

河北省化学地层研究

宫进忠¹, 杨立寰¹, 杨书辰²

(1. 河北省地球物理勘查院, 河北 廊坊 065000; 2. 河北省地质调查院, 河北 廊坊 065000)

摘要: 以河北省区域岩石地层组 44 种元素含量为对象, 以有序地质量最优分割方法为手段, 进行化学地层界线划分。同时对地球化学异常层进行了梳理搜索, 并对区域地层进行了地球化学对比, 从而建立起区域地球化学格架。这是地层多重划分对比的重要组成部分, 是现代地层学研究的重要步骤。

关键词: 化学地层划分; 地球化学异常层; 地层地球化学对比

中图分类号: P632 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8918(2003)04-0276-04

化学地层是地层学与地球化学的交叉与渗透, 其目的是应用地球化学方法解决地层的化学划分与对比等基本问题。国内最早于 1964 年研究蓟县中—新元古界层型时开始化学地层工作。80 年代, 陆续应用于燕山、神农架地区中—新元古界划分对比和五台山区五台群、滹沱群的划分以及滹沱群与长城系关系的研究^①。在此, 将讨论河北省区域化学地层的划分对比及地球化学异常层等问题。

1 岩石地层概况

岩石地层组是野外地质填图的基本单位, 也是对地层柱进行研究的基础, 综合地质志和地层清理等成果对河北省地层组简介如下。

太古宇由下而上分为曹庄群(平林镇组、黄白峪组)、迁西群(上川组、三屯营组)、遵化群(拉马沟组、跑马场组)、阜平群(索家庄组、团泊口组、南营组、漫山组、木厂组、四道河组、红土坡组、跑泉厂组、榆树湾组)和五台群下亚群(板峪口组、上堡组、龙家庄组)。

古元古界甘陶河群(滹沱群)分为南寺掌组、南寺组、蒿亭组和牛山组。

中、新元古界自下而上分为长城系(赵家庄组、常州沟组、串岭沟组和团山子组)、南口群(大红峪组和高于庄组)、蓟县系(杨庄组、雾迷山组、洪水庄组和铁岭组)、青白口系(下马岭组和井儿峪组)。

寒武—奥陶系分为昌平组、馒头组、张夏组、崮山组、炒米店组、冶里组、亮甲山组和马家沟组。

石炭—二叠系分为本溪组、太原组、山西组、石

盒子组和孙家沟组。

三叠系分为刘家沟组、和尚沟组、二马营组和杏石口组。

侏罗—白垩系分为南大岭组、下花园组、九龙山组、髫髻山组、土城子组、张家口组、大北沟组、九佛堂组、义县组、下店组、青石砬组和南天门组。

山区新生界地层分为第三系西坡里组、汉诺坝组、石匣组和第四系泥河湾组。

2 化学地层划分

按岩层的地球化学变化特征, 将其分割为不同的层位或单元称化学地层划分^[1], 这是区域地层调查中一项重要任务。现代地层学多重划分理论认为, 岩层有多少种能够用于划分的特征或依据, 地层就有多少种类的划分, 就有多少种类的单位。一种特征的变化不一定总与另一种特征的变化相一致, 穿时现象是普遍存在的^[2]。

河北省区域化探岩石测量中对岩石地层进行了系统地逐层地球化学测量, 使化学地层划分成为可能。其关键问题是岩石地层中的地球化学特征变化界面的确定, 即化学地层界线的确定。本次使用有序地质量 Fisher 最优分割法^[3]。由李玉堂完成计算工作。以地层组厚度加权算术平均值为基础的河北省区域地层化学最优分割结果如下。

(1) 地质上不很重要的分界如 O_2f 与 C_2b 、 C_2x 与 C_2z 、 E_2-3l 与 N_1h 等, 却出现重要的地球化学分割。

(2) 某些地质分界, 如 O_2c 与 O_3m 、 J_1x 与 J_2j 、 O_2c 与 O_2f 、 C_3g 与 C_3c 与 C_3f 等, 从地球化学角度

① 秦正永. 化学地层在前寒武系及滹沱群与长城系关系研究中的应用. 1984.

