

中华人民共和国地质矿产行业标准

DZ/T×××××—××××

岩矿石标本物性测量技术规程

Technical specifications for the petrophysical measurement by specimen

(报批稿)

××××-××-××发布

××××-××-×× 实施

中华人民共和国自然资源部发布



# 目 次

前言.....	III
引言.....	IV
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义、符号和计量单位.....	1
3.1 术语和定义.....	1
3.2 符号和计量单位.....	2
4 总则.....	2
4.1 应用条件.....	2
4.2 应用专业领域.....	3
5 技术设计.....	3
5.1 工作任务.....	3
5.2 资料收集与踏勘.....	3
5.3 采样布置.....	4
5.4 测定参数与技术指标.....	4
5.5 设计书编写与审批.....	4
6 野外采集.....	5
6.1 准备工作.....	5
6.2 采样点选择.....	5
6.3 标本采集.....	5
6.4 采样记录.....	7
6.5 质量检查与评价.....	7
7 样品制作.....	8
7.1 加工制作准备.....	8
7.2 样品加工制作.....	8
8 参数测定.....	9
8.1 密度测定.....	9
8.2 磁性参数测定.....	10
8.3 电性参数测定.....	10
8.4 声波速度测定.....	12
8.5 放射性比活度测定.....	12
8.6 综合测定.....	13
8.7 测定报告.....	13

9	数据整理、统计与图示.....	13
9.1	数据整理.....	13
9.2	数据统计.....	14
9.3	数据图示.....	14
10	成果报告编写与资料提交.....	14
10.1	基本要求.....	14
10.2	主要内容.....	15
10.3	主要成果图表.....	15
10.4	资料提交.....	15
附录 A (资料性附录)	岩矿石磁性参数统计表.....	17
附录 B (规范性附录)	岩矿石磁性参数测定方法.....	19
附录 C (规范性附录)	岩矿石物性测定报告.....	24
	参考文献.....	26

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由中华人民共和国自然资源部提出。

本文件由全国自然资源与国土空间规划标准化技术委员会（SAC/TC 93）归口。

本文件起草单位：中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所。

本文件起草人：郭友钊，林天亮，李 磊，袁桂琴，米宏泽，孙 跃。

## 引 言

物性分为密度、磁性、电性、弹性、放射性、导热性等类型。岩矿石物性数据可以量化描述地质体，用于建立地质学与应用地球物理学之间的关系。

获取岩矿石物性数据的方法有野外露头观测、标本（样品）测定、物理场观测反演计算、井中观测等。其中，标本（样品）测定方法是较直接的、易控制的、较高精度的、单解的物性数据获得方法，同时赋有明确的地质信息。本标准针对标本（样品）测定方法开展的物性参数调查进行编制。

本标准旨在获取可靠的岩矿石物性数据，夯实应用地球物理基础。

# 岩矿石标本物性测量技术规程

## 1 范围

本文件规定了物性参数调查中岩矿石物性技术设计、野外采集、样品制作、物性参数测定、数据整理、数据统计、成果报告编写与提交等工作环节的技术要求。

本文件适用于专门的物性测量工作。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 3100-3102 量和单位

GB/T 14499 地球物理勘查技术符号

GB/T 17412.1 岩矿石分类和命名·火成岩岩矿石分类和命名方案

GB/T 17412.2 岩矿石分类和命名·沉积岩岩矿石分类和命名方案

GB/T 17412.3 岩矿石分类和命名·变质岩岩矿石分类和命名方案

DZ/T 0153 物化探工程测量规范

## 3 术语和定义、符号和计量单位

### 3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1.1

**基岩露头** **Bedrock Outcrop**

岩矿石露出地面的部分；可以是天然出露的，也可以是人工揭露的新鲜基岩（常见有切坡、采石场、探槽、坑道、钻孔及岩心等）；具有明确的地质时代、物质组成等属性。

#### 3.1.2

**标本** **Sample**

指在野外基岩露头采集的岩矿石样块、钻孔岩心、采样钻岩心等，其形态与大小不一。

#### 3.1.3

**定向标本** **Oriented Sample**

在原位的样块或岩心上画有特定方向的标志线（如倾向线、走向线、水平线、北方向线等），室内能够恢复空间位置的标本为定向标本。

## 3.1.4

**样品 Specimen**

根据测定需要对标本进行加工制作后具有简单形态的、规格化的并且使用指定物性仪器能够进行物性参数测定的基本物质单元。

## 3.1.5

**采样点 Sample point**

采集一件标本的空间位置。

## 3.1.6

**采集点 Collection point**

由不多于3个邻近采样点组成，并且3件标本的岩性相同、在相应工作比例尺的图上表示为一个物理点。

## 3.2 符号和计量单位

本标准使用的物性参数符号及单位按GB/T 14499和GB 3100-3102规定执行。常用的符号和计量单位见表1。

表1 常用的符号和计量单位

序号	符号	术语名称	计量单位
1	$\sigma$	密度	kg/m <sup>3</sup>
2	$\kappa$	磁化率	SI
3	$J_r$	剩余磁化强度	A/m
4	$D$	磁偏角	°
5	$I$	磁倾角	°
6	$\rho$	电阻率	$\Omega \cdot m$
7	$\eta$	极化率	%
8	$V_p$	纵波速度	m/s
9	$V_s$	横波速度	m/s
10	$\alpha$	放射性比活度	Bq·kg <sup>-1</sup>

## 4 总则

## 4.1 应用条件

## 4.1.1 宜开展岩矿石物性测量的条件

宜开展岩矿石物性测量的条件如下：

- 岩矿石物性标本或样品具有明确的地质属性。
- 岩矿石物性标本或样品具有可精确测量的几何形态。
- 具有标准样品监控标定或其他质量控制的物性测定仪器。

## 4.1.2 不应开展岩矿石物性测量的情况

不应开展岩矿石物性测量的情况如下：

- a) 被热、磁等物理污染的或者化学污染的岩矿石物性标本或样品。
- b) 结构被破坏的岩矿石物性标本或样品。

## 4.2 应用专业领域

### 4.2.1 地球物理勘查

岩矿石物性调查在地球物理勘查领域具有如下应用：

- a) 物性参数用于建立地质-物性统计模型。
- b) 针对地质目标，根据地质-物性统计模型，通过正演计算建立地质-物性-物理场模型。
- c) 依据地质-物性-物理场模型进行有效地球物理勘查方法技术的选取。
- d) 依据地质-物性-物理场模型进行地球物理场异常的约束反演与地质解释。

### 4.2.2 地质调查

岩矿石物性调查在地质勘查领域主要有如下应用：

- a) 物性参数定量描述地质体的空间物性分布及其结构特征。
- b) 圈定物性异常范围、研究地质体的变异情况。
- c) 研究物性异常的找矿意义或者地质环境意义。

## 5 技术设计

### 5.1 工作任务

- 5.1.1 接受任务书或有关合同(协议)，明确物性测量的具体内容。
- 5.1.2 根据任务书或有关合同(协议)要求编写设计书。

### 5.2 资料收集与踏勘

#### 5.2.1 资料收集

设计编制前应充分收集、调查工区及邻区各类资料，主要包括：

- a) 与目的任务相关的地理、地质、遥感、物探、化探、钻探（岩心）、测绘等资料。
- b) 工区地形地貌、植被、表层土、水系、交通条件等资料。
- c) 与目的任务相关的已有物性资料。

#### 5.2.2 踏勘

踏勘应包括以下内容：

- a) 实地考察测区地形、地貌、交通、工作条件及基岩出露状况。
- b) 核实已收集的地质、测绘、物性等资料。

#### 5.2.3 分析

分析应包括以下内容：

- a) 使用便携式物性仪器在现场踏勘的露头上进行物性试测，初步分析目标地质体与其他地质体可能存在的物性差异。
- b) 在资料收集和现场踏勘的基础上，对物性标本采集的可行性、工作进度安排、质量控制过程、安全保障措施等进行综合分析，确定是否可转入设计编写阶段。

