



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102748018 A

(43) 申请公布日 2012. 10. 24

(21) 申请号 201210256612. 8

(22) 申请日 2012. 07. 23

(71) 申请人 中国石油天然气股份有限公司
地址 100007 北京市东城区东直门北大街 9 号

(72) 发明人 梁金中 马德胜 关文龙 王红庄
蒋有伟 李秀峦 王伯军 李松林
韩静

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127
代理人 王春光

(51) Int. Cl.
E21B 49/00 (2006. 01)

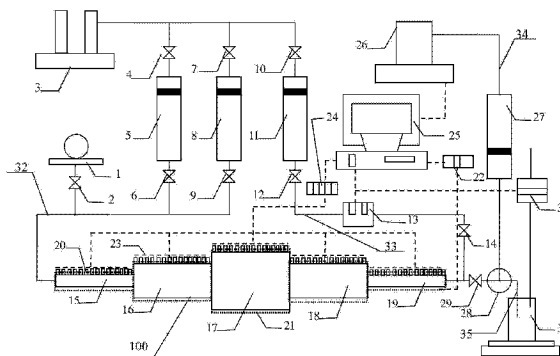
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 1 页

(54) 发明名称

一种稠油油藏注气吞吐采油物理模拟实验装置和方法

(57) 摘要

本发明公开一种稠油油藏注气吞吐采油物理模拟实验装置和方法,包括注入系统、模型系统、产出控制系统和数据采集及控制系统,注入系统连接于模型系统,以向模型系统内注入地层水、原油和吞吐气体;模型系统的出口端连接产出控制系统,产出控制系统用于控制模型系统的油气混合物的产出量,并计量产出的油气混合物中的气体流量及产油量;模型系统还与数据采集及控制系统相连接,数据采集及控制系统用于采集所述模型本体内的压力、温度及吞吐气体流量数据并实时监控和处理数据。本发明能够较为真实地在室内模拟向地层注气、焖井、回采过程,并能够监测在模拟注气和回采过程中从注气井井底到地层远端不同位置的的压力及压力梯度分布规律。



1. 一种稠油油藏注气吞吐采油物理模拟实验装置,其特征在于,所述实验装置包括:注入系统、模型系统、产出控制系统和数据采集及控制系统,其中:

模型系统,包括模型本体、若干个压力测点接口及恒温套,所述模型本体由多根岩心管依次串接而成,在每根所述岩心管上沿轴向布设有多个所述压力测点接口,每根所述岩心管的管壁上包裹有所述恒温套;

注入系统,包括并联设置的地层水注入单元、原油注入单元、高压气体注入单元,以及连接于地层水注入单元、原油注入单元、高压气体注入单元外侧的驱动单元,所述地层水注入单元和所述原油注入单元分别通过输液管路与所述模型本体的进口端相连接,所述高压气体注入单元通过输气管路与所述模型本体的出口端相连接;

产出控制系统,与所述模型本体的出口端相连接,用于控制模型本体的油气混合物的产出量,并计量产出的油气混合物中的气体流量及产油量;

数据采集及控制系统,包括数据采集单元和数据处理单元,所述数据采集单元与所述模型本体相接,用于采集所述模型本体内的压力、温度及吞吐气体流量数据;所述数据采集单元通过数据线与所述数据处理单元相连接,所述数据处理单元用于实时监视和处理数据。

2. 如权利要求1所述的稠油油藏注气吞吐采油物理模拟实验装置,其特征在于,所述地层水注入单元包括地层水活塞容器和设置在所述地层水活塞容器两侧的第一控制阀组;所述原油注入单元包括原油活塞容器和设置在所述原油活塞容器两侧的第二控制阀组;所述高压气体注入单元包括注入气活塞容器和设置在所述注入气活塞容器两侧的第三控制阀组;所述驱动单元包括计量泵和真空泵,所述计量泵通过所述第一控制阀组、第二控制阀组、第三控制阀组分别与所述地层水活塞容器、原油活塞容器、注入气活塞容器相连接;所述真空泵设置在所述模型本体的进口端一侧的所述输液管路上。

3. 如权利要求1所述的稠油油藏注气吞吐采油物理模拟实验装置,其特征在于,产出控制系统包括背压控制单元和油气分离单元,所述背压控制单元由柱塞泵、活塞容器、回压阀通过管路依次串接而成,所述回压阀的输入端经由回压阀控制阀门与所述模型本体的出口端相连接,所述柱塞泵与所述数据采集单元通过数据线与连接;所述油气分离单元由分离器和气体流量计串接而成,所述分离器通过管路与所述回压阀的输出端相连接。

