

关于钻孔偏斜问题的探讨

李 伟 男

钻孔偏斜问题是钻探工作中比较突出的问题，本文拟根据一些钻孔偏斜的实际资料和有关文献，对钻孔偏斜的基本因素、基本规律和解决钻孔偏斜问题的主要方向，作初步探讨。

根据许多资料分析，钻孔偏斜有以下三个基本因素。

(一) 粗径钻具遇到岩石不均匀的抵抗力及自然条件和操作技术的影响

钻进过程中岩石的可钻性、摩擦性、层理、劈理不同，对钻具抵抗力也就不同，因此自然条件加上操作技术的影响就成为钻孔偏斜原因之一。

1. 某工区6个钻孔均为 70° — 80° 斜孔，因方位偏斜过大而报废，弯曲最严重的304孔形成大螺旋形，该区钻孔偏斜规律为：方位角向左偏，倾角向下垂。方位偏斜主要受黑色板岩的影响。这种岩石，比较完整，可钻性为5—7级，岩层倾角比较平缓，层理结合紧密。但劈理异常发育，岩心的自然劈开和断开，都是沿岩层的劈理面。凡钻孔方位角与岩层劈理走向的交角大于 25° 时，方位偏斜规律都是向着垂直于劈理的方向（图1）。岩石垂直于劈理面方向的抗压强度小于顺劈理面方向的抗压强度（据“深孔凿岩”上

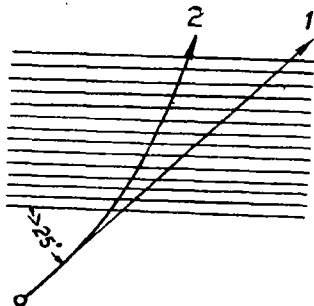


图 1

1—设计方位；2—偏斜方向

的资料，这种抗压力要差3倍左右）钻头钻进遇到了不同的抵抗力，因而偏向于抵抗力小的一方。

倾角下垂，主要是岩心劈裂把钻头挤偏造成的。

504孔曾经发现一种弯曲的异形岩心（图2），经过

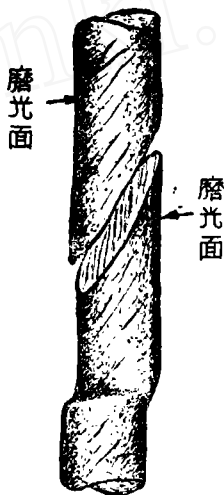


图 2

分析，这种岩心形成的主要原因是：钻进的岩石完整，劈理发育，钻孔与岩石劈理面夹角很小。钻进中，岩心沿劈理面劈裂，下节岩心仍然与孔底连着，钻头继续钻进，劈裂的岩心起了“楔子”作用，把岩心管和钻头挤向一边（图3）。其主要特征是：断裂的岩心上端靠岩心管的一面，和下节岩心斜面的背面，被岩心管磨光。磨光面非常明显。下节岩心呈弯曲状，且有半周台阶（此台阶即原来的孔底）。多次发生这种情况后，就会造成钻孔偏斜。偏斜方向与岩石劈理倾斜方向相同（图4）。

2. 钻进岩石由软变硬，钻头受到了不均匀的抵抗力，使钻孔偏斜。依岩层层面与钻孔的交角不同，引起钻孔的偏斜方向有两种情形（图5）。钻进压力为 P_0 ，由于硬岩石比软岩石抗压、抗破碎的强度大，此压力大部分作用在硬岩石上。硬岩石对钻头的反压力为 P ，此力垂直于层理面，分成 P_1 与 P_2 两个分力。分力 P_1 是给钻头以横向反压力，迫使钻头偏向软岩石方面； P_2 是给钻头以纵向反压力，使粗径钻具上头歪向软岩石一方，从而使钻头歪向硬岩石方面。钻孔偏斜方向取决于 P_1 与 P_2 两个分力值的大小。 P_1 与 P_2 分力值的大小，又取决于钻孔与岩层交角 φ 的大小，交角越大， P_2 大于 P_1 的差数越大，钻

孔越容易歪向硬岩层方面,造成所謂“顶层进”(图6)。交角越小, P_1 大于 P_2 的差数越大,钻孔越容易歪向軟岩层方面,造成钻孔“順层跑”(图7)。两个分力的差数越小(钻孔与岩层的交角越接近 45°),钻孔偏斜規律越不稳定。一般說:钻孔与岩层交角小于 $20^\circ-30^\circ$,容易“順层跑”;大于 45° ,容易“顶层进”;在 $30^\circ-45^\circ$ 之間,偏斜規律不稳定。

