

钻井液工程师 技术手册

DRILLING FLUID ENGINEER TECHNOLOGY MANUAL

(中英文双语)

贾 铎 编著



石油工业出版社

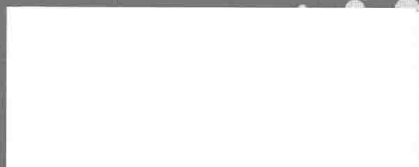
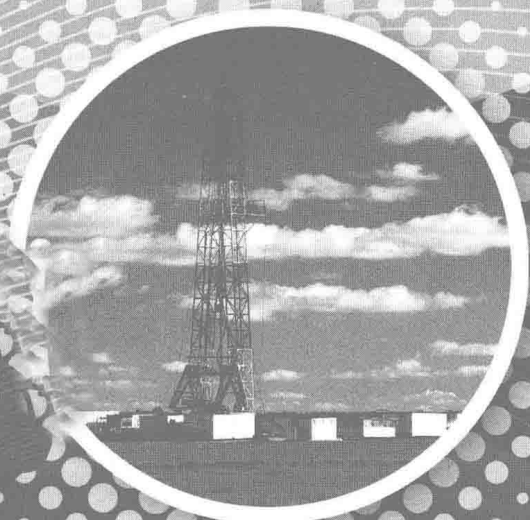
TE 254-6

钻井液工程师 技术手册

DRILLING FLUID ENGINEER TECHNOLOGY MANUAL

(中英文双语)

贾 铎 编著



石油工业出版社

内 容 提 要

本书概括地介绍了钻井液成分、性能和在钻井工程中的功用, 钻井液及其滤液测试程序, 钻井液使用的材料和化学添加剂, 各种钻井液体系的适用环境 and 应用方法, 钻井液流变学和黏土胶体化学等基础知识。详细叙述了油气井压力控制、钻井液固体控制、井筒水力学、钻井液技术设计和维护处理、预防和处理井下事故、完井液、油气层伤害和保护等。

本书为中英文对照, 可作为钻井液工程技术人员现场实践和室内研究工作使用的技术手册, 也可供参与油气井钻井工程的钻井、地质等专业技术人员了解有关钻井液知识或培训外籍钻井液专业员工使用。

This book generally describe the contents of fundamental knowledge on drilling fluid composition, properties and its functions in drilling engineering process, testing procedures of drilling fluid and its filtrate, chemical additives and materials used in drilling fluid, different drilling fluid systems and their application environments and methods, drilling fluid rheology and colloidal chemistry of clay in water solutions, technologies of pressure control in oil and gas wells, drilling fluid solids control, well bore hydraulics, proper drilling fluid technical design and its treatment and maintenance, prevention and treatments of down hole accidents such as lose of circulation, blowouts, borehole wall instability and pipe sticking etc. and damage by drilling fluid on bearing formations and its prevention procedures are emphatically described.

This book is Chinese - English bilingual and can be used as a technical manual for drilling fluid specialty personnel in their drilling fluid rig - site practice and lab researches and can be used as a reference book for drilling engineers and geologists involved in oil and gas well drilling practice or course materials for training overseas drilling fluid employees.

图书在版编目 (CIP) 数据

钻井液工程师技术手册: 汉英对照 / 贾铎编著.
北京: 石油工业出版社, 2015. 12
ISBN 978 - 7 - 5183 - 0855 - 2

- I. 钻…
- II. 贾…
- III. 钻井液 - 技术手册 - 汉、英
- IV. TE254 - 62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 199092 号

出版发行: 石油工业出版社
(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)
网 址: www.petropub.com
编辑部: (010) 64523583 图书营销中心: (010) 64523633
经 销: 全国新华书店
印 刷: 北京晨旭印刷厂

2015 年 12 月第 1 版 2015 年 12 月第 1 次印刷
787 × 1092 毫米 开本: 1/16 印张: 43.75
字数: 1110 千字

定价: 186.00 元
(如出现印装质量问题, 我社图书营销中心负责调换)
版权所有, 翻印必究

前 言

钻井液技术是一门为石油和天然气勘探开发服务的专业性极强的应用工程技术，它不仅为高效、优质和经济完成油气井的建井服务，而且还承担着防止油气层伤害、保护油气层产能的任务。由于钻井液新技术、新工艺不断涌现，要求钻井液工程技术人员要不断学习和掌握有关的科学知识和工艺技术，不断提高自己的工作技能。《钻井液工程师技术手册》（中英文双语）就是为钻井液工程技术人员学习专业知识和技术，熟练掌握和应用专业英语而编写的一本专业技术书籍。本书还可用于对外籍钻井液专业技术员工进行培训。

