



146000

煤矿科学技术论文选

钻眼爆破

北京矿业学院钻眼爆破教研组编



307
2554

煤炭工业出版社

5(3)7

5/2554

K.4

煤 矿 科 学 技 术 论 文 选

鑽 眼 爆 破

北京礦業學院鑽眼爆破教研組編

煤炭工業出版社

679

煤礦科學技術論文選

鉆眼爆破

北京礦業學院鑽眼爆破教研組編

*

煤炭工業出版社出版(社址:北京東長安街煤炭工業部)

北京市書刊出版業營業許可證出字第034號

煤炭工業出版社印刷廠排印 新華書店發行

*

開本 850×1168 公厘 $\frac{1}{32}$ 印張 $5 \frac{15}{16}$ 字數132,000

1958年3月北京第1版 1958年3月北京第1次印刷

統一書號:15035-418 印數:0,001—2,000冊 定價:(11)1.50元

出版說明

为了适应煤炭工業部門科学研究工作者和工程技術人員的需要，我們就不同的專題从苏联和其他國家的書刊中選擇結合我國需要的論文分輯出版，我國同类性質的論文也編入。总題名为“煤礦科学技術論文选”。

本輯選擇有关“鑽眼爆破”这一專題的十七篇論文，其中一篇是我國作者寫的，十五篇譯自苏联書刊，一篇譯自英文雜誌。

在本輯中，重点介紹了热力鑽眼法、湿式鑽眼法、毫秒發爆法和聚能裝藥的应用等。

目 錄

出版說明

風鑽軸壓力的計算	3
应用热力破坏岩石的方法	10
应用喷射性噴头的热力鑽眼法的理論基礎	20
热力鑽眼法在井下应用的研究	35
略論湿式鑽眼及湿潤剂之应用	43
湿式鑽眼时礦塵被湿潤和逸出眼外之条件	62
論湿式鑽眼时湿潤剂效果之試驗生產性实验方法及其結果	72
湿式鑽眼时所用湿潤性參料的效果問題	82
論毫秒發爆技術	100
毫秒發爆的經驗	103
論毫秒發爆裝藥时的地震效果	108
露天礦的毫秒發爆法	113
露天开采中毫秒發爆的研究	123
論聚能裝藥	129
論采礦工作中采用聚能裝藥的合理性	135
聚能裝藥在采礦和冶金工業上的应用	157
关于确定工作面上炮眼数目的問題	175

風鑽軸壓力的計算

[苏联]技術科学副博士 И.Е. ДЕТНСТОВ 作

張 萌 譯 王文龍校

正确選擇鑽機軸壓力的大小，對鑽機的正常工、提高鑽眼速度和減少鑽頭磨耗，具有極重大的意義。

儘管該因素對實際工作是這樣的重要，但是關於選擇軸壓力大小的問題，迄今在理論上仍未最後得到解決。

已有的軸壓力計算公式常不可能決定作用在風鑽上的靜壓力，且其中的一些公式是立足于不能夠正確反映在鉙刀作用下岩石破壞的實際情況基礎上的。馬拉哈夫建議用反沖時機殼速度損失的時間與機殼返至其原來位置的時間總和小于活塞空程時間的方法來確定作用在鑽機手柄上的壓力〔1〕。

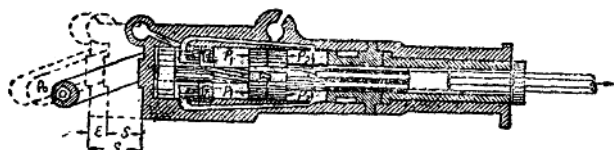
西達林卡確定最合適的軸壓力為工作沖程與空程運動時所需力之和的四分之一〔2〕。

布奇聶夫提出了作用在風鑽上的軸壓力值應取決於岩石的極限抗剪強度，他認為當進行沖擊式鑽眼時，除靠沖擊碎岩石外，同樣也發生有岩石的剪切。該剪切依靠轉動鉙子機構的迴轉所產生〔2〕。

