

利用“自然增斜”和“自然减斜”

矫正钻孔弯曲的方法

郑仕善

一、前言

用“自然增斜”或“自然减斜”的方法矫正钻孔弯曲，实质是用合理的钻具结构和组合以及适当的钻进工艺来造成人为的钻孔弯曲。只不过所需造成钻孔中心线的弯曲方向，应与被矫正的钻孔上部孔段中心线的弯曲方向相反。而弯曲弧度的大小，则以能将偏离了的钻孔中心线恢复到原来设计的空间位置和状态，或者与设计的相平行为准。

利用“自然增斜”或“自然减斜”的方法矫正钻孔弯曲，一般都能同时达到顶角和方位角的矫正。但当采用的孔段不长，则一般的结果都表明，顶角的矫正值要比方位角的矫正值大。因此，这种方法主要用于矫正钻孔顶角。

利用“自然增斜”或“自然减斜”的方法来矫正钻孔的优点是：

1. 在矫正钻孔弯曲的同时，可以继续钻进；

2. 可以利用原有钻具结构，或将原有钻具结构加以不大的改进；

3. 钻进工艺和操作技术要求不高；

4. 纠斜时间和耗资很少。

因此这种方法是目前矫正钻孔弯曲最简便和较理想的方法之一。

现在将我们利用“自然增斜”和“自然减斜”矫正钻孔弯曲的情形介绍于下，以供参考。

二、利用自然减斜矫正钻孔弯曲的方法

当钻孔向上漂，而其倾角减小到超过了允许的规定值时，在实际工作中，根据不同的钻孔条件，我们采用了下列两个方案来达到减斜的目的：即同径减斜和换径减斜。这两个减斜方案所使用的钻具结构，见图一及图二所示。系由钻头1，短岩心管2，钻铤3，短钻杆4和支承接头5等所组成。

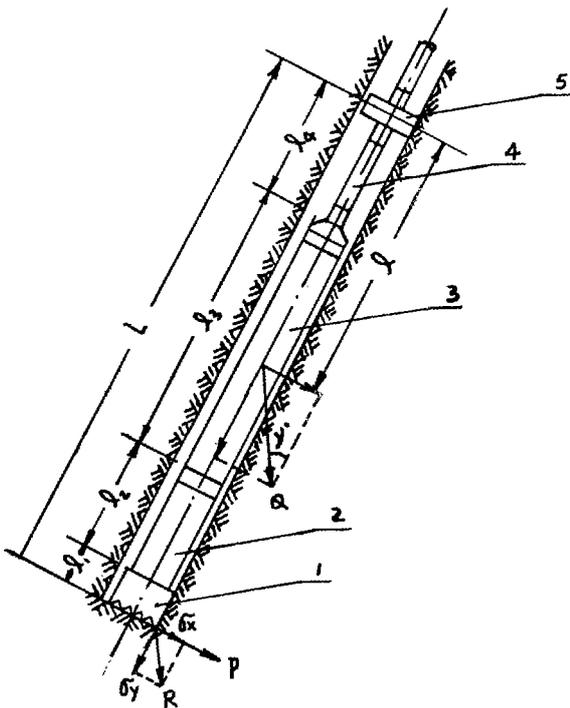


图1 同径减斜钻具结构与力学分析图

利用图中的钻具进行减斜钻进时，由于上部支承接头的衬垫作用和下部钻具的自重原因，若不考虑由于钻具迴转而造成的离心力时，在钻头上造成一个矫正力 P ，这个矫正力的大小可按式求得：

$$P = \frac{l}{L} Q \sin r' \quad (1)$$

式中： P ——矫正力(公斤)；
 Q ——下部钻具的重量(公斤)；
 L ——下部钻具的总长度(米)；
 l ——下部钻具的重心到支承接头的距离(米)；
 r' ——该孔段的顶角(度)，换径减斜时， r' 中应加上钻具中心线与钻孔中心线交角 r'' 。

