

液体硝酸铵储存输送工艺与储罐的设计*

杨民刚 夏 光 粟峰雷

煤炭科学研究总院爆破技术研究所(安徽淮北,235000)

[摘 要] 通过对直接用于工业炸药生产的液体硝酸铵工艺参数的分析,提出液体硝酸铵储存输送的工艺途径,有泵送或高位差输送或两者结合等形式;论述了适合液体硝酸铵储存的储罐结构形式,储罐为薄壁容器,设计多采用立式圆筒形结构,封头多采用平盖,半椭圆形和锥形;文章还研讨了液体硝酸铵储罐和储存输送控制系统的设计方法。

[关键词] 液体硝酸铵 输送工艺 储罐 设计

[分类号] TJ55 TD235.2⁺¹

引言

多年来,国内工业炸药生产厂家多采用固体硝酸铵制造工业炸药,国外直接采用硝酸铵饱和溶液(即液体硝酸铵)生产工业炸药已成主流。直接使用液体硝酸铵生产工业炸药可节能降耗、降低成本、减轻劳动、清洁生产,符合民爆行业技术进步指导意见和国家倡导的节能减排、低碳经济的政策要求^[1-2]。这种直接使用液体硝酸铵进行工业炸药生产的方法,涉及到液体硝酸铵储存输送工艺、储罐形式与结构、安全联锁控制等技术问题,也是这种方法需要解决的重要内容。

1 液体硝酸铵的储存与输送工艺

1.1 液体硝酸铵技术参数

在硝酸铵制造厂对硝酸铵溶液不进行结晶造粒,将硝酸铵溶液直接储存或灌入到液体硝酸铵运输车上,运送到炸药生产企业,在对相关参数调整与炸药配方相适应后用于炸药生产中。因而应了解和掌握液体硝酸铵有关技术特性。

影响液体硝酸铵使用的工艺技术参数主要有温度、浓度、pH 值、密度等,液体硝酸铵不同的制造工艺和设备对这些参数有所影响^[3],出厂时技术参数一般控制在:温度 90 ~ 130℃,浓度 86% ~ 91%,pH 值控制在 5 ~ 7^[4]之间,密度随温度和浓度而变化,液体硝酸铵温度高,浓度大^[5]。胶状乳化炸药、粉状乳化炸药、水胶炸药、膨化硝酸铵炸药以及不同的工艺和配方对液体硝酸铵的技术要求有所差异,但在上述范围内都可进行调整。

1.2 物料输送工艺特点

液体硝酸铵直接用于工业炸药生产,其过程是

把槽罐车运来的液体硝酸铵存放到储罐,在生产使用时将储罐内的液体硝酸铵按配比加入到水相溶解罐,达到工艺要求后待下道工序使用。液体硝酸铵从槽罐车到储罐,再从储罐到水相溶解罐,要经过输送、储存、搅拌、保温、控制等过程,研究分析相关工艺过程与特点,有助于设计合理的输送储存工艺和安全生产。

液体物料的输送一般有两种方式,一是利用高位差自然流入的方式;另一种是利用动力输送,采用泵或压缩空气等方式输送液体。

1.2.1 高位差输送料液工艺形式

借助槽罐车、储罐和水相溶解罐的停放和高度落差,使液体硝酸铵由运输槽罐车输送至储罐,生产使用时由储罐流入水相溶解罐,硝酸铵料液的进出输送过程无须任何动力,如图 1 所示。

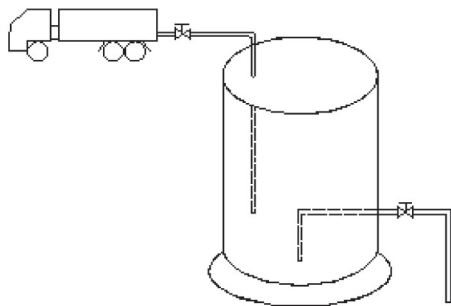


图 1 高位差进出料工艺示意图

这种工艺的主要特点:

- 1) 无需安装卸料泵和给料泵,节省了泵的购置和日常维护费用;
- 2) 输送管道内卸料彻底,无死角,避免了液体硝酸铵滞留在管道内结晶堵塞的可能性;

* 收稿日期:2011-11-17

作者简介:杨民刚(1959 ~),研究员,从事民爆工艺设备的研究和管理。E-mail:hbymg@sina.com

3) 由于采用自然流入的方式卸料和给料, 同样直径的管线, 与泵送相比, 高位差进出料工艺需要时间较长, 效率不高。

1.2.2 泵送进出料工艺及特点

运输槽罐车、储罐、水相溶解罐的停放和安装平面依次升高, 需要借助泵将液体硝酸铵由运输槽罐车泵送到储罐, 生产使用时, 再利用泵把硝酸铵料液送到水相溶解罐, 工艺过程如图 2 所示。

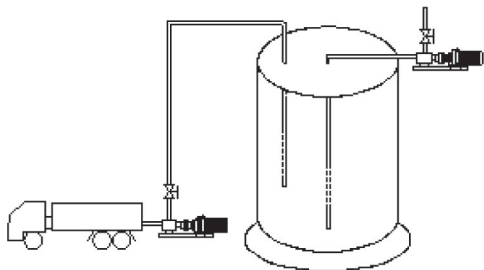


图2 泵送进出料工艺示意图

这种工艺有下述特征:

- 1) 适用于设备装置的安装平面随料液输送方向而升高;
- 2) 卸料与给料速度快, 效率高;
- 3) 输送管道内料液容易残留, 如不及时排出清理, 结晶后堵塞管路;
- 4) 购置输送泵, 泵送进出料工艺增加了投资和日常维护费用。

另外, 也可采用压缩空气取代输送泵压送液体硝酸铵。

1.2.3 储罐进出料管设置方式

高位差输送料液工艺形式进料口一般设置在罐顶, 出料口设置在罐壁上。泵送料液工艺进出料口通常设在储罐罐顶。无论哪种输送方式, 进料管路拟伸入至距罐底约 400 mm 处, 这样可以减轻液体硝酸铵进入时对罐底的冲击, 也可以避免因液体与罐底的冲击产生的液体飞溅, 减缓液体的传热速度。出料管路设置在罐内中心处, 管口距罐底约 100 mm, 这样储罐卸料彻底干净, 而不会将杂质带入下一道工序。为避免料液在管路内滞留结晶, 进出料管应向罐体方向倾斜一定角度, 在管路最低处设置排料阀门, 以排出管路内料液。同时, 为保持料液的工艺要求温度, 对进出料管路应进行保温处理。如果料液含有固体杂质, 可在进入下道工序的管路上设置便于清理的提篮式过滤装置。

卸放储存和排出液体硝酸铵, 其输送的工艺过程设计不外乎上述几种情况或其组合。在工程实践中, 往往依据地形、使用便捷程度、投资额度等

因素综合考虑确定。

2 储罐设计

2.1 结构形式

按几何形状储罐主要有立式圆筒形储罐、卧式圆筒形储罐和球形储罐三种形式。通常在大气环境温度下, 气相压力接近于常压时, 储存液体通常采用立式圆筒形储罐, 但当容量小于 100 m³ 时, 也常采用卧式储罐, 球形储罐一般储存压力气体^[6]。圆筒形储罐存料量与液位高度成线性关系, 便于判断储罐的存料量。封头采用平底或锥底, 一般需考虑料液纯净程度, 锥形底储罐的锥底使储液中的杂质便于沉降集中于储罐底中心的最低集液槽中, 可及时排出罐外, 有利于降低硝酸铵液体中杂质的含量^[7]。以液体硝酸铵的温度、储存压力、存量综合考虑, 其储罐筒体宜采用立式圆筒形。需要指出, 非平底的立式和卧式储罐、球形储罐需要支座支撑。

