复杂地质背景中的热释光应用初步研究

龚革联 刘顺生
(中国科学院长沙大地构造研究所 长沙 410013)

摘要 采用热释光光子计数的方法初步研究了鄂尔多斯盆地和安徽淮南煤田两种复杂地质背景中的热释光现象。研究结果表明:(1)深度小于 1000m 的浅表地层岩石标本的天然热释光量没有显著的异常,可以认为是晚第四纪以来的自然放射性效应的累加;(2)在深度 2000m 以上的地层,钻孔岩石标本的天然热释光统计显著呈现弱化趋势,甚至在 4000m 深度的岩石已经不具备生长热释光的条件;(3)岩性为石英砂岩的钻孔标本的天然热释光峰温的位置普遍移向高温方向,可以认为是该地层曾经遭受多次热事件作用的结果。

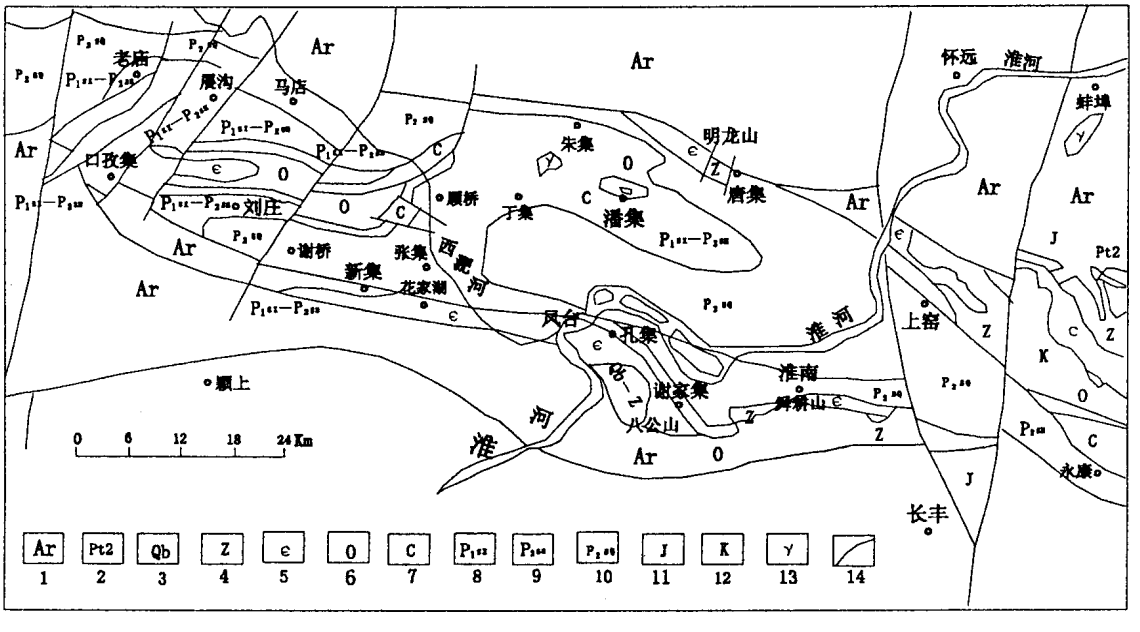
关键词 天然热释光,热释光峰,热事件
中图分类号 P574.1^{+2}, P611

热释光光子计数的分析方法应用于热释光年龄的测定已得到广泛的验证[1,2],同时,应用于地表土壤标本的热释光研究,也有一些杰出的工作[3],但是,针对地层深度方向的热释光的研究却罕见。其原因主要是由于地层深度方向的复杂地质背景以及难以用自然放射性效应这一单一因素来左右热释光生长过程。本文从鄂尔多斯盆地和安徽淮南煤田的热释光测试结果出发,来统计观察地层岩石标本的热释光情况,并给出了初步的分析结果。

