

# 大直徑炮孔 在井巷掘進中的應用

蘇聯 H.B. 蘇斯托夫著

王維德譯

煤炭工業出版社

## 內 容 提 要

应用大直径炮孔(达100—115公厘)掘进井巷有許多优点,如炸藥消耗量較低,炮眼利用率高,工人的劳动生产率高,装岩机械的利用率高,凿岩爆破成本低等。

本書着重講述采用大直径炮眼和大直径炮孔提高凿岩爆破效率的問題,簡述了BMK-2型鑽机和安設机构的結構,列举了在許多井巷掘进中采用大直径炮孔的試驗結果,提出了結論和建議。

本書可供矿山基本建設工程技術人員參考。

Н. В. Шустов

ПРИМЕНЕНИЕ СКВАЖИН БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА  
ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Углетехиздат Москва 1957

根据苏联国立煤矿技术書籍出版社1957年版譯

1127

## 大直径炮孔在井巷掘进中的应用

王 維 德 譯

\*

煤炭工业出版社出版(社址:北京东长安街煤炭工业部)

北京市書刊出版业營業許可証出字第 684 号

煤炭工业出版社印刷厂排印 新华書店发行

\*

开本787×1092公厘 $\frac{1}{32}$  印张3 $\frac{1}{8}$  字数59,000

1959年4月北京第1版 1959年4月北京第1次印刷

統一書号: 15035·822 印数: 0,001—5,000册 定价: 0.42元

266

82-23  
857  
3

## 前 言

在苏联共产党第20次代表大会关于1955~1960年苏联国民经济第六个五年计划的指示中，规定继续提高采矿工业的生产。计划中规定在现有的和新勘察的矿区新建的一些项目投入生产。

进一步改进和推行新的技术操作、综合机械化和繁重作业的机械化，以及缩短建井时间，是增加煤、黑色及有色金属矿产量的途径。

采矿工业矿井建设者面临着—项重要任务，即是在最近几年内，至少要把建井时间缩短33%~50%。解决这个问题的途径是提高决定建井时间的巷道掘进速度，而首先是提高竖井的掘进速度。

竖井掘进工程量平均占总工程量的8~10%，但是竖井掘进时间却占建井时间的40~65%。

应该指出，战后时期由于采用了国产的各种新式掘进设备和掘进机械，竖井掘进速度得到显著提高。

在竖井掘进中，现在都普遍采用BQ-1型风动抓岩机装岩。由于抓岩机的采用，总出岩量的80~90%已进行机械装岩。

虽然机械化程度提高了，但是，采矿工业中的井筒平均掘进速度尚远远落后于先进矿井的掘进速度，正如众所周知，在先进矿井中，由于采用了新技术和推行了按循环

圖表作業的精確作業組織，成井日進達到201.1公尺。

近來，正在通過採用難於凍結的高猛炸藥、大直徑炮眼、改進鑿岩操作和工作面內炮眼排列方式，進行提高鑿岩爆破效率的工作。從國內和國外的實踐中，亦可知道有關採用大直徑炮孔（達100~115公厘）卓有成效地掘進水平和垂直巷道的許多實例。

