

場空采除爆破大用

Г.М. 馬拉霍夫 著

· 刘 兴 国 譯

冶金工業出版社

用大爆破消除采空場

Г.М. 馬拉霍夫 著

刘兴国 译

冶金工业出版社

135295

在本書中全面地詳細地研究了苏联采矿工業中最迫切的問題之一，關於使用大爆破消除回采时所形成的空場。

本書以綜合並深入地分析所收集的广泛的实际資料（克里沃罗格矿区 1920—1941 年期間的）为基础。

在这个基础上研究和介紹了在各种采矿技术条件下使用大爆破消除采空場的最合理的方法。

对地下巷道中的大爆破作業在書中叙述了很多，如：放置藥包、降低空气冲击作用、減少矿井通風時間等。

在書中也研究了大爆破的地震現象，以及根据采矿技术条件和藥包量預先确定地震作用的方法。

本書中所載的克里沃罗格矿区实际資料，大部分是第一次發表出来，其中有可貴的關於表明大爆破經濟和費用比例的資料。

本書供生产和設計机关的工程技术人员使用。

Г.М.Малахов

ЛИКВИДАЦИЯ ПУСТОТ МАССОВЫМИ ВЗРЫВАМИ

Металлургиздат (Свердловск 1945 Москва)

用大爆破消除采空場

刘兴国 譯

編輯：崔葵宇 設計：魯芝芳、童煦菴 責任校对：任少模

1958 年 2 月第一版 1958 年 2 月北京第一次印刷 1,000 册

$850 \times 1168 \cdot \frac{1}{32} \cdot 92,000$ 字 • 印張 5 • 定价 (10) 0.95 元

冶金工業出版社印刷厂印

新华書店發行

書号 0772

冶金工業出版社出版（地址：北京市灯市口甲 45 号）

北京市書刊出版業營業許可証出字第 093 号

目 录

前言	6
第 I 部分 消除空場方法	
第一章 形成空場的原因、消除空場的必要性及空場的分类	7
第一节 消除空場的必要性	7
第二节 空場的分类	11
第二章 消除同采空阶段隔以矿石頂柱的空場	11
第一节 概論	11
第二节 使用集中藥包大爆破消除空場	12
第三节 使用圆柱形藥包大爆破消除空場	20
第四节 消除同采空阶段隔以矿石頂柱的空場的合理方法的选择	22
第三章 消除同表土層隔以矿石頂柱的空場	25
第一节 概論	25
第二节 使用置於藥室的集中藥包大爆破消除空場	25
第三节 使用置於垂直深孔藥穴中的集中藥包大爆破消除空場	42
第四节 使用圆柱形藥包大爆破消除空場	47
第五节 消除同表土層隔以矿石頂柱的空場合理方法的选择	49
第四章 消除开采盲矿層所形成的空場	50
第一节 概論	50
第二节 消除复以厚度小於40公尺廢石層的「盲」空場	52
第三节 消除复以厚廢石層的「盲」空場	62
第四节 消除开采盲矿層所形成的空場合理方法的选择	68
第五章 用集中藥包大爆破方法消除开采傾斜和緩傾斜矿層所形成的空場	70
第一节 概論	70
第二节 消除走向尺寸大的傾斜矿層空場	71
第三节 消除傾斜筒狀矿体的空場	76
第四节 消除緩傾斜空場	80
第五节 綜合消除傾斜和緩傾斜矿層空場实际資料所得出的結論	86

第六章	由露天开采轉为地下开采时上盤岩石的大量崩落	86
第七章	人工方法消除空場的使用範圍	97
第八章	結束回采工作与消除各类空場時間之間的关系	99

第Ⅰ部分 使用大爆破消除空場的技术

第九章	使用大爆破消除空場时 最小抵抗綫 的选择	104
第十章	最小抵抗綫和暴露面大小 的关系	106
第十一章	集中藥包的計算	107
第十二章	深孔圆柱形藥包的計算	111

第Ⅱ部分 使用大爆破消除空場的基本作業

第十三章	藥室巷道的掘进、裝藥和填塞	118
第一节	概論	118
第二节	藥室巷道的布置形式	118
第三节	藥室巷道的断面	120
第四节	与藥室水平联通的方法	120
第五节	藥室巷道掘进、裝藥及填塞时的通風	121
第六节	掘进、填塞及裝藥的工作組織	123
第十四章	在頂柱和矿室間柱 中鑽深孔	124
第一节	概論	124
第二节	鑽孔設備	125
第三节	鑽深孔	127
第十五章	大爆破后矿井巷道的通風	129
第一节	概論	129
第二节	决定大爆破后矿井中有害气体含量及通風時間的因素	130
第三节	大爆破的通風時間	136
第四节	大爆破后合理的矿井通風的要求	137
第十六章	使用大爆破消除空場时回收矿室間柱的方法	137

