

油藏描述原理 与方法技术

刘泽容 信荃麟 著
王伟锋 侯加根 蔡忠

石油工业出版社

登录号	0087351
分类号	P618.130.2
种次号	048

油藏描述原理与方法技术

刘泽容 信荃麟 著
王伟锋 侯加根 蔡忠

石油工业出版社

(京)新登字 082 号

内 容 提 要

本书从理论与实践的结合上全面系统地介绍了油藏描述的基本原理和方法技术。重点论述了综合运用地质、地震、测井和试油、试采等信息,以定量方式和最大限度地应用计算机手段,对油藏进行综合研究和评价。并通过不同生产阶段的典型描述实例,阐明如何把这些分支学科融为一体,用于油藏描述这一现代技术中。本书与阐述理论相比,更偏重于介绍实用方法技术,是一部很有特色的专著。

本书可供从事油气田勘探和开发地质工作者、科学研究人员以及高等院校有关专业的教师、研究生和高年级学生参考。

油藏描述原理与方法技术

刘泽容 信基麟 王伟锋 侯加根 蔡 忠 著

*

石油工业出版社出版发行
(北京安定门外安华里二区一号楼)
石油大学出版社印刷厂排版
石油工业出版社印刷厂印刷

*

787×1092 毫米 16 开本 17³/₈ 印张 445 千字 印 2001—3800

1993 年 9 月北京第 1 版 1995 年 5 月北京第 2 次印刷

ISBN 7-5021-1028-3/TE·957

定价:23.00 元

前 言

油藏描述是一门综合性很强的应用技术。它把地质、地震、测井、生产测试和计算机技术融为一体,并充分吸收各种技术的优点,相互渗透,综合分析,用于对油藏进行综合研究和评价,为油气田勘探和开发开辟了新途径。油藏描述技术的综合性、定量化和最大限度地使用计算机手段是该项技术最突出的特色。为适应石油工业发展需要,作为从事油气勘探和开发的油藏地质家,必须具备综合运用多学科手段以定量方式描述储层的能力,并能对取得的各类成果之间的关系作出正确评价。

本书除吸收了近年来国内外在油藏描述技术方面所取得的最新成果外,主要是我们油藏地质研究所自“七五”科技攻关至今八年来,长期从事油藏描述教学和科研的总结和提高。它从理论和实践的结合上论述了油藏描述的原理、方法和技术,从我国实际出发,精选内容,重点论述了综合运用地质、地震、测井和油藏工程等信息,最大限度地应用计算机手段进行油藏研究的方法技术,阐明如何把这些分支学科融为一体,用于油藏描述这一现代技术中。通过对不同生产阶段的典型描述实例,更系统、更全面、更深入地阐明了如何使这些方法成为一个整体,用于油藏综合研究和评价,以满足读者需要。

本书共八章,分上、下两篇。第一章绪论,阐述本书的目的和范围,论述油藏描述的内容、方法技术及研究现状和展望。上篇为油藏描述基础和方法技术,重点介绍原理、方法和技术。包括第二、三、四、五章,分别论述油藏描述的地质技术、地震技术、测井技术和计算机技术。后者是我所开发的微机软件系统(RDMS 3.0),功能齐全,适用性强,现已在许多油田推广使用。下篇为油藏描述应用实例,包括第六、七、八章,分别介绍勘探阶段包1块油藏描述、滚动勘探开发阶段牛庄油田岩性油藏描述和开发早期阶段枣园油田断块油藏描述三个典型实例。在这些实例中,为了突出不同生产阶段的特点,避免重复,对原来研究成果作了必要的删减,但仍不失“原型”,以便借鉴。

