

Thermal Recovery Process and Equipment

热力采油工艺及设备

赵 磊 编著

中国石油大学出版社

热力采油工艺及设备

赵 磊 编著

中国石油大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

热力采油工艺及设备/赵磊编著. —东营:中国石油大学出版社,2008

ISBN 978-7-5636-2625-0

I. 热… II. 赵… III. ①热力采油—工艺②热力采油—
机械设备 IV. TE357.44 TE934

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 091658 号

书 名: 热力采油工艺及设备
作 者: 赵 磊

责任编辑: 高 颖 (电话 0532—86981531)

封面设计: 九天设计

出 版 者: 中国石油大学出版社 (山东 东营 邮编 257061)

网 址: <http://www.uppbook.com.cn>

电子信箱: shiyoujiaoyu@126.com

印 刷 者: 青岛星球印刷有限公司

发 行 者: 中国石油大学出版社 (电话 0532—86981532, 0546—8392563)

开 本: 185×260 印张: 17.5 字数: 424 千字

版 次: 2008 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

定 价: 50.00 元

目 录



CONTENTS

第一章 稠油采油技术	1
第一节 简介	1
第二节 稠油热力开采方法简介	2
第三节 蒸汽吞吐开采油藏地质条件及其影响	5
第四节 热采井主要工程技术	5
第五节 采油工艺技术	11
第六节 监测工艺技术	13
第二章 热工基础知识	15
第一节 热力学状态及其基本状态参数	15
第二节 水蒸气	19
第三章 燃料与燃烧	30
第一节 概述	30
第二节 燃烧过程的平衡	42
第三节 气体燃烧	44
第四节 液体燃烧	46
第五节 固体燃烧	47
第四章 水溶液	55
第一节 水溶液	55
第二节 水中溶解物的腐蚀性	65
第三节 水中溶解物的结垢	71
第五章 水的软化	73
第一节 概述	73
第二节 阳离子交换树脂	75
第三节 离子的交换软化	81
第四节 离子交换软化系统	90
第六章 水的除盐	104
第一节 阴离子交换树脂	104
第二节 离子交换法除盐	108
第三节 电渗析法除盐	113

第四节	反渗透法除盐	122
第七章	仪器、仪表及控制	128
第一节	基础知识	128
第二节	电气仪表	129
第三节	25T 型温度调节器	134
第四节	133 型气体调压阀	136
第五节	差压变送器(274A 型)	138
第六节	4160 型压力控制器	139
第七节	气动阀门定位器	142
第八章	油田专用湿蒸汽发生器	145
第一节	锅炉的分类	145
第二节	油田专用湿蒸汽发生器的构成	146
第三节	湿蒸汽发生器的运行条件	150
第四节	湿蒸汽发生器的安装	151
第五节	湿蒸汽发生器的调试运行	154
第六节	湿蒸汽发生器的操作规程	166
第七节	湿蒸汽发生器触摸屏控制系统的操作规程	170
第八节	湿蒸汽发生器机组的检查与检验	179
第九节	湿蒸汽发生器机组的保养、维修及改造	183
第十节	故障及分析	191
第九章	油田专用湿蒸汽发生器水处理设备	197
第一节	软化处理	197
第二节	活动式超临界压力蒸汽发生器配套水处理装置	200
第三节	除氧工艺	208
第四节	湿蒸汽发生器水处理设备的调试运行	210
第五节	水处理操作规程	211
第六节	除氧器操作规程	212
第七节	水处理系统设备保养、维修及改造	213
第八节	故障及分析	216
第十章	水质化验与配药	217
第一节	水质化验规程	217
第二节	干度的测定	217
第三节	亚硫酸钠的测定	218
第四节	硬度的测定	219
第五节	溶解氧含量的测定	220
第六节	铁含量的测定(硫氰酸盐法)	222
第七节	悬浮固形物的测定	224
第八节	溶解固形物的测定(重量法)	225
第九节	含油量的测定(非分散红外法)	226

第十节	EDTA 标准溶液的配制与标定	227
第十一章	典型热力分析与节能运行	229
第一节	典型设备的热平衡分析	229
第二节	企业的热(能量)平衡	232
第三节	分析法	234
第四节	烟平衡和效率	238
第五节	注汽锅炉配套节能技术分析	239
第十二章	稠油油层加热参数的优化与控制	245
第一节	亚临界注汽加热油层的效果思考	245
第二节	亚临界活动注汽锅炉运行效益分析	246
第三节	注汽管线热力分析	251
第四节	注汽井筒热力分析	260
第五节	亚临界蒸汽吞吐采油方法	263
第六节	稠油油层加热参数的优化与控制	268

