

硝安爆薬作業工室に於ける湿度調整に関する考察

(昭和23年10月20日受理)

山家 信次・小松 展雄

(関東電気工業株式会社)

1 一般

工業爆薬製造作業に於て硝安の乾燥並に硝安ダイナマイト及硝安爆薬の混和装薬作業中に於ける吸湿防止に關しては従来作業室内湿度を上昇せしめて関係湿度を低下する方法或は冷房装置によつて湿度を降下せしめ絶対水蒸気圧を減少せしめる方法等が講ぜられてゐるがこれらの方法に關する湿度調整に關して考察する。

湿度の調整に關しては 1) 湿度を上昇せしめて関係湿度を低下する方法 2) 冷却による減湿法 (壓縮減湿法も同一原理である) 3) 蒸餾による結合減湿法及 4) 吸着減湿法等があるが、これらの方法に關してその條件を検討する。勿論これらの調整に關する實際上の設計並に設備の内容に關しては別に専門家の意見に依つべきであるが本文に於てはその基礎データを記述するに止める。

本報告に於ては

- γ 単位容積の空氣中に實在する水蒸氣量 (kg/m^3)
 - γ_m γ と同容積同温度で飽和状態にある水蒸氣の量 (kg/m^3)
 - P 水蒸氣壓、任意の空氣中の水蒸氣分壓 (mmHg)
 - P_m 飽和水蒸氣壓、ある温度に於ける任意の空氣中の飽和水蒸氣壓 (mmHg)
 - x 絶対湿度或は湿度、1 kg の乾燥空氣中に含まれる水蒸氣量 (kg)
 - H 關係湿度 $= \gamma/\gamma_m \times 100$ (%)
- とする。

II 硝安の吸湿條件

硝安の吸湿の機序及湿度並に温度の影響に關しては従来數多の研究が發表されてゐるが最近東京工業試験所に於ける日野、保坂兩氏による硝安の研究第二報保坂信「硝安アンモンの吸湿過程に就て」を基礎として本考察を行つた。

a) 硝安吸湿の限界温度

硝安を等温下に異なる湿度の状態に於て吸湿する量を測定すると吸湿が急激に進行する限界の温度が存在

する。この限界温度 H_L はその温度に於ける硝安の飽和水溶液の水蒸氣壓 P_L に相當する關係湿度であつてその温度に於ける大氣中の飽和水蒸氣分壓を P_m とすれば

$$H_L = \frac{P_L}{P_m} \times 100\% \text{ に相當する}$$

従つてこの關係湿度 H_L を見出すために J. R. Adams & A. R. Meza 氏の硝安飽和水溶液の水蒸氣壓測定値の結果を用ひて計算すれば表1の如くである。

表 1

温度	10°	15°	20°	25°	30°	40°	50°
P_m	9.21	12.79	17.54	23.76	31.84	55.32	92.5
P_L	6.88	8.95	11.74	14.94	18.93	29.11	44.71
H_L %	75.3	69.8	66.9	62.7	59.4	52.5	48.4

即ち硝安の作業に對しては與へられた温度に對して上の關係湿度以下に調整を行はなければならぬ。

b) 等温特性に於ける湿度の影響

一方硝安の吸湿量の時間的増加に關する保坂氏の研究によれば定温定湿下硝安の吸湿量の時間的増加は直線であつて w を単位基乾重量に對する含濕量 (mg)、 t を時間 (h) とすれば $w=at$ で示される a と温度及湿度の關係は表2の如くである。

表 2

温度°C	15	20	30	35	40
湿度H%					
70	0.3	1.2	2.8	8.7	11.3
80	0.54	1.6	3.4	9.9	13.3
90	-	3.8	6.7	12.5	15.1
100	-	5.7	8.3	14.5	19.5

即ち a の増加は 30—35° の間より著しく増加するがこれは恐らく硝安の轉移點なる 32.3°C から起る現象と考へる。この見地より硝安の作業は温度 30°C 以下で行うにとが安全である。又關係湿度が 60% 以上の時も一般に吸湿速度が大であるから湿度は 70% 以下が要求される。

- (1) この研究に關しては保坂氏報告内文獻参照。
- (2) Ind. Eng. Chem. 21, 305, 1925.
- (3) Lowry, J. Soc. Chem. Ind. 39, 101T, 192.

