

一九五六年全國鐵道科學工作會議

論文報告叢刊

(41) 1957.11.1

大 爆 破 施 工 經 驗

人 民 鐵 道 出 版 社

前 言

1956年全国铁道科学工作会议征集了技术报告、总结、论文三百余篇。它的内容，包括铁路业务的各个方面，基本上显示着全体铁路技术人员和有关高等学校教师们几年来在科学技术方面辛勤劳动的成果。对现场实际工作有参考价值，对铁路新技术的采用和发展方向，有启示作用。为此，刊印丛刊，广泛流传，保存这一阶段内的科技文献，以推动科学研究的进一步开展。

会议以后，我们对全部文件进行一次整编工作，然后组织部内设计总局、工程总局、工厂管理局、人民铁道出版社、车务、商务、机务、车辆、工务、电务各局、铁道科学研究院、北京、唐山铁道学院、同济大学、大桥、定型、电务等设计事务所的有关专业同志对每篇内容仔细斟酌，选译其中对目前铁路业务有广泛交流意义，或是介绍铁路新技术方向、和系统的经验总结，将性质相近的文件合订一册，单独发行。为了避免浪费，凡是其他刊物或是以其他方式刊印过的文件，除特殊必要外，一般都不再刊载。出版顺序根据编辑和定稿的先后，排定丛刊号码，交付印刷，並無主次之分。

苏联铁道科学代表团在会议期间曾经作过九次学术报告，我们将文字整理，编入了丛刊。

文件中的论点，只代表作者意见，引用或采用时，还应由采用人根据具体情况选择判断。

丛刊方式还是一种尝试，我们缺少经验，希望读者提供意见，逐步的改进。

铁道部技术局

1957年2月

目 录

- (一) 鹰厦线大爆破施工经验.....中国人民解放軍铁道兵施工工程局
- (二) 大量爆破经验总结.....铁道部技术局

(一) 鷹厦綫大爆破施工經驗

中國人民解放軍鐵道兵施工技術部

目 次

I. 准备工作階段

(一) 藥室及導洞位置的定測; (二) 施工組織設計。

II. 導洞开挖工作階段

(一) 組織及領導; (二) 开挖導洞; (三) 开挖導洞的質量; (四) 施工安全。

III. 裝藥堵塞放炮階段

(一) 技術組的工作; (二) 作業組的工作; (三) 材料組的工作; (四) 機械組的工作; (五) 安全組的工作; (六) 放炮及爆炸后的工作。

大爆破每个工点的施工, 与一座桥梁、一座隧道的施工一样, 应作为一项单独工程来对待。因此在人力的組織, 机具的配备, 料具的供应, 技術的指導, 以及安全的措施上, 均应事先作詳尽的计划与佈置。它是一项复雜而又非常細致的工作, 任何的粗枝大叶, 麻痺大意, 都会給工程与生命帶來很大的危害。这一項新的工作, 对組織性、計劃性、准确性, 在施工中应提出高度的要求, 只有在領導上的重視、施工單位切实貫徹按設計及安全規程施工下, 才能得到良好的質量与安全的保証。在施工前后, 各部門的密切配合与联系是必要的, 这样不但可以保証施工的完成, 並可減少和防止一些不必要的損失。

按照施工的程序上, 可分为三个階段, 即准备工作階段, 導洞开挖工作階段及裝藥堵塞放炮階段。各階段的具体工作及經驗体会分別叙述於后:

I. 准备工作階段

首先应到工地詳尽勘察, 並進行導洞藥室位置的定測。根据实际的導洞位置來考慮工地的佈置, 劳动力的組織, 机械的配备, 材料的筹划等。准备工作做得越好, 施工的困难就越少, 而施工进度越有保証。根据已爆破的工点經驗, 往往因准备工作不够, 匆忙开工, 以致在施工中造成許多不应有的困难。如測量不周到, 使开挖工作困难, 或導洞歪斜, 水平偏差大, 甚至有半途而廢的; 道路不平, 影响安全及進度, 机械位置不当, 而使管路加長, 汽压不够, 材料筹划不足, 而使停工待料, 延誤工作。

(一) 藥室及導洞位置的定測

定測工作的准确与否, 將影响到爆破效果的好坏, 同时也可以作为核对原設計是否与实际地形相符合的依據。它对开挖工作, 改善設計, 总结分析, 有很大的作用。若忽略了

这点，就会增加开挖工作中的困难，不能检查是否符合原设计的要求；爆破后的好坏，也无法分析其原因。根据现场施工中的证明，在定测工作做得草率时，将使开挖工作发生困难，或是导洞方向歪曲，水平高低相差太远；或是导洞未选择到最适当的进洞洞口，增加了导洞开挖的长度。一般要求，定测要用经纬仪及水平仪来进行，沿线路中线上先定出药室及导洞的百尺标桩位，再根据此桩位在横断面上定出导洞的洞口位置。考虑到导洞开挖中减少施工中测量的频繁，应在定测中，如果是平窿，沿平窿中线的延长线上钉定三点，在洞口钉定水平基桩，这样在施工中只要以绳索沿三点拉直即可作为进洞准绳，在开挖工作中也不会发生方向歪曲的现象。如果是探井，只需要在四角打保护桩，即可施工。

因为原设计的断面图，往往是借附近的断面进行设计，对平窿探井的位置及其长度，均与实际是有些不符的。尤其是地形变化复杂的地段，注意了这点，在定测中就有必要在现场作详尽的对照及校核更正的工作。所以在定测中非但要把原设计的药室导洞位置在地面上测定，同时也有必要在实地量出洞口至洞底的实际长度，使现场的施工人员心中有数，到导洞竣工时能得到正确的位置。

在定测工作中应该钉定沿线路中心线的药室及导洞百尺标桩，导洞洞口中心桩，洞口水平基桩，探井四角的保护桩，平窿中线延长的进洞绳准三点桩（见图1）。实际量出洞

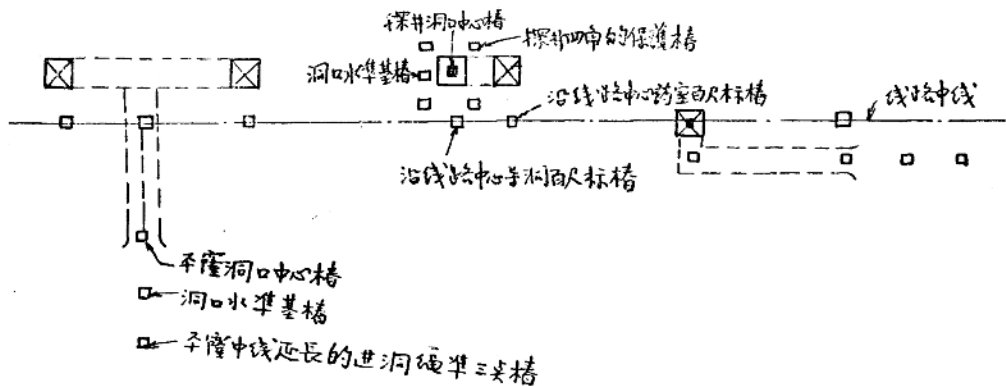


图1 定测时应钉立的标桩

口至洞底的水平长度。计算洞底至药室的长度。在开工以前在每个洞口钉定指示木牌，注明导洞药室号码，导洞尺寸及长度，使开挖工作人员看木牌就心中有数，把导洞药室的准确位置对工作人员进行交代，这样也可以减少以后施工中天天需要测量的工作，同时对以后导洞竣工检查也会很容易而迅速。