第一章 稠油采油技术

第一节 简介

一、稠油的定义

稠油(重质原油)是指在原始油藏温度下脱气原油粘度为 $100\sim 10\,000\text{ mPa}\cdot\text{s}$ 或者在 $15.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 及大气压力条件下密度为 $0.934\,0\sim 1.000\,0\text{ g/cm}^3$ 的原油。

二、稠油的分类标准

由 UNITAR(联合国培训研究署)推荐的重质原油及沥青分类标准见表 1-1。中国稠油分类标准见表 1-2。

表 1-1 由 UNITAR(联合国培训研究署)推荐的重质原油及沥青分类标准

分 类	第一指标	第二指标	
	粘度 ^① /($\text{mPa}\cdot\text{s}$)	密度($15.6\text{ }^{\circ}\text{C}$)/($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	重度($15.6\text{ }^{\circ}\text{C}$)/ $^{\circ}\text{API}$
重质原油	$10^2\sim 10^4$	$934\sim 1\,000$	$20\sim 10$
沥 青	$>10^4$	$>1\,000$	>10

注:① 指油藏温度条件下的脱气原油粘度。

表 1-2 中国稠油分类标准

稠油分类			主要指标	辅助指标	开采方式
名 称	类 别		粘度/($\text{mPa}\cdot\text{s}$)	相对密度($20\text{ }^{\circ}\text{C}$)	
普通稠油	I		$50^{\text{①}}$ (或 100) $\sim 10\,000$	$>0.920\,0$	
	亚 类	I-1	$50^{\text{①}}\sim 150^{\text{①}}$	$>0.920\,0$	可以先注水
		I-2	$150^{\text{①}}\sim 10\,000$	$>0.920\,0$	热 采
特稠油			$10\,000\sim 50\,000$	$>0.950\,0$	热 采
超稠油 (天然沥青)			$>50\,000$	$>0.980\,0$	热 采

注:① 指油藏温度条件下的脱气原油粘度,其余指油层温度下的脱气原油粘度。

三、世界范围内的稠油油气资源

世界重油及沥青砂资源分布见表 1-3。世界主要重油及沥青资源量见表 1-4。

表 1-3 世界重油及沥青砂资源分布

地 区	重 油		沥 青	
	探明储量 /(10^8 bbl)[/(10^8 m^3)]	远景资源量 /(10^8 bbl)[/(10^8 m^3)]	探明储量 /(10^8 bbl)[/(10^8 m^3)]	远景资源量 /(10^8 bbl)[/(10^8 m^3)]
北 美	349.7(55.5)	142.9(22.7)	17 085.5(2 716.5)	8 648.1(1 375.0)

续表

地 区	重 油		沥 青	
	探明储量 /(10 ⁸ bbl)[/(10 ⁸ m ³)]	远景资源量 /(10 ⁸ bbl)[/(10 ⁸ m ³)]	探明储量 /(10 ⁸ bbl)[/(10 ⁸ m ³)]	远景资源量 /(10 ⁸ bbl)[/(10 ⁸ m ³)]
中 美	0.08(0.013)	0(0)		
南 美	1 434.6(227.7)	1 725.0(273.8)	1.22(0.2)	0
欧 洲	50.1(7.9)	230.7(36.6)	1 309.3(208.2)	0
非 洲	26.2(4.2)	0(0)	10.7(1.7)	0.31(0.05)
中 东	584.2(92.7)	220.8(35.0)	0.13(0.02)	0
亚 洲	145.2(23.0)	708.0(112.4)	6 638.1(1 055.5)	0
东南亚	24.7(3.9)	35.9(5.7)	0.11(0.02)	0.01(0.001)
大洋洲	0	0(0)		0
全世界统计	2 614.8(415.0)	3 063.3(486.2)	25 045.1(3 982.1)	8 648.4(1 375.1)

注：该表中重油指重度小于 20 °API，粘度低于 10 000 mPa·s 的原油，包括重度小于 10 °API 的特重油。沥青是指贮藏条件下粘度大于 10 000 mPa·s 的原油。