全书共十八章，前八章为第一部分，此部分的中心内容为钻井液的功用、成分、性能，钻井液流变学，黏土胶体化学，钻井液及其滤液测试程序和方法，如何针对油气井勘探开发要求、地质岩层和构造特性和钻井工程设计，选择适当的钻井液材料和化学添加剂，形成该井或该区块应用的钻井液体系，制定相应的钻井液技术设计等基本理论知识。本书第二部分包括第9章至第18章，此部分中心内容为在钻井液施工过程中，正确实施钻井液技术设计，并应用油气井压力控制、钻井液固相控制、井筒水力学、完井液、防止油气产层伤害等工艺技术，及时正确地处理和调整钻井液性能，预测、防止和解除可能发生的井喷、井漏、井塌和卡钻等井下事故，最终实现优质、安全地完成本井或一个区块的勘探开发目的。

本书的附录包括各种常用工程技术数据和有关计算，以及公英制单位的换算。附录中提供了一口井“钻井液完井报告”模板，用于积累所钻井的钻井液资料和建立钻井液技术档案库供今后施工参考。

谨向尊敬的张克勤教授级高级工程师和朱墨教授对本书编写所提出的宝贵的指导意见表示诚挚谢意，并感谢为本书提供了各种资料的王奎才等同志。

诚挚欢迎广大专业同仁、专家和读者对本书的缺陷、不足和错误提出批评和指正，以供今后补充和完善。

贾 铎

2015年12月

PREFACE

Drilling fluid technique is an applicable engineering technique with an extreme specialty character that serves petroleum oil and gas exploration and exploitation. It not only serves to effective, speedy and economical build up wells but also takes the task to prevent damage of productive formations and protect their productive potential. As new innovations of drilling fluid techniques and technologies are springing up quickly, the drilling fluid engineering personnel is required to study and know well those newly emerged scientific knowledge and technologies, and enhance their own working capabilities without interruptions. 《DRILLING FLUID ENGINEER TECHNICAL MANUAL (Chinese – English bilingual)》 is a book composed specially for drilling fluid engineering personnel to learn specialty knowledge and techniques and to improve their proficient English. The book can be used also for training oversea drilling fluid technical employees.

The book contains 18 chapters and the first 8 chapters contain the content on basic theories of knowledge on drilling fluid functions, compositions and properties, drilling fluid rheology, simplified clay colloidal chemistry, measuring procedures and methods of drilling fluid and its filtrate properties, proper selection of suitable drilling fluid chemical additives and materials to consist a proper drilling fluid system and figuring out a drilling fluid technical design of a well or a region according to the exploration and exploitation purposes, the requirements of the drilling program, the rock natures and geological and tectonic characters of the well or the region. The second part of the book contains next 9 to 18 chapters. The essential content of this part is to properly realize the drilling fluid technical design, skillfully use techniques of pressure control, drilling fluid solids control, bore hole hydraulics, completion fluid and productive formation protection, properly and on time adjust and control drilling fluid properties, detect, prevent and resolve possibly encountered down hole troubles and accidents such as blowout, lost circulation, pipe stuck and borehole instability to reach the final task – safe and with high quality realization of the exploration and exploitation purpose of the well and/or the region.

The annexes of this book contain varied frequently used engineering data and calculations, and reciprocal conversion of data of metric system and English system. A format of drilling fluid report of a well is also provided in the annexes for collection and preserving drilling fluid engineering data and building up a drilling fluid data base for future practice reference.

Great heartfelt thanks to respectable veteran senior engineer Zhang Keqin and professor Zhu Mo for valuable advises given for composing the book and sincere acknowledgement to senior engineer Wang Kuicai and other colleague for reference data and materials provision.

Sincerely welcome observations, indications and critics from colleague, specialists and readers on mistakes, oversights and loses in this book that may help future revision and corrections.