本书由石油大学(华东)油藏地质研究所刘泽容教授担任主编。第一章由刘泽容编写。第二章第一、三、六、七、九、十节由信荃麟编写;第二、八节由刘泽容编写;第四、五节由王伟锋编写。第三、五章由侯加根编写。第四章由蔡忠编写。第六章由刘泽容编写。第七章由信荃麟编写。第八章由刘泽容、王伟锋编写。我所人员参加历届科研工作的还有张杰、郑清、林承焰、金强、徐怀民、邓俊国、杨少春、徐守余、任怀强、侯连华等以及博士、硕士研究生朱筱敏、赵景龙、黄石岩、杜庆龙和毛宁波等。在科研工作中得到胜利、大港、中原和辽河油田以及海洋石油勘探开发研究中心的大力支持与帮助。王京红和王瑞芳同志为打印书稿、图件植字,梁惠萍为清绘图件付出了辛勤劳动。作者在此一并表示衷心感谢。由于水平有限,时间紧迫,不妥之处,敬请指正。

作者

1993. 2. 20

目 次

第一章 绪论	1
第一节 油藏描述的主要内容	1
第二节 油藏描述的方法和技术	3
第三节 油藏描述研究的现状和展望	3

上篇 油藏描述原理与方法技术

第二章 油藏地质研究	7
第一节 地层对比	7
一、对比方法	7
二、岩层的叠覆与沉积充填方式	11
三、地层层序的建立	11
第二节 油藏构造研究	13
一、用声波测井信息研究断层性质	13
二、成藏期构造应力场	16
三、现今应力场研究	19
第三节 沉积相分析	22
一、相和环境的概念	22
二、沉积环境分类	23
三、相分析方法	23
四、测井资料在相分析中的应用	26
第四节 储层成岩作用与孔隙结构	33
一、储集层岩石学研究	33
二、成岩作用研究	33
三、孔隙类型和孔隙结构	38
四、储层潜在敏感性	45
第五节 流体性质研究	46
一、研究内容与方法	46
二、研究流体性质的意义	48
第六节 储层参数空间分布的预测技术	49
一、地质统计学方法	49
二、数理统计学的估值方法	55
三、地质统计学与数理统计学方法估值比较	56
第七节 储层非均质性研究	56
一、储层非均质性概念	56

二、使用资料来源	56
三、研究方法	57
四、利用变差函数研究储层非均质性	60
五、储层非均质性评价	62
第八节 储量计算	63
一、储量计算方法	63
二、储量参数的计算方法	64
三、含油面积的计算方法	66
四、储量增减的影响因素	68
五、储量评价	68
六、利用测井多井解释求取参数计算储量	68
第九节 油藏地质模型	68
一、油藏地质模型	69
二、小层储集体沉积模型	69
三、单砂体储集单元模型	70
四、储层微观结构模型	70
第十节 油藏综合评价	72
一、油藏综合评价的参数	72
二、油藏综合评价标准	73
三、油藏综合评价及其表示方式	73
四、油藏(储层)定量评价方法——灰关联分析	73
第三章 地震解释与预测技术	77
第一节 区域储层描述	77
一、建立地层格架	77
二、地震相分析	80
第二节 储层横向预测	85
一、储层横向预测的波形振幅法	85
二、合成声波测井预测储层	88
三、利用地震模型技术进行储层横向预测	89
四、其他储层横向预测方法	90
第三节 储层参数预测	91
一、利用地震速度预测孔隙度	91
二、利用声阻抗资料预测孔隙度	93
三、应用地质统计学预测孔隙度	94
第四节 烃类检测技术	96
一、亮点技术	96
二、振幅—炮检距变化分析	98
三、层间速度差分析	98
四、其他烃类检测方法简介	100
第四章 测井多井解释技术	103

