

悬臂式掘进机 切割机构设计导则

1 范围

本标准给出了悬臂式掘进机切割机构的设计计算指南。

本标准适用于含有瓦斯、煤尘或其他爆炸性混合气体中作业的悬臂式掘进机（以下简称掘进机）切割机构的设计计算。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可以使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准

MT/T 475-1996 悬臂式掘进机回转支承型式、基本参数和技术要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

切割速度 cutting velocity

v

截齿齿尖沿其运动轨迹切线方向的速度。

3.2

切向力 drag force

F_d

切割时截齿沿切割速度方向所受的分力。

3.3

法向力 normal force

F_n

切割时截齿沿切割头法向，垂直于切割速度方向所受的分力。

3.4

切割力 cutting force

F_c

切割时所有参与切割的截齿所受切向力(F_d)数值之和。

3.5

摆动力 arcing force

F_a

摆动时由液压缸给与切割头沿摆动方向的力。

3.6

推进力 thrust force/sumping force

F_t

掏槽时由行走机构或者伸缩机构提供给与切割头的推进力。

4 符号

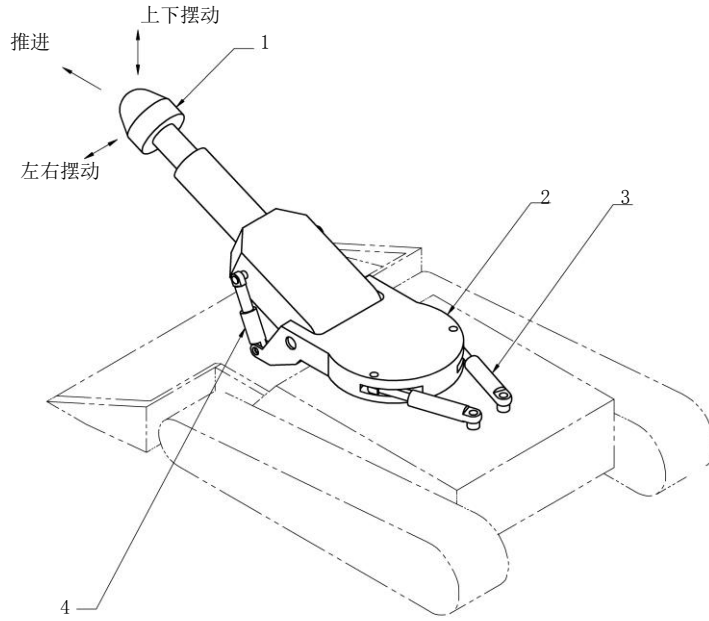
表 1 所列的符号运用于本标准。

表 1 符号与定义

符号	单位	定义
P	kW	切割功率
n	r/min	切割头转速
R_{avg}	m	切割头上所有截齿齿尖分布的平均半径
N_t	个	掏槽时, 参与切割的截齿数量
N_b	个	摆动时, 参与切割的截齿数量
F_{ct}	N	掏槽时的切割力
F_{cb}	N	摆动时的切割力
F_{nt}	N	掏槽时截齿所受法向力
F_{nb}	N	摆动时截齿所受法向力
F_{dt}	N	掏槽时截齿所受切向力
F_{db}	N	摆动时截齿所受切向力
α	(°)	锥形截齿齿尖角的一半
σ_c	MPa	煤-岩的抗压强度
σ_t	MPa	煤-岩的抗拉强度
d	mm	截深

5 切割机构的结构形式

切割机构包括两种结构形式：纵轴式和横轴式。图 1 为切割机构示意图



- 1——切割头;
- 2——回转台;
- 3——回转液压缸;
- 4——升降液压缸。

图 1 切割机构示意图

6 切割功率 P 的推荐范围

特轻型: $P \leq 55\text{kW}$, 轻型: $P \leq 75\text{kW}$, 中型: $P = 90\text{kW} \sim 132\text{kW}$, 重型: $P > 150\text{kW}$, 超特重: $P > 200\text{kW}$ 。

7 切割速度 v 推荐范围

切割速度 v 通常在 $(1 \sim 5)\text{m/s}$, 全煤取 $v = (2 \sim 5)\text{m/s}$, 半煤-岩 $v \leq 2\text{m/s}$ 。