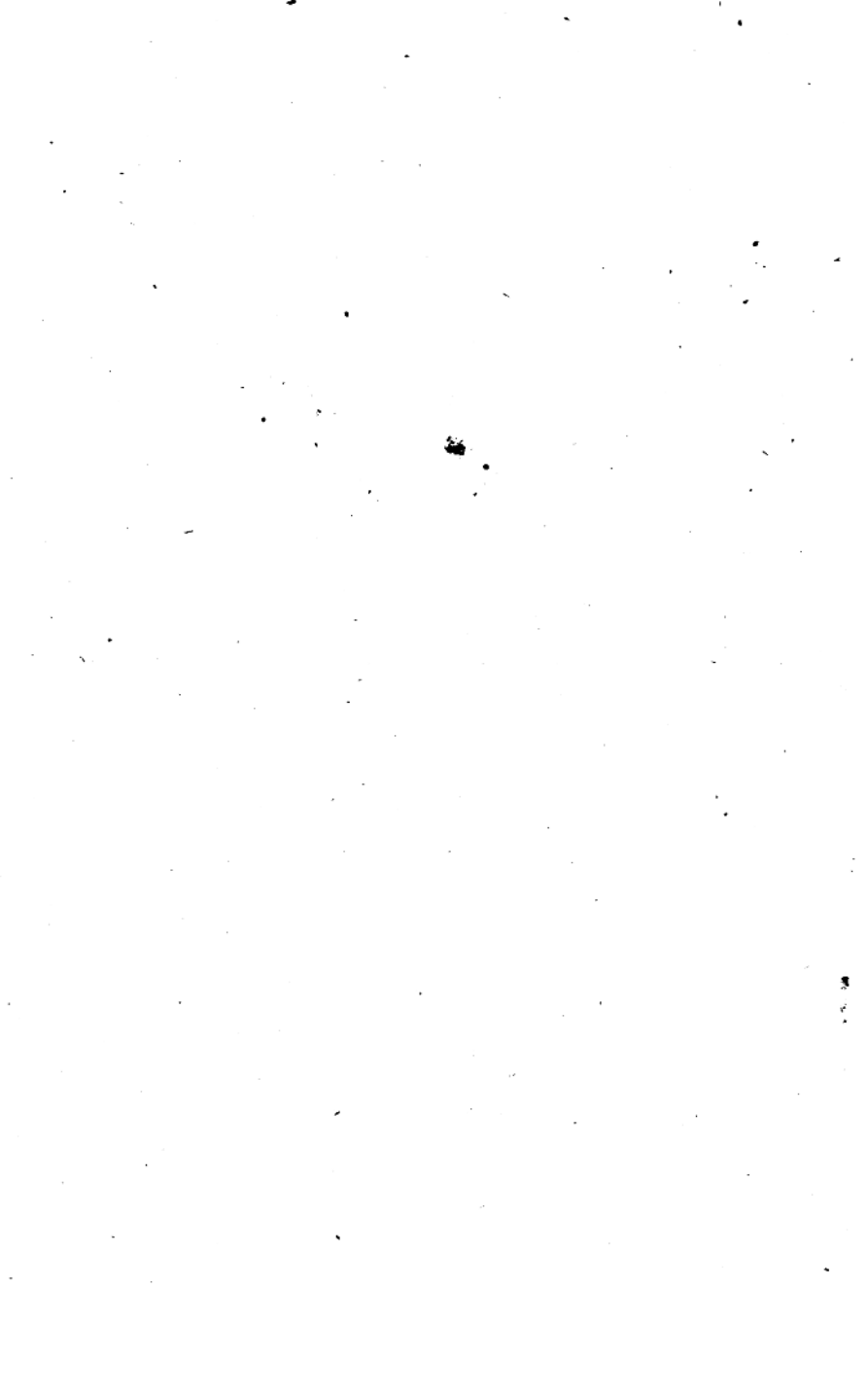
廣泛地採用高猛炸藥、改用大直徑炮眼和炮孔，以及它們在工作面內的合理布置、通過鑿岩作業與其他作業的聯合進行來縮短鑿岩時間，使鑿岩爆破效率、以至井筒掘進速度得到顯著提高。

快速掘進的實驗和分析証明了在巷道掘進中採用大直徑炮眼和炮孔的合理性。

# 目 录

## 前 言

采用大直径炮孔时的井巷现有掘进方法 .....	5
1. 凿岩爆破作业 .....	5
2. 采用大直径炮孔时的井筒快速掘进 .....	21
井巷掘进中采用大直径炮孔的試驗 .....	32
1. 采用大直径炮孔的条件 .....	32
2. BMK-2型鑽机的結構 .....	34
3. BMK-2型鑽机用的架設机构 .....	47
4. 大直径炮孔的凿岩速度 .....	52
5. 硬質合金的消耗与岩石硬度的关系 .....	58
6. 采用不同直径的炮眼的井筒掘进和对凿岩爆破作业 参数的分析 .....	60
采用大直径炮孔和利用 BMK-2 型鑽机的經濟問題 .....	88
1. 采用普通直径炮眼时的井筒掘进計算 .....	89
2. 采用大直径炮孔时的井筒掘进計算 .....	91
3. 采用普通直径的炮眼和大直径炮孔时井筒掘进的經濟 技术指标比較 .....	96
結論和建議 .....	96
参考文献 .....	99



