



中华人民共和国国家标准

GB/T 25217.2—2010

冲击地压测定、监测与防治方法 第2部分：煤的冲击倾向性分类及 指数的测定方法

Methods for test, monitoring and prevention of rock burst—
Part 2: Classification and laboratory test method on bursting liability of coal

2010-09-26 发布

2011-02-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

前 言

GB/T 25217《冲击地压测定、监测与防治方法》按部分发布,拟分为 14 个部分:

- 第 1 部分:顶板岩层冲击倾向性分类及指数的测定方法;
- 第 2 部分:煤的冲击倾向性分类及指数的测定方法;
- 第 3 部分:煤岩组合试件冲击倾向性分类及指数的测定方法;
- 第 4 部分:冲击危险性微震监测方法;
- 第 5 部分:冲击危险性地音监测方法;
- 第 6 部分:冲击危险性电磁辐射监测方法;
- 第 7 部分:冲击危险性钻屑法监测方法;
- 第 8 部分:冲击危险性采动应力监测方法;
- 第 9 部分:冲击地压煤层注水防治方法;
- 第 10 部分:冲击地压煤层钻孔卸压防治方法;
- 第 11 部分:冲击地压煤层卸载爆破防治方法;
- 第 12 部分:冲击地压开采保护层防治方法;
- 第 13 部分:冲击地压深孔爆破断裂顶板防治方法;
- 第 14 部分:冲击地压顶板定向水压致裂防治方法。

本部分是 GB/T 25217 的第 2 部分。

本部分的附录 B、附录 C、附录 E、附录 F 为规范性附录,附录 A、附录 D 为资料性附录。

本部分由中国煤炭工业协会提出并归口。

本部分起草单位:煤炭科学研究总院开采设计研究分院和煤炭科学研究总院检测研究分院。

本部分主要起草人:齐庆新、李纪青、毛德兵、傅京昱、彭永伟、任勇、蓝航。

冲击地压测定、监测与防治方法

第 2 部分:煤的冲击倾向性分类及指数的测定方法

1 范围

GB/T 25217 的本部分规定了煤的冲击倾向性分类及指数测定所涉及的术语和定义、煤的冲击倾向性分类及指数、仪器设备、试件规格、单轴抗压强度测定、动态破坏时间测定、弹性能量指数测定和冲击能量指数测定。

本部分适用于煤的冲击倾向性分类以及在实验室条件下,能加工出标准试件的煤的冲击倾向性指数的测定。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过 GB/T 25217 的本部分的引用而成为本部分的条款。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部分,然而,鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可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部分。

GB/T 16414—2008 煤矿科技术语 岩石力学

GB/T 23561.1—2009 煤和岩石物理力学性质测定方法 第 1 部分:采样一般规定

GB/T 23561.7—2009 煤和岩石物理力学性质测定方法 第 7 部分:单轴抗压强度测定及软化系数计算方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于 GB/T 25217 的本部分。

3.1

煤的冲击倾向性 *bursting liability of coal*

煤体具有的积聚变形能并产生冲击破坏的性质。

注 1: 改写 GB/T 16414—2008, 定义 4.12。

3.2

动态破坏时间 *duration of dynamic fracture*

DT

煤试件在单轴压缩状态下,从极限强度到完全破坏所经历的时间。

[GB/T 16414—2008, 定义 4.9]

3.3

弹性能量指数 *elastic strain energy index*

W_{ET}

煤试件在单轴压缩状态下,当受力达到某一值时(破坏前)卸载,其弹性变形能与塑性变形能(耗损变形能)之比。

[GB/T 16414—2008, 定义 4.11]

3.4

冲击能量指数 **bursting energy index**

K_E

煤试件在单轴压缩状态下,在应力应变全过程曲线中,峰值前积蓄的变形能与峰值后耗损的变形能之比。

[GB/T 16414—2008,定义 4.10]

