

油田电动钻机配套发电机组工况分析

王衍超¹, 胡志峰¹, 胡 军², 夏登稳², 金志雄²

(1. 中国石油集团济柴动力总厂, 山东 济南 250306;
2. 中国石油西部钻探工程有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830001)

摘 要: 针对油田电动钻机工作时负荷工况复杂多变, 钻井区域环境恶劣, 对电动钻机配套动力柴油发电机组的要求较高, 通过分析电动钻机工作时的负荷变化情况以及现场操作使用数据, 确认新型柴油发电机组满足电动钻机的工况需求。实际应用数据可为电动钻机配套柴油发电机组的设计以及柴油机共轨系统的标定提供依据; 也可供相关设备厂家借鉴。

关键词: 电动钻机; 柴油发电机组; 功率谱; 油田

中图分类号: TE924 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4357(2017)06-0034-03

Analysis of Working Conditions of Gensets for Electric Drills Used in Oilfield

Wang Yanchao¹, Hu Zhifeng¹, Hu Jun², Xia Dengwen², Jin Zhixiong²

(1. CNPC Jichai Power Equipment Company, Shandong Jinan 250306;
2. CNPC Xibu Drilling Engineering Co., Ltd., Xinjiang Urumchi 830001)

Abstract: Oilfield electric drills are working under complicated and changeable loads, and the environment of drilling region is bad, thus they always have higher requirements on the diesel gensets which supply power for the electric drills. Through analysis of the drilling load changes and site operation data, the new type of diesel gensets were verified to satisfy the working condition of electric drills. The application data provide reference for the design of diesel gensets applied to electric drills, as well as the calibration of common rail system of diesel engines. These data are also valuable for related equipment factories.

Key words: electric drill; diesel gensets; power spectrum; oilfield

0 引 言

石油钻井地质情况千差万别, 钻井工况复杂多变, 井场环境恶劣。电动钻机因其安全高效的特点已逐步取代机械钻机成为石油钻机的主流。本文以某新型电动钻机用柴油发电机组在新疆某地区开展钻井工业性试验应用为例, 分析电动钻机工作的负荷变化情况以及现场操作使用情况。该井区位于新疆南部, 属温带大陆性干旱型气候, 夏季酷热, 冬季干冷, 昼夜温差大, 是比较典型的台盆地区深井工况。发电机组配套钻机为 7 000 m 直流电动钻机 (ZJ70/4500D); 钻井深度 6 700 m, 钻井工况复

杂, 具有代表性。

1 井场设备

电动钻机的配套设备以电气设备为主, 柴油发电机组提供动力, 电力由电控房集中分配给各用电设备。井场的主要用电设备包括: 绞车、转盘、泥浆泵, 驱动方式均为直流电机驱动。绞车是钻机的起升设备, 主要用于起下钻具、下套管、控制钻压、进送钻具等功能; 转盘用来承托管柱重量, 提供扭矩和转速; 泥浆泵的作用是压送及循环冲洗液。各设备的参数见表 1。

收稿日期: 2017-03-27

作者简介: 王衍超(1985-), 男, 工程师, 主要研究方向为发动机控制系统等, E-mail: wycjc@cnpc.com.cn。

表 1 设备参数

名称	型号	功率/kW	数量
绞车	JC-70D	1 470	1
转盘	ZP375	800	1
泥浆泵	F-160HL	1 193	3

动力系统包括四台主柴油发电机组和一台辅助发电机组。钻进过程中全部由主发电机组提供动力。柴油机采用高增压、两级中冷、电控高压共轨、米勒循环、闭式呼吸系统等当前大功率柴油机的先进技术，排放指标满足 EPA Tier2 标准。机组配备沙漠空滤器和散热器，采用三点支撑结构安装于可联成一体的机房内，具体技术参数见表 2。

表 2 动力系统参数

柴油机功率/kW	1 372
发电机组功率/kW	1 200
转速/($r \cdot \min^{-1}$)	1 500
发电机型号	西门子 1FC2 系列
发电机组容量/kVA	1 900
电压/V	600
频率/Hz	50
功率因数	0.7

2 工作过程

钻井目标深度为 6 701 m，全井钻进工艺分三个阶段：第一次开钻，第二次开钻，第三次开钻；最后钻完井深，下入油层套管；进行固井、完井作业。

第一次开钻又称一开，井段是 0 ~ 1 500 m。这一过程钻进速度很快，一天可钻进 500 m，机组运行数量根据井深确定，最多须开三台机组，一台备用。一开结束后，进行下套管、固井作业。图 1 为一开某天钻进 500 m 过程中，一台机组功率变化谱。图 1 中功率有规律升降的部分为钻进作业，钻进的过程包括：下钻、正常钻进（纯钻进）、接单根、起钻、换钻头等工艺。其中钻进工况时开两台泥浆泵，须三台机组并联运行；起钻时功率突加，出现了峰值；接单根时泥浆泵关闭，功率最小。图中功率低的部分为循环洗井作业，此时两台机组并联运行即可满足要求。单台机组 24 h 平均功率为 410 kW，在纯钻进过程中功率在 600 kW 左右。

