

鐵路施工經驗

第一輯——綫路工程

鐵道部工程總局編

人民鐵道出版社

鐵路施工經驗

第一輯——綫路工程

鐵道部工程總局編

同濟大學圖書館

登記.....

書碼.....

人民鐵道出版社

一九五三年·北京

目 錄

路基土石方工程先進工作經驗	1
關於推廣[路基填土打夯]的幾點經驗（西北鐵路幹綫工程局）	15
石太綫推廣[打眼放炮]先進方法的幾點經驗	16
創造[單人打眼]與學習[單人衝眼]的開石經驗	18
泥沼地帶修築路基問題	19
寶天綫坍方流泥之初步認識與防治建議	27
流泥流石之防治	35
西北鐵路水土保持之實施	42
現場工作方法拾零（地面綫儀、自動倒土車、 衝釘用開門手搖鑽、挖泥器）	44

路基土石方工程先進工作經驗

(一) 引言

路基建築在鐵路施工中需時最長，用款亦多，為鐵路建設中的最基本的一環。因此，如何提高路基工程質量，降低工程成本，即成為完成新路建設的一個重要關鍵。這裡，我們特把路基工程中的兩項主要先進經驗——「填土打夯」與「打眼放炮」，加以介紹推廣，其對國家增產節約來說是有着重大意義的。

「填土打夯」是由1950年起經蘇聯專家建議而推行的。這種方法已經在新路施工中收到了優良的成績，它不僅使路基質量提高，修好了就可以應用，而且也節省了維修費用，更保證了行車的安全。

「打眼放炮」中的「單人衝鉚打眼法」，係經西南局民工顏紹貴同志創造，使打眼工效提高五六倍之多（西南地區石質），同時也節省了鋼鉚和大錘的消耗量。「壓引放炮法」則由西南局民工謝家全同志所發明，採用此法後，使開石所需炸藥（黑藥）由每公方八兩減低至三兩半。

如上所述，由於推行這些先進經驗，其可能節省的勞力與累積起來的財富是非常巨大的。我們除了要感謝蘇聯專家，感謝先進工作者的創造發明之外，更應該體會到這些經驗的偉大作用，進而認真學習，大力推廣；同時開動腦筋，找竅門，發掘潛在力量，在祖國的偉大建設中為增產節約累積財富而奮鬥！

(二) 填土打夯

根據已有經驗，路基填土普遍打夯後，不但可爭取早日通車，而且可保證行車安全。如在成渝路經過打夯的地段，在鋪軌後未鋪道碴以前，列車以每小時6~7公里的速度行駛，從未發生過掉道事故；再如該路6公尺高的填土地段，打夯後兩個月內經過幾場大雨，除路肩稍現沉落外，路基中心並未下陷，通車後也未因路基鬆軟而影響行車。再根據蘇聯經驗，凡經夯實的路基，完工後14天就可進行鋪軌，短期內便可通車，因此就可提前獲得鐵路的使用價值。這比過去我們單靠「自然沉落」，在路基完工後要經過一兩個雨季才能鋪軌的情況，不知要好過多少倍。此外，路基夯實後，更可減少道碴的壓陷，也就節省了路基維修費用。這一切都說明了填土打夯在新綫施工中的重要性。

在部頒「土方施工細則」裡對於填土打夯有這樣的規定：「填築路堤應分層進行，逐層用機械滾壓或人工夯搗堅實，每層鬆土厚度視實際工作情形而定。使用羊足壓路機時，每層厚度不宜超過3公尺；用人工夯搗時，每層得由3公尺至5公尺，而以每層3公尺夯實到2公尺最有效。」這就是綜合了已有的先進經驗所作出的規定。

路基填土打夯辦法，有「機械」與「人工」二種。在目前的情況下，我們填土打夯還主要是人工夯打，下面即將有關「人工打夯」的一些經驗，略加介紹。

(1) 組織分工

填土打夯工作，首先應有合理的施工組織，適宜分工，以免發生紊亂、窩工等現象。如1951年綜合天蘭綫十幾個工地的經驗是：以「挖運工25人」配合「平土工1人」「打夯工4人」較為

合適，即「填土工」與「打夯工」的比約為5：1（運距為30～50公尺）。

各工地應根據具體情形，適當加以組織分配。

（2）填土厚度

填方一定要按規定分層填築，逐層夯打；對於普通土壤每層可填3公寸再夯實為2公寸。工作時可在中心樁處插一竹（木）桿，劃明尺度記號，以作標準。

（3）分層推進

分層填土應該盡量採取推進式的倒土辦法，即全層一齊向前推進，不要東填一點，西堆一堆，更不要這一層還沒有填完就進行到第二層。

填土時要儘可能利用人工往返的踐踏壓力，尤其是乾填土更應預先普遍踐踏一遍。

（4）土石混填

如果是土石混填，一定要先把大石頭排平，再向空隙裡倒碎石，然後覆土打夯。成渝綫依此施工結果，達到了很好的質量。更有先填風化石塊3公寸，再填土2公寸，然後夯實到4公寸，亦收到了良好的效果。

如全部用風化石填築時，則須先將石塊填列整齊，使大面朝下，每層厚度3公寸，並將碎石填入石縫內，然後夯實。

（5）乾濕互填

填乾土的地方要先把硬土塊打碎；填土厚度也應該酌予減薄（或增加夯重）。如果條件許可，在填土打夯時，最好能撒水少許。

乾土、濕土最好混合利用，或分層分行互填。含水過多的土壤不宜利用，以免影響路基之穩固。

（6）夯夯相連

「夯與夯」「行與行」應互相連接，特別是分層交界的地方，都要貼緊，以求普遍夯實。當天所填的土，一定要在當天夯完。接近邊坡地方，尤應該仔細填築夯實，以免發生分離現象。

（7）打夯方式

打夯方式，有一種是先在一個夯位徹底打好以後，再向前移動，提夯應一下比一下高，使夯垂直起落，並可舉高打好。（按西北的經驗是：連續打三下，頭一下因移動位置關係以抬高4～5公寸為宜，太高容易搖動不穩，二、三下要提高到5～7公寸。）

另一種方法是把三個夯排在一條綫上，一夯挨一夯地向前打，打一下向前移動一步夯位。這樣打，近似工作競賽，但夯的起落呈拋物線形，不能垂直，因而舉夯受到限制，着地容易傾斜，結果常不易打平。

