

42752 2

石油测井译文集

(六)

(伊朗油气井评价会议文集)

石油工业部科学技术情报研究所

一九七九年十二月

TE 4
L: 6

前 言

斯伦贝尔测井公司发表的这本 1976 年伊朗测井评价会议文集，详述了在伊朗通用的、最适宜普通条件的测井技术和油气井评价方法。测井技术的内容有：从测井的早期井场分析，油井开发各阶段中的应用，一直到包括生产层的监视。而油气井评价方法已证明最适合伊朗地质情况以及相应的地层参数。

文集中包括若干近期采用的技术，计有：使用重复式地层测试器进行电缆测试的技术、借助时间推移技术来监视储集层以及油田研究工作中描述储集层的技术等。

文集所引用的实例，取自实际的伊朗油气井资料并从地理和地质两方面涉及伊朗大部分地区。

6.22/122



A 791997

IL——感应测井
LL——侧向测井
MLL*——微侧向测井
PCT*——生产测井综合下井仪
PI——采油指数
PL——邻近测井（或生产测井）
RFT*——重复式地层测试器
SPI——次生孔隙度指数
SNP*——井壁中子孔隙度测井（测井仪器或测井曲线）
TCP——总的岩心穿透能力
TDT*——热中子衰减测井（测井仪器或测井曲线）
VDL*——变密度测井
WOC——油水接触面

名词

CORIBAND*——一种用于复杂岩性的解释程序
CLUSTER*——用于和地层倾角计算程序连接的一种计算机程序
DET*——用于和 CORIBAND 连接的一种计算机程序
HYPERJET*——一种高效能射孔弹
SCALLOP*——一种可重复使用的套管射孔器
UNIJET*——一种仅使用一次的套管射孔器

名词术语汇编

符号

- A——面积
a——指在 $\phi-F$ 公式即 $F = a/\phi^n$ 中的系数 a
C_v——流量计速度校正因素
D——两个直径中较大的一个
d——直径或探测深度 (HDT)
E——累积 (总) 储集岩层的厚度
H——净生产层厚度
h——净有效厚度
k——渗透率
m——指数 (见 “a” 项)
P——矿化度, 溶质部分与溶液部分之比
p——压力, 磅/英寸²
q——流量 [率]
R——电阻率
S——流体饱和度
V——体积比例
v——速度
v_x——流量计阈速度
y——滞留 (通常指水滞留) 量
 α ——探测角 (HDT)
 Δt ——声波传播时间
 ϵ ——标准偏差 (误差)
 ϕ ——孔隙度、孔隙度单位
 ρ ——密度, 克/厘米³
 Σ ——中子宏观俘获截面, 俘获截面单位
T——热中子衰减时间

角标

- a——视
b——体积
CP——由交会图
c——校正了的

clay——粘土
 D——由密度测井
 f——流体（一般的）
 Gr——由压差密度计
 g——天然气
 h——油气
 m——泥浆
 ma——岩石骨架
 max——最大的
 mc——泥饼
 mf——泥浆滤液
 N——由中子测井
 o——油
 QL——由快速直观
 r——残余的
 S——由声波测井
 sc——标准条件
 t——真的（未污染的）
 w——地层水
 xo——冲洗带

缩写符号（标注“*”星号的为斯伦贝尔测井公司商标号）

BGT*——井眼几何尺寸测量工具（井径仪）
 BHC*——井眼补偿声波
 BHT——井底温度
 CBL*——水泥胶结测井
 CCL——套管接箍定位器
 CFE——岩心流动效率
 CNL*——补偿中子测井
 CPI*——计算机处理解释
 DLL*——双侧向测井
 ECP——有效岩心穿透能力
 ETT*——电磁厚度探测仪
 FDC*——补偿地层密度测井
 GOC——油气接触面
 GOR——油气比
 GR——自然伽玛测井（测井仪器或测井曲线）
 HDT*——高分辨力地层倾角测井仪

目 录

第一章	伊朗的地质史和地层	
	地质史.....	(1)
	地层论述.....	(3)
	伊朗西南部“扎格罗斯地区”的地质概要.....	(8)
	伊朗东北部萨拉赫斯地区的地质史和地层.....	(19)
第二章	地层倾角测井	
	地层倾角测井原理.....	(25)
	CLUSTER 程 序.....	(33)
	显示方法.....	(35)
	地层倾角测井的应用.....	(41)
第三章	地层评价	
	主要内容.....	(61)
	井场解释方法.....	(70)
	计算机处理解释.....	(86)
第四章	电缆地层测试	
	重复式地层测试 器.....	(116)
	油田测试 结果.....	(120)
第五章	套管井服务	
	初期 完 井.....	(125)
	时间推移测井 技 术.....	(142)
	修 井.....	(146)
第六章	油层监视	
	用生产测井综合下井仪进行 监 视.....	(167)
	用热中子衰减测井仪进行 监 视.....	(180)
第七章	实例	
	阿斯玛 里 层.....	(199)
	斑吉斯坦 群.....	(213)
	霍 夫 层.....	(226)
第八章	油田研究	
	油田研究 程 序.....	(237)
	实 例.....	(241)

