

87.1513
TBX

045343

宝成铁路修建技术专题总结
爆破工程

铁道部宝成铁路修建总结委员会编



人民铁道出版社

宝成铁路修建技术专题总结

爆 破 工 程

铁道部宝成铁路修建总结委员会编

人 民 铁 道 出 版 社

一九五九年·北京



宝成铁路修建技术专题总结

爆 破 工 程

铁道部宝成铁路修建总结委员会编

人民铁道出版社出版

(北京市霞公府17号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第010号

新华书店发行

人民铁道出版社印刷厂印

书号1310 开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ 印张1 $\frac{5}{8}$ 插页1 字数39千

1959年3月第1版

1959年6月第1版第2次印刷

印数2,110册[累]2,960册

统一书号: 15043·900 定价(8) 0.27 元

目 录

一、概 述	1
(一) 几种小型爆破方法的 发展	1
(二) 开展大量爆破的成功	3
二、几种小型爆破方法的适用条件及其主要經驗	5
(一) 葫蘆炮 (药壶法)	5
(二) 木棍炮	8
(三) 二大砲	9
三、大量爆破	11
(一) 採用大爆破施工的基本原則	11
(二) 技术設計的几点体会	15
(三) 施工技术的几点体会	19
四、簡要 結 論	27

一、概述

宝成铁路全长668.20公里，全綫工程艰巨，在世界铁路修建史上亦不多见。除隧道、桥涵、擋土墙等大型建筑物占着很大比重外，土石方数量的特别集中，更显示了这条铁路工程的艰巨和偉大。全綫共完成路基土石方6563.47万立方公尺，平均每公里土石方98,200立方公尺，其中石方占54.5%。1956年6月全綫接軌前，4年内完成土石方6,310.91万立方公尺，平均每公里达94,443立方公尺，如果不計成都至綿阳段118.11公里，平原地带所作土石方419.4万立方公尺，每公里平均高达107,130立方公尺，而在土石方較多的区段里，平均每公里达164,000立方公尺。这样巨大而又集中的土石方工程，要是沒有积极發揮全体工人和工作人员的智慧 and 創造性，沒有及时地采用和推广先进的爆破方法来施工，在劳动力和时间的消耗上，将是不可想像的。

由于这样，党和工程的领导人員，一开始就大力地注意和发动了全体工人和工程技術人員的积极性和創造性，采用和推广了許多有效的先进的爆破方法，使我国铁路建筑的施工技术，大大地向前跨进了一步，并积累了許多宝贵的經驗。

宝成铁路的工人和技術人員，成功地采用和开展了大爆破的施工方法；也根据各种不同的情况，創造和推广了許多其他先进的小型爆破法。这些小型爆破方法的成功，对宝成綫大量石方的順利开挖，隧道开凿的迅速发展，都起了很大的作用，并因此而节约了大量的人工和費用，这些經驗和大爆破的經驗有同样宝贵的价值。

（一）几种小型爆破方法的发展

宝成铁路修建中的爆破作业，在采用小炮眼爆破的方法上向前有着很大的发展。

葫芦炮是1953年第三工程局初步試驗成功的，当时是为了想多装炸药多炸下些石方，便在炮眼的底部用少量的炸药扩大为罐子形状，因而又叫做罐子炮。这个經驗創造成功，第二工程局很快的就在宝成铁路采用和推广了。1953年10月第二工程局参考了苏联药壶爆破法的先进經驗，开始采用并改进了罐子炮；1954年4月9日該局在明月峽一次試用中，得到了很大的成績，在Ⅳ类土中扩大了药壶，装入黃炸药85公斤，一下就爆破117立方公尺。这次爆破，仅使用了打眼爆破工7工天，每天平均完成16.7立方公尺，大大地提高了爆破工效，并相应地节约了炸药。

明月峽葫芦炮的試驗成功，及时在第二工程局各工程段开始推广，并逐渐地改进了施工技术和应用条件。炮眼的深度由4~5公尺增加到8~9公尺，每个炮眼

的装药量也由几十公斤增加到100公斤以上，一次爆破的石方曾达到900立方公尺，每方岩石消耗的炸药只有0.073~0.117公斤。

葫芦炮的经验在宝成铁路大量推广后，受到爆破工人普遍的欢迎，随之经验也就更加丰富了。在V~VII类土中葫芦炮的效果最好，IX类土以下的岩石都可以应用葫芦炮。爆破的规模也逐渐增大，由原来单炮爆破改变到在适当地形条件下放排炮，或者与二大炮间隔排列，一次就可以爆破岩石几百方到几千方，节约了大量的劳动力和工程费用，为此第二工程局曾把葫芦炮的经验作了专题的总结，广泛的介绍到其他各工程局推广应用。

为了解决残留炮眼问题，以提高炮眼利用率，铁路工人在宝成线上作了可贵的努力，取得了很大的成绩，创造了十分宝贵的经验。1954年5月起，工人们在技术人员的帮助下，首先采用了煤矿工业方面石子炮的先进经验，在炮眼底部装入均匀的小石子约10公分深，爆破的效果能节约炸药量平均在20%~30%左右，炮眼的利用率也提高一些。

由于在现场上选取均匀的小石子，在某些条件下比较困难，炮眼利用率的提高仍然不大，石子炮还不能充分满足要求，就进一步地用小木棍来代替石子，装药的时间得到相应减少，爆破的效果也更好。木棍炮的先进经验就是这样创造出来的。

