

石油工人技术等级培训教材

采气测试工

CAIQICESHIGONG

中国石油天然气总公司劳资局

石油工业出版社

石油工人技术等级培训教材

采气测试工

中国石油天然气总公司劳资局

江苏工业学院图书馆
藏书章

石油工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

采气测试工/中国石油天然气总公司劳资局.
北京:石油工业出版社,1998.7
石油工人技术等级培训教材
ISBN 7-5021-2299-0

I.采…

II.中…

III.天然气开采-生产测井-技术培训-教材

IV.TE 373

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 13099 号

石油工业出版社出版

(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)

石油工业出版社印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 22 印张 532 千字 印 1—1500

1998 年 7 月北京第 1 版 1998 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-2299-0/TE·1916

定价: 22.50 元

前 言

为了提高石油工人队伍素质，满足石油工人技术培训和考核的需要，中国石油天然气总公司劳动局组织编写了这套工人技术等级培训教材。

这套教材依据国家颁发的工人技术等级标准和总公司劳动局组织制定的《石油工人应会技能项目》，按工种分初、中、高等级编写，包括相应等级的应知理论和应会技能两部分，是工人学习技术参加技能鉴定的主要学习资料，也是企业建立考核试题库实行规范化技能鉴定的重要依据。

本书由四川石油管理局罗天祥同志主编，并编写了第四、五、七、十七、十八、三十二单元；四川石油管理局蒋国珊同志编写了第一、二、三、十五、十六、十九、三十一、三十三单元；四川石油管理局曾成书同志，编写了第六、八、九、十、十一、十二、十三、十四、二十、二十一、二十二、二十三、二十四、二十五、二十六、二十七、二十八、二十九、三十、三十四、三十五、三十六、三十七、三十八、三十九单元，以及初级工应会技能部分、中级工应会技能部分、高级工应会技能部分。

在编写过程中，四川石油管理局教育处组织了两次审稿会。参加的审稿人员有石油工业出版社贾迎、中原油田张中许、胜利油田曹安吉、四川石油管理局宣祥庆、许可芳、傅东、刘运忠、杨通荆、陈淑芳、黄伯臣、丁一华等同志，他们为本书提供了宝贵资料和修改意见，对此表示衷心感谢！

由于编者水平有限，疏漏、错误之处请广大读者提出定贵意见。

编 者

1996年4月

目 录

采气测试工技术等级标准.....	(1)
------------------	-----

第一部分 初 级 工

应 知 理 论

第一单元 地壳和地质构造.....	(3)
一、地壳和沉积岩.....	(3)
二、地层和地质时代.....	(5)
三、地质构造.....	(7)
复习思考题.....	(9)
第二单元 石油、天然气和油、气田水性质.....	(9)
一、石油的性质.....	(9)
二、天然气的性质	(10)
三、油、气田水的性质	(11)
复习思考题	(12)
第三单元 油气藏和油气田	(13)
一、油气的生成和运移	(13)
二、油气藏和油气田	(13)
三、储油气层主要物性	(15)
复习思考题	(18)
第四单元 油气井的完井	(18)
一、井口装置	(18)
二、气井的完井方法	(19)
三、气井的井身结构	(19)
复习思考题	(20)
第五单元 气井采气流程	(20)
一、控制节流设备	(20)
二、分离净化设备	(21)
三、保温装置	(21)
四、计量设备	(22)
五、加注缓蚀剂和发泡剂的设备	(22)

复习思考题	(22)
第六单元 采气测试常用工具及一般钳工知识	(23)
一、常用工具	(23)
二、一般钳工知识	(24)
复习思考题	(25)
第七单元 气井的常规试井	(26)
一、试井的概念	(26)
二、试井的方法	(26)
三、气井井底压力计算	(31)
复习思考题	(33)
第八单元 试井绞车及防喷装置	(33)
一、试井绞车	(33)
二、井口防喷装置	(39)
复习思考题	(43)
第九单元 采气测试仪器及其维护与保养	(44)
一、井下压力计	(44)
二、机械式井下温度计	(47)
三、仪器的维护保养	(48)
复习思考题	(48)
第十单元 采气测试内容及方法	(49)
一、常规测试内容	(49)
二、测试方法	(50)
复习思考题	(51)
第十一单元 气井测压操作规程	(52)
一、测压前的准备工作	(52)
二、测压岗操作	(52)
三、井下压力计（温度计）操作	(53)
复习思考题	(54)
第十二单元 测试资料的验收要求	(55)
一、机械式压力计测压记录曲线的验收需求与识别	(55)
二、动（静）液面记录曲线质量验收要求与识别	(56)
三、示功图质量验收要求与识别	(57)
复习思考题	(58)
第十三单元 电工基本知识	(59)
一、直流电	(59)

