

# 页岩气钻井情况汇报

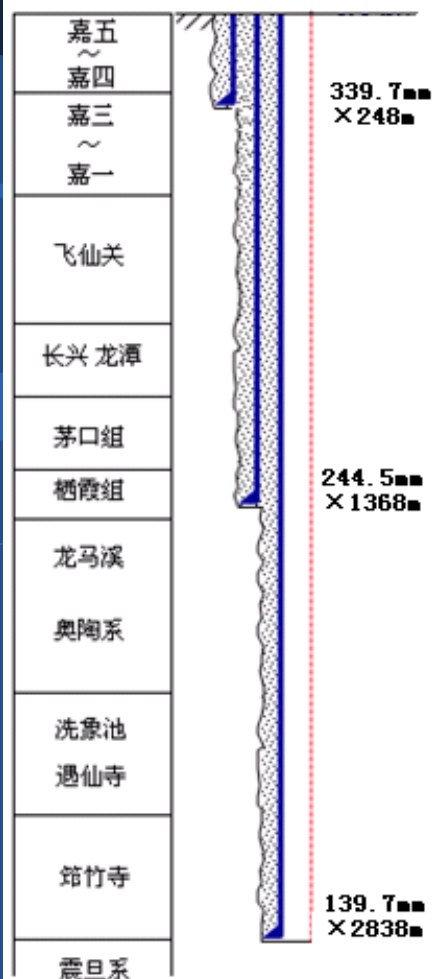
2011. 04

# 前言

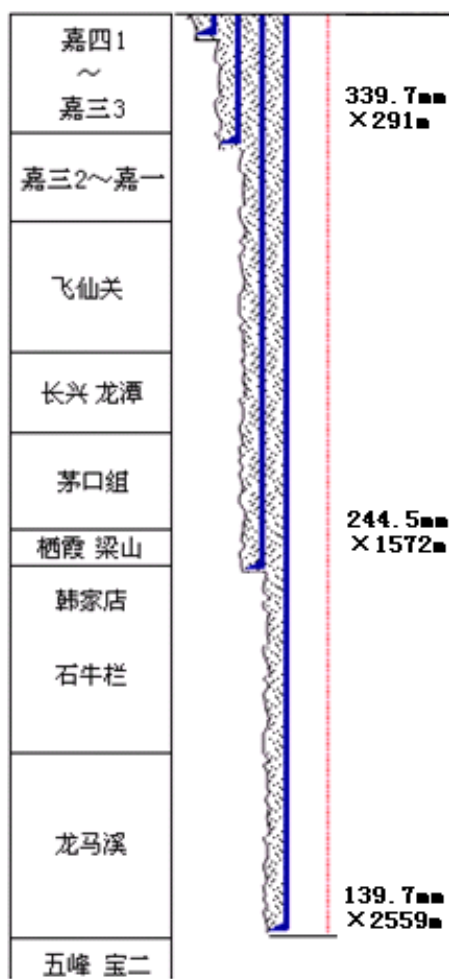
四川油气田把页岩气勘探开发作为重点工程来抓，各级领导非常重视，成立了页岩气钻完井领导小组和现场工作组。到目前为止完成**1**口水平井和**5**口直井（包括**1**口反承包井——**Yang 101**）。钻井周期由第一口井（威**201**井）的**121**天缩短到**34.39**天（威**201-H1**井），平均机械钻速由**2.23m/h**提高到**10.88m/h**。

