

钻孔弯曲与测量经验选编

国家地质总局生产组编

只限国内发行

地质出版社

钻孔弯曲与测量经验选编

国家计委地质局生产组

地质出版社

钻孔弯曲与测量经验选编
国家计委地质局生产组
(只限国内发行)

地质局书刊编辑室编辑
地质出版社出版
地质印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

1975年9月北京第一版·1975年9月北京第一次印刷

印数1—5,500册·定价0.95元

统一书号: 15038·新119

前 言

在毛主席关于理论问题重要指示的指引下，地质战线的广大干部和群众，认真学习马克思主义关于无产阶级专政的理论，深入开展“工业学大庆”的群众运动，革命和生产形势越来越好，地质工作迅速发展。

为了提高钻探工程质量，更好地满足地质勘探工作的要求，现将钻孔弯曲与测量方面的经验选编出版，供各地参考。

鉴于我们的水平所限，书中可能有缺点、错误，希广大读者批评指正。

国家计委地质局生产组

一九七五年三月

目 录

两个矿区的钻孔弯曲情况·····	四川省地质局一〇六队 (1)
钻孔防斜与纠斜的方法·····	甘肃省地质局六队 (6)
喷射式孔底反循环钢粒钻进可以防斜·····	安徽省地质局三二六队 (14)
关于钻孔弯曲的认识与利用·····	四川省地质局四〇六队 (16)
钻孔防斜、纠斜的几点作法·····	黑龙江省地质局四队 (21)
钻孔弯曲及控制方法·····	河南省地质局七队 (25)
钻孔防斜与纠斜·····	江苏省地质局五队 (33)
利用孔斜规律打初级定向钻孔·····	广东省地质局七〇五队 (36)
初级定向孔的施工·····	湖北省地质局八队 (41)
悬垂式纠斜钻具·····	安徽省地质局三二六队 (46)
取出式导斜器·····	云南省地质局三队 (49)
铰链式纠斜钻具·····	四川省地质局四〇三队 (53)
简易定向导斜器·····	湖南省地质局四六八队 (55)
活动导斜器·····	三局三〇九队 (57)
导斜器的顶角及安装角计算公式的推导·····	成都地质学院探工教研室 (61)
导斜器的计算工具·····	中南矿冶学院孙宗颐 (65)
钻孔导斜器安装角计算表·····	湖南省地质局四一六队 四六八队
钻孔测量和在磁性矿区围岩中应用磁针式测斜仪的探讨·····	安徽省地质局三二六队 (73)
磁针式测斜仪在磁性矿区的使用·····	云南省地质局九队 (80)
关于JDP-1型和JXC-1型测斜仪方位角的测量误差问题·····	安徽省地质局综合研究队 (84)
使用定盘式测斜仪的经验与教训·····	云南省地质局九队 (91)
关于相纸显影法及无定向钻杆环测法测斜试验·····	黑龙江省地质局二队 (96)
几种仪器的精度分析·····	甘肃省地质局二队 (101)
JDL-1型陀螺测斜仪的使用情况·····	安徽省地质局三三七队 (103)
对某矿区采用定向钻进的评述·····	云南省地质局三队某矿区地质组 (114)

小改小革

JDL-1型陀螺测斜仪打捞装置·····	甘肃省地质局二队 (117)
使用尼龙绳测斜·····	黑龙江省地质局四队 (117)
自力更生改装成小口径测斜仪·····	陕西省地质局八队 (117)

两个矿区的钻孔弯曲情况

·四川省地质局一〇六队·

我队施工的×××矿区和×××矿区，过去由于钻孔弯曲过大，曾报废了五个钻孔。部分钻孔虽能利用，但因孔斜超差不能满足地质要求，直接影响地质成果。特别是×××矿区，在片岩中施工的钻孔，孔斜严重超差，有的钻孔孔深350米顶角变化达 34° ，实为我队钻探工程质量中最突出的问题。

两年多来，我们在党委领导下，遵照毛主席的指示，本着“实践、认识、再实践、再认识”的教导，充分依靠广大工人群众，结合生产实际，努力寻找预防钻孔严重弯曲的途径，取得了一些成绩，初步掌握了一些规律，利用规律钻进的钻孔逐渐增多，钻孔弯曲率显著降低。×××矿区孔深300米以内不超差的钻孔有所增加，钻进效率逐步提高。×××矿区经采用防斜接头后，孔斜符合设计要求。

一、×××矿区

1. 矿区地质及施工技术情况

该矿区以变质岩为主要围岩，常见岩层是石英片岩、石英长石片岩、角闪石英云母片岩等，其片理，层理、节理十分发育，倾角 $50^{\circ}\sim 70^{\circ}$ ，石英脉穿插频繁，含有大量石英、长石、角闪石细粒，具有较高的磨擦性，可钻性8~9级。该围岩厚度平均约400米，走向北西 $340^{\circ}\sim 360^{\circ}$ ，倾向南西，层理与片理一致，断层在0~200米孔段较多。

岩体（含矿层）由辉橄岩、闪辉岩、橄辉岩等超基性岩组成，产状尚未查明，厚度约100~300米，较完整，磨擦性低，个别风化段或构造带易发生垮塌、漏水，可钻性7~8级。

钻孔设计多为直孔，平均孔深450米，勘探线方向正北，与岩层走向大体一致，网度为25米×25米（普查孔50米×50米）。钻孔施工中，以直径130毫米的钢粒钻进为主，采取一次投砂法和泥浆、清水分层钻进。

