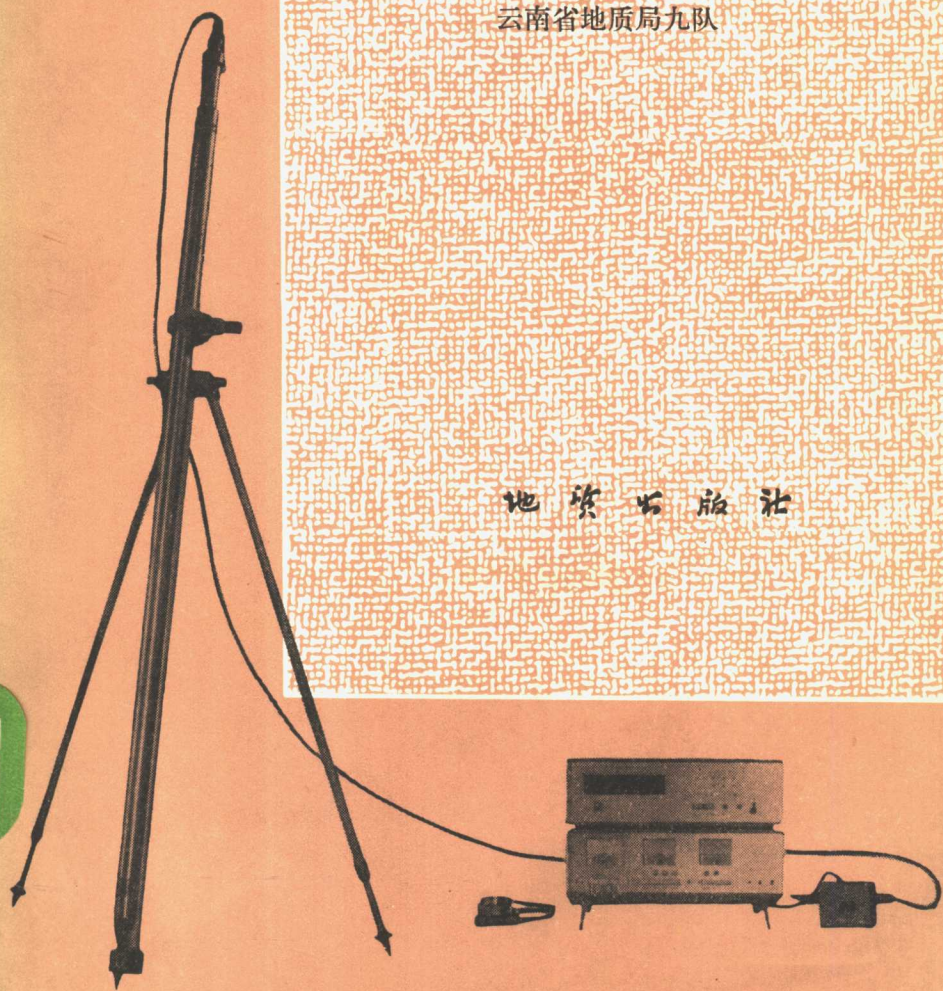


钻孔弯曲测量

上海地质仪器厂
西南地质研究所 合编
云南省地质局九队

地质出版社



钻 孔 弯 曲 测 量

上海地质仪器厂
西南地质研究所 合编
云南省地质局九队

地 质 出 版 社

钻孔弯曲测量

上海地质仪器厂

西南地质研究所 合编

云南省地质局九队

*

国家地质总局书刊编辑室编辑

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

*

1978年3月北京第一版·1978年3月北京第一次印刷

统一书号：15038·新247·定价1.30元

前 言

随着我国地质勘探事业的迅速发展，钻孔弯曲测量工作也相应地得到了发展和提高。钻孔弯曲测量的方法和测量的仪器品种型号不断增多，测量仪器的制造工艺技术水平也不断提高。特别是无产阶级文化大革命以来，为适应我国钻探生产迅速向前发展的需要，使测量仪器力求向“精度高、口径小、重量轻、操作简、维修易”的方向发展。我国地质战线上的广大职工发扬自力更生，奋发图强，敢于创新的革命精神，采取三结合的方式，对原有的旧式钻孔弯曲测量仪器不断地进行了改进和提高，并设计制造了一些新型的钻孔弯曲测量仪器。这些仪器有的已在野外地质勘探队试用，经过鉴定，达到了一定的标准，现已定型成批生产；有的还在继续试用。