4. 如权利要求3所述的稠油油藏注气吞吐采油物理模拟实验装置,其特征在于,所述分离器为具有液体测量装置的分离器。

5. 如权利要求1所述的稠油油藏注气吞吐采油物理模拟实验装置,其特征在于,所述数据采集单元包括设置在各个所述压力测点接口处的多个压力传感器、设置在所述恒温套内的温度传感器和设置在所述输气管路上的气体质量流量计;所述压力传感器通过数据采集板与所述数据处理单元相连接,所述温度传感器通过温度显示与控制模块与所述数据处理单元相连接,所述气体质量流量计通过数据线与所述数据处理单元相连接,所述气体质量流量计经由阀门与所述模型本体的出口端相连接。

6. 如权利要求1所述的稠油油藏注气吞吐采油物理模拟实验装置,其特征在于,所述模型本体的长度为1.5m,所述模型本体由内径分别为2.54cm、9cm、16cm、9cm、2.54cm的五根等长的岩心管通过密封法兰依次串接而成。

7. 如权利要求6所述的稠油油藏注气吞吐采油物理模拟实验装置,其特征在于,在每

根所述岩心管上沿轴向等间距的设有 15 个所述压力测点接口和压力传感器。

8. 一种稠油油藏注气吞吐采油物理模拟实验方法,其特征在于,所述实验方法采用如权利要求 1 至 7 中任一项所述的稠油油藏注气吞吐采油物理模拟实验装置,所述实验装置的产出控制系统包括背压控制单元和油气分离单元,所述背压控制单元由柱塞泵、活塞容器、回压阀通过管路依次串接而成;所述油气分离单元由分离器和气体流量计串接而成;所述实验方法包括:

注入系统通过驱动单元将地层水注入单元中的地层水饱和注入到模型本体内,通过回压阀调整为设定的油藏压力;

注入系统通过驱动单元将原油注入单元中的原油饱和注入到模型本体内;

注入系统通过驱动单元将高压气体注入单元中的吞吐气体加压到模型本体内部平均压力值后,向模型本体注入吞吐气体,同时通过回压阀调整背压使之与模型本体的出口端压力平衡,焖井一定时间;

数据处理单元通过柱塞泵和活塞容器控制回压阀背压的降压速度,直至模型本体内部平均压力降到设定值时停止降压,使得油气混合物由模型本体的出口端逐渐驱出而实现回采;

产出的油气混合物进入油气分离单元,分别通过具有液体测量装置的分离器和气体流量计计量油气产出量;

数据采集及控制系统,采集所述模型本体内的压力、温度及吞吐气体流量数据,完成第一轮吞吐模拟实验。

9. 如权利要求 8 所述的稠油油藏注气吞吐采油物理模拟实验方法,其特征在于,所述实验方法还包括:

完成第一轮吞吐模拟实验后,注入系统通过驱动单元将高压气体注入单元中的吞吐气体加压到模型本体内部平均压力值后,向模型本体注入吞吐气体;同时通过回压阀调整背压与吞吐气体注入端压力平衡,焖井一定时间;

利用柱塞泵将回压增大到模型内部压力值,通过柱塞泵控制回压阀背压的降压速度,直至模型本体内部平均压力降到设定值时停止降压,使得油气混合物由模型本体的出口端逐渐驱出实现回采;

产出的油气混合物进入油气分离单元,分别通过具有液体测量装置的分离器和气体流量计计量油气产出量;

通过数据采集及控制系统,采集所述模型本体内的压力、温度及吞吐气体流量数据,完成第二轮吞吐模拟实验;

重复上述第二轮吞吐模拟实验步骤,进行下一轮次的吞吐模拟过程,直至达到总吞吐轮次的预定总吞吐轮次结束。

一种稠油油藏注气吞吐采油物理模拟实验装置和方法

技术领域

[0001] 本发明属于石油开发领域,具体涉及一种用于模拟稠油油藏注气吞吐采油过程的实验装置和方法。

背景技术

[0002] 在石油开发领域中,注气吞吐采油是指在不超地层破裂压力的注入压力下,向油井中注入吞吐气体(天然气、二氧化碳等),然关井焖井一段时间,让注入气体尽可能多地与地层原油接触并溶解,达到饱和,称之为吞入过程;待浸泡期结束后开井生产,由于溶解气驱作用及原油膨胀,停留在地层内的气体混同被膨胀的原油一同流出井口,完成吞吐过程。

[0003] 目前,中国稠油开发方式主要包括蒸汽吞吐(约占78%),蒸汽驱(约占10%)和常规水驱(约占10%)。这些方法工艺简单,采收率较高,适合埋藏较浅(小于1000m)的稠油油藏。然而,对于埋藏深(一般大于1500m)的深层稠油油藏,由于注蒸汽热损失率大,注蒸汽压力、地面注气设备及工艺要求高,给该类稠油的开采带来了困难。而注气吞吐开采方式则不存在热损失问题,天然气、二氧化碳等注入气体在稠油中的溶解降黏作用、稠油和注入气接触面之间的传质作用以及注入气近井筒地带的弹性驱动和携带作用等都有助于稠油油藏的增产。近几年几个油田还进行了小规模注气(天然气、二氧化碳气等)吞吐开发现场试验,并取得了很好的效果。但由于室内实验装置的限制,注气吞吐相关机理和注采参数研究不够系统还不够完善,对矿场油藏管理指导作用小,不利于大规模推广应用。国内外在油藏注气吞吐开发模拟方法和装置进行了大量的工作,以下对现有的油藏注气吞吐开发模拟方法和装置进行一些介绍:

