

火山沉积岩及其矿床研究中伽马测井曲线解释的误区

冯 宝 华

(中国地质科学院, 北京 100037)

摘 要:根据酸性凝灰岩和酸性火山事件粘土岩的自然伽马测井曲线,对当前流传的“沉积岩层的放射性强度(或放射性核素的含量)随泥质含量的增加而增高”的概念和用自然伽马值及经验公式求泥质含量提出质疑。酸性凝灰岩的自然伽马曲线有高异常响应,若解释为泥岩显然是误解,故将沉积岩伽马曲线高异常一律解释为泥岩是片面的。各类火山事件粘土岩的伽马值相差悬殊,但其泥质含量几乎相等,用它们的伽马值计算泥质含量误差甚大。最后对铝土矿层的伽马曲线稍加解释,指出核测井应用的远景。

关键词:酸性凝灰岩;火山事件粘土岩;自然伽马测井曲线;异常解释

中图分类号: P631

文献标识码: A

文章编号: 1000-8918(2008)02-0171-04

为加快能源找矿勘探,用测井资料解释岩性,可减少取芯。自然伽马测井已成为常规的重要方法之一,在长期的实践中不断改进提高精度,扩大了使用范围,目前对火山岩储层和超高压变质岩层,亦开始应用,并已积累了大量沉积岩层的自然伽马测井资料。但由于过去对沉积岩研究的一些薄弱环节及其与相关测井技术两交叉学科配合不足,而导致对自然伽马测井曲线的误解,严重影响了大量宝贵资料的千里眼作用。

自 20 世纪应用自然伽马测井以来,在国内外文献中常见到将伽马曲线解释为“沉积岩的自然伽马强度,随泥质含量增加而增高”^[1-3]的概念,并以伽马值和经验公式计算泥质含量。近几十年来,用这些曲线研究沉积学的越来越多,这是闯出地质学传统研究方法,采用新技术的好事,很有发展远景。但有些问题值得探讨,如将伽马高异常解释为泥岩,显然这可能与上述概念有关。仔细解剖此概念的来历,它有“似是而非”的两重性,即同源沉积的砂泥岩层,在正旋回中,粒度由粗变细,泥质含量渐增,伽马值亦随之增高。因为同源沉积的粘土类型及其含量相似,K、Th、U 的总量相近。故粘土含量似乎与伽马值近于正相关,但非数学的正比例关系。这是似的一面,流传至今。但近十多年来,由于沉积岩石学特别是粘土矿物和粘土岩石学的研究飞速进展和核测井应用范围的扩大,发现上述概念的局限性。这可能与过去沉积岩研究中的薄弱环节有关。凝灰岩、粘土岩和硅质岩等是过去研究的薄弱环节。

1 酸性凝灰岩及其自然伽马曲线解释

凝灰岩属细粒火山碎屑岩,是过去研究的薄弱环节之一。它是火山爆发将熔岩喷碎,其中细粒火山灰在高空被大气气流搬运降沉在地表(水盆地或陆地),经成岩作用而成凝灰岩。当前的分类主要依粒度和碎屑类型(玻屑、晶屑、岩屑)划分,缺少依化学成分的分类(酸、中、基性),这对自然伽马测井解释是很大的缺点。因为化学成分与放射性元素的含量有密切的关系,酸性凝灰岩富含钾、钍、铀。在文献中流纹质凝灰岩为酸性凝灰岩,玄武质为基性的,以酸性的数量最多。

酸性凝灰岩的主要特征:①成分:高温矿物,晶屑、玻屑等,放射性元素和 REE 含量较高, δEu 强负异常,这与酸性火山岩(流纹岩)相似;②碎屑结构:尖棱角状极不规则外形,横向有粒度分异;③产状特征:分布广、厚度薄、层位极稳定。

上述特征用肉眼和放大镜很难鉴定,故常定错名称。如沈北煤田基底第三系玄武岩和京西、宣化等地区侏罗系南大岭玄武岩顶部,古风化壳的高岭石粘土岩被错定为凝灰岩。还有不少凝灰岩,错定为正常沉积的砂岩。

由此可见,凝灰岩鉴定的难度较大。简单而有效的方法是用薄片镜鉴定。不过典型的成因矿物——透长石与石英极相似,必须仔细用光性鉴定,其含量甚微,易漏掉。笔者多次见到此类透长石。必要时用高精测试法定放射性元素和稀土元素的含

量。

由于凝灰岩常泥化,使主要造岩元素有不同程度的溶失,用火成岩的岩石化学法研究,结果可能有误差。凝灰岩与同源火山岩有过渡关系的岩石类型,与正常沉积岩也有过渡关系的岩石类型,这又增加了鉴定的复杂性。凝灰岩与同源火山岩本为同血源的孪生兄弟,但由于火山爆发的破碎,使凝灰岩改变了面貌和岩性。

