

讲座连载

《地震相分析》讲座 (二)^①

王英民

(成都地质学院)

四、地震反射构造

常见的地震反射构造有十种类型, 它们受地震资料采集、处理过程的影响较小, 且一般都具有显著的沉积相意义, 因此在地震相分析中占有十分重要的地位。

1. 平行 (亚平行) 反射构造

以同相轴彼此平行或微有起伏为特征 (图 6a)。它是沉积速率在横向上大体相等的均匀垂向加积作用的产物。在陆棚、深海盆地、深湖或浅湖、沼泽等许多相带中都可发育, 因此多解性很强, 但反映了在稳定条件下的均匀沉积这一点是相当明确的。此反射构造中的连续性一般都比较好。振幅和频率则可以因情况不同而异。

2. 波状反射构造

其特征是各同相轴之间在总体趋势上是相互平行的, 但细看都有一定程度的波状起伏 (图 6b)。它是不均匀垂向加积作用的产物, 也就是说从准层序或成因层这一地层单元的级别上看总体上表现为垂向加积作用, 从而同相轴之间在总体上相互平行, 但从更细的级别上看沉积速率在横向上并不相同, 甚至还存在次级的侧向加积作用。例如在以曲流河为主的冲积平原上, 河流相沉积是由点砂坝的侧向加积作用实现的, 而在岸外平原中则发育有细粒的垂向加积产物。在这种沉积作用下, 同一地层单元内的岩性横向上变化较大, 岩层厚度也不稳定, 因此反射界面在横向上变化不定, 使反射波同相轴表现

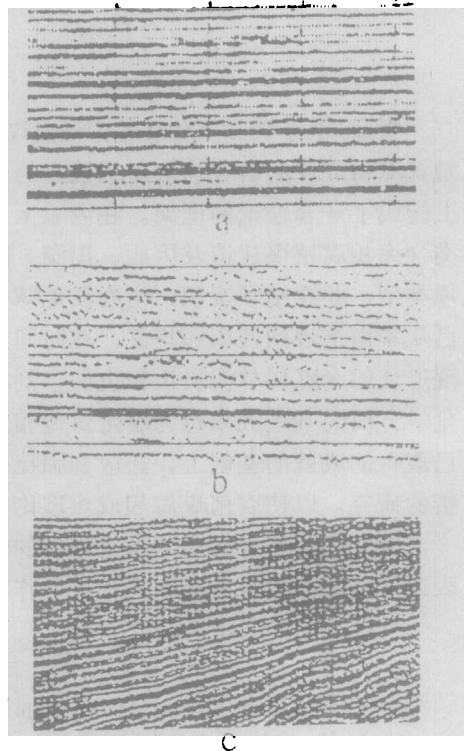


图 6 地震反射构造类型之一

a-平行 (亚平行) 反射构造;
b-波状反射构造; c-发散反射构造

为波状起伏的特点。这种反射构造的连续性一般都不太好, 振幅和频率可以变化较大。通常在冲积平原、滨浅海 (湖) 以及总的沉积速率相对比较缓慢的扇体等相带中容易产生这

种构造。

3. 发散反射构造

其特征为同相轴之间的间距朝着一边逐渐减小, 其中一些同相轴逐渐消失, 从而使同相轴的个数也朝一边减少, 与之对应的地层单元的厚度也相应减薄。但这种地层厚度减薄并不是由于在地层单元顶、底界发生削蚀或上超所造成的, 而是由于各同相轴的间距向一边减小而造成。当两根同相轴的间距减小到地震垂向分辨率的极限时就合并成为一根, 从而使同相轴的数量减少 (图 6c)。它是在差异沉降的背景下, 由于沉积速率在横向上递减, 导致岩层厚度向一方变薄而造成的。在箕状断陷中、陆坡上、盆地的构造枢纽带上以及同生断层下降盘上都可以发育这种反射构造, 其构造地质学意义远大于沉积学意义, 但对沉积相解释还是有一定帮助的。在这种反射构造中可以出现各种反射结构。

