

# 关于坑道掘进时扩大炮眼直径的 合理性问题

В.К. 费利波夫

采用大直径炮眼掘进坑道的实践以及对这一问题  
的理论和试验研究都表明,在一定条件下,扩大炮眼  
直径能提高凿岩爆破工作效率。

已经知道,扩大炮眼直径以及炸药包的直径的  
同时,掌子面上的炮眼数目随之而减少,因此炮眼总  
长度也随着减少,但同时纯凿岩速度也要下降。结  
果,凿岩全套炮眼所需的全部时间必然发生变化。

扩大炮眼直径时的纯凿岩速度的变化一般可用凿  
岩速度系数来表示:

$$K_V = \frac{V}{V_{CT}} \dots\dots\dots (1)$$

式中:  $V_{CT}$  ~ 标准直径炮眼的纯凿岩速度;  
 $V$  ~ 大直径炮眼的纯凿岩速度。

炮眼数目的变化用炮眼数目系数表示:

$$K_N = \frac{N}{N_{CT}} \dots\dots\dots (2)$$

式中:  $N_{CT}$  ~ 标准直径时的一套炮眼数;  
 $N$  ~ 大直径时的一套炮眼数。

上述系数的值是不同的,许多作者都以不同的方  
法来确定。但他们都是以炮眼直径为转移的某种函数  
关系表示这些系数。

许多作者(註1、2、3),都认为掌子面一套炮  
眼凿岩时间的最小值,在其他条件相同时是和某一最  
佳炮眼直径相对应的。但是审查在扩大炮眼直径的  
凿岩时间测定结果时,并没有考虑到辅助工作时间的  
变化。

我们来分析一下,每一凿岩工序的时间和凿岩的  
总时间是怎样随炮眼直径变化而变化,或者说来追究  
一下凿岩时间和影响凿岩时间变化的主要因素之间存  
在有一种什么样的函数关系。

一套炮眼的凿岩总时间可以用下列算术表示:

$$T_{\Sigma} = T_{\Sigma 0} + T_{BP} + T_H \dots\dots\dots (3)$$

式中:  $T_{\Sigma 0}$  ~ 一组炮眼所需的纯凿岩时间总和;  
 $T_{BP}$  ~ 凿岩一组炮眼时总的辅助工作时间;  
 $T_H$  ~ 非生产时间,包括准备和结束工序所

消耗的时间及规定的中间休息时间。

进一步解之则

$$T_{\Sigma 0} = \frac{NL}{nV} \dots\dots\dots (4)$$

式中:  $N$  ~ 一组炮眼数;  
 $L$  ~ 平均的眼深;  
 $n$  ~ 掌子面同时工作的凿岩机数;  
 $V$  ~ 纯凿岩速度。

辅助工作的时间总和  $T_{BP}$  可用下式表示:

$$T_{BP} = \frac{N}{n} (t_{H3} + t_{c0} + t_0)$$

式中:  $t_{H3}$  ~ 凿岩机的转移、安装及开钻下一个炮  
眼所需的时间;  
 $t_{c0}$  ~ 钻一个炮眼换钎子的总时间(註4)  
 $t_0$  ~ 凿岩过程中和结束时清扫一个炮眼的  
时间。

以  $t_{BP}$  表示  $t_{H3} + t_{c0} + t_0$  得:

$$T_{BP} = \frac{N t_{BP}}{n} \dots\dots\dots (5)$$

将  $T_{\Sigma 0}$  和  $T_{BP}$  值相加,得有效凿岩时间  $T_{00}$ :

$$T_{00} = T_{\Sigma 0} + T_{BP} \dots\dots\dots (6)$$

将(4)与(5)式中的  $T_{\Sigma 0}$  与  $T_{BP}$  值代入(6)式得:

- 註① Н.М.Покровский. Проведение горных выработок 1954
- ② Н.И.Храбров. Выбор глубины и диаметра шпуров при проведении горизонтальных выработок по породе 1953
- ③ В.М.Мостков. Выбор диаметра шпуров при проведении подземных выработок 1954.
- ④  $t_{c0} = t_{c0}' \frac{L}{L_1}$   
 $t_{c0}'$  ~ 换一根钎子平均耗费的时間;  
 $L_1$  ~ 自动推进器推进长度 (КЦМ-4  $L_1 = 0.8$ 公尺)

$$T_{06} = \frac{NL}{nV} + \frac{Nt_{BP}}{D} = \frac{N}{nV} (L + t_{BP}V) \dots (7)$$

