



中华人民共和国安全生产行业标准

AQ 1108—2014

煤矿井下静态破碎技术规范

Technical specification of static cracking for underground coal mine

2014-02-20 发布

2014-06-01 实施

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 设计要求 2

4.1 一般规定 2

4.2 设计准备 2

4.3 破裂参数设计 3

5 施工要求 6

5.1 施工准备 6

5.2 施工 7

5.3 养护 8

5.4 突发情况处置 8

5.5 验收 8

5.6 施工总结 8

6 安全要求 8

7 试验方法 9

7.1 膨胀压的测试方法 9

7.2 反应温度与体积膨胀率的测试方法 9

7.3 现场试配试验方法 9

附录 A(规范性附录) 膨胀压的测试方法 10

A.1 范围 10

A.2 仪器设备 10

A.3 试样材料 10

A.4 试验条件 10

A.5 试验步骤 10

A.6 结果计算 11

附录 B(规范性附录) 反应温度与体积膨胀率的测试方法 13

B.1 范围 13

B.2 仪器设备 13

B.3 试样材料 14

B.4 试验条件 14

B.5 试验步骤 14

B.6 结果计算 14

附录 C(规范性附录) 现场试配试验方法 15

C.1 范围 15

C.2	目的	15
C.3	仪器设备	15
C.4	试样材料	15
C.5	试验步骤	15
C.6	结果计算	15
	参考文献	17

前 言

本标准第 5 章、第 6 章的技术内容为强制性的,其余为推荐性的。

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由国家安全生产监督管理总局提出。

本标准由全国安全生产标准化技术委员会煤矿安全分技术委员会(SAC/TC 288/SC 1)归口。

本标准起草单位:淮北矿业(集团)有限责任公司、安徽理工大学、中国煤炭工业协会生产力促进中心、四川珙县建洪化工厂。

本标准主要起草人:马芹永、刘尹、马玉平、王和志、卢小雨、刘富、郑厚发、周建。

煤矿井下静态破碎技术规范

1 范围

本标准规定了煤矿井下静态破碎的设计要求、施工要求、安全要求和试验方法。
本标准适用于煤矿井下静态破碎的设计与施工。

2 规范性引用文件

下列文件对于本标准的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB 6722 爆破安全规程
AQ 1060—2008 煤矿井下爆破工安全技术培训大纲及考核标准
JC 506—2008 无声破碎剂
JC/T 729—2005 水泥净浆搅拌机
JGJ 147—2004 建筑拆除工程安全技术规范
煤矿安全规程 2011 年版

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

静态破碎剂 static cracking agent

一种与适当比例水混合后填充到破裂孔,利用其与水反应产生的较大膨胀压,将岩石或混凝土破裂的粉状工程施工材料。

3.2

自由面 free surface

被破碎体和外部(空气或水)相接触的表面,亦称临空面。

3.3

破裂参数 cracking parameters

破裂孔的孔径、孔深、相邻孔距、排距等影响破碎效果的因素的总称。

3.4

孔径 borehole diameter

破裂孔的直径。

3.5

孔深 borehole depth

破裂孔的深度。

3.6

孔距 borehole space

同一排上相邻两破裂孔的中心距。

3.7

排距 distance between two rows

相邻两排破裂孔之间的距离。

3.8

水剂比 water agent ratio

水与静态破碎剂拌和时,所用水质量与静态破碎剂质量的比值。

3.9

膨胀压 expansive stress

静态破碎剂由于体积膨胀而作用在孔壁上单位面积的压力。

3.10

体积膨胀率 volume expansion ratio

静态破碎剂水化反应后体积与反应前体积的比值。

3.11

反应时间 reaction time

静态破碎剂从加水拌和后达到最大膨胀压所需的时间。

3.12

反应温度 reaction temperature

静态破碎剂水化反应过程中所达到的最高温度。

3.13

抑制剂 unexciting agent

能够减缓静态破碎剂反应速度的活性复合剂。

3.14

激发剂 exciting agent

能够加快静态破碎剂反应速度的活性复合剂。

4 设计要求

4.1 一般规定

4.1.1 应依据待破碎区域的技术要求、工程地质条件、水文地质条件、环境温度、湿度等,按本标准要求编制施工组织设计与安全措施。

4.1.2 设计前应进行静态破碎剂的膨胀压测试(见附录 A)、反应温度与体积膨胀率测试(见附录 B)和现场试配试验(见附录 C),以便于指导静态破碎的设计和施工。