4. 前积反射构造

若以准层序组的顶、底界为参照平面, 则其间的同相轴相对倾斜并朝一方侧向加积。标准的前积构造具有顶积层、前积层和底积层。根据前积层的形态特点以及顶积层、底积层的发育程度可进一步将前积构造细分为八种类型 (图 7)。虽然它们之间有着种种差别, 但都具有前积层, 都是沉积物侧向加积的产物, 都反映了古水流的方向。前积构造是三角洲、扇三角洲、各种扇体以及大陆坡的典型标志。

(1) s 型前积构造

是标准的前积构造, 具有顶积层、前积层和底积层 (图 7a)。顶积层发育表明当时该地区的水平面处于相对上升状态, 可容空间增大, 从而陆源物质得以向上垂向加积。底积层发育表明在沉积体的前方也沉积了大量物质, 而根据沉积分异原理, 较粗的碎屑物质应在前积层及顶积层的部位上卸载, 在与底积层对应的地区则主要为细粒沉积物, 因此可以把底积层发育看作陆源物质粒度较细、泥质沉积特别丰富的表现。通常在大陆坡和泥质丰富的三角洲中容易发育这种反射构造。

(2) 顶超型前积构造

其特征是缺失顶积层, 前积层向上方以顶超的方式终止于地层单元顶界上 (图 7b)。顶超关系的存在表明顶积层不是因后期构造侵蚀而缺失的, 而是由于在水平面相对静止时期可容空间保持不变, 使水平面以上无法发生垂向加积作用, 沉积过路的沉积物只能在沉积体前缘带侧向加积下来, 从而缺失顶积层。其底积层发育的地质意义同 s 型前积构造相同。通常在水平面相对静止时期泥质丰富的三角洲中容易发育这种反射构造。

(3) 下超型前积构造

其特征是缺失底积层, 前积层向下方以下超的方式终止于地层单元底界上 (图 7c)。其顶积层发育表明是在水平面相对上升时期形成的。而缺失底积层则表明陆源碎屑物质粒度较粗, 缺乏细粒沉积物。一般在冲积扇、陡崖浊积扇和扇三角洲上容易发育这种构造。

(4) 斜交型前积构造

其特征是顶积层和底积层均不存在, 前积层分别以顶超和下超的方式终止于地层单元的顶、底界面之上 (图 7d)。根据前面的分析可知, 它是在水平面相对静止时期由较粗的碎屑物质侧向加积所造成的。它所对应的沉积体性质与下超型前积构造相同, 区别仅在于水平面相对变化的状态不同。

(5) 叠瓦型前积构造

其特征与斜交型很相似，区别仅在于前积层的倾角更平缓，所对应的地层更薄，通常仅相当于1—2个同相轴的间距，从而形态上就如同叠在一起的瓦片一样（图7e）。它是在水平面相对静止时期，于水深较浅、坡度较缓的背景下由沉积物侧向加积而形成的。通常发育于浪控三角洲、拗陷湖盆三角洲中。叠瓦状前积构造由于规模较小，故在地震剖面上较难识别，但在湖盆中最常见的恰恰是这种构造，因此在我国陆相含油气盆地研究中具有格外重要的意义。

(6) 杂乱前积构造

在前面介绍的各种前积构造类型中，如果同相轴不平整而呈波状起伏，并且连续性较差，则可称之为杂乱前积构造（图7f）。它的地质意义与其对应的前积构造类型相似，区别在于其岩性界面横向上不稳定，变化大。这可能是在高能条件下沉积所造成的，如冲积扇

