

金属矿山爆破工程

B. A. 阿索諾夫 等合著

秦复生 等譯

冶金工業出版社

金屬礦山爆破工程

B.A.阿索諾夫, Д.Л.巴 索 夫

C.A.达維多夫, Л.Н.馬尔琴柯 合著

B.C.罗曼諾夫, Б.Д.罗 西

秦 复 生 等譯

东北工学院採礦教研組 校

冶金工業出版社

本書講述炸藥的性質和爆破器材，並且也論述了在採礦工業中進行各種不同的爆破工作時最有效地利用炸藥和爆破器材的條件。

本書闡述了坑道快速掘進時爆破工作的進行方法和利用圓柱形藥包進行大爆破時的爆破工作方法，也論述了提高爆破工作效率和勞動生產率的現代爆破方法（利用壓縮藥包，集中穴藥包等）。

本書可供採礦企業的工程技術人員參考。

本書由東北工學院秦復生和原重工業部專家工作辦公室許文麟（第一章）翻譯，由東北工學院採礦教研組楊迂人、孫凱年、馬恩榮和梁克君校對。

В.А. АССОНОВ Д.Л. БАСОВ С.А. ДАВЫДОВ,
Л.Н. МАРЧЕНКО В.С. РОМАНОВ и Б.Д. РОССИИ
ВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ
НА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУДНИКАХ
Металлургиядат (Москва—1930)

金屬礦山爆破工程

秦復生 譯

東北工學院採礦教研組 校

冶金工業出版社（北京市燈市口甲45號）出版

北京市書刊出版業營業許可証出字第093號

冶金工業出版社印刷廠印

一九五六年十一月第一版

一九五六年十一月北京第一次印刷（1—4,044）

$550 \times 1168 \cdot \frac{1}{32} \cdot 143,000$ 字 • 印張 $5 \frac{16}{32}$ • 定價（10）1.10元

書號 0528

發行者 新華書店

目 录

序言	(6)
第一章 現代工業爆破材料	(8)
I 爆炸作用的理論基礎	(8)
1. 爆炸理論方面的某些新問題	(8)
2. 爆炸反应	(9)
3. 爆炸功	(11)
4. 保証炸藥爆炸作用的穩定性	(13)
(1) 爆炸的穩定性	(13)
(2) 藥包直徑的影响	(13)
(3) 炸藥密度的影响	(15)
(4) 炸藥顆粒大小的影响	(15)
(5) 外殼堅固程度的影响	(16)
(6) 炸藥湿度的影响	(17)
5. 爆炸生成物中的有毒气体	(17)
6. 炸藥爆炸的集中效应	(20)
II 現代炸藥的种类	(21)
1. 硝酸铵类炸藥	(23)
(1) 6号硝酸铵及其变形炸藥	(24)
(2) 7号硝酸铵及其变形炸藥	(25)
(3) 1号阿留米特	(23)
(4) 1号粒狀二萘炸藥	(27)
(5) 9号硝酸铵及其变形炸藥	(27)
(6) 10号硝酸铵及其变形炸藥	(28)
(7) 2T 号和 3T 号硝酸铵	(28)
2. 硝化甘油类炸藥	(29)
(1) 含大量硝化甘油成份的硝化甘油类炸藥	(29)
(2) 含少量硝化甘油成份的硝化甘油类炸藥	(31)
3. 芳香族硝化类炸藥	(31)
(1) 三硝基甲苯	(32)
(2) 苦味酸	(32)
(3) K 型合成炸藥和 J 型合成炸藥	(33)

