

DRILLING MANUAL

# 钻井手册

(甲方) 下册

石油工业出版社(甲方)编辑部 编



石油工业出版社

TE2-62

5

3:2

# 钻井手册(甲方)

下 册

《钻井手册(甲方)》编写组 编

66251

石油工业出版社



**B** 740388

## 内 容 提 要

本手册总结了我国近 40 年钻井工程、钻井地质、测试和测井等的实践经验，并且引用了最新技术。它的出版是适应勘探开发钻井实行甲乙双方管理体制改革的需要，它具有条例性和法规性，是今后勘探井、开发井甲乙双方设计和施工质量的依据。该手册分上下两册。上册内容有：钻井设计、地层压力预测、套管设计、固井、钻井液、固控、钻井参数设计、井控和钻柱设计。下册内容有：定向井、科学钻井地质综合评价技术、防腐、环境保护和安全。

本手册可供从事勘探、开发、钻井等各级领导干部及广大技术人员使用，也可作为油田在职干部的培训教材和石油院校钻井专业教材的参考资料。

## 钻 井 手 册 (甲 方)

### 下 册

《钻井手册(甲方)》编写组 编

\*

石油工业出版社出版

(北京安定门外安华里二区一号楼)

石油工业出版社排版

中国石油报社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

\*

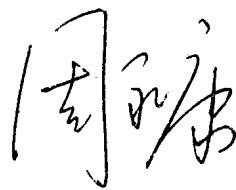
787×1092 毫米 16 开本 35<sup>1</sup>/<sub>4</sub>印张 876 千字 印 1—1,6000

1990 年 11 月北京第 1 版 1990 年 11 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-0522-0/TE · 499

定价：15.00 元

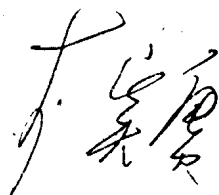
钻井手册(甲方)的出版这在我国石油工业是第一次,这本手册的出版是适应勘探开发钻井实行甲乙双方管理体制改革的需要,它具有条例性和法规性,是今后勘探井、开发井甲乙双方施工的依据,因此手册出版后各油田必须以手册为基本教材,对勘探、开发、钻井各级领导及技术干部进行认真的培训,并在施工作业中认真贯彻执行。

A handwritten signature in black ink, consisting of the characters '周介' (Zhou Jie) in a cursive style.

1990年3月16日

编写这部钻井手册(甲方)在我们石油工业还是首次,目的是为了适应勘探、开发、钻井实行甲乙方改革的需要。为编好这部手册,总公司曾先后组织百余名有丰富实践经验的总工程师,高级工程师和有关大学院校,研究所的教授,高级工程师参加了编写和审定工作,内容主要涉及到一口井的科学钻井技术和经验及与此有关的条例、规定、标准等,因此手册具有一定法规性,是今后勘探开发钻井实行甲乙方设计和施工质量的依据和准则。也可做为各油田领导干部和技术人员的主要培训教材。

由于钻井手册(甲方)涉及面广、内容多,很难全面反映全国各油气田积累的丰富经验和技術,还需要各油田今后在实践中不断补充修改完善这部手册。



1990年3月于北京

# 钻井手册(甲方)

## 编委会名单

顾问: 史久光 彭佐猷 蒋麟湘 刘荫藩 郝凤台 侯国珍  
马骥祥 张江榕 林祖膺 董中林 张载褒 白家祉  
吴华良 王礼钦 杨 录 杨巨谟

主任: 李天相

副主任: 李虞庚 李克向

委员: (按姓氏笔划为序)

万仁溥	刘昌谣	刘希圣	朱兆明	李允子	李丕训
李章亚	严世才	沈忠厚	沈增鑫	杜晓瑞	张克勤
张 镇	陈立性	陆大卫	赵凯民	郑育琪	党文利
高锡五	梅 江	倪荣富	康竹林	郭再根	曹懋炎
谢熙池	蒋希文	解浚昌			

## 编审组名单

主 编: 李克向

副主编: 解浚昌

成 员: 李丕训 倪荣富 曹懋炎 党文利

责任编辑: 崔允安 张 镇

## 序

这部钻井手册(甲方)是根据中国石油天然气总公司领导要求编写的,目的是适应改革的需要,实行勘探开发为甲方,钻井等为乙方。钻井要满足勘探开发的要求,做到取全取准资料,有利于发现油气,保护油气层,做到优质高速钻井,交出合格井。因此,凡是勘探开发设计上提出的要求,钻井等乙方要坚决做好。