3.5

单轴抗压强度 **uniaxial compressive strength**

R_c

在实验室条件下,煤的标准试件在单轴压缩状态下承受的破坏载荷与其承压面面积的比值。

[GB/T 23561.7—2009,定义 3.1]

4 煤的冲击倾向性分类及指数

煤的冲击倾向性的强弱,一般根据测定的 4 个指数进行综合衡量。煤的冲击倾向性按其指数值的大小分 3 类,见表 1。

当 DT 、 W_{ET} 、 K_E 、 R_c 的测定值发生矛盾时,其分类可采用模糊综合评判方法,4 个指数的权重分别为 0.3、0.2、0.2、0.3。煤的冲击倾向性强弱采用综合判定方法进行判断,4 个指数共有 81 种测试结果,综合判断结果参见附录 A。

表 1 煤的冲击倾向性分类

类别		I 类	II 类	III 类
冲击倾向		无	弱	强
指数	动态破坏时间/ms	$DT > 500$	$50 < DT \leq 500$	$DT \leq 50$
	弹性能量指数	$W_{ET} < 2$	$2 \leq W_{ET} < 5$	$W_{ET} \geq 5$
	冲击能量指数	$K_E < 1.5$	$1.5 \leq K_E < 5$	$K_E \geq 5$
	单轴抗压强度/MPa	$R_c < 7$	$7 \leq R_c < 14$	$R_c \geq 14$

5 仪器设备

主要仪器设备如下:

a) 材料试验机,精度应不低于 1 级。加载范围应满足式(1);

$$1.25P_{max} < P_0 < 5P_{max} \dots\dots\dots(1)$$

式中:

P_0 ——材料试验机度盘最大值,单位为千牛(kN);

P_{max} ——预计试件的最大破坏载荷,单位为千牛(kN)。

- b) 钻石机、锯石机、磨石机、磨床;
- c) 游标卡尺,最小分度值为 0.02 mm;
- d) 万能角度尺、百分表及百分表架;
- e) 水平检测台;
- f) 动态电阻应变仪,工作频率应不小于 2 000 Hz;
- g) 载荷传感器,量程应不小于 150 kN;
- h) 位移传感器,量程应不大于 10 mm;
- i) 计算机数据采集处理系统,数据采集频率应不小于 10 kHz;