風鑽作功的理論的分析與鑽眼經驗證明，軸壓力的大小應僅從風鑽反沖的反作用力來考慮。而且為了避免鉙頭與岩石的過分摩擦及空擊，必須在鑽水平眼與上眼時使軸壓力得以保證鉙刀尽可能的趨近岩石，且讓在鉙刀切削緣上的靜力為最小。

我們將從上述觀點來研究與鑽機主要參數及風壓有關的軸壓力值。

進入風鑽氣缸內的壓氣，迫使活塞向前運動。同時作用在氣缸後端的壓氣壓力，促使機體向後，也就是向着活塞運動的相反方向運動，其加速度的允許精確度如下式(1)所示：



$$u'_u = \frac{P_1 - P_0}{M} \quad (1)$$

在式(1)中：

$$P_1 = \frac{P_{cp} \pi D^2}{4} \text{ —— 工作冲程時，作用在活塞上的力。}$$

$$M = \frac{Q_m}{g} \text{ —— 機體的質量；}$$

P_{cp} —— 氣缸內壓氣的平均壓力；

D —— 氣缸直徑；

Q_m —— 風鑽重量；

g —— 重力加速度；

P_0 —— 風鑽上的軸壓力；

活塞在工作冲程加速過程中所花的時間，可按已知的物理公式求得。

$$T_p = \sqrt{\frac{2L}{u_1}}, \quad (2)$$

$$\text{而 } U_1 = \frac{P_1}{m_n} \text{ —— 工作冲程，活塞之加速度；}$$

m_n —— 活塞質量；

L —— 活塞冲程。

該段時間終了時，機體移動的距離將等於

$$S = \frac{u'_m T_p^2}{2}, \quad (3)$$

而未速度为:

$$v_m = u'_m T_p. \quad (4)$$

工作行程終了, 当压气从相反方向進入时, 遂使活塞的运动改变了方向。这时开始作用在机壳上的为向工作面方向的二个力的合力, 即 $P_2 + P_0$ 。

式中 P_2 系空程时作用于活塞上的作用力。

$$P_2 = \frac{P_{cp} \pi (D^2 - d^2)}{4}. \quad (5)$$

在式(5)中, d 为活塞杆的直径。

由于作用力方向的改变, 遂引起机壳运动的减速。这是由于机壳所具有的动能, 在行程 ε 内被上述合力的作功所消耗。

作用力方向改变所引起的减加速度, 可按公式确定之。

$$u''_m = \frac{P_2 + P_0}{M}. \quad (6)$$

机体在减速时所行距离可从下式确定出

$$\varepsilon = \frac{v_m^2}{2u''_m}. \quad (7)$$

减加速阶段所需的时间

$$T_3 = \sqrt{\frac{2\varepsilon}{u''_m}}. \quad (8)$$

因此, 为使机壳返回其原始位置, 必須在 $P_2 + P_0$ 力的作用下, 使机壳所經行程为 $S + \varepsilon$ 。

在該行程内, 机壳經加速的运动时间与上述者相同, 按公式确定之。

$$T_n = \sqrt{\frac{2(S+\varepsilon)}{u''_n}} \quad (9)$$

如果考慮到，机壳运动的減速時間發生在活塞的空程期間內，則为使机壳來得及返回其原始位置，須使減速度時間与在相反方向（向工作面）正常运动時間之和不大于或小于活塞空程的時間，即是

$$T_x \geq T_s + T_n, \quad (10)$$

其中 $T_x = \sqrt{\frac{2L}{U_2}}$ —— 活塞空程時間；

$$U_2 = \frac{P_2}{m_n} \text{ —— 活塞空程時之加速度。}$$

与活塞空程時間相較，僅可以增加軸压力來減少鑽机返程的時間。可是为使鉆头与岩石不發生過分的摩擦，故取

$$T_x = T_s + T_n, \quad (11)$$

或

$$\sqrt{\frac{2L}{u_2}} = \sqrt{\frac{2\varepsilon}{u''_n}} + \sqrt{\frac{2(S+\varepsilon)}{u''_n}} \quad (12)$$