1955年12月中旬在潭子湾隧道的开挖中，第四工程局第一工程处第一次采用了木棍炮的经验，大大地改进了放炮留底的现像，把炮眼的利用率由原来的71%~90%提高到99%~102%，断面内炮眼的数目由原来的22~24个减少到14~18个，人工和材料的消耗都随之减少很多。根据统计，用木棍炮开导坑，每1立方公尺可节约2.42元，扩大开挖时每1立方公尺可节约1.602元，经济价值是十分显著的；同时对隧道开挖进度也加快了很多，由原来的日进2.5~2.8公尺达到3.0~4.0公尺，最高达到日进8.0公尺。

木棍炮的经验虽然是在宝成铁路通车接轨半年前创造成功的，但由于它的效果好，经济价值大，还是大量地在各隧道的开挖工程中推广采用了；在大量爆破准备坑道的开挖中也曾应用。继续地改进木棍炮，~~并能~~消灭小炮法爆破中的炮根现象。

二大炮同样是修筑宝成铁路的工人创造出来的。二大炮不同于普通的小炮眼爆破法，在于它兼有了大直径药卷爆破和深眼圆柱药包爆破两种方法的优点。由于炮眼的直径加大了，相应的装药量增加了，这就能使炮眼在掌子面上的数目适当减少，仍能得到小炮眼法爆破的同样效果，因此二大炮的工效要比一般的小炮眼爆破法高2倍。在较硬的岩石（IX类土以上），葫芦炮的眼底扩大工作感到困难，无法充分发挥它的效力，二大炮这时就显出了它的优越性、因为它不需要底部扩大，就能装入较多的炸药，一炮爆破岩石10~300立方公尺左右。

利用岩石中天然缝隙或洞穴，装入适当的炸药进行爆破的缝子炮也是宝成铁路工人在实际工作中创造出来的好经验，这样就避免或者减少大量艰苦的打眼工作，得到较大的爆破效果。在某些适当的天然条件下，对于岩石本身的裂缝或洞穴，花费少量的人工加以修整，就能爆下大量的岩石，确是一种很好的办法，因为这样比

其他的爆破方法（除了裸露药包爆破法以外）进行得都要快，也不像裸露药包爆破那样要求增加大量的炸药消耗，一炮就可以炸下几至几十立方公尺，如果利用得好，药包位置选得适当，甚至可以爆破数千立方公尺。

（二）开展大量爆破的成功

还在1953年下半年，宝成铁路开工不久，第二工程局就在成黄段采用了修建成阿公路的经验，用黑火药、土引线施放大炮，当时一次爆破使用的炸药量还不多，一般未超过1,000公斤。这个经验的初步推广应用，取得了一定的效果，第二工程局第五工程段曾创造了一次爆破5,000立方公尺的纪录，该工段大量爆破示范组在1953年12月份内8次大爆破，共爆落了10,900立方公尺，每人工天最高可完成30立方公尺，较一般的小炮眼爆破的工效提高到27倍左右。

大量爆破的初步效果鼓舞了工程的领导和全体工人，1954年在已有的基础上，举办了大量爆破训练班，并协助各段成立大量爆破专业示范组，普遍推广大量爆破的经验。王家壩车站一次装药6吨，爆破Ⅶ类土的石方30,000立方公尺，取得较好的成绩，提高工效15倍，节约14,271元，为原预算的53.6%，这还仅是按扬弃部分计价列算的。

1954年在宝成铁路修建逐渐广泛地开展采用大量爆破这一先进方法进行施工，第六工程局5月6日在秦岭隧道竖井明挖中成功地使用了一次大爆破，在上下二个药室里共装炸药391公斤，爆破岩石4,000立方公尺左右，节约工费3,500多元，省2,600工天，并将工期提前8天。随着经验的积累，爆破的规模逐渐增大，6月4日至7月28日，前后又在宝凤段75、79、88等3个山头进行了4次大爆破，每次的装药量分别为207.322、1,330及1,900公斤，共节约9,614元，提前工期一个半月以上。

但是大量爆破工作的开展，在这段时期并不是顺利无阻的。由于工程技术人员过去没有从事过这样大规模的爆破工程，无论在理论和技术水平上都很低，有的人是参考着书本上简单的介绍，摸索着工作的。所以大量爆破和其他任何一种工作经验的取得一样，都是接受了教训，甚至沉痛的教训取得的。1954年广泛开展大爆破的成绩是肯定的，但是随之而来的缺点也不能忽视。在药包布置不够恰当的个别地点，爆破后损害了边坡和路基的稳定性，增多了一些坍落的方数；再因操作技术缺乏经验，还不能够完全保证安全。

为了克服这些缺点，第二工程局采取了积极的措施，9月14日及时公布了“大量爆破工程技术管理暂行办法”使爆破作业正规开展，同时也纠正了一些现场人员不正确的作法。第六基建分局和第六工程局在1955年2月16日发出联合指示，却消极地限制了大爆破的继续开展。

1955年4月苏联爆破专家亚·依·契契金同志应邀来我国帮助推行大量爆破的先进经验，及时培养和训练出了一批爆破工作的技术干部，把我国的爆破技术大大地推进了一步。在专家的帮助下，宝成铁路展开了空前规模的、振奋人心的大量爆

