

doi:10.3969/j.issn.1001-8352.2016.02.013

# 用于工业炸药的硝酸铵溶液相关参数的测定与调节技术<sup>\*</sup>

谢圣艳 谭 勇 唐佳华 何俊蓉 姜联成  
雅化集团三台化工有限公司(四川绵阳,621000)

[摘 要] 文章对硝酸铵溶液在工业炸药应用中的测定技术进行了分析,研发了硝酸铵溶液质量分数和 pH 的实验室测定技术及在线测定和调节技术,并进行了对比分析。结果表明,采用温度-密度-质量分数对照表法测定硝酸铵溶液的质量分数,其速度快;10% 体积分数的硝酸铵溶液 pH 测定法更为简单快捷,结果与 HG/T 4523—2013 中硝酸铵溶液测定法的结果吻合性较好。硝酸铵溶液质量分数、pH 的在线测定与调节技术能够满足工业炸药连续化和自动化生产的要求。

[关键词] 工业炸药;硝酸铵溶液;质量分数;pH;在线测定

[分类号] TD235.2<sup>+</sup>1

## 引言

工信部在《关于民用爆炸物品行业技术进步指导意见》中明确指出“鼓励使用液体硝酸铵代替固体硝酸铵制备工业炸药”<sup>[1]</sup>,由硝酸铵生产厂家提供硝酸铵溶液直接应用于工业炸药的生产是国外炸药生产厂家的典型生产方式<sup>[2]</sup>。随着对硝酸铵溶液应用的环保性、便捷性和经济性的认识,近年来硝酸铵溶液在国内民爆行业的应用得以快速地推广,也促进了民爆行业的绿色发展。

由于各硝酸铵溶液生产厂家工艺及工业炸药生产厂家对产品质量需求的差异,如何对硝酸铵溶液快速准确地测定和调节,成为硝酸铵溶液应用过程质量控制的关键。为提高硝酸铵溶液应用的自动化和连续化,硝酸铵溶液的在线测定和调节技术将成为硝酸铵溶液应用提升的一个新课题。对硝酸铵溶液应用影响较大的质量因素是硝酸铵溶液的质量分数和 pH,本文就硝酸铵溶液在工业炸药应用过程中质量分数和 pH 的两种测定技术和方法进行分析,以期达到抛砖引玉的作用。

## 1 硝酸铵溶液的实验室测定技术和方法

硝酸铵溶液的测定试验方法在 HG/T 4523—2013 硝酸铵溶液已有详细讲述<sup>[3]</sup>,但是对于工业炸药生产厂家,采购进来的硝酸铵溶液需要快速测定结果后指导生产配料。HG/T 4523—2013 法所列测定方法耗时较长,不能很好地满足生产配料的时间要求。寻求准确快速地检测硝酸铵质量分数的方法

是亟待解决的问题<sup>[4]</sup>。对硝酸铵溶液的入厂测定,主要测定项目有外观、质量分数、pH,其质量指标要求如表 1 所示。

表 1 硝酸铵溶液质量指标企业要求  
Tab.1 Enterprise requirement for quality index of ammonium nitrate solution

外观	结晶温度以上无色或淡黄色透明液体
质量分数/%	≥91
pH(质量分数 10%)	4.8~6.2

### 1.1 硝酸铵溶液质量分数测定方法

由于硝酸铵溶液质量分数较高,容易析晶,测量误差较大,不利于产品质量控制<sup>[5]</sup>,需要在整体物料无结晶、完全呈液体状态时取样,取样时宜采用保温桶进行<sup>[6]</sup>,样品用水稀释后测定质量分数。通过测定稀释后硝酸铵溶液的温度和密度,从而查出稀释后该溶液的质量分数,通过实验室数据检测及分析,确定硝酸铵溶液温度、密度、质量分数三者关系,绘制出温度-密度-质量分数对照表,即可计算出硝酸铵溶液的质量分数。

具体方法如下:称取干燥 500 mL 烧杯质量( $m_1$ ),量取硝酸铵溶液约 300~400 mL,加入烧杯内;称取硝酸铵溶液和烧杯的质量( $m_2$ ),再用 100~150 mL 蒸馏水将烧杯内壁黏附的硝酸铵溶液洗入