（8）打夯工具

現時用的人工打夯工具有木夯、石夯以及打夯車等。夯的種類很多，形狀也有多種，但根據成渝、天蘭兩路的經驗是4人抬的木夯（50～70公斤）和石夯（75～90公斤）較為適用。

木夯的特點是：

1. 重量較輕，舉夯容易（可提高7公寸）；
2. 搬運方便，取材便利，製做容易；
3. 體積較長，打夯時容易動搖，力量如果使不勻就要傾斜落地，結果不易打平，因而收效欠佳。

石夯的特點是：

1. 可以克服打木夯時動搖不穩的缺點；

2. 用四根木棒做成井字形的抬槓，四個人在四角上動作，移動既較便利，使力也較均勻，操作也容易持久；
3. 石夯較重，提高易受限制（普通僅可提高5~6公分）；
4. 不便搬運，製造比較費事。

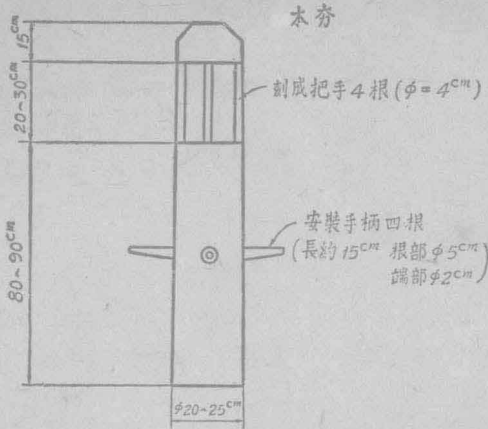


圖1. 木

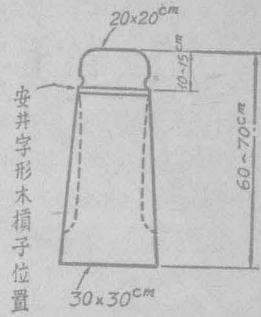


圖2. 石 夯

西南局很多同志更根據槓桿原理創造了各種各樣的打夯車，用以提高工作效率。惟在推行時尚值得研究改進一下，這裡僅介紹兩種以備參考。

說明

1. 石夯約重160公斤，桿架約重35公斤。
2. 重臂長70公分，力臂長230公分。
3. 夯高77公分，架高80公分。
4. 所需操作力為32.3公斤（槓桿重量未計算在內）。
5. 工效普通操作速度每小時約可打一千下，在三公分厚的土層上打兩遍可合質量標準，比四人抬夯工效高一倍以上。

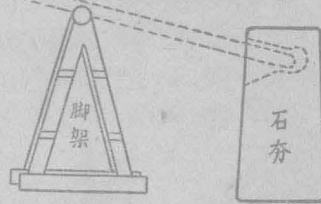


圖3. 槓桿式打夯器（西南局李惠民同志創造）

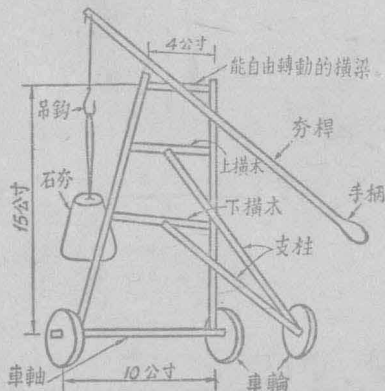


圖4. 打夯車

在大段填土的地方還可以使用人曳或畜曳的鐵滾或石滾，因重量較大，故滾壓堅實，各現場可斟酌配合試用。

(三) 打眼放炮

石方工程的施工原則是：要用少量炸藥和人工來爆破大量的石方，工具消耗量要少，清理廢石也要容易，以期作到「省」和「快」。因此在工作中，如何選炮眼、打炮眼、擦炮眼、裝藥放炮以及製藥等問題，都是亟需注意研究的。茲特綜合各路先進工作者的創造經驗，分別介紹於下：

(一) 選炮眼

(1) 要注意岩石的組織：

在爆炸堅石選定炮眼時必須注意岩石的組織，如岩層、岩質、岩石形狀及紋隙等。在有裂紋和水濕的石頭上，應該避免打眼，以免漏氣。選炮眼時，可用鐵錘在岩石上敲擊，用耳聽測，如有空音，則內部可能就有裂縫或水濕。有些岩石表面雖有裂縫，裡面却是完整的；遇此種情形可先削去表層再打炮眼。石頭表面如有鬆石沙土亦應預先清掉。

(2) 要考慮炮眼的位置：

選擇炮眼必須儘量選擇露空石面較多之處，亦即儘量使爆炸圈多面臨空。因臨空面愈多，爆炸的牽制面愈少，阻力也愈少，爆炸效果也就愈大。

火藥在炮眼內燃燒的瞬間，發生大量氣體和高熱，這些氣體必然向各方面膨脹，找尋出路，因而使周圍的岩石受極大壓力而崩裂。如岩石一面臨空，則該臨空面因為抵抗力最小就成為唯一爆炸面。其爆破體積大致成一漏斗形(圖—5)。

