

晋北前寒武纪铁矿床组合、成矿系列 及其演化的地质、地球化学特征

杨 敏 之

(冶金部天津地质调查所)

晋北前寒武纪地层层位划分^[1,2,3,10]、地层层序^[11]、基本构造特征^[5,6,7]等方面,前人已做过较多的工作。本文在五台、吕梁、雁北前寒武纪含铁岩系、铁矿床区域地质、矿区地质和地球化学工作基础上,从地质发展史、铁矿成矿物质来源、地壳物质演化上,确定了晋北前寒武纪铁矿床类型、铁矿床组合、成矿系列,讨论了晋北铁矿成矿区的划分和找矿方向。

一、晋北前寒武纪含铁岩系的层位及其展布

晋北前寒武纪含铁岩系主要分布于山西台背斜的四个隆起区内(五台、吕梁、太行、阜平)。呈北北东—北东—北东东向带状展布。从北到南出现五个带:(1)柏枝岩—大明烟—铺上一山羊坪;(2)阜平—建屏;(3)宽滩—贺家庄—北大兴—史家岗;(4)袁家村—狐姑山—尖山;(5)黎城小寨—栗城。产有工业铁矿的含铁岩系有五个层位:中太古界赞皇群石家栏组、阜平群南营组、上太古界吕梁群袁家村组、五台群文笔岩段、下元古界滹沱群四集庄组。据地质产状、层位对比、同位素年龄^[8,9]确定晋北铁矿主要有五个成矿时代:中太古代(>30亿年)、晚太古代(>25亿年)、早元古代(>19.5亿年、16.5亿年、13.3亿年)。

(一) 上太古界五台群铺上组文笔岩段含铁层位 成扇形紧密褶皱,沿北东向分布。厚度一般500—600米,最大厚度1560米。主要由绿泥岩、绿帘绿泥岩、斜长绿泥岩、绢云绿泥片岩组成,夹有变辉绿玢岩、变辉绿岩。出现三层磁铁石英岩,单层厚2—15米。含铁层位产出的层序、岩性见五台地区铺上含铁岩系实测地质剖面(图1)。

(二) 上太古界吕梁群袁家村组含铁层位 分布于簸箕山—尖山地区,沿北北东—北东向呈L形带状分布。含铁岩系延长44公里,宽1.4公里。簸箕山出现三个矿带,每个铁矿带厚200—600米,长2000—2031米,延深200—600米。含铁岩系主要由绿泥片岩、绢云绿泥片岩、磁铁石英岩、赤铁石英岩、磁铁—赤铁石英岩、镁铁滑石闪石片岩、变质石英砂岩组成。原岩为一套碎屑—粘土岩,中夹中基性火山岩。含铁岩系由三个小沉积旋回构成。每个沉积旋回从下往上为砂砾岩→中粒砂岩→粉砂岩→粘土岩→粘土岩夹赤铁矿层→硅铁岩。岩相分析表明含铁岩系为吕梁海槽边缘坳陷、近陆源的滨海—浅海相沉积。铁矿层在海侵程序

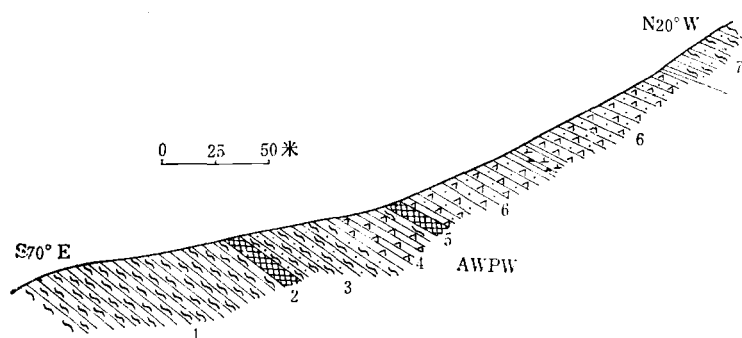


图 1 五台铺上五台群铺上组文笔岩段实测地质剖面

1—暗绿色绿泥岩内夹绢云母石英片岩，52米；2—条带状磁铁石英岩，2米；3—浅绿色绿泥片岩，内有方解石条带，21米；4—暗绿色绿泥岩，20米；5—条带状磁铁石英岩，5米；6—暗绿色绿泥岩夹变辉绿岩，90米；7—深青色石英绢云片岩，30米

底部沉积。

(三) 下元古界滹沱群含铁层位

1. 滹沱群四集庄组：含铁岩系总厚284—322米，东部厚322米，西部厚299.5米。铁矿层产于变质角斑岩内。上、下部均出现绿泥片岩、绿帘绿泥岩。铁矿体厚13—24.7米，一般3—7米，沿走向延长1300米，延深400米。出露于史家岗铁矿区。

2. 滹沱群豆村亚群大石岭组谷泉山段含铁层（图2）：沿五台隆起呈30°—50°东带状分布。铁矿体产于谷泉山段底部的长石石英砂岩、长石石英砂砾岩和扁豆状白云岩内。分布于五台宽滩、郭家庄一带。

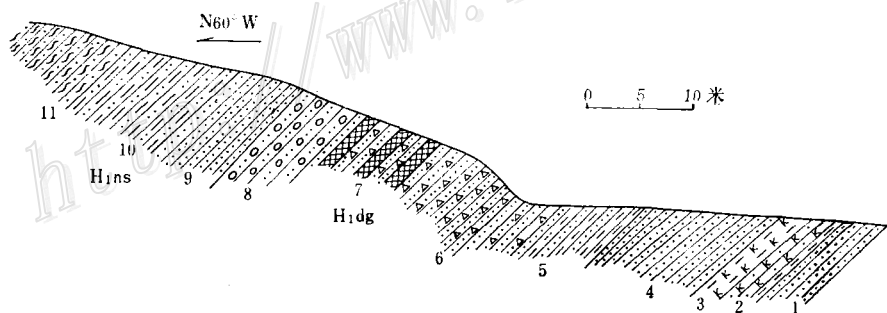


图 2 五台大草坪北沟滹沱群豆村亚群大石岭组谷泉山段含铁层实测剖面图
(该剖面地层层序为倒转层序)