第一节 测井数据的标准化	103
一、直方图平移法	104
二、趋势面分析法	204
三、变异函数分析法	106
第二节 关键井研究	107
一、关键井的选择及数据准备	107
二、研究“四性”关系的方法	108
第三节 储层参数的解释模型	110
一、岩性参数——泥质含量和粒度中值	111
二、物性参数——孔隙度和渗透率	112
三、含油性参数——含水饱和度和束缚水饱和度	115
四、孔隙结构参数——孔隙喉道半径中值	119
第四节 有效厚度标准研究	120
一、有效厚度物性标准	121
二、有效厚度测井标准	121
第五节 测井多井处理成果检验及参数集总	122
一、成果的区域性检验	122
二、参数集总	124
第六节 油层判别	124
一、逐步判别分析方法	125
二、模糊综合判别法	125
三、灰色综合评判法	127
第五章 油藏描述计算机技术——RDMS	129
第一节 RDMS 3.0 运行环境	130
一、硬件环境	130
二、软件环境	130
第二节 数据输入	130
一、磁带输入	130
二、图形数字化	131
第三节 储层数据库	131
一、储层数据库设计	131
二、储层数据库应用软件系统	132
三、储层数据库系统技术特点	134
第四节 测井相分析	134
一、测井相分析原理与方法	134
二、测井相分析软件构成	136
第五节 测井多井评价	136
一、测井曲线的预处理	136
二、测井资料数字处理	138
三、测井资料综合解释及油气水层的自动判别	138

四、有效厚度研究	141
第六节 储量计算.....	141
一、储量计算方法	141
二、储量计算程序设计	142
第七节 图形显示系统.....	143
一、等值线图	143
二、三维立体图	144
三、柱状剖面图	145
四、油藏剖面图	146
五、油层连通图	147
六、清绘地质图件软件	147

下篇 油藏描述应用实例

第六章 勘探阶段油藏描述——以开鲁盆地陆西凹陷包1断块为例	153
第一节 区域地质概况	153
一、概况	153
二、地层	153
三、区域构造面貌	153
第二节 三维工区构造特征	154
一、三维工区构造特征	154
二、包日温都背斜构造描述	156
第三节 沉积相分析——砂体成因类型及分布规律	158
一、沉积序列	158
二、地震相分析	158
三、测井曲线特征和沉积序列演化	159
四、综合相分析	160
第四节 储层微观特征	162
一、储层岩矿特征	162
二、成岩作用	163
三、孔隙类型和孔隙结构	164
四、储层分类	165
五、储层潜在敏感性	166
第五节 地震预测技术	166
一、地震层速度研究及应用	168
二、储层含油气性预测	169
三、储层参数预测	171
四、地层压力预测	173
第六节 测井多井解释	176
一、概况	177

二、四性关系研究和测井解释模型的建立	177
三、测井资料数字处理与综合解释	178
四、有效厚度标准研究	178
第七节 油藏地质模型与油藏综合评价	182
一、油藏地质模型	182
二、油藏综合评价	183
第七章 滚动勘探、开发阶段油藏描述——以胜利油田牛庄岩性油藏为例	184
第一节 地层的划分与对比	186
一、地层划分对比的原则及依据	186
二、沙三中内部的划分对比	187
第二节 构造体系分析	188
第三节 沉积相和沉积微相研究	188
一、沙三段地震相和沉积相研究	190
二、牛庄三角洲沉积体系	190
三、三角洲演化	192
四、前缘斜坡扇沉积体系	193
五、斜坡扇沉积微相与油气关系	195
第四节 薄砂体识别的综合技术	199
一、波形振幅分析法	199
二、速度分析法	203
三、牛 20 断块薄砂体定量解释技术的成功应用	204
第五节 测井多井解释技术	206
一、牛 20 开发试验区概况	207
二、测井多井解释技术	207
三、储层评价	208
第六节 岩性油藏形成条件和分布规律	211
一、深洼陷岩性油藏形成条件和分布规律	211
二、油气富集高产的控制因素	213
三、岩性油藏特征	214
四、油藏地质模型	215
第八章 开发早期阶段油藏描述——以大港枣园油田枣北断块油藏为例	217
第一节 地质概况	217
一、地层特征及小层划分	217
二、油藏构造特征	218
三、沉积相和沉积微相	220
四、油层分布和油藏类型	221
第二节 成岩作用与孔隙结构特征	221
一、砂岩岩石学特征	221
二、砂岩成岩作用特征	221
三、孔隙类型与孔隙结构特征	223

