



中华人民共和国煤炭行业标准

MT/T 554—1996

缓倾斜煤层采煤工作面顶板分类

本文件由矿山安全标准服务平台免费向社会提供，更多标准文件请关注矿山安全标准化技术委员会公众号，或通过国家矿山安全监察局-服务互动-矿山安全标准服务平台获取

根据国家矿山安全监察局公告（2026年 第2号），
自2026年4月21日起标准号变更为：KA/T 554-1996

1996-08-14 批准

1997-02-01 实施

中华人民共和国煤炭工业部 批 准

目 次

1 主题内容与适用范围	1
2 引用标准	1
3 术语及代号	1
4 直接顶分类	1
5 基本顶分级	3
6 直接顶分类和基本顶分级对支护设备的选型及参数选择的要求	5
附录 A 由顶板强度指数 D 推算直接顶类别(参考件)	6
附录 B 各级基本顶相应的典型地质技术条件(参考件)	6
附录 C 围岩可控程度分组和支架选型(参考件)	6
附录 D 顶板分类对液压支架额定支护强度的要求(参考件)	7
附录 E 顶板分类对单体液压支柱支护强度的要求(参考件)	8

缓倾斜煤层采煤工作面顶板分类

1 主题内容与适用范围

本标准规定了缓倾斜煤层采煤工作面直接顶稳定性分类(以下简称直接顶分类),基本顶压力显现分级(以下简称基本顶分级)和各类级顶板对支护设备选型和参数选择的要求。
本标准适用于缓倾斜煤层采煤工作面,对倾斜煤层采煤工作面也可参考使用。

2 引用标准

GB/T 16414 煤矿科学技术语 岩石力学

3 术语及代号

本标准的术语及代号见表 1。

表 1 术语及代号

编号	术语名称	代号	单位符号	定义或说明
3.1	直接顶厚度	h_i	m	GB/T 16414
3.2	直接顶平均 分层厚度	h_o	m	直接顶下位岩层,其厚度相当于煤层厚度的部分中,按岩性和强度形成的各组岩层的分层厚度平均值
3.3	直接顶初次垮落距	l_r	m	GB/T 16414(直接顶初次垮落距按冒高超过0.5 m,沿工作面方向冒落长度超过工作面总长度的 50%时工作面煤壁至切眼煤帮之间的距离计算)
3.4	计算直接顶 初次垮落距	l_{rc}	m	按给定公式计算得到的直接顶初次垮落距
3.5	综合弱化常量	C_z	$\sqrt{m \cdot \text{MPa}}/\text{MPa}$	反映煤层顶板结构,分层厚度和裂隙分布对顶板稳定性综合影响的常量
3.6	基本顶			GB/T 16414(老顶的同义词)
3.7	基本顶初次 来压步距	L_f	m	GB/T 16414
3.8	修正基本顶 初次来压步距	L_{fc}	m	当基本顶初次来压步距超过工作面长度 1/2 时,需要进行修正。修正后的 L_{fc} 称为修正基本顶初次来压步距
3.9	基本顶周期来压步距	L_p	m	GB/T 16414
3.10	直接顶充填系数	N		直接顶厚度(h_i)与煤层采高(h_m)的比值
3.11	煤层采高	h_m	m	

4 直接顶分类

4.1 类别名称

采煤工作面直接顶类别按其在开采过程中表现的稳定程度进行划分。共分为 4 类。其中,1 类又分

为 2 个亚类。类别代号及名称见表 2。

表 2 直接顶类别代号及名称

1 类		2 类	3 类	4 类
1a	1b			
不稳定		中等稳定	稳定	非常稳定

4.2 分类指标

4.2.1 基本指标：

直接顶分类的基本指标是平均直接顶初次垮落距(l_r)

