

钻探工艺学实验指导书

黄树华 彭振滨 编

中南矿冶学院地质系探工教研室

一九八三年七月

前 言

为了加强实验室建设，不断提高实验课的教学质量，根据多年来的教学实践，结合钻探工艺当前的发展状况，和全国统一教学大纲的要求，我们编写了这本《钻探工艺学实验指导书》，作为大学本科“探矿工程”专业钻探工艺实验课的教材。当前它只包括岩心钻探部分，将来还准备列入水文及工程地质钻探部分的内容。

本指导书的实验一至实验十一是由黄利华老师编写的，实验十二至实验二十一及附录部分是由彭振滨老师编写的，陈志超老师负责审阅。

本指导书也作为《钻探技术培训班》实验课教材之用。

由于编写和审核时间仓促及水平有限，一些内容还未不及详细推敲，不当之处，待再版时修改补充。

探工教研室

一九八三年七月

钻探工艺学实验指导书

※ 实验课注意事项 ※

1. 实验前要做好充分的准备，预习教材的有关内容和实验指导书，尽量了解试验目的、步骤、内容。仔细阅读了解有关设备仪器的结构、使用说明（实验指导书后附有仪器的有关内容）。

2. 实验前应对所用设备、仪器及有关装置进行检查和必要的校正，应爱护仪器设备，不可随意拆卸，实验时，应小心仔细的使用仪器设备，特别是钻机贵重仪器，如果使用方法不太了解时，应请教师进行讲解，直至会操作时再操作。

3. 实验时要自觉遵守纪律，爱护公共财产，注意节约药品、水电，对有毒、强腐蚀、易挥发药品，应严格按说明使用，注意安全，防止中毒和腐蚀皮肤和衣服，使用任何药品都应看清标签，对无标签而又不能确切确定的药品不应使用。实验用品要放在适当的位置，以便取用和保持整洁。

4. 实验时应严肃认真、精力集中，认真操作，认真观察实验现象，作好原始记录。

5. 实验时，应将废液、泥皮、滤纸、 PH 试纸丢在指定的地方，实验结束后，应将设备、仪器、装置和有关用品清洗干净，并整理实验台和用品，关闭电源和水源。

6. 实验中损坏仪器和设备应如实写报告上交，听候处理。

7. 实验中要发扬互助友爱精神，不要争先恐后，做到有秩序地进行实验工作。

8. 每次实验结束后，应对实验数据进行归纳整理，认真分析实验结果及有关情况，按规定要求写出实验报告。

目 录

一、岩石钻探工具	1
二、岩石硬度测定	5
三、钻头及磨料	11
四、钻进方法(合金钻进、金刚石钻进)	15
五、参观人造金刚石、金刚石钻头及扩孔器的制造	20
六、冲击回转钻具结构及参数测定	26
七、取心工具结构	34
八、Jxy—2型测斜仪及感光测斜仪	36
九、JJX—3型测斜仪	40
十、JDP—1型定盘测斜仪及地面定向间接测量法	46
十一、陀螺定向测斜仪	51
一、粘土分析法——染色及吸兰量试验	57
二、水质分析	67
三、泥浆仪器使用、性能测定及碱处理	81
四、聚丙烯酰胺的水解及水解度的测定	85
五、泥浆的化学处理	89
六、无固相冲洗液试验	95
七、润滑及乳化液的配制及性能测定	97
八、硅酸盐类水泥浆的配制及性能测定	100
九、地场水泥浆的配制及性能测定	107
十、泥浆流变性测量及练习	109

一、1009 型失水仪	115
二、气压式失水仪	116
三、野外漏斗粘度计	118
四、马氏漏斗粘度计	119
五、电动式旋转粘度计	120
六、毛细管粘度计	123
七、泥浆比重秤	123
八、ZNG 型泥浆固相含量测定仪	124
九、泥浆含砂量瓶和 ZNH 型泥浆含砂量测定器	126
十、PH S—73 型酸度计	129
十一、自制测润滑性能的装置	130
十二、最大泡压法测定表面张力仪	132
十三、水泥浆流动度仪	133
十四、水泥浆凝结时间测定仪(维卡仪)	134

