

# 石油地层学概论

安延恺 编著

石油工业出版社

# 石油地层学概论

安延恺 编著

石油工业出版社

## 内 容 提 要

石油地层学是地层学的分支学科，它系通过多年来的油、气勘探工作的实践，才逐渐发展并建立起来的。其基本理论虽与地层学相似，但在地层划分、对比，尤其是在油层对比方面则有其独特之处。前人多次强调其重要意义，但尚无这类专著问世，编写本书可视为进行这方面工作的初步尝试。

全书共分九章，以基本理论及地层划分、对比原则为基础，并对油、气勘探中有关地层学问题进行阐述与讨论，结合在国内各探区行之有效的各种地层工作方法进行分析。同时还配合有一定的实例和必要的图幅，以便使读者在短期内掌握石油地层学的基本内容。

本书可做为从事油、气勘探工作的技术人员的参考，也可作为从事石油地质、油矿地质、油田开发和矿场地球物理测井等方面的研究人员及大专院校师生参考。

## 石油地层学概论

安延恺 编著

石油工业出版社出版

《北京安定门外外馆东后街甲36号》

轻工出版社印刷厂排版

北京顺义燕华营印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米 16开本 10<sup>3</sup>/<sub>4</sub>印张 276千字 印1-2,550

1985年10月北京第1版 1985年10月北京第1次印刷

书号：15037·2559 定价：2.30元

## 前 言

石油地层学是地层学的分支学科之一。它是根据石油和天然气勘探和开发工作的需要而逐渐发展起来的。前人也曾多次提出使用这一术语，旨在使地层学的内容更适用于探索区域发展史，掌握含油气层的区域变化规律，以利于寻找油气田。实践证明，石油地层学，在油气勘探工作中是十分重要的。三十余年来，作者在教学、科研以及在协助厂矿的工作过程中，多有体会，因而近年来几经易稿终于写成本书。由于此书是作者的新尝试，不成熟与欠妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

昔年作者在北洋大学攻读期间，业师王斐轩教授特聘杨遵仪教授专程赴津讲授“中国地层及标准化石”课程，从而得识门径。以后在清华大学随冯怀西教授工作时，又遵嘱再度从杨师习生物地层学，从王鸿祯师习地史学，获益良多。现今能完成此书，实得力于多年来各级组织的关怀与培养以及诸位业师的教诲，在此深表感激。并愿以此书做为对已故王斐轩、冯怀西两位业师的纪念。

此外，作者也在此对业师杨遵仪教授、王鸿祯教授、苏良赫教授、马杏垣教授等多年来的鼓励和指教，特表致意。

本书部分内容曾经胜利油田老同学黄石同志和杨瑞琪同志审阅，并对修改原稿提出了宝贵意见；全书又经同窗挚友、成都地质学院副教授李汉瑜同志审订并详加修饰，在此一并表示诚挚的谢意。

# 目 录

第一章 绪论	( 1 )
第 1 节 地层学的涵义	( 1 )
第 2 节 地层与地层学	( 2 )
第 3 节 关于地层的分类	( 4 )
第 4 节 年代地层单位的基础——地质时代表的建立	( 4 )
第 5 节 地层学的分支与石油地层学	( 6 )
第二章 利用生物化石划分地层——生物地层学概述	( 9 )
第 1 节 标准化石的概念及其在划分地层方面的意义	( 10 )
第 2 节 化石组合或化石群在划分地层方面的意义	( 16 )
第 3 节 百分统计法及其存在的问题	( 20 )
第 4 节 利用种系发生规律划分地层	( 22 )
第 5 节 利用化石进行地层划分时应注意的几个问题	( 27 )
第 6 节 利用化石群或化石组合在进行地层划分时应考虑的问题	( 30 )
第 7 节 生物带和组合带	( 32 )
第三章 利用沉积特征划分地层——岩石地层学主要内容概述	( 34 )
第 1 节 使用岩石地层学方法划分地层所需要的各种标志	( 34 )
第 2 节 利用沉积旋回进行地层划分时应注意的问题	( 35 )
第 3 节 根据岩石中所含矿物的类型和数量进行地层划分	( 37 )
第 4 节 根据沉积间断进行地层划分	( 39 )
第 5 节 利用化学元素含量变化的规律划分地层	( 43 )
第 6 节 岩石地层学方法划分地层的实例	( 47 )
第四章 两类地层分类之间的关系及其实际应用	( 50 )
第 1 节 年代地层单位与岩石地层单位	( 50 )
第 2 节 群、组的建立与使用	( 52 )
第 3 节 从生物演化和沉积发展来看两种地层分类的关系	( 56 )
第 4 节 在地层划分中各类重要标志的具体应用	( 58 )
第 5 节 几种不能确定的岩石地层单位的建立问题	( 60 )
第五章 生物地理分区和地层分区	( 62 )
第 1 节 从中国古生代、中生代生物地理分区情况说明分级问题	( 62 )
第 2 节 几种生物地理分区的形成看法及其有关问题的解释	( 64 )
第 3 节 地层分区的意义及其确立标志	( 66 )
第 4 节 地层区划中的一些问题	( 68 )
第六章 同位素地质年代的确定与古老岩系的划分	( 71 )
第 1 节 同位素及其年龄测定的基本概念	( 71 )
第 2 节 分析同位素年龄值时需要考虑的几个问题	( 75 )