[0004] 1、国外的一种现有的注天然气吞吐采油实验装置,该装置包括水注入装置、岩心管、压差传感器、气体计量器、油水计量器、阀门等。但其对于开展油藏注气吞吐机理研究仍存在以下不足:1)模型规模较小,特别是一维长度不够,不能模拟从注气井到注气井(采油井)之间的整个地层弹性;2)能够进行的吞吐周期少、周期采出程度高,与现场实际生产不符;3)模型沿程没有设置压力测点,无法研究注气吞吐过程中能量的传递和转移规律。

[0005] 2、国内的一种注二氧化碳吞吐采油实验装置。该装置包括水注入装置、岩心管、压力表、阀门、气体流量计、六通阀、分离器、回压调节阀等。但其对于开展油藏注气吞吐机理研究现有实验装置仍存在以下不足:1)模型一维长度不够,不能模拟从注气井到注气井(采油井)之间的整个地层弹性;2)不能监测模型不同部位压力变化,无法研究注气吞吐过程中能量的传递和转移规律。

[0006] 3、另外国内的一种注天然气吞吐采油实验装置。该装置包括注入泵、岩心管、压力表、气源、产出系统等。但其对于开展油藏注气吞吐机理研究现有实验装置仍存在以下不足:1)模型沿程不具备压力监测系统,无法真实反映注气与回采过程中的油藏压力梯度变化情况及注气吞吐过程中能量的传递和转移规律;2)单管模型能够进行的吞吐周期少、周期采出程度高,与现场实际生产不符;3)多根岩心管模型之间使用细管线进行联通,与实

实际地层渗流情况不符。

[0007] 有鉴于现有技术的上述诸多问题,本设计人基于从事相关领域多年的丰富经验及专业知识,结合应用实际,积极加以研究创新,以期克服现有技术的上述缺点,提供一种能够较为真实地在室内模拟向地层注气、焖井、回采过程,并能够监测注气和回采过程中模拟从注气井(生产井)井底到地层远端不同位置的压力(压力梯度)分布规律的稠油油藏注气吞吐采油物理模拟实验装置与方法,从而找到吞吐过程中的最优动态工作制度,为稠油油藏注气吞吐开发的机理及应用研究提供了一个可靠的研究平台。

发明内容

[0008] 本发明的目的是提供一种能够较为真实地在室内模拟向地层注气、焖井、回采过程,并能够监测模拟注气和回采过程中从注气井(生产井)井底到地层远端不同位置的压力及压力梯度分布规律的稠油油藏注气吞吐采油物理模拟实验装置。

[0009] 本发明的另一个目的是提供一种稠油油藏注气吞吐采油物理模拟实验方法,该方法能够较为真实地在室内模拟向地层注气、焖井、回采过程,并能够监测注气和回采过程中从注气井(生产井)井底到地层远端不同位置的压力及压力梯度分布规律,从而找到吞吐过程中的最优动态工作制度。

[0010] 为达到上述目的,本发明提出一种稠油油藏注气吞吐采油物理模拟实验装置,所述实验装置包括:注入系统、模型系统、产出控制系统和数据采集及控制系统,其中:

[0011] 模型系统,包括模型本体、若干个压力测点接口及恒温套,所述模型本体由多根岩心管依次串接而成,在每根所述岩心管上沿轴向布设有多个所述压力测点接口,每根所述岩心管的管壁上包裹有所述恒温套;

[0012] 注入系统,包括并联设置的地层水注入单元、原油注入单元、高压气体注入单元,以及连接于地层水注入单元、原油注入单元、高压气体注入单元外侧的驱动单元,所述地层水注入单元和所述原油注入单元分别通过输液管路与所述模型本体的进口端相连接,所述高压气体注入单元通过输气管路与所述模型本体的出口端相连接;

[0013] 产出控制系统,与所述模型本体的出口端相连接,用于控制模型本体的油气混合物的产出量,并计量产出的油气混合物中的气体流量及产油量;

[0014] 数据采集及控制系统,包括数据采集单元和数据处理单元,所述数据采集单元与所述模型本体相接,用于采集所述模型本体内的压力、温度及吞吐气体流量数据;所述数据采集单元通过数据线与所述数据处理单元相连接,所述数据处理单元用于实时监视和处理数据。

