

地面伽马能谱测量与磁测联合对 浅覆盖区地质填图单元的快速划分

刘菁华, 王祝文, 田 钢

(吉林大学地球探测科学与技术学院, 长春 130026)

[摘 要] 由于地表的浅覆盖, 给区域地质填图带来一定的困难。文章从磁法测量与放射性测量对于不同岩性的磁化率与放射性含量差异出发, 讨论了不同填图单元的放射性测量曲线与磁测曲线的形态符合关系, 并通过实测剖面的分析, 得到大兴安岭火成岩区不同填图单元磁测异常形态与放射性测量异常形态的符合关系, 可用来快速确定浅覆盖区下填图单元边界, 从而减小槽探工程。

[关键词] 放射性测量 磁法测量 同相符合 反相符合 地质填图单元划分

[中图分类号] P631.6; P631.2 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 0495-5331(2004)05-0067-06

0 前言

在地质填图中确定不同岩性或地质单元的分界线是一项重要的工作。地质填图通常的方法是通过跑路线, 地质取样, 化学分析及镜下分析等一系列手段来对地质单元或岩性进行分界。在有覆盖的地区进行地质填图必须进行槽探工程, 进行深部揭露, 这样就增加了工作强度和经济费用。应用地球物理的许多方法都能较好地解决浅覆盖区地质填图中这一问题, 如放射性方法^[1,2]、电法、磁法^[3]、浅震等。本文讨论利用地面放射性测量与磁法测量综合方法快速划分岩性界线或填图单元的分界线, 减少槽探工作量。

1 测区岩石地质概况

1.1 地层

1) 兴华渡口岩群(Pt_{1xh}): 兴华渡口群(Pt_{1xh})为长城纪地层。岩性主要为大理岩, 透辉石大理岩, 条带状大理岩, 斜长角闪岩, 黑云片岩, 二云斜长变粒岩, 黑云角闪斜长变粒岩等。

2) 倭勒根岩群[($Z-\epsilon_1$) wl]: 倭勒根岩群为寒武纪和震旦纪地层。岩性为大理岩、条带状大理岩、变钙质粉砂岩、变泥质岩、板岩(泥质粉砂质板

岩、泥质板岩、碳质板岩)、千枚状变酸性熔岩、变流纹岩等。

3) 大民山组($D_{2-3}d$): 泥盆系地层。岩性为含砾粗砂岩、凝灰质砂岩、泥岩、沉凝灰岩等。

4) 塔木兰沟组(J_3t): 侏罗系地层。岩性主要为粗安岩、玄武岩、橄榄玄武岩、粗安质角砾凝灰岩、英安质含角砾岩屑凝灰岩等。

5) 光华组(K_1gn): 岩性较复杂, 主要为一套酸性火山岩系, 为英安质(流纹质)火山碎屑岩、熔结火山碎屑岩、流纹岩、凝灰质砂岩等。

6) 甘河组(K_1g): 岩性以基性-中基性火山熔岩为主, 其次为基性-中基性火山碎屑岩。具体岩性为气孔杏仁状玄武岩、粗安岩、玄武粗安岩、粗安质火山角砾岩、粗安质含角砾凝灰岩等。

1.2 侵入岩

区内侵入岩较发育, 根据系统研究区内花岗岩类的岩石成分、结构构造、岩石化学、地球化学、接触关系、年龄特征及其变化规律共划分建立了13个单元, 归并了3个超单元和1个序列, 建立了2个浆混单元组合, 划分了1个片麻杂岩, 其时代分属于早白垩世、中侏罗世、早石炭世、早寒武世和中元古代(表1)。

[收稿日期] 2003-08-04; **[修订日期]** 2003-11-24; **[责任编辑]** 曲丽莉。

[基金项目] 国土资源大调查项目(编号: 130413183)资助。

[第一作者简介] 刘菁华(1963年-), 女, 2002年毕业于吉林大学, 获硕士学位, 在读博士生, 副教授, 现主要从事核地球物理、工程与环境地球物理的教学和科研工作。