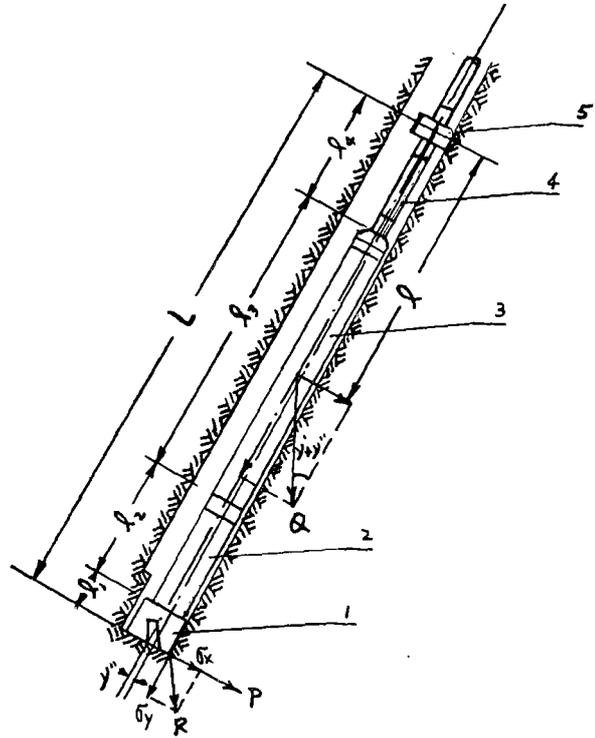


图 2 换径减斜钻具结构与力学分析图

下部钻具的重量可由下式求出：

$$Q = \left(1 - \frac{r_{\text{洗}}}{r}\right) \sum q_i l_i \quad (2)$$

式中： q_i ($i=1, 2, 3, 4$)——下部钻具各部分的单位长度重量(公斤/米)；
 l_i ($i=1, 2, 3, 4$)——下部钻具各部分的长度(米)；
 $r_{\text{洗}}$ ——冲洗液的比重；
 r ——钢材的比重。

下部钻具的重心位置，则按重心公式求得：

$$l = \frac{\sum q_i l_i}{\sum q_i} = \frac{q_1 \left(\frac{l_1}{2} + l_2 + l_3 + l_4\right) + q_2 \left(\frac{l_2}{2} + l_3 + l_4\right) + q_3 \left(\frac{l_3}{2} + l_4\right) + q_4 \frac{l_4}{2}}{q_1 + q_2 + q_3 + q_4} \quad (3)$$

下部钻具的总长度就是：

$$L = \sum l_i = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 \quad (4)$$

将以上各值代入式(1)中，便不难求出矫正力 P 来。如果钻头或其切削具与下孔壁的接触面积为 F_1 ，则作用在下孔壁单位面积上的压应力为：

$$\sigma_x = \frac{lQ}{LF_1} \sin r' \quad (5)$$

钻进过程中，如果钻压是由下部钻具重量造成，则孔底单位面积上的压应力为：

$$\sigma_y = \frac{Q(\cos r' - f \sin r')}{F_2} \quad (6)$$

表 1

孔号	技术方案	孔深 (米)	岩 石 等 级	钻 进 方 法	钻头规格		岩心管规格		钻 钎 规 格			短钻杆规格		支承接头规格		矫正力 (公斤)	总减 斜角 (度)	倾角减 斜率 (分/米)	总减方 位角 (度)	方位角 减斜率 (分/米)	备 注
					直径 (毫米)	长度 (毫米)	直径 (毫米)	长度 (毫米)	直径 (毫米)	长度 (毫米)	重量 (公斤)	直径 (毫米)	长度 (毫米)	直径 (毫米)	长度 (毫米)						
110	同径减斜	150~160	Ⅵ	合金	91	40	89	600	89	3000	180	42	1500	91	80	24	3°	18'	1°	6'	
108	同径减斜	170~176	Ⅵ~Ⅶ	钻粒	91	200	89	500	89	3800	230	42	1700	94	60	40	3°	30'	1°20'	13'	
157	同径减斜	65~80	Ⅵ~Ⅶ	钻粒	110	230	108	600	89	5800	410	42	1800	94	60	65	8°	32'	2°10'	8'	
157	换径减斜	85~92	Ⅶ	钻粒	91	210	89	600	89	3800	230	42	1600	94	60	40	4°	34'	1°30'	13'	
107	换径减斜	192~197	Ⅶ	合金	91	40	89	600	89	3800	230	42	1500	94	60	40	3°	36'	0°40'	8'	