实验一 岩心钻探工具

一、实验目的

打钻就要利用一定的设备和工具。钻机的回转运动和轴心压力是通过主动钻杆、钻杆、钻铤和岩心管传给钻头，进行破碎岩石的，并且将冲洗液送到孔底、冷却钻头和冲洗岩粉。各种管材又是利用接头用丝扣连成一个整体的。硬合金钻进时的钻具连接关系如图 1-1。这个整体称为钻具。为了拆卸钻具，还必须有各种专门拆卸工具如自由钳、链钳、垫叉及提引工具如提引器、水接头（水龙头）等。

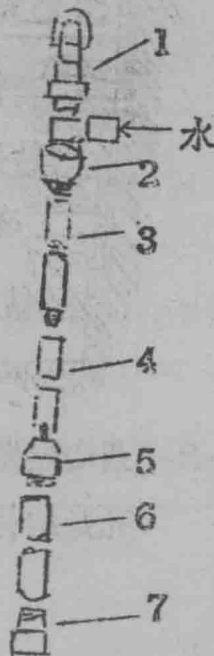
本实验就是为使同学们了解钻具的组合和常用规格结构。

二、实验器材

1. 提引水接头两套。
2. 硬合金钻具和金刚石钻具各一套。
3. 游标卡尺和钢卷尺各 2 把。

图 1-1

- 1—提引器
- 2—水接头
- 3—主动钻杆
- 4—钻杆
- 5—异径接头
- 6—岩心管
- 7—钻头



4. 自备铅笔橡皮及绘图稿纸。

三、实验要求

1. 弄清整套钻具的连接关系、各部的结构尺寸及作用。
2. 弄清钻头、岩心管及套管之间的尺寸配合关系。
3. 按制图要求画出钻具装配（组配）图，包括钻头、岩心管、异径接头、钻杆和钻杆接手。

四、附录

1. 岩心钻探钻孔结构如图 1—2。
2. 冶金系统金刚石钻探用管材、钻具级配系列见表 1—1。



图 1—2 岩心钻探大口径钻孔
孔身结构图

表1-1 冶金地质系统人造金刚石钻探用管材、钻具级配系列一览

钻 孔 口 径 标 称	钻 头									扩 孔 器 外 径	岩 心 管								
	单 管			双 管			绳索取心				提 钻 取 心								
											外 管			间 隙		内 管		外 管	
	外 径	内 径	壁 厚	外 径	内 径	壁 厚	外 径	内 径	壁 厚		外 径	内 径	壁 厚	外 径	内 径	壁 厚	外 径	内 径	壁 厚
28			29	26	6				29	27	225	225	1	205	13	1.5			
36			36	32	4				37	35	29	3	1.5	265	23	1.5			
47	47	35	6	47	29	9	47	25	11	47	45	33	3.5	15	35	31	2	45	38
60	60	46	7	60	41	9.5	60	36	12	60	55	5.5	3	17.5	45	40	2	58	49
75	75	59	8	75	55	10	75	49	13	75	73	6.5	3	17.5	62	57	2.5	73	63
91	91	74	9.5	91	69	11				91	89	8.1	4	2	77	72	2.5		
110	110	92	10	110	86	12				110	108	9.9	4	2.5	94	88	3		

实验二 岩石硬度测定

一、实验目的

硬度是一种关于物料性态的概念，而不是物料的基本性质。岩石硬度值既取决于岩石内矿物成分的类型、数量以及矿物颗粒之间的粘结强度，而且取决于所用试验的类型和方法。

岩石硬度表征了岩石在静态或动态集中载荷的作用下抵抗局部变形或局部破碎的能力。岩石硬度测定主要用于完整岩石的硬度分级和可钻性分级。

依测定时的加载方式，可分为静硬度—如史氏(Л.А. Цейнер)压入硬度，动硬度—如肖氏(Shore)硬度、施密特(Schmidt)回弹硬度和我国勘探所设计的摆球硬度。