功率谱可以很清楚地反映当前的作业情况。图 2 为一个典型的钻进过程（为两个连续的接单根过程）。接单根时泥浆泵停止工作，接单根完成后，进行下钻，下钻的过程中泥浆泵投入工作，之后转

盘带动钻杆转动，进行纯钻进工作；钻完一根后，须要将钻杆上提，这时突加功率较大，单台功率在 650 kW 左右，然后继续接单根。

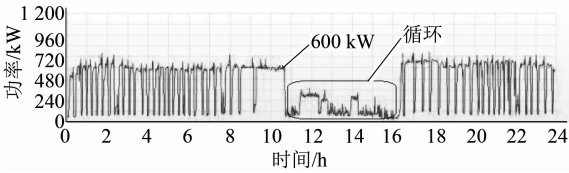


图 1 一开某天钻进 500 m 过程中一台机组的功率谱

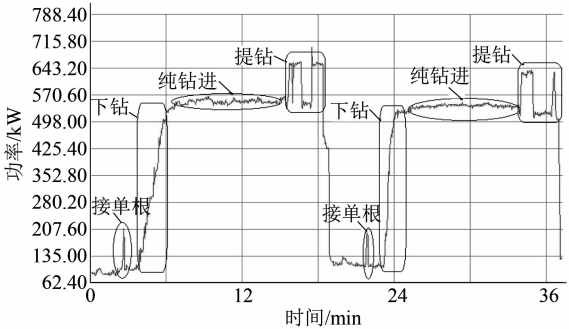


图 2 典型钻进过程功率谱

第二次开钻又称二开，井段是 1 500 ~ 6 653 m，二开持续时间较长，工况变化较多，负荷变化大且频繁。

开始钻进速度较快，一天能钻进 300 ~ 500 m，钻进过程中三台机组并联运行，一台机组备用。二开结束后，进行固井作业。图 3 为一天钻进 300 m 过程中，一台机组的功率谱，整个钻进过程须要三台机组并联运行，单台 24 h 平均功率为 408 kW，纯钻进功率在 480 kW 左右。

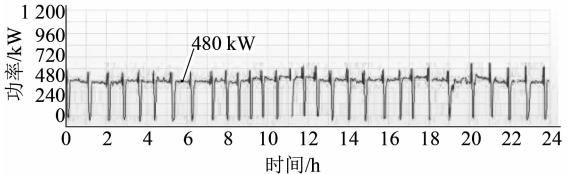


图 3 二开某天钻进 300 m 过程中一台机组的功率谱

随着井深的增加及地质的变化，钻进速度减缓，图 4 为一天钻进 150 m 过程中，一台机组的功率谱，整个钻进过程须要三台机组并联运行，单台 24 h 平均功率为 512 kW，纯钻进功率在 500 kW 左右。

钻到三叠系之后，钻进速度明显减慢，一天进尺几 m，图 5 为缓慢钻进过程中，一台机组的功率谱，三台机组并联运行。单台机组 24 h 平均功率为 456 kW，纯钻进过程中功率在 500 kW 左右。

钻进到不同地层时，须要更换钻头，这一过程称为起钻。起钻过程根据悬重来确定须要运行的机

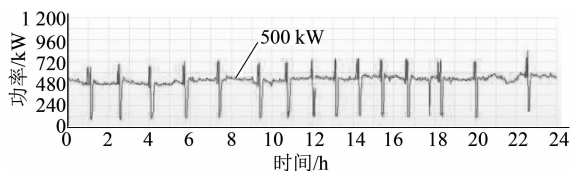


图 4 二开某天钻进 150 m 过程中一台机组的功率谱

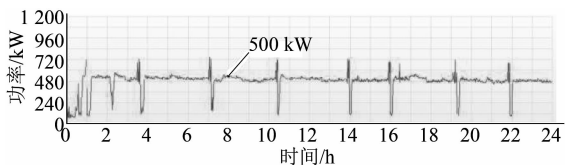


图 5 二开缓慢钻进过程中一台机组的功率谱

组数量,随着悬重慢慢减少,机组慢慢减至一台。在起钻过程中,泥浆泵不工作,主要负载为绞车,虽然总功率下降,但突加负荷较大。绞车运行分四个档位:Ⅰ档+低速、Ⅱ档+低速、Ⅰ档+高速、Ⅱ档+高速,不同档位操作时,突加负荷也不同,高速时,突加负荷较大。