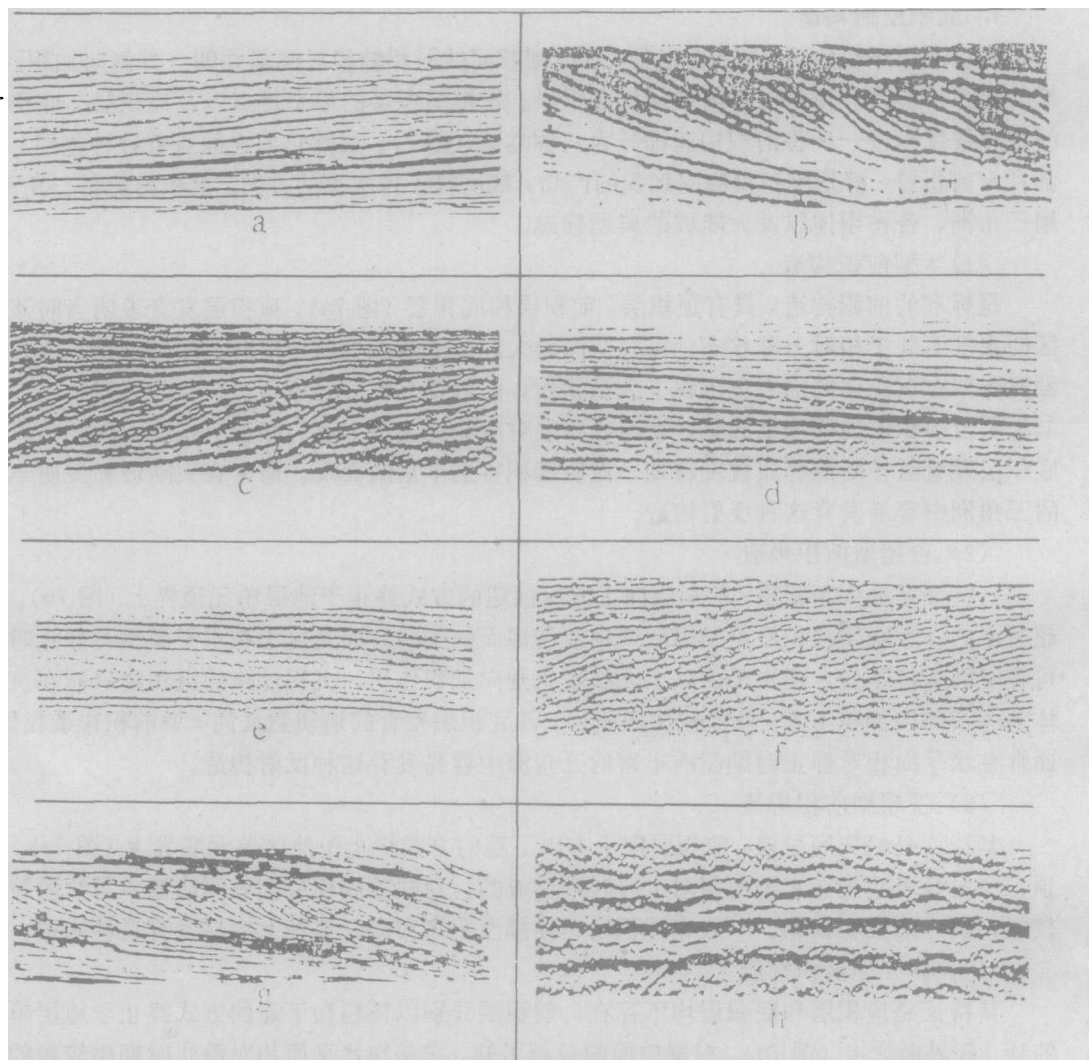


图7 前积反射构造的主要类型

a-S型前积构造；b-顶超型前积构造；c-下超型前积构造；d-斜交型前积构造
e-叠瓦型前积构造；f-杂乱前积构造；g-复合前积构造；h-双向前积构造

等常具此种前积构造;也可能是由于重力滑动或构造变动使岩层发生强烈变形,如盆底扇、陆坡扇等可具此种构造。

这种构造由于同相轴连续性差而往往难以识别。要特别注意同相轴在总体上所表现出来的侧向加积的特点。

应注意不要把杂乱前积构造的概念与杂乱反射结构的概念相混淆。前者强调的是同相轴之间的排列方式,是几何地震学信息。而后者强调的是同相轴的物理地震学特征。具有杂乱前积构造的沉积体一般都具有杂乱反射结构。然而具杂乱反射结构的岩层如果不具侧向加积的条件,就不会具有杂乱前积构造。

(7) 复合前积构造

以上介绍的各种基本类型都与一定的地质条件相对应,如水平面的相对变化状况、沉积物的粒度性质、沉积时的稳定程度等等。在实际情况中,这些条件往往是在不断变化的,从而在不同时期就形成不同的前积构造类型,它们的共生组合就是所谓复合前积构造(图 7g)。我们不难将其分解成为各种基本类型,进而可分析其地质条件的演化历史。

