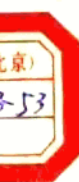


石油 地球科学技术进展 论文集

朱筱敏 主编



石油工业出版社

石油地球科学技术进展论文集

朱筱敏 主编

石油工业出版社

内 容 提 要

《石油地球科学技术进展论文集》包括柴达木盆地磁性生物地层学、湖井沉积学基本原理、中国南方三叠纪古地理、塔里木盆地古生界储集层评价、致密储集层构造裂缝、盆地沉降史波动分析、构造体系与油气运聚、盖层封闭机制、泥岩压实的静力平衡模型、圈闭资源评价、水文地质在油气勘探中的应用、气源岩有效性动态评价、塔里木盆地流体封存箱、三维波动方程偏移、地震反演的收敛算法、双相介质波场分析、双侧向测井相似物理模型、岩石介电常数频散特征、声波频谱测井方法等研究成果。该论文集从不同侧面反映了石油地球科学技术的新进展，是一本既涉及石油地球科学理论又涉及石油勘探开发技术的、可供广大石油地质和地球物理工作者参阅的专著。

图书在版编目 (CIP) 数据

石油地球科学技术进展论文集/朱筱敏 主编

北京:石油工业出版社, 1996. 4

ISBN 7-5021-1681-8

I. 石…

II. 朱…

III. 石油化学: 地球化学-进展-文集

IV. P648.13-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 01502 号

石油工业出版社出版

(100011 北京安定门外安华里2区1号楼)

北京市宇辰贸易公司照排部排版

石油管道报社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092 毫米 16 开 8.5 印张 208 千字 印 1—1000

1996 年 4 月北京第 1 版 1996 年 4 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-1681-8/TE·1435

定价: 10.00 元

前 言

世界石油天然气勘探实践已经表明,石油地球科学理论的发展和油气勘探技术的进步在指导寻找大油气田,提高油气勘探开发效益等方面起着极为重要作用。中国从一个贫穷落后的国家一跃成为世界产油大国依靠的就是中国建立和发展的一整套陆相沉积盆地石油地质理论和油气勘探方法技术。在石油科学技术飞速发展的今天,系统地总结石油地球科学技术的研究成果,是非常必要的。这不但对于发展完善石油地球科学理论,而且对于将科学技术转化为油气勘探的生产力都是很有意义的。

“八五”期间,石油大学地球科学系教职工经过深入广泛的调研、长期扎实的现场工作、持续刻苦的科研攻关,取得了一系列反映石油地球科学技术发展动态的科研成果,《石油地球科学技术进展论文集》就是这些科研成果的代表性反映。该论文集涉及到地层学、沉积学、测井地质学、储集层地质学、石油地质学、应用地球物理等学科,具体内容包括:

利用磁性地层学和生物地层学研究柴达木盆地三湖地区地层划分,建立了磁性生物地层剖面;

利用岩心刻度测井技术,建立了不同沉积构造的测井解释模型;

中国南方早中三叠世各时期古地理演化和海平面变迁;

塔里木盆地志留系、泥盆系滨岸湖坪陆相碎屑岩储集层演化历史和储集层类型及评价;

利用致密低渗透储集层构造裂缝恢复地下围压状态的方法;

利用波动分析原理,确定黄骀坳陷等地区盆地沉降历史;

研究构造体系、构造应力场作用方式,确定油气运移方向和聚集地区;

研究盖层封闭油气的机制和特点,并以陕甘宁盆地为例论述盖层封闭与油气藏分布关系;

在对原特察模型提出质疑后,指出有效应力并非与孔隙度有直接对应关系;

根据顺序取样矩阵模型估计法,应用概率模型估计未发现的圈闭数及其大小分布;

水文地质在油气田勘探的盆地评价阶段、圈闭评价阶段和油藏评价阶段的应用;

在建立有效气源岩动态评价体系概念模型和数学模型的基础上,评价了塔里木盆地古生界气源岩的有效性;

封存箱是塔里木盆地油气运移的基本单元,它的形成涉及到岩性封隔、成岩封隔和超压封隔等机理;

指导的三维波动方程叠后深度偏移新方法具有精度高、稳定性强、不受地下界面倾角限制的特点;

根据地震波传播物理机制,提出了地震反演的整体收敛算法;

讨论了含粘滞流体双相各向异性介质的弹性特征、波动方程及其求解;

介绍了双侧向测井相似物理模型的理论设计及其测试结果;

阐述岩石介电常数的频散特征以及描述频散特征的公式;

提出了声波频谱测井的一般概念,讨论了在不同频率声信号下声速、声衰减和储集参数

的实验测量结果。

上述学术论文是近期科研成果的总结，对发展石油地球科学理论技术将起到一定的推动作用，但这些论文毕竟是某些学科某些方面的总结，不免存在一定的局限性，加之编者水平有限，不足之处，敬请指正。

