

受控定向钻探技术

CONTROLLED DIRECTIONAL DRILLING TECHNOLOGY

江天寿 周铁芳 等编著

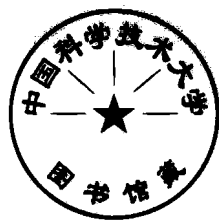


地质出版社

受控定向钻探技术

CONTROLLED DIRECTIONAL DRILLING TECHNOLOGY

江天寿 周铁芳 刘励慎 毕秀崑 汤国起 编著



地质出版社

(京)新登字 085 号

受控定向钻探技术

**CONTROLLED DIRECTIONAL
DRILLING TECHNOLOGY**

江天寿 周铁芳 刘励慎 毕秀崑 汤国起 编著

*

责任编辑：冯士安

地质出版社出版发行

(北京和平里)

北京地质印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店总店科技发行所经销

*

开本：850×1168¹/₃₂ 印张：12.875 插页：2 页 字数：333000

1994年4月北京第一版·1994年4月北京第一次印刷

印数：1—1100 (精装) 册 定价：12.50 (精装) 元
1—1900 (平装) 册 10.50 (平装) 元

ISBN 7-116-01447-9/P·1181 (精)

ISBN 7-116-01448-9/P·1182 (平)

前 言

受控定向钻探是当今钻探工程领域获得迅速发展的新的技术方法之一。自80年代以来,地质矿产部勘探技术研究所和探矿工艺研究所等单位组织众多的科技人员进行了地质勘探孔受控定向钻探新技术的系统研究与开发,取得了突破性进展和多项研究成果。研制的新型造斜工具、定向仪、造斜钻头等及其一整套受控定向钻探施工工艺现已在国内上千个钻孔的施工中推广应用。在成功用于纠正钻孔弯曲、绕过事故钻具和施工单底定向孔、多底定向孔、集束孔、对接孔、特殊工程孔等方面,节约了大量钻探进尺和钻探费用,加快了勘探速度,解决了用普通钻孔无法达到的地质和工程施工目的,取得显著的地质、技术、经济效果。目前,我国地质勘探受控定向钻探的技术水平已进入先进国家行列。

为了进一步推广这一新技术和扩大其应用领域,促进其向更高水平发展,本着实用为主、理论为辅的原则,在着重收集和总结包括我们自身在内的我国地质勘探孔受控定向钻探技术领域的新成果、新经验的基础上,兼收了部分国外先进定向钻探工具,系统编写了本书。

本书由江天寿、周铁芳主编,参加此书编写的还有刘励慎、毕秀崑、汤国起。全书共十章,第一、二、五、六、八章由江天寿编写;第三章由毕秀崑编写,江天寿编写了其中的第三、五节;第四、十章由刘励慎编写,江天寿补充;第七、九两章由周铁芳编写;汤国起参加了第八章中第九、十节的部分编写工作,最后全书由江天寿、周铁芳统一定稿。

在此书编写过程中,自始至终得到地质矿产部高级咨询中心顾问、中国地质学会探矿工程专业委员会主任刘广志教授的具体指导和国内有关专家及同行的帮助,并引用了作者所在单位项目

研究人员以及其它有关单位、人员提供的科研试验成果和资料，
在此一并表示衷心的感谢。

由于我们水平有限，收集资料尚不全面，对书中的缺点错误，
希望读者批评、指正。

作 者

1993年2月

目 录

第一章 概述	1
第一节 钻孔轴线及有关参数	1
一、关于钻孔轴线的三种不同含意	1
二、钻孔空间位置的几何参数	2
三、表征钻孔弯曲程度的参数	5
四、钻孔轴线轨迹型式及分类	8
第二节 定向钻探与定向钻孔	12
一、定向钻探的含义及定向钻孔与常规钻孔的区别	12
二、定向钻孔的类型	13
三、定向钻探与定向孔的应用范围	16
第三节 施工高精度地质受控定向孔的主要技术经济问题	19
第二章 钻孔弯曲	21
第一节 钻孔弯曲的条件	22
第二节 钻孔弯曲的原因	25
一、造成钻孔弯曲的地质因素	26
二、影响钻孔弯曲的工艺技术因素	30
第三节 钻孔弯曲的预防	38
一、一般防斜措施	39
二、钟摆钻具	40
三、偏重钻具(钻铤)	41
四、满眼钻具和简易刚性钻具	43
五、特殊结构的防斜钻具	46
第四节 钻孔弯曲的治理和利用	52
一、钻孔弯曲的治理	52
二、钻孔弯曲的利用	53