(4) 俄罗斯混合炸藥.....	(33)
III 現代爆破器材.....	(34)
IV 爆破材料的包裝.....	(33)
第二章 壓縮硝鉍在金屬礦中的应用	(39)
I 增加硝鉍密度對於爆破工作的意义.....	(39)
II 与粉末狀炸藥相比較壓縮硝鉍所具有的特点.....	(41)
III 掘進井下坑道时使用壓縮硝鉍的經驗.....	(47)
IV 在露天礦深孔爆破工作中使用壓縮硝鉍的經驗.....	(52)
V 結論.....	(53)
第三章 探矿工作中的定向爆破作用	(54)
I 藥包在炮眼內所作的功.....	(54)
II 集中穴形狀和深度的選擇.....	(53)
III 炮眼集中穴藥包生產試驗的条件和規模.....	(60)
IV 炮眼集中穴藥包生產試驗的綜合結果.....	(62)
V 集中穴深度的作用.....	(66)
VI 掘進坑道时掏槽的形成及其应用.....	(71)
VII 炸藥威力和猛度的作用.....	(75)
VIII 使用集中穴藥包破碎大塊的問題.....	(76)
IX 破碎大塊用藥包的生產試驗.....	(80)
X 結論.....	(81)
第四章 快速掘進坑道时的爆破工作	(85)
I 炮眼排列方法的選擇.....	(86)
II 楔形掏槽及其参数的計算方法.....	(93)
III 角錐形掏槽参数的計算方法.....	(100)
IV 桶形掏槽参数和龜裂掏槽参数的計算方法.....	(103)
V 鑿岩机械和設備的選擇.....	(106)
VI 炮眼的裝藥和填塞.....	(108)
1. 水平干炮眼的裝藥工作.....	(110)
2. 向下的干炮眼的裝藥工作.....	(111)
3. 向上的干炮眼的裝藥工作.....	(112)

4. 湿炮眼的装藥工作.....	(112)
5. 高密度的藥包.....	(114)
6. 炮泥.....	(115)
7. 藥包的起爆方法.....	(116)
VI 在金屬礦山掘進掌子中爆破工作的組織过程.....	(117)

第五章 科恩拉得礦鑿岩爆破工作的技術和組織..... (124)

I 地質概況.....	(124)
II 礦山的現狀.....	(124)
III 1941 年至 1945 年間鑿岩爆破工作的改進.....	(125)
IV 掘進交通溝时的鑿岩爆破工作.....	(134)
V 鑿岩爆破工作的組織和操作技術.....	(136)
1. 概述.....	(136)
2. 鑿岩網.....	(126)
3. 爆破前採区的准备.....	(127)
4. 藥包量的計算.....	(139)
5. 深孔的裝藥工作.....	(140)
6. 大爆破的分析.....	(141)
VI 關於已鑽孔和已爆破的採掘物儲备量的問題.....	(142)
VII 集中穴藥包.....	(143)
VIII 集中穴效应的檢查試驗.....	(148)
IX 結論.....	(149)

第六章 在露天开采中使用液壓炸藥的問題..... (151)

I 最合理的吸收剂和吸收剂制备方法的选择.....	(153)
II 深孔的裝藥方法.....	(153)
III 使用炮泥的合理性.....	(159)
IV 爆破工作的技術.....	(170)
名詞对照表.....	(173)
人名地名对照表.....	(173)

序 言

由於我國國民經濟廣泛地發展，而引起了对黑色金屬和有色金屬的大量需求，以滿足工業各个部門以及農業部門的不断增長的需要。因此，对採礦工業提出巨大的要求，要求在最短期間內大大地增加金屬礦石的採掘量，並为了达到这一目的而動員採礦工業所拥有的一切資源。

爆破工程對於增加各种礦石的採掘量是有很大的作用的。如果合理地利用炸藥中存在的化學能，爆破工作的效率就能顯著地提高。

最近幾年來，在採礦工業的爆破工程方面实行了一系列重要的技術措施，這些措施僅在一些期刊上介紹过，但未給予应有的、系統的介紹。

例如，目前採礦工業已完全不採用效率低的，顯然不合乎要求的2号硝銨，而大量使用新品种的、改良的炸藥，如6号和7号硝銨、1号阿留米特、壓縮硝銨等。

在控制爆破方面以及在露天和井下应用集中穴效应方面，獲得了顯著的成就。

为了能充分利用控制爆破和最合理地使用威力强大的新型工業用炸藥，就必須要詳細地了解这些炸藥的一切性質和熟悉在这一方面的最新的理論研究，就必須懂得充分利用集中穴爆破效应的可能性。