2.2 罐壁设计

化工容器多数是薄壁容器, 其特征是壁厚与内径之比 $\leq 1/10$, 即壳体外径与内径之比 $K \leq 1.2$ 。液体硝酸铵储罐属于薄壁容器。因此, 在设计中仅考虑环向薄膜应力的作用, 罐壁的厚度是由强度条件确定。另外也应考虑在风向载荷和地震条件下的稳定性。

液体硝酸铵储罐仅受液体静压力的作用, 一般采用定点设计法确定罐壁的厚度, 按下式计算^[6]:

$$t_1 = 0.0049\rho(H_i - 0.3)D/([\sigma]^t\varphi) + C_1 + C_2$$

$$t_2 = 4.9(H_i - 0.3)D/([\sigma]\varphi) + C_1$$

取 t_1 、 t_2 中最大值。

式中: t_1 为按照储液条件确定的设计厚度, mm; t_2 为充水试验条件确定的设计厚度, mm; ρ 为储液密度, kg/m³; H_i 为设计液面至第 i 层钢板下端的高度, m; D 为储罐内直径, m; $[\sigma]^t$ 为设计温度下, 罐壁钢材的许用应力, MPa; $[\sigma]$ 为常温下罐壁钢材的许用应力, MPa; φ 为焊缝系数, $\varphi \leq 1.0$; C_1 为钢板的厚度, 负偏差, mm; C_2 为腐蚀裕量, mm。

2.3 封头设计

封头指与容器两端连接的密封盖体, 主要有平盖、半椭圆、蝶形、锥形等形式。储罐的封头就是罐顶和罐底, 罐顶一般多采用平盖形、半椭圆形和锥形, 罐底多采用平板形和锥形。

平盖制造简单, 适用于压力不大的容器封头, 在同样压力下, 比凸形封头厚得多, 边缘受力情况比较复杂。半椭圆形封头应力情况好于蝶形封头。蝶形封头具有较小的折边半径, 导致应力状况较差。锥形封头的优点是利于液体均匀分布和排料, 锥顶

强度很高。另外,封头愈深,直径与壁厚愈大,加工制造愈难。可见,液体硝酸铵储罐封头以采用平盖形、半椭圆形和锥形较为合适。具体选型要依据安装地形、物料情况、输送方式等确定。

相对而言,平盖形封头使用较多,作为罐顶平盖厚度通常按下式计算^[8]:

$$S = D_1 (Kp/[\sigma]^t)^{-1/2} + C$$

式中: S 为平盖厚度,mm; C 为壁厚附加量,mm; p 为设计压力,kg/cm²; D_1 为计算直径,mm; $[\sigma]^t$ 为材料许用应力,kg/cm²; K 为结构特征系数。

作为平罐底,其下表面与基础接触,且紧密贴合,通常按储罐内径和底板材质确定厚度。

罐顶中心应设通气孔,用于储罐进出料时,保持储罐内外压力平衡。同时设置方便工作人员维修的公称直径一般为 500 mm 的出入孔。

2.4 储罐的保温与附件设计

硝酸铵的溶解度受温度影响较为明显,随温度的升高而增大。在储存和使用过程中,不可避免的有热损耗,温度下降。工业炸药生产中所需硝酸铵溶液的质量分数都在 90% 左右,温度若不能达到要求,便会有析晶现象。因此必须对储罐进行加热和保温。加热通常采用夹套通蒸汽方式,也可以通过在罐内设置蒸汽盘管对液体硝酸铵加热。储罐内设置蒸汽盘管加热方式具有简便易行、安全可靠、效率高等特点,一般常被采用。另外,储罐内的液体硝酸铵的液位是随着使用或进料而变化的,加热盘管亦应分段设置,并且每段加热盘管蒸汽进口有独立的阀门控制。保温是在罐体外壁施加保温材料减少热量损失,保温材料应具有使用寿命长、组织稳定性高、密度小、导热率低、含水量少、抗压性能好、耐高温和不易燃等特点。通常采用聚氨酯填充和硅酸盐保温浆料涂抹等方法。