破，观音山、青石崖、李家河等地的爆破，装药量每次都在百吨以上。青石崖爆破是把三綫隧道和三綫桥的車站改用深挖高填，一次装药334.7吨、爆破了262,000立方公尺，其中揚棄的达81,000立方公尺，节约投資675,900元，提前工期4个月，引起了各方面的兴趣和注意；李家河改河爆破的成功，对大爆破工作起了更大的影响，这次爆破的目的是改移河道，打开2座小桥及大量路基填土的关键工程，共开挖了30个药室，装药270吨，爆破結果把占84%的石方計145,700立方公尺揚弃出去，完全合于設計要求地形成了新的河道，节约30万元，并縮短工期6个月以上，而且这次爆破还成功地克服了水下施工的严重困难。

在党的领导和专家的帮助下，宝成铁路的工人和工程技术人员对爆破工作作出了很大的努力和贡献，全面推广了大量爆破，取得了肯定的成績，总计爆破了148个工点，共2,491,356立方公尺，对全綫接軌通車时间的提前，起有决定性的作用，1956年3月14日，宝鸡統一指揮所所长熊宇忠同志在爆破工程經驗交流會議上的总结发言中，明确地指出了大爆破的先进性，认为爆破作业是保证新建铁路进展的又多、又快、又好、又省的有效生产方法。

1957年第六基建分局就大爆破先进經驗的推行情况及改进措施提出書面意見，在这个报告中，具体地分析并肯定了大爆破的成績，认为是开挖大量土石方的一种最先进的施工方法，它的优越性充分表现在与社会主义建設方針“多、快、好、省”的一致性。并认为大爆破的优越性是：（1）可以在最短时期内用較少的劳动力和机具一次完成大量的路基土石方，对宝成铁路能提前于1956年7月份接軌起有决定性的作用；（2）如設計与施工得当，做出的路堑或路堤也都可以符合质量的要求；（3）同时由于縮短工期和使用較少劳动力的結果，就可以大量节省間接費和管理費；（4）又由于少用劳动力，因而也是比較最安全的施工方法。这个报告还认为大爆破不但是开挖大量路基土石方的一种最优越的施工方法，同时也可以方案确定上和施工組織上将已往认为無論在經濟价值上或工期上都必須采用隧道或桥梁的方案，改用开挖路堑或填方路堤的方案。不能不承认第六基建分局对大爆破的看法。从1955年2月的消极限制轉到这时的积极态度，是大爆破的具体事实說服了他們。

以上这些經驗的創造成功，确是先进而又宝贵的，証明我国工人阶级无限的智慧泉源，在解放了的土地上就能够得到充分的发展。虽然这些經驗还不够完善，許多地方还需要进一步地加以改进，但在这次全面总结宝成铁路修筑經驗中作为专题討論，以便更进一步的提高，更广泛地推广介紹，适应社会主义建設大跃进的需要，确是十分必要的。

二、几种小型爆破方法的适用条件及其主要經驗

(一) 葫蘆砲 (药壺法)

1. 原理和效果 葫蘆砲的爆破方法在爆破工程中一般叫做药壺法，是集中药包的一种表现形式。这种方法的实质是使炸药爆炸的能量集中地作用在周围介质上，以便增加爆破能的利用率，这样可以避免延长药包的許多缺点，特别是大大地改善了炮眼法由于眼孔直径小，装药受到严重限制和需要均匀最小抵抗綫的情况。在沒有采用葫蘆砲的爆破方法以前，要想施炸比較大量的土石方，就必须尽量加大炮眼的直径和打眼的深度，以装入尽多的炸药，这就在无论是机械或人工鑽孔方面都遇到了很大的困难，甚至不可能。即使能够鑽出比較深的眼孔，可是由于药包是延长形药包，炸药装得过长，爆炸时力量作用不均，不能克服較大的梯段底部阻力，有时并因而产生炮根，減小了炮眼的利用率。

葫蘆砲在宝成铁路采用和推广后起到的作用是很大的。单就第二工程局第十工程段4个土石方中队的統計資料可以看到采用葫蘆砲的結果，在V~IX类上的傍山开挖工作中，使原有小炮定额由2.14~3.99时/立方公尺降到0.56~1.17时/立方公尺，使工程的单价由原来的0.351~0.637元/立方公尺降到0.258~0.446元/立方公尺，該段4个中队在完成33,255立方公尺石方工程后，共节约了工 时55,621.49 小时，合6,953.1工天，节约工費8,924.58元，还没有包括間接費及工时方面的节约价值。

2. 施工經驗 在施工中的經驗証明，葫蘆砲对于中等硬度岩石(V~IX类上)的爆破效果是良好的，特別适用于地面自然坡度較大的地形条件，有时也可以用人工的办法，先用小炮眼法把較緩的地面坡度改变为阶梯形的陡坡，以便于收到更好的爆破效果。現在将施工中取得的經驗分述于后。

(1) 药包重量的計算一般可用計算松动药包的公式，即

$$Q = Kw^3$$

Q—药包重量 (公斤)

W—最小抵抗綫 (公尺)

K—根据岩石性质不同而决定的单位用药系数 (公斤/立方公尺)，如表1。

单位用药量計算系数 K 值表

表1

土壤 种別	炸 药 类 別			土壤 类別	炸 药 类 別		
	发 射 药 硝 铵 炸 药	60% 膠 質 炸 药	T. N. T. 苦 味 酸		发 射 药 硝 铵 炸 药	60% 膠 質 炸 药	T. N. T. 苦 味 酸
V~VI	0.40	0.30	0.31	IX	0.50	0.33	0.43
VI~VII	0.43	0.32	0.37	XI	0.53	0.40	0.46
IX	0.46	0.35	0.40	XII	0.56	0.43	0.50

