

湖北大冶铁山矿床钠化蚀变与成矿关系的探讨

杨峰华

(中国地质大学研究生院,武汉 430074)

[摘 要]对于大冶铁矿内接触带钠化蚀变的岩石特征、钠质来源、动力机制、形成机理等作了比较系统的阐述。并着重指出了钠化蚀变是铁矿化的重要指示标志之一。

[关键词]湖北 钠化 热液交代蚀变 三叠系膏盐层 大冶铁矿

[中图分类号]P618.31 [文献标识码]A [文章编号]0495-5331(2001)06-0020-05

湖北省大冶铁山矿床位于鄂东南黄石市西北 25 km 处,是鄂东南典型的大型铁矿床之一。在对铁山矿区进行长期的矿床地质工作中,虽然早已有人认识到矿区围岩钠化蚀变的重要性并形成了许多不同的观点,但是迄今尚无论文系统全面的阐述钠化蚀变的各项特征及其钠质来源、形成机理、动力机制,本文试图在这些方面加以探讨。

1 矿床地质概况

铁山矿床的主要矿体赋存于铁山杂岩体南缘中段闪长岩类与下三叠统灰岩的断裂复合接触带上。矿区地层岩性以下三叠统大冶群的碳酸盐岩、泥质岩为主。近接触带主要地层随距岩体远近不同而发生不同程度的蚀变作用。接触热动力构造十分发育。印支期 NWW 向构造形迹奠定了矿区的基础构造格架;其后又有燕山期、喜山期的 3 次不同方向构造叠加其上。矿区范围内主要出露 4 期闪长岩及 3 类脉体。矿体附近的闪长岩类和碳酸盐岩都遭到强

烈的交代作用,形成各类夕卡岩、碱质交代岩和热液蚀变岩石,并有一定的分带性和多次叠加特征。铁矿石的组成金属矿物主要为磁铁矿,次为赤铁矿、菱铁矿、黄铁矿、黄铜矿等。脉石矿物主要有绿泥石、次透辉石、石榴石、方解石、白云石、石英等。铁矿床主要是由第一期矿浆成矿期和第二期接触交代成矿期叠加而成。

2 矿区钠化的基本特征

所谓钠化,指原岩被钠质热液交代,形成富钠质新生矿物(如钠长石、钠柱石等)的过程,反映一种分布广泛和具有重要意义的碱质交代蚀变作用。钠长石化就是钠化的一种主要蚀变形式。铁山矿床钠化蚀变现象主要分布于第一期中细粒含石英闪长岩和第二期黑云母透辉石闪长岩靠近矿体几十米至近百米的内接触带。闪长岩遭到钠化后,岩石外表、颜色、结构构造、矿物成分和岩石化学成分等发生了重大变化。

表 1 铁山狮子山矿段石英闪长岩遭到不同程度钠长石化和透辉石化后矿物成分变化表^[1] %

岩石名称	样号	斜长石	条纹长石	石英	角闪石	冰透辉石	钠长石	榍石	磷灰石	磁铁矿	菱铁矿	斜长石牌号	长石定名
石英闪长岩	S-156-1	53.4	19.7	11.9	12.38	0	0	0.32	0.69	1.32		25 %An	更长石
石英闪长岩	S-144-18	53.73	21.81	10.3	11.57	0.63	0	0.78	0.24	1.58		21 %An	更长石
弱蚀变石英闪长岩	狮-128-2	48.7	11.8	6.85	8.8	2.3	18.21	1.54	0.38			13 %An	更钠长石
强蚀变石英闪长岩	狮-128-3		58.6	0.97	0	10	26.9	2.04	0.93				
强蚀变石英闪长岩	狮-128-4		45.59	0	0	12.56	39.56	1.63	0.28		0.2	14 %An	更钠长石
细粒透辉石钠长岩	狮-128-5	0	0	0	0	18.7	76.5	1.9	1.55		1.35	4 %An	钠长石
细粒透辉石钠长岩	CK30-1/1	0	0	0	0	19.2	78.6	1.68	0.74				

