

# 实物地质资料化学测试数据的验证与分析

张广玉, 邓 晃, 张明翠, 郭跃梅

(国土资源实物地质资料中心, 河北 三河 065201)

**摘 要:** 目前在国内实物地质资料馆, 收集实物资料的验证工作进行的比较顺利, 然而, 其化学分析数据的验证工作却比较困难。其原因首先是实物资料数量庞大, 而化学分析数据并不完整, 其次, 珍贵的馆藏实物资料, 不允许使用破坏性的方法进行验证。在岩芯无损测试方面, 国内外广泛使用的高光谱扫描及大型 X 荧光扫描, 虽然测试速度快, 但对不完整岩芯及表面粗糙的岩石标本测试准确度较差。本文使用手持式 X 荧光分析技术, 结合标本表面的微处理技术, 使用半定量数据研究化学分析资料的验证与分析。结果表明, 当利用手持式 X 荧光技术, 对不完整岩芯及岩石标本进行半定量测试时, 其具有准确度较好、测试速度较快、随时查看数据、便于现场分析、及时调整测试方法等诸多优点, 可以高效、快捷验证化学分析资料的准确性。通过本次研究, 验证了 ZK0901 钻孔化学分析数据, 发现了多处元素含量异常, 纠正了不合理化学分析数据信息的发布, 探讨了岩芯的岩性验证问题。

**关键词:** 手持式 X 荧光分析技术; 矿岩芯; 实物地质资料; 验证与分析

中图分类号: P589 文献标识码: A 文章编号: 1004-4051(2017)S1-0251-06

## Validation and research on the chemical test data of physical geological materials

ZHANG Guangyu, DENG Huang, ZHANG Mingcui, GUO Yuemei  
(Cores and Samples Center of Land and Resources, Sanhe 065201, China)

**Abstract:** At present, in the domestic physical geology materials Museum, the collected physical materials verification work is carried out smoothly, however, the validation of its chemical analysis data is difficult. The reason is that the quantity of physical materials is large, and the data of chemical analysis is incomplete. Secondly, the valuable collection of physical materials is not allowed to be verified by destructive methods. In terms of core nondestructive testing, high spectral scanning and large X fluorescence scanning are used widely at home and abroad, although its testing speed is fast, but, incomplete drill core and the rough surface specimen testing accuracy is poorer. In this paper, P-XRF analysis technique and specimen surface micro processing technique are used, using semi quantitative data to be validation and research of chemical analysis data. The results show that it has many advantages, such as better accuracy, faster test speed, data analysis at any time, convenient for field analysis and adjusting test method at any time, when using P-XRF techniques to test incomplete cores and rock specimens, the accuracy of chemical analysis data can be verified efficiently and quickly. Through this study, the chemical analysis data of ZK0901's core have been validated, it is found that the content of many elements is supernormal, corrected the publication of unreasonable chemical test data information, and discusses the core lithology validation issues.

**Keywords:** P-XRF analysis technology; mine drilling core; substantial geological material; validation and research

实物地质资料馆主要任务是地质资料能够可

靠、快捷的向外提供服务。目前, 对馆藏实物地质资料的全面核实、化学分析数据的验证成为工作的难点。验证实物地质资料, 要求即能检验原有地质信息的符合性, 又不能对其产生损坏。目前, 国内外用于岩芯无损测试的方法主要包括: 高光谱扫描技术、大型 X 荧光扫描技术。岩芯高光谱扫描技术, 其特点是岩芯矿物成分及结构特征连续成像,

收稿日期: 2017-05-20 责任编辑: 刘硕

基金项目: 中国地质调查局地质调查工作项目资助(编号: 121201013000150002-10)