目 录

1	钻井液组成成分、性能及其功用	1
1.1	钻井液组成成分	1
1.2	钻井液性能	3
1.3	钻井液的功用	7
2	黏土矿物和黏土水溶液	10
2.1	黏土矿物的晶体结构	10
2.2	黏土矿物的性质	13
2.3	黏土颗粒之间的连接状态	17
3	钻井液流变特性	20
3.1	流体流变学基本概念	20
3.2	流体的类型及其数学模式	20
3.3	钻井液流变参数	22
3.4	各流变公式在钻井液中的应用	26
3.5	钻井液流变参数的测定和计算	27
3.6	钻井液高温流变特性	28
4	水基钻井液测试程序	29
4.1	密度	29
4.2	马氏漏斗黏度	30
4.3	塑性黏度、表观黏度和动切力	30
4.4	静切力	31
4.5	API 滤失量	32
4.6	高温高压滤失量	32
4.7	含砂量	34
4.8	钻井液中固相和液相含量测定	34
4.9	亚甲基兰测试和阳离子交换容量测定	37
4.10	pH 值测定	38
4.11	电阻率	39
4.12	钻井液滤饼黏附系数测定	39
4.13	膨润土的质量评价	40
4.14	钻井液的润滑性	42
5	水基钻井液化学分析	44
5.1	钻井液滤液中 Cl^- 浓度测定	44
5.2	钻井液滤液碱度测定	44
5.3	钻井液滤液以钙计总硬度 (或 Ca^{2+} 浓度) 的测定	47

5.4	钻井液滤液中 Mg^{2+} 含量测定	48
5.5	钻井液滤液中硫酸钙含量的测定	49
5.6	钻井液滤液中碳酸盐含量测定	50
5.7	钻井液滤液中钾离子含量的测定	52
5.8	钻井液滤液中硫化物含量的测定	55
5.9	钻井液滤液中亚硫酸根的测定	57
5.10	钻井液滤液中甲醛含量的测定	58
5.11	钻井液滤液中高分子量水解聚丙烯酰胺含量的测定	59
6	油基钻井液测试程序	62
6.1	水/油反相乳化钻井液电稳定性(破乳电压)测定	62
6.2	水/油反相乳化钻井液化学活度测定	62
6.3	水/油反相乳化钻井液碱度、氯和钙含量测定	64
6.4	水/油反相乳化钻井液有关数据计算	66
6.5	基础油苯胺点的测定	69
7	钻井液化学添加剂和材料	70
7.1	黏土类	71
7.2	加重材料	72
7.3	增稠剂	73
7.4	降滤失剂	78
7.5	降黏剂	83
7.6	页岩抑制剂	85
7.7	胶凝剂(或称流型调节剂)	86
7.8	润滑剂	87
7.9	钻头清洁剂	88
7.10	发泡剂	88
7.11	杀菌剂	88
7.12	堵漏剂	88
7.13	解卡剂	89
7.14	腐蚀抑制剂	90
7.15	消泡剂	90
7.16	乳化剂	91
7.17	油基钻井液添加剂	91
7.18	无机化合物	92
7.19	其他	93
8	钻井液体系	94
8.1	膨润土浆	94
8.2	FCLS 钻井液	95
8.3	钙基钻井液	97
8.4	盐水钻井液	98
8.5	KCl 聚合物钻井液	99

8.6	聚合物—MMH 钻井液	100
8.7	聚合物—磺酸盐—MMH 钻井液	102
8.8	聚合醇钻井液	103
8.9	硅基钻井液	104
8.10	甲酸盐钻井液	105
8.11	油基钻井液	106
8.12	油包水反相乳化钻井液	108
8.13	一次性泡沫钻井液	112
8.14	可循环硬胶泡沫钻井液	113
8.15	合成基钻井液	113
8.16	不侵入地层钻井液	114
9	水基钻井液的污染和处理	116
9.1	钙、镁离子的污染和处理	116
9.2	水泥—石灰污染和处理	118
9.3	盐侵和处理	119
9.4	碳酸根—重碳酸根污染和处理	119
9.5	H ₂ S 污染的处理	121
9.6	原油的侵入和处理	122
10	油气井压力控制	123
10.1	井内的各种压力	123
10.2	井底压力变化与井下复杂情况	126
10.3	井喷发生的原因和高压油气层的显示和判断	135
10.4	压井方法	138
10.5	钻气层和钻井液气侵	152
10.6	钻井液的加重和加重钻井液的维护处理	155
11	井漏	157
11.1	发生井漏的显示和判断	157
11.2	发生井漏的原因和井漏的类型	157
11.3	井漏的危害	159
11.4	井漏的预防	159
11.5	井漏发生后的处理	160
11.6	井漏堵漏实例	162
12	井壁稳定	163
12.1	井壁不稳定的原因	163
12.2	井壁不稳定的显示和判断	165
12.3	保持井壁稳定, 防止井塌	166
12.4	井塌事故处理	167
12.5	井塌事故处理实例	168
13	卡钻	169
13.1	压差卡钻	169

