

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

华北板块北缘中段含铁变质岩系的 时代和构造环境初探

徐备 陈斌 张臣 白志强 王宏伟 张强

(北京大学地质学系)



内蒙北部苏尼特右旗以北二道井、哈拉干和红格尔地区的含铁变质岩系中变质基性火山岩Sm-Nd全岩等时线年龄为 $1511 \pm 76\text{Ma}$, 这表明该岩系属中元古代而不是以往推测的早古生代。等时线的 $\epsilon\text{Nd}(t)$ 值为 $+6.3 \pm 1.7$, 属亏损型地幔源区。岩相学分析表明它形成于规模不大、具中等水深和较弱水动力条件的较封闭海域。据上述特征推测, 华北板块北缘中段曾存在中元古代被动型火山陆缘。

关键词 Sm-Nd 同位素 中元古代 被动型火山陆缘

内蒙古集宁-二连铁路以东苏尼特右旗以北二道井、哈拉干和红格尔一带断续分布一套绿片岩相的浅变质岩, 以各类石英片岩为主, 夹红色含铁石英岩或铁矿层, 被称为“含铁变质岩系”。一般把这套岩系看做早古生代, 与苏尼特右旗以南温都尔庙地区的温都尔庙群对比, 习称“温都尔庙群北带”^[1,2]。这套岩系研究程度不高, 其地层时代及大地构造意义等重要问题尚未解决。本文报道了笔者最近对这两个问题的研究成果。

1 岩石组合及Sm-Nd等时线年龄

经路线观察和实测剖面对比, 二道井、哈拉干和红格尔三地区的含铁变质岩系中岩石组合基本一致, 均以大量石英片岩、石英岩、含铁石英岩或铁矿层为主, 夹少量基性火山岩和大理岩(图1)。在《内蒙古区域地质志》中把二道井和哈拉干一带的这套岩系划归早寒武世温都尔庙群, 但把红格尔一带的相同岩系划归为早元古代宝音图群^[1]。笔者将三地区内所有含铁变质岩系做为同一地层单位并以此为基础讨论。

现以哈拉干地区为例介绍含铁变质岩系的岩石组合。该区含铁变质岩系出露约 50km^2 , 笔者在出露最佳的哈拉干铁矿一带测制了连续剖面, 经复原后地层厚度481.2m(图2):

第四系

7. 方解石白云母石英片岩, 见残留韵律构造 $>24.7\text{m}$
6. 二云母绿泥石英片岩夹石英岩, 79.1m
5. 二云母绿泥石英片岩夹薄层板岩, 见残留韵律构造, 100.9m
4. 方解绿泥石英片岩, 褶皱构造发育, 21.9m

本文得到香港霍英东教育基金会的资助。

本文1993年8月收到, 1994年1月改回, 郝梓国编辑。

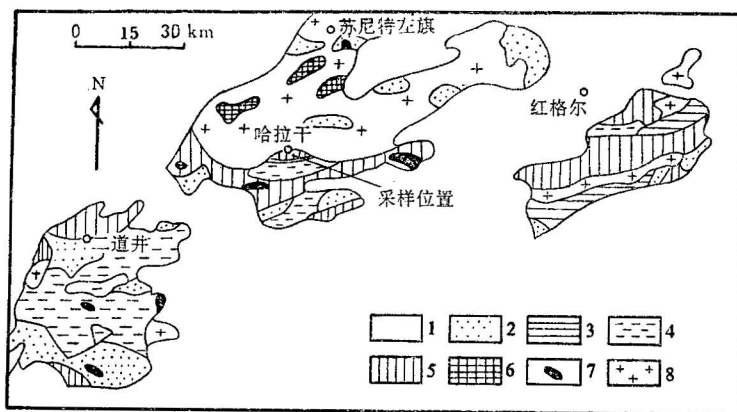


图 1 二道井、哈拉干和红格尔地区地质略图

Fig. 1 Sketch geological map of Erdaojing, Helagan and Honggeer research area, Inner Mongolia

1—新生界；2—中生界；3—下古生界；4—上古生界；5—含铁变质岩系；6—早元古代地块；7—基性-超基性岩块；8—中酸性侵入体

1—Cenozoic Erathem; 2—Mesozoic Erathem; 3—Lower Palaeozoic Erathem; 4—Upper Palaeozoic Erathem; 5—ferruginous metamorphic rock systems; 6—early Proterozoic massif; 7—basic-ultrabasic rock blocks; 8—intermediate-acid intrusive mass

