

核测井的特殊功能及其资料在区域地质调查和地层学研究中的应用 ——地层学研究方法的增新

冯宝华

(中国地质科学院矿产资源研究所 北京 100037)

摘 要:简介酸性火山事件岩层的产状特征,及其在地层学和地质调查中的意义。着重介绍此类岩层中放射性元素和 K 含量较高的特点,论述它在自然伽马测井和放射性测量中,具有独到的功能。目前用昂贵的岩矿测试方法,已发现很多火山事件岩层,可能有些尚未被发现。因经费所限,无法进一步研究,用现有的大量核测井资料进行研究,所需经费很少。尤其是对哑地层和用古生物地层学方法,研究划分和对比,长期存在争议的地层,用等时标志层及其核测井资料,进行微细高分辨岩层对比,解决上述问题,指导地质调查和地层学研究。最后略述当前火成岩和超高压变质岩地层研究中核测井的应用。

关 键 词:酸性火山事件等时层,核测井,煤地层对比

中图法分类号: P 539.6

文献标识码: A

文章编号: 0253-4959(2005) ZK-0641-03

目前由于能源和钾盐矿产勘探已积累了大量测井资料,如鲁西南仅巨野一小探区,截至 1989 年为止,已有三十多口探井,井井都有测井资料。但这些宝贵的资料仅限于本探区使用,在广大区域地质调查和地层学研究中,几乎未被采用。正如在《火山岩地区区域地质调查方法指南》(1987)一书中所述:“目前区调中除古地磁和人工地震方法还不能广泛使用外,其他方法都可以做到,只是有些方法尚未充分发挥作用,如元素地球化学和放射性测量”,为何不能发挥作用?原因可能很多,主要原因是对方法的特效功能和对研究对象的特征认识不足。法国地质学 Ch. 鲍梅罗尔对火山岩层和自然伽马(GR)测井很重视,作为地层学的内容和方法,但他未介绍火山事件粘土岩。过去我国地质工作对沉积岩的研究较为简单,不如火成岩的研究,一般很少用室内鉴定测试,因而导致不少岩石长期存在定错名称的情况,如太原西山太原组毛儿沟灰岩中的夹层,长期误认为硅质岩,后经高精测试,证实为酸性凝灰岩(微具泥化和硅化)(劳林娟,1994)。这不仅是沉积岩学的问题,而且对地质调查和地层学研究也有很大影响,因为它是等时标志层,对地质填图和地层对比有重大意义。早在上世纪 50 年代初,四川地质师们就以绿豆岩层作填图的标志层,尽管对它的成因尚未进行研究。由于其中含钾较高,1957 年用它作提取

钾肥的原料,经鉴定证实为酸性火山灰水解而成的富钾伊利石粘土岩。华南二叠系-三叠系界线粘土岩层,研究程度极高,得到国际的认定,“金钉子”剖面中第 25 层的白色界线粘土岩,依高精测试结果,证实为酸性火山灰水解成因的非正常沉积型粘土岩。在石炭系-二叠系的部分煤层中,已发现很多这种成因类型的粘土岩矽石。

一、酸性火山事件岩层的主要特征

上述特殊成因的岩层有如下特征:1) 分布范围广,厚度薄,层位极稳定。多产于滞水盆地,如泥炭沼泽和较封闭的海湾。在这些环境中水动力很微弱,陆源碎屑物很少,空降火山灰除水解外,保存较好。2) 大区域岩性均一,矿物成分简单,常为单矿物或间层粘土岩,如华北石炭系-二叠系煤层中的此类夹矽几乎是纯高岭岩。常含微量典型酸性高温结晶的标型成因矿物,如石英假晶、透长石、高透长石等。3) 凝灰岩常有不同程度的泥化和与之相伴的硅化。4) 微量元素、放射性元素的含量较高,这是极重要的成因标志和 GR 测井解释的唯一根据。用这些特征可以与陆源正常沉积的粘土岩相区别。

