

# 石油矿场机械

上册

《钻井机械与修井机械》

(限内部使用)

北京)

华东石油学院矿机教研室编

1973年8月

PDC

• 081395



# 毛主席语录



路线是个纲，纲举目张。

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义

教育必须为无产阶级政治服务，必须同生产劳动相结合。

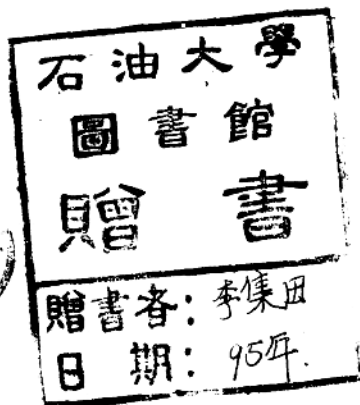
在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

学习外国的东西，是为了研究和发展中国的东西。

我们不能走世界各国技术发展的老路，跟在别人后面一步一步地爬行。我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。



200471667



# 目 录

前 言	1
第一章 钻机概论	2
第一节 钻机的组成与类型	2
第二节 钻机的特点与改进方向	3
第二章 起升系统工作原理	12
第一节 起升原理	12
第二节 下钻原理	33
第三节 游动系统工作原理	37
附 录	40
第三章 绞车	43
第一节 概述	43
第二节 滚筒轴设计计算	50
第三节 滚筒设计计算	54
第四节 刹车机构的分析计算	60
附 录	73
第四章 井架	93
第一节 结构类型与基本参数	93
第二节 载荷与材料	106
第三节 结构的静力计算	114
第四节 结构的稳定计算	126
第五节 井架设计的方法步骤与各类井架设计计算特点	143
附 录	148
第五章 井口操作机械化设备	174
第一节 动力大钳	174
第二节 动力卡瓦	183
第三节 立根排放机构	188
第六章 钻机与修井机的驱动与传动	191
第一节 工作机对驱动设备的要求	191
第二节 驱动设备的特性与选择	193
第三节 钻机的传动方案与总体布置	197
第四节 传动方案的变速设计	222
第五节 修井机的驱动传动特点	234
附 录	237
第七章 钻机与修井机的基本参数	257
第一节 钻机基本参数的拟定	257

第二节 拟定修井机基本参数的特点.....	285
第三节 设计钻机和拟定基本参数的几个基本原则.....	290
附 录.....	293
第八章 海上钻井设备.....	305
第一节 概述.....	305
第二节 活动钻井平台与钻井船.....	315
第三节 海上钻机的特点.....	325
附 录.....	352
第九章 液压钻机与软管钻机.....	354
第一节 液压钻机.....	354
第二节 软管钻机.....	367
主要参考书.....	382

# 前 言

石油矿场机械工作的业务范围是设计研制石油钻采机械设备和在现场正确使用维修这些设备，这就必须具备设计和制造工艺方面的基本知识和技能，同时必须对这些专业设备的原理和设计特点有一定的了解，《石油矿场机械》专业课程就是为这一目的而设立的。毛主席在《矛盾论》中指出“科学研究的区分，就是根据科学对象所具有的特殊的矛盾性。因此，对于某一现象的领域所特有的某一种矛盾的研究就构成某一门科学的对象”。因此，我们从钻井与采油两种生产的特性出发，从科学研究的内容特性不同出发将专业课程分为两门课，即本书的第一篇钻井机械与修井机械和第二篇水力机械和采油机械。《钻井机械与修井机械》以钻机为研究的主要对象，结合研究修井机的特殊问题。重点选择起升系统的工作原理、绞车、井架、井口机械化，驱动和传动，基本参数等几方面问题，由特殊到一般地、由部件到整体地加以研讨。最后介绍海上钻井设备和两种新型钻机。《水力与采油机械》则分章研究往复泵、离心泵、涡轮钻具、涡轮传动，液压传动、抽油设备以及压裂设备，这门课更着重研究水力机械的工作理论、更接近基础技术课的性质，因而适于放在具有综合性特点的《钻井机械与修井机械》的前面学习，或二课平行学习。学习本课的先修环节是“机械设计”课程与设计实践，《电工学》《热工学》《水力学》以及石油钻采和钻机修理劳动实习。通过实习学员们获得大量实际知识和感性认识，再通过本书的理论概括性学习，提高一步。至于一部分有关章节内容如：旋转设备、游动系统设备，气控制，钻头以及钻机底座等内容，由于时间仓促暂未编入本书，有需要可参考1965年版“石油矿场机械”教材。

编写本教材的指导思想是：

1. 以马列主义毛泽东思想为指针，以毛主席的四篇哲学著作作为主要的世界观、认识论和方法论，科学地认识和分析科学技术的内在规律，学习和总结工人群众在生产实践中大量的丰富的经验和发明创造，务使新编教材具有革命性，实践性和科学性。

2. 以大批判开路：大破旧教材的脱离实际违反认识规律的旧体系，大破旧教材内容中的洋奴哲学和爬行主义，大破旧教材的繁琐哲学、以及理论至上、技术决定一切的观点。立由特殊到一般、理论联系实际的新体系、新内容。立政治是统帅、洋为中用的观点。

3. 文字力求通俗易懂、便于工农兵学员自学，除在校期间必学章节外还多给出一部分资料 and 参考图表、便于毕业后在实际工作中参考、也便于现场技术人员和工人师傅在革新设计时应用。

最后，我们特别对给予我们新教材编写工作大力支援的各兄弟厂矿，和东北石油学院杨敏嘉同志参加教材的审查工作表示最大的谢意。由于我们的路线觉悟不高，现场调查收集资料和编写的时间很短促，教材中错误之处一定不少，在此虚心诚恳地希望学员们，厂矿的同志们提出宝贵的批评和意见，以备本书再版时改编得更臻完善。