4.2 设计准备

设计前作如下准备:

- a) 提供待破碎区域的地形、水文地质条件、瓦斯地质条件;
- b) 提供待破碎区域的周围环境;
- c) 测定待破碎区域的温度和湿度;
- d) 测定待破碎区域被破碎体的基本力学性能;
- e) 绘制待破碎区域的平面图;
- f) 提供待破碎区域施工现场保障通风的措施、防止瓦斯突出、瓦斯(煤尘)爆炸的措施和防突水的措施。

4.3 破裂参数设计

4.3.1 设计要求

破裂参数应依据静态破碎剂的性能,被破碎体的基本物理力学性能,待破碎区域的地形、地质、水文、环境条件,以及安全要求确定。

4.3.2 破裂孔排列

破裂孔的排列形式主要取决于被破碎体和对破碎效果的要求。当多排孔破碎时,破裂孔的排列形式主要是方格形排列和梅花形排列如图 1 所示。其他排列形式是对上述两种排列形式的变化。

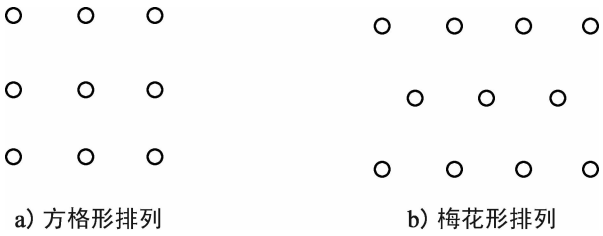


图 1 破裂孔排列形式

4.3.3 破裂孔孔径

孔径一般为 38 mm~50 mm。

4.3.4 破裂孔孔距

孔距的大小可按公式(1)计算：

$$a=Kd \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- a ——孔距,单位为毫米(mm)；
- d ——孔径,单位为毫米(mm)；
- K ——破裂系数。

破裂系数 K 值可从表 1 和表 2 中选取。

表 1 混凝土的破裂系数 K (孔径 $d \leq 50$ mm)

混凝土种类	含钢筋的体积率 α kg/m ³	K 值
素混凝土	—	$16 \geq K > 10$
钢筋混凝土	$30 \leq \alpha < 60$	$10 \geq K > 8$
	$60 \leq \alpha < 100$	$8 \geq K > 6$
	$\alpha \geq 100$	$6 \geq K > 5$

表 2 岩石的破裂系数 K (孔径 $d \leq 50\text{ mm}$)

岩石硬度 f	K 值
煤	$16 \geq K > 12$
$1 \leq f < 4$	$16 \geq K > 10$
$4 \leq f < 6$	$10 \geq K > 8$
$6 \leq f < 9$	$8 \geq K > 6$
$f \geq 9$	$6 \geq K > 4$

4.3.5 破裂孔排距

排距一般按表 3 和表 4 确定。

表 3 排距布置表(混凝土)

单位为毫米

混凝土类别	排距 b
素混凝土	400
钢筋混凝土	300

表 4 排距布置表(岩石)

岩石硬度 f	排距 b mm
煤	$700 \geq b > 550$
$1 \leq f < 4$	$700 \geq b > 500$
$4 \leq f < 6$	$500 \geq b > 400$
$6 \leq f < 9$	$400 \geq b > 300$
$f \geq 9$	$300 \geq b > 200$

4.3.6 破裂孔孔深与装静态破碎剂深度

4.3.6.1 破裂孔孔深

破裂孔孔深可按公式(2)计算：

$$L = \eta H$$

.....(2)

式中：

- L ——破裂孔孔深,单位为米(m)；
- H ——破碎深度,单位为米(m)；
- η ——孔深系数,与待破碎体特性及约束条件有关;对于素混凝土块或孤石, $\eta = 2/3 \sim 3/4$;对于原岩, $\eta = 1.05$;对于钢筋混凝土体, $\eta = 0.95 \sim 0.99$ 。