第Ⅳ部分 大爆破消除空場时的 伴生現象

第十七章	消除空場时的空气冲击	142
第一节	概論	142

第二节	决定空气冲击作用的主要因素	144
第十八章	爆破的地震作用	148
第一节	概論	148
第二节	爆破的震动性質	149
第三节	在克里沃罗格矿区消除空場及崩落上盤岩石 时对大爆破地震作用的观测資料	152
参考文献		158

前 言

在斯大林五年計劃年代中，苏联黑色金屬主要的原料基地——克里沃罗格矿区蓬勃地發展，以新穎的采掘矿石方法丰富了采矿技术，这些方法建筑在斯达汗諾夫—謝密沃罗索夫运动和工程技术思想中所获得的最高成就的基础上。

在这些新的采掘矿石方法中居佔首要地位之一的是高效率的小阶段开采法，以及在这个基础上被發展起来的消除采空場的方法。利用大爆破消除采空場最成功地解决了同形成大的采空区有关的采矿工作問題，使此項工作得以安全地和經濟地进行。

和我們采矿工業中广泛地推广小阶段开采法一样，人工消除空場問題具有很大的实际意义。

本書中編入關於开采厚矿床时使用大爆破消除采空場的各种方法的系統資料。

本書的主要內容是作者在克里沃罗格矿区（1930—1941年）工作期間所收集的資料，以及作者对使用大爆破消除空場的最合理方法的科学研究成果。

在研究各种消除空場方法及其分类的同时，作者叙述了同大爆破有关的作業，並闡明了伴随人工消除空場所發生的地震現象和空气冲击。

本書中的克里沃罗格矿区的实际資料，已包罗了开采厚矿床时最有代表性和最有意义的消除空場和崩落上盤的情况。

作者有必要向对本書的主要內容提出了很多宝贵意見的H.A. 斯达里柯夫教授以及对本書出版給予帮助的矿山管理总局H.H. 巴特里契夫工程师致以深深的謝意。

第 I 部分 消除空場方法

第一章 形成空場的原因、消除空場的 必要性及空場的分类

第一节 消除空場的必要性

使用小阶段开采法开采厚矿床所形成的空場，即以阶段間矿柱及矿室間柱圍起来的矿室。

实际上在絕大部分的情况下，为了从矿柱中回收矿石必須消除矿室空場。这个作業可根据采矿技术条件而定，可以在回采矿柱前进行，也可以与使用大爆破方法崩落矿柱同时进行。

除去要从殘留的矿柱中最大限度的回收矿石外，还要滿足正常的和安全的进行回采的要求。

須指出，若是忽視有計劃的消除空場的必要性，則形成很大尺寸的空場，这会使上盤岩石或矿室頂板自然崩落，从而造成不安全的劳动条件。

在这样的自然崩落情况下，除去毀坏与空場直接靠近的巷道外，还可能由於空气冲击引起严重的事故，並且此事故可以波及到距离空場很远的地方。

空气冲击現象是由於被崩落的岩石將空場內空气推出，同时以很大的速度沿巷道通过，从而引起类似毁灭性暴風的作用，扫蕩路徑上的一切。

例如：在美国阿特蘭奇克和烏勒衛林矿山的一次災变中，空气冲击力量大到这种程度，將岩石碎塊由井口拋出40公尺高。空

气浪所經過的矿井巷道遭到很大的破坏，並將路徑上的一切东西都盖上一層很厚的岩粉，使得被打死的人体很难同岩石碎塊与支柱分辨出来。

在克里沃罗格矿区的矿井中，也曾發生过一些相似的空气冲击。如 1935 年捷尔仁斯基矿务局〔公社者〕矿井在一次不良的大爆破进行一个月以后，使 № 1 和 № 2 矿室頂柱發生自然崩落，空气浪經過的矿井巷道遭到很大的破坏。在距 № 1 和 № 2 矿室 50 公尺的沿脉巷道中的支柱被打到 20 公尺以外的地方。在主要水平上將制動着的电机車移动几十公尺。动力的及照明的电纜網被破坏。岩石碎塊及支柱碎片，被空气浪抛擲到地表。它們被运搬的距离达 700 公尺，其中沿井筒运行 120 公尺。