# 第一章 钻机概论

通过矿场劳动实习,我们对钻机各个部件都有了初步的感性认识,对于它们各自的结构、特性都有了初步了解,在这一基础上我们来进一步研究各部件有机组合起来的钻机总体,弄清其类型、特点和性能,以作为设计、选择的根据,这就必须对钻机各部件及其总体进行一番概括总结工作。毛主席教导我们说:“人们总是首先认识了许多不同事物的特殊的本质,然后才有可能更进一步进行概括工作,认识各种事物的共同的本质。当着人们已经认识了这种共同的本质以后,就以这种共同的认识为指导,继续地向着尚未研究过的或者尚未深入地研究过的各种具体的事物进行研究,找出其特殊的本质……。”因此,本章的研究,也是为了给以后各个章节的具体设备的研究打下共性认识的基础。

## 第一节 钻机的组成与类型

### 一、钻机的组成(图1—1所示):

根据钻井工艺中钻进、洗井、起下钻具各工序的要求及现代化技术水平的条件,整套旋转钻机必须具备下列各项设备:

#### 1.地面旋转钻进设备:

为了转动钻具破碎岩石,钻机配备有转盘、水龙头和钻具自动送进设备等。

#### 2.循环系统设备(钻井泵组):

为了随时清除井底已破碎的岩屑以保证连续钻进,钻机配备有全套洗井液的循环设备。如钻井泵、补偿空气包、地面管汇、泥浆池和泥浆槽、泥浆净化设备、调配泥浆设备等。在涡轮钻井中它还担负着给涡轮钻具传递动力的任务。

#### 3.起升系统设备:

为了起下钻具、更换钻头、下套管等,钻机还装备了一套起升设备,以辅助完成钻井生产。这套设备由钻井主绞车、辅助绞车(或猫头)、调节刹车、游动系统(钢丝绳、天车、游动滑车及大钩)以及悬挂游动系统与承重的井架组成。