在定测中除了药室位置必须按照设计图施工外，如发现了原设计导洞的位置、布置得不适当，可以立即研究校正。在大爆破施工的初期，现场施工人员没有注意到这个问题，定测时没有灵活地根据地形改变设计上布置不适当的导洞位置，因此使在实际开挖中，导洞太长，费工费时，或地形悬崖陡壁，施工困难，或孤石地点，洞口易坍，支撑困难，或导洞太短改变了最小抵抗线方向。若在定测工作中，注意了这些问题，即可就地根据实际情况，将导洞移动至适宜地点，可以将平窿改成探井，也可以将探井改为平窿。主要是根据

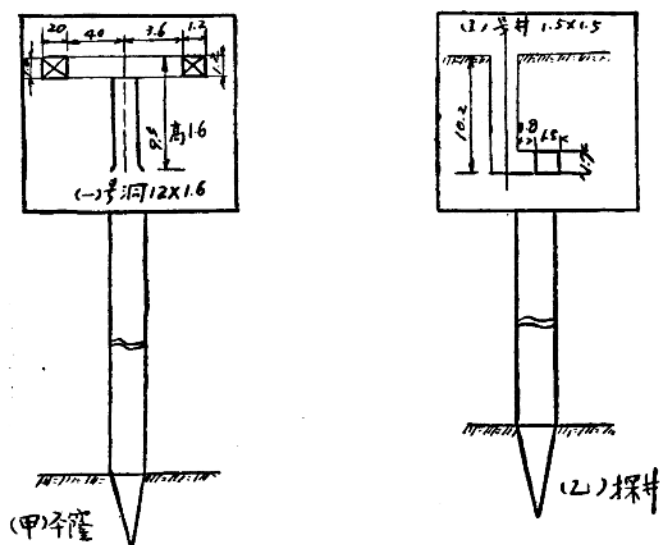


圖2 洞口指木牌

实际地形及時間經濟上的計算比較，來進行对設計的改善。根据施工中的体会在定测中可以改变導洞位置的情况，有下列几点：

1. 原設計探井太深（一般超过15公尺以上），支撐、出碴及洞中排水均有困难。在定测时，根据地形测出至藥室底的橫断面，如平窿不長可以改为平窿，如圖3。

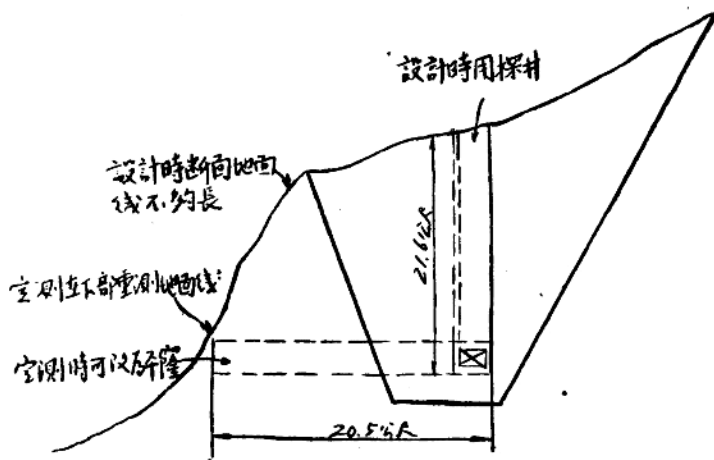


圖3 深探井可以改为平窿

2. 在綫路通过山嶺，不与等高綫平行或地形变化大的情况，原設計佈置有長平窿或深探井时，应在工地从藥室中心位置找出与等高綫大致垂直的位置，求出該綫与磁針或中綫

的相应角度，选择与此线平行的适当地点，定出導洞位置，也可以縮短導洞的开挖工作（如图4）。在开挖工作时，注意与磁針所成的相应角度如 α 角，或与中綫所成的角度如 θ 角，將來檢查时可以罗盤仪掌握方向檢查，也可以平行綫測量法檢查。

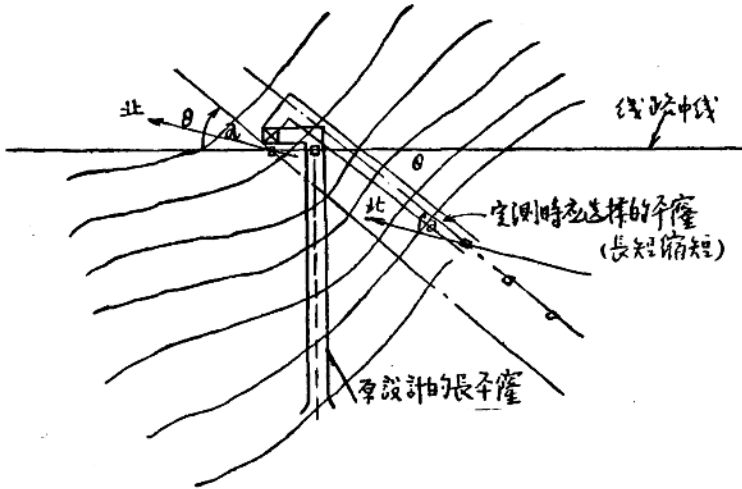


圖4 改变平窿進位置導洞大量縮短

在上述情況下从藥室中心与導洞平行，如作出断面，找出的最小抵抗綫 W ，与原設計相差很大（即比原設計小），也可以依据此断面提出改善設計，减小炸藥量。

3. 在挖方的兩頭，原設計以为从順綫路方向开挖平窿太長，故均佈置探井，但是在工地实地測量，發現兩頭已用人工开挖，進洞容易，而且導洞可縮短，或地形發生变化，僅向外稍移，就可將導洞大量縮短，这样也可以將原探井改为平窿（如图5）。