2. 钻孔弯曲情况与规律

据已完工的二十一个钻孔统计，在片岩中钻进，钻孔顶角变化最高达每10米 3° ，方位角变化最大达每10米 $8^{\circ}\sim 10^{\circ}$ ，顶角一般都在每10米 $1^{\circ}\sim 2^{\circ}$ 范围内变化，方位角变化多发生在0~150米孔段。在含矿岩体中钻进，如适当加长粗径钻具，可使孔斜不超差。概括地说，就是片岩必斜，岩体正常（见表1所列）。

综合十四个钻孔资料，在片岩中钻进，不同孔深的顶角变化平均值如图1所示。

钻孔顶角变化是50~100米孔段递增速度较高，100~300米孔段增加稍缓，300米以后趋于下降。其下降原因，主要是钻孔轴线与岩层倾斜面的夹角已接近垂直。

钻孔顶角变化与岩脉穿插的关系密切，总的趋势是顶层进。片理、节理发育，岩脉穿插多的孔段，钻孔上漂较剧。

表 1

孔 号 钻孔弯曲	9			8			13		
孔 深	岩 层	顶 角	方位角	岩 层	顶 角	方位角	岩 层	顶 角	方位角
50米	风化带	1°31′	61°	风化带	45′	0	风化带	4°20′	350°
100米	片 岩	5°	63°		1°		片 岩	5°	20°
150米		6°	55°		1°			9°30′	45°
200米		7°	72°		2°			13°10′	55°
250米		6°	65°		2°10′			17°30′	61°
300米	岩 体	6°30′	65°	岩 体	3°		片 岩	21°	60°
350米	片 岩	13°30′			1°		片 岩	23°	63°
400米		21°						26°	70°
450米		26°						23°	70°
500米									

注：1. 9号孔在片岩钻进中，经过两次纠斜（90米，150米），效果较好；
2. 13号孔设计开孔倾角85°，终孔孔深149米。

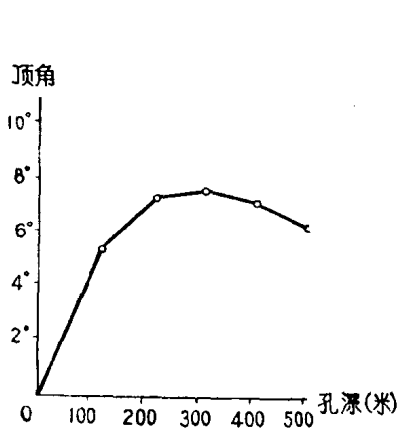


图 1

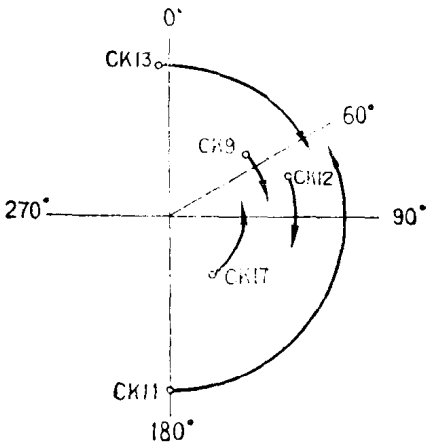


图 2

在片岩中钻进的方位变化规律是，直孔变化小，斜孔变化大（钻孔轴线与走向线不相垂直的斜孔段），各孔方位相对稳定的范围是60°~90°之间（如图2所示）。

从图2看出，直孔（12号孔、9号孔）开孔钻进后，方位变化不大，仅30°范围。斜孔（除13号孔是设计的斜孔外，其余均是有意改变方位角度的）方位变化大，最大为126°（如11号孔）。其变化规律是开孔方位南西向的，向左变化到60°左右。开孔方位北西向的，向右变化到60°左右。如开孔方位在60°~90°之间，则方位左右变化很少。故钻孔方位变化与岩层走向相关。

方位角与顶角的变化关系是：方位变化大，顶角递增速度低，方位变化趋于稳定，顶角递增速度高。

3. 钻孔弯曲的主要原因

造成钻孔弯曲的因素很多，但不外地质因素和钻进工艺技术因素两个方面。虽然这两种因素是互相影响，互相促进，互相制约的，但地质因素必竟是客观存在的，它的规律性是不依人的意志为转移的。只能通过实践去认识它、掌握它、利用它。而钻进工艺技术是可以改变的，只要采用的参数合理，对因工艺技术关系而造成的孔斜是能防止的。因此在寻找钻孔弯曲原因方面，必须从具体的地质条件和工艺技术状况出发，抓住主要矛盾和矛盾的主要方面，才能真正地掌握住孔斜的规律性，找出防斜、纠斜的正确措施。

通过实践和综合分析，我们认为造成该矿区孔斜的地质因素有：

(1) 岩层倾角陡、片理结构发育是造成钻孔弯曲的主要原因。从前述可知，钻孔弯曲的规律是顶角上漂（顶层进），方位变化垂直岩层走向发展。这两方面的变化又随岩层倾角变化而变化，且与岩层的片理结构密切相关。虽然，岩体的岩层倾角也陡，但不具片理结构，钻孔弯曲变化小。

遇层角大于 70° ，都产生顶层进。其原因是片理结构形成的钻速差所造成的。钢粒钻进的过程中，由于钻头克取岩石的速度不平衡，始终向着垂直于片理的方向前进，渐变积累使钻孔产生弯曲。我们曾用直径127毫米、长12米的粗径钻具进行钢粒钻进，结果钻出每10米顶角上漂 3° 的孔段。