本系统也包括起下钻操作应用的工具及机械化设备(吊卡、卡瓦、大钳、立根移运机构等)。

#### 4.动力驱动设备:

为了使工作机获得足够的动力进行运转,必须配备动力设备及其辅助设备。可以是内燃机(柴油机、汽油机)及其供油设备,或者是交流、直流电动机及其供电、保护、控制设备等。

#### 5.传动系统设备:

传动设备的主要任务是联结发动机与前三个工作机组,把发动机的能量传递与分配给各工作机。

为了解决发动机与工作机二者间存在的运动特性上的矛盾,要求传动系统应包括减速、

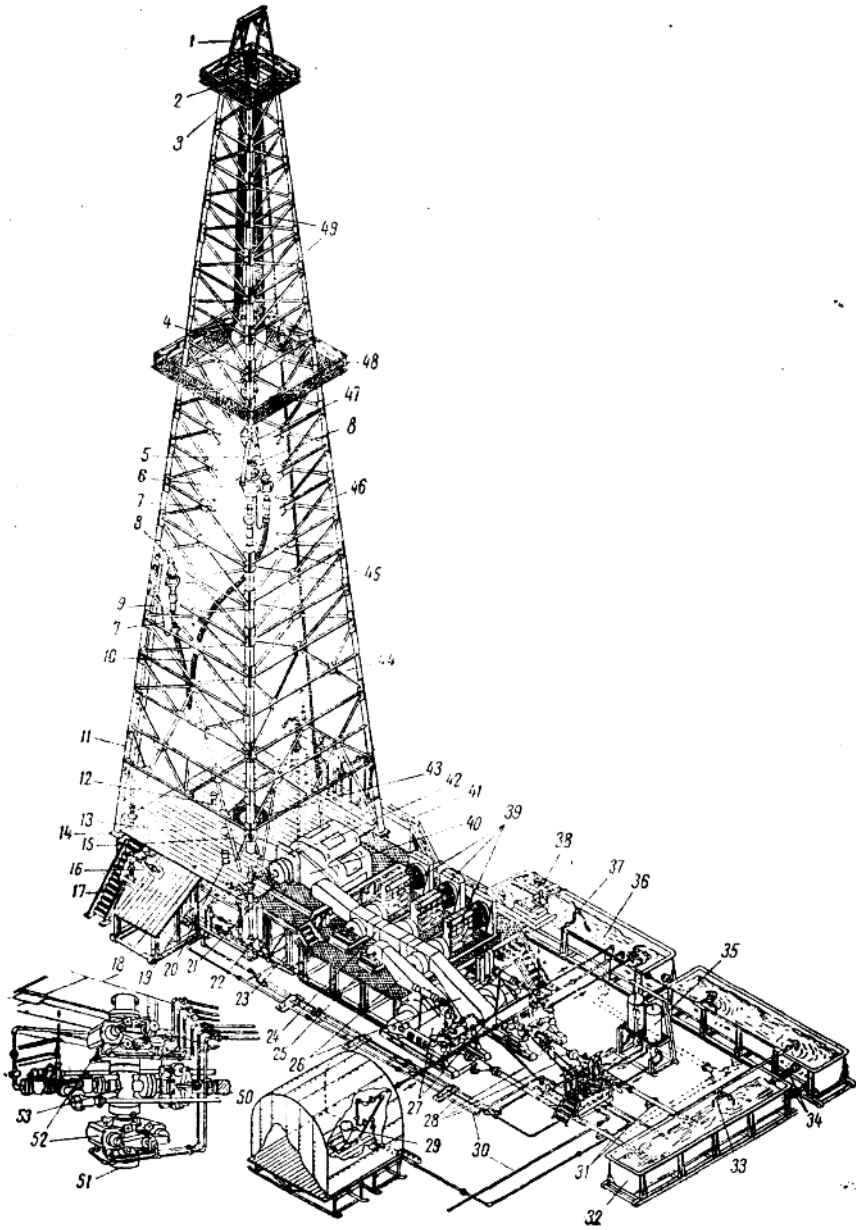


图1-1 重型旋转钻机

1—立柱；2—天车；3—井架；4—游车；5—水龙头提环；6—水龙头；  
 7—安全绳；8—立管入口；9—立管；10—水龙带；11—井架大腿；12—  
 接单根鼠洞；13—钻台；14—架脚；15—转盘传动；16—填充泥浆管；  
 17—梯子；18—坡板；19—底座；20—方钻杆鼠洞；21—转盘离合器；  
 22—闸门；23—绞车底座；24—传动箱；25—发动机平台；26—泵传动；  
 27—钻井泵；28—循环系统管线；29—泥浆配制系统；30—水管；31—吸



入管；32—循环系统泥浆池；33—泥浆枪；34—连接软管；35—容器；36—洗井液；37—泥浆枪；38—振动筛；39—动力机组；40—绞车传动装置；41—泥浆槽；42—钻井绞车；43—转盘；44—井架横梁；45—方钻杆；46—斜撑；47—大钩；48—二层平台；49—游绳；50—泥浆喷出口；51—井口装置；52—防喷器；53—换向闸门。

井车、倒转、变速机构等。

根据能量传递形式与传动所用的介质不同，传动系统又可分为：机械传动、涡轮传动、液压传动和电传动等。

#### 6. 控制设备

为了指挥各机组协调地进行工作，在整套钻机中还装备各种控制设备，如机械控制设备（手柄、踏板、杠杆等），气动或液动控制设备（开关、调压阀、工作缸等），电控制设备（开关、变阻器、启动器、继电器等），以及集中控制台和观测记录仪表等。

#### 7. 钻机底座

为了钻机的安装运移方便，近代中、重型钻机多采用整体安装拖运底座。将动力、传动机构和绞车等设备都安装在一起进行拖运。钻台上要装井架和转盘并能竖放全部立根，而钻台下又能容纳井口装置，所以底座需要一定的高度和面积。

#### 8. 辅助设备

成套的钻机还必须具备供气设备，钻鼠洞设备、井口防喷设备、辅助发电设备（供小量动力及照明用）与辅助起重设备、钻杆架与桥台、坡板和活动值班房，在寒冷地带钻进时还需配备保温设备。

以上便是适应钻井工艺的要求而形成的钻机各系统和部件，它们有机的结合成一整套钻机协调地完成生产任务。

### 二、钻机的类型与方案：

随着钻井生产的不断发展，钻机使用条件愈来愈多样化，所以相应地出现了各种类型的钻机。影响钻机类型与组成的因素有以下几种：（1）钻井方法；（2）钻井用途；（3）钻井深度、井眼尺寸与钻具尺寸；（4）钻井地区的条件：如动力燃料来源、交通运输条件等。

#### 1. 按钻井方法不同可分：

- 1) 地面发动冲击钻机：如钢绳冲击钻机（顿钻钻机），地面发动振动钻机等。
- 2) 地面发动旋转钻机：近代转盘钻法用钻机。
- 3) 井底发动钻机：井底冲击振动钻具、井底旋转钻具（涡轮钻具、电动钻具、无杆电动钻具）。

以上 1 与 2 或 2 与 3 结合而成为冲旋联合钻机。

- 4) 无钻头物理钻井设备：如喷丸钻井设备、爆炸钻井设备等。

以上四种钻机也标志着钻井方法的不同发展历史阶段。它们的发展全是由于设备本身的缺陷不能适应生产力的发展而促成的。当钻井逐渐加深，岩石逐渐变得更硬，前一种方法与设备的生产率不能适应这一要求时，便逐渐被一种生产率更高的同时也是相对更经济的方法来代替。例如钢绳冲击钻法由于钻进与捞取岩屑是交替进行的，钻头功率很小，只能适于在浅井小规模生产的矿山上应用。当井加深，要求钻速加快时，顿钻法的矛盾便显得很突出了，于是转盘旋转钻法便不断发展和推广。因为它使用了空心钻杆，不但可传递更多的功率给钻头，且可输送泥浆不断清除岩屑，克服了顿钻法的主要缺陷。当井深超过四五千米时，



则过长的钻杆柱在转动时消耗了过多的功率，并愈深，钻头的功率愈来愈少，并且钻杆长易折断使生产间断，所以原来代替钢丝绳的钻杆，在新的条件下又转化为不利的因素，于是又向着钻杆不转的方式来发展。采用井底发动而用水力或电力传递能量的方式，这样可使井底钻头功率成倍增加，避免了钻杆事故，生产率得到相应的提高。而对于特硬地层，钻头显示出是最薄弱的环节，且由于频繁的起下钻操作使钻井生产率下降，所以不得不放弃用钻头机械破碎岩石的方法而另寻出路。目前，喷丸钻井法已在硬岩钻探中试验。对于深度超过7000至8000米的深井勘探中，爆炸钻井电火花钻井等新钻井法可能会获得有效应用。

## 2. 按钻探深度不同可分为两大类（图1—2）：

### 1) 大型钻机

起重量在30吨以上，使用 $\phi 3\frac{1}{2}$ "至 $\phi 6\frac{3}{8}$ "钻杆，井径达400毫米，用于钻深井（包括生产井，注水井，勘探井）。

