

航务工程基本知識小丛书
勘 查 部 分

(4)

水下爆破

石景荃 編

人民交通出版社

航务工程基本知識小丛书
勘 查 部 分

(4)

水 下 爆 破

石 景 荃 編

2. 民 众 通 社 出 版 社

本書為航務工程基本知識小叢書航道部分之四。
內容簡要地敘述了水下爆破的原理及施工方法。
外，也介紹了常用的炸藥、導火設備和各種情況下藥
包的安放，以及操作過程中的安全技術。

航務工程基本知識小叢書

勘查部分

(4)

水 下 爆 破

石景荃 編

*

人民交通出版社出版

(北京安定門外和平里)

北京市書刊出版業營業許可證出字第〇〇六號

新 華 書 店 發 行

六一〇四部隊印刷廠印刷

*

1959年8月北京第一版

1959年8月北京第一次印刷

開本：787×1092 $\frac{1}{16}$

印張：1 $\frac{1}{2}$ 張

全書：31000字

印數：1—900冊

統一書號：15044—3056

定價(7)：0.15元

編輯的話

航務工程基本知識小叢書共分為：勘查，航道，港口三部分。每一部分包括十種左右（分冊出版），其中，第一種為各該部分中的綜合概括性知識；其餘均為各該部分中某項專題的單獨敘述。因而，它可以作為系統的學習資料；每一分冊也可以作為獨立的學習資料，讀者可根據需要選取。

全書三部分共約三十冊，每冊約三萬餘言。編寫力求通俗，並附有一定數量的插圖，以方便於理解。具有初中或高小畢業文化水平的同志們均可閱讀。對於從事這一專業工作的同志們，因具有一定的感性知識及工作經驗，讀來可能更為適合。它的出版主要是為廣大水運職工及有關人員在紅專學習中提供比較系統的資料；同時，也可以作為有關專業學校及訓練班學員的參考讀物。

我們的願望是：這一套小叢書能在偉大的文化革命、技術革命運動當中，起些積極作用；對於大力培養水運幹部工作，也能有所供獻。但是在編排結構及內容取捨等方面，可能尚有不當之處，懇請廣大讀者提供意見，以便今後改進。

本小叢書的編寫組織工作承蒙南京交通專科學校、長沙航務工程學校大力支持，特此表示謝意。

目 录

前 言	1
第一章 概 述	2
第二章 爆破工程主要使用的炸藥和導火設備	5
一、炸 藥	5
二、導火設備	9
第三章 起爆方法	12
第四章 藥包的形狀	17
第五章 水下爆破的方法	20
一、裸露爆破法	20
二、炮眼爆破法	21
三、影响水下爆破的因素	23
第六章 砂質淺灘的爆破	25
一、裸露爆破	25
二、炮眼爆破	29
第七章 炸 礁	31
第八章 安全問題	41

前 言

翻开我國地圖，就可以看到无数的河流湖泊和运河象蛛网似的遍佈在广大丰饒的土地上，它深入農村、山区、形成一个天然的四通八达的交通网。在全國工農業大躍進和大搞交通建設的新形势下，必須通过疏浚、整治、渠化……等航道工程，大量地开辟目前还不能通航的河流，以及使已通航的河流更能符合航行的要求。

航道工程包括的內容很多，本書只叙述疏浚的水下爆破問題。

水下爆破工作的对象，主要是河床，而河床可以簡單地分为岩石質的和泥砂質兩类。岩石質河床多分佈在山地河流、中小河流的中上游和大河流的上游。这些河流往往有孤岩、礁石突出河心或緊貼航道；或有成羣的礁石密佈河床；或有石梁或大片岩石高出河床，形成跌水急流，致使水深不夠，航道狹窄弯曲，航行危險。这些碍航的礁石等，都必須用爆破來炸除。沙質河床多分佈在河流的中下游，由于水流和泥沙运动的自然規律，使航道淤積，形成淺灘，这也可以通过爆炸來增加水深。特别是运河的开鑿及中小河流航道的开辟，爆破更是重要的方法之一。它的优点是不需要複雜的、昂貴的设备和大量的工作人員，施工比較簡單，机动性特別高，河可單獨作为改善航道的办法，又可以配合挖泥、清槽、導治等其他航道工程，提高進度和效果。因此，爆破工作在航道中的运用，正在广泛地、迅速地發展。