注:分析单位为原地质科学院矿床研究所八室。

2.1 钠化的岩石学、矿物学特征

宏观上,遭到钠长石化的岩石颜色由于暗色矿物显著减少或消失而明显变浅,大部分变为浅灰色或灰白色,并常略带浅粉红色,具块状、脉状—网状

构造。结构上,经钠长石化以后的矿物特别是斜长石常具有“净边”结构、蠕英结构、交代残余结构。强烈钠化后的岩石常具糖粒状细粒变晶结构和变斑结构,肉眼下粒状结构则变得非常模糊。

[收稿日期]2001-01-11;[修订日期]2001-05-14;[责任编辑]余大良。



在钠质交代过程中,矿物成分的变化很有规律,具体表现在:(1)斜长石中钙长石分子渐趋减少,钠长石分子相应增多,如铁山狮子山矿段(表 1);(2)斜长石、条纹长石和石英又进一步被细粒钠长石所交代;(3)角闪石等暗色矿物全部消失,或被钠柱石交代;副矿物磁铁矿消失,榍石数量增加。

同时由于岩石中暗色矿物黑云母、角闪石和副矿物磁铁矿的大量减少或消失,岩石的磁化率大大降低(由 $1570 \times 10^{-6} \sim 4370 \times 10^{-6}$ CGSM 降到 $0 \times 10^{-6} \sim 95 \times 10^{-6}$ CGSM)^[2]。

2.2 化学成分的变化

从不同程度钠长石化石英闪长岩的化学成分对比(表 2),可以看出:(1)石英闪长岩遭到钠长石化后,铁、钾有明显的带出,带入钠和硅;(2)钠化过程中 Fe_2O_3 降低很快,而 FeO 降低比较慢,岩石的氧化系数($\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$)随着钠长石化的增强明显降低;(3)铁的含量、氧化系数的降低和矿物成分的变化,完全可以说明在钠长石化过程中有很大一部分铁被活化转移;(4)随着交代作用的增强,岩石中钠的含量逐渐增高,而钾则相应减少,交代前后岩石中钾钠总量大致保持不变。

表 2 石英闪长岩在遭到不同程度钠长石化后化学成分的变化^[2]

岩石		石英闪长岩	弱钠长石化石英闪长岩	强钠长石化石英闪长岩	强钠长石化石英闪长岩	次透辉石钠长石交代岩
标本号		S- 144- 18	S- 128- 2	S- 128- 5	S- 128- 4	S- 128- 3
化学组分(重量%)	SiO ₂	60.87	61.86	62.73	63.25	60.96
	TiO ₂	0.71	0.66	0.60	0.61	0.68
	Al ₂ O ₃	16.29	1.38	16.76	16.01	16.70
	Fe ₂ O ₃	2.71	1.88	1.62	0.53	1.47
	FeO	2.40	2.42	1.60	1.74	2.05
	MnO ₂	0.11	0.00	0.00	0.00	0.30
	MgO	2.20	1.98	1.73	2.11	1.07
	CaO	4.42	4.16	5.02	5.38	3.83
	Na ₂ O	5.43	6.64	8.11	7.36	8.25
	K ₂ O	3.15	2.24	1.04	1.15	1.15
	H ₂ O	0.58	0.50	0.35	0.62	1.00
	H ₂ O气	0.35	0.15	0.27	0.38	0.43
	P ₂ O ₅	0.33	0.31	0.32	0.34	0.31
	F	0.08	——	——	——	0.05
合计		99.63	99.18	99.15	99.57	98.25

注:分析单位为原地质科学院矿床研究所八室。

2.3 钠化期次划分

钠化作用主要有两期,分别是伴随第一、第二期闪长岩侵入后形成的。各期次早阶段的钠化蚀变十分广泛,以面型为主,规模较大,铁门坎矿体北部第一期闪长岩中广泛发育面状的钠长石化现象。在尖山矿体北部第二期闪长岩中面状和网脉状的钠化蚀

变带宽度可达数十米到近一百米。晚阶段钠长石化多为脉—细脉状,沿蚀变岩石交代,常伴有较强烈的碳酸盐化。方柱石、辉石—石榴石夕卡岩的形成晚于早期钠长石化,但可见早期夕卡岩被后期钠化脉体所穿插的现象。

