

## ◀ 专题研究 ▶

# 轻型钻机模块化应用技术

郭谊民\* 陈增伟 杨 森

(河南石油勘探局南阳石油机械厂)

**摘要** 在分析了国内钻机模块化技术应用方面同国外钻机的差距后,提出了适合中国国情的橇装模块化钻机的设计方案,即在符合SY/T5609—1999《石油钻机型式与基本参数》条件的基础上,使井架、底座、动力机橇的设计与橇装模块化技术相吻合。实际应用表明,南阳石油机械厂根据这种思路研制的ZJ30/1700橇装模块化钻机具有良好的移运性及经济性。

**关键词** 轻便钻机 橇装钻机 模块化设计

## 引 言

美国石油公司为适应浅海、海滩、沙漠、丘陵地带勘探作业要求,1973年采用模块化设计研制了TBA—2000系列钻机。这类钻机结构紧凑、质量轻,每个模块的质量不超过1.8t,既可用直升机运输,也可用雪橇、履带车和运输机运输。

TBA—2000钻机开辟了钻机模块化技术应用的先例,在美国、加拿大等钻机装备比较发达的国家,橇装模块化钻机技术应用已相当普及。美国一台4000m钻机的搬家最多不超过25个车次,每个井队每班操作人员为4~5人。

国内对橇装模块化钻机的研究相对较少。1996年大庆130—I、II型钻机的保存量1000余台,由于钻井装备更新速度慢,严重制约了国内橇装模块化钻机应用技术的发展。大庆130钻机单井拆装时间需约1000h,占地面积约2100m<sup>2</sup>,搬一次家共动用55个车次。由于钻井公司投入高,经济效益低,加上设备动力部分故障率高,使得井队每班操作人员多达10余人。另外,僵化的管理模式使钻井公司无法抽调更多的资金更新装备,使钻机制造商失去研究新型钻机的动力,国内钻井装备市场在长达20余年的时间内,几乎全为大庆130—I、

II型钻机所占领。

1997年,随着南阳石油机械厂两台ZJ20K橇装模块化钻机到加拿大钻井作业,启动了国内模块化钻机的市场需求,也促进了模块化钻机应用技术的研究与发展。

## 钻机模块化设计

模块化钻机(Skid-mounted drilling rig),即块状钻机。钻机制造商既要使钻机满足钻井要求,又要模块化设计,其中最为关键的问题是如何将井架、底座、动力机组实现模块化结构设计。

### 1. 井架模块化设计

(1) 井架高度的确定 井架是钻机的重要组成部分,对井架的要求是既要有足够的承载能力,又要有足够的有效高度和空间。只有合理地确定井架的高度尺寸,才能将模块化技术成功地应用到井架构件的设计上。

在确定轻便钻机井架高度参数时,SY/T5609—1999《石油钻机型式与基本参数》,推荐2000~4000m钻机的井架高度有35m和41m,分别用于起放双根和立柱。从我国起下钻的实际情况看,井深越浅起下钻次数越少。根据中石油集团公司油井钻完井统计数据:1500m以下的井平均起下钻2

\* 郭谊民,高级工程师,生于1968年,1990年毕业于西安石油学院石油矿场机械专业,现从事石油机械装备科研工作,任厂研究所所长。地址:(473065)河南省南阳市。电话:(0377)3551161-2668。E-mail:njsj686@public.nyptt.ha.cn。

(收稿日期:2001-07-02;修改稿收到日期:2001-11-14)

次, 1501~2000m 的井为 3.2 次, 2001~2500m 的井为 5.0 次, 2501~3000m 的井为 6.2 次。双根比立柱起下钻多上卸一道扣, 估计用时 3min。1000m 井为 35 根立柱, 53 个双根, 多上扣 18 道, 多用时近 1h, 全井多用时 2h, 占钻井周期的 1%。3000m 井为 105 根立柱, 159 个双根, 多上扣 54 道, 多用 2.7h, 全井多用近 16.7h, 占钻井周期的 2.6%。可见, 钻深小于 3000m 钻机的井架起双根和起立柱对起下钻总时间的影响是有限的。而且随着井口工具自动化程度、钻头寿命和钻井工艺水平的提高, 起下钻的次数会更少。因此, 钻探能力小于 3000m 的钻机, 井架高度取 32~35m 是比较合理的。钻探能力大于 4000m 的钻机, 起立柱节约的时间已成为不能忽视的因素, 井架高度可选择 41m 以上。

