

钻井机械的设计计算

高等学校教学用书

钻井机械的设计计算

陈如恒 沈家骏 编著

学(北京)

20.2

002

石油工业出版社

登录号	126735
分类号	TE920.2
种次号	002

高等学校教学用书

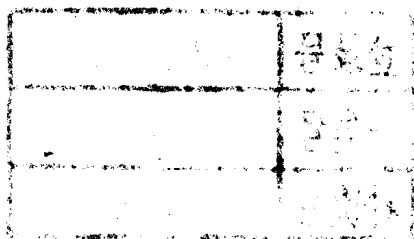
钻井机械的设计计算

陈如恒 沈家骏 编著



石油0121745

石油工业出版社



内 容 提 要

本书是高等学校矿业机械专业的专业课教材，重点阐述钻井机械的工作理论和总体设计、钻机的动力传动系统设计、钻井机械的失效及静强度、疲劳强度及稳定性计算，最后简论设计中的钢材选择问题。本书也可供从事钻井机械设计研究管理方面工作的科技人员参考。

DP38/24



图书在版编目 (CIP) 数据

钻井机械的设计计算 / 陈如恒, 沈家骏编著
北京: 石油工业出版社, 1995.6
ISBN 7-5021-1093-3

- I. 钻…
- II. ①陈… ②沈…
- III. 钻机-钻探机械-系统设计
- IV. TE920.2

石油工业出版社出版
(100011 北京安定门外安华里 2 区 1 号楼)
石油工业出版社印刷厂 排版印刷
新华书店北京发行所发行

787×1092 毫米 16 开本 21 印张 525 千字 印 1—2000
1995 年 6 月北京第 1 版 1995 年 6 月北京第 1 次印刷
定价: 11.00 元

前 言

石油高等学校矿业机械专业的专业课程共有四门，即：液压与气动、石油矿场水力机械、钻井机械设计和采油机械设计，本书便是为其中一门课程教学服务的教材。本书是按本专业1985年第一次学科组会通过的编写大纲，适于70~80学时的教学需要而编写的。它比原有教材《石油钻采机械》上册无论从体系上或内容上都有较大的变化，打破了以机器部件划分章节的作法，而以钻机的总体方案设计及强度计算为基础构成新的体系。学习本教材前学生先经过矿场生产实习环节，并学过《石油钻采设备概论》教材，对钻机各部件的结构和基本作用原理已有所了解，因此本书将原教材中的五章（钻机绞车、离合器和辅助刹车、转盘和水龙头、井口机械化和防喷器、气控制）加以简化或删除，而保留了其余五章的部分内容，充实了1980年以来我国钻机设计制造和科研的新成果，增编了一些电算程序和框图，对必要的力学基础作了总结和引深，以便于学生自学，保证教材的少而精，使它更具有思想性、科学性、先进性和实用性，以满足不断提高教学质量的需要。

本书由陈如恒编写第一、三、四、五、七章，由沈家骏编写第六章，由二人合编第二章，全书由陈如恒主编，方华灿教授（主审）、赵国珍教授审阅。在编写过程中得到一些教师的支持帮助，如第六章引用了张嗣伟教授的书稿，第四章第三节参考了赵正修教授的书稿，第六章第四节之三“井架静力计算的矩阵分析法”是由齐明侠编写的，第四章第四节是由周永霞提供部分计算稿的。兰州石油化工机器厂、宝鸡石油机械厂、江汉机械研究所等单位都为本书提供了技术资料，在此一并深致谢意。

由于本书在体系和内容上变动很大，肯定要有一个试用和完善的过程，恳切希望使用本书的师生不断提出修正意见，以便再版时加以改进。

编 者

1992年2月

目 录

第一章 钻机设计总论	(1)
第一节 钻机概论.....	(1)
第二节 钻机的基本参数.....	(8)
第三节 国产钻机.....	(20)
第四节 钻机设计概论.....	(47)
第五节 钻机的总体方案设计.....	(52)
附录.....	(65)
第二章 钻机的动力与传动系统设计	(67)
第一节 工作机对动力与传动的要求.....	(67)
第二节 动力机组的类型及特性.....	(69)
第三节 传动系统及其部件设计.....	(92)
第四节 传动系统的变速设计.....	(100)
第三章 起升系统的运动学与动力学	(106)
第一节 游动系统的静载荷和运动分析.....	(106)
第二节 起升过程运动学与动力学.....	(113)
第三节 滚筒离合器挂合过程的能量平衡与摩擦功.....	(121)
第四节 起升机动时间及功率利用率.....	(124)
第五节 钻井曲线及起升速度优选.....	(128)
第六节 下钻过程运动学与动力学.....	(134)
第七节 制动装置的特性.....	(140)
附录.....	(149)
第四章 钻井机械的失效及静强度计算	(152)
第一节 钻机零部件的失效.....	(152)
第二节 钻井机械的静强度计算.....	(157)
第三节 厚壁容器的弹塑性分析与计算.....	(168)
第四节 钻井泵曲轴的静强度计算.....	(183)
第五章 钻井机械的疲劳强度计算	(206)
第一节 钻井机械的疲劳问题.....	(206)
第二节 稳定(恒幅)不对称循环的疲劳设计.....	(208)
第三节 不稳定(变幅)不对称循环的疲劳设计.....	(220)
第四节 钻井绞车滚筒轴疲劳强度计算.....	(232)
第五节 转盘水龙头主轴承的疲劳寿命计算.....	(248)
第六章 井架设计与强度、稳定计算	(263)
第一节 井架类型与基本参数.....	(263)
第二节 井架载荷.....	(268)