勿論 30°C にて硝安の吸湿しない H_s は 59.4% であるが 30°C H_s 70% では 10 時間で $2.8 \times 10 \text{ mg}$ 即ち 2.8% の水分が増加することになる。

III 作業工室の調湿条件

硝安の吸湿防止上の所要湿度及温度の關係が明らかにされたから作業工室を限界湿度 H_s 以下にすればよいが室内には労働に従事する人員数、出入口の開閉等によつて上記の H_s よりも低目を取る必要がある。この程度は工室内の空氣交換量に關係するが一應安全の見地からこの湿度を $(H_s - 5)\% = H$ と取ることとする。この所要限界湿度を H で示す。表 3 は各室温に對する所要限界湿度 H 、その湿度に於ける蒸氣壓 p_r 、及飽和蒸氣壓が p_r に相當する温度 T_r 、並びに湿度 H に於ける 1 m^3 中の水分量 g_r (g/m^3) を示す。この際人體よりの發生熱並に硝安乾燥の場合の如き高温硝安の有する熱量 (硝安の比熱 0.4 kcal/kg) を計算する必要がある。

表 3

室温	H	p_r	T_r	g_r
30°	55	17.5	20.0	16.50
25°	58	13.8	16.2	13.4
20°	62	10.8	12.4	10.7
15°	65	8.5	8.5	8.35

表 4

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合計
平均気温	3.1	3.8	7.0	12.6	16.8	20.6	24.4	25.7	22.1	16.1	10.7	5.4	14.0
毎日最高の平均気温	8.4	8.8	12.0	17.5	21.3	24.7	28.5	30.0	26.1	20.6	15.8	10.9	18.7
平均湿度	62.8	62.0	66.0	72.1	75.5	80.4	82.2	81.0	82.0	78.8	73.5	66.8	73.6

この表によれば東京地方で硝安の吸湿を起す月は平均 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 の 8 ヶ月となる。

表 5

月	気温 t (°C)	飽和蒸氣壓 p_m (mm)	限界湿度 H_s (%)	p_{mr} (mm)	t_r (°C)	加熱温度 Δt
1	8.4	—	77	—	—	—
2	8.8	—	76	—	—	—
3	12.0	10.5	73	15.2	17.7	5.7
4	17.5	15.0	68	22.3	23.9	6.4
5	21.3	19.0	65	29.7	28.8	7.5
6	24.7	23.3	63	38.0	33.2	8.5
7	28.5	29.2	60	54.0	39.5	11.0
8	30.0	31.8	59	58.3	41.0	11.0
9	26.1	25.4	62	42.2	35.0	8.9
10	20.6	18.2	66	28.5	28.1	7.5
11	15.8	13.5	69	19.5	21.7	5.9
12	10.9	9.8	74	13.4	15.7	4.8

IV 室温を上昇せしめて關係湿度を減少する調湿

任意の温度 t に於ける最高關係湿度を 95% とすればこの水蒸氣張力は $p_m \times 95/100$ である、これが調湿温度 t_r に於ける所要限界湿度 H になるためには

$$H = p_m \times 95/100/p_{mr}$$

の關係がある。従つて調湿温度 t_r に於ける飽和蒸氣張力 p_{mr} は

$$p_{mr} = p_m \times 95/100/H$$

で求められるが H は温度によつて變化するから温度表から暗算法で求められる。

t を各月に對する毎日最高気温の平均とすれば降雨月は温度が一般に低いから差支へないと考へる、又室内では雨天でも關係湿度を 95% 以下として差支へない。斯くして p_m が求められるから t_r が温度表より求められ $\Delta t = t - t_r$ が見出される。これが求める加熱温度である。

次に工室の所在地を東京とし東京地方に於ける平均気温及毎日最高気温の平均温度並に平均湿度を表 4 に示す。こゝで平均湿度は實際上意味をなさず降雨の時は 95% 以上にも昇るからただ月々の傾向を見るに止める。

事實 35°C 以上の温度で作業することは困難であるのと 32°C 以上では吸湿速度が大になる點等を考へるとこの方法では 7, 8 の二ヶ月は勿論 6, 9 月も作業の困難な日が多い。

V 冷却による減湿

冷凍機或は冷水により空氣を冷却してその水分を低湿下飽和状態として水分を除去しこれを加熱して所要湿度迄低下せしむる方法で一般に用ひられる方法である。

作業工室の所要限界湿度は前節と同様 $H_s - 5 = H$ にとり、然る時は各月の毎日最高気温の平均についての $(H_s - 5) p_m/100$ がその気温に於ける所要限界蒸氣壓 p_a である。

次にこの蒸氣壓で空氣が飽和される温度 t_a は蒸氣壓表から求められるから大氣中の空氣をこの温度迄冷却して過剰水分を去つた空氣をもとの大氣温度迄上昇せしむれば所要の目的を達することになる。換言すれ

