

167284

74.37

74.6732

059980

LQJ

LQJ

1962.11.海

露天矿微差爆破

B. M. 魯契金 著
C. A. 达維多夫



建筑工程出版社

露天矿微差爆破

聶森林 姜榮超 譯

建筑工程出版社出版

• 1958 •

原本說明:

書 名: Короткозамедленное взрывание на карьерах
著 者: В. М. Ручкин, С. А. Давыдов
出 版 者: Промстройиздат
出版地点: Москва—1956
及 年 份:

露天矿微差爆破

聶森林 姜榮超 譯

建筑工程出版社出版(北京市阜成門外大街)

(北京市書刊出版業營業許可証出字第052号)

建筑工程出版社印刷厂印刷·新华書店發行

書号: 37 39 中 850×1108 1/32 印张: 1 1/2

1953年 8 月第 1 版 1958年 8 月第 1 次印刷

印数: 1 - 2, 260 册

統一書号: 15040·937

定 价: (10)0.28 元

目 录

序言.....	2
I. 微差爆破方法的原理及其优点.....	2
II. 微差爆破的方法和使用的工具.....	6
III. 微差爆破的穿孔爆破参数.....	23
IV. 微差爆破的必备条件.....	32
1. 深孔网的排列	32
2. 深孔爆破次序与线路敷设.....	36
V. 微差爆破在露天矿的应用.....	39

序 言

微差爆破是目前最先进的爆破方法之一。在二十年代末期，我国就出现了采用这种爆破的想法。起初，为了保证多组药包的准爆曾采用1913年型威力小的放炮器、賈法尼電池組和軍事工程管理局型延發儀器。在三十年代中期，微差爆破的經驗繼續用于矿岩的定向抛擲爆破。爆破是用瑪列尔工程师（蘇聯爆破工業管理总局生产試驗管理处）設計的儀器进行的。不久以后，生产試驗管理处設計了一些新型延發儀器（手提留声机型的，鼓型的和其他等），借助于这些儀器进行了一系列的微差爆破試驗。但是采矿业中的这些工作在偉大衛國战争时期中断了，一直到1949年才恢复进行。

国外是从1945~1946年开始在采矿业中采用微差爆破的，在那里，微差爆破首先是用来減輕爆破的地震影响。稍迟一些时候，国外無論在露天采矿中或者是在地下采矿中都开始采用了微差爆破。

在文献中，微差爆破这一問題还未得到应有的闡明，因而生产者对采用这一新工作方法經常感到为难。

考虑到这种情况，本書作者不打算全面地来闡述这一問題，而只試圖使采矿工作者了解一下微差爆破的工作方法和参数以及有关儀器的結構和工作情况。

I. 微差爆破方法的原理及其优点

微差爆破是以一定順序按規定的千分之几秒或百分之几秒的时间間隔来爆破药包。每后一个药包的爆破是在前一药包所爆破

的岩体已部分破坏、但在岩体中所引起的应力还未消失的一瞬间發生的。因此，后一药包是在岩体已被松动的条件下爆破的，这是因为此时被爆岩体产生了补充自由面，并且还可以利用前一爆破所产生的剩余应力。由于比較完全地利用了炸药能量，所以爆破效率能提高。

微差爆破的延發時間範圍基本上是由 10 到 100 毫秒，但有时由于岩石硬度和爆破用途的不同，这一範圍也有某些改变。

原則上确定，被爆岩石越硬和深孔間距越小，爆破的延發時間也越短。

在需要增加矿岩产量和降低地震影响的場合下，建議采用較短的延發時間；假若必須將被爆岩石抛往預定的方向，則延發時間就应当長一些。

正如多次观察和專門进行的試驗所表明，采用微差爆破与采用即發爆破比較起来，有其一系列重要的优点。

首先，它能大大降低爆破的地震影响。例如，在正确选择等于地震波周期一半的抗震時間間隔(Антисейсмический интервал)內，地震影响將降低 80~87%。就整个而言，进行微差爆破时的地震影响將降低 60~66%；这就有可能大規模地进行爆破工作，即每單位時間間隔內，在药量不超过即發爆破时对建筑物無地震危險之最大药包量 $\frac{q}{n}$ 的情况下，能爆炸大量的炸药。