1—灰白、青灰色石英砂岩，5米；2—深灰色中粒长石石英砂岩，3米；3—淡红色变质泥质长石石英砂岩，2米；4—淡红褐色中粒石英砂岩，12米；5—青灰色石英砂岩，8米；6—淡红、青灰色长石石英砂砾岩，9米；7—暗灰色含镜铁矿长石石英砂岩，10米；8—灰色铁质长石石英巨砾岩，5米；9—绢云母石英砂岩，5米；10—粗粒石英砂岩，10米；11—粗粒钙质千枚状石英砂岩，20米；1—8：H₁dg 谷泉山段；9—11：H₁ns 寿阳山段

3. 滹沱群东冶亚群青石村组含铁层：分布于五台刘定寺、南沟、苜蓿沟、牛心沟、长畛沟一带。细鳞片状赤铁矿矿石产于暗红色砂质板岩、白云质板岩、含铁石英砂岩内，铁矿层厚2—5米，出露宽10—20米，延长2200米。

4 郭家寨亚群西河里组含铁层：分布于尧岩山、西掌、红石头、石岭、北大兴一带。铁矿层有两种产状：①产于西河里组底部的红色砂岩、暗紫色页岩及其互层带内（和为堂）。②产于西河里组底部硅铁角砾岩层及下伏北大兴组白云岩岩溶塌陷带内的赤铁矿石，铁矿体呈凸透体，一般厚0.5—1.2米，赤铁矿-水赤铁矿石具胶状同心圆状构造、皮壳状构造，铁矿石内含 P_2O_5 较高0.48—2.89%。

上述几个含铁层位，以（一）、（二）两个含铁层产有大一中型铁矿床。

二、含铁岩系原岩建造的恢复

在对含铁岩系进行层序、岩相实测地质剖面的基础上，利用了以下四种方法进行工作：

1. 变质岩变质矿物、矿石矿物组合、变余结构构造的研究。2. 对320个含铁岩系的岩石化学分析结果利用七种方法进行了计算和编图（图3）。并利用A. T. 皮尔斯(Pearce)判别函数法确定了原岩岩套类型。采用镁指数(MF值)、长英质指数(FL)、固结指数(SI)研究了原岩岩套的演化。3. 利用造岩矿物、付矿物的判别及其标型特征进行原岩恢复工作（着重利用了绿泥石类、石榴石类、锆石等矿物）。4. 着重在地区含铁岩系岩石微量元素含量背景值（表1）基础上，利用Sr/Ba、Ti/V、Ni/Co、Ce/Y、Rb/Cs等相关元素对的比值进行原岩恢复。

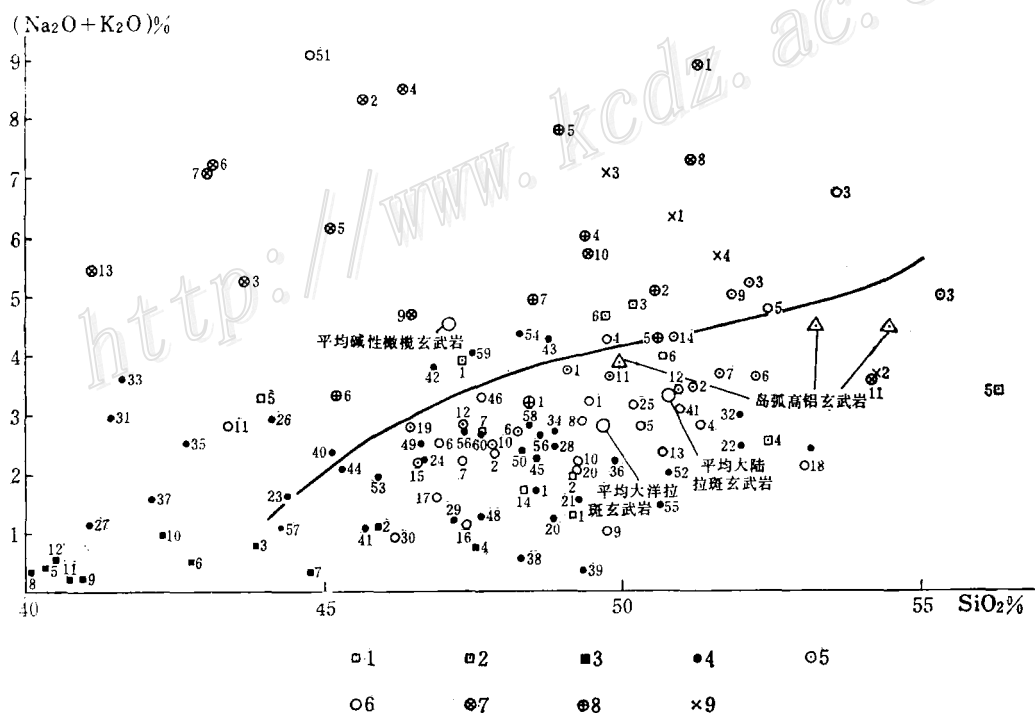


图3 玄武岩的 $Na_2O + K_2O$ 对 SiO_2 的变异图

(据D. W. Hyndman, 1972)