在用上述公式計算藥包重量時，最小抵抗綫 W 一般是按階梯高度的 $0.5 \sim 0.8$ 倍計算，階梯的高度越大，所取的倍數則越小，即

$$W = (0.5 \sim 0.8) H,$$

H —階梯高度（公尺）。

當用併排的葫蘆炮爆破時，藥包間的距離，根據起爆方法的不同，分別計算。

火花起爆： $a = (1.4 \sim 2.0) W$,

a —藥包間的距離（公尺）

電力起爆： $a = (0.8 \sim 2.0) W$ 。

多行藥包同時進行爆破時，行與行間的距離是藥包間距的 0.86 倍，一般等於最小抵抗綫的長度。

（2）炮眼鑽孔的深度應大於 2 公尺，一般在Ⅲ類土以下，炮眼深於 3 公尺，Ⅲ～Ⅴ類土眼深大於 4.5 公尺，就有擴大價值，最深可達 10 公尺，從爆破效果上來看，炮眼的深度越深越好，但過深在鑽孔的技術上受到一定的限制，因此一般以 $5 \sim 7$ 公尺為宜，炮眼的直徑為 $40 \sim 100$ 公厘。

鑽孔可用人工或機械進行，比較淺的眼孔，可用普通風鑽或人工鑽打，也可以用沖釵法打眼，如在沒有深孔鑽眼機械設備時，為了求得較深的鑽孔而岩石表面有復蓋土壤時，可將土皮挖去成為直井，直井的斷面不必過大，只須能容納單人在內操作即可，如圖1。

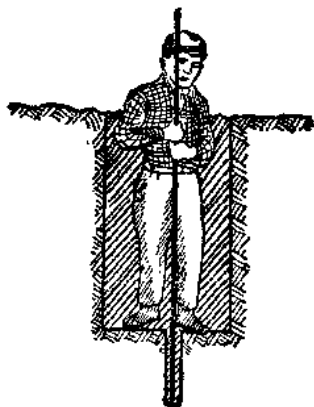


圖 1

炮釵的直徑一般用 28 公厘或 32 公厘的八角工具鋼製成，長度視炮眼的深度不同，可預先配製成一定差數的一套炮釵，也可以用螺絲接头或竹竿、木杆接長炮釵，釵頭的直徑約為 $60 \sim 100$ 公厘，開始打眼時，釵頭直徑要大、炮釵長度要短， 1 公尺左右即可，隨著炮眼的加深，逐漸換上較長的炮釵，較小的釵頭，直至鑽到需要的深度為止，最後的釵頭應維持 60 公厘直徑的大小。

需要鑽進 $3 \sim 4$ 公尺以上的炮眼時，人工和普通的風鑽都有困難，在地形許可的條件下，可以設立三角架，用杠杆帶動炮釵，操作時由 1 人掌握炮釵， 1 人按動杠杆，進行沖擊。這種簡單機械的作用，近似於普通的繩索沖擊鑽孔機，如圖2。鑽孔的釵頭可以專門製就，也可以利用舊鋼軌或其他廢鋼料製成。

（3）炮眼底部擴大 在炮眼鑽到規定深度時，將眼孔清洗干淨，然後進行底部藥室擴大工作，先以硝酸炸藥或TNT裝入底部，進行擴大爆破，裝藥量及擴大爆破的次數根據藥室的大小及岩石的硬度不同而定。在Ⅴ～Ⅶ類土時約需擴大 $2 \sim 4$ 次，Ⅲ～Ⅴ類土時約需 $3 \sim 5$ 次，Ⅴ～Ⅶ類土時約需 $5 \sim 7$ 次。一般在開始擴大爆破時裝藥 $0.1 \sim 0.15$ 公斤，以後逐次增加，每次增加的数量可按倍數計算，但擴大次數較多時，不宜按倍數增加，以免最後用藥過多，損壞炮眼。

擴大爆破時，除第 1 次須用干砂堵塞藥包長度的 $0.85 \sim 1.25$ 倍外，一般可以不

加堵塞，使爆破后的石碴随爆破气流冲出外面，在Ⅲ类土以上扩大困难时，需要适当的堵塞以增加爆破的扩大效果。

每次扩大爆破后，由于眼底的高热，一时不能散去，须要间隔一定的时间才能继续装药爆破，以免炸药发生燃烧。按照规定，用T·N·T时应隔15分钟，用胶质炸药时应隔30分钟是合适的。深于5公尺的炮眼，散热较慢，上面规定的间隔时间还嫌不够，为了缩短这种非生产时间，可用竹管制成水枪，向炮眼内打水，以降低温度，然后将温度计吊入眼底测量温度，约停留5~10分钟，如取出后温度在40°C以下时，即可进行第2次扩大装药爆破。