# 直井井身结构

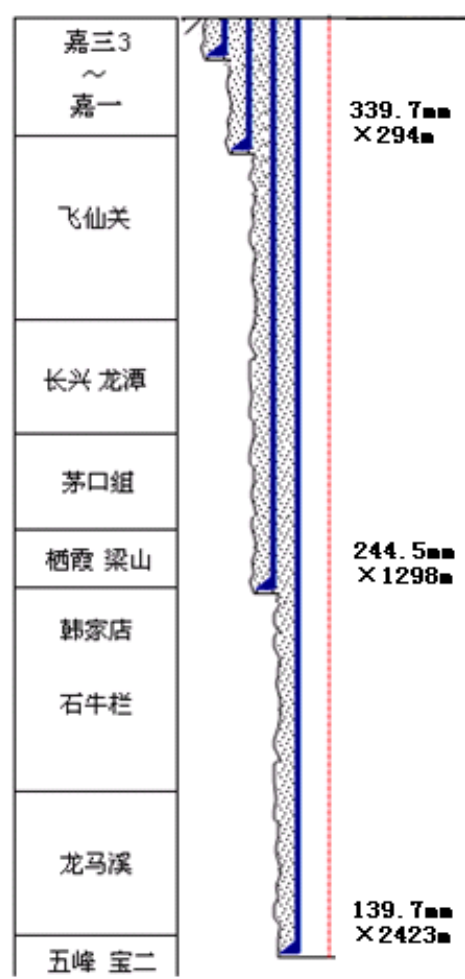
威201



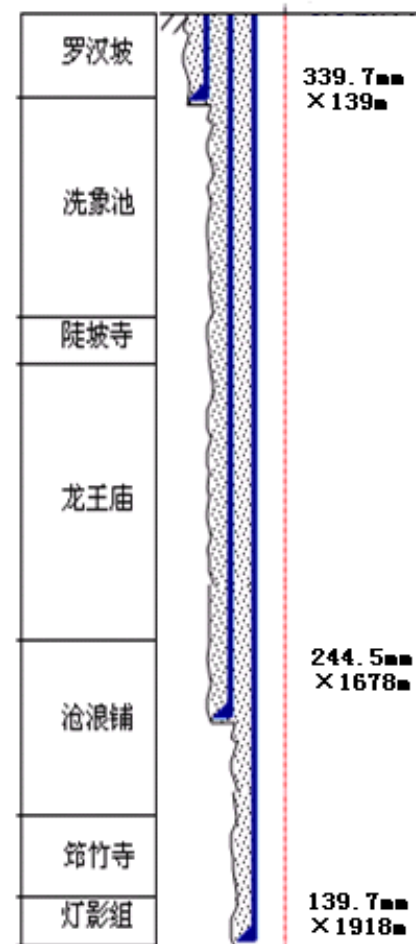
宁201



宁203



宁206



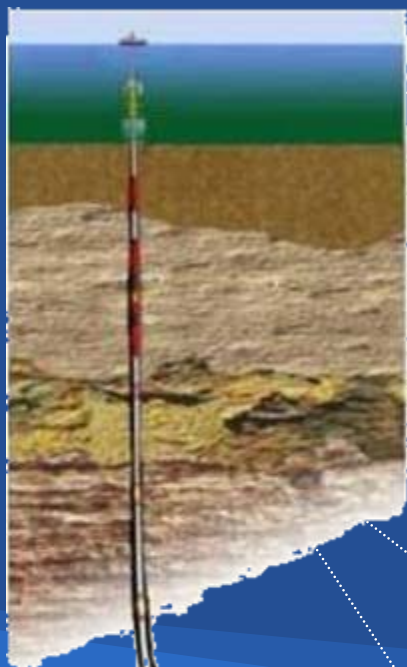
井身结构均为“三开三完”，采用无固相/聚磺钻井液体系。

## 页岩气直井基本指标

井号	井深 m	出露层	目的层	开/完钻日期	纯钻时间 %	复杂时间 %	平均钻速 m/h	钻井周期 d
威201	2840	嘉五	筇竹寺	2009.12.18 2010.04.18	44	5	2.23	121.17
宁201	2560	嘉四	龙马溪	2010.05.31 2010.08.17	39	6	2.90	78.23
宁203	2425	嘉二	龙马溪	2010.11.22 2011.01.17	33	5	5.46	56.39
宁206	1920	罗汉坡	筇竹寺	2010.10.18 2010.12.16	41	2	3.40	57.83
Yang101	3577	沙二	龙马溪	2010.12.22 2011.03.27	31	未划分	5.03	94.57

