

度达到工艺要求,稳定以后,转换为仪表自动控制温度。

(3) 硝化稳定后 10 min,从离心分离机废酸出口管上,取废酸样品分析总氮质量分数,检查硝化温度是否合乎要求(实际是检查硝化系数是否合理)。如果超出规定,应根据分析结果,调整硝化温度,稳定后再重新取样至分析合格。

(4) 及时打开其他各塔洗涤液和压缩空气。

(5) 硝化正常后半小时,到分离工房,洗涤工房等进行巡回检查。

(6) 硝化过程中随时注意硝化酸流量和硝化温度及真空度。每隔半小时记录一次有关工艺参数。

(7) 硝化过程中发出声光信号,应查明原因,采取措施,和其他岗位(单位)有关时,及时联系,必要时停止硝化。

(8) 硝化过程中发出停料声光信号,马上到故障地点进行检查(注意:硝化温度超过上限应停料,不要去检查)。排除故障,恢复正常后继续硝化;原因不明,或不能及时排除时应通知其他岗位,停止硝化。

(9) 硝化时应特别注意,无论什么情况下都不能先停硝化酸,否则硝化酸流到甘油管道中,有发生爆炸的危险。

三、停止硝化

(1) 停止硝化前 15 min 通知制冷工序停送盐水,5 min 前通知原料岗位停送甘油。

(2) 硝化温度开始上升到高于正常硝化温度 5℃ 以上或甘油恒液位槽中甘油用完,首先应加大空气量然后自动或手动停料,并通知各岗位停止硝化。

(3) 停料后将硝化酸流量经转子流量计降低到 20 kg/min 左右,冲洗管道 2~3 min,然后关闭硝化酸。

(4) 待混合物管道中的酸流完以后,切断离心分离机电源,离心分离机停止运转后待转鼓中混合物流完,再启动离心分离机运转 1 min 停车。

(5) 将废酸管道上的三通开关转到废水管处,启动离心分离机至正常运转后,加水冲洗(注意:未转三通开关不能通水冲洗,否则废水流到后分离器或废酸槽中可能引起分解)。

(6) 冲洗离心分离机 30~60 min 后,停止加水,切断电源,待离心分离机转鼓中的废水和渣滓流完后,再启动离心分离机正常运转半分钟后停止操作。应该指出,二次启动是必要的,它可以使分离碗和转鼓上的渣滓减少,延长离心分离机的使用寿命,减少转鼓拆卸次数。

四、生产工艺故障的排除

1. 真空度

(1) 真空度波动大。产生这种情况的原因一般是喷射器喷嘴和扩散管制造时偏心度过大(一般规定不超过 0.08 mm),或者喷嘴安装不正,可以通过试验检查确定。如果不是喷射器

问题,则是混合物管道直径大,如果管道能满足混合物湍流要求,在喷射器出口加上一个十字架就可以了。在生产中发生此种情况,一般是喷嘴安装不正,需要重新安装校正。

(2) 真空度低。一般是甘油或真空管道漏气。首先将甘油管道从喷射器处堵死,用真空表试验喷射器真空度,如无问题,检查真空管道及所有焊缝和接头,即可确定是真空管道漏气或因倒酸使管道堵塞。用压缩空气顶吹,可以发现漏气处或将堵塞物吹通,经检修调整后真空度就能上去。如果真空度仍然很低,则是甘油管道问题,首先应检查加料口是否漏气,如无问题,由喷射器向后分段检查甘油管,就能找到问题所在。

(3) 真空度突然降低到下限。出现这种情况应马上停料,这时如果硝化酸流量已经降低,但喷射器入口压力很大,那么喷嘴堵塞的可能性很大,应停止硝化,将硝化酸槽退气,卸下喷射器取出堵塞物。如喷嘴并未堵塞,应检查管道,使其疏通。如果停料以后没有喷射压力,则是管道或过滤器堵塞,应检修排除故障。为保证安全,当真空度降至下限应自动停料。

2. 硝化温度

(1) 硝化温度升高。出现这种情况的原因有两个,一是甘油温度高黏度降低,甘油加入量有所增大,另一方面可能是盐水温度高,硝化酸冷却不下来,为了使温度恢复正常,宜和制冷、原料岗位联系,采取措施。

(2) 硝化酸温度波动。硝化过程中如果硝化温度波动超过给定值 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 或者温度跳动,首先检查真空度是否高于规定太多,多了加大空气量,降到规定范围。如果真空度正常,则请仪表工调整仪表,仍然无效时则可能是甘油原料问题,应停止硝化,采样分析并做小型硝化试验确定原因。

(3) 硝化温度偏低。硝化开始后,温度上升不到规定位置,其他条件都正常,只是甘油转子流量计浮不上去,此时应停止硝化,不允许提高甘油温度和硝化酸温度,否则废酸将不合要求。停料之后,检查甘油过滤器,清除里面的杂质。

(4) 硝化温度突然降低。这是硝化系数破坏的特征,应马上加大空气手动停料,等待几分钟,如果无其他问题可继续硝化。硝化温度突然降低的原因一般是甘油温度过高使黏度降低很多,造成甘油流量加大很多,使硝化反应不完全所致,应和原料岗位联系,采取措施。

3. 喷射器喷嘴压力增高

有时会出现喷射压力高于正常压力 $0.3\sim 0.5\text{ kg/cm}^2$ 的现象,这是由于喷嘴或过滤器有些堵塞,但未堵死,若能达到规定硝化酸流量要求,待硝化结束后,再将喷射器和过滤器清洗干净。

4. 离心分离机

(1) 离心分离机空车试验振动过大。若是新安装的离心分离机出现这种情况,一个原因是安装不正,或地脚螺丝拧得过紧,使橡胶垫起不到缓冲作用。为此新安装的离心分离机应做空车、重车、振摆试验,并详细记录试验结果。生产以后发生上述情况,可能是拆卸清洗后安装不好,使转鼓失去平衡,应马上停车重新安装。另一种可能是地,脚橡胶垫老化,失去缓冲作

用,应进行更换,一般地,脚橡胶垫两年更换一次。

(2) 离心分离机重车振动大。有两种可能,一种是离心分离机运转未达到额定转速即加入液体;另一种是加料速度过快。不管哪种原因都应马上停止加料并立即停车,待离心分离机转鼓内容物全部流净,重新启动,运转速度正常后,慢慢加料,形成液封后再加大流量。

(3) 离心分离机低于正常转速。使用皮带传动的多是电动机皮带有空转打滑现象。至于采用摩擦片的则是摩擦片太光或者片上有油,拆下来打磨或擦净即可。有时因动力电压太低也能降低转速,应请电工检查采取措施。

(4) 离心分离机转速大幅度降低。发生这种情况的可能性较少,通常是突然停电。有时是离心分离机的机械故障,不管什么原因,如果没有自动停料,应马上手动停料,进行检查。为了保证安全,离心分离机转速低于规定时可以立即自动停料。

(5) 离心分离机放净口漏酸。生产中放净口不应漏酸,若漏酸量少,则是O形环被破坏,应停止硝化更换O形环;如漏酸量大,则是投料速度太快破坏液封,遇到此种情况应马上停止硝化,切断电源,放净转鼓中的全部混合物再重新开车。

(6) 离心分离机分离效果不好。在刚投产或改变产品时,分离效果不好,一般是重力盘选择不合适,应在实践中重新选择。

离心分离机脏污也是效率降低的另一原因,应进行拆卸清洗,根据生产实践确定合适的清洗时间。硝化酸混浊,直接影响分离效果,如果没有较好的硝化酸更换,可将分离温度提高 $2\sim 3^{\circ}\text{C}$ 。若进料量大于离心分离机生产能力太多,也能造成分离效果不好,甚至有一部分乳状液从溢流口流到废酸中。因此一般情况下,不允许投料量超过离心分离机的设计能力。

5. 废酸溢流

由于废酸管道堵塞,可能发生溢流,当生产转入正常后,经常巡回检查,发现问题及时处理。

五、喷射硝化工艺的优缺点

喷射硝化法是简便而比较安全的生产工艺,其主要优点如下。

(1) 硝化和分离的周转量少。

(2) 由于喷射器的结构特性,依靠负压将甘油吸入,当硝化过程中硝化酸流量减少时,甘油有较多的减少,比较容易控制停料,可以保证硝化系数不致破坏。

(3) 由于硝化系数的变化由硝化温度表现出来,通过分析废酸中的总氮质量分数可以调整硝化温度,从而提供了最简便的控制硝化系数的方法。

(4) 硝化后的乳状液比其他工艺方法的硝化混合物钝感,不易传爆,可以较安全地进行输送。

(5) 喷射硝化器结构简单,易于制造,适用于许多生产能力不同的工厂。

但是,喷射硝化法也和其他硝化法一样,存在一些不易克服的缺点,如没有解决洗涤、贮存

等工艺过程中在制量大的问题;工艺本身是在负压下工作,如果喷射器负压遭到破坏,就有使硝酸倒流入甘油管道而发生爆炸的危险;同时由于它是通过仪表测定硝化温度来调整甘油流量和控制硝化系数的,所以当硝化系数因甘油温度高、流量增大而被破坏时,硝化温度会突然降低,这时仪表反而因温度低而增加流量,使事故扩大。这些缺点只有在操作和仪表控制上采取一定措施,才能克服。

4.5.4 硝化甘油生产的安全技术

硝化甘油的生产除了具有火炸药生产的一般危险特点外(如易燃、易爆、有毒及酸伤等),还有它突出的危险性。例如,硝化甘油具有很高的机械感度,同时酸性硝化甘油很容易自行分解,如果生产、贮存和运输当中硝化甘油的温度太高或过低,以及输送过程中发生分解等,则其爆炸的危险性均增大。由此可知,在生产中如何预防硝化甘油分解和爆炸,是安全生产的主要问题,也是安全技术的主要任务。

关于硝化甘油生产中一般的技安知识(如防火、防毒、防酸伤等),在火炸药生产安全技术规程和工厂的技安守则中均有明确的规定。硝化甘油生产中特有的分解爆炸危险性及其预防的安全技术知识,结合生产实践经验,概括为以下几点。

一、预防机械冲击、摩擦和震动

根据历史事故资料的记载,曾发生过下列一些典型的爆炸事故:①人工抬运硝化甘油时跌倒,致使硝化甘油受到冲撞而爆炸;②启动管道阀门,使沉积在阀门处的硝化甘油受到摩擦而发生爆炸;③甘油漏斗脱落撞击硝化甘油引起爆炸;④熔化冻结的代那迈特炸药,使其中半熔状的硝化甘油受到触动而爆炸;⑤用管道输送未经乳化的硝化甘油时,由于流速过大,在管道内产生水锤冲击而发生事故等。为了预防上述类似机械原因引起的生产事故,除了从设计、施工、安装等方面进行周密考虑加以排除外,最主要的还应在生产过程中严加预防。为此必须注意以下几点。

(1) 在生产工房不许存放起爆物品、零散物以及与生产无关的用具。

(2) 进入生产工房的人员不得穿硬底鞋和携带硬质物件。

(3) 生产使用的工具应是软质的,操作时应注意轻拿轻放,在有硝化甘油的物件上严禁敲击。

(4) 检修残存有硝化甘油的设备管道,必须将硝化甘油彻底处理干净后,方可进行检修。

(5) 用位差输送硝化甘油时,管道坡度一般不应大于3%。输送硝化甘油前后应用温水冲洗管道。为了预防防爆,在管道上最好安装爆轰隔断器,或用橡胶、塑料软管进行输送。

如采用喷射器乳化输送时,应防止空气进入喷射器内,以免因气泡受绝热压缩膨胀造成危险。

二、预防硝化甘油过热分解

硝化甘油在 60℃ 以上热分解开始显著,当硝化甘油受到 200℃ 以上的高温作用时,便会急速分解爆炸,特别是酸性硝化甘油热分解的危险性更大。因而,在历史上发生了不少硝化甘油热分解事故。例如,焊接未经处理干净的硝化甘油设备、管道,用蒸汽直接熔化冻结的硝化甘油废酸管道,以及在硝化器内发生的局部过热分解事故等。为了预防硝化甘油产生过热分解的危险,在生产过程中必须注意以下事项。

- (1) 防止在 60℃ 以上的高温加热处理硝化甘油。
- (2) 防止硝化过程产生局部过热现象。
- (3) 防止日光照射硝化甘油,以免硝化甘油吸收紫外线而产生缓慢分解。
- (4) 禁止焊接残留有硝化甘油的设备和管道。

三、预防酸性硝化甘油自行分解

酸性硝化甘油的安定性很低,特别是在不安全的废酸组成中或受到热作用,很容易自行分解。引起酸性硝化甘油自行分解的主要原因如下。

(1) 硝化系数被破坏是引起酸性硝化甘油自行分解的首要原因,而且这种原因一经产生,往往很难避免事故的发生。造成硝化系数破坏的原因虽然很多,但是从实践经验来看,多数是由操作上的失误造成的。如甘油温度太高、混酸与甘油流量控制得不稳定等。

(2) 废酸成分不合理是引起酸性硝化甘油分解的直接根源。前述硝化系数破坏的后果,也导致了废酸成分不合理而使硝化甘油发生分解。

(3) 其他如贮存时间过长、温度过高以及酸性硝化甘油和废酸中氧化氮质量分数超过安全值等都会促使酸性硝化甘油自行分解。

为预防酸性硝化甘油自行分解,在生产过程中一般应注意控制下述几个安全技术条件。

(1) 从工艺上选择确实安全的废酸成分,并在生产中严格进行控制。一般应保证废酸成分不超出下列指标:硝酸质量分数不低于 8%;水分质量分数不大于 18%;硝化甘油质量分数不大于 3.0%;氧化氮质量分数不大于 0.6%。

(2) 在硝化生产操作中严格保证硝化系数控制在规定的范围内,尤其是在生产的开工与结束时应特别注意。

(3) 在后分离过程中应尽量使分离时间缩短,及时将分离出的酸性硝化甘油进行安全处理,严格控制废酸贮存温度在 15~25℃,一般贮存时间不应超过 48 h。

(4) 严禁贮存酸性硝化甘油。

四、预防硝化甘油产生冻结危险

在生产过程中,当室温低于 15℃ 时硝化甘油很容易产生冻结现象。处在变化态(熔化或

冻结过程)中的硝化甘油的机械感度比常态时增高数倍,受到轻微的机械冲击、摩擦、震动即可爆炸。所以,对硝化甘油生产工房和输送管道实行严格的保温措施,保持硝化甘油温度在15~25℃范围,以防止产生冻结的危险。

五、保证安全生产的方向

(1) 尽一切可能减少生产过程中硝化甘油的在制量。硝化甘油的在制量大,一旦发生事故,所造成的危害亦大,而且恢复生产也比较困难,所以,减少在制量是减轻事故后果的有效途径。在一定工艺设备条件下,最主要的是严格控制各生产工房的安全定量。

(2) 使硝化甘油钝感化。硝化甘油与酸(或水)形成的乳状液具有不易起爆和传爆的特点,因此在生产和输送过程中,尽量使硝化甘油处于乳化状态。这是保证安全生产的一项重要措施。

(3) 采用连续化、自动化遥控生产。生产过程的连续化和自动化,可使工艺条件稳定,减少生产现场的工作人员,并能防止和消除不正常现象的发生,制止事故的扩大和发展,同时也是实现远距离控制生产的重要条件。

4.6 其他硝酸酯类炸药

一、硝化乙二醇

硝化乙二醇(EGDN,GDN)的学名是乙二醇二硝酸酯,结构式为 $\text{O}_2\text{NOCH}_2\text{CH}_2\text{ONO}_2$, 分子式 $\text{C}_2\text{H}_4\text{N}_2\text{O}_6$, 相对分子质量 152.01, 氧平衡 0.0%。

硝化乙二醇为无色或淡黄色油状液体,黏度 $4.2 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ (20℃), 折射率 $n_D^{25} 1.4452$, 熔点 -20℃, 密度 1.4817 g/cm^3 (25℃)。基本上不吸湿,微溶于水,20℃在水中的溶解度为 0.62 g/100 mL , 但它在有机溶剂中的溶解性与硝化甘油相似。20℃下的蒸气压为 5 Pa, 沸点 198℃。75℃下加热 11 d 未发现分解, 燃烧热 7.40 MJ/kg , 爆速 7300 m/s (密度 1.49 g/cm^3), 爆热 6.80 MJ/kg , 爆容 740 L/kg , 威力 620 mL (铅铸扩张值), 爆发点 260℃ (5 s), 撞击感度低于硝化甘油。

硝化乙二醇由乙二醇用硝酸混酸硝化制得,所用的设备和制造工艺与硝化甘油相同。工业上也硝化 50/50 甘油/乙二醇的混合物,其硝化产物适用于难冻代那买特(Dynamite)。

硝化乙二醇对硝化棉的胶化能力高于硝化甘油,在室温下很快与硝化棉形成胶体。它已大量与硝化甘油用于制造难冻代那买特。因挥发性大,不宜用于火药。

二、硝化二乙二醇

硝化二乙二醇(DNDG,DEGDN,DGDN,DEGN)的学名是一缩二乙二醇二硝酸酯,也称

二乙二醇二硝酸酯。结构式为 $\text{ON}_2\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{ONO}_2$ ，分子式 $\text{C}_4\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_7$ ，相对分子质量 196.12，氧平衡-40.79%。

