ICS 71.100.30
Y 88
备案号:25448—2009

AQ

中华人民共和国安全生产行业标准

AQ 4105—2008

烟花爆竹　烟火药 TNT 当量测定方法

Fireworks and firecracker—
Determination methods of TNT equivalent of pyrotechnics

2008-11-19 发布　　2009-01-01 实施

国家安全生产监督管理总局　发 布

AQ 4105—2008

中华人民共和国安全生产
行 业 标 准
烟花爆竹 烟火药 TNT 当量测定方法
AQ 4105—2008
*
煤炭工业出版社 出版
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)
网址:www.cciph.com.cn
煤炭工业出版社印刷厂 印刷
新华书店北京发行所 发行
*
开本 880mm×1230mm 1/16 印张 5/8
字数 9 千字 印数 1—1,000
2009 年 1 月第 1 版 2009 年 1 月第 1 次印刷
15 5020·331
社内编号 6055 定价 10.00 元
版权所有 违者必究
本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,本社负责调换

目　　次

前言 …… Ⅱ
1　范围 …… 1
2　规范性引用文件 …… 1
3　测定原理 …… 1
4　仪器设备 …… 1
5　取样方法 …… 2
6　环境条件 …… 3
7　实验前准备 …… 3
8　测定爆炸冲击波超压 …… 3
9　TNT 当量计算方法 …… 4

前　　言

本标准为推荐性标准。

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归口。

本标准主要起草单位：北京理工大学、北京市烟花爆竹质量监督检验站、河北饶阳县东赵市鞭炮厂、河北中兴礼花厂。

本标准主要起草人：张奇、赵家玉、李增义、赵金忠、许铁川。

本标准首次发布。

烟花爆竹　烟火药 TNT 当量测定方法

1　范围

本标准规定了烟花爆竹用烟火药 TNT 当量测定的适用设备、取样方法、环境条件、安全要求、冲击波超压测定和 TNT 当量计算方法。

本标准适用于烟花爆竹用烟火药 TNT 当量的测定。

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，凡是不注明日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 699　《优质碳素结构钢》

GB 10632　《烟花爆竹抽样检查规则》

3　测定原理

用 TNT 当量来衡量烟火药爆炸能力的计量单位。

测量 1 kg（m_{TNT}）TNT 在一定条件下爆炸时，不同距离（R_{TNT}）处形成的空气冲击波超压（ΔP_{TNT}），从而计算出 ΔP_{TNT} 与 m_{TNT}、R_{TNT} 函数关系。

在相同条件下测量烟火药在爆炸时产生的空气冲击波超压（ΔP_{PYR}），从而计算出 ΔP_{PYR} 与 m_{PYR}、R_{PYR} 函数关系。

根据以上两个函数关系，计算出当 $\Delta P_{TNT}=\Delta P_{PYR}=0.03$ MPa、$R_{TNT}=R_{PYR}$ 时，m_{TNT}/m_{PYR} 的值（即 TNT 当量系数 f）。