第一章 伊朗的地质史和地层

引言

为了便于读者熟悉伊朗的一般地质情况，扼要介绍了伊朗这个国家的地质史和地层的情况。另外，由于作为油气区的重要性，以单独的章节描述了伊朗东北部和西南部的特征。

地质史

古生代

由确凿证据推断，伊朗震旦纪—古生代地层下伏很象阿拉伯地盾或许还是向北部扩展的盾状基底。该基底或多或少受前震旦纪时期的褶皱作用、花岗岩的侵入和变质作用的影响。虽然前震旦纪内部构造模式不知道，但可以相信，根据年代较新构造的以北—南和西北—东南向为主的走向，能推测出该基底。

在古生代，整个伊朗地区隆起成一个巨大的地台并沉积了典型的地台型沉积物。同时，根据暴露的沉积岩剖面，能够看出大地构造经历了一个漫长的平静时期。除了在早泥盆世和晚石炭—早二叠世期间的平缓的造陆运动以外，在古生代没有重大构造变动发生。由早泥盆世造陆运动造成的区域假整合，在不同的区域里使中—上泥盆统地层覆于较老地层之上的情况，到处可见。在二叠纪底部，见到了比早泥盆世运动更为强烈的另一区域造陆运动的迹象，这标志在晚石炭世的隆起之后发生一次海浸。在伊朗的不同地区，二叠系海相碳酸盐岩都覆于较老岩层之上。

中生代

在晚三叠世时期，发生了一次比任何古生代运动有更大影响的大地构造运动。其最重要的后果是把古生代地台分为两部分。这两部分后来具有完全不同的构造演变过程。分开这两个单位的线（见图 1—1）在阿尔卑斯造山运动时期演变成“扎格罗斯主冲断层”线。这条线的西南面，发展成平稳下沉的凹槽。扎格罗斯地槽从二叠纪到第三纪为一连续的，整合的沉积地带。各种有利因素的综合使这个地区成为世界上最富饶的油带之一。在这些因素中有：在海相环境下包括丰富油层在内的漫长平静沉积时期；厚储油层发育；良好盖油层的沉积；以及在适当时期所形成的大构造。

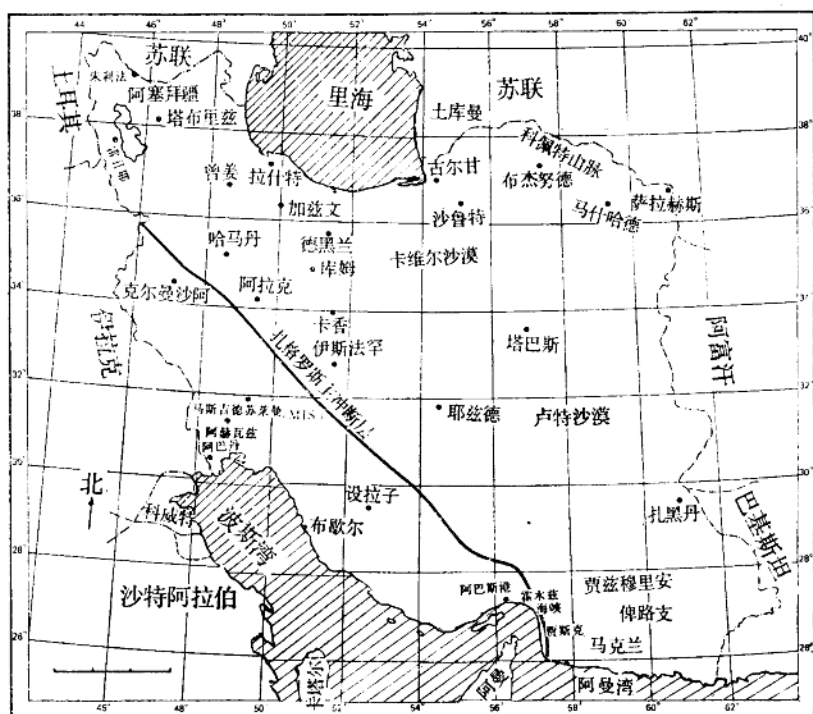


图 1—1 表明扎格罗斯主冲断层线方向的伊朗地图

除去扎格罗斯主冲断层线东北面的晚三叠世运动之外，晚侏罗世和白垩纪的大地构造运动，都影响到这个国家的大部分地区，造成明显的区域不整合，这可从岩心上见到。在几个地区，主要是在伊朗中部，这类中生代大地构造运动都伴随有花岗岩的侵入现象。与伊朗东部和西部发生的情况相反，这类中生代构造运动还未曾影响到阿勒布兹山脉。在这一山脉内仅能见到在这一时期隆起的痕迹。

