

# 炸药的氧平衡

中国马列毛主义青年团武装部编

2021. 3

我们在学习炸药技术时知道，炸药简单来说，可以视为一种非常快速的燃烧过程，这种表达不准确，但不妨碍我们理解它的反应过程。燃烧需要有氧化剂和还原剂，还原剂就是燃料，氧化剂就是使燃料燃烧，放出能量的物质。从微观角度上来说，还原剂在燃烧时失去电子，它的外层电子跃迁到低层轨道上，与氧化剂的原子牢固结合，这样会使电子能级降低，必然要放出能量，这能量以热量的形式释放出去。听到这里有的同学听不懂没关系，只要记住，燃烧过程必然要有还原剂和氧化剂参与就可以了。氧气是常见的一种氧化剂，然而氧化剂并不一定只限于氧气，可以由很多种其它物质来充当。

爆炸属于自带氧化剂和还原剂的反应过程，因为爆炸物在分解的过程中，氧化剂和还原剂都带齐了，就不需要外界的氧化剂，所以爆炸物质是比较牛。

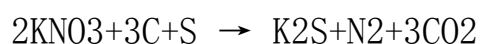
那么炸药的氧平衡是什么意思呢，就是指炸药自带的氧化剂过剩或不足的质量，占炸药总质量的比值，若是氧化剂过剩则氧平衡为正值，若是氧化剂不足则氧平衡为负值。它能够判断炸药是否完全反应了，是我们选择炸药时的一个重要参数。可想而知，如果氧平衡是 0，说明炸药的氧化剂和还原剂刚刚好，完全反应了，在这种情况下炸药释放出的能量最大。如果氧平衡是负值，说明炸药自带的氧化剂不够，也就是说爆炸后有一部分燃料没参加反应，浪费了。如果氧平衡是正值，说明炸药带的氧化剂太多了，这部分氧化剂因为缺燃料，没有参

加反应，也属于一种浪费。

下面我们通过具体实例，来计算几种爆炸物的氧平衡

### 一，黑火药

黑火药是一种古老的炸药，它是低级炸药，爆速很低，只有 400m/s，黑火药配方很多，一般的配方是，硝酸钾 75，木炭 15，硫磺 10，以质量计算。为什么会配出这样的质量比例？是考虑到它的氧平衡。黑火药最简单的反应方程式是：



方程经过了配平，说明这时反应是完全的，即 2 摩尔的硝酸钾，3 摩尔的木炭，1 摩尔的硫磺，反应后得到方程式右边的物质，同样以摩尔份数来算。

硝酸钾的分子量是 101，碳是 12，硫是 32，这样反应物的总分子量是  $101 \times 2 + 12 \times 3 + 32 = 270$ ，硝酸钾占的质量比  $= 101 \times 2 / 270 = 74.81\%$ ，木炭占的质量比  $= 12 \times 3 / 270 = 13.33\%$ ，硫磺占的质量比  $= 32 / 270 = 11.85\%$ ，这个比例大致是 75：15：10

也就是说，如果我们在制作黑火药时遵循了上述质量配比，反应物是基本完全反应的，这时黑火药的氧平衡为零。

注：黑火药在实际爆炸时的反应比上述复杂，上述生成物还会继续反应生成其它物质，但刚开始学习时不考虑这些问题不大。

在计算单质爆炸物氧平衡时，我们提供两种方法来计算。

方法 A：将反应方程式配平，观察方程式右边的生成物质，如果含有 C，CO，H<sub>2</sub>，等还原剂（燃料），则说明氧气不足，氧平衡为负值，这时算出将这些燃料全部反应掉需要的氧原子质量，占全部物质的百分比，就是氧平衡系数。如果反应物还有 O<sub>2</sub>，NO，NO<sub>2</sub> 等气体，说明氧气过量，计算这些氧气占全部物质的百分比，就是氧平衡系数。