本書闡述在冶金工業中已獲得应用的爆破工程方面的新成就。

在本書的第一部份中概要地論述爆破學的現代理論、現代工業炸藥的性質和特点。

在第二章內詳細地闡述使用壓縮硝銨的工作經驗。这种炸藥較之粉末狀炸藥具有很大的优点。

在第三章內敘述在礦山的爆破工程中使用集中爆破效应的工作經驗。

第四章講述快速掘進時的爆破工作。

在第五章內闡述科恩拉得礦山在露天開採中深孔爆破合理化方面所取得的新成就。

在第六章中論述現在使用液氧炸藥的情況，並介紹安全和合理地使用這些威力強大、效率很高的炸藥的方法。

著者希望本書能夠有助於採礦企業的工程技術人員解決爆破工作中產生的各種問題，提高爆破工作的效果和礦工的勞動生產率。

所有對本書內容或材料編排的意見，本書著者都將感激地接受。

第 一 章

現代工業爆破材料^①

I、爆炸作用的理論基礎

現代炸藥應滿足採礦企業對其提出的基本要求。這些要求是：應具有足夠的威力，以保證必要的破壞效果；在一般的起爆力作用下順利地起爆；性質穩定；使用時安全並且方便；價格比較低廉。此外，在井下進行爆破工作時，炸藥在爆破時所產生的有毒氣體應為最少。

在金屬礦上使用某一種炸藥時，必須了解那些能說明炸藥某些性能的一般原理，同時也必須知道該種炸藥所具有的性質及特點。

在這一章內簡單地闡述冶金工業方面採礦工作者所關心的有關爆破材料性質的所有問題。

最近，金屬礦山得到了一些威力較大的新型炸藥。如果不知道這些炸藥的性質，是很難合理地使用這些炸藥的。

1. 爆炸理論方面的某些新問題

在各研究工作者所提出的現代炸藥爆炸學說中，最使人信服的，是流體動力衝擊波學說，其內容是說，當炸藥發生瞬時的化學反應時，產生壓縮衝擊波。這種衝擊波的特點就是它以大大超過聲速的高速度流動。

雖然這個學說當時是對均質的氣體介質提出的，但其中的某些原理，特別是衝擊波在介質中傳播的原理，是可以適用於爆炸在固體炸藥中擴展的條件的。

阿賓對於確定爆炸過程所發生的現象的性質的見解〔1〕，是

① 本章是由 B.A. 阿索諾夫及 B.M. 多西編寫的。

很有意义的。他認為爆炸在炸藥中的傳播，是由於爆炸反應所產生的氣體直接運動的結果。這種氣體是以無數熱流的形式穿透前面的幾層炸藥（因高壓的關係），並在熱流滲透處的表面燃着炸藥。

阿賓認為炸藥的粉末狀構造，非常便利於爆炸作用的順利進行，因為在炸藥的顆粒間存在的大量空氣間隙及小孔，可使化學反應產生的氣體易於通過爆炸波前面的炸藥層。如果減小炸藥顆粒，增加其單位表面面積，則可保證完全的燃燒和壓力的相應增加。

如為密實介質，沒有熱氣體可以借此滲入新炸藥層的網狀透氣裂隙，則必定對爆炸的傳播產生較大的阻力。

根據阿賓所提出的並被其定名為衝擊波的爆炸理論來解釋，應認為一部份炸藥（特別是炸藥的外層部份）可能未完全地發生爆炸燃燒反應（爆炸），因此，這部份炸藥因為沒有參加反應，而被拋散於四週。根據這樣的一個假說來解釋，則當炸藥過於被壓緊時，例如發生結塊和膠結現象時，由於此時物質顆粒之間的空氣間隙的數目急劇減少，因而使爆炸沿炸藥的傳播發生困難，所以其穩定性遭到破壞。

2. 爆炸反應

在炸藥藥包中所進行的爆炸分解反應，是較不穩定的化合物轉變為較穩定的化合物的一種化學變化過程。在這個反應的過程中，複雜的分子分解成較簡單的化合物或某些元素（碳、氫）的原子，這些原子在炸藥成份中以氧化物狀態存在着。由於這樣相互作用的結果，在第二次反應的過程中就形成某些較穩定的化合物。這些化合物在爆炸過程中處於氣體狀態。