3 钠质的来源及钠化蚀变的动力机制、反应机理

3.1 钠质的来源

关于钠质的来源,可以有两个方面。一是来自侵入岩本身。就中国及世界同类闪长岩来看,一般含碱量($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$)为 4%~5%(据戴理)。但从实际资料来看,含铁铜矿化的侵入体 Na_2O 和 $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 含量均大大高于中国及世界同类岩石的平均值(Na_2O 为 4.6%, $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 为 8.26%)。这多余的部分碱质来自哪里?笔者认为本区的围岩钠化所需钠质部分来自于三叠系含膏盐岩层。

鄂东南三叠系含膏盐岩层是指蒲圻群底部至大冶群第四段以上的一套含石膏或石膏假晶的碳酸盐岩层。其中含有丰富的碱($\text{Na}^+、\text{K}^+$)、碱土($\text{Ca}^{2+}、\text{Mg}^{2+}$)和挥发性组分。本区铁山以南的五里墩—金山店—下远一带,以北的程潮—黄石一带均在三叠系地层发育。有 150 m~500 m 以上厚度的石膏岩层或含石膏岩层。从沉积岩相古地理角度分析,北至鄂城、黄冈,南到下远、马叫的这一区域同属于泻湖沉积区,应是一个沉积整体,其形成之膏岩地层自北向南由深湖沉积相区到浅湖沉积相区应有一个渐渐变薄变少的过程。但事实并非如此,居中的铁山地区石膏岩地层厚度却明显少于 50 m。这说明,原来应该相当厚的这部分岩层确实有缺失现象。导致膏岩层缺失的原因是后期中酸性岩浆侵入同化改造的结果。燕山期发生大规模岩浆活动,其中相当一部分岩浆贯入或穿透了含蒸发岩(即膏盐岩层)的三叠系地层。这可能有两种解释:一是构造的原因,一是由于岩浆作用造成的,或是二者兼而有之。岩浆岩对蒸发岩地层的改造和影响是不容置疑的。岩浆是硅铝酸盐的高温熔融体,中(偏基)性岩浆的温度大约为 1000~1200。含膏盐岩层中几种主要矿物的热化学性质如表 3^[4]。由表 3 及相关的热力学知识易知,盐类的分解温度、熔融温度最低,晶格能

武汉地质学院,武钢大冶铁矿.湖北大冶铁矿地质特征及其深部成矿预测问题探讨,1982。
张国盛.鄂东南三叠系含膏盐岩层特征及其划分对比讨论.1989。

和比重最小,因此相对最易被同化;而方解石、白云石、硬石膏等比盐类相对难以被同化。此外,还有溶解作用。在蒸发岩中,无疑盐类溶解度最大,而钙、镁碳酸盐和硬石膏则相对要小得多。所以,在一定的温度、压力、 E_h 、 pH 条件下,所有膏盐层都会不同程度的被同化,盐类物质会被同化得更多更彻底,而钙、镁碳酸盐和硬石膏则有可能会有部分剩余。此外,沿早期断裂带循环流动的水溶液的溶解作用导致矿区溶洞的发育,为后期成岩、成矿提供了一部分空间。由此,铁山地区含膏盐岩地层(T_1d^{5-7})的缺失及闪长岩充填占据大量空间的现象就可以得到比较合理的解释了。

表3 常压内含盐层中几种主要矿物的热学性质表

矿物	钾石盐	石盐	硫酸钾	方解石	白云石	硬石膏
分解温度(°C)	——	——	560~580	850~920	810~950	1190
熔融温度(°C)	776	801	1030~1070	1290~1340	2800	1300~1450
晶格能(kJ)	653	749		1498	5796	2603
相对体积质量	1.97	2.168	2.66	2.6~2.8	2.85	2.98

3.2 钠长石化的动力机制

在第一期闪长岩上侵之前,基底已存在有印支期 NWW 向的挤压型断裂带。伴随燕山期构造运动的进行,该断裂带由压性转为扭张性,原有断裂张开,致使后来的第一、第二期闪长岩侵入,同时带来了丰富的 Na、K、Fe、Al、Si、S、Cl 等元素。根据等势交代理论^[5],这时岩体中会发生自变质、自交代作用,即发生钠化及其他蚀变现象,从而可能析出铁质并富集成矿。岩浆刚上侵时,由于温度很高,同化了三叠系膏盐岩层后,岩体尚未完全固结,故在岩体内部所发生的自变质、自交代作用多发生于岩体顶(浅)部与边缘内接触带。因此,在如此条件下形成的钠化交代蚀变在外观上多呈面状。这应是各期早期阶段钠化蚀变特征。