- ◆ 表层钻进井漏、等水；
- ◆ 茅口、栖霞组井漏复杂；
- ◆ 取心井段长、用时多；
- ◆ 地层可钻性差，采用牙轮钻头。

# 威201-H1井汇报内容



基本情况

主要措施

存在问题

认识及建议

下步努力方向

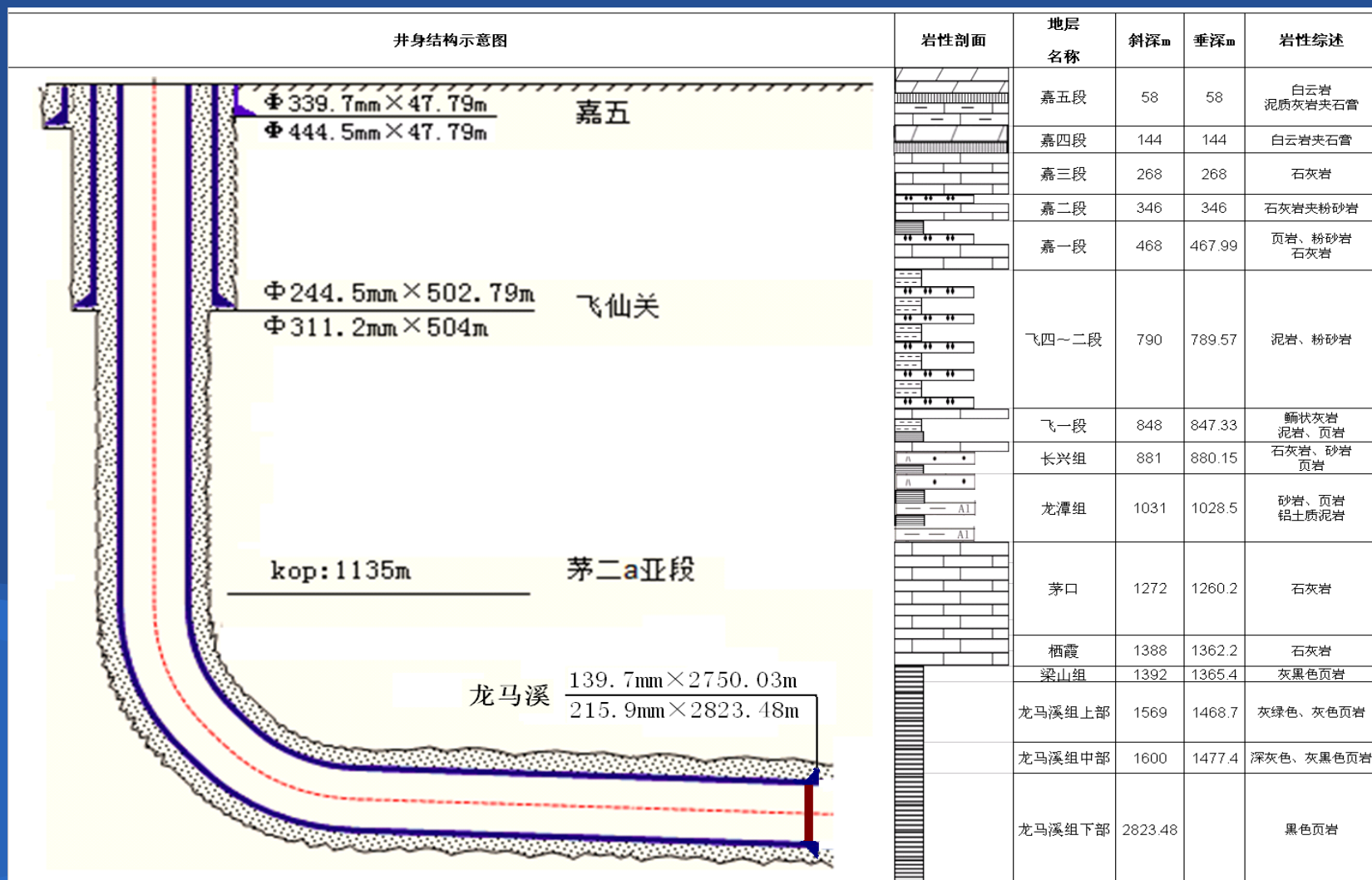
# 一、基本情况

威201-H1井2011年1月10日开钻、2月13日钻至井深2823.48m，水平段长1079.48m，钻井周期34.39天，平均机械钻速10.88m/h。完井通井处理复杂37.66天，3月25日完成固井作业，完井周期74天。

- ◆ 机械钻速是同构造威201井同层段的2.63倍。
- ◆ 定向钻井周期6.7天（进尺557m，进尺和时间均占全井20%）。
- ◆ 215.9mm井段全过程使用PDC钻头，实现PDC钻头在该地区的突破。
- ◆ 运用LWD跟踪储层钻进，储层钻遇率100%。