<sup>\*</sup> 收稿日期:2015-05-25  
作者简介:谢圣艳(1983~),男,工程师,主要从事民爆器材行业技术研发和管理工作。E-mail:xiesy@scyahua.net

烧杯内,用玻璃棒搅拌 3~4 min;称取稀释后硝酸铵溶液和烧杯的质量( $m_3$ ),将稀释后的硝酸铵溶液转入 500 mL 量筒中。用密度计测定其密度( $\rho$ ),用温度计测量其温度( $T$ ),通过温度-密度-质量分数表,查出稀释后硝酸铵溶液的质量分数( $C_1$ )。

则硝酸铵溶液的质量分数  $C$ ,按式(1)计算:

$$C = (m_3 - m_1) C_1 / (m_2 - m_1)。$$

(1)

式中: $m_1$  为干燥烧杯的质量,g; $m_2$  为硝酸铵溶液和烧杯的质量,g; $m_3$  为稀释后硝酸铵溶液和烧杯的质量,g; $C_1$  为稀释后硝酸铵溶液的质量分数,%。

取平行测定结果的算术平均值为测定结果,2 次平行测定结果的绝对差值不大于 0.2%。

经过实验室检测所得的硝酸铵溶液温度-密度-质量分数对比表常用数据见表 2,该方法是硝酸铵溶液质量分数的快速测定方法<sup>[7]</sup>。

为了对比此方法与 HG/T 4523—2013 中方法测定结果的差异性,配制了不同质量分数的硝酸铵溶液,并分别进行测定,结果见表 3。此结果与 HG/T 4523—2013 中滴定方法<sup>[3]</sup>测定结果较吻合,且该方法测量硝酸铵溶液质量分数快速、简单,几分钟就

可以得出结果,可以满足生产所需。

1.2 硝酸铵溶液 pH 测定方法的选择

硝酸铵溶液由于质量分数较高,在测定 pH 时,一般需稀释后测定,HG/T 4523—2013 测定方法是在滴定法测定完硝酸铵溶液质量分数后,根据所测定质量分数,将硝酸铵溶液稀释到 10% 质量分数的硝酸铵溶液,用酸度计测定其 pH。

为快速测定 pH,还摸索了硝酸铵溶液 pH 的 2 种新的快速测定方法,现将 3 种测定方法进行对比。

1) HG/T 4523—2013 硝酸铵溶液所列测定方法<sup>[3]</sup>。详见 HG/T 4523—2013 硝酸铵溶液。

2) 近似 10% 质量分数的硝酸铵溶液 pH 测定。用烧杯准确称取 10 g 试验溶液 A,再向其中加入 90 g 无二氧化碳的水,配制成 100 g 的近似 10% 质量分数的硝酸铵溶液(实际约为 9.2%),搅拌 1~2 min 后,用酸度计测定该溶液的 pH。取平行测定结果的算术平均值为测定结果,2 次平行测定结果的绝对差值不大于 0.2。

