四川页岩气钻井及压裂作业边界噪声调查与分析

李 阳 陈立荣 张 晖 陈晓东 陈世荣

（中国石油川庆钻探公司安全环保质量监督检测研究院）

摘 要 简要分析了四川页岩气勘探钻井现状，监测了单、双平台钻井作业和压裂作业边界噪声。监测结果表明：压裂作业边界昼间噪声平均值高于单、双平台钻井作业平均值约 10 dB(A)，噪声测量值的最低值和最高值相应高出 4～6 dB(A)，昼间噪声超标率高于钻井作业，说明压裂作业噪声对周边的影响远超过钻井作业；相对于单平台，双平台发声设备多，造成声叠加影响严重，高发声设备在同一方位声叠加更显著。通过噪声值对比，提出页岩气勘探钻井过程可考虑选取噪声更小的气代油或电代油动力设备、建立隔音设备、根据地形与噪声传播规律调整声源设备摆放位置等降噪措施。

关键词 页岩气；钻井作业；压裂作业；边界噪声；监测

DOI：10.3969/j.issn.1005-3158.2020.04.004 **文章编号**：1005-3158(2020)04-0012-05

0 引 言

页岩气是一种重要的非常规油气资源，我国页岩气分布十分广泛，可采储量达 25 万亿 m^3[1-3]，目前已成为我国油气资源勘探开发的重点。《页岩气发展规划(2016—2020 年)》的出台，大力推动了国内页岩气勘探开发，对改善我国能源结构、保障能源安全、带动经济发展具有重要意义。页岩气勘探开发产生的噪声污染比常规钻井严重，随着公众对环境质量的要求和关注度的提高，因噪声污染引起的投诉及纠纷事件逐年增多[4]。作为页岩气主产区的川渝地区，地理环境和人口分布特殊，作业场所周围大多分布有农户，因钻井施工噪声引起的纠纷时有发生。特别是《中华人民共和国环境保护法》实施后，此类污染纠纷更为突出。同时长期在高强度噪声环境中进行钻井施工，可能引起作业员工听力损害或诱发其他疾病，影响员工健康。此外，噪声干扰员工语言交流、分散注意力、掩蔽安全信号，可能导致差错上升，甚至引发安全事故。为进一步加强对页岩气钻井和压裂作业噪声的治理和控制，减少或避免噪声税交纳和污染纠纷事件，了解页岩气钻井和压裂作业噪声实际排放情况十分必要。

1 页岩气勘探钻井特点

1.1 页岩气概述

页岩气是从黑色泥页岩或碳质泥岩地层中开采出来的一种高效清洁、发展潜力巨大的非常规天然气，在非常规油气资源中占据着十分重要的地位[5]。页岩气储层致密，天然气丰度及自然产能相对较低，加之其低孔隙度，特低渗透率，自生自储的特点，使得页岩气具有繁杂的储集方式和运移规律。页岩储层含气岩石的物理和化学性质相对而言较为复杂，导致开采较为困难，目前多以压裂开采为主。

1.2 四川页岩气勘探钻井施工情况

页岩气勘探开发与常规天然气钻井开发一样，需采用发电机提供电力，柴油机提供设备运行动力，加之其他大量发声设备，如泥浆泵、振动筛等的使用，造成严重的噪声污染。特别是四川长宁页岩气区域主要位于宜宾市长宁县和珙县境内，地理环境特殊，山区和丘陵多，平原少。为了确保和提高投资回报率，减少对当地宝贵土地资源的占用，加之页岩气单井产气量有限，通常在一个井场(一个平台)采用 2 台，甚至 3 台钻机同时作业，造成声叠加现象，噪声影响比常规井钻井更严重。