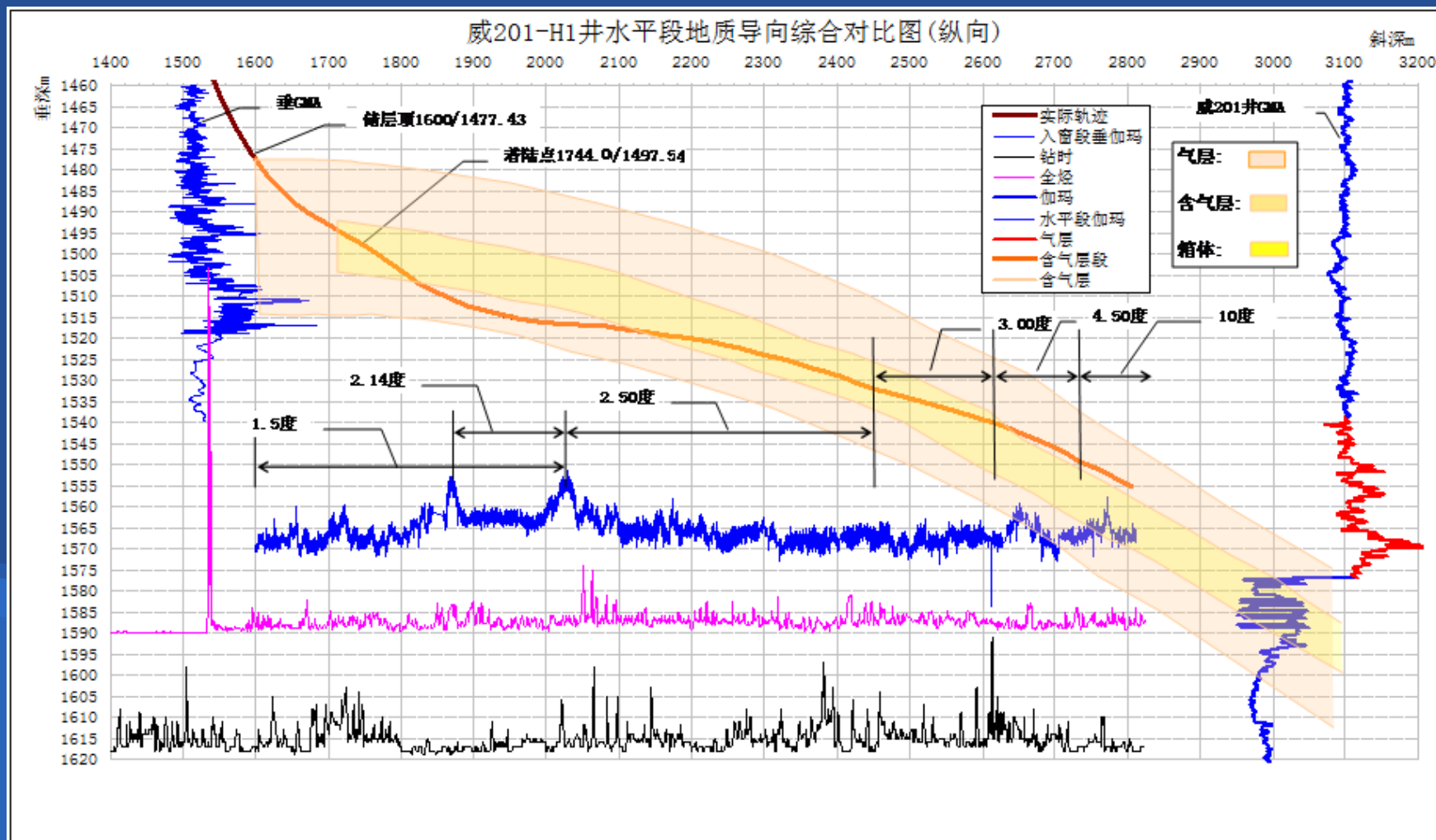
# 一、基本情况

## 1、地质分层及井身结构



# 一、基本情况

## 2、钻遇储层情况



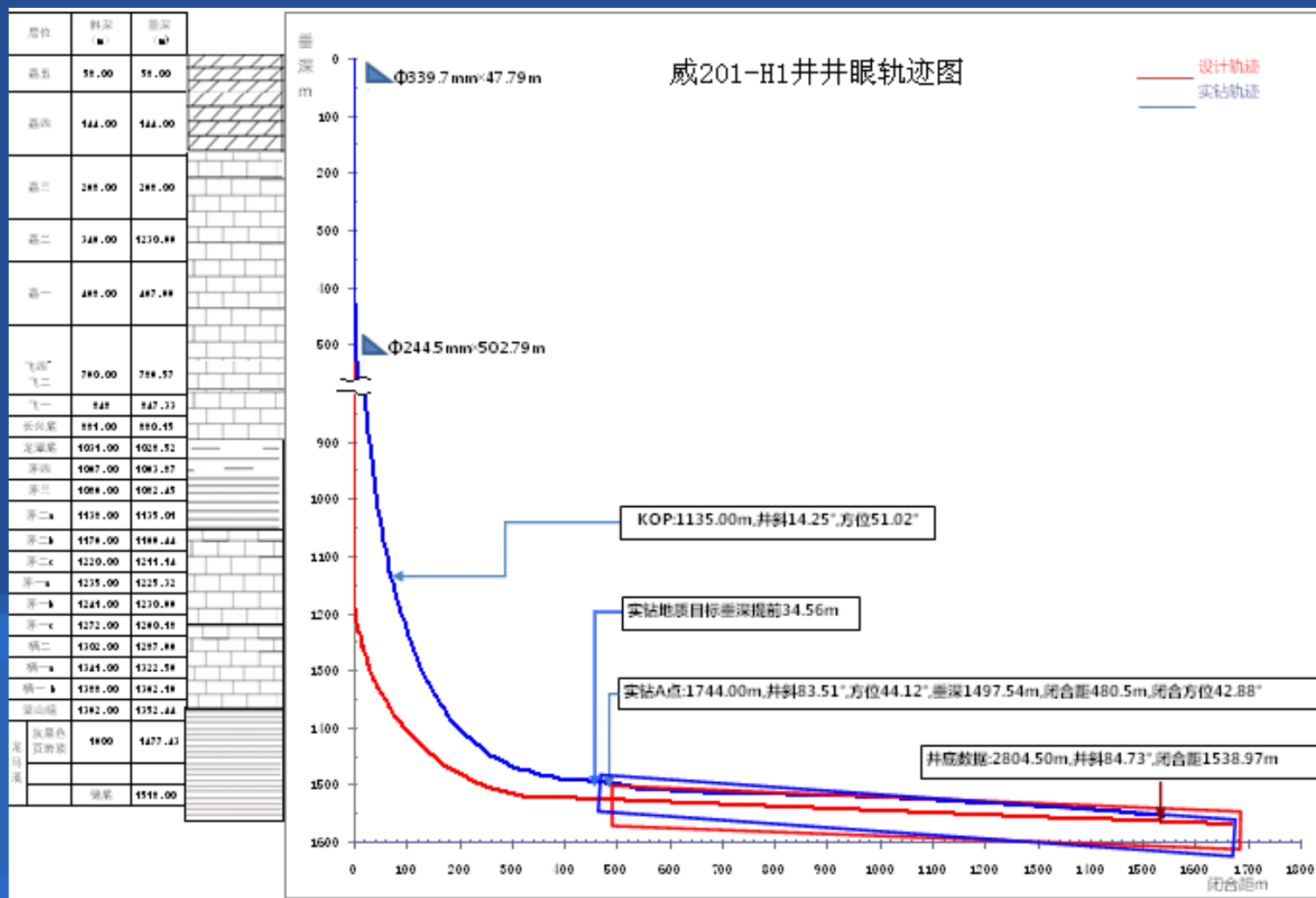
# 一、基本情况

## 3、分段钻井液

井眼 (mm)		井段 (m)	层位	体系	密度 (g/cm³)	备注
444.5	直井段	0~ 47.79	嘉五	坂土浆	1.05	
311.1	直井段	~ 193.20	~嘉三	空气		出水120m³/h
		~ 504.00	~飞四	无固相	1.02	
215.9	直井段	~ 532.01	飞四~二	空气		出水60m³/h
		~ 850.00	~飞底	无固相	1.03	
		~ 892.00	长兴	油基	0.94	
		~1017.00	龙潭		1.10	龙潭泥页岩垮塌
	取心	~1026.00			1.20	
	直井段	~1135.00	龙潭~茅二		1.20	
	造斜段	~1692.00	~龙马溪		1.20~1.22	
	水平段	~1856.00	龙马溪		1.28~1.30	龙马溪页岩垮塌
		~1987.00			1. 32~1.40	预防龙马溪底部垮塌
		~2396.16			1.40~1.45	发现中颗粒黑色页岩
		~2611.50			1.45~1.50	举砂发现龙马溪底部大块页岩
		~2823.48			1.53~1.62	短起阻卡严重，上提密度至1.85
				2.10~2.35	清理垮塌物	