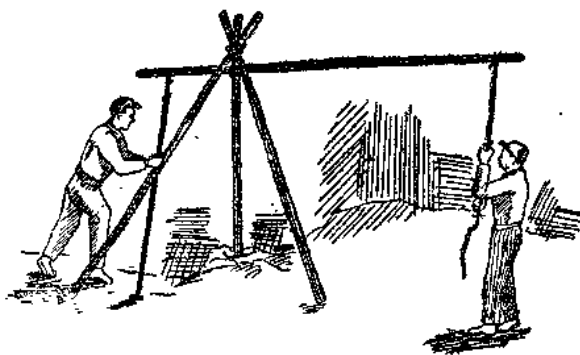


图2 杠杆冲击法

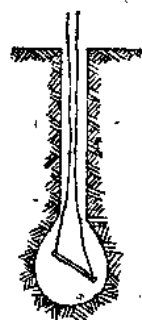


图3

(4) 药壶测量及装药 扩大后的药壶可用20~30公分长的细竹竿一根，两端扎牢细麻绳，吊入眼底，用手提动麻绳，可以根据放平的程度来测定药室扩大的程度，如图3所示。也可以用2.5公分口径的竹管将上下打通，一端套上胶皮囊或猪尿泡扎紧，插入眼底，并向管内灌水，根据灌入水量的多少来确定药室体积。还可以用竹管一根将一端削去两边一部分，装入细竹篾，一端固定，如图4，测量时按动竹篾，量出药室大小。

装药时先在底部按药包计算所需的药量装80%~85%，即装入起爆筒，再装入所余部分炸药，然后用水泥纸束填入，再用干的粗砂和粘土填入，将炮眼全部堵塞，进行爆破。

3. 适用条件 大量推广葫蘆砲的经验，归纳起来在下列情况下，可以得到良好的效果。

(1) 适用于中等硬度的岩石。一般为V~Ⅺ类土，在V~Ⅺ类土中爆破的效果最好，可比人工小炮爆破高3.6~5倍，在坚石中由于眼底扩大困难，不宜采用，V类土以下的普通土壤也可以采用葫蘆砲进行爆破，但需作经济比较。

(2) 用葫蘆砲爆破的地方，最好是干燥没有地下水的岩石，否则需采取防水措施，增加施工的困难。

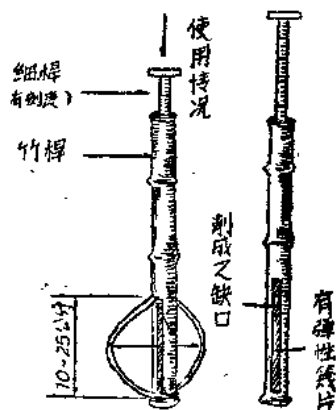


图4 量扩大尺寸的工具

(3) 葫蘆砲宜用于地面坡度較陡的地形条件。这就避免了砲眼法爆破时，底部阻力大，炸药量不能增加的缺点。在地面坡度較緩的地带，可以用人工或小砲預先作成陡立的阶梯形地面，阶梯的高度可等于砲眼的深度，也可以分成几个較小的阶梯形，如图 5，这样由于爆破后有崩坍的作用，可以增加爆破效果。

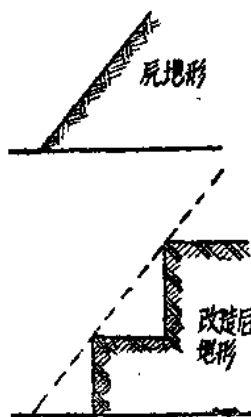


图 5

(4) 葫蘆砲宜用于露天爆破，在地下爆破时由于每次扩大眼底药室爆破后，排气通风困难，增加非生产时间，而操作上也受到一定的限制，不宜采用。但在导坑开挖不深，土壤巩固合适的情况下，也可以采用，因为葫蘆砲可使进度增加 20% ~ 30%，砲眼的利用率也可以达到 100%。

(5) 一次施放并列的葫蘆砲时，为了爆破后岩石破碎均匀，便于清理，可在两个葫蘆砲中间布置砲眼，能得到更好的效果。

(6) 开挖 3 ~ 5 公尺深度較浅的路堑，采用葫蘆砲作抛弃大量爆破，可以得到比药室法大量爆破更为经济的效果，但过深则由于药壶装药量受到限制，不能达到抛弃的目的。

(二) 木 棍 砲

1. 木棍砲及其作用 爆破工作者在实践工作中，常常面对着一个令人苦恼的问题，得不到适当的解决办法，那就是在小砲眼爆破以后，经常留下一段砲根，使砲眼的有限利用率限制在 100% 以下。这种留底现象不但使鑽眼工人的劳动得不到充分的发挥，多耗炸药，减低爆破效果，而且有时还在砲根里留下一部分没有完全爆炸的炸药，严重地威胁着工人的生命安全。

木棍砲的经验是由石子砲改良后得到的。改用小木棍代替石子，木棍直径为砲眼直径的 $\frac{1}{3}$ ，长 6 ~ 10 公分，如图 6，装药前先装入 1 根木棍，如图 7。这一方法操作简单，现场工人容易掌握，试验成功后，普遍受到欢迎。后来又发展成为木棍与药卷间隔装药的经验，间隔的木棍长 5 ~ 7 公分，效果仍然良好，减少了导洞断面的砲眼数目，提高爆破的功效率 35% 左右。因此木棍砲成了比较成熟的先进经验。

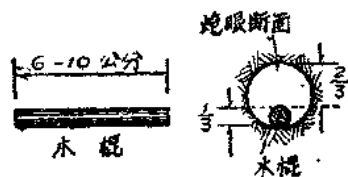


图 6

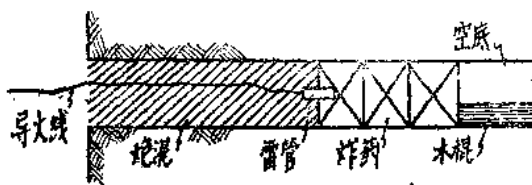


图 7

木棍砲的作用原理，还须进一步研究，可能和炸药爆炸的最佳密度这一特性有关。因为每种炸药都有最佳的密度界限，这个界限偏高或偏低，都会引起爆炸速度的降低，直接影响到爆炸的稳定性。密度很高的炸药，起爆雷管不能使它发生爆