第一章 概 述

爆炸對我們來說並不是生疏的，所謂爆炸就是固體或液體的炸藥急速地變為氣體時，發出大量的能力，使周圍的物質破碎。例如，常見的鞭炮，一層層的厚紙包着一點點黑色火藥，兩頭封緊，上端伸出引綫，點燃引綫，到引綫燃着火藥時，火藥就會很快地變成氣體，比原來體積擴大幾百倍，將許多層包裹緊密的厚紙炸開。如果用大量的炸藥裝填在岩石里，並將其封緊，裝上引綫，點燃後，就象鞭炮一樣，發出轟然巨響，把大量岩石炸飛到半空中。爆炸能產生巨大效果，因此，我們可以廣泛地利用它向自然作鬥爭，例如1955年寶成鐵路的施工中，一次爆炸就使用了炸藥327.5噸，共炸落岩石187,500公方。

要發生爆炸，必須對炸藥加一種作用，引起炸藥由固體或液體變為氣體，這種使炸藥受外界作用影響而爆炸的過程叫做起爆。如上述點着引綫使炸藥爆炸就是作用中的一種，叫做火花起爆，此外，尚可用沖擊，爆破波動能等方法來起爆。爆破波動能是兩包炸藥相隔一定距離，一包炸藥爆炸所產生的沖擊波引起另一包炸藥爆炸；如果在爆破工作中有設爆炸的拒爆藥包，就可以用這個方法使它爆炸。起爆所用的材料叫做起爆用品，有導火綫、傳爆綫、雷管和電雷管等。

當部分炸藥受到外界作用時，就首先變為溫度很高壓力很大的氣體，這些氣體迅速地壓縮和加熱它周圍的炸藥，這樣迅速不斷地擴展使全部炸藥爆炸的現象叫做傳爆。傳爆的速度隨炸藥的成份和密度而不同，一般是每秒鐘前進2~8公尺，因

此，傳爆只需要很短的時間，實際上几乎是同時使全部炸藥變為氣體。

具有高速度的這些氣體對它周圍的岩石產生很大的壓力，使岩石破碎、飛起。因此，我們要將裝藥的洞口用密實的材料填塞緊，不讓氣體逃散而減小它的壓力，以免爆炸的效果降低；尤其是威力比較小的炸藥，更要堵緊。堵塞材料最好用一分粘土三分粗砂相混合。根據這個道理，沒有裂縫或裂縫小的岩石比有裂縫或裂縫大的岩石爆炸的效果要好

爆炸的氣體永遠是向抵抗力最小的地方突破，我們看炸了的鞭炮，都是從中間比較薄的地方炸開，沒有從兩端封閉很堅固的地方炸開的。炸岩石時，也同樣會在炸藥中心到自由面的最短距離處炸開。所謂自由面就是指被炸的物體與空氣所接觸的面，一共有上下前後左右六個。一個自由面的爆破最困難；如有兩個自由面，爆破效果一般可以增加40%~50%，自由面愈多，爆破效果愈好，而炸藥的消耗量可以相應減少。那個從炸藥中心到自由面的最短距離叫做最小抵抗綫（圖1），在堵塞炮眼時，要使堵塞的長度大於最小抵抗綫，不然，爆炸後的氣體就會從炮眼沖出來，不能炸掉計劃炸除的岩石。

以上簡要地說明了爆炸的原理與過程；也就是在被炸的物體表面或里面裝上炸藥，堵塞後，再起爆，起爆後的炸藥突變為溫度極高（工業用炸藥爆炸氣體溫度有3000~4000°C）運動速度極大的氣體，向四周擠壓，而

將物體炸碎。要是採取措施讓氣體向某一個方向集中沖擊，毫無疑問，壓力將更猛烈。我們可以作一個這樣的實驗（圖2），拿兩個同樣體積的藥包，其中一個藥包的底部挖出些炸藥，藥