朱筱敏

1995年12月

目 录

柴达木盆地上新世—第四纪磁性生物地层与第四系底界	孙镇城等 (1)
利用地层倾角测井建立沉积构造解释模型	王贵文等 (6)
中国南方早中三叠世古地理演化与海平面变迁	鲍志东等 (12)
塔里木盆地志留系—泥盆系储集层特征、评价及预测	赵澄林 (18)
致密低渗透储集层构造裂缝的精细研究	曾联波等 (29)
盆地沉降史定量分析新方法——波动分析	刘国臣等 (35)
从构造体系的观点看油气运移和聚集	金振奎等 (44)
封闭条件与油气聚集——以陕甘宁盆地上古生界为例	高先志等 (50)
泥岩压实过程中的静力平衡模型研究	张万选等 (58)
应用概率模型估计未发现的圈闭数量及其大小分布	傅全全等 (63)
水文地质在油气勘探研究中的应用	曾源辉等 (69)
有效气源岩动态评价体系的建立及其应用	刚文哲等 (75)
塔里木盆地的流体封存箱及其石油地质意义	柳广弟等 (80)
三维波动方程叠后深度偏移的有限元分数步方法	王润秋等 (87)
地震反演的整体收敛算法研究	陈小宏等 (95)
双相各向异性介质中的波场分析	魏修成等 (102)
双侧向测井相似物理模型	柯式镇等 (109)
岩石介电常数的频散特性	冯启宁等 (117)
声波频谱测井方法研究	楚泽涵等 (126)

柴达木盆地上新世—第四纪 磁性生物地层与第四系底界

孙镇城 彭立才

摘要 柴达木盆地三湖地区有 2000~3000m 富含微体化石的湖相沉积, 部分地面露头剖面与岩心进行了古地磁测定研究, 初步建立了磁性生物地层剖面, 该剖面与我国华北、西北、西南等地区对比, 取得了显著进展, 为今后大区域新生界对比及第四系/第三系界线划分, 提供了新的资料。

主题词 磁性地层学 第四系 介形类

第一作者简介 孙镇城, 男, 1935 年 9 月生。1956 年毕业于北京石油学院勘探系, 石油地质专业。现任石油大学(北京)地球科学系教授。从事现代地层学、微体古生物学及古地理、古气候、古生态研究工作, 讲授地史学和现代地层学课程。主要成果: 关于中国东部第三纪海侵、关于微量元素及微体化石在判断海、陆相中的应用、中国中、新生界地层等, 共发表论文 40 余篇。

柴达木盆地位于我国青藏高原北部, 周围被祁连、昆仑、阿尔金等高山环绕, 为一地形封闭的大型山间盆地, 面积约 120000km², 海拔 3000m 左右, 是中国最干旱的荒漠之一。盆地南部的三湖地区沉积了 2000~3000m 富含天然气的第四系, 在 40 多年野外地质调查和三湖地区(达布逊湖、涩聂湖、东和西台吉乃尔湖地区)气田勘探过程中, 积累了大量地层、古生物资料, 本文是在 100 多个地面剖面、井孔的 3 万余块标本研究基础上的概括, 详情将有专著论述。

1. 上新统一第四系介形类标准化石带

青海柴达木盆地三湖地区新生界, 尤其上新统一第四系保存有丰富的微体水生生物介形类化石, 该区及周边地区处于长期持续沉降的地质背景, 基本上为连续的湖相沉积环境, 微体化石记录比较完好, 从上新世至第四纪末, 由下而上主要有以下的标准化石带:

美丽真星介喙形亚种 *Eucypris concinna rostrata*;

清徐土星介 *Ilyocypris qingxuensis*;

网纹微湖花介 *Microlimnocythere reticulata*;

中华微湖花介 *M. sinensis*;

强壮青星介 *Qinghaicypris crassa*;

盐湖玻璃介 *Candona xanhuensis*;

疏忽玻璃介 *C. neglecta*;

肥胖真星介 *Eucypris inflata*.

与这些化石带共生的还有一大批标准化石(杨藩, 1981), 限于篇幅不在此处细述, 上述八个标准化石带组成的纵向交换序列在地层对比中基本上反映了该区的地质层序。美丽真

星介喙形亚种有一段延续的时限,在一部分剖面上,它可以与清徐土星介同时出现,但从不与网纹微湖花介带及其以上的化石带同时出现,更不会与肥胖真星介同时出现,因为从美丽真星介柴达木亚种(*Eucypris concinna qaidamensis*)—美丽真星介喙形亚种(*Eucypris concinna rostrata*)和美丽真星介美丽亚种(*Eucypris concinna concinna*)—肥胖真星介(*Eucypris iaflata*)为一个种系演化序列。网纹微湖花介—中华微湖花介也是一个种系演化序列,两种之间出现种系演化的证据——中间类型或过渡类型,这两个化石带在地层对比实际运用中从不出现混乱,根据种系发生为基础的标准化石带纵向交换序列的一致性原则,对比地层的结果有其显著的可靠性。