4.2.2 岩性和结构特征及主要力学参数参考区间：

岩性、节理裂隙，分层厚度、岩石单向抗压强度及其乘积(等效抗弯能力)和综合弱化常量，是划分直接顶类别的重要参考要素。

4.2.3 分类指标和参考要素：

直接顶分类指标及参考要素见表 3。

表 3 直接顶分类指标及参考要素

类别		1 类		2 类	3 类	4 类
		1a	1b			
基本指标		$\tau_r \leq 4$	$4 < \tau_r \leq 8$	$8 < \tau_r \leq 18$	$18 < \tau_r \leq 28$	$28 < \tau_r \leq 50$
岩性和结构特征		泥岩、泥页岩、节理裂隙发育或松软	泥岩，碳质泥岩节理裂隙较发育	致密泥岩，粉砂岩，砂质泥岩节理裂隙不发育	砂岩，石灰岩节理裂隙很少	致密砂岩，石灰岩节理裂隙极少
主要力学参数参考区间	综合弱化常量	$C_z = 0.163 \pm 0.064$	$C_z = 0.273 \pm 0.09$	$C_z = 0.30 \pm 0.12$	$C_{zc} = 0.43 \pm 0.157$	$C_{zc} = 0.48 \pm 0.11$
	单向抗压强度	$R_c = 27.94 \pm 10.75$	$R_c = 36 \pm 25.75$	$R_c = 46.3 \pm 20$	$R_c = 65.3 \pm 33.7$	$R_c = 89.4 \pm 32.6$
	分层厚度	$h_o = 0.26 \pm 0.125$	$h_o = 0.285 \pm 0.13$	$h_o = 0.51 \pm 0.355$	$h_o = 0.675 \pm 0.34$	$h_o = 0.72 \pm 0.34$
	等效抗弯能力	$R_c \cdot h_o < 7.5$	$R_c \cdot h_o = 2.9 \sim 11.4$	$R_c \cdot h_o = 7.8 \sim 29.1$	$R_c \cdot h_o = 33 \sim 104$	$R_c \cdot h_o = 45.5 \sim 139.4$

注：参考指标中， C_z, R_c, h_o 均为该类顶板各煤层相应参数的平均值加减均方差。

4.2.4 2 类直接顶的划分：

对于 2 类直接顶，可根据需要分为两个亚类，见表 4。

表 4 2 类直接顶的划分

代号	基本指标区间
2a	$8 < \tau_r \leq 12$
2b	$12 < \tau_r \leq 18$

4.3 直接顶类别的确定方法

4.3.1 已采多个工作面的煤层：

根据本煤层实测的直接顶初次垮落距，按式(1)求出其平均值 τ_r ，查表 3，确定该煤层直接顶所属类别。

$$\tau_1 = \sum_{i=1}^n l_{ri} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中 l_{ri} ——同一煤层已开采工作面的实测直接顶初次垮落距；

n ——同一煤层已开采工作面数，一般应不少于 3。

4.3.2 同一煤层由已采上工作面推算未采工作面：

如已知煤层某工作面直接顶初次垮落距 l_r ，可按式(2)计算其综合弱化常量，并进而按式(3)推算该煤层其他工作面初次垮落距 l_{rci} ，取不少于 3 个工作面的平均值用 l_{rc} 代换表 3 的 I_r ，然后按表 3，确定其直接顶类别。

$$C_z = \frac{0.1186 l_{zc}}{\sqrt{R_{cl} \cdot h_{ol}}} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$l_{rci} = 8.94 C_z \sqrt{R_{ci} \cdot h_{oi}} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中 R_{cl} ——已采工作面的单向抗压强度；

h_{ol} ——已采工作面的直接顶分层厚度

R_{ci} ——某未采工作面的单向抗压强度；

h_{oi} ——某未采工作面的直接顶分层厚度。

4.3.3 当基本指标处在两类界线附近时，可根据岩性，结构特征，其他力学要素所处区间判定所属类别。

4.3.4 未采煤层：

如果煤层尚未开采，可根据地质条件相近的相邻煤层的综合弱化常量(C_z)及钻孔岩芯的取样试验，确定直接顶下位岩层的单向抗压强度及直接顶平均分层厚度，按式(3)计算直接顶初次垮落距，由表 3 确定直接顶类别。