过去我国钻井手册很多,内容多为套管、钻具、工具、规格、尺寸和操作要求等。这本手册内容不同,它主要是技术、规程、质量标准和施工要求等。它体现甲方利益和甲方要求。手册介绍和规定了在什么作业中,什么情况下应采用什么技术,而不应采用什么技术,应该达到什么标准和要求等。这本手册总结了我国近40年钻井工程、钻井地质、测试和测井等的实践经验和最新技术,也包括国外新技术。该手册既有理论,也有实践经验,且以实际应用技术为主。它包括钻井设计、地层压力预测、套管设计、固井、钻井液、固控、钻井参数设计、井控、钻柱设计、定向井、储集层评价、保护油气层、防腐、环保和安全等。本手册适用于从事勘探、开发和钻井等各级领导干部及广大技术人员、勘探开发项目管理的甲方和乙方参考;亦可作为各石油院校教材的参考资料及各油田在职干部的培训教材。

在手册编写过程中,邀请了我国石油钻井界老前辈和老专家座谈,他们提了许多宝贵意见。在手册编写前聘请有经验的专家、教授反复讨论了编写提纲。再由现场有经验的总工程师、高级工程师、工程师和有关院校研究所的教授、副教授和高级工程师进行编写。编写该手册共邀请了40名同志,43人参加了全面审查,100多人参加了部分章节审查,并先后在北京、大庆石油管理局、胜利石油管理局等地召开了4次大型审查会和42次小型专题审查会。

本书在编写过程中得到我国石油钻井老前辈、老专家及石油各级干部和工程技术人员的热情关心,并得到南海东部石油公司、大庆石油管理局、胜利石油管理局、北京石油勘探开发科学研究院及万庄分院、石油大学、四川石油管理局、华北石油管理局、中原石油勘探局、辽河石油管理局、长庆石油勘探局、大港石油管理局、新疆石油管理局、江苏石油勘探局以及中国石油天然气总公司勘探、开发、科技发展、财务等部的热情支持,在石油工业出版社的大力协助下得以早日出版,我代表编委会向以上单位表示衷心的感谢!

本手册第一章由倪荣富编写,刘希圣、李允子审定;第二章由陈永生、陈庭根、左新华、高章伟和黄荣樽编写,高华、沙润荣、陈庭根、陆大卫和陆邦干审定;第三章由龚伟安、徐惠峰编写,沈忠厚、吴克信和郭再耕审定;第四章由徐惠峰编写,刘崇健、郭再耕、沈忠厚和吴克信审定;第五章由陈乐亮编写,张克勤、孙万能和樊世忠审定;第六章由褚长青编写,郑甘桐、龚伟安审定;第七章由解浚昌编写,李克向、胡湘炯审定;第八章由高碧华编写,曾时田、李克向、蒋希文和杜晓瑞审定;第九章由杨勋尧编写,施太和、解浚昌和吕英民审定;第十章由颀金玲、许钰编写,韩志勇、蒲健康审定;第十一章由周通宝、李开荣、梁宝昌、王凤鸣、夔复兴、叶荣、邓世文、程金良、樊世忠、应凤祥、谢荣院、周福元、韩孔英、廖周急、田学孟、于绍成、蒋阗和丁瑾编写;康竹林、林浩然、王凤鸣、梁宝昌、高华、谭

庭栋、陆大卫、高锡五、陈乐亮、李丕训、郝俊芳、万仁溥、朱兆明和孟慕尧、马兴中审定；第十二章由黄纹琴、高文光和路金宽编写，吴永泽、原青民审定；第十三章由洪雨田编写，刘植椿、倪荣富审定；第十四章由党文利、李克向编写，蒋希文、赵凯民审定。