二、交流电	(63)
复习思考题	(65)
第十四单元 采气测试安全知识	(65)
一、天然气使用的安全知识	(65)
二、防触电知识	(67)
三、灭火器的使用知识	(68)
复习思考题	(69)

应 会 技 能

项目一	安装压力表	(70)
项目二	取低压气样	(71)
项目三	取高压井口气样	(72)
项目四	井口取油样	(73)
项目五	录井钢丝打绳结	(74)
项目六	CY613A 压力计换装卡片	(75)
项目七	CY613A 压力计装取钟机操作	(76)
项目八	钢丝测井井口防喷管的安装	(77)
项目九	钢丝测井井口操作	(78)
项目十	钢丝测井中间岗操作	(79)
项目十一	钢丝测井绞车岗操作	(80)
项目十二	钢丝测井资料岗操作	(81)
项目十三	测试气井井底的压力	(82)
项目十四	测试井筒定点温度	(83)
项目十五	用浮筒探测敞口开筒液面	(84)
项目十六	用分规、钢板尺测量、记录并计算压力	(85)
项目十七	井下压力计探测井筒液面	(87)
项目十八	探测井底砂面	(88)
项目十九	计算和绘制理论示功图	(89)
项目二十	拆装井口法兰	(92)
项目二十一	绞车测深器更换操作	(93)
项目二十二	管子套扣操作	(93)
项目二十三	看零件图	(94)
项目二十四	干粉灭火机的使用	(96)

第二部分 中 级 工

应 知 理 论

第十五单元 油气藏的驱动类型	(97)
一、油气藏的驱动力	(97)
二、油气藏的驱动类型	(98)
复习思考题	(99)
第十六单元 油气层压力系统及储量	(99)
一、油气层压力系统	(99)
二、石油、天然气储量	(100)
复习思考题	(102)
第十七单元 流体在油气层中渗流的基本规律	(102)
一、油气层的渗流特性	(102)
二、渗流的基本规律	(104)
三、流体在岩层中的线性稳定渗流	(106)
四、流体在岩层中的非线性稳定渗流	(107)
复习思考题	(110)
第十八单元 气井常规试井资料整理及应用	(110)
一、稳定试井资料整理及应用	(110)
二、改进的等时试井资料的整理及应用	(117)
三、不稳定试井资料的整理及应用	(123)
复习思考题	(132)
第十九单元 气田的开发概念及试采	(132)
一、气田开发概念	(132)
二、勘探阶段	(132)
三、开发阶段	(132)
复习思考题	(134)
第二十单元 计量基本知识	(134)
一、试井仪表修理校验的重要性	(134)
二、计量工作的方针、任务及内容	(134)
三、计量中的名词术语	(135)
四、测量的误差	(136)
五、误差的来源和种类	(137)
六、衡量仪器仪表质量好坏的几项指标	(137)
复习思考题	(138)

第二十一单元 采气测试仪表	(139)
一、机械式井下压力计	(139)
二、机械式井下温度计	(145)
三、井下取样器	(147)
四、井下钟机	(148)
五、抽油机井示功图测试仪器	(151)
六、液面探测仪	(153)
七、地面计量仪表	(154)
复习思考题	(154)
第二十二单元 仪器、仪表校准设备及校准方法	(155)
一、校准设备	(155)
二、仪器仪表校准方法	(161)
复习思考题	(168)
第二十三单元 气井测试井下工具	(168)
一、绳帽	(168)
二、加重杆	(170)
三、接头	(171)
四、振击器	(174)
五、减振器	(175)
复习思考题	(176)
第二十四单元 试井车 (试井绞车)	(176)
一、钢丝试井绞车	(176)
二、液压传动车装双滚筒试井车	(176)
三、深度计量装置	(179)
四、马丁-戴克 (MARTIN-DECKER) 指重装置	(181)
五、井架车	(183)
六、电缆、钢丝、钢丝绳	(185)
复习思考题	(188)
第二十五单元 电缆测试井口防喷装置	(189)
一、井口注脂密封装置	(189)
二、密封脂泵	(189)
三、过电缆防喷阀门 (BOP)	(190)
四、滑轮组	(191)
五、井口仪器捕捉器	(192)
六、球密封空心安全接头	(193)