DNEG 为无色或淡黄色油状液体，黏度 $8.1 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ (20°C)，折射率 $n_D^{20} 1.4517$ ，密度 1.385 g/cm^3 (25°C)，熔点 2°C (稳定型)，不溶于乙醚、乙醇及丙酮，微溶于水 (25°C 下的溶解度为 0.40 g/(100 mL))， 20°C 下的蒸气压为 0.48 Pa ，沸点 160°C (分解)。 100°C 第一个 48 h 失重 4.0% ，燃烧热 11.69 MJ/kg ，爆热约 4.8 MJ/kg ，爆速 6800 m/s (密度 1.380 g/cm^3)，威力 410 mL (铅铸扩张值)，爆容约 1000 L/kg ，爆发点 240°C (5 s)。

将二乙二醇用硝硫混酸 ($50\% \text{HNO}_3$ 、 $45\% \text{H}_2\text{SO}_4$ 及 $5\% \text{H}_2\text{O}$) 硝化制得，工艺过程与硝化甘油生产相似，用做发射药和推进剂组分。

三、硝化三乙二醇

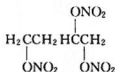
硝化三乙二醇 (TEGDN) 的学名是三缩三乙二醇二硝酸酯，又称三甘醇二硝酸酯，俗称太根。结构式为 $\text{O}_2\text{NOCH}_2\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{ONO}_2$ ，分子式 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_8$ ，相对分子质量 240.18，氧平衡-66.62%。

硝化三乙二醇为淡黄色油状液体，黏度 $13.2 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ (20°C)，折射率 $n_D^{20} 1.4540$ ，密度 1.355 g/cm^3 (20°C)，熔点 -19°C ，凝固点 -40°C 。溶于乙醚、乙醇及丙酮，微溶于水， 25°C 下的蒸气压小于 0.14 Pa ，燃烧热 14.4 MJ/kg ，爆热约 3.20 MJ/kg ，爆容 850 L/kg ，威力 320 mL (铅铸扩张值)，爆发点 223°C (5 s)。

以硝硫混酸硝化三缩三乙二醇制得，用做双基发射药和固体推进剂组分，特别适用于低热值双基药。

四、1,2,4-丁三醇三硝酸酯

1,2,4-丁三醇三硝酸酯 (BTTN) 的分子式 $\text{C}_4\text{H}_7\text{N}_3\text{O}_9$ ，相对分子质量 196.12，氧平衡-16.58%。结构式如下：



1,2,4-丁三醇三硝酸酯为淡黄色液体，黏度 $59 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ (25°C)，折射率 $n_D^{20} 1.4738$ ，密度 1.520 g/cm^3 (25°C)，熔点 -27°C ，溶于乙醚、乙醇及丙酮，微溶于水， 38°C 及 95% 相对湿度下 24 h 的吸湿量为 0.14% 。燃烧热 9.08 MJ/kg ，爆热 5.94 MJ/kg ，爆容 840 L/kg ，爆发点 230°C (5 s)，最小起爆药量 0.20 g (叠氮化铅)。

1,2,4-丁三醇三硝酸酯由硝硫混酸硝化 1,2,4-丁三醇制得。可用做硝化纤维素的含能增塑剂，特别适用于热带地区用双基药。丁三醇三硝酸酯作增塑剂对于防止推进剂发生脆变

非常有效,由它增塑的推进剂比其他硝酸酯增塑的推进剂具有更好的低温力学性能,在低温下仍具有较大的延伸率,在低温储存后延伸率下降较少,且能经受高低温循环试验的考验。含丁三醇三硝酸酯与二乙二醇二硝酸酯或与三乙二醇二硝酸酯组成的推进剂的低温力学性能较三羟甲基乙烷三硝酸酯与二乙二醇二硝酸酯增塑的推进剂要好得多。所以从推进剂能量和低温力学性能考虑,硝酸酯聚醚增塑的推进剂常采用 50/50 的硝化甘油/丁三醇三硝酸酯混合增塑剂。



第5章 工业炸药生产技术

5.1 工业炸药概述

5.1.1 工业炸药的用途、分类以及要求

人们习惯上把用于非军事目的的炸药称为工业炸药,工业炸药又称民用炸药,工业炸药是以氧化剂、可燃剂以及添加剂等按照氧平衡原理构成的爆炸混合物,属混合炸药,为非理想炸药。它广泛用于石油、煤炭、采矿、交通、电力、机械加工、农业和城市建设等多个领域,是国民经济建设中不可缺少的能源。工业炸药的品种、类别丰富,通常根据其组成、组分特性、物理状态、使用范围的不同有多种分类方法。常见的分类方法有两种,一种是根据组成和物理特征,工业炸药可分为铵梯炸药、铵梯油炸药、铵油炸药、改性铵油炸药、膨化硝铵炸药、浆状炸药、水胶炸药、乳化炸药(包括粉状乳化炸药)、硝化甘油炸药和其他炸药等;另一种分类方法是根据使用范围不同,工业炸药又可分为露天炸药、岩石炸药、煤矿许用炸药、地震勘探炸药、水下爆破炸药等。工业混合炸药应具有足够高的能量水平,良好的安全性、实用性和经济性,具体要求如下。

(1) 根据使用目的不同,具有不同的爆炸性能。例如,用于爆破坚硬岩石和金属开采的炸药应具有高威力、高爆速、高猛度;用于采煤爆破作业的炸药不仅要求具有较低的猛度,以免爆破后煤块太碎,还要求具有较低的爆温、产生的炽热产物不能引起瓦斯爆炸;对用于城市废旧建筑物爆破拆除的炸药,其爆速及威力均不宜过高,以防止爆炸碎片的飞散,影响周围建筑和行人的安全。

(2) 足够低的机械感度(危险感度)和适当的爆轰感度(实用感度),既要保证生产、储存、运输、使用等环节的安全,又要保证在采用常规的起爆器材及起爆方法时能可靠起爆,且能良好传爆。

(3) 物理化学性能应满足不同使用场所的要求。例如,用于潮湿地区的炸药应不吸湿、不结块;用于水下爆破的炸药应具有抗水性;用于矿井下及坑道内的炸药在爆炸时应不致引起瓦斯爆炸,爆炸生成物中的有毒气体质量分数应达到国家卫生标准。

(4) 具有一定的物理和化学安定性。在贮存期内不会因分解、变质、吸湿结块等因素而失效。

(5) 制造工艺安全便捷,原材料来源广泛,价格低廉。

5.1.2 工业炸药的原材料及其性质

工业炸药属于混合炸药,其组成可概括地分为氧化剂、可燃剂、敏化剂和添加剂等。其中氧化剂和可燃剂为基本组分,由于适用的氧化剂和可燃剂大多属于非爆炸性或低爆炸性物质,因此它们的混合物对外界能量的作用不太敏感。为保证使用的可靠性,混合物中还需要加入敏化剂。此外根据炸药性能和使用要求不同,炸药配方中往往还需加入其他各种添加剂,例如消焰剂、防潮剂、松散剂等。

一、氧化剂

顾名思义,氧化剂就是能提供氧元素,使之与可燃元素进行反应,放出能量,对外做功的物质。常用的氧化剂有以下几类:

- (1)硝酸盐类:如硝酸铵、硝酸钠等;
- (2)氯酸盐类:如氯酸钾、氯酸钠等;
- (3)高氯酸盐类:如高氯酸钾、高氯酸铵等;
- (4)硝基化合物类:如四硝基甲烷等;
- (5)单质氧类:如液氧、空气等。

工业炸药中,这些氧化剂可以单一使用,也可以复合使用。最常用的氧化剂是硝酸铵。

1. 硝酸铵

(1) 硝酸铵的物理性质。

硝酸铵的分子式为 NH_4NO_3 , 相对分子质量为 80.04, 氮含量 34.98%, 氧含量 59.99%, 氧平衡为 +19.98%, 熔点为 169.6 °C。常温常压下, 纯净硝酸铵是白色无结晶水的结晶体, 工业硝酸铵由于含有少量铁的氧化物而略呈淡黄色。硝酸铵可以制成多种形状, 工业炸药中使用的一般有粉状、粒状或多孔粒状硝酸铵。硝酸铵的堆积密度取决于颗粒度, 一般粉状硝酸铵为 0.80~0.95 g/cm³, 多孔粒状硝酸铵为 0.75~0.85 g/cm³。硝酸铵可用缩写代号 AN 表示。

硝酸铵极易溶于水, 其溶解度随温度的升高而迅速增大, 溶于水时大量吸热。此外, 硝酸铵能够很好地溶于硝酸、液氨和氨水中, 较好地溶于乙酸和丙酮, 微溶于乙醇, 不溶于乙醚、苯等。

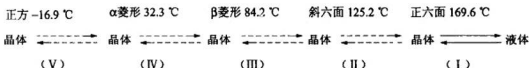
硝酸铵是一种多晶形的结晶体, 共有五种结晶形状, 每种晶形都只在一定的温度范围内才能稳定存在。五种晶形分别是: 正方晶体(V)、 α -菱形晶体(IV)、 β -菱形晶体(III)、斜六面晶体(II)、正六面晶体(I), 如图 5-1 所示。



图 5-1 硝酸铵的五种晶体形状

V—正方晶体；IV— α -斜方晶体；III— β -斜方晶体；II—斜六面晶体；I—正六面晶体

硝酸铵的晶形随温度的变化而变化,情况如下:



其中 32.3 °C 的晶形转变最引人注目,因为这一变化可能会给工业炸药的生产与储存带来极大的不便。

硝酸铵是一种吸湿性极强的物质,能自行吸收大气中的水分。其次,硝酸铵是一种结块性极强的物质,造成硝酸铵结块的原因,主要有如下几种。

① 硝酸铵的变晶性。如前所述,硝酸铵在不同温度下具有不同的晶形,当温度改变就会发生晶形转变,同时伴随有体积和热的变化,从而引起硝酸铵结块。例如当温度上升超过 32.3 °C 时,硝酸铵晶体由 α -菱形晶体分裂成小晶体 β -菱形晶体,增加了细度,体积膨胀增大约 3%,并吸收一定的热量。而当温度再降到 32.3 °C 以下时, β -菱形晶体又附聚起来,此时如果硝酸铵中含有水分时,就会产生结块。另外,在 α -菱形晶体向 β -菱形晶体转变时,由于体积膨胀引起了硝酸铵颗粒的比表面积增大,因而增大了其吸湿速度。晶形改变会导致产生一定的压力,引起硝酸铵颗粒的密集,促成了结块。

实践证明,硝酸铵炸药的水分质量分数低于 0.15%~0.20% 时,在贮存过程中即使温度变化越过晶变点,一般也不会有结块现象;或者硝酸铵含有少量水分,但温度始终处于晶变温度(32.3 °C)以下,没有晶形变化时,一般也不易结块。一般地,硝酸铵颗粒越细,结块现象越严重。因此 32.3 °C 的晶体转变,对于工业粉状硝酸铵炸药的制造和应用都很重要。在制造硝酸铵炸药时,必须注意将其冷却到 32.3 °C 以下再装药。同样,炸药转手库及成品库的温度也不得高于 32.3 °C,否则就易引起炸药的硬化。

② “盐桥”的重结晶。目前大多用“盐桥”理论来解释硝酸铵的结块机理。该理论认为,硝酸铵之所以结块,主要原因是它在水中的溶解度温度系数很大,即随着温度的改变,硝酸铵在水中的溶解度也随之发生很大变化。因此,硝酸铵吸湿以后,颗粒表面极易形成一层饱和溶液膜,在表面张力的作用下,饱和溶液在邻近的颗粒间形成“液桥”。当环境温度降低或空气湿度减小时,“液桥”中溶解的硝酸铵部分或全部重结晶出来,形成坚硬质密的细粒,将硝酸铵颗粒

牢固地黏连在一起,这就是所谓的“盐桥”。由于“盐桥”的作用,使硝酸铵颗粒紧密地连接成一体,形成密实的硬块。

③ 外力的挤压。袋装的硝酸铵成批堆放时,由于上层对下层的重压,也易使硝酸铵颗粒黏结而结块。

硝酸铵的吸湿性和结块性给炸药生产、使用带来了许多不便。在混制炸药以前,必须对硝酸铵进行粉碎和干燥,因而增加了生产设备的投资,增大了生产管理任务。另一方面,硝酸铵的吸湿结块性,对硝酸炸药的爆炸性能也产生严重影响,使炸药的猛度下降,起爆感度和传爆稳定性降低,殉爆距离减小等,有时甚至使硝酸炸药失去爆炸作用,限制了硝酸炸药的存放时间和使用条件。

(2) 硝酸铵的化学性质。

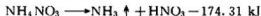
硝酸铵是一种氧化剂,能够与还原剂发生氧化还原反应。在生产过程中,混有硝酸铵的纸、布、木粉及麻袋等,不能长期堆放在一起,更不能堆放在热源附近。否则,由于高温导致氧化还原反应加速,容易引起自燃。实验证明,0.8%石蜡涂覆的颗粒硝酸铵中夹有0.8%的碎纸时,150℃加热16h后燃烧;石蜡涂覆的颗粒硝酸铵(含水0.7%)中混有2.5%纸片时,132℃就可能发展为燃烧。另有资料报道,纸板包装的硝酸铵在110℃左右能自燃,甚至硝酸铵溶液浸渍过的布在100℃就会发生燃烧。

干燥的硝酸铵与金属几乎不反应,但在有水存在或硝酸铵处于熔融状态时,它和铅、镍、锌,尤其是对镉和铜作用很剧烈。硝酸铵与这些金属(例如铜)作用生成不稳定的亚硝酸盐,而这些亚硝酸盐与叠氮化铅的感度和猛度属同一等级,增大了硝酸铵爆炸的可能性。所以在生产、贮存等过程中,不能使硝酸铵与这些金属接触。硝酸铵不易与铝、锡、铁等金属反应,所以在硝酸铵类炸药的生产中可使用铝、锡等金属制造的设备和工具。

硝酸铵是一种强酸弱碱盐,在水中略呈酸性,容易与碱或碱性盐发生复分解反应,例如碱可使硝酸铵分解,放出氨气。硝酸铵也不能和亚硝酸盐、氯酸盐存放在一起,否则会生成安定性很差的亚硝酸铵和氯酸铵,引起爆炸。另外,铬酸盐、重铬酸盐、氯化物及硫化物也能促使硝酸铵分解。

(3) 硝酸铵的热分解性质及爆炸性质。

硝酸铵在被加热时,可以发生不同程度的热分解,但是分解产物都有所不同。例如硝酸铵在稍微加热,甚至常温下就能以下式进行分解:



但是分解速度非常缓慢,以致于用普通的仪器都很难检测到。只有当温度达到或超过110℃时分解才较明显。纯的硝酸铵在加热熔融时,由于分解迅速而呈沸腾状态,如果该过程在非密闭条件下进行,通常不会引起自燃或爆炸,但在散热不良或在密闭条件下迅速加热到260~280℃,即可发生爆炸。

硝酸铵是一种钝感的弱爆炸物。虽然早在1658年就发现了它,但一直到1921年以后发

生了两次伤亡惨重的硝酸铵爆炸事故,人们才真正认识到它的爆炸性质。

第一次爆炸事故发生在1921年5月21日,德国奥堡(Oppau)一家化工厂生产的4 500 t硝酸铵和硫酸铵的混合物(1:1混合比),由于严重结块而无法破碎运输,有人提出用炸药爆破法进行破碎。他们在这堆混合物上打了25个炮孔,装进了150个代拿麦特炸药包,然后用雷管起爆。随着一声巨响,4 500 t硝酸铵和硫酸铵混合物发生了整体强烈爆炸,爆炸使周围2 000多栋建筑物炸毁、1 100多人死亡、1 500多人受伤。爆炸中心形成长160 m、宽96 m、深18.5 m的椭圆形大坑,爆炸威力巨大,损失十分严重。

另一次严重的硝酸铵爆炸事故发生在美国。1947年4月16日,停泊在德克萨斯的加尔沃斯頓海湾的一艘从马赛港开来的格兰德坎普号法国货轮,装载有2 300 t硝酸铵和其他货物。这天上午8时,船员发现装载硝酸铵的货舱内冒出浓烟,急忙用水桶和灭火器灭火,但火势已不能控制。大副立即指挥盖上舱盖用水蒸气灭火,殊不知这种灭火措施对硝酸铵火灾有害无益,几分钟后,一声巨响,轮船爆炸了,船上工作人员和数百名岸上围观群众惨遭不幸。这次爆炸产生的灼热碎片和“飞火”引燃了岸上的油库,形成更大的火灾;灼热的爆炸碎片还飞到邻近停泊的汉弗雷号轮船上,引起船上装载的960 t硝酸铵和200 t硫磺着火,不久,着火的硝酸铵也发生了爆炸,造成更加严重的不幸。先后两次连续大爆炸形成的烈火烧毁了半个得克萨斯城,使560人死亡,3 000多人受伤,成为震撼世界的硝酸铵爆炸大惨案。