第一作者简介: 张广玉, 工学学士, 工程师, 研究方向为实验测试, 实物地质资料取样研究, E-mail: yu\_Q70172@sina.com。

化学成分准确度不足<sup>[1-2]</sup>。大型 X 荧光岩芯扫描技术,扫描速度较快、加密测试的准确度较高,但对不完整岩芯及表面粗糙的岩石标本测试准确度较差<sup>[3]</sup>。手持式 X 荧光分析技术为验证实物地质资料提供了一种可能<sup>[4]</sup>,其在地质矿产领域的应用已经非常广泛,它的特点是方法简单,操作方便、快捷,可分析的元素范围从元素周期表中原子序数 12 号 Mg 到 92 号 U 之间的元素。本文使用手持式 X 荧光光谱仪,采用玉石台磨机对测试点抛磨(或用细砂纸手工打磨),微处理测试样品的表面,提高了不完整岩芯及表面粗糙的岩石标本的测试准确度。根据黄沙坪铅锌矿 ZK0901 钻孔岩芯的测试结果,探讨了手持式 X 荧光分析技术验证岩芯原始数据(柱状图等)、矿物元素含量异常区域的确认与校正、发现新的矿物元素含量异常区域、岩芯中岩石命名的准确性验证等方面的问题。证明了手持式 X 荧光分析技术在馆藏实物地质资料应用中的重要意义。

## 1 样品所在地地质特征

### 1.1 样品来源及其描述

本次测试使用的是实物地质资料中心馆藏样品——湖南省桂阳县黄沙坪铅锌矿接替资源勘查 ZK0901 钻孔。该钻孔(ZK0901)岩矿石组成主要包括:灰岩、石英斑岩、蚀变石英斑岩、砂卡岩、黄铁铅锌矿石、花岗岩、黄铜铅锌矿石、黄铜矿石等。主要矿物有:铅锌矿、铜矿、钨钼矿等。该钻孔复杂的岩石组成,符合本次测试对实物地质资料的多样性要求。

### 1.2 黄沙坪铅锌矿区域地质特征

黄沙坪铅锌矿床位于南岭构造带北缘,处于耒阳-临武北东向基底构造岩浆岩带的北西侧。区内发育两条规模较大的深大断裂,酃县-郴州-临武(蓝山)断裂带、大义山-郴州-九峰断裂带。断裂带具有长期活动特征,有利于基底岩石的重熔再生、上侵、成矿,同时也有利于深源岩浆直接上侵,形成了构造-岩浆-成矿带<sup>[5]</sup>,为南岭多金属成矿的重要组成部分,具有非常好的成矿地质条件<sup>[6]</sup>。

## 2 X 射线荧光光谱仪

### 2.1 X 射线荧光法的影响因素

本实验使用的测试仪器(X-MET7500)属于能量色散 X 射线荧光光谱仪。其原理是通过仪器发射的 X 射线照射样品,探测器收集被测元素发出的特征 X 射线能量。基于光能与物质的能量转换特性,将不可避免受到 X 射线穿透能力、基体效应、及样品表面特征的影响。

1)基体效应,虽然可以直接(无损)测试固体、液体、粉末等各种样品,但是测试元素的激发和辐射会因共存元素的含量与存在的形态而发生变化,而产生基体效应。X 荧光分析的基体效应虽然是不可避免,但是,如果选用适当矿物基本参数法校准曲线,还是可以尽量减小基体效应的影响<sup>[7]</sup>。

2)近表面分析特性,当试样表面与试样整体元素分布不均匀、试样厚度不均匀时,检测到 X 射线荧光强度都会发生变化,光谱仪实际测试的样品部分可能不代表整个试样。因此,样品较薄表层的样品代表性是测试准确性的关键。利用 X 荧光光谱法在样品原位测试时,试样表面与试样整体分布是不均匀的,测试数据只能代表测试点的数据,而试样厚度不均匀是可以选择平整光滑的样品外表面进行测试,尽量减少试样厚度不均匀给测试点数据造成的影响。

### 2.2 X-MET7500 在矿物测试中的应用

1)X-MET7500 采用能量色散 X 射线荧光光谱法,结合了牛津仪器制造的 45kV 微型 X 射线管与先进的硅漂移探测器,改善了手持仪器的分析精度和测量时间,测试速度是传统仪器的 5 倍,检测下限、测试速度完全符合实物地质资料测试要求。表 1 列出的是 X-MET7500 仪器厂商提供的各元素的典型检测限(受样品基体、干扰元素、测量时间等因素影响而不同)。

2)X-MET7500 广泛应用于矿山勘探、尾矿监测的矿物分析领域,可测试固体、粉末、液体(配置相应的容器)类型的样品,检测时间视不同分析元素和分析精度要求而定,可在 15~120 s 之间选择。

表 1 矿物样品的元素检测限  $10^{-6}$  (二氧化硅基质)