4.3.6.2 装静态破碎剂深度

装静态破碎剂深度一般应为孔深的 100%，但对于水平破裂孔和仰角破裂孔应留 50 mm 的封堵长度。

4.3.7 静态破碎剂的选择

4.3.7.1 根据被破碎体的基本力学性能以及要达到的破碎效果选择复合型静态破碎剂或水泥膨胀静态破碎剂。

4.3.7.2 根据施工速度的要求可以选择普通型静态破碎剂(反应时间在 1 h 以上)或速效型静态破碎剂(反应时间在 1 h 以内)。

4.3.7.3 根据破裂孔角度可以选择散装粉状静态破碎剂或药卷式静态破碎剂。

4.3.7.4 根据被破碎体的环境温度可以选择冬季型静态破碎剂(－5℃～15℃)、春秋型静态破碎剂(15℃～25℃)、夏季型静态破碎剂(25℃～35℃)或高温型静态破碎剂(35℃～60℃)。

4.3.8 水剂比

粗颗粒静态破碎剂的水剂比为 0.24～0.27，而细粉末静态破碎剂的水剂比为 0.28～0.32。

4.3.9 静态破碎剂用量

当破裂孔排列形式和有关的破裂参数确定后，静态破碎剂用量可按下面两种方式计算。

a) 依据单位长度静态破碎剂用量按公式(3)计算：

$$Q_1 = q_1(1 + \gamma) \sum L \dots\dots\dots(3)$$

式中：
 Q_1 ——单个破裂孔的静态破碎剂用量或 1 次破碎的静态破碎剂总用量，单位为千克(kg)；
 γ ——静态破碎剂的损耗率，采用 0.05～0.1；
 $\sum L$ ——1 个破裂孔的深度或 1 个被破碎体全部破裂孔的总深度，单位为米(m)；
 q_1 ——单位长度静态破碎剂用量，按表 5 选取单位为千克每米(kg/m)。

表 5 单位长度静态破碎剂量

孔径 m	q_1 值 kg/m
38	1.90
42	2.30
46	2.75
50	3.25

b) 依据单位体积静态破碎剂用量按公式(4)计算：

$$Q_2 = q_2 V \dots\dots\dots(4)$$

式中：
 Q_2 ——静态破碎剂用量，单位为千克(kg)；
 V ——被破碎体体积，单位为立方米(m³)；
 q_2 ——单位体积静态破碎剂用量，按表 6 和表 7 选用单位为千克每立方米(kg/m³)。

表 6 单位体积静态破碎剂用量(混凝土)

混凝土种类	含钢筋的体积率 α kg/m ³	q_2 值 kg/m ³
素混凝土	—	$8 \leq q_2 < 15$
钢筋混凝土	$30 \leq \alpha < 60$	$15 \leq q_2 < 20$
	$60 \leq \alpha < 100$	$20 \leq q_2 < 30$
	$\alpha \geq 100$	$q_2 \geq 30$

表 7 单位体积静态破碎剂用量(岩石)

煤岩体种类	q_2 值 kg/m ³
煤	$8 \leq q_2 < 9$
$1 \leq f < 4$	$8 \leq q_2 < 10$
$4 \leq f < 6$	$10 \leq q_2 < 15$
$6 \leq f < 9$	$15 \leq q_2 < 20$
$f \geq 9$	$20 \leq q_2 < 30$
孤石	$5 \leq q_2 < 10$

4.3.10 绘制设计图

应绘制破裂孔网平面布置图及立面图。

5 施工要求

5.1 施工准备

5.1.1 施工技术与组织措施

施工前应编写施工技术与组织措施,并需要经矿技术负责人审批。措施内容包括:工程概况、水文地质条件、施工组织机构设置(指挥长 1 名,钻眼组、装药组、警戒组等)、施工进度安排及出现突发情况的处理办法等。指挥长负责指挥和统筹安排现场各项工作。

5.1.2 施工现场清理与准备

根据静态破碎的施工要求和场地条件,应做好施工现场清理与准备工作:

- a) 提供施工用风、水、电供给系统敷设方案,做好施工器材场地布置;
- b) 做好静态破碎剂、橡胶手套、防护眼镜等的临时存放场所安排及其安全保护措施;
- c) 做好施工现场安全警戒岗哨布置;
- d) 做好施工现场防水、排水及防突出措施安排;
- e) 测定施工场地气温、静态破碎剂温度、拌和水温度;
- f) 操作前应确定已准备好以下材料物品:静态破碎剂、拌和用水、盛水桶、拌和盆、搪瓷量杯、捣棍、防护眼镜、橡胶手套、备用洁净水和毛巾。