我国也发生过多起硝酸铵爆炸事故。例如1993年8月5日深圳某化学危险品仓库的爆炸。最初的火发生在4号仓库内,库中氧化剂(过硫酸铵等)与还原剂(硫化钠)及易燃物(大量火柴、明胶)混存混放,在货物装卸搬运过程中,强氧化剂与强还原剂互相接触发生放热的化学反应。热积累引起易燃物着火,进而引起仓库储存的硝酸铵燃烧,约30 min后,库中存放的40多吨硝酸铵爆炸了,爆炸引起库内更大的火灾,约1 h后,另一仓库内储存的60多吨硝酸铵也爆炸了。连续两次爆炸和大火造成15人死亡和140多人受伤,直接经济损失达2.5亿元人民币。

大量的事故、案例和实验已经充分说明,硝酸铵在通常条件下为氧化剂,而在特定的条件下,如强起爆力或大量堆积并被大火笼罩包围时,它会发生爆炸(例如:在敞开的仓库中,硝酸铵即使在大火灾时也不致发生爆炸,但如果处于相对密闭的状态如船舱、车厢中,则很容易由燃烧转为爆轰)。

硝酸铵的撞击感度、摩擦感度和枪击感度均为零,爆轰感度很低,除有坚固的金属外壳外,一般不能用雷管或导爆索起爆,而需采用强力的起爆药柱。硝酸铵的爆热为1 612 kJ/kg,爆温为1 100~1 360℃,比容为980 L/kg,密度为0.75~1.10 g/cm³时,爆速为1 100~2 700 m/s,做功能力为180 mL,猛度为1.2~2.0 mm,爆压为3.6 GPa;干燥磨细硝酸铵的临界直径为100 mm(钢筒),殉爆能力很低。

硝酸铵用火不能点燃,炽热的微粒(火星)与它接触时会自动熄灭,甚至用明火燃烧时,它也仅发生熔化与分解,没有一丝爆炸的迹象。

长期贮存时,硝酸铵分解放出的氨与梯恩梯作用,使梯恩梯变红,对爆炸性能影响不大,但可增加感度。

硝酸铵有3种产品:细结晶状、粒状、多孔粒状。其中,我国用于制造粉状硝酸炸药的结晶状硝酸铵的质量标准见表5-1。

表5-1 结晶状硝酸铵的质量标准

项目	一级	二级
外观	白色或淡黄色结晶,无肉眼可见杂质	白色粒状结晶,无肉眼可见杂质,允许有微黄色光泽
硝酸铵质量分数/%	≥99.5	≥99.0(干基)
水分质量分数/%	≤0.5	≤0.5
酸碱性	中性	中性
烧灼后残渣质量分数/%	≤0.15	≤0.15
水中不溶物质量分数/%	≤0.05	≤0.08
硫酸盐质量分数/%	≤0.15	≤0.15
氧化物质量分数/%	痕迹	痕迹

2. 硝酸钠

采用硝酸盐作氧化剂时,除硝酸铵外,还经常选用硝酸钠、硝酸钾。由于钠盐价格便宜,钾盐较贵,因而工业炸药中常常选用硝酸钠作为氧化剂。

硝酸钠的分子式为 NaNO_3 ,相对分子质量为85.01。硝酸钠为无色透明、微带淡黄色的菱形白色结晶。无臭,味微咸苦,具潮解性,相对密度2.261,熔点306.8℃,沸点380℃(分解)。易溶于水、液氨。微溶于甘油,极微溶于丙酮。它溶于水时伴有放热效应,溶液呈中性。加热至380℃以上时分解成亚硝酸钠和氧。硝酸钠为强氧化剂,与有机物、硫黄及亚硫酸氢钠混合后能引起燃烧、爆炸。由于硝酸钠分子中含有钠金属离子,而氧化钠(Na_2O)产物是固体,不是气体,用它作氧化剂制备工业炸药时,其爆容低于硝酸铵。因此,硝酸钠只能是一种辅助氧化剂,常用于含水炸药中,用来降低硝酸铵的析晶点,提高炸药的稳定性。硝酸钠的质量标准见表5-2。

表5-2 硝酸钠的质量标准

项目	一级品	二级品
外观	白色结晶,允许带浅黄色或浅灰色	白色结晶,允许带浅灰色或浅黄色
硝酸钠质量分数/%	≥99.3	≥93.5
氯化钠质量分数/%	≤0.5	不规定
亚硝酸钠质量分数/%	≤0.03	≤0.25
水质量分数/%	≤2.0	≤2.0
水不溶物/%	≤0.1	不规定

二、可燃剂

可燃剂是指需外界供给氧才能进行燃烧的物质,它在炸药中的作用是调节炸药的氧平衡和增加反应时的放热量和气体比容,提高炸药的做功能力。目前工业炸药中常用的可燃剂有以下几类。

- (1) 含碳氢的固体可燃剂:如木粉、谷糠粉、棉籽饼粉、泥煤粉、沥青、石蜡等;
- (2) 含碳氢的液体可燃剂:如柴油等;
- (3) 金属可燃剂:如铝粉等;
- (4) 非金属可燃剂:如硫黄等。

其中,适用的固体碳氢化合物很多,曾经应用过的物质有以下几类:木质素类(如木粉、树皮粉、谷糠粉等),碳素类(如煤粉、木炭粉等),淀粉类(如木薯粉、地瓜粉等),纤维素类(如棉纤维、亚麻纤维等)。这些物质具有如下共同特点:碳氢质量分数高、负氧平衡大;密度小,可调节爆炸体系的疏松程度;孔隙多,对体系有敏化作用——气泡敏化。

以上物质中,木粉由于来源广泛、价格便宜,用它制得的炸药性能优良、稳定,因而在粉状工业炸药中得到普遍应用,粉状工业炸药中最常用的可燃剂是木粉。

1. 木粉

木粉是木材加工制材时锯下的木屑,分子式为 $C_{39.7}H_{70.8}O_{28.8}$ 。它是 C、H、O 组成的有机化合物,分子中 C、H 质量分数高,负氧平衡大,密度小,孔隙多。木粉在 $162\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时炭化, $275\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时分解, $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时点燃。经烘烤干燥后,木粉中含有的水分被驱除,形成无数微孔。这些微孔可吸收液相烃类,同时微孔气泡可绝热压缩起热点敏化作用,由此可提高工业炸药的感度。木粉还可以起到疏松剂的作用,利用木粉的松散性,可加至硝酸铵中用来减轻结块性,使硝酸铵变得疏松一些,防止炸药结块。此外,木粉本身具有一定的弹性,所以还可以起到调节炸药密度的作用。因此,木粉在炸药中起到可燃剂、敏化剂、疏松剂和密度调节剂等多重作用。木粉的密度随材质和含水率而异,一般干木粉的密度为 $0.4\sim 0.5\text{ g/cm}^3$,堆积密度一般为 $0.17\sim 0.24\text{ g/cm}^3$ 。硝铵炸药对木粉的材质没有严格的要求,但根据经验以松柏科木材的木粉为好,其质量要求如下。

外观:无肉眼可见杂质,无腐朽现象;

灰分: $\leq 2\%$ (干基);

色味:不允许有炭化的颗粒;

水分:干燥前 $\leq 40\%$,干燥后 $\leq 4\%$ (控制在 3% 以下最佳);

细度:粉筛前 80% 通过 $850\text{ }\mu\text{m}$ 筛孔,粉碎后 95% 通过 $425\text{ }\mu\text{m}$ 筛孔。

2. 燃料油

燃料油品种较多,如矿物油、植物油、脂肪油等。应用最多的是柴油、石蜡、松香、沥青、复合蜡等。将燃料油和硝酸铵混合后,油相包覆于固相硝酸铵颗粒的表面,从而改善硝酸铵的吸

湿性和结块性。在含水炸药中,燃料油可借助于表面活性剂的作用而均匀地分布在饱和氧化剂水溶液的微粒表面,形成油相包覆水相的乳液,提高体系的稳定性、均匀性和敏感性。

(1) 柴油。柴油是制备铵油炸药的最好燃料油,其中以轻柴油最合适。柴油一般以 $C_{16}H_{32}$ 表示其分子式,氧平衡为 -343% 。

从安全角度考虑,要求柴油具有较高的闪点,一般规定在 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上。为了使硝酸铵能够均匀地吸收,在低温寒冷季节可用适量的煤油掺加至柴油中,控制适宜的黏度。在高温炎热季节,为了防止柴油的挥发而影响产品的爆炸性能,可加适量的重油来提高黏度,因重油的挥发性小于柴油。

柴油的热值高,约 $41\,800\text{ kJ/L}$ 。为了提高工业炸药的爆炸能量,可按适当的比例添加柴油和木粉,木粉可吸收一部分柴油。用于生产制造铵油炸药的各种牌号的柴油质量标准见表 5-3。

表 5-3 柴油牌号和质量标准

项目	轻柴油					重柴油		
	+10 $^{\circ}\text{C}$	0 $^{\circ}\text{C}$	-10 $^{\circ}\text{C}$	-20 $^{\circ}\text{C}$	-30 $^{\circ}\text{C}$	1 号	2 号	3 号
十六烷值/ $\%$ $\geq$	50	50	50	45	43			
灰分/ $\%$ $\leq$	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.04	0.06	0.08
机械杂质/ $\%$ $\leq$	无	无	无	无	无	0.1	0.1	0.5
水分/ $\%$ $\leq$	痕迹	痕迹	痕迹	痕迹	无	0.5	1.0	1.5
闪点/ $^{\circ}\text{C}$ $\geq$	65	65	65	65	50	65	65	65
凝固点/ $^{\circ}\text{C}$ $\geq$	+10	0	-10	-20	-35	10	20	30

(2) 石蜡。石蜡是多种烃类化合物的混合物,是石油炼制工业的产品,其中碳原子数为 $22\sim 36$,相对分子质量为 $360\sim 540$ 。石蜡产品按加工程度与纯度分为精、白、黄 3 个系列,共有 18 个品种。精石蜡是经过精馏加工后的精制品;白石蜡是粗馏加工后的产品;黄石蜡只是经过滤除去机械杂质后的产品,含油量较高,呈淡黄色。石蜡的闪点与燃点都较高,例如,精白蜡的熔点 $59.3\text{ }^{\circ}\text{C}$,其实测的闪点、燃点、自燃点分别为 $222\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $258\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $295\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。根据实际应用的要求,可添加一些助剂来改善其使用性能。例如,加入 $0.5\%\sim 5\%$ 的低分子聚乙烯,使石蜡的硬度、滴点与黏度有一定的提高,从而改善其密封强度和黏结性。又如加入 0.5% 的地蜡可使石蜡变为微细结晶蜡。若加入 $5\%\sim 30\%$ 的地蜡可提高石蜡的熔点、硬度与韧性。若加入少量的硬脂酸与松香可增强石蜡的硬度与光泽。石蜡的成分中,含油成分多的石蜡,其韧性较好、黏度较大、可塑性强;而含油量少的石蜡,其光泽性良好、硬度大、防水性好。

(3) 松香。松香是天然松脂经精馏分离出松节油后的残留物。常温时为透明玻璃状脆性固体,颜色由浅黄至深褐色,有特殊香味,颜色淡的,其纯度较高。松香的主要成分是松香酸和松香酸酐,属于不饱和酸类物质。松香酸质量分数高的,则软化点高。通常,松香的软化点约

75℃、密度为1.045~1.085 g/cm³。松香不溶于水,易溶于苯、乙醇、丙酮、乙醚、油类及碱性溶液。松香是一种添加剂,常用作燃料油的增稠剂、增感剂。

(4) 复合蜡。复合蜡是石油副产品,含碳原子数15~32个,平均相对分子量为387。其中饱和烃类组分占80%~85%、芳香烃类占15%~17%、非烃类组分占4%左右。复合蜡熔点45~55℃、闪点110~123℃、密度0.8 g/cm³。

3. 敏化剂

从理论上来说,只要氧化剂与可燃剂按一定比例混合就构成了炸药,但实际上仅有这两种物质是不够的,还需加入其他添加成分,例如敏化剂。敏化剂的作用是提高炸药的起爆或爆轰感度,并使爆轰稳定地传播。工业炸药中使用的敏化剂大都是一些单质炸药或具有爆炸性质的物质,也有一些其他物质。敏化剂主要有以下几种:

- (1) 固体炸药敏化剂:如黑索金,梯恩梯等;
- (2) 液体炸药敏化剂:如硝化甘油,硝酸甲胺等;
- (3) 非爆炸物质:如铝粉等。

工业炸药中的敏化剂有时起到可燃剂的作用,如梯恩梯,由于其本身负氧程度较高,含有大量的可燃元素,因此在炸药中既是敏化剂,也是可燃剂。铝粉本身是可燃剂,同时也起到敏化剂的作用。

(1) 梯恩梯。梯恩梯代号TNT,学名三硝基甲苯。分子式为C₆H₂(NO₂)₃CH₃,相对分子质量227。梯恩梯一般呈淡黄色鳞片状晶体。纯梯恩梯的熔点80.65℃,它的热安定性很高,在常温下储存20年无明显变化。梯恩梯对人体有毒害,会引起中毒性肝炎和再生障碍性贫血,导致黄疸病、青紫病、消化功能障碍及红、白血球减少等症。梯恩梯中毒还可以引起白内障,影响生育功能。

(2) 金属粉。金属粉的品种较多,如铝粉、镁粉、铍粉、锂粉、钨粉等,常用的是铝粉和镁粉。实践证明,对工业炸药及军用炸药而言,铝或铝(镁)合金都是具有实际应用价值的高能量添加剂。在一定质量分数的范围内,随着铝粉质量分数增大,工业炸药的爆热则显著地提高。例如,纯硝酸铵的爆热为2554 kJ/kg;若加入5%铝粉,则爆热变为2926 kJ/kg;若加入10%铝粉,则爆热可上升为4180 kJ/kg。

由于铝粉的硬度、熔点及颗粒表面的作用,致使它在接受外界激发能的作用时,容易形成“热点”,从而使含铝炸药的起爆感度和机械感度都提高。例如硝酸铵、木粉和燃油三者的混合物,其起爆性能比较钝感;若在上述混合物中,添加3%~10%的铝粉,则起爆感度明显提高,用8#雷管可以确保可靠起爆。

由于铝是活泼金属,当铝和水作用时,能取代水分子中的氢,生成Al₂O₃,放出氢气及大量热量。金属铝放置于空气中时,氧气能直接与它发生氧化放热反应,生成密致的氧化铝保护层,从而阻止空气中氧气与水分继续深入作用。因此,通常的铝器设备受表面氧化层膜的保护,不会被空气中的氧气和水侵蚀。

铝能被酸性及碱性溶液腐蚀。铝粉在硝酸铵水溶液中能缓慢地被氧化;当温度升高时,氧化作用速度加快。含铝硝酸炸药长期存放一段时间后,其爆炸威力会显著下降。高温时,铝和硝酸铵发生剧烈的反应,例如在 170℃ 时,放出白色、棕色的烟雾,接着发生爆炸。

4. 消焰剂

用于煤矿爆破作业的炸药为了避免爆炸后引起瓦斯及煤尘的爆炸,需要加入消焰剂,消焰剂又称阻化剂。消焰剂是指能缩短煤矿许用炸药爆炸时产生的火焰长度和火焰持续时间,降低其爆热和爆温,并能对瓦斯和煤尘的氧化反应起负催化作用的一些物质。常用的消焰剂有氯化钠、氯化钾、氯化钙等。其中使用最多的是氯化钠,即食盐,食盐有海盐、岩盐、池盐和井盐四种,其中以海盐最常见。

5. 抗水剂

抗水剂是指能降低混合炸药水溶性的一些物质。常用的抗水剂有沥青、石蜡、松香等物质。

5.2 铵梯类炸药

工业粉状铵梯炸药属于粉状硝酸炸药,工业粉状硝酸炸药是指以粉状硝酸铵为主要成分的粉状工业炸药的总称,工业粉状硝酸炸药通常是由氧化剂、可燃剂、敏化剂及其他添加剂等组成的粉状机械混合炸药。粉状硝酸炸药品种繁多,分类方法也有多种。例如,按照用途可分为军用硝酸炸药和民用硝酸炸药;按照爆炸性能可分为高威力型、普通型和低威力硝酸炸药;按照物理特性又可分为抗水硝酸炸药和非抗水硝酸炸药等。通常,人们将工业用的粉状硝酸炸药按照组成特点划分成铵油炸药、铵梯炸药和其他硝酸炸药三大类;也可根据使用场合不同将它们细分为岩石炸药、煤矿许用炸药和露天炸药。

工业粉状铵梯炸药是以氧化剂硝酸铵为主要成分,梯恩梯为敏化剂,木粉为可燃剂组成的粉状机械混合炸药,根据炸药使用要求的不同再添加其他成分如沥青、石蜡、食盐等。例如,高威力铵梯炸药中还含有黑索金或铝粉。在我国,工业粉状铵梯炸药是生产历史最长,产量最大的工业炸药品种。

5.2.1 工业粉状铵梯炸药的品种及性能

工业粉状铵梯炸药根据其组成、使用范围的不同可分成以下几种。

一、露天铵梯炸药

简称露天炸药,它主要用于露天爆破工程,一般金属矿山使用较多。由于露天爆破有爆破药量大的特点,一次爆破就可能使用几十吨,甚至上千吨、万吨的炸药,因此对露天炸药的要求