其次，与即發爆破相比較，它可依靠增加深孔的允許間距来提高每公尺深孔的崩矿量，从而降低炸药的單位消耗量。

如系硬岩时，这两个优点尤为明显。

再次，可以减小炸下矿塊的爆堆寬度，于是也就有可能在爆破梯段时不拆除鉄道。

第四，使岩体后冲部分产生的裂縫(Закон)减少，故可大大減輕穿鑿新深孔的工作。但是只有当正确地选择了延發時間間隔时才能达到裂縫减少的目的。

第五，当用正面工作面掘进壑溝时，可以形成定向單側塌落。这样就可以敷設更長的鉄道綫路，从而电鍍工作綫加長，电鍍生

产率提高。

最后，在某些場合下，当正确地选择了延發時間間隔和爆破順序时，可以改善矿岩的破碎程度，从而不合規格矿塊的产出率降低。这一点特別在很致密的岩石中可以观察到，但通常在有裂縫的岩石中却不容易發現。

自然会产生疑問：为什么微差爆破比即發爆破会有上面所指出的优点？这些优点从理論观点看来又怎样解釋？

很遺憾，在目前还没有一个严整的、有科学根据的和举世公認的微差爆破理論，因为对微差爆破时在岩石介質中發生的極端复杂的物理現象还没有进行过專門的研究。

但是为了解釋微差爆破的各种特性，苏联和外国的許多作者已分別提出了許多假說。我們認為没有必要研究所有的这些假說，何况其中有些假說还不能經受严格的批判。現在我們来談談其中的一个假說，从我們的观点出發，認為这个假說最能正确地解釋微差爆破过程的特性。

进行微差爆破时，由于地震波發生干扰而使地震作用減小的意見已被广泛接受。因为各次爆破的时间間隔特別短，以致后一药包在前一药包所引起的地震震动开始減弱之前就發生了爆炸，新的地震波与前一地震波的相不是重合的，因而形成了地震波的平衡，也就是地震波的某些消失。自然，假若延發時間間隔等于地震波周期的一半，則地震波消失得最厉害。因此那种延發時間間隔称为抗震延發時間間隔。遺憾的是，目前所有的爆破工具还不能保証延發的充分准确性，因而通常不能严格遵守抗震延發時間間隔。

进行微差爆破时，矿岩崩落量的增加，或者更准确一点說，深孔間距的增加，是極易解釋的，因而也沒有引起任何特殊的異議。

事实上，正如大家所知道的，进行即發爆破时，排列深孔应当使深孔間距小于“底盤抵抗綫”。只有当該种直徑的單个药包能克服底盤抵抗力的情形下，孔距方可等于底盤抵抗綫，甚至大

5~10%。

即發爆破時，如再增大孔距，則深孔間的岩石（指堅硬岩石而言）就不可能完全破壞。

進行微差爆破時，觀察到的岩石破壞順序就不同了。假如延發時間足夠長時，並且第一個藥包所爆破的岩體部分已經發生前進運動時，則在先前爆破的地方形成補充自由面，這無疑地就減輕了第二個藥包的工作量。同時，眾所周知，在有數個自由面的礦體內佈置藥包，且藥包與每一自由面距離相等時，則此時將獲得最好的爆破效果。

當然，進行微差爆破時最好能這樣來佈置第二個藥包，使得該藥包到梯段面和到新自由面的距離均相等。估計到松散漏斗是直角形狀，則保證底盤抵抗綫條件相等的孔距按下式決定之。

$$a = \sqrt{2} W = 1.4 W, \quad (1)$$

式中： a ——孔距，公尺；

W ——底盤抵抗綫，公尺。

根據以上所談到的，就會產生這樣的問題：被爆岩體開始產生運動需要多少時間？爆破快速電影攝影表明，當底盤抵抗綫為6~8公尺時，梯段的可見移動（Видимое перемещение）約在藥包起爆後的40~60毫秒開始。