当然,也应看到,这八个标准化石带纵向交换序列并非全部都根据种系演化原则选择出来的,有的种明显受到沉积环境的控制。例如,肥胖真星介与疏忽玻璃介至今都出现在我国西北地区湖泊内,前者往往见于盐湖内,后者生存于淡水或微咸水体,肥胖真星介是典型的喜盐介形类,它从不生活于淡水或微咸水中,因此,该种化石出现底界往往反映了其栖息环境咸化的时间。在柴达木盆地北部阿尔金山南麓地区,由于缺少地面径流淡水河的流入,湖泊水体咸化较早,肥胖真星介出现底界比三湖地区低,因此单纯用肥胖真星介出现底界对比地层就有较大误差。但是,从总体上来说,这一标准化石纵向交换序列及其许多共生种类在地层对比应用中达到了相当的精度,从上新世到第四纪末约五百多万年的时限内至少已分出7~8个化石带,平均70万年一个带。这些化石带不仅在柴达木盆地内有效,其中有的带一直延伸到新疆、陕西、河北、云南等省,有的还广布于欧洲、亚洲、北美洲,可以用来作洲际陆相地层对比之用。

2. 磁性生物地层剖面

磁性地层学研究在柴达木盆地已经取得进展,地矿部、石油天然气总公司所属研究单位,进行了地面与井下比较系统的古地磁测定研究。尤其在三湖地区进行的工作卓有成效(沈振枢,1991、1993;刘泽纯,1990;李华梅,1985),位于达布逊盐湖的察尔汗水6井进行了系统的古地磁测定,附近的达参1井系统地进行了微体古生物分析研究。在三湖地区气田勘探过程中,钻了上百口1000~3000m的井,对其中台南1井、驼中2井、盐心1井、涩中6井、涩深1井及鸭湖地面露头进行了古地磁采样、测定,通过地震标准层追踪、电测对比和微体化石对比,明确了各井地层层序关系,从而初步建立了该区磁性生物地层剖面,读出了一些化石带出现顶、底界年代值,如,中华微湖花介带底界3.05Ma,强壮青星介带底界2.51Ma。有的种类由于受岩心收获率的限制,还未能读出其精确的年代值,但通过电测、地震及化石带对比等综合手段大体可以确定其分布时限。

水6井是从达布逊盐湖古湖床向下钻的井,0~850m为布容正向极性段,时限为0~0.73Ma(距今百万年),基本上是肥胖真星介带及疏忽玻璃介带,在这一时限内包含有很多种介形类标准化石,可以进一步细分晚更新统和全新统,在此不再详述,将另有专著论述。

水6井850m以下至涩深1井1460m之间为松山反向极性段,时限为0.73~2.48Ma,基本上包含两个介形类标准化石带,上部为盐湖玻璃介,下部为强壮青星介(达参1井2147~1920m)。

涩深1井1460~1600m和鸭湖地面露头剖面轴心128m,为高斯正向极性段(底部略缺),高斯正向极性段的时限为2.48~3.4Ma,该极性段顶部包括强壮青星介带的底部,该

带之下为中华微湖花介带(达参1井2779—2561m),在驼中1井,以不同相段沉积速率计算,累计中华微湖花介底界深度为1370m,年代值为3.04Ma,即相当于高斯正向极性段中的马莫斯反向极性亚段之上。最下部是网纹微湖花介,其顶、底界大体位于3.04~3.4Ma之间。

吉尔伯特反向极性段多处出露于地表,时限为3.4~5.3Ma,化石十分丰富,主要为清徐土星介带及美丽真星介喙形亚种带,后者主要集中于吉尔伯特反向极性段的下部,约距今5Ma前后的时限内。

3. 与邻区地层对比

3.1 共和盆地

共和盆地曲沟组上部—共和组大部的地层内,由下而上依次发现网纹微湖花介、中华微湖花介、强壮青星介和盐湖玻璃介,大体相当于柴达木盆地磁性生物地层柱距今3.4—1.5Ma时期的沉积。据报导,共和组因发现三门马(*Equus sanmeninensis*)而定为第四系,然而,根据磁性地层结合微体古生物介形类标准化石带对比方法,能更精确地读出具体的地层年代值,显示了这种方法更大的优越性,为今后全球统一对比第四系底界提供了量的基础。

3.2 元谋盆地

元谋盆地老雅塘龙川组剖面(钱方,1991),下更新统元谋组以一假整合覆于龙川组之上。龙川组第6层上部为鲜红色粘土,砂、碎石夹数层铁质胶结薄层,为一古风化面,龙川组第5层发现清徐土星介,古地磁测定为吉尔伯特反向极性段的柯奇提正向极性亚段,年代值为3.8~3.9Ma。另一清徐土星介产出层位是元谋组底部,即第1段第1层顶的层位已接近高斯正向极性段之底,约3.4Ma,两者都属于上新统。与柴达木盆地对比,元谋盆地所见清徐土星介的地层只相当于柴达木盆地清徐土星介带的上部,尽管青海柴达木盆地与云南元谋盆地相距1500km,然而,无论磁性地层或者介形类清徐土星介带的对比都取得了相互一致的对比结论。