1—赞皇群；2—阜平群；3—界河口群；4—五台群文溪段；5—吕梁群近周峪组；6—吕梁群袁家村组；7—漳沱群四集庄组；8—漳沱群青石村组；9—野鸡山群

晋北晚太古代—早元古代含铁岩系中含铁岩石微量元素平均含量(%)

表 1

层位	元 素 岩石名称	Ba	Sr	Ni	Co	Cr	Ti	V	样品数
漳沱群 西河里组	含细晶赤铁矿砂 页岩	0.074	0.062	0.007	0.009	0.069	0.295	0.088	20
漳沱群 谷泉山段	含细晶赤铁矿砂 岩	0.060	0.013	0.0046	0.018	0.086	0.093	0.014	69
漳沱群 四集庄组	镜铁矿—绢云绿 泥片岩	0.042	0.058	0.014	0.024	0.032	0.218	0.042	12
五台群 文笔岩段	磁铁矿石英绿泥片 岩	0.015	0.113	0.013	0.039	0.012	0.284	0.012	12
吕梁群 袁家村组	赤铁磁铁矿石英绢 云绿泥片岩	0.030	0.026	0.015	0.011	0.006	0.010	0.001	20
地壳内含量 ⁽¹⁾		0.039	0.048	0.0089	0.0025	0.011	0.64	0.014	
上地幔内含量 ⁽¹⁾		0.0076	0.012	0.15	0.016	0.16	0.25	0.008	

三、晋北含铁岩系原岩建造类型、铁矿床组合、成矿系列

在含铁岩系产出层位、层序、岩相及其原岩类型恢复基础上,从含铁岩系岩石组合及其演化上,可将原岩建造分为四个类型:

(一) 拉斑玄武岩岩石组合系列 中太古界界河口群奥家滩组、赞皇群的石家栏组变质岩的原岩主要为拉斑玄武岩、中夹有超基性岩。上太古界五台群的铺上组变质岩的原岩主要为拉斑玄武岩夹钙碱质玄武岩。该岩石组合在地层剖面上出现明显的火山喷发旋回,从拉斑玄武岩→钙碱质玄武岩→安山玄武岩→安山岩→流纹岩。

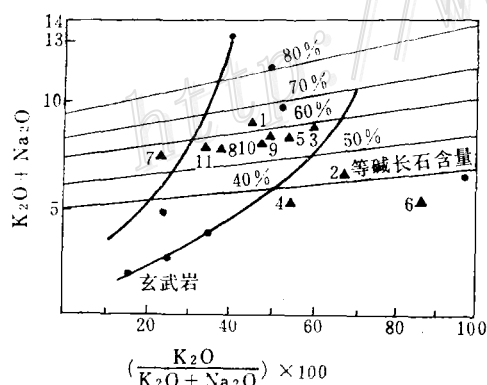


图 4 史家岗铁矿含铁岩系的火成岩光谱铁
矿化火山岩的位置图

(参据C. T. 哈赫斯)

1、5、9—变质钠角斑凝灰岩; 2、6—绿泥片岩;
3—绿泥绢云片岩; 4、7—绿泥岩; 8—变质绿泥钠
长斑岩; 10—石英绿泥绢云片岩; 11—变质钠长斑
岩; △ 史家岗铁矿含铁岩系岩石; C. T. 哈赫斯资料

(二) 钙碱质玄武岩—碱质玄武岩岩石共生
组合系列 产于上太古界五台群铺上组上部、下
元古界漳沱群四集庄组、青石村组、野鸡山群白龙
山组内。据久野、C. T. 哈赫斯(Hughes)火山岩光
谱图解(图4)、斜长石(An5-10)种类确定四集
庄组板岩段为一套细碧角斑岩,从岩石化学FL
值、SI值、FM值表明细碧角斑岩系列岩石有明
显的分异作用(从底部细碧岩到顶部角斑岩、FL
值由44.39→80.88, MF值由62→95, SI值由
25.04→3.43)。

(三) 碎屑-粘土岩中夹基性火山岩岩石组合
发育于上太古界吕梁群袁家村组,碎屑粘土岩具砂粒结构、豆状结构,具微层理、粒级层,

从层序、岩相上具明显的沉积旋回。

(四) 粘土碎屑岩、碎屑岩岩石组合 分布于下元古界滹沱群豆村亚群大石岭组谷泉山段、东冶亚群青石村组、郭家寨亚群西河里组。组成岩石有：含铁石英砂岩、紫红色砂质页岩、硅铁角砾岩。经岩相分析，该岩石组合为潮上带沉积相、陆源—滨海沉积相、滨海—浅海沉积相。石英颗粒粒级分析表明石英碎屑有一定分选，渗合作用较强，搬运方式以滚动为主，间有悬浮沉积。产出层序上，下部为粗砂砾岩、中部为细砂岩，上部为砂质页岩，具有明显的海侵沉积旋回。

据铁矿床产出地质-构造位置、空间分布格式、原岩岩石组合、铁矿石类型及其物质来源，晋北铁矿床有两个成矿系列（表2）：

1. 深源物质-拉斑玄武岩-钙碱质玄武岩-碱质玄武岩系列有关火山岩型铁矿床：包括火山-熔岩型、火山-气液型和火山沉积型（近源、远源），其主要地质、地球化学特征见表2、

