

SHIYOU GONGREN JISHU DENGJI PEIXUN JIAOCAI

石油工人技术等级培训教材

# 采气工

CAIQIGONG

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 工

中国石油天然气总公司劳资局

石 油 工 业 出 版 社

**图书在版编目 (CIP) 数据**

采气工/中国石油天然气总公司劳资局.  
北京:石油工业出版社,1996.12  
石油工人技术等级培训教材.  
ISBN 7-5021-1869-1

I.采…

II.中…

III.天然气开采-技术教育-教材

IV.TE375

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 22050 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 25 印张 610 千字 印 10001—12000

1996 年 12 月北京第 1 版 2001 年 2 月北京第 4 次印刷

ISBN 7-5021-1869-1/TE·1577

定价:28.00 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资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资局组织制定的《石油工人应会技能项目》，按工种分初、中、高三个等级编写，各等级包括相应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郭德希主编，并编写了十、十二、十九单元；参加编写的有四川石油管理局黄焜生（一、二单元和项目一、二、六~十）；谢淑碧（三~九单元和项目三~五、十一~十四、二十一~三十一、三十四）；王锡芳（十一、二十单元）；赵宗华（二十一~三十一单元）；黄义和（项目十五~二十、三十五~六十五）；吴利（项目七十一~八十七）；范贤志（六、八单元中的阀门、管件等）；冯家贵（项目三十二~三十三）。

在编写过程中川东开发公司、川中矿区给予了很大的支持和帮助，钻采工艺研究所罗俊渊、川南矿区葛有琰提供了宝贵的资料，胜利石油管理局祁圣华，中原石油勘探局张中许，四川石油管理局宣祥庆、傅东、许可芳、沈祖荣、胡永寿、江克济、李长贤、黄伯臣、丁一华、王祖林等对本书进行了评审，提出了修改意见，对此表示衷心感谢！由于编者水平有限，疏漏、错误之处恳请广大读者提出宝贵意见。

编 者

1996年2月

# 目 录

采气工技术等级标准.....	(1)
----------------	-----

## 第一部分 初 级 工

### 应知理论

<b>第一单元 沉积岩的基础知识</b> .....	(4)
一、地壳及其物质组成.....	(4)
二、沉积岩和沉积相.....	(5)
三、地层和地质时代.....	(8)
复习思考题 .....	(11)
<b>第二单元 气藏、气田和地层水</b> .....	(11)
一、天然气的生成 .....	(11)
二、天然气运移 .....	(13)
三、储集层 .....	(14)
四、油气聚集、气藏和气田 .....	(14)
五、地层水 .....	(18)
复习思考题 .....	(21)
<b>第三单元 天然气的主要物理化学性质</b> .....	(21)
一、天然气的组成与分类 .....	(22)
二、密度与相对密度 .....	(23)
三、粘度 .....	(23)
四、临界状态 .....	(23)
五、天然气的含水量和溶解度 .....	(24)
六、可燃性限和爆炸限 .....	(25)
七、采气常用术语 .....	(25)
复习思考题 .....	(27)
<b>第四单元 气井的钻井、完井和井口装置</b> .....	(27)
一、钻井 .....	(27)
二、气井的完井方法 .....	(27)
三、井身结构 .....	(28)