为了适应我国地质战线上广大勘探技术工人和技术人员，掌握和交流钻孔弯曲测量技术，做好钻孔弯曲测量工作的需要，编写了本书。

本书除结合我国钻探生产具体实践，系统地介绍了钻孔弯曲测量的一般知识外。并着重叙述了十多种国产的各种类型钻孔弯曲测量仪器，对某些使用较广泛的仪器的结构、原理、使用和维修则作了较详细的介绍。内容力求通俗易懂、深入浅出，适合野外地质勘探具有初中以上文化程度的工人和技术人员学习参考。

在编写本书过程中，许多兄弟单位给予大力支持和协助，特此致谢。

由于我们对马列主义、毛泽东思想学得不够，实践经验不足，编写时间仓促，书中缺点和错误敬请读者批评指正。

《钻孔弯曲测量》编写组

目 录

第一章 概述	(1)
第一节 钻孔设计简介	(1)
第二节 钻孔弯曲的原因及弯曲状态	(3)
第三节 钻孔弯曲的影响	(7)
第四节 钻孔弯曲测量的意义与要求	(9)
第五节 钻孔弯曲测量的方法原理	(12)
一、顶角的测量	(13)
(一) 液面水平原理	(13)
(二) 悬垂原理	(14)
二、方位角的测量	(19)
(一) 地磁场定向原理	(19)
(二) 地面定向原理	(24)
三、测量电路的基本原理	(36)
(一) 直流平衡电桥工作原理	(36)
(二) 直流电位差计工作原理	(37)
第六节 钻孔弯曲测量仪器的校验	(39)
第二章 液面水平测斜	(44)
第一节 氢氟酸测顶角法	(44)
一、顶角的测法	(44)
二、顶角的校正	(45)
三、顶角计算值查对表	(47)
四、氢氟酸测顶角注意事项	(47)
第二节 相纸显影法	(47)
第三节 浮球式测斜仪	(66)
第三章 磁针式测斜仪	(72)
第一节 JJX-3型测斜仪	(72)

一、仪器的结构	(73)
二、仪器的线路	(76)
三、仪器的使用	(83)
四、仪器的检修	(86)
第二节 JXX-2型测斜仪	(97)
第三节 JXX-1 型非磁性 小口径 测斜仪	(110)
一、主要技术指标	(110)
二、仪器的结构	(110)
三、仪器的线路	(115)
四、使用方法和维修	(121)
第四节 JXY-2 型罗 盘 测 斜 仪	(126)
第五节 HB65-1 型测斜仪	(135)
第六节 感光式测斜仪	(139)
第七节 云地九 - 2 型测斜仪	(158)
第八节 井岗山 - 1 型测斜仪	(166)
第四章 磁 敏 元 件 式 测 斜 仪	(172)
第一节 小口径五分量仪	(172)
第二节 TYX 型 测 斜 仪	(183)
第五章 环测导向式测斜仪	(191)
第一节 JXK-2 型小 口 径 测 斜 仪	(191)
一、主要技术指标	(191)
二、仪器的构造和作用	(192)
三、仪器线路分析	(201)
四、测量程序及方法	(207)
五、常见故障修理	(216)
第二节 JXC-1 型磁性钻 孔测斜仪	(221)
第三节 JDP-1 型定 盘式 测 斜 仪	(236)
第四节 钻孔两用测斜仪	(242)
第六章 陀螺 定 向 测 斜 仪	(252)
第一节 JDL-1型陀螺测斜仪	(252)
一、用途	(252)