1.3 压裂作业

页岩气开发与常规天然气开发相比具有特殊性。由于页岩储层致密性强、基质渗透率低、出气量小，在开发过程中压裂技术及施工十分重要。单井压裂一般为 7～10 d，如果一个平台有 5 口井，则压裂周期为两个月左右，压裂周期长。同时高噪声压裂设备的使用，使得压裂作业期间的噪声污染比常规钻井更严重。

2 页岩气钻井作业边界噪声情况

2.1 监测调查基本情况

为了对比单平台、双平台钻井作业和压裂作业噪

李阳，2011 年毕业于西南科技大学环境工程专业，现在中国石油川庆钻探公司安全环保质量监督检测研究院从事油气田环境监测及相关技术工作。通信地址：四川省泸州市江阳区酒城大道 3 段领秀滨江，646000。E-mail：332743124@qq.com。

声的差异,分别选取单、双平台井各 15 口、压裂作业井 22 口进行调查。双平台为同一井场内有两个独立的钻井平台,两个平台间距离较近。压裂作业平台主要由压裂车、电动泵和混砂车组成,布置在钻井作业平台,即井场内。压裂作业时,钻机停止工作,但主要发声设备发电机处于工作状态。

监测点位根据标准设置在厂界外 1 m、高 1.5 m 处,厂界每边设置 1～3 个测点,各井场测点总数 4～16 个不等。

按照 GB 12348—2008《工业企业厂界环境噪声排放标准》、GB 12523—2011《建筑施工场界环境噪声排放标准》规定的方法和标准,对钻井及压裂作业边界噪声进行监测评定;钻井作业边界为钻井井场租征占用地的边界,评价量为等效连续 A 声级;昼间测试时段为 6 时—22 时,夜间为 22 时—次日 6 时;评价标准执行 GB 12348—2008《工业企业厂界环境噪声排放标准》2 级标准限值,即昼间 60 dB(A),夜间 50 dB(A)。

2.2 监测调查结果

2.2.1 井场构造

四川油气田近年钻井主要采用机械钻机,常用钻机类型为 40 型、50 型及 70 型。钻机配动力柴油机的主要型号为 G12V190PZLG-3,电力发电机主要使用 CAT3406T 和 Z12V190BD-2。

不同类型钻机的井场构建标准见表 1,噪声监测点位示意见图 1、图 2。

表 1　不同类型钻机的井场构建标准

钻机型号	井场长/m	井场宽/m	备注
70 型	97	42	通常用于井深大于 5 000 m 的钻井
50 型	95	40	通常用于井深 4 000～5 000 m 的钻井
40 型	90	40	通常用于井深小于 4 000 m 的钻井

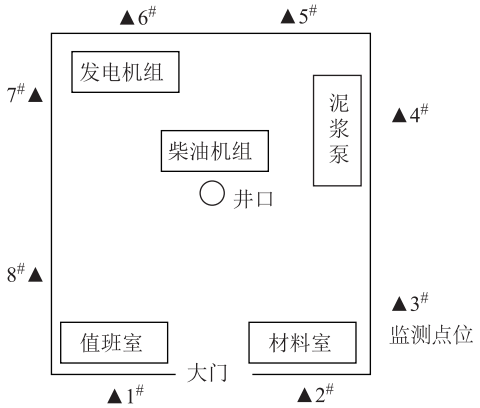


图 1　单平台钻井平台噪声监测点位示意

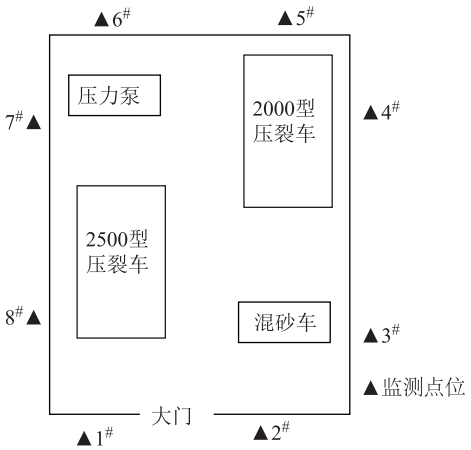


图 2　压裂作业平台噪声监测点位示意

2.2.2 声源基本情况

钻井作业噪声包括钻井动力柴油机、电力发电机、泥浆泵及其高压液体管渠汇振动、泥浆振动筛的机械振动,钻头破碎地层造成的钻杆振动,泥浆配制泵及搅拌器产生的噪声等,但主要声源为钻井动力柴油机和电力发电机。压裂作业主要声源为压裂车和电动泵。声源噪声调查情况见表 2。