四、气井的井口装置 .....	(30)
复习思考题 .....	(33)
<b>第五单元 气井的开采工艺 .....</b>	<b>(34)</b>
一、气井工作制度 .....	(34)
二、无水气井(纯气井)的开采 .....	(35)
三、气水同产井的开采 .....	(36)
四、录取气井资料 .....	(39)
复习思考题 .....	(40)
<b>第六单元 采输流程及设备 .....</b>	<b>(40)</b>
一、采气流程 .....	(40)
二、分离器 .....	(42)
三、加热设备 .....	(45)
四、水合物的生成和预防 .....	(46)
五、阀门 .....	(49)
六、自力式压力调节器 .....	(54)
七、常用管子、管件 .....	(56)
复习思考题 .....	(59)
<b>第七单元 天然气计量知识 .....</b>	<b>(59)</b>
一、压力及其测量单位 .....	(59)
二、温度及其测量单位 .....	(61)
三、天然气流量的计算 .....	(61)
复习思考题 .....	(71)
<b>第八单元 采气设备的维护保养 .....</b>	<b>(72)</b>
一、常用工具、量具、材料 .....	(72)
二、阀门的维护保养 .....	(77)
三、受压容器的维护 .....	(80)
四、地面设备的除锈防腐 .....	(80)
五、站场设备维护中的安全注意事项 .....	(81)
复习思考题 .....	(81)
<b>第九单元 采气安全 .....</b>	<b>(81)</b>
一、防爆 .....	(81)
二、防火 .....	(82)
三、防毒 .....	(83)
四、防触电和防静电 .....	(84)
复习思考题 .....	(85)

## 应会技能

项目一	气井开井 .....	(86)
项目二	气井关井 .....	(87)
项目三	启动 CW-430 型流量计 .....	(88)
项目四	停流量计 .....	(89)
项目五	调校流量计零位 .....	(90)
项目六	录取生产气井资料 .....	(91)
项目七	气田水取样 .....	(92)
项目八	天然气取样 .....	(93)
项目九	滴定气田水氯根含量 .....	(94)
项目十	绘制采气曲线 .....	(96)
项目十一	用求积仪计算气产量 .....	(97)
项目十二	用求积仪和程序计算器计算气产量 .....	(99)
项目十三	清洗检查标准孔板 .....	(101)
项目十四	测量孔板内径 .....	(104)
项目十五	启动水套加热炉 .....	(105)
项目十六	停用水套加热炉 .....	(107)
项目十七	加缓蚀剂操作 (滴注法) .....	(109)
项目十八	泵注防冻剂操作 .....	(110)
项目十九	泵注发泡剂操作 .....	(112)
项目二十	启动离心式清水泵 .....	(113)
项目二十一	更换压力表 .....	(115)
项目二十二	安装闸阀 .....	(116)
项目二十三	拆卸安全阀 .....	(117)
项目二十四	装配安全阀 .....	(118)
项目二十五	安装角式节流阀 .....	(119)
项目二十六	启动自力式调压阀 .....	(120)
项目二十七	关闭自力式调压阀 .....	(123)
项目二十八	根据瞬产调配气量 .....	(123)
项目二十九	分离器排污的操作 .....	(125)
项目三十	(孔板阀) 提出孔板的操作 .....	(125)
项目三十一	(孔板阀) 放入孔板的操作 .....	(126)
项目三十二	攻丝 .....	(128)
项目三十三	套扣 .....	(130)

项目三十四 使用干粉灭火器	(133)
---------------	-------

## 第二部分 中 级 工

### 应知理论

<b>第十单元 天然气从地层流向井口的基本规律</b>	(134)
一、渗流及其基本规律	(134)
二、天然气在地层中的平面径向稳定渗流	(137)
三、天然气在气井中的垂直管流	(138)
复习思考题	(140)
<b>第十一单元 气井生产知识和生产分析</b>	(140)
一、气井试采的基本知识	(140)
二、凝析油及其主要物理化学性质	(142)
三、气井生产分析	(142)
复习思考题	(148)
<b>第十二单元 气井的稳定试井</b>	(148)
一、稳定试井的基本概念	(148)
二、稳定试井应收集的资料	(148)
三、稳定试井的工艺步骤	(149)
四、稳定试井资料的整理和应用	(150)
复习思考题	(153)
<b>第十三单元 气井的不稳定试井</b>	(153)
一、不稳定试井的基本概念	(153)
二、压力降落试井法	(154)
三、压力恢复试井法	(158)
复习思考题	(162)
<b>第十四单元 抽油机排水采气</b>	(162)
一、抽油机排水采气装置的组成	(163)
二、抽油机排水采气原理及工艺流程	(163)
三、抽油机排水采气的主要设备	(163)
四、抽油机排水采气应注意的问题	(167)
复习思考题	(167)
<b>第十五单元 气举排水采气</b>	(167)
一、气举阀排水采气	(167)
二、柱塞间歇气举排水采气	(173)