七、化学剂注入短节·····	(194)
复习思考题·····	(195)
第二十六单元 采气测试工艺流程·····	(195)
一、测试前的准备·····	(196)
二、现场测试工艺流程·····	(199)
复习思考题·····	(203)
第二十七单元 测试中安全注意事项及事故预防·····	(203)
一、测试中的安全注意事项·····	(203)
二、几种常见事故的预防·····	(205)
复习思考题·····	(206)
第二十八单元 测试资料验收及资料不合格原因分析·····	(207)
一、测试资料验收·····	(207)
二、不合格测试资料的原因分析·····	(208)
复习思考题·····	(211)
第二十九单元 电工知识·····	(211)
一、晶体管整流电路·····	(211)
二、常用电工仪表·····	(213)
复习思考题·····	(216)
第三十单元 技术经济指标的计算及全面质量管理知识·····	(216)
一、测试队主要技术经济指标及算法·····	(216)
二、全面质量管理知识·····	(217)
复习思考题·····	(219)

应 会 技 能

项目二十五 敞口井定深取水样·····	(220)
项目二十六 RPG 井下压力计换装卡片·····	(221)
项目二十七 CY611 动力仪的操作·····	(222)
项目二十八 SG ₂ 示功仪的操作·····	(223)
项目二十九 SQ ₃ 井下取样器自锁功能调整·····	(224)
项目三十 SQ ₃ 井下取样器的取样操作·····	(225)
项目三十一 计算台镜测试压力记录卡片·····	(226)
项目三十二 气井稳定试井步骤·····	(227)
项目三十三 气井不稳定试井步骤·····	(228)
项目三十四 测井底恢复压力·····	(229)
项目三十五 校验压力表·····	(230)

项目三十六	CJ—1 型回声仪测试的井口操作	(231)
项目三十七	CJ—1 型回声仪测试的操作	(232)
项目三十八	YSJ—1 液压试井车操作	(233)
项目三十九	兆欧表测量操作	(234)
项目四十	钳形电流表的使用	(235)
项目四十一	RPG—3 压力计更换螺杆操作	(236)
项目四十二	排除钢丝测深器故障	(237)
项目四十三	钢丝绞车的维护保养	(238)
项目四十四	打捞带钢丝的落井仪器	(239)
项目四十五	检定弹簧管式井下压力计的记录性能	(240)
项目四十六	RPG 井下压力计波登管 (褶皱盒) 的抽空和充液	(241)
项目四十七	RPG 井下压力计波纹管 (弹簧管) 的安装	(242)
项目四十八	安装电缆试井封井器	(243)
项目四十九	制作 PANEX 电缆头	(244)
项目五十	密封管控制软管的安装	(245)
项目五十一	连接电缆试井防喷管串	(246)
项目五十二	安装林肯泵 (注脂泵)	(247)
项目五十三	指重装置传感器的安装	(248)
项目五十四	手压泵的安装	(249)
项目五十五	更换阻流管 “O” 形密封圈	(250)
项目五十六	更换封井器电缆密封块	(251)
项目五十七	操作车装柴油发电机	(252)
项目五十八	操作车装空压机	(253)
项目五十九	操作电动吊车	(254)
项目六十	操作电缆滚筒绞车	(254)
项目六十一	组装机械式井下温度计	(256)
项目六十二	整理井下温度计测试资料	(257)
项目六十三	了解 CY613—A 型井下压力计装配图	(258)
项目六十四	绘制六角头螺栓零件图	(259)

第三部分 高级工

应知理论

第三十一单元	钻井、试油、修井的一般知识	(261)
一、	钻井	(261)
二、	试油	(263)