表 1 侵入岩填图单位表

地质年代	超单元(序列)	填图单元	代号	岩性
中生代 早白垩世	秀山超单元	1293 高地单元	K ₁ Ye	花斑状碱长正长岩
		1429 单元	K ₁ Ys	细粒(晶洞)石英正长岩
		1045 单元	K ₁ Y	石英二长(斑)岩
	大特马河超单元	928 高地单元	J ₂ J	中细粒二云母二长花岗岩
		大特马河上游单元	J ₂ D	细中粒二云母二长花岗岩
			J ₂ A	二长花岗岩
	阿乌尼浆混超单元			中细粒闪长岩
				浅色细粒闪长岩
				暗色微细粒闪长岩
				中—细粒正(碱)长花岗岩
古生代 早石炭世	激流河超单元	野尔尼赤那亚河单元	C ₁ Ye	中粗粒二长花岗岩
		金河单元	C ₁ J	中粗粒二长花岗岩
		塔朗空单元	C ₁ T	中细粒似斑状二长花岗岩
		嘎拉牙单元	C ₁ G	中粗粒花岗(英云)闪长岩
		养路工区单元	C ₁ Y	中细粒石英(辉石)闪长岩
	霍洛台河序列	946 高地单元	∈ ₁ Js	片麻状石英正长岩
		859 高地单元	∈ ₁ B	片麻状正长花岗岩
		995 高地单元	∈ ₁ J	片麻状粗粒二长花岗岩
				花岗糜棱片麻岩、花岗质糜棱岩、细粒花岗岩
中元古代	风水山片麻岩		Pt ₂ Fgn	

据黑龙江地质调查院齐齐哈尔分院,2003。

2 放射性方法与磁法测量联合进行岩性或填图单元划分的依据

放射性方法在地质填图中进行岩性划分利用的是放射性元素在不同的岩石中含量的差异,磁法测量利用的是不同岩性或地层的磁性差异,通过对该区岩性取样分析得到该区岩性或地层的放射性元素含量与磁化率数据(表 2、3、4)。

从表中可以看到,岩性的放射性元素含量及磁性差异符合岩性的一般规律^[3-5],具体表现为:

1) 火山岩的放射性元素含量随岩石的基性增高而降低,甘河组(中基性火山岩)的放射性 U、Th、K 含量低于光华组(酸性火山岩),塔木兰沟组(中基性火山岩)的放射性含量低于光华组。

2) 不同时代的火成岩,时代越新,放射性元素含量越高,如甘河组的放射性元素含量高于塔木兰沟组。

3) 变质岩倭勒根岩群放射性元素含量与原岩有关,一般低于光华组的酸性火山岩,部分岩性略高于塔木兰沟组和甘河组,如砂质板岩、泥质板岩、绿泥质片岩。

4) 火山岩的磁化率随岩石基性的增高而增高,光华组的磁化率平均值低于甘河组和塔木兰沟组,同时也与时代有关,时代越新,磁化率越低,如甘河组的平均磁化率低于塔木兰沟组的磁化率。

5) 变质岩的磁化率较低,低于火山岩。

表 2 测区部分岩性的地面放射性测量铀、钍、钾元素含量

地层单元	岩性	U 含量 10 ⁻⁶	Th 含量 10 ⁻⁶	K 含量 %
甘河组 (K ₁ g)	粗安岩	2.46	14.85	5.87
	气孔状杏仁玄武粗安岩	3.12	16.46	4.61
光华组 (K ₁ gn)	英安岩	5.62	41.11	6.57
	英安质角砾凝灰岩	3.09	25.5	7.0
	英安质凝灰岩	3.61	23.08	6.76
	英安质角砾晶屑凝灰岩	5.3	18.3	4.7
	英安质岩屑凝灰岩	3.0	22.6	5.17
	英安质熔结凝灰岩	4.8	34.3	5.7
	流纹岩	4.1	31.1	5.89
	流纹质凝灰岩	4.28	25.41	6.19
	流纹质岩屑凝灰岩	3.0	22.6	5.17
	流纹质熔结凝灰岩	7.4	42.62	6.3
塔木兰沟 组(J ₃ t)	流纹质角砾凝灰岩	4.1	26.22	6.41
	气孔状杏仁玄武岩	1.57	5.47	4.29
	杏仁玄武岩	1.96	11.84	3.36
	玄武粗安岩	1.81	7.99	3.74
倭勒根 岩群 (Z-∈ ₁) ^{wt}	砂质板岩	2.1	9.36	2.1
	泥质板岩	3.1	10.56	2.67
	条带状大理岩	1.75	7.4	2.34
	绿泥质片岩	2.78	12.87	2.61
	粗安质板岩	2.41	9.71	3.21
	板岩	1.17	7.21	3.31
	白云大理岩	1.05	8.55	1.08
	白色大理岩	3.4	14.69	2.85