表 2　声源噪声调查情况　　dB(A)

井号		N209H47 PT	N209H48 PT	N209H36A PT	N209H36B PT	W204H33 PT	W208 PT
作业类型		单平台钻井	单平台钻井	双平台钻井	双平台钻井	压裂作业	压裂作业
主要声源值	柴油机	93.2	96.2	92.1	89.5	—	—
	发电机	91.2	95.5	91.2	87.6	—	—
	泥浆泵	86.1	88.4	86.5	84.4	—	—
	振动筛	85.4	86.3	83.2	83.0	—	—
	压裂车	—	—	—	—	105.4	104.2
	电动泵	—	—	—	—	100.2	98.9

2.2.3 单平台钻井作业边界噪声情况

单平台钻井平台主要声源与普通钻井平台大致相同,主要为柴油机、发电机、泥浆泵、振动筛和其他机械设备。单平台钻井作业边界噪声情况如表 3 所示,昼

间噪声测量值为 56.7～105 dB(A)，夜间为 55.1～104.7 dB(A)；昼间噪声差值平均值为 21.4 dB(A)，夜间为 22.5 dB(A)。昼、夜噪声差值平均值均高于 20 dB(A)，说明厂界四周的噪声相差较大，主要原因是发声设备布局差异大，同时测点与主发声设备距离不同。平台昼间噪声平均值为 75.9 dB(A)，夜间为 75.4 dB(A)，昼、夜噪声平均值差值的平均值仅为 1.3 dB(A)，说明钻井作业噪声受外界影响小，主要是自身发声设备造成的。昼间噪声超标率为 96.8%，夜间为 100%，超标情况非常严重。

表 3 单平台钻井作业边界噪声情况

井号	昼间					夜间					昼、夜噪声平均值差值/dB(A)
	测点数/个	噪声区间/dB(A)	最大差值/dB(A)	平均值/dB(A)	测点超标率/%	测点数/个	噪声区间/dB(A)	最大差值/dB(A)	平均值/dB(A)	测点超标率/%	
N225 PT	8	77.2～83.4	6.2	80.7	100	8	76.3～83.4	7.1	80.4	100	0.3
N216H39 PT	8	68.2～80.2	12.0	75.4	100	8	70.8～85.0	14.2	77.5	100	2.1
N209H47 PT	8	61.1～85.3	24.2	75.5	100	8	62.3～86.5	24.2	76.7	100	1.2
N209H3 PT	8	62.4～77.8	15.4	70.8	100	8	63.6～79.0	15.4	72.0	100	1.2
N209H19 PT	8	62.8～79.6	16.8	71.0	100	8	64.0～80.8	16.8	72.1	100	1.1
N216H1 PT	8	61.6～88.2	26.6	75.7	100	8	60.4～87.0	26.6	74.5	100	1.2
N222 J	8	58.3～75.7	17.4	66.3	75	8	55.1～70.7	15.6	63.1	100	3.2
N209H49 PT	9	61.0～85.9	24.9	70.0	100	9	60.2～84.3	24.1	68.8	100	1.2
N209H48 PT	8	70.4～95.3	24.9	84.5	100	8	68.8～92.3	23.5	81.6	100	2.9
N209H47 PT	9	56.7～90.3	23.6	71.7	77.7	9	55.1～88.2	33.1	69.9	100	1.8
N216H19 PT	10	68.3～93.8	25.5	78.5	100	10	68.2～92.2	24.0	77.2	100	1.3
N209H35 PT	8	61.3～87.7	16.4	72.1	100	8	60.6～85.9	25.3	70.8	100	1.3
N209H43 PT	12	74.1～96.7	22.6	83.1	100	12	74.3～96.2	21.9	82.8	100	0.3
N216H4 PT	10	74.3～103.3	29.0	83.4	100	10	74.7～103.7	29.0	83.6	100	0.2
N216H21 PT	9	68.9～105.0	36.1	79.8	100	9	68.3～104.7	36.4	79.7	100	0.1
平均值		65.8～88.5	21.4	75.9	96.8	—	65.5～88.0	22.5	75.4	100	1.3