(8) 双向前积构造

其特征是同相轴在中间呈丘形上拱,其两侧依次下超于地层单元的底界上,表现为双向的侧向加积(图 7h)。这与前述朝着一个方向的侧向加积有截然不同。但它实际上只不过是那些具有无底积层前积构造的沉积体的横切面,从而地质意义也与之相同。当地震剖面上发现双向前积构造之后,应从与其正交的剖面上找出相当于沉积体纵剖面上的前积构造,并对其进行深入分析。

除杂乱前积构造外,其它前积构造可能具有的地震反射结构类型很多,没有一一对应的简单关系。

前积反射构造在沉积体识别、古水流分析、古水深分析、水平面相对变化分析等方面都具有非常重要的意义,因此应很好掌握。

5. 丘形反射构造

其特征是同相轴之间的间距中间厚、两边薄,从而向两侧倾斜,总体上表现为丘形正向隆起(图 8a)。它表明沉积速率为中间大、两边小。通常在各类扇体和三角洲沉积体的横切面上容易见到此类反射构造。它与双向前积构造的区别在于两侧无下超现象,这表明沉积体发育有底积层,泥质沉积较丰富。

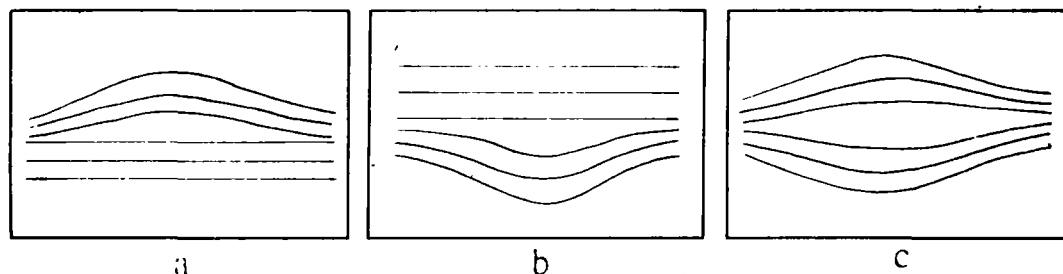


图 8 地震反射构造类型之二

a-丘形反射构造; b-谷形反射构造; c-透镜形反射构造

6. 谷形反射构造

其特征与丘形反射构造恰为镜像对称关系,即总体上为谷形负向凹陷(图 8b)。它表明除了沉积速率是中间大、两边小之外,沉降速率也是中间大、两边小。通常在盆地凹陷轴的横切面上容易形成这种反射构造,而这一构造部位上又恰好是水流汇聚的地方,容易发育河流或三角洲,虽然相互之间对应关系的程度不是非常高,但毕竟是很有参考意义的。

7. 透镜形反射构造

其特征为前两种反射构造的叠加,上部为丘形、下部为谷形,总体上为一中间厚、两边薄的透镜形(图 8c)。其中间下凹表明沉降速率中间大、两边小。而地层中间厚、两边薄则有两种原因:一是中间沉积速率大;二是中间砂岩发育、两边泥岩发育,从而在后期差异压实的作用下中间厚、两边薄。这两种原因一般是共生的。因此这种构造往往是三角洲或继承性主河道的表现,具有重要的指相意义。

8. 块状凸起形反射构造

其特征是地层单元在局部突然增厚,向上凸起而被上覆地层所围绕。其同相轴的间距、数量均比同期周围地层要大得多,地震反射结构一般也有显著不同,其间的突变界限十分显著(图 9a)。这种反射构造有两种成因:一种是由于生物礁的生长作用而截然高于同期地层之上,随后被后期不同性质的沉积物所掩埋;另一种是由于塑性地层或侵入岩体所形成的底辟构造。它们的形态特征一般较相似,需结合速度资料和重、磁资料、以及区域地质背景资料来区分。此外围岩的牵引构造是底辟构造独具的特点,可帮助区分二者。此种反射构造对于识别生物礁具有重要意义。

9. 侵蚀充填形反射构造

其特征是地层局部突然增厚,向下侵蚀充填于下伏地层之中,其地震反射结构与围岩有明显区别,同相轴的间距也往往不同,与围岩之间有明

显的分界线,但地层的产状与围岩并无很大区别,不具典型的上超关系(图 9b)。它是局部性的水下侵蚀河道的典型标志,通常发育于陆棚、陆坡和海底扇上,反映了海平面的相对下降。应将此种构造与“上超充填”构造相区分,后者是在由区域性不整合面所造成的地形洼地上由新地层上超充填沉积而成,它除了表明这是在一个新的沉积旋回初期的产物外,无明显指相意义。

