

高等学校教材

石油钻采机械

姚春冬 主编
董世民 主审



石油工业出版社
Petroleum Industry Press

高等学校教材

石油钻采机械

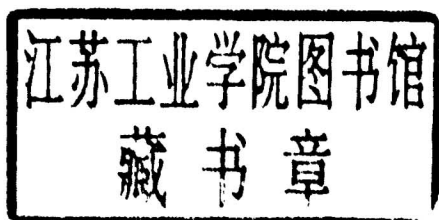
主 编：姚春冬

副主编：葛增瑜

张家富

张明礼

主 审：董世民



石油工业出版社

(京) 新登字 082 号

内 容 简 介

本书共分十一章,较为系统地介绍了石油钻采机械设备的结构特点和工作原理,同时以一定篇幅适当介绍了有关设备的正确使用、维护和保养方面的知识。

本书可作为石油高等院校(包括函授和职工大学)机械制造设备与工艺、钻井工程专科、油田开发工程等专业开设的“石油钻采机械概论”及“石油钻采机械”课程的教学用书。对于从事石油钻采机械的设计、制造及现场使用管理人员具有一定的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

石油钻采机械/姚春冬等编. —北京:石油工业出版社,

1994. 9

ISBN 978 - 5021 - 1327 - 8

I. 石...

II. 姚...

III. ①石油-钻井-机械②石油开采-机械

IV. ①TE92②TE93

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印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092 毫米 16 开 14½印张 357 千字 印数 1001—3000

1994 年 7 月第 1 版 2007 年 1 月第 2 次印刷

定 价: 20.00 元

前 言

为适应石油钻井工程、油田开发工程及石油机械设备制造与工艺专业的教学需要，作者在总结多年教学和科研工作经验的基础上，编写了这本书。

本书的主要内容是介绍石油钻采机械设备的结构特点和工作原理。在编写过程中，为满足将来从事石油钻采机械设备的设计、研制与新产品开发的需要，力求介绍具有代表性的各种新设备的结构特点。考虑到石油钻采机械设备的迅速发展和教学上的需要，在满足教学基本要求的同时，尽量介绍新设备和新工艺。

本书共分十一章，第一章到第六章由姚春冬编写，第七章到第十一章由葛增瑜、张家富和张明礼编写。全书由董世民副教授主审。

另外，本书在编写过程中得到了大庆石油学院矿机教研室教学主任邹龙庆老师的指导，在此表示感谢。

由于编者水平有限，书中难免会有缺点和不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

1994年6月

目 录

| | |
|------------------------------|-----|
| 第一章 钻机绪论 | 1 |
| 第一节 钻机概述..... | 1 |
| 第二节 钻机的基本参数..... | 4 |
| 第三节 钻机的发展和展望 | 14 |
| 第二章 起下钻工作和游动系统 | 18 |
| 第一节 起下钻操作和游动系统工作分析 | 18 |
| 第二节 起升时间和功率利用率 | 21 |
| 第三节 天车和游车 | 26 |
| 第四节 大钩 | 31 |
| 第三章 钻井井架与钻井绞车 | 38 |
| 第一节 井架的类型及基本参数 | 38 |
| 第二节 井架承载分析 | 43 |
| 第三节 钻井绞车概述 | 47 |
| 第四节 典型绞车的结构 | 53 |
| 第五节 刹车机构的分析与计算 | 66 |
| 第四章 旋转系统设备 | 71 |
| 第一节 转盘 | 71 |
| 第二节 水龙头 | 78 |
| 第三节 钻具 | 83 |
| 第五章 钻井井口起下钻操作设备 | 96 |
| 第一节 常用的钻井地面专用工具 | 96 |
| 第二节 井口操作机械化设备..... | 103 |
| 第三节 方钻杆旋扣器..... | 108 |
| 第六章 钻机的控制系统 | 111 |
| 第一节 钻机控制系统概述..... | 111 |
| 第二节 钻机的气控制系统..... | 112 |
| 第三节 离合器..... | 124 |
| 第四节 辅助刹车..... | 131 |
| 第七章 往复泵 | 136 |
| 第一节 往复泵概述 | 136 |
| 第二节 常用往复泵的典型结构..... | 137 |
| 第三节 往复泵的维护、保养 | 150 |
| 第八章 有杆抽油设备 | 153 |
| 第一节 概述..... | 153 |
| 第二节 游梁式抽油机..... | 155 |
| 第三节 无游梁式抽油机..... | 168 |
| 第四节 抽油杆和抽油泵..... | 173 |

| | |
|--------------------------|-----|
| 第九章 无杆抽油设备 | 178 |
| 第一节 概述..... | 178 |
| 第二节 水力活塞泵..... | 178 |
| 第三节 电动潜油离心泵..... | 182 |
| 第四节 其他无杆抽油设备..... | 191 |
| 第十章 修井设备与工具 | 194 |
| 第一节 修井机概述..... | 194 |
| 第二节 修井机的典型结构..... | 196 |
| 第三节 修井起下操作机械化设备..... | 203 |
| 第四节 不压井修井设备..... | 206 |
| 第十一章 离心泵 | 209 |
| 第一节 概述..... | 209 |
| 第二节 离心泵的典型结构及主要零部件..... | 212 |
| 第三节 离心泵的特性..... | 215 |
| 第四节 离心泵的汽蚀与允许吸入高度..... | 217 |
| 第五节 离心泵在管线上的工作..... | 219 |
| 参考文献 | 223 |