晋北前寒武纪铁矿床组合、成矿系列的地质、地化特征

表 2

岩石系列特征	拉斑玄武岩系列的铁矿床组合	钙碱-碱质玄武岩系列的铁矿床组合	表壳陆源-滨海碎屑岩有关的铁矿床组合	表壳滨海-浅海碎屑岩有关的铁矿床组合
成矿时代 (同位素年龄)	30—25亿年 (中—晚太古代)	20亿年 (早元古代)	13.50亿年	16.5亿年
铁矿床组合	1.火山熔岩型； 2.火山-气液型； 3.火山-沉积型；	1.火山-气液型； 2.火山-沉积型；	1.喀斯特岩溶型； 2.滨海沉积型；	滨海—浅海相有关铁矿床
含铁岩系的岩石组合	绿泥岩、绿泥片岩、 绿帘绿泥岩	绢云石英片岩	变余石英砂岩，硅质 角砾岩	变质长石石英砂岩
原岩建造类型及 层序	底部拉斑玄武岩、中 部安山玄武岩、上部中 -酸性火山岩	底部细碧岩，上部角 斑岩	底部砂砾岩，上部砂 页岩互层	底部砂砾岩，上部砂 岩夹白云岩
玄武岩类岩石化 学指数	SI ₁ : 52.63 MF ₁ : 42.67 FL ₁ : 30.01	SI ₁ : 14.48 MF ₁ : 80.54 FL ₁ : 58.81	不存在玄武岩类岩石	不存在玄武岩类岩石
铁矿石类型	镁铁闪石磁铁矿石英 岩、磁铁矿石英岩	钠长石-细晶赤铁矿 石、镜铁矿石	镜铁矿石、石英赤 铁矿石、水赤铁矿碧 玉岩	镜铁矿石，砂质赤 铁矿石
铁矿石内微量元 素组合	Fe-Ti-Co	Fe-B-Ce-Sr	Fe-Ba-P	Fe-Mn-Ce
古地理及构造位 置	沿绿岩带分布	沿晚太古代古陆边缘 断裂分布	沿早元古代古陆边缘 成带状分布	沿早元古代古陆分布
含铁岩系层位	五台群文笔岩段、赞 皇群石家栏组	滹沱群四集庄组	滹沱群西河里组	滹沱群青石村组
矿床实例	五台柏松岩、山羊坪、 太行小寨、吕梁袁家村	五台史家岗	五台北大兴、石岭、 和为堂	五台贺家庄、宽滩

3。

(1) 火山熔岩型铁矿床：产出于五台北部石占梁。钛铁矿-磁铁矿矿体沿层分支，在走向上厚度变化较大。铁矿石含 TiO_2 较高，含有微量元素Cr、V、Sc、Ni。

晋北拉斑玄武岩系列铁矿床类型及其地质、地球化学特征

表 3

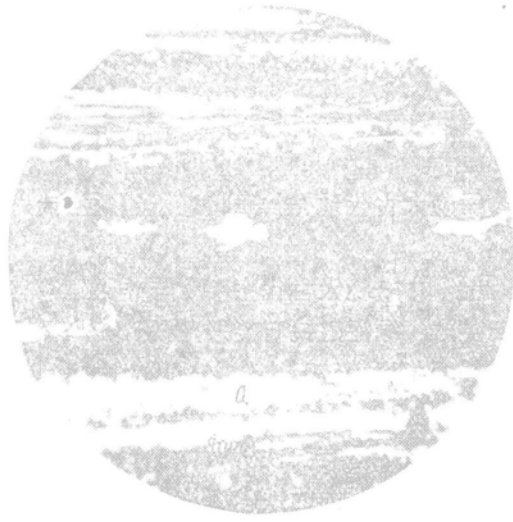
特征 矿床类别	火山熔岩型	火山-气液型	火山-沉积型	
			近源	远源
原岩建造类型	拉斑玄武岩	拉斑玄武岩-钙碱质玄武岩	中基性火山凝灰岩、火山碎屑岩	碎屑粘土岩、粘土岩
变质岩石组合	角闪片岩、角闪岩、绿泥岩、绿帘绿泥岩	绿泥岩、绢云绿泥片岩、钠长绢云片岩	绿泥石英片岩、绿泥片岩	绿泥片岩、变质石英砂岩
铁矿体形态	沿层呈扁豆状、凸镜状	脉状、断续脉状	似层状	层状、似层状
主要矿石类型	钛铁磁铁矿石、角闪磁铁矿石	黄铁-磁铁矿石、细晶赤铁矿石、镜铁磁铁矿石	镁铁闪石-磁铁矿石、磁铁矿石英岩	鲕绿泥石-赤铁矿石、磁铁赤铁矿石
结构构造	半自形晶、板状、似海绵陨铁结构、斑杂状构造	自形晶、晶簇构造、致密块状、半自形晶结构	他形、半自形晶结构、条带状构造	豆状结构、胶状构造、半自形晶、缟纹状构造
矿石矿物组合	钛铁矿、磁铁矿、钛磁铁矿	磁铁矿、黄铁矿、磁黄铁矿	磁铁矿、赤铁矿、铁白云石	赤铁矿、鲕绿泥石、磁铁矿
矿石内微量元素含量(ppm)	Cr: 180, V: 370, Sc: 75	Ni: 60, Cr: 59, Co: 37, Sc: 49, V: 95	Cr: 30, Ni: 10, V: 24, Co: 10, Sc: 30	Cr: 10, Ni: 15, V: 10, Co: 11
成岩成矿作用特征	受岩石类型控制，成岩作用与成矿作用一致	磁铁矿晚晶出于造岩矿物	火山喷发间歇、火山-沉积作用形成	受沉积旋回控制
控矿构造	岩层内的构造	断裂构造、层间构造	原始沉积构造、后期褶皱构造	层位、岩相、后期褶皱构造
矿床实例	五台北部石占梁	五台旋风口、史家岗	五台山羊坪	吕梁袁家村