在早白垩世，除了伊朗西南面的扎格罗斯地槽和伊朗东北面的科佩特山脉以外，伊朗这个国家已成为一个遭受侵蚀的地块。在这一时期，在扎格罗斯和科佩特地槽内，海相沉积是连续的。到了白垩纪末和古新世时期，除了扎格罗斯主冲断层西南面的扎格罗斯地槽以外，伊朗大部分地区都遭受强烈褶皱作用并隆起。在科佩特和在伊朗东部地区，虽然在伊朗中—东部和在卢特地块中，晚白垩世的隆起造成了持续至今的陆相环境，然而该地区的沉陷和沉积在局部上也是较为连续的。

第三纪

在第三纪始新世时期，在伊朗西北部、北部以及中部，海底火山活动是广泛分布的。这种继之以早渐新世造山阶段的火山活动，对多数花岗岩和闪长岩的侵入现象提供

了可靠的依据。大部分铜、锌和铅的矿化作用都与早第三纪的岩浆作用有关。在渐新世时期，大地构造运动造成了中部山脉，并使盆地发生了分离。伊朗中部地区的西部盆地部分，在渐新世和早中新世时期是与广海连通的，然而，最东面的盆地在早期却与广海分开。二者后来发展为现今的内陆沙漠洼地。

在始新世已达高潮的火山活动延续到晚第三纪和第四纪。在这较后阶段纯属大陆性特征，主要限制在伊朗东部和位于斜跨伊朗阿塞拜疆雷扎耶湖地区到伊朗东南端俾路支地区这样一条火山带。有名的德马文德山—唯一位于阿勒布兹山脉中部海拔 5670 米的一座第四纪火山，虽然它的位置是在这个火山带的东面，然而仍属于这一范畴。

第三纪时期最年轻的构造运动发生在上新世—更新世。在西南面的扎格罗斯褶皱地区和延至东北面的科佩特山脉，形成了既长又平行的背斜和向斜构造，这就是属于这一运动时期的产物。从伊朗西南部的大已出露的背斜中选出了几个实例，在本书的不同部分都作了介绍。

第四纪

许多清晰的证据证实了伊朗造山运动是不稳定的。其中一些证据是：已倾斜的第四纪阶地（马克兰海岸呈阶状上升的海滩）、众所周知的里海海岸线的变动、几座较近期的火山、近代沉积中众多的活动断层、以及许多的近代地震等。

地 层 论 述

在古生代时期，以及一直到晚三叠世的构造运动阶段，都由一巨大地台覆盖着整个伊朗。出露的古生代沉积完全可以作对比用。由于晚三叠世时期构造运动所致，可把伊朗分成两部分并演变成两个具有各自地质特征的地质单位。

这两个不同的单位是：

- 1、扎格罗斯地槽或位于伊朗西南部的扎格罗斯主冲断层的西南面地区。
- 2、包括伊朗中部、东部、北部和西部在内的扎格罗斯主冲断层线东北面地区。

自十九世纪末以来，就把扎格罗斯主冲断层西南面地区列入地质研究项目中。油气苗的显露作为油气矿床标志已引起早期研究者的注意。自从 1908 年在马斯吉德—苏莱曼地区发现石油以后，注意力就集中在这部分地区，并对该区进行了积极的地质研究工作。自此以后，引起许多石油公司对整个地区进行了一系列地质勘查工作。该地区全部地质的系统研究终归于岩层单位的建立并于 1965 年发表地层汇编。