但是其內應變顯然開始要早得多。有關這一方面的問題可由下列觀察證明：當底盤抵抗綫較小且深孔是延發相間爆破時（例如偶數藥包為即發爆破，奇數藥包延發爆破），則即發爆破的深孔比延發爆破的深孔爆下較寬的爆堆。當延發時間總計為10毫秒時，這種爆堆形式也可能出現。由此可見，甚至在如此短的延發時間內岩體也會產生運動，這樣就為相鄰藥包形成了所爆岩體的補充自由面。

之所以能降低炸藥單位消耗量，是由於將深孔間距增加為1.4，而抵抗綫仍然不變，藥包總重量幾乎是固定的，因而岩石爆破量的增加就使得炸藥單位消耗量降低了。

爆堆寬度的減小也是合乎規律的，因為延發爆破藥包是在有

补充自由面的情况下發生爆炸，其爆炸力不仅向工作面坡面的一方作用，而且也向新自由面的一方作用。自然这也就促成了岩石爆堆总宽度的减小。

用类似理由也可解釋岩石爆堆的定向性(Направленность)。在这种情况下，药包間之距离不应大于底盤抵抗綫，以使新自由面方向的最小抵抗綫小于工作面坡面方向的最小抵抗綫，也就是小于底盤抵抗綫。因此，岩塊將向这一方向抛擲。很显然，假若后一药包是在岩体表面已产生可見运动，即經過 60~70 毫秒或 70 毫秒以上才爆破，那么大量岩石將抛置在預定的方向。

被爆岩石破碎程度的提高和裂縫的減少等类現象，解釋起来是相当复杂的。这些現象决定于爆破的延發時間，并且照例只有在較短的延發時間(由 15 到 60 毫秒)內更为明显，这种情况証实了这类現象跟爆破时岩体中产生的应力有关。看来，最好的破碎效果只有当岩体还处在前一爆破所引起的应力状态下、同时并已开始形成新自由面的一刹那間进行后一爆破时才能得到。

实验証明，在抗震延發時間間隔內能观察到岩石炸得最碎和最少的裂縫。

大概可以肯定，最近对微差爆破在岩体中进行过程的研究將會完全改变以前所持的观点。但是在今天这些观点还能充分解釋微差爆破的根本特点，并且在許多場合中还可用来正确選擇各种参数。

II. 微差爆破的方法和使用的工具

現在的露天采矿一般采用下列方法来进行微差爆破：

- 1) 采用借助于換向开关仪 (Прибор-переключатель) 或以專門电爆綫路来起爆的普通即發電雷管；
- 2) 采用能保証傳爆綫路延發爆破的專門仪器或發火裝置 (Пиротехническое устройство)；

3) 采用專門的毫秒延發電雷管。

借助于專門的換向开关儀来进行微差爆破的方法已得到最广泛的应用。运用这种仪器每隔一定時間依次供給各起爆藥包的電雷管以电流起爆能。

換向开关儀的構造随着微差爆破技术的發展逐年得到改进，但其进行微差爆破的原理却没有改变。（圖1）

由圖上可以看出，換向开关儀通常設在离要爆破的深孔有一定距离的地方。儀器的固定接触点各以一根導綫与每个藥包連接，而从藥包引出的導綫則联結到总導綫上，該总導綫的另一端与儀器的活动接触点相联。