如岩石兩面臨空，則爆破方向就有兩面，其爆破效果除因增一爆破斗而提高一倍外，兩漏斗中間部份亦將同時被炸出；如果石頭三面臨空，其爆破的效果當然更大(圖—6)。

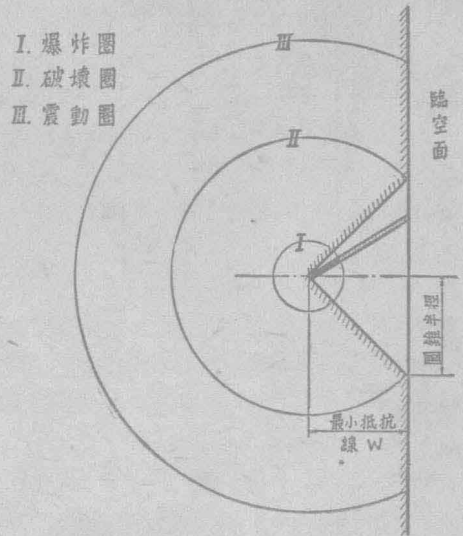


圖5. 爆破漏斗

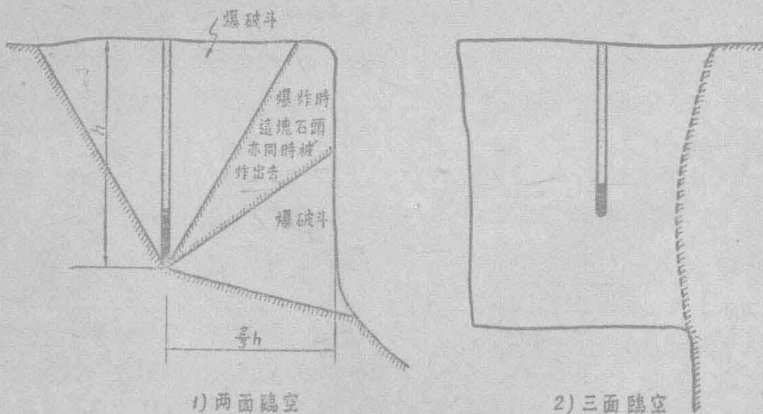


圖6. 多面臨空爆破圖

根據現場的一般經驗，如石頭三面臨空，用黃藥(甘油炸藥)爆炸時，最小抵抗線可長達1.5公尺，如只一面臨空，則不宜超過1公尺。用黑藥時因威力較小，其抵抗線長度不宜超過

0.8~1.0公尺，且最小抵抗線(W)須短於炮眼深度或W約等於 $\frac{1}{3}W'$ (圖7)。

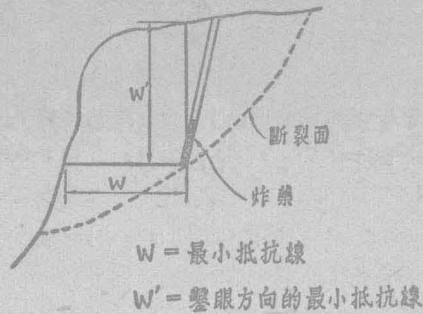


圖7.

(3) 要注意留好炮眼的互距：

在炸特堅石並使各炮眼同時爆炸時，各炮眼間的相互距離至少應等於最小抵抗線長度的二倍；普堅石則為一倍半至兩倍；次堅石為一倍至一倍半；軟石則約等於最小抵抗線長度，但不宜超過。

用黃炸藥時，炮眼的互距通常以不超過 2.5 公尺為度；用黑炸藥時，通常以不超過 1.5 公尺為度。

平排炮眼不可並列在一條直線上，必須前後錯開，以防先炸的炮眼所炸裂的石頭影響鄰近的炮眼爆炸。

(4) 要預測炮眼的方向：

炮眼的方向應該隨着岩石外形、紋層、罅隙等實際情況的不同，分別選用正眼、斜眼、平眼、倒斜眼和吊眼等五種。選眼時必須結合打眼方法予以適當考慮。

(5) 要考慮炮眼深度和裝藥量：

炮眼深度應該根據預計爆破石方數量、炸藥種類和石質硬度而定。

一般經驗：用黃炸藥時，通常炮眼深度為 0.8~1.2 公尺；用黑炸藥時，為 0.6~1.0 公尺。決定炮眼深度還應考慮到裝藥量的多寡。裝填黑藥時普通以不超過眼深的 $\frac{1}{3}$ 為原則。

根據西南民工的經驗，裝藥量與其使用範圍略如下表所示：

爆 破 情 况	裝藥量與炮眼深度之比	使 用 範 圍
微 震 動	$\frac{1}{6}$	使用於四面臨空之岩石
震 動	$\frac{1}{6}$	使用於三面臨空之岩石
平 常	$\frac{1}{4}$	使用於一般阻力較大的岩石
強 力	$\frac{1}{3}$	使用於一面臨空四周阻力較大的岩石

(6) 要注意改造地形：

為增大臨空面，以便多炸石方，並增多工作面起見，有時必須設法用人工改造地形。如在原地面上開一長槽（挖槽），使兩邊石層暴露，又如在石坡上隨坡選眼爆破，使爆炸後的石面成一台階形，因而增大臨空面。

(7) 要專業化：

讓善於選擇炮眼的人專門負責選擇炮眼，打炮眼的人專打炮眼。這樣，可使打炮眼的人不致

浪費時間，另一方面可使選炮眼人能全面地考慮問題——儘量避免密集放炮，使每一炮都能發揮其應有效果。

(二) 打炮眼

(1) 錘擊法：

一人扶錐，另一人用4公斤鐵錘打眼，或由二人輪錘雙打，以之開鑿炮眼。西北鐵路工程局更創造出「單人打眼」辦法，效率更高（見本書第17頁）。這裡先將雙人打眼的工作要點略加介紹：

1. 扶錐要穩正：雙手緊握鋼錐（兩手上下相距約3公分）並隨時注視鋼錐，使它保持一定的方向。當鐵錘擊到鋼錐時，應順勢下壓鋼錐，同時將手放鬆，使錘擊的力量全部落到錐上。每打一錘，應將鋼錐抽動一次，並旋轉約 30° ，使打成的炮眼得以光滑；抽動時，應使鋼錐直上直下，以免眼口變形。

2. 利用鋼錐衝出石粉：扶錐人每隔十錘上下，要利用舉錘落錘的空間，把鋼錐高提然後用力下衝，以便將炮眼中石粉衝出，於是就減少了用「耳挖」掏石粉的工作。

3. 打錘要活要準：打錘時，兩腳應稍稍分開，一前一後，站在穩固的地方，使身體能靈活轉動。揮錘方式隨地勢和用途的不同，大致可分為4種：①大臂錘——適用在寬闊的地方錘打正眼；②小臂錘——用處較多，常用於打斜眼，在狹隘地方也可以使用；③翻山錘——通常用於打斜錐劈石工作；④游擊錘——用於打平眼、倒斜眼或吊眼。揮錘時要看準錐頭，兩手稍稍分開，自下向上（或向後）揮轉，成一弧形。當錘舉過頭頂時，後手要握緊錘柄，前手順勢向後靠攏，並乘勢下壓，以增加落錘速度。落錘時錘柄與鋼錐應當保持垂直，這樣可以增大錘擊效果，並可避免滑錘。

4. 動作要協調：在動作上打錘人與扶錐人必須協調一致，保持速度均勻，工作持久，才能提高工效。為調節疲勞，打錘人和扶錐人應適當地互換工作。

(2) 單人衝錐法：

單人衝錐法是西南局民工勞動模範顏紹貴同志的偉大創造。這種方法尤適於次堅石、鬆石之類的軟岩層上，較之上述錘擊法提高工效甚著，故也是我們推廣介紹的首要對象。茲將此法的主要內容列舉於下：