图 6 为Ⅰ档高速起钻时,单台机组的功率曲线,此时两台机组并联运行。可以看出:负荷从不到 100 kW 突加到 680 kW,增量在 500 ~ 600 kW。

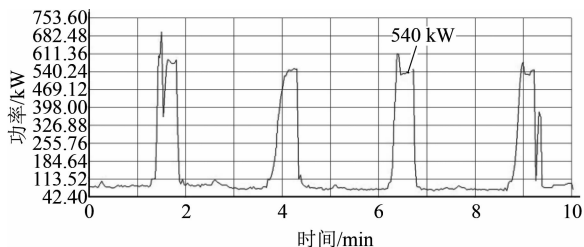


图 6 二开Ⅰ档高速起钻中机组功率谱

图 7 为Ⅱ档高速起钻时,单台机组的功率曲线,此时单台机组运行,突加负荷达到 1 000 kW 以上。

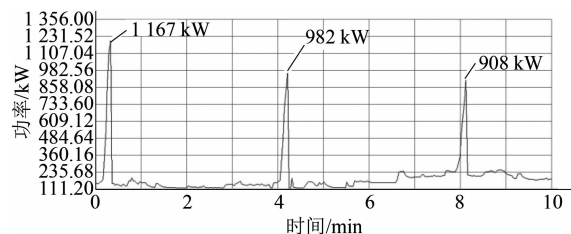


图 7 二开Ⅱ档高速起钻时单台机组功率谱

在突加负荷情况下,机组必须在规定时间内做出快速响应,以稳定转速,否则机组可能解列或者被憋停,影响钻机工作,甚至造成更为严重事故。由于试验用柴油机采用电控高压共轨技术,可以达到较高的控制精度和响应速度。当 ECU 检测

到突加负荷时。切换到突加负荷控制程序,喷油量会迅速提升。如图 8 所示,为突加 982 kW 时,柴油机的响应曲线。突加负荷时,ECU 迅速做出相应动作,喷油量迅速加大,进入调速过程,调速过程约持续 2.5 s,转速降幅最大为 48 ($\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$),满足发电要求。

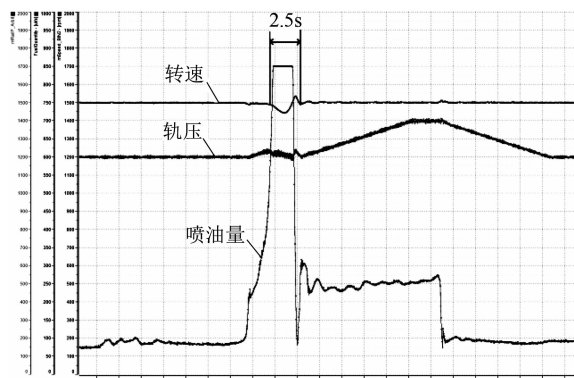


图 8 突加 982 kW 时,柴油机的响应曲线

第三次开钻又称三开,井段是 6 653 ~ 6 701 m,由于地质结构复杂,这一过程钻进速度较慢,一天钻进几 m,机组运行情况与二开相似,三开结束后,进行固井作业。

3 总 结

井场作业有严格的 HSE 规范,安全性尤为重要,其特殊的作业性质决定了柴油发电机组特殊的运行要求。由于直流电动钻机的设备多数为电动机,感性负载较大,功率因数较低,当没有无功补偿时,机组运行在额定功率的 50% ~ 60% 比较合适,有无功补偿时,机组运行工况点可以提高至 80%。

在钻井作业过程中,负荷既有突变性,也有规律可循,四台柴油机组采用三主一备的方式,适合钻井作业的特点,四台机组采用交替间歇式运行更有利于柴油机的维护保养,延长使用寿命。

钻进过程中单台机组的平均功率在 400 ~ 500 kW,突加功率在 650 ~ 750 kW,钻进过程时间最长,单台机组一般运行在 50% ~ 60% 负荷,柴油机油耗须重点优化这一功率段。

在起钻时,突加负荷较大,能达到额定功率的 90% ~ 100%,突加频率较快,持续时间较长,能持续 6 ~ 7 h,机组须具备快速的响应性和可靠性。

通过现场试验,验证了新型柴油发电机组能满足电动钻机的工况需求,为电动钻机配套柴油发电机组的设计和共轨系统标定提供了依据。