由于第一次编写这样的手册，涉及的内容多、技术领域广，加上我们水平有限、缺乏经验，难免有错误之处，恳请各级领导和广大同志给予批评指正。

李克向

1990年2月于北京



# 目 录

第十章 定向井 .....	1
第一节 定向井、丛式井的设计 .....	1
一、专业名词 .....	1
二、设计依据 .....	5
三、定向井设计 .....	7
四、丛式井总体设计 .....	25
五、水平井设计 .....	26
六、其它类型定向井的设计 .....	31
第二节 定向井施工 .....	33
一、定向井井眼轨迹控制 .....	33
二、定向井井眼轨迹计算与作图 .....	40
三、定向钻井施工安全措施 .....	41
第三节 定向井专用工具 .....	42
一 井下马达 .....	42
二 弯接头 .....	46
三 非磁钻铤 .....	47
四 稳定器 .....	49
五 随钻震击器 .....	49
六 键槽破坏器 .....	51
七 变向器 .....	51
八 旁通接头、高压循环头 .....	52
九 套管内定向开窗侧钻工具 .....	53
十 导向钻井系统介绍 .....	55
第四节 定向井测量仪器 .....	56
一 磁性单点照像测斜仪 .....	56
二 磁性多点照像测斜仪 .....	57
三 随钻测量仪器 .....	58
四 电子测斜仪 .....	60
五 陀螺测斜仪 .....	61
第五节 定向井井身质量标准与资料要求 .....	66
一 井身质量标准 .....	66
二 资料要求 .....	67
第十一章 科学钻井地质综合评价技术 .....	68
第一节 地质录井技术 .....	70
一 地质录井的钻前准备 .....	70
二 认真搞好钻井工程与地质录井间的配合工作 .....	70
三 钻进中必须认真作好七项地质录井工作 .....	75
四 探井录取地质资料有关规定 .....	82

五 各类完井资料上交时间期限 .....	87
第二节 地层压力预测和监测技术 .....	88
第三节 钻井取心技术 .....	89
一 概述 .....	89
二 取心方式与取心工具的选择 .....	89
三 主要取心工具的技术特征 .....	93
四 取心必须遵循的若干规定 .....	110
五 国内主要取心工具技术规范 .....	111
第四节 及时测井技术 .....	114
一 我国石油测井技术发展概况 .....	114
二 测井方法与原理 .....	114
三 各种油气藏测井系列的选择 .....	125
四 测井前的准备和测井资料质量必须达到的标准 .....	126
五 测井数据处理及解释技术 .....	130
六 测井应提供的单井资料及成果 .....	136
附录一 常用符号说明 .....	138
附录二 各种元素, 矿物和岩石类型的测井参数 .....	141
附录三 计算中心解释成果表表头格式 .....	151
附录四 现场解释成果表表头格式 .....	157
附录五 原始测井曲线表头格式 .....	159
附录六 测井中常用的许用单位与非许用单位换算表 .....	169
参考文献 .....	171
第五节 钻杆测试技术 .....	172
一 概述 .....	172
二 选择钻杆测试的原则 .....	173
三 测试管柱、测试工具、井下仪表及地面流动控制装置的功能及技术规范 .....	174
四 施工技术要求 .....	204
五 安全保护工作 .....	208
六 典型压力卡片分析 .....	209
七 资料处理及地层参数计算 .....	229
第六节 重复地层测试技术(RFT或MFT) .....	233
一 测试仪器及测试原理 .....	233
二 测试资料解释 .....	233
三 应用实例 .....	234
第七节 及时分析化验技术 .....	237
一 地质分析化验 .....	237
二 油气层敏感性评价试验 .....	249
参考文献 .....	263
第八节 完井技术 .....	264
一 油气井完井方法 .....	264
二 稠油 .....	278
三 射孔 .....	310
四 完井液、修井液 .....	341
第九节 油气层改造技术——压裂酸化 .....	369

一 压裂酸化机理简述 .....	369
二 压裂酸化选井 .....	371
三 压裂酸化油层室内试验分析 .....	372
四 压裂酸化材料室内试验及选择 .....	373
五 压裂酸化系统工程框图 .....	379
六 压裂酸化设计前应收集的资料数据 .....	380
七 压裂酸化设计及施工 .....	382
八 压裂酸化作业及效果评价 .....	406
附录一 压裂酸化任务书 .....	408
附录二 压裂酸化设计前应收集的资料 .....	415
附录三 压裂酸化施工设计书 .....	419
第十节 单井地质综合评价技术 .....	434
一 各类探井地质综合评价工作流程及附图 .....	434
二 单井地质综合评价对象及评价任务 .....	438
三 进行单井地质综合评价的必要条件 .....	439
四 各类探井地质综合评价报告编写提纲 .....	445
第十二章 钻井工程的腐蚀与防腐 .....	460
第一节 钻井工程中金属腐蚀类型和机理 .....	460
一 钻井过程中金属的主要局部腐蚀类型及特征 .....	461
二 钻井工程中的腐蚀组分及其腐蚀机理 .....	462
三 腐蚀程度划分等级 .....	477
第二节 钻井液 pH 值、有害组分的测定与金属腐蚀的检测 .....	478
一 钻井液 pH 值及有害组分的测定 .....	478
二 金属腐蚀的检测 .....	482
第三节 钻井工程的防腐 .....	488
一 钻井液中有害组分的预防 .....	488
二 正确选择金属和非金属材料 .....	498
三 钻杆涂层 .....	510
四 套管的保护 .....	511
五 管理 .....	513
六 防腐质量要求 .....	513
第四节 钻井工程设计防腐要求 .....	514
一 井场设计 .....	514
二 钻井设计 .....	514
三 设备设计 .....	516
四 安全措施 .....	517
第十三章 环境保护 .....	518
第一节 前期工程环境管理 .....	518
一、环境保护程序 .....	518
二、井场及其用地的选择 .....	518
第二节 现场施工中的环境保护 .....	519
一、防治水污染 .....	519
二、防治空气污染 .....	520