在 20 世纪 50 年代,火山碎屑岩属火成岩,70 年代后将它划归沉积岩,只有“火成岩分类及术语词典”仍将它列入火成岩。对和火山岩共存的凝灰岩研究较多,在沉积岩层中凝灰岩的研究很少。

由于凝灰岩不用室内鉴定难以确认,故常有定错名称的。如陕西省彬县水北沟上三叠系延长统(T_3y)含沥青泥质白云岩(误称为油页岩)中的夹层,过去定为粉砂岩,笔者经薄片鉴定为酸性凝灰岩,其上部高度硅化,因有不同意见又请胜利油田岩石学专家周自立鉴定,确定为典型凝灰岩。其自然伽马测井曲线很可能有高异常响应,因为在薄片见到透长石晶屑(含钾高),它是酸性岩浆喷发高温结晶的典型成因矿物。此类岩石富含 K 和放射性元素。又如太原西山 C—P 系毛儿沟灰岩中的夹层,长期误认为硅质岩,经劳林娟^[4]用高精测试确定为硅化酸性凝灰岩,其伽马曲线有高异常响应。此层灰岩及其夹层在华北地区分布最广,在太行山地区称之为大青灰岩,在鲁西和苏北地区均有发育,其中所夹凝灰岩都有不同程度的硅化和泥化,被错定为不同的正常沉积岩,其自然伽马曲线均有明显的高异常响应,强度不等。若将此异常的岩性解释为泥岩,便是误解。还有铝土矿和各种 K 盐矿层,如四川合川三叠系中的杂卤石,均有伽马高异常响应。由此可见,伽马高异常具有多解性。

关于地层中的火山碎屑岩,还有许多岩石学家用高精测试方法研究,有新发现。佟再三教授在甘肃山丹煤田二叠系中发现酸性凝灰岩,原来误称为长石砂岩^[5],笔者在薄片见到透长石晶屑。黄志诚教授等在下扬子区上奥陶统五峰组中,发现 97 层火山碎屑岩,其中有酸性和偏酸性凝灰岩,原来命名为五峰页岩,其成因 60 余年一直争论不休^[6]。在未经研究的地层中,可能还有此类岩石。我国地层全而厚,不可能都用高精测试法研究。很多地层已有测井资料,挖掘这些宝贵资料的潜力,是区域地质调查和地层学研究的捷径。

2 酸性火山事件粘土岩及其伽马曲线解释

此类粘土岩(过去研究的薄弱环节之二)是酸

性火山灰,降沉在水盆地中,经水解、成岩而成。目前已发现多种类型。

(1) 富 K 伊利石粘土岩:俗称绿豆岩。在四川省及相邻地区三叠系中的绿豆岩分布很广,层位很稳定,20 世纪 50 年代作为野外地质填图的最佳标志层,但长期不知其成分和成因。1957 年因其中含 K 高,作为提取 K 肥的原料,经详细研究方知为伊利石粘土岩。其伽马曲线为剑形高异常,伽马值很高。在川东北地区它相变为酸性凝灰岩。

(2) 界线粘土岩:在华南地区二叠系和三叠系之间广布的界线粘土岩,依地质产状和微量元素的特征,确定为火山事件成因。大范围追索,有些地区相变为凝灰岩和流纹岩,即是铁证。

(3) 高岭岩:在华北地区 C—P 系的部分煤层中,夹有丰富的优质高岭岩矿层,从古至今,一直作为陶瓷和耐火原料,其地质成因过去没有研究。20 世纪 50 年代开始研究,为定名和成因长期争论不休,这表明其研究的难度大。80 年代笔者按国内外前人研究的新方法,依标型成因矿物、微量元素,特别是放射性元素的含量和地质产状等特征,确定为酸性火山灰水解成因。

上述粘土的共性是富含放射性元素和 K(除高岭岩外)。依此类推,其自然伽马曲线应有高异常响应,笔者查阅测井资料,均得到证实。此类岩层的产状特征(分布范围、厚度、层位的稳定性、上下岩层的接触关系等)在测井曲线上也有响应。反之,用曲线异常形态可推测岩层的产状。这些产状的解释常被忽略,没有充分发挥其潜力。自然伽马曲线不足之处是得不到放射性核素的种类和含量,需要能谱测井解释。若无能谱资料,必要时可配合粘土矿物类型加以解释,如以伊利石为主,则含 K 高,若以高岭石为主,则含放射性元素(高岭石含 K 甚微)。基性玄武岩风化壳的高岭石粘土岩中 K 和放射性元素都很少。