收稿日期: 2002-08-10

表 1 河北省区域地层岩石类型分布

构造发展阶段		地 层	角闪岩	麻粒岩	片麻岩	变粒岩	浅粒岩	磁铁石英岩	大理岩	片岩	千枚岩 板岩	石英砂岩	石英岩	角砾岩	砾岩	粗砂岩	砂岩	粉砂岩	粘土岩	泥岩	页岩	白云岩	灰质白云岩	白云质灰岩	泥质灰岩	灰岩	玄武岩	安山岩	粗面岩	流纹岩	凝灰岩	硅质岩	铁质岩	
强烈活动阶段	喜马拉雅期	Q													●	●	●	●	●															
		R												●	●	●	●	●	●	●	●					●	●							
	燕山期	K												●		●	●	●	●	●	●							●						●
		J														●	●	●	●	●								●	●	●	●			
	印支期	T														●		●	●			●												
盖层发展阶段	第三沉降期	P										●					●	●			●			●	●									●
		C										●						●	●			●			●	●								
	第二沉降期	O																				●	●	●	●									
		Є												●						●	●	●	●	●	●									
	第一沉降期	Qn															●	●			●				●	●								●
		Jx											●					●	●			●			●	●							●	●
		Nk											●	●	●			●	●			●			●	●		●		●			●	●
		Ch											●	●		●	●	●			●			●	●									
基底形成阶段	裂谷发展期	Pt ₁ dn												●		●	●				●													
		Pt ₁ qt										●	●		●	●	●						●					●			●			
	裂谷发生期	Arwt	●		●	●	●	●	●	●			●		●	●													●					
		Arfp ³	●		●		●		●	●					●	●																		
	陆核增生期	Arfp ²	●		●	●	●		●	●					●	●																		
		Arfp ¹	●		●		●		●	●					●	●																		
	陆核初始期	Arqx ²	●	●	●	●		●							●	●																		
		Arqx ¹	●	●	●	●	●	●							●	●																		
		Arcz	●		●	●					●			●	●																			

●表示具有相应类型的岩石分布

看差异并不显著,可以简并。

(3) 化学地层界线与地层岩石类型分布之间多有契合(表 1)。

(4) 主要造岩元素 Si、Al、Ca、Mg、Mn 分割线集中在中—新元古界盖层,反映地壳强烈活化分异阶段;Fe₂O₃ 分割线多与沉积断面(风化壳)或沉积凝缩层(页岩)相对应;FeO 分割线将沉积建造中火山岩夹层或火山建造中沉积夹层分割出来;Na、K 分割线主要分布在太古宇—古元古界火山—沉积地层;Ti 分割线分布较均匀;P 分割线主要集中在中生界。

(5) 化学分割线概率分布(化学分割线总数/地质分界线总数):太古宇—古元古界变质地层 FeO 为 0.52, Cr 为 0.48, Ni、Co 为 0.43, Sr、Ba、Cu 为 0.38, Na₂O 为 0.33, K₂O、Mn 为 0.29, Ti、P、Sc、Th 为 0.24;长城系—二叠系盖层 Li 为 0.42, CaO、MgO、SiO₂、Al₂O₃、F 为 0.39, B 为 0.35, K₂O、Y、Be、Ga、Sc、As、Zn 为 0.32, Fe₂O₃、Mn、Zr、Pb 为 0.29;三叠系—第四系的火山—沉积岩地层 P 为 0.48, Na₂O、Sr、La、Ga 为 0.39, Fe₂O₃、Zr、As 为 0.35, V、U、Cs 为 0.30, Ti、Rb、Nb、Be、Zn 为 0.26。表明这些元素在相应时段处于十分活跃的地球化学循环状态,并经常出现局部富集的地球化学异常层。

