

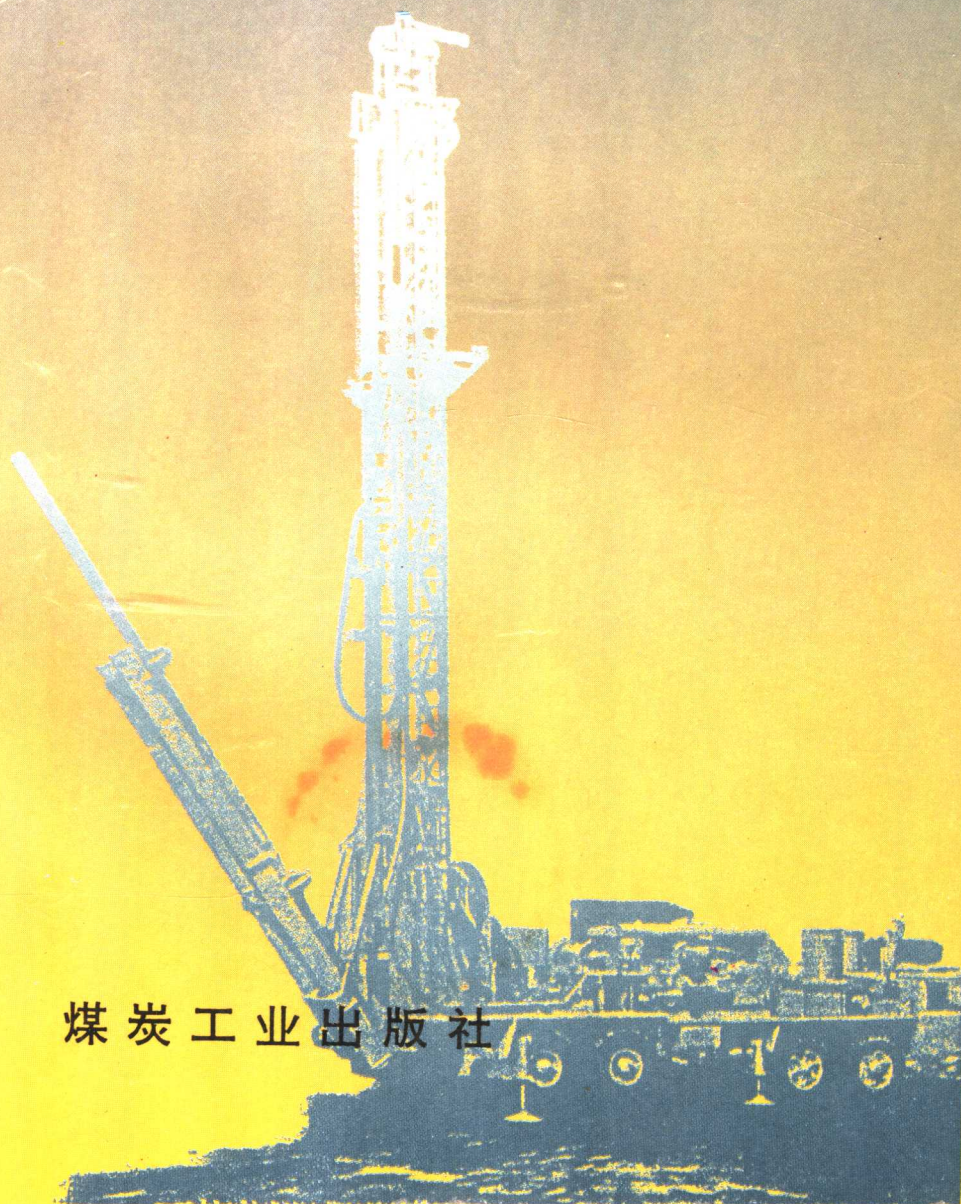
煤田钻探工程

第四分册

特种钻探工程

中国煤田地质总局 编著

煤炭工业出版社



煤田钻探工程

第四分册

特种钻探工程

中国煤田地质总局 编著

内 容 提 要

本书共分四章。第一章定向钻探，内容包括定向钻孔的设计、造斜手段和工具、定向方法和仪器、造斜专用钻头和定向钻进工艺；第二章重点介绍了煤田水文水井钻探的工艺特点、钻进方法和成井工艺，对大直径水井和基岩水井钻探中遇到的一些技术问题，进行了探讨，并简要介绍了矿山排水钻孔的施工技术；第三章水上钻探，其内容为浅水水域的沉塔式钻探方法、江河上工程地质钻探施工技术以及冰上钻探知识；第四章介绍了浅层油气井钻进工艺和完井工艺，以及浅层油气井钻探的特殊性和事故的预防及处理。

