿的分布趋向是向南通过波罗的海地盾到库尔斯克和克里沃罗格。如果把各大陆早元古代的含铁建造标在重建的联合古陆 (图 26) 上更可以清楚地看出全世界铁矿分布趋向, 其特点是主要产在漂移前的重建的古陆上, 并不是在前寒武纪地壳的边缘 (美国西部、朝鲜、中国是例外)。在其它地方是分布在稳定的地块内。在早元古代时期上述铁矿分布趋势已成定局。这是因为这类含铁建造是在浅海陆棚环境下沉积的, 它们的年龄都是早元古代。另外这类铁矿的全球分布趋向都大致和现代板块的边缘 (由海岭所代表的并包括褶皱带) 平行。冈瓦纳古陆 (包括非洲南部的铁矿分布趋向与海岭几乎完全平行, 北大西洋区铁矿分布趋向与中央大西洋海岭接近平行, 苏联和亚洲的铁矿分布趋向则是部分地与喜马拉雅褶皱带平行。

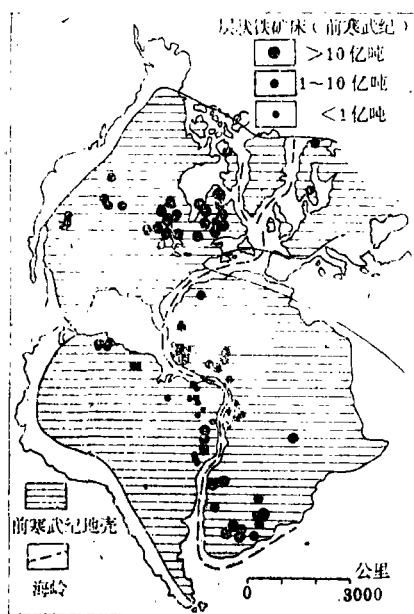


图25a

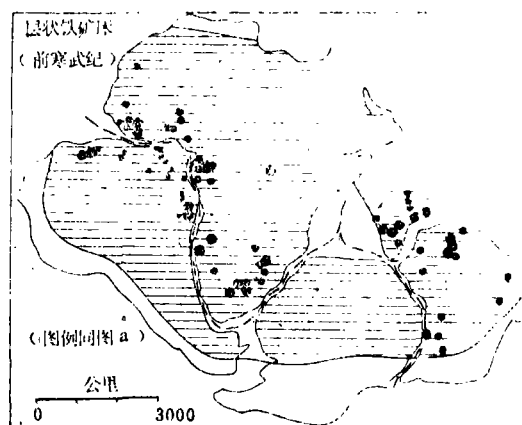


图25b

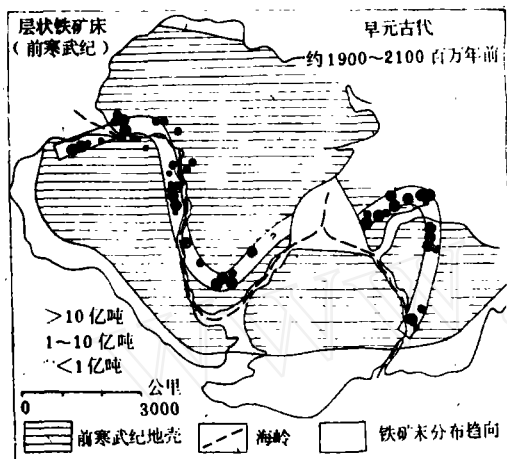


图25c

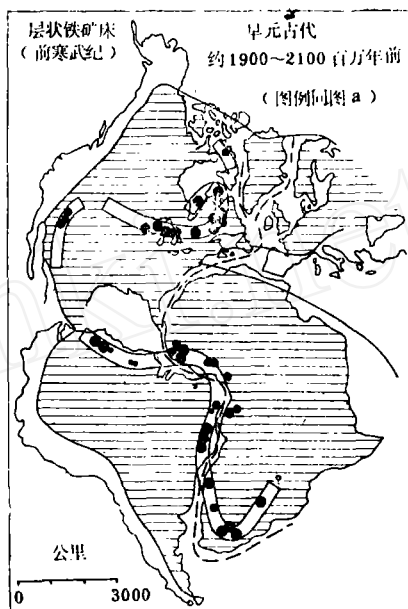


图25d

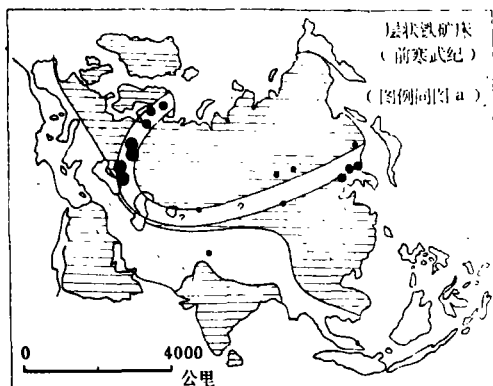