当活动接触点与固定接触点閉合时，电流即依次通向爆破綫路的每一導綫，因而藥包按預定次序和为活动接触点运动速度而確定的時間間隔进行爆破。

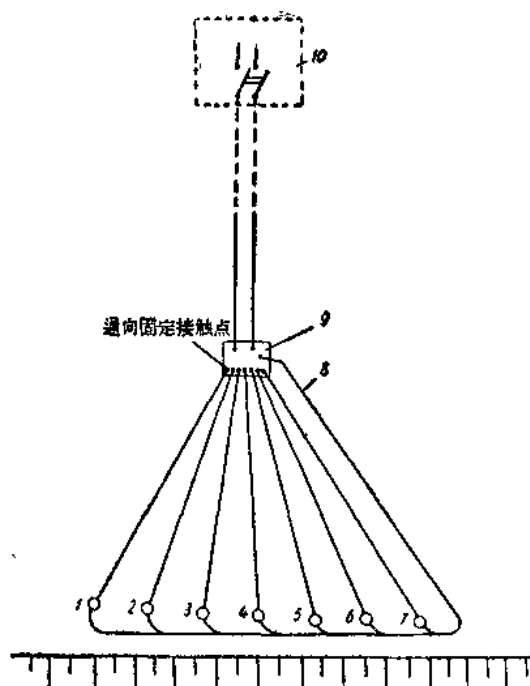


圖1 換向开关儀接入電爆綫路的原理示意圖
1~7—深孔爆破順序；8—总導綫；9—延發儀器；
10—爆破站

采用多脉动放炮器(Многоимпульсная взрывная машинка)进行微差爆破原理示意圖与上述原理示意圖的区别仅在于它不需要許多根將电能傳給儀器的導綫。

假若使爆破延發的儀器有遙控裝置的話，則它可設置在离要

爆破的深孔 10~20 公尺处，反之，仪器則必須設置于安全距离（100~200公尺）之外。

现在，常用的仪器有庫庫諾夫、工程管理局、科列尼斯托夫、列昂齐耶夫、卡杜林、格尔什加和其他人设计的仪器。

下面我们來討論每一种仪器的構造。

庫庫諾夫式仪器（圖 2）是由帶圓筒 2 的容器 1 組成。圓筒內有活塞 3。在活塞上置有重物 P 和許多接觸杆 K_1 。圓筒 7 的凸緣上則分布着很多活動接觸杆 K_2 。這些活動接觸杆的長度不

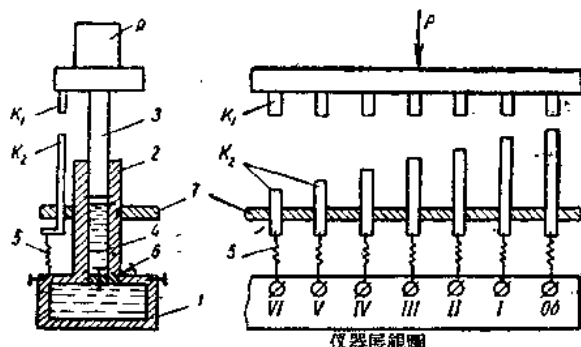


圖 2 庫庫諾夫式儀器原理示意圖
I, II, III……—電流進入各接觸點的順序

同，并用彈簧 5 使其壓在凸緣上。儀器作用的步驟如下：用手將活塞 3 提起，此時油 4 由容器吸入圓筒。假若放開活塞，則其慢慢向下移動。這時接觸杆 K_1 便開始順次與接觸杆 K_2 接觸，因而電流亦依次進入爆破綫路的各導綫。

爆破的延發速度決定于接觸杆 K_2 的高度差和活塞的降落速度。活塞向下移動的速度可以用針形閥 6 來調節。儀器分為 15 個延發時間間隔。延發時間間隔是從 10 到 100 毫秒。儀器重約 9 公斤。

庫庫諾夫式儀器的缺點是儀器需要經常進行調節，這是因為油的黏度隨着溫度的變化而變化之故。

工程管理局設計的儀器（圖 3）的工作以如下方式進行：接

触橫杆 K_2 沿着固定接触点羣 K_1 滑动，电流便依次进入爆破綫路中的各导綫。橫杆 K_2 由彈簧 1 拉动。用爪 2 来制动橫杆和使其启动。当电流进入爆破主綫时，則电气引火剂 3 爆炸，因此制动橫杆 K_2 的爪 2 向上掀起，仪器就开始發生作用。工程管理局設計的仪器的延發時間系不变的，無需加以調整，