(2) 火山-气液型铁矿床：产于定襄史家岗和五台旋风口。镜铁磁铁矿体多分叉斜交片理，近铁矿体处出现钠长石化、电气石化、硅化和铁白云石化（史家岗）。铁矿石具自形晶结构、晶簇构造等。从地质产状、矿石结构构造分析铁矿成矿有两个阶段：①铁矿浆分凝阶段；②火山-气液阶段。

(3) 火山沉积型铁矿床：近源火山沉积型铁矿床产于五台山羊坪、柏枝岩等地。远源火山沉积型铁矿床产于吕梁袁家村一尖山地区，铁矿石具变余砂粒结构、豆状结构、条带状构造（照片1）、缟纹状构造、放射状构造（照片2）。

上述三类铁矿床在空间分布上有分带性，时间演化上有顺序性。近火山喷发区出现火山-熔岩型铁矿床（五台北部）；近陆源的边缘拗陷区出现远源火山-沉积型铁矿床（五台赵村

等地)。据层序、岩相对比,在火山喷发旋回中一下部出现火山-熔岩型铁矿床,中-上部有火山-气液型铁矿床,上部产出火山沉积型铁矿床。在同一铁矿床,成矿作用早期形成火山熔岩型铁矿床,晚期形成火山-气液型铁矿床。



照片 1 条带状铁闪石-石英-磁铁矿石
白色为石英和铁闪石,黑色为磁铁矿
× 80 PIV-37 袁家村



照片 2 放射状磁铁-赤铁矿石
白色为石英,黑色为磁铁矿和赤铁矿
× 80 PIV-20 袁家村

2. 表壳物质有关的陆源-滨海-浅海粘土碎屑岩相沉积的铁矿床组合系列:该系列铁矿床发育于早-中元古代,受阜平古陆、五台古陆的范围控制,铁矿床沿阜平古陆成北东-北东东向展布,位于滹沱海盆边缘地带。陆源堆积型铁矿床主要沿滹沱群东冶亚群与郭家寨亚群西河组间不整合面分布。从地质产状、岩石类型、矿石类型及其组合上看,可分为以下三种类型铁矿床:

(1) 陆源-堆积型铁矿床:产于地层不整合面白云岩拗陷破碎带和岩溶塌陷带内。赤铁矿矿体成漏斗状、不规则团块体。铁矿石具变胶同心圆状构造。

(2) 陆源-滨海型铁矿床:发育于五台和为堂、西掌、尧岩山等地。含铁矿的石英砂岩内的石英碎屑颗粒分选差,掺合作用强。经粒级分析属潮上带碎屑岩相。

(3) 滨海-远滨海型铁矿床:发育于五台宽滩、郭家庄地区。镜铁矿矿体产于谷泉山段底部的巨砾岩层上。含铁矿的石英砂岩出现粒级层、交错层、波痕。从岩相分析,铁矿产于潮滨带。

四、晋北前寒武纪铁矿组合、成矿系列演化的地质、地球化学特征

晋北前寒武纪地质发展过程中,铁矿床组合、铁矿成矿系列有一定的演化序列和方向性。其演化的主要地质、地球化学特征表现在:

(一) 含铁岩系原岩建造类型、铁矿床类型的演化 中太古代和晚太古代主要形成拉斑

玄武岩系列有关的火山岩型铁矿床；晚太古代后期—早元古代形成碱质玄武岩系列有关的火山岩型铁矿床；早元古代中—后期形成陆源—滨海—浅海型铁矿床组合。与铁矿床有关的原岩建造类型的演化序列为拉斑玄武岩建造（中太古代—晚太古代）→钙碱质玄武岩建造（晚太古代后期）→碱质玄武岩建造（溱沱群四集庄组）→沉积浊积岩（溱沱群南台组）→碎屑岩—碎屑粘土岩建造（溱沱群豆村亚群）→碳酸盐岩建造（东冶亚群）→磨拉石建造（溱沱群郭家寨亚群）。

（二）含铁岩系内玄武岩类岩石的岩石化学演化趋向 中太古代—晚太古代到早元古代与铁矿有关玄武岩类岩石 Na_2O 、 K_2O 、 Fe_2O_3 、 P_2O_5 的含量增加， MgO 、 FeO 、 CaO 含量减低，相应地SI值减低，FL值、MF值增加（表4）。反映了中—晚太古代地壳物质接近于拉斑玄武岩，富含 MgO 、 FeO ；早元古代地壳则富含 K_2O 、 SiO_2 和 Na_2O 。

（三）铁矿石类型及其主要化学成分的变化趋势 中—晚太古代主要为与硅铁建造有关的磁铁矿石岩、角闪磁铁矿石岩、镁铁闪石磁铁矿石岩、绿泥磁铁矿石岩型铁矿石；早元古代铁矿石类型有鲕绿泥石—赤铁矿石岩、赤铁—磁铁矿石岩等矿石。从中—晚太古代到早元古代铁矿石的 P_2O_5 、 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 含量增加， FeO 、 SiO_2 含量减低（表6）。据前寒武纪硅铁建造铁矿石化学组成与古环境关系图解（图5），五台群硅铁建造有关铁矿石位于地槽区；吕梁群袁家村组内的铁矿石化学成分位于地槽边缘拗陷区；溱沱群内的铁矿石位于冒地槽区。

（四）含铁岩系岩石和铁矿石元素组合及微量元素含量的演化趋势（表1、表5） 从中—晚太古代到早元古代Ba、P、Mn含量增加，Sr、Ti、V、Ni、Co含量减低，Sr/Ba、Ce/Y比值减