野外实测,2001。

6) 岩浆岩的磁化率表现为酸性的含斑状中粗粒黑云二长花岗岩、中粗粒黑云母二长花岗岩、细粒二长花岗岩、细粒花岗斑岩较高,闪长岩,片麻岩,糜

表3 测区地层磁性参数统计表

填图单元	代号	主要岩性	样品数量/个	磁化率/ $K \times 10^{-6}$ CGSM		
				变化范围	平均值	常见值
甘河组	K_1g	粗安岩、玄武岩	94	0 ~ 1860	461.5	600 ~ 900
光华组	K_1gn	凝灰岩、流纹岩	121	2 ~ 1120	53	8、10
塔木兰沟组	J_3t	粗安岩、晶屑凝灰岩	87	2 ~ 3900	512	800
大民山组	$D_{2-3}D$	沉凝灰岩、泥质板岩	84	0 ~ 1300	14	12
倭勒根岩群	$(Z - \epsilon)_w$	泥质板岩、大理岩、千枚岩	35	20 ~ 2410	19	10、12
兴华渡口群	Pt_2xh	大理岩、变粒岩	16	4 ~ 38	8	8

野外样本实测,2000 ~ 2002。

表4 测区岩浆岩磁性参数统计表

超单元	代号	主要岩性	样品数量/个	磁化率/ $K \times 10^{-6}$ CGSM		
				变化范围	平均值	常见值
秀山单元	K_1	细粒二长花岗岩、细粒花岗斑岩	46	8 ~ 1840	274	300 ~ 400
激流河超单元	C_1Ye	中粗粒正长花岗岩、中粒碱长花岗岩	43	3 ~ 1000	69	10
	C_1J	中粗粒二长花岗岩	5	4 ~ 6	4	4 ~ 6
	C_1T	含斑状中粗粒黑云二长花岗岩	32	6 ~ 1380	267	320 ~ 350
	C_1G	中粗粒黑云母二长花岗岩	7	20 ~ 698	506	560 ~ 650
	C_1Y	闪长岩	7	8 ~ 30	20	25
	ϵ_1	中粒二长花岗岩、糜棱岩化花岗岩	27	2 ~ 1000	204	200
霍洛台河	ϵ_1	中粒二长花岗岩、糜棱岩化花岗岩	27	2 ~ 1000	204	200
风水山	Pt_2rgn	细粒花岗片麻岩、花岗质糜棱岩	55	2 ~ 3400	38	10

野外标本实测,2000 ~ 2002。

棱岩较低。

7) 不同岩性之间磁化率值有一定的重叠。

从以上分析可知:

1) 对于火山岩放射性测量曲线与磁测曲线形成反相符合,即对于酸性火山岩,形成高放低磁,对于中基性火山岩为低放高磁,对于不同时代火山岩,时代较新放射性含量越高,磁化率越低,形成高放低磁。

2) 变质岩的放射性测量与磁测曲线为同相符合,表现为低放低磁。如倭勒根岩群和兴华渡口群。

3) 岩浆岩的放射性测量与磁测曲线多数为同相符合,表现为高放高磁或低放低磁,如激流河超单元,秀山单元。

所以由于不同岩石中放射性元素和磁化率的天然差异,为我们利用放射性能谱测量和磁异常进行岩性划分提供了依据。

3 野外测量方法^[3,6,7]

为了配合 1: 25 万地质填图工作,测线沿槽探剖面进行,放射性能谱测量与磁测均采用 100 m 点距进行剖面测量。放射性能谱测量使用由上海仪器厂生产的 FD-3022 四道能谱仪,可得到 U、Th、K 及总道的计数率,单位为每秒计数率用 cps 表示,也可换成含量。在本文中只取用了总道计数率值或含量来进行讨论,用 N_{Tc} 或 ω_{Tc} 表示。FD-3022 仪器经石家庄

