

イオン交換型爆薬に関する研究

—主として安全度試験について—

吉田 正・赤羽 周作
田中 雅夫・松本 栄*

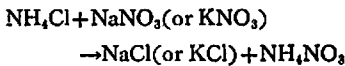
1. 緒言

炭鉱の深部開発にともない炭鉱爆薬の安全度向上に対する要望が高まり、従来の炭鉱爆薬よりさらに高い安全度を有する爆薬の開発が望まれている。

資源技術試験所採鉱保安部としては九州支所と協力して、欧州では約10年前から現場に使用され、なお引き続いて成分、性能について改良研究がされているイオン交換型爆薬の開発推進のために、またこの種の爆薬に対する検定試験法設定の基準資料作成のために各方面の協力を得て研究を始めた。

イオン交換型爆薬とは塩化アンモニウムと硝酸カリまたは硝酸ソーダを主成分として他にニトログリセリン等の鋭感剤その他からなる爆薬で爆轟反応過程において消炎剤を生成し、威力をあまりそこなうことなく、従来得られなかつた高い安全度をもつ爆薬群である。

基本的には、次のごとく示される：



この系統のイオン交換型爆薬の研究はドイツ¹⁾、ベルギー²⁾ 等で盛んであるが、安全度に関しては成分的研究が相当進んで現在は威力の向上について研究を進めている。

一方、フランス³⁾、イギリス⁴⁾⁵⁾ではイオン交換型爆薬成分中に硝安を添加する爆薬系について研究が行なわれている。

2. 試験用イオン交換型爆薬の配合組成

前述のとおり最近の傾向としては、各国共添加成分に関する研究が行なわれているが、筆者等は検定試験法の設定、発破技術基準の確立のための基本実験を行なうことを第一目的とするので次に述べる組成の爆薬を選定した。

すなわち、試験用爆薬の成分は Table 1 に示す2種類でここではA爆薬、B爆薬と呼ぶ。

Table 1 Composition of ion-exchange-type coal mine explosive

Composition	Explosive-A	Explosive-B
N/G	9.7 %	9.0 %
N/C	0.3	0.2
Ammonium chloride	34.4	28.0
Sodium nitrate	54.6	44.4
Ammonium nitrate	—	12.4
Starch	—	5.0
W. P Agent	1.0	1.0
Ballistic pendulum (by kyūshū branch)	44.84mm	49.15mm

試験爆薬包は直径 φ 30 mm、長さ 140 mm、薬量 100g/cart. である。

A爆薬：ドイツの Klasse III に属する Wetter Carbonit に類するもので硝安を含まない。

B爆薬：英国の P4 に属する Carribel に類するもので硝安を含む。

これらは旭化成工業 K. K. において試製された。その製造月日の異なるものについて A_n、B_n と区別した。

3. 安全度試験

このイオン交換型爆薬 (A, B) について資源技術試験所九州支所試験炭鉱においては、主としてドイツの Klasse III に対する溝切臼砲—反射板式安全度試験法⁶⁾ による研究が平行して行なわれているが、筆者等は次に述べる試験装置により、各種条件について安全度試験を行なつた。

3.1 安全度試験装置

試験装置に英国の高安全度爆薬 P4 に対する検定試験用の break gallery test の装置⁷⁾を参考としたもので、概要は Fig. 1 に示す。

外枠：180cm×180cm、両側 5mm 鉄板で遮閉、
亀裂上下鉄板：140cm×140cm、厚さ 5cm×2、
反射壁（一端のみ）：10cm×10cm×140cm