13.2	沉砂卡钻和砂桥卡钻	172
13.3	井塌卡钻	173
13.4	缩径卡钻	174
13.5	键槽卡钻	174
13.6	落物卡钻	174
14	钻井液固体控制	175
14.1	钻井液中的各种固体	175
14.2	钻井液固体控制的内容和意义	180
14.3	钻井液固体控制设备	180
14.4	固控设备体系的布置	187
15	钻井液与井筒水力学计算	190
15.1	钻井液流动压力损失	190
15.2	钻具运动造成的压力激动和开泵压力激动	194
15.3	钻屑携带	195
15.4	钻屑在环空中的百分体积含量和考虑钻屑含量的当量（或有效） 钻井液密度	197
15.5	计算实例	197
16	钻井液对油层的伤害	206
16.1	概述	206
16.2	油气储层类型和特性	206
16.3	钻井液对油层的伤害机理	207
16.4	油层岩石润湿性	211
16.5	保护产层防止伤害措施	227
17	完井液与修井液	229
17.1	完井液与修井液的功用、分类和性能	229
17.2	清洁盐水完井液、修井液	230
17.3	聚合物盐水完井液、修井液	264
17.4	改进的水基钻井液	266
17.5	油基完井液、修井液	267
17.6	气体和充气完井液、修井液	267
18	金属设备和器材的腐蚀	268
18.1	电化学腐蚀	268
18.2	氧腐蚀	270
18.3	二氧化碳腐蚀	272
18.4	硫化氢腐蚀	274
18.5	细菌腐蚀	278
附录 I		280
附录 II		311
参考文献		320

CONTENTS

1	COMPOSITION, PROPERTIES AND FUNCTIONS OF DRILLING FLUID	321
1.1	COMPOSITION OF DRILLING FLUID	321
1.2	DRILLING FLUID PROPERTIES	324
1.3	FUNCTIONS OF DRILLING FLUID	330
2	CLAY MINERALS AND CLAY IN WATER SOLUTION	333
2.1	CRYSTALLINE STRUCTURE OF CLAY MINERALS	334
2.2	PROPERTIES OF CLAY MINERALS	336
2.3	CLAY – PARTICLE – LINKING BEHAVIORS	342
3	RHEOLOGY CHARACTERISTICS OF DRILLING FLUID	346
3.1	BASIC CONCEPTIONS OF FLUID RHEOLOGY	346
3.2	TYPES AND MATHEMATIC MODELS OF FLUIDS	347
3.3	RHEOLOGICAL PARAMETERS	349
3.4	APPLICATION OF RHEOLOGICAL MODELS IN DRILLING FLUID	353
3.5	MEASUREMENT AND CALCULATION OF DRILLING FLUID RHEOLOGICAL PARAMETERS	355
3.6	RHEOLOGY OF DRILLING FLUID AT HIGH TEMPERATURE	356
4	TESTING PROCEDURE OF WATER BASE DRILLING FLUID	357
4.1	DENSITY	357
4.2	MARSH FUNNEL VISCOSITY	358
4.3	PLASTIC VISCOSITY, APPARENT VISCOSITY AND YIELD POINT	359
4.4	GEL STRENGTH	360
4.5	API FILTRATION	360
4.6	HTHP FILTRATION	361
4.7	SAND CONTENT	363
4.8	MUD SOLID AND LIQUID CONTENT DETERMINATION	364
4.9	METHYLENE BLUE TEST AND CATION EXCHANGE CAPACITY	366
4.10	pH DETERMINATION	368
4.11	RESISTIVITY	369
4.12	STICKOMETER	369
4.13	ESTIMATION OF BETONITE CHARACTERISTICS	370
4.14	MUD LUBRICITY	372
5	CHEMICAL ANALYSIS OF WATER BASE MUD	375
5.1	DETERMINATION OF CHLORIDE CONCENTRATION IN MUD FILTRATE	375
5.2	DETERMINATION OF ALKALINITY	376