第3节	同位素年龄测定方法存在的问题及其新发展	( 77 )
第4节	太古宇与元古宇放射性同位素年龄的测定	( 80 )
第5节	太古宇与元古宇的划分	( 81 )
第6节	太古宇与元古宇的基本特征	( 84 )
第7节	迭层石、古孢子和埃迪卡拉动物群对古老岩系划分的意义	( 90 )
第七章	区域地层对比的原则及依据	( 93 )
第1节	区域地层对比概述	( 93 )
第2节	可用于地层对比的几种标志	( 98 )
第3节	利用化石进行地层对比的补充讨论	( 100 )
第4节	利用岩性及其所含的矿物进行对比	( 104 )
第5节	沉积间断在地层对比中的作用	( 105 )
第6节	用差热分析和热发光法进行地层对比	( 108 )
第7节	古地磁学在地层对比中的应用	( 111 )
第8节	利用岩石所含元素进行地层对比	( 113 )
第9节	利用各种测井方法进行地层划分与对比	( 114 )
第八章	区域地层对比	( 117 )
第1节	石油勘探中的区域地层对比	( 117 )
第2节	标准剖面的建立	( 118 )
第3节	确定标准层并进行区域对比	( 124 )
第4节	区域地层对比图件的编制	( 126 )
第九章	小层对比(油层对比)	( 127 )
第1节	区域地层对比与小层对比的关系	( 127 )
第2节	单井分析与连井对比	( 128 )
第3节	小层对比需用的基本资料	( 133 )
第4节	小层对比的原则与特征	( 134 )
第5节	时间单元的概念及其在小层对比中的作用	( 141 )
第6节	碎屑岩的小层对比	( 145 )
第7节	碳酸盐岩的小层对比	( 157 )
第8节	小层对比应注意的问题	( 163 )
参考文献		( 164 )

# 第一章 绪 论

这里所讲的石油地层学是属于地层学的一个分支。近年来由于石油勘探工作的迅速发展，为了适应石油勘探工作的需要，使得涉及到地层学的一些有关内容逐渐地充实和发展起来。

通过近二、三十年来的不断实践，有关地层的资料研究和分析方法都在日益积累和发展，不断有所创新，从而初步地使地层学在石油勘探方面的应用发展成为一个独立的分支。

石油地层学的基本原理与地层学是相同的，但是从对具体问题的分析和要求上来讲，却有明显的差别。特别是在地层的划分与对比方面，石油地层学有它一定的特点。

众所周知：地层的划分与对比是进行石油地质勘探工作的重要基础。通过分析一个区域的地层层序、岩性、岩相、厚度变化、地层间的接触关系以及构造形变等，可以推断一个地区的地质发展历史和生油、储油和盖层条件。从而可以较准确地了解储油层的分布和变化，为进一步推测区域性的含油、气远景，并确定合理的油、气勘探与开发方案，提供必要的依据。

## 第1节 地层学的涵义

长期以来，人们对地层学的涵义，理解得并不一致。地层学原先的定义是有关描述地层的学科。地层这个术语，系指平坦分布的岩石呈现着一层层重叠产状的情况（其拉丁文词源就是铺开或扩展的意思），也就是指明显成层的岩石而言。

在较早的时期，地层是从研究沉积岩开始逐渐发展起来的。随着科学的进展，才逐步地应用到同样成层的火山碎屑沉积岩系的研究方面。

曾经有人认为：地层学的主要目的只是编制地层的年代系统表，其研究的最终结果就是描述地壳上沉积岩的成层层序。但是这种看法，并不够全面。

一般来讲：地层学是研究成层岩石的一门学科，同时也对有关的层理进行研究。所谓层理，不仅是成层岩石最明显的特征，也是解释成层岩石最有意义的特征。其中，那些偏重于研究成层岩系的层序和时代的部分，可以归入生物地层学的研究范畴。但是，在现代地层学中，所涉及的内容较广，除生物地层学外，还应当包括岩石地层学、年代地层学、古沉积环境学、区域地层学以及沉积发展史等等。因此，在地层学领域内，需要着重于研究成层岩系的时-空关系及其分布规律。这也就是人们一般所理解的地层学的内容。岩石地层、生物地层和年代地层就是地层学的三要素。但也有人认为地层学的基础还应当包括地层学的原则、概念、地层的划分、对比和命名。

应当指出：地层学是从生产实践中发展起来而又返回来为生产实践服务的。通常，人们可以通过各个时代的地层划分与对比，进行区域地质调查和区域制图的工作——作为矿藏勘探工作的基础。

一般认为世界上十八世纪和十九世纪之交，是自然科学大发展的时期，也是唯物论和唯心论这两种世界观之间激烈斗争的时期，这段时期也是地层学有着重要发展的时期。英国

C. 莱伊尔根据现代地表的各種自然营力作用和细致地观察，以现实主义手法来研究地质学，从而建立了地质学的基础，使之成为一门重要的自然科学，其中自然也涉及到了地层学。值得注意的是：C. 莱伊尔曾经详细地论述了地层的形成过程及保存于地层中的化石的基本分布情况。对此，恩格斯曾给予相当高的评价。