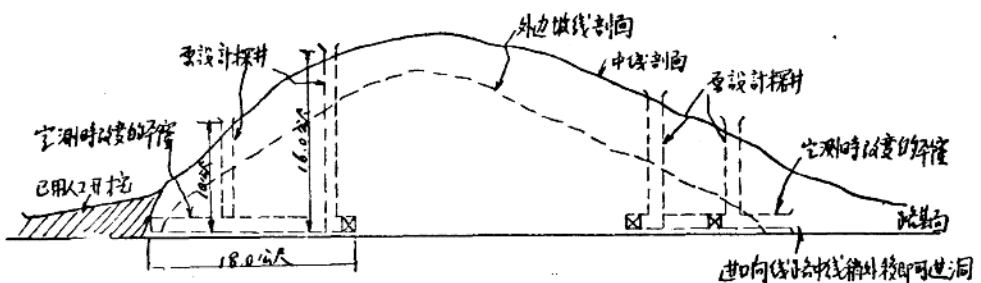


圖5 在挖方的兩頭可考慮改变導洞的情况

4. 在懸崖陡壁地形开挖平窿困难，欲挖开挖平台又嫌太高，或在平窿進口系孤石地帶，容易坍塌，進口困难，或平窿太長（改为探井可以在12公尺以內）等情况，在定測时可以就地將原平窿設計改为探井（如图6）。同时在懸崖陡壁的情况，也可以考慮順綫路方向，即改为縱向平窿。

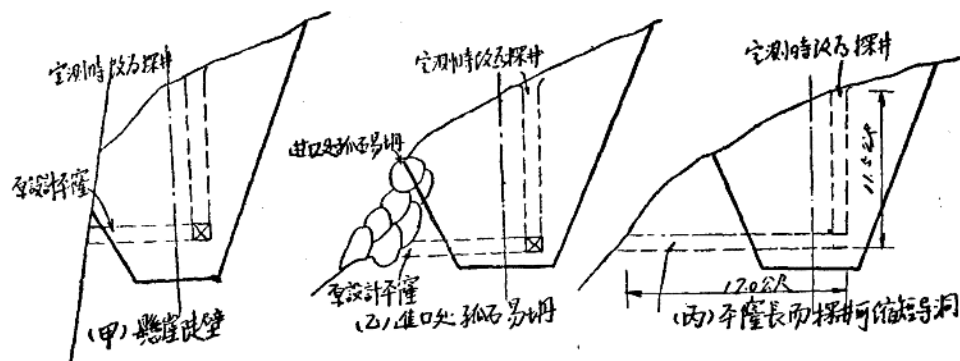


圖6 平隧改為探井的情況

(二) 施工組織設計

包括整修道路、工地佈置、人力組織、機械的配備、料具的籌劃以及各方面的聯系工作。所以除根據設計文件外，應到工地詳細勘察，並根據定測後的實際開挖數量資料，作出切合實際的施工組織設計，不然要流於形式或施工時心中無數。

1. 工地整修道路—這是很重要的工作，一定要在開工前將此准备工作做好，定測後，對上下道路的計劃，以上下互不干擾，將來各導洞能同時裝藥堵塞，互不妨礙為原則。

2. 工地的佈置—應事先詳細的計劃工棚、廚房、機械棚、臨時料倉、爆破材料的裝卸存放，爆破電站以及指揮所等地点，並根據各種要求情況的不同，利用地形，分別預先考慮妥當，主要是做到便利、安全、易於警戒。

3. 人力的組織—先以量長平隧及最深探井的開挖為爆破日期的控制點，根據石質情況，開挖方法，來預定進度；再考慮其他導洞的排列及開挖的先后次序。然後考慮工班人數，能緊湊銜接，分別算出各階段所需的勞動力的數目，作出工數表。在計劃開挖導洞的次序上，應照顧到安全問題，力求防止上下層導洞干擾，落石會打傷下層開挖人員的情況。計劃時可以以開挖先后辦法來解決。

4. 人力的來源—大爆破施工初期，尚不敢大胆使用民工，而部隊因擔任了隧道橋涵任務，致使大爆破的施工成為軍工的額外負擔，大爆破工作不易展開。根據十一師的施工經驗，只要對民工預先動員預先抽調民工中的黨團員及積極份子，集中學習及說明施工工序、工作方法及安全注意事項，再配備部隊部份爆破手、風鎗手作為骨干帶頭工作，則大爆破的導洞開挖及運輸堵塞工作，可以大胆使用民工。

5. 機械的配備—長導洞是需要機械開挖，其所用的主要機械為空氣壓縮機、鑿岩機及發電機（照明也要發電機）。我們在施工中，往往由於配件缺乏，致機械運到後而不能立即開工的情況隨時發生。在計劃准备工作時，如需要機械配備，即應想到所需的全部配件，如鋼管、膠皮管、風管接頭、鑽桿鑽花等。大爆破導洞一般較小，開挖及通風排水方面，將來能配備風鎗、手搖打風機及手搖抽水機等簡便機械，對大爆破導洞的開挖工作，更能加速進度。