### 5.3 采样布置

5.3.1 应根据工作目的任务、工区地形、露头、交通条件因地制宜合理地在地质图或地形地质图上按一定比例尺的精度要求布置测线、测网上或剖面上的采集点。

5.3.2 对于面型地质单元宜以散点形式均匀布设采集点，对于线型地质体宜沿构造倾向方向加密布设采集点。在探测或调查地质目标体上还应重点布设采集点。同一地质单元的岩石标本，除了重点在新鲜的基岩布设采集点外，还应注意在风化、蚀变、矿化部位布置采集点。

5.3.3 应避免在易受污染的地方如化工厂、变电站等处布置采集点。

5.3.4 各地质单元上布置的采集点数量与比例应与工区地质单元的个数、每个单元的基岩出露面积比例相适应。作为统计单元，原则上要求每个地质单元的标本数不少于 30 件（10 个采集点）。

5.3.5 物性工作布置图上应有采样工作计划表，内容含地质单元、采集点数、标本数等。

### 5.4 测定参数与技术指标

5.4.1 根据任务目的确定测定物性参数的种类，并确定使用标本法或者是使用样品法进行所选择种类的物性参数测定。

5.4.2 根据物性参数类型、测定方法，选择确定物性测定仪器的型号以及所要求的标本或者样品的几何形态与大小。

5.4.3 物性测定应进行测定质量检查，抽检率应不少于总标本数或者总样品数的 10%。抽检的样品中应含物性异常的样品。

5.4.4 测定误差应在一定的范围内：标本定向绝对误差 $\leq 5^\circ$ ；加工样品时定向绝对误差 $\leq 5^\circ$ ，样品几何参数测量相对误差 $\leq 5\%$ ；测定中密度均方误差 $\leq \pm 10\text{kg/m}^3$ ，磁性标量相对误差 $\leq 10\%$ ，磁倾角、磁偏角绝对误差 $\leq 10^\circ$ ，电阻率相对误差 $\leq 10\%$ 、极化率相对误差 $\leq 20\%$ 。声波速度测量相对误差 $\leq 10\%$ ，放射性比活度测量不确定度不大于 20%（样品各核素的比活度之和大于  $37\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$  时）。

### 5.5 设计书编写与审批

#### 5.5.1 设计书编写

设计书应根据委托单位下达的任务书或有关合同(协议)内容,由承担单位组织收集和分析工区及邻区有关地质、物探、物性及其它技术资料,并在现场踏勘、资料研究的基础上进行编写。合同(协议)内容仅涉及委托样品加工、测定时,设计书可不单独编制,其内容可在合同(协议)中体现,主要包括测定参数、测定方法、测定误差等内容。设计书内容如下:

a)前言

项目来源,任务目标。

b)工区调查现状

工区概况(位置、交通、地形、人文等),国内外调查概况(地质、地球物理调查程度、成果、存在问题),承担单位工作基础等。

c)调查内容

研究内容(调查地质单元、物性参数等),主要技术指标,主要实物工作量。

d)技术路线

物性采样工作部署,采集标本,样品加工与测定,数据整理、处理与制图。

- e) 预期成果  
预期成果内容。
- f) 人员组成  
完成项目所需的人员组成及分工。
- g) 计划进度  
完成项目的计划进度安排。
- h) 经费预算  
完成项目所需的差旅、材料等经费预算。
- i) 保证措施  
完成项目的保证措施安排。
- j) 附图  
物性工作布置图等。

### 5.5.2 设计书审批

设计书由委托单位审查审批后，方可组织实施。

### 5.5.3 设计书更改

在设计书执行过程中，如遇不可抗拒因素、设计时未曾预料到的新情况或发现原设计有不当之处，应及时向工作任务下达方提请变更。变更内容和依据应逐一列举，变更后的设计书经批准后方可实施。

## 6 野外采集

### 6.1 准备工作

6.1.1 由熟悉工区地质情况的技术人员组织实施野外物性标本采集。

6.1.2 准备工作手图（较大比例尺的地形图或遥感影像图以及地质图等、物性工作布置图）；准备卫星定位仪、测绳等测量设备；罗盘、定向器、取样钻机、铁锤、标本袋、记号笔等采集标本的工具；准备野外记录本或采样记录卡等用品。

### 6.2 采样点选择

6.2.1 依据物性采集工作部署图等资料，对采集点的采集适宜性进行评价。应选择岩矿石新鲜、未受污染、地质属性明确、施工安全、通行方便的基岩露头进行采样。还有选择风化程度明确、蚀变矿化类型明晰的露头进行采样。

6.2.2 物性工作布置图上的部分采集点，宜根据实际情况进行优化，偏移采集点以获得合理的采集点位置。对于岩性复杂的露头，应加密采集点采样。调整后每个地质单元的标本数仍然应满足统计样本量的要求。

6.2.3 采集点的空间定位依据 DZ/T 0153 实施。一般要求采集点平面定点绝对误差 $\leq 10\text{m}$ ，钻孔深度绝对误差 $\leq 1\text{m}$ 。

### 6.3 标本采集

#### 6.3.1 密度标本采集

应根据介质不同的固结程度采集密度标本：

a) 对松散沉积物，应采集大样。采集大样前应清除受人工的或者植物影响的表层物质。大样的体积不小于50cm×50cm×50cm，供现场进行大样法测定密度。

b) 对半固结、固结的岩矿石，宜采集标本，标本以3cm×5cm×5cm左右、质量150g~500g为宜。

### 6.3.2 磁性标本采集

应根据介质不同的固结程度及测定技术采集磁性标本：

a) 对松散沉积物，应使用无磁规格化塑料盒采集标本。规格化塑料盒为高22mm、直径25mm的圆柱状体，也可为边长20mm的立方体。采集前，应对松散沉积物进行剥离，原位留下略大于塑料盒的圆柱体或者立方体，然后扣上塑料盒取样。取样时以及标本运输、保存期间应保持沉积物不松散，不破坏沉积物的结构。

b) 对于岩屑样品，可用标本袋取样，标本的质量以30g~50g为宜。也可直接使用无磁规格化塑料盒取样成磁性样品。

c) 对于半固结、固结的岩矿石，手标本尺寸应不小于5cm×7cm×9cm，形态尽可能为标准的长方体；取样钻采集的标本直径为25mm的圆柱状体，其高不少于30mm；采集钻井岩心时，根据岩心情况采集，尽可能为直径38mm以上、高100mm以上的圆柱体或者半圆柱体，并满足加工规格化磁性样品的几何条件。

d) 采集定向标本时，应根据采样介质、采样工具选择定向方法。用无磁规格化塑料盒采集松散沉积物样品时，可在原位扣住沉积物的塑料盒上面（为水平面）用罗盘标定磁北方向线定向；用取样钻采集定向标本时，给原位上的岩心套上定向器，标定倾向线、测量倾角定向；用罗盘（磁性强时用太阳罗盘）在原位上标定近水平面上（可以是人工修饰成的）的磁北方向线和2个相交的近垂直面上标定水平走向线定向。