[0015] 如上所述的稠油油藏注气吞吐采油物理模拟实验装置,其中,所述地层水注入单元包括地层水活塞容器和设置在所述地层水活塞容器两侧的第一控制阀组;所述原油注入单元包括原油活塞容器和设置在所述原油活塞容器两侧的第二控制阀组;所述高压气体注入单元包括注入气活塞容器和设置在所述注入气活塞容器两侧的第三控制阀组;所述驱动单元包括计量泵和真空泵,所述计量泵通过所述第一控制阀组、第二控制阀组、第三控制阀组分别与所述地层水活塞容器、原油活塞容器、注入气活塞容器相连接;所述真空泵设置在所述模型本体的进口端一侧的所述输液管路上。

[0016] 如上所述的稠油油藏注气吞吐采油物理模拟实验装置,其中,产出控制系统包括

背压控制单元和油气分离单元,所述背压控制单元由柱塞泵、活塞容器、回压阀通过管路依次串接而成,所述回压阀的输入端经由回压阀控制阀门与所述模型本体的出口端相连接,所述柱塞泵与所述数据采集单元通过数据线相连接;所述油气分离单元由分离器和气体流量计串接而成,所述分离器通过管路与所述回压阀的输出端相连接。

[0017] 如上所述的稠油油藏注气吞吐采油物理模拟实验装置,其中,所述分离器为具有液体测量装置的分离器。

[0018] 如上所述的稠油油藏注气吞吐采油物理模拟实验装置,其中,所述数据采集单元包括设置在各个所述压力测点接口处的多个压力传感器、设置在所述恒温套内的温度传感器和设置在所述输气管路上的气体质量流量计;所述压力传感器通过数据采集板与所述数据处理单元相连接,所述温度传感器通过温度显示与控制模块与所述数据处理单元相连接,所述气体质量流量计通过数据线与所述数据处理单元相连接,所述气体质量流量计经由阀门与所述模型本体的出口端相连接。

[0019] 如上所述的稠油油藏注气吞吐采油物理模拟实验装置,其中,所述模型本体的长度为 1.5m,所述模型本体由内径分别为 2.54cm、9cm、16cm、9cm、2.54cm 的五根等长的岩心管通过密封法兰依次串接而成。

[0020] 如上所述的稠油油藏注气吞吐采油物理模拟实验装置,其中,在每根所述岩心管上沿轴向等间距的设有 15 个所述压力测点接口和压力传感器。

[0021] 本发明还提供了一种稠油油藏注气吞吐采油物理模拟实验方法,所述实验方法采用如上所述的稠油油藏注气吞吐采油物理模拟实验装置,所述实验装置的产出控制系统包括背压控制单元和油气分离单元,所述背压控制单元由柱塞泵、活塞容器、回压阀通过管路依次串接而成;所述油气分离单元由分离器和气体流量计串接而成;所述实验方法包括:

[0022] 注入系统通过驱动单元将地层水注入单元中的地层水饱和并注入到模型本体内,通过回压阀调整为设定的油藏压力;

[0023] 注入系统通过驱动单元将原油注入单元中的原油饱和并注入到模型本体内;

[0024] 注入系统通过驱动单元将高压气体注入单元中的吞吐气体加压到模型本体内部平均压力值后,向模型本体注入吞吐气体,同时通过回压阀调整背压使之与模型本体的出口端压力平衡,焖井一定时间;

[0025] 数据处理单元通过柱塞泵和活塞容器控制回压阀背压的降压速度,直至模型本体内部平均压力降到设定值时停止降压,使得油气混合物由模型本体的出口端逐渐驱出而实现回采;

[0026] 产出的油气混合物进入油气分离单元,分别通过具有液体测量装置的分离器和气体流量计计量油气产出量;

[0027] 数据采集及控制系统,采集所述模型本体内的压力、温度及吞吐气体流量数据,完成第一轮吞吐模拟实验。

[0028] 如上所述的稠油油藏注气吞吐采油物理模拟实验方法,其中,所述实验方法还包括:

[0029] 完成第一轮吞吐模拟实验后,注入系统通过驱动单元将高压气体注入单元中的吞吐气体加压到模型本体内部平均压力值后,向模型本体注入吞吐气体;同时通过回压阀调整背压与吞吐气体注入端压力平衡,焖井一定时间;

[0030] 利用柱塞泵将回压增大到模型内部压力值,通过柱塞泵控制回压阀背压的降压速度,直至模型本体内部平均压力降到设定值时停止降压,使得油气混合物由模型本体的出口端逐渐驱出实现回采;

[0031] 产出的油气混合物进入油气分离单元,分别通过具有液体测量装置的分离器和气体流量计计量油气产出量;

[0032] 通过数据采集及控制系统,采集所述模型本体内的压力、温度及吞吐气体流量数据,完成第二轮吞吐模拟实验;

[0033] 重复上述第二轮吞吐模拟实验步骤,进行下一轮次的吞吐模拟过程,直至达到总吞吐轮次的预定总吞吐轮次结束。

[0034] 与现有技术相比,本发明具有以下特点和优点:

