



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107829683 B

(45)授权公告日 2019.03.29

(21)申请号 201710286192.0

(22)申请日 2017.04.27

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107829683 A

(43)申请公布日 2018.03.23

(73)专利权人 南智(重庆)能源技术有限公司  
地址 400147 重庆市江北区福泉路龙湖源  
著天街21栋1708

(72)发明人 黄有为 唐新明 舒作静

(74)专利代理机构 长沙星耀专利事务所(普通  
合伙) 43205

代理人 许伯严

(51)Int.Cl.

E21B 7/04(2006.01)

(56)对比文件

CN 106437512 A,2017.02.22,全文.

CN 106032751 A,2016.10.19,全文.

CN 103266874 A,2013.08.28,全文.

CN 103216234 A,2013.07.24,全文.

CN 103993831 A,2014.08.20,全文.

陈维等.川南页岩气水平井井眼轨迹控制技术.  
《天然气技术与经济》.2017,第37-40页.

刘茂森等.页岩气双二维水平井轨迹优化设计  
与应用.《特种油气藏》.2016,第147-150页.

龙志平等.隆页1HF页岩气井钻井关键技术.  
《石油钻探技术》.2016,第16-20页.

沈国兵.涪陵页岩气田三维水平井井眼轨迹  
控制技术.《石油钻探技术》.2016,第11-15页.

审查员 张秀

权利要求书1页 说明书4页

(54)发明名称

一种页岩气水平丛式井组井眼轨迹与钻井  
方法

(57)摘要

本发明涉及一种页岩气水平丛式井组井眼  
轨迹与钻井方法,按4口或6口井双排布置,井口  
间距5m,排间距30m;页岩气丛式井平台为三维水  
平井,按每个钻井平台单边3口井,其中外围两口  
井横向位移达到400m-500m,总体上采用“直-增-  
稳-扭-增”模式中靶,全程随钻监测,视情况在表  
层进行防碰定向;扭方位作业设计在井斜50°之  
前完成;采用“稳斜探顶、复合入窗”的轨迹控制  
方式;水平丛式井组对轨迹基本要求为垂直靶前  
距200-300m,水平巷道间距200-400m,水平段长  
1200-1600m,A-B点方位0°。本发明能更好地改善  
页岩气钻井效果,方便缩小钻井周期,提高钻井  
效率。

1. 一种页岩气水平丛式井组井眼轨迹与钻井方法,其特征在于:按4口或6口井双排布置,井口间距5m,排间距30m;页岩气丛式井平台为三维水平井,按每个钻井平台单边3口井,其中外围两口井横向位移达到400m-500m,总体上采用“直-增-稳-扭-增”模式中靶,全程随钻监测,视情况在表层进行防碰定向;扭方位作业设计在井斜 $50^{\circ}$ 之前完成;采用“稳斜探顶、复合入窗”的轨迹控制方式;水平丛式井组对轨迹基本要求为垂直靶前距200-300m,水平巷道间距200-400m,水平段长1200-1600m,A-B点方位 $0^{\circ}$ ;按照地质靶区的要求,采用一定的微勺型井眼来减小中靶难度;井眼轨迹采用低井斜角 $25^{\circ}$ - $35^{\circ}$ 进行扭方位较为合适;水平井延伸方向应与地层倾向尽量一致,因此两排水平井的水平段井斜角略有不同,一组为上倾井,井斜角 $>90^{\circ}$ ,一组为下倾井,井斜角 $<90^{\circ}$ ;页岩气水平丛式井组井口间距为5m;开钻前充分了解本井组邻井的井眼轨迹数据,判别出哪些井段存在防碰问题,并对重点井段进行仔细分析;开钻前必须对设备进行全面检查,天车、转盘,井口三者的中心线在一条铅垂线上,偏差不大于10mm;在井深0-50m内每钻进0.5m校正方钻杆垂直度,保证方钻杆中心对准转盘中心,禁止随意加钻压,钻铤未加完前井内钻铤不能满足设计钻压要求时应按井内钻铤重量60-70%加压钻进,防止起步井斜;直井段应控制好井眼轨迹走向,加强井眼轨迹监测,必须测得可靠的井斜方位数据,测量间距不大于30m,应加密测斜,减小井眼相碰风险;采用随钻测斜接头或单/多点吊测,测读数据时,应认真查看各项磁场参数是否正常,可根据测斜仪器的磁干扰幅度变化情况辅助判断与邻井的距离;磁干扰严重的井段应改用陀螺仪重新测斜;直井段采用设计为“钟摆”钻具组合将井斜严格控制在 $1^{\circ}$ 以内;同时直井段钻进时应坚持划眼,以利于修整井壁和满足带砂保证井下安全;钻进中应加强井眼轨迹防碰扫描和200m未钻井段的防碰预测,采用三维最近空间距离扫描法扫描最近空间距离;当中心距为4-5m或分离系数为2-2.5时,扫描间距应小于5m;当中心距小于4m或分离系数小于2时,应进行防碰绕障作业;防碰作业全程采用MWD随钻监测,采用稳斜导向钻具组合,并应用预放大技术在出套管200-300m可预先向背离邻井方向挑井斜 $2-3^{\circ}$ ,以增加表层井眼间距,降低井眼相碰风险,并及时作同平台井防碰图;钻进采用牙轮钻头,每钻进10m必须测取井斜及方位,及时按最佳防碰轨迹要求调整工具面,做到井眼轨迹平滑;应坚持钻井液出口安放1-2块磁铁,并每3-5min观察一次,观察磁铁表面是否有铁屑;防碰绕障阶段每1m取一次砂样;钻至各次中完井深及造斜点井深后大排量循环冲洗井底,按定向钻井要求调整钻井液性能,起钻前必须用多点测斜仪测得相应井段井斜数据;同一平台相邻井的造斜点深度应相差不小于50m,相邻两井表层套管下深应错开20m以上,以减少磁干扰。