# 一、基本情况

## 4、井眼轨迹

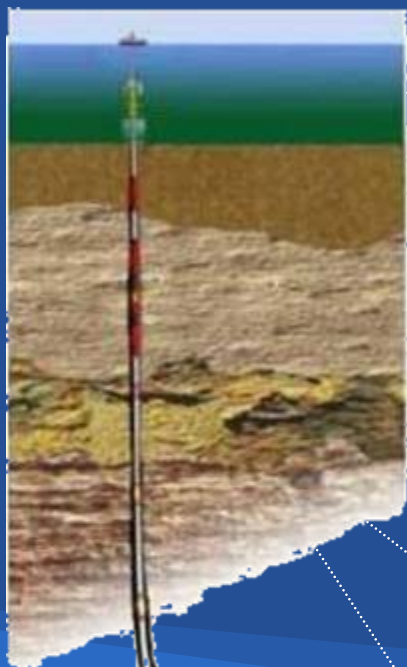


# 一、基本情况

## 5、分段时效

开次	钻头尺寸 (mm)	项目	井段 (m)	段长 (m)	纯钻 (h)	复杂 (h)	平均钻速 (m/h)	用时 (d)	累计 (d)
一开	444.5	钻进	0~47.79	47.79	5		9.56	0.21	0.21
		中完、固井						0.88	1.09
二开	311.2	钻进	~504	456.21	30.91		14.76	0.72	1.81
		中完、固井				46.67		6.51	8.32
三开	215.9	直井段钻进	~1135	631	41.07		15.36	4.64	12.96
		定向增斜钻进	~1692	557	63	6.83	8.84	6.7	19.66
		水平段钻进	~2823.48	1131.48	119.42	212	9.47	14.73	34.39
		完井复杂处理				903.84		37.66	72.05
		下套管、固井						2.24	74.29

# 威201-H1井汇报内容



基本情况

主要措施

存在问题

认识及建议

下步努力方向

## 二、主要措施

### 1、采用无固相+间断充气钻井，解决上部地层井漏问题

#### ◆ 表层 $\Phi 311.2\text{mm}$ 井眼

空气钻进至193.20m，由于地层出水（ $120\text{m}^3/\text{h}$ ），改用无固相+间断充气钻进，钻至504m下入 $\Phi 244.5\text{mm}$ 套管。克服了威远地区普遍存在的表层钻进井漏、等水问题。威201井表层H250m用时14天，本井表层H504m用时8.31天。

#### ◆ 二开 $\Phi 215.9\text{mm}$ 井眼

空气钻进至532m地层出水（ $60\text{m}^3/\text{h}$ ），转化为聚合物无固相钻井液钻至飞仙关底部（H850m）。504~850m井段平均机械钻速 $20.76\text{m/h}$ ，是邻井威201井同井段的2.53倍。

## 二、主要措施

### 2、首次成功使用个性化PDC钻头，机械钻速获得重大突破

对PDC钻头进行个性化设计，实现二开全过程PDC钻头钻进。

- ◆ 二开直井段504~1135m，使用一只国产PDC钻头穿越茅口、栖霞含黄铁矿、燧石地层，平均机械钻速**15.74m/h**，是牙轮钻头的**7**倍。
- ◆ 定向及水平段用一只进口PDC钻头，完成进尺**1688.48m**，平均机械钻速**9.26m/h**。



HCD506ZX



## 二、主要措施

威201-H1井钻头使用表（平均机械钻速10.88m/h）

序号	钻头型号	尺寸 mm	类型	厂家	进尺 m	纯钻 时间 h	机械 钻速 m/h	分段 钻速 m/h	备注
1	MP2G	444.5	牙轮	川石	47.79	5.00	9.56	9.56	1.01
2	KQC280	313	空气锤	北石	133.20	8.00	14.80	14.76	空气
3	ST517G	311.2	牙轮	川石	323.01	22.92	14.74		无固相+充气
4	CK505	215.9	PDC	川克	487.99	19.25	25.35	15.36	无固相
					109.00	18.67	5.84		油基钻井液
5	HCD506ZX	215.9	PDC	哈里 百顿	557.00	63.00	8.84	8.84	造斜段
					1131.48	119.42	9.47	9.47	水平段

## 二、主要措施

Yang 101井钻头使用表 ( 平均机械钻速5.03m/h )

序号	型号	尺寸	类型	厂家	进尺m	纯钻	机械钻速 m/h	分段钻速 m/h
1	SKG115GC	660.4	牙轮	江汉	30.2	9:20	3.24	3.24
2	TM1963SS	406.4	PDC	百施特	536.8	84:10:00	6.38	6.38
3	Q505X	311.2	PDC	贝克休斯	91.82	14:00	6.56	5.13
4	Q506X	311.2	PDC	贝克休斯	199.04	49:10:00	4.05	
5	GF20BVCPS	311.2	牙轮	史密斯	81.23	29:45:00	2.73	
6	GFi35YBDVCPS	311.2	牙轮	史密斯	0.95	0:40	1.42	
7	FX75R	311.2	PDC	哈里伯顿	239.87	60:10:00	3.99	
8	MSi716LEBPX	311.2	PDC	史密斯	1000.09	117:45:00	8.52	
9	JE1614	311.2	PDC	史密斯	77.28	37:50:00	2.04	
5A	GF20BVCPS	311.2	牙轮	史密斯	53.32	44:10:00	1.21	
10	MSi716LEBPX	311.2	PDC	史密斯	258.8	37:00:00	6.99	
11	MSi716Lwbpx	215.9	PDC	史密斯	509.08	25:30:00	19.96	5.86
12	MSi716Lwbpx	215.9	PDC	史密斯	187.56	43:45:00	4.29	
13	CK506	215.9	PDC	川克	244.22	91:15:00	2.68	

## 二、主要措施

### 3、完善页岩气水平井油基钻井液技术

#### ◆ 强化防塌

保持良好的失水造壁性，失水小于1ml；应用软化点与地温相匹配的天然沥青，加强对岩石微裂缝封堵；控制钻井液水相活度在0.82~0.83范围（页岩0.84），实现钻井液与页岩地层离子平衡；适时调整钻井液密度。

#### ◆ 优控流变性

针对油基钻井液流变性热敏性强（温度上升粘度下降）的特性，调整高温低剪切速率粘度和动塑比，70℃温度下 $\Phi 6/\Phi 3$ 粘度由4/2 Pa $\nearrow$ 10/8 Pa，动塑比由0.21 $\nearrow$ 0.36~0.53，提高了大斜度水平井段钻井液的携砂能力。