晋北太古代—元古代玄武岩岩石化学平均值（%）

表 4

平均化学组成 层位及样品数			SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	SI	MF	FL	
溱沱群	青石村组	17	52.48	1.44	14.53	8.31	4.50	6.63	6.13	3.75	1.05	0.32	27.35	65.89	44.04	
	四集庄组	7	49.04	1.11	16.20	2.85	14.12	4.10	5.07	3.97	3.27	0.17	14.48	80.54	58.81	
野鸡山群白龙山组			6	52.52	1.84	13.99	5.00	11.05	4.69	7.99	3.89	1.10	0.27	18.23	77.39	38.44
吕梁群	袁家村组	17	48.33	0.80	16.64	5.71	11.52	7.63	8.14	1.37	0.84	0.07	28.19	69.31	21.35	
	近周峪组	16	50.54	1.21	15.39	6.75	8.83	5.52	6.94	2.78	1.47	0.26	21.78	73.84	37.98	
五台群	文笔岩段	65	51.20	1.91	16.26	11.02	2.67	18.39	6.67	2.09	0.77	0.16	52.63	42.67	30.01	
	铺上组底部	5 ^①	50.06	0.51	9.39	5.47	4.24	22.43	6.04	1.46	0.12	0.12	66.52	30.21	20.73	
阜平群			10	48.14	0.52	13.31	6.53	7.89	12.94	7.40	2.61	0.61	0.16	42.32	52.70	30.32
赞皇群			11	50.10	1.17	12.71	10.35	4.01	8.76	8.91	2.22	1.54	—	32.59	61.71	29.68
界河口群			20 ^①	46.17	0.39	7.91	7.88	3.96	24.90	8.10	0.36	0.18	0.08	66.79	32.23	6.25

① 由冶金部天津地质调查所分析室分析。①内有橄榄玄武岩

表 5

五台、吕梁上太古界含铁岩系内主要岩石的化学分析结果表 (%)

编 号	岩 石 名 称	产 出 层 位	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	CO ₂	H ₂ O*	总 计
铺一001	石英绿泥绢云岩	五台群文笔岩段	66.80	0.56	16.39	1.08	4.18	0.11	1.93	0.46	5.30	0.22	0.099	0.26	2.42	99.81
铺003	绢云绿泥岩	五台群文笔岩段	59.76	1.00	13.06	2.05	11.16	0.27	5.37	1.08	0.55	1.70	0.134		4.26	100.67
铺006	变辉绿玢岩	五台群文笔岩段	48.84	1.00	14.67	3.83	10.22	0.31	7.97	6.76	1.00	0.25	0.067		5.26	100.18
旋002	石英绿泥岩	五台群文笔岩段	52.04	2.05	13.05	3.69	14.40	0.33	4.40	2.83	2.40	0.075	0.271		4.68	100.22
旋003	绿泥岩	五台群文笔岩段	44.38	1.79	11.69	5.05	14.92	0.40	6.10	5.89	1.50	0.075	0.146	3.45	4.86	100.26
旋004	绿泥片岩	五台群文笔岩段	46.64	1.92	11.69	5.31	14.79	0.38	4.87	4.78	2.20	0.065	0.201	2.76	4.42	100.03
桥003	绢云绿泥片岩	五台群文笔岩段	46.16	1.05	11.39	3.13	10.63	0.37	5.27	8.72	0.75	0.19	0.071	8.47	4.14	100.36
寺003	辉石角闪岩	吕梁群袁家村组	46.54	0.61	16.04	1.62	11.00	0.33	8.70	10.81	1.45	0.76	0.053		1.88	99.82
袁19	石英角闪岩	吕梁群袁家村组	50.86	1.54	13.66	3.79	12.73	0.36	5.10	7.56	2.90	0.315	0.271		1.44	100.54
袁4	绢云绿泥片岩	吕梁群袁家村组	68.10	0.56	14.11	3.51	3.48	0.14	2.48	0.13	0.05	3.52	0.09	0.04	3.74	100.05
袁25	绢云片岩	吕梁群袁家村组	72.10	0.30	12.76	2.03	2.41	0.11	1.38	0.45	0.03	4.62	0.10	0.26	2.56	99.71
袁33	角闪绢云片岩	吕梁群袁家村组	63.54	0.85	15.96	3.02	5.19	0.11	2.80	0.13	0.09	4.16	0.17	0.04	4.40	100.10
袁34	绢云石英片岩	吕梁群袁家村组	77.20	0.13	12.91	1.89	0.98	0.09	0.60	0.19	0.07	4.24	0.03	—	2.38	100.71
袁2	滑石闪石片岩	吕梁群袁家村组	47.44	1.25	12.62	3.61	12.28	0.11	9.04	0.89	0.01	0	0.47	0.14	7.80	99.66
袁17	绢云片岩	吕梁群袁家村组	50.92	0.86	12.72	7.97	11.87	0.058	6.35	0.83	0.07	0.16	0.35	0.10	7.88	100.04

低。晚太古代铁矿石为Fe-Ti-V-Ni-Co元素组合；早元古代铁矿石为B-Sr-Ba-Ce-Fe元素组合（四集庄组）、Fe-Mn-P元素组合（谷泉山段）。

晋北前寒武纪铁矿石化学成分（平均值%）

表 6

化 学 组 分			SiO ₂	FeO	Fe ₂ O ₃	TFe	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅
要 点	矿 石 名 称	样 品 数								
层 位										
西河里组	赤铁矿石	5	15.76	0.59	74.42	51.81	3.15	0.88	1.61	1.40
青石村组	赤铁矿石	5	21.72	0.78	68.83	51.00	0.80	0.37	1.84	1.08
谷泉山段	细晶赤铁矿石	12	16.50	0.51	76.60	53.60	0.95	0.21	2.32	0.13
四集庄组	镜铁矿石	9	9.01	0.61	87.10	62.10	0.52	0.25	1.25	0.31
袁家村组	赤铁-磁铁矿石英岩	13	38.06	1.44	59.71	59.95	0.13	0.09	0.26	0.04
文笔岩段	磁铁矿石英岩	5	47.98	13.31	27.94	40.69	2.67	1.08	0.43	0.03
石家栏组	磁铁矿石	5	43.94	15.50	20.30	35.39	1.73	2.16	0.90	0.07