测量时间	Mg	Al	P	S	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Co	Ni
60 s	5300	1000	120	100	15	15	106	58	34	22	9	6
测量时间	Cu	Zn	As	Se	Sr	Zr	Nb	Mo	Rh	Ag	Cd	Sn
60 s	4	3	3	3	3	6	6	5	20	16	26	28
测量时间	Sb	Ta	W	Au	Pt	Hg	Tl	Pb	Bi	U		
60 s	34	9	8	11	6	5	5	5	6	6		

整个测试元素范围从元素周期表中原子序数 12 号 Mg 到 92U 号之间的所有元素,符合实物地质资料的测试范围要求。厂商预制的矿物基本参数法校准曲线可分析的元素包括:Ag、Al、As、Au、Ba、Bi、Ca、Cd、Cl、Cr、Co、Cu、Fe、Hg、K、Mn、Mo、Nb、Ni、P、Pb、Pt、Rb、S、Se、Si、Sn、Sb、Tl、Ta、Ti、U、V、W、Zn、Zr,其它不在以上厂商预制校准曲线内的元素还可以根据用户需要进行添加,矿物基本参数法校准曲线基本可以涵盖实物地质资料测试范围。

### 3 岩芯测试与质量控制

#### 3.1 仪器条件与标准验证

1)仪器条件。方法选择“矿物”;分析模式选择“全元素分析”;分析时间选择“60 秒”;仪器可单独使用也可与笔记本电脑联机操作。

2)标准验证。黄沙坪 ZK0901 钻孔主要矿体为多金属矿,因此,使用多金属标准物质 GBW07162、GBW071623、GBW07164 对仪器的精度、准确度进行验证如表 2 所示,测量次数共 30 次、元素较多,只选择部分元素测量结果列于表中。

从表 2 标样的测量结果可以看出,仪器的精度(标准偏差表示)、准确度(平均对数误差表示)能够满足本次对 ZK0901 钻孔的扫描测试要求。

#### 3.2 岩芯的处理与测试

1)测试岩芯的选择。选择外形比较规整、岩芯的截面与外表面比较一致、外表面比较均匀的岩芯作为测试样品,要求样品测试点在一定长度内(50 cm)有一定的代表性。每个岩芯盒(长度 1 m)测试两个点。

2)样品处理。用毛刷清理待测岩芯表面,如果样品比较粗糙,可用细砂纸打磨出略大于仪器发射窗口(直径为 9 mm)的平面,或使用玉石台磨机抛磨,可以较好的消除样品表面粗糙、不平对测试的影响。

3)样品测试。仪器探测器沿着整个岩芯深度方向测试,尽量消除曲面影响,取过二分之一一样的岩芯测试横截面。大整块岩芯在原位测试<sup>[8]</sup>,小块状岩芯将仪器放在操作平台上,样品测试点对准 X 射线发射窗口,扣动测试扳机开始测试,仪器发出嗡嗡声测试完成。劈过二分之一的岩芯,为“汇交的化学测试数据(柱状图)”相同深度的样品,测试数据与原始数据(柱状图)的分析结果略有不同是正常的,但差异不应超出合理范围。

#### 3.3 测试全过程标样质量监控

在 ZK0901 钻孔(共 8 次 23 组数据)的测试过程中,每次测试开始、结束时,使用 GBW07162 对测试过程中仪器的准确度、稳定性进行质量监控(表 3)。

表 2 仪器的精度、准确度的验证表

标样名称		K(%)	Ca(%)	Fe(%)	Cu(%)	Zn(%)	Mo(%)	Pb(%)
GBW07162	平均值	3.28	1.02	4.78	0.289	0.95		0.437
	标准偏差	0.128	0.035	0.025	0.003	0.005		0.0026
	推荐值	3.20	1.09	4.68	0.264	0.83		0.43
	平均对数误差	0.069	0.031	0.009	0.040	0.058		0.007
GBW07163	平均值	2.83	3.49	8.15	1.07	4.46		1.88
	标准偏差	0.078	0.076	0.027	0.007	0.019		0.009
	推荐值	2.57	3.36	8.4	1.05	4.26		2.17
	平均对数误差	0.040	0.017	0.013	0.008	0.020		0.063
GBW07164	平均值	1.60	12.63	11.24	2.85	0.148	0.0166	0.052
	标准偏差	0.049	0.121	0.046	0.011	0.002	0.0005	0.0012
	推荐值	1.49	12.29	11.4	2.8	0.143	0.0137	0.056
	平均对数误差	0.048	0.012	0.006	0.008	0.016	0.084	0.030