二、实验原理和设备

(一) 压入硬度

压入硬度是利用岩石硬度计或借助材料试验机给试件施加局部荷载，直至试件局部破坏而形成压碎穴时的最大应力。

I. 试验设备

1. WYV—1型岩石压入硬度计(北京地质仪器厂)。
2. DLY—10A型10吨万能材料试验机(长春材料试验机厂)。其结构见图2—1。该机系油压双柱式多功能材料试验机。

主体：由两根立柱(2)用螺帽固定在机座(1)上，其上端有大横梁(6)，工作油缸(7)固定在大横梁中间，工作油缸的活塞用防震调心球端轴支撑着小横梁(14)，拉杆(8)的上端固定在小横梁上，下端固定在试件台(3)上。当油泵送来的压力油使工作活塞上升时，试件台亦随

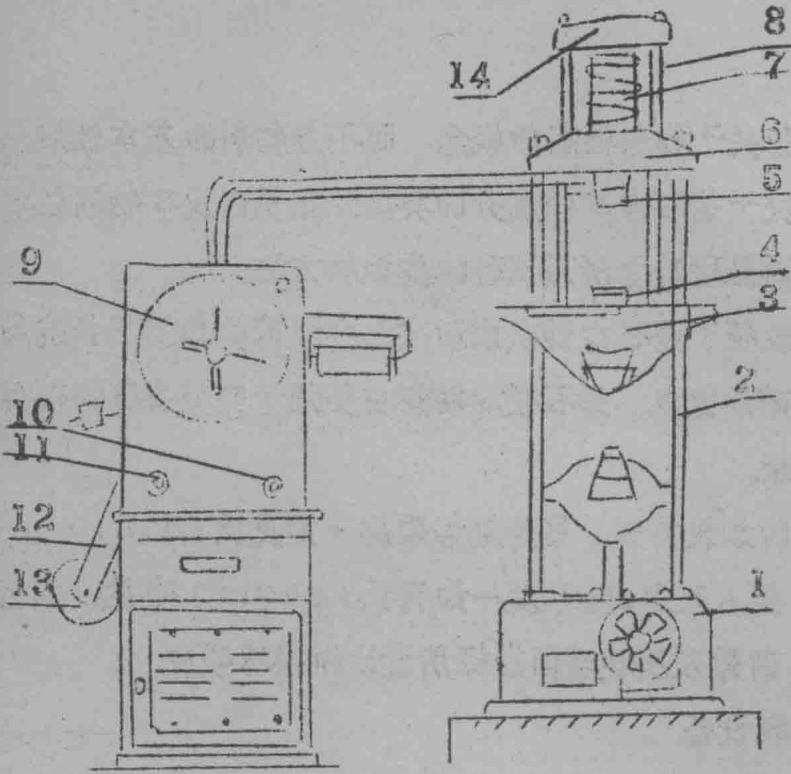


图 2-1

之上升。

测力机构：工作油缸内的压力油用油管与测力油缸接通，且工作油缸与测力油缸截面比值一定。当压力油作用在测力活塞上时，测力活塞杆下移，通过联板使主轴带动摆杆及重铊扬起，又通过蜗轮蜗杆带动载荷指针轴偏转，其摆角与载荷大小成比例，载荷指针又带动摩擦指针作顺时针方向转动。当试件破坏，工作油缸处于卸荷状态时，载荷指针迅速退回到零位，而摩擦指针仍停留在所施载

荷点，指示了最大载荷值。摩擦指针可借助玻璃罩外的手把调回原处。

II. 测试程序

1. 试件准备 将两端切磨平整或虽未切磨加工，但圆柱面光滑平整的岩心样（金刚石钻进的），置于承压平台或承压“V”形台(4)上；试件表面不平度应 < 0.02 毫米。

2. 压头准备 将 $\phi 1$ 或 $\phi 2$ 毫米的截头圆锥（锥角 60° ）或 $\phi 3$ 毫米圆柱形YG₆硬合金压模用橡胶泥粘于硬质合金垫板上，再将它们粘附到上压板(5)上。