从 1900 年初进行石油勘探以来，对进行油气探查的沉积层已钻了数百口井。近几年来，通过广泛钻探二叠纪岩层，积累了大量的资料，并了解了该地区全部的地层。

在位于扎格罗斯主冲断层东北面的伊朗大部分地区，地层研究始于十九世纪前半叶，但是一直到 1950 年伊朗国家石油公司建立，从未进行过系统的地层研究。伊朗中

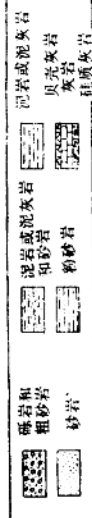
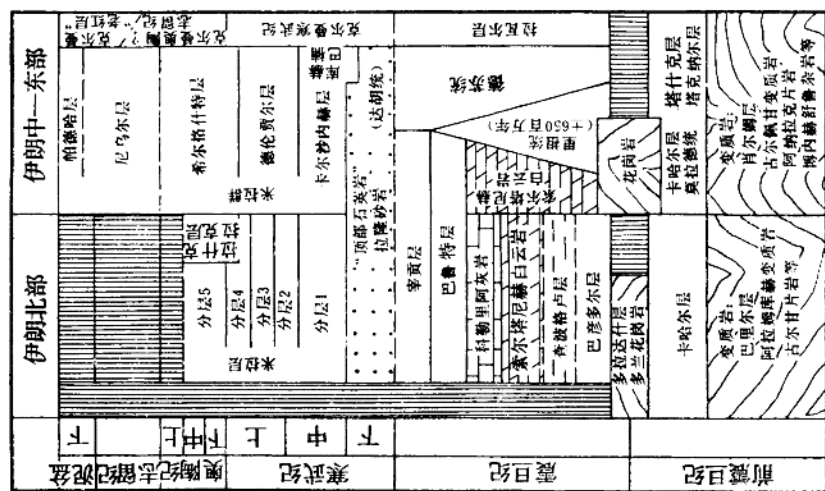
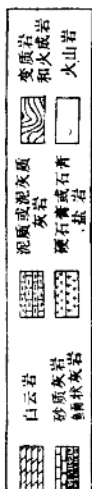
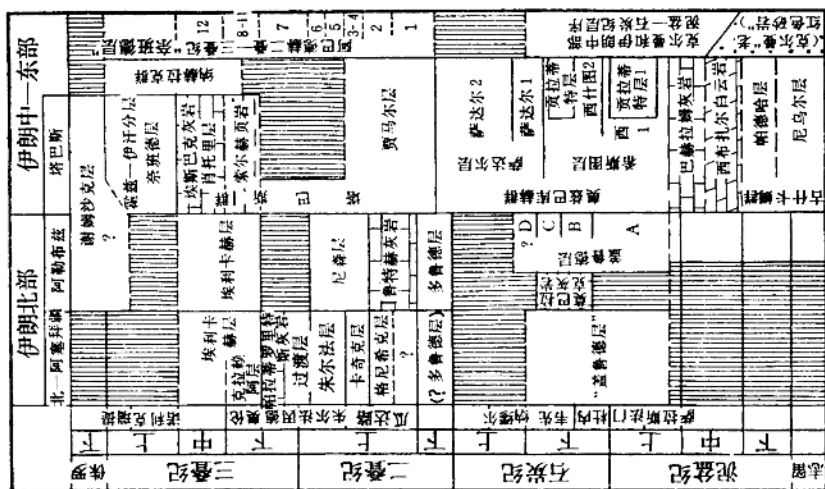


图 1—3
志留纪至侏罗
纪地层层序



部、北部、东北部和西北部地区的详细地质研究已揭示有几个沉积盆地存在。1959年，伊朗国家石油公司以1:2,500,000的比例尺发表了第一张伊朗地质图。这张图的编制基于时间—地层学概念并给出第一张遍及全国的主要地层单位分布简图。伊朗国家石油公司的地质学家在伊朗中部、北部、东北部和西北部所选取地区的详细地质研究终归在这些地区的某些潜伏构造上钻井，并发现了具有商业价值的油气藏。

1959年成立伊朗地质调查局，而这个机构实际上是于1962年才开始从事地质工作的。这个机构与伊朗国家石油公司和其他石油公司一起共同努力已使该国大部分地区的岩层单位名称得以建立。

本章节介绍了伊朗地层层序的简明概要，以便能使读者熟悉沉积岩层的层序。此外，比较详细地介绍了扎格罗斯主冲断层西南面地区和伊朗东北面的科佩特山脉地区的全部地层，这有助于我们更好地了解本书其它章节中论述的测井评价资料。

地层层序

1、前震旦系

前震旦系的岩层（见图1—2）出露于伊朗北部、中部和东部的几个地区。这些岩层包括了从轻微变质到全部变质的沉积岩层单位。在某些地方，它们由花岗岩侵入体构成。

2、震旦系

由硅质白云岩、红色或杂色云母页岩和砂岩组成的厚度达3000米的特殊岩群被称为震旦系岩层（图1—2）。这些岩层以不能区分接触面的方式向上逐步过渡到下寒武统地层，但它们向下通常以角度不整合接触与前震旦系地层区分开。在高扎格罗斯和在克尔曼北面地区，震旦系岩层在横向上渐次进入霍尔木兹统含盐层序。它与伊朗南部盐层的不稳定有关。

3、寒武系

充分证据表明寒武系岩层（图1—2）遍及伊朗北部、中部和东部的许多地区。下寒武统岩层构成伊朗持续最久的地层单位之一，并由厚度可达1000米的淡红色砂岩组成。下寒武统岩层剖面总是以白色石英岩结束，而这种石英岩又由中—上寒武统的白云岩、灰岩和页岩所覆盖。在伊朗西南部，寒武系仅仅在少数地方出露，并由顶部为一砂岩段的红色和绿色页岩、白云岩以及页状粉红色砂岩所组成。

4、奥陶—志留系

在伊朗西北部、北部和东部几个地区，寒武系岩层在横向上过渡为局部伴生有灰岩和泥灰岩的页岩层和砂质地层（图1—2）。在伊朗南部和西南部，奥陶—志留系沉积在好几个地区出露。这些岩层由夹有砂层的深灰色和绿色页岩组成。