方位角的变化与岩层有关。无论钻孔开孔方位如何，钻孔最终都要转到与岩层走向线相垂直才结束，其变化速度的大小与开孔方位和顶角相关，开孔倾角在 $85^\circ \sim 75^\circ$ 之间，方位变化时可以控制顶角变化速度，倾角在 75° 以下，则控制不住。开孔方位与岩层走向交角大，可使顶角变化减慢，反之则相反。

开孔方位大于 90° ，经 180° 至 270° 以内，岩层促使钻孔向左转的速度小。开孔方位小于 90° ，经 360° 至 270° 以内，岩层促使钻孔向右的速度大。其原因是钻头在钻进过程中，总是朝着有利的方向前进，而片岩的片理与层理一致，岩层走向与片理走向一致，正具备了钻头向垂直于岩层走向线发展的条件。虽然钻具右旋力可以减少岩层向左（大于 90° 时）的促斜力，但岩层促斜力大于钻具右旋力，钻孔向左斜的速度则小。如果钻头右旋，钻孔方位处在小于 90° 时，两力方向一致，钻孔向右斜速度大。这对利用弯曲规律进行施工十分重要。

(2) 因石英岩脉穿插，形成岩层软硬交互，是造成孔斜突变的又一原因。根据实测，凡有石英岩脉穿插处，孔斜递增幅度大，相反则小。石英岩脉穿插处，可以使钻孔向相反方向弯曲，打乱方位变化，使钻孔上漂暂时缓和，此种情况虽少，但是利用自然规律钻进中要引起注意。

(3) 断层、节理可以造成钻孔弯曲，但影响程度不甚厉害，如果措施恰当可以防止。

造成孔斜的钻进工艺技术因素有：

(1) 使用直径3.5毫米的大钢粒钻进，以致孔壁间隙过大，从而导致钻孔弯曲。

(2) 粗径钻具不够长或直径较小，也易造成孔斜。根据试验，粗径钻具长度在12米左右时防斜作用较好，短于9米易斜，而超过15米，则刚性弱，钻进不稳定，亦不能起到好的作用。

(3) 操作不当，投砂过多，压力过大或不均，也可造成严重孔斜。根据已报废的钻

孔分析原因表明，即使有好的地层条件，如果不根据具体情况而适当掌握压力、水量、投砂量等，钻孔也可造成严重孔斜。

4. 防斜的主要措施

我们根据地质目的要求利用钻孔弯曲规律，制订了以防斜为主，分别对待的措施。

(1) 利用钻孔弯曲规律

矿区地层具有顶层进，钻孔方位与顶角的变化受片理结构和地层走向、倾向支配等特点。设计防斜孔，即在一定方位内的斜孔，并根据岩体位置设计倾角大小，在保证见矿空间设计位置不发生较大位移的原则下，改变钻孔位置或顶角而达到地质目的。

我们利用方位变化大，顶角递增速率低的规律，设计的17号孔，保证了在350米内顶角不超差。

利用钻孔方位最终要转到60°~90°之间的规律，改变钻孔设计方向，检查物探异常，保证了钻孔空间位置在物探异常范围内，达到了地质目的（如26号孔）。

利用方位角变化小，顶角递增速率高的规律，设计自然增速钻孔，检查岩体隐伏状况。如16号孔将钻孔位置向西移两条勘探线，最后钻孔穿过前一条勘探线打到原设计位置，完全满足地质要求。

上述三孔效果都很好，目前正在大力实践中，其优点是只要设计准确，不再采用其他防斜、纠斜措施，可以提高效率，达到地质目的。

(2) 改善钻进工艺技术

把好安装、开孔、钻进关。安装做到“平、正、固、牢”，开孔按设计角度找正回转器，逐渐加长岩心管，正常钻进中应使用12米长的岩心管。

合理选择钻孔结构。使用刚性较大的岩心管，其钻进孔段应占全孔深的3/4。控制孔壁间隙，选用中小粒度的钢粒，注意孔底残存钢粒，少用一次投砂法，及时调节水量，以保持孔径一致。

不使用200转/分以上的转速钻进，要采用加大的或导向的异径接头，以提高钻具的稳定性。

严格执行《岩心钻探规程》中有关预防钻孔弯曲和钢粒钻进的规定。

表 2

孔 号 纠斜结果 孔 深 (米)	9				孔 号 纠斜结果 孔 深 (米)	161			
	纠 斜 前		纠 斜 后			纠 斜 前		纠 斜 后	
	方位角	顶 角	方位角	顶 角		方位角	顶 角	方位角	顶 角
90	64°	8°	62°	7°30′	153		8°32′		7°10′
92			58°	5°30′	155				5°20′
95			54°	4°30′	157				4°20′
145			60°	8°30′	160				4°
147			60°	6°30′	170				3°
150			55°	6°					
160			65°	5°30′					

注：9号孔设计为直孔，预纠方位角5°。

161号孔设计为直孔，纠顶角。

5. 纠斜方法

我们曾试用过不少纠斜方法，如钻铤纠斜、自然增斜和自然减斜、铅管偏重纠斜、半波长（扶正器）纠斜、扩大孔壁利用重力纠斜、改变钻具结构纠斜、扩孔纠斜、控制技术参数纠斜、钻杆加生铁箍纠斜……，虽在一般情况下取得了一些效果，然而对在片岩钻进中形成的严重弯曲均效果不佳。后采用云南省地质局三队的取出式导斜器，收效良好。这种导斜器结构简单，加工容易，使用方便，定向准确。其效果如表 2 所列。