为方便人工检修,罐体内外应设有逆时针旋转盘梯或爬梯,并考虑设置扶手。对卧式和球形储罐,还应设置支座。考虑到储存物料的特性和出现异常温度情况,储罐顶部设置自动雨淋装置。

2.5 储罐的搅拌

液体硝酸铵静置一定的时间,上下温度会发生变化,如不及时搅拌混合,会造成液体热量分布不均匀,局部液体温度偏低导致析晶,局部液体温度偏高造成热聚集,发生危险。液体的搅拌方式主要有机械搅拌、压缩空气搅拌和射流混合搅拌等^[9]。

机械搅拌通常安装在罐壁,应考虑的主要问题是保证良好密封,以阻止料液外泄,这种方式时常还要更换密封部件。

压缩空气搅拌方式是将压缩空气引入料液内,翻动搅拌料液压缩空气,促使热量散发,但增加了对罐内液体的加热次数,不利于降低能耗。同时压缩空气与液体摩擦易产生静电,对安全不利。因此压缩空气搅拌不适合液体硝酸铵的搅拌。

射流搅拌器通常安装在罐壁上,利用罐体外部的泵将罐内的液体抽出加压后经喷射口喷出形成高压液体射流进入罐内,高压液体射流带动罐内液体扰动实现液体的混合均匀。由于射流混合方式的料液进出管路均固定在罐壁,不存在密封和泄漏的问题,简单实用,且动力设在罐外,安全可靠,因而多数采用此工艺方式搅拌。

3 控制系统设计

液体硝酸铵输送与储存主要控制参数有温度、料位、流量,并应根据各参数变化情况和工艺要求及时进行自动控制与调整,保证各参数在工艺要求的范围内运行,此即设置自动控制的目的和意义。

控制温度对液体硝酸铵储存系统较为重要,储罐高、体积大,罐内液体温度分布均匀性差,沿高度方向形成温度差,因此进行储罐温度控制系统设计时应在不同高度处安装温度传感器,以掌握和控制不同高度范围内的温度。储罐料位与流出量控制主要是储罐的进料与放料过程,其料位高低和流出量大小关系到水相配料精度。

当储罐内料液温度、料位和流出量不在工艺要求的范围内时,通过相应的传感器测量,将获取的量值转换成电信号传给控制系统,经信息处理后,发出控制信号自动调节执行机构,使被控制参数恢复到许可范围。同时,流出量达到要求或工艺参数超出安全上限时应自动报警启动相关安全设施或自动停机。作业现场和控制室设有参数显示仪表,并可远程控制。

另外,液体硝酸铵长时间在储罐内储存,温度大于 100℃ 时,会导致水分蒸发,浓度变化,通常在水相溶解工序进行浓度检测,也可将检测装置设置在液体硝酸铵储罐内进行在线检测,将信息反馈给水相溶解工序进行浓度调节。

总之,液体硝酸铵储存控制系统设计应重点考虑料液温度、料位和流量,在保证安全的基础上,应能对其自动调节,以满足实际生产工艺和安全运行的要求。

4 结束语

液体硝酸铵直接应用于工业炸药的生产是炸药生产的发展方向,其储存和输送系统工艺有泵送或高位差输送或两者结合等多种形式,应依地形、复杂

程度、投资等综合考虑进行选择。储罐为薄壁容器,设计多采用立式圆筒形结构,封头多采用平盖、半椭圆形和锥形,同时罐体要考虑加热保温,其搅拌装置宜采用射流搅拌方式。系统通过自动控制系统能自动调节料液温度、液位和卸料流量。

参 考 文 献

- [1] 连清滨. 液体硝酸铵直接在膨化硝酸炸药生产中的应用[J]. 爆破器材, 2010, 39(2): 20-22.
- [2] 徐德安. 液体硝酸铵直接应用于工业炸药生产的效益分析[J]. 爆破器材, 2011, 40(1): 32-34.
- [3] 陈五平. 无机化工工艺学[M]. 北京: 化学工业出版社, 1980: 67, 77-83.
- [4] 苏明阳. 硝酸铵溶液运输、贮存过程的安全性研究

[J]. 爆破器材, 2009, 38(4): 36-38.