[0035] 1、本发明通过注入系统、模型系统、产出控制系统的相互配合,能够较为真实地在室内模拟向地层注气、焖井、回采过程,并且通过产出控制系统和数据采集及控制系统能够监测模拟注气和回采过程中从注气井(生产井)井底到地层远端不同位置的压力及压力梯度分布规律,从而找到吞吐过程中的最优动态工作制度,为稠油油藏注气吞吐开发的机理及应用研究提供了可靠的数据和研究平台。

[0036] 2、本发明模拟最高油藏压力 45MPa,模拟最高油藏温度 150℃,符合实际工况环境要求。

[0037] 3、本发明采用长 1.5m,内径分别为 2.54cm、9cm、16cm、9cm、2.54cm 的 5 根岩心管采用法兰密封方式依次串联组成拟一维模型本体,其弹性能量相当于长度为 100m、内径为 2.54cm 的岩心管弹性能量,能够模拟 100 米井距的地层弹性,实验结果更真实可靠。

[0038] 4、本发明在一维模型本体沿程设置 75 支压力传感器,实时监测注气与回采过程中压力的分布特征。

[0039] 5、本发明采用精密的注入和产出控制系统,自动化程度高。

附图说明

[0040] 在此描述的附图仅用于解释目的,而不意图以任何方式来限制本发明公开的范围。另外,图中的各部件的形状和比例尺寸等仅为示意性的,用于帮助对本发明的理解,并不是具体限定本发明各部件的形状和比例尺寸。本领域的技术人员在本发明的教导下,可以根据具体情况选择各种可能的形状和比例尺寸来实施本发明。

[0041] 图 1 为本发明稠油油藏注气吞吐采油物理模拟实验装置的结构示意图;

[0042] 图 2 为本发明稠油油藏注气吞吐采油物理模拟实验装置的结构框图。

[0043] 附图标记说明:

[0044] 100-模型本体;1-真空泵;2-阀门;3-ISCO 高精度计量泵;4-阀门;5-地层水活塞容器;6-阀门;7-阀门;8-原油活塞容器;9-阀门;10-阀门;11-注入气活塞容器;12-阀门;13-气体质量流量计;14-阀门;15-岩心管(内径 2.54cm);16-岩心管(内径 9cm);17-岩心管(内径 16cm);18-岩心管(内径 9cm);19-岩心管(内径 2.54cm);20-压力测点接口;21-恒温套;22-温度显示与控制模块;23-压力传感器;24-数据采集板;25-PC 监测模块;26-柱塞泵;27-活塞容器;28-回压阀;29-阀门;30-具有液体计量装置的分离器;31-气体流量计;32-输液管路;33-输气管路;34-管路;35-管路;

具体实施方式

[0045] 结合附图和本发明具体实施方式的描述,能够更加清楚地了解本发明的细节。但是,在此描述的本发明的具体实施方式,仅用于解释本发明的目的,而不能以任何方式理解成是对本发明的限制。在本发明的教导下,技术人员可以构想基于本发明的任意可能的变形,这些都应被视为属于本发明的范围。

[0046] 请参考图 1、图 2,分别为本发明稠油油藏注气吞吐采油物理模拟实验装置的结构示意图和结构框图。如图所示,本发明提出的稠油油藏注气吞吐采油物理模拟实验装置,包括注入系统、模型系统、产出控制系统和数据采集及控制系统,注入系统连接于模型系统,以向模型系统内注入地层水、原油和吞吐气体;模型系统的出口端连接产出控制系统,产出控制系统用于控制模型系统的油气混合物的产出量,并计量产出的油气混合物中的气体流量及产油量;模型系统还与数据采集及控制系统通过数据线相连接,数据采集及控制系统用于采集所述模型本体内的压力、温度及吞吐气体流量数据并实时监视和处理数据,从而获得更加真实可靠的实验数据参数。如图 1 所示,其中:

[0047] 模型系统包括模型本体 100、若干个压力测点接口 20 及恒温套 21,模型本体 100 由多根岩心管 15、16、17、18、19 依次串接而成,用于模拟井下地层;在每根岩心管上沿轴向布设有多个压力测点接口 20,用于容装压力传感器,以便检测模型本体 100 内各个测点的压力;每根岩心管的管壁上包裹有恒温套 21,用于控制模型本体 100 的温度。