3) 10% 体积分数的硝酸铵溶液 pH 测定。用 100 mL 烧杯量取 90 mL 无二氧化碳的水,再加入 10

表 2 硝酸铵溶液温度-密度-质量分数对比表

Tab. 2 Temperature-density-mass fraction contrast of ammonium nitrate solution													%
$\rho /$ ( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )	$T / ^\circ\text{C}$												
	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
1.301	67.7	67.8	67.9	68.0	68.1	68.2	68.3	68.5	68.6	68.7	68.8	68.9	69.0
1.302	67.9	68.0	68.1	69.2	68.3	68.4	68.5	68.7	68.8	68.9	69.0	69.1	69.2
1.303	68.0	68.1	69.2	68.3	68.4	68.5	68.7	68.8	69.0	69.1	69.2	69.3	69.3
1.304	68.2	68.3	68.4	68.5	68.6	68.7	68.9	69.0	69.2	69.3	69.4	69.2	69.5
1.305	68.4	68.5	68.6	68.7	68.8	68.9	69.1	69.2	69.4	69.5	69.6	69.6	69.7
1.306	68.6	68.7	68.8	68.9	69.0	69.1	69.3	69.4	69.6	69.7	69.8	69.9	69.9
1.307	68.7	68.8	68.9	69.0	69.1	69.2	69.4	69.5	69.7	69.8	69.9	70.0	70.1
1.308	68.9	69.0	69.1	69.2	69.3	69.4	69.6	69.7	69.9	70.0	70.1	70.2	70.3
1.309	69.1	69.2	69.3	69.4	69.5	69.6	69.8	69.9	70.1	70.2	70.3	70.4	70.5
1.310	69.3	69.3	69.4	69.4	69.5	69.7	69.8	70.0	70.1	70.3	70.4	70.4	70.7
1.311	69.4	69.5	69.6	69.7	69.8	69.9	70.1	70.2	70.4	70.5	70.6	70.7	70.8
1.312	69.6	69.7	69.8	69.9	70.0	70.1	70.2	70.4	70.5	70.6	70.7	70.8	70.9
1.313	69.8	69.9	70.0	70.1	70.2	70.3	70.4	70.6	70.7	70.8	70.9	71.0	71.2
1.314	69.9	70.0	70.2	70.3	70.4	70.5	70.6	70.8	70.9	71.0	71.1	71.2	71.3
1.315	70.1	70.2	70.3	70.4	70.5	70.6	70.7	70.9	71.0	71.1	71.2	71.3	71.5
1.316	70.2	70.3	70.5	70.6	70.7	70.8	70.9	71.1	71.2	71.3	71.4	71.5	71.6
1.317	70.4	70.5	70.7	70.8	70.9	71.0	71.1	71.3	71.4	71.5	71.6	71.7	71.8
1.318	70.6	70.7	70.8	70.9	71.0	71.1	71.2	71.4	71.5	71.6	71.7	71.8	72.0
1.319	70.7	70.8	71.0	71.1	71.2	71.3	71.4	71.6	71.7	71.8	71.9	72.0	72.1
1.320	70.9	71.0	71.1	71.2	71.3	71.4	71.5	71.7	71.8	71.9	72.0	72.1	72.2

表 3 2 种方法测定硝酸铵溶液质量分数

Tab.3 Mass fraction of ammonium nitrate solution tested by two methods %

试样	HG/T 4523—2013 方法	温度-密度-质量分数对比方法
1 <sup>#</sup>	91.02	91.04
2 <sup>#</sup>	92.04	92.00
3 <sup>#</sup>	93.03	93.02
4 <sup>#</sup>	94.01	94.02
5 <sup>#</sup>	95.00	95.02

mL 试验溶液 A, 搅拌 1 ~ 2 min 后, 用酸度计测定该溶液的 pH。取平行测定结果的算术平均值为测定结果, 2 次平行测定结果的绝对差值不大于 0.2。

4) 分别采取上述 3 种方法对不同质量分数的硝酸铵溶液测定 pH。配制质量分数分别为 91%、92%、93%、94%、95% 的硝酸铵溶液, 用上述 3 种方法对不同质量分数的硝酸铵溶液测定 pH。测定结果见表 4。可以看出, 上述 3 种方法所测定的 pH 相差均在 0.2 以内, 完全可以满足工业化生产要求。10% 体积分数的硝酸铵溶液 pH 测定最为简单快捷, 在生产线上即可进行测定。

2 硝酸铵溶液的在线测定和调节技术

硝酸铵溶液在工业炸药上应用已有很多年的时间, 应用技术也已基本成熟。目前国内应用于工业炸药生产中的硝酸铵溶液都是高温(120 ~ 145 ℃)、高质量分数(≥91%), 为过饱和水溶液, 极易产生析晶沉降现象, 在储存过程中有一定的安全隐患, 在使用中有可能堵塞管道, 或造成阀门和计量设备失

表 4 3 种方法测定硝酸铵溶液的 pH

Tab.4 pH value of ammonium nitrate solution tested by three methods

HG/T 4523—2013	近似 10% 质量分数	10% 体积分数
5.68	5.74	5.59
5.70	5.76	5.62
5.70	5.75	5.60
5.72	5.77	5.63
5.70	5.75	5.60

效, 带来设备的安全隐患, 使得其在自动控制和在线测定上还存在不足。针对上述问题, 进行了一些硝酸铵溶液应用自动化的研究, 初步解决了硝酸铵溶液 pH、质量分数等指标的在线测定和控制问题, 经试验对比可以满足生产需求。