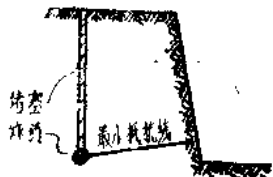


圖1 最小抵抗綫示意圖

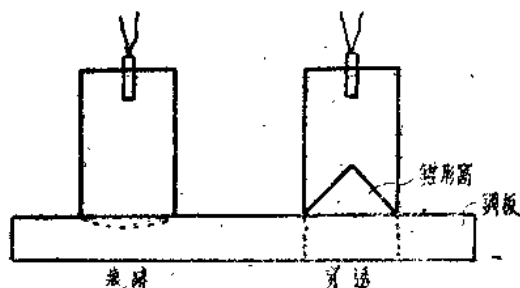


圖2 集能作用試驗

成錐形窩，放在厚度相同的鋼板上；爆炸后，有錐形窩的藥包雖然重量減輕，却比沒有錐形窩的藥包炸得深。這是什麼道理呢？因為，爆炸氣體和錐形窩的表面成垂直方向運動，于是在藥包中軸延長綫的一點上匯集成為強大的氣流，以極大速度沖出，例如每秒6000公尺傳爆速度的炸藥，在集中點上的速度可以達到每秒10000~12000公尺，當集中氣流撞擊堅固的物體時，它的壓力可以超過百萬大氣壓（每平方公分一噸）。這種獲得極高爆炸能強度的方法叫做集能作用（面3）；炸藥的爆炸速度越高，集能作用越大。在爆破工程上，集能作用應用在下列各方面：

1. 在雷管下端做成窩槽，增加雷管的起爆作用；
2. 用爆力集中的藥包爆破炮眼，加強爆破力；
3. 用爆力集中的藥包定向爆破。

定向爆破就是使被炸的岩石、土壤順着某一個方向拋出。除用爆力集中的藥包來達到這個目的以外，設法改變一下最小抵抗綫的方向，也能收到同樣的效果。

如圖4所示，就是改變最小抵抗綫的方向，使大量泥土向河流拋出，築成擋水的攔河壩。這種方法能使爆炸的主要能朝向一面，是操縱爆炸能的最好的最有力的方法之一。

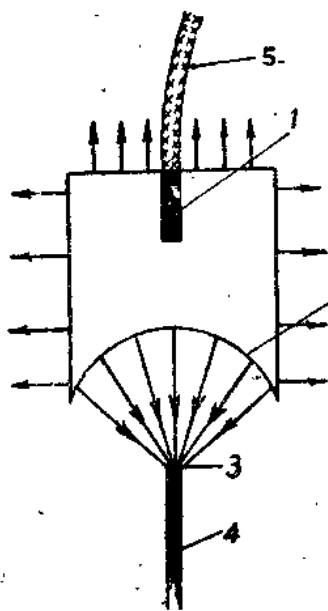


圖3 集能作用示意圖

- 1-窗管； 2-集能筒；
3-焦點； 4-爆炸气流；
5-導火綫



圖4 定向爆破

- I、設置； II、爆炸；
III、爆破後；

第二章 爆破工程主要使用的炸藥和導火設備

一、炸藥

炸藥的種類很多，就組成來說，可以分為混合炸藥和化學炸藥兩種；就性能和用途來說，可以分為緩性炸藥（又稱低級炸

藥)和猛性炸藥(又叫高級炸藥)兩種。緩性炸藥的爆發反應比較遲緩,爆炸力小,如黑火藥等;猛性炸藥的爆發反應非常迅速,爆炸力很大。我們在選擇炸藥時,必須先明了它的性能和成本的高低等,然後才能很好地決定採用,以達到多、快、好、省,和安全的目的。

在航道爆破工程中,水上多用黑火藥和硝酸鉍炸藥,水下多用硝化甘油膠質炸藥。但只要藥包防水嚴密,黑火藥和硝酸鉍炸藥也可以用於水下爆破。現將使用較廣泛的幾種炸藥性能介紹于下。

(一)黑火藥:黑火藥是我國古代在科學上的一項偉大發明,早在紀元幾百年前,就已經發現它的製造原料——硝石。現在我國農村普遍都能生產,價格便宜,雖然爆炸力小一點,在目前仍值得推廣採用。

黑火藥是硝石(硝酸鉀)、硫黃和炭的混合物,它的配合成分並不一律,看當地的原料含量和用途而定,若增加硝的成分,燃燒速率就加快,增加炭的成分,燃燒速率就降低。炸灘黑火藥的配合為硝100斤,硫43.75斤,炭12斤。