二、××矿区

该矿区是一个大型矿床，主要岩层为辉长岩、辉橄岩、角岩等，矿区内大部分块段的钻孔不存在弯曲问题，少数块段因受构造影响钻孔弯曲比较突出。在该段曾施工十四个钻孔均有不同程度的超差，最严重的顶角上漂达每百米 14° 。据此，在该块段进行了防斜、纠斜工作，但由于对客观事物认识不够，虽先后采用过五、六种方法，均未解决问题。后在试用自然增减斜方法的基础上，改成支承点防斜接头，效果较好。

在解决该块段的孔斜问题中，我们主要采取了下列措施。

加强质量教育、从思想上重视。过去施工的钻孔有的孔不斜，有的孔斜，而对其发生孔斜的块段未搞清楚，容易麻痹，但遇到孔斜，又措手不及，非常被动。经过质量教育，充分发动群众，从开孔到终孔都严格按章办事，采取防斜措施（如使用防斜接头、反循环钻进等），加密测点，发现偏斜，及时纠正，使该块段的钻孔弯曲达到了规范要求。

坚持科学态度，严肃认真。针对矿区岩层倾角大，软硬互层多，构造复杂，钻孔易斜，不易掌握等情况，划定过去已斜钻孔周围邻近的钻孔为防斜孔、积极采取措施、做到安装平整稳固，开钻前严格校正迴转器，使天车、迴转器、孔口三点成一直线，开孔后定期检查迴转器角度，坚持使用 9 米左右的长、直岩心管，三班操作技术一致，坚持反循环钻进，简化钻孔结构，采用直径 110 毫米的口径一径到底。

坚持使用防斜接头。防斜接头实际是一个加大的异径接头，其直径大于岩心管直径 10~15 毫米，装在反循环钻具上面，磨损后可以更换。防斜接头起支承作用，在钢粒钻进中，能将粗径钻具稳定于钻孔轴心，使钻头端产生一向下的分力，从而起到防斜、纠斜的作用。

由于我们采取了以上措施，使得该块段施工的钻孔质量均合要求，最好的 397 号孔达到了优质，其钻孔弯曲情况如表 3 所列。

表 3

孔深(米)	100	150	200	250	300	350	400	195
顶 角	$2^{\circ}20'$	$4^{\circ}20'$	$4^{\circ}20'$	$4^{\circ}30'$	$4^{\circ}06'$	$2^{\circ}36'$	$2^{\circ}42'$	$3^{\circ}18'$

钻孔防斜与纠斜的方法

· 甘肃省地质局六队 ·

钻孔在空间位置（顶角、方位角）的控制，是一项重要的钻探质量指标。在我矿区钻孔深度大、勘探网度密、要求严格，又以斜孔施工的情况下，终孔点要控制到预定的位置（实际上为定向钻孔）就更加困难了。从施工结果来看，矿区大部分钻孔方位向左（北西）偏斜，顶角上漂，而少部分钻孔弯曲规律不明显。分析认为：这主要是地质因素起了主导作用，至于工艺方面的技术措施，仅仅是如何适应地质规律，限制其促斜作用的问题。但矿区坚硬岩石占70%以上，孔深由数百米以至千米，广泛采用钢粒钻进，对钻孔弯曲的影响是很大的。因此，预防钻孔弯曲的主要途径，首先应立足于认识地层的促斜作用，利用地层规律设计钻孔，紧紧抓住矛盾的主要方面；其次是配合一定的钻进工艺、操作技术以消除和减少促斜因素的影响。所以地质与钻探要紧密配合，原则是“设计留余地，施工保设计”。主要方法是“以防为主，防纠结合”。而防斜、纠斜都必须在浅孔阶段就须考虑进行，才不失其意义，这样在整个钻孔的施工过程中才能掌握主动权。

一、预防钻孔弯曲的技术措施

1. 利用地层弯曲规律设计钻孔

在矿区勘探初期，由于没有掌握地质因素对钻孔弯曲的影响，钻探施工中对弯曲度变化大的钻孔，只是采取了一般性的防斜措施，以致钻孔弯曲度大大超过质量允许范围，甚至报废，处于十分被动的局面。如Ⅱ—26/44孔，设计950米， 86° 开孔，平均每百米只允许上漂 $1^\circ 30'$ ，而该孔坚硬的混合岩500多米，孔深25米便上漂 $1^\circ 20'$ ，用限制回次投砂、带扶正器、自然减斜法以及各种结构的钻具纠斜，搞了两个多月效果不大；Ⅱ—12/53孔，终孔1195.41米，偏离勘探线150米；Ⅱ—8/58孔，终孔1133.20米，偏离勘探线184米。只能作远景储量的参考。

我们遵照毛主席关于“你对于那个问题不能解决么？那末，你就去调查那个问题的现状和它的历史吧！你完完全全调查明白了，你对那个问题就有解决的办法了。一切结论产生于调查情况的末尾，而不是在它的先头”的教导，加强调查研究，从失败中总结经验教训，从实践中找出规律，把矿区施工的钻孔，做了普遍的调查、研究、分析、对比，从中得出钻孔一般弯曲规律是：

（1）顶角：上漂随钻孔的延深而逐渐加剧，其中混合岩上漂多，平均每百米上漂 $2^\circ \sim 3^\circ$ 。岩体上漂少，平均每百米 1° 左右，个别趋于稳定；

（2）方位角：在岩体中钻进时，方位角变化不大，钻进混合岩时，方位角变化很大，且大部分偏左，少部分偏右。其大致规律是，30勘探线以西、44勘探线以东的钻孔方位角偏斜基本向左，30线至44线之间的钻孔方位角偏斜向右或规律不明显。

