

试论绳索取心绞车与钻石—300型 钻机的坑内布局问题

陈 勤 坚

(武钢大冶铁矿)

钻石—300型全液压坑道钻机绳索取心绞车的原布局方案, 占地面积大, 且钻机受力不合理, 影响了钻机的稳定性。文中介绍了一种新的布局方案。计算和实践均证明该方案具有许多优越性。

关键词: 钻石—300型钻机; 绳索取心绞车; 坑内布局

钻石—300型全液压坑道钻机与绳索取心工艺相配合, 充分显示了矿山坑道金刚石钻探技术的优越性。但是, 由于绳索取心绞车的安装布局问题一直没有妥善解决, 致使这项新技术的先进性未能充分发挥。

在生产实践中, 对钻机和与其配套的绳索取心绞车的布局问题, 提出了以下3方面的要求: (1) 绞车本身结构简单, 工作可靠, 且与主机布局合理, 最好能融为一体, 目的是在施工不同倾角的钻孔时, 省去安装和某些操作工序, 缩短辅助时间, 提高钻探效率; (2) 在施工不同倾角的钻孔时, 绞车与主机的布局应尽量使系统的受力均匀合理, 既不影响绞车的正常工作, 也不影响主机机架; (3) 绞车操作手把应与钻机操作手把集中一起, 以方便操作与控制, 而不需增加附属设备。

主机与绞车的原整体布局不合理, 受力不均, 安装麻烦, 操作不便, 而且占地面积大, 甚至发生过拉倒绞车的情况。1985年, 我们重新考虑了绞车与主机的布局, 并对原绞车进行了改装, 收到了较好的效果。

结构简介

1. 主机部分 (图1) 绞车由摆线马达 (1)、绞车座架 (2)、卷筒 (3)、滑轮 (4、5) 和滑轮座架 (6) 等组成。绞车主体通过绞车座架 (2) 由螺栓固定在钻机给进机架 (7) 下部的滑撬形钢管上, 使绞车和主机结合为一体, 实现了绞车的机装化布局。如果钻机搬迁需拆下绞车, 只要卸开螺栓, 绞车与主机即可解体, 整个过程简

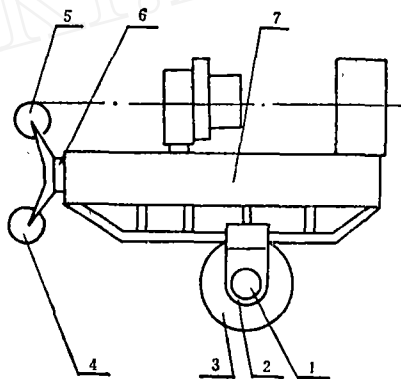


图 1 绞车与主机布局示意图

单方便。滑轮有前后两个, 由滑轮座架 (6) 固定在给进机架 (7) 的壳体上端, 由于导正钢绳。该滑轮座架由可转动且能定位的装置与壳体联接。打捞内管总成时, 钢绳绕过滑轮导正, 使打捞器进入钻杆内并捞取内管; 正常钻进和上、下钻时, 可把滑轮转90°角, 以让开轴线位置, 避免上下运动的钻杆撞击滑轮。

2. 操作控制部分 绞车的操作控制部分, 具有绞车与钻机不同时工作的特点, 故在液压系统中接出一根油管, 构成绞车油路系统。具体方案是在油泵输出的主油路上增加一个方向控制阀, 将高压油分别通向主机油路和绞车油路, 使钻机工作与取心工序方便地转换, 互不干扰。另外, 绳索取心绞车、方向阀与主机的操作手把集中于一处, 操作者既能方便地控制主机手把, 又能控制油路换向以驱动绞车。

受力分析

1. 改装前布局的受力分析 改装前, 绞车和主机在施工下斜孔(图2)和水平孔时(图3)的受力分析如下:

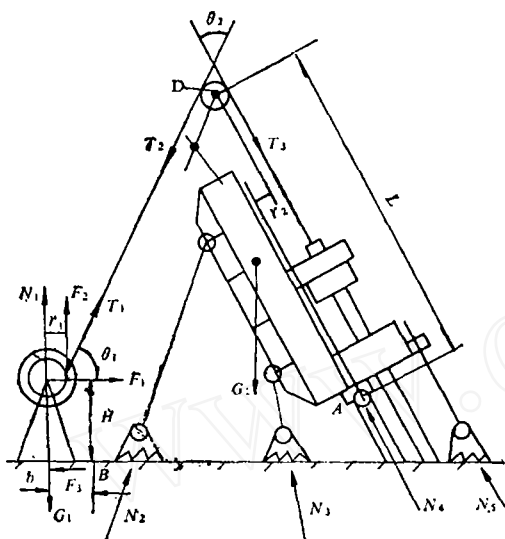


图2 下斜孔原绞车与钻机受力简图

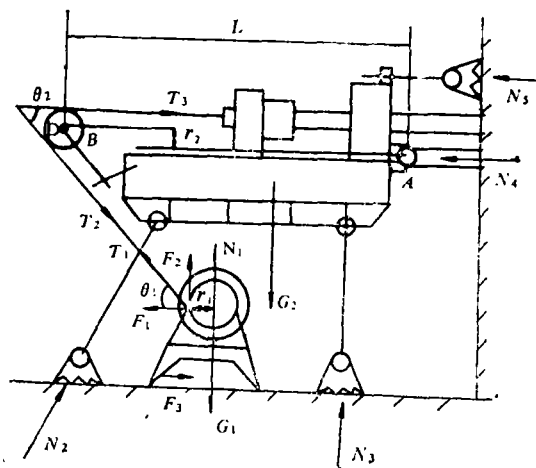


图3 水平孔原绞车与钻机受力简图

(1) 绞车的受力与稳定 作用于绞车上的力有重力 G_1 , 地面支承力 N_1 , 钢绳拉力 T_1 , 摩擦力 F_3 。设 T_1 与水平方向成一夹角 θ_1 , 绞车座架与地面的摩擦系数为 f , 则 T_1 在水平方向及垂直方向的分力分别为:

$$F_1 = T_1 \cos \theta_1$$

$$F_2 = T_1 \sin \theta_1$$

地面支承力为: $N_1 = G_1 - F_2$

$$= G_1 - T_1 \sin \theta_1$$

摩擦力为: $F_3 = N_1 f$

$$= (G_1 - T_1 \sin \theta_1) f$$

由此可见, T_1 在水平方向及垂直方向的分力 F_1 和 F_2 是导致绞车拉倒的原因, 由力平衡原理, 应先出现滑动, 其临界条件是:

$$|F_1| = |F_3|$$

即: $|T_1 \cos \theta_1| = |G_1 - T_1 \sin \theta_1| f$

$$T_1 = G_1 f / (\cos \theta_1 + f \sin \theta_1)$$

在实际中 $G_1 = 75 \text{ kgf}$, 若 $\theta_1 = 45^\circ$, $f = 0.9$, 则

$$T_1 = 75 \times 0.9 / (\cos 45^\circ + 0.9 \sin 45^\circ)$$

$$= 50.24 (\text{kgf})$$

$$F_1 = F_2$$

$$= 50.24 \times \sin 45^\circ$$

$$= 35.53 (\text{kgf})$$

$$F_3 = F_1$$

$$= 35.53 (\text{kgf})$$

计算表明, $T_1 = 50.24 \text{ kgf}$ 时, 绞车将有滑动趋势, 在正常条件下, 岩心内管总成及岩心总重量不超过 12 kgf , 即使提升速度较快, 也不会出现这种情况。但是, 一旦提升阻力较大(如打捞器安全装置的设计), $T_{1\max} = 275 \sim 350 \text{ kgf}$, 必然会出现这种情况。

当绞车向 F_1 方向滑动时, θ_1 将增大, $\cos \theta_1$ 值减小, 那么 F_1 和 F_3 减小, 分别对

$$F_1 = T_1 \cos \theta_1 \text{ 及}$$

$$F_3 = G_1 f - T_1 f \sin \theta_1 \text{ 求得:}$$

$$F_1' = -T_1 \sin \theta_1$$

$$F_3' = G_1 f - T_1 f \cos \theta_1$$

可见, F_3 减小的速度要比 F_1 慢, 最终必趋于: $F_3 > F_1$, 绞车不再滑动。因此, 在力 F_1 和 F_2 的作用下, 将增加以 B 为中心的转动(图4), 因而有可能产生拉倒现象。在绞车即将被拉倒的瞬间, N_1 可看作全部集中于 B 点上, 对于转动中心 B 有:

$$M_1 = F_1 H \text{ (顺时针)}$$

$$M_2 = F_2 (b - r_1) \text{ (顺时针)}$$

$$M_3 = G_1 b \text{ (逆时针)}$$

则拉倒力矩: $M_B = M_1 + M_2 - M_3$

$$= F_1 H + F_2 (b - r_1) - G_1 b$$

式中, H ——绞车中心轴离地面的高度, 0.5 m ;

