

青年科學叢書

爆炸

安德列也夫著



中國青年出版社

3021



青年科學叢書

爆 炸

安德列也夫著

姚青山 王新濤 陳振毅譯

中國青年出版社

一九五五年·北京

書號 724 數理化 71

爆 炸

著 者 (蘇聯) 安 德 列 也 夫
譯 者 姚青山 王新濤 陳振毅

青年·開明聯合組織

出 版 者 中 國 青 年 出 版 社
北京東四12條老君堂11號

總 經 售 新 華 書 店
印 刷 者 北 京 市 印 刷 一 廠

開本 787×1092 1/32

印張 2

字數 37,000

一九五五年六月北京第一版

一九五五年六月北京第一次印刷

印數 1—3,000

北京市書刊出版業營業許可證出字第036號

定價 (7) 0.21 元

內 容 提 要

人們一提到炸藥，常常把它跟戰爭聯系起來。其實炸藥在和平建設工作上起着相當重大的作用。採煤、開礦、挖河、築堤、鑿山、鋪路以至拔除樹根、鉚接鋼板，都要用到炸藥。本書通俗地說明爆炸的原理，介紹各類炸藥的性能、成分、製法和用途，並且從炸藥的應用上指出，蘇聯怎樣在為和平建設而努力，而帝國主義者却在製造戰爭，妄想通過戰爭來奴役全世界的人民。

К. К. АНДРЕЕВ
ВЗРЫВ
ГИЗТЕХ, МОСКВА, 1953

目 次

前言.....	1
一 爆炸和燃燒.....	3
二 三類炸藥.....	10
三 炸藥的燃燒穩定性.....	22
四 爆炸的功率.....	25
五 炸藥的成分和製造方法.....	32
六 炸藥在國民經濟中的應用.....	41
結語.....	57

前 言

人們一談到炸藥，常常把它的應用首先跟戰爭聯繫起來。但是這只有一部分正確。的確，現代的戰爭要是沒有炸藥這個軍事技術上所採用的主要的破壞工具，簡直是不可思議的。在戰爭時期，有大量的炸藥用來裝填砲彈、炸彈、地雷和做別種彈藥。

但是，正如馬克思在他給上世紀俄國批評家安年科夫的信裏就指出過的，火藥或者是用來“……給人類帶來創傷，或者是醫治人類的創傷”^①。在壟斷資本統治着的國家裏，特別是在美國，就是在第二次世界大戰結束以後，製造炸藥的目的還是爲了進行反對英勇的朝鮮人民和別的爲爭取自身解放而奮鬥的各國人民的戰爭，爲了準備反對蘇聯和各人民民主國家的戰爭。這也是沒有什麼奇怪的。國民經濟軍事化，組織新的掠奪性戰爭，是現代資本主義基本經濟規律的主要特點和要求之一，是牟取最大限度的利潤使一小撮剝削者發財的主要方法之一。

在我們蘇聯這個和平和建設的國家裏，在正在建設社會主義的各人民民主國家裏，炸藥的利用却完全是另外一種情形。

① 馬克思和恩格斯，書信選集，蘇聯國家政治書籍出版社 1948 年版，第 26 頁。

在偉大的衛國戰爭的年代裏，我們蘇聯的炸藥工業光榮地完成了用高品質的彈藥充分供應英勇的蘇聯軍隊的任務。在戰後時期，我們正在實現蘇聯共產黨第十九次代表大會的有歷史意義的決議所擬定的發展蘇聯國民經濟、逐步過渡到共產主義的偉大綱領，炸藥工業也成功地幫助着這個工作。

炸藥在我們蘇聯也像各種各樣的機器一樣，給社會節省勞動，同時還減輕工作人員的勞動。這也就決定了它在我們國民經濟當中的巨大作用，作為把繁重的工作機械化的重要工具之一。

需要炸藥最多的是採礦業，在開採各種有用礦物的時候，常常利用炸藥來進行爆破作業。例如，每開採一噸煤就要消耗 100 克以上的炸藥。如果你知道採煤業規模有多麼龐大，就可以算出全世界只採煤業一項，每年就需要 10 萬噸以上的炸藥。

除煤之外，國民經濟還需要各種金屬礦、建築用石料、用做化學工業和別的工業部門的原料的各種礦物。這一切也要炸藥來幫助開採。

在五年計劃的年代裏，曾經在空前短促的期限裏建起了巨大的水力發電站、航行運河和灌溉運河，用歷史上從來沒有過的速度進行着偉大的共產主義建設工程。這麼短促的期限和這麼高的速度，在相當大的程度上是和利用炸藥分不開的。