二、核测井的特效功能及应用

上述产状和放射性元素含量特征,在测井曲线

文稿接受日期:2005-07-25;修改稿收到日期:2005-09-20。

第一作者简介:1929 年 6 月生,男,辽宁鞍山人,中国地质科学院矿产资源研究所副研究员,从特殊成因粘土矿床及其核测井资料应用的研究。

上均有响应,然而目前对这些曲线的特征认识不足,故解释不够深入,未充分发挥 GR 测井的“千里马”作用。如峰峰煤田石炭系—二叠系 GR 测井曲线上,大青灰岩中的凝灰岩夹层、7#煤层中粘土岩夹矸和 6#下煤层与伏青灰岩之间的泥岩的 GR 曲线都有不同程度的高异常响应。对这些高异常层,有些研究者都解释为陆源正常沉积粘土岩,并以值作为计算粘土含量的常数,这很值得商榷。笔者查阅了川南筠连煤田的测井资料,二叠系-三叠系之间的界线粘土岩层有很明显的剑形高异常(图 1)。四川三叠系中的绿豆岩层,亦如此(图 2)。煤层中酸性火山事件粘土岩夹矸也有明显的匕首型高异常响应(图 3)。井下的 GR 测井有响应,在地表的放射性测量必然亦有显示,如福建二叠系翠屏山组中的耐火粘土矿层在地表放射性测量时有较强的值(56)。由此可见,以地下测井资料为线索、协助地面地质调查,用已有的大量测井资料,研究二叠系-三叠系界线粘土岩层的分布规律和物源方向,可节省大量高精测试经费。太原西山和晋东南两地区石炭系-二叠系地层研究程度均很高,但由于地层划分意见不一,地层对比意见长期存在争议。若单用生物地层学研究很难统一。两地区煤田勘探测井资料很多,用等时标志层及其测井资料,可进行微细的煤层、地层对比。笔者在华北中部地区石炭系-二叠系中找到 4 层等时标志层及其 GR 测井曲线显示,依此进行对比如表 1。用此方法时对地层划分问题,暂先不考虑,将有关煤层、地层仔细对比后,再研究地层划分的问题。关于煤岩层对比是否正确?可用标志层进行横向追索的方法验证。两地相距不远,若露头不好,可用放射性测量或煤田测井资料协助。几十年对沉积岩层的研究,已陆续发现不少火山事件岩层,其中最多的是在下扬子区五峰组中发现大量(97 层)火山碎屑岩层。E. G. Kauffman (1988)在《高分辨事件地层学原理和方法》一文中介绍,在美国西部白垩系地层中发现 1300 层火山灰和膨润土,这些发现都是用高精测试方法,所需经费昂贵,而且凭肉眼鉴定取样,对薄层火山事件岩层可能遗漏。用 GR 测井资料,不仅省钱,而且不会漏掉目的层。因测井曲线的连续性,除极薄的岩层外,均有响应。笔者查阅测井资料,在鲁西和太行山地区石炭系-二叠系中下部发现一重要火山事件岩层。甘肃永登石灰沟中奥陶统中堡群上部页岩和硅质岩的值,高达 80 左右,湖北巴东地区下寒武统岩家河组的炭质水云母粘土岩和页岩为 28—80,这些线索很值得追索研究。近几十年来,层序地层学进展

神速,对层序界面类型有增新,将火山事件等时层作为界面之一,丰富了火山事件等时层及其测井资料的应用。

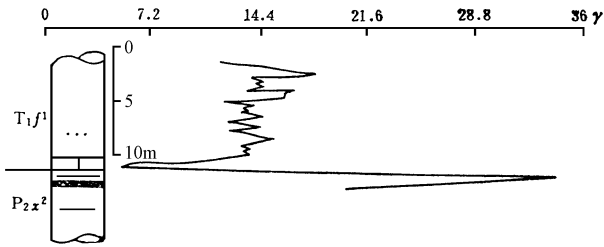


图 1 四川筠连煤田二叠系-三叠系界线粘土层自然伽马测井曲线

Fig. 1 Natural gamma-ray logging curve of the clay layer along the Permian-Triassic boundary in the Yunlian Coal Field, Sichuan Province

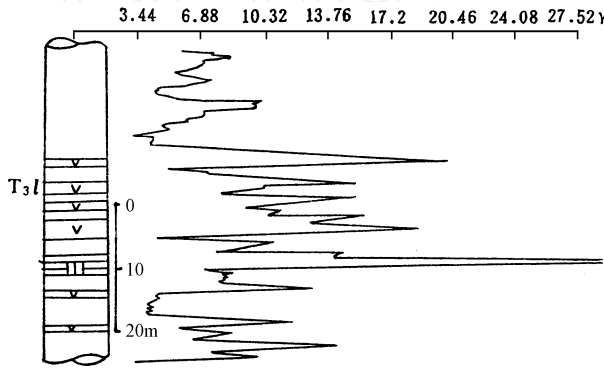


图 2 四川合川—渠县三叠系雷口坡组(T₃l)绿豆岩及杂卤石矿层自然伽马测井曲线

Fig. 2 Natural gamma-ray logging curve for mung bean rock and polyhalite ore bed of the Triassic Leikoupo Formation in Hechuan-Quxian, Sichuan Province