ば湿度を t とすれば $t-t_a=\Delta t$ の空気を冷却すべき最小限の温度である。

斯くして求めた t_a 及 Δt を表 6 (4) 及 (5) に示す。

表 6

月	(1) 毎日最高 気温平均	(2) $H =$ $(H_a - 5) \%$	(3) p_a mm	(4) 冷却温度 t_a	(5) $-\Delta t$	(6) 修正冷却 温度 $^{\circ}\text{C}$	(7) 温度 冷却 + 加温	(8) 作業室温
1	8.4	72	5.95	1.7	(-6.7)	-	+7	15
2	8.8	71	6.00	1.8	(-7.0)	-	+6	15
3	12.0	69	7.26	6.5	(-5.5)	-	+9	20
4	17.5	63	9.45	10.4	(-7.1)	13	+8.5(-4.5)	21.6(21)
5	21.3	60	11.40	13.3	-8.0	13	-8.3	21
6	24.7	58	13.80	15.9	-8.8	13	-11.7	21
7	28.5	55	16.00	18.5	-10.0	13	-15.5	21
8	30.0	54	17.20	19.7	-10.3	13	-17.0	21
9	26.1	57	14.50	17.0	-9.1	13	-13.1	21
10	20.6	61	11.10	12.9	-7.7	13	-7.6	21
11	15.8	64.5	8.7	9.1	(-6.7)	-	+7.7	25.3
12	10.9	69	6.75	5.5	(-5.4)	-	+6.6	17.5

本表で見る如く作業室の湿度を最高 30°C とすれば T_a 約 20°C の飽和冷却空気を作る必要があり、室温 12°C の時には $T_a=6.5^{\circ}\text{C}$ 迄冷却する必要がある。然しこの冷却温度の工室で作業する必要はなく一定低湿にした空気を加熱することによって関係湿度を減ずることが出来る。

即ち我々の要求する所は低湿でなくて低湿であるから空気の湿度を加熱することによって冷却機の使用期間が短縮出来る。即ち冬期 12, 1, 2 月を室温 $15-17^{\circ}\text{C}$ に 3, 4, 11 月を室温 $20-25^{\circ}\text{C}$ に上昇せしめて所要の目的が達する。

実際問題として夏期高温の際冷却空気を気温迄加熱上昇せしむることを避け室温を 21°C の下に H 以下に調湿する場合を考えると 21°C に於ける $H_a-5=H$ は 60% であるからこの温度に於ける蒸気圧 p_r は $p_r(21^{\circ})=p_m \times \frac{H}{100}=18.65 \times 60.0=11.2 \text{ mm}$ 即ち 13°C に於ける飽和水蒸気圧に相当する斯くして計算した修正冷却温度を表 6 (6) に又冷却温度差 Δt を (7) に従つて作業室温を (8) に示す。

表 6 を見るに冷却調湿を必要とするのは 5, 6, 7, 8, 9, 10 の 6 ヶ月で加熱によつて調湿するのは 11, 12, 1, 2, 3 月であり 4 月は冷却にするか加熱にするか任意でよいがこの場合加熱によれば室温を 25°C に保つ必要がある。

一般に加温の場合は湿度 95% の場合について論じたのであるから毎日の温度によつて調湿加温を加減すべきであり、実際に 5 月, 10 月は冷却調湿を必要としないと考へられる。

II 空気乾燥操作による調湿

火薬の爆薬工室の如き作業工室の空間容積を 50 m^3 とする。この外アンモニア乾燥室の如き特種の工室も考へる。こゝでは空気 100 m^3 當りとし一時間の空気換気量を 4 回とし工室内の湿度を 50% とすれば一時間當り 400 m^3 の空気中の飽和水分量の 50% を脱着或は結合すべきである。

表 7 は各温度に於ける関係湿度 95% の時の 1 m^3 中の水蒸気量 g/m^3 を g_{95} にて示し W は空気 400 m^3 中の 95% 湿度の水蒸気量を 48% 迄に低下するに必要な除去水分量を示す。本表より見るときは空間 100 m^3 について 30°C に於て一時間 5.8 kg の水分を固定するを要し一日作業時間を 8 時間として 46.8 kg の水分を除去する装置を必要とする。たとへば減湿空気の半量を巡回せしめるとしても作業工室に對しては相當量となり實施が困難と思はれる。

表 7

温 度	10°	15°	20°	25°	30°
$g_{95} (\text{g/m}^3)$	8.9	12.2	16.4	21.8	28.8
$W (\text{kg/h})$	1.78	2.44	3.28	4.56	5.76

VII 他の鹽類共存の影響及固結

硝安の乾燥の如き硝安單獨操作では上記の調湿操作で充分であるが他の鹽類共存の場合特に硝安入製爆薬の如き食鹽を含有する場合等については特別に考察する必要がある。二成分系鹽類と水との相律は相當特種なものであり、又その研究も少い。J. R. Adams 及 A. R. Merz⁽⁴⁾ による肥料材料の吸水性の研究から