本书可用作煤田地质职工院校的教材，也可供钻探技术人员参考。

《煤田钻探工程》编审委员会

名誉主任 张延滨

主 任 王文寿

副主任 金宝昌 杜青荣

委 员 (以姓氏笔划为序)

毛邦倬 汤凤林 关文博 赵运兴

赵贵祥 赵琥芬 黄俊良

前 言

当今钻探工程不仅是矿产资源勘查的重要手段，同时也广泛地应用到工程地质勘查、公路、桥梁、隧道及大型现代化建筑工程的钻孔桩基础工程和矿山立井施工、疏干排水、通风、灾害处理等各个方面。其应用范围将会越来越广。

我国煤田地质钻探队伍从无到有，从小到大，40多年来得到了迅速发展。无论是钻探设备还是钻进工艺，都达到了一定的水平，有些已接近或达到国际水平。钻探效率数倍增长，钻探质量显著提高，为煤炭工业的生产建设提供了可靠的地质资料。随着市场经济的发展，煤田钻探工作已面向社会，开展了各种有偿工程技术服务。在激烈的市场竞争中，对钻探工程提出了更高的要求。

几十年来，我们在钻探工程的实践中，创造和积累了丰富的经验，这是一笔宝贵的财富。为了总结、继承和推广这些经验；吸收、引进国内外的先进技术，提高煤田钻探职工队伍素质，增强在市场中的竞争力和战斗力，我们特邀请从事钻探技术工作几十年的专家、教授、学者，编写了《煤田钻探工程》一书。

编写本书的指导思想是，立足于煤田钻探，兼顾其它行业的需要。书中介绍的技术，既要满足当前生产的需要，又要适度超前。因此，本书既总结了40年来国内煤田钻探、工程钻探的先进技术，介绍了国内、外的新设备、新技术、新工艺。如近年推出的TK系列液压钻机，绳索取心钻进、冲击回转钻进、空气洗井等高新技术。又为适应市场的需要，特意增加了有关的特种钻探工程，如浅层油气井钻探、大口径深水井钻探、冻结孔施工技术、露天边坡钻探钻孔和矿坑疏干钻孔的施工技术，以及钻孔桩基础施工技术等重要内容。

本书突出了煤田钻探技术特色，理论联系实际，实用性强。全书共分10个分册，即《钻探设备》、《钻探管材与附属机具》、《钻探工艺》、《特种钻探工程》、《钻井液》、《钻探设备使用与维护》、《钻探液压技术》、《微机在钻探中的应用》、《钻孔桩基础施工技术》、《煤田钻探安全技术》。每个分册既独立自成体系，分册之间又互相联系。因此，本书是一套完整地介绍煤田钻探技术及一些特殊工程钻探和工程施工的教学参考书，并可作为现场人员的生产技术用书，既适用于煤田系统，也适用于其它施工单位。

本书在编审过程中得到了广大钻探技术工作者和煤田地质系统各单位、中国地质大学、中国矿业大学北京研究生部、煤炭科学研究总院上海分院、肇州液压机械厂、郑州煤田职工地质学院、重庆煤田地质技工学校等单位的大力支持和协助，在此谨表示衷心的感谢。

中国煤田地质总局

1993年3月

编 者 的 话

《特种钻探工程》介绍了有关定向钻进、浅层油气井钻探、水文水井钻进和成井以及水上钻探等不同于一般的钻探方法与工艺要求。本书所介绍的钻进方法和施工工艺是进行矿产资源勘探、供水井、矿井疏干和地下灌浆、注水等不可缺少的手段，对国家经济建设有着重要的作用。

本书除了叙述有关专题的基本原理和计算外，着重于实际应用，详细地介绍了各种特种钻探的工作特点、使用方法和操作规程。它不仅适用于煤田地质勘探，同时也适应了市场经济的需要，用作其它工程建设时参考。

本书是《煤田钻探工程》的第四分册。第一章和第三章由张静文同志编写，第二章和第四章由郑仁同志编写。在编写过程中，得到煤田地质系统有关部门和单位的帮助和支持，在此谨表衷心的感谢。