三、修井·····	(265)
复习思考题·····	(267)
第三十二单元 试井设计 ·····	(267)
一、试井设计的原则·····	(267)
二、试井设计的依据·····	(268)
三、稳定试井和不稳定试井设计·····	(268)
复习思考题·····	(269)
第三十三单元 现代试井的一般知识 ·····	(269)
一、基础知识·····	(269)
二、现代试井解释方法·····	(273)
三、试井成果的应用·····	(281)
复习思考题·····	(283)
第三十四单元 特殊井的测试 ·····	(283)
一、高凝析油井的测试·····	(283)
二、气举井的测试·····	(284)
三、超高压井的测试·····	(285)
复习思考题·····	(285)
第三十五单元 电子压力计测试系统 ·····	(286)
一、地面直读式电子压力计测试系统·····	(286)
二、井下储存式电子压力计测试系统·····	(290)
复习思考题·····	(293)
第三十六单元 电缆试井工艺及设备的维护保养 ·····	(293)
一、电缆试井工艺·····	(293)
二、电缆试井设备仪器维护保养·····	(296)
复习思考题·····	(298)
第三十七单元 采气测试井下常见事故的处理 ·····	(299)
一、打捞前的准备·····	(299)
二、打捞落物过程中采取的措施·····	(300)
三、打捞注意事项·····	(302)
复习思考题·····	(302)
第三十八单元 常用管材及防腐方法 ·····	(302)
一、常用管材·····	(302)
二、金属管材的防腐·····	(304)
复习思考题·····	(307)
第三十九单元 电子电路基本知识 ·····	(307)

一、电路基本知识.....	(307)
二、晶体三极管的直流偏置电路.....	(310)
复习思考题.....	(313)

应 会 技 能

项目六十五 检定弹簧管式井下压力计灵敏度.....	(314)
项目六十六 校对机械式井下温度计.....	(315)
项目六十七 校对弹簧管式井下压力计的测量精度.....	(316)
项目六十八 打捞井下落物.....	(317)
项目六十九 连接电缆试井测试管串.....	(318)
项目七十 操作电缆车液压系统.....	(319)
项目七十一 维护保养 PANEX 电子压力计.....	(320)
项目七十二 保养带信号线的加重杆.....	(321)
项目七十三 拆卸和组装 YZ 型时钟.....	(322)
项目七十四 检定 CJ—1 型双频道回声仪的灵敏度.....	(323)
项目七十五 简易测试 CJ—1 型双频道回声仪的走纸稳定度.....	(324)
项目七十六 排除 CJ—1 回声仪击发声弹后记录笔不偏摆的故障.....	(325)
项目七十七 用万用表测量交流电压.....	(326)
项目七十八 用万用表对晶体管进行简单测试.....	(327)
项目七十九 组织完成气井的试井.....	(329)
项目八十 绘制抽空灌液装置示意图.....	(330)
主要参考文献.....	(332)

采气测试工技术等级标准

初 级 工

一、知识要求

- 1) 掌握油气田开发的基本知识。
- 2) 掌握常规采气测试的原理、方法、工艺流程和技术要求。
- 3) 熟悉气井压力、温度、液面的测量原理以及测试岗位的操作规程、技术标准和安全生产规定。
- 4) 掌握常规采气测试的资料质量标准和测试作业的技术要求。
- 5) 熟悉油气田的防火、防爆、防毒的安全知识。
- 6) 了解电工、钳工的基本知识。
- 7) 掌握试井绞车的工作原理和技术规范。

二、技能要求

- 1) 能录取一般采气测试资料。
- 2) 会操作、维护、保养仪器、仪表。
- 3) 能测取压力、温度、液面、砂面数据，计算产层压力，并绘制理论示功图。
- 4) 能看懂螺栓、接头等一般机械零件图。
- 5) 会换算有关的法定计量单位。

三、工作实例

- 1) 根据试井装置工作外径，选择 6~48in 规格的管钳。
- 2) 绕结录井钢丝绳结。
- 3) 根据测试井口压力及入井器具的几何尺寸，合理组装井口防喷装置。
- 4) 操作试井绞车。
- 5) 现场组装调试井下压力计。
- 6) 使用常规量具测量井下测试记录卡片。

中 级 工

一、知识要求

- 1) 熟悉油气田的采气测试工艺原理及测试的基础理论知识。
- 2) 掌握现场高压气井的采气测试作业方法、步骤、技术要求和安全措施，了解过油管等特殊试井作业方法。
- 3) 熟悉常用采气测试仪器、仪表装备的结构、工作原理及检定规程。