b ——绞车座架底宽的一半, 0.25m;
 r_1 —— T_1 作用点与绞车中心轴的距离, 0.1m。

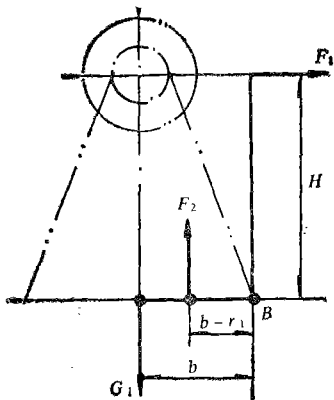


图 4 绞车工作时的力矩图

根据力矩平衡原理, 当 $M_B \geq 0$ 时, 绞车将被拉倒, 其条件是:

$$F_1 H + F_2 (b - r_1) \geq G_1 b$$

$$\text{即 } T_1 \cos \theta_1 H + T_1 \sin \theta_1 (b - r_1) \geq G_1 b$$

$$\begin{aligned} \text{令 } C &= T_1 H \cos \theta_1 + T_1 (b - r_1) \sin \theta_1 \\ &= T_1 (H \cos \theta_1 + (b - r_1) \sin \theta_1) \\ &= T_1 \sqrt{H^2 + (b - r_1)^2} \sin(\theta_1 + \phi) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi &= \arctg \frac{H}{b - r_1} \\ &= \arctg \frac{0.50}{0.25 - 0.1} \\ &= 73.3^\circ \end{aligned}$$

式中, ϕ 为三角函数变换过程中的一个辅助角, 其与三角函数 $\cos \theta_1$ 和 $\sin \theta_1$ 前的系数有关, 或者说与力矩的方向有关。因系数为正, 所以 ϕ 在第一象限取值。

$$\begin{aligned} C &= T_1 \sqrt{0.5^2 + (0.25 - 0.1)^2} \\ &\quad \times \sin(\theta_1 + 73.3^\circ) \\ &= 0.52 T_1 \sin(\theta_1 + 73.3^\circ) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{又 } G_1 b &= 75 \times 0.25 \\ &= 18.75 (\text{kgfm}) \end{aligned}$$

由上述计算及实际情况, 一般 $\sin(\theta_1 + 73.3^\circ) < 0.5$, 取 $\sin(\theta_1 + 73.3^\circ) = 0.5$,

$$C = 0.52 \times 0.5 T_1 = 0.26 T_1$$

$$\text{即 } 0.26 T_1 \geq 18.75$$

$$\text{所以 } T_1 \geq 72.12 (\text{kgf})$$

由设计提供: 绞车承受的最大提升力 $T_{\max} = 275 \sim$

350kgf, 远超出绞车稳定工作所允许的 T_1 值 (72.12 kgf), 绞车必然会被拉倒, 生产中也有所见。

(2) 拉力 (T_2 、 T_3) 对主机机架的影响 如图 2, 作用于主机上的力有: 重力 G_2 , 钢绳拉力 T_2 和 T_3 , 支承力 N_2 、 N_3 、 N_4 、 N_5 。这里, 由于取心绳架与机架可看作是刚性联接, 因此, T_2 、 T_3 在机架上的作用点为 D 。取支架与锚杆的铰接点 A 为转动点, 重力力矩方向为力矩的正方向, 设 D 点与 A 点在平行于钻孔轴线方向上的距离为 L , 在垂直钻孔轴线方向上的距离为 r_2 , T_2 与钻孔轴线的夹角为 θ_2 , 则对 T_2 和 T_3 分别有:

$$M_2 = T_2 L \sin \theta_2$$

$$M_3 = -T_3 r_2 \quad (\text{负号表明 } M_3 \text{ 与重力力矩方向相反})。$$

式中, M_2 —— T_2 对 A 点的力矩, 方向与重力力矩相同, 是影响支架稳定的因素。

M_3 —— T_3 对 A 点的力矩, 可抵消一部分重力力矩, 对支架的稳定有利。

力矩比为: $m = |M_2/M_3| = |T_2 L \sin \theta_2 / T_3 r_2|$

$$= L \cdot \sin \theta_2 / r_2$$

可见, m 值的大小与拉力 (T_2 、 T_3) 无关, 而与安装形式 (θ_2 角) 及结构布局 (L 、 r_2) 有关, 它对机架稳定的影响, 有两种情况值得讨论:

① $m < 1$ 时, 即 $|M_3| > |M_2|$, 表明力矩 M_3 除能克服力矩 M_2 的一部分外, 还可以抵消重力引起的部分力矩, 因此, 有利于机架的稳定。