注：1. 噪声平均值按算术平均值计算；2. 测点超标率是指超标测点数占总测点数的比率。

2.2.4 双平台钻井作业边界噪声情况

双平台钻井平台可看作两个非常接近的单平台同时作业。双平台钻井作业边界噪声情况如表 4 所示，昼间噪声测量值为 56.7～103.8 dB(A)，夜间为 55.4～103.8 dB(A)；昼间噪声差值平均值为 30.6 dB(A)，夜间为 30.5 dB(A)，昼、夜噪声差值平均值均高于 30 dB(A)。平台昼间噪声平均值为 74.7 dB(A)，夜间为 74.1 dB(A)；昼间噪声超标率为 97.0%，夜间为 100%，超标情况非常严重。

表 4 双平台钻井作业边界噪声情况

井号	昼间					夜间					昼、夜噪声平均值差值/dB(A)
	测点数/个	噪声区间/dB(A)	最大差值/dB(A)	平均值/dB(A)	测点超标率/%	测点数/个	噪声区间/dB(A)	最大差值/dB(A)	平均值/dB(A)	测点超标率/%	
CNH28 PT	9	57.8～93.8	36.0	73.4	77.7	9	56.3～94.6	38.3	71.9	100	1.8
N216H19 PT	10	64.6～97.9	33.3	75.1	100	10	64.5～97.5	33.0	74.6	100	0.5
N209H11 PT	8	65.2～84.3	19.1	74.7	100	8	62.8～78.7	15.9	71.4	100	3.3
N209H21 PT	5	71.7～103.8	32.1	81.7	100	5	70.1～103.8	33.7	84.6	100	2.9
N209H41 PT	16	65.3～87.4	22.1	74.1	100	16	64.3～84.3	20.0	72.1	100	2.0
N209H36 PT	9	62.5～88.5	25.0	68.4	100	9	60.1～87.0	26.9	66.5	100	1.9
CNH25 PT	10	82.7～98.6	16.6	87.4	100	10	82.4～97.8	15.4	86.9	100	0.5
CNH28 PT	10	70.8～98.2	27.4	75.4	100	10	70.1～97.8	27.7	74.8	100	0.4
N209H21 PT	9	62.4～94.9	32.5	72.0	100	9	61.5～93.1	31.6	71.2	100	0.8
N209H10 PT	9	56.7～92.3	35.6	65.9	77.7	9	55.4～98.4	43.0	66.6	100	0.7
N209H13 PT	10	64.8～97.5	32.7	75.2	100	10	63.9～97.4	33.5	77.9	100	2.7

续表 4

井号	昼间					夜间					昼、夜噪声平均值差值/dB(A)
	测点数/个	噪声区间/dB(A)	最大差值/dB(A)	平均值/dB(A)	测点超标率/%	测点数/个	噪声区间/dB(A)	最大差值/dB(A)	平均值/dB(A)	测点超标率/%	
N209H22 PT	11	61.3～99.7	38.4	71.5	100	11	60.9～99.6	38.7	71.2	100	0.3
N209H25 PT	9	63.1～102.5	39.4	75.2	100	9	62.8～102.2	39.4	74.3	100	0.9
N209H37 PT	9	66.9～101.8	34.9	78.0	100	9	64.4～101.4	37	76.6	100	1.4
N216H6 PT	9	62.6～96.6	34.0	72.5	100	9	61.3～96.4	35.1	71.0	100	1.5
平均值	—	65.2～95.9	30.6	74.7	97.0	—	64.1～95.3	30.5	74.1	100	1.4