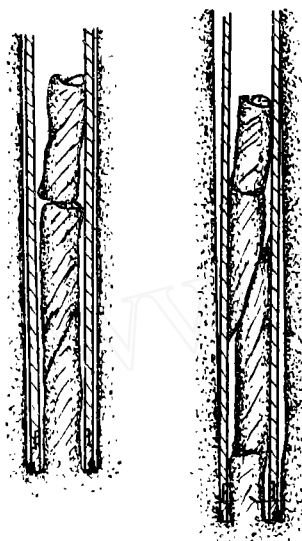


图 3

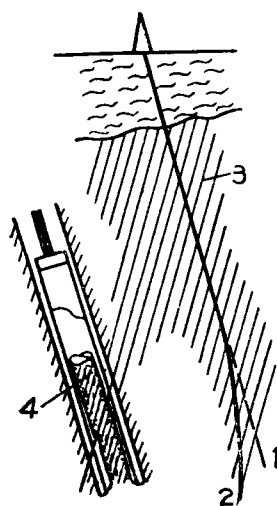


图 4

1. 設計傾角; 2. 实际傾角; 3. 岩石劈理
傾斜方向; 4. 劈裂岩心。

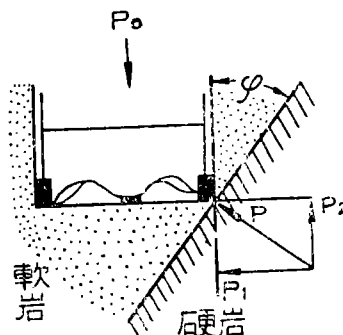


图 5

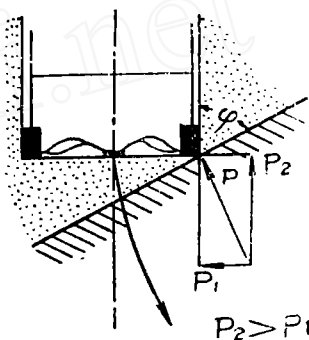


图 6

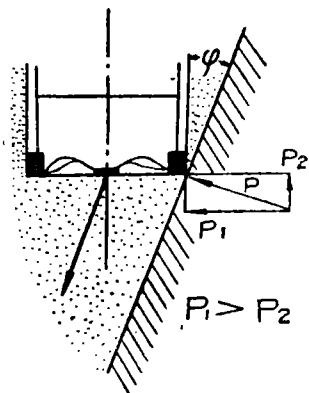


图 7

钻孔偏斜規律还受如下几个因素影响: (1) 換层的两种表面硬度差越大, 钻孔越容易“順层跑”; 硬度差越小, 钻孔越容易“顶层进”。(2) 钻进方法不同, 情形也不一样, 用钻粒钻进, 比用合金钻进容易“順层跑”。(3) 用合金钻进, 钻头刃越迟钝, 钻孔越容易“順层跑”; 钻头刃越鋒利, 越容易

“顶层进”。(4) 钻进压力越大、转速越快，越容易“顺层跑”；钻进压力小，转速慢，则易“顶层进”。

软硬岩层互换越多，钻孔越容易偏斜，偏斜程度也越严重。

3. 钻进中，粗径钻具与孔壁间产生摩擦力矩，进而使粗径钻具向转动的方向滚动。压向孔壁的压力越大，摩擦力越大，越容易向前滚。由于粗径钻具上下两端的受力不同和它与孔壁（包括介质）的摩擦系数不同，粗径钻具上下两端向前滚动的力总是不同的。钻具右转，上部摩擦力大，钻孔容易向左歪；下部摩擦力大，容易向右歪。用合金钻进，粗径钻具与孔壁直接接触，上部与下部的摩擦系数大体相同，但上部受钻杆的下压和钻进的压力作用，压向孔壁的力要比下部大，因此摩擦力也大。粗径钻具上头就容易滚向右方，经常靠向右边孔壁，促使钻头向左方偏斜（图8）。钻粒钻进，粗径钻具下部与孔壁间常保有許多破碎钻粒，摩擦系数大为增加，摩擦力随之增大。钻头易滚向右方，靠向右边孔壁，钻孔就沿此方向偏斜（图9）。