炸藥的氧平衡對於爆炸分解反應的性質有很大的影響。所謂氧平衡，就是炸藥成份中所含有的氧量與所含有的一切可燃成份完全氧化所需要的氧量之比的指標。

如果這個比為 1:1，則氧平衡稱為零位氧平衡。氧平衡為零位的炸藥效率最大，因為在這種情況下，由於可燃成份完全氧

化，因而產生最大的热量，这样就保証產生最大的爆破能量。

所有的現代炸藥都是按零位或近似於零位的氧平衡來計算的，因为这样不僅可以保証爆炸的最大效果，而且还能使爆炸生成物中產生最少量的有毒气体。

表 1

某些物質的氧平衡数值

物	氧平衡数值，%按物質 分子量計算
2T 号硝鉍	+ 9.6
硝化甘油.....	+ 3.5
62%的普通膠質炸藥.....	+ 3.4
62%的抗冻膠質炸藥.....	+ 1.8
1 号粒狀二萘炸藥.....	+ 0.6
1 号斯法格尼特.....	+ 0.6
6 号硝鉍.....	+ 0.4
7 号硝鉍.....	+ 0.2
1 号阿留米特.....	0
7 Ж 号硝鉍.....	— 0.6
7 П 号硝鉍.....	— 0.8
苦味酸.....	— 45.4
П 型合成炸藥.....	— 45.5
三硝基甲苯等.....	— 74.0
К 型合成炸藥.....	— 82.0
俄罗斯混合炸藥.....	— 82.0
紙.....	—116.1
木屑.....	—125.0
泥煤.....	—153.0
棉渣.....	—194.0
地瀝青.....	—329.0
石臘.....	—315.4

如果是正位氧平衡（即氧有剩余），則產生大量的氧化氮，
如果是負位氧平衡（即氧不足），則產生大量的一氧化碳。在后

一种情况下，可燃成份不能完全氧化，因而產生的热量較少，也就是說爆炸的能量減低。

各种炸藥与某些可燃物質的氧平衡数值，以及紙和石臘的氧平衡数值皆列於表 1 中。

从該表中可以看出，大部份的现代工業炸藥都有不大的正位氧平衡。炸藥成份中的若干多余的氧，是用以平衡部份的藥色紙筒和石臘塗物参加爆炸分解的反应。根据國定全苏标准和技術条件的要求，每 100 克炸藥藥色的紙殼重量不得超过 2 克，而每 100 克炸藥的石臘膜的重量不得超过 2.5 克。如果超过規定的标准，爆炸所產生的一氧化碳的数量，就会随着紙殼与石臘膜重量的增加而急剧地增多。

3. 爆 炸 功

在理論上，爆炸可以視為一种不与周圍介質進行热交换的气体迅速膨脹的过程，並且爆炸功完全是靠炸藥的潛在能而產生的。

事实上，爆炸產生的热量不能全部轉变为功，因为一部份热量以余热的形式存留於爆炸生成物中。爆破裸露藥包时，有很高温度的气体飛散到空气中，故热量的損失是相当大的；当藥包在介質中爆破时，残余的热量較少。

除去加热爆炸生成物的損失外，一部份的热量要消耗到加热周圍的介質（如空气、岩石和其他物質等）上面。破裂性的炸藥爆炸时，这些損失更是特別大，因为这样炸藥的爆炸作用，可產生大量的被破碎了的細微岩石粉末，这些粉末善於吸收爆炸時產生的热量。

爆炸的有益功可以用許多种形式表現出來，如破裂藥包周圍的介質，將介質破碎为大小不同的塊体，拋起岩石等等。

實質上，爆炸功是气体非常迅速膨脹的过程。因此，虽然这个过程進行得非常快，但是仍需將这一过程分成几个階段，以表

示爆炸的有益功的不同数值。

爆炸裸露藥包时，功只發生於气体膨脹过程的初期，即这一过程的前几个阶段，因为气体沒有遇到任何阻碍，而在瞬間就散佈到空气中。

如果將炸藥放置於坚固的外殼內，則气体的压力可增大到外殼可以抵抗住的限度，因此爆炸功是在气体膨脹过程的中間階段發生的。

放置炸藥的外殼（炮眼、深孔）愈坚固，爆炸功也愈大。

爆炸功达到最后階段时，气体破碎介質以后仍保有一部份压力，然后在空气中繼續膨脹，达到正常体積时为止。

一直到現在仍沒有一种測定爆炸功的 准确的实验 方法，而一般採用的方法僅能進行相对的測定，借以比較各种炸藥的性質。

現在廣泛採用的方法是在鉛鑄中放置 10 克炸藥，使其爆炸以測定炸藥的爆力。因为炸藥在鉛鑄中爆炸的条件接近於炸藥在坚固介質中爆炸的条件，故測定鉛鑄中孔槽膨脹的程度，便可計算出气体膨脹的中間階段的爆炸功。