4.3.5 由直接顶强度指数，推算直接顶类别：

如已知直接顶强度指数(D)，可按附录 A(参考件)推算直接顶类别。

5 基本顶分级

5.1 级别名称

根据基本顶压力显现强烈程度，将基本顶进行分级，共分为四级。其中，Ⅳ级又分为两个亚级。级别名称和代号见表 5。

表 5 级别名称及代号

代号	Ⅰ级	Ⅱ级	Ⅲ级	Ⅳ级	
				Ⅳa	Ⅳb
名称	不明显	明显	强烈	非常强烈	

5.2 分级指标

基本顶的分级指标是基本顶初次来压当量(P_c)，其值由基本顶初次来压步距(L_c)，直接顶充填系数(N)和煤层采高(h_m)按式(4)确定。基本顶的分级指标见表 6。各级基本顶相应的典型地质技术条件见附录 B(参考件)。

$$P_e = 241.3 \ln(L_f) - 15.5N + 52.6h_m \dots\dots\dots(4)$$

式中 P_e ——基本顶初次来压当量, kN/m^2

表 6 基本顶分级指标

基本顶级别	Ⅰ 级	Ⅱ 级	Ⅲ 级	Ⅳ 级	
				Ⅳ a	Ⅳ b
分级指标	$\overline{P_e} \leq 895$	$895 < \overline{P_e} \leq 975$	$975 < \overline{P_e} \leq 1075$	$1075 < \overline{P_e} \leq 1145$	$\overline{P_e} > 1145$

5.3 基本顶级别确定方法

5.3.1 计算初次来压步距:

当初次来压步距不超过工作面长度的 1/2 时,取其实测值作为式(4)的 L_f 。如果初次来压步距超过工作面长度 1/2 时,实测的初次来压步距需按照式(5)、(6)、(7)进行修正。将修正后的基本顶初次来压步距 L_{fc} ,取代式(4)中的 L_f 。

5.3.1.1 四周未采的工作面:

$$L_{fc} = \frac{L_f}{\sqrt{(1+k)/(1+\mu k)}} \dots\dots\dots(5)$$

5.3.1.2 一边采空或有走向断层的工作面:

$$L_{fc} = \frac{L_f}{\sqrt{2(2+k)/(4+3\mu k)}} \dots\dots\dots(6)$$

5.3.1.3 两侧已采的工作面:

$$L_{fc} = \frac{L_f}{\sqrt{2(1+k)/[3(1+\mu k)]}} \dots\dots\dots(7)$$

式中 $k = L_f/L_w$ (L_w 为工作面长度);
 μ ——基本顶岩石的波桑系数(一般可取:砂质页岩, $\mu = 0.35$;砂岩, $\mu = 0.2 \sim 0.3$;砾岩, $\mu = 0.2$)。

5.3.2 用周期来压步距推算初次来压步距:

如已知基本顶周期来压步距(L_p),可用式(8)推算初次来压步距(L_f)

$$L_f = 2.45L_p \dots\dots\dots(8)$$

5.3.3 直接顶充填系数计算:

直接顶充填系数 N 按式(9)计算:

$$N = h_i/h_m \dots\dots\dots(9)$$

5.3.3.1 直接顶厚度确定原则:

- a. 当直接顶厚度小于 6 倍采高时, h_i 取实测直接顶厚度;
- b. 当直接顶厚度大于 6 倍采高时,取 $h_i = 6h_m$ 。

5.3.3.2 煤层采高(h_m)确定原则:

- a. 一次采全高的工作面,以煤层厚度作为煤层采高;
- b. 分层开采的工作面,以分层采高作为煤层采高。

5.3.4 计算初次来压当量平均值 $\bar{P}_e$ 及级别划分:

由已采工作面的 L_f 、 N 、 h_m ,按式(4)计算初次来压当量平均值 $\bar{P}_e$,然后对照表 6,对该煤层基本顶级别进行判定。

6 直接顶分类和基本顶分级对支护设备的选型及参数选择的要求

直接顶分类和基本顶分级对支护设备的选型及参数选择的要求见附录 C、D、E(参考件)。

附 录 A
由顶板强度指数 D 推算直接顶类别
(参考件)

A1 已知直接顶板强度指数(D),可按公式 A1,A2 换算出直接顶初次垮落距 l_r 。然后按表 3 确定直接顶类别。

a. 不稳定顶板

$$l_r = 2.43 + 6.22 \sqrt{D} \dots\dots\dots (A1)$$

b. 中等稳定以上顶板

$$l_r = 6.44 + 2.2D \dots\dots\dots (A2)$$

附 录 B
各级基本顶相应的典型地质技术条件
(参考件)

B1 各级基本顶相应的典型地质技术条件的组合(见表 B1)

表 B1 基本顶分级界限及相应的典型条件

基本顶级别			I 级		II 级		III 级		IV 级		
									IV a		IV b
分级界限,kN/m ²			$P_c \leq 895$		$895 < P_c \leq 975$		$975 < P_c \leq 1075$		$1075 < P_c \leq 1145$		$P_c > 1145$
典型 条件	L_f, m	N 区间	1~2	3~4	1~2	3~4	1~2	3~4	1~2	3~4	1~2
		$h_m = 1$	<37	37~41	41~47	47~54	54~72	72~82	82~105	105~120	>120
		$h_m = 2$	<30	30~34	34~38	38~43	43~58	58~66	66~85	85~96	>96
		$h_m = 3$	<24	24~27	27~31	31~35	35~46	46~53	53~68	68~78	>78
		$h_m = 4$	<19	19~22	22~27	27~31	31~41	41~47	47~55	55~62	>62

附 录 C
围岩可控程度分组和支架选型
(参考件)

C1 顶板分类和围岩可控程度分组

根据直接顶、基本顶和底板的类级的不同组合,可将采煤工作面围岩可控程度分为三组:难控围岩(G_{11}, G_{12}),较难控围岩(G_2),易控围岩(G_3),见表 C1。

表 C1 采煤工作面围岩可控程度分组

围岩 可控程度	难控围岩		较难控围岩	易控围岩
	G_{11}	G_{12}	G_2	G_3
直接顶类别	1	2,3,4	2a	2b,3
基本顶级别	I, II, III	IV	III	I, II
底板类别	I, II	III, IV, V	I, II	II, IV, V

C2 支护设备选型和围岩可控程度

支护设备选型和围岩可控程度的关系见表 C2。

表 C2 支护设备选型与围岩可控程度

围岩组别		G_{11}	G_{12}	G_2	G_3
液压支架	1	支掩掩护式	重型支撑掩护式(Ⅳa) ¹⁾	支撑掩护式	掩护式
	2	轻型和中型支顶掩护式	强力支撑掩护式(Ⅳb) ¹⁾	掩护式	支撑掩护式
单体液压支柱	类别	轻型和中型系列	重型系列并配备切顶支柱	轻型和中型系列	轻型和中型系列
	底座结构	分离式或装配式	装配式(Ⅲ) ²⁾ 固定式(Ⅳ, V) ²⁾	分离式或 装配式	装配式(Ⅲ) ²⁾ , 固定式(Ⅳ, V) ²⁾

注:①单体液压支柱轻型系列是指液压缸内径为 63 mm 和 80 mm 的支柱系列,其额定工作阻力分别为 150 kN 和 250 kN。中型系列的液压缸内径为 100 mm,额定工作阻力为 300 kN。重型系列的液压缸内径为 110 mm 以上。额定工作阻力为 400 kN。

