力云图，等效最大应力值为 31.50MPa，位于变压器底座定位槽钢位置。3 σ 的变压器定位槽钢的等效应力最大值为 94.5MPa，满足强度要求。

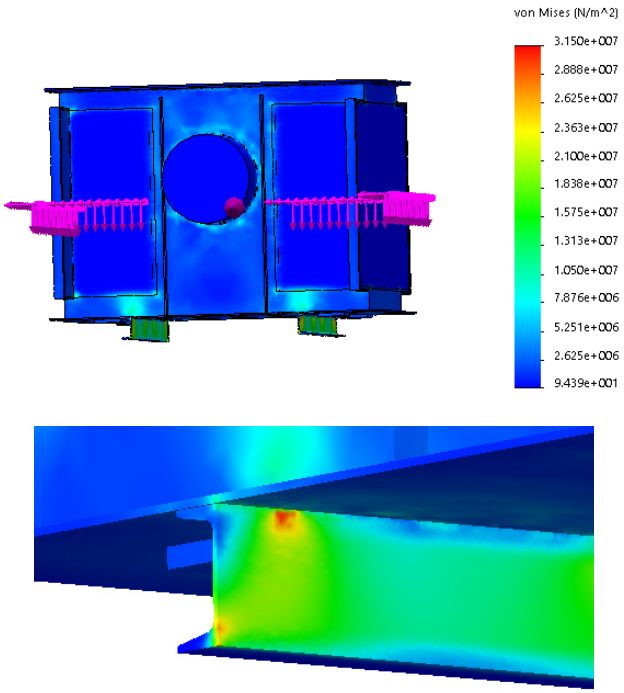

图 8 von Mises 应力的 RMS 结果

6 结语

结构改进后的变压器，满足运输强度的需求，但本文分析是基于 MIL-STD-810F 的组合轮式车振动作用下 PSD 功率谱密度进行。在实际运输过程中，可采用安装（3 维）冲撞记录仪根据真实公路运输路线测量随机振动功率谱密度数据，

随机振动分析过程中，系统设置的阻尼比对分析结果影响比较大，对不同模型的变压器需要测量真实的阻尼比，才能使分析结果更符合真实的情况。

变压器的运输是一个复杂的系统性工程，是保证变压器正常运行的一个重要环节，对变压器运输过程进行准确地分析能减少运输时产生的振动对变压器结构的影响。 基于 MIL-STD-810F 的变压器运输过程随机振动分析能准确分析出变压器在运输过程中结构的薄弱环节，从而采取相应的改进措施，提高变压器结构强度。

参考文献

[1] 王革鹏 杨春 郭家元，基于数值仿真的变压器运输强度计算[J]。能源研究与管理 2018（4）

[2] 张立军 何辉，车辆随机振动[M]。东北大学出版社，2007

[3] 刘忠亮，液化气体运输车的强度分析及液体晃动的数值模拟[D]。北京化工大学，2015

[4] DS SOLIDWORDS公司 SOLIDWORDS Simulation Premium教程[M]。机械工业出版社，2017。

 DOI: https://doi.org/10.12345/hgyjxjz.v3i9.32474

Study on improving the efficiency of module drilling machine pin disassembly and installation

Shiquan Wang

Petrochina Western Drilling International Engineering Company, Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract

For decades, the prolonged relocation time and labor-intensive installation/uninstallation processes of drilling rigs have hindered the acceleration and efficiency improvement in oil engineering drilling. Through comparative analysis of various types of drilling rigs, it has been found that the pin installation process contributes significantly to time wastage with substantial room for optimization. Addressing common issues such as non-standardized pin structures and excessive variety in current drilling rigs, which lead to difficulties in locating pins during on-site assembly, incorrect pin installation requiring rework, and pin loss incidents, this study conducts an in-depth analysis. The findings propose standardizing pin structures to reduce pin types while refining installation guidelines, thereby enhancing disassembly/assembly efficiency and saving drilling rig installation time.

