

金刚石钻探手册

DIAMOND DRILLING HANDBOOK

刘广志 主编

地质出版社

金 刚 石 钻 探 手 册

DIAMOND DRILLING HANDBOOK

刘广志 主编

地 质 书 局 社

编 者 的 话

1989年是中华人民共和国建国四十周年，又适逢解放后我国地质系统组建的第一支钻探队伍建立四十周年，大家深感欢欣鼓舞。一批钻探界的专家们在年初的一次聚会中，倡议编著一部具有我国特色的《金刚石钻探手册》，并拟约我为主编。面对这一倡议，我浮想联翩。出于对我国地质钻探事业的深切热爱，出于这一批专家与我同舟共济近30多年，以及为我们共同事业奋斗的专家们积累起来的丰厚理论知识和经验，我慨然支持了这一倡议，并愿为撰写这部手册效微薄之力。

其后，为了发挥更多专家的特长，又增约了几位参加到这个写作班子中来。分工后就立即动笔。当年9月陆续交出了草稿，经过几番修饰及图件清绘加工，在同年12月底就完成了初稿。由于分工恰当，基本上发挥了各位专家的技术特长。由于专家们多年从事这方面的技术工作，都各自积累了大量的技术资料，所以“写来全不费功夫”。这是得以在短期内完成这部繁浩著作的根本原因。可以说，这本工具书是大家共同努力奋斗、精诚合作的结晶。

对这部《手册》，大家曾商定了几点著作原则，即指导思想。其一，必须以反映我国的金刚石钻探成就为主，兼容国外的先进经验。其二，它既是一部钻探工程师案头参阅的“工具书”；又兼具教师、学生和技术人员的参考书和辅导教材的作用。各章节编著的内容基本上遵循了这两条原则。各章节内容的容量未尽强求一致。这是由于各章的性质迥异；还由于其资料对推动钻探事业的重要性不同，有些技术发展进程的宝贵历史资料也有必要向后来者提供。

作者、编者都付出了辛勤劳动。此外，勘探所绘图组的李祖

浩、马守平、赵玉梅等制图专家们也为本手册亲自动手绘制图件，翻拍照片，对装饰手册版面付出了辛勤劳动，作者与编者向他们致以深切的谢意。

本手册撰写人分别为：第一章，刘广志；第二章，叶玉屏；第三章，赵尔信；第四、六章，罗伟棠；第五章，卓国基；第七章，李振亚、相重琨；第八章，施大钧；第九章，白继胜；第十章，倪麟祥、刘家孝；第十一章，耿瑞伦；第十二章，王人杰；第十三章，周铁芳、江天寿；第十四章，左汝强；第十五章，汤松然；第十六章，汪仲英；第十七章，李砚藻；第十八章，鄢泰宁；第十九章，戴智长、王宜笃。

还应真诚坦率地向读者承认，人的知识领域，思维能力终究是有限的，文中谬误之处在所难免，望您批评指正。

编 者

1989年12月31日

目 录

第一章 钻探史话	1
第一节 中国古代钻探史话	1
一、中国古代盐井钻凿技术发展的三个阶段	1
二、清代（1644—1910年）的深井记录	15
三、中国古代钻探史话主要大事记	16
第二节 近代金刚石钻探简史	20
第三节 新中国金刚石钻探发展概况	30
一、中国硬至坚硬岩石用钻探磨料变革经历的四个阶段	30
二、金刚石钻探发展的大事年表	31
三、金刚石钻探的主要成就与收获	33
参考文献	38
第二章 金刚石	40
第一节 金刚石的分类	40
一、天然金刚石	40
二、人造金刚石	41
第二节 金刚石的化学成分、晶形和性质	42
一、金刚石的化学成分	42
二、金刚石的晶形	43
三、金刚石的性质	44
第三节 天然金刚石的品级和粒度	52
一、天然金刚石的分级依据	52
二、各国（公司）钻探用天然金刚石分级概况	53
三、我国钻探用天然金刚石分级情况	53
四、钻探用天然金刚石品级举例	55
五、钻探用天然金刚石粒度	57
第四节 人造金刚石的品级与粒度	60

