



中华人民共和国煤炭行业标准

MT/T 977—2006

矿用套筒致裂岩体原位应力测试仪 技术条件

The equipments specifications of the crag body stress test set by
means of sleeve compression fracture method in mine

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 977-2006

2006-03-07 发布

2006-08-01 实施

目次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 产品分类 1

5 要求 2

6 试验方法 4

7 检验规则 5

8 标志、包装、运输和贮存 7

附录 A 故障的分类与判断 9

A.1 故障定义 9

A.2 故障定义 9

A.3 关联故障判断 9

A.4 非关联故障判断 9

前 言

本标准的附录 A 为规范性附录。

本标准由中国煤炭工业协会科技发展部提出。

本标准由煤炭行业煤矿专用设备标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：煤炭科学研究总院西安分院。

本标准主要起草人：张福平、冯宏、王勇、张晓明。

矿用套筒致裂岩体原位应力测试仪技术条件

1 范围

本标准规定了矿用套筒致裂岩体原位应力测试仪(以下简称测试仪)的术语和定义、要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

本标准适用于煤矿井下采用套筒致裂方法测试岩体原位应力装置的设计和制造。

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。凡是注明日期的引用文件,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。

GB/T 191 包装储运图示标志(GB/T 191—2000,eqv ISO 780:1997)

GB/T 2828.1—2003 计数抽样检验程序 第1部分:按接收质量限(AQL)检索的逐批检验抽样计划(ISO 2859-1:1999,IDT)

GB/T 2829—2002 周期检验计数抽样程序表(适用于对过程稳定性的检验)

GB 3836.1—2000 爆炸性气体环境用电气设备 第1部分:通用要求(eqv IEC 60079-0:1998)

GB 3836.3—2000 爆炸性气体环境用电气设备 第3部分:增安型“e”(eqv IEC 60079-7:1999)

GB 3836.4—2000 爆炸性气体环境用电气设备 第4部分:本质安全型“i”(eqv IEC 60079-11:1999)

GB/T 3873 通信设备产品包装通用技术条件

GB/T 4942.2—1993 低压电器外壳防护等级(eqv IEC 947-1:1998)

GB/T 5080.7—1986 设备可靠性试验 恒定失效率假设下的失效率与平均无故障时间的验证试验方案(idt IEC 605-7:1978)

GB/T 6388 运输包装收发货标志

MT 209—1990 煤矿通信、检测、控制用电工电子产品通用技术要求

MT 210—1990 煤矿通信、检测、控制用电工电子产品基本试验方法

3 术语和定义

下列术语适用于本标准。

3.1

套筒致裂 sleeve compression fracture method

指通过放入被检测钻孔中的加压套筒膨胀致使岩体破裂。

3.2

应力测试 crag body stress test

指对岩体破裂瞬间的应变压力测量。

4 产品分类

4.1 按显示方式分类

- a) 测量数据数字液晶显示;
- b) 测量数据计算机曲线显示。

4.2 按数据存储方式分类

- a) 现场数据手工记录方式；
- b) 计算机数据存储方式。

5 要求

5.1 环境条件

测试仪在下列条件中应能正常工作：

- a) 环境温度为 $0\sim 40^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 平均相对湿度不超过 $95\%(25^{\circ}\text{C})$ ；
- c) 大气压为 $80\sim 106\text{ kPa}$ ；
- d) 有瓦斯和煤尘，但无破坏绝缘的腐蚀性气体的场合；
- e) 无剧烈振动和冲击的地方。

5.2 主要电气性能指标

5.2.1 一般要求

5.2.1.1 测试仪应该采用煤矿矿用本质安全型。

5.2.1.2 测试仪应是轻便易移动设备。

5.2.2 测试仪传感器部分

- a) 测量灵敏度应优于 10 kPa ；
- b) 数字采样率应大于 20 kHz ；
- c) A/D 转换器精度应大于 24 位；
- d) 测量范围应为 $0.1\sim 40\text{ MPa}$ ，或 100 MPa 。