注:1.噪声平均值按算术平均值计算;2.测点超标率是指超标测点数占总测点数的比率。

2.2.5 压裂作业边界噪声情况

压裂作业主要声源为压裂车和电动泵,通常十余辆压裂车同时作业,因此,将所有压裂车作为一个整体噪声源。压裂作业边界噪声情况如表 5 所示,昼间噪声测量值为 61.8～109.3 dB(A),昼间噪声差值平均值为 27.4 dB(A),昼间噪声平均值为 85.7 dB(A),昼间噪声超标率为 100%,超标情况非常严重。由于四川地区不允许在夜间进行压裂作业,因此,没有调查夜间压裂作业边界噪声情况。

表 5　压裂作业边界噪声情况

井号	昼间				
	测点数/个	噪声区间/dB(A)	最大差值/dB(A)	平均值/dB(A)	测点超标率/%
W204H51 PT	12	61.8～101.0	39.2	80.4	100
W202H16 PT	12	79.2～105.1	25.9	93.2	100
CNH21 PT	9	77.8～108.8	23.0	83.9	100
YS138H1 PT	9	70.7～107.3	36.6	80.9	100
L204 J	11	82.1～94.5	12.4	88.4	100
W204H33 PT	9	66.3～105.8	39.5	75.6	100
W202H13 PT	12	70.6～103.7	33.1	88.1	100
W204H14 PT	11	67.8～98.2	30.4	78.6	100
W208 J	13	71.4～104.2	32.8	87.4	100
CNH25 PT	11	71.3～95.0	23.7	83.0	100
W209 PT	11	64.3～104.5	40.2	78.6	100
W202H18 PT	13	71.4～99.3	27.9	82.3	100
YS135H1 PT	11	86.3～108.3	22.0	93.9	100
W204H36 PT	10	74.5～95.0	20.5	80.2	100
N209H16A PT	13	79.5～105.2	25.7	92.4	100
W213 J	8	73.7～101.7	28.0	84.7	100
W204H12 J	13	84.5～109.3	24.8	93.3	100
N209H11A PT	11	82.2～99.7	17.5	90.8	100
Y102H4 J	11	76.6～104.6	28.0	87.2	100
W204H45 PT	12	79.7～106.6	26.9	94.5	100
W202H16 PT	10	63.8～100.8	37.0	79.8	100
N209H41B PT	8	84.8～92.0	7.2	87.8	100
平均值	—	74.5～102.3	27.4	85.7	100

注:1.噪声平均值按算术平均值计算;2.测点超标率是指超标测点数占总测点数的比率。

2.3 监测调查结果对比分析

2.3.1 单平台与双平台钻井作业边界噪声对比

从表 3、表 4 可看出,单、双平台噪声平均值大致相同,但由于噪声的叠加效应,双平台各平台最高值的平均值昼间为 95.9 dB(A),夜间为 95.3 dB(A),高于单平台的 88.5 dB(A)和 88.0 dB(A);双平台昼、夜噪声差值平均值均高于 30 dB(A),主要原因是双平台边界周围噪声波动较大,且发声设备多,造成声叠加影响严

重，高发声设备在同一方位声叠加更显著。

2.3.2 钻井作业与压裂作业边界噪声对比

从表3～表5可看出，页岩气压裂作业噪声明显高于钻井作业噪声，压裂作业噪声最大值与最小值差值的平均值高达27.4 dB(A)，远高于单平台钻井作业的差值平均值，但又略低于双平台钻井作业的差值平均值；压裂作业噪声平均值为85.7 dB(A)，最低值为61.8 dB(A)，最高值为109.3 dB(A)，均高于单平台和双平台相应的噪声值。噪声平均值高出单平台和双平台10 dB(A)左右，说明压裂作业噪声比钻井作业噪声对周边环境的影响更大。