1. 單人衝錐用的工具

① 開門用套筒：套筒分木製和石製兩種。石套筒由於本身重量大，所以比較穩固；木套筒重量輕，必須在套筒外邊另設一個「腳踏板」用腳踩住，才能穩固（套筒的構造見圖8）。此外，西北局更創造了「開門用手搖鑽」以代替套筒，據說也很實用（見本書第74頁）。

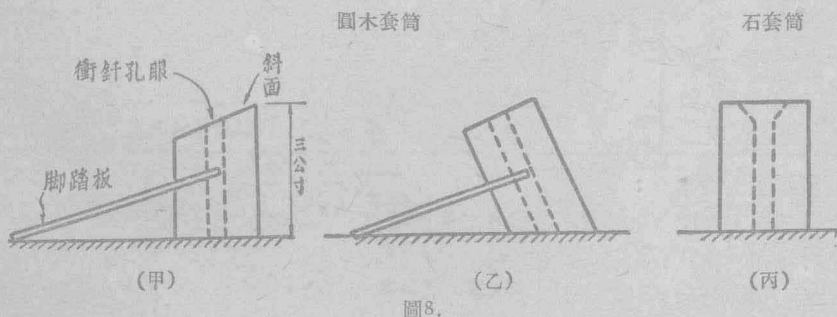


圖8.

附註：1. 斜面可以依照打斜眼時所通用的角度而定，必要時可以更改。

2. 打正炮眼時放置木套筒如圖(甲)，打斜炮眼時把它倒過來如圖(乙)。用漏斗形石套筒則如圖(丙)。

② 鋼鈎：改進鋼鈎對於單人衝鈎法工效的提高，有着決定性的作用。因此我們着重地介紹下面這些經驗，希望現場同志，特別注意，研究改進，以期工效繼續提高。

甲、鋼鈎長度：鋼鈎以用 2.5 至 3.2 公尺長的最為合適，過長易顫動，過短重量不足（鋼鈎短至 2 公尺以下時，可以接長或套上大錘使用）。鋼鈎兩頭都要開刃，以便倒換使用。

乙、鋼鈎刃型：刃型種類很多，應根據石質硬度，靈活選用。根據西南局的經驗，綜合起來可分平型、弧型、劍型、凹型和雜型等五種（圖一 9）。其中平型，劍型和凹型，比較單純，容易鍛製，適用於較費鋼鈎或易使鈎刃捲斷的堅石上。弧型還可在刃上開缺口變為兩瓣型或三瓣型。

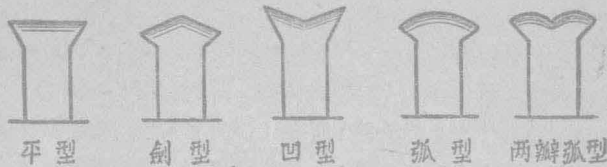


圖 9.

雜型則有下列各種類型如附表：

類 型	略 圖	特 點 與 效 能
鷄 冠 形 (S 形)		<ol style="list-style-type: none"> 1. 刃薄而鋒利，宜於粗砂石； 2. 鈎刃易翻捲，不宜於細砂石及特堅石； 3. 在西南創過八分鐘打一公尺的新紀錄。
多 齒 S 形		<ol style="list-style-type: none"> 1. 由鷄冠形改良而成； 2. 因鋸齒關係刃部的接觸面縮小了，使刃部更為尖銳，但整個接觸寬度並未減少； 3. 在西南局創過五分鐘內打九公尺的紀錄。
鷄 爪 形 (三叉形)		<ol style="list-style-type: none"> 1. 刃堅而銳是雜型中最宜於堅石的一種； 2. 鍛製較困難。
梅 花 形 (四角形)		和鷄爪形相似。
魚 口 形		<ol style="list-style-type: none"> 1. 因鈎頭與石頭接觸面增大，易於翻砂； 2. 鈎頭中空，拔起容易。

(此外尚有雙口銼子形等從略)

丙、鈎刃厚度：鈎刃厚度應按石質的硬度來決定。一般來說：開堅石要鈍（厚）些，開軟石要銳（薄）些。

丁、鈎刃寬度：使用於較硬的岩石時，刃寬應比鋼鈎直徑每邊多出 2~3 公厘。如：鋼鈎直徑為 22 公厘，鈎刃就應該做成 26~28 公厘寬。過寬，衝鈎時則費勁；過窄，提鈎時不易將石粉帶出，且容易夾鈎。使用於較軟的石頭時，鈎刃寬度可展寬至 3.5 公分。

戊 鋼鈎淬火：一般鋼鈎每日要淬火一次。淬火時應只將鋼鈎的扁盤口最尖處淬上5公厘左右，淬深了容易折斷，淬不足就會捲口，故應求適當。淬火用水，有的主張用鹽水，有的主張用柴油，但據西北試驗結果，一般仍以用冷水為宜。淬火後可將鋼鈎插入土中，或用黃泥包住，以免鋼鈎因驟冷變脆不耐使用。

2. 單人衝鈎的工作方法：

① 掌握鋼鈎：右手置於胸部，拇指向上，緊握鋼鈎；左手置於腹部以拇指朝下，反握鋼鈎。兩手間距離約35~45公分。上提鋼鈎時右手昇到耳旁為止，左手要用力；下衝鋼鈎時，回到原位，右手要多用力。如此上提下衝，保持鋼鈎與炮眼的正直方向。為減少疲勞，隔相當時間，左右手可以互換一下。工作時兩腳距離要與肩寬一樣，身子要微向前傾。衝提動作要均勻，不宜太快或太慢，每分鐘衝擊約60~70次。每次衝擊應順手將鋼鈎微向右轉，這樣的逐次轉動可將炮眼衝成圓形；這和錘擊法中扶鈎的人要每次轉動鋼鈎的作用是一樣的。

② 開門：從打眼開始至打深3公寸止，叫做「開門」。開門時要做好灌水工作，也就是要打水眼以減少鋼鈎的阻力。灌水方式有兩種：一種是使用底部具有幾條流水溝的套筒，並在套筒的周圍築堰灌水，使堰裡的水通過套筒流入炮眼裡去（木製或石製套筒均可用）；一種是使用上面作成漏斗形或臼形的套筒，以套筒本身裝水，不另行築堰，但應將套筒底部用泥密貼在石面上，以防漏水。