第一章 钻机绪论

现代石油钻机是一套庞大的联合机组，包括的内容广，涉及的种类多，它随着钻井方法、钻井技术的发展而不断发生变化和完善。本章首先介绍钻井工艺对钻机的要求及钻机的组成和分类，然后介绍钻机的基本参数及钻井机械的发展水平与展望。

第一节 钻机概述

一、钻井工艺对钻机的要求

钻井工艺对钻井机械设备的基本要求有以下几方面：

(1) 要有足够的起升功率：即有足够的起重能力，保证起得动，起得快。

(2) 要有旋转钻进的能力：要求钻机能为钻具提供一定的转速和扭矩，并保持一定的钻压。

(3) 要有清除岩屑的能力：要求能提供具有一定压力和流量的钻井液，有效地冲洗井底，并将岩屑携出井外。

此外，钻机要适应不同地区的钻井需要，如沙漠、沼泽、海洋等。同时因钻机的流动性大，要求设备容易安装、拆卸和运输。钻机的操作和维修工作必须简单易行，易损件便于更换。

二、钻机的组成

图 1-1 是一台转盘旋转钻机各主要部件的相互关系图。

根据钻井工艺中钻井、洗井、起下钻具各工序以及处理钻井事故的要求及现代化技术水平的条件，整套转盘旋转钻机必须具备下列设备：

1. 旋转设备

为了旋转钻具破碎岩石，钻机必须配备转盘、水龙头等地面旋转设备，以及方钻杆、钻杆、钻铤、钻头井下旋转设备。

2. 循环系统设备

为了随时清除井底已破碎的岩屑和正常连续钻进，钻机必须配备有全套洗井液的循环设备。如钻井泵、地面管汇、钻井液池和钻井液槽等，有的钻机还配备有钻井液净化设备、调配钻井液设备。在涡轮钻井中它还负担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、控制钻头送进、下套管等，钻机还必须配备一套起升系统设备，它主要由以下设备组成：主绞车、辅助绞车（或猫头）、辅助刹车、游动系统（包括钢丝绳、天车、游动滑车（简称游车）和大钩）以及悬挂游动系统的井架组成。另外，还有起下钻操作使用的工具及设备（吊环、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。如柴油机及其供油设备，或交流、直流电动机及其供电、保护、控制设备等。