### 6.3.3 电性标本与声波速度标本采集

应根据介质不同的固结程度及测定技术采集电性标本：

a) 不应采集松散沉积物、钻井岩屑的标本。

b) 对于半固结、固结的岩矿石，手标本尺寸应不小于5cm×7cm×9cm，形态尽可能为标准的长方体，对应的两个面尽可能平整；取样钻采集的标本为直径为25mm的圆柱状体，其高不少于30mm；采集钻井岩心时，根据岩心情况采集，尽可能为直径38mm以上、高100mm以上的圆柱体或半圆柱体，并满足加工规格化样品的几何条件。

c) 采集的标本不宜含明显的裂缝或者节理。

### 6.3.4 放射性比活度标本采集

应根据介质放射性测定技术要求采集标本：

a) 每件标本的质量不少于2kg。

b) 检查点的标本应取两块，每块标本的质量不少于2kg，一块密封保存，提供检查之用，另一块作为正常标本提供检验测定。

c) 采集到的标本应先装入布质标本袋，然后再装入塑料袋，系紧密封以妥善保存。

### 6.3.5 岩性标本采集

若野外岩石定名困难时，宜采集岩性标本，并送样进行岩性签定。一般标本规格为3cm×5cm×7cm。

### 6.3.6 综合物性标本采集

应根据工作任务要求决定是否采集综合测定物性参数的标本，并符合下列要求：

- a) 含放射性比活度测量时，采集的标本应同时满足6.3.1至6.3.4条款。
- b) 不含放射性比活度测量时，采集的标本应同时满足6.3.1至6.3.3条款。

## 6.4 采样记录

### 6.4.1 采样表

可选择纸质或（和）电子记录表。记录表内容主要有：

- a) 工区：填写图幅号或工作区名称。
- b) 剖面：如果该采样点分布在剖面上，则填剖面名称。
- c) 采集点号：一般与标本编号有关联，如采集点号为A09，标本号则为A09-1、A09-2、A09-3。
- d) 空间位置：卫星定仪测量的空间坐标位置。
- e) 岩矿石名称：观察岩矿石的主要造岩矿物种类及含量，蚀变矿化类型，风化程度，根据GB/T17412.1、GB/T17412.2、GB/T17412.3给岩矿石定名。
- f) 地层或岩体：在“地质单元”记录“群、组、段”地层单元名称，或记录岩体、单元、超单元名称；单元应记录可确认的、最小的单元名称。地质单元根据使用的地质图确定。
- g) 定向：通过测量、标记标本定向面的走向、倾向，并记录倾向方位角和倾角。
- h) 负责栏：采样者、记录者、检查者签名。
- i) 野外完工后装订成册。

### 6.4.2 实际材料图

应按如下次序完成实际材料图绘制：

- a) 应在工作手图（采集部署图）上标记采集点与位置。
- b) 采样结束后，应把工作手图编制成工区物性采样实际材料图。该图宜以地质图为底图，绘制采集点位及编号。在图的合适位置附物性采样工作量统计表，内容为地质单元、采集点数、标本数等。

### 6.4.3 标本包装运输及送样

标本包装运输及送样应遵循如下程序并注意如下事项：

- a) 采集过程中，每件标本应在标本上用油漆或者防水记号笔记编写标本号，用白布标本袋盛装，袋上应标记与袋内标本对应的标本号。
- b) 野外工作告一段落或结束后，应把物性标本及岩性标本装箱。每箱标本内附送样单。并确保箱内标本数量、标本编号、布袋编号与送样单的内容一致。各箱送样单汇总成总送样单。
- c) 标本在运输过程中，应防止标本受到污染或者受严重挤压而破碎。

### 6.4.4 野外工作小结

野外工作小结的要求为：

- a) 野外工作验收前，应完成工作小结的编制。
- b) 野外工作小结主要内容为本工区的工作任务目标、采样过程、使用的方法技术、完成的实物工作量、工作质量、存在的问题等。

## 6.5 质量检查与评价

### 6.5.1 质量检查

标本采集的质量检查方法为：

- a) 检查应由上级项目委托单位组织实施。

- b) 检查的依据为任务书（或合同书）、设计书。
- c) 应对记录卡（册）、实际材料图、标本、标本送样单、野外工作小结等资料进行检查。
- d) 应采用抽查方式对采样点位置、岩矿石定名、地质单元归属等进行检查。抽查率不低于总采集点数的3%，或检查采集点不少于30个。

## 6.5.2 质量评价

应遵循下列要求进行质量评价：

- a) 评价的内容为野外记录是否清晰、准确、完整，记录的内容是现场的情况是否吻合，是否完成工作量，标本是否符合要求，装箱的标本是否与送样单、实际材料图一致。
- b) 若主要工作量、各地质单元采集的标本数、标本的空间分布、空间定位误差未达到设计要求，则野外工作为不合格后，应返工。
- c) 符合任务书、设计书、质量控制体系要求的则为合格，进一步根据资料情况评定为良好或者优秀。

## 7 样品制作

### 7.1 加工制作准备

#### 7.1.1 加工制作方案

样品制作方案的确定依据与内容如下：

- a) 根据设计书，确定针对某类型物性参数的测定仪器对样品几何形态与大小的要求，确定制样方案。
- b) 样品制样方案主要内容为样品的几何形态与大小，实现所需要的加工设备，以及质量保证、安全保障措施等。

#### 7.1.2 加工制作设备

依据样品的用途选择加工制作设备：

- a) 密度、磁性、电性、声波速度固结样品的加工设备主要为水冷却台式岩矿石钻机、切割机；放射性样品的加工设备为样品粉碎机、磨样机。
- b) 定向磁性标本的制样设备还有水平仪。

### 7.2 样品加工制作

#### 7.2.1 密度样品加工制作

密度样品制作的依据是密度测定技术要求：

- a) 不要求一定要制作规格化的样品，但鼓励使用规格化样品。
- b) 当标本尺寸过大，可适当缩减尺寸，以适合于电子密度天平或者密度计测定即可。

#### 7.2.2 磁性样品制作

磁性样品制作的依据是样品要适合于磁性测定的仪器，并防止磁污染：

- a) 针对磁性测定仪器，选择把标本制作成规格化磁性样品。通常，高精度岩石磁力仪要求的样品为直径25.4mm、高22mm的圆柱状体，或者为边长20mm的立方体。

b) 磁性制作时需要使用金刚石钻头及锯片，加工过程均需保持水冷却，严禁标本受热而发生物理变化。磁性标本应尽可能避免剧烈敲击、与磁性材料摩擦、置于强磁场中，以避免样品被磁污染。

c) 定向标本加工过程中，注意钻取岩心时，保证岩心顶部所标方向不被破坏，切割岩心柱前，根据岩心顶部标注方向确定岩心侧面标注方向，并应注意保持样品定向的精度。

### 7.2.3 电性样品制作

电性样品制作的依据是样品要适合于电性测定的仪器，并防止岩矿石结构被破坏：

a) 根据电性测量仪器对样品尺寸的要求，把标本加工成电性样品。通常为圆柱状或立方体：圆柱体直径为25.4mm、高为22mm；立方体边长为20mm。

b) 样品的表面应光滑、平整，内部应没有天然的或者因机械加工而产生的裂缝。

### 7.2.4 波速样品制作

波速样品制作的依据是样品要适合于波速测定的仪器，并防止岩矿石结构被破坏：

a) 根据声波速度测定仪器对样品尺寸的要求，把标本加工成样品。一般为圆柱状样品，直径多为25mm~54mm，高径比宜为2.0~4.0。在特殊情况下，允许使用非标准尺寸圆柱体或长方体样品。

b) 柱体内应没有天然的或者因机械加工人为产生的裂缝。样品两个端面应平整、光滑、平行。沿样品整个高度的直径允许偏差为±0.3mm，两端不平行度误差允许偏差为±0.05mm；端面不平整度误差允许偏差为±0.02mm；端面应垂直轴线允许偏差为±0.25°