复习思考题·····	(175)
<b>第十六单元 电潜泵排水采气</b> ·····	(175)
一、电潜泵的机组组成·····	(175)
二、电潜泵工作原理·····	(176)
三、电潜泵的动力水头计算·····	(176)
四、电潜泵机组的故障分析和处理·····	(177)
五、电潜泵排水采气适用条件·····	(179)
复习思考题·····	(179)
<b>第十七单元 天然气脱油脱水</b> ·····	(179)
一、主要设备及其用途·····	(179)
二、常用天然气脱油、脱水法·····	(181)
复习思考题·····	(187)
<b>第十八单元 天然气的矿场集输</b> ·····	(187)
一、矿场集气管网的类型·····	(187)
二、天然气的增压输送·····	(188)
复习思考题·····	(195)
<b>第十九单元 采气测量仪表</b> ·····	(196)
一、仪表的误差、精度和变差·····	(196)
二、压力测量仪表·····	(197)
三、温度测量仪表·····	(202)
四、流量测量仪表·····	(207)
复习思考题·····	(216)
<b>第二十单元 气井的生产管理知识</b> ·····	(217)
一、气井的日常生产管理·····	(217)
二、采气井地质资料的管理·····	(217)
三、采集气设备的管理·····	(218)
四、天然气计量管理·····	(220)
五、井站管理条例·····	(221)
复习思考题·····	(226)

## 应会技能

项目三十五 气井的交接·····	(227)
项目三十六 组织单井投产工作·····	(228)
项目三十七 绘制井站工艺流程图·····	(230)
项目三十八 绘制井身结构图·····	(236)

项目三十九	配合完成管线和站场设备的吹扫·····	(237)
项目四十	活塞式压力计校验压力表·····	(239)
项目四十一	更换自力式调压阀薄膜(不停气的操作)·····	(240)
项目四十二	调校安全阀(检验台上)·····	(242)
项目四十三	生产现场调校安全阀·····	(243)
项目四十四	更换阀门·····	(245)
项目四十五	保养阀门·····	(247)
项目四十六	更换自动放水器嘴子(不停气)·····	(250)
项目四十七	清管发球(球型清管器)·····	(251)
项目四十八	清管收球(球型清管器)·····	(253)
项目四十九	空管通球·····	(255)
项目五十	皮碗清管器的发、收操作·····	(256)
项目五十一	选择标准孔板·····	(258)
项目五十二	水合物的防止与解除·····	(260)
项目五十三	管线、设备破漏的处理(爆管、容器腐蚀穿孔)·····	(263)
项目五十四	电器设备着火的处理·····	(265)
项目五十五	气举井停举关井·····	(267)
项目五十六	绘制气举采气工艺流程图·····	(268)
项目五十七	水淹停喷井气举操作(套管压力操作阀)·····	(269)
项目五十八	间隙生产井气举操作·····	(270)
项目五十九	计量偏差过大故障分析·····	(272)
项目六十	活塞式压力计测井口压力·····	(274)
项目六十一	强度试压·····	(276)
项目六十二	严密性试压·····	(277)
项目六十三	气井综合动态分析的资料收集·····	(279)
项目六十四	用指示曲线分析气井·····	(280)
项目六十五	用采气曲线划分气井生产阶段·····	(282)
项目六十六	启动游梁式抽油机·····	(283)
项目六十七	停游梁式抽油机·····	(286)
项目六十八	游梁式抽油机平衡块调试·····	(287)
项目六十九	更换光杆密封盘根·····	(289)
项目七十	启动水力射流泵·····	(290)