三、防治噪声污染 .....	521
四、钻井液、钻屑及废油的处置 .....	521
五、完井后的场地管理 .....	522
六、法律责任 .....	522
第三节 环境监测 .....	522
一、监测站的装备 .....	523
二、井场监测 .....	524
第四节 浅海和滩涂钻井污染防治 .....	526
一、设备设施的配备要求 .....	526
二、防治污染记录要求 .....	526
三、环保岗位职责 .....	526
四、钻井施工中的防治污染工作 .....	526
五、试油作业的防污要求 .....	528
六、化学消油剂的使用 .....	528
七、海上溢油后的处置 .....	528
附录一 钻井废水治理报表 .....	529
附录二 钻井公司监测站水质监测综合台帐表 .....	530
附录三 完钻井环境保护交接书 .....	531
一、钻井前井场四周环境本底值 .....	532
二、交井时井场四周环境质量 .....	533
三、污染赔偿结算情况 .....	534
四、遗留问题及处理措施 .....	534
五、交接双方协议 .....	534
六、井场示意图及采样分布 .....	535
附录四 地面水环境质量标准(摘要) .....	536
附录五 生活饮用水水质标准(摘要) .....	537
附录六 农田灌溉水质标准(摘要) .....	539
附录七 渔业水域水质标准(摘要) .....	541
附录八 石油开发工业水污染物排放标准 .....	542
一、石油开发工业废水中有毒有害物质最高允许排放浓度 .....	542
二、石油开发工业废水中一般有害物质最高允许排放浓度 .....	542
附录九 海洋石油开发工业含油污水排放标准最高允许浓度值 .....	543
附录十 泥浆材料毒性级别分类(美国) .....	544
第十四章 钻井安全生产 .....	545
第一节 井位选择 .....	545
第二节 井场 .....	545
第三节 钻井设备基础的选择 .....	545
第四节 设备安装 .....	546
第五节 钻进和起下钻作业 .....	546
第六节 钻开油气层的安全工作 .....	546
第七节 五防工作 .....	546
附录 本手册所用常用许用单位和非许用单位换算表 .....	547

## 第十章 定向井

世界上第一口定向井是采用槽式斜向器定向造斜,于1932年在美国钻成的。半个多世纪以来,定向钻井技术水平有了很大提高。进入80年代,大位移、大斜度井、水平井和丛式井的钻井工艺技术有了飞速发展。为石油勘探和发展带来了巨大的经济效益。

我国定向钻井是新中国成立后才发展起来的。1955年在玉门油田钻成的C2-15井,是我国第一口定向井。之后,我国又钻成了数对双筒井,以及多底井,斜直井等。特别是1965年,钻成了我国第一口水平井——磨三井,水平位移延伸160m,达到了当时60年代水平井的世界先进水平。

70年代以后,我国的定向井、丛式井钻井技术得到了进一步的发展。进入80年代以来,在改革开放的形势下,随着先进的工具,仪器的应用和发展,定向井、丛式井钻井工艺技术水平达到了一个新的高度。钻成了一批大斜度井,大水平位移定向井。多数油田已掌握常规定向井、丛式井的钻井技术。高难度定向井、丛式井及救援井技术从总体上说已达到世界先进水平。