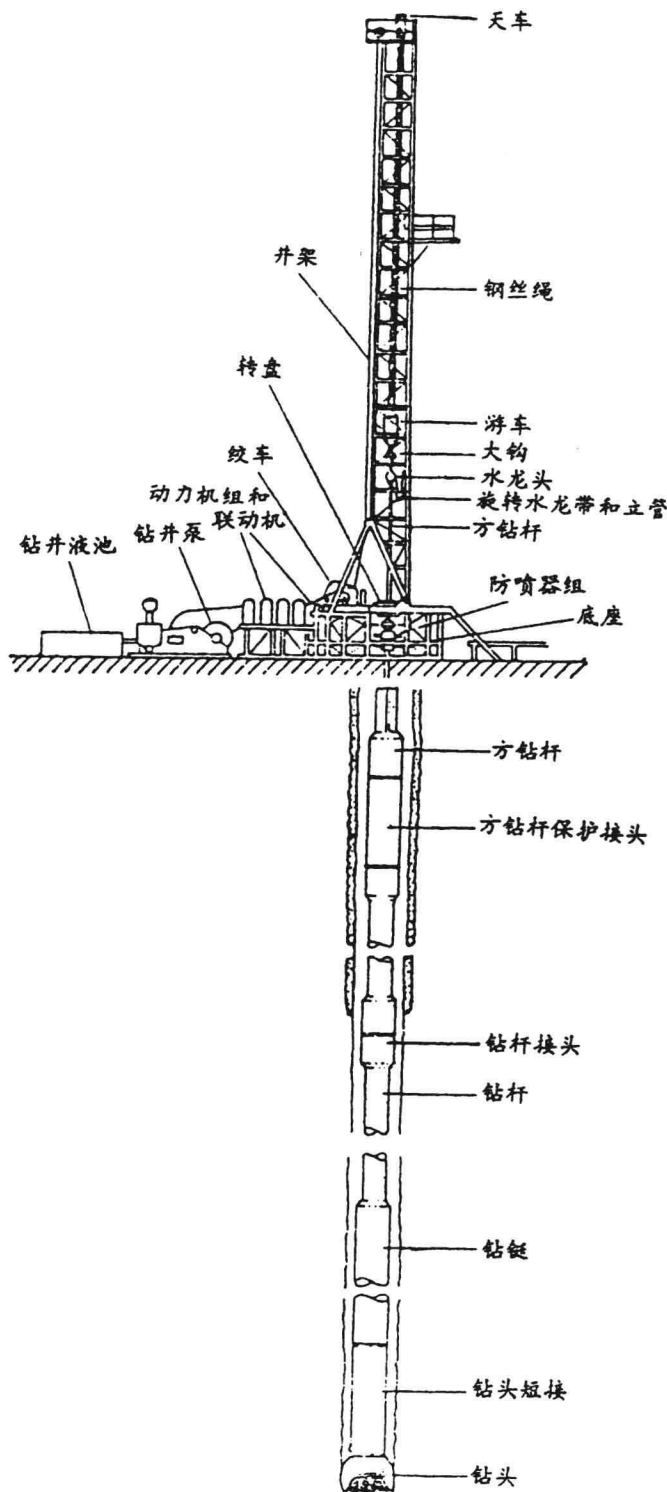


图 1-1 转盘钻机的各系统和部件

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并分配给各工作机。

为了解决发动机与工作机二者之间存在的运动特性上的矛盾，要求传动系统应包括减速、并车、倒车、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、液力传动（涡轮传动）、液压传动等。

6. 控制系统设备

为了指挥各机组协调进行工作，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察记录仪表等。

7. 钻机底座

包括钻台底座、机房底座和钻井泵底座等，车装钻机的底座就是汽车或拖车底盘。

为了钻机的安装、运移方便，重型钻机多采用整体安装拖运底座。即将动力、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以及绞车的一部分或全部，钻台下要能容纳井口装置，所以底座需要一定的高度和面积。

8. 辅助设备

成套钻机还必须具有供气设备、供水设备、钻鼠洞设备、井口防喷设备、辅助发电设备及辅助起重设备，在寒冷地区钻进时还需要配备保温设备。

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，它们有机地结合成一整套钻机，协调地完成生

产任务。

三、钻机的类型

随着钻井生产的不断发展，钻机的使用条件也愈来愈多样化，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：钻井方法；钻井用途；钻井深度、井眼尺寸与钻具尺寸；钻井地区的条件（如电力或燃料供应、交通运输、气象条件）等。

1. 按钻井方法划分

(1) 冲击钻机：如钢绳冲击钻机（顿钻钻机）、地面发动振动钻机、爆炸钻井钻机、电火花钻井钻机。

(2) 地面发动旋转钻机：如转盘旋转钻机、顶部动力水龙头旋转钻机等。

(3) 井底发动钻机：如井底冲击振动钻具、井底旋转钻具（涡轮钻具、螺杆钻具、电动钻具）。

2. 按钻井深度的不同来划分

(1) 中深井钻机：钻井深度在 4500m 以下。

(2) 深井钻机：钻井深度为 4500m~6000m。

(3) 超深井钻机：钻井深度为 6000~9000m。

(4) 特深井钻机：钻井深度在 9000m 以上。

3. 按使用地区的不同划分

(1) 陆用钻机：用于正常陆地勘探、钻井。

(2) 海洋钻机：用于海上钻井平台。

(3) 沙漠钻机：用于在沙漠地区勘探、钻井。

4. 按动力设备的不同来划分

(1) 柴油机驱动钻机：以柴油机为动力通过机械传动或液力传动的钻机。

(2) 直流电驱动钻机：工作机用直流电动机驱动。用柴油机或燃气轮机带动发电机供电，或从电力网供电。供直流电者称为直一直流电驱动；供交流电经整流者称为交一直流电驱动。这种型式的钻机适用于海上钻井。

(3) 交流电驱动钻机：适用于有工业电网的油田内部钻井。

5. 按驱动方式的不同来划分

(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 1-2 所示。多用于电驱动，其传动简单、安装容易，但功率利用率低、设备总重量大。

(2) 统一驱动：绞车、转盘及泵三个工作机由同一动力机组驱动，图 1-3b 为大庆 I-130 型钻机的方案。大部分钻机采取这种方案。

统一驱动也可以只包括一台泵（另加一台单独驱动泵），图 1-3a 为 ZJ-130 钻机方案。统一驱动的钻机功率利用率高，发动机有故障时可互相调济，但它的传动复杂，安装调整费事，传动效率低。

(3) 分组驱动：动力的组合介于前两种之间，三个工作机的驱动可有两种方案，如图 1-4 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，还可将两组工作机