一、人造金刚石品级	60
二、人造金刚石粒度	64
第五节 钻探用聚晶和复合片	68
一、聚晶烧结体	68
二、金刚石复合片	72
第六节 其它超硬材料	77
第七节 金刚石性能检测	80
一、天然金刚石检验	80
二、人造金刚石检验	81
三、人造金刚石聚晶和复合片耐磨性检测	81
第八节 金刚石的预处理方法	83
一、金刚石的整粒处理	84
二、浑圆化处理	84
三、抛光处理	86
四、金属镀膜处理	87
第九节 人造金刚石的合成方法	87
一、几种合成方法简介	87
二、常用的单晶、聚晶和复合片的合成	88
参考文献	91
第三章 金刚石钻头的设计	92
第一节 金刚石钻头的唇部造型	92
第二节 金刚石钻头胎体性能与岩石物理力学性 质的关系	98
一、胎体硬度	99
二、胎体抗冲蚀性	99
三、胎体耐磨性	109
四、胎体的热性能	112
五、胎体的抗冲击韧性	114
六、胎体的抗弯强度	115
七、胎体的密度	116
八、胎体对金刚石的包镶能力	117
第三节 金刚石钻头胎体中金刚石参数的设计	118

一、金刚石在胎体中的浓度(密度)	119
二、金刚石的粒度	121
三、金刚石的质量	124
四、金刚石的出刃	125
五、金刚石在胎体上的排列	126
六、金刚石在钻头保径层的排列	130
第四节 金刚石钻头的水路系统	133
一、钻头的水力学参数	133
二、钻头的水路设计	137
参考文献	144
第四章 金刚石钻头	146
第一节 金刚石钻头分类	146
一、按用途分类	146
二、按金刚石镶嵌形式分类	147
三、按金刚石磨料分类	148
第二节 地质(矿山)金刚石钻头系列品种	148
一、我国地质(矿山)钻头品种代号	148
二、单管金刚石钻头	150
三、普通双管金刚石钻头	151
四、绳索取心金刚石钻头	159
五、底喷式金刚石钻头	165
六、金刚石全面钻头	167
七、水力反循环金刚石钻头	168
八、新型金刚石切磨材料钻头	170
九、经济钻头	174
十、特种专用金刚石钻头	175
第三节 石油金刚石钻头	178
一、石油金刚石全面钻头	178
二、石油金刚石取心钻头	180
第四节 大直径工程地质金刚石钻头	183
一、工程地质金刚石钻头系列	183
二、大直径工程地质金刚石钻头品种	183

第五节 薄壁金刚石工程钻头	188
一、薄壁金刚石钻头的用途	188
二、薄壁金刚石钻头规格系列	190
三、薄壁金刚石钻头及其连接	190
参考文献	196
第五章 金刚石扩孔器	197
第一节 常规金刚石扩孔器	198
一、按用途分类	198
二、按磨料分类	201
三、按镶嵌金刚石的方式分类	201
四、按胎体形状分类	202
第二节 专用金刚石扩孔器	205
一、大直径扩孔器	205
二、特殊类型扩孔器	205
第三节 金刚石扩孔器的制造工艺及质量检验标准	208
一、扩孔器的制造工艺	208
二、扩孔器的质量检验标准	210
第四节 国外扩孔器系列	211
一、公制系列标准	211
二、美国UCDMA (金刚石岩心钻机制造商协会) 标准	212
三、苏联金刚石钻头和扩孔器	213
参考文献	216
第六章 金刚石钻头制造工艺	217
第一节 金刚石钻头制造法	217
一、金刚石钻头制造方法的分类	217
二、金刚石钻头制造工艺流程	220
三、各种金刚石钻头制造法的选择原则	220
第二节 金刚石钻头制造的原理与应用	223
一、金刚石钻头制造的原理与特点	223
二、钻头制造方法的合理选择	232
第三节 金刚石钻头的质量控制	233