第三章 测量钻孔空间位置的仪器	55
第一节 钻孔顶角、方位角的测量原理及测斜仪分类	55
第二节 机械式磁针罗盘单点测斜仪	57
一、JXY-2 型罗盘测斜仪	57
二、KXP-2 型小口径罗盘测斜仪	59
三、XTS-35 型小口径水平测斜仪	60
第三节 电测指示型磁针罗盘多点测斜仪	61
一、测量方法原理	62
二、KXP-1 型轻便测斜仪	63
三、JJX-3 型测斜仪	65
第四节 照相记录型磁针测斜仪	67
一、ZJX-74 型单点照相测斜仪	67
二、KXX-1 型多点照相测斜仪	69
第五节 钻杆定向及环测测斜仪	72
一、JXK-2 型电测式测斜仪	73
二、R-F-DDI 反光照相测斜仪	75
第六节 陀螺测斜仪	77
一、陀螺仪定向原理	77
二、陀螺仪的总体结构	80
三、陀螺测斜仪测孔步骤、测斜误差及其处理	82
第七节 钻孔轴线空间位置的计算	85
一、计算方法及精确度	86
二、计算方法比较实例	89
第四章 定向钻孔设计	91
第一节 定向钻孔设计的依据、原则、内容和方法	91
一、定向钻孔设计的依据	91
二、定向钻孔设计的原则	92
三、定向钻孔设计内容	97
四、定向钻孔轴线的设计方法	97
第二节 二维定向孔轴线设计	99
一、曲线型和直线—曲线型定向孔轴线设计	99

二、曲线—直线和直线—曲线—直线型定向孔轴线设计	103
三、曲线—曲线型和直线—曲线—曲线型定向孔轴线设计	111
四、其它复杂定向孔的轴线设计	122
五、待钻孔段的轴线设计	123
第三节 三维定向孔轴线设计	123
一、三维定向孔设计的现实意义	123
二、三维定向孔的平面法设计	125
三、斜平面直线—曲线—直线型定向孔轴线设计	127
第四节 微型电子计算机在定向钻孔设计、施工中的应用	136
第五章 偏心楔人工弯曲工具及施工工艺	139
第一节 偏心楔结构特点及分类	139
第二节 固定式偏心楔	140
一、JT-56固定式偏心楔	140
二、JGX固定式偏心楔	142
第三节 可取式偏心楔	143
一、压固式偏心楔	144
二、PK-56可取式偏心楔	144
三、XAD-75可取式偏心楔	146
四、上、下卡固的可取式偏心楔	147
第四节 偏心楔人工弯曲工艺	149
一、固定式偏心楔在孔中段开新孔工艺	149
二、可取式偏心楔孔底纠斜工艺	159
三、固定式偏心楔孔底纠斜及可取式偏心楔在孔中段开新孔工艺	166
第六章 无楔机械式连续造斜人工弯曲工具及施工工艺	161
第一节 机械式连续造斜器的特点及类型	161
第二节 LZ型机械式连续造斜器	166

一、结构及工作原理	167
二、卡固力的计算	171
三、侧向切削力的计算及测试	171
四、主要技术性能	174
五、拆卸与组装	175
六、易损零件	175
第三节 CK型机械式连续造斜器	176
一、结构及工作原理	176
二、卡固力和侧向切削力计算	179
三、主要技术性能	180
四、拆卸与组装	180
第四节 万向节式无楔造斜器	181
第五节 机械式连续造斜器人工弯曲工艺	183
一、一次人工弯曲循环的作业内容	184
二、定向孔造斜	192
三、钻孔纠斜	194
四、绕过事故钻具和开分支孔	196
五、造斜器使用中易出现的问题及处理方法	198
第六节 机械式连续造斜器使用效果	200
一、多孔底钻孔应用效果的实例	200
二、绕过事故钻具应用效果的实例	203
三、纠斜及单底定向孔应用效果实例	203
第七节 国外的机械式连续造斜器	205
一、T3型连续造斜器	206
二、ЯСО-76取心连续造斜器	208
三、СВС 和 ОВС 连续造斜器	208
四、ГОС-76液压式连续造斜器	211
五、КЕДР 连续造斜器	212
六、地表卡固的连续造斜器	214
第七章 采用液动螺杆钻的人工弯曲工具及施工工 艺	216
第一节 概述	216