築堰可用粘性黃泥（直徑約40公分，高約10公分）或用抹有黃泥之無底篋筐作成圍堰。無論採用何法都應用手將泥面抹光，以免漏水。圍堰築好後即注滿清水，然後將套筒放入，進行打眼工作。

用套筒開門，主要是為控制鋼鈎的衝擊方向，一般只有在開堅石或衝鈎技術不够熟練時才使用。有時，「開門」也可利用錘擊法，或利用開門用的手搖鑽，對於軟岩或可不用套筒的就直接衝鈎。

③ 衝鈎：炮眼深度達到3公寸後，套筒就可以取去，繼續用衝鈎法向下深衝炮眼。這時應當注意鋼鈎帶出來的石粉是否有太稠的現象，如果感到衝提鋼鈎不太靈活時，就應當加注些清水，以保持潤滑；否則炮眼內的泥漿稠了，阻力大，就會抵消炮鈎的衝擊力。根據一般情況，打1.5公尺深的炮眼，在築有圍堰時，一次把水灌足後即可用到打完。

配合打水眼工作，現場還創造了自動滴水辦法。通常利用一個小水桶（或小鐵盒）內盛清水，放在炮眼的旁邊，在水桶旁開一小孔，插一個細竹管，導水滴進炮眼內，應用便利。

3. 單人衝鈎法的特點：

① 作業安全：一個人單獨工作，可以避免因打錘受傷的事故。

② 省工：作業迅速、工效高。根據西南局工程總隊的紀錄（對西南地區的普堅石），平均每人每日可打眼25公尺，較錘擊法提高工效5~6倍。

③ 省料：不用打錘，可省掉大錘和錘把的消耗，鋼鈎消耗也比錘擊法省得多。

④ 適用於石質較軟的石頭——軟石、次堅石和普堅石；對過硬的岩石不適用，因堅石衝鈎易發生跳動，工作時震手又易疲勞，工效不高。

⑤ 適用於較深的正眼和斜眼；對於太淺的眼因開門費工，不經濟。對於平眼、倒斜眼和吊眼因衝鈎困難和不能灌水，故不適用。

⑥ 必須打水眼因而增加了圍泥灌水和擦眼的麻煩。

4. 單人衝鈎法和錘擊法的適用範圍——打鈎方法的選擇：

衝鈎法和錘擊法各有特點，互有短長。根據西北的經驗，今後必須吸取二者的長處，並根據

石質硬度、打眼方向、深度、地形和氣象等具體條件，同時配合着應用。更具體的說：

① 從石質來講：特堅石及一部份較硬的普堅石，仍應沿用錘擊法，其餘應採用衝鈎法。根據西北的情況，如以錘擊法作標準：①一天打眼不到3公尺者，暫時可不考慮衝鈎法；②一天可以打到3公尺到5公尺者，即可斟酌採用衝鈎法；③一天能夠打到5公尺以上者，一定要普遍採用衝鈎法。

② 從打眼的方向來講：正眼和斜眼要採用衝鈎法；平眼，倒斜眼和吊眼仍應沿用錘擊法。

③ 從打眼的深度來講：太淺的炮眼，如在五六公寸以下者，因為開門費事，應考慮比較那種方法經濟；打深眼時，要儘量採用衝鈎法。

④ 採用衝鈎法時應該考慮氣候和地形。因衝鈎法必須打水眼，打完還須擦乾才能裝藥，故在嚴寒地區便受限制；再如地面太窄時，亦不便工作。

（三）擦炮眼

（1）掏除泥漿

炮眼在用打水眼的方法打成以後，裡邊的泥漿（包括水漿和石屑）必須要掏除乾淨。抽除水漿可使用竹管製成的唧筒。西南局民工創造的「膠錢挖耳」也很簡便適用，其方法是以舊膠鞋剪成直徑和炮眼相同的圓形，用兩個銅錢夾住，上面的銅錢略比下面的銅錢大些，套在竹桿或木桿的一端。使用時將它塞進炮眼內，膠錢因受空氣和泥漿的阻力而上捲，待塞到炮眼底再抽出時，即可帶出泥漿，如此上下抽動即把泥漿掏除。

掏除石屑可使用竹片或熟鐵做成的耳勺；最後可使用竹片或鐵針裹上碎布或乾草將炮眼擦淨，然後裝藥。

炮眼乾燥，炸藥即不易受潮，爆炸的效果亦愈好，所以擦炮眼這項工作是不容忽視的。

（2）吸乾水份

爲使炮眼乾燥並爭取快乾，可使用柴灰或石灰撒進炮眼，以吸乾水份。

（3）特殊處理

如遇炮眼內水份因有泉眼或其他原因無法擦乾時，可在炮眼內裝入一個有底的中間打通並不漏水的竹管，然後裝藥點炮。此外還有利用豬腸裝藥的方法，用時豬腸應先吹脹曬乾，並擦清油一遍。

（四）裝藥（指裝黑炸藥）

（1）裝藥舊法——上部燃燒

舊法裝藥都是使用明引線。就是說：引線是在炸藥上端引火。用此法時，往往下部炸藥還未及燃燒，上部炸藥就開始爆炸，因而減低了爆炸效果，並浪費了炸藥。

其方法是：先在炮眼內裝好炸藥，用炮針在炸藥上端鑽一小孔，封土後把炮針拔出，穿進引線然後點炮。

（2）裝藥新法——下部燃燒

裝藥新法是西南局民工謝家全小組的偉大創造，最初叫做「竹兒炮法」；以後又經民工們創造了「穿引線法」和「吊引線法」等新法，更加改進了裝藥技術。這些裝藥新法的目的，都是使炸藥從下部燃燒以期有效地發揮其最大威力，而達到用少量炸藥多炸石頭的目的。

新法的特點是省工省料，打多深（指適當的深度）的炮眼就炸多深的石頭，不致發生折眼現象，因此也就減省了打眼人工。（折眼現象恰說明了裝藥舊法的劣點）當由底部引燃時，由於爆炸前有火花上冒，使炸藥自下而上地充分得到燃燒，因而就增大了爆炸的效能，節省了炸藥。