j) 也可采用其他设备和仪器,但精度应不低于本部分的相应规定。

6 试件规格

6.1 试样采集

试样采集应符合 GB/T 23561.1—2009 中第 5 章和第 6 章的规定。

6.2 试件规格

标准试件规格应符合 GB/T 23561.7—2009 中 5.1 的规定。

6.3 试件加工精度

试件加工精度应符合 GB/T 23561.7—2009 中 5.2 的规定。

6.4 试件数量

每一种煤样在测定动态破坏时间、弹性能量指数和冲击能量指数时,每个指数的试件应不少于 5 个;测定单轴抗压强度时,试件应不少于 3 个。

6.5 试件含水状态

试件制备后,在室温条件下,放在底部有水的干燥器内 1 d~2 d,以保持一定的湿度,但试件不应接触水面。

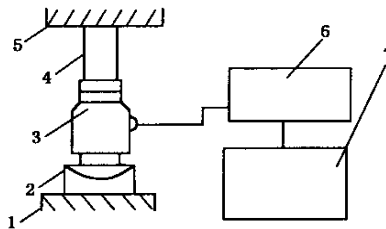
7 单轴抗压强度测定

按 GB/T 23561.7 中的规定测定试件的单轴抗压强度,并计算该组试件的平均单轴抗压强度。将测试值及平均值填入记录表内,见附录 B。

8 动态破坏时间测定

8.1 测定系统

测定煤样动态破坏时间的测试系统见图 1。测定也可采用能够绘出动态破坏时间曲线的其他仪器、仪表。



- 1—下承压板;
- 2—球形座;
- 3—载荷传感器;
- 4—试件;
- 5—上承压板;
- 6—应变仪;
- 7—数据采集处理系统。

图 1 煤样动态破坏时间测试系统示意图

8.2 测定步骤

8.2.1 测定前核对试件分组、试件编号;检查加工精度并测量尺寸,对试件节理、裂隙、含水状态及加工过程中出现的问题等进行描述,并填入记录表内,见附录 C。

8.2.2 启动材料试验机,将载荷传感器、试件置于材料试验机下承压板的球形座上,并使三者轴线重合,见图 1。调整球形座,使试件受力均匀。加载时应加保护罩。

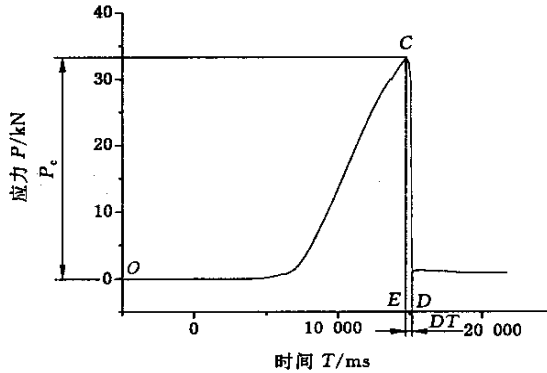
8.2.3 按各仪器使用方法连接电路,进行预热、调试与检查,使其处于工作状态。

8.2.4 材料试验机以 0.5 MPa/s~1.0 MPa/s 的速率加载直至煤样破坏。

8.2.5 测得的信号通过动态电阻应变仪传递给计算机数据采集处理系统,以不小于 10 kHz 频率采集和储存测试数据。

8.3 数据处理

8.3.1 煤的动态破坏时间由动态破坏时间曲线确定,见图 2。将动态破坏时间值填入记录表内,见附录 C。煤的动态破坏时间的整理方法参见附录 D。



- ED——破坏时间;
- CD——破坏过程;
- OC——加载过程。

图 2 煤的动态破坏时间曲线

8.3.2 每组试件的平均动态破坏时间(取整数)按式(2)计算:

$$DT_s = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n DT_i \quad \dots\dots\dots (2)$$

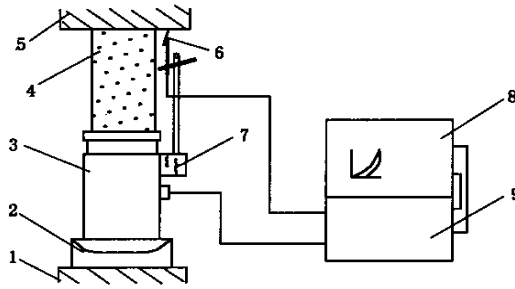
- 式中:
- DT_s ——平均动态破坏时间,单位为毫秒(ms);
- DT_i ——第 i 个试件的动态破坏时间,单位为毫秒(ms);
- n ——每组试件的个数。

8.3.3 计算机数据采集处理系统应根据测得数据,显示每个煤样动态破坏时间曲线,按 8.3.1 以人工方式判定每个煤样的动态破坏时间(DT 值),系统按式(2)计算该组煤样的平均动态破坏时间值,并以图表方式打印出每个煤样的动态破坏时间曲线、动态破坏时间(DT 值)以及该组煤样的平均动态破坏时间值。

9 弹性能量指数测定

9.1 测定系统

弹性能量指数测定系统见图 3。测定也可采用能够绘出加卸载曲线的其他仪器、仪表。



- 1——下承压板；
- 2——球形座；
- 3——载荷传感器；
- 4——试件；
- 5——上承压板；
- 6——位移传感器；
- 7——磁力表架；
- 8——数据采集处理系统；
- 9——动态电阻应变仪。

