

金刚石钻进的孔斜及其纠正

中南矿冶学院 何玉明 汪健元

湖南冶金245队 李金田

在金刚石钻进中,由于各种原因引起钻孔的弯曲,目前已普遍引起了人们的重视,正在多方面进行试验和探讨,力图揭示其内在规律,以便更好地为地质勘探事业服务。

1979年,中南矿冶学院部分师生与湖南冶金245队一道,在渣滓溪矿区的小口径金刚石钻孔中进行了纠斜和防斜的初步试验,取得了较好的效果。

矿区概况

(一)地质情况简介

施工的钻孔主要穿过砂岩、砂质板岩、砂岩—长石英砂岩、石英砂岩、粉砂岩,以及经变质作用生成的微石英砂岩、石英岩、硅质板岩等。岩性一般完整,可钻性为7~8级,少量为9~10级,岩层走向230~250°,倾向140~160°,倾角为50~70°。矿脉走向140~170°,倾向230~260°,倾角65~85°。

勘探线方位219°,与矿脉走向垂直,网度100×200米,设计孔深500~800米,钻孔倾角80°,方位219°,钻孔终孔直径:合金钻进不小于75毫米,钢粒钻进不小于91毫米,金刚石钻进不小于57毫米。施工中为了确保均匀控制和圈定矿体,正确评价矿体产状,要求钻孔顶角弯曲每百米不超过3°,方位弯曲每一点的水平投影不得超过勘探线网度的四分之一。每50米测斜一次,测斜仪为保定仪器厂生产的感光测斜仪。

(二)施工技术

该分队现开三台钻机(北京800—1型,

附增速器,最高转速980转/分),使用BW250/50泥浆泵和30瓩电动机,全部采用金刚石钻进(1978年为钢粒钻进),钻孔结构较简单,开孔为 $\phi 91$ 毫米合金钻进,见硬盘石(一般为10~20米)下 $\phi 89$ 及 $\phi 73$ 毫米套管,用 $\phi 57$ 毫米金刚石钻头钻进至终孔,使用松香酸钠和癸二酸下脚皂润滑冲洗液,钻进参数,孔深500~600米之前转速为980转/分,之后为600~700转/分至终孔,泵量为35~40升/分,钻压为400~700公斤,台月效率为300米以上。

(三)钻孔弯曲情况

自1978年1月至1979年11月底,完工9个钻孔,其中采用钢粒钻进方法终孔的有4个,其余为金刚石钻进。从表1,图1、2可看出:除个别钻孔外,大多数都存在严重的弯曲,尤以方位弯曲为甚。

钻孔弯曲原因分析

从渣滓溪矿区来看,地质因素仍是造成钻孔弯曲的基本原因,而孔内粗径钻具的结构、钻进工艺参数亦是重要的原因,具体分析如后。

(一)钻孔遇层角的影响

从已竣工的9个钻孔来看,钻孔弯曲与遇层角的大小有着密切的关系。以0/ZK₃为例,对钻孔前350米所采岩心的遇层角进行了测定,结果见表2。

又如12/ZK₁孔,从孔深220~360米也进行了测定,由于遇层角都大于50°,故方位变化幅度小,见表3。

因此,在该矿区可以明显地看出:当钻孔遇层角在20°左右时,方位弯曲很突出。

(二)钻孔方法与地层走向夹角的关系

该矿区钻孔方位弯曲也基本符合这样的



表 1

孔号	钻进方法	孔深(米)	开孔顶角(θ_0°)	终孔顶角(θ_1°)	开孔方位(α_0°)	终孔方位(α_1°)	顶角强度(θ°)	方位强度(α°)	终孔脱线(米)	注
0/ZK ₁	钢粒	400	10°	23°	219°	166°36'	3°15'	13°17'	58	钻孔弯曲强度是按每百米方位或顶角增量计算的。其中大口径： α_1 12°54' θ_1 2°35' 小口径： α_1 15°50' θ_1 2°
0/ZK ₂	“	530	7°	13°	219°	155°	1°08'	12°5'	68	
0/ZK ₃	金刚石	620	11°	14°30'	265°58'	167°30'	0°34'	15°53'	18	
5/ZK ₁	“	350	10°	18°	244°	180°	0°34'	18°17'	13.2	
5/ZK ₂	“	550	11°	23°	256°	157°	2°12'	18°	75	
8/ZK ₁	钢粒	450	10°	32°	219°	168°	4°54'	11°20'	94	
8/ZK ₂	“	500	9°	16°30'	219°	144°	1°30'	15°	65	
8/ZK ₃	金刚石	700	10°	12°	262°34'	175°	0°17'	12°0'	1.4	
8/ZK ₅	“	394	11°30'	34°	250°	185°	5°24'	16°30'	15	