8 截齿受力

目前掘进机普遍使用锥形截齿, 锥形截齿受力有很多估算方法, 推荐采用艾万斯(Evans)理论, 其切向力 F_d 的计算见公式(1)

$$F_d = \frac{16 \sigma_t^2 d^2}{\cos \alpha \cdot \sigma_c} \dots\dots\dots (1)$$

法向力 F_n 可由切向力 F_d 乘以一定系数算得, 切割煤时系数取 1.5, 即 $F_n \approx 1.5 F_d$, 切割半煤-岩时系数取 2。

9 切割力、推进力、摆动力三者之间的关系

9.1 全煤掘进

9.1.1 纵轴式

掏槽过程:

$$F_{ct} = N_t \cdot F_{dt}$$

$$F_t = N_t \cdot F_{nt} = 1.5 N_t \cdot F_{dt}$$

摆动过程:

$$F_{cb} = N_b \cdot F_{db}$$

$$F_a = N_b \cdot F_{nb} = 1.5 N_b \cdot F_{db}$$

由切割头工作方式可以得出, 掏槽时接触齿数由最前端的 2、3 把截齿逐渐增加到约为摆动时齿数的 2 倍, 即 $N_t \approx (3 \sim 2)N_b$, 按 $N_t \approx 2N_b$ 计算推力, 设切割功率相同 (同样按额定功率工作), 那么 $F_{db} \approx 2F_{dt}$, 则

$$F_c : F_t : F_a = 2N_b \cdot F_{dt} : 1.5 \times 2N_b \cdot F_{dt} : 1.5N_b \cdot F_{db} = 2 : 3 : 3 = 1 : 1.5 : 1.5$$

即:

$$F_c : F_t : F_a = 1 : 1.5 : 1.5 \quad \dots\dots\dots (2)$$

9.1.2 横轴式

与纵轴式不同, 横轴式切割头掏槽时, 刚接触时齿数是两个切割头同一条母线附近的约十把截齿 (前次切割留下的断面应该是个圆弧面), 所以应加大推进力。切割煤时, 取:

$$F_c : F_t : F_a = 1 : 3 : 1.5 \quad \dots\dots\dots (3)$$

9.2 半煤-岩掘进

公式 (2)、(3) 适用于掘进煤巷, 基于切割全煤时 $F_n \approx 1.5F_d$ 的比例关系, 如果用于半煤-岩掘进, 则比例关系应为 $F_n \approx 2F_d$, 得出三力的关系分别为:

纵轴式:

$$F_c : F_t : F_a = 1 : 2 : 2 \quad \dots\dots\dots (4)$$

横轴式:

$$F_c : F_t : F_a = 1 : 4 : 2 \quad \dots\dots\dots (5)$$

10 切割机构的连接

切割机构安装在回转台上, 回转台固定在机架上。根据切割机构工作过程中的作用力和力矩, 按 MT/T 475-1996 的规定选定回转支承的结构型式, 通过计算确定回转支承规格尺寸。

切割机构的摆动动作由回转、升降液压缸分别实现, 其推力换算到切割头的上下、左右摆动力, 应大于需要的摆动力 F_a 。

切割机构的掏槽动作由行走机构或者切割头伸缩机构实现, 其推力应大于需要的掏槽力 F_t 。

11 计算实例

假定需要设计一个切割功率 $P = 200 \text{ kW}$ 的纵轴式掘进机, 用于煤巷掘进, 切割头直径 1 m , 转速 $n = 48 \text{ r/min}$, 则估算平均半径 $R_{avg} \approx 0.35 \text{ m}$, 最大切割速度 $v = 2.5 \text{ m/s}$, 平均切割速度 $v = 1.8 \text{ m/s}$ 。

(1) 估算最大切割力: $F_c = \frac{9.55P}{nR_{avg}} = \frac{9.55 \times 200}{48 \times 0.35} = 113.7 \text{ kN}$

(2) 按比例算出需要的力:

因为是纵轴式切割头, 应用于煤巷掘进, 故采用公式 (2): $F_c : F_l : F_a = 1 : 1.5 : 1.5$

所以得 $F_l = F_a = 1.5F_c = 170.6 \text{ kN}$

MT/T XXX-XXXX