恩格斯对地层的形成曾给予了辩证的、精辟的说明，指出：“其次，全部地质学是一个被否定了的否定的系列，是旧岩层不断毁坏和新岩层不断形成的系列。起初，由于液态物质冷却而产生的原始地壳，经过海洋、气象和大气化学的作用而碎裂，这些碎块一层层地沉积在海底。海底的局部隆出海面，又使这种最初的地层的一部分再次经受雨水、四季变化的温度、大气中的氧和碳酸的作用；从地心冲破地层爆发出来的、然后再冷却的熔岩也经受同样的作用。这样，在几万万年间，新的地层不断地形成，而大部分又重新毁坏，又变为构成新地层的材料”（恩格斯：《反杜林论》，十三、辩证法。否定的否定，134页，人民出版社，1970年12月第1版）。

显然，地层学的研究对象，就是成层的岩石，很清楚，也可以从沉积作用仍在继续的地表和海底那些接受沉积的区域，为人们提供直接的有力证据。

我国古籍诗经上有：“百川沸腾、山冢萃崩。高岸为谷、深谷为陵。”（《诗经》十月之交）的语句，表明了古代人类在认识大自然方面所达到的水平。人们除了依赖自然界获得生存之外，还必须同自然灾害作斗争，于是在实践中，逐渐地加深了对地球的认识。

应当看出：在地层学的发展上，主要是由劳动人民在生产实践活动中逐渐认识的。许多事实表明，古代人民对于海陆变迁和生物遗迹都有相当的认识。例如北宋沈括在所著《梦溪笔谈》（1031~1095页）中对于化石和地层方面以及构造地质方面的若干问题均有较正确的理解，这是他概括了当时劳动人民对于自然现象的认识所写成的。

从广义上讲，地球体就是呈层状结构的，组成岩石圈的各类岩石，即使它们有的仍呈疏松状，但也都应当视为成层的岩层，均可归入地层学研究的范畴。而那些非成层岩石体，常与成层岩石共生，彼此之间关系相当明确，因而也可以归入地层学研究的领域内。

## 第2节 地层与地层学

所谓地层，正如上节所述，是指地壳发展演化期间所形成的层状岩石的统称。显然应当包括沉积岩，火山碎屑岩和部分变质岩在内。人们了解并研究地层的主要目的，是确定地层的岩性组成（矿物成分与所含化石以及岩石物性、地球化学特征等）与时代顺序，建立区域地层系统，弄清地层在三维空间内的分布与变化和再造古沉积环境与古地理等。这显然已经涉及到成层岩石的所有性质与特征。基于这些，可以更好地阐明区域地层发展的规律，并应用到实践中去。

因此，地层学（stratigraphy）可以理解为它是一门描述或论述地层的学科。我们在这里再对几个有关问题作进一步的解释。

有人曾经认为地层学可以理解为研究构成地壳的岩石形成顺序及其相互间的时空关系，从而阐明地质发展历史的一门科学。

看来，地层学除了进行各地区的地层层序描述外，还要包括有关区域地层对比的内容。这是通常狭义地层学的理解，这需要考虑到空间连结相同时间的层位和彼此对比的问题。它实际上不仅是地质学理论的基础，而且也是在实践中广泛应用的。但是从广义的地层学来



看，地层学的主要目的是编制地质年代系统，因为如果不掌握地质时代系统也就不能进行有关地质发展历史的研究。

地层学的外文名称，系由拉丁文的“地层”(stratum)和希腊文的学(graphia)拼合而成。可以这样理解：即它们主要是研究有关岩石及其伴生岩体在正常层序中的形式、排列、分布、年代顺序、分类以及岩石所具有的一些特征或全部特征、特性和属性的关系。这就会涉及到岩层的成因、成分、形成、环境、时代、发展历史与生物演化的关系。进一步讲，像构成地层的物质的性质、组成，地层的顺序和时代关系以及地层单位的划分、对比也都可归入其中。这样，无论是成层的还是非成层的岩层，都可以归入地层学范畴内。

目前，有不少人将地层视为具有某种特征与属性，而且有上、下层间明显差别的岩层。相邻的地层，可以被明显地层面或间断面所分开。有时，也可以被岩性、矿物成分、所含化石、化学成分、物理性质、地质时代等和其他特性所形成的不太明显的界面所分开。

显然，地层学必然要建立在与沉积学有关的知识基础上，因而沉积作用是阐明地层形成、发展的基本原理。并且地层学还需要多种不同方法以及多种边缘科学的相互配合。

必须指出：进行地层研究，必须遵循地质学上的“将今论古”的现实主义原则。这就是，只有了解现代沉积物是如何形成的，才能推断古代沉积物的形成条件。

有人对于地层学的研究领域更进一步提出了具体的方向，即：(1)对岩体的形状、二维的面积和三维的空间的关系研究方面；(2)岩体成岩作用中空间与时间关系的研究方面；

(3)对空间、区域、物质来源情况、建造、时间及地质作用结果的研究方面；(4)关于地层对比的概念、地质时代表、地质标准层、地层学与古生物学的关系、化石带的概念、阶的涵义以及岩石地层单位和年代地层单位的概念等等。当然，目前也还有不同的理解。根据不同方法，地层学可以分为岩石地层学、生物地层学和年代(或时间)地层学等一些地位相等的分科，但实际上它们只是代表这些方法的一种体现，并不是这些方法本身就构成了地层学科中的不同的分支，只有尽可能结合并利用多种适宜的方法，才能进行全面的综合分析，得出近于实际的结论。

看来，迄今人们对于地层学研究内容的理解，还有一定程度的差别。如J.M.Weller (1960)<sup>①</sup>就曾指出：“地层学是地质学的一个分支，涉及到研究和解释地层的成层性和沉积岩的同一性，并进行水平方面和垂直方面的特征和层序以及地层单位的制图和对比”。