6. 關於料具的籌劃—在施工當中，常常因為計劃不周，籌劃不及時而影響了開挖進

开挖導洞階段所需料具表

表 1

类别	料具名称	规格	用途	类别	料具名称	规格	用途
導洞打眼料具	工 具 鋼	22~25 ^m /m ϕ	人工打炮眼用	導洞支棚及臨時棚架料具	元 木	10 ^{cm} ~15 ^{cm} ϕ	導洞支棚及搭臨時棚架用
	鐵 錘	4 公斤	人工打炮眼用		木 板	3~5 ^{cm} 厚	導洞支棚及搭臨時棚架用
	鑽 桿	視鑿岩機配置	機械打眼用		扒 釘	$\phi 1.4 \sim 1.9$ ^{cm}	導洞支棚及搭臨時棚架用
	鑽 花	普通 $\# 1 \sim 2 \# 3$ 号	機械打眼用		洋 釘	5~12.5 ^{cm}	導洞支棚及搭臨時棚架用
	鑽 花	合金 $\# 1 \sim 2 \# 3$ 号	機械打眼用		竹 席		探井口搭雨棚用
	鉄工用具		修理鋼釘用		毛 竹		探井口搭雨棚用
	煤		修理鋼釘用		鉄 線	八号	探井口搭雨棚用
	机 油		機械用		木工用具	全套	探井口搭雨棚用
	柴 油		機械用	修 理 道 路 及 出 渣 料 具	滑 車		探井出渣用
	汽 油		機械用		木制手鉸車		探井出渣用
導洞爆破料具	煤 油		機械用		藤 繩	10~22 ϕ ^m /m	探井出渣用
	或 炸 藥 (鉄梯炸藥)	阿莫尼特	开挖導洞用		撬 棍		導洞爆破后清渣用
	普通雷管		开挖導洞用		鉄 線		導洞爆破后清渣用
	導 火 綫		开挖導洞用		四 齒 耙		導洞爆破后清渣用
	電 雷 管	即發	开挖導洞用		土 箕		導洞爆破后清渣用
	放 炮 器		無放炮器可以電池代替		馬 担		導洞爆破后清渣用
	膠皮銅心綫	$\phi 1/1.13$ ^m /m	導洞電爆接綫用		櫻 繩		導洞爆破后清渣用
	聯合鼓鉗	兩用	夾雷管及聯結電綫用		抬 筐		探井出渣用
	電 工 刀		聯結電綫用		抬 扛		探井出渣用
	紅 綠 旗		爆破信号用		自制小推車	独輪或四輪	平窿出渣用
照 明 用 料 具	口 哨		爆破信号用		洋 鎬		开挖洞口及道路用
	小型欧姆計		檢查電雷管阻	其 他 料 具	藤 盔		導洞內防護用
	電 燈 泡		洞內外照明		口 罩		導洞內防護用
	燈 頭	(絲口防水)	洞內外照明		膠 鞋		修理電灯綫用
	燈 頭	(插口防水)	洞內外照明		皮 尺	30 ^m	測量用
	膠皮銅心綫	7/1.68 ^m /m	電灯主綫		六 折 尺		測量用
	電 灯 軟 綫		洞內以電灯綫		小 藤 繩		測量用
	保 險 絲	i3 ~15A	裝照明用		水 平 尺		測量用
	保 險 盒		裝照明用		醫藥衛生用品		
	絕 緣 膠 布		接電綫用		手 套		
	馬 燈		夜間联系用				
	瓷 瓶		接洞外照明用				

度，因此在对料具筹划时必须了解各阶段中所需料具的先后次序，每样料具用的时间及用途，如果没有这种材料，可以用什么代用品等等。材料库及工地材料保管人员如果事先注意了这个问题，就可以避免许多因料具不周而发生的困难。兹将大爆破所需的料具按各阶段及用途列表如下，以供今后施工时对料具计划的参考。

装药放炮阶段所需料具表

表 2

类别	料具名称	规格	用途	类别	料具名称	规格	用途
装 药 料 具	黄炸药		装入药室大量炸药	装 药 料 具	毛竹	$\Phi 7-10^m \times 4^m$ ~5m	做保护槽用
	电雷管	即 發	装药用		青麻		捆紮保护槽及接傳爆綫用
	延期电雷管	迟發 $\frac{3}{4}$ 秒	"		手 电 池	手电筒用	装藥筒內照明
	傳爆綫		"		洋灰紙袋		倒装炸药用
	起爆箱	預先自制	"		爆破电桥表	或万能电表	检测电路網及雷管用
	絕緣膠皮銅綫	$\Phi 1/1.38m/m$	洞內电綫及区域綫		电 工 鉗		接电綫用
	"	$\Phi 7/2.0m/m$	主 綫		电 工 刀	"	"
	黄炸药	阿莫尼特或粉狀T.N.T或粉狀銨梯	起爆体用		土 箕		运送堵塞料用
	砂 紙		接电綫用		纜 繩		"
	活动起釘拔		开啓炸藥箱用		扁 担		"
	小 鉄 釘	35mm	釘起爆箱用	堵 塞 及 放 炮 料 具	麻 袋		"
	粉 筆		炸藥堆編号用		抬 筐		"
	大 头 針		装运炸藥人員佩符号用		抬 扛		"
	符 号	布或紙頂制藥室號碼或指揮符号	"		鉄 鍬		开挖堵塞料用
	喇叭筒		装藥指揮人員用		洋 鎬		"
	口 罩		装藥人員防护用		木 夯	長手鎚形	夯緊導洞內堵塞料用
	手 套		"		开 关 閘		放炮电閘用
	油 毛 毡	水不嚴重可用油紙代替	藥室防水用		开关閘箱		"
	瀝 青	"	"		鎖		"
	絕緣膠布		接电綫用		电话綫及电话机		指揮所与电爆站联系用

以上所需材料，在做施工組織設計时，根据工点具体情况，开挖方法等，將所需材料数量、规格、用途分別阶段开列詳細料具表，並註明使用時間，通知材料人員及工地，这样就能使材料部門及材料人員能知道料具的使用次序、緩急、用途。那些料具工地有，或自己購置，那些料具向上級申請。工地人員也能知道需要料具的情形，什么料具工地可以解决，那些料具要先領，那些料具可以緩領，免致臨時需要时匆促乱抓。

II. 導洞开挖工作階段

(一) 組織及領導

在組織及領導方面，施工單位的領導幹部（工程單位段長），應親自擔任指揮工作，較大的工點，成立指揮所，以下分成技術組、作業組、機械組、材料組、安全衛生組等組織，派專人分別負責，各組的主要分工如下：

1. 技術組：由爆破技術人員或偵爆參謀擔任組長，配備測工，該組長負責工點的技術指導，技術檢查，進行工點導洞及藥室位置施工測量，擬定計劃，掌握工程進度與質量，改善設計，領導佈置電網，提出技術安全措施意見，並介紹推廣及總結先進的施工方法與經驗等。

2. 作業組：由施工部隊連幹部擔任組長，依作業性質的不同，下分各個小組，執行各項具體的作業工作。

鑽眼小組——負責探井平窿的人工與機械鑽眼。

爆破小組——負責裝藥、堵塞、起爆放炮等工作，以爆破工為主。

出碴小組——清除洞內石碴，並負責通風。

木工小組——導洞的支撐及有關防護棚架等的制作安裝及檢查。

搬運小組——有關料具等的搬運。

3. 機械組：機械班排幹部擔任組長，下分各個小組。

空氣壓縮機小組——掌握空氣壓縮機，保證對作業組風壓的需要。

發電機小組——掌握發電機，保證照明及放炮用電。

修理小組——負責修理鑽頭、鑽桿、鋼釵及支撐所需的鉄件等。

4. 材料組：由團指揮所派材料員擔任組長，按計劃向師領取各項材料，在工地並成立臨時倉庫，建立材料保管領發制度，統計材料的實際消耗量，主動地與作業組聯繫，保證材料能及時供應。