表 1-4 世界主要重油及沥青资源量

地 区	重 油		沥 青	
	探明储量 /(10 ⁸ bbl)[/(10 ⁸ m ³)]	远景资源量 /(10 ⁸ bbl)[/(10 ⁸ m ³)]	探明储量 /(10 ⁸ bbl)[/(10 ⁸ m ³)]	远景资源量 /(10 ⁸ bbl)[/(10 ⁸ m ³)]
美 国	334.2(53.1)	105.9(16.8)	228.2(36.3)	337.6(53.7)
加拿大	15.5(2.5)	37.5(5.9)	16 857.3(2 680)	8 310(1 321)
委内瑞拉	1 380.7(219.5)	1 725(274.3)		
印度尼西亚	22.1(3.5)	22.6(3.6)		
前苏联	25.2(4.0)	849.0(135.0)	7 616(1 211)	
中 国	50.9(8.1)		32.7(5.2)	906.3(144.1)

世界上稠油资源极其丰富，主要分布在加拿大、美国、前苏联、委内瑞拉、中国和印尼，稠油资源量约为 4 000×10⁸~6 000×10⁸ m³，约占总石油资源的 60%。

国内稠油资源主要分布在辽河油田、胜利油田、河南油田和新疆油田，累计探明稠油储量 13.2×10⁸ t。

胜利油田稠油主要分布在单家寺、乐安、孤岛、孤东等油田，至 1995 年底，累计探明稠油储量近 5×10⁸ t。

第二节 稠油热力开采方法简介

一、蒸汽吞吐

蒸汽吞吐是先将高温高压湿蒸汽注入油层，然后对油井周围油层加热降粘，焖井换热后再开井采油。

蒸汽吞吐工艺是在一定的时间内向稠油油层注入湿蒸汽,关井数日使热能“焖渗”到储层和原油中。蒸汽吞吐工艺的机理有三个方面:一是通过对油藏加热来降低地下原油粘度,即地下原油被加热升温后粘度大幅度下降(尤其是稠油,它对温度的敏感性极强,在通常的油藏加热温度范围内,温度每升高 10°C ,粘度会下降 50%),流动性变好。因为热力能消除微小固体、沥青沉淀物及石蜡沉淀物等所引起的井底附近的各种堵塞和污染,因此可进一步提高油井产量。消除堵塞和污染所产生的阻力有时会大大超过单纯依靠降低原油粘度所增加的产量。二是油层热弹性能量释放驱油机理。油层被加热后,油层中的岩石骨架及流体受热膨胀而产生弹性驱油能量。三是蒸汽对稠油的分馏、裂解、乳化而产生的稀释和混相驱作用。在高温条件下,岩石表面的润湿性变为亲水的,同时油相渗透率得到改善。

1. 注蒸汽影响开采效果的几个因素

1) 注汽速度

注汽速度的快慢反映了蒸汽在井筒中滞留时间的长短及进入油层后向四周推进速度的快慢。注汽速度快,蒸汽在油层中向四周推进的速度就快,受热体积增大,周期采油量提高。蒸汽在井筒中滞留的时间短,在井筒中的热损失量就少,在同样情况下可相对增大井底蒸汽干度,从而提高吞吐效果。

2) 注汽干度

注汽干度是影响吞吐效果的非常重要的因素。在相同蒸汽注入量的条件下,注汽干度越高,热焐值越大,加热半径越大,峰值产量越高,周期产量也越高,蒸汽吞吐效果就越好。

3) 注汽温度

在注汽过程中,注汽温度也很重要。当油层孔隙介质一定时,流体的流动能力与其自身的粘度有关,粘度越高,流动能力就越低。

2. 注汽周期

高温高压湿蒸汽注入油层,焖井换热后开井采油到无法开采而需再注入蒸汽加热油层的时间间隔,称为一个注汽周期。

3. 油汽比

一个注汽周期内采出的稠油量与注入的蒸汽量的比值,叫做一个周期的油汽比。

二、蒸汽驱

蒸汽驱是向注入井中持续注入蒸汽,将地下原油加热并驱向邻近的采油井采出。

蒸汽驱是一种驱替式采油方式,目的是促使油层产生与注水相似的驱动能量,并向周围油井定向驱动,减少原油流动阻力,它是提高采收率的最有效的方法之一。油藏进行蒸汽驱替时,蒸汽可以作为非均质储集层的加热剂,加强稀油的蒸馏作用和溶解气驱作用,使蒸汽驱见效处的残余油饱和度极低,加速被加热但尚未被驱替处的稀油的开采。