编 者

1993年3月

目 录

前 言

编者的话

第一章 定向钻探	1
第一节 概述	1
一、定向钻探的发展历史	1
二、定向钻探的应用	2
第二节 定向钻孔的设计	3
一、定向钻孔的空间要素	3
二、定向钻孔的分类	5
三、定向钻孔孔身轨迹形式	5
四、定向孔孔身轨迹的设计原则	6
五、定向孔孔身轨迹设计的主要内容	6
六、定向孔孔身轨迹的设计方法	7
七、煤田钻探中定向孔的设计实例	16
第三节 定向钻进的造斜手段和工具	18
一、造斜手段和工具的选择	18
二、机械式固定偏心楔	18
三、液压金属孔底塞	19
四、连续造斜器	20
五、螺杆钻	27
第四节 定向方法与定向仪	38
一、定向方法	38
二、随钻定向	38
三、定向仪	40
四、测斜和定向仪器的选用	45
第五节 造斜专用钻头	46
一、造斜钻头的特点	46
二、金刚石造斜钻头	47
三、硬质合金造斜钻头	48
四、修孔钻头	48
第六节 定向钻孔施工工艺	49
一、确定钻孔孔身轨迹形式和钻孔结构	49
二、选用造斜工具	49
三、建立人工孔底	49
四、造斜钻进	50
五、稳斜钻进	52
第七节 孔身实际轨迹的计算和绘制	53

一、测斜数据误差的估计	53
二、孔身轨迹的计算	55
三、孔身实际轨迹的绘制	59
第八节 定向钻孔工程质量验收与经济效果评价	60
一、定向钻孔工程质量的验收办法	60
二、定向钻进的经济效果评价	61
三、对人工造斜工具经济效果的评价	62
第九节 定向钻孔的施工实例	63
一、定向钻进的生产性试验	63
二、全方位多分枝受控定向孔的施工	68
参考文献	71
第二章 水文水井钻探工程	73
第一节 煤田水文地质勘探钻孔的工程设计	73
一、煤田水文地质勘探钻孔的特点和分类	73
二、钻孔结构及其设计原则	74
三、煤田水文地质勘探工程的施工设计	77
第二节 煤田水文地质勘探孔的钻进工艺	77
一、取心钻进	77
二、全断面钻进	83
第三节 大直径水井钻探工艺	95
一、大直径水井的施工特点	95
二、大直径水井的钻进工艺	97
三、大直径水文水井钻探设备与钻具的选择	100
四、提高井身质量的措施和事故的预防与处理	105
第四节 水文水井特种钻探工艺	116
一、反循环钻进	116
二、泡沫洗井钻进	120
三、冲击钻进和冲击回转钻进	121
四、深水位大直径水井泡沫洗井钻进的应用	122
第五节 水文水井井管及其安装	126
一、井管的种类及其选用	126
二、井管的设计	129
三、井管的安装	132
四、井管的起拔	134
第六节 填砾	136
一、对填砾的要求和砾料的选择	136
二、填砾的方法	137
第七节 封孔止水	138
一、概述	138
二、封孔止水方法	140
三、永久封孔止水的注意事项及有关计算	144
四、封孔止水质量的检验	147

第八节 洗井	148
一、洗井的目的和要求	148
二、洗井方法	148
第九节 抽水试验	154
一、概述	154
二、抽水设备	155
三、抽水工艺	163
四、抽水事故中的事故处理	166
五、抽水试验的施工组织要求	166
第十节 矿山疏干排水孔及其钻进、成井工艺	168
一、矿山疏干排水钻孔	168
二、疏干排水孔的钻进工艺	171
三、疏干排水孔的成井工艺	174
附表一 几种常用国产深井泵技术规范	178
附表二 几种常用国产电动潜水泵技术规范	181
参考文献	185
第三章 水上钻探	186
第一节 概述	186
一、水上钻井及钻探的发展简况	186
二、水上钻探的特点	187
第二节 沉塔式水上钻探平台	187
一、南四湖钻探平台的结构和组合	187
二、沉塔式钻探平台的力学计算	188
第三节 水上钻探施工	191
一、施工前的准备工作	191
二、钻探平台的安装与拆卸	191
三、设备的选择	192
四、钻孔结构及护孔套管	192
五、钻井液的使用	192
六、设备的安装和改进	192
七、安全防护措施	193
第四节 水上工程地质钻探	193
一、施工前的准备	193
二、钻探船的选择	193
三、工作平台的架设与钻探船的组合	194
四、钻探设备的选择与安装	195
五、钻探船的定位与抛锚	196
六、施工方法	198
七、安全防护措施	199
第五节 冰上钻探	199
一、水库自然情况	200
二、机台基础	200