3. 选择量程 作压入硬度一般只需挂 Δ 砣，读取 $0 \sim 2000$ 公斤的量程（里圈）。开机前将载荷指针和摩擦指针调到零点。

4. 开机操作 准备就绪，按下高压油泵电机按钮。测力计右上角指示灯点亮，逆时针拧开送油阀(6)，试件先升起。当试件距上压板 $5 \sim 10$ 毫米时，暂停送油，重新检查上下压板，压头和试件是否彼此对准中心。对准后再缓慢升起试件台。当试件即将接触压头时，应将送油阀关小，仔细调整加载速度，使应力速率在 $5 \sim 10$ 公斤力/秒—厘米²范围内，注意防止冲击加载和损坏机器。加载至试件压皱（塑性岩石，指针回跳），或压碎成穴（伴有破裂声，载荷指针迅速退回），迅速逆时针拧开回油阀(7)，使之卸载，记下摩擦指针的读数，作为计算压入硬度的最大载荷。

III. 结果计算

$$P_k = \frac{P}{F}$$

公斤力/毫米²

式中 P —— 破碎成穴时的最大载荷；

F —— 压头截面积，毫米²。

(二) 肖氏硬度

动力硬度是利用一个活动的砧杆去撞击被试验的试件，由于撞击而产生的物料的任何一种塑性或屈服行为，都将使冲头弹回的弹性能量减少。把回弹高度作试件的硬度值。

肖斯 (Shore) 硬度计是利用一个镶有金刚石尖的小撞针坠落到试件上来测定其回弹高度。原用于测定岩石矿物硬度和验证其他仪器测定的硬度，现国际岩石力学学会建议用来作为岩石硬度测定方法之一。但由于金刚石尖很小以及大多数岩石的不均匀特性，故对特定的岩石试件必须作大量的测定，以便获得在个别矿物颗粒上随机测得的读数平均值，来作为岩石的硬度。

I. 肖氏硬度计的结构

HS-19 型肖氏硬度计 (图 2-2) 由表头、冲头冲击运动机构、机座、齿轮齿条、手轮等几部分组成。镶有金刚石球体的标准冲头 ($\varnothing 8$ 毫米， $L = 10$ 毫米)，从 19 毫米处自由坠落下来，冲击试件后弹回一定高度，并带动表头指针，指示出硬度值。表盘是将 0~19 毫米回弹高度分为 0~140 度 (HS)。

II. 测试程序

1. 试件准备：试件可采用端石经机械磨光的岩心样，但根据 ISRM 的 CLT-5 文件规定，岩石试块应用 1800 号氧化铝抛光粉抛光。表面太粗糙会产生偏低的读数；试块至少有 10 厘米² 的试验面积，并使试验面与仪器轴线相垂直。