二、主要技术特性和参数	(252)
三、仪器的工作原理	(253)
四、仪器的结构	(257)
五、仪器的线路分析	(262)
六、测量程序	(281)
七、方位角的计算及修正	(286)
八、仪器的维护保养、常见故障及排除方法	(289)
第二节 JDT-2 型冻结孔陀螺测斜仪	(301)
第三节 小口径陀螺测斜仪	(311)
第七章 测斜孔内事故的预防与处理	
以及测斜资料的整理	(318)
第一节 测斜孔内事故的预防与处理	(318)
第二节 钻孔弯曲测量资料的整理	(321)
附录一、常用一般工具一览表	(334)
附录二、常用电缆一览表	(334)
附录三、常用钢丝绳一览表	(335)
附录四、国外测斜仪一览表	(336)

第一章 概 述

钻探的目的是为了“多、快、好、省”地探明地下矿产资源，了解地质构造等。因而，每个钻孔的设计要认真考虑地层特点与施工条件等，合理地设计钻孔，具体地提出钻孔的各项质量指标。施工中正确处理数量与质量的关系，采取有效措施既能保证质量、又能加快钻进速度。钻孔弯曲度（孔斜）是衡量钻孔质量的重要指标之一，要保证它符合设计要求。除施工中采取有效防、治钻孔弯曲的措施外，必须要求钻孔弯曲测量（测斜）工作与它密切地配合。从而钻孔弯曲测量工作者，不仅要熟悉掌握钻孔弯曲测量的方法原理，测量仪器的结构性能，以及操作使用与维修方法，同时还要对钻孔弯曲测量的意义与要求有一明确的认识。为此，就必须对钻孔的设计与施工的有关过程有一定的了解。下面就将这些有关问题作一概括的介绍。

第一节 钻孔设计简介

钻孔轴线在地下空间的座标位置，是依据各项工程的不同性质与要求进行设计的，如矿床勘探的钻孔须依据岩矿层的产状、矿体的形状大小和埋藏部位、勘探网的密度、施工的地形等。归纳起来，当前设计的钻孔类型，一般有以下三种：

1. 垂直孔：如图1-1a所示，钻孔的轴线 OA 向下成一直线或近似一直线，它与水平面垂直或接近垂直。

2. 斜孔：如图1-1b所示，钻孔的轴线 OA 朝着一定的方向成一直线或近似一直线，它在一垂直平面上与铅垂线 OP 成一定的角度。

3. 定向孔：如图1-1c、d所示，钻孔的轴线 OA 成一预定

的曲线，其切线在垂直平面上与铅垂线 OP 所成的角度，在各个孔段是不同的。图1-1c为单孔底定向孔；图1-1d为多孔底定向孔（也称分枝定向孔）。

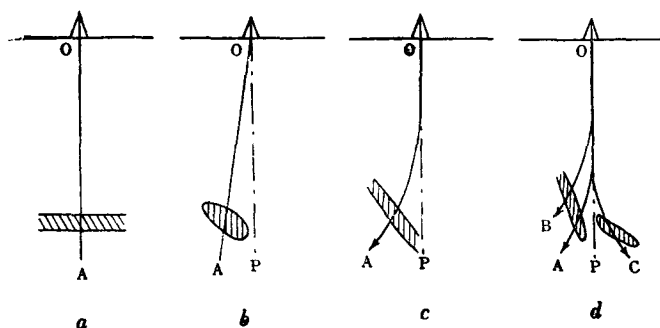


图 1-1 钻孔的类型

在施工过程中，对各种类型的钻孔轴心线允许偏离的范围，是根据各项工程的性质与要求确定的。如地质岩心钻探操作规程规定：钻孔顶角的最大允许弯曲度，在每 100 米间距内直孔不得超过 2° ，斜孔不得超过 3° 。随着钻孔的加深可以递增计算。钻孔方位角的最大允许弯曲度，应根据钻孔的深浅和矿床的类型等情况具体确定。