图25e

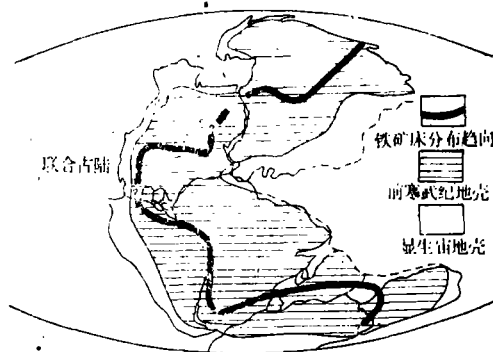


图26

上述关系说明,早元古代在地槽和盆地中,铁、硅大规模地堆积是受到这段地质时期全球板块模型的影响。在这个时期世界上主要的前寒武纪地盾已趋于稳定,使稳定的陆棚大规模地发育。全球环境以氧化为主。生物演化加快,含铁建造的发育与之有关。

从板块构造的观点研究前寒武纪,尤其是早元古代的沉积含铁建造,对了解沉积铁矿的全球分布从而预测这类铁矿是有益的。对含铁建造和其伴生的矿石进行古地磁研究,不仅是对这类富铁矿分布模式的检验,也是研究这类矿床成因和成矿预测的一种重要手段。

(8) 研究板块构造预测矿产 大陆漂移也直接产生新的成矿区。根据板块构造理论,板块部分由硅铝大陆地块组成,包括海洋地壳,海洋地壳产生在中央海岭。这些板块的边缘叫作“增大(或增生)边缘;相对的边缘是在漂移的大陆前沿的边缘,也是消减带,叫作消耗(或消亡)边缘。顺着贝尼奥夫面吞并并吸收板块,这部分海洋地壳和部分大陆地壳于是重熔,形成混合岩浆,混合岩浆是矿石载体。矿床形成在板块的边缘,在此处来自地幔和海洋地壳的玄武质岩浆与来自大陆的深源岩浆进行混合。海岭的纯玄武质岩浆除铁、锰和少量铜以外,含金属很少。玄武质岩浆的挥发物(特别是硫)被收集,金属富集在大陆地壳的再