3.3 彝干—汾渭裂谷

从微体古生物生态分析,裂谷的成湖时期始于上新世。由于大兴安岭、燕山、太行山的阻隔,裂谷湖泊内水生生物与柴达木盆地很接近(黄宝仁,1985),同属一个生物地理区,裂谷内从东北至西南断续分布的上新统一第四系内的介形类,大部分都能在柴达木盆地较完整的磁性生物地层柱上找到相对应的部位。

虎头梁剖面古地磁测定全为布容正向极性段(陈茅南,1988),与柴达木盆地相似,都有肥胖真星介和丰富的湖花介 *Limnocythere inopinata*,相当于黄宝仁等(1964,1985)所定的 *Limnocythere dubiosa*、*L. binoda* 和 *L. sancti-patricii*,磁性地层与生物地层对比是一致的。

汾渭盆地永乐店群I—III组下部(渭10井井深780m处)见有 *Microlimnocythere sinensis*,与柴达木盆地对比,该化石带底界在磁性地层柱上位于高斯正向极性段的下部,年代为距今3.04Ma,相当于柴达木盆地目前划分的第四系七个泉组底,暂且放下第四系底界划分方案的不同认识,根据柴达木盆地磁性生物地层柱的对比,永乐店群I—III组下部年代值为3.04Ma,这是客观存在,是新的认识。

晋中盆地西谷组发现丰富的清徐土星介(王景哲, 1987; 黄宝玉, 1991), 这是柴达木盆地和元谋盆地地磁剖面上出现在吉尔伯特反向极性段和高斯正向极性段底部的标准化石带, 延续年代约为距今5.3—3.4Ma, 由此更增加了西谷组定为上新统的证据。

4. 第四系底界划分的讨论

1948年第18届国际地质会议在伦敦召开, 为解决上新统与更新统的分界, 设立了一个专门委员会商定了四条原则建议, 后来, 1952~1984年间在阿尔及利亚、华沙、莫斯科等地召开了有关第四纪的会议, 提出了种种建议与原则, 但因这些原则涉及到不同学科领域内的研究成果, 不同学科的工作者又往往从各自的学科角度分别强调某条原则在划分第四系底界时的决定性意义, 造成分界位置的差异, 更由于海相 Calabrian 阶与陆相 Villafranchian 阶的底界实际并不相当, 使得第四系底界划分问题变得更加复杂, 在全球范围内迄今未能取得一致的认识(刘东生, 1985)。

80年代以来, 我国有关文献中关于第四纪下限的划分大致有6种方案:

(1) 1.6~1.64Ma B.P.; (2) 1.8~2.0Ma B.P.; (3) 2.3~2.4Ma B.P.; (4) 2.43~2.6Ma B.P.; (5) 约3.0Ma B.P.; (6) 3.4~4.0Ma B.P。

杨藩教授的观点, 是把第四系底界定在柴达木盆地磁性生物地层柱约3.05Ma B.P, 主要依据古气候、古人类、古地磁以及古生物, 尤其是古脊椎动物等与泥河湾层及共和盆地共和组的对比。这是一条具有相当特色的分界, 值得重视。目前, 国内不少文献, 包括1991年在北京召开的第13届国际第四纪研究联合会以来的论著, 把第四纪下限年龄定为2.48Ma B.P, 即松山反向极性段与高斯正向极性段的分界线。笔者认为, 不同观点的讨论有利于这条界线的最终解决, 考虑到磁性地层, 特别是磁性生物地层(Magnetobiostratigraphy)的研究日趋深入普遍, 一旦国际第四纪研究联合会通过公认的第四纪起始年代值, 就不难解决这一问题。如果国际会议通过2.48Ma B.P为第四纪开始, 那么, 以强壮青星介带的底界或略偏上的部位作为第四系底界; 如果通过3.05Ma B.P为第四纪开始, 那么可以以中华微湖花介的底或网纹微湖花介的顶作为第四系底界。

综上所述, 柴达木盆地上新统一第四系磁性地层学与介形类化石生物地层学在我国西北、华北、西南地区的对比, 取得了基本一致的结论, 显示了磁性地层学与生物地层学互相结合形成的磁性生物地层学的重要作用, 也反映了柴达木盆地新生界磁性生物地层柱的系统性与完整性, 将会在亚洲、欧洲、北美洲的新生界对比中包括第四系与第三系分界对比, 以及第四系进一步细分层对比中发挥重要的作用。

参 考 文 献

- [1] 黄宝仁. 青海共和盆地上新世及早更新世介形类, 中国科学院南京地质古生物研究所集刊. 科学出版社, 1984, 第19号, 1~32
- [2] 王景哲, 王强, 田国强. 桑干—汾渭断陷带晚新生代介形类组合序列及古环境, 微体古生物学报. 科学出版社, 1987, 4卷4期, 409~422
- [3] 黄宝仁. 柴达木盆地甘森区介形类化石, 古生物学报. 科学出版社, 1964, 12卷2期, 240~270
- [4] 叶得泉等. 中国油气区第三系. 石油工业出版社, 1993