四、储层特征与评价	224
第三节 流体性质与分布规律	225
一、流体性质	226
二、流体性质分布规律	227
三、流体性质对产能的影响	229
第四节 测井多井储层评价	229
一、岩石体积模型的建立	229
二、测井资料预处理	230
三、四性关系研究	231
四、测井解释模型的建立	236
五、测井资料数字处理与综合解释	237
六、有效厚度标准研究及夹层扣除原则	237
七、储层参数集总	241
第五节 储层参数分布规律	242
一、储层参数特征	242
二、储层参数分布规律	242
三、枣北孔一段储层性质与沉积微相关系	246
四、枣Ⅰ油组储层评价	248
第六节 储层非均质性特征	249
一、枣北孔一段储层非均质性特征	249
二、储层非均质性评价	253
第七节 储量计算	254
一、储量计算单元和方法的选择	254
二、储量参数	255
第八节 油藏地质模型	255
一、油藏地质模型	255
二、小层储集体沉积模型	257
三、单砂体储集单元模型	258
四、储层微观结构模型	259
第九节 油藏综合评价	260
一、油藏综合评价参数和标准	260
二、枣Ⅰ油组油藏综合评价	260

图版

参考文献

第一章 绪 论

油藏描述是 70 年代发展起来的用于油气田勘探和开发的一项新技术。这项技术自“七五”引进我国以来,发展很快,受到石油企业家和石油勘探和开发人员极大重视。目前,这项新技术已在生产中广泛应用,获得了显著经济效益和社会效益,它对油气田勘探和开发起着越来越明显的作用。实践表明,油藏描述技术研究的深入发展具有重要的理论和实际意义。

油藏描述,简言之,就是对油藏进行综合研究和评价。它是以前沉积学、构造地质学、储层地质学和石油地质学的理论为指导,综合运用地质、地震、测井和试油试采等信息,最大限度地应用计算机手段,对油藏进行定性、定量描述和评价的一项综合研究的方法和技术。其任务在于阐明油藏的构造面貌、沉积相和微相的类型和展布,储集体的几何形态和大小、储层参数分布和非均质性及其微观特征、油藏内流体性质和分布,乃至建立油藏地质模型、计算石油储量和进行油藏综合评价。为实现油藏描述的上述任务,应最大限度地使用计算机手段,并自动绘制反映油藏特征的各种图件,充分揭示它在三维空间的变化规律,为进行油藏数学模拟,合理选择开发方案,改善开发效果,提高石油采收率提供充分可靠的依据。

油藏描述技术的综合性、定量化和广泛使用计算机手段是该项技术最突出的特色,它涉及多种学科的专业知识,作为从事油气勘探和开发的油藏地质家们非常需要这种技能。这些专家应当拓宽自己的知识领域,使自己懂得综合运用多学科信息定量描述储层、分析各类成果之间的关系,并且具有作出正确评价的能力。本书的目的就是把用于油藏描述的多种学科技术手段融合为一个整体,以满足从事科研和生产的读者需要。

自“七五”至今八年来,我们油藏地质研究所先后承担了国家“七五”攻关、部级攻关等多项油藏描述研究任务,出色地完成了渤西海域、东濮凹陷黄河南地区及辽河陆西包 1 断块的勘探阶段以地质和地震信息为主的油藏描述;牛庄油田岩性油藏滚动勘探开发阶段,将地质、地震和测井信息相结合的油藏描述;枣园油田断块油藏开发早期阶段以地质和测井信息为主的油藏描述。这期间作了大量工作,取得了丰硕成果,总结了一套完整的适用于不同生产阶段、各种类型油藏描述的方法和技术,并建立了油藏描述微系统(RDMS 3.0),获得了显著的经济效益和社会效益。本书是我们长期从事上述科研实践的总结和提高,与阐述理论相比,它更偏重于介绍实用方法和技术。在内容上分上、下两篇。上篇介绍基本原理、方法和技术;下篇介绍油藏描述应用实例。试图通过应用实例的分析,使读者对油藏描述及其不同生产阶段的应用特点有所了解,从而对该项方法技术综合运用的深入理解和掌握获得完整概念。