## 第三部分 高级工

### 应知理论

第二十一单元 地质构造及地质图	(292)
一、褶皱构造	(292)
二、断裂构造	(294)
三、地质图	(297)
复习思考题	(300)
第二十二单元 气层储气物性及驱动类型	(300)
一、气层储气物性	(300)
二、气藏的驱动类型	(306)
复习思考题	(307)
第二十三单元 天然气储量计算方法	(308)
一、天然气储量分级	(308)
二、天然气储量的计算方法	(308)
复习思考题	(310)
第二十四单元 气田的开发程序和开发方式	(310)
一、气田的开发程序	(310)
二、气田的开发方式	(311)
复习思考题	(314)
第二十五单元 现代试井知识	(315)
一、概述	(315)
二、井下压力测量仪器及测试工艺	(315)
三、气井现代试井解释方法	(316)
四、气井现代试井解释步骤	(317)
复习思考题	(318)
第二十六单元 气井(藏)的动态预测	(318)
一、气井(藏)动态预测的条件	(318)
二、统计算法进行气井动态预测	(319)
三、作图法进行气井(藏)动态预测	(320)
四、产量递减曲线分析	(321)
复习思考题	(322)
第二十七单元 轻烃回收的一般工艺	(323)

一、吸附分离法	(323)
二、油吸收法	(324)
三、阶式制冷深冷分离	(324)
四、膨胀机深冷分离	(324)
复习思考题	(325)
<b>第二十八单元 气田的增产措施</b>	(325)
一、气井的酸化	(325)
二、气井的压裂	(328)
三、评层选井	(330)
四、气井酸化压裂的施工效果分析	(330)
五、施工井的管理	(331)
六、目前现场上压裂酸化新工艺的研究和应用	(332)
复习思考题	(333)
<b>第二十九单元 采气自动化仪表</b>	(333)
一、温度变送器	(333)
二、压力变送器	(333)
三、差压变送器	(337)
四、液位检测仪表及变送器	(338)
五、自动调节仪表	(338)
六、执行器	(341)
七、显示仪表	(343)
八、微机流量计算器	(343)
复习思考题	(344)
<b>第三十单元 金属防腐蚀知识</b>	(345)
一、金属腐蚀的危害及防腐蚀意义	(345)
二、金属腐蚀类型	(345)
三、金属腐蚀的机理	(346)
四、防腐方法	(348)
五、含硫气田的防腐措施	(350)
复习思考题	(351)
<b>第三十一单元 天然气生产中经济技术指标的计算方法及班组经济核算</b>	(351)
一、现值法用于气田开发中经济技术分析的优点	(351)
二、现值法计算经济技术指标的公式及各参数的意义	(352)
三、天然气生产中常用经济技术指标的计算方法	(352)
四、班组经济核算	(354)

五、班组经济活动分析·····	(355)
复习思考题·····	(356)

## 应会技能

项目七十一 启动电潜泵·····	(358)
项目七十二 电潜泵停机·····	(360)
项目七十三 计量泵拆卸操作·····	(361)
项目七十四 装配计量泵·····	(362)
项目七十五 用井下压力计测压数据计算液面井深·····	(363)
项目七十六 稳定试井操作步骤·····	(364)
项目七十七 整理稳定试井资料·····	(366)
项目七十八 压力恢复曲线确定气井二项式产气方程·····	(367)
项目七十九 产气二项式方程的求法·····	(368)
项目八十 产气指数式方程的求法·····	(369)
项目八十一 求压降储量·····	(370)
项目八十二 编制气田开发方案·····	(372)
项目八十三 气田开发方案的实施(整装气田采气部分)·····	(374)
项目八十四 组织一口替喷井的试采工作·····	(375)
项目八十五 编写井站维修改造方案·····	(377)
项目八十六 编写井站维修改造施工方案·····	(378)
项目八十七 绘制标准孔板加工图·····	(380)
<b>主要参考文献</b> ·····	<b>(381)</b>