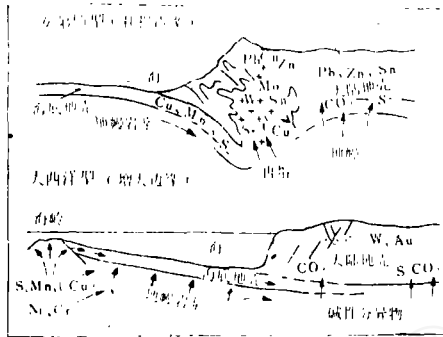


图27

和 CO_2)使某些金属从地壳迁移,形成有疑问的“远成热液”矿床(例如红海两侧第三纪沉积物中的Pb-Zn矿床,沙特阿拉伯海岸的重晶石脉和西奈的锰矿床)。

某些矿床类型与板块的关系

表3

矿床所在位置	矿床类型和例子
产在板块边缘或其附近	矿床、矿区和成矿省的取向平行于边缘,呈拉长状
①增生边缘(展开边缘)	红海海泥海盆中的硫化矿 塞浦路斯岛的硫化铜矿、铬矿
②转换断面	铬矿(危地马拉) 铜和锰矿(北下加利福尼亚)
③消亡边缘(收缩边缘)	主要是大陆-海洋型或岛弧-海洋型,矿床形成于下沉海洋板块对边的不同距离内 铬矿(阿拉斯加) FeS_2 -Cu-Pb-Zn层状致密硫化矿(新布伦瑞克、日本(黑矿)、加利福尼亚、不列颠哥伦比亚) 火山成因伴生海洋沉积的锰矿(古巴、加利福尼亚、日本) 夕卡岩磁铁矿-黄铜矿(波多黎各、伊斯帕尼奥拉岛、古巴、墨西哥、加利福尼亚) 铜(钼)斑岩矿(波多黎各、巴拿马、美国西南部、菲律宾群岛、布干维尔岛) Ag-Pb-Zn(墨西哥、美国西部、加拿大) Au(马瑟洛德、加利福尼亚、朱诺带、阿拉斯加) W、Sn、Hg、Sb(美国西北部和南部)
产在板块内部	矿床呈等轴状、矿区和成矿省的分布没有一定方向性(可顺着横向断裂带)
①在海洋中	Mn-Fe(Cu、Ni、Co)结核 小海盆地中的Mn-Fe沉积物 新张开的或小的海盆中的蒸发岩
②在大西洋型大陆边缘	黑砂、Ti、Zr、磁铁矿等 大陆架上的磷灰岩
③在大陆内部	Au(U)砾岩(维特沃特斯德兰) 默萨比和克林顿型含铁建造 红层铜矿 含铜页岩和赞比亚铜-钴矿 致密斜长岩中的Fe-Ti(V)矿(加拿大、美国) U、U-V矿床(科罗拉多高原) 层状Cr、Fe-Ti-V、Cu-Ni-Pt矿(布什维尔杂岩体) 金伯利岩、金刚石矿 基鲁纳型Fe-(P)矿(密苏里东南部) 密西西比河谷型Pb-Zn-Ba-F-(Cu、Ni、Co)矿床

生熔化物中(图27)。从东进入非洲的红海海岭几乎不提供内生的矿石,但产生卤水和软泥,其中含有从附近陆地淋滤来的金属。太平洋海岭向下俯冲到北美洲西缘,除开带有局部高温热流之外,不产生矿床,可能造成加利福尼亚州来自深部沉积物的年代青的汞矿迁移。

所以,海岭和海沟(即增生边缘)在不同演化期,几乎都不直接提供矿石,只从地幔岩浆提供热量和某些挥发物(例如 H_2S

漂移的板块之间不同的碰撞导致生成不同的矿床。大陆地壳和海洋地壳互撞产生科迪勒拉边缘（例如在安第斯）；海洋地壳与岛弧互撞产生水下多金属矿（例如日本和地中海成矿区），两个大陆板块互撞形成大山脉，不形成深成矿床（如喜马拉雅山脉）。根据两板块相对碰撞的性质，归纳为三种类型的边缘：①增生的（展开的）边缘——海洋中海岭两侧的板块反方向移动的地带；②转换断层——两板块沿接触面错动的地带；③消亡的（收缩的）边缘——两板块相向互碰的地带。矿床类型和板块构造边缘的关系如表3，表中注明有矿床类型和例子。

板块构造既与成矿区有密切的关系，所以它是成矿预测、地质找矿的有利工具。有人利用板块构造的理论对目前世界上现已发现的斑岩铜（钼）矿床的分布进行了详细的研究，认为要找新的没有发现的斑岩铜矿应在中生代、新生代板块俯冲地带的地区去找。这些有远景的地区包括苏门答腊—爪哇、苏拉威西、新赫布里底、斐济这一带的岛屿。在希腊、土耳其和阿富汗也有希望找到。结果在冲绳岛和土耳其果真找到斑岩铜矿，说明预测是成功的。