5、泥盆系

从伊朗东部、东南部和中部几个地区已出露了似为下泥盆统和中泥盆统时代的岩层。上泥盆统岩层似乎分布较广泛，岩性上以暗黑色石灰岩为主，但页岩和砂质岩相也可

在局部地方见到。

6、石炭系

石炭系岩层(图1—3)的露头一般尾随着上泥盆系地层,并由厚度可达500米的暗黑色灰岩组成。在伊朗南部和西南部的石炭系岩层(由致密的砂岩单位组成)在好几个地区都有出露。

7、二叠系

二叠系地层比石炭系地层(图1—3)有更广泛的露头分布。它们出露于伊朗西北部、中部和东部以及高扎格罗斯。在二叠系下部地层,岩石由砂岩、黑色碳酸盐和红色页岩所组成。而在二叠系上部地层,岩层层序由上覆灰到紫红色致密页岩的暗黑色碳酸盐所组成。在伊朗南部和西南部,特别是在法尔斯省,有几口深井已经钻穿了全部二叠系剖面。整个地区的露头都是由陡峭的、抗侵蚀的灰岩和白云岩组成。近几年来,二叠系已被认为是一主要的天然气储集层,而且,为了评价二叠系碳酸盐岩的潜力,已经在扎格罗斯主冲断层西南地区钻了一些探井。

8、三叠系

在伊朗中部和西北部的少数地区,在三叠系和下伏二叠系地层之间有一过渡带存在。而在大多数地区,最下部的三叠系层段是由薄的、片状灰岩和钙质页岩所组成(图1—3)。这些地层都被白云岩和砂岩所覆盖。在东北端,在科佩特山脉地区,砂岩和含煤层的砾岩构成三叠系主要岩性。

在伊朗西南,根据几个地区钻的井和扎格罗斯冲断层的地面露头表明:三叠系岩层为一硬石膏—白云岩层序。

9、侏罗系

在伊朗中部、北部和东部的下侏罗统地层是由含植物化石和珊瑚化石的砂岩以及含煤层的页岩所组成(图1—4)。钙质岩石是中—上侏罗统地层的主要岩性。在扎格罗斯主冲断层的西南面,在卢里斯坦和在提斯乎尔海湾北部。

下侏罗统的硬石膏、石膏和白云石被页岩和碳酸盐岩所覆盖。在提斯乎尔海湾南部和法尔斯省侏罗系沉积开始为粉砂质页岩和灰岩沉积层,继之为碳酸盐岩发育。到侏罗系末期演变成蒸发环境,同时,与碳酸盐岩成夹互层的石膏和硬石膏层在伊朗南部和西南部的大多数地区都有沉积。在扎格罗斯主冲断层西南地区的侏罗系地层中,已经发现有较大的石油储集层。

10、白垩系

在伊朗北部,白垩系地层的最完整的剖面出露于科佩特山脉地区(见图1—4)。该地层由页岩、泥灰岩和含砂岩夹层的灰岩所组成。

在其它地区,除了伊朗的西南部以外,白垩系层序是欠完整的。它由生物礁灰岩、泥灰岩和页岩组成,而页岩常常被砾岩与红层所间断,这红层标志大地的构造活动以及沉积的中断。

在俾路支和在伊朗中部、东北部以及西北部的几个有限地区,在上白垩统时期沉积下来的是深海相灰岩、放射虫岩、蛇绿岩和各种外来岩块的杂乱组合。

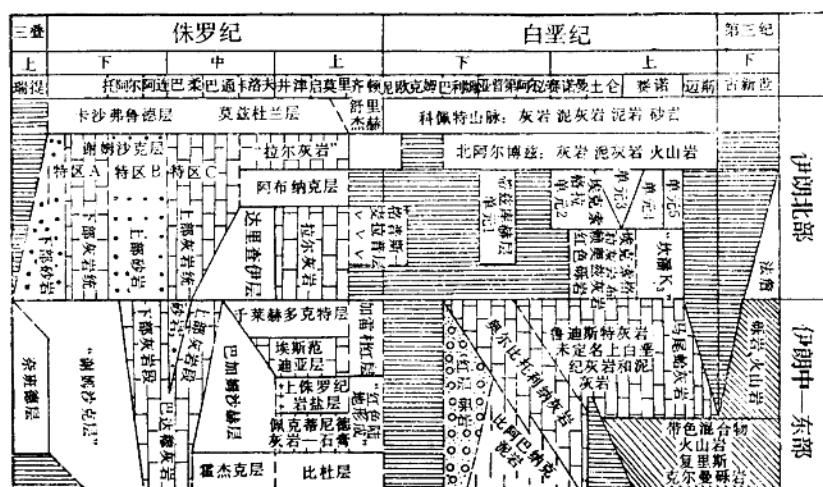


图 1—4 地层层序，三叠纪至第三纪

在伊朗南部和西南部，白垩系地层剖面都是海相的，并且代表了几乎是完整的沉积时期。在扎格罗斯主冲断层的西南面，地层剖面已划分为上、中、下白垩统地层。这些地层在露头区和井身地层剖面上，都充分地作了描述。在伊朗南部和西南部的白垩系地层中，生油岩以及储集岩层都是在海相环境下沉积生成的。在扎格罗斯主冲断层西南面各油田中，这些地层都被认为是主要的储集层之一。