3 地球化学异常层

地层中出现多种元素含量同步剧增或剧减的层位称为地球化学异常层。其判别标准是微量元素含量比同组岩层高 1 倍以上,甚至高十几至几十倍,常

表 2 河北省地球化学异常层

地层	岩 性	厚度 m	异常元素
N ₁ h	黄色粘土	2.3	Fe ₂ O ₃ (14.6)、Ti(17 509)、Co(54.9)、Cr(173)、Ni(197)
K ₁ q	粉砂粘土岩	28	Fe ₂ O ₃ (65.0)、FeO(3.97)、Mn(3 966)
K ₁ n	泥质粉砂岩、泥质页岩	22.9	Zn(207)、As(1 484)、Sb(6.36)、Hg(1 740)、Mo(29.4)、Se(3.02)、P(107 577)、W(20.2)、F(12 800)、Be(8.6)、La(211)、Li(41.4)、Cs(26.8)
T ₃ x	页岩	8.4	K(208.93)、La(136)
T ₃ e	泥质粉砂岩	36.3	V(331)、Cr(108)
C ₂ b	含铁硅泥岩	1.0	Fe ₂ O ₃ (76.3)、Mn(1 424)、Y(41.5)
	铁铝质泥岩	3.0	Al ₂ O ₃ (33.6)、Pb(54.0)、Th(27.9)、Hg(182)、Li(467)、Y(41.3)
Jxt	古风化壳	1.0	Mn(6 833)、Mo(1.76)、Ga(23.2)、La(57.8)、Cs(11.6)
Jxh	粉砂岩	10	Hg(500)、Se(5.40)、Mo(54.0)、Ag(0.30)、Cd(0.95)
Jxw	粉砂泥晶白云岩	17	F(9 000)、Li(818)
Jxy	粉砂泥晶白云岩	55	F(5 300)、Li(220)
Nkg	白云质粉砂岩	20	F(5 000)、Li(613)、B(867)、Ga(14.1)、Sc(19.1)
	钙质页岩	7.5	F(4 500)、Li(397)、B(925)、Ga(14.0)、Sc(5.71)
Nkd	凝灰质砂岩	20	K ₂ O(11.9)、As(21.0)、Sb(0.47)、B(279)
Chf	钙质细砂岩	23	K ₂ O(13.5)、La(91.6)
Chc	巨厚层石英岩	168	SiO ₂ (96.7~98.0)、MgO(0.09)、Al ₂ O ₃ (1.847)、Fe ₂ O ₃ (0.11)、F(90)、Ti(126)、P(57)、V(2.9)
Pt ₁ dn	暗紫色板状页岩	4	B(3 000)、Cs(6.50)、Be(4.51)、La(101)
Pt ₁ ns	钙质砂岩	30	As(66.7)、Sb(1.43)、U(3.07)、Be(2.66)、B(608)
Pt ₁ nn	砂质板岩	47	Ba(5 138)、Th(41.5)、As(6.49)、Sb(0.12)
Arln	角闪岩、片麻岩	70	V(265)、Cr(460)、Co(51.4)、Ni(250)
Arsl	斜长角闪岩	15	V(295)、Cr(65.0)、Co(55.8)、Ni(86.5)、Cu(111)、Zn(125)
Art	斜长角闪岩	125	Ti(15 130)、P(4 772)、Zn(184)
Arsl	斜长角闪岩	113	V(202)、Cr(202)、Ni(116)
Ap	辉石岩	1	Cr(3 804)、Co(101)、Ni(1346)
	磁铁石英岩	2	Fe ₂ O ₃ (22.7)、FeO(17.4)
Arsl	透灰斜长角闪岩	19	Cr(4 185)、Co(102)、Ni(1 191)
	细粒斜长角闪岩	19	Cr(2 273)、Co(77.5)、Ni(537)、F(3850)
Ars	二辉斜长麻粒岩	21	Cr(2 023)、Co(98.3)、Ni(934)
	透辉斜长角闪岩	92	Cr(5 327)、Co(58.7)、Ni(563)
Arhb	斜长角闪岩	3	V(299)、B(402)、Ga(20.0)
	斜长角闪岩	1	Cr(3 259)、Co(75.7)、Ni(715)
Arpl	英榴易熔岩	50	FeO(27.0~41.5)、Fe ₂ O ₃ (6.03~15.7)

括号内为该异常元素含量;单位为: $w_{\text{氧化物}}/10^{-2}$, $w_{\text{H}_2\text{O}}/10^{-9}$, $w_{\text{其余}}/10^{-6}$

量元素高出 50% 以上。从表 2 看出:①球化学异常

层多产于高背景之中,其赋存的地层本来就具有该元素较高的平均含量,异常层为高中之高。②许多地球化学异常层本身即为具有经济价值的矿石,如遵化群的磁铁矿石岩、长城系的厚层石英岩、南口系的富钾岩石与含锰白云岩、石炭系的铝土矿与褐铁矿等,地球化学异常层为找寻层控矿床指明了方向。

4 地层地球化学对比

地层学中的对比是延伸地层单位的重要手段。传统地层学的对比只具等时鉴定的涵义。现代地层学的对比则是多重划分概念基础上的对比。此对比是指空间上分布于不同构造单元,地质上认为等时的地层单位地球化学特征(元素富集贫化)的对比。

4.1 中、晚太古界—古元古界区域地层地球化学

图1中列出的是各群相对富集的元素。从双山子群到五台群再到红旗营子群 CaO 、 MgO 、 FeO 、 Co 、 Cu 、 Sr 逐渐增高, Al_2O_3 、 Na_2O 、 K_2O 、 P 、 Cr 、 Ni 、 Y 、 Zr 、 Nb 、 Th 、 As 、 W 、 Li 、 U 、 B 、 Ga 逐渐降低,可能反映陆壳从厚到薄的连续变化趋势。