5.1.3 静态破碎剂的运输与贮存

5.1.3.1 静态破碎剂在煤矿井下运输和贮存过程中应注意防潮,在静态破碎剂包装外应再套一层聚氯乙烯塑料袋进行密封,而且在运输过程中严禁将塑料袋划破。

5.1.3.2 不同类型、不同生产日期的静态破碎剂应分别贮存,不应混杂。静态破碎剂在井下应贮存在干燥通风的地方,并与易燃易爆品保持安全距离 20 m 以上。静态破碎剂在井下的贮存期应小于等于 15 天。

5.1.3.3 个人不得贮存静态破碎剂,建立静态破碎剂领、退制度,防止静态破碎剂流失。

5.2 施工

5.2.1 破裂孔施工

5.2.1.1 应按设计的破裂孔的排列形式、孔位、孔径、孔角和孔深施工破裂孔。

5.2.1.2 煤矿井下施工时应选择风动凿岩机进行湿式钻孔。

5.2.1.3 破裂孔开孔位置与设计孔位的偏差,应小于钻头直径的尺寸,实际孔位应有记录;钻孔角度和孔深应符合设计要求;钻好孔后,应进行扫孔,清除孔内岩粉,孔口盖严。

5.2.2 静态破碎剂的外观检查

在实施静态破碎作业前,应对所使用的静态破碎剂的外包装进行外观检查,如果发现外包装已经破损,应弃之不用。

5.2.3 药卷型静态破碎剂的加工

对于水平破裂孔或仰角破裂孔,由于不便于直接灌装,可将静态破碎剂装入比钻孔直径略小的高强度长纤维纸袋中,制作成药卷型静态破碎剂。

5.2.4 警戒

装填静态破碎剂时的警戒范围应控制在距离被破碎区域 20 m 以上,具体由指挥长确定,装填静态破碎剂期间,应在警戒区边界派出岗哨。执行警戒任务的人员,应按指令到达指定地点并坚守工作岗位。

5.2.5 装填静态破碎剂

5.2.5.1 装填静态破碎剂前应对作业场地进行清理,装填静态破碎剂人员应对准备装填静态破碎剂的全部破裂孔进行检查,破裂孔经检查合格后方可填装静态破碎剂。

5.2.5.2 对于吸水性强的干燥破裂孔,应先用水湿润孔壁,然后再装填,以免大量吸收浆体中水分,影响水化作用和降低破碎效果。

5.2.5.3 对于向下垂直的破裂孔或俯角破裂孔,一般装填散装粉状静态破碎剂,即应按设计确定的水剂比计算用水量和静态破碎剂的用量,用 1 000 mL 带刻度的搪瓷量杯量好所需的水量,倒入拌和盆中,然后用木棒搅拌至均匀流质状态,搅拌时间一般为 40 s~60 s。搅拌好后,迅速装填到破裂孔内,并确保静态破碎剂在孔内处于密实状态。如装填药卷型静态破碎剂应按 5.2.5.4 的规定执行。

5.2.5.4 对于水平破裂孔或仰角破裂孔,可装填药卷型静态破碎剂,即应将一个破碎操作循环所需要的静态破碎剂药卷放入水桶中,完全浸泡 30 s~50 s,待药卷充分湿润、完全不冒气泡时,取出药卷从破裂孔孔底开始逐条装入并捣紧,密实装填,孔口留 50 mm 用黄泥封堵以保证水分和静态破碎剂不流出。即“集中浸泡,充分浸透,逐条装入,分别捣紧”。

5.2.5.5 破碎剂要随用随配,一次不宜拌制过多;搅拌好的浆体应尽快装入破裂孔内,并应在 10 min 内用完。如流动度丧失,不可继续加水拌和使用。不在冬季,不应使用热水拌和。

5.2.5.6 往破裂孔中装填静态破碎剂浆体时,不应将眼睛直接对着正在装填或装填好的破裂孔张望;装填完毕后,应用潮湿布袋等物体覆盖在破裂孔的表面,以防浆体喷出伤害眼睛。