这些資料很明显地說明了对消除回采时所形成的空場問題，应給予严重的注意。使結束回采的时间 and 消除空場的时间严格的协调一致。对消除方法应慎重地研究，在人工消除空場时，要防止發生不良的情况。

須指出，在外国，特别是使用沿走向的小阶段开采法开采急傾斜矿層时，不主張采用人工消除空場。

在很多情况下，为了經濟而不注意工作的安全。例如美国 United Verde 矿山，該矿山开采急傾斜矿層。当回采工作达到 360 公尺水平时，岩石發生突然的崩落，經過全部采空場扩展到上部水平。

由於忽視消除空場的安全技術問題，曾遭到一些严重的后果，这表明了在使用小阶段开采法时必须采取安全技术措施。

在 1932—1933 年采矿工程师 H.E. 茅斯欽克將小阶段开采法有效地使用在卡崗諾維奇矿山，这乃是小阶段开采法广泛使用在不同条件的其他矿山的推动力量。

小阶段开采法在克里沃罗格矿区被迅速推广的主要原因是該方法回采矿室簡單，不需要像小阶段崩落法那样熟練的鑿岩工；采掘矿室中矿石的生产力大；比小阶段崩落法消耗木材少；可以急驟地增加采掘量。

小阶段开采法的比值从1933年开始增大（见表1），而小阶段崩落法的比值从1933年的57.9%降低到1936年的51.7%，其他开采法由1933年的17.7%降低到1936年的11.2%。

表 1

克里沃罗格矿区在1930—1940年期间各种开采法的比值

年 别	小 阶 段 崩 落 法	小阶段法	矿 室 壟 溝 法	矿 室 留 矿 法	全面回采 (分層崩 落法)	矿室間柱	其 他
1930	33.9	—	23.0	14.0	10.0	18.1	1.0
1931	52.3	0.6	12.7	11.0	1.0	19.3	2.9
1932	58.8	5.0	5.2	4.6	0.6	14.9	11.4
1933	57.9	11.6	2.9	2.9	0.3	12.8	11.6
1934	57.0	27.5	0.5	1.8	0.1	—	13.1
1935	49.9	35.6	0.2	1.2	0.8	—	12.3
1936	51.7	37.1	0.1	1.4	1.0	—	8.7
1937	58.2	31.4	0.7	0.8	0.9	—	8.0
1938	64.9	28.0	0.9	0.1	0.8	—	5.3
1939	67.1	25.4	0.8	0.1	0.6	—	6.0
1940	65.8	26.7	0.7	—	0.5	—	6.3

〔註〕使用小阶段崩落法及分層崩落法回采矿室間柱的1934—1940年資料沒有得到。

高效率地回采矿室保证了1934年克里沃罗格矿区产量的迅速提高。广泛地采用小阶段开采法，在今后技术政策中有决定性的作用。

但当时对回采矿室間柱及頂柱的問題，像消除空場一样沒有深入的研究。小阶段开采法曾被使用在不适当的条件下，結果，在克里沃罗格矿区的一些矿井和矿山，造成上部水平存有很大数量的空場和未回采的矿柱，因此，在1937年內曾暫時地封閉了一些生产着的矿床面积，从而縮小了回采工作面。

此外，空場長時間的存在而不消除，是造成事故的根源，受着突然的自然崩落災禍的威胁。

有空气冲击同时發生的自然崩落，不仅破坏了生产，同时也破坏了矿井的正常工作。

这种情形使高效率的小阶段开采法的使用受到阻碍，有不少的是由於「空場的恐怖」而沒有根据的改变回采方法。

但是以后实际工作和深入地分析这方面的綜合資料，确定出小阶段开采法的使用范围和采取了保証在大尺寸空場下工作的安全措施。

从而为在适当条件下有效地使用小阶段开采法奠定了基础。根据克里沃罗格矿区的經驗，确信它对苏联采矿工业的發展有良好的作用。

克里沃罗格矿区使用大爆破方法解决了消除空場問題，这对于使用小阶段开采法时創造安全劳动条件起了很大的作用。

表 2 中的資料反映出 1937—1939 年期间 克里沃罗格矿区空場的变化情况，其中指出，在 1938 年以后急驟地增加了利用大爆破方法消除空場的数量，因而使空場容积显著地减少。