炸，这是由于爆炸波内化学反应时间較抛擲炸药的时间长，炸药在来不及反应之前，即由爆炸压力从高温和高压圈内抛出，爆炸作用就随之停熄。按照普通的方法爆破小炮眼，特别是在比較坚硬的岩石情况下，炮眼底部的炸药，在药包爆炸的一瞬间，炮眼上部接近雷管的一部分炸药，最先起化学反应，这时强大的压力，可能把底部的炸药很快压实，超过了它本身的最佳密度，因而使这部分的炸药成为不稳定的爆炸，或者不发生爆炸作用留下一段炮根。当炮眼底部装入木棍以后，留有空隙，底部炸药不致被压超过最佳密度，整个药包便能得到稳定的化学反应，起到良好的爆破效果。这种情况，可以由把起爆雷管放在炮眼底部的爆破經驗得到証明，但这样作，是技术安全所不允许的。

2. 木棍炮的适用范围

(1) 木棍炮应用在隧道导坑的开挖中，有着特殊的效果，由于炮眼利用率提高，开挖进度和工效都能得到很大的增加，经济上有着肯定的价值，同时还能保证安全生产。

(2) 大量爆破施工时，准备坑道的开挖，和隧道导坑开挖工作的性质基本相同，都只有一个自由面，采用木棍炮能取得同样的效果。

(3) 露天采用小炮眼法爆破时，在比較坚硬的岩石中，也可以采用木棍炮来克服由于底板阻力过大，放炮后残留炮根现象，从而提高石方爆破的工效，降低成本。当然露天爆破由于常常具有2个或2个以上的自由面，木棍炮的效能，可能会比一个自由面的条件下显得差一些。

(三) 二 大 炮

1. 作用原理及运用条件 二大炮实质上就是爆破方法中大直径药卷爆破和深眼爆破两种方法的統一应用。按照爆破工程一般的规定是炮眼直径在75公厘以下(通常是33公厘左右)，深度在4~5公尺以下时，叫做小炮眼法；直径大于75公厘，深度在4~5公尺以上时，叫做深眼法。这种规定是由于施工机械和操作技术的不同而分别的。近年来开始推广一种在小炮眼法相同的基础上加大炮眼直径增加装药量的方法，在苏联这就叫做大直径药卷爆破法，是一种先进的方法。

我国的铁路工人，在没有学习苏联先进方法之前，就摸索创造出了这种有效的方法，經驗是十分可贵的，所以我们仍沿用它的习惯名称，叫作二大炮。

二大炮的眼深通常是2~9公尺，炮眼直径50~100公厘。4公尺以下的炮眼可用手风鑽O M—506型鑽孔，4公尺以上則需用重型风鑽或架式风鑽才能鑽孔。由于我国机械設備尚少，因此宝成铁路的工人通常都是用人工鑽孔或单人冲钎的办法进行施工。在V~Ⅲ类土的軟石中用单人冲钎法鑽孔，效果是良好的。

由于二大炮的技术簡單，容易操作，也容易为普通的爆破工所掌握，所要求的机具也很簡單，在目前我国的生产情况下，是推广和普遍采用的有利条件。用二大炮与葫蘆炮混合爆破，在采石場里可以得到良好的效果，可以得到破碎均匀的料石，减少大量二次爆破的复杂工作。

二大炮的采用可以补足葫蘆炮在坚硬岩石中扩大药室的困难，也可克服小炮眼爆破法装药不多、效力低的缺点，因而可以提高工效2倍左右，用来清刷边坡，还能使它整齐美观，保持稳定。

在地下爆破工作中，同样可以使用二大炮。由于炮眼直径大装的药量多，因此无论在隧道导坑或大爆破准备坑道的开挖中，都能减少断面内的炮眼数目，提高炮眼利用率，增加挖进速度。这种显著的成效在苏联矿业开挖坑道的工作经验中，是已经肯定了的。

(2) 施工经验 从许多次二大炮爆破的结果看来，消耗的药量要比葫蘆炮约多15%~20%，但它的工效可比一般的小炮眼法爆破高2倍。因此它本身的经济价值仍然很大，在所述有利条件下，二大炮的优越性不能被其他方法所代替。

是否能够得到满意的爆破效果，很大的程度上决定于炮眼位置的选择。选择的条件基本与葫蘆炮相同，应当尽可能增加爆破的自由面，必要时可以和葫蘆炮一样，把地面自然坡度不大的地形，改造成为台阶形或陡坡，并应尽量布置排炮，这可以大大地增加爆破效果。

炮眼的深度一般为最小抵抗线的1.25~1.5倍，采用2~9公尺，而最小抵抗线一般不应超过3公尺；炮眼直径50~100公厘，根据岩石的硬度确定，上下直径相差不宜过大，在10公厘左右即可。在清刷边坡时，Ⅶ类土以上的岩石，除水沟及岩石结构不利的条件外，没有什么限制；在Ⅴ~Ⅵ类土时，炮眼口需要距边坡30公分，眼底则需要距50公分左右。

二大炮的打眼工作和葫蘆炮基本相同，在深度不大时可用手风钻OM-508型钻孔，也可用人工冲钎法打眼。冲钎的工具可用28公厘的钢钎，钎头形式为单缝直刃式，刃口宽度6~10公分，最先进的钎头是凸形，石质较软时可用S形，手锤用12磅锤。Ⅴ~Ⅵ类土最好用冲钎法；比较坚硬的岩石，由于钎头直径较大，宜用打眼法。