说明：① 8/ZK₃在孔深370~390米测斜的方位角是190°，顶角10°30'，由于该井段破碎严重，后灌水泥护壁，在扫灰心时，又扫出新孔，方位达205°，顶角11°，故终孔时脱线距离很小。

② 除四个大口径钻孔的开孔方位按地质设计为219°外，其余都是通过总结弯曲规律，有意扭大的。

表 2

孔深(米)	0	25	35	50	100	150	200	250	300	350
顶角	11°	12°15'	12°	12°	11°	10°	5°	9°	8°	9°
方位	265°58'	268°	270°	265°	250°	235°	221°	205°	200°	185°
遇层角		45°	50°	50°	45°	25°	30°	20°	30°	25°
方位弯曲强度	15°58'/100米					26°/100米				

表 3

孔深(米)	220	270	320	360
遇层角	50°	55°	54°	50°
顶角	11°	8°30'	9°	10°
方位角	244°	243°30'	237°30'	232°30'
方位弯曲强度	8°30'/100米			

规律：即力求与地层的走向（230~250°）垂直。从表1、图1可知，当钻孔方位为160°左右时，基本稳定。

(三) 其他因素

在金刚石钻进中，由于孔底粗径钻具组的刚度小、钻进参数等方面的影响，也是导致钻孔弯曲的重要因素，这方面过去已有较详细的论述，本文从略。

钻孔弯曲的纠正

在小口径金刚石钻进中钻孔发生弯曲，尤其是方位弯曲后，如何进行纠正？这是一项难度较大的工作，也是目前生产中急待解决的问题。在这方面，我们做了一些工作，取得了较好的效果。

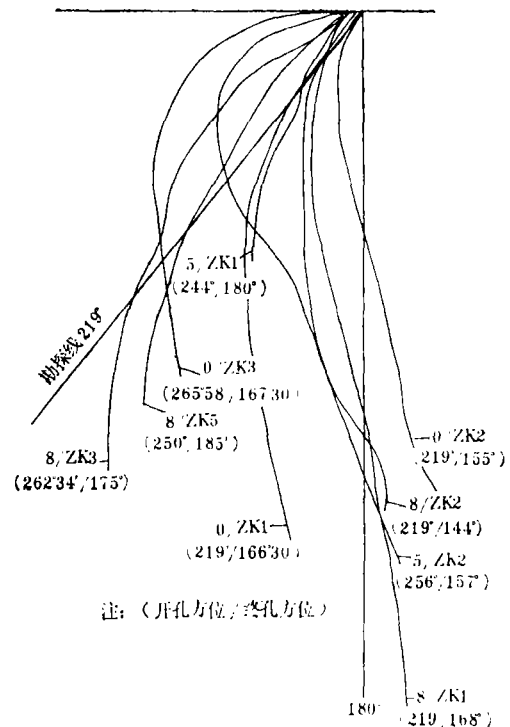


图1 随深变方位钻孔方位弯曲

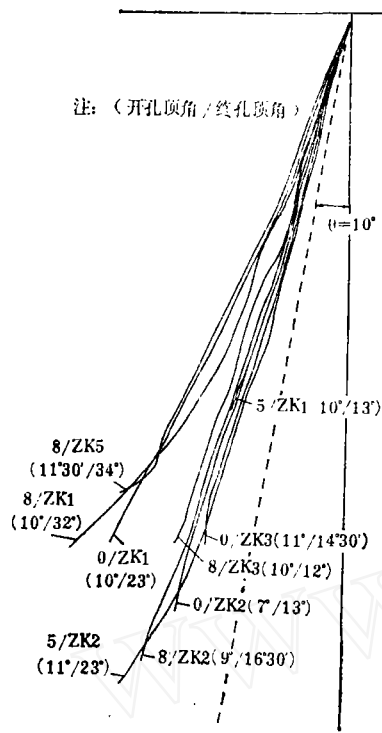


图2 渣滓溪矿区钻孔顶角弯曲

(一) 自动定向偏心器及导斜器的设计

在金刚石钻进中，由于孔径小，给设计带来不少困难，主要是限制了偏心重锤的长度和重量；在偏心器与孔壁间隙很小、回转阻力较大的前提下，如何保证偏心器自动定向准确可靠；导斜楔如何在孔内固定等问题。