炸藥也用在農業上：人們用炸藥去拔除樹根、排乾池沼來擴大耕地面積。

在工業建築和住宅建築方面，在鋪設道路的時候，在石

油、冶金和機器製造工業裏，都廣泛利用爆炸的方法。

在採礦業和別的工業部門以至整個國民經濟裏，炸藥的作用是這麼大，如果沒有炸藥，那就很難設想人們怎麼能夠達到現代物質文化的水平。

那麼什麼是炸藥呢？它爆炸時候的作用是根據什麼原理的呢？它是由什麼製成的，又是怎麼應用的呢？這一些就是我們這一本小書所要談的。

一 爆炸和燃燒

我們每個人，有的從電影上，有的從實際經歷過的事件當中，都知道爆炸這種威力強大而駭人的現象。在偉大的衛國戰爭的日子裏，由於勇敢的蘇聯游擊隊員所組織的爆破，敵人的軍車和倉庫飛上天空，橋梁在佔領者的腳下給炸成兩段。

今天，在和平的日子裏，爆炸替我們發掘出地下的寶藏，幫助我們開山鋪路，建築堤壩，是我們在英勇的建設性的勞動當中的有力助手。

那麼什麼是爆炸呢？爆炸的作用怎樣呢？

爆炸是一種化學反應，這種化學反應的結果使炸藥變成氣體。這種反應進行的時候放出熱來，而且進行得極快。例如，有一種大家都知道的炸藥叫三硝基甲苯，一公斤重的三硝基甲苯塊[⊖]在十萬分之一秒裏就爆炸完了。生成的氣體在這

⊖ 炸藥塊是壓成不大的圓柱狀或長方塊的炸藥。

麼短促的時間裏面來不及顯著地膨脹開來，因此佔據着很小的體積，差不多等於炸藥原來佔據的體積。這個體積比這些爆炸氣體在大氣壓下應該佔據的體積小得多，只有應該佔據的體積的幾千分之一。大家都知道，氣體體積越小，壓力就越大。所以在爆炸的時候生成的氣體有很大的壓力；而且這個壓力產生得極快，因而對炸藥周圍的物體的作用就像是急劇的一擊，這一擊連最堅韌的鋼、最堅固的岩石都經受不住。爆炸的壓力大得沒法用現在所知道的儀器來直接測量——不管什麼儀器要想用來測量爆炸力都會給炸毀。根據理論上的計算，這個壓力有幾十萬大氣壓——例如，三硝基甲苯爆炸的時候有 19 萬大氣壓。隨着跟爆發的炸藥的距離加大，爆炸作用就很快減小；但是在大量炸藥爆炸的時候，甚至在幾公里外的房屋的窗玻璃也會給震碎。

這裏自然會發生一個問題：為什麼爆炸進行得這麼快呢？你知道從化學方面看，爆炸時候所發生的反應跟燃料燃燒時候所發生的反應十分相像，有時候簡直就是同一個反應。基本上這是碳氧化生成二氧化碳 (CO_2) 或一氧化碳 (CO) 的反應，和氫氧化生成水 (H_2O) 的反應。

此外，大部分炸藥不但會爆炸，也會燃燒。同是三硝基甲苯塊，如果把它點着，它就燃燒，而且燒得相當慢，比汽油還燒得慢，燒得平靜。相反的，最簡單的燃燒，例如煤的燃燒，也可以使它在一定的條件下面進行得像最猛烈的爆炸一樣。如果取研得很細的煤粉，例如研得像煙灰似的，並且把它撒在空氣裏，形成塵霧，把這種塵霧點着，就會發生爆炸。假使把煤粉

用液體空氣或液體氧浸漬，還可以得到更加猛烈的爆炸。

爲什麼燃燒在一般情況下進行得慢，靠什麼才可以使它加快呢？

煤的燃燒是碳和空氣裏的氧進行化合的一種化學反應。化學反應的速度看溫度和壓力來決定。溫度升高，反應速度就很快增加；溫度升高 10 度，反應速度就增加到 2-4 倍。計算指出，如果從室內溫度加到 1,000 度，那麼，反應速度就增加到千百萬萬倍。壓力加大，反應速度也會增加——有一些反應的速度跟壓力成正比，有一些反應甚至更快，跟壓力的平方成正比，就是說如果壓力從 1 大氣壓加到 1,000 大氣壓，反應速度就增加到 $1,000^2$ 或 100 萬倍。