钻孔轴心线上的任意一点在空间的座标位置，是由下列三个参数确定的，如图 1-2 所示。

1. 孔深 (L)：钻孔的起点 O （即孔口）到各测点的距离；

2. 顶角 (θ) 或倾角 (β)：顶角 (θ)——钻孔各测点处的轴心线与铅垂线 OP 的夹角；

倾角 (β)——钻孔各测点处的轴心线与水平面的夹角；

$$\beta + \theta = 90^\circ$$

3. 方位角 (α)：钻孔各测点处的轴心线在水平平面上的投影（即钻孔倾斜方向线在水平平面上的投影）与磁北方向线（即

地球磁子午线)的夹角。也就是从磁北方向线按顺时针方向到钻孔倾斜水平方向线所夹的角。

对一个钻孔的所有测点，逐点进行顶角 θ 和方位角 α 的测量(简称全测)，得出各测点在空间的坐标位置，将各个座标点连成一折线，就是这个钻孔的轴心线。

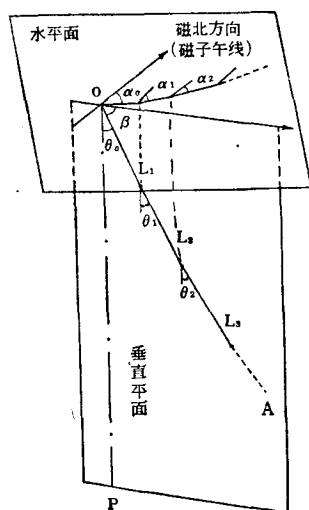


图 1—2 钻孔顶角、方位角展示图

第二节 钻孔弯曲的原因及弯曲状态

一、钻孔弯曲的原因

由于地质因素和工艺技术综合作用的结果，在钻探施工过程中，实际的钻孔轴心线往往在不同程度上偏离设计要求，不是左右偏就是上下移，也就是方位角增大或减小，或顶角增大或减小。导致钻孔弯曲的原因是比较复杂的，归纳起来主要有以下几个方面。

(一) 地质因素

1. 钻孔轴心线的偏离与钻孔与岩层层面的夹角大小有关, 如图 1—3 所示。

一般来说当夹角为 90° 或接近 90° 时, 钻孔轴心线偏离不明显。当夹角小于 $20^\circ \sim 25^\circ$ 时, 钻孔轴心线沿岩层面偏, 所谓“顺层跑”; 当夹角大于 $55^\circ \sim 60^\circ$ 时, 钻孔轴心线趋向垂直于岩层面, 所谓“顶层进”; 当夹角在 $25^\circ \sim 55^\circ$ 之间时, 尚未发现钻孔轴心线偏离规律。

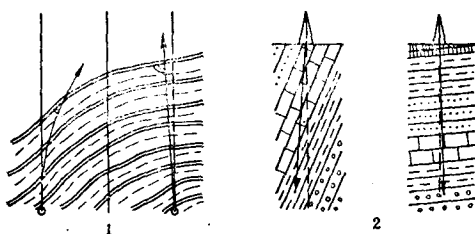


图 1—3 钻孔与岩层夹角的关系

1—方位变化; 2—顶角变化

2. 钻孔轴心线的偏离与岩层软硬互层有关。当岩层软硬换层时钻孔轴心线易于偏离, 岩层软硬差别越大, 偏离的程度也越大。由软变硬时, 偏离的程度大, 且其偏离方向与岩层倾角大小有关; 如图 1—4 所示即可看出。由硬变软时, 偏离的程度小。