Keywords

hoisting; pin threading; efficiency; optimization;

提高模块钻机销轴拆安效率研究

王施权

中石油西部钻探国际工程公司，中国 · 新疆 乌鲁木齐 830000

摘　要

长期以来，钻机搬迁时间长，安装拆卸费时费力，制约了石油工程钻井提速提效。经过各种类型钻机分析对比，发现销轴安装过程带来了许多时间的损耗，且有很大的改善提升空间。围绕当前钻机普遍存在销轴结构不规范、种类繁多等问题，导致现场装配时销轴查找困难，销轴装错返工，销轴遗失等情况，深入开展分析后，规范销轴结构，以减少销轴种类，同时完善安装指导文件，进而提高销轴拆安效率，节省钻机安装时间。

关键词

吊装；穿销；效率；优化

1 引言

钻机是钻井施工作业的重要机械设备，通过钻机的安全运行，实现起下钻杆的操作，保证钻井的顺利进行。钻机的安装及拆卸，直接影响到钻井施工作业的进程，保证钻机的安装质量，使其更好地完成钻井施工的任务。然而一直以来，钻机搬迁时间长，安装拆卸费时费力，无法实现快速、高效的作业目标，严重制约了石油工程钻井提速提效。为了提高钻机安装效率，笔者展开了对缩短同样结构钻机安装时间的研究。

2 现状调查

2.1 钻机组成简介

模块钻机通常由各大型结构件连接固定组成，其具体结构因制造厂家不同而形式各异，通常情况下，一个模块钻机主要由底部总成、顶部总成、中间立柱、井架、天车、附件等模块组成，主要通过销轴将各模块连接起来，其组成如下图 1 所示。

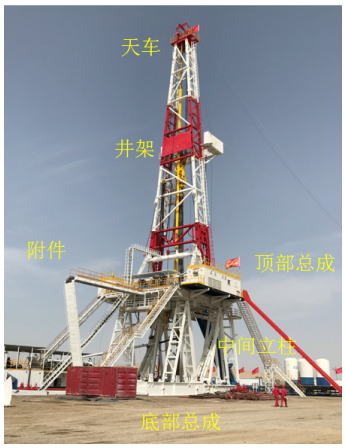

图 1 模块钻机结构组成

【作者简介】王施权（1981–），男，中国重庆人，本科，从事钻井装备方向研究。

2.2 模块钻机拆安时间调查研究

近年来，随着中石油、中石化各区块钻探公司纷纷提出钻井“提质增效”的要求，对钻井装备拆安便捷的需求应运而生，当前模块钻机现场安装时间较长，影响了钻机的快速使用，增加了钻井时间和成本。针对这一现状，笔者调研了 3000 米以上模块钻机安装拆卸时间，其统计结果如下表 1 所示。

表 1 钻机拆安时间统计表

序号	钻机型号	钻机安装时间（小时 / 台）	平均安装时间（小时 / 台）
1	ZJ30DB	56	92.8
2	ZJ40DB	88	
3	ZJ70DB	90	
4	ZJ80DB	104	
5	ZJ90D	126	

由统计数据可知，模块钻机的平均安装时间为 92.8 小时，离新设备搬迁到井队后 2-3 天完成安装的要求有一定的差距。钻机越大，其组成的结构件必然更多，安装时间也相应增加，9000 米钻机的拆安时间几乎是 3000 米钻机的一倍之多。考虑到不同钻机结构不一致，在现有结构基础上如何缩短同种类型钻机的安装时间成为本次研究的重点问题。

结合当前的石油装备市场背景，随着我国浅、中层油气资源开采量减少，油气资源勘探开发逐步向深层、超深层延伸。现有的 7000 米以下的小型钻机难以适应一些深油井及一些陆地复杂油气田超深井钻探开发的需要。鉴于此，笔者最终选择以 9000 米钻机为研究对象，对如何缩短 9000 米钻机安装时间展开分析深入研究。