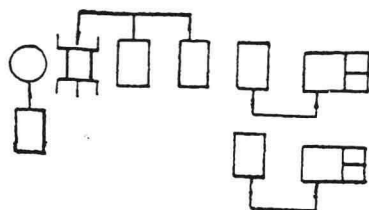


图 1-2 单独驱动方案

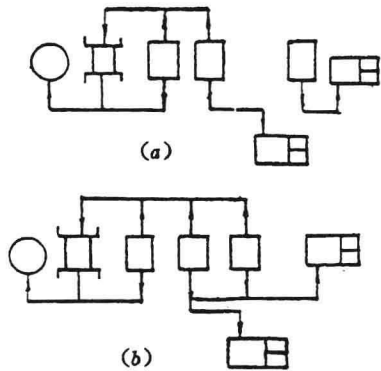


图 1-3 统一驱动方案

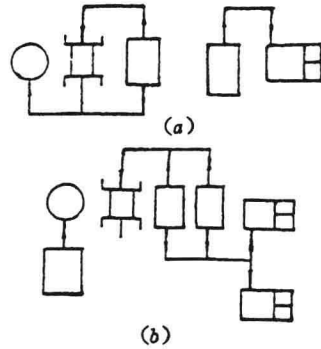


图 1-4 分组驱动方案

安装在不同高度和分散的场地上。

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主要数量指标，它是设计和选择使用钻机的基本依据。

钻机的基本参数包括：钻机的主参数、起升系统参数、旋转系统参数、循环系统参数。

一、钻机的主参数

钻机的主参数也是钻机的总体参数，它表明钻机的整体性能，对钻机的其他参数有很重要的决定作用。主参数一般由国家钻机标准系列规定。可做主参数的参数有：最大井深、最大起重量、额定钻柱重量和钻机总功率。

1. 最大井深 L_{max}

钻机的最大井深指的是用规定的钻具所能钻进的最大井深。“规定的钻具”是指一定尺寸的钻具组合。例如，大庆 I-130 钻机最大井深为 3000m，是指在规定的钻具为 5½in 的钻杆 2900m 和 7in 钻铤 100m 打井时所能钻的最大井深。井深再增加，就超过了钻机起升系统的额定工作能力。但是，如果使用 5in 钻杆和 7in 的钻铤 100m 钻井，则最大井深可达 3500m 而不超过钻机起升系统的额定工作能力。

美国的 1320 钻机及国产 ZJ45 钻机都是以最大井深为钻机主参数。

2. 最大起重量 Q_{max}

钻机的最大起重量指的是大钩允许的最大静载荷。钻井过程中可能遇到的较大载荷有：

(1) 起钻操作刚开始启动加速时钩载增加了动载，下钻操作完了刹车时也有较大动载产生，静动载之和构成起下钻过程中最大钩载。

(2) 处理卡钻事故时拔钻杆的拉力，它以钻杆拉断载荷为极限（此拉断载荷由钢材最小屈服强度来决定）。

(3) 下套管时，大尺寸的技术套管柱重量或最深的油层套管柱重量都比钻杆柱重量大。

(4) 下套管遇阻时, 要上提下放套管柱以期破阻通过。此时大钩的上提载荷以套管柱断裂载荷的 80% 为极限。

以上四项载荷, 据统计分析以第 2, 4 项为最大, 当井深小于 2500m 时, 套管柱较轻, 也很少遇阻, 所以第 2 项载荷可能最大, 当井深大于 2500m 时, 则以第 4 项载荷为最大。

钻机在起最大起重量时, 使用的是钻机的最大有效绳数。罗马尼亚的 F320 钻机就是以最大起重量做为钻机的主参数。

3. 额定钻柱重量 $Q_{柱}$

在最大井深中, 大钩上的额定尺寸钻柱重量被称为额定钻柱重量。 $Q_{柱} = q_{柱} L_{max}$, $q_{柱}$ 为每米长钻柱重量, N/m。一般 $Q_{柱} < Q_{max}$, $Q_{max}/Q_{柱}$ 称为重量储备系数 $K_{储}$, 一般各级钻机的 $K_{储}$ 都是统一值: $K_{储} = 1.6$ 。

$K_{储}$ 的大小说明钻机的机动性高低, $K_{储}$ 越高则钻机超深 (大于 L_{max}) 钻进的能力越强, 解除卡钻和克服下套管遇阻的能力也越强。

例如新系列 4000m 钻机的 $Q_{max} = 1960\text{kN}$, $Q_{柱} = 1225\text{kN}$, $K_{储} = 1.6$ 。而旧型 5 μ 钻机的 $Q_{max} = 1568\text{kN}$, $Q_{柱} = 1274\text{kN}$, $K_{储} = 1.23$, 它的机动性就很差。

$Q_{柱}$ 只是在钻井过程中反复出现的大钩工作载荷, 并不是最大值。如 4000m 钻机用 5in 钻柱决定的 $Q_{柱} = 314 \times 4000 \approx 1225\text{kN}$ 。当用同样的 5in 钻柱钻 4700m 深的井时, 大钩载荷 $Q_{吊} = 314 \times 4700 \approx 1470\text{kN}$ 。这种超深钻进也是允许的, 只是这时的 $K_{储}$ 降低为 1.35, 机动性降低了 (即解卡和下套管破阻能力降低了)。

前苏联的 By-40 钻机和国产大庆 130 钻机就是以额定钻柱重量做为钻机的主参数。但 1980 年以后都改为以最大井深做为钻机的主参数。

4. 钻机总功率 $N_{总}$

钻机总功率是指为三大工作机组及辅助设备总共配备的功率, 以保证钻井过程中能量的消耗。

钻机总功率根据其驱动方式的不同可分别按下式计算:

单独驱动的钻机 (图 1-2):

$$N_{总} = N_{发起} + N_{发泵} + N_{发转} + N_{发辅} \quad (1-1)$$

式中 $N_{发起}$ ——驱动绞车所配备的发动机功率, kW;

$N_{发泵}$ ——驱动钻井泵所配备的发动机功率, kW;

$N_{发转}$ ——驱动转盘所配备的发动机功率, kW;