## 一种页岩气水平丛式井组井眼轨迹与钻井方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种页岩气水平丛式井组井眼轨迹与钻井方法,属于钻井技术领域。

### 背景技术

[0002] 页岩气开发从美国起步,在2002年以前,美国页岩气的开发主要采用直井和水力压裂技术。2002年,美国在开发Barnet页岩时开始试验应用水平井钻井和水平井水力压裂技术。以一口穿透储层30.48m的直井为例,与储层接触面积为20.62m<sup>2</sup>;同样直径的一口609.6m长水平井,与储层接触面积为直井的20倍;一口穿透储层30.48m的直井,同时经过一条45.72m长的裂缝,与储层接触面积为直井的270倍,为水平井的13.5倍;一口609.6m长水平井,同时经过10条22.86m长的裂缝,与储层接触面积为普通直井的1013倍,为普通水平井的50倍。由此可见,水平井钻井技术实现了储层的最大化开发,增加了可动用储量,增加了单井产量,且不明显增加开发成本。2003年-2007年,Barnet页岩水平井累计达到4960口,占Barnet页岩生产井总数的50%以上。2007年完钻2219口水平井,占该年页岩气完井总数的94%。2009年Barnet页岩气井钻井数量为13740口,水平井超过95%。

[0003] 随后为进一步降低开发成本,减少环境和生态影响,提高资源及设备利用率,将水平丛式井组理念引入页岩气开发。美国Marcellus页岩气区自2007年采用水平丛式井组技术后,垂深2500m、水平段长1300m的水平井钻井周期仅为27天,2011年该气区超过78%的井采用“井工厂”开发模式。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种页岩气水平丛式井组井眼轨迹与钻井方法,以便更好地改善页岩气钻井效果,方便缩小钻井周期,提高钻井效率。

[0005] 为了实现上述目的,本发明的技术方案如下。

[0006] 一种页岩气水平丛式井组井眼轨迹与钻井方法,按4口或6口井双排布置,井口间距5m,排间距30m;页岩气丛式井平台为三维水平井,按每个钻井平台单边3口井,其中外围两口井横向位移达到400m-500m,总体上采用“直-增-稳-扭-增”模式中靶,全程随钻监测,视情况在表层进行防碰定向;扭方位作业设计在井斜50°之前完成;采用“稳斜探顶、复合入窗”的轨迹控制方式;水平丛式井组对轨迹基本要求为垂直靶前距200-300m,水平巷道间距200-400m,水平段长1200-1600m,A-B点方位0°;按照地质靶区的要求,采用一定的微勾型井眼来减小中靶难度;井眼轨迹采用低井斜角25°-35°进行扭方位较为合适;水平井延伸方向应与地层倾向尽量一致,因此两排水平井的水平段井斜角略有不同,一组为上倾井,井斜角>90°,一组为下倾井,井斜角<90°;页岩气平台丛式水平井组井口间距一般为5m;开钻前充分了解本井组邻井的井眼轨迹数据,判别出该井哪些井段可能存在防碰问题,并对重点井段进行仔细分析;开钻前必须对设备进行全面检查,天车、转盘,井口三者的中心线在一条铅垂线上,偏差不大于10mm;在井深0-50m内每钻进0.5m校正方钻杆垂直度,保证方钻杆中心对准转盘中心,禁止随意加钻压,钻铤未加完前井内钻铤不能满足设计钻压要求时应