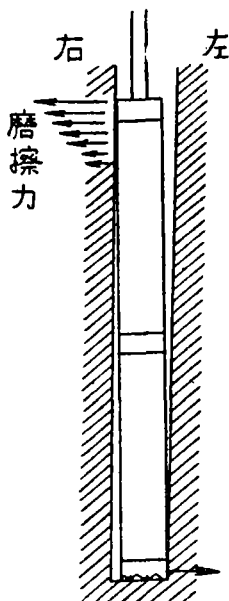


图 8

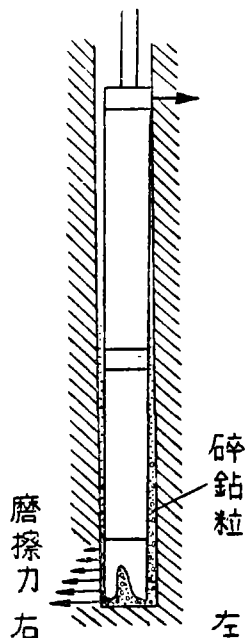


图 9

4. 钻进压力（包括钻具自重和用机器加的压力），是促使粗径钻具上头倾斜的主要原因之一，钻进斜孔尤甚。全套钻具接起来以后，刚性是很差的。

当钻具转动时，上部受压力，下部受岩石抗力，钻杆全部呈大螺旋形弯曲。钻杆弯曲，就必然促使粗径钻具上头歪向一方，钻头偏向另一方，造成钻孔偏斜。

5. 钻进斜孔，钻具受重力作用多贴在下壁。钻杆与粗径钻具之间的力矩作用，使钻头经常处于上翘的趋势中，加上钻进时的压力使钻头在钻进中逐渐上漂，造成钻孔向上弯曲。

6. 除了岩层因素外，还有操作技术的影响，如在扩孔时不加导正管，钻头一面扩着岩石，另一面扩空或扩着很少，就会把孔扩歪。又如，孔内掉落物件，下钻头去扫除，或者切灭事故钻具，都会把钻头挤向一方，导致钻孔偏斜。

(二) 孔壁间隙

孔壁间隙是钻孔偏斜的基本因素之一。持续地正常钻进，需要有效地冷却钻头和清洗岩粉。粗径钻具与孔壁之间必须保有一定的间隙，以便流通冲洗液。因此，只能在保证顺利钻进的前提下，尽量缩小孔壁间隙，以免粗径钻具在孔内发生过大的倾斜。在孔壁间隙中，虽然存在着泥浆、清水或者其它混合液体，也会被粗径钻具排开，一直歪靠在孔壁上。除了很软的岩层外，一般孔壁强度足以与粗径钻具的受力相抗衡。因此，粗径钻具所能倾斜的范围只是孔壁间隙那么大。若钻进软岩石，孔壁受到了破坏，钻孔超径，粗径钻具所能倾斜的范围还要大些。既然孔壁间隙不可能完全消除，粗径钻具的受力情况又很复杂，因此钻孔偏斜也就不能完全避免。

另外粗径钻具长度也与其有直接关系，不论斜孔还是直孔，粗径钻具都是倒向一方，靠着孔壁。钻具与钻孔形成一个夹角 θ （图10）。同时，钻具上头或钻头因受到其它作用力，使钻头偏向一方，而粗径钻具又沿 θ 角向下连续钻进，造成钻孔偏斜。因此， θ 角的大小，直接关系到钻孔偏斜程度。 θ 角的大小，决定于粗径钻具长度和孔壁间隙大小（参看图9）。

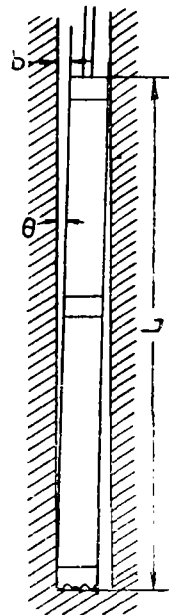


图 10

$$\sin \theta = \frac{b}{L}, b = D - d$$

$$\therefore \sin \theta = \frac{D - d}{L}$$

式中: D——实际孔径

d——粗径钻具直径

b——环状孔壁间隙的2倍

L——粗径钻具长度

由上式看出, θ 角与孔壁间隙成正比, 而与粗径钻具长度成反比。孔壁间隙越大或者粗径钻具越短, θ 角也越大, 钻孔偏斜程度也越大; 反之, 孔壁间隙越小或者粗径钻具越长, θ 角也越小, 钻孔偏斜程度也越小。如某队对比的四个偏斜钻孔, 用钻粒钻进的一个钻孔(孔壁间隙大), 方位角平均每25米偏斜度分别为9; 21; 10度, 用合金钻进的一个钻孔则不到2度。另有一孔, 一段用钻粒钻进一段用合金钻进, 用合金钻进的一段, 每25米偏3.7度; 用钻粒钻进的一段, 则偏9度。