$N_{发辅}$ ——发动机驱动压风机所需功率, kW。有时也包括单独发电机的功率, 此时应加以注明。单独发电机为驱动钻井液净化设备、井口机械化设备和液压泵等用。

统一驱动的钻机 (参见图 1-3):

$$N_{总} = \max\{N_{发泵} + N_{发转} + N_{发辅}, N_{发起} + N_{发辅}\} \quad (1-2)$$

分组驱动的钻机:

转盘与绞车分成一组, 钻井泵单独分成一组 (参见图 1-4a)

$$N_{总} = N_{发泵} + \max\{N_{发起}, N_{发转}\} + N_{发辅} \quad (1-3a)$$

转盘单独分一组, 泥浆泵与绞车分成一组 (参见图 1-4b)

$$N_{总} = \max\{N_{发起}, N_{发泵}\} + N_{发转} + N_{发辅} \quad (1-3b)$$

计算出来的 $N_{总}$ 应按实配柴油机台数及总持续功率值加以化整, 并修正各工作机所配备的功率值。

二、起升系统参数

(一) 大钩静载荷 $Q_{静}$

在钻井过程中, 大钩匀速提升井中全部钻柱重量构成大钩的静载荷。

如忽略吊环吊卡的重量, 大钩静载荷为:

$$Q_{静} = K q_{柱} L' \quad (1-4)$$

式中 K ——起钻静载修正系数;

$q_{柱}$ ——整个钻杆柱(包括钻铤)每米平均重量,
N/m;

L' ——任意井深, km。

至于系数 K 应综合考虑钻杆与井壁摩擦及钻杆在钻井液中受浮力的影响, $K = K_{摩} (1 - \frac{\gamma}{\gamma_{钢}})$ 。井越深, 摩擦阻系数 $K_{摩}$ 越大; 钻井液相对密度 γ 越大, 浮力也越大, 则减轻系数 $(1 - \frac{\gamma}{\gamma_{钢}})$ 越小。 K 值可以从图 1-5 中的曲线上查得。

钻杆柱每米重量 $q_{杆}$ 值可以从表 1-1 中查出, 它是光钻杆重加上两端加厚部分、接头(或接箍)的重量除以立根的长度得来的。钻柱中考虑有 80~100m 的钻铤, 则推荐用表 1-1 中 $q_{柱}$ 的计算值。

基于上述两个因素互相抵消的实际情况, 在近似计算中可取 $K=1$, 即近似认为起钻时大钩的静载就是钻柱在空气中的重量。

$$Q_{静} = q_{柱} L' \quad (1-5)$$

(二) 游动系统结构、快绳拉力和钢绳直径

1. 游动系统结构

游动系统结构是指天车和游车的滑轮数目和有效工作绳数 (z), 如游动系统为 5×6, 指的是天车五轮和游车六轮, 除快绳、死绳以外的有效工作绳数 $z = 2 \times 5 =$

10。起重量越大的钻机, 由于钢绳强度的限制, 要采用更多的有效绳数, 即更多轮数的游动系统。游动系统的最大结构用于起升 Q_{max} , 在起升 $Q_{柱}$ 时钢绳可以少穿两个轮子。可参考表 1-2 按井深或最大起重量选定游动系统结构。

2. 游动系统起重量 $Q_{游}$

$Q_{游}$ 虽然不是钻机的基本参数, 但在今后的计算中经常遇到, 所以单独提出来。

$$Q_{游} = Q_{静} + G_{游} = q_{柱} L' + G_{游} \quad (1-6)$$

当在最大井深时, 钩载为最低起升工作挡 V_1 时, 游动系统起重量 Q_1 为:

$$Q_1 = q_{柱} L'_{max} + G_{游} \quad (1-7)$$

式中 $G_{游}$ ——游动系统运动件重量(包括大钩、游车和钢绳), 参照表 1-2 选用或用 $G_{游} = (0.04 \sim 0.05) Q_{max}$ 计算。