* 昭和43年9月26日受理
資源技術試験所採鉱保安部 東京都北区浮間町 4-26

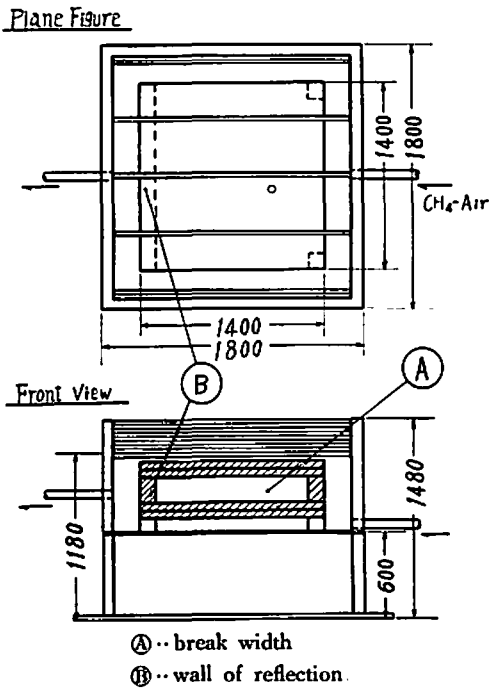


Fig. 1 Break gallery

亀裂幅は原則として、上記反射壁を2本積み20cmとし、亀裂幅10cmを作る時は、作業の都合上その中間に、半円溝を有する鉄ブロック30cm×20cm×5cmを挿入した。

この装置の外枠の壁にそつて巾180cmのビニールフィルムを張り、メタン-空気混合気室を作り、両側のパイプをとおつて混合気を循環させメタン濃度9.0±0.3%とした。

3.2 試験条件

元来、亀裂試験(Break gallery test)は現場発破のカットオフを対象とした試験であるが、筆者等の目的とするところは、九州支所で行なわれるドイツ型溝切白砲による試験とも関連させるため、爆薬配置状況、薬量等による着火条件の探究にあつた。

ここで試験条件を大別すると次のごとくである。
[Fig. 2 参照]

I型：二枚鉄板間の中央に薬包列を配置、反射壁に向けて薬包列を起爆(正起爆型とする)。

II型：I型と同じに薬包列を配置、起爆方向のみを反対に反射壁側から起爆(逆起爆型とする)。

III型：二枚鉄板間の中央に薬包列をおくが、その軸は反射壁面と平行とする。

IV型：二枚鉄板間にある間隔をとつた2本の薬包列を平行におき、両薬包列を同時に起爆。

上述の、I、II、III型は試験法での爆薬包の位置の

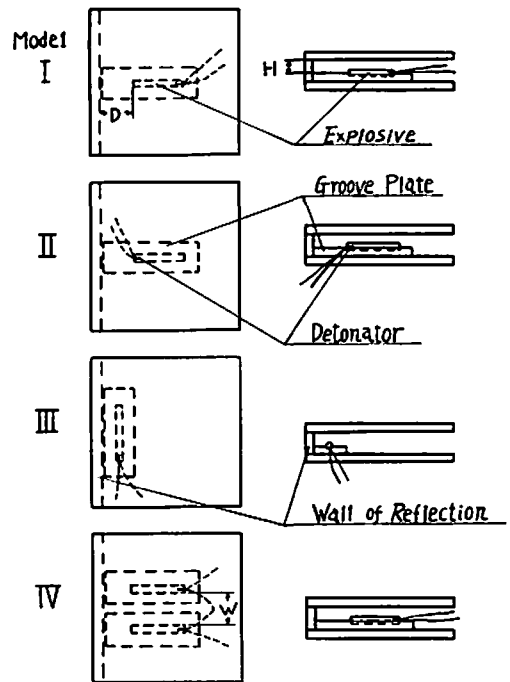


Fig. 2 Testing condition

決定と反射壁、また亀裂幅の影響を検討しようとするものである。

IV型は現場MS発破において、同一炭層の剝離の場合、2装薬包列が同時に爆発した場合を想定したものである。しかし、これは基本的試験で、電気雷管の起爆時間のバラツキ等は一応考えていない。またMS雷管の遅発秒時の影響(とくにその時の前段発破による爆発生成ガスの着火抑制への影響)については引続いて行なわれる問題である。

3.3 試験結果と考察

各種条件における試験結果はTable 2に示す。

(1) 試験用爆薬(A, B)の安全度:

試験条件I型で、反射壁と薬包末端との距離 $D=30$ cm、二枚鉄板間隙(亀裂幅) $H=10$ cmの場合、A爆薬は600gまで引火が認められず、B爆薬では200gで引火を生じ、A爆薬はB爆薬より比較的高い安全度を示す。