10. 眼球形反射构造

其规模较小,一般发育在准层序组内部。特征是同相轴上凸下凹,形如眼球,宽度一

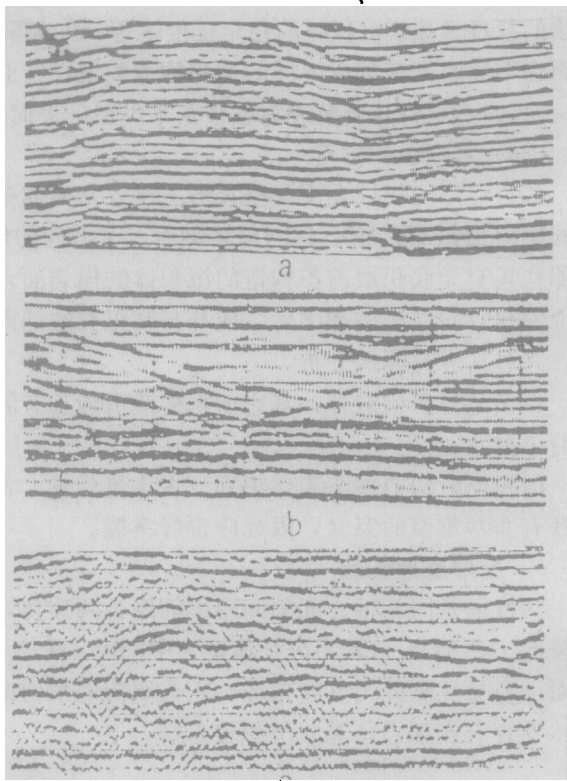


图 9 地震构造反射类型之三

a-块状凸起形反射构造; b-侵蚀充填形反射构造; c-眼球形反射构造

般在几百米至几公里范围之内,厚度多为几根同相轴左右(图 9c)。一些规模不大的河道砂体、沿岸砂坝和叠置扇朵叶等容易形成这种反射构造。

综上所述,各种反射构造特征明显,易于识别,与沉积相大多有密切的对应关系。同时它作为几何地震学信息,受资料采集和处理中假象的影响较小,可塑性较强,因此在地震相分析中具有特别重要的意义。

五、地震相单元外形

常见的地震相单元外形有八种类型,它也是一种几何地震学信息。

1. 席状外形

这是分布得最为广泛的一种外形,其特征是地震相单元的厚度相对稳定,上下界面与其间的同相轴大体平行,其横向范围比地层厚度大得多,剖面上一般与平行(亚平行)构造或波状构造相对应(图 10a)。它是以垂向加积为主的沉积作用的表现。