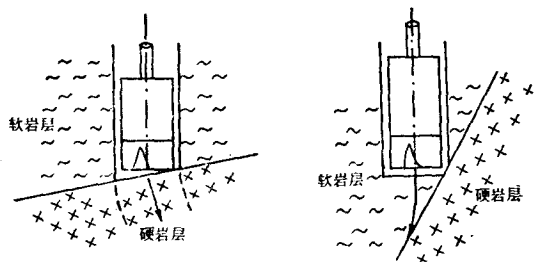


图 1—4 钻孔由软岩层钻入硬岩层与层面的关系

3. 钻孔轴心线的偏离与松软地层、砾石层、溶洞、老窿、暗河、大裂隙等有关。从图 1—5 中看出，在松软地层中钻进斜孔时，由于钻具的自重作用，钻具沿孔壁下垂，钻进垂直孔时无此现象；在钻进砾石层时轴心线发生不规则的偏离；在溶洞、老窿、暗河中钻进时，垂直孔未发现偏离规律，斜孔向下偏离；在大裂隙中钻进也未发现偏离规律。

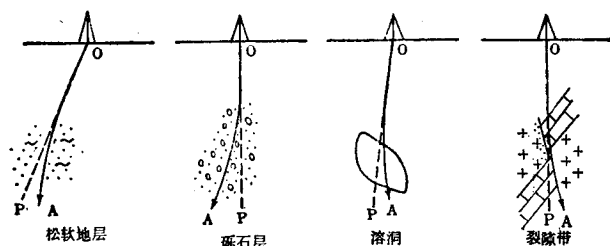


图 1—5 钻孔在不同地层的变化

4. 钻孔轴心线的偏离与断层、节理、流砂破碎带有关，岩层结构愈复杂，愈容易发生偏离。

(二) 工艺技术因素

1. 钻进方法与钻进技术参数不当，造成钻孔轴心线的偏离。钻进方法主要反映在钻具与孔壁的环状间隙大小上。采用钻粒钻进时，如果投砂量、压力等技术参数不当造成环状间隙大，很容易偏离；采用合金或金刚石钻进环状间隙小，就不容易偏离。钻压过大，也易发生偏离。

2. 钻具结构不合理或钻具刚性差，也很容易使钻孔轴心线偏离。

3. 钻探设备安装不合乎要求，开孔即可造成钻孔轴心线的偏离。

“世界上的事情是复杂的，是由各方面的因素决定的。看问题要从各方面去看，不能只从单方面看。”钻孔轴心线的偏离也是由各方面的因素决定的。往往在同一矿区，甚至在同一块段，

二、钻孔孔身在地下空间的状态

1. θ 、 α 均不变时；则如图 1—6 中 O_1 孔所示，钻孔轴心线 O_1Q_1 在 O_1PNO_1 垂直平面内成一直线或近似一直线，这种形态在某些孔段中常见，但在全孔中少见。

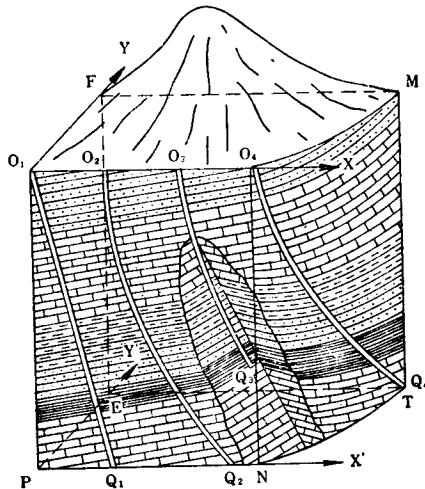


图 1—6 钻孔状态示意图

2. θ 变、 α 不变时；则如图1—6中 O_2 孔所示，钻孔轴心线 O_2Q_2 仍在 O_1PNO_1 同一垂直平面内弯曲，这种状态在某些孔段中常见，在全孔中也有时可能见到。

3. θ 、 α 均变时；则如图1—6中 O_3 孔所示，钻孔轴心线 O_3Q_3 离开 O_1PNO_4 垂直平面向前或向后方弯曲，这种形态在全孔和某些孔段中常见。