与常规稠油蒸汽驱相比,轻质油藏蒸汽驱的主要开采机理发生了很大的变化。蒸汽驱的主要开采机理如下:

- (1) 蒸汽的蒸馏作用及热解作用。
- (2) 原油受热膨胀作用。
- (3) 重力分离作用。

三、火烧油层

火烧油层是将含氧气体(多为空气)注入油层,点火燃烧后,利用燃烧反应生成的热能和气体来加热、裂解和驱动稠油。

将空气或氧气由注入井注入油层后,先将注入井油层点燃,使重烃不断燃烧产生热量,并驱替原油至采油井中被采出。

火烧油层按开采机理可分为三种不同的方法:干式向前燃烧法、湿式向前燃烧法、反向燃烧法。

1. 干式向前燃烧法

干式向前燃烧法由注汽井向油层连续注入空气或氧气点火,并使燃烧前缘向周围生产井推进。原油被燃烧前缘的烟气和共存水汽化形成的蒸汽所驱替,前缘推进方向与注入气体流动方向相同。

2. 湿式向前燃烧法

湿式向前燃烧法是干式向前燃烧一段距离,使油层积蓄一定热量后,在注空气的同时掺入适量水,使燃烧前缘向生产井推进。

湿式向前燃烧法既具有蒸汽驱的特点,又具有干式向前燃烧法的特点。与干式向前燃烧法相比,湿式向前燃烧法的优点是:

- (1) 由于蒸汽比空气携带热焓值大,因而能更为有效地进行热量的传递。
- (2) 燃烧前缘的蒸汽带比较大,可以更为有效地驱扫油层,提高驱油效率。
- (3) 燃烧区内燃料消耗量低,可以降低空气注入量,提高经济效益。

3. 反向燃烧法

反向燃烧法的燃烧过程中空气流动的方向与燃烧前缘的运动方向相反,即注汽井连续注入空气一直与生产井沟通,然后由生产井点火燃烧,燃烧前缘向注汽井方向推进,而被加热的油则被驱替至生产井采出。

四、热水驱

1. 热水驱的作用

热水驱的作用是增加油层驱动能力,降低原油粘度,减小流动阻力,改善流度比,提高波及系数,提高驱油效率,使原油膨胀,有助于提高采收率。

2. 热水驱的特点

注热水是注热流体中最简便的方法,操作容易,与常规注水开采基本相同。与常规注水相比,热水驱的效果优于常规注水开发的效果;与注蒸汽相比,其单位质量携带的热焓值小,井筒和油层的热损失大,开采效果差,特别是当注入速度低而油层又薄时,影响更为严重。

五、热水化学复合驱

热水化学复合驱是在地面向油井注入热水的同时加入化学剂,使近井地带的原油层粘度降低、渗流阻力减少,油易流入生产井并被采出的采油工艺方法。

此外,还有蒸汽辅助重力泄油、冷采、地下改质技术、多分支井技术、电磁激热等开采方式。

第三节 蒸汽吞吐开采油藏地质条件及其影响

一、原油粘度的影响

在优选的注汽参数条件下多周期开采,油藏原油粘度越高,蒸汽吞吐采收率和油汽比越低。

二、油层有效厚度的影响

油层厚度越大,地层系数越高,吞吐的产量越高,油汽比越高,开采效果越好。

三、净总厚度比的影响

净总厚度比越大,采收率和油汽比越高。

四、原始含油饱和度的影响

蒸汽吞吐开采,经济有效的原始含油饱和度应高于 0.5。

五、油层渗透率的影响

油层渗透率越高,油层流动系数越大,油层吸汽能力越强,产油能力越强,因而蒸汽吞吐的开采效果就越好。

六、油层非均质性的影响

在油层中存在高渗透层时,注入蒸汽将优先进入高渗透层而导致层间吸汽不均,在蒸汽吞吐初期,吞吐效果较好,但对后续的吞吐和蒸汽驱会产生不利影响,油层储量动用不均,从而影响整个油藏的开采效果。