表 3 GBW07162 的 23 组数据统计结果

标样名称	K(%)	Ca(%)	Mn(%)	Fe(%)	Cu(%)	Zn(%)	Pb(%)
平均值	3.39	1.04	0.11	4.82	0.291	0.95	0.44
标准偏差	0.147	0.051	0.0043	0.034	0.0034	0.0076	0.0047
推荐值	3.20	1.09	0.091	4.68	0.264	0.83	0.43
平均对数误差	0.025	0.020	0.081	0.012	0.041	0.0611	0.012

质量监控数据表明(表 3),仪器工作状态稳定、精度、准确度符合要求,人员操作符合质量要求。

4 测试结果的应用与分析

1)利用 X 荧光光谱仪对 ZK0901 钻孔进行的元素扫描结果分析,发现部分岩芯测试结果与 ZK0901 钻孔原有数据有很大差异,表 4 列出 ZK0901 钻孔原有数据与利用手持式 X 荧光光谱仪的测试结果对比表(由于数据较多,只选择一些有差异部分的数据列于表内,下角标 X 代表 X 荧光测试结果,粗体为存在差异数据)。

如表 4 中所示,807~836 m 区域内 TFe 数据,柱状图中提取的数据与 P-XRF 测试数据严重不符,通过再次观察岩芯、查阅湖南省桂阳县黄沙坪铅锌矿岩芯及标本资料 ZK0901 钻孔岩性描述,此区域内均含有铁矿成分。因此,钻孔岩芯 TFe 的含量不可能小于 0.1%,而 X 荧光测试结果均在合理范围,可以判定原始柱状图数据有误,将这部分数据停止上网服务。

将汇交的化学分析数据在一定深度范围内的平均值,与相应深度的 P-XRF 的测试数据对比,X 开头的表示 P-XRF 的测试数据,见表 5。汇交数据与 P-XRF 半定量分析结果有较大差异的只有 28%,参考固体矿产勘查原始地质编录规程(试行)DD+2006-01,重复采样控制,合格样品占被检测样品数量的 70%以上为合格,因此,基本上可以判断汇交的铜、铅、锌元素含量是可靠的。

图1显示,岩芯中汇交化学分析数据与P-XRF

表 4 ZK0901 钻孔原有数据与手持式 X 荧光光谱仪测试结果对比

深度(m)	Mo(%)	Mo <sub>x</sub> (%)	TFe(%)	TFe <sub>x</sub> (%)
806.99	0.0190	0.0014	<b>0.0210</b>	<b>35.923</b>
807.99	0.0050	0.0015	<b>0.0080</b>	<b>36.05</b>
808.99	0.0170	0.0014	<b>0.0080</b>	<b>37.31</b>
809.99	0.0270	0.0013	<b>0.0120</b>	<b>37.27</b>
810.99	0.0280	0.0015	<b>0.2540</b>	<b>37.10</b>
812.19	0.0330	0.0010	<b>0.0550</b>	<b>36.57</b>
813.39	0.0170	0.0007	<b>0.0530</b>	<b>34.36</b>
814.61	0.0280	0.0007	<b>0.0170</b>	<b>34.90</b>
815.81	0.0180	0.0000	<b>0.0190</b>	<b>32.74</b>
819.77		<b>0.0029</b>		<b>12.99</b>
821.10	<b>6.1830</b>	<b>0.0027</b>	<b>0.0090</b>	<b>13.19</b>
822.10	0.0060	0.0033	<b>0.0090</b>	<b>13.18</b>
823.10	0.0060	0.0045	<b>0.0100</b>	<b>8.29</b>
824.10	0.0030	0.0049	<b>0.0100</b>	<b>6.52</b>
825.10	0.0030	0.0029	<b>0.0090</b>	<b>0.435</b>
826.10	0.0340	0.0024	<b>0.0100</b>	<b>15.12</b>
827.43	0.0060	0.0033	<b>0.0100</b>	<b>2.67</b>
828.43	0.1460	0.0016	<b>0.0130</b>	<b>18.57</b>
829.43	0.0630	0.0006	<b>0.0160</b>	<b>33.69</b>
830.43	0.0340	0.0023	<b>0.0140</b>	<b>18.89</b>
831.43	0.0300	0.0029	<b>0.0190</b>	<b>9.032</b>
832.43	0.0150	0.0034	<b>0.0170</b>	<b>3.997</b>
833.63	0.0870	0.0016	<b>0.0080</b>	<b>28.45</b>
834.93	0.0440	0.0057	<b>0.0130</b>	<b>24.59</b>
835.93	0.0260	0.0019	<b>0.0130</b>	<b>5.278</b>
平均值	0.2866	0.0022	<b>0.0261</b>	<b>21.08</b>