### 7.2.5 放射性样品制作

放射性样品制作的通常要求为：

a) 使用粉碎机、磨样机等把标本破碎、研磨至粒径不大于0.16mm的粉末。

b) 注意粉碎、研磨过程中样品不受交叉污染。

### 7.2.6 综合样品制作

综合样品的制作由工作任务、测试仪器设备决定：

a) 综合进行密度、磁性、电性、波速测定的样品规格应根据测定相应参数的仪器对样品的要求确定，多数情况下可使用直径为25.4mm、高22.0mm的圆柱状体。

b) 规格化样品取样加工后的碎样质量达到2kg，可作为加工放射性比活度的样品使用。

## 8 参数测定

### 8.1 密度测定

#### 8.1.1 体积法测定未固结沉积物的密度

8.1.1.1 准备铁锹、电动镐、发电机等挖掘工具，塑料（铁）箱、桶等样品容器，便携式的电子台秤、钢卷尺等测量设备。

8.1.1.2 根据设计找到采样点的露头，要求露头植被不发育，除去表层耕作土或者素填土，用铁锹（遇粘性土时可用电动镐等）挖坑取样。采样坑的形态一般为长方体或立方体，各面应平整。

8.1.1.3 电子天平安置、调平、开机预热、补偿清零。测定样品容器的质量。逐次测定样品及容器的毛质量，求净质量，累计各次测定的净质量，获得样品的净质量。

8.1.1.4 用钢卷尺分别测量采样坑的4条长、宽、高，用长、宽、高的平均值累乘获得样品的净体积。

8.1.1.5 样品的净质量除净体积，获得该大样的密度。

8.1.1.6 大样密度测定的野外记录内容为采样点号，Y坐标、X坐标，岩性，地质单元，容器的质量，逐次测定的净质量，逐边（长、宽、高）的长度，累计净质量与净体积，计算大样的密度值。

### 8.1.2 水中称量法测定半固结、固结样品的密度

8.1.2.1 准备塑料盆（桶）等容器，纯（干）清水，易吸水的软布，电子密度仪等。

8.1.2.2 按下列公式求取样品的密度：

$$\sigma = \frac{P_1}{P'_1 - P'_2 - \frac{P'_1 - P_1}{\sigma_K}} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$\sigma$  ——岩矿石密度，单位为克每立方厘米（g/cm<sup>3</sup>）；

$\sigma_K$  ——石蜡密度（≈0.9g/cm<sup>3</sup>）；

$P_1$  ——封蜡前样品在空气中质量，单位为克（g）；

$P'_1$  ——封蜡后样品在空气中质量，单位为克（g）；

$P'_2$  ——封蜡后样品在水中质量，单位为克（g）。

8.1.2.3 固结的样品在容器中用清水饱和24h以上。

8.1.2.4 电子密度仪调平、开机预热，用砝码校正清零；软布擦干水饱和样品表面的水，测定样品在空气中的质量，再测定样品在清水中的质量，读（求）取样品的密度；视电子密度仪的稳定性能，始、终及每隔一段时间再相应的砝码重新校正、验证。

8.1.2.5 一批样品第一次测定完毕后随机抽取样品再进行检查测定。

8.1.2.6 计算抽检率与测定误差，如合乎要求，此批样品测定完成。否则应重新测定。

### 8.1.3 测定记录与测定报告

8.1.3.1 样品密度测定的记录内容主要为样品号（大样号），样品在空气中的质量（总质量）、水中的质量（总体积），密度值。

8.1.3.2 测定报告应含测定报告封面、测定责任表、测定说明、测定质量检查计算表、测定成果表等。

## 8.2 磁性参数测定

应根据磁性的强弱（参考附录A）依照附录B执行。

## 8.3 电性参数测定

8.3.1 样品架电极（不极化电极可采用铜或铅材料）以铅材料为例：用铅棒（M、N）、铅片（A、B）制作，极罐溶液为氯化铅饱和溶液。电极架的供电电极前端上串联一个已知电阻R<sub>1</sub>，以便求出实测电流值。测量前用游标卡尺测得样品的长度L与直径（长方体的长度、宽度及高度），并计算得到样品横截面面积S。

8.3.2 测量时将水饱和后的样品擦干，并用绝缘胶带将其外侧缠紧（可防止样品侧向漏电的同时又保持了其水份不易挥发），放置于电极架上夹持并保持接触良好。

8.3.3 电性测量仪开机，并启动控制软件设置相关参数及所测样品信息（包括：样品号、样品长度与直径、供电电压、充放电时间）后，开始供电测定。

8.3.4 供电方式采用正反向供电，以便消除供电通道偏差和MN间极差。首先采集已知电阻上的电压，先正向供电后反向供电，得到正反两个电压值  $V_1$ 、 $V_1'$ ，求出两电压的平均值，随之求出电流值  $I$ 。继续采集样品MN两端，正向供电后放电，再反向供电后放电，分别得到如图1所示电压值  $V_2$ 、 $V_2'$ 、 $V_3$ 、 $V_3'$ ，据此计算得到岩矿石样品的电阻率和极化率。计算方法见公式（2）、（3）。

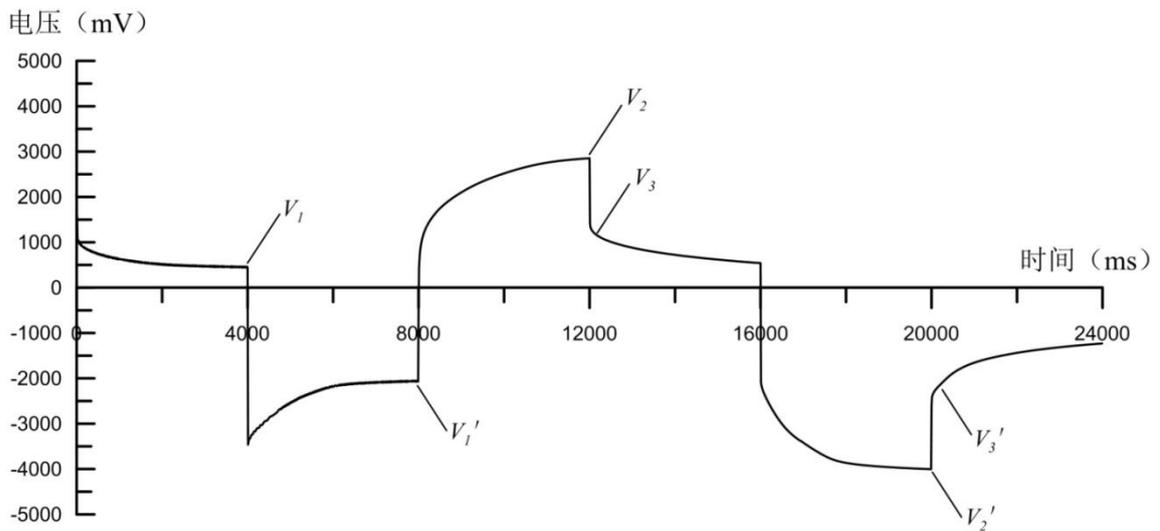


图1 样品架法测定岩矿石样品电性波形示意图

$$R = \frac{S}{L} \times \frac{(V_2 - V_2')/2}{\frac{(V_1 - V_1')/2}{R_1}} \dots\dots\dots (2)$$

$$\eta = \frac{(V_3 - V_3')/2}{(V_2 - V_2')/2} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- $R$  —— 样品电阻率，单位为欧姆米（ $\Omega \cdot m$ ）；
- $S$  —— 样品横向截面积，单位为平方毫米（ $mm^2$ ）；
- $L$  —— 样品长度，单位为毫米（ $mm$ ）；
- $R_1$  —— 已知电阻，单位为欧姆米（ $\Omega \cdot m$ ）
- $V_1$  —— 已知电阻端正向电压值，单位为毫伏（ $mV$ ）；
- $V_1'$  —— 已知电阻端反向电压值，单位为毫伏（ $mV$ ）；
- $V_2$  —— 一次场正向电压值，单位为毫伏（ $mV$ ）；
- $V_2'$  —— 一次场反向电压值，单位为毫伏（ $mV$ ）；
- $V_3$  —— 二次场正向电压值，单位为毫伏（ $mV$ ）；
- $V_3'$  —— 二次场反向电压值，单位为毫伏（ $mV$ ）；