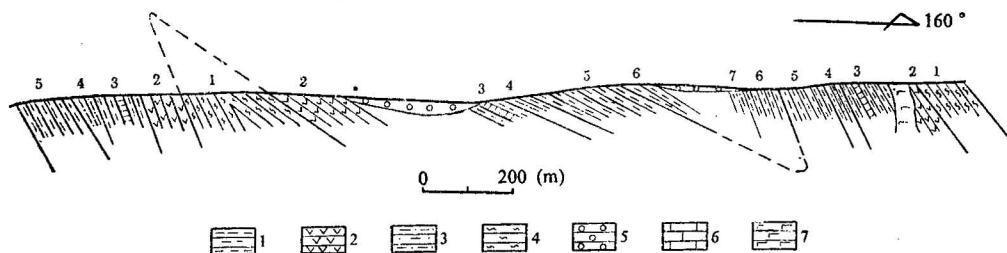


图 2 哈拉干地区含铁变质岩系实测剖面

Fig. 2 Section of ferrian-metamorphic series in Halagan area

1—二云绿泥石英片岩；2—绿帘绿泥片岩；3—方解白云（绿泥）石英片岩；4—含铁石英岩和铁矿层；5—第四系砂砾层；6—薄层或透镜状大理岩；7—后期脉岩

1—Dimicaceous chlorite quartz schist; 2—epidote chlorite schist; 3—calacive dolomite (chlorite) quartz schist; 4—ferrian-quartzite and Fe ore bed; 5—Quaternary sand gravel; 6—thin bed and podiform marble; 7—deutero-genic dyke

3. 绿帘绿泥石英片岩夹薄层大理岩，82.0m

2. 绿帘绿泥片岩（变基性火山岩）夹黑云母石英岩，发育褶皱构造，83.6m

1. 黑云母石英岩与含铁石英岩、铁矿层互层，褶皱构造发育，89.0m

（未见底）

上述连续剖面的岩石组合为各类石英片岩、石英岩夹含铁石英岩或铁矿层，后者夹片理化强烈的变质基性火山岩。镜下观察变质矿物组合未超出绿片岩相范围。由于该岩系呈断片形式产出，故无确定的顶底关系，但沿剖面线可见地层总体形成连续发育的褶皱构造，轴面南倾，地层几次重复。去掉这期褶皱的影响后，该剖面地层总厚约 481 m，这并不代表含铁变质岩系的全部厚度。

岩系的一个重要特征是变质基性火山岩总是与含铁石英岩及铁矿层相伴生并同步褶皱，具相同的片理和变质程度。据此可推测变质基性火山岩与铁矿层及含铁石英岩是同时形成的，沈保丰

等(1981)曾论证了形成铁矿层的铁质、硅质均与海底火山喷溢有关^[3]。

变质基性火山岩是应用 Sm-Nd 法定年的理想对象。笔者在哈拉干铁矿从西向东平行片理走向采集了 4 个基性火山岩样品用于 Sm-Nd 全岩等时线测定。这些样品已风化为灰绿或浅红色, 片理化较强, 镜下观察见大量绿泥石, 可称为绿泥片岩。其代表性化学成份列于表 1。

表 1 变质基性火山岩化学成分 (%)

Table 1 Chemical compositions (%) of meta-volcanic rocks

样品号	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	TiO ₂	MnO	H ₂ O	• 总和
SP1	46.85	13.85	7.09	6.45	6.75	4.83	3.13	0.05	0.26	2.02	0.22	8.68	100.18
SP6	39.33	13.94	11.15	11.05	9.29	6.02	0.13	—	0.40	1.85	0.31	6.84	100.41
75 C54*	47.57	16.08	6.61	4.49	4.85	3.97	4.87	0.42	1.74	3.07	0.16	5.37	100.35

分析者: 北京大学地质学系化验室

* 号样品引自参考文献 3

样品的化学处理和质谱分析均在中国科学院地质所进行, 其分析流程和测试参数全部按照参考文献 4 和 5 进行。Sm-Nd 同位素质谱测定结果如表 2。样品构成的等时线如图 3。从图 3 可见, 各点间比值相差较大, 故点距较大, 因而等时线的误差较小, 且线性关系很好, 为 0.999。这些特点满足等时线成立的要求。等时线年龄为 1511 ± 76 Ma, $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 值为 6.27 ± 1.7 。笔者认为为该年龄可作为含铁变质岩系的形成年龄, 因为等时线基本符合“同源”和“封闭”两个条件:

表 2 Sm-Nd 同位素分析结果

Table 2 Sm-Nd analysis date of meta-volcanic rocks

样品号	Sm ($\times 10^{-6}$)	Nd ($\times 10^{-6}$)	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	ϵ_{Nd}
93SP-1	4.187	13.138	0.192748	0.513056 ± 25	8.8
93SP-2	1.743	5.814	0.181367	0.512821 ± 9	6.6
93SP-3	2.313	6.737	0.207650	0.513074 ± 14	6.4
93SP-4	3.511	17.949	0.118303	0.512177 ± 10	6.2

分析者: 中国科学院地质研究所乔广生、张任祜。

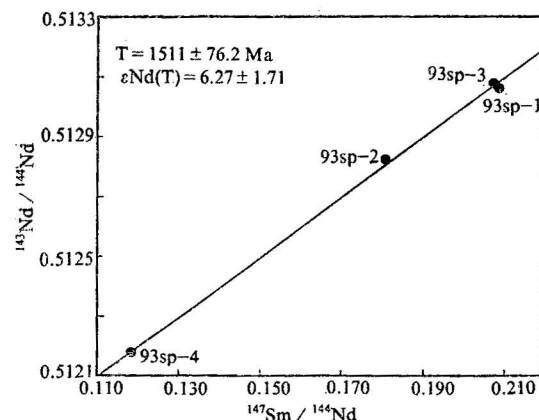


图 3 Sm-Nd 同位素等时线 (图中点号同表 2)

Fig. 3 Sm-Nd isotopic isochron of meta-volcanic rocks

(1) 采样地层为绿片岩相, 基本不破坏 Sm-Nd 封闭体系; (2) 比照等时线年龄计算了 4 个样品的 $\epsilon\text{Nd}(t)$ 值 (表 2), 其中 3 个样品 $\epsilon\text{Nd}(t)$ 值为 6.2—6.6, 彼此相差极小, 显然为同源^[6]; 另外一个样品 (93SP—1) 的 ϵNd 值为 8.8, 高于前述 3 个样品约 2.5 个 ϵ -单位值, 但这样的差别不一定说明它们来自不同的源区, 也可以解释为地幔的轻微不均一性或轻微混染。类似的例子是乌拉尔超镁铁岩 ϵNd 值介于 7.3 到 9.0, 但它们仍被认为是同源的^[7]。(3) 野外所采样品均属同一大层 (剖面第 2 层), 应视为同时形成的。

在以往的研究中, 本区含铁变质岩系一直与温都尔庙地区的温都尔庙群对比, 但近年同位素地质研究却证明两者不可对比。后者属于温都尔庙群底部的柯单山蛇绿岩, 其 Sm-Nd 全岩等时线年龄为 $665 \pm 46\text{Ma}$, $\epsilon\text{Nd}(t)$ 值为 -0.95 ^①。这与本文所报道的相差很大, 表明这两个地区岩浆建造产出的背景无论在时代上还是在地幔类型方面均有非常明显的差别。因此本区含铁变质岩系不能归于早古生代温都尔庙群, 而应新建一个地层单元并归于中元古代。

2 大地构造环境

含铁变质岩系剖面 (图 2) 中 1、2 层的岩石组合为基性火山岩、含铁石英岩和铁矿层, 反映强烈的火山活动和与其有关的铁质、硅质的大量富集, 显然代表较为活动的构造背景。从第 3 层开始, 二云母或黑云母石英片岩和石英岩成为主要岩性并夹薄层灰岩。由于变质程度很低, 许多地段仍保留着沉积岩的外貌。主要碎屑颗粒为石英, 长石类极少。它们几乎没有分选性, 形成块状或透镜状岩层, 缺乏明显的沉积层理, 在许多情况下, 原始层理的识别只能依靠砂质层和泥质层的界面。砂岩中有时可观察到不明显递变形成的韵律, 每个韵律 5—15 cm, 底部含砾, 但韵律横向延伸很不明显。镜下观察, 构成片理的矿物是黑云母、白云母、绿泥石和方解石等, 说明原岩胶结物主要是泥质和钙质。