因此，总的凿岩时间 \$T\_0\$ 等于有效凿岩时间 \$T\_{06}\$ 与非生产时间 \$T\_H\$ 的和，即：

$$T_0 = T_{06} + T_H \dots (8)$$

我們知道非生产时间 \$T\_H\$ 与炮眼直径无关。

鑽一个炮眼的輔助时间 \$t\_{BP}\$ 同样可認為与炮眼直径无关。

扩大了炮眼直径，整套炮眼凿岩的輔助工作时间 \$T\_{BP}\$ 將成比例地随炮眼数的减少而减少。这从式⑧中就可看出。

由 \$K\_{BP}\$ 表示輔助工作时间系数，可写成：

$$K_{BP} = K_N \dots (9)$$

一組炮眼的純鑽眼时间 \$T\_{06}\$ 长短將和炮眼数成正比，与純凿岩速度成反比变化。純鑽眼时间系数是大直径炮眼純鑽眼时间与标准直径純鑽眼时间之比，即：

$$K_{q6} = \frac{T_{q6}}{T_{q6}(CT)} \dots (註 5) \dots (9)$$

將 (4) 式中 \$T\_{q6}\$ 值，(1) 式中 \$V\$ 值与 (2) 式中 \$N\$ 值代入上式得：

$$K_{q6} = \frac{KN}{KV} \dots (10)$$

根据炮眼直径确定鑽眼时间时，H.И. 赫拉泊洛夫和 H.M. 普克洛夫斯基 [1、2] 把炮眼数目系数对純凿岩速度系数的比，作为凿岩时间系数 [参看，H.П. 普克洛夫斯基著作，第 39 頁及本公式 (10)]。实际上这些作者用这种办法确定了仅仅構成总时间的一部份 (見公式 3) 的相对純凿岩时间。因此，他們即沒有考虑到輔助工作时间 \$T\_{BP}\$ 变化，也沒有考虑到凿岩的总延續时间 \$T\_0 = T\_{06} + T\_{BP} + T\_H\$ 的变化。

B. M. 莫斯特科夫 [3] 确定最佳炮眼直径时，也沒有考虑总凿岩时间的变化。將“变純凿岩速度为一般凿岩速度的換算系数” (\$n\$) 代入掌子面凿岩时间公式，認為此系数与炮眼直径无关，其实它肯定随炮眼直径变化而变化。

扩大了炮眼直径，总的凿岩时间 \$T\_0\$，因有效时间 \$T\_{06}\$ 变化而变化，其中純凿岩时间 \$T\_{q6}\$ 可能减少，也可能增大，但輔助工作时间 \$T\_{BP}\$ 是减少的。至于非生

(註 5) 此处和以后帶 (CT) 的值是指标准直径炮眼的純鑽眼时间，不帶 (CT) 的是指大直径炮眼的純鑽眼时间。

产时间 \$T\_H\$，它的比重仅仅在凿岩时间統一分配中发生变化。

有效鑽眼时间系数用下式計算：

$$K_{06} = \frac{T_{06}}{T_{06}(CT)}$$

(7) 式 \$T\_{06}\$ 值，(1) 式 \$V\$ 值和 (2) 式 \$N\$ 值代入上式，經過初步整理得：

$$K_{06} = \frac{KN}{KV} \cdot \frac{L + t_{BP}V_{CT}K_V}{L + t_{BP}V_{CT}} = K_{q6} \frac{L + t_{BP}V_{CT}K_V}{L + t_{BP}V_{CT}} \dots (11)$$

系数 \$K\_{06}\$ 的大小与純鑽眼时间系数 \$K\_{q6}\$ 不同，不仅取决于系数 \$K\_N\$ 对 \$K\_V\$ 的比值，也取决于标准的直径条件下的純凿岩速度绝对值采用的炮眼深度及輔助工作时间。

同法可求得总的凿岩时间系数：

$$K_0' = \frac{T_0}{T_0(CT)} = \frac{K_{06}T_{06}(CT) + T_H}{T_0(CT)} \dots (12)$$

除此以外，根据專門試驗資料 [4]，加大藥卷直径会提高爆破效率。应用大直径炮眼的实践証实能大大提高炮眼利用系数 [1]。

显然，炮眼利用系数与炮眼直径有某些关系，这是尽人皆知的，沒有再研究。

随炮眼直径的增加，炮眼利用系数也提高，因此在眼深不变的条件下，坑道进尺变化可用坑道进尺系数表示，这一系数可理解为大直径炮眼的进尺 \$l\_\eta\$ 与标准直径炮眼的进尺 \$l\_{CT}\$ 的比：

$$K_\eta = \frac{l_\eta}{l_{CT}} = \frac{\eta}{\eta_{CT}} \dots (13)$$

式中：\$\eta\$ ~ 大直径炮眼利用系数的值；

\$\eta\_{CT}\$ ~ 标准直径炮眼利用系数的值。

考虑到采用大直径炮眼的坑道进尺变化，总的凿岩时间系数將为：

$$K_0 = \frac{T_0}{T_0(CT)K_\eta} = K_0' \frac{1}{K_\eta}$$

展开上式得：

$$K_0 = \frac{KN}{KV} \cdot \frac{l + t_{BP}V_{CT}K_V}{l + t_{BP}V_{CT}} \cdot \frac{T_{06}(CT) + T_H}{T_0(CT)K_\eta} \dots (14)$$