在许多情况下用分节装药的方法，爆破结果不但能减少炸药的消耗量，还可得到比较均匀的块石，特别是在开采片石的工作中，加深炮眼分节装药，可以提高片石质量及数量，也可以减少二次爆破的次数，对提高工效有很大作用。分节装药的方法需要根据岩石的破碎程度来定：即使在隧道中也可以采用。

分节装药的方法一般可分两种。在较软的岩石中，先在炮眼底部装入小石子10~15公分，再依分节间隔装药；另外一种是先从炮眼底部装入一节药筒，再装20公分石子，装药时必须每节炸药内放入起爆雷管一个，以保证全部起爆。如果用传爆线贯通整个炮眼，便可省去装起爆雷管的复杂作业手续，保证同样的效果，装药时用来隔离药筒的材料，除小石子外，还可使用沙和砂粘土的混合物。堵塞的深度需要大于最小抵抗线，一般为 $\frac{1}{2}$ 的炮眼长度。

如用雷管起爆，装药时需要特别小心，用木棍把炸药或石子分层轻轻捣实，不能用力过猛，以防打击雷管，引起爆炸，最好预先制成药卷，用于沙间隔和堵塞，并清除其中石子。

二大砲根据所选炮位，装药量及炮眼数目，一般每次可爆破岩石 10~300 立方公尺，与葫蘆炮混合排列爆破，可以达到 1 000 立方公尺以上。在Ⅳ类土有两个自由面时，每方消耗的发射药只需要 0.1~0.2 公斤。

三、大量爆破

宝成铁路采用大爆破的施工方法有 148 个工点，胜利地克服了大量土石方集中工程对工进的控制，有力的保证了全线的提前接轨；也代替了大量的人工重体力劳动，使工人的安全得到保证。这些经验是宝贵的。但由于过去没有比较成熟的经验，理论和技术水平都不高，虽有苏联专家的指导和帮助，仍然在个别工点未能全部达到设计要求，在爆破后产生副作用，给工程上造成了某些困难和影响，这是前进中的缺点。总结这些经验和教训，对爆破工作的继续开展有非常重大的意义。主要大爆破工点情况，统计如附表 2。

(一) 採用大爆破施工的基本原則

經驗証明大爆破是先进的是有效的施工方法，但与任何其他的方法一样，不是在任何地方都能采用，都能收到同样良好的效果，必須根据大爆破的施工特点，結合着考虑每个工点的具体情况，作出专门的技术设计，才能保证爆破后的工程质量。因此，在决定采用大爆破施工时，应本以下几个基本原则。

1. 地质条件 对于爆破来说，地质条件是一个十分重要的因素，爆破的效果和工程的质量直接决定于良好的地质条件。岩层的节理少或岩层结构有利与不容易风化的整石带，即使边坡高或者药包位置设计的不够恰当，爆破后仍不致发生严重的问题，一般只影响到岩石抛掷和清理路堑的方数的多寡，当将所有路堑内被震松动的岩块清刷后，边坡和路基即能保持稳定。

青石岩车站的爆破规模是很大的，使用炸药达 334.76 吨，虽然路堑最高的边坡达 122.0 公尺，但由于这个工点是花岗岩的整石带，又无地下水的侵蚀，岩体表面风化虽较严重，节理也较发达，而以节理是背向倾斜，爆破的效果是很好的，清刷边坡以后，整齐稳定。在宝成铁路沿线地质情况极为不佳的条件下，爆破的效果和工程质量基本上是令人满意的。

从青石崖和其他工点大爆破的经验看来，可以肯定无论那样种类的岩石，甚至黄土和粘土，都可以采用大爆破方法施工。所要注意的是岩石的结构情况，在爆破之前必须很好的勘察和研究。如果岩石的层理是水平或接近水平，对爆破后的路堑边坡是没有影响的。如果岩层的倾斜度较大，则须弄清倾斜方向，一般说来岩层向线路方向纵向倾斜或与边坡背向倾斜，都是有利于爆破的，如图 8、9



图 5

所示；如果岩层的傾斜向路基，如图10，这就很不利于爆破，只有当岩层的傾斜度大于或近于路基边坡坡度时才可爆破，否則爆破以后，边坡上面順层理一部份的岩石，很可能因受到爆破震动和失去平衡而向下坍塌。

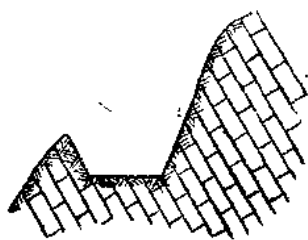


图 9

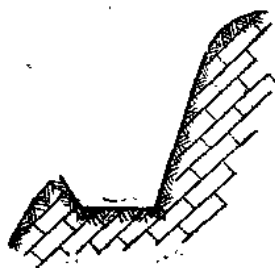


图 10

向路基傾斜的岩层，尤其在地下水比較发达的水文地质条件下，除了要考虑上面边坡滑坍的可能性，还必须研究路基的稳定性，有时会使整个路基随爆破而滑动，无法形成路基平台，爆破后还将增加擋土墙的工程这就不应当爆破了。