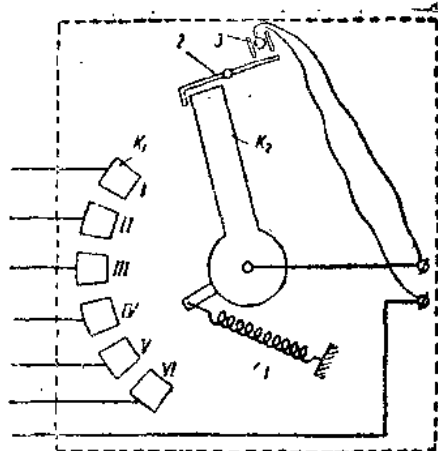


圖 3 工程管理局設計的儀器原理示意圖
1, II, III.....—电流进入各接触点的順序；

共分为 6 个延發時間間隔，延發時間約为 70~80 毫秒。本仪器使用方便，外形尺寸小且輕。儀器的缺点在于其規定的延發時間間隔極不準確，此外，在仪器使用过程中延發時間会因彈簧的彈性發生变化而增加。

科列尼斯托夫式仪器（圖 4）是利用重物自由落下的原理来工作的。

仪器中自由落下的重物 P 在銷栓 1 拔除后即沿导杆 2 落下，

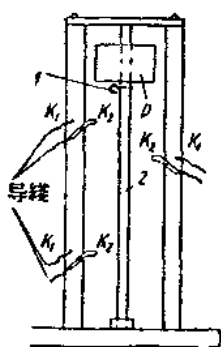


圖 4 科列尼斯托夫式儀器原理示意圖

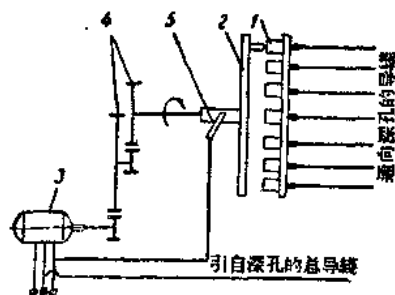


圖 5 列昂齐耶夫式仪器(BЭД-II-1 型儀器)原理示意圖

使活动接触点 K_2 轉动与相应的一些接触点 K_1 接触，爆破綫路內各导綫即依次接通。本仪器的制造、使用和校准均極簡單，但是不能得到很長的延發時間間隔。

工作最可靠和最准确的仪器是以电动机使活动接触点發生运动的換向开关仪。

列昂齐耶夫工程师設計的 BЭД-Л-1 型仪器（圖 5）是一种用电压为 220 伏特的交流电路来工作的換向开关仪。

仪器的裝置情况如下：于圓盤周圍分布一些固定接触点 1。活动接触点則設置在用电动机 3 并經 減速齒輪組 4 轉动的圓盤上。电压借助于电刷 5 通向活动接触点。圓盤迴轉速度是以更換減速齒輪的方法来进行調节的。本仪器可以用遙控方法来接通。

BЭД-Л-1 型仪器按每隔 10、20、30、40、60、80、120 和 150 毫秒依次接通电路發生作用。

虽然仪器的原理示意圖很簡單，但它的構造却極为复杂。

1952 年生产的这种仪器重約 30 公斤，1953 年生产的較輕，但是后者各接触点的接触時間經常有偏差。

卡杜林式仪器（圖 6）由下列主要部分組成：电动机 1，螺絲桿 2，帶有活动接触点 4 的螺母 3 和安置在兩個平行于螺絲杆的板 6 上的固定接触点羣 5。

电动机帶动螺絲杆旋轉，进而推动螺母以一定速度向前移动。

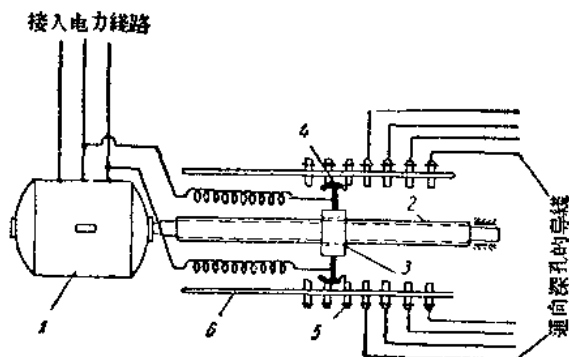


圖 6 卡杜林式仪器原理示意圖

此时，各固定接触点依次地閉合，而自依次爆破之起爆电雷管引出的导綫分別接在各固定接触点上。爆破間的延發時間間隔决定于电动机的迴轉数、螺絲杆螺距的長短以及各固定接触点間的距離。利用仪器可以得到由 45 毫秒到 4 秒的延發時間範圍。