4. θ 不变， α 变时；则如图1—6中 O_4 孔所示，钻孔轴心线 O_4Q_4 沿着 O_4NTM 半圆柱面弯曲，这种形态在某孔段中可见，而在全孔中少见。

第三节 钻孔弯曲的影响

在钻探施工过程中，由于客观上存在着促使钻孔轴心线偏离的地质因素，主观上虽从工艺操作技术方面作了某些防、治钻孔弯曲的努力，但终究有些钻孔的轴心线仍可能急剧偏离成各种形态，超越了原地质设计要求，给地质与施工带来严重的危害与损失，具体表现是：

1. 在地质工作方面：由于钻孔轴心线偏离原设计过大，如钻孔弯曲度测量不准、不全、或根本不测量，会造成人们对地质情况的分析产生错觉，如图1—7所示。

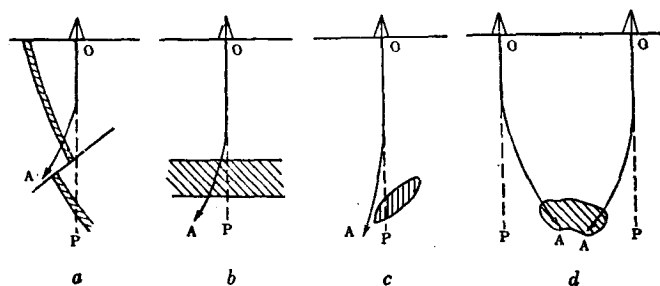


图 1—7 钻孔在各种地层的弯曲情况

(1) 地质构造的形态与位置被歪曲。图1—7a 就是因钻孔弯曲未发现断层。

(2) 矿层的厚度不真实，不是变厚就是变薄，即所谓“假

厚度”。图1-7b则因钻孔弯曲使矿层变厚。

(3) 预计要钻到的矿层被漏掉。图1-7c就是因钻孔弯曲未见到矿。

(4) 小矿体被歪曲成大矿体。图1-7d乃因两个钻孔弯曲到一处被错认为一大矿体。

很明显，这就使人们无法正确判断地下岩矿层的真实位置和厚度，也就无法精确计算出矿产储量，更无法对矿区的评价提供可靠的数据，给矿山开采设计带来了极大的盲目性，从而给矿山生产造成极大的浪费和不应有的损失。

在解放初期，由于经验不足，管理不善，某些矿区就曾出现

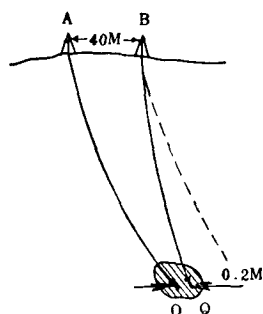


图 1-8 两个钻孔
相近情况

过一些因钻孔弯曲度测量（简称测斜）不准或不测量产生过上述的情况。例如在一个汞矿区，根据地质报告资料（如图1-8所示），A、B二孔位相距40米，AO与BQ二钻孔的轴心线均穿过同一矿体，据计算该深度间有C₂级矿产储量349吨。为采掘此矿体，施工180米下山近500米平巷，结果仅获1吨储量。并发现二孔在该深度仅距0.2米。主要原因就是A、B两孔的测斜数据不准造成的。

又如某矿区，根据钻孔的测斜资料，此孔的轴心线在某深度不应该被某一坑道穿过，但在掘进此坑道时穿过了该孔。为验证此问题，即对该孔的顶角和方位角进行了全面系统的重测，结果发现原测的孔斜数据不准，不全。该孔150处原测顶角为 $6^{\circ}30'$ ，未测方位角。重测此点的顶角为 $15^{\circ}55'$ ，方位角为 $82^{\circ}30'$ 。而该孔原设计顶角为 9° ，方位角为 110° 。根据重测各点的新数据进行作图计算，该孔轴心线150米的测点座标： x 偏距为32.49米， y 偏距为14.9米。与矿山测量测出此点之座标： x 偏距为32.77米， y 偏距为13.18米，二者基本上相吻合，坑道理应与该孔相遇。