钻具接长以后, 它的刚性就会相对的减弱, 经验证明, 110毫米的钻具, 接起来的长度以10—12米为最好。

孔壁间隙的大小, 还与下列因素有关:

1. 钻粒钻进, 比合金钻进孔壁间隙要大3—4倍。投砂法和投砂量不同, 孔壁间隙也有区别: 一次投砂法孔壁间隙最大, 多次投砂法居中, 连续投砂法最小。孔壁间隙还随投砂量的增加、钻粒直径的增大而扩大。

2. 合金钻进, 孔壁间隙随钻头外出刃的加大而扩大。

3. 钻进岩层松软、破碎, 孔壁容易受到破坏而扩大。特别是洗孔、保壁方法不当, 更容易造成孔壁间隙的扩大和大陷落。

4. 使用钻具不合要求, 如岩心管弯曲、钻头丝扣歪扭或钻头壁厚不均等, 转动时摇摆大, 会扩大孔径。同时, 弯曲钻具转动时的剧烈震动, 容易破坏孔壁, 造成超径。

(三) 开孔角度不正确

开孔应严格按设计的倾角与方位角要求。若开孔就偏斜, 当然要影响全孔角度的正确性。某分队, 所打的31个钻孔, 下完孔口管就测斜, 其中21个孔方位角开歪, 误差范围为1°—7°; 有10个孔倾角差1°—2°。开孔就偏斜的主要原因为:

1. 地盘修的不平、不坚固, 基台和机器安的不平不正。或者有的刚安装时是平正的, 但由于安装的不坚固, 开始施工后, 机器载上了负荷产生震动; 或者地盘受到了水的冲刷, 可能产生偏斜。

2. 钻机立轴、枢轴、横立轴箱、变角盘等部件, 磨损大, 过于松动, 把钻孔开歪。

3. 开孔前, 立轴角度对不正。

4. 开孔导向管没插正, 或者开孔处岩石硬而不平, 容易把孔开歪。

5. 操作时, 持盘顶丝没紧匀, 钻杆不在立轴中心, 或者机上钻杆过长, 立轴角度偏歪。

虽然这些问题看起来比较简单, 但却是造成钻孔偏斜的基本因素之一。在施工中不能不引起注意。

以上所述, 为钻孔偏斜的三个基本因素。前两个引起钻孔偏斜的因素是发生在钻进过程中。情况比较复杂, 也难于控制。后一个是施工准备工作的质量问题。只要注意, 就可完全防止。

钻孔偏斜, 是由几个因素同时起作用造成。有的决定钻孔的偏斜方向; 有的影响钻孔的偏斜程度; 有的可能互相抵消; 有的还可能互相促进。钻孔的偏斜, 总是向着抵消不了的、构成主要因素所决定的方向, 或者几个力同时作用形成的合力方向。

从三个基本因素中分析, 可得出以下一些重要关系:

粗径钻具遇到岩石不均匀抵抗力时, 首先决定钻孔的偏斜方向; 其次, 依其受力的大小, 决定钻孔的偏斜程度。在这个基本因素中, 不论是倾角还是方位角, 偏斜方向是有一定规律的。如岩层的影响、钻具的自重作用、粗径钻具旋转受到孔壁的摩擦阻力等, 都有一定的规律。

孔壁间隙和粗径钻具长度, 只影响钻孔偏斜程度的大小, 不能决定偏斜方向。它对钻孔偏斜程度的影响规律是: 间隙越大, 粗径钻具越短, 钻孔偏斜越严重; 间隙越小, 粗径钻具越长, 钻孔偏斜越轻。