4. 研究矿床成因问题

赤铁矿矿体和侵入体的磁化方向如果一致，则证明它可能是同生矿床，如果相差很大，则可能是风化残留矿床。利用古地磁方法可提供一种不依赖地质资料来判断赤铁矿矿床的成因。十多年来已用这种方法探讨过美国苏必利尔湖、加拿大斯蒂普罗克湖以及澳大利亚西部等地区的一些著名铁矿床的成因问题，并取得了一些有益的经验。我国在这方面所做的研究还不多，应积极开展这项工作。下面介绍最早用古地磁方法在毛里塔尼亚研究古罗堡的弗·德里克铁矿床的例子。

该矿床产在前寒武纪含铁建造里面，含铁65%以上，几乎全是赤铁矿硬矿，可划分成两类：深部矿和地表矿，前者呈块状，矿体和含铁建造层理一致。由地表向下延伸到750英尺以下，品位和成分变化不大。后一种矿和前一种矿在外观上很相似，但层理不一样，而且延深很小。从图28可看出，深部矿和含铁建造遭受褶曲，呈一拉长的S形构造，向北倾伏。在平面图上，构造的两翼呈37°的夹角。南翼近乎直立，北翼向东呈65°倾斜。一共采了29个样品，采样点的位置和每个样品切成的标本块数均标于图上。样品都经过加热和交变磁场退磁，证明磁性大部分是原生的。用岩石发电机测定了NRM的方向和强度。在等面积投影网上标出了该褶皱两翼的磁化方向（参看图29）。磁化方向偏离现在地磁场方向（说明磁性稳定）并群集在A、B、C三处。从图上还可以看出褶皱两翼的走向和倾角。群集在A和C处的

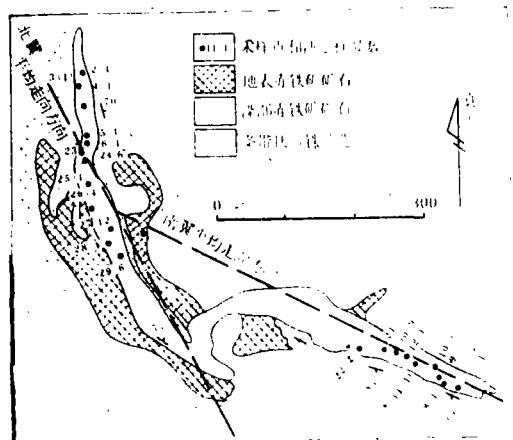


图28

磁化方向呈33°交角，和褶皱两翼的交角（37°）接近相等。如果将北翼转25°使之直立，再旋转37°使它与南翼重合，则两组（A和C）的磁测结果重叠。若再将整个矿带转成水平（展平），则所有磁化方向均集中于一点（图29b）。两翼磁化方向重合有力地说明，磁性是稳定的、是原生的，磁化方向在岩层受褶皱以前已经固定，这表明深部赤铁矿主要是共生成因的，铁是在原来的盆地内在沉积期间富集的，或者是在岩层平卧时由于含铁建造受淋滤作用形成的。图29a中集中于B处的磁化方向主要代表来自