用力与質量來替代加速度，得

$$\sqrt{\frac{2m_n L}{P^2}} = \sqrt{\frac{2\varepsilon M}{P_2 + P_0}} + \sqrt{\frac{2M(\varepsilon + S)}{P_2 + P_0}} \quad (13)$$

公式(13)內

$$\varepsilon = \frac{v_n^2}{2u''_n} = \frac{(u'_n T_p)^2 M}{2(P_2 + P_0)} = \frac{(P_1 - P_0)^2 2Lm_n M}{M^2 2(P_2 + P_0)P_1} = \frac{Lm_n(P_1 - P_0)^2}{P_1 M(P_2 + P_0)};$$

$$S = \frac{u'_n T_p^2}{2} = \frac{(P_1 - P_0) 2Lm_n}{2MP_1} = \frac{Lm_n(P_1 - P_0)}{P_1 M}.$$

將 $\varepsilon + S$ 代入公式(13)得

$$\sqrt{\frac{2Lm_n}{P_2}} = \sqrt{\frac{2MLm_n(P_1 - P_0)^2}{(P_2 + P_0)P_1 M(P_2 + P_0)}}$$

$$+ \sqrt{\frac{2M \left[\frac{Lm_n(P_1 - P_0)^2}{P_1 M(P_2 + P_0)} + \frac{LM_n(P_1 - P_0)}{MP_1} \right]}{P_2 + P_0}}.$$

公式經整理后变成

$$\sqrt{\frac{1}{P_2}} = \sqrt{\frac{(P_1 - P_0)^2}{P_1(P_2 + P_0)^2}} + \sqrt{\frac{(P_1 - P_0) \left[\frac{P_1 - P_0}{P_2 + P_0} + 1 \right]}{P_1(P_2 + P_0)}}. \quad (14)$$

解方程式(14)求 P_0 得以下二次方程式

$$P_0^2(\sqrt{P_1} + \sqrt{P_2})^2 + P_0[(P_2 + \sqrt{P_1 P_2})^2 - 2P_1\sqrt{P_1 P_2}] - 2P_1 P_2 \sqrt{P_1 P_2} = 0$$

$$\text{令} \quad (\sqrt{P_1} + \sqrt{P_2})^2 = A,$$

$$(P_2 + \sqrt{P_1 P_2})^2 - 2P_1\sqrt{P_1 P_2} = B$$

$$2P_1 P_2 \sqrt{P_1 P_2} = C$$

由是

$$P_0 = \frac{\sqrt{B^2 + 4AC} - B}{2A}.$$

当計算作用在鑽机手柄上的軸压力时，应考慮到所鑽炮眼的方向，因为所鑽炮眼不为水平位置时，在鑽机重量影响下，軸压力遂發生了变化。

当鑽上向炮眼时，風鑽与鉗子重量减弱了軸压力；而当鑽下向炮眼时，風鑽重量將使軸压力增强。因此附加在風鑽手柄上的軸压力值，必須适当增大或减少其大小

$$Q_M \sin \alpha,$$

式中 Q_M ——不計活塞之風鑽重量（当鑽上眼时，式中尚包括有鉗子重量在內）；

α ——炮眼与水平方向所成的傾斜角度。

考慮到風鑽重量的修正，作用在鑽機手柄上的軸壓力值。

可用下列一般形式之公式來求

$$P_0 = \frac{\sqrt{B^2 + 4AC} - B}{2A} \pm Q_M \sin \alpha.$$

當鑽上眼時， $Q_M \sin \alpha$ 取“+”，而鑽下眼時取“-”。

試驗指出〔3〕：用 OM-506（不帶安置鑽機的設備）打垂直下向炮眼（其軸壓力等於機體重與部分鑽杆重量）以及採用推進力達 120 公斤的 III-1 型自動推進裝置打水平炮眼時的平均鑽速指標如表一所示：