（3）钻进方法对孔斜影响较大，钢粒钻进的钻孔顶角上漂较快，方位角多向左偏。

硬质合金钻进的钻孔顶角、方位角变化一般减少；

(4) 开孔顶角对方位角的影响，开孔顶角小，方位角不易控制，顶角大 (3° 以上) 方位角偏斜较小；

(5) 复杂地层，岩心采取率低，钻孔亦易弯曲，如 II—2/102 孔，在孔深 400~425 米处，岩心破碎，平均采取率为 55%，两次空管，顶角上漂 $3^\circ 21'$ ；II—6/73 孔，在孔深 25~50 米连续四次空管，顶角上漂 $2^\circ 10'$ 。我们认为这是孔壁间隙大造成的。

毛主席教导我们说：“…从客观存在的事实出发，从分析这些事实中找出方针、政策、办法来”。通过上述第一性资料的分析，给我们利用地质规律指导打钻提供了可靠的依据。于是提出了离开勘探线或扭转方位角设计某些钻孔，在地表不作要求，目的在见矿位置。这种方法开始在设计与施工、地质与钻探两方面，曾经历了两种思想的激烈斗争过程，有人担心这样做没把握，破坏了勘探网和线……。后由工人、干部、技术人员三结合设计钻孔，从地质目的和要求出发，根据钻孔各类岩石的性质、可钻性和厚度，参照临近钻孔的规律，预定出较符合实际情况的弯曲度，再由地质人员依据矿体的变化和控制程度设计钻孔孔位。当然，这毕竟是一预定的数据，而实际所钻岩层与设计差异很大，情况是变化的，所以，在实际施工中，还必须加强测斜工作，以及及时采取防斜、纠斜措施，保证钻孔质量达到地质设计的目的。几年来，矿区应用地质规律设计的钻孔，施工效果一般良好（如表 1 所列）。

表 1

孔 号	钻孔安装孔位偏离 勘探线距离 (米)	终孔深度 (米)	终孔偏距 (米)	施工效果	备 注
II—24/78	向东移 3.00	800.82	偏西 40	合乎规律	远景孔，满足要求
II—18/85	向东移 3.80	790.29	0	合乎规律	
II—2/102	向东移 3.80 方位向东扭 12°	1099.95	偏西 30	合乎规律	
II—18/106	向东移 11.00	1202.77	偏西 50	合乎规律	
II—56/158	向东移 2.00	513.63	偏西 27	合乎规律	
II—56/175	向东移 5.50	246.53	偏西 2	合乎规律	由于地形所限未能多移 远景孔，满足要求
I—1/138	向东移 2.20	801.55	偏西 46	合乎规律	
I—2/160	向东移 5.75	1160.81	偏西 68	合乎规律	
II—8/24	向西移 5.00	599.89	偏东 8	合乎规律	
II—44/133	向西移 7.90	595.20	偏东 15	合乎规律	
II—44/146	向西移 2.00	504.30	0	合乎规律	未终孔而停工
II—8/112	向西移 12.70	635.03	偏西 29	与规律相反	

注：

1. 利用地层弯曲规律可分为下列两类情况：

改变钻孔设计位置：

- (1) 方位角基本稳定，顶角起主要作用时，前后移动；
- (2) 顶角基本稳定，方位角起主要作用时，左右移动；
- (3) 顶角、方位角两种因素同时起作用（此种情况常见），需综合考虑。

改变钻孔设计角度（顶角、方位角）：即增减开孔顶角，扭转方位角。

2. 扭转方位角时，其扭转角度不得超过钻孔轴线与岩层走向垂直的临界角度（即左右交角一般 $<15^\circ \sim 25^\circ$ ），否则易顺扭转方向（顺层）偏斜；

3. 移动孔位必须在掌握临近地层弯曲规律的基础上，根据弯曲程度、孔深和地形等综合决定移动距离。从上表说明，我们在利用偏斜规律时，还是比较保守的。

但在有些地段的钻孔还有逐渐向相反方向弯曲的趋势，如 56/163 孔、56/169—1 孔。

根据这个规律，后来在56/169—2孔大胆地将孔位在勘探线上前移50米，终孔很理想。

“人们要想得到工作的胜利即得到预想的结果，一定要使自己的思想合于客观外界的规律性”。我们能够应用一些地质规律，都是在“实践、认识、再实践、再认识”的生产实践中总结出来的。随着勘探工程的不断进行，实践的不断深入，因而对钻孔弯曲规律的认识也就由浅入深，钻孔的布置与施工也就逐渐趋于合理，逐步获得了施工的主动权。

2. 把好安装开孔关，为深孔钻进打好基础

钻探设备安装的牢固和精确度，开孔的方法与质量，是整个钻孔施工的重要一环，必须以此为全孔钻进打下良好的基础，尤其是深孔施工显得更为重要。否则便会造成“上面不正，下面歪，差之毫厘，失之千里”的严重后果。

(1) 设备的安装与检查。地基要求平整坚实，不使用填方地基（指塔底座），设备安装必须水平、周正、稳固，钻机立轴不得旷动，安装好后要用经纬仪检查钻机立轴方位，须用精确度高的罗盘测量立轴的倾角，变角盘螺丝必须紧牢固；

(2) 开孔要准备三根以上的短岩心管（如0.8米、1.5米、2.5米），逐次加长导向，直至正常长度（7米以上）。开孔钻具一定要直，最好使用短机上钻杆、上下卡盘紧靠于中心。使用硬质合金以低压、慢转钻进；