1 地质概况

安徽淮南煤田东起定远,西止阜阳,南始舜耕山、八公山,北抵明龙山、上窑一带,南北宽 20—25km,面积约 3600km^2。其中含煤面积约 2365 km^2。主要发育上石炭统太原组、二叠系山西组、下石盒子组和上石盒子组下部等含煤地层。煤层埋深 30—2000m,隐伏于淮河冲积平原之下。是国家煤炭建设的重点地区和华东经济发展的重要能源基地。

在地质构造上,淮南煤田位于华北地台南缘,北接蚌埠隆起,南邻合肥断陷,为一轴向北西西、向东倾伏的复式向斜(淮南复向斜)。NNE、NE 向郯庐深大断裂与阜阳深断裂横切煤田,构成其东西边界;中部的武店断层则将煤田明显划分为东、西两部分(见下图)。东半部分深埋于合肥坳陷东北边缘,失去开采价值,西半部分是煤炭开采和煤层气开发预测的地区。



国家自然科学基金(49772170)和中国科学院院长基金资助
第一作者:龚革联,男,1967 年 11 月出生,1990 年毕业于中国科学技术大学无线电电子学系,现从事矿物发光的研究工作,工程师
收稿日期:2002-05-21

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

实验中选取新集矿区及其外围作为研究对象,新集矿区位于淮南复向斜的谢桥向斜南翼,阜凤推覆构造的中段。潘集地区位于陈桥 - 潘集背斜的东南部及其倾伏端。

鄂尔多斯盆地的地质条件与裂变径迹的实验结果认为,在研究地层形成后,曾经历了构造热事件,并且热事件的程度规模以及频次不一。磷灰石裂变径迹年龄研究结果揭示,研究区自晚古生代以来至少有 3 次明显的构造热事件发生,约分别发生在 215、135、72Ma。

2　实验方法

从已经开钻钻孔的标本中选取合适的岩石标本,野外按常规包裹好,带回实验室内进行热释光分析。室内分析所用样品采用机械初步破碎,再在暗室内进行操作:用工具去掉经破碎后岩石的外表层 5mm 左右,使用研钵磨碎至要求的细颗粒(直径 4 —11μm),最后用丙酮沉降在直径为 10mm 的样品盘上备用。这个制样过程是为了尽量减少样品的天然热释光量受到其他人为因素的干扰。

样品的天然热释光分析测试是在 ELSEC7188 型热释光仪器上测量的。测试条件为:升温上限为 500 ℃,升温速率为 20 ℃/s。样品的再生热释光由 ^{90}Sr - β 源辐照产生。经过一个星期的放置之后,进行热释光测试。考虑到标本中主要成分为石英、长石等,数据中热释光量由记录曲线的 280 —320 ℃温度区间积分所得。

3　实验结果

为了研究不同地层岩石标本(全岩)的热释光呈现差异以及天然热释光量与大尺度地层深度之间的关系,本次实验选取了鄂尔多斯盆地钻孔岩石标本作为实验对象。原因主要基于该地点的钻孔样品较为丰富,并且钻孔的深度比安徽淮南煤田钻孔深度大,极有可能能够说明问题。从鄂尔多斯盆地钻孔岩石标本的天然热释光量与标本所处地层深度关系的直方图显示(见图 1):浅层的信号比深层信号要强 2 —3 个数量级,并且,岩石标本在 2000m 深度处,天然热释光量明显弱化,而在 4000m 深度处的岩石基本上没有天然热释光存在。但是,淮南的情形没有显示出这种趋势,可能因为标本采集地层较浅(只有 800m 左右)。

鄂尔多斯型盆地的岩石热释光分析结果可能解释为:地层深度约 2000m 以上是标本热释光生长过程的一个热退火边界,并且接近 4000m 深度处应该不能生长热释光。还有一种可能解释,就是油/煤层气的圈闭系统对地层深度方向的放射性场大小起着某些作用,而不仅仅是地表放射性场的区域差异,所谓的"放射晕"。