5. 安全衛生組：由連派幹部專責擔任，負責對安全的檢查及建立安全制度，工地上爆破材料及機械的警戒，並配備衛生員檢查工地衛生、醫療等工作。

(二) 开挖導洞

導洞的开挖是大爆破施工中最主要的工作，大約有百分之九十的時間化在進行开挖導洞的工作。开挖方法，均系用普通炮眼法爆破开挖。作業組的工作，大半系採用日夜三班制，可用機械鑽眼，也可用人工打眼。機械开挖比人工快，在控制工期的長導洞須採用機械鑽眼，短導洞以人工打眼為輔助。

機械开挖的原則：採取停人不停機，或人機兩不停的施工作業方法，以加速進度。在工班人力組織上，每根風鎗配風鎗手三名。每根風鎗在开挖平窿時，可管二個相鄰的平窿，以長的導洞為主，短的導洞為輔。當長導洞炮眼鑽好后，風鎗可立即移至短導洞鑽眼，待長導洞內的裝藥堵塞放炮排煙出碴完畢後，即可將風鎗移於長導洞鑽眼，短導洞的眼鑽完畢時，也同樣的放炮排煙出碴。這樣風鎗的鑽眼工作，不會因放炮排煙出碴等待而耽誤工作進度。但須注意短導洞服從長導洞。只要風鎗可以於長導洞開始工作時，即應在

長導洞內鑽眼，如果是出碴較快的情况，長導洞爆破三次，短的導洞才爆破二次，至於探井，因出碴比平窿慢而所需的時間也較長，根據現場經驗，每根鎗可管三個相鄰探井，也應注意以深的探井為主。在這樣的配合下，次堅石或堅石的導洞（堅石用合金鑽花），平均鑽眼速度每公尺為15分鐘至15分30秒，即每小時可達4公尺。平窿断面，如果採用8個炮眼，眼深約7公尺，每次鑽眼總長約5.6公尺，則機械的純鑽眼時間為1時35分鐘，再加風鑽在洞內對炮眼的移動及休息停頓約25分鐘。故每二小時內可將炮眼鑽好，在機械保證無故障的條件下，每班八小時內每支風鎗可以鑽好三次炮眼（管兩個平窿可以放三次炮）。如果炮眼的利用系數為85%，則每班八小時內可進1.8公尺，日夜三班可進5.4公尺。炮眼利用系數再提高，每晝夜的進度可達6公尺（管兩個平窿）。在十一師的施工，即系採取此種組織措施，使開挖平窿的進度，每支風鎗每晝夜最高達到6公尺，六師在赤頭板工點開挖導洞採用晝夜兩班制，也是用人鎗兩不停的办法，每班進度最高達4公尺多，日夜的進度達8公尺多（每班爭取放六次炮）。总的情况：開挖平窿平均每個平窿每晝夜進度可達2.5至3公尺。開挖探井進度要比平窿慢，因為支撐出碴費時間較多，探井的断面，如採用5個炮眼（堅硬石質或用七個眼）每次鑽眼長度3.5至5.0公尺，機械的純鑽眼時間為1時至1時30分，再加風鎗在洞內對炮眼的移動及休息，停頓約30分鐘，故每1時30分或2時（七個眼）內可將炮眼鑽好，但放炮支撐時間需1時30分出碴，約3小時。故每次探井放一次炮及清理石渣即需要6小時左右（平窿僅4小時左右）。在此情況下，每支風鎗管三個探井最為適宜，使每一支風鎗的進度仍能達到5~6公尺。但每個探井每晝夜的進度為1.6~2.0公尺。根據上述的開挖方法及經驗，在次堅石或堅石的導洞，我們的計劃導洞進度，考慮到機械開挖有中途出故障的可能。故要求對每個平窿的日進2.6公尺，而對每個探井日進1.7公尺較為適當。對每支風鎗每晝夜達5.1公尺為標準。如分為三班時，對每班要求的進度標準為1.7公尺。

人工開挖原則，也是打眼與出碴要分開，平窿打眼專管一個導洞，而探井可以管二個井。在平窿的開挖可以用兩根鋼鉚，每根鋼鉚兩個人。長鋼鉚打上部炮眼，短鉚打下部炮眼。注意打炮眼的先後次序的排列，以使兩根鋼鉚同時在導洞內工作互不干擾為原則。這樣每5小時半可以將炮眼打好，爭取每班放一次炮，三班放三次炮。平窿人工打眼進度，每晝夜平均可進1.5公尺。在探井的情况，人工打眼，只能容納一根鉚，則7小時才能將炮眼打好。放炮清碴時，打眼可移至鄰近探井。故兩個探井，每晝夜也只能放三次炮，而每個探井進度平均約為0.8公尺。

根據現場的施工經驗，在堅石的情况，導洞断面的炮眼佈置：上層探井因岩石硬度較次， f 不會超過6，故採用5個炮眼成梅花形；下層平窿因岩石硬度增加達到12以上，故採用8個炮眼排列最為適宜。如下圖所示：

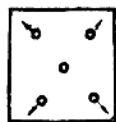


圖7 探井断面炮眼的佈置 (5個炮眼)

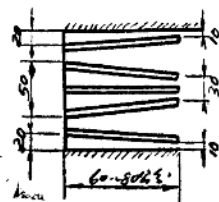
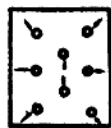
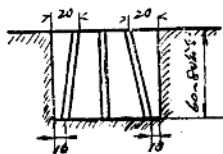


圖8 平窿断面炮眼的佈置 (8個炮眼)

根据 M.M. 普罗托基亞閣諾夫公式，工作面積內所需的炮眼个数 $N = 2.7 \frac{e}{\sqrt{f \times s}} \times \frac{1000}{a^2}$ 來計算，我們現場施工所用的炸藥均系苏联 6 号阿莫尼特及國產的二号鉄梯炸藥，而換算系数 $e = 0.9$ ，所採用机械打眼的鑽花为 41~46 公厘直径的，这样公式为：

$$N = 2.7 \times 0.9 \times \frac{1000}{(43)^2} \times \sqrt{f \times s} = 2.7 \times 0.486 \times \sqrt{f \times s} = 1.31 \sqrt{f \times s}$$

式中 s 为導洞的断面面積。

f 为按照 M.M. 普罗托基亞閣諾夫教授的等級岩石的硬度系数。

N 为断面內所需炮眼的个数。

茲將各級岩石类别平窿探井所採用的各种断面，根据公式中所計算的断面內炮眼的个数列表於下，以備施工参考：

各种導洞断面所需炮眼个数表

表 3

岩石等級	f 值	炮眼	平窿断面尺寸(公尺×公尺)				探井断面尺寸(公尺×公尺)			
			1.0×1.4	1.2×1.6	1.2×1.7	1.2×1.8	1.0×1.2	1.2×1.5	1.5×1.5	1.5×1.8
Ⅶ	3~4	个	3	3	3	3	3	4	4	5
Ⅶ—Ⅸ	5	个	3	4	4	4	4	4	5	5
Ⅹ	6	个	3	4	4	4	4	5	5	6
Ⅺ	8	个	4	4	4	5	4	5	6	6
Ⅻ	10	个	4	5	5	5	5	6	6	7
Ⅼ	12	个	5	6	6	7	5	6	7	8
Ⅽ	14	个	5	7	7	7	6	7	8	8
Ⅾ	16	个	6	7	7	8	6	7	8	9
ⅰ	20	个	7	8	8	9	6	8	9	10