生产試驗管理处制成了新型的卡杜林式仪器，其特点是尺寸小（ $15 \times 15 \times 50$ 公分）和延發時間間隔範圍大（由 10 到 450 毫秒）。

上面所列举的各种仪器是以电气網路和其他供給非脉冲电流的电源来爆炸药包的。

按照另一种原理設計了專門的脉冲放炮器。例如，1953 年国立采煤自动化設計院（Институт гидроуглеавтоматизации）設計了一种 MBM-1M 型多脉冲放炮器（格尔什加設計的放炮器）。本放炮器的作用原理是电容器每隔若干毫秒時間間隔依次向各单独电爆綫路放电。

本放炮器的电力綫路与其他类型的电容器放炮器有很多相同的地方。但是除手动交流發电机、硒整流器和电容器組以外，MBM-1M 型放炮器是用特殊裝置將电气起爆能依次送入各爆破綫路的。

MBM-1M 型放炮器可以保証四組以下的电雷管起爆，每組各有 10 个电雷管串联，且各組总电阻为 20 欧姆。延發時間間隔为 10 到 100 毫秒，而电流沿外部綫路的总傳导時間是 40 到 400 毫秒。放炮器外形尺寸为 $220 \times 170 \times 170$ 公厘。重 4.9 公斤。

但是采用上述各种仪器，对于由很多导綫組成的爆破綫路而言，要想得到几种延發阶段是很复杂的。

B.M. 魯契金工程師設計的微差爆破專門电爆綫路消除了上述缺点。

該电爆綫路的作用原理是以分接电雷管多段并联法（Параллельно ступенчатое соединение зашунтированных электродетонаторов）的以下特性为基础。

当爆破綫路內各段电阻成一定比值关系时，最大值的电流通过第一組电雷管，并使其爆炸。經過以后各組的电流仅为前者的

二分之一到三分之一，也就是說，这时的电流不足以引起这些組的电雷管發生爆炸。

因此，第一組电雷管最先爆炸，并且联結这一組电雷管的导綫也同时被炸断了。第一組电雷管爆炸之后，第二組电雷管即得到最大电流，因而發生爆炸。由于以同一方法分配电流，于是剩下的有着不同微差延發時間的各組药包也依次爆炸。

現在，为了以即發電雷管进行多数药包或药包組的順序微差爆破，建議采用下列两种电爆綫路：分接綫路（Шунтированная сеть）和單綫分接綫路（Однопроводно-шунтированная сеть）（綜合式綫路—Комбинированная）。

第一种綫路采用与深孔口之傳爆綫相接的电雷管；而第二种綫路（綜合式綫路）則可以采用直接放置在起爆药包內的电雷管，此时，可以避免在爆破推动岩石的一瞬間深孔內端綫短路而引起的拒爆。假若采用以下列举的各参数，則采用上面建議的电路时預先可以不进行計算。

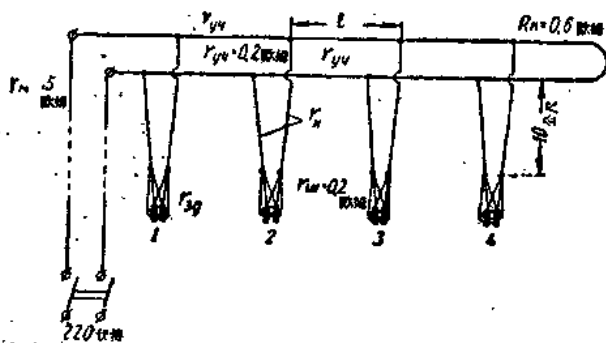


圖 7 爆破延發時間为 15 微秒之药包的分接綫路圖

r_{3g} —电雷管电阻，欧姆； r_{nv} —分路电阻，欧姆； r_{yv} —药包間綫段电阻，欧姆； L —电阻为 r_{yv} 的綫段長度，公尺； r_n —端綫电阻，欧姆； R_n —終端閉合綫的电阻，欧姆