11、第三系

在晚白垩统和古新统时期，阿尔卑斯造山运动的褶皱作用在遍及伊朗东部、中部和北部的大部份地区的第三系地层底面造成了一次区域不整合。在伊朗卢特沙漠的西部、中部和东部地区，都缺失第三纪的海相岩层。在伊朗中部的其它地区，在伊朗东北部和在阿勒布兹山脉，下第三系地层（见图 1—5）普遍为薄的货币虫灰岩，继之为厚度可达 4000 米并且构成海底的广泛分布的火山岩和凝灰岩。

由于褶皱运动（现代山脉和盆地的成因）的结果，区域不整合存在于伊朗中部的渐新统地层底面。在伊朗中部盆地中，渐新统地层起始于含石膏的红层，继之而来的是代表最后海浸的库姆地层（与有名的阿斯玛里地层同期）的海相灰岩和泥灰岩。这次海浸向西北方向扩展到阿塞拜疆，同时也向西南方向扩展到远及贾兹穆里安洼地的西北边缘地带。这些海相岩层被中一晚中新阶的含盐红层所覆盖。在卡维尔东部和在阿勒布兹和伊朗东部的其它许多地方，缺失海相库姆地层，并且渐新统地层和中一晚中新阶的红层合并而变得不好区分。

在里海地区，第三系地层层序完全是不相同的。在整个地区内，始新统火山活动局限于西北部，而且，晚第三纪沉积也不同于伊朗中部的同类地层层序。

在伊朗这个国家的南部和西南部，海相灰岩和页岩一直延续到早中新阶。其后就是使覆盖了阿斯玛里海相储集层的加奇萨兰地层的蒸发岩沉积的蒸发环境占据着优势。

到了渐新世的末期，靠流动的河水从阿拉伯边缘地带运移来的大量砂岩沉积覆盖了胡齐斯坦的大片地区并形成了现今称之为阿斯玛里地层的阿瓦兹(加尔砂岩)层段。在晚一早中新世到早—中中新世时期内，浅水沉积环境占据着优势，并沉积生成了米山层。在中新世和上新世时期内的海退产生了阿加贾里地层的红层和砂岩的沉积。这些沉积层都被更新统的巴赫蒂亚里砾岩层所覆盖。

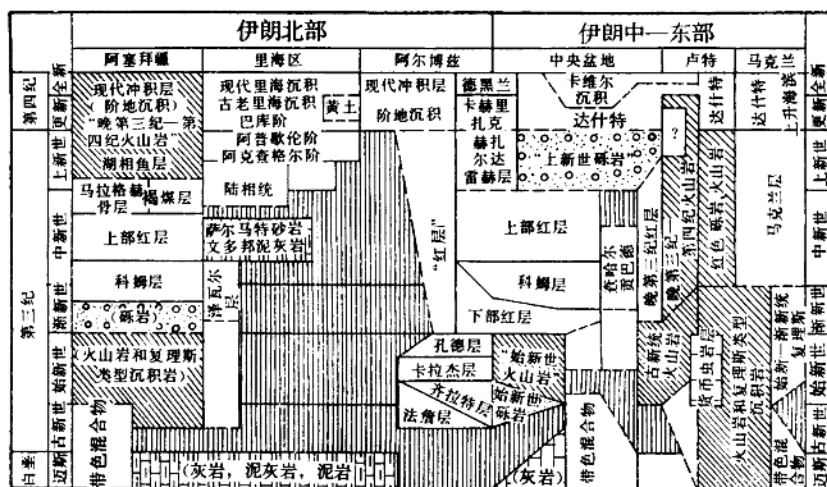


图 1—5 地层层序，白垩纪至第四纪

12、第四系

第四系厚的海相粘土层(图 1—5)在古尔甘和马曾德兰的里海沿岸平原已经钻遇到。在伊朗内陆，第四系和近代沉积主要由广布的砂砾层以及由盐湖、半咸湖或淡水湖的沉积层来代表。

伊朗西南部“扎格罗斯地区”的地质概要

地质概论

两条山脉，即北面的阿勒布兹山脉和南面的扎格罗斯山脉，把伊朗划分为地质上三个不同的地区，即阿勒布兹地区、伊朗中部地区和扎格罗斯地区。

一条西北—东南走向的破碎沉积带(破碎沉积带，见图 1—6)，由卢里斯坦西端向东远至米纳布东北地区，它标志出扎格罗斯地区的东北部界限。

破碎带东北面地区的地质情况不同于扎格罗斯地区，属于伊朗中部的地质范畴。破碎带东南面紧邻地区受到强烈褶皱和断裂；出露的沉积一般为中生代时代的。从这一地区到波斯湾，褶皱的强度逐渐减弱，与此同时，出现的露头在年代上也变得更新些了。