(3) 先换径，后下套管。换径时必须使用专用换径接头，保证同心度，禁止使用普通异径接头换径。要加长大径导向（6米左右），开始要用短的小径钻具（1.0~1.5米），逐次加长到正常长度（7米），并待全部进入小径后，再拆除上面的大径导向。

(4) 孔口管必须下正、下牢，与立轴中心一致。然后加长小径钻具（7~8米）继续以小规范钻进。孔深超过套管底部5~10米后，即用电测仪检查顶角、方位角，无疑时，方可继续钻进。

3. 根据岩层和孔深，合理选择钻进方法和规范

压力与转速是钻进的主要参数，而且也是影响孔斜的重要因素。在钻进过程中，如果压力、转速过大，将迫使钻杆半波长减短而产生弯曲。由于钻具与孔壁的径差间隙是不可避免的，粗径钻具将脱离其钻孔中心迴转而失去工作状态的稳定，因而钻头的横向冲击力和扩壁超径作用随之而加剧，助长了孔斜的发生和发展；而且一定的地层又必须有一定的压力和转速，以保持较优的钻进速度，如果使用过低的参数，钻速降低，钻具形成“空悬”状态转动，也会造成孔径扩大，增加钻孔弯曲的可能。所以，钻进方法与规范，必须根据岩层和孔深合理的选择，有机的配合，并在保证钻孔质量的前提下，又能获得较高的

表 2

岩 性 特 点	岩石可钻性	钻 进 方 法	压力 (公斤)	转速 (转/分)
围岩：以混合岩、花岗岩为代表，坚硬，部分破碎，超径较大	7~9	多数使用钢粒反循环，部分用钢粒单管钻进	500~700	150
岩体：以含辉、二辉橄榄岩为代表，较致密完整，可钻性好	4~6	多用硬质合金钻进，部分双管钻进	600~800	150~250
软硬互层、夹层，岩性变化不规则，破碎不好采心，孔径不易控制	4~5或6~8	尽量坚持硬质合金钻进（或结合式钻头）	350~400 或 400~600	150

注：规范中均指110毫米口径；深孔阶段均使用下限数字。

效率。针对矿区地层情况所选用的钻进方法与规范列如表 2。

通过矿区的生产实践,认为在目前的技术条件下,深孔中用150转/分的转速钻进对防止事故、减少钻孔弯曲效果较好。据 5 号机施工的 4 个钻孔的统计充分说明了这一点,并分别与同一勘探线的21个钻孔对比,都是弯曲偏距最小的,保证了钻孔质量。见表 3 所列。

表 3

孔 号	开孔倾角	终孔深度 (米)	主要岩层厚 (米)		终孔偏距 (米)	钻 进 工 艺
			岩 体	混 合 岩		
22/42	88°	668.76	608	60	2	岩体: 硬质合金钻进多用 150 转/分。仅少部分用250转/分。混合岩: 钢粒钻进, 单管和反循环交替使用, 全部用150转/分
14/51	87°	1047.75	534	513	3	
10/75	87°	836.97	531	306	8	
18/85	87°	790.29	490	300	0	

注: 18/85孔位置向东移离勘探线3.8米。

4. 控制孔壁间隙, 减少不均匀破碎

在工艺技术上 (地质因素除外), 钻孔弯曲的根本原因, 就在于钻具与孔壁之间存在着间隙, 间隙的大小对孔斜影响极大。因此, 防止钻孔弯曲的主要途径之一, 就是把二者间隙缩小到最小限度, 加强导正作用。具体方法是:

(1) 扩大硬质合金使用范围

硬质合金钻进间隙小, 钢粒钻进间隙大, 这是众所周知的。如果硬质合金、钢粒二者频换, 势必造成孔壁不规整, 导致钻具轴心偏斜的机会。所以, 在岩体中主要用硬质合金, 遇坚硬夹层也要坚持用硬质合金钻进 (或采用硬质合金、钢粒结合式钻头, 对缩小间隙, 提高岩心采取率均有好处)。利用一切可能条件扩大硬质合金的使用范围;

(2) 控制投砂量和改进投砂方法, 减少孔底的不均匀破碎

斜孔钢粒钻进, 促斜作用尤其显著, 钢粒钻进的钻孔直径比钻头直径大10~13毫米, 造成了顶角上漂、方位角偏斜的前提。值得研究的是, 我矿区大多数钻孔的方位角为什么多向左偏斜? 我们认为这些钻孔在工艺技术上 (地质因素除外) 其原因之一是: 斜孔钢粒钻进时, 由于重力作用, 钢粒多集中于孔底部, 在钻具迴转过程中, 倾斜于钻孔底部的钢粒, 按顺时针方向受离心力与磨擦力作用, 将携带钢粒由多到少迴转一个角度, 并克取着孔壁的岩石, 产生一种不均匀破碎, 使钻孔逐渐偏向左方; 另一方面, 钢粒被带到孔底左方而起垫楔作用 (左侧垫高), 则粗径钻具上端被迫倒向右方, 也促使钻孔逐渐向左弯曲。随着钻孔的加深, 在几方面不均匀破碎的综合作用下, 因而在平面图上, 钻孔方位偏斜实际趋势多在左上方。

钻进过程中, 往往孔底钢粒掌握不当 (一般偏多), 由于不均匀破碎作用而产生的钻孔偏斜就更加显著, 如30线以西44线以东, 钻孔方位偏斜基本向左。但30~44线间, 方位偏斜规律不明显, 分析认为这是地层产状不稳定, 构造变化, 破坏了钻孔与岩层走向的垂直关系等等)。为了减少钢粒在斜孔中的这种不均匀破碎作用, 基本方法就是控制投砂量和改进投砂方法。