七、边底水的影响

对蒸汽吞吐来说,随着边底水体积的增加,有效生产期缩短,油汽比和采收率下降。

第四节 热采井主要工程技术

一、钻井、完井工艺技术

由于在注汽过程中温度高达 350℃ 以上,注采温差大于 200℃,因此,在钻井、完井过程中应当考虑以下几个方面:选择优质的钻井完井液;尽量选用大直径套管,以便于实施增产措施;优化射孔参数,充分发挥油井最大潜力;选择耐高温的油层套管和固井方式;选择油层保护措施。

1. 钻井完井液的性能要求与选择

在选择上既要考虑其一般特性如摩阻低、防坍塌、携砂能力强、造壁性好,又要考虑其特

殊性能如固相颗粒低、漏失总量小、防乳防膨、与油层配伍性良好。为保证钻井的高速钻进,采取的措施为:

- (1) 严格控制完井液密度,尽量实现近平衡钻井。
- (2) 严格控制固相含量,尽量提高其清洁度。
- (3) 尽量降低滤失总量,缩短浸泡时间。
- (4) 根据储层水敏特性,优先采用配伍性好的钻井完井液。

2. 完井方式的选择

热采井完井时的主要问题是:360℃高温蒸汽导致套管发生断裂和损坏、接箍漏失、螺纹滑脱损坏、水泥石强度大幅度下降。

解决方法如下:

- (1) 热采井套管柱:进行温度场和热应力分析及套管钢材的机械性能、套管挤毁分析。
- (2) 选用耐热密封螺纹。
- (3) 采用先期防砂的完井方法。
- (4) 实施降低热应力对套管破坏影响的技术:提拉套管预应力固井,特殊设计使套管局部自由伸缩。
- (5) 采用耐高温水泥。

二、油层保护技术

针对油藏特点,室内开展了油层敏感性评价,主要包括水敏、碱敏、盐敏、酸敏、速敏,目的是为防止入井液及工艺措施对油层的伤害提供依据。

1. 防止油层水敏伤害技术

1) 常温防膨剂

稠油油藏储层一般粘土含量为5%~20%,水敏性较强。常温防膨剂在防止粘土膨胀、颗粒运移等方面都具有很好的特性。常温防膨剂通常在注汽前作为前置液注入地层。室内评价效果为:处理的天然岩心渗透率仍保持为原来的98%以上。

2) 高温防膨剂

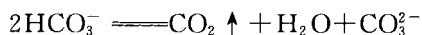
改性:高温($\geq 200^\circ\text{C}$)时使蒙脱土改性,并且其对水敏后的油层仍具有改性作用。

热稳定性:1%溶液 300°C , 7 d 或 345°C , 24 h 不分解。

防膨效果:处理岩心 0.5 h 以上,注入 150 PV 的 $200\sim 350^\circ\text{C}$ 热水及 200 PV 的淡水,岩心渗透率仍为初始值的 80% 以上。处理的地层岩心,其渗透率仍然保持在初始值的 60% 以上。

2. 防止油层碱敏伤害技术

高 pH 值液相产生机理:稠油井注蒸汽时,现场蒸汽液相 pH 值为 $10\sim 13$,因此蒸汽注入油层后会对油层造成较大的伤害,发生碱敏。



1) 前期预处理法

在注蒸汽前向油层注入预处理液,如化学剂 JJ-8。优点是施工简单、易于操作,但 JJ-8 会被蒸汽逐渐驱替到油层深处,不能起到连续降低 pH 值的作用。

2) 随蒸汽注入法

随蒸汽注入降 pH 值化学剂如 JJ-9, 可以连续有效地降低蒸汽液相的 pH 值。JJ-9 与其他常用的降 pH 值化学剂相比, 具有耐高温、低腐蚀、降 pH 值显著等特点。