是成本要低,有时甚至不计某些爆炸性能的降低。露天炸药有非抗水露天炸药和抗水露天炸药。常用露天炸药的组成及其爆炸性能见表5-4。

表5-4 几种露天铵梯炸药的组成和性能

组成和性能	1号露天铵梯炸药	2号露天铵梯炸药	3号露天铵梯炸药	4号露天铵梯炸药	2号抗水露天铵梯炸药
组成/%					
硝酸铵	82±1.5	86±2.0	88±2.0	91±2.0	86±2.0
梯恩梯	10±1.0	5±1.0	3±0.5	3±0.5	5±1.0
木粉	8±1.0	9±1.0	9±1.0	6±1.0	8.2±1.0
沥青					0.4±0.1
石蜡					0.4±0.1
性能					
密度/(g·cm ⁻³)	0.85~1.10	0.85~1.10	0.85~1.10	0.85~1.10	0.85~1.10
殉爆距离/cm	>4	>3	>3	>3	>3
做功能力/mL	>300	>280	>250	>300	>280
猛度/mm	>11	>9	>7	>9	>9

露天铵梯炸药的组成特点是梯恩梯质量分数少,甚至不含单体炸药。目前露天爆破作业中应用最多的是铵油炸药和铵松腊炸药,铵梯炸药只用作传爆药。

二、岩石铵梯炸药

简称岩石炸药,这类炸药主要用于无瓦斯或矿尘爆炸危险的井下爆破和露天爆破工程,适用于中硬岩石的爆破。这类炸药与露天炸药不同,不仅要求有比较好的爆炸性能,而且要求爆炸时产生的有毒气体量不得超过国家的有关规定。有毒气体主要是一氧化碳和氧化氮。根据规定,在矿井下,炸药爆炸后生成的有毒气体量以一氧化碳计不得超过80 L/kg(1 L氧化氮折合6.5 L一氧化碳)。岩石炸药也有非抗水岩石炸药和抗水岩石炸药两种,其中2号岩石炸药因结块性小,爆炸性能稳定,有毒气体生成量符合要求等优点,是我国岩石炸药的主要品种。常用岩石炸药的组成及其爆炸性能见表5-5。高威力铵梯炸药也经常在岩石爆破作业中使用,见表5-6。

表5-5 几种岩石铵梯炸药的组成和性能

组成和性能	1号岩石铵梯炸药	2号岩石铵梯炸药	2号抗水岩石铵梯炸药	3号抗水岩石铵梯炸药	4号抗水岩石铵梯炸药	新2号岩石铵梯炸药
组成/%						
硝酸铵	82±1.5	85±1.5	84±1.5	86±1.5	81.2±1.5	88±1.5

续表

组成和性能	1号岩石 铵梯炸药	2号岩石 铵梯炸药	2号抗水岩石 铵梯炸药	3号抗水岩石 铵梯炸药	4号抗水岩石 铵梯炸药	新2号岩石 铵梯炸药
梯恩梯	14±1.0	11±1.0	11±1.0	7±1.0	18±1.0	7±1.0
木粉	4±0.5	4±0.5	4.2±0.5	6±0.5		3±0.5
沥青			0.4±0.1	0.5±0.1	0.4±1.0	
石蜡			0.4±0.1	0.5±0.1	0.4±1.0	
复合油相						2.0±0.2
性能						
水质量分数/%	≤0.3	≤0.3	≤0.3	≤0.3	≤0.3	≤0.3
密度/(g·cm ⁻³)	0.95~1.1	0.95~1.1	0.95~1.1	0.95~1.1	0.95~1.1	0.95~1.05
猛度/mm	≥13	≥12	≥12	≥10	≥14	≥12
做功能力/mL	≥350	≥320	≥320	280	360	320
殉爆距离/cm	≥6	≥5	≥5	≥4	≥8	≥3
殉爆距离 ^① /cm			≥3	≥2	≥4	≥3
爆速/(m·s ⁻¹)	≥3 400	≥3 200	≥3 150			3 000~3 200
爆容/(L·kg ⁻¹)	912	924	921	931	902	
爆热/(kJ·kg ⁻¹)	4 074	3 689	4 015	3 877	4 216	
爆温/℃	2 700	2 514	2 654	2 560	2 788	
爆压/GPa		3.25	3.52			

注:① 为浸水后的殉爆距离。

表 5-6 高威力铵梯炸药的组成及性能

组成和性能	1号铵黑梯炸药	2号铵梯铝炸药	高密度铵梯铝炸药
组成/%			
硝酸铵	70	80	30
梯恩梯	10	12	50
黑索金	20		15
铝粉		7	5
沥青		0.5	
石蜡		0.5	
性能			
密度/(g·cm ⁻³)	0.95~1.05	0.95~1.05	1.5
猛度/mm	18.4	17	45
威力/mL	496		450
爆速/(m·s ⁻¹)	4 400	4 800	6 500~7 000
殉爆距离/cm	34	20	

由此可见,高威力炸药主要是在原粉状铵梯炸药的基础上,加入了威力更大的单体猛炸药,或者反应放热量很大的高能燃料,这样就大大地提高了炸药的威力。

三、煤矿安全铵梯炸药

简称煤矿炸药。能够在有可燃气体的粉尘爆炸危险场合安全使用的铵梯炸药称为煤矿安全铵梯炸药,也称为煤矿许用安全炸药。煤矿许用安全炸药除要求有毒气体量符合规定外,还要求炸药爆炸后爆温要低,爆炸火焰要小,爆炸产物中没有固体颗粒,以防止引起矿井中的瓦斯或矿尘的爆炸。因此在这类炸药中要加入消焰物质,以降低爆温,减小爆炸火焰。煤矿安全铵梯炸药主要用于煤矿井下爆破工程,而井下一般较潮湿,所以煤矿炸药也有非抗水煤矿炸药和抗水煤矿炸药两种。在煤矿炸药的品种中,2号煤矿炸药的用量最大,它是我国煤矿炸药的主要品种。常用煤矿炸药的组成及其爆炸性能见表5-7和表5-8。

表5-7 非抗水型煤矿安全粉状铵梯炸药的组成和性能

组成和性能	1号煤矿铵梯炸药	2号煤矿铵梯炸药	3号煤矿铵梯炸药
组成/%			
硝酸铵	68±1.5	71±1.5	67±1.5
梯恩梯	15±0.5	10±0.5	10±0.5
木粉	2±0.5	4±0.5	3±0.5
消焰剂	15±1.0	15±1.0	20±1.0
性能			
密度/(g·cm ⁻³)	0.95~1.10	0.95~1.10	0.95~1.10
爆速/(m·s ⁻¹)	≥290	≥2600	≥2600
做功能力/mL	≥290	≥250	≥240
猛度/mm	≥12	≥10	≥10
殉爆距离/cm	≥6	≥5	≥4
有效期 ^① /月	4	4	4
有效期内殉爆距离/cm	≥4	≥3	≥2
有效期内水分/%	≤0.5	≤0.5	≤0.5

注:有效期自制造完成之日起计算。

表5-8 抗水型煤矿安全粉状铵梯炸药的组成和性能

组成和性能	1号煤矿铵梯炸药	2号煤矿铵梯炸药	3号煤矿铵梯炸药
组成/%			
硝酸铵	68.5±1.5	72±1.5	67±1.5
梯恩梯	15±0.5	10±0.5	10±0.5
木粉	1.0±0.5	2.2±0.5	2.2±0.5

续表

组成和性能	1号煤矿铵梯炸药	2号煤矿铵梯炸药	3号煤矿铵梯炸药
消焰剂 沥青、石蜡(1:1)	15±1.0	15±1.0	20±1.0
性能			
密度/(g·cm ⁻³)	0.95~1.10	0.95~1.10	0.95~1.10
爆速/(m·s ⁻¹)		≥2 600	≥2 600
做功能力/mL	≥290	≥250	≥240
猛度/mm	≥12	≥10	≥10
殉爆距离(浸水前)/cm	≥6	≥4	≥4
殉爆距离(浸水后)/cm	≥4	≥3	≥2
有效期 ^① /月	4	4	4
有效期内殉爆距离/cm	≥3	≥2	≥2
有效期内水分/%	≤0.5	≤0.5	≤0.5

注:有效期自制造完成之日起计算。

5.2.2 工业粉状铵梯炸药的性质

一、工业粉状铵梯炸药的物理性质

工业粉状铵梯炸药是一种内含少量水分(<0.3%)的各组分均匀分散的爆炸性混合物,一般是松散的粉粒状或松软的粉团。由于成分和配比不一,外观呈白色或灰白色,堆积密度为0.75~1.0 g/cm³,装药密度一般在0.85~1.10 g/cm³范围内。

工业粉状铵梯炸药作为一种多组分的机械混合物,各种组分基本保持了自身的物理性质,所以工业粉状铵梯炸药的物理性质主要取决于各种组分的性质。由于硝酸铵占了很大的比例,所以硝酸铵的性质对铵梯炸药的性质影响极大。因此工业粉状铵梯炸药 also 具有很强的吸湿性和结块性,是一种物理安定性比较差的物质。

1. 吸湿性

工业粉状铵梯炸药中硝酸铵、木粉、食盐都有吸湿性,但木粉和食盐一方面本身的吸湿性没有硝酸铵大,另一方面它们在炸药中所占的比例也较小,所以工业粉状铵梯炸药的吸湿性主要是由硝酸铵引起的,木粉和食盐的影响较小。

工业粉状铵梯炸药吸湿以后很容易使炸药产生结块,同时对炸药的性能产生一系列不利影响,例如,降低炸药的爆炸性能,降低炸药的爆轰感度,严重者甚至产生拒爆。表5-9和表5-10表示了水分对炸药性能的影响。

表 5-9 水分对 2#煤矿炸药猛度的影响

水分/%	0.16	0.38	0.50
猛度/mm	12.9	11.7	10.0

表 5-10 水分对 2#煤矿炸药殉爆的影响

水分/%	0.16~0.18	0.8~0.84	1.48~1.85	2.77~2.81
殉爆/cm	11.0	8.0	6.5	4.0

其次,工业粉状铵梯炸药的吸湿性给生产也带来一些困难。由于炸药的吸湿性就要求生产、贮存等过程要采取相应措施防止炸药吸湿,例如气流混药时要求混药的空气要干燥,贮存空气湿度要小等。另外,由于炸药的吸湿,使炸药的黏性增大,在生产中容易产生沾壁现象,硝酸铵含水量较大时对设备的腐蚀作用也会增大,因而会缩短设备的使用时间。

最后,工业粉状铵梯炸药的吸湿性给它的应用也带来了一定程度的局限性。通常,吸湿性物质,其抗水能力较差,粉状铵梯炸药也正是如此,因此,在有水条件下就限制了它的使用。

2. 结块性

硝酸铵的结块性主要是由硝酸铵的结块性引起的工业粉状铵梯炸药中,由于木粉、梯恩梯等物质起到了一定的松散作用,使得炸药的结块性低于硝酸铵的结块性。但是即使这样工业粉状铵梯炸药的结块性也是很明显的,铵梯炸药结块后,使炸药的爆炸性能下降,严重者甚至失去使用价值。

3. 物理性能的改善

为了减轻或克服粉状铵梯炸药的吸湿性,增强其抗水能力,也为了防止粉状铵梯炸药的结块,从炸药自身方面来说,可以采取以下一些措施改善其物理性能。

(1) 加入表面活性剂。在表面活性剂的作用下,硝酸铵从过饱和水溶液中析晶时容易形成各种“枝状”、“针状”等变异形状的松散、易碎的晶形,从而大大降低了“盐桥”的结块强度,同时由于表面活性剂均匀分布在硝酸铵颗粒的表面和内部,大大降低了硝酸铵的吸湿性。可以选用的表面活性剂有阳离子型、阴离子型和非离子型三类。例如硝酸铵中含有 0.1% 的阳离子型的表面活性剂时,其结块强度减低 70%~90%,若同时使用渗粉剂、有机疏水剂等,效果更显著。

(2) 加入有机疏水剂。有机疏水剂均匀分布在硝酸铵颗粒的表面并形成一层很薄的增水层,大大降低其吸湿性,加强抗水性。有机碳氢化合物是应用最早、使用最多的有机疏水剂。其中应用最多的是柴油、石蜡、松香、沥青、硬脂酸等。例如,我国近年来研制的少梯和无梯型粉状硝酸铵炸药中均添加了 2%~4% 的复合油相,其主要成分就是有机燃料和极少量的表面活性剂。我国已颁布的抗水铵梯炸药中均含有 0.8% 的石蜡、沥青(1:1)的防潮剂或者松香、石蜡、沥青(3:1:1)的混合防潮剂等。实际上,高级单体炸药如硝化甘油、梯恩梯、特屈儿等都

可用作有机疏水剂。例如,用丙酮、乙醇来溶解梯恩梯或特屈儿,把它均匀涂覆于硝酸铵颗粒表面,然后采用加热(减压)操作使溶剂挥发掉。这样就可以使梯恩梯完全包覆在硝酸铵颗粒表面,极大地改善炸药的吸湿性和结块性,提高炸药的抗水性。

(3) 加入渗粉剂和松散剂。渗粉剂多为亲水性惰性物质,在含水量不大的情况下,可以保持硝酸铵颗粒表面的暂时干燥,因而减轻了硝酸铵的结块强度和吸湿性能。可以作为渗粉剂的物质有陶土、硅藻土、皂土、碳酸钙、碳酸镁、硫酸钙、硫酸镁、硫酸铜、硫酸铝、硫酸高铁铵等。通常使用它们的混合物或者和表面活性剂同时使用。超细铝粉是憎水性的渗粉剂,加入铍梯炸药后也可在一定程度上减轻其结块强度。

松散剂,又名疏松剂,为多孔纤维性物质,例如木粉,加入铍梯炸药后,可以降低其结块强度。

(4) 温度变化是促使炸药硬化的重要条件,尤其越过晶变点的温度变化是引起粉状铍梯炸药结块的主要原因之一。因此装药时温度不能太高,最好要控制在 32°C 以下。

(5) 长期的生产实践证明,如果将炸药中的水分降至 $0.1\%\sim 0.15\%$ 的范围内,只要包装条件满足要求,一般不会发生结块和硬化,所以在生产炸药过程中,应尽量降低炸药含水量,条件受限时含水量也应小于 0.2% 。

(6) 装药密度对炸药的结块硬化有一定的影响,应予以注意。如在潮湿季节,装药密度可取下限,而在干燥季节,装药密度可取上限。

(7) 以水抗水,制造含水炸药,含水炸药具有良好的抗水性。在一些国家,含水炸药已成为重要的工业炸药之一。

(8) 改善炸药包装。目前我国粉状铍梯炸药的小包包装用的是浸石蜡的纸筒,中包则用二层包装纸(或聚乙烯塑料袋)包装,二层包装纸中间粘有(或涂有)防潮剂,常用的防潮剂多由石蜡、沥青加热混合而成。这是保证贮存期间工业粉状铍梯炸药不发生吸湿结块的重要措施。

二、工业粉状铍梯炸药的化学性质

工业粉状铍梯炸药的化学性质基本上取决于各组分的化学性质,而各组分物质的化学性质一般都是比较稳定的,虽然梯恩梯能与硝酸铵分解放出的氨进行反应,生成感度较高的产物,但是硝酸铵在常温下的分解速度是极其缓慢的,所以粉状铍梯炸药在常温下是较稳定的。长期存放后,只是炸药的撞击感度略有增加,爆发点略有下降,但不影响炸药的使用。国外曾有将工业粉状铍梯炸药存放 15 年的记录。

铍梯炸药与铜、镍等金属接触,尤其是有水分存在时,将发生氧化反应,生成感度较高的物质,不利于安全,这点在生产、使用中要特别注意。在常温下铍梯炸药是化学安定性较好的物质,但水分和温度对其化学安定性有很大影响,在高温、潮湿下,铍梯炸药的化学安定性较差。例如水分可降低炸药的热分解温度。当硝酸铵吸收少量水分后,其热分解温度可由 300°C 突降至 180°C ,水是加快分解的催化剂。此外,温度越高,粉状铍梯炸药的性质越活泼。温度升高 10°C ,炸药的分解速度约增加三倍。因此在铍梯炸药生产中要特别注意加工温度与工房

湿度的控制,并确保包装质量,库房必须通风干燥。

三、工业粉状铵梯炸药的爆炸性质

工业粉状铵梯炸药属于中等或较低爆炸性能的炸药。根据其成分和配比不同,爆炸性能也有所区别,其次装药条件例如装药密度、装药直径、加工质量等对其爆炸性能也有显著影响。由于铵梯炸药是氧化剂和可燃剂的混合物,故其爆轰过程属于混合反应机理。爆速一般在 $2\,000\sim 6\,000\text{ m/s}$,爆热在 $2\,926\sim 4\,180\text{ kJ/kg}$,爆容比较高,一般为 $700\sim 900\text{ L/kg}$,威力值和猛度较低,临界直径、极限直径较大。铵梯炸药的火焰感度很低,通常的导火索不能引燃;机械感度较低,摩擦感度接近于零。但是,它的撞击感和热感度却高于梯恩梯。