5.2.3 测试仪套筒部分

- a) 套筒的直径大于 20 mm ；
- b) 输送装置长度不短于 10 m ；
- c) 最大压力值应大于 20 MPa 。

5.2.4 加压泵装置部分

- a) 应具有超压保护；
- b) 保压时间大于 30 min ；
- c) 在测试套管内加压到最大压力时间应小于 10 min 。

5.2.5 测试仪电源部分

5.2.5.1 连续工作时间

连续工作时间一般不少于 4 h 。

5.2.5.2 供电方式

电源供电采用本安电源形式。

5.2.5.3 保护功能

本质安全型电源应具有过压、过流及短路保护功能，当故障消除后应能自动恢复。

5.2.5.4 本质安全参数

测试仪本质安全参数由本质安全性能检验时测定为准。一般有：

- a) 最大输出电压；
- b) 最大输出电流；
- c) 最大短路电流。

对于采用设备内部电池供电而言，还应该规定每组电池采用的电池型号、规格、节数等参数。

5.3 外观

应符合 MT 209—1990 中第 6 章的规定。

5.4 结构

5.4.1 紧固件应有防止自行松脱的措施。

5.4.2 金属部件应进行防锈和防蚀处理。

5.4.3 零部件、元器件及其他结构要求应符合 MT 209—1990 中第 7 章、第 8 章、第 9 章及 11.3 的要求。

5.4.4 测试仪的机械结构应具有密封措施。

5.4.5 测试仪的结构设计应具有抗震和抗冲击措施。

5.5 电气安全

5.5.1 电气间隙与爬电距离

隔爆兼本质安全型检测仪隔爆部分接线端子的电气间隙与爬电距离应符合 GB 3836.3—2000 中表 1 的规定。

5.5.2 绝缘电阻

测试仪的绝缘电阻应大于等于 $10\text{ M}\Omega$, 湿热试验后应大于等于 $1\text{ M}\Omega$ 。

5.5.3 介电强度

5.5.3.1 测试仪应能承受 500 V 历时 1 min 的交流 50 Hz 正弦波介电强度试验, 且应无击穿和闪络现象。

5.5.3.2 本质安全型测试仪的介电强度试验的电压应符合 GB 3836.4—2000 第 6 章的规定。

5.6 表面温度

测试仪在正常和故障状态时, 本质安全型电路的最高表面温度不超过 150°C 。

5.7 外壳防护等级

测试仪外壳防护等级不得低于 IP54。

5.8 防爆性能

5.8.1 测试仪的防爆性能应符合 GB 3836.1—2000、GB 3836.4—2000 的规定。

5.8.2 测试仪应通过本质安全火花试验。

5.8.3 绝缘材料外壳的表面绝缘电阻应不大于 $1\times 10^9\ \Omega$ 。

5.9 工作稳定性

测试仪应进行通电试验时间不少于 2 d 的系统联机工作稳定性试验, 每隔 4 h 检查一次, 各项功能应正常。试验结束时, 检查电气性能指标应符合 5.2 的规定。

5.10 可靠性

采用平均无故障时间 (MTBF) 衡量产品的可靠性水平。

测试仪系统的 m_1 值 (MTBF 的不可接收值) 不得低于 800 h 。

5.11 环境适应性

5.11.1 工作环境低温

测试仪在工作状态下, 应能通过温度为最低工作环境温度、历时 2 h 的低温工作试验, 其主要电气性能指标及外观应符合 5.2 及 5.3 的规定。

5.11.2 工作环境高温

测试仪在工作状态下, 应能通过温度为最高工作环境温度、历时 2 h 的高温工作试验, 其主要电气性能指标及外观应符合 5.2 及 5.3 的规定。

5.11.3 贮存环境低温

测试仪在非工作状态下, 应能通过温度为 -10°C , 历时 16 h 的低温贮存试验。在恢复后, 其主要电气性能指标及外观应符合 5.2 及 5.3 的规定。

5.11.4 贮存环境高温

测试仪在非工作状态下, 应能通过温度为 40°C , 历时 16 h 的高温贮存试验。在恢复后, 其主要电气

性能指标及外观应符合 5.2 及 5.3 的规定。

5.11.5 交变湿热

测试仪应能通过高温 40℃,周期为 6 d 的交变湿热试验,在试验到最后一个周期的低温高湿阶段的最后 2 h,进行绝缘电阻的测量及介电强度试验。主要电气性能指标及外观应符合 5.2 及 5.3 的规定。

5.11.6 振动

测试仪在非工作状态下,应能通过频率为 10~150 Hz,加速度为 50 m/s²,每个轴向各扫频 5 次的振动试验。试验后主要电气性能指标、外观及结构应符合 5.2、5.3 及 5.4 的规定。

5.11.7 冲击

测试仪在非工作状态下,应能通过峰值加速度为 500 m/s²、脉冲持续时间为 11 ms,三个互相垂直轴线的每个方向连续 3 次(共 18 次)的冲击试验。试验后主要电气性能指标、外观及结构应符合 5.2、5.3 及 5.4 的规定。