标准站进行标定,达到要求,经仪器三性检查均达到要求。磁测使用的是北京仪器厂生产的 CZM-2 质子旋进磁力仪,测得的为总磁场强度 T,单位为纳特用 nT 表示。仪器经三性检查均达要求。测量数据经日变改正。

4 野外实测剖面分析^[2,4,6,7]

4.1 P22 剖面

P22 剖面基本上是甘河组和塔木兰沟组的中基性火山岩,局部为光华组的中酸性火山岩。

图 1 为 P22 综合曲线图对比,可以清楚地看到,光华组的流纹质凝灰岩表现为明显的高放射性低磁场强度,而甘河组的粗安岩及气孔杏仁状粗安岩表现为低放高磁,两曲线形成反相符合。由此可划分甘河组与光华组。甘河组与塔木兰沟组同为中基性火山岩,由于时代的差异,表现为塔木兰沟组的放射性低于甘河组,磁场强度高于甘河组,同样形成反相符合。所以可以将两者区分开来。

4.2 P35 剖面

P35 剖面是一套岩浆岩,出露的为侏罗系中细粗二云母二长花岗岩(J_2D)和细中粒二云母二长花岗岩(J_2J),少量的石炭系石英闪长岩(C_1J)和寒武系片麻状中粒二长花岗岩(ϵ_1J)。

从实测曲线与实测地质剖面的对比可以看出(图 2), J_3D 与 J_3J 为侏罗系不同期的侵入岩,两者

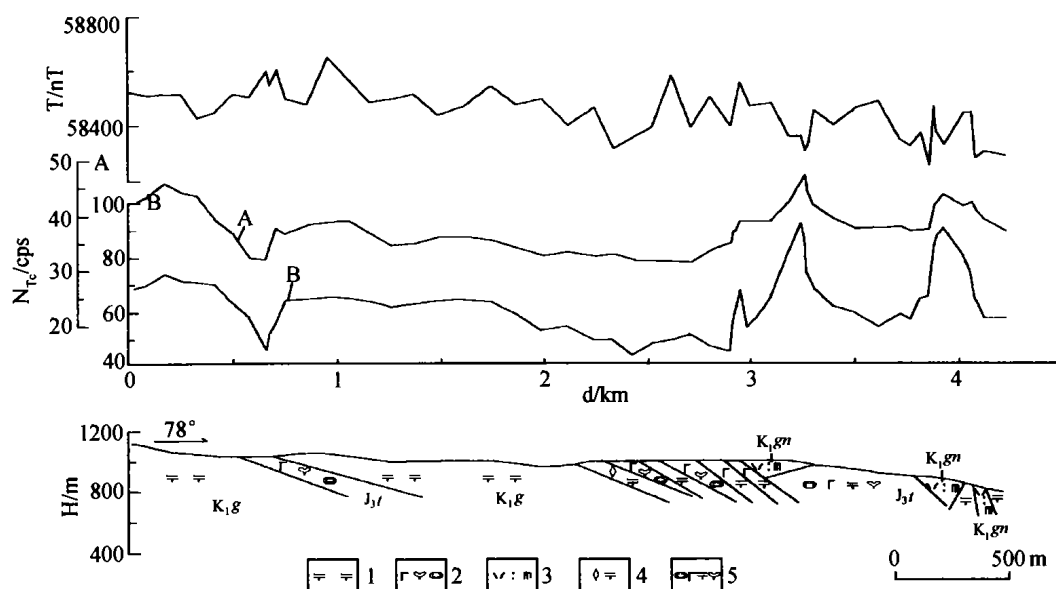


图1 P22剖面综合曲线图

1—粗安岩;2—气孔杏仁状玄武岩;3—流纹岩熔结凝灰岩;4—含砾粗安岩;5—气孔杏仁玄武粗安岩; K_1g —甘河组; J_3t —塔木兰沟组; K_1gn —光华组;A—地表测量值;B—槽探测量值