三、防砂工艺技术

1. 机械防砂工艺

机械防砂工艺利用缠绕金属网达到防砂的目的。

2. 化学防砂工艺

化学防砂工艺的特点是: 酚醛溶液地下合成、水带干灰砂人工井壁、树脂涂敷砂。

3. 复合防砂工艺

共同应用机械和化学防砂工艺来进行防砂, 这一工艺称为复合防砂工艺(见图 1-1)。

4. 压裂防砂工艺

利用液体压裂和压裂液的作用达到防砂的目的, 这一工艺称为压裂防砂工艺。

5. 水平井防砂工艺

水平井防砂管柱结构示意图如图 1-2 所示。

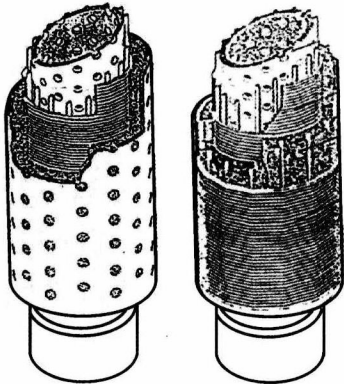


图 1-1 滤砂管防砂工艺、
双层预充填筛管

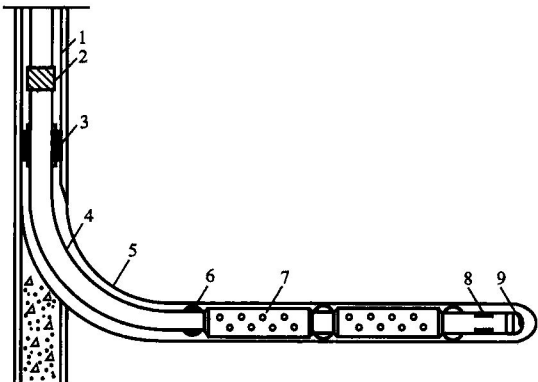


图 1-2 防砂管柱结构示意图

1—原井套管; 2—丢手工具; 3—封隔器; 4—油管; 5—裸眼井壁;
6—扶正器; 7—滤砂器; 8—密封器; 9—钻头+回压阀

四、注汽工艺技术

1. 湿蒸汽发生器

湿蒸汽发生器现场安装图如图 1-3 所示。湿蒸汽发生器产品表见表 1-4。

表 1-4 湿蒸汽发生器产品表

	亚临界湿 蒸汽发生器	美国热力公司	美国 HSMC 公司	日本川崎公司	美国丹尼尔公司
工作压力/MPa	21.0	18.2	18.2	17.5	18.3

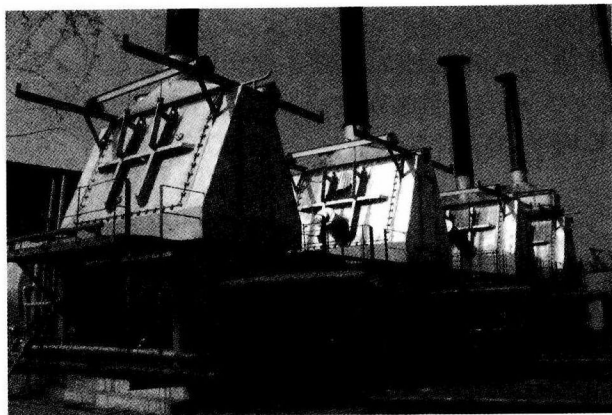


图 1-3 湿蒸汽发生器现场安装图

2. 高温高压汽水分离器

汽水分离器现场安装图如图 1-4 所示。该装置和稠油热采注汽锅炉配套使用,可提高热采锅炉的注汽干度,并可将分离出的饱和水的热量回收利用,既提高了注汽质量,又提高了热能综合利用率。该装置的技术指标及特点如下:

- (1) 分离器入口蒸汽干度在 65%~75% 时,其出口蒸汽干度达 95% 以上。
- (2) 分离器工作压力为 20 MPa 时,其自身压力损失小于 0.5%。
- (3) 分离器处理蒸汽的能力为 23 t/h。
- (4) 锅炉进口流量及分离器分离出来的水量的测量误差均小于 2%。
- (5) 锅炉出口干度测量误差小于 4%。
- (6) 在运行过程中,由微机进行实时监控,确保整个系统安全运行。
- (7) 具有安装方便、运行稳定、分离效果好、操作简单、使用安全可靠等特点。