$\eta$  —— 样品极化率，单位为百分比（%）。

8.3.5 每次测定期间，注意样品架与所夹持的样品耦合状况，保证样品与接触端充分接触，并使用纯铜或纯铁质样品进行样品架接触电阻测定，记录接触电阻值的变化，如接触电阻过大，需对样品架接触面进行清洁。

### 8.3.6 测定记录与测定报告

8.3.6.1 测定电性参数记录内容主要为样品号，直径与高度（长方体：长度、宽度及高度），电阻率，极化率。同时应有测定者、检查者、测定时间等内容。使用样品法测定时，还应记录一次场电位，二次场电位，电流等数据。

8.3.6.2 测定报告应含测定报告封面、测定责任表、测定说明、测定质量检查计算表、测定成果表等。

## 8.4 声波速度测定

### 8.4.1 测定准备

8.4.1.1 样品摆放整齐、有序；检查样品测定面是否平整平滑，若凹凸不平应给予打磨处理；用游标卡尺测定每个合格样品的长度（两个测定面之间）。

8.4.1.2 岩石超声波检测仪开机预热，设置仪器的发射脉冲电压（如 125V、250 V、350 V、500 V、自然）、调节信号幅度增益（如 1×、10×、100×、自动）、确定示波器采样精度（如 0.1  $\mu$ s），检查仪器发射/接收频率与换能器频率是否相符，用标准有机质样品进行校准测定，直到仪器测定的传导时间与标准有机质样品的标准值一致，使仪器系统达到声波零延时。

### 8.4.2 纵波、横波速度测定

8.4.2.1 样品长度输入仪器；纵波换能器涂上薄而均匀的耦合剂，并与样品的测定面耦合，精细调节接收波形幅度、测取纵波传播时间，仪器显示纵波速度。

8.4.2.2 用纸或者布彻底清除样品表面的耦合剂，在横波换能器上涂少量的横波耦合剂，利用夹具将样品夹在两个横波换能器之间，适当加压，当接收横波波形清晰时，测取横波传播时间，测读横波速度。

8.4.2.3 把样品上的耦合剂清除干净后归位。

8.4.2.4 一批样品第一测定完成，应随机抽取样品进行随机检查测定。计算抽检率与测定误差，如合乎要求，此批样品测定完成。否则应重新测定。

### 8.4.3 记录内容与测定报告内容

8.4.3.1 记录内容主要为样品号，测定面间的长度，纵波速度，横波速度。同时应有测定者、检查者、测定时间等内容。

8.4.3.2 测定报告应含测定报告封面、测定责任表、测定说明、测定质量检查计算表、测定成果表等。

## 8.5 放射性比活度测定

### 8.5.1 样品制备

8.5.1.1 将质量不少于 2kg 的标本破碎、粉碎、研磨到粒径不大于 0.16mm（过 100 目网筛）的粉末；粉末盛装入干燥箱，在 100℃ 至 110℃ 温度下烘烤约 2h 至恒重，随后移置到干燥器中冷却到室温。

8.5.1.2 用可读精度优于0.1g的电子天平测定标准样品盒(与标准样的形态大小一样,为直径为76mm、高为70mm的圆柱状塑料盒)的质量;将冷却后的粉末盛装到标准样品盒直到盒满,加盖,用胶带密封制成样品,然后用电子天平测定样品的质量;计算样品的净质量(样品质量-样品盒质量)。

8.5.1.3 将样品放置3至4周,使样品的天然放射性衰变链基本达到平衡,样品可提供测定。

## 8.5.2 测定准备

8.5.2.1 将在检定有效期内的低本底多道 $\gamma$ 能谱仪开机预热30分钟以上。

8.5.2.2 标准样品(如钾-40源)置入铅室内的样品室,关闭铅室;调整测量时间(如1800s),进行标准样品的测定;当标准样品比活度测定的不确定度小于5%时,仪器可进入样品的测定。

## 8.5.3 样品测定

8.5.3.1 取消稳谱,打开铅室,取出标准样品,放入样品,关闭铅室。

8.5.3.2 调整测量时间(如7200s),进行样品的测定,测定结束后保存数据,或读取铀-238(或镭-226)、钍-232、钾-40等的比活度(含量)数据。

8.5.3.3 一批样品测定完成,应随机抽取样品进行随机检查测定。计算抽检率与测定误差,应达到设计要求,此批样品测定完成。否则应重新测定。

## 8.5.4 记录内容与测定报告内容

8.5.4.1 记录内容主要为样品号,测量时间,铀-238(或镭-226)、钍-232、钾-40等的比活度(含量)。

8.5.4.2 测定报告应含测定报告封面、测定责任表、测定说明、测定质量检查计算表、测定成果表等。

## 8.6 综合测定

8.6.1 综合测定前,使用游标卡尺测定样品的尺寸。

8.6.2 应先测定磁性参数;继之清水饱和后进行密度测定;再进行电性测定;最后晾干样品进行声波速度测定。

## 8.7 测定报告

岩矿石物性测定报告按附录C执行。

## 9 数据整理、统计与图示

### 9.1 数据整理

9.1.1 物性数据均应从仪器单位换算为法定单位。

9.1.2 样品形状及大小显著影响物性参数时,宜进行相应的改正,如磁化率的退磁改正、体积改正。

9.1.3 根据野外物性采集记录卡、物性测定报告等资料进行数据整理与综合,形成该区的物性数据集(库)。每条物性记录的项目应有(括号内根据工作任务目的选择)样品编号、经度、纬度、岩矿石名称、岩矿石类型、地层单元或岩体单元、地层区划或岩浆岩区划、年代、物性参数等。

9.1.4 建立物性数据集（库），应把各记录打印成册，作为物性调查成果表。

## 9.2 数据统计

9.2.1 根据使用的需要，针对工区地质单元进行物性数据统计。原则上，找矿工作应以岩矿石的类别，区域地质工作应以填图单元进行统计。

9.2.2 统计前，宜进行统计检验（正态检验），以确定统计参数。找矿工作的物性统计参数应含单元的样品数、极小值、极大值、平均值、标准偏差、变异系数、峰凸系数等，区域地质填图工作的物性统计应含单元的样品数、第一四分位值、平均值、中间值、第三四分位值等。磁化率、剩余磁化强度、电阻率、声波速度应计算几何平均值；密度、极化率、放射性比活度宜计算算术平均值；倾角与偏角可通过求取单位矢量和的方式获得平均倾角与偏角。

9.2.3 含多种岩性的地层单元物性统计时，应以该单元中各岩性段的厚度与该单元总厚度的比值为权进行加权统计；含多种岩性的岩体单元物性统计时，应以该单元中各岩性分布的面积与该单元总面积的比值为权进行加权统计。

9.2.4 物性数据统计之后，如发现个别数据与该单元的平均值相差较大时，应针对地质单元的属性，从野外采样至室内测定等工作环节考核该数据的代表性。如这个数据不具代表性，应给予删除，该单元应进行重新统计。