5.2.3 工业粉状铵梯炸药的生产工艺

工业粉状铵梯炸药是由多种成分组成的混合物,其性能的优劣,不仅与其配方有关,而且很大程度上取决于生产加工过程。一般对工业粉状铵梯炸药产品有如下要求:生产的爆炸混合物混合均匀、干燥;具有能够符合贮存、运输和使用条件的包装;炸药的各项性能指标满足技术规程的要求等。

对工业粉状铵梯炸药的生产过程而言,不论是哪种生产工艺都是由原料加工(粉碎和干燥)、各成分的混合及产品的包装等工序组成,其中尤以混合过程最为重要。所以工业粉状铵梯炸药的生产工艺常根据其混药方式不同来命名,一般分为轮碾工艺、球磨工艺、螺旋工艺和气流工艺四种。

一、轮碾工艺

轮碾工艺是一种比较成熟、普遍使用的工艺。该工艺产生于20世纪20年代,经过多年的改进与发展,形成两种常见的生产方式,即高温重砣轮碾法和低温轻砣轮碾法。

1. 高温重砣法(一段混合法)

这是使用最早的一种生产方式。其特点是碾砣重($500\sim 800\text{ kg}$),混药温度高($60\sim 70\text{ }^{\circ}\text{C}$)。主要工艺过程就是将破碎机粗碎硝酸铵一次定量加入轮碾机中进行粉碎和干燥,然后分别定量加入粉碎、干燥后的梯恩梯、木粉、食盐(生产煤矿炸药时)。各组分经一定的时间混合均匀后,进行筛除药,然后装药和包装。此种方法亦称热混法,轮碾机的一次生产量为 $180\sim 250\text{ kg}$,一次生产时间为 $40\sim 60\text{ min}$ 。

高温重砣轮碾法有许多优点,首先它对原材料没有很高的要求,硝酸铵只需进行粗碎,块度在 40 mm 以下,硝酸铵所含水分在 $2\%\sim 3\%$ 时即可直接加入轮碾机。梯恩梯也不需粉碎很细,甚至可以直接使用片状梯恩梯。这种工艺可生产多个品种的粉状铵梯炸药和其他粉状硝酸炸药,设备利用率较高。其次,高温重砣法生产的炸药质量比较好,因为各种原料在高温

(60~70℃)、重砵(500~800 kg)的作用下,干燥、粉碎的效果较好,有利于炸药均匀性的提高。同时梯恩梯在高温下软化,可以更好地均匀分布在炸药中,充分发挥其敏化作用。即使使用片状梯恩梯,热混法生产的炸药质量也是比较好的。

但是高温重砵法由于温度高和碾砵重,使得该工艺具有安全性比较差的重大缺点,这种工艺现已被淘汰。

2. 低温轻砵法(二段混合法)

低温轻砵法的特点是混药温度较低(40~45℃),碾砵质量较小(100~140 kg)。因此,在生产中炸药受到的机械作用相应地减轻了许多,安全性比高温重砵法好,有毒气体量亦减少。

二段混合法(低温轻砵法)工艺的主要过程(图5-2)是:经粗碎机破碎后的硝酸铵在专用的干燥、粉碎设备中进行粉碎和干燥后,一次定量地加入轮碾机中,同时定量地加入细碎、干燥好的梯恩梯、木粉和焙烧、筛选后的食盐。各组分在轮碾机中进行混合、然后筛除药、装药和包装。

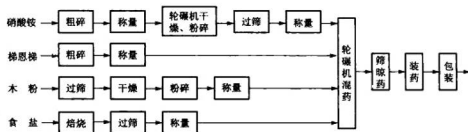


图 5-2 低温轻砵法生产工艺流程图

用这种方法生产时,轮碾机的一次混合量为 200~250 kg,一次混合时间 20~40 min。

该法由于混药温度低,碾砵质量小,在一定程度上对各种原料的粉碎、干燥作用有所下降。为了保证炸药的质量,就必须提高对原料加工的要求,即对原料细度和水分的要求。低温轻砵法要求硝酸铵必须经过细碎和干燥,其细度和水分要达到规定标准才能用以混药。对其他原料的要求基本上与高温重砵法相同,只是梯恩梯必须使用粉状。如果原料的加工质量能满足要求,该工艺也可以生产出质量较好的炸药。如用此法生产的 2 号岩石炸药殉爆距离可达 7 cm 以上,猛度可达 12 mm。

低温轻砵工艺虽然对轮碾工艺作了一些改进,但并没有从根本上改善轮碾工艺的缺点,它的安全性虽有所提高,但是没有从根本上消除碾砵对炸药的冲击和摩擦作用,仍然具有一定的危险性,此法的生产方式仍然是间断式的,因而还存在着劳动强度大,生产效率低,气候适应性差,设备投资高,生产占地面积大等轮碾工艺的通病。

二、球磨工艺

球磨工艺是在常温下,利用球磨机对各种原料进行混合而制得炸药的一种工艺。由于在常温下混合,所以亦将该工艺称为冷混法。

该工艺由于是常温混合,所以干燥效果差,同时球磨机的粉碎能力也低于轮碾机,对原料的加工质量有较高的要求。硝酸铵必须经过细碎和干燥,木粉和食盐的要求同轮碾工艺。由于球磨机也是用于粉碎梯恩梯的设备,所以在用球磨机进行混药时,可直接加入片状梯恩梯。目前球磨工艺使用的很少,基本已淘汰。

三、螺旋工艺

螺旋工艺是利用混药螺旋将各种成分进行混合制得炸药的一种连续工艺。

该工艺是通过螺旋叶片的搅动使物料进行混合,同时物料沿螺旋线方向向前移动,同时起到混合和输送的作用。因螺旋混药工艺是连续工艺,几种原料必须按比例均匀地加入,否则生产出来的炸药成分就不够稳定、均一。其次,螺旋工艺对原料要求很严格,由于此工艺是在常温和低温下混药,所以干燥、粉碎后的物料必须防止吸潮;定量螺旋在运行过程中容易发生堵料。为了提高产品质量,可将螺旋器外壳加工为夹层以便通蒸汽加温。螺旋工艺用的已很少,基本已淘汰。

四、气流工艺

从广义上讲,气流工艺是指以气流作为主要工作介质的生产工艺。而对于粉状铵梯炸药的生产来说,则是指依靠气流运动,完成炸药各种原料的干燥、粉碎和混药的工艺。

我国最早于1960年将气流干燥工艺应用于粉状铵梯炸药制造过程中的木粉干燥,后又应用于硝酸铵的干燥。到1970年前后,气流干燥硝酸铵已在许多工厂推广使用。1974年,有的工厂又进行了粉状铵梯炸药原料的气流干燥与混合的试验,终于用气流工艺生产出了合格的炸药。

1. 气流工艺的特点

气流工艺与前面介绍的各种工业粉状铵梯炸药生产工艺相比有许多优越性,概括起来主要有如下几点。

(1) 生产效率高。气流工艺是连续化生产,在高速高温气流的带动作用下,对原料的粉碎和干燥效果很好,混合速度快,均匀性好,产量大,一般每小时可生产2.5~3 t产品,是所有生产工艺中产量最大的。

(2) 劳动条件好,劳动强度小。气流工艺生产中,所有的物料都在密闭的管道中进行粉碎、干燥和混合,工房内粉尘浓度很低,而且不会产生有毒气体,因而对工人的健康危害很小。另外生产方式是连续进行的,劳动强度低,操作人员也比较少。

(3) 设备投资少,占地面积小。整个气流工艺生产线建在一个工房内,占地面积很小。气流工艺所需的设备部分可以自制,部分需外购,而且外购的主要也是一些普通设备,所以不需要很大的投资。在生产过程中,设备的损耗较小,维修费用低,因而气流工艺是建设投资最少的工艺。

(4) 产品质量高,气候适应性好。由于气流工艺粉碎、干燥、混合的效率很高,所以生产的炸药质量比较好。在温度高、湿度大的季节,产品质量也不会受到太大的影响。

气流工艺也有其缺点,主要是炸药的配比有时有波动。生产中各种原料的加入都是由体积定量螺旋进行定量的,所以如果有时体积定量螺旋的精确性有变化,或者原料的性质发生改变,都会影响到体积定量的准确性,最终影响到炸药的配比是否准确。其次,由于气流与物料运输中容易产生静电,再加之整个气流工艺生产线建在一个工房内,一旦某一道工序发生安全事故,将影响整条生产线,所以该工艺的安全性较差。目前,单纯的气流工艺已被淘汰。

2. 气流工艺的类型

由于气流工艺发展较快,类型也较多,国内主要使用过以下几种工艺类型。

(1) 以风压形式分类。

① 正压操作(压送式)。这种工艺的特点是风机位置在管道系统的前端,因而管道中的压力高于管道外的大气压力。图 5-3 为正压操作法生产工艺流程图。

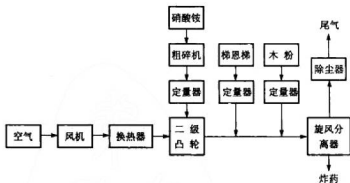


图 5-3 正压操作法生产工艺流程图

工艺过程是:硝酸铵先经破碎机粗碎,后由螺旋定量器连续均匀地输入气流管道中,工作气流是高温空气,由风机吹入并经换热器加热。粗碎后的硝酸铵与热空气同时进入二级凸轮粉碎机,在此硝酸铵被进一步细碎,同时在细碎过程中被热空气强化干燥。由凸轮机出来的硝酸铵其水分质量分数一般低于 0.2%,细度可达 99% 通过 49 目筛。加工合格的硝酸铵被气流带入混合管路,在此将加工好的梯恩梯、木粉经定量器加入,气流即将这些成分进行混合,混合好的炸药由旋风分离器分离出料,送去装药和包装。经旋风分离后的尾气中仍残留有少量药粉,再经除尘器进行粉尘处理,净化后的尾风即可排空。

正压操作的优点有:a. 因风机在管路前端,所以不需要考虑风机的防爆、防腐和沾料清洗等问题。实践证明,在这种工艺形式中,风机的运行安全可靠,维护工作量很少。b. 物料容易分离,不易产生堵塞之类的故障。c. 尾风净化方便,只需要结构简单的简易袋式除尘器即可达到净化要求。d. 管道系统如有漏风现象,很容易发现,密封容易。e. 可以有效地利用风机的温升热,节约一定的热能。

正压操作也有其缺点,当管路有小的漏风时,易使药粉冒出,影响工房的环境卫生。旋风分离后的药温较高,夏季可达 $60\sim 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右,不能直接送去装药。

② 负压操作(吸引式)。负压操作与正压操作不同之处就是风机是在整个管路系统的尾部,使管路系统具有一定的真空度,也就是管路内的压力低于外部的大气压力。图 5-4 为负压操作法生产工艺流程图。

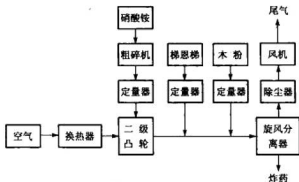


图 5-4 负压操作法生产工艺流程图

负压操作的优点是工房内无粉尘,卫生条件好,生产中可使用皮带电子定量秤加料,产品质量稳定。其缺点是技术要求高,如果密封不好,管道漏风不易发现,旋风分离如果控制不好,则分离出料比较困难,物料易产生堵塞现象;其次,需要考虑风机的防爆、防腐、沾料清洗等问题。

③ 正负压结合操作(前推后拉式)。实际生产中,有时为了增大产量或调节系统的压力等,可以将正压操作和负压操作结合起来,只要在其中某一种操作形式中增加一台低压风机就成为正负压结合的操作形式。这种形式可以是正压形式,也可以是负压形式,具体情况由整个系统的压力情况而定。如原来为正压操作,则低压风机位于系统的末端;如原来为负压,则低压风机放在系统前部。

(2) 以混药形式分类。混药形式指的是混药时的气流形式,按照此形式可将气流工艺分为两种类型。

① 一风法。利用同一股气流完成硝酸铵的干燥和各组分的混合的气流工艺形式称为一风法。一风法又可分为一风吹和一风抽两种方式,上述的正压操作和负压操作或正负压操作

皆属此类。

一风法所用设备较少,但是由于干燥硝酸铵需要较高温度的热风,用此热风再进行混药,生产的炸药温度就比较高。

② 二风法。硝酸铵干燥使用热风进行,而各成分的混合则利用冷风进行的气流工艺形式称为二风法。二风法的优点是消除了一风法药温高的弊端。

二风法又可分为二风吹、二风抽及一风吹一风抽三种方式。图 5-5 为二风吹法生产工艺流程图。

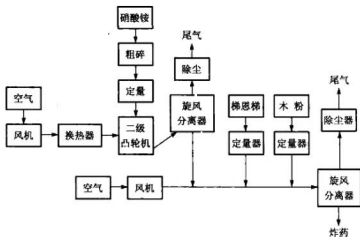


图 5-5 二风吹法生产工艺流程图

五、目前采用的生产工艺

铵梯炸药生产长期以来一直采用轮碾机进行硝酸铵的细碎、干燥和各组分的混合。为了改进这种落后的间断生产工艺,先后采用过鼓式干燥器、旋转式干燥器和圆盘式混合器等。目前大量使用的是 20 世纪 70 年代发展的流态化干燥和细碎硝酸铵,然后再在轮碾机中进行混合的半连续化生产工艺。该工艺集中了轮碾工艺和气流工艺的优点,其中硝酸铵和木粉的加工采用气流工艺,混药采用轮碾机。

5.2.4 工业粉状铵梯炸药的制造及设备

前面介绍了工业粉状铵梯炸药的几种生产工艺,其中有连续工艺,也有间断性生产。但是不论是哪一种工艺,其生产过程主要由原料的加工、各种原料的混合、装药和包装这几个工序组成,对应的设备主要有粉碎设备、干燥设备、混合设备、装药设备等。

一、原材料加工和制备

原材料加工和制备是工业粉状铵梯炸药生产的第一道工序,同时也是工作量最大、最重要的工序之一,工业粉状铵梯炸药的原料加工主要包括:硝酸铵的粉碎与干燥、梯恩梯的粉碎、木粉的粉碎与干燥、食盐的粉碎与干燥(通过焙烧进行)。

1. 硝酸铵的粉碎和干燥

硝酸铵是粉状铵梯炸药的主要原料,在炸药中所占比例较高,一般均为70%以上,高的可达90%以上,所以其细度和水分质量分数对铵梯炸药各项爆炸性能影响很大,它的加工也就成了原料加工的重要环节,通常规定硝酸铵的细度80%以上通过60目筛。

(1) 硝酸铵的粉碎。

硝酸铵的粉碎按照物料的破碎程度不同,可以分为粗碎和细碎两种。

硝酸铵的粗碎也叫破碎,是指把大块的(一般为200~1 000 mm)硝酸铵破碎为块径不大于40 mm的小块的过程。粗碎是物料粉碎的第一过程,也是对物料进行细碎的准备过程。工厂常用的粗碎设备主要是狼牙破碎机、锤式破碎机、颚式破碎机和滚筒式破碎机等。

硝酸铵的细碎也就是硝酸铵的粉碎,它是将粗碎后块径小于40 mm的硝酸铵再进行加工以达到工艺要求的细度的过程。在工业粉状铵梯炸药生产中,除高温重砵工艺外,都必须对硝酸铵进行细碎。硝酸铵的细碎设备有轮碾机、凸轮粉碎机、鼠笼式粉碎机等。其中轮碾机是使用较为普遍的细碎设备,它的细碎作用非常显著,此外它还具有干燥作用。

(2) 硝酸铵的干燥。

采用“一段混合法”轮碾工艺生产时,硝酸铵的干燥是在轮碾机中进行的。轮碾干燥是指将粗碎后的硝酸铵直接投入高温重砵轮碾机中,利用碾盘夹层的蒸汽加热进行干燥,一台轮碾机一次可同时干燥、粉碎硝酸铵160~250 kg,在70~75℃的温度下经35~50 min就可以达到工艺要求。

如果采用“二段混合法”轮碾工艺,硝酸铵需要在专门的设备内干燥。这些设备的种类很多,如转筒干燥器、螺旋干燥机、轮碾机和热风干燥系统等。其中以轮碾机干燥和热风干燥应用最广。

气流干燥是现在普遍应用的一种干燥硝酸铵的工艺。它的生产能力大、效率高、受气候影响小,是一种较好的干燥方法。气流干燥的基本原理是高速运动的热风带动固体物料在管内运动,物料颗粒悬浮分散在热风中,与热风直接接触进行热交换,将物料中水分蒸发出来。这样不仅使物料得到干燥,而且同时也将物料输送到了既定地点。由于热风 and 物料颗粒密切接触,使接触面积很大,而且彼此又都处于高速运动状态,热交换进行得很快,干燥效率很高。其工艺流程图如图5-6所示。

