

中国东部海区科学钻探工程 CSDP-02 井 钻探效率统计分析

翟育峰, 张英传, 田志超

(山东省第三地质矿产勘查院, 山东 烟台 264004)

摘要: CSDP-02 井是中国东部海区科学钻探工程 2 井, 该井采用五开结构, 完井井径 98 mm, 完井井深 2843.18 m, 历时 504 d, 创造了海洋科学钻探全取心井深世界纪录。本文介绍了该井的施工过程, 对该井的钻进时间、钻探效率和回次进尺长度进行了系统的统计与分析。通过分析, 对影响海上深部科学钻探效率的海况、后勤保障等因素进行了简单的阐述, 为提高海上深孔钻探施工效率提供了参考依据。

关键词: 科学钻探; CSDP-02 井; 海上钻探; 钻探效率; 回次进尺; 取心

中图分类号: P634 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2019)12-0013-05

Statistical analysis of drilling efficiency for Well CSDP-02 of the eastern sea scientific drilling project of China

ZHAI Yufeng, ZHANG Yingchuan, TIAN Zhichao

(The Third Geological Team of Shandong Bureau of Geology and Mineral, Yantai Shandong 264004, China)

Abstract: Well CSDP-02 is the second well of the eastern sea scientific drilling project of China. The well was completed in 504 days with the five-section structure, at completion diameter of 98mm, and depth of 2843.18m, setting the world depth record in marine scientific full borehole core drilling. This paper introduces the drilling process of the well. The drilling time, drilling efficiency, and footage per run of the well are systematically summarized and analyzed. Based on the analysis, the factors affecting the deep offshore drilling efficiency, such as sea conditions and logistical support, are briefly expounded, which provides reference for improving the deep offshore drilling efficiency.

Key words: scientific drilling; Well CSDP-02; offshore drilling; drilling efficiency; footage per run; coring

1 项目概况

CSDP-02 井是国家海洋地质专项“中国东部海区科学钻探工程”项目中科学钻探 2 井, 该井的主要目的是获取岩心样品和相关资料, 为东海天然气水合物环境效应提供基础地质资料^[1]。该项目是由中国地质调查局青岛海洋地质研究所组织、由我院负责实施的大陆架科学钻探项目, 该井于 2015 年 3 月 29 日顺利开钻, 至 2016 年 4 月 4 日钻深 2033.58 m, 完成前期的 2000 m 的井深设计要求。该井设计加深至 2800 m, 现场施工人员克服重重困难^[2], 于

2016 年 9 月 13 日钻进至井深 2843.18 m, 顺利完成施工任务, 项目历时 500 余天, 创造了海洋科学钻探全取心^[3]井深世界纪录。

2 施工过程

一开: 2015 年 3 月 29 日—4 月 24 日, 历时 26 d。采用 $\varnothing 175$ mm 三层管底喷取心钻具进行取心钻进作业^[4], 钻进至井深 154.74 m 后测井, 测井完成后采用 $\varnothing 255$ mm 全面钻头扩孔, 下入 $\varnothing 219$ mm 套管 152.15 m, 固井并安装防喷器。

收稿日期: 2019-06-03; **修回日期:** 2019-10-23 **DOI:** 10.12143/j.tkge.2019.12.003

基金项目: 国家专项基金项目“大陆架科学钻探”(编号: GHZ201100202)

作者简介: 翟育峰, 男, 汉族, 1984 年生, 高级工程师, 勘查技术与工程专业, 硕士, 从事钻探技术研究工作, 山东省烟台市芝罘区机场路 271 号, 282163880@qq.com。

引用格式: 翟育峰, 张英传, 田志超. 中国东部海区科学钻探工程 CSDP-02 井钻探效率统计分析[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2019, 46(12): 13-17.

ZHAI Yufeng, ZHANG Yingchuan, TIAN Zhichao. Statistical analysis of drilling efficiency for Well CSDP-02 of the eastern sea scientific drilling project of China[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019, 46(12): 13-17.