# 采气工技术等级标准

## 初 级 工

### 一、知识要求

1. 了解石油、天然气的组成及其主要物理、化学性质。
2. 掌握防火、防毒、防爆、防触电等安全知识和一般电气设备安全使用知识。
3. 掌握采气工程、采气地质常用名词术语的含义。
4. 熟悉管子、管件的规范和常用工具、用具的名称、规格及操作注意事项。
5. 熟悉本井井史（构造位置、井身结构、产层、原始地层压力、无阻流量、投产时间及开、完钻时间）以及生产现状和特点。
6. 熟悉本井站工艺流程、主要设备和辅助设备的技术规范、结构、性能和工作原理。
7. 了解水合物形成的原因及对生产的危害，掌握防止和解除水合物的方法。
8. 熟悉本井站气井产量与各级压力的控制参数。
9. 了解泡沫排水采气井的工艺流程及原理。
10. 熟悉天然气计量公式中各参数符号的意义和环室孔板安装的技术要求。

### 二、技能要求

1. 能用仿宋体字填写各类报表和原始记录。
2. 能按操作规程更换流量计卡片，校对流量计零位，计算气、油、水产量。
3. 会换算常用法定计量单位。
4. 能熟练使用常用工具、量具、防毒面具和消防器材。
5. 能按操作规程进行开（关）井、加（减）气量、开（停）仪表、保温、计量、放空、输气等。
6. 能用生产资料数据绘制采气曲线，会测定氯离子含量。
7. 能熟练对场、站设备进行维护保养。
8. 能判断并排除采气生产过程中常规设备、仪表出现的一般故障。
9. 能按操作规程，加注泡沫剂、消泡剂、防冻剂和缓蚀剂。
10. 会更换孔板、压力表和自力式调压阀薄膜。

### 三、工作实例

1. 录取压力和温度资料数据，用仿宋体字填写报表。
2. 调配（加、减）气量计算增加（或减少）气量后的差压指示格。
3. 按顺序进行开、关井操作。
4. 选用和更换压力表。
5. 攻丝、套扣和安装低压管件。

6. 检查更换孔板。
7. 测定氯离子含量。

## 中 级 工

### 一、知识要求

1. 掌握常用仪表（流量计、压力表、温度计）以及阀件、管件的选择依据。
2. 熟悉本井站的管网连接、分布情况和各井的生产特点。
3. 了解稳定试井和不稳定试井的基本知识和应录取的资料数据。
4. 掌握套压、油压、静压、差压、输压的变化与气、油、水产量的关系。
5. 掌握放喷管线的安装技术要求和吹扫试压过程中应注意的事项。
6. 了解凝析油、防冻剂（甲醇、乙二醇、三甘醇）的主要物理、化学性质。
7. 掌握气举、机抽、喷射器、压缩机、电潜泵、自动放水器等新工艺的工艺流程和工作原理。
8. 熟悉流量计、活塞式压力计的结构原理、检测方法和步骤。
9. 熟悉全面质量管理和生产管理的基本知识。
10. 掌握气井常用的增产挖潜措施。

### 二、技能要求

1. 能拆卸、保养、更换各种阀门，调校安全阀、调压阀。
2. 能判断常用仪表、水套炉、调压阀、放水器等设备故障；能处理管线、场站设备憋压、破漏、着火等紧急事故。
3. 能配合施工单位完成管线和场站的吹扫试压和清管球（器）的发收操作。
4. 会使用活塞式压力计；会选择孔板和更换自动放水器嘴子。
5. 能利用采气曲线、试井资料进行气井分析和气藏动态分析。
6. 会绘制井站工艺流程图和井身结构图。
7. 能组织一口单井投产工作。
8. 能根据气井生产规律，提出合理的生产制度。
9. 能按规程对抽油机、电潜泵、天然气压缩机进行操作、维护、保养，并能排除常见故障。

### 三、工作实例

1. 发收清管球（器）。
2. 调校安全阀。
3. 用活塞式压力计校验压力表和测试气井压力。
4. 绘制井身结构图和工艺流程图。
5. 用稳定试井的指示曲线对气井进行动态分析。
6. 排除抽油机出现的悬绳发生震动、可调式防喷盒漏水、曲柄轴键和曲柄销松动、刹