一、金刚石钻头质量控制的主要内容	233
二、胎体与岩层适应性的控制	236
三、钻头力学性能的控制	241
四、钻头模具尺寸的控制	246
第四节 胎体性能测试与钻头成品检查	248
一、胎体耐磨性测试	248
二、胎体抗冲蚀性测试	250
三、线膨胀系数测试	251
四、胎体抗弯强度的测试	252
五、胎体冲击韧性的测试	253
六、胎体与钢体粘结牢度的扭力试验	253
七、胎体密度检测	254
八、金相检查	255
九、钻头成品检查	256
第五节 金刚石的回收	258
一、酸蚀法	258
二、电解法	260
参考文献	261
第七章 金刚石钻探设备	263
第一节 金刚石岩心钻机	263
一、对金刚石岩心钻机性能的要求	263
二、目前几种类型的金刚石钻机分析比较	263
三、液压立轴式高速金刚石岩心钻机简介	266
四、其它类型金刚石钻机简介	313
五、国外部分液压立轴式金刚石岩心钻机	326
六、国外部分全液压动力头金刚石岩心钻机	326
第二节 金刚石钻探用泥浆泵	326
一、金刚石钻探对泥浆泵的要求	326
二、国内金刚石钻探用的泥浆泵简介	327
三、金刚石钻探用的泥浆泵简介	327
四、金刚石钻探用泥浆泵的维护保养	343
五、国外部分金刚石钻探用泥浆泵	346

参考文献	346
第八章 金刚石钻探管材、钻具与附属工具	347
第一节 金刚石钻探管材规格系列及其螺纹	347
一、金刚石钻探管材规格系列	347
二、金刚石钻探管材螺纹	347
第二节 钻具	354
一、钻杆	354
二、岩心管	362
三、套管	362
四、金刚石岩心钻探钻具级配系列图示及综合表	364
五、国外标准	364
六、取心钻具	370
第三节 附属专用工具	389
一、提引工具	389
二、拧卸工具	390
三、打捞工具	392
四、其它专用工具	393
参考文献	394
第九章 金刚石钻进原理与岩石可钻性分级	395
第一节 金刚石钻进的基本原理	395
一、外载在压力接触面上的分布及岩石内部的应力状态	395
二、岩石在外载作用下的变形特征	399
三、金刚石的钻进原理	400
第二节 影响金刚石钻进效率的岩石性质及其测量	402
一、岩石硬度及其测量	403
二、岩石的单轴抗压强度	406
三、岩石的弹性和塑性	406
四、岩石的研磨性	410
第三节 金刚石钻进岩石可钻性分级	412
一、综合分级法	413
二、比功法	429
三、切槽法	430

参考文献	431
第十章 金刚石钻探工艺	432
第一节 钻进前的准备工作	432
一、金刚石岩心钻探设备的配套	432
二、金刚石钻机底座安装尺寸	432
三、金刚石钻探对管材的要求	432
四、合理选择钻具级配	434
五、钻孔结构的选择原则	436
第二节 金刚石钻头的选择和使用	437
一、选择金刚石钻头的原则	437
二、合理使用金刚石钻头	438
第三节 金刚石钻进技术参数选择	443
一、钻压	444
二、转速	450
三、泵量	452
第四节 钻头磨损形态的分析与磨损的预防	456
一、金刚石钻头的正常磨损	456
二、金刚石钻头的非正常磨损	458
三、正确的操作方法	464
第五节 金刚石钻进中钻具振动及其稳定措施	465
一、钻柱振动的起因	466
二、预防振动与稳定钻进的主要措施	467
第六节 钻探工程质量	469
一、岩矿心的采取与整理	469
二、钻孔弯曲度	470
三、简易水文观测	470
四、校正孔深	470
五、原始报表	471
六、封孔	471
七、升降钻具守则	471
参考文献	472
第十一章 金刚石绳索取心钻探	473