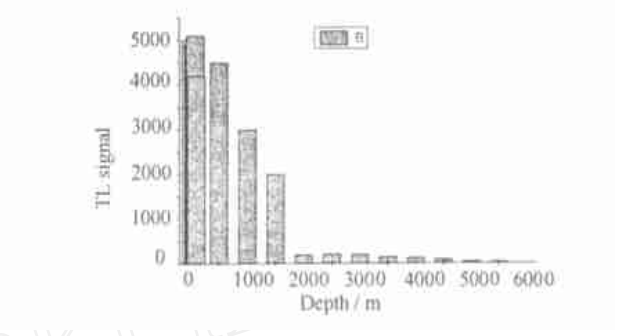


图 1　天然 TL 对样品深度的分布图

Fig. 1　Natural TL vs. depths of the rock samples

另外一个热释光实验就是针对安徽淮南煤田的钻井岩石标本。地质构造以及磷灰石裂变径迹分析认为,该井的磷灰石裂变径迹表观年龄和修正年龄均随深度增加而减小,即由上部的 100 —80Ma 降到 60Ma 左右,表明该地层段处于退火带之顶部。从样品所在地层年龄、裂变径迹表观年龄、径迹长度分布及退火程度看,在 240Ma 左右(中三叠世后)出现了一次构造热事件,持续时间达 120 —60Ma。构造热事件的温度可能达到 210 ℃以上,因此,地层抬升,温度缓慢下降,加上后期剥蚀,本次实验所用标本就是于此抬升地层上所采集的岩石标本。

对岩石样品的天然热释光峰值加以考察后,认为热释光峰温的位置移动跟岩石是否前期遭遇退火(应该是较深地层遭遇退火,后期构造抬升致较浅地层)具有一定的联系。即受到过热作用退火的样品的特征热释光峰整体具有向温度高的方向移动的趋势,一般移动 5 ℃左右。例如,新集井中的岩石标本,尤其是岩性为石英砂的标本(表 1 中的 201 - 4 号和 201 - 10 号样品尤为明显),热释光峰温度主要集中分布于 385 ℃、335 ℃和 290 ℃等特征值上,与同等实验条件下的石英热释光峰 SBP 峰(375 ℃)和 RBP 峰(325 ℃),还有 280 ℃峰均向高温方向移动 5 —10 ℃的趋势。因此,淮南煤田新集岩石井的热释光峰温变化,尤其是岩性为石英砂岩的热释光峰温的变化趋势是该井 240Ma 左右(中三叠世后)持续时间达 120 —60Ma 的多次构造热事件的热退火作用以及后期构造抬升共同作用的结果。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 1 岩石热释光量及峰温变化测试结果