大型钻机按起重量不同进一步又可分为：

(1) 中型钻机：起重量30~100吨者，（图c）

(2) 重型钻机：起重量100~150吨者，（图b）

(3) 超重型钻机：起重量超过150吨以上者（图a）。

### 2) 轻便钻机

起重量一般在30吨以下，使用 $\phi 50$ 毫米至 $\phi 3\frac{1}{2}$ "的钻杆，井径达150毫米，用于钻地质构造绘图井、金属矿山、水文、建筑、地震勘探井和水井等（图d）。

它也有轻、中和重型之分，其中起重量大的（30~50吨）重型轻便钻机和特制的小井眼钻机全可用于打浅油井，最轻的微型钻机（钻1—5米的地震井）全套钻机仅20~50公斤，可人抬运移（图e）。

## 3. 按动力来源不同可分：

(1) 柴油机驱动钻机：适于勘探钻井之需要。为了改进柴油机之性能，发展有：柴油机-涡轮变矩器驱动钻机，柴油机-直流电驱动钻机，柴油机-液压驱动钻机等。

(2) 交流电驱动钻机：适用于有电力网的油田上。

(3) 燃气轮机驱动钻机：尚在重型勘探钻机上试验，应用很少。

上述各种驱动型式将在第六章加以论述。

## 4. 按驱动方式不同可分为三类：

1) 单独驱动：各工作机单独选择大小不同的发动机驱动，如图1—3所示。多为电驱动，其传动简单，容易安装，动力消耗少（电动机功率因素高），但功率利用率低，设备重。

2) 统一驱动：又称联合驱动。三个工作机被同一动力机组所驱动，如图1—4b所示。大部分钻机采取这种方案。统一驱动也可以只包括两个泵中之一泵，如图1—4a所示为ZJ—130钻机方案。这种钻机功率利用率高，发动机有故障时可互相调剂，但其传动复杂，不易安装，传动效率低。

3) 分组驱动：动力的分合介于前二者之间，三工作机可有两种方案如图1—5所示，这种钻机的功率利用率比单独驱动者高，传动比统一驱动者简单，可将两组工作机安装在不同高度，如图1—5b。当在山沟等地区条件受限制时将两组安装在不同场地上，如图1—5a。

## 5. 按组装运移方式不同，钻机可分为三类：

1. 组装固定式：固定式钻机底座用螺钉装在地基上，其它设备解体后用汽车运输，逐件安装和拆卸。这种钻机多属很少运移的超重型钻机，如国产ZJ—150型钻机，ZJ—130钻机。

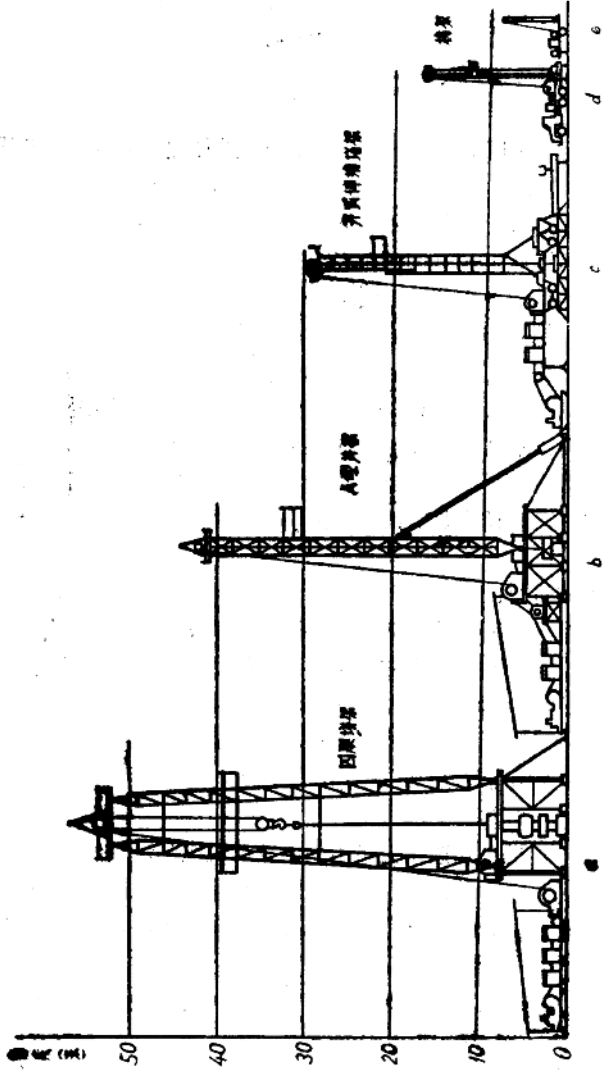


图1-2 大型与轻便钻机  
 a—超重型钻机；b—重型钻机；c—中型钻机（拖车装）；d—车装轻便钻机；  
 e—地震轻便钻机（小车装或手拍式）。

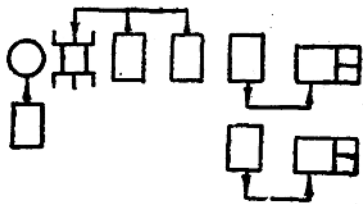


图1-3 单独驱动方案

2) 组装拖运式：将钻机底座与各机组组装成整套钻机。当钻机打完一口井后，可以用履带式液压起重车将整套钻机顶起使底座离开地面，用数台拖拉机可对整套钻机进行整体拖运。这样对沙漠或平原地区中之钻井可大大缩短钻机之运移时间。对于重型钻机也可用巨型轮胎起重车来整体拖运，如图1-6所示。

3) 车装钻机或拖车装钻机：为了提高运移性，转盘式轻便钻机、修井机和小井眼钻机大多是载重汽车装运的。近年来，中型钻机有用三至四个车组拖运的趋势，每机组用单独电驱动或车组间用万向轴传动。如图1-7所示。

