

钻孔弯曲测量

第二版

肖圣泗等 编著

地质出版社

钻孔弯曲测量

第二版

肖圣泗等 编著

地质出版社

钻孔弯曲测量

第二版

肖圣泗等 编著

*

责任编辑：李顺昌

地质出版社出版发行

(北京和平里)

地质出版社印刷厂印刷

(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：13.75 字数：360000

1989年10月北京第一版·1989年10月北京第一次印刷

印数：1—2060册 国内定价：7.60元

ISBN 7-116-00473-4/P·399

序 言

地质勘探钻孔的弯曲，是长期以来困扰钻探工作者的重大技术问题之一。弯曲的钻孔其后患无穷，使钻进速度明显降低，钻具严重磨损，功率消耗陡然增高，钻探工程质量下降，最为严重的是不能在预先设计的中靶点穿过矿体，导致歪曲矿体形态，影响矿产储量计算的准确性，甚至报废钻孔，造成人力、物力、财力的极大浪费。

测量钻孔弯曲度，即按钻孔定距离或随钻测量钻孔顶角（或倾角）、方位角，是监测钻孔轨迹延深状态，以三维空间概念随时了解钻孔行进轨迹的唯一措施与方法。

《钻孔弯曲测量》一书自一九七八年出版，一九八三年重印以来，已销售一空，其所以能保持了经久不衰的生命力，主要来自本书自身的理论性、实用性、以及启发性。

当今，世界科学技术已进入了一个以信息革命为中心的新时代，钻探工程的基础理论、应用技术也纷纷以新理论、新技术、新材料予以引用和推进，自然地质钻探钻孔的测量方法，仪器、测量技术也随之大大演进与提高，有的已达到相当程度的高精尖水平。为此，对原书作若干修改、完善，以满足现代读者的需求是完全必要的。

原作者肖圣泗、刘同庆等工程师是富有多年实践经验的测斜专家；于如琰、陆孝金、杜其执等工程师是钻孔测量仪器的制造专家，他们通力合作，结为一体，编成此书，完全以国产仪器为主体，以我国钻探工程师创建或引进的新理论为基础，因此，原书具有浓郁的中国特色。

新的修订本又约请了一批中年测斜专家，如汤国起、华信诚、朱诚仁、张连山、郭光钧、吴鲁沂等同志，参加编写了一批

新仪器、新内容，特别是关于定向钻探随钻测斜、岩心定向等方面的新理论、新仪器，将使本书更臻完善。特写序言，以兹祝贺本书修订本再版。

刘广志

前 言

《钻孔弯曲测量》于1978年出版，1983年重印。发行以来，深受读者欢迎。随着科学技术的进步和经济建设的发展。新的钻孔弯曲测量方法与测量仪器不断涌现，原有的钻孔弯曲测量方法与测量仪器，经生产实践的检验，有的难以推广应用，不能适应生产发展的需要。为此，本着更新、充实、提高和实用的原则对原书进行了修订，以满足广大勘探技术工人和技术人员掌握新的钻孔弯曲测量技术，做好钻孔弯曲测量工作的需要。

新书修订为十章。第一章概述了钻孔的类型，钻孔弯曲的原因、危害和测量的目的、意义与要求，及钻孔轴线空间角度的形成基本原理。第二至第八章是按确定钻孔顶角和方位角的方法原理，测量仪器的结构及操作使用过程，将国产全部测斜仪器由简到繁、从粗至精分成七个类型、即二、三、四、五、六、七、八章。每一类型（章）择取当前具有代表性的测斜仪器，结合生产实践操作应用，来介绍该类型的测量方法原理与仪器结构，以期举一反三，达到通晓该类型仪器的目的。第九章介绍了与钻孔弯曲测量相关的孔内定向标记方向测量方法、原理及测量器具，供定向钻探、定向取心、定向器具测量等工作应用参考。第十章介绍了钻孔弯曲测量质量、安全等措施、及其测量资料的整理方法与生产应用。旨在注视测量质量与安全、明确测量的目的与意义。