由此可见,对于一段混合法生产,轮碾机是必须的细碎设备,因它可以同时起到干燥和混合的作用。而在二段混合法生产中,硝酸铵的粉碎和干燥可以在气流运动过程中进行,一般常

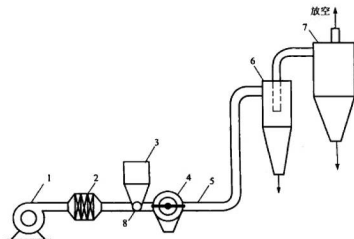


图 5-6 气流干燥工艺流程图

1—风机；2—换热器；3—硝酸铵料斗；4—凸轮粉碎机；5—管道；
6—旋风分离器；7—袋滤器；8—定量螺旋

采用高效粉碎的凸轮粉碎机和气流干燥设备联合式使用。

2. 梯恩梯的粉碎

梯恩梯在铵梯炸药中的敏化作用，与其本身的细度有密切的关系。当梯恩梯为鳞片状时，其殉爆距离只有 10~20 mm，而如果粉碎到细度为 90% 以上通过 60 目筛时，则殉爆距离可增大至 150~200 mm，梯恩梯颗粒越细，分散越均匀，炸药的爆轰感度越高，爆轰性能越稳定，敏化效果越好。工业上使用的梯恩梯大都是鳞片状的，所以在混药之前，必须对其进行粉碎。

关于粉碎设备，前面我们已介绍了几种，但这些都是常规的粉碎设备。梯恩梯是一种单体炸药，具有很强的爆炸威力，对外界作用的感度也远远大于硝酸铵，所以用常规粉碎设备是不能对梯恩梯进行粉碎的，必须使用特殊的专用粉碎设备。梯恩梯的粉碎方法主要有两种。

（1）梯恩梯气流粉碎。梯恩梯气流粉碎是以压缩空气为动力，利用梯恩梯热安定性好、常温不分解、摩擦感度低、质脆、易粉碎的特性，利用 0.245~0.392 MPa 的压缩空气从喷嘴喷出时所造成的负压作用，将片状梯恩梯带进扩张管。在喷嘴口和扩张管内，梯恩梯与压缩空气呈高速湍流状态，物料彼此碰撞，同时物料也与管壁进行不规则的碰撞与摩擦，使片状梯恩梯在极短的时间内粉碎成细粉状。气流粉碎机如图 5-7 所示，气流粉碎 TNT 流程如图 5-8 所示。

（2）梯恩梯的球磨粉碎。梯恩梯的粉碎通常采用球磨机。球磨机的构造如图 5-9 所示。

球磨机由主轴、外罩、机架以及内装木球的转筒等构成，外罩用于封闭设备、防止机内粉尘冒出污染工房，转筒可采用不锈钢、铸铝、铝板卷制、硬木制成。形状有圆形和八角形两种，其直径一般为 1.2~2 m，宽为 0.8~1 m。

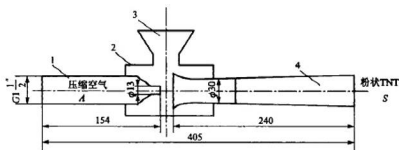


图 5-7 TNT 气流粉碎机示意图

1—扩、扩式喷嘴；2—三通；3—进料漏斗；4—喷射器

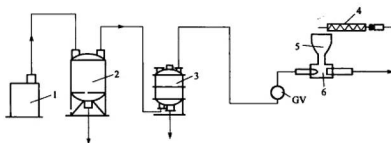


图 5-8 气流粉碎 TNT 流程示意图

1—空气压缩机；2—贮气槽；3—油水分离器；4—定量螺旋；
5—TNT 进料斗；6—气流粉碎机

当转筒转动时，转筒内存在着球与球之间的相对运动、球与转筒壁之间的相对运动，这两种相对运动使物料受到剪切、摩擦和挤压力；其次，转筒转动时，依靠转筒与球之间的摩擦力和惯性力，球向上运动，运动至一定高度时重力作用增大，球体自由落下，对物料产生一定的撞击力，在以上各种力的综合作用下梯恩梯得到粉碎。

粉碎效果的优劣取决于木球的材质、木球的直径、球料装量、球料比、球磨机转速和球磨机转筒形状。为了提高球磨机的粉碎效果，一般多选用由坚硬而密度大的木材制作的小球，一般要求密度 $>1\text{ g/cm}^3$ 。这样不但粉碎效果好，而且木球耐磨耐用。实际生产中，一般选用球径为转筒直径的 $1/18\sim 1/24$ ，且木球的直径宜大小搭配，即球径同时

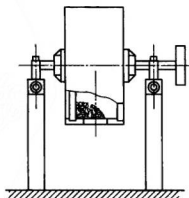


图 5-9 球磨机

采用几种规格,以提高有效作用面积,增加粉碎效果。木球使用量应占转筒体积的35%~40%,物料占转筒体积的20%~30%。按质量计,球料比宜在1:(1.2~1.4)范围内,一般粉碎作用时间为40~60 min。

球磨机的转筒转速对球磨机的粉碎效果影响很大。转速高时,木球由于离心力作用而紧贴于壁面不能落下,这就几乎没有粉碎作用;转速低时,木球升不到一定位置就滑落下来,不产生撞击作用,粉碎效果很差。适宜的转速可用下列经验式估计:

$$n=37.2 \times 0.75 / \sqrt{d_i} \text{ (r/min)}$$

式中, d_i 是转筒直径,m。

从安全角度考虑,木制球磨机虽然制作方便,造价低廉,但导电性与导热性较差,使用时应注意机内温度和良好接地。金属制球磨机导电性与导热性较好,因而不易产生高温和静电聚集现象,有利于安全生产,所以应用较多。

为防止有毒梯恩梯粉尘的飞散,除使用外罩封闭球磨机外,机体上部还要安装除尘通风装置,将含梯恩梯粉尘的空气进行净化。

3. 木粉的干燥和粉碎

常见的木粉是锯末屑,其中含有较多的杂质,水质量分数可高达30%~40%,颗粒也较粗,所以必须进行干燥和粉碎。

最初的木粉干燥是采用平底锅烘干,后来采用过轮碾机干燥、螺旋机干燥、转筒干燥和烟道气干燥等。目前木粉的干燥主要采用转筒干燥、烟道气干燥和红外干燥。转筒干燥机早期曾使用于硝酸铵干燥,但生产效率不高,目前主要用于木粉干燥。转筒干燥机的主要部件是一个有倾斜角度或水平的由钢板卷成的回转圆筒。圆筒由电机通过减速器和传动齿轮带动旋转。转筒内有分散物料的抄板,抄板的结构形式有多种。转筒干燥机内使用的干燥介质多为锅炉烟道气或加热干燥空气,气温以120~145℃为宜。转筒干燥机的结构如图5-10所示。转筒干燥机工作时木粉从加料口加入,在转筒的转动和抄板的作用下,物料缓慢地向前运行并被分散落下。在此过程中,木粉与加热介质充分接触,木粉温度升高,水分汽化,从而达到干燥的目的。若加热介质为烟道气时,则燃烧锅炉产生的烟道气(或锅炉余气)在通风机作用下吸入转筒干燥机。在高温烟气的作用下,木粉一边流动,一边干燥。

烟道气干燥法是用通风机将燃烧锅炉产生的烟道气吸入管道,过筛后的木粉由螺旋加料器输入管道中,在高温烟气的作用下,木粉的水分被蒸发,干燥后的木粉经旋风分离器进行分离。由于木粉中含有结晶水分,为了保证干燥后木粉的含水量达到标准,要求烟道气有较高的温度和足够大的风量或者流速,通常选用烟道气的进口温度要达到300℃,出口温度不低于100℃。此外,由于使用烟道气作为木粉的干燥介质时,常会有少量炽热的炭粒(火星)存在,这些火星容易导致木粉燃烧,因此必须采取隔火装置等措施以避免着火事故的发生。

木粉是一种多孔疏松的纤维性物质,当它含有一定量的水分时具有韧性,而干燥后的木粉脆性较大,因此木粉的粉碎常放在干燥后进行。木粉的粉碎常采用具有撞击和剪切作用的粉

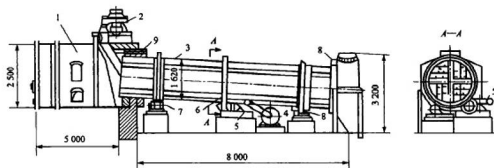


图 5-10 转筒干燥机

1—炉灶;2—加料器;3—转筒干燥机;4—电动机;5—减速机;6—传动齿轮;7—支承托轮;8—挡轮;9—密封装置

碎设备进行,如鼠笼式粉碎机。该粉碎机的粉碎部件主要是两个有棒状齿牙的牙盘,其中一个为固定盘,另一为转动盘。当两个牙盘进行相对高速运动时,棒状齿牙对木粉进行猛烈的撞击,若木粉处于两牙齿的间隙中时便受到牙齿的剪切和摩擦作用,从而使木粉得到粉碎。被粉碎后的木粉通过鼠笼粉碎机下部的筛圈(孔径为 0.8~1.0 mm)或上部的空气风选器,将粗颗粒木粉留下继续粉碎,而细颗粒木粉被排出粉碎机。

木粉的连续干燥与粉碎的工艺流程图如图 5-11 所示。

二、各组分的混合

在粉状铵梯炸药生产过程中,混合工序是整个工艺的关键。混合的质量决定了最后生产出的炸药的质量。而混合的质量又主要取决于混合的方式或混合设备的形式。粉状铵梯炸药的生产工艺有多种,各种工艺的混药设备也不相同,最常用的混药设备是轮碾机。

轮碾机是使用时间最长、应用最普遍的混合设备。它的优点是产品质量较好、设备简单,便于控制,缺点是生产效率较低,劳动条件差。轮碾机主要由碾砣、碾盘、立轴、曲轴、刮板和

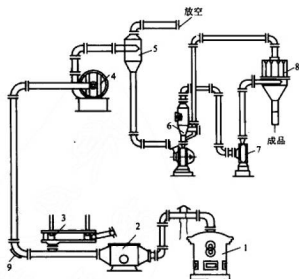


图 5-11 木粉连续干燥与粉碎工艺流程

1—燃烧炉;2—隔火器;3—震落筛;4—离心式通风机;5—旋风分离器;6—空气分离器;7—鼠笼式粉碎机;8—积粉器;9—防渣活门

机罩等组成。碾砣是其主要部件,直径为 660 mm,宽为 400 mm,质量分为 800 kg、450 kg 和 130 kg 三种,重砣用铸铁制成,外包铜套,轻砣用铝制成。碾盘是由铸铁制成并带有蒸汽夹套的圆盘,夹套内可通蒸汽或热水,以加快物料的干燥,碾盘直径为 2.0~2.2 m,小型的为 1.6 m。碾砣通过曲轴与立轴连接,立轴通过伞形齿轮和减速皮带轮由电机带动运转。立轴上连接着支架并固定有铝制或铜制的刮板和推子,用以翻动物料。曲轴上装有吊钩,可以用手轮调节碾砣与碾盘的距离,并另附制锁装置加以固定,采用曲轴是为了防止当物料厚度发生变化,或有坚硬杂质掉入机内时,碾砣可以随着升降,以防发生事故或损坏机件,碾砣公转速度为 18~23 r/min。整机由一外罩密封,在机罩上开有人料门、观察门和出料门,机罩顶部有排风管,轮碾机的排风大都采用自然排风。有的轮碾机配备有活动出料板,借助机械传动或手动,即可将物料甩出。图 5-12 为轮碾机结构示意图。

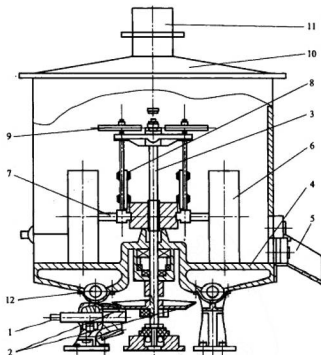


图 5-12 轮碾机结构示意图

- 1—传动轴;2—传动齿轮;3—主轴;4—碾盘;5—出料口;6—碾砣;
7—曲轴;8—吊钩;9—手轮;10—机罩;11—排风管;12—蒸汽管

轮碾机工作时可以对物料完成粉碎、干燥、混合三个作用,图 5-13 为轮碾机运转时混合与研磨作用的示意图。由图 5-13 可以看到,轮碾机的碾砣在运转时,碾砣的外缘总是比内缘

通过的路径更长,所以碾砵在运转时既有滚动又有滑动,因此对物料的粉碎作用是由挤压、研磨、碾压三种基本形式构成,且粉碎作用较强。轮碾机的混合作用主要是依靠刮板和推子的搅拌,另外碾砵的滚压也起配合作用,碾砵碾过之后,中间的推子将物料翻松,并将物料分向两边,接着两边的刮板把物料收拢到碾砵待压处,物料就在这样不断的搅拌和滚压下被混合均匀。

该法生产铵梯炸药时加料顺序不仅随炸药的品种不同而异,即使同一品种的确铵炸药也有不同的加料方法。一般的次序是首先加入硝酸铵,待其基本干燥后相继加入梯恩梯、木粉和抗水剂,最后加入食盐。

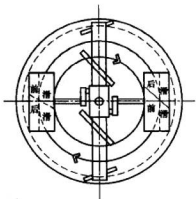


图 5-13 轮碾机运转时混合与研磨作用示意图

三、装药和包装

为了方便贮存、运输和使用,防止确铵炸药吸湿和增强抗水性能,混合好的铵梯炸药还需进行装药和包装。在装药和包装之前,先要经过晾药和筛药。工业粉状铵梯炸药有药卷和散装两种包装形式,药卷装药就是将一定质量的药粉装入已卷好的纸筒中,该工序主要包含了卷纸筒、装药、中包三个过程。

1. 卷纸筒

卷纸筒机由送纸机构、浸蜡机构、卷筒机构、窝底器、打底器及退纸筒轮等主要部件组成,这一过程为机械化过程。

2. 装药

装药所用的设备主要有手工装药机和自动装药机。

(1) 手工装药机。目前国内主要使用的手工装药机有单管立式电控装药机、单管立式机械控制装药机和双管立式机械控制装药机。大量使用的装药设备是机械式立式装药机。图 5-14 是一种立式双筒装药机,使用时可以单机动作,也可以多机联动,通常是双机联动。

该机动作时,首先将混合好的炸药装入料斗内,然后将装药纸筒套入装药管,在重锤的作用下立杆和托盘托着纸筒向上。当托盘距离装药管口 10~20 mm 时,与立杆相连的止动拨杆装置使离合器与皮带轮压合,立轴转动并带动搅拌翅和装药螺旋转动,将药装入纸筒内。由于螺旋装药向下的压力大于重锤的重力,因此随着装药的进行纸筒向下运动。运动至一定距离时,也就是装药至一定高度时,止动拨杆又使离合器与皮带轮脱离,立轴、搅拌翅和螺旋停止转动,一次装药结束。取下药卷,再进行第二次装药。如此循环重复进行。

这种装药机的定量原理为体积定量,即在一定直径的情况下控制装药密度和装药高度。装药密度主要由重锤的质量调节。增大锤的质量,托盘向上的力增大,螺旋也必须有相应的力量才能将药卷压向下行,装药密度因此而增大;反之装药密度减小。一般重锤的质量可以在

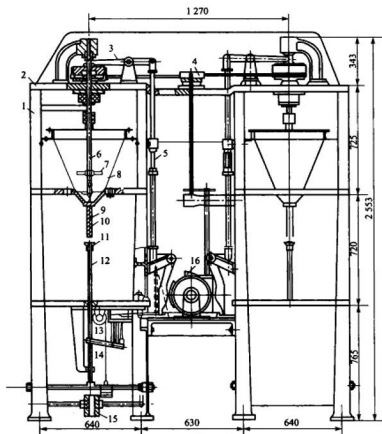


图 5-14 立式双筒装药机

- 1—立架；2—平台；3—杠杆装置；4—皮带轮；5—弹簧；6—立轴；
7—搅拌叶；8—药斗；9—螺旋；10—装药管；11—托盘；12—立杆；
13—滑轮重锤装置；14—密度控制装置；15—脚踏板；16—刹车装置

2~4 kg 的范围内调节,通过调节立杆来控制。

为了保证装药质量,减轻以至消除包装后药粉的结块,装药时应尽可能满足下列条件:药粉水分不大于 0.2%;药粉温度夏季为 38~42℃、冬季为 45~50℃;控制工房温度为 20~25℃、湿度在 55% 以下。为了改善劳动条件,装药机旁需安设吸尘装置。

(2) 自动装药机。

上述的几种手工装药机均属于半机械化工装药设备,装药效率低,劳动强度大,而且工房内药粉浓度较高,严重危害工人健康。为了提高劳动效率,改善劳动条件,我国不少厂家对装药机的自动化进行了大量研究试验,经过试用和改进,现已取得了较为满意的效果。国内目

前常见的自动装药机有振动式自动装药机、射气式自动装药机和螺旋式自动装药机等。

振动式自动装药机的装药方式为振动装药,即药粉在一定频率的振动过程中依靠自重下落而进行装药。振动的方式一般分为机械振动和电磁振动,装药密度由振动频率决定。这种装药机的装药效率比人工立式装药机高,一般每分钟装70管,但受到自重下落速度的限制,装药速度不可能很高。

射气式自动装药机的装药形式是射气装药,即药粉在高速气流的作用下形成射流而装入纸管内。这种装药机一般采用多管装药,而且射药速度快,所以装药效率高,每分钟可装药200管以上。