表 1

試驗號數	當壓氣為5個大氣壓時之鑽眼速度（公厘/分）	
	帶有自動推進之水平鑽眼	手持式垂直下向炮眼
1	140	136
2	128	123
3	151	148

從這表中可以看出，如果不考慮因下向炮眼排粉困難所導致的某些偏差，軸壓力等於機體重與鑽杆的部分重量時（約 35.8 公斤），鑽下眼的速度實際上與帶有自動推進裝置鑽水平眼的鑽眼速度無所區別。由此可見，在該種條件下，35.8 公斤的軸壓力，對保證高度的鑽眼生產率是足夠的。

對於上述條件，我們用理論計算的方法來確定出這個壓力。

當工作衝程時，承受壓力的活塞面積，對 OM-506 鑽機來說等於 28.2 平方公分，而空程時等於 18.6 平方公分。

氣缸內壓力的平均壓力，取為近鑽機處壓氣壓力的一半。

这已被風鑽的試驗結果及表 2 内所列举出的相应計算所証实。

表 2

指 标	單 位	進入鑽机之風压, 大气压		
		3	4	5
作功时活塞面積	公分 ²	28.2	28.2	28.2
活塞冲程	米	0.06	0.06	0.06
在气缸中平均压力	大气压	1.36 ^①	2.07	2.71
冲击功	公斤—米	2.30	3.50	4.75

① 这里在机体内的平均压力,是按菲格納姆試驗法所得的冲击功, 活塞面積及其行程大小計算而得的。由于因为气缸内所形成的死角而减少了活塞的行程, 实际的平均压力要稍低些。

当近鑽机处, 压風压力为 5 大气压时:

$$P_1 = 28.2 \times 2.50 = 70.5 \text{ kg},$$

$$P_2 = 18.6 \times 2.50 = 46.5 \text{ kg}.$$

相应的

$$A = (\sqrt{70.5} + \sqrt{46.5})^2 = 231;$$

$$B = (46.5 + \sqrt{70.5 \cdot 46.5})^2 - 2 \cdot 70.5 \sqrt{70.5 \cdot 46.5} = 2688.4;$$

$$C = 2 \cdot 70.5 \cdot 46.5 \sqrt{70.5 \cdot 46.5} = 374088;$$

$$P_0 = \frac{\sqrt{2688.4^2 + 4 \cdot 231 \cdot 374088} - 2688.4}{2 \cdot 231} = 35 \text{ kg}.$$

由此可見, 由理論計算所得之軸压力的大小, 已被試驗所得資料証实。在所研究的条件下, 我們計算的結果与按其他作者公式所計算的結果相比, 列举在表 3 内。

这个对照的結果, 同样令人信服所導出公式的正确性。因为用該公式算得的軸压力与实用試驗法所得的軸压力, 其誤差是最小的。

因此所導出公式, 可用來更正确地确定出作用在鑽机上的

表 3

軸壓力而旨在確立鑽機工作的正常條件。

此外，公式也可于設計自動推進裝置時採用之。

確定軸壓力的方法	作用在鑽機上的軸壓力	誤差%
試驗法	35.8	0.00
按西達林卡公式	29.3	-18
按馬也爾克公式	58.4	+63
按公式(15)	35.0	-2

參 考 文 獻

- [1] “礦山雜誌” 1934年第2期。
 [2] 布奇聶夫：“鑽眼工程”，蘇聯國立煤礦技術書籍出版社，1950年版，第99—102頁。
 [3] А. М. Фейгин：“ОМ-506 型鑽機的試驗” 科學技術情報局，蘇聯國立煤礦技術書籍出版社，1950年。
 (譯自 “Исследования по шахтному строительству”，1954年。)