5.3	DETERMINATION OF TOTAL HARDNESS AS CALSIUM	379
5.4	DETERMINATION OF Mg^{2+} IN FILTRATE	380
5.5	DETERMINATION OF CALCIUM SULFATE CONCENTRATION	380
5.6	DETERMINATION OF CARBONATE CONTENT IN DRILLING FLUID FILTRATE	381
5.7	DEMINATION OF K^+ CONCENTRATION (USED FOR K^+ CONCENTRATION >5000 MG/L)	384
5.8	DETERMINATION OF SULFIDE CONTENT IN MUD FILTRATE BY GGT METHOD	388
5.9	DETERMINATION OF SULFITE IN FILTRATE	390
5.10	DETERMINATION OF FORMALDEHYDE IN MUD	391
5.11	DETERMINATION OF H. M. W. HYDROLYZED POLYACRYLAMIDE IN DRILLING FLUID	392
6	TESTING PROCEDURE OF OIL – BASE DRILLING FLUIDS	395
6.1	DETRMINATION OF ELECTRICAL STABILITY OF W/O INVERT EMULSION DRILLING FLUID	395
6.2	DETERMINATION OF CHEMICAL ACTIVITY OF W/O INVERT EMULSION DRILLING FLUID	396
6.3	DETERMINATION OF WHOLE MUD ALKALINITY, CHLORIDES AND CALCIUM OF W/O INVERT EMULSION DRILLING FLUID	398
6.4	CALCULATION OF DATA OF THE WHOLE W/O INVERT EMULSION DRILLING FLUID	400
6.5	DETERMINATION OF ANILINE POINT OF BASE OIL	403
7	CHEMICAL ADDITIVES AND MATERIALS OF DRILLING FLUID	404
7.1	CLAYS	406
7.2	WEIGHTING MATERIALS	407
7.3	VISCOSIFIER	408
7.4	FL CONTROL AGENTS	414
7.5	THINNERS	420
7.6	SHALE INHIBITOR	423
7.7	GELLING AGENT	424
7.8	LUBRICANT	424
7.9	BIT DETERGENT	426
7.10	FOAMING AGENT	426
7.11	BACTERISIDE	426
7.12	LOST CIRCULATION MATERIALS	427
7.13	PIPE FREEING AGENT	428
7.14	CORROSION INHIBITORS	428
7.15	DEFOAMERS	429
7.16	EMULSIFIER	429

7.17	OIL BASE DRILLING FLUID AGENTS	430
7.18	INORGANIC PRODUCTS	431
7.19	OTHERS	432
8	DRILLING FLUID SYSTEMS	433
8.1	BENTONITE SLURRY	433
8.2	FCLS DRILLING FLUID	434
8.3	CALCIUM – BASE DRILLING FLUID	436
8.4	SALT WATER DRILLING FLUID	437
8.5	KCL – POLYMER DRILLING FLUID	439
8.6	POLYMER – MMH DRILLING FLUID	440
8.7	POLYMER – SULFONATES – MMH DRILLING FLUID	441
8.8	POLYGLYCOL AND POLY – ALCOHOL DRILLING FLUID	443
8.9	SILICATE BASE DRILLING FLUID	444
8.10	FORMATE DRILLING FLUID SYSTEM	445
8.11	OIL BASE DRILLING FLUID	447
8.12	W/O INVERT EMULSION DRILLING FLUID	449
8.13	DISCHARGEABLE FOAM DRILLING FLUID	453
8.14	RE – CIRCULATING STIFF FOAM DRILLING FLUID	454
8.15	SYNTHETIC OIL BASE DRILLING FLUID	455
8.16	NON – INVASIVE DRILLING FLUID	456
9	CONTAMINATIONS AND TREATMENTS OF WATER	
	BASE DRILLING FLUID	458
9.1	CALCIUM – MAGNESIUM CONTAMINATION AND TREATMENTS	458
9.2	CEMENT – LIME CONTAMINATION & TREATMENTS	460
9.3	SODIUM CHLORIDE CONTAMINATION & TREATMENTS	461
9.4	CARBONATE & BICARBONATE CONTAMINATION & TREATMENT	463
9.5	HYDROGEN SULFIDE CONTAMINATION & TREATMENT	464
9.6	CRUDE OIL INTRUSION & TREATMENT	465
10	OIL & GAS WELL PRESSURE CONTROL	466
10.1	DIFFERENT PRESSURES IN WELL BORE	466
10.2	VARIATION OF BOTTOM – HOLE PRESSURE AND DOWN HOLE TROUBLES	470
10.3	CAUSES OF BLOWOUT AND IDENTIFICATION OF ABNORMAL PRESSURE FORMATIONS	481
10.4	PRESSURE CONTROL METHODS	484
10.5	DRILLING IN GAS FORMATIONS AND MUD GAS CUTTING	500
10.6	MUD WEIGHTING, TREATMENT AND MAINTANANCE OF WEIGHTED MUD	503
11	LOSS OF CIRCULATION	505
11.1	INDICASIONS OF LOSS CIRCULATION AND ITS JUDGEMENT	505