表 2

1937—1939 年期间克里沃罗格矿区矿山的空場容积的变化情况

矿 务 局 名 称	空 場 容 积 (1000 公 尺 ³)			
	1937 年 1/VI	1938 年 1/I	1938 年 1/VI	1939 年 1/I
〔黄河〕	—	179.1	127.8	99.7
〔五、一〕	—	18.0	128.3	30.0
奥尔忠尼啓則	135.5	119.2	132.8	114.1
赤衛軍	—	212.0	242.6	174.6
卡崗諾維奇	254.4	333.4	197.8	216.7
伏龙芝	109.4	159.1	92.9	111.0
〔共产国际〕	475.3	261.7	278.6	203.2
〔札尔什維克〕	—	6.7	6.7	6.7
K、李卜克内西	90.5	190.9	134.0	199.1
基洛夫	222.5	266.0	211.5	167.4
捷尔仁斯基	434.7	691.6	406.8	298.3
依里奇	48.6	64.0	59.3	58.3
〔英古列茨〕	—	—	—	—
克里沃罗格矿区总计	—	2001.7	2019.1	1679.1

利用大爆破可以在短期內扭轉過去所造成的與回采不相適應的狀態、消除事故根源、擴大回采工作綫，從而為克里沃羅格礦區今後年代中有成效的工作創造了必要的先決條件。

第二节 空場的分类

根据矿床賦存条件和空場自身的特点，可將空場分类如下：

1. 开采急傾斜矿層所形成的並同上部采空区隔以矿石頂柱的空場。

2. 开采急傾斜矿層所形成的並同表土層隔以矿石頂柱的空場。

3. 开采急傾斜盲矿層所形成的空場。

4. 开采傾斜和緩傾斜矿層所形成的空場。此外，所有的上述各类空場可能是單个独存的矿室，也可能是同时分布在一个、两个甚至三个阶段上的矿室。

依照空气冲击的危險程度，可將空場分为下列兩类：

1) 直通地表危險不大的空場。

2) 不直通地表而是經過矿井巷道与地表联通的危險空場。

依照空場危險程度划分空場类别的根据不需特別說明。

第二章 消除同採空阶段隔以矿石頂柱的空場

第一节 概 論

使用小阶段开采法开采厚的金屬矿床时，当矿室回采完畢后，馬上回收矿室頂板殘留的頂柱。这个矿室頂柱的厚度取決矿室尺寸、矿石和圍岩的物理性質，变化在4到10公尺之間。崩落頂柱很大一部份是使用大爆破完成。爆破下来的頂柱矿石落在空場中，此后可經由底柱漏斗回收，或者同回采底柱同时放出。开采急傾斜矿層所形成的並同上部采空区隔以矿石頂柱的空場实

例，如圖 1 所示（露莎、盧森堡矿井 175 公尺水平 № 2 矿塊）。

崩落頂柱使用的大爆破方法有：

- 1) 集中藥包；
- 2) 深孔圓柱形藥包。

現時使用深孔消除空場的方法應用得最廣泛。集中藥包方法只使用在堅硬的岩石中，即當在其中鑽深孔有困難的情況下。

廣泛使用深孔的原因是由於深孔方法比較安全，同時能將炸藥均勻地佈置於頂柱中，深孔能保證礦石在爆破時得到最好的破碎，從而有利於放礦工作。

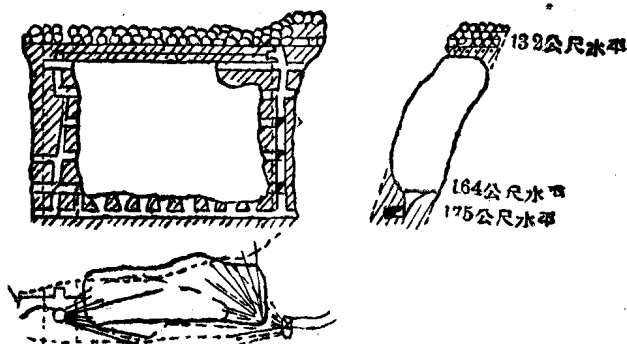


圖 1 間上部采空區隔以礦石頂柱的空場（露莎、盧森堡矿井 175 公尺水平 № 2 矿塊）

第二节 使用集中藥包大爆破消除空場

方法的要點：用集中藥包大爆破的方法消除空場在於將礦室頂板的礦石頂柱崩落，使上階段已崩落的廢石下放並充填此空場。在此種情況下將崩落頂柱的藥包直接放在空場上部（見圖 2）。由於在頂柱中掘進巷道有危險，所以一般從頂柱邊緣外 2—5 公尺的穿脈或沿脈巷道中掘進裝藥洞室的通路。