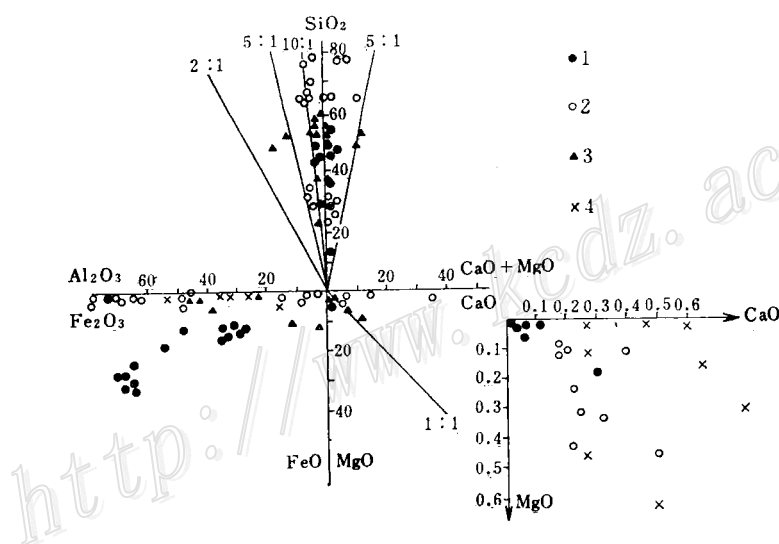


图 5 五台-吕梁前寒武纪硅铁建造铁矿石化学组成图解

1—五台群文笔岩段；2—溁沱群赤铁矿石；3—吕梁群袁家村组；4—寒武纪赤铁矿石

（五）造岩矿物、付矿物种类及其共生组合的演化趋势 中太古界界河口群普通角闪石（含钛）→上太古界底部层位普通角闪石→上太古界上部层位绿钠闪石、镁铁闪石；付矿物组合为金红石+榍石（界河口群）→锆石+磷灰石（五台群）→电气石+锆石（溁沱群四集庄组）。

（六）从含铁岩系岩石的化学组成、火山岩分异作用看 中太古代玄武岩类火山岩分异作用较弱；晚太古代出现明显的火山喷发旋回，由玄武岩→安山玄武岩→安山岩，有较好的分异作用；早元古代火山岩分异作用较好，出现细碧角斑岩→英安岩→流纹岩。

五、晋北前寒武纪构造层与地壳演化、铁矿成矿地球化学区

晋北前寒武纪地质发展史中出现过三次较大的地壳运动,形成了三个建造类型不同,互不整合的三套地层,为铁矿床形成提供了构造基础。各建造类型形成时的海、陆的分布位置,陆核的扩大,地壳物质由玄武岩壳到花岗岩壳,壳层增生加厚,由萌地槽建造(阜平群、界河口群)转化为地台建造(上元古界长城群)地壳物质的不断继承性的发展和多旋回性的演化,形成了不同种类的铁矿床组合系列和铁矿床成矿的地球化学区。

(一) **阜平期建造** 在恒山、太行—阜平、界河口—关帝山古陆间,形成了五台—吕梁海槽(雏地槽)。五台—吕梁海槽演化的早期出现拉斑玄武岩系列的火山岩;中期发育有钙碱质玄武岩系列的火山岩;晚期出现火山—沉积岩、碎屑—粘土岩。同时,海槽初期火山喷发中心附近形成火山—熔岩型及近源的火山沉积型铁矿床,海槽发育晚期及边缘拗陷地带形成远源火山—沉积型铁矿床和沉积型铁矿床,这时陆壳壳层较薄,地壳尚未固结。

(二) **五台期建造** 古陆继续扩大,形成五台—吕梁古陆,出现溇沱—岚河海盆(冒地槽),海盆边缘深断裂发育处形成与碱质玄武岩系列有关的火山—气液、火山—沉积型铁矿床,海盆边缘及拗陷处形成滨海—浅海沉积型铁矿床,这时地壳厚度增加。

(三) **吕梁期建造** 吕梁运动后,晋北五个古陆隆起,构成山西台背斜的雏形,晚期在东北部和西部有震旦亚代和寒武—奥陶纪的海侵。

基于以上三个建造类型发育的特征、发展的范围、各构造亚层内铁矿床的分布、有关岩浆岩、火山岩的岩石类型、铁矿石的化学组成、铁矿石类型、铁矿床共性和特点的对比,将晋北铁矿床划分为五个成矿地球化学区:(1)吕梁尖山—袁家村铁矿成矿区;(2)五台柏枝岩—铺上一山羊坪铁矿成矿区;(3)阜平—建平—赞皇铁矿成矿区;(4)五台定襄—静乐西马坊铁矿成矿区;(5)五台宽滩—北大兴铁矿成矿区。其中以前三个成矿区在成矿地质条件上较为有利。

六、几点认识

(一) 通过工作,明确了晋北前寒武纪含铁岩系的层位、层序、原岩建造类型及其展布特征。从原岩建造类型、火山喷发旋回、层序、含矿性对比,中太古代赞皇群含铁岩系的层位相当于南非巴比顿绿岩带剖面中部层位的拉斑玄武岩岩套,五台群相当于中—上部的拉斑玄武岩—钙碱质玄武岩套,吕梁群袁家村组相当于上部层位碎屑—粘土岩岩套。