第三节	材料与结构设计	(277)
第四节	井架的静力计算	(281)
第五节	井架的稳定计算	(294)
第七章	钻井机械设计中的钢材选择	(311)
第一节	结构钢及其机械性能	(311)
第二节	钢材的选择	(322)
附录		(326)

第一章 钻机设计总论 ^{〔1〕〔7〕〔8〕〔29〕}

石油天然气勘探与开发用的钻机是由动力机、传动机与多工作机组成的成套性联合机组，它属于重型矿业机械，一套能钻 6000m 深的油气井钻机，功率为 3000~4000kW，总重达 300t。它的设计、制造、修理和使用管理是一个复杂的系统工程，尤其是设计一种新型钻机，所牵涉的问题很多，受功能、强度、可靠性、成套性、标准化和经济性等各方面因素制约。从明确任务，经过设计、试制样机、试验鉴定、修改设计到成批生产往往要经过两三年的时间。本章只能就钻机设计中几个主要问题加以概括讨论，在对钻机具有一般性认识的基础上，将着重研究分析钻机的基本参数确定和钻机总体设计的原则和方法。

第一节 钻机概论

本节将对本书讨论研究的对象——石油天然气钻机作一般性的知识介绍，诸如钻机的组成、类型、特点及钻机的能量传递与能量平衡。

一、钻机的组成

图 1-1 给出钻机的组成示意图，根据钻井施工中的钻进与洗井、起下钻具等工序的需要，成套性钻机必须具备下列各系统和设备。

1. 旋转钻进系统

为了转动井中钻具以不断破碎岩石，本系统配备有转盘、水龙头，井中配备有钻杆柱（包括方钻杆、钻杆柱、钻铤等）和钻头，如钻丛式定向井，则还需配用井底动力钻具（涡轮钻具或单螺杆钻具）。

2. 钻井液循环系统

为了用钻井液及时将井底已破碎的岩屑清除掉以保证继续钻进，钻机必须具备使钻井液增压、输送、液固分离的循环系统，它包括钻井泵、地面管汇、钻井液池与钻井液槽、钻井液固相控制设备（包括钻井液振动筛、除砂器、除气器及离心分离机等）以及调配泥浆设备。在进行喷射钻井及井底动力钻井中本系统还担负着传递动力的任务。

3. 钻具起升系统

为了起下钻杆柱以更换钻头，下套管柱以及控制钻头钻进等，钻具起升系统主要由主绞车、猫头绞车、辅助刹车（水刹车或电磁刹车）、游动系统（天车、游车、大钩及钢绳等）以及悬挂游动系绳和承受大钩载荷的井架组成。另外也包括起下钻具用的工具设备：吊环、吊卡、卡瓦、大钳（或机动大钳或“铁钻工”）以及立根移运机构。