用定值电阻綫段分接的电雷管的多段并联法是按分接綫路（圖 7）来联接的。

这种分接线路与原先所知道的线路^①的区别在于前者有终端闭合电阻(Концевое замыкающее сопротивление), 这一电阻可以保证电雷管的平衡爆炸。本线路的电雷管爆炸延发用下列方法获得。当起爆雷管电阻 r_6 与位于两相邻起爆药包联结之间的爆破线路线段的电阻 r_{Σ} 成一定的比例关系时, 则线路总起爆电流的大部分将通过由爆破线路供电方向数起的第一个起爆雷管, 而通过其余起爆雷管的电流不足以使这些药包爆破。只有当前一个药包已经爆破并炸断其分支线路后, 每后一起爆药包才能得到其爆破时所需的电流。

爆破延发时间取决于进入第一个起爆药包内电雷管桥路的电流值:

电雷管电流值, 安培	延发时间, 毫秒
2.5或2.5以上	15
2.23	20
1.79	30
1.52	40
1.32	50
1.18	60

由所引述的资料可以看出, 当通过第一个起爆药包电雷管的电流超过 2.5 安培时, 延发时间将减少到 15 毫秒, 以后则成为固定值。

用分接线路爆破时, 为了获得 15 毫秒的固定延发时间, 在实际中必须计算和检查电爆线路的下列参数, 并确定总起爆电流的最低必需值, 因为:

1. 电雷管电阻 r_{Σ} 可以是任何值, 但当一起爆药包内有几个电雷管时, 那么这些电雷管必须具有略为相等的电阻值;
2. 一个起爆药包内的电雷管数量 n 不应少于两个。起爆药包内的电雷管只允许并联;

① 参看“矿山杂志”1954年第3期31页。

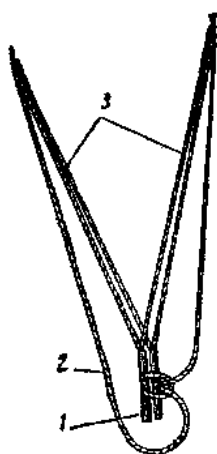


圖 8 并联电雷管
的分接綫对

1—电雷管；2—分接
导綫；3—端綫

3. 用起爆药包的电雷管將分接导綫（分綫）并联地接在端綫上，分接导綫的中部作成环状套在起爆药包的电雷管上，以便在电雷管爆炸时分接导綫被炸断。（圖 8）。

分接导綫的电阻为 $0.2 \sim 0.25$ 欧姆，相当于电雷管的兩根長 1.5 公尺的端綫之电阻。

4. 兩相鄰起爆药包联結处之間爆破綫路綫段的电阻不应小于 0.2 欧姆，即 $r_{yч} \geq 0.2$ 欧姆。这相当于起爆药包联結处之間的如下距离 L （見表 a）。

表 a

爆破綫路的銅綫断面， 平方公厘	电阻值相当于 0.2 欧姆 的导綫長度，公尺
0.5	5.7
0.8	9.1
1.0	11.4

5. 爆破綫路網內的終端延發电阻（Концевое замедляющее сопротивление） $R_K = 3r_{yч} = 0.6$ 欧姆，相当于导綫的以下長度（見表 B）。

表 6

电阻为 R_K 的导綫長度，公尺	爆破綫路的銅綫断面，平方公厘
17	0.5
27	0.8
34	1.0

6. 主綫电阻 r_K 不大于 5 欧姆，即 $r_K \leq 5$ 欧姆。

7. 总起爆电流 $I_{\sigma\sigma}$ 不小于 40 安培，即 $I_{\sigma\sigma} \geq 40$ 安培。

8. 为保証有 40 安培的电流通过有上述参数的爆破綫路，