11.2	CAUSES AND TYPES OF LOSS OF CIRCULATION	505
11.3	HARMFUL EFFECTS OF LOSS OF CIRCULATION	508
11.4	PREVENTION OF LOSS OF CIRCULATION	508
11.5	REMEDIAL MEASURES OF LOSS OF CIRCULATION	509
11.6	LOSS CIRCULASION REMEDY PRACTICE	511
12	BOREHOLE STABILITY	513
12.1	CAUSES OF BOREHOLE INSTABILITY	513
12.2	INDICATIONS AND JUDGEMENTS OF BOREHOLE INSTABILITY	516
12.3	OBTAINING STABLIZED BOREHOLE AND PREVENTION OF INSTABILITY	517
12.4	BOREHOLE INSTABILITY REMEDIAL PROCEDURE	519
12.5	EXAMPLE ON TREATMENT FOR BOREHOLE INSTABILITY	520
13	DRILL STRING STICKING	522
13.1	DIFFERENTIAL PRESSURE STICKING	522
13.2	CUTTING PRECIPITATION STICKING AND CUTTING BED STICKING	526
13.3	FORMATION COLLAPSE STICKING	527
13.4	SALT CREEPING AND HOLE SHRINKING STICKING	527
13.5	KEY SEATING STICKING	528
13.6	FALLING OBJECT STICKING	528
14	DRILLING FLUID SOLIDS CONTROL	529
14.1	SOLIDS CONTAINED IN DRILLING FLUID	529
14.2	CONTENT AND EFFECTS OF DRILLING FLUID SOLIDS CONTROL	534
14.3	DRILLING FLUID SOLIDS CONTROL EQUIPMENT	535
14.4	ARRANGEMENTS OF SOLID CONTROL EQUIPMENT SYSTEM	544
15	DRILLING FLUID AND CALCULATIONS OF WELLBORE HYDRAULICS	546
15.1	PRESSURE LOSS	546
15.2	SURGE AND SWAB PRESSURE CAUSED BY PIPE MOVEMENT AND PUMP STARTING	550
15.3	CUTTINGS TRANSPORT	551
15.4	DRILLED CUTTINGS CONCENTRATION AND EFFECTIVE MUD WEIGHT IN ANNULUS	553
15.5	EXAMPLE OF DRILLING FLUID HYDRAULICS CALCULATION	553
16	FORMATION DAMAGEDBY DRILLING FLUID	561
16.1	GENERAL DESCRIPTION	561
16.2	TYPES AND CHARACTERISTICS OF OIL AND GAS FORMATIONS	562
16.3	FORMATION DAMAGE CAUSED BY DRILLING FLUID	563
16.4	RESERVOIR WETTABILITY	568
16.5	RESERVIOR PROTECTION AND DAMAGE PREVENTION MEASURES	588
17	COMPLETION AND WORKOVER FLUIDS	591
17.1	FUNCTIONS, CLASSIFICATION AND PROPERTIES OF COMPLETION AND WORKOVER FLUIDS	591