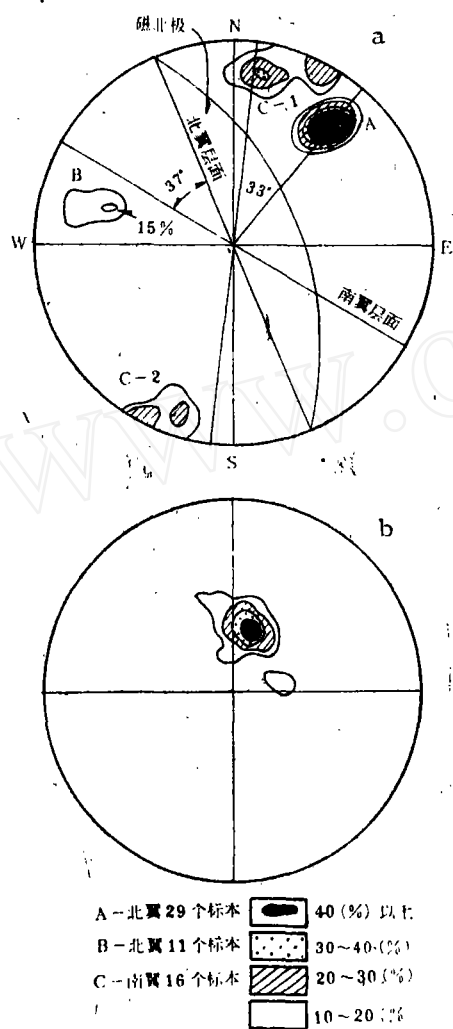


图29

北翼的样品, 认为属于次生磁化, 是在遭受变质作用和褶皱作用时某些赤铁矿再活动产生的或者是少量来自外部的赤铁矿加入引起的。所以, 弗·德里克矿床的成因不止一种, 比较复杂。大部分赤铁矿是在岩层平卧时形成的, 可能在后期赤铁矿重新分布或是有外来赤铁矿加入。内生的赤铁矿和包含它的含铁建造, 其磁化方向应相同。如遭受褶皱, 两翼磁化方向不同, 将两翼“展平”, 则方向变成一致。如有赤铁矿溶液重新沉淀形成新的富集, 则获得新的与原来不同的磁化方向。重新沉淀过程如果是在受褶皱以后, 则两翼的磁化方向应不相同。如果地表风化使脉石矿物被淋滤掉, 形成残余的赤铁矿富矿, 由于矿石崩坍, 矿石原来有规律的磁化方向变成零乱无规则的取向。可是如果有足够的赤铁矿溶液再沉淀, 在软矿上形成一层硬壳, 则其NRM方向将与再沉淀时的地磁场方向一致。

看来这种方法可以区分同一矿床的成因不同的部分。此外, 古地磁方法不仅局限于判断条带状赤铁矿矿床的成因, 对研究含磁性矿物的有色金属矿床可能也是有益的。

5. 在解释磁测结果方面的应用

岩石的剩余磁性对解释磁法勘探结果很重要, 如果不加以考虑, 很可能导致错误的结论。

例如, 一个大岩体(花岗岩), 只有几块小露头, 在航磁图上表现有强大的异常, 而此异常远非花岗岩所能产生的。航磁异常的形态也比较规则, 很可能误认为矿异常。但在露头上进行地面详细磁测, 发现异常形态非常不规则, 在十多米内磁化强度是不均匀的。采集大量标本发现其余磁强度很大, 变化范围很宽而且不规则, NRM的方向很零乱。剩磁感磁的比值超过100。这几个露头都在小山头上, 比周围的地势高。其剩磁可能是雷击引起的, 而且在过去几百年或几千年遭到过多次雷击。

有这样的例子, 有人在分析航磁异常时, 发现有两个异常均在火成岩上, 一个是在铁镁质熔岩上, 另一个在所谓正长岩-等色岩上, 火山岩的NRM都很强, 其磁化方向虽有点分散, 但明显地集聚在一定方位上。平均磁化强度为 9.91×10^{-3} emu单位, Q比值平均约等于5。为了检查此异常是否剩磁所引起, 计算了一条理论剖面。感磁相对来讲很弱, 计算时未予考虑。结果理论剖面 and 实测剖面相当符合, 因此断定该异常主要是剩磁所引起的。而且总的来讲, 整个岩层NRM的平均强度似乎比根据样品测定所估计的要大。在第二个岩体上情况不一样。NRM的方向与现代磁场方向接近, 平均强度为 4.6×10^{-4} 单位, 感磁为 5.1×10^{-4} 单