方法 B：直接从爆炸物质着手，先把碳原子、氢原子完全反应需要的氧原子扣除，然后看氧原子是否多出来或是否缺少，这额外的氧原子的质量占爆炸物的百分比，就是氧平衡系数

## 二，硝酸铵

硝酸铵是一种农业化肥，也可以作为高爆炸药使用，爆炸时爆速 2700m/s，爆炸反应方程式：

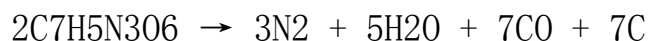


方法 A: 观察方程式右边, 发现爆炸后有氧气生成, 显然氧化剂过量, 2 摩尔的硝酸铵爆炸后生成 1 摩尔氧气, 则 1 摩尔硝酸铵爆炸后可生成 0.5 摩尔氧气, 1 摩尔硝酸铵的质量= $14+1\times4+14+16\times3=80\text{g}$ , 0.5 摩尔氧气质量= $0.5\times32=16\text{g}$ , 因此, 氧化剂过量, 氧平衡= $16/80=20\%$

方法 B: 硝酸铵里还原剂只有氢原子, 一个硝酸铵分子含有 4 个氢原子, 每个 H 原子需要 0.5 个 O 原子结合生成一个水分子。4 个 H 原子需要 2 个 O 原子, 而一个硝酸铵分子含有 3 个 O 原子, 这样氧原子多出来一个, 氧原子的原子量是 16, 即硝酸铵的氧平衡为  $16/80=20\%$

### 三, TNT (三硝基甲苯)

TNT 炸药的爆速高达  $6800\text{m/s}$ , 是高炸药的标准, 其它爆炸物质通常以它来做参照, 其爆炸反应方程式:



方法 A: 观察方程式右边, 发现爆炸后有 CO 气体, 碳生成, 这些都是燃料即还原剂, 因此 TNT 肯定缺氧, 氧平衡为负值。

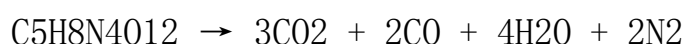
7 个 CO 分子燃烧需要  $7/2$  个  $O_2$ ，即 7 个氧原子，7 个 C 原子燃烧需要 7 个氧分子，即 14 个氧原子，所缺的总氧原子质量  $=7 \times 16 + 14 \times 16 = 336g$ ，而反应物是 2 摩尔 TNT，质量  $=2 \times (12 \times 7 + 5 + 14 \times 3 + 16 \times 6) = 454g$ ，TNT 的氧平衡为  $-336/454 = -74\%$

方法 B：一个 TNT 分子含有 7 个碳原子，5 个氢原子，完全燃烧掉需要的氧原子数量为  $7 \times 2 + 5/2 = 16.5$  个，而一个 TNT 分子只能提供 6 个氧原子，这样氧原子缺 10.5 个，氧平衡为负，大小为  $-10.5 \times 16 / 227 = -74\%$

TNT 在爆炸时，因为缺氧，而且缺的很厉害，会生成大量的碳，碳是黑色的，所以 TNT 爆炸时会冒出黑烟，有经验的人一看到爆炸产生一片黑云，就能猜到爆炸物是 TNT。硝酸铵不含碳，氧平衡又是正值，爆炸时是一片白烟。

#### 四，PETN

PETN（太恩）炸药的爆速高达 8100m/s，爆炸反应方程式：



方法 A：观察方程式右边，发现爆炸后有 CO 生成，显然氧化剂不足，

多出来的 2 个一氧化碳分子 CO，需要 1 个氧分子来燃烧掉。这样缺少一个氧分子，PETN 的分子量是 316，这样它的氧平衡 =  
 $-32/316 = -10.13\%$

方法 B: 一个 PETN 分子含有 5 个 C, 8 个 H, 分别需要  $5 \times 2 = 10$ , 和  $8/2 = 4$  个氧原子，总共需要 14 个氧原子，而一个 PETN 分子只能提供 12 个氧原子，因此缺少两个氧原子，氧平衡=  
 $-2 \times 16/316 = -10.13\%$

一般说来，一种单质炸药氧平衡是零值的很少见，一般的高爆炸药氧平衡是负值的居多，所以各种炸药要混合搭配，配成氧平衡接近于零，这样爆炸效率最高。而像硝铵这种氧平衡是正值的炸药，就要加一些燃料，消耗掉它过量的氧化剂，可以加入少量柴油，配成铵油炸药，爆速则有所提高。

自我练习：

RDX（旋风炸药）是一种性能优良的高爆炸药，爆速高达 8750m/s，  
爆炸反应方程式：