借重 50 克炸藥的爆炸壓縮小鉛柱來測定炸藥 猛度的 方法，可確定在气体膨脹最初階段的爆炸作用，因此它可反映裸露藥包爆炸的性質。按以前確定的概念來看，這個方法是測定炸藥的猛度的，而這種猛度是表現在炸藥破碎作用中的一種抽象的性質。但現在的觀點〔2〕却認為這個方法也是測定炸藥的爆力，即測定在气体膨脹过程初期，由於气体膨脹所表現的功，小鉛柱所感受到的只是靠近鋼片的一部份炸藥的压力，並且這個压力僅在最初產生爆炸能的極短的瞬時內發生影響。

這種試驗僅能表示藥包爆炸的最初時期的爆炸功。炸藥的爆速越大，則炸藥的爆炸功也越大（在其他条件不变時）。

由此可以得出結論，即「爆力」和「猛度」的試驗並不是反映兩種絕然不同的、區別極大的現象，而是表示同一種的、但發生在不同階段的現象。

4. 保証炸藥爆炸作用的穩定性

(1) 爆炸的穩定性

破坏爆炸的穩定性或在某些情況下使爆炸停熄的因素有下列几种：

- 1) 炸藥的化学成份選擇不當，起爆剂（三硝基甲苯，硝化甘油）不足，燃燒物質（木屑、棉渣等）過多；
- 2) 炸藥中的各种成份沒有足够仔細地研磨和混合；
- 3) 炸藥有膠結性和結塊性；
- 4) 炸藥的密度过大，即超过炸藥能穩定爆炸的最大密度；
- 5) 炸藥的湿度过高；
- 6) 炮眼直徑与藥包直徑相差过大，即裝藥密度过小。

上述的一种或数种因素的影响，並非必定使爆炸作用停熄或破坏其穩定性。可能有这样的情形，即一种因素的影响部份地或全部地为另一种因素的影响所抵消。例如：炸藥化学成份不良时，如果加大藥包的直徑也可保証炸藥穩定地爆炸。使用研磨不够好的炸藥时，也可以利用加大藥包直徑的方法使炸藥穩定地爆炸。

根据現代的理論观点可以确定，炸藥中爆炸傳導的穩定性決定於爆炸波中反应進行的時間（这个時間的長短視炸藥的物理化学性質而定）与爆炸波中爆炸压力拋散炸藥的時間之比。如果炸藥的反应時間比拋散的時間長，也就是說，如果爆炸分解速度較小或藥包直徑小於允許的最小限度，則大部份炸藥來不及起反应便被爆炸压力拋出於高溫与高压区域外，爆炸也隨之而停熄。

(2) 藥包直徑的影响

每一种炸藥（如果其他条件不变）都有一定的藥包最小直徑，这种直徑可以保証冲击波的前沿具有穩定的反应速度和其必要的强度。炸藥中参加反应的各种成份混合得愈好，或这些成份研磨得愈細，則冲击波前沿的反应速度也愈大，而保証反应穩定

進行的藥包極限直徑也愈小。

圖 10 中的圖表是說明藥包直徑的最小限度与含三硝基甲苯和硝酸銨混合物的起爆劑含量的关系。圖中橫座標表示混合物中硝酸銨的含量，而縱座標表示直徑的數值，實綫表示仍能保證穩定爆炸的最小直徑，並划分出一切混合物的穩定爆炸范围与非穩定爆炸范围。