(2) 井架结构型式 可采用前开口双节套装结构 32~35m 井架, 运输长度 16~19.5m。若采用三节套装结构型式, 运输长度可缩短为 14~16m, 这种方案对于山区或丘陵地区的油田有相当大的吸引力。对 41m 井架来说, 采用低位水平组装整体式起升, 水平安装每段的长度可控制在 11m 左右。

(3) 起升与伸缩方式 对于双节或三节井架来说, 采用液压或机械起升是简单易行的方案, 液压起升平稳, 造价高, 拆卸时油污的漏失可能造成污染; 采用机械方式, 则是优选方案。

(4) 搬家和拆装 对于双节或三节套装井架, 搬家时若道路条件好, 无高度限制则可以与主机一同运输。在道路条件差时, 可分开运输, 利用自备的工装, 采用 30t 平板拖车即可实现井架的运输。井架运输时, 天车、钢丝绳、游车与井架一体运输, 即游动系统与井架为一模块, 井场安装时, 只须将快绳头插入绞车滚筒的绳槽。对于部分用户, 如四川油田, 由于对运输长度有特殊要求, 需要在井架设计上作一些变化, 运输时将第三节井架拆下, 天车、游车、大绳在运输时随之一起运输, 通过这种方法可将井架运输尺寸降至 13.5m。

2 底座的模块设计

底座是钻机载荷传递的关键构件, 同时又是操作人员的作业平台。底座台面宽, 操作起来就得心应手; 底座下部空间高, 就便于加挂防喷器装置。但台面过大、过高又给移运搬家造成相当大的困难。如何使两者达到统一, 在轻便钻机设计过程中经过几年探索, 笔者认为, 2000~3000m 钻机的台面尺寸采用 6m×6m、7.5m×6m 是比较合理的尺

寸, 基本上能使井口机械化工具有比较大的回转空间。钻台面的高度在 5~6m 之间可以满足生产井的工作需要, 因此可对钻台底座进行模块化设计, 使钻台各模块尺寸控制在 6m×3m×3m 之间, 每块之间采用 V 形联接, 实现快速拆装。

底座的型式, 可采用分体伸缩和整体旋升式, 整个底座可分为前台、后台(见图 1)。动力橇与绞车位于后台, 转盘、井架位于前台, 转盘的动力可通过爬坡链条盒或传动轴引入。

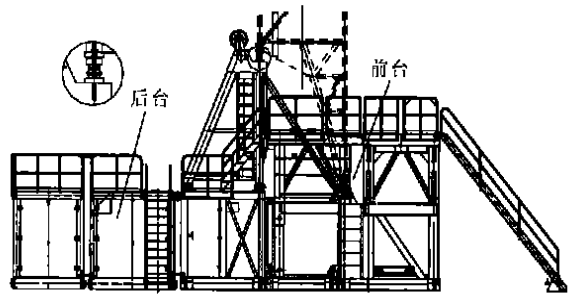


图 1 前后台式底座

(1) 可伸缩式钻台底座 这种整体伸缩式钻台结构, 井架采取低位安装, 转盘高位安装, 动力橇座位于前台, 下部空间采用箱式结构, 各块之间采用 V 形座联接定位。利用人字架, 将井架托起, 井架起升后靠在人字架上, 形成四点支承, 井架稳定性及受力更好。这种底座与井架的联接方式可以更有效地避免转盘工况对井架造成影响, 有效地降低振动产生的噪音。转盘动力通过齿轮箱加传动轴引入, 增加了可靠性。

(2) 旋升式钻台底座 (一) 这是为双节井架配置的底座。井架升起后位于台面上, 主承载梁由 6 根可折叠杆件组成, 两根斜拉杆通过调整螺母可以消除因采用转动销轴而产生的间隙。同时, 斜拉杆承受井架起升时产生的水平分力。6m 高的钻台, 运输时可缩至 3m (见图 2)。