至于开孔角度这一因素, 因它不是发生在钻进过程中, 对钻孔偏斜方向和程度的影响也就没有一定规律。

明确了以上三个基本因素对钻孔偏斜规律的影响, 可以使我们在防斜工作中采取有效的措施。

解决钻孔偏斜, 有“防斜”和“治斜”两个问题。应当掌握“防斜为主, 治斜为辅; 防斜工作做到家, 一旦偏斜坚决治”的原则。首先, 应踏踏实实地

做好防斜工作，尽一切努力使钻孔不偏斜或少偏斜。只要方法对头，符合钻孔的偏斜规律，而且在具体操作中能够正确地贯彻执行，做得细致、彻底，绝大多数钻孔的弯曲度都不会超过规定的范围。

在还没有绝对可靠的防斜方法时，思想上、物质上应当准备两手，钻孔万一偏大了的时候，要坚决地采取措施，把已经歪的钻孔纠正过来，避免报废。

如前所述，钻孔偏斜的因素是比较复杂的，往往是许多因素同时起作用。在确定防斜方法的时候应当细致分析；哪些因素能够互相抵销，哪些因素会互相促进；哪些因素是主要的，哪些因素是次要的；哪些因素会决定钻孔的偏斜方向，哪些因素会影响到偏斜程度的大小。再根据分析结果，确定防斜方法。

预防钻孔偏斜，要看准主要问题，一抓到底。根据实际经验，应从引起钻孔偏斜的三个基本因素的分析，及时抓好以下几条：

1. 正确开孔，保证开孔角度（方位角与倾角）符合设计要求；
2. 在保证顺利钻进的前提下，采取一切措施，尽量缩小孔壁间隙；
3. 粗径钻具长度适当，接起来不弯曲；
4. 根据岩层的具体情况和施工的特殊需要，适当减轻钻进压力；
5. 合理地使用钻铤，根据实际需要改进粗径钻具结构。

具体方法，应当注意以下几点：

1. 保证安装质量。地盘要修平、要坚固，基台要安平、安正，机器要装平、装正和安稳。
2. 开孔前准确地找好立轴。可靠地把钻机基脚和立轴变角装置固定牢固。
3. 钻机的有关部件，磨损过大的要换好再用。
4. 缩小孔壁间隙：能用合金钻进就不用钻粒；使用钻粒钻进最好用连续投砂法，控制投砂量，并选用较小的钻粒；合金钻进在保证顺利钻进的前提下，

尽量缩小钻头外刃；钻进破碎、松软岩石，要注意维护孔壁；换径和扩孔时正确使用导正管，不要过早地去掉导正管；在粗径钻具上、中、下三段接用大径接手（钻粒钻进下段不接）；不使用弯曲的岩心管和不合格格的钻头。

5. 适当地加长粗径钻具。一般加长到8—12米为宜。

6. 根据岩层情况，适当地减轻钻进压力。遇到开孔、换径、换层、扩孔、溶洞、裂隙等情况，更应当把压力控制在最低限度。

7. 缩短回次进尺，堵塞后即提升钻具。

8. 使用串连粗径钻具，合理地使用钻铤。

9. 钻进遇到溶洞要进行特殊处理，下完套管后方可正常钻进。

10. 钻粒钻进斜孔，为使钻粒比较均匀地分布在孔底，应当采用双水口钻头。

在设计钻孔方面还可采取“将斜就斜”的办法，根据钻孔偏斜规律，改变钻孔开孔位置或开孔角度，使钻孔到见矿点时打到设计要求的位置，这也是一条成功的经验。

设计钻孔“将斜就斜”，必须具备两个基本条件：第一，通过若干钻孔的施工，找出引起钻孔偏斜的主要原因和偏斜规律。第二，地质部门与施工部门密切配合，共同研究解决钻孔偏斜问题。

采用“将斜就斜”的办法，还应当注意分析以前钻孔所使用的钻进方法、钻具结构和操作方法。看看新打的“将斜就斜”钻孔将要采用的技术与以前的有什么不同。往往在改变了设计角度后，由于钻进方法、钻具结构或操作方法的改变，钻孔的偏斜规律也可能受到影响，随之改变。如果钻孔的偏斜规律由于施工技术方法的改变而有了变化，所打的“将斜就斜”钻孔就可能得不到预期效果。因此，在打“将斜就斜”钻孔时，不应当改变原来施工的一套技术方法。若想改变，则应当慎重研究。

“地质与勘探”訂閱办法

“地质与勘探”为内部综合性技术双月刊，每册售价0.20元，凭介绍信向编辑部訂閱，（第一期已售完）凡需訂閱者請从速。訂款一律从邮局汇寄，汇款时务請將訂戶的地址、机关、部門及經手人写清。

“地质与勘探”编辑部