その他の性能(爆轟、弾動振子)についても差異があり、このことは肯定される。

参考試験として従来の炭鉱用硝安爆薬の安全度試験を行なつた所、この条件では100gで引火率3/3を示し、50gでも引火する。

(2) 亀裂幅 H 、反射壁と薬包端との距離 D について: 試験条件I型のB爆薬300gで、亀裂幅 $H=10$ cmとして反射壁への距離 D をかえると、引火率は次のご

Table 2 Test results of safety test

Model	Test Condition				Explosive Weight (g)	Explosive A			Explosive B			Permis. NH ₄ NO ₃ Expls.	
	D (cm)	H (cm)	W (cm)	Direct.* of Initn.		A ₁	A ₂	A ₃	B ₁	B ₂	B ₃		
I	0	10	—	Direct	300					0/3			
	15	10	—	Direct	200		0/1			0/3			
					300		0/1			0/3			
	30	10	—	Direct	100						0/4	3/3	
					200					0/2		3/3	
					300	0/3			3/3	1/3	1/1		
400					0/3	0/3	0/3	3/3	1/2	3/3			
600			0/3										
30	20	—	Direct	200						0/3			
				400					0/1				
II	30	10	—	Inverse	200				0/2				
					300	0/3			1/3	0/3			
					400	0/3	0/3						
III	0	10	—	—	200				1/1				
					300				1/3				
	15	10	—	—	200				0/3				
300					0/3			1/4					
IV	30	10	20	Direct	300×2		1/4						
					50×2							1/1	
	30	10	30	Direct	200×2						1/2		
					300×2		3/4	2/4			3/3		
30	20	30	Direct	200×2			0/2		0/3				
				300×2		0/2	3/3			2/3			

* Direct. of Initn : Direction of Initiation, Direct : The detonator is attached at the far end of cartridge train from the wall. Inverse : The detonator is attached at the near end of cartridge train from the wall.

とくである。

D=30cm 3/11

D=15cm 0/3

D= 0 0/2

この反射壁と薬包端との距離 D=30cm として、B 爆薬 200g にて、亀裂幅 H をかえると次の引火率を示した。

H=10cm 3/3, H=20cm 0/3

これらの結果から、反射壁と薬包端の距離 D=30 cm で引火しやすく、それ以下または薬包端を反射壁に接触させる場合は着火しがたい。このような例はドイツの Klasse III に対する安全度試験法で溝切白砲と反射板との距離を 30cm からさらに減ずると着火しが

たくなる場合²⁾と同様に、爆薬の爆発時の衝撃波、爆轟生成物の進展状況によるものと考えられる。

亀裂幅 H については、H=10cm においては H=20cm よりも厳格な条件であることと示す。

(3) 反射壁に対する起爆方向 : Table 2 に示す結果の中、B 爆薬、D=30cm、H=10cm について I 型 (正起爆型)、II 型 (逆起爆型) の引火率を比較すると次のごとくで、I 型 (正起爆型) の方が II 型 (逆起爆型) に比してメタン着火しやすい。

薬 量		200g	300g
I	型 (正)	3/3	5/11
II	型 (逆)	0/2	1/10

すなわち、反射壁と二枚鉄板によるコの字型の壁面が爆薬爆発時の衝撃波、爆発生成物の進展を制限することによりメタン着火に移行すると考えられる。

(4) III型については試験回数が少ないが、 $D=0$ の反射壁に接触した場合の方が着火しやすい。これについてはさらに実験を続けたい。

(5) IV型については、I、II型の実験結果による着火条件を考えて、両薬包列間の間隔 W をかえたものであるが、間隔 $W=20\text{cm}$ 、または 30cm で $300\text{g}\times 2$ では着火する。

間隔 W が現場発破状況の関連で適正であるかどうか、また前述の両薬包間の起爆時間の相違の影響は今後の問題であるが、一般に据置試験等と同様、並列薬包が着火しやすいことを示している。