目前,世界上定向井最大水平位移已达4597m。水平井的水平延伸长度超过1000m。定向井技术正向着大水平位移井、水平井方向发展。

### 第一节 定向井、丛式井的设计

#### 一、专业名词

##### 1. 定向井 (Directional Well)

一口井的设计目标点,按照人为的需要,在一个既定的方向上与井口垂线偏离一定的距离的井,称为定向井。

##### 2. 井深 (Measure Depth)

井眼轴线上任一点,到井口的井眼长度,称为该点的井深,也称为该点的测量井深,或斜深。单位为“m”。

##### 3. 垂深 (Vertical Depth or True Vertical Depth)

井眼轴线上任一点,到井口所在水平面的距离,称为该点的垂深。通常以“m”为单位。

##### 4. 水平位移 (Displacement or Closure Distance)

井眼轨迹上任一点,与井口铅直线的距离,谓之该点的“水平位移”。也称该点的闭合距。其计量单位为“m”。

##### 5. 视平移 (Vertical Section)

水平位移在设计方位线上的投影长度,称为视平移。如图10-1所示, $\overrightarrow{OQ}$ 为设计方位线, $\overline{OT}$ 曲线为实钻井眼轴线在水平面上的投影,其上任一点P的水平位移为 $\overline{OP}$ ,以 $A_p$ 表示。P点的视平移为 $\overrightarrow{OK}$ ,其长度以 $V_p$ 表示。当 $\overrightarrow{OK}$ 与 $\overrightarrow{OQ}$ 同向时 $V_p$ 为正值,反向时为负值。视平移是绘制垂直投影图的重要参数。单位为m。

##### 6. 井斜角 (Hole Inclination or Hole Angle)

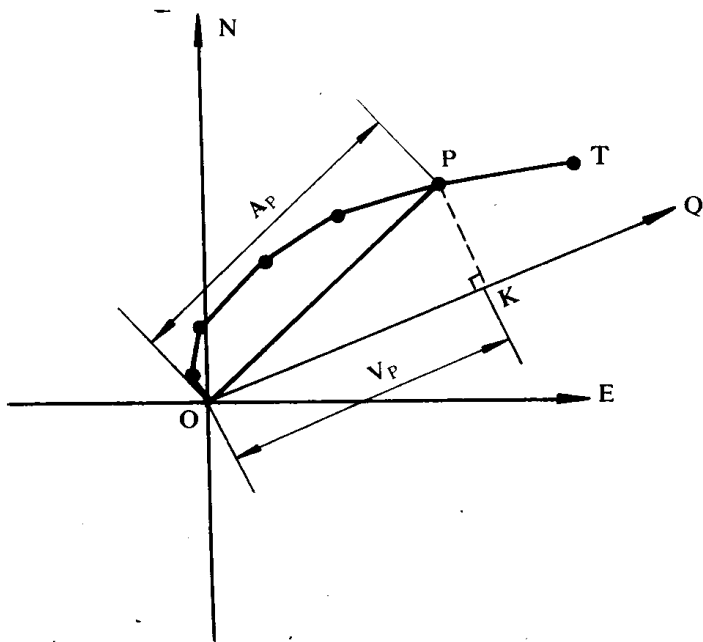


图 10-1

综上，无论设计剖面，还是实钻剖面，全井井斜角的最大值，称为该井的最大井斜角。

### 8. 方位角 (Hole Direction)

在以井眼轨迹上任一点为原点的平面坐标系中，以通过该点的正北方向线为始边，按顺时针方向旋转至该点处井眼方向线在水平面上的投影线为终边，其所转过的角度称为该点的方位角。以“度”表示。见图 10-2 (a)。

方位角还有另外一种表示方法。即：在井眼轨迹上任一点建立一个以该点为原点的水平面直角坐标系。该点处井眼方位线与正北方位线或正南方位线的夹角、称为该点的“方位角”，也称“井斜方位角”。这种表示方法，井斜方位角均不大于  $90^\circ$ ；如图 10-2 (b) 所示。