系数 \$K\_0\$ 用来表示坑道进尺 1 公尺总的凿岩时间变化，可称为一組炮眼單位的凿岩时间，而 \$K\_0\$ 为單位凿岩时间系数。

(14)式表示單位凿岩時間系数与凿岩速度系数  $K_V$ ，炮眼数目系数  $K_N$ ，坑道进尺系数  $K_\gamma$  及其他影响單位時間变化的因素 ( $lV_{CT'BP}$ )

按 (14) 式可确定以炮眼直徑为轉移的相对單位凿岩時間。

由 (14) 式可得出結論，当  $K_0 < 1$  时單位凿岩時間縮短而且采用大直徑炮眼是合理的，当  $K_0 > 1$  时單位凿岩時間沒有減少，采用大直徑炮眼將是不合理的。

分析公式 (14) 可看出，系数  $K_N$ ， $K_V$  及  $\frac{l+t_{BP}V_{CT}K_V}{l+t_{BP}V_{CT}}$  和  $\frac{1}{K_\gamma}$  的值小于一，如果系数  $K_N \leq K_V$  无疑  $K_0$  的值也要小于一。为确定扩大炮眼直徑的合理性这一条件 ( $K_N \leq K_V$ ) 是十分充分的。

但是，在  $K_N > K_V$  的条件下，采用加大直徑炮眼也可能是合理的，这可在具体情况下加以澄清。

除此以外，分析 (12) 和 (14) 式可得出結論，

在其他条件相同时，随岩石硬度增大，总的凿岩時間和單位凿岩時間也將增加（同一凿岩设备条件下純凿岩速度將減少）。如果考虑到岩石硬度增大的同时，大直徑炮眼的純鑽眼速度降低强度亦增加 [3]，則相对的凿岩時間將更加增長。

由此可見，在硬度較小的岩石中，大直徑炮眼的凿岩時間有較显著的減少，因而否定了 И.И. 赫拉伯洛夫和 И.М. 普克洛夫斯基关于在硬岩中应用大直徑炮眼的合理性的結論。

經過以上分析得出結論，應該根据具体条件（岩石硬度坑道断面等）大致正确地确定系数  $K_N$ ， $K_V$  和  $K_\gamma$  的值，然后再按公式 (14) 計算出任何炮眼直徑时的相对的單位凿岩時間。

王浩摘譯自“哈薩克科学院矿业研究所”著作集(第一卷)  
刘树汉 校

## 加工鑽头的合理化建議

最近我分局在加工鑽粒鑽头时，利用了压力机冲压方鋼的方法来制作鑽头。这种方法除可直接制作鑽头外，同时，还可以用所剩余的毛坯料制作上开取粉管接手。采用这种方法所制作的鑽粒鑽头每个成本为 19.92 元，与过去无缝鋼管制作的鑽头比較每个鑽头可节约資金 20.06 元。

加工方法是將方鋼（規格見表 1，图 1）放在模型中，用压力机冲压，結果即成图 2 所示的形狀，（規格見表 2）。切去实心部份 160 公厘作上开取粉管接手，其余部份由于内外部冲压光滑（公差 ± 1 公厘）即可加工絲扣，当鑽头使用。

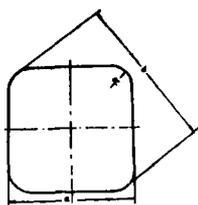


图 1

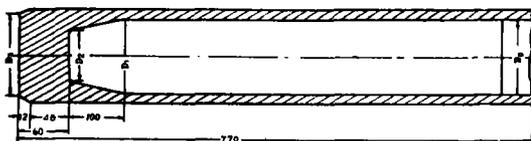


图 2

同时由于内部在冲压时上下具有 4 公厘的斜度，便于卡取岩心，对提高鑽进質量有很大作用。

表 1

管子称呼 尺寸	方边 <sup>a</sup> (公厘)	对角線 b (公厘)	R	允許誤差(公厘)	
				边上	对角線上
91	85	97	27.7	±1.0	±1.1
110	105	121	33.2	±1.4	±2.0
130	115	136	32.1	±1.4	±2.0

鑽粒鑽头及取粉管接手毛坯尺寸

表 2

規 格	D	D <sub>0</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>
91	93 <sup>+1</sup>	75 <sup>+0.5</sup> -1	75 <sup>+0.5</sup> -1	50	92
110	112 <sup>+1</sup>	93 ± 1	90 ± 1	60	111
130	132 <sup>+1</sup>	114 ± 1	110 ± 1	80	131

张福全、王心貴