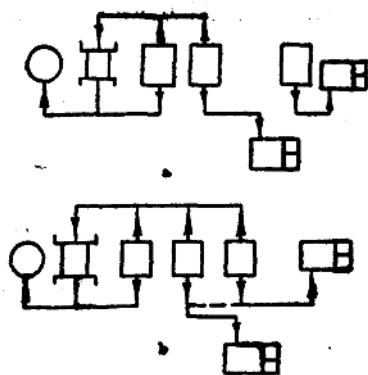


图1-4 统一驱动方案

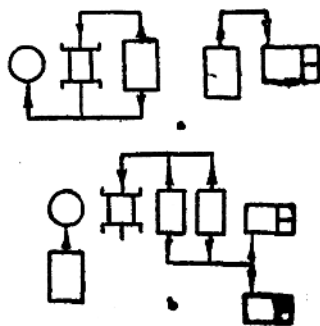


图1-5 分组驱动方案

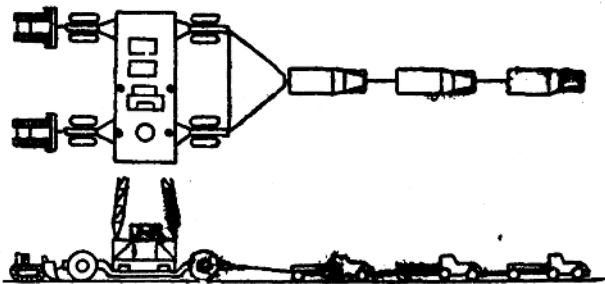


图1-6 巨型轮胎起重车整体拖运重型钻机

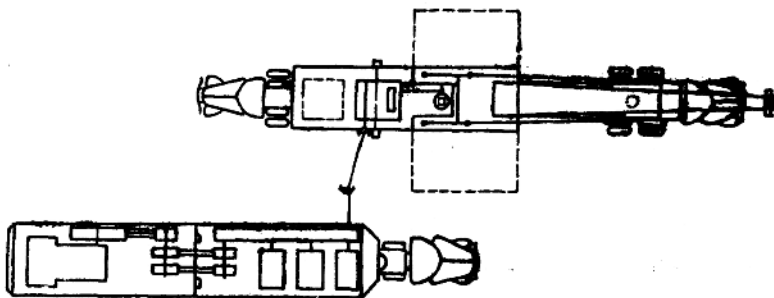


图1-7 车装中型钻机的一种方案

根据各种运移方式之不同，钻机的底座可基本分为四种类型，如图1-8所示。

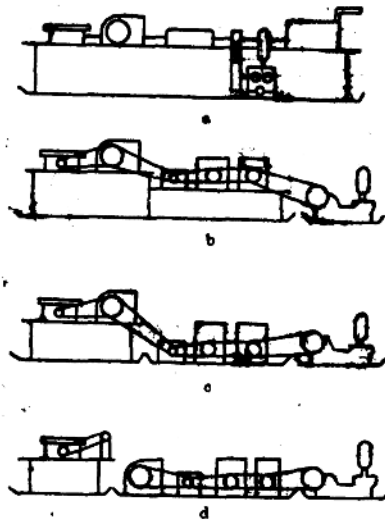


图1-8 钻机的轱式底座方案

a. 为一级平台方案。如C—1500型万向轴传动的钻机采用此方案，整个底座又高又重，这种型式的底座在中型钻机中不应采用，只适于作拖车之装载型式。

b. 为三级统一驱动方案。如ZJ—75型、ZJ—130型用链条平行轴传动的钻机多采用此种方案。用升高了的发动机底座可以解决下一方案中的长链传动问题，但加重了底座。

c. 为二级统一驱动方案。如R—9200型（罗5D型）钻机，绞车在钻台上，动力自地面用长链传动，链条工作条件恶劣，但其动力底座轻而易于拖运和安装（装发动机等）。

d. 为二级分立驱动方案。将主绞车降低装在地面上，钻台上只有转盘与猫头绞车，二组分立驱动，这样既解决了绞车长链传动问题，也减轻了钻台的底座重量。在重型钻机中它是底座最轻又最易拖运的一种，但是这样会造成主绞车控制上的麻烦。

## 第二节 钻机的特点与改进方向

由于工艺特点与使用场地之不同，钻机表现出与一般通用机械不同的特色，可概括为以下四方面：

一、为了完成钻进与起下钻等钻井作业，钻机必须是一整套大功率的重型联合工作机组。

由于发动机是单一的特性，而工作机与钻具则要求具有不同的特性，所以从发动机到各工作机与井底钻具间就有着不同的能量转换、运动变化和很长的能量传递路线，如图1-9所示。同时各工作机的利用又不是同时的，其载荷随着井深等因素发生变化，这就必然造成钻机传动与控制机构的复杂化和能量的很大消耗。