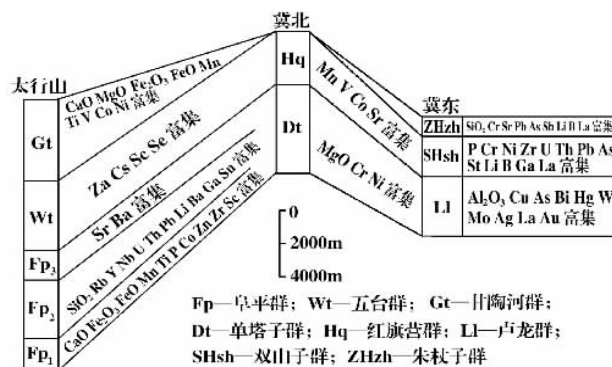


图1 河北省中、晚太古界—古元古界区域地层地球化学

4.2 中—新元古界区域地球化学格架

中—新元古界区域地层中相对富元素列于图2,长城系的 Ba 、 Ag 、 Au 逐渐增高, Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 K_2O 、 Ti 、 F 、 V 、 Li 、 Y 、 Ga 、 Sc 、 Nb 、 Th 、 As 、 Be 、 Sn 、 U 、 Mo 、 W 、 Cd 、 Hg 逐渐降低;而南口群的 SiO_2 、 Al_2O_3 、 K_2O 、 P 、 Ba 、 F 、 V 、 Zn 、 Rb 、 Y 、 Ga 、 Co 、 B 、 Be 、 Sn 、 U 、 W 逐渐增高, CaO 、 MgO 、 Fe_2O_3 、 Ni 、 Cu 、 Hg 则逐渐降低。可能反映海陆沉积环境的系统性变化。

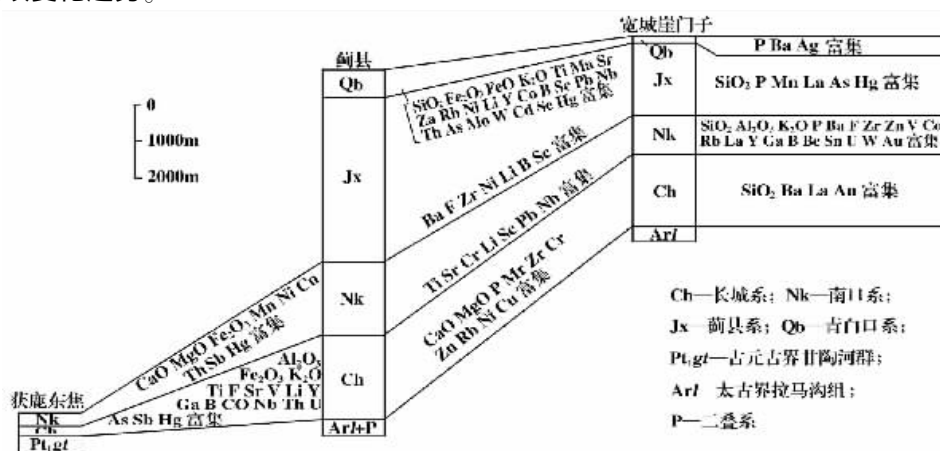


图2 河北省中—新元古界区域地球化学格架

5 地质构造层地球化学特征

根据地质建造组合及改造活动特征,本区地史可划分为基底形成(AR—Pt_1)、盖层发展(Ch—P)和强烈活动阶段(T—Q),形成了3个巨大的角度不整合界线地层单位,它们也是3个巨大的物理(密度)地层单位。

3个构造层中地层厚度加权算术均值表明,基底形成阶段地槽型建造富含 FeO 、 Mn 、 Ti 、 V 、 Cr 、 Co 、 Ni 、 Sr 、 Cu 、 Au 等亲基性元素及 Al_2O_3 和 Na_2O ;盖层发展阶段地台型建造除富集 CaO 、 MgO 、 B 、 Li 、 F 等碳酸盐岩成分外,其余多贫化;强烈活动阶段地洼型建造富集 K_2O 、 Rb 、 Th 、 U 、 La 、 Y 、 Nb 、 Zr 、 Be 、 Cs 等亲

酸性不相容元素和 As 、 Sb 、 Hg 、 W 、 Mo 、 Pb 等热液成矿元素。

6 地壳结构层化学成分垂向变化

在燕山台褶台区,从下地壳到上地壳和沉积盖层,亲酸性和热液元素呈逐步增高趋势,而亲基性超基性元素呈逐步降低趋势,这种规则的地球化学行为表明了该区地壳内部物质分异、均衡调整程度较高的总体特征。