3 原因分析

3.1 9000 米钻机拆安时间分析研究

笔者针对 9000 米钻机安装过程进行了详细分解，对钻机整套安装流程进行了梳理，最终形成了钻机安装流程如下所示。

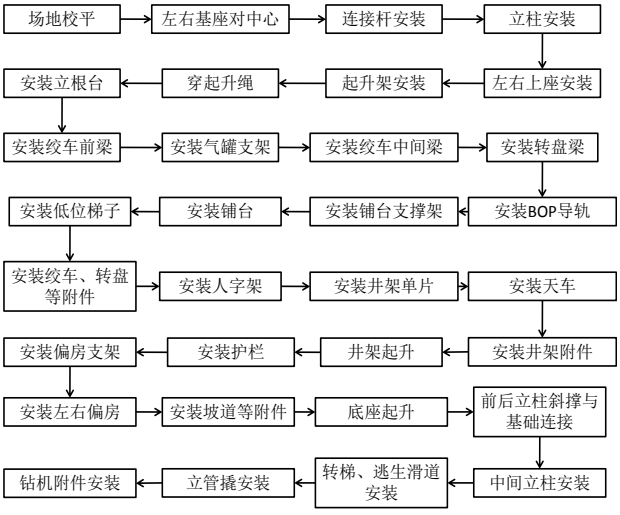

图 2 9000 米钻机安装流程图

对于每一个流程，其又可分为搬运、吊装、销轴安装以及其它组成。以基座连接杆为例，其安装依次过程为：从井场外用铲车将连接杆移运至基座处；将连接杆吊至基座，对齐耳板中心孔；查找销轴并将销轴穿上；吊车移位安装下一个连接杆等。

笔者对安装流程图中 32 个安装过程进行拆解，每个安装过程拆解为上述 4 个步骤，并对每个步骤进行了时间统计，得到 4 个过程耗时的总时间，其占总时间的比例如下图所示。

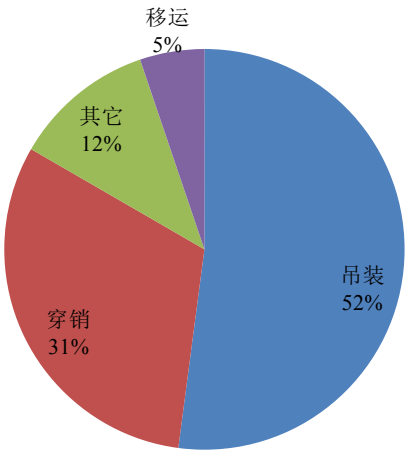

图 3 钻机各部件安装流程时间占比图

由流程时间占比图可以看到，“吊装”及“穿销”分别占比 52% 和 31%，是钻机安装时间中主要耗时的症结所在。

3.2 钻机吊装和穿销耗时分析研究

吊装耗时分析研究。笔者走访了部分使用 9000 米钻机的井队，调研分析了影响钻机吊装各个因素，统计如下图所示。

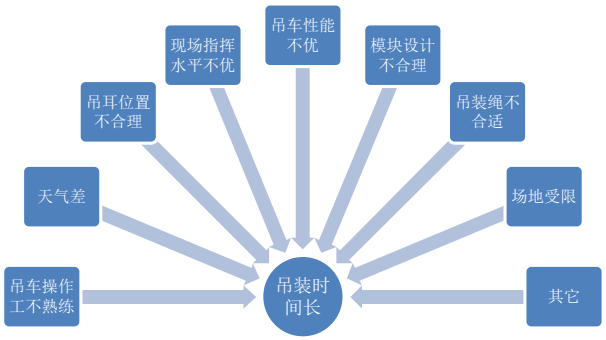

图 4 吊装耗时原因分析图

笔者通过对 9000 米钻机现场安装工人进行回访，针对以上逐条进行了分析研究，对每一项的可改善空间及措施进行分析得出如下结论：

吊车工人、吊车指挥工人、吊车以及吊绳为井队自己所安排，其能力提高对缩短整个钻机的安装时间的影响不大，且不好控制，因此不宜以此来作为缩短安装时间的落脚点。环境和场地等其它外部因素无法人为控制。因此，经过