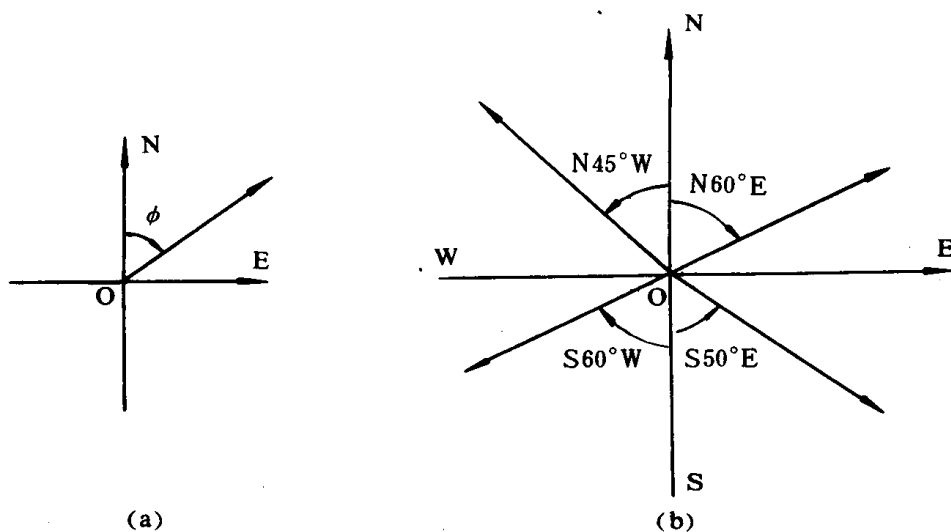


图 10-2 方位角表示法

### 9. 磁偏角 (Declination)

井眼轴线上任一点的井眼方向线，与通过该点的重力线之间的夹角，称为该点处的“井斜角”。以度为单位。

### 7. 最大井斜角 (Maximum Hole Angle)

“最大井斜角”有两种不同的意义。

对已钻成的实际井眼来说，全井所有的各个测点中，井斜角的最大值称为该点的“最大井斜角”。

在定向井的设计剖面中，其增斜井段的终止点处，井斜角值应该最大。这就是通常所说的“最大井斜角”。以“度”表示。

在某一地区内，其磁北极方向线与地理北极方位线之间的夹角，称为该地区的“磁偏角”。磁偏角的计量方法是以地理北极方向线为始边，以磁北极方向线为终边，顺时针为正值，逆时针为负值，转过的角度值即为磁偏角的数值。磁偏角的正值为东磁偏角，负值为西磁偏角。

#### 10. 磁方位校正

用磁性测斜仪测得的方位角称为磁方位角。它是以磁北方位线为基准的。由于大地磁场随着地理位置和时间在不断变化，所以需要以地理真北方位线为基准进行校正。这种校正称为磁方位校正。校正后的磁偏角计算方法是：磁方位角值加上该地区的磁偏角。

#### 11. 造斜点 (Kick Off Point)

在定向井中，开始定向造斜的位置叫“造斜点”。通常以开始定向造斜的井深来表示。

#### 12. 井斜变化率

单位井段内井斜角的改变速度称为“井斜变化率”。通常以两测点间井斜角的变化量与两测点间井段的长度的比值表示。常用单位是： $^{\circ}/10\text{m}$ ， $^{\circ}/25\text{m}$  和  $^{\circ}/100\text{m}$ 。

井斜变化率的公式如下：

$$K_{\alpha} = \frac{\Delta\alpha}{\Delta L} \times 100$$

式中  $K_{\alpha}$  —— 每 100m 井斜角变化率， $^{\circ}/100\text{m}$ ；

$\Delta\alpha$  —— 下测点井斜角，减去上测点井斜角的差值， $^{\circ}$ ；

$\Delta L$  —— 两测点间井段的长度，m。

#### 13. 方位变化率

单位井段内方位角的变化值，称为方位变化率。通常以两测点间方位角的变化量与两测点间井段长度的比值表示。常用单位有： $^{\circ}/10\text{m}$ ， $^{\circ}/25\text{m}$  和  $^{\circ}/100\text{m}$ 。

其计算公式如下：

$$K_{\phi} = \frac{\Delta\phi}{\Delta L} \times 100$$

式中  $K_{\phi}$  —— 方位变化率， $^{\circ}/100\text{m}$ ；

$\Delta\phi$  —— 两测点间方位角变化值。即下测点减去上测点方位角差值， $^{\circ}$ 。

#### 14. 造斜率

造斜率表示了造斜工具的造斜能力。其值等于用该造斜工具所钻出的井段的井眼曲率。不等于井眼变化率。

#### 15. 增(降)斜率

指的是增(降)斜井段的井斜变化率。其井斜变化为正值时为增斜率。负值为降斜率。

#### 16. 全角变化率 (Dogleg Severity)

“全角变化率”，“狗腿严重度”，“井眼曲率”，都是相同的意义。指的是在单位井段内井眼前进的方向在三维空间内的角度变化。它即包含了井斜角的变化又包含着方位角的变化。其计量单位为： $^{\circ}/25\text{m}$ 。

