

ICS 07.060  
D10/19  
备案号: XXXX

DZ

# 中华人民共和国地质矿产行业标准

DZ/T XXXXX—XXXX

## 金属矿地球物理测井规范

Specifications for geophysical logging of minerals

(报批稿)

2016.04.23

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

中华人民共和国国土资源部 发布



## 目 次

前言 .....	I
引言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 总则 .....	1
4 测井任务、设计和试验 .....	2
4.1 测井任务 .....	2
4.2 测井设计 .....	2
4.3 试验工作 .....	3
5 仪器与设备 .....	3
5.1 仪器设备的配置 .....	3
5.2 使用、维护和管理 .....	3
5.3 仪器的调校、测试、标定 .....	4
5.4 电缆深度 .....	4
5.5 绝缘要求 .....	4
5.6 测井绞车 .....	5
5.7 仪器刻度 .....	5
6 数据采集 .....	6
6.1 基本要求 .....	6
6.2 测量范围 .....	6
6.3 方法选择 .....	6
6.4 比例尺 .....	6
6.5 采样间距 .....	7
6.6 速度选用 .....	7
6.7 测量方式 .....	7
6.8 测量深度与回程差 .....	7
6.9 曲线监测与回放 .....	7
6.10 数据记录与存储 .....	8
6.11 检查测量 .....	8
6.12 资料验收与初步解释 .....	8
7 方法技术要求 .....	9
7.1 视电阻率测井 .....	9
7.2 电极电位测井 .....	9
7.3 滑动接触电流法 .....	10
7.4 自然电位测井 .....	10
7.5 激发极化测井（简称激电测井） .....	10
7.6 自然伽玛测井 .....	10
7.7 伽玛—伽玛（密度）测井 .....	10
7.8 磁化率测井 .....	10

7.9 声速测井.....	10
7.10 井径测量.....	10
7.11 井温测量.....	11
7.12 井斜测量.....	11
8 井场施工.....	11
8.1 施工准备.....	11
8.2 钻孔准备.....	11
8.3 井场布置及注意事项.....	12
8.4 井场测量要求.....	12
8.5 井场实时监测数据转存.....	12
9 资料验收与评价.....	12
9.1 资料验收检查.....	12
9.2 资料验收.....	13
9.3 质量评价.....	14
10 资料处理与解释.....	14
10.1 基本要求.....	14
10.2 数据预处理.....	14
10.3 数据处理.....	15
10.4 资料解释.....	15
10.5 成果编制.....	15
10.6 资料汇交.....	16
11 安全防护.....	16
11.1 基本要求.....	16
11.2 运输安全.....	16
11.3 仪器设备的安全.....	17
11.4 测井过程中的安全保护.....	17
11.5 放射源的保管、运输及使用.....	17
11.6 放射性射线卫生防护.....	18
附录 A (规范性附录) 金属矿测井设计编写提纲.....	19
附录 B (资料性附录) 测井仪器检修记录表.....	20
附录 C (资料性附录) 仪器检查与刻度.....	21
附录 D (规范性附录) 测井数据文件命名规则.....	26
附录 E (规范性附录) 测井野外工作记录表.....	27
附录 F (规范性附录) 测井原始数据记录表.....	28
附录 G (规范性附录) 测井通知书.....	29
附录 H (资料性附录) 测井资料处理质量控制与分析处理流程.....	30
附录 I (规范性附录) 常用测井曲线名称.....	31
附录 J (规范性附录) 测井解释结果表.....	32
附录 K (资料性附录) X-射线荧光测井.....	33
参考文献.....	39

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1 给出的规则起草。

本标准由国土资源部提出。

本标准由全国国土资源标准化技术委员会（SAC/TC 93）归口管理。

本标准起草单位：陕西省地质调查中心。

本标准主要起草人：王小平、陈书让、张宽房、葛良全、庞日轩、李新林、王满仓、李静。

## 引 言

金属矿地球物理测井工作方法已陆续应用了半个世纪，测井方法技术及数字化测井仪器不断提高，长期以来各测井单位在测井工作中刻度单位不统一，量值不标准，测井曲线名称、测井数据文件命名不规范随意而用，使所获得的资料无法统一使用，另外随着金属矿产勘查向深部空间的延展和多种勘查方法的综合应用，金属矿地球物理测井的作用进一步凸显，因此，有必要通过立法的形式对从事金属矿测井工作者进行规范、约束和统一。国内外均未编制过金属矿地球物理测井的行业技术标准。

本标准是在总结以往金属矿地球物理测井的工作方法和经验的基础上，参考《金属与非金属矿地球物理测井》、《测井和井中物探工作规定》等技术资料要求，充分借鉴煤炭测井技术标准和国外在金属矿测井方面的先进技术和要求，结合国内金属矿测井的现实需求和实际情况编写而成。本标准突出了数控测井技术在金属矿勘查方面的应用，对原位岩体岩（矿）石物性参数测定、地面物探异常解释、三维地质填图等工作提供技术保障。

本标准对统一金属矿地球物理测井的方法技术要求，保证地质、钻探质量，促进测井技术进步将起到重要的指导性作用。

# 金属矿地球物理测井规范

## 1 范围

本标准规定了金属矿产勘查中地球物理测井的工作设计、仪器设备、井场施工、资料整理和处理、测井质量评定、成果报告编写与提交，以及安全与防护等方面。

本标准适用于金属矿产勘查的地球物理测井工作。非金属矿产地质勘查中有关测井工作也可参照执行。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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。

- GBZ 142 油（气）田测井用密封型放射源测井卫生防护标准
- GB/T 1449 地球物理勘查技术符号
- GB 18871 电离辐射防护与辐射源安全基本标准
- DZ/T 0069 地球物理勘查图式图例及用色标准
- DZ/T 0080 煤碳地球物理测井规范
- DZ/T 0196 测井仪通用技术条件
- GWF 02 放射性同位素及射线事故管理规定

## 3 总则

3.1 金属矿地球物理测井（以下简称测井）是用于金属矿勘探开发地球物理测井技术的总称。在所有地质勘查工作阶段，金属矿产勘查项目所施工的钻孔适宜进行测井。

3.2 测井与井中物探是有区别的，两者不可分割又相互补充，每一个进行井中物探工作的钻孔，首先应进行相应的测井。

3.3 金属矿产勘查项目中以下钻孔应测井：

- a) 验证物探异常的钻孔；
- b) 拟开展井中物探的钻孔；
- c) 放射性矿产的钻孔；
- d) 井深大于 500m 的钻孔进行物性参数测井，物性参数应包括电性、放射性、密度、磁性、弹性（声学性质）、地温等参数。

3.4 金属矿测井方法选择要求：

要充分合理地应用不同物理参数的综合测井方法，力求能够准确地划分岩矿层，特别是目的层。要充分合理地利用地质和钻探资料，做出准确的地质解释。主要采用的测井方法、参数要求如下：

- a) 凡划分、校验钻孔地质剖面 and 确定矿层边界、结构、厚度的钻孔，可选择视电阻率、滑动接触电流法、电极电位、激发极化法、磁化率、自然伽玛、伽玛-伽玛（密度）等；
- b) 凡研究和确定矿石成分与品位的钻孔，可选择磁化率、X-射线荧光、中子活化法和井径等，并参与线储量计算；

- c) 凡各类铁磁性矿体的钻孔，可选择视电阻率、滑动接触电流法、电极电位、磁化率、伽玛—伽玛（密度）、井斜等，还应选择井中三分量磁测；
- d) 凡金、银、铜、铅锌矿体较富集块状和浸染状金属硫化物矿体的钻孔，可选择视电阻率、激发极化法、自然电位、滑动接触电流法、电极电位、伽玛—伽玛（密度）等，还应选择井中激发极化法；
- e) 凡铝土矿、钨、钼矿体的钻孔，可选择滑动接触电流法、磁化率、伽玛—伽玛（密度）等。
- f) 凡原位测定矿层（石）物性参数的钻孔，应选择电阻率、磁化率、自然伽玛、伽玛—伽玛（密度）、声波时差、井温等；

### 3.5 金属矿测井拟解决下列地质问题：

- a) 确定矿或矿化带的性质、层位与厚度（即通常所称定性、定深和定厚），寻找钻探打漏的矿层，以弥补钻探采心率的不足；
- b) 定性校正品位曲线，指导劈样分析，在物性条件有利的情况下，定性区分矿物成分以及贫矿与富矿；
- c) 在钻孔中顺便普查放射性矿层；
- d) 配合矿区水文地质工作解决某些水文地质问题（如确定含水层位置、寻找喀斯特溶洞等）；
- e) 划分钻孔岩性剖面，提供原位地层、岩体、矿体及干扰地质体物性参数，为地面物探工作提供某些物性参数、协助解释地面物探异常。

3.6 测井施工单位除在地质勘查设计中负责编写测井技术要求部分的内容外，也应编写测井专业设计。测井设计的编写，应与地质矿产有关技术人员共同讨论，制定合理、有效的方法组合和测井方案。

3.7 单孔测井工作结束后，一般应编制单孔测井成果说明书或按附录 J 的要求填写单孔测井成果表，并在地质矿产勘查设计和测井设计中具体明确。

3.8 所有测井方法的仪器设备应进行定期刻度、校验及井场检查。

3.9 应重视金属矿勘查的测井现场试验和资料的综合研究，不断采用合理的参数和方法，推动技术进步，做到经济、有效。

3.10 为保证测井工作顺利开展和测井资料的及时有效使用，应建立测井与地质、钻探的协调配合关系。

## 4 测井任务、设计和试验

### 4.1 测井任务

4.1.1 测井任务的确定应满足地质、钻探和地面物探工作的需要，且应充分考虑工区内岩（矿）层与岩层间是否存在明显的物性差异。

4.1.2 在确定测井任务时，应具备下列两个基本条件：

- a) 岩（矿）层与岩层之间存在明显的物性差异；
- b) 钻井安全能得到必要的保证。

4.1.3 测井工作任务的安排应考虑下列四点：

- a) 测井任务要充分考虑到地质、钻探、地面物探方面所提出的相关要求；
- b) 根据具体情况，结合任务要求，在安排工作项目的同时，应考虑安排必要的试验任务；
- c) 考虑完成任务所需要的人力、物力、财力和工作期限；
- d) 所选用的测井仪器设备精度、测井参数等各项技术指标应满足完成任务的需要。

### 4.2 测井设计

4.2.1 资料准备：设计编写前应充分收集工作区地质、地面物探、水文、钻探等有关资料，应着重了解工作区的地质构造、地层（特别是成矿带）、矿层厚度、成分、品位、结构，分析地质剖面、矿层结

构、成份、品位、围岩、标志层、地层倾角等的变化规律。对于测井和有关的其它物探资料，应着重工作区物性资料、测井方法、解释推断和效果的分析。

4.2.2 施工前应按地质任务或合同要求编写测井设计书。对于大调查项目中的验证类钻孔，可根据实际情况适当简化或只编写地质勘查设计的测井部分。

4.2.3 设计书应综合考虑经济效益和地质效果。并根据用户的要求和物性条件，在广泛收集和深入研究地质、钻探、地球物理资料的基础上进行测井设计书的编写。

4.2.4 当资料不足，工作前提不明确时，应在设计前通过方法试验选择有效的工作方法和技术条件，试验应力求在地质、钻探资料较完整的优质钻孔中进行，以检验所用方法的有效性。

4.2.5 测井设计书的编写须注意兼顾下列问题：

- a) 测井工作设计应综合考虑经济效益和地质效果两项指标，要以合理的预算费用完成各项工作任务，做到合理、经济、有效。
- b) 制定与地质钻探密切配合的措施，以保证紧密协作，资料互相利用，提供工作条件以及共同参与测井资料的综合解释推断等。
- c) 合理安排试验工作和各种测井方法，以促进测井技术不断改进和提高。

4.2.6 设计书主要内容包括目的任务；工作量；工作期限；工作区位置交通；地质、地球物理特征；方法技术及参数；资料处理与解释；预期成果；组织管理；经费预算；并附工作区勘探工作程度图、矿区地形地质图及钻井工程布置图等。设计书编写提纲参见附录 A。

4.2.7 应根据任务或合同要求采用多参数测井方法。

4.2.8 设计书应进行审批，设计审批后，应遵照执行，执行期间如有重大修改，应重新审批后执行

### 4.3 试验工作

4.3.1 生产前原则上应进行试验工作，分为方法试验和技术试验：

- a) 方法试验—为了确定解决某项地质任务的方法有效性问题；
- b) 技术试验—为了确定测井方法投入生产时所采用的最佳工作技术条件（如电极排列方式、电极距、供电电流、源强、源距等）。