表 5 汇交的化学分析数据与 P-XRF 测试数据对比

岩芯深度(m)	Pb(%)	X-Pb(%)	Zn(%)	X-Zn(%)	Cu(%)	X-Cu(%)
282.63~310.56	0.16	0.022	0.27	0.22	0.06	0.81
350.56~353.56	0.258	0.064	0.89	0.26	1.40	0.0063
652.21~658.16	0.018	0.0022	0.045	0.025	0.053	0.0057
667.46~673.21	0.012	0.0046	0.063	0.031	0.058	0.026
774.06~783.39	0.114	0.063	2.49	1.28	0.053	0.044
801.46~834.93	0.023	0.0053	0.45	0.44	0.41	0.36

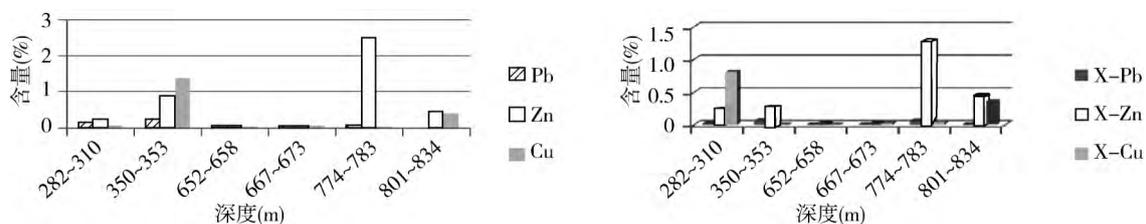


图 1 汇交化学分析数据与 P-XRF 测试数据对比效果图

测试数据铜、铅、锌平均值的分布趋势相同,半定量结果不存在“实际意义上的”较大差异的占 70% 以上。上述数据对比说明,手持式 X 荧光分析技术半定量准确、方便、快捷<sup>[9]</sup>,非常适合验证岩芯、岩石标本的化学分析数据(柱状图等)。

2) 利用手持式 X 荧光光谱仪对 Zk0901 钻孔全长 850 m、1395 个测试点岩芯的分析,得到了各种矿物元素含量异常的位置,表 6 中列出了超临界品位的矿物元素表(单深度为单次测试结果,多深度为平均值)。

测试中发现了一些原主要矿体区域外的矿物元素含量异常(表 6 中黑体部分),可以圈定一些矿物新发现,为实物资料的二次利用提供指示。

表 6 手持式 X 射线荧光光谱仪测试结果,超临界品位矿物元素表

深度(m)	Cu(%)	Zn(%)	Pb(%)	Mo(%)	W(%)
1	<b>2.32</b>				
35.51	<b>1.5</b>	<b>1.14</b>			
109.44	<b>1.92</b>				
141.14		<b>0.64</b>			
162.74		<b>0.55</b>	<b>0.42</b>		
168.46~171.24				<b>0.30</b>	
280.36~280.96		0.69			
290.56~293.61		1.48			
291.16~294.26			0.12		
295.46	0.45				
298.16~298.66	1.46				
299.66	1.22				
301.66~303.96	1.68				
306.00~307.46	12.5				
311.46		1.25	0.47		
351.26~351.86		0.47	0.11		
400.96	<b>1.11</b>				
412.26	<b>0.49</b>	<b>1.67</b>	<b>1.99</b>		
650.46		<b>0.91</b>	<b>0.27</b>		
724.46				<b>0.25</b>	
753		<b>0.79</b>			
759				<b>2.52</b>	<b>0.57</b>
775.46		4.31	0.37		
777			0.28		
777~782		1.89			
788.46		<b>11.7</b>			
801.17~801.6		<b>2.47</b>			
806.~815.66	0.36	1.31			
820.46~821	0.48				
826	0.33				
827.46~835	0.56				