9.2.5 物性数据统计过程中，若出现多峰分布时，应对该统计单元的数据可靠性进行核实，剔除不属于该统计单元的数据。

## 9.3 数据图示

### 9.3.1 图示方法

物性数据图示的方法有许多，可根据需要选择使用：

a) 直方图：用于观察一个单元内物性数据的分布状态。密度数据常呈正态分布，磁化率与剩余磁化强度及电阻率数据常呈对数正态分布。

b) 散点图：用于了解参数间的相关性等。

c) 玫瑰图：主要用于展示剩磁矢量的主要方向。

d) 等值线图：展示某地质单元物性数据的空间变化。

e) 综合成果图：加入地质、矿产或者其他地质要素，揭示物性数据隐含的地质规律。

### 9.3.2 图示意义

应针对地质问题，绘制与物性数据（样品量大小、采样点密度等）相适宜的图件来说明地质问题：

a) 进行物探方法选择时，宜绘制目标体、非目标体的物性直方图、散点图。

b) 进行物探资料数据处理时，应绘制综合物性柱状图；若使用地表物性约束时，宜使用工区内所有的样品数据绘制成平面等值线图。

c) 进行某地质单元形成过程的分析研究时，可使用玫瑰图、直方图等。

d) 进行某一地质单元的岩相、构造分析时，可使用该单元的物性数据绘制等值线图。

## 10 成果报告编写与资料提交

### 10.1 基本要求

10.1.1 野外采样记录、测定报告等原始资料经验收合格后，应由项目负责人组织成果报告的编写。

10.1.2 应在全面掌握实际资料的基础上，通过数理统计、综合分析，建立地质-物性统计模型。

10.1.3 文字报告层次清楚，内容简明扼要，以数理统计成果应易于利用。

10.1.4 插图（表）、附图和附件内容力求完整、系统、规范，图表清楚醒目、繁简得当、美观整洁，便于使用。技术符号应符合 GB/T14499 的要求。

## 10.2 主要内容

### 10.2.1 前言

简述项目来源，任务目标，任务完成情况（含实物工作量），主要调查成果，调查工作概况（起止时间，人员分工），取得成果等。

### 10.2.2 工区调查概况

简述工区概况（位置、交通、地形、人文等），地质特征，地球物理特征等。

### 10.2.3 物性调查方法技术

详细论述调查内容（调查地质单元、物性参数等），物性采样（采样方法技术，实际点位分布等），物性测定（样品加工，测定参数、仪器、技术指标等），物性数据处理（整理、统计、绘图方法等）等。

### 10.2.4 物性调查成果

详细论述岩矿石物性统计特征，地质单元物性统计特征（地层、岩体、矿体），物性数据空间分布特征。宜进一步论述物性数据的地质意义分析。

### 10.2.5 结论与建议

论述结论，建议，存在的问题。

### 10.2.6 附图

物性采样实际材料图等。

### 10.2.7 附表

物性调查数据成果表，物性数据统计成果表。

## 10.3 主要成果图表

10.3.1 实际材料图。

10.3.2 物性数据统计表。

10.3.3 物性数据统计图表。

10.3.4 根据设计书要求需提供的其它成果图件。

## 10.4 资料提交

10.4.1 成果报告应由承担单位初审合格后，提交项目委托单位评审验收。

DZ/T ×××××—××××

10.4.2 成果报告根据评审验收意见修改合格后，按合同要求提交资料。

10.4.3 提交的资料主要包括原始资料（采样记录，测试报告）、成果资料（成果报告）、相关资料（合同、设计书）等。

附 录 A  
(资料性附录)  
岩矿石磁性参数统计表

A.1 岩矿石磁性参数统计表见A.1。

表A.1 岩矿石磁性参数统计表

岩石大类	岩石类	岩石亚类	样品数量	磁化率平均值 $10^{-6}\text{SI}$	样品数量	剩磁强度平均值 $10^{-3}\text{A/m}$
沉积岩	非蒸发岩	石灰岩	2566	34	2538	3
		白云岩	856	24	768	1
	陆源碎屑岩	细碎屑岩	939	56	932	3
		中碎屑岩	5137	67	5056	5
		粗碎屑岩	856	76	851	7
	泥质岩	页岩	291	57	291	3
		泥岩	431	140	400	6
	火山碎屑沉积岩	火山碎屑沉积岩	243	111	242	8
火成岩	火山碎屑岩	火山碎屑岩	1478	670	1470	41
		火山碎屑熔岩	155	221	155	54
	火山熔岩	流纹岩	316	99	315	12
		安山岩	1192	3869	1004	148
		玄武岩	574	20551	480	1965
		粗面岩	116	7929	116	212
	潜火山岩	潜火山岩	2731	1735	2069	45
	辉绿岩	辉绿岩	505	4184	451	195
	煌斑岩	煌斑岩	131	8244	130	107
	深成岩	花岗岩	9039	377	7293	12
		正长岩	1706	1436	1243	25
		斜长岩	134	31881	134	920
		闪长岩	5146	3836	3983	62
		辉长岩	1222	6560	1125	434
		超铁镁质岩	87	52505	87	1180
变质岩	混合岩化变质岩	混合岩	1537	858	1271	27
	气液蚀变岩	气-液蚀变岩	509	3732	496	183
	区域变质岩	变粒岩	2610	2089	1433	9
		板岩	1762	130	1609	2
		大理岩	1430	881	783	44
		角闪岩	1087	5679	356	90

表 A.1 岩矿石磁性参数统计表（续）

岩石 大类	岩石类	岩石亚类	样品 数量	磁化率平均值 $10^{-6}\text{SI}$	样品 数量	剩磁强度平均 值 $10^{-3}\text{A/m}$
变质岩	区域变质岩	麻粒岩	515	28077	78	116
		片麻岩	4864	3466	1412	31
		片岩	2771	528	1697	21
		铁英岩	38	705740	28	511

注：表中岩矿石磁性参数由河北省、河南省、山西省、陕西省、安徽省、江西省、宁夏回族自治区、内蒙古自治区等八省区区域岩矿石磁性参数统计得到。

**附 录 B**  
**(规范性附录)**  
**岩矿石磁性参数测定方法**

### B.1 测定方法选择

磁性测定方法选择条件如下：

- a) 磁性参数测定可使用标本法（磁力仪和手持式磁化率仪）、样品法（磁化率仪和旋转式磁力仪）。
- b) 根据已有岩矿石磁化率统计数据（附录A）和标本岩性，判断磁性参数的测定方法。一般，标本法适用于火成岩以及正变质岩（磁化率  $\kappa > 50 \times 4\pi \times 10^{-6} \text{SI}$ ）的磁性参数测定，样品法适用于各类岩石磁性参数测定。

### B.2 体积测量

体积测量可选择：

- a) 标本法：量程为 $500\text{cm}^3 \sim 1000\text{cm}^3$ 的玻璃量筒；直径 $15 \sim 20\text{cm}$ 、高约 $40\text{cm}$ ，且在距上端约 $5\text{cm}$ 处有一下倾小漏水嘴的铁桶；或感量不低于 $5\text{g}$ ，最大称量 $2\text{kg}$ 的体积秤。
- b) 样品法：密度测定过程中可获得样品体积。

### B.3 标本法

#### B.3.1 磁力仪测定磁性参数

##### B.3.1.1 仪器及辅助设备

磁力仪测定磁性参数可选择如下仪器及辅助设备：

- a) 仪器—使用微机质子磁力仪。
- b) 传感器采用双探头的梯度测量装置，将标本靠近下探头，则梯度读数即相当于标本产生的磁场。若采用单探头的总场测量装置，则必须在附近另设一台测日变的同类仪器，将每次读数进行日变改正后才能算出标本产生的磁场。
- c) 标本架—用磁秤脚架作支撑，其上置两块活动的（带无磁合页）平板，一块水平放置并固定在架上，另一块倾斜可调，使交角与当地磁倾角相等，并使倾向朝北，置于下探头北侧，见图B1，板上装有角铝，以防标本盒下滑。
- d) 标本盒—一边长为 $10\text{cm}$ 的正方形木盒，按左螺旋系统规定X轴向东，Y轴向北，Z轴向下，在3个轴向的正向盒面分别标以2、4、6；在3个盒的负面上分别标以1、3、5，当将这标本盒置于上述标本架倾斜面上，Z轴与地磁场T方向一致。
- e) 量杯—最大量程为 $500\text{cm}^3 \sim 1000\text{cm}^3$ 的玻璃量筒；直径 $15\text{cm} \sim 20\text{cm}$ 、高约 $40\text{cm}$ ，且在距上端 $5\text{cm}$ 处有一下倾小漏水嘴的铁桶；或感量不低于 $5\text{g}$ ，最大称量 $2\text{kg}$ 的体积秤。
- f) 钢卷尺、三角尺、面盆及碎布等。