三、施工中的注意事项	201
第四章 浅层油气钻探	202
第一节 概述	202
一、浅层油气藏	202
二、浅层油气钻探的特点	205
三、浅层油气井钻井工艺流程	205
第二节 浅层油气钻井设备及工具	206
一、对设备的要求和选择	206
二、设备的安装和运移	209
三、石油钻井的附属工具及其使用	214
第三节 浅层油气井的钻进工艺	220
一、浅层油气井井身结构及其设计	220
二、表层的钻井工艺	222
三、二次开钻工艺	226
四、打开油气层	237
五、井深时的安全注意事项	238
六、浅层油气井的录井工作	238
第四节 浅层油气井的完井工艺	240
一、下套管	240
二、固井	246
三、其它完井作业	253
第五节 浅层油气井常见复杂情况、事故及其处理	258
一、井喷	258
二、卡钻	269
参考文献	273

第一章 定向钻探

第一节 概述

一、定向钻探的发展历史

定向钻进技术从30年代初开始应用于石油钻井,经过60多年的发展,目前已经能够施工大位移、大斜度井,水平井和丛式井,钻井工艺日趋完善,为石油的勘探和开发带来了巨大的经济效益。

1932年,美国在加利福尼亚完成了世界上第一口勘探石油的定向井,当时采用的是槽式斜向器定向造斜。1934年,原苏联在巴库也开始从海岸向近海底部打定向井,勘探里海浅海的石油。

40年代初,原苏联采用涡轮钻造斜,成功地施工了定向井。到1954年,前苏联80%的石油钻井采用了涡轮钻。此时,法国也开始制造涡轮钻。

60年代初,美国戴纳钻井公司研究成功了螺杆钻,也就是所谓的“戴纳钻(DYNA DRILL)”,并用它在油田上施工定向井取得了成功。螺杆钻是一种正排量马达,简称PDM (Positive Displacement Motor)。美国有许多公司,如施伦贝格、贝克、克里斯坦森、施密斯等公司都生产了自己的螺杆,目前已形成完整的系列。70年代,原苏联全苏钻井技术研究所也研制成功了 π 型螺杆钻。这种井底马达为施工石油钻采工程中的定向井开创了新局面。

80年代,为了准确地控制定向井井身轨迹,提高中靶精度,普遍采用随钻测量技术,简称为MWD (Measurement While Drilling) 技术。利用这种测量技术可以随钻了解井身的空间位置和造斜工具的面向。另外,电子技术和微型计算机在定向钻井中也得到了应用,不仅用于井身剖面设计,也用于井身轨迹的施工控制。

我国定向钻井技术是50年代发展起来的。1955年,玉门油田的C2-15井,是我国的第一口定向井。以后,在四川、江汉等油田又先后施工了水平井、大斜度井、丛式井等技术较复杂的定向井。特别是第一口水平井——磨三井,水平位移延伸160m,达到了60年代水平井的世界先进水平。大港油田于1968年成功地施工了我国第一口海上定向斜井。进入80年代以后,在改革开放的形势下,引进了国外的先进技术、仪器和工具,定向钻进工艺水平达到了一个新的高度,多数油田已掌握常规定向井、丛式井的钻进技术。对高难度的定向井、丛式井和救援井的技术,总的说来也已达到较高水平。

60多年来,定向钻进技术不仅在油气田的勘探和开发方面取得了很大的成就,而且在固体矿产勘探方面也得了应用和发展。美国、原苏联、瑞典和加拿大的一些研究机构和公司,先后成功地研制了小口径定向钻具、定向仪器,并应用于矿产资源钻探和其它工程钻探,取得了满意的成效。