- [5] 陈茅南等. 泥河湾层的研究. 海洋出版社, 1988
- [6] 黄宝仁. 桑干河下游流域更新世介形类及其地质意义, 中国科学院南京地质古生物研究所集刊. 科学出版社, 1985, 第 21 号, 85~118
- [7] 沈振枢, 程果. 柴达木盆地第四系磁性地层学及新构造运动意义, 中国海陆第四纪对比研究. 科学出版社, 1991, 281~290
- [8] 杨藩. 从介形类化石分布试论柴达木东部地区第四系的划分和对比, 中国微体古生物学会第一次学术会议论文选集. 科学出版社, 1981, 46~53
- [9] 黄宝玉, 郭书元等. 山西中南部晚新生代地层和古生物群. 科学出版社, 1991
- [10] 刘泽纯, 孙世英, 杨藩等. 柴达木盆地三湖地区第四纪地层学和其年代学分析. 中国科学, 1990, B 辑, 11 期, 1202~1212
- [11] 钱方, 周国兴等. 元谋第四纪地质与古人类. 科学出版社, 1991
- [12] 刘东生. 中国第四纪研究的新进展, 中国第四纪研究. 科学出版社, 1985, 6 卷 2 期, 1~8
- [13] 刘东生, 丁梦林. 中国第四纪地层和更新统、上新统界限, 中国第四纪研究. 科学出版社, 1985, 6 卷 2 期, 9~18
- [14] 沈振枢, 程果, 乐昌硕等. 柴达木盆地第四纪含盐地层划分及沉积环境. 地质出版社, 1993
- [15] 李华梅, 王俊达. 中国北方几个典型地质剖面的磁性地层学研究, 中国第四纪研究. 科学出版社, 1985, 6 卷 2 期
- [16] 王景哲. 山西大同断陷盆地晚新生代介形类及其意义, 石油地层古生物会议论文集. 地质出版社, 1987

利用地层倾角测井建立沉积构造解释模型

王贵文 管守锐 朱筱敏 郭荣坤 唐为清

摘要 通过岩心资料和地层倾角测井沉积学精细处理成果的反复刻度及标定,即“岩心刻度测井”,将地层倾角测井对比计算的各级微细层面与沉积构造建立关系,尤其是微电导率插值环井眼成像和倾角矢量图的模式关系与各种沉积构造有一定的相关性。在油区沉积学研究中可以大量使用这些地区模型,在未取心井段确立沉积构造垂向序列,分析储集层成因。

主题词 地层倾角 模式 沉积构造

第一作者简介 王贵文,男,1966年1月生,1990年毕业于中国地质大学研究生院,硕士,副教授,主要从事储集层沉积学、测井地质学等方面的科研及教学工作。

1. 前言

高分辨率地层倾角测井包含有大量的沉积结构、沉积构造及地层构造方面的信息,在油田构造、沉积研究中发挥着重要的作用。通常在油气勘探中主要使用斯伦贝谢公司的 HDT 和阿特拉斯公司的 CLS3700 系列四臂倾角仪 (O. Serra, 1980), 通过计算机处理 (精细相关对比、模式识别、树形对比等) 可以得到反映岩石内部界面的倾角和倾向, 也可以得到微电导率环井眼成像, 为沉积学研究进一步提供沉积结构、构造、古水流等方面的信息。

通过利用长相关对比处理得到的小比例尺 (1:200) 倾角成果图进行地层构造解释, 包括地层产状、褶皱、断层、压实后的砂体形态、裂缝段识别等。而将其应用于沉积学解释就必须作特殊处理, 即短相关对比或精细模式识别及树形对比的交互处理, 甚至使用最先进的成像手段, 并始终贯彻“岩心刻度测井”的指导思想, 在研究工作中通过数千米岩心观察和沉积构造实写描述, 总结了测井资料中倾角模式、电导率曲线特征、环井眼成像等标志与沉积构造标志间的对应关系, 建立了相应的解释图版, 并在塔里木盆地塔中、轮南等油田的储集层沉积学研究中得到广泛应用。

2. 倾角模式及其地质含义

地层倾角测井用于构造和沉积时, 在矢量图上可以把地层倾角的矢量与深度关系大致分成四类模式关系:

红模式: 倾向大体一致, 倾角随深度增加而逐渐增大的一组矢量, 它可能指断层、砂坝、河道等。

蓝模式: 倾向大体一致, 倾角随深度逐渐变小的一组矢量, 它一般反映地层中层理、地层间不整合等。

绿模式: 倾向大体一致, 倾角不随深度变化的一组矢量, 一般反映地层构造倾斜和水平层理等。

白(杂乱)模式: 倾角变化杂乱, 或者矢量很少, 可信度差, 它指示断层面、风化面或者块状地层等。

每一种模式的代表性是相对简单和存在多解性的, 尤其是在沉积学研究中, 目标是岩石内部的微细层面, 那么沉积岩中哪一级层面才能计算出来并组成模式是至关重要的。很显然, 只有那些可以切过井筒的中一大型层理沉积构造的变化面才有可能被地层倾角测井四臂电极探测到并计算出其产状, 而在井筒中不成平面或在井筒中弯曲变化剧烈的小型层理是不可能被计算出来的。这在建立沉积构造解释模型时是值得注意的。