4. 动力机组

用来驱动各工作机的发动机组及其支持、控制设备。按钻机驱动类型有的是柴油机组（二台至四台），有的是柴油机交流发电机组、可控硅整流设备和直流电动机等。

5. 传动系统

传动系统的主要任务是将动力机组的能量分配和传递给各个工作机。由于发动机的单一特性与工作机所要求的多种多变特性不相适应，这就要求传动系统必须包括减速、并车、倒

转、变速等机构，常用的机械传动付有链传动副、三角胶带、万向轴及齿轮等，同时兼备液力传动、液压传动以及电磁离合器等。

6. 控制系统

为了指挥各系统协调一致地工作，在整套钻机中还装有各种控制设备，如机械控制机构、液压控制、电控制装置，有集中和分散的控制台和监控记录仪表等。

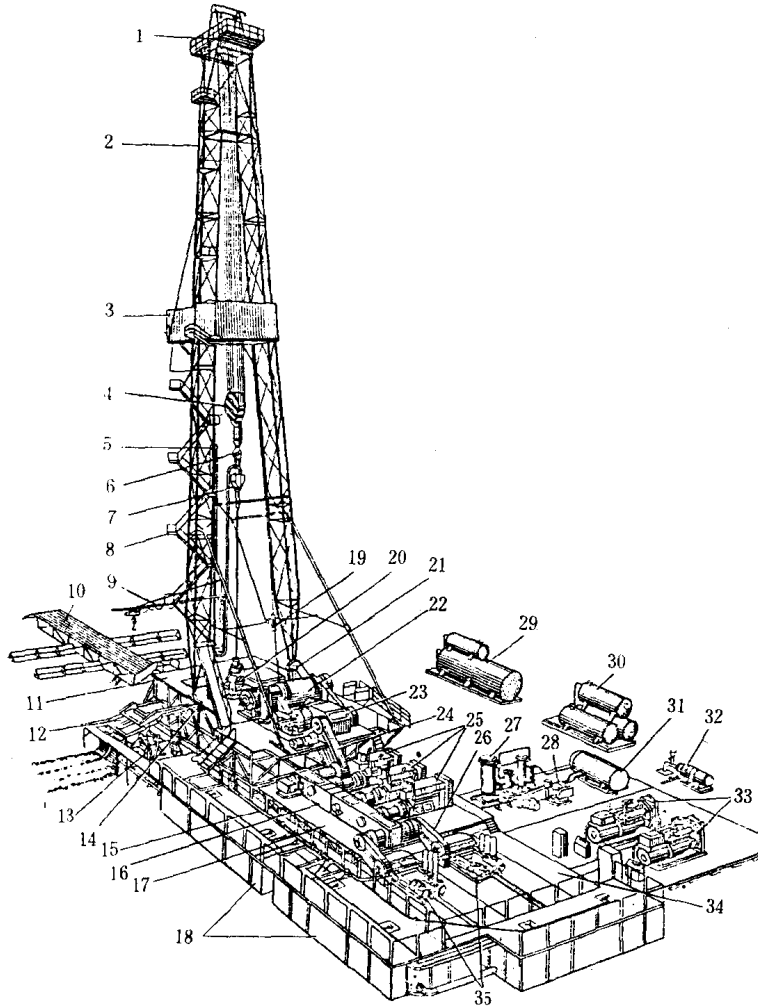


图 1-1 钻机的组成示意图

- 1—天车；2—井架；3—二层台；4—游车；5—立管与水龙带；6—大钩；7—水龙头；8—梯子；9—吊杆；
 10—钻杆台；11—钻台；12—振动筛；13—旋流器；14—钻台底座；15—后台底座；16—并车传动箱；
 17—后台；18—钻井液池；19—快绳稳定器；20—转盘；21—控制台；22—绞车；23—变速箱；
 24—爬坡链；25—柴油机组；26—泵胶带传动付；27—空气清洁系统；28—空压机；
 29—燃料油罐；30—润滑油罐；31—压气罐；32—离心泵；33—发电站；
 34—泵房平台；35—钻井泵组

7. 底座

包括较高的钻台底座和较低的机房底座（后台底座），用以安装钻机的主机及空压机等。车装钻机则以汽车或拖车的底盘及其支承腿充当钻机的底座。

8. 辅助设备

整套钻机还需配备辅助发电设备（供机械化装置、驱动电动机具、井场照明等）、空气压缩及净化装置、井口防喷装置、钻鼠洞设备，在冬季施工和寒带钻井还需配备保温设备，以及井队需要的活动房屋器材等。

二、钻机的类型

1. 按钻井的深度和井径分类

1) 大型钻机 用于钻油气井（油气勘探井、油气开采井、注水井）井深在 1000m 以上、井径大于 160mm，使用 89mm（3¹/₂ 英寸）至 140mm（5¹/₂ 英寸）钻杆柱，按钻深又可进一步分为：

超深井钻机：井深超过 5000m 的钻机；

深井钻机：井深 3000m 至 5000m 的钻机；

中深井钻机：井深 1500m 至 3000m 的钻机。

以上三种钻机示意图见图 1-2 (a)、(b)、(c)。

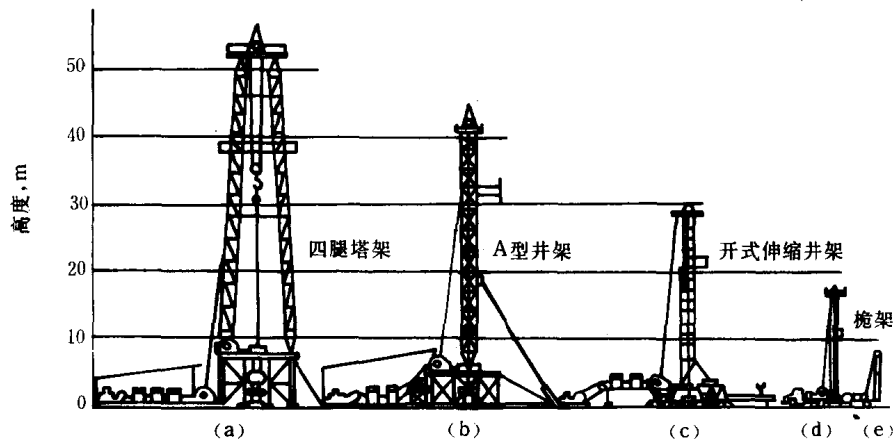


图 1-2 大型钻机与轻便钻机

(a) 超深井钻机；(b) 深井钻机；(c) 中深井钻机（拖车装）；(d) 车装轻便钻机；(e) 微型钻机（拖车装或人抬）

2) 轻便钻机 用于钻地质调查井的钻机、岩心钻机、水井钻机、地震及炮眼钻机等。重型的井深可达 1000m，最轻的微型钻机只打 1~5m 的井眼，井径小于 150mm，使用 50~89mm 的钻杆柱。见图 1-2 (d)、(e)。

2. 按动力机驱动型式分类

1) 柴油机驱动钻机 柴油机直接驱动或柴油机-液力驱动的钻机；

2) 直流电驱动钻机 各工作机都用直流电动机单独驱动，其直流电源绝大多数钻机都是用柴油机-交流发电机组发电，然后经过可控硅整流将直流电分配给各个直流电动机；还有很少数的柴油机-直流发电机供电的，但已属于被逐步淘汰的型式。

3) 交流电驱动钻机 各工作机都是用交流电动机驱动的，电源来自工业电网。

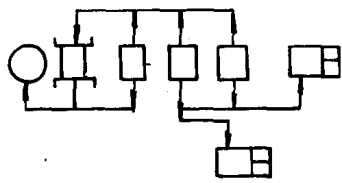
3. 按工作机驱动组合分类

1) 统一驱动 多数柴油机驱动的钻机都采用统一驱动的类型。各个工作机组通过传动系统都由同一组动力机驱动，如图 1-3 (a) 所示。这类钻机的装机功率利用率较高，运行可靠性也较高，就是说发动机中任何一台发生故障时可互相调剂使用而不必停钻，但它的传