总之,由不同粘土矿物组成的单矿粘土岩和不同成因、不同母岩形成的粘土岩,其中所含的 K、U、Th 总量相差很大,伽马值亦必然相差很大。由此可见,用伽马值计算泥质含量是有条件的。更有意思的是高岭石化程度愈高(泥质愈多)的凝灰岩,其伽马值愈低。因为这些变化是水解作用所致,水解愈强, K 的溶失愈多,故伽马值愈小,这与放射性强度与泥质含量的关系恰好相反。其实影响伽马值最根本和唯一的因素是放射性核素(U、Th 和⁴⁰K)的含量。粘土中放射性核素的含量变化很大,因粘土矿物种类很多,高岭石和伊利石中 K 的含量相差很悬

殊,不同母岩风化的高岭石中放射性元素的含量各异,花岗岩风化的高岭土中 U、Th 和 K 的含量大于玄武岩风化的高岭土,因一般酸性岩中 K、Th、U 的含量大于基性岩。同一层火山事件高岭岩中粘土的含量几乎相等($95\% \pm$),但其伽马值不等。由此可见,对这类泥岩用上述方法计算泥质含量,误差甚大。

3 火山事件硅质岩及其伽马曲线解释

硅质岩是目前沉积岩石学中研究最薄弱的环节,因其研究的难度更大、所需经费太多和经济效益甚小。火山事件硅质岩是火山灰水解的硅胶,在偏碱性的介质中(原地或异地)沉积而成。在鲁西淄博煤田 C—P 系下部偶见,被误认为炭质砂岩。用薄片鉴定为重结晶硅质岩,富含炭质,俗称石头煤。其实毛儿沟灰岩中夹的硅化凝灰岩,再进一步彻底硅化,便成为火山事件硅质岩。此类岩石所含放射性元素是继承酸性火山灰的特征,与火山事件高岭岩含放射性元素相似。碳酸盐岩的放射性核素含量甚微,故伽马值很低,若其中所夹硅质岩有高异常,便是火山事件硅质岩。在上述五峰组火山碎屑岩层之间,有紧密相伴的硅质岩,其物源可能与火山灰有关。因为火山灰普遍泥化,泥化是水解作用的产物,易溶元素溶失,架状硅酸盐矿物转变为片状粘土矿物,必然有部分多余的 SiO_2 析出,形成硅质岩。用硅同位素方法,可验证其物源性质。由于此类硅质岩多与碳酸盐岩层共存,故它对碳酸盐岩的地层学和岩相古地理研究有一定意义。它是精细地层对比的最佳等时标志层。

4 有关沉积矿床伽马曲线的解释

铝土矿和 K 盐矿的伽马曲线都有很强的高异常响应,以它们为例作如下解释。

4.1 铝土矿伽马曲线解释

20 世纪末,有用地表伽马测量法在覆盖区测定耐火粘土层的厚度和用伽马测井资料评价铝土矿质量的文章。在华北和东北地区奥陶系不整合面上,中石炭统所谓 G 层铝土矿,利用较早,地质研究不少,但成因尚未定论。其自然伽马曲线有极强的高异常,然而应用和解释不多。依微量元素化学分析和能谱资料表明,主要因富含钍所致。Th、U 和 K 是酸性岩浆的特殊元素组合。Th 的地球化学性质十分稳定,火山灰经长期多次水解后,可溶性元素几乎完全溶失,铝和钍则相对富集。同层位的高岭石粘土岩,分布范围比铝土矿还广,其伽马曲线也都有

高异常,这 2 种岩矿层常被混淆或忽视。它们的物源可能相同,只是在特定的环境中,高岭石被强烈水解脱硅,而成铝土矿。另外铝土矿常有鲕状结构。这与辽宁省本溪 C—P 系 B 层耐火粘土矿的凸鲕、平鲕和绿豆岩的球粒结构相似。它们可能是火山灰的石泡和球状构造假象。铝土矿伽马曲线的形态特征(除伽马值高外)酷似火山事件粘土岩。用已有的 C—P 系煤田大量核测井资料,进一步研究铝土矿,可多快好省出成果。

4.2 K 盐矿伽马曲线解释

K 盐矿(除盐湖外)在地表找矿无能为力,主要靠钻探。钻探过程中,K 盐可能被泥浆溶失,或丢失岩芯,伽马测井是必不可少的工作方法。K 盐的伽马曲线与伊利石粘土岩的相似,如四川杂卤岩的曲线和绿豆岩,用能谱测井资料可以区分(绿豆岩含 Th、U 较多)。

世界主要 K 岩矿床多数是由石油勘探发现的。我国 K 盐矿很缺,石油勘探又常单打一,不过有测井资料可利用,这是普查找 K 盐矿的捷径。另外,用测井资料普查富含 K 的母岩,作为 K 的物源研究,对指导找矿方向,可能有一定意义。青藏高原盐湖物源的研究成果是将今论古的典型实例。石油钻探除含油目的层外,几乎都不取芯,全靠测井资料解释。由此可见,测井资料解释的正确性是非常关键的,当然,最后完全由井壁取芯证实。