图 3 弹性能量指数测定系统示意图

9.2 测定步骤

9.2.1 测定前核对试件分组、试件编号；检查加工精度，测量尺寸。对试件节理、裂隙、含水状态及加工过程中出现的问题等进行描述，并填入记录表内，见附录 E。

9.2.2 材料试验机的加载范围按式(1)选择。

9.2.3 按第 7 章测定的试样平均单轴抗压强度，估算测定弹性能量指数试件的卸载值。

9.2.4 将载荷传感器和试件放在材料试验机下承压板的球形座上，并使三者的轴线重合，调整球形座，使试件受力均匀。

9.2.5 依次将载荷传感器和位移传感器同动态电阻应变仪、数据采集处理系统连接，接通仪器电源，预热、调试、检查，使之处于待机工作状态。

9.2.6 启动材料试验机，使上承压板与试件接触(但此时试件应未受力)，安装位移传感器。试验机以 0.5 MPa/s~1.0 MPa/s 的速率对试件加载。当加载到平均破坏载荷的 75%~85%时，以相同的速率卸载至平均破坏载荷的 1%~5%。以此方式反复对同一煤样加载、卸载，每一次重复加载的最大值应比上一次提高平均破坏载荷的 5%，直至煤样破坏。记录破坏载荷，描述破坏特征，填入记录表内，见附录 E。

9.3 数据处理

9.3.1 测定结果选取

测定结果应满足式(3)：

$$0.7P_c \leq P_c' \leq 0.9P_c \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

P_c ——试件破坏载荷，单位为千牛(kN)；

P_c' ——卸载时载荷，单位为千牛(kN)。

当 P_c' 不符合上式时，舍弃该数据，补充试件进行测试，直至符合上式要求的试件数不少于 5 个。

9.3.2 弹性能量指数计算

9.3.2.1 单一试件弹性能量指数计算：

弹性能量指数计算示意图见图 4。

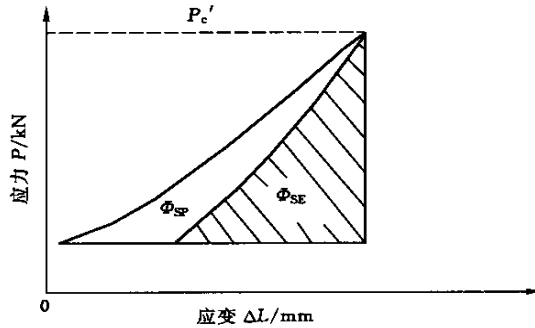


图 4 弹性能量指数计算示意图

弹性能量指数按式(4)和式(5)计算：

$$W_{ET} = \frac{\Phi_{SE}}{\Phi_{SP}} \dots\dots\dots(4)$$

$$\Phi_{SP} = \Phi_C - \Phi_{SE} \dots\dots\dots(5)$$

式中：

W_{ET} ——弹性能量指数；

Φ_{SE} ——弹性应变能，其值为卸载曲线下的面积，见图 4 画斜线部分；

Φ_C ——总应变能，其值为加载曲线下的面积；

Φ_{SP} ——塑性应变能，其值为加载曲线和卸载曲线所包络的面积。

9.3.2.2 每组试件平均弹性能量指数计算

对于一组试件，其平均弹性能量指数按式(6)计算：

$$W_{ETS} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n W_{ETi} \dots\dots\dots(6)$$

式中：

W_{ETS} ——弹性能量指数平均值；

W_{ETi} ——第 i 个试件弹性能量指数；

n ——试件个数。

W_{ET} 、 W_{ETS} 和 W_{ETi} 的计算结果取 3 位有效数字。

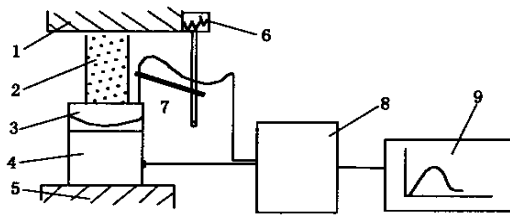
9.3.3 采用计算机处理测试数据

测得的数据，由计算机数据采集处理系统记录和贮存。按式(3)判定测试结果，符合要求的试件由计算机绘出弹性能量指数曲线图，再由计算机直接积分出弹性应变能值和总应变能值，并按式(4)和式(5)计算出弹性能量指数，按式(6)给出每组试件弹性能量指数平均值，以图表的方式打印出上述测试计算结果。