原版书由肖圣泗、刘同庆、周仕伦、杜其执、陆孝金、于福卿、于如璉、俞炳华等编写。新书在原版内容的基础上进行修订。修订编写工作仍由肖圣泗担任主编。其中：第三章的二、三节、第四章的一、二、三节、第七章的二节由陆孝金编写；第三章的四、五、六节、第六章的一节、第九章的三、五、六节、第十

章的二节由汤国起编写；第八章的二节由于如琰编写；第五章的二、三节由朱诚仁编写；第五章的一节由肖圣泗、华信诚合写；第八章的三节由张连山编写；第八章的四节由郭光钧编写；第六章的二节由吴鲁沂编写。其余章节和绪言、附录由肖圣泗编写。

本书在修订过程中，承地矿部探矿工艺研究所和上海地质仪器厂等单位大力支持和协助，并承中国地质学会探矿工程专委会主任、地矿部成果评委会副主任刘广志高级工程师作序，李砚藻教授进行了审查，提出了不少修改意见，在此，一并致谢。

《钻孔弯曲测量》编写组

目 录

绪 言	1
第一章 概述	7
第一节 钻孔类型与形态	7
第二节 钻孔弯曲的原因	10
第三节 钻孔弯曲的危害	12
第四节 钻孔弯曲测量的意义与要求	14
第五节 钻孔弯曲测量的方法原理	17
一、顶角的测量	17
二、方位角的测量	20
第二章 简易测斜器	27
第一节 氢氟酸测斜	27
一、顶角的测量	27
二、顶角的校正	28
三、顶角计算值查对表	30
四、氢氟酸测顶角注意事项	30
五、方位角的测量	41
第二节 虹吸测斜器	43
一、工作原理	43
二、仪器结构	43
三、操作使用注意事项	44
第三节 自检式机械测斜仪	47
一、仪器的结构及工作原理	47
二、仪器的使用	51
三、仪器的基本参数	51
第三章 磁针罗盘式测斜仪	56
第一节 测量方法原理	56

第二节 KXP-2型小口径罗盘测斜仪	53
一、主要技术特性	58
二、仪器结构及工作原理	58
三、仪器的使用与注意事项	61
四、仪器故障及修理	62
第三节 JXY-2型罗盘测斜仪	66
一、主要技术特性	66
二、仪器结构及工作原理	66
三、仪器故障及修理	69
第四节 XDC型小顶角测斜仪	70
一、主要技术指标	70
二、仪器结构及工作原理	70
三、仪器使用步骤	73
四、注意事项	74
第五节 XJS-35型小口径水平钻孔测斜仪	75
一、主要技术指标	75
二、仪器的结构及工作原理	75
三、仪器的使用操作方法	77
第六节 YZP-1型定时钟	78
一、主要技术指标	79
二、部件组成及结构原理	79
三、拆装与调整	89
四、故障与维修	92
第四章 磁针电测式测斜仪	98
第一节 测量方法原理	98
一、测量电路原理	98
二、顶角测量	100
三、方位角测量	101
第二节 KXP-1型轻便测斜仪	101
一、主要技术指标	101
二、仪器的结构	102
三、仪器的线路	108

四、仪器的使用	111
五、仪器的检修	113
第三节 JJX-3型井斜仪	119
一、主要技术指标	119
二、仪器结构	120
三、仪器操作使用和维修	128
第四节 JX641G-A井斜仪	130
一、主要技术性能	131
二、仪器的结构与工作原理	131
三、使用方法	134
第五章 照相测斜仪	136
第一节 单点照相测斜仪	136
一、仪器的结构原理	137
二、仪器的技术指标 (ZJX74型)	143
三、有关的附属工作	143
四、仪器的应用操作	147
第二节 多点照相测斜仪	148
一、概况	148
二、仪器的功能和特点	149
三、仪器的主要技术参数	149
四、仪器结构和测量原理	150
五、仪器的操作与使用的注意事项	158
第三节 感光记录测斜仪	161
一、主要技术指标	162
二、仪器的结构	162
三、操作使用方法	168
四、故障与维修	169
第六章 磁敏元件式测斜仪	171
第一节 TYCX-2型测斜仪	171
一、主要技术指标	172
二、工作原理	173
三、操作使用	188