煤燃燒的時候放出很多的熱。一公斤煤燃燒放出 8,000 大卡。這一些熱量足夠把 100 升水從攝氏 20 度熱到 100 度。燃燒的時候由於放出大量的熱，就可以達到很高的溫度，特別是當煤在純淨的氧氣裏燃燒的時候。在空氣裏燃燒的時候，因爲大家知道空氣裏只含百分之 21 的氧氣，所以放出的熱不但耗費到加熱所生成的二氧化碳氣上面，也耗費到加熱氮氣上面。因此，所得到的溫度比較低一些，但是仍然是極高的——可以達到 2,700 度。這樣說來，煤的燃燒反應是在很高的溫度下面進行的，它的速度也就可以十分大。可是實際上燃燒却進行得很慢。原因是在於反應只能在煤塊表面和空氣接觸的部分進行，而這個表面一般都是不大的。此外，燃燒生成的氣體把煤的表面和空氣隔開了，阻擋着新的氧氣流向煤的表面。

從上面說的可以知道，要使燃燒加快，一方面應當擴大煤的表面積，另一方面應當使空氣裏的氧氣容易達到煤的表面。要做到這一點，可以把煤研細，把煤粉撒到空氣裏，使每一粒煤粉都被燃燒所需要的氧氣包圍起來。

假設我們現在有邊長 10 厘米的一塊立方體的煤。一個這樣的立方體的表面積是 600 平方厘米。現在我們把這個立方體粉碎成立方體的細粒，邊長是千分之一厘米。那麼，總的表面積就已經不再是 600 平方厘米，而是 600 萬平方厘米了；也就是增加到 10,000 倍。煤的燃燒時間也就相應地減少。要使反應進行得快，固然需要把參加反應的物質好好混合，但是光是這樣當然也還不一定引起爆炸。這一點從下面的事實也可以看出來：即使像三硝基甲苯、硝化棉等炸藥，它們的同一個分子裏既有可燃的元素（碳和氫）也有氧，可是把它們點燃仍然能夠燒得很慢。

爲什麼會這樣呢？那麼要得到爆炸到底需要什麼條件呢？

我們拿一個不大的火苗移近放在洋鐵罐裏[⊖]的三硝基甲苯塊，經過很短的時間。這時候三硝基甲苯的表面層就給熱到大約 200 度。在這熱的一層上就進行化學反應，放出熱來。同時，熱就傳到三硝基甲苯的下一層和周圍的空氣裏。在 200 度的時候反應的速度和反應放出的熱量並不大。在每一單位時間裏喪失的熱比傳來的熱大。所以藥層裏的溫度就要減

⊖ 這是爲了使容易熔化的三硝基甲苯在加熱的時候不會流散開。

低，反應也就停止。

我們再把試驗重複一次，但是把火苗放得更久些，使三硝基甲苯的表面熱到 400 度。如果我們現在把火苗拿開，那麼，三硝基甲苯藥層裏的溫度不但不會減低，反而增加起來。在 400 度的時候，三硝基甲苯裏的化學反應進行得這麼快，使得放出的熱比散失的熱多，藥層自然會繼續燃燒下去。

可是，雖然反應很快，它也只是在給火苗加熱了的薄薄的一層裏進行着，因為其餘的三硝基甲苯還是冷的。反應結果就生成高溫的氣體。這些氣體就加熱三硝基甲苯的下一層，在那裏引起很快的反應。這個過程一層挨一層地重複下去，直到所有的三硝基甲苯都燒完為止。

一層層的藥層受熱以後開始反應，這熱是由傳導作用傳過去的。熱的傳導作用是一個十分緩慢的過程。這一點很容易證明，譬如，把茶匙的一端放到熱茶裏。幾秒鐘以後手上才有熱的感覺。

因為燃燒的時候傳熱進行得很慢，燃燒的擴展速度也就很小。高 10 厘米的三硝基甲苯塊從一端開始燃燒，燒 15 分鐘才燒完。

現在我們假設不去點燃三硝基甲苯塊，而去對它進行一次強烈的打擊，好像炸藥塊是被子彈射中一樣，而且更加急劇。在這種打擊下，三硝基甲苯的上層就被壓縮，壓縮的結果發生強熱，就像鐵砧的表面由於鎚子的打擊也會發熱一樣。由於溫度很高，在炸藥層裏就會發生化學反應。這時候它的速度比燃燒的時候高得多，因為在這裏不只發生很高的溫度，