(6) 製造月日のことなる爆薬 (A_n , B_n) による試験結果のバラツキも多少認められるが、これは製造

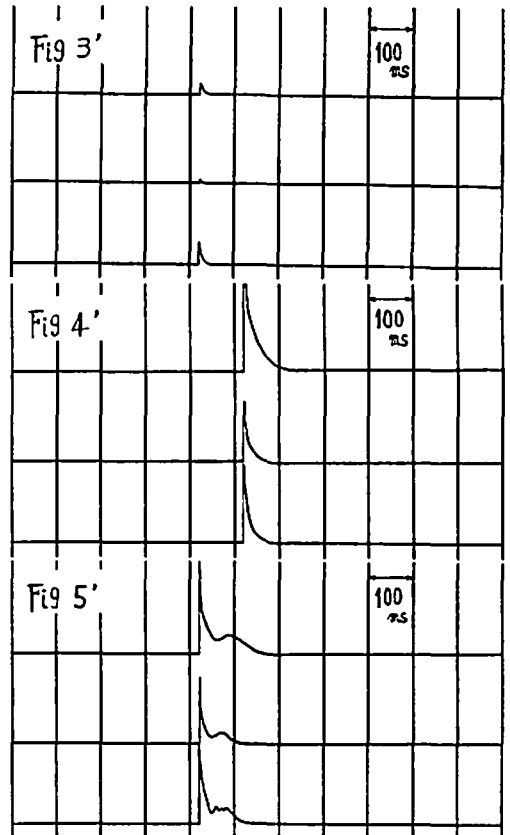
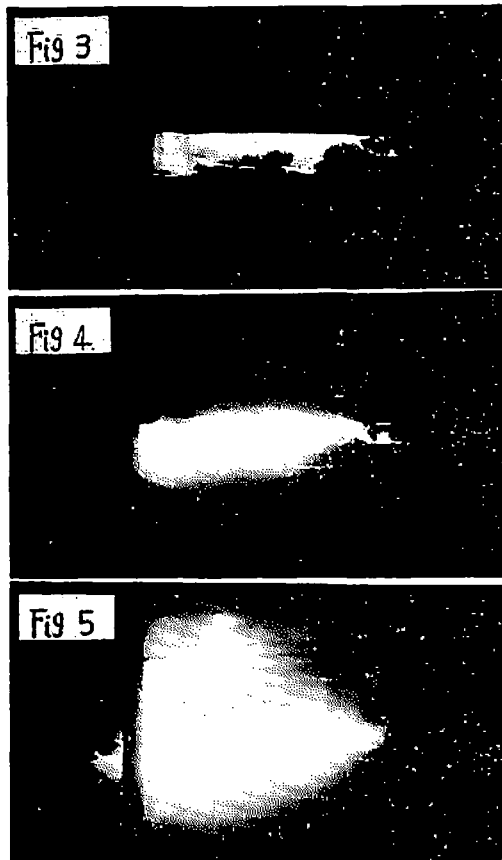
時期、貯蔵期間、また実験日の温度等致種の条件が含まれるもので、不引火薬量の決定よりも試験条件の概要を決めようとする段階では止むを得ない。

(7) 安全度試験でイオン交換型爆薬の爆発後、亀裂試験装置周辺に多量の白色固体飛散物が認められる。この白色固体粉末は潮解性が著しく大気温度の高い場合には、潮解するために実験を中断して水洗し、乾燥させる必要があつた。ドイツの報告⁹⁾等にも加熱装置を付ける必要のあることを述べているが、試験方法として何らかの手段を考える必要はある。

この固体飛散物の成分的検討は引続いて行いたい。

3. 4 着火の判定と爆焰写真観察

安全度試験の引火の判定に CdS 光電素子を用いる方法はさきに資源技術試験所九州支所香月氏⁹⁾等によ



Flame photograph and record for luminosity

Fig. 3, 3' : A_3 Explosive, non-ignition } (testing condition)
 Fig. 4, 4' : B_3 Explosive, non-ignition } Model I, $D=10\text{cm}$, $H=30\text{cm}$,
 Fig. 5, 5' : B_3 Explosive, ignition } Charge weight 400g

Table 3 Detonation velocity

(m/s)