- [5] Stelson A. W. , Seinfeld J. H. Relative Humidity and Temperature Dependence of the Ammonium Nitrate Dissociation Constant [J]. Atmospheric Environment (1967), 1982, 16(5): 983-992
- [6] 朱有庭, 曲文海, 于浦义. 化工设备设计手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008: 628, 636-637.
- [7] Gray L. J. Storage Tank Design[J]. Siam Review, 1991, 33(2): 271-274.
- [8] 余国琮. 化工容器与设备[M]. 北京: 化学工业出版社, 1980: 143.
- [9] 于兆滨. 石油化工企业储罐搅拌方式的比较[J]. 石油商技, 2006, 24(4): 80-81.

Design of the Storage and Transportation Technology for Liquid Ammonium Nitrate and Storage Tank

YANG Minggang, XIA Guang, LI Fenglei

Institute of Blasting Technology, Central Coal Mining Research Institute (Anhui Huabei, 235000)

[ABSTRACT] Based on the analysis of the process parameters of liquid ammonium nitrate used directly in the production of industrial explosive, the store and transportation processes of liquid ammonium nitrate were advanced, such as pumping, high potential difference transportation or both. The structure of storage tank suitable for liquid ammonium nitrate was usually designed as thin walled and vertical cylindrical type, and the head was flat, semi elliptic or cone shaped. The design method of storage tank and the control system of store and transportation were also discussed.

[KEY WORDS] liquid ammonium nitrate, transportation process, storage tank, design

文 摘

1 玻璃微球对乳化炸药冲击感度的影响

《有色金属》2001, 53(2), 1~5, 9(中文)

冲击感度是用来评估乳化炸药安全性能的一项重要参数。为了得出用玻璃微球敏化的乳化炸药的冲击感度,设计了一种方法和发展了计算模式。讨论了玻璃微球的数量、乳化炸药的密度和其它因素对乳化炸药冲击感度的影响。在乳化炸药组成中,乳化炸药的密度随玻璃微球的增加而降低。在一定密度范围内,临界起爆压力随乳化炸药密度的降低而增加。换句话说,当炸药的密度降低时,炸药会变得钝感。这一研究的结果对乳化炸药的生产和应用有利。

2 硝酸铵和铝粉混合物的爆炸效率

Khim. Fiz(化学物理杂志)2001, 20(3), 89~93 (俄文)

文章提出了使用沙中的漏斗成形法得出松密度的硝酸铵和铝粉混合物的爆炸性能的实验结果,铝粉在硝酸铵分解产物中燃烧。测出硝酸铵/铝粉(70/30)混合物的最大爆炸效率为阿蒙尼特炸药(ammonite 6ZV)的爆炸效率的1.7倍。

3 粒状抗水炸药

俄国专利 RU 2147018, 2000 年 5 月 27 日(俄文)

可用于采矿和采煤的炸药,其中含有可燃物包覆的硝酸铵颗粒。这种包覆用的可燃物含有矿脂、不含沥青的油料或石油浓缩物和沥青。炸药颗粒的外部包覆层可用滑石和沸石的混合物、滑石和石膏的混合物或滑石和羧甲基纤维素的混合物。这种粒状抗水和流散性的炸药具有所需的作功能力,并适用于水淹矿井。

钟一鹏译自美国《化学文摘》

Vol. 135, No. 20 (2001)