第一节 金刚石绳索取心钻探的发展与演进	473
一、金刚石绳索取心钻探的发展	473
二、金刚石绳索取心钻探的演进	474
第二节 金刚石绳索取心钻具的功能	475
第三节 金刚石绳索取心钻具的结构	477
一、绳索取心钻具双管总成	477
二、绳索取心钻具打捞器总成	478
三、绳索取心钻杆	478
四、绳索取心金刚石钻头	484
第四节 绳索取心钻具规格系列	484
第五节 金刚石绳索取心钻探工艺	488
一、钻探准备工作	488
二、绳索取心钻具的组装、检查与调整	488
三、金刚石绳索取心钻进工艺参数	489
四、绳索取心操作要领	491
五、钻具的维护保养	493
六、常见故障及排除方法	494
第六节 不提钻换钻头钻具	495
第七节 附属设备及工具	498
一、钻杆夹持器	498
二、JSN-56拧管机	499
三、绳索取心绞车	501
四、提引器	501
第八节 国外绳索取心钻具	503
一、美国长年公司绳索取心钻具	503
二、日本利根公司绳索取心钻具	508
三、比利时迪爱芒·博特公司绳索取心钻具	508
四、苏联绳索取心钻具	515
五、加拿大希斯·舍伍特公司超深孔用绳索取心钻具	515
六、联邦德国陆壳超深孔绳索取心钻具	515
第九节 研究开发中的新型绳索取心钻具	519
一、孔底马达驱动的绳索取心器	519

二、螺杆钻定子回转的绳索取心器	519
三、纳维钻驱动的绳索取心器	519
四、涡轮钻驱动反循环绳索取心器	522
五、涡轮钻驱动的绳索取心器	522
六、螺杆钻和不提钻换钻头绳索取心“三合一”式的取心器	522
参考文献	522
第十二章 金刚石液动锤钻探	523
第一节 金刚石液动锤钻探的实质和优点	523
一、实质	523
二、优点和提高钻速的主要原因	526
三、金刚石液动锤钻探的适用岩层和条件	528
第二节 金刚石钻探用的各种液动锤	529
一、双作用式液动锤	529
(一) YS型无弹簧阀式双作用液动锤	529
(二) SC型射流式液动锤	533
(三) SX型射吸式液动锤	538
二、正作用式液动锤	541
(一) YZ系列正作用式液动锤	543
(二) TK系列正作用式液动锤	546
(三) ZF-56型液动锤	549
(四) 苏联Г-59 (Г-76) 型液动锤	549
三、绳索取心式液动锤	552
(一) SZC型系列绳索取心式液动锤	552
(二) SSC型系列绳索取心式液动锤	556
(三) TKS型系列和SZG-59型绳索取心式液动锤	559
第三节 液动锤钻探用的金刚石钻头	561
一、关于高频冲击载荷下的金刚石	561
二、液动锤钻探对金刚石钻头的要求	562
第四节 金刚石液动锤钻进工艺	563
一、适应液动锤钻探的特殊要求	563
二、配套的泥浆泵及钻机	564
三、液动锤的钻进参数	564

参考文献	564
第十三章 金刚石受控定向钻探	565
第一节 概述	565
第二节 受控定向钻探的应用	566
一、在固体矿产地质钻探中的应用	568
二、在开发地热和水井钻探方面的应用	568
三、其它工程方面的应用	568
第三节 定向钻孔的设计	568
一、定向钻孔类型	568
二、定向钻孔的空间要素	569
三、受控定向钻孔设计的基本依据	571
四、受控定向孔设计原则	571
五、受控定向孔设计内容	574
六、受控定向孔设计步骤及方法	574
第四节 造斜器及其造斜工具	578
一、建造人工孔底	578
二、偏心楔	578
三、连续造斜器	582
四、定向器具	588
五、保直钻具	598
第五节 受控定向钻探的孔底动力机	599
一、YL型小口径螺杆钻具结构	601
二、YL型小口径螺杆钻具技术性能参数	606
三、YL型螺杆钻具的工作特性	607
四、与YL型螺杆钻具配套的造斜工具与器具	608
五、YL型螺杆钻具的使用	610
第六节 与螺杆钻具配套的小口径定向仪	612
一、DD-1型单点定向仪	612
二、DG-38型单点定向仪	614
三、DD-1和DG-38型单点定向仪的特点	616
第七节 受控定向钻孔用螺杆钻的钻探技术与施 工工艺	616