還有打擊所造成的很大的壓力，而壓力，我們知道也會大大加快反應。生成的氣體沒有地方去擴張：一方面是打擊下來的面，另一方面是三硝基甲苯。因此氣體就會有很大的壓力，壓縮下面一層三硝基甲苯層。壓縮在這一層裏也會引起發熱，引起很快的化學反應。這樣，也就像燃燒的時候一樣，反應在炸藥塊的表面上開始，逐漸擴大到全部，直到所有的炸藥全部反應完為止。

爆炸和燃燒的主要的、質的區別，在於爆炸的時候引起反應的熱不是用傳導的方式，而是用壓縮的方式傳遞的。這種壓縮的過程也叫衝擊波，用衝擊波傳遞能量比用傳導傳遞能量快得不可以相比，——它的速度達到每秒幾公里。

如果取一根長的金屬棒，把手放在它的一端上，用鎚子打擊它的另一端，那好像手在打擊的一瞬間就感覺到震動。其實這是個錯覺；打擊的作用是依一定的速度沿着棒擴展的，經過一些時間以後才傳到手上。但是這段時間非常短促，我們的感覺分辨不出打擊的一瞬間和手感觸的一瞬間的差別，就像眼睛分辨不出電影的一張一張畫面一樣。

在三硝基甲苯塊裏，爆炸從一端擴展到另一端只要十萬分之一秒，比燃燒快一百萬倍。這個時間是這樣短促，如果我們看着它，似乎爆炸是一瞬間在炸藥塊所有的各個部分同時發生的。事實上並不是這樣：爆炸是依一定的、極大的速度沿着炸藥擴展開來的，這個速度可以用精確的物理學方法測出。爆炸在各種炸藥裏的擴展速度在每秒 1 到 8.5 公里之間。

在三硝基甲苯裏這個速度等於每秒 6.7 公里。在三硝基

甲苯裏的爆炸擴展速度相當於空氣裏的聲波速度的 20 倍，步槍子彈速度的 9 倍；用這種速度從莫斯科到列寧格勒只要走一分半鐘。

爆炸的擴展速度越快，爆炸氣體所產生的打擊就越急劇越猛烈，爆炸的爆破作用也就越大。

如果把這個作用限制在被破壞物的一定的、不大的部分上，例如，限制在需要穿孔的裝甲上，那麼這個作用還可以加強。這種集中的爆炸作用是根據所謂空錐效應的現象的，這種現象人們早已知道，但是到第二次世界大戰的時候才開始廣泛應用。

空錐效應可以用下面的試驗（圖 1）來解釋明白。在一塊鋼板上放兩個一樣大小的圓柱狀的炸藥包，但是一個是完整的，而另外一個的下部有一個圓錐形凹穴。如果讓這兩個炸藥包爆炸，那麼，完整的那個就在鋼板上打一個大面積的凹痕，但是深度不大，而有凹穴的那個藥包重量比較小，却能夠打穿鋼板，雖然打穿的孔的面積很小。這種爆炸作用所以能夠集

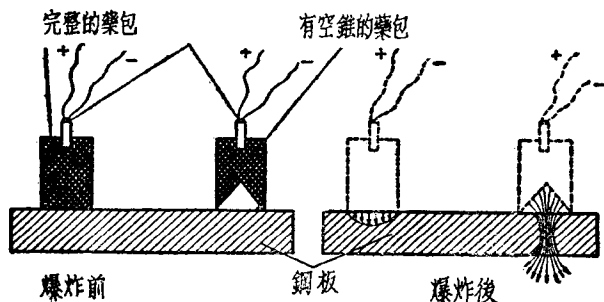


圖 1. 空錐效應示意圖

中，是因為爆炸氣體從圓錐形的表面上衝出來，在圓錐的軸上相遇，就造成強力的細流，打穿了鋼板。

如果圓錐形凹穴裏蓋着一層不大厚的金屬，那穿孔的作用更大。那時候集中起來的氣流帶着沉重的金屬一起用極大的速度運動，就會像刀子扎黃油似地扎進鋼鐵裏去。

在偉大的衛國戰爭的日子裏，裝有空錐藥包的砲彈、榴彈和地雷曾經成功地用來跟敵人的坦克、裝甲運輸車輛和地堡作鬥爭。

二 三類炸藥

發現炸藥的歷史是化學史上充滿英雄事蹟的篇頁。常常有這樣的事情，化學家製得新的化合物，沒有料到它會爆炸，因而對自己的發現付出了很高的代價——炸掉了手指，炸瞎了眼睛，甚至喪失了生命。