四、注意事项	189
五、测斜仪校验和调整	190
第二节 小口径五分量测井测斜仪	192
一、仪器主要技术指标	193
二、仪器原理	194
三、井下仪的结构	195
四、方位角和顶角计算原理及公式	199
五、测量方法	204
六、误差范围的估计	205
第七章 环测导向式测斜仪	207
第一节 环测法的工作原理	207
第二节 JXK-2型小口径测斜仪	210
一、主要技术指标	211
二、仪器的结构和工作原理	211
三、仪器线路分析	220
四、测量程序及方法	224
五、常见故障修理	233
第三节 JDP-1型定盘式测斜仪	237
一、结构与测量原理	237
二、测量程序	240
三、仪器的维修	242
第八章 陀螺定向测斜仪	244
第一节 陀螺定向基本原理	244
第二节 KXT-1型陀螺测斜仪	248
一、用途	248
二、主要技术特性和参数	249
三、仪器的工作原理	249
四、方位陀螺仪的修正方法	251
五、仪器的总体结构	256
六、仪器的电路原理	260
七、400Hz变流器线路原理	265
八、仪器使用说明	271

九、仪器的检修及其保养	276
十、辅助件的结构说明	285
第三节 TZX-43.5型小口径陀螺照相测斜仪	287
一、主要技术特性	287
二、主机组成及其基本工作原理	288
三、陀螺定向仪	289
四、角度指示器	291
五、自动照相机	293
六、陀螺仪电源	297
七、定时电子钟	302
八、地面指挥表	306
九、主机总体设计	310
十、测得数据处理	316
十一、使用方法及说明	318
十二、维护和一般检修	322
第四节 JDT-3A型陀螺测斜仪	323
一、两个坐标系	324
二、整套仪器组成	325
三、仪器工作原理	327
四、仪器主要技术性能	329
第九章 孔内定向标记方向测量	331
第一节 测量方法原理	331
第二节 KD-1型照相定向仪	333
一、岩心定向	333
二、造斜器定向	337
三、定位座定向	337
第三节 KDJ-1型磁性定向仪	339
一、用途	339
二、主要技术性能	340
三、结构及工作原理	340
四、地表精度校验	346
五、使用方法和注意事项	348

第四节 陀螺定向仪	352
第五节 BD-14摆锤式定向仪	355
一、用途	355
二、主要技术性能	355
三、结构及工作原理	356
四、使用方法	360
五、操作与维护注意事项	363
第六节 ZS-1型随钻定向监测仪	366
一、用途	366
二、主要技术指标	366
三、仪器工作原理及结构简述	367
四、仪器使用方法	369
五、注意事项	371
第十章 测斜工作质量与安全及测斜资料的整理与	
应用	372
第一节 钻孔弯曲测量仪器的校验	372
第二节 孔内测量误差的产生与消除	376
一、仪器轴线与钻孔轴线不一致	377
二、磁性体对磁针定向的影响	381
第三节 测斜孔内事故的预防与处理	391
一、孔内事故的预防	391
二、孔内事故的处理	393
第四节 测斜资料的整理与应用	395
一、资料编录	395
二、资料应用	396
参考文献	414
附录一 常用一般工具一览表	416
附录二 常用电缆一览表	416
附录三 常用钢丝绳一览表	417
附录四 国外测斜仪一览表	418
附录五 国内测斜仪一览表	422

绪 言

钻孔在地下空间的位置与形态,是根据地质和工程的要求进行设计的,其钻孔轴线,一般设计成空间直线型的垂直或倾斜孔,也有设计成空间曲线型的定向孔。无论何种线型,它们在地下空间都有一定的线型轨迹。在钻探施工中,由于地质和工艺等因素,其实际钻孔轴线,往往不同程度地偏离原设计钻孔轴线的轨迹,各个孔段出现顶角增大或减小和方位角增大或减小的情况,从而改变了原设计的轨迹和形态,这种现象就叫钻孔弯曲。运用不同的测量方法和测量仪器,测定出实际施工钻孔轴线在地下的空间坐标位置,确定其空间形态。这一实践过程就是钻孔弯曲测量,简称“测斜”。