第二节 液动螺杆钻工作原理及设计基础	218
一、液动螺杆钻的工作原理	218
二、液动螺杆钻的设计基础	222
第三节 液动螺杆钻具的结构	229
一、溢流阀	229
二、螺杆马达	230
三、万向联轴节	231
四、驱动轴	233
第四节 液动螺杆钻具的工作特性曲线	239
第五节 液动螺杆钻具	242
第六节 用液动螺杆钻进行人工弯曲的造斜件	248
一、弯钻杆	248
二、弯接头	249
三、弯外管	250
四、偏心块	253
五、液压可调弯接头	253
六、组合式偏斜工具	255
第七节 螺杆钻定向钻探施工工艺	256
一、螺杆钻定向钻探配套器具	256
二、造斜钻具组合	259
三、YL型螺杆钻操作技术	259
四、造斜孔段和分支孔分支点的确定	261
五、人工孔底及其建造	262
六、造斜工具安装角	262
七、螺杆钻造斜工具的定向	264
八、螺杆钻造斜钻进工艺	265
第八节 螺杆钻定向钻探应用实例	269
一、安徽李楼镜铁矿床	269
二、青海锡铁山矿区	271
三、安徽冬瓜山铜矿床	272
四、江苏迁里银铅锌矿区	273
五、安徽铜陵黄-马金矿床	274

六、在工程孔施工中应用实例	275
七、湖南湘衡盐矿采卤“对接井”施工	278
第八章 人工弯曲工具的定向及其仪器	281
第一节 定向测量原理及安装角计算	282
第二节 定向方法和仪器的分类	288
第三节 投入-取出式定向仪的偶和定位装置	291
第四节 重锤找眼定向器	293
一、机械指示重锤找眼定向器	293
二、电指示重锤找眼定向器	294
第五节 钢球及水银开关定向仪	295
一、带偏重的液压钢球定向器	295
二、限位式液压钢球定向器	297
三、CT-1M定向仪	300
四、GZ-18型定向仪	302
五、DD-1型单点定向仪	304
第六节 偏重定向器	306
一、外偏重定向器	308
二、液压定位内偏重定向器	310
三、水通内偏重-钢球定向器	313
四、DG-38电指示内偏重定向仪	315
五、测量型内偏重定向仪	317
第七节 摆锤定向仪	319
一、BD-14摆锤定向仪	319
二、GZ-18A型定向仪	327
三、DX-18型单点定向仪	329
四、ZD-40型单点定向仪	331
第八节 光电定向仪	333
第九节 直接定向仪器	335
一、直孔用的非全测直接定向仪器	335
二、KD J-1型磁性定向仪	337
三、照相记录型磁针定向测斜仪	341
四、国外几种直接定向仪器简介	342

第十节 随钻定向仪	345
一、HSZ-54 型定向仪	346
二、YS-1 型随钻定向监测仪	348
三、ZS-1 型随钻定向监测仪	351
四、JSD-36 型随钻定向仪	353
五、HB-1 型电磁随钻定向仪	355
六、国外的随钻定向仪	359
第九章 造斜钻头	360
第一节 连续造斜时造斜钻头的工作特点	360
一、造斜钻头的工作特点	360
二、造斜钻头的设计原则	361
三、造斜钻头的选择	362
第二节 硬质合金造斜钻头	362
第三节 牙轮造斜钻头	364
一、I 59K-II B 型单牙轮钻头	365
二、II 46K-II A 型双牙轮钻头	365
三、三牙轮钻头	366
四、组合式牙轮造斜钻头	368
第四节 金刚石造斜钻头	369
一、取小岩心的表镶金刚石造斜钻头	369
二、美国长年公司不取心表镶金刚石造斜钻头	374
三、孕镶金刚石造斜钻头	375
四、电镀金刚石造斜钻头	376
五、美国克利斯坦森公司镶块式金刚石造斜钻头	378
六、金刚石造斜钻头使用注意事项	379
第五节 沿楔面钻进专用钻头	379
一、打导向眼用的电镀金刚石钻头	379
二、沿楔面扩孔用的电镀金刚石钻头	380
三、245 勘探队沿楔面钻进专用金刚石钻头	381
四、ИСМ-59、ДСИ-59 沿楔面扩孔钻头	382
五、美国长年公司楔面钻进用的表镶金刚石钻头	383
第六节 造斜钻头经济效果的评价原则	383