##### B.3.1.2 测定步骤

测定步骤如下：

a) 选择一处磁场较平稳且无人文干扰磁场的地点，架好仪器及探头，此时梯度读数 $T_0$ 应在零值左右(或有很小底数)。用仪器的线号健(Line)置入标本编号。用仪器的点号健(Station)按向上盒面的号码(如6)和绕Z轴(即T方向)每旋转 $90^\circ$  读取一数编入601、602、603、604……其余各方面向上时一样，百位上的数字代表轴向(正或负)，个位上的数字代表同一轴向的读数次序数。

b) 安置标本架：可采用高斯第一位置测定，如图B1所示，也可采用第二位置测定，使标本架上倾斜板面垂直于地磁场T。的磁力线，并使标本盒位于探头筒的正东(西)面，盒中心与探头中心等高。根据标本磁性强弱，调节标本盒中心与探头中心的距离(不小于15cm)为保证数据的可靠性，希望标本产生的磁场能引起 $\geq \pm 1nT$ 的变化。

c) 标本装箱：将待测标本放入标本盒内，用碎布塞紧。并注意使标本中心与盒中心一致。对于定向标本，应使其东、北、下方向分别与标本盒X、Y、Z轴正方向一致。

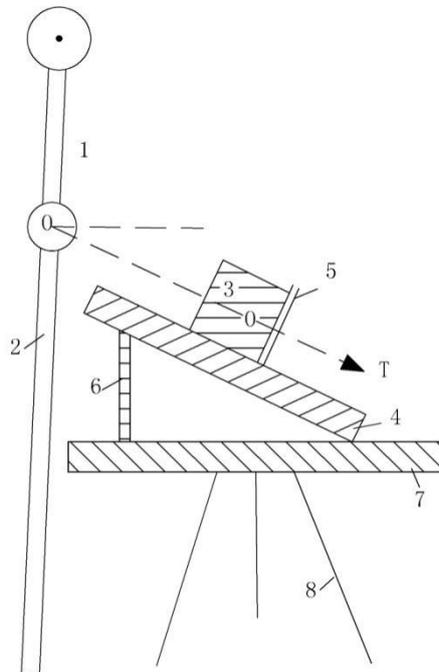


图 B1

1-磁探头；2-探头支杆；3-标本盒；4-可高调倾角的斜板；5-选择R及固定标本盒的活动插销；

6-固定和调节倾角的螺杆；7-可作水平转动的平板；8-三角架

d) 观测：放标本前检查读数 $n_0$ (仪器置点号为 $X_{00}$ ，其中百位上X为上盒面号码)，将标本盒放在标本架上，选择距离r使仪器读数变比较大( $\geq \pm 1nT$ )，记录距离r；按向上盒面的号码依次读数 $n_1、n_2 \dots n_6$ ；拿去标本后再次检查底数 $n_0'$ 。

e) 为减少标本形状不规则、磁性不均匀和标本位置误差的影响，可在每个轴的正、负方向都分别读取四个数(标本盒沿T方向每旋转 $90^\circ$  读一个数)，即平均值进行计算。如：

$$n_6 = \frac{Th_{601} + Th_{602} + Th_{603} + Th_{604} \dots \dots \dots}{4} \quad (B.1)$$

式中：

$n_6$ —— 标本六个面测量时仪器读数；

$Th_{601} \sim Th_{604}$  —— 标本分别绕Z轴(即T方向)旋转 $90^\circ$  的四次读数。

f) 测定标本体积：取出标本，用细绳将标本放在水中浸湿，然后轻缓放入装满水的铁筒中，同时用空量筒收集被排出的水。待铁筒中水面平静后，放正量筒并读取量筒中的水量V，此数即为标本体积，也可用体积秤取标本体积。

### B. 3. 1. 3 测定要求

测定应满足如下要求：

- a) 距离r量准到0.2cm，体积V量准到5cm<sup>3</sup>。  
 b) 仪器探头附近的磁性干扰物如强磁性标本、铁筒等不得移动；测定过程中，标本架、探头支撑杆不得移动。在一块标本测定期间，n<sub>0</sub>应不变。  
 c) 用第一位置测定时，各读数应满足公式（B. 2）：

$$\frac{n_1 + n_2}{2}, \frac{n_3 + n_4}{2}, \frac{n_5 + n_6}{2} \geq n_0 \quad \dots\dots\dots (B. 2)$$

- d) 用第二位置测定时，各读数应满足公式（B. 3）：

$$\frac{n_1 + n_2}{2}, \frac{n_3 + n_4}{2}, \frac{n_5 + n_6}{2} \leq n_0 \quad \dots\dots\dots (B. 3)$$

### B. 3. 1. 4 计算磁性参数

按不同高斯位置计算磁性参数：

- a) 高斯第一位置时，磁化率、剩磁强度、磁偏角、磁倾角分别按公式（B. 4）～公式（B. 7）计算。  
 磁化率：

$$\kappa = \frac{5r^3}{3T_0} \cdot \frac{1}{V} \left[ \left( \frac{n_1 + n_2}{2} - n_0 \right) + \left( \frac{n_3 + n_4}{2} - n_0 \right) + \left( \frac{n_5 + n_6}{2} - n_0 \right) \right] \cdot 10^{-6} \times 4\pi \cdot SI \quad \dots\dots\dots (B. 4)$$

剩磁强度：

$$J_r = \frac{5r^3}{2} \cdot \frac{1}{V} \sqrt{(n_1 - n_2)^2 + (n_3 - n_4)^2 + (n_5 - n_6)^2} \cdot 10^{-3} A/m \quad \dots\dots\dots (B. 5)$$

磁偏角：

$$D = \tan^{-1} \frac{n_1 - n_2}{n_3 - n_4} \quad \dots\dots\dots (B. 6)$$

（注：方位角由偏角公式的分子分母的正负组合决定）

磁倾角：

$$I = \tan^{-1} \frac{n_5 - n_6}{\sqrt{(n_1 - n_2)^2 + (n_3 - n_4)^2}} \quad \dots\dots\dots (B. 7)$$

- b) 高斯第二位置时，磁化率、剩磁强度、磁偏角、磁倾角分别按公式（B. 8）～公式（B. 11）计算。  
 磁化率：

$$\kappa = \frac{10r^5}{3T_0} \cdot \frac{1}{V} \left[ \left( n_0 - \frac{n_1 + n_2}{2} \right) + \left( n_0 - \frac{n_3 + n_4}{2} \right) + \left( n_0 - \frac{n_5 + n_6}{2} \right) \right] \cdot 10^{-6} \times 4\pi \cdot SI \quad \dots\dots\dots (B. 8)$$

剩磁强度：

$$J_r = 5r^3 \cdot \frac{1}{V} \sqrt{(n_2 - n_1)^2 + (n_4 - n_3)^2 + (n_6 - n_5)^2} \cdot 10^{-3} A/m \dots\dots\dots (B.9)$$