图 2 中 168.46~171.24 m 之间发现 Mo 元素含量平均值为 0.3%,不仅含量较高而且矿物层较厚,是值得进一步研究的钼矿矿层。手持式 X 荧光分析不仅方便、快速,而且可随时查看测试数据并临时任意决定测试点,元素含量异常时可随时加点测试、分析,非常适合实物资料取样应用的前期研究。

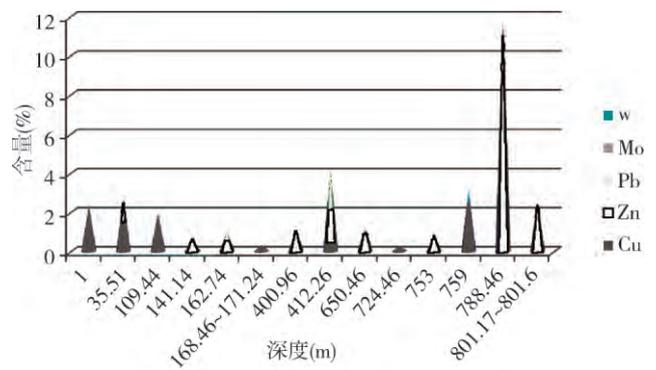


图 2 无汇交数据的岩芯矿物异常分布图

3) 根据手持式 X 荧光光谱仪对 ZK0901 全钻孔岩芯的测试分析,所得到的岩芯各种元素结果,表 7 中列出岩石名称、深度范围与实际测试元素对比列表(元素含量为该岩石名称深度范围内所有测量数据的总平均值)。

利用手持式 X 荧光光谱仪测试数据,验证岩芯、标本中岩石命名的准确性<sup>[10]</sup>,如:表 7 中 0~9.39 m,350.66~352.36 m 岩芯,最初被定义为灰岩,从测试数据中 Ca、K 比例来看值得探讨。用手持式 X 荧光光谱仪(牛津 X-MET7500)测试元素,如果选择全元素分析、120 s 测量时间,可以对轻元素进行分析(如 Mg、Al、Na、Si、S 等),可以更加准确的验证最初岩石命名的准确性。

4) ZK0901 钻孔测试结果表明,大部分矿物元素含量异常区域与原始柱状图数据吻合,但也有些数据出现异常。比如,“柱状图”Mo 元素在 821 m 处为 6.18%(表 4,原始数据“柱状图”结果应为 819.77~821.1 m 的结果),而 X 荧光扫描结果没有发现。在 X 荧光扫描时发现 759 m 附近处出现 Mo 元素含量异常(表 6),“原始数据柱状图”没有此处的数据,因此,有待进一步分析原因加以校正。

总之,向社会提供可靠的实物资料及相关数据是每一个实物库的责任,只有经过验证的实物资料其原有地质信息才能得到保证<sup>[11]</sup>。经过对 ZK0901 钻孔的数据分析,证明了手持式 X 荧光分析技术在实物地质资料验证、取样等研究中拥有广泛的应用前景。

表7 岩石名称与测试结果对比表

岩芯岩石名称	深度范围(m)	K(%)	Ca(%)	Fe(%)	Cu(%)	Zn(%)	Mo(%)	Pb(%)
灰岩	0~9.39	4.68	2.62	1.89	0.258	0.023	0.003	0.017
石英斑岩	9.39~273.02	4.21	2.21	1.05	0.020	0.023	0.007	0.008
蚀变石英斑岩	273.02~282.63	4.65	3.31	1.95	0.003	0.103	0.002	0.009
砂卡岩	282.63~289.26	0.50	22.87	10.66	0.010	0.087	0.003	0.018
黄铁铅锌矿石	289.26~295.21	0.22	12.48	21.14	0.073	0.962	0.001	0.081
灰岩	295.21~309.56	0.16	37.05	11.53	2.113	0.061	0.004	0.007
石英斑岩	309.56~350.66	4.24	5.28	1.74	0.012	0.068	0.006	0.033
灰岩	350.66~352.36	2.89	1.79	2.01	0.008	0.340	0.003	0.089
花岗岩	352.36~416.73	3.85	3.40	1.52	0.014	0.089	0.004	0.037
石英斑岩	416.73~535.46	4.53	1.95	0.71	0.008	0.018	0.003	0.006
花岗岩	535.46~580.46	3.53	2.13	1.74	0.003	0.008	0.003	0.002
石英斑岩	580.46~653.21	4.25	3.39	1.89	0.011	0.031	0.003	0.014
灰岩	653.21~657.36	2.03	17.86	6.39	0.006	0.034	0.006	0.002
石英斑岩	657.36~668.41	4.30	7.36	2.89	0.047	0.027	0.003	0.015
砂卡岩	668.41~672.21	0.31	15.29	32.89	0.034	0.038	0.003	0.006
灰岩	672.21~778.88	0.31	46.80	1.51	0.008	0.076	0.020	0.004
黄铜铅锌矿石	778.88~782.39	0.04	10.08	29.45	0.066	1.999	0.001	0.060
灰岩	782.39~805.99	0.12	44.51	5.35	0.126	0.272	0.003	0.002
黄铜矿石	805.99~815.81	0.14	3.51	35.79	0.362	1.315	0.001	0.011
灰岩	815.81~819.77	0.11	33.63	14.95	0.134	0.068	0.002	0.008
黄铜矿石	819.77~821.10	0.28	20.53	21.17	0.318	0.012	0.002	0.000
灰岩	821.1~827.43	0.19	42.82	7.68	0.083	0.009	0.004	0.002
黄铜矿石	827.43~834.93	0.80	21.36	18.97	0.566	0.087	0.003	0.004
花岗岩	834.93~850.00	5.01	1.38	2.26	0.035	0.009	0.002	0.007