由上表所列，对炮眼採用个数，松石可用 3 至 4 个炮眼，次坚石可用 5 至 6 个炮眼，而坚石則用 7 至 9 个炮眼。对探井而言，設計时探井大多数系上層藥包，岩石多屬於松石至次坚石类，故以用 4 至 5 个炮眼为宜。平窿大多数系下層藥包，岩石多屬於次坚石至坚石类，故炮眼以用 6 至 8 个为宜。各种炮眼的排列形式如用掏心爆破，中部掏心的炮眼外距以 50 公分爲度，向內斜而內距以 30 公分爲度。边眼外距以 20 公分爲度，向外边斜內距以 10 公分爲度。如下圖所示（至於 5 个及 8 个炮眼排列方法見圖（7）及圖（8））。

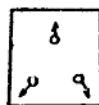


圖 9 3 个炮眼排列 (平窿探井)

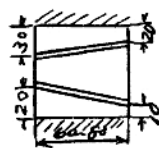


圖 10 4 个炮眼排列 (平窿探井)

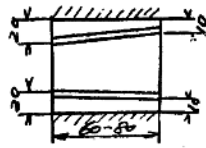




圖11 6个炮眼排列（平窿探井）

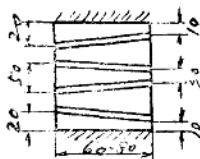


圖13 7个炮眼排列（探井採用）

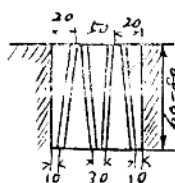


圖12 7个炮眼排列（平窿探井）

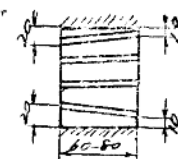


圖14 9个炮眼排列（平窿探井）

裝藥量的多少，視炸藥的種類而定，若為6號阿莫尼特或二號鈹梯炸藥，根據現場經驗，可按炮眼的深度五分之二或二分之一裝藥，中間的掏心炮眼應多裝一點；如果系機械鑽眼，眼的深度為60至80公分時，中間的掏心炮眼可裝炸藥0.4公斤，而邊眼可裝炸藥0.2至0.3公斤。若探井深度挖至2公尺以上或平窿長度挖至10公尺以上時，就應該使用電雷管起爆。硬的堅石的中間炮眼應掏心先爆，使用火雷管即以導火綫的長短來控制調整爆破的先后次序，使用電雷管以即發遲發來調整爆破的先后次序。如果岩石的節理極發達或較松軟的岩石，所有炮眼不必分先后次序，可以同時一次爆破，因為節理發達或松軟的情況，節理間也等於存在着臨空面，若同時爆炸，互相間的協同作用使岩石爆破均勻，石碴可較小一點，將來清碴也方便，而且炮眼的利用系數也可提高至90%至100%。用電雷管起爆，雷管間的聯結應採用串聯法，這樣不易發生瞎炮。施工時對電雷管的電阻也應該先行用儀器檢查。所用的電雷管的彼此間的電阻不能相差超過0.25歐姆，否則容易發生瞎炮。聯結電綫時注意手保持清潔，接頭用絕緣膠布包好。炮眼裝藥後，應採用全長堵塞，用預制的堵塞物，即以三分之一的粘土與三分之二的砂子混合物，濕度使混合物能結合塑成蛋狀物即可。

放炮後的排煙通風，可用壓風機吹風進行，無機械設備時，臨時用風箱（打鉄風爐用的風箱），套皮管或竹管打風；探井的排煙，可於井底燃木枝至燃紅狀態再撥水，使產生水蒸氣向上沖，能將炸後煙霧瓦斯迅速排出。

出碴小組的人力組織：探井出碴，井內1至2人裝碴，井外拉繩（用滑車）5至6人，使用絞車時3至4人即可。絞車出碴較慢，但較安全；滑車上拉較快，但較費人工，並要注意上拉不均時，落石易傷人。出碴斗用炸藥箱制釘成上口5公寸，下口3公寸見方，深6公寸的木斗。裝隨時不要滿裝，以免落石。每根風鎗，最好配備兩個出碴小組，因為探井出碴較慢，趕不上機械打眼。平窿的出碴工人，可視導洞的長度逐步增加出碴人數。並可在洞底鋪二根毛竹，土箕裝碴後在竹上滑拉前進，省力迅速。到開挖藥室階段，平窿出碴可採取翻碴方式，但注意石碴在洞內不要堆積太高，以免妨礙通風。出碴小組應與鑽眼小組配合採取流水作業，以達到互不等待，互不耽誤的目的。

上下導洞同時作業，容易互相干擾，落石傷人；如果採取分層作業，受工作面小的限制，全面進度慢，會延長施工期。施工經驗證明，只要加強施工安全教育，採取必要的安

全措施，上下層同時作業，仍可保證安全。如在下層導洞洞口，搭蓋擋風棚架，上層開挖導洞時利用炸藥箱，選擇與下層不干擾的地点作成出礮槽，亦可避免對下層落石傷人的危險。

多水的探井施工，排水較困難，應配備輕便、容易移動的手搖抽水機。裝藥應用62%的狄納米特炸藥（防水膠質炸藥），效果最好，而且炮眼利用系數亦可達到100%。

支撐工作，要有專人負責檢查，尤應注意洞口及內部的松軟段落。架設支撐時，要梁、柱、木板盡量緊貼岩石，以保持斷面的最大淨空。梁柱接頭處要緊貼並加扒鋸釘。柱的基腳要穩，切勿懸空，以防變形，發生危險。探井的支撐工作，比較費時，若在探井四壁裝上木板，每塊間隔約1公尺，再用圓木木框架每隔1.2至1.5公尺支架一次，這樣可以加速探井支撐。在探井開挖至藥室拐彎處，支撐極易因放炮震動發生坍塌。防止的方法：一面應加設斜撐，一面開挖打淺眼爆破掘進（2至3公尺），在藥室口亦應設立支撐，並預備擋板。使將來裝炸藥後，炸藥能與堵塞物隔離。如下圖所示。