我国在固体矿产勘探方面,早在50年代就开始利用下固定楔施工初级定向斜孔和单分枝孔。当时,地质矿产部、煤炭工业部、冶金工业部所属的勘探队都有施工初级定向钻孔

的方法和经验。在煤田地质勘探中,在钻机打丢或打薄煤层的情况下,常于钻孔终孔后再打定向分枝孔,补取煤心。

1970年,核工业部地质勘探局开始研究适用于地质勘探的涡轮钻。1974年,地质矿产部勘探技术研究所开始进行螺杆钻的研制工作。

1982年,地质矿产部将“定向钻探技术的研究”列为部科技攻关项目,组织力量进行研究和试验。经过三年的努力,地质矿产部勘探技术研究所和无锡钻探工具厂研制成YL-54型液动螺杆钻、ZS-1和YS-型随钻定向监测仪等配套器具,在安徽地质矿产局337队李楼矿区和江西地质矿产局912队冷水坑矿区完成了生产试验。探矿工艺研究所研制了定向钻进用的LZ-73型连续造斜器,以及BD-14型和KDJ-1型定向仪等配套器具,经过生产试验都取得了良好的效果。1988年,安徽地质矿产局321队在冬瓜山铜矿床采用了定向钻探技术施工,取得了重大突破。即在国内固体矿产深孔钻探中首次实现了1个主孔内施工4个全方位受控定向分枝孔,中靶精度高,各孔偏离设计靶点1.35~7.17m,实际孔深823.10~853.65m,钻孔靶点深度大于800m,5个钻孔全部评为优质孔。

目前,已有YL-54、YL-65、YL-89、YL-108和LZ-54、LZ-73、LZ-89等系列产品,分别在地矿、冶金、有色、化工等部门使用。成都地质学院亦研制了CK-73、CK-54型连续造斜器,经生产试验,获得了成功。

在煤田地质勘探方面,1986年,江西和四川煤田地质局分别开展了“分枝定向孔施工工艺研究及MLZ-89造斜器研制”、“定向钻孔及定向分枝钻孔钻进工艺研究”工作。江西煤田地质局227队先后在枫田矿区观溪井田施工试验了5个分枝定向孔,在淮南颍风矿区施工试验了一个受控定向钻孔,总计完成分枝定向孔钻进工作量(含受控定向孔工作量)1750.66m,其中实际分枝及定向钻进工作量为868.86m,占总工作量50%,减少钻探工作量881.80m,节约勘探费用约20万元。6个定向钻孔中,水平偏距最大为40m,最小为15m,取得良好的地质效果。1986~1988年,四川煤田地质局使用LZ-89连续造斜器,先后在川南筠连煤田洛表勘探区、川南古叙煤田红桥井田、川东南桐矿区东林~鱼田堡井田的6个钻孔进行了定向钻进试验。1989年又在东林施工了2个定向钻孔,总计造斜钻进42回次,造斜进尺65.12m,造斜成功率平均为61.9%,最高为100%。1990年,开滦矿务局地质勘探队在东欢坨矿区2号井为我国首次钻成垂深750m的S型丛式定向注浆孔6个,在垂深420m处的中靶精度,最高为1.38%,最低为3.56%,垂深750m处精度达6%。丛式定向孔的钻成,实现了0~420m凿井和深部在地面提前预注浆堵水的平行作业,加快了凿井速度,缩短了建井时间。

二、定向钻探的应用

在钻探和钻井施工中,利用岩层造斜规律,采用人工造斜手段,或者两者同时并用,使井孔按照设计的轨迹钻达预定目标的钻进方法,称为定向钻进。使用定向钻进方法完成的井孔,称为定向井或定向孔。

在钻探施工中,根据地质条件和技术条件,合理地采用定向钻进方法,不但能够减少钻探工程量,节约施工费用,而且能够提高工程质量,缩短施工时间,获得较好的技术经济效益。

在煤田地质勘探和煤矿建设中,定向钻进有以下的用途:

(1) 在强造斜岩层中钻进,孔斜难以控制,可以利用岩层造斜规律,打初级定

向孔。

(2) 在急倾斜岩层中勘探煤层时, 采用定向钻进可以增大钻孔遇层角, 取得准确的地质资料, 减少钻探工程量。

(3) 在勘探深部煤层时, 如果遇到上部有流砂、卵砾石层或有厚层硬岩、严重漏失层, 则施工困难, 钻进效率低。为了避免多次穿过上述岩层, 可以采用一孔多枝的定向钻进。