10 冲击能量指数测定

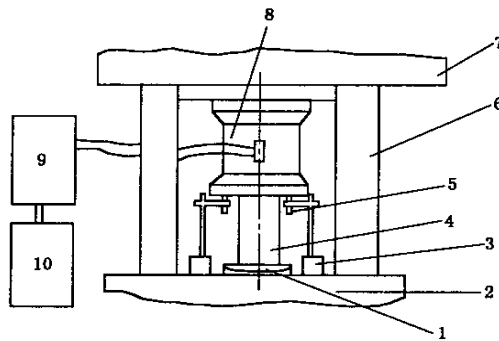
10.1 测定系统

冲击能量指数测定采用电液伺服试验机或刚性试验机。两种试验系统见图 5 和图 6。



- 1——上承压板；
- 2——试件；
- 3——球形座；
- 4——载荷传感器；
- 5——下承压板；
- 6——磁力表架；
- 7——位移传感器；
- 8——数据采集处理系统；
- 9——输出终端。

图 5 电液伺服试验机应力应变全过程曲线测定系统示意图



- 1——球形座；
- 2——下承压板；
- 3——磁性表座；
- 4——试件；
- 5——位移传感器；
- 6——刚性柱；
- 7——上承压板；
- 8——载荷传感器；
- 9——动态电阻应变仪；
- 10——数据采集处理系统。

图 6 刚性试验机应力应变全过程曲线测定系统示意图

10.2 测定步骤

10.2.1 按 8.2.1 的规定,描述内容,并填入记录表内,见附录 F。

10.2.2 材料试验机加载范围的选择按式(1)。

10.2.3 电液伺服试验机的应变速率范围一般为 $0.5 \times 10^{-5} \text{ mm/s} \sim 1.0 \times 10^{-5} \text{ mm/s}$,试验时根据试件的力学特性和试验机类型选择适当的变形速率。

10.2.4 将试件置于电液伺服试验机下承压板中心,调整球形座,使试件受力均匀。

10.2.5 启动试验机,当试件与上承压板接触时停机。此时,载荷显示器有少许的载荷指示,将位移传感器安在上、下承压板之间。

10.2.6 调整、检查试验机各旋钮,使之处于正确的工作位置。试验机按给定的轴向变形速率对试件加载至极限载荷时,可适当调整应变速率直至残余强度之后任意一点,应力应变全过程曲线绘出。将破坏载荷、破坏状态描述填入表格内,见附录 F。

10.2.7 刚性试验机的试验方法按 10.2.4~10.2.6 进行。

10.3 数据处理

10.3.1 应力应变全过程曲线

两类典型的应力应变全过程曲线,见图 7。以过峰值 C 点的垂线 CQ 为分界,峰值后曲线位于 CQ 右侧为 I 类应力应变曲线,位于 CQ 左侧为 II 类应力应变全过程曲线。具有 II 类曲线的煤属于强冲击倾向,不必计算冲击能量指数。具有 I 类曲线的煤试件需计算冲击能量指数。