#### ◆ 高密度油基钻井液

密度2.35g/cm<sup>3</sup>井浆流变性和触变性良好（粘度71s，初切/终切5.5/7.5Pa），举砂重浆达到2.60g/cm<sup>3</sup>，为复杂井段充分清洁垮塌物和清除岩屑床提供了保障。

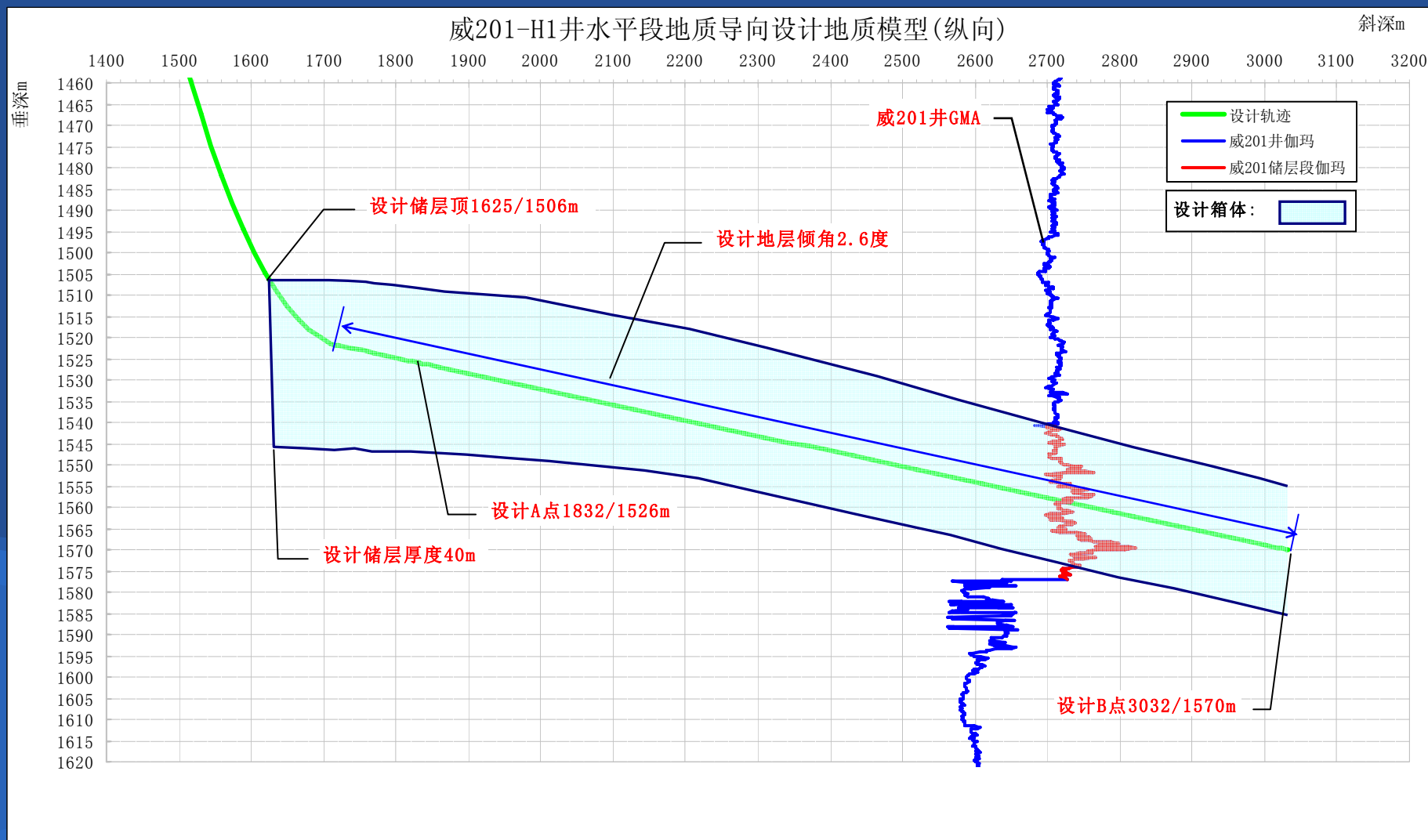
## 二、主要措施

### 4、轨迹控制技术

- ◆ **优化井身剖面。**采用长半径剖面，靶前距控制在500m左右，复合钻井段达到70%，为PDC钻头使用和提速创造条件。同时，井眼轨迹平滑，利于减少页岩地层复杂情况。
- ◆ **优化入窗轨迹。**采用“稳斜探顶、复合入窗”的轨迹控制方式，以井斜85°左右复合钻进探储层，增强了应对储层变化进行垂深调整的主动性。本井在储层提前34.56m的情况下，实现了一次入靶。
- ◆ **优化钻具组合。**用加重钻杆替代钻铤，减少了井下摩阻，降低了钻铤失效风险，提高了钻井效率。
- ◆ **加强地质导向。**建立工程与地质相结合的导向模式，采用MWD+伽玛随钻仪器，准确跟踪储层，储层钻遇率达到100%。

## 二、主要措施

### 定向作业前建立的地质导向模型



## 二、主要措施

### 5、优化钻井参数

- ◆ 飞仙关“无固相+PDC”钻进井段，采用“大排量、高转速”，排量40 l/s、110r/min，实现了快速钻井，又保证了井眼清洁。
- ◆ 龙潭、茅口含燧石黄铁矿井段，采用“低转速、大排量”，转速70r/min，成功穿越了含燧石、黄铁矿地层，避免了钻头先期损坏，提高了钻头使用效率。