(4) 打丢打薄煤层或孔斜超限过大时, 均可在原孔中再打定向分枝孔, 进行补取煤心或纠斜。

(5) 在需要绕过无法处理事故孔段、地下大溶洞、采空区时, 可以采用侧旁定向钻进。

(6) 地质构造复杂时, 可采取一孔多分枝的方法来探明构造。

(7) 在设计勘探界线内, 由于客观原因无法安装钻探设备时, 可在界外打定向孔。

(8) 在煤矿建设中, 可以采用定向钻进方法施工井筒冻结孔、注浆孔、检查孔; 在生产矿井中, 也可采用定向钻进方法施工瓦斯抽放孔、泄水孔以及井筒加固孔。

由于定向钻进具有很多优点, 能够解决常规钻进中难以解决的勘探问题和一些特殊的工程问题, 所以在石油钻井和地质钻探中得到普遍的重视, 有着很好的发展前景。

第二节 定向钻孔的设计

任何定向钻孔施工之前, 都必须进行钻孔轨迹的设计。施工过程中还要根据设计对钻孔轨迹进行控制, 使实际轨迹符合设计轨迹, 以保证定向钻孔命中靶点或接近靶点。

定向钻孔轨迹设计的可靠性决定了钻孔施工的成败和钻探费用的高低。因此, 设计要有充分的依据, 按照一定的步骤进行。要考虑到地质条件和施工的技术条件, 尽可能地利用岩层的自然弯曲规律。

定向钻孔轨迹的设计, 既是定向孔施工的依据, 又是定向孔施工质量检验的标准。

根据定向钻孔的地质目的以及钻探施工的技术装备、工艺水平等因素, 确定定向钻孔的类型。首先选定孔身剖面的类型, 由此确定孔身轴线的空间位置, 确定定向孔的空间要素。这两者都是定向钻孔能否成功的重要前提和保证。

一、定向钻孔的空间要素

钻孔轨迹是钻孔轴线各点空间位置的变化状态, 并且由其空间要素来表征。定向钻孔的空间要素包括钻孔轴线各点的顶角 θ 、方位角 α 和孔深 L , 见矿点的垂深 H 和水平位移 S , 曲线段的曲率 K 或弯曲强度 i , 以及钻孔轴线的遇层角 δ 。

1. 基本要素

定向钻孔轴线各点的顶角、方位角和孔深称为定向钻孔的基本要素。如图 1-1 所示, 在三维坐标系中原点 O 代表开孔点, $OABC$ 代表直线-曲线-直线型空间弯曲定向钻孔。顶角 θ 是钻孔轴线 $OABC$ 上某点的切线与铅直线之间的夹角。方位角 α 是钻孔轴线上某点切线的水平投影与正北方向之间的夹角。孔深 L 是钻孔轴线延伸的长度。图中 $OA + \widehat{AB} + BC$ 是靶点的孔深。

2. 曲线段的曲率或弯曲强度

钻孔轴线靶点的切线与其在矿层层面上的射影所夹的锐角称为遇层角。

二、定向钻孔的分类

根据施工技术和方法的不同,定向钻孔可分为两大类:

1. 初级定向孔

这是采用常规技术和工艺钻进,通过改变钻孔开孔设计位置,并在钻进中辅以一般的增斜或减斜措施即可达到目的层的钻孔。这类钻孔施工简便,不须要专门造斜。

2. 受控定向孔

又称为人工造斜定向孔。即单纯采用人工造斜手段,或人工造斜和岩层自然造斜相结合。达到目的层位的钻孔。施工受控定向钻孔需要专门的定向造斜工具和配套技术。受控定向钻孔适合于岩层无造斜作用或弱造斜的矿区。

根据钻孔轴线空间状态的不同,定向钻孔又可分为:

1. 直线型定向孔

即孔身按直线轨迹延伸,顶角和方位角的偏斜受到严格控制的钻孔。垂直孔和斜直孔都是直线型定向孔。

2. 平面弯曲线型定向孔

孔身轨迹在某一平面内延伸的钻孔都属此类型孔。其中包括在某一垂直平面内,只有顶角变化,而无方位角变化的钻孔;在某一倾斜平面内,顶角和方位角都有变化的钻孔;以及在水平面内,只有方位角变化,而无顶角变化的钻孔。垂直平面内的定向孔应用较广,常用于勘探急倾斜矿体;倾斜平面内的定向孔则用于从斜直孔中打分枝孔;水平面内的定向孔常用于坑道中勘探,煤矿中也用来作超前探测钻孔。