第十章 定向钻探效果评价	386
第一节 定向钻探的质量指标.....	386
一、岩矿心采取率中的岩心采取率要求	386
二、钻孔弯曲与测量要求	387
第二节 定向钻探的地质（工程）效果	388
第三节 定向钻探的技术效果.....	390
第四节 定向钻探的经济效益.....	392
第五节 定向钻探的施工进度.....	394
主要参考文献	396

第一章 概 述

钻探工程中施工的各类钻孔，有不同的目的。地质勘探孔施工的目的主要有了解矿体形态、产状、埋藏深度、品位、储量，以及围岩性质、水文地质等确切资料。为了达到不同的施工目的，钻孔可以设计成不同的形态。对不同形态的钻孔，有的可采用常规钻探技术按普通钻孔施工；有的更适宜采用受控定向钻探（简称定向钻探）技术及受控定向孔（简称定向孔）施工。

第一节 钻孔轴线及有关参数

钻探工程各类钻孔的特征通常是在空间用一条线来描述，这条线代表钻孔轴线，是钻孔轴线的轨迹线，轨迹线的空间形态代表钻孔的空间形态。

一、关于钻孔轴线的三种不同含意

1. 设计钻孔轴线 钻孔施工前，根据施工目的，要进行钻孔轴线的设计和绘制钻孔轴线的设计轨迹。所设计的钻孔轴线在钻孔施工时起指导作用。

钻孔轴线，在理论上可根据数学的原理设计成连续的各种轨迹线。由于技术、经济及其它原因，根据数学原理设计的钻孔轨迹型式，只有少数用于钻孔轴线设计，绝大多数在钻孔轴线设计时并不采用，只具有数学意义。

2. 实际钻孔轴线 实际钻孔轴线是指按钻孔设计轴线控制施工时，钻头沿孔底破碎面中心移动时形成的点的实际几何轨迹。实际钻孔轨迹是十分复杂的，绝不可能与设计钻孔轴线轨迹完全吻合。但在施工中应尽可能使实际钻孔轴线轨迹与设计钻孔轴线

轨迹接近。由于实际钻孔轨迹是由无穷多个点连续组成,轨迹点空间位置的连续测定极为困难,也没有必要(即使测量也有误差,按测量结果绘制的钻孔轴线也不是真实的实际钻孔轴线),因而实际钻孔轴线是无法绘制的,它仅具有抽象意义。

3. 与实际近似的钻孔轴线 实际绘制施工后的钻孔轴线,是以施工过程中对钻孔轴线某些点进行测量计算得到的数据为依据。因为不可能对钻孔轴线每个点进行测量计算,所以绘制的钻孔轴线基本型式为折线,它并不是真实的实际钻孔轴线(即使按曲线绘制钻孔轴线,也不是钻孔的实际曲线形状),仅与实际钻孔轴线近似,但却具有实用意义。

二、钻孔空间位置的几何参数

无论是绘制设计还是绘制实际施工后的钻孔轴线,都必须知道钻孔轴线的空间位置。为了确定钻孔轴线的空间位置,一般是把钻孔轴线置于空间三维直角坐标系中,当钻孔孔口和轴线上其它点的三维坐标值确定后,钻孔轴线的空间位置即确定。在绘制设计的钻孔轴线时,孔口位置的三维坐标值,可通过地形测量或矿山测量确定。此值确定后,轴线上其它点的绝对坐标值和相对坐标值的确定就比较容易了。然而,在钻探过程中,为了按钻孔设计轴线控制钻孔轨迹以及绘制与实际近似的钻孔轴线,直接在孔内测量孔口以下钻孔轴线上其它点的坐标值是极其困难的。因此,研制了能测量钻孔轴线的顶角和方位角的仪器。根据测点的顶角、方位角、孔深(可通过测绳或测杆的长度确定)三个主要几何参数,即可用数学计算式算出各测点的三维坐标值。鉴于此,在设计钻孔轴线时,也仍以顶角、方位角、孔深作为确定设计钻孔轴线空间位置的三个主要几何参数。

图 1—1 为直线孔顶角与方位角示意图。图中 OO' 为斜孔轴线,孔口 O 作为空间三维直角坐标系的原点, X 轴代表南北方向, Y 轴代表东西方向, Z 轴代表铅垂方向, A 为斜孔轴线 OO' 上任一点。钻孔轴线与铅垂线所夹之角 θ 称为钻孔顶角,顶角在包括