随着岩体温度的降低,岩浆逐渐由外向内变为固态,体积收缩,岩体内外冷热不均产生原生裂隙。接触带构造运动的脉动性使岩体内部的原生裂隙进一步扩大、延展,又形成大量网脉状的构造。富钠热液可沿着这些节理、裂隙流入,与岩体发生钠化反应,使其在析出铁质的同时,自身被钠长石化。这时所产生的钠化蚀变常呈脉状、网状。而在岩体与地层的接触带及其附近易产生大规模的裂隙,经钠化交代过的富铁热液可通过各种节理、裂隙汇入这种大空隙中。然后由于这种构造的开放性,导致压力骤降及流体的沸腾,伴随沸腾作用可发生的一连串化学反应则有利于铁质的沉淀和成矿^[5]。

3.3 钠长石化的反应机理

前面已说过,铁山矿床围岩钠化具有多期次性特点。各期的早阶段钠长石化非常普遍,通常以斜长石的亮边和他形粒状出现,当蚀变作用很强时暗色造岩矿物才被交代。这可能是由于斜长石在钠长石化时不需破坏矿物的晶格构造,只是在晶格位置上以 Na^+ 、 Al^{3+} 替代 Ca^{2+} 和 Si^{4+} 的缘故。

根据接触带铁矿与钠长石化经常相伴的一般关系和水热实验资料等方面分析,铁在成矿流体中以 Na - Fe - Cl 及其它负离子的络合物为主要形式,那么钠长石化就意味着载铁络合物的分解。众多的实验资料揭示,铁最大可能的呈高温碱金属络合物形式搬运迁移,与铁矿关系密切的钠长石化可能的作用形式如: $Na_2(Fe_2Cl_6) + Al_2O_3 + 6SiO_2 + 2O_2 = 2NaAlSi_3O_8 + 2FeCl_3$ ^[6],这样就使得铁与碱金属得以分离。当流体中铁离子或卤化物不饱和时,钠化的同期流体还可以从岩石和矿物中清洗并吸收部分铁质,使岩石的 Na - Fe 呈负相关关系,这就是通常所说的“清洗效应”。利用石准立等对 14 个岩石化学成分资料(表 1)的计算,铁山侵入体的蚀变岩 $Fe_2O_3 + FeO$ 和 Na_2O 有明显的负相关关系,相关系数 $r = -0.7187$ ($F = 12.82$),表明钠化可使原岩含铁量降低。

4 钠化与成矿的关系

钠化交代铁质的地球化学实质可能是,由于铁离子较之钠离子有较大的断键能和较高的电位,在偏碱性或碱性岩浆中,争夺 O^{2-} 的能力远大于钠离子。因此铁离子优先与 O^{2-} 结合形成独立的氧化物多面体液相,钠离子则与硅铝氧络离子键结合形成富钠岩浆。在有利的动力和物理化学条件下,在挥发分流的作用下,Fe - O 多面体液相便与富钠岩浆逐渐分熔,并聚集成铁矿浆成矿。此外,挥发分(特别是氯)在岩浆分异演化过程中逐渐富集,促使铁从硅酸岩熔体中解离出来,也起着重要作用^[7]。

钠化蚀变现象一般都见于紧靠矿体附近的闪长岩体内^[2],与矿体空间上关系十分密切。至于时间上,我们知道,与铁矿床形成关系最密切的岩浆岩是第一期和第二期闪长岩,而钠化最主要的两期也是伴随着两期岩浆岩的侵入而发生的。由此看来,除早期矿浆贯入断裂接触带构造外,每一期次钠化的发生都可能带来新一期次的矿化。

因钠化作用而产生的铁质的富集主要有两种反应途径。

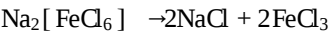
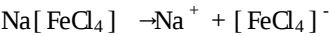
一是岩浆岩在高温条件下发生自交代作用后，生成磁铁矿 ,并伴随原岩的钠长石化或钠化：



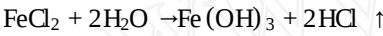
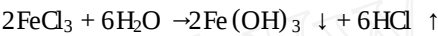
交代液 原岩 钠长石 磁铁矿