第一节 油藏描述的主要内容

当前,人们对油藏描述内容的理解不完全相同,多数学者都是从自己从事的学科领域来理解它的内容。从科研和生产实践来看,我们认为,油藏描述是以多学科的理论为指导,综合应用多种信息,最大限度地应用计算机的手段,对油气藏进行综合研究和描述。它是综合应用地质、地震、测井和油藏工程等资料,研究全油田的构造面貌、储集层的几何形态和岩性岩相、储层微观特征、流体性质和分布规律,定量描述储层参数的空间分布规律、储层非均质性,计算油气地

质储量,建立油藏地质模型,进行油藏评价,研究油田开发过程中油藏基本参数的变化,从而实现全油田油气藏进行静态和动态的详细描述。

(油藏描述分静态和动态描述。油藏静态描述主要是研究油田的构造面貌、储层的沉积相和微相、储层微观特征、储层参数空间分布规律、储层非均质性和计算油气地质储量。而油藏动态描述主要是研究在开发过程中油气藏基本动态参数的变化规律,确定产液面和吸水剖面,并修改和完善对油气藏的静态描述。油藏静态描述是油田研究的基础和先行步骤,而动态描述则是静态描述的完善和发展。)本书介绍的是油藏静态描述。

(油藏描述的内容或目标往往有很大区别,它因油藏发育的地质背景、油藏勘探开发阶段和各油藏存在的具体问题等不同而有显著区别。研究表明,无论什么类型的油气藏,发育在什么样的地质环境,处于勘探和开发的哪一阶段,其研究和描述的内容,都具有共性,即主要是进行油藏地质研究。油藏地质研究是油藏描述的基础,同时又是它的归宿,故油藏地质研究贯穿在油藏描述的始终,油藏地质研究工作的好坏,会直接影响油藏描述总体水平和评价。油藏地质研究的内容实际上也是其他方法技术所要研究和解决的问题。它应包括:油层组对比和划分、油藏构造特征和构造应力场、储集体沉积相和微相、储层成岩作用和孔隙结构、流体性质与分布规律、储层参数分布规律、储层非均质性和烃类检测、计算储量、油藏地质模型和油藏综合评价等诸方面,其中储层参数分布规律和储层非均质性是油藏描述的核心,油藏地质模型和油藏综合评价是进行油藏描述的最终目的。故油藏描述涉及的内容很广,上述每一个侧面研究的内容还包括很多细节,在此从略,待以后讨论。

