鋼粒鑽進中效率變化的規律及其操作技術問題

赵 旭 东

我队兩年来的实踐工作証明，鋼粒鑽进較鑽粒鑽进提高效率70%（如以8級岩石为例，鑽粒鑽进小时效率約为0.35公尺，鋼粒鑽进却为0.6公尺左右）。但在整个鑽进过程中，如何正确的采用操作技术，合理的确定回次进尺时間，消除異常狀态，保持正常的效率变化，对保証在一定回次进尺时間內的鑽探效率，有重大意义。因此，有必要研究其效率变化規律及操作技术，以便更好的运用。茲將我們工作中的一些体会分述如下，仅供参考。

一、效率变化的基本因素

1. 鋼粒質量：質量好的鋼粒应具有不低于表1所列的抗压强度。由于鋼粒的切制原料是廢鋼絲繩与管材，故帶有坚硬、坚韌的楞角，投入井底后，在一定的軸心压力、送水量、轉数的条件下，且由于軸心压力与廻轉力的作用，会产生脈动冲击作用，使分佈在鑽头底面的一层鋼粒，一开始就破坏岩石，产生进尺。这是保証提高鑽探效率的主要因素。

表1

鋼粒規格(公厘)	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
抗压强度不低于（公斤）	780	980	1200	1400	1600

2. 鋼粒鑽进技术規范：正常的效率变化，是以正确的掌握鑽进技术規范为基础的。同时在井內情况正常的条件下，从效率变化的規律，又可驗証技术規范的正确程度。茲將我們所采用的鋼粒鑽进技术規范分述如下：

（1）鑽头：鋼粒鑽进中，鑽头結構的根本問題是水口形狀問題。依我們的經驗以双斜边水口为最适宜。因为其上下寬度变化較緩，水量容易掌握，且唇部面积变化小，在一个回次进尺中，軸心压力变化不大。水口高度应依岩石硬度、回次进尺时間、鑽头磨耗量与岩石破碎程度来决定。其技术数据如图1所示。

（2）回次进尺时間、投砂量与提鑽深度：回次进尺时間、投砂量与提鑽深度的确定，应以岩石可鑽性，保持井壁間隙一致，效率正常，防止岩心堵塞，以及一个回次終了井內能保有20%的鋼粒为依据。在一般情况下，采用一次投砂法。其投量及提鑽深度如表2：

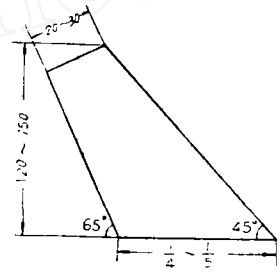

图 1

表2

岩石名称	石灰岩	粗粒花崗岩	細粒花崗岩	砂卡岩	酸性岩脈	矽晶岩脈
級別	6	7	8		9	10
投量（公斤）	1～2	2～3	3～4		3.5～5	4～6
回次进尺时間（小时）	2～2.5	2～3	2.3～3		2.5～3	2.5～3
提鑽深度（公尺）	2.5～3.5	1.8～2.5	1.2～2		0.9～1.2	0.6～1

在深孔硬岩鑽进中，应采用結合投砂法，以增加純鑽时間，減少輔助时間。請参閱表3：

表3

岩石名称	透輝石矽卡岩 矽化灰岩 酸性岩脈		透輝石矽卡岩 角閃石 矽晶岩脈	
岩石等級	9		10	
投砂次数	1	2	1	2
投砂量（公斤）	3～3.5	2	3～4	2～3
純鑽时間（小时）	1～1.5	1.5～2	1～1.5	2～2.5
提鑽深度（公尺）	0.7～1.5		0.6～1.0	

（3）軸心压力：鋼粒鑽进軸心压力的掌握，依現有設备条件，一般是在25～35公斤/平方公分的范圍內，如表4所示。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 4

岩 石 等 級	6～7	8～9	10～11
單位压力（公斤/平方公分）	25～28	28～32	30～35
Φ110鑽头压力(公斤)	475～540	540～610	600～670

（4） 送水量：应依据投砂量与鋼粒消耗量，及时地調整送水量，如表 5 所示。

（5） 鑽头廻轉速度：在一定的压力作用下，鑽头的廻轉，使受靜力負荷的鋼粒，变成受縱向动力負荷，对岩石表面产生脈动冲击作用。因此在設备条件

表 5

送水量(公升/分鐘) 鑽头直徑(公厘) / 岩石等級	130			110			91		
	开始	中間	終了	开始	中間	終了	开始	中間	終了
5～7	50	40	30	45	38	28	35	28	25
8～10	45	35	28	40	35	25	30	25	20