5.11.8 模拟运输

包装后的测试仪应能承受频率为 4 Hz、加速度为 30 m/s²,历时 2 h 的模拟运输试验。试验后包装应无损坏和明显变形。并拆箱测试测试仪的主要电气性能指标,检查外观和结构,应符合 5.2、5.3 及 5.4 的规定。

6 试验方法

6.1 试验条件

除环境试验或有关标准中有具体规定外,试验应在下列环境条件下进行:

- a) 温度:15~40℃;
- b) 相对湿度:45%~75%;
- c) 大气压力:86~106 kPa;
- d) 环境噪声:不大于 65 dB。

6.2 主要电气性能指标测试

测试仪主要电气性能指标中的各压力测量应采用应变片压力测量计。其他测量属于时间、长度等常规测量。

6.3 外观检查

按 MT 210—1990 中第 5 章的规定进行。

6.4 结构检查

按 MT 210—1990 中第 5 章的规定进行。对防爆零部件、元器件及其结构应按 GB 3836.1—2000、GB 3836.4—2000 的有关规定进行检查。

6.5 电气安全试验

6.5.1 电气间隙与爬电距离

本质安全型检测仪的电源板及其涂层下的爬电距离应符合 GB 3836.4—2000 中第 6 章的规定进行检查。

6.5.2 绝缘电阻测量

按 MT 210—1990 中第 7 章的规定进行。表面绝缘电阻的测量按 MT 210—1990 中第 22 章的规定进行。

6.5.3 介电强度试验

按 MT 210—1990 中第 8 章的规定进行。

6.6 表面温度测量

按 MT 210—1990 中第 11 章的规定进行。

6.7 外壳防护性能试验

按 GB/T 4942.2—1993 中第 5 章、第 6 章和第 7 章的规定进行。

6.8 防爆性能检验

按 GB 3836.1—2000、GB 3836.4—2000 的规定进行。

6.9 工作稳定性试验

要求对测试仪通电检验,每隔 4h 检查测试仪主要功能一次。试验结束时,应测试主要电气性能指标,应符合 5.2 的规定。

6.10 可靠性试验

6.10.1 试验条件

试验周期内综合应力规定如下:

- a) 电应力:受试样品在输入电压标称值(220 V)的 $\pm 10\%$ 变化范围内工作(直流供电产品变化为 $\pm 5\%$)。一个周期内各种条件工作时间的分配为电压上限 25%、标称值 50%、电压下限 25%。
- b) 温度应力:受试样品在一个周期内由正常温度(具体由产品标准规定)升至产品工作上限温度(具体由产品标准规定)再回到正常温度,温度变化率的平均值为 $0.7\sim 1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 或根据受试样品的特殊要求选用其他值。在一个周期内保持在上限和正常温度的持续时间之比应为 1:1 左右。

6.10.2 试验方案

可靠性试验按 GB/T 5080.7—1986 的规定进行。受试样品的工作状态和对受试样品的操作及关联故障的判断方法和计入方法按附录 A 的规定,只统计关联故障数。

6.10.3 试验时间

试验时间应持续到总试验时间及总故障数,且均能按选定试验方案做出接收或拒收判断时截止。多台受试样品试验时,每台受试样品的试验时间不得少于所有受试样品的平均试验时间的 50%。

6.11 环境适应性试验

6.11.1 工作环境低温试验

按 MT 210—1990 中第 23 章的规定进行。

6.11.2 工作环境高温试验

按 MT 210—1990 中第 23 章的规定进行。

6.11.3 贮存环境低温试验

按 MT 210—1990 中第 24 章的规定进行。

6.11.4 贮存环境高温试验

按 MT 210—1990 中第 24 章的规定进行。

6.11.5 交变湿热试验

按 MT 210—1990 中 28.2.1 的规定进行。

6.11.6 振动试验

按 MT 210—1990 中第 25 章的规定进行。

6.11.7 冲击试验

按 MT 210—1990 中第 26 章的规定进行。

6.11.8 模拟运输试验

按 MT 210—1990 中第 27 章的规定进行。

7 检验规则

7.1 检验分类

测试仪的检验分为出厂检验、型式检验及鉴定检验三种。

7.2 出厂检验

7.2.1 出厂检验由制造厂质量检验部门负责进行。

7.2.2 每台测试仪均需进行出厂检验,检验合格后方可出厂,并附有合格证。

7.2.3 检验项目应符合表 1 中出厂检验项目的规定。

7.2.4 出厂检验各项指标须符合产品标准的要求,有一项不合格,则该产品不合格,若出现轻缺陷,允许修复成合格品。若出现严重缺陷,则应返工,并重新进行试验,直至合格为止。