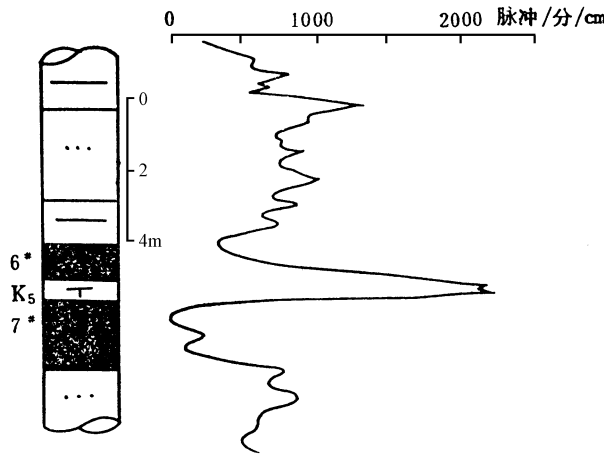


图 3 内蒙古乌达煤田下二叠统 6# 和 7# 煤层之间高岭岩矸石(T)自然伽马测井曲线

Fig. 3 Natural gamma-ray logging curve of kaolinite gangue (T) between the Lower Permian No. 6 and No. 7 coal beds in the Wuda Coal Field, Inner Mongolia

表 1 华北石炭系—二叠系中酸性火山事件等时层及其 GR 测井特征和有关煤岩层的对比

	鲁西北	太行山	阳泉	太原西山	晋东南	焦作鹤壁	鲁西南	苏北	对比依据
P _{1s}	2#煤	2#(大煤)	3#(七尺煤)	3#煤	3#香煤	二煤	3#煤	B煤	粗晶高岭岩、高
C _{3t}	一灰	野青灰	南峪灰	迭锥灰	附城灰	L8灰	三灰	四灰	灰岩、低
	5#煤	6#煤	9#煤	5#煤	9#半香煤	一6煤	12#煤	7#煤	
	二灰	伏青灰	猴石灰	东大窑灰	红矾沟灰	L5灰	八灰	九灰或无名灰	底板为事件泥岩
	6#煤	6#下煤	11#煤	6#煤	11#煤	一5煤	14#煤	8#煤	
	7#煤	7#煤	12#煤		12#煤	一4煤	15#煤	9#煤	夹高岭岩、高
	三灰	中青灰	钱石灰	斜道灰	老金沟灰	L3灰	十上灰	十一灰	薄、低
	四灰	大青灰	四节灰	毛儿沟庙沟灰	松窑沟灰	L2灰	十下灰	十二灰	夹凝灰岩、高

三、火成岩和超高压变质岩核测井的应用

火成岩和变质岩的地层学研究很困难,多用同位素方法测定时代。此法需要很多经费,影响研究进展。火成岩中放射性元素和 K 的含量变化规律明显,由基性—酸性岩的含量递减。依此可用放射性测量和测井质料,协助地质调查。松辽盆地北部发现火成岩储油层。用 GR 测井资料,划分三大岩石类型(基,中,酸性),再用密度测井确定产状(深成,火山)。深成岩的密度大于火山岩。依此识别出玄武岩,安山岩,流纹岩。变质岩更复杂,测井资料极少。近年中国大陆科学钻探工程采用二十多种先进的测井技术,其中以核测井效果最佳。而且有全取芯的资料,进行岩石学和岩石化学的研究,后者对测井解释非常重要。依此可划分四大类岩性段:榴辉岩,副片麻岩,花岗质片麻岩和超基性岩。值得注意的是主孔(100—2 000 m)的 GR 曲线上,有五薄层 值很高(180—280API)的异常层。在先导孔(PPII)中亦有相似的高异常层,这可能是地层对比的标志,但需要深入研究解释。总之,在当前科学技术高度发展和向地壳深部研究的情况下,尽可能使用已有的大量测井资料在地质调查和地层学研究中

充分发挥其捷径的作用。上述意见,是否正确,恳请指正。

参 考 文 献

冯宝华. 1989. 我国北方石炭-二叠纪火山灰沉积水解改造而成的高岭岩. 沉积学报, 7(1): 101—108.