2. 测试前应将仪器调整水平，使仪器固定在垂直位置上，以保证测量的精确度，同时，必须避免横向振动，因为它可能阻碍撞针的自由降落。

3. 测试 转动手轮，使保护帽压紧试件，缓慢旋动冲杆释放手柄，冲击后反向送回，不得撒手猛放。

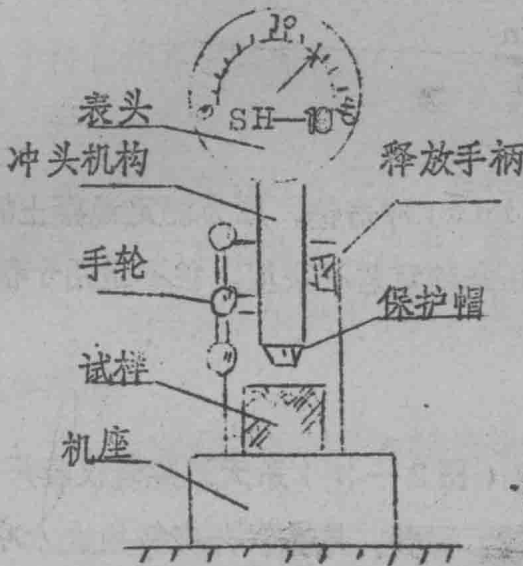


图2-1

肖氏硬度计

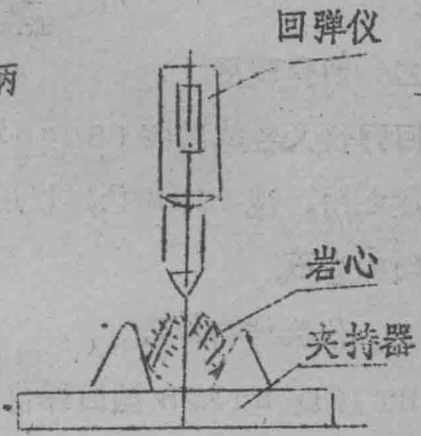


图2-2

回弹仪

4. 根据CLT规定，每一试件应测定20个点，各点不得重复。点间距长5mm，测点应力求依岩样结构特征均布。

5. 作好记录，剔除明显异值，取平均值作为测试终值，同时求出变异系数。

$$\text{变异系数 } \eta_k = \frac{\sigma}{\bar{X}} \times 100\%$$

式中 σ —— 均方差

$$\sigma = \sqrt{\frac{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + \dots + (X_n - \bar{X})^2}{n}}$$

\bar{X} —— 平均值

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$$

(三) 回弹硬度

回弹仪又名施密特 (Schmidt) 冲击锤, 原为测定混凝土的抗压强度之用, 现 ISRM 已建议用来确定岩石硬度, 但不适用于很软或很硬的岩石。

I. 仪器结构原理

HT100、HT225 型回弹仪 (图 2-3) 系天津建筑仪器厂生产。仪器主要由弹击杆、冲击锤、弹簧、尾盖、外壳等组成。冲击锤在作为加载机构的冲击弹簧作用下, 射向已经顶住试件的弹击杆 (砧杆)。其中击功为 0.1 或 0.225 公斤力·米。通过冲击砧杆打击试件后, 冲击锤弹回一定高度。冲击锤回弹时, 带动指针上移, 从标尺读出回弹值。此回弹值表征了岩石的硬度。

II. 测试程序

1. 试件准备 可直接采用岩芯试块, 试样直径长 40 mm, 长度长 300 mm, 或采用边长最少为 60 mm 的方形试块; 至少同砧杆接触的表面应是光滑和平整的, 在此面积上和深入岩石材料 60 mm 处应无裂纹或任何局部的岩体结构面。

2. 测试 测试时，试件置于专用的夹持器“V”形槽内，两端夹持固定。手持回弹仪时，应力求使回弹仪轴线与试件表面垂直（ $<5^\circ$ ）。因考虑夹持不便和测试数值的稳定，一般不采用水平或向上的测试姿态。

3. 结果处理 每一试件测20个点，测点不得重复，点间距至少大于钻杆直径，将测试值按递减顺序排列，剔除后半部数后取其平均值作为测试终值。

三、实验报告要求

1. 分别描述压入硬度、肖氏硬度、回弹硬度所使用的岩石试件类型（岩芯或岩块）、尺寸、岩石名称、岩性。

2. 各项试验的设备名称，装夹形式，压入硬度试验的压头形式和规格。

3. 试验结果的记录和数据处理。

实验三 钻头及磨料

一、实验目的

认识各种钻进方法所使用的钻头类型，结构要素，规格形式及其磨料，对于学习本课程时正确理解各科钻进方法的碎岩机理，对于今后工作中正确选择钻进方法及规程参数都是重要的。

二、实验器材

1. 各种牌号、规格的硬质合金、圆柱形和五棱柱形钢柱、人造金刚石单晶、聚晶各若干。

2. 各种结构形式的取心硬质合金钻头和模型。

3. 人造金刚石钻头（单管钻头、双管钻头、绳索取心钻头）。

4. 钢柱钻头和牙轮钻头。

三、实验要求：

1. 认真辨认各种规格形式的硬质合金

2. 比较各种合金钻头的结构要求，包括钻头直径、水口水槽，切削具形式数目，排布形式，出刃大小及镶焊形式，了解不同结构要素的钻头所适用的地层。

3. 分析各种金刚石钻头的结构要素。

4. 自疑地层，设计一个硬合金钻头，画出工作草图（按1:1比例）图上应体现各种结构要素。

四、附录

岩心钻探用硬质合金新表型号对照表3—1。（新型号为yB883—77标准）。