

裂解,裂解在负压下(约0.267 bar^①绝对压力)进行。醋酸和醋酸量0.2%的磷酸三乙酯经气化后混合,在预热器内预热到100℃后,进入裂化炉(烧嘴炉或由阳加管)进行热裂解反应,其温度为700~720℃。在裂解炉出口处向反应气系统注入少量(约为醋酸的0.02%)的氨气作为稳定剂,以阻止反应的逆转。裂化炉出口混合气体中含有相当数量的反应生成水和少量醋酸,此时要迅速将气体冷却使水冷凝下来而与乙烯酮分离,采用一系列冷水和冷冻盐水冷凝器来冷凝裂化炉混合气体,将气体冷却到0℃。冷凝器底部排出少量30%~35%的稀醋酸,未凝缩的气体基本上是纯的乙烯酮和很少量的乙烯、甲烷和一氧化碳等,此气体送入下一段与醋酸反应而得到醋酸酐。

乙烯酮与醋酸的反应由四个涤气塔来进行。第1、2塔出醋酸酐,第3、4塔用以回收尾气中残留的微量醋酸和醋酸酐。乙烯酮气体在第1塔中经15%的醋酸和85%的醋酸酐混合液喷淋吸收(在30~40℃)后再进入第2塔。第2塔以冰醋酸为喷淋液,在20℃喷淋吸收而得到80%~90%醋酸和10%~20%醋酸酐的混合液,此混合液与第1塔底部的一部分醋酸酐相混后再送到塔顶作为第1塔的喷淋液。第3塔用粗醋酸酐喷淋,第4塔用35%醋酸喷淋以洗涤尾气。从第1塔和第3塔底部流出的粗醋酸酐通过减压蒸馏予以精制和提浓,以得到合格的醋酸酐。醋酸到醋酸酐的转化率可达90%以上。

如果回收的醋酸酐只是用于奥克托金的生产,则在上述工艺过程中可以去掉最后的醋酸酐精制部分,因为实验证明,采用粗醋酸酐制造奥克托金并不影响得率和产品质量。

8.4 废水处理

8.4.1 TNT 废水处理

TNT生产的废水一般分为两类,酸性废水及碱性废水。

一、酸性废水

酸性废水主要来源于粗TNT的预洗(煮洗)、洗涤废药及干燥工房冲洗水,由于其颜色呈黄色,工厂中称其为黄水。黄水中所含的杂质主要有TNT、DNT、多硝基苯甲酸、多硝基苯甲酚、多硝基苯及少量四硝基甲烷。若排放出去,对人、蓄、农作物均有害,其处理方法较多,如自然蒸发法和活性炭吸附法等。

1. 自然蒸发法

依靠自然挥发、沉淀将硝基化合物与水加以分离并除去。适宜于降水量少的干旱地区,池

^① 1 bar=10⁵ Pa。

子要绝对不泄漏,否则将危害农田及水源。它的最大特点是设备及操作均简单,费用少。

2. 活性炭吸附法

活性炭可很好地吸附黄水中的 TNT 及其他硝化物,所以黄水依次通过数个串联的装满活性炭的吸附塔后,将其中的硝基化合物吸附于活性炭中,而流出的水即为合格水。吸附饱和后的活性炭可以再生,即在炉中煅烧 200℃ 以上,使硝基化合物分解掉。此法操作简单,适应性强,处理效果好,目前许多厂家采用此法。黄水的危害主要是硝基化合物,除去以后又可以循环使用。

二、碱性废水

主要来源于亚硫酸钠精制工序,洗涤 TNT 油等所产生的,因其颜色呈红色,工厂中又称其为红水。红水中的主要杂质为芳香烃的硝基磺酸钠盐、 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 、 Na_2SO_4 、 NaNO_3 、 NaNO_2 等,处理方法如下。

1. 自然蒸发法

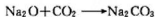
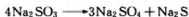
同黄水处理。

2. 生化处理

这是目前环保系统所提倡的,也是很有发展前途的方法,利用微生物的生物氧化作用,将废水中的有机杂质和有毒物质分解成无毒的简单物质。它一般不产生二次污染,但因生物较娇气,培养它需认真操作、严格要求,很多厂家实践过程中常出现微生物死亡现象。

3. 浓缩焚烧法

这是目前广泛应用的方法。将红水浓缩后与燃料油一起焚烧掉,产生的高温废气又用来浓缩红水。其反应原理是在燃烧炉中进行如下主要反应,从而除去红水中主杂质。



炉渣的主要成分是 Na_2SO_4 、 Na_2S 、 Na_2CO_3 , 定期排放后可卖给造纸厂, 售出的炉渣收入基本上可与操作费平衡。此法的不足之处是虽消除了红水中杂质, 却又产生了废气(有害气体), 对大气产生二次污染。浓缩焚烧法处理碱性废水工艺流程如图 8-9 所示。

8.4.2 硝化甘油废水

生产 1 t 硝化甘油排出 3~4 t 废水。在这些废水中主要含有 0.2%~0.4% 的硝化甘油。若将

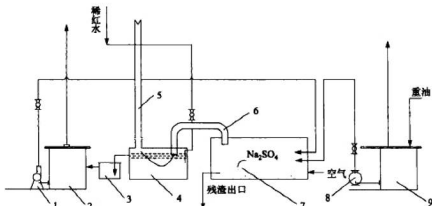


图 8-9 梯恩梯碱性废水处理工艺流程图

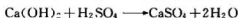
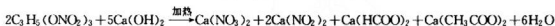
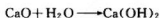
1—浓红水泵；2—浓红水贮槽；3—浓红水过滤器；4—鼓泡器；5—烟罩；

6—烟道气管；7—燃烧炉；8—重油泵；9—重油贮槽

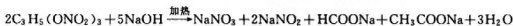
这些废水直接排入天然水系流后，其中硝化甘油可能沉积于凹陷处，有发生分解的危险。同时由于废水呈酸性且有毒，长年排放，会污染农田和地下水，造成公害。常用化学处理方法处理硝化甘油废水。

其原理是利用碱分解硝化甘油同时中和酸性。根据使用的碱类物质不同可分为生石灰法、氢氧化钠法和氨法。它们的分解反应式如下。

一、生石灰法



二、氢氧化钠法



氨法的反应与上述相似，不过反应后生成的产物是酸的铵盐。

化学处理方法比较彻底，设备比较简单，既可以保证安全，又可消除公害，进而可以化害为利，回收利用所得到的无机盐类。化学处理方法的技术要求和处理后水的质量见表 8-5。

表 8-5 化学处理废水的技术条件和质量

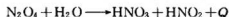
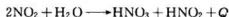
技术条件 处理方法	加碱量相当于 废水量的	直接蒸汽 加热温度/℃	搅拌煮沸 时间/h	处理后水的质量	
				酸度/%	硝化甘油含量/%
石灰乳法	1%(CaO)	90~100	3~5	0.77	0.09
氢氧化钠法	1%(NaOH)	100~110	1	0.11	0.09

8.5 硝烟吸收

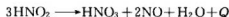
脱硝后的硝烟及硝化机排出的硝烟必须进行吸收,就是间接回收 HNO_3 ,否则污染环境,浪费原材料。硝烟吸收的原理是吸收操作原理,用的设备多为填料吸收塔,吸收剂为水或稀 NA 。在吸收塔中进行的过程大致如下。

(1) NO 、 NO_2 、 N_2O_3 等由气相转入液相。

(2) 液相中的上述氧化物与水反应生成 NA 和 HNO_2 。



(3) HNO_2 的分解。



(4) NO 的氧化。



因是吸收操作,且反应多为放热可逆反应,为便于吸收,应使操作温度尽量保持低一些,常为室温操作,每个吸收塔要有冷却措施。其工艺流程如图 8-10 所示。

吸收塔由多个填料塔串联,硝烟与吸收剂水的走向基本上呈逆流,即硝烟从第一塔加入,而吸收剂水是从最后一塔加入,这样便于吸收操作的正常进行,每一塔外均设有本塔冷却器以降低塔内温度。硝烟从第一塔加入,依次串联流经最后一塔后再进入碱填料吸收塔后由抽风机抽出放空,而水及稀 NA 从最后一塔的塔顶加入后,依次串联流经第一塔(进每一塔时均由塔顶加入)后由该塔排出较浓的稀硝酸送其贮槽。硝烟从第一塔到最后排放,其浓度越来越小,最后达到排放标准而放空,且是以压差推动其流动,而稀 NA 从最后一塔到第一塔,其浓度越来越浓,最后达要求浓度的稀 NA ($45\% \sim 55\% \text{HNO}_3$) 从第一塔塔底排出。

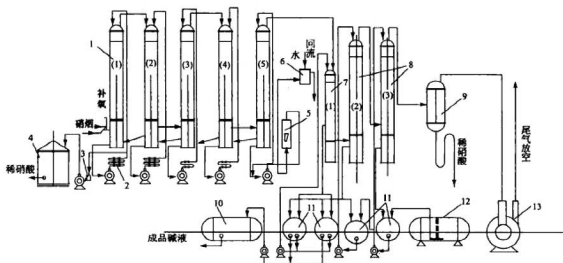


图 8-10 常压填料塔硝烟吸收流程图

- 1—酸吸收塔；2—硝酸冷却器；3—计量槽；4—稀硝酸贮槽；5—转子流量计；6—高位槽；7—碱液板吸收塔；
8—碱液吸收塔；9—集雾器；10—成品碱液槽；11—碱液循环器；12—碱液配制器；13—风机