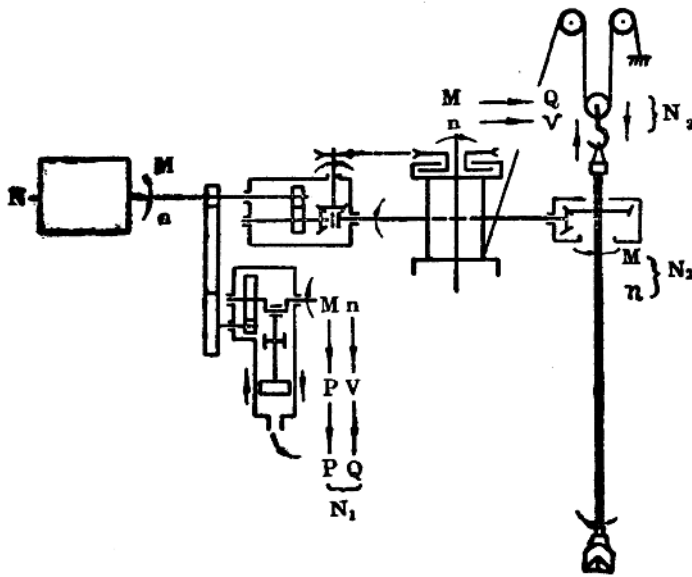


图1—9 钻机能量的传递与运动的转换

二、用地面旋转钻机带动钻具进行钻井时，与一般机器的不同特点是：操作是不连续的，且在深井钻井中起下钻这一非生产辅助操作跃居主要地位，所以，起升机组变成了主要的工作机。起钻时必须付出很大能量，而下钻时所产生的能量不能回收，造成很大的能量损耗。

三、钻机的工作场所与一般机器不同。它是在矿场、山区、沙漠、沼泽以及海洋上进行流动作业的，尤其轻便钻机和中型钻机的完井时间很快（几小时至几天），这就要求钻机具有高度的运移性，即卸装简易、部件尺寸和重量都在通用载重汽车和吊车的能力范围内，或不拆卸而能整体拖运，为了适应各地区的装运条件，钻机就要具有不同的底座结构型式。

四、钻机与其他机器相比，技术水平还是较低的，这主要反映在两方面：一方面是钻机的强度和寿命（包括耐磨性和耐劳性能）不能适应矿野的恶劣环境以及不稳定的和带冲击的工作载荷，致使钻井设备故障频繁，检修停产的时间比重很大。另一方面由于钻机的加工对象岩石的特性变化不定以及钻进和起下钻操作的不规律性所以实现高度机械化自动化比较困难，仍存在大量的繁重的手工操作。

目前我国已有5—6个厂生产大中型钻机，仿制的有1200米、3200米钻机，自行设计试制或批量生产的有1000米、2200米、3500米、4600米、5000米五种钻机，已初步形成一整套独立的设计制造体系。通过对这些钻机使用情况进行的不全面的调查，钻机目前尚存在下列问题并相应提出改进方向和措施：

一、钻机装机功率低，突出的是泵组功率不足，如老130型钻机只配备1200马力，远远不能满足强化钻进的要求，打井时泥浆泵和转盘争动力，如加大钻压则泵冲数（排量）降低只有30~40冲/分，时常只能开独立的单泵打井。这台单泵只供480马力，经过并车皮带与传动皮带输给泵不足400马力，泵压和排量都打不上去，钻速很慢，某井队打一口2400米的井纯给进时间要27小时，当为这井队多配备一台1000马力的单机泵组时，连同720马力带

转盘，480 马力带 1\* 泵共 2200 马力，由于加大了排量和泵压，进尺显著加快，同样的井只用 20 小时就打完了，这只是加强清洗井底所见的效果，如进一步采用喷射钻头，只泵组功率就要求在 2000 马力以上，钻速将更加快，我国自行设计的新 130 钻机功率达 2400 马力，比老型者增加一倍，无论起下钻或是钻进都有明显的加快。所以提高装机功率尤其是泵组功率是革新钻机的一个非常明确的方向。

二、钻机传动效率低，130 钻机从柴油机到大钩的效率只有 50% 左右，这主要是传动付多路线远，并车皮带根数多难调紧，传动时打滑，链条传动润滑不良等因素造成的，改进的方向是用密封润滑的多排链传动或齿轮万向轴传动代替皮带传动，简化传动缩短路线，有条件时推广单独电驱动和转盘猫头的液压传动。

三、生产安全性差：钻机的猫头和大钳操作最不安全，经常产生伤亡事故，提高机械化水平当务之急就是要革掉猫头采用动力大钳，作为过渡措施要先为钻机配齐机械猫头（如行星摩擦猫头）和两只死猫头。

四、体力劳动强度大，机械化自动化水平低，控制不集中，刹把操作很吃力，仪表不全不灵不准，压力表尤易损坏。解决的办法应首先推广立根排放，接单根等操作的小型机械化，逐步创造条件研制试验全套起下钻机械化设备和自动钻进设备，方向是用电子计算机遥测钻井参数并选择最佳参数自动钻进。解决刹车的缺陷当前要配齐足够大的气刹和新型水刹，或电磁刹车，要发展专为泥浆系统应用的压力表和灵敏的指重表。

五、钻机重量大，外廓尺寸大，运移性差，安装时校正也很费时。如 y8—3 泵重 19 吨，要拆成皮带轮、泵盖和泵本体三件运，130 绞车重 20 吨要拆成三根轴和支架底座四大件运，在新井场临时组装起来即费时间又不易保证装配质量，如 130 钻机在 ×× 油田 3 天打一口井，搬家却要三天，要 100 个车次，4 部 15 吨起重吊车。解决的方向是在平原地区推广大爬犁整拖以及液压起重大轮胎车整拖。山区用钻机应划分成更小的更易装车运输的部件单元，将来也有可能用直升飞机运输，在沿海沼泽地带用气垫船运输。创造重量轻的三缸单作用活塞泵，采用低合金钢制造结构物以减轻设备重量。