## 采用大直径炮孔时的井巷现有掘进方法

### 1. 凿岩爆破作业

**概述** 在中硬以上的岩石中掘进巷道时，凿岩爆破作业占掘进循环时间的35~70%。因此，掘进某种巷道的掘进工作队是否能取得成就，在许多方面要取决于凿岩爆破作业参数的合理选择，在这种情况下，进行凿岩爆破作业的结果必须要保证：

1. 巷道横断面的边界正确。因为在设计边界线以外采掘过多的岩石量，会导致劳动力的非生产消耗、材料和动力的过多消耗；

2. 爆破后的工作面要比较平整，这在很大程度上便于装岩、以及完成下一个循环时的划炮眼和凿岩；

3. 爆破时得到很高的炮眼利用率，从而减少凿岩工作量、节省炸药和提高巷道掘进速度；

4. 由于爆破作用不产生浮石和空洞，这将减少材料消耗、消除浮石及堵塞空洞的时间消耗；

5. 岩石的破碎良好和均匀，保证抓岩机的利用率高；

6. 在遵守安全作业规程的前提下，用最短的时间完成凿岩爆破作业。

**循环作业组织** 在现代机械化提升和井筒装备以各种高效率设备的情况下，掘进作业组织对于保证高度劳动生产率具有特别重大的意义。最近两年来的巷道快速掘进经验证明，只有在按照循环作业图表精确地组织作业的情况

下，才能达到高速度。

巷道掘进作业包括一系列的单行或平行进行的操作和工序。一个掘进循环的主要操作为：凿岩、装药和爆破、通风和工作面的安全处理、装岩、临时支护和永久支护。

循环作业组织应根据施工组织设计来完成，并要结合具体的矿山地质条件。循环作业规定最合理的生产作业制度，某些工序或操作在时间上最大限度地联合进行、机械设各最充分地利用、推行先进的作业方法、掘进工在作业地点最合理的配备、各个操作在时间上均衡和有计划的进行。这一切都应该是保证每月最多的循环次数，从而保证巷道最大的掘进速度。

按照循环作业图表合理地进行作业的主要条件是采用标准的炮眼布置和凿岩爆破作业参数、保证在作业装备以相应的技术设备的情况下，在规定时间内完成全部操作。

在巷道掘进过程中，工程技术人员应严格地监督循环图表的执行，在严格遵守安全规程的条件下，特别要注意掘进和支护作业的完成情况。

**凿岩爆破作业的主要参数** 采用的炮眼直径是提高凿岩爆破效率的因素之一。

在巷道掘进作业的实践中，广泛地采用直径为32~46公厘的炮眼，也就是炮眼最终直径稍大于所用标准的药筒直径。但是，近来已开始采用直径为51~64公厘的大直径炮眼，特别是在克里沃罗格的各矿山，以及在顿涅茨的一些矿井中应用很普遍。

大直径炮眼的应用效果最初是由 H. M. 鲍科洛夫斯基



教授在理論上所証实的。这一点在克里沃罗格和頓涅茨各矿井的井筒掘进試驗的实例中也得到証实。

M.M.普洛托基雅高諾夫教授、A.Ф.苏哈諾夫教授等一些人在理論上，另一些人經過实验确定了，加大炮眼直径时，凿岩速度、眼数、炸藥消耗量等的某些变化关系。但是，这些研究并沒完全反映出实际情况，因为在研究过程中未估計到巷道掘进的具体条件。科学技术碩士D.O.明捷尔的工作最有着一定意义的，他在豎井掘进的一些具体条件下(于頓涅茨矿区)采用直径为51公厘的炮眼进行試驗，并确定了炮眼直径对凿岩爆破作业主要参数的影响。

D.O.明捷尔的数据、H.M.鮑科洛夫斯基等人的理論上的結論是一致的，他們認為采用大直径炮眼会使炮眼利用率提高、1立方公尺爆下岩石的炸藥消耗量减少、应进行二次松动和用人力清理的岩石量减少以及一組炮眼的眼数减少。

在选定所掘进的巷道工作面內一組炮眼的直径时，必須考虑到边眼(崩落眼)的藥包爆破对巷道帮稳固性的影响。

正如从实践中所知，采用普通直径的炮眼时，若正确地进行爆破，則巷道片帮的情况是比較少見的。

这些影响可能是由以下因素引起的：岩石物理机械性質和所穿过岩层的傾斜角度的变化；工作面內边眼的布置不合理；边眼的傾斜角度增大，結果使炮眼超出边界綫以外；边眼的藥量过多。