研究笔者认为，缩短“吊装”的时间无显著的提升空间，且大多因素无法人为控制，不宜开展深入研究。穿销耗时分析研究

笔者详细分析了影响“穿销”各个因素，统计结果如下图所示。

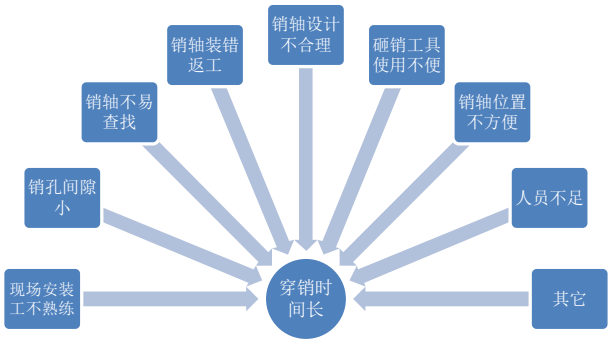

图 5 穿销耗时原因分析图

销轴不易区分，销轴装错等问题易于解决，并且“穿销”过程分布于整个安装过程，解决“穿销难”问题易达到缩短钻机的安装时间的功效。并且一次“穿销错误”可能会导致数小时的返工，因为往往“不合适的销轴”是在经过几个步骤后才发现的。经分析后得知，销轴安装确实会带来许多时间的损耗，且有很大的改正空间。因此笔者决定从“销轴安装”入手重点展开研究，以此来缩短钻机的安装时间。

4 提升措施研究

4.1 优化结构，销轴种类减少

对 9000 米钻机中销轴进行归纳，调整结构销孔直径，减少销轴种类。首先，对现有 9000 米钻机销轴进行了统计，对现存的 34 种销轴进行了优选，调整钻机连接部位耳板结构，销轴种类有原来的 34 种减少至 20 种，销轴直径由 12 种降为 6 种，最终形成的各销轴之间直径差距和长度差距更加明显，便于现场工人直径目测分辨。

通过优化销轴种类，调整结构，从源头控制销轴种类，可以有效控制现场的销轴种类，可大大节约现场找寻销轴时间，节约了安装时间。

4.2 完善钻机使用说明书，指导现场安装

钻机底座说明书中增加销轴安装指导部分，在安装步骤中明确使用哪种销轴。后续现场按说明书的步骤进行安装钻机时，可直接根据步骤中提示的销轴直径寻找销轴并安装。比如在安装基座和地面拉杆子的安装步骤中，左右基座和右后基座的销轴直径为 130，销孔长度为 300。中间连接梁和连接杆的销轴直径为 70，长度为 170。现场无需测量销孔直径，直接在接到安装任务后便可根据步骤一起找到本次需要使用的销轴，然后一起运输到现场，有利于节约时间。

此外，在说明书增加销轴清单，简单指明销轴使用位置，指向性更加明确，便于现场快速找寻合适的销轴。

通过规范说明书格式，提升说明书质量，安装步骤图文并茂，提供最简单、直观的操作指南，指导现场快速安装销轴，有助于提高拆安效率。

5 实施效果

通过实施对应的改进措施后，笔者统计了调整销轴种类后的同类 9000 钻机安装时间，最终统计数据如下表 2 所示。

表 2 改善后 9000 米钻机流程安装时间统计表

时间 /h 过程 步骤	移运	吊装	穿销	其它
场地校平	0	0	0	0.5
基座对中心	0	0.5	0	0.1
连接杆	0.1	0.5	0.5	0.2
立柱安装	0.2	2	2.5	0.2
左右上座安装	0.3	3	1.5	0.2
起升架安装	0.2	1.5	1	0.5
穿起升绳	0	2	0	0.5
安装立根台	0.3	0.5	1	0.1
安装绞车前梁	0.3	4.5	0.5	0.1
安装气罐支架	0.1	0.5	0.5	0.2
安装绞车中间梁	0.2	1.5	0.5	0.2
安装转盘梁	0.2	1.5	0.5	0.2
安装 BOP 导轨	0.1	1	1	0.3
安装铺台支架	0.1	1.5	0.5	0.2
安装铺台	0.2	2	0	0.2
安装低位梯子	0.1	1	0.2	0
安装钻台面附件	0.2	1	0.2	0.5
安装人字架	0.5	1	0.2	0.5
安装井架单片	0.5	2.5	2.5	0.8
安装天车	0.2	1	1	0.5
安装井架附件	0.3	2	0.5	0.5
井架起升	0	0	0	0.3
安装护栏	0.2	1	0	0.5
安装偏房支架	0.2	2.5	0.5	0.5
安装左右偏房	0.2	1	0	0.2
安装坡道	0.1	0.5	0.2	0.5
底座起升	0	0	0	0.4
斜立柱安装	0.2	2.5	1	0.2
中间立柱安装	0.2	2.5	1.2	0.2
逃生滑道等附件安装	0.1	2	1	0.1
立管撬安装	0.2	1	0	0.1
其它附件安装	0.5	5	1.5	0.5
合计	6	49	20	10