凤州到双石鋪的1206工点进行了一次不应爆破的大爆破，取得了很大的教訓。1206工点路基寬为5.5公尺，綫路与川陝公路平行在嘉陵河岸，边坡最高才48公尺，按一般良好的地质情况，进行大爆破是不应该发生問題的。但由于該工点的地面为黃土夹卵石的复盖层，里面是砾岩夹卵石为紅黏土胶結有輕微风化的岩体。卵石是直径10~100公厘棕黃色及棕紅色的夹有30%黃土质砂粘土，与黃土成层有明显的界限；黃土之下又是直径10~20公厘的石灰岩砾岩，并夹有10%的大漂石。这种岩石本来就胶結不紧，遇到雨水或地下水就会立刻坍塌。在这样的地质情况下，开挖路堑的边坡稍陡，便不能保持稳定，大爆破很可能使地表面受到損害，发生裂縫被雨水浸蝕而坍塌。

1206工点的技术领导同志不听专家的劝告，只因提前工期，进行了大爆破，分作两次爆破，全部装药量21.5吨，虽只及原設計92.23吨的23%，可是在爆破后清理路堑时，即发现边坡頂部10公尺左右有縱向裂紋一条，寬达4公分，在20公尺左右又有10公分的裂縫一条，裂縫随清理工作的进展发展，深达1公尺左右，被迫将路綫向外移动10公尺，还增加了明峒建筑物，造成了严重的損失。

1206工点的失敗教訓証明了地质情况不良的条件下是不能进行大爆破的。这种地质条件就是黃土或粘土中夹有卵石或砾石，大量岩石堆积体地带，大量塌方滑坡地带，和岩层軟硬面杂的粘土且有大量地下水的地带，都是不适宜于大爆破的。

因此对于大爆破的采用来说，地质情况是一个重要的先决条件，必須在进行技术設計前，詳細踏勘或更作必要的鑽探，研究地质条件不仅是了解岩石的分类和硬度，还必须考察岩石的结构和水文地质情况，这样才能保证工程的质量，避免坍塌现象的发生及損失。同时还必須批判“大爆破伤害边坡和路基，破坏地质结构”这种有害观点，从宝成铁路的14个大爆破工点的經驗証明，由于大爆破而引起边坡坍

塌，增加施工困难，而为一般所承认的也不过手攀岩、黄龙嘴、1203、观音山车站等四处：仅占全部工点的2.7%，更何况这些工点的地质条件本就不好，只是由于经验不足，爆破前对地质结构了解不清，对爆破的后果估计不够造成的，绝不能据此作出结论，认为大爆破破坏了地质结构。

2. 经济条件 我国炸药价值高，工资比较低，在某些情况下采用大爆破，要比用人工小炮眼爆破法贵，这就产生了一个现实的经济效果问题。从宝成铁路采用大爆破的经验来看，在以下几种情况用大爆破方法施工是经济的。

(1) 土石方数量集中，工期紧迫的控制工点，大爆破施工可以大大的缩短工期，提前完成任务。因为在土石方大量集中的情况下，由于路堑工作面狭小，即使有足够的劳动力也无法安排；就是能够在可能的工作面上，摆上尽多的劳动力，也势必互相干扰，造成窝工、混乱等不合理的现象，而工期仍无法缩短。大爆破就完全克服了这些困难因素。

观音山车站的爆破，是在这种客观条件下决定的。这个工点在2,940公尺的地段内，集中3,679,000立方公尺的土石方工程，特别是其中观音山车站667公尺的一段，填挖土石方数达476,131立方公尺，路堑中心最高的达37公尺，坡顶最高达80余公尺，最大的挖方断面有超过1,800平方公尺的。假如用通常人工小炮眼爆破法施工，每天以1,000人工作计算，时间约需1年，而工期的要求则只有8个月，因此乃确定采用大爆破开挖这个车站站坪。

全部工程从1955年5月中旬到同年8月10日爆破完成为止，历时仅有3个月，如果除去作技术设计及准备工作的一个半月，实际施工的时间只有约50天、装入的炸药有梯恩梯(T·N·T·)、硝酸炸药及发射药共142.08吨，所用直接工计11,462工天，间接工计1,563工天，共计13025工天。

爆破的结果从并列的四个山头上，扬弃了98,659立方公尺，松动了108,900立方公尺，共计为207,559立方公尺，爆破的同时使从一、二号山头的土石方指向抛掷填入了竹圈沟34,731立方公尺，利用作为填方。

观音山车站的大爆破，比原来计划用人工小炮眼法爆破可节约76,832元，省了人工大约82,000工天，缩短了工期6个月，充分地证明了大爆破的经济效果和工期紧迫、土石方数量集中条件下的优越性，不可能为其他的施工方法所代替。

(2) 工程艰巨，施工困难的工点，大爆破能够克服这些困难，同时也能节省劳动力、缩短工期，大量减轻工人的重体力劳动和保证安全。青石崖车站与李家河改河大爆破，充分地从此一方面证明了大爆破的优越性。

青石崖车站是宝成铁路北段工程最为艰巨的地段之一，线路傍陡坡，隣深沟，在前后皆为隧道的617公尺内，即有5个高填深挖的工点，其中550及552是较大的两处。按照原设计550工点为三线高填，后因土石方太大，改为三线石拱桥，仍因工程数量巨大，施工困难，最后才决定用抛掷爆破，把爆破岩石指向填入深沟，552工点的原设计为深挖路堑，路基宽为22.46公尺，中心挖深最大的有48.80公尺，边坡坡顶最高的达123.00公尺，共须开挖191,571立方公尺，对于这样集中巨大的