4.3.2 未充分掌握地质—地球物理特征的地区及需要研究或推广新方法、新技术时，应选择有代表性的钻孔进行试验工作。

4.3.3 试验孔的主要矿种、岩心的采样层段、采样方法及化验与物性测试内容应与试验目的相适应。

4.3.4 试验孔的矿石品位、厚度、结构、岩性、地质构造、地层时代及岩心倾角等，应正确划分、详细描述。

4.3.5 试验工作应提交技术总结，对选用的测井方法和技术条件以及有效性做出评价，明确主要方法的名称，并作为设计书方法技术依据的补充附件。

## 5 仪器与设备

### 5.1 仪器设备的配置

5.1.1 应根据任务要求和施工条件选配数字测井仪器、与之配套的数控测井软件、相应的资料处理、解释和成图的硬、软件系统，绞车、电缆和运输设备。

5.1.2 应配置必要的测试仪表和器材：电阻箱、万用表、兆欧表、示波器、信号源发生器、刻度器（或模块）、放射性标准源等。

### 5.2 使用、维护和管理

5.2.1 新购置仪器设备使用前，应对各项性能指标及有关资料进行验收，其性能指标应满足金属矿测井技术要求。

5.2.2 各种仪器设备应按说明书或操作手册的规定进行使用和维护。主要仪器设备应建立技术档案(内容包括说明书、使用情况、检修记录、测试和刻度图表等),测井仪器检修记录表见附录 B。

5.2.3 操作人员应熟悉仪器设备的性能和操作方法,维修人员应掌握仪器设备的工作原理。

5.2.4 下井仪使用后,应清洗干净,活动部分应涂油防锈,易松动部件应检查紧固。

5.2.5 对于下井仪帖壁探头,应细心使用与装卸,防止将引线压破。同时应经常检查探头收拢打开系统是否灵活、探头保护套的磨损情况,以便及时维护与更换。

5.2.6 长期不使用的完好仪器设备应存放在专用库房中,且每三个月通电检查一次。

5.2.7 电缆应在滚筒上整齐缠绕;铠装电缆每年工作结束或长期停用时应应在电缆表层涂油防锈。

5.2.8 车载仪器室必须保持整洁,禁止吸烟。散装测井仪应装箱,且具防晒、防潮湿、防震动保护装置等。

#### 5.2.9 测井设备供电系统

a) 检查供电电压及工作频率是否满足仪器工作要求;

b) 检查仪器接地是否满足仪器要求。

#### 5.2.10 数据采集及资料存储系统

a) 测井配备的计算机系统,应用程序软件系统、测井数据成果不携带计算机病毒和其他有害数据;

b) 资料数据处理设备及存储介质应符合 DZ/T 0080 的要求。

#### 5.2.11 主机和绞车控制系统

a) 主机和绞车控制系统面板各部分旋钮、按键、功能应标识清楚;

b) 控制软件系统应安装在计算机逻辑盘中,且有足够的存储空间;

c) 工作目录的设置以测井施工的钻孔编号为存取路径;

d) 绞车测量系统的深度修正参数应赋值正确。

### 5.3 仪器的调校、测试、标定

5.3.1 各种仪器设备均应按照仪器说明书和本标准的要求进行调校、测试与标定。

5.3.2 各种仪器测试、标定和校正的技术参数应在测井系统中由厂方提供。如果长期使用后,精度达不到要求,用户可自行按厂方提供的刻度方法和数学模型实时标定,可参考附录 C。

5.3.3 各种仪器设备除应符合技术要求外,每年施工前应进行检查测试与标定。仪器的标定应在标准装置上严格进行,其物理量应在标准刻度井中进行。标定的间隔时间视仪器的品质变化而定,除影响仪器品质的器件更换需进行标定外,在正常情况下,每 6 个月进行一次。在生产过程中,还应根据出现的问题,及时进行检查。标定要对仪器性能做出评价,数据要保存备查。

5.3.4 对于井下仪器的测试、标定应在相同条件下不同时间观测仪器的稳定性,确保测出的每一个地层物性参数工程值的一致性和准确性。

5.3.5 测试和标定的数据应妥善保存备查,并绘制相应图表妥善保存。

### 5.4 电缆深度

5.4.1 在铠装电缆距电缆连接器(马龙头)15m~20m 处应制作电缆提升的警示记号,作为操作员提升过程中的减速指示;100m 处应标记识别记号,作为测井工作检查、校正测井深度的有效方法。

5.4.2 铠装电缆在启用前要进行调校、测试与标定,平时要定期标定。使用测量轮装置的深度计量系统,深度误差要求应符合 DZ/T 0080 的要求。电缆重新标定后,要对深度测量系统进行校正,调整绞车测量控制系统的深度校正参数。电缆深度的校正结果应记录在案,作为原始资料以备检查。

5.4.3 电缆所做深度标记要准确、明显、牢固。

5.4.4 仪器下井时,以仪器记录点在井口做深度对零,各方法参数的深度记录点统一换算到地面井口。

5.4.5 深度计量系统的丈量轮、盘缆器等与电缆之间应保持转动接触。

### 5.5 绝缘要求

- 5.5.1 仪器线路间及对地的绝缘电阻应不小于  $10M\Omega$ ，应符合 DZ/T 0196 要求。
- 5.5.2 供电电源对地绝缘电阻应不小于  $10M\Omega$ ，应符合 DZ/T 0196 要求。
- 5.5.3 井下仪器和电缆，在潮湿条件下，缆心间及对地绝缘电阻不小于  $2M\Omega$ 。
- 5.5.4 电缆外层钢丝磨损超过 1/3 时应停止使用，更换新电缆。

## 5.6 测井绞车

- 5.6.1 绞车运输过程中滚筒上的电缆头应固定牢靠，避免电缆松开。
- 5.6.2 绞车上的计数编码器要有保护装置，避免碰撞与受潮。
- 5.6.3 绞车盘缆器使用灵活自如，性能完好可靠。
- 5.6.4 绞车滚筒及其支架固定牢固，转动正常，无异常声响。
- 5.6.5 绞车在运行时，主要部件温度不得超过  $45^{\circ}\text{C}$ ，应符合 DZ/T 0196 要求。
- 5.6.6 绞车在测井时应有良好的接地，在测自然电位时应无明显的磁化干扰。
- 5.6.7 为了延长绞车的使用寿命，应经常检查绞车各部件的情况，及时调节和进行检修，并在各机械转动部分加润滑油。

## 5.7 仪器刻度

### 5.7.1 要求

在要求定量解释时，仪器应刻度，仪器的刻度应在刻度井或在由厂方提供的现场刻度装置上进行。刻度的数据、图表要保存备查。

### 5.7.2 核测井仪

#### 5.7.2.1 自然伽玛测井仪

- a) 自然伽玛测井在每个深度点上测到的计数率与地层在该点处产生的通量密度成正比，计数率曲线可直接反映通量密度（或称射线强度）沿钻井剖面的分布情况；
- b) 更换光电倍增管、调整放大倍数或调整阀电压后，应测试坪曲线。坪斜不超过 2%的坪区宽度不宜小于 100V。工作电压应位于坪区中心部位；
- c) 最高地温大于  $50^{\circ}\text{C}$  的施工区，应测试仪器的温度稳定性。其输出与常温值相差不超过 5%；
- d) 每次刻度时，应同时测试井场检查装置的响应值及刻度环的量值。

#### 5.7.2.2 伽玛-伽玛(密度)测井仪

- a) 每 3 个月刻度一次；
- b) b 标准刻度井中测点不应少于 4 个(包括水点)，现场刻度测点不得少于 2 个，利用厂方提供的数学模型和刻度软件拟合计算，求得刻度系数。检查误差不大于  $0.03\text{g}/\text{cm}^3$ ；
- c) 用同一照射率测定伽玛-伽玛和自然伽玛响应值的换算系数。

#### 5.7.2.3 自然伽玛测井仪使用刻度装置计算计数率与照射率的换算关系。

### 5.7.3 电阻率测井仪

电阻率测井仪:各电极排列方式刻度时，标准电阻给定值不少于6个，且尽量覆盖工作区地层岩矿石电阻率变化范围；测量值与给定值比较， $20\Omega\cdot\text{m}\sim 100\Omega\cdot\text{m}$ 时，相差不超过 $5\Omega\cdot\text{m}$ ；大于 $100\Omega\cdot\text{m}$ 时，误差不大于5%。

### 5.7.4 磁测井仪

#### 5.7.4.1 磁化率精度，以异常段观测的平均相对误差为主要衡量标准。

#### 5.7.4.2 应在不少于 4 个刻度装置中刻度，刻度点在刻度曲线上要均匀分布，刻度范围应超过工区钻孔岩矿心磁化率值范围。

### 5.7.5 声速测井仪

5.7.5.1 在校验筒（铝或钢）内测试纵波时差和稳定性，连续工作 30min，各次实测值应为  $(183 \pm 5) \mu\text{s/m}$ 。

5.7.5.2 室内刻度时，在塑料筒中调节二级电位器放大倍数，应调节到饱和干扰信号不超过比较电平即可，且用硅胶油密封完好。

### 5.7.6 井斜仪

每3个月在校验架上进行校验。方位角在  $0 \sim 360^\circ$ 、顶角在  $0^\circ$  至极限值之间，至少各有8个校验点，且均匀分布。误差：顶角不大于  $0.5^\circ$ 、方位角不大于  $5^\circ$ （顶角大于  $3^\circ$  时）。

### 5.7.7 井径仪

5.7.7.1 井径刻度盘的标准数值不少于三个标准井径值，测量不同标准井径值对应的响应数值，按照厂方提供的数学模型进行曲线拟合，计算出标定系数。

5.7.7.2 井径仪在完全开臂和收拢两个方向测量，误差不大于  $\pm 10\text{mm}$ 。

### 5.7.8 井温流体电阻率仪

5.7.8.1 利用金属电阻随温度变化制作的温度传感器，其电阻值与温度应须有稳定的相关性。

5.7.8.2 仪器的时间常数和灵敏度，应达到出厂指标要求。给定温度应覆盖测区地温变化范围，且均匀分布。测量值与精度为  $0.1^\circ\text{C}$  的水银温度计比较，误差不大于  $0.5^\circ\text{C}$ 。同时测定系统阻尼时间。

5.7.8.3 对井液流体电阻率而言，给定值不少于三个，测量值与给定值比较，误差不大于 5%；井液流体电阻率测井仪还应分别用金属管和绝缘管屏蔽，置于同一液体中，两者测量的相对误差不大于 5%。

## 6 数据采集

### 6.1 基本要求

原始数据的填写、记录、图头，应及时、准确、齐全、清楚。主要内容应包括：测井区域、钻孔编号、井径、井深和套管情况、钻孔地理坐标、液面高度；探管型号、采样间距、起止深度、测井速度、测井方向、测井数据存储路径和文件名称、电缆零长、滑轮高度、测量日期和测量负责人等。测井数据文件名称命名见附录D，测井野外工作记录表见附录E，测井原始数据记录表见附录F。

### 6.2 测量范围

表层套管以下5m至距井底深度5m左右范围。钻孔条件满足的情况下，电阻率、声波、井径等曲线的数据采集记录应进入套管内。

### 6.3 方法选择

6.3.1 金属矿测井的可选方法有自然电位、视电阻率、视极化率、磁化率、自然伽玛、伽玛-伽玛（密度）、声波时差、X-射线荧光、井温测量等。

6.3.2 物性参数测量可选择视电阻率、磁化率、自然伽玛、伽玛-伽玛（密度）、声波时差、井温等方法。

6.3.3 以解决矿产地质任务为目的，可根据矿种选择相应的测井方法。

### 6.4 比例尺

根据地质矿产勘查的目的采用相应的深度比例尺,物性参数测量全孔比例尺应选用1:500或1:1000,确定矿层深度、厚度或划分矿层结构的测量井段比例尺采用1:50。

## 6.5 采样间距

6.5.1 金属矿测井的可选采样间距有5cm、10cm、20cm、50cm、100cm。

6.5.2 物性参数测量时采样间距选用20cm。

6.5.3 以矿石品位测定为目的或用以确定岩(矿)层厚度与结构,采样间距选用5cm。

6.5.4 采用点测方式时,应以能确保反映矿层为目的,并在矿层应有不少于三个测点。

## 6.6 速度选用

数字控制系统测井速度的选用在以不丢失采集数据的前提下,根据各测井方法的响应或试验确定。也可参照下表1的电缆提升速度进行测量。

表1 不同采样间距测井速度选用推荐参考表

采样间距 (cm)	提升速度(m/min)
≤5	3—6
≥10	6—10
≥20	10—20

## 6.7 测量方式

6.7.1 一般情况下,除井斜、井温等可自上而下测量外,其他方法应在提升电缆时连续记录。上提测量时速度应尽量保持匀速运行。

6.7.2 分段测量时,接图处应至少重复测量20m或两个测点。

6.7.3 点测时,测点处仪器停留时间,应大于系统阻尼时间。在仪器到达点测位置并停稳后进行测量记录。

## 6.8 测量深度与回程差

6.8.1 测井时须保持深度测量轮的清洁。尤其是泥浆粘稠的钻孔和冬季施工的钻孔,须防止深度测量轮上粘有残积物和结冰。

6.8.2 经校正后的各方法探管测量曲线的深度差不超过0.05%。

6.8.3 各方法探管的回程差不允许出现正值,电缆提出井口前须校对记号零点并准确记录。当回程差大于实测井深的0.1%时应查明原因,必要时重新测量。

## 6.9 曲线监测与回放

6.9.1 测井曲线的图头参数应填写完整。

6.9.2 监视记录应标注纵横向比例,选用的深度比例尺应满足对目的岩(矿)层判定解释的要求,一般可选用1:500或1:1000。

6.9.3 同一矿区,横向比例尺应统一,对于侧向测井等数据动态范围较大的测井方法,应选用对数比例尺。

6.9.4 测井曲线幅度的回放原则:

- a) 视极化率异常幅度:不低于3cm;
- b) 伽玛—伽玛(密度)、磁化率、声波时差异常幅度不低于4cm;
- c) 自然伽玛(与围岩有差异者)异常幅度不低于3cm;

6.9.5 测井曲线的输出设备,其走纸传送误差每100m不大于0.2m。

- 6.9.6 各探管的每种曲线应按约定的记录格式记录在相应的道中。
- 6.9.7 目的层上不得出现断记；曲线不得出现畸变、漏电及其它干扰。
- 6.9.8 实时打印不合格的参数曲线应回放检查，回放时应包括井场检查数据。

6.10 数据记录与存储

- 6.10.1 存储介质丢、错码率不得大于 1%，且不得出现连续丢、错码。
- 6.10.2 测井实测数据屏幕监测不同曲线应使用不同的颜色加以区分。
- 6.10.3 监测所记录的测井数据应转存与备份，并记录在长期保存的存储介质中。

6.11 检查测量

6.11.1 每个钻孔均应做检查测量(包括连续测量或定点测量)，应布置在对异常控制有意义的井段和质量可疑部位上进行。

6.11.2 检查工作量为有效工作总量的 5%~10%；且各种方法检查的绝对工作量不应少于 20m。

6.11.3 检查测量的布置原则：

- a) 具有典型意义的井段（矿层、地层较齐全的井、参数井）；
- b) 发现测井与钻探结果不符，相差悬殊井段；
- c) 重要的异常井段；
- d) 两次测量相连的井段。

6.11.4 各种测井曲线测量的幅度误差是评价记录曲线精度的集中表现，通过检查或重复测量来评价曲线记录的精度，曲线测量的幅度相对误差应满足：其曲线应与原测井曲线在形态上一致；目的层异常幅度的相对误差( $\varepsilon$ )放射性测井不超过 7.5%，其他测井不超过 5%。质量检查用平均相对误差( $\bar{\varepsilon}$ )来衡量，其计算公式如下：

$$\bar{\varepsilon} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \varepsilon_i \dots\dots\dots (1)$$

$$\varepsilon_i = \frac{|\tau_1 - \tau_2|}{|\tau_1|} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$\varepsilon_i$ ——第  $i$  个抽样检查点的相对误差；

$n$ ——目的层上的质量检查点数；

$\tau_1$ ——测井原始值；

$\tau_2$ ——测井检查值。

6.11.5 对于视极化率、磁化率异常变化剧烈和视电阻率接近零值的井段，检查只确认异常的存在，不参加质量评价，也不计入检查测量工作量。

6.12 资料验收与初步解释

6.12.1 在每次测井工作中，应会同地质人员在井场完成对资料验收和初步解释，只有在确信测井资料符合质量要求和测井任务已经完成的情况下，检查验收后才能撤离井场。

6.12.2 验收内容

- a) 任务书或合同规定的任务是否完成；
- b) 按规范要求检查各条曲线质量及各种数据，如测井图头数据记录是否齐全、深度误差、质量检查等，对不符合要求者应立即重测；
- c) 对比各种方法曲线反映的物性参数的曲线形态是否一致，对存在反常现象的方法曲线应做出合

理解释，否则应作检查测量；

d) 检查工作量是否达到设计要求。

6.12.3 所有测井资料的定性解释都应在井场根据各种曲线、钻探资料以及邻孔曲线进行综合研究，得出初步结论。

6.12.4 根据各种参数曲线在本区的反映特征综合进行钻孔柱状剖面的解释。必要时可用邻井资料作对比以及查对钻探记录、对比岩心。资料解释工作一般由已知到未知、由粗到细、由明显到微弱、由定性到定量。

6.12.5 在井场解释时应集中主要力量来研究钻探打丢打薄的矿层或曲线上的可疑异常，应对每个异常均进行解释，确定是矿异常或非矿异常要有充分理由，避免事后发现，而因钻井已封，无法验证。

6.12.6 在定性解释的基础上再确定矿层厚度与结构。一般应根据每条曲线的分层特征点分别确定矿层深度、厚度，然后再根据各曲线的解释结果进行综合，通常可按主要曲线以及大多数值的原则取数。小于 1m 的矿层应按 1:50 的深度比例回放测井曲线来确定厚度。

6.12.7 完成原始资料的质量评价和成果质量的初步评价。

## 7 方法技术要求

### 7.1 视电阻率测井

7.1.1 单位为  $\Omega \cdot m$ 。

7.1.2 在金属矿区一般采用梯度电极系进行视电阻率测井，电极距的选择应根据试验结果确定。

7.1.3 同一勘探区应采用同一类型的电极系。

### 7.2 电极电位测井

7.2.1 单位为 mV。

7.2.2 刷子电极应当选取非贵金属（如锌、镁、铁等）所制造的电极。通常使用金属锌制作电极电位法电极。M 和比较电极 N 应用同种金属材料制作。常见金属矿的电极电位见表 2。

表2 常见金属矿的电极电位 ( $\epsilon_0$ )

矿物	电极电位 ( $\epsilon_0$ )	矿物	电极电位 ( $\epsilon_0$ )
白铁矿	+0.37	方铅矿	+0.15
辉银矿	+0.23	辉铜矿	+0.14
黄铜矿	+0.18~0.3	红镍矿	+0.02
硫砷铜矿	+0.2	砷铜矿	+0.01
铜蓝	+0.2	铜	0
黄铁矿	+0.18	辉铋矿	-0.17~-0.6
斑铜矿	+0.17	闪锌矿	-0.2~-0.4

7.2.3 刷状电极的直径应大于所探测钻井直径 1 cm~2cm，刷子电极末端与矿岩（层）接触的金属裸露部分不大于 1cm，并能与井壁连续接触。

7.2.4 进行电极电位测量时，应保证井液均匀，且在目的层段电缆提升速度为 1.5 m/min~3m/min。测井工作采用的速度最终依据方法试验确定。

7.2.5 刷子电极的绝缘要求（包括刷子与电屏之间、刷子与铁心之间的绝缘）干燥条件下均应大于 20 M $\Omega$ ，电极从井内提出地面擦拭后，应大于 1 M $\Omega$  以上。

### 7.3 滑动接触电流法

- 7.3.1 单位为 mA。
- 7.3.2 技术要求同 7.2。

### 7.4 自然电位测井

- 7.4.1 单位为 mV。
- 7.4.2 进行自然电位测井应重视测量技术条件，压制干扰，要求在循环井液并趋于稳定后优先测量，以防基线偏移。
- 7.4.3 用电化学性质稳定的金属做测量电极（如铅电极）。
- 7.4.4 电极在下井前要清洗干净，离重锤最小距离应大于 2m。
- 7.4.5 地面电极应放在参考电位稳定的地方或与套管连接，不得放在油污或液体流动的地方。
- 7.4.6 自然电位测速要恒定；两次检查测量曲线形态应一致，误差不大于 10%。

### 7.5 激发极化测井（简称激电测井）

- 7.5.1 单位：视极化率为%，激发极化电位为 mV。
- 7.5.2 进行激电测井时，宜同时测量视电阻率和自然电位，在金属矿区一般采用梯度电极系进行测量。电极在下井前要清洗干净，离重锤最小距离应不少于 2m。在提升电缆测量时，宜采用顶部梯度电极系。点测时，点距一般为 5 m~10m，异常地段应加密到 1 m~5m。
- 7.5.3 激电测井过程中，若视极化率出现负值或脱节，应查明原因。
- 7.5.4 点测时，大于 3 倍背景值为异常，一个异常至少应有三个测点控制。

### 7.6 自然伽玛测井

- 7.6.1 单位为 API。
- 7.6.2 仪器下井前用刻度环进行检查，其响应值与基底读数比较，误差不大于 5%。
- 7.6.3 统计涨落的相对误差不应超过 5%。

### 7.7 伽玛—伽玛（密度）测井

- 7.7.1 单位为 API 或 CPS，经刻度后的计算密度曲线单位为  $g/cm^3$ 。
- 7.7.2 下井前用检查装置测量长源距和短源距的响应值，与基底读数相比，相对误差不大于 3%。
- 7.7.3 选择源距一般宜采用 0.3m~0.5m。
- 7.7.4 磁化率测井
- 7.7.5 单位为 mV，经刻度后的磁化率曲线单位为 SI (K) 或 CGSM (K)。
- 7.7.6 应在地面或孔内无磁性地段定出背景值（即零线）。
- 7.7.7 作品位分析和求取磁化率参数，应在井场用同一个刻度装置于测前和测后刻度。其刻度的幅度相对误差应小于 5%。
- 7.7.8 磁化率测量结果受井径、层厚等影响较大，为了获取磁化率真值，应进行井径、层厚校正。

### 7.8 声速测井

- 7.8.1 单位：时差为  $\mu s/m$ ，速度为 m/s。
- 7.8.2 声速测井前应进行刻度。其响应值与标准值相差不得超过  $\pm 5\mu s/m$ 。
- 7.8.3 测量时为了使下井探管居中和防碰撞，须使用适当长度大小的扶正棒。
- 7.8.4 在测量过程中，发现有周波跳跃时，应查明原因。

### 7.9 井径测量

7.9.1 单位为 mm。

7.9.2 仪器下井前应用已知直径进行检查，误差不大于 10mm。

7.9.3 在钻孔套管内，测量值与套管内径相差不应超过 $\pm 10\text{mm}$ ，实测数据监测或曲线上反映的井径值不允许出现小于仪器腿合拢或大于全放开的实际值。

## 7.10 井温测量

7.10.1 单位为 $^{\circ}\text{C}$ 。

7.10.2 仪器下井前应进行检查，检查点不少于两个，且给定的两点温差应大于 $5^{\circ}\text{C}$ ，实测值与给定值相差不大于 $0.5^{\circ}\text{C}$ 。

7.10.3 测量范围应自井液液面至孔底。

7.10.4 简易井温测量应在其它测井方法开展前进行。

## 7.11 井斜测量

7.11.1 单位为度。

7.11.2 数字井斜测量均为连续测量，采样间距 0.1m，按 50m 间距提交测斜成果。

7.11.3 测量前后需在井口吊零检查，误差不大于 $0.5^{\circ}$ 。

7.11.4 方位测量应离开套管 10m 进行。陀螺测斜可在套管中进行。

7.11.5 如需下放点测时，应下放到定点预定深度以下 3~5m 后，再提升到预定深度进行测量，在测点处测量观察不少于三次，取测量的平均值。

7.11.6 点测时，相邻两个记录点顶角变化大于 $2^{\circ}$ 或方位角变化大于 $20^{\circ}$ （顶角大于 $3^{\circ}$ ）时，应加密记录，加密到 5m 后可不再加密。

7.11.7 在顶角大于 $3^{\circ}$ 时应同时记录顶角和方位角，当顶角小于 $3^{\circ}$ 或测斜点附近（10m 以内）有铁磁性物体影响时，方位角误差不作要求。磁铁矿区采用陀螺测斜仪。

7.11.8 点测时检查工作量应达测点总量的 10%，检查点应布置大致均匀，且分布在方位或倾角变化较大的井段。检查测量误差，方位角不超过 $\pm 5^{\circ}$ ，倾角不超过 $\pm 0.5^{\circ}$ 。