其他类似烟火药 TNT 当量＝$f\times m$（烟火药质量）。

4　仪器设备

4.1　B&W 61012 型多通道恒流电压源：

通道数：大于等于 4 个；

恒流源输出电压：18 V～30 V；

恒电流：4.5 mA；

放大倍数：1 倍和 10 倍；

频率范围（±5%）：0.1～100 000（×1）；0.1～50 000（×10）；

宽频带电噪声：<0.01（×1），0.5（×10）mVrms；

频道间互干扰噪声：<50 μVrms；

精度：<±1%；

输出信号电压范围：±5 V；

电源电压－直流电压：9 V×3×3；

交流电压：220 V。

4.2　TDS5054B 型数字荧光示波器：

带宽 1 GHz；

最高实时采样速率 5 GS/s；

4 个输入通道；

记录长度最高 16 MB；

100 000 wfms/s 最大波形捕获速率；

1.5%DC 垂直增益精度；

具有 Windows2000 操作平台；

显示器大于等于 264 mm。

4.3 起爆器：

普通 8 号电雷管起爆器、220 V 交流电源或大于电压 6 V 的直流电源。

4.4 Kistler 211M0160 型石英晶体压电式压力传感器：

测量范围为 0.01 MPa ～7MPa，传感器的灵敏度 0.038 mV/MPa。

4.5 8 号雷管。

4.6 电点火头：

桥丝电阻 1.7 Ω～2.3 Ω，药量 9 mg～12 mg。

4.7 传感器固定盘：

直径 200 mm，厚度 10 mm，材质为优质碳素结构钢(GB/T 699)，硬度 HB150～200。

4.8 钢套 1(适于装 1 kg 烟火药)：

内径 100 mm，外径 120 mm，长度 100 mm，一端开口、另一端封闭，封闭端底厚 10 mm，材质为普通碳素钢。

4.9 钢套 2(适于装 3.5 kg 烟火药)：

内径 150 mm，外径 170 mm，长度 160 mm，一端开口、另一端封闭，封闭端底厚 10 mm，材质为普通碳素钢。

4.10 钢套 3(适于装 11 kg 烟火药)：

内径 225 mm，外径 240 mm，长度 230 mm，一端开口、另一端封闭，封闭端底厚 15 mm，材质为普通碳素钢。

4.11 纸筒：

将牛皮纸(120 g/m^2)，利用模具粘成与选用钢套内径相同的的空心圆筒(高度略高于钢套)，封闭纸筒底部，多余重叠部分剪去，形成锯齿形，用胶粘封。

4.12 圆纸板：

外径与选用钢套内径相同，厚度为 1.5 mm～2.0 mm，中心孔径 1.5 mm±0.1 mm。

4.13 钢板：

钢板直径 1 m，钢板厚度 5 mm，材质为优质碳素结构钢(GB/T 699)，硬度 HB150～200。

4.14 风速测定仪：

量程 0.4 m/s ～30.0 m/s，精度±2.0%。

4.15 游标卡尺：

精度 0.02 mm。

4.16 米尺：

精度 1 mm，测量范围：0 m～30 m。

5 取样方法

按 GB 10632 执行。

6 环境条件

6.1 试验场地环境风速应小于 1 m/s。

6.2 试验场地环境温度应在 0 ℃～30 ℃之间，相对湿度应小于 60%。

6.3 试验场地地面平整、硬实、土质均匀，爆炸点周围 20 m 内无障碍遮挡。

6.4 爆炸点周围 100 m 内无重要建筑物，无易燃易爆物。

7 实验前准备

7.1 将 4 个传感器感应端分别装在传感器固定盘上，将传感器另一端分别插入多通道恒流电压源传感器安装孔内，将多通道恒流电压源和数字示波器连接好。

7.2 接通起爆系统的电源。

7.3 启动示波器和多通道恒流电压源，进入测试程序，检查仪器是否正常。

7.4 试样加工

7.4.1 TNT 试样加工

称量 TNT1 000 g±1 g，用油压压力机压制成直径 100 mm，密度 1.6±0.01 g/cm^3 的药块（压制药块时压机通过定位控制药块成型密度），压药应在专用操作间内进行，并严格遵守药块压制操作安全规程。

7.4.2 烟火药试样加工

烟火药不进行破碎、筛选处理。

对未知爆炸能力的烟火药测定，第一次应称量 1 000 g±1 g 烟火药进行测量（选用钢套 1 装药），如 1 000 g 烟火药只燃烧而不爆炸，应改为 3 500 g±3 g 药量进行测量（选用钢套 2 装药）；如 3 500 g 烟火药也只燃烧而不爆炸，再改为 11 000 g±10 g 药量进行测量（选用钢套 3 装药）。

将纸筒送入钢套中，纸筒底部贴住钢套下端，剪去纸筒多余部分，将规定质量的烟火药缓慢倒入相应钢套的筒底，轻轻振动使药面平整。

将电点火头的电线穿过圆纸板中心孔和压模中心孔，拉直电线，让电点火头根部顶住圆纸板，然后一同贴放在药面上，保证电点火头相对垂直插入药物。

8 测定爆炸冲击波超压

烟火药剂采用电点火头起爆，TNT 采用 8 号电雷管起爆，TNT 药块与电雷管的连接以可靠起爆为原则，保证雷管聚能部位与药体密接。

8.1 将样品（去掉钢套）垂直悬吊 500 mm±5 mm，点火端处于样品下端，将钢板水平放置在样品中心正下方的地面，保证钢板上平面与地面相平。

8.2 将传感器连同传感器固定盘布设在地面上，并保证传感器敏感面与地面相平，传感器中心与样品圆心水平距离分别是 1 000 mm±5 mm、2 000 mm±5 mm、3 000 mm±5 mm、40 00 mm±5 mm，四个传感器布在同一半径方向。

8.3 起爆器放置在距爆炸点 100 m 以外，如有防护屏障能保证检验人员的安全，可放置在距爆炸点 25 m以外。

8.4 清除距爆炸点 150 m 内的无关人员，并派专人进行监督警戒。

8.5 除接线员外的所有检验人员撤离到起爆器处。

8.6 接线员在确认起爆线另一端短路且与起爆器处于断开状态下，将起爆器锁上，钥匙由接线人员控制，将电点火头线与电线连接，接线员撤离到起爆器处。

8.7 启动示波器和多通道恒流电压源，进入测试程序，根据经验设置好示波器每个通道的测试参数，按下前面板的 RUN/STOP 按钮，启动捕获，进入测试等待状态。

8.8 打开起爆器，接通起爆系统的电源进行起爆。

8.9 每种样品试验3次，3次试验的平均值作为该样品在1 m、2 m、3 m、4 m处的空气冲击波超压。

8.10 测量的烟火药空气冲击波超压最大值应大于等于0.03 MPa，最小值应小于等于0.03 MPa，否则压力传感器距离应适当调整。

8.11 试验测试系统标定：为了保证测试结果的可靠性，每次试验采用等量TNT进行现场标定。

9 TNT当量计算方法

9.1 空气中冲击波超压公式：

$$\Delta P = a_1\left(\frac{\sqrt[3]{m}}{R}\right)+a_2\left(\frac{\sqrt[3]{m}}{R}\right)^2+a_3\left(\frac{\sqrt[3]{m}}{R}\right)^3 \quad \cdots\cdots(1)$$