開挖導洞的工作，最主要的是在施工中注意培養新生力量。我們部隊在施工初期，風鑽手、爆破手、壓風機手均很缺少。在工點繁多的情況，經驗證明，只有採用邊施工邊訓練的方式才可解決因工種缺少對施工上的困難。在施工中以少數帶動多數，技術高的帶動低的，從實際的工作中訓練培養大批的新生力量，鼓勵先進，不斷地研究打眼放炮的技術，改進支撐出礮的辦法，各小組彼此開展勞動競賽，這樣對大爆破施工的開展，對工程的進度都可以得到有力的保證。

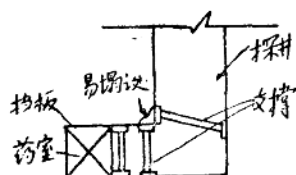


圖15 探井拐彎處應加的支撐

（三）開挖導洞的質量

對開挖導洞的質量，如果事先對施工人員作業組講解清楚，就可以得到保證。否則，匆忙施工，急趕進度，在質量上通常會發生下列幾項缺點：

（1）導洞方向歪曲，使開挖時間延長，出礮及通風也感困難，而且藥室位置也不易正確。

（2）水平高低的偏差大，以致最後要反復地返工修理。

（3）斷面越開越小，形成喇叭口，使開挖工作越進越困難，又會影響將來裝藥及產生通風不良現象。

（4）藥室不方整，裝藥時空隙太多，減少了裝藥密度，爆炸後使大塊石增多；有時炸藥裝不下去，裝在藥室外邊，則改變了原來的設計藥室中心位置，這樣也會影響爆破效果。

（5）超挖至边坡綫，形成未留边坡的保護層，破壞边坡。如能及時發覺，尚可改正，如果不細心校核，而使炸後边坡被破壞，也無法斷定其原因。如3959工點19號藥室超挖至边坡一公尺多，幸發覺後將藥室撈回，並將超挖部份回填。

（6）探井水平雖容易校核，但往往疏忽對水平的校核工作，如3008工點探井急於求成，普遍未挖至要求水平位置，就裝藥放炮。4707工點探井未校水平，經抽測一個藥室，發現多挖深一公尺多，這就改變了原來的最小抵抗綫，使之增加了一公尺多。炸藥與最小抵抗綫的立方成正比，使整個的設計均不正確，故炸後結果，非但未達到揚棄的要求，且

大塊石特別多，影响清碴而延誤工期。

(7) 探井的開口平地，挖得太深，將影响到最小抵抗綫方向的改变，使整个爆破漏斗位置移动，造成对边坡的大量破坏，如3106工点就是此种情况。

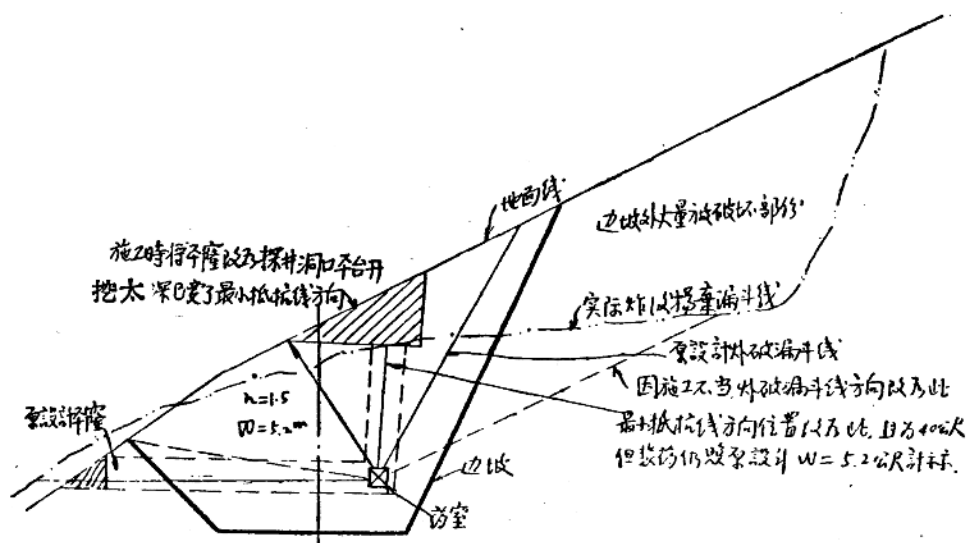


圖16 3106+75断面实际炸后情况因施工影响了原設計的效果

(8) 不注意綫路是曲綫情况，未用經緯仪測定藥室位置，炸后結果，綫路中心偏移相差太大，如3008工点，上層藥包位置偏差太多，虽下層藥包再用經緯仪定位，但未炸够的边坡則刷坡数量增大，影响工程進度。

(四) 施工安全

开挖工作应嚴格遵守安全規程，並要建立一套安全衛生檢查制度，瞎炮登記处理制度，实行責任制—干部值班制，加强檢查，可以避免許多事故。我們各个大爆破工点对安全衛生方面，領導上是非常重視的，但也有少数干部由於存在麻痹大意的思想，發生了伤亡事故。在技術安全上通常由於疏忽而引起的一些缺点，有如下述，应在今后施工中特別加以警惕，予以防止。

(1) 爆破器材随地乱放，炸藥雷管導火綫混放一起。最嚴重者有將爆破器材放置洞口，並在洞口聚众烤火取暖。

(2) 在探井口不按規定安置防护欄杆，深探井上下也無軟梯。

(3) 土質及軟石探井，促赶進度，不注意支撐，有進至10公尺以上尚不安設支撐木框，造成施工人員下井时感覺到人人自危的恐懼心理。

(4) 導洞上下干擾处所，在下導洞均疏忽搭盖防护棚架，常有落石伤人的事故。

(5) 沒有建立瞎炮的檢查登記处理制度，尤其交接班时發生瞎炮未經处理，亦未將情况向接班人員交代清楚，致在打炮眼时引起瞎炮爆炸，而造成伤亡事故。

(6) 探井出碴，往往由於石碴裝得太滿或由於上面拉繩太快及快慢不勻，致使石碴落下，打伤井下裝碴人員。

III. 裝藥堵塞放炮階段

當導洞、藥室開挖完成時，即進入裝藥放炮階段，在這個階段的工作，是最后一項緊張的突擊工作，人力也突然集中，各方面的配合好壞，也能充分表現出來。我們每個工點，在此階段內，均由團的干部直接親自指揮，有如進入戰鬥，各組均分別進行緊張的工作，隨時向總指揮彙報。茲將各組所進行的工作要點及經驗分述於后：