8.6 废酸处理的安全与防护

8.6.1 安全技术

一、生产操作中的技术安全

生产中不要随便动用法兰及阀门的保护罩和设备运转部分(如靠背轮及皮带轮)的保护装置,而且也不要接触或擦拭设备的转动部分,并应经常检查各保护装置是否牢固。

收、发酸时,应精力集中。收酸时,所收酸量不要超过贮槽的安全容量,如超过了安全容量或发生跑酸、冒酸等事故时,要立即通知对方停车,然后妥善处理。

接收各种废酸时,应具有分析报告单,否则不予收酸。如遇特殊情况,应在收酸的同时,采样分析。采酸瓶必须干燥,否则会因水与酸混合时产生稀释热而将瓶炸裂。采热酸时,如瓶的耐温性差,可先将其缓慢预热,以免炸裂而发生灼伤事故。

装酸的坛子内不允许有水和杂物。搬移酸坛时,应用专用的手推车,或用筐子、卡子等工具两人合抬,且酸坛离地面不得超过 15 cm。为了避免酸坛在热膨胀时炸裂,坛内应留有 5% 以上的空间。

木材、棉纱、纸张、油类及其他易燃有机物,都不要接触浓硝酸,以免着火。

浓硫酸用水稀释时,切不可将水倒入酸中,而只能在搅拌下将浓硫酸慢慢倒入水中,并且要使用耐热容器。因为浓硫酸与水混合时,放出大量的热,而水比浓硫酸轻,如果将水倒入浓硫酸中,水就浮在浓硫酸上面,受热后猛烈沸腾,使酸液四处飞溅。反过来,如果将浓硫酸倒入水中,浓硫酸就逐渐沉到酸液下部且均匀分散,混合时放出的热量则使全部酸液的温度慢慢上升,而不致于使酸液沸腾。

开启风机和泵时,应先用手动转动靠背轮,无杂音后才能开车。在正常情况下,不要带负荷启动这些设备。因为电机启动时电流远较正常负载时大,如果带负荷启动,则启动电流更大,有可能超载而烧坏电机。

开启旋塞及阀门时,脸应转向侧面。旋塞开不动时,可稍松动压盖或用热水浇和蒸汽吹,如仍开不动时,应将管线中的酸放净后才能卸旋塞芯子。

操作硅铁设备(如脱硝塔、预热器、冷却器及热分解器等)时,要缓慢升温、降温 and 投料。禁止用冷水冲洗高温硅铁设备、管道及旋塞。

未经热安定处理的硝化甘油废酸及硝化乙二醇废酸脱硝时,每天应将废酸管道冲洗一次,贮槽及高位槽要保持一定的酸量。停车时,应将高位槽内剩余废酸退回贮槽,再往高位槽打入足够量的70%左右的硫酸或硝化棉浓废酸,并将其的一部分加入塔内后停车。或者将高位槽内剩余废酸进一步稀释后全部加入塔内后停车。停车后,要将所有废酸槽、管内的废酸放尽,妥善处理,并将槽、管冲洗干净。

有游离硝酸酯析出或硝酸酯及氮氧化物质量分数超过规定值的硝化甘油废酸及硝化乙二醇废酸,禁止输送。未经热安定处理的硝化甘油废酸和硝化乙二醇废酸及特屈儿废酸,不能用泵输送。

应经常检查梯恩梯废酸贮槽内的甲苯油层厚度,若超过26 cm时,应排至专门贮槽,并定期送往硝化车间。甲苯油不能与相对密度大于1.4的浓硝酸接触。

废酸贮槽的液位不能低于槽底800 mm或虹吸管下口。

重油间要严防火灾。重油预热温度应低于闪点20℃。如重油间发生火情而且威胁着重油高位槽时,应立即将高位槽重油放至安全槽。

重油贮槽内的温度不能过高,否则会产生气阻而影响重油输送。收油时,不应超过贮槽的安全容量,否则因油沫量大,油易冒出槽外。

天然气点火时,燃烧炉和浓缩器内的天然气浓度和天然气中空气浓度均不应超过1%(体积分数),点火棍不能短于1 m。操作者应站在喷燃器侧面,将点火棍置于喷燃器头部后再开天然气,且不可开得过大。如是在燃烧炉内点火,必须先吊起大气阀。当天然气点火不着或燃烧中断时,先立即关闭天然气阀门,并用空气吹净炉内天然气,再重新点火。

天然气中断时,应立即关闭喷燃器烧嘴的阀门,以免空气漏入管道中,或当天然气恢复时大量漏出。

二、检修中的技术安全

在设备检修中是比较容易发生事故,因此,检修人员必须十分谨慎,严格遵守技安规程。正在运行的设备,不准检修,如必须检修时,应经有关部门审定所采取的技安措施后才能进行。高温设备停车后,不应立即打开人孔,而应徐徐降温。对于各种衬里设备(如燃烧炉、鼓式浓缩器及浓缩锅的炉膛等)更要注意,以防突然遇冷空气而损坏衬里。

进入设备内检修前,应先关闭有关阀门,将设备清洗干净,设备内有有毒气体浓度经分析低于安全允许浓度,并经技安人员检查同意后才能进入。进入设备时,应戴好防护用具,在现场应有专人监护,进入时间一般不宜超过 15 min。进入鼓式浓缩器内掏渣时,必须先将器内残酸抽干,待温度降至人能短时间忍受时才能进行,每个人掏渣时间不宜超过 10 min。掏渣人员出来之后应防止受凉感冒,并须饮用大量的糖茶水。

修理酸管线时,应先消除管内压力,然后将酸放净,并将该部分用阀门或盲板与系统隔离后才能进行。拆除酸管线或酸贮槽上的法兰时,立管要先卸外侧螺栓,横管要先卸下面螺栓,待酸流尽后再卸其他螺栓。检修酸泵、阀门及旋塞时,应冲洗干净后才能拆卸。

检修时,拆卸下来的所有可能带有火、炸药的设备部件、管道及管件,应当严格妥善保管,防止不明情况者移做他用。同时也不能对它们施以任何机械加工,且应当及时清理干净。

应当特别注意,凡带有火、炸药的废酸设备及管线需要焊接时,焊前应认真将火、炸药清除干净,待技安部门鉴定许可,并签发动火证后,才能于工房外施焊。焊接不能移动的设备时,该焊接件应与其他设备及管线隔开。焊接的接地线不允许与未清理干净的设备及管线相连。

检修天然气管道时,必须先切断气源,吹净管道后才能进行。

三、设备和管道的清洗

废酸贮槽和管道里容易积存火、炸药,因此不能用金属器具敲打、乱撬和掏挖,以免引起事故。对这些设备和管道,应定期检查,发现有沉积物或堵塞时,要及时清洗。

梯恩梯废酸管道积存沉淀时,可用不大于 3 kg/cm^2 的蒸汽吹洗排除。梯恩梯废酸沉淀槽底部的沉淀物应及时引出,在沉淀蒸发池内自然蒸干后送往销毁场烧毁。

黑索金废酸管道积存黑索金时,可用浓硝酸反复洗涤,因为浓硝酸能大量溶解黑索金,而浓度为 10% 左右的黑索金硝酸溶液在通常情况下不会有爆炸危险。但如果黑索金废酸管道为硬聚氯乙烯管,则不能用浓硝酸洗涤,因为浓硝酸能强烈腐蚀聚氯乙烯。黑索金废酸沉淀塔底部的废酸,要经常过滤,以除去其中积存的黑索金。

硝化甘油废酸及硝化二乙二醇废酸管道堵塞时,可用压缩空气吹通。这两种废酸的槽、管要特别注意清洗。

废酸脱硝塔及浓缩塔每次长期停工时或堵塔时,可用浓硝酸洗塔 4 h 以上,以除去塔中积存的硝化物。

鼓式浓缩器及浓硫酸冷却器和贮槽底部的酸渣应及时掏清。

8.6.2 防护措施

一、酸灼伤的处理

废酸处理工房最常见的事故是酸灼伤。被酸灼伤时,如处理及时和正确,能迅速痊愈或减轻灼伤程度;如处理不当,会产生严重后果,特别是被硝酸灼伤时,在灼伤处可能生长肉瘤,经常发生痛痒,影响人体健康和工作。

酸灼伤时,原则上应立即用大量清水冲洗,但被硫酸灼伤时,则宜先擦掉皮肤上的酸液后再以大量清水冲洗,以免酸与水混合时产生的稀释热加重灼伤。用水冲洗 15 min 后,可再用低浓度的碱液洗涤,并立即送医院治疗。根据经验介绍,于酸灼伤处涂复方黄连油,疗效较好。复方黄连油的配方是:五分黄连、三分地榆及二分白芷,研磨过筛,加入适量(九分)鱼肝油,经煮沸 10 min 制成。也有人介绍,对严重的硝酸灼伤者,先用大量清水冲洗后,再用碱面擦拭灼伤部位,疗效显著。

在有可能被酸灼伤的地方,应设置淋浴装置、中和液(质量分数为 0.1%~0.5%的碳酸钠溶液)槽及带软管的水龙头。

眼睛被酸灼伤时,应立即用大量冷水冲洗(不能用碱液洗),且最好用蒸馏水或清洁的冷开水洗涤。

二、有毒物质的危害及防护

废酸处理中,有可能接触一些有毒物质,了解常遇到的有毒物质的毒性仍然是必要的。下面简述氮氧化物、二氧化硫及三氧化硫、硫酸、硝酸和硝磺混酸对人体的危害情况。

1. 氮氧化物

大多数氮氧化物是气体,废酸处理工房中氮氧化物的主要成分是二氧化氮。氮氧化物主要是对深部呼吸道有破坏作用,能引起支气管炎、肺炎、肺水肿和肺坏疽等疾病。吸入高浓度的氮氧化物时,可迅速出现窒息现象而很快死亡。根据经验,二氧化氮中毒的潜伏期一般为 4~6 h,也有延长到 24~36 h 之久的。有些二氧化氮中毒者,开始病情较轻,但潜伏期后,症状突然加重,出现胸部压迫感,咳嗽及呼吸困难,继而咳出大量带有鲜血的泡沫黏痰,严重者可致死亡。因此,二氧化氮中毒后应有较长时间的护理,切不可因中毒后最初症状较轻而忽视了护理和治疗。