二是由低温下的沸腾作用而发生的析铁反应，压力的突然减小，导致流体沸腾，然后即有以下反应：

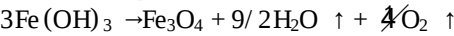
原始载矿络合物的破坏：



简单卤化物的水解：



氢氧化铁的脱水：



大量地质和实验研究已经表明，铁的成矿发生

在钠质交代作用之后，但二者有成生联系。这种联系首先表现在他们同受岩浆作用支配，是岩浆分异演化总过程中两个不同方面的表现形式。从成矿角度看，他们又同属一个成矿过程。其次表现在钠质交代带出的铁质是成矿物质来源之一。此外，尚有无钠质交代的矿浆型铁矿。因此，钠质交代与铁矿成矿关系主要还不表现在钠质交代析出铁质上，应追溯整个碱质和碱质交代溶液的历史。

5 铁山矿床的钠化蚀变与成矿关系

钠化蚀变与成矿关系的模型见表 4。

表 4 铁山钠化蚀变与成矿关系模式

矿化种类	以铁为主，伴生有铜、金、钼、钴等多种矿产
围岩地层	为大冶群大理岩、白云质大理岩及含膏盐岩建造
岩浆岩	燕山期第一期中细粒含石英闪长岩，第二期黑云母透辉石闪长岩，高硅(SiO ₂ = 60.72 %)，低铁(Fe ₂ O ₃ + FeO = 4.74 %)，富碱(Na ₂ O + K ₂ O = 8.26 %，K ₂ O/Na ₂ O = 0.26 ~ 0.65) (据 10 个样品计算所得)
构造	第一、第二期闪长岩与蚀变大理岩的断裂接触带构造
钠质来源	一是岩浆源；二是高温闪长岩同化三叠系含膏盐岩层而提供 Na ⁺
钠化蚀变期次	早阶段以钠长石化为主，形成面状蚀变；晚阶段形成钠长石及钠柱石化，形成脉状、网脉状蚀变
钠化蚀变表象特征	网脉状、脉状、面状。原岩褪色、红化；蚀变岩石具“净边”结构、蠕英结构、交代残余结构、糖粒状变晶结构和变斑结构；磁化率显著降低
与成岩的关系	闪长岩发生自变质作用以及热液交代作用，形成贫铁富钠的钠化闪长岩、钠长石岩
与成矿的关系	提供部分矿质，形成磁铁矿、赤铁矿的富集成矿，是判断矿床规模和找矿的重要标志之一

6 钠化的找矿意义

根据现有铁山矿床钠化表现情况及对钠化蚀变的探讨，我们认为本区钠化蚀变的主要意义如下。

1) 闪长岩内接触带钠长石化比夕卡岩化分布范围更广、为其外带更为重要的找矿标志之一。沈保丰等(1977)及杨超群(1981)、杜乐天(1984)分别指出，钠化的范围、强度与矿体的规模成正比。因此，决定矿床规模大小，其关键在于碱交代规模大小。这是判断成矿规模的首要条件之一^[4]。

2) 上三叠统含膏盐地层的存在应该作为有利成矿的重要条件。它有可能提供了成矿作用中十分关键的补充性的钠质。

3) 岩浆岩中钠的异常都应作为找铁矿的重要指示特征。很多事实已经证明，岩体中发生钠化，则铁质必将被析出，这很有可能成为铁矿床形成的先兆。因此，钠化应作为寻找铁矿床特别是接触交代型铁矿床的重要标志之一。

4) 在范围较大的钠化带上，当蚀变强度较高时，

又叠加有夕卡岩化、碳酸盐化等蚀变，在有利的构造条件下，是有可能找到一定规模的矿体的。

5) 在钻探施工中随时作岩石碱项分析，掌握钠化变化规律，结合磁测资料可以及时指导施工生产，掌握是否结钻的主动权。

7 结 论

经过以上各方面的探讨，得出以下结论。

1) 铁山矿区钠化蚀变主要分布于岩体内接触带近百米范围内。

2) 围岩钠化蚀变主要是钠长石化，外在表现为脉状、网状和面状。受钠化蚀变的岩石褪色红化现象明显。

3) 钠化蚀变的本质是富钠热液交代岩体，使 Fe²⁺、Fe³⁺等离子析出，并在原岩中与其它组分形成新的富钠矿物。

4) 发生蚀变的钠质一部分来源于岩浆岩本身，另一部分来源于岩浆同化三叠系含膏盐岩层所得。

5) 钠化蚀变是铁山矿床成矿物质的重要来源之

一,但不是主要来源。钠化与成矿关系主要表现为钠化规模与成矿规模大致有正相关关系,因钠化是近矿蚀变的明显标志之一,故它对指导寻找铁矿很有实际意义。

本文在撰写过程中,受到李志德副教授、张均教授的精心指导,在此特表感谢。

[参考文献]