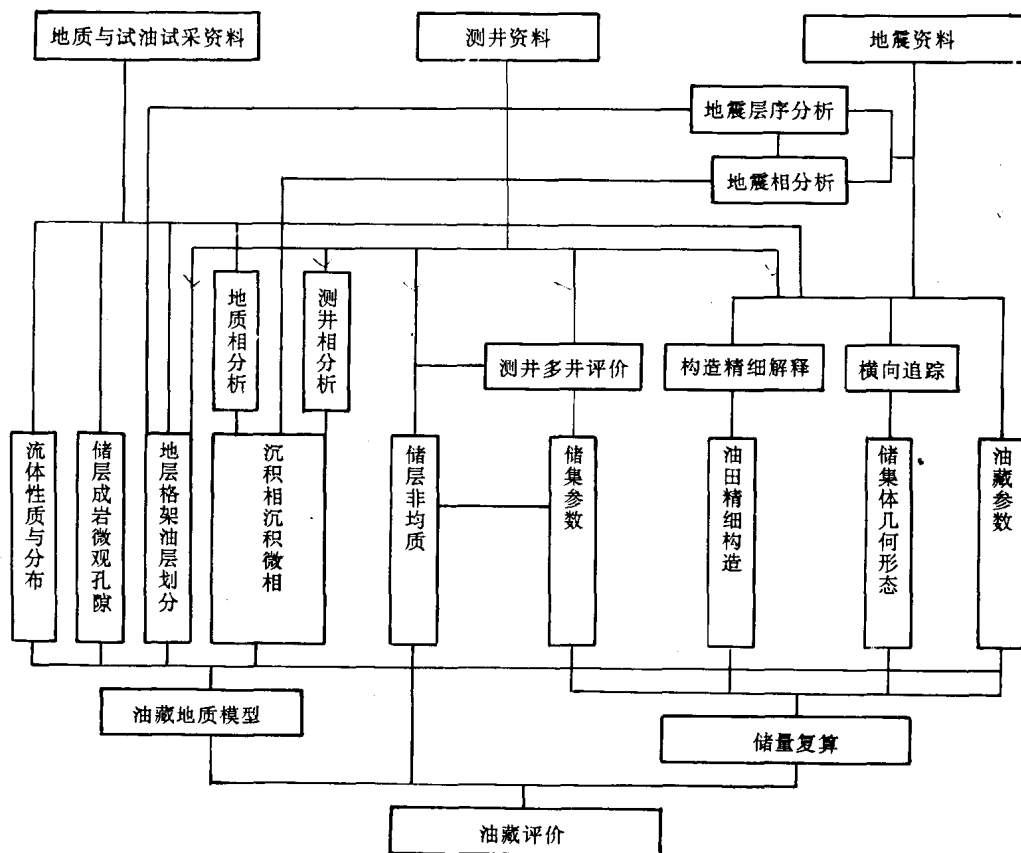


图 1-1 油藏描述流程框图

油藏描述的流程,是指油藏描述的过程和程序。一般来说油藏描述的流程依赖于油藏的类型、油藏研究程度、油藏隶属勘探开发不同的生产阶段,其流程是有所不同的。但总的来说,无论隶属任何一个生产阶段的油藏或属任何一种油藏类型,它们的描述流程都具有共同性,其流程框图见图 1-1。

第二节 油藏描述的方法和技术

从上述油藏描述的概念来看,油藏描述实质上是对油气藏进行综合研究。从长期的科研实践来看,特别是对那些复杂的油气藏,要正确揭示地下油藏的规律,必须利用多种手段和多种信息,并以多学科的理论为指导,才能做好油藏的综合研究和描述,达到预期的目的。故油藏描述的方法和技术涉及的内容很广,概括起来说,可分为油藏描述的地质技术、油藏描述的地震技术、油藏描述的测井技术和油藏描述的计算机技术等四个方面。上述四个方面技术的目的是相同的,即对油藏进行整体或局部、宏观或微观、静态或动态的研究,去揭示复杂油藏的地质问题。由于各个技术属于不同的学科,故各自应用的原理、方法、手段和信息各不相同,所以,它们揭示油藏问题的侧面也是不同的。综合应用上述四种技术,就可以使研究人员从多个侧面来认识油藏,研究油藏,必将有利于正确揭示地下复杂油气藏的地质规律,深化对油气藏的认识。

有关四大技术的原理、方法及应用的具体内容将在本书的第二、三、四、五等各章内详细介绍。

第三节 油藏描述研究的现状和展望

油藏描述技术自问世以来,发展很快,现已成为比较成熟的、实用于油气田勘探和开发的新技术。这门新技术正在被石油界的学者和专家们掌握,并开始在石油勘探和开发中应用,显示了它的强大生命力。