7.2.5 对于不易受工艺或生产技能影响的性能和非主要技术性能,可进行抽验,抽验方案应按 GB/T 2828.1—2003 的规定执行。除非另有规定,一般可选用检查水平Ⅱ,合格质量水平 AQL 不大于 6.5。

对照检验项目的要求检验样本,并累计不合格项数或不合格样品数,按抽样方案判断产品为合格或不合格。判合格的批,应剔除该批中发现的不合格品,并将其修复成合格品后,方可整批验收。被判为不合格的批则整批退回查明原因,全部返工,重新进行检验。

7.3 型式检验

7.3.1 属下列情况之一时,应进行型式检验:

- a) 正式生产后,结构、材料、工艺有较大改变时;
- b) 正常生产时,每 2 年一次(防爆性能除外);
- c) 停产 1 年恢复生产时;
- d) 出厂检验结果与上次型式检验结果有较大差异时;
- e) 国家产品质量监督检验机构提出进行型式试验的要求时。

7.3.2 检验项目应符合表 1 中型式检验项目的规定。

7.3.3 对批量小的产品(一个批次投产少于 30 台套),型式检验应从出厂检验合格的产品中抽取 1 台进行。

表 1

序号	检验项目	技术要求	试验方法	出厂检验	型式检验	定型检验
1	主要电气性能指标	5.2	6.2	0	0	0
2	外观	5.3	6.3	0	0	0
3	结构	5.4	6.4	0	0	0
4	电气间隙与爬电距离	5.5.1	6.5.1	0	0	0
5	介电强度	5.5.3	6.5.3	0	0	0
6	绝缘电阻	5.5.2	6.5.2	0	0	0
7	表面温度	5.6	6.6	—	0	0
8	外壳防护性能	5.7	6.7	—	0	0
9	防爆性能	5.8	6.8	—	0	0
10	工作稳定性	5.9	6.9	—	0	0
11	可靠性	5.10	6.10	—	—	0
12	工作环境低温	5.11.1	6.11.1	—	0	0
13	工作环境高温	5.11.2	6.11.2	—	0	0
14	贮存环境低温	5.11.3	6.11.3	—	0	0
15	贮存环境高温	5.11.4	6.11.4	—	0	0
16	交变湿热	5.11.5	6.11.5	—	0	0
17	振动	5.11.6	6.11.6	—	0	0
18	冲击	5.11.7	6.11.7	—	—	0

表 1(续)

序号	检验项目	技术要求	试验方法	出厂检验	型式检验	定型检验
19	模拟运输	5. 11. 8	6. 11. 8	—	0	0
注：“0”表示检验项目；“—”表示不检验项目。						

7.3.4 型式检验中若有某项不合格,应取加倍数量对该项目进行复试,若仍有不合格,则为型式检验不合格。

7.3.5 对批量大的产品(一个批次投产多于 30 台套),除非国家、行业标准另有规定,抽样方案应按 GB/T 2829—2002 的规定制定。

对照检验项目的要求检验样本,并累计不合格项数及不合格样品数,按抽样方案判定产品为合格或不合格。若不合格应按 GB 2829—2002 中 5.12.3 的规定处理。

在不超过规定不合格项数或不合格样品数的情况下,允许对试验过程中出现的故障进行修复,修复后重新做该项试验。

7.3.6 型式检验样机的处理:

经过型式检验的产品不作正品出厂。

7.4 定型检验

7.4.1 当新产品定型或老产品转厂定型时,应进行定型检验。

7.4.2 定型检验项目应符合表 1 中定型检验项目的规定。

7.4.3 定型检验应从型式检验合格的产品中抽取 1 台进行。

7.4.4 定型检验只要有一项不合格,应查明原因,清除缺陷,对产品进行修复,并重新进行定型检验。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

8.1.1 产品标志

8.1.1.1 测试仪外壳明显处应设置清晰、永久性的防爆类型标志“Ex×××”及标志“MA”。

8.1.1.2 测试仪外壳适当位置固定铭牌和特别提示。

8.1.1.3 对电池电源代供电的测试仪,其铭牌内容应包括:

- a) 产品名称、型号;
- b) 制造名称;
- c) 防爆类别标志;
- d) 防爆合格证号;
- e) 安全标志证书编号;
- f) 工作电压/额定电流、最大短路电流;
- g) 出厂日期及产品出厂序列号。