17.2	CLEAR BRINE COMPLETION AND WORKOVER FLUIDS	592
17.3	POLYMER – BRINE COMPLETION AND WORKOVER FLUIDS	627
17.4	MODIFIED DRILLING FLUIDS	631
17.5	OIL BASE COMPLETION AND WORKOVER FLUIDS	631
17.6	GAS AND AERATED FLUID	632
18	CORROSION OF METALIC EQUIPMENT & APPLIANCFS	633
18.1	ELECTRO-CHEMICAL CORROSION	633
18.2	OXYGEN CORROSION	635
18.3	CO ₂ CORROSION	638
18.4	H ₂ S CORROSION	640
18.5	BACTERIA CORROSION	645
ANNEX I	647
ANNEX II	676
REFERENCE	686

1 钻井液组成成分、性能及其功用

1.1 钻井液组成成分

在配制钻井液时是将膨润土加入水中使之充分水化分散，再加入一些必要的增稠剂、降滤失剂、胶凝剂（或称结构剂），配制成性能良好的膨润土—水溶液。在油气井钻井过程中，被破碎的土、砂、砾石和其他矿物和岩石会混入钻井液，有时地层中的一些可溶性盐类如氯化钠、硫酸钙等会在钻井液中溶解，产生相应的化学阴离子和阳离子。在井内压力和地层压力的压差作用下，钻井液滤液会渗入地层。如钻遇油气水层，钻井液密度偏低或因上提钻具速度太快，地层中的水也可能进入井筒。所有这些都会使钻井液中的液相和黏土、钻屑等固相的含量在不停地变化。为调节和控制其性能，会在钻井液中添加一些化学添加剂和材料，这样会将一些空气带入，一般情况下混入的空气量不会很多，可认为钻井液中只有固相和液相两相。然而，如混入的空气量过多，或钻入油气层发生气侵和钻入含有 CO_2 、 H_2S 气体的地层，或使用泡沫或气雾钻井液，则钻井液会成为一种气液固三相流体，见表 1.1。

表 1.1 钻井液组成成分示意图

钻井液的组成成分	液体	水	状态	自由水
				束缚水
				黏土矿物结晶水
			矿化度	淡水
				咸水
				海水
		来源	人为加入的水	
			地层水	
			雨雪	
	油	地层中的原油		
		作业用添加剂中的油类		
	固体	功用	有用固体	
			有害固体	
		活性	活性固体	
			惰性固体	
		密度	低密度固体	
			高密度固体	
		来源	人为加入的固体	
			被钻碎的地层岩屑	
	气体	地层中的石油气		
		地层中的 CO_2 、 N_2 、 H_2S 等气体		
泡沫、气雾钻井液和空气钻井中的气体				

1.1.1 液体

钻井液中的液体主要是水和油。

(1) 水：水是钻井液的最主要成分，要根据地层和作业情况，适时补充水以保持钻井液中必要的水含量和控制其中的黏土和钻屑等固体含量。钻井液中水的来源有：

①配浆用水：配浆用水因地制宜选择，但必须进行分析化验，最好使用矿化度 1000mg/L 以下的淡水，否则应进行处理。

②钻井液维护处理用水：钻井液维护处理用水同样必须化验，也希望使用矿化度低于 1000mg/L 的淡水。在缺少淡水的地区和海边，也可使用矿化度水和海水，这时必须先对其进行化学分析，然后对其进行处理。在制定钻井液配方和处理方案时，必须考虑维护处理用水的类型和其中各种离子的含量。

③地层中的水进入井中：要及时正确判断是否有地层水进入井内，如确实有地层水侵入，应调节钻井液密度或进行封堵，并对其进行化验，根据其化学成分，调整钻井液维护处理方案。

④工程作业或洗涤设备、工具的水进入井内：应限制作业用水流入井内，防止其损害钻井液性能。

⑤雨水和雪：雨水和雪落入钻井液中会使钻井液中水的含量升高，特别在大雨或暴雨时，要及时采取措施，防止雨水进入钻井液池。

如钻井液用水矿化度超过 1000mg/L 和其中含有大量的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 和 SO_4^{2-} 等离子时，则应在使用前对水进行处理（详见 9 水基钻井液的污染和处理）。