5.3 养护

被破碎体开裂后,可向裂缝中浇水,保持静态破碎剂持续反应,以便取得更好效果。当温度高于 28℃时,装填完浆体后,应覆盖孔口,以免发生喷孔;当温度低于 5℃时,应采取保温措施。

5.4 突发情况处置

静态破碎施工过程中,如遇到片帮、突水、瓦斯或煤突出等突发情况,应按《煤矿安全规程》的规定进行处置,立即停止施工,并撤出人员汇报调度部门。待查清原因并采取相应措施确保安全后,方可继续施工。

5.5 验收

静态破碎施工完成后应按《煤矿安全规程》的规定检查甲烷等有害气体浓度是否超限,有无危岩、冒顶等情况,安全处理后方可对破碎效果进行验收。

5.6 施工总结

5.6.1 每次静态破碎施工后,技术人员应填写施工记录。

5.6.2 技术人员应提交施工总结,内容应包括:工程概况、设计方案、施工过程、破碎效果及分析等。

5.6.3 静态破碎施工记录及施工总结,应整理归档并按规定保存。

6 安全要求

6.1 设计和施工过程应遵守《煤矿安全规程》、GB 6722 和 JGJ 147—2004 中 4.4 的规定。

6.2 对有煤与瓦斯突出危险的工作面,应按照《煤矿安全规程》的要求制定防突出措施。

6.3 操作人员应按 AQ 1060—2008 的要求经过培训合格。

6.4 无关人员不得进入施工现场。装填静态破碎剂浆体时,应事先规划好人员行走路线,严禁走过已装填好静态破碎剂的破裂孔区。

6.5 静态破碎剂应无危害人身安全的有毒成分。

6.6 静态破碎剂在煤矿井下的运输、贮存、使用过程中不得产生引起瓦斯爆炸的危险温度限值。

6.7 搅拌和装填静态破碎剂时,施工人员应佩戴橡胶手套和防护眼镜。

6.8 施工现场必须专门备好洁净水和毛巾。如果有静态破碎剂不慎溅入眼睛或溅到皮肤上,应立即用洁净水进行冲洗,情况严重的应迅速去医院就诊。

6.9 在静态破碎剂填装破裂孔至被破碎体破碎前,操作人员不应将面部直接面对已装填静态破碎剂的钻孔。静态破碎剂装填完后,应将破裂孔区覆盖,远离装填点。

6.10 最短破裂时间应控制在 30 min 以上,最长破裂时间应控制在 3 h 以内。

6.11 不应擅自向静态破碎剂中加入其他任何化学物品。

6.12 严禁将静态破碎剂加水后装入玻璃杯、玻璃瓶、饮料瓶等容器。

6.13 刚钻完的破裂孔和刚冲孔的破裂孔,孔壁温度较高,应确定温度符合要求并清扫后才能装填静态破碎剂。

6.14 静态破碎剂不应与其他材料混放。开封后应立即使用,如一次未使用完,应立即扎紧袋口,下次

需用时再开封。

6.15 按施工工序要求,先钻孔,后扫孔,再装填静态破碎剂。钻孔与装填静态破碎剂不应同步进行。

7 试验方法

7.1 膨胀压的测试方法

按本标准附录 A 进行。

7.2 反应温度与体积膨胀率的测试方法

按本标准附录 B 进行。

7.3 现场试配试验方法

按本标准附录 C 进行。

附 录 A
(规范性附录)
膨胀压的测试方法

A.1 范围

本附录适用于静态破碎剂膨胀压的测试。

A.2 仪器设备

A.2.1 电阻应变仪

采用应变测量范围(0~15 000) $\mu\epsilon$ 的静态电阻应变仪。

A.2.2 钢管

采用 Q 235 型冷加工钢管,内径 40 mm,壁厚 4 mm,长 500 mm,钢管一端用 4 mm 厚钢板焊接封闭。

A.2.3 测试水槽

采用有温控装置的钢质测试水槽,规格尺寸为 500 mm \times 500 mm \times 620 mm。