人们对于地层学的涵义理解大多从各自的研究领域考虑。由于一般人注意大陆的演化，所以把地层学理解为解释在沉积作用中均衡运动进展的记录。若从古生物学角度来看，则认为地层学是阐明地质时期中动物和植物在水平方向和垂直方向上的分布和演化的特征。有人更从古地理角度来看，则认为地层学应当阐明过去的时间内由于地球有规律的扩张而谱写出的有关历史。

有人曾经提出：地层工作的目的有两个方面：首先是进行地层描述和分类，其次是将一个地区和另一个地区进行对比，以判明他们的相应年代，甚至扩大到世界范围内的地质年代学的建立。从这里也可以引伸出，地层学做为地质科学的一个分支，是应当侧重于确定和描述岩石的重要划分、解释重要的沉积作用以及地质历史中它们所表现的基本特征。

<sup>①</sup> J.M.Weller, 《stratigraphic principle and practice》, New York, Harper & Row, 1960.

### 第3节 关于地层的分类

地层的分类，应当是地层学的基础工作，除掉一般所理解的要编制完整的地质年代表以外，还会涉及有关地层的分类问题。这就是将岩层分为若干最基本的单位，而它们的地位和作用，相当于任何一个科学分类上的基本单位。

一般讲来，除去要进行地层划分之外，还要确定地层单位的界限，特别是各级单位之间的界限确定问题，进一步还要涉及地层分区问题。因为世界上并没有完全一致的自然环境以形成一致的地层，所以地层都是有区域性的。这些问题，无疑地都要包括在通常的地层分区的范畴中。

目前通用的地层分类法有两种，一是岩石地层分类，另一是年代地层分类。前者仅涉及一个区域内的岩层发育情况，即将岩层进行区域性单位的划分，分为群、组、段、层四级。而后者，则基本上要符合国际上或大区域的标准，划分为宇、界、系、统、阶等五级单位。

有人也指出过：层状岩石可以根据某种性质，如岩性、化石内容、地磁极性（地磁反向）、电性、热发光性、地震感应性、化学成分、矿物成分等来进行细致的划分。或者也可以根据其生成时间和生成环境进行划分。这样实际广泛应用的地层单位只有三种，即岩石地层单位、生物地层单位、年代地层单位。建立和采用大区性的阶是相当有必要的，但阶一般还是用于较大的区域，在条件适合时，也可以推广其使用范围。

这里需要指明：为了掌握各地区地层发育的基本特征，除了要反映各地区地层发育的基本情况（特殊性）外，还需要建立地方性的地层分类，这便是上面指出的岩石地层分类。有人认为：岩石地层分类，从它的目的性和划分根据来看，都是属于地方性的。它们可以反映同时时间内的分布情况，而且也反映出各个地区的特殊性。它们可以反映出地层发育上在空间内的具体分布情况。

一般讲来，建立岩石地层单位的空间标志是：岩性、厚度和接触关系。而控制岩石地层单位的因素则是：气候条件、地理环境、物质成分与物质来源。总的来看，都应当受地壳构造条件和构造运动性质的控制。由于这些因素都是因地制宜，显然也都是属于地区性的因素。

### 第4节 年代地层单位的基础——地质时代表的建立

为了反映各地区的地层之间的相互联系即时间上的关系，必须建立时间性的地层分类，即所谓的年代地层单位。这显然与地质时代单位不同，它是有具体的物质，而不是像地质时代单位那样属于抽象概念。它们可以反映地层发育的时间联系，即一定的时间间隔内地层的代表。通常采用的办法有两种，一种是根据各地区的地层中所含的生物群的特征反复地进行广泛对比；另一种则是直接测定地层内的同位素年龄值，以便进行比较精确的对比，这种精确程度要取决于有关同位素测定方法的精度。

在讨论建立年代地层单位之前，必须分析地质年代的编制特点。在较早的时期，是以生物演化为基础来进行地质年代表的编制工作。利用化石建立起来的生物地层年表，只能大致地确定地质事件发生的先后，亦即确定其相对年代，但不能判断某一地质过程的延续时间，

这显然是一个很大的缺陷（它们常常是在未经剧烈地壳变动的地区内进行的）。一般是根据地层层序即先形成的地层位于剖面下部，后形成的地层位于剖面上部——来进行不同地区的地层剖面的对比以建立起区域地质年代表。显然，可以利用这种办法逐步扩大它们的研究领域，从而编制出大区域范围内所适用的地质年代表，然后再综合各地区的情况编出国际通用的地质年代表。

应当指明：在较小的区域范围内，岩性相同或相近的地层，基本上可以认为是同时形成的。但是，在大范围内，这种同时形成的说法，就不能成立。具体讲来，却常常是同时代的地层表现出随着地区的不同而在岩性上有所差异。另一方面，岩性特征也只能反映沉积时的古地理环境，但它们并不是时间的函数。因而，在大区域范围内地层对比的证据应当是生物化石群的特征及生物的演化规律。而生物随时间的发展，由低级到高级的演化早已被证明是确切无疑的。

正是根据生物演化这样一个重要的标志，早在十九世纪四十年代，便建立起来目前经常使用的地层系统的划分类型和术语，基本上建立起初具规模的地质年代表。虽然，在当时仅仅划分为四个代和十二个纪，但每个纪都具有生物群和岩石性质上的特征。也正是由于建立了这样的地质年代表，才可以将世界上各个地区的地层归入这样一个统一的地质年代表中。有人曾指出：地层学的主要目的应当是编制地质年代系统表。因此，地层学是整个地史学的基础。如果没有地质年代系统，也就不可能进行区域地质历史的研究以及地球历史的研究。