设计自动定向偏心器，我们是从以下几个方面来考虑的：

1. 偏心重锤与楔子重量比的问题。这是自动定向偏心器能否准确定向的关键之一，如果选择不当，偏心重锤就会失灵，楔子就难于定向。在大口径钻孔中，它们的重量比，一般为10:1，至少也不低于7:1，这对小口径钻孔来讲、难于做到，以1米 $\phi 55$ 毫米岩心管为例，它的一半（偏重）铆接铅块后，其重量仅为10公斤（ $\phi 45$ 毫米岩心管仅为6.4公斤）左右，若以7:1的重量比，则偏重管的长度就接近6米了，在钻孔顶角为5°时，就会产生较大的弯曲，因此，不采取特殊的措施（如提高偏重管的强度等），这样长的偏重管是难于下入孔底的，通过计算及孔内试验，我们确定它们之间的重量比是4:1，实践证明，是可行的。

2. 要使偏心重锤顺利地在小口径钻孔内定向，除了要使偏心重锤产生的扭矩平衡偏斜楔所造成的扭矩外，还要克服定向时孔壁岩石和冲洗液对它的磨擦阻力。为此，在设计偏心器时，除上端外，在其下端还增加了一付滚动轴承（图3），轴承盒的外径比偏重管大1.5毫米，从而使整个偏重管对孔壁的滑动磨擦变为轴承的滚动磨擦，保证了偏心重锤在两个轴承间能灵活的偏转，准确的定向。

在楔子设计上，抓住孔径小、孔壁较完整、岩石可钻性较高的特点，从以下几个方面考虑。

1. 在金刚石钻进的孔段中进行纠斜，岩石可钻性一般均在7级以上，在金刚石造斜钻具尚不完善的情况下，暂时采用合金钻头造斜钻具。因而需要数个合金钻头才能通过斜面 and 钻进2~3米的小眼，当钻具提出地表更换钻头时，导斜楔仍需留在孔底，否则

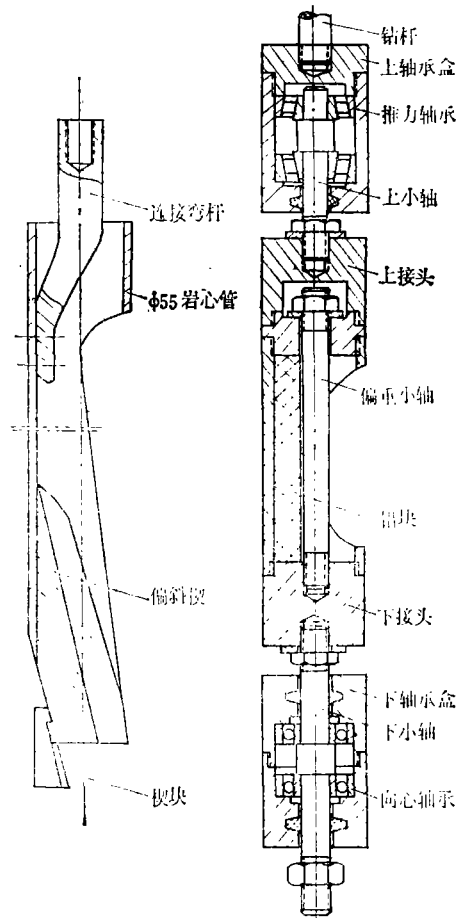


图3 孔底取出式导斜器

就无法找到新眼。

2. 在导斜楔的底部, 采用一个燕尾槽式楔形滑块, 并配合楔形的两条棱角, 就能可靠地在孔底固定导斜楔。为了使楔子能多次使用, 我们用45号圆钢加工成楔体, 并进行表面淬火, 使楔面硬度达HRC45以上。