3 结论与建议

3.1 结 论

1)页岩气单平台钻井作业边界昼间噪声测量值为56.7～105 dB(A)，夜间为55.1～104.7 dB(A)；昼间噪声平均值为75.9 dB(A)，夜间为75.4 dB(A)。双平台钻井作业边界昼间噪声测量值为56.7～103.8 dB(A)，夜间为55.4～103.8 dB(A)；昼间噪声平均值为74.7 dB(A)，夜间为74.1 dB(A)。压裂作业边界昼间噪声测量值为61.8～109.3 dB(A)，昼间噪声平均值为85.7 dB(A)。压裂作业边界昼间噪声平均值高出单平台和双平台钻井作业平均值10 dB(A)左右，噪声测量值的最低值和最高值相应高出4～6 dB(A)，说明压裂作业噪声对周边的影响远超过钻井作业。

2)按照GB 12348—2008《工业企业厂界环境噪声排放标准》2级标准限值，页岩气单平台和双平台钻井边界昼间噪声超标率达96%以上，夜间超标率为100%，压裂作业昼间超标率为100%。

3)页岩气单平台钻井四周边界噪声最低值与最高值的差值为20 dB(A)左右，但双平台钻井噪声在平均值相差不大的情况下，四周噪声最低值与最高值的差值高达30 dB(A)以上，说明双平台发声设备多，造成声叠加影响严重，高发声设备在同一方位声叠加更显著。

3.2 建 议

1)页岩气钻井作业主要声源设备未采取降噪措施时，可参考常规钻井作业实施电代油、气代油，从而杜绝钻井作业主要声源动力柴油机和电力发电机的使用，可有效降低噪声对周边环境的影响。

2)推广整体隔音棚、降噪发电房等措施降低施工作业对声环境的影响和作业边界噪声；在声敏感建筑方向设置隔音墙降低噪声对周边的影响。

3)实施双平台钻井时，在地理环境允许的情况下，应尽可能将不同平台的主要声源设备动力柴油机和电力发电机摆放在不同的方位上，以有效降低声叠加，降低边界噪声。

4)对压裂作业主要高噪声设备开展降噪措施研究与应用，降低页岩气开采噪声污染的影响。

5)页岩气井位的确定应尽可能远离村民及医院、学校等声敏感建筑，尽可能减少对周边的影响。

6)压裂作业时，应加强对现场操作人员的个人防护措施，一是配置防噪声耳塞；二是可实施轮班交接制，尽可能缩短操作人员的工作时间。

参 考 文 献

[1] 闫伦江.我国页岩气开发钻井废物污染防治技术进展[J].油气田环境保护,2018,28(4):1-3.

[2] 吴孟余.我国页岩气开发现状与展望[J].电力与能源,2014,35(4):405-407.

[3] 邹才能,赵群,董大忠,等.页岩气基本特征、主要挑战与未来前景[J].天然气地球科学,2017,28(12):1781-1796.

[4] 陈立荣,王荣华,张敏,等.四川油气田常规钻井作业边界噪声调查与分析[J].石油与天然气化工,2018,47(2):110-115.

[5] 弗兰克·斯皮尔曼.页岩气水力压裂的环境影响[M].赵章明,王展旭,梁蕊,等译.北京:石油工业出版社,2018:14-81.

(收稿日期 2019-11-30)

(编辑 郎延红)

广 告 索 引

“环境监测·环境评价”主题征文活动通知 封 二

《油气田环境保护》征订单 后插一

“石油与环保”摄影作品征集 封 三

投稿要求 封 底