[0048] 注入系统包括并联设置的地层水注入单元、原油注入单元、高压气体注入单元,以及连接于地层水注入单元、原油注入单元、高压气体注入单元外侧的驱动单元。在本实施例中,地层水注入单元包括地层水活塞容器 5 和设置在地层水活塞容器 5 两侧用于控制地层水活塞容器 5 的第一控制阀组,即阀门 4 和阀门 6;原油注入单元包括原油活塞容器 8 和设置在原油活塞容器 8 两侧用于控制原油活塞容器 8 的第二控制阀组,即阀门 7 和阀门 9;高压气体注入单元包括注入气活塞容器 11 和设置在注入气活塞容器 11 两侧用于控制注入气活塞容器 11 的第三控制阀组,即阀门 10 和阀门 12;驱动单元包括计量泵 3 和真空泵 1,在本发明中,计量泵 3 采用 ISCO 高精度计量泵,当然也可以采用其它现有的计量泵,只要满足精度和工况要求即可,计量泵 3 通过第一控制阀组的阀门 4、第二控制阀组的阀门 7、第三控制阀组的阀门 10 分别与地层水活塞容器 5、原油活塞容器 8、注入气活塞容器 11 相连接,通过计量泵 3 来驱动注入液体(地下水和原油);注入气活塞容器 11 通过输气管路 33 与模型本体 100 的出口端相连接,通过计量泵 3 来驱动注入吞吐气体。地层水活塞容器 5 和原油活塞容器 8 分别通过输液管路 32 与模型本体 100 的进口端相连接,真空泵 1 设置在模型本体 100 的进口端一侧的输液管路 32 上,真空泵 1 通过第一控制阀组的阀门 6、第二控制阀组的阀门 9 分别与地层水活塞容器 5、原油活塞容器 8 相连接,真空泵 1 通过阀门 2 控制,用于对模型系统抽真空。

[0049] 产出控制系统与模型本体 100 的出口端相连接,用于控制模型本体 100 的产出油气量并计量产出油气量中的气体流量及产油量。如图 1 所示,该产出控制系统包括背压控制单元和油气分离单元,其中:背压控制单元由柱塞泵 26、活塞容器 27、回压阀 28 通过管路 34 依次串接而成,回压阀 28 的输入端经由回压阀控制阀门 29 与模型本体 100 的出口端相连接,通过柱塞泵 26 驱动活塞容器 27 动作来控制回压阀 28 的降压速度,实现对模型本体

100 中的原油回采功能。柱塞泵 26 与数据采集及控制系统的数据采集单元通过数据线相连接,起到对柱塞泵 26 进行监视和控制作用。油气分离单元由分离器 30 和气体流量计 31 串接而成,分离器 30 通过管路 35 与回压阀 28 的输出端相连接。分离器 30 用于将模型本体 100 的产出油气混合物分离为气和油两部分,气体流量计 31 用于计量产气量,在本实施中,分离器 30 为具有液体测量装置的分离器,液体测量装置可用于计量油气量。

[0050] 数据采集及控制系统,包括数据采集单元和数据处理单元,数据采集单元与模型本体 100 相接,通过压力和温度传感器及气体质量流量计采集模型本体内的压力、温度及吞吐气体流量数据;数据采集单元通过数据线与数据处理单元相连接,数据处理单元用于实时监视和处理数据。如图 1 所示,数据采集单元包括设置在各个压力测点接口 20 处的多个压力传感器 23、设置在恒温套 21 内的温度传感器(图中未示出)和设置在输气管路 33 上的气体质量流量计 13。压力传感器 23 用于测量模型本体 100 上各个测点处的压力值,压力传感器 23 通过数据采集板 24 与数据处理单元相连接,在本发明中,数据处理单元为计算机、控制软件和数据处理软件组成的 PC 监控系统,使得各个压力传感器 23 检测得到的数据传输至数据采集板 24 上,再由数据采集板 24 将收集到数据实时传输至数据处理单元进行各测点压力值的实时采集、监视和处理。温度传感器通过温度显示与控制模块 22 与数据处理单元相连接,使得温度传感器检测得到的数据传输至温度显示与控制模块 22 上,再由温度显示与控制模块 22 将收集到数据实时传输至数据处理单元进行温度值的实时采集、监视和处理。气体质量流量计 13 经由输气管路 33 和阀门 14 与所述模型本体的出口端相连接,用于计量注入气活塞容器 11 向模型本体 100 输入的吞吐气体流量,气体质量流量计 13 通过数据线与数据处理单元相连接,以将计量吞吐气体流量数据传输至数据处理单元进行实时采集、监视和处理。

[0051] 这样,通过本发明稠油油藏注气吞吐采油物理模拟实验装置能够模拟向地层注气、焖井、回采过程,同时监测和显示在注气和回采过程中模型本体的不同位置的压力分布曲线和压力梯度分布曲线。从而找到吞吐过程中的最优动态工作制度,为稠油油藏注气吞吐开发的机理及应用研究提供了可靠的数据和研究平台。

[0052] 进一步的,如图 1 所示,模型本体 100 由内径分别为 2.54cm、9cm、16cm、9cm、2.54cm 的五根等长的岩心管通过密封法兰依次串接而成,模型本体 100 的长度为 1.5m,形成一维模型本体,模型本体 100 的工作压力为 0~40MPa,最高工作温度为 150℃,其弹性能量相当于长度为 100m、内径为 2.54cm 的岩心管弹性能量,能够模拟 100 米井距的地层弹性,实验结果更加真实可靠。