7.11.9 有电缆电阻补偿装置的仪器，测量中严禁改变补偿值。

## 8 井场施工

### 8.1 施工准备

8.1.1 测井前，应索取“测井通知书”了解钻孔编号、所在位置、交通情况、孔深、孔径、井液性质、液面高度、孔内安全等施工条件和具体的测井任务，并应取得钻孔的地质柱状图。并经地质和测井负责人签字确认。测井通知书内容见附录 G。

8.1.2 分析地质、钻探资料，做好出发前对仪器设备、车辆、存储介质等的准备工作。通知到达井场的时间和对接井场的要求。

### 8.2 钻孔准备

8.2.1 井场钻台前应有 10m 以上的通视条件，并确保测井设备合理就位。

8.2.2 测井前，需将钻具下到井底冲洗钻孔，待测井人员和设备到达井场后提钻，确保下井仪器工作通畅。

8.2.3 一般情况下钻孔井液应注满到井口或套管靴以上。

8.2.4 若钻孔条件复杂，应与有关人员研究事故防范和应急措施，保证下井仪器安全。测井期间，钻机应留有值班人员。冲洗钻孔所需设备及照明、防雨、避雷等设施应完好。

### 8.3 井场布置及注意事项

- 8.3.1 在井场应妥善安放仪器设备，牢固绞车和井口滑轮，两者应保持一定的通视距离，一般应大于10m。并使井口滑轮与绞车滚筒轴线中央保持垂直，以防电缆跳出轮槽。
- 8.3.2 测井绞车停放在井场的位置，应能保障电缆排列整齐，绞车与井口之间无障碍物。
- 8.3.3 下井电缆在钻孔中应居中，井口滑轮对准滚筒中点。
- 8.3.4 地面的电源线与测量线应分开布放，排列整齐，以避免干扰。
- 8.3.5 视电阻率测量N电极应放在与井液物理化学性质相近的液体中，并远离电线、避雷设施及仪器、设备的接地线。
- 8.3.6 电缆运行时，禁止手抓或跨越。
- 8.3.7 仪器在地面时的起动速度不得超过10m/min，按井口工指挥起下电缆。
- 8.3.8 准确丈量井下探管的记录点至电缆零记号间的距离、井口滑轮的高度。计算深度要以地面作为深度起算点，并与钻探深度起算点相同。
- 8.3.9 下井仪器应密封可靠。下井前应与地面仪器连接通电检查。

### 8.4 井场测量要求

- 8.4.1 按设计书或合同的要求测全应做的测井方法，每种方法所用的测量技术条件力求统一。
- 8.4.2 测井操作员应准确、齐全、清楚的设置测井参数、井孔参数等内容。其中探管型号、采样间距、起止深度、测井方向、各方法记录点到统一标记点的距离、测井数据存储路径和文件名称应填写不得为空。
- 8.4.3 多条曲线同时监测记录应采用不同的线号类型或颜色，确保多条测井曲线相互区分，便于操作员在测井过程中实时识别。
- 8.4.4 电缆和井口滑轮应保持清洁，冬天施工防止结冰，电缆提升速度应保持恒定。

### 8.5 井场实时监测数据转存

- 8.5.1 存储介质的标识和数据文件名称应统一。每种曲线应按约定的格式排放。
- 8.5.2 测井输出设备所记录的监视曲线打印不合格或监视记录失败时，应进行现场回放检查，并获取相应的井场原始回放记录曲线，作为数据质量评价的主要依据。
- 8.5.3 各种测井方法采集的实测数据应达到质量要求，且数据记录应妥善转存与备份。

## 9 资料验收与评价

### 9.1 资料验收检查

#### 9.1.1 测井原始资料检查内容：

- a) 各项数据记录准确齐全、数据文件命名规范；
- b) 提升速度符合6.6规定；
- c) 深度误差符合6.8规定；
- d) 测井曲线监测与回放符合6.9规定；
- e) 测井数据记录与存储符合6.10规定；
- f) 检查曲线的相对误差符合6.11.4规定；
- g) 测井仪器刻度（或标定）符合本规范要求；
- h) 放射性曲线统计起伏相对误差最大不超过5%；
- i) 井径曲线的实测值，不得小于或等于井径仪闭合时的数值，或大于井径仪完全张开的数值。在套管中作检查测量时其误差不得超过 $\pm 1.5\text{cm}$ ；

- j) 井斜测量误差：倾角误差不得超过 $\pm 0.5^\circ$ ，方位角误差不得超过 $\pm 5^\circ$ ；  
k) 井温测量误差不得超过 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 。

表3 单参数原始资料质量评级标准

测井方法	内容	优良	合格	不合格
电阻率、电极电位、滑动接触电流、自然电位、放射性、声速等测井	曲线图头数据、测井原始记录数据	符合6.1.1和6.10要求	钻孔井号、探管名称、起止深度、采样间距、数据文件名等基本数据具备、测井原始监测数据记录齐全。	数据不完整造成无法利用。
	测井速度	符合6.6规定的下限	符合6.6规定的上限。	超过6.6规定的上限1倍以上。
	丢错、误码	无丢错	异常段无丢错；而非目的层段丢错不超过2处。	丢错、误码超过2处以上。
	深度误差	符合6.8的要求	在目的层段符合6.8要求。	在目的层段不符合6.8要求。
	曲线回放幅度	符合6.9的要求	符合6.9.4要求，虽有某种干扰。但不影响目的层的解释。	因干扰使曲线畸变，无法使用。
	检查（重复）相对误差	符合6.11的要求	检查曲线平均相对误差不超过规定的1.5倍。	应做检查测量但未做或检查曲线相对误差超过规定1.5倍。
激发极化测井	测量技术要求、检查工作量、测量误差	符合6.11.2和6.11.4的要求	符合6.11.2的要求，但 $5\% \leq \varepsilon \leq 7.5\%$ 。	虽符合6.11.2的要求，但 $\varepsilon > 7.5\%$ 。
磁化率测井		符合6.11和7.8的要求	符合6.11.2的要求，但 $5\% \leq \varepsilon \leq 7.5\%$ 。	虽符合6.11.2的要求，但 $\varepsilon > 7.5\%$ 。
井径测量		符合7.10的要求	已进行套管检查且检查误差不超过规定的1.5倍。	未进行套管检查或检查误差超过规定的1.5倍。
井温测量		符合7.11的要求	测量数据记录最深深度点距孔底的距离大于10m且测量值与检查值相差不超过规定的1.5倍。	测量值与检查值相差超过规定的1.5倍。
井斜测量		符合7.12的要求	检查点及加密点不低于应测数的三分之二，且检查误差不超过规定的1.5倍。	均未检查；检查误差超过规定的1.5倍；井斜大于 $5^\circ$ 时无方位。

优良：各项技术指标完全符合本规范和设计要求。

合格：各项技术指标基本符合本规范和设计要求，其中尚存在一些缺点，但不符合9.1.2中的各种情况。

不合格：某项技术指标符合9.1.2中相应条款规定者。

#### 9.1.1 凡属下列情况之一者，应予以作废：

- 测量速度超过规定上限的1倍以上；
- 在目的层段丢错、误码连续达到2个点以上，或非目的层段丢错、误码达3处以上；
- 检查相对误差超过规定的1.5倍。

#### 9.2 资料验收

- 9.2.1 为了保证和正确评价测井野外工作质量、室内资料整理及数据处理工作质量，全部野外原始记录表格和测井数据文件、数据处理成果都应验收。
- 9.2.2 资料验收由室内组负责，应在整个野外工作过程中逐孔进行。
- 9.2.3 测井资料验收包含 9.1 规定的内容。
- 9.2.4 测井资料验收时，应提交的资料包括工区所取得的全部野外原始数据记录表、测井数据记录文件（电子文件）、测井综合图（按设计或合同要求）、室内资料验收登记表。并应提交全部资料详细清单、资料索引、测井工作总结。
- 9.2.5 资料验收是综合考虑工作方法、仪器设备、井场测量、测井数据处理、资料的解释推断、图件编绘等各方面的质量，对全部资料按 9.3 要求做出评价。
- 9.2.6 室内组应按照规范和设计书要求对野外组（队）移交的一切原始资料及时验收与登记，按 9.3.2 规定给予评价。
- 9.2.7 作废的资料都应注明，应等到该区勘探工作完毕并提交测井成果报告后，方可销毁。
- 9.2.8 审查验收由上级主管单位组织地球物理测井专家对实施测井所取得的测井成果资料、质量检查统计资料、解释推断综合图件、矿产解释结果表（定性、定深、定厚及矿层结构）或定量计算结果及测井报告所利用的资料进行审查验收，并给出审查验收结论。

### 9.3 质量评价

- 9.3.1 对测井单一原始曲线质量评价分为三级，即优良、合格、不合格。各级别质量标准见表 3。
- 9.3.2 对整个钻孔测井质量的评定分为优秀、优良、合格及不合格四级。各级别质量标准见表 4。

表4 测井质量综合评级标准

测井质量 评定级别	评定原则
优秀	应做方法齐全，主要方法曲线优良级、辅助方法曲线合格级
良好	应做方法齐全，主要方法中有一条曲线优良级，其余达到合格级
合格	应做方法基本齐全，主要方法曲线均达到合格级。
不合格	主要方法曲线不合格。
注：主要曲线指设计规定的或在解释推断时作为主要依据的曲线。对整个钻孔质量而言，主要方法应包括2~4种独立测井参数。	

## 10 资料处理与解释

### 10.1 基本要求

- 10.1.1 解释工作应在测井的原始资料正确可靠的基础上进行。如果发现资料质量可疑时，应立即采取措施。
- 10.1.2 解释推断时应考虑到各种因素的影响及工作中的差错。
- 10.1.3 客观因素包括：矿层品位变化、地层倾角缓斜、井径变化、井液和围岩影响、物性差异不明显、非矿异常、地质构造的突变（断层、尖灭）、非矿伴生物干扰等。
- 10.1.4 人为因素包括：操作技术、漏电、数理统计与计算误差、曲线深度校正误差等。
- 10.1.5 各种因素在测井资料数据处理与解释推断前应仔细检查。

### 10.2 数据预处理

10.2.1 在数据处理分析前,实施有效的数据质量控制,对存在的各种数据问题进行校正处理,是确保数字处理成果质量的前提。数据质量控制主要分为深度质量控制和幅度质量控制,运行时序以深度质量控制为先。测井资料处理质量控制与分析处理流程见附录 H

10.2.2 测井数据处理系统软件须包括基本的数据编辑、修改校正、深度对齐(修正、深度倒序)、曲线合并、数值计算、数值滤波、图件输出等功能。

10.2.3 使用测井数据处理系统软件,首先利用深度校正功能对测井各方法曲线深度进行校正与对齐(深度倒序、深度对齐、深度修正等)。

10.2.4 对各方法测井数据的丢错点进行编辑、修改校正时,应综合考虑各方法间测井曲线的对应关系,且不得修改原始存储介质记录数据文件。

### 10.3 数据处理

10.3.1 测井数据进行滤波处理时应选择合适的滤波器及参数,保证滤波前后的曲线形态基本一致。

10.3.2 各方法测井数据导入测井数据库文件中的曲线名称需规范命名,见附录 I。

10.3.3 曲线的量值单位应取法定计量单位。数据库中曲线做处理后,应创建或更新相应的数据库文档资料备查。

10.3.4 选择合理的曲线组合制作有效的频率交会图、Z 值图、其他统计图表,以检查测井曲线质量,确定解释参数和量值校正系数。

10.3.5 数字测井资料处理应按处理流程进行,处理流程和使用的方法参数,均需记录存档备查。

10.3.6 做定量解释时,应尽可能选择合理的校正方法和校正参数,进行各种影响因素的校正,中间性图件及数据库文件应妥善保存。

### 10.4 资料解释

10.4.1 测井钻孔均应对全井段剖面进行地质解释,并填写测井解释结果表,见附录 J。

10.4.2 以各方法测井曲线所反映岩矿石的物性响应特征,选取识别岩矿石特征强的参数曲线作为主要解释参数,且曲线解释原则合理。

10.4.3 定深定厚解释成果的确定,结果应采用两种物性参数解释成果的平均值,并兼顾其它物性参数测井曲线分层的合理性,至少两物性参数与确定成果深度相差不应大于 0.2m,定厚相差不应大于 0.1m。

10.4.4 对地质钻孔剖面进行地质综合分析应注意岩性、物性的影响。应当尽量在岩性、物性和井液矿化度基本相同的前提下进行分析比较。

10.4.5 岩层、破碎带应结合地质、区域规律等方面的资料进行综合解释。

10.4.6 解释应提交的主要成果有:

- a) 矿(化)体异常层位定深定厚成果表;
- b) 岩性层、破碎带成果表;
- c) 岩矿层物性参数统计表;
- d) 测井综合成果图;
- e) 测井设计或合同要求提交的其它成果