实际上，从那个时期到现今的百余年来，逐渐完善起来的生物地质年表，对于年代地层学和区域地层学的发展，无疑是起了重要作用的。很明显，地层学和其他地质学科一样，也必然经历着从一般描述逐渐到具体的计算方面这样一个过程。

所谓地质时代，并没有严格界限，一般系指从最老的地层算起，直到最新地层所代表的时代而言。但最新的地层并不包括现代冲积层在内。

应当说，化石的研究是划分地层的重要途径。从发展过程来看，古生物学和地层学是密切联系着的两个学科。但在发展过程中，却出现了争论，一部分人认为古生物学和地层学应当结合起来，另一部分人则认为应当分开进行研究，即古生物学应当根据生物进化过程建立一个独立的学科。

事实上，利用古生物遗体和遗迹来划分地层，在世界范围内，无疑对于地质历史的研究业已作出过较大的贡献。同样，地层学的发展，特别是在阐明上、下层位的关系上，也必然会对某些生物种群的发展过程提供了可靠的依据。

通过近百年来世界各地的地层研究，基本上都明确了在各地质时期中，地球上曾发生过几次大的（强烈的）构造运动，它们大体上是同时的。由于最初基本上都是根据国外的某些局部地区所确定的，以后才推广到世界上其他地区。所以，在逐渐扩大其影响范围的过程中，不免会发生时间对比上的一些问题，也就带来了相当多的争论。

目前，已经有了各种以生物地层学为基础编制出来的地质年代表。但他们仅仅能表明某些地区之间的相对顺序，而不能说明它们各自距今的年数，而且同一级单位所经历的具体时间间隔也很不一致。以最小的地质时代单位“时”为例，尽管相当于它的一段时间间隔内的物质基础仅仅被一个“化石带”来代表，但每个“化石带”所代表的具体的时间间隔长短，却有较大的差别。众所周知：一个化石带所代表的时间，反映该带所特有的生物种群的生存与延续时间。当然，对于不同生物的种群来讲，其延续时间显然不同。基于上述原则所划分

的地质时代单位，其绝对延续时间的长短，便彼此不同。因此利用这种不相等的时间单位来确定诸如构造运动和构造旋回等问题，有时可能会造成某些假像或错觉。

另外，从通常所见的地质年代代表可知：由寒武纪到人类历史以前的晚近时期的地质时代间隔只有6亿年的光景。如果和整个地质时期相比，大致仅占1/7左右。在此以前约6/7的大部分时间内，由于当时生物结构简单或缺乏硬体部分以及其他方面的原因，尚未能保存成为化石。显然对这段较长的地质时间，不可能或不能单独利用生物地层学方法来划分当时所形成的地层，从而也就不能建立以生物地层学为基础的地质年代代表。至于在这段较长的时间内常见的那些较多的火山岩、岩浆岩和变质岩，则仅能用间接的办法来比较它们的相对年龄。很明显，这就不能解决具体的划分问题。

应当说：随着科学技术的日益改进和发展，对于地层的了解会日益精确。于是，可以根据其他方面的标志来进行更详细的分层工作。从而逐渐地建立起崭新的地层学，为生产实践服务。

有人提出地层学的最终目的与途径可以被理解为研究地壳上沉积岩成层程序和途径的一门科学，也是有一定道理的。

实际上，地层学需要有多种不同的方法以及多种边缘学科相配合，只有将这些方法综合运用，才会得到最佳的结果和接近于实际的结论。

### 第5节 地层学的分支与石油地层学

按照地层学的具体内容，可以分为岩石地层学——按岩性特征来进行地层单位的划分，并以此为基础进行一系列的分析与研究；生物地层学——以化石特征来进行地层单位的划分，并以此为基础进行有关方面的分析与研究；年代地层学——按着年代新老顺序和关系来确定地层单位，并以此基础进行分析与研究。至于地质年代学，也可以归入地层学范畴，它可以被视为测定地球历史中重大变动时序的学科。这四门地层学的分支学科在国外被称为：Lithostratigraphy (岩石地层学)；Biostratigraphy (生物地层学)；Chronostratigraphy (年代地层学)；Chronostratigraphy (年代地层学)。