钻井液中的水以下述状态存在：

①自由水：这些水不是连接在黏土颗粒上和化学添加剂上的束缚水，它可在钻井液中自由流动。测量钻井液滤失量得到的水即自由水。

②束缚水：这些水是吸附在黏土颗粒上或与化学添加剂的分子连接的水，它们和黏土颗粒和化学添加剂分子一起运动。这类水的状态和数量可通过使用化学添加剂对钻井液进行处理来调节。

③黏土矿物内部的结构水：这类水本身不能自由流动，它是存在并紧密连接在黏土颗粒晶格内的晶格水。这种水在 300℃ 以上黏土矿物结构受到破坏时才能被释放。

(2) 油：钻井液中油来源于以下途径：

①人为加入的油，如为增加钻井液润滑性或降低钻井液密度加入的原油、柴油和油类润滑剂。

②工程作业使用的油流入钻井液，如解卡剂中的油。

③添加剂中的油：如润滑剂中的基液。

④地层中的油进入井内（在很浅的地层中施工，一般不会遇到油层）。

1.1.2 固体

(1) 钻井液中的固体可分为有用固体和有害固体两大类。

有用固体包括：

①配浆用的优质膨润土、凹凸棒土、海泡石土等，这是为形成膨润土 - 水胶体溶液所需的基本胶体颗粒。

②加重材料，如重晶石粉、赤铁矿粉、钛铁矿粉或石灰石粉等。

③堵漏材料和桥堵剂。

④固体添加剂（如羧甲基纤维素、氧化沥青等多为粉状固体）。

有害固体（或称无用固体）包括：

①可分散或可溶解性固体（黏土、泥页岩、岩盐、石膏等）。

②惰性固体（风化土、砂、石英、长石、石灰岩、方解石、白云岩、燧石、花岗岩、硅藻土、铁矿石等）。

（2）钻井液中的固体还可按其密度分为低密度（黏土和钻屑等，其密度在 $2.20 \sim 2.60\text{g/cm}^3$ ）和高密度（重晶石、铁矿粉等密度在 4.20g/cm^3 以上）固体两类。

（3）钻井液中的固体还可按其来源分为人为加入钻井液中的固体和钻进过程中侵入钻井液的固体两类：

①人为加入钻井液中的固体：为配制和调控钻井液性能人为加入的膨润土、加重材料、固体处理剂和堵漏材料等。

②钻进过程中侵入钻井液中的固体：为被钻碎的地层岩石碎块、黏土颗粒等，这类固体统称为钻屑。

1.1.3 气体

钻井液中的气体来源于以下途径：

（1）地层中的石油气。

（2）混入和带入的空气：配制钻井液和往钻井液中加入处理剂以及钻井液在地面循环和用钻井液枪（俗称泥浆枪）冲刺时，会使空气混入钻井液和钻井泵吸入的空气等。因此，应尽量避免钻井液中混入大量空气，否则会使钻井液密度降低，并会使 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 等离子破坏钻井液性能。

（3）地层中的 CO_2 、 H_2S 等气体：应根据钻井液性能的变化，及时发现这些气体的侵入。一旦发现此类情况，应及时处理。

（4）化学添加剂分解产生的 CO_2 、 H_2S 、 N_2 等气体。

1.2 钻井液性能

1.2.1 钻井液密度

钻井液应具有一定的密度，其主要作用是控制地层压力和维持井筒的稳定。钻井液密度是指一定温度下单位体积钻井液的质量，通常用“ g/cm^3 ”为单位。钻井液相对密度是指温度为 4°C 时钻井液的密度与同体积纯水密度的比值，是一个无量纲数值。一般情况下，钻井液相对密度和密度数值相同或接近。在钻井作业过程中，钻井液密度是一个动态变化的参数，钻井液密度受以下因素影响：

（1）钻井液中低密度固体（包括人为加入钻井液的膨润土和被钻碎的地层中的黏土矿物、砂和其他岩石等形成的钻屑等）的含量。

（2）钻井液中固体材料，即加重材料和桥堵剂（钻井液加重时加入的重晶石粉和铁矿粉，以及石灰石等桥堵剂）的含量。

（3）钻井液中溶解在其液相中电解质（如盐水和海水钻井液中加入的食盐或钾基钻井