黑火藥對於火焰,甚至金屬物碰擊的微小火星都能引起爆炸,因此,使用和儲存時,應特別注意。

質量好的黑火藥應呈灰黑色,色澤均勻一致,如現深黑色或藍色,就是木炭成分過多,或含有水分。按照技術規範,黑火藥合水分不應超過1%,如含水分15%,就不能點燃。如有白閃點,或白色蠟狀的東西,就是表示有部分硝石溶解於水,水分揮發後的情形。黑火藥的顆粒大小要均勻,沒有銳角和不規則的形体。

簡單的檢驗方法,可以把黑火藥倒些在白布上再除去,布上沒有粉末的,品質比較好,如果有粉末,就說明含有水分

或其他粉狀的雜質。或者在昏上放少許黑火柴，点火燃燒，如燃燒迅速，昏上沒有殘渣的，品質最好；如昏上有黑斑點，就說明木炭成分太多，或摻和的方法不好；如昏上有黃斑點，就說明硫的成分太多；如昏上有燃燒的小孔，就說明火藥含有水分或其他雜質。

(二) 硝化甘油膠質炸藥：純硝化甘油是无色透明的油狀液体，有毒，皮膚沾上它，能引起頭痛和發熱，但經過一段時間后，便逐漸習慣，沒有什麼影响了，但仍須注意。

硝化甘油的爆炸威力很大，爆炸速度很快，假如用八公里長的管子，裝滿硝化甘油，一头点火，在一秒鐘以內，可以全部爆炸。正因为它是液体，对摩擦和撞擊很敏感，給運輸和使用帶來很大的不便，所以通常不單獨使用，而是用60%的硝化甘油和其他富于吸收性的物質，凝成膠質狀態，降低对碰撞的敏感性，使它便于運輸，卻仍然具有強烈的爆炸性能。这种炸藥叫做硝化甘油膠質炸藥，也叫狄納米特，它的主要优点是密度大，可以填實全部炮眼，不潮解，能防水，適宜于水下爆破。

它的缺點也不少。第一，它在 10°C 以下就会凍結，凍結后对摩擦更敏感，尤其是半凍結的硝化甘油炸藥，危險性最大，因为藥筒內部炸藥还没有凍結，可以弯曲变形，而表面已凍結成硝化甘油的結晶体，这时只要藥筒稍微弯曲就会爆炸。因此在貯藏时，要注意倉庫的温度在 $10^{\circ}\text{C}\sim 25^{\circ}\text{C}$ 之間。已凍結的硝化甘油炸藥，要用溫水解冻后才准許使用，必須特別注意，半凍化狀態的炸藥和半凍結的炸藥是同样危險的，因为藥筒表面炸藥已凍化，可以变形，而內部还是結晶体。如果是冬季施工，最好选用耐凍的硝化甘油炸藥。第二，放置時間過久，藥筒表面容易分泌出液体的硝化甘油，俗称“出汗”，它

与硝化甘油同样危险，所以出汗的硝化甘油炸藥禁止使用。第三，它有干結性，干結后，对雷管起爆的敏感性降低，爆炸能力也大为降低，可能使部分裝藥或全部裝藥不爆炸。但对撞击和其他外力作用的敏感性仍然存在；危险性大可能造成伤亡事故，而且价格比較貴，增加了爆破工程的費用，因此最好少用。

(三) 硝鉍炸藥：它是硝酸鉍与梯恩梯（三硝基甲笨）及其他木粉等附加物的混合物，其中主要成分是硝酸鉍，硝酸鉍的含量越多，爆速越低。根据組成成分的不同，硝鉍炸藥分为阿莫尼特和狄納孟两种：阿莫尼特含梯恩梯；狄納孟不含梯恩梯。对热力作用和机械作用來說，阿莫尼特是比較安全的，火与火星不能使它燃燒，即使燃燒，火源移开就可熄滅，只要不在密閉器中，不会由燃燒轉为爆炸。对摩擦沒有敏感性，对撞击也不太敏感。如果阿莫尼特沒有粘結，磨得很細，湿度不大的話，用普通雷管很容易使它爆炸。