多种模式的组合关系是判断各级层面相互转换、变化的表征, 模式间断处往往是特殊地质事件(冲刷面等)的响应, 因此在解释过程中要充分重视模式本身和其之间的关系。

3. 微电导率曲线特征

将微电导率四条曲线在常规曲线约束下, 并对比岩心描述资料, 可以总结出:

- (1) 从曲线形态和曲线的相似性判断岩性类型及划分微细旋回。
- (2) 对于向上变细、变粗的粒序层理, 可以直接使用微电导率曲线的变化进行精细研究。
- (3) 均匀砂体的四条电导率曲线特征相关性检验很差。
- (4) 可以根据四条微电导率曲线特征点对比线的平行度来衡量平行及非平行层理。
- (5) 极板事件, 即个别极板的异常是卵石、泥岩透镜体、裂缝的反映。

地层倾角测井曲线与常规曲线相比, 有更加细密的采样间隔, 可以反映地层的岩性成分、含流体性质及砂岩的微细特征, 而在含流体性质一定的情况下, 微电导率曲线的包络线可以反映粒序变化的微旋回特征。而微电导率曲线基线的突变则往往是不同岩性的转换面。

4. 微电导率插值环井眼成像

微电导率插值环井眼成像是将电导率值按相对大小内插, 以一系列不同级别颜色表示环井眼电导率大小分布的, 可以清楚地显现以下几项特征(图1):

- (1) 不同电导率大小的电性层反映不同的岩性段。
- (2) 电导率逐渐递变, 颜色级别逐渐变化, 是岩石内部韵律的表现。
- (3) 成像图中颜色变化呈有规律的密集层状及正弦波状是层理微细层面的反映, 可以结合倾角矢量模式进一步解释层理类型。
- (4) 成像图中颜色变化旋回应与电导率划分的微旋回一致, 而成像更加直观。
- (5) 成像图中明显的颜色变化层是检验倾角计算对比的准确性的标志之一。一般像图中明显的层面, 应在对比计算中准确无误地计算出相应的矢量点, 否则对比有问题。

5. 沉积构造的地层倾角测井解释模型

岩性单元内部和岩性单元之间的层理几何形态和空间关系, 是组成盆地充填物的成因地层层序中沉积成因单元的基本特征。在区域和局部这两种规模上描绘“层理形式”和“沉积构型”能为沉积过程及判断沉积相(沉积环境)提供大量的资料。

层理按其形成的单元, 从单一细层到层序可以大致划分为纹层或细层(指一次水流形成的)、层系(一组纹层)、层系组(几个层系)、层序等不同级别。地层倾角测井长相关对比的成果矢量图一般反映地层层序之间的层面, 而精细相关对比的地层倾角矢量图和电导率成