4) Jnd. Eng Chem. 21 (1929) 305;

二、三を引用する。

硝安, NaCl , KCl , NaNO_3 , KNO_3 等單獨の飽和水蒸気圧は表8に示す通りだが混合物の蒸気圧は表9に示す如く可成り低い。(Δp は二成分中の低蒸気圧との差を示す。)

表8 蒸気圧

温度	NH_4NO_3	NaCl	KCl	NaNO_3	KNO_3	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
20°	11.74	13.63	15.04	12.92	16.21	14.22
30°	18.93	23.96	26.75	24.61	28.84	25.22

表9 混合物の蒸気圧 (30°C)

NH_4NO_3	NH_4NO_3	NH_4NO_3	NaNO_3	KNO_3	NaNO_3
NaNO_3	KNO_3	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	NaCl	KCl	NH_4Cl
14.75	19.07	19.82	21.53	25.01	
Δp	-4.18	+0.14	+0.89	-3.08	-1.74

又 NaCl , NH_4NO_3 の如き4成分系の鹽に少量の水を加へたとき Na^+ , NH_4^+ , Cl^- , NO_3^- が NaNO_3 , NH_4Cl との関係に關しては Stable Salts pair は NaNO_3 , NH_4Cl であり Unstable Salts pair は NaCl , NH_4NO_3 で $p(\text{NaCl at } 33^\circ\text{C}) = 16.53 \text{ mm}$, $p(\text{NH}_4\text{NO}_3 \text{ at } 33^\circ\text{C}) = 13.45 \text{ mm}$ である。これらの場合は温度によつても異なるから個々の場合について研究を要する。

この外に硝安その他鹽類の固結の問題がある即ち硝安等が飽和蒸気圧以下の空氣と接觸してもその水蒸気のためにある瞬間には鹽類の一部が飽和溶液層を形成してその水分は擴散して過飽和となり硝安を析出し之

が互に結晶を結合する如き作用をなし所謂固結 (Caking) を起す場合がある。この觀點から出来るだけ低濕調整が必要と思ふ。

VIII 總括

硝安入爆薬の調湿に就ては以上述べた如く室温を上昇せしめて關係温度を低下せしめる方法は夏期7,8月は勿論6月9月も多湿月は作業困難である。又冷却のみによつて調湿することは多期の如きいたづらに室温を低下せしめる不利があるから冬期及春秋3月及11月は多湿日に室内を加温することによつて關係温度を低下する一方、夏期には冷房装置を作動せしめて低濕となし、これを加熱して工室を 21°C 近くに調整することによつて冷房機械の能力を節減しうることになる。又5,6及10月はその月の氣象條件によつて調湿すればよい。斯くして一年を通じ調湿費用を軽減し快速なる作業をなすことが出来る。又水分の定着吸収による調湿方法は作業室に應用することは吸収量の等々の關係を考慮し火薬庫の如き空氣交換の少い場所を使用すべきである。

尙硝安の固結の問題及硝安が他の鹽類と混合せられる場合には別に研究を要するが硝安爆薬製造の場合その蒸気壓低下を考慮して或る程度の安全度を取る必要がある。

終りに本研究に關し保坂義信氏が種々の助言を與へ下さつたことを感謝する。

獵 用 裝 彈

(昭和23年11月9日受理)

又木武一・竹中 康

(帝國火工品製造株式會社)

I 緒 言

害鳥驅除及最近盛んになつて來たクレ射撃に使用せられる獵銃用の裝彈は從來我國では各人が雷管、發火金、藥莢、發射藥、霰彈、毛塞及び紙塞を購買し自分勝手の方法で裝填して居た爲綜合的研究は殆ど無く從つて何等進歩改良は行はれなかつた。然し歐米では昔から ELEY, Remington 社の様に一會社で雷管から裝彈迄が完成されていた爲に各部品間の研究が充分に行はれ非常にスマートであるばかりでなく其の性能も極めて優秀で今迄我國のハンターも高級品として珍重して來た。

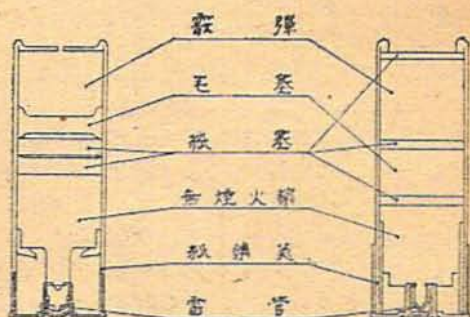


圖 1