② $m > 1$ 时, 即 $|M_2| > |M_3|$, 表明力矩 M_2 除抵消 M_3 外, 还有多余的力矩, 对机架的稳定性有不利的影 响。如影响较大, 可引起钻孔轴线偏离, 发生钻孔偏斜。 m 值愈大, 影响也愈大。

在实际结构中, $L = 2\text{m}$, $r_2 = 0.1\text{m}$, 若 θ_2 取 45° , 则 $m = 2 \sin 45^\circ / 0.1 = 14$, 亦即 M_2 是 M_3 的14倍。所以, 这种布局结构对机架稳定是不利的, 也容易产生钻孔偏斜。此外, 布局不合理, 还需占用较多的井下空间, 不便操作。对此, 采取加重绞车和地面固定桩等措施, 虽能有补救, 会给现场施工带来不便。而较好的办法是改善钻机与绞车的布局。

2. 对新的绞车布局受力的分析 图 5 是绞车工作时的受力简图。由图可见, 由于绞车与主机的特定布局, 无论施工任何倾角的钻孔, 绞车工作时产生的拉力 T_1 、 T_2 、 T_3 均平行于钻孔轴线, T_1 与 T_2 因作用在一条直线上且方向相反, 而互相抵消, 使

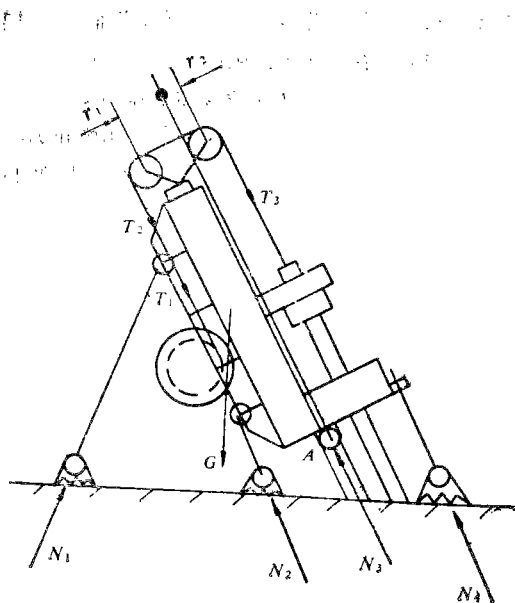


图 5 新布局的绞车和机架受力简图

受力系统简化。钢绳作用于绞车上的力，通过支架来承担，避免了绞车被拉倒。另外，还有利于主机机架定位与稳定。这一改善可通过力矩比 m 来说

明。取锚杆与支架的铰接点 A 为转动点，重力矩方向为正，则 T_1 、 T_2 、 T_3 对 A 的力矩分别为： $M_1 = -T_1 r_1$ ， $M_2 = T_2 r_1$ ， $M_3 = -T_3 r_2$ 。则力矩比

$$m = |M_2| / (|M_1| + |M_3|) = T_2 r_1 / (T_1 r_1 + T_3 r_2)$$

由于在结构上采取了相应措施，使 r_1 与 r_2 基本相等，又 $T_1 = T_2 = T_3$ 则：

$$m = T_2 r_1 / (T_1 r_1 + T_3 r_2) = 0.5$$

可见，新布局的 m 值比原布局的 m 值 ($m = 14$) 小得多，而且是一个恒定值，所以，新布局的钻机支架在绞车工作时，能处于良好的受力状态。

生产应用效果

从1985年起，我矿用改进后的绞车布局装备，进行生产钻探，至1987年4月止，其钻进30个钻孔，总进尺4556.94m，获得了满意的技术经济效益（见表）。

综上所述，坑内绳索取心绞车与钻石—300型全液压钻的新布局是合理的，今后应予推广应用。

本文在编写过程中，得到了周开林、胡春钊同志的指导，在此深表感谢。

用新布局钻机所取得的部分钻进效果表

平均台月效率 (m)	最高台月效率 (m)	平均日进尺 (m)	最高日进尺 (m)	平均采取率 (%)		平均孔斜率*	
				岩心	矿心	直孔	斜孔
652.21	1374.58	10.04	50.59	90	90	0°49'	1°51'

* 孔斜率单位：度/100m。

The Layout of Wire-line Hoist and All-hydraulic Core Drilling Machine (Model 'Diamond-300'): A Discussion

Chen Qinjian

In underground drilling the present layout scheme of the wire-line hoist coupling with the Model 'Diamond 300' all hydraulic core drill is unreasonable, because of a large space occupied by these two machines and a non-stabilized drilling operation due to non-uniform forces acted upon the drill. Through calculation and practical tests it has been proved that the new method suggested has many advantages.