- [1] 华北地质科学研究所铁矿研究队. 我国接触交代型铁矿的地质特征及成矿作用的探讨[M]. 矿产专辑(二)——铁铜矿产,北京:地质出版社,1986.
- [2] 赵一鸣,林文蔚. 中国夕卡岩矿床[M]. 北京:地质出版社,1990,77~81.

- [3] 蔡本俊. 长江中下游三叠系蒸发岩特点及其对形成盐、铁、铜矿床的意义[M], 矿物岩石学论丛(1). 北京:地质出版社,1980.
- [4] 杜乐天. 烃碱流体地球化学原理——重论热液作用和岩浆作用[M]. 北京:科学出版社,1996,147,236~249.
- [5] 赵永鑫. 长江中下游地区接触带铁矿床形成机理[M]. 北京:中国地质大学出版社,1993.
- [6] 张光耀. 我国主要内生铁矿类型的碱交代机制及其与铁矿的关系[J]. 矿产地质,1985,1:1~11.
- [7] 姚培慧,王可南,杜春林,等. 中国铁矿志[M]. 北京:冶金工业出版社,1993,399~405.
- [8] 薛迪康,葛宗侠,张宏泰,等. 鄂东南铜金矿床成矿模式与找矿模型[M]. 北京:中国地质大学出版社,1997,126~129,161~162.

THE RELATION OF NATRIUMLIZATION AND METALLOGENESIS IN DAYE IRON DEPOSIT, HUBEI

YANG Feng - hua

Abstract: This paper systematically expounds rock characteristics, ore - forming process, sodium origin and sodium alteration mechanism in contacting zones of Daye iron deposit. The relation of natriumlization, potassiumlization and skarnize is very close. It is emphasized that natriumlization is one of the important directive signs of iron mineralization.

Key words: Hubei province, Daye iron deposit, natriumlization, hydrothermal metasomatic alteration, Triassic strata containing gypsum

[作者简介]

杨峰华(1977年-),男,2000年7月毕业于中国地质大学资源勘查工程本科专业。同年9月至今就读于该校研究生院矿产普查与勘探硕士专业。主要从事矿产普查与勘探、成矿规律与成矿预测、矿产资源规划等研究工作。

通讯地址:武汉市 中国地质大学研究生院 邮政编码:430074



热烈祝贺我刊进入“中国期刊方阵”

根据新闻出版署的要求,拟建设一个宝塔型的“中国期刊方阵”,分为四个层面:第一个层面是“双效”期刊,以全国现有8135种期刊为基数,按10%~15%的比例选取社会效益、经济效益都好的1000余种期刊,作为方阵基础,通过各省部委评比产生。第二个层面是“双百”期刊,是每两年一届评比产生的百种社科期刊和百种重点科技期刊,这一层面期刊充满活力与竞争力,是中国期刊方阵的中坚,每届约200种左右。第三个层面是“双奖”期刊,在全国“双百”重点期刊基础上,评选出的国家期刊奖、国家期刊提名奖的期刊,这一层面期刊建设重点是利用期刊品牌效应,通过兼并形式,形成品牌系列期刊,约100种左右。第四个层面是“双高”期刊,即高知名度、高学术水平的期刊,据世界期刊协会和其它国际权威质量认证机构提供的信息,我国社会期刊有20余种排名在世界同类期刊500强的前50名,有60余种科技期刊在国际科技学术界有影响,这一层面期刊是创造世界名牌期刊的基础,重点抓50种左右。

“中国期刊方阵”的建设是现阶段我国期刊出版事业发展的需要,是推进新世纪我国期刊发展的战略性举措,它将促进我国期刊精品战略的实施。

我刊已进入“中国期刊方阵”的第二个层面,即“双百”期刊。