在苏联有色冶金工业部88号副井井筒中进行的82公厘

炮孔的爆破試驗表明，大直径边眼的爆破通常使爆破后的井筒断面比設計断面大許多，井筒支柱被破坏和掘进設備被损坏。

表 1 中列举了在 33 号副井井筒中，用直径为 82 公厘的炮孔进行 90 次爆破的結果。

表 1

炮孔深度， 公尺	爆破次数	井筒的 支柱 破坏 次数	掘进 设备的 破坏 次数	在設計断面以外 多爆下的岩石量	
				爆破次数	占总岩石量的 百分比，%
2.0	17	5	6	13	7.4
2.5	13	5	4	8	8.5
3.0	30	4	6	24	10.1
3.5	14	5	4	6	8.2
4.0	8	—	2	2	7.4
4.5	6	1	—	—	—
5.0	2	—	1	—	—

从表 1 中可知，約半数爆破(90 次中有 43 次)使支架和設備遭受损坏，而半数以上使井壁受到损坏。这种現象的产生是由于，在单位长度炮孔內的藥量增多，爆破圈超出了設計断面以外，在設計断面以外爆下岩石量的增多使井筒每公尺的掘进成本提高，并由于装载多爆下的岩石、堵塞空洞和修复支柱用去很多時間，而降低了掘进速度。

根据这些数据，我們可以得出結論，在軟岩石中和不稳固的岩层內掘进巷道，而特别是掘进井筒时，采用直径为 82 公厘和 82 公厘以上的炮孔时，所采用的边眼必須使其爆破对井壁、支柱和掘进設備不产生破坏作用。例如，在各种岩石中掘进豎井，若采用直径为 82 公厘和 82 公厘以上的炮孔时，建議采用普通直径的炮眼作边眼。

这些结论与科学技术硕士Э.О.明捷尔的上述研究结果是不一致的。明捷尔认为掘进井筒时采用的大直径炮眼，无论是掏槽眼和崩落眼，以及边眼都可采用同一直径的炮眼，这是因为在Э.О.明捷尔的研究中，只限于采用直径为51公厘的炮眼所致。但是，在这种情况下，药筒直径与普通药筒的直径差仅为14公厘，而在我们的条件下，这个差值为88~40公厘。

在我们的条件下，同一深度的炮眼中的药量要比Э.О.明捷尔的多。因之，每个炮眼的爆破力将比普通直径的大，结果破碎岩石的爆破力扩散范围将要扩大。但是，由于边眼距井壁（设计断面）不能大于300公厘，如果大于300公厘，爆破时将要有一部分岩石爆不下来，则在爆破时就不可避免地要多爆下一部分岩石（图1）。

众所周知，凿岩爆破效率取决于在每

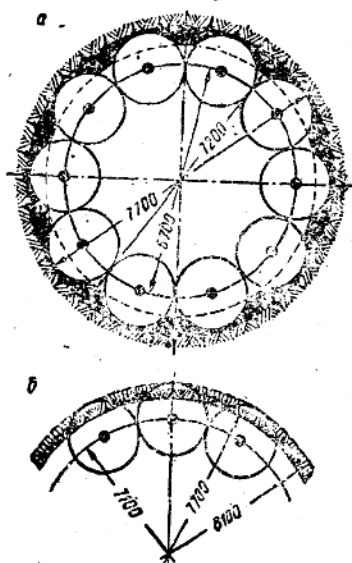


图1 直径为82公厘的边界炮孔的布置示意图

a—炸藥在断面綫以內的爆破圈；  
b—炸藥在断面綫以外的爆破圈。

种具体条件下是否合理地确定了眼数和炮眼在工作面内的合理布置。

在鑽凿大直径炮眼的情况下，眼数的选定具有特别重要的作用。

正如从巷道掘进作业的实践中所知，影响工作面内炮眼和炮孔数目的主要因素有以下几个：岩石物理机械性质；巷道的横断面积（在10~12平方公尺以上）；采用的炸藥种类；藥量；炮眼直径和炮眼的排列方式。

在分析这些因素后可以指出，在軟岩石中掘进横断面不大的巷道时，需用的炮眼数較少。高猛炸藥和大直径炮眼的采用也可以减少一組炮眼内的眼数。

正确选择的掏槽形式、掏槽眼与其他炮眼的間距以及炮眼在工作面内的布置，在很大程度上决定着爆破作用的主要指标。

这些指标包括：

1. 保持井筒的设计断面，从断面线以外多爆下的岩石量不超过规定的标准；
2. 每个炮眼和所有炮眼中炸藥破碎岩石的爆破能得到充分利用；
3. 保证爆破时岩石的破碎最均匀和碎成細块；
4. 爆破时形成較平整的工作面；
5. 需用人力清理的岩石量最少；
6. 保证爆破作用安全、消除某个炮眼爆破其他炮眼、岩石的飞散破坏支柱和掘进设备的可能性。