其计算方法为：

$$K = \sqrt{\left(\frac{\Delta\alpha}{\Delta L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta\phi}{\Delta L}\right)^2 \sin^2\left(\frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}\right)} \times 25$$

式中  $\alpha_1$  —— 井段上端点处井斜角,  $^\circ$ ;  
 $\alpha_2$  —— 井段下端点处井斜角,  $^\circ$ ;  
 $\Delta\alpha = \alpha_2 - \alpha_1$ ;  
 $\Delta\phi$  —— 该井段内方位角的变化值,  $^\circ$ ;  
 $\Delta L$  —— 该井段内的长度, m;  
 $K$  —— 全角变化率,  $^\circ/25\text{m}$ 。

### 17. 增斜段

井斜角随井深增加的井段, 称增斜段。如图 10-3 所示。

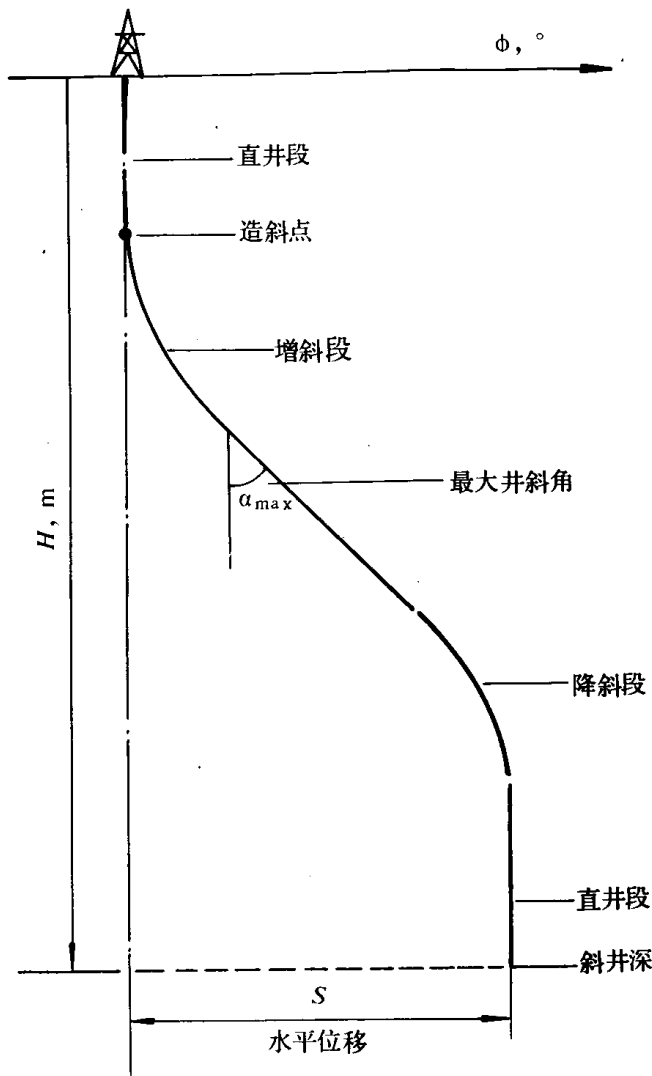


图10-3 定向井剖面专业术语

### 24. 反扭角

使用井底马达带弯接头进行定向造斜或扭方位时, 动力钻具启动前的工具面与启动后且加压钻进时的工具面之间的夹角, 称为反扭角。反扭角总是使工具面逆时针转动。

### 24. 高边 (High Side)

### 18. 稳斜段

井斜角保持不变的井段, 称为稳斜段。

### 19. 降斜段

井斜角随着井深的增加而逐渐减小的井段称为降斜段。

### 20. 目标点 (Target)

设计规定的、必须钻达的地层位置, 称为目标点。通常是以地面井口为坐标原点的空间坐标系的坐标值来表示。

### 21. 靶区半径

允许实钻井眼轨迹偏离设计目标点的水平距离, 称为靶区半径。

所谓靶区, 就是在目标点所在的水平面上, 以目标点为圆心, 以靶区半径为半径的一个圆面积。靶区半径的大小, 根据勘探开发的需要或钻井的目的而定。

### 22. 靶心距

在靶区平面上, 实钻井眼轴线与目标点之间的距离, 称为靶心距。

### 23. 工具面 (Tool Face)

在造斜钻具组合中, 由弯曲工具的两个轴线所决定的那个平面, 称为工具面。



定向井的井底是个呈倾斜状态的圆平面。称为井底圆。井底圆上的最高点称为高边。从井底圆心至高边之间的连线所指的方向，称为井底的“高边方向”。高边方向上的水平投影称为高边方位。即井底的方位。