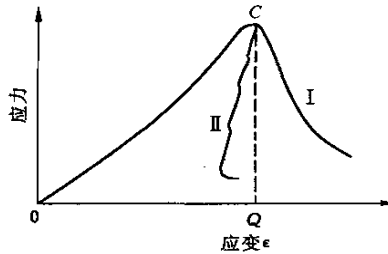


图 7 两类典型的应力应变全过程曲线

10.3.2 单一试件冲击能量指数

10.3.2.1 冲击能量指数计算示意图见图 8。

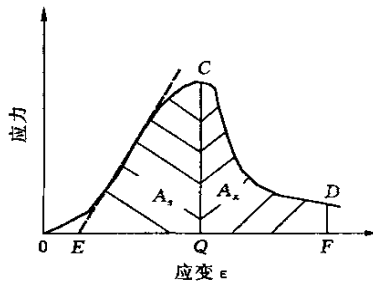


图 8 冲击能量指数计算示意图

冲击能量指数按式(7)计算:

$$K_E = \frac{A_1}{A_2} \dots\dots\dots(7)$$

式中:

A_1 ——峰值前积聚的变形能;

A_2 ——峰值后耗损变形能;

K_E ——冲击能量指数。

A_1 的值等于 0C 曲线下的面积, A_2 的值等于 CD 曲线下的面积。

D 为残余强度的初始点, D 点的确定方法是:做 0C 曲线的切线交 ϵ 轴于 E, 截取 $QF=QE$, 过 F 点做 ϵ 轴的垂线与峰后曲线交点即是 D。

10.3.2.2 每组试件平均冲击能量指数

对于一组试件,其平均冲击能量指数按式(8)计算:

$$K_{ES} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_{Ei} \dots\dots\dots(8)$$

式中:

K_{ES} ——冲击能量指数平均值;

K_{Ei} ——第 i 个试件冲击能量指数；

n ——试件个数。

计算结果取 3 位有效数字。

10.3.3 采用计算机处理测试数据

测得的数据,由计算机数据采集处理系统记录和贮存,并绘出冲击能量指数曲线图。按 10.3.1 判定曲线类型。如为 I 类曲线,由计算机直接积分出峰前积聚的变形能值和峰后损耗的变形能值,然后按式(7)计算出冲击能量指数,按式(8)给出每组试件冲击能量指数平均值,并以图表的方式打印出结果。

附录 A

(资料性附录)

冲击倾向性综合评判结果

A.1 冲击倾向性综合评判结果见表 A.1。表中综合评判结果：1——强冲击倾向；2——弱冲击倾向；3——无冲击倾向。

A.2 有 8 种较难进行综合判定的情况，在表中“综合评判结果”列内用“*”标出。出现此种测试结果，推荐采用对每个测试值与该指标所在类别临近界定值进行比较的方法综合判断冲击倾向性。

表 A.1 冲击倾向性综合评判结果表

序号	动态破坏时间	弹性能量指数	冲击能量指数	单轴抗压强度	综合评判结果	序号	动态破坏时间	弹性能量指数	冲击能量指数	单轴抗压强度	综合评判结果
1	1	1	1	1	1	27	1	3	3	3	3
2	1	1	1	2	1	28	2	1	1	1	1
3	1	1	1	3	1	29	2	1	1	2	2
4	1	1	2	1	1	30	2	1	1	3	1
5	1	1	2	2	*	31	2	1	2	1	*
6	1	1	2	3	2	32	2	1	2	2	2
7	1	1	3	1	1	33	2	1	2	3	2
8	1	1	3	2	1	34	2	1	3	1	1
9	1	1	3	3	2	35	2	1	3	2	2
10	1	2	1	1	1	36	2	1	3	3	3
11	1	2	1	2	*	37	2	2	1	1	*
12	1	2	1	3	1	38	2	2	1	2	2
13	1	2	2	1	1	39	2	2	1	3	2
14	1	2	2	2	2	40	2	2	2	1	2
15	1	2	2	3	2	41	2	2	2	2	2
16	1	2	3	1	1	42	2	2	2	3	2
17	1	2	3	2	2	43	2	2	3	1	2
18	1	2	3	3	3	44	2	2	3	2	2
19	1	3	1	1	1	45	2	2	3	3	*
20	1	3	1	2	1	46	2	3	1	1	1
21	1	3	1	3	2	47	2	3	1	2	2
22	1	3	2	1	1	48	2	3	1	3	3
23	1	3	2	2	2	49	2	3	2	1	2
24	1	3	2	3	3	50	2	3	2	2	2
25	1	3	3	1	1	51	2	3	2	3	*
26	1	3	3	2	3	52	2	3	3	1	3