化學家發現的某些炸藥是十分敏感的，稍微觸動一下就會爆炸。

可以拿碘化氮來做這種物質的一個例子，它是碘和氮溶液作用生成的一種黑色粉末。在潮溼的時候這種粉末不會爆炸；但是乾燥以後就會變得這麼敏感，連最微弱的一些影響例如羽毛的觸動都會引起爆炸。碘化氮甚至會因強光的照射例如照像的時候所用的鎂粉的閃光而爆炸。

顯然，這種極端敏感的炸藥不可能有實際的用處，因為使用的時候引起爆炸的危險性非常大。假使化學只知道碘化氮

這種類型的爆炸化合物，那麼炸藥就不會得到像現在這樣的用途。

應該指出，引起炸藥爆炸所需要消耗的能量和炸藥爆炸所放出的能量之間並沒有直接的關係。這不但對炸藥來說是這樣。例如，煤燃燒的時候能夠放出的熱有木柴放出的兩倍，但是點燃木柴就比點燃煤容易。

假設有一塊放在高處的石頭。如果把它從這個高處推一下，那麼它就會落下去，得到越來越大的速度。使石頭墜落所需要的力的大小跟它所在的高度無關。高度越大，下落的石頭所得到的速度就越大，也就是動能越大。

科學家已經發現了許多炸藥，作用力比碘化氮還大，而敏感性却比較小。用熱和打擊很難引起這些炸藥爆炸，有幾種在發現它們之後很久都不認為是炸藥。例如，在 1788 年發現的苦味酸，在幾乎一百年裏面只當做黃色染料來使用。一直到 1873 年才知道這種染料是一種極其猛烈的炸藥。

三硝基甲苯塊無論從多少高的地方落到地面上都不會因衝擊而爆炸。三硝基甲苯甚至在被普通步槍子彈射穿的時候也不爆炸。要使它爆炸，需要更加急劇的打擊。補充說一下，像三硝基甲苯或苦味酸這樣的炸藥，連點燃都很困難；例如，點燃三硝基甲苯比點燃紙和煤油要困難得多。而且有一些炸藥一般用火柴也點不着。

許多炸藥對外界作用的敏感性都十分微小，這在今天也有時候會使人麻痹大意，以致可能造成後果慘重的爆炸。在奧波城一家德國的化學工廠裏，除了製造別種產品之外也生

產硝酸銨和硫酸銨的混合肥料。工廠是全年生產的，可是肥料只在秋天才運到農業區域去。平時製成的肥料就堆放在工廠的倉庫裏。長期貯藏的結果，疏鬆的粉末結成了整塊的石頭。在出清倉庫的時候想用一般的機械方法來打碎這種大塊的物質很困難，所以工廠就採用了爆破的方法。事先用普通的試驗確定了這種混合肥料是不會爆炸的。對結成塊的混合肥料進行了大約兩千次的爆破，突然在 1921 年九月二十一日早晨，在一次爆炸的時候倉庫連同整個工廠都飛到天上去了。在爆炸的倉庫的原址造成了一個長 165 公尺、寬大約 100 公尺、深大約 20 公尺的湖（圖 2）。

奧波城因為這次爆炸遭受了很大的破壞，大多數房屋都給炸毀了。炸死的超過 500 人。

以後在各國進行了廣泛的研究，知道在某種條件下那種混合肥料是能够爆炸的，很顯然，奧波城那一次爆炸正是因為具備了這種條件。這以後就嚴禁用爆破的方法來打碎這一類混合物，現在只許用機械的方法來打碎，這種方法是不會引起這一類混合物爆炸的。

像三硝基甲苯或苦味酸那樣不會因點燃或輕微的打擊而爆炸的炸藥是很多的。

這些炸藥組成一類主要的炸藥，叫做爆藥或二次炸藥。第一個名字——爆藥——是因為這些炸藥常用在爆破的目的上而定出來的；第二個名字的意思到下面再解釋。

二次炸藥不會因火焰和輕微力量的打擊而爆炸，這一點對於它們的生產和應用時候的安全性來說很重要。炸藥生產