允許的情况下，应当相应的提高轉速。但在节理发达，岩心采取不易时，轉速不应过高，一般在 110 轉/分为宜。如表 6 所示。

表 6

轉数(轉/分)	300	180	110～120
适用情况	孔深 200 公尺以內 7 級以下軟岩	孔深 300 公尺以內各种不同岩石均可	个别坚硬岩层或裂隙破碎岩层

註：①KAM—500 型鑽机用加大中間軸皮帶輪的办法可达到 300 轉/分鐘

②此表数据以Φ110公厘鑽头为准。

3. 井內情况：除上述外，井內条件也是影响鑽进效率的因素之一。为保持井內情况良好，井底岩粉不应超过 0.3 公尺；泥漿質量应合乎要求，在井壁完整无滲透現象时，应采用清水鑽进；保証投砂全部达到环狀井底，若在 9 級以上岩层中鑽进时，应广泛采用結合投砂法；每次补給鋼粒应在效率达到最高点时进行为宜。这样可消除岩心堵塞，保持井壁間隙大小一致，达到效率均衡。

二、鑽探效率变化的規律

在采用上述技术規范的条件下，鑽探效率变化的理想規律，是按图 2 所示拋物綫进行的。

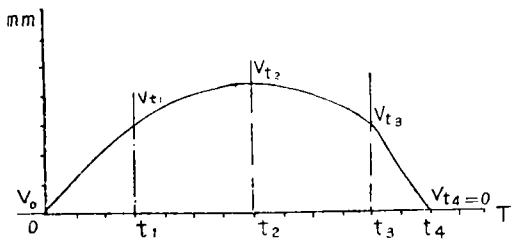

图 2

鑽探效率的变化，因岩层、投砂量等的操作技术不同，其各段的具体变化时間亦有所不同。但就普遍規律来看，t_0～t_1 这段时間仅是回次进尺时間的15%左右，因此是較短的。較高与最高效率均衡变化这段时間t_1～t_2～t_3持續較長，一般是回次进尺时間的 85%左右。通过效率曲綫的反映，效率由Vt_2下降到与开始鑽进Vt_1相当的Vt_3时，即应提鑽結束該回次的鑽进。故由Vt_3开始效率突然下降，直到V＝0时为止的这段时間，不应包括在回次进尺时間內。以保持回次进尺中效率均衡，井壁間隙一致。

三、鑽探效率变化的实际工作意义及应用

鑽探效率的正常变化，是采用正确的鑽进技术措施，以及及时解决所发生問題的結果；且只有这样，才能保証效率的均衡变化和提高。在鑽进中，要保持正常的均衡的效率变化，应通过繪制效率变化曲綫图表来掌握，借以証实所采取的技术措施是否得当，鑽进过程中是否存在問題，从而采用正确的技术規范。因此，各鑽探班应及时的掌握鑽进中效率变化情况，設專人繪制效率变化曲綫图表。

四、效率变化的異常状态

在每回次鑽进中，由于鋼粒、鑽头的磨耗，以及随之所引起的他种技术条件的变化，如果在操作技术上不能及时相应的解决这些問題，效率变化曲綫必然出現異常状态。影响效率曲綫正常变化的因素，及其普遍規律有如下几个方面：

1. 井壁間隙狹小，或井底有殘留岩心。当井壁間隙狹小，或井底有殘留岩心时，投砂后，鑽头下不到环狀井底，不能立即破坏剋取井底岩石产生进尺，而

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

需要扫井壁間隙或残留岩心等处理井內变故。直到鑽头扫到井底后，在鑽头沒有变相的条件下，才能进尺，并开始按正常效率曲綫变化。如图3所示，从o～t这段时間是扫残留岩心或扫井壁間隙的时間。由时間t开始，效率曲綫是按正常規律变化的。設o～t这段时間为T，且在同一岩层中，其平均單位时間的

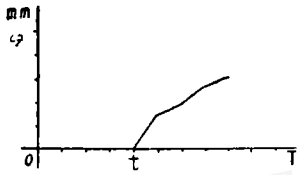

图3

进尺为S_1，則共損失进尺L_1为：

$$L_1 = S_1 \cdot T \qquad ①$$

据此亦可換算出所損失的平均效率。

井壁間隙狹小的根本原因是，沒有按所投給的鋼粒数量，来掌握回次进尺时間，以致鋼粒消耗尽淨，井壁間隙由大而小。与此相应的一个方面是，底部岩心过粗，鑽头內徑与岩心直徑之差小于6公厘，岩心不易采尽（特别是硬岩层），而产生扫残留岩心的井內变故。所以必須依据岩石等級、投砂数量，正确的掌握回次进尺时間，才能为下一个回次打下良好基础。