(一) 技術組的工作

(1) 在裝藥前一定要檢查校核藥室的位置方向，是否符合設計，如有偏差，照實際情況，求出實際的最小抵抗綫值，來調整炸藥量（偏差太大者，應予改正）。

(2) 詳細觀察地質變化情況，根據每個導洞岩石經過抗压試驗的結果，並考慮到地質上下層變化不同，節理破碎程度，按照 q 的平均值公式

$$q = \frac{q_1 H_1 + q_2 H_2 + q_3 H_3 + \dots}{\Sigma H}, \text{ 以決定正確的 } q \text{ 值。}$$

(3) 對到達工地的各種炸藥，應預先做爆炸威力試驗或根據曾經試驗過的炸藥，以決定炸藥的換算係數 α ，然後以換算係數分別計算最後每個藥室的應裝炸藥量為若干公斤，折合那一種炸藥多少箱。並用木牌立於洞口，標明實際裝藥量，使工地裝藥人員，能知道每個藥室需要裝藥量。下表系我們在施工中經過試驗及採用的換算係數值：

各種炸藥的換算係數表

表 4

炸藥種類及名稱	換算係數		
	蘇聯的標準	試驗比較情況	在裝藥中實際採用的
蘇聯六號阿莫尼特	0.9	0.9	0.9
工程炸藥（軍用品黑箱裝粉片狀）	~	0.81	0.85或0.9
塊狀梯恩梯（軍用品）	0.86	0.76	0.85
黃色炸藥（軍用苦味酸）	0.86	0.792	0.86
鉛梯炸藥（軍用品，淡綠色塊狀）	~	0.9	0.9
62%硝化甘油狄那米特（中國新制）	0.75	0.77~0.816	0.75或0.8
二號鉍梯炸藥（中國新制）	0.9	0.873	0.9
黑色火藥	~	1.65	~

上表在現場實際試驗時，均以蘇聯六號阿莫尼特為標準進行試驗比較，而以六號阿莫尼特換算係數 0.9 為基礎，將試驗結果換算為其他炸藥的換算係數，並參考蘇聯的換算係數的標準，在實際裝藥中來決定裝藥時所採用的炸藥換算係數。

(4) 起爆體所用的全部雷管一定要預先做二次檢查及三次試驗，先作外觀檢查，在雷管上不允許有穿透的裂縫，皺痕；在防潮劑上（如上部的蠟質）不允許有裂縫和損壞。腳綫要完整，如帶有缺點，應挑出不用。作導電和電阻穩定性的測定檢查，將每個電雷管

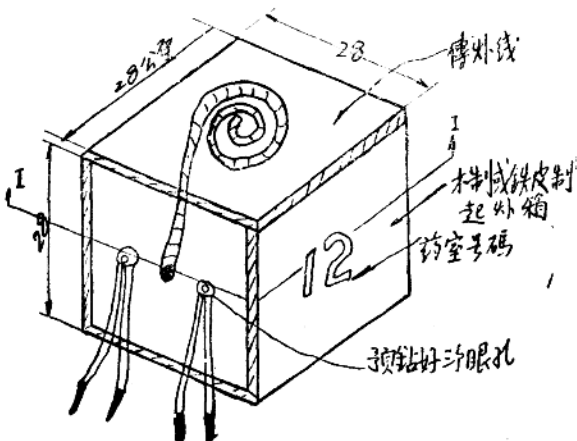
用爆破电桥或万能电表等仪器來測定其導电性及电阻。为了更精确起見，第一次測定以后將电雷管在手掌上輕輕敲几下，然后再測第二次，兩次測定之电阻應該相等。同时所測各个电雷管彼此間的电阻差也不能大於0.25欧姆。如有不符或不良的雷管应挑出不用。

电雷管的爆炸試驗：在每盒 100 个雷管中任意選擇兩個雷管串聯進行爆炸，迟發雷管進行試驗時，對准表測計迟發的秒數，不能有拒爆現象，如有拒爆，整盒雷管不能應用。在潮濕地點應用的雷管再做浸水合格率試驗，將兩個電雷管浸在深為 0.5 公尺的水中，經過一小時取出，串聯後爆炸，若無拒爆現象，認為合格。

在試爆試驗前，應先做電雷管腳綫固定在雷管中牢固性的試驗，其方法是在腳綫的下端懸掛一公斤重物，經過一分鐘後不准許腳綫同延燃劑與雷管脫離。

(5) 制作起爆箱：大爆破的起爆，是用化学性稳定、起爆能力强的炸药，预制起爆体，用雷管先使起爆体起爆，因而引起药室内全部炸药同时爆炸，在爆破工程中称为中繼雷管起爆法，这对于大爆破使用大量炸药，尤其是使用各种不同类型的炸药时，如塊狀密度大的炸药，对金屬接触易起作用的苦味酸，以及其他各化学性不稳定的炸药等，有了起爆体就会准确地使药室内全部炸药同时爆炸，而且可以保证安全。我們使用的起爆体是用木制或铁皮制的正立体的箱，內裝有起爆炸药用阿莫尼特或粉片狀的梯恩梯（T·N·T·三硝基甲苯）。因为該两种炸药在化学上是稳定的物体。雷管也很易使其爆炸，他的誘導爆炸良好，並且發生最大的能量，与雷管的外部銅殼接触，不起化学作用。

起爆筒要在裝藥前二十時做好，規定用28公分見方的木箱或鐵皮箱，內裝炸藥 20 公斤，當炸藥裝入一半時，即將兩組並聯的電雷管放入炸藥包內，電線在箱內用小木棒繞兩圈固住後，由預鑽好的小孔拉出箱外，傳爆線也在箱內繞兩大圈並固着於小木棒箱上。由中部的小孔引出箱外，如下圖所示：



用長約15公尺股芯 $\phi 1.8$ (1.13^m/m) 公厘膠皮鋼
絞四根每根兩頭預先剝去膠皮一頭在箱內與電管
腳絞相接一頭穿出箱的眼孔裝入藥室時與洞內區
域絞連接接头處要用膠皮絕緣

圖17 起爆筒立休圖

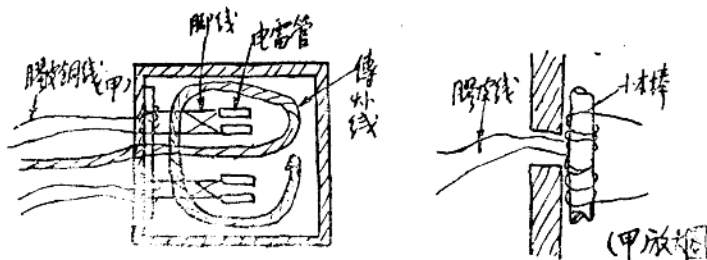


圖18 起爆箱內剖視 1—1