依上可见,沉积岩和矿床的研究程度,对测井曲线的解释影响很大。然而沉积岩的正确鉴定和研究并非一朝一夕,一蹴而就。尤其重要的是,对最基础的研究工作,如岩石鉴定,更要下大力气在浓厚的学术研究氛围中进行,“基础”坚实,“上层建筑”才牢固。这虽非本文讨论的内容,但借此机会,向沉积岩石学家和有关刊物的编辑诚恳呼吁,以兴起搞基础研究同志们的兴趣。

5 结论

(1) 沉积岩的正确鉴定和研究是伽马曲线解释的重要基础,伽马高异常的岩性具有多解性。

(2) 不同粘土矿物中放射性核素的含量变化很大,有些含量甚微。各类沉积岩中放射性核素的含量与泥质多少不成比例。泥质含量与伽马值也不成正比,故用伽马值计算泥质含量,误差较大。

(3) 向地壳深部找矿和科学研究,核测井如同岩矿鉴定的显微镜。

在此,向为此文提供帮助的王鸿伟副主任致谢。

参考文献:

- [1] 叶庆生,李崇儒.自然伽马测井在煤田勘探中的应用与讨论[J].物探与化探,1980,3(3):39.
- [2] 牛一雄,潘忠平,王文光,等.中国大陆科学钻探主孔(0~2000 m)地球物理测井[J].岩石学报,2004,26(1):165.
- [3] 梁齐瑞,赵世龙.自然伽马测井曲线的分形特征分析[J].物探与化探,2006,30(3):240.
- [4] 劳林娟.太原西山太原组蚀变流纹质沉凝灰岩的发现[J].煤田地质与勘探,1994,22(1):9.
- [5] 佟再三.甘肃山丹煤田二叠系中火山碎屑岩的发现及其主要特征[J].沉积学报,1988,6(1):102.
- [6] 黄志诚,黄钟谨,陈智娜.下扬子区五峰组火山碎屑岩与放射虫硅质岩[J].沉积学报,1991,9(2):1.

A MISTAKE IN THE INTERPRETATION OF GAMMA LOG CURVE FOR THE STUDY OF VOLCANIC SEDIMENTARY ROCKS AND RELATED ORE DEPOSITS

FENG Bao-hua

(Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China)

Abstract: Based on the natural gamma log curves of acid tuff and clay rocks of acid volcanic events, the author here queries the arguments that radioactive intensity of sedimentary strata will grow with the increasing argillaceous materials and that the natural gamma value and the empirical equation can be used to calculate contents of argillaceous materials. The natural gamma curve of acid tuff has high anomaly response, which can not be interpreted as the response of the mudstone. If we regard the gamma curve of high anomaly exclusively as anomaly of mudstone, the viewpoint is obviously one-sided. The gamma values of clay rocks of various volcanic events are different very considerably, and hence the utilization of the gamma values to calculate the contents of argillaceous materials is likely to result in remarkable errors. In the end of this paper, the author has explained in brief the gamma curve of the bauxite bed and discussed the prospects of the nuclear log.

Key words: acid tuff; clay rock of volcanic event; natural gamma log curve; anomaly interpretation

作者简介:冯宝华(1929-),男,副研究员,1955年毕业于长春地质学院,北京大学进修沉积岩学2年,从事沉积岩石学教学和沉积型高岭石矿床的研究。

上接 170 页

A DISCUSSION ON THE DISPERSION CURVE UNIQUENESS IN MULTI-CHANNEL TRANSIENT SURFACE WAVE EXPLORATION

XIA Xue-li¹, QIU Heng-yong¹, SUN Xiu-rong², WANG Zhi-hua³, WANG Shu-zeng³

(1. No. 1 Hydrogeological Party, Anhui Bureau of Geology and Mineral Resources, Bangbu 233000, China; 2. Shanghai Shenfeng Corporation of New Geological Technology 201106, China; 3. Shanghai Institute of Geological Survey, Shanghai 200072, China)

Abstract: The drawing of the dispersion curve in the frequency-wave number domain often yields different results. This paper studied this problem in multi-channel transient surface wave exploration, carried out the contrast experiment by using three different seismic sources, and produced different dispersion curves, which have different unique depth ranges. It is thus held that the dispersion curve uniqueness makes up the basis of the correct geological interpretation.

Key words: multi-channel transient surface wave exploration; dispersion curve; uniqueness

作者简介:夏学礼(1939-),男,汉族,安徽人,高级工程师,1962年毕业于北京地质学院物探系,长期从事工程物探工作,公开发表学术论文数篇。