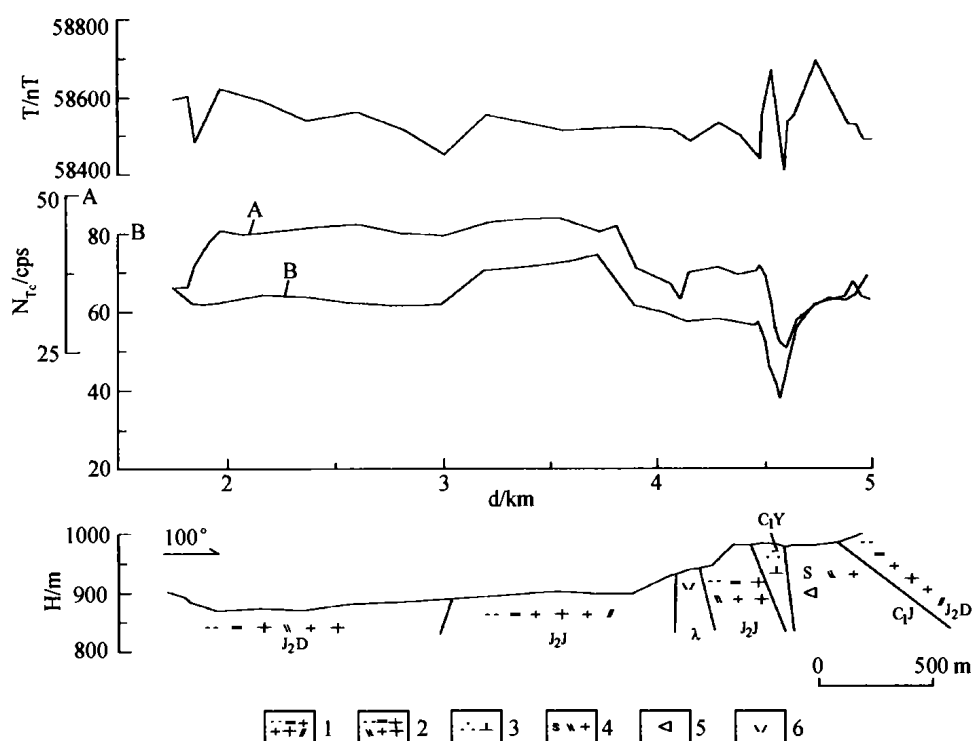


图2 P35剖面综合曲线图

1—中细粒二云母二长花岗岩;2—细中粒二云母二长花岗岩;3—石英闪长岩;4—片麻状中粒二长花岗岩;5—碎裂化;6—流纹岩; λ —流纹质脉; J_1J —928高地单元; C_1Y —养路工区单元; ϵ_1J —995高地单元; J_2D —大特马河上游单元;A—地表测量值;B—槽探测量值

有差别,在两者的分界处曲线出现变化, J_2J 较 J_2D 放射性元素含量高,磁场强度也出现相同方向的变化,形成同相趋势; C_1Y 为石英闪长岩,为中基性侵入岩,放射性元素含量较低,曲线为低值,磁场强度出现低值,同相符合; ϵ_1J 片麻状中粒二长花岗岩

的放射性照射量率高于闪长岩,磁场强度也出现高值,同相符合。

所以该剖面反映了中基性侵入岩与酸性侵入岩有明显的差异,放射性照射量率与磁场强度出现同相符合,而相同时代的不同期次的侵入岩有一定的

差别,后期侵入岩高于前期侵入岩,如 J_2J 和 J_2D 及 ϵ_1J 。

4.3 P4 剖面

P4 剖面出露的地层单元为光华组英安质角砾凝灰岩与塔木兰沟组的粗安岩,侵入岩为似斑状黑云母中粒二长花岗岩,细粒正长花岗岩,闪长岩,石英正长岩,英安斑岩,流纹斑岩,粗安斑岩。

从实测放射性、磁测剖面与地质剖面的对比图(图3)可知,总的趋势是磁场强度曲线与放射性总量含量曲线形成反相符合,但局部为在似斑状黑云母中粒二长花岗岩放射性元素含量较高,磁场强度较高,形成同相符合;闪长岩与石英闪长岩的放射性总量含量表现为低值,磁场强度为低值,形成同相符合

合,与相邻的花岗岩有明显的差异,能较明显地划分出来;正长花岗岩的放射性含量较高,与似斑状黑云母中粒二长花岗岩相仿,故两者不易分开。英安质含角砾凝灰岩的放射性元素含量值较高,磁场强度为低值,明显与相邻低放射性含量的粗安岩形成峰谷。粗安岩及粗安斑岩为低放射性照射量率高磁场强度。形成反相符合。