A.2.4 游标卡尺

量程 300 mm,分度值不大于 0.02 mm。

A.3 试样材料

A.3.1 静态破碎剂试样应充分拌匀,通过 0.9 mm 方孔筛。

A.3.2 电阻应变片规格 3 mm \times 5 mm,电阻值(120.0 \pm 0.2) Ω 。

A.3.3 试验用水必须是洁净水。

A.4 试验条件

A.4.1 试验室温度为(20 \pm 2) $^{\circ}\text{C}$,相对湿度大于 50%。试样、拌和水及试模等温度应与室温相同。

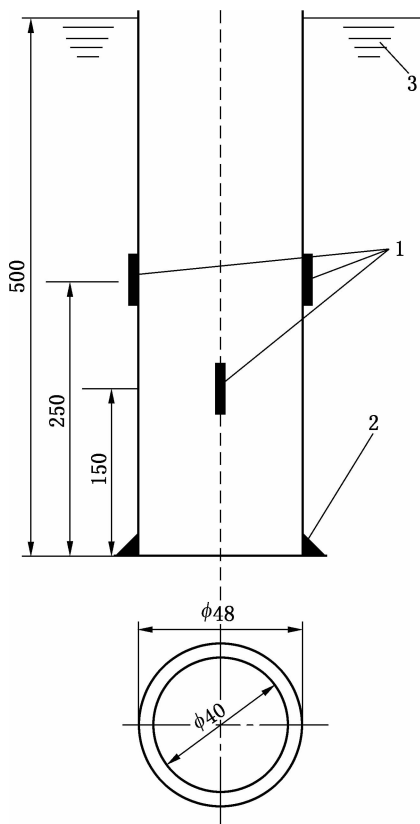
A.4.2 测试水槽控制温度为:高温型(35 \pm 1) $^{\circ}\text{C}$,夏季型(25 \pm 1) $^{\circ}\text{C}$,春秋型(15 \pm 1) $^{\circ}\text{C}$,冬季型(−5 \pm 1) $^{\circ}\text{C}$ 。

A.5 试验步骤

A.5.1 粘贴电阻应变片

用 502 胶将电阻应变片粘贴在钢管上相应部位,如图 A.1 所示。

单位为毫米



说明:

- 1——横向电阻应变片;
2——焊接;
3——水面。

图 A.1 电阻应变片布置示意图

A. 5.2 接线

将电阻应变片的引出端,通过双股导线与应变仪器连接起来。

A. 5.3 成型

将已粘贴电阻应变片的钢管装入 $\phi 150\text{ mm} \times 600\text{ mm}$ 塑料袋中然后放入水槽中,校正电阻应变仪。准确称取 1000 g 试样,按照设计用水量加水,立即置于搅拌机内拌和 1 min ,然后灌入钢管中,用钢棍将静态破碎剂浆体捣密实。由静态电阻应变仪读取钢管的圆周方向应变量 ϵ_0 。

A.6 结果计算

膨胀压按公式(A.1)计算:

$$p = E_s \cdot (K^2 - 1) [\epsilon_\theta / (2 - \nu)] \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

p ——膨胀压,单位为兆帕(MPa);

E_s ——钢管的弹性系数,为 2.060×10^5 MPa;

- K ——钢管的系数,为 r_0/r_i ;
- r_0 ——钢管的外径,单位为毫米(mm);
- r_i ——钢管的内径,单位为毫米(mm);
- ϵ_θ ——钢管的圆周方向应变变量;
- ν ——泊松比,为 0.3。

计算结果精确到 0.1 MPa。

注：附录 A 为 JC 506—2008 的附录 A,为便于本标准使用而引用至此。

附 录 B
(规范性附录)
反应温度与体积膨胀率的测试方法

B.1 范围

本附录适用于静态破碎剂反应温度与体积膨胀率的测试。

B.2 仪器设备

B.2.1 量筒

标称容量为 500 mL 的无塞量筒一只;最小刻度 0.1 mL,精度 1%。

B.2.2 搅拌机

应符合 JC/T 729—2005 的有关规定,搅拌锅深度 (139 ± 2) mm,搅拌锅内径 (160 ± 1) mm,搅拌锅壁厚大于等于 0.8 mm。搅拌速度,自转:慢速, (140 ± 5) r/min;快速, (285 ± 10) r/min;公转:慢速, (62 ± 5) r/min;快速, (125 ± 10) r/min。