钻孔弯曲测量工作,是在地质勘探事业的发展进程中,人们对钻孔弯曲给地质、钻探带来危害的认识逐步深化,特别是随着定向钻探技术工作的发展,深感钻孔不测斜,无法正确指导钻探施工的顺利进行,更严重的是不能真实反映矿体的形位,影响矿产储量的准确计算与矿区的正确评价。因而,钻孔弯曲测量是必不可少的重要工作。

钻孔弯曲测量技术的发展与水平,同本国的科学技术进步速度有密切的关系。同时也与石油钻探技术的发展有关,定向钻探离不开测斜,定向钻探技术又是最先应用于石油钻井。在国外某些国家,钻探的历史不长,但由于工业建设发展迅速,科学技术进步较快,石油开发起步较早。从而,其测斜技术的发展迅速,水平也较高。如美国在1895年,油井施工已有不定向的偏斜钻进作业;1924年创造了安德森(Anderson)定向法;1930年左右发明了单点测斜仪;随后单点、多点磁针式照相测斜仪以及陀螺测斜仪的各种规格型号先后问世。苏联十月革命后,在大力发展工

业建设中,地质、石油勘探事业突飞猛进,随之定向钻探技术日新月异,新的测斜方法与测斜仪器相继出现,其仪器的品种、规格、型号不胜枚举。从事该项技术的研究单位和个人也很多。

我国钻探具有悠久的历史,远在公元前的221年间,就开始用冲击法钻凿盐井和天然气井。唐朝最盛时期,钻井达万口。清朝最深井达1067m。解放前,进口国外钻探设备,采用迴转钻进方法而开动的钻机极少,钻探工作量也不多、钻探技术也十分落后,生产效率低、质量差,测斜工作从未开展,实际空白。

解放后,随着国民经济建设发展的需要,地质勘探事业要相应发展,钻孔弯曲测量工作逐渐引起重视,从而不断得到发展和提高。我国的地质岩心钻探测斜工作,1953年首先在白云鄂博、大冶、铜官山、庞家堡、白银厂等矿区使用氢氟酸测量钻孔顶角。1954年在白云鄂博磁铁矿区应用钻杆地面定向方法,测量了钻孔方位角和顶角。测量结果,经穿越钻孔的坑道验证,所见钻孔的倾斜方位与倾斜角度同测量数据基本一致。首次为我国地质勘探编写地质报告计算矿产储量,提供了全面的孔斜资料。

1955年应用从苏联进口的包良可夫和依斯2型磁针电测式测斜仪,在山西中条山等非磁性矿区测量钻孔的顶角和方位角。国外的孔斜全测仪器开始应用推广于我国钻探生产。

1956年后,国产的测斜仪相继出现。上海景华仪器厂试制出JXY-1型罗盘测斜仪,上海中国仪器厂试制出JJX-1型井斜仪,先后分别在野外地质队使用。1959年上述两厂合并成上海地质仪器厂,诞生了我国第一家地质仪器专用设备制造厂。它承担了测斜专用仪器设备的设计制造生产任务。该厂在原来试制两种测斜仪技术的基础上,总结了各方面的经验,修改了原设计,于60年代初,先后生产了JXY-2型罗盘测斜仪, JJX-2型井斜仪及JJG-1型测斜仪校验台。同时又根据吉林冶金地勘公司于1958年研制成功的定盘式测斜仪,作了某些改进和完善,生产了JDP-1型定盘式测斜仪应用于磁性矿区的钻孔测斜。70年代,该厂除在原有的两种电测仪结构上进行改进,生产了JJX-3型井斜仪外,先

后设计制造生产了多种型号的磁性钻孔测斜仪。即JDL-1型大口径陀螺测斜仪, JXC-1型磁性钻孔测斜仪, JDT-2型冻结孔陀螺测斜仪, JXK-1型磁性钻孔测斜仪, 分别在野外地质队应用。与此同时, 该厂为配合小口径金刚石钻探技术的推广, 在非磁性钻孔测斜方面: 74年该厂与西南地质科研所协作, 首次研制了JXX-1型小口径($\phi 46\text{mm}$)测斜仪, 随后该厂相继研制了JGC-40型感光记录测斜仪。在磁性钻孔测斜方面: 研制了JDL-50型陀螺测斜仪。80年代, 该厂又先后设计制造生产了KXP-1型轻便小口径测斜仪、KXP-2型小口径罗盘测斜仪、KD-1型单点照相测斜仪、KXX-1型多点照相测斜仪以及KXT-38型小口径陀螺测斜仪。截至目前止, 该厂生产的测斜仪器型号达二十个。其中磁针式测斜仪八个, 环测导向式测斜仪三个, 照相感光测斜仪三个, 陀螺测斜仪五个。销售的测斜仪达八千余台。其中磁针式测斜仪达七千余台, 环测式测斜仪一千三百余台, 陀螺式测斜仪三百五十余台, 其它测斜仪数十台。