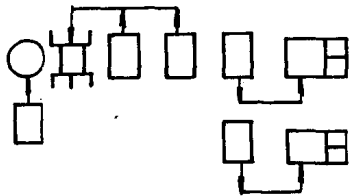
动复杂而效率低，且安装对正要求高而工作量大。

2) 单独驱动 各工作机分别配 1~2 台电动机单独驱动，如图 1-3 (b) 所示。这种驱动方式多用于电驱动类型的钻机，其传动简单，安装容易且不受高度限制，特别适于海洋钻机、丛式井钻机、山地沼泽钻机的驱动，但设备的功率利用率较低，设备的总重量和一次投资较大，且安装费事费时。

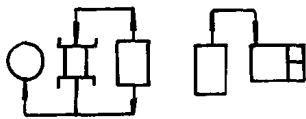
3) 分组驱动 动力机与工作机的组合介于前二者之间，绞车在钻台上与转盘联合驱动，泵在后台单独驱动，如图 1-3 (c) 所示。它的传动比统一驱动者简单，而功率利用率比单独驱动者高。它较多的用于海洋电动钻机或丛式井钻机。



(a)



(b)



(c)

图 1-3 钻机的驱动类型

(a) 统一驱动; (b) 单独驱动;

(c) 分组驱动

4.按钻机的环境和特殊用途分类 (除普通陆地钻机外)

1) 海洋钻机 分别装设于坐底式钻井平台、自升桩腿式钻井平台、半潜式钻井平台和浮式钻井船上，有动力式井架、丛式井底座、密闭型钻井液固控设备、升沉补偿装置、水下井口装置。钻机绝大部分为 AC-SCR-DC 驱动。

2) 浅海钻机 用于 0~5m 水深的沿海岸潮间带钻井的钻机。它可装设在移动座底式钻井平台上 (如我国胜利一、二、三号钻井平台)、短桩腿小型钻井平台、气垫式钻井平台及带浮筒的水陆两栖运输车上。浅海钻机多适用于沼泽地带。

3) 沙漠钻机 运输集装化，配备大直径大宽度的低压充气轮胎的整运拖车、密闭式钻井液净化系统、发动机及钻机部件的空气净化系统和充分的散热装置，如我国的 ZJ60L 型及 ZJ60DS 型钻机。

4) 极地钻机 有完密的防寒设施，实行工厂化作业，有高度自持能力 (除燃料、水的充分储备以外还有全套的固井、测井和完井设备等)。

5) 直升机搬运的钻机 用于山地、沼泽等难于公路运输的地区钻井，钻机小块化、分体化、散件集装化，例如美国 Ideco 生产的 MSH-2000 型钻机的最大吊运部件重量都小于 1.81t，全套钻机可拆成 151 个部件。直升机适于搬运小井眼微型钻机。

6) 丛式井钻机 丛式井就是在一个井位打多口定向井，可节约钻井成本，提高油气产量和便于油井集中管理。丛式井钻机配备专门的钻台底座移动装置，大多采用直流电单独驱动或分组驱动。

7) 斜井钻机 钻机装有可在 0~45° 间倾斜的井架，装有动力水龙头。有的装设液压提升液缸。可从地面即开始钻斜的定向井，可得到最大的井底位移，它的经济井深为 1500m。

8) 顶部驱动钻井系统 去掉现有钻机转盘，而改用动力水龙头以立根为钻进单元，省掉 2/3 接单根操作的时间，可在起下钻过程中随时旋转钻柱和循环钻井液，减少钻井事故。它可分为直流电动机顶驱、液马达顶驱及转盘 (角传动) 方钻杆 (只转不上下动的转

轴) 侧驱三种类型。配有高度机械化的井口操作装置, 它适合配在斜井钻机、水平井钻机及海洋钻机上应用。

9) 软钻杆钻机 用特制的钢丝编织橡胶密封的柔性钻杆每 1000m 一根连续起下钻, 用专门的井口起升夹持装置及直径 9~10m 的巨型滚筒存储起出的钻杆。可钻 4000m 的深井。

10) 全自动钻机 全部机械化操作, 用计算机程序控制, 实行最优化钻井。一人控制、一人检修钻机。

三、钻机的工作与载荷特点

(1) 如前所述, 钻机属于重型矿业机械, 它是包括三个主要工作机的联动机械系统, 在不同的施工过程中各工作机有不同的组合联动工况。在正常钻进中, 钻井泵和转盘联动, 只是在接单根的短时内才开动主绞车或辅助猫头绞车和动力大钳。在起下钻具中则只开动绞车, 偶尔短时开动钻井泵向井中灌注钻井液。在划眼施工过程中则以低参数同时开动绞车、转盘和钻井泵。以上这些操作都是不连续的和参数多变的。钻机从发动机到各工作机以及到钻头有着非常长的传动路线和不同的能量转换形式, 这就形成操作控制的复杂性和体力劳动强度大, 难于实现自动化, 环节多和零部件多、易损件多, 以及工作效率低和可靠性差的特点。