二开:2015年5月1日—8月4日,历时95 d。采用 $\varnothing 175$ mm钻具进行取心钻进作业,钻进至井深654.91 m测井,然后通井下 $\varnothing 168$ mm套管646.00 m,后注入水泥浆固井,连接防喷器^[5]。

三开:2015年8月14日—10月8日,历时54 d。采用 $\varnothing 150/122$ mm绳索取心工艺,钻进至井深1207.15 m,测井,下 $\varnothing 140$ mm套管。

四开:2015年10月9日—11月5日,历时27 d。采用 $\varnothing 122$ mm绳索取心工艺,钻进至1480.88 m,测井,下 $\varnothing 114$ mm套管。

五开:2015年11月7日—2016年9月13日,历时320 d。采用 $\varnothing 98$ mm绳索取心工艺,至2016年4月4日钻进至2033.58 m。后继续加深钻进。2016年9月13日圆满完成了取心任务,完井井深2843.18 m(自井口算起,井口离海底33.30 m),实际井深2809.88 m。

3 钻进时间及钻探效率统计分析

钻进时间及钻探效率统计见表1。

表1 CSDP-02井钻进时间及效率统计

Table 1 Drilling time and efficiency of Well CSDP-02

完井 井深/ m	工 期/ d	纯钻进时间		辅助时间		事故及停 待时间		机械 钻速/ (m· h ⁻¹)	台月 效率/ m
		时 长/ h	占 比/ %	时 长/ h	占 比/ %	时 长/ h	占 比/ %		
2843.18	522	2795	22.31	6306	50.34	3427	27.35	1.02	176.23

CSDP-02井正常钻进时间9101 h,占总时间的72.65%,其中纯钻进时间2795 h,占总时间22.31%,辅助时间6306 h,占总时间50.34%,辅助时间与纯钻进时间比例为2.26。事故处理时间1221 h,占总施工时间的9.75%,停待时间2206 h,占总施工时间的17.61%。

事故处理时间分为井内事故处理时间与机械事故处理时间2部分,其中机械事故时间为378 h,占全部事故处理时间的30.96%,井内事故处理时间843 h,占全部事故处理时间的69.04%。

停待时间中过年放假停待528 h,占总停待时间23.94%,剩余的停待时间为躲避台风等时间,共计1678 h,占总停待时间的76.06%,台月效率为除去过年停待时间后的效率。

图1、图2为CSDP-02井时间统计情况。通过表1及图1、图2可以看出:

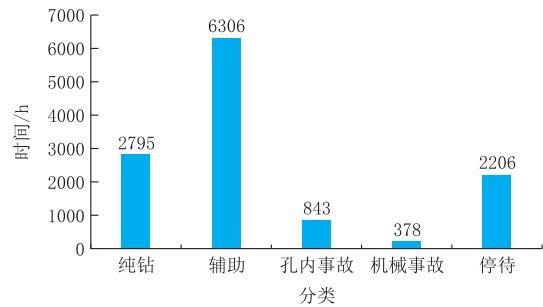


图1 CSDP-02井钻进时间统计

Fig.1 Drilling time of Well CSDP-02

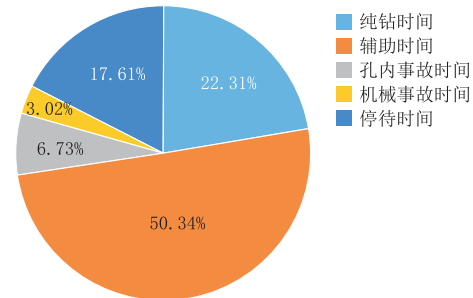


图2 CSDP-02井不同钻进时间占比统计

Fig.2 Percentage of each drilling time of Well CSDP-02

(1) 辅助钻进时间所占比例最大,达到了50.34%。一方面是由于CSDP-02井施工前655 m为提钻取心,地层相对不稳定,严格控制提下钻速度,所以提下钻耗费时间较多。井深超过2000 m之后的绳索取心钻进,每次打捞内管的时间变长,投放内管时为了保障内管到位,多采用跟管器投放,也增加了辅助时间;另一方面就是测录井时间,固井、安装防喷器时间,候凝时间都统计在辅助时间中,因此辅助时间占比较大。

(2) 停待时间占比达到了17.6%。一方面受天气影响,施工海域夏季多台风,为了施工安全,台风到来前人员必须全部撤离平台,现场停待;另一方面就是过年期间停待1个多月,使该项统计数据增加^[6]。