### 10.5 成果编制

10.5.1 工区测井工作结束后,应及时编写测井成果报告,经评审后提交资料部门。测井原始资料应归档,并在报告中注明归档资料的内容和归档单位的名称。

10.5.2 如工区的测井工作量很少,可只提交测井成果说明书并附钻孔测井综合成果图。

10.5.3 测井报告编写主要包括如下内容:

- a) 测井的目的与任务、工作期限、完成的工作量及主要地质成果;

- b) 地质、地球物理特征：与工作有关的地质、钻探、物性情况。说明本区钻孔所见地层的地质特点与地球物理特性间的关系（如岩（矿）石矿物成分、性质及结构与岩（矿）层的电性、磁性、放射性等的关系）。应着重叙述矿层、标志层及其围岩、附各种主要岩层的物性值表，并以简单文字说明其差异特点；
- c) 采用的测井方法及技术措施；
- d) 试验工作和技术创新以及所解决的地质问题；
- e) 数据处理方法及其依据；
- f) 成果解释的依据和地质验证及应用的情况；
- g) 工作质量评定。着重叙述曲线（包括井斜）的检查与重复测量的工作量及检查质量情况；说明执行设计或合同和规范质量指标情况，如深度误差、绝缘、干扰、测速、操作技术和仪器精度等；
- h) 资料整理和解释的方法、步骤与精度；
- i) 资料综合研究程度及其主要地质成果和经济效益。应叙述工作区资料综合研究的情况，如利用测井资料进行地层对比、地质构造、确定矿层品位、产状等综合研究工作，并说明地质上对上述资料的应用情况；
- j) 指出本次测井工作的经验、教训及建议。

#### 10.5.4 测井成果附图

- a) 交通位置图；
- b) 地质地形勘探网布置图；
- c) 标准地质柱状图和各岩层的标准物性曲线；
- d) 综合测井曲线成果图；
- e) 测井（剖面）对比图、地质构造图；
- f) 其它有关图表；
- g) 附图中的图式图例及用色标准应符合 DZ/T 0069 规定要求，地球物理勘查技术符号应符合 GB/T 14499 规定要求。

#### 10.6 资料汇交

- e) 应执行中华人民共和国国土资源部第 16 号令《地质资料管理条例实施办法》要求。
- f) 测井成果附图应提交 Mapgis 或 ARGIS 格式的数据文件。

### 11 安全防护

#### 11.1 基本要求

- 11.1.1 各测井站（队、组）应贯彻执行有关测井安全生产的规章制度，依据实际情况制定相应的安全生产实施细则，并配备兼职的安全工作人员。
- 11.1.2 测井工作时测井人员不得擅自离岗，未经许可不得动用非本岗位的仪器设备。
- 11.1.3 测井仪器车等工作场所的电源、温度、湿度应符合安全需要。
- 11.1.4 工作现场应备有有效的消防措施。
- 11.1.5 机械设备（测井绞车）不得在运转中检修。仪器通电检修或有可能接触 36 伏以上电压时，应采取相应保护措施。
- 11.1.6 测井施工现场如不具备基本的安全保障，不得进行测井作业。

#### 11.2 运输安全

- 11.2.1 仪器车应由熟练的驾驶员定人驾驶，严禁无照驾驶。

11.2.2 行车前及长途行车途中应做好车况、放射源及仪器设备安全检查。途中留宿，应将车辆停放在安全场所。

11.2.3 仪器设备在运输时应妥善包装和固定，运输中禁止与有碍安全的货物混装。车载计算机须采取防震、防尘措施，使其磁性记录介质和硬盘应处于安全状态。

### 11.3 仪器设备的安全

11.3.1 仪器开机前应对以下内容进行复查：

- a) 电源电压、频率与极性；
- b) 仪器接线及接地；
- c) 各开关、部件及计算机是否处于安全状态；
- d) 需固定装置的安装状况；
- e) 绞车的刹车。

11.3.2 工作结束后，须将仪器控制面板的各部件恢复到安全位置；严禁在通电状态下搬运仪器设备和拔、插接线。

11.3.3 检查电缆绝缘须断开缆心与地面、井下仪器间的连线。检查各仪器设备绝缘应选用与其耐压相应的仪表。

11.3.4 绞车和井口滑轮要安装牢固，以免发生翻倒事故。

### 11.4 测井过程中的安全保护

11.4.1 测井过程中，操作人员应观察仪器、设备工作状态，发现异常应及时关机。

11.4.2 铠装电缆拉出绞车时，应防止打结。

11.4.3 绞车启动、电缆提升和下放时，严禁紧急刹车和骤然加速。电缆提升时，仪器和工作人员应避开电缆活动影响区。

11.4.4 严禁超井深下放电缆。仪器距井口 15m~20m 时，应有醒目的减速警示记号。

11.4.5 电缆提升及下放速度不得超过绞车控制器恒速范围的最大值，井况复杂或接近孔底时，须降低下放速度。当仪器接近套管或井口时，提升速度不应超过 6 m/min，不安全井段应降低空提速度。

11.4.6 仪器在井底停留不得超过 60s，裸眼井段停留时间不应超过 3min。

11.4.7 严禁用下井仪器冲击孔内障碍物。遇阻时，应将仪器提出井口，通、冲孔后重新测量。

11.4.8 测井过程中，须将井口附近的无关物品移开。电缆提出后须及时盖好井口。

11.4.9 测井时应先使用无推靠(居中)装置的井下仪器试测。安全性差的钻孔应采取有效的安全措施。

11.4.10 下井仪器遇卡时，应立即停车，收拢井下推靠臂，缓慢上下活动，如仍未解脱，应由测井队(组)长会同钻机负责人员迅速研究分析事故原因，做出处理事故的具体措施。

11.4.11 测井中遇有雷电危害时，须立即关闭仪器电源，并将井下仪器提至套管或提出孔口，暂停作业。

11.4.12 下井仪器与电缆连接处须设有拉力薄弱环节，该点拉断力应小于电缆允许拉力的二分之一。

### 11.5 放射源的保管、运输及使用

11.5.1 放射源应按《中华人民共和国放射性同位素与射线装置放射防护条例》(以下简称条例)存放在专用源库中，源库的设计及源库内外的剂量当量率应符合 GBZ 142 和 GB 18871 的要求。源库的选址应经环保等有关部门批准。

11.5.2 施工区应建立临时源库，源库应设有警戒标志并有防盗等措施。临时源库距居住区距离须大于 20m。

11.5.3 井场临时放置的放射源罐距工作人员距离应大于 10m，且应采取防止丢失的措施。

11.5.4 应建立放射源的使用档案及健全的领用、保管制度。

11.5.5 不能打开放射源的密封外壳，不应使用密封损坏的可溶性放射源测井。放射源应定期检查密封的表面污染及泄漏情况，污染或泄漏超标时应采取措施。

11.5.6 放射源的调拨、处理、转让及废弃放射源的处理，应按《条例》规定办理各种手续，并取得主管单位的批准。

11.5.7 遇有放射源被盗、遗失等放射性事故时，用源单位应妥善处理并按《条例》及 GWF02 的要求迅速呈报主管单位和当地环保、公安等有关部门。事后应将事故经过、事故责任、造成的影响及处理结果，写出详细报告并建立专项档案。

11.5.8 放射源掉入孔内应尽量打捞，并指定专人负责实施，打捞无效，应检测放射源所在位置。当确认未破损污染时，可用水泥全孔封井、并呈报主管单位。提交地质报告时，应将孔号、事故日期、及放射源的详细情况写明，并在平面图及钻孔柱状图上标注。

11.5.9 车辆运输放射源时，车内及车附近的剂量当量率应符合 GBZ 142 和 GBZ 18871 的要求。

## 11.6 放射性射线卫生防护

11.6.1 拟参加放射性测井的人员应经过体检；有不适应症者，不得参加此项工作。从事放射性测井的人员要定期进行身体检查，确认为放射性损伤者，应及时治疗或调离放射性测井工作。

11.6.2 所有的放射性测井工作人员，应由所在单位建立健康档案。

11.6.3 操作放射源时应在源罐中进行，禁止直接接触放射源，当必须裸露使用放射源时，应使用专用工具。具有定向装置的载源仪器、人体应在定向窗口背面操作。

11.6.4 放射性测井工作人员接受的剂量当量不得超过 GBZ 142—2002 的规定。超过时须安排必要的恢复期，暂停接触放射源。

11.6.5 放射性测井工作人员的安全防护用品、保健津贴、休假等应按有关规定执行。

附 录 A  
(规范性附录)  
金属矿测井设计编写提纲

A.1 第一章 测井工作概况

A.1.1 第一节 简要叙述项目来源、目的任务、工作量、拟解决的地质任务、工作起止时间

A.1.2 第二节 简述工作区范围、位置交通、工作区自然地理概况

A.2 第二章 地质—地球物理特征

A.2.1 第一节 简述地质概况

着重简述与测井有关的地质特点，如矿层层位、厚度、品位、围岩、标志层、构造和水文地质等。

A.2.2 第二节 工作区地球物理特征

结合地质特点及以往的物探资料，论述工作区地球物理特征（附有关典型图件；统计各主要岩层的物性资料），并对工作区或邻区与测井有关的物探资料的评价及利用加以说明。

A.3 第三章 工作方法与技术依据

A.3.1 第一节 工作方法和参数

根据目的任务要求，分析地质、地球物理的特点，说明拟采用的测井方法和参数，设计依据和执行标准。

A.3.2 第二节 技术指标

说明保证质量、提高效果的技术措施及具体质量指标要求。凡规范未明确的或与规范有出入的，应详细具体的阐明理由，如有专题试验工作，应详细说明。

A.4 第四章 资料处理解释的要求与技术措施；

A.4.1 第一节 资料处理流程

说明资料处理流程、保证成果及资料综合解释推断工作质量的措施和要求。

A.4.2 第二节 解释推断的方法和依据

A.4.3 第三节 综合研究

叙述资料综合研究工作的目的、内容和方法

A.5 第五章 预期成果

提交地质成果的内容、图件及报告提交时间。

A.6 第六章 经费预算

A.7 第七章 主要仪器设备、人员、组织管理和保障措施

A.8 设计书附图

主要附图包括：勘查区工作程度图、矿区地形地质图及钻井工程布置图等，附图中的图式图例及用色标准应符合DZ/T 0069 规定要求，地球物理勘查技术符号应符合GB/T 14499 规定要求。

附录 B  
(资料性附录)  
测井仪器检修记录表

表B.1 测井仪器检修记录表

仪器型号	
仪器故障现象	
解决办法	
更换配件记录	
检修后结果	

检修人：  
验收人：\_\_\_\_\_

时间：\_\_\_\_\_年\_\_\_\_\_月\_\_\_\_\_日

附 录 C  
(资料性附录)  
仪器检查与刻度

### C.1 自然伽玛刻度

#### a) 准备工作

仪器刻度应在距离建筑物 5m 以外，周围无放射性的物质存在，用二付三脚架支撑探管离地面约 1.5m，然后放置点状标准镭-226 源 (0.1mCi) 试验夹具，夹在自然伽玛碘化钠晶体的附近，调整位置，满足点状源的中心和晶体的中心的连线垂直于探管轴心，并且使夹具的长度方向平行地面，调整装点状源铝合金管轴向平行于探管的轴向，标定准备工作就绪。

b) 首先将标准源和其它带有放射性的物质，放到距计数管 20m 以外处，测量基底值。仪器通电半小时，采集数据时间不少于 3min，取中间数 100 个，求取平均值  $\bar{N}$  按 (C-1) 方式，求取每秒的计数率，该值是仪器的基底计数率  $N_{\text{本}}$ 。

$$N_{\text{本}} = \frac{\bar{N}}{1-t \cdot \bar{N}} \quad \dots\dots\dots (C-1)$$

式中：

$N_{\text{本}}$  一指做死时间校正后的每秒计数率。

$t$  一指仪器的死时间，一般取  $2\mu\text{s}$ 。

c) 把镭-226 源 (0.1mCi) 放射源装在标定架上，做仪器的源距  $R$  和计数率  $N$  的关系，标定曲线至少要有 8-10 个点。为其精确，每改变一次  $R$  需读数不少于 3min。根据测量结果分别取不同源距时的 100 个读数。按 (C-1) 方式计算，分别扣除基底得出一组不同源距时的真计数率。

d) 根据这组计数率，取源距  $R$  为  $X$  轴，计数率为  $Y$  轴做出它们的关系曲线，然后根据仪器在一级刻度的  $\Delta N$  差值，查曲线相对应的  $R_x$  值 (源距)，则将一级刻度时得出的  $\Delta N$  差读数刻度到了现场刻度器上。