螺旋式自动装药机的装药形式为螺旋装药。它是在人工立式装药机的基础上进行组合改制而成。这种装药机一般为卧式多管装药。装药效率取决于装药管数。我国生产的ZY6型六头自动装药机除适用于铵梯炸药外,还广泛适用于膨化硝酸铵炸药、铵油炸药等粉状炸药的自动包装。ZY6型自动装药机是以压缩空气为动力源,通过气动控制元件、执行元件和辅助元件组成的气动控制系统,按程序自动完成药粉的充填、封口等工序,具有结构简单紧凑、质量轻、生产效率高、劳动强度低、劳动条件好等优点。

CARTEX-12型粉状硝酸铵炸药自动装药机是西德尼普曼机器制造有限公司生产,由我国某化工厂引进的全自动装药机。该全自动装药机包括自动卷纸筒机1台、炸药自动装药封口机1台、炸药自动供药装置1套、控制台用电视监控遥控操纵装置1套,并相应兴建工房1幢(含卷纸筒间、装药机间、供药料斗及传送间、控制室、配电室等)。国内配套生产线还需建设前接炸药制备工序和后续成品包装工序等,从而组成一条完整的生产作业线。

该机组作业流程为:由卷纸筒机将滚筒纸经牵引通过电热蜡锅浸渍后,通过风冷却、对角切纸、自动卷制并封底,得到呈螺旋线形搭缝的蜡纸筒,通过脱机传送机构按输送链顺序排列输送到装药机接口部位;粉状炸药由振动式供料斗,通过装有金属探测器的传送带,送至装药机上方的中间贮料仓,经二级振动给料机构对装药机均衡限量供料;装药机通过扒进机构将成组纸筒水平推入夹持套内,由四工位转动装置翻转为竖向,并导入立式成组装药螺旋管外承插连接,成组装药螺旋分别将药粉装填入纸筒至规定药量后停止(密度可调);推进机构使药卷脱离装药管并转动至封口位置,封口装置自动四折封口;推进机构使成品药卷脱出转动装置,通过脱机传送装置顺序送出装药工房。

该机自控系统的主要功能是当机组处于自控状况时,各台设备自行联动,各关键部位均设置光电监测器对纸筒卷制、传输、装药、脱机等进行监测,确保全过程的正常、协调作业。如发生故障能自动停机并在控制台上显示故障部位,只有待排除故障按动复位开关后方能启动恢复运转。卷纸筒机通过无级变速器传动,自动调整输出转速与装药机运行速度相适应。电热蜡锅配有自动测温装置。供药系统各料仓的料位设有多级料位计,能自动检测、控制贮料料位满足装药机供药要求。药粉传送带上的金属探测器能自动检出混入炸药的金属杂质并自行停运以待排除。振动料斗、传送带、装药机供(停)料能自动连锁调谐运行。装药机液压驱动装置

在装药阻力增大时能自动显示并停机以保安全;成组装药中某一单支出现作业异常时也能停机显示。控制操作可通过总台和电视显示在隔离的控制室遥控,也可在现场就地操纵。整个控制系统实用、可靠,设备主机所需动力仅约 20 kW。机组各单元配置合理、布置紧凑,专用工房占地面积仅需约 180 m²,建筑物为局部二层结构。

该机一次装药 12 根,每分钟动作 12~14 次,一台装药机可以满足年生产 3 000~5 000 t 硝酸炸药的生产要求,每台机由两人操作。

3. 中包

工业粉状铵梯炸药有药卷和散装两种包装形式,药卷包装形式常用的有三种规格,其外径分别为 32 mm、35 mm、38 mm,相应的药卷质量有 100 g、150 g、200 g 三种,其中 150 g 重的药卷最为常用。此外,还有两种大规格药卷,即药卷直径 80 mm、质量 2 kg;药卷直径 140~200 mm、质量 4~8 kg。煤矿用的药卷表面涂以蓝颜色或蓝色带。小包装药一般在矿井爆破作业中使用,或者作为铵油炸药或浆状炸药的传爆药柱。

散装包装即大包装药是指工业粉状铵梯炸药装于内衬不少于三层纸袋和一层吹塑薄膜袋的编织袋(或麻袋)中。大包装药主要用于大爆破场合,每包(袋)装药 40~50 kg。

装好的小药卷两端浸蜡密封后进行中包包装,一般 20 根药卷包成一个中包。普遍采用的包装方法是内层包白纸,然后放入聚氯乙烯塑料袋中,热合封口。或者也可以采用双层防潮纸包装,防潮剂多为沥青和石蜡,也可以使用重油和机油。中包以后装箱,即为成品。

铵梯炸药在我国是一种用量最大、使用最为广泛的工业炸药。但是,由于铵梯炸药中含有严重影响人体生理机能的梯恩梯成分,特别是因为梯恩梯的生产会带来严重的环境污染,含梯恩梯工业炸药的产量正在逐年减少,我国《民爆行业产品政策纲要》中已将铵梯炸药列为“限制并逐步淘汰”的产品。

5.3 铵梯油炸药

铵梯油炸药是由粉状铵梯炸药发展而来的第二代产品,它是工业炸药从“含梯”到“无梯”的过渡性产品。由于工业粉状铵梯炸药中梯恩梯是有毒有害物质,既污染环境,又危害工人身体健康,加之主要原材料硝酸铵具有易吸湿结快的特性以及炸药本身缺乏抗水性等,这些弱点在一定程度上限制了它的使用。20 世纪 80 年代之后,在工业炸药领域内,以乳化炸药为代表的含水炸药得到了发展,乳化炸药是一类较好的工业炸药品种,具有近乎理想的高速化学反应条件以及良好的抗水性、安全性。由于乳化炸药的发展,国内一些工业炸药研究者,借助乳化炸药的理論,推进了铵梯炸药的发展,成功研制出了铵梯油炸药。

铵梯油炸药是由硝酸铵(85%~90%)、梯恩梯(3%~10%)、木粉(约 4%)、复合油相(1%~2.5%)和极少量复合添加剂(约 0.1%)组成。

1. 硝酸铵

铵梯油炸药和工业粉状铵梯炸药相比,它不是完全依靠敏化剂梯恩梯来提高炸药的起爆感度和爆炸反应速度,而是依靠硝酸铵的改性,即提高硝酸铵颗粒的细度、增大比表面积、改变晶型结构、增加表面粗糙度等来达到这一目的。改变硝酸铵颗粒状态和性能的方法有以下几种。

(1) 高温压硝法。采用高温(100~120℃)压硝工艺,炸药起爆感度大大提高,但此法生产效率低、能耗高且安全性较差。

(2) 超细粉碎法。提高硝酸铵的细度可以大幅度提高铵梯油炸药的性能。硝酸铵和梯恩梯(80:20)颗粒直径为0.4 mm时爆速仅2 900 m/s;而当细度提至0.01 mm时,爆速则达5 000 m/s。

(3) 细粒结晶法。20世纪70年代以前,我国曾采用盘式结晶机制细粒硝酸铵,制备方法是:90%~95%的浓硝酸铵水溶液在大于120℃的温度下送入底盘有加热夹层的结晶机中,主要依靠自身的结晶热和晶变热来驱除水分,同时搅拌、结晶,制得细粉状硝酸铵,如果及时进行细碎和混合,可使硝酸炸药的性能得到良好的改善。

(4) 改性结晶法。在表面活性剂作用下,通过控制过饱和溶液中硝酸铵晶体的成长速度和成长方向,改变晶形结构和晶粒大小,增大比表面来达到改性结晶的目的。

通过以上各种方式对硝酸铵进行改性后,使得铵梯油炸药中各组分间的接触和分布状态大大改善,有利于“热点”形成,这样制得的硝酸炸药具有较大的反应界面和较小的空隙及缺陷,易于爆炸,并有较高的爆炸反应速度。

2. 梯恩梯

梯恩梯在铵梯油炸药中作敏化剂,组分中含量虽少,但是仍属于重要组分部分。

3. 木粉

木粉在铵梯油炸药中不仅是燃烧剂,而且也起到渗合剂的作用,可降低硝酸铵的结块性。有时也可用甘蔗渣粉、棉籽饼粉代替木粉。用于铵梯油炸药的木粉要比工业粉状铵梯炸药用木粉要求高,尤其是水分和细度。

4. 复合油相

在铵梯油炸药中复合油相起到可燃剂的作用,是很重要的成分。在铵梯油炸药生产中,通过采用适当的工艺,使复合油相均匀地分散在硝酸铵颗粒表面形成一层憎水性的油膜,以提高炸药的抗水性和抗结块性,减少炸药制造过程中的粉尘。尤其是复合油相与高比表面积的硝酸铵相结合,极大地增加了油相材料与氧化剂的混合均匀性和接触界面,提供了良好的反应条件,保证混合炸药具有较高的爆炸反应速度、能量转化率和较高的爆炸能力。铵梯油炸药中一般采用石蜡、柴油、重油、沥青、松香、SP-80来构成复合油相。其中石蜡、沥青、重油、松香作为防潮剂,也作为黏度调节剂,而松香、柴油等具有一定挥发性的物质在炸药中具有一定的增加硝酸铵感度的作用。

5. 复合添加剂

在铵梯油炸药中加入复合添加剂,即表面活性剂和渗粉剂,可以改善硝酸铵的多变晶形和降低吸湿性。阳离子型表面活性剂有硫酸盐(硫酸高铁铵)、硝酸盐、盐酸盐等;阴离子型的有十八烷胺($C_{18}H_{37}NH_2$)、十八烷基氯胺($C_{18}H_{35}NHCl$)、十二烷胺($C_{12}H_{25}NH_2$)等。渗粉剂多为亲水性的惰性物质,渗入后,可以使硝酸铵的颗粒隔开,并依靠其自身的吸水作用,保持硝酸铵颗粒外部暂时干燥,因而减轻了硝酸铵的吸湿性能和结块强度。用做渗粉剂的物质有硅藻土、矿渣粉、煤矸石粉、煤尘、碳酸钙等。如果炸药在干燥季节生产,干燥环境下使用且不经贮存,则可以不加复合添加剂。复合添加剂加入炸药中影响炸药的爆炸性能,因此不宜多加。

目前我国生产的铵梯油炸药有岩石型、露天型及抗水岩石三类,它们均在一定程度上消除了粉状铵梯炸药的一些主要缺点。铵梯油炸药的生产工艺有轮碾机生产工艺、球磨机生产工艺、气流生产工艺、快速混合生产工艺等。几类常见的铵梯油炸药的组成及性能见表 5-11。

表 5-11 三类铵梯油炸药的组成及性能

组成及性能	岩石型		露天型		抗水岩石型	
	I 号	II 号	I 号	II 号	I 号	II 号
组成/%						
硝酸铵	86.0±1.5	87.5±1.5	89.0±2.0	90.5±2.0	89.0±2.0	90.5±2.0
梯恩梯	9.0±0.9	7.0±0.7	5.0±0.5	3.0±0.3	5.0±0.5	3.0±0.3
木粉	4.0±0.5	4.0±0.5	4.0±0.5	4.0±0.5	4.0±0.5	4.0±0.5
复合油相	1.0±0.2	1.5±0.25	2.0±0.3	2.5±0.30	2.0±0.30	2.5±0.30
复合添加剂(外加)	0.1±0.005	0.1±0.005	0.1±0.005	0.1±0.005	0.1±0.005	0.1±0.005
性能						
水质量分数/%	≤0.30	≤0.30	≤0.30	≤0.30	≤0.50	≤0.50
密度/($g \cdot cm^{-3}$)	0.95~1.10	0.90~1.10	0.90~1.10	0.90~1.10	0.90~1.10	0.90~1.10
爆速/($m \cdot s^{-1}$)	≥3 300	≥3 200	≥3 200	≥3 000	≥3 000	≥2 500
殉爆距离/cm 浸水前	≥5	≥4	≥4	≥3	≥3	≥3
殉爆距离/cm 浸水后			≥3	≥2		
猛度/mm	≥12	≥13	≥12	≥12	≥12	≥12
做功能力/mL	≥320	≥350	≥320	≥300	≥320	≥320
炸药有效期/月	6	6	6	4	4	4
有效期内殉爆距离/cm	≥3	≥3	≥2	≥2	≥2	≥2
有效期内水质量分数/%	≤0.50	≤0.50	≤0.5	≤0.50	≤0.80	≤0.80

5.4 铵油炸药

铵油炸药是以硝酸铵和燃料油为主要成分的粉状或粒状机械混合炸药,简称“ANFO”爆破剂,因为这种炸药的制造过程和组成简单、成本低廉,所以也称为“简单炸药”或“廉价炸药”,

94:6 是铵油炸药的典型配方。铵油炸药在我国最早使用于抗日战争时期,以硝酸铵 94%,废机油 6%组成的铵油炸药大量装填于地雷和炸药包中。

铵油炸药中使用的硝酸铵有粉状硝酸铵、结晶状硝酸铵、多孔粒状硝酸铵等;燃料油主要有柴油、机油和一些矿物油,其中轻柴油是最好的燃料油。由于柴油在低温时易凝固,通常在寒冷季节选用凝固点低的冬季用柴油,或者采用柴油和煤油的混合油。固体可燃物有梯恩梯、木粉,其中木粉不仅是可燃剂,同时也是疏松剂,还可以提高炸药的吸油能力。此外,根据不同的需要还可在铵油炸药中添加各种附加成分,如添加铝粉(镁粉)和石蜡等,就可以制备出爆炸威力和能量都比较高的铵铝油炸药。铵油炸药根据用途分为岩石型、露天型和煤矿许用型三类,或根据硝酸铵的种类分为粉状铵油炸药、粒状铵油炸药和多孔粒状铵油炸药三类。

5.4.1 铵油炸药的常见品种

一、粉状铵油炸药

粉状铵油炸药的主要组成物为粉状硝酸铵、轻柴油及木粉。粉状硝酸铵颗粒较大,松散性好于结晶状硝酸铵,用其制成的铵油炸药威力较大。但由于其颗粒比较致密,所以吸油率较低。对于配方为硝酸铵:柴油=94:6的铵油炸药,爆速为 2 000~3 000 m/s,爆热 3.7~5.2 MJ/kg,爆温 2 180~2 680 °C,爆容约 970 L/kg,猛度 5~8 mm(铅柱压缩值),做功能力 310~330 mL(铅弹扩孔值),5 kg 落锤不发生爆炸的最大落高大于 50 cm。

二、多孔粒状铵油炸药

多孔粒状铵油炸药由多孔粒状硝酸铵和轻柴油组成。采用多孔粒状硝酸铵是现代铵油炸药的新颖和独特之处,多孔粒状硝酸铵是一种高孔隙率且有效比表面积比较大的硝酸铵颗粒,堆积密度为 0.75~0.85 g/cm³,孔隙率一般在 0.45 cm³/g 以上。与普通粒状硝酸铵比较,多孔粒状硝酸铵具有较高的吸油能力、良好的流散性,吸湿性、结块性也得到了显著改善,而且其中的孔隙增加了铵油炸药体系的起爆感度,从而形成了具有独特物理性能和爆炸性能的新型工业炸药,因而在铵油炸药的生产中得到广泛的应用。多孔粒状铵油炸药的爆速一般为 2 500~3 700 m/s(钢管中),做功能力为 250 mL 以上,猛度为 15~23 mm(钢管中),爆热试验值一般为 3 762~4 096 kJ/kg,爆容为 950~1 000 L/kg。多孔粒状铵油炸药的感度较低,其撞击感度在 10 kg 落锤、25 cm 落高时的爆炸百分数为 4%,摩擦感度在标准实验条件下为零,爆发点在 380~420 °C。多孔粒状铵油炸药爆炸后产生的有毒气体总量在 45~73 L/kg,低于国家规定的矿用炸药有毒气体生成量标准(规定一般不超过 80 L/kg)。

三、重铵油炸药

为了克服铵油炸药抗水性差和爆炸能力低的缺点,人们研制出了一种新型结构的铵油炸药——重铵油炸药。常用的铵油炸药密度偏低,颗粒间存在一些间隙,如果在此空隙中填入活性乳胶体,则不但可以使炸药的密度提高,体积威力增大,而且可以使抗水性明显改善。表5-12所示为几种重铵油炸药的组成及主要性能参数。

表5-12 重铵油炸药的组成及主要性能

组成/%		性 能			
铵油炸药	乳胶体	密度/($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	爆速/($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	相对铵油炸药威力	防水性能
95	5	0.95~1.00	3 000~4 000	1.04	差
90	10	1.00~1.05	3 000~4 000	1.10	可
80	20	1.15~1.20	3 000~4 000	1.12	良
70	30	1.25~1.30	3 000~4 000	1.16	优

四、铵松蜡炸药、铵沥青炸药、铵磺炸药等

它们是铵油炸药中属于“限制并逐步淘汰”的产品。铵沥青炸药是指以硝酸铵为主,加入适量木粉,用沥青、石蜡代替柴油组成的炸药。若要适用于煤矿,则还要加入食盐。铵沥青炸药具有良好的抗水性能与贮存性能。它适用于露天和煤矿的开采中。