表 A.1 (续)

序号	动态破坏时间	弹性能量指数	冲击能量指数	单轴抗压强度	综合评判结果	序号	动态破坏时间	弹性能量指数	冲击能量指数	单轴抗压强度	综合评判结果
53	2	3	3	2	2	68	3	2	2	2	2
54	2	3	3	3	3	69	3	2	2	3	3
55	3	1	1	1	1	70	3	2	3	1	3
56	3	1	1	2	1	71	3	2	3	2	*
57	3	1	1	3	3	72	3	2	3	3	3
58	3	1	2	1	1	73	3	3	1	1	2
59	3	1	2	2	2	74	3	3	1	2	3
60	3	1	2	3	3	75	3	3	1	3	3
61	3	1	3	1	2	76	3	3	2	1	3
62	3	1	3	2	3	77	3	3	2	2	*
63	3	1	3	3	3	78	3	3	2	3	3
64	3	2	1	1	1	79	3	3	3	1	3
65	3	2	1	2	2	80	3	3	3	2	3
66	3	2	1	3	3	81	3	3	3	3	3
67	3	2	2	1	2						

附录 B
(规范性附录)
单轴抗压强度测定记录表

送样单位：_____

采样地点：_____

测定日期：_____

试样名称：_____

试样含水状态：_____

煤样 编号	采样深度 (距地表____ m 至____ m)	试件 编号	试件描述		试件尺寸 mm	试件 截面积 F mm ²	破坏 载荷 P kN	抗压 强度 R_c MPa	含水率 %	备注
			测定前	测定后						