按井内钻铤重量60-70%加压钻进,防止起步井斜;直井段应控制好井眼轨迹走向,加强井眼轨迹监测,必须测得可靠的井斜方位数据,测量间距不大于30m,必要时应加密测斜,减小井眼相碰风险;采用随钻测斜接头或单/多点吊测,测读数据时,应认真查看各项磁场参数是否正常,可根据测斜仪器的磁干扰幅度变化情况辅助判断与邻井的距离;磁干扰严重的井段应改用陀螺仪重新测斜;直井段采用设计为“钟摆”钻具组合将井斜严格控制在 $1^{\circ}$ 以内;同时直井段钻进时应坚持划眼,以利于修整井壁和满足带砂保证井下安全;钻进中应加强井眼轨迹防碰扫描和200m未钻井段的防碰预测,采用三维最近空间距离扫描法扫描最近空间距离;当中心距为4-5m或分离系数为2-2.5时,扫描间距应小于5m;当中心距小于4m或分离系数小于2时,应进行防碰绕障作业;防碰作业全程采用MWD随钻监测,采用稳斜导向钻具组合,并应用“预放大”技术在出套管200-300m可预先向背离邻井方向挑井斜 $2-3^{\circ}$ ,以增加表层井眼间距,降低井眼相碰风险,并及时作同平台井防碰图;钻进采用牙轮钻头,每钻进10m必须测取井斜及方位,及时按最佳防碰轨迹要求调整工具面,做到井眼轨迹平滑。应坚持钻井液出口安放1-2块磁铁,并每3-5min观察一次,观察磁铁表面是否有铁屑;防碰绕障阶段每1m取一次砂样;钻至各次中完井深及造斜点井深后大排量循环冲洗井底,按定向钻井要求调整钻井液性能,起钻前必须用多点测斜仪测得相应井段井斜数据;同一平台相邻井的造斜点深度应相差不小于50m,相邻两井表层套管下深应错开20m以上,以减少磁干扰。

[0007] 该发明的有益效果在于:本发明能更好地改善页岩气钻井效果,方便缩小钻井周期,提高钻井效率。

### 具体实施方式

[0008] 下面结合实施例对本发明的具体实施方式进行描述,以便更好的理解本发明。

#### [0009] 实施例

[0010] 我国在川渝地区开发页岩气,为达到经济开发页岩气藏的目的,也借鉴美国模式采用在单个井场开展丛式井组钻井,依靠在一个井场多钻井来降低综合成本,同时优化地面井网布置以实现储层最大化开发。丛式井组地面井位布置基本原则要利于地面工程建设、利于钻机搬迁拖动、减少井眼相碰风险、利于储层最大化开发、满足工程施工能力等。川渝地区主要以丘陵、山区条件为主,周围民房、人口、农田众多,交通不便,井场规模受限,丛式井组选址、环境保护等工作有一定困难,同时为缩短投产周期,目前丛式井组基本按4口或6口井双排布置,井口间距5m,排间距30m。

[0011] 页岩气丛式井平台为典型的三维水平井,按每个钻井平台单边3口井,其中外围两口井横向位移达到400m-500m,这是影响轨迹设计和工程难度的重要因素,总体上采用“直-增-稳-扭-增”模式中靶,全程随钻监测,视情况在表层进行防碰定向;扭方位作业设计在井斜 $50^{\circ}$ 之前完成,从而减小工程难度并利于延伸水平段钻进;采用“稳斜探顶、复合入窗”的轨迹控制方式。

[0012] 水平丛式井组对轨迹基本要求为垂直靶前距200-300m,水平巷道间距200-400m,水平段长1200-1600m,A-B点方位 $0^{\circ}$ 。按照地质靶区的要求,需要采用一定的微勾型井眼来减小中靶难度。以某区块为例,不同井斜角扭方位的井眼轨迹方案见表1所示,在相同作业能力下,扭方位的井斜角越小,造斜点越浅、扭方位井段越短、下部井眼增斜率越小;而扭方

位的井斜角越大,造斜点越深、扭方位井段越长、下部井眼增斜率越大。

[0013] 表1某区块井眼轨迹剖面参数对比

[0014]

方案	311.2mm 井眼	215.9mm 井眼
----	------------	------------

[0015]

	造斜点 m	定向方位 (°)	增斜率 (°/30m)	扭方位 角度 (°)	扭方位 狗腿度 (°/30m)	扭方位 井段长度 m	固井深度 m	固井 井斜角 (°)	增斜率 (°/30m)	完钻深度 m
方案一	1310	117.57	4.41	25.00	3.79	360	2685	54.04	5.30	4388
方案二	1530	118.35	4.46	31.25	3.92	430	2720	54.15	6.23	4393
方案三	1805	117.50	4.87	43.00	3.70	650	2792	54.60	10.15	4397