六、目前钻机配套的柴油机品种少（只 300 马力和 1200 马力两种，中间缺少 600、800 马力的品种），高速柴油机寿命短，经常漏水漏油故障停车，如一台钻机只配两台柴油机则一台发生故障就不能打井。因此，应积极发展柴油机缺口品种，为一台钻机起码配备三台柴油机（如 2200 米~2500 米钻机配三台 800 马力柴油机，3500~4000 米钻机配三台 1200 马力柴油机），同时提高柴油机产品质量，并配套自动控制装置（如自动调温调压，自动报警停车等）。从长远看应在重型和超重型钻机上试验燃气涡轮驱动以及交流电通过可控硅整流器变为直流电驱动的钻机，前者重量更轻，后者效率更高（达 98%）。

七、钻机很多部件工作不牢靠，如目前的 y8—3 泥浆泵因换活塞和凡尔以及其他故障而停工检修的时间占钻井总时间的 1/3。又如上钻台的绞车传动链条由于质量不高又兼链条太长传动起来冲击振动很大所以易断，这链一断，就不能提钻很易引起卡钻事故。其他如柴油机、水龙头、气胎离合器、刹带等也经常要停钻检修，这样就形成一口井的纯钻时间只占全部时间的 1/4 左右的不合理情况，改进的办法是提高钻机另部件的可靠性和持久性，加强材质和热处理以及表面强化工艺，对于易损件在结构设计时要注意研究其结构以保证在现场拆装方便迅速。

八、钻机配套设备和工具不齐，致使孤立的钻机由于不配套久久不能交付钻井使用。如钻机不配井架、井口装置防喷器以及泥浆系统设备管线等，钻台和机房没有铺花板，每口井

只好临时铺木板，即费钱又不平又积存泥浆影响操作。由于工具不配套（如检泵用的拔缸套凡尔座工具，电动或气动上螺丝工具等）致使现场检修很费时间，今后钻机出厂应按明确的配套范围交货，简化难安装的法兰和丝扣联接，尽量使泥浆管线由任化、软管化。

八、目前现场所用国内外大中型钻机品种复杂，它们的另件不能互换，部件不能通用这给现场管理和使用带来很大麻烦，因此要求我国的自制钻机要有长远的规划，要推行三化，即产品系列化，部件通用化，零件标准化。三化的目的在于以最少量的产品、零部件品种满足多数生产工艺要求，尽可能解决：需要与可能、数量与质量、数量与品种、专业分工与协作等各方面的矛盾，推行三化有利于组织机器及其配件的专业生产，提高产品质量，降低成本，使操作和维修人员加速掌握新钻机，提高使用质量，使技术人员集中力量在少量的品种上提高设计质量，保证钻机技术水平不断提高，使目前生产条件与长远发展方向结合起来，更有利于开展钻机的国际协作。具体建议钻机标准系列暂定为五级：即1000米（30吨），2000米（75吨），3500米（130吨），5000米（170吨），7000米（200吨）。相邻级的部件尽可能通用，更大范围的采用标准化另件和专业通用件。当前则要在提高另部件（如变矩器、离合器、齿轮、链条、万向轴、泵等）质量的基础上发展钻机新品种，要求用新部件逐步更新旧有钻机（如先推广用大功率单机泵组强化130钻机）。

十、在新钻机上尽量采用和移植成功的新工艺新材料新技术新结构，提高钻井过程的连续性，如创造独特性能的海上钻采设备，适当发展全液压自动钻机，连续起下钻的软管钻机和井下动力钻具等以及耐磨的硬岩石钻头、密封轴承钻头和喷射钻头等。其目的是尽可能减少起下钻时间消耗，提高深井的纯钻时间比重。

总之、钻机改进的总方针是贯彻“鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义”“独立自主、自力更生、艰苦奋斗、勤俭建国”的方针和《鞍钢宪法》以及“工业学大庆”的精神。具体方向是加快两头（搬家安装和完井）强化中间（钻进），具体措施是三高一硬、三简一轻，即是向高功率、高泵压、高强度、硬钻头，简化传动、简化法兰、简化丝扣、重量轻便的方向发展。



## 第二章 起升系统工作原理

毛主席教导我们说：“人们总是首先认识了许许多多不同事物的特殊的本质，然后才有可能更进一步地进行概括工作，认识诸种事物的共同的本质。”所以我们在研究钻机总体及其设计以前首先重点剖析由绞车，游动系统等构成的起升系统，我们对起下钻过程特殊的工作规律有了较深入的认识以后，才有可能正确的运用和设计起升设备，才有可能进一步联系其他部件研究清楚整个钻机的一般规律性。本章将围绕节约起升时间这一核心问题来研究起下钻过程的运动学和动力学，起升速度的分配规律和起升功率利用率等问题。本章虽然研究的是钻机的起下钻柱操作过程，但它的原理对油井起下油管 and 抽油杆作业也同样适用。

### 第一节 起升原理

研究起升系统的运动学动力学的目的在于认清起钻过程中由速度变化而引起的载荷变化规律，判明最大载荷并根据它配备起升功率和核算起升设备的强度。研究起升速度的分配规律目的在于提高起升设备的功率利用率、缩短起升时间消耗。

#### 一、起升速度图和力矩图

在图 2-1 中示出一起升系统，我们以绞车离合器 A 为分界线，在离合器的主动摩擦轮即链轮 B 以前为主动部分，它包括发动机（柴油机）和传动部件等，在离合器的气囊以后为被动部分，它包括绞车、游动系统和钻柱载荷等。在起升钻柱以前先发动柴油机空转（未加大油门），挂上柴油机离合器后全部传动部件包括链轮 B 全处于旋转状态。起升操作开始时先挂合离合器 A，绞车滚筒轴开始转动，滚筒 C 卷缠钢绳、游动系统 D 开始提升钻柱载荷 Q，然后加大柴油机油门使滚筒加速旋转一直达到该档稳速卷扬的转速，到起升一立根行程接近完了时即摘开离合器 A 同时刹车，滚筒减速停止，起升运动完结。在图 2-2 中给出在绞车滚筒轴上实测的起升速度图，从图中可见，滚筒轴转速基本上可分为加速（0~14.0 转/分）