應用熱力破壞岩石的方法

〔蘇聯〕技術科學副博士 Г. Н. Дорошенко 作

王樹仁譯 鄒開征校

直到目前為止，利用機械方法破壞堅硬岩石的效果仍是不高的。

某些岩石，就其硬度而言，是近乎金剛石的硬度的。特別是金屬礦的岩石，其普氏岩石強度系數達到 $f=18-20$ 。

在這些岩石中的鑽眼速度是極低的。例如對 $f=12$ 以上的岩石，鑽速為每班 4.6 公尺，而對 $f=16$ 的岩石，其鑽速僅為 2.7 公尺/班。特別低的鑽速是作磨料的岩石。這種情況就迫使尋找破壞岩石的其他方法。熱力(火燒)方法即是這些方法之一。

熱力(火燒)方法破壞岩石的理論基礎

如果對多少有些均質的岩石加熱，則熱流大約是成同心圓

的球面向岩石內擴散的。

加熱到很高溫度的岩石外層，在其膨脹的同時，將從其下較冷的一層剝離開。

熱力破壞岩石的效能決定於：

熱膨脹係數；

熱容量；

彈性和硬度；

導熱性；

受熱作用影響的內部變化。

現在來分析一下上面所指出的各個性質對熱力破壞岩石的效能的影響。

熱膨脹係數。當熱力作用在岩石上時，岩石層長度的增長量可用下式表示，

$$\Delta l = l\alpha(t_2 - t_1)$$

式中 Δl —— 長度增長量；

l —— 原始長度；

α —— 線膨脹係數；

t_2 和 t_1 —— 最終和最初溫度。

茲將不同岩石的線膨脹係數平均值列於表 1。

由多種具有不同膨脹係數的岩石或者具有高度的各相異性的晶體所組成的岩石，是比較容易破壞的。

表 1

岩 石	線膨脹係數
花 崗 岩	$(8 \pm 3)10^{-3}$
砂 岩	$(10 \pm 2)10^{-3}$
石 英 岩	11×10^{-3}
石 灰 岩	$(8 \pm 4)10^{-3}$
頁 岩	$(9 \pm 1)10^{-3}$

某些礦物當加熱時，其膨脹是在某一方向上比另外的方向上要大很多。例如，在石英中光軸方向上的平均膨脹係數幾乎大於垂直于

光軸方向上的一倍多。

此特性在方解石中最为顯著，其中綫膨脹系数平均值在平行法綫方向的为正，而垂直法綫方向的为負。

因为岩石是不良導热体，故在不同岩層面上造成不同的温度。岩石个别顆粒膨脹之可能性，受到他們之間內聚力的限制。

結果在岩石內發生壓縮、拉伸和剪切应力。

在这些应力的作用下，岩石分子間的联系被破坏，同时在相連的表面上出現裂縫。两个相同的晶体，当其光軸方向不同，加热时应当是不同的膨脹，因而共晶面的联系被破坏，从而彼此分开。不同礦物的共晶体的这种分离作用更为强烈，这是由于他們不僅具有不同的热膨脹系数，而且具有不同的热容量。

热容量。当加热时，礦物晶体所吸收热量是不同的，因此各晶体相連之点具有不同的温度。举例來講，假設对于具有不同热容量的石英和鎢的两个共品上加热，則在石英体上某一点的温度为 100°C ，而与其相鄰的鎢上的一点的温度却是 500°C 左右。

这种情况促使晶体的强烈分裂。

只有热容量很小的和几种礦物組成的岩石才可以用热力（火燒）法破坏之。

彈性和硬度。礦物的彈性決定于結晶性，同时彈性只有在同一晶体結構方向上才是相同的。

在不定形体内，在任何方向上的彈性是相同的。彈性模数和彈性極限愈低，則这些礦物在加热作用下破坏愈困难，因为所發生的变形在冷却时很易恢复。火燒法的效果与热膨脹系数成正比，而与彈性模数成反比。