Test Condition		Explosive Test No. No. of Cartridge	Explosive-A				Explosive-B			
Arrangement	H(cm)*		1	2	3	mean	1	2	3	mean
Open: On the iron plate	—	No. 2	1,660	1,660	1,580	1,660	1,920	2,080	2,080	2,020
	—	No. 3	1,650	1,580	—	1,610	—	—	—	—
	—	No. 4	1,570	1,540	—	1,550	—	—	—	—
Unconfined: Between the break	10	No. 2	1,660	1,710	1,610	1,660	1,920	1,920	1,850	1,890
		No. 3	1,570	1,670	1,650	1,630	1,720	1,660	1,780	1,720
		No. 4	1,620	1,630	1,620	1,620	1,840	1,810	—	1,820
	15	No. 2	1,510	1,560	1,610	1,560	1,850	2,000	1,920	1,920
		No. 3	1,710	1,730	1,650	1,690	—	—	—	—
		No. 4	1,450	1,600	1,570	1,540	—	—	—	—
	20	No. 2	1,540	1,700	1,610	1,610	—	—	—	—
		No. 3	—	—	—	—	—	—	—	—
		No. 4	—	—	—	—	—	—	—	—

Note * H : Break width between the two iron plate.

つて行なわれたが、ここで異なる点は、3方向より観測する点である。理由はイオン交換型爆薬の爆発生成ガスの遮閉により1方向からのみでは発光を感じない場合があるためである。

これらの CdS 光電素子—電磁オシログラフ法により、単一パルスの場合を不引火とし、2個以上のパルスを生じた場合を引火と判定した。そのオシログラフによる引火、不引火の例を Fig. 3', 4', 5' に示す。3', 4' は不引火、5' は引火である。これに見るように引火の場合、メタン着火による光輝(第2パルス)は爆薬の爆発光(第1パルス)から最小30msの遅れを生じる。

本実験においては、さらに爆焰写真による判定を併行した。爆焰写真のみでは判定が困難な場合もあるが引火の場合は亀裂装置の2枚鉄板の上部および2枚鉄板間の反射壁の外側に焰が大きく拡がり、完全に着火した場合は装置全体に焰が広がる。不引火の場合には亀裂装置の2枚鉄板の間からあまり大きく拡がらない。勿論この場合爆薬の種類にもよるが、A爆薬はB爆薬に比して爆焰の大きさも小さい。Fig. 3, 4, 5 は爆焰写真による引火、不引火の例を示す。

4. 爆速試験

4.1 試験方法

安全度試験の試験条件における爆轟性を考慮して安全度試験装置の2枚鉄板間における爆速試験を行ない、また開放状態における爆速を測定した。

測定方法はイオン探針—タイムカウンター法とドートリッシュ法を用い、測定箇所は第2, 第3, 第4薬包により、測定間隔は夫々5cmとした。

Fig. 6 はイオンギャップの位置を示す。

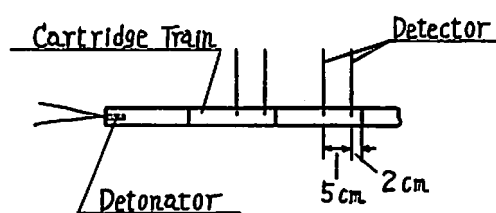


Fig. 6 Test Arrangement of Detonation Velocity

4.2 試験結果および考察

測定法は上述の2方法を用いたが、測定結果から両者の差があまり現われなかつたため両試験法の結果をまとめると Table 3 のごとくである。

薬包間の伝爆性については第4薬包まで行なつたが、爆速の低下は現われず爆轟が進んでいることを示す。

また爆速値に多少のバラツキはあるが製品の均一性の点では比較的良好である。

A, B両爆薬の爆速を比較すると、B爆薬の方が高い値を示す。これは両者の成分組成の差異によるものと考えられる。

すなわち、

A爆薬 : 1,600m/s

B爆薬 : 1,900m/s

である。

ここに挙げる結果は、開放状態と半開放状態(亀裂幅10~20cm)であるが、さらに密閉度をあげた場合について試験したい。

参考として旭化成工業 K. K. での鉄管爆速試験の測定値はそれぞれ次の値をしめした。

A爆薬：1,900m/s

B爆薬：2,300m/s

5. 結 論

本実験は一般的なイオン交換型爆薬による資料で、このグループの爆薬は性能的にも種々改良進歩しつつあり、検定試験法決定の細部に渉る基準はさらに研究を要するが、筆者等が対象とする安全度試験法における試験条件の概要を把握することが出来た。