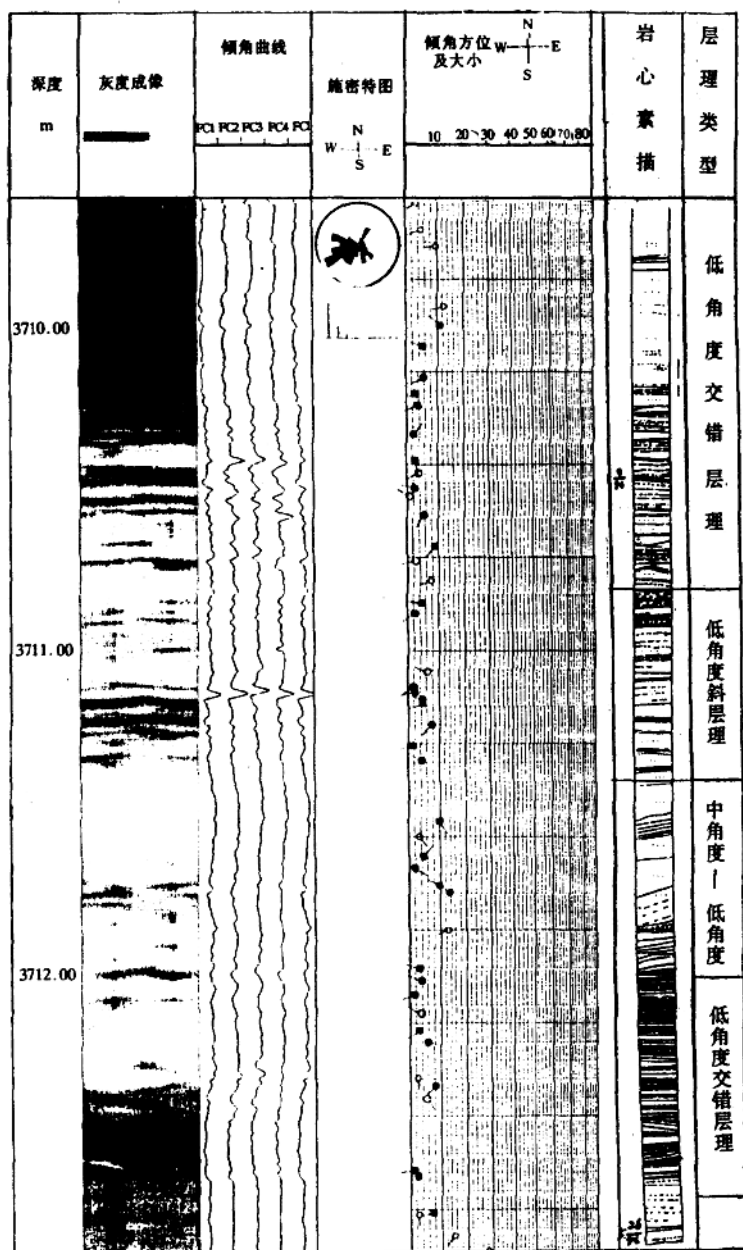


图1 TZ402井人机交互处理中岩心刻度倾角成果图

像一般可以反映层系组或层系中的各种层理面。

自行研制的人—机交互式地层倾角沉积学处理程序是“八五”期间完成的，为研究者提供了更方便的工作界面。其中的地层倾角矢量成果和微电导率环井眼成像是用于判断沉积构造及其组成的主要依据。一般认为沉积学处理中的矢量图的各种红、蓝、绿、白模式及其组

合形式是分析微细层理形态、类型的基本方法，同时可以用来判断古水流或沉积搬运方向、沉积体延伸及加厚方向，这都源于矢量图代表的界面及其分布趋势，是碎屑物质沉积时水动力能量逐渐变化的真实反映。于是在工作中，首先要对交互处理的成果用岩心资料反复刻度，建立正确的地区性的地层倾角矢量模式图，然后由已知到未知，从解释模型到未知层段逐层解释各种沉积构造及其组合关系。

5.1 岩心刻度

如图1，把取心段的岩心素描图（沉积构造）的原始产状缩小成1:10的比例用于人一机交互处理中，刻度地层倾角处理成果，以特征标志层（钙质夹层、泥质夹层等）归位，二者对比说明地层倾角计算结果和电导率成像与岩心匹配关系较好，而且地层倾角矢量清楚地显示出各种层理的模式关系，这是各种沉积构造（层理、冲刷面等）解释模型建立的关键。从岩心刻度图版可以得出以下结论：

- (1) 以岩心中特征标志层如钙质夹层、泥质夹层将岩心归位到地层倾角处理成果图上，清楚地显现出各种沉积构造段对应于不同的矢量模式及成像特征。
- (2) 倾角矢量结果与岩心素描的层理各级层面的视倾角相比，基本相符或略大，这是因为岩心素描的视倾角略比真倾角要小，而计算结果是正确的。
- (3) 电导率成像图中的颜色界线和地层倾角模式转换间断处往往是岩心中岩性界面或者是不同沉积构造的转换位置（不同层理、冲刷面等）。
- (4) 从岩心上每一种层理类型的层系面、纹层面组系产状的变化可以在矢量图中找到对应的矢量点，这就为建立层理等沉积构造解释图版提供了依据。

5.2 沉积构造的解释图版

根据塔里木盆地轮南地区三叠系辫状河三角洲—湖泊沉积体系、塔中—东河塘地区石炭系“东河砂岩”段碎屑滨岸沉积体系中出现的主要沉积构造即层理和冲刷面等用实际处理的矢量图建立了相应的解释图版。

- (1) 冲刷面（再作用面）测井解释图版（图2），表现为上、下两种不同倾角矢量模式的间断处，一般下部模式矢量倾角小而上部大。

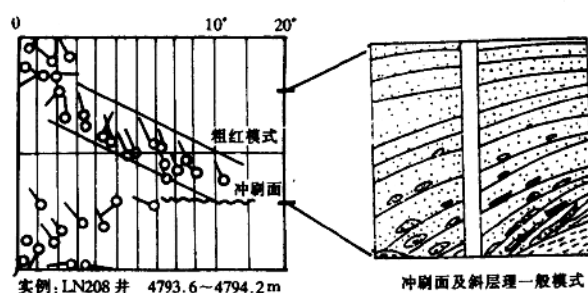


图2 冲刷面和斜层理的测井解释模型

- (2) 槽状交错层理的测井解释图版（图3），表现为一群短模式线相连的小红、蓝模式组合，底部往往为模式间断处所显示的冲刷面。
- (3) 板状交错层理的测井解释图版（图4），表现为一组模式线彼此平行的红、蓝模式组合，模式线平行代表其层系界面彼此平行。

