

# 立轴式岩心钻机配 A 型钻塔的技术探讨

杨宏伟

(石家庄探矿机械厂,河北 石家庄 050081)

**摘要:**介绍了立轴式岩心钻机配套 A 型钻塔的设计过程,主要包括钻塔使用上的基本要求、钻塔结构的合理设计、技术参数的确定、载荷的分析与计算等。

**关键词:**立轴式岩心钻机;A 型钻塔;技术参数;载荷

**中图分类号:**P634.3<sup>+</sup>4 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2012)05-0049-04

**Technical Discussion on A-type Derrick of the Spindle Core Drill/YANG Hong-wei** (Shijiazhuang Prospecting Machinery Factory, Shijiazhuang Hebei 050081, China)

**Abstract:** The paper introduces A-type derrick of the spindle drill about the design process, reasonable structure, operating requirement, technical parameter determination, load analysis and calculation.

**Key words:** spindle core drill; A-type derrick; technical parameter; load

## 0 引言

常见的 A 型塔主要与大口径水井钻机、石油天然气大型钻机配套,而立轴式岩心钻机多与四脚塔配套使用。近年来,立轴式岩心钻机开始越来越多地配套 A 型钻塔,但由于部分岩心钻机的结构限制导致配套 A 型钻塔时出现一些问题,影响正常起塔。

近年来我厂根据客户的不同要求,为客户配套了多套 A 型钻塔,其中涉及到的钻机有 ST-1000、XY-4、XY-5、XY-8、TXJ-1600、XB-2000 型等,并成功地应用到施工现场。在实际的配套、设计过程中,遇到许多问题。笔者根据以往的经验,对立轴式岩心钻机配套 A 型塔中的一些问题进行总结,希望能够供同仁们参考借鉴。

## 1 立轴式岩心钻机 A 型钻塔简介

目前,我厂为岩心钻机配套的 A 型钻塔结构主要有 2 种,分别是管式和桁架式。与四脚塔相比,A 型塔的优点是结构简单、质量轻、拆卸和移运方便。

管式 A 型塔材料为螺旋管(由于钻机与钻井深度的不同,管子的直径和壁厚略有差异),每个塔腿分为 4 节,各节之间采用法兰盘联接。使用时,可根据不同的高度和需求做适当的调整和组装。塔腿的底脚用销轴和铰支座联接,固定在纵梁上面。钻塔的最底层由 5 根横梁组成,用于坐放岩心钻机。

桁架式 A 型塔与上述管塔基本相似,不同的是

此塔横截面为等边三角形,每节塔腿均由 3 根无缝钢管构成,每两根之间由钢管联接。

图 1 为石家庄煤矿机械厂生产的 XB-2000 型岩心钻机配我厂 A 型桁架结构塔;图 2 为我厂 ST-1000 型岩心钻机(或 XY-4 型)配套我厂 A 型螺旋钢管塔。



图 1 XB-2000 型岩心钻机配 A 型桁架结构塔

## 2 基本的使用要求

(1)应有足够的承载能力,以保证能够起下或者悬持一定长度的管柱。

(2)应有足够的有效高度和空间,以安放有关

收稿日期:2012-01-17

作者简介:杨宏伟(1981-),男(汉族),河北唐山人,石家庄探矿机械厂工程师,机械设计专业,从事钻井设备及石油、地质钻具的设计研究工作,河北省石家庄市中山西路 788 号,yanghongw888@163.com。



图2 ST-1000型岩心钻机(或XY-4型)配A型管塔

设备、工具及钻杆柱。

(3) 钻塔的天车检修要方便,底盘大小应考虑钻机及其他设备的安装、场地的合理布置及工人的操作安全。

(4) 钻塔与二层工作台及横撑的距离不宜过小,否则使游动滑车运行不便。二层工作台的位置要合理,否则影响钻工的视野及操作安全。

(5) 应有合理的结构,尽可能减轻自重使钻塔轻量化并且钻塔的结构应便于拆装、运移和维修。

(6) 在满足各项性能指标要求的情况下,尽可能降低成本。

### 3 结构与参数的确定

#### 3.1 钻塔有效高度的确定

钻塔的高度关系到钻进效率,它与立根的长度有直接关系。增加立根的长度可以缩短起下钻作业时间,但是加长立根长度会使钻塔高度增大,从而使钻塔的制造成本增加,同时也增加了钻塔移装费用。因此在设计或选用钻塔时应考虑2个因素:一是尽可能保证缩短起下钻的时间;二是应尽可能降低制造、安装、运输的成本。钻塔高度可参照图3按下列公式进行计算:

$$H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + L = \sum h + L \quad (1)$$