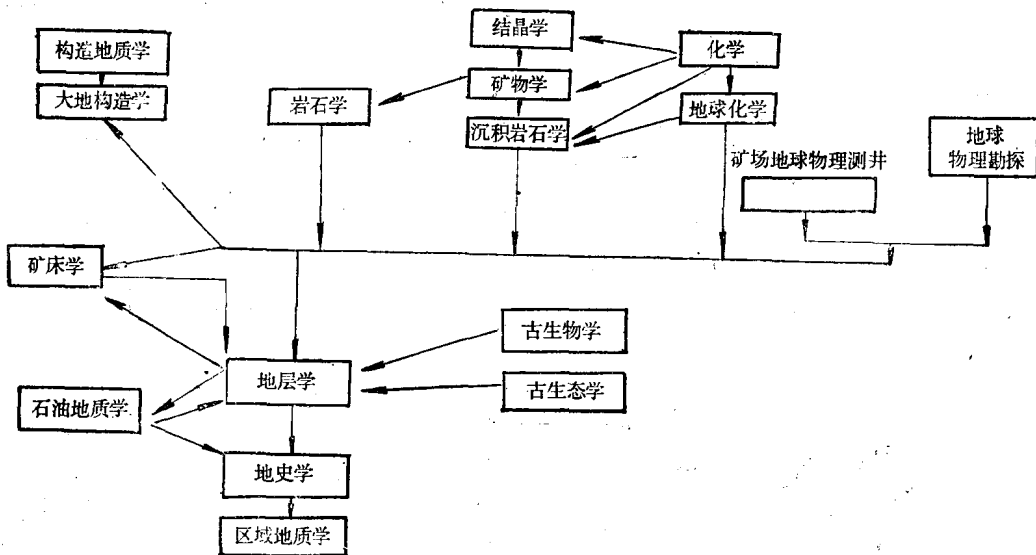


图 1-1 地层学分支与其他学科之间的关系

igraphy (年代地层学); Geochronology (地质年代学)。它们之间的关系以及与其它学科之间的关系<sup>①②③④</sup>, 可参见图1-1。

应当指出: 在最近科学领域内有着不断更新与进展的情况下, 进行地层单位划分的标志, 并不仅仅限于上面所提到的化石、岩性、地层年代的相对关系等几个方面。还可以根据地震反射界面、反向磁化特征、电测特征、造岩作用特征、沉积环境特征等方面的标志, 进行地层单位的划分。这些方面, 远远地超过了一般地层学研究领域的。但是在石油勘探工作中, 却往往需要利用这些特殊标志来划分地层, 于是逐渐地形成地层学中一个新的分支——石油地层学。关于石油地层学在地层学中所占的位置以及与其它学科之间的关系, 如图1-2所示。

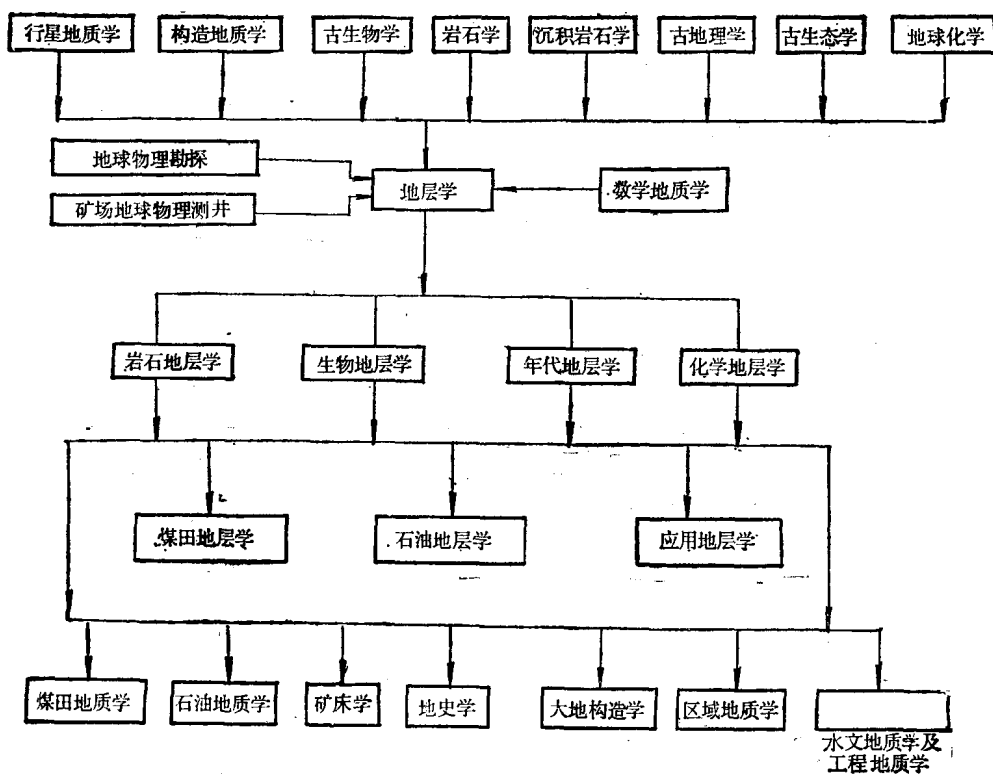


图 1-2 石油地层学与其他学科关系略图

目前看来, 在石油地层学研究领域内, 主要分为两个大的方面。一个是进行区域地层的划分与对比, 另一个是进行小层(油层及夹层)的划分与对比。前者主要是通过标准剖面, 确定标准层以便对岩性、岩相、化石和重矿物成分、测井曲线等资料进行系统的综合分析,

① Cilluly, J., "Distribution of mountain building in geologic time", 《Bull. Geol. Soc. Amer》, 1949, Vol. 60, PP561-590.

② Teicher, C., "Some biostratigraphic concepts", 《Bull. Geol. Soc. Amer》, 1958, Vol. 69, PP 99-120.

③ Hedberg, H.D., "Some Views on Chronostratigraphic classification" 《Geol. Mag》, 1968, Vol. 105, PP 192-199.

④ Newell, N.D., "Stratigraphic Gaps and chronostratigraphy". 《24 th I.G.C》, 1972, Section 7, PP198-203.