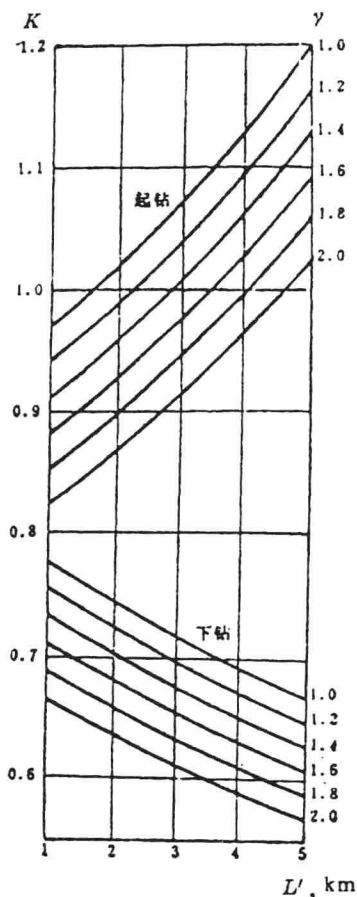


图 1-5 $K=f(L', \gamma)$ 曲线

表 1-1 钻杆柱和套管柱的单位重量

| 类别 | 通称尺寸 in | 外径(D) mm | 厚度(δ) mm | 单位重量($q_{杆}$) N/m | 钻柱计算单重($q_{柱}$) N/m | 注 |
|--------|-------------------------------|-------------|----------------------|------------------------|--------------------------|----------------------|
| 钻 杆 | 2 ³ / ₈ | 60.3 | 7.11 | 97 | — | 全部按 API-70 常用 |
| | 2 ⁷ / ₈ | 73.0 | 5.51 | 100 | — | |
| | 3 ¹ / ₂ | 88.9 | 6.45 | 139 | 196 | |
| | 4 | 101.6 | 8.38 | 204 | 245 | |
| | 4 ¹ / ₂ | 114.3 | 8.56 | 242 | 294 | |
| | 5 | 127.0 | 9.19 | 285 | 314 | |
| | 5 ¹ / ₂ | 139.7 | 10.54 | 361 | 412 | |
| 套 管 | 4 ¹ / ₂ | 114.3 | 7.37 | 197 | | API-70 |
| | 5 | 127.0 | 7.52 | 219 | | |
| | 5 ¹ / ₂ | 139.7 | 9.17 | 292 | | |
| | 6 ⁵ / ₈ | 168.3 | 10.59 | 409 | | |
| | 7 | 177.8 | 9.2 | 380 | | |
| | 7 ⁵ / ₈ | 193.7 | 9.53 | 434 | | |

表 1-2 系列钻机的游动系统参数

| 最大井深 (L_{max}), km | 钻机最大起重量 (Q_{max}), kN | 游动系统结构 | 有效绳数(z) | 钢绳直径 ($d_{绳}$), mm | 游动系统运动件 重量($G_{游}$), kN |
|---------------------------|------------------------------|--------|-------------|-------------------------|------------------------------|
| <2 | 784 | 4×5 | 8 | 25 | 49 |
| | 980 | | | | |
| 2.5 | 1225 | 4×5 | 8 | 28 | 59 |
| 3.2 | 1568 | 4×5 | 8 | 32 | 78 |
| | | 5×6 | 10 | 28 | |
| 4 | 1960 | 5×6 | 10 | 32 | 98 |
| 5 | 2450 | 5×6 | 10 | 35 | 118 |
| | | 6×7 | 12 | 32 | |
| 6.3 | 3136 | 6×7 | 12 | 35 | 147 |
| 8 | 3920 | 6×7 | 12 | 38 | 176 |

3. 起升时的快绳拉力 $P_{快}$

$$P_{快} = \frac{Q_{游}}{z\eta_{游}} \quad (1-8)$$

当大钩载荷为 Q_{max} 时, $P_{max} = \frac{1.05Q_{max}}{z\eta_{游}}$

式中 $\eta_{游}$ ——游动系统效率。

4. 钢绳直径 $d_{绳}$

在确定钢绳直径时, 首先要算出最大快绳拉力 $P_{快max}$, 一般钢绳的破断安全系数取为 $n=$

2.5, 要求钢绳所具有的破断载荷为:

$$P_{断} = nP_{快max} = \frac{2.5 \times 1.05Q_{max}}{z\eta_{游}} = \frac{2.6Q_{max}}{z\eta_{游}} \quad (1-9)$$

从 GB 1102-74 和 YB 829-73 等标准中可查得一定结构型式的钢绳的破断载荷, 选取较上式为大的破断载荷值, 即可确定钢绳直径。

同理, 根据一定的钢绳和游动系统结构, 也可确定出该系统的最大起重量

$$Q_{max} = \frac{z\eta_{游} P_{断}}{2.6} \quad (1-10)$$

(三) 井架高度 H

井架高度是指钻台顶平面至天车台底平面的垂直高度, 它主要取决于立根长度 l , 游动系统各部件高度和缓冲高度 h_0 , 如图 1-6 所示, 可用经验公式确定:

$$H = 1.7l \quad (1-11)$$

根据上式, 对于由两单根组成的 24m 长的立根, 采用 41m 高的井架, 对于由三单根组成的 27~30m 长的立根, 则采用 46~53m 高的井架。

(四) 起升速度和挡数

大钩的起升速度直接影响着起下钻的机动起升时间 (见第三章), 尤其是最低起钻工作速度 V_1 , 它又决定着其他各挡的速度。为了减少机动起升时间, 新型钻机越来越加大了绞车功率, 使 V_1 由原有的 0.2m/s 提高至 0.5m/s 左右, 这样, 机动起升时间可降低 25%。可初选 $V_1 = 0.45 \sim 0.5$ m/s。

最高起升速度 V_s , 不能选得过高, 它受到立根长度、快绳速度和操作安全的限制, 一般按下述经验公式选定:

$$V_s = \frac{b}{z} \sqrt{l} \quad (1-12)$$

式中 V_s ——最高起升速度, m/s;

l ——立根长度, m;

z ——有效绳数;

b ——系数, 取 3 或 4, 在起下操作机械化水平高的条件下选用 4。

初选 $V_s = 1.4 \sim 1.8$ m/s, V_s 低者用于轻、中型钻机, V_s 高者用于超重型钻机, 当安装全套机械化设备及滚筒排绳器时, V_s 可取 2~2.4m/s。