根據成渝路實行的結果，平均每方石方由用炸藥八兩減少到三兩，節省炸藥達百分之六十二

以上。

1. 怎樣才能徹底做到「下部燃燒」呢？從理論上來講，要想徹底做到「下部燃燒」必須把引線穿進一個具備下述條件的圓筒裡：①隔離：能使炮眼裡的引線和炸藥（不包括底部）徹底隔離；②耐火和抗熱：它本身不會因引線的燃燒而着火，並不會把全部熱度傳到炸藥上去；③堅固：搗藥時不致發生破裂。根據西北試驗結果，以使用「竹管」最為有效，這可由爆炸後的短竹管上部完整而下部被炸成粉碎的事實，得到證明。葦桿或帶皮的蘆桿等如果經過試驗，能以確保下部燃燒時，也不妨使用。

2. 各種下部燃燒的作業方法——主要的有下列幾種：

① 壓引法

甲、謝家全竹兒炮法（圖—10）

用較炮眼略長的細竹管一根，劈成兩半；取其大半把竹節打通並在尾端鑽好上下兩孔。

把引線放入半劈竹管槽內，尾端從下孔穿出，打成一結，以免縮進孔內。上孔的作用可使炸藥漏進少許以加速引線的燃燒。

裝藥應將裝好引線的半劈竹管放入炮眼裡，使劈面和炮眼壁緊貼，最好靠在抵抗力大的一面；然後裝入炸藥，一面裝一面搗，裝完後用乾黃土封好搗緊，然後點炮。

乙、短竹管壓引法（或用長竹管）

根據裝藥深度，選用適當長度的穿通短竹管一根，下端削成缺口或叉口（圖—11），以便穿出引線和炸藥接觸。

短竹管的內徑至少要有5公厘，外徑最多不超過13公厘；否則內徑太細，引線不易穿入；外徑太粗，佔炮眼的位置要多，因而影響裝藥量。短竹管的長度至少要比裝藥

深度高出兩公分，以防漏藥着火。

裝藥時，先把引線（最好用粗

引線或用幾根細引線捻成一條）穿入竹管內，並在竹管叉口處打一個結，以免脫落；同時把竹管上端的縫隙用紙塞好或用紙圍住，以免裝藥時落進炸藥或黃土；然後把這個穿好引線的短竹管放入炮眼裡，使與炮眼壁緊貼；接着就可裝藥、封土和點炮。

②穿引法

甲、短竹管穿引法（圖—12）

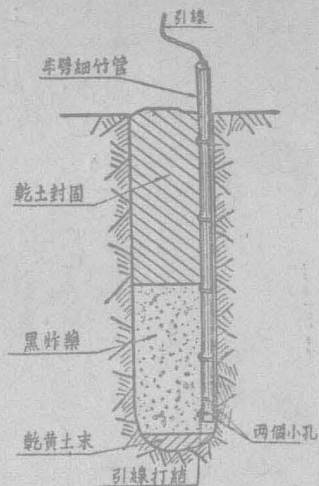


圖10.

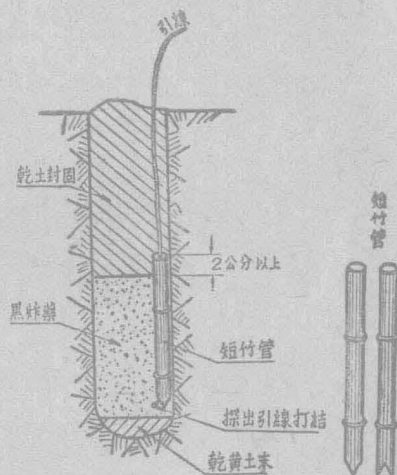


圖11.

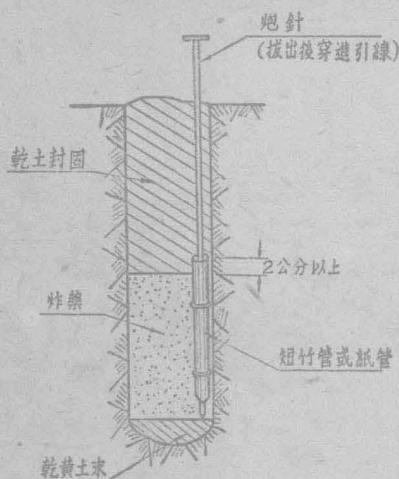


圖12.

同短竹管壓引法，先選取長度適當下端制有叉口的短竹管一根。裝藥前，先將炮針穿進短竹管內，然後一併插入炮眼。待裝藥封土搗緊後將炮針拔出，在點炮時再穿進引線。

乙、紙管穿引法

用較厚的洋灰袋紙裁成二指寬的長條，再用炮針一般大的木棍做軸，捲成紙管。紙管的長度視裝藥量而定，一般應較裝藥深度長出兩公分。

裝藥時，把紙管套在炮針的下部，針尖要露出3~5公分，然後插進炮眼，裝藥封土。當炮針拔出時，由於藥和土都已搗緊紙管就不致隨炮針一起拔出。此後即可穿進引線點炮（參考圖—12）。不過紙管只適用於單股細引線；引線粗了熱度高，容易中途燃燬紙管，因而不能達到下部燃燒的目的。這種方法的缺點是因為單股細引線軟，不易插進紙管，且因火力也弱，又容易發生瞎炮。

此外還有「吊引法」因缺點太多，故不作介紹。

註：在壓引法、穿引法中如採用洋灰紙管或藤桿等以代替竹管時，可藉下述簡單試驗來判斷其能否保證達到下部燃燒的目的。

1. 用一個長3~4公分帶有底節的竹筒，其內徑與炮眼略同，節底上預鑽一小孔。將試驗材料套在引針上插進竹筒，並穿出底節外部。

2. 向竹筒裏裝藥、填土封口，與普通向炮眼裝藥相同。

3. 抽出引針，插進引線並穿出底節外部，然後點火試驗。如引線燒盡而筒內炸藥不燃燒爆炸，即說明已達到下部燃燒的目的。

（3）各種下部燃燒作業方法的比較

根據西北推廣的經驗，上述各法以「短竹管壓引法」和「短竹管穿引法」為最好；但據最近西南勞模謝家全來信說「紙管壓引法」經試驗證明是一個最好、最省、最簡便的裝炮方法，他們現在已經普遍採用了。茲將各種下部燃燒作業方法的特點，分析比較於後：