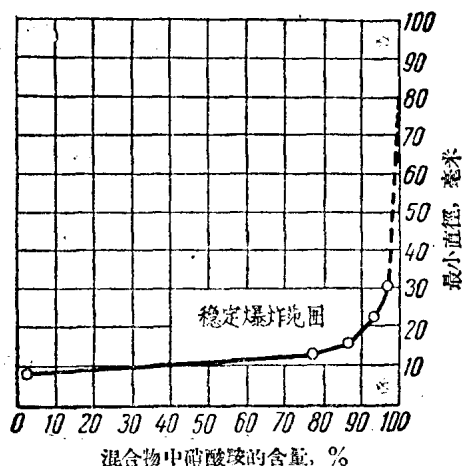


圖 1 保證穩定爆炸的藥包最小直徑与三硝基甲苯在硝酸銨炸藥中含量的关系

這種彌補的方法只能保證爆炸的穩定性，而不能增加爆炸速度或提高炸藥的威力。

藥包最小直徑的大小也与炸藥中各种成份的研磨程度有关。研磨得較粗时（其他条件不变），最小直徑的值要大些，而当研磨得較細时，最小直徑則較小。

除此以外，最小直徑的值也还取決於炸藥的密度。如果在某一直徑下，炸藥的密度不能保證穩定的爆炸，則在密度不变的条件下，加大藥包直徑便可取得該炸藥的穩定爆炸。

由此可見，如果不考慮炸藥的研磨程度和藥包直徑的大小，是無法确定任何一种炸藥的極限密度的，因为当这几种指數变化时，極限密度也將有很大的变化。

在实际工作中对每一种炸藥都規定出爆炸时具有最大爆速与

足够穩定性的藥包最小直徑。繼續增加这个直徑已不能再使爆速加大。

藥包直徑逐漸小於这个最小直徑时，会使爆速逐漸減低，爆炸的穩定性也逐漸地破坏，而当藥包直徑減小到某一限度时，爆炸作用会在炸藥中完全停止進行。

對於大多數硝銨类炸藥來說，根据其他因素影响的大小，其藥包的最小極限直徑变动於 20—30 毫米之間。

(3) 炸藥密度的影响

炸藥的密度對於爆速有很大的影响，而每一种炸藥都有其所謂最適宜密度的限度，超过或低於这个限度，都会使爆速降低或使爆炸的穩定性消失。

粉末狀硝銨类炸藥藥包的最適宜的密度限度为 0.95—1.1 克/毫升。由於炸藥膠結和結塊而超过上述限度时，以及当炸藥被壓縮的不均匀时，在实际工作中都会使爆速大大地降低，而在許多情况下会使爆炸停熄或轉变为燃燒而不爆炸。

由於炸藥結塊、膠結和过密而發生的多次爆炸停熄的事实，造成了一种固定的見解，認為硝銨的密度大於 1.1 克/毫升时，在所有的情况下必定使爆炸停熄或破坏爆炸的穩定性。

苏联科学院礦業研究所爆破工程实验室的研究証明，如果硝銨类炸藥具有相当大的密度，例如密度为 1.25—1.35 克/毫升，則仍能用普通的起爆物起爆並保持穩定的爆炸作用（參看 6 号壓縮硝銨一節）。在这种情况下，这样的密度是利用壓縮的方式达到的，但在壓縮时炸藥晶体之間仍保持有空气間隙，因此就保證了爆炸物質具有很大的單位表面面積，而这种表面面積是正常的爆炸分解反应所必需的。但是炸藥在結塊或膠結时，炸藥的晶体是結合在一起的，因而無空气間隙。

(4) 炸藥顆粒大小的影响

炸藥顆粒的大小具有非常重要的意义。如果炸藥成份研磨得

相当細，則爆炸分解过程可以以最大的速度進行，同时爆炸也相当穩定。顆粒增大时，爆炸速度逐漸降低，降低到一定限度为止，低於此限度时，爆炸作用就会完全停止。說明爆炸速度或猛度与顆粒大小的关系的数据載於表 2 中。

表 2

炸藥顆粒大小对猛度和爆速的影响

各种成份的研磨程度 (顆粒大小) 毫米			猛 度	爆 速
硝 酸 鈍	二硝基萘	三硝基甲萘	毫米	米/秒
0.1	—	0.1	11.2	—
0.1	—	0.03	14.8	—
0.1	—	0.02	17.3	—
0.05	—	0.1	12.3	—
0.05	—	0.03	15.5	—
0.15	0.15	—	10.0	—
0.15	0.1	—	12.4	—
0.15	0.05	—	14.6	—
0.15	0.15	—	—	3900
0.15	0.1	—	—	4200
0.1	0.1	—	—	4350

(5) 外殼坚固程度的影响

藥包外殼的坚固程度对爆炸效果有很大影响：在其他条件不变时，藥包外殼愈坚固，愈能保証爆炸的穩定性。

根据別里亞也夫的觀察，使用不同坚固程度的外殼，換句話說，使用由不同材料制成的外殼並且外殼具有不同質量时，可改变炸藥的猛度和爆速的大小。例如，裝在直徑为 30 毫米的紙殼中的狄納孟（滲有泥煤的），其爆速为 2000 米/秒，而同一种狄納孟裝入厚 3 毫米、直徑 15 毫米的鉄管中爆炸时，其爆速增大到 2500 米/秒。这种炸藥裝在紙殼內試驗猛度时，鉛柱压下量为 9 毫米，裝在洋鉄殼內試驗时，則为 11—12 毫米。裝在由各种不