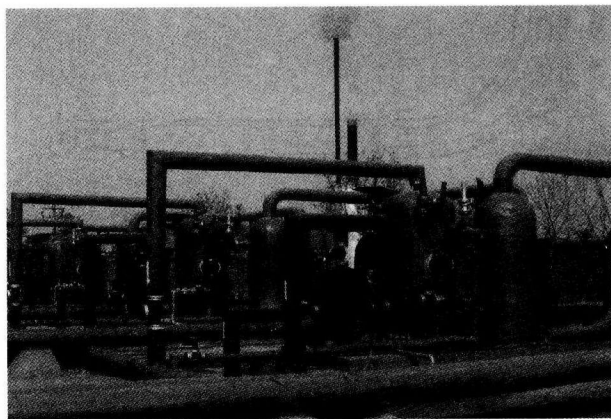


图 1-4 汽水分离器现场安装图

3. 注蒸汽热采井口

注蒸汽热采井口示意图及现场安装图如图 1-5 所示,其工作温度为 370 °C,工作压力为 24 MPa。

4. 高真空隔热管

高真空隔热管示意图如图 1-6 所示。高真空隔热管导热系数见表 1-5。

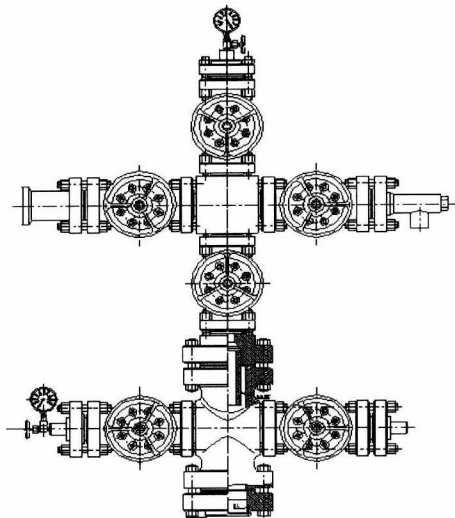


图 1-5 注蒸汽热采井口示意图及现场安装图

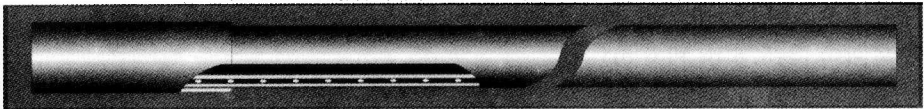


图 1-6 高真空隔热管示意图

表 1-5 高真空隔热管导热系数

生产厂家	日本川崎公司 TC-650	日本川崎公司 TC-750	美国贝克 公司Ⅱ	美国贝克 公司Ⅲ	美国贝克 公司Ⅴ	国内项目研制 高真空隔热管
导热系数 /[W·(m·℃) ⁻¹]	0.026	0.017	0.035	0.026	0.017	<0.015

5. 井下蒸汽调剖器

该产品能有效地控制稠油注汽过程中产生的蒸汽超覆现象,并能调整注汽剖面,提高蒸汽波及体积、减少油层热损失。该井下调剖器适合中厚层稠油油层注汽井,具有结构简单、操作方便、调剖效果好、使用安全等特点。

技术指标:

调剖器外径:139.7 mm; 工作压力:17.2 MPa;
调剖器长度:2 500 mm; 工作温度:365 ℃。

6. 井口热胀补偿器

井口热胀补偿器安装示意图如图 1-7 所示。

技术规范和型号:

规 格:Φ 73 mm; 补偿距离:0.5 m;
工作压力:21 MPa; 工作温度:350 ℃;
工作时间:<30 d/次; 密封方式:组合填料密封;
连接方式:卡箍连接。

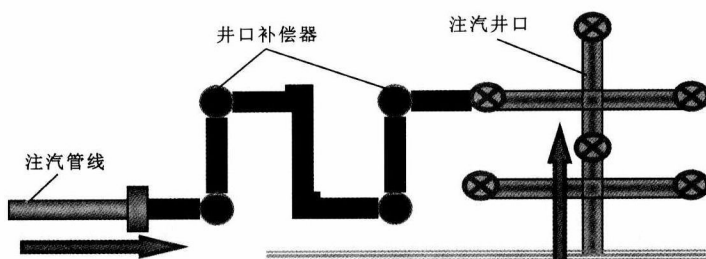


图 1-7 井口热胀补偿器安装示意图

7. 井下热胀补偿器

主要参数:

最大外径:146 mm 和 107 mm;

通径:62 mm 和 50 mm;

补偿距离:4.6 m 和 5 m;

适用套管内径:157.7~161.7 mm 和 117.7~125.7 mm;