方 法	優 點	缺 點
壓 引 法	<ol style="list-style-type: none"> 1. 適用於各種方向的炮眼； 2. 不用炮針，漏汽少可增加炸藥威力； 3. 不易瞎炮。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 先裝引線易受潮且易「走火」； 2. 多費引線； 3. 短竹管上露出的引線在搗藥封土時易被搗碎或撞斷（用長竹管可以克服這個缺點）。
穿 引 法	<ol style="list-style-type: none"> 1. 適用於各種方向的炮眼； 2. 較省引線； 3. 點炮時才穿引線，引線不會被搗破或撞斷； 4. 受潮的可能性少； 5. 瞎炮時再放較易。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 裝藥點炮比較費工； 2. 用短竹管或紙管就必須使用炮針，容易漏氣；如用半劈竹管，在裝藥時容易擠進炸藥或黃土，因而可能發生上部燃燒或瞎炮現象。

（4）裝藥作業的注意事項

1. 為了減少炸藥浪費並便於工作，應事先將黑炸藥及黃乾土分別包裝成爲棒型的「藥包」和「土包」，其直徑應比炮眼略細，長度可在1公尺左右，以便填塞。裝藥時將「藥包」和「土包」按需要數量依次向炮眼內填塞。這個方法特別對於平眼、倒斜眼和吊眼最為有效。

2. 使用黑炸藥必須使它保持一定的乾燥程度，才能發揮它應有效力，但因黑炸藥最易受潮，故裝藥前必須檢查黑炸藥是否有受潮現象。裝藥後應該儘量及早點火，以免在炮眼裡受潮。

3. 往炮眼（特別是堅石的炮眼）裡裝藥時，應該使用木製或竹製的細棍搗填。絕對不許使用鐵器，以免觸石發火，引起爆炸。

4. 在探進炮眼裡的引線端頭或引線打結上，扎些小眼，據云對防止瞎炮亦有一些作用。

(五) 放炮

過去老法放炮大都是利用引線的長度來調節時間。這個老法子太費引線，時間也調節得不準確，因而容易發生危險。因此西北局勞模張維田同志想出了在引線上拴保險頭的辦法，不僅大量節省了引線使放炮安全並能夠同時放很多的炮。

(1) 引線上拴保險頭的方法

這是用引線頭留藥量的多少和拴的鬆緊來控制燃燒時間的有效辦法。所謂「保險頭」就是在引線的一頭做成長約6公分的「保險」引線；引線內藥量減少，並拴緊，使引線頭在點火後的燃燒速度延緩；這樣，點炮人就能夠在各炮引線都點着後有足夠的時間躲避至安全地帶。

留藥量的多少和拴的鬆緊要視點炮的次序而定。藥多了燃得快，少了燃得慢；拴緊了燃得慢，拴鬆了燃得快。經驗是：

1. 最初十炮，各留藥量並以拴的鬆緊來控制；
2. 第二個十炮，各留藥量並以拴的鬆緊來控制；
3. 第三個十炮，各留藥量並以拴的鬆緊來控制。

留藥的方法：把已做好的引線，在距引線頭6公分處用手捏住倒置，以另一手的手指輕輕彈動引線頭，使裡邊的藥末緩緩瀉出，直到殘餘藥量，達到所需的程度為止。隨後再把引線頭用手指拴緊。這樣保險頭便作成了。

保險頭的燃燒時間最慢的需十分鐘，最快的需三分鐘。因此保險頭應按其所需燃燒的時間，記上不同的記號，以資識別而利於選用。

(2) 一般的放炮法則

1. 從外層往裡層點放，使外層靠近臨空面的炮眼先爆炸以造成裡層炮眼的多面臨空，減少炸藥的阻力，增加爆炸的效果。（此指露天開挖而言）
2. 如炮眼在不同的高度上，應使下層的炮眼先爆炸，次及上層，以免上層的落石壓熄下層的引線。如在同一平面上，則下層炮眼先炸後，可使上層的炮眼懸空，藉着岩石自身的重量得到更好的爆炸效果。
3. 點炮的先後要按保險頭所需燃燒的時間來決定。需時較長的一定要先點，需時較短的一定要後點；這樣可使很多的炮（排炮）連續爆炸，並可使點炮人有充分時間躲避。

(3) 放炮作業的注意事項及安全問題

1. 各種有保險頭的引線所需的燃燒時間須事先予以測定。在施工之初，放炮的炮數應該盡量少些，等到工人獲得經驗，掌握了放炮技術以後，再將炮數逐漸加多。
2. 一般點燃引線忌用明火，最好用香火或紙捻點燃，以免發生危險。
3. 點炮人應向炮眼爆炸的相反方向躲避。
4. 如多炮同時燃放，因炮眼分散距離過遠，一人不及點燃時，可由幾個人分點；但事前必須把「放炮範圍」「點炮次序」和「躲避路線」商量好，並須在統一的領導下有組織地來進行。
5. 點炮時要記清所點的炮數，點炮後要統計實際爆炸的炮數，以便檢查瞎炮。
6. 點火之後發生未能爆炸的炮眼，不可急往查看，至少要候20分鐘方可接近處理。並應審慎考察其原因，切不可任意鑽挖，必要時應先澆水，使炮眼裡的黑炸藥浸濕再掏，絕不許乾掏。

註：所有爆炸工作的安全問題，應該切實依照部頒「土石方技術安全規則」第四章所規定的事項辦理，並應隨時注意檢查，以防發生意外事故。

(六) 製藥

(1) 新黑炸藥成份的介紹

黑炸藥效能的高低，對於爆炸石頭有直接的影響，所以研究如何提高黑炸藥的性能在石方工程中佔着一個極為重要的地位。根據張維田同志多年的研究，在實際製藥工作中調劑了黑炸藥的成份，其效能較之普通黑炸藥要高得很多。

茲列表比較如下：

炸藥類別	配合成分 (公斤)			配合百分比			顏色	形狀	硬度	爆炸情況及效果
	硝	磺	炭	硝	磺	炭				
普通黑炸藥	100	25	20	69	17	14	黑色	碎末	軟 (以手揉易成粉末)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 音響大，爆炸力往上升，炸力小； 2. 發火點高，易有瞎炮； 3. 一公尺深炮眼須裝藥 5.0 公寸
新黑炸藥	100	43.75	12	64	28	8	青灰色	絕大部分是片狀	硬	<ol style="list-style-type: none"> 1. 音響小，爆炸力向橫發展，炸力大； 2. 發火點低不易有瞎炮； 3. 一公尺深炮眼可只裝 2.5 公寸深炸藥。
(最近改進的成分)	100	46	14	62	29	9				