目前多利用几个作者的不同公式来计算工作面内的炮

眼數。其中在一些作者（M. M. 普洛托基雅高諾夫教授、A. Ф. 苏哈諾夫教授、B. И. 鮑基教授等）的公式中只采用两个因素，即岩石物理机械性質和巷道的橫断面积。

在另一些作者（H. M. 鮑科洛夫斯基教授、科学技术碩士B. M. 莫斯特科夫和Θ. O. 明捷尔等）的公式中亦考虑到了炮眼直径、单位炸藥消耗量、炮泥的質量等因素。

H. M. 鮑科洛夫斯基教授計算工作面內一組炮眼的眼數的著名公式如下：

$$N = \frac{q \cdot S}{\gamma \cdot \varphi},$$

式中  $q$ ——单位炸藥消耗量，公斤/立方公尺；

$S$ ——橫断面积，平方公尺；

$\gamma$ ——炮眼单位长度內的炸藥量，公斤；

$\varphi$ ——炸藥在炮眼中的充填系数。

但是，應該指出，在普通直径的炮眼配用大直径炮孔的条件下，这些公式对提出的問題却不能給以正确的解答。

要得到較高的爆破效果，应比較正确地探明决定着正常破碎岩石所需炸藥量的因素。

众所周知，炸藥消耗量决定着凿岩工作量、爆下的岩石量、爆破时岩石的破碎質量，以及工作面的进尺。因此，若减少一次爆破的炸藥量，則爆破效果就会不能令人滿意。如果爆破时耗用过多的炸藥，則由于設計断面以外的帮岩可能被破坏，以及其他一些藥包可能过早地将炮眼內的藥包引爆，爆破效果也就可能不好。

这样一来，适合爆破条件的藥量的計算在很大程度上是提高凿岩爆破效率，以及大大提高巷道掘进速度的保証。

在著名的几个作者（M. M. 普洛托基雅高諾夫教授、A. H. 斯捷什科教授、B. H. 鮑果莫洛夫工程师等）的試驗式中，都采用了岩石硬度系数和巷道横断面积对藥量的影响。但是，用这些公式計算出的井筒内每1立方公尺爆下岩石的炸藥量的結果，常常要比实际应用的藥量少得多。这一点可由表2中的数据証实。表2中1立方公尺岩石的炸藥消耗量是在井筒断面  $S=30$  平方公尺和采用1号粒状季納夫塔里特炸藥的条件下計算出来的。

表 2

公 式	作 者	岩石硬度 系数, $f$	1立方公尺岩石的 炸藥消耗量, 公斤	
			計 算 的	实 用 的
$q = 0.4 \left( 0.2f - \frac{1}{\sqrt{S}} \right)^2$	M. M. 普洛 托基雅高諾 夫教授	8	0.48	1.8
		12	0.76	2.4
		16	1.04	3.0
$q = \sqrt{\frac{f}{S}}$	M. M. 普洛 托基雅高諾 夫教授	8	0.52	1.0
		12	0.63	2.4
		16	0.73	3.0
$q = \frac{0.2}{S} \sqrt{f}$	A. H. 斯捷 什科教授	8	1.13	1.8
		12	1.97	2.4
		16	2.80	3.0
$q = 1.25 \sqrt{\frac{f}{S}}$	B. H. 鮑果莫 洛夫工程师	8	0.65	1.8
		12	0.79	2.4
		16	0.92	3.0

另一些作者（H. M. 鮑科洛夫斯基教授、A. Ф. 苏哈諾夫教授、科学技术碩士 Ө. O. 明捷尔等）是以影响藥量的

一些主要因素作为基础导出公式的。这些因素是岩石物理机械性质、炮眼深度、炮眼直径、巷道的横断面积等。

用这些公式计算药量时得到的结果近似于实际数据，这一点可由表3中的数据证实。表3中1立方公尺岩石的炸药消耗量是在井筒断面  $S=80$  平方公尺、采用1号粒状季纳夫塔里特炸药和眼深为3.0公尺的条件下计算出来的。