- 4) 掌握技术经济指标的意义及计算方法。
- 5) 了解机械原理、力学、电工学的有关知识。
- 6) 熟悉全面质量管理知识。

二、技能要求

- 1) 会分析、判断、处理采气测试作业的常见故障，并提出处理措施。
- 2) 能用采气测试资料分析、判断气井生产状况，并提出合理开采建议。
- 3) 能熟练地对采气测试仪器、仪表进行安装、调试和质量检查。
- 4) 能看懂机械式压力计装配图，并能熟练地装配、拆卸。
- 5) 对试井绞车各部位，能拆卸、调试、安装。
- 6) 操作储存式电子压力计和地面直读式电子压力计。

三、工作实例

- 1) 整理和分析油、气、水井的测试资料。
- 2) 分析测试记录卡片曲线。
- 3) 组装井下机械式温度计。
- 4) 操作储存式电子压力计和地面直读式电子压力计。

高级工

一、知识要求

- 1) 掌握特殊油、气井的采气测试方法。
- 2) 掌握钻井、试油、修井的一般知识。
- 3) 掌握常用金属材料性质及防腐方法。
- 4) 掌握有关电子电路的基本知识。
- 5) 掌握采气测试的工艺技术。

二、技能要求

- 1) 能根据测试资料提出油、气井修井和增产措施建议。
- 2) 能对不同的油、气井提出测试方案。
- 3) 能熟练地调试和鉴定测试装备、仪器的性能，并排除存在的故障。
- 4) 能绘制采气测试仪器、仪表的装配示意图。
- 5) 能根据系统测试资料，提出油、气井工作制度。

三、工作实例

- 1) 验收和识别采气测试资料。
- 2) 组织一口复杂的油、气、水井试井测试作业，并写出测试报告。
- 3) 校验 0.25~0.6 级弹簧管式压力表。
- 4) 编制井下储存式压力计测试程序。
- 5) 对所使用的测试设备、仪器、仪表的性能作出鉴定和结论。

第一部分 初级工

应 知 理 论

第一单元 地壳和地质构造

一、地壳和沉积岩

地壳是地球最外圈的一层固体外壳，如图 1-1 所示，其厚度不一，大陆高山区最厚可达 60~70km；大洋中一般小于 10km；地壳平均厚度约 17km。

地壳是由各种类型的岩石组成的。组成岩石的矿物是地壳中化学元素在各种地质作用下形成的自然产物。人们已发现的有 3000 多种，最常见的有 10 余种，如石英、长石、云母、方解石、白云石、重晶石、高岭土、橄榄石等。

1. 岩石的分类

组成地壳的岩石，根据它们的成因，一般分为三大类：岩浆岩、沉积岩和变质岩。

(1) 岩浆岩

岩浆岩是地球内部的岩浆，在一定地质作用下，侵入地壳或喷出地表，并且经冷却、凝固、结晶而成的岩石。岩浆是处于地壳内部高温、高压状态的含有大量挥发物的硅酸盐融体。其温度超过 1000℃，压力在几百兆帕以上。主要化学成分是二氧化硅（ SiO_2 ）和三氧化二铝（ Al_2O_3 ）。地壳运动会使地壳本身出现薄弱地带，岩浆活动若喷出地表，就是火山爆发，称之为火山作用。岩浆岩发育的地区，是由于岩浆活动所致，一般来说，岩浆活动频繁的地区，不利于油气的生成和保存。

(2) 沉积岩

沉积岩是早期形成的岩石。经过物理、化学的破坏作用，在地质营力（如流水、风吹、日晒等）的作用下，于海、湖、河或陆地表面某些地方沉积起来而形成的岩石。实践说明，沉积岩有利于石油、天然气的生成和保存。