增设起升挡数, 充分利用绞车功率, 可降低起升时间。但当挡数过多时会使变速机构复

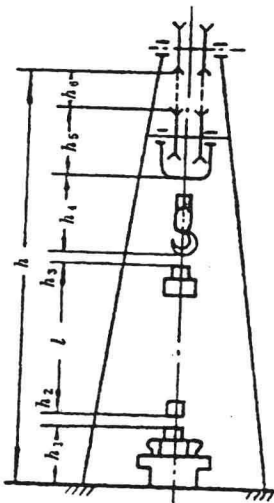


图 1-6 井架高度的确定

杂化，时间节省幅度也不大。所以起升挡数常取为 4~8，重型钻机可采用较多的挡数。

绞车上除设工作挡用于起钻外，还要设 1~2 个事故挡，用于起升 Q_{max} 的钩载（以解除卡钻和通过套管遇阻处）和当功率不足时从最大井深起钻（例如两台柴油机中的一台停车检修时）。因此绞车结构上的第一、第二挡常为事故挡，起升第一挡多设在结构上的第三挡，依此类推。

用液力变矩器或直流电机驱动的绞车可以保证最小的起升机动时间消耗。但为了提高变矩器或电机的使用效率，仍设 2~3 变速挡。

(五) 大钩功率、绞车功率和起升机组功率

设 V_1 为大钩最低起钻速度 (m/s)， Q_1 为以 V_1 起升时的游动系统起重量（理论起重量，kN）。

起升功率即大钩功率

$$N = Q_1 V_1 \quad (1-13)$$

绞车功率即绞车输入功率

$$N_{\text{绞}} = \frac{Q_1 V_1}{\eta'_{\text{传}} \eta_{\text{滚}} \eta_{\text{游}}} \quad (1-14)$$

起升系统发动机应配备功率

$$N_{\text{发起}} = \frac{K Q_1 V_1}{\eta_{\text{发钩}}} \quad (1-15)$$

式中 $\eta'_{\text{传}}$ ——绞车输入轴至滚筒轴的传动效率（参见表 1-3）；

$\eta_{\text{滚}}$ ——滚筒缠绳及滚筒轴效率，取值 0.97；

$\eta_{\text{游}}$ ——游动系统效率，可以采取 API 推荐值。对 $z=6, 8, 10, 12$ 者， $\eta_{\text{游}}=0.876, 0.841, 0.810, 0.770$ ；

K ——功率储备系数；

$\eta_{\text{发钩}}$ ——发动机至大钩的传动效率。

$$\eta_{\text{发钩}} = \eta_{\text{发}} \eta_{\text{并}} \eta_{\text{传}} \eta_{\text{滚}} \eta_{\text{游}}$$

$\eta_{\text{发}}$ ——发动机效率；

$\eta_{\text{并}}$ ——发动机组并车效率，可参考表 1-3 选取。

$\eta_{\text{传}}$ ——全部传动效率，将发动机输出轴到滚筒轴前所有传动副的效率相乘可得此值，参见表 1-3。

在传动方案设计出来以前，可近似取 $\eta_{\text{发钩}}=0.55\sim 0.65$ 。

对于功率储备系数 K 来说，柴油机直接驱动的起升系统应取 $K=1.25\sim 1.35$ ；柴油机液力传动的起升系统取 $K=1$ ；单独为绞车配备的柴油机，可以按间歇功率计算；电动机驱动的起升系统或其他部件，按表 1-4 取 K 值以确定电动机的额定功率（即工作时间率 $J_c=25\%$ 时的输出功率）。

三、旋转系统参数

旋转系统参数主要包括转盘开口直径、转盘转速、转盘功率。

1. 转盘的开口直径 D_{Δ}

转盘的开口直径是转盘主要的几何参数，它决定着转盘的尺寸和承载能力。应保证第一次开钻时所用的最大钻头能顺利地通过转盘中心通孔，即转盘开口直径至少要比最大钻头直径大 10mm。

表 1-3 发动机和机械传动效率

| 发动机或传动副名称 | 效率 (η) | 发动机或传动副名称 | 效率 (η) |
|-----------------------------|---------------|---------------------|---------------|
| 柴油机 (非增压~增压) | 0.80~0.85 | 万向轴 { 滑动轴承 滚动轴承 | 0.97 0.99 |
| 直流发电机——直流电动机 | 0.85~0.95 | | |
| 交流电动机 | 0.88~0.92 | 涡轮传动 | 0.75~0.85 |
| 液力耦合器 | 0.95~0.97 | 三角皮带传动 | 0.94~0.96 |
| 液力变矩器 | 0.80~0.90 | 滚动轴承 | 0.995 |
| 柴油机并车 { 二台 三台 | 0.95 | 两个滚动轴承支承的轴 | 0.99 |
| | 0.92 | 滚筒缠绳、滑轮绕绳 | 0.98 |
| 柴油机液力传动并车 { 二台 三台 | 0.98 | 滚筒轴部件 | 0.97 |
| | 0.95 | 转盘部件 | 0.93 |
| 链传动 { 开式 闭式 | 0.95 | 钻井泵机械传动部分 (不包括水力部分) | 0.85~0.88 |
| | 0.98 | | |
| 齿轮传动 { 圆柱齿轮 圆锥齿轮 圆弧齿轮 | 0.98 | | |
| | 0.97 | | |
| | 0.99 | | |