表 3

公 式	作 者	岩石硬度 系数, $f$	1立方公尺岩石的 炸药消耗量, 公斤	
			计算的	实用的
$q = q_1 \cdot f_0 \cdot v \cdot e$	H. M. 鲍 科洛夫斯 基教授	8	1.6	1.8
		14	2.6	2.7
$q = q_1 \cdot e \cdot l \cdot d$	科学技术 硕士Э. О. 明捷尔	8	1.8	1.8
		14	2.86	2.7

附注： $q_1$ ——单位炸药消耗量；  
 $f_0$ ——岩石结构系数；  
 $v$ ——考虑到岩石脱离岩体的阻力系数；  
 $e$ ——炸药爆力系数；  
 $l$ ——考虑到炮眼深度的系数；  
 $d$ ——考虑到炮眼直径的系数。

爆破结果也与炮眼内的药包结构有关。在巷道掘进的实践中，最常应用的药包结构是起爆药包布置在距孔口的第二或第三个位置上的圆柱药包。

炮眼深度对井筒掘进时的凿岩爆破效率具有重大影响。例如，掘进水平巷道时增大炮眼深度可能会改变完成掘进循环的时间，也就是说掘进循环就可能在下一班完

成，則掘進豎井時，炮眼深度應該確切地決定完成整個循環的時間。隨意選定炮眼深度不僅要破壞循環作業圖表，同時也要破壞該井筒的整個掘進作業組織。

除此而外，大家都知道，炮眼深度加大到2.0~2.5公尺以上會降低單位掘岩時間內的掘岩速度。深炮眼掘岩速度的降低是由以下原因所致：

1. 受縱向彎曲的影響施于鉆子彈性變形的沖擊能損失增大，結果鉆子與孔壁的摩擦力增大；

2. 施于克服鉆子慣性力的沖擊能損失大；

3. 用鋼鉆（燬制的）掘岩時被穿掘的岩石體積增大，因為鉆頭的起始直徑大，以便掘岩終結階段得到標準的炮眼直徑；

4. 由於在多裂縫的岩石中鑽掘深炮孔時，卡鉆的可能性大，而停工次數增多；

5. 在鑽掘深炮眼的過程中，從孔底排除岩粉發生困難，這就造成二次破碎已掘下的岩石顆粒的沖擊能的消耗。

影響選擇炮眼和炮孔深度的因素為：掘進作業時間；井筒斷面的正確邊界；井筒的橫斷面積；炮眼或炮孔直徑；岩石硬度。

除此之外，炮眼深度亦與井筒掘進中的全部作業（掘岩、爆破、裝岩、提升岩石、排水、支撐等）密切配合有關。炮眼深度應嚴格地與掘進循環時間，以及掘進作業的具體條件協調一致。

H. M. 鮑科洛夫斯基教授依據這一論點，提出了根據



掘进循环时间和完成全部掘进操作的难易程度计算炮眼深度的公式。

$$l_{\text{min}} = \frac{T_{\text{II}} - \left( \frac{q \cdot s \cdot l'}{\gamma} + t_a + t_b \right) \cos \alpha}{s \left( \frac{q}{k \cdot v \cdot \gamma} + \frac{\eta \cdot \cos \alpha}{P} \right)}$$

式中  $T_{\text{II}}$ ——循环时间，小时；

$q$ ——凿岩的 1 立方公尺实体岩石的炸药消耗量，公斤；

$s$ ——巷道断面，平方公尺；

$l'$ ——一个炮眼的装药时间，小时；

$\gamma$ ——炮眼单位长度内的药量，公斤；

$t_a$ ——爆破和通风时间，小时；

$t_b$ ——由一个掘进工序改为另一个掘进工序的时间损失，小时；

$\alpha$ ——炮眼倾斜角度，度；

$k$ ——在工作面内同时工作的凿岩机台数；

$v$ ——总时间内的每小时凿岩速度，公尺/小时；

$\eta$ ——炮眼利用率；

$P$ ——实体岩石的装岩效率，立方公尺/小时。

此外，在边眼与工作面所成的角度最适宜的情况下，边眼深度应使从断面线以外爆下的岩石量最小。

正如众所周知，完成掘进循环时，全部作业的最终结果是工作面的向前推进。在炮眼深度相同的条件下，每爆破一次，工作面向前推进距离(进尺)越大，则炮眼的利用