式中： f ——下部钻具侧面与孔壁的摩擦系数；

F_2 ——钻头或切削具与孔底的接触面积。

显然，靠下孔壁的岩石受到 σ_x 和 σ_y 的合成应力之作用，此合应力的大小为：

$$R = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2} =$$

$$= Q \sqrt{\left(\frac{l}{LF_1} \sin r'\right)^2 + \left(\frac{\cos r' - f \sin r'}{F_2}\right)^2}$$

(7)

式中： R ——作用在靠下孔壁岩石上的合成应力。

从式(7)可以看出：矫正力和给进力均随下部钻具重量的增大而成正比的增大，因而增大钻具的重量可以在提高钻速的同时提高减斜的效果；矫正力随钻孔顶角的增大而增大，但给进力对岩石造成之应力却与之相反，也就是说，钻孔顶角愈大（或倾角愈小）在钻进过程中，则顶角减小的速率就愈大，而钻速的增加则与之相反；同时还可看出，矫正力随重心位置的下移（即 l 的增大）而增大，因此尽可能地采用重钻钎的情况下，应把钻头和岩心管的长度缩短，但须把短钻杆的长度适当增长，这样就可提高减斜效果；最后还可看出，矫正力随钻头或切削具与下孔壁接触面积的减小而增大，钻头对孔底的作用力则随钻头与孔底接触面积的减小而增大，因此采用换径减斜要比采用同径减斜好，条件允许时，采用合金钻进要比采用钻粒钻进好，同时采用钢粒钻进要比采用铁砂钻进好。

根据以上分析，我们同时采用了变径减斜和同径减斜两个方案，并选用了表1中的钻具组合尺寸，所得的资料也证明了上述理论分析和技术措施的正确性。

同时我们发现，在将变径减斜的钻具组合中的支承接头改为小一级的接头（即与粗径同级）时，只能起到稳斜的作用，这显然

是因为钻头与下孔壁的接触面积增大了和钻铤的中間支承作用的緣故。而当把支承接头直径增大到比钻铤直径大 2~3 毫米时，减斜速率則立即急剧地增长。

在减斜钻进中，为了力求钻孔方位角保持稳定或回复到設計位置，我們在钻进工艺和操作技术上采取了如下一些技术措施：钻头压力全由下部钻具的重量造成；給进速度要适当减慢而保持均匀；钻头轉数尽可能增大一些，一般不得低于150轉/分；冲洗液泵量在不影响钻进和冲毀孔壁的情况下应尽可能增大，并最好采用全面反冲洗或局部反冲洗；在钻粒钻进时，投砂量宜比正常钻进增大 $1/3 \sim 1/4$ ，钻头宜采用双弧形或双斜边水口；在合金钻进时，則宜采用外出刃較大并进行过补强的钻头。实际結果表明，采用上述措施后，钻孔方位角能随钻孔頂角減小的同时向原設計位置靠近，或者保持不变。

三、利用自然增斜矫正钻孔弯曲的方法

当钻孔向下背，而其傾角增大到超过了允許的規定值时，則須采用增斜的方法加以矫正。

根据不同的钻孔条件，我們同样采用了同径增斜和换径增斜两个方案。这两个增斜方案的钻具結構形式见图三及图四所示。系由钻头 1，短岩心管 2，异径接头 3，钻铤 4，短钻杆 5 和导正接头 6 等所組成。

利用图中的钻具进行增斜钻进时，由于軸心压力和异径接头上部钻具的自重作用，因此粗径钻具的上端便压靠在下孔壁上，而下端則因异径接头的支承作用而压靠在上孔壁上。当不考虑由于钻具迴轉而造成的离心力时，钻头对孔壁产生的矫正力 P 可由下式求出：