**表 C.1 自然伽玛探管器检查与刻度参数表**

日期：\_\_\_\_\_

时间：\_\_\_\_\_

探管型号：\_\_\_\_\_

	文件名	刻度器	前次刻度	本次刻度	误差 %
自然伽玛					
	数学模型	$\gamma = a + bx$			
		参数说明： $\gamma$ -伽玛值； $x$ -测量读数； $a$ 、 $b$ -分别为刻度拟合后的常数项、一次项系数。			
		刻度系数	$a$	$b$	拟合相关系数 $R$

C.2 密度（伽玛-伽玛）

现场刻度检查有两种模块，分别是有机玻璃模块（密度值）1.180g/cm<sup>3</sup>；铝模块（密度值）2.780g/cm<sup>3</sup>。

- a) 标定时，首先将井下仪器用两付三脚架支撑探管离地面约 1.5m，将 $\gamma$  辐射源和其它一切放射性物质远离计数管 30~50 m 以外，测量基底值。仪器通电半小时，采集数据时间不少于 3 min，取中间数 100 个，按（C-1）方式求取每秒的计数率，该值是仪器基底计数率 J 本）。
- g) 装入 $\gamma$  源（源强与源距工作时一致）测量放射性强度 J2（J2=J 本+J0），仪器通电半小时，采集数据时间不少于 3min，取中间数 100 个，按（C-1）方式求取每秒的计数率，则在该源强源距的情况下的条件单位 J0= J2-J 本
- h) 分别将不同密度值的模块紧贴计数器位置，仪器通电半小时，采集数据时间不少于 3min，取中间数 100 个，求取平均值  $\bar{N}$ ，按（C-1）方式求取每秒的计数率，基底计数率得出一组不同密度值对应的真计数率。
- i) 将测量获得不同组的数据进行编辑，建立刻度数据文件。
- j) 利用厂方提供的数学模型和刻度软件进行拟合分析计算，求得刻度系数。
- k) 输入探管刻度系数，进行密度测量误差检查。

表 C.2 密度（伽玛-伽玛）探管检查与刻度参数表

日期：\_\_\_\_\_ 时间：\_\_\_\_\_

探管型号：\_\_\_\_\_

密度（伽玛-伽玛）	文件名	刻度器	前次刻度	本次刻度	误差 %
数学模型	$\sigma = a + b * \ln(x) + c * \ln(y)$				
	参数说明： $\sigma$ -密度值； $x, y$ 分别为长、短源距的读数； $a, b, c$ 分别为刻度拟合后的常数项。				
	刻度系数	$a$	$b$	$c$	拟合相关系数 $R$

C.3 电阻率刻度

- a) 利用厂方提供的标准电阻箱（或自配）。
- b) 选择标准电阻值时尽量覆盖工作的电阻率范围。
- c) 每个电阻值的数据采集时间不少于 2 min，取其测量值的平均值；将测量数据进行编辑，建立刻度数据文件。
- d) 利用厂方提供的数学模型和刻度软件进行拟合分析计算，求得标定系数。
- e) 输入探管标定系数，进行电阻率测量误差检查。

表 C.3 电阻率探管检查与刻度参数表

日期：\_\_\_\_\_ 时间：\_\_\_\_\_

探管型号：\_\_\_\_\_

电 阻 率	文件名	极距排列	$K$ 值	模拟电阻 $\times K$ $\Omega \cdot m$	响应值 $\Omega \cdot m$	误差 $\Omega \cdot m$
电 阻 率	数学模型			$\rho = a + bx$		
				参数说明： $\rho$ —电阻率值； $x$ —测量读数； $a$ 、 $b$ —分别为刻度拟合后的常数项、一次项系数。		
				刻度系数	$a$	$b$

#### C.4 井径刻度

- 利用厂方提供的标准井径刻度盘进行标定。
- 标准井径值的个数不少 4 个，读取的数值应符合技术指标。
- 每个标准井径值的数据采集时间不少于 2min，取其测量值的平均值；将测量数据进行编辑，建立刻度数据文件。
- 利用厂方提供的数学模型和刻度软件进行拟合分析计算，求得刻度系数。
- 输入探管刻度系数，进行井径测量误差检查。

表 C.4 井径探管检查与刻度参数表

日期：\_\_\_\_\_ 时间：\_\_\_\_\_

探管型号：\_\_\_\_\_

井 径	文件名	给定值 $mm$	响应值 $mm$	误差 $mm$	
井 径	数学模型		$CAL = a + bx + cx^2$		
			参数说明： $CAL$ —井径值； $X$ —测量读数； $a$ 、 $b$ 、 $c$ —分别为刻度拟合后的常数项、一次项和二次项系数。		
			刻度系数	$a$	$b$

#### C.5 磁化率刻度

磁化率现场刻度采用厂方提供的现场刻度器进行，刻度器由定位夹、滑动套、刻度尺组成。滑动套所在位置与磁化率值一一对应。

- 刻度时将定位夹夹在探管传感器的中点，打开控制面板电源开关，向探管供电，准备工作就绪。
- 滑动套紧贴探管传感器的中点开始数据采集，采集时间不少于 2min，停止电流供电，取中间数

100个，统计其平均值。

c) 改变滑动套在刻度尺上的位置，采集不同位置上磁化率值所对应的测量数据，记录时间不少于2min，取中间数100个，统计其平均值，其幅度相对误差≤5%。若幅度相对误差不符合要求，则需检查仪器后重新进行刻度。

d) 将磁化率标准值与刻度取得的测量数据进行编辑，建立刻度数据文件。

e) 利用厂方提供的数学模型和刻度软件进行拟合分析计算，求得刻度系数。

f) 输入探管刻度系数，进行磁化率测量误差检查。

表 C. 5 磁化率探管检查与刻度参数表

日期：\_\_\_\_\_

时间：\_\_\_\_\_

探管型号：\_\_\_\_\_

磁化率	文件名	给定值 10 <sup>-6</sup> SI(κ)	响应值 10 <sup>-6</sup> SI(κ)			误差 10 <sup>-6</sup> SI(κ)
数学模型	$\kappa = a + bx + cx^2$					
	参数说明：κ-磁化率值；X-测量读数；a、b、c分别为刻度拟合后的常数项、一次项和二次项系数。					
	刻度系数	a	b	c	拟合相关系数 R	

对不同磁化率的标准模型进行测定后，以模型的磁化率值为横坐标，仪器读数为纵坐标绘制出曲线。仪器读数和视磁化率之间存在着线性关系，即

$$\Delta V = SK' = S \frac{\kappa}{1 + N\kappa} \dots\dots\dots (C-2)$$

式中

S—仪器灵敏度，即每单位磁化率 1×10<sup>-6</sup>CGSM 所产生的毫伏数，它和格值的关系互为倒数；

N—退磁系数。

在曲线上任取两点，即可求得S和N。设模型磁化率为κ<sub>1</sub>时，仪器读数为ΔV<sub>1</sub>；模型磁化率为κ<sub>2</sub>时，仪器读数为ΔV<sub>2</sub>，得

$$S = \frac{\Delta V_1 \Delta V_2}{\Delta V_1 - \Delta V_2} \left( \frac{1}{\kappa_1} - \frac{1}{\kappa_2} \right) \dots\dots\dots (C-3)$$

$$N = \frac{1}{\kappa_1 \kappa_2} \frac{\kappa_2 \Delta V_1 - \kappa_1 \Delta V_2}{(\Delta V_2 - \Delta V_1)} \dots\dots\dots (C-4)$$

C. 6 声速探管现场检查

电缆马龙头与探管连接好后，地面接通电源向探管供电，探管换能器工作，发出“嗒、嗒”声，探管放入充有水的铝筒时或探管进入液面的套管后，其测量数值应为（183±5）μ s/m，即可进行测井工作。

表 C. 6 声速探管检查参数表

日期：\_\_\_\_\_

时间：\_\_\_\_\_

探管型号：\_\_\_\_\_

声速	文件名	理论值 $\mu$ s/m	响应值 $\mu$ s/m	误差 $\mu$ s/m

## C.7 井温流体探管现场检查与刻度

因受野外条件限制，无法在现场刻度。

在环境温度条件下检查仪器工作是否正常，若测量值与精度为 $0.1^{\circ}\text{C}$ 的水银温度计比较，其误差不大于 $0.5^{\circ}\text{C}$ ，否则重新回厂进行刻度。

流体电阻率刻度系数： $a$ 、 $b$ ，测量值  $\rho = a + bx$

表 C.7 井温探管检查参数表

日期：\_\_\_\_\_

时间：\_\_\_\_\_

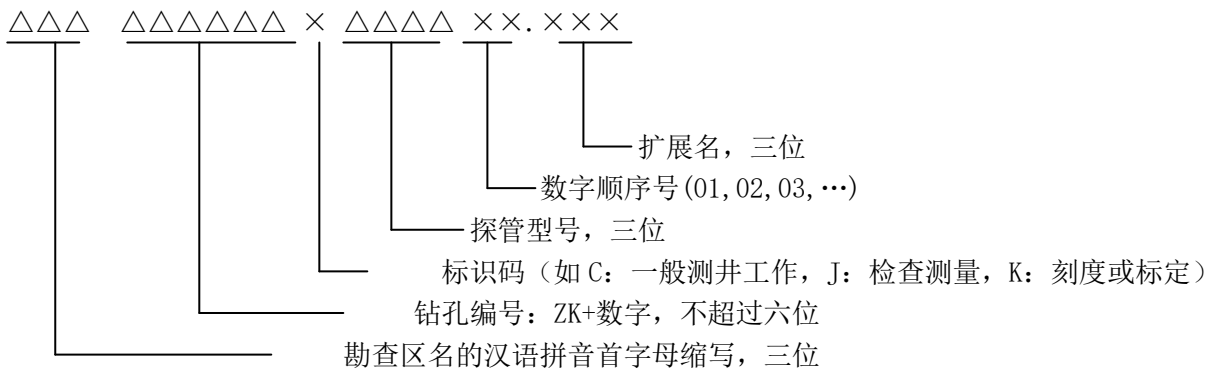
探管型号：\_\_\_\_\_

井温	文件名	给定值 $^{\circ}\text{C}$	检查值 $^{\circ}\text{C}$	误差 $^{\circ}\text{C}$
井温	数学模型	$T = a + bx + cx^2$		
		参数说明： $T$ -温度值； $x$ -测量读数； $a$ 、 $b$ 、 $c$ 分别为刻度拟合后的常数项、一次项和二次项系数。		
		刻度系数	$a$	$b$

附录 D  
(规范性附录)  
测井数据文件命名规则

测井数据文件命名规则如下：

地区名+钻孔编号+标识码+测井方法（探管名称）名称+序号+. 扩展名



其中，若勘查区名超过3个汉字，取前两个字和最后一个汉语拼音的首字母。钻孔编号采用地质勘查提供的钻井井位的编号。测井标识码是指测井工作的记录数据，C是指一般正常的测井工作数据记录，J是指测井工作的重复测量或质量检查的数据记录，K是指测井方法刻度或标定的数据记录。探管型号是指下井的探管编号，按照厂方提供的探管名称填写。数字序号是指同一探管可能下井出现分段测量或多次测量的数据记录。扩展名是指测井控制系统实时测井过程中自动保存测井数据文件时系统产生的后缀。

附 录 E  
(规范性附录)  
测井野外工作记录表

表E.1 测井野外工作记录表

钻孔编号			测井设备型号			野外负责		
孔深 (m)			测井设备编号			操作员		
施工单位			绞车型号			解释员		
套管直径 (mm)			绞车编号			质量监督员		
井液面深度 (m)			电缆最低绝缘 (MΩ)			安全监督员		
井液电阻率 ( $\Omega \cdot m$ )			放射源种类		1. _____	2. _____	3. _____	装源人员
井液温度 (°C)			放射源活度 (Bq)					卸源人员
井液密度 ( $g/cm^3$ )								
井位坐标	X		井下探管					
	Y			1.				
	Z			2.				
				3.				
				4.				
			5.					