2. 鑽头唇面部份缺唇。回次鑽进开始后，效率很低，稍有进尺，并有堵塞的感觉。这是因为鑽进开始时，压力、水量过大，使鑽头唇面部份缺唇，如图4。在这种情况下，只有調整好水量，將鑽头缺唇長度磨耗尽淨后，效率方达正常变化。当在淺井鑽进时，应提昇鑽具，更換鑽头，力求更快的使效率正常变化。这样一个回次效率变化如图5所示，設o～t这段时間为T，实际平均效率为S_1，正常平均效率为S_2，則損失平均效率S_0为：

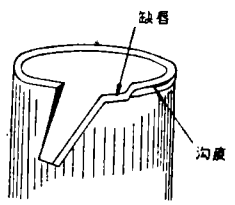

图4

$$S_0 = S_2 - S_1 \text{ 共損失进尺 } L_2 = TS_0 \qquad ②$$

3. 水量不当

依据效率曲綫的变化，来掌握回水时間，判断水量是否合适，是鑑别鋼粒鑽进技术操作正确程度的关鍵。在鑽进过程中，如果鋼粒逐漸消耗，

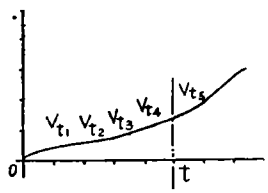

图5

不能及时縮減送水量，致鋼粒排起，不能正常进尺；如果送水量少，鋼粒会不均匀的堆积于环狀井底，而破坏了正常进尺。故无論送水量过大或过小，效率都有变化而大大低于原来的效率，甚致不进尺。如图6中o～t_3这段时間內水量得当，效率正常。而t_3～t_8这段时間內，因为沒有及时調整送水量，而效率降低。由t_3～t_8这段时間內效率損失的計算参考(2)式。遇有这种情况应当調整水量，直到正常为止。

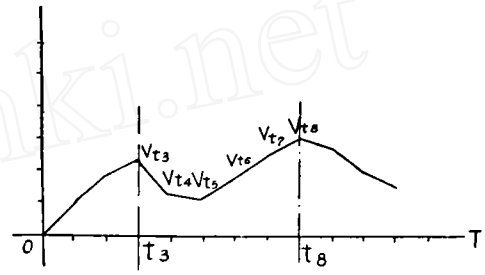

图6

4. 岩心堵塞 岩心堵塞对效率变化的影响有如下兩种情况：

① 岩石破碎、多裂縫，如果裂縫的裂开面，和柱狀岩心相交成一斜角时，裂开面上部岩心易于下落，挤塞鑽头內的空隙，起着楔子的作用，造成岩心堵塞。而水量过大，岩心过粗，或粗細不均，以及残留岩心过多，且用新鑽头鑽进时，也同样易于产生岩心堵塞。这兩种堵塞情况都不易調整，效率突然下降到零。如图7所示，o～t_5效率变化正常，而t_5～t_8表

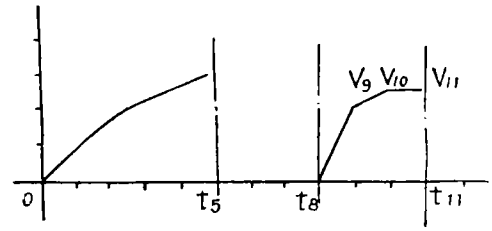

图7

示开始堵塞到处理結束（如提昇鑽具进行处理等）这段时間。

② 岩石成片狀破碎，水口較大，轉速快，也易产生岩心堵塞，值此如稍提动鑽具尙能繼續进尺，但进尺少許又会堵塞，致效率变化起伏不平，如图8所

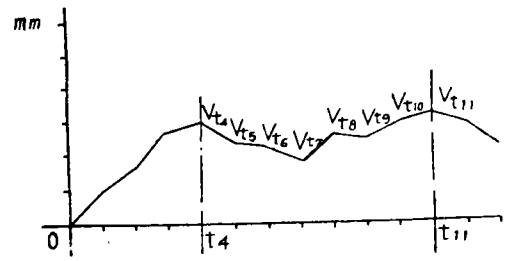

图8

示。参考(2)式計算其損失效率后，如果这样繼續鑽进不經济时，应立即提鑽，采取其他有效措施，力求效率均衡。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net