Table 1 TL peak temperature for rock samples in Huainan Deposit

采样地点 Sampling site	样号 Sample code	岩性 Rock's feature	深度 Depth/m	层位 Stratum	地层年龄[4] Age/Ma	TL_{nat} /counts s^{-1} ($\times 10^3$)	峰温位置 Peaks/℃
新集 201 孔	201 - 4	石英砂岩	338	P_2^1	255	1.5	385/335
Xinji 201 drill		Quartz sandstone					
	201 - 9	石灰岩 Limestone	279	$\in$	540	2.3	> 260
	201 - 10	片麻岩 Gneiss	262	Pt_1	1800	2.1	> 300
	201 - 13	石英砂岩	486	P_2^1	255	1.8	385/335/290
		Quartz sandstone					
	201 - 15	砂泥岩互层	530	P_1^2	255	1.4	> 400
		Rock alternate layer					
	201 - 18	细砂岩 Fine sandstone	579	P_1^2	260 - 290	1.6	> 290
	201 - 20	砂岩 Sandstone	618	P_1^1	260 - 290	1.3	> 280
	201 - 22	碎屑灰岩	693	C_3	300	1.3	> 190
		Clastic limestone					
潘三矿 P13 孔	P13 - 2	细砂岩 Fine sandstone	393	P_2^1	255	1.45	> 290
Pansankuang	P13 - 3	细砂岩 Fine sandstone	415	P_2^1	255	2.0	> 320
P13 drill	P13 - 4	砂岩 Sandstone	438	P_2^1	255	1.8	> 300
	P13 - 6	细砂岩 Fine sandstone	485	P_2^1	255	1.6	> 285
	P13 - 9	细砂岩 Fine sandstone	560	P_2^1	255	1.4	> 292
	P13 - 12	砂岩 Sandstone	620	P_2^1	255	1.9	> 190
	P13 - 13	细砂岩 Fine sandstone	650	P_2^1	255	1.3	> 290
	P13 - 16	砂岩 Sandstone	690	P_2^1	255	1.1	> 195
淮南矿	Hu - 3	细砂岩 Fine sandstone	0	O	438 - 510	2.1	> 185
Huainan kuang	Hu - 6	砂岩 Sandstone	0	$\in_{2a}$	510 - 570	1.9	> 260

4 结论

复杂地质背景下的热释光分析,可以借助于数理统计学的方法,特别针对盆地系统或者盆山耦合系统下的岩石热释光分析。从两个研究地点的分析结果看,地层下岩石标本的热释光生长牵涉的因素很多,比如自然放射性场的分布、地质体受热历史的情况、研究地点经受大规模地质构造运动的影响等等。从标本的热释光生长结果,即天然热释光量以及热释光发光曲线的热释光峰来考察,地层下某深度应该是热释光生长的极限深度,比如,文中提到的 4000m 深度。另外,热释光峰温,特别是石英高温特征峰 SBP 峰和 RBP 峰的温度位置的相对移动能够反映出地质体早期经受的热事件的某些特点。

参 考 文 献

1 李虎侯. 热释光断代. Surrey: Scientist Press International, Inc., 1999
LI Huhou. Thermoluminescence dating. Surrey: Scientist Press International, Inc., 1999

2 计凤桔, 李建平, 郑荣章. 核技术, 2001, **24**(12): 980—984
JI Fengjie, LI Jianping, ZHENG Rongzhang. Nucl Tech, 2001, **24**(12): 980—984

3 郑公望, 任秀生, 田昭舆, 等. 核电子学与探测技术, 1999, **19**(2): 80—83
ZHENG Gongwang, REN Xiusheng, TIAN Zhaoyu, et al. Nucl Electron Detect Technol, 1999, **19**(2): 80—83

4 李明潮, 梁生正, 赵克镜主编. 煤层气及其勘探开发[M]. 北京: 地质出版社, 1996
LI Mingchao, LIANG Shengzheng, ZHAO Kejing. Coalbed methane and its exploration [M], Beijing: Geology Press, 1996

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

Preliminary research on thermoluminescence application in complicated geological situation

GONG Gelian　LIU Shunsheng

(*Changsha Institute of Geotectonics, Chinese Academy of Science, Changsha 410013*)

Abstract

Thermoluminescent phenomenon resulting from two kinds of complicated geological situation, Ordos Basin and Huainan deposits in Anhui Province, is studied by the means of thermoluminscence counting method. It is shown that: (1) there are no apparent abnormalities of natural TL detected from the rock samples selected in the first 1000 meter depth of the Earth, and these natural TL are accumulated through natural radiation effects; (2) the natural TL shows statistically obvious reducing trends for the rock samples selected under the 2000 meter depth, and even no detectable TL is found for those rocks selected at 4000 meter depth. (3) the natural TL peaks corresponding to high temperature generally shift to the direction of higher temperature for the quartz - related rock samples, and several thermal events which occurred during the geological times might be responsible for this case.

Key words　Natural thermoluminescence, TL peaks, Thermal events

CLC　P574.1^{+2}, P611

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net