附 录 G  
(规范性附录)  
测井通知书

表G.1 测井通知书

一、测井任务					
地区          孔, 孔深          m, 测量范围自          m 至          m。希于 月 日 时到达井场, 完成下列测井任务:					
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					
6.					
7.					
8.					
9.					
10.					
二、钻孔情况					
井位坐标	X		泥浆情况	性质	
	Y			密度 (g/cm <sup>3</sup> )	
	Z			粘度 (s)	
方位与孔斜	预定方向 (°)		预定斜度 (°)		
套管深度 (m)		套管内径 (mm)		液面深度 (m)	
井身结构	自          m          ~          m	钻头直径 $\phi$			
	自          m          ~          m				
	自          m          ~          m				
孔内安全情况					
备注:					

填发: \_\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日

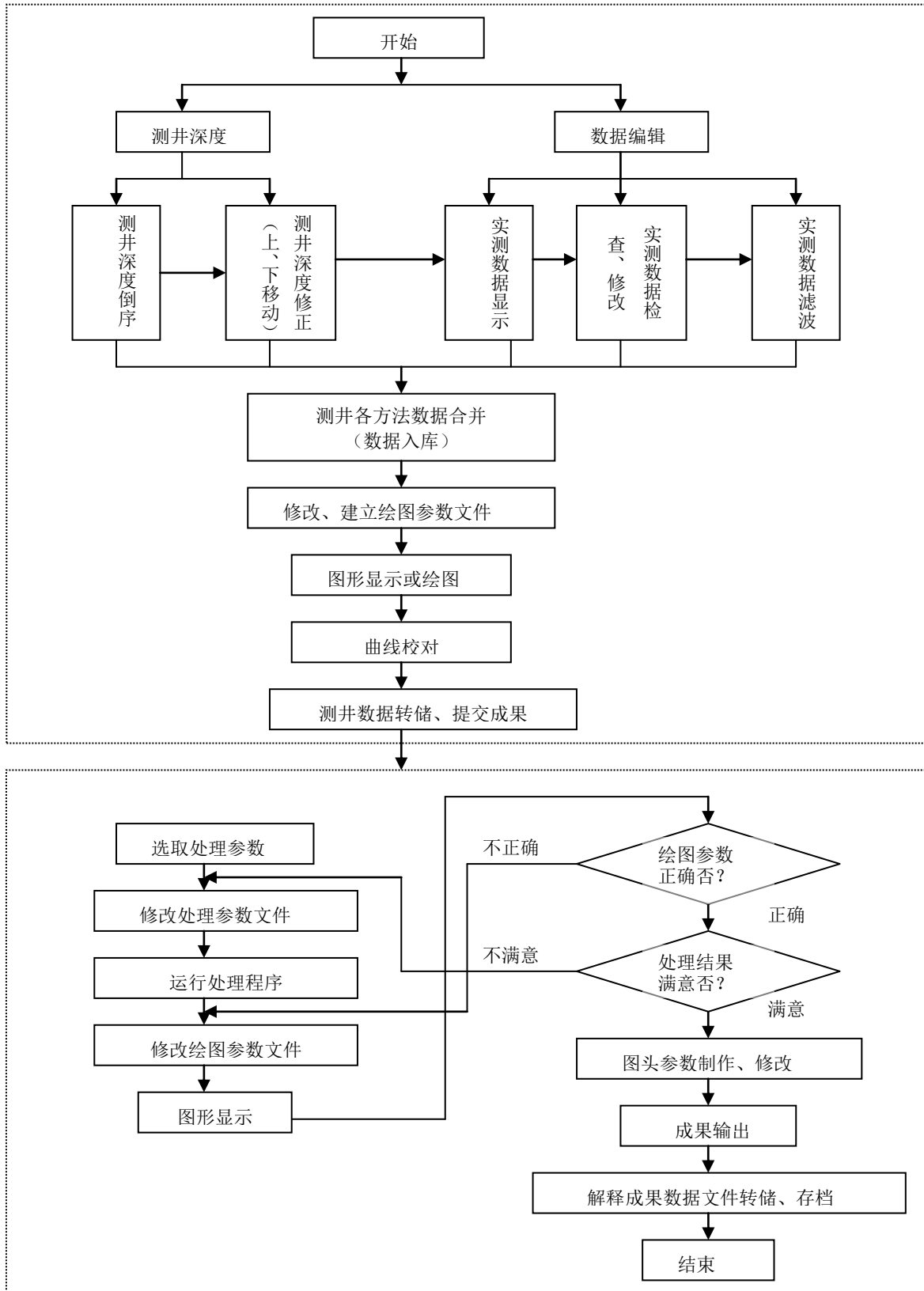
地质技术负责人 \_\_\_\_\_

收到: \_\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日

测井队(组)负责人 \_\_\_\_\_

附录 H  
(资料性附录)

测井资料处理质量控制与分析处理流程



表H.1 测井数据处理

附 录 I  
(规范性附录)  
常用测井曲线名称

中文名称	英文名称	测井符号
电测井	Electrical Logging	
电阻率测井	Resistivity logging	
地层真电阻率	Resistivity	Rt
三侧向电阻率	Lateral log-3	RLL3
电极电位	Electrode Potential	EP
滑动接触电流	Slippage contact current	SCC
自然电位	Spontaneous potential	SP
激发极化	Induced Polarization	IP
磁化率	Magnetic susceptibility	Mas
声速测井	Acoustic velocity logging	Ac
核测井	Nuclear Logging	
自然伽玛	Gamma ray	GR
伽玛—伽玛	Gamma Gamma	GG
长源距伽玛	Long Spacing Gamma Gamma	GGL
短源距伽玛	Short Spacing Gamma Gamma	GGs
密度	Density	
长源距密度	Long Spacing Density	DNL
短源距密度	Short Spacing Density	DNS
X-射线荧光测井	X-rays fluorescence logging	X-RF
中子伽玛	Neutron Gamma	NUG
井径	Caliper	CAL
井温	Temperature	TM

附 录 J  
(规范性附录)  
测井解释结果表

表J.1 测井解释结果表

矿区\_\_\_\_\_ 孔号\_\_\_\_\_

钻 探 结 果					测 井 解 释 结 果		
序号	岩矿层名称	深度 (m)	厚度 (m)	采取率 (%)	深度 (m)	厚度 (m)	备注
说明：							
测井 结果 评述 意见							

测井负责人：\_\_\_\_\_

地质负责人：\_\_\_\_\_

时间：        年        月        日

附 录 K  
(资料性附录)  
X-射线荧光测井

### K.1 X-射线荧光法原位测品位的理论基

应用放射性同位素作激发源，它发射出的 x 射线用来轰击原位介质中的目标元素，使之产生特征 X 射线或称荧光。根据其荧光活度( $I_i$ )强弱，在原位测定目标元素的品位( $c_i$ )高低。其数理方程式为：

$$I_i = \frac{k_x \cdot I_0 \cdot \bar{\tau}_0}{\mu_0 + \mu_f} c_i \dots\dots\dots (K-1)$$

式中：

- $c_i$ —在原位介质中目标元素的品位；
- $I_i$ —在原位介质中目标元素的荧光活度；
- $I_0$ —激发源所发射出的初始 X 射线活度；
- $\bar{\tau}_0$ —目标元素的原子光电质量吸收系数；
- $k_x$ —仪器的装置系数；
- $\mu_0$ —激发源初始 X-射线在介质中的质量吸收系数；
- $\mu_f$ —目标元素的荧光在介质中的质量吸收系数；

当介质中  $\mu_0$  和  $\mu_f$  数值变化不大时，目标元素的品位( $c_i$ )与目标元素的荧光活度( $I_i$ )成正比关系，若在原位测定介质中测得某特征 X-射线的强度是高或低，则可求得某元素在岩矿中的含量是富或贫，从而可以进行定量计算。

### K.2 原位测定元素品位的“线储量”计算

若目标元素或矿种在某一矿层的“线储量”为  $c_i \% \times h$ ，则某矿种在一矿段的“线储量”为：

$$\bar{c}_i \% \times H(m) = \sum_{n=1}^m (c_1 \% \times h_1 + c_2 \% \times h_2 + \dots + c_m \% \times h_m) \dots\dots\dots (K-2)$$

式中：

$$\bar{c}_i \% = \frac{\sum_{n=1}^m (c_1 \% \times h_1 + c_2 \% \times h_2 + \dots + c_m \% \times h_m)}{h_1 + h_2 + \dots + h_m} \dots\dots\dots (K-3)$$

$$H(m) = h_1 + h_2 + \dots + h_m \dots\dots\dots (K-4)$$

式中：

- $c_i \%$ —目标元素  $i$  或矿种原位测定的品位；
- $m$ —矿层数；
- $h_m$ —第  $m$  层的矿层厚度，单位为 m；
- $\bar{c}_i \%$ —加权平均品位；
- $H(m)$ —矿段总厚度。

### K.3 X-射线荧光测井技术

K.3.1 测井前的准备工作

K.3.1.1 X-射线荧光测井工作前，应将井内前期护壁套管取出。视钻孔岩层破碎度和钻井液情况是否需要冲洗钻孔，以减少井壁泥饼、钻井液等因素对X-射线荧光测井的影响。

K.3.1.2 调试X-射线荧光测井系统：

- a) 按照仪器校验的方法，启动地面主机操作系统，打开下井电源，约一分钟后采集并记录数据。
- l) 分别用 2~3 块标准片置于探管探测窗口上进行测量，待仪器读数稳定，记录每块标准片目标元素特征峰面积，分为等参数。
- m) 在 2~3 组数据中，分别取中间数各 100 个，求取平均值  $\bar{N}$ ，若读数与标准值相差超过一倍均方差，则说明仪器工作不正常，需考虑检修仪器。
- n) 根据钻孔的岩矿石类型和矿种(目标元素)，选定合适的刻度系数(刻度数学模型由厂方提供)。

K.3.2 测井工作技术要求

K.3.2.1 探管下放速度不得超过1000m/h。在探管接近测量位置时，下放速度降低至50m/h，使其深度应大于测量位置深度，且保持探管下放最大深度应距井底深度0.5m。

K.3.2.2 测量方式为提升测量，测量速度应控制在3m/min左右。

K.3.2.3 X-射线荧光测井有连续测量和点测两种情况。第一次测量为连续测量，采样间距为0.05m，对测量井段快速扫描，初步确定重复测量井段；第二次测量是对发现的矿化地段进行重复测量。连续测量谱线采集时间为30s~100s；点测测量时间选择100s；

K.3.2.4 二次测量采用点测方式，矿化地段的测量点距为0.2m~0.3m，其它井段的测量点距为0.5m。

K.3.2.5 每次测量完毕后，需对测井深度进行校正，确保测井深度的准确无误。

K.3.2.6 探管提出井孔后，应在地面校验测量标准片，检查仪器的工作状态，以确定仪器测井工作正常。

K.3.2.7 X-射线荧光测井要求同时进行井径测量。

K.3.2.8 同位素源激发源的选择

常用的 X-射线荧光测井仪所用的同位素源见表 K.1，选择同位素源时应使同位素源发出的 X 射线能量稍大于待测元素的 X 射线能量吸收限的单色能量；同位素源的半衰期愈长愈好，使用毋须经常更换。为了提高测井仪的准确度和灵敏度，使用同位素源的强度可适当比地面仪器的强度提高一些。

表K.1 常用的 X-射线荧光测井仪所用的同位素源表

放射源	半衰期	X 射域能量 (KeV)	比率 (%)	源强 (毫居里)	激发元素范围	
					K 系	L 系
<sup>238</sup> Pu	86.4	12-17 (UL 线)	13.0	30	钛(22)~硒(34)	钛(56)~硒(78)
<sup>241</sup> Am	458	14-21 26 50.6	37.0 2 26.0	10~15	铷(37)~钇(64)	钋(84)~铀(92)
<sup>109</sup> Cd	1.27	22(AgK 线) 88	107 4	1~2	镓(31)~锝(43)	铊(69)~铀(92)
<sup>57</sup> Co	0.74	122 136	88.9 8.8	1~2	铅(82)~铀(92)	