2.1 硝酸铵溶液质量分数的在线测定与调节<sup>[8]</sup>

采用密度-温度-质量分数对比法是在线测定硝酸铵溶液质量分数可行的方法, 经过与实验室检测对比, 可以满足生产质量控制要求。其原理如图 1 所示。密度-温度-质量分数对比法测定硝酸铵溶液质量分数是采用吹气式密度计进行, 以测量气压代替直接测量液柱压力, 通过软件计算并显示出密度值。该技术配合温度传感器, 补偿密度随温度的变化, 增加质量分数显示仪, 就可以直接测定出硝酸铵溶液质量分数。

硝酸铵溶液质量分数的调节在硝酸铵溶液储罐内进行, 目的是降低硝酸铵溶液质量分数至 90% 左右(此值根据乳化炸药配方进行调整), 通过降低溶液质量分数和析晶点, 降低硝酸铵溶液结晶的温度,

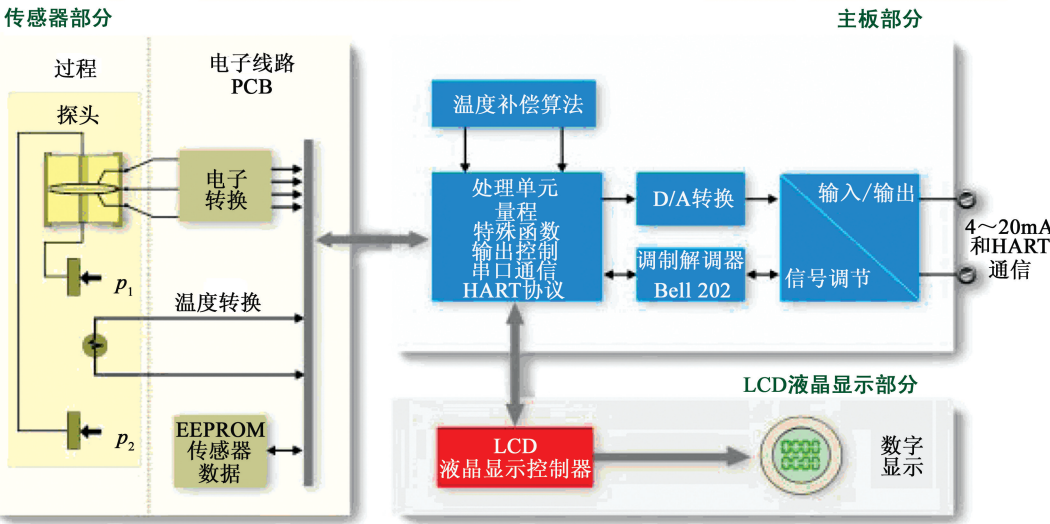


图 1 吹气式密度变送器工作原理

Fig. 1 Operational principle of gas blow density transmitter



以保证储存过程中的安全。经试验检测,硝酸铵溶液质量分数在 93% ~ 94% 时,对应析晶点为 98 ~ 102 ℃,质量分数在 90% 时,对应的析晶点为 88 ℃。

根据硝酸铵溶液运输车每次运输硝酸铵溶液测定质量分数及质量,通过触摸屏输入至系统内,系统自动计算出需要加入储罐内水的质量,通过流量计计量将水自动加入硝酸铵溶液储罐内,并搅拌。通过安装在硝酸铵溶液系统上的质量分数在线测定设备校核加水量是否合适。调节完毕后,即可用于工业炸药的生产。

2.2 硝酸铵溶液 pH 的在线测定与调节<sup>[9]</sup>

硝酸铵溶液 pH 的在线测定采用 pH 电极进行。被测介质为高温、高质量分数的硝酸铵溶液,由于溶液温度高且波动大、腐蚀性强,采用一般电极使用寿命短,且在高温下温度补偿效果不好,pH 测量有一定的误差。采用降低取样溶液温度的方式,增加冷凝器,将取样溶液放置在冷凝器中进行热交换、降温,降温后溶液温度控制在 90 ℃ 左右。

硝酸铵溶液经过管道从硝酸铵溶液储罐流出,流经冷凝器至缓冲罐内,冷凝器通冷却水,pH 电极安装在冷凝器之后的管道上。流入缓冲罐内的硝酸铵溶液经加热后泵送至硝酸铵溶液储罐内。硝酸铵溶液不间断地进行流动,实现硝酸铵溶液的在线测定。其安装示意图如图 2 所示。