3. 空间弯曲线型定向孔

即孔身轨迹某段在某一曲面上延伸。这类钻孔包括既有顶角变化,又有方位角变化的空间弯曲线孔;以及顶角不变,方位角变化的螺旋状孔。空间弯曲定向孔适用于岩层造斜作用强烈、钻孔顶角和方位角自然弯曲趋势都很明显的矿区。

根据钻孔有无分枝孔,定向钻孔还可分为单孔底定向孔和多孔底定向孔。

三、定向钻孔孔身轨迹形式

1. 直线-曲线形式

图1-2a,这种孔身轨迹形式是上直下弯,适用于从孔口以斜直或垂直线段穿过覆盖层,见基岩后利用自然造斜趋势钻达靶区的初级定向孔;开孔是直线段,后来从造斜点进行人工造斜曲线段到靶区的受控定向孔;以及从主孔分枝点下分岔,先打一直线段,后再造斜到靶区的分枝定向孔。

2. 直线-曲线-直线形式

图1-2b,这种孔身轨迹形式是上直中弯下直。适用于开孔钻一直线段,至造斜点开始造斜,最后稳斜钻达靶区的定向孔;从主孔分枝点往下打一直线段,再造斜打一弯曲段,最后稳钻进到靶区的分定向孔。

3. 直线-曲线-曲线形式

图1-2c,这种孔身轨迹可以获得较大的终孔顶角。它是开孔先打一直线段,再人工造斜,最后利用自然造斜钻达靶区,或从主孔分枝点先打一直线段,再人工造斜,最后自然造斜钻达靶区的分枝定向孔。

4. 直线-曲线-直线-曲线-直线形式

图1-2d, 这种孔身轨迹形式也可称为直-增-稳-降-直型。适用于探采多油层的丛式井, 煤矿建井中的丛式注浆孔, 以及施工某些有特殊要求的集束孔。

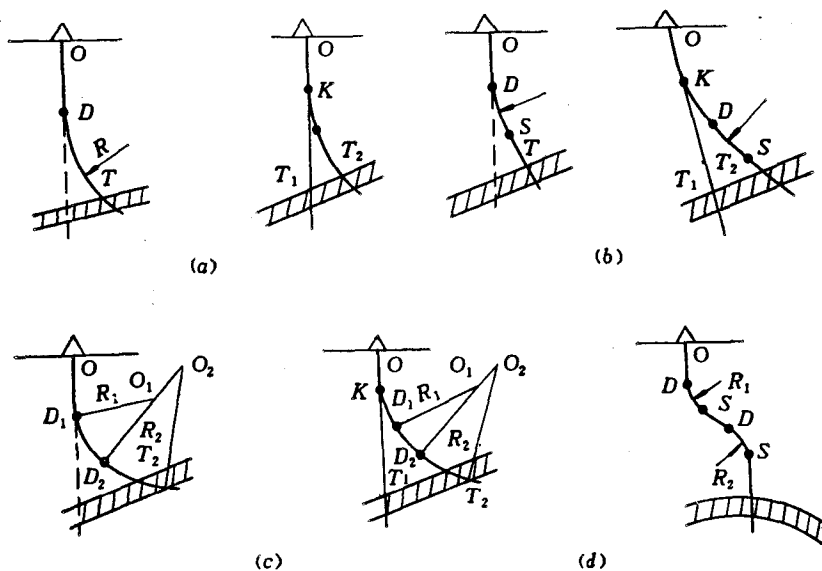


图 1-2 定向钻孔孔身轨迹形式

a—直线-曲线型; b—直线-曲线-直线型; c—直线-曲线-曲线型; d—直线-曲线-直线-曲线型

四、定向孔孔身轨迹的设计原则

(1) 充分掌握原始资料。设计之前, 必须调查了解施工地区的情况, 充分掌握下列原始资料:

①地质情况; ②地形、地物和水域覆盖等情况; ③已完成钻孔的技术档案资料; ④以往钻孔的测斜资料和防斜、纠斜的措施, 以及采用过的造斜手段、取得的效果。

(2) 根据地质勘探或工程布置的要求, 保证实现钻孔的目的。

(3) 尽量利用岩层自然造斜趋势, 减少人工造斜工作量, 以加快钻进速度, 节约定向钻进费用。

(4) 在选择造斜点或分枝点、弯曲强度及最大顶角等参数时, 应该考虑到施工方便和安全钻进。

(5) 注重经济效益。设计定向孔时, 除采用一基多孔的方案外, 更重要的是采用一孔多枝, 施工多孔底孔。同时, 尽量设计垂直平面内的分枝定向孔, 选择比较简单的孔身轨迹类型, 力求设计的曲线段为最短, 以减小孔身轨迹控制的难度和钻孔的工作量, 降低钻探费用。