### 6、井下复杂处理

#### (1) 钻进过程

斜井段和水平段钻进中，每80~100m正、倒划眼短程起下钻一次，每300~400m正、倒划眼长程短起下一次。

每钻进50~60m重浆举砂一次，短起下中坚持分段重浆举砂清洁井眼。

## 二、主要措施

### 6、井下复杂处理

#### (2) 完井通井

为治理龙马溪地层严重垮塌，解决上部低压与下部高密度的矛盾，采取了“先治漏、后治塌”的措施。

**承压堵漏**——为降低泥浆成本，采用水基钻井液+HHH等方法进行承压堵漏，使井筒承压能力达到 $2.40\text{g/cm}^3$ 当量密度。共进行7次堵漏，消耗钻井液约 $250\text{m}^3$ ，耗时14天。

**井塌治理**——以页岩岩石密度为依据、以岩石力学平衡为主、钻井液化学防塌为辅，采用密度 $2.30\sim 2.35\text{g/cm}^3$ 钻井液，解决了前期严重垮塌问题。并针对 $1400\sim 1500\text{m}$ 、 $2130\sim 2170\text{m}$ 等严重垮塌和大肚子井段携砂困难问题，采取反复重浆举砂(密度 $2.50\sim 2.60\text{g/cm}^3$ )、短起下、划眼等措施。耗时23天。

## 二、主要措施

### 7、加强现场组织，确保成功作业

**成立现场工作组**——由工程技术处、川东钻探公司、钻采院、地研院等单位领导和技术人员组成，现场制定技术措施，组织指挥施工。

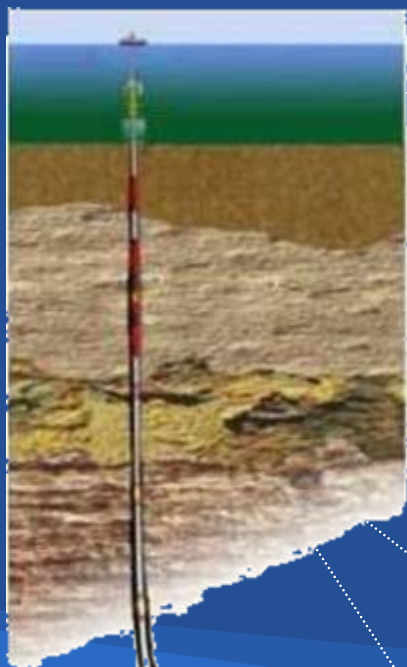
**建立甲乙双方协作机制**——联合制定技术方案，针对作业中出现的问题，多次召开专题会，研究调整技术措施。

**多专业协同配合**——钻井、泥浆、定向井、地质等专业密切配合，及时分析和判断井下状况，联动实施现场作业。

**公司领导高度重视，时时关注施工情况，并多次亲临现场，调研指导工作。**



# 威201-H1井汇报内容



基本情况

主要措施

存在问题

认识及建议

下步努力方向

# 三、存在问题

## 1、井漏

### ◆ 区域情况

嘉二(550m)以上地层无固相钻进普遍存在有进无出漏失，气体钻进地层出水。

龙潭～栖霞段地层承压能力低，密度 $1.20\text{g/cm}^3$ 左右钻井液钻进普遍发生井漏。

### ◆ 本井情况

表层气体钻进至93.2m地层出水，用无固相钻进井漏失返，充气钻进至固井深度。

栖霞组(1299m)用密度 $1.22\text{g/cm}^3$ 钻井液钻进发生井漏。

后期井塌治理中，多次出现环空蹩压而导致井漏，损失大量钻井液。

# 三、存在问题

## 2、垮塌

- ◆ 龙潭用 $0.94\text{g/cm}^3$ 油基钻井液钻进至925m发现垮塌，上提密度至 $1.20\text{g/cm}^3$ 。
- ◆ 龙马溪钻进过程中分井段逐渐提高钻井液密度，于井深1856m/ $1.30\text{g/cm}^3$ ，2396m/ $1.45\text{g/cm}^3$ ，2823.48m/ $1.62\text{g/cm}^3$ ，井壁稳定性差，垮塌较为严重，在短起下、重浆举砂情况下发生卡钻（井深2781.39m，密度 $1.62\text{g/cm}^3$ ）。

简化钻具结构划眼下钻至2762m遇阻严重，上提密度至 $1.85\text{g/cm}^3$ ，下钻划眼至2766m未能通过，倒划分段起钻至2184.86m再次发生卡钻。

- ◆ 在1400~1692m、1856~2200m、2750~2823.48m井段垮塌尤为严重。全井累计重浆举砂140次（龙马溪128次），举出垮塌物约 $35\text{m}^3$ 。

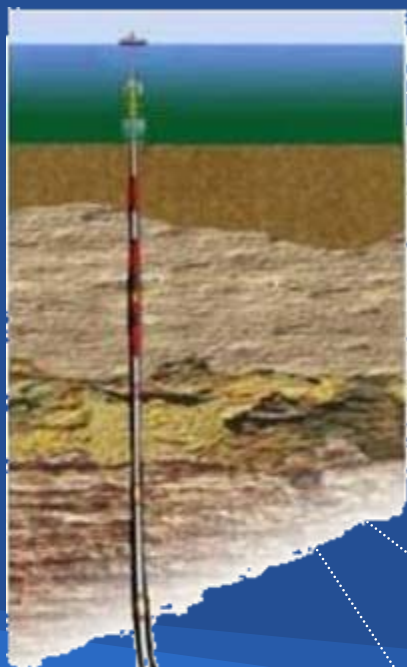


铝土质泥岩垮塌物



页岩垮塌物

# 威201-H1井汇报内容



基本情况

主要措施

存在问题

认识及建议

下步努力方向

# 四、认识及建议

## 1、对页岩特性的认识

从本井看，水平井页岩的防塌，基础是钻井液的化学抑制，关键是岩石应力平衡，选择合理的钻井液密度。

通过与贝克等国外公司技术交流，了解到国外页岩气水平井因构造应力不同，使用的钻井液密度差异较大，最高达到 $1.80\text{g/cm}^3$ 以上，在开发初期也发生了严重的垮塌、遇阻、卡钻、填井侧钻等复杂情况。而本井龙马溪页岩垮塌物呈层状、块体，岩石应力各向异性，层理发育，须提高钻井液密度以平衡地层应力。