滑管伸出全长:9.6~9.8 m 和 10~12 m;

滑管缩回全长:5.6 m 和 6 m;

密封压差:20 MPa 和 20 MPa。

8. 丢手注汽封隔器

1) 特点

丢手注汽封隔器主要用于悬挂防砂管柱、井下开关等井下工具,同时能够密封油套管环形空间,防止注入的蒸汽上返。

2) 结构

丢手注汽封隔器主要由液压座封、锁紧机构、密封、锚定、解封、液压丢手、强制丢手等部分组成。

3) 原理

丢手注汽封隔器采用液压座封、液压丢手、上提管柱解封。

9. 热敏封隔器

特点:

(1) 采用新型的耐温材料,可在 400 °C 的高温条件下长期工作。

(2) 采用整体式双金属结构,有效地防止落物“遇卡”。

(3) 特殊的解封机构,能在封隔件回收不完全的情况下有效解封。

(4) 设计了注汽管柱井下捕集器,防止落物沉于“鱼顶”或落入“鱼腔”中。

10. 注汽工艺管柱

留井管柱有悬挂注汽封隔器、防砂管柱,注汽作业时插入密封装置、隔热油管、井下补偿器,采油作业时将隔热油管、井下补偿器更换为油管和油泵。

11. 悬挂、注汽、采油一体化工艺管柱

悬挂、注汽、采油一体化工艺管柱由井下开关和注汽封隔器等组成。其主要功能是防止稠油井作业时入井液进入油层,避免地层伤害,解决了井下注汽管柱起下难等问题,提高了

稠油开采效果。

五、注汽配套化学添加剂

注汽过程中由于油水界面张力较大,水驱油过程的附加阻力大,使得注汽压力升高。如果在蒸汽中加入薄膜扩展剂,降低油水的界面张力,使渗流过程毛细管阻力下降,可以降低注汽压力,提高注汽质量。

第五节 采油工艺技术

一、特种泵系列

1. 防砂抽稠泵

适用范围:原油粘度 $\leq 4\,000\text{ mPa}\cdot\text{s}$ 的稠油井、稠油出砂井。

- (1) 未进行防砂而直接采用抽油泵生产的稠油井,一般要求油井含砂 $\leq 2.0\%$ 。
- (2) 虽经地层防砂,但仍有部分粉细砂流入井内,导致砂卡、拉缸的稠油井。

2. 长柱塞式防砂抽油泵

1) 特点

防砂卡、防砂埋、防砂磨、耐腐蚀、寿命长、减轻杆管偏磨、使用维修方便。

2) 工作原理

长柱塞式防砂抽油泵采用长柱塞、短泵筒及泵下沉砂、侧向进油结构,主要由长柱塞、短泵筒、双通接头、沉砂外筒、进出油阀、水力连通式挡砂圈等零部件组成。其防砂卡的工作原理是借助挡砂圈及漏失液的共同作用,阻止砂粒进入柱塞与泵筒之间的密封间隙,从而杜绝了砂卡;当油井停抽时,下沉的砂粒沿沉砂环空沉入泵下尾管,防止了砂埋。

3) 应用情况

该泵已在胜利、华北、大港、冀东、中原、青海等油田推广应用,无一台发生砂卡、砂埋抽油泵的现象,检泵周期平均延长2倍以上,泵效提高5%以上,使许多用常规泵无法正常生产的油井恢复了生产,节约了大量的作业费用,受到使用单位的普遍欢迎。

3. 串联式抽稠泵

1) 性能特点

串联式抽稠泵运用浸入式进油原理,并与液力反馈原理相结合,解决了稠油井生产中出现的难题。其结构简单、使用维修方便、投资省、经济效益高。

2) 使用范围

适用于粘度为 $2\,000\sim 4\,000\text{ mPa}\cdot\text{s}$ 的常规稠油井、蒸汽吞吐稠油井,也适用于含砂小于 0.1% 、含气少的稠油井。

3) 技术简介

串联式抽稠泵由直径不同的两台普通抽油泵通过专用件连接而成,小泵在上,大泵在下。下井前大、小泵是分开的,以便运输。串联式抽稠泵是专为解决稠油井、高凝油井用常规泵生产时出现的光杆下行困难、充满程度差、泵效低、检泵周期短等问题而设计的一种新型的抽油泵。