(2) 钻机承受载荷的特点是: 在钻进过程中, 并由浅到深, 岩层性质宏观看由软变硬, 但局部并段岩性变化无规律, 因而钻压跳跃式变化极不稳定, 旋转扭矩和功率也作随机性变化。循环系统的压力由低到高, 每更换一次缸套和钻头水眼则阶梯变化一次, 不过每一阶梯内都呈线性增压, 泵的扭矩和功率也作阶梯增长变化。在起下钻操作过程中, 起钻载荷由重到轻线性递减, 下钻载荷由轻变重线性递增, 属于有规律变化的循环载荷。起钻要付出很大能量, 然而下钻所产生的巨大能量却不能回收, 转变成主辅刹车的热能逸散掉。

(3) 钻机的工作场所在野外, 且多在沙漠、山地、寒带、沼泽浅滩以及海洋上流动作业, 这就要求钻机要有高度的适应性和自持能力及易检修性。对于轻便钻机和中深钻机, 由于钻井周期短, 这就要求钻机要有便于运移性。对于钻超深井的超重型钻机要求具有高的机动性(钩载储备系数大或超过名义井深的钻探能力大)以适应各种复杂情况的需要。

四、钻机的能量传递与能量平衡

全套钻机的能量传递路线如图 1-4 所示, 柴油机的功率 N_e 以扭矩 M_e 与转速 n_e 的形式从柴油机输出轴输出, 其中一部分经过传动系统传到转盘输入轴得到转盘功率 N_r , 它以较低转速 n_r 和较大的扭矩 M_r 带动钻具、钻头则以所余的扭矩 M_1 和同转盘一样的转速 n_r 作有效的破岩工作。

柴油机功率的另一部分经过传动系统到钻井泵输入轴得到 N_p , 它以一定的扭矩 M_p 和转速 n_p 驱动主动轴经曲轴、连杆和十字头将旋转运动转变成往复直线运动, M_p 和 n_p 变成活塞推力 P 和线速度 V , 在液缸中机械能变成液压能, 以一定的泵压 p 和液体排量 Q 构成液缸的水功率 N_{ph} 排出到泵外和井中。

不在同一时间进行的起下钻过程中, 柴油机功率经过传动系统传到绞车输入轴得到 N_d , 再经过绞车内传动到滚筒上则将旋转运动变成快绳的直线运动, 具有线速度 v 和快绳拉力 P_f , 再经过复滑轮系统的减速和力增益, 以大钩载荷 Q_h 和钩速 V 的形式构成大钩起升功率 N_h , 完成有效的提升钻具作业。

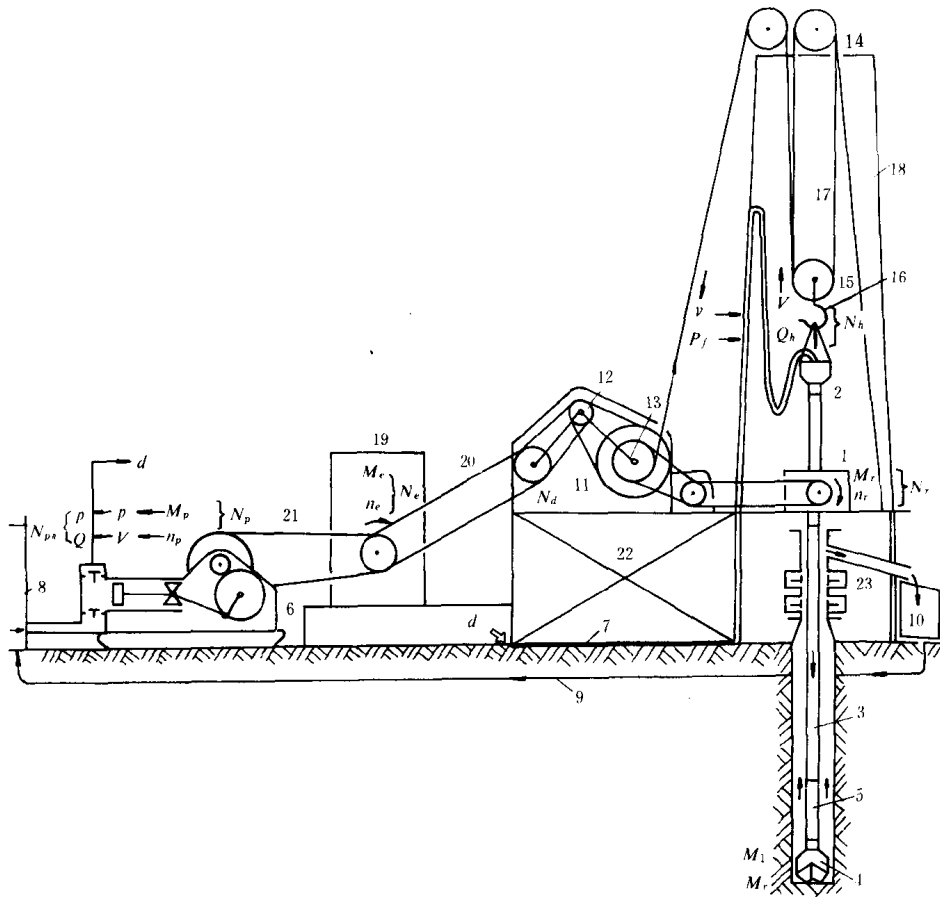


图 1-4 钻机的能量传递

- 1—转盘；2—水龙头；3—钻杆柱；4—钻头；5—钻铤与井底动力钻具；6—钻井泵；7—地面管汇；8—钻井液池；
 9—钻井液槽；10—振动筛；11—绞车；12—猫头轴与猫头；13—滚筒与辅助刹车；14—天车；15—游车；
 16—大钩；17—游动系统钢丝绳；18—井架；19—柴油机；20—爬坡链传动；21—胶带传动；
 22—钻台底座；23—井口装置防喷器