2. 二氧化硫和三氧化硫

它们是无色气体,有强烈的刺激作用,人吸入后,会流鼻涕,咽干和咽痛,并发生气管炎和支气管炎,如吸入量较大,可发生反射性声带痉挛,严重时,能引起窒息性死亡。

3. 硫酸

长期接触硫酸蒸气,可使牙齿被腐蚀,轻者感觉牙齿疼痛发酸,重者牙根动摇,甚至不能咀嚼,也有的牙龈出血,牙齿变黄或变黑。硫酸蒸气还能损害皮肤黏膜。皮肤被侵害后,轻者局部发红疼痛,中等者烧成水泡,周围大量充血,重者可引起皮肤及皮下组织完全坏死,烧成焦黑色,最后结成黑色痂皮。遇阴雨天气时,痂皮发痒。

4. 硝酸

硝酸中毒症状与硫酸相似,但硝酸对皮肤黏膜的腐蚀比硫酸强烈,而对牙齿的侵害则较硫酸的轻。由于硝酸侵害而在皮肤上结的痂,常是灰黄色,痂皮发痒,侵害严重时还会长肉疙瘩。

5. 硝硫混酸

中毒症状与硝酸及硫酸相同,除了特殊的针对性的防护外,还应注意如下基本预防措施。

(1) 设备和管道应尽量密闭,杜绝跑、冒、滴、漏,并最好采用隔离的自动化操作。

(2) 工房除应有全面通风及事故通风外,还应在排出有毒气体的操作地点,设置局部通风。工房中空气中的有毒物质浓度,应每半年分析一次,如果超过允许浓度时,应及时采取措施。空气中各种有毒物质的最高允许浓度,氮氧化物(以 N_2O_3 计)为 5 mg/m^3 ,硫酸及三氧化硫为 2 mg/m^3 ,二氧化硫为 20 mg/m^3 。

(3) 定期检查技安措施的实施情况,经常对生产设备进行检查和维修,以确保安全生产。

(4) 严格执行各操作岗位的劳动保护制度。工人工作时,应按规定穿戴各种防护用具。高温操作时,应多服用开水、糖茶水或汽水等清凉饮料。饭前要洗手漱口,下班后应洗澡及更换衣服。

(5) 按工种定期进行体格检查,对不适宜某工作者应予以调换岗位。

(6) 应按技安劳动条件,给工人以必要和适当的营养补充,以增强对毒物的抵抗力。

(7) 工厂医院应设有从事工业卫生工作的机械或专(兼)职人员,认真研究本企业的工业卫生情况,并制定改善措施。

(8) 对工人进行宣传教育,使工人对毒物有正确的认识,并且了解各种毒物的性能和预防急救措施。

8.7 火炸药生产安全通则

8.7.1 火炸药安全问题的基本特征

一、易燃易爆性

火炸药安全问题的主要特征是:易热分解、易燃烧、易爆炸、易殉爆和易发生从热分解到爆

炸的链式反应,简称易燃易爆性。

1. 原材料的易燃易爆性

火炸药的主要原材料硝酸、硫酸、硝化甘油、硝化棉、高氯酸铵等都是受热极易分解的易燃、易爆物质。火炸药原材料和工艺溶剂中,有很多是易挥发、易燃的液体,存在着很大的危险性,而且容易被忽视。表 8-6 所列是其中的一部分。

表 8-6 火炸药生产的部分易燃液体原材料

序号	名称	闪点/℃	爆炸极限/%	最小点火能量/J
1	乙醚	-46	1.85~48	
2	丙酮	-18	2.55~12.8	1.15×10^{-3} (质量分数 4.97%)
3	苯	-11	1.41~6.75	0.55×10^{-3} (质量分数 2.71%)
4	甲苯	4	1.27~7.75	2.5×10^{-3} (质量分数 2.27%)
5	乙醇	13	3.25~18.95	

表 8-6 所示的这类液体极易挥发,其蒸气与空气混合达到一定浓度时,即形成爆炸性混合气体,一遇明火或高温可发生强烈爆炸。这类液体还极易着火,随着大量液体急剧气化,导致猛烈爆炸。

火炸药原材料中既有氧化性物质,如硝酸及发烟硝酸、硫酸及发烟硫酸、氧及液氧、无机过氧化物、有机过氧化物、硝酸盐、氯酸盐、高氯酸盐等;也有还原性物质,如硫黄、磷、碳、金属粉(如铝、镁、铁粉等)、苯胺、胺类、醇类、醛类、油脂及其他有机化合物。如果违反规定随意混合配制,极易引起燃烧。

2. 成品的易燃易爆性

(1) 热分解引起的燃烧或爆炸。火炸药成品在常温下实际上就一直在进行着缓慢的热分解反应,由于反应速度缓慢,加上安定剂及其他因素的控制,不检测一般不易发现。如果环境温度过高,靠近热源,散热不好,热分解反应生成的热会逐渐积聚。如果缺少安定剂的作用,分解产物中的氧化氮成为加快分解的催化剂,分解速度自动加快,直至发生燃烧。当处于绝热状态、密闭容器或大量堆积时,燃烧往往会转为爆炸。

(2) 外界激发能量直接引起的燃烧或爆炸。火炸药成品中已含有丰富的可燃剂和助燃剂——氧元素,只要给予足够的激发能量,如明火点燃、摩擦、撞击、雷管和爆轰波作用等,就会发生燃烧或爆炸事故。

3. 生产过程中的易燃易爆性

硝化甘油、硝化棉、梯恩梯、硝胺炸药等制造过程中的酯化或硝化、配酸、稀释、驱酸、洗涤等单元操作都是放热反应,工艺条件控制不稳,极易发生剧烈的热分解反应,处理不当,会造成燃烧爆炸和急性中毒事故。

火炸药生产过程中,几乎所有的工序都充满了可燃、易燃的原材料和成品、半成品、次品、

废品,因此摩擦、撞击、操作失误、设备故障,甚至一个螺帽脱落,一粒硬质杂物混入,一个静电火花等,都可能引起燃烧或爆炸事故。

4. 从热分解到爆炸的链式反应及安全事故的连锁反应

火炸药的热分解、燃烧、爆炸虽然是三种不同形式的化学反应,但只要条件成熟,很容易从缓慢的热分解转变为快速的热分解,从快速热分解转变为猛烈燃烧,从猛烈燃烧转变为剧烈爆炸。

火炸药在受到周围一定距离的爆炸波或其他冲击波作用时容易发生殉爆。如某研究所的一次爆炸事故,由于相邻工房的 NG 被殉爆,造成了较大的破坏。火炸药工房、库房必须保持一定的安全距离,正是由这一特征决定的。

由于生产工序之间紧密联系,有些工序管道相通,形为一体。因此只要在一处“卡壳”,会立即引起连锁反应。一处发生燃烧、爆炸,管道、通道、门窗等会传热、传火、传爆,甚至会导致相邻工序危险品的殉爆,使整个生产线、直至全厂破坏或停产。

二、腐蚀性

火炸药生产过程的一些原材料,如强酸、强碱、胺、氧化剂等,是腐蚀性较大的物质。对安全带来的主要危害如下。

(1) 强酸、强碱及其他腐蚀性材料与火炸药的成品、半成品、废品等接触或残留量过高,就会促使其分解、燃烧和爆炸。

(2) 腐蚀产物混入生产过程即变为杂质,有的会成为分解的催化剂,有些硬性杂质在输送、混同、搅拌、压伸、碾压、挤压、筛选等工艺过程中,成为燃烧、爆炸的起火点。

(3) 腐蚀工房、设备、管道、仪表、自控系统等,降低使用寿命,增加保养维护难度、频次和费用,还易造成设备裂纹、断裂、穿孔、渗漏等故障,动作失误,这些问题如未被及时发现排除,则可能导致严重事故。

(4) 腐蚀性物料泄漏、喷溅、黏涂等极易造成化学灼伤事故。

三、毒害性

火炸药的很多原材料有毒有害,如甲苯、汞、铅及铅盐、硝酸、硫酸、乙醚等。火炸药的很多半成品、中间体、反应副产物等有毒有害,如梯恩梯生产中的一硝基甲苯、二硝基甲苯,硝化副产物中的硝基甲苯酚、不对称梯恩梯等;黑索金生产中的氧化氮、甲醛、二亚甲基三硝胺等。

多数火炸药本身具有毒害性,尽管危害程度不同。如梯恩梯、黑索金、硝化甘油、雷汞、氯化铅、三硝基间苯二酚铅等。

火炸药生产过程中排出的废气有毒有害,主要是酸烟、酸雾、氧化氮、硫化氢等。排出的废水有毒有害,主要是含硝基、酚、汞、铅等化合物。

8.7.2 事故原因及其安全防护措施

火炸药发生燃烧爆炸事故的原因是多方面的,根据历年来统计结果,在火炸药生产过程、贮存过程、生产线停工检修期间以及废药销毁等各个环节上,造成燃烧爆炸事故的起因以热作用、机械作用、静电作用为主。其他起因如雷击、交通事故等本质上仍然是特殊形式的热作用和机械作用。本节重点对热作用、机械(撞击、摩擦)作用、静电作用三个因素进行讨论,研究在这三个因素作用下发生事故的规律及主要预防措施。