车失灵。

## 高级工

### 一、知识要求

1. 熟悉本气田地质构造、驱动方式和油气层物性。
2. 掌握气井、气藏动态预测方法。
3. 掌握井站维修或大修中所需的设备、材料的规范及性能。
4. 掌握集输管线及场、站的基本工艺计算方法。
5. 了解轻烃回收的一般工艺方法。
6. 掌握在用采气自动化设备、仪表的结构及原理。
7. 掌握天然气开采中新工艺、新技术的应用知识。
8. 熟悉天然气生产中技术经济指标的意义和计算方法。

### 二、技能要求

1. 会整理气井、气藏的试井资料，并进行动态预测。
2. 能排除在用采输设备自动化装置的故障。
3. 能正确判断电潜泵、射流泵、气举阀出现的常见故障。
4. 会组织井站和管线的检修施工。
5. 能根据生产情况和开发阶段，提出油气田开发方案的合理化建议。
6. 能提出井站维修改造方案和材料计划。
7. 能组织一口替喷井的投产工作。

### 三、工作实例

1. 整理稳定试井资料，用压降法求气藏地质储量。
2. 组织一口替喷井的投产工作。
3. 绘制法兰和标准孔板。
4. 根据试井资料，绘制普通坐标指示曲线，普通坐标二项式指示曲线和指数式指示曲线。
5. 排除电潜泵故障（井下电机不启动；水排量低于规定值；机组运转电流不稳定）。



# 第一部分 初级工

## 应 知 理 论

### 第一单元 沉积岩的基础知识

#### 一、地壳及其物质组成

天然气是埋藏在地壳不同深度岩层中的一种矿产，而地壳是地球最外圈的一层固体外壳，其厚度各地不一，在大陆高山区最厚可达60~70km；在大洋中厚度一般小于10km；地壳平均厚度约33km。

地壳是由各种类型的岩石（石头）组成的，岩石是由各种矿物组成的，而矿物是地壳中的化学元素在各种地质作用（促使地球物质成分、内部构造和表面形态等不断变化和发展的各种作用）下形成的自然产物。目前，已发现的矿物有3000多种，根据矿物的化学成分，可将矿物归纳为6大类：

1) 天然元素矿物（指单质矿物，如自然硫、水银、石墨、金刚石、金等）。

2) 硫化物矿物（指金属的硫化物及砷化物、锑化物等。除硫化氢为气体外，其他都是固体，常见的矿物有黄铁矿、方铅矿等）。

3) 氧化物矿物（指与氧或氢氧根所组成的简单化合物。常见的有石英、赤铁矿、磁铁矿、褐铁矿、铝土矿等）。

4) 卤化物矿物（指与卤族元素化合成的矿物，如岩盐、钾盐、萤石等）。

5) 含氧酸盐矿物（指由含有氧的酸根，如 $\text{SiO}_4$ 、 $\text{CO}_3$ 、 $\text{SO}_4$ 、……等所形成的盐类。如碳酸盐矿物方解石、白云石等；硫酸盐矿物重晶石、石膏、硬石膏等；硅酸盐矿物云母、长石、海绿石、高岭石等）。

6) 有机化合物类（由动、植物腐烂、分解后或生物新陈代谢产物形成的矿物。如天然气、石油、煤、沥青等）。

在地壳中的元素除少数以单质出现外，大部分都形成化合物，因此矿物很少孤立存在，常结合成复杂的集合体。一种或一种以上造岩矿物的集合体称为岩石。在自然界中的岩石很多，现在已知有1000余种，但根据岩石的成因可将组成地壳的岩石分为岩浆岩、沉积岩和变质岩3大类。其中岩浆岩（包括变质的岩浆岩）主要分布于地壳较深处，约占地壳体积的95%，而在地壳表面分布面积仅占25%。沉积岩（包括变质的沉积岩）虽只占地壳体积的5%，但分布面积很广，呈薄薄的一层分布在地壳的上部，其平面分布范围占地壳表面覆盖面积的75%。

世界上已发现的石油和天然气有99%以上都储集在沉积岩中，只有1%以下储集在岩浆岩和变质岩中，因此，进一步认识了解沉积岩有重要的意义。