根据上述特征, 可将含铁变质岩系分为 2 部分, 一部分是火山岩和与火山活动有关的硅质、铁质沉积, 另一部分是碎屑沉积, 其结构成熟度低, 成份成熟度高并夹碳酸盐沉积, 且沉积构造简单。在物质供应方面, 以火山物质和远源成熟碎屑为主, 颇似非补偿性的边缘海。从上述物源和沉积特征可以看出, 含铁变质岩系不可能形成于水动力条件很好的滨浅海或广阔的深海浊流盆地, 而可能形成在规模不大、中等水深及水动力条件较弱的较封闭海域。因此笔者推测, 该岩系发育时的大地构造背景既不是具有沟-弧-盆体系的典型活动大陆边缘, 也不是相对简单的被动大陆边缘, 而可能是较复杂的被动火山大陆边缘。这类陆缘的特征是发育一系列由拆离断层带控制的、具岩浆活动的小型海盆^[8]。

等时线的 $\epsilon\text{Nd}(t)$ 值为 6.3 ± 1.7 (图 3), 恰好位于 Galer 等 (1989) 确定的亏损上地幔演化曲线上^[9], 可能意味着岩浆来源于亏损上地幔, 陆壳物质影响很少。

近年对华北板块北缘元古宙的研究多限于西段, 而对包括本研究区的中段涉及较少, 特别是对元古宙时期中段大陆边缘的存在状态、性质和建造特征缺乏研究。部分原因在于将含铁变质岩系作为早古生代处理。本文的成果不仅给出该岩系的时代, 而且初步揭示了华北板块北缘中段的元古宙沉积和构造环境。

在野外和室内工作中, 承蒙何国琦教授热情指导, 乔广生、张任祐高级工程师完成同位素分析, 笔者谨致谢意!

① 陈森煌等, 华北地台北缘几个超基性岩带的侵位年代及其演化, 第四届全国同位素地质年代学、同位素地球化学学术讨论会论文摘要汇编, 1989。

参 考 文 献

- 1 内蒙古自治区地质矿产局, 内蒙古自治区区域地质志, 北京: 地质出版社, 1990.
- 2 胡晓, 许传诗, 牛树银, 华北地台北缘早古生代大陆边缘演化, 北京: 北京大学出版社, 1990.
- 3 沈保丰, 骆辉, 内蒙古锡盟包日汉等地变质海相火山喷溢型铁矿的地质特征, 天津地质矿产研究所所刊, 1981(3): 31—49.
- 4 黄萱, 潘军, 张任祜, 孙宝山, 硅酸盐中Sm-Nd同位素稀释测定提取方法研究, 岩矿测试, 1983, 2(3): 216—229.
- 5 乔广生, 翟明国, 阎月华, 鞍山地区太古代岩石同位素地质年代学研究, 地质科学, 1990(2): 158—165.
- 6 Faure G, Principles of isotope geology, Jone Wiley and Sons, 1986.
- 7 Edwards R, Wasserburg G J, The age and emplacement of obducted oceanic crust in the Urals from Sm-Nd and Rb-Sr systematics, Earth and Planetary Science, 1985, 72: 389—404.
- 8 Wernicke B, Uniform-sense normal simple shear of the continental lithosphere, Canadian Journal of Earth Sciences, 1985, 22: 108—125.
- 9 Galer S J G, Goldstein S L, O'Nions R K, Limits on chemical and convective isolation in the Earth's interior, Chemical Geology, 1989, 77: 257—290.

THE AGE AND TECTONIC SIGNIFICANCE OF FERRIAN METAMORPHIC SERIES IN THE MIDDLE SEGMENT OF THE NORTHERN MARGIN OF THE NORTH CHINA PLATE

Xu Bei, Chen Bing, Zhang Chen, Bai Zhiqiang

Wang Hongwei and Zhang Qiang

(Department of Geology, Peking University, Beijing)

Abstract

Sm-Nd whole-rock data for the ferrian metamorphic series outcropping in northern Inner Mongolia define an isochron of 1151 ± 76 Ma with $\epsilon_{\text{Nd}}(t) = 6.3 \pm 1.7$. The age data provides the first evidence of the middle Proterozoic rather than the early Paleozoic as was deduced before. $\epsilon_{\text{Nd}}(t) = 6.3$ reveals that there would be a depleted mantle source. Sedimentary facies analysis suggests that the series formed in a semi-closed, intermediate-depth, small sea basin with volcanic materials and distal fragments which belongs to the Proterozoic passive volcanic continental margin in the middle segment of the northern margin of the North China plate.

Key words: Sm-Nd isotope, middle Proterozoic era, passive volcanic continental margin

作 者 简 介

徐备, 1954年生, 1988年在中国地质大学获博士学位, 1990年起任北京大学地质学系副教授, 主要从事大地构造学研究。通讯地址: 北京大学地质学系, 邮政编码: 100871。