磁偏角:

$$D = \tan^{-1} \frac{n_2 - n_1}{n_4 - n_3} \dots\dots\dots (B.10)$$

磁倾角:

$$I = \tan^{-1} \frac{n_6 - n_5}{\sqrt{(n_2 - n_1)^2 + (n_4 - n_3)^2}} \dots\dots\dots (B.11)$$

式中:

- $\kappa$  —— 标本磁化率, 单位为SI;
- $J_r$  —— 标本剩磁强度, 单位为A/m;
- $r$  —— 标本中心到探头中心距离, 单位为米 (m);
- $V$  —— 标本体积, 单位为克每立方厘米 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ );
- $T_0$  —— 当地总磁场值, 单位为纳特 (nT);
- $n_0$  —— 放标本前读数, 单位为纳特 (nT);
- $D$  —— 磁偏角, 单位为度 ( $^\circ$ );
- $I$  —— 磁倾角, 单位为度 ( $^\circ$ );
- $n_1 \sim n_6$  —— 分别为标本6个面测量时读数的平均值, 单位为纳特 (nT)。

### B.3.2 手持式磁化率仪测定磁化率

运用手持式磁化率仪测定磁化率, 测定步骤如下:

- a) 首先对仪器稳定性检查, 进行标定块 (厂商提供或自行制作) 测定, 测定误差应小于标称值10%。合格后方可开始测定工作。
- b) 检查待测标本面是否平整, 若有凹凸不平的地方应打磨平整。
- c) 选取标本面积最大的面作为测量面, 测定面应大于手持式磁化率仪的线圈, 采用较高分辨率模式进行磁化率测量, 测量时仪器线圈应尽可能平行贴近测量面。
- d) 每件标本测定次数不低于6次, 并求取算术平均值, 记录样品编号、磁化率值。
- e) 应根据所使用磁化率仪器的特殊性, 针对标本形态、体积进行磁化率值改正。
- f) 一批样品测定完成, 应随机抽取样品进行检查测定。计算抽检率与测定误差, 如合乎要求, 此批样品测定完成。否则应重新测定。

## B.4 样品法

### B.4.1 磁化率仪测定磁化率

测定步骤如下:

- a) 仪器应安放在磁场状态稳定环境, 测定用桌椅不应使用铁质材料, 保持室内温度稳定, 避免铁磁和电磁性干扰。
- b) 仪器开机预热, 启动仪器控制程序, 使用标准样品对磁化率仪进行标定, 合格后开始测定工作。
- c) 输入样品编号开始测定, 测定时样品要放入样品架中心, 经仪器读取、计算得到样品磁化率。

d) 测定期间需检查样品架是否污染，并保持清洁。

#### B. 4. 2 旋转式磁力仪测定剩磁强度及方向

测定步骤如下：

a) 仪器开机预热，启动仪器控制程序，测定标准样品，满足要求开始工作，不满足时应对线圈等进行调整，直到满足要求。

b) 根据仪器的要求，给仪器输入相关参数。对样品进行不同方位的剩磁测量，直到仪器输出总磁矩（剩余磁化强度）及偏角、倾角。

c) 根据样品的定向方法，计算剩磁矢量的磁偏角、磁倾角。

d) 一批样品测定完成，应随机抽取样品进行检查测定。计算抽检率与测定误差，如合乎要求，此批样品测定完成。否则应重新测定。

#### B. 5 测定记录与测定报告

测定记录与测定报告要求如下：

a) 测定记录应根据测定方法（标本法、样品法）、使用岩石磁力仪的实际要求决定，要求原始数据记录完整、系统。

b) 测定报告应含测定报告封面、测定责任表、测定说明、测定质量检查计算表、测定成果表等。

附 录 C  
(规范性附录)  
岩矿石物性测定报告

C.1 岩矿石物性测定报告封面格式（见图C.1）。

C.2 岩矿石物性测定数据表见表C.2。

表C.2 岩矿石物性测定数据表

送样单位：

图幅名称/工区：

总标本数：

序 号	样 品 编 号	物性参数 1 /仪器单位	物性参数 2 /仪器单位	物性参数 3 /仪器单位	物性参数 1 /SI 单位	物性参数 2 /SI 单位	物性参数 3 /SI 单位

测定者：

检查者：

计算者：

完成时间： 月 日

C.3 岩矿石物性测定误差计算表见表C.3。

表C.3 岩矿石物性测定误差计算表

序 号	样 品 编 号	物性参数 1 /仪器单位	物性参数 1 /SI 单位	物性参数 2 /仪器单位	物性参数 2 /SI 单位	备 注
误差统计公式与结果						

测定者：

检查者：

计算者：

完成时间： 月 日

## 岩矿石物性测定报告（二号，宋体）

送样单位：（四号，宋体）

测定参数：（四号，宋体）

测定仪器：（四号，宋体）

样品数：（四号，宋体）

测定误差：（四号，宋体）

提交时间：（四号，宋体）

测定者：（四号，宋体）

检查、计算者：（四号，宋体）

测定单位：××××××××××（盖章）（四号，宋体）

测定时间：二××××年××月××日（四号，宋体）

### C.1 岩矿石物性测定报告封面格式

## 参 考 文 献

- [1] DD2006-03 岩矿石物性调查技术规程
- [2] DD2006-04 古地磁测试技术要求
- [3] SY/T6351-1998 岩石声波特性的实验室测定
- [4] SY/T 5385-2007 岩石电阻率参数实验室测量及计算方法
- [5] DZ/T 0276.4-2015 岩石物理力学性质试验规程 第4部分：岩石密度试验
- [6] DZ/T 0276.16-2015 岩石物理力学性质试验规程 第16部分：岩石体积电阻率和表面电阻率试验
- [7] DZ/T 0276.17-2015 岩石物理力学性质试验规程 第17部分：岩石放射性比活度试验
- [8] DZ/T 0276.24-2015 岩石物理力学性质试验规程 第24部分：岩石声波速度试验
- [9] DZ/T 0276.31-2015 岩石物理力学性质试验规程 第31部分 岩体声波速度试验
- [10] DZ/T 0004-2015 重力调查技术规程（1：50000）
- [11] DZ/T 0144-1994 地面磁勘查技术规程
- [12] SY/T 5771-2011 地面磁法勘探技术规程
- [13] DZ/T 0070-2016 时间域激发极化法技术规程
- [14] GB/T 11743-2013 土壤中放射性核素的 $\gamma$ 能谱分析方法
- [15] H. B. 多尔特曼 等著, 徐世浙 等译. 岩石和矿石物理性质测定方法指南[M]. 北京：中国工业出版社, 1966
- [15] 杨辟元 等著. 物性工作方法[M]. 北京：地质出版社, 1994
- [16] 郭友钊, 余钦范, 李磊 等著. 岩石物性块体及其地质应用[M]. 北京：地质出版社, 2003
- [17] 陈冰, 杳玉华. 建筑材料样品放射性核素测量方法与结果分析[J]. 江苏陶瓷, 2013, 46(1): 17~18, 20
- [18] 李磊, 陈晓东, 郭友钊. RP-1型岩矿石电性测量系统研制[J]. 物探与化探, 2013, 37(3): 529~532
- [19] 周新鹏, 邹长春, 乔祎, 等. 岩矿电性参数测定实验研究[J]. 工程地球物理学报, 2015, 12(2): 205~213
- [20] 李磊. SM-30磁化率仪的实用性研究[J]. 物探与化探, 2015, 39(3): 585~588
- [21] 方华, 伍向阳, 杨伟. 岩石中裂纹对声波速度的影响[J]. 地球物理学进展, 1998年(4): 1030~1033
- [22] 刘斌. 不同温压下岩石声波速度、衰减及各向异性与组构的关系[J]. 地学前缘, 2000(1): 247~257
-