达到全区对比、制定统一地层层序的最终目的，以便解决一系列石油勘探的问题，后者则一般称为油层对比，主要是查明油田范围内各个油层（小层）的岩性、厚度的变化规律、分布状况以及上、下层位连通关系问题，以便进一步研究每一单层和小的分叉的油砂体的发育情况。同时还可以了解油层内部结构及其非均质性，为进行合理开发奠定必要的基础。

以下各章将分别阐明石油地层学的有关内容。

## 第二章 利用生物化石划分地层——生物 地层学概述

在进行地层划分与对比的初期，只有依据地层中存在的生物化石或化石组合（化石群）进行区域对比。最初是利用标准化石来确定地层时代，原理比较简单明确。但由于目前标准化石的代表层位随人们的认识而逐渐有所变化，而且往往又不容易采集到，所以经常要配合化石组合（化石群）共同确定地质时代。

生物化石组合（化石群）新旧交替规律可作为分层与对比的主要条件，如果当不同类别的生物新旧交替规律不相同（即有矛盾）时，则应考虑构造运动和沉积旋回两个方面，用来判明先遗属种和子遗属种，同时对各门类的化石也要进行综合考虑，尽一切可能消除矛盾。特别是在利用微古生物化石确定地层时代时，表明用化石组合（化石群）更为有效。

利用化石群（生物群）进行远距离对比，是有一定依据的。这主要是因为这些生物群具有相似的生活环境，更重要的是它们具有横向上迅速迁移和扩散的能力，而又不能完全依靠它们本身进行迁移和扩散的这一特点来进行分析。有时是借助于外力作用（如风力、水流、动物的活动等）才能够达到较远距离的迁移。对于这种情况，无疑是应当给予重视的（见图2-1）。

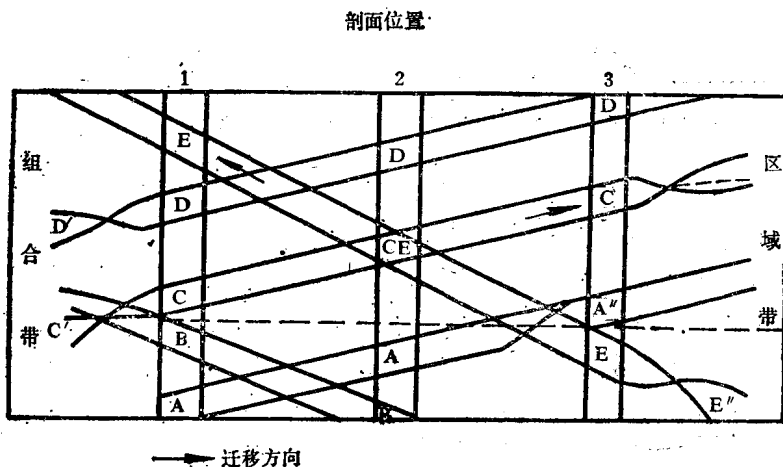


图2-1 化石（或化石群）的层位迁移情况示意图

（根据剖面中发现的化石或化石群可以大致推断它们的迁移方向）。注意图中有两个较明显的迁移方向，均用箭头来表示

在图2-1中，1、2、3剖面内共有A、B、C、D、E五种化石（或化石群），如果能确定它们的可能的迁移方向，而且每一种化石（或化石群）又都有其固定层位的话，那么，尽管它们在各剖面中的实际表现有所差别，但可用化石群具有的迁移性加以解释，而不会产生误解。

应当指出：生物从其发源地逐渐地向外扩展是需要一定时间的，这是因为生物横向迁移和扩散速度往往是比较缓慢的。不同地区，同样化石其出现的层位应当会有所差别。一般讲来，浮游生物的扩展较迅速，有利于进行大区域范围的地层划分工作；而底栖生物的扩散速度就很慢，并且，底栖生物通常有较强的区域性，很难进行大区域的地层划分与对比工作。但是，利用浮游生物化石，却可以解决较远距离间的地层对比问题。在进行大区域的地层划分与对比时，应当予以充分的注意。以中国奥陶系的划分为例，目前看来应当利用笔石与头足类化石为主要依据，但是也要兼顾其他门类的生物发展演变情况。因此只利用笔石来对比的西欧的标准分层，由于存在着上面提到的这种浮游生物的横向迁移和扩展情况，显然不能作出全面的化石带对比，它们在应有的层位上可能会有早、晚的差别。

上面简单概括地说明了利用化石或化石群来进行地层划分的基本情况，同时也指出所存在的一些问题。下面着重探讨这些有关问题，其目的是为了全面地介绍生物地层学的基本内容。

地层划分与对比，二者是不能截然分开的，但为了方便起见，此处着重讨论有关地层划分问题；有关地层对比的问题，留待第七章中再作论述。

## 第1节 标准化石的概念及其在划分 地层方面的意义

人们可以这样认为：将沉积岩层划分为可以互相对比的基本地层单位，是有着巨大的实际意义的。因为只有通过这样的分层和对比，才能编制出区域地质图，而且只有在这样的基础上，才能理解区域地质构造的若干基本特征以及各种矿产资源的基本分布规律。正是由于各个地区的地质构造特点有所不同，所以对沉积岩层的划分也会因区域而异。有时在较为特殊的地域内采取合并若干沉积岩层的办法以进行地层分类，然后再进行区域地层对比工作。