位,二者接近相等,根据剩磁感磁的和计算了一条理论剖面,结果与实测剖面也比较符合。同样,岩层的磁化强度也比根据样品测定结果所估计的要大。在推断航磁资料时,应作类似的分析。

在航磁填图中,根据高磁异常来圈定含铁石英岩,必须对岩石磁性作详细分析,才能获得较好的效果。感磁与岩石中磁铁矿含量有关,但磁异常的高低对磁铁矿含量的多少并不能作出可靠的估计。在美国苏必利尔湖地区含铁建造含磁铁矿都在25%左右,但所产生的磁异常,不仅在强度上不一样,而且异常特点也不相同。在东部矿区,磁铁矿富的岩石,磁异常往往是负的;而在主矿区,异常不规则,在磁铁矿氧化变成磁性很弱的赤铁矿的富矿上,磁异常变弱,从主矿区到东矿区,岩层平缓,而磁异常值由几百伽马增加到几千伽马,符号由正变负。不能认为这是由于构造变化,或是磁铁矿含量变化所引起的。根据该地区含铁建造的形状和产状以及埋深计算出理论异常,使之与实测异常相比,求得比瓦比克含铁建造的总磁化强度,其次再使总磁化强度与已知的感应磁化强度相比,求得其剩余磁化强度。结果主矿区未变质的含铁层的总磁化强度为0.01高斯;东部地区强烈蚀变的含铁层的总磁化强度为0.10高斯。两地区的感磁相同,在0.01~0.02高斯范围内,两地区总磁化强度相差1个级次,这肯定是剩磁影响。所以最后主矿区和东矿区分别以感磁和剩磁为基础,来解释该区的航磁结果,不然,会导致错误的结论。

在定量解释含铁石英岩区磁测结果时,剩磁影响不能忽略。剩磁对磁性体的品位(体磁化率和 Fe_3O_4 的重量或体积%)和产状有很大关系。其次对磁性体规模大小和储量也有影响。一般,在解释磁异常时,假设总合磁矩 $\vec{M}_R$ 的倾角 I 和偏角 D 为已知。认为 $\vec{M}_R$ 就等于感磁矩 $\vec{M}_i$, I 和 D 就是当地地磁场的倾角和偏角。实际上 $\vec{M}_R$ 几乎总是比 $\vec{M}_i$ 大得多。如果不考虑NRM的影响,计算推断解释,往往得到错误结果。例如把矿体的倾角算错,甚至得到相反的倾向,把矿体的品位和储量算大。在加拿大拉布拉多找含铁石英岩中的富铁矿就遇到这样的情况。所以对类似地区或其它地区找铁矿的工作中,必须对当地岩石的磁性进行测定,特别是要对剩磁做研究。对大量样品的磁性测定方法和测得数据的处理可参考古地磁的研究方法来进行。(全文完)

(陈玲编写)

(上接第47页)

还应有所采样品的手标本和薄片各一块。

(2) 铷-锶法

单矿物(云母类矿物、钾长石、海绿石)的量略少于K-Ar法所需的量。全岩样品的量同前。同样应有所采样品的手标本和薄片各一块。

2. 采样说明书, 内容包括:

- (1) 样品编号。不要用绝1、绝2或年1、年2这样简单编号, 以免样品互相混淆;
 - (2) 详细产地(省、县、公社、经纬度);
 - (3) 采样目的, 准备解决的地质问题;
 - (4) 采样点的地质情况, 如采样点的地质位置及地层、岩石、矿化等情况, 已知的上下层位界限和岩体的地质推断时代, 并附上中小比例尺的地质草图和剖面图各一份, 在图上标明采样位置;
 - (5) 有关矿物的镜下鉴定资料;
 - (6) 选矿流程;
 - (7) 采集日期和采集人。
3. 样品应包装结实, 采样说明书不要放在样品箱内, 要另外挂号投寄, 以免磨损或遗失。