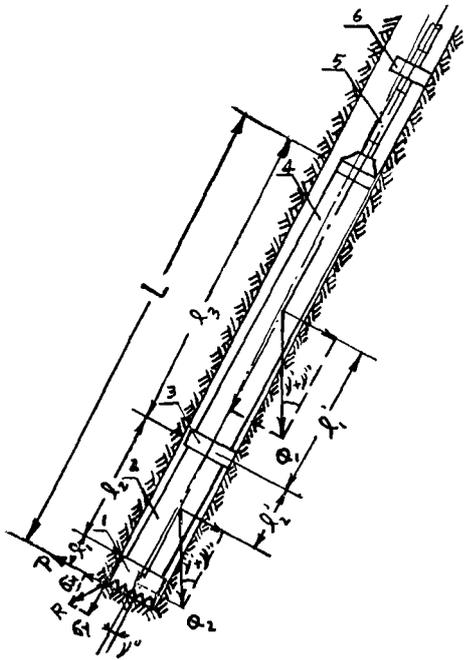


图 3 同径增斜钻具結構与力学分析图

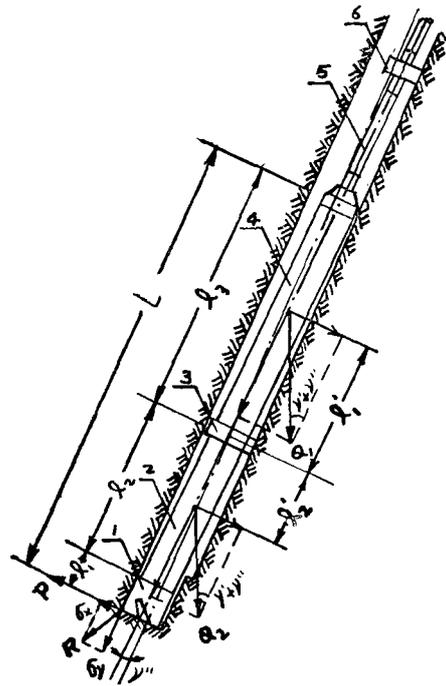


图 4 换径增斜钻具結構与力学分析图

表 2

技术条件与 斜钻结果 孔方 孔号	孔深 (米)	岩 等 级	钻 进 方 法	钻头规格		岩心管规格		钻 钎 规 格		短钻杆规格		支承接头规格		矫正力 (公斤)	总增斜 倾角 (度)	增 斜 率 (分/米)	总减方 位角 (度)	方位角 减斜率 (分/米)	备 注	
				直径 (毫米)	长度 (毫米)	直径 (毫米)	长度 (毫米)	重量 (公斤)	直径 (毫米)	长度 (毫米)	直径 (毫米)	长度 (毫米)	直径 (毫米)							长度 (毫米)
109	170~180	Ⅵ~Ⅶ	钻粒	91	200	89	2500	89	3000	180	50	1500	92	60	20	3°	18'	1°	6'	
153	76~80	V~Ⅶ	合金	110	40	108	2000	89	3800	230	50	1500	114	60	28	1°30'	22'	28'	7'	
153	175~185	Ⅶ~Ⅷ	钻粒	91	280	89	2000	89	3800	230	50	1600	94	60	30	10°	1°	3°	18'	
139	220~226	Ⅷ	钻粒	91	200	89	2500	89	5200	380	50	1600	94	60	45	7°	1°10'	1°21'	13'	

$$P = \frac{Q_1 l_1 \sin(r' + r'') - Q_2 l_2 \sin(r' + r'')}{L} = \frac{(Q_1 l_1 - Q_2 l_2) \sin(r' + r'')}{L} \quad (8)$$

式中： Q_1 ——支承接头（即异径接头）以上钻具的重量（公斤）；

Q_2 ——支承接头以下钻具的重量（公斤）；

l_1 ——支承接头以上钻具重心到支承接头的距离（米）；

l_2 ——支承接头以下钻具重心到支承接头的距离（米）；

r'' ——粗径钻具在孔内倾斜时，其中心线与钻孔中心线之间的夹角（度）。

其他符号同前。

（8）式中各项数值可按前节的方法进行。式中 r'' 的值则按下式求得：

$$r'' = \arctg \frac{D_1 - D_2}{L} \quad (9)$$

式中： D_1 ——实际的钻孔直径（米）；

D_2 ——钻头的外径（米）。

按上一节中相同的方法，可写出钻头对方孔壁单位面积上的合成应力是：

$$R = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2} = \sqrt{\left[\frac{(Q_1 l_1 - Q_2 l_2) \sin(r' + r'')}{L F_1} \right]^2 + \left[\frac{(Q_1 + Q_2)(\cos r' - f \sin r')}{F_2} \right]^2} \quad (10)$$