从上述能量传递路线来看，传动路线远，能量转换形式多样，这就不可避免地存在较大的能量损失，故系统效率偏低。设

N_i ——系统输入功率或实耗功率；

N_o ——系统输出功率或有效功率；

ΔN ——功率损失或无效功率；

$$\text{则效率} \quad \eta = \frac{N_o}{N_i} = \frac{N_i - \Delta N}{N_i} = 1 - \frac{\Delta N}{N_i}$$

$$N_o \begin{matrix} \div \eta \\ \rightleftharpoons N_i \\ \times \eta \end{matrix}$$

具体到钻机系统如图 1-5 所示。

系统的输入功率即发动机功率

$$N_e = M_e \omega_e \quad \text{kW}$$

式中 M_e ——发动机扭矩, $\text{kN} \cdot \text{m}$;
 ω_e ——发动机角速度, $1/\text{s}$ 。

$$N_e = N_{er} + N_{ep} \text{ 或 } = N_{eh}$$

式中, N_{er} 、 N_{ep} 和 N_{eh} 分别为驱动转盘与泵组或起升系统的部分发动机功率

有效功率对转盘, $N_r = N_{er} - \Delta N_1$

对泵组, $N_{ph} = N_{ep} - \Delta N_2$

对大钩, $N_h = N_{eh} - \Delta N_3$

式中, ΔN_1 、 ΔN_2 、 ΔN_3 分别为转盘、泵组、起升系统 (柴油机到大钩) 的功率损失。

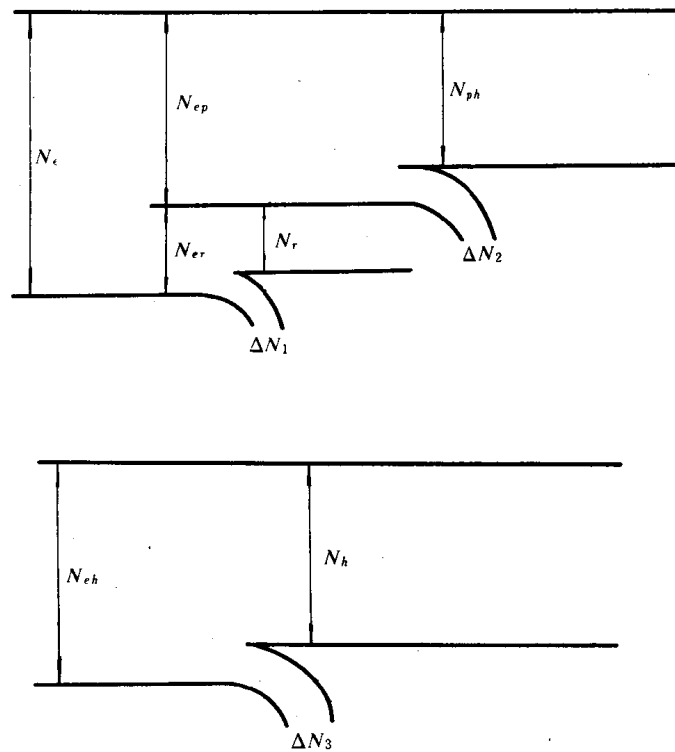


图 1-5 钻机的能量平衡与效率

各工作机组的输入功率具体按下列各式计算

$$N_r = M_r \omega_r$$

$$N_{ph} = pQ$$

$$N_h = Q_h V$$

式中 N_r ——转盘功率, kW;
 M_r ——转盘扭矩, kN·m;
 ω_r ——转盘转速, 1/s;
 N_{ph} ——泵组水功率, kW;
 p ——泵压, MPa;
 Q ——泵排量, l/s;
 N_h ——大钩起升功率, kW;
 Q_h ——大钩载荷, kN;
 V ——钩速, m/s。

第二节 钻机的基本参数

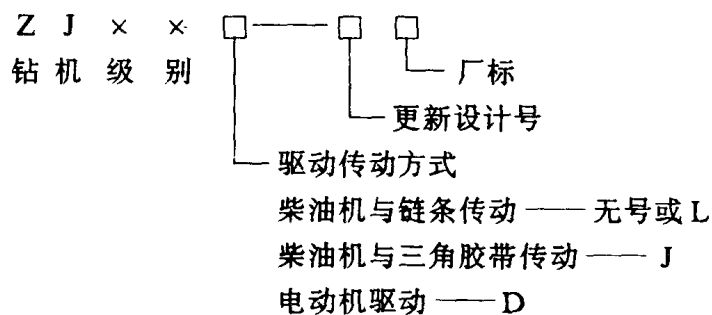
钻机的基本参数是反映全套钻机工作性能的那些主要技术规范 and 指标, 它是设计制造和选用钻机的基本依据。本节将介绍有关国家标准并讨论各项参数确定的根据及方法。

一、国家标准 GB1806—86“石油钻机型式与基本参数”

1. 结构型式

- (1) 按动力机驱动型式, 钻机可分柴油机驱动和电驱动两种;
- (2) 按传动方式, 钻机可分链条传动和三角胶带传动两种;
- (3) 按运移方式, 钻机可分分块搬运、车装、整体搬运三种。