一、热作用引发的燃烧、爆炸

1. 热作用引发的火炸药燃烧、爆炸

(1) 外界火源(明火)加热。通过外界火源(如火焰、火花、灼热桥丝等)而引起的燃烧或爆炸。历史上在火炸药工房内吸烟等点火引发的燃烧爆炸事故例子不少。在工房内焊接设备、管道,如果残存的药料未清理干净,就很可能引起燃烧或爆炸。

(2) 设备、管道表面形成高温(如摩擦生热等)与火炸药接触,或环境温度过高,火炸药受热源局部或整体加热,可引起加速分解。当热量不能从系统中及时传递出去而不断积累,使温度进一步上升,直至热自燃或热爆炸。

(3) 生产过程中使用多种易燃溶剂(如乙醚、乙醇、丙酮等),当空气中上述可燃性气体的浓度处于爆炸浓度极限时,遇到明火也会发生爆炸。

2. 预防热作用引发火炸药燃烧、爆炸的主要措施

(1) 严禁在火炸药工房及相关区域内出现烟火,如吸烟、生火取暖、焚烧废品等。检修设备、动火焊接时,必须事先采取严格清理措施,将被焊接件及其周围的爆炸品彻底清理干净。焊接过程中也要防止火花飞散。

(2) 进入火炸药工房的热工艺管道(如蒸汽管道)需采取保温措施,以防止表面形成高温,接触火炸药引起自燃自爆。工房采暖宜用热风,若使用散热器采暖应使用热水介质。散热器表面应光滑,以便于清洗落在上面的爆炸性粉尘。火炸药存放应与热源保持一定距离,以防局部温度过高造成分解自燃。

(3) 火炸药工房的电气设备应采用防爆型,并保持良好状态,避免由于接触不良或绝缘破坏、漏电、超负荷运转、短路等引发火花。

(4) 保证水电供应,防止由于断水、断电造成的在制物料升温而引起事故。

(5) 使用的运输工具需注意防止漏电产生电火花,对汽车排烟管带出火星也需防范,如改变排烟管方向并在管口增设安全罩等。

二、机械作用(撞击、摩擦)引发的燃烧、爆炸

1. 机械作用(撞击、摩擦)引发的火炸药燃烧、爆炸

(1) 设备出现故障或工艺条件不当,药料受到的摩擦和撞击超出其感度许可的程度,就会

引发燃烧爆炸事故。由于摩擦、撞击而引起的燃烧爆炸事故,多数是在违章操作、野蛮操作或由于设备运转不正常、维修不及时、凑合生产所造成的。

(2) 在停产检修期间,由于设备内外未按规定清理干净,检修过程中由于工具撞击、摩擦,使药料引起燃烧或爆炸事故。例如某工厂双基药压延工房停产检修压延机,由于硝化甘油蒸气冷凝聚集在机器表面,虽然事先用醇醚溶剂进行了清擦,但个别螺帽和缝隙处未处理干净,结果检修人员用锤子敲击螺帽时发生硝化甘油爆炸,检修人员当场死亡。

(3) 火炸药生产中混入杂质异物,例如砂粒、玻璃、金属碎屑,甚至螺钉、螺帽。设备检修后螺栓、垫圈等遗漏在设备内,这些坚硬的带棱角的杂质、零件与产品混在一起,加工过程中因摩擦发热致使局部温度过高引起着火,甚至发生爆炸。

(4) 违章使用黑色金属工具碰撞摩擦产生火花,进而引起药料燃烧爆炸。

2. 预防机械作用(摩擦、撞击)引发火炸药燃烧、爆炸的主要措施

(1) 严格执行定期检修制度。在检修设备之前,必须严格执行清扫制度。

(2) 防止生产中混入杂质异物,一方面严格强化管理,例如包装物、周转容器等保持清洁,设备检修后要彻底清理;另一方面在加工流程中采用有效技术措施,例如加入除铁、除渣设备,自动去除药料中的金属、非金属杂质。

(3) 危险工房内的工具应使用有色金属、木质、橡胶等软质材料,以减少发火概率。

(4) 通过对操作人员的安全教育,彻底杜绝野蛮操作。

三、静电引发的火炸药燃烧、爆炸

静电放电火花能引起火炸药产品及其原料的燃烧或爆炸。所以静电问题是火炸药生产、运输、贮存过程中的重大安全问题之一。

1. 静电电荷的积累和放电

在火炸药的有关操作过程中,药料、工装和人体经常与容器器壁或其他介质摩擦产生静电荷。由于火炸药、穿化纤和绝缘胶鞋的人体、胶木、牛皮器具等均为不良导体,当未采取有效措施时,就会使静电荷积累起来,这种积聚的电荷表现出很高的静电电压(最高达几万伏)。一旦存在放电条件,就会产生火花,当放电火花的能量大于火炸药的最小发火能量时,就会发生燃烧、爆炸事故。

2. 控制、消除静电积累和事故的预防

(1) 设备、工艺控制。选用导电性能好的材料制造设备,以限制静电积累。对摩擦频繁的部分,如皮带轮、皮带等,除使用导电性能好的材料制作外,也可在其表层喷、涂导电材料。在管道内输送易燃液体(如乙醚)时,应尽量降低流速。

(2) 接地法。这是目前应用最广而且最切实可行的方法。将导体一头接到带电载体上,另一头接入大地,把药料、设备、人体所带静电通过导体导入大地而消除静电。

在确定接地电阻时,应根据工装设备和物料性质综合分析确定。如果工装设备和物料所带电荷都比较容易地通过接地导走,则其接地电阻越小越好,一般规定不大于 $4\ \Omega$ 。但是火炸

药物料是绝缘性的电介质,体电阻率大都在 $10^{13} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上,其静电荷不易通过简单的接地线导走,如果工装设备的接地电阻很小,反而容易造成工装设备与火炸药物料之间产生急剧的放电火花,增加危险性。一般泄放静电的接地电阻在 $10^6 \Omega$ 以下即可满足使用要求。当泄放静电地线还兼有防止设备漏电所造成的电击危险时,接地电阻应不大于 10Ω ,还需定期对接地的完好状况进行检查。

(3) 消除人体静电。由于衣着等原因经常造成人体带电,为消除人体带电危害,在危险工房门口安装导静电金属门帘、接地导电扶手、导电钢板,工房内铺设导电橡胶板,操作人员穿导电工作服、导电工作鞋,禁止穿着化纤工作服和携带金属物件等。

(4) 增湿。提高空气中相对湿度有利于消除静电,这也是消除静电有效而最简单的方法之一,它可以使物体表面吸收或吸附一定的水分,从而降低了物体表面的电阻系数,有利于静电电荷导入大地。当然,增加空气湿度应以不损害人员健康、不损坏机器设备及不影响产品质量为原则。

在实施增湿消除静电时,一般相对湿度控制在 70% 左右,静电积累就会减少很多。

(5) 使用静电中和器。按其原理可分为感应式静电中和器、放射线中和器等,也可将它们联合使用,取长补短,获得良好效果。

(6) 添加抗静电剂。产品中加入抗静电剂,可降低带电体的体积电阻和表面电阻,从而达到消除静电聚集的目的。但加入抗静电剂,会改变产品的组成。因此,应在不影响产品性能的前提下方可使用。

8.7.3 火炸药建厂安全技术

由于制造火炸药的工厂都具有燃烧和爆炸的危险性,若发生爆炸则会对邻近的建筑物产生一定的危害,为了把意外的危害缩小到最小的范围内,在厂址的选择以及工房的总平面布置上应充分考虑,尽可能满足最大安全性。因此,火炸药制造厂的厂址最好能选择在有天然屏障或环山的地区,若条件不具备,厂址建在平原地时应保证有足够的安全距离,并建有防护围墙,以防止某个工房发生爆炸事故后爆炸范围的扩大,减少爆炸对邻近建筑物或人的危害。

一、厂房设计的安全距离

火炸药爆炸时能引起建筑物破坏的因素很多,包括:① 飞散的爆炸产物;② 空气冲击波作用;③ 固体抛射物(如砖、石碎片)向周围飞散;④ 地震波。火炸药在地面爆炸对近距离建筑物有破坏作用或引起近距离的火炸药殉爆,但对远距离建筑物影响较小。砖石碎片等固体物飞散距离虽然较大,但它对建筑物只能造成局部的破坏作用,一般可不予考虑。因此考虑安全距离应主要考虑冲击波的安全距离和殉爆距离。

1. 空气冲击波的安全距离

根据对大量的实验和事故调查以及对实验数据统计和理论分析得出,在平地爆点具有土围时的安全距离计算式为

$$R = k\sqrt{W}$$

式中, R 为冲击波安全距离, m ; W 为药量, kg (以 TNT 当量计); k 为设防安全系数。

2. 殉爆距离

殉爆距离计算公式为

$$r = k^3\sqrt{W}$$

殉爆系数 k 可根据情况查阅相关资料。

虽然可以根据炸药的种类并通过计算炸药爆炸的冲击波安全距离以及相应的殉爆安全距离来综合考虑厂房设计的安全距离。但这种方法较烦琐,有时与实际情况相差甚远。因此,为了方便并规范厂房的设计,我国制订了《民用爆破器材工程设计安全规范》,并根据具体情况将工业炸药的生产工房划分为若干危险等级,根据不同的危险等级确定厂房的内、外部安全距离。

二、危险品工房的危险等级

危险品工房划分危险等级是为了更好地确定工房内、外部距离和建筑物结构形式,以及其他各种安全技术措施。工房的危险等级是根据该工房内存放危险品的种类或所贮存危险品的危险等级决定的。划分工房危险等级的依据如下。