從上表可以看出新成份的特點是「磺特別加多了，炭特別減少了，硝也相對的減少了」。理論根據是：1) 由於硫磺是易燃性的物質，如果能適宜地多用些，能使點火溫度降低（也就是說發火點低），火焰大，氣體的產生量多，爆炸力也大，且可減輕有毒氣體的發生；2) 由於木炭是引燃且可減低炸速的物質，所以炭適當地少用了，可使炸藥的敏感增加，亦不致於影響安全；3) 由於原料製法和氣候等具體情況不同，黑炸藥的威力，也就有強弱之分。因此，黑炸藥的成份，應隨時根據上述情況和用途，予以試驗和調劑。

(2) 原料的選擇與提煉

1. 硝的提煉

毛硝（即天然硝）常常含有雜質和鹽分，在製造炸藥前必須提煉成純硝方可使用。毛硝是否含有鹽分要事先試驗。方法是：放少許的毛硝在木板上，點火使它燃燒，如果燃燒時發生音響，火熄後在木板上又殘餘白色凝固的物質，這就是含鹽硝。

提煉純硝是用水煮，其法如下：取 100 公斤毛硝加水約 15 公斤，用鍋加火煮化。煮時如有大量泡沫，可加入少許菜油，使泡沫不再浮起。等到毛硝充分溶化以後，如果是含鹽硝，在鍋底上發現有鹽質的沉澱時，即可加膠水；如果是無鹽硝可用木棒把鍋內的液體挑出一點，高舉空中，如液體成膠狀下垂，能在木棒上粘著 23 公分的長條時，即表示硝已溶化可以加入膠水了。膠水是用 0.25 公斤牛皮膠加 4 公斤水煮成的，應在事前準備好。膠水最好分三次連續倒入，倒入後硝內的雜質就漸漸為膠質所粘附而浮在鍋表面。這些雜質用勺撈出，倒入另一個容器內。雜質全部取淨後再用軟火繼續煮十幾分鐘，鹽質就逐漸變成顆粒沉澱在鍋底。這時就可以用細布把鍋內液體過濾而把鹽粒分提出來。濾後的液體，冷置十二小時後，即凝結成透明的純硝，並殘留一部分不凝固的液體（約 15 公斤）。這個液體就是滴水，裡邊仍含有少量的硝，可留待下次一併再為提煉。撈出來的雜質也不可棄掉，仍可加水攪拌，用同樣方法再提煉出六至八公斤的純硝。

2. 硫磺的碾製

把大塊的硫磺先檢出來（大塊的底部大都留有約兩指厚黃黑色的磺底，成份雖不純，但仍可

勉强使用)。剩下的硫磺塊末，如含有泥土等雜質，可用風吹或水洗及過濾等辦法除淨。大小塊硫磺都要用石碾碾碎，碾得愈細愈好。在碾製時，工作人員應該帶上風鏡和口罩，以免粉末侵入體內損害健康。

3. 木炭的選擇

任何木炭都可以使用，但炭頭、炭皮及沒燒透的生炭，必須要挑別出來。剩下的好炭，要砸成小塊加些水分後入碾，碾碎後過篩。篩剩的雜質應棄去，使用的只是過篩後的炭粉。在碾壓木炭時為防止炭粉飛揚，應經常加入少許水份，以求濕潤，工作人員並應帶上口罩和風鏡以保護健康。

(3) 炸藥的製造

1. 製造程序

按每 100 公斤硝加 12 公斤水的比例，把純硝加水在鍋裡煎煮。等到稍全部溶化以後，熄火停止加熱；再按 100 公斤硝加 12 公斤炭的比例，加入炭粉，炭粉要隨撒隨攪，不可一次倒入鍋中，以便充分攪拌均勻。最後再按 100 公斤硝加 43.75 公斤硫的比例，把硫磺粉投入鍋中，用鐵鏟拌勻。拌勻後取出，用石碾碾成細末，曬乾後就成了炸藥。

2. 碾壓工作

一般碾壓都是要壓四五遍才行，因為炸藥愈壓得細，密度愈高，爆炸的威力也愈大。但是碾製炸藥是製炸藥作業中最危險的一個工作過程，為了保證工作安全，碾壓的速度不可過快。工作場所應該禁止存置一切火種，並須隨時注意在炸藥上洒水，以便保持濕潤。

3. 曬乾或烘烤

炸藥碾成後，可利用日光曬乾。如在冬季或陰雨時期曬乾有困難時，可改用火坑烘烤。但溫度不宜過高，以免發生危險。如在施工緊急需要時，還可以用燒熱的鐵鏟做為烘烤的容器，以烘烤少量的炸藥。對烘烤容器熱度是否適宜，必須事前加以測驗。測驗的方法：可用少量炸藥置入容器內，如炸藥有跳動現象，則表示容器熱度過高，不宜烘烤；應待稍冷後方可加藥。如炸藥並無跳動現象，則為熱度適合、工作安全的表示。

(4) 引線的製造

1. 用藥的成份

製造引線所使用的藥末，因為用途不同，它的成份是和炸藥的成份不一樣的。後者要求發火點低，燃燒快，氣體的產量多，爆炸力強。前者要求安全（發火點稍高），燃燒慢，氣體的產量少，溫度不太高。根據張維田同志的經驗，引線所使用的藥末是按下列成份配製的：硝——69%，磺——9%，炭——22%。配製的程序完全與製炸藥同，但也有直接把提煉好的硝、磺和炭按上述成份乾混一起，攪拌均勻，加些冷水，碾成細末，過篩曬乾後就可做引線用的藥末。

2. 搓捲引線

先用桑皮紙裁成 2 公分寬的紙條，紙條一端用釘釘住。再用竹片（較紙條略長，作半圓形）挑起藥末，均勻撒在紙條上，然後加以搓捲便成引線。

3. 檢查方法

做好的引線質量如何要加以檢查。檢查的方法是：用腳踏著引線的中段，在引線的任何一端點火，如引線能夠繼續燃燒到另一端，不因腳蹣而熄滅，則此引線便可認為質量合格，可以應用了。