在 70 年代,油藏描述技术兴起的初期,这门技术包含的内容较少,涉及的领域较窄,多数学者对油气藏的研究,还基本上停留在使用单一学科的信息,用一种方法和技术来研究和认识油藏。这时对油气藏的研究和认识,多限于进行油藏静态研究、宏观研究、定性研究和从一维或二维空间内研究和认识油藏。随着社会的前进、学科的发展、油气藏勘探技术发展很快,到 80 年代末期,油藏描述已成为一门综合性很强的应用技术。它以沉积学、构造地质学、储层地质学和石油地质学理论为指导,把地质、地震、测井、生产测试及计算机技术融为一体,并充分吸收各种技术的优点,相互渗透,综合分析,为油气田的勘探开发开辟了新途径。油藏描述技术发展至今已日趋完善,实现了从宏观到微观、从定性到定量、从二维到三维、从静态到动态的油藏描述,标志着油藏研究进入了一个新阶段。

为了适应当前学科发展的需要,适应复杂油田勘探和开发的需要,提高油藏描述成果的使用价值,今后应开发和发展油藏三维静、动态描述的新技术,提高薄储层横向预测的精度,研究和提高井间储层参数和剩余油的预测技术,探讨水平井油藏描述的方法技术等,从而使油藏描述方法和技术在石油工业中发挥更大的作用,取得更好的经济效益和社会效益。

上 篇

油藏描述原理与方法技术

第二章 油藏地质研究

油藏地质研究是油藏描述的基础,又是油藏描述的归宿,贯穿于油藏描述全过程,它包括以下十个方面的基本研究内容。其实,这些研究内容并不限于地质方法,油藏描述中所涉及的其他方法技术,也都是用于研究和解决这些基本问题的。

第一节 地层对比

地层的划分和对比是最基础的地质工作,其主要目的是建立地层层序。在地层研究工作中,确定一个地区地层层序主要涉及对这一地区的地层的正确划分,而确定一个地区与相邻地区地层层序的相互关系,则将涉及不同地区之间的地层对比问题,实际上地层的划分和对比二者是不能截然分开的。

油藏描述是在油气藏发现以后进行的研究工作,它所要解决的地层问题是为了满足大比例尺地质制图的需要。因此,这里所涉及的地层工作,一般都是在前人已划分的组或段的基础上进行的比组、段更小单位,如砂层组(或油组),小层甚至单砂层的划分和对比。

一、对比方法

进行地 R 层对比时首先要查明所研究的不同地方性剖面中是否存在一致的或类似的特征,并判断这些特征是同一地质事件产生的,然后将地方性剖面逐个进行比较,建立地层层序的相互关系。这种分布广泛、由同一地质事件产生的各种特征,即构成了一个地区的地层对比标志,它们可以是岩石或岩性特征、古生物特征,也可以是与这些岩石或岩性相关的物理特征。建立在上述各种标志基础上的可比性,即产生相应的对比方法。

1. 岩石学方法

这种方法是以前岩石或岩性特征作为对比标志。以岩性特征作为地层划分依据的称为岩石地层单元。这里岩性的对比标志通常综合考虑岩石的颜色,成分、结构、沉积构造以及胶结类型等的相似性。除岩性特征外,还可以是特殊的岩层,如火山灰层、鲕粒层、褐煤层或蒸发岩层,以及含某种重矿物的层等。在对比中,应特别注意那些岩性突出,分布广泛、厚度稳定的标准层段,因为利用标准层的横向连续性有助于将不同地方性剖面衔接起来,可以迅速而简便地完成所要建立的对比关系。

利用岩性进行对比要特别慎重,因为相似的岩性只表明类似的形成条件,但不一定是同时的。

在岩石学方法中,沉积旋回法得到广泛应用。沉积旋回是指剖面中相似岩石有规律的重复出现的现象,它可分为完整和间断沉积旋回两种类型。前者是指岩性变化自下而上由粗变细,接着又逐渐由细变粗的沉积层序。后者是指岩性变化不完整,或者只有由粗到细的沉积层序(称间断正旋回),或者只有由细到粗的沉积层序(称间断反旋回)。沉积旋回是由于地壳周期性升降所引起。当地壳下降,水体加深,形成岩性下粗上细的沉积层序;相反,当地壳上升,水体变浅,形成岩性下细上粗的沉积层序。旋回性是沉积发展规律的一种较普遍的表现形式,既易于