これらの結果をまとめると次のごとくである。

(1) イオン交換型爆薬群は従来の爆薬群に比して安全度の高いことを示した。

(2) A, B両爆薬の安全度を比較すると、成分、爆速、弾動振子、爆焰写真観察等を考えて、同一試験条件でA爆薬の方が安全度は高い。

(3) 本試験装置で予備的試験方法として適当な試験条件は次の場合である。

(a) 爆薬列の配置方法はI型(正起爆型)

(b) 亀裂幅 H は 10cm, または 20cm

(c) 反射壁と薬包列末端との距離 D は 30cm

(4) 試験条件IV型によつて、現場MS発破で同一炭層の剝離による2装薬列の爆発に対する安全度の研究に対する予備資料を得た。

今後の方針として、主なるものをあげると：

(イ) イオン交換型爆薬の爆轟、この爆薬による亀裂間におけるメタン着火過程について、それぞれ瞬間X線写真法、高速度写真法により究明する。

(ロ) 炭鉱におけるMS発破におけるイオン交換型爆薬の使用基準に対する資料を求める。

終わりに、試験用イオン交換型爆薬の試料を提供して頂いた旭化成工業株式会社の御協力に深く感謝しま

す。

(本報告については工業火薬協会昭和43年度春季研究会において発表した。)

文 献

- 1) H. Ahrens; H. Meerbach. Vergleich der Zündgefährlichkeit von Wettersprengstoffen unter verschiedenen Schussbedingungen mit unvollkommenem Einschuss; Kantenschuss und Spaltenschuss; Restrict, International Conf. of Directors of Safety in Mines Research; Report No. 6 (1965)
- 2) G. Neuquir, E. A. Demelenne; Amelioration des Explosifs Belges de Securite a Ion Exchanges Report No. 26. Restrict. Inter. Nat. Conf. of Directors of Safety in Mines Research (1965).
- 3) J. Cocu; La Sécurité au grisou et aux poussières des explosifs de Mine. CERCHER-Report C 351 (1959)
- 4) O. A. Gurton; New British Explosives for Delay Blasting in Coal Mines; 11th. Int. Conf. of Directors of Safety in Mines Research (1963) No. 6
- 5) O. A. Gurton, The P 5 class of explosives. 12th. Int. Naf. Conf. of Directors of Safety in Mines Research (1967)
- 6) 香月収; 資源技術試験所九州支所新設爆発試験坑道について, 工火誌 27, 370~377 (1966)
- 7) H. Ahrens: Bergbausprenngstoffe und ihre Beurteilung, Glückauf 96 (1960), s 325~40
- 8) H. Ahrens: Prüfstrecke und Prüfverfahren für Wettersprengstoffe, Nobel Hefte (1959 May) s 114.

The Study of Safety Test for Ion Exchanged Explosives

T. Yoshida, S. Akaba, M. Tanaka
and S. Matsumoto

The preliminary test procedure for the ion exchanged explosives in the break gallery test is established in preparation for the official safety test, with discussions for test results under varied conditions in Model I-III.

The suitable conditions in the break gallery test are as follows:

- 1) The cartridge train in the break should be set in Model I, as shown in Fig.2.
- 2) The break H is 10cm or 20cm wide.
- 3) The distance D between the reflection wall and the near end of cartridge train is 30cm long.
- 4) The detonator is attached at the far end of cartridge train for the wall, as shown in Fig.2.

Under the condition of Model IV, which simulates the "cut off" of two parallel cartridge trains in a same coal seam during the practical MS delay blasting process, it is possible to study the methane ignition by detonation of these cartridge trains.

The detonation velocities for explosive A and B are 1,600m/s and 1,900m/s respectively, under the unconfined condition, as shown in Table 3.

(Resources Research Institute, Tokyo)