表 1-4 交流电动机的储备系数

| 电动机型号 | 工作类型 | K |
|-----------------------------------|------|-----------|
| JZR | 轻级 | 0.5~0.75 |
| JZRH | 中级 | 0.75~0.85 |
| | 重级 | 0.9~1.0 |
| | 特重级 | 1.0~1.2 |
| J ₂ | 各级 | 0.9 |
| JO ₂ , JO ₃ | 各级 | 1.0 |

目前 $D_{\text{盘}}$ 的通用尺寸有 450, 520, 700mm 等, 分别适用于中深、深和超深井。

2. 转盘的转速和档数

转盘的转速和钻头破碎岩石的能力密切相关, 选择合适的转盘转速, 目的是在可能的条件下获得较快的钻井进尺。

根据钻井经验: 钻井速度正比于转盘转速的平方根。但是, 当转速超过 350~400r/min 时, 钻井速度的增长就不明显了。这主要是由于牙轮钻头牙齿与岩石接触的时间过短, 岩石还来不及破裂, 同时过高的转速会使空转钻杆柱的功率消耗加大, 因此常用的转速控制为 50~300r/min 最好。

一般在开钻时为中软地层, 多用大尺寸钻头, 转速也较高, $n_{\text{始}}=150\sim300\text{r/min}$ 。

接近完钻时多为硬地层, 为了防止钻头损坏和磨损过快, 一般取 $n_{\text{转}} = 60 \sim 105 \text{r/min}$ 。

在处理事故时需要更低的转速, 一般取 $n_{\text{事故}} = 25 \sim 30 \text{r/min}$ 。

根据以上三种转速可见, 转盘的调速范围约为 10。

当通过绞车传动转盘时, 绞车的挡数可满足转盘的要求。当采用变矩器或直流电机驱动转盘时, 挡数可少些, 有 2~3 个挡就足够了。

3. 转盘的功率 $N_{\text{转}}$

在钻井过程中, 动力机传给转盘的功率主要消耗于以下几方面: 旋转钻头破碎岩石、旋转钻杆柱和旋转地面设备 (包括转盘本身、方钻杆和水龙头)。因此, 转盘消耗的功率为:

$$N_{\text{转}} = N_1 + N_2 + N_3 \quad (1-16)$$

式中 N_1 ——带动钻头破岩及克服钻头与井底摩擦所消耗的功率;

N_2 ——旋转钻杆柱所消耗的功率;

N_3 ——旋转地面设备所消耗的功率。

应为驱动转盘的发动机配备的功率为:

$$N_{\text{发转}} = \frac{KN_{\text{转}}}{\eta_{\text{发转}}} \quad (1-17)$$

式中 K ——功率储备系数;

$\eta_{\text{发转}}$ ——发动机到转盘的传动效率。

其他符号意义同前。

四、循环系统参数

循环系统参数主要包括泵组最大和最小排量、泵组中泵的台数、最大泵压和泵组功率等。

1. 最大、最小排量和泵组中泵的台数

泵组排量

$$Q = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)V_{\text{返}} \times 10^{-6} \quad (1-18)$$

式中 Q ——泵组排量, m^3/s

D, d ——分别为井眼直径和钻杆直径, mm ;

$V_{\text{返}}$ ——环形空间中钻井液的返回速度, 为了保证足够的排量, 一般

$$V_{\text{返}} = \frac{A}{D_{\text{头}} \gamma}, \quad A = 182 \sim 280.$$

泵组最大排量 $Q_{\text{大}}$ 是为了满足开钻时最大井筒中洗井排屑的需要, 所以

$$Q_{\text{大}} \geq \frac{\pi}{4}(D_{\text{头max}}^2 - d^2)V_{\text{返}} \times 10^{-6} \quad (1-19)$$

此时

$$V_{\text{返}} = \frac{280}{D_{\text{头max}} \gamma}$$

式中 $D_{\text{头max}}$ ——开钻时井筒直径, 即最大钻头直径, mm 。

由以上二式可见, 开钻时应用较小的钻井液返回速度 (如 $D_{\text{头max}} = 590 \text{mm}$ 、 $\gamma = 1.2$ 时, 则 $V_{\text{返}} = 0.4 \text{m/s}$), 在最大井筒中求得泵组最大排量 $Q_{\text{大}}$, 这样才能使 $Q_{\text{大}}$ 不至于过大 (一般 $Q_{\text{大}} = 0.1 \sim 0.15 \text{m}^3/\text{s}$)。

由于受安装运输等条件的限制, 单泵的尺寸和重量不能过大, 对于双缸双作用泵, 其单泵排量 $Q_{\text{单}} = 0.05 \sim 0.06 \text{m}^3/\text{s}$; 对于三缸单作用泵, $Q_{\text{单}} = 0.04 \sim 0.05 \text{m}^3/\text{s}$ 。所以泵组中泵的台数