(二) 晋北前寒武纪硅铁建造有关铁矿床类型,从其产出的构造位置、层位、原岩建造类型、岩相、元素组合、岩石化学、矿石类型特征上看,以前统称的“鞍山式”铁矿床主要为与拉斑玄武岩有关的成矿系列中的三种矿床类型。这些铁矿床在空间分布上有一定组合特征,时间演化上有一定的顺序性。在拉斑玄武岩—钙碱质玄武岩发育地区,火山喷发旋回明显,火山分异作用较好。海槽拗陷部位,火山沉积型铁矿床分布的地区为找矿的有利地区。吕梁群袁家村组和五台群文笔岩段为找铁矿的有利层位。

(三) 从中太古代到早元古代地质发展过程中,晋北铁矿床在时间上有一定的演化序列

和演化的方向性,这与晋北晚太古代五台-吕梁海槽、早元古代溱沱海盆的发育、阜平古陆、界河口古陆的扩大、花岗岩壳层的增厚、地壳物质的演化有着紧密的联系。铁矿床成因组合系列是晋北地壳运动和地壳物质演化的结果。据此,我们对晋北地区划分了五个铁矿成矿的地球化学区。

(四)今后在进行前寒武纪铁矿床成矿规律研究时,除加强含矿层层位、原岩建造、岩相古地理、矿石类型、元素组合的研究外,还需加强地球物理场、地壳厚度、壳层物质演化、古构造格式的研究。从地壳物质演化整体上认识铁矿床组合系列的发生发展,更有助于前寒武纪火山作用、沉积作用、变质作用、成矿作用的研究,有利于成矿区的确定和成矿预测工作的进行。

(五)进行区域成矿规律和成矿预测研究时,今后应加强金属矿床组合系列的研究,对同时代、物质同源、成因上有关的一组金属矿床应从整体演化上研究其形成和变化,从而确定该区可能出现的金属矿床组合系列,提出成矿有利的地区。

文内化学分析数据均由冶金部天津地质调查所分析室分析。先后参加该项工作的同志有朱作山、黄佳展、陈纪明和江晓波等同志。

主要参考文献

- [1] 王曰伦 1952 五台山五台纪地层的新见地质学报 第32卷 第4期
- [2] 王曰伦 1955 中国寒武纪以前古老沉积岩划分的意见 地质学报 第35卷 第4期
- [3] 赵宗溥 1954 中国前寒武纪地层问题 地质学报 第34卷 第2期
- [4] 赵宗溥 1956 关于中国溱沱群与震旦系问题 地质学报 第36卷 第1期
- [5] 王鸿祯 1955 从中国东部前寒武纪岩系发育论中国东部大地构造分区 地质学报 第35卷 第4期
- [6] 马杏垣等 1957 五台山区地质构造基本特征 地质出版社
- [7] 马杏垣 1979 华北地台基底构造 地质学报 第53卷 第4期
- [8] 钟富道 1977 从燕山地区震旦地层同位素年龄论中国震旦年表 中国科学 第2期
- [9] 钟富道 1975 我国华北及东北地区前寒武纪岩石K-Ar等时年龄 地球化学 第2期
- [10] 杨振升等 1980 试论台怀运动 长春地质学院学报 第4期
- [11] 黎彤 1976 化学元素的地球丰度 地球化学 第3期
- [12] Condie, C., 1975, Plate tectonics and crustal evolution. Pergamon. Press Inc.
- [13] Boyle, R. W., 1976, Mineralization processes in Archean Greenstone and sedimentary belts. Geological Survey of Canada.
- [14] Mueller, F. and Sakena, K., 1977, Chemical petrology.
- [15] Pearce, J. A., 1976, Statistical analysis of major element patterns in basalts. Journal of petrology, Vol. 17, No. 1.
- [16] Pettijohn, F. J., 1975, Sedimentary rocks. (third edition).
- [17] Windley, P., 1976, The early history of the earth. John Wiley and Sons.

THE COMBINATION, METALLOGENETIC SERIES AS WELL AS GEOLOGIC AND GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE EVOLUTION OF THE PRECAMBRIAN IRON DEPOSITS IN NORTHERN SHANXI

Yang Minzhi

(Tianjin Geological Survey, Ministry of Metallurgical Industry)

Abstract

1. The correlation of the iron-bearing strata, stratigraphic sequence, original rock formation type, volcanic eruption cycle as well as ore-bearing characteristics reveals that the Precambrian iron-bearing strata of northern Shanxi correspond to the middle-upper units of the Archean-Proterozoic greenstone belt formations elsewhere in the world, and consist from bottom to top of three metallogenic series; (1) tholeiite series; (2) calc-alkaline-basalt series; (3) clastic sediments and claystone series.

2. From the geotectonic setting, lithofacies-palaeogeography, ore type, petrochemistry and element association, the author has had the impression that iron deposits in northern Shanxi, which were indiscriminately called "Anshan-type iron deposits", belong to a certain set of iron deposit combination: magmatic deposits, volcanic-sedimentary deposits derived from adjacent sources and those derived from distant sources. They all genetically related to the evolution of tholeiite—calc-alkaline basalt magma.

3. The Precambrian iron deposits in northern Shanxi show some directivity in their evolution with time and are characterized by certain combination in their spatial distribution, which has much to do with the crustal movement, the evolution stage and sequence of the crust during the Middle Archeozoic—Early Proterozoic eras. These facts have led the author to divide the territory of northern Shanxi into five iron metallogenic areas.