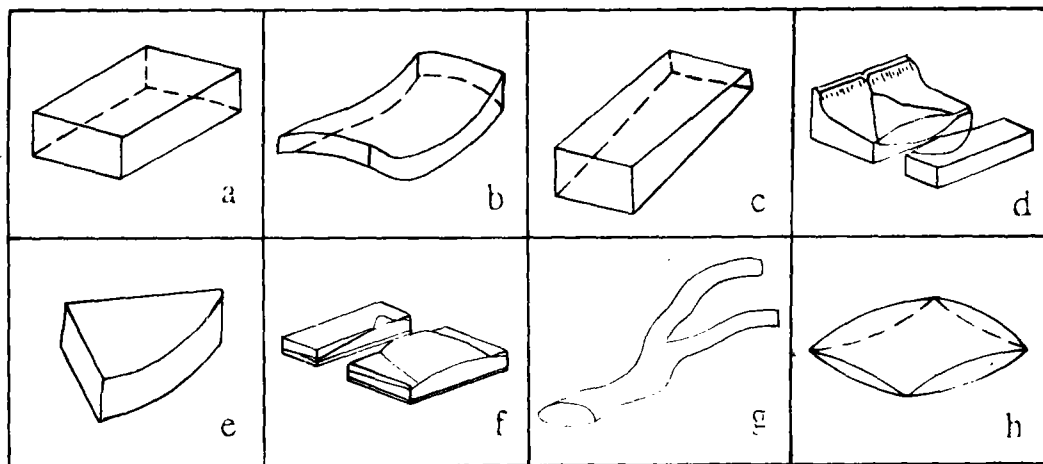


图 10 地震相单元外形

a-席状外形; b-披盖状外形; c-楔状外形; d-扇状外形;
e-丘状外形; f-条带状外形; g-透镜状外形; h-透镜状外形

2. 披盖状外形

其特征与席状外形相似,但弯曲地盖在下伏的不整合地形之上(图 10b)。其形态与不整合地形的形态完全一致,且其间无上超关系存在。它是在深水环境中由悬浮沉积物均匀地垂向加积起来的,否则将出现上超关系。因此这是深水、尤其是远洋沉积的显著标志。

3. 楔状外形

其特征是地震相单元沿倾向上厚度增大,具发散反射构造。而在走向上厚度变化不大,具平行(亚平行)构造或波状构造(图 10c)。其地质意义与发散反射构造相同。

4. 锥状外形

其特征是地震相单元沿倾向上厚度减小,具前积构造、或以杂乱结构、无反射结构为特征的波状构造。在走向方向上中间厚、两边薄、具双向前积构造或丘形反射构造、平面上呈扇状(图 10d)。它是扇体、三角洲等沉积体的典型标志。

5. 扇状外形

其特征是地震相单元在平面上呈扇状,但地层厚度在各个方向上都变化不大。与相邻的地震相单元厚度相同,区别仅在于它以具杂乱反射结构或无反射结构的波状反射构造为特征(图 10e)。这表明横向上沉积速率相近但沉积作用有显著差别,一般在泥质沉积很丰富的断陷湖盆中,由阵发性的陡崖浊积扇所构成的沉积体容易形成这种外形。

6. 丘状外形

其特征是地震相单元在正交的剖面上均表现为块状凸起反射构造,平面上为圆形或条形(图 10f)。它是生物礁或各种刺穿构造的典型标志。

7. 条带状外形

其特征是地震相单元在横剖面上为侵蚀充填构造或眼球形构造,平面上则为条带状(图 10g)。它是水下侵蚀河道或砂坝等砂体的典型标志。

8. 透镜状外形

其特征是地震相单元在横剖面上为眼球形构造,平面上则为朵状(图 10h)。它是叠置扇、河道砂体的典型标志。

综上所述可知地震相单元外形在成因意义上与地震反射构造和地震反射结构有着密切的关系,但又有其特殊意义。三种相标志相互配合进行沉积相解释将可以大大排除多解性问题,得到较满意的结果。

书 讯

《生物矿物学》即将出版

生物矿物学是生物地质学的基础分支学科,是用生物学和地质学方法及知识来研究生物体和地质体中的生物矿物及其集合体。其研究内容包括生物矿物的结晶构造、化学成分、物理性质、生理功能、形成条件、产状和生物矿化过程,以及生物矿物体(包括生物化石和硬体)的矿物和元素组成、结构构造、类型和形态,以及分类、成因和演化。

全书共廿章。总论共六章,包括研究概况、生物矿物、生物矿化作用、生物矿物体的结构,以及生物矿物体的构造、类型、形态和鉴定。

各论包括原生、海绵、腔肠、环节、节肢、苔藓、腕足、软体、棘皮、脊索动物、细菌、菌层沉积、藻类和高等植物等十四章。

全书共计 35 万字,230 幅插图和 88 份表。所有门类都以门纲或目,甚至超科为单位编制了生物矿物体特征一览表便于鉴定时查阅。书中附外文文献近 700 条,中文文献近 100 条,可供研究生物矿物学和生物岩石学时参阅。书后附有偏光显微镜图片和部分扫描电镜图片 600 余张,分属 20 余门、60 余纲、110 余目,其时代从中元古代至第四纪,也有许多现代生物,采集地遍及全国绝大多数省市。图版下附有详细可供鉴定时对照。

本书可作为古生物学、沉积学、古地理学和生物硬组织学的研究和教学参考书;地质、生物、农牧渔业和医药人员鉴定生物矿物体(碎片)的工具书。本书对大学生物教师和自然博物馆工作人员也有一定参考价值。本书将由石油工业出版社出版,欢迎订阅。

中国科学院地质研究所 戴永定