此外, 北京地质仪器厂与勘探技术研究所协作, 研制了JXT-1型小口径陀螺测斜仪。陕西渭南煤矿专用设备厂, 先后研制了TYX-1型和TYCX-2型测斜仪。西安石油仪器厂为石油钻探深井和超深井测斜, 先后生产了SJX77型、SSJX77型、JX641G型电测仪。以及ZJX74型单点照相测斜仪。辽宁冶金机械仪器厂, 先后生产了XJL-42型、XJD-45型测斜仪和XJS-36型小口径水平钻孔测斜仪。

近期, 冶金探矿技术研究所, 研制了陀螺照相测斜仪。它的特点是用感光胶片记录测量数据, 用钢丝绳联结仪器下井, 取缔了电缆。煤炭科学院建井研究所, 研制了JDT-3A型陀螺测斜仪。该型仪器采用了先进的电子技术和微机处理系统, 能连续也能点测钻孔的顶角和方位角, 并能自动打印记录测量数据, 还可描绘出钻孔弯曲曲线型轨迹。为我国测斜自动化开创了新途径。

同测斜紧密相关的孔内定向标记方向测量仪器。近些年来, 也有所发展。探矿工艺研究所与上海地质仪器厂协作, 研制了

KD-1型岩心定向仪，它具有随钻定向取心和测斜的功能。该所还为定向测量研制了KDJ-1型磁性定向仪和BD-14摆锤式定向仪。勘探技术研究所研制了YS-1型随钻监测仪，并具有测量井温的功能。还研制了ZS-1型随钻监测仪，DD-1型单点定向仪。

以上这些仪器都是经过正式技术鉴定应用于生产的。还有不少仪器未经鉴定，不再一一列举。前述事例说明，30余年来，我国自行设计生产的测斜仪器，是从零起步。数量上从无到有；使用范围从点到面；质量上从粗到精。亦即是由低级到高级的一段发展过程。

在测斜仪器发展过程的同时，从事钻孔弯曲工作的科研、生产工程技术人员队伍，其人数越来越多，素质也越来越高。我国有关探矿研究所，大都设有孔斜研究专题组，专门从事测斜方法和测斜仪器的研究。走队、厂、所三结合道路、共同协作研制测斜仪器，丰富了实践知识，也提交了较高水平的科研成果。我国地质院校探工专业，在教学内容上，有关钻孔弯曲测量方法和仪器的资料日渐丰富和充实。给学生奠定了这方面的基础。更重要的是地质部探矿司，为提高野外队工程技术人员和钻工的技术水平，在不同时期，先后在浙江绍兴、河北正定、江苏东海、上海安亭等地分别举办了不同内容的短期测斜训练班。地质出版社为总结我国建国以来钻孔弯曲测量技术，更好地指导钻探施工生产，首次出版了《钻孔弯曲测量》一书。现为了提高该书的质量和充实新的内容，再进行修订。书中论述了钻孔弯曲测量的目的和意义、及其国产各种测斜仪的结构原理和使用维修方法。为广泛交流测斜技术推广新的测斜仪器，全国各地，多次召开专门的孔斜与测量经验交流会。“探矿工程”、“地质与勘探”等刊物，不断刊登国内、外有关测斜方面的文章，互通了情报讯息。所有这些都是促进我国钻孔弯曲测量技术迅速发展的重要因素。

三十余年来，我国地质岩心钻孔弯曲测量技术，发展迅速，成绩显著，促进了钻孔质量的提高。当前的测斜方法，以及仪器的品种、规格、型号和数量较多，基本上能满足目前常规钻探生