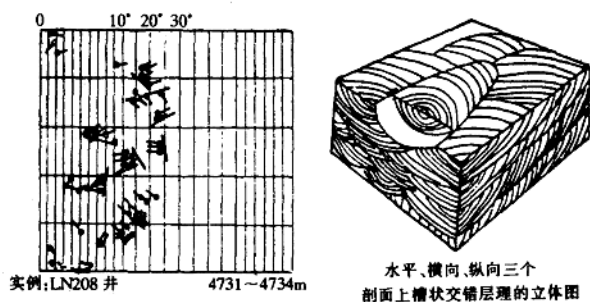


图3 槽状交错层理的测井解释模型

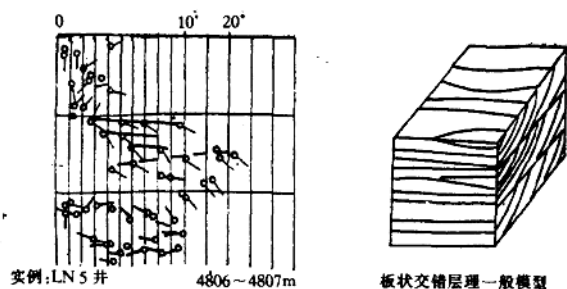


图4 板状交错层理的测井解释模型

(4) 楔形交错层理的测井解释图版, 表现为一组模式线彼此楔型交叉的红、蓝模式组合。

(5) 水平层理、波状层理的测井解释图版, 这种层理一般表现为小角度绿模式或杂乱模式。在倾角处理中由于难以检测这种有变形的层面, 所以只能作概念性解释。

(6) 小型砂纹交错层理的测井解释图版, 表现为小红、蓝模式或杂乱模式。

(7) 浪成冲洗低角度双向斜层理的测井解释图版, 表现为低角度的红、蓝模式组合, 相邻模式中矢量模式方向相反。

(8) 高角度斜层理的测井解释图版, 表现为单一的高角度蓝或红模式。

解释图版是大量岩心资料刻度倾角精细处理成果的结果, 具有在塔里木相应层位的统计适应关系, 已大量用于油区小层沉积相研究中。

5.3 层理角度与沉积相

倾角测井成果能够连续地给出某段地层的层理倾向和倾角。层理角度是水动力能量强弱的反映, 一般来说, 同一环境条件下水动力能量强有利于形成高角度层理, 而水动力弱便于形成低角度斜层理或水平层理。不同的沉积环境, 层理角度总体特征也不同, 如一般海相地层层理角度为 $5^{\circ} \sim 14^{\circ}$, 而河流成因层理角度经常超过 25° 。同一沉积环境下层理角度的纵向变化是水动力能量纵向变化的反映。图5为一河口砂坝沉积段, 其形成时顶部水动力较底部水动力条件强, 顶部层理倾角较大, 达 $10^{\circ} \sim 20^{\circ}$, 底部较小, 只有 5° 左右, 清晰地反映了这种水动力向上变强的纵向变化规律。

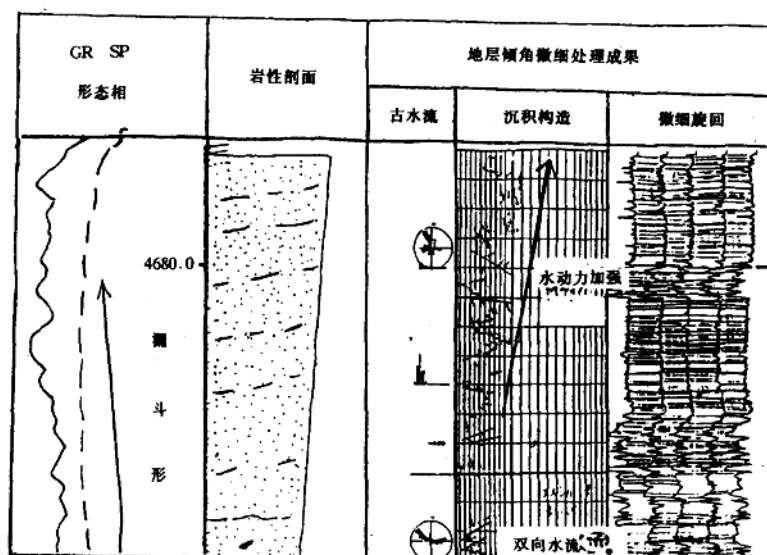


图5 层理角度与河口砂坝沉积的关系

6. 结论

- (1) 首次用自行开发的地层倾角沉积学处理程序处理成果与岩心资料反复刻度和标定, 总结出塔里木盆地石炭系、三叠系地层沉积构造解释模型。
- (2) 地层倾角测井微电导率成像可以辅助解释粒序变化及沉积构造
- (3) 沉积构造解释模型具有一定的通用性, 可在相类似沉积地层中大量应用。

参 考 文 献

Serra O. The contribution of logginy Data to sedimentology and stratigraphy. SPE 9270, 1980, Vol.12, No.3.