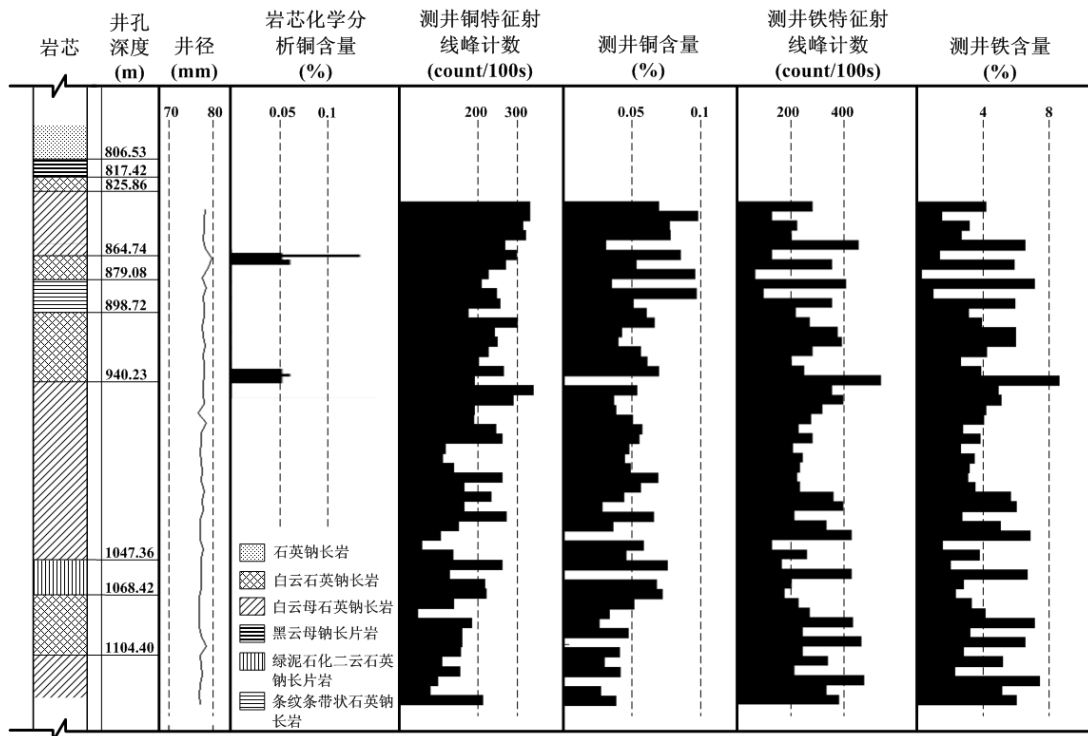
K.3.3 资料整理和解释：

- a) 数据预处理：在获取特征 X 射线和散射射线原始谱线的基础上，进行仪器谱的解析、井液效应校正、不平度效应校正、基体效应校正和元素含量计算等功能。同时进行数据空间坐标投影。
- b) 数据处理：对校正后的 X-射线荧光测量数据（元素含量、井深）进行品位计算、矿层分层解释、线储量计算和成图。
- c) 将测井数据处理的结果进行定量解释和绘制钻孔综合测井解释成果图。
- d) X-射线荧光测井定量解释结果表见示例表 K. 2，包括矿层的厚度、矿石品位；钻孔综合测井解释成果图见示例图 K. 1、示例图 K. 2，包括地质柱状图、井深、井径、岩心分析结果、X-射线荧光测井基本参数曲线、X-射线荧光岩心测量曲线等。

表K.1 X-射线荧光测井定量解释结果示例表

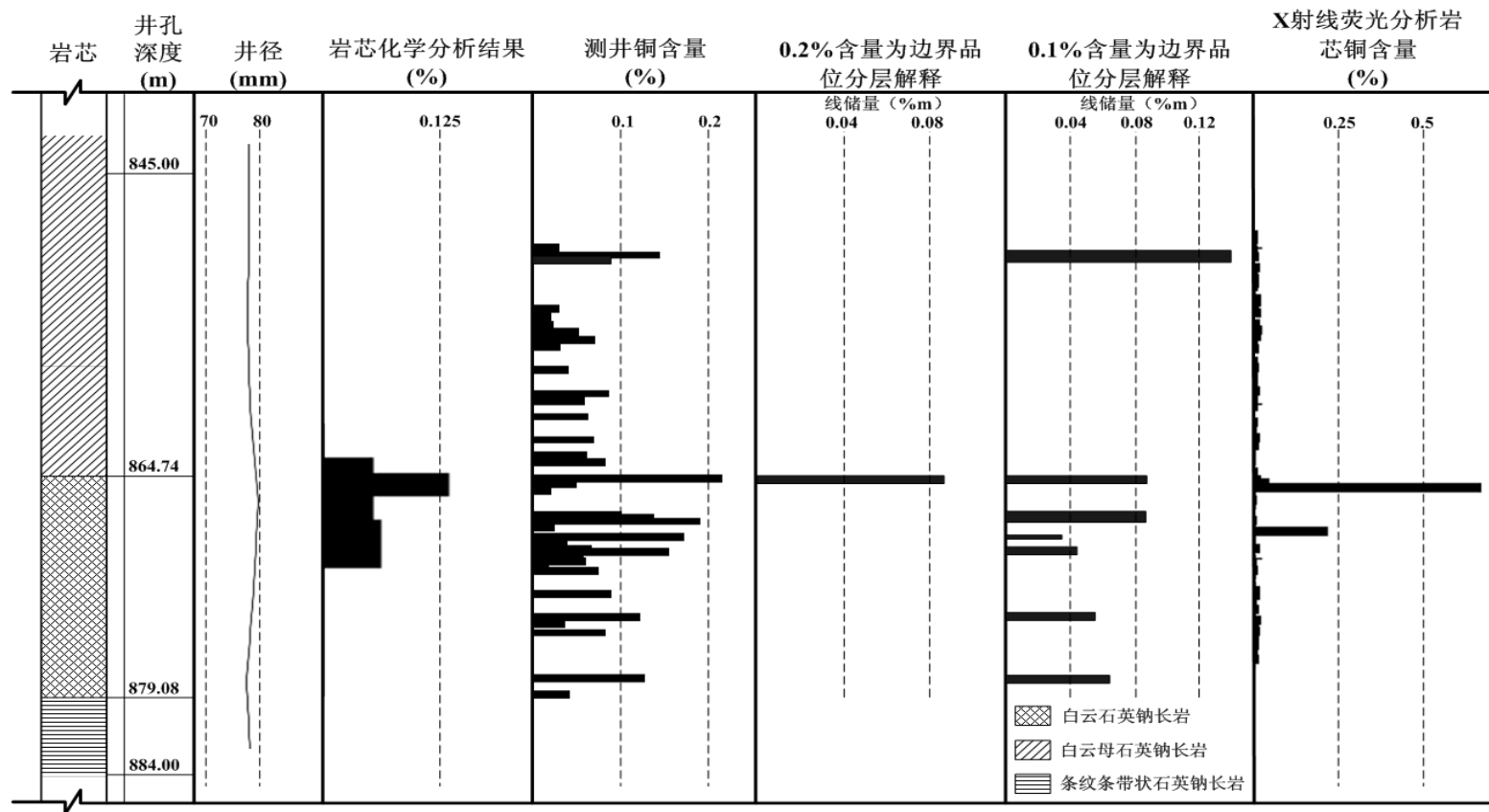
矿化层编号	矿层深度(m)	矿层厚度(m)	矿层平均品位(%)	线储量(%m)
	~			
	~			
	~			
	~			
总矿层厚度、线储量				
矿层平均品位				

××××号勘探井 X-射线荧光连续测井柱状图



示例图 K. 1

××××号勘探井 X-射线荧光测井××元素含量综合解释成果图



示例图 K. 2

e) 岩矿层上下边界的确定

设  $i, j, k$  为 3 个自深到浅的连续测量点,  $C_i, C_j, C_k$  为测量点矿层品位,  $C_b$  为边界品位,  $L$  为两测点之间的测量间距,  $h_m, h_j$  为  $j, m$  两点的测量深度, 则按照表 K. 3 所示方法确定矿层的边界。

表 K. 3 矿层深度确定方法

边界情况	深度确定	判断准则	备注
矿层上边界	$H_d = h_m + \frac{1}{2} L_m$	$C_{j-1} < C_b$ 且 $\sum_{i=j}^m C_i \cdot L_i / \sum_{i=j}^m L_i > C_b$	$i$ 为自深到浅的连续测量点, $j, m$ 分别表示起始和终止点; $C_i, C_j, C_m$ 为各测量点矿产含量 (品位), $C_b$ 为边界品位, $L_i$ 为该点测量间隔距离, $h_m, h_j$ 为 $m, j$ 两点的测量深度。
矿层下边界	$H_d = h_j + \frac{1}{2} L_j$	$C_{m+1} < C_b$ 且 $\sum_{i=j}^m C_i \cdot L_i / \sum_{i=j}^m L_i > C_b$	
矿层厚度为零	$H_d$ 不存在	不存在测点使得 $\sum_{i=j}^m C_i \cdot L_i / \sum_{i=j}^m L_i > C_b$	

X-射线荧光测井的最大特点是实时提供矿层位置、矿层中目标元素的含量与矿层的线储量。从 X-射线荧光测井仪器直接获取的数据是反映井壁岩 (矿) 石中目标元素特征 X 射线、干扰元素的特征 X 射线和源散射射线的仪器微分谱, 或者是不同谱段的计数率。对 X-射线荧光测井的含量 (品位) 计算, 应用含量解释法加以解释。

f) X-射线荧光测井点测含量解释法

含量解释法是根据数学校正试验首先逐点计算被测岩层中目标元素的含量, 再根据以目标元素含量为参数的测井曲线求矿层的平均品位或线储量。

在点测测井过程中, 设第  $K$  个点获得的第  $i$  个基本参数值为  $P_{ik}$ , 将  $P_{ik}$  代入已标定好的数学试验, 可得第  $K$  点的目标元素的含量  $C_k$  即:

$$C_k = f(P_{ik}) \dots\dots\dots (K.3)$$

第  $j$  矿层的平均品位  $\bar{C}_j$  表示为:

$$\bar{C}_j = S_j^c / h_j^c \dots\dots\dots (K.4)$$

式中:

$S_j^c$ — $C_k$  参数的测井曲线在上在  $j$  矿层的面积;

$h_j^c$ —为矿层厚度;

$h$ —值的大小由矿层的边界品位确定。于是线储量为:

$$C\%m = \sum_{i=1}^m \bar{C}_j \cdot h_j^c = \sum_{i=1}^m S_j^c \dots\dots\dots (K.5)$$

式中:

$m$ —为钻孔中矿层的层数。

g) X-射线荧光测井连续测量含量解释法

对于连续 X-射线荧光测井, 若探管提升速度为  $v$ , 则在  $t_1 - t_2$  时间内, 第  $i$  参数的解释值  $P_i^{t_1-t_2}$  为:

$$P_i^{t_1-t_2} = \frac{1}{t_1 - t_2} \int_{t_1}^{t_2} P(t) dt \dots\dots\dots (K.6)$$

式中：

$P(t)$ —在  $t$  时刻  $i$  基本参数值。

第  $j$  矿层的平均品位  $\bar{C}_j$  和线储量分别表示为：

$$\bar{C}_j = f(P_i^{t_1-t_2}) \dots\dots\dots (K.7)$$

$$C\%m = \sum_{j=1}^m \bar{C}_j \cdot v \cdot (t_1 - t_2) = \sum_{i=1}^m S_j^c \dots\dots\dots (K.8)$$

式中：

$m$ —为矿层数。

在实际测井工作中，总存在有矿化不均匀，矿物颗粒大小的变化，一般不以每点的矿石品位来表示。

**K. 3. 4 X-射线荧光测井解释注意事项：**

- a) 钻孔中水或泥浆引起的井液效应；由井壁凹凸不平引起的不平度效应和由井壁岩矿石成分变化引起的基体效应等，都将引起待测元素荧光强度的变化，造成荧光强度与矿石品位之间，失去良好的线性关系，在结果解释时应给予注意。
- b) 在 X-射线荧光测井时，应事先做出测定待测元素荧光强度与含量相关工作曲线。先在已知化学分析含量的钻孔中测得元素的荧光强度，如有条件者，多测几处，取其平均值，然后把井下测得的荧光强度作纵坐标，把矿石的元素含量作横坐标，绘成相应的工作曲线。即为井中荧光强度与矿石元素含量的工作曲线。
- c) 把在井孔中新测得的未知含量的荧光强度  $N_i$ ，在工作曲线查得相应的待求元素含量  $Q_i\%$ 。以矿石的工业品位之规定，确定矿层厚度，进而求得“线储量”（矿层厚度乘金属品位的百分含量）。

## 参考文献

- [1] DZ/T 0080-2010 煤碳地球物理测井规范
- [2] DZ/T 0196-1997 测井仪通用技术条件
- [3] DZ/T 0204-1999 井中激发极化法技术规程
- [4] 地质部地质书刊编辑部编，地球物理测井工作规范，中国工业出版社，1964. 3
- [5] 地质矿产部地球物理地球化学勘查局，井中磁测工作规范（试行），1982. 11
- [6] 地矿部勘查技术司，测井和井中物探工作规定，1989年12月
- [7] 北京地质学院编，金属与非金属地球物理测井，中国工业出版社，1962
- [8] 蔡柏林等编著，金属矿钻孔地球物理勘探，地质出版社，1981. 6
- [9] 蔡柏林等编著，钻孔地球物理勘探，地质出版社，1986. 9
- [10] 谭廷栋等编著，测井学，石油工业出版社，1998. 12
- [11] 丁次乾主编，矿场地球物理测井，中国石油大学出版社，2002. 8
- [12] 潘和平等编著，地球物理测井与井中物探，科学出版社 2009. 4