3. 由于孔径小, 孔壁又较完整, 导斜楔的顶角不宜超过 4° , 一般 $3\sim 3.5^{\circ}$ 较适宜, 否则导斜钻具在孔内工作困难。

基于以上考虑, 我们设计和加工了如图3所示的孔底取出式导斜器。它由自动偏重定向器和孔底取出式导斜楔两大部份组成。在孔内定向纠方位时, 为了使导斜楔与定向器的安装角准确、方便, 在下轴承盒的下端面刻有角度盘(每 10° 为一格)。

(二) 纠斜效果

1. 在14次纠斜中, 只有在8/ZK₄的第六次是反方向(这可能是由于钻孔顶角较小再加上在导斜处下放导斜器时, 上下提动次数较少(2~3次)等原因)其余13次基本都满足了定向的要求, 成功率达90%以上, 定向纠斜的孔深已超过600米, 说明这套纠斜器是可行的, 效果良好。

2. 纠斜时间大大缩短, 最短的为28小时, 一般为30小时左右。

3. 在8/ZK₄孔的纠斜中, 为了保证每次纠斜后的成果, 均采用了专门设计的防斜钻具, 取得了一定的效果, 但有待进一步试验与完善。

4. 纠斜中, 一般一次可纠方位 6° 左右, 最大的达 15° 左右。偏心重锤与楔子的重量比较小, 若提动次数太少(1~2次), 则偏心重锤还未靠钻孔的下侧, 与钻孔弯曲平面不重合, 钻出新眼的实际方位与计算的方位可能相差甚大。

(三) 导斜工艺及钻具结构

1. 过楔面的钻具及工艺参数: 导斜钻具在楔面处钻进时, 由于钻头一边接触岩石, 一边接触楔面, 受力极不均匀, 阻力甚大, 而且钻具处于急弯状态下工作, 易出现应力集中, 稍有不当(如压力过大时)就会折断钻具(脱落钻头), 破坏导斜面。为此, 在钻具结构上, 通过受力状态的分析 and 多次孔底试验, 设计了 $\phi 44$ 毫米的专用合金钻头(图

4), 直接与 $\phi 42$ 钻杆连接, 以适应楔面钻进的受力状态。

在过楔面的钻进中, 要严格控制压力和转速, 原则是轻压(150~200公斤左右), 慢速(150转/分左右), 泵量较大(45~50升/分)。如遇停电、停水时, 应将钻具提离楔面, 以免造成岩粉或碎合金沉淀、卡埋钻具。

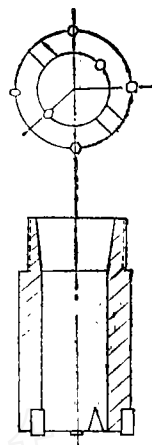


图4 过楔面钻头

2. 钻小眼的钻具:

用 $\phi 44$ 毫米合金钻头过楔面并进尺约0.2米后, 为了保证继续钻进新眼的岩心采取率和效率, 改用0.6~1.0米的 $\phi 45$ 毫米单动双管取心钻具。在试验中, 发现有时在提动钻具时, 扩孔器易挂住楔底而带动楔子, 同时由于扩孔器的丝扣部份太薄, 易折断。因此, 改用与钻头外径一致的厚壁短管代替它。新眼深度一般控制在2.5~3米左右即可。此时的钻进参数, 略低于正常钻进。

3. 拉槽钻具: 金刚石钻进的孔段中进行导斜, 一般岩石完整、坚硬、致密, 故孔壁间隙很小, 当楔子拔出后, 在新眼中进行扩孔或钻进时, 若不及时扫掉新眼和老眼相交的台阶(图5)和狗腿弯, 则会在扩新眼时, 降低纠斜效果, 甚至扩回原孔方向, 导致纠斜失败; 此外, 钻具若在急弯状态下工作, 阻力极大, 强行开车扫孔, 往往会折断钻杆。为此, 设计了两套钻具组(图6、图7)。