(1) 主要根据危险品发生爆炸事故时所产生的破坏能力。其破坏能力是以危险品爆炸时形成空气冲击波的压力 TNT 当量作为衡量标准。

(2) 其次是危险品发生爆炸或燃烧事故的可能性,即危险品的感度、生产工艺等影响事故概率的因素。

(3) 工房本身的抗爆泄爆结构和工艺防护措施等综合因素。

(4) 根据国情设置适宜的安全距离。

危险品的危险等级按《民用爆破器材工程设计安全规范》应符合下列规定。

1.1级:危险品具有整体爆炸危险性。

1.2级:危险品具有进射破片的危险性,但无整体爆炸危险性。

1.3级:危险品具有燃烧危险和较小爆炸或较小进射危险,或两者兼有,但无整体爆炸危险性。

1.4级:危险品无重大危险性,但不排除某些危险品在外界强力引燃、引爆条件下的燃烧爆炸危险作用。

建筑物危险等级主要指建筑物内所含有的危险品危险等级及生产工序的危险等级,分为1.1(含1.1*),1.2,1.4级。1.1*是指生产无雷管感度炸药、硝酸铵化工序及在抗爆间室中进行的炸药准备、药柱压制、导爆索制索等建筑物危险等级。

生产、加工、研制危险品的建筑物危险等级应符合表 8-7 的规定。

表 8-7 生产、加工、研制危险品的建筑物危险等级

序号	危险品名称	危险等级	生产加工工序	技术要求或说明
工业炸药				
1	铵梯(油)类炸药	1.1	梯恩梯粉碎、梯恩梯称量、混药、筛药、晾药、装药、包装	—
		1.4	硝酸铵粉碎、干燥	—
		1.4	废水处理	—
2	粉状铵油炸药、铵松蜡炸药、铵沥蜡炸药	1.1	混药、筛药、晾药、装药、包装	—
		1.1*	混药、筛药、晾药、装药、包装	无雷管感度炸药,且厂房内计算药量不应大于 5 t
		1.4	硝酸铵粉碎、干燥	—
3	多孔粒状铵油炸药	1.1*	混药、包装	无雷管感度炸药,且厂房内计算药量不应大于 5 t
4	膨化硝酸炸药	1.1*	膨化	厂房内计算药量不应大于 1.5 t
		1.1	混药、晾药、装药、包装	—
5	粒状黏性炸药	1.1*	混药、包装	无雷管感度炸药,且厂房内计算药量不应大于 5 t
		1.4	硝酸铵粉碎、干燥	—
6	水胶炸药	1.1	硝酸甲胺制造和浓缩、混药、晾药、装药、包装	—
		1.4	硝酸铵粉碎、筛选	—
7	浆状炸药	1.1	梯恩梯粉碎、炸药焙药、混药、晾药、包装	—
		1.4	硝酸铵粉碎	—
8	胶状、粉状乳化炸药	1.1	乳化、乳胶基质冷却、乳胶基质贮存、敏化(制粉)、敏化后的保温(晾药)、贮存、装药、包装	—
		1.4	硝酸铵粉碎、硝酸钠粉碎	—
9	黑梯药柱(注装)	1.1	焙药、装药、晾药、检验、包装	—
10	梯恩梯药柱(压制)	1.1*	压制	应在抗爆间室内进行
			检验、包装	—
11	太乳炸药	1.1	制片、干燥、检验、包装	—

续表

序号	危险品名称	危险等级	生产加工工序	技术要求或说明
工业雷管				
12	火雷管、电雷管、 导爆管雷管、继爆管	1.1	黑索金或太安的造粒、干燥、筛选、包装	—
			火雷管干燥、烘干	—
		1.1*	继爆管的装配、包装	—
		1.2	二硝基重氮酚制造(中和、还原、重氮、过滤)	二硝基重氮酚应为湿药
			二硝基重氮酚的干燥、晾药、筛选、黑索金或太安的造粒、干燥、筛选	应在抗爆间室内进行
			火雷管装药、压药	应在抗爆间室内进行
			电雷管、导爆管雷管装配、雷管编码	应在钢板防护下进行
			雷管检验、包装、装箱	检验应在钢板防护下进行
			雷管试验站	—
			引火药头用和延期药用的引火药剂制造	—
		1.4	引火元件制造	—
			延期药混合、造粒、干燥、筛选、装药	按工艺要求可设抗爆间室或钢板防护
工业索类火工品				
13	导火索	1.1	黑火药三成分混药、干燥、晾药、筛选、包装;导火索制造中的黑火药准备	—
		1.4	导火索制索、盘索、烘干、普检、包装	—
			硝酸钾干燥、粉碎	—
14	导爆索	1.1	炸药的筛选、混合、干燥	—
			导爆索包塑、涂索、烘索、盘索、普检、组批、包装	当包塑等在抗爆间室内进行,可按1.1*级处理
		1.1*	炸药的筛选、混合、干燥	应在抗爆间室内进行
			导爆索制索	应在抗爆间室内进行
		1.2	导爆索性能测试	—
15	塑料导爆管	1.2	炸药的粉碎、干燥、筛选、混合	应在抗爆间室内或钢板防护下进行
		1.4	塑料导爆管制造	按工艺要求,导爆管挤出处可设防护

8.7.4 安全管理规范

一、基本规定

火炸药生产、贮存、使用及运输过程,应无条件地执行以下规定。

(1) 严禁烟火,不经批准,不准携带任何取火用具进入禁火区域、厂区、库区周围,在规定的范围内不准烧荒、烧纸、开山放炮、燃放爆竹烟花;焊接等动火操作前,必须经专门检查并办理焊接动火许可证。

(2) 严禁携带枪支弹药及与生产无关的易燃易爆品进入工房、库房;严禁私自动用、馈赠、买卖易燃易爆品(包括不合格品、半成品、废品)。

(3) 加强对各级各类干部的安全教育,经考核合格,持证上岗,禁止违章指挥。

(4) 加强对工人的安全知识培训与安全教育,实行安全操作合格证的岗位,严禁无证独立操作。禁止违章操作,严禁撞击、敲打、抛掷、拖拉、翻滚和剧烈摩擦。禁止使用易发火的黑色金属工具。

(5) 凡进入易燃易爆工房、库房人员,禁止携带手机、小五金及各种饰物;禁止穿钉子鞋、高跟鞋、拖鞋(除批准者外)及易产生静电的化学纤维衣服,必须穿戴规定的劳动护具。

(6) 严禁工作中擅离职守,脱岗、互串、睡觉及做与生产无关的事情。

(7) 严禁酒后上岗和上班时饮酒,包括含酒精饮料。

(8) 严格执行工房、库房的定员、定量制度,禁止超员、超量生产、贮存;严禁超载、超速运输。

(9) 工房、库房内外必须整洁;严禁沙子、铁屑、玻璃碴及油物混入成品、半成品、原材料中;严禁乱堆乱放或散置易燃易爆废品。废品应集中到专门的容器或袋子中,保持必须的湿度和温度并及时销毁;严禁将废品冲入地沟、下水道内。

(10) 建筑物应按安全技术规范要求设置避雷装置,并定期检查维护。发生雷电、暴风雨时,硝化甘油、起爆药应停止生产,其他易燃易爆品应停止室外作业。

(11) 一切电气设备、线路应符合安全技术规范要求(防爆)。易燃易爆工房必须按规定安装防爆灯、防爆开关和防爆设备,并保持完好。

(12) 严防静电危害,工房湿度应大于65%;输送、传动带应采用导电橡胶带;所有设备、管道、通风系统和法兰连接处,均应按规定的设跨接线及接地装置,其接地电阻每年应测定一次并符合规定的数值。接触危险品的非金属设备,也应采取防静电措施(如涂防静电漆)。

(13) 一切科研、生产、贮存、运输易燃易爆危险品的设备、工具、用具及建筑物,在维修、拆除、改造、迁移、报废前,必须进行安全处理,并经专门检查合格。

(14) 严禁设备带病或超负荷运行,检修、清理运转设备或排除故障必须切断电源加锁,或

设专人看管,同时悬挂“严禁合闸”的警示牌。

(15) 必须保持道路、桥梁、涵洞、门窗畅通;生产时门窗不准上锁、插栓(特殊要求除外);为生产设置的地坑、地沟、沉淀池等应有盖板或护栏。

(16) 易燃易爆工房周围 35 m 内,库房周围 50 m 内,不准堆放干草、木板等可燃及易燃液体、气体等。

(17) 正常生产中,严禁在易燃易爆工房内,同时进行新产品、新工艺、新技术、新设备的试验;如必须试验,须经批准,并有相应的安全措施。

(18) 要害部门必须有特别保卫措施;不准携小孩进入厂区、库区;外来人员必须遵守安全制度,并有专人带领。

(19) 易燃易爆建筑物,必须备有适合易燃、易爆物品燃烧特点的消防器材,并保持良好,不得擅自动用。

二、设备的安全规定

(1) 结构要尽量简单,便于清理。直接接触危险品物料的设备,表面要平整、光滑、无沙眼、缝隙;不应有易存药的死角、夹层、空心轴等,如必须设夹层时,应有明显的排净孔口。