8.1.1.4 标志牌的材质应采用青铜、黄铜或不锈钢。

8.1.2 包装标志

8.1.2.1 包装箱上的收发货标志应符合 GB/T 6388 的规定,一般应包括以下内容:

- a) 制造厂名称;
- b) 包装件重量(包括毛重和净重);
- c) 包装外形尺寸(长、宽、高);
- d) 生产日期;
- e) 收发货地点和单位;
- f) 在外包装的明显处应有防雨、防潮、防震、不许倒立、小心轻放等标志。

8.1.2.2 包装箱储运标志应符合 GB/T 191 的规定。

8.2 包装

8.2.1 按 GB/T 3873 的规定,做防雨、防潮、防震包装。

8.2.2 随机文件有:

- a) 产品合格证;
- b) 使用说明书;
- c) 防爆合格证及安全标志证书复印件;
- d) 装箱单。

8.3 运输

包装后的产品应适合任何交通工具运输。在长途运输时不得装在敞开的船舱和车箱,中途转运时不得存放在露天仓库中,在运输过程中不允许和易燃、易爆、易腐蚀的物品同车(或其他运输工具)装运,并且产品不允许经受雨、雪或液体物质的淋袭与机械损伤。

8.4 贮存

产品贮存时应放在原包装箱内,存放产品的仓库环境温度为一10℃~40℃,相对湿度不大于80%。仓库内不允许有各种有害气体、易燃、易爆的产品及有腐蚀性的化学物品,并且应无强烈的机械振动、冲击和强磁场作用。包装箱应垫高离地面至少10 cm,距离墙壁、热源、冷源、窗口或空气入口至少50 cm。若无其他规定时,贮存期一般应为一年以内。若在生产厂存放超过一年者,则应重新进行出厂检验。

附 录 A
(规范性附录)
故障的分类与判断

A. 1 故障定义

A. 1. 1 受试样品在规定条件下,不能完成其规定的性能。

A. 1. 2 受试样品在规定条件下,出现了一个或几个性能参数不能保持在规定值的上下限之间。

A. 1. 3 受试样品在规定应力范围内工作时,出现了机械零件、结构的损坏或卡死,或出现了元器件的失效或断裂,而使受试样品不能完成其规定的功能。

A. 2 故障分类

故障类型分为关联性故障(简称关联故障)和非关联性故障(简称非关联故障)。

关联故障是受试样品预期会出现的故障,通常都是由产品本身条件引起的。关联故障在解释试验结果或计算可靠性特征时应要记入故障。

非关联故障则是受试样品出现非预期的故障,这类故障不是受试样品本身条件引起的,而是试验要求之外引起的。非关联故障在解释试验结果或计算可靠性特征值时不记入。但应在试验中作记录,以便于分析和判断。

A. 3 关联故障判断

A. 3. 1 必须更换元器件或零部件(包括外用设备)才能排除的故障。

A. 3. 2 损耗件(如电池等)在其寿命期内发生的故障。

A. 3. 3 需要对接插件、电缆等进行修整,以消除短路和接触不良,方可排除的故障。

A. 3. 4 不是同一故障引起而同时发生两个以上的关联的故障,则应如数记入。如果是同一故障引起的,则各记一次。

A. 3. 5 出现造成测试和维护使用人员的不安全或造成受试样品和设备严重损坏的故障,应立即做出拒收规定,并终止试验。

A. 3. 6 程序的偶然停运或运行失常,但无需任何维修和调整,再经启动就能恢复正常的偶然跳动故障,凡同一受试样品积累数达三次者,记为一次关联故障,不足三次者均以非关联故障论处。

A. 4 非关联故障判断

A. 4. 1 从属性故障

由于受试样品中其他元器件或零部件失效(包括外围设备故障)而直接引起受试样品某一相关元器件或零部件的失效,造成的故障;或者由于试验条件变化已超出规定的范围(如突然断电,电网电压和频率的变化,温湿度的变化,严重的机械环境变化和干扰等)而引起的故障;都属于从属性故障。

A. 4. 2 误用性故障

由于操作人员的过失而造成的故障,如安装不当,带电插拔有源接口或线缆,施加了超过规定的应力条件或者按产品标准规定允许调整的部件没有得到正确的调节,而造成的故障都属于误用性故障。

A. 4. 3 诱发性故障

在检修期间,因为维修人员的过失而造成的故障。