式中: $H$ ——钻塔高度,m; $h_1$ ——接头距离塔底的高度确定,m; $h_2$ ——立根卸开时所需最小距离,m; $h_3$ ——提引器高度,一般为0.6~1.0 m; $h_4$ ——大钩或游动滑车高度,一般为0.8~1.5 m; $h_5$ ——提升安全高度,一般为1.5~2.0 m; $L$ ——立根长度,m。

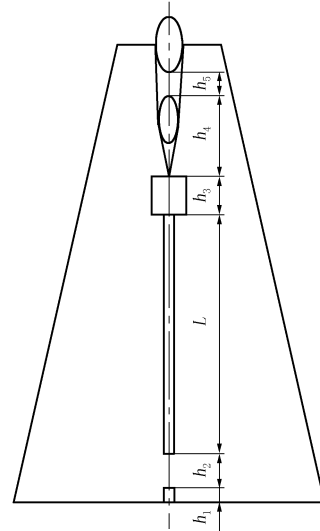


图3 塔高计算示意图

#### 3.2 高空固定工作台与活动工作台

A型钻塔配套水井钻机时一般只有一个高空固定工作台(俗称二层平台)即可,而对于岩心钻机来说,笔者认为配备2个比较合理。上层工作台用于搁靠立根,位置应略低于立根长度1~1.25 m;下层工作台高度应适合于对机上钻杆及水龙头的操作需要,一般距离塔底3~3.5 m。当然也可采用活动工作台,可以停留在任意高度进行必要的塔上作业。目前我厂为XY型钻机配套的钻塔都设计了2个工作台,配套不同钻机时其所处的高度也不同。

#### 3.3 导正系统的设计

导正系统是配套XY型岩心钻机时新添加的,主要是用来改变钢丝绳的方向,以确保能够正常起塔和正常钻进、提下钻等。在与水井钻机配套时不需要设计此部分。此部分的结构主要是3套导正轮,1套导正轮装在钻塔的横撑上,用于保证钻机卷扬中心和钢丝绳基本垂直;另外2套装于钻塔底盘上,用于改变钢丝绳的方向和钢丝绳的导入位置,确保能够正常起落塔。导正轮的安装位置应根据所配钻机的结构尺寸做相应的更改,因此配套不同的钻机时要做不同的尺寸计算和布局。导正系统的示意图见图4。

#### 3.4 钻塔天车

钻塔的天车要根据其钻具系统最大载荷进行设计,同时也要考虑天车的维修和塔顶作业安全等。钻具系统的载荷可按公式(3)进行计算。在实际的施工过程中,升降系统采用2种不同的绕绳方式即有死绳和无死绳2类。有死绳的可在死绳的尾端安装重力表或其他辅助装置,可以变换钢丝绳弯曲部

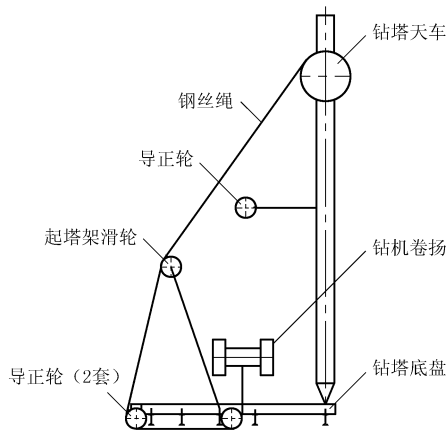


图4 导正系统示意图

位,延长钢丝绳的使用寿命,一般多采用有死绳的缠绕方式。由于钢丝绳的拉力(包括动绳和死绳)相等,因此天车滑轮的数量可以按下面公式计算:

$$n = \frac{m}{2} + 1 = \frac{N_{\max}}{2P} + 1 \quad (2)$$

式中: $n$ ——天车滑轮个数; $m$ ——钢丝绳数目; $N_{\max}$ ——钻具系统的最大质量,t; $P$ ——卷扬机的提升能力,t。

### 3.5 钻塔底盘

钻塔底盘设计主要是根据设备的布置合理、操作、维修方便的要求确定,并考虑存放钻具所需钻场面积。

## 4 载荷分析与计算

作用于钻塔的载荷比较复杂,如提升钻具时的附加载荷、游动大钩与提引器载荷、钻塔自身的重量、外界环境因素引起的载荷如风载等。按其作用方向可分为垂直方向载荷 $P$ 和水平方向载荷 $F$ ,分别进行分析和计算。