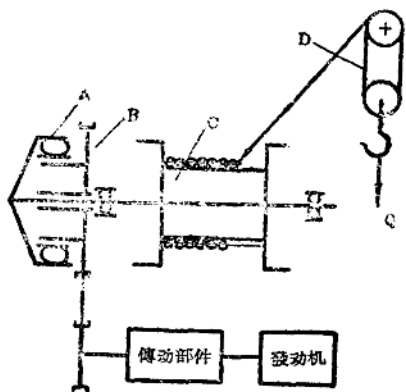


图2-1 起升系统示意图

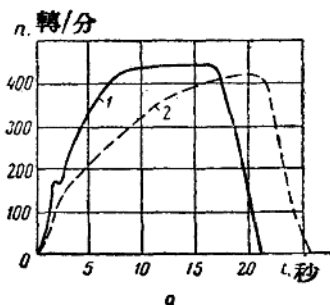
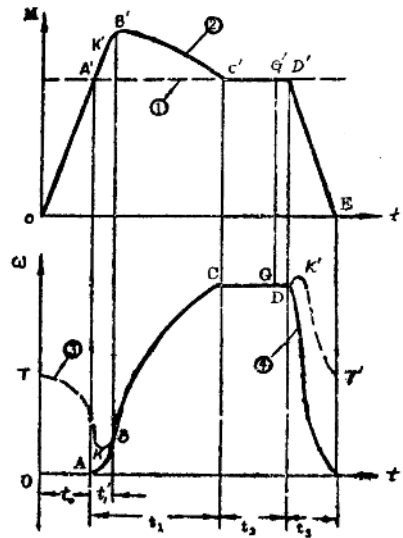


图2-2 实测起升速度图

匀速(440转/分)和减速(440~0转/分)三个阶段。再仔细看看加速段又可细分为两小段,开始一段很陡,随后一段较缓,这是为什么?下面我们借图2-3给出的起升速度图和力矩图来分析清楚这种情况。图中横坐标为时间,纵坐标为滚筒的扭矩和转速。从0点开始挂离合器A,由于此时离合器主动端所具有的主动力矩 $M_{主}$ 不足以启动从动载荷所造成的静力矩 $M_{静}$ (曲线①所示高度),即 $M_{主} < M_{静}$ ,所以主动部分被拖慢(曲线③所示),付出旋转部分所储存的能量,使 $M_{主}$ 由0上升至A'点,在此 $t_0$ 时间段内离合器被动部分B全然不动,即离合器打滑。主动力矩升至A'点后 $M_{主} = M_{静}$ ,从动部分开始起步,加速段开始,滚筒轴转速沿AB曲线上升。但要注意,此时从动部分转速仍很低,而主动部分的转速由T沿曲线被拖慢下来还是较高的,所以离合器的主动端和被动端并不同步,即离合器仍在打滑,设主动部分在K点开始加大油门,转速上升直至B点二者同步,离合器结束打滑,所以在 $t_0 + t_1'$ 时间段内离合器全在打滑。在 $t_1'$ 时间段内转速陡增,加速度较大,所以滚筒轴上由加速而产生的惯性力矩 $M_{惯}$ 是递增的。在B点 $M_{主} = M_{静} + M_{惯}$ ,在B点以后由于加速较小所以 $M_{惯}$ 沿B'C'线递减,至C点加速度为0, $M_{惯} = 0$ , $M_{主} = M_{静}$ ,加速段 $t_1$ 完成,开始匀速旋转起升,时间为 $t_2$ ,在G点摘离合器,由于尚有放气的延时,所以至D点离合器的两端才开始分开,从动部件转速按惯性急剧下降,主动部件的转速由于卸载而有所提高,至K'点关小柴油机油门又回复到空转转速T',从动力矩则由D'点减至E点,从动部件完全刹止,减速段完成,至此起升一个立根的全过程结束。



①  $M_{静}$  曲线      ②  $M_{主}$  曲线  
③  $\omega_{主}$  曲线      ④  $\omega_{从}$  曲线

图2-3 起升力矩图和速度图

通过以上的分析我们可以概括出以下几点认识:

1.  $t_0 + t_1'$ 段为离合器打滑时间,此段愈长则离合器发烧愈严重,磨损加快。此段的长短取决于(1)离合器的性能:离合器负荷能力愈大打滑时间愈短,但离合器又不能选得过大,否则加速度很大,所引起的动载过大。(2)主动部分初始转速愈高则打滑时间愈长,所以不应在挂离合器前将柴油机油门加大。(3)驱动设备特性愈硬则打滑时间愈长,宜选用柔特性的驱动设备。

2.  $t_1$ 段的大小取决于加速度的大小,转速较高和大钩载荷较大时则 $t_1$ 较长,在合理使用的情况下 $t_1 = 3 \sim 7$ 秒。在起升过程中为了提前换档则会发生这种情况,由于该转速不能胜任所起的载荷,所以将 $t_1$ 段拖得很长,使加速度和动载都较小,这样虽然能勉强拖起,但是不合理,从图2-2中的曲线2可见起升时间反倒浪费了。

3.  $t_2$ 的长短主要取决于大钩载荷,轻载时转速高, $t_2 = 10 \sim 30$ 秒,重载时转速低 $t_2 = 30 \sim 70$ 秒,相差很大。 $t_3$ 则一般为0.5~1秒。

4. 应该根据绞车的最大力矩 $M_{主} = M_{静} + M_{惯}$ 来核算绞车各零件的强度。 $M_{惯}$ 为从动部