式中：

ΔP——空气冲击波超压，单位MPa；

a_1、a_2、a_3——拟合公式系数；

m——药物质量，单位kg；

R——空气冲击波超压测量点到样品中心的水平距离，单位m。

试验时，在同一距离得到n个超压数据，由下式得到该距离上超压的平均值：

$$\overline{\Delta P_i} = \left(\sum_{k=1}^{n}\Delta P_k^2/2\right)^{1/2}$$

n是每一个距离上测试得到的超压值的个数。a_1、a_2、a_3由下列方程组求出：

$$\sum_{i=1}^{4}\frac{\sqrt[3]{m}}{R_i}\left[a_1\left(\frac{\sqrt[3]{m}}{R_i}\right)+a_2\left(\frac{\sqrt[3]{m}}{R_i}\right)^2+a_3\left(\frac{\sqrt[3]{m}}{R_i}\right)^3-\overline{\Delta P_i}\right]=0$$

$$\sum_{i=1}^{4}\left(\frac{\sqrt[3]{m}}{R_i}\right)^2\left[a_1\left(\frac{\sqrt[3]{m}}{R_i}\right)+a_2\left(\frac{\sqrt[3]{m}}{R_i}\right)^2+a_3\left(\frac{\sqrt[3]{m}}{R_i}\right)^3-\overline{\Delta P_i}\right]=0$$

$$\sum_{i=1}^{4}\left(\frac{\sqrt[3]{m}}{R_i}\right)^3\left[a_1\left(\frac{\sqrt[3]{m}}{R_i}\right)+a_2\left(\frac{\sqrt[3]{m}}{R_i}\right)^2+a_3\left(\frac{\sqrt[3]{m}}{R_i}\right)^3-\overline{\Delta P_i}\right]=0$$

式中R_i为距离，即$R_1=1$ m，$R_2=2$ m，$R_3=3$ m，$R_4=4$ m。$\overline{\Delta P_i}$是与R_i相对应的超压平均值。求解上述方程组，可以得到a_1、a_2、a_3的值。

9.2 计算TNT爆炸在空气传播的拟合公式系数a_1、a_2、a_3

$m_{TNT}=1$ kg，R分别是1 m、2 m、3 m、4 m时对应的ΔP_{TNT}分别代入公式(1)中，由最小二乘法计算a_1、a_2、a_3的值。

TNT爆炸空气冲击波超压用下列公式表示：

$$\Delta P_{TNT} = a_1\left(\frac{\sqrt[3]{m_{TNT}}}{R}\right)+a_2\left(\frac{\sqrt[3]{m_{TNT}}}{R}\right)^2+a_3\left(\frac{\sqrt[3]{m_{TNT}}}{R}\right)^3 \quad \cdots\cdots(2)$$

9.3 计算烟火药爆炸在空气传播的拟合公式系数a_1、a_2、a_3

将相应的烟火药质量m_{PYR}(kg)，R_1分别是1 m、2 m、3 m、4 m对应的ΔP_1分别代入公式(1)中，由最小二乘法计算a_1、a_2、a_3的值。

烟火药爆炸在空气冲击波超压公式：

$$\Delta P_{PYR} = a_1\left(\frac{\sqrt[3]{m_{PYR}}}{R}\right)+a_2\left(\frac{\sqrt[3]{m_{PYR}}}{R}\right)^2+a_3\left(\frac{\sqrt[3]{m_{PYR}}}{R}\right)^3 \quad \cdots\cdots(3)$$

9.4 计算烟火药TNT当量系数f

将$\Delta P_{TNT}=0.03$ MPa，$m_{TNT}=1$ kg代入公式(2)中，计算出距离R，令$R=R_{TNT}$

将$\Delta P_{PYR}=0.03$ MPa，$R=R_{TNT}$代入公式(3)中，计算出m_{PYR}

$f=m_{PYR}/m_{TNT}$

9.5 烟火药 TNT 当量$=f\times m$

式中：

m——烟火药质量，单位 kg。

9.6 同时对多个烟火药的 TNT 当量进行测量时，不需重复对 TNT 拟合系数 a_1、a_2、a_3 进行测定。