(3) 变质岩

变质岩是原来的岩浆岩和沉积岩，受高温、高压等条件的影响，改变了其成分、结构及

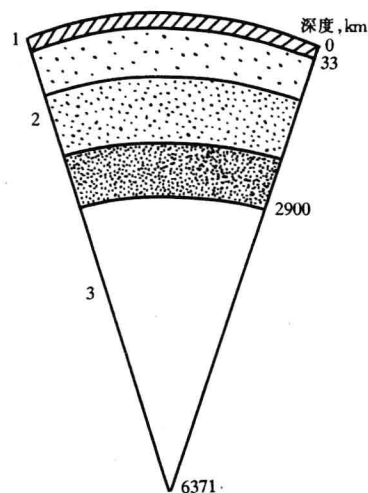


图 1-1 地球分层示意图

1—地壳；2—地幔；3—地核

构造，即发生变质作用而形成的岩石。如石英砂岩变成石英岩，石灰岩变成大理石岩等。一般来说，变质作用对石油、天然气的生成和保存都是不利的。

组成在地壳的岩石中，岩浆岩（包括变质的岩浆岩）的数量大，约占地壳体积的 95%，主要分布地壳深处，地壳表面较少，其分布面积占地壳表面的 25%。沉积岩（包括变质的沉积岩）的数量少，约占地壳体积的 5%，一般呈薄薄的一层分布在地壳的上部，而且分布范围广，占地表覆盖面积的 75%。目前世界上已发现的石油和天然气，99% 以上是储藏在沉积岩中，只有 1% 以下是储藏在岩浆岩和变质岩中，因此，对于我们石油工作者，了解和认识沉积岩，有着十分重要的意义。

2. 沉积岩

石油工作者一般从石油地质的角度讨论和研究沉积岩，通常把沉积岩分为三类。

(1) 碎屑岩

碎屑岩由两部分组成，一部分为碎屑颗粒，另一部分为胶结物。其碎屑的含量达 50% 以上，碎屑颗粒之间由胶结物胶结。碎屑颗粒以石英和长石为主，胶结物则由铁、钙、硅、粘土等物质组成。碎屑颗粒之间的孔隙，有的全被胶结物所填充，有的未完全被胶结物填充而形成孔隙空间，石油和天然气就储存在那些未被胶结物填充的孔隙空间之中。

碎屑岩按照其碎屑颗粒直径大小，以及某一直径颗粒碎屑含量的多少，可分为砾岩、砂岩和粉砂岩。颗粒直径大于 1mm 的碎屑含量超过 50% 的碎屑岩称之为砾岩；颗粒直径在 1~0.1mm 范围内的碎屑含量超过 50% 的碎屑岩称之为砂岩；颗粒直径在 0.1~0.01mm 范围内的碎屑含量超过 50% 的碎屑岩称之为粉砂岩。

由于碎屑岩具有良好的储油气物性，故可成为油气聚集场所，目前世界上已发现的石油、天然气，约有一半以上的储量存在于碎屑岩中。

(2) 粘土岩

它是由颗粒直径小于 0.01mm 的碎屑颗粒含量超过 50% 的粘土矿物所组成的岩石。粘土岩在地壳中分布很广，约占沉积岩总量的 50% 以上，是沉积岩最常见的岩石。粘土岩主要是以层理构造来分类的，具有薄层页状层理的粘土岩称为页岩，而厚层块状的粘土岩称为泥岩。

富含有机质，并在还原环境下形成的粘土岩是良好的生油气层。因粘土岩的颗粒太细，一般不能成为储油气层，但可作为储油气层的盖层。

(3) 碳酸盐岩

它主要是由方解石和白云石组成的沉积岩，碳酸盐岩中还含有少量的菱铁矿、石膏、粘土、氧化铁以及石英碎屑等。碳酸盐岩是分布很广的一种岩石，占沉积岩总量的 20%。据统计，这类岩石在我国约占沉积岩总面积的 55%，特别是西南、中南地区很发育，且时代愈老所占比例愈大。四川的储气层基本都是碳酸盐岩地层，华北、辽河等油田的“古潜山”储油层也属于碳酸盐岩地层。

碳酸盐岩按其成分可分为石灰岩和白云岩两大类。石灰岩主要由方解石组成。石灰岩结构形式繁多，有碎屑结构、鲕状结构、结晶状结构等。最常见的有碎屑石灰岩、礁状石灰岩、鲕状石灰岩等。白云岩主要由白云石组成，分为原生和次生两种。

碳酸盐岩在地壳中分布较广，是石油和天然气最重要的生成和储存岩石。现有资料表明，碳酸盐岩油气田的储量约占地壳内油气总储量的 60%。