[0053] 进一步的,在每根岩心管上沿轴向(沿程)等间距的设有 15 个压力测点接口 20 和压力传感器 23(每个压力传感器 23 分别设置在对应的压力测点接口 20 处),通过压力传感器 23 实时检测并采集注气与回采过程中模型本体 100 内部不同位置的壓力值,并将压力值数据传输至数据采集及控制系统,数据处理单元使用控制软件能够实时显示沿模型本体的压力分布曲线和压力梯度分布曲线。

[0054] 本发明还提供了一种稠油油藏注气吞吐采油物理模拟实验方法,该实验方法采用如上所述的稠油油藏注气吞吐采油物理模拟实验装置,该实验方法包括以下步骤:

[0055] 步骤 S100:注入系统通过驱动单元将地层水注入单元中的地层水饱和并注入到模型本体 100 内,通过回压阀 28 调整为设定的油藏压力;

[0056] 步骤 S110 :注入系统通过驱动单元将原油注入单元中的原油饱和注入到模型本体 100 内 ;

[0057] 步骤 S120 :注入系统通过驱动单元将高压气体注入单元中的吞吐气体加压到模型本体 100 内部平均压力值后,向模型本体 100 注入吞吐气体,此时气体质量流量计 13 计量注入气量,同时通过回压阀 28 调整背压使之与模型本体 100 的出口端(即吞吐气体注入端)压力平衡,焖井一定时间 ;

[0058] 步骤 S130 :数据处理单元通过柱塞泵 26 和活塞容器 27 控制回压阀 28 背压的降压速度,直至模型本体 100 内部平均压力降到设定值时停止降压,使得油气混合物由模型本体 100 的出口端逐渐驱出,从而实现回采 ;

[0059] 步骤 S140 :产出的油气混合物进入油气分离单元,分别通过具有液体测量装置的分离器 30 和气体流量计 31 计量油、气产出量 ;数据采集及控制系统采集模型本体 100 内的压力、温度及吞吐气体流量数据,完成第一轮吞吐模拟实验。

[0060] 步骤 S150 :完成第一轮吞吐模拟实验后,重复步骤 S120 ~ S140,完成第二轮吞吐模拟实验 ;

[0061] 步骤 S160 :重复上述第二轮吞吐模拟实验步骤,进行下一轮次的吞吐模拟过程,直至达到总吞吐轮次的预定总吞吐轮次结束。

[0062] 如图 1 所示,本发明的在具体使用时,

[0063] 首先,关闭阀门 6、阀门 9、阀门 10、阀门 14、阀门 29,打开阀门 2,利用真空泵 1 对模型系统抽真空 ;

[0064] 其次,关闭阀门 2,打开阀门 4、阀门 6,利用 ISCO 高精度计量泵 3 将地层水活塞容器 5 中地层水从模型本体 100 的进口端饱和注入到模型本体 100 内。

[0065] 再次,关闭阀门 7、阀门 9,背压阀 28 调整为油藏压力,打开阀门 29、阀门 7、9,通过 ISCO 高精度计量泵 3 将原油活塞容器中的地层原油从模型本体 100 的进口端 15 饱和注入到模型本体 100 内。

[0066] 接着,关闭阀门 7、阀门 9、阀门 29,打开阀门 10,利用 ISCO 高精度计量泵 3 将注入气活塞容器 11 中的吞吐气体加压到模型本体 100 内部压力值后打开阀门 14 注入吞吐气体,气体质量流量计 13 计量注入气量。

[0067] 关闭阀门 14,利用柱塞泵 26 将回压增大到模型本体 100 内部压力值,打开阀门 29,利用柱塞泵 26 控制回压的泄压速率回采原油(即油气混合物),产出油气进入带液体计量装置的分离器 30 分离油气并计量产油量,分离后的气体通过气体流量计 31 计量,PC 监控系统实时采集压力和流量数据,当模型本体内部平均压力降到设定值时,关闭阀门 29,第一轮吞吐模拟实验结束。

[0068] 利用 ISCO 高精度计量泵 3 将注入气活塞容器 11 中的气体调整到模型本体 100 内部平均压力值,打开阀门 14 注入吞吐气体,气体质量流量计 13 计量注入气量。

[0069] 关闭阀门 14,利用柱塞泵 26 将回压增大到模型内部压力值,打开阀门 29,利用柱塞泵 26 控制回压的泄压速率回采原油,产出油气进入带液体计量功能的分离器 30 分离油气并计量产油量,分离后的气体通过气体流量计 31 计量,PC 监控系统实时采集压力和流量数据,当模型本体内部平均压力降到设定值时,关闭阀门 29,第二轮次吞吐模拟实验结束。

[0070] 按照第二轮次吞吐实验步骤依次进行下一轮次的吞吐模拟过程,直到实验设计的

总吞吐轮次结束实验。

[0071] 针对上述各实施方式的详细解释,其目的仅在于对本发明进行解释,以便于能够更好地理解本发明,但是,这些描述不能以任何理由解释成是对本发明的限制,特别是,在不同的实施方式中描述的各个特征也可以相互任意组合,从而组成其他实施方式,除了有明确相反的描述,这些特征应被理解为能够应用于任何一个实施方式中,而并不仅限于所描述的实施方式。