[0016] 因此,综合考虑井眼轨迹应采用低井斜角 $25^{\circ}$ - $35^{\circ}$ 进行扭方位较为合适。设计井眼轨迹方案见表2,实施过程中应根据具体情况进一步优化方案。

[0017] 表2某区块井眼轨迹剖面设计参数表

[0018]

描述	斜深 m	井斜 (°)	网格方位 (°)	垂深 m	狗腿度 (°/30m)	闭合距 m	闭合 方位 (°)	监测方式
直井段	1530	0.00	108.35	1530	0.00	0.00	0.00	多点/MWD
定向增斜段	1740	31.25	108.35	1730	4.46	55.86	108.35	MWD
螺杆稳斜段	2130	31.25	108.35	2063	0.00	258.18	108.35	MWD
定向扭方位	2560	31.25	0.00	2431	3.92	401.16	85.63	MWD/LWD
定向增斜段	2720	54.15	0.00	2548	4.29	423.24	70.92	LWD
定向增斜段(A点)	2893	90.00	0.00	2600	6.23	500.00	53.13	LWD
水平段(B点)	4393	90.00	0.00	2600	0.00	1844.00	12.53	LWD

[0019] 部分页岩气区块的储层受构造作用,地层具有一定倾角(一般为 $2^{\circ}$ - $4^{\circ}$ )。根据地应力研究结果,为保证后期压裂效果,水平井延伸方向应与地层倾向尽量一致,因此两排水平井的水平段井斜角略有不同,一组为上倾井(井斜角 $>90^{\circ}$ ),一组为下倾井(井斜角 $<90^{\circ}$ )。

[0020] 页岩气平台丛式水平井组井口间距一般为5m,井口间距小,防碰要求高,防碰工作从直井段开钻就要开展。开钻前应充分了解本井组邻井的井眼轨迹数据,判别出该井哪些井段可能存在防碰问题,并对重点井段进行仔细分析。开钻前必须对设备进行全面检查,天车、转盘,井口三者的中心线在一条铅垂线上,偏差不大于10mm。在井深0-50m内每钻进0.5m校正方钻杆垂直度,保证方钻杆中心对准转盘中心,禁止随意加钻压,钻铤未加完前井内钻铤不能满足设计钻压要求时应按井内钻铤重量60-70%加压钻进,防止起步井斜。直井段应控制好井眼轨迹走向,加强井眼轨迹监测,必须测得可靠的井斜方位数据,测量间距不大于30m,必要时加密测斜,减小井眼相碰风险。采用随钻测斜接头或单/多点吊测,测读数据时,应认真查看各项磁场参数是否正常,可根据测斜仪器的磁干扰幅度变化情况辅助判断与邻井的距离;磁干扰严重的井段应改用陀螺仪重新测斜。直井段采用设计为“钟摆”钻具组合将井斜严格控制在 $1^{\circ}$ 以内。同时直井段钻进时应坚持划眼,以利于修整井壁和满足带砂保证井下安全。

[0021] 钻进中应加强井眼轨迹防碰扫描和200m未钻井段的防碰预测,推荐采用三维最近空间距离扫描法扫描最近空间距离。当中心距为4-5m或分离系数为2-2.5时,扫描间距应小

于5m;当中心距小于4m或分离系数小于2时,应进行防撞绕障作业。

[0022] 防撞作业可全程采用MWD随钻监测,采用稳斜导向钻具组合,并应用“预放大”技术在出套管200-300m可预先向背离邻井方向挑井斜 $2-3^{\circ}$ ,以增加表层井眼间距,降低井眼相碰风险,并及时作同平台井防撞图,见表3。

[0023] 表3某平台“预放大”防撞技术关键参数

[0024]

井号	预造斜点深/m	预造斜方位/ $^{\circ}$	造斜率 $^{\circ}/30\text{m}$	预造斜终点斜深/m
H3-1	30	110	2.2	120
H3-2	40	130	2.6	170
H2-3	30	347	2.7	100
H2-2	30	25	3.0	70

[0025] 钻进建议采用牙轮钻头,每钻进10m必须测取井斜及方位,及时按最佳防撞轨迹要求调整工具面,做到井眼轨迹平滑。应坚持钻井液出口安放1-2块磁铁,并每3-5min观察一次,观察磁铁表面是否有铁屑。防撞绕障阶段每1m取一次砂样。

[0026] 钻至各次中完井深及造斜点井深后大排量循环冲洗井底,按定向钻井要求调整钻井液性能,起钻前必须用多点测斜仪测得相应井段井斜数据。同一平台相邻井的造斜点深度应相差不小于50m,相邻两井表层套管下深应错开20m以上,以减少磁干扰。

[0027] 以上所述是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也视为本发明的保护范围。