(2) 设备布局应便于操作、维修和疏散,并尽量设置防止误操作的措施或信号。

(3) 输送管道应采用法兰连接,禁止螺纹连接。

(4) 转动、振动部分的零件、部件、螺帽,要有防止自行脱落的本质安全措施。

(5) 尽量采用隔墙传动,机械传动部位要有防护罩;腐蚀性液体的阀门、法兰、液位计等应有密封防护罩;要采用密封隔离措施,防止润滑油掉进设备。

(6) 安全装置要齐全可靠,密闭设备要有足够的泄爆面积。

(7) 对突然停止运转有发生火灾爆炸危险的设备,要有两条独立的电源,并宜自动切换,同时发出危险信号。

(8) 对温度、流量等要求严格控制的设备,应设有温度、流量自控装置,并应同安全放料、停止投料等连锁。

(9) 危险设备应有隔离防护设施,其装甲强度应保证爆炸时操作人员的安全。

(10) 建立设备保养维修制度;每次保养维修应做好记录。

三、生产中的安全规定

1. 开工

新建、改建、扩建工程项目竣工,视重要程度由主管部门或企业组织有关部门和专业人员专门检查、逐项验收。符合下列条件方能批准开工生产。

(1) 符合国家有关规范、标准。

(2) 生产设备符合上述规范要求,且设备、管道内外清洁、无异物。

(3) 一切能够试运行的设备和控制、监测系统,均应按规定做空车和负荷运行试验,并有完整的记录。试验分单机试验和联动试验两种;接触酸介质的设备、管道,在空车试验合格后,还应该依次进行水试、酸试;有些设备应做代料加工试验。

(4) 隐蔽工程应有原始试验或检查记录。

(5) 受压设备、管道,必须按规定进行耐压试验,安全装置完好;计量仪器、仪表、容器等经鉴定、标定合格。

(6) 达到“三同时”要求,安全、消防、职业卫生设施齐全有效。

(7) 生产、技术、设备、安全等方面规章制度完善。工艺记录、交接班记录齐备。

(8) 安全色、安全标志符合国家规定。

(9) 设备、管道等涂以规定颜色,以便区别其中介质。

(10) 各级领导和管理、技术人员应熟知产品性质、设备性能、安全防护知识及安全生产制度,对可能出现事故有应急对策;工人受三级安全教育和专门实习培训并取得安全操作合格证。

工房、设备日常检修完毕或生产线停产多日需要复产时,应参照上述要求确定具体的检查验收项目。

2. 生产

(1) 管生产必须管安全。当生产同安全发生矛盾时,必须坚持安全第一,生产服从安全的原则,首先解决不安全问题,然后再进行生产;当出现危及操作人员生命安全的情况时,技安人员有权先令停产而后报告;在生产期间要实施不间断的强有力指挥,夜班节假日要有领导干部值班。

(2) 必须遵守劳动纪律。严格现场交接班制度,未交班不准离开岗位;已接班发现问题主要由接班者负责,严禁双方不见面或马路上交接班。

(3) 必须遵守工艺纪律,严格执行工艺指令和安全操作法;严禁自由操作和不经试验批准,轻率改变工艺规程。

(4) 工艺记录、交接班记录必须准确,如实载明客观情况,严禁隐瞒真情、编造假象。

(5) 必须按照生产线实际能力组织年、月、日的均衡生产;严禁突击和变相突击生产;工房、库房的定员、定量应科学合理,并严格遵守。

(6) 特别危险的作业,如雷管、起爆药、硝化甘油制造等,夜班作业不能超过零点。

(7) 火炸药作业要做到:操作前先思后行,操作中严格、细致、平稳,操作以后认真检查。严禁急躁懒散、猛开猛关,操作或检查阀门、法兰、酸泵时要站好位置,不能面对阀门等可能泄漏处,并戴防护眼镜,防止意外伤害。

(8) 火炸药生产所用原料必须符合工艺要求,严禁使用已混入沙子、玻璃、铁屑等杂质的原材料。

(9) 停水、停电、停汽、停压缩空气,必须事先通知使用单位和操作人,同时对可能诱发的

意外事故,应有预防措施。工艺用水或消防用水压力不满足规定时,禁止开工生产。

(10) 严禁跑料、冒料和滴漏;要根据物料特点制订其泄漏后的清除方法。

(11) 设备、仪器、仪表、管道除日常维护保养外,应定期小修、中修、大修或鉴定,要纳入生产计划;发现损坏或异常应立即检修,禁止带病运行。

(12) 成品、半成品短途运输应遵守专门规定;禁止用车辆、空中索道运送起爆药;硝化甘油必须采用与水乳化的方法输送,风送小粒火药应有隔火防爆措施;禁止骑自行车运送危险品。

(13) 一条生产线轮番生产几个品种,转产时要彻底清理并对设备、仪表等检查调试,符合要求后,方可转产。

(14) 生产工具、用具必须符合工艺技术和安全要求,严禁用生产工具从事非生产工作。

(15) 火炸药生产的某些工序,对温度湿度要求严格,应采取多种方法保持。

(16) 通风系统、布袋除尘系统、地沟、窖井、沉淀池、设备底座周围及所有易积存药尘的处所,均应定期清理冲洗。

(17) 工房内道路,通向室外、土围外的安全桥、安全滑梯、疏散门等通道必须畅通;设备、工作台周围禁止存放与本岗位无关的物品。

(18) 备用电源、事故照明、事故排风等均应时刻保持良好的状态。

(19) 接触酸的工房、库房,应备有2%~7%的清洁碳酸钠溶液槽,以备酸灼伤时冲洗;或者按照职业卫生医师意见准备应急条件。

(20) 邻近或本身容易爆燃、爆炸的建筑物不宜安装玻璃;在不能安全替代前,应有防止玻璃碎片伤人及落入产品中的措施。

3. 停工

停工需达到下列要求。

(1) 彻底清扫、冲洗建筑物内墙壁、屋梁、地沟、下水道及建筑物周围的废品、药尘。

(2) 彻底处理设备、罐槽、管线内外的废药、废液、积垢。处理方法可按照具体情况分别采用清扫、水洗、蒸煮、化学破坏、预烧等方法。凡不能判明是否已处理彻底的均必须经预烧处理。预烧必须在销毁场进行,人员不宜过多,但不能少于两人。

(3) 清理出的废药应及时销毁,成品、半成品分别交库保管。

(4) 设备、管线要进行防腐处理。

(5) 仪器、仪表、工具、用具等应擦拭干净,妥善保管。

(6) 工艺记录、交接班记录及其他表报,应及时收集整理、统一保管。

四、检修及有关作业的安全规定

1. 检修

(1) 进行大修、中修、小修前,必须按停工要求,将所要检修的工房、设备、管路彻底清理洗刷。洗刷不净的设备、管路,必须进行化学处理或预烧处理。

(2) 检修某一设备或某一部件、零件、某一段管路或阀门、管件时,应尽量拆至室外指定的地点进行;否则必须将周围所有的易燃易爆品移出,并采取可靠的隔离措施;在存有易燃液体、可燃气体或粉尘的工房、库房,还必须保证不形成爆炸性混合气体。

(3) 下罐作业、焊接生火应按下罐作业专门规定进行。

(4) 检修运转的设备时,必须切断电源,并采取使外人不能合闸的措施。

(5) 检修带压力容器、管道时,必须首先排料、泄压,当压力确已降至常压后,才能拆卸检修,拆卸时应选择有利位置,防止意外打击、喷溅。

(6) 检修用的材料、填料、润滑油等必须符合规定;不合格品不准使用;新材料、代用料经试验批准方可使用。

(7) 实行检修责任制,并应有完整准确的记录。

(8) 检修完毕应认真清扫,设备、管道内外须刷洗干净。

(9) 工房、设备、管道检修后,应组织有关部门和检修工人、操作工人验收试车,达到开工生产的各项要求。

2. 罐槽清理与下罐作业

(1) 盛装酸、碱和有毒物质溶液的槽罐需要清理时,应首先采用正常方法排出液体;排放不尽时,再从放净口放出,但应收集处理,严禁乱流或冲入下水道。

(2) 罐槽内的固体残渣应用长柄工具掏出,达不到入槽进罐作业要求时,严禁入槽进罐;但起爆竹制造设备内的残液,不准使用任何工具掏挖,必须按规定进行化学处理。

(3) 上述清理工作完成后,应用压力不低于 150 kPa 的密实水柱,大量冲洗槽罐内壁;对于能产生氮氧化物气体或其他有毒气体的罐槽,要使用临时抽风机排除毒性气体,并通知附近工房无关人员远离。刷洗的废水废液,要同环保人员研究处理方法,严防中毒、着火、腐蚀和污染环境。

(4) 入槽进罐作业,必须达到以下要求,并经技安人员、主管领导检查批准,方可进行。

① 经工业卫生人员分析,罐槽内有毒有害气体浓度低于《车间空气中有毒有害气体、蒸汽及粉尘的最高容许浓度》,并具有良好的通风措施。

② 必须将与罐槽相连的一切管线切断或用盲板堵死,并有防止误开通的措施。

③ 进入有搅拌或其他有动力电源的罐槽时,必须切断电源、上锁或设专人看管,并悬挂“严禁合闸”的警告牌示。

④ 穿戴好规定的劳动护具;入槽进罐作业人员必须系牢安全带,罐槽外有专人监护,双方有联系信号;入槽进罐作业要定时轮换,时间最多不超过 15 min。

3. 焊接生火

(1) 在火炸药工房、库房,氧气库、电石库、油库、溶剂库、可燃气体库及其周围 50 m 内,易燃管道 10 m 内焊接、切割、生火必须严格执行易燃易爆场所动火的专门规定。由动火单位填报动火许可证,写明作业地点、部位及有效时间,并有制度规定的检查人、批准人签字,方为