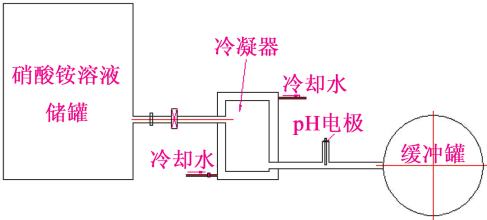


图 2 硝酸铵溶液 pH 在线测定安装示意图

Fig.2 Installation diagram of pH value on line determination of ammonium nitrate solution

乳化炸药生产所需要的 pH 范围可以通过试验确定,较佳的 pH 一般是 5.6 ~ 6.0。在硝酸铵溶液 pH 偏大时,采用加入柠檬酸进行调节,硝酸铵溶液 pH 偏小时,采用加入氨水进行调节<sup>[10]</sup>。实现方式有两种,一种为硝酸铵溶液储存系统内的调节,另一种为水相制备过程中的调节。

为了验证硝酸铵溶液质量分数和 pH 在线测定结果与 HG/T 4523—2013 方法测定结果的差异性,取样测定结果见表 5。可以看出,硝酸铵溶液质量分数和 pH 在线测定结果与 HG/T 4523—2013 方法测定结果相差范围均在 0.2% 以内,可以满足工业

表 5 2 种方法测定质量分数和 pH 结果对比

Tab.5 Comparison of mass fraction and pH value tested by two methods

试样 编号	标准方法测定 质量分数/%	在线测定 质量分数/%	标准方法 测定 pH	在线 测定 pH
1	91.20	91.03	5.73	5.59
2	91.54	91.48	5.74	5.62
3	92.04	91.93	5.75	5.62
4	92.40	92.21	5.73	5.62
5	93.02	92.88	5.75	5.61

炸药生产需要。

3 结论

1) 采用温度-密度-质量分数对照表法测定硝酸铵溶液的质量分数,其速度快;10% 体积分数的硝酸铵溶液 pH 测定法更为简单快捷,结果与 HG/T 4523—2013 中硝酸铵溶液测定法的结果吻合性较好,适用于工业化生产快速测定的需要。

2) 硝酸铵溶液质量分数、pH 的在线测定与调节技术能够满足工业炸药生产质量的要求,提高了乳化炸药生产的连续化、自动化水平,值得推广和应用。

参 考 文 献

[1] 工信部安[2010]227 号. 工业和信息化部关于民用爆炸物品行业技术进步的指导意见[A]. 2010-05-21.

[2] 汪旭光. 关于低碳经济与民爆行业发展的思考[J]. 工程爆破, 2009, 15(3): 1-4, 13.

WANG X G. Thinking on the development of low carbon economy and civil blasting industry [J]. Engineering Blasting, 2009, 15 (3): 1-4, 13.

[3] 中华人民共和国工业和信息化部. 硝酸铵溶液: HG/T 4523—2013[S]. 北京: 化学工业出版社, 2014.

Ministry of Industry and Information Technology of the People's Republic of China. Ammonium nitrate solution: HG/T 4523—2013 [S]. Beijing: Chemical Industry Press, 2014.

[4] 李继红, 刘文诚, 王盛辉. 浅述硝酸铵水溶液在工业炸药生产中的应用[J]. 煤矿爆破, 2012(1): 32-35.

LI J H, LIU W C, WANG S H. The brief introduction on application of liquid ammonium in the industrial explosive production [J]. Coal Mine Blasting, 2012(1): 32-35.

[5] 张东杰, 栗峰雷, 滕威, 等. 超声波法在线检测硝酸铵溶液浓度的可行性研究[J]. 火工品, 2014(2): 54-56.

ZHANG D J, LI F L, TENG W, et al. Feasibility study on online detecting concentration of ammonium nitrate solution by ultrasonic wave [J]. Initiators & Pyrotechnics, 2014 (2): 54-56.