正是由于勘探实践中需要进行广泛的大区域或较小区域的区域地层对比工作，于是生物地层学便应时而生。

实际情况是：相同的或比较近似的岩层，可以在整个或部分地质时期内不止一次地出现。但地层中所能含有的生物属、种，却是不可能重复出现的。这就是说：同一动物或植物属、种应当只存在于一定的时间范围内，即只在某一个地质时期形成的岩层中存在，而且常常会受一定区域范围的限制。这样一来，化石便会在地层对比工作中成为可以确定地质年代和进行对比的主要标志，其基础毫无疑问的是建立在生物不可逆性的进化规律上的。

生物不可逆性进化规律，是直接来自唯物主义的进化论引导出来的。其原意为：没有一种生物能恢复（即使是局部地）其祖先行列中已经出现过的状态。从生物不可逆性进化规律来看，生物界的发展乃是动物、植物适应于随时间进展的居住环境变化的结果。居住环境不仅指生物生活的自然环境变化的条件，而且还包括着直接影响生活条件的那些周围的动物、植物。

很清楚，生物地层学是以化石资料为依据的。由此可以较全面地进行地层划分、对比和古环境分析——即对古代生物生存环境特征的分析，因而它必须与岩石地层学相配合。但是从研究的目的来看，生物地层学的古环境分析与一般的生物环境分析多少有一定差别。前者要对不同年代的地层中发现的化石给予必要的注意，特别是在种的区别方面；后者则着重于化石生存条件的研究，从而追溯它们生存时的环境。应当指出：两者的研究是相辅相成的。这



就是说：生物环境研究也可以判别由于岩层年代不同而引起的古代生物的基本差别，以及由于相同年代岩层的岩相不同，导致所含的古代生物所形成的化石在形态上也会有某些差异。

众所周知：在同一地域内的层位不同的地层中，应当具有不同种类的化石，这是人们通过长期采矿工作所获得知识积累的结果。因此，有些化石只出现于某固定层位内，在这一层位的上覆层及下覆层内均未见它们的踪迹；亦即这种化石仅在形成这些沉积物的同时保存下来，因而能保存在这段时期所形成的地层中。于是，便可以表明：这些化石必然是这个特定地质时期的生物属、种。如果上面提到的这些只限于特定时期生存的生物属、种，而且它们还具有广泛的分布区域的话，再加上在地层中它们保存下来的个体数目又相当多（或比较多），那么就可以将这些化石视为标准化石。

一百多年来，人们逐渐地熟悉利用各种标准化石来厘定地层的地质时代，显然得到了成效。编制了以生物地层学为基础的地质年表。同时已经明确了从寒武纪到第四纪这个较长时期中各个层段的大区域性的标准化石或标准化石带的数目是比较多的。因而，利用标准化石来确定地质时代，一般讲来是比较有效的。由于标准化石是从生物群中分布很广而生存时期较短的属、种中所选定的，所以随着工作的进展，不少标准化石将逐渐修正其存在范围，并且也可以将标准化石作为指示气候的标志。

我国寒武系各层段标准化石的确立，是一个较好的实例。如山东泰山北麓张夏至炒米店间的剖面 and 辽宁太子河流域的剖面以及河北唐山赵各庄的长山剖面，它们都已被研究得很详细，曾采集到很多三叶虫等底栖动物化石。因而逐渐成为我国北方建立大区域标准分层的所在地。其中山东张夏—炒米店间的剖面，从本世纪二十年代以来，几经采集研究，当时的研究偏重于各类化石的描述、鉴定方面。从那时起即已确立了若干层位的标准化石。相形之下，有关生物地层学的工作做得较少。直到1953年卢衍豪教授等才进行了全面地、系统地分层工作，真正建立起华北寒武系的分层层序。

从曾经被人们作过详细研究的山东张夏—炒米店间寒武系标准剖面可以看出：这里各个层段所含的三叶虫化石是不相同的。例如上寒武统顶部常见的属有济南虫 (*Tsinania*)，而在上寒武统底部含有蝙蝠虫 (*Drepanura*)。中寒武统的上部见有德氏虫 (*Damesella*)，中寒武统下部又以贝利虫 (*Bailiella*) 居多。在下寒武统中目前所见的莱得利基虫属，则仅仅有中国种 (*Redlichia chinensis*)。上述的这个剖面中的几种标准化石，虽然早在本世纪初期开始研究，但当时所采集的一些化石，并未以若干关键剖面为准进行逐层地采集，也未曾将所确立的各种标准化石进行全面对比工作，因而我们不能认为在当时就已经建立了华北区域寒武系的标准分层剖面。由于卢衍豪教授等（1953年）作了细致地研究工作，对化石逐层进行采集，然后再对几个剖面进行对比，所以使当时的具体划分有所突破，再加上二十多年来所积累的资料，遂使分层工作更臻于完善。从这个实例可以说明，利用标准化石是可以全面地解决系统的地质划分问题的。显然，当时所采用的方法就是标准化石法。

一般来讲，标准化石法是最简单的生物地层学方法，应用范围很广。早在十八世纪末期即已有广泛地应用于各个区域的主要地层单位的划分工作中，成为编制区域地质年表的重要基础。其优点是应用简便，只要在每一个地层单位中选择少量特有的生物化石——标准化石，以其与标准剖面进行对比，即能确定该层的相对地质时代。尽管标准化石法也有着很大的缺陷，但它们仍然是现代生物地层学中一个最基本、最常用的方法。

应当说：标准化石法的实质，在于必须在每一个地层单位中，选择具有代表性并且具有一定特征的化石（标准化石），利用它们来划分地层，并在一定的区域范围内进行地层对比。