在這樣形成的裝藥洞室中放藥包，並用小塊礦石填塞巷道，此後，進行爆破，爆破後頂柱崩落。

在頂柱中藥包的作用限於一定範圍內，此範圍取決於藥包量和採用的最小抵抗綫，為了避免頂柱部分崩落產生「天窗」，以及因此損失很多礦石，最好使各個藥包的作用範圍儘可能接近。

因此，在頂柱中按下列兩種方式布置藥包：

1) 沿礦室的長邊（圖 2）；

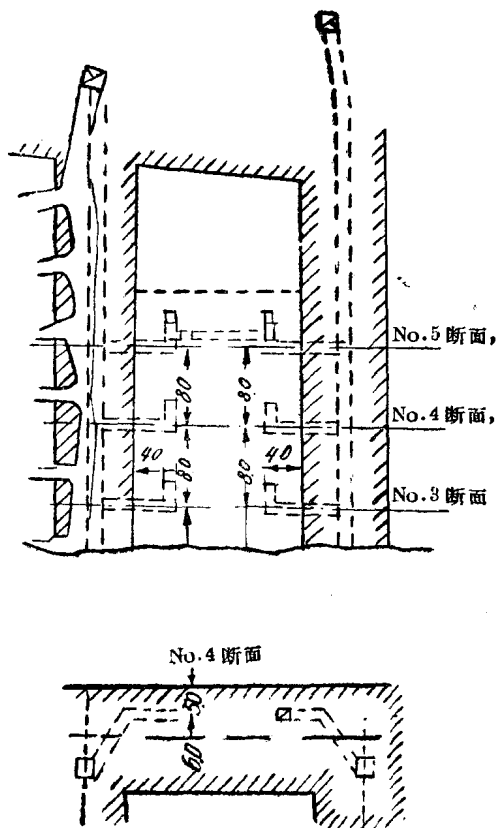


圖 2 使用集中藥包崩落頂柱時的藥包布置

2) 沿頂柱整個周邊（圖 3）。

頂柱中藥包的接近程度受頂柱穩定條件的限制，因為掘進的巷道過密，會使頂柱與礦柱联接部分（危險断面）的穩定性減弱。

当頂柱已明显地表现出有开始自然崩落的象征时，可以使用單个的藥包崩落頂柱。在此种情况下，为了安全地进行采矿工作，一定要消除空場，那怕不能充分地回收矿石。

藥包沿頂柱高度的位置应保証在爆破时将頂柱完全破碎和掘进巷道时安全。在实际中，一般力求將藥包放置在頂柱上部，使最小抵抗綫等於頂柱厚度的 $0.7—0.8$ 。

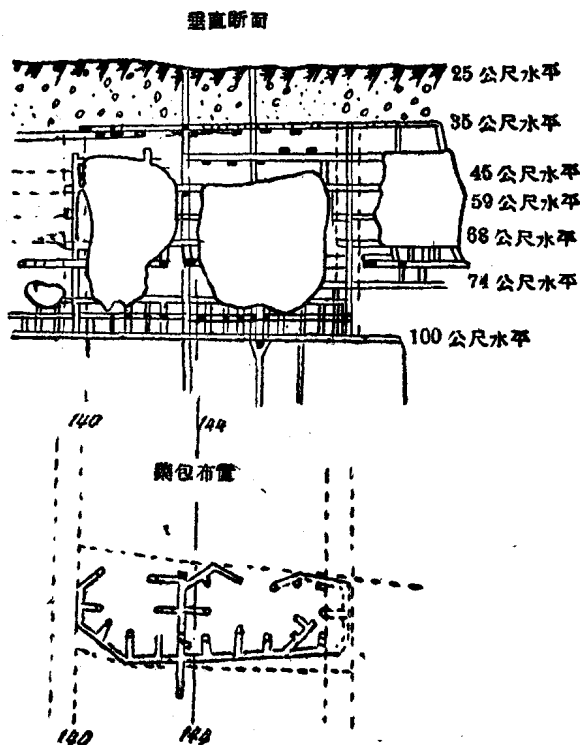


圖 3 在頂柱中沿矿室周边布置藥包。消除露莎、盧森堡矿井〔东部矿層〕空場

这样布置藥包，正像实际进行的大爆破所指出的那样，能保証將頂柱完全崩落。

使用大爆破崩落頂柱时，一般以拉列斯工程师的公式計算藥量。

$$L = f(n) \cdot q \cdot w^3,$$

式中 L ——藥包量，公斤；
 $f(n)$ ——拋擲指數函數；
 q ——單位炸藥消耗量，公斤/公尺³；
 w ——最小抵抗綫，公尺。

按上式計算出的鬆動爆破時的藥包量，遠不能滿足消除空場時確保有成效爆破的需要。

因此，在實際中藥包量根據爆破條件的不同，增加 30—50 %。

將在實際中採用的拉列斯公式的計算系數值列舉在表 3 中。

如上所述，為了避免產生「天窗」，使頂柱完全崩落起見，應使藥包尽可能接近，以便使藥包的作用範圍相交。

當計算接近的藥包量時，可以用吉民究克工程師的公式決定：

$$L = 0.125 m^3 \cdot q \cdot w^3;$$

$$m = \frac{a}{w}; \quad f(n) = 0.125 m^3$$

$$a = 2r, \quad w_n = 2 \cdot \sqrt[3]{f(n)},$$

式中 a ——藥包間距；
 r ——破壞半徑；
 w_n ——該藥包所形成的標準漏斗的最小抵抗綫；
 m ——藥包間距同最小抵抗綫的比值。

掘進藥室巷道是最困難的作業，由於斷面較小（一般的為 1.5×1.0 公尺²）以及排列複雜，不能使用機械裝載。