(3) 机械钻速与台月效率与陆地钻井相比偏低,除去海相沉积层、含油气地层的影响,也反映了海洋与陆地施工的效率差异。

4 回次进尺统计分析

4.1 回次进尺长度统计分析

CSDP-02井设计井深2000 m,后期又加深到2800 m,五级井身结构。CSDP-02井施工1552回次,平均回次进尺1.83 m,详见图3、表2。

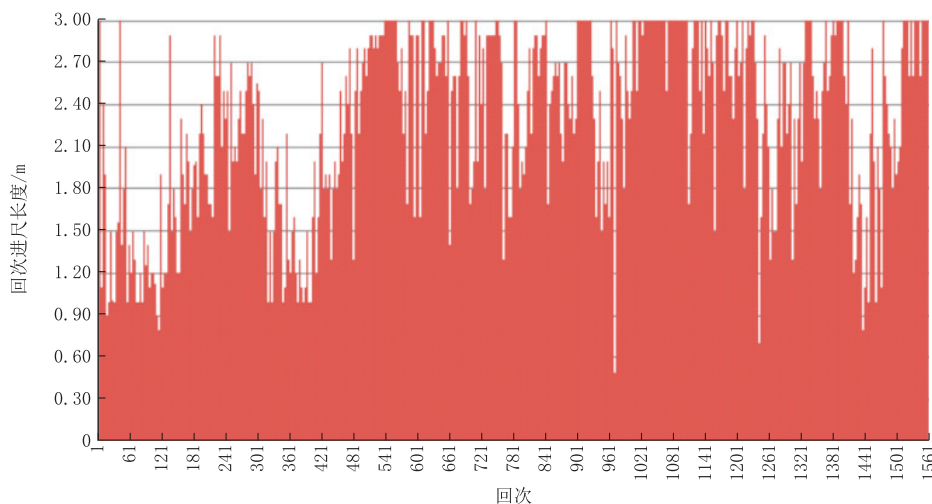


图 3 CSDP-02 井回次进尺长度统计

Fig.3 Footage per run of Well CSDP-02

表 2 CSDP-02 井不同井段的回次进尺长度统计

井径/mm	井段/m	回次数	总进尺/m	平均回次进尺/m	备注
255	0~152.15				扩孔钻进
175	0~154.74	104	154.74	1.49	提钻取心,第四系
175	154.74~654.91	353	500.17	1.42	提钻取心,第四系、新近系
150	654.91~1207.15	258	552.24	2.14	绳索取心
122	1207.15~1480.88	148	273.73	1.85	绳索取心
98	1480.88~2843.18	689	1362.30	1.97	绳索取心
总计		1552	2843.18	1.83	

由图 3 及表 2 可以看出:

(1)通过平均回次进尺长度变化反应了施工效率随地层复杂情况而变化,完整地层中钻进的回次进尺长度普遍高于复杂地层。

(2)CSDP-02 井平均回次进尺为 1.83 m,在井径 150 mm 钻进的的平均回次进尺长度最高为 2.14 m,绳索取心回次进尺长度略高于提钻取心回次进尺长度。

4.2 不同长度的回次进尺区间分析

对 CSDP-02 井回次进尺长度进行了分井径的统计,并将各回次进尺长度分为 $x \leq 0.5$ m、 $0.5 m < x \leq 1.5$ m、 $1.5 m < x \leq 2.5$ m、 $x > 2.5$ m 四个区间统计回次数,按进尺长度所在区间将回次分为四类:不良回次(进尺长度 ≤ 0.5 m)、一般回次($0.5 m < 进尺长度 \leq 1.5$ m)、良好回次($1.5 m < 进尺长度 \leq 2.5$ m)以及优秀回次(进尺长度 > 2.5 m)。详见表 3,图 4。

表 3 CSDP-02 井回次进尺长度分析

Table 3 Analysis of footage per run of Well CSDP-02

井径/mm	井段/m	回次数	总进尺/m	平均回次进尺/m	回次长度区间回次数			
					$x \leq 0.5$ m	$0.5 m < x \leq 1.5$ m	$1.5 m < x \leq 2.5$ m	$x > 2.5$ m
175	0~154.74	104	154.74	1.49	4	91	7	2
175	154.74~654.91	353	500.17	1.42	13	196	133	11
150	654.91~1207.15	258	552.24	2.14	4	60	91	103
122	1207.15~1480.88	148	273.73	1.85	4	57	45	42
98	1480.88~2843.18	689	1362.30	1.97	43	172	257	217
合计					68	576	533	375