铵松蜡炸药是指以硝酸铵为主,加入适量木粉,以及松香、石蜡等组成的炸药。铵松蜡炸药外观比铵沥青炸药好,它主要用在露天开采中。铵磺炸药主要以硝酸铵、木粉和硫黄为主要原料混制而成。

5.4.2 铵油炸药的制造

最简单和使用最多的铵油炸药仅由硝酸铵和燃料油混合制成,因此它们的制造方法和过程都比较简单且容易实施。铵油炸药的生产工艺可以分为以下几类。

一、现场人工混制

现场人工混制采用的是一些简易加工的方法,如袋内混制法、炮孔中混制法、容器内混制法等现场人工混制法。袋内混制法是指直接在硝酸铵的袋子中混制铵油炸药。当用多孔粒状硝酸铵或松散的粉粒状硝酸铵作原料时,可以将柴油直接倒入硝酸铵袋中,燃料油依靠自身的重力和表面张力自行分散和浸润在硝酸铵颗粒表面。柴油按投料量可以一次倒入,也可以分几次加入。柴油投入后静置一段时间,以使燃料油渗入颗粒内表面。静置时间根据品种不同而有较大差别,一般多孔粒状铵油炸药时间较短。

另一种更简便的方法是直接在炮孔中渗制。首先将经过粉碎的硝酸铵或多孔粒状硝酸铵按计算量一次或分批次投入炮孔中,并倒入相应量的柴油,静置必要的时间后即可使用。为保证孔底也有合适量的柴油,其加入量往往比配方计算量略有富余。

此外,采用一个干净的容器,也可以混制出铵油炸药。

铵油炸药采用现场人工混制时,具有随用随配、方法简便、经济安全的优点,所以一些中、大型爆破开采时都采用这种方法。这种方法的主要缺点是混合均匀性不好,产品爆炸性能偏低,尤其在炮孔中配制时,难以保证燃料油被硝酸铵均匀地吸收。

二、现场机械混制

现场机械混制主要是为了解决现场人工渗制方法劳动强度大,生产的铵油炸药产品均匀性差、性能低等缺点而提出的。混药方法是在爆破施工现场附近安装一台合适的混合设备即混药器,它主要适用于多孔粒状铵油炸药。若采用的是粉状或粒状硝酸铵则一般需要预先经过粉碎,或者也可在现场混制设备中混合。首先将硝酸铵倒在一个可以搅拌的容器中,或者是转鼓形的混和器中(大多是可移动的),然后一次加入计算量的柴油。一般混合5~20 min即可得到所需的铵油炸药。由于采用了机械混合作用,所以这种方法得到的铵油炸药的均匀性和产品质量比现场人工渗制的产品好得多,而且保持了简单、经济和安全的优点,因而在大孔径爆破中广为应用,而且往往和机械化装药设备配套使用。

三、专业工厂生产

铵油炸药专业工厂生产方法有喷混法、轮碾法和滚筒混制法三类。由于采取了适当的改良措施,改进了产品包装,炸药工厂生产的铵油炸药具有很好的混合均匀性和爆炸性能,产品能够保持良好的物理状态和贮存性能。

下面以细粉状铵油炸药为例,说明轮碾法制造铵油炸药的生产流程:



1. 粗碎

细晶状硝酸铵首先用颚式、锤式或狼牙式破碎机进行粗碎,至块度 $<40\text{ mm}$ 。

2. 细碎和干燥

在同时兼有干燥和粉碎作用的设备中,硝酸铵进行干燥和粉碎,使其水分质量分数 $<0.3\%$ 、细度 $80\%<250\text{ }\mu\text{m}$ 。常用的设备为轮碾机或气流粉碎-干燥系统。

3. 碾混

已处理好的硝酸铵和相应量的柴油在轮碾机中进行混合。混合温度 $(60\pm 5)^{\circ}\text{C}$,混合时间30 min。温度控制是极其重要的,温度低时硝酸铵致密,不易吸油;温度超过 65°C 就会引起

柴油蒸气的闪燃,导致不良事故发生。若产品中需加入木粉,应先对其进行干燥和细碎,并在加入柴油以前先和硝酸铵搅拌均匀。

4. 晾药

为防止产品结块,碾混后的热物料应在晾药机中冷却至 40℃ 以下。

5. 装药和包装

精制的细粉状铵油或铵木油炸药在直径 32 mm 时可以用 8 号雷管可靠起爆,所以采用小药卷包装规格时,其装药方法同铵梯炸药。普通铵油炸药多为大包装,一般不超过 50 kg。对于小于 25 kg 的装药规格,一般采用塑料袋包装并封口,对于大于 25 kg 的包装,一般采用内衬塑料袋的人造纤维袋或麻袋包装。

四、铵油炸药的机械化混合装药

长期以来,混药和装药分开操作,而且往炮孔中装药主要依靠人工繁重的体力劳动,不仅与机械化露天生产不相适应,也满足不了近代强化开采的要求,且不能在水平炮孔或向上倾斜炮孔中使用。因此,自 20 世纪 70 年代初期开始,相继研制出粉状铵油炸药装药车和多孔粒状铵油炸药混药车,并已基本形成系列。混装车不但可以混制炸药,而且还可以运送和炮孔装药,因而省略了炸药的贮存与运输,提高了安全性,简化了铵油炸药的生产和使用,降低了生产成本,提高了效率。

纵观国内外的各种机械化装药,大多以气流作为装药动力和介质,通常称为气动混合装药机。气动装药机主要由料仓(可以兼有混药作用)、气动力源(压缩空气机)、操作台、装药软管及计量(或自动控制)部分组成。所有设施或部件均放在一辆汽车或机动车的底盘上,运动自如、输送简便。根据气动力源的工作形式,可以分为压气式、喷射式和联合式三种混装机。压气式装药机是利用压缩空气将装在药罐中(可以兼作混药)的炸药通过输药软管压入炮孔。喷射式装药机是在药罐出口处设有一喷射器,压缩空气经喷嘴喷出时在其附近形成一定负压,于是炸药被吸入输药管中,紧接着送入炮孔内。联合式装药机具有压入式和喷射式装药机的共同特点,即将压气、喷射联合在一起使用。我国生产的 GBC-8 型、瑞典的 JETANOL 型混装车就属于联合式装药机。它具有两套喷油系统,因而它有两套输送多孔粒状硝酸铵系统。装药量为 480 kg/min。实践证明,此类混装车操作方便、混合效果好、装药密度大、经济效益显著。

气动式装药机具有动力消耗大、容易产生静电积聚、安全性比较差等特点。为此我国成功研制了螺旋式混合装药车。该混装车由汽车底盘、贮料箱、柴油箱、输料螺旋、装药螺旋和计数器等部分构成,其中悬臂式装药螺旋和软管等构成的装药装置十分灵活,可围绕立螺旋轴线旋转,上下摆动一定的角度,向炮孔内装药。工作时,多孔硝酸铵经贮料箱底部的螺旋输入转载用的立螺旋,此时喷入柴油,再经悬臂螺旋的输送搅拌混合成铵油炸药,最后从软管中进入炮孔。

螺旋装药车与气动装药车相比,动力消耗减少50%以上,混装过程很少有静电积聚,安全性提高,而且结构简单、制造容易。主要缺点是装药量较小,难以满足大型金属矿山爆破的需要。

5.4.3 改性铵油炸药

铵油炸药具有价廉、实用、经济的优点,但也存在易吸湿结块、贮存性差、起爆感度低、爆速低的缺点,为此不少炸药工作者进行了深入的研究,并提出了有效的改进措施,制成了改性铵油炸药,其配方为改性硝酸铵92%、木粉4%、复合油4%。其爆炸性能为爆速 $\geq 3\,200\text{ m/s}$,猛度 $\geq 12\text{ mm}$,殉爆距离4~6 cm,做功能力 $\geq 320\text{ mL}$,装药密度 $0.90\sim 1.05\text{ g/cm}^3$,贮存期大于6个月。下面列举两个生产实例。

1. 气流改性硝酸铵炸药生产线

该生产技术由长沙矿冶院与云南某化工厂共同研制成功,其主要生产工艺如下。

(1) 硝酸铵破碎。将硝酸铵用汽车运入改性制药工房气流干燥粉碎材料间,经手工拆装,加入改性剂,用木锤粗碎后加入破碎机粗碎,破碎后进入振动筛。

(2) 粉碎、加热及改性。由螺旋定量器输送至一次凸轮机粉碎,经硝酸铵干燥输送管道进入二次凸轮机进行二次粉碎。空气经风机、换热器加热成为热风后,同时由热风管道经一次、二次凸轮粉碎机进入硝酸铵干燥输送管道,在输送至旋风分离器的过程中完成对硝酸铵的加热和改性,旋风分离器分离出的硝酸铵自动进入硝酸铵排料螺旋。

(3) 自动配料。复合油相经气动加油系统加入硝酸铵排料螺旋,用电远传转子流量计计量,硝酸铵和油相混合物由硝酸铵定量器定量输入加料螺旋,木粉由木粉定量器计量后进入加料螺旋。

(4) 研磨混制。由出料螺旋将配制好的半成品连续送入球磨混合机,球磨混合机不断地对半成品进行研磨和混合,混合后的产品由出料螺旋输出,送往改性装药包装工房。

(5) 装药包装。改性硝酸铵炸药由小车送至自动装药机内,将其灌装成 $\phi 32\text{ mm}$ (或其他规格)的药卷,药卷经云南某化工厂研发的AHPACK2000型自动中包机组包成中包,每个中包内装15个或20个药卷,重3 kg,8个中包装1箱,经自动装箱线装箱、打包后装车送往成品库。

2. JWT连续自动化改性硝酸铵炸药生产线

(1) 生产工艺流程(图5-15)。

硝酸铵从破碎、改性、干燥、热混到冷混晾药为连续化生产,在计算机控制和视频监控监听录像系统自动监控下安全生产,年产10 000~12 000 t改性铵油炸药生产线制药工段两班仅需10人。1号改性铵油炸药与铵梯炸药性能比较见表5-13。

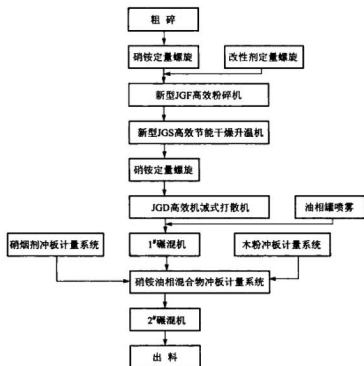


图 5-15 JWS 连续自动化改性硝酸炸药生产工艺流程图

表 5-13 1 号改性铵油炸药与铵梯炸药性能比较表

性能 产品	殉爆距离/cm	爆速/($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	猛度/mm	做功能力/mL	贮存期/月
铵梯炸药(含梯 11%)	5	3 200	12	320	6
1 号改性铵油炸药	5~6	3 300~3 800	13~15	330~380	6~8

(2) 技术特点。该生产线是基于碾混制药机理的粉体炸药连续生产线,具有如下特点。

① 摆脱了传统气流工艺带来的高能耗、难维护缺点,整个制药部分耗能 $<110 \text{ kW}$ 。

② 用新型高效机械式粉碎机取代了传统的二级凸轮粉碎机,实现了低转速($<300 \text{ r/min}$)、大产能(3.5 t/h)、高细度(200 目左右)。

③ 安全系数高,超温、火焰、烟雾的监测和配套自动喷淋系统大大降低了粉状生产线中燃烧转爆轰的危险性。由安全阀、减压阀和进口气动调节阀组成的三重保护有效地消除了盘内蒸汽压力超压的可能性。

④ 在线存药量小,整条生产线为全连续化生产,实现了视频监控监听与计算机远程控制。

⑤ 炸药性能稳定达到或超过 2# 岩石铵梯炸药性能指标,生产原料广泛及成本低廉。

(3) 技术简介。

JWT 无梯粉状炸药生产线机械设备系统组成十分简单,除硝酸铵破碎机外,就只有 JGF 高效机械式粉碎机、JGS 高效升温干燥机、连续碾混机和螺旋输送机。它们作为生产线的核心设备具有很多优越性。

① JGF 高效机械式粉碎机与传统的凸轮粉碎机相比有如下优点。

常压开放式结构,并设置了泄爆片、烟雾传感器、自动喷淋灭火装置等。转速低并可调(200~300 r/min),粉碎效率高(硝酸铵粉碎细度可达 200 目),具有自动除渣功能(当遇到大块坚硬异物时,磨辊会自动跟磨环槽脱开)。

② JGS 高效升温干燥机与传统的气流干燥机相比有如下优点。

采用限压蒸汽加热,蒸汽压力仅为 0.15 MPa,安全系数高并设置了泄爆片、烟雾传感器、火焰探测器、自动喷淋灭火装置等。能耗低(耗电仅 3.0 kW/h,蒸汽耗量仅 200~300 kg/h),占地面积小,升温效果好,热传导效率高(盘面温度与蒸汽温度相差不到 $\pm 5^{\circ}\text{C}$,料温与盘面温度相差无几)。

③ 立式连续碾混机与传统的轮碾机相比具有如下优点。

连续碾混机中物料边进边出,由于采用薄料运行方式,而且有使物料以渐开式螺旋线轨迹运动的刮板,没有物料的堆积,确保物料在加工过程中充分的碾压和混合。

连续碾混机采用薄料运行方式,使得碾压时产生的机械能可以最大限度地传递给物料,有效地实现了物料的进一步细碎、物料与底盘的快速热交换以及促使硝酸铵物料发生晶形畸变的“机械力化学效应”等功能。由于碾盘内物料无死角,从而最大限度地消除了热积累现象,底盘工作温度可以相对降低,安全性大大提高。

连续碾混机为常压开放式结构,并设置了温控、烟雾传感、明火传感检测器和自动喷淋灭火装置,最大限度地消除了温度过高、物料燃烧进而转为爆炸的可能性。

底盘温度控制采用多点检测自动控制方式,确保了温度控制的准确性和可靠性。

可以调节高度和自浮动的磨辊具有安全保护功能,可避免机械撞击及硬摩擦现象的发生。

综上所述,铵油炸药具有原料来源丰富、价廉易得、制备工艺简单、成本低廉、生产使用安全等优点,在铁路建设和矿山工程中,特别是露天大爆破中大量使用。它的缺点是密度低、起爆感度低,有些铵油炸药没有雷管感度,通常需用传爆药柱引爆。铵油炸药传爆稳定性差,爆炸能力低;易产生静电积聚,存在事故隐患;抗水性差,不适合潮湿、有水的爆破环境;储存期短,长期储存会出现渗油、结块和硬化现象,爆炸性能下降;爆炸产物中有毒气体质量分数大,一般不用于地下工程,而主要用于露天爆破工程。不过,随着多孔粒状硝酸铵的应用、有效装填方法的开发、起爆方式的改进及最佳混合比例的确定,铵油炸药也越来越广泛地应用于地下爆破开采。表 5-14 列出了几种铵油炸药的组成和性能。

表 5-14 我国几种铵油炸药的组成和性能

炸药品种 组成和性能	2号煤矿 铵油炸药	岩石 铵油炸药	露天 铵油炸药 ^①		铵铝油炸药	普通 铵油炸药 ^②
组成/%						
硝酸铵	78.2	92	91	89.7	83	94
木粉	3.4	4	6	8.3	1.8	
柴油	3.4	4	3	2	2.7	6
石蜡					2.5	
铝(镁)粉					10	
食盐	15					
性能						
殉爆距离/cm	3	5	4		10	
猛度/mm	11.0	12.0	10		16.0	29.5 ^③
做功能力/mL	234					
爆速/(m·s ⁻¹)	3 300	3 200	3 200		3 500	3 600 ^④
注:① 粒状硝酸铵;② 多孔粒状硝酸铵;③ 用 5 g 2 号岩石炸药作为中继药包,炸药装在 $\phi 40$ mm 的钢管中测得的铅柱压缩值;④ 导爆索法,在 $\phi 40$ mm 钢管中测定						

5.5 膨化硝酸铵炸药

膨化硝酸铵炸药是以膨化硝酸铵、复合燃料油和木粉等混合制成的工业炸药。膨化硝酸铵炸药的最大特点是利用自敏化技术,将普通工业硝酸铵制成膨化硝酸铵,使膨化硝酸铵炸药获得理想的起爆感度。膨化硝酸铵是一种结构蓬松、表面粗糙、晶体畸形、多裂纹、多孔隙、多空穴、多菱角、多毛刺的“蜂窝”片状晶体,属于改性硝酸铵的一种。由于膨化硝酸铵的晶体结构中包含了大量的微气泡,极易形成“热点”,使硝酸铵获得良好的起爆感度。

膨化硝酸铵炸药是一种高威力、低成本、易制备、不易结块的新型无梯粉状硝酸铵炸药。它的种类繁多,按用途分为岩石型、煤矿许用型、露天型和震源药柱型;按性能分为普通型、抗水型、高威力型、低爆速型和安全型等。

膨化硝酸铵炸药具有如下优点。

① 不需要添加单质炸药如 TNT 作敏化剂,消除了 TNT 的毒性和污染,提高了生产安全性。

② 大幅度降低了生产成本,经济效益显著。

③ 由于生产过程粉尘少,生产环境得到改善。

④ 吸湿速度慢,几乎不结块,具有优良的物理性能(表面活性剂不仅影响了硝酸铵固有的