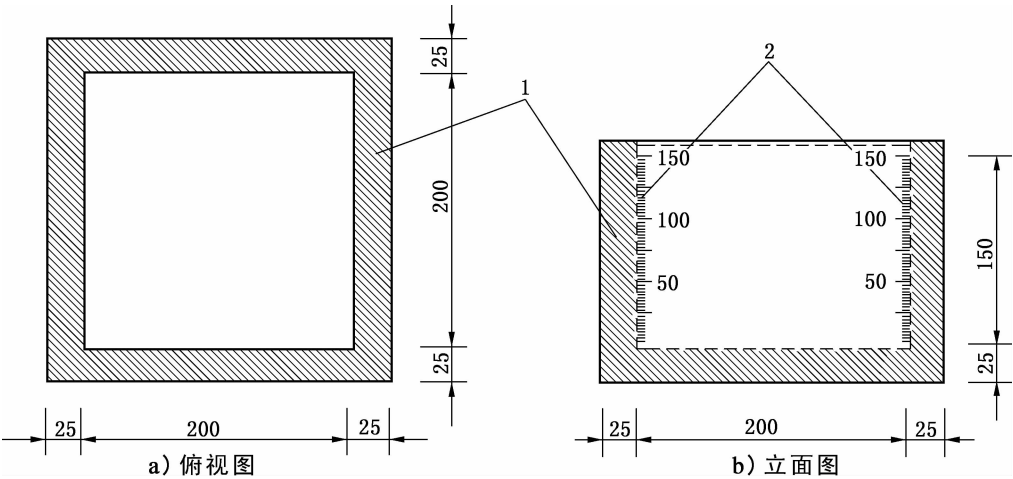
B.2.3 数字式温度计

量程: $-50\text{ }^{\circ}\text{C}\sim400\text{ }^{\circ}\text{C}$;温度分辨率: $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$;环境条件: $-20\text{ }^{\circ}\text{C}\sim70\text{ }^{\circ}\text{C}$;湿度: $\leq 90\%$ 。

B.2.4 测温装置

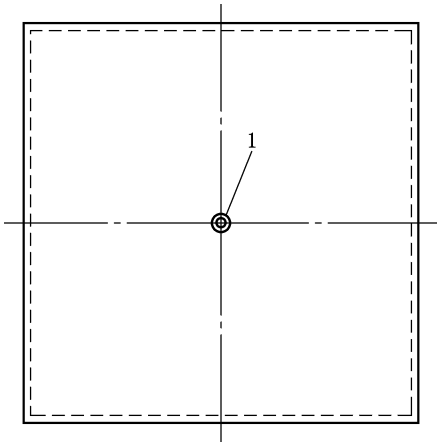
长 200 mm、宽 200 mm、高 150 mm 的隔温盒,盒内部标有刻度,分度值不大于 0.1 mm,如图 B.1 和图 B.2 所示。

单位为毫米



说明:
1——隔温材料;
2——刻度。

图 B.1 测温盒主体图



说明：
1——测温孔。

图 B.2 测温盒盖图

B.3 试样材料

- B.3.1 静态破碎剂试样应充分拌匀。
- B.3.2 试验用水应是洁净水。

B.4 试验条件

试验室温度为 $(20\pm2)^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度大于 50%。试样、拌和水及测温装置等温度应与室温相同。

B.5 试验步骤

称取 2000 g 试样，倒入搅拌锅内，将锅放在搅拌机锅座上，放下搅拌翅，开动机器 3 s 后，徐徐加入量好的拌和水，自开机时算起 60 s 停机。刮下粘在叶片上的净浆，立即将量取 1000 mL 的静态破碎剂浆体放入测温装置内，然后盖上盖子，插入温度计探头开始测温，记录温度随时间变化的整个过程，反应结束后，将测温装置内的静态破碎剂处理平整，读出此时的高度 h_2 ，乘以面积得到反应后的体积。反应后的体积除以反应前的体积为静态破碎剂的体积膨胀率。

B.6 结果计算

体积膨胀率按公式(B.1)计算：

$$\beta_1 = \frac{Ah_2}{V_0}$$

.....(B.1)

式中：

- β_1 ——体积膨胀率；
- A ——测温装置的底面积，单位为平方毫米(mm^2)；
- h_2 ——反应后静态破碎剂的平整高度，单位为毫米(mm)；
- V_0 ——反应前静态破碎剂的体积，此处取 1000 mL。