用 $\phi 55$ 毫米公锥拔出导斜楔后, 下入图

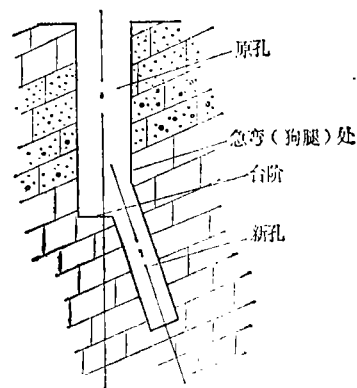


图5 台阶和急弯示意图

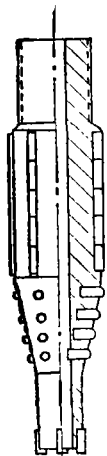


图6 锥形扩孔钻头

6所示的钻头，镶有六排合金，它的丝扣部分与一弯钻杆相连，待下入孔底后，慢速开车导入小眼，此时钻头在弯钻杆带动下回转，即可扫掉新眼与老眼相交的台阶。扩进新眼0.3~0.5米后，把它提至地表，再用图7所示的专用拉槽钻具。

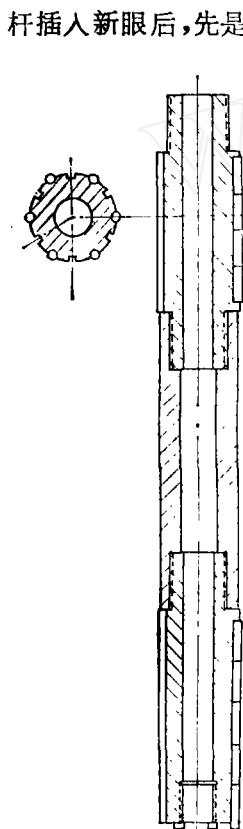


图7 专用拉槽钻具

整个过程中分十步进行。其顺序是：

①下测斜仪测定造斜孔段的方位及顶角；②下磨孔钻头磨平孔底；③在孔底定向

下入拉槽钻具时，其前端一 $\phi 42$ 钻杆插入新眼后，先是轻压，大泵量，慢转，待钻杆往下接触新眼底部时，再提至新眼孔口位置，转速逐步加快，上下来回提动钻具，以扫掉狗腿弯，待这套钻具在不开车时也能上下自如进入新眼孔底，此一工序即告结束，一般需要5小时左右。

4.扩孔钻具：采用图8所示的金刚石扩孔钻具，扩孔的工艺参数略低于正常钻进参数，尤其是压力要小些（300~400公斤为宜），扩孔速度不宜太快。

总之，从纠斜到恢复正常钻进的

下入导斜楔（离孔底0.3~0.5米处，上下提动十余次，使自动定向偏心重锤处于钻孔下侧），并蹙断铆钉，固定楔子；④导斜钻进，过楔面，并钻进8米左右的新眼；⑤下入测斜仪至小眼中进行测斜；⑥拔出楔子；⑦拉槽（扫狗腿弯）；⑧扩孔；⑨再测斜；⑩

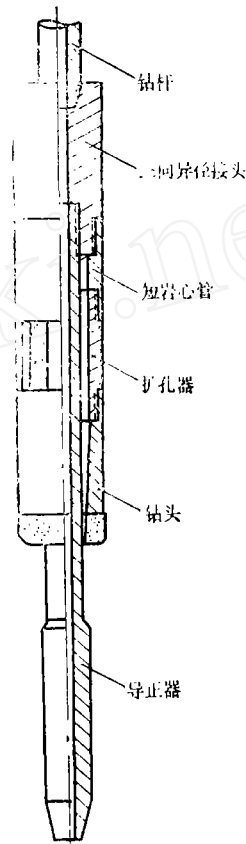


图8 金刚石扩孔钻具

正常钻进。

这里还需强调的是，上述工序是纠斜的必要步骤，每一步都要认真对待。如第二步，若不磨平孔底，则楔子底端的燕尾槽楔形块就不能到位顶住孔壁，从而会造成导斜过程中，楔子松动而转向，又如前后三次的测斜也是必要的，一是可及时了解纠斜的效果；二是可以及时掌握导斜后新眼的方向是否符合要求，若出现相反的方向，应及时采取措施。

聚丙烯酰胺无固相冲洗液在复杂地层钻进中的应用

邹绍新

栖霞山铅锌锰多金属矿床，地质构造复杂，有40多条断层破碎带。矿体产在破碎带

或不整合面上，产状很陡，埋藏较深（450~500米）。设计钻孔深度700米，倾角