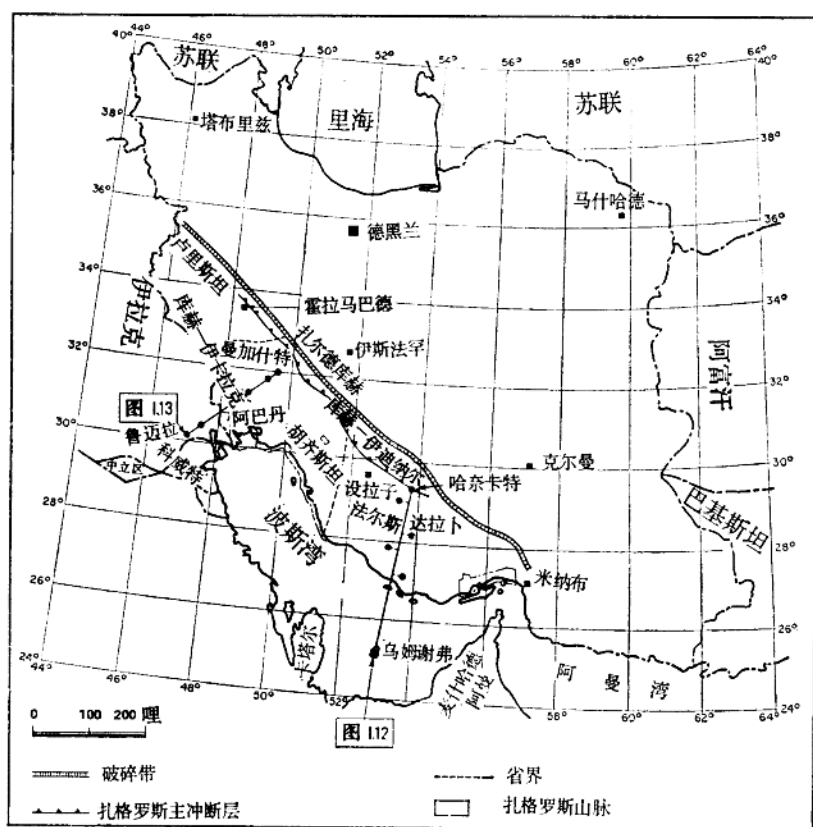


图 1—6 表明断裂带方位的扎格罗斯山脉地区的普通地图

构造体制

扎格罗斯造山运动是发生于伊朗西南部地区的最强烈的大地构造运动。这一造山运动起始于晚中新世时代,而且根据近代砾岩倾斜等等例子表明:大地构造相在一定的时间内还在活动。在破碎带南面某个地区,由于十分强烈的褶皱作用,使这一造山运动产生一系列西北—东南向的平行构造。

在伊朗西南部的整个地质史中,除了扎格罗斯运动以外,该地区已成为灰岩和页岩占优势的连续沉积的场所。在少数层位上,发生过侵蚀和(或)沉积缺失。这些假整合层位中,某些可简略地列述如下:

- 1、在石炭二叠系底部出现的区域不整合。
- 2、在三叠系顶部和在侏罗系顶部(奈里兹底部和苏尔麦赫地层顶部)出现的不整合。
- 3、由在萨尔瓦克地层顶部和内部,发生的侵蚀和(或)沉积缺失所表明的晚赛诺

曼期和晚土仑期出现的区域不整合。通过详细的沉积学研究，已经了解上白垩世时代的几个南—北走向的古构造。这些古构造由于稍后阶段的扎格罗斯造山运动而剧烈变形。波斯湾北侧的哈格岛处的哈格背斜就是仍具有原来白垩系地层走向的已知构造之一。

地层和地质史

伊朗西南部的基本地层表示在图 1—9 至图 1—13 中。岩层单位分布和岩相变化都简略地表示在图 1—7 和图 1—8 中。同时作出从古生代到晚第三纪时期地层的简明描绘。