冯宝华,董茹丽. 1993. 火—沉粘土岩微量元素地球化学和物源岩浆类型及化学分异机制探讨. 中国区域地质, (4): 348—355.

冯宝华. 2000. 以酸性火山事件等时层 曲线为标志进行石炭—二叠系煤岩层对比. 地层学杂志, 24(3): 215—219.

叶庆生等. 1980. 自然伽马测井在煤田勘探中的应用与探讨. 物探与化探, (3): 39—45.

陈国良. 1992. 翠屏山组耐火粘土土层特征. 地层学杂志, 16(3): 229—230.

劳林娟. 1994. 太原西山太原组蚀变流纹质沉凝灰岩的发现. 煤田地质与勘探, 22(1): 9—11.

佟再三. 1988. 甘肃山丹煤田二叠系中火山碎屑岩的发现及其主要特征. 沉积学报, 6(1): 102—108.

黄志诚,黄钟瑾,陈智娜. 1991. 下扬子区五峰组火山碎屑岩与放射虫硅质岩. 沉积学报, 9(2): 1—15.

鲍梅罗尔等. 1990. 地层学和古地理学原理与方法. 北京: 科学出版社. 63—65.

SPECIAL FUNCTION OF THE NUCLEAR LOG AND THE APPLICATION OF ITS DATA TO THE REGIONAL GEOLOGIC SURVEY AND STRATIGRAPHIC STUDY
——A NEW METHOD FOR THE STRATIGRAPHIC STUDY

FEN G Bao-hua

(Institute of Mineral Resources , Chinese Academy of Geological Sciences , Beijing , 100037)

Abstract Attitude character of the acidic volcanic event rocks and their significances in the stratigraphy and geologic survey are briefed. The characters of the high content in radioactive elements and K in such rocks are emphasized. Their unique function in the natural gamma-ray log and radiometric survey is dis-

cussed. Many volcanic event rocks have been found by using rock and mineral analysis and some others have not probably yet been found. Owing to the limited funds , further study can not be made and if it is studied by using a great many present data on the log. The expense needed is very small , especially for the barren beds and those long-term controversial beds by using the stratigraphic and paleontologic methods for study , division , and correlation. Stratigraphic correlation of fine high-resolution rocks is carried out by using isochronous marker horizons to settle the above-motined problems and to guide the geologic survey and stratigraphic study. The present application of the nuclear log to the studies of the volcanic rocks and superpressure metamorphic rocks is outlined.

Key words acidic volcanic event rocks , isochronous beds , nuclear log , correlation of coal beds

www.cnki.net

中国区域年代地层(地质年代)表(I)(据全国地层委员会,2002)