分析:

(1)通过表 3 和前面的钻进效率统计可以看出,回次进尺的长短直接影响台月效率,平均回次进尺长的井段,台月效率也相对较高。因此在深孔施工中应尽量最大限度的提高回次进尺长度,进而提高

钻进效率。

(2)回次进尺长度的影响因素:地层因素,即地层越破碎进尺长度越短;钻探工艺因素,不同的工艺方法对回次进尺长度有不同影响,如冲击回转钻进工艺在破碎地层钻进中,与普通绳索取心工艺相比,

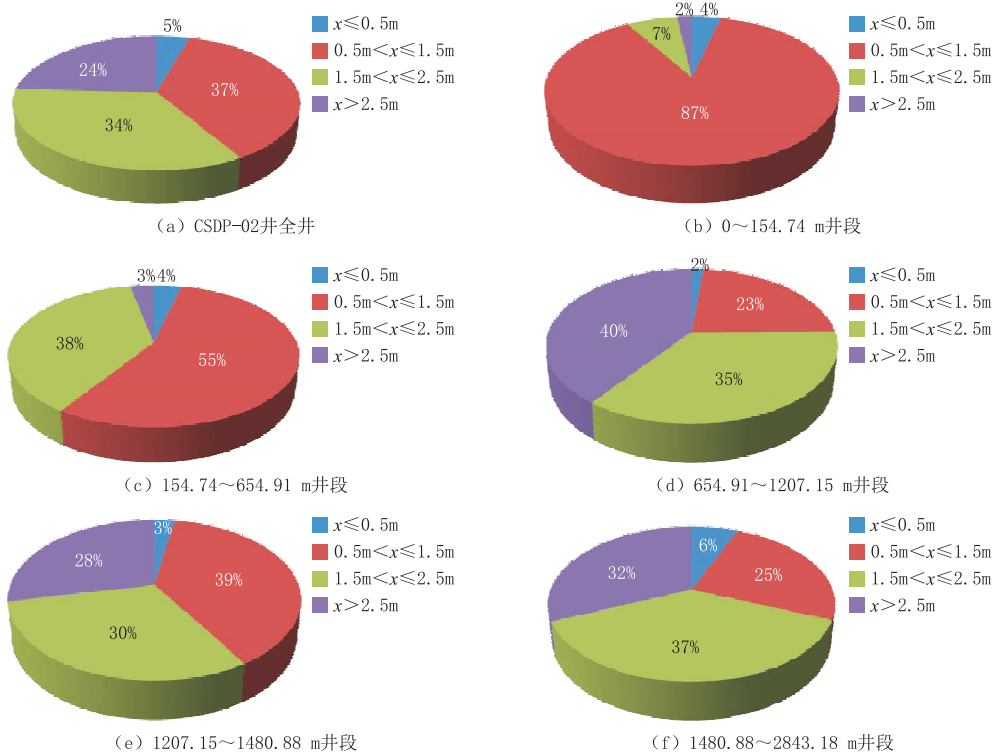


图4 CSDP-02井不同井段回次进尺长度占比分析

Fig.4 Percentage analysis of each footage per run of Well CSDP-02

更不易岩心遇堵,从而增大进尺长度;设备因素,传统的立轴式钻机,每给进一定长度后都需要倒杆,在此操作过程中,钻柱悬吊,易发生岩心堵塞,动力头式、顶驱式钻机等新型钻机避免了频繁倒杆,降低了岩心堵塞的概率,而且新型钻机给进更加均匀可控,也是提高回次进尺长度的因素;人为因素,不当违规的操作会引起多种问题,如倒杆时操作不当易造成岩心堵塞^[7-8]。

(3)从各井段的回次进尺情况看,0~154.74、154.74~654.91 m井段一般回次($0.5 \text{ m} < x \leq 1.5 \text{ m}$)占比较高,分别为87%与55%,反映了该井段地层复杂,回次进尺长度低,钻进效率较低;后面几个井段良好回次与优秀回次占比较高,所钻进地层较为良好;不同井段回次进尺长度在某个区域的变化,可以反映出地层破碎程度时好时坏,变化频繁。

5 结论

通过全体施工及科研人员的努力,中国东部海区科学钻探工程CSDP-02井历时522 d,顺利钻进至2843.18 m,达到了地质目的终孔。通过该井得出以下几点结论及建议:

(1)海上深孔钻探钻孔安全直接影响施工效率,

通过海水冲洗液体系的研究及应用,可有效的预防孔内事故的发生,进而提高钻探效率^[9-11];

(2)回次进尺长短直接影响钻探效率,通过改变取心钻具(如加长内管、采用底喷钻头等)、改进钻进工艺、采用合理的钻探设备,严格施工人员规范操作等措施,能大大提高钻探效率;

(3)海上深井钻探受天气因素影响较大,为了提高台月效率,要做好充分的后勤保障工作;

(4)更好地了解风浪级别对钻探平台安全的影响,争取准确搞好海上风浪预防工作,尽可能避免不必要撤离、停待,可以大大提高生产效率。

参考文献(References):

- [1] 董海燕,单文军,宋世杰,等.南黄海大陆架科学钻探CSDP-02井钻探施工技术[J].地质与勘探,2017,53(2):334-341.
DONG Haiyan, SHAN Wenjun, SONG Shijie, et al. Technologies used at the Well CSDP-02 of the scientific drilling on the continental shelf in the Southern Yellow Sea[J]. Geology and Exploration, 2017, 53(2): 334-341.
- [2] 陈师逊,宋世杰.中国东部海区科学钻探施工技术探讨[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(12):1-5.
CHEN Shixun, SONG Shijie. Discussion of scientific drilling construction technology in eastern sea area of China[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling),

- 2014,41(12):1-5.
- [3] 王达.中国大陆科学钻探工程项目进展综述[J].探矿工程,2002(6):47-53.
WANG Da. Summary on progress of Chinese Continental Scientific Drilling Project(CCSDP)[J]. Exploration Engineering, 2002(6):47-53.
- [4] 宋世杰,张英传,田志超,等.三层管底喷取心钻具在海相第四系和新近系中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(3):10-13.
SONG Shijie, ZHANG Yingchuan, TIAN Zhichao, et al. Application of sampling drilling tools of three layer pipes in the marine quaternary system[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2017,44(3):10-13.
- [5] 宋世杰,李晓东,陈师逊.南黄海大陆架科钻 CSDP-02 井第四系、新近系地层海水冲洗液研究与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(4):10-13.
SONG Shijie, LI Xiaodong, CHEN Shixun. Study on seawater flushing fluid and its application in quaternary and neogene strata for CSDP-02[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2017,44(4):10-13.
- [6] 刘治,孙宏晶.三山岛北部海域金矿海上钻探施工管理[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(4):85-92.
LIU Zhi, SUN Hongjing. Offshore drilling construction management of gold deposit in the northern sea area of Sanshan Islands[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2017,44(4):85-92.
- [7] 李鑫淼,李宽,梁健,等.复杂地层取心钻进堵心原因分析及其预防措施[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2018,45(12):12-15.
LI Xinmiao, LI Kuan, LIANG Jian, et al. Core jamming causes and prevention in drilling difficult formation[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2018,45(12):12-15.
- [8] 孙建华,陈师逊,刘秀美,等.小直径特深孔绳索取心口径系列及钻柱方案[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(8):1-5,17.
SUN Jianhua, CHEN Shixun, LIU Xiumei, et al. Diameter series and drill pipe scheme for wire-line coring with small diameter in ultra-deep borehole[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2013,40(8):1-5,17.
- [9] 陶士先,单文军.深部地质钻探钻井液使用的认识与思考[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(S2):149-152.
TAO Shixian, SHAN Wenjun. Understanding and thinking on the drilling fluid used in deep geological drilling[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2012,39(S2):149-152.
- [10] 孙丙伦,陈师逊,陶士先.复杂地层深孔钻探泥浆护壁技术探讨与实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(5):13-16.
SUN Binglun, CHEN Shixun, TAO Shixian. Discussion and practice on wall protection with slurry in deep-hole drilling in complicated formation[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2008,35(5):13-16.
- [11] 翟育峰,王鲁朝,丁昌盛,等.西藏罗布莎科学钻孔冲洗液技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(4):1-4.
ZHAI Yufeng, WANG Luzhao, DING Changsheng, et al. Flush fluid technique in scientific drilling hole situated in Luobusa of Tibet[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2014,41(4):1-4.

(编辑 周红军)