2. 钻机型号



3. 钻机级别

钻机级别分为 15、20、32、45、60、80 等六级。

级别 × 100m 即各级的名义钻井深度:

1500m、2000m、3200m、4500m、6000m、8000m。

二、钻机的基本参数

GB1806—86 的基本参数表中选列了十项基本参数, 作为全国各制造厂和设计部门生产钻机及钻机部件共同遵守的技术法规, 如表 1-1 所示。

表 1-1 GB1806—86 钻机的基本参数

级 别		15	20	32	45	60	80
名义钻深范围 (127mm 钻杆), m		900~1500	1300~2000	1900~3200	3000~4500	4000~6000	5000~8000
最大钩载, kN (tf)		900 (90)	1350 (135)	2250 (225)	3150 (315)	4500 (450)	5850 (585)
最大钻柱重量, t		50	70	115	160	220	280
绞车最大输入功率, kW (马力)		260~330 (350~450)	400~510 (550~700)	740 (1000)	1100 (1500)	1470 (2000)	2210 (3000)
提升系统绳数	钻井绳数	8	8	8	10	10	12
	最大绳数	8	8	10	12	12	14
钢丝绳直径, mm		26	28.5	32.5	34.5	38	41.5
可配置每台钻井泵功率, kW (马力)		260~590 (350~800)	260~590 (350~800)	590 740 960 (800 1000 1300)	960 1180 (1300 1600)	1180	1180 (1600)
转盘开口名义直径, mm		445	445	520	520 700	700 950	950 1260
钻台高度, mm		3 4.5	3 4.5	4.5 6 7.5	6 7.5 9	7.5 9	
井 架		各级钻机均采用可提升 28m 立柱的井架 对“15”“20”两级钻机也可采用提升 19m 立柱的伸缩式井架					

1. 名义钻井深度 L 和名义钻深范围 $L_{\min} \sim L_{\max}$

名义钻井深度是指钻机在规定的钻井绳数下用 127mm (5 英寸) 对焊钻杆柱所能钻达的最大井深 $L_{\max} = L$ 。名义钻深范围是指该级能够经济利用的最小井深 L_{\min} 至最大井深 L_{\max} ，其下限与前一级钻机的 L_{\max} 有一定的重叠，如图 1-6 所示。

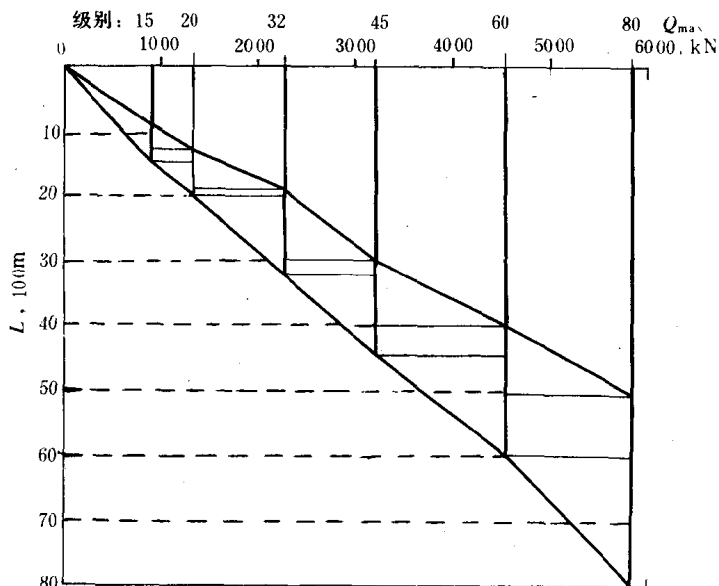


图 1-6 标准系列钻机的名义钻深范围

名义钻深又叫做公称井深 (Nominal drilling depth), GB1808—86 选定它做为钻机的主参数。

按照钻机主参数应具备的功能:

- (1) 适于建立钻机系列;
- (2) 能决定其他参数 (如参数 $X = A + BL^B$);
- (3) 能直接反映出钻机的能力。

我国钻机的型名及井队的队名都是以此主参数来标定的。我国旧国标原以最大钻柱重量为主参数, 如钻机型号: ZJ130、大庆 I—130 等都是指该型钻机能够起 130t 的钻杆柱。但是钻机使用的目的是直接服务于钻探多么深的井, 130t 的钻杆柱相当于多么深的井还要经过折算, 不如以井深为主参数来得直接了当。美国 NSCO 等公司生产的钻机即以名义钻深范围为主参数, 例如 1320M 型钻机是指用 $4\frac{1}{2}$ 英寸的钻杆柱可钻井深为 13000 英尺至 20000 英尺 (4000~6100m) 的井。

下面论述新的名义钻深系列 ZJ15~ZJ80 制定的原则考虑:

(1) 机械产品系列主要解决一个技术经济问题, 即以最少的规格品种满足最大多数的生产需要。对于象钻机这样的重型成套设备, 级别数不能过多。级别多, 固然用户选用起来方便, 利用率和效率都较高, 但设备管理麻烦, 尤其制造部门不胜负担, 生产成本高。如若级别过少则选用起来很不方便, 在很多情况下设备能力利用率过低, 不经济。现行国标的六级就是在多年来钻机生产与使用经济的基础上形成的。