**因此，结合本井实钻情况，威远地区龙马溪组水平井钻井液密度宜控在 $1.80 \sim 1.85 \text{ g/cm}^3$ 。**

# 四、认识及建议

## 2、对井身结构的认识

由于本构造存在同一裸眼段上部低压与下部高密度的矛盾，目前井身结构难以满足安全快速钻进要求。

- ◆ 龙马溪以上地层承压能力低，若为满足同裸眼段下部高密度钻进，需要进行承压堵漏，耗时长、损耗大。
- ◆ 龙马溪页岩地层，特别是水平段垮塌严重，为维持井壁稳定，需使用较高密度钻井液钻进。

**建议：339.7mm表层套管：300～500m，封隔上部疏松地层和漏层；**

**244.5mm技术套管：下至龙马溪储层顶部，封隔龙潭垮塌层和二叠系低压层；**

**139.7mm油层套管：下至井底。**

# 四、认识及建议

## 3、对页岩气水平井钻井基础理论的认识

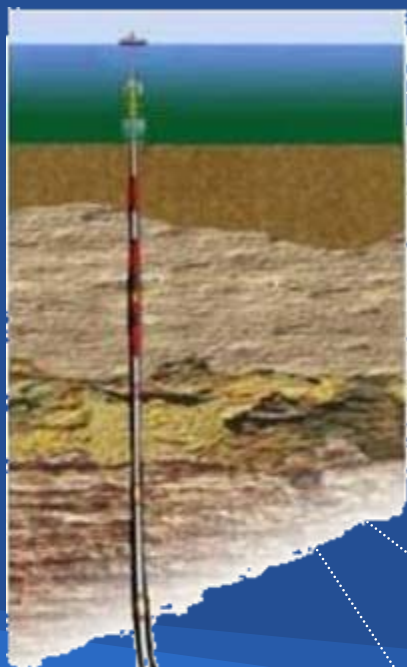
国外页岩气开发经过几十年的发展，形成了成熟的基础理论和配套的钻井技术。

国内页岩气钻井尚处于起步阶段，对页岩地层认识不足，缺乏基础理论支撑，特别对页岩岩石应力、垮塌机理认识不足。虽然甲乙双方、各级领导高度重视，但实际钻井施工还是以常规经验为主，技术准备不充分，导致本井复杂处理时间高于钻井作业时间。

**建议：加强页岩岩石力学和防塌机理的基础研究。**

**加大对国外先进技术的现场学习和交流。**

# 威201-H1井汇报内容



基本情况

主要措施

存在问题

认识及建议

下步努力方向

# 五、下步努力方向

## 钻井目标

- 1、威远地区龙马溪页岩二开水平井钻井周期30天；  
威远地区龙马溪页岩三开水平井钻井周期37天，完井周期45天；
- 2、长宁地区龙马溪页岩三开水平井钻井周期53天，完井周期60天。
- 3、威远地区筇竹寺页岩三开水平井钻井周期53天，完井周期60天。
- 4、储层钻遇率100%。

# 五、下步努力方向

## 1、完善页岩气水平井快速钻井技术

- ◆ 进一步完善推广气体/充气钻井+无固相钻井液，实现有效治漏，提高钻速。
- ◆ 进一步优化“直-增-稳-增-稳”剖面，发挥长半径水平井剖面井眼轨迹控制优势，为提高钻速创造条件。
- ◆ 试验优选与PDC 钻头使用时间相匹配的螺杆和 LWD，实现直井段、斜井段“一趟钻”、水平段“一趟钻”钻井目标。
- ◆ 优化钻具结构，用加重钻杆代替钻铤，减小井下摩阻，防止钻具事故；研发和引进井眼清洁器，采用139.7mm 钻杆和中空螺杆，增大循环排量，提高井眼清洁能力。
- ◆ 加快研发具有自主知识产权的旋转导向系统，进一步完善页岩气水平井井眼轨迹优控技术。
- ◆ 开展1500~2000m水平段钻井可行性分析和探索。

# 五、下步努力方向

## 2、进一步开展油基钻井液的研究及工艺配套

- ◆ 深入开展油基钻井液机理分析，配套完善钻井液现场工艺技术；
- ◆ 开展泥页岩膜化封堵技术研究与应用，提高钻井液防塌能力；
- ◆ 研发和引进油基钻井液流型调节剂，提高低剪切速率下的钻井液粘度，有效解决大斜度及水平段的井眼净化问题；
- ◆ 加强油基钻井液储层及环境保护研究，开展合成基钻井液的试验应用；做好钻井液回收利用，降低钻井液成本。

# 五、下步努力方向

## 3、完善页岩气水平井固井技术

为满足长水平段页岩分段压裂的技术要求

- ◆ 加强页岩水平井段不规则井眼水泥浆完全顶替技术研究，提高水平井段封固质量。包括提高套管居中度、注水泥活动套管、优化顶替浆体结构、使用旋流短节、提高顶替排量等。
- ◆ 开展油基钻井液条件下胶结界面润湿反转技术的研究和应用，使用足量活性剂冲洗液，实现两界面润湿反转，提高水泥石胶结质量。

汇报完毕，不足之处请各位领导、专家批评指正。

谢谢！