- [10] 董冰玉,杜红棉,祖静. 基于无线控制的冲击波超压测试系统[J]. 传感技术学报,2010,23(2):279-281.  
DONG B Y, DU H M, ZU J. The blast wave overpressure measuring system based on wireless-control[J]. Chinese Journal of Sensors and Actuators,2010,23(2):279-281.
- [11] 孔祥善,赵德光,王代华,等. 低空信道对无线传感器网络的影响分析[J]. 传感技术学报,2011,24(1):106-110.  
KONG X S, ZHAO D G, WANG D H, et al. The impact analysis of wireless sensor network in low-level channel[J]. Chinese Journal of Sensors and Actuators, 2011,24(1):106-110.
- [12] 张霞,张志杰,轩志伟. 基于 ARM 和 WiFi 的测试系统手持终端的设计[J]. 电视技术,2013,37(15):74-76,161.  
ZHANG X, ZHANG Z J, XUAN Z W. Design of wireless portable terminal based on ARM and WiFi[J]. Video Engineering. 2013,37(15):74-76,161.

## Design of a Portable Terminal Based on ARM for the Test System of Shock Wave Pressure

WEI Xin

School of Computer Science and Control Engineering, North University of China (Shanxi Taiyuan, 030051)

[ABSTRACT] In the measurement of shock wave overpressure, the status of test system is hard to be monitored, and test parameters could not be adjusted on site once they are improperly set up. Meanwhile, it is inconvenient to operate and hard to carry the traditional PC in outdoor experiments. In order to solve such problems, a portable control terminal for shock wave pressure test system based on ARM was designed. The graphic application program was developed by the software of Qt. Performance test in the actual explosion environment was used to verify the reliability and stability of wireless communication. The functions of system state monitoring, data transmittal by wireless and waveform display could be realized by the portable terminal with wireless test system. Results show that the portable terminal has good stability and reliability in real explosion experiments.

[KEY WORDS] shock wave; test system; portable terminal; ARM; Qt

(上接第 59 页)

- [6] 卢金华,李庆青,李广乾,等. 高浓度硝酸铵溶液分析中的问题与对策[J]. 当代化工,2013,42(10):1483-1484.  
LU J H, LI Q Q, LI G Q, et al. Problems and solutions in content analysis of high concentration ammonium nitrate solution[J]. Contemporary Chemical Industry, 2013,42(10):1483-1484.
- [7] 黄寅生,刘杰,曾志超. 硝酸铵水溶液浓度快速检测方法[J]. 爆破器材,2011,40(1):16-18.  
HUANG Y S, LIU J, ZENG Z C. Rapid detection methods of ammonium nitrate solution concentration[J]. Explosive Materials, 2011,40(1):16-18.
- [8] 谢圣艳,唐佳华. 一种硝酸铵溶液浓度检测装置:CN203502373U[P]. 2014-03-26.
- [9] 谢圣艳,唐佳华. 一种硝酸铵溶液 pH 检测装置:CN203534996U[P]. 2014-04-09.
- [10] 孟丽娟,程治平,刘立军,等. 硝酸铵水溶液应用于乳化炸药生产的研究[J]. 煤矿爆破,2012(4):17-19.  
MENG L J, CHENG Z P, LIU L J, et al. Study on the application of liquid ammonium nitrate in emulsion explosive[J]. Coal Mine Blasting,2012(4):17-19.

## Measurement and Adjusting Technology for the Related Parameters of Ammonium Nitrate Solution Used in Industrial Explosives

XIE Shengyan, TAN Yong, TANG Jiahua, HE Junrong, JIANG Liancheng  
Santai Chemical Co., Ltd., Yahua Group (Sichuan Mianyang, 621000)

[ABSTRACT] Measurement technology of the ammonium nitrate solution applied in industrial explosives was analyzed, and the laboratory determination technology, online determination and adjusting technology of the mass fraction and pH value of the ammonium nitrate solution were developed in comparison. Results show that temperature-density-mass fraction table method is fast to measure the mass fraction of ammonium nitrate solution, while the determination method of pH value, with method of 10 percent volumetric of the ammonium nitrate solution, is more simple and quick, the test results of which are consistent with method of HG/T 4523—2013 for determination of the ammonium nitrate solution. The online determination and adjusting technology of the mass fraction and pH value of ammonium nitrate solution enables to satisfy the requirement of continuous and automatic production quality of the industrial explosives.

[KEY WORDS] industrial explosives; ammonium nitrate solution; mass fraction; pH value; on line determination