導热性。对用火燒方法破坏岩石來講，岩石的導热性为一个很重要的因素。

由一分子向另一分子的热的傳導，可以公式表示之：

$$dQ = \lambda f \frac{d\theta}{dX} T,$$

式中 f ——横断面積，平方公分；

λ ——内部導热系数；

$\frac{d\theta}{dX}$ ——温度梯度；

T ——時間，秒。

具有較低導热性的岩石在很大程度上是能被破坏的，因为在此情况下，热就集中于層面上，因而使其破坏或者在其体内

表 2 形成裂縫。

岩 石	導 热 性 (卡/秒·公分·度)	当導热性很大时， 岩石表面上不存在高温 的集中，因为在此情况 下热很容易向各方傳 導。在接合表面上热的 傳導極佳。 某些礦物和岩石的 導热性見表 2。
石英(平行于光軸)	0.03·	
燧石	0.0024	
赤鉄礦	0.175	
花崗岩	0.007	
石花砂	0.0006	
硬石灰岩	0.0087	
零度时的砂岩	0.004	

受热作用影响的内部的变化。假如物質能結晶成不只一种晶体形狀的話，則这种現象称为多晶現象。多晶形的变化伴随着結晶格子的改变以及由此而發生晶体大小及性質的变化。例如石英在温度为 575°C 时变为另一种晶体形狀，体積膨脹 0.4%。

几乎各种岩石中都有游离状态的 SiO_2 ，不論火成岩和沉積岩。因此含有 SiO_2 百分比很大的岩石，当热力作用时，很容易被破坏。

在某些岩石中，除有直接的相位的变化以外，还發生化学的变化。例如，当热力作用于碳酸鹽类岩石时就会失去二氧化

碳而变为氧化物。

岩石破坏的过程。上述岩石破坏的理论在很早以前就已经知道了，然而对于破坏岩石的高温火焰的应用尚不能获得满意的效果。当加热温度到 3000°C 时岩石熔化了，在最好的情况下，可在岩石内产生裂缝。岩石的这种破坏过程，效果是不佳的，因为熔化了岩石很难将热传于下层岩石，而除掉熔岩也有很大困难。

提高喷焰的速度可以达到最满意的效果，因为在这种情况下可以产生岩石颗粒的破裂，并且可用气体动能来将之清除掉。向岩石喷焰的能力可以用如下函数式表示之：

$$Q = C_n \cdot v \cdot f \cdot T, \text{卡/秒。}$$

式中 C_n —— 一定压力下火焰的热容量；

T —— 火焰的温度；

f —— 火焰的横截面；

V —— 喷焰速度。

喷焰速度的增加使温度梯度显著增加，并保证了岩石破坏为细小的颗粒。很清楚，此速度值应当是很大的（超音速），以使岩石破坏的过程造成碎裂的小块，同时为了剥出下一层冷的岩面而很快的吹净这些岩屑。在这种情况下，破坏岩石的过程是连续不断的。用这种方法烧出眼孔乃是按如下的方法。在喷头喷出的火焰的作用下所粉碎了的岩屑，为灼热的

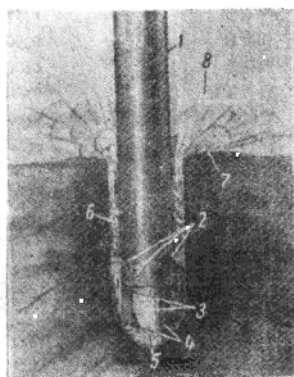


图1 烧成眼孔的过程

1—喷头；2—出水孔；3—肋条；
4—出水孔；5—火焰；6—热蒸汽带
出岩石；7—吹出的岩屑堆；8—水蒸
汽。