五、定向孔孔身轨迹设计的主要内容

- (1) 确定定向钻孔类型和孔身轨迹形式;
- (2) 确定定向孔靶点、靶区和遇层角;
- (3) 确定主孔和分枝孔的施工方案;

- (4) 确定造斜点和分枝点;
- (5) 确定定向钻孔曲线段的曲率半径;
- (6) 确定定向钻孔孔身轨迹参数;
- (7) 进行经济效益预估。

六、定向孔孔身轨迹的设计方法

(一) 初级定向钻孔的设计方法

由于地质因素和工艺技术因素的影响,在某些地区,钻孔自然弯曲趋势较为明显,利用这种趋势,可以设计初级定向孔,达到较好的技术经济效益。在设计之前,首先采用统计作图法和相关分析法对这个地区已完工的钻孔进行分析研究,求得反映钻孔自然弯曲趋势的标准曲线或回归方程式。然后,用它们来进行设计。

1. 标准曲线法

用标准曲线法设计初级定向孔,其方法较为简单。

下面简述顶角和方位角都变化时的设计方法。

首先将画有垂直面上孔身标准曲线的透明纸覆盖在勘探线剖面上,使标准曲线原点 O 与原设计钻孔开孔点 O' 重合,然后沿水平线移动透明纸,直到标准曲线与设计见矿点 T 相交,此时标准曲线与地面交于 O_1 , $O'O_1$ 的水平距就是新孔位沿着勘探线方向应该移动的距离(图1-3a)。

其次,将画有水平面上孔身标准曲线的透明纸覆在地质平面图上,使此标准曲线原点 O 与 O_1 点的水平投影 O'_1 重合,然后沿垂直于勘探线的方向移动透明纸,直到标准曲线与设计见矿点 T 的水平投影 T' 相交,此时标准曲线原点新处的位置 O'_2 就是最终确定的新孔位。 $O'_1O'_2$ 是新孔位离开勘探线的距离(图1-3b)。

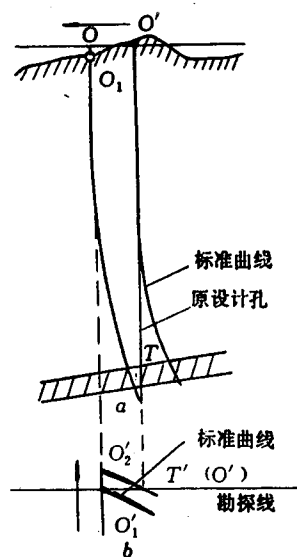


图 1-3 标准曲线法设计
初级定向孔

2. 回归方程法

设计步骤如下:

(1) 根据相同条件下一组钻孔的测斜数据,计算出各孔段测点的平均顶角和平均方位角,并建立 $\theta = f_1(L)$ 和 $\alpha = f_2(L)$ 的回归方程。采用三维坐标系, X 轴代表勘探线方向, Y 轴垂直于勘探线方向, Z 轴代表地下方向。这里的方位角是以勘探线方向为起点计算的。

(2) 根据所求得的回归方程计算出不同孔深的顶角和方位角。

(3) 根据各孔段的孔深增量、顶角和方位角,计算出不同孔深下的 X 、 Y 、 Z 坐标

$$\left. \begin{aligned} X_n &= X_{n-1} + (L_n - L_{n-1}) \sin \frac{\theta_n + \theta_{n-1}}{2} \cos \frac{\alpha_n + \alpha_{n-1}}{2} \\ Y_n &= Y_{n-1} + (L_n - L_{n-1}) \sin \frac{\theta_n + \theta_{n-1}}{2} \sin \frac{\alpha_n + \alpha_{n-1}}{2} \\ Z_n &= Z_{n-1} + (L_n - L_{n-1}) \cos \frac{\theta_n + \theta_{n-1}}{2} \end{aligned} \right\} \quad (1-5)$$