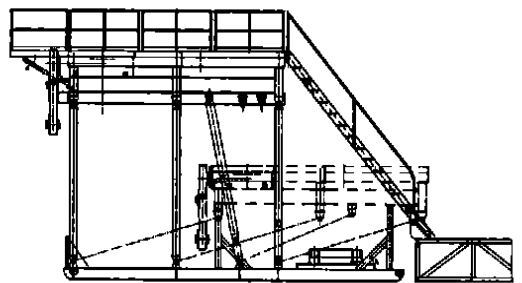


图 2 旋升式钻台底座

(3) 旋升式钻台底座 (二) 对于 41m 井架, 采用水平状态组装整体起升。起升时, 井架位于低位, 通过人字架, 将井架由水平拉升至垂直状态。二层台采用折叠式结构, 在井架起升过程中自动展

开。井架起升后, 后腿靠在人字架上, 井架形成四点支承, 稳定性及受力情况良好(见图3)。

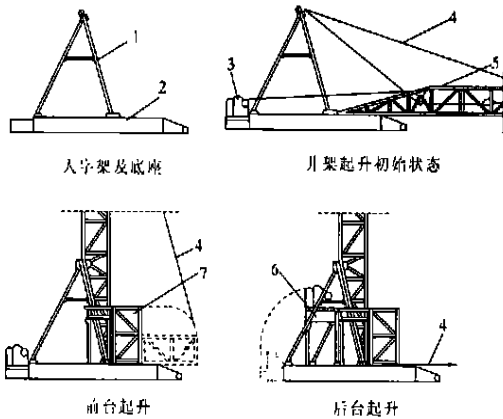


图3 井架水平组装整体起升示意图  
1—人字架; 2—底座; 3—绞车; 4—起升钢丝绳; 5—井架; 6—后台; 7—前台

起升井架后, 下放游车, 将起升大绳挂在后台导轮上就可升起绞车。这种底座使动力机、绞车、转盘位于同一台面, 减化了传动链。

### 3. 动力机橇的选择

对于主机动力机组, 建议采用表1配置方案。

3000m、4000m 钻机采用齿轮箱并车后, 结构紧凑, 体积小, 质量轻。阿里森传动箱的动力换挡机构可最大限度地减少绞车的挡位, 从而简化绞车的结构。动力橇座从总体上分为三橇: 发动机、阿里森传动箱为一橇座, 绞车为一橇座, 其余传动部

表1 推荐采用的主机动力机组配置方案

钻机钻深 (m)	2000		3000		4000	
动力机 传动箱	CAT3412+ Allison	双 CAT3406+ Allison 并车	双 CAT3406+ Allison 并车	双 CAT3406+ Allison-5961 并车	双 CAT3408+ Allison-6060 并车	双 400kW 电机驱动
匹配功率 (kW)	485	239	559	452	790	820

### 4. 橇装钻机的优越性

(1) 良好的移运性 整机搬家车次 25 车左右, 60~100km 的井距基本上可实现当天搬家, 当天安装, 当天开钻。

(2) 良好的经济性 动力机组采用 CAT 系列柴油机加阿里森传动箱, 大修周期长, 油耗低 (60~65l/月), 使用钻机的直接成本降低, CAT 系列柴油机属于无人值守型柴油机, 每班操作人员只需 4~5 人。搬家费用降低 33%。因钻机安装时间缩短, 每次搬家可节约 5 万元。

分为一橇座。这 3 个橇座通过一个整体式底座连接在一起。

钻机采用交流变频数字化电传动系统, 功率因数高, 变频范围宽; 电动机直接驱动绞车, 传动效率高; 采用双速绞车, 无级调速, 简化了结构, 降低了质量。

钻机采用电传动, 很容易实现计算机自动化控制并实施故障诊断和自动送钻。

实践证明, 模块化钻机技术的应用, 使国产钻井装备更具有竞争力, 现以南阳石油机械厂生产的 ZJ30/1700 橇装模块化钻机为例说明。

(1) 驱动与传动系统 绞车动力机组选用美国卡特皮勒公司生产的两台 395kW 柴油发动机; 泵组动力采用 CAT3512 柴油发动机组。整套钻机采取独立驱动方式, 钻井工况开单机, 绞车提升工况可根据井下载荷的变化采用单机或双机并车。