宇(宙)	界(代)	系(纪)	统(世)	阶(期)	Ma
显生宙	新生代	第四系(Q)	全新统(世)Qh		0.01
			更新统(世)Qp		2.60
		新近系(N)	上新统(世)N ₂		5.3
			中新统(世)N ₁		23.3
		古近系(E)	渐新统(世)E ₃		32
			始新统(世)E ₂		56.5
			古新统(世)E ₁		65
	中生界	白垩系(K)	上(晚)白垩统(世)K ₂		96
			下(早)白垩统(世)K ₁		137
		侏罗系(J)	上(晚)侏罗统(世)J ₃		
			中侏罗统(世)J ₂		
			下(早)侏罗统(世)J ₁		205
	三叠系(T)	上(晚)三叠统(世)T ₃	土隆阶(期) T ₃ ²		227
			亚智梁阶(期) T ₃ ¹		
		中三叠统(世)T ₂	待 建		
			青岩阶(期) T ₂ ¹		241
		下(早)三叠统(世)T ₁	巢湖阶(期) T ₁ ²		
			殷坑阶(期) T ₁ ¹		250
古生宙	二叠系(P)	上(晚)二叠统(世)P ₃	长兴阶(期) P ₃ ²	煤山亚阶(亚期)	
			P ₃ ¹	葆青亚阶(亚期)	
		P ₃	吴家坪阶(期) P ₃ ¹	老山亚阶(亚期)	
			P ₃ ¹	来宾亚阶(亚期)	
		中二叠统(世)P ₂	冷坞阶(期) P ₂ ⁴		257
			茅口阶(期) P ₂ ³		
		下(早)二叠统(世)P ₁	祥播阶(期) P ₂ ²		
			栖霞阶(期) P ₂ ¹		277
	石炭系(C)	上(晚)石炭统(世)C ₂	隆林阶(期) P ₂ ¹		
			紫松阶(期) P ₂ ¹		295
		下(早)石炭统(世)C ₁	逍遥阶(期) C ₂ ⁴		
			达拉阶(期) C ₂ ³		
		C ₂	滑石板阶(期) C ₂ ²		
			罗苏阶(期) C ₂ ¹		320
		德坞阶(期) C ₁ ³	大塘阶(期) C ₁ ²		
			岩关阶(期) C ₁ ¹		354
	泥盆系(D)	上(晚)泥盆统(世)D ₃	邵东阶(期) D ₃ ³		
			待 建		
		中泥盆统(世)D ₂	锡矿山阶(期) D ₃ ²		
			余田桥阶(期) D ₃ ¹		372
		下(早)泥盆统(世)D ₁	东岗岭阶(期) D ₂ ²		
			应堂阶(期) D ₂ ¹		386
		D ₁	四排阶(期) D ₁ ⁴		
			郁江阶(期) D ₁ ³		
		待 建	那高岭阶(期) D ₁ ²		
			待 建		410
志留系(S)	顶(末)志留统(世)S ₄				
		上(晚)志留统(世)S ₃			
	中志留统(世)S ₂				
		安康阶(期) S ₂ ¹			
	下(早)志留统(世)S ₁	紫阳阶(期) S ₂ ¹	南塔梁亚阶(亚期)		
		马蹄湾亚阶(亚期)			
	S ₁	大中坝阶(期) S ₂ ²			
		龙马溪阶(期) S ₁ ¹			
					438

宇(宙)	界(代)	系(纪)	统(世)	阶(期)	Ma
显生宙	奥陶系(O)	上(晚)奥陶统(世)O ₃	钱塘江阶(期) O ₃ ²		
			艾家山阶(期) O ₃ ¹		
		中奥陶统(世)O ₂	达瑞威尔阶(期) O ₂ ²		
			大湾阶(期) O ₂ ¹		
		下(早)奥陶统(世)O ₁	道保湾阶(期) O ₁ ²		
			新厂阶(期) O ₁ ¹		490
寒武系(Є)	上(晚)寒武统(世)Є ₃		凤山阶(期) Є ₃ ³		
			长山阶(期) Є ₃ ²		
	中寒武统(世)Є ₂		崮山阶(期) Є ₃ ¹		
			张夏阶(期) Є ₂ ³		500
	下(早)寒武统(世)Є ₁		徐庄阶(期) Є ₂ ²		
			毛庄阶(期) Є ₁ ¹		
	龙王庙阶(期) Є ₁ ⁴		沧浪铺阶(期) Є ₁ ³		513
			筇竹寺阶(期) Є ₁ ²		
			梅树村阶(期) Є ₁ ¹		543
震旦系(Z)	上(晚)震旦统(世)Z ₂		灯影峡阶(期) Z ₂ ¹		630
	下(早)震旦统(世)Z ₁		陡山沱阶(期) Z ₁ ¹		680
新元古界(Nh)	上(晚)南华统(世)Nh ₂				800
	下(早)南华统(世)Nh ₁				900
青白口系(Qb)	上(晚)青白口统(世)Qb ₂				1000
	下(早)青白口统(世)Qb ₁				1200
蓟县系(Jx)	上(晚)蓟县统(世)Jx ₂				1400
	下(早)蓟县统(世)Jx ₁				1600
长城系(Ch)	上(晚)长城统(世)Ch ₂				1800
	下(早)长城统(世)Ch ₁				
古元古界(Gt)	上(晚)古元古统(世)Gt ₂				2300
	下(早)古元古统(世)Gt ₁				2500
太古界(Ar)	上(晚)太古统(世)Ar ₃				2800
	中太古统(世)Ar ₂				3200
	下(早)太古统(世)Ar ₁				3600
	始太古统(世)Ar ₀				