(2) 从生产需要出发。15、20 两级钻机主要针对大庆、吉林等油田的开发需要而设计的。新探区如塔里木、吐哈油田以及海洋勘探都需要 4000m 至 6000m 的深井钻机。少数要打 6000~8000m 的超深探井。所以设立 45、60、80 三级超深钻机。至于 3000m 左右的一般深井则全国数量最大, 故设一级 ZJ32 钻机。

(3) 系列的继承性。现在用的 ZJ—130、大庆 130 型钻机其名义钻深皆为 3200m, 且仍在用, 进口的罗产 F320 钻机其名义钻深为 6000m 故这两级钻机应保留不动。

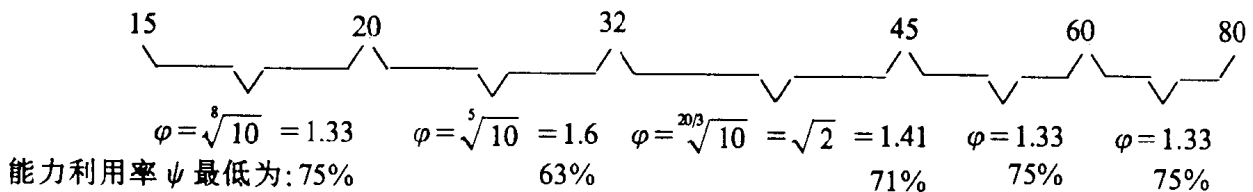
(4) 尽量结合国标“优先数与优先数系”来制定系列主参数的级值及其间隔 (后级值与前级值的比值 ϕ)。

数系 R5 具有公比 $\phi = \sqrt[5]{10} = 1.58 \approx 1.6$, 优先数系为 10、16、25、40、63、100。

如选用中间四级建立钻机系列则嫌级数过少, 每级钻机的最小能力利用率 ψ 只有 63%, 不够经济合理。

数系 R10 的公比 $\phi = \sqrt[10]{10} = 1.24 \approx 1.25$, 优先数系为 10, 12.5, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100。

如选用 16~80 八级建立为钻机系列, 按照近期石油工业及机械制造业生产水平及能力来决择又嫌级数太多, 间隔过密。所以将 R10 系列保留两端, 中间间隔取值, 结果圆整成为新系列。



从上述分析可见，目前的钻机系列虽然基本满足了生产需要，但还存在最大台量的 ZJ32 钻机与 20 钻机之间间隔过大，使 32 钻机的能力利用率最低（63%），改进的方法之一是在二者之间加一级 ZJ25 钻机，使 32 及 25 钻机的能力利用率都提高到 80%，如图 1-7 中之虚线所示。

(5) 便于国际技术交流，开拓国际市场。

钻机主要生产国如美国 NSCO（国家供应公司）及 EMSCO 等几家公司的钻机系列产品以及苏联、罗马尼亚的钻机系列产品示于表 1-2 中。值得注意的是，美国生产的钻机部件通用性很高，各钻井公司在配套组装钻机时具有很大的灵活性，所以其各级钻机的钻深能力只能理解是名义的，除钻杆柱配置不同外，同一绞车还可能因提升系统及井架配套不同而有不同的钻深能力。

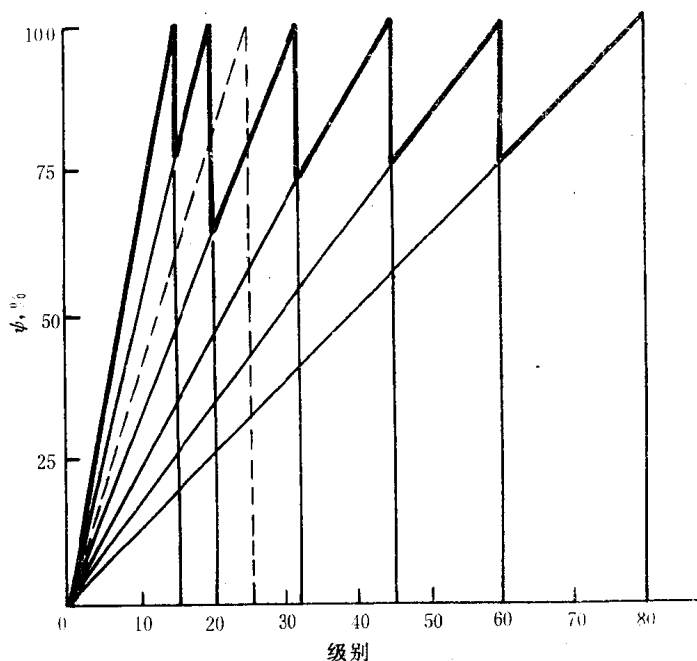


图 1-7 标准系列钻机的能力利用率 ψ

表 1-2 国外钻机系列

美国 NSCO	钻机型号		T45	55	80B	110M	1320M	1625M	
	钻深 m		2300	2750	3650	4870	6100	7600	
美国 EMSCO	钻机型号	WS-1	A550	A800		A1100	A1500		C-3M
	钻深 m	1700	2300	3300		5000	6700		9000
苏联	钻机型号	BY2000	BY2500	BY3000	BY4000	BY5000	BY6500	BY8000	BY10000
	钻深 m	2000	2500	3000	4000	5000	6500	8000	10000
罗马尼亚	钻机型号	F100	F125	F200	F250	F320	F400	F500 F580	F800 F900
	钻深 m	1500	2000	3200	4000	5000	7000	8000 9000	10000 15000