(2) 井架及游动系统 在井架和游动系统的设计上, 预留了安装顶驱的接口。

(3) 钻台底座 钻台底座的起升采用垂直升降式结构, 既可用吊车也可用钻机绞车的动力, 井口部分有足够的空间可放置 ZQ100 型液压大钳。

(4) 防喷器组 因为钻台面比较高, 根据需求可达 6m 或 7.5m, 故钻台下有足够的空间安放防喷器, 以满足不同的钻井工艺要求。

(3) 节约动力消耗 动力系统采用了独立驱动方式, 可根据不同的载荷工况选择开 1 台或多台柴油机, 节约了燃油, 延长了柴油机的使用寿命。

## 结 束 语

模块化钻机因其拆装方便、移运快捷的优点越来越受到石油机械厂和钻井承包商的青睐, 是今后轻型钻机的发展方向。

(本文编辑 任建民)

## ABSTRACTS OF SELECTED ARTICLES

Guo Yimin( *Nanyang Petroleum Machinery Plant, Henan Petroleum Exploration Bureau, Nanyang City, Henan Province*), Chen Zengwei, Yang Sen. **Modularized design of portable drilling rig.** *CPM*, 2002, 30(2): 1~3

There are wide gaps in the application of modularizing technique to the design of drilling rigs in China. Therefore a design scheme of modularized rigs meeting the need of drilling in domestic oil fields is put forward. According to the scheme, the mast and substructure and power machine skid is designed based on the modularized technique, and Model ZJ30 skid-mounted rig is developed by Nanyang Petroleum Machinery Plant. Use proves the modularized rig has good mobility and high economical efficiency.

**Subject Concept Terms** portable drilling rig skid-mounted drilling rig modularized design

Li Zengliang( *Mechanics and Electronics Dept., University of Petroleum, Dongying City, Shandong Province*), **Li Liang, Lou Hui.** **Performance analysis on metallic gland and plunger of superhigh pressure supercharger.** *CPM*, 2002, 30(2): 4~6

The fit clearance between the metallic gland and plunger of superhigh pressure supercharger changes with the material and pressure. To obtain desired fit clearance at rated superhigh pressure, and for the convenience of design and manufacturing, an analysis model for the metallic gland and plunger is established. By using the finite element analysis software, the "ANSYS", the gland and the plunger are idealized as 2-D axis-symmetrical plane element. And then, the static mechanical behavior, dynamic response, coincidence of the stress field and heat field of the supercharger's gland and plunger are analyzed and calculated. The result of the calculation provides a theoretical basis for the design and machining of the metallic gland.

**Subject Concept Terms** supercharger metallic gland plunger performance analysis

Xu Zhongming( *No. 4 Machinery Works, Jiangnan Petroleum Administrative Bureau, Jingzhou City, Hubei Province*). **Analysis on hydraulic circuit of hoisting cylinder of workover rig's mast.** *CPM*, 2002, 30(2): 7~10

Gravity overspeed may occur in rising or dropping the mast on a workover rig. By analyzing the working features of the hydraulic circuit of the hoisting cylinder, the measures for preventing gravity overspeed are put forward, i. e. adopting circuit change valve or choke check or balance valve for speed control. The hydraulic circuit of the hoisting cylinder is designed and calculated, and the problems that should be paid attention to in the design are pointed out.

**Subject Concept Terms** workover rig mast hoisting cylinder hydraulic circuit calculation

Chu Minglai( *Engineering Technology Research Institute, Jiangsu Petroleum Exploration Bureau, Yangzhou City, Jiangsu Province*), **Qiu Xiaofeng, Jiang Jiansheng, et al.** **Design of new tubing swab.** *CPM*, 2002, 30(2): 11~12

The spear-type tubing swab was used in Jiangsu Oilfield, and its rubbers had bad wear resistance and unreliable sealing. Besides, it was very hard to replace the wireline joint and rubbers. Therefore a new tubing swab is designed. The new swab adopts rubbers with inside hydraulic expanding rubbers, which has good sealing behavior. By using the new swab, the oil output in each stroke is increased by 15%, and the service life of the rubbers is 2~3 times of that of the oil swab. The wireline quick coupler and twist-off preventing device are designed, thus the service life of the wireline is also improved.

**Subject Concept Terms** swab wireline rubbers sealing service life