从式（10）中可以看出：支承接头上部的钻具愈重，或其下部钻具愈轻时，矫正力就愈大，因此采用重钻钎和短粗径时，增斜效果大；增斜率是随钻孔顶角的增大而增大；这就是增斜钻进时钻孔顶角愈来愈加剧的原因，以及采用换径增斜要比采用同径增斜更易收效的原因；虽然从式中看出增斜率应当随钻头与上孔壁的接触面积的增大而减小，但是这种原因的减小可由顶角的逐渐增大而得到补偿，所以实际上顶角的增大速率并未因此而降低；式中还表明，矫正力随粗径长度的减小而增大，因此尽可能采用大直径钻钎和短岩心管能获得良好结果；

給進力隨鈔具重量的增大而增大，但卻隨鈔孔頂角的增大而減小，所以當增大鈔鈹的重量時，可以取得明顯的增斜速率和很高的鈔進速度，這就提出了鈔頭壓力全係由鈔鈹重量造成時的合理性和必要性。

綜合上述可知，增斜鈔進時，應當採用重鈔鈹，短的岩心管和大直徑鈔頭。在可能的情況下，採用換徑增斜要比採用同徑增斜效果好，特別是鈔孔下背比較嚴重時，尤宜採用，但是在一般的情況下不宜採用，因為有可能使鈔孔彎曲得過於嚴重，這對於下部孔段的鈔進，升降鈔具和起下套管時都極為不利。

表 2 中的數據表明，上述理論分析是正確的。

在增斜鈔進中，為了使增斜率比較均勻和鈔孔方位角回復到原來設計位置或保持不變，因此鈔進工藝和操作技術上採取了如下一些措施：鈔頭壓力全係由鈔鈹重量來造成；給進速度應平穩而緩慢；鈔頭轉數一般不宜大於 150 轉/分；泵量盡可能增大，並最好採用全面反沖洗或局部反沖洗；鈔粒鈔進時，投砂量應增大原來的 $\frac{1}{3}$ ~ $\frac{1}{3}$ ，並務使每個回次的殘存量不少於投入量的 $\frac{1}{3}$ ，鈔頭宜採用雙弧形或雙斜邊水口，並以雙水口為最好；合金鈔進時，鈔頭的底刃和外刃應適當增大，並嚴格要求鑲焊的對稱性和質量。

實際資料表明，採用了上述技術措施後，鈔孔頂角增大比較平緩，方位角能回復到原設計位置或保持不變。

四、結 論

採用“自然增斜”或“自然減斜”的方法來矯正鈔孔彎曲，是目前較好的一種方法，只要鈔具結構合理，鈔進時操作技術恰當，並能根據情況隨時測斜就能取得良好的糾斜效果。

“自然增斜”和“自然減斜”的方法，還有可能被採用在定向鈔進中，特別是與 931 隊的鈔孔彎曲矯正器（於 1963 年提出並實驗成功）和與 106 隊的鈔孔治斜器（於 1964 年改進和實驗成功）配合使用，則定向鈔進的實現沒有多大困難。

“自然增斜”和“自然減斜”的方法，其糾斜速率平均變化在 18'~30'/米（傾角）和 8'~18'/米（方位角）之間，因此在採用這種方法時，應考慮到必須的鈔具長度，否則糾斜結果不能滿足預期要求。過晚糾斜是不合理的，因為過長的孔段使用這種方法時會使鈔速降低。

抚研 58 型集气式瓦斯采取器在生产 試驗過程中的改進

中南煤田地質局 125 勘探隊瓦斯試驗組

瓦斯是煤礦安全生產中的重大禍害。如何在煤田地質勘探過程中了解瓦斯分布情況和提供礦井正常生產時瓦斯含量的資料，並對其作出初步評價，以作為設計、生產時的依據，是地質勘探中極需解決的課題，是關係到煤礦安全生產的重要問題。但直到目前，我