应选用小直径钢粒 (2.5~3.5毫米), 以缩小孔壁间隙。投砂量须适当, 单管每回次 1.5~2.5公斤, 反循环可达2~3公斤。孔内残留砂量, 应心中有数。不进尺应从多方面找原因, 克服那种不进尺就投砂的盲目性。在投砂方法上, 反循环可用一次投 (带) 砂法, 单管钻进宜用结合投砂法, 如第一次1.5~2公斤, 第二次1公斤或第三次1公斤。总之, 保持孔底有一定数量的钢粒, 使钻头水口导砂均匀良好, 既利于正常钻进, 又有利于减少孔斜。如 I—4/164 孔, 在孔浅阶段用一次投砂法, 投砂量过多, 三个班心中无数, 结果平均每10米上漂1°。后来减少了投砂量, 并改用结合投砂法, 每百米上漂仅半度。

为缩小孔壁间隙, 必须注意水量的选择, 单管钻进一般 30~50 升/分, 以正常进尺为宜。反循环钻进的水量可增大到80~100升/分。

(3) 钢粒钻进时, 采用正反循环交替钻进

钢粒正循环钻进, 钢粒多分布于钻头外部, 孔壁间隙大; 而钢粒反循环钻进, 钢粒大部分集中在钻头内部, 孔壁间隙小, 相对提高了导正作用。基于此理, 在混合岩中常采用一次正循环, 一次反循环交替钻进 (有条件的硬、脆、碎地层, 尽量多用反循环)。使钻具始终限制在较小的孔径内导正。实践证明, 在深孔钻进坚硬岩石采用这种方法防斜是行之有效的, 平均每百米上漂量控制在1°左右, 方位变化也不大, 在满足质量的前提下, 又保证了较高的钻进效率。

(4) 改进钻具结构, 加强导正作用

扶正器: 用直径110或114毫米的厚壁管做成, 长约0.5~0.7米, 连接在距粗径 2.0~2.5米的钻杆中间, 其作用是消除由弯曲钻杆传来的横向作用力, 使钻具迴转稳定, 加强了导正, 经多数钻孔使用, 有稳斜的作用;

防斜接头: 用直径114毫米的厚壁管做成, 长 0.30 米左右, 接于岩心管与取粉管接头处, 主要起“小径打 (直径110毫米)、大径导 (直径114毫米)”缩小间隙之作用, 对防斜也是有效的。

5. 直钻杆、长粗径, 加强迴转稳定性

在钻孔中, 若钻杆直, 挠曲度即减小, 迴转较稳定, 对改善钻头在孔底的工作条件、防止孔斜及孔内事故均有好处。因此, 在深孔作业中, 必须及时更换和调整弯曲的钻杆。

粗径钻具的长度及笔直与否, 对孔斜的影响关系, 可从以下计算中得知,

设直径108毫米的钻具长 $L = 6$ 米, 钻头外径114毫米, 孔径 118 毫米, 则孔壁间隙 5 毫米。钻进时, 在轴心压力的作用下, 粗径钻具靠孔壁一边的距离 $O = 10$ 毫米。每钻进一个粗径钻具长度 L 的孔段, 其轴心偏度 r 为:

$$r = \arctg \frac{O}{L}$$

$$\text{则} \quad r = \arctg \frac{10}{6000} = 0^{\circ}06'$$

若孔深为1000米, 其终孔弯曲度可达,

$$\frac{1000}{6} \times 0^{\circ}06' = 16^{\circ}40';$$

同样, 其他条件不变, 粗径钻具加长到12米, 每钻进一个粗径钻具长度 L 孔段的轴心偏度 r 为:

$$\gamma = \arctg \frac{10}{12000} = 0^{\circ}03'$$

若深孔1000米，其终孔弯曲度为：

$$\frac{1000}{12} \times 0^{\circ}03' = 4^{\circ}10'$$

由此可知，当孔径、压力不变时，钻孔弯曲度与粗径钻具长度的平方成反比，粗径钻具加长一倍，弯曲度可减少四倍，所以粗径长度对孔斜的作用是很显著的。但粗径钻具也不宜过分增长，因粗径钻具过长，刚性减弱，容易弯曲，且迴转阻力增大而不稳定，并在丝扣连接同心度等方面均会受到影响，对防斜效果反而产生副作用。根据我矿区的具体情况，粗径钻具保持在7米左右，防斜作用较为良好。

我们曾使用过直径114毫米的厚壁管或经高频淬火处理的岩心管，它不易弯曲，导向良好，具有“刚、强、重、直”的优点，对预防孔斜也是行之有效的。

综上所述，我们认为利用地层规律合理的进行钻孔设计和施工，是预防钻孔弯曲的前提和关键，而正确的钻进方法、适宜的规范，以及缩小孔径、改进钻具结构、加强钻具的导正与提高钻具运动的稳定性等，是工艺技术上如何适应地层规律减少促斜作用的一种相应手段。因此，钻孔的防斜问题，必须抓住主要矛盾，从关键下手，并针对每个钻孔的具体情况和矛盾的特殊性，因地制宜地使用一定的防斜措施，才会收到好的效果。

二、纠正钻孔弯曲的方法

孔斜是客观存在的，是钻头在克取岩石的复杂过程中发生和发展的必然结果。一般说来，在我们认识和掌握其运动规律的基础上，采用前述的防斜措施后，即可互相中和及削弱促斜因素的影响，减少钻孔弯曲或者弯曲不大。但是，“世界上的事情是复杂的，是由各方面的因素决定的”，孔内情况也是不断发展变化的，由于地质因素或操作上的种种原因，促使钻孔弯曲，而发展到一定的程度，就必须果断地及早采取措施，以免发展到“不可救药”之地步。