狄納孟的主要性質和阿莫尼特相类似，不同的地方是狄納孟有抗水性，在水里一兩小时还不受影响，粘結性和膠結性也比阿莫尼特低。

由于硝鉍炸藥价格便宜，危险性小，应用很广泛，但是它有粘結和潮解的缺点，已經粘結或潮解的炸藥，就会拒爆或不完全爆炸；尤其是狄納孟粘結后，不但可能失去爆炸性，甚至搓松之后也恢复不了它的爆炸性。所以，水下爆破时，阿莫尼特要包紮嚴密，注意防水，或裝入防水的炸藥壳內，貯藏时要很好防潮，狄納孟要采用新製的，才能很好地發揮它的作用。

(四) 起爆藥：要引起炸藥爆炸，开始必須用雷管或導火索來起爆。在雷管內裝有对撞击和热度很敏感的炸藥，这种炸藥叫起爆藥，有雷汞、疊氮鉛、和三硝基三酚鉛等几种。

1. 雷汞：雷汞在 50°C 以下很穩定，加热到 $160^{\circ}\sim 165^{\circ}\text{C}$

时就爆炸。干燥的雷汞对机械作用很敏感，用麦秆轻轻拨动就能爆炸，但经过压缩的雷汞，敏感度降低，可以装运。雷管使用的炸药，湿度不许超过0.03%，否则可能不炸，而且湿的雷汞会和雷管的铜壳起化学作用变成雷酸铜，雷酸铜比雷汞更敏感，也更危险，所以储藏雷汞的仓库必须干燥。

2. 叠氮铅：叠氮铅不受潮湿的影响，甚至含30%的水份也能爆炸。它的起爆力比雷汞强，在雷管内，雷汞用0.5克，叠氮铅用0.2克就夠了。

3. 三硝基三酚铅：它的吸湿性不大，不受水份的影响，和金属也不发生作用，可以装入任何金属壳。对火焰的作用比叠氮铅好，所以在装叠氮铅的雷管里，应该加装少量的三硝基三酚铅。它对撞击的敏感性仅为雷汞的 $\frac{1}{6}$ ，仅为叠氮铅 $\frac{1}{2}$ ，对摩擦的敏感性比雷汞低，比叠氮铅高，只是它的威力比雷汞和叠氮铅都低。

二、导火设备

为爆炸安全起见，隔相当的距离或时间，用来引导炸药爆炸的设备叫导火设备。一般采用的有棉引线、导火线、传爆线和雷管、电雷管等几种。

(一) 棉引线：棉引线是最简单最便宜的导火引线，用市面买来的土引线，三四根合成一根，按需要接长，外包1.5公分宽的长条油棉，在湖南多用筍壳包捲。棉引线要直摆在干燥地点，以免弯曲和受潮，而失掉效用。这种引线多用于水上爆炸。但如果加强防水效能，也同样可以用于水下爆炸。如四川用猪牛血搽和少量桐油石灰，每包一层油棉，涂一层桐油石灰，约三四层厚，在水里浸半小时不会进水。或用皮棉油棉交替着包捲引线三四层，外面再包报棉，涂上溶化的黄腊，阴干后也

有同样的防水效能。

(二) 導火綫：導火綫用經過輕微壓縮的黑火綫作芯，外面包防水棉、麻綫或棉綫，再塗上瀝青或焦油等防水劑(圖5)它的燃燒速度每秒鐘約10公厘，緩燃導火綫每秒鐘約5公厘。燃燒速度的差別在15%—16%之間可以容許，如过快或过慢就應該作廢，否則會發生危險。



圖5 導火綫剖面圖

(三) 傳爆綫：傳爆綫看起來和導火綫很相象，但性質和作用大有區別，傳爆綫的芯子不是黑火藥，而是雷汞或黃色炸藥等烈性炸藥，爆燃速度快，一般每秒鐘可達到6800~8000公尺。利用傳爆綫，可以從一個藥包傳爆其他藥包，凡是在藥包主綫的任何一點上，連接交叉的支綫，支綫上的藥包都可以由傳爆綫同時引炸。因傳爆綫爆燃速度快，間距幾十公尺實際上沒有什麼影響。

傳爆綫有相當好的防水塗料，保證在水裡十二小時不透水，適用於水下爆破。使用時要遵守一切使用炸藥的規則。

(四) 雷管：用管盛裝起爆藥，使藥包爆炸的導火設備叫雷管(圖6)。用電力點火的雷管叫電雷管(圖7)。工業用雷管內裝壓縮的正起爆藥和副起爆藥：正起爆藥裝在上端的金屬帽下，首先由他起爆；副起爆藥裝在管的底部，是正起爆藥的爆發傳導者。