附 录 C
(规范性附录)
现场试配试验方法

C.1 范围

本附录适用于静态破碎剂现场试配试验。

C.2 目的

- C.2.1 根据试验结果,确定静态破碎剂型号是否与环境温度相符合,以及是否该加入抑制剂或激发剂。
- C.2.2 根据现场温度,确定反应持续时间是否符合现场要求。
- C.2.3 计算膨胀率,判断静态破碎剂是否合格。

C.3 仪器设备

- C.3.1 天平:最大称量 200 g,分度值 0.01 g。
- C.3.2 秒表:最大测量时长不小于 1 h,测量精度不低于 1 s。
- C.3.3 直尺:测量精度不低于 0.1 mm。
- C.3.4 一次性纸杯:容量在 450 mL 以上。

C.4 试样材料

- C.4.1 静态破碎剂试样应充分拌匀。
- C.4.2 试验用水应为洁净水。

C.5 试验步骤

- C.5.1 取 100 g 静态破碎剂和 28 g 洁净水分别装入两个纸杯中,迅速将它们混合搅拌至均匀略有流动性,静置后观察,记录试验开始时间及静态破碎剂浆体的高度 h_1 。
- C.5.2 记录静态破碎剂浆体开始发热冒气时的时间作为初凝时间。
- C.5.3 记录静态破碎剂浆体体积不再膨胀时的时间作为终凝时间。
- C.5.4 记录反应结束后静态破碎剂粉末的高度 h_2 。
- C.5.5 用天平称量纸杯中分别装有高度为 h_1 和 h_2 的水的质量 m_1 和 m_2 (扣除纸杯的质量)。

C.6 结果计算

现场试配体积膨胀率按公式(C.1)计算:

$$\beta_2 = \frac{m_2}{m_1}$$

.....(C.1)

式中：

β_2 ——现场试配体积膨胀率；

m_1 ——反应开始时与破碎剂浆体同样体积水的质量，单位为克(g)；

m_2 ——反应结束时与破碎剂粉末同样体积水的质量，单位为克(g)。

参 考 文 献

- [1] 马芹永. 煤矿井下静态爆破开挖技术试验与应用研究[鉴定资料]. 淮南:安徽理工大学, 2009.
- [2] Ma qinyong, Lu xiaoyu. Soundless cracking technique and its application in hard-rock tunnel in high gas coal mine. ISRM INTERNATIONAL SYMPOSIUM 2008, 5th Asian Rock Mechanics Symposium (ARMS5), 24 - 26 November, 2008, Tehran, Iran; 1461 - 1464.
- [3] 游宝坤. 静态爆破技术:无声破碎剂及其应用. 北京:中国建材工业出版社, 2008.
- [4] 陈雷. 静态破碎技术的试验研究及工程应用. 淮南:安徽理工大学, 2008.
- [5] 冯彧雷. 静态破碎剂的膨胀压力测试试验与应用. 淮南:安徽理工大学, 2010.
- [6] 魏承景, 谢逢午. 静态破碎技术. 广西:广西科学技术出版社, 1989.
- [7] 孙立新. 静态破碎剂的研制及应用. 西安:西安建筑科技大学, 2005.
- [8] 亢会明, 刘涛, 张建良. 静态破碎剂在抗滑桩坚硬岩石开挖中的应用. 施工技术, 2004, 33(9):63 - 64.
- [9] 周永力. 利用静态破碎剂拆除灌注桩钢筋混凝土盖帽. 人民长江, 2007, 38(3):63 - 64.
- [10] 王建鹏. 静态破碎剂破岩机理研究. 中国矿业, 2008, 17(11):90 - 92.
- [11] 钟汶均, 聂建华. 高效无声破碎剂技术在直孔水电站厂房后边坡的应用. 水利水电技术, 2006, 37(6):76 - 77.
- [12] 刘纪峰, 陈阵, 卢长海, 等. 静态破碎剂在北京北护城河挡墙拆除中的应用. 建筑技术, 2006, 37(6):460 - 462.
- [13] 马志钢, 王瑾. 试论静态破碎剂及其性能改进. 煤矿爆破, 2002(1):4 - 5.
- [14] QB/ZJWS 5223—2003 无声破碎剂静态爆破施工工艺标准