### 4.1 垂直方向载荷 $P$

$$P = P_1 + P_2 + P_3 \quad (3)$$

式中: $P_1$ ——钻具系统的载荷,N; $P_2$ ——钻塔的自重,N; $P_3$ ——钢丝绳拉力的垂直载荷,N。

(1)在计算 $P_1$ 时,应考虑泥浆浮力对钻杆柱的影响、提升过程中加速所产生的惯性力以及孔内摩擦阻力的影响。

$$P_1 = qHK_1K_2K_3(1 + a/g) \quad (4)$$

式中: $q$ ——每米钻杆柱重力,N/m; $H$ ——钻杆柱长度,m; $K_1$ ——接头加重系数, $K_1 = 1.05 \sim 1.1$ ; $K_2$ ——泥浆浮力的系数, $K_2 = 0.85$ ; $K_3$ ——卡钻系数, $K_3 = 1.5 \sim 2$ (深孔取 $K_3 = 1.5$ ,浅孔取 $K_3 = 2$ ); $a$ ——提升钻具时的平均加速度, $m/s^2$ ; $g$ ——重力

加速度, $m/s^2$ 。

(2)钻塔自重 $P_2$ 与钻塔的类型、结构及材料有关,常用钻塔自重系数来衡量钻塔设计的优劣。自重系数是一项技术经济指标。在保证钻塔有足够的强度和稳定性的前提下,降低自重系数有重大意义。它对于节约金属材料、降低制造成本、节省安装运输费用有直接作用。在设计过程中,利用同级别的钻塔自重系数初步估算自重,以便根据钻塔杆件所受应力确定其断面尺寸。然后,再将实际的钻塔自重与初选自重对比,如果其差值在计算的安全系数许可范围内,则无需调整,否则需进行适当修正。

(3)对于A型塔,绷绳基本上是对称布置的,因此钻塔在垂直方向受力应为所有绷绳的拉力的合力(见图2),合力的大小可以按下列公式计算:

$$P_3 = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + \dots$$

式中: $Q_1$ 、 $Q_2$ 、 $Q_3$ 、 $Q_4$ ——分别为绷绳拉力在 $Y$ 坐标上的投影,N。

### 4.2 水平方向载荷 $F$

$$F = F_1 + F_2 + F_3$$

式中: $F_1$ ——立根作用于钻塔的水平方向载荷,N; $F_2$ ——作用于钻塔各部件上的风载,N; $F_3$ ——绷绳拉力水平方向载荷,N。

(1)施工过程中,通常将从孔底提出的钻具搁靠在钻塔二层平台的靠架上。因此,立根对钻塔作用的水平载荷包括:①立根自重作用于钻塔的水平载荷;②无塔围时,作用于立根上的风载通过钻杆作用于钻塔的水平载荷,这两部分力是同时存在的,其作用点在钻塔二层台的钻杆靠架处。

立根自重的水平载荷为:

$$F_{11} = (1/2)ngLctg\beta \quad (5)$$

式中: $F_{11}$ ——立根自重的水平荷载,N; $n$ ——立根数; $g$ ——每米钻杆的重力,N/m; $L$ ——立根长度,m; $\beta$ ——立根束靠置的倾角。

立根靠置在钻塔上,形成一个挡风面,当钻塔没有塔围时,其所受的载荷为:

$$F_{12} = pA \quad (6)$$

式中: $F_{12}$ ——立根风载,kN; $p$ ——单位风压,kPa(见表1); $A$ ——立根组成的挡风面积, $m^2$ 。

因 $\beta$ 角接近 $90^\circ$ ,所以风力的方向可以假定为垂直于挡风面。立根自重载荷的水平载荷和风载的合力作用于重心处,即离地面 $L/2$ 处。按力矩平衡原理,它分配到钻塔二层台钻杆靠架处,再根据靠架的结构分配到结点上。

(2)风载是建筑物不可忽视的载荷之一。对于

表1 我国不同地区风压

序号	包括的地区	高度	
		<20 m	>100 m
1	广东沿海、海南岛、南海诸岛、台湾最南部	>1	>2
2	东部沿海、松辽平原、甘肃、新疆	1.0~0.7	2.0~1.5
3	华北平原,东北、西北大陆	0.7~0.4	1.5~1.0
4	东南及西南的大陆地区	0.4~0.25	1.0~0.75
5	川南及云贵高原	0.25	0.75