测定：

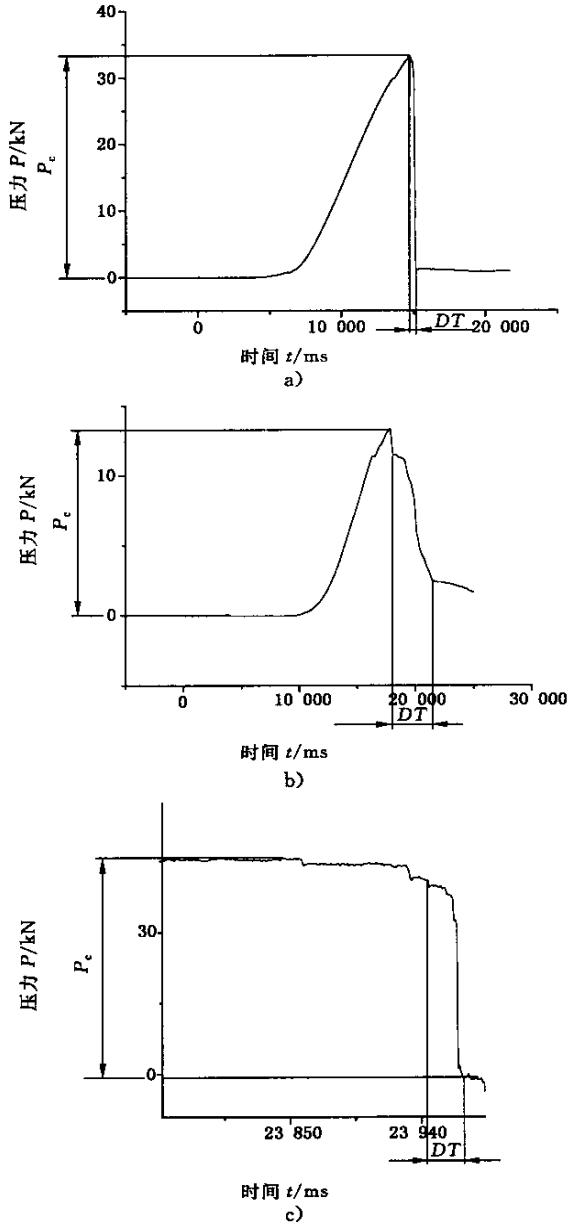
计算：

审核：

附录 D
(资料性附录)
煤的动态破坏时间的整理方法

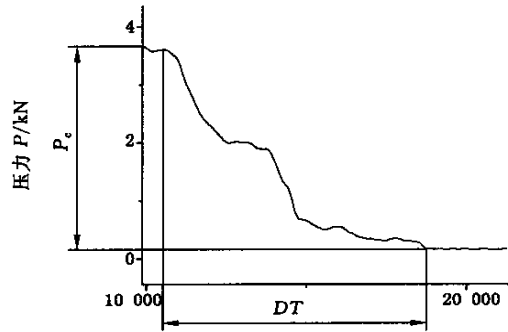
D.1 煤的动态破坏时间的整理方法

煤的冲击倾向性的强弱,采用综合分析的整理方法。动态破坏时间典型曲线见图 D.1。

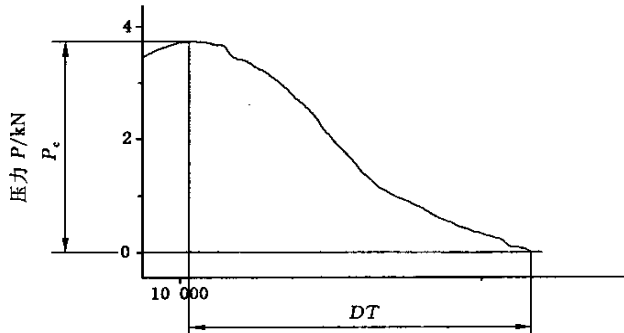


P_c ——试件破坏载荷;
 DT ——煤的动态破坏时间。

图 D.1 动态破坏时间曲线



时间 t/ms
d)



时间 t/ms
e)

P_c ——试件破坏载荷；
 DT ——煤的动态破坏时间。

图 D.1 (续)

D.1.1 对于抗压强度较高、完整性好的煤样，煤的动态破坏时间典型曲线见图 D.1a)，其 DT 值为试件从极限载荷至完全失去承载能力时所经历的时间。

D.1.2 对于脆性较高、裂隙发育的煤，动态破坏时间曲线出现 1 个以上的台阶。台阶基本分两种情况，一种情况为台阶处载荷值呈增加趋势[图 D.1b)]， DT 值为载荷呈明显下降的拐点起至载荷为零时所经历的时间；另一种情况为曲线近似水平[图 D.1c)]， DT 值根据经验可取降荷率为 15%~20% 之间台阶处起至载荷降为零时所经历的时间。降荷率按式(D.1)计算：

$$\eta = \frac{P_c - P'}{P_c} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (D.1)$$

式中：

η ——降荷率；

P_c ——试件破坏载荷，单位为千牛(kN)；

P' ——台阶最高点载荷值，单位为千牛(kN)。

D.1.3 对于抗压强度一般的煤，其动态破坏时间曲线也可能出现多个台阶或台阶不明显的斜线，但试件承载能力总是趋于下降[图 D.1d)、图 D.1e)]， DT 值由图 D.1d)、图 D.1e)直接确定。

附录 F
(规范性附录)
煤的冲击能量指数测定记录表

送样单位: _____

采样地点: _____

试验日期: _____

试样名称: _____

试件含水状态: _____

煤样 编号	试件 编号	试件描述		试件尺寸 mm	截面积 F mm ²	破坏 载荷 P kN	抗压 强度 R_c MPa	峰值前 累积的 变形能 A_s	峰值后 损耗的 变形能 A_x	弹性能 指数 K_E	备注
		测定前	测定后								

测定: _____

计算: _____

审核: _____