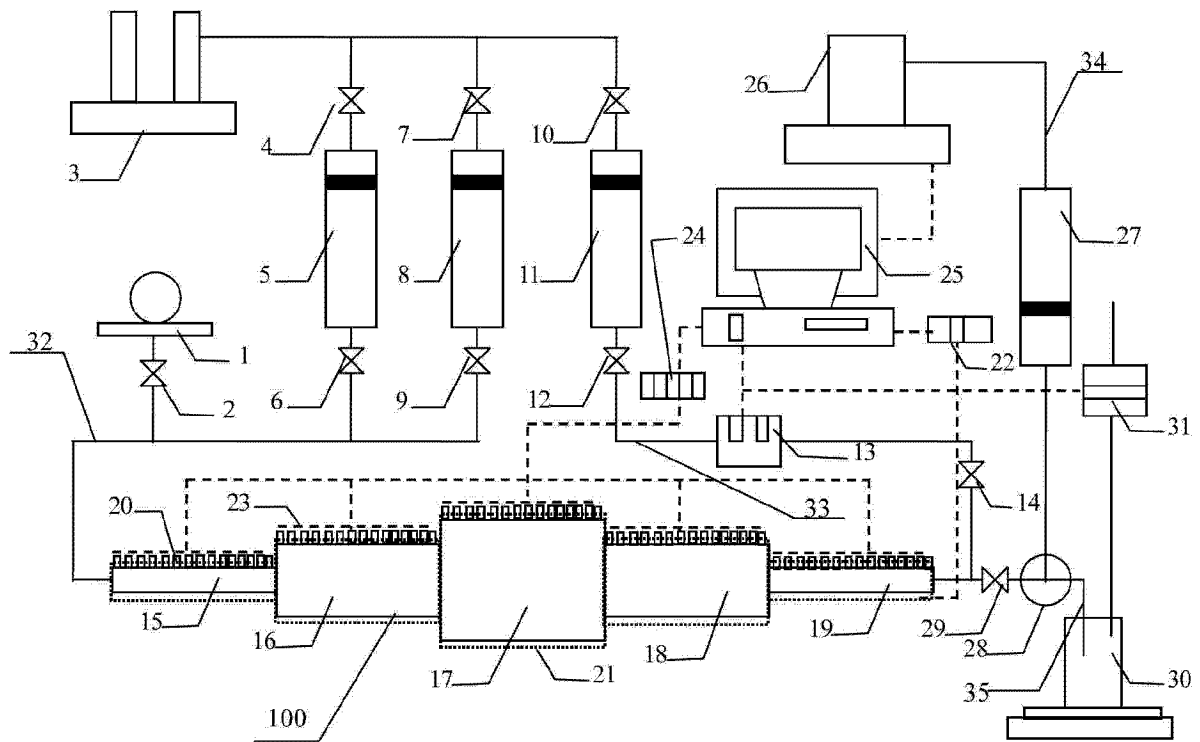


图 1

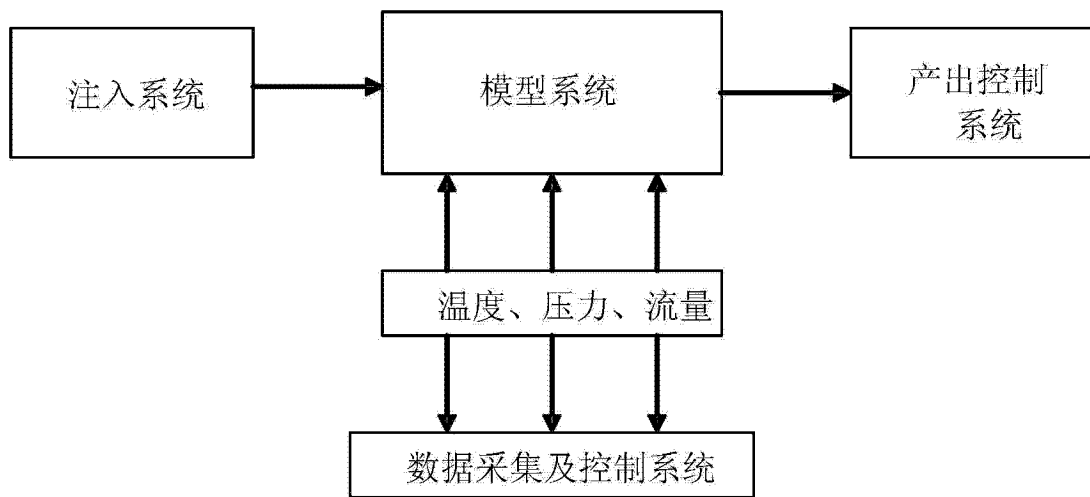


图 2