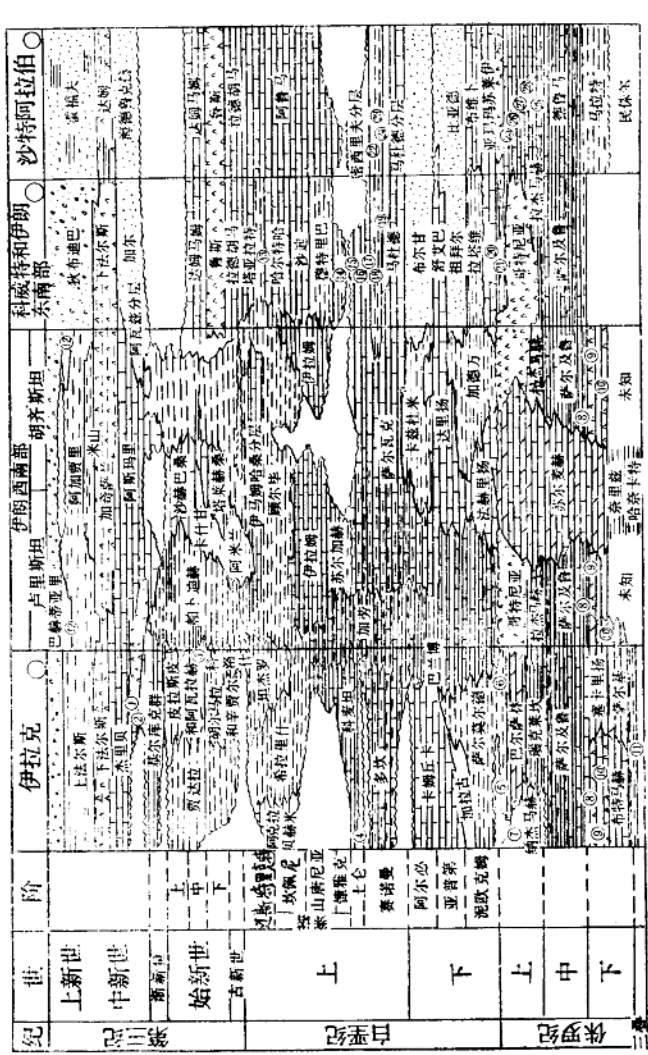


图 1—7 伊拉克、扎格罗斯地区、科威特和沙特阿拉伯地区对比图
图例：①迪班；②幼发拉底；③格库斯；④古尔尼里；⑤卡里米阿；⑥奇阿加拉；⑦戈特里阿；⑧阿兰；⑨穆斯；⑩阿代亚赫；⑪巴鲁蒂；⑫拉赫巴里分；⑬库阿尔；⑭塔鲁玛；⑮克哈锡布；⑯米什里弗；⑰鲁马来；⑱阿马迪；⑲瓦拉；⑳民纳盖什；㉑马克胡尔；㉒鲁马来分；㉓阿马迪分；㉔瓦拉分；㉕希斯；㉖阿拉伯；㉗陈科拉；㉘汉尼法；㉙图维套山

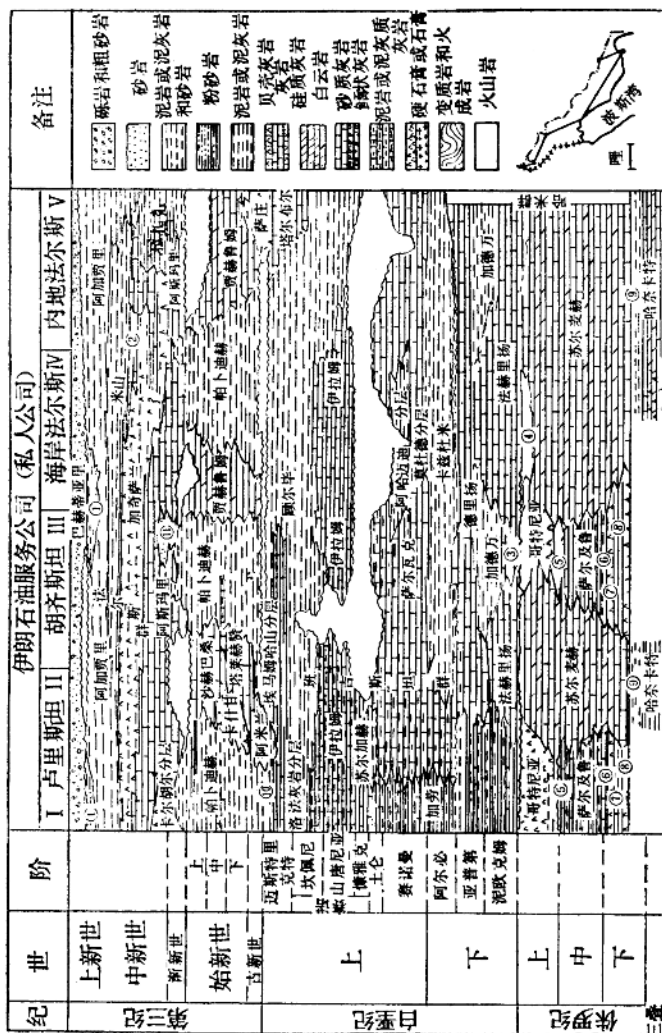


图 1—8 卢里斯坦至法尔斯省地层对比图

图例：①拉赫巴里分层；②古里分层；③加劳；④希斯；⑤拉杰马赫；⑥阿兰；⑦穆斯；⑧阿代亚赫；⑨奈里兹；⑩顾尔毕；⑪阿赫瓦兹分层