从图中还可以看到,在距离 3 km 处,曲线分成两部分,右侧放射性测量值明显低于左侧,右侧磁测值明显高于左侧,从地质剖面可知,它反映了侵入岩与喷出岩放射性元素含量与磁场强度的差异,显然侵入岩的放射性元素大于喷出岩,而磁场强度小于喷出岩。

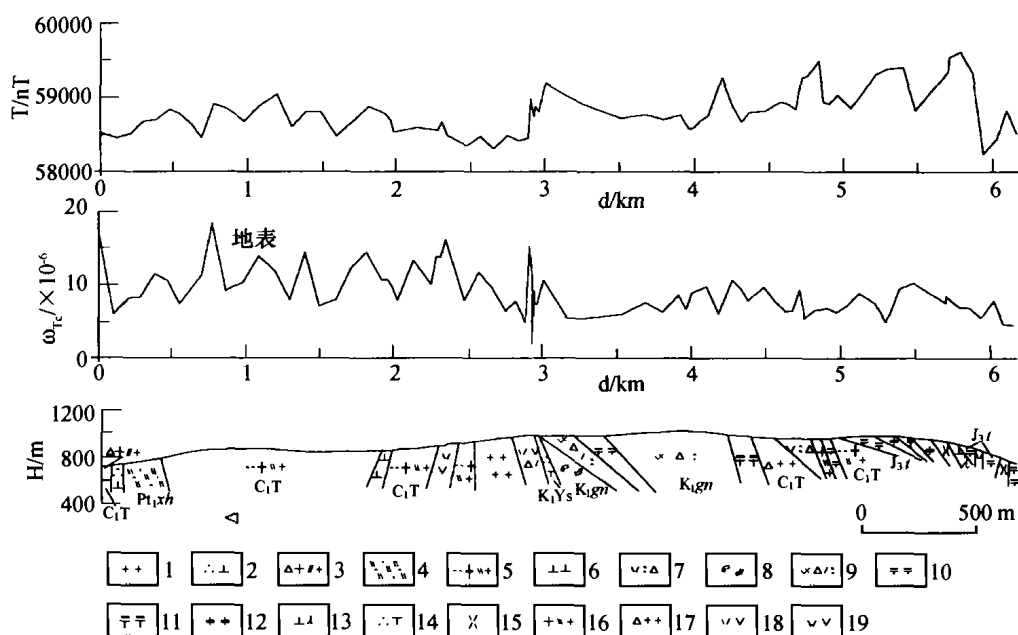


图3 P4 剖面综合曲线图

1—细中粒钾长花岗岩;2—石英闪长岩;3—碎裂中粗粒二长花岗岩;4—超糜棱岩;5—似斑状黑云母中粒二长花岗岩;6—闪长岩;7—流纹质角砾凝灰岩;8—集块岩;9—英安质角砾晶屑凝灰岩;10—粗安岩;11—粗安斑岩;12—花岗斑岩;13—闪长玢岩;14—石英正长岩;15—流纹斑岩;16—中细粒二长花岗岩;17—含砾花岗岩;18—英安岩;19— C_1T —塔朗空单元; K_1gn —光华组; K_1Ys —1429 高地单元; Pt_1xh —兴华渡口岩群; J_1t —塔木兰沟组

5 结论

通过以上分析,可以得到以下的几点结论:

1) 在覆盖区进行地质填图运用地球物理的方法可作为填图的辅助手段,在路线测量时运用放射性测量和磁测曲线的反相符合与同相符合,划分出填图单元或岩性界线,从而减少槽探工作。

2) 在大兴安岭的火成岩地区,火山岩表现为酸性岩放射性高值,磁场强度为低值,中基性火山岩为放射性低值,磁场强度的高值,如光华组,甘河组,塔

木兰沟组,所以表现在曲线上为反相符合,两反相符合曲线的拐点可判为界线的分界处,误差为点距的一半。

3) 变质岩地层表现为低放射性元素含量,低磁场强度,放射性照射量率曲线与磁测曲线形成同相符合。

4) 在大兴安岭的岩浆岩,放射性照射量率与岩浆岩的基性有关,酸性岩为高放,随着基性的增加,放射性元素含量降低,同时放射性照射量率与时代有关,同成分的岩浆岩随着时代从老到新,放射性照