金屬帽的作用，是為了不使起爆藥露在外面，減少使用雷管的危險性，保護起爆藥不受外面潮濕的影響；使起爆藥爆炸時，有一個比較堅固密閉的空間，保證較高的威力。

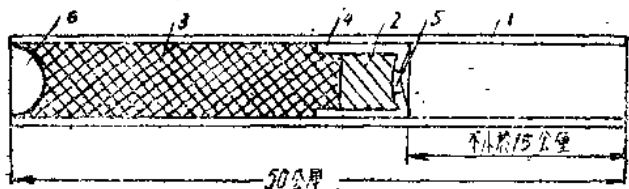


圖 6 雷 管

- 1-管壳； 2-正起爆藥； 3-副起爆藥；
4-金屬帽； 5-帽孔； 6-集能窩

雷管底部有半球形或圓錐形的窩槽（即集能窩，參看第一章），這種窩槽可以提高雷管的效力。

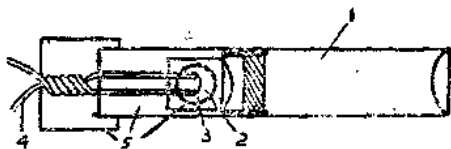


圖 7 電雷管

- 1-雷管； 2-電橋； 3-起火劑；
4-導線； 5-塗料

雷管外殼可以用金屬或瓷做成，為了節省有色金屬，蘇聯

大部分工業雷管用瓷壳做，我國除用瓷做外，還可以因地制宜用竹筒或小玻璃瓶做。如四川用氯酸鉀和雄黃各半，分別研細混合，裝入玻璃瓶或竹節中，製成土雷管；還有用黑火藥和黃火藥按1:1~2:1的比例裝入竹節，先裝黃火藥，後裝黑火藥，再用黃泥封緊，用牛膠粘結防水。也可以代替雷管。

電雷管和普通雷管沒有多大的差別，不同的地方是電雷管里有兩根電線，在電線的頂端10~12公厘的長度上，除去絕緣包皮，做成小叉，在叉上銲接高電阻的短金屬絲，這段金屬絲叫做橋綫。電力點火的原理，就是當電源輸送電流時，使電能化為熱能，引起橋綫灼熱，達到點火的目的。

按引爆的时间說，电雷管分为即發和迟發两种：即發电雷管与电流接通，只要一万五千分之一秒就爆炸；迟發电雷管（圖8）在点火剂和起爆藥的中間，有燃燒速度非常准确的柱形緩燃剂，当电流燒热桥綫时，球狀起火剂發火，点燃緩燃剂，緩燃剂燒完，才点着起爆藥發生爆炸。根据緩燃剂的成分和長度，可以控制需要的迟延時間，一般有2、4、6、8秒或10秒、15秒等数种。当爆破工程需要使几个藥包間歇爆破时，就使用迟發雷管。

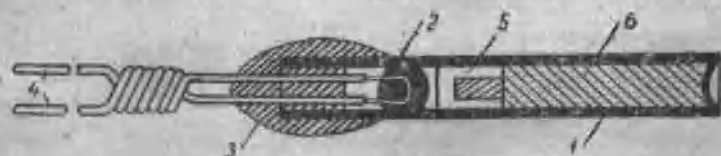


圖8 迟發电雷管

- 1-管壳； 2-球狀起火剂； 3-塗料； 4-電綫；
5-緩燃剂； 6-起爆藥

第三章 起爆方法

用導火設備引起藥包爆炸叫起爆。常用的起爆方法有火花起爆，傳爆綫起爆和電力起爆三種。

（一）火花起爆法：用切齊的導火綫輕輕插入雷管，用雷管夾鉗將雷管口夾緊，另一頭切成斜口以便點火。為了使爆破人員能有退到安全地帶的時間，導火綫長度不應短於1公尺，同時為了避免過早爆破，導火綫不要和藥包殼接觸，應順風拉直，這樣就不會使導火綫的火焰過早地傳燃藥包。在潮濕地方使用時，為了防止導火綫與雷管接頭處有水份浸入，可用膠布包裹或塗上黃臘。