## 26. 工具面角 (Tool Face Angle)

工具面角是表示造斜工具下到井底后，工具面所在的位置的参数。工具面角有两种表示方法：一种是以高边为基准 (High Side Mode)，一种是以磁北为基准 (Magnetic Mode)。

高边基准工具面角，简称高边工具角。是指高边方向线为始边，顺时针转到工具面与井底圆平面的交线上所转过的角度。

由于高边方向线在水平面上的投影，即为井底方位线，所以，若以正北方位线为始边，顺时针转到井底方位线上所转过的角度，即为井底方位角。

磁北基准工具面角(简称磁北工具面角)，等于高边工具面角加上井底方位角。

## 27. 定向角

定向角是定向工具面角的简称。在定向造斜或扭方位钻进时，当启动井下马达之后，工具面所处的位置，用工具面角表示，即为定向工具面角。

定向角可用高边工具面角表示。也可用磁北工具面角表示。

定向角与我国的现场常用的“装置角”词，意义和计算方法均相同。

在定向造斜或扭方位之前，根据定向造斜或扭方位的要求，计算出所需要的定向角，这是预计的定向角。在实钻的过程中，由于各种因素的影响，实际的定向角与预计的定向角不一定完全相符。在使用随钻测斜仪器的情况下，可以调整工具面，使实钻定向角与预计定向角基本相符。

## 28. 安置角 (Tool Face Setting)

安置角是安置工具面角的简称。在定向造斜和扭方位钻进时，当启动井下动力钻具之前，将工具面安置的位置，以工具面角表示，即为安置工具面角。

安置角在数值上，等于定向角加反扭角。

安置角、定向角、反扭角以及井底方位角之间的关系可用图 10-4 所示。

## 二、设计依据

### 1. 钻定向井的目的

定向井、丛式井设计首先要保证实现钻井目的。这是定向井设计的主要依据和基本原则。设计人员应根据不同的钻探目的对设计井的井身剖面类型、井身结构、泥浆类型、完井方法等进行合理设计。以利于安全、优质、快速钻井。定向钻井的应用范围见图 10-5。

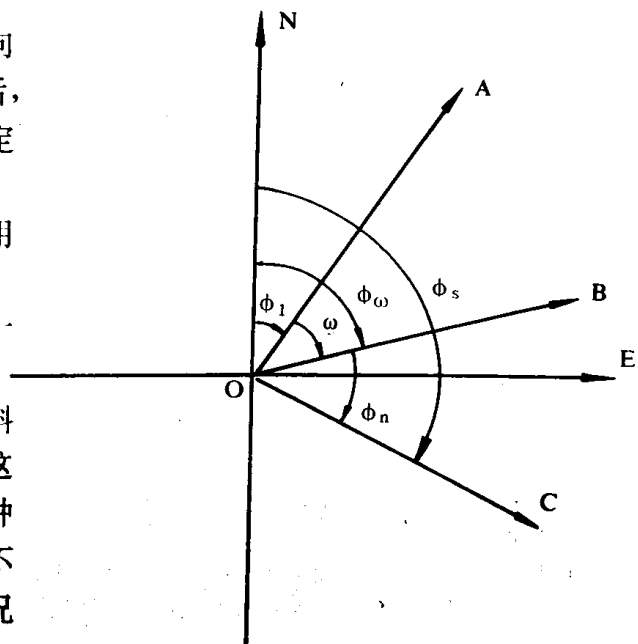


图 10-4 井眼方位角、安置角、定向角示意图

$\vec{ON}$ —正北方位线； $\vec{OE}$ —正东方位线； $\vec{OA}$ —井底井斜方位线，即高边方位线； $\vec{OB}$ —造斜工具定向方位线； $\vec{OC}$ —造斜工具的安置方位线； $\phi_1$ —井底井斜方位角； $\omega$ —高边基准的定向角(俗称装置角)； $\phi_\omega$ —磁北基准的定向角； $\phi_n$ —反扭角； $\phi_s$ —安置角。