射量率越来越大。大多数岩浆岩磁场强度随着基性的增加而减小,与放射性照射量率趋势一致,形成同相符合。两同相符合曲线的拐点可判为界线的分界处,误差为点距的一半。

5) 由于岩浆岩的采样有限,而且其出露范围较窄,所以其规律研究还需进一步的工作。

该方法可运用于大兴安岭浅覆盖地区的地质填图,建议在实际工作中,可用放射性测量和磁测预先对地质路线进行测量,大致确定地质界线的位置,然后进行槽探揭露,对于反相符合和同相符合曲线的中部可减小槽探数,对于两曲线的拐点处可进行较密的揭露。

在实际工作中得到黑龙江地质调查院齐齐哈尔分院赵海滨,韩振哲等同志的协助,同时得到项目组张萍,曾绍发,吴燕冈的大力帮助,在此一并表示感谢。

谢。

[参考文献]

- [1] 于铭强,周镭庭,吴慧山,等. 放射性测量新技术第一集[M]. 北京:地质出版社,1983.
- [2] 贾文懿,唐红,方方,等. 放射性勘查工作手册[M]. 北京:地质出版社,1993.
- [3] 刘懋基,张文斌,等. 航空物探解释方法及应用[M]. 北京:地质出版社,1992.
- [4] 贾文懿,魏彪,唐红,等. 地面伽马能谱测量在我国地质填图中的初步应用[J]. 物探与化探,1996,20(4):395~298.
- [5] 郭余峰,单秀兰. 利用自然伽马能谱确定地层岩性的方法[J]. 物探与化探,1996,20(3):198~201.
- [6] 刘菁华,王祝文,田钢,等. 地面伽马能谱测量在浅覆盖区地质填图中的应用[J]. 地质与勘探,2003,39(2):61~64.
- [7] 刘菁华,王祝文,田钢,等. 地面伽马能谱测量应用于浅覆盖区地质填图数据预处理[J]. 吉林大学学报(地球科学版),2003,33(1):101~105.

QUICK DELIMITING BOUNDARY OF GEOLOGICAL MAPPING UNIT IN SHALLOW OVERBURDEN AREAS BY COMBINING GROUND - GAMMA SPECTROMETRY WITH MAGNETIC SURVEY

LIU Jing - hua, WANG Zhu - wen, TIAN Gang
(Jilin University, Changchun 130026)

Abstract: Because of shallow overburden, it was difficult to delimit boundary between mapping units in regional geological mapping. This paper discusses different data corresponding relationship between magnetic survey and radioactive survey for different mapping unit on the base of difference on rock magnetization and radioactive element content. Meanwhile by analysis of field measure profile, the results show the corresponding relationship between magnetic anomaly curve and radioactive anomaly curve for different mapping units in the Daxinganling igneous province. It is suggested that this method can apply for delimiting a boundary line between mapping units quickly in order to reduce the trenching project.

Key words: gamma spectrometric survey, magnetic survey, positive correspondence, negative correspondence, geological mapping unit

2005 年订阅

地质与勘探

ISSN0495 - 5331
CN11 - 2043/P

双月刊

全年定价 90 元

邮发代号 82 - 504

《地质与勘探》1957 年创刊,中国期刊方阵“双百”期刊,中文核心期刊,中国科技核心期刊。1992 年荣获全国优秀科技期刊评比二等奖,是地质勘查类综合性技术期刊,现由中国冶金地质勘查工程总局、有色金属矿产地质调查中心和中国地质学会联合主办。

《地质与勘探》以刊载矿产地质、商业地质经济、成矿规律与成矿预测、矿产资源评价、找矿勘探方法、地球物理和地球化学勘查、岩石矿物研究、钻探技术、工程勘察与岩土工程施工等专业科研成果为主要内容,面向地质矿产勘查和岩土工程专业的生产、科研和教学人员。

编辑部地址:北京市安贞里二区 11 楼一层 《地质与勘探》编辑部

邮编:100029 电话:(010)64435074

E-mail:geo - pro@263.net dzykt@sina.com

欢迎刊登广告
欢迎投稿订阅