## 5 结论

手持式 X 荧光分析技术不仅方法简单、快捷、测试元素多、数据可靠、复查方便,而且对珍贵的实物地质资料没有任何损坏,能较好的保护实物地质资料的原始地质特性。手持式 X 荧光分析测试数据,可以为修正不合理数据提供检查依据,使实物资料及其数据资料能客观的代表岩芯、标本的原始地质信息,为实物资料的预研究工作提供可靠的保障。通过这次 ZK0901 钻孔的测试、分析,证明了手持式 X 荧光分析技术在汇交数据的验证、矿物元素含量异常区域的确认与校正、发现新的矿物区域、验证标本岩性准确性等方面拥有广泛的科学应用前景。

## 参考文献

- [1] Magali Mathieu, Régis Roy, Patrick Launeau, et al. Alteration mapping on drill cores using a HySpex SWIR-320m hyperspectral camera; Application to the exploration of an unconformity-related uranium deposit (Saskatchewan, Canada)[J]. Journal of Geochemical Exploration, 2017, 172: 71-88.
- [2] 梁树能, 甘甫平, 闫柏琨, 等. 绿泥石矿物成分与光谱特征关系研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2014, 34(7): 1763-1768.
- [3] 陈宇亮, 郑洪波. XRF 岩芯扫描在第四纪沉积物研究中的应用[J]. 海洋地质前沿, 2014, 30(4): 51-58.
- [4] 马晓潇, 黎茂稳, 庞雄奇, 等. 手持式 X 荧光光谱仪在济阳拗陷古近系陆相页岩岩芯分析中的应用[J]. 石油实验地质, 2016, 38(2): 278-286.
- [5] 何厚强, 王静纯, 江元成. 湖南黄沙坪铅锌矿区南部 铁钨钼铋(锡)多金属矿床成矿地质特征初析[J]. 矿产勘查, 2010, 1(4): 323-333.
- [6] 隆运清, 王立发. 湖南黄沙坪铅锌矿床地质特征分析[J]. 采矿技术, 2011, 11(6): 112-115.
- [7] 张益, 郭妙妙, 赵小元, 等. 波长色散 X-荧光光谱法测定铁矿石中镍、铬含量[J]. 金属材料与冶金工程, 2014, 42(3): 8-13.
- [8] 郑兴国, 陈方强, 葛良全, 等. 钻孔岩芯多元素原位 X 荧光分析技术及应用[J]. 金属矿山, 2011(4): 104-107.
- [9] 扬帆, 郝志红, 刘华忠, 等. 便携式能量色散 X 射线荧光光谱仪在新疆东天山浅钻化探异常查证中的应用[J]. 岩矿测试, 2015, 34(6): 665-671.
- [10] 张美玲, 邵阳, 高柏原, 等. 海拉尔盆地含火山岩地层主要岩性分布及测井相应分析[J]. 石油地质, 2009(2): 52-53.
- [11] 葛良全. 现场 X 射线荧光分析技术[J]. 岩矿测试, 2013, 32(2): 203-212.