有效。

(2) 固定的焊接(含切割,下同)生火地点距易燃易爆场所不得少于 50 m;其周围 20 m 内应无杂草和其他可燃物。该地点一经批准,不得任意变动。

(3) 焊接前,必须将被焊接的设备、管路及其所在场所彻底清洗,清除所有可燃品,能积存药品或有夹层的设备、管道还应预烧。

(4) 易燃易爆工房在生产期间原则上不准焊接;特殊情况需要焊接时,应尽量拆卸移至室外指定的地点进行;如不能拆卸,必须严格清理隔离,并宜用气焊;必须使用电焊时,应将焊接的物体与其他设备、管线之间的一切联系切断或采取可靠的绝缘措施,并经主管厂级领导批准。气流输药管线、旋风分离器、喷射器等必须拿到室外指定地点焊接。

(5) 火炸药库区、站台正在出库、入库和装卸时,禁止在该作业区焊接生火;平时需要时,必须将被焊物移至土围外指定地点进行,否则必须将所有危险品移至他处,方可作业。

(6) 必须对焊工进行易燃易爆品安全基础知识和安全生产制度教育,必须持证上岗,严禁无证操作;对不符合焊接动火规定的指挥,焊工有权拒绝执行。

(7) 焊接生火期间,必须责成专人监火,并准备好消防器材;作业结束,必须详细检查,待余火全部熄灭后,监火人员才准离去。

(8) 气焊、电焊的所有设备、工具、操作必须符合专门的安全技术规定,主要有:

① 电焊机须接地良好;电线应有良好的绝缘;焊接电压直流电不大于 80 V,交流电不大于 65 V;被电焊的物体必须干燥、清洁;

② 在金属容器内电焊时,必须使用胶皮板或其他绝缘板将人体与容器隔离;

③ 气焊用的乙炔发生器必须放在室外,并备有安全水封;乙炔发生器或乙炔气瓶与氧气瓶距离火源必须在 10 m 以上,其二者相距不应小于 5 m;

④ 气候恶劣(五级上风天及雨、雪天),禁止在室外焊接生火,如必须,可移至空旷的房间进行。

4. 金属废料

(1) 火炸药生产单位必须重视对废旧金属设备、零部件、管道、管件、气瓶等(以下简称金属废料)的安全管理,设立专库,配备专人,制定专门管理办法。

(2) 凡接触过易燃易爆物品的设备、管道、法兰等不用时,由使用单位负责,按法定方法进行安全处理,合格后方可退库或移作他用。

(3) 检修中拆卸下来的金属废料,必须彻底清理刷洗,不准存有任何易燃易爆物品;结构复杂不易彻底清理的,必须预烧;各种气瓶、容器必须打开检查,不准残留易燃易爆、腐蚀性液体、气体及有毒物品。未经处理或检查的金属废料,严禁入库或弃置不管。

(4) 金属废料库管理人员,对入库的金属废料必须严格检查,不符合要求的一律不予接收。经过安全处理的金属废料同未接触过危险品的一般金属废料应分别存放;经安全处理的设备应挂牌标明设备名称、原来用途、安全处理方法、处理日期、处理人等,并建账存查。

(5) 从金属废料中清理出的危险品、有毒物质应集中管理,及时销毁。

(6) 金属废料在厂内使用或销往厂外,均需有保管人员签发的无危险证明书,否则,不准使用和销售。

五、运输安全规定

1. 运输安全通则

(1) 危险品运输必须严格执行国家各类《危险货物运输规则》、军用、民用设计安全规范及其他有关法令。

(2) 危险品厂区内运输道路,必须是坚固、平坦的沥青或水泥路面,运输干线纵坡不宜大于6%;手推车运输道路不宜大于2%;人工提运起爆药等,须设专用道路,其纵坡不宜大于6%,不准设置台阶和与机动车道交叉,并禁止车辆通行。

(3) 所有运输车辆必须严格执行定量、定员、限速制度,严禁超量、超员、超速行驶,禁止三轮车、畜力车、自行车运输危险品。

(4) 所有运输车辆出车前均须详细检查,技术状态良好,要按照规定悬挂明显标志和发出信号。

(5) 要采取措施防雨、防晒、防风沙,火车厢要关好门窗,汽车、电瓶车、手推车等要用篷布严密遮盖。

(6) 运输危险品的汽车、电瓶车、手推车,中途不准随意停车,更不准在火源、热源、街道、集市、学校、公共场所、住宅区域及交叉路口停车。突然发生故障,不准检修油路、电路和从事其他有着火危险的修理,应及时换车或卸车后远离检修。

(7) 不同的危险品原则上不准同车运输,如确需混装运输时,必须符合危险货物配装规定。在任何情况下,雷管和炸药都不准同车装运或两车在同时、同地装卸。

(8) 运输危险品宜采用专用车辆,严禁使用不符合安全要求的车辆。

(9) 危险品装卸、搬运,不论包装形式如何,均需轻拿轻放;严禁野蛮操作。发现包装损坏,应立即报告,单独存放,妥善处理。

(10) 夜间装卸危险品时,应有足够亮度防爆型照明。

(11) 运输危险品车辆,出车或回车前都必须清扫干净,废药送至指定地点,及时销毁。

2. 汽车运输

(1) 一般应指定专用运输车辆并保持性能良好;运输危险品时必须按规定悬示危险标志;严禁采用翻斗车、拖挂车运输。

(2) 车厢的黑色金属部分必须用木板衬好;短途运输亦可用铝、铜等有色金属或胶皮板衬垫;排气装置必须安设在车的前下侧,并应戴防火帽;须配有两个灭火器,如二氧化碳、1211、泡沫灭火器等。

(3) 危险品载重量最大只能为额定载荷的80%,装运高度为上层箱2/3必须在车厢内;装

车要卡紧,不得摇晃撞击。

(4) 机动车辆不得直接进入 A、B、C、D 级建筑物,宜在门外不小于 2.5 m 外进行装卸作业,或采用高站台低货位操作。当建筑物内有药尘或易燃易爆溶剂时,车与建筑物的距离应适当加大,或在门的侧面装卸。不得同时在建筑物的两个门口装卸危险品。

(5) 驾驶人员必须经过专门的安全技术培训,并取得危险品运输资格;了解所运危险品的基本性质及发生故障、火灾时的正确处置方法;禁止在驾驶室内和汽车周围吸烟;装卸车时不准远离车辆。

(6) 夜间行驶应打开车前车后红灯;严格遵守停车、检修规定;短途运输不准中途加油。

(7) 厂内时速不得超过 15 km,厂外时速不得超过 40 km;两车相距不得少于 50 m;不准超车追车,一般情况下不得急刹车。

(8) 每辆汽车必须配备一名押运人员。押运人员应在车厢内押运,无关人员不准搭乘;停车时必须严格看守。

3. 火车运输

除严格执行铁道部的有关规定外,还应符合下列要求。

(1) 铁路调车站应设在单独地段,与生产区、总仓库区、靶场、试验场、销毁场等的距离不小于 300 m。

(2) 机车与装有危险品的车厢之间应有非危险品车辆隔离,其隔离车辆数量是:危险品车厢与蒸汽机车之间不少于两辆;危险品车厢与内燃机车之间不少于一辆;装火工品的车厢与装火药、炸药、弹药的车厢之间不少于一辆。

(3) 蒸汽机车进入危险品库区时,必须做到:烟囱设有挡火星装置和护灰箱;关闭燃烧室和护灰箱;机车停放位置与最近的危险品库房距离不小于 50 m;车厢与建筑物门口距离不小于 2.5 m;建筑物内有药粉或易燃易爆溶剂时,车与建筑物距离应加大或在门的侧面装卸。

(4) 危险品装车完毕,应认真检查,清除异物,关死门窗,并指定专人加锁或铅封。

4. 电瓶车、手推车运输

(1) 运输危险品的电瓶车,应符合下列要求。

变速调节点,应保证不产生火花,电气部分绝缘良好;抱闸完好,有照明灯和鸣笛;不准超过二速行驶,不准在厂区、库区外行驶;载重量不得超过额定负荷,装高不得妨碍司机视线。

(2) 手推车运输危险品时,必须执行下列规定。

轮胎气压适中;载重量不准超过 300 kg;禁止在厂区、库区外行驶;运输中不准快速奔跑单手掌车;上下坡或距离较远时,应由两人运送。

六、库房的安全规定

(1) 危险品库区建设必须符合设计安全规范或建筑设计防火规范,要特别注意做到:

① 库区内不准通过高压线,不准拉临时线,照明线不准通过库房屋顶。

- ② 库房不得漏水、积水,防动物网完好,不准有虫害、鼠害和鸟进入;不准阳光直接射入。
- ③ 库房要有良好的通风、防潮设备,备有温湿度计;门窗铁丝网严密完整。
- ④ 消防水源充足,消防器材良好、齐备。
- ⑤ 土围符合规定;土围外缘以内不得有干草、干树叶、枯树。

(2) 危险品贮存必须严格遵守以下规定。

① 要建立危险品入库、出库、保管制度。

② 入库产品,必须有产品合格证;严禁不合格品、废品入库;贮存时间较长的产品,应定期抽验安定性,对不合格品应及时处理。

③ 每个库贮存量不准超过该库最大允许存药量;各类库房,均不得超过军用、民用设计安全规范规定的单库最大允许存药量。

④ 库内产品要堆放稳固,利于行走、搬运和通风。产品堆垛下面应垫枕木。雷管成品箱垛不超过 1.5 m,其他危险品不超过 2 m,垛距不小于 0.6 m,垛与墙距不小于 1.5 m。