為了加速填塞巷道工作，在掘進時將採下的礦石僅運出一部份，使殘留的礦石可填塞巷道斷面的 50%。由巷道工作面搗出和運搬礦石以及填塞等全部作業完全用人力進行。

根據捷爾仁斯基礦業托拉斯「公社者」礦井在強度為 5—7 的岩石中掘進的實例，掘進 1 公尺³藥室巷道的人力消耗為 0.93 人-班，其中包括 0.51 人-班的鑿岩工。掘進藥室的炸藥消耗量

表 3

計算的系数值

矿井、矿块和崩落对象的名稱	拉列斯公式的計算系数值										藥包 总量 (公斤)	藥包 数	藥包 量 (公斤)
	最小抵抗 綫 (u)	q ₁	s	r	c	Δ	d	q	f(n)	f(n)			
1 公杜者 1 矿井, №20 矿室頂柱.....	9	0.9	1.1	1.6	1.5	0.6	1.1	4.3	—	—	803	1	1180
1 公杜者 1 矿井, №20 矿室頂柱.....	7	0.9	1.1	1.6	1.5	0.6	1.1	4.3	—	—	377	1	4320
№3 矿室頂柱.....	6	0.9	2.0	1.6	1.72	0.6	1.1	9.1	0.22	2.0	432	10	2844
№9 矿室頂柱.....	5.5	0.8	1.9	1.6	1.72	0.6	1.2	8.3	0.23	1.91	316	9	4150
№11 矿室頂柱.....	6.2	0.8	1.9	1.6	1.72	0.6	1.2	8.3	0.23	1.91	415	10	1620
№9—11 矿室間柱上部頂柱.....	6.3	0.8	1.9	2.0	1.72	0.6	1.2	10.4	0.21	2.16	540	3	4284
№9—11 矿室間柱.....	6.0	0.8	1.9	1.2	1.72	0.6	1.2	6.4	0.22	1.41	306	14	

为 3.28 公斤/公尺³。

須指出, 沿頂柱周边布置藥室时, 放置藥包所需要的准备工作量很大, 例如在頂柱尺寸为 15×40 公尺的情况下, 放置藥包所需要的巷道長約为 130 公尺。

根据实际資料, 每1000 吨頂柱矿石儲量, 需要 7.5 公尺長的藥室巷道。

藥室巷道掘进完畢以后, 清除藥室中的矿石, 如藥包洞室潮湿, 則需用油紙垫起来, 將炸藥 (硝酸) 散着裝入。在藥室巷道中將炸藥裝在箱子里沿着鋪在采下矿石上面的板子上运搬。裝藥完畢后用板皮將裝藥洞室隔起来, 將通向放置藥包地点的巷道用矿石填塞起来 (等於最小抵抗綫長的 1—1.5 倍)。掘进和填塞巷道的費用佔大爆破总費用的比值达 50—60%。在填塞地帶中將导爆綫裝在木板槽或瓦斯管中。在导爆綫联結处用二蔡炸藥藥包加强爆炸, 而在藥室中导爆綫与 5—10 公斤重的起爆藥包 (一般为二蔡炸藥) 联結。