②对于液压支架,轻型、中型和重型分别指其额定支护强度为:小于 400 kN/m², 400 ~ 600 kN/m², 600 ~ 800 kN/m² 的支架。强力支撑掩护支架是指额定支护强度大于 800 kN/m², 且具有特殊抗冲击结构的支架。

③对于Ⅳb级顶板条件,除支架合理选型外,尚需考虑辅以顶板预处理技术。

1)基本顶级别。

2)底板类别。

附录 D

顶板分类对液压支架额定支护强度的要求 (参考件)

D1 顶板分类对液压支架额定支护强度及沿米支护强度的要求

各级基本顶对液压支架额定支护强度的要求见表 D1。用于Ⅳ级基本顶的液压支架应同时满足表 D1 中沿米支护强度的要求。

表 D1 各级基本顶必需的额定支护强度及沿米支护强度下限

项目		额定支护强度下限, kN/m ²					沿米支护强度下限, kN/m	
基本顶级别		I	II	III	IV a	IV b	IV a	IV b
煤层采高, m	$h_m = 1$	390	420	470	610	750	2745	3375
	$h_m = 2$	440	490	530	720	800	3240	3600
	$h_m = 3$	500	550	580	830	970	3735	4365
	$h_m = 4$	570	610	680	935	1090	4200	4910

D2 各级基本顶必需的额定支护强度及沿米支护强度下限的计算

D2.1 I、II、III、IV级基本顶的额定支护强度下限按式(D1)计算:

$$P_s = 72.3h_m + 4.5L_p + 78.9B_c - 10.24N - 62.1 \dots\dots\dots (D1)$$

式中 P_s ——额定支护强度下限, kN/m²;

B_c ——控顶宽度(其值为梁端距加上顶梁长度)。

D2.2 IV级基本顶额定沿米支护强度下限按式(D2)计算

$$R_s = (241.31n(L_f) + 52.6h_m - 15.5N - 455)B_c \cdot C_k \dots\dots\dots(D2)$$

式中 R_s ——额定沿米支护强度下限,kN/m;
 C_s ——备用系数,Ⅳa级基本顶取 $C_k=1.2\sim1.3$;Ⅳb级取 $C_k=1.4\sim1.6$ 。

D3 液压支架额定工作阻力换算
已知必需的额定支护强度下限(P_s),可用式(D3)计算必需的液压支架工作阻力:

$$F_s = P_s(S_c \cdot B_c / K_s) \dots\dots\dots(D3)$$

式中 F_s ——液压支架工作阻力,kN;
 S_c ——液压支架中心距,m;
 K_s ——液压支架的支撑效率。

液压支架的支撑效率可根据架型和工作高度在以下范围内选择:
支掩式掩护支架 $K_s=0.65\sim0.75$;支顶式掩护支架 $K_s=0.80\sim0.9$;支撑掩护式支架 $K_s=0.8\sim0.95$;支撑式支架 $K_s=0.9\sim0.96$ 。 K_s 取值的上下限应与支架工作高度的上下限对应。

附 录 E
顶板分类对单体液压支柱支护强度的要求
(参 考 件)

E1 顶板分类对单体液压支柱支护强度下限的要求(见表 E1)

表 E1 各级基本顶对单体液压支柱工作面支护强度下限的要求 kN/m²

基本顶级别		I	Ⅱ	Ⅲ
采高 m	$h_m=1$	300	330	410
	$h_m=2$	325	350	415
	$h_m=3$	350	380	420

E2 单体液压支柱支护强度的计算公式

$$P_s = C_k(39h_m + 2.4L_f - 6.9N + 134) \dots\dots\dots(E1)$$

式中 C_k ——备用系数,一般取 $C_k=1.2\sim1.4$ 。

附加说明:
本标准由煤矿专用设备标准化技术委员会提出。
本标准由煤炭科学研究总院北京开采研究所负责起草。
本标准由煤矿专用设备标准化技术委员会支护设备分会归口。
本标准主要起草人史元伟、李全生、钱鸣高。
本标准委托煤炭科学研究总院北京开采研究所负责解释。