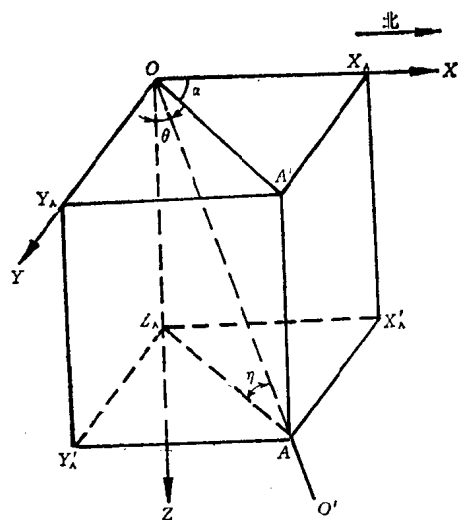


图 1—1 直线孔顶角、方位角示意图

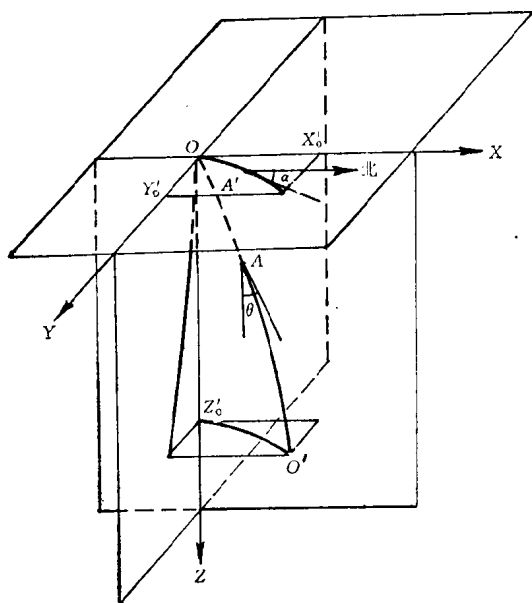


图 1—2 曲线孔的顶角与方位角示意图

钻孔轴线的垂直平面内。自磁北方向开始,沿顺时针方向与钻孔轴线在水平面上的投影之间的夹角 α 称为钻孔的方位角,方位角在水平面上。这里不应把钻孔顶角与通常所说的钻孔倾角混淆。钻孔倾角 γ 是钻孔轴线与其在水平面上的投影所夹之角。顶角与倾角互为余角。

图1—2为曲线孔的顶角与方位角示意图。图中 OO' 为一空间曲线轴, A 为曲线孔身上任一点, A' 是 A 点在水平面上的投影,它必然在钻孔轴线的水平投影线上。钻孔在 A 点的顶角是过 A 点的切线与铅垂线之间的夹角 θ 。 θ 仍在铅垂线与过 A 点切线所决定的垂直平面内。

钻孔在 A 点的方位角是自磁北方向开始沿顺时针方向与过钻孔轴线上 A 点的切线水平投影之间的夹角 α 。钻孔空间位置的几何参数,除了钻孔轴线点相对于孔口的三维坐标值和孔深、顶角、方位角外,还有钻孔轴线点至孔口的水平距(如图1—1中的 AZ_A)。

在设计斜直线孔时,钻孔轴线任意点三维坐标值和水平距与钻孔孔深、顶角、方位角有以下关系式(参看图1—1)。

$$X_A = X_O + L_A \sin \theta \cos \alpha \quad (1-1)$$

$$Y_A = Y_O + L_A \sin \theta \sin \alpha \quad (1-2)$$

$$Z_A = Z_O - L_A \cos \theta \quad (1-3)$$

$$S_A = L_A \sin \theta \quad (1-4)$$

式中: X_O 、 Y_O 、 Z_O ——孔口坐标;

X_A 、 Y_A 、 Z_A ——钻孔轴线上任意点 A 的坐标;

S_A ——钻孔轴线上任意点 A 的水平距;

L_A ——钻孔轴线上任意点 A 的孔深。

式(1—1)、(1—2)、(1—3)中,当孔口坐标值 X_O 、 Y_O 、 Z_O 取 O 时,计算的 X_A 、 Y_A 、 Z_A 为 A 点的相对坐标值。其中, Z_A 的相对坐标值也称为钻孔轴任意点 A 的垂深 H_A ,即

$$H_A = L_A \cos \theta \quad (1-5)$$

实际的钻孔轴线轨迹不可能是一根直线,因此上述轴线位置坐标计算公式仅在某些情况下应用。实际钻孔轴线坐标的计算,