该区下地壳由迁西群和崇礼群麻粒岩相岩石构成,除 Al_2O_3 、 FeO 、 Mn 、 Ti 、 V 、 Cr 、 Co 、 Ni 、 Cu 、 Au 等相容元素富集外,其余均贫化或强烈贫化。

中地壳由遵化群和单塔子群燕窝铺组角闪岩相

岩石组成, 相容元素 Fe_2O_3 、P、Sc, 亲石元素 Sr、Ga 及热液成矿元素 Hg、Ag、Se、Cd、Zn 相对富集。

上地壳由卢龙群低角闪岩相变粒岩、双山子群绿片岩系、朱杖子群低绿片岩系和中酸性侵入岩组成, Si、Na、K、Rb、La、Y、Nb、Ba、Zr、Pb、Th、Sn、Be 等大离子亲石、亲酸性元素显著富集。

沉积盖层由中元古代长城纪以后的碎屑岩、粘土质岩、碳酸盐岩和火山岩组成, 由于水圈、大气圈和生物圈的参与, $w(\text{Fe}_2\text{O}_3)/w(\text{FeO})$ 值和 CO_2 含量急骤增高; 大量的碳酸盐堆积和频繁的火山活动导致 Ca、Mg 及 U、W、Mo、Li、Be、Cs、B、As、Sb、Bi 达到最高的蓄积。

7 结论与建议

化学地层研究在我国开始得较早, 但跨越

35 亿年时间, 覆盖 12.6 万 km^2 、涉及 44 种元素的广泛研究, 尚无报道, 本项成果具有填补空白的意义。

河北省地史漫长、地层厚大、岩性复杂, 发育有京津冀晋鲁豫构造区非常典型的地层剖面, 本次工作的许多采样剖面具有层型、次层型和选层型属性, 所取得的成果对该区范围内的地质勘查、生态环境等领域的研究均具有重要意义。

参考文献:

- [1] 地质矿产部. 沉积岩区 1: 5 万区域地质填图方法指南[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1991.
- [2] 张守信. 理论地层学[M]. 北京: 地质出版社, 1989.
- [3] 娄元仁, 徐振邦. 有序地质量最优分割问题(数学地质专辑)[M]. 北京: 地质出版社, 1980.

A STUDY OF CHEMICAL STRATA IN HEBEI PROVINCE

GONG Jin-zhong¹, YANG Li-huan¹, YANG Shu-chen²

(1. Hebei Institute of Geophysical Exploration, Langfang 065000, China; 2. Hebei Geological Survey, Langfang 065000, China)

Abstract: With the contents of 44 sorts of elements in regional rocks and strata of Hebei Province as the research object and the optimal partition of ordered geological quantity as the means, the authors divided the chemical strata and determined their boundaries. Moreover, carding and search of geochemical anomalous beds were done, and geochemical correlation of regional strata was made, which led to the construction of the regional geochemical framework. This research is an important component part of multiple stratigraphic division and also an important step in the modernization of the stratigraphic research.

Key words: division of chemical strata; geochemical anomalous bed; geochemical correlation of strata

作者简介: 宫进忠(1962—), 男, 河北省迁安县人。1983年毕业于中国地质大学(武汉)勘查地球化学专业, 现任河北省地球物理勘查院高级工程师, 主要从事区域地球化学工作。发表论文数篇。

· 简讯 ·

智能化磁化率仪研制成功

一种新型智能化磁化率仪在中国国土资源航空物探遥感中心研制成功, 日前通过专家鉴定。该仪器采用贴片元件, 其智能化程度高、设计合理、性能可靠、体积小、重量轻、耗电少、携带方便, 非常适合野外踏勘工作的需要, 不久即可批量生产。

该仪器探头采用对称式激励方式, 提高了灵敏度; 采用自动增益控制和高分辨率 AD 转换器, 实

现了满量程测量; 采用智能化设计和有效的数据处理, 实现了自动校零、防抖动、防干扰以及自动数据存储、数据自动下载(RS-232 串口)、手动输入 GPS 坐标、自动关机、低电压报警、菜单驱动和中文显示等功能。经测试, 仪器具有良好的稳定性和一致性, 仪器分辨率达到设计提出的 $1 \times 10^{-5} \text{SI}$ 。

(中国国土资源航空物探遥感中心 乔春贵 供稿)