较高的钻塔,风载对其的影响在总载荷中占有相当的比重。计算方法可以参照上述公式,挡风面积 $A$ 需要根据钻塔及部件的侧表面积来确定。

(3)钻塔因受载荷而在绷绳中产生的拉力,它的大小因结构尺寸、绷绳数量和固定位置不同而异。一般来讲,绷绳基本对称布置,此水平载荷相互平衡可以忽略不计。

## 5 钻塔的校核

由于各钻塔结构不同,截面尺寸和形状也不一定相同,因此强度的校核要因塔而异。校核的内容包括强度和稳定性2个方面。钻塔的强度校核,包括:钻塔工作时不同工况下的载荷组合;钻塔受外载后各杆件内力的计算;根据各杆件受力的大小,进行强度校核。钻塔承载情况依其类型及工作条件的差异而不同。应根据使用要求和工作条件合理确定其计算载荷。显然,以各种载荷可能同时出现最大值

(上接第30页)

一步的优化设计,甚至有些工具需要重新进行设计。

### 5.4 波纹管施工过程中复杂事故的处理

波纹管堵漏技术尚属起步阶段,在施工作业过程中还会遇到一些复杂问题,需要进一步针对波纹管施工作业可能发生的事故进行深入研究,探索解决办法。如:

(1)波纹管下井遇阻、卡,无法起下钻时如何处理;

(2)对溶洞、空洞地层以及破碎坍塌井段进行施工时,钻井液大量漏失可能遇到的复杂情况;

(3)地层缩径波纹管受挤变形,或者发生剪切、拉伸变形导致钻具无法下井如何解决。

## 6 结论与展望

(1)波纹管堵漏技术是最直接有效的堵漏方法之一,现场堵漏试验成功表明我国已经基本掌握该项技术。

的组合,作为计算载荷是不合理的。因此,设计计算中应对钻塔的载荷作充分的分析,合理地确定其计算载荷。

## 6 结语

多年的钻塔研制及配套工作实践证明,只有对钻塔的主要问题和核心问题进行认真研究,并尽量做到标准化和规范化,才能保证交付给用户满足使用要求的产品。钻塔的设计制造涉及的问题很多也较复杂,需要在科学的理论指导下,紧密结合生产施工实践,不断总结经验,完善设计、制造和配套,更好地为钻探施工服务。希望本文能够对钻塔的研制及日后的配套工作提供一定的参考。

## 参考文献:

- [1] 侯依甫. 钻井和修井井架、底座设计指南[M]. 北京:石油工业出版社,2005.
- [2] 张西坤,靳益民. 关于钻塔的几个问题的探讨[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(7).
- [3] 屠厚泽. 钻探工程学(中册)[M]. 湖北武汉:中国地质大学出版社,1988.
- [4] 胡辰光. 钻探工程技术[M]. 安徽合肥:安徽文化音像出版社,2003.
- [5] 张西坤,宋小娟. 关于钻塔的几个问题的探讨[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2004,31(12).

(2)地质岩心钻探领域采用波纹管堵漏技术能够降低钻井工程风险和成本,具有较好的前景。

(3)波纹管堵漏技术目前尚不成熟,需要进一步开展系列化研究,在施工工艺以及复杂情况处理方面还需要大量的现场实践和探索。

(4)波纹管在补贴损坏套管、减少套管层次方面尚无成功案例,需要在这方面进一步开展理论及试验研究。

## 参考文献:

- [1] 李娟. 可膨胀波纹管技术在钻井工程中的应用[J]. 西部探矿工程,2006,(11):175-177.
- [2] 胡彦峰,涂玉林,汪胜武,等. 可膨胀波纹管技术在钻井工程中的应用[J]. 西部探矿工程,2011,(2):91-97.
- [3] 张彦平,田军,赵志强,等. 波纹管堵漏技术在吐哈油田L7-71井的应用[J]. 石油钻采工艺,2005,27(1):20-22.
- [4] 陶兴华,马开华,吴波,等. 膨胀波纹管技术现场试验综述及存在问题分析[J]. 石油钻探技术,2007,35(4):63-66.
- [5] 姚彤宝,于好善,夏柏如,等. 膨胀管技术在地质勘探领域应用初探[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(2):8-11.