⑤ 危险品一般应单独贮存,如限于条件需要共贮时,必须符合军用、民用设计安全规范的分组存放规定。表 8-8 是性质相抵触的爆破器材名称表。

表 8-8 性质相抵触的爆破器材名称表

爆破器材名称	黑索金	梯恩梯	硝酸类炸药	胶质炸药	水胶炸药	浆状炸药	乳化炸药	苦味酸	黑火药	二硝基重氮酚	导爆索	电雷管	火雷管	导火索	非电导爆系统
黑索金	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-	+	-	-	+	-
梯恩梯	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-	+	-	-	+	-
硝酸类炸药	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-	+	-	-	+	-
胶质炸药	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
水胶炸药	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-	+	-	-	+	-
浆状炸药	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-	+	-	-	+	-
乳化炸药	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
苦味酸	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-
黑火药	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-
二硝基重氮酚	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
导爆索	+	+	+	-	+	+	-	+	-	-	+	-	-	+	-
电雷管	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-

续表

爆破器材名称	黑索金	梯恩梯	硝酸类炸药	胶质炸药	水胶炸药	浆状炸药	乳化炸药	苦味酸	黑火药	二硝基重氮酚	导爆索	电雷管	火雷管	导火索	非电导爆系统
火雷管	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+
导火索	+	+	+	-	+	+	-	+	+	-	+	-	-	+	-
非电导爆系统	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+

注:①“-”表示不可同库存放,“+”表示可同库存放。

② 硝酸类炸药包括硝酸炸药、胶油炸药、胶松蜡炸药、胶沥青炸药、多孔粒状胶油炸药、胶梯黑炸药。

⑥ 库内产品不准随便开封打包。如需开封取样时,应在保管人员参与下,将产品移至土围外指定地点进行。不准使用铁制的启箱工具。禁止在库内返工产品或倒换包装物。

⑦ 库房修理时,一般门窗小修应移至室外指定地点;库房大修必须将库内产品全部搬出,彻底清扫,方可施工。

⑧ 根据产品性质和地区气候,确定库房温度、湿度控制范围。

(3) 库区管理人员要尽职尽责,必须做到以下几点。

① 进入库区必须有保卫部门颁发的通行证件。

② 禁止一切不符合安全要求的火车、汽车及其他车辆进入库区运输危险品。

③ 每日检查库房温度、湿度、门窗及货物安全,账物相符。

④ 严防破坏及其他意外事故。库区非经批准,禁止照相、录像。

⑤ 领用、转运危险品时,严禁一人同时携带两种或两种以上的不同性质的危险品,严禁一人同时携带起爆器材和爆破器材。

⑥ 学习贮存危险品的安全技术知识和异常情况时的扑救方法;每年应组织消防演习。

七、废药销毁的安全规定

(1) 报废的危险品(包括清扫、掏挖出的废药,无法返工的残次品、半成品、弹药等)必须及时销毁,不准弃置、长年堆放或赠予、买卖。销毁的方法有烧毁、溶解和化学分解。应根据拟销毁品的性质、数量、状态等选择适当的销毁方法。烧毁及炸毁方法必须在销毁场进行。

(2) 各种报废危险品销毁方式及一次最大允许销毁按表 8-9 选定,它不适用于销毁管道和设备中的废药。管道和设备中的废药的销毁,应依具体情况确定。

表 8-9 报废危险品一次最大销毁量和销毁场的外部距离

序号	销毁品种	销毁方式	一次最大销毁量 /kg	作业场边缘至销毁场外 建筑物的外部距离/m
1	硝化纤维素,发射药	烧毁	500	200
2	已吸收硝化甘油的本粉	烧毁	100	200
3	梯恩梯	烧毁	500	200
4	黑索金,含有黑索金的混合物	烧毁	100	200
5	炸药	烧毁	100	200
6	奥克托金,太安	烧毁	100	200
7	胶质炸药	烧毁或炸毁	根据销毁场地情况确定	按规定
8	弹药	烧毁或炸毁	根据销毁场地情况确定	200
9	火工品,起爆药	烧毁或炸毁	1	200

注:① 本表一次最大销毁量不适用于销毁管道和设备中的火药,销毁管道和设备中的火药参照本表序号 7 处理;

② 本表仅列出部分销毁品种,其他销毁品种可参考类似威力的品种进行销毁;

③ 序号 7 销毁的弹药等,如采用地坑或类似的补助方法以限制破片的行程时,销毁场围墙至场外建筑物的距离可以适当减小。

(3) 销毁场应按军用或民用安全设计规范建设。

(4) 用炸毁法销毁时,应遵守下列规定:

① 挖好不小于 1 m 的深坑,将拟销毁物在坑内摆成塔形,上放起爆药包,填土埋好。

② 炸毁起爆药时应将盛器平放在地面上,不准与其他危险品一起销毁。

③ 销毁场地四周没有自然屏障时应设高度不低于 3 m 的防护土围;炸毁场不能满足安全要求时,可在符合该产品试验的靶场中销毁。

(5) 用烧毁法销毁时,应遵守下列规定:

① 烧毁引信(除 37 mm 以上传爆药量大的引信)、底火、拉火管、点火管时应挖不小于 1 m 的深坑,下放木柴等引火物,废品置于其上,点火烧毁。

② 炸药、含硝化甘油的混合物、含水 10%~15% 的硝化棉等烧毁,可铺成厚 2~3 cm,宽 100~150 cm 的长条。允许并列铺设多条,但其间距不应小于 20 m。

(6) 销毁作业应遵守下列规定:

① 销毁作业不宜多于三人,但不能少于两人。

② 严禁机动车辆进入销毁场;运到销毁现场的废品必须立即销毁,严禁过夜;如特殊情况需间隔几小时才能销毁,必须派专人看守。

③ 送往销毁场的废品必须使用袋子、桶、箱等盛装,不准散堆,并清除其中的铁件、玻璃等杂质。

④ 销毁前应做好准备工作,详细登记销毁物品,检查起爆、点燃器材,布置好警戒线或发出销毁信号。

⑤ 炸毁法销毁时最好采用电雷管,如用火雷管,必须用缓燃导火索和拉火管装置,其长度要根据人员离开危险区到达掩体的时间来确定。起爆用的电源、发爆机必须专人保管使用。

⑥ 烧毁法销毁时宜采用电发火具,也可在下风方向一端铺 1~2 m 长的引火物,先点燃引火物,不准直接点燃废品;点火后人员迅速撤离。

⑦ 销毁完毕应认真检查,未销毁的必须清理继续销毁;待余火完全熄灭时,操作人员方可离开现场。

⑧ 夜间、大风、大雾、雨雪时,不准销毁。

参 考 文 献

- [1] 安晋川. 硝化甘油[M]. 北京:国防工业出版社,1974.
- [2] 尹阳光,宫学元. 废酸处理[M]. 北京:国防工业出版社,1974.
- [3] 王泽山,欧育湘,任务正. 火炸药科学技术[M]. 北京:北京理工大学出版社,2002.
- [4] 中国北方工业公司. 火炸药理论与实践[M]. 南京:南京理工大学出版社,2001.
- [5] 刘光烈,朱啸宇,孟天财. 炸药与装药安全技术[M]. 北京:兵器工业出版社,1995.
- [6] 孙荣康,魏运洋. 硝基化合物炸药化学与工艺学[M]. 北京:兵器工业出版社,1992.
- [7] 任特生. 硝胺及硝酸酯炸药化学与工艺学[M]. 北京:兵器工业出版社,1994.
- [8] 欧育湘,刘进全. 高能量密度化合物[M]. 北京:国防工业出版社,2004.
- [9] 吕春绪. 工业炸药理论[M]. 北京:兵器工业出版社,2003.
- [10] 欧育湘. 炸药学[M]. 北京:北京理工大学出版社,2006.
- [11] 吕春绪. 膨化硝酸铵炸药[M]. 北京:兵器工业出版社,2001.
- [12] 吕春绪,刘祖亮,倪欧琪. 工业炸药[M]. 北京:兵器工业出版社,1994.
- [13] 混合炸药编写组. 猛炸药的化学与工艺学(下册)[M]. 北京:国防工业出版社,1983.
- [14] 汪旭光. 乳化炸药[M]. 北京:冶金工业出版社,1986.
- [15] 张端庆. 火炸药原材料讲义[M]. 太原:太原机械学院出版社,1991.
- [16] 王德才. 火药学[M]. 南京:南京理工大学出版社,1988.
- [17] 马庆云. 复合火药[M]. 北京:北京理工大学出版社,1997.
- [18] 牛秉彝. 单基与多基火药[M]. 北京:北京理工大学出版社,1997.
- [19] 张续柱. 双基火药[M]. 北京:北京理工大学出版社,1997.
- [20] 刘继华. 火药物理化学性质[M]. 北京:北京理工大学出版社,1997.
- [21] 卢惠. 单基发射药[M]. 北京:国防工业出版社,1974.
- [22] 侯林法. 复合固体推进剂[M]. 北京:宇航出版社,1994.
- [23] 黄振亚. 含能材料应用[M]. 南京:南京理工大学出版社,2004.

有关此电子图书的说明

本人由于一些便利条件，可以帮您提供各种中文电子图书资料，且质量均为清晰的 PDF 图片格式，质量要高于网上大量传播的一些超星 PDG 的图书。方便阅读和携带。只要图书不是太新，文学、法律、计算机、人文、经济、医学、工业、学术等方面的图书，我都可以帮您找到电子版本。所以，当你想要看什么图书时，可以联系我。我的 QQ 是：85013855，大家可以在 QQ 上联系我。

此 PDF 文件为本人亲自制作，请各位爱书之人尊重个人劳动，敬请您不要修改此 PDF 文件。因为这些图书都是有版权的，请各位怜惜电子图书资源，不要随意传播，否则，这些资源更难以得到。