1. 几种纠斜方法简介

目前各种纠斜工具，无非是在工艺技术上，采用一定结构的钻具，造成一机械抗力，控制钻头按照一定的方向钻进。由于矿区钻孔深度大，勘探网度密，又以斜孔施工，钻孔弯曲的矛盾显得很突出，曾使用过的纠斜方法也较多，有成功的，也有失败的。先后有以下几种：

(1) 自然减斜法

主要是利用如图1所示的钻具结构组合，由于上部支承接头起衬垫作用和下部钻具的自重原因（钻进时，中和点应落在支承接头上），使钻具与原孔中心线形成一夹角（ γ ），在钻头上造成一个矫正力，在不断的钻进过程中，自然地减小钻孔顶角。它分同径和异径减斜两种，显然异径减斜的效果好。此种方法在II—26/44等孔使用，收到一定效果。

(2) 自然增斜法

矿区少部分钻孔或加密钻孔，由于孔身下垂，控制间距与前孔太远，与后孔太近；或者顶角太小，方位不稳定，测量不准确。此时须纠正钻孔顶角上漂，根据纠正程度，采取下列措施。

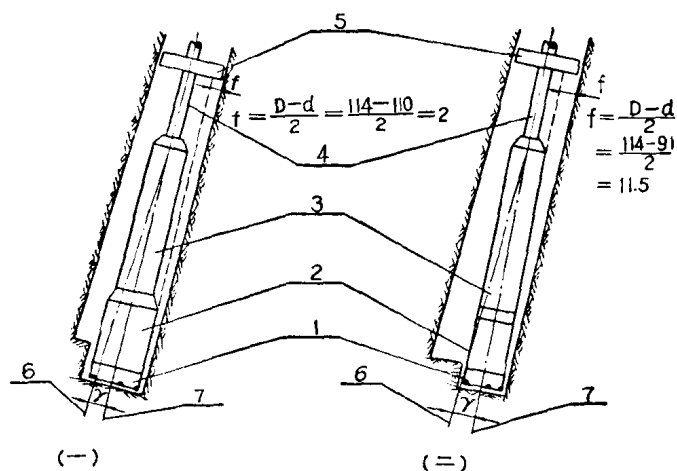


图 1

(一) 同径减斜 (二) 异径减斜 1—钻头; 2—岩心管 (长0.6米左右); 3—罐铅管 (长7.8米, 重400公斤); 4—钻杆 (长2.2~2.5米); 5—支承接头 (直径114毫米, 厚60毫米); 6—原孔中心线; 7—钻具中心线

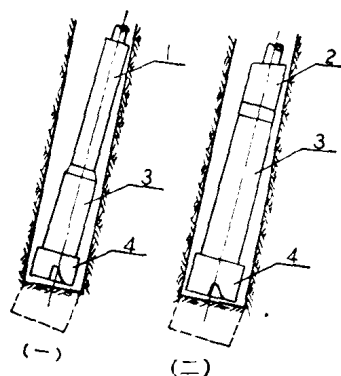


图 2

1—钻铤; 2—取粉管; 3—岩心管; 4—双层钻头

缩短岩心管长度为正常钻进的 2/3, 适当增大投砂量、压力和水量, 能促使钻孔逐渐上漂, 如在 II—36/55 孔以及其它孔段中, 均收到良好的效果;

用塔形钻具 (如图 2) 能扩大孔壁, 加剧钻孔的上漂。曾在 II—2/102 孔使用此种钻具收效立杆见影。但此方法有副作用, 往往造成粗径钻具两端磨擦力矩的差异, 上下受力不平衡而使方位偏斜。所以在使用此方法前, 必须与地质人员取得一致的意见。

(3) 闭口式导斜器

即套管底部连接导斜器, 其方向母线引至孔口, 按需要角度扭转套管调节导斜器方向, 以达到偏斜之目的。此方法工序复杂不易定向, 仅适用于 50 米以内的浅孔纠斜。

(4) 带偏重管的活动导斜器

它结构简单, 容易制造, 定向准确, 操作方便, 可保持原孔直径, 孔内不留障碍物, 适用于深孔的多次纠斜。我们矿区几年来广泛采用, 效果较好。

(5) 反转钻进

在浅孔, 岩层坚硬, 产状陡, 用活动导斜器不易纠斜时, 可根据钻孔方位弯曲有随钻具迴转方向弯曲的规律, 用反转钻进以抵消和减弱地质因素对钻孔方位弯曲的影响。如 II—2/102 孔、II—2/155 孔、I—2/160 孔等用反转钻进, 对预防和纠正方位偏斜, 收到良好的效果。在某些钻孔中, 纠正方位的作用很显著, 如 II—54/137 孔, 孔深 100 米时方位角 83°, 从 102.41 米开始反转钻进, 到 148.52 米方位角为 23°, 满足了地质要求。

2. 带偏重管的活动导斜器的使用

(1) 结构原理及其使用效果

此方法是借助于钻孔之顶角, 利用偏重定向和楔铁导斜的原理改变钻头的钻进方向和角度 (如图 3 所示)。导斜器的安装角度可按需要调整, 以达到纠正顶角和方位角的目的。当小径钻具沿楔面方向导斜钻进, 钻完一个回次可整套钻具提升出来, 下回次再沿此小径