2. 在钻探工作方面：严重的钻孔弯曲往往给施工带来以下各种困难。

(1) 因钻具在孔内上、下和迴转运动时，增加了与孔壁摩擦和碰击的阻力，造成钻具在孔内升、降、迴转都不顺利，同时，也使套管在孔内的下降与起拔造成困难。

(2) 因钻具产生磨损、弯曲、变形。因而容易引起钻具的折断和卡挤。

(3) 因钻具部分紧贴靠孔壁，钻进压力不易掌握，过大易折断钻具，过小钻进效率低。

(4) 因动力消耗加大，往往未钻到预计孔深就因带不动钻具迴转，提升钻具也费劲，而不得不换大的动力机或被迫停钻。

(5) 弯曲严重的孔段，如岩矿层破碎不完整，受钻具的强烈碰击敲打极易引起孔壁坍塌掉块，从而造成卡、埋钻具的事故。

(6) 在弯曲的钻孔中发生孔内事故不易处理，往往使孔内事故走向复杂化，甚至难以处理被迫停钻，导致钻孔部分或全部报废。

(7) 因钻孔弯曲，虽达到了预计的孔深而未达到预计的空间部位，常常必须增加钻孔的深度或进行人工定向偏斜来满足地质设计要求，无形中增加了钻探工作量，如有时孔深增加太多，原施工的钻机与动力等设备超越了负荷，必须更换设备。

上述各种现象的出现，显然给钻探生产中，在器材、时间、人力等方面造成了极大的浪费和损失，更重要的是推迟了生产任务的完成，不符合“多、快、好、省”的精神。

第四节 钻孔弯曲测量的意义与要求

地质勘探的目的是为了对矿区作出正确的评价，提交地质勘探报告，给矿山开采设计提供可靠的资料。报告中矿产储量计算的重要依据之一是钻孔轴线线在地下空间的座标位置，它的座标

位置是否真实可靠，取决于钻孔各个测点处的深度、顶角、方位角数据。前述实例表明：由于在钻探施工中，对钻孔的顶角、方位角测量不准、不全、未能反映钻孔轴心线在地下空间的真实座标位置，给地质上造成了假象，导致了矿产储量与位置不准确，给矿山开采带来了极大的浪费和损失。因此认真做好钻孔弯曲测量工作，如实地反映钻孔轴心线在地下空间的座标位置，对地质、矿山生产具有重要的意义。同时对钻探施工生产也具有很重要意义。因为钻孔严重弯曲会给施工带来了重重困难，在器材、时间、人力等方面造成极大的浪费和损失。

导致钻孔严重弯曲的原因，除地层复杂和防、治措施不力外，常与盲目追求进尺，和对钻孔弯曲测量不及时和不准、不全有关。因此，及时、准确、全面地测量，经常地正确反映钻孔轴心线在地下空间的延伸趋势与座标位置，就能及时指导生产。如发现问题，可立即采取防、治措施处理，如无问题则可消除思想顾虑，继续大胆钻进。

为了做好钻孔弯曲测量工作，根据各地经验必须认真作好以下几点：

1. 测量数据要“准确”

测点的深度(L)、顶角(θ)、方位角(α)三者是确定钻孔轴心线在地下空间的座标位置的重要参数。如这三者的数据不准确可靠，很难体现钻孔孔身在空间的真实形态与座标位置，前面已有实例说明。因测斜数据不准，从而歪曲了钻孔轴心线在地下空间的真实位置，给人们造成了假象，使生产遭受了重大的损失。为此，我们必须严格要求测斜数据的准确可靠，其具体作法是：

(1) 根据施工钻孔的具体情况具体分析，认真选择测斜方法与测斜仪器。如测点孔段离磁性体较远，磁干扰力甚弱或磁干扰力方向与大地磁场方向一致，有足够依据证实不影响仪器正常工作，都可用地磁场定向的测量仪器测量方位角。否则，不能使用它测量方位角；

(2) 必须了解仪器的结构原理和操作使用方法，如在顶角小