一、造斜工具的定向技术	616
二、造斜工具角和安装角的确定	617
三、造斜孔段和分支孔分支点的确定	621
四、人工孔底及其建造	622
五、螺杆钻受控定向孔钻进施工工艺	623
第八节 造斜金刚石钻头	626
一、造斜钻头的工作状态与特点	626
二、造斜金刚石钻头的结构	627
参考文献	632
第十四章 钻孔弯曲和测量	633
第一节 钻孔的空间形态及几何三要素	633
一、钻孔几何三要素及其它有关参数	634
二、钻孔弯曲强度及总弯曲角	635
第二节 钻孔弯曲的基本规律	638
一、钻孔在垂直平面内的弯曲规律	638
二、钻孔方位偏斜的规律	642
三、水平和向上钻孔的弯曲规律	643
第三节 钻孔顶角测量仪	644
一、机械式刺孔记录顶角测量仪	644
二、ИМА-Н4刺孔记录顶角仪	646
三、МГРИ机械顶卡顶角测量仪	648
第四节 磁针式测斜仪	649
一、机械顶卡型和液体凝固型磁针测斜仪	649
(一) JXY-2型测斜仪	649
(二) МИ-42型测斜仪	657
(三) ОК-40У型通用测斜仪	658
(四) DS-1型浮球式液体凝固型测斜仪	659
二、电测记录型磁针测斜仪	662
(一) JJX-3型测斜仪	662
(二) JXX-1型测斜仪	663
(三) УМИ-25型及МИ-30型测斜仪	664
三、照相记录型磁针测斜仪	666

(一) ZJX-74型单点照相测斜仪	666
(二) R系列单点照相测斜仪	669
(三) DT型和库斯特多点照相测斜仪	671
(四) MT-1型多点照相测斜仪	674
第五节 磁力计孔内数据存储测斜仪	675
第六节 钻杆柱定向和连环测量测斜仪	676
一、JXK-2型电测测斜仪	676
二、AΦИ-1型照相测斜仪	680
三、克芮留斯电磁测斜仪	682
四、MHA系列电磁测斜仪	684
五、R-F DDI型反光测斜仪	684
六、“数字方位II”型加速度计测斜仪	687
第七节 陀螺测斜仪	693
一、JXT系列陀螺测斜仪	693
二、JDL-1型及JTL系列陀螺测斜仪	697
三、GP14-0101-1型陀螺测斜仪	700
四、KL系列照相陀螺测斜仪	705
五、FG8-571型孔内自动记录陀螺测斜仪	706
六、OMNI-DG76型四框架陀螺测斜仪	708
七、速率陀螺测斜仪	709
第八节 金刚石钻探用随钻测斜仪	712
一、ZS-1型和YS-1型随钻监测仪	713
二、OWL-780型随钻测斜仪	715
三、“数字方位I”型随钻测斜仪	716
四、GCT型连续导向陀螺测斜仪	719
五、金刚石钻探随钻测斜仪器的展望	720
参考文献	723
第十五章 金刚石钻探冲洗液	725
第一节 概述	725
第二节 金刚石钻探冲洗液类型	726
一、清水与乳状冲洗液	726
(一) 乳化剂	726

(二) 基础油	728
(三) 乳化油的配制	728
(四) 乳状液的破乳及其预防措施	728
二、淡水泥浆(分散性水基冲洗液)	730
(一) 淡水泥浆的配制	730
(二) 淡水泥浆的侵污与处理	732
三、不分散低固相冲洗液	732
(一) 聚合物性能及其选用	732
(二) 不分散低固相冲洗液的性能指标	733
(三) 不分散低固相冲洗液的配制与维护	733
四、超低固相绳索取心钻探冲洗液	734
(一) 绳钻冲洗液的性能指标	735
(二) 低粘增效粉(LBM)泥浆	735
五、无固相(无粘土)冲洗液	739
(一) 无固相冲洗液类型	739
(二) 无固相冲洗液的维护	740
(三) 无固相冲洗液的转化	741
六、低密度冲洗介质(空气钻探)	741
(一) 空气钻探类型	741
(二) 泡沫钻进	742
第三节 钻孔漏失与堵漏	744
一、漏失原因与通道	744
二、漏失的判断与检测	746
三、堵漏工艺	747
(一) 胶凝堵漏	747
(二) 水泥堵漏	748
(三) 化学浆液堵漏	748
(四) 干式堵漏材料及方法	749
第四节 金刚石钻探冲洗液材料	751
一、冲洗液材料的分类	751
(一) 按化学性质分类	751
(二) 按作用分类	752
二、粘土及其特性	752