中国区域年代地层(地质年代)表(Ⅱ)(据全国地层委员会,2002)

宇(宙)		界(代)	系(纪)	统(世)	阶(期)	Ma	宇(宙)		界(代)	系(纪)	统(世)	阶(期)	Ma				
显生界	新生界(代)	第四系(纪)	Qh	全新统(世)	未建	0.01	显生界	中生界(代)	侏罗系(纪)	J ₃	上(晚)侏罗统(世)	大北沟阶(期)	J ₃	137			
				待建													
			土城子阶(期)	J ₃													
			Qp	更新统(世)	萨拉乌苏阶(期)	Q _p ¹				2.60	J ₂	中侏罗统(世)	头屯河阶(期)	J ₂	J ₂	205	
		周口店阶(期)		Q _p ²	西山窑阶(期)	J ₂											
		离石阶(期)		Q _p ³	三工河阶(期)	J ₂											
		N ₂	上新统(世)	麻则沟阶(期)	N ₂ ¹	5.30			J ₁	下(早)侏罗统(世)	八道湾阶(期)	J ₁	227				
				高庄阶(期)	N ₂ ²					瓦窑堡阶(期)	T ₃						
			N ₁	中新统(世)	保德阶(期)				N ₁ ¹	23.3	T ₃	上(晚)三叠统(世)		永坪阶(期)	T ₃	241	
					通古尔阶(期)				N ₁ ²			胡家村阶(期)		T ₃			
		N ₁		山旺阶(期)	N ₁ ³	32			T ₂		中三叠统(世)	铜川阶(期)	T ₂	250			
				谢家阶(期)	N ₁ ⁴						二马营阶(期)	T ₂					
	古生界(代)	渐新系(纪)	E ₃	渐新统(世)	塔本布鲁克阶(期)	E ₃ ¹	56.5	T	二叠系(纪)	T ₁	下(早)三叠统(世)	和尚沟阶(期)	T ₁	241			
					乌兰布拉格阶(期)	E ₃ ²					大龙口阶(期)	T ₁					
			E ₂	始新统(世)	蔡家冲阶(期)	E ₂ ¹					65	P	P ₃		上(晚)二叠统(世)	孙家沟阶(期)	待建
					恒曲阶(期)	E ₂ ²				中二叠统(世)				下石盒子阶(期)			
					卢氏阶(期)	E ₂ ³				待建							
					E ₁	古新统(世)				岭芬阶(期)			E ₁ ¹	96	P ₁	下(早)二叠统(世)	太原阶(期)
		池江阶(期)	E ₁ ²	上湖阶(期)			E ₁ ³	上(晚)石炭统(世)	本溪阶(期)	C ₂ ²							
		中生界(代)	白垩系(纪)	K ₂	上(晚)白垩统(世)	富饶阶(期)	K ₂ ¹	65	P	P ₂	P ₁	太原阶(期)	晋祠阶(期)	C ₂ ¹	295		
						明水阶(期)	K ₂ ²									待建	
						四方台阶(期)	K ₂ ³									下石盒子阶(期)	
						嫩江阶(期)	K ₂ ⁴									下(早)二叠统(世)	太原阶(期)
						姚家阶(期)	K ₂ ⁵									上(晚)石炭统(世)	本溪阶(期)
青山口阶(期)	K ₂ ⁶					中二叠统(世)	下石盒子阶(期)										
K ₁	下(早)白垩统(世)		泉头阶(期)	K ₁ ¹	96	C	C ₂	C ₁	下(早)石炭统(世)	臭牛沟阶(期)	C ₂ ¹	前黑山沟阶(期)	C ₁ ¹	320			
			孙家湾阶(期)	K ₁ ²											榆树梁阶(期)	C ₁ ²	
			阜新阶(期)	K ₁ ³											臭牛沟阶(期)	C ₂ ²	
			沙海阶(期)	K ₁ ⁴											前黑山沟阶(期)	C ₁ ³	
			九佛堂阶(期)	K ₁ ⁵													
			义县阶(期)	K ₁ ⁶													
PH	Mz	K	K ₁	下(早)白垩统(世)	K ₁ ⁷	?	PH	